



燃料電池システム等実証研究
(第2期 JHFC プロジェクト)
報告書

平成 23 年 3 月

財団法人 石油産業活性化センター

財団法人 日本自動車研究所

財団法人 エンジニアリング振興協会

社団法人 日本ガス協会

まえがき

今日、地球環境の保全はエネルギーの確保と並んで人類共通の課題である。

2008年7月にわが国で開催された洞爺湖サミットでも気候変動が主要議題となり、世界全体の温室効果ガス排出量を2050年までに50%削減するというビジョンが示された。その後、2009年9月に実施された国連気候変動首脳会合において、日本として2020年までに温室効果ガスの1990年比25%削減を目標とすることが示された。現在、2013年以降（ポスト京都）の削減目標に関する議論が進められており、先進国は発展途上国以上の大幅な削減に貢献する必要がある。

しかしながら、大幅な排出量削減の達成は、従来技術による削減努力ではとうてい不可能であり、中長期的に豊かな市民生活と地球環境保全を両立させるためには、高効率で低炭素性（低温室効果ガス特性）に優れた次世代エネルギー革新技術の実用化が必須であり、水素・燃料電池技術はその有力な候補の一つである。2008年3月に政府が発表した「クールアースーエネルギー革新技術計画」でも、CO₂の大幅削減を可能とさせる21の技術の中に燃料電池自動車（FCV）、定置用燃料電池、水素製造・輸送・貯蔵技術が定められており、運輸部門のCO₂削減に向けては、水素インフラ・FCVの実用化と普及に、大きな期待がかけられている。一方、一次エネルギーの多様化によるエネルギーセキュリティの確保、および二次エネルギーとしての水素の活用、将来の新たな産業の創生といった面においても、重要性が増すものと思われる。

この様な状況から、世界各国で水素インフラ・FCV普及に向けた取組みが活発に行なわれ、わが国においても、2002年度から経済産業省の補助事業で水素・燃料電池実証プロジェクト（Japan Hydrogen & Fuel Cell Demonstration Project：JHFC）が開始された。

JHFCは、2002年度から2005年度の4年間を第1期として、世界で初めて各種原料による水素供給設備の運用を開始した。そこではFCV及び水素供給設備の実証データを取得し、実証データを利用した総合効率の検討等を行い、それらの成果を世界に発信してきた。その後の2006年度からは第2期として、第1期で確認されたFCV普及に当たっての解決すべき課題を踏まえた実証試験を開始、その活動拠点を中部地方、関西地方まで拡大した。第2期の2009年度からプロジェクト最終年度2010年までは、インフラ側の実施体制を強化した上で、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の助成事業のもとで実施された。

本報告書は、2006年から2010年に実施した第2期JHFCの取り組みとその成果をまとめたものである。わが国の水素インフラ・燃料電池自動車の開発・普及の一助になることを切に願っている。

第Ⅰ章 成果報告書 要報

1. 実証研究の全体要約	1
2. 実証研究の内容・成果要約	4
2.1 水素インフラに関する実証研究 (WG1)	4
2.1.1 水素ステーションの運用実績	4
2.1.2 商用インフラモデルの検討	4
2.1.3 規制見直しの道筋策定	5
2.2 燃料電池自動車に関する実証研究 (WG2)	6
2.3 車両・インフラ共通領域に関する実証研究 (WG3)	7
2.4 実証研究における理解促進活動 (WG4)	8
2.5 国際化に関する実証研究 (WG5)	9
2.6 地方実証研究に関する実証研究 (WG6)	10
2.7 普及に向けた技術課題と次期実証への提案 (作業部会)	11
3. 実証研究の取組み全体概要	12
3.1 目標	12
3.2 推進体制	13
3.3 実施体制	14
3.3.1 実施体制図 (2006年度～2008年度)	14
3.3.2 実施体制図 (2009年度～2010年度)	14
3.3.3 実証試験推進委員会名簿 (2006年度～2008年度)	15
3.3.4 企画実行委員会名簿 (2009年度～2010年度)	17

第Ⅱ章 実証研究成果

1. 水素インフラに関する実証研究 (WG1)	18
1.1 水素ステーションの運用実績	18
1.1.1 運用実績	18
1.1.2 水素ステーションの安全	51
1.1.3 ステーションの課題抽出	71
1.1.4 水素ステーションの設備仕様一覧	92
1.1.5 水素ステーションの健全性評価	106
1.1.6 水素ステーションのエネルギー効率測定	112
1.1.7 CO ₂ 分離回収検討	147
1.2 商用インフラモデルの検討	152
1.2.1 商用インフラモデルの提案	152
1.2.2 ステーションのコスト検討	154
1.3 規制見直しの道筋策定	189
1.3.1 水素スタンドに係る法体系	189
1.3.2 水素インフラに関する規制見直しの経緯	191

1.3.3 規制見直しの道筋	193
1.3.4 まとめ	200
1.3.5 添付資料【「17項目」達成の道筋概説】	201
2. 燃料電池自動車等に関する実証研究 (WG2)	209
2.1 FCV の特性	209
2.2 性能実証 (乗用車)	211
2.3 性能実証 (バス)	224
2.4 第三者フリート	228
2.5 技術課題の進捗状況	241
2.6 燃料電池自動車に関する実証研究まとめ	246
2.7 その他の利用技術	248
3. 車両・インフラ共通領域に関する実証研究 (WG3)	255
3.1 充填試験と性能検討	257
3.1.1 充填試験	257
3.1.2 充填プロトコルの検証・解析	271
3.1.3 充填性能検討	282
3.2 技術課題検討	288
3.2.1 充填圧力検討	288
3.2.2 通信充填	301
3.2.3 プレクール仕様検討 (プレクール性能試験)	306
3.2.4 その他の検討	311
4. 実証研究における理解促進活動 (WG4)	315
4.1 理解促進活動実績	315
4.2 JHFC パークにおける理解促進活動	325
4.3 水素ステーション理解促進活動実績	329
4.4 認知度調査	337
4.5 戦略的理解促進活動	338
5. 国際化に関する実証研究 (WG5)	341
5.1 海外における燃料電池車の開発をめぐる現状	341
5.1.1 欧米の水素・燃料電池推進に関わる政策動向	341
5.1.2 海外における FCV 実証試験の動向	343
5.2 海外自動車メーカーにおける開発状況	350
5.3 燃料電池をめぐる国際連携の動き	353
5.4 燃料電池に関する法令・規制の状況	359

5.5	世界のエネルギー情勢	3 6 2
5.6	水素供給インフラ整備に関する課題と動向	3 6 7
5.7	燃料電池自動車の実用化時期と普及台数の見通し	3 7 6
6.	地方実証研究に関する実証研究（WG6）	3 8 0
6.1	地方実証研究の狙い	3 8 0
6.2	大阪	3 8 0
6.3	福岡	3 8 7
6.4	日光	3 9 2
6.5	地方実証研究のまとめ	3 9 7
7.	普及に向けた技術課題と次期実証への提案（作業部会）	3 9 8
7.1	検討の進め方	3 9 8
7.2	現状整理	4 0 0
7.3	成果のまとめと課題の検討	4 0 4
7.4	課題への対応策	4 1 1
7.5	次期実証への提言	4 1 3
8.	成果の公表	4 2 3

第 I 章 成果報告書 要報

1. 実証研究の全体要約

世界的な環境意識の高まりを背景に、水素社会や燃料電池自動車(Fuel Cell Vehicle、以下 FCV と略称)に対する関心・期待は高いものがある。そして FCV を取り巻く世界的な動きについては、技術開発、基準・標準化や法規制の見直し、並びに普及に向けた実証試験などが日米欧を中心に展開されている。

このような状況の中、日本においても 2002 年度より、経済産業省の補助事業として、「燃料電池自動車実証研究」及び「燃料電池自動車用水素供給設備実証研究」がスタート、両研究は、水素・燃料電池実証プロジェクト(英語名 Japan Hydrogen and Fuel Cell Demonstration Project、通称 JHFC)と名付けられた。JHFC は、第 1 期として 2002 年度から 2005 年度までの 4 年間、第 2 期として 2006 年度から 2010 年度までの 5 年間、計 9 年間実施された。(以下、第 1 期を JHFC1、第 2 期を JHFC2 と略称)

この間、2008 年には「NEDO 燃料電池・水素技術開発ロードマップ 2008」および燃料電池実用化推進協議会 (FCCJ) の「燃料電池自動車と水素ステーションの普及に向けたシナリオ」において、2015 年を一般ユーザーへの普及開始時期とすることが示された。この 2015 年に一般ユーザーへの普及開始を実現させるためには、2015 年時点で普及に必要な「規制の見直し」等が必須であり、従来の取り組みに加えて、安全性検証や規制見直しに対する活動の強化やエネルギー供給事業者の視点に立った商用インフラモデルの検討等を実施し、2015 年に向けた次期実証研究で取り組むべき内容を明確化することが不可欠である。この様な観点から 2009 年度から最終年度の 2010 年度の間は、NEDO 助成事業の下、「燃料電池システム等実証研究」として実施体制を見直し強化し、プロジェクトを実施した。

FCV 等に水素を供給する水素ステーションは首都圏で 8 か所、中部地区で 1 か所、関西地区で 2 か所、計 11 か所 (2009 年度事業開始時点) で運用し、実際の使用条件における実測データを取得、実用化に向けた課題を明確化すると同時に、エネルギー効率・CO₂削減効果・水素供給コストを評価・検証した。これらの水素ステーションを安全かつ安定に運用する中で、水素ステーションに関わるトラブル情報を収集し、その原因・再発防止対策を検討した。また、従来からの 35MPa に加え 70MPa での水素供給を行い、技術的な課題を抽出した。

一方自動車側の取り組みとしては、主要な自動車メーカーの FCV 等を使用し、水素ステーションで水素を充填し、公道走行における燃費データを取得した。フリー走行による高稼働率の実証試験等も実施し、第三者による評価も実施した。得られたデータより FCV 等の省エネルギー効果・環境負荷低減効果を定期的に明らかにし、技術進歩の度合いや残された課題についても明らかにした。また、水素インフラから自動車の走行までのエネルギー並びに CO₂削減効果 (Well to Wheel 総合効率) については、2005 年度に世界に先駆けて、実証結果データを踏まえた公表を行ない、本事業の最終年度である 2010 年度には、最新の自動車技術を踏まえた見直しを実施した。尚、総合効率については別途報告書としてまとめる予定である。

これらの取り組みを通じて FCV 並びに水素インフラ技術を実証、得られた成果を国内外に発信し、併せて 2015 年の普及開始に必須となる技術課題を明確にした。

Overview for Demonstration Project

The hydrogen economy and fuel cell vehicles (FCVs) are the subject of increasing interest and high expectations against a background of growing global awareness of environmental issues.

Internationally, activity in the field of FCVs is focused primarily in Japan, America, and Europe and includes technology development, the review of standards/standardization and regulations, and experimental trials aimed at the future widespread adoption of these vehicles.

In this situation, also in Japan, the Ministry of Economy, Trade and Industry has since 2002 been sponsoring research trials "Fuel Cell Vehicles (FCVs) Demonstration Study" and "FCV-oriented Hydrogen Infrastructures Demonstration Study", which are collectively known as the Japan Hydrogen and Fuel Cell Demonstration Project (JHFC). The JHFC has been in progress for a total of nine years, with Stage 1 (JHFC1) running for four years from FY2002 until FY2005 and Stage 2 (JHFC2) for five years from FY2006 until FY2010.

Meanwhile, in 2008, both the 2008 Roadmap for Fuel Cell and Hydrogen Technology Development published by NEDO (New Energy and Industrial Technology Development Organization) and the Commercialization Scenario for Fuel Cell Vehicles and Hydrogen Stations published by the Fuel Cell Commercialization Conference of Japan (FCCJ) cited 2015 as the target date for commencing the proliferation of FCVs to the general public. To achieve this, it will be necessary to have completed "review of regulations" and so forth needed for proliferation in place by this time. Further, in addition to existing initiatives, other requirements include increasing the effort being put into safety testing and regulations review and investigating into issues regarding commercial infrastructure models from the perspective of energy supply businesses, to clarify what topics need to be covered by the next phase of demonstration project leading up to the 2015 target date.

Also, during FY2009 and FY2010 (the project's final year), the implementation system was strengthened/reviewed and the project was implemented as the NEDO-sponsored "Japan Hydrogen and Fuel Cell Demonstration Project (JHFC)".

A total of eleven hydrogen refueling stations to supply FCVs and other users with hydrogen have been established and operated (at the time of commencing operation in FY2009): eight in the Tokyo region, one in Chubu, and two in Kansai, to acquire data on actual operating conditions with the aim of clarifying the challenges posed by actual use and also evaluating/studying both the cost of hydrogen supply and the resulting energy efficiency and CO₂ emission reduction benefits. The safe and reliable operation of these hydrogen stations has provided the opportunity to collect information about problems that arise in refueling station operation and to investigate causes and countermeasures. Also, the hydrogen supply at 70MPa as well as conventional 35MPa has been done to identify any technical issues.

In the meanwhile, activities at the vehicle side with FCVs supplied by major vehicle manufacturers have included refueling vehicles at the hydrogen stations described above and driving them on public roads to collect fuel consumption data, and conducting experiments to demonstrate how high the operational rate in fleet driving, in order to collect data under conditions similar to real-world use and

clarify challenges in the way of actual use. The data obtained from these trials also have been used to periodically check effects of energy savings and environmental load reductions of FCVs and ascertain the extent to which the technology was progressing.

The project also led the world in 2005 by publishing investigation results, based on actual trial data, on overall energy and CO₂ emission reduction benefits covering every step from the hydrogen infrastructure to vehicle operation (total well-to-wheel efficiency). These were updated based on the latest vehicle technology during FY2010 (the project's final year).

Through this work, the project has successfully demonstrated FCVs and hydrogen infrastructure technology, published the results of this work in Japan and overseas, and clarified the technical issues that need to be dealt with to commence proliferation in 2015.

2. 実証研究の内容・成果要約

2.1 水素インフラに関する実証研究(WG1)

2.1.1 水素ステーションの運用実績

JHFC1 は 2002 年度からステーションの建設を行い、2004 年度末までに 12 ヶ所の水素ステーションと 1 ヶ所の液体水素製造設備を建設し運用した。JHFC2 では実証試験の地域拡大のため中部地区、関西地区にステーションを建設し運用した。また、水素充填圧力の更なる高圧化実証のため 4 ヶ所(霞ヶ関、横浜・大黒、横浜・旭、千住)の 35MPa ステーションに 70MPa 設備を増設して運用した。2009 年度からは 3 ヶ所の協賛ステーション(日光、北九州、九州大学)と連携し、JHFC の水素ステーションに準じた運用を展開した。

- (1) ステーションの運用において、70MPa 化では当初計画した流量が供給できなかったため、ステーションの各設備について差压低減策を実施した結果、目標とする 3 分間で 5kg の水素充填を実現できた。また、ステーションで供給する水素の組成を定期的に精密分析して結果を公表した。不純物に関しては、ISO で要求される仕様をおおむね満足することを確認できた。また、水素中に含まれる粒子状物質の重量定量を行った。
- (2) ステーションの運用を通じて経験したトラブルは情報を各ステーションへ水平展開し再発防止を図った。更に、JHFC2 の期間中に経験したトラブルを災害、機器故障、ヒューマンエラーに分類し、要因を分析した。
- (3) ステーションの 70MPa 化に伴い、従来の 35MPa を想定した水分濃度ではプレクール時に水分の氷結が発生する可能性があったため、水分除去装置について検討した。更に、70MPa での通信充填を実現するため、通信充填基礎試験を実施し、実機導入に向けた準備が完了した。
- (4) JHFC1 でステーション設備の仕様を取りまとめて公表したが、JHFC2 で追加設置したステーションを加え、また、70MPa 化のための改造内容を反映させ、仕様の一覧を整備し直した。
- (5) JHFC の水素ステーションでは、設備の停止や移設するタイミングで材料を各種機関に提供し、実運用下で高圧水素が材料に与える影響を解明することに貢献してきた。
- (6) 実際に運用されたステーションのエネルギー効率を継続的に評価し、特に、70MPa 化に伴う効率低下を定量的に明らかにした。2009 年度から加わった 3 ヶ所の協賛ステーションについても、他の JHFC 水素ステーションに準じてエネルギー効率を実測した。
- (7) 水素製造時に排出される CO₂ を低減するため、排出される CO₂ を PSA によって分離回収するプロセスを対象に、CO₂ 分離回収のために必要となるエネルギー量と設備コストを検討し、CO₂ 分離回収コストを明らかにした。

2.1.2 商用インフラモデルの検討

2015 年からの一般ユーザーへの FCV 普及開始のためには、水素ステーションを含む商用の水素インフラが必要となる。商用の水素インフラとは、技術実証および社会実証試験段階を終了し、普及期に向けた設計仕様を有する水素インフラである。この水素インフラには、水

素ステーションおよび水素製造、輸送、出荷設備等が含まれている。

JHFC2においては、想定した前提条件の下、2015～2020年度の普及初期における水素インフラの仕様を検討し提案してきた。具体的には、オンサイト水素ステーションの仕様検討/設備コスト検討を行うと共に、新たに製油所水素の輸送、貯蔵に係る仕様およびコスト検討を実施し、オフサイト水素ステーションの仕様/設備コストの検討を行った。

水素ステーションは、水素供給圧力 (35MPa、70MPa)、供給能力 (300Nm³/h、100Nm³/h)、充填方式 (差圧充填、圧縮機直接充填) など様々な方式があることから、13種類のステーションモデルを設定してそれぞれについての仕様/設備検討を実施し、対応する供給水素のコストを試算した。

その結果、以下のことを示した。

- (1) オンサイト/オフサイト共に水素ステーションの設備コストは、現在の設備コストから半分程度の大幅な削減が可能であることを明らかにした。また、オンサイト、オフサイトの設備コストは、オフサイト水素製造・輸送・貯蔵の費用をステーションに按分すると、ほぼ同等となる。
- (2) 見積もった普及初期の水素ステーションの水素コストは、高稼働の運用 (営業時間は100%設備稼働) を前提に、300 Nm³/h クラスの商用ステーションにおいて、70-80 円/Nm³ 程度となった。
- (3) コスト低減を推進するためには、大胆なコストダウン対策が必要であり、技術開発によるコストダウン/性能向上/量産効果に加えて、システムのパッケージ化や、水素インフラの高稼働率運用、および複数の規制項目の見直しの全てを実現/達成することが重要である。

2.1.3 規制見直しの道筋策定

高圧水素を取り扱う水素インフラに関しては、高圧ガス保安法、消防法、建築基準法等により、その設置が規制の対象となっている。

2005年(平成17年)の規制見直しの結果、35MPa FCV 対応水素ステーションの市街地への設置、ガソリンスタンドとの併設、保安責任者が常駐しない体制、保安距離の見直しで火気施設との距離を8mから6mへ短縮できること等が法的に可能となった。一方、今後の普及が期待される70MPa FCVに対応する水素ステーションについては、設置が工業(専用)地域に限定されており、他にも設計係数など諸外国に比較しても厳しい規制があり、ユーザーの利便性低下やステーション建設費が高い要因となっている。また燃料電池自動車へ搭載可能な水素量についても諸外国との差異がある。

JHFCではこれらの法規制見直しを必要とする項目及び方向性の整理を行い、重要な17項目の課題について以下のような見直しの具体的道筋を策定した。

- ・規制の現状
- ・規制見直しの趣旨
- ・見直しのための法令上の措置
- ・期待される効果 等

この成果を受け、FCV・水素インフラの規制見直しの重点的な取組み 17 項目は、行政刷新会議にて規制・制度改革のテーマとして取り上げられ、対処方針が 2010 年 6 月に閣議決定された。その決定を受けて産官共同での見直しロードマップ作りが進められ、JHFC も全面協力した官民を挙げた活動の結果、2010 年 12 月に規制見直しの工程表が提示されるに至り、今後具体的な法改正のための新たな活動が行われることになっている。

2.2 FCV に関する実証研究(WG2)

FCV 等の実使用条件における運用とその際の課題明確化、および省エネルギー効果（燃費）・環境負荷低減効果の確認を目的に活動した結果を以下にまとめる。

(1) 実証全体

JHFC1、JHFC2 を通じて乗用車は延べ 135 台、バスは延べ 13 台が参加し、車両およびインフラの課題抽出等のために走行および充填実績を重ねた。乗用車は各社の技術進化を反映した最新車種を投入した。この実証を通じて、乗用車の走行距離は 107 万 km、水素充填量は 2.0 万 kg、バスは走行距離 32 万 km、水素充填量は 2.9 万 kg となった。

(2) 台上燃費試験、公道燃費試験

台上燃費、公道燃費を実測することによって、モデルチェンジ毎に燃費性能が確実に向上したことを客観的に確認した。台上燃費においては、NEDO 目標の車両効率 60%（10・15 モード）を達成した。なお、台上燃費試験結果は総合効率分析の元データとして活用され、FCV の環境負荷低減効果の確認に用いられた。また、公道燃費試験では四季を通じて走行を行い、効率の高い車両ほど夏や冬などエアコンの負荷が高い時期の燃費低下の影響を大きく受けることを確認した。これより年間を通じて FCV の高い車両効率を維持するには、エアコンなどのシステムの改善や補機類の更なる効率向上が必要であることが明らかになった。

(3) フリート走行実証

第三者による営業運行の結果、FC 乗用車および FC バスの優位性（運転性能、静粛性など）について高い評価を受けた。一方、充填に関しては今後更なる改良が必要であることが明らかになった。FC 乗用車では車両効率の向上、70MPa 化などにより乗用車の航続距離がガソリン車並に向上したことにより、ドライバーの満足度も向上したことがアンケートにより明らかになった。一方、航続距離の伸張と合わせ、水素インフラ普及拡大へのニーズが高いことが分かった。年間を通じた公道燃費を解析した結果、春秋に比べてエアコンの負荷が大きい夏冬は燃費が 2~3 割低下することが明らかとなった。また、アンケートでマイナス評価（満足未満）であった項目に対して深掘り調査を行い、今後の課題を抽出することができた。

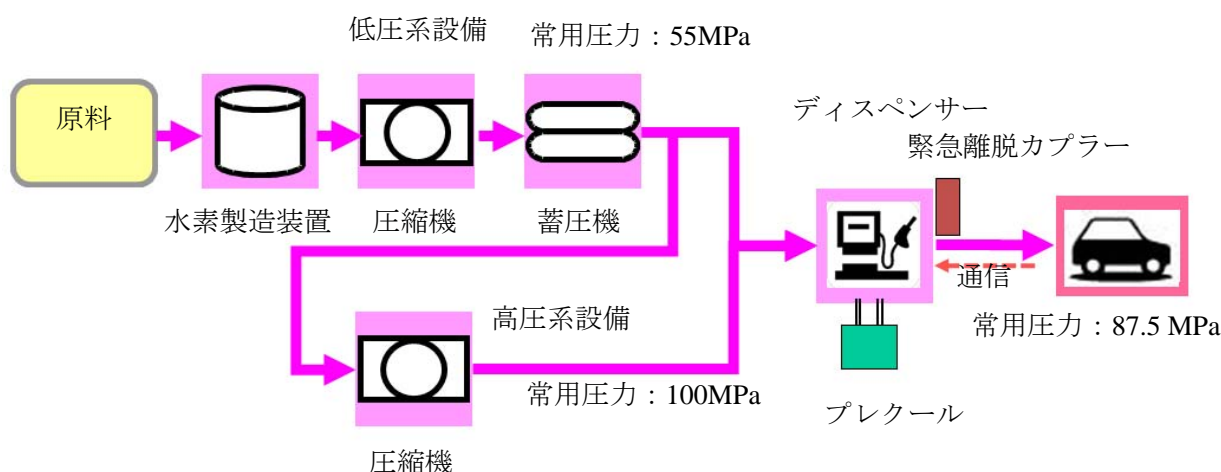
(4) 技術課題検討

実証結果を含め、FCV の主要課題を評価した結果、2015 年の実用化レベルの達成については、ほぼ見通しが立ちつつある。具体的には航続距離、車両効率、低温始動、水素充填時間は実用化レベルを達成し、残る課題としては、車両価格、耐久性等である。

2.3 車輻・インフラ共通領域に関する実証研究(WG3)

JHFC2 において進められた車輻とインフラ共通領域 WG3 の実証プロジェクト成果は、以下の項目にまとめられる。

- (1) 普及開始の目標と設定されている 2015 年までの技術実証の充填圧力の議論において、70MPa 充填の必須項目として充填方式、通信プロトコル技術とプレクール技術が集中的に検討され、規制見直しを前提としたフル充填ステーション技術仕様を策定し、次期実証への提案に盛り込んだ。
- (2) 充填の実証試験実績から、高圧水素ガス充填における各種充填プロトコル（一定流量充填プロトコル、通信充填プロトコル）の安全性、有用性、信頼性が証明された。2009 年度から追加された通信充填技術の検討は、通信機器の信頼性試験を経て日本における初の通信充填ステーションとなる実機導入の準備が完了した。
- (3) 充填ノズル形状、アース廃止、緊急離脱カプラーの検討など、充填作業における技術課題が抽出され、実用化に向けた対応案が提示された。
- (4) 海外調査および最適充填圧力の議論から、充填圧力の国内基準と海外での基準の上限圧力の差異が明確になった。世界統一の標準化、基準化の重要性の認識のもとに国際基準調和の方向性を提言した。



項目	内容
最大充填圧力	87.5MPa@85°C
通信充填	設置
プレクール能力	-40°C
充填方式	圧縮機直接充填

図 2.3 実証 70MPa フル充填水素ステーション提案仕様

検討結果を総合して、車載タンクの上限温度 85°Cにおいて、上限圧力を 87.5MPa まで考慮した水素ステーション仕様の提案がまとめられた。図 2.3 に示す圧縮機直接充填方式の水素

ステーションは、2015年の普及開始までに技術的な見通しをたてる技術的実証を進める事が提案の骨子である。

車両に搭載する水素ガスの圧力は、FCVの航続距離の車両性能向上と水素供給インフラのコスト削減という、相反する技術領域間の最適なバランスが求められてきた。燃料電池実用化推進協議会(FCCJ)や高圧水素標準化の関連プロジェクトなどとの協力を含め、技術的、政策的な課題検討と統一認識作りが関係者間で行われた。その結果と整合しながら、実証プロジェクトで検討すべき項目について重点的に取組み、次期実証への提言に盛り込まれた。ステーションでの充填作業における通信充填プロトコルの実証と基準策定への検討は、今後も継続的な実証試験が必要な項目であり、2011年度以降に計画される次期実証試験に繋がるように、技術のデータ蓄積および課題の継承を行ったことが本テーマの成果である。

2.4 実証研究における理解促進活動(WG4)

実証プロジェクトの成果を広く公表して共有し、FCV及び水素インフラ、水素技術を一般市民及び地方自治体などのステークホルダーに十分理解してもらう理解促進活動を実施した。主な活動は、理解促進活動の拠点であるJHFCパークでの一般見学、燃料電池教室、各種展示会出展、試乗会の開催、省庁からの依頼によるイベント支援とその対応である。

(1) 成果報告会「JHFCセミナー」

実証試験の成果報告の場として「JHFCセミナー」を毎年度開催した。実証試験成果報告のほか、国内外の政策動向や、海外の実証試験動向も含めた広域な情報を発信した。JHFCセミナーは水素・燃料電池実証試験結果を得られる機会として定着した。JHFCセミナーと併せて燃料電池技術の講演展示会であるFC EXPOを重要な機会と捉え、セミナーで発表した内容を、より広く技術者と官庁、地方自治体など関係者に伝える試乗・展示を行った。

一方、JHFCが2005年度発表した総合効率に関する検討結果は、JHFCセミナーで公表され、重要な参考文献として多方面で引用されている。

(2) イベント、展示会の出展活動

JHFC理解促進WGでは、水素エネルギーとFCVについて広く一般の人々に関心を持ってもらうイベントを実施した。JHFC1では、社会的認知度が低かったFCVの啓発に重点を置いた。さらに、FCVに対する認知度が8割近くまで達したJHFC2では、JHFC以降の次期実証試験で普及拡大を図る水素ステーションと、危険と偏った認識がなされている水素の特性やその安全施策などについて理解を促す活動を実施し多くの成果を挙げた。国の事業への協力として、2007年にはG20会議、2008年に洞爺湖サミット、2010年には福井でのAPECなどへ積極的に参加した。さらに地方の支援事業として、展示会やシンポジウムなどでの試乗会や燃料電池教室の共催、長距離走行実証などを通して、各地域の要望に沿って地方における理解促進の一翼を担った。

(3) 映像資料、教材資料およびパンフレット

プロジェクトの概要を説明する資料と実証試験から得られた実績をまとめたパンフレットを作成した。水素技術の重要性の理解を促進する情報源となった。子供向けに燃料電池教室の教材も作成し、全国から資料配布の要請があった。これらの資料は、JHFC のホームページでも公開し、データを利用できるようにした。また、実施したイベントの記録およびプロジェクトの説明の為、映像資料の製作を行った。映像データは、展示会や燃料電池教室、FCV 試乗会で活用され、燃料電池技術とプロジェクトの強い訴求力を持った素材となり、多方面で活用された。JHFC の直接事業ではない場合でも、支援の一部とし DVD の情報提供をパンフレットなどの印刷物などと併せて活用し、JHFC の説明とデータの共有の重要な媒体となったと言える。

(4) JHFC パーク

JHFC パークは、一般向けの教育と理解促進活動の拠点として実績を積んだ。JHFC にて FCV をリース導入してからは、講義と試乗、見学という、来館者にとって最も理解されやすい活動形態が確立したといえる。また、常設展示という点から、広報窓口としての機能や取材窓口としてのメディアセンターの役割も兼ねたため、近年は海外からの来館者が増加してきた。

(5) 認知度調査

一般市民における FCV と水素技術の認知度を検証するため、アンケートおよび Web 調査を実証試験の第一期から継続的に実施した。認知度の年次変化の情報から、理解促進活動の効果の検証と活動方針へのフィードバックを行った。認知度は 2002 年から 2006 年までは上昇傾向を示し、80% レベルで定着した。調査結果の解析から首都圏と地方とで理解度の差異があり、地方での認知度、理解度向上も重視する方針に反映された。

(6) 戦略的理解促進活動

一般層に比べて、より専門的な情報に特化した内容を、政策立案者、自治体関係者、関係企業経営層などの重点ステークホルダーを対象に絞った理解促進活動を支援した。必要な情報を整理し対象別に必要な内容を選んだ資料を作成し、印刷物とともに使用した。企業、地方自治体、中央政府の行政担当に課題、問題意識の共有などの実績を残した。

技術実証段階での理解促進活動は、JHFC2 にて当初の目標を達成し完了した。成果を広く公表し次期実証試験の実績記録の継承を達成した。

2.5 国際化に関する実証研究(WG5)

<海外調査>

FCV の開発・普及のためには、個々の要素技術について開発を推進すると同時に燃料電池や FCV の開発動向やそのためのインフラ整備状況を広く把握することが必要である。このような目的のもとに、欧米における燃料電池自動車の開発推進政策や技術動向および主な水素

ステーションの技術動向の調査を 2010 年度まで毎年実施してきた。

<国際連携>

JHFC2 最終年度ということもあり、プロジェクト終了後の 2015 年一般普及に向けた課題の共有、さらに国際連携、国際共同研究の可能性等について日本、北米（米国、カナダ）、欧州（ドイツ）、韓国で燃料電池車、水素社会普及を推進している民間企業を一同に集め、議論した結果、普及開始まで、あるレベルでの国（政府）の費用負担は必須であるという共通見解を得た。

また、ドイツ、日本では、ある限られた地域にインフラ配備を集中し、普及開始を実現するための具体的なプラン、民間企業の取り組み等が紹介された。

2.6 地方実証研究に関する実証研究(WG6)

JHFC1 では主に首都圏でインフラ整備を進めた。また JHFC2 では中部・関西を加えた 3 地域にその活動を広げた。この活動を通じて、水素インフラを将来的に整備する地域を拡大する可能性を検討する必要性が認識された。2008 年度に実施した事前調査等の結果を踏まえ、企画実行委員会の承認を得て、2009 年度から地方自治体と連携した活動を開始した。（財）エンジニアリング振興協会が、従来の首都圏・中部・関西の 3 地域以外で水素供給ならびに関連した普及啓発活動を推進する提案を募集したところ、日光（一般社団法人日光水素エネルギー社会促進協議会）および、福岡（公益財団法人水素エネルギー製品研究試験センター）の 2 地域での活動提案があり、これを採択し、大阪実証検討会と、日光・福岡の活動で、それぞれの地域での活動に関する情報を交換しつつ相互理解と成果の共有を図ることを目的とした地方実証研究 WG を設置した。この結果 2 年間の活動を通じて、以下の成果が得られた。

(1) 協賛ステーションとしての運用

各地域で独自に設置した水素ステーション（九州大学、北九州、日光）を、JHFC 協賛ステーションと位置づけ、JHFC 水素ステーションに準じた運用を進めた。具体的には、JHFC プロジェクトと水素供給契約を締結した車両リストを共有し、リストに掲載された車両は各地域のステーションで無償で水素の供給を受けられるようにした。また、充填時に提出するデータも基本的に JHFC 水素ステーションと同一の書式とし、これらのデータをエンジニアリング振興協会に提出することとした。この結果、地方実証の一環として運用された水素ステーションの運用データを JHFC プロジェクトと一体的に評価することが可能となった。

(2) 地方での理解促進活動の推進

大阪ではエンジニアリング振興協会が 2007 年度から運用委託していた JHFC パーク大阪*の活動を発展させるとともに、地域での理解促進活動を展開した。

福岡、日光においても、JHFC の地方実証研究が始まる以前からそれぞれの地域で実施していた理解促進活動の実績を踏まえ、それぞれの地域の特徴を活かした理解促進活動を

展開・発展させた。

- * JHFC パーク大阪： 大阪水素ステーションに併設された施設で、ステークホルダーを充填対象とし一般市民等の見学者対応や燃料電池小型移動体（FC カート）試乗等を行い、水素・燃料電池に関する認知・理解度向上を図った。2010 年 12 月末閉館。

(3) 地方独自の活動

大阪では「おおさか FCV 推進会議」での活動と連携して、FCV 走行・小型移動体を活用した各種イベント・多目的移動式電源車の実証・大阪産業大学による FCV 自主開発などの活動を推進した。

福岡では、水素ハイウェイ構想・人材育成・水素エネルギー先端技術展・北九州水素タウンなど継続的な独自活動を展開した。

日光では、CO₂ フリーの水素社会を目指し、小型水力発電所を活用した水電解による水素製造の技術的可能性を実証する活動を推進した。

JHFC としては WG6（地方実証試験）が各地域への情報の水平展開を図ったが、地域間の連携を維持、発展させるためには、2011 年度以降もなんらかの地方実証の活動全般を議論する場が必要と考える。

2.7 普及に向けた技術課題と次期実証への提案(作業部会)

JHFC2 の成果と課題を整理し、併せて JHFC2 以外の水素に関連する他の NEDO 事業との関連の調査を行い、次期実証計画への技術課題をまとめた。

まず現在稼働している水素ステーションの運用状況調査、水素関連の他 NEDO 事業内容との関連調査を踏まえて、実証研究として取り組んできている約 300 項目の技術課題を抽出した。次にこれらの技術課題の中から、JHFC2 の成果として達成された技術内容と今後 FCV 普及に向けて解決すべき課題を整理し、併せて課題解決のための具体的な対策を立案した。また普及開始を目指す 2015 年に実現されていることが必須となる技術を想定し、これらの必須技術を達成するための課題が確実に網羅されているかどうかについても検証を行った。さらに方策の概略スケジュールとその実施のために必要なコストを次期実証計画への提言として取りまとめた。

成果と課題を鳥瞰的にまとめると、水素・燃料電池自動車に係る 35MPa 関連技術課題は JHFC2 の実証期間を通してほぼ達成されてきている一方、70MPa 関連技術については、実証研究ステーションを 2008 年度下期から運用開始して鋭意諸課題に取り組み、成果へつなげてきているものの、一部の課題については取り組みの途上にあると言える。

次期実証計画への提言では、世界的な流れとなっているこれらの 70MPa 関連技術を中心とした課題を以下の 5 つの主要テーマに整理し、その提言内容とした。以下に 5 テーマと共に、それらの中で特に着目すべき実証課題を併記した。

(1) トータルシステム技術

- ・オフサイト型水素ステーションの実用化を目指した、効率的な水素輸送手段の実証

(2) 高頻度・稼働、耐久性の実証

- ・普及期にステーション稼働率が向上することに備えた実証

- (3) 低コスト化ステーション
 - ・海外品の導入採用による低コスト化ステーションの実証
 - ・基礎土木、据付工事の合理化による低コスト化ステーションの実証
- (4) 70MPa 技術
 - ・積極的な規制見直しによる 70MPa 技術の実証
- (5) 70MPa フル充填技術
 - ・70MPa、35MPa 共に、通信充填を用いたフル充填技術の実証

3. 実証試験の取組全体概要

3.1 目標

2006 年度、事業開始時の目標を下記に示す。

- (1) 燃料電池自動車等及び水素インフラ等の、実使用条件における運用と、その際の課題明確化
- (2) 水素貯蔵の高圧化に関する実証
- (3) 燃料電池自動車等及び水素インフラ等に関わる規格、法規・基準作成のためのデータ収集
- (4) 燃料電池自動車等及び水素インフラ等への理解促進のための広報・教育活動
- (5) 燃料電池自動車等及び水素インフラ等の省エネルギー効果（燃費）・環境負荷低減効果の確認
- (6) 燃料電池自動車等及び水素インフラ等に関わる技術・政策動向の把握

その後 2008 年に、「NEDO 燃料電池・水素技術開発ロードマップ 2008」および燃料電池実用化推進協議会（FCCJ）の「燃料電池自動車と水素ステーションの普及に向けたシナリオ」において、2015 年を一般ユーザーへの普及開始時期とすることが示された。

この燃料電池自動車等と水素インフラの 2015 年の普及開始というターゲットを実現するためには、従来の取り組みに加えて、安全性検証や規制見直しに対する活動の強化やエネルギー供給事業者の視点に立った商用インフラモデルの検討等を実施し、2015 年に向けた次期実証研究で取り組むべき内容を本実証研究の中で明確化することが不可欠であるとの判断から、2009 年度より新たに以下の目標が追加された。

- (1) 商用インフラモデルの提案
- (2) 車両とインフラの間で相反する要求項目（最適充填圧力など）の対応策の明示
- (3) 水素インフラの安全性検証、規制見直しの具体的計画策定
- (4) 他の水素関連事業との連携強化および実証研究成果のフィードバック
- (5) 理解促進活動・教育活動、調査活動、地方実証の重点見直し
- (6) 次期実証研究で取り組むべき内容の明確化

車両とインフラの間で相反する要求項目の検討課題のひとつである、最適充填圧力については、検討の過程で結局 35MPa~70MPa の間で最適充填圧力は無いという結論になった。その結果を踏まえ、通信充填の検討を新たに追加し通信充填に関わる課題の抽出等を行なった。

3.2 体制

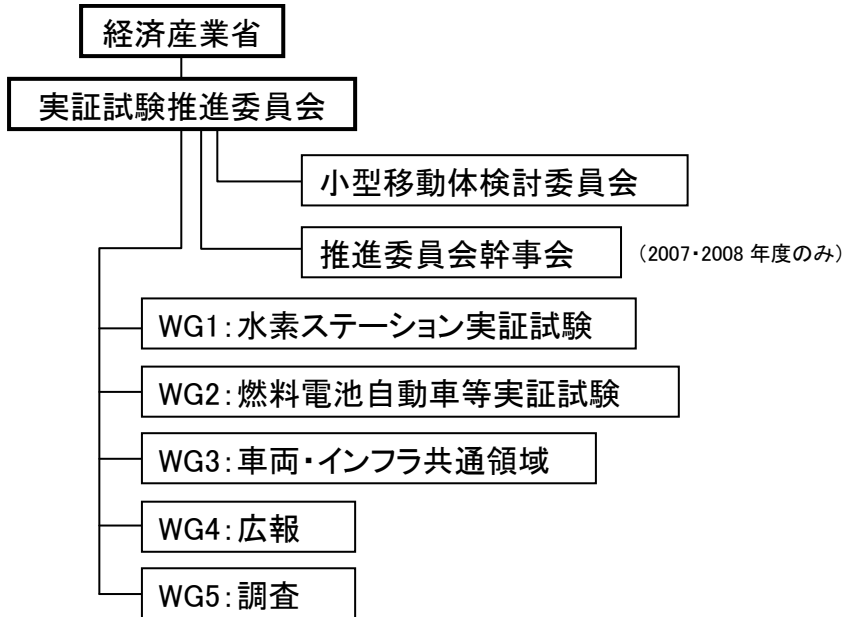
2006年度 JHFC2 開始時は、JHFC1 の体制と変わらず、経済産業省直轄の事業としてスタートした。燃料電池自動車等の車側の実証については（財）日本自動車研究所（JARI）、水素インフラに関わる部分については（財）エンジニアリング振興協会（ENAA）が担当し、有識者並びに関係メーカー等の協力を得ながら事業を推進してきた。

その後、2015年普及開始というターゲット実現のため、2009年度以降はNEDO事業の下、従来のJHFC実証研究を実施してきたJARIとENAAに、新たに（財）石油産業活性化センター（PEC）と（社）日本ガス協会（JGA）を加えた4団体の実施体制に強化した。

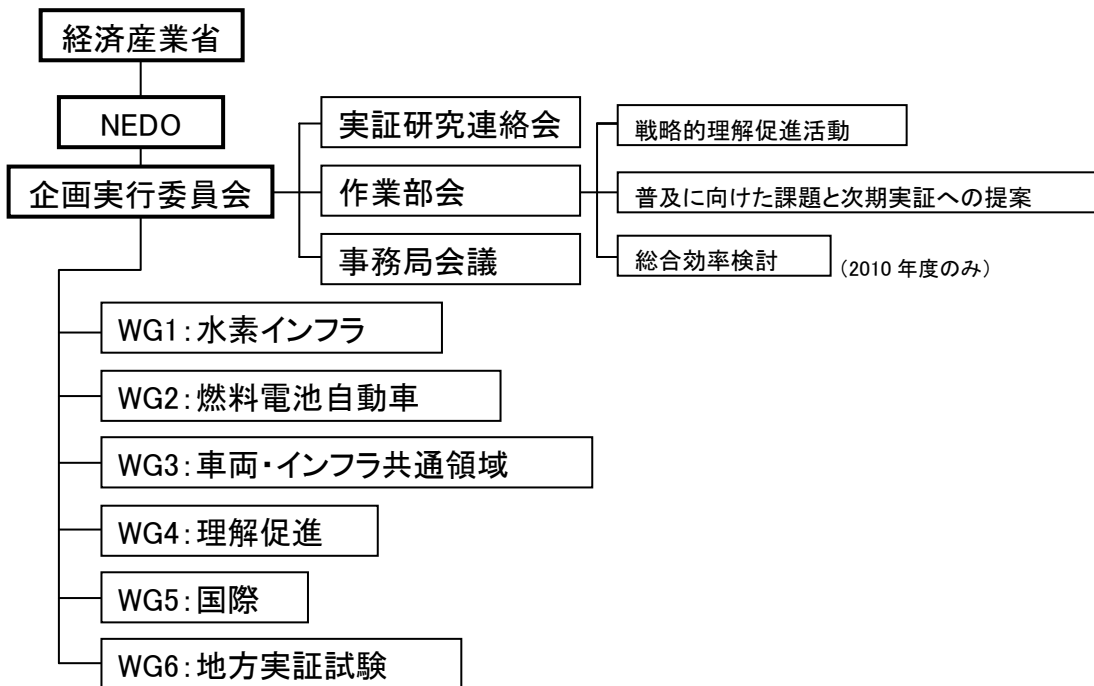
この4団体実施体制とすることにより、事業全体のステアリングや商用インフラモデルの検討、安全性・規制見直しの検討、車両とインフラの間で相反する課題の検討等の本事業で強化すべき課題を中心に分担することにより、従来の自動車、エンジニアリング事業者の視点にエネルギー供給事業者の視点が加え、より強固な事業推進体制とした。

3.3 実施体制

3.3.1 実施体制図(2006年度～2008年度)



3.3.2 実施体制図(2009年度～2010年度)



3.3.3 実証試験推進委員会名簿(2006年度～2008年度)(最終年度末時点)

	氏名	所属会社・団体名
委員長	石谷 久	慶應義塾大学大学院
委員	堀 洋一	東京大学
	大聖 泰弘	早稲田大学
	岡崎 健	東京工業大学大学院
	門出 政則	佐賀大学
	高木 靖雄	武蔵工業大学
	太田 健一郎	横浜国立大学大学院
	池田 宏之助	九州大学大学院
	上野 真	燃料電池実用化推進協議会
	松木 稔久	高压ガス保安協会
	河津 成之	(社)日本自動車工業会
	遠藤 元治	石油連盟
	小豆畑 利夫	(社)日本ガス協会
実施者	大仲 英巳	トヨタ自動車(株)
	宇野 草一郎	日産自動車(株)
	中村 博	本田技研工業(株)
	東條 和吉	メルセデス・ベンツ日本(株)
	ジョージ ハンセン	ゼネラルモーターズ・ジャパン(株)
	下島 繁明	日野自動車(株)
	斉藤 弘	スズキ(株)
	櫻井 茂	マツダ(株)
	納家 弘樹	ビー・エム・ダブリュー(株)
	斎藤 健一郎	新日本石油(株)
	山田 英永	コスモ石油(株)
	吉田 克己	昭和シェル石油(株)
	田島 正喜	東京ガス(株)
	松岡 美治	岩谷産業(株)
	平瀬 育生	日本エア・リキード(株) ジャパン・エア・ガシズ社
	白根 義和	大陽日酸(株)
	後藤 耕一郎	新日鉄エンジニアリング(株)
	佐藤 重明	栗田工業(株)
	谷内 弘明	シナネン(株)
	小林 功	伊藤忠エネクス(株)
谷田部 広志	バブコック日立(株)	

	平出 忠	鶴見曹達 (株)
	梅田 良人	東邦ガス (株)
	速水 征志	大阪ガス (株)
	植田 健司	関西電力 (株)
	大杉 健	(株) ジャパンエナジー
	吉田 剛	出光興産 (株)
	山室 成樹	(株) 栗本鐵工所
オブザー バー	川原 誠	経済産業省 資源エネルギー庁
	前田 了	経済産業省 製造産業局
	佐藤 嘉晃	(独) 新エネルギー・産業技術総合開発機構
	橋本 辰彦	(独) 新エネルギー・産業技術総合開発機構
	三橋 弘忠	(財) 石油産業活性化センター
	山本 恵幸	横浜市 環境創造局
	岸川 敏朗	神奈川県
	山本 明	東京都 環境局
	中野 達夫	愛知県
	笠松 正広	大阪府

3.3.4 企画実行委員会名簿(2009年度～2010年度)(最終年度末時点)

	氏名	所属会社・団体名
委員長	石谷 久	(社)新エネルギー導入促進協議会
副委員長	岡崎 健	東京工業大学大学院
委員	堀 洋一	東京大学
	門出 政則	佐賀大学
	高木 靖雄	東京都市大学
	上野 真	燃料電池実用化推進協議会
	河津 成之	(社)日本自動車工業会
	吉田 剛	石油連盟
委員 (実施者)	大仲 英巳	トヨタ自動車(株)
	山梨 文徳	日産自動車(株)
	島貫 寛士	本田技研工業(株)
	斎藤 健一郎	JX日鉱日石エネルギー(株)
	田島 正喜	東京ガス(株)
	吉田 克巳	昭和シェル石油(株)
オブザーバー	飯田 健太	経済産業省 資源エネルギー庁
	縄田 俊之	経済産業省 資源エネルギー庁
	千田 知宏	経済産業省 資源エネルギー庁
	森田 浩尉	経済産業省 産業技術環境局 国際室
	松垣 元彦	経済産業省 製造産業局
	和泉 章	(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構
	細井 敬	(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構
	森 大五郎	(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構
	伊藤 仁一	(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構

第Ⅱ章 実証研究成果

1. 水素インフラに関する実証研究

水素インフラに関する実証研究は、JHFC2の2年目に当たる2007年度から、各所に設置された水素ステーションの実使用条件における運用と、その際の課題の明確化を目標に開始された。さらに2009年度からは、次の2つのテーマを加え、計3テーマの実証研究を推進した。

- ・将来の商用インフラモデルの検討、提案
- ・水素インフラの安全性検証・規制見直しの具体的計画策定

1.1 水素ステーションの運用実績

1.1.1 運用実績

1.1.1.1 水素ステーションの建設と運用

JHFC1は2002年度からステーションの建設を行い、2004年度末までに12ヶ所の水素ステーションと1ヶ所の液体水素製造設備が建設され運用が行われた。JHFC2では実証試験の地域拡大のため中部地区、関西地区にステーションが建設され運用が行われた。また、水素充填圧力の更なる高圧化の実証のため4ヶ所（霞ヶ関、横浜・大黒、横浜・旭、千住）の35MPaステーションに70MPa設備を増設して運用が行われた。2009年度からは3ヶ所の協賛ステーション（日光、北九州、九州大学）の運用が開始された。また、ステーションの設備の調査に使用するためステーション1ヶ所（横浜・鶴見）及び液体水素製造増設設備の運用を終了し、さらに協賛ステーション1ヶ所（市原）の運用が終了した。図1.1.1.1-1にステーションの建設・運用状況、図1.1.1.1-2に2010年9月時点で運用中14ヶ所ステーションの所在地を示す。

ステーション	設備方式	2002年度	2003年度	2004年度	2005年度	2006年度	2007年度	2008年度	2009年度	2010年度
霞ヶ関	オフサイト	■	■	■	■	■	■	■	■	■
横浜・大黒	脱硫ガソリン改質**	■	■	■	■	■	■	■	■	■
横浜・旭	ナフサ改質	■	■	■	■	■	■	■	■	■
千住	LPG改質、都市ガス改質	■	■	■	■	■	■	■	■	■
有明	オフサイト・液体水素	■	■	■	■	■	■	■	■	■
川崎	メタノール改質	■	■	■	■	■	■	■	■	■
横浜・鶴見	オフサイト	(NEDO WE-NETから移管)		■	■	■	■	■	■	(運用終了)
秦野 市原*	灯油改質		■	■	■	■	■	■	■	(NEDO事業で移設し市原にて運用)
相模原	アルカリ水電解		■	■	■	■	■	■	■	■
青梅 船橋	オフサイト		■	■	■	■	■	■	■	基地を移転
瀬戸北	オフサイト			■	■	■	■	■	■	■
瀬戸南 セントレア	都市ガス改質			■	■	■	■	■	■	移設
大阪	都市ガス改質					■	■	■	■	■
関西空港	オフサイト					■	■	■	■	■
日光*	オフサイト								■	■
北九州*	副生水素配管供給								■	■
九州大学*	低圧固体高分子型水電解								■	■
液体水素 製造設備		■	■	■	■	■	■	■	■	(運用終了)

■ : 設計/建設 ■ : 運用/評価 ■ : 70MPa増設

* 協賛水素ステーション

** 2010年12月以降はオフサイト方式に変更

図 1.1.1.1-1 ステーションの建設・運用状況

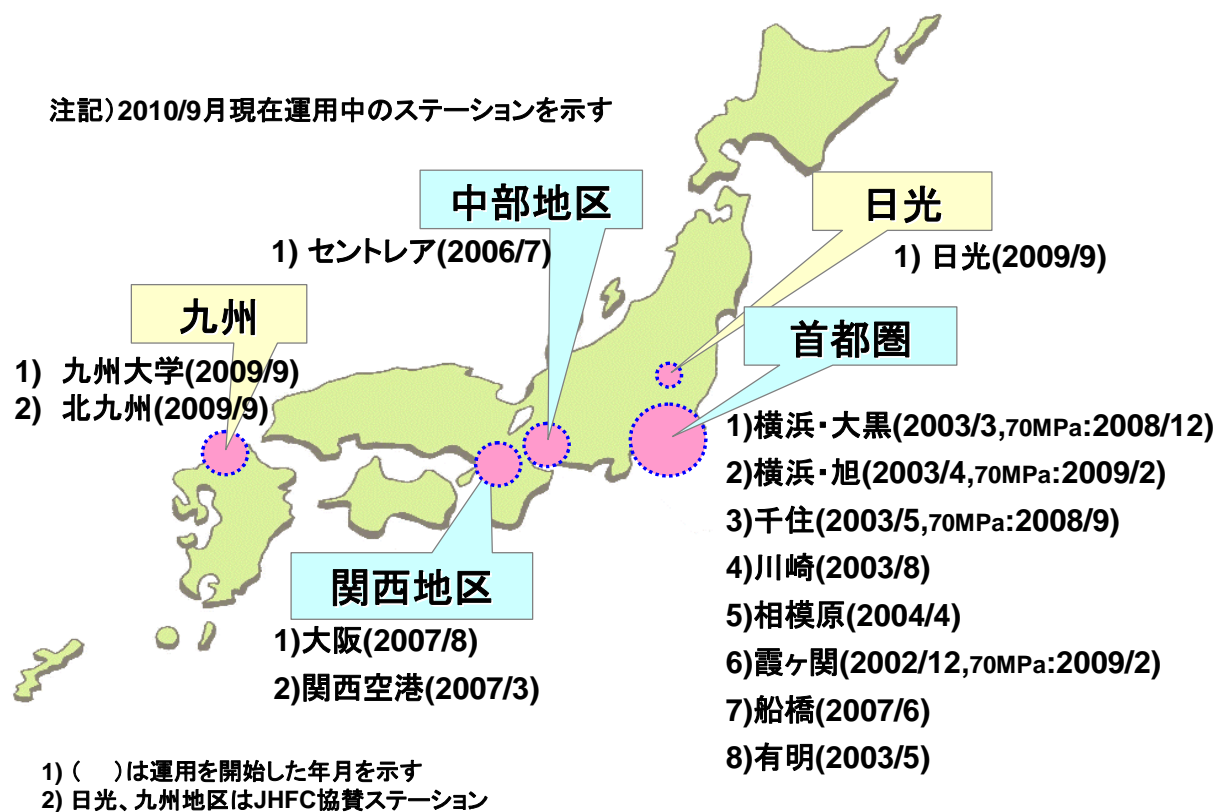


図 1.1.1.1-2 ステーションの所在地

1.1.1.2 ステーションの基本仕様と高圧化

燃料電池自動車の課題のひとつは航続距離を伸ばすことであり、このために搭載する燃料を増やす研究が行われてきた。燃料である水素の搭載量を増やすため従来の 35MPa からより高圧化した 70MPa タンクを搭載した燃料電池自動車の開発が進められてきた。高圧化することにより搭載する燃料は増えその分航続距離は伸びるが、それまで経験したことがない高圧の設備の使用や充填時間の短縮のための水素量の増加、さらに充填時間の短縮のためのタンク内の温度上昇を防止する対策等が課題であり、これらについての実証試験が日米欧で行われている。

(1)水素ステーション基本仕様

ステーションの建設にあたって充填圧力、水素製造能力、FCV への連続充填能力を設定した。各ステーションは異なる原料、方式により、さらにステーションの高圧化により 35MPa に加え 70MPa 設備も建設した。

表 1.1.1.2-1 JHFC 水素ステーション基本仕様

項目		仕様
充填圧力		35 [MPa] / 70 [MPa]
水素製造能力（オンサイトのみ）		2.7 [kg/h] （30 [m3(nor)/h]）以上
製品水素ガス組成	水素	99.99 [%] 以上
	酸素	2 [ppm] 以下
	窒素	50 [ppm] 以下
	一酸化炭素	1 [ppm] 以下
	二酸化炭素	1 [ppm] 以下
	炭化水素	1 [ppm] 以下
	露点	-60 [°C] 以下（35MPa の場合）
FCV への連続充填能力		乗用車 5 台 または バス 1 台

なお、70MPa 設備は既設の 35MPa ステーションへ増設したため、FCV への連続充填能力はステーションによって差が見られる。いずれのステーションも高压ガス保安法一般高压ガス保安規則あるいはコンビナート等保安規則に基づいて建設されている。

(2) 70MPa への高压化と、70MPa ステーションの仕様

JHFC プロジェクトでは 70MPa タンクを搭載した燃料電池自動車の実証試験を行うため、70MPa の水素を充填できるステーションが必要となり、11 カ所のステーションのうち千住、横浜・旭、横浜・大黒、霞が関（移動式）ステーションの 4 カ所に 70MPa 設備を増設した。

70MPa 設備の計画にあたっては、実証試験であることから異なる種類の設備や充填方式を使用することとした。このうち千住ステーションは基準・標準化のための様々な試験が行えるステーションとしている。車への水素の充填は、①蓄圧器の圧力と車のタンクの圧力の差を利用して行う差圧充填方式、②圧縮機から車のタンクへ直接充填する方式、③両者を併用して充填する方式があり、設備の種類・能力、設置する場所の広さ、設置費用等から充填方式が決められる。このプロジェクトでは、蓄圧器を設置せず圧縮機から直接充填する方式を採用した横浜・大黒ステーション以外は差圧充填方式とし、充填時の車のタンクの温度上昇を防止するため充填する水素をあらかじめ冷却するプレクール設備を設けることにした。

詳細な仕様については、海外の 70MPa ステーション（注記参照）では最高充填圧力 87.5MPa、プレクール能力-40°C、充填流量 3.6kg/min の能力をもつステーションも建設されていることもあり、表 1.1.1.2-2 に示す車両側の要望仕様をもとに車両側・ステーション側で検討を行った。現状の法規制や部品の入手等を考慮して最高充填圧力 70MPa、プレクール能力-20~-5°C、充填流量 0.85~2.0kg/min とし、通信に関しては車両からの信号を取り込めることし、表 1.1.1.2-3 に示すフルスペック（千住）、スタンダードスペック（大黒、旭、霞ヶ関）の 2 種類とした。

なお、車両の誤発進等によるホースの破損を防止するため 35MPa 用のディスペンサのホ

ースには緊急離脱カプラが設置されているが、70MPa 用の緊急離脱カプラは、国内では現在開発中であり、海外では製品化されているものもあるが日本の高圧ガスの材料や強度の規格を満足できないのが現状である。このため、緊急離脱カプラが製品化される前に運用することになるため、当面は暫定案により運用を行うこととした。実証試験では車両の運転者及びステーションの運用者が限定されており安全に関する十分な知識を有すること、緊急離脱カプラが製品化されるまでの期間限定であることから、車が動けなくするための輪止めの実施やホースが破損してガス圧が低下した場合蓄圧器の元弁を自動的に遮断する等の対応を図ることとした。

表 1.1.1.2-2 自動車側からの要望仕様

最高充填圧力	87.5 MPa
連続充填台数	2 台
充填流量	0.1～3.6 kg/分
流量・昇圧制御	5種類の制御に対応できること
制御方式(通信・非通信)	通信充填ができること
充填する水素の冷却(プレクール)	必要

表 1.1.1.2-3 70MPa ステーションの仕様

	JHFC採用仕様			
	千住ステーション	旭ステーション	移動式ステーション	大黒ステーション
	フルスペック	スタンダードスペック		
最高充填圧力	70MPa	70MPa	70MPa	70MPa
連続充填台数	1台 2台目(56MPaまで充填可能) [蓄圧器容量100L*4=400L] (当面1台分とし、蓄圧器増設時期は要検討)	1台 2台目(60MPaまで充填可能) [蓄圧器容量240L*2=480L]	1台 2台目(60MPaまで充填可能)	3台
想定車載タンク容量	max160L min 60L	max160L min 60L	max160L min 60L	max160L min 60L
充填流量	0.1kg/min～2.0kg/min	0.1kg/min～0.85kg/min	0.1kg/min～0.85kg/min	(0-35MPa) 従来どおり (35-70MPa) 0.1-0.3kg/min
流量・昇圧制御	圧力制御、流量制御が行えること	←	←	←
	水素圧力、温度、流量、積算流量が出力できること	←	←	←
制御方式:非通信、通信	カリキュレート充填、通信充填ができるように制御に余裕を見込むこと 制御上 OverFillingも考慮に入れる	通信充填ができるように制御に余裕を見込むこと	通信充填ができるように制御に余裕を見込むこと	通信充填ができるように制御に余裕を見込むこと
通信用出力項目	なし	←	←	←
車両からの通信用出力項目	車両からの1CH信号を取り込めること 1)水素圧力、水素温度 2)水素温度が規定値を超えると流量を制限する信号 など	←	←	←
プレクール能力	熱交換器で-30℃ ノズル出口で-20℃目標	熱交換器で-15℃ ノズル出口で-5℃目標	熱交換器で-15℃ ノズル出口で-5℃目標	プレクールなし (ノズル出口で外気温目標)
	デスペンサー側で充填時の温度を検出し、温度が高いとインターロックできるように配慮すること	←	←	
ノズルタイプ	日東工器製使用	←	←	←
蓄圧器材料に関して	SNCM439	SNCM439(強度低減材)	複合材	なし
移動式に関して	移動式特有の仕様は明記のこと			
車両の誤発進等による燃料流出の防止	当面は暫定案で対応する。(70MPa緊急離脱カプラが製品化された段階で設置)			

注記) 海外の 70MPa 水素ステーションの状況

欧米では日本に先行して 70MPa の燃料電池自動車の導入が進められており、70MPa ステーションの建設が行われている。このため JHFC プロジェクトで 70MPa 充填設備を設置・運用するにあたり、2007 年から 2008 年にかけて先行する欧米の 70MPa 充填システムや運用状況の調査を行った。ここでは代表的なパブリックの 70MPa ステーションを紹介する。

(1) University of California-Irvine APCI Refueling Station(Irvine, California)は、大学の駐車場の一角に設置された水素ステーションである。このステーションは無入であり、システムの監視は遠隔で実施されている。70MPa は圧縮機から直接充填する方式であり、プレクール設備が設置されている。

(2) MultiEnergy Station at Hoechst Industrial Park(Frankfurt, Germany)は、ガソリンスタンドに併設された水素ステーションである。水素は隣接する工業団地で製造され、1.7km のパイプラインにより 90MPa で供給されており、昇圧にはコンタミネーションの問題がないとされるイオニックコンプレッサが使用されている。ステーションに水素タンクはなくパイプラインから送られてきた水素を冷却してディスペンサへ供給している。

(3) TOTAL-BVG H2 fueling Station(Berlin, Germany)は、ドイツで行われている CEP プロジェクトのステーションで、ガソリンスタンドに併設され、液体水素と圧縮水素のディスペンサが設置されている。高圧水素充填は、35MPa 充填と 70MPa 充填の両方に対応している。70MPa 充填ではプレクールを実施しており、冷媒を用いた二重配管によりノズルでの水素温度は-40℃が可能である。高圧水素は 100MPa まで昇圧して 70MPa ディスペンサへ供給している。なお、システムは遠隔で監視が行われている。

このように欧米のパブリックの 70MPa 水素ステーションを調査したが、設備面からみるとどのステーションも充填する水素のプレクールや車両とのコミュニケーションを前提としてこれらの設備が設置されている。

(3)70MPa 高圧化に際しての安全

70MPa 設備はより高圧の設備であり貯蔵する水素量が多いこと、JHFC プロジェクトの水素ステーションはパブリックのステーションであることからより安全性が求められる。このため 70MPa 設備は、市街地にあるステーションではなく広い敷地を有する工業地域等にあるステーションの中に設置して、敷地境界から設備までの距離を十分とることにより安全を確保するとともに、使用する機器は 70MPa で実績があるものや安全性が確認されたものを使用している。さらに、設備の運用は実証試験の期間内として使用する期間を限定した。実証試験終了後は材料や設備を調査研究用として関係機関に提供し、これらの結果を安全を確認するためのデータとして活用していくことにしている。

① 設置場所

70MPa 設備の設置場所を以下に示す。いずれも工業地域・工業専用地域または市街化調整区域に設置した水素ステーション内である。

定置式 横浜・大黒ステーション（工業専用地域）

横浜・旭ステーション（市街化調整区域）

千住ステーション（工業地域）

移動式ステーション（工業地域）

② 使用期間

70MPa 設備の使用期間は実証試験の期間内とし、実証試験終了後は材料や設備について調査研究を行い、これらの調査研究結果を安全を確認するためのデータとして提供していく。

③ 安全対策の考え方

- ・ 70MPa 設備を設置するステーションは、一般高圧ガス保安規則 6 条又はコンビナート等保安規則 5 条の適用を受ける 35MPa ステーションの中に設置する。
- ・ 70MPa 設備を設置するステーションは工業地域・工業専用地域または市街化調整区域にあり、一般高圧ガス保安規則 7 条の 3 第 1 項（特定圧縮水素スタンドに係る技術上の基準）の条項を準用して安全性を確保する。
- ・ 保安距離は現時点で適用できる規則の中で最大限のものを使用する。

	一般高圧ガス保安規則第6条	一般高圧ガス保安規則第7条の3		適用する距離	
		第1項	第2項		
保安距離:第一種	17.0m	17.0m	---	→	17.0m
第二種	11.4m	11.4m	---	→	11.4m
敷地境界距離	---	---	6m	→	(6m)
火気離隔距離	8m	6m	6m	→	8m
ディスプレイと公道距離	---	6m	6m	→	6m

- ・ 以上より、現在の技術で対応できる最大限の安全対策を実施する。

1.1.1.3 水素ガス性状

(1) 製品水素ガス分析結果

JHFC 水素ステーションでは、多成分を対象にした精密ガス分析を延べ 12 ステーションで 7 回行った。その分析状況を下表に示す。

JHFC 水素ステーションの水素燃料仕様については 1.1.1.2.(1)を参照のこと。

表 1.1.1.3-1 JHFC 水素ステーションにおける製品水素分析

水素ステーション	2004/3	2005/3	2005/9	2007/2	2007/12	2008/12	2010/1
大黒	○	○	○	○	○	○	○
旭	○	○	○	—	○	○	○
千住	○	○	○	○	○	○	○
川崎	○	○	○	○	○	○	○
青梅	/	○	○	○	/	/	/
秦野→市原	/	○	○	○	○	○	○
瀬戸北	/	○	○	/	/	/	/
瀬戸南→セントレア	/	○	○	○	○	○	○
相模原	/	○	○	○	△	△	○
有明	/	○	○	○	—	—	—
鶴見	/	○	○	/	/	/	/
大阪	/	/	/	/	○	○	○

凡例 ○:全対象物質分析 /:開所前ないしは閉所後
△:窒素のみ分析 —:分析未実施

試料採取は、微量分析であるための濃縮操作の試料量確保のため、ディスペンサー部から高圧（25 或いは 35MPa）で採取した。

表 1.1.1.3-2 製品水素分析結果(2010年1月)

分析対象物質	分析値 ¹⁾ (単位: vol ppm)								検出下限濃度 [ppm]	分析方法 (概略)
	市原 灯油改質	横浜大黒 脱硫ガソリン改質	横浜旭 ナフサ改質	川崎 メタノール改質	千住 都市ガス改質	セントレア 都市ガス改質	大阪 都市ガス改質	相模原 アルカリ水電解		
一酸化炭素	<0.01	<0.01	0.02	<0.01	<0.01	0.10	0.08	<0.01	0.01	GC-FID
二酸化炭素	0.09	0.03	0.46	<0.01	<0.01	0.01	0.13	0.08	0.01	GC-MS
全炭化水素 ²⁾ :メタン	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	0.20	0.11	<0.05	0.05	GC-FID
:非メタン	<0.05	<0.05	0.05	<0.05	<0.05	<0.05	0.37	<0.05	0.05	GC-FID
ベンゼン	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	0.005	GC-MS
硫黄化合物 ³⁾	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.0001	IC
メタノール	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	GC-MS
ホルムアルデヒド	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	DNPH/HPLC
アセトアルデヒド	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	DNPH/HPLC
ギ酸	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	IC
アセトン	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	DNPH/HPLC
アンモニア :NH ₄ ⁺	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.001	IC
水分	0.7	1.2	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	1.2	0.5	露点計
酸素	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	微量酸素計
アルゴン	0.03	0.10	0.05	<0.03	0.97	0.77	<0.03	0.39	0.03	GC-MS
窒素	0.48	3.25	0.44	1.27	1.64	17.4 ⁴⁾	0.10	39.3 ⁴⁾	0.03	GC-MS
ヘリウム	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	3	GC-TCD
ハロゲン化合物 ⁵⁾ :F ⁻	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	0.05	IC
:Cl ⁻	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	0.05	IC
:Br ⁻	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	0.05	IC

- 1) 濃度は全て体積換算とした。
- 2) 全ての炭化水素濃度を炭素数1の化合物換算で合計して定量した。
- 3) 全ての硫黄化合物をSO₂換算で合計して定量した。
- 4) 高濃度のため、GC-MSでの定量が困難であり、GC-TCDにて定量した。
- 5) それぞれF⁻、Cl⁻、Br⁻濃度として定量した。

表 1.1.1.3-3 製品水素分析結果(2008 年 12 月)

分析対象物質	分析値 ¹⁾ (単位:vol ppm)								検出下限濃度	分析方法(概略)
	市原 灯油 改質	横浜・大黒 脱硫ガソリン 改質	川崎 メタノール 改質	千住 都市ガス 改質	セントレア 都市ガス 改質	大阪 都市ガス 改質	相模原 ⁶⁾ アルカリ 水電解	市原 灯油 改質		
一酸化炭素	0.06	<0.01	<0.01	0.01	0.05	0.16	-	0.01	GC-FID	
二酸化炭素	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.02	0.35	-	0.01	GC-MS	
全炭化水素 ²⁾ :メタン	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	0.19	-	0.05	GC-FID	
:非メタン	0.13	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	0.40	-	0.05	GC-FID	
ベンゼン	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	0.006	-	0.005	GC-MS	
硫黄化合物 ³⁾	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	-	0.0001	IC	
メタノール	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	-	0.01	GC-MS	
ホルムアルデヒド	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	-	0.01	DNPH/HPLC	
アセトアルデヒド	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	-	0.01	DNPH/HPLC	
ギ酸	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	-	0.01	IC	
アセトン	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	-	0.01	DNPH/HPLC	
アンモニア	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	-	0.001	IC	
水分	<0.5	3.4	<0.5	<0.5	<0.5	0.74	-	0.5	露点計	
酸素	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	-	0.01	微量酸素計	
アルゴン	<0.03	1.13	<0.03	1.34	0.39	0.54	-	0.03	GC-MS	
窒素	0.04	24.6 ⁴⁾	0.32	6.91	10.9	2.05	26.9 ⁴⁾	0.03	GC-MS	
ヘリウム	<3	<3	<3	<3	<3	<3	-	3	GC-TCD	
ハロゲン化合物 ⁵⁾ :F ⁻	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	-	0.05	IC	
:Cl ⁻	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	-	0.05	IC	
:Br ⁻	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	-	0.05	IC	

- 1) 濃度は全て体積換算とした。
- 2) 全ての炭化水素濃度を炭素数1の化合物換算で合計して定量した。
- 3) 全ての硫黄化合物をSO₄²⁻換算で合計して定量した。
- 4) 高濃度のため、GC-MSでの定量が困難であり、GC-TCDにて定量した。
- 5) それぞれF⁻、Cl⁻、Br⁻濃度として定量した。
- 6) 窒素のみの分析。

表 1.1.1.3-4 製品水素分析結果(2007 年 12 月)

分析対象物質	分析値 ¹⁾ (単位:ppm)								検出下限	分析方法
	横浜大黒 脱硫ガソリン 改質	横浜旭 ナフサ 改質	千住 都市ガス 改質	川崎 メタノール 改質	セントレア 都市ガス 改質	大阪 都市ガス 改質	相模原 アルカリ 水電解	市原 灯油 改質		
一酸化炭素	<0.01	0.05	<0.01	<0.01	0.04	0.07	-	<0.01	<0.01	GC-FID
二酸化炭素	<0.01	0.33	<0.01	<0.01	<0.01	0.38	-	1.03	<0.01	GC-MS
全炭化水素 ²⁾ :メタン	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	0.05	0.09	-	0.3	<0.05	GC-FID
:非メタン	<0.05	0.08	<0.05	<0.05	<0.05	0.3	-	<0.05	<0.05	GC-FID
ベンゼン	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	-	<0.005	<0.005	GC-MS
硫黄化合物 ³⁾	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	-	<0.0001	<0.0001	IC
メタノール	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	-	<0.01	<0.01	GC-MS
ホルムアルデヒド	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	-	<0.01	<0.01	DNPH/HPLC
アセトアルデヒド	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	-	<0.01	<0.01	DNPH/HPLC
ギ酸	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	-	<0.01	<0.01	IC
アセトン	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	-	<0.01	<0.01	DNPH/HPLC
アンモニア	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	-	<0.001	<0.001	IC
水分	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	-	5.3	<0.5	露点計
酸素	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	-	<0.01	<0.01	微量酸素計
アルゴン	<0.03	<0.03	1.50	<0.03	0.18	0.19	-	0.069	<0.03	GC-MS
窒素	0.11	0.51	10.4	0.56	8.2	1.92	19.2 ⁴⁾	2.4	<0.03	GC-MS
ヘリウム	<3	<3	<3	<3	<3	<3	-	<3	<3	GC-TCD
ハロゲン化合物 ⁵⁾ :F ⁻	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	-	<0.05	<0.05	IC
:Cl ⁻	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	-	<0.05	<0.05	IC
:Br ⁻	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	-	<0.05	<0.05	IC

- 1) 濃度は全て体積換算とした。
- 2) 全ての炭化水素濃度を炭素数1の化合物換算で合計して定量した。
- 3) 全ての硫黄化合物をSO₄²⁻換算で合計して定量した。
- 4) 高濃度のため、GC-MSでの定量が困難であり、GC-TCDにて定量した。
- 5) それぞれF⁻、Cl⁻、Br⁻濃度として定量した。

表 1.1.1.3-5 製品水素分析結果(2007年2月)

分析対象物質	分析値 ¹⁾ (単位:ppm)									分析方法
	横浜大黒 脱硫ガソリン 改質	千住 都市ガス 改質	川崎 メタノール 改質	青橋 都市ガス 改質	セントレア 都市ガス 改質	有明 液体水素 貯蔵	相模原 アルカリ 水電解	市原 灯油 改質	検出下限	
一酸化炭素	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.03	<0.01	GC-FID
二酸化炭素	<0.01	<0.01	<0.01	0.04	0.02	Trace	<0.01	Trace	<0.01	GC-MS
全炭化水素 ²⁾	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	0.42	<0.05	GC-FID
メタン	Trace	<0.05	<0.05	<0.05	0.06	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	GC-FID
非メタン	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	GC-FID
ベンゼン	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	IC
硫黄化合物 ³⁾	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	GC-MS
メタノール	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	GC-MS
ホルムアルデヒド	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	DNPH/HPLC
アセトアルデヒド	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	DNPH/HPLC
ギ酸	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	IC
アセトン	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	GC-MS
アンモニア	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	IC
水分	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	20.5	<0.5	露点計
酸素	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	微量酸素計
アルゴン	1.29	7.08	<0.03	0.19	0.07	0.1	2.07	0.12	<0.03	GC-MS
窒素	20.0 ⁴⁾	0.64	0.53	8.26 ⁴⁾	0.82	0.13	73.2 ⁴⁾	1.1	<0.03	GC-MS
ヘリウム	7	<3	<3	9	Trace	Trace	<3	<3	<3	GC-TCD
ハロゲン化合物 ⁵⁾ :F ⁻	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	IC
:Cl ⁻	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	IC
:Br ⁻	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	IC

- 1):濃度は全て体積換算とした。
- 2):全ての炭化水素濃度を炭素数1の化合物換算で合計して定量した。
- 3):全ての硫黄化合物をSO₄²⁻換算で合計して定量した。
- 4):高濃度のため、GC-MSでの定量が困難であり、GC-TCDにて定量した。
- 5):それぞれF、Cl、Br濃度として定量した。

表 1.1.1.3-6 製品水素分析結果(2005年9月)

不純物 (vol.ppm)	ステーション				検出限界	分析方法
	横浜・大黒 脱硫ガソリン改質	横浜・旭 ナフサ改質	千住 都市ガス改質	有明 液体水素貯蔵		
CO	< 0.01	0.15	< 0.01	< 0.01	0.01	GC-FID
CO ₂	< 0.01	0.07	< 0.01	0.01	0.01	GC-MS
炭化水素 ¹⁾ メタン	< 0.05	< 0.05	0.08	< 0.05	0.05	GC-FID
その他	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	0.05	GC-FID
ベンゼン	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	0.005	GC-FID
硫黄化合物 ²⁾	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	0.0001	IC
メタノール	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.01	GC-MS
ホルムアルデヒド	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.01	DNPH/HPLC
アセトアルデヒド	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.01	DNPH/HPLC
蟻酸	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.01	IC
アセトン	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.01	GC-MS
アンモニア	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	0.001	IC
水分	0.9	< 0.5	< 0.5	< 0.5	0.5	Dew point meter
酸素	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.01	Trace oxygen meter
アルゴン	0.05	0.15	0.73	< 0.03	0.03	GC-MS
窒素	1.11	0.92	3.59	0.11	0.03	GC-MS ³⁾
ヘリウム	< 3	< 3	< 3	< 3	3	GC-TCD

濃度は全て体積換算とした。

- 1) 炭化水素はすべてC₁(メタン)換算
- 2) 硫黄化合物はSO₄²⁻イオン換算
- 3) 10ppmを超える場合、GC-TCDにより定量

表 1.1.1.3-7 製品水素分析結果(2005年3月)

不純物 (vol.ppm)	ステーション				検出限界	分析方法
	横浜・大黒 脱硫ガソリン改質	横浜・旭 ナフサ改質	千住 都市ガス改質	有明 液体水素貯蔵		
CO	0.07	0.05	0.02	0.02	0.01	GC-FID
CO ₂	< 0.01	0.02	< 0.01	< 0.01	0.01	GC-MS
炭化水素 ¹⁾ メタン	< 0.05	0.18	< 0.05	< 0.05	0.05	GC-FID
その他	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	0.05	GC-FID
ベンゼン	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	0.005	GC-FID
硫黄化合物 ²⁾	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	0.0001	IC
メタノール	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.01	GC-MS
ホルムアルデヒド	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.01	DNPH/HPLC
アセトアルデヒド	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.01	DNPH/HPLC
蟻酸	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.01	IC
アセトン	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.01	GC-MS
アンモニア	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	0.001	IC
水分	0.9	< 0.5	0.9	< 0.5	0.5	Dew point meter
酸素	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.01	Trace oxygen meter
アルゴン	0.19	0.75	0.11	< 0.03	0.03	GC-MS
窒素	7.9	35.3	0.12	0.03	0.03	GC-MS ³⁾
ヘリウム	< 3	< 3	< 3	< 3	3	GC-TCD

濃度は全て体積換算とした。

1) 炭化水素はすべてC₁(メタン)換算

2) 硫黄化合物はSO₄²⁻イオン換算

3) 10ppmを超える場合、GC-TCDにより定量

表 1.1.1.3-8 製品水素分析結果(2004年3月)

不純物 (vol.ppm)	ステーション				検出限界	分析方法
	横浜・大黒 脱硫ガソリン改質	横浜・旭 ナフサ改質	千住 都市ガス改質	川崎 メタノール改質		
CO	0.05	0.06	0.02	0.06	0.01	GC-FID
CO ₂	0.03	0.03	< 0.01	0.97	0.01	GC-MS
炭化水素 ¹⁾ メタン	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	0.05	GC-FID
その他	< 0.05	0.11	< 0.05	< 0.05	0.05	GC-FID
ベンゼン	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	0.005	GC-FID
硫黄化合物 ²⁾	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	0.0001	IC
メタノール	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.01	GC-MS
ホルムアルデヒド	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.01	DNPH/HPLC
アセトアルデヒド	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.01	DNPH/HPLC
蟻酸	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.01	IC
アセトン	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.01	GC-MS
アンモニア	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	0.001	IC
水分	3.5	< 0.5	24	< 0.5	0.5	Dew point meter
酸素	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.01	Trace oxygen meter
アルゴン	0.27	0.09	4.95	< 0.03	0.03	GC-MS
窒素	10.7	22.1	3.03	8.01	0.03	GC-MS ³⁾
ヘリウム	< 3	< 3	< 3	< 3	3	GC-TCD

濃度は全て体積換算とした。

1) 炭化水素はすべてC₁(メタン)換算

2) 硫黄化合物はSO₄²⁻イオン換算

3) 10ppmを超える場合、GC-TCDにより定量

CO、O₂、全炭化水素については、全てのステーションが全ての分析について JHFC 水素ステーションの仕様を満足している。

N₂については、相模原ステーションで1回のみ仕様値をオーバーしている。この理由は、分析直前に行ったステーションの開放点検の影響と推測している。仕様値オーバーは1回のみで、再現はしていない。

(2) 製品水素の一酸化炭素 (CO) の連続分析

多成分の精密ガス分析による水素ガス仕様の確認は有効な方法であるが、簡便とは言えない。PSA を水素精製に用いる場合、PSA 吸着剤の特性から、一酸化炭素成分が最も除去しにくい成分であることが判っている。そのため、オンサイト型7ヶ所の JHFC 水素ステーションでは、一酸化炭素の連続分析計を設置して分析を実施している。定常水素製造条件下では一酸化炭素の濃度は 0.2ppm 以下と低く、バッチ式の精密ガス分析結果と良く合致している。即ち、簡便法としての一酸化炭素連続分析法の有効性を確認した。

表1.1.1.3-9 JHFC水素ステーションの一酸化炭素 (CO) 連続分析 結果一覧

ステーション名称	大阪	千住	市原	横浜旭	川崎	セントレア	横浜大黒	
CO連続分析計	メーカー名	堀場製作所	←	←	←	←	島津製作所 富士電機インスツルメンツ	
	型式	GA-360E	←	←	←	←	URAD-1000(*6) GASPAC-Z	
	検出原理	クロスモジュール方式 非分散型赤外線分析法	←	←	←	←	赤外線式 非分散型赤外線吸収法(サンプリング)	
	検出範囲	0~10ppm	0~10ppm	0~10ppm	0~10ppm	0~10ppm	0~10ppm	
	検出下限界	0.01ppm	0.01ppm	0.4ppm(*3)	0ppm	0.01ppm	0.2ppm(*7)	0.01ppm
測定結果	分析期間	H22.1月~2月	H22.1.19~1.21	H16.4.1~H22.3.11	H21.4.2~H22.2.17	H22.1.6~2.25	H18.7.~H22.3. H15.2.	
	最高検出値	0.03ppm(*1)	0ppm(*2)	0.6ppm(*4)	0.35ppm(*11)	0.15ppm(*5)	0.2ppm(*8)	0.3ppm(*9)
	最低検出値	0.00ppm	0ppm	0.0ppm	0ppm	0ppm	0ppm	0.00ppm
	最頻検出値	0.00ppm	0ppm	0.0ppm	0ppm	0.02ppm	0.05~0.1ppm	0~0.03ppm

- 注) *1 蓄圧時のCO管理値：0.2ppm(H20以前)、0.1ppm(H21以降) 管理値を超えると自動で送出を停止する
 *2 PSA特性からか、COが0ppm以上に増加する以前にCH₄が0.5ppm程度に上昇傾向。そのため、COとCH₄双方の連続分析を実施
 ただし、上記分析期間は、CO、CH₄双方全て0ppmを表示。
 *3 再現性：フルスケールの±2%以内
 *4 0.6ppmはPSA稼働直後の値。PSAが3サイクル程度回れば(約20分)、COはほぼ0ppm。
 *5 水素製造終了時にCO濃度が上昇する傾向があるが、約0.07ppmが最大値であり、0.15ppmは極めて例外的な値。
 *6 大気環境測定用装置を改良
 *7 測定レンジの2%。0.2ppm以下は若干測定値がふらつく。
 *8 水素製造装置の運転開始直後のCO濃度は0.3~0.5ppmであるが、0.2ppm以下となった状態から製品水素としている。
 *9 通常運転立上げ時の初期CO濃度は約0.3ppmだが、時間経過と共に0.15~0.1ppmに低下した後に蓄圧器へ充填する。以降の定常時は0.03ppm以下である。
 *10 H22.2.18.に蓄圧器ユニット内の水素ガス分析を実施した。(結果は1件1葉シートを参照)
 *11 水素製造装置からPSAに流し始めたばかりの値。時間経過と共にCOは0ppmとなり、蓄圧器に蓄圧する。従ってFCV充填水素中のCOは0ppmと考えて良い。

(3) 改質・変成部からの水素ガス分析

オンサイト型水素ステーションにおいては PSA によって水素精製を行っているが、PSA の前段での生成ガス(正確には CO 変成器出口ガス)の分析を行った。変成器出口ガス中の各種不純物濃度を測定することにより、PSA に依存しない不純物濃度の把握を目的とした。千住ステーション(都市ガス改質：2008年11月測定)と横浜・旭ステーション(ナフサ改質：2010年1月測定)で実施した。初の分析であるため、千住ステーションでは2回の測定を行い、再現性を確認した。変成器出口ガスは製品水素ガスと異なり水分を多く含んでおり、冷却してドレンを除去して PSA に送入されるので、変成器出口ガスの採取と同時に副生水を採取した。

千住ステーションの変成器出口ガス（改質ガス）分析結果と副生水中の成分分析結果を下表に示す。

表 1.1.1.3-10 改質ガス中の成分分析結果

分析成分	分析値 *1			定量 下限値	分析機器
	1回目	2回目	単位 *2		
N2	78.3	65.0	vol ppm	5 *3	GC-TCD
CO	3.17	3.32	vol %	0.1 *3	GC-FID
CO2	17.9	17.5	vol %	0.1 *3	GC-FID
CH4	1.81	1.40	vol %	0.1 *3	GC-FID
THC(as.C1)	0.8	4.3	vol ppm	0.05 *3	GC-FID
He	<3.2	<3.2	vol ppm	3.2 *3	GC-TCD
H2O	1.1	0.8	mg/L	0.05	検知管
NH ₄ ⁺	<1	<1	vol ppb	1	IC
F ⁻	<50	<50	vol ppb	50	IC
Cl ⁻	<50	<50	vol ppb	50	IC
Br ⁻	<50	<50	vol ppb	50	IC
SO ₄ ²⁻	<0.1	<0.1	vol ppb	0.1	IC
ギ酸	<10	<10	vol ppb	10	IC
ベンゼン	<5	<5	vol ppb	5	GC-MS
アセトン	20	40	vol ppb	10	GC-MS
ホルムアルデヒド	<10	<10	vol ppb	10	GC-MS
アセトアルデヒド	<10	<10	vol ppb	10	GC-MS

*1:1回目は平成20年12月17日、2回目は平成21年3月10日に採取。

*2:vol ppm、vol ppbは、温度25°C、圧力1013hPaとして算出。

*3:検出下限値

表 1.1.1.3-11 副生水中の成分分析結果

分析成分	分析値 *1			定量 下限値	分析機器
	1回目	2回目	単位		
NH ₄ ⁺	1200	1200	ng/mL	1	IC
F ⁻	<50	70	ng/mL	50	IC
Cl ⁻	<50	<50	ng/mL	50	IC
Br ⁻	<50	<50	ng/mL	50	IC
SO ₄ ²⁻	<10	<50	ng/mL	*2	IC
ギ酸	2400	3100	ng/mL	10	IC
ベンゼン	<10	<10	ng/mL	10	GC-MS
アセトン	470	990	ng/mL	10	GC-MS
メタノール	54000	41000	ng/mL	10	GC-MS
ホルムアルデヒド	430	150	ng/mL	10	HPLC
アセトアルデヒド	640	120	ng/mL	10	HPLC

*1:1回目は平成20年12月17日、2回目は平成21年3月10日に採取。

2 回の結果は、オーダー違いは無く、ほぼ一致していると考えられる。

以下は 1 回目の結果を用いた解析結果である。

副生水中の成分量を算出し、改質ガス中成分と加算した結果を、表 1.1.1.3-12 に示す。

表 1.1.1.3-12 変成器出口の不純物濃度

	ドレン中 濃度 mg/L	ドレン中総 量 mg	ドレン中モ ル数 ミリ mol	変成器出ウェ ットガス中換算 濃度 ppb	変成器出ドラ イガス中換算 濃度 ppb
NH4	1.20	27.91	1.550	284	376
HCOOH	2.40	55.81	1.213	222	294
CH3COCH3	0.47	10.93	0.1884	34.5	45.7
CH3OH	54.0	1256	39.24	7196	9520
HCHO	0.43	10.00	0.3333	61.1	80.9
CH3CHO	0.64	14.88	0.3382	62.0	82.0

* NH4 イオンは、ガス中 NH3 として換算

* ドレン中総量、モル数は定格運転1時間当たり

次に、下記の熱力学平衡計算を行い、変成器出口の不純物濃度の計算値を求めた。

①C、H、N、O からなる考えられる物質 126 種類を抜粋し、改質条件下（温度=1098 K、圧力=8.80 atm）で全物質の平衡計算を実施

②H2、H2O、CO、CO2、NH3、N2、CH3OH、(CH3)2CO、CH3CHO のみの反応系を仮定（これ以外の物質は改質器出口のマテリアルバランスの値を使用）して変成出口条件（温度=663 K、圧力=8.20 atm）での平衡計算を実施

表 1.1.1.3-13 変成器出口の不純物濃度の平衡計算値

	NH4	HCHO	HCOOH	CH3OH	(CH3)2CO	CH3CHO
変成出ドライガス 中換算濃度	199 ppm	373 ppb	356 ppb	10.5 ppm	8120 ppm	124 ppm

表 1.1.1.3-12 の実測濃度と、表 1.1.1.3-13 の平衡計算濃度の合表を下記に示す。

表 1.1.1.3-14 変成器出口部分の不純物濃度の実測値と平衡計算値の比較

	NH4	HCHO	HCOOH	CH3OH	(CH3)2CO	CH3CHO
実測値	376ppb	80.9ppb	294ppb	9.52ppm	45.7ppb	82ppb
平衡計算値	199 ppm	373 ppb	356 ppb	10.5 ppm	8120 ppm	124 ppm

表 1.1.1.3-14 から、以下が言える。

- ・メタノールはほぼ熱力学平衡に近い値まで反応が進んでいる。理由は変成器の触媒作用と考えられる。

- ・アセトン、アセトアルデヒドは、実測値は平衡値よりも3~4桁低い値であり、変成触媒がこれらの生成活性を有しないためと考えられる。
- ・アンモニア (NH₄) の平衡値 (約 0.02%) は原料都市ガス中に N₂ が 110ppm 含有される場合の値であるが、実測値は約 3桁低い値を示している。

(4) 水素ステーションの水素純度緩和による水素コストの低減可能性検討

JHFC 水素ステーションの製造水素純度仕様は 99.99% (4N) であるが、これを 99% (2N) に緩和することによる水素コストの低減可能性を検討した。

都市ガス改質型、300Nm³/h、35MPa の水素ステーションを検討対象とした。

比較元の 99.99% (4N) ケースの上記ステーションの建設コストは 599 百万円 (内、PSA 設備 50 百万円)、水素コストは 102.5 円/Nm³ である。

水素精製は PSA によって行われるので、複数の PSA メーカーのヒアリングによって水素純度 99% (2N) とするケースを検討した。水素純度 99.99% (4N) と比較して、水素回収率を向上できる (80%→最大 85%) が、PSA 設備費はほとんど低減しないこと、かつ PSA 装置の大きさもほとんど変化しないとの結果を得た。PSA 設備費がほとんど低減しないため、水素コストもまったく低減しない (102.5 円/Nm³→102.5 円/Nm³)。

即ち、水素純度を 99.99% から 99% に緩和しても、水素コストは変化しないとの結論を得た。

(5) 製品水素中の微粒子の測定

霞ヶ関ステーションを対象に下図装置によって製品水素中の微粒子をフィルター (テフロン製、目開き 0.2μm) に捕捉して測定した (2010 年 6~7 月に 3 回測定)。

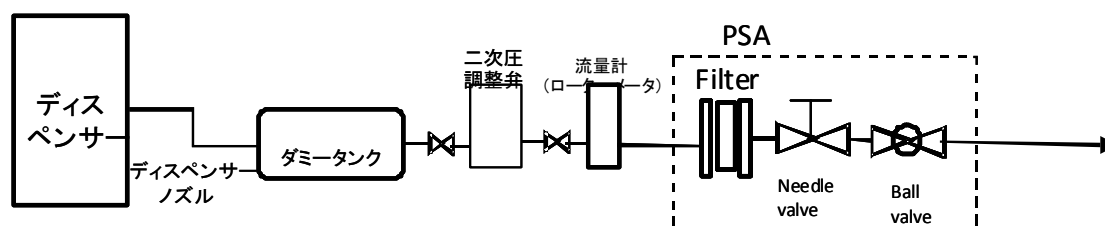


図 1.1.1.3-1 製品水素中の微粒子測定装置フロー

概略手順を以下に示す。

- 70MPa ダミータンク (容積 100L) に定量の水素 (2.6~2.9kg) を高压にて充填。
- 以降はダミータンクを水素ステーションから切り離して測定を行う。
- 二次圧調整弁にてダミータンク二次圧を 1MPa 以下に設定し、ローターメータにて一定流量の水素をフィルターに通過させる。
- フィルター及びフィルターホルダーを別場所にて重量測定を行う。

3回の測定結果を以下に示す。

重量、粒径、組成物質ともに、測定結果にオーダー違いなどの大きな差は無いと考えられ、再現性が得られている。

表 1.1.1.3-15 霞ヶ関ステーションの製品水素中の微粒子測定結果

項目	第1回	第2回	第3回
微粒子重量 (mg/kg)	0.040	0.047	0.055
微粒子粒径(μm)	平均粒径:49μm (10μm未満粒子は1例のみ)	平均粒径:22μm (10μm未満粒子は1例のみ)	平均粒径:42μm (全て10μm以上粒子)
微粒子組成物質	様々な組成の微粒子の混合物	同左	同左

(6) 欧米の製品水素ガス分析結果

米国の DOE Learning Demonstration Project 及び California Fuel Cell Partnership Project の水素ステーションの水素ガス分析結果について記述する。

2004年から開始されており、水素製造方式別の水素ステーション数を下表に示す。

表 1.1.1.3-16 米国 Learning Demonstration Project の水素ステーション数

時期	合計数	圧縮水素供給	液体水素供給	天然ガス改質	水電解
		(オフサイト)	(オフサイト)	(オンサイト)	(オンサイト)
～2010 累積	23	8	3	5	7
現在	7	4	1	1	1

2010年春に公表された最新の水素ガス分析結果を図 1.1.1.3-2 に示す。

(http://www.nrel.gov/hydrogen/cdp_topic.html)

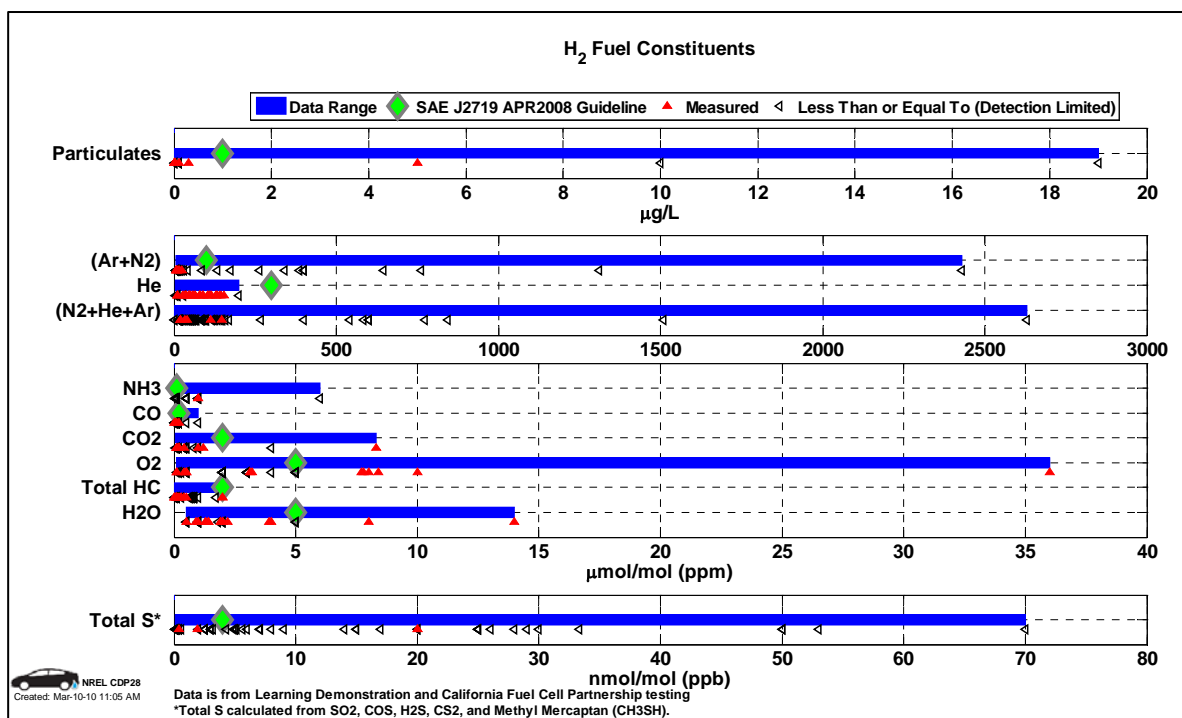


図 1.1.1.3-2 米国の水素ステーションの製品水素ガス分析結果(2010年春データ)

また、各不純物の実測値が 2005 年第三四半期～2006 年第二四半期 (Year1) から 2009 年第三四半期～2009 年第四四半期 (Year5) までの 5 年間値が水素製造方式別に示されている。Data Range は非常に広く、Year1 のプロジェクト開始初期は不純物濃度が高かった事を示している。近年の不純物濃度は低下してきており、SAE J2719 ガイドライン値を満足している結果が増加している。

主要な不純物の例として、CO、NH₃、全硫黄化合物についての測定結果を図 1.1.1.3-3 から図 1.1.1.3-5 に示す。その他の個別の不純物データについては上記 URL の資料を参照頂きたい。

Hydrogen Constituents by Year and Production Method: CO

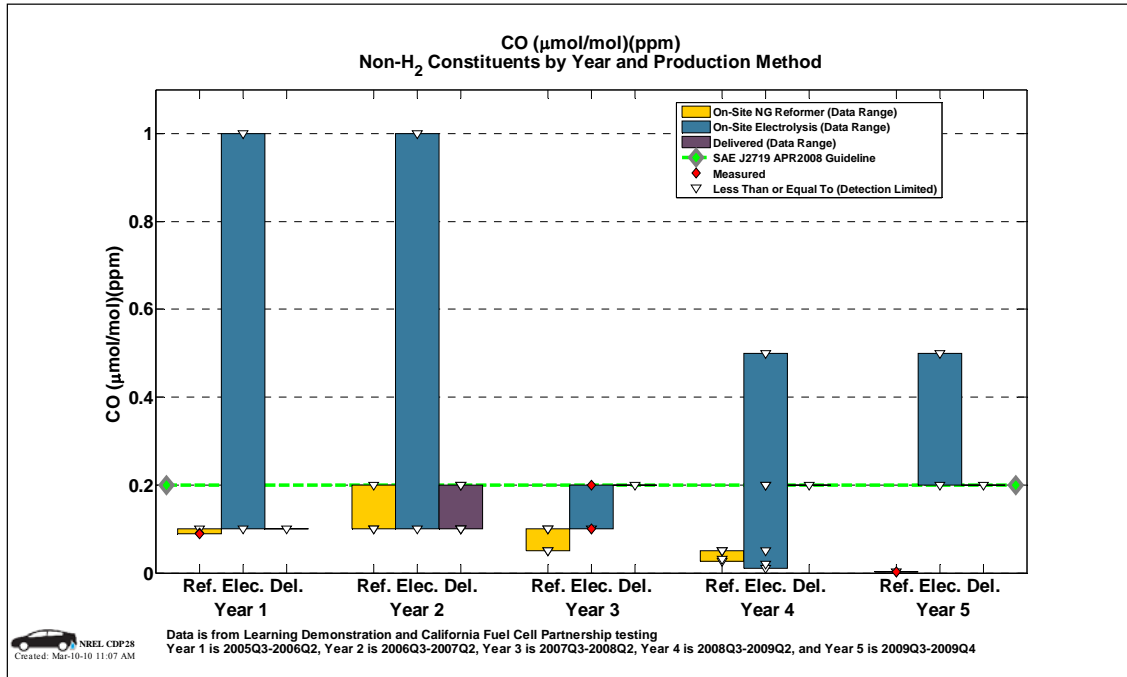


図 1.1.1.3-3 米国水素ステーションの水素中 CO 分析結果

Hydrogen Constituents by Year and Production Method: NH₃

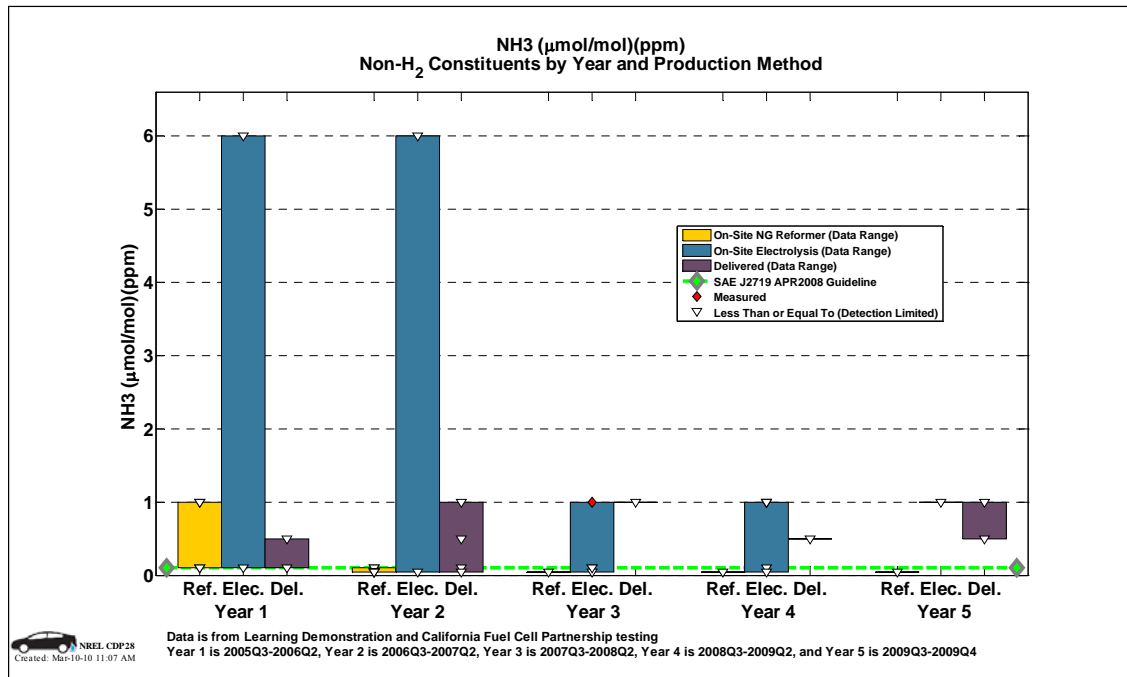


図 1.1.1.3-4 米国水素ステーションの水素中 NH₃ 分析結果

Hydrogen Constituents by Year and Production Method: Total S

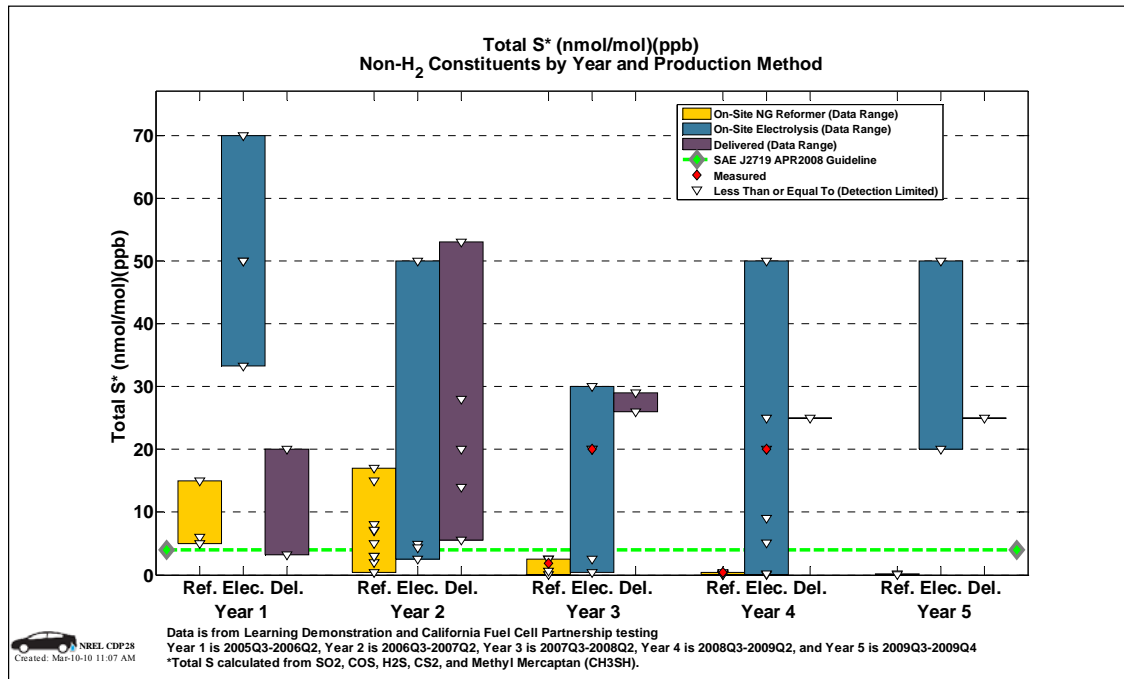


図 1.1.1.3-5 米国水素ステーションの水素中全硫黄化合物分析結果

欧州の実証試験の一つとして独・伊で Zero Regio Project が 2004 年 11 月から 2010 年 5 月まで行われた。水素製造方式の異なる 3 ヶ所の水素ステーションの製造水素性状を表 1.1.1.3.-17 に示す。(<http://www.zeroregio.com>)

表 1.1.1.3.-17 Zero Regio Project における水素性状結果

NO	Component	Measured values at Infraserby-product (H ₂)	Measured values at Sapió (industrial H ₂)	Measured values at En (on-site reformer)	SAE J2719 specification	OEM specification Daimler Fiat
	Grade	>99.99%	99.999%	99.995%	>99.99%	>99.98%
1	CO	0.5ppm	<0.1ppm	<0.1ppm	<0.2ppm	<1ppm
2	CO ₂	0.42ppm	<0.1ppm	<0.07ppm	<1ppm	<1ppm
3	S-compound	n.p.	n.p.	<0.0004ppm	<0.004ppm	<0.01ppm
4	THC (C _n H _m)	0.3ppm	<0.1ppm	<0.02 (CH ₄)ppm	<2ppm	<1ppm (0.5)
5	O ₂	0.02ppm	n.p.	n.m.	<5ppm	<5ppm
6	NH ₃	n.p.	n.p.	n.p.	<0.1ppm	<6ppm
7	N ₂ , Ar, He	N ₂ =67ppm	<5.0, 15ppm	<10.0, 1.35ppm	<100ppm	<200ppm (50)
8	H ₂ O (G+L)	0.76ppm	<5ppm	n.m.	<5ppm	<5ppm (10)
9	Na ⁺	<0.01ppm	n.p.	n.p.	<0.05ppm	<0.05ppm
10	K ⁺	<0.01ppm	n.p.	n.p.	<0.05ppm	<0.08ppm

n.p.=not present; n.m.=not measured

(7)ISO/TC197/WG12 国際規格への協力

JHFC プロジェクトでは、WG1 の下に水素性状分科会を設置し、実証ステーションの製品水素中の各種の不純物を高精度に分析してデータを蓄積した。また、世界初の PSA 精製前水素分析を行って実データ取得及びその解析を行った。また、水素中の精密な微粒子測定を日本で初めて行い、貴重なデータを得た。これらのデータを基に、水素インフラ側の意見を集約して ISO/TC197/WG12 に対して情報発信して、ISO 国際規格策定に協力してきた。

燃料電池自動車用の水素燃料仕様の ISO 国際規格が、ISO（国際標準化機構）/TC197 委員会（水素技術）において策定中であり、WG12 において審議中である。これは NEDO 水素製造輸送貯蔵事業で進められている国際標準化の取り組みであり、日本がコンビナ（議長）となって主導して進めている。2007 年 1 月に TS（Technical Specification：技術仕様書）が採択され、現在 IS（International Standard：国際標準）策定に向けて活動中であり、DIS 原案を得ている（文書番号：ISO14687-2）。

ISO/DIS14687-2 案の仕様値を表 1.1.1.3-18 に示す。

ISO/DIS 案値は、JHFC 仕様値（表 1.1.1.3-1）よりも厳しい仕様となっているが、JHFC ステーションの製品水素は ISO/DIS 案をほぼ満足している。

97/WG12 に対する貢献は大きいものがある。ISO/14687-2 は JHFC2 プロジェクトの終了後の 2012 年に国際規格（IS）が成立予定であり、かつまた、普及期の FCV 及び水素ステーションを前提としたその後の改定が予想される。実証水素ステーションの製品水素の水素性状を把握しつつ、ISO 国際規格に対する水素インフラ側の意見集約の場が引き続き重要である。

表 1.1.1.3-18 燃料電池自動車用の燃料水素仕様 (ISO14687-2 DIS 案)

Characteristics (assay)	Type I, Type II Grade D
Hydrogen fuel index (minimum mole fraction) ^a	99,97 %
Maximum concentration of Impurities	
Total non-hydrogen gases	300 μ mol/mol
Water (H ₂ O)	5 μ mol/mol
Total hydrocarbons ^b (C ₁ basis)	2 μ mol/mol
Oxygen (O ₂)	5 μ mol/mol
Helium (He)	300 μ mol/mol
Nitrogen (N ₂), Argon (Ar) ^c	100 μ mol/mol
Carbon dioxide (CO ₂)	2 μ mol/mol
Carbon monoxide (CO)	0,2 μ mol/mol
Total sulfur compounds ^c	0,004 μ mol/mol
Formaldehyde (HCHO)	0,01 μ mol/mol
Formic acid (HCOOH)	0,2 μ mol/mol
Ammonia (NH ₃)	0,1 μ mol/mol
Total halogenated compounds ^d	0,05 μ mol/mol
Maximum particulates concentration	1 mg/kg

1.1.1.4 充填実績

(1)ステーションの充填実績

JHFC1において2002年末からFCV等への充填を開始し、2010年9月末までの累積で、20,618回、51,447kgの水素を供給した。

図 1.1.1.4-1 に月別充填回数、図 1.1.1.4-2 に月別充填量の推移を、各ステーションの年度ごとの充填量を表 1.1.1.4-1 に、充填回数を表 1.1.4-2 に示す。

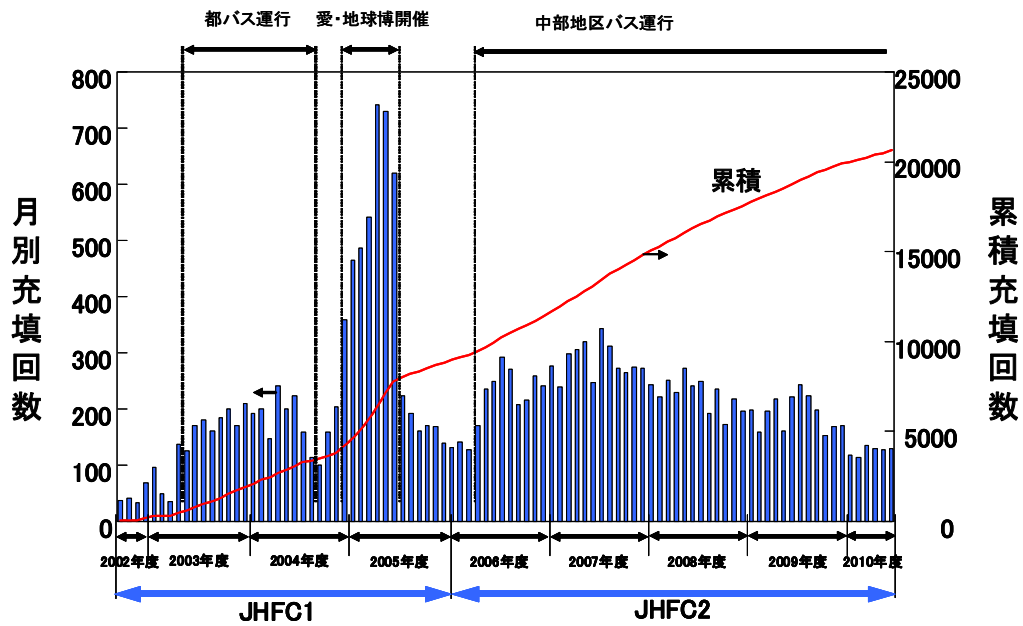


図 1.1.1.4-1 月別充填回数

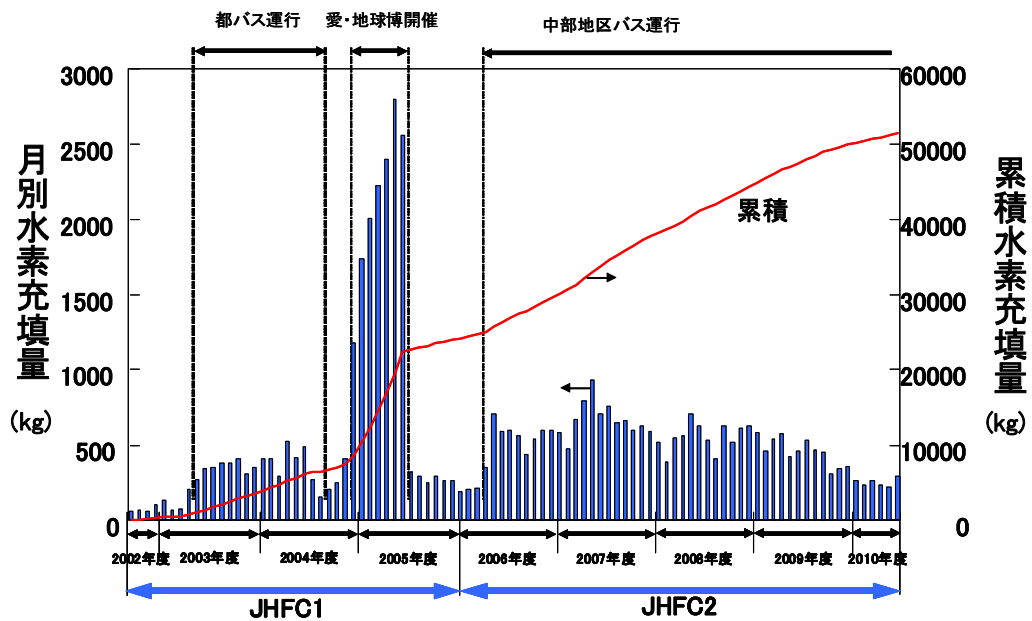


図 1.1.1.4-2 月別充填量

表 1.1.1.4-1 各ステーションの充填量 (kg)

	運用期間		2002 年度	2003 年度	2004 年度	2005 年度	2006 年度	2007 年度	2008 年度	2009 年度	2010 年度 (4~9月)	合計
	開始	終了										
霞ヶ関	2002/12	-	234	758	1007	883	694	886	716	706	262	6147
横浜・大黒	2003/3	-	65	354	597	511	409	406	472	543	115	3471
横浜・旭	2003/4	-	-	171	184	253	236	176	148	318	122	1609
千住	2003/5	-	-	279	376	424	383	308	355	390	157	2671
有明	2003/5	-	-	1670	1540	736	515	1050	486	305	155	6455
川崎	2003/8	-	-	50	104	98	116	156	213	401	87	1225
横浜・鶴見	2003/12	2007/2	-	14	21	15	4	-	-	-	-	53
秦野	2004/4	2005/12	-	-	160	145	-	-	-	-	-	304
相模原	2004/4	2010/11	-	-	20	36	16	52	32	35	12	203
青梅&船橋	2004/6	2010/12	-	-	19	271	88	220	200	91	18	907
瀬戸北	2005/2	2005/9	-	-	445	5866	-	-	-	-	-	6312
瀬戸南	2005/2	2005/9	-	-	547	6183	-	-	-	-	-	6730
セントレア	2006/7	-	-	-	-	-	3075	4387	3793	2145	266	13666
関西空港	2007/3	-	-	-	-	-	2	62	60	46	29	199
大阪	2007/8	2010/12	-	-	-	-	0	214	153	130	60	557
市原	2006/12	2010/3	-	-	-	-	70	159	72	33	-	334
日光	2009/9	-	-	-	-	-	-	-	-	61	32	93
北九州	2009/9	-	-	-	-	-	-	-	-	211	113	324
九州大学	2009/9	-	-	-	-	-	-	-	-	106	81	186
合計			299	3294	5019	15420	5607	8076	6701	5521	1510	51447

表 1.1.1.4-2 各ステーションの充填回数

	運用期間		2002 年度	2003 年度	2004 年度	2005 年度	2006 年度	2007 年度	2008 年度	2009 年度	2010 年度 (4~9月)	合計
	開始	終了										
霞ヶ関	2002/12	-	136	379	466	462	486	640	466	385	119	3539
横浜・大黒	2003/3	-	48	316	466	388	275	316	309	238	77	2433
横浜・旭	2003/4	-	-	141	106	167	146	121	84	131	64	960
千住	2003/5	-	-	246	298	313	263	210	183	190	63	1766
有明	2003/5	-	-	569	557	549	435	559	335	168	103	3275
川崎	2003/8	-	-	60	66	72	74	114	99	136	41	662
横浜・鶴見	2003/12	2007/2	-	15	16	12	3	-	-	-	-	46
秦野	2004/4	2005/12	-	-	107	106	-	-	-	-	-	213
相模原	2004/4	-	-	-	17	32	17	41	25	29	13	174
青梅&船橋	2004/6	-	-	-	11	158	75	152	119	70	16	601
瀬戸北	2005/2	2005/9	-	-	88	1136	-	-	-	-	-	1224
瀬戸南	2005/2	2005/9	-	-	105	1244	-	-	-	-	-	1349
セントレア	2006/7	-	-	-	-	-	727	1020	882	607	60	3296
関西空港	2007/3	-	-	-	-	-	1	40	39	32	20	132
大阪	2007/8	-	-	-	-	-	0	114	129	106	57	406
市原	2006/12	2010/3	-	-	-	-	48	101	56	30	-	235
日光	2009/9	-	-	-	-	-	-	-	-	43	22	65
北九州	2009/9	-	-	-	-	-	-	-	-	103	55	158
九州大学	2009/9	-	-	-	-	-	-	-	-	45	39	84
合計			184	1726	2303	4639	2550	3428	2726	2313	749	20618

(2)車種ごとの充填実績

JHFC2 のステーションでは水素を燃料とする各種の車両へ充填を行った。2006 年からは水素内燃機関自動車、小型移動体が参加し、2007 年は BMW Hydrogen7、2008 年からは 70MPa 車に充填を行った。また、水素内燃機関小型バスや移動式ステーションにも充填を行った。移動式ステーションはステーションで水素を蓄圧器に充填し、移動式ステーションの充填場所まで車両へ充填するものである。

車種別では燃料電池自動車 (35MPa、70MPa)、燃料電池バス、水素内燃機関自動車、内燃機関小型バス、その他 (小型移動体、大学等で研究用に開発された車両) に分けられ、水素

の種類からは圧縮水素を充填する車両、液体水素を充填する車両に分けられる。

車種ごとの充填量、充填回数を表 1.1.1.4-3 に示す。充填回数は燃料電池自動車が多いが、充填量は燃料電池バスが多い。

表 1.1.1.4-3 車種ごとの充填量、充填回数

充填量

車種	種別	2006年度	2007年度	2008年度	2009年度	2010年度	合計(kg)
燃料電池自動車	圧縮水素 35MPa	2,407.7	2,648.5	1,683.7	966.8	362.5	8,069.2
	圧縮水素 70MPa	28.4	37.3	609.3	1,413.0	687.5	2,775.5
	液体水素	75.4	121.5	16.7	0.0	0.0	213.6
燃料電池バス	圧縮水素	3,051.4	4,408.0	3,926.8	2,117.8	269.8	13,773.9
内燃機関自動車	圧縮水素	37.8	509.6	332.2	512.3	147.5	1,539.3
	液体水素	6.1	350.1	0.0	0.0	0.0	356.2
内燃機関バス、トラック	圧縮水素	0.0	0.0	129.0	510.2	39.6	678.8
移動式ステーション	圧縮水素	527.6	875.7	627.6	895.0	341.2	3,267.1
その他	圧縮水素	0.0	1.3	3.0	0.0	0.0	4.3

充填回数

車種	種別	2006年度	2007年度	2008年度	2009年度	2010年度	合計(回数)
燃料電池自動車	圧縮水素 35MPa	1,780	1,992	1,273	675	257	5,977
	圧縮水素 70MPa	19	24	331	672	337	1,383
	液体水素	45	64	12	0	0	121
燃料電池バス	圧縮水素	681	946	872	566	53	3,118
内燃機関自動車	圧縮水素	24	333	212	304	94	967
	液体水素	1	68	0	0	0	69
内燃機関バス、トラック	圧縮水素	0	0	22	95	8	125
移動式ステーション	圧縮水素	81	117	121	176	69	564
その他	圧縮水素	0	1	4	0	0	5

注) その他は小型移動体や大学等で研究用に開発された車両を示す。

1.1.1.5. 充填実績データ解析

2006年から実施されたJHFC2の期間に取得した充填実績データを解析した結果を以下に示す。

(1) 平均充填量・平均充填時間・平均充填速度

表 1.1.1.5-1 にステーション全体の平均充填量、平均充填時間、平均充填速度、図 1.1.1.5-1～3 に各ステーションの平均充填量、平均充填時間、平均充填速度を示す。

35MPa 車両の平均値は、充填量 1.4kg/回、充填時間 5 分、充填速度 0.29kg/min であり、各ステーションで大きな差は見られなかった。

70MPa 車両の平均値は、蓄圧器充填で充填量 2.8kg/回、充填時間 11.0 分、充填速度 0.29kg/min、圧縮機直接充填で充填量 2.9kg/回、充填時間 28.7 分、充填速度 0.11kg/min であった。横浜・大黒ステーションの 70MPa 充填は、プレクール設備を持たない圧縮機直接充填でありタンク温度上昇を抑制する必要があることから、プレクールを行いながら蓄圧器から差圧充填を実施している他の 3 か所のステーションと比較すると若干遅く、平均充填時間が長くなっている。

バスへの充填の平均値は、充填量 4.6kg/回、充填時間 12.1 分、充填速度 0.36kg/min であった。セントレアステーションはバス用充填ノズルを有しているため、平均充填速度 0.73kg/min と他のステーションより速くバスへ充填している。

また、液体水素車両の平均値は、充填量 3.0kg/回、充填時間 9.2 分、充填速度 0.39kg/min であった。

表 1.1.1.5-1 平均充填量・平均充填時間・平均充填速度

充填対象	平均充填量 kg/回	平均充填時間 min	平均充填速度 kg/min
35MPa 車両	1.4	5.0	0.29
70MPa 車両 (蓄圧器充填)	2.8	11.0	0.29
70MPa 車両 (圧縮機充填)	2.9	28.7	0.11
バス	4.6	12.1	0.36
液体水素車両	3.0	9.2	0.39

*2006年4月～2010年9月の平均値

*35MPa 車両は 11ヶ所のステーション (千住、横浜・大黒、横浜・旭、霞が関、船橋、川崎、有明、相模原、セントレア、大阪、関西空港) の平均値

*70MPa 車両は 4ヶ所のステーション (千住、横浜・大黒、横浜・旭、霞が関) の平均値

*バスは 10ヶ所のステーション (横浜・大黒、横浜・旭、霞が関、船橋、川崎、有明、相模原、セントレア、大阪、関西空港) の平均値

*液体水素車両は有明ステーションの平均値

*充填は、FCV から指定された流量で行っている。

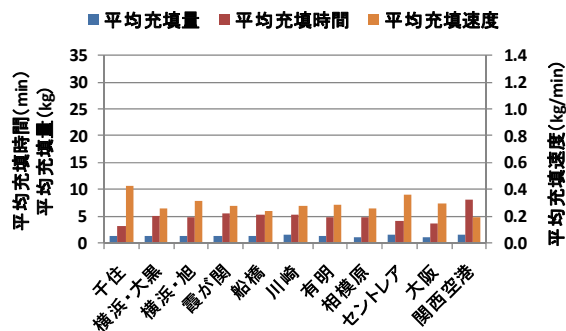


図 1.1.1.5-1 35MPa 車両充填時の平均値

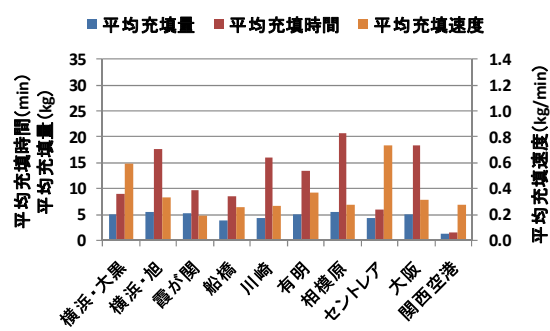


図 1.1.1.5-2 バス充填時の平均値

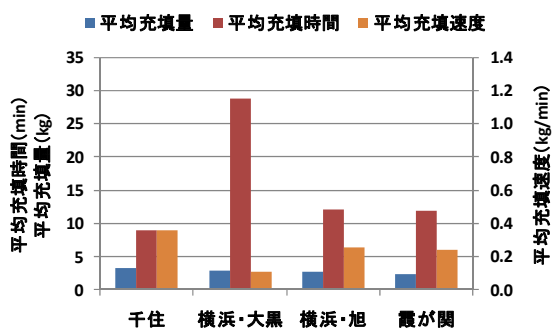


図 1.1.1.5-3 70MPa 車両充填時の平均値

(2) 充填速度の分布

図 1.1.1.5-4 にステーション全体の充填速度の分布、図 1.1.1.5-5～8 に 70MPa ステーションの充填速度の分布を示す。35MPa 充填の充填速度は、0.3kg/min にピークを有していた。

70MPa 充填の充填速度は、0.1kg/min 及び 0.3～0.4kg/min にピークを有していた。なお、0.1kg/min のピークは圧縮機直接充填を行っている横浜・大黒ステーション及びプレクール設備改造前（2010 年 1 月まで）の霞が関ステーションの充填速度のピークである。

また、バスの充填速度は0.6kg/min にピークを有し、液体水素車の充填速度は、0.1～0.3kg/min にピークを有していた。

ここで示されている充填速度は、車両タンク側からの要望で設定された速度でステーションの可能最大充填速度よりかなり小さい速度となっている。

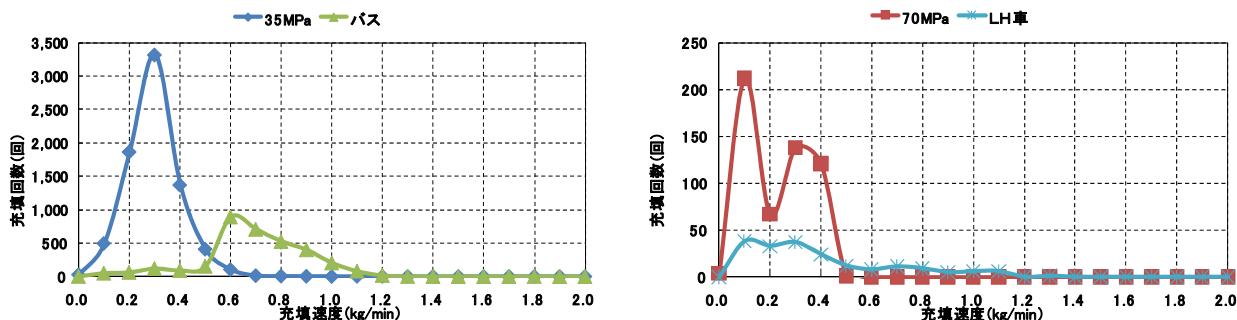


図 1.1.1.5-4 充填速度の分布（2006 年 4 月～2010 年 9 月）

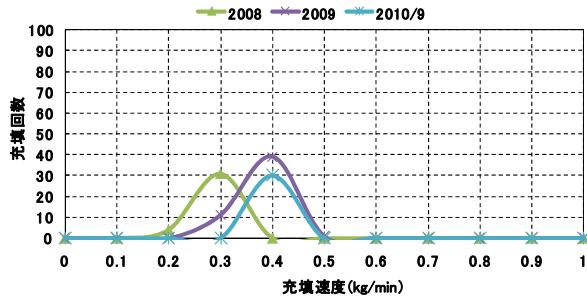


図 1.1.1.5-5 充填速度の分布(千住 70MPa)

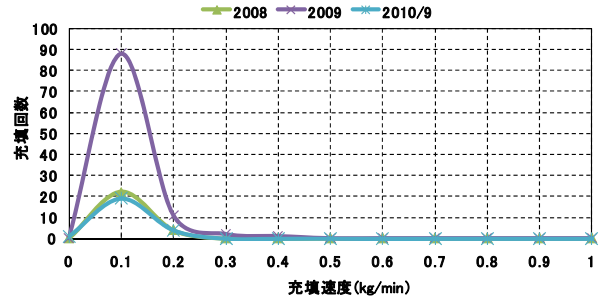


図 1.1.1.5-6 充填速度の分布(横浜・大黒 70MPa)

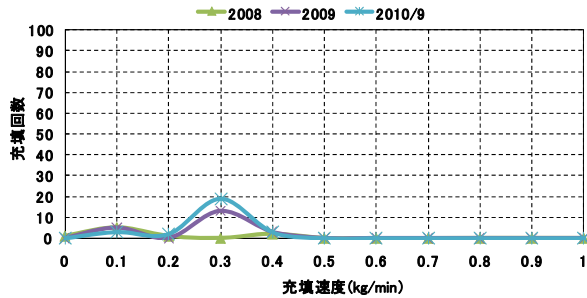


図 1.1.1.5-7 充填速度の分布(横浜・旭 70MPa)

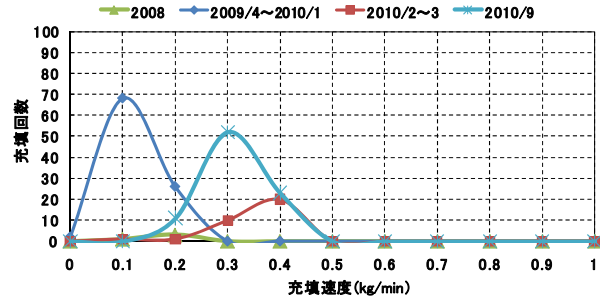


図 1.1.1.5-8 充填速度の分布(霞が関 70MPa)

(3) 充填時の初期圧力の分布

表 1.1.1.5-2、図 1.1.1.5-9 に充填時の初期圧力の分布を示す。

35MPa 車の初期圧力は 5~25MPa の範囲が約 84%を占め、中でも 15~20MPa の範囲が約 26%と最も多かった。なお、初期圧力 5MPa 以下は約 8%であった。

70MPa 車の初期圧力は 10~40MPa の範囲が約 83%を占め、中でも 25~30MPa の範囲が約 17%と最も多かった。また、初期圧力 10MPa 以下は約 8%であった。

バスの初期圧力は、20~30MPa の範囲が約 87%を占め、中でも 25~30MPa の範囲が約 62%を占めていた。また、初期圧力 20MPa 以下は約 6%であった。

表 1.1.1.5-2 充填時の初期圧力の割合(2006年4月~2010年9月) (単位:%)

範囲 充填対象	0~ 5MPa	5~ 10MPa	10~ 15MPa	15~ 20MPa	20~ 25MPa	25~ 30MPa	30~ 35MPa	35~ 40MPa	40MPa ~
35MPa 車両	7.7	16.2	23.0	26.1	18.6	6.7	1.7	—	—
70MPa 車両	1.8	5.9	11.4	13.4	15.5	16.8	13.6	12.0	9.6
バス	0.2	0.8	1.2	4.1	24.8	62.1	6.6	—	—

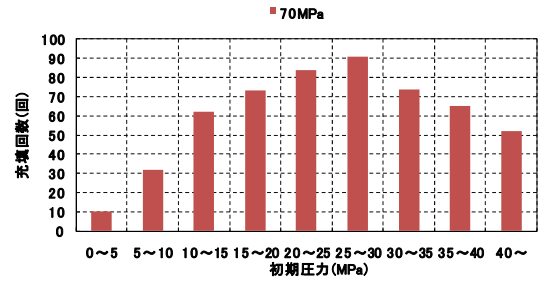
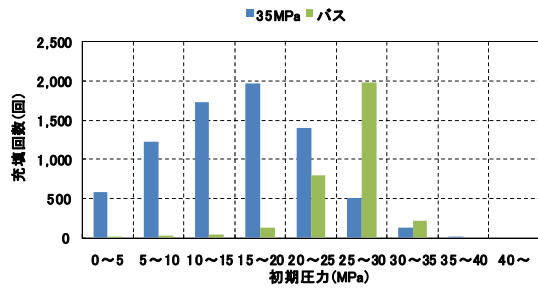


図 1.1.1.5-9 充填時の初期圧力の分布 (2006年4月~2010年9月)

1.1.1.6. 水素ステーションの稼働率

JHFC2 において運用された JHFC 水素ステーション（協賛ステーションを含む）を対象に、日稼働率を定義し、年度ごとに集計・算出した。

(1) 稼働率の定義

各年度で計画された運用日数うち、実際に水素供給が可能な状態であった日数の割合として、日稼働率を式 1.1.1.6-1 の通り定義した。

$$\text{日稼働率} = 1 - \frac{\text{計画外休止の日数} - \text{休日運用の日数}}{\text{年度の全日数} - \text{計画内休止の日数}} \quad \text{式 1.1.1.6-1}$$

運用日および休止日に関する分類の定義を表 1.1.1.6-1 に示した。

表 1.1.1.6-1 運用日および休止日に関する分類の定義

分類項目		内容	
運用	通常	計画通り運用した日(時間短縮運用を含む)	
	休日	休日(暦の休み)に運用をした日(短時間運用を含む) 大黒ステーションの日曜開館日は運用とみなす。	
休止	計画内	暦の休み	土日祝、および年末年始(12/29-1/3) ただし、 セントレア(H21年度まで): なし セントレア(H22年度): 火木土日 関西空港: 平日の木曜以外 日光(H21年度、H22年9月以降): 平日の水曜以外 日光(H22年4-8月): 土曜以外 北九州(H22年8月以降): 平日の月水金曜以外
		点検	定期点検、保安検査のために、あらかじめ予定して休止した日
	計画外	その他	点検以外で、あらかじめ予定して休止した日 移設工事 機能向上の改造 移動式設備が移動のために運用を休止した日 休日運用の代休 会社指定休日(創立記念日など) 運転員の研修、休暇 その他あらかじめ周知された運用休止日
		故障	機器の故障および復旧のための運用休止日
		その他	機器故障以外で、計画外に運用を休止した日 例えば、気象状況のための休止や、近隣の事故による運用休止など、ステーション機器の故障ではないが、突発的に休止することになった日

(2) 日稼働率

水素ステーションにおける年度ごとの日稼働率算出結果を表 1.1.1.6-2~1.1.1.6-6 に示す。各年度において殆どのステーションで日稼働率が 95%以上であることから、計画外の休止日数は少なく、ほぼ計画通り運用できたことが分かる。

表 1.1.1.6-2 水素ステーションの日稼働率 (2006 年度)

ステーション	日稼働率	実運用 日数	計画稼働 日数	計画休業日数			計画外休業日数	
				暦の休み	定期点検	他計画内	故障	その他
霞ヶ関 0号車	100.0%	67	67	33	0	0	0	0
3号車	100.0%	177	177	87	0	1	0	0
大黒	100.0%	232	232	118	11	4	0	0
旭	82.2%	166	202	120	26	17	36	0
千住	97.7%	211	216	120	19	10	5	0
有明	98.7%	220	223	118	10	14	3	0
35MPa	97.3%	217	223	118	10	14	6	0
液体水素	98.7%	220	223	118	10	14	3	0
川崎	100.0%	220	220	120	21	4	0	0
鶴見	97.5%	193	198	108	9	12	5	0
相模原	86.7%	202	233	120	0	12	12	19
青梅 2号車	95.5%	148	155	114	35	61	7	0
セントレア	100.0%	246	246	0	10	0	0	0
関西空港	100.0%	1	1	30	0	0	0	0
市原	100.0%	84	84	34	0	3	0	0
全ステーション平均	96.0%	2164	2254					

表 1.1.1.6-3 水素ステーションの日稼働率 (2007 年度)

ステーション	日稼働率	実運用 日数	計画稼働 日数	計画休業日数			計画外休業日数	
				暦の休み	定期点検	他計画内	故障	その他
霞ヶ関 3号車	100.0%	244	244	121	0	0	0	0
大黒	99.5%	189	190	120	50	5	1	0
旭	92.3%	179	194	120	38	13	15	0
千住	100.0%	207	207	121	16	21	0	0
有明	100.0%	224	224	120	9	12	0	0
35MPa	99.6%	227	228	111	13	13	1	0
液体水素	100.0%	233	233	111	9	12	0	0
川崎	100.0%	221	221	121	15	8	0	0
相模原	98.3%	229	233	119	2	11	4	0
青梅→船橋 2号車	100.0%	154	154	109	16	86	0	0
セントレア	100.0%	341	341	0	19	5	0	0
関西空港	100.0%	39	39	313	0	13	0	0
大阪	100.0%	136	136	78	0	13	0	0
市原	100.0%	204	204	113	32	16	0	0
全ステーション平均	99.1%	2370	2391					

表 1.1.1.6-4 水素ステーションの日稼働率 (2008 年度)

ステーション	日稼働率	実運用 日数	計画稼働 日数	計画休業日数			計画外休業日数	
				暦の休み	定期点検	他計画内	故障	その他
霞ヶ関 3号車	100.0%	204	204	101	0	1	0	0
4号車	100.0%	40	40	19	0	0	0	0
大黒	99.5%	181	182	117	0	66	1	0
35MPa	99.5%	181	182	117	0	66	1	0
70MPa	99.6%	244	245	117	0	3	1	0
旭	100.0%	140	140	122	13	90	0	0
35MPa	100.0%	121	121	122	13	109	0	0
70MPa	100.0%	242	242	122	0	1	0	0
千住	100.0%	166	166	122	19	58	0	0
35MPa	100.0%	163	163	122	19	61	0	0
70MPa	100.0%	226	226	120	19	0	0	0
有明	100.0%	209	209	120	8	28	0	0
35MPa	100.0%	209	209	120	8	28	0	0
液体水素	98.6%	206	209	120	8	28	3	0
川崎	100.0%	224	224	122	14	5	0	0
相模原	100.0%	220	220	122	10	13	0	0
船橋 2号車	100.0%	180	180	111	26	39	0	0
3号車	100.0%	7	7	2	0	0	0	0
セントレア	99.1%	320	323	0	40	2	3	0
関西空港	100.0%	47	47	300	0	18	0	0
大阪	100.0%	228	228	117	13	7	0	0
市原	99.5%	211	212	115	21	17	1	0
全ステーション平均	99.7%	2374	2382					

表 1.1.1.6-5 水素ステーションの日稼働率 (2009 年度)

ステーション	日稼働率	実運用 日数	計画稼働 日数	計画休業日数			計画外休業日数	
				暦の休み	定期点検	他計画内	故障	その他
霞ヶ関 4号車	100.0%	236	236	123	6	0	0	0
大黒	96.4%	187	194	124	37	10	6	1
35MPa	77.3%	150	194	124	37	10	43	1
70MPa	96.4%	187	194	124	37	10	6	1
旭	83.4%	161	193	123	34	15	32	0
35MPa	83.4%	161	193	123	34	15	32	0
70MPa	64.2%	124	193	123	34	15	69	0
千住	100.0%	182	182	123	28	32	0	0
35MPa	100.0%	182	182	123	28	32	0	0
70MPa	94.8%	147	155	123	28	59	8	0
有明	93.8%	136	145	122	0	98	9	0
35MPa	93.8%	136	145	122	0	98	9	0
液体水素	93.8%	136	145	122	0	98	9	0
川崎	96.8%	211	218	123	14	10	7	0
相模原	98.3%	231	235	123	0	7	4	0
船橋 3号車	100.0%	206	206	115	20	24	0	0
セントレア	99.1%	342	345	0	18	2	2	1
関西空港	96.9%	31	32	315	0	18	0	1
大阪	100.0%	235	235	123	2	5	0	0
市原	100.0%	177	177	116	34	38	0	0
日光	100.0%	26	26	179	0	1	0	0
北九州	100.0%	152	152	70	0	7	0	0
九州大学	100.0%	123	123	70	2	0	0	0
全ステーション平均	94.6%	2527	2672					

表 1.1.1.6-6 水素ステーションの日稼働率 (2010 年度 4～9 月)

ステーション	日稼働率	実運用 日数	計画稼働 日数	計画休業日数			計画外休業日数	
				暦の休み	定期点検	他計画内	故障	その他
霞ヶ関 4号車	100.0%	124	124	59	0	0	0	0
大黒	62.7%	79	126	56	0	1	47	0
35MPa	62.7%	79	126	56	0	1	47	0
70MPa	62.7%	79	126	56	0	1	47	0
旭	94.0%	110	117	59	2	5	7	0
35MPa	94.0%	110	117	59	2	5	7	0
70MPa	93.2%	109	117	59	2	5	8	0
千住	100.0%	116	116	58	5	4	0	0
35MPa	100.0%	116	116	58	5	4	0	0
70MPa	100.0%	116	116	58	5	4	0	0
有明	100.0%	109	109	59	0	15	0	0
川崎	100.0%	108	108	57	15	3	0	0
相模原	100.0%	109	109	59	1	14	0	0
船橋 3号車	100.0%	81	81	59	17	26	0	0
セントレア	98.2%	55	56	105	19	3	1	0
関西空港	100.0%	20	20	157	0	6	0	0
大阪	100.0%	110	110	59	10	4	0	0
日光	100.0%	32	32	151	0	0	0	0
北九州	100.0%	94	94	75	5	9	0	0
九州大学	100.0%	114	114	59	5	5	0	0
全ステーション平均	95.7%	1260	1316					

* 各年度における全ステーション平均稼働率は、各ステーションの実運用日数および計画稼働日数の合計により算出した。なお、設備ごとに日数が異なるステーションにおいては、最も日稼働率が低くなっている設備の日数を該当するステーションの日数として用いた。

** なお、日稼働率が 95%未満だった年度およびステーションの計画外休止概要は次の通り。

2006 年度 旭 : 純水蒸発器損傷
相模原 : 隣接オートガススタンドにてディスペンサー引っ張り事故発生

2009 年度 大黒 : 35MPa 流量計不具合
旭 : 70MPa ディスペンサー継手修理、改質管故障

2010 年度 大黒 : 圧縮機不具合原因調査・対策検討・修理、
旭 : 冷却水ポンプ修理

1.1.1.7 車両へのアース接続について

JHFC のステーションでは実証試験が開始された 2002 年度から車両にアースを接続して充填を行ってきた。車両へのアースの接続は WE-NET の水素ステーションで車両以外への充填も想定して手順として採用されたものである。

このため、現在 JHFC 水素ステーションで実施している車両へのアース接続を、普及時の対応を考慮し、表 1.1.1.7-1 に示すようにガソリン車・CNG 車と同様に省略することを検討した。

表 1.1.1.7-1 ガソリンスタンド、CNG ステーションの状況

項目	ガソリンスタンド	CNG ステーション
車両へのアース線接続	規定なし	規定なし
ディスペンサ本体の接地	100Ω以下	100Ω以下
ノズル先端の接地	1000Ω以下 (危険物の取り扱いに関する政令・規則、消防通達、危険物保安技術協会指導)	規定なし
ノズル先端接地の担保方法	ディスペンサーメーカーの自主検査(出荷時、法定点検時)	同左

JHFC 水素ステーションの設備について法定点検時期に合わせてホース（充填ノズル～設備間）の抵抗を実測した結果、表 1.1.1.7-2 に示すように 2.8～15.3Ωであり、ガソリンスタンドないしは CNG ステーションの充填ノズルと同等の接地抵抗が確保されていた。この結果から車両へのアース接続を行わなくても、充填ノズル接続時にアースが確保されることが分かる。

このため、

- ① 充填ノズルが適切に接地されていることを定期的に確認する。
- ② 車両に充填ノズルを接続する前に充填作業員が自らの静電気を放電する手順を明確にする。
→充填作業手順中に明記（図 1.1.1.7-1 参照）

こととして、車両へのアース接続を廃止することにした。

注) 平成 17～21 年度に実施された NEDO 事業（水素社会構築共通基盤整備事業－水素インフラ等に係る規制再点検及び標準化のための研究開発－水素インフラに関する安全技術研究）では静電気除去接地アースの検討が行われている。

表 1.1.1.7-2 ホース（充填ノズル～設備間）の抵抗

ステーション	充填ノズル～設備間の抵抗(Ω)
大黒	11.7
旭	15.3
千住	9.3
有明	7.4
セントレア 車用 バス用	3.0
	2.8
川崎	13.1
大阪	12.2
相模原	14.3
関西空港	14.7

(水素利用供給手引書より)

充填作業手順

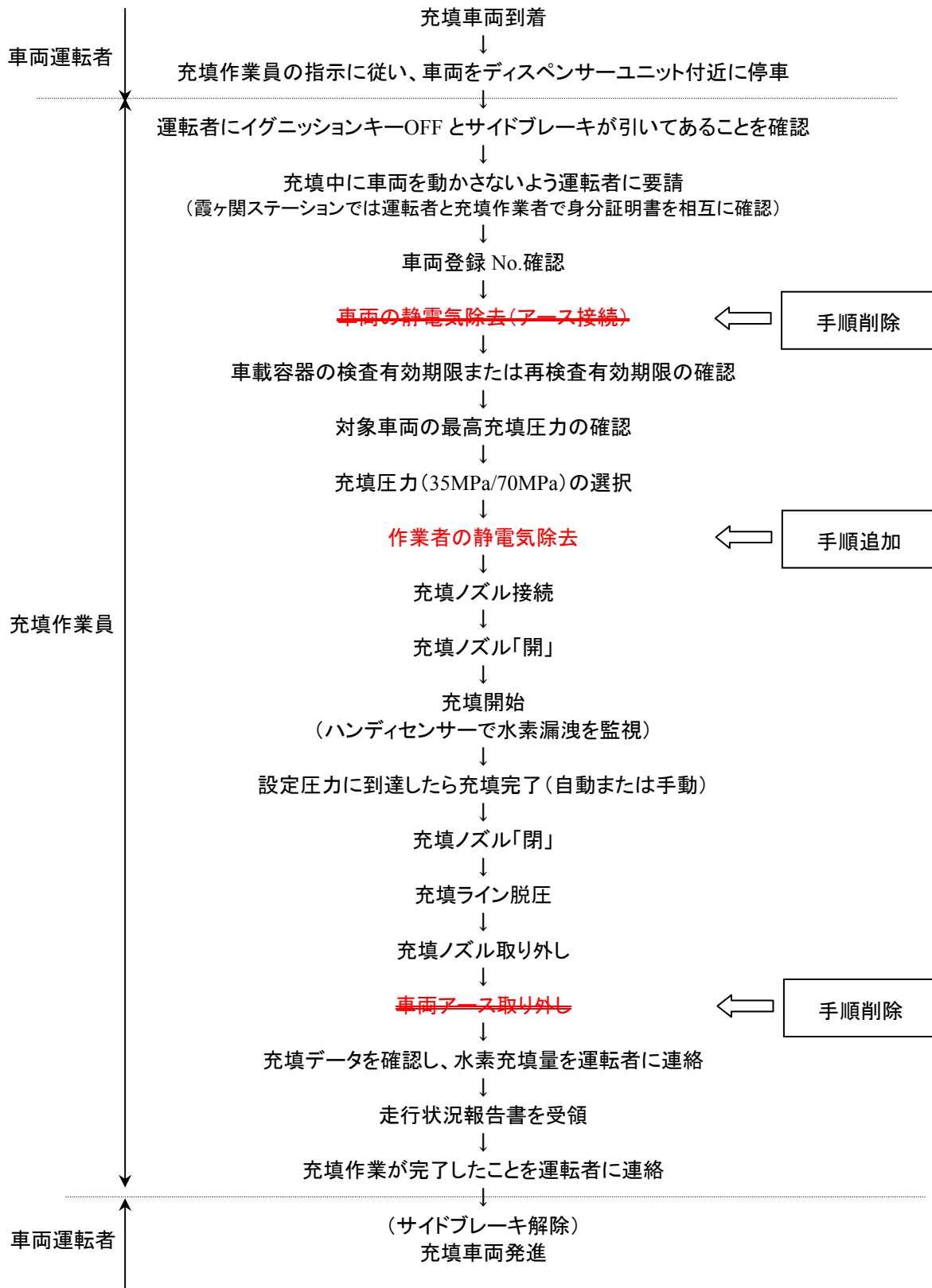


図 1.1.1.7-1 充填作業手順

1.1.2 水素ステーションの安全

1.1.2.1 水素ステーションの安全の取組み

JHFC 水素ステーションは、高圧ガス保安法一般高圧ガス保安規則第7条の3（圧縮水素スタンドの基準）に則って設計・製作・設置、運用を行っている。なお、第7条の3以外が適用されているステーションは以下の通りである。

- ・水素ステーションの規則が整備される平成17年以前の水素ステーション：第6条
- ・移動式水素ステーションである霞ヶ関・船橋：第8条
- ・水素の処理量が少ない関西空港：第12条
- ・コンビナート地区にある横浜・大黒：コンビナート等保安規則第5条

水素ステーションの設備は水素を製造する設備と高圧のガスを製造・貯蔵・充填するための圧縮機・畜圧器・ディスペンサーから構成され、これらの設備の災害の発生、拡大を防止するため、

- ・保安のための面積の確保、設備間の距離の確保
- ・設備の気密性、耐圧強度の確保
- ・圧力上昇や温度上昇に対する安全対策
- ・水素ガスが滞留しない構造
- ・水素が漏れた場合や火災時に設備の運転を停止する対策
- ・ステーションを安全に運用する体制・手順の整備
- ・日常点検、法定点検（年一回の保安検査や定期自主検査）の実施

等により、ステーションが安全に運用できる設備・体制を整備してきた。

さらにステーションの材料の水素に対する評価や充填中の安全を確保する実証を行って安全の推進を図ってきた。

(1)全体の状況

JHFC 水素ステーションの稼働率^{注1)}は、94.6%～99.7%と極めて高く、順調、かつ安全な水素充填が行われた。

注1) 1.1.1.6 水素ステーションの稼働率 (2)日稼働率より

(2)安全性を高めるための方策及び実証

① ステーションのトラブル発生の防止

ステーションを安全に運用するために、トラブルの原因究明と再発防止策の策定と水平展開を行い、さらに事例を収集・分析しトラブル発生の防止を図った。

- a. 運用に伴い発生したトラブルの原因究明・再発防止策の策定と各ステーションへの水平展開の実施
- b. トラブル事例を収集して分析し、発生部位、発生要因の評価を実施
 - ・ステーションの作業要領・作業手順の見直し
 - ・ステーションの運転方法や点検頻度の見直し・改善
 - ・設備の改造や部品の改良

② 耐水素材料の評価（関連 NEDO 事業との連携）

ステーションで数年にわたって使用した蓄圧器を研究機関へ提供し、材料調査が行われた。調査の結果大きな問題はなく蓄圧器の健全性が確認された。現在、水素配管や弁・計器の耐水素材料評価が行われている。（1.1.5 ステーションの健全性評価参照）

③ 充填時の安全性確保と利便性向上の実証

充填にあたっては、充填する水素量を多くする、充填する水素の温度を制御する、過充填を防止することが求められる。これらを考慮して、安全にかつ短時間で充填するための統一された充填方法の検証を行った。（3.1.2 充填プロトコルの検証・解析参照）

④ 実証により明確になった安全確認項目

- a. ステーションの運用初期は、誤発進防止用としてディスプレイの充填ホースに設置されている緊急離脱カプラ近傍からの微量の水素が検知されたため、充填中の水素の検知をマニュアル化して実施している。なお、メーカーに部品の改良を要請し、充填中の水素の検知は減少した。

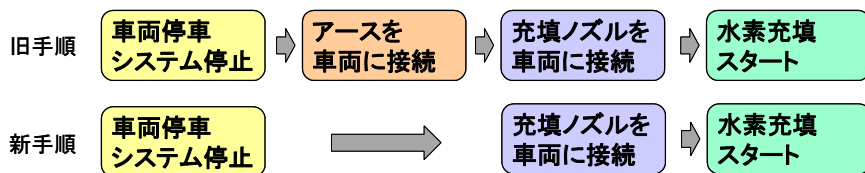
FCVへの充填時に従来から実施していたハンディセンサーを用いた手順をマニュアル化



この方法は、水素を早く検知できるため、安全を確保できる手段として実施するもの。

実用化時点では設備の信頼性が向上し、このような確認が不要となることが望まれる。

- b. 実証での充填中は、FCV へのアース接続を行っていたが、普及時の対応を考慮し、アース接続を省略する検討を行った。これに対し実証試験の中で安全レベルの評価を行って問題がないことを確認したため、アース接続を手順から外した。（1.1.1.7 車両へのアース接続について参照）



1.1.2.2 水素ステーションのトラブル解析

(1) トラブル分類の定義

2006年から実施された JHFC2 の期間中に報告のあったトラブルを災害、機器故障、ヒューマンエラーに分類した。また、トラブルや故障ではなく設備等に関する調査を行った知見を調査報告等として分類し、併せて記載した。表 1.1.2.2-1 に分類と定義を示す。

表 1.1.2.2-1 トラブル分類の定義

分類	定義
A. 災害	人的被害、物的被害を生じた事例
B. 機器故障	
B1. 運転支障故障	A 以外のステーション運営に重大な支障を及ぼした機器の故障等
B2. 運転に支障のない軽微な故障	B1 以外の水素設備機器の故障
B3. 水素設備以外の補助機器等の故障	補助機器等(計装空気、冷却水、窒素設備など)の故障
B4. 故障を未然に防いだ事象	故障やトラブルに至る前に設備状況変化を発見し対応した事象
C. ヒューマンエラー	不適切な操作や、メンテナンスの不備などによるトラブル
D. 調査報告等	トラブルや故障ではなく、設備等に関する調査を行った知見

(2) トラブル事例の解析

① ランク別分類結果

表 1.1.2.2-1 の定義にもとづき 142 件の事例（分類 A：なし、分類 B 及び C：140 件、分類 D：2 件）を分類した結果を表 1.1.2.2-2 及び図 1.1.2.2-1 に示す。

人的被害、物的被害を生じた事例（分類 A）は、1 件もなかった。

機器故障（分類 B）では、運転に支障のない軽微な故障（分類 B2）が 74 件で全体の約 53%を占め、運転支障故障（分類 B1）が 24 件、補助機器の故障（分類 B3）が 19 件、故障を未然に防いだ事例（分類 B4）が 17 件で、それぞれ 12～17%であり、JHFC2 の期間中、安全に水素を供給できた。なお、事故につながるような水素漏洩は発生していない。

ヒューマンエラー（分類 C）は 6 件で全体の約 4%、設備等に関する調査を行った事例（分類 D）は 2 件であった。

なお、分類 D はトラブルや故障ではないため、表には別枠として記載している。

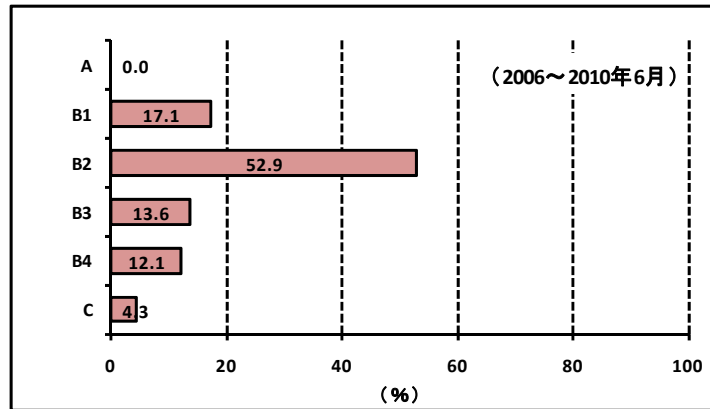


図 1.1.2.2-1 ランク別トラブルの割合

表 1.1.2.2-2 ランク別トラブル件数 (単位：件)

年度	A	B1	B2	B3	B4	C	合計 (A~C)	D
2006	0	6	17	8	1	2	34	0
2007	0	4	19	3	2	2	30	0
2008	0	1	9	5	4	1	20	0
2009	0	10	23	3	8	1	45	2
2010	0	3	6	0	2	0	11	0
合計	0	24	74	19	17	6	140	2

*2010年度は、6月時点の集計結果

②トラブルの発生要因

JHFC2の期間中に報告のあったトラブルの発生要因を以下の定義により分類した。

表 1.1.2.2-3 トラブルの発生要因の定義

要因	内容
管理的要因	作業要領・作業手順に関連するものや施工の不備に起因するもの
運転に起因する要因	運転方法によるもの、経年変化・経年的な影響によるものやごみかみのような偶発的な要因によるもの
技術的要因	材料選定や構造設計、機構設計など技術的な問題に起因するもの

トラブル全体では、図 1.1.2.2-2 に示す通り、運転に起因する要因が約 67%、技術的要因が約 18%、管理的要因が約 15%であり、運転方法、経年変化等の運転に起因する要因のトラブル割合が多くなっている。

ランク別分類 (B1、B2、B3、B4) では図 1.1.2.2-3 に示す通り、運転に支障があった故障 (分類 B1) は、運転に起因する要因が約 54%、技術的要因が約 39%、管理的要因が約 8%であった。

軽微な故障（分類 B2）は、管理的要因が約 9%、運転に起因する要因が約 75%、技術的要因が約 17%であった。

補助機器の故障（分類 B3）では、技術的要因が約 5%と少なく、管理的要因が約 20%と多くなっている。

故障を未然に防いだ事例（分類 B4）は、運転に起因する要因が約 67%、管理的要因が約 17%、技術的要因が約 17%であった。

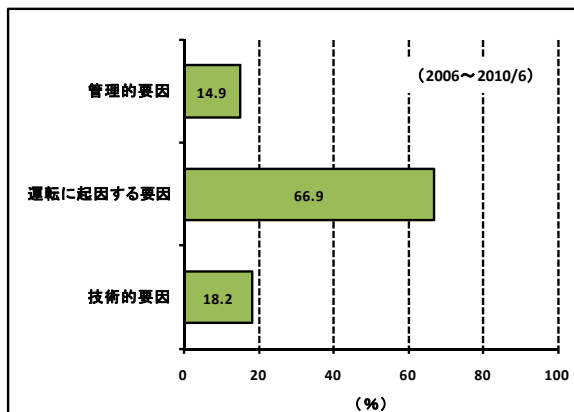


図 1.1.2.2-2 トラブルの発生要因の割合

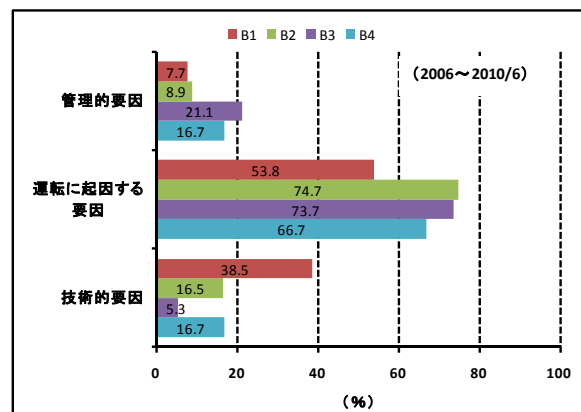


図 1.1.2.2-3 分類別におけるトラブルの発生要因の割合

③主要機器毎のトラブル

JHFC 第 2 期に発生したトラブルの主要機器毎の発生要因の割合を以下に示す。トラブル全体では水素製造装置が 31%、ディスペンサーが 28%、昇圧設備が 15%、補助機器が 12%、蓄圧器が 6%、液化水素設備が 2%と、水素製造装置とディスペンサーで約 6 割を占めた。

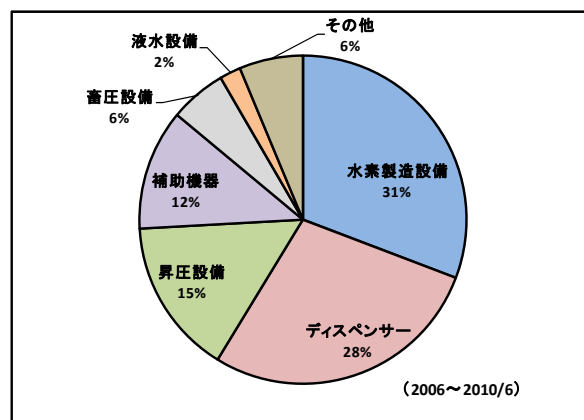


図 1.1.2.2-4 主要機器毎のトラブル発生要因

ランク別分類（B1、B2、B3、B4）における主要機器毎のトラブル発生割合を以下に示す。

運転に支障のあった故障(分類 B1)における主要機器毎の割合は、水素製造設備 25%、ディスペンサー54%、昇圧設備 13%となり、ディスペンサーで発生したものが約 5 割を占めていた。

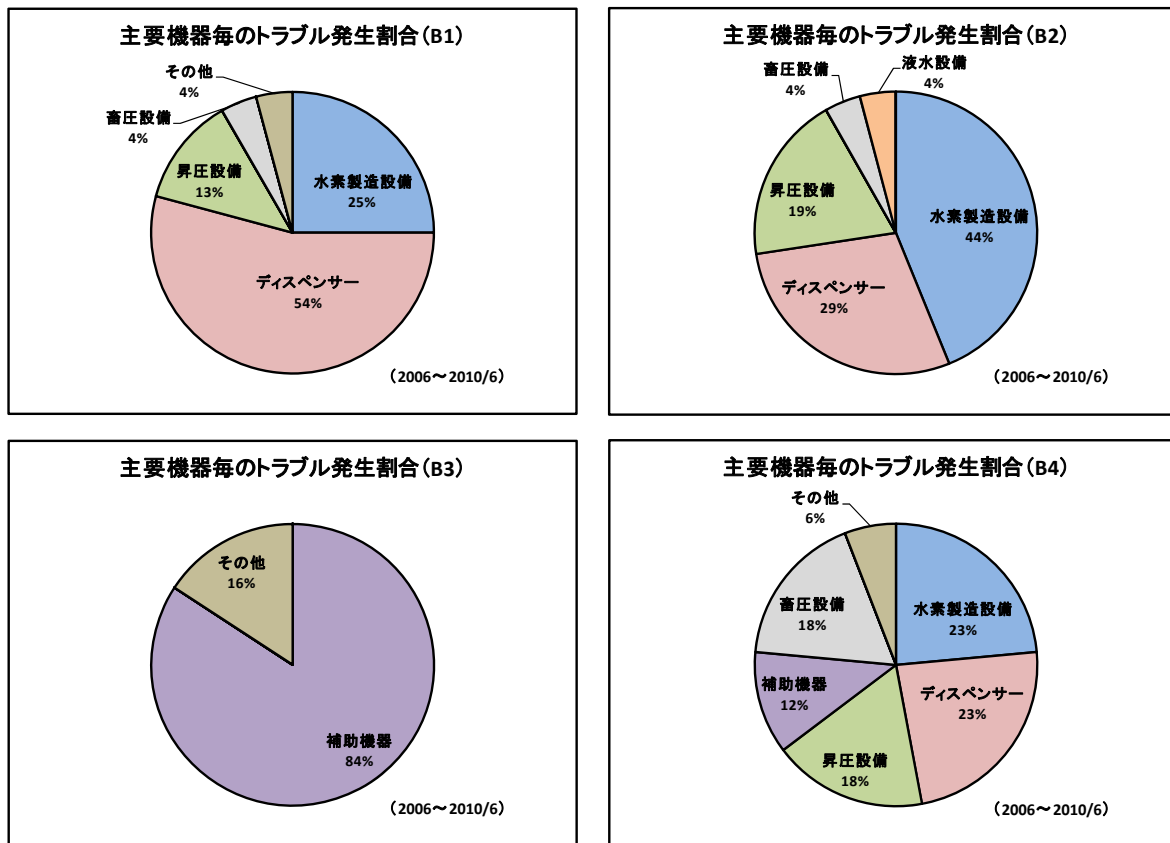


図 1.1.2.2-5 分類別の主要機器毎のトラブル発生要因

特に、運転に支障があった故障(分類 B1)において、約 5 割を占めたディスペンサーでの発生部位は、充填ノズル 33%、流量計 27%、緊急離脱カプラ 25%、弁類 7%、充填ホース 6%であった。

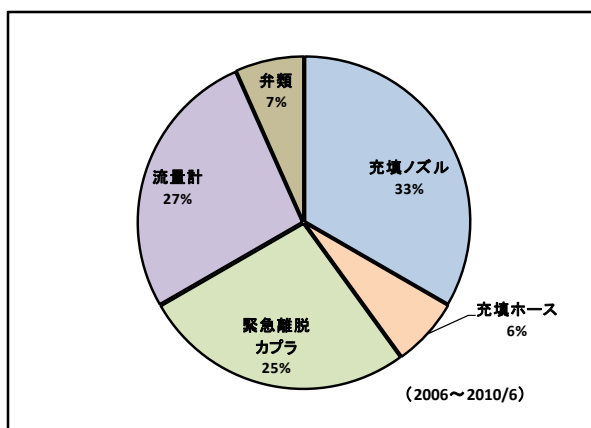


図 1.1.2.2-6 ディスペンサー (B1) における発生部位の割合

④高圧ガス設備に関するトラブル

JHFC2期間中に発生したトラブルのうち高圧ガス設備に関するトラブル事例は45件であった。これらの件数、要因、対策を表 1.1.2.2-4～7 に示す。

運転に起因する事例（O リングや弁座シートの摩耗、バルブのグラント部の緩みなど）は定期検査等による管理を継続や予備品の準備、管理的要因（作業や運転方法の不備など）に起因する事例は、ステーションの作業要領・作業手順の見直し、技術的要因による事例は設備改造や部品改良などの対策を行っている。

表 1.1.2.2-4 昇圧設備

部位	件数	要因	対策
ダイヤフラム	6件	経年変化 消耗品（ダイヤフラム）の交換：3件 O リング磨耗：2件	定期検査等の管理を継続 予備品の準備 定期的なダイヤフラムの交換
		運転方法 O リング材質起因：1件	冬季の暖気運転実施
		技術的要因 逆止弁の損傷：1件	定期検査等の管理を継続
継手部	5件	経年変化 継手部の緩み：3件	定期検査等の管理を継続
		作業の不備 締付け不十分：1件	手順改訂（締付け性確認）
		技術的要因 製造不良：1件	メーカーにて製造工程改善
弁類	2件	経年変化 弁グラント部の緩み：1件 弁座シート摩耗：1件	定期検査等の管理を継続

表 1.1.2.2-5 蓄圧設備

部位	件数	要因	対策
弁類	3件	作業方法 弁座シート摩耗：1件	手順改訂（点検後のフラッシング）
		経年変化 弁座シート摩耗：1件 パッキン摩耗：1件	手順改訂（交換時期） 定期検査等の管理を継続
その他	1件	運転方法 気温上昇による圧力上昇：1件	設定値見直し 手順改訂（未使用時の処置）

表 1.1.2.2-6 ディスペンサー

部位	件数	要因	対策
充填 ノズル	6件	経年変化 Oリング摩耗：1件	構造変更 定期検査等の管理を継続
		運転方法 Oリング異物付着：1件	定期的な清掃の実施
		技術的要因 アダプターの緩み：1件	構造変更 手順改訂（緩み確認）
		作業方法 Oリング異物混入：1件	手順改訂（メンテナンス時の洗浄方法）
		作業方法 ノズル着脱手順不備：1件	手順改訂（ノズル着脱手順）
		経年変化 ノズル動作不良：1件	定期的な分解整備
弁類	7件	経年変化 グラウンド部の緩み：2件 パッキン変形：1件	定期検査等の管理を継続
		作業方法 弁座シート摩耗：1件	手順改訂（点検後のフラッシング）
		運転又は管理的要因 弁座シート異物付着：1件	定期検査等の管理を継続
		経年変化 計装エア不良による 流量調節弁動作不良：1件 弁座シート摩耗：1件	定期検査等の管理を継続
流量計	2件	経年変化 部品故障：1件	定期検査等の管理を継続
		経年変化 断線：1件 技術的要因 制御システム不備：1件	定期検査等の管理を継続 故障時の制御方法見直し
充填 ホース	1件	作業方法 水素透過：1件	手順改訂（気密試験方法の見直し）
緊急 離脱 カプラ	6件	経年変化 動作不良：1件	定期的な分解整備
		技術的要因 部品の位置ズレ：5件	構造変更

継手部	2 件	経年変化 継手部の緩み：2 件	定期検査等の管理を継続
-----	-----	--------------------	-------------

表 1.1.2.2-7 液体水素設備

部位	件数	要因	対策
弁類	1 件	運転方法 弁グランド部の緩み：1 件	技術的要因、運転方法 長軸弁へ交換
ポンプ	1 件	経年変化 継手部の緩み：1 件	定期検査等の管理を継続
液面計	1 件	運転方法 液面計配管の凍結による閉塞：1 件	定期検査等の管理を継続
継手部	1 件	経年変化 フランジ部緩み：1 件	定期検査等の管理を継続

(3)トラブル事例

①運転に支障があった故障（分類 B1）の事例

分類 B1 の事例の一覧を下表に示す。

表 1.1.2.2-8 分類 B1 のトラブル事例一覧

No.	件名	発生日
(高圧ガス保安法による事故届提出分)		
事例 1	水素圧縮機の吐出配管継手からの漏洩事故	2006/10
事例 2	緊急離脱カプラと充填ホースの接続部からの漏洩事故	2007/8
事例 3	蓄圧器出口バルブグランド部からの水素ガス漏洩事故	2007/10
事例 4	圧縮機 吐出、吸入バルブからの漏洩事故	2010/6
(高圧ガス設備関係)		
事例 5	充填ノズルの不具合	2006/3
事例 6	充填ノズルの不具合	2006/4
事例 7	緊急離脱カプラの不具合	2006/11、12
		2009/4
		2009/12
		2010/3
		2010/3
事例 8	ディスペンサー（流量計）の不具合	2007/5
事例 9	ディスペンサーの流量計不具合	2009/5
事例 10	ディスペンサーの流量調節弁不具合	2009/9
事例 11	充填ノズル離脱不良	2009/10

事例 12	水素圧縮機 ダイアフラム早期破損	2009/11
事例 13	充填ノズルの不具合	2010/2
(高圧ガス設備以外)		
事例 14	水素製造装置の蓄熱バーナー不具合	2006/11
事例 15	水素製造装置の改質炉の不具合	2006/10
事例 16	水素製造装置の蓄熱バーナーの回転軸破断	2008/3
事例 17	水素製造装置の改質触媒劣化	2008/5
事例 18	水素製造装置不具合	2010/1
事例 19	水素製造装置不具合	2010/3
事例 20	水素製造装置不具合	2010/5

注記 1) B1 の 24 件のうち 5 件 (事例 7) は、同種の事例であり 1 つの事例としてまとめたため、事例としては 20 件となる。

以降に各事例の発生事象、原因、対策を示す。

事例 1

件名	水素圧縮機の吐出配管継手からの漏洩事故
発生日	2006 年 10 月 24 日
発生事象	①13時18分頃から圧縮機の運転時の設備点検を開始。圧縮機の運転音以外の音を確認したが、丁度、蓄圧が完了したため圧縮機が自動停止。また、13時20分頃、車両が充填に訪れたため、充填作業終了後、圧縮機を点検し、ガス検知器で吐出配管継手からの漏洩を確認した。 ②増し締め、シール交換によっても漏洩を確認したため染色探傷を行ったところ継手ネジ部に欠陥を確認。
原因	①圧縮機の調整等を行う際に、配管サポートを取り外した状態で運転を行ったことがあり、その時に疲労破壊を生じたためとみられる。 ②破損継手の F E M 解析及び疲労解析の結果、吐出配管のサポートが無い場合、短時間 (約214分) の運転で、配管振動によりねじ部が疲労破壊する可能性が高いことが確認された。
対策	①圧縮機の振動軽減対策を実施。 ②また、配管の接続方法を改善することとした。

事例 2

件名	緊急離脱カプラと充填ホースの接続部からの漏洩事故
発生日	2007 年 8 月 7 日

発生事象	<p>①水素充填中、緊急離脱カプラ付近から「プシュ」という音が発生。</p> <p>②ハンディガス検知器で漏洩を検知したため、直ちに充填を停止し、脱圧後、当該充填ライン使用禁止とした。</p> <p>③35MPa 充填ホースの緊急離脱カプラとホースの接続部が緩み、Oリングがはみ出し、漏洩が発生したことを確認。</p>
原因	<p>①ホースのねじれ及びホース操作時にディスペンサー筐体への当りによる衝撃・充填放散の圧力サイクルなどの複合的な要因により緊急離脱カプラとホースの接続部が緩み、漏洩が発生したと推定される。</p>
対策	<p>①充填中にガス検知器による検査実施。</p> <p>②日常点検にて緊急離脱カプラとホースの接続部の相マークの確認による緩みの監視の実施、点検・管理基準を強化。</p>

事例 3

件名	蓄圧器出口バルブグランド部からの水素ガス漏洩事故
発生日	2007年10月17日
発生事象	<p>①日常点検において、ディスペンサー入口圧力低下を確認。</p> <p>②可搬式ガス検知器にて蓄圧器出口バルブのグランド部から水素ガスの漏洩を確認した。</p>
原因	<p>①メーカー点検によりパッキン（テフロン）の劣化が判明。</p> <p>②パッキンは、ステム（弁棒）と一体構造のためステムを交換した。</p> <p>③また、同様な使用状況であった他のバルブについても、同様に交換した。</p>
対策	<p>①これまで日常的に開閉作業を行っていたバルブについて、その日常的な開閉の必要性を再検討し、「常時開」とすることでパッキンの磨耗劣化を抑制する。</p> <p>②バルブの使用部位・使用頻度に応じて優先順位を付けて点検整備を実施するとともに、点検周期のスケジュール化を行う。</p> <p>③パッキン等消耗部品の交換については、点検の結果を持ってその頻度を検討し、安全性が確保されている期間内において計画的に交換する。</p>

事例 4

件名	圧縮機 吐出、吸入バルブからの漏洩事故
発生日	2010年6月15日
発生事象	<p>①35MPa系No.2 圧縮機を起動した直後に、建屋内に設置された水素ガス警報器が発報。警報を受けて設備が自動停止。</p>
原因	<p>①メーカーの分解点検の結果、メタルタッチになっている吐出、吸入バルブの合わせ面の研磨処理が長手方向に行われていた。</p> <p>②運転中の温度及び振動も影響しバルブの中心から外側のシール部にかけて</p>

	研磨痕がリークパスを形成し、フランジ部から漏洩したと考えられる。
対策	<p>①同仕様のバルブについて、メーカーに持ち込み、バルブ合わせ面を漏洩しにくい円周方向に研磨をして取り付けた。</p> <p>②メーカーでは、バルブ合わせ面を表面の粗度で管理を行っており、当該バルブもメーカー基準値を満たしていた。</p> <p>③メーカーでは今後、より気密性の高い円周方向の研磨方法を採用することとした。</p>

事例 5

件名	充填ノズルの不具合
発生日	2006年3月14日
発生事象	<p>①充填中に自主的に実施しているハンディセンサーによる点検で微量の水素を検知し、充填を中止。</p> <p>②現場での再現確認では、シャフト付近から不定期に微量の水素を検知した。</p> <p>③メーカーによる再現試験では、微量水素の検知は再現されなかった。</p> <p>④メーカーによる分解点検にて O リングの内径側に摩耗粉が付着していた。</p>
原因	<p>①充填ノズルの O リングの摩耗が原因と判明し、O リングを交換。</p> <p>②シャフトの開閉の動きによる加圧・脱圧の繰り返しで摩耗粉が動き、不定期に微量の水素を検知したと推測される。</p>
対策	<p>①定期検査等の管理を継続（充填時に確認）</p> <p>②O リングが摩耗し難い構造に変更し、他のステーションにも展開。</p>

事例 6

件名	充填ノズルの不具合
発生日	2006年4月14日
発生事象	<p>①充填中に自主的に実施しているハンディセンサーによる点検で微量の水素を検知し充填を中止。</p> <p>②充填ノズルの分解整備にて異物が O リング及びバックアップリングの上に付着していたことを確認した。</p> <p>③充填ノズル付属の防塵キャップの内側に粉塵が付着していた。</p> <p>④異物を分析した結果、シリコングリス及び Ti-Ca-Al の酸化物と鉄酸化物の混合物が確認された。</p>
原因	<p>①充填ノズル付属の防塵キャップの内側に粉塵（大気中のダスト）が付着しており、これが内部に侵入し、充填ノズルの O リング及びバックアップリングに付着したことで微量の水素を検知したと推定され、O リングを交換。</p>
対策	<p>①定期的な防塵キャップ内の清掃。</p>

事例 7

件名	緊急離脱カプラの不具合
発生日	①2006年11月24日、2006年12月7日、③2009年4月4日 ④2009年12月26日、⑤2010年3月10日、⑥2010年3月30日
発生事象	①充填中、圧力異常で停止。 ②緊急離脱カプラを確認すると構成部品であるカラーが2mm程度飛び出ていることを確認。
原因	①充填ホースに振れ等が加わって緊急離脱カプラに回転の力が働いた場合、緊急離脱カプラの構成部品であるソケット及びプラグの位置がズレ、カラーが飛び出し、流路を塞ぐことで圧力異常が発生し、充填できなかつたと推定される。
対策	①定期的な整備（年次点検で整備。） ②カラー飛び出し防止構造を設けた緊急離脱カプラと交換（2010年9月実施）

事例 8

件名	ディスペンサー（流量計）の不具合
発生日	2007年5月11日
発生事象	①ディスペンサーのモニターに流量計配線異常の表示が出て充填不能となった。 ②流量計内のプロセッサが故障しており交換。
原因	①ドライブ回路上のコンデンサやヒューズなどの一次側素子の故障が原因と推定され、コアプロセッサの交換。
対策	①定期検査等の管理を継続（年次点検で確認。）

事例 9

件名	ディスペンサーの流量計不具合
発生日	2009年5月18日
発生事象	①1台目、2台目の車への充填は問題がなかったが、3台目の35MPa車へ充填を開始して約1分後から流量計の指示がゼロのままであった。 なお、圧力（ディスペンサー出口圧力）は正常に上昇しており、34.9MPaで充填は終了した。 ②本流量計は2003年4月に設置し、運用後6年を経過している。
原因	①流量計の外郭ケース内のドライブコイル（流量検出用チューブに振動を与えるコイル）の抵抗値が無限大であることから断線と判明。 ②断線に至る原因は特定できていないが、断線は非常にまれとのこと。 ③ドライブコイルは溶接されている外郭ケース内に設置されておりコイルのみの交換はできないため、流量計本体を交換した。

	④海外製のため流量計の入手に数カ月かかること、国内製品は面間距離が異なるため配管の改造が必要となることから、ステーション建設時の予備品を県の検査を受けて使用した。
対策	①流量計故障を想定した制御方法見直し。 ②定期検査等の管理を継続（年次点検で断線、動作異常などを確認）。

事例 10

件名	ディスペンサーの流量調節弁不具合
発生日	2009年9月3日
発生事象	①ディスペンサーに流速 HH の警報が発生し、充填ができなかった。 ②現場状況確認の結果、流量調節弁電空ポジショナーが不調であった。
原因	①計装エアラインの不具合により、系内に凝縮水及びオイルミスト等が侵入、ポジショナー内部に付着し、流量調節弁が100%開状態となり、流速HHの警報が発生した。
対策	①日常点検にてエアコンプレッサー及びエアドライアの作動状況確認。 ②1日1回以上の系内ドレイン抜きの徹底。

事例 11

件名	充填ノズル離脱不良
発生日	2009年10月23日、2009年10月27日
発生事象	①2009年10月23日 充填終了後、充填ノズルをレセプタクルから外せず。何回か取外し作業を行い約30分後に取り外せた。 ②2009年10月27日 充填試験中、充填ノズルから微量の水素を検知し充填を中止。脱圧し充填ノズルを取り外そうとしたが、レセプタクルから外せず。 ③ディスペンサー内の圧力が充填ノズルの取外し可能圧力以上の可能性もあったため、元弁を閉じた後、数回脱圧し、取り外そうとするが取り外せなかったため、充填ノズルを分解し取外した。
原因	①ネジが緩み、充填ノズル内部のシール材がはみ出したため、ロック機構解除ができず、充填ノズルが取り外せなかった。 ②シール材のはみ出しにより、シール性が確保されず、微量の水素を検知した。 ③ねじ込み継ぎ手部の緩みを整備して復旧。
対策	①当面は、定期検査等の管理を継続（ノズルのケーシングに点検口を設置して充填時に点検口から緩み確認） ②ねじ緩み防止用機構を設けた充填ノズルの開発完了。 ③70MPa ステーション（4ヶ所）にねじ緩み防止用機構を設けた充填ノズル

	を 2010 年 3 月に設置予定。
--	--------------------

事例 12

件名	水素圧縮機 ダイアフラム早期破損
発生日	2009 年 11 月 24 日
発生事象	<p>①2009年11月24日 70MPa水素圧縮機がLDS異常(ダイアフラム破損検知)発報で停止</p> <p>②翌日、メーカーが現地にて状況確認。その結果、50MPa付近でLSDゲージがじわじわ圧力検知しているのを確認。70～80MPa に昇圧されていく際に LDS ゲージの圧力検知が急速に変化していくのを確認。</p> <p>③ダイアフラムのPT検査にて亀裂を確認。</p> <p>④オイルヘッドの調査の結果、キャビティ中央部の圧入部品部に僅かな凹み段差（製作当初からの段差と推定される）を確認。</p>
原因	<p>①油圧逆止弁の損傷により油圧動作に異常が発生</p> <p>②ガス側キャビティ内とオイル側キャビティ内の圧力バランスが保たれなくなり、ガス側キャビティ内の圧力がオイル側より大きくなってしまったことで、ダイアフラムがオイルヘッドに繰り返し強く押し付けられるといった現象が発生し、オイルヘッド中央部にあるオイル分散板付近で亀裂が生じたと推定</p> <p>③オイルヘッドに確認された凹み段差は、油圧動作異常の直接的な原因ではないが、油圧動作異常が発生した場合にダイアフラム破損を助長する原因となる。</p>
対策	<p>①油圧逆止弁の交換 （なお、油圧動作異常が発生した際のダイアフラム破損の可能性を更に低減させるためには、オイルヘッドの凹み段差補修が望ましいとのメーカー見解）</p> <p>②日常点検で作動油サイトグラスを確認し、油圧バランス状態を監視する。</p>

事例 13

件名	充填ノズルの不具合
発生日	2010 年 2 月 10 日
発生事象	①充填中にバス側充填カプラから微量の水素を検知した。
原因	<p>①充填カプラ内のロックピンOリングに繊維状物質が挟まっていたため、微量の水素を検知した。</p> <p>②2009年11月メンテナンス時の検査には問題がなかったことからロックピン上部に繊維状物質があり、充填を繰り返すうちに奥へと入り込みOリングへ挟まったと推定される。</p>

対策	①メンテナンス時の洗浄方法の変更 従来の「紙製ウェスにアルコールを塗布し金属部品を拭き取り後、洗浄実施。」に加えて、超音波洗浄を実施。
----	--

事例 14

件名	水素製造装置の蓄熱バーナー不具合
発生日	2006年11月6日
発生事象	①故障の半日前くらいから若干、電流値の上昇はあったが、大部分が夜間であり特別な対応は取れなかった。(DCSのトレンドから電流値ピーク発生と同時に軸が破損、これに伴いベアリングの一部が破損したと見られる。) ②モータートリップが効かずモーターは稼動。蓄熱体が止まったので効率が落ちて炉内温度が若干下がった。 ③蓄熱体には、破損や閉塞等なし。但し、潤滑油の固化が見られる。
原因	①サイクロ減速機の出力軸バーナー側のねじ切れ
対策	①サイクロ減速機軸と軸受ベアリングの交換 ②固化潤滑油の除去と塗り直し

事例 15

件名	水素製造装置の改質炉の不具合
発生日	2006年10月1日
発生事象	①2006年10月 水素製造装置停止中の系内保圧状態(窒素)での圧力下降傾向を確認。 ②2006年11月 水素製造装置運転時の異常は確認できず。水素製造装置停止中に調査実施。 ③2006年12月 12/4探索作業で改質炉内の純水蒸発器伝熱配管に変形と亀裂を確認。
原因	①検査および運転データ解析から、熱疲労(急激な温度変化の繰り返し)が起因していると推定。
対策	①既存配管の伝熱面積は余裕があることから、下4段を削除した形状に変更。 ②スタートアップ時の温度変化が大きいため、改質炉内温度昇温を抑える条件に変更。 ③これまでの年1回の点検を年2回に増やす。

事例 16

件名	水素製造装置の蓄熱バーナーの回転軸破断
発生日	2008年3月19日
発生事象	①通常のスタートアップ工程から原料導入へ進んだが、バーナー失火／回復を繰り返した。 ②蓄熱体の回転が停止していたため、原料導入20分後に運転停止。 ③点検にて、減速機と蓄熱体を接続する回転軸が減速機側で破断し、グリースの炭素化が見られた。
原因	①グリースの劣化
対策	①定期点検時に軸受のベアリング及び回転軸の予防措置的交換。 ②耐熱性のより高いグリースの採用。

事例 17

件名	水素製造装置の改質触媒劣化
発生日	2008年5月
発生事象	①改質触媒の劣化で、オフガス量が増大し、マテリアルバランスが崩れ、運転不能。
原因	①過去の運転データと比較すると、プロセス系内の圧力損失が増加し、かつ圧力の変動も大きくなっていることから、触媒の粉化やカーボンの発生に起因し、改質管（2本）の差圧が上昇し、ガスが偏流している可能性がある。
対策	①改質触媒の交換 ②改質器内部を開放し、触媒の状態や内部の堆積物の有無を確認する

事例 18

件名	水素製造装置不具合
発生日	2010年1月14日
発生事象	①アルカリ水電解水素発生装置を起動後、水素側KOH溶液の流量低下アラームが発生。 ②通常、本アラームが発生した場合、数回水素気液分離タンクに窒素を封入して水素側気液分離タンク内の液面と酸素側気液分離タンクの液面を調整すれば本アラームは消滅して再起動。 ③しかし、今回は、本アラームが消えないためKOH溶液が電解セルモジュールを循環していない恐れがあり電解セルが発熱し危険なため運転を中止。
原因	①KOH水溶液の性状変化でKOH水溶液が粘状（白濁し、へドロ状の沈殿物があった）になり循環していなかった。 ②1.5カ月間基地に駐車したままだったため、気温も低く、KOHの性状が変化したと考えられる。

対策	<p>①KOH溶液を抜きKOH溶液ラインを温純水でフラッシング。フラッシングの際にKOHポンプ、フローセンサー等の補機類の動作確認を実施し、新たにKOH溶液を注入。</p> <p>②1回/月の水素製造を基本としKOH溶液を観察する。</p>
----	--

事例 19

件名	水素製造装置不具合
発生日	2010年3月
発生事象	<p>①改質炉の温度が異常上昇し、原料ナフサ成分を検出した。</p> <p>②反応管の内管上部が変形していることを確認した。</p> <p>③反応管のエルボ付近に亀裂と思われる欠陥を検出した。</p>
原因	<p>①起動停止時の熱収縮を反応管の上下動で吸収する構造であったが、触媒や熱交換用アルミナボールにより内管が抱え込まれるなどし、上下動が阻害された。</p> <p>②この状態で起動停止の繰り返しにより内管上部が変形し、欠陥が生じた。</p>
対策	<p>①アルミナボールの充填量を減らし内管の抱え込みを抑制する。</p> <p>②内管エルボの変形や破損を抑制のため材料強度を増す。</p>

事例 20

件名	水素製造装置不具合
発生日	2010年5月
発生事象	<p>①反応管周りに差圧を確認。</p> <p>②運転データから燃料流量が徐々に減少し、高負荷で炉内温度が上昇していることを確認。</p> <p>③改質ガス及び変性ガスのガス分析により原料都市ガス成分を検出。</p> <p>④反応管の開放検査にて、アルミナボールの損傷、反応管の変形及びエルボ付近亀裂を確認。</p> <p>⑤亀裂部分のミクロ及び破面観察にて粒界割れ及びストライエーションを確認。</p>
原因	<p>①起動停止時の熱収縮を反応管の上下動で吸収する構造であったが、触媒や熱交換用アルミナボールにより内管が抱え込まれるなどし、上下動が阻害された。</p> <p>②この状態で起動停止の繰り返しにより内管上部が変形し、欠陥が生じた。</p>
対策	<p>①アルミナボールの充填量を減らし内管の抱え込みを抑制する。</p> <p>②内管エルボの変形や破損を抑制のため材料強度を増す。</p>

②ヒューマンエラー（分類C）の事例

以下にヒューマンエラーの概要を示す。

事例1

件名	蓄圧器用圧力計の取付け部から水素漏洩事故
発生日	2006年6月17日
発生事象	<p>①14時10分、ガス漏洩検知器が作動し、警備会社へ自動通報。</p> <p>②14時30分頃に警備員到着し、警報盤にて漏洩場所を確認、15時47分頃に運転員へ連絡。</p> <p>③運転員がガス検知器にて漏洩箇所を特定（蓄圧器用圧力計の取付け部）し、圧力計元弁を閉止。</p> <p>④漏洩箇所の点検し、銅パッキンの損傷及び銅パッキンの下にプラスチックパッキンを確認。</p>
原因	<p>①2006年1月に実施した保安検査の際に当該圧力計を取り外し、真空ポンプを設置し、蓄圧器の真空引きを実施。真空引き終了後、使用したプラスチックパッキンを取り忘れ、銅パッキンを設置し圧力計を取り付けた。</p> <p>②銅パッキンとプラスチックパッキンを同時に使用したことにより、銅パッキンの軽微な噛み込み、締め付け不足により緩みが進み漏洩が発生したと推定される。</p>
対策	<p>①蓄圧器真空引き手順書の制定</p> <p>②圧力計取り付け手順書の制定</p> <p>③日常点検の強化</p> <p>④緊急連絡体制の見直し</p>

注記) 高圧ガス保安法による事故届を提出した事例。

③調査報告等（分類D）の事例

以下に調査報告の概要を示す。

調査報告1

件名	ディスペンサー遮断弁調査
概要	①70MPa水素充填設備ディスペンサー内遮断弁の締め切り性能が悪化(遮断弁が閉止状態でも水素ガスが流れる状態)したため、分解点検を行った結果、付着物が確認されたため、この付着物の分析を行った。
結果	<p>①元素分析の結果、試料①(ボディ入り口側)・試料②(ボディ内部)・試料③(ボディ出口側)は、管部材の組成に近いことからSUS系配管部材由来の物質およびフッ素系樹脂と推定された。</p> <p>②また、試料④(ディスペンサー内遮断弁)は、SUS系配管部材由来の酸化物および</p>

	<p>フッ素系樹脂であると推定された。</p> <p>③今後は、発生が初期のみか継続か監視する。(発生後の定修時(2010年)の点検では異常なし。)</p>
--	--

調査報告 2

件名	プレクール設備調査
概要	①移動式ステーションの充填試験中に第3バンクに切替えたところ、プレクールした水素温度が25℃まで上昇する現象(車のタンクの温度上昇は少なく、充填に支障はなかった。)が見られたため、原因を調査した。なお、車のタンクの温度上昇は少なく、充填に支障はなかった。
結果	<p>①バンク圧が高かったため、流調弁前後の圧力差が大きく、ジュール・トムソン効果により流調弁出口水素温度が上昇し、熱交換器に高い温度の水素が導入された。</p> <p>②高い温度の水素ガスが導入されたため、熱交内の配管表面の液体窒素が蒸発し(膜沸騰)、熱交換能力が急激に低下して出口温度が上昇した。</p> <p>③液体窒素熱交換器の膜沸騰防止対策を設備点検時に行う。</p>

(4) トラブル発生の防止に向けて

実証試験で発生した142件のトラブルについて原因を分析し対策を実施することにより同種のトラブルや類似のトラブルの発生防止を図ってきた。発生要因のうち、管理的要因によるものはステーションの作業要領・作業手順の見直しを行い、運転に起因するものはステーションの運転方法や点検頻度の見直し・改善を行い、技術的要因によるものは設備の改造や部品の改良を行ってきた。

さらに、これらの事例について潜在的な危険性と望ましい対策の検討および燃料電池自動車と水素ステーションの普及に向け将来的にトラブル情報を活用するための仕組みの検討を現在行っている。この検討については別途報告書としてまとめる予定である。

1.1.3 ステーションの課題抽出

1.1.3.1 高圧水素中の水分

(1) 目的

JHFC ステーションの水素には、仕様値で 5ppm (DP-65°C程度) の水分が許容されているが、これまで 35MPa 充填では問題なかった。しかし 70MPa やさらにフル充填のような高圧を考慮すると水分凝縮の可能性がある。また 70MPa 以上の充填では、プレクールを行うため水分が凝縮でなく昇華(結霜)し、配管閉塞の可能性もあるので、昇華する条件について検討した。

(2) 検討方法

水分を含む低圧の水素を圧縮すると、水蒸気の蒸気圧は上昇するが、温度で決まる飽和水蒸気圧を越えた分について、水分は気体として存在しきれなくなり凝縮をする。従って高圧水素中に水蒸気として存在出来なくなる水分量を検討するには、圧縮された水素が大気圧下でどれだけの水分が存在していたかを把握する必要がある。

① 圧縮率因子について

理想気体では、同一体積で圧力を 2 倍とすると、元の 2 倍量の物質質量となる。しかし実在気体の水素では、2 倍の圧になっても 2 倍以下の物質質量にしかない。

この差異を表す係数を圧縮率因子という。この圧縮率因子を z とし、気体の状態方程式を示すと、式 1.1.3.1-1 となる ($z=1$ が理想気体である)。

$$pV=znRT \quad \dots \dots \dots \text{(式 1.1.3.1-1)}$$

p を z で除した値を π (換算圧と呼ぶ)とすると、通常理想気体の式 1.1.3.1-2 となる。

$$\pi V=nRT \quad \dots \dots \dots \text{(式 1.1.3.1-2)}$$

一般的に用いられている圧縮率因子を 表 1.1.3.1-1 及び図 1.1.3.1-1 に示す。これらから明らかなように、圧縮率因子は、高圧になると大きくなり、高温になると小さくなる。

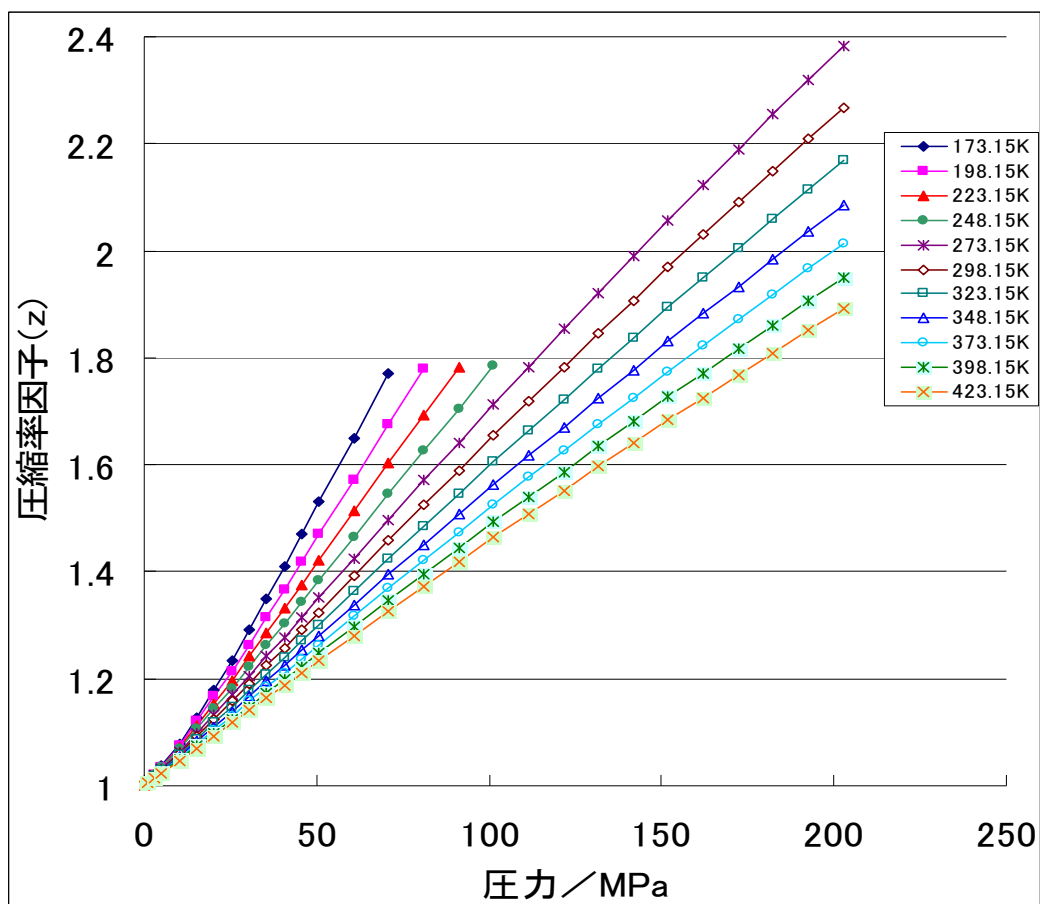


図 1.1.3.1-1 圧縮率因子の圧力、温度変化

表 1.1.3.1-1 圧縮率因子 L'AIR LIQUIDE ENCYCLOPEDIE DES GAS n-hydrogen より

MPa abs	-75°C	-50°C	-25°C	0°C	25°C	50°C	75°C	100°C	125°C
	198.15K	223.15K	248.15K	273.15K	298.15K	323.15K	348.15K	373.15K	398.15K
0.10133	1.001	1.001	1.001	1.001	1.001	1	1.001	1.001	1
1.01325	1.0071	1.0069	1.007	1.006	1.006	1.006	1.006	1.006	1.005
3.03975	1.0211	1.0207	1.0199	1.019	1.0182	1.0173	1.0166	1.0158	1.015
5.06625	1.036	1.035	1.0334	1.0319	1.0303	1.0288	1.0274	1.026	1.0247
10.1325	1.0763	1.0727	1.0688	1.0649	1.0613	1.0579	1.0548	1.0519	1.0492
15.19875	1.1201	1.1127	1.1056	1.099	1.0929	1.0875	1.0825	1.078	1.0738
20.265	1.1663	1.1543	1.1435	1.1338	1.1252	1.1175	1.1106	1.1043	1.0987
25.33125	1.2144	1.1972	1.1823	1.1693	1.1579	1.1479	1.1389	1.1309	1.1236
30.3975	1.2641	1.2412	1.2218	1.2053	1.1909	1.1783	1.1673	1.1574	1.1486
35.46375	1.3147	1.2859	1.2619	1.2415	1.2241	1.2091	1.1958	1.1841	1.1736
40.53	1.3659	1.331	1.3022	1.278	1.2574	1.2398	1.2243	1.2107	1.1986
45.59625	1.4175	1.3763	1.3427	1.3147	1.2909	1.2706	1.2529	1.2373	1.2235
50.6625	1.4693	1.4218	1.3833	1.3513	1.3244	1.3014	1.2814	1.2638	1.2484
60.795	1.5729	1.5128	1.4645	1.4247	1.3913	1.363	1.3384	1.3169	1.2979
70.9275	1.6746	1.6035	1.5454	1.4976	1.4579	1.4241	1.395	1.3696	1.3472
81.06	1.7782	1.6934	1.6257	1.5702	1.5241	1.4849	1.4514	1.4219	1.3961
91.1925		1.7824	1.7053	1.6421	1.5897	1.5452	1.5071	1.4738	1.4446
101.325			1.7839	1.7132	1.6546	1.6049	1.5623	1.5252	1.4926
111.4575				1.7837	1.7189	1.664	1.617	1.5761	1.5402
121.59				1.8533	1.7824	1.7224	1.6711	1.6265	1.5874
131.7225				1.9221	1.8453	1.7802	1.7247	1.6764	1.634
141.855				1.9902	1.9075	1.8375	1.7778	1.7258	1.6803
151.9875				2.0575	1.969	1.8941	1.8303	1.7747	1.7261
162.12				2.1241	2.0299	1.9502	1.8823	1.8232	1.7714

② 圧縮率因子の計算式

充填時の圧力と充填量や、露点計算など各種計算に用いるときは、計算式が必要なため、近似式を作成した。

◆適用温度範囲： -50～85℃

-50℃は、-40℃プレカールのブライン（冷媒）温度を想定。

85℃は C-FRP 容器の許容最高温度

◆適用圧力範囲： 0.1～110MPa

110MPa は 87.5MPa でのフル充填をする場合のステーション最高使用圧力を想定。

◆近似式で用いた文字は、以下の通り

実際の圧力 : p (MPa abs)

温度 : T (K)

圧縮率因子 : z (-)

換算圧 : $p \div z = \pi$ (MPa abs)

a. 実圧からの近似式

実圧 p から換算圧 π へ換算するための圧縮率因子 z の計算式を、p の 3 次、T の 3 次で式 1.1.3.1-3 として近似した。

$$z(p,T) = (1.019E-13 \cdot T^3 - 1.0264E-10 \cdot T^2 + 3.4664E-8 \cdot T - 3.9639E-6) \cdot p^3 \\ + (-1.4E-11 \cdot T^3 + 1.4347E-8 \cdot T^2 - 4.9551E-6 \cdot T + 0.00058233) \cdot p^2 \\ + (1.876E-9 \cdot T^2 - 1.4613E-5 \cdot T + 0.010258) \cdot p + 9.342E-6 \cdot T + 0.99679$$

・・・(式 1.1.3.1-3)

b. 近似式の誤差

表 1.1.3.1-1 を正として、近似式から求められる値との誤差を表 1.1.3.1-1 の値で除した誤差の割合を図 1.1.3.1-2 に示す。誤差の割合は 0.2%以下となっている。なお、表 1.1.3.1-1 のデータ不足により、-25℃以下では、90MPa 以下、0℃～-25℃では、100MPa 以下の近似である。

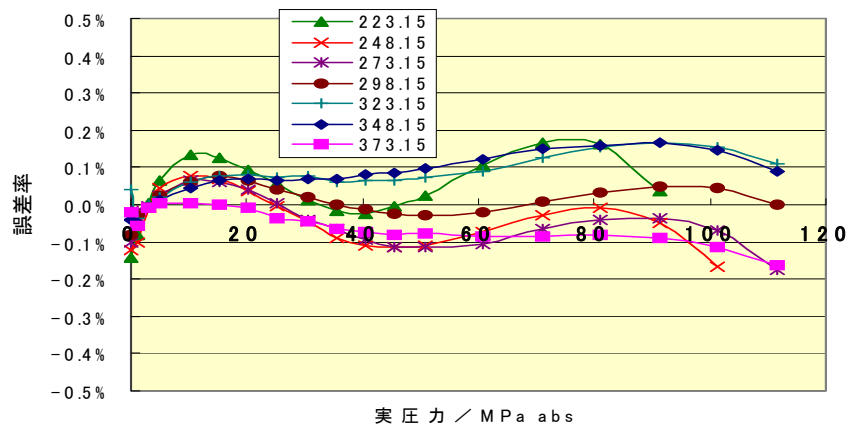


図 1.1.3.1-2 圧縮率因子の圧力、温度変化 誤差の比率

c. 換算圧からの近似式

a. で定義した近似式(式 1.1.3.1-3)は実圧から計算する時の圧縮率因子 z の計算式であり、 p と T の関数 $z(p,T)$ である。充填量や露点の計算を行う時は、実圧⇔換算圧の計算を行うため、換算圧 π からの実圧への変換があり、そのため換算圧 π から計算する圧縮率因子 $z'(\pi,T)$ の近似式が必要である。

換算圧 π から実圧を求めるときの z' の計算式を、 π の 3 次、 T の 3 次で式 1.1.3.1-4 として近似した。

$$z'(\pi,T) = (-5.612E-13 * T^3 + 5.7438E-10 T^2 - 1.9901E-7 T + 2.3606E-05) * \pi^3 \\ + (1.709E-9 * T^2 - 1.3726E-6 T + 3.0644E-4) * \pi^2 \\ + (-1.207E-5 * T + 0.0095149) * \pi + 0.00000451 T + 0.99878 \dots \dots \dots \text{(式 1.1.3.1-4)}$$

d 近似式の誤差

この近似式(式 1.1.3.1-4)から求められる値と表 1.1.3.1-1 の値との誤差の割合を図 1.1.3.1-3 に示す。図 1.1.3.1-3 より誤差は 0.2%以下となっている。

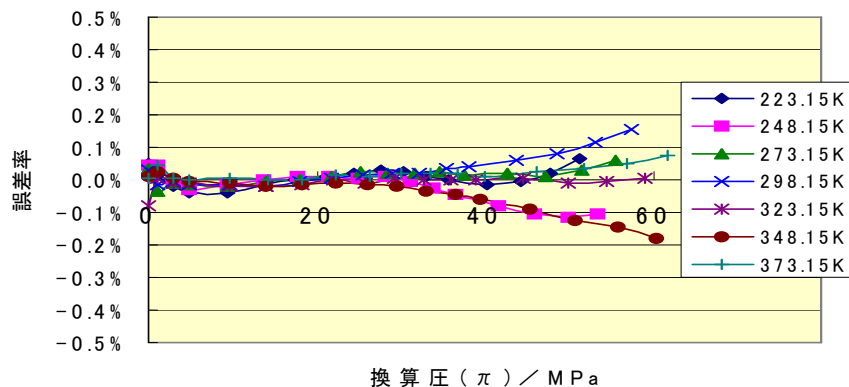


図 1.1.3.1-3 圧縮率因子の圧力、温度変化 誤差の割合 (換算圧からの z')

e. 昇華点の検討

0°C以下における飽和水蒸気圧は、Sonntag の式で示される。

$$\ln(p) = -6024.5282 * T^{-1} + 29.32707 + 1.0613868 * 10^{-2} * T - 1.3198825 * 10^{-5} * T^2 \\ - 0.49382577 * \ln(T) \dots \dots \dots \text{(式 1.1.3.1-5)}$$

ここで p は圧力 (Pa)、 T は絶対温度 (K) である。

- (ア) この Sonntag の式から、原料水素の露点から飽和水蒸気圧が計算できる。
- (イ) 圧縮水素の水分存在量は、飽和水蒸気圧に実際の圧力を圧縮率因子で割った値を掛ける。
- (ウ) この水蒸気圧になる温度を式 1.1.3.1-6 より求め、昇華温度とする。

$$t \text{ (}^\circ\text{C)} = 13.715*Y + 0.84262*Y^2 + 0.019048*Y^3 + 7.8158*10^{-3}*Y^4$$

(ここで、 $Y = \text{LN}(p/611.213)$ である) (式 1.1.3.1-6)

以上の計算結果を表 1.1.3.1-3 に示す。

表 1.1.3.1-3 元ガス露点と圧力と昇華点 (°C)

露点 (°C)	40MPaG	80MPaG	110MPaG
-50	10.2	17.9	21.1
-55	1.1	8.2	11.2
-60	-6.9	-1.0	1.4
-65	-14.6	-9.1	-6.8
-70	-22.3	-17.1	-14.9
-75	-29.9	-25.0	-22.9
-80	-37.4	-32.7	-30.9
-85	-44.7	-40.4	-38.6
-90	-52.0	-48.0	-46.3
-95	-59.3	-55.5	-53.9
-100	-66.4	-62.9	-61.4

表 1.1.3.1-3 の結果をグラフにしたものを、図 1.1.3.1-4 に示す。

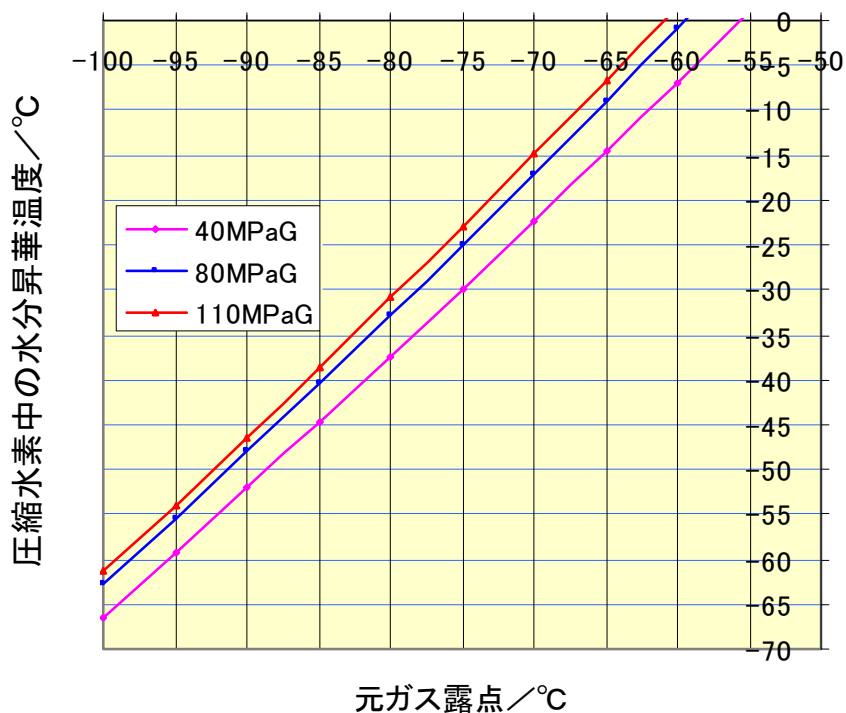


図 1.1.3.1-4 圧縮水素の昇華温度

(3) 検討結果の考察

表 1.1.3.1-3 より、 -65°C 露点の水素は、 40MPaG に圧縮すると、昇華点は -14.6°C であるので、プレクールを行わなければ、日本では特に寒い所でなければ冬季でも昇華（結霜）しない。しかし、 80MPaG や 110MPaG まで圧縮したガスの場合、それぞれ -9.1°C 、 -6.8°C で昇華するので、プレクールを行うと昇華し、配管閉塞を起こす可能性が大である。

プレクールの制御温度（充填ノズル出口における水素ガスの制御温度）を、 -20 、 -30 、 -40°C とした時は、ラインの温度はそれよりも -10°C 低いと考え、 -30 、 -40 、 -50°C で昇華しないための必要露点を表 1.1.3.1-4 に圧力毎に示した。

表 1.1.3.1-4 プレクーラ温度と圧力毎の必要露点

制御温度 $^{\circ}\text{C}$	最低温度 $^{\circ}\text{C}$	圧力 (MPa)		
		40	80	110
-20	-30	-75.1	-78.2	-79.49
-30	-40	-81.8	-84.8	-85.91
-40	-50	-88.6	-91.3	-92.44

またこれらの露点の水分濃度を、Sonntag の式（式 1.1.3.1-5）から求め、図 1.1.3.1-5 に示す。

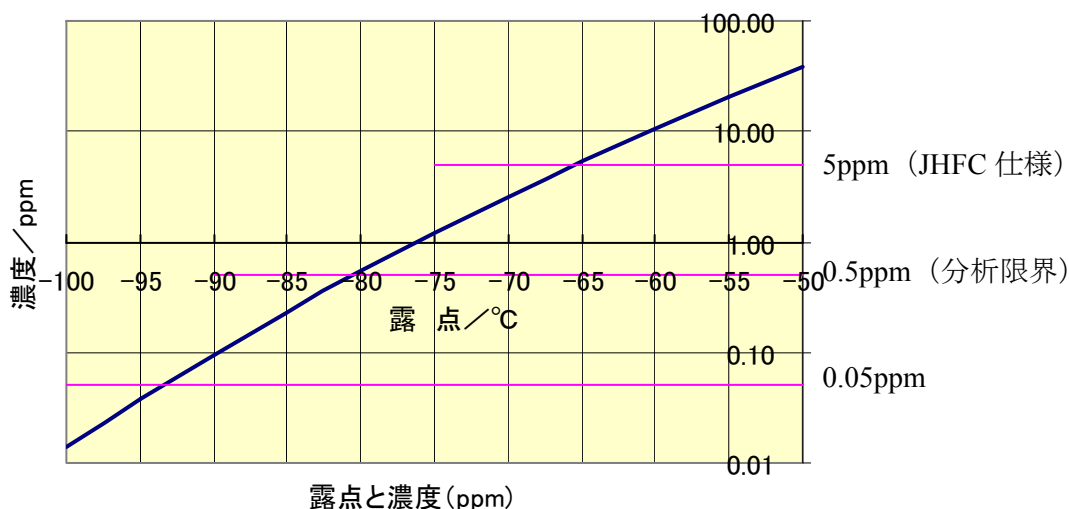


図 1.1.3.1-5 露点と濃度 (vol.ppm) の関係

現状の JHFC ステーションでは、水分 5ppm 以下が仕様値であり、大多数のステーションの実測値は 0.5ppm （露点 -81°C ）以下となっている。しかし、プレクール -30°C 制御では -80°C 以下の露点が必要で、この濃度は 0.5ppm 以下であり、 110MPa でプレクール -40°C 制御のためには、 0.05ppm 以下が必要となり、現状の PSA では対応できず新たに微量水分の除去機を設置しなければならない。

(4) 微量水分除去装置

微量水分除去装置について調査した結果を以下に示す。

a. 常温吸着式精製装置（日本パイオニクス社製）（市販品）

方式：多塔の触媒塔を持ち、吸着塔と再生塔を切り換えて精製仕様

型式	VP-AH		
適用ガス	H ₂		
適用ガス量	30～500Nm ³ /h		
	入口側	出口側	
最大圧力 (MPa)	0.98	△0.1 以下	
温度 (°C)	5～35		5～35
各不純物 (ppb)	H ₂ O	2600	≦1
	CO	1000	≦1
他に、O ₂ 、CO ₂ 、Particle を除去可能			

なお、装置本体の定価は 300 Nm³/h タイプで、約 200 万円である。

点検部品交換費用は、電装部品を中心に 3～7 年程度で交換を想定すると、30～100 万円/年程度である。

b. 簡易型常温吸着装置

上記 a. の装置仕様は、H₂O 出口濃度が 1ppb 以下と非常に低く、かつ、多塔の触媒等を持ち吸着と再生を同時に行う事が可能な装置であるため、高価になっている。

そこで、吸着塔 1 塔のみとして再生を行わず吸着剤交換で対応することとし、かつ、出口 H₂O 濃度を 0.1ppm (-90°C露点) という条件で簡易型の常温吸着装置を検討した。

仕様 対象ガス：FCV 用高純度水素 (ISO/TC197/DIS14687-2 準拠)

入口水分濃度：5ppm、出口水分濃度：0.1ppm

吸着剤：モレキュラーシーブ JK1-0410 (ユニオン昭和 (株) 製 4A タイプ)

吸着剤に対する条件：水素流量 300Nm³/h、温度 25℃、入口圧力 0.9MPaG

吸着剤の再生は行わない。吸着剤の交換周期 5000 時間 (1 回/年交換)

結果 吸着塔寸法：300mmφ×1660mmH

吸着剤容積 117L、吸着剤重量 77kg (ρ=658kg/m³)

吸着装置の概略コスト イニシャルコスト (一式)：100 万円以下

ランニングコスト (交換吸着剤代)：27 万円/年

水素及び水分以外の共存ガスの吸着剤への影響はなし。

吸着剤入口水分濃度や水素流量吸着剤交換周期に及ぼす影響

吸着剤入口水分濃度、水素流量は吸着剤交換周期に概ね反比例する。

1.1.3.2 高流量対策

35MPaステーションに70MPaを増設するため、既存の40MPa級バンクと80MPa級バンクを併用して充填する計画で建設を行った。試運転の段階で、70MPaの高圧水素に対する安全性の高い配管材料（SUS316L）を使用したため配管径が小さくなり高流量時（5kg/3分充填）に管内の圧力損失が大きいことが判明した。さらに流量予測シミュレーションより充填開始から80MPa級バンクを使用しなければ高流量を確保できないことが判明したため、フルスペックの70MPaステーションである千住ステーションの改造を行った。なお、改造は材料の入手時期から3回に分けて行った。（改造による充填流量の変化については3.1.3.1(1)ステーションの高流量化を参照）

(1)流量予測シミュレーション

図 1.1.3.2-1 に示す充填ラインの配管・機器について可能な限りモデル化し、試運転の結果との検証を行なって解析を行った。また、レセクタブル以降のFCV部分は下記のSAE条件に基づいて作成した配管モデルで表現した。

SAE J2601 Revised Proposed Draft

(Draft P.7, 5.1.5.) In developing this protocol, the maximum total pressure drop from receptacle to onboard vehicle storage was assumed to be less than 20MPa under the following conditions: a vehicle tank pressure of 10MPa, a fuel temperature of -15 degree C at the nozzle and a mass flow 1.5 times the average mass flow required to fill the entire storage capacity in 3 minutes

(e.g. for a capacity of 5kg: mass flow = 5000g/180s * 1.5 = 41.67g/s)

即ち、水素流量=41.67g/s (2500g/min)でレセクタブル～タンク間差圧=20MPa

at タンク圧力=10MPaである。

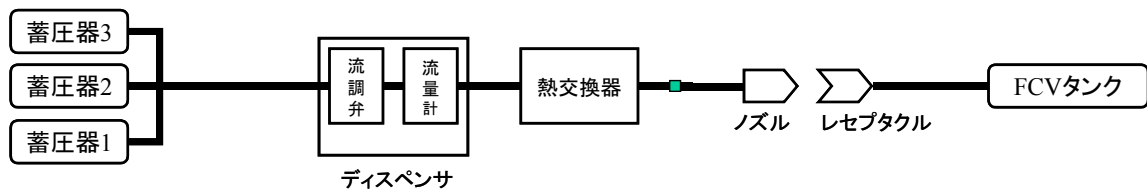


図 1.1.3.2-1 充填ライン概略フロー

流量予測シミュレーションモデルのポイントを以下に示す。

(ア) 蓄圧器モデル：容器内水素温度と容器温度は等温とし、蓄圧器内容積、初期圧及び下流の流動抵抗（配管、弁、熱交換器等）から試行錯誤的に決定される流量から、容器内水素温度、圧力及び容器温度の時間変化を周囲環境との伝熱を考慮して計算する。

(イ) 配管伝熱圧損モデル：配管長さ、内径、肉厚から配管における水素ガスの圧力損失と、配管壁を通じた周囲環境との伝熱による配管内水素ガスの温度変化を計算する。

$$\text{圧力損失} \quad \Delta P = 4f \left(\rho u^2 / 2 \right) (L/d)$$

$$90^\circ\text{Cエロボの相当長さ } L_0/d = 32$$

$$\text{摩擦係数} \quad f = 0.0785 / \left(0.7 - 1.65 \log Re + (\log Re)^2 \right)$$

(ウ) 流量調節弁モデル：時間変動する入口水素ガスに対して調節弁の容量係数を開度毎に与えて、流量と入口水素の圧力と密度から出口圧力を求める。調節弁前後は等エン

タルピー変化と仮定し、出口温度を準定常モデルで求める。

(エ) 流量計モデル：コリオリ式流量計の圧力損失と流量の関係式（下記）を用いる。

$$\Delta P = 1.175 \cdot F^{1.7555} \quad (\text{温度 } 30^\circ\text{C}、\text{圧力 } 40\text{MPaG} \text{ の場合})$$

$$\Delta P = 0.825 \cdot F^{1.7706} \quad (\text{温度 } 30^\circ\text{C}、\text{圧力 } 70\text{MPaG} \text{ の場合})$$

(オ) 二重管式熱交換器モデル：管長さ、管径、管肉厚から、管における水素ガスの圧力損失と管壁を通じた冷媒（ブライン）との伝熱による管内水素ガスの温度変化を計算する。内管水素の取扱いは、上記の配管伝熱圧損モデルと同じである。

(カ) ディスペンサーノズル／レセプタクルモデル：上記の流量調節弁モデルを用いる。但し、容量係数 C_v は水素流量 $W(\text{kg}/\text{min})$ の関数としてノズル口径（2.2mm ϕ 及び 1.6mm ϕ ）毎に実測された値を用いる。

ノズル内径 2.2mm ϕ

$$0 < W < 2.0 \text{ の場合} \quad C_v = -0.034W^2 + 0.152W + 0.0072$$

$$W \geq 2.0 \text{ の場合} \quad C_v = 0.176$$

ノズル内径 1.6mm ϕ

$$0 < W < 1.25 \text{ の場合} \quad C_v = -0.0532W^2 + 0.132W + 0.0114$$

$$W \geq 2.0 \text{ の場合} \quad C_v = 0.0933$$

(キ) 容器モデル：容器内水素について完全混合状態を仮定し、車載容器の内容積、初期圧及び時間変動する入口水素から、容器内水素の温度、圧力の時間変化を周囲環境との伝熱を考慮して計算する。

40MPa 級バンクと 80MPa 級バンクを併用して充填する場合と 80MPa 級バンクのみで充填する場合の流量解析結果を図 1.1.3.2-2 及び 1.1.3.2-3 に示す。

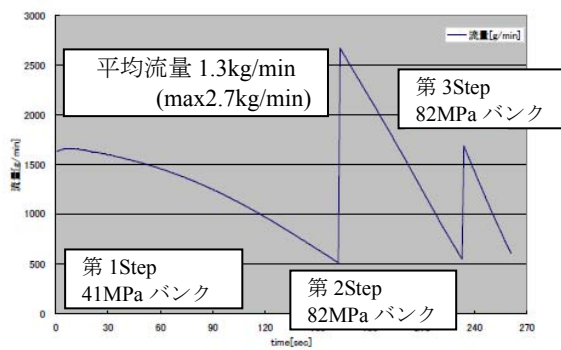


図 1.1.3.2-2 40MPa 級バンクと 80MPa 級バンクを併用して充填する場合の流量予測

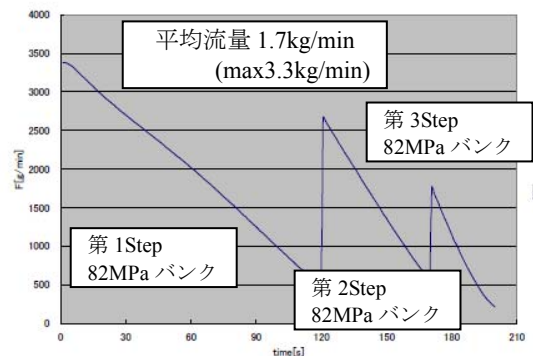
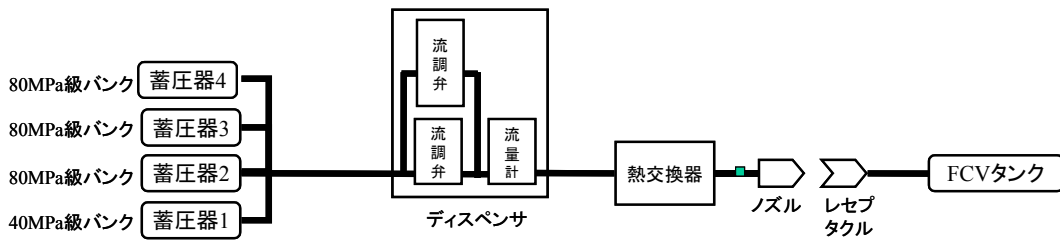


図 1.1.3.2-3 80MPa 級バンクのみで充填場合の流量予測

図 1.1.3.2-2 及び 1.1.3.2-3 より、40MPa 級バンクと 80MPa 級バンクを併用して充填する場合の平均流量は 1.3kg/分（max2.7kg/分）であるが、80MPa 級バンクのみで充填する場合の平均流量は 1.7kg/分（max3.3kg/分）となり 5kg/3 分の充填が可能となる。

(2)千住の改造内容

流量予測シミュレーション結果をふまえて以下の改造を行った。



構成要素		改造前	改造後
蓄圧器	第1バンク	40MPa級(3300L)	41MPa級(3300L)
	第2バンク	80MPa級(300L)	82MPa級(300L)
	第3バンク	80MPa級(100L)	82MPa級(300L)
	第4バンク	----	82MPa級(200L)
蓄圧器～ディスペンサ間配管		ID2.5mm	ID6.4mm
ディスペンサ	配管	ID3.1mm	ID6.4mm
	流量調節弁	1個	2個(低流量用、高流量用)
	制御ソフト	----	制御定数見直し
熱交換器	配管	ID3.1mm(直列配置)	ID4.8mm(2並列配置)
充填ノズル	ノズル径	ID1.6mm	ID2.2mm

図 1.1.3.2-4 千住ステーションの流量増大策

千住ステーションの第二次改造後のフローを対象に、本シミュレーションモデルを用いた計算値と実測値との比較を図 1.1.3.2-5 及び-6、表 1.1.3.2-1 に示す。

表 1.1.3.2-1 水素充填流量及び各部圧力損失の比較表

蓄圧器	時間 (sec)	流量(g/min)		熱交入口(MPaG)		熱交出口(MPaG)		FCVタンク前配管部(MPaG)	
		実測値	計算値	実測値	計算値	実測値	計算値	実測値	計算値
低圧蓄圧器からの充填									
	30	1017	1042	32.7	32.5	33.0	32.2	25.5	26.4
	60	928	897	33.5	33.8	33.5	33.6	29.0	30.0
	90	782	695	35.0	34.3	35.5	34.2	31.5	31.4
高圧蓄圧器からの充填									
	150	1457	1414	64.7	63.2	65.0	62.9	56.0	57.0
	180	870	718	63.7	62.5	65.0	62.4	60.5	60.6

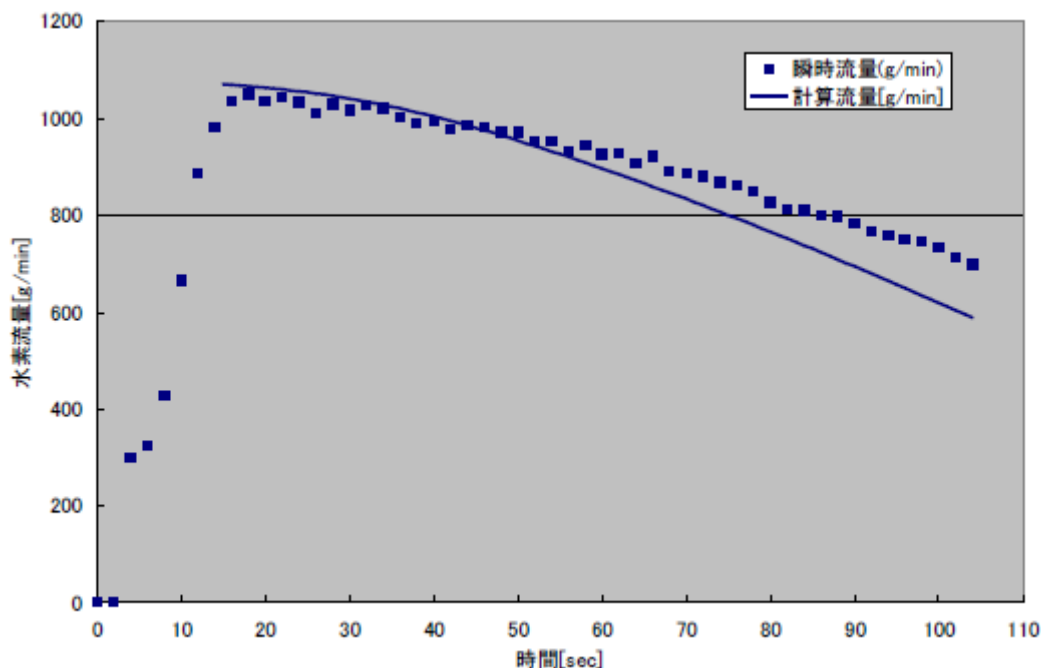


図 1.1.3.2-5 低圧蓄圧器バンク（40MPa）からの水素充填流量変化

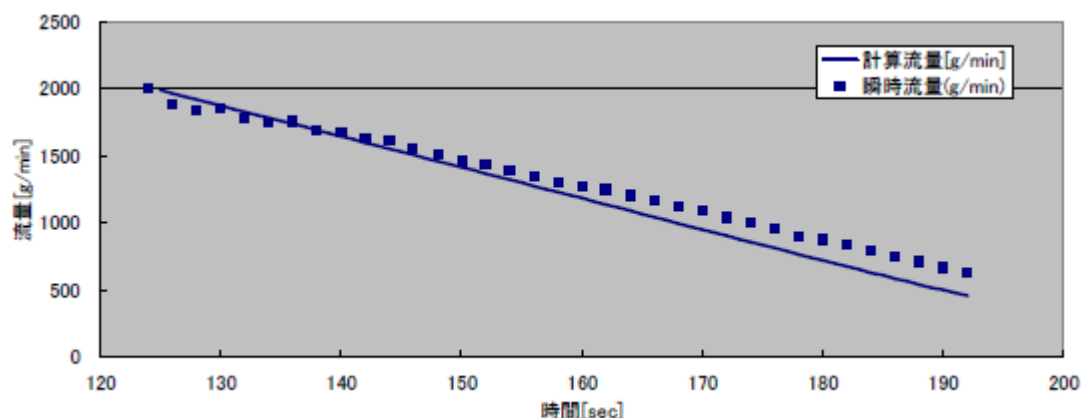


図 1.1.3.2-6 高圧蓄圧器バンク（80MPa）からの水素充填流量変化

実測値と計算値はほぼ合致しており、シミュレーションの有用性が確認できた。

更に、第三次改造後のダミータンクへの充填試験の実測値と計算値との比較詳細を以下に示す。

充填開始直後並びにバンク切替後の非定常状態を含めた比較であり、全時間帯での完全一致ではないものの、全体的にシミュレーションの実測値との一致性は高い。特に、バンク切替後の流量及び圧力の一致はほぼ完全である。バンク切替前では、切替後と比較して一致性が悪く、流量については充填初期で実測流量>計算流量であり、充填後期では逆になる。圧力については熱交換器出口部圧力の一致性は高いが、ダミータンク部圧力は相違がある。全体として、蓄圧器からレセプタクルまでの部分の一致性に比べて、レセプタクルからダミー

タンクまでの一致性が低いとの結果となった。

表 1.1.3.2-2 バンク充填解析条件

バンク	82MPa×3本
バンク～ディスペンサー配管モデル	$\Delta p = \xi \cdot (\rho u^2/2)$ 但し、配管内径 6.4mm、同長さ 24.43m、 エルボ 8 個、損失係数 $\xi = 400$
流量調節弁初期 Cv	0.004
流量調節弁全開 Cv	0.17 (18sec 後)
流量計	$\Delta P = 0.825 \cdot F^{1.7706}$ (圧力 70MPaG 式)
ディスペンサー入口～熱交換器配管	内径 6.4mm、長さ 6.8m、エルボ 2 個
熱交換器入口～出口配管	内径 5mm、長さ 14.664m×2 並列、エルボ 27 個
充填カプラー	ノズル内径 2.2mm φ の式
レセプタクル～ダミータンク配管	内径 3.1mm、長さ 6m、エルボ 8 個
ダミータンク内容積	100L
ダミータンク初期条件	20°C、1.1MPa

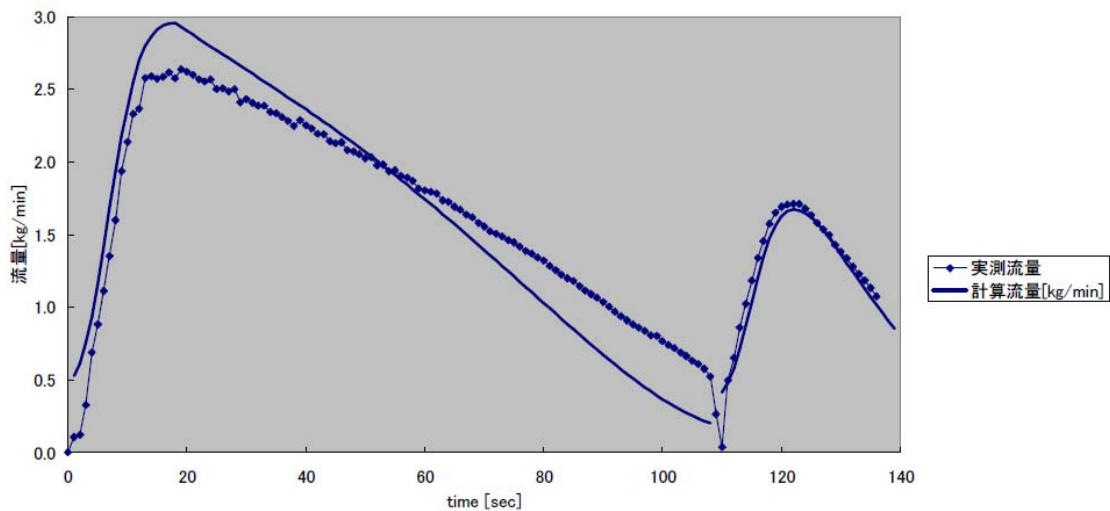


図 1.1.3.2-7 千住ステーション第三次改造後充填試験の流量比較 (2010/3/16 case-16)

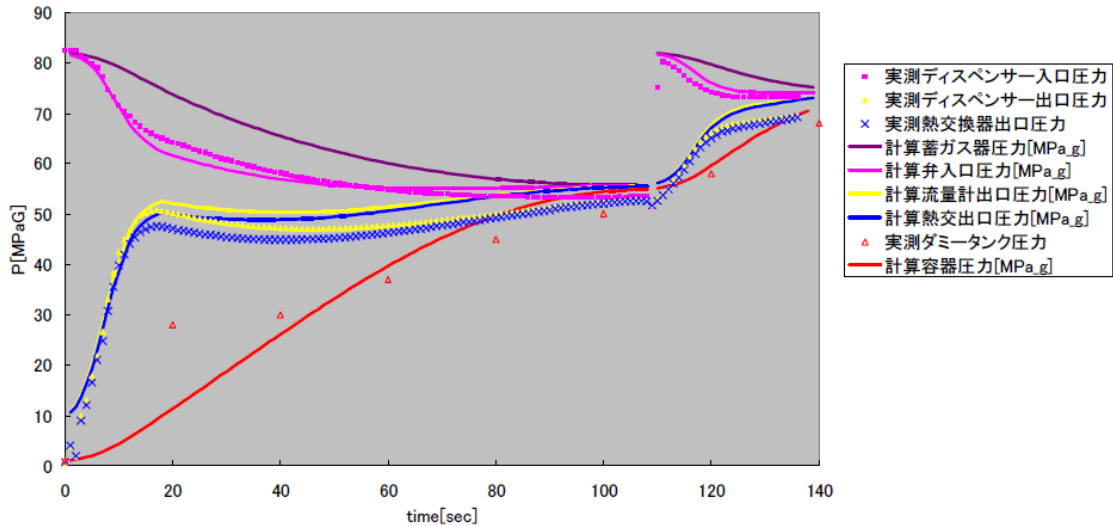


図 1.1.3.2-8 千住ステーション第三次改造後充填試験の圧力比較 (2010/3/16 case-16)

(3)今後の課題

水素充填流量は、水素ステーションの重要な基本仕様の一つである。

JHFC2 70MPa ステーションでの充填試験の結果、実証点も多い一方、課題も多く残された。特に、水素ステーションと FCV のインターフェース規定として SAE TIR J2601 Fueling Protocols for Light Duty Gaseous Hydrogen Surface Vehicles が 2010 年 3 月に上梓されている。これは、水素ガス燃料について、①作動圧力 35MPa および 70MPa を対象とした車両に対し、②車両とステーション間の通信ケースおよび非通信ケースを対象に、③ディスペンサーノズル部での最高水素温度、最大水素流速、最大昇圧速度およびディスペンサーの冷却能力を定めることにより、ディスペンサーに対する安全を確保して性能を確立するものである。

JHFC2 後継の実証試験においては、この SAE J2601 規格を十分意識した試験が必要である。

ただし、利便性向上を目指した水素充填流量の増大（充填時間の短縮化）は、蓄圧器・圧縮機・ディスペンサー・プレクール等のステーション機器の増強が必要となるため、利便性と経済性を調和させたインターフェース規格を目指す必要がある。

1.1.3.3 プレクール

短時間でかつ安全に充填を行うため3ヶ所の70MPaステーションに充填水素の温度を制御するプレクール設備を設置している。ここでは効率的なプレクールシステムの運用を図るため理論と実証データによる検討・評価を行った。

(1) 充填時の水素温度上昇特性^{注1)}

充填時の容器内の水素温度は、充填時間と充填水素のエンタルピー（充填される水素の温度）に関連する2つの無次元数に支配される。

図1.1.3.3-1は、初期条件 $T_0=20^\circ\text{C}$ 、 $P_0=1\text{MPa}$ 、充填時間3分、5分で70MPaまで水素を充填したときの各容器内温度変化の推定結果である。この図より、容器内の水素の温度を 85°C 以下に維持するためには、充填水素の温度を低くするかあるいは充填時間を長くする必要があることが分かる。なお、温度特性は容器 Type (3、4) により多少差がみられる。

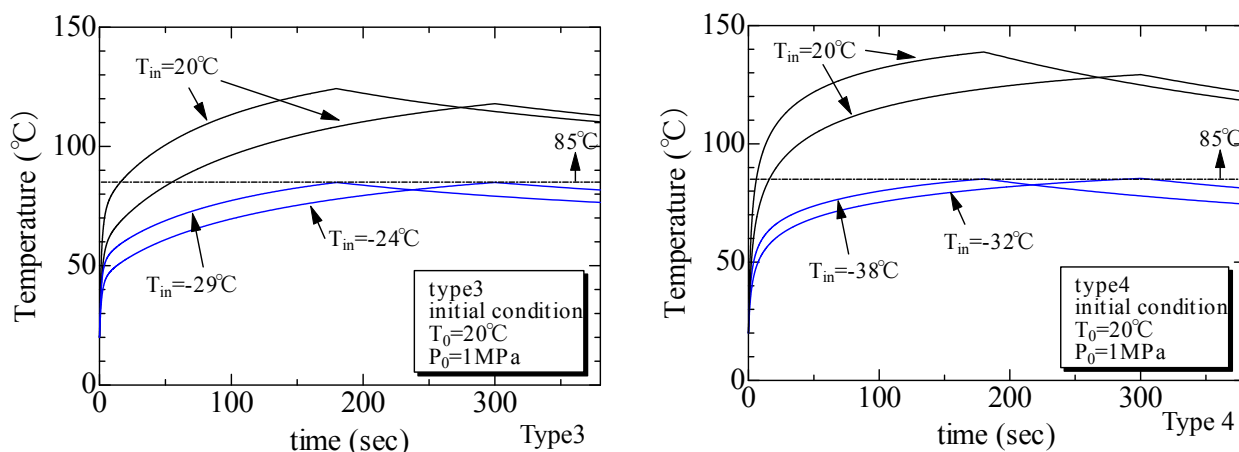


図 1.1.3.3-1 容器内温度の推定結果

- 最高到達温度に及ぼす初期温度の影響

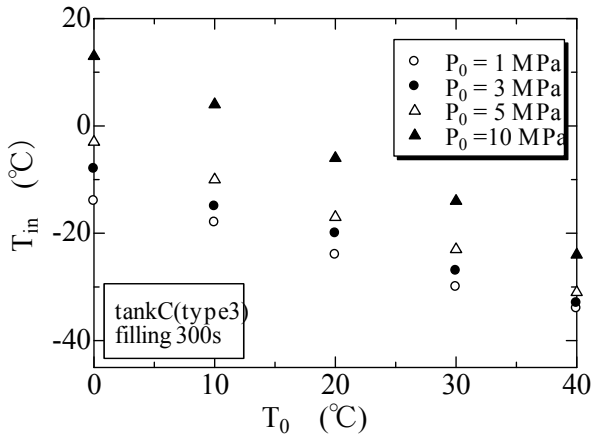
容器内水素の最高到達温度を 85°C に設定したときの初期条件と充填時間の関係を図1.1.3.3-2～3に示す。なお、縦軸と横軸の温度は、それぞれ流入水素の温度 T_{in} （流入水素のエンタルピー）と初期の容器水素の温度と示す。これらの図から容器と水素の初期温度 T_0 が上昇すると充填(流入)水素の温度 T_{in} はほぼ直線的に低下することが分かる。

- 最高到達温度に及ぼす初期圧力の影響

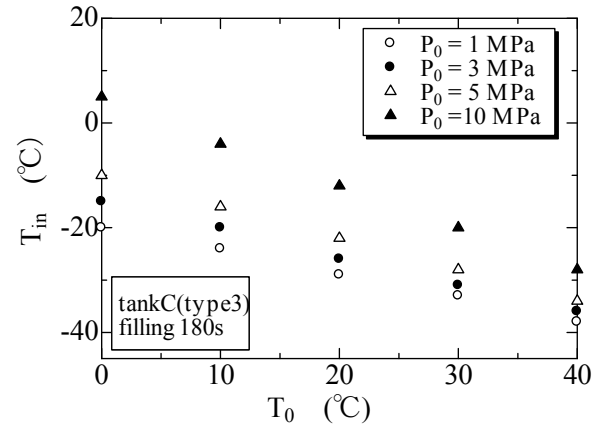
図1.1.3.3-4～5は図1.1.3.4-2～3に示される結果を初期圧力で再整理した結果を示す。これらの図から、初期圧力 P_0 が高くなると水素温度 T_{in} はほぼ直線的に高くなっていることが分かる。

- 最高到達温度に及ぼす充填時間の影響

図1.1.3.3-2～5から、同じ初期条件 (T_0 , P_0) の時、充填時間を長くすると、水素温度 T_{in} は高くなることが分かる。これらの結果から、初期温度が高く、また初期圧力が低くかつ充填時間を短くすると水素温度 T_{in} をより低くする必要がある、換言するとより大きいプレクールが必要となる。

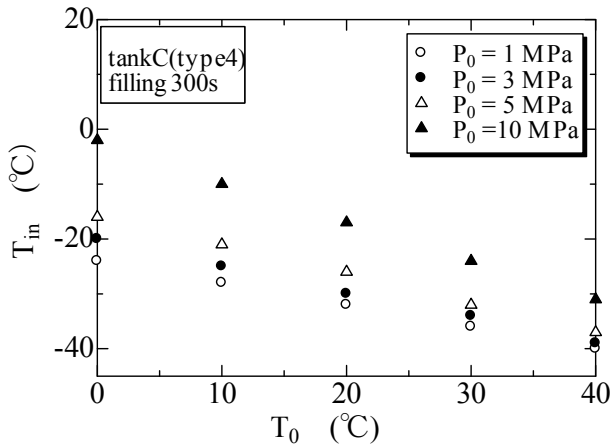


(a) 3 分間充填

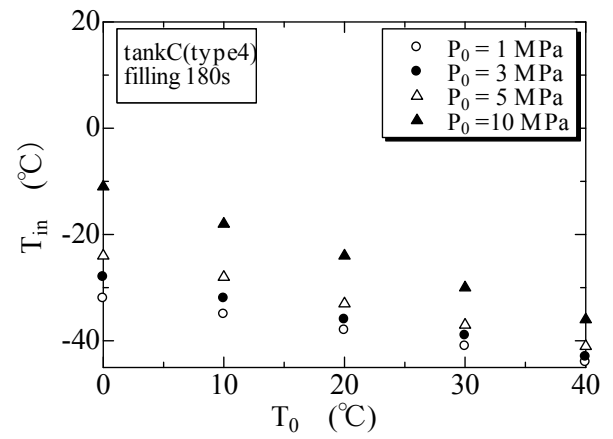


(b) 5 分間充填

図 1.1.3.3-2 . 充てん水素の到達温度が 85°C となる充てん条件：初期温度 T_0 (Type 3)

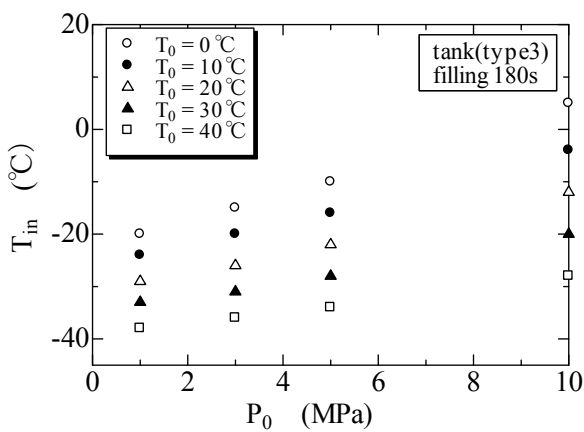


(c) 3 分間充填

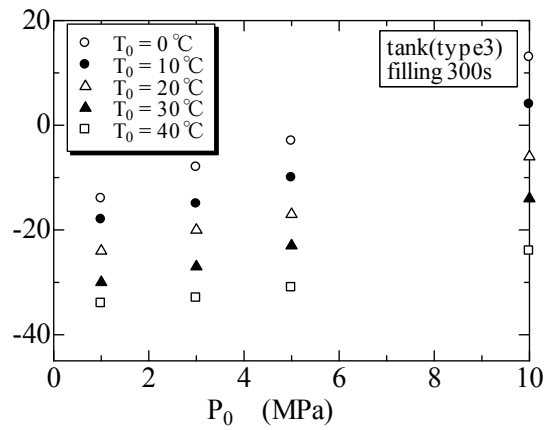


(d) 5 分間充填

図 1.1.3.3-3 充てん水素の到達温度が 85°C となる充てん条件：初期温度 T_0 (Type4)



(a) 3 分間充填



(b) 5 分間充填

図 1.1.3.3-4 . 充てん水素の到達温度が 85°C となる充てん条件：初期圧力 P_0 (Type 3)

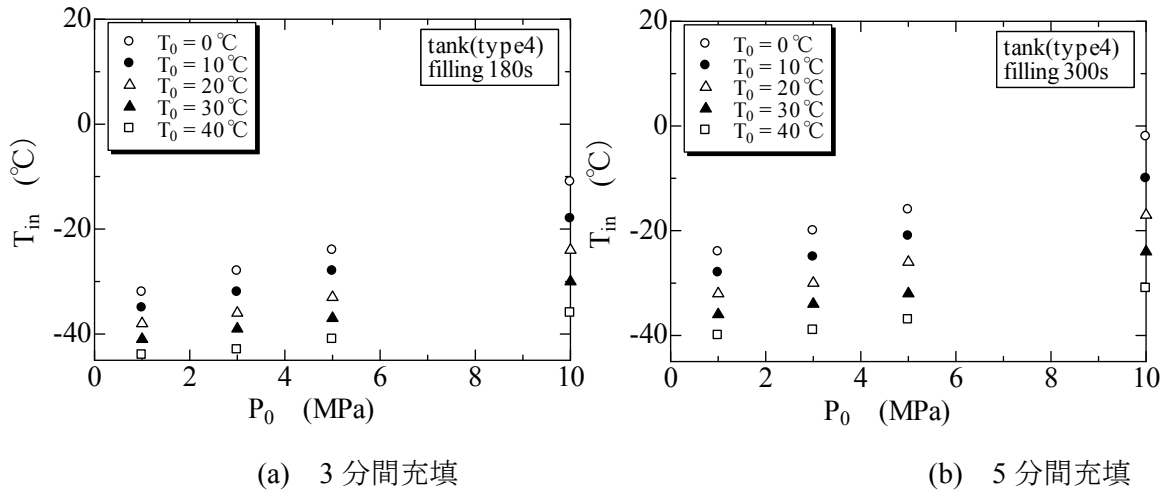


図 1.1.3.3-5 充てん水素の到達温度が 85°C となる充てん条件：初期圧力 P_0 (Type4)

注 1) 70MPa 充填におけるプレクール温度の推定 (佐賀大学 門出教授)
2008 年 11 月 25 日 第 2 回プレクール検討会資料より抜粋

(2) 冷却特性

初期条件 (T_0 , P_0) と充填時間が決まると充填(流入)水素温度 T_{in} が定まるから、必要なプレクール量は、充填水素量 m [kg] と蓄圧器から供給される水素温度 T_{sup} が分かると次式となる。

$$Q = \int_{t_0}^{t_f} M(t) c_p (T_{in} - T_{sup}(t)) dt \quad [J] \quad (1)$$

供給される水素温度が一定のとき、積分は、次式

$$Q = m (h_{in} - h_{sup}) = m c_p (T_{in} - T_{sup})$$

で近似される。

また冷却能力 (dQ/dt) は、

$$dQ/dt = M(t) c_p (T_{in} - T_{sup}(t)) \quad [W] \quad (2)$$

このプレクール量にマージンを見込んで熱交換器、冷凍機の設計が行われている。

(3) プレクール状況

70MPa ステーションでは 2 種類のプレクール方式が採用されている。千住ステーション、横浜・旭ステーションは冷凍機を使用する方法、移動式である霞ヶ関ステーションは軽量化が要求されるため液体窒素を使用する方法が採用されている。

- ・ 冷凍機を使用する方式：冷凍機で冷却した冷媒を使って水素を冷却する
- ・ 液体窒素を使用する方式：液体窒素の冷熱を使って水素を冷却する

なお、横浜・大黒ステーションは設備能力から充填流量が max 0.3kg/min であり、充填に比較的時間が掛かることからプレクール設備は設置していない。

また、液体水素を使用するステーションでは低温から常温の水素ガスがあるため、これらの水素を混合することにより必要な温度の水素を充填することができるので、有明ステーションでプレクール試験を行った。

表 1.1.3.3.-1 に各ステーションのプレクール状況を示す。(充填試験によるプレクール温度については3.1.3.2 プレクール性能参照) 千住はほぼ-20℃のプレクールが行われているが、横浜・旭は多少冷えすぎの傾向にある。霞ヶ関(移動式)は外気温等の変動によるバラツキがみられる。

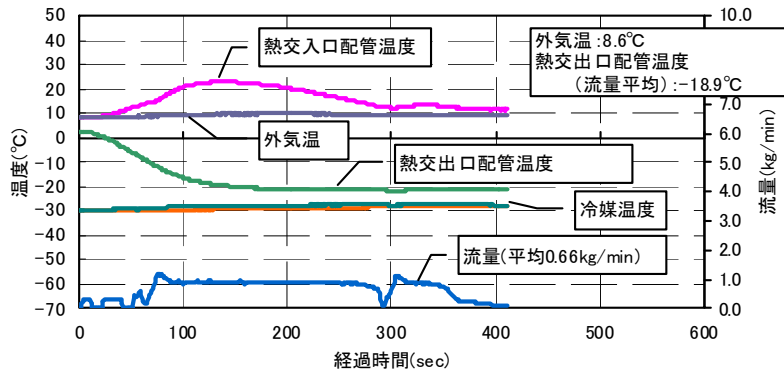
また、プレクールに冷凍機を使用する方式である千住ステーション及び液体窒素を使用する方式である霞ヶ関ステーションの充填試験での冷却特性結果を図 1.1.3.3-6 に示す。千住ステーションの場合、プレクール後 100 秒程度で定常状態になり、その後は安定した冷却温度を確保できる。高流量の場合は充填時間が短いことから短時間に冷却できるよう冷媒温度(-40℃、通常は-30℃前後)を可能な限り低くして充填を行った。霞ヶ関(移動式)ステーションの場合、冷凍機を使用する方式に比べて比較的熱交換器にはいる水素温度の影響を受けやすく、この場合は流量を減らすことで対応している。

表 1.1.3.3.1 プレクール状況

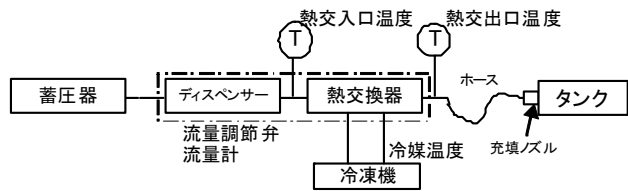
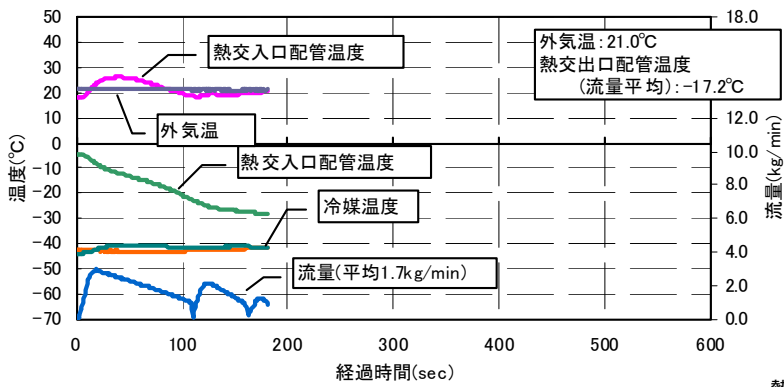
ステーション	仕様		現状と対応状況	
	充填流量(kg/min)	プレクール能力	流量(kg/min)	プレクール
千住	0.1-2.0	-20℃目標	瞬時 2.9 以上 平均 1.7 程度 (シミュレーションでは平均 1.7kg/min)	-20℃程度
横浜・旭	0.1-0.85	-5℃目標	瞬時 0.85 平均 0.35 程度 (設定流量 0.35kg/min で運用中)	-10~-15℃程度
霞ヶ関(移動式)	0.1-0.85	-5℃目標	瞬時 0.85 以上 平均 0.30 程度 (設定流量 0.45kg/min で運用中)	-5~20℃程度
横浜・大黒	0.1-0.3 (at35-70MPa)	—	平均 0.3 (外気温に応じて 0.1~0.3kg/min の流量で運用中)	—

なお、霞ヶ関(移動式)ステーションのプレクール設備は、液体窒素冷却方式により冷却性能を確保するが、液体窒素と水素の温度差が大きくなると膜沸騰を生じ熱交換性能が低減することが充填を通して判明した。そこで年間を通して安定した熱交換性能を確保するため熱交換内部の水素配管の改良を行った。熱交換器内部の水素配管表面の温度が 15K を超えると核沸騰から膜沸騰に遷移する可能性があることが判明した。このため配管表面の温度上昇を 15K 以下にして膜沸騰を防止することとし、熱交換器内部の水素配管に金属線を高密度に巻きつけて必要な配管径を確保する改造を行った。これにより液体窒素と水素の温度差の大小にかかわらず安定した熱交換性能を確保することができた。

千住ステーション(プロトコル試験 2009/12/3-1 at千住)



千住ステーション(高流量試験 2010/5/20 at千住)



霞ヶ関(移動式)ステーション (2010/5/19 at霞ヶ関)

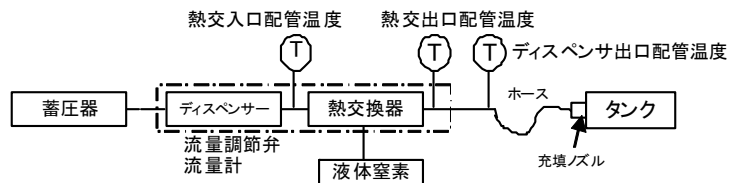
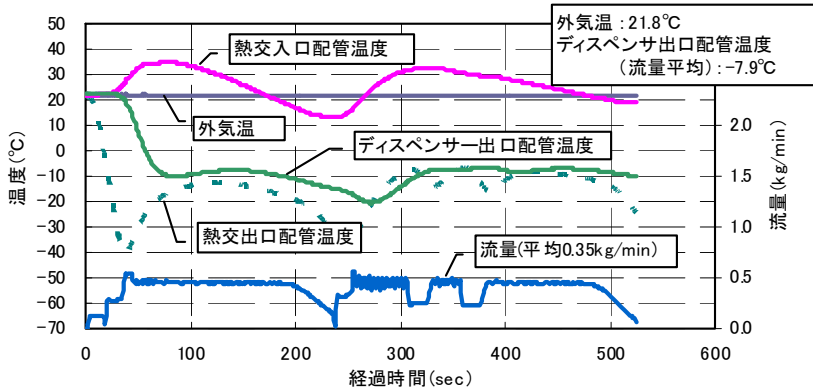


図 1.1.3.3-6 充填試験 (冷却特性結果)

(4)今後の課題

①現状のプレクール設備では、

- ・冷凍機を使用する方式（千住、横浜・旭）：外気温、流量、冷媒設定温度の関係の把握
- ・液体窒素を使用する方式（霞ヶ関）：外気温、流量、プレクール温度の監視

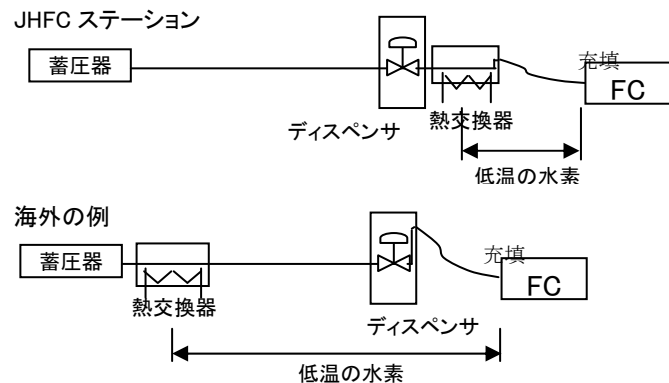
が必要である。

・なお、有明では低温～常温の水素ガスを混合してプレクール充填を行うことができるが、最適な制御パラメータの設定が必要である。

②充填試験では1台目の充填では性能がでず2台目以降の充填ではほぼ所定の性能を確保することができた。この点は今後改善すべき項目である。

③実証試験では水素温度は配管表面の温度を計測してこれを水素温度としているが、充填試験が長い場合は配管が十分冷えて内部の水素温度として差し支えないが、充填時間が短い場合は内部の水素温度と配管表面温度にタイムラグがあり、真の水素温度を求めることができない。今後の設備では配管内部の温度を計測する必要がある。

④JHFC のステーションではいずれもディスペンサーの下流側に熱交換器を配置している。これはディスペンサー内の機器の耐低温性能等の問題があるためであるが、海外の 70MPa ステーションではディスペンサーの上流側に熱交換器を設置している例も見られる。（フランクフルト水素ステーション、UCI 水素ステーション、ベルリン CEP 水素ステーション等）今後の建設にあたっては両者の特質について比較検討が必要。



⑤現状のステーションのプレクール設備は SAE J2601(Fueling Protocols for Light Duty Gaseous hydrogen Surface Vehicles)の規定に基づいていないが、今後建設されるプレクール設備はこの規定を満足する必要がある。以下に J2601 のプレクールに関する規定を示す。

70MPa:

“A” = -40C T_{fuel} Capable Dispenser ($-40C \leq T_{fuel} \leq -33C$)

“B” = -20C T_{fuel} Capable Dispenser (colder of -22.5C or $T_{amb} \leq T_{fuel} \leq -17.5C$)

“C” = 0 C T_{fuel} - Protocol not specified or recommended in this document

“D” = No-Pre-cooling or ambient T_{fuel} - Protocol not specified or recommended in this document

35MPa:

“A” = -40C T_{fuel} Capable Dispenser ($-40C \leq T_{fuel} \leq -33C$)

“B” = $-20\text{C } T_{\text{fuel}} \text{ Capable Dispenser}$ (colder of -22.5C or $T_{\text{amb}} \leq T_{\text{fuel}} \leq -17.5\text{C}$)

“C” = $0\text{C } T_{\text{fuel}} \text{ Capable Dispenser}$ (colder of -2.5C or $T_{\text{amb}} \leq T_{\text{fuel}} \leq 2.5\text{C}$)

“D” = No-Pre-cooling or ambient T_{fuel} Capable Dispenser (protocol development based on $T_{\text{fuel}} = T_{\text{amb}} \pm 5\text{C}$)

Note) “A,B,C,D” は Storage Capacity Classification を示す。

The pre-cooling temperature (T_{fuel}) is the temperature at the nozzle outlet within the tolerances specified above. This temperature should be reached within 15 seconds after the start of the fueling ramp, and maintained on a mass-averaged-basis over any 30sec period. For type “B” and “C” stations, if the ambient temperature, T_{amb} , is less than the pre-cooler set temperature, it is assumed that $T_{\text{fuel}} = T_{\text{amb}}$. Each fueling type will have a corresponding “look-up table” for fueling parameters based on key inputs such as ambient temperature, measured initial pressure of HSS, and measured capacity category of HSS (see section 3.1).

Adherence of the dispenser to this protocol must be confirmed with the CSA 4.3 HDTA prior to general customer fueling.

(SAE J2601 6 Definition of Fueling Station Dispenser Types より)

1.1.3.4 ステーションの課題(ステーションへの J2601 の適用)

2010年3月に SAE J2601(Fueling Protocols for Light Duty Gaseous hydrogen Surface Vehicles) が発行された。J2601 に規定された充填プロトコルは、ここで規定されるステーションの要求事項を満足することによって、安全な充填が可能となる。


次期実証では J2601 に規定される充填プロトコルでの検証が行われるため、今後建設される実証ステーションは J2601 の規定を満足する必要がある。

1.1.4 水素ステーションの設備仕様一覧

(1) 各ステーションの特徴

JHFC プロジェクトは、多様な原料から水素を製造する設備を建設・運用することにより、燃料電池自動車の普及段階における経済性・効率性の面から望ましい水素供給設備のあり方を実証研究するものであり、各ステーションの方式はそれぞれ異なっている。11ヶ所のうち7ヶ所はステーションに製造に必要な原料やエネルギーの設備を設置して水素を製造するオンサイト式、4ヶ所は水素をステーションとは別の場所で製造し輸送して持ち込むオフサイト式である。ステーションの設備のモバイル性からみると、2ヶ所は車載型の移動式であり水素ステーションが設置されていない地域で燃料電池自動車のデモンストレーションを行う際は移動式ステーションが出動して充填を行うことが可能である。

表 1.1.4-1 横浜・大黒水素ステーション

方式	オンサイト型(原料:脱硫ガソリン)	
充填圧力	35MPa、70MPa	
水素製造方式	水蒸気改質+PSA	
水素供給能力	2.7kg/h(35MPa)、9kg/h(70MPa)	
特徴	<ul style="list-style-type: none"> ・水素製造装置の小型・パッケージ化 ・自動制御運転(水素製造装置・蓄圧装置) ・高効率バーナー採用(蓄熱バーナー) ・70MPaの圧縮機からの直接充填 	

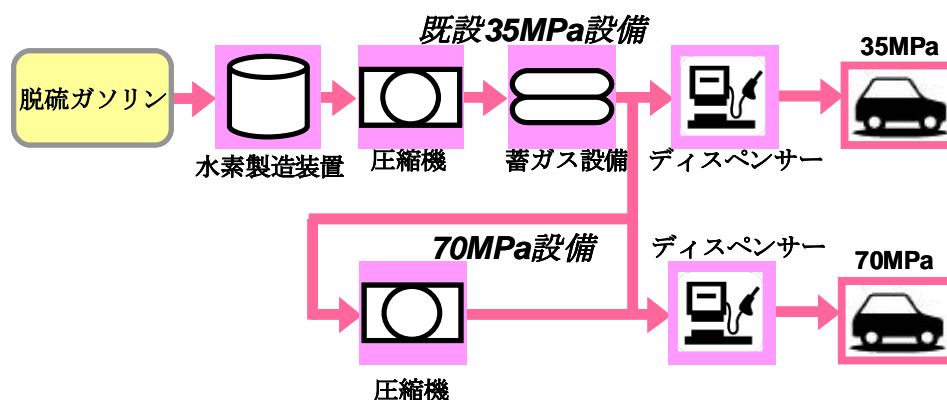



表 1.1.4-2 横浜・旭水素ステーション

方式	オンサイト型(原料:ナフサ)	
充填圧力	35MPa、70MPa	
水素製造方式	水蒸気改質+PSA	
水素供給能力	4.5kg/h(35MPa)、2.6kg/h(70MPa)	
特徴	<ul style="list-style-type: none"> ・工業地域以外に建設(その他地域) ・ナフサ改質では日本初 ・装置のスキッド化により、設置工事の短縮化が実現 ・70MPa 設備、プレクール設備設置 	

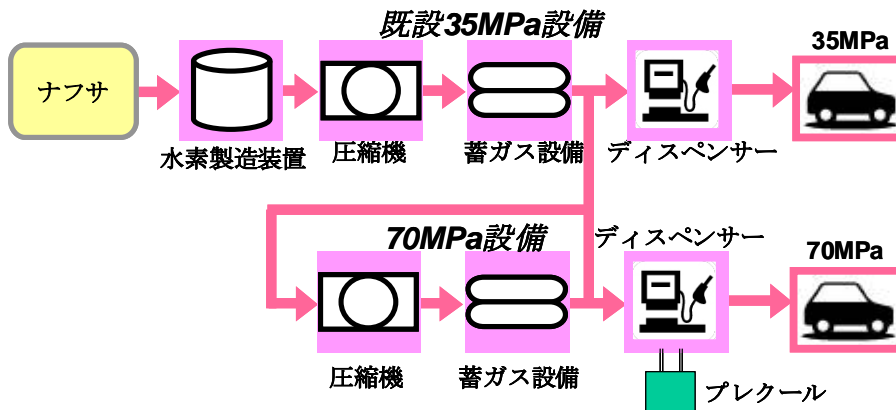



表 1.1.4-3 千住水素ステーション

方式	オンサイト型(原料:都市ガス)	
充填圧力	35MPa、70MPa	
水素製造方式	水蒸気改質+PSA	
水素供給能力	4.5kg/h(35MPa)、4.5kg/h(70MPa)	
特徴	<ul style="list-style-type: none"> ・都市ガス改質オンサイト水素ステーション ・夜間無人暖機運転 ・ウィークリースタートストップ全自動運転 ・70MPa フルスペックステーション ・-20℃プレクール設置 	

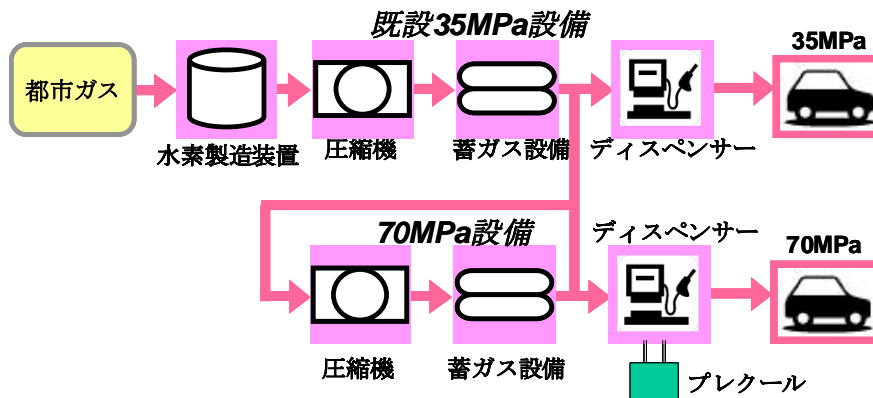


表 1.1.4-4 川崎水素ステーション


方式	オンサイト型(原料:メタノール)	
充填圧力	35MPa	
水素製造方式	水蒸気改質+PSA	
水素供給能力	4.5kg/h	
特徴	<ul style="list-style-type: none"> ・改質温度が比較的低い(250~300°C) ・高圧型改質器採用 ・2段圧縮ダイヤフラム圧縮機 ・高圧ガス設備とドライバーの隔離 	

表 1.1.4-5 相模原水素ステーション



方式	オンサイト型(水電解)	
充填圧力	35MPa	
水素製造方式	水蒸気改質+PSA	
水素供給能力	2.7kg/h	
特徴	<ul style="list-style-type: none"> ・LP ガススタンドへの併設による既存設備の共有化及び省スペース化。 ・水素発生装置と圧縮機をトラックに搭載した移動式製造設備。 ・蓄圧器、ディスペンサーのみを設置した受入側設備。 ・電気、水道の既存インフラを利用。 	

表 1.1.4-6 霞ヶ関水素ステーション

方式	オフサイト型	
充填圧力	35MPa、70MPa	
水素供給能力	2.6kg/h	
特徴	<ul style="list-style-type: none"> ・全自動移動式ステーション ・構成ユニットをコンパクト化し1台のトラックにて移動 ・任意の地域での水素充填が可能 ・CFRP 容器に他 ST から水素受入 ・プレクール装置装備 	

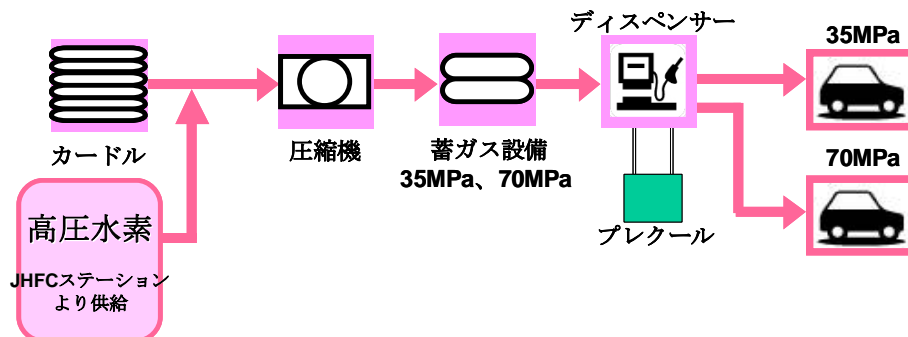


表 1.1.4-7 船橋水素ステーション


方式	オフサイト型	
充填圧力	35MPa	
水素供給能力	2.7kg/h	
特徴	<ul style="list-style-type: none"> ・全自動移動式ステーション ・構成ユニットをコンパクト化し、1 台のトラックにて移動 ・定置式ではカバーしづらい地域でも水素充填可能 ・CFRP 容器に他stからの水素供給が可能。 	

表 1.1.4-8 有明水素ステーション（移設後）


方式	オンサイト型(液体水素)	
充填圧力	35MPa	
水素貯蔵	液体水素貯槽(10,000ℓ)	
水素供給能力	45kg/h	
特徴	<ul style="list-style-type: none"> ・国内初の液体水素貯蔵によるオフサイト型水素ステーション ・純水素型燃料電池による事務所棟への電力供給(BOGの有効利用) ・都心部近郊の主要幹線道路に面し、都心からの利便性が高い 	

表 1.1.4-9 セントレア水素ステーション


方式	オンサイト型(原料:都市ガス)	
充填圧力	35MPa	
水素製造方式	水蒸気改質+PSA	
水素供給能力	9kg/h	
特徴	<ul style="list-style-type: none"> ・都市ガス改質を水素供給のメインとしつつ、副生水素(ローダー)を補助的に利用可能なハイブリッド型水素ステーション ・水素製造能力、高圧水素製造能力及び蓄圧器能力が国内最大級 	

表 1.1.4-10 大阪水素ステーション



方式	オンサイト型(原料:都市ガス)	
充填圧力	35MPa	
水素製造方式	水蒸気改質+PSA	
水素供給能力	2.7kg/h	
特徴	<ul style="list-style-type: none"> ・日本初の商業地域の定置式ステーション ・コンパクト水素発生装置による都市ガス改質型水素ステーション ・小型移動体への水素供給など水素の多目的利用実証 ・水素エネルギーの認知度向上のための見学者施設 JHFC パーク大阪併設 	

表 1.1.4-11 関西空港水素ステーション

方式	オフサイト型	
充填圧力	35MPa	
水素供給能力		
特徴	<ul style="list-style-type: none"> ・水素製造装置がない簡易型のサテライト水素ステーション ・システムの立ち上げ時間が不要 ・水素は液化水素型移動式水素ステーションより補充 ・液水ポンプ等の追加により、水素需要増にあわせた段階的な拡張が可能 ・バルブユニットを別置きとした小型ディスペンサーを採用 	

(2) 水素ステーションの設備の仕様詳細一覧

JHFC1 において建設されたステーションの設備の仕様を共通のフォーマットでまとめ、今後の建設に役立てるようにした。JHFC2 ではステーションの高圧化のため 70MPa 設備を増設した。このため各水素ステーションの設備の仕様一覧を見直し 70MPa 設備を含めた最新版を作成した。仕様一覧を表 1.1.4-11～19 に示す。

水素ステーション設備仕様等一覧 2010改訂

設置箇所		霞ヶ関(35/70MPa) (4号車)	横浜・大黒	横浜・大黒(70MPa)	横浜・旭	横浜・旭(70MPa)	
基本仕様	方式	オフサイト型	オンサイト型		オンサイト型		
	原料	(圧縮水素)	脱硫ガソリン		ナフサ		
	水素製造方式	他STからの供給	水蒸気改質		水蒸気改質		
	水素純度	99.99%以上	99.99%以上		99.99%以上		
	水素製造能力	kg/H Nm ³ /H	2.7 30		4.5 50	1.6 18	
	水素貯蔵能力	kg Nm ³	56.3 624.9	157.3 1,750	89.9 1,000	34.7 385	
	CH2充填圧力		35/70MPa	25/35MPa	70MPa	25/35MPa	70MPa
	LH2充填圧力						
	充填能力		兼用車3台	兼用車5台	兼用車3台	兼用車5台/バス1台	兼用車1台
	設備の形態(移動/固定式)		移動式	固定式	固定式	固定式	固定式
適用条項		一般則8条	コンビ則5条	コンビ則5条	一般則6条	一般則6条	
ステーションの特徴		・全自動移動式ステーション ・構成ユニットをコンパクト化し、1台のトラックにて移動 ・任意の地域での水素充填が可能 ・C-FRP容器に他STから水素受入プレクセル装置装備	・水素製造装置の小型・パッケージ化 ・自動制御運転(水素製造装置・蓄圧装置) ・高効率バーナー採用(蓄熱バーナー)	・圧縮機による直接充填	・工業地域以外に建設(その他地域) ・ナフサ改質では日本初 ・装置のスキッド化により、設置工事の短縮化が実現	・-5℃プレクセル設置	
敷地	用途地域	商業地域	工業専用地域		(市街化調整区域)		
	敷地面積	50(機界の占有面積) 約300(STの占有面積)	874		925		
タンク	型式		地下タンク		SF二重殻地下タンク		
	容量	1/2	19,000		3,000		
	材質		鋼製(CS)		鋼製(CS)		
	圧力	MPa		常圧		常圧	
	温度	℃		50		常温	
	設備寸法	m		ID2.1×6.6		1.2×3.2×1.2	
ポンプ	型式		歯車ポンプ		ギヤポンプ		
	容量	Nm ³ /H		20kg/hr		1.5L/min	
	圧力	MPa		1.2		0.3	
	所要軸動力	kW		0.4		0.4	
	メーカー			日本オイルポンプ		三菱	
	設備寸法	m				0.2×0.4×0.3	
脱硫設備	型式				水蒸気脱硫		
	容量	1/2			50		
	圧力	MPa			0.82		
	温度	℃			350		
	材質				SUS321		
	設備寸法	m			φ0.2×1.8		
水素トレーラまたはカードルまたはローダー	本数	本			200		
	容量	1/2/本					
	圧力	MPa					
	材質						
	貯蔵能力	Nm ³					
	メーカー						
水素製造装置	型式		水蒸気改質+シフト反応		水蒸気改質		
	水素製造能力	Nm ³ /H		30		51.2 (95.3:改質器能力)	
	温度	℃		800		800	
	圧力	MPa		0.9		0.64	
	熱交換器能力			65kW			
	メーカー			コスモエンジニアリング		三菱化工機	
	設備寸法	m		W3×L7×H3.5		1.6×2.3×2.4	
	概算重量	kg				3,900	
	水素精製装置	型式		PSA		PSA	
		塔数	基		4		4
温度		℃		amb		40	
圧力		MPa		0.9		0.64	
切り替え時間				可変(負荷により)		数分	
使用吸着剤				モレキュラーシーブス 活性炭、活性アルミナ		活性炭/ゼオライト	
計画ガス組成		入口					H2:73.6%、CO:4.0% CO2:20.6%、CH4:1.8%
		出口					水素99.99%以上 (CO、CH4:1ppm以下)
メーカー				コスモエンジニアリング		三菱化工機	
水素ホルダー		型式		円筒縦型		円筒縦型(第2圧縮容器)	
	容量	1/2		1690		1,000	
	圧力	MPa		0.9		0.65	
	材質			SS400		SS400	
	設備寸法	m		ID0.85×L1.56		φ0.7×2.0	
	概算重量	kg		850		800	
昇圧設備(圧縮機)	型式		油圧プースター	ダイヤモンド	ダイヤモンド	4筒4段無給油水冷式	
	段数	段	2	4	1	1	
	能力	Nm ³ /H	29	30	200	51.2	
	回転数	rpm	15ストローク/分	465	1465	500	
	吸込圧力	MPa	20	0.7	10~25	0.65	
	吐出圧力	MPa	83	20	77	40.0	
	所要軸動力	kW	7.4	15	37	22	
	フィルタ設置状況	μm		5	5	入口:70、4段目入口:0.1	
	ダイヤモンド材質			SUS304相当	301SS	SUS301	
	メーカー		ハイドロバック	HOFER	フルイトロン	日本製鋼所	
設備寸法	m	2.1×0.9×H1.4	W1500×L2500×H1800	W886×L2130×H1962	2.0×1.5×1.6		
概算重量	kg	637	2000	2500	2,050		
昇圧設備(圧縮機) 2段の場合	型式		ダイヤモンド				
	段数	段		1			
	能力	Nm ³ /H		100			
	回転数	rpm		380			
	吸込圧力	MPa		10			
	吐出圧力	MPa		40			
	所要軸動力	kW		15			
	フィルタ設置状況	μm		5			
	ダイヤモンド材質			SUS304相当			
	メーカー			HOFER			
設備寸法	m		W1500×L2600×H1900				
概算重量	kg		1700				

設置箇所		霞ヶ関(35/70MPa)(4号車)	横浜・大黒	横浜・大黒(70MPa)	横浜・旭	横浜・旭(70MPa)		
液体水素	液体水素貯槽	型式						
		容量	1/2					
		断熱方式						
		材質						
		圧力 MPa						
		温度 °C						
		BOG量 %/日						
	昇圧設備(ポンプ)	設備寸法 m						
		概算重量 kg						
		型式						
		能力 Nm ³ /h						
		吸込圧力 MPa						
		吐出圧力 MPa						
		所要軸動力 kW						
液体水素(続き)	蒸発器	メーカー						
		設備寸法 m						
		概算重量 kg						
		型式						
	BOG回収設備	能力(水素吸蔵) Nm ³ /h						
		能力(水素放出) Nm ³ /h						
		設備寸法 m						
		概算重量 kg						
	BOGコンプレッサー	型式						
		能力 Nm ³ /h						
		回転数 rpm						
		吸込圧力 MPa						
		吐出圧力 MPa						
		所要軸動力 kW						
概算重量 kg								
蓄圧設備	本数 本	4	4		10	2		
	容量 1/2/本	205	520		300	240		
	圧力 MPa	35	20		40.0	88		
	材質	C-FRP容器(タイプⅢ)	SCM435		SCM435(Cr-Mo鋼)	SNCM439		
	貯蔵能力 Nm ³	288	464.1		1,000	385.4		
	メーカー	JFEコンテナ	石川鉄工(住金機工)		住金機工	日本製鋼所		
	バンク構成	3	1		2	2		
	設備寸法 m	4×1×3	W1.65×L1.85×H2.35		6.7×1.7×3.0	10×2.9×4.5		
	概算重量 kg	400	5100		28,000	7200		
	蓄圧設備(2系統ある場合)	本数 本	1	10				
		容量 1/2	125	320				
		圧力 MPa	70	40				
		材質	C-FRP容器(タイプⅢ)	SCM435				
		貯蔵能力 Nm ³	88	1,433				
メーカー		JFEコンテナ	石川鉄工(住金機工)					
バンク構成		3	2					
設備寸法 m		4×1×3	W1.65×L6.85×H2.72					
概算重量 kg		180	20500					
蓄圧設備(3系統ある場合)		本数 本	3					
		容量 1/2	100					
		圧力 MPa	83					
		材質	SNCM439					
		貯蔵能力 Nm ³	249					
	メーカー	高圧昭和ポンベ						
	バンク構成	3						
	設備寸法 m	4×1×3						
	概算重量 kg	4050						
	ディスベンサー CH2(Compressed Hydrogen)	充填圧力 MPa	35/70	35/25	70	35/25	70	
		流量範囲	0~450g/min.	150~1100m3/hr	67~667Nm3/h	200~900Nm3/h	0.1~0.85kg/min.	
		流量制御パターン	流量制御	流量・圧力監視制御	流量・圧力監視制御	流量変化量制御	流量変化量制御	
		充填ホースの種類	樹脂ホース	樹脂ホース	樹脂ホース	樹脂ホース	樹脂ホース	
		充填ホース内径 mm	35MPa: 3.5 / 70MPa: 6.3	9.7		9	6.3	
緊急離脱カプラ設置状況		35MPa: 設置 / 70MPa: 無し	設置	なし	設置	設置		
フィルタ設置状況		有り	設置	設置	設置	設置		
フィルタ目開き μ		50	65	10	35	10		
メーカー		太陽日酸	トキコテクノ	トキコテクノ	タツノメカトロニクス	太陽日酸		
設備寸法 m		1.8×1.4×H2.2	W1.2×L0.5×H2.1	W0.6×L0.48×H2.3	0.5×1.3×2.4	WDH:1.5×1.2×2.1		
概算重量 kg		600	450	500	450	1100		
ディスベンサー LH2(Liquidified Hydrogen)		充填圧力 MPa						
		流量範囲						
		流量制御パターン						
	充填ホースの種類							
	充填ホース径							
	緊急離脱カプラ設置状況							
	メーカー							
	設備寸法 m							
	概算重量 kg							
	ブレイクール設備	冷凍設備	冷凍能力 kW				12	
			設置基数 基				1	
			型式					TCA-2KCLL
			メーカー					三菱技研
			冷媒					R404A
冷媒定格流量 L/min							40	
設置基数							9	
熱交換器		熱交換方式	チューブインチューブ				プレート式熱交換器	
		内管サイズ mm	Φ12.7				40A	
		内管材質	SUS316L				SUS316LTP	
		メーカー	太陽日酸				太陽日酸	
		ブレイクール温度目標 °C	-5°C				-15	
		型式	屋外壁掛け	キュービクル式		キュービクル式高圧受電		
		受電方式		高圧受電		PFS(高圧気中遮断)型		
受電設備	定格電圧 kV	0.2	7.2		6.6			
	定格電流 A	150	400		40KA			
	周波数 Hz	50	50		50			
	外形寸法 m	0.5×0.2×H0.6	W2.1×L2.0×H2.53		1.2×1.7×2.2			
	概算重量 kg	50			1,265			
	最大積載重量 ton	2.5						
	車仕様(移動式)	外形寸法 m	12×2.3					
車重 ton		24						

設置箇所		設け間(35/70MPa)(4号車)	横浜・木黒	横浜・木黒(70MPa)	横浜・旭	横浜・旭(70MPa)
水素検知器	検知方式	拡散式	接触燃焼式及び熱線型半導体式		自然拡散式	自然拡散式/吸引式
	測定レンジ	0~100%LEL	100%LEL(4%) 9台、2000ppm 1台		0~2,000	0~2,000
	警報レベル	25%LEL	24%LEL、500ppm		500/1,000	500/1,000
	設置個数	1	10		5	4
	設置場所	圧縮機、ディスベンサー	ディスベンサー内 1、充填ノズル充填口付近、蓄圧室 5、原料タンクエリア 1、水素製造装置 2		水素製造装置、水素圧縮機、蓄圧器、ディスベンサー、CO分析計	水素圧縮機、蓄圧器、ディスベンサー
火災検知器	検知方式		紫外線式		紫外線式	紫外線式
	設置個数		3		2	1
	設置場所		キャノピー下面 1、蓄圧室 2		蓄圧器、ディスベンサー	バルブユニット
散水設備	散水能力 l/s		450		5.4m ³ /h	7
	貯水量 l		10,000		3,400	4,200
消火設備	種類	粉末消火器	消火器		粉末消火器	粉末消火器
	設置個数	4	8		10	3
	設置場所	蓄圧器脇	蓄圧室扉付近 2、ディスベンサー機 1、地下タンク機 1、水素製造装置機 2、受電盤機 1、計器室内 1		水素製造装置、水素圧縮機、蓄圧器、ディスベンサー、展示室	蓄圧器、ディスベンサー
静電気除去	種類	A種、D種			アース+シート	アース+シート
	設置個数		1		各2	2
	設置場所		ディスベンサーノズル、グリッパ		ディスベンサー脇および本体	ディスベンサー、バルブユニット
冷却機	冷却能力 kW	11kW	105		79.5	11
	容量 kW		無停電電源 5.0 KVA		15AH	
非常用電源	起動時間		バックアップ時間 10分		30min	
	警報レベル		80ガル 震度5弱		80/150	
感震装置	設置個数		1		1	
	設置場所		計器室		水素製造装置機	
インターロック	考え方	ガス漏れ、圧力異常高、温度異常高、緊急停止ボタン操作にて設備緊急停止。	安全に装置停止		警報設定により自動停止	
	考え方		二次災害が発生しないように、原燃料供給装置停止、可燃物ラインを閉		装置停止時には閉止	
緊急遮断装置	設置場所	ディスベンサー、制御盤、タッチパネル	改質設備、水素ガス圧縮・蓄圧設備、充填設備		水素製造装置、水素ガス圧縮機、蓄圧器、ディスベンサー	
	設置方法		バー		ポール式	
車両衝突防止	設置場所		ディスベンサー側面		ディスベンサー本体両脇	
	警備システム	自動通報システムの有無	あり		有(セコム)	
緊急時の充填停止 (停止ボタンを誰が押すか)		充填運転員	制御盤・ディスベンサー本体・離隔場所の計3ヶ所、操作者:ステーション運転員		緊急停止ボタン有。誰が⇒保安係員、保安係員代理(その場に直面した人)	
	計画値	物質収支			ナフサ16.1kg/h+純水70.8kg/h =水素51.2Nm ³ /h	
	エネルギー収支				LHV 54.9% HHV60.2%	LHV 57.0% HHV 64.0%
特記事項		2009/2月から運用		2008/12月から運用		2009年1月から運用

水素ステーション設備仕様一覧 2010改訂

設置箇所		千住	千住(70MPa)	川崎	相模原	船橋(3号車)	
基本仕様	方式	オンサイト型	オンサイト型	オンサイト型	オンサイト型	オフサイト型	
	原料	都市ガス		メタノール水	水	(圧縮水素)	
	水素製造方式	水蒸気改質		水蒸気改質	アルカリ水電解	カードル水素,他STからの供給	
	水素純度	99.99%以上		99.99%以上	99.99%以上	99.99%以上	
	水素製造能力	kg/H Nm ³ /H	4.5 50	4.5 50	2.7 30	---	
	水素貯蔵能力	kg Nm ³	215.8 2400	37 411	71.2 792	48.3 536.82	
	CH2充填圧力		35MPa	70	25/35MPa	25/35MPa	
	LH2充填圧力		---	---	---	---	
	充填能力		乗用車10台/バス2台	乗用車2台	乗用車5台/バス1台	乗用車5台/バス1台	乗用車3台
	設備の形態(移動/固定式)		固定式	固定式	水素製造/移動式	移動式	移動式
適用条項		一般則6条	一般則6条	一般則6条	一般則6条	一般則8条	
ステーションの特徴		・都市ガス改質オンサイト水素ステーション ・夜間無人暖機運転 ・ウィークリースタートストップ全自動運転	・70MPaフルスペックステーション ・-20℃プレクール設置	・改質温度が比較的低い(250~300℃) ・高圧型改質器採用 ・熱源は、電気ヒーター ・2段圧縮ダイヤフラム圧縮機 ・高圧ガス設備とドライバーの隔離 ・遮行人をガードするポリカーボネート	①LPGがスタンドへの併設による既存設備の共有化及び省スペース化。 ②水素発生装置と圧縮機をトラックに搭載した移動式製造設備。 ③蓄気設備、デバベンダーのみを設置した受入側設備。 ④電気、水道の既存infuを利用。 ⑤太陽光発電、風力発電などの自然エネルギーの利用が可能。	・全自動移動式ステーション ・構成ユニットをコンバクト化し、1台のトラックにて移動 ・定置式ではカバーしづらい地域でも水素充填可能 ・C-FRP容器に他stからの水素供給が可能。	
敷地	用途地域	工業地域		工業専用地域	工業地域	工業地域	
	敷地面積	m ²	950	945	450	1,360 (ステーションの運用エリア)	
タンク	型式	LPG/バルク貯槽		地上置バルクタンク			
	容量	ℓ	6000	14100			
	材質		SPV4500-SR	SUS444			
	圧力	MPa	1.8(設計)	常圧			
	温度	℃	40(設計)	常温			
	設備寸法	m	1.9φ×2.7	2×3×2.5			
	概算重量	kg	1700	700(本体)845(全体)			
	型式			ダイヤフラムポンプ			
	容量	Nm ³ /H		81.8 L/H			
	圧力	MPa		3.43			
所要軸動力	kW		0.4				
設備寸法	m		0.6×0.8×0.65				
概算重量	kg		110				
脱硫設備	型式						
	容量	ℓ					
	圧力	MPa					
	温度	℃					
	材質						
設備寸法	m						
概算重量	kg						
水素トレーラまたはカードルまたはローダー	本数	本				30	
	容量	ℓ/本				50	
	圧力	MPa				19.6	
	材質					Cr-Mn鋼	
	貯蔵能力	Nm ³				300	
メーカー					高圧昭和ポンプ		
設備寸法	m				1.6×1.8×H1.2		
概算重量	kg				2300		
水素製造装置	型式	水蒸気改質		水蒸気改質	アルカリ水電解(KHE-30)		
	水素製造能力	Nm ³ /H	50	50	33		
	温度	℃	800(改質)	270	80		
	圧力	MPa	0.99	3	0.8		
	熱交換器能力						
	メーカー		三菱化工機	三菱化学	豊田工業		
	設備寸法	m	6×3×3.7	5.05×2.5×3.7	2.7W×2.0L×2.0H		
	概算重量	kg	15,000	約11000	4000		
	型式	PSA		PSA			
	塔数	基	6	4	2		
温度	℃	常温	40	30~40			
圧力	MPa	0.9	3	0.8			
切り替え時間			数分	1サイクル(Max12Hr)			
使用吸着剤			モレキュラーシブス等	ハランウム・モレキュラーシブ			
水素精製装置	入口						
	計画ガス組成						
	出口		水素99.999%		出口にてH2=5N、CO、O2=1ppm以下		
	メーカー		クレストエアー	コスモエンジニアリング			
	設備寸法	m	1.4×2×1.9	2.5×1.3×3.1			
概算重量	kg	本体を含む	約2500				
水素ホルダー	型式		円筒機型	笠型円筒形			
	容量	ℓ	300	2,000			
	圧力	MPa	0.99(設計)	2.9(常用圧力)			
	材質		SS400	SUS304			
	設備寸法	m	0.5φ×1.36	1.2.8×φ1.03			
概算重量	kg	本体を含む	1515				
昇圧設備(圧縮機)	型式		ダイヤフラム式	ダイヤフラム式	J2BH114-2L	油圧ブースター	
	段数	段	3	1	2	2	
	能力	Nm ³ /H	50以上	50以上	53	30	
	回転数	rpm	340	400	350	400	
	吸込圧力	MPa	0.6	30	2.8	0.72	
	吐出圧力	MPa	40	82	45	40	
	所要軸動力	kW	15+22(定格)	22	18	15	
	フィルタ設置状況	μm	10	10	入り口・中間 各5ミクロン	10	
	ダイヤフラム材質		SUS	ステンレス鋼	キューボリンケル	SUS301	
	メーカー		PPI(米国)	日本製鋼所(本体PDC)	Burton Corbin社	日本製鋼所	
設備寸法	m	4×1×2	3.2×2.9×3	2.87×1.65×1.64	1.92W×1.27L×1.77H	2×1.2×H1.2	
概算重量	kg	約2,500	3000	3300	1800	900	
昇圧設備(圧縮機) 2段の場合	型式						
	段数	段					
	能力	Nm ³ /H					
	回転数	rpm					
	吸込圧力	MPa					
吐出圧力	MPa						
所要軸動力	kW						
フィルタ設置状況	μm						
ダイヤフラム材質							
メーカー							
設備寸法	m						
概算重量	kg						

設置箇所		千住	千住(70MPa)	川崎	相模原	船橋(3号車)	
液体水素	液体水素貯槽	型式					
		容量	1/2				
		断熱方式					
		材質					
		圧力 MPa					
		温度 °C					
		BOG量 %/日					
	昇圧設備(ポンプ)	設備寸法	m				
		概算重量	kg				
		型式					
		能力 Nm ³ /h					
		吸込圧力 MPa					
		吐出圧力 MPa					
		所要軸動力 kW					
液体水素(続き)	蒸発器	メーカー					
		設備寸法	m				
		概算重量	kg				
		型式					
	BOG回収設備	能力(水素吸蔵) Nm ³ /h					
		能力(水素放出) Nm ³ /h					
		設備寸法	m				
		概算重量	kg				
	BOGコンプレッサー	型式					
		能力 Nm ³ /h					
		回転数 rpm					
		吸込圧力 MPa					
		吐出圧力 MPa					
		所要軸動力 kW					
概算重量		kg					
蓄圧設備	本数	20	8	8	12	3	
	容量 1/2/本	300	100	250	250 1/2/本	205	
	圧力 MPa	45(設計)	82	40	40	35	
	材質	SCM435	SNCM439	SCM435	SCM435	C-FRP容器(タイプⅢ)	
	貯蔵能力 Nm ³	2400	656	792(実運用)	1,200	215	
	メーカー	高圧昭和ポンペ	高圧昭和ポンペ	高圧昭和ポンペ	大陽日酸	JFEコンテイナー	
	バンク構成	3バンク構成	3バンク構成	4バンク構成	3	3	
	設備寸法	6.5×3×2.5	5×2×2.5	5.73×1.21×1.82	5.64W×2.5L×3.065H	L3.23×W2.00×H2.15	
	概算重量	33,000	12,000	14,300	21,000	300	
	蓄圧設備(2系統ある場合)	本数					2
容量 1/2						40	
圧力 MPa						40	
材質						SCM435	
貯蔵能力 Nm ³						320	
メーカー						高圧昭和ポンペ	
バンク構成						3	
設備寸法						L3.23×W2.00×H2.15	
概算重量						2400	
蓄圧設備(3系統ある場合)		本数					
	容量 1/2						
	圧力 MPa						
	材質						
	貯蔵能力 Nm ³						
	メーカー						
	バンク構成						
	設備寸法						
	概算重量						
	ディスペンサー CH2(Compressed Hydrogen)	充填圧力 MPa	35	70	35/25	35/25	35のみ
流量範囲		350~1850g/min	350~2800g/min	200~900Nm ³ /h	14~1798 g/min	300~1850g/min	
流量制御パターン		瞬時流量制御・弁開度固定制御選択式	流量制御	流量制御	流量・圧力監視制御	流量制御	
充填ホースの種類		樹脂ホース	樹脂ホース	樹脂ホース	樹脂ホース	樹脂ホース	
充填ホース内径 mm		9.5	9.5	9.5	9.5	9.5	
緊急種脱カプラ設置状況		設置	なし	設置	設置	設置	
フィルター設置状況		なし	設置	設置	設置	有り	
フィルタ目開き μ		-	10	35	35	50	
メーカー		大陽日酸	大陽日酸	タツノ・メカトロニクス	タノ・メカトロニクス	大陽日酸	
設備寸法		1.25×0.75×1.84	1.45×0.55×H2.11	1.28×0.53×2.35	1.28W×0.53D×2.35H	2.0×1.5×H2.0	
概算重量		700	890	420	420	600	
ディスペンサー LH2(Liquidified Hydrogen)		充填圧力 MPa					
		流量範囲					
		流量制御パターン					
	充填ホースの種類						
	充填ホース径						
	緊急種脱カプラ設置状況						
	メーカー						
	設備寸法						
	概算重量						
	フレクシブル設備	冷凍設備	冷凍能力 kW	28.05			
設置基数			基	1			
型式				TCA-4KCLL			
メーカー				三菱技研			
冷媒				コード・フロン(FP-40)			
熱交換器		冷媒定格流量 L/min		150			
		熱交換方式		2重管方式			
		内管サイズ mm		Φ14.3			
		内管材質		SUS316			
		メーカー		大陽日酸			
フレクシブル温度目標 °C		-20					
受電設備	型式		電源盤	屋内キュービクル	屋外閉鎖型キュービクル式受電設備	防壁コンセント	
	受電方式		構内電力分岐	高圧受電	高圧	交流 100V	
	定格電圧 kV		0.2	6.6	6.6	0.1	
	定格電流 A		200	17	50	10	
	周波数 Hz		50	50	50	50	
	外形寸法		1.5×0.62×2.0	-	W2.4×L1.9×H2.8	-	
	概算重量		約500	-	6000	-	
車仕様(移動式)	最大積載重量 ton				0.6	3.1	
	外形寸法 m				1.2	L11.5×W2.49×H3.8	
	車重 ton				22	19.5	

設置箇所		千住	千住(70MPa)	川崎	相模原	船橋(3号車)
水素検知器	検知方式	接触燃焼式	接触燃焼式	拡散式及び吸引式	接触燃焼式	拡散式
	測定レンジ	100%LEL	100%LEL	2000ppm及び100%LEL	0~2,000ppm/0~100%LEL	0~100%LEL
	警報レベル	24%LEL	24%LEL	[2000ppm]①200ppm②1000ppm/[100%LEL]①25%LEL②50%LEL	500ppm/25%LEL	25%LEL
	設置個数	11	13	7	定置側:4、移動式:2	1
	設置場所	水素製造装置、圧縮機室、蓄ガス器室、ディスプレイ、ポンベ庫	水素製造装置、圧縮機室、蓄ガス器室、ディスプレイ、ポンベ庫	ディスプレイ内部、製造装置、PSA、メタ水タンク、圧縮機、蓄圧設備、カードル室、分析室	蓄ガス器、受入設備、ディスプレイ、移動式製造設備	圧縮機、ディスプレイ
火災検知器	検知方式	紫外線式		紫外線式	紫外線式	
	設置個数	7	9	1	2	
	設置場所	圧縮機室、蓄ガス器室、ディスプレイ、水素製造装置エリア	圧縮機室、蓄ガス器室、ディスプレイ、水素製造装置エリア	キャノピー下面	蓄ガス器、ディスプレイ	
散水設備	散水能力	450	144	150	108	-
	貯水量	5000	6000	5360	202450	-
消火設備	種類	消火器	消火器	ABC粉末消火器(20型)	粉末消火器	B-12 消火器
	設置個数	11	11	9	8	6
	設置場所	水素製造装置、圧縮機室、蓄ガス器室、ディスプレイ	水素製造装置、圧縮機室、蓄ガス器室、ディスプレイ	ポンプ室、展示室前、展示室内、制御室内、外、圧縮機付近(2本)、メタ水ローリー停車位置、カードル室	蓄ガス器室、受入設備、ディスプレイ、移動式製造設備	高圧水素車内3、カードル置場3
保安設備	種類	接地		接地	接地	A種、D種
	設置個数	1		3	2	
	設置場所	蓄ガス器室		圧縮機・養生装置各入り口・ディスプレイ	ディスプレイ	
冷却機	冷却能力	136		34	-	11kW
	容量	-		5kVA	-	-
非常用電源	起動時間	-		10min(バックアップ時間として)	-	-
	警報レベル	150gal		150ガル(密度5相当)	80ガル/150ガル各1	-
感震装置	設置個数	1		1		-
	設置場所	管理室		制御室内	監視室外壁	-
インターロック	考え方	全設備自動停止		全設備自動停止	フェイルセーフ・フルーフ	ガス漏れ、圧力異常高、温度異常高、緊急停止ボタン操作にて設備緊急停止。
	緊急遮断装置	考え方	原料・貯槽元弁遮断		フェイルセーフ・フルーフ	フェイルセーフ・フルーフ
	設置場所	圧縮機入他		計器室・ディスプレイ・展示室	制御室、ディスプレイ、受入設備、蓄ガス器室に緊急停止ボタン設置	ディスプレイ、制御室、タッチパネル
車両衝突防止	設置方法	金属ポール		ポール	Uガード	ガードパイプ式
	設置場所	ディスプレイ他		ディスプレイ他	ディスプレイ前面	ディスプレイ前面
警備システム	自動通報システムの有無	構内警備室に通報		有(セコム)	なし	無
緊急時の充填停止(停止ボタンを誰が押すか)		非常停止ボタン有 操作者:ステーション運転員(保安係員)		ステーション係員	保安係員	充填運転員
計画値	物質収支	-			-	
	エネルギー収支	HHV63.8%、LHV58.7%(LPG、実績以下同) HHV65.2%、LHV60.7%(都市ガス) HHV68.4%、LHV63.1%(水素分離型)			-	
特記事項			2008/9月から運用			2009/3月から運用

水素ステーション設備仕様等一覧 2010改訂

設置箇所		セントレア	大阪	関西空港	有明 (移設後)	
基本仕様	方式	オンサイト型	オンサイト型	オフサイト型	オフサイト型	
	原料	天然ガス	都市ガス	(液体水素)	(液体水素)	
	水素製造方式	水蒸気改質	水蒸気改質			
	水素純度	99.99%以上	99.99%以上	99.99%以上	99.99%以上	
	水素製造能力	kg/H	8.9	2.7	---	---
		Nm ³ /H	100	30	---	---
	水素貯蔵能力	kg	215.8	58	26.7	694.1
		Nm ³	2,400	650	297m ³	LH/10,000L CH/633.6Nm ³
	CH2充填圧力	35MPa	35MPa	35MPa	35MPa	
	LH2充填圧力	---	---	---	---	
充填能力	乗用車30台/バス2台	乗用車4台連続充填可	乗用車1~2台分	制限無し		
設備の形態(移動/固定式)	固定式	固定式	固定式	固定式		
適用条項	一般則7条の3	一般則7条の3	一般則12条	一般則6条、7条の3		
ステーションの特徴	都市ガス改質を水素供給のメインとしつつ、副生水素(ローダー)を補助的に利用可能なハイブリッド型水素ステーション ・水素製造能力、高圧水素製造能力及び蓄ガス能力が国内最大級	日本初の商業地域の定置式ステーション ・コンパクト水素発生装置による都市ガス改質型水素ステーション ・小型移動体への水素供給など水素の多目的利用実証 ・水素エネルギーの認知度向上のための見学者設備併設	水素製造装置がない簡易型のサテライト水素ステーション ・システムの立ち上げ時間が不要 ・水素は液化水素型移動式水素ステーションより補充 ・液水ポンプ等の追加により、水素需要増にあわせた段階的な拡張が可能 ・バルブユニットを別置きとした小型ディスプレイセンサーを採用	国内初の液体水素貯蔵によるオフサイト水素ステーション ・純水素型燃料電池による事務所棟への電力供給(BOGの有効利用) ・熱心部近郊の主要幹線道路に面し、都心からの利便性が高い		
敷地	用途地域	準工業地域	商業地域	準工業地域	準工業地域	
	敷地面積 m ²	1,932	1,072	462	1,322	
原料設備	タンク	型式	---	---	---	
		容量	---	---	---	
		材質	---	---	---	
		圧力 MPa	---	---	---	
		温度 °C	---	---	---	
	設備寸法 m	---	---	---		
	概算重量 kg	---	---	---		
	ポンプ	型式	レシプロ	レシプロ	---	
		容量 Nm ³ /H	40	31	---	
		圧力 MPa	0.99(設計圧力)	0.87	---	
所要軸動力 kW		3.7	1.9	---		
メーカー		コーケン	コーケン	---		
脱硫設備	型式	円筒縦型	縦型円筒	---		
	容量	---	---	---		
	圧力 MPa	0.99(設計圧力)	0.85	---		
	温度 °C	400(設計温度)	350	---		
	材質	STPT370S	SUS304TP-A	---		
水素トレーラーまたはカードルまたはローダー	本数 本	18	---	---		
	容量 1/2/本	275	---	---		
	圧力 MPa	19.6	---	---		
	材質	---	---	---		
	貯蔵能力 Nm ³	990	---	---		
メーカー	---	---	---			
設備寸法 m	W2.4×D4.6×H1.5	---	---			
概算重量 kg	---	---	---			
水素製造装置	水素製造装置	型式	水蒸気改質	水蒸気改質	---	
		水素製造能力 Nm ³ /H	100	30	---	
		温度 °C	750(改質温度)	750	---	
		圧力 MPa	0.75(改質圧力)	0.75	---	
		熱交換器能力	---	---	---	
	メーカー	大阪ガスエンジニアリング	大阪ガス	---		
	設備寸法 m	3.8×2.6×2.8H(エンロージャー外寸法)	2.5W×2.0L×2.5H	---		
	概算重量 kg	10000(メインスキッド重量)	4,000	---		
	水素精製装置	型式	PSA	PSA方式	---	
		塔数 基	4	3	---	
温度 °C		40(精製温度)	40	---		
圧力 MPa		0.99(設計圧力)	0.75	---		
切り替え時間		---	---	---		
使用吸着剤	---	---	---			
計画ガス組成	入口	---	---	---		
	出口	99.999%H ₂	99.999%H ₂	---		
メーカー	大阪ガスエンジニアリング	大阪ガス	---			
設備寸法 m	---	上記水素製造装置に含む	---			
概算重量 kg	---	上記水素製造装置に含む	---			
水素ホルダー	型式	円筒縦型	縦型円筒	---		
	容量 1/2	2,200	2,060	---		
	圧力 MPa	0.99(設計圧力)	0.7	---		
	材質	SB410	SS400	---		
	設備寸法 m	φ1.05×2.8	1.0φ×2.8H	---		
概算重量 kg	400	---	---			
昇圧設備 (圧縮機)	昇圧設備 (圧縮機)	型式	1段/2段ダイヤフラム	X型4気筒空冷式(オイルレス)	---	
		段数 段	2	4	---	
		能力 Nm ³ /H	100	30	---	
		回転数 rpm	400	710	---	
		吸込圧力 MPa	0.5	0.7	---	
	吐出圧力 MPa	40.0	40.0	---		
	所要軸動力 kW	(Aprox) 25.6	15	---		
	フィルタ設置状況	US: 90 μm (平置200mesh), 1S: 10 μm, 2S: 11 μm	---	---		
	ダイヤフラム材質	SUS301/BRASS/SUS301	---	---		
	メーカー	株式会社製鋼所/Pdc Machines, Inc	株式会社テック	---		
設備寸法 m	W4134×D3309×H2290	2.9W×2.2L×2.6H	---			
概算重量 kg	(Aprox) 10,000kg	5000	---			
昇圧設備 (圧縮機) 2段の場合	昇圧設備 (圧縮機) 2段の場合	型式	1段/2段・3段・4段ダイヤフラム	---	---	
		段数 段	4	---	---	
		能力 Nm ³ /H	50	---	---	
		回転数 rpm	500	---	---	
		吸込圧力 MPa	0.5	---	---	
吐出圧力 MPa	40.0	---	---			
所要軸動力 kW	(Aprox) 17.4	---	---			
フィルタ設置状況	US: 90 μm (平置200mesh) 4S: 0.01 μm (93%Catch)	---	---			
ダイヤフラム材質	SUS301/SUS301/SUS301	---	---			
メーカー	株式会社製鋼所/株式会社ワス機関製作所	---	---			
設備寸法 m	W2495×D2012×H2090	---	---			
概算重量 kg	(Aprox) 2,900kg	---	---			

設置箇所		セントレア	大阪	関西空港	有明 (移設後)	
液体水素	液体水素貯槽	型式			機型二重円筒型真空断熱式	
		容量	12		10,000	
		断熱方式			スーパージンシュレーション	
		材質			SUS316L	
		圧力 MPa			0.6(+0.1013)	
		温度 °C			-253~40	
		BOG量 %/日			1%/日以下	
	昇圧設備 (ポンプ)	設備寸法 m			φ2×6.3	
		概算重量 kg			6500	
		型式			往復動式	
		能力 Nm ³ /h			300	
		吸込圧力 MPa			0.3	
		吐出圧力 MPa			40	
		所要軸動力 kW			15	
液体水素 (続き)	蒸発器	メーカー			Linde	
		設備寸法 m			1.2×0.6×H2.9	
		概算重量 kg			1000	
		型式			空温式	
		蒸発能力 Nm ³ /h			500	
		圧力 MPa			40	
		メーカー			日本化学機械製造	
	BOG 回収設備	設備寸法 m			0.9×1.3×3.3	
		概算重量 kg			495	
		型式			2段、Lストン複動式	
		能力(水素吸蔵) Nm ³ /h			25Nm ³ /h	
		能力(水素放出) Nm ³ /h				
		設備寸法 m				
		概算重量 kg				
液体水素 (続き)	BOG コンプレッサー	型式				
		能力 Nm ³ /h				
		回転数 rpm				
		吸込圧力 MPa			0.90	
		吐出圧力 MPa			40	
		所要軸動力 kW			15	
		設備寸法 m			1.7×0.9×H1.1	
	蓄圧設備	概算重量 kg			800	
		本数 本	20	7	7	1
		容量 %/本	300	300	107	0.08
		圧力 MPa	45(設計圧力)	40	39.5	40
		材質	SCM435	SCM435	SCM435	SCM435
		貯蔵能力 Nm ³	2400	650	297	32.1
		メーカー	大陽日酸/高圧昭和ポンベ	高圧昭和ポンベ	住金機工	住金機工
蓄圧設備 (2系統ある場合)	バンク構成	3バンク		4本/3本	1本	
	設備寸法 m	(W1.7×D0.4×H2.6)×2	1.8W×6.6L×2.7H	W1.5×L4.3×H1.8	—(下記に含む)	
	概算重量 kg	20000×2	14770	5500	—(下記に含む)	
	本数 本				5	
	容量 %/本				300	
	圧力 MPa				40	
	材質				SCM435	
蓄圧設備 (3系統ある場合)	貯蔵能力 Nm ³				601.5	
	メーカー				高圧昭和ポンベ	
	バンク構成				5本	
	設備寸法 m				W1.3×L6.5×H1.9	
	概算重量 kg				10000	
	本数 本					
	容量 %/本					
ディスペンサー CH2(Compressed Hydrogen)	圧力 MPa					
	材質					
	貯蔵能力 Nm ³					
	メーカー					
	バンク構成					
	設備寸法 m					
	概算重量 kg					
	充填圧力 MPa	35 (バス・車)	35	35	35	
	流量範囲	350~4000g/min	50~4000g/min	36~1800g/min	100~1500g/min	
	流量制御パターン	瞬時流量制御・弁開度固定制御選択式	瞬時流量制御・弁開度固定制御選択式	流量・圧力監視制御	流量・圧力監視制御	
	充填ホースの長さ	金属フレキシ	樹脂ホース	樹脂ホース	樹脂ホース	
	緊急離脱カプラ設置状況	4.5	9.5	9.8	9.8	
	フィルタ設置状況	設置	設置	設置	設置	
	フィルタ目開き μ	—	—	5	10	
メーカー	大陽日酸	大陽日酸	トキコテクノ	岩谷産業		
ディスペンサー LH2(Liquid Hydrogen)	設備寸法 m	W1.35×D0.6×H1.85	1.4W×0.6L×1.8H	表示部:H2.5×W0.5×D0.4 本体部:H1.3×W1.0×D0.5	操作部:H2.0×W0.6×D0.6 制御部:H1.6×W1.3×D0.8	
	概算重量 kg	700	600	表示部:150、本体部:300	操作部:200、制御部:300	
	充填圧力 MPa					
	流量範囲					
	流量制御パターン					
	充填ホースの種類					
	充填ホース径					
	緊急離脱カプラ設置状況					
	メーカー					
	設備寸法 m					
	概算重量 kg					
	ブレイク設備	冷凍能力 kW				
		設置基数	基			
		型式				
メーカー						
冷媒						
冷媒定格流量 L/min						
熱交換器		熱交換方式				
		内管サイズ mm				
		内管材質				
		メーカー				
ブレイク温度目標 °C						
受電設備		型式	キュービクル方式	屋外キュービクル式	—	屋外用キュービクル式高圧受電設備
		受電方式	3相	高圧受電	—	高圧受電
		定格電圧 kV	6.6kV	6.6	—	6.6
	定格電流 A	56.9A	80kVA	—	100kVA(400V)	
	周波数 Hz	60Hz	60	—	50	
	外形寸法 m	5.08×2.20×2.73	1.7W×1.7L×2.4H	—	W1.6×D1.5×H2.3	
	概算重量 kg	3,000	—	—	1300	
車仕様 (移動式)	最大積載重量 ton					
	外形寸法 m					
車重 ton						

設置箇所		セントレア	大阪	関西空港	有明（移設後）
水素検知器	検知方式	拡散式	拡散式×7(カレッジ内含む) 吸引式×1	熱線型半導体式	接触燃焼式及び熱線半導体式
	測定レンジ	~1000ppm	0~100%LEL(吸引式は0~2000ppm)	0-2000ppm	0-100%LEL/0-2000ppm
	警報レベル	2000ppm、4000ppm、10000ppm	10%、25%LEL (吸引式は1000、2000ppm)	500ppm/1000ppm	LEL10%/1000ppm
	設置個数	8	8(吸引式1点含む)	4	8
	設置場所	ディスプレイ、圧縮機×2、蓄ガス器×2、水素製造装置、制御室、ローダー庫	水素発生装置、圧縮機、蓄圧器、ディスプレイ、計器室、サブリング室、カレッジ、充填口(吸引式)	ディスプレイ表示部1、ディスプレイ配管部1、蓄圧器1、管理室1	ディスプレイ2(拡散式吸引式)、貯槽1、ポンプ1、蓄圧器2、圧縮機1、管理室1
火災検知器	検知方式	紫外線式			紫外線式
	設置個数	2	2		4
	設置場所	ディスプレイ	蓄圧器、ディスプレイ		設備周辺
散水設備	散水能力 $\frac{L}{分}$	1400	1400	450	200
	貯水量 $\frac{L}{分}$	32000	13500	10000	6000
	種類	ABC消火器	B-12	ABC粉末	ABC粉末
消火設備	設置個数	5	6	3	11
	設置場所	圧縮機、蓄ガス器、ディスプレイ、ローダー庫、散水ポンプ	水素発生装置、蓄圧器、ディスプレイ、製品シク、キュービクル、カレッジ	蓄圧器//管理室/ディスプレイ	貯槽5/蓄圧器3/機械室/管理室 受電設備
	種類	D種	A種、B種、D種	アース接続	アース接続
静電気除去	設置個数	8	5	1	1
	設置場所	敷地内	敷地内	ディスプレイ	ディスプレイ
	冷却能力 kW	136	29.3	—	—
非常用電源	容量 kW	—	1.4	—	無停電電源 2kVA
	起動時間	—	無断	—	バックアップ時間 25分
	警報レベル	150ガル	250gal	150gal	8/25/90gal
感震装置	設置個数	1	1	1	1
	設置場所	制御室内	動力制御盤	管理室	液体水素貯槽下部
	考え方	軽故障はアラームのみ、重故障(インターロック)は設備停止	軽故障はアラームのみ、重故障(インターロック)は設備停止	安全に装置停止	安全に装置停止 軽故障はアラームのみ 重故障は装置停止動作
緊急遮断装置	考え方	インターロックにともない自動的に作動するが、運転者の判断で緊急停止ボタンにより手動操作可能。	インターロックにともない自動的に作動するが、運転者の判断で緊急停止ボタンにより手動操作可能。	安全に装置停止	地震・火災・停電検知時自動/手動
	設置場所	監視室、制御室、各主要機器に緊急停止ボタンを設置	計器室、ディスプレイ	ディスプレイ/管理室内	ディスプレイ/管理室内
	設置方法	衝突防止バー	バリカー	ガードハイフ	ガードハイフ
車両衝突防止	設置場所	ディスプレイ前	ディスプレイ	ディスプレイ前	ディスプレイ前
	警備システム	自動通報システムの有無	あり	有	有
緊急時の充填停止 (停止ボタンを誰が押すか)		現地作業員	充填実施者がディスプレイ前面の緊急停止ボタンを押す。	充填作業員	充填員
計画値	物質収支		—		
	エネルギー収支	65.8%(HHV,70%ロード実績値)	—		
特記事項		2006/7月から運用	2007/8月から運用	2007/3月から運用	移設して2010/3月から運用
		2010/6月:新日産名古屋工場内の水素充填設備を休止			

1.1.5 ステーションの健全性評価

今後の水素ステーションの材料・技術評価に資するため JHFC 水素ステーションで使用した設備について研究機関との連携による健全性の評価を行った。材料・技術評価のため研究機関へ提供したステーションの設備を表 1.1.5-1 に示す。

表 1.1.5-1 研究機関への提供設備

提供設備	使用ステーション	提供年度
40MPa 蓄圧器	霞ヶ関水素ステーション	2006
40MPa 蓄圧器	鶴見水素ステーション	2007
20MPa 蓄圧器	大黒水素ステーション	2008
液体水素製造設備（管、継手、弁等）	液体水素製造設備	2008
高压配管（管、継手、蒸発器）及び弁・計器	有明水素ステーション	2009
70MPa 設備（蓄圧器、高压配管等）	70MPa ステーション	2010～ （予定）

(1)蓄圧器の調査

JHFC の 3 ヶ所の水素ステーションで使用された蓄圧器を研究機関へ提供し組織、機械的性質、疲労特性等の調査が行われた。調査に使用された蓄圧器の外観を図 1.1.5-1 に、諸元と使用期間を表 1.1.5-2 に示す。特に、霞ヶ関の蓄圧器は調査された他の蓄圧器に較べて充填回数が最も多い。



霞ヶ関：蓄圧器



鶴見：蓄圧器

図 1.1.5-1 蓄圧器概観

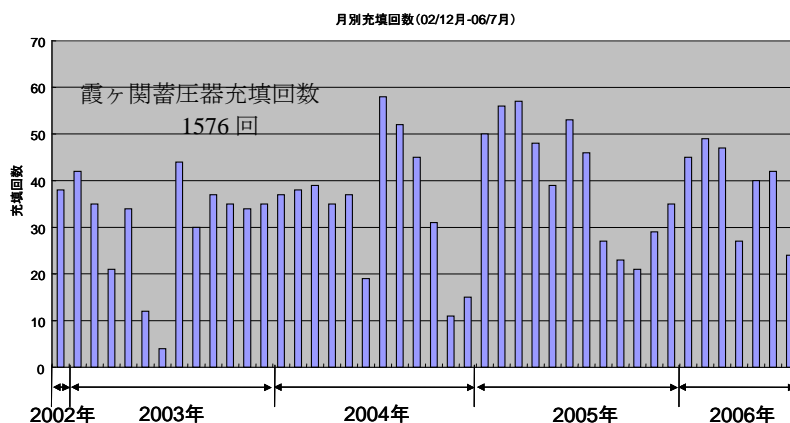


図 1.1.5-2 霞ヶ関蓄圧器の充填履歴

圧力変動 ΔP(MPa)	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	11.0	12.0	合計
変動回数 蓄圧器1	3	7	57	171	186	208	177	127	48	22	12	10	1028
蓄圧器2	4	16	20	75	79	94	94	66	36	15	3	1	503

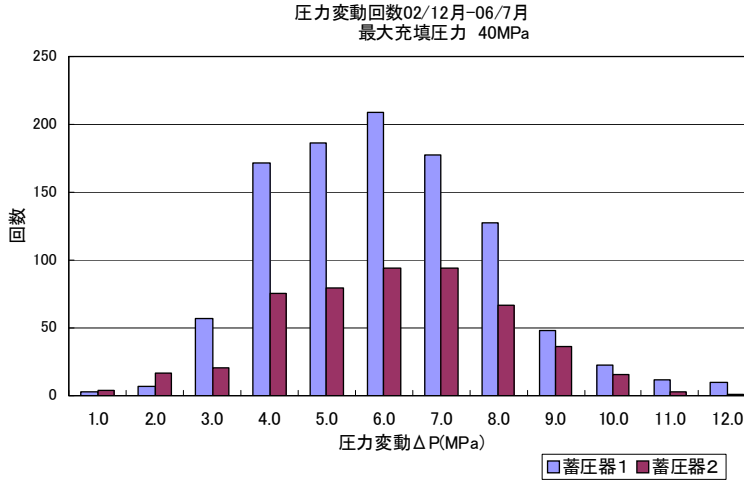
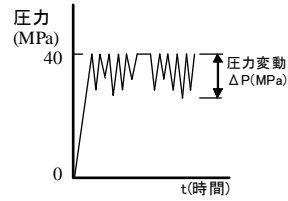


図 1.1.5-3 震ヶ関蓄圧器の圧力変動

表 1.1.5-2 蓄圧器諸元、使用期間

圧力区分	材質	寸法	使用ステーション	使用期間
35MPa	SCM435	φ 355.6x25.3	震ヶ関	2002/12-2006/7 (3年8ヶ月)
35MPa	SCM435	φ 267.4x30.0	鶴見	2002/8-2007/3 (4年8ヶ月)
20MPa	SCM435	φ 355.6x21.0	大黒	2003/3-2008/8 (5年6ヶ月)

3種類の蓄圧器について組織観察、成分分析、硬さ、水素の影響、引張特性、シャルピー衝撃特性、疲労亀裂進展特性等の調査が行われ、いずれも大きな問題はなく、蓄圧器の健全性が確認された。

なお、震ヶ関の蓄圧器は内面に製造過程で生じるしわの疲労強度への影響が懸念されたが、調査の結果十分な疲労亀裂進展寿命を有していることが確認された。

また、鶴見の蓄圧器は結晶粒（ブロック）が他の蓄圧器に比べて比較的大きいため、遷移温度が高く上部棚吸収エネルギーが小さかった。このため、破断前漏洩（LBB、Leak Before Break）が成立しないが、LBBが成立しないことが必ずしも蓄圧器の安全に支障があるものではなく、蓄圧器の耐用年数を適切に評価して運用することによりステーションの安全性は確保できる。このため、JHFCの同種の蓄圧器を使用しているステーションの蓄圧器の疲労強度評価を行い、今後の車への充填回数は10万回以上の充填が可能であり、安全性が十分確保できることを確認した。

調査報告書

- ・産業技術総合研究所、九州大学、エンジニアリング振興協会、石油産業活性化センター、「霞ヶ関水素ステーション蓄圧器調査報告書」(2008)
- ・松尾、山辺、福島、松岡、村上、「35MPa 水素ステーション蓄圧器用 SCM435 鋼のシャルピー衝撃特性に及ぼす組織の影響と LBB 評価」(2010)

(2)液体水素製造設備の調査

液体水素製造設備にて使用された材料の調査のため、部品を研究機関へ提供した。この設備は 2004 年 4 月から 2008 年 1 月まで 3 年 10 ヶ月間運用が行われた。図 1.1.5-4 に示すようにコークス炉ガス (COG) から精製された水素ガスの液化から液体水素払い出しまでの種々の温度・状態の水素と接触する部品について、表面観察・組織観察、弁のシート面の材料損傷の有無等の調査が行われた。

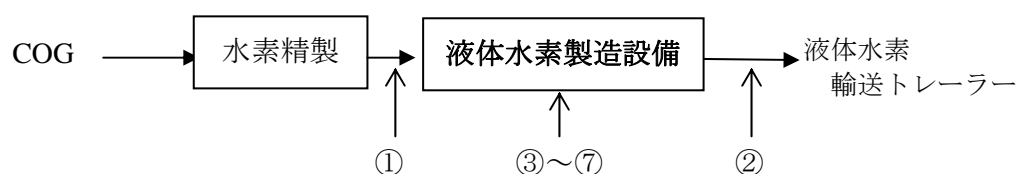


図 1.1.5-4 液体水素製造設備の調査部位

調査部位

- ①入口配管 (STPG370)
- ②ローリー充填用フレキ管 (SUS316L)
- ③弁 (不純物除去装置隣接のバルブ、SUS316L 相当)
- ④オルソパラ変換器 (SUS316L 相当)
- ⑤熱交換配管 (SUS316L 相当)
- ⑥減圧弁 (SUS316L 相当)
- ⑦異材継手 (SUS/Al)

これらの部品のうち、配管の表面観察、組織観察で特に問題となるものはなく、液体水素および極低温水素ガスに曝された部位から採取した材料は 316 系 (17Cr-10~14Ni) と 304 系 (18Cr-8Ni) が混在しており、N 含有量は 0.05% を超えており海外材料であることが示唆された。弁類の調査では、液体水素および極低温水素ガスに長期間曝されたバルブを解体してバルブ開閉時のあたり面を中心に外観観察により調査が行われたが、特に問題となる材料損傷は確認されなかった。図 1.1.5-5 に減圧弁のボディの外観を示す。



図 1.1.5-5 減圧弁のボディの外観（調査報告書 P847 より引用）

調査報告書

・「君津液体水素製造設備の解体調査」（「水素社会構築共通基盤整備事業／水素インフラ等に係る規制再点検及び標準化のための研究開発／水素用材料基礎物性の研究」成果報告書（2010）

(3) 有明ステーションの高压配管・熱交換器及び弁・計器

有明ステーションの移転に伴い、ステーションの材料・技術評価に資するため、図 1.1.5-6,7 に示す設備・部品を研究機関へ提供した。有明ステーションは 2003 年 5 月に運用が開始され、移転のため 2009 年 11 月まで 6 年 6 ヶ月間運用が行われた。表 1.1.5-3 に各部位ごとのの圧力・温度の履歴を示す。

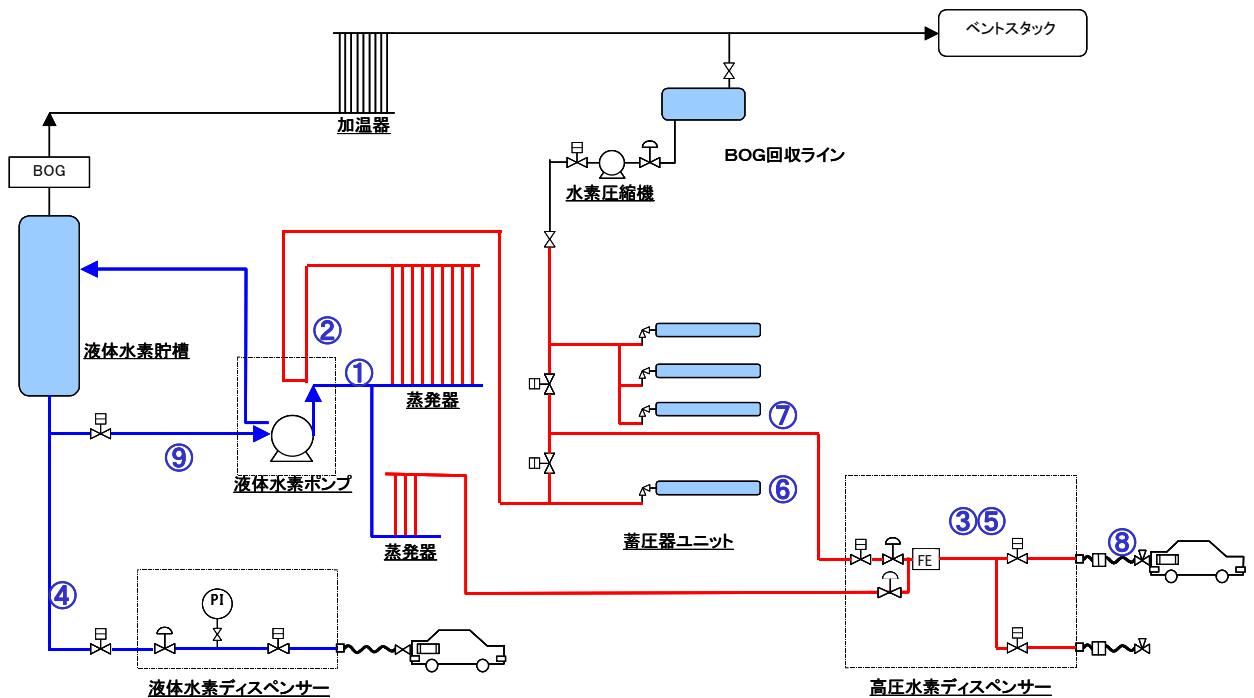


図 1.1.5-6 設備の調査部位



図 1.1.5-7 蒸発器、高圧水素ディスペンサー内部

調査部位

- ① 高圧配管（液体水素ポンプ出口、蒸発器入口）
- ② 高圧配管（蒸発器出口）
- ③ 高圧水素ディスペンサー出口配管
- ④ 液体水素ディスペンサーの真空フレキ
- ⑤ 高圧水素ディペンサーの自動弁、流調弁、手動弁、計器
- ⑥ 蓄圧器
- ⑦ 蓄圧器
- ⑧ 高圧水素ディスペンサーの充填ホース、充填ノズル
- ⑨ 液体水素ポンプ入口の真空フレキ

表 1.1.5-3 圧力温度履歴

圧力温度 区分	設備	調査部位	区分	変動	履歴(回)
1	液水充填ライン	④	圧力	常時 0.35MPa	0
			温度	液水充填時、 常温→-253℃→常温	495
2	液水ポンプ入口	⑨	圧力	常時 0.35MPa	0
			温度	1回/日、 常温→-253℃→常温	1,720
3	液水ポンプ出口配管 ～蒸発器(入口側)	①	圧力	高圧充填時、 37MPa→約20MPa→37MPa	2,677
			温度	ポンプケルダウン及び高圧充填時、 常温→-253℃→常温	4,397
4	蒸発器(出口側) ～蓄圧器ハンクA	②⑥	圧力	高圧充填時、 37MPa→約20MPa→37MPa	2,677
			温度	常時 常温	0
5	蓄圧器ハンクB	⑦	圧力	ハス充填時、 39MPa→約20MPa→39MPa	336
			温度	常時 常温	0
6	高圧ディスペンサ出口 (35MPa系統)	③⑤⑧	圧力	高圧充填時、 0MPa→35MPa→0MPa	2,677
			温度	常時 常温	0

材料については健全性評価（製造法、化学成分、組織、硬さ、マクロ、材料強度）、水素分析（水素の影響）、使用時の評価（疲労亀裂進展、温度条件 RT-LH2-RT→マルテンサイト変態）、弁・計器類はシート面、グランド部の評価（例えば損傷の程度やパッキンの挙動）等の調査が行われている。

(4) 70MPa 設備（蓄圧器、高圧配管等）

JHFC の 35MPa 水素ステーションに 70MPa 設備を増設して 2008 年 9 月～2009 年 2 月にかけて運用が開始された。運用が最も早いステーションは 2010 年度末の時点で 2 年 4 ヶ月間の運用となる。図 1.1.5-8 に 70MPa 設備の構成を示す。

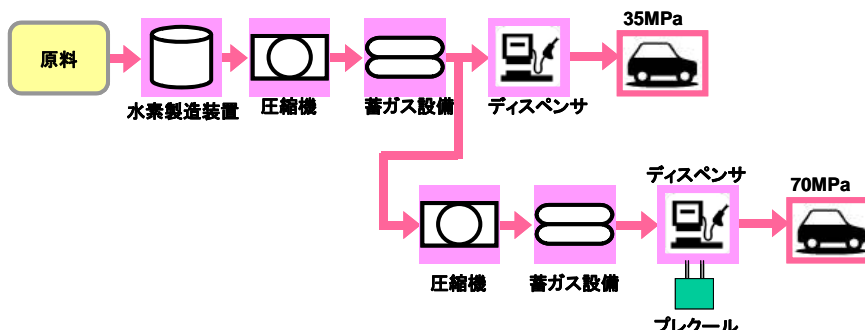


図 1.1.5-8 70MPa ステーションの設備の例

70MPa 設備は国内では初めての設備であり、今後の 70MPa 設備の継続使用のためにも、安全性の評価を行うことは重要であり、次年度以降の運用に支障をきたさない範囲で調査を行うこととし、表 1.1.5-4 に示す設備の調査を予定している。

表 1.1.5-4 70MPa 設備の調査部位

調査対象設備、部品	ステーション	備考
高強度ステンレス配管 (ASTM A213 TP316、Cold Work材)	千住	建設時点で70MPaで使用可能なものまたは実績があるものを使用しているが、今後も継続して使用できることを確認
鋼製蓄圧器 (SNCM439)	千住	
TYPEⅢ蓄圧器 (複合容器)	霞ヶ関	今後の使用期限の緩和のためのデータとしたい
ステンレス配管 (JIS SUS316L) 溶接部	霞ヶ関	溶接部の評価はJHFCでは初めて
充填ホース (樹脂製)	千住	海外ではプレクール時の耐久性が議論されている

なお、調査部位の研究機関への提供は鋼製蓄圧器以外は 2010 年度末の予定である。

1.1.6 水素ステーションのエネルギー効率測定

JHFC1 に引き続き、水素ステーションにおける水素製造及び圧縮・供給に使用されるエネルギー（原燃料及び電力）の測定を実施し、水素ステーションのエネルギー効率及び水素製造・圧縮・供給により排出される CO₂ の算出を実施した。なお、JHFC2 では 70MPa 対応ステーションが 4 か所設置されており、これらも含めた測定を実施した上で、35MPa 充填時との比較、プレクール設備のエネルギー消費の検討、及び商用ステーションの将来効率予測の検討等を実施した。

JHFC 各水素ステーション 11 箇所、及び JHFC 協賛ステーション 3 箇所のステーションエネルギー効率測定の結果を表 1.1.6-1 に示す。

なお、本項で取り上げるエネルギー効率とは、FCV へ供給される単位あたり水素量の持つエネルギーに対して水素ステーションでの水素製造及び圧縮・供給に要するエネルギーの比率である（詳細は 1.1.6.1 項を参照）。水素ステーションの始業・終業・待機中等に設備で消費されるエネルギーについては考慮していないことに留意されたい。

表 1.1.6-1 JHFC 水素ステーションにおけるエネルギー効率
(JHFC 協賛ステーション含む)

	ステーション名	製造方式	35MPa 効率 HHV(LHV)%	70MPa 効率 HHV(LHV)%
オンサイト	横浜・旭	ナフサ改質	66.0(58.9)%	63.1(56.2)%
	横浜・大黒	脱硫ガソリン改質	63.1(56.5)%	61.4(54.9)%
	千住	都市ガス改質	64.0(60.0)%	62.1(58.0)%
	セントレア		64.6(60.5)%	—
	大阪		63.2(59.0)%	—
	相模原	アルカリ水電解	70.9(60.5)%	—
	川崎	メタノール改質	74.3(70.7)%	—
	(協賛)九州大学	固体高分子水電解	43.1(36.8)%	—
オフサイト	霞ヶ関	高圧水素貯蔵	—	96.2(95.3)%
	船橋		96.0(95.3)%	—
	関西空港		99.9(99.9)%	—
	有明(移設後)	液体水素貯蔵	73.0(70.8)%	—
	(協賛)日光	高圧水素貯蔵	89.6(88.0)%	—
	(協賛)北九州		88.4(86.7)%	—

また、図 1.1.6-1 及び図 1.1.6-2 に、JHFC 水素ステーションにおいて、水素 1kg 製造・供給に投入されるエネルギーの内訳を示した（JHFC 協賛ステーションを除く）。

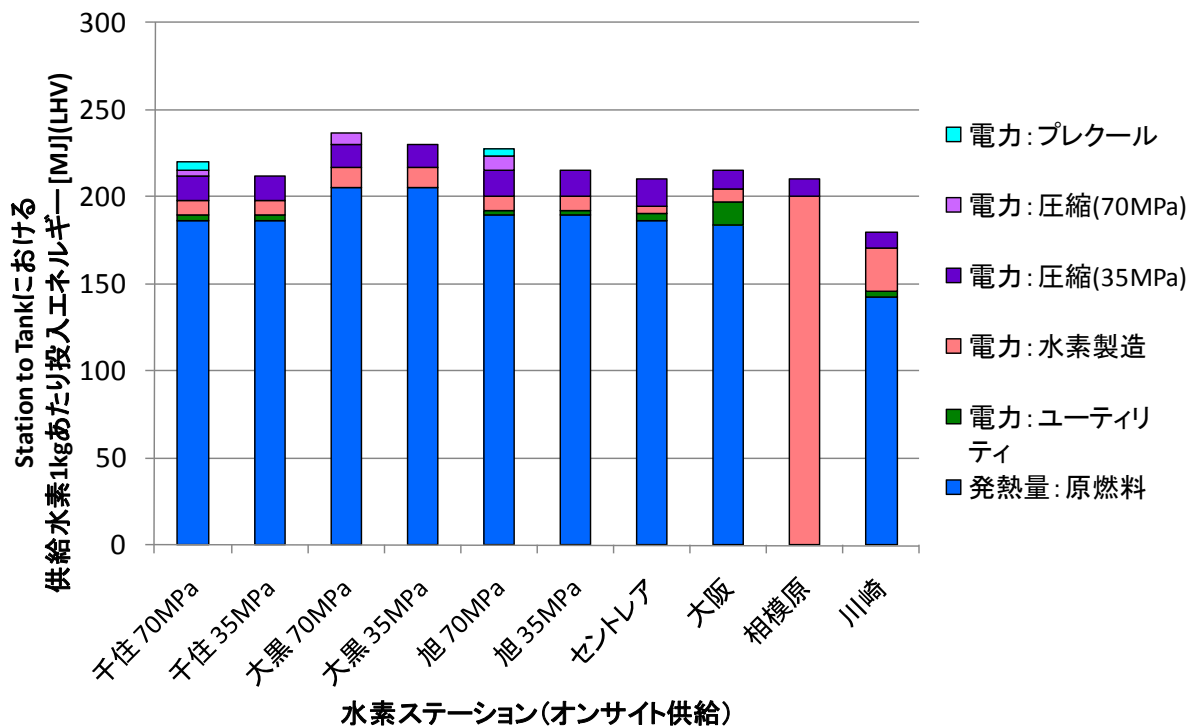


図 1.1.6-1 オンサイト供給タイプの水素ステーションでの Station to Tank における供給水素 1kg あたりの投入エネルギー

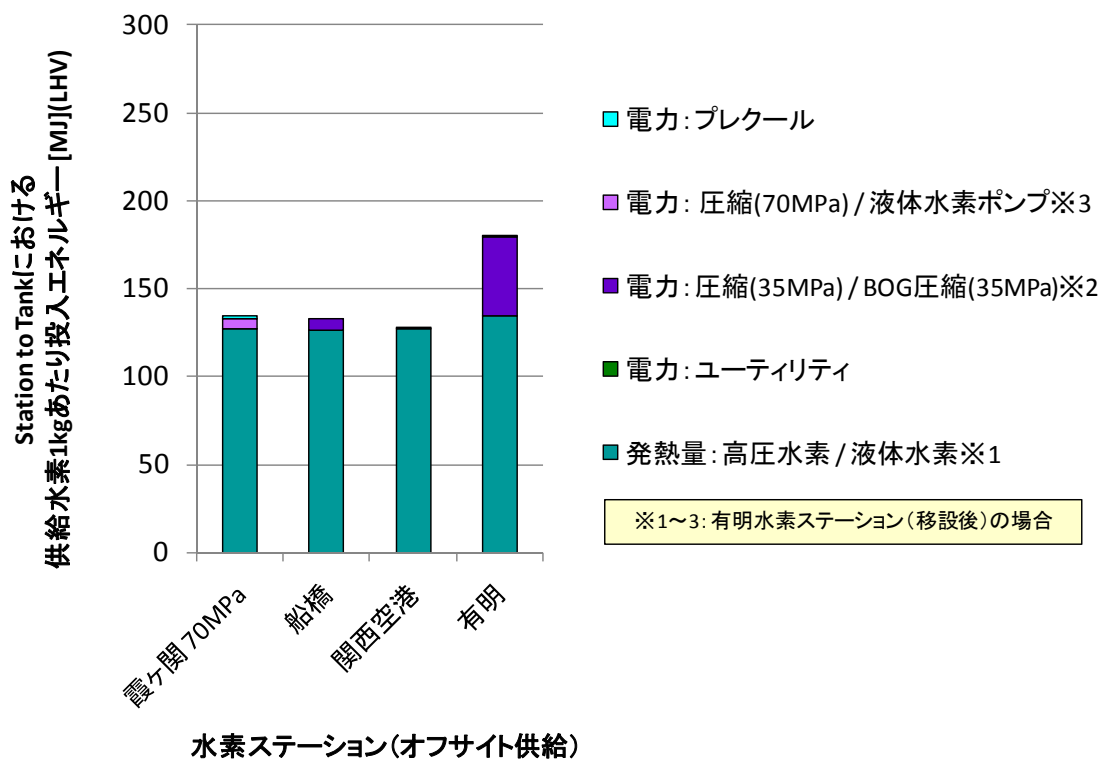


図 1.1.6-2 オフサイト供給タイプの水素ステーションでの Station to Tank における供給水素 1kg あたりの投入エネルギー

また、千住水素ステーションにおけるエネルギー効率の冬季・夏季の実測値（2009年1月及び2009年9月測定）の平均値を基に、NEDOプロジェクト等の成果技術を適用した場合に予測されるエネルギー効率を算出した。

表 1.1.6-2 将来の商用水素ステーションにおけるエネルギー効率予測

	製造方式	35MPa 効率 HHV(LHV)%	70MPa 効率 HHV(LHV)%
千住実測 (夏・冬平均)	都市ガス改質	65.2(60.9)%	63.7(59.4)%
将来予測		78.3(73.2)%	76.8(71.8)%

表 1.1.6-2 に、都市ガス水蒸気改質方式のオンサイト型水素ステーションの将来のエネルギー効率の予測を示す（表 1.1.6-1 と表 1.1.6-2 とでは、千住の実測値が異なることに注意）。

表 1.1.6-2 に示す通り、将来的のオンサイト型商用水素ステーションでは現在よりも 10 ポイント以上の効率向上が見込まれる（詳細は、1.1.6.6 項を参照のこと）。

1.1.6.1 ステーションエネルギー効率の定義及び前提

一般にエネルギーの評価範囲には、自動車の LCA (Life Cycle Assessment) の観点において、
図 1.1.6.1-1 に示すように

- ・ 「Well to Wheel」 (一次エネルギー採掘～車両走行による消費まで)
- ・ 「Well to Tank」 (一次エネルギー採掘～車両タンクへの給油まで)
- ・ 「Tank to Wheel」 (車両タンクへの給油後～車両走行まで)

といった区分がある。

本項で定義する水素ステーションのエネルギー効率とは、上記 3 区分とは別に水素ステーション (Station) における原燃料からの水素製造・圧縮～車両 (FCV=燃料電池自動車) の水素タンク (Tank) への水素充填までの範囲「Station to Tank」(JHFC1 においては「Charge Tank to Fuel Tank (CT to FT)」と呼称していた) を対象とする。

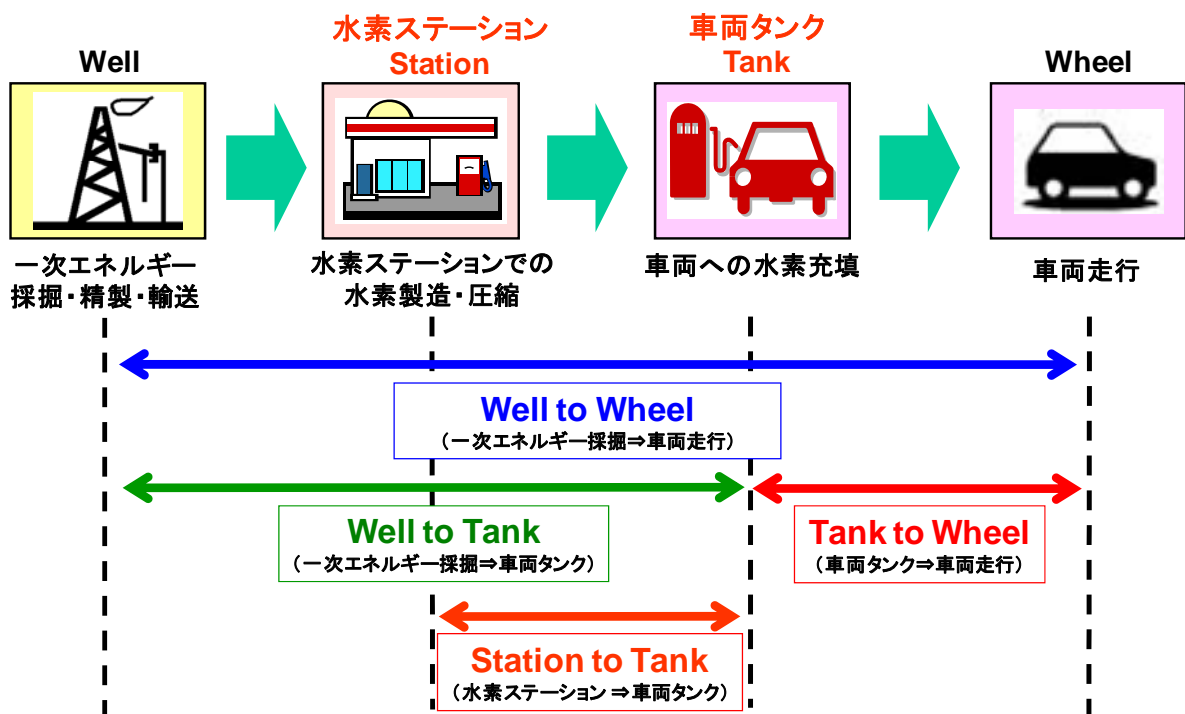


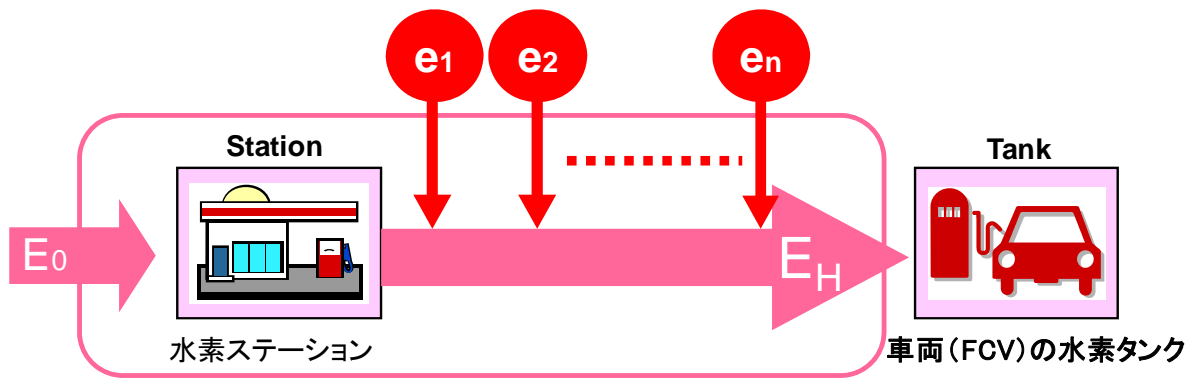
図 1.1.6.1-1 自動車 LCA (Life Cycle Assessment) の評価範囲と Station to Tank (CT to FT) の関係

水素ステーションのエネルギー効率 η の定義を式 1.1.6.1-1 に、エネルギーフローの定義を図 1.1.6.1-2 に示す。

ステーションのエネルギー効率 η の定義式

$$\eta = \frac{\text{車両タンクに充填された水素ガスの保有エネルギー量 } (E_H)}{\text{水素ステーションで水素製造・圧縮・充填に投入された全エネルギー } (E_0 + \sum e_n)} \times 100 [\%]$$

……………式 1.1.6.1-1



- E_0 : 水素製造に使用された原燃料の持つエネルギー 22
 (例：水素製造における都市ガス使用量あたりの発熱量)
- e_n : 水素製造・圧縮・充填に使用された電力
 (例：圧縮機の消費電力)
- E_H : 車両 (FCV) の水素タンクに充填された高圧水素の持つエネルギー
 (例：水素充填量あたりの発熱量+35MPa (70MPa) の圧力エネルギー)

図 1.1.6.1-2 ステーションにおけるエネルギーフローの定義

図 1.1.6.1-2 に示すように、 E_0 は水素製造の原料となる原燃料のエネルギー、 e_n は水素製造・圧縮・制御等に必要となる電力 ($\sum e_n$ は $e_1 \sim e_n$ の和)、 E_H は車両タンクに充填された水素の持つエネルギーとなり、実際の計算時には E_H を水素 1kg あたりの持つエネルギーを基準とした。

なお、電力 (単位[kWh]) は全て換算係数：3.6 [MJ/kWh] を用いて熱量単位[MJ]に換算して計算を行っている。また原燃料のエネルギーは、原燃料が高圧ガスの場合、その原燃料の発熱量と圧力エネルギーの和とした。すなわちオフサイト型水素ステーションの場合、原燃料は高圧水素となるため、水素の発熱量と圧力エネルギーの和となる。車両(FCV)へ充填された高圧水素についても同様であり、圧力エネルギーは以下のように計算される。

水素ガス 1mol あたりの圧力エネルギー (E_{pf}) の定義を式 1.1.6.1-2 に示す。

$$E_{pf} = R \times t_f \times \ln (p_f / p_0) \text{ [J/mol at } p_f] \quad \dots\dots\dots \text{式 1.1.6.1-2}$$

R	気体定数	(8.31510 [Jmol-1K-1])
t_f	水素ガスの温度 (絶対温度)	(298.15 [K])
p_0	標準大気圧 (絶対圧力)	(101.325 [kPa])
p_f	水素ガスの圧力 (絶対圧力)	([kPa])

ここで水素ガスの圧力とは、原燃料としてステーションの蓄圧器に充填された際の圧力、もしくは車両(FCV)の水素タンクに充填された際の圧力を指す。

式 1.1.6.1-2 の利用の具定的な例として、35MPa・70MPa・大気圧のそれぞれの場合につき、水素ガス 1 kg 当たりの保有エネルギー（25℃基準）を表 1.1.6.1-1 に示した。

表 1.1.6.1-1 水素ガスの保有エネルギー（25℃）

	単位	水素ガス 1 kg 当たりの保有エネルギー	
		低位発熱量ベース (LHV)	高位発熱量ベース (HHV)
大気圧	MJ/kg	120	142
	MJ/Nm ³	10.8	12.8
35 MPa (ゲージ圧)	MJ/kg	127	149
	MJ/Nm ³	11.4	13.4
70 MPa (ゲージ圧)	MJ/kg	128	150
	MJ/Nm ³	11.5	13.5

注：水素の単位換算係数： 0.0899 [kg/Nm³]

表 1.1.6.1-1 の水素ガスの保有エネルギーは、低位発熱量（LHV=Lower Heating Value；真発熱量）ベース、高位発熱量（HHV=Higher Heating Value；総発熱量）ベースについてそれぞれ求めている。

表 1.1.6.1-2 に各種原燃料の発熱量を定義した。本報告における数値は基本的には平成 17 年度末に JHFC 総合効率検討特別委員会より公表された発熱量（「JHFC 総合効率検討結果」報告書 平成 18 年 3 月）を用いることとした（但し、都市ガスについてはガス会社により平成 18 年に熱量変更が行われているため、各ガス会社公称値を使用した）。JHFC1 での効率測定データに使われた原燃料の発熱量の値と異なっている場合があるため、本報告書の結果と JHFC1 で公表された効率の結果とでは差異が出る可能性があることに留意されたい。

表 1.1.6.1-2 エネルギー効率算定用発熱量・CO₂ 排出係数一覧

	単位換算係数	高位発熱量 HHV	低位発熱量 LHV	高位発熱量 HHV (単位換算)	低位発熱量 LHV (単位換算)	CO ₂ 排出係数
都市ガス13A (関東・関西)	0.817 [kg/Nm ³]	45.0 [MJ/Nm ³]	40.5 [MJ/Nm ³]	55.1 [MJ/kg]	49.6 [MJ/kg]	2.29 [kg-Nm ³ /kg]
都市ガス13A (中部)	0.847 [kg/Nm ³]	46.0 [MJ/Nm ³]	41.4 [MJ/Nm ³]	54.3 [MJ/kg]	48.9 [MJ/kg]	2.36 [kg-Nm ³ /kg]
メタノール	0.796 [kg/L]	18.1 [MJ/L]	15.8 [MJ/L]	22.7 [MJ/kg]	19.8 [MJ/kg]	1.37 [kg-CO ₂ /kg]
ナフサ	0.723 [kg/L]	33.6 [MJ/L]	31.9 [MJ/L]	46.5 [MJ/kg]	44.1 [MJ/kg]	3.09 [kg-CO ₂ /kg]
脱硫ガソリン※	0.733 [kg/L]	34.6 [MJ/L]	32.9 [MJ/L]	47.2 [MJ/kg]	44.9 [MJ/kg]	3.17 [kg-CO ₂ /kg]

※脱硫ガソリンは、ガソリンの値を採用した

水素製造に係る CO₂ 排出量については、水素製造に要した原燃料及び電力について計算を実施した。原燃料の CO₂ 排出係数は、発熱量と同様に平成 17 年 JHFC 総合効率検討特別委員会において定義された値を使用した。但し、都市ガスについては、一部で熱量変更が行われているため、ガス会社 3 社（東京ガス・東邦ガス・大阪ガス）が現在公表している値を地域ごとにそれぞれ採用した（表 1.1.6.1-2 及び表 1.1.6.1-3 参照）

また、JHFC1 における各水素ステーションのエネルギー効率については、電力消費による CO₂ 排出量が計算されていなかったため、本報告では電力会社 3 社（東京電力・中部電力・関西電力）の CO₂ 排出係数の公表値の平均値を採用し計算に加えた。なお、電力会社の CO₂ 排出係数は「地球温暖化対策の推進に関する法律」により炭素クレジットによる調整が認められているが、実排出量の観点から本報告では炭素クレジット反映前の値を採用した（表 1.1.6.1-3 参照 電力とガスで排出係数の単位が異なることに留意のこと）。

表 1.1.6.1-3 電力・ガス会社 CO₂ 排出係数一覧（2010 年 11 月現在 各社公表値）

	企業名	CO ₂ 排出係数		備考
ガス会社	東京ガス株式会社	2.29	[kg-CO ₂ /Nm ³]	関東地区
	大阪ガス株式会社	2.29	[kg-CO ₂ /Nm ³]	関西地区
	東邦ガス株式会社	2.36	[kg-CO ₂ /Nm ³]	中部地区
	ガス3社平均値	2.31	[kg-CO ₂ /Nm ³]	
電力会社	東京電力株式会社	0.384(0.324)	[kg-CO ₂ /kWh]	2009年度実績 ()内数字は炭素クレジット反映後
	関西電力株式会社	0.355(0.299)	[kg-CO ₂ /kWh]	2008年度実績 ()内数字は炭素クレジット反映後
	中部電力株式会社	0.474(0.417)	[kg-CO ₂ /kWh]	2009年度実績 ()内数字は炭素クレジット反映後
	電力3社平均値	0.404 (0.347)	[kg-CO ₂ /kWh]	

この CO₂ 排出係数を基に、「各原燃料の CO₂ 排出係数×原燃料投入量」と「電力の CO₂ 排出係数×電力消費量」の和が水素製造に必要な CO₂ 排出量となる。

なお、本項で取り扱った CO₂ 排出量のうち、電力については電力会社 3 社の公表値の平均値を用いているため、JHFC2 で実施されている総合効率検討結果とは異なる場合があることに留意されたい。

1.1.6.2 各水素ステーションのエネルギー効率詳細

(1) 横浜・旭水素ステーション

図 1.1.6.2-1 に横浜・旭水素ステーションのフロー・投入エネルギー、表 1.1.6.2-1 に水素 1kg あたりの供給に必要なエネルギー（70MPa 供給時）・CO₂ 排出量を示す。

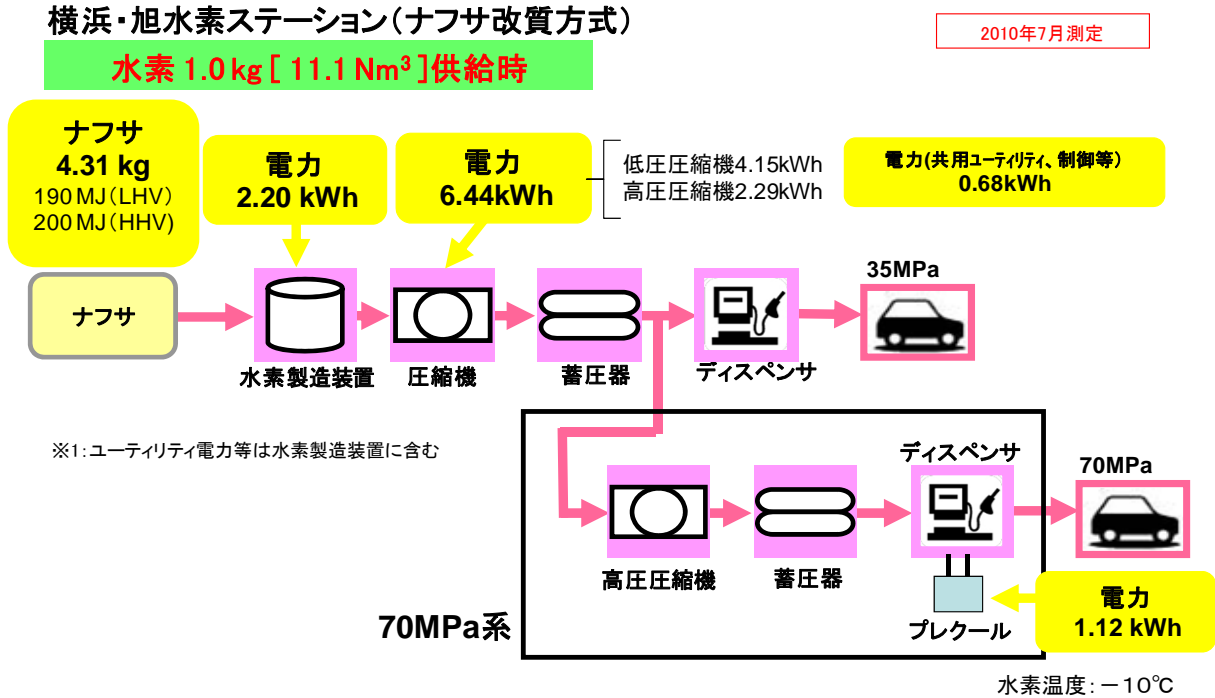


図 1.1.6.2-1 横浜・旭水素ステーション（ナフサ水蒸気改質方式）のフローと投入エネルギー

表 1.1.6.2-1 横浜・旭水素ステーション（70MPa 供給時）における水素 1kg あたりの供給に必要なエネルギー

投入エネルギーの種類	投入エネルギー原単位	投入エネルギー原単位		CO ₂ 排出量
		LHV	HHV	
ナフサ	4.31 kg	190 MJ	200 MJ	13.3 kg
電力	10.5 kWh	37.6 MJ		4.24 kg

注：充填水素ガスが保有するエネルギー（発熱量+圧力）： 128MJ/kg(LHV) 150MJ/kg(HHV)
（高圧水素ガスの条件：温度 25°C 圧力 70MPa）

上記数値から算出されるステーションエネルギー効率： 56.2 % (LHV) / 63.1% (HHV)

上記の 70MPa 充填時の投入エネルギーの数値から、高圧圧縮機及びプレクール設備の消費電力を除いて再計算したものが 35MPa 充填時の効率となる。表 1.1.6.2-2 に水素 1kg あたりの供給に必要なエネルギー（35MPa 供給時）・CO₂ 排出量を示す。

表 1.1.6.2-2 横浜・旭水素ステーション（35MPa 供給時）における
水素 1kg あたりの供給に必要なエネルギー

投入エネルギー の種類	投入エネルギー 原単位	投入エネルギー原単位		CO2 排出量
		LHV	HHV	
ナフサ	4.31 kg	190 MJ	200 MJ	13.3 kg
電力	7.04 kWh	25.3 MJ		2.84 kg

注：充填水素ガスが保有するエネルギー（発熱量+圧力）：127MJ/kg(LHV) 149MJ/kg(HHV)
（高圧水素ガスの条件：温度 25℃ 圧力 35MPa）

上記数値から算出されるステーションエネルギー効率：58.9%(LHV) / 66.0%(HHV)

(2) 横浜・大黒水素ステーション

図 1.1.6.2-2 に横浜・大黒水素ステーションのフロー・投入エネルギー、表 1.1.6.2-3 に水素 1kg あたりの供給に必要なエネルギー（70MPa 供給時）・CO₂ 排出量を示す。

横浜・大黒水素ステーション(脱硫ガソリン改質方式)

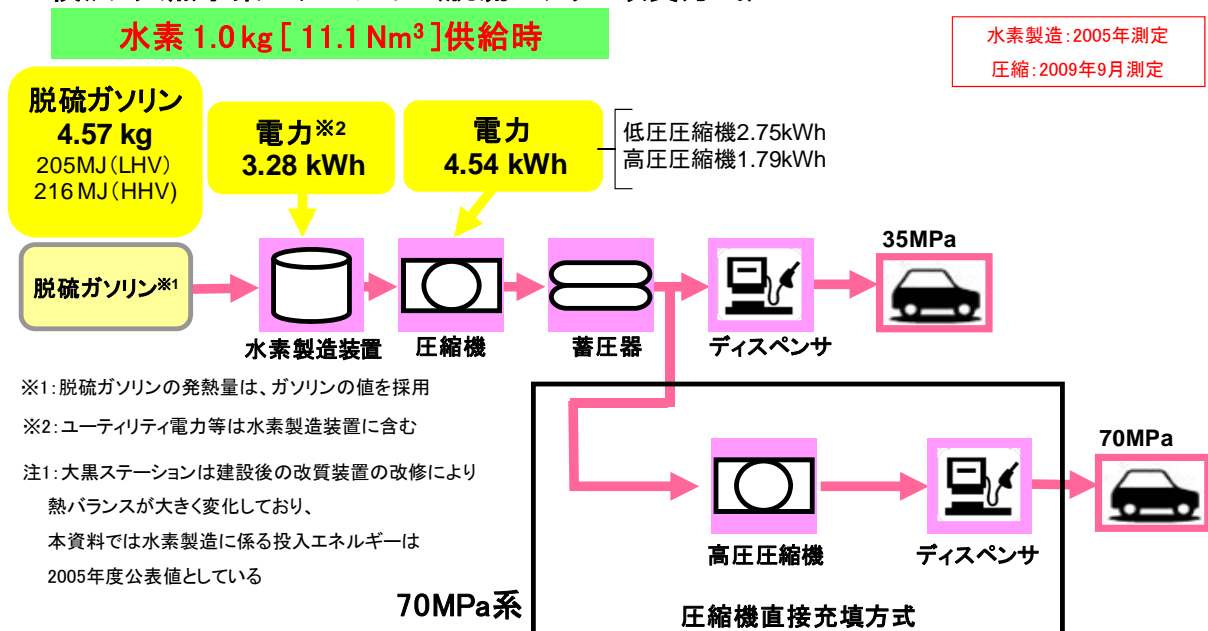


図 1.1.6.2-2 横浜・大黒水素ステーション（脱硫ガソリン水蒸気改質方式）のフローと投入エネルギー

表 1.1.6.2-3 横浜・大黒水素ステーション（70MPa 供給時）における水素 1kg あたりの供給に必要なエネルギー

投入エネルギーの種類	投入エネルギー原単位	投入エネルギー原単位		CO ₂ 排出量
		LHV	HHV	
脱硫ガソリン	4.57 kg	205 MJ	216 MJ	14.5 kg
電力	7.82 kWh	28.2 MJ		3.16 kg

注：充填水素ガスが保有するエネルギー（発熱量+圧力）： 128MJ/kg(LHV) 150MJ/kg(HHV)（高圧水素ガスの条件：温度 25℃ 圧力 70MPa）

上記数値から算出されたステーションエネルギー効率： 54.9 % (LHV) / 61.4% (HHV)

上記の 70MPa 充填時の投入エネルギーの数値から、高圧圧縮機及びプレクール設備の消費電力を除いて再計算したものが 35MPa 充填時の効率となる。表 1.1.6.2-4 に水素 1kg あたりの供給に必要なエネルギー（35MPa 供給時）・CO₂ 排出量を示す。

表 1.1.6.2-4 横浜・大黒水素ステーション（35MPa 供給時）における
水素 1kg あたりの供給に必要なエネルギー

投入エネルギー の種類	投入エネルギー 原単位	投入エネルギー原単位		CO2 排出量
		LHV	HHV	
脱硫ガソリン	4.57 kg	205 MJ	216 MJ	14.5 kg
電力	6.03 kWh	21.7 MJ		2.44 kg

注：充填水素ガスが保有するエネルギー（発熱量+圧力）：127MJ/kg(LHV) 149MJ/kg(HHV)
（高圧水素ガスの条件：温度 25℃ 圧力 35MPa）

上記数値から算出されたステーションエネルギー効率：56.5%(LHV) / 63.1%(HHV)

(3) 千住水素ステーション

図 1.1.6.2-3 に千住水素ステーションのフロー・投入エネルギー、表 1.1.6.2-5 に水素 1kg あたりの供給に必要なエネルギー（70MPa 供給時）・CO₂ 排出量を示す。

千住水素ステーション(都市ガス改質方式)

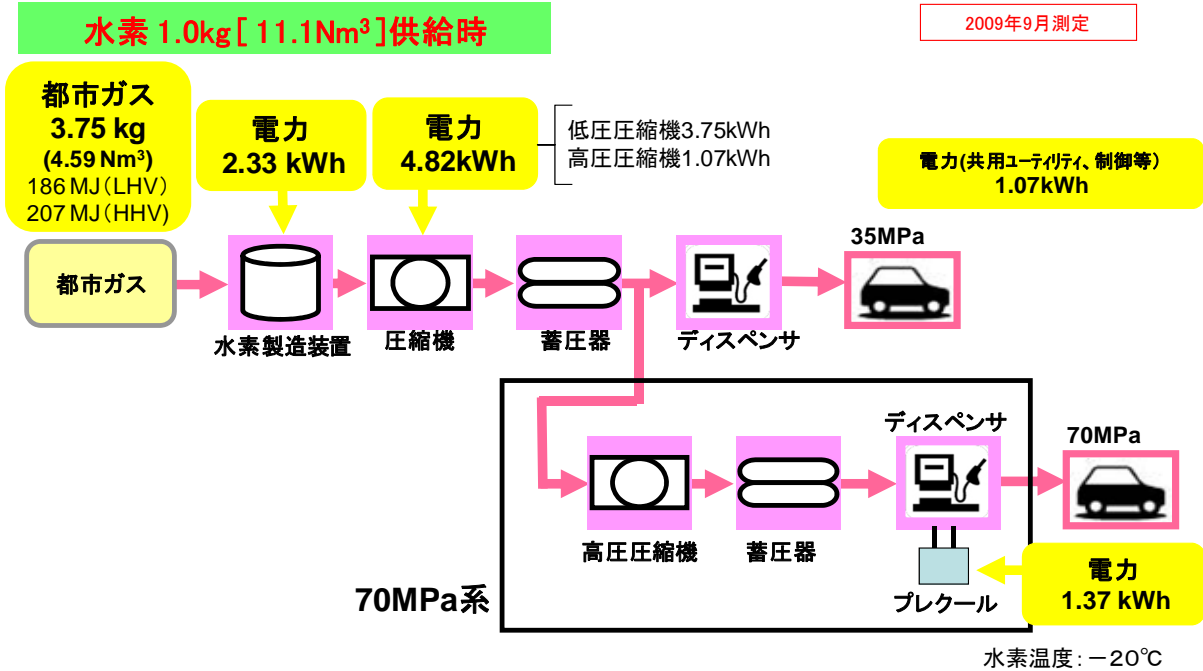


図 1.1.6.2-3 千住水素ステーション(都市ガス水蒸気改質方式)のフローと投入エネルギー

表 1.1.6.2-5 千住水素ステーション(70MPa 供給時)における
水素 1kg あたりの供給に必要なエネルギー

投入エネルギーの種類	投入エネルギー原単位	投入エネルギー原単位		CO ₂ 排出量
		LHV	HHV	
都市ガス	3.75 kg 4.59 m ³ (nor)	186 MJ	207 MJ	10.5 kg
電力	9.59 kWh	34.5 MJ		3.87 kg

注：充填水素ガスが保有するエネルギー（発熱量+圧力）：128MJ/kg(LHV) 150MJ/kg(HHV)
（高圧水素ガスの条件：温度 25°C 圧力 70MPa）

上記数値から算出されるステーションエネルギー効率：58.0% (LHV) / 62.1% (HHV)

上記の 70MPa 充填時の投入エネルギーの数値から、高圧圧縮機及びプレクール設備の消費電力を除いて再計算したものが 35MPa 充填時の効率となる。表 1.1.6.2-6 に水素 1kg あたりの供給に必要なエネルギー（35MPa 供給時）・CO₂ 排出量を示す。

表 1.1.6.2-6 千住水素ステーション（35MPa 供給時）における
水素 1kg あたりの供給に必要なエネルギー

投入エネルギー の種類	投入エネルギー 原単位	投入エネルギー原単位		CO2 排出量
		LHV	HHV	
都市ガス	3.75 kg 4.59 m3(nor)	186 MJ	207 MJ	10.5 kg
電力	7.15 kWh	25.7 MJ		2.89 kg

注：充填水素ガスが保有するエネルギー（発熱量+圧力）： 127MJ/kg(LHV) 149MJ/kg(HHV)
（高圧水素ガスの条件：温度 25℃ 圧力 35MPa）

上記数値から算出されたステーションエネルギー効率： 60.0%(LHV) / 64.0%(HHV)

(4) セントレア水素ステーション

図 1.1.6.2-4 にセントレア水素ステーションのフロー・投入エネルギー、表 1.1.6.2-7 に水素 1kg あたりの供給に必要なエネルギー（35MPa 供給時）・CO₂ 排出量を示す。

セントレア水素ステーション(都市ガス改質方式)

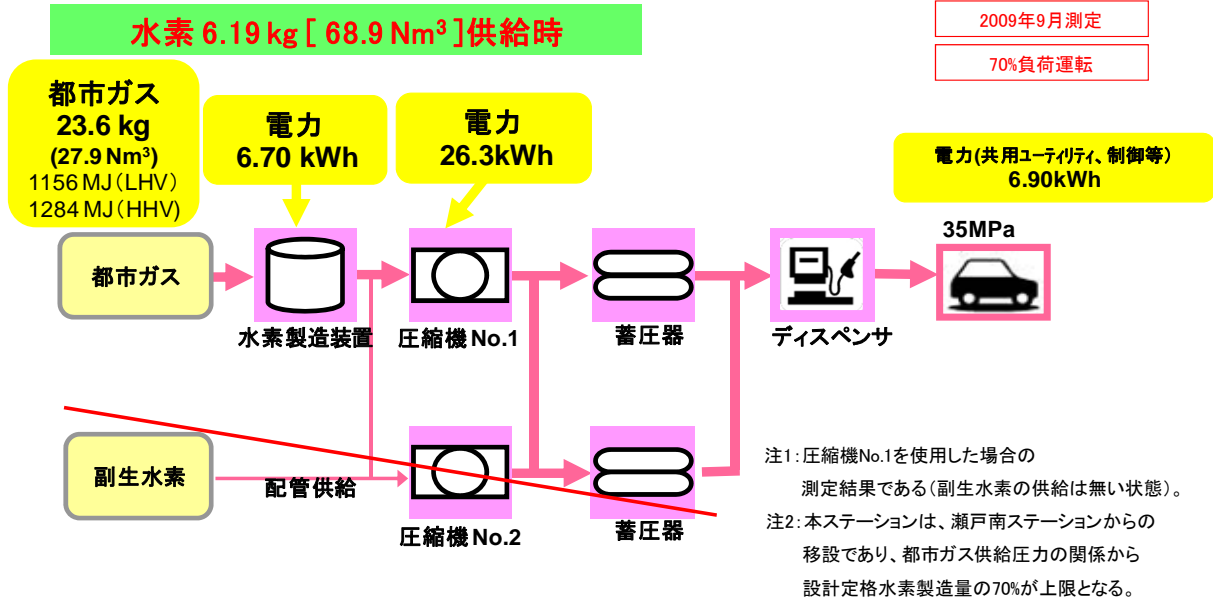


図 1.1.6.2-4 セントレア水素ステーション（都市ガス水蒸気改質方式）のフローと投入エネルギー

表 1.1.6.2-7 セントレア水素ステーション（35MPa 供給時）における水素 1kg あたりの供給に必要なエネルギー

投入エネルギーの種類	投入エネルギー原単位	投入エネルギー原単位		CO ₂ 排出量
		LHV	HHV	
都市ガス	3.82 kg 4.51 m ³ (nor)	187 MJ	207 MJ	10.64 kg
電力	6.44 kWh	23.2 MJ		2.60 kg

注：充填水素ガスが保有するエネルギー（発熱量+圧力）： 127MJ/kg(LHV) 149MJ/kg(HHV)
（高压水素ガスの条件：温度 25℃ 圧力 35MPa）

上記数値から算出されるステーションエネルギー効率： 60.5 % (LHV) / 64.6% (HHV)

(5) 大阪水素ステーション

図 1.1.6.2-5 に大阪水素ステーションのフロー・投入エネルギー、表 1.1.6.2-8 に水素 1kg あたりの供給に必要なエネルギー（35MPa 供給時）・CO2 排出量を示す。

大阪水素ステーション(都市ガス改質方式)

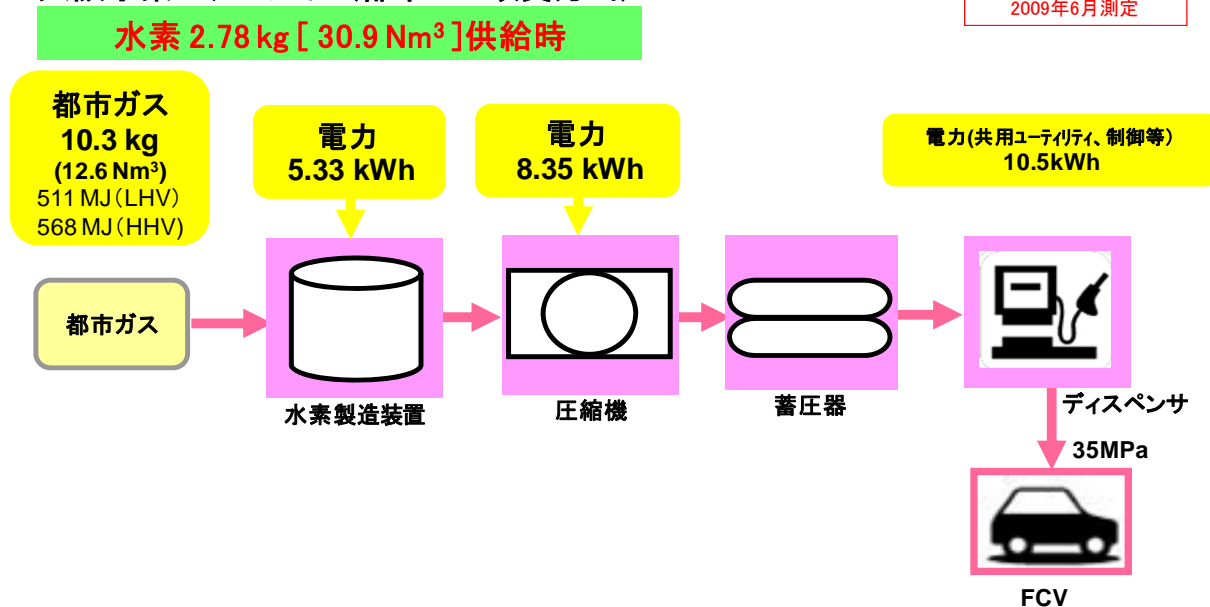


図 1.1.6.2-5 大阪水素ステーション（都市ガス水蒸気改質方式）のフローと投入エネルギー

表 1.1.6.2-8 大阪水素ステーション（35MPa 供給時）における
水素 1kg あたりの供給に必要なエネルギー

投入エネルギーの種類	投入エネルギー原単位	投入エネルギー原単位		CO2 排出量
		LHV	HHV	
都市ガス	3.71 kg 4.53 m ³ (nor)	184 MJ	204 MJ	10.4 kg
電力	8.70 kWh	31.3 MJ		3.51 kg

※充填水素ガスが保有するエネルギー（発熱量+圧力）： 127MJ/kg(LHV) 149MJ/kg(HHV)
（高压水素ガスの条件：温度 25℃ 圧力 35MPa）

上記数値から算出されるステーションエネルギー効率： 59.0 % (LHV) / 63.2% (HHV)

(6) 相模原水素ステーション

図 1.1.6.2-6 に相模原水素ステーションのフロー・投入エネルギー、表 1.1.6.2-9 に水素 1kg あたりの供給に必要なエネルギー（35MPa 供給時）・CO₂ 排出量を示す。

相模原水素ステーション(アルカリ水電解方式)

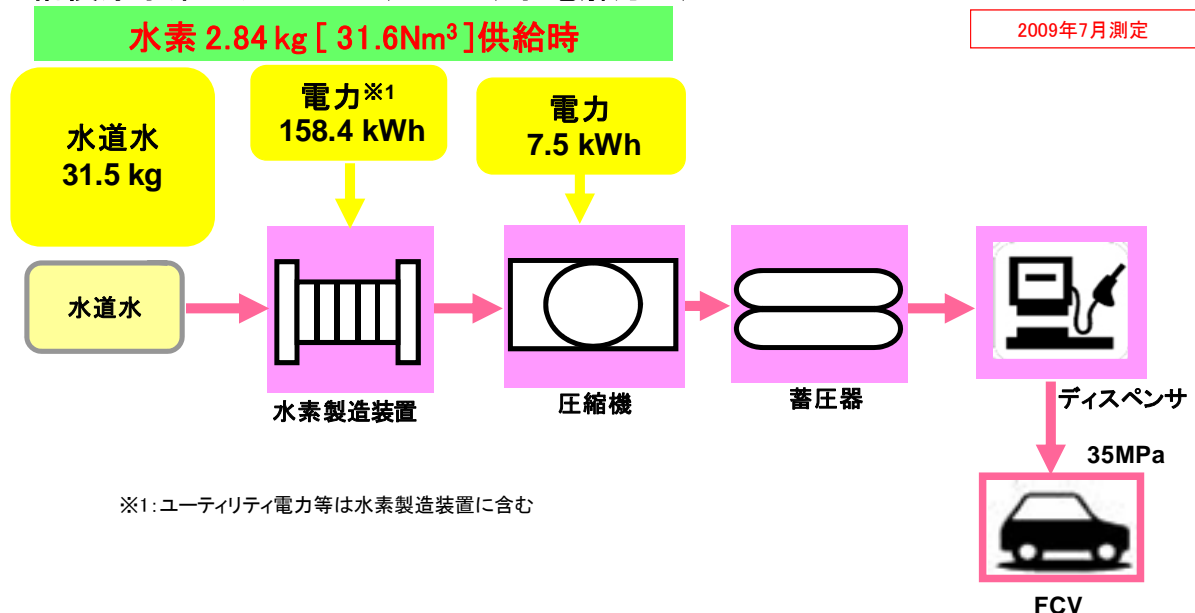


図 1.1.6.2-6 相模原水素ステーション（アルカリ水電解方式）のフローと投入エネルギー

表 1.1.6.2-9 相模原水素ステーション（35MPa 供給時）における
水素 1kg あたりの供給に必要なエネルギー

投入エネルギーの種類	投入エネルギー原単位	投入エネルギー原単位		CO ₂ 排出量
		LHV	HHV	
水	—	—	—	—
電力	55.8 kWh	200 MJ		22.5 kg

注：充填水素ガスが保有するエネルギー（発熱量+圧力）： 127MJ/kg(LHV) 149MJ/kg(HHV)
（高圧水素ガスの条件：温度 25℃ 圧力 35MPa）

上記数値から計算されたステーションエネルギー効率： 60.5 % (LHV) / 70.9 % (HHV)

(7) 川崎水素ステーション

図 1.1.6.2-7 に川崎水素ステーションのフロー・投入エネルギー、表 1.1.6.2-10 に水素 1kg あたりの供給に必要なエネルギー（35MPa 供給時）・CO₂ 排出量を示す。

川崎水素ステーション(メタノール改質方式)

2009年7月測定

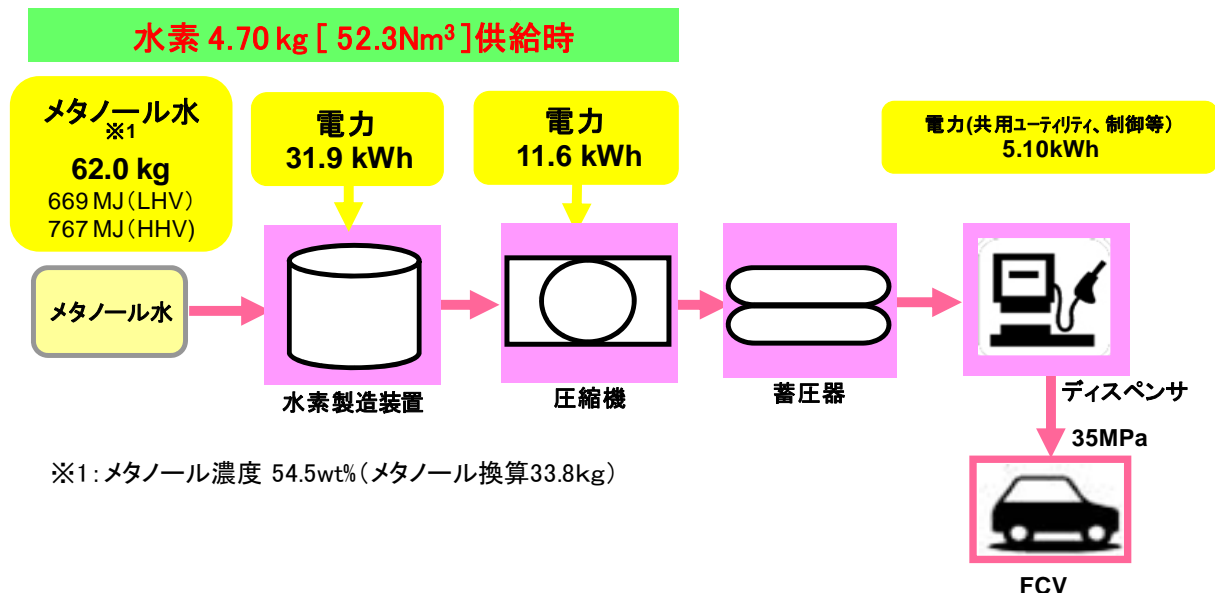


図 1.1.6.2-7 川崎水素ステーション（メタノール改質方式）のフローと投入エネルギー

表 1.1.6.2-10 川崎水素ステーション（35MPa 供給時）における
水素 1kg あたりの供給に必要なエネルギー

投入エネルギーの種類	投入エネルギー原単位	投入エネルギー原単位		CO ₂ 排出量
		LHV	HHV	
メタノール	4.30 kg	190 MJ	200 MJ	13.3 kg
電力	6.77 kWh	24.4 MJ		2.74 kg

注：充填水素ガスが保有するエネルギー（発熱量+圧力）： 127MJ/kg(LHV) 149MJ/kg(HHV)
（高圧水素ガスの条件：温度 25℃ 圧力 35MPa）

上記数値から算出されたステーションエネルギー効率： 59.3 % (LHV) / 66.4 % (HHV)

なお、川崎水素ステーションで採用しているメタノール改質方式は、都市ガスやナフサの水蒸気改質と比較して効率が高い。この理由として、都市ガス・ナフサの水蒸気改質では反応温度が 700～900℃以上であるのに対し、メタノールは 300～400℃程度であり加熱のためのエネルギー消費が少なく済むこと、また、メタノール自体の製造にエネルギーが投入されていることから効率が高くなること等が挙げられる（本項のエネルギーの計算には、原燃料の一次エネルギー採掘・精製・輸送等に必要なエネルギーは考慮していないため）。

(8) 霞ヶ関水素ステーション

図 1.1.6.2-8 に霞ヶ関水素ステーションのフロー・投入エネルギー、表 1.1.6.2-11 に水素 1kg あたりの供給に必要なエネルギー（70MPa 供給時）・CO₂ 排出量を示す。

霞ヶ関水素ステーション(オフサイト・高圧水素貯蔵方式)

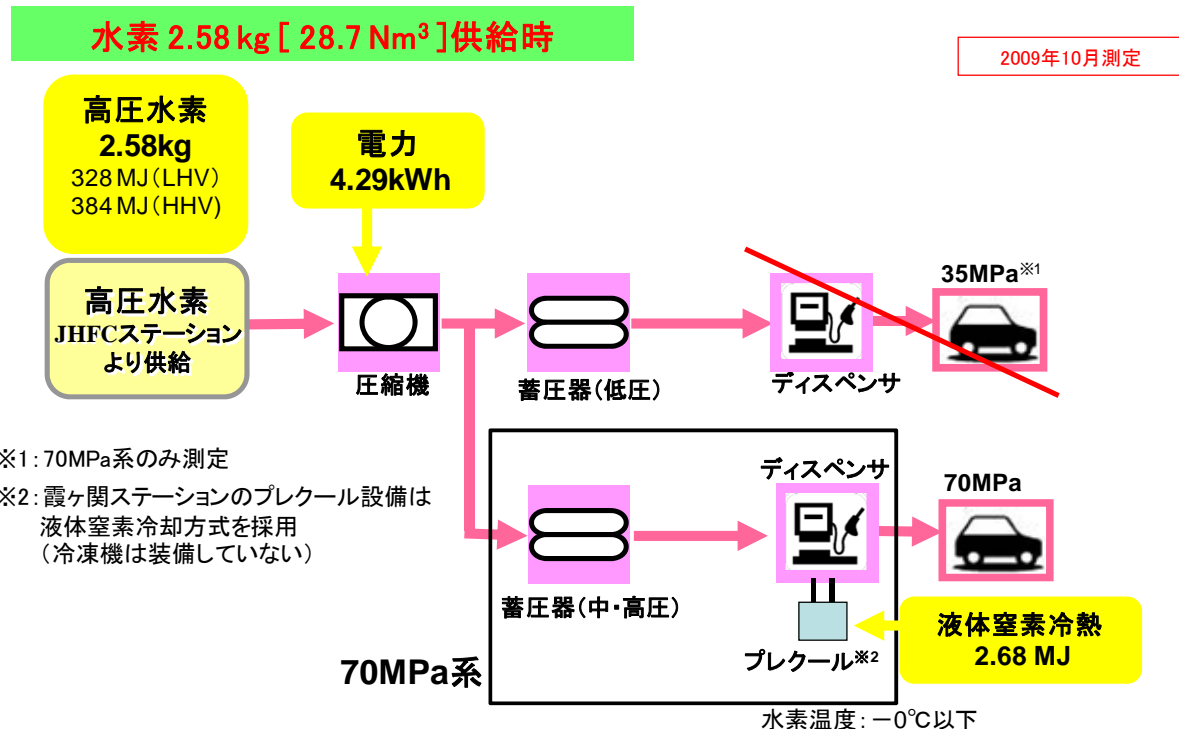


図 1.1.6.2-8 霞ヶ関水素ステーション（高圧水素貯蔵方式）のフローと投入エネルギー

表 1.1.6.2-11 霞ヶ関水素ステーション（70MPa 供給時）における水素 1kg あたりの供給に必要なエネルギー

投入エネルギーの種類	投入エネルギー原単位	投入エネルギー原単位		CO ₂ 排出量
		LHV	HHV	
高圧水素 (35MPa)	1.0 kg	127 MJ	149 MJ	—※1
電力	1.66 kWh	5.98 MJ		0.67 kg
冷熱 (プレクール液体水素)	—	1.04 MJ		0.12 kg ※2

* 充填水素ガスが保有するエネルギー（発熱量+圧力）： 128MJ/kg(LHV) 150MJ/kg(HHV)
(高圧水素ガスの条件：温度 25°C 圧力 70MPa)

*1 オフサイト型水素ステーションの場合、原燃料たる高圧水素は他 JHFC 川崎水素ステーション等で製造されたものを FCV に供給しているため、原燃料分については CO₂ 排出量は含めないものとする。

*2 液体窒素の製造原単位は不明のため、冷熱量を電力量に換算（3.6MJ/kWh）し、その数値から CO₂ 排出量を計算した。

上記数値から算出されるステーションエネルギー効率： 95.3 % (LHV) / 96.2% (HHV)

(9) 船橋水素ステーション

図 1.1.6.2-9 に千住水素ステーションのフロー・投入エネルギー、表 1.1.6.2-12 に水素 1kg あたりの供給に必要なエネルギー（35MPa 供給時）・CO₂ 排出量を示す。

船橋水素ステーション(オフサイト・高圧水素貯蔵方式)

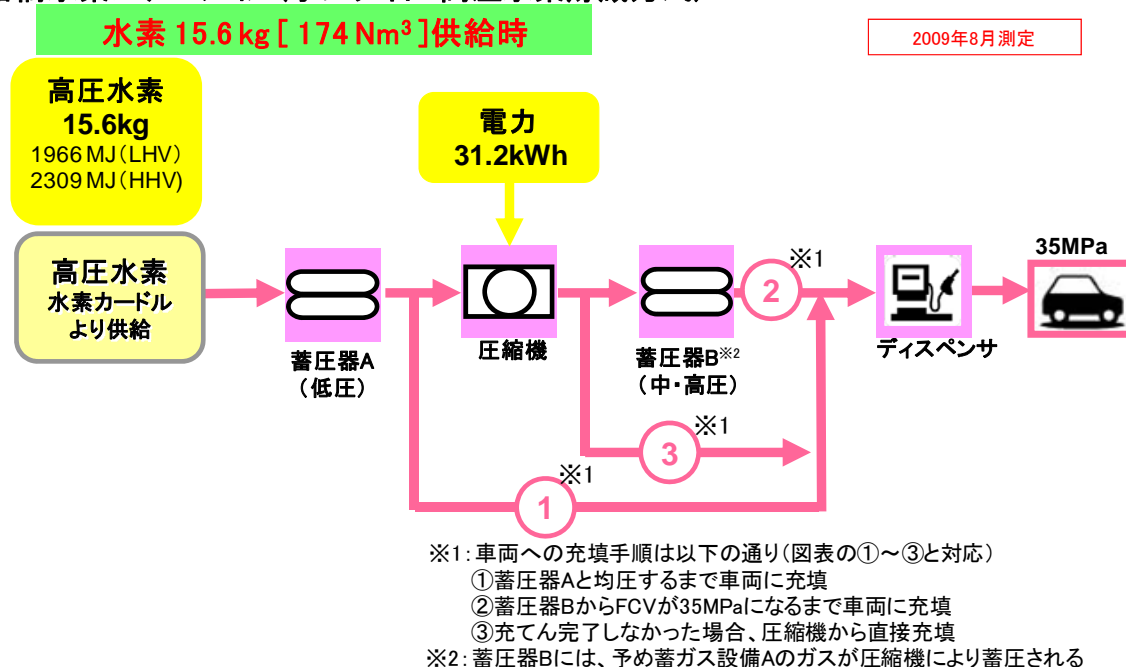


図 1.1.6.2-9 船橋水素ステーション（高圧水素貯蔵方式）のフローと投入エネルギー

表 1.1.6.2-12 船橋水素ステーション（35MPa 供給時）における
水素 1kg あたりの供給に必要なエネルギー

投入エネルギーの種類	投入エネルギー原単位	投入エネルギー原単位		CO ₂ 排出量
		LHV	HHV	
高圧水素 (19.6MPa)	(1.0 kg)	126 MJ	148 MJ	—※1
電力	2.00 kWh	7.18 MJ		0.808 kg

※充填水素ガスが保有するエネルギー（発熱量+圧力）： 127MJ/kg(LHV) 149MJ/kg(HHV)

（高圧水素ガスの条件：温度 25℃ 圧力 35MPa）

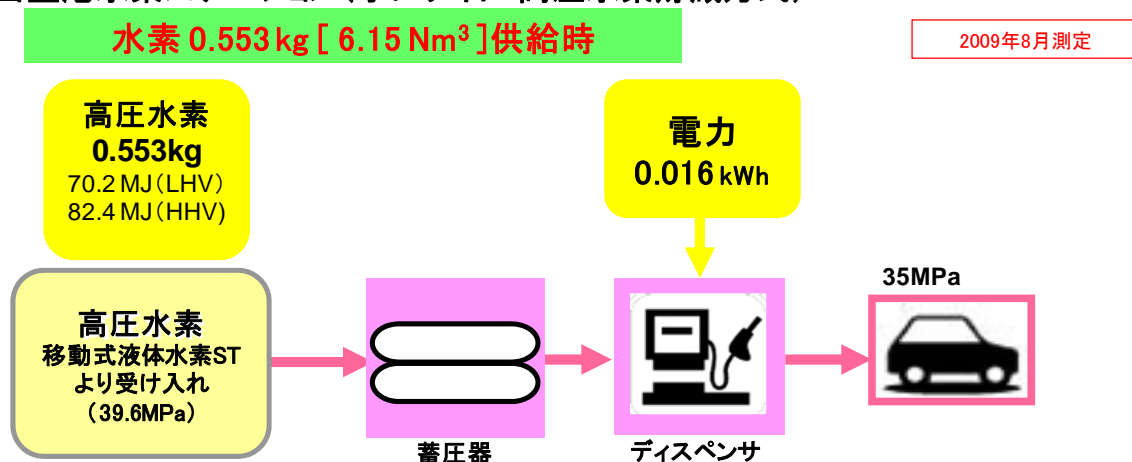
※1 オフサイト型水素ステーションの場合、原燃料たる高圧水素は他所で製造されたものを FCV に供給しているため、原燃料分については CO₂ 排出量は含めないものとする。

上記数値から算出されるステーションエネルギー効率： 95.3 % (LHV) / 96.0 % (HHV)

(10) 関西空港水素ステーション

図 1.1.6.2.10 に関西空港水素ステーションのフロー・投入エネルギー、表 1.1.6.2-13 に水素 1kg あたりの供給に必要なエネルギー（35MPa 供給時）・CO₂ 排出量を示す。

関西空港水素ステーション(オフサイト・高圧水素貯蔵方式)



注: 関西空港ステーションは、35MPa超に圧縮された水素を蓄圧器に貯蔵し
差圧でFCVへ水素を充填するため、ここで消費する電力は少なく効率が高い。

図 1.1.6.2-10 関西空港水素ステーション (高圧水素貯蔵方式)

表 1.1.6.2-13 関西空港水素ステーション (35MPa 供給時) における
水素 1kg あたりの供給に必要なエネルギー

投入エネルギーの種類	投入エネルギー原単位	投入エネルギー原単位		CO ₂ 排出量
		LHV	HHV	
高圧水素 (39.6MPa)	(1.0 kg)	127 MJ	149 MJ	—※1
電力	0.0289 kWh	0.104 MJ		0.0117 kg

※充填水素ガスが保有するエネルギー（発熱量+圧力）： 127MJ/kg(LHV) 149MJ/kg(HHV)
(高圧水素ガスの条件：温度 25℃ 圧力 35MPa)

※1 オフサイト型水素ステーションの場合、原燃料たる高圧水素は他所で製造されたものを FCV に供給しているため、原燃料分については CO₂ 排出量は含めないものとする。

上記数値から算出されるステーションエネルギー効率： 95.3 % (LHV) / 96.0 % (HHV)

関西空港ステーションは、あらかじめ約 40MPa に圧縮された水素を外部から受け取り貯蔵しており、圧縮のための電力が必要ないため、他のオフサイト方式のステーションよりも効率が高い。

(11) 有明水素ステーション

有明水素ステーションは、2009年12月に移設を行っており、その際にフローも変更になっているため、移設前・後の両方を記す。図1.1.6.2-11に有明水素ステーションのフロー・投入エネルギー、表1.1.6.2-14に水素1kgあたりの供給に必要なエネルギー（35MPa供給時）・CO₂排出量を示す。

【移設前】

有明水素ステーション【移設前】（オフサイト・液体水素貯蔵方式）

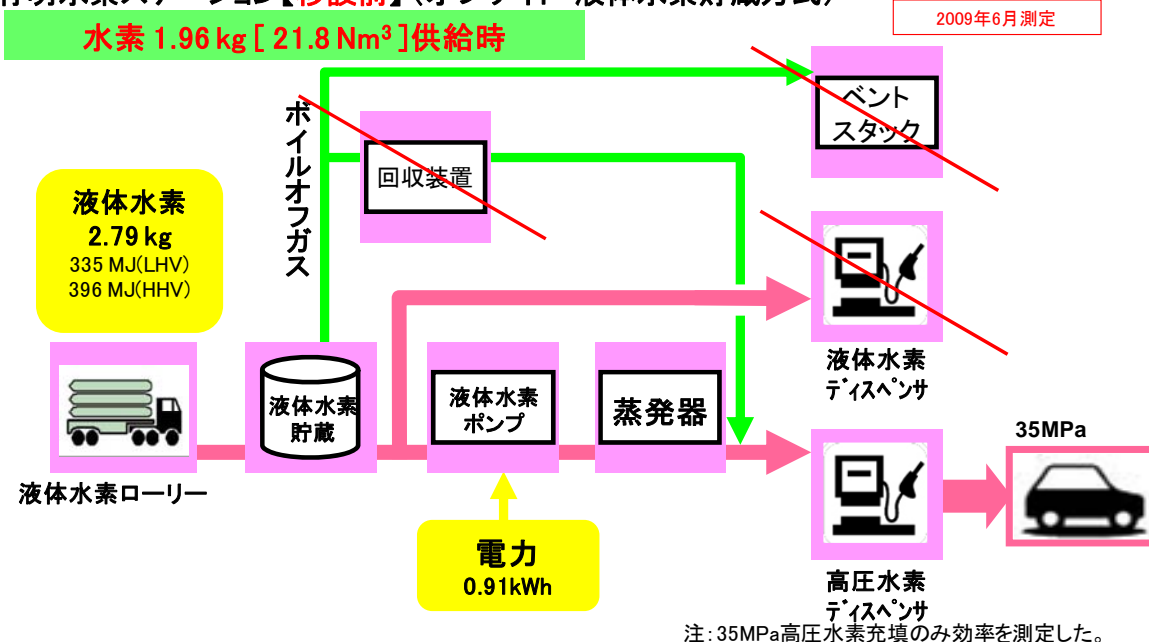


図 1.1.6.2-11 有明水素ステーション【移設前】（液体水素貯蔵方式）のフローと投入エネルギー

表 1.1.6.2-14 有明水素ステーション【移設前】（35MPa供給時）における水素1kgあたりの供給に必要なエネルギー

投入エネルギーの種類	投入エネルギー原単位	投入エネルギー原単位		CO ₂ 排出量
		LHV	HHV	
液体水素	1.42 kg	171 MJ	202 MJ	—※1
電力	0.46 kWh	1.67 MJ		0.186 kg

※充填水素ガスが保有するエネルギー（発熱量+圧力）： 127MJ/kg(LHV) 149MJ/kg(HHV)
（高圧水素ガスの条件：温度 25℃ 圧力 35MPa）

液体水素（温度-253℃）： 120MJ/kg(LHV) 142MJ/kg(HHV)

※1 オフサイト型水素ステーションの場合、原燃料たる液体水素は他所で製造されたものをFCVに供給しているため、原燃料分についてはCO₂排出量は含めないものとする。

上記数値から算出されるステーションエネルギー効率： 73.6 % (LHV) / 73.1 % (HHV)

次に、移設後の有明水素ステーションについて、図 1.1.6.2-12 に有明水素ステーションのフロー・投入エネルギー、表 1.1.6.2-15 に水素 1kg あたりの供給に必要なエネルギー（35MPa 供給時）・CO₂排出量を示す。

【移設後】

有明水素ステーション【移設後】(オフサイト・液体水素貯蔵方式)

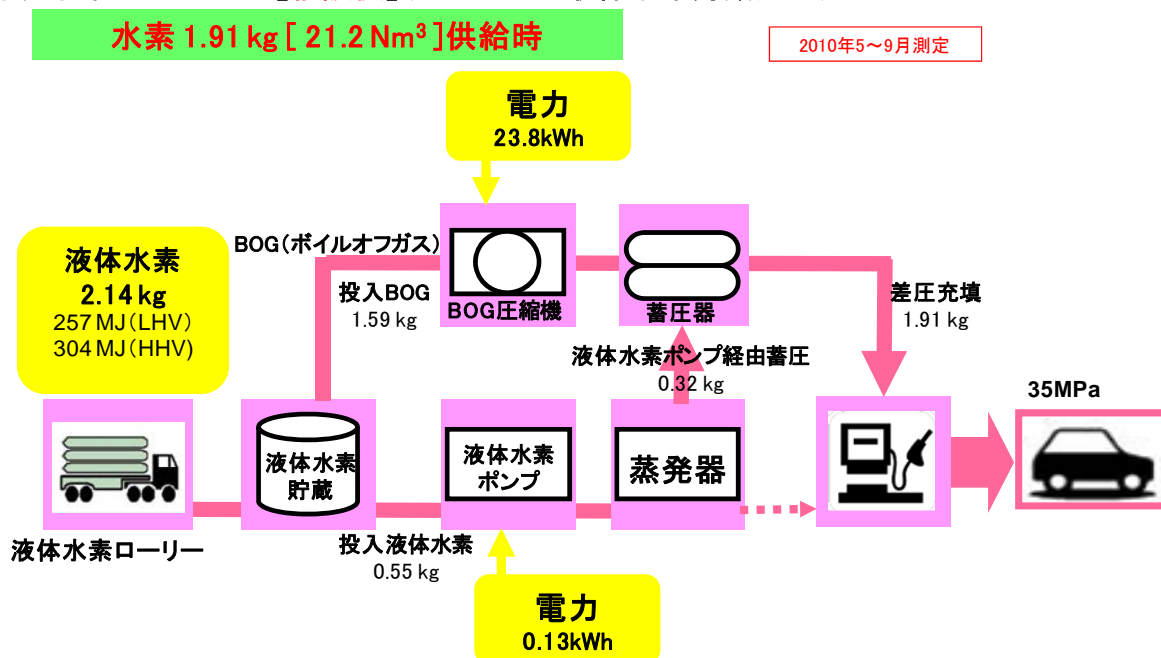


図 1.1.6.2-12 有明水素ステーション【移設後】(液体水素貯蔵方式) のフローと投入エネルギー

表 1.1.6.2-15 有明水素ステーション【移設後】(35MPa 供給時) における
水素 1kg あたりの供給に必要なエネルギー

投入エネルギーの種類	投入エネルギー原単位	投入エネルギー原単位		CO ₂ 排出量
		LHV	HHV	
液体水素	1.12 kg	134 MJ	159 MJ	—※1
電力	12.5 kWh	45.1 MJ		5.05 kg

注：充填水素ガスが保有するエネルギー（発熱量+圧力）：127MJ/kg(LHV) 149MJ/kg(HHV)
(高圧水素ガスの条件：温度 25℃ 圧力 35MPa)

液体水素（温度-253℃）：120MJ/kg(LHV) 142MJ/kg(HHV)

※1 オフサイト型水素ステーションの場合、原燃料たる液体水素は他所で製造されたものを FCV に供給しているため、原燃料分については CO₂ 排出量は含めないものとする。

上記数値から算出されるステーションエネルギー効率： **70.8 % (LHV) / 73.0 % (HHV)**

なお、液体水素の蒸発による BOG（ボイルオフガス：蒸発した水素ガス）については、回収上限量を超えた場合のロスについては本項では考慮していない。

(12) 北九州水素ステーション(JHFC 協賛)

図 1.1.6.2-13 に北九州水素ステーションのフロー・投入エネルギー、表 1.1.6.2-16 に水素 1kg あたりの供給に必要なエネルギー (35MPa 供給時)・CO₂ 排出量を示す。

北九州水素ステーション(オフサイト・高圧水素貯蔵方式)

2010年6月測定

(パイプライン供給)

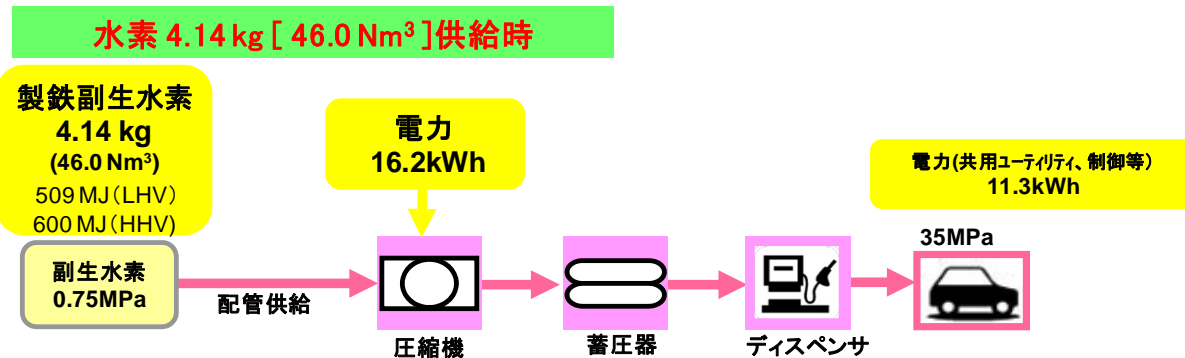


図 1.1.6.2-13 北九州水素ステーション (高圧水素貯蔵方式) のフローと投入エネルギー

表 1.1.6.2-16 北九州水素ステーション (35MPa 供給時) における
水素 1kg あたりの供給に必要なエネルギー

投入エネルギーの種類	投入エネルギー原単位	投入エネルギー原単位		CO ₂ 排出量
		LHV	HHV	
製鉄副生水素 (0.75MPa)	(1.00 kg)	123 MJ	145 MJ	—※1
電力	6.64 kWh	23.9 MJ		2.68 kg

※充填水素ガスが保有するエネルギー (発熱量+圧力) : 127MJ/kg(LHV) 149MJ/kg(HHV)
(高圧水素ガスの条件 : 温度 25℃ 圧力 35MPa)

上記数値から算出されるステーションエネルギー効率 : 86.7 % (LHV) / 88.4 % (HHV)

(13) 九州大学水素ステーション(JHFC 協賛)

図 1.1.6.2-14 に九州大学水素ステーションのフロー・投入エネルギー、表 1.1.6.2-17 に水素 1kg あたりの供給に必要なエネルギー (35MPa 供給時)・CO₂ 排出量を示す。

九州大学水素ステーション(固体高分子水電解方式)

2010年9月測定

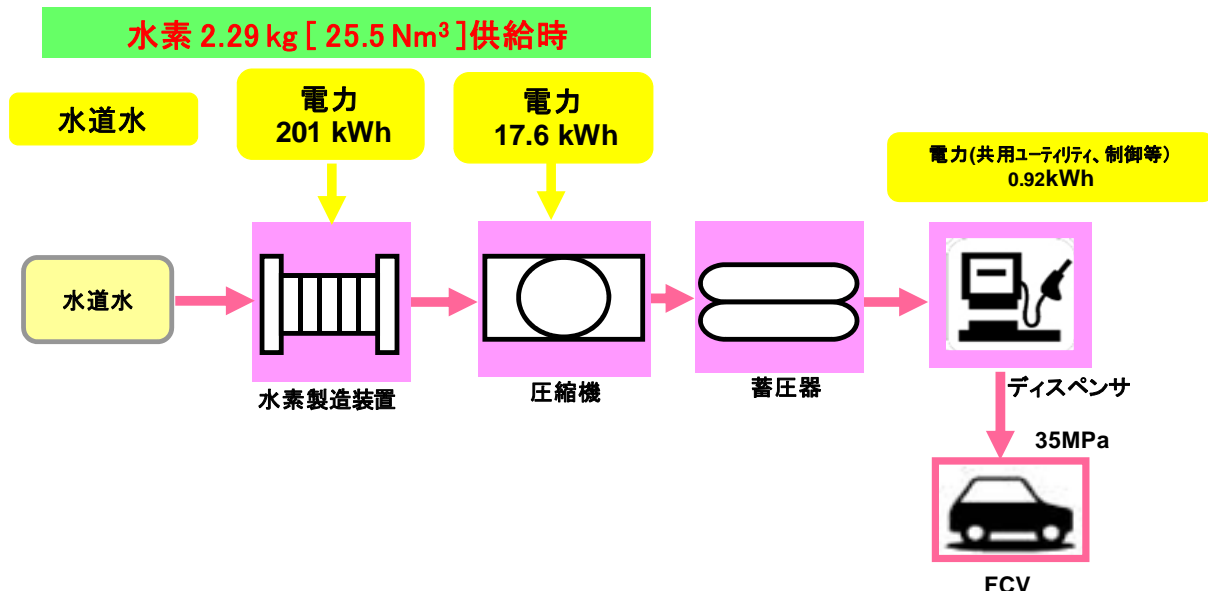


図 1.1.6.2-14 九州大学水素ステーション (固体高分子水電解方式) のフローと投入エネルギー

表 1.1.6.2-17 九州大学水素ステーション (35MPa 供給時) における
水素 1kg あたりの供給に必要なエネルギー

投入エネルギーの種類	投入エネルギー原単位	投入エネルギー原単位		CO ₂ 排出量
		LHV	HHV	
水	—	—	—	—
電力	96.0 kWh	346 MJ		38.7 kg

※充填水素ガスが保有するエネルギー (発熱量+圧力) : 127MJ/kg(LHV) 149MJ/kg(HHV)
(高圧水素ガスの条件 : 温度 25°C 圧力 35MPa)

上記数値から算出されるステーションエネルギー効率 : 36.8 % (LHV) / 43.1 % (HHV)

九州大学水素ステーションのエネルギー効率は、別方式の水電解を採用している相模原水素ステーション (アルカリ水電解) と比較すると約 30 ポイント低い。この理由は、採用している固体高分子水電解方式水素製造装置の機種のパフォーマンスに起因するものと考えられる (固体高分子水電解の効率は、「NEDO 水素安全利用等基盤技術開発 水素に関する共通基盤技術開発 固体高分子水電解技術の低コスト化の研究」の成果によれば、スタック効率で 70%~80%HHV (@2~3A/cm²) の性能見通しである)。

(14) 日光水素ステーション

図 1.1.6.2-15 に日光水素ステーションのフロー・投入エネルギー、表 1.1.6.2-18 に水素 1kg あたりの供給に必要なエネルギー（35MPa 供給時）・CO₂ 排出量を示す。

日光水素ステーション(オフサイト・高圧水素貯蔵方式)

2010年8月測定

水素 0.220kg [2.44 Nm³]供給時

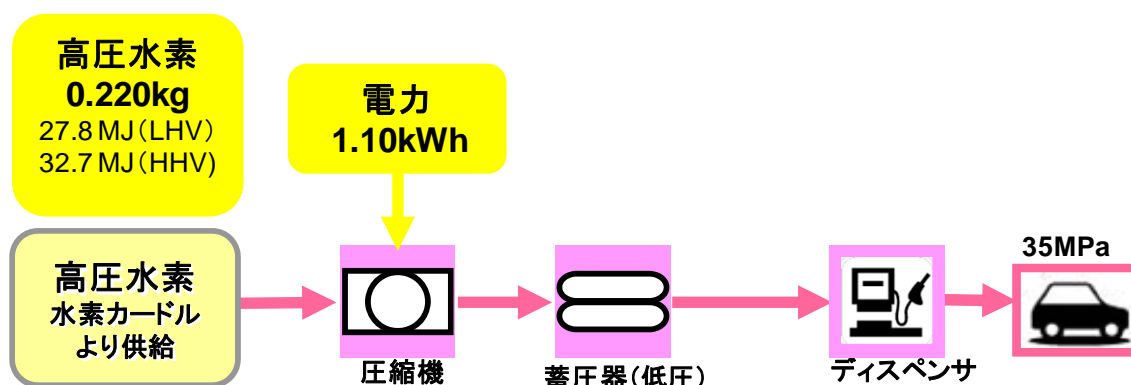


図 1.1.6.2-15 日光水素ステーション（高圧水素貯蔵方式）のフローと投入エネルギー

表 1.1.6.2-18 日光水素ステーション（35MPa 供給時）における
水素 1kg あたりの供給に必要なエネルギー

投入エネルギーの種類	投入エネルギー原単位	投入エネルギー原単位		CO ₂ 排出量
		LHV	HHV	
高圧水素 (19.6MPa)	(1.0 kg)	127 MJ	149 MJ	—※1
電力	4.9 kWh	17.8 MJ		1.98 kg

※充填水素ガスが保有するエネルギー（発熱量+圧力）： 127MJ/kg(LHV) 149MJ/kg(HHV)
(高圧水素ガスの条件：温度 25℃ 圧力 35MPa)

※1 オフサイト型水素ステーションの場合、原燃料たる高圧水素は他所で製造されたものを FCV に供給しているため、原燃料分については CO₂ 排出量は含めないものとする。

上記数値から算出されるステーションエネルギー効率： 88.0 % (LHV) / 89.6 % (HHV)

1.1.6.3 70MPa 対応ステーションの効率

JHFC2 では、JHFC1 で設置された 4 箇所の 35MPa 対応水素ステーションで 70MPa 対応化が実施された。その対象ステーションにおける 35MPa 充填時（霞ヶ関ステーションを除く）と 70MPa 充填時の効率の比較を表 1.1.6.3-1 に示す。

表 1.1.6.3-1 70MPa 対応ステーションの効率（35MPa 充填時／70MPa 充填時）

	水素製造方式	35MPa	70MPa
		効率 HHV (LHV)	効率 HHV (LHV)
千住ステーション	オンサイト 都市ガス	64.0 (60.0) %	62.1 (58.0) %
横浜・大黒ステーション	オンサイト 脱硫ガソリン	63.1 (56.5) %	61.4 (56.2) %
横浜・旭ステーション	オンサイト ナフサ	66.0 (58.9) %	63.1 (56.2) %
霞ヶ関ステーション	オフサイト 高圧水素貯蔵	—	96.2 (95.3) %

35MPa 供給時と 70MPa 供給時のステーション効率を比較すると、70MPa 供給時には概ね 2～3 ポイント程度の効率の低下が認められる。

この効率の低下の理由としては、

- ・ 高圧圧縮機（40⇒80MPaG）分の消費電力の増加
- ・ プレカール設備分の消費電力の増加（横浜・大黒及び霞ヶ関は除く）

の 2 点が挙げられる。

高圧圧縮機について、千住水素ステーションでの例を挙げると

- ・ 低圧圧縮機（0.6⇒40MPaG）の消費電力：3.75kWh
- ・ 高圧圧縮機（40⇒80MPaG）の消費電力：1.07kWh

となり、高圧圧縮機の消費電力は低圧圧縮機のその 30%弱となっている。

これは、圧縮機の消費電力は概ね圧縮比により大きく左右されることによるものである。例えば低圧圧縮機(0.6 ⇒40MPaG)の圧縮比は約 60 であるのに対し、高圧圧縮機(40 ⇒80MPaG)の圧縮比は約 2 となる。このため、後者の消費電力は前者と比較して小さくなる。

プレカールの消費電力については、次項 1.1.6.4 で詳細を記す。

1.1.6.4 プレクール設備の消費電力

70MPa 対応水素ステーションでは、圧縮機直接充填方式の横浜・大黒水素ステーションを除き、FCV 水素タンクへ供給する水素ガスの冷却を目的としたプレクール設備が設置されている。これは、70MPa 対応 FCV へは短時間で大量の水素をタンクに充填することが求められることから、FCV のタンク内に充填される水素は急激な断熱圧縮状態となりタンク内部のガス温度は上昇する。FCV の水素タンクの許容温度上限は 85°C とされており、何の対策も施さずに水素を充填すると内部温度が許容値を超えてしまうこととなる。このため、FCV のタンクに供給される前に水素ガスをプレクール設備で冷却することにより、タンク内の温度上昇のマージンを大きく取ることができ、結果として水素タンクの許容温度を超えることなく充填することが可能となる。

(1) プレクール設備の概要

プレクール設備は、概ね冷凍機、ブライン（冷媒）循環配管、熱交換器で構成される（霞ヶ関水素ステーションのように冷凍機＋ブラインの代わりに液体窒素を用いる場合もある）。冷凍機で冷却されたブライン（冷媒）は、循環配管を通じて熱交換器（シェルアンドチューブ方式）に送られ、熱交換器内部の配管を通る水素ガスとブラインが熱交換することにより水素が冷却される。プレクール設備の冷却能力は、米国 SAE(Society of Automotive Engineers)による規格 TIR J2601 においてディスペンサーノズル出口の水素ガス温度により 0°C、-20°C、-40°C の区分がなされており、千住ステーションは-20°C の冷却能力がある。なお、千住ステーションの場合、水素を-20°C まで冷却するためにブラインの温度は冷凍機により-35°C 前後まで下げることが必要である。将来の商用水素ステーションでは常時 3~5 分以内の短時間で FCV への充填が求められることから最大-40°C の冷却能力が必要（1.2.1 項参照）とされており、この場合のブライン温度は-50~-60°C 前後が必要であると想定される。

(2) プレクール設備の消費電力測定結果

プレクール設備で消費される電力は大きく以下の 3 点に分類される。

- (A) プレクール設備の起動
- (B) プレクール設備のブライン（冷媒）の温度維持（待機時）
- (C) FCV タンクへの充填される水素ガスの冷却

(C)については、1.1.6.2 項以下で示した各水素ステーションのエネルギー効率の中で示していることから、本項では(A)及び(B)について示す。

図 1.1.6.4-1 に千住水素ステーションで測定されたプレクール設備の起動時の消費電力（夏季・冬季）を、図 1.1.6.4-2 に同じく千住水素ステーションで測定されたプレクール設備のブラインの温度維持に要する消費電力（夏季・冬季）を示す。

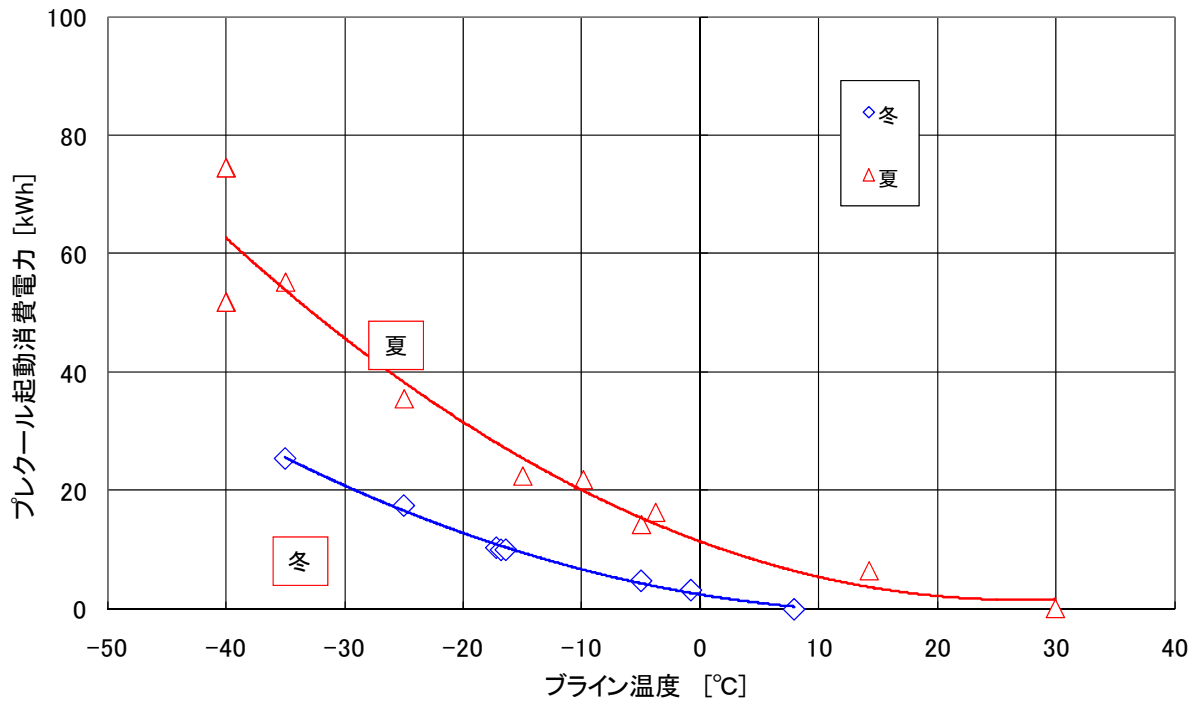


図 1.1.6.4-1 プレクール設備の起動に要する消費電力実測値

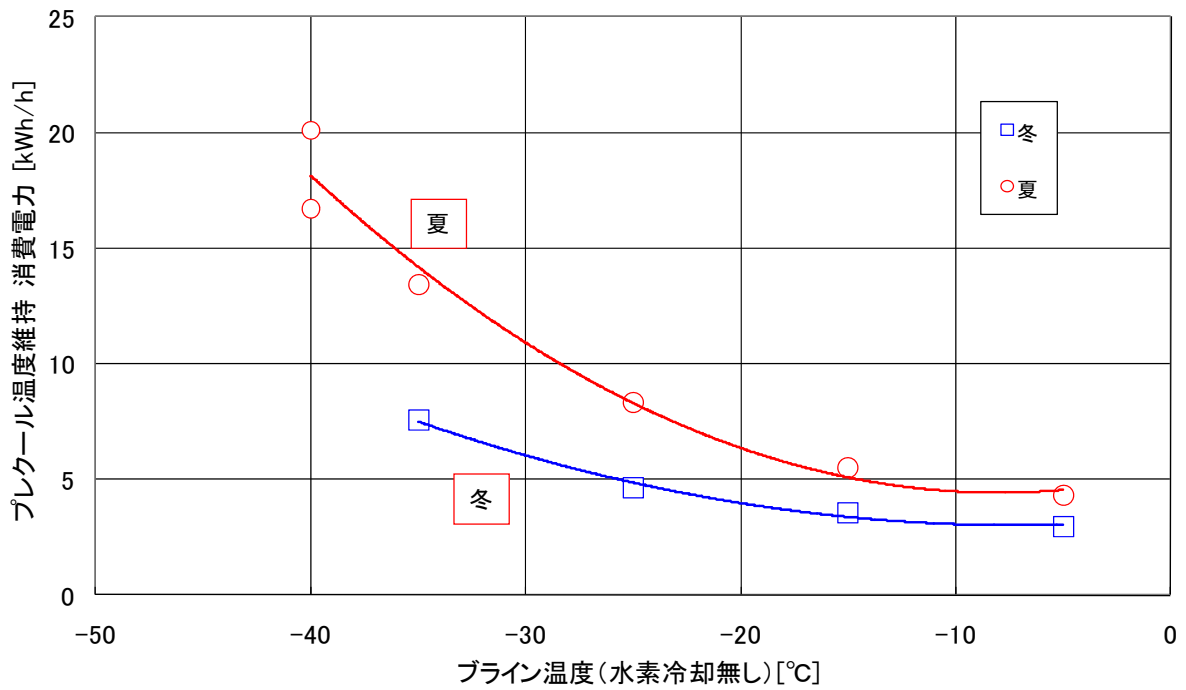


図 1.1.6.4-2 プレクール設備のブライン温度維持に要する消費電力

図 1.1.6.4-1 及び図 1.1.6.4-2 から季節間の消費電力の差が非常に大きいことが読み取れる。この差異の理由については後述する。

初期普及段階における商業水素ステーションの運用時間は 13 時間/日程度が想定されている。つまり、プレクール設備は運用開始前の起動、及び運用時間中の 13 時間程度の温度維持に毎日エネルギーを消費することとなる。上記の図 1.1.6.4-1 及び図 1.1.6.4-2 で示した消費エネルギーは、プレクール温度 -20°C の設備での消費電力であるが、上述の通り商業水素ステーションではプレクール温度、すなわち冷却後の水素ガス温度を -40°C に下げするために、プレクール設備のブライン温度は約 $-50^{\circ}\text{C}\sim-60^{\circ}\text{C}$ 程度が必要となると考えられる（但し、熱交換器の熱交換性能によって左右される）。しかしながら、実用的には $-50^{\circ}\text{C}\sim-60^{\circ}\text{C}$ の温度領域に適用可能なブラインは汎用品ではほぼ存在しない。 -45°C 以上の温度領域で使用される安価なエチレングリコール系の汎用ブラインは、 -50°C 以下の温度領域では凍結する可能性がある他、製品によっては高濃度であれば凍結点が -50°C を下回るものもあるが粘度が大きくなり循環流量低下や冷却能力の低下を引き起こす可能性が考えられる。一部には -60°C 以下の凍結点を持つ特殊なブラインも存在するが、コストが汎用ブラインの 10 倍以上にも上ると言われているため、幅広い普及を目指す水素ステーション用の設備に適用することは現状では難しいと考えられる。

上記の理由から、現時点で将来の -40°C プレクール設備の仕様から消費電力を予測することは難しいため、現在の千住水素ステーションのプレクール設備の性能・効率データの延長線上として推測を行った。なお、将来的に冷凍機方式での -40°C プレクールが機器・コストの観点から実現困難である場合は、液体窒素を用いた -40°C プレクールが検討されることになると思われる。

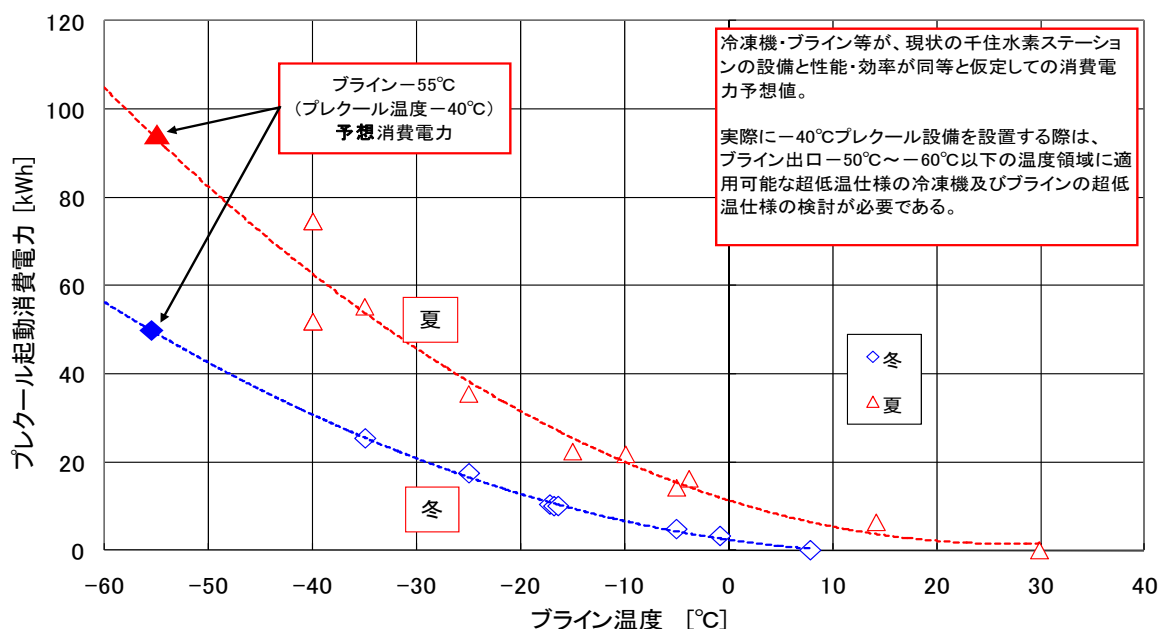


図 1.1.6.4-3 【将来予測】プレクール設備の起動に要する消費電力

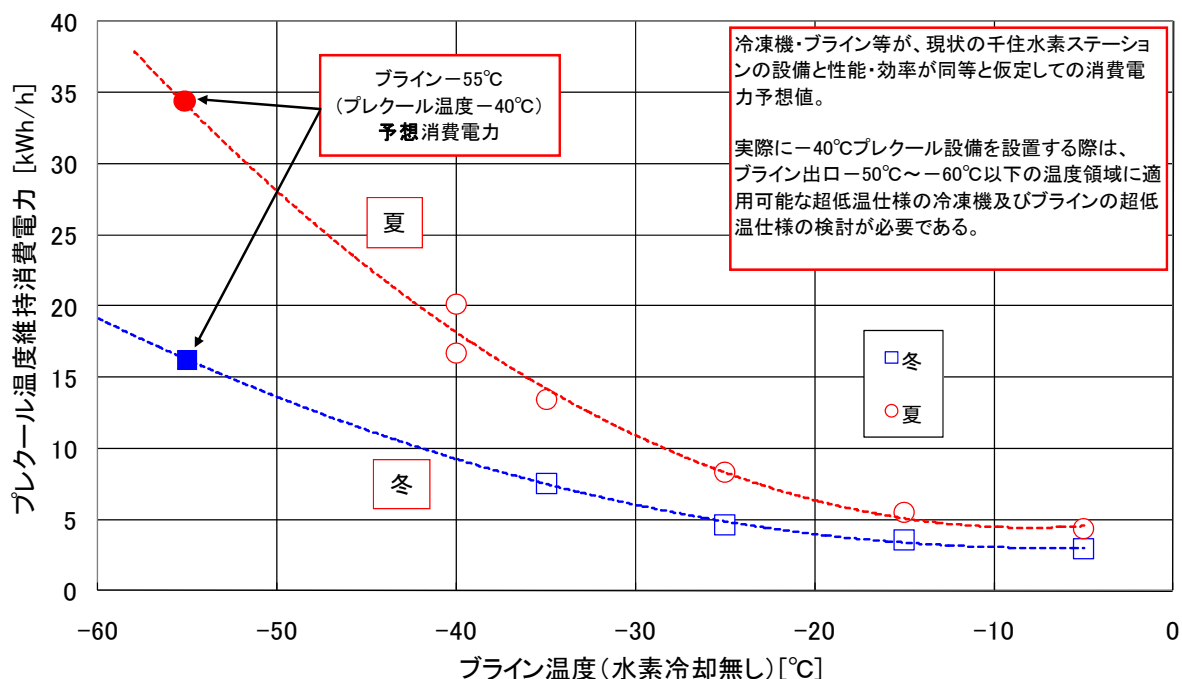


図 1.1.6.4-4 【将来予測】プレクール設備のブライン温度維持に要する消費電力

ここで、図 1.1.6.4-1 及び図 1.1.6.4-2 で示した千住水素ステーションのデータを基に、ブラインの種類と冷凍機の性能・効率は現状設備と変わらないと仮定（つまり、ブラインについては凍結点を考慮しない）した上でブライン温度 -55°C における消費電力を予測した結果を図 1.1.6.4-3 及び図 1.1.6.4-4 に示した。ブライン温度が -35°C 付近の温度領域である現状の千住水素ステーションと比較して、起動時の消費電力が約 1.5 倍、ブライン温度維持の消費電力が約 2 倍に増加することがわかる。但し、現在の千住水素ステーションのプレクール設備は、冷凍機と熱交換器が約 20m 離れており、ブライン循環配管は断熱施工されているとは言えその放冷によるエネルギーロスは無視することができない。また熱交換器本体での放冷の問題もあるため、循環配管の引きまわし距離の短縮と、配管・熱交換器の断熱の強化が普及段階では必須になると考えられる。

以下に、現在 JHFC 水素ステーションのプレクール設備の配管で使用されている配管用断熱材と、現在入手可能な高性能断熱材の例を挙げる。

◆現在使用中の配管用断熱材の例

- ・硬質ウレタン断熱材（日商エアロ AEROFLEX）：熱伝導率 $0.034 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$

◆現在入手可能な高性能断熱材の例

- ・真空断熱材（クラボウ ペーパーVIP）：熱伝導率 $0.0025 \sim 0.006 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$

また、図 1.1.6.4-1 及び図 1.1.6.4-2 から明らかのように、プレクール設備は外気温、すなわち季節による影響を大きく受ける。この影響は、プレクール設備・冷媒配管の断熱施工の状態にも大きく左右されるが、ステーションのエネルギー消費量に大きく作用することになる。

1.1.6.5 ステーションのエネルギー効率の季節変動

表 1.1.6.5-1 に千住水素ステーションにおける夏季・冬季のエネルギー効率の実測値を示した。

表 1.1.6.5-1 千住水素ステーション（70MPa 充填時）における夏季・冬季の効率変化

測定季節	充填圧力	70MPa 充填時
		効率 HHV (LHV) %
冬季 (2009 年 1 月)		65.4 (61.1) %
夏季 (2009 年 9 月)		62.1 (58.0) %

冬季と比較して夏季の効率は約 3 ポイント低下していることがわかる。この理由として、PSA (圧力スイングサイクル方式吸着塔) の温度差による製品ガス実効処理量の変化の他に、プレクール設備におけるエネルギーロスが大きく影響を及ぼしていると言え、普及段階では前述のように断熱強化等の方策を取ることが求められる。

また、PSA の季節変化については、PSA の種類にもよるが平準化する手段がある。オンサイト型水素ステーションにおける PSA の配置例を図 7.1.3.2-5 に示す。

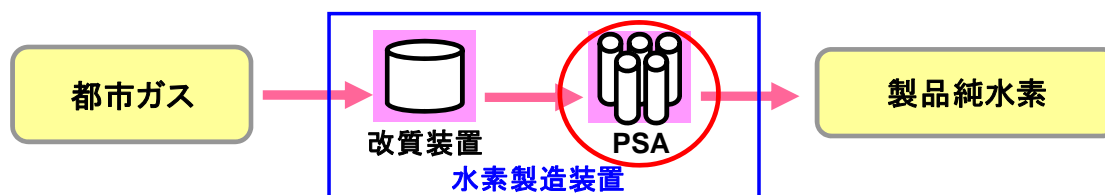


図 1.1.6.5-1 オンサイト型水素ステーションにおける PSA の配置例

図 1.1.6.5-1 のように PSA は改質装置の後段に位置しており、改質装置から送り出される改質ガス（CO、CO₂、CH₄ を含む水素ガス）のうち、水素以外の不純物成分を吸着し精製する役割を持つ。通常は、PSA 内に複数の吸着筒を持っており、不純物が吸着剤に蓄積されると別の吸着筒に切り替えていくようになっている。一方で吸着剤に蓄積された不純物は、減圧しながら製品ガス（高純度に精製された水素ガス）を流通させることで洗浄・再生することになる。つまり、この洗浄に用いる製品ガス量が増えると水素収率としてはロスになってしまう。洗浄に用いる製品ガスは通常、開度を固定されたバルブから洗浄中の吸着筒に導かれる。このため吸着筒に流入する製品ガスの体積流量は温度差、すなわち季節変動の影響を受ける。

例えば、この平準化手法を取り入れているセントレア水素ステーション付近の 1 日の平均気温は、夏 28.7℃、冬 6.1℃（2010 年 8 月・1 月気象庁データ：セントレア）であり、季節間の平均温度差は 20℃以上に及ぶ。つまり、理想気体におけるシャルルの法則で考えると、圧力一定の状態の下でこの温度差が体積流量に及ぼす影響は $V' / V = (273.15 + 28.7) / (273.15 + 6.1) = 1.08$ と約 8%変動することになる。よって、季節（気温）により PSA の洗浄ガ

ス流入バルブの開度を適切に制御することで、この体積流量変動を平準化することが可能となる。この手法を適用した結果、セントレア水素ステーションでは、水素製造効率の季節平準化とともに、水素製造効率も 2~4 ポイントの改善が認められた。但し、この手法は PSA 内部の機器構成によっては適用できると限らないことに留意する必要がある。

1.1.6.6 予測される水素ステーションの効率向上

現状の水素ステーションの技術の延長として、技術開発によりエネルギー効率が改善される可能性のある設備とその改善数値について下に記す。

(1) 水素製造装置（都市ガス水蒸気改質）

「NEDO 水素製造・輸送・貯蔵システム等技術開発

水素製造機器要素技術に関する研究開発

水素製造装置の高性能化・低コスト化・コンパクト化に関する研究開発」

による成果

都市ガス水蒸気改質における水素製造効率：

60~65%HHV 前後（千住実績） ⇒ 80%HHV に向上見込み

(2) 圧縮機

「NEDO 水素安全利用等基盤技術開発

水素インフラに関する研究開発 100MPa 級水素圧縮機の開発」

による成果

圧縮機の全断熱効率（理論圧縮動力に対する実圧縮動力の効率）：

52%（千住 70MPa 実績） ⇒ 73% に向上見込み

以下、上記の改善数値を用いて初期普及段階における商用水素ステーションの効率等を予測した結果を、図 1.1.6.6-1 及び表 1.1.6.6-1 に示す。また、併せて図 1.1.6.6-2 及び表 1.1.6.6-2 には比較対照として現状の千住水素ステーションの夏季・冬季の測定値の平均値（2009 年 9 月及び 1 月測定）から求めた効率も示す。

図 1.1.6.6-1 に商用水素ステーション（予測）のフロー・投入エネルギー、表 1.1.6.6-1 に水素 1kg あたりの供給に必要なエネルギー（70MPa 供給時）・CO₂ 排出量を示す。

【将来】都市ガス改質方式(70MPa・プレクールあり効率)

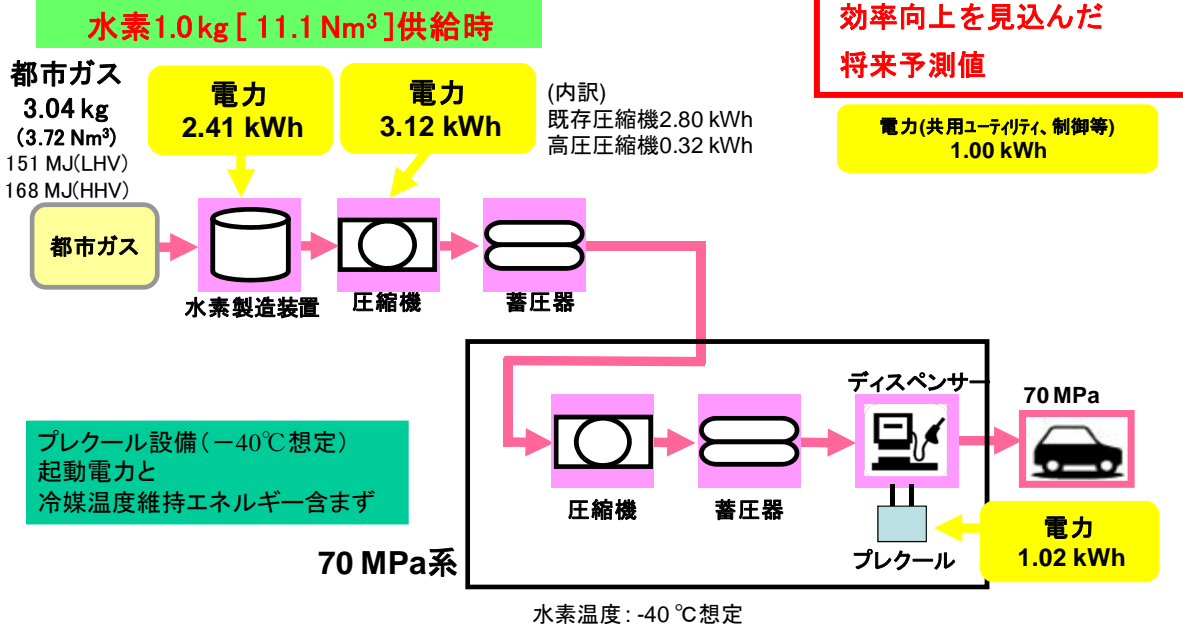


図 1.1.6.6-1 商用水素ステーション（予測）のフローと投入エネルギー（仮定）

表 1.1.6.6-1 商用水素ステーション（予測）における
水素 1kg あたりの供給に必要なエネルギー（仮定）

投入エネルギーの種類	投入エネルギー原単位	投入エネルギー原単位		CO2 排出量
		LHV	HHV	
都市ガス	3.04 kg 3.72 m3(nor)	151 MJ	168 MJ	8.52 kg
電力	7.55 kWh	27.2 MJ		3.05 kg

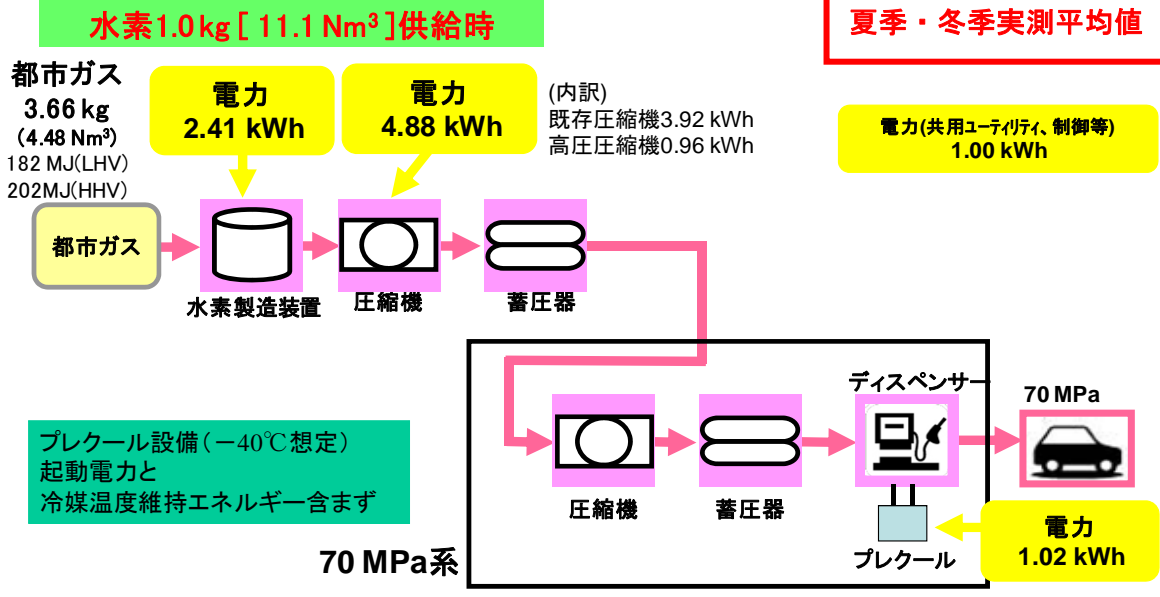
※充填水素ガスが保有するエネルギー（発熱量+圧力）： 128MJ/kg(LHV) 150MJ/kg(HHV)
（高圧水素ガスの条件：温度 25℃ 圧力 70MPa）

上記数値から算出されるステーションエネルギー効率： **71.8%(LHV) / 76.8%(HHV)**
（なお、高圧圧縮機・プレクールの消費電力を除いて 35MPa 供給として計算すると、ステーションエネルギー効率は、73.2%(LHV) / 78.3%(HHV)となる。）

上記将来値の比較対照として、図 1.1.6.6-2 に現状の水素ステーション（千住実測 夏季・冬季平均）のフロー・投入エネルギー、表 1.1.6.6-2 に水素 1kg あたりの供給に必要なエネルギー（70MPa 供給時）・CO2 排出量を示す。

【現在】都市ガス改質方式(70MPa・プレクールあり効率)

千住水素ステーション
夏季・冬季実測平均値



注: 図中の各数値には千住水素ステーションでの 水素温度: -20℃
2009年1月(2008年度測定)と9月(2009年度測定)データの平均値を採用

図 1.1.6.6-2 現状の水素ステーション (千住実測 夏季・冬季平均) フローと投入エネルギー (夏冬の平均値であるため、図 1.1.6.2-3 の数値とは異なる)

表 1.1.6.6-2 現状の水素ステーション (千住実測 夏季・冬季平均) における
水素 1kg あたりの供給に必要なエネルギー
(夏・冬の平均値であるため、表 1.1.6.2-5 の数値とは異なる)

投入エネルギーの種類	投入エネルギー原単位	投入エネルギー原単位		CO2 排出量
		LHV	HHV	
都市ガス	3.66 kg 4.48 m3(nor)	182 MJ	202 MJ	10.3 kg
電力	9.31 kWh	33.5 MJ		3.76 kg

※充填水素ガスが保有するエネルギー (発熱量+圧力): 128MJ/kg(LHV) 150MJ/kg(HHV)
(高圧水素ガスの条件: 温度 25℃ 圧力 70MPa)

上記数値から算出されるステーションエネルギー効率: 59.4%(LHV) / 63.7%(HHV)
(なお、高圧圧縮機・プレクールの消費電力を除いて 35MPa 供給として計算すると、ステーションエネルギー効率 (35MPa) は、60.9%(LHV) / 65.2%(HHV)となる。繰り返しになるが、この数値は千住水素ステーションの夏季・冬季の平均値となるので留意されたい。)

以上より、水素製造装置及び圧縮機の効率が前述の見通し通りに向上することで、水素ステーションのエネルギー効率は現状から約 10 ポイント以上の向上が見込まれる。

以下、図 1.1.6.6 -1 及び表 1.1.6.6-1 の計算に用いた前提数値を表 1.1.6.6-3 に示す。

表 1.1.6.6-3 水素ステーションのエネルギー効率の商用予測値及び現状値の前提数値

原燃料：都市ガス 13A (ノルマル流量 関東エリア)	現状	4.48	[Nm ³]
	商用予測	3.72 ^{※1}	[Nm ³]
① ユーティリティ 電力	現状	1.0	[kWh]
	商用予測	1.0 ^{※2}	[kWh]
② 水素製造装置 電力	現状	2.41	[kWh]
	商用予測	2.41 ^{※2}	[kWh]
③ 水素圧縮機 低圧 電力 (0.6 MPaG ⇒ 40 MPaG) ^{※4}	現状	3.92	[kWh]
	商用予測	2.8 ^{※3}	[kWh]
④ 水素圧縮機 高圧 電力 (40 MPaG ⇒ 80 MPaG) ^{※4}	現状	0.96	[kWh]
	商用予測	0.32 ^{※3}	[kWh]
⑤ プレクール設備 電力	現状	1.02	[kWh]
	商用予測	1.02	[kWh]
70MPa 充填時必要電力 (①～⑤) 合計	現状	9.31	[kWh]
	商用予測	7.55	[kWh]

※1 商用予測値は、水素製造効率 (PSA 含む) : 80%HHV を想定 (NEDO 事業目標)

※2 商用予測値は、現状と変わらずと想定

※3 商用予測値は、全断熱効率 73%を想定 (NEDO 事業目標)

※4 NEDO 事業による開発圧縮機の仕様は、0.6MPaG⇒100MPaG までの圧縮を 1 台の圧縮機 (5 段) で行うことを前提としている。このため、実測値との対比ができるよう本試算では便宜上 0.6MPaG⇒80MPaG を低圧・高圧に分けて提示した。

表 1.1.6.6-3 ⑤プレクール設備電力の現状値はプレクール温度 -20℃条件で、商用予測値は -40℃条件である。温度条件が異なるが本試算では消費電力の現状値と予測値を同一の値とした。なお、-40℃条件での水素の必要冷却量 (熱量) の理論値は電力換算で約 0.15kWh/kg-H₂ であり、-20℃条件での約 0.1kWh/kg-H₂ の 1.5 倍となる。このため、提示した商用予測値を達成するにはプレクール設備の冷却効率 (=必要冷却量/消費電力: 現状では約 10%) が将来的に約 5 ポイント向上することが必要である。

また、圧縮機の消費電力の予測値は、先に示した NEDO 事業での開発圧縮機の 0.6MPaG⇒100MPaG 圧縮時の消費電力 (軸動力) の値を、便宜上 0.6MPaG⇒80MPaG の圧縮時の消費電力と見做している。この開発圧縮機の軸動力は水素 300Nm³ の圧縮時に 83.9kWh となり、これを水素 1kg (=11.1Nm³) に換算すると、3.1kWh/kg-H₂ となる。表 1.1.6.6-3 の注記※4 にあるようにこの値を便宜上さらに低圧・高圧に分けており、式 1.1.6.1-2 から算出される高圧水素の持つ圧力エネルギーを圧縮機が行う必要な仕事量と見なし、80MPaG 及び 40MPaG 水素ガスの持つ圧力エネルギーの比を取りその割合で消費電力を低圧・高圧に分配した。

1.1.7 CO₂分離回収検討

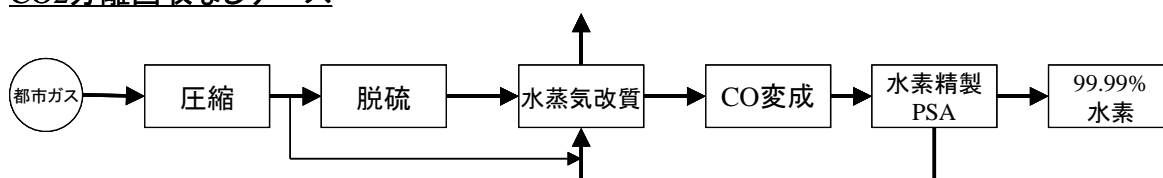
燃料電池自動車が低炭素の優位性を確保するための策として、水素ステーションの CO₂ 回収分離（CCS：Carbon Capture and Storage）が考えられる。

CCS の検討の第一段階として、水素ステーションにおける CO₂ 分離回収について検討した。検討対象は、JHFC 水素ステーションで最も運用実績のある炭化水素燃料改質と PSA による水素精製を組み合わせた水素ステーションとした。

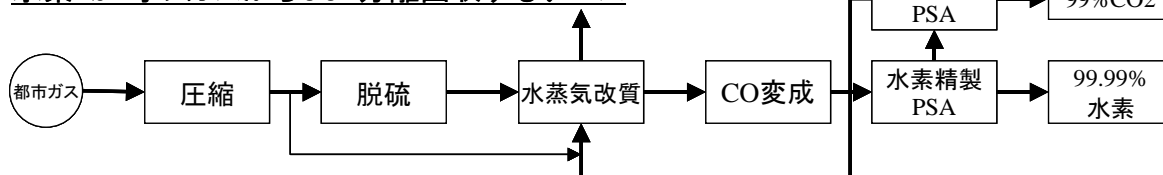
1.1.7.1 改質-PSA 型都市ガス燃料水素ステーションの各種 CO₂ 分離回収方式の比較

水素充填圧力 35MPa、水素製造量 300Nm³/h 規模の水素ステーションを対象とした。CO₂ は PSA 設備で分離することが出来るため、改質ガスから水素を分離する PSA 設備に加えて CO₂ 分離用 PSA 設備を設置する方式とし、その位置をケース 1：水素精製オフガス部に設置するケースと、ケース 2：改質器排気ガス部に設置するケースを比較した。その概略フローを図 1.1.7.1-1 に示す。

CO₂分離回収なしケース



水素PSAオフガスからCO₂分離回収するケース



改質器排気ガスからCO₂分離回収するケース

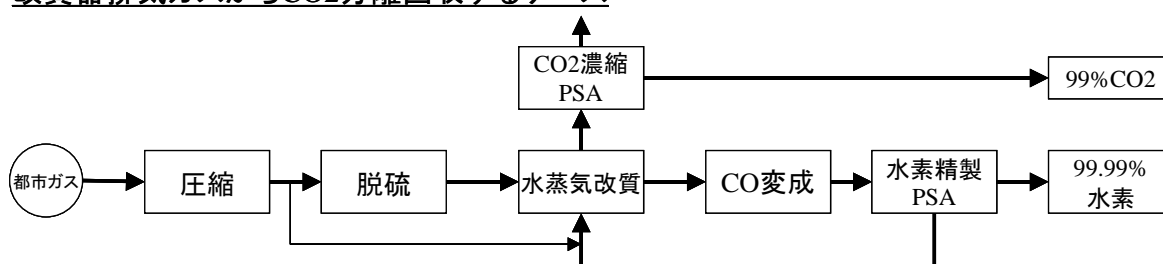


図 1.1.7.1-1 改質-PSA 型水素ステーションの各種 CO₂ 分離回収方式の概略フロー

ケース 1：水素 PSA オフガスからの CO₂ 分離回収ケース

ケース 2：改質器排気ガスからの CO₂ 分離回収ケース

分離ガス中の CO₂ 濃度が高く、分離ガス量が少ないので、ケース 2 に比較してケース 1 が有利である。分離後の濃縮 CO₂ ガス濃度を 99% とした場合の諸元の比較表を表 1.1.7.1-1 に示す。

表 1.1.7.1-1 CO₂分離回収検討ケースの諸元比較

ケース	ケース 1	ケース 2
方式	水素 PSA オフガスから分離	改質器排気ガスから分離
分離前ガス量 (wet)	9.44kgmol/h 256kg/h	28.41kgmol/h 875kg/h
分離ガス中 CO ₂ 濃度	44%	22%
濃縮 CO ₂ 濃度	99%	99%
濃縮 CO ₂ 量	64.3Nm ³ /h 126kg/h	64.3Nm ³ /h 126kg/h
CO ₂ 濃縮部の CO ₂ 回収率	70%	50%
水素 ST 全体の CO ₂ 回収率	50%	50%

CO₂ 分離回収設備を設置することによる水素ステーション全体のエネルギー効率の低下について検討した結果を、表 1.1.7.1-2 に示す。CO₂ をガス分離するのみの場合、CO₂ 分離回収設備なしケースに比較して、ケース 1 は 1.2 ポイントの効率低下となり、ケース 2 は 1.9 ポイントの効率低下となった。

表 1.1.7.1-2 CO₂分離回収設備設置に伴う水素ステーションのエネルギー効率の比較

共通条件: 水素製造量 300Nm³/h(27kg/h)、水素充填圧力 35MPa、都市ガス使用量 95.3kg/h、都市ガス発熱量(LHV)47.5MJ/kg

ケース	CO ₂ 分離回収なし	ケース 1	ケース 2
電力消費量(MJ/h)	501	593	649
改質装置・PSA(MJ/h)	185	185	185
圧縮機(MJ/h)	306	306	306
制御関係(MJ/h)	11	11	11
CO ₂ -PSA(MJ/h)	—	92	148
エネルギー効率(%LHV)	68.2	67.0	66.3

エネルギー効率上優位なケース 1 (水素 PSA オフガスから CO₂ 分離回収を行うケース) を対象に、CO₂ のガス分離設備に加えて CO₂ の液化設備を設置するフローを検討し、そのコストを積算して CO₂ 分離回収コストを算出した。

以下に、CO₂ のガス分離設備と CO₂ の液化設備の概要図を図 1.1.7.1-2 及び図 1.1.7.1-3 に示す。

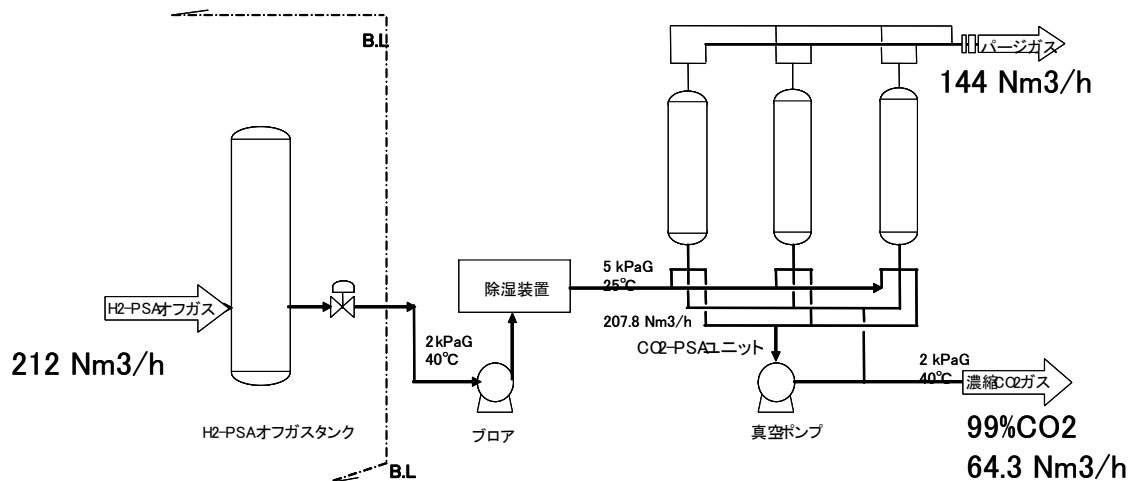


図 1.1.7.1-2 CO₂ガス分離設備図(ケース1:水素 PSA オフガスからの CO₂分離回収ケース)

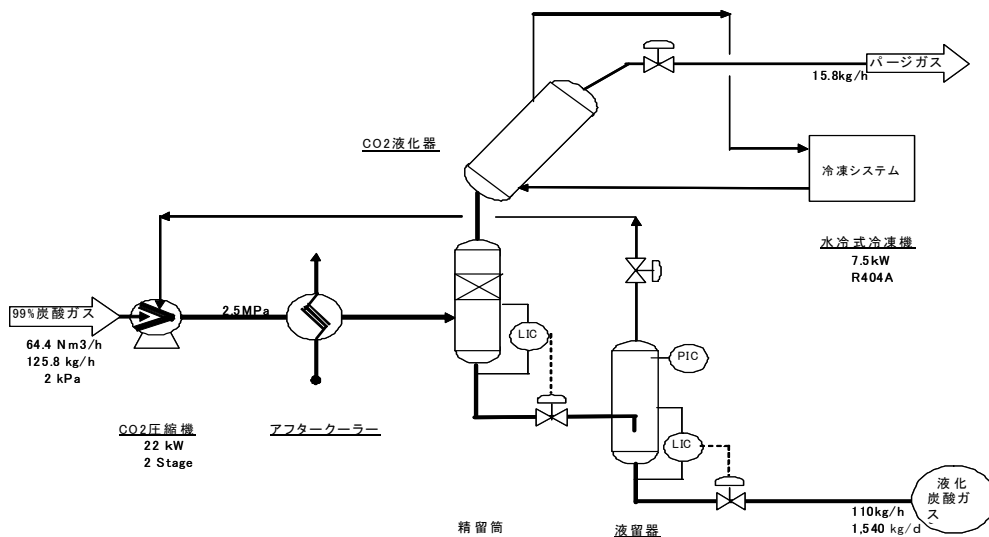


図 1.1.7.1-3 CO₂液化設備図(ケース1:水素 PSA オフガスからの CO₂分離回収ケース)

ケース 1 (水素 PSA オフガスから CO₂分離回収を行うケース) を対象とした CO₂の液化設備のエネルギー消費量は 107MJ/h と算定された。この結果、CO₂のガス分離設備に加えて CO₂の液化設備を設置する場合の水素ステーション全体のエネルギー効率は 65.6%(LHV)となり、CO₂分離回収なしに対しては 2.6 ポイント低下、CO₂ガス分離のみに対しては 1.4 ポイントの低下となる。

水素製造量 300Nm³/h に対応する CO₂ガス分離設備のコストは 35 百万円、CO₂液化設備のコストは 57.6 百万円と見積もられた。なお、CO₂分離回収なしの水素ステーションコストは 273 百万円 (水素充填圧力 35MPa) とした。(2010 年度 WG1 商用インフラモデル検討会検討値 (将来コスト))

これらを基とした経済性の比較を表 1.1.7.1-3 に示す。

表 1.1.7.1-3 水素オフガスからの CO₂ 分離回収ケースの経済性(300Nm³/h、35MPa)

(単位:千円)

	費目	原単位等	CO ₂ 分離回収なし	CO ₂ 分離回収あり*1 (gas-CO ₂ 回収)	CO ₂ 分離回収あり*1 (liquid-CO ₂ 回収)
建設費	建設費	百万円	水素ST 273	水素ST 273 CO ₂ -PSA 35	水素ST 273 CO ₂ -PSA 35 CO ₂ 液化装置 57.6
	建設費合計(千円)		273,000	308,000	365,600
製品	製品水素ガス	Nm ³ /年	1,538,396	1,538,396	1,538,396
	濃縮CO ₂ 量	ton/年	—	613	616
	液化炭酸ガス量	ton/年	—	—	539
変動費 (CCSなし)	都市ガス	75円/kg、441890kg/年	33,142	←	←
	用役 電力	13.0円/kWh、1141251kW	14,836	←	←
	上水	330円/ton、3428ton/年	1,131	←	←
	廃水	220円/ton、1714ton/年	377	←	←
	変動費小計(CO ₂ 分離回収なし)			49,486	49,486
変動費 (CCS)	用役 電力	13.0円/kWh	—	1,631	3,528
				(25.6kW)	(55.4kW)
	上水	330円/ton	—	155	640
				(96kg/h)	(396kg/h)
変動費小計(CO ₂ 分離回収)			—	1,786	4,168
変動費合計			49,486	51,272	53,654
変動費		円/Nm ³ -製品水素	32.2	33.3	34.9

固定費	人件費	7百万円/人×1.5人	10,500	10,500	10,500
	資本費 減価償却費	10年償却	27,300	30,800	36,560
	修繕費	建設費×0.03	8,190	9,240	10,968
	保険料	簿価×0.0077	1,156	1,304	1,548
	固定資産税	簿価×0.014	2,102	2,372	2,815
	一般管理費	人件費×0.2	2,100	2,100	2,100
固定費合計			51,348	56,316	64,491
固定費		円/Nm ³ -製品水素	35.1	38.5	44.1

製品水素	円/Nm ³	67.3	71.9	79.0
------	-------------------	------	------	------

CO ₂ 削減率	%	0	50	50
CO ₂ 分離回収コスト	千円(固定費+変動費)	—	6,754	17,311
	円/ton-CO ₂	—	11,017	32,117

CO₂ 分離回収することにより、50%の CO₂ 削減が可能となる。CO₂ の分離形態として、ガス CO₂ で分離するケースと液化 CO₂ で分離するケースがある。

CO₂ をハンドリング性に優れた液化 CO₂ として分離回収する場合、分離回収なしの場合と比較して、水素コストで約 12 円/Nm³ の上昇となる。また、液化 CO₂ 分離回収コストとして約 32,000 円/ton-CO₂ となる。この値は、巷で言われている 3,000~4,000 円/ton-CO₂ と比較して相当に高い。

CO₂ をガス分離するのみであれば、水素コストで 4.6 円/Nm³ の増加で、ガス CO₂ 分離回収

1.2. 商用インフラモデルの検討

2015年度からのFCVおよび水素インフラの普及開始をふまえ、2015～2020年度までに想定される商用の水素ステーション、水素インフラの仕様およびコスト検討を実施した。

1.2.1 商用インフラモデルの提案

2015年度からの普及初期においては、商用の水素インフラが必要となる。商用の水素インフラとは、技術実証および社会実証試験段階を終了し、普及期に向けた設計仕様を有する水素インフラである。この水素インフラには、水素ステーションおよび水素製造、輸送、出荷設備等を含む。

水素インフラの仕様は、各種前提条件の設定により大きく異なる。特に普及台数や普及地域などFCV導入のあり方により、様々な仕様が想定される。商用の水素インフラの仕様は一つではなく、普及初期のFCVの立ち上がり状況に応じた仕様を提案していく必要がある。

JHFC2においては、想定した前提条件の下、対応する水素インフラ仕様を検討提案してきた。本章では、以下の検討について順に記載する。

(1.2.2.1.) 2005～2007年度までの商用水素ステーション検討

(1.2.2.2.) 2008～2009年度までの商用水素ステーション検討

(1.2.2.3.) FCCJ^(*)充填圧力検討タスクフォースにおける商用水素ステーション検討

(1.2.2.4.) 2009～2010年度商用水素ステーション検討および出荷輸送検討

(*)FCCJ; 燃料電池実用化推進協議会

(1.2.2.1.)～(1.2.2.3.)の2005～2009年度までの水素ステーション検討では、基本的には300Nm³/h程度の水素供給能力を有する水素ステーションを想定して仕様及びコストの検討を実施した。これに対して、(1.2.2.4.)の2009～2010年度の検討では、普及に応じたインフラ仕様を想定する方針とした。また、2005年度以降、35MPaに加え70MPaのFCV開発が進み、充填ガス量や充填圧力が変化してきたこと等をふまえ、前提となる充填条件（FCVへの充填ガス量、FCVへの連続充填台数、充填ピーク台数およびピーク時間、ステーション圧力、充填方法など）は見直されている。技術やコストダウン見通しの変化状況と合わせて、設備仕様やコストが変化するため、異なる前提のモデルは単純に比較できない。

表1.2.1-1にそれぞれの水素ステーション検討における前提条件を一覧にした。特に網掛となっている箇所（オフサイト検討の有無、FCV一台あたりの充填水素量、原料価格、土地代の有無）は異なる前提および検討条件であることが示されている。それぞれのモデルの理解にあたっては、常に設定した条件との対応を確認する必要がある。

表 1.2.1-1 水素ステーション仕様／コスト検討における前提条件比較

	2005-2007年度検討 (様々なオンサイト原料)	2008-2009年度検討	2009-2010年度商用インフラモデル検討	
			現在	将来
ステーション型式	オンサイト型	オンサイト型	オンサイト型、オフサイト型	
水素充填圧力	35MPa、70MPa	35、44、50、70、87.5MPa	35、70MPa	
水素製造能力	27kg/h (300Nm ³ /h)	27kg/h (300Nm ³ /h)	27kg/h (300Nm ³ /h)、9kg/h (100Nm ³ /h)	
ステーション営業時間	13hr/day	13hr/day	13hr/day	
年間営業日数	350日/年	350日/年	365日/年	
充填後車載水素量(タンク圧力)	(35MPa)	5kg (35MPa)	6kg (35MPaと70MPa車を案分)	
充填前水素量(タンク圧力)	(16MPa)	満充填量の20%	満充填量の20%	
水素充填量	2.7kg/台 (30Nm ³ /台)	4kg/台	4.8kg/台	
連続充填台数	10台/h	6.7台/h	5.6台/h	
ピーク時間帯充填台数	20台/h	20台/h	11.2台/h	
水素充填時間	考慮せず	3分/台	3分/台	
充填方式	差圧充填(カスケード方式)	差圧充填(圧縮機運転あり)、圧縮機直接充填	差圧充填(圧縮機運転あり)、圧縮機直接充填	
蓄圧器	250L×12本=3000L(蓄ガス量1152Nm ³)	各ケース毎に必要な容量・本数を算出	各ケース毎に必要な容量・本数を算出	
ディスペンサー	2台(充填能力30Nm ³ /5分)	1台(ノズル2本)	2台ないし1台	
ブレカール温度	0℃、-20℃、-40℃	なし、-20℃、-40℃	なし、-20℃、-40℃	
(1)検討前提値				
原材料単価	原料ナフサ:59.9円/kg(基準取引価格2005年平均値=CIF+2000円/kL、比重=0.653)	—	ナフサ:65.6円/kg(45900円/kL)	ナフサ:85.4円/kg(59800円/kL)
	灯油:60.2円/kg(48円/L:日経内外相場2005年平均値、比重=0.797)	—	—	—
	都市ガス:50.3円/kg(都市ガス会社の2005年産業用B契約43.5円/Nm ³ より算出)	都市ガス:50.3円/kg	都市ガス:50.3円/kg	都市ガス:75円/kg
	LPガス:51.0円/kg(JIS第2種3号、2005年平均値(CIF)+一次基地費+搬送費)	—	—	—
用役費	電力:12円/kWh(電力会社、高圧電力A)	12円/kWh	電力:12円/kWh	電力:13円/kWh
	市水:300円/ton(上水道、東京都及び横浜市水道局資料)	市水:300円/ton	市水:300円/ton	市水:330円/ton
	廃水:200円/ton(上水道、東京都及び横浜市水道局資料)	廃水:200円/ton	廃水:200円/ton	廃水:220円/ton
資本費・税など	簿価:建設費の55%	—	簿価:建設費の55%	
	固定資産税:簿価の1.4%	—	固定資産税:簿価の1.4%	
	保険料:簿価の0.77%	—	保険料:簿価の0.77%	
	修繕費:建設費の3%	—	修繕費:建設費の3%	
	製造管理費:労務費の20%	—	製造管理費:労務費の20%	
減価償却費	設備取得費(P):建設費(100)	—	—	
	残存簿価(L):設備取得費の10%	—	残存簿価(L):設備取得費の10%	
	金利(i):4%	—	—	
	償却年数(n):10年	—	償却年数(n):10年	
	減価償却費率:11.5年	—	減価償却費率:10年	
人件費(ステーション)	7,000千円/人・年; 2人	—	2人	1.5人
	年間営業日数:350日/年	—	365日	
ステーション土地代	含まない	—	含む	含む
土地面積	—	—	300Nm ³ /hのステーション: 700m ² 100Nm ³ /hのステーション: 400m ²	300Nm ³ /hのステーション: 550m ² 100Nm ³ /hのステーション: 350m ²
製造水素量	定格運転時製造量:300Nm ³ /h(27kg/h)	定格運転時製造量:300Nm ³ /h(27kg/h)	定格運転時製造量:300Nm ³ /h(27kg/h) :100Nm ³ /h(9kg/h)	
	ステーション運転時間:13h/日	13h/日	13h/日	
	約4,175Nm ³ /日(*)	約4,175Nm ³ /日(*)	4215Nm ³ /日	
	(*)起動・停止を考慮した一日の製造量	(*)起動・停止を考慮した一日の製造量		
	年間製造量:約1,461,250Nm ³ /年	年間製造量:約1,461,250Nm ³ /年	300Nm ³ /hステーション: 1,538,396Nm ³ /年 100Nm ³ /hステーション: 512,799Nm ³ /年	

差圧充填(カスケード方式):蓄圧器とFCVタンク間の差圧のみで充填する方式。充填中は圧縮機は運転しない。

差圧充填方式(圧縮機運転あり):圧縮機により蓄圧器の圧力を上げ、蓄圧器とFCVタンク間の差圧により充填する方式。充填中も圧縮機は運転している。

圧縮機直接充填方式:プースター方式の2段充填。36MPa程度の低圧まで差圧充填(圧縮機併用)で行い、それ以降の高圧充填は蓄圧器を介さず直接充填する。

1.2.2 ステーションのコスト検討

1.2.2.1 商用規模ステーションのコスト検討(その1)(2005年度)

過去に行った水素製造量 300Nm³/h の商用規模水素ステーションの試設計結果に基づき、2005年度から2007年度にかけて水素ステーションの建設費コストを算出した。

(1) 水素ステーション建設費の検討

① コスト検討前提

ステーション型式	オンサイト型
水素充填圧力	35MPa、70MPa
水素製造能力	27kg/h (300Nm ³ /h)
ステーション営業時間	13hr/day
年間営業日数	350 日/年
車載水素タンク圧力	35MPa
充填前水素タンク圧力	16MPa
水素充填量	2.7kg/台 (30Nm ³ /台)
連続充填台数	10 台/h
ピーク時間帯充填台数	20 台/h
水素充填時間 (分/台)	— (考慮せず)
充填方式	差圧充填 (カスケード方式)
蓄圧器	250L×12 本=3000L (蓄ガス量 1152Nm ³)
ディスペンサー	2 台 (充填能力 30Nm ³ /5 分)
プレクール温度(*)	0℃、-20℃、-40℃ (*)充填圧力 70MPa のみ

② 検討手法

水素ステーションが 2005 年に国内で建設されると想定。

水素ステーションの性能、効率は 2010 年までの技術進展を考慮。

水素ステーションの試設計設備仕様及び機器に基づきメーカー見積引き合い。

基準工事項目等は公知データ等を利用して Lang 法、指数法などにより積算。

(外注で行った)

③ 検討結果

a. 充填圧力 35MPa 水素ステーション建設費

4 種の原料についての水素ステーション建設費を以下に示す。原料によらずほぼ同等である。

都市ガス	599 百万円
LP ガス	591
脱硫ガソリン	583
灯油	592

b. 充填圧力 70MPa 水素ステーション

都市ガス原料のステーション建設費（-40℃プレクールケース）は、714 百万円と見積もられた。その内訳を下表に示す。

表 1.2.2-1 水素ステーションの建設コスト内訳（70MPa、300Nm³/h）

	百万円
水素製造装置	186
（内訳）原料ガス圧縮機	19
改質器	116
PSA	26
製造関係	25
水素圧縮機	84
蓄圧器	30
ディスペンサー	81
プレクール	32
充填関係他	1
（小計）	414
機器据付工事費	7
土木建築工事費	100
配管工事費	43
電気工事費	50
その他経費	100
（合計）	714

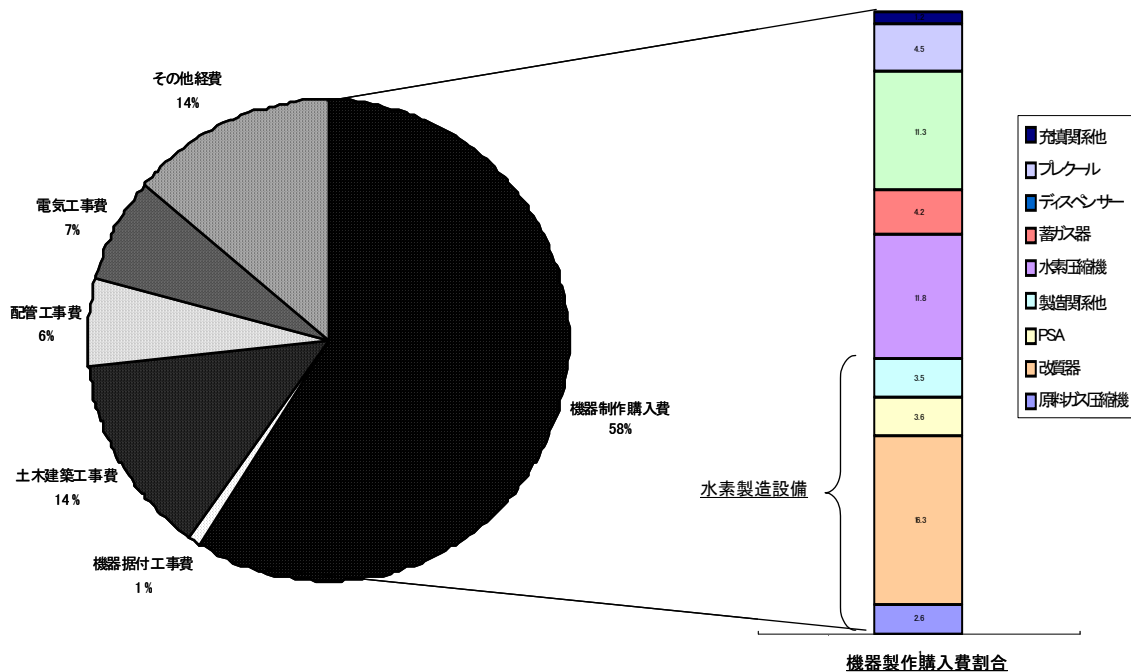


図 1.2.2-1 オンサイト型 70MPa,300Nm³/h 水素ステーション建設コスト（-40℃プレクール）

(2)水素コストの検討

前項で試算した水素ステーション建設費を基に、水素コストを算出した。

①検討前提値

原材料単価 原料ナフサ：59.9 円/kg（基準取引価格 2005 年平均値＝CIF+2000 円/kL、
比重＝0.653）

灯油：60.2 円/kg（48 円/L：日経内外相場 2005 年平均値、比重＝0.797）

都市ガス：50.3 円/kg（都市ガス会社の 2005 年産業用 B 契約 43.5 円/Nm³
より算出）

LP ガス：51.0 円/kg（JIS 第 2 種 3 号、2005 年平均値（CIF）＋一次基地
費＋搬送費）

用役費 電力：12 円/kWh（電力会社、高圧電力 A）

市水：300 円/ton（上水道、東京都及び横浜市水道局資料を参考）

廃水：200 円/ton（上水道、東京都及び横浜市水道局資料を参考）

資本費・税など

簿価：建設費の 55%

固定資産税：簿価の 1.4%

保険料：簿価の 0.77%

修繕費：建設費の 3%

製造管理費：労務費の 20%

減価償却費 設備取得費（P）：建設費（100）

残存簿価（L）：設備取得費の 10%

金利（i）：4%

償却年数（n）：10 年

減価償却費率：11.5 年 $(P-L) \times i / ((1+i)^n - 1) \times (1+i)^n + L \times i$

人件費 7,000 千円/人・年

年間営業日数：350 日/年

ステーション土地代

含まない

製造水素量

定格運転時製造量：300Nm³/h（27kg/h）

ステーション運転時間：13h/日

ワンサイクル運転時製造量(*)：約 4,175Nm³/日

(*)起動・停止を考慮した一日の製造量

年間製造量：約 1,461,250Nm³/年

②検討結果

各ケースの水素コストは以下の通り。

充填圧力・原燃料	プレクール温度 (°C)	水素コスト (円/Nm3)	ステーション建設費 (百万円)
35MPa、都市ガス	なし	102.5	599
35MPa、LPガス	なし	102.5	591
35MPa、脱硫ガソリン	なし	143.6	583
35MPa、灯油	なし	107.4	592
70MPa、都市ガス	0	114.3	694
70MPa、都市ガス	-20	114.9	698
70MPa、都市ガス	-40	117.3	714

充填圧力 70MPa、都市ガス原料、プレクール温度-40°Cのケースの水素コストの内訳表を以下に示す。

表 1.2.2-2 70MPa、都市ガス原料、プレクール温度-40°Cケースの水素コスト内訳表

ステーション建設費 [千円]		714,000					
項目	単価	製造量又は使用量			年間経費 (千円)	製造コスト構成 (円/Nm3)	
		定格運転時製造量	ワンサイクル運転時製造量	年間製造量			
品類	1. FCV用水素製造量	300 Nm3/h 27 kg/h	4,175 Nm3/d 376 kg/d	1,461,250 Nm3 131,430 kg			
製造	1. 原燃料都市ガス	50.3 円/kg	95.3 kg/h	1,555 kg/d	27,367.1	18.7	
	2. 用役電力	12.0 円/kWh	197.7 kW	3,282 kWh/d	13,783.1	9.4	
	上水	300 円/ton	523.6 kg/h	9.8 ton/d	1,028.3	0.7	
	廃水	200 円/ton	261.8 kg/h	4.9 ton/d	342.8	0.2	
	3. 触媒・薬品						
	変動費合計				42,521.3	29.1	
投資	1. 人件費	7,000 千円/人・年		2 人	14,000.0	9.6	
	2. 資本費					0.0	
	減価償却費	11.5 年		建設費	714,000 千円	82110	56.2
	金利	4 %		建設費	714,000 千円	21,420.0	14.7
	修繕費	3 %		簿価	392,700 千円	3,023.8	2.1
	保険料	0.77 %		簿価	392,700 千円	5,497.9	3.8
	固定資産税	1.4 %		建設費	714,000 千円	0	0
諸経費	0 %		労務費	14,000 千円	112,051.6	76.7	
	資本費合計				2,800.0	1.9	
	3. 一般管理費(労務費)	20 %					
	固定費合計				128,851.6	88.2	
	年間経費合計				171,372.9	117.3	
	充填用水素製造単価	円/Nm3				117.3	
	充填用水素製造単価	円/MJ					

産業用A契約(H17) 48.2 ¥/Nm 55.7 ¥/kg LNG CIF= ¥/ton 25,000 6/1月
 産業用B契約(H17) 43.5 50.3 40,000 5年末

1.2.2.2. 商用規模ステーションのコスト検討(その2)(2008~2009 年度)

2005~2007 年度に検討したステーションのコスト検討は、ステーションの性能・効率は2010 年を見通した値を前提にしているものの、ステーション建設時期は 2005 年を前提としているため将来コストを検討したとは言い難い。また、ステーションの各設備コストはメーカーに対する見積引き合い値であるのでプライスであり、コストではない。

そこで、水素ステーションの現状コスト及び将来コスト（2015 年）を改めて検討することとし、2008~2009 年度に WG1 の下にコスト検討会を設置し、各機器毎の将来コストを検討した（2009 年度は WG1 水素インフラ実証試験検討会の下のコスト検討分科会）。

(1)コスト検討前提

ステーション型式	オンサイト型
水素充填圧力	35、44、50、70、87.5MPa
水素製造能力	27kg/h (300Nm ³ /h)
ステーション営業時間	13hr/day
年間営業日数	350 日/年
車載タンク水素満充填量	5kg
車載タンク水素残量	満充填量の 20%
水素充填量	4kg/台
水素充填時間	3 分/台
FCV カバー率	2000 台 FCV/ステーション
連続充填台数	10 台/h
ピーク時間帯充填台数	30 台/h
蓄圧器	各ケース毎に必要容量・本数を算出
ディスペンサー	1 台（ノズル 2 本）
充填方式	差圧充填（圧縮機運転あり）、圧縮機直接充填

- ・差圧充填方式（圧縮機運転あり）：圧縮機により蓄圧器の圧力を上げ、蓄圧器と FCV タンク間の差圧により充填する方式。充填中も圧縮機は運転している。
- ・圧縮機直接充填方式：ブースター方式、2 段充填とする。35MPa 程度の低圧は差圧充填（圧縮機併用）で行い、それ以降の高圧充填は蓄圧器を介さず直接充填する方式。

プレクール温度(*) なし、-20℃、-40℃ (*)充填圧力に応じて決定

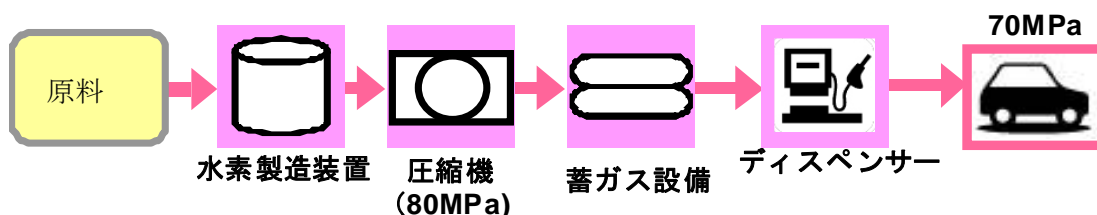


図 1.2.2-2 差圧充填（圧縮機運転あり）方式の水素ステーションのフロー図

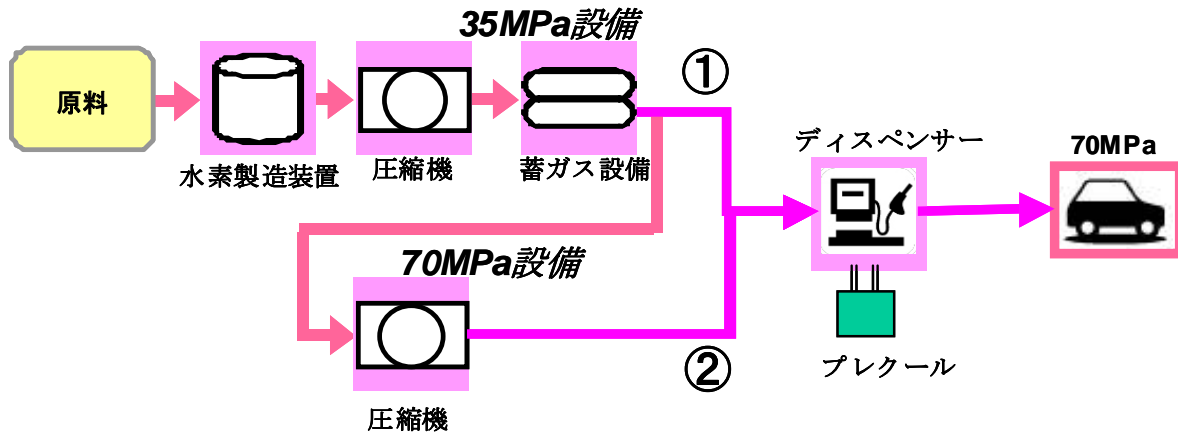


図 1.2.2-3 圧縮機直接充填方式の水素ステーションのフロー図

(2) 検討手法

水素ステーションの現状コスト及び将来コストを構成機器別に想定し、コスト検討会メンバーによる見通しコスト値とした。

現状コストは 2008 年時点とした。将来コストは 2015 年時点とし、技術進展と量産を見込んだ値とした。

(3) 水素ステーションの各機器の現状コスト

- ①改質装置： 300Nm³/h 186 百万円
 参考 ①186 百万円 (300Nm³/h、ENAA2007 年度コスト評価)
 ②200 百万円 (200Nm³/h、A 社の商用機)
 ③40 百万円 (30Nm³/h、B 社の商用機)
 80 百万円 (100Nm³/h、B 社の商用機)
 150 百万円 (300Nm³/h、B 社の商用機)

②圧縮機

a.圧縮機併用充填機：油圧ブースター150Nm³/h×2 台

充填圧力	圧縮機価格	吐出圧力 (蓄圧器圧力)
35MPa	50 百万円	50MPa
70MPa	95 百万円	80MPa

(参考) 84 百万円 (単機能力や台数不明、水素製造量 300Nm³/h、ENAA2007 年度コスト評価)

b.圧縮機直充填機：

充填圧力	水素ステーション規模	圧縮機価格	吐出圧力
70MPa	300Nm ³ /h	110 百万円	80～110MPa
88MPa	300Nm ³ /h	142 百万円	80～110MPa

③ディスペンサー

専用充填、ノズル2本、充填制御はノズル2本同時

充填圧力 ディスペンサー価格

35MPa	15 百万円
70	38
88	38 (現状、88MPa 用は存在しない)

(参考) 81 百万円 (2 台、ENAA2007 年度コスト評価)

④プレクーラー

充填圧力	プレクーラー価格	プレクーラー温度・冷却能力
35MPa	17 百万円	-20℃、13.3kW
70 & 88MPa	32 百万円	-40℃、17.7kW

冷凍機冷却所要能力 (2007 年度 ENAA 報告書)

共通条件： オンサイト方式水素ステーション
 : 水素ステーション供給圧力：70MPa
 : 蓄圧器圧力：90MPa
 : 払い出し温度：40℃

プレクーラー有無	有	有	有	無	無
プレクーラー温度	0℃	-20℃	-40℃	—	—
プレクーラー冷却所要能力	8.9kW	13.3kW	17.7kW	—	—

⑤蓄圧器

a. 鋼製蓄圧器

35MPa 充填と 70MPa 充填は用いる蓄圧器の仕様・価格が全く異なっている。

蓄圧器本体価格は以下の値を用いた。

充填圧力	蓄圧器本体価格	水容積
35MPa	0.9 百万円/本	300L
70 & 88MPa	6 百万円/本	100L

また、組立て費、弁類が必要であるので、蓄圧器の価格は以下の方式で求めた。

蓄圧器コスト = ①蓄圧器本体コスト + ②組立てコスト + ③パーツ類コスト

① = 容器 1 本単価 × 本数

② = ① × 0.1

③ = 必要な弁数等 (遮断弁、安全弁、手動弁、逆止弁、圧力計、伝送器など) から算出

b. 複合容器製蓄圧器

設計圧力	蓄圧器本体価格	水容積
82MPa	8.5 百万円/本	303L

⑥ 主要機器以外の工事費・諸経費

付属機器：各種制御盤、警報装置、放散/散水設備

工事費（設備工事）：配管工事費、配線工事費、機器据付工事、試運転、輸送費

工事費（土木工事）：解体・基礎・舗装・外構工事、建築工事、その他

諸経費：設計ドキュメント費、現場管理費、諸経費

35MPa/70MPa の充填圧力の差による工事費・諸経費の差は考慮せず、同一とする。

300Nm³/h ステーションの工事費・諸経費は、2007 年度 ENAA 報告書の値を基に、JHFC 水素ステーション建設実績を加味して決定した。

なお、参考として 50Nm³/h の JHFC 水素ステーションの実績値を併せて示す。

(百万円)	300Nm ³ /h	50Nm ³ /h
付属機器	38	38
工事費（設備）	45	36
工事費（土木）	60	42
諸経費	55	24
計	198	140

(4) 水素ステーションの現状コスト

a. 充填圧力 35MPa、水素製造規模 300Nm³/h のオンサイト型ステーション

ケース①：鋼製蓄圧器、蓄圧器圧力 100MPa（3 バンク共）、圧縮機併用充填

ケース②：鋼製蓄圧器、蓄圧器圧力 40/100/100MPa、圧縮機併用充填

ケース③：鋼製と複合容器製蓄圧器、蓄圧器圧力 40/40/82MPa（#3 が複合容器）、圧縮機併用充填

ケース④：鋼製蓄圧器、蓄圧器圧力 45MPa（3 バンク共）、圧縮機併用充填

ケース NO	①	②	③	④
FCV 充填圧力	35	35	35	35
蓄圧器材質	鋼製	鋼製	鋼製/複合容器	鋼製
蓄圧器圧力 (MPa)	100/100/100	40/100/100	40/40/82	45/45/45
充填方式	圧縮機併用	圧縮機併用	圧縮機併用	圧縮機併用
【主要機器コスト：百万円】				
水素製造装置	186	186	186	186
圧縮機	50	50	50	50
蓄圧器	139	77	53	37
ディスペンサー	15	15	15	15
プレクーラー	17	17	17	17
小計	407	345	321	305
その他工事費	198	198	198	198
合計	605	543	519	503

b. 充填圧力 70MPa、水素製造規模 300Nm³/h のオンサイト型ステーション

ケース⑤：鋼製蓄圧器、蓄圧器圧力 100MPa（3バンク共）、圧縮機併用充填

ケース⑥：鋼製蓄圧器、蓄圧器圧力 40/100/100MPa、圧縮機併用充填

ケース⑦：複合容器製蓄圧器、蓄圧器圧力 82/82/82MPa、圧縮機併用充填

ケース⑧：鋼製蓄圧器、蓄圧器圧力 40MPa（低圧バンクのみ）、圧縮機直接充填

ケース NO	⑤	⑥	⑦	⑧
FCV 充填圧力	70	70	70	70
蓄圧器材質	鋼製	鋼製	複合容器	鋼製
蓄圧器圧力 (MPa)	100/100/100	40/100/100	82/82/82	40/40/40
充填方式	圧縮機併用	圧縮機併用	圧縮機併用	圧縮機直接
【主要機器コスト：百万円】				
水素製造装置	186	186	186	186
圧縮機	95	95	95	110
蓄圧器	245	214	205	38
ディスペンサー	38	38	38	38
プレクーラー	32	32	32	32
小計	596	565	556	404
その他工事費	198	198	198	198
合計	794	763	754	602

c. 充填圧力 87.5MPa、水素製造規模 300Nm³/h のオンサイト型ステーション

ケース⑨：鋼製蓄圧器、蓄圧器圧力 100MPa（3バンク共）、圧縮機併用充填

ケース⑩：鋼製蓄圧器、蓄圧器圧力 40MPa（低圧バンクのみ）、圧縮機直接充填

ケース NO	⑨	⑩
FCV 充填圧力	88	88
蓄圧器材質	鋼製	鋼製
蓄圧器圧力 (MPa)	100/100/100	40（低圧のみ）
充填方式	圧縮機併用	圧縮機直接
【主要機器コスト：百万円】		
水素製造装置	186	186
圧縮機	110	142
蓄圧器	436	34
ディスペンサー	38	38
プレクーラー	32	32
小計	802	432
その他工事費	198	198
合計	1,000	630

d.水素ステーションの現状コストのまとめ

水素製造規模 300Nm³/h、充填圧力 35、70、87.5MPa のオンサイト型ステーションの現状コストのまとめは以下の通りである。(各充填圧力での最安コストケース)

表 1.2.2-3 水素ステーションの現状コストのまとめ

充填圧力 MPa	35	70	87.5
充填方式	差圧	直接	直接
ST コスト (百万円)	503	602	630

(5)水素ステーションのコストダウン方策

各機器毎のコストダウン方策とコストダウン率を検討した。

表 1.2.2-4 水素ステーションの機器別のコストダウン方策とコストダウン率

部位	検討者	現状コスト	コストダウン要素	効果見積
改質型水素製造装置	A社	300Nm ³ /hで150百万円 (内訳)改質系ユニット:90、PSAユニット:30、付属設備:10、その他:20	・フロー簡素化 ・機器点数削減	
	B社	300Nm ³ /hで180百万円	・装置コスト:現状の1/2 ・装置サイズ:現状の1/4 ・起動時間:現状の1/4(DSS志向) ・メンテナンス:年1回	ガソリン等価価格から見た設備コスト目標は90百万円
	ENAA過去検討	300Nm ³ /hで186百万円		
水電解型水素製造装置	C社	300Nm ³ /hで250百万円 (内訳)①電解セル:125、②整流器:38、③その他87	①・電極材料改善 ・セル構造簡略化 ・隔膜材料改善 ほか ②・量産化 ③・量産化 ・配管材料改善 ・電気計装機器改善	300Nm ³ /hで150百万円 (内訳)①60、②30、③60
圧縮機	D社	油圧駆動ブースター ・300Nm ³ /h、35MPa級:40~50百万円 ・同、70MPa級、吸入圧<1MPa:80百万円(5台)	・構造単純なのはメリットだが、小容量(<100Nm ³ /h)向き ・大容量となると多数台が必要で、他式大型圧縮機とコストは大差なし	
	E社	150Nm ³ /h×2台:100百万円(吐出圧40MPa) 150百万円(吐出圧80MPa) 300Nm ³ /h:61百万円(吐出圧40MPa) 90百万円(吐出圧80MPa)	・300Nm ³ /h単機による周辺機器削減 ・周辺機器のコスト削減 ・仕様統一による設計削減 ・海外製316ssの認可 ほか	
蓄圧器	F社、G社(ヒアリング)	鋼製 ・設計圧力(~45MPa):水容積300L程度:価格90万円/本 ・設計圧力(50~100MPa):水容積100L程度:価格600万円/本	・寸法や水容積の統一 ・容器の大容量化 ・安価材料の適用性検討(SNCM439圧延管)	量産を併用して20%のコストダウン可能
	E社	SNCM439鋼製:内容積240L:80MPa運転用で250万円	・大口径化、長尺化により500Lや1000L容器としてコストダウン	
	H社	コンポジット製 ・常用圧力82MPa、水容積303L:価格850万円/本	・ST用蓄圧器として使用するための規制緩和 ・コストダウン	
ディスペンサ	I社	70MPa充填用、シングル(1ホース)で37.8百万円	・コロオリ流量計検出部及び計測部開発 ・ディスペンサ制御部開発 ・高耐久/低価格高圧ガス機器採用 ・ディスペンサレイアウト設計	目標コスト:18.5百万円
プレクーラー	ENAA過去検討	-20℃プレクーラー:冷却能力13.3kWで17百万円 -40℃プレクーラー:冷却能力17.7kWで32百万円		
STレイアウト	水素STモデル分科会	手始めに、PECモデル(500Nm ³ /h、70/35MPa充填)のガソリスタンド併設型水素ST:1,400m ² (35m×40m)を検討	(1)蓄圧器のキャンピー上設置 (2)圧縮機の地下設置 (3)離隔距離の短縮(6m→4m) (4)障壁利用による機器配置面積の減少	(1)~(4)策を総合的に勘案した面積削減は約334m ² 、土地代削減効果は約334万円/年(1万円/m ² ・年)。但し、地下設置等などの増加費用の見積もりが今後必要。今後決定する水素ST仕様を踏まえての検討を行う。
CNG-STでの機器統合	水素STモデル分科会	CNG-STの設備費計:50百万円(圧縮機20、ディスペンサ(2基)15、蓄圧器(10本)15)	・機器統合、パッケージ化 ・圧縮機直充填による蓄圧器削減	設備費(パッケージ本体):30百万円(圧縮機、ディスペンサ(1基)、蓄圧器なし、キャンピーなし)
その他工事費	水素STモデル分科会	ENAA過去検討では、総額約6億円の35MPa水素ステーションコストの内、その他工事費用が約2億円であり、主要機器のコストダウンと同様に重要	・CNGステーションと水素ステーションのその他工事費を比較検討 ・CNGステーションのコストダウンの策と率を算定	その他工事費のコストダウン率を33%とした(CNGステーション結果を援用)

上記をまとめると下表を得る。

表 1.2.2-5 各機器のコストダウン率

機器	将来コスト	考え方
水素製造装置	50%ダウン	NEDO 製造・輸送・貯蔵 Pr の目標値
圧縮機	30%ダウン	CNG ステーション実績値を援用
蓄圧器	20%ダウン	コスト検討分科会ヒアリング
ディスペンサ	50%ダウン	NEDO 製造・輸送・貯蔵 Pr の目標値
プレクーラー	20%ダウン	NEDO コスト構造検討 WG の目標削減率
その他工事費等	33%ダウン	CNG ステーション実績値を援用

(6)水素ステーションの将来コスト

表 1.2.2-6 将来コストまとめ

ステーション	35MPa	70MPa	88MPa
水素製造装置	90	90	90
圧縮機	35	77	99
蓄圧器	30	30	27
ディスペンサー	8	19	19
プレクーラー	14	26	26
その他工事費	129	129	129
合計	306	371	390

注) 35MPa ステーション：圧縮機併用充填、鋼製蓄圧器（45MPa）

70MPa ステーション：圧縮機直接充填、後段圧縮機は 2 台、鋼製蓄圧器

88MPa ステーション：圧縮機直接充填、後段圧縮機は 3 台、鋼製蓄圧器

1.2.2.3. FCCJ 充填圧カタスクフォースにおける水素ステーションのコスト検討

前項(1.2.2.2.)の内容は、最適な充填圧力検討のために FCCJ の燃料関連技術 SWG の下に 2008 年度から新たに設置された「充填圧力検討タスクフォース」におけるインフラ側の検討項目でもある。高圧化に対する水素ステーションのコストの検討結果となっている。コストと同様に、高圧化に対する水素ステーションの総合効率についても、JHFC において検討しており、その結果は 1.1.6 水素ステーションのエネルギー効率測定を参照されたい。

1.2.2.4 2009～2010 年度の商用水素ステーション検討および出荷輸送検討

(1) 商用水素ステーション仕様検討

2008-2009 年度のコスト検討の結果を引継ぐと共に、2015 年からの燃料電池自動車の普及開始予定に対応して、最新の検討に基づいて普及初期の水素ステーションインフラの仕様を検討した。

FCV の普及台数の見積もり等から年間水素需要量を想定し、需要に対応する水素ステーションを複数種類想定した。基本条件を設定し、標準となる水素ステーションインフラの仕様を検討した。表 1.2.2-7, 8 に基本条件を示す。2015 年においては 5000 台の FCV を想定し年間の水素需要量を 475 t と見積もった。FCV 台数は産業競争力懇談会(COCN)の報告書(燃料電池自動車・水素供給インフラ整備普及プロジェクト 2008)をベースとした。また、普及初期とは 2015 から 2020 年の間を示すと定義した。表 1.2.2-9 に検討水素ステーションの前提仕様を示す。2008 年度までの条件と相違する主な条件は表 1.2.1-1 に記載した。(オフサイト検討の有無、FCV 一台あたりの充填水素量、ピーク時充填の設定、原料価格、土地代の有無などが異なっている。)

表 1.2.2-7 普及初期 (2015-2020 年) の設定条件

燃料電池自動車 (FCV) 台数	5000 台～155000 台 (COCN 報告書)
年間水素需要量	475 t ～ FCV 燃費 : 100 k m / k g 水素 FCV 平均走行距離 : 9500 k m / 年 FCV 一充填あたり水素量 : 4.8 k g

表 1.2.2-8 ステーションの前提仕様

原料水素	・ オンサイト (都市ガス改質など etc.) ・ オフサイト (製油所水素など etc.)
圧力	・ 35MPa ・ 70MPa
充填能力	・ 300Nm ³ /h (商用 可搬式) ・ 100Nm ³ /h (小型商用 可搬式)
充填方法	・ 差圧充填 (for 35 MPa、70 MPa) ・ 圧縮機直接充填(for 70 MPa : High Flow Compressor)
ステーションあたりの FCV 台数	・ 1,340 台/ST
充填台数 (平均)	・ 5.6 台/h
水素充填時間	・ 3 分/台
充填台数(ピーク時)	・ 11.2 台/h (ピーク時間 1 h)
充填量 (FCV 一台あたり)	・ 4.8 kg/台
充填時間	・ 3 分/台

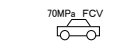
水素ステーションインフラは、上記の基本前提条件・仕様をふまえ、1) 充填圧力 (35MPa,70MPa)、2) 充填量 (~100Nm³/h,300Nm³/h)、3) 充填方式 (差圧充填方式, 直接充填方式) など、導入可能性のある選択肢を複数選定し、水素ステーションを①~⑬まで 13 種類に分類した。これらを基本仕様と位置付けた。基本スペックは以下のとおりである。

NO	形式	充填圧力	水素量	方式
①	オンサイト	35MPa	300Nm ³ /h	差圧充填方式 (圧縮機併用)
②	オンサイト	35MPa	100Nm ³ /h	差圧充填方式 (圧縮機併用)
③	オンサイト	70MPa	300Nm ³ /h	差圧充填方式 (圧縮機併用)
④	オンサイト	70MPa	100Nm ³ /h	差圧充填方式 (圧縮機併用)
⑤	オンサイト	70MPa	300Nm ³ /h	直接充填
⑥	オンサイト	70MPa	100Nm ³ /h	直接充填
⑦	オフサイト	35MPa	300Nm ³ /h	差圧充填方式 (圧縮機併用)
⑧	オフサイト	35MPa	100Nm ³ /h	差圧充填方式 (圧縮機併用)
⑨	オフサイト	70MPa	300Nm ³ /h	差圧充填方式 (圧縮機併用)
⑩	オフサイト	70MPa	100Nm ³ /h	差圧充填方式 (圧縮機併用)
⑪	オフサイト	70MPa	300Nm ³ /h	直接充填
⑫	オフサイト	70MPa	100Nm ³ /h	直接充填
⑬	オフサイト	35MPa	-	圧縮機、蓄圧器なし差圧充填)

オンサイトとオフサイトステーションの主な相違は、オンサイトが改質による水素製造設備を設置するのに対して、オフサイトは製油所などで製造した水素ガスを圧縮し運搬し、トレーラー容器を設置する点である。圧縮機以降の設備はほとんど共通の仕様として検討することとした。また、圧縮機をもたない⑬は、定常的な FCV の満タン充填ができない仕様となることから、商用のモデルとしての詳細検討対象からは外した。

図 1.2.2-4 に①~⑫のステーションについて検討した結果をまとめた概略構成図を示す。また、基本仕様としたステーションそれぞれに関して、レイアウトおよびフロー図を検討した。代表的なステーションについてのレイアウト検討結果を図 1.2.2-5 に示す。

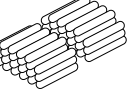
図1.2.2-4 商用インフラモデル検討会 検討水素ステーション



既存 19.6MPa トレーラー
700L 20-25本組 鋼製容器
121.9Nm³/本
2800Nm³程度



新規45MPa トレーラー
300L 40-45本組 複合容器
105Nm³/本
4300Nm³程度



19.6MPa カードル
50L 30本組
8.7Nm³×30=261Nm³



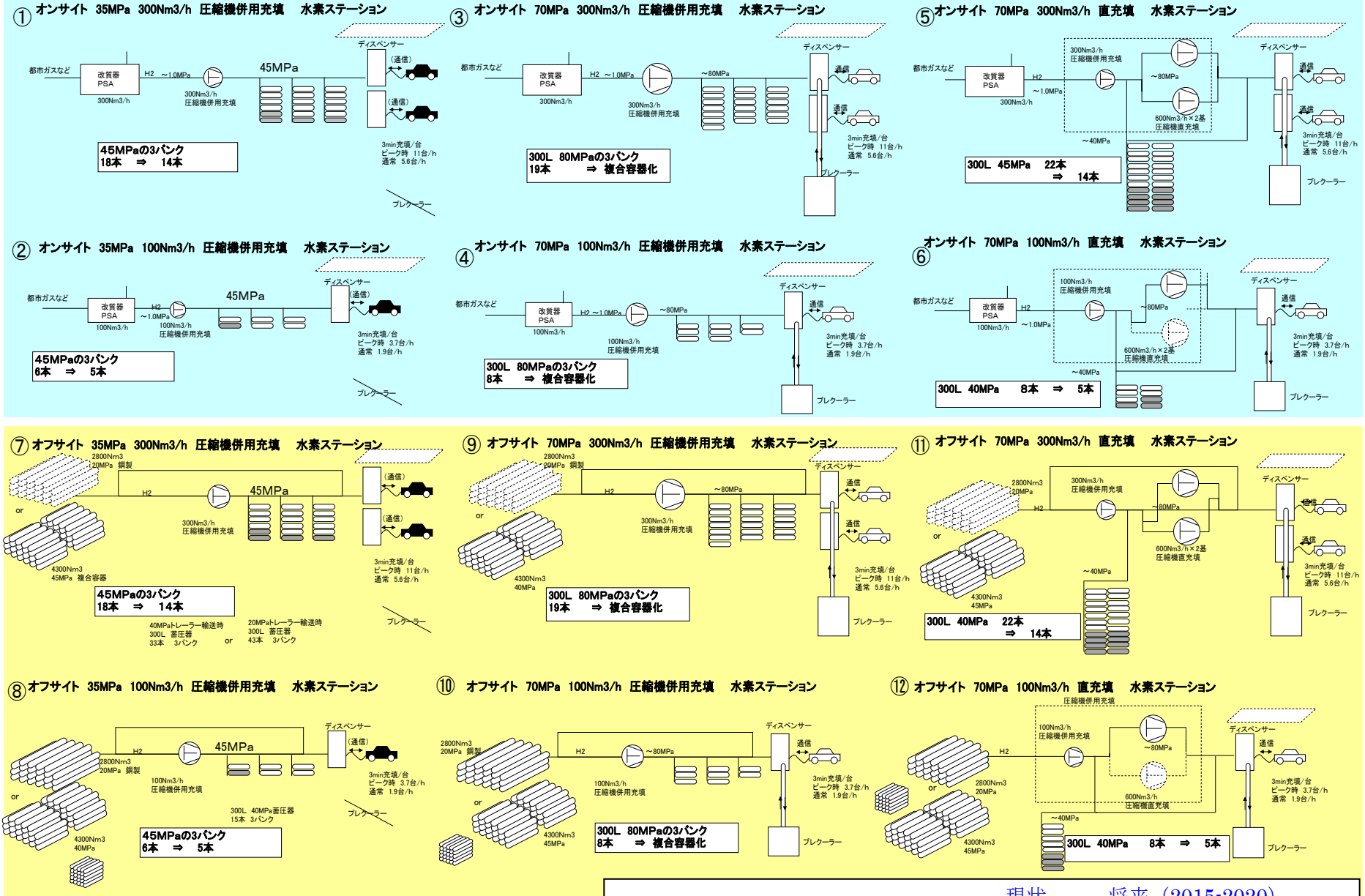
19.6MPa 300L
蓄圧器
≒52Nm³



45MPa 300L
蓄圧器
≒105Nm³

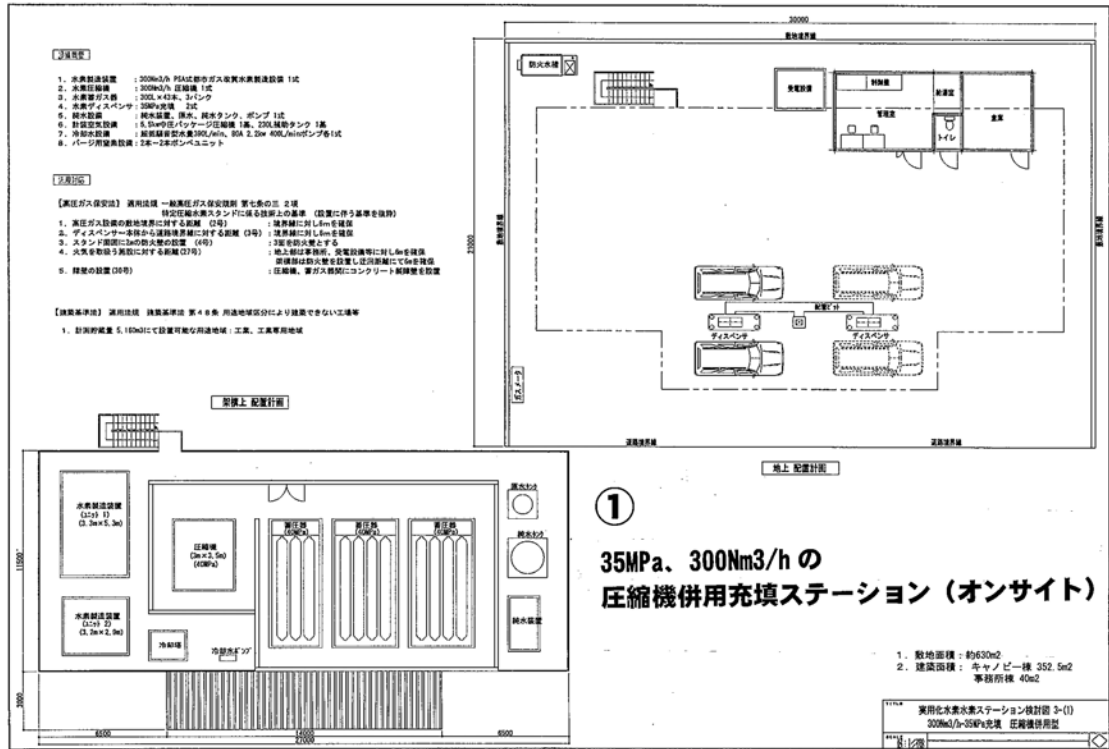


80MPa 300L
蓄圧器
≒159Nm³



	現状	将来 (2015-2020)
300Nm ³ /h ステーション想定敷地面積	700m ²	⇒ 550m ²
100Nm ³ /h ステーション想定敷地面積	400m ²	⇒ 350m ²

図1.2.2-5 商用インフラモデル検討会 検討水素ステーションレイアウト例



(2) 商用水素ステーション設備コスト検討

①～⑫の水素ステーションに関して、仕様を確定させると共に、概略の設備コストの検討を行った。設備コスト検討において必要な構成要素は、主に下記の6項目である。

- a) 改質装置（水素製造装置）（オンサイトステーション）
- b) 圧縮機（差圧充填；圧縮機併用方式/圧縮機直充填方式）
- c) 蓄圧器
- d) ディスペンサー
- e) プレクーラー
- f) 工事費/諸経費

上記設備コストに関し、(1.2.1.2)の商用規模ステーション検討で想定した機器コストの値およびコスト見直しを用いてステーション毎に積みあげ、基本仕様のステーションコストを見積もった。将来コストは、技術進展およびN増しの効果のコストダウン想定にとどまらず、規制の見直し等によるコストダウン効果も含めた。具体的には、以下の項目についての試算結果をそれぞれ検討し盛り込んだ。

- 1) 安全係数4倍⇒3倍の規制見直し効果（鋼製蓄圧器本数削減）
- 2) 複合容器を蓄圧器として使用可能とする規制見直し効果
- 3) 離隔距離見直し、機器小型化による面積縮減の効果（図1.2.1-4参照）
- 4) スキッド化、による工事仕様の見直しによるコスト低減効果
- 5) 充填台数、ピーク台数の見直しによるコスト低減効果

現状コストおよび将来コストについて検討した結果を表1.2.2-9に示す。すべてのケースについて大幅な設備コストダウンが図られていることがわかる。表中の将来コスト③⑤⑨⑫についてはピークレス充填を想定する場合の設備コストを記載した。これは、ピーク時間1hには通常の2倍のFCVが充填所を訪れるとの前提条件をはずした場合の試算である。蓄圧器やディスペンサーコストが削減されることになる。

表 1.2.2-9 水素ステーションの現状コスト 将来コスト

現状コスト

(コスト単位:百万円)

	①	②	③	④	⑤	⑥
方式	オンサイト	オンサイト	オンサイト	オンサイト	オンサイト	オンサイト
充填圧力 MPa	35	35	70	70	70	70
規模 Nm3/h	300	100	300	100	300	100
充填方法	差圧	差圧	差圧	差圧	直充填	直充填
水素製造装置	186	80	186	80	186	80
圧縮機	50	25	95	48	110	75
蓄圧器	20	7	418	192	24	8
(本数)	18	6	19	8	22	8
ディスペンサー	30	15	76	38	76	38
ブレッカーラー	0	0	32	32	32	32
通信	0	0	4	4	4	4
工事費・諸経費	198	148	198	148	198	148
合計	484	275	1009	542	630	385

	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫
方式	オフサイト	オフサイト	オフサイト	オフサイト	オフサイト	オフサイト
充填圧力 MPa	35	35	70	70	70	70
規模 Nm3/h	300	100	300	100	300	100
充填方法	差圧	差圧	差圧	差圧	直充填	直充填
圧縮機	50	25	95	48	110	75
蓄圧器	20	7	418	192	24	8
(本数)	18	6	19	8	22	8
ディスペンサー	30	15	76	38	76	38
ブレッカーラー	0	0	32	32	32	32
通信	0	0	4	4	4	4
工事費・諸経費	198	148	198	148	198	148
合計	298	195	823	462	444	305

将来コスト

(コスト単位:百万円)

	①	②	③	④	⑤	⑥
方式	オンサイト	オンサイト	オンサイト	オンサイト	オンサイト	オンサイト
充填圧力 MPa	35	35	70	70	70	70
規模 Nm3/h	300	100	300	100	300	100
充填方法	差圧	差圧	差圧	差圧	直充填	直充填
水素製造装置	90	40	90	40	90	40
圧縮機	35	18	67	34	77	53
蓄圧器	16⇒12	6⇒5	334⇒76	154⇒32	19⇒11	6⇒4
(本数)	(18⇒14)	(6⇒5)	(複合容器 19)	(複合容器 8)	(22⇒14)	(8⇒5)
ディスペンサー	15	8	38	19	38	19
ブレッカーラー	0	0	26	26	26	26
通信	1	1	1	1	1	1
工事費・諸経費	133⇒120	99⇒87	133⇒120	99⇒87	133⇒120	99⇒87
合計	289⇒ 273	171⇒ 159	688⇒ 418	356⇒ 239	383⇒ 363	243⇒ 230
ピークレス充填を想定			⇒ 339		⇒ 344	

(蓄圧器減、ディスペンサー×1)

(ディスペンサー×1)

	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫
方式	オフサイト	オフサイト	オフサイト	オフサイト	オフサイト	オフサイト
充填圧力 MPa	35	35	70	70	70	70
規模 Nm3/h	300	100	300	100	300	100
充填方法	差圧	差圧	差圧	差圧	直充填	直充填
圧縮機	35	18	67	34	77	53
蓄圧器	16⇒12	6⇒5	334⇒76	154⇒32	19⇒11	6⇒4
(本数)	(18⇒14)	(6⇒5)	(複合容器 19)	(複合容器 8)	(22⇒14)	(8⇒5)
ディスペンサー	15	8	38	19	38	19
通信	1	1	1	1	1	1
ブレッカーラー	0	0	26	26	26	26
工事費・諸経費	133⇒120	99⇒87	133⇒120	99⇒87	133⇒120	99⇒87
合計	199⇒ 183	131⇒ 119	598⇒ 328	316⇒ 199	293⇒ 273	203⇒ 190
ピークレス充填を想定			⇒ 249		⇒ 254	

(蓄圧器減、ディスペンサー×1)

(ディスペンサー×1)

設備コスト検討における代表的な商用インフラは、 $300\text{Nm}^3/\text{h}$ の供給能力を有する 70MPa 水素ステーションとした。表 1.2.2-9 における③/⑨、⑤/⑪の水素ステーションがこれに対応する。これらの水素ステーションは、差圧充填方式と直接充填方式の 2 種類が考えられる。図 1.2.2-6 (a)、図表 1.2.2-6 (b) に概略図を示す。

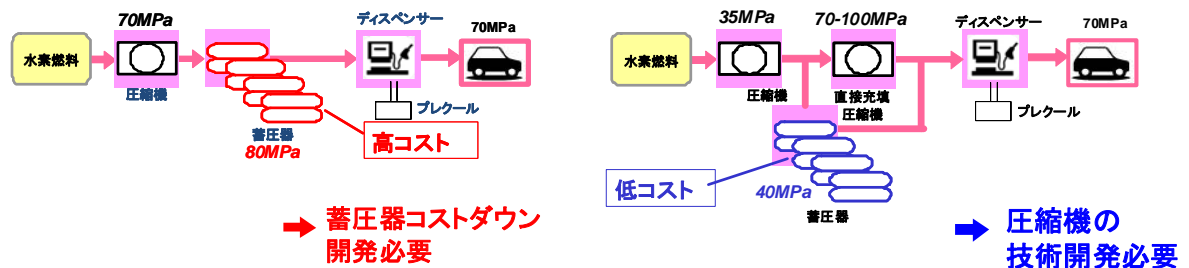


図 1.2.2- 6(a) 差圧充填方式 水素ステーション

図 1.2.2-6 (b) 直接充填方式 水素ステーション

図 1.2.1-6 (a)は、ステーション内に設置した水素蓄圧容器（蓄圧器）に水素を昇圧して充填しておき、圧力差を用いて燃料電池自動車の水素燃料タンクに充填する「差圧充填方式」である。 70MPa ステーションでは蓄圧器圧力は 80MPa 以上が必要である。現状は 80MPa の蓄圧器は十分な肉厚を有する特別な鋼材で製作する必要があり、高設備コストとなる。これが 70MPa 差圧充填水素ステーションにおける大きな問題である。

これについては、設計係数見直しと複合容器などの新規材料の規制見直しが進展することを想定し、蓄圧器本数低減および、複合容器化によるコストダウンを見込むことにより、導入可能性のあるコストになりえると想定した。規制見直しが実現するかどうか「 70MPa 差圧充填方式」商用ステーション実現の鍵である。

もう一つの充填方式の「 70MPa 直接充填方式」(図 1.2.2-6 (b))は、水素ガスの貯蔵を 40MPa の安価な蓄圧器で対応し、燃料電池自動車への充填は、 80MPa の高圧蓄圧器を用いない。圧縮機から車の水素燃料タンクに直接水素ガスを充填する新しい充填方式である。本方式は蓄圧器が低圧 (45MPa 程度) でよいため、蓄圧器コストを大幅に低減できるメリットがある。

一方で、日本では直接充填圧縮機の開発／実証が行われていない。直接充填方式は海外において一部導入されているが、圧縮機部分は独自の機器仕様である。したがって、国産圧縮機においては技術開発が必要であり、海外製圧縮機においては実証試験による課題抽出などの取り組み実施が必要である。

(3) 商用水素ステーション設備コスト検討詳細

① 蓄圧器のコスト検討

現状、80MPaの鋼製蓄圧器は厚肉の特殊鋼材で製作するため高価であるため、代替鋼材の探索等の技術開発と共に、耐圧係数の緩和等の規制見直しが進められている。重い鋼製材料に替わる複合容器製蓄圧器の開発も進められている。

鋼製及び複合容器製蓄圧器に関する技術開発及び規制見直しのコストダウン効果を、関連のNEDO製造・輸送・貯蔵プロジェクトにおける検討も参考にして算定した結果、

- ・鋼製蓄圧器： 技術開発及びN増し効果として現状コストが20%削減可能（パス①）
- ・耐圧係数： 4から3に緩和される効果として、設計圧力の上昇が可能（パス②）
- ・複合容器製蓄圧器： 技術開発及びN増し効果としての製造工程の短縮（パス③）
- ・耐圧係数が4から3に緩和される効果： 使用カーボンファイバー量削減と使用条件緩和によるコストダウン（パス④）、を見込んだ。

これらの結果、蓄圧器本数の削減や蓄圧器単体コストの低下がもたらされた。蓄圧器部分のコスト及び水素ステーションコスト数値は表1.2.2-9を参照されたい。

図1.2.2-7に蓄圧器のコストダウンの全体像のまとめを示す。

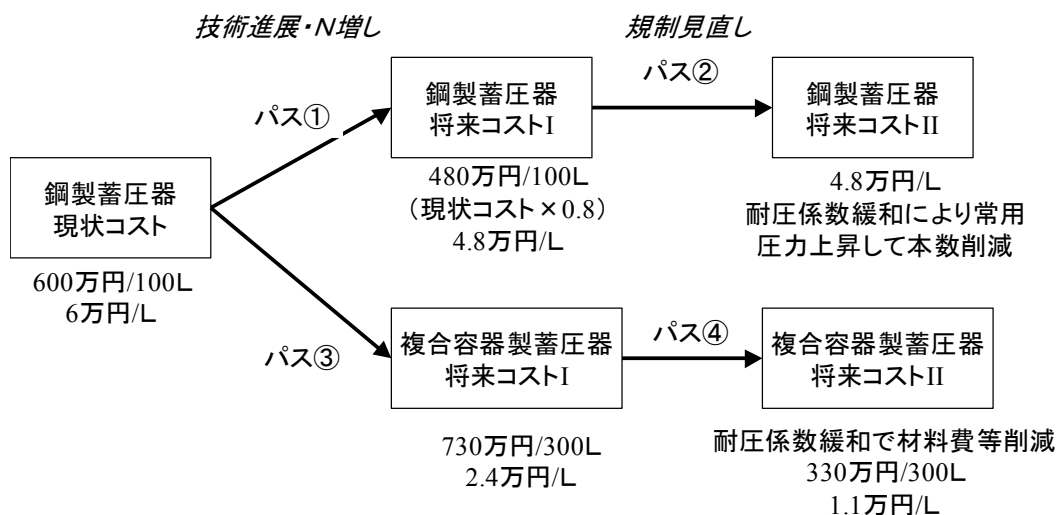


図 1.2.2-7 蓄圧器のコストダウンの全体像のまとめ

② スキッド化によるコスト低減検討

スキッド化とは、水素ステーション機器を予めスキッドに組み付けてステーション場所に持ち込み、工事期間の短縮と現場工事の削減を図るものである。スキッド製作費用は新たに発生するが、配管据付工事、計装・電気工事及び現場管理工事の削減が可能となる。

8ヶ月の工事期間が3ヶ月に短縮できるとの前提に基づいて、表1.2.2-10のように対象費用の削減額を見積もった。

表 1.2.2-10 スキッド化による費用削減

水素ステーション規模	300Nm ³ /h	100Nm ³ /h	
項目	コストダウン額	コストダウン額	(百万円)
スキッド製作費	0→10	0→8	
据付工事+配管工事	15→2	11→1	
電気工事	10→4	9→3	
その他	5→1	5→1	
合計	30→17	25→13	

水素ステーションの将来コストに対するスキッド化によるコストダウン額を以下のように見積もった。

300Nm ³ /h 規模ステーション	13 百万円
100Nm ³ /h 規模ステーション	12 百万円

③ ピークレス化によるコスト低減

水素ステーションの検討前提として FCV 充填台数に 2 倍のピークを想定してきたが、ピークレス化することによる蓄圧器及びディスペンサーの削減が可能となる。

300Nm³/h、70MPa、差圧充填方式（ケース③及び⑨）のコスト低減結果を表 1.2.2-11 に、100Nm³/h、70MPa、差圧充填方式（ケース④及び⑩）のコスト低減結果を表 1.2.2-12 に示す。

表 1.2.2-11 ピークレス化による水素ステーションコストの削減(1)

水素ステーションケース	③/⑨	
規模・充填圧力・充填方式	300Nm ³ /h、70MPa、差圧充填方式	
ピーク時間	なし	あり
ピーク時 FCV 台数	5.6 台/h	11.2 台/h
蓄圧器本数 (300L)	4 本	19 本
ディスペンサー台数	1 台	2 台
コスト評価 (将来コストベース)		
蓄圧器コスト (百万円)	16 (△60)	76 注) 複合容器製、含規制見直し効果
ディスペンサーコスト (百万円)	19 (△19)	38
コスト削減計 (百万円)	79	—

表 1.2.2-12 ピークレス化による水素ステーションコストの削減(2)

水素ステーションケース	④／⑩	
規模・充填圧力・充填方式	100Nm ³ /h、70MPa、差圧充填方式	
ピーク時間	なし	あり
ピーク時 FCV 台数	1.9 台/h	3.7 台/h
蓄圧器本数 (300L)	3 本	6 本
ディスペンサー台数	1 台	1 台
コスト評価 (将来コストベース)		
蓄圧器コスト (百万円)	18 (△17)	35 注) 複合容器製、含規制見直し効果
ディスペンサーコスト (百万円)	19 (△0)	19
コスト削減計 (百万円)	17	—

(4) 水素製造/輸送/貯蔵のコスト検討

図 1.2.1-4 の検討水素ステーションの内、ステーション⑦～⑬はオフサイト水素ステーションである。これらのオフサイトステーションは図 1.2.2-8 の水素のサプライチェーンを考えたときに水素ステーション部分のコストだけでなく、製油所等の水素の大量出荷基地からそれぞれの水素ステーションまで水素トレーラ等で輸送し、持届ける時のコストも含まれる。サプライチェーンの全体コストを把握する必要がある。

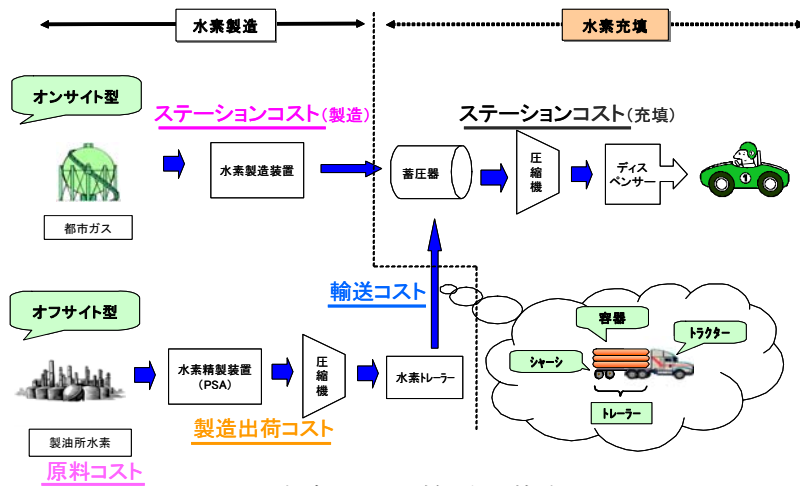


図 1.2.2-8 水素コスト検討の基本フロー

オフサイトの水素製造/輸送/貯蔵における、ケーススタディーの考え方を図 1.2.2-9 に示した。2015 年～2020 年の普及初期の水素コストを算出した。考え方としては、まず、現状のコストと将来コストを見ている。将来コストは、量産化等によるコストダウンによる 2020 年頃

までのコストと考えられる。表 1.2.2-13 に原料価格と原料水素コスト及び将来設備コスト低減率を示した。このコスト低下率は、圧縮機や PSA 等は水素ステーション関連の削減率を参考としている。水素トレーラ用の複合容器コストについては、研究者等からのヒアリングにより現状と将来コストを見積もっている。また、圧縮機、PSA 等の設備については、スケールアップによるコスト低減も見込んだ。小容量（水素流量 1,500Nm³/h）と大容量（水素流量 12,000Nm³）について設備費のスケールアップ効果を確認した。通常、水素流量が大きくなっても圧縮機、PSA 等のコストはその倍数よりもコストアップが小さくなる。スケールは燃料電池自動車の水素需要量（普及の度合い）により決まるものであるが、大容量の将来ケースが設備コストおよび変動費を考慮した水素コストが一番安価となる。

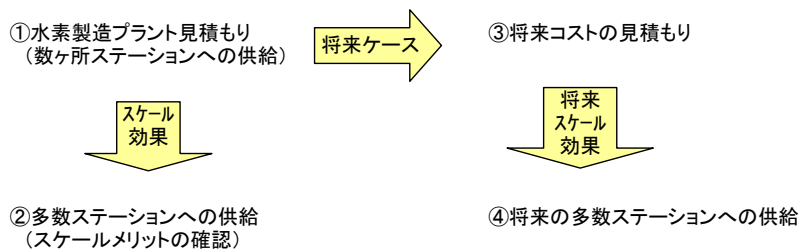


図 1.2.2-9 オフサイト製造出荷輸送の水素コストのケーススタディーの考え方

表 1.2.2-13 原料価格と原料水素コスト及び将来設備コスト低減率

□原料価格

原料 \ 年度	現状	2015年	2020年	2030年
原油(ドル/BL)	75	85	95	115
ナフサ(円/KL)	45,700	53,500	59,800	72,300

- ・原油価格はNEDOロードマップ2010を参照
- ・原油価格とナフサ価格はほぼ相関がある。(石化協データより)

□原料水素コスト

原料 \ 年度	現状	2015年	2020年	2030年
水素(円/Nm ³)	16.3	17.9	21.1	24.2

□機器将来コストの考え方

機器 \ 考え方	将来コスト	考え方	
水素製造装置(PSA)	30% ダウン	オンサイトモデル検討を見直し	
圧縮機	30% ダウン	オンサイトモデル検討に準拠	
その他工事費	33% ダウン	同上	
輸送機器	CFRP容器	130⇒42万円/本	イノベーションWG想定値
	トレーラ他	33% ダウン	その他工事費に準拠

(5) オフサイト水素持届けコスト（水素製造出荷輸送コスト）

オフサイト水素製造出荷輸送の設備コストを表 1.2.2-14 に示した。現状設備コストと将

来(2015-2020年)設備コストのコスト削減ケース、並びに出荷用圧縮機能力で1,500Nm³/h ケース(水素ステーション8基配送ベース)及び12,000Nm³/h ケース(水素ステーション64基配送ベース)のスケールアップによるコスト低減ケースを検討した。現在と将来でのコスト削減は量産化等によるものと考えられる。削減効果は表1.2.2-13に示した数値を用いた。圧縮機、PSA等の設備費や工事費等についてはオンサイトの水素ステーションコスト検討に準拠し、見直しを実施した。輸送においては複合容器を使うことを想定した。(輸送用の複合容器コストは、別途検討中のグリーンイノベーションワーキングの検討結果を使用。)

表 1.2.1-14 オフサイト水素製造出荷輸送設備コスト

		価格(百万円)			
		圧縮機 1,500Nm ³ /h 8水素ステーション対応		圧縮機 12,000Nm ³ /h 64水素ステーション対応	
		現状	将来(2020)	現状	将来(2020)
水素製造					
(1) 機器設備					
① PSA設備	流量:1,500Nm ³ /h CO:1ppm	100	70	-	-
② 水素圧縮機	容量:1,500Nm ³ /h 吐出圧力:45MPa	144	101	-	-
③ サクシヨンドラム	容量:12,000Nm ³ /h	-	-	500	350
④ オフガス圧縮機		6	4	36	25
	(小計)	15	11	90	63
		265	186	1,226	858
(2) 工事費					
① 配管、据付、計装、電気設備		170	113	850	570
② 土木・建設		54	30	270	181
③ 諸経費(監督、エンジニアリング、試運転)		90	51	450	302
	(小計)	314	194	1,570	1,052
	(中計)	579	380	2,796	1,910
水素輸送					
水素トレーラ台数					
8ステーション対応	45MPa 12台(4,500Nm ³ , CF) 留置 8台+運搬用 2台 +充填用 2台	1,157	435	-	-
64ステーション対応	45MPa 96台(4,500Nm ³ , CF) 留置 64台+運搬用 16台 +充填用 16台	-	-	9,256	3,480
トラクター					
小容量	計 2台	22	22		
大容量(8倍)	計 16台			176	176
	(中計)	1,179	457	9,432	3,656
	合計	1,758	837	12,228	5,566
単価					
水素トレーラ	45MPa CFRP/台	88	28	88	28
	車台	8	8	8	8
	合計	96	36	96	36
水素トラクター		11	11	11	11

トレーラ1台当りCFRP容器68本/台、単価:現状 1,300千円/本、将来 415千円/本

上記の水素製造出荷輸送の設備コストに基づき、資本費、人件費等の固定費及び電力、原燃料費等の変動費にもとづきオフサイト水素ステーションへの水素製造出荷輸送による、水素持届けコストを算出した。この検討例を表1.2.2-15 検討例1(8水素ステーション対応)、表1.2.2-16 検討例2(64水素ステーション対応)に示した。

表 1.2.2-15 水素コスト検討例 1 1,500 Nm³/h 出荷設備 持届け現状コスト
(300Nm³/h ステーション 8ヶ所配送)

現状

現状(8ステーション): 水素コストの検討(オフサイト製造・出荷・輸送)

1. 前提条件

①水素製造量: 24h体制、作業時間効率化

$4,500\text{Nm}^3/\text{日} \cdot \text{ST} \times 8\text{ST} =$

36,000 Nm³/日

13,140,000 Nm³/年

100.0%

[参考 1,500 Nm³/h × 24h/日 = 36,000 Nm³/日]
 [(装置能力MAX) 13,140,000 Nm³/年]

②現状設備コスト 資料7-(1) 現状ケースのとおり

2. 製油所水素コスト(N3)

固定費	0 円/年		固定費合計	0 円/年
変動費			変動費合計	214,606,541 円/年
原料ナフサ	202,047,210 円/年	45,900 円/kL		12.06 kL/日
燃料費	6,634,386 円/年			0.40 kL/日
電力	3,137,673 円/年	12 円/kWh(仮定)		716 kWh/日
上水	2,787,273 円/年	300 円/ton		25 ton/日
計	214,606,541			
			原料水素コスト	16.3 円/Nm ³

3. 製造・出荷

固定費			固定費合計	99,640,000 円/年
人件費	7000 千円/人・年	1 人		7,000,000 円/年
資本費			①×②	92,640,000 円/年
減価償却費	建設費 ①	579,000 千円		
	10% 耐用年数	10 年		
修繕費	3%			
保険料	0.6%			
固定資産税	1.4%			
諸経費	1%			
計 ②	16%			
変動費	kWh(仮)		変動費合計	33,638,400 円/年
電力	320	12 円/kWh(仮定)		
			経費合計(製造・出荷)	133,278,400 円/年
			水素コスト(製造・出荷)	10.1 円/Nm ³

4. 輸送

固定費			固定費合計	230,596,000 円/年
人件費	7000 千円/人・年	4 人		28,000,000 円/年
資本費			①の合計	202,596,000 円/年
	トラクタ*1	トレーラ20	トレーラ45	
	台	0	12	
	千円/台	11,000	18,000	96,400
	千円	22,000	0	1,156,800
耐用年数	5年	10年	10年	
減価償却費	20%	10%	10%	
修繕費	4%	4%	4%	
保険料	0.6%	0.6%	0.6%	
固定資産税	1.4%	1.4%	1.4%	
諸経費	1%	1%	1%	
計	27%	17%	17%	
金額(千円)	5,940	0	196,656	①
変動費			変動費合計	17,520,000 円/年
燃料代(千円)*1			燃費	軽油単価
	50L/回/台 × 4回 × 2台/日 × 120円/	100 km/回	2km/L軽油	120円/L
		48,000 円/日		17,520,000 円/年
			経費合計(輸送)	248,116,000 円/年
			水素コスト(輸送)	18.9 円/Nm ³

5. 水素持届コスト

	合計 円/年	固定費 円/年	変動費 円/年	水素持届コスト 円/Nm ³	固定費 円/Nm ³	変動費 円/Nm ³
原料水素コスト	214,606,541	0	214,606,541	16.3	0.0	16.3
製造・出荷	133,278,400	99,640,000	33,638,400	10.1	7.5	2.6
輸送	248,116,000	230,596,000	17,520,000	18.9	17.6	1.3
合計(水素コスト)	596,000,941	330,236,000	265,764,941	45.3	25.1	20.2

表 1.2.2-16 水素コスト検討例 2 大規模出荷 (12,000 Nm³/h) 設備 持届け将来コスト (300Nm³/h ステーション 64ヶ所配送)

8倍、将来

将来(64ステーション): 水素コストの検討(オフサイト製造・出荷・輸送)

圧縮機 大容量
12,000Nm³/h

1. 前提条件

①水素製造量: 24h体制、作業時間効率化
4,500Nm³/日・ST×64ST=

288,000 Nm ³ /日	105,120,000 Nm ³ /年
100.0%	

参考 12,000 Nm³/h×24h/日 = 288,000 Nm³/日
(装置能力MAX) 105,120,000 Nm³/年

②現状設備コスト 資料5-(2) (5倍フル出荷ベース)現状ケースのとおり

2. 製油所水素コスト(N3)

固定費	0 円/年		固定費合計	0 円/年
変動費			変動費合計	2,222,416,460 円/年
原料ナフサ	2,105,868,960 円/年	59,800 円/kL		96.48 kL/日
燃料費	69,147,936 円/年			3.17 kL/日
電力	25,101,382 円/年	12 円/kWh(仮定)		5,731 kWh/日
上水	22,298,182 円/年	300 円/ton		204 ton/日
計	2,222,416,460			
			原料水素コスト	21.1 円/Nm ³

3. 製造・出荷

固定費			固定費合計	312,600,000 円/年
人件費	7000 千円/人・年	1 人		7,000,000 円/年
資本費		建設費 ①	①×②	305,600,000 円/年
減価償却費	10% 耐用年数	1,910,000 千円		10 年
修繕費	3%			
保険料	0.6%			
固定資産税	1.4%			
諸経費	1%			
計 ②	16%			
変動費	電力 kWh(仮) 2.400 12 円/kWh(仮定)		変動費合計	252,288,000 円/年
			経費合計(製造・出荷)	564,888,000 円/年
			水素コスト(製造・出荷)	5.4 円/Nm ³

4. 輸送

固定費			固定費合計	862,630,400 円/年
人件費	7000 千円/人・年	32 人		224,000,000 円/年
資本費		①の合計		638,630,400 円/年
	トラクタ ^{*1}	トレーラ20	トレーラ45	
	台 16	0	96	
	千円/台 11,000	18,000	36,220	
	千円 176,000	0	3,477,120	
	耐用年数 5年	10年	10年	
	減価償却費 20%	10%	10%	
	修繕費 4%	4%	4%	
	保険料 0.6%	0.6%	0.6%	
	固定資産税 1.4%	1.4%	1.4%	
	諸経費 1%	1%	1%	
	計 27%	17%	17%	
	金額(千円) 47,520	0	591,110	①
変動費			変動費合計	175,200,000 円/年
燃料代(千円) ^{*1}			燃費	軽油単価
	50L/回/台×4回×16台/日×150円/	100 km/回	2km/L軽油	150円/L
		480,000 円/日		175,200,000 円/年
			経費合計(輸送)	1,037,830,400 円/年
			水素コスト(輸送)	9.9 円/Nm ³

5. 水素持届コスト

	合計	固定費	変動費	水素持届コスト	固定費	変動費
	円/年	円/年	円/年	円/Nm ³	円/Nm ³	円/Nm ³
原料水素コスト	2,222,416,460	0	2,222,416,460	21.1	0.0	21.1
製造・出荷	564,888,000	312,600,000	252,288,000	5.4	3.0	2.4
輸送	1,037,830,400	862,630,400	175,200,000	9.9	8.2	1.7
合計(水素コスト)	3,825,134,860	1,175,230,400	2,649,904,460	36.4	11.2	25.2

(6) 水素コスト検討

設備コスト検討を行った各ステーションに関して、水素コストの試算を行った。前提となるランニングコスト想定（実測値を含む）条件を表 1.2.2-17 に示す。ランニングコストおよび既出の水素ステーション設備コストを用いて、水素ガスコストを算出した。コスト検討の一例を表 1.2.2-18 に示す。なお、前提として水素スタンドは、製造した水素を全てFCVに充填することを想定した。（稼働率 100%：営業時間 13h+ピーク時間 1h の運転。ステーション毎に水素ガスコストは異なる。）

表 1.2.2-17 商用水素ステーションランニングコストの想定値

現状と将来比較(水素製造装置・圧縮機・プレクーラの消費エネルギーを変更)			
◆想定仕様・条件			
水素ステーション水素製造能力		300	[Nm ³ /h]
営業時間		13	[hour]
平均充填台数		5.6	[台/h]
充填ピーク時間(営業時間中のうちのピーク時間)		1	[hour]
ピーク時間における最大充填台数(1時間あたり)		11.2	[台/h]
1日あたりの平均充填台数(ピーク時間含む)		78.4	[台]
充填時間		3	[min]
1台あたりの平均充填量(70MPa)		4.8	[kg/台]
原料都市ガスコスト	現状	50	[円/kg]
	将来	75	[円/kg]
電力コスト	現状	12	[円/kWh]
	将来	13	[円/kWh]
※現状の値は、千住ステーションデータの夏・冬平均値を採用			
◆日常的に必要なエネルギー			
機器制御・照明等電源(仮定)	現状	5	[kWh/h]
	将来	5	[kWh/h]
プレクール起動電力(想定) (ブライン-55℃ 水素ガス温度-40℃)	現状	71	[kWh]
	将来	71	[kWh]
※プレクール起動電力は、冷媒への熱量のため変わらずと想定			
プレクール温度維持電力(想定) (ブライン-55℃ 水素ガス温度-40℃)	現状	23	[kWh/h]
	将来	11.5	[kWh/h]
※プレクール温度維持電力は、真空断熱材等の適用により50%減想定			
◆充填時に必要なエネルギー(水素1kgあたり)			
都市ガス(ノルマル流量)	現状	4.48	[Nm ³]
	将来	3.72	[Nm ³]
※将来値は、水素製造効率(PSA含む) 80%HHV想定(MKK提示)			
①ユーティリティ電源	現状	1	[kWh]
	将来	1	[kWh]
※ユーティリティ電力は変わらずと想定			
②水素製造装置	現状	2.41	[kWh]
	将来	2.41	[kWh]
※水素製造電力は変わらずと想定(MKK提示の将来値2.91の方が大のため)			
③水素圧縮機 低圧(40MPa)	現状	3.92	[kWh]
	将来	2.8	[kWh]
※将来値は、全断熱効率73%を想定			
④水素圧縮機 高圧(80MPa)	現状	0.96	[kWh]
	将来	0.32	[kWh]
※将来値は、全断熱効率73%を想定			
⑤プレクール電力(H ₂ 流通時)	現状	1.02	[kWh]
	将来	1.02	[kWh]
※充填時のプレクール電力は、水素ガスへの伝達のため変わらずと想定			
充填時必要電力(①~⑤) 70MPa現状 Total	現状	9.31	[kWh/kg-H ₂]
	将来	7.55	[kWh/kg-H ₂]
	低減率	18.9	[%]

表 1.2.2-18 水素コスト計算例

70MPa オンサイト 300Nm³/h 圧縮機直接充填(2段) 水素ステーション

水素ステーション規模 300 Nm³/h
 水素ステーション運用方式 365 日/年、13hr/day 運転
 水素ステーション建設費 363,000 千円

製品	水素	年間製造量	1,538,396 Nm ³	4215 [Nm ³ /日]
		1営業日の都市ガス消費量	1400 [Nm ³ /日] 1211 [kg]	1400 1686
		1営業日の電力消費量(70MPa夏冬平均)	3127 [kWh]	3127 3939

【70MPa直接充填】		単価	年間数量	年間経費
変動費	都市ガス	75 円/kg	441,890 kg	33,141,765 円
	電力	13 円/kWh	1,141,251 kWh	14,836,267 円
	上水	330 円/ton	3,428 ton	1,131,240 円
	廃水	220 円/ton	1,714 ton	377,080 円
	触媒・薬品		微小なため無視	
	その他			
小計				49,486,353 円
固定費	人件費	7000千円/人・年	1.5 人	10,500,000 円
	資本費		以下 千円	
	減価償却費	10年	建設費 363,000	36,300,000 円
	修繕費	3%	建設費 363,000	10,890,000 円
	保険料	0.77%	簿価 (55%) 199,650	1,537,305 円
	固定資産税	1.40%	簿価 (55%) 199,650	2,795,100 円
	諸経費	0%	363,000	
	一般管理費(労務費)		20%	2,100,000 円
	土地代	ST 面積 550m ²	1万円/m ² ・年 or 路線価の3%/年	5,500,000 円
	小計			
年間経費合計				119,108,758 円
水素製造単価				77.4 円/Nm³
(内訳)				
変動費				32.2 円/Nm ³
固定費				45.3 円/Nm ³

代表例として 300Nm³/h の直充填方式の商用ステーションについて、水素コストに占める費用の内訳を図 1.2.2-10(a), (b)に示す(稼働 100%を想定)。設備コスト検討をふまえた水素コスト試算を行った。

オフサイトステーションにおける水素コストは、水素製造および輸送、貯蔵の試算結果を加えて算出した。表 1.2.2-19 に、全ステーションの水素コスト試算結果をまとめた。

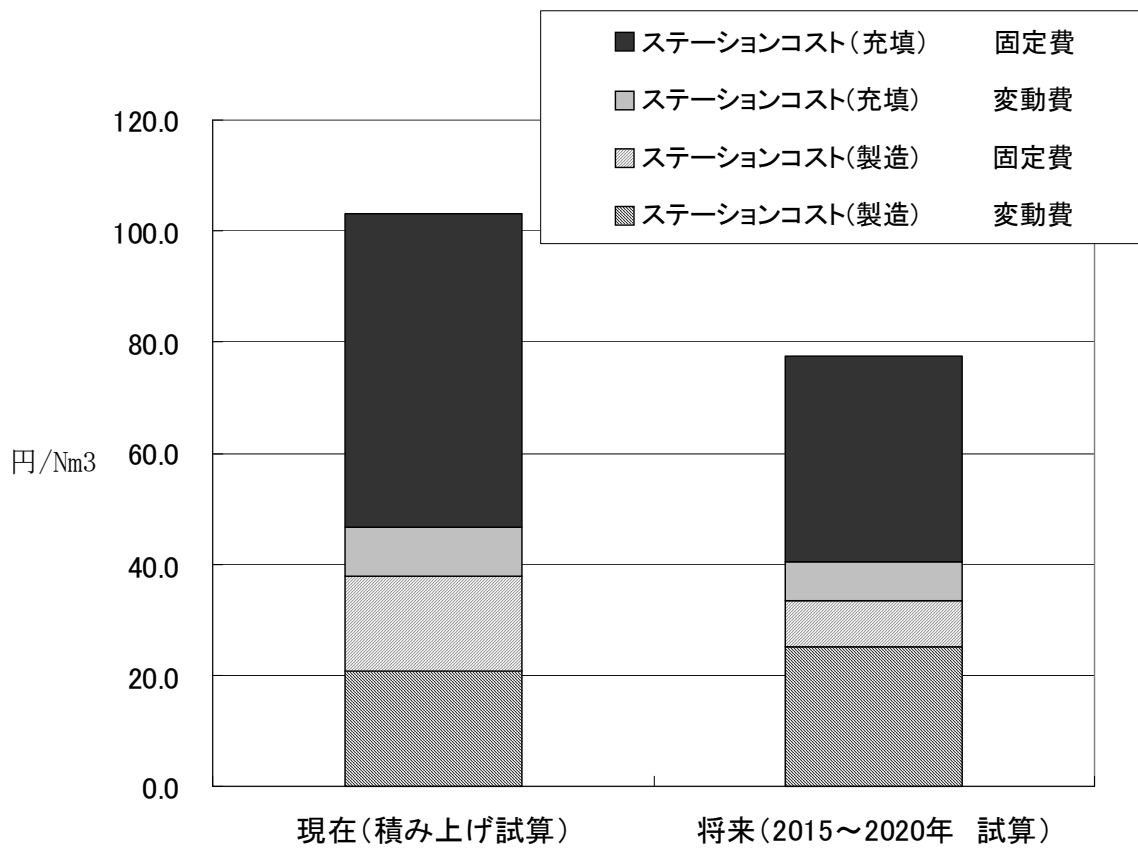


図 1.2.2-10 (a) オンサイト直充填方式ステーションにおける水素コスト内訳

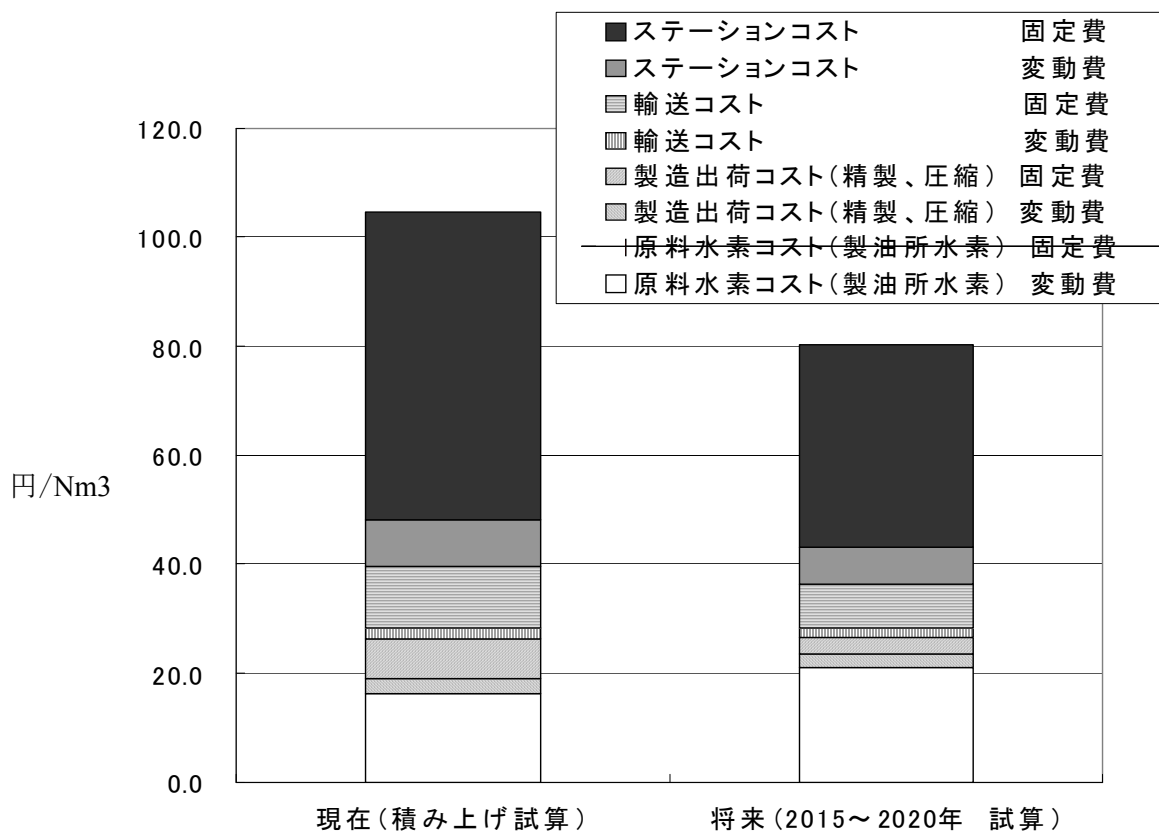


図 1.2.2-10 (b) オフサイト直充填方式ステーションにおける水素コスト内訳

表 1.2.2-19 水素コスト検討

水素コスト内訳表(現状コスト) 稼働率100%(営業中)

ステーションNo		①	②	③	④	⑤	⑥
方式	オンサイト(現在)						
充填圧力	MPa	35	35	70	70	70	70
規模	Nm ³ /h	300	100	300	100	300	100
充填方法		差圧	差圧	差圧	差圧	直充填	直充填
設備コスト 合計	百万円	484	275	1009	542	630	385
水素コスト合計	(円/Nm ³)	86	143	138	223	103	179
変動費合計	(円/Nm ³)	26	27	30	32	30	32
固定費合計	(円/Nm ³)	60	117	109	191	74	147
製造除いた水素コスト小計	(円/Nm ³)	48	100	100	180	65	136
製造除いた変動費	↑	5	6	9	11	9	11
製造除いた固定費	↑	43	95	91	168	56	125
製造の水素コスト小計	(円/Nm ³)	38	43	38	43	38	43
製造の変動費	↑	21	21	21	21	21	21
製造の固定費	↑	17	22	17	22	17	22

水素コスト内訳表(普及初期 将来コスト) 稼働率100%(営業中)

ステーションNo		①	②	③	④	⑤	⑥
方式	オンサイト(将来)						
充填圧力	MPa	35	35	70	70	70	70
規模	Nm ³ /h	300	100	300	100	300	100
充填方法		差圧	差圧	差圧	差圧	直充填	直充填
設備コスト 合計	百万円	273	159	418 (ピークス 339)	239	363 (ピークス 344)	230
水素コスト合計	(円/Nm ³)	67	106	82	131	77	129
変動費合計	(円/Nm ³)	30	30	32	34	32	34
固定費合計	(円/Nm ³)	37	75	50	98	45	95
製造除いた水素コスト小計	(円/Nm ³)	33	69	49	95	44	93
製造除いた変動費	↑	5	5	7	9	7	9
製造除いた固定費	↑	29	64	42	86	37	84
製造の水素コスト小計	(円/Nm ³)	34	36	34	36	34	36
製造の変動費	↑	25	25	25	25	25	25
製造の固定費	↑	8	11	8	11	8	11
ピークス充填の場合 (前提条件変更: 設備追加低減)	(円/Nm ³)			75		76	
			変動費	32		32	
			固定費	43		44	

ステーションNo		⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫
方式	オフサイト(現在)						
充填圧力	MPa	35	35	70	70	70	70
規模	Nm ³ /h	300	100	300	100	300	100
充填方法		差圧	差圧	差圧	差圧	直充填	直充填
設備コスト 合計 (製造出荷輸送/ステーション)	百万円	446 (148/298)	256 (61/195)	971 (148/823)	523 (61/462)	592 (148/444)	366 (61/305)
水素コスト合計	(円/Nm ³)	88	145	140	225	105	181
変動費合計	(円/Nm ³)	26	27	29	32	29	32
固定費合計	(円/Nm ³)	62	119	110	193	75	149
ステーション部分の水素コスト小計	(円/Nm ³)	48	100	100	180	65	136
(ステーションの変動費)	↑	5	6	9	11	9	11
(ステーションの固定費)	↑	43	95	91	168	56	125
製造出荷部分の水素コスト小計	(円/Nm ³)	40	45	40	45	40	45
(製造出荷の変動費)	↑	21	21	21	21	21	21
(製造出荷の固定費)	↑	19	24	19	24	19	24

ステーションNo		⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫
方式	オフサイト(将来)						
充填圧力	MPa	35	35	70	70	70	70
規模	Nm ³ /h	300	100	300	100	300	100
充填方法		差圧	差圧	差圧	差圧	直充填	直充填
設備コスト 合計 (製造出荷輸送/ステーション)	百万円	270 (87/183)	170 (51/119)	415 (87/328) ピークス 249	250 (51/199)	360 (87/273) ピークス 254	241 (51/190)
水素コスト合計	(円/Nm ³)	70	117	85	142	80	140
変動費合計	(円/Nm ³)	30	31	32	35	32	35
固定費合計	(円/Nm ³)	40	85	53	107	48	105
ステーション部分の水素コスト小計	(円/Nm ³)	33	69	49	95	44	93
(ステーションの変動費)	↑	5	5	7	9	7	9
(ステーションの固定費)	↑	29	64	42	86	37	84
製造出荷部分の水素コスト小計	(円/Nm ³)	36	47	36	47	36	47
(製造出荷の変動費)	↑	25	26	25	26	25	26
(製造出荷の固定費)	↑	11	21	11	21	11	21
ピークス充填の場合 (前提条件変更: 設備追加低減)	(円/Nm ³)			78		78	
			ステーション変動費	7		7	
			ステーション固定費	35		35	
			製造出荷変動費	25		25	
			製造出荷固定費	11		11	

図 1.2.2-10 から、現状の水素コストの内訳において、ステーション設備費用（固定費）の高さが課題であることがわかる。将来コストでは設備費用の低減を見込むが、一方で水素の製造コスト（変動費）は原料費の価格上昇の想定から増加する。この結果、将来コストにおいては固定費と変動費の割合が同程度となっていくことがわかる。

表 1.2.2-19 から、現在コストにおいては、35MPa 差圧充填方式と 70MPa 直充填方式および 70MPa 差圧充填方式の順にコストが大きく異なることがわかる（①③⑤、⑦⑨⑪）。一方で、将来コストにおいては、この順序は変わらないものの、水素コストの相対的な差は小さくなることが明確である（70～80 円/Nm³）。これは、技術進展に加え、規制見直しの効果をコスト試算に盛り込んだためである。たとえば、現在コストのオンサイト水素ステーション（70MPa、300Nm³/h）で比較した場合、直充填と差圧充填の設備コストは 4 億円近くの設備コスト差があった。この大部分は、鋼製の蓄圧器コストに起因する。これに対し、将来は 80MPa 用の鋼製蓄圧器は複合容器化されることを想定しており、安全係数の規制見直しと合わせて複合容器導入がなされることを想定した結果、差圧充填方式は圧縮機直接充填と比較して遜色ないレベルまでコストダウンできる可能性があることが示されている。

表 1.2.2-19 においてさらにコスト低減するための方法として、将来コスト 300Nm³/h の 70MPa 直充填/差圧充填においては、ピーク時(11.2 台/h)の充填を行わず、5.6 台/h の充填のみを考慮した場合の水素コストを求めた。前提条件を変更することになるが、特に差圧充填の方式において、更なるコストダウンが図られることがわかる。計画的な充填を行うことは高稼働率の維持につながることから、水素コストを安価に供給するために重要である。今後の検討課題である。

また、今回の試算では、原料費コストが大幅に上昇することを想定した（都市ガス原料コスト 50 円/Nm³→75 円/Nm³；表 1.2.2-17）それでも変動費が緩やかな上昇にとどまっているのは、JHFC の実証試験から見込まれる各ステーション機器の効率向上を想定しているためである。このように普及初期に向けた水素コストダウンは、特定の項目だけでは実現せず、全ての技術進展と規制見直し、量産化などの低減を同時にあわせて行わねばならない。

差圧充填方式、直接充填方式ともにコストダウンを図っていくためには、技術開発に加えて規制の見直しによるコスト低減効果を導入していくことが必須である。

(7) コスト変化の要因分析

将来コストが低下（または増加）する要因として、前述の規制見直しの効果があげられる。これを定量化して影響度を比較した。具体的には、

- ① 離隔距離などの短縮による、土地面積の低減効果
- ② 併設、セルフなどによるステーション運営要員の低減効果
- ③ 安全係数見直しによる蓄圧器本数低減効果
- ④ 複合容器の蓄圧器利用によるコスト低減効果
- ⑤ その他 使用材料変更によるバルブ、配管などのコスト低減効果
- ⑥ メンテナンス費用の低減

などを見積もった。

また、技術導入/技術開発によるコストダウンの効果項目を示す。

- 1) 機器のランニングコスト低減効果
- 2) 複合容器の導入（規制見直しの効果でもあるが、同時に技術開発成果でもある。）
- 3) スキッド化による工事コストの低減効果（架台に複数機器を搭載しパッケージ化）
- 4) 海外の圧縮機導入によるコスト低減効果

などを見積もった。

その他のコスト変化要因として、前述の原料費上昇を想定した。

これら様々な要因のコスト変化の寄与度を見積もった結果を 図 1.2.2-11(a)(b)に示す。

現状の水素コスト（稼働率 100%想定）をベースケースとして、それぞれのコスト低減効果の寄与する割合をまとめた。この結果、差圧充填では複合容器化の影響が大きく、直充填では機器全般のコストダウン効果の影響が大きいことがわかる。

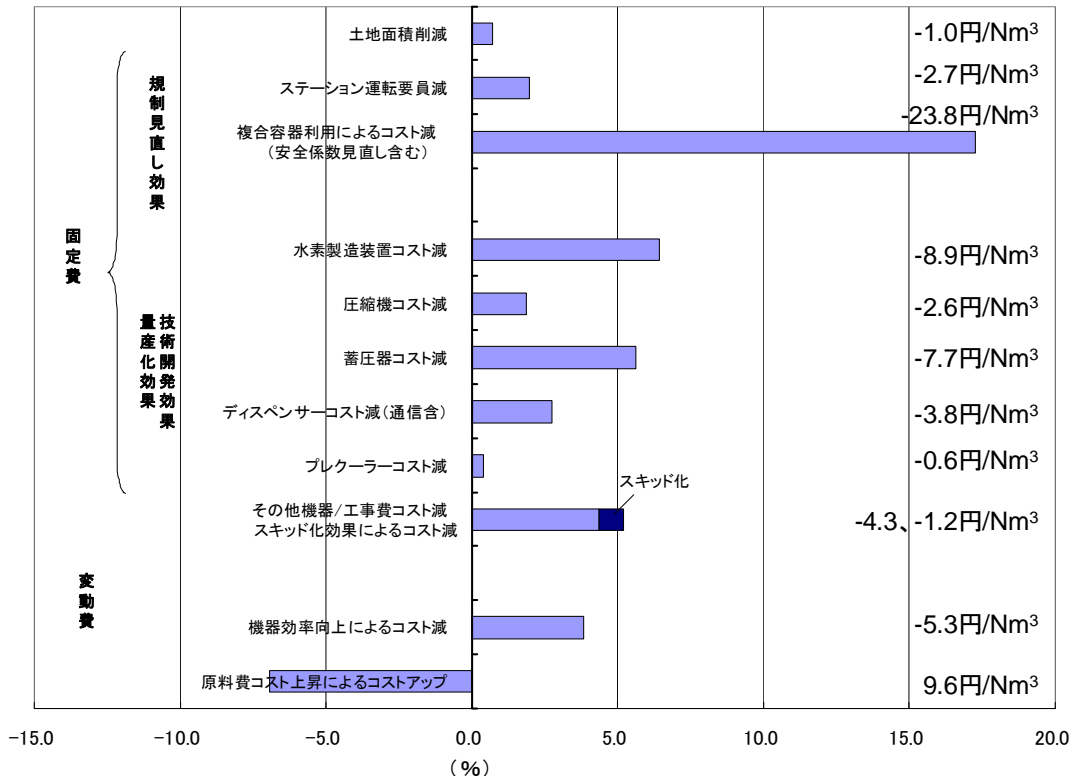


図 1.2.2-11(a) 現状の水素コストに対するコストの削減率 (138円/Nm³⇒82円/Nm³)
70MPa、300Nm³/h、差圧充填方式

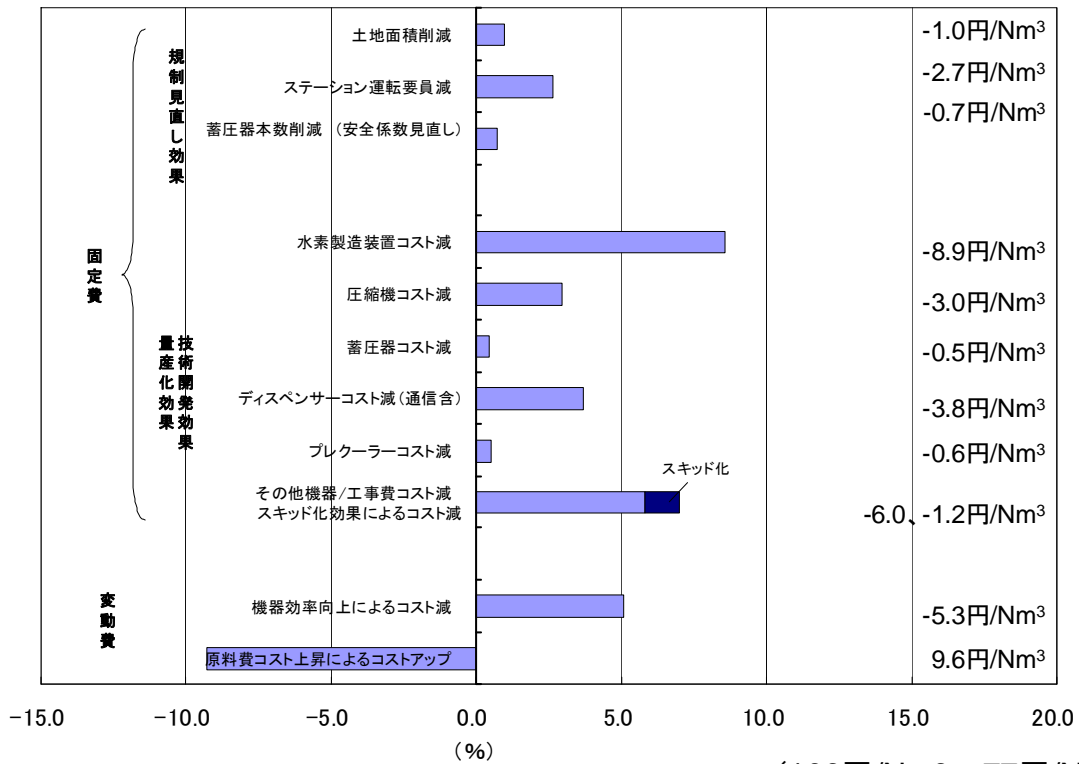


図 1.2.2-11(b) 現状の水素コストに対するコストの削減率 (103円/Nm³⇒77円/Nm³)
70MPa、300Nm³/h、直接充填方式

(8) 海外の水素インフラ（商用対応を目指したモデル）

海外においては、主に欧州でパッケージ化された水素ステーションが設計検討されている。JHFCの商用インフラの検討とは、前提条件が異なるために、コストにおける直接の比較はできないが、現時点での入手情報を表 1.2.2-20 にまとめる。

海外のステーションインフラは、日本のステーションインフラと比較して低コストとされている。70MPa、300Nm³/h クラスで比較した場合、約 1 億数千万円程度と推定している。

（水素製造設備は入っていないため、オフサイトステーション部分の設備コストである。）

一方で、本商用インフラ検討では、表 1.2.2-9 でコストダウン後の水素ステーションインフラコストをまとめた。オフサイトステーションの 70MPa、300Nm³/h、直充填方式では約 2 億 7000 万円と試算した。ピーク時の充填を考慮しない場合には、差圧充填／直充填の両方式共に 2 億 5000 万円程度と算出している。

海外パッケージ品とのコスト差は、主に工事費/諸経費と推察する。海外パッケージ品には工事費がほとんど含まれていない。これはベタ基礎の上にそのまま設置する方式であり、現地での接続工事などがほとんどないことから、工事費用がかからない点が異なっている。一方、本商用インフラの 300Nm³/h ステーションは完全なパッケージ式ではなく、スキッド化を想定しても工事費、諸経費（付属機器分を除く）で約 1 億円を上乗せして試算している。散水設備、障壁などは、日本の基準により必要であり設備の分も見込むことになる。

工事費/諸経費を勘案すると、規制見直しや技術進展を見込んで今回算出した JHFC 商用インフラの将来ステーションコストは、海外パッケージ品と設備コストと比較して一つの機器コストは大きくは異ならず、ほぼ同レベルに近づいていると考えられる。

工事費コストの影響をふまえても、なお設備コストについて商用インフラ検討の方がやや高いが、これは各設備機器全体が海外品よりも若干高価であるためであろう。全体的な一層のコストダウンにより、機器コストについて、差がないレベルにまで到達することは可能と考えられる。

表 1.2.2-20 海外水素ステーション比較表

	PEC 水素製造輸送貯蔵(定置式)	海外品(定置式)				JHFC(定置式)	
対象ステーション	PEC 水素製造輸送貯蔵	エアリキード		リンデ	Shellサンタモニカステーション	JHFC WG1商用インフラ(日本)	
可搬式/非可搬式	可搬式(日本)	可搬式(パッケージ) Clean Energyステーション(米国、LA)	可搬式A(パッケージ)	可搬式B(パッケージ)	非可搬式(非パッケージ)	非可搬式(非パッケージ)	
ステーション型式	オフサイト	オフサイト	オフサイト	オフサイト	オフサイト想定 (オンサイト水電解部分はコスト試算から除外)	オンサイトステーションから水素製造装置の設備コストを除く	
基本的な考え方	最小の蓄圧量を想定 スキッド化、量産効果 複合容器化、3倍耐圧の実現 を前提に将来コスト算出	エアリキードのパッケージ 現存ステーション	パッケージステーション	パッケージステーション	シェル(試験用ステーション)	十分な蓄圧量を想定 現状は、スキッド化、複合容器化、3倍耐圧は 前提としていない	
製造規模	300Nm ³ /h	~40kg/日	例えば100Nm ³ /h(2倍のシステムあり)	200Nm ³ /h(カタログ値)	330Nm ³ /日	約4000Nm ³ /日 (300Nm ³ /h)	
充填方式	差圧充填	差圧充填(+小型ブースター直充填)	差圧充填(+小型ブースター直充填、ダイヤフラム式もあり)	中間蓄ガス 直接充填	差圧充填	差圧充填	直接充填
充填台数	約70台/日	~20台/日	20-40台/日(35MPa車と70MPa車で異なる)	30-50台/日	10台/日	約70台/日	
連続充填	連続5台(1h) ピーク時間想定なし	連続3台 ピーク時間想定なし	連続4-5台	連続4-5台 平均3.7台/h	連続3台 ピーク時間想定なし	平均5.6台/h (ピーク時間1hは 連続11台充填)	
充填時間	-	5分以内 (1kg/分)	?	3分以内	4-10分	3-5分目標	
圧力	70MPa	70MPa	70MPa	70MPa	35MPa	70MPa	
コスト	現状想定 6億円 将来想定 2億円	1億5000万円(海外での価格;推定)	1億円程度(海外での価格;推定) 土木工事費除く 付帯品は備考参照	?	2億5000万円(海外での価格;推定) 水素製造装置除く	8.2億円(現状の差圧充填)	4.4億円(現状の直接充填)
将来想定	2億円	-	-	-	-	6.0億円(将来の差圧充填)	2.9億円(将来の直接充填)
主な設備	圧縮機 70MPa 300Nm ³ /h 圧縮機	90MPa対応小型ブースターポンプ3台	90MPa対応小型ブースターポンプ数台	イオン液体式圧縮機 1台のイオン圧縮機で、中間圧(20~45MPa)までの昇圧、さらに90MPaまでの昇圧が可能。圧縮比が異なるため、中間圧までの昇圧が律速となる。	42MPa 圧縮機 (30-50Nm ³ /h程度?)	70MPa 300Nm ³ /h (差圧充填)	42MPa 300Nm ³ /h、 70MPa 900-1200Nm ³ /h (直接充填)
蓄圧器(トレラー)	オフサイトトレラーは蓄圧器として使用しない。 (35MPa用) なし	15MPaのオフサイトトレラー 40本程度蓄圧器として使用する。	45MPaの蓄圧器 4本	45MPaの蓄圧器 数本	33MPaの蓄圧器 (例:水容積3.6Nm ³)	なし	オフサイトトレラーは蓄圧器として使用しない。
(70MPa用 高圧)	80MPaの高圧用蓄圧器 3本	90MPaの小型高圧蓄圧器 4本	90MPaの小型高圧蓄圧器 数本	なし/必要に応じて 数本	42MPaの蓄圧器 3本	なし	42MPaの蓄圧器 22本
材料ほか	現状 安全率4倍 将来 安全率3倍	鋼材 SUS316L、SA372など 安全率3倍	安全率3倍	安全率3倍	安全率3倍	安全率4倍	
ディスベンサー	1台	1台	1台	1台	1台	2台	
通信	-	あり(IR)	あり	あり	あり(ケーブル)	未検討	
ブレークル	あり	あり	あり	あり	なし	あり	
備考	最小の蓄圧器本数	パッケージ水素ステーションの内部には、蓄圧器、圧縮機、ディスベンサーの間には障壁を設置していない。 海外パッケージ品を日本に入れる場合、7条の3で適用する場合には、圧縮機周りに障壁設置を求められる可能性が高い。	・内部には、日本で必要な障壁(蓄圧器および圧縮機とディスベンサーの間)は設置していない。日本では必要な散水設備はない。 ・土木工事は含まれない。 ・火災検知器、ガス検知器は付属。 ・圧縮機の耐久性、安全性などの確認が必要。	パッケージ水素ステーションの内部には、蓄圧器、圧縮機、ディスベンサーの間には障壁を設置していない。 圧縮機の耐久性、安全性などの確認が必要。	キャノピー設置	●現状のJHFC商用インフラモデル(300Nm ³ /h)の特徴 ・ピーク時11.2台/hの充填ができるように、蓄圧器を20本程度必要とする。 ・同時に2台のFCVIに充填できるよう、ディスベンサーを2台有する。 ・スキッド化のコストダウンは盛り込んでいない。 ・オイル式のコンプレッサーを想定。	
写真/図							

(9) 商用インフラまとめ

- 1) 2015年度からのFCV普及開始にあたり、2005年度および2008～2009年度のオンサイト水素ステーションの仕様検討／コスト検討を行うと共にこれをふまえ、新たに普及初期(2015～2020年度)の商用水素ステーションのモデル(13種類)の検討を実施(2009～2010年度)した。
- 2) 普及初期におけるオフサイトステーションモデル検討において、新たに水素の製造、輸送、貯蔵に係る仕様およびコスト検討を実施した。
- 3) 普及初期に想定される主な規制見直しの項目、技術開発の進展をふまえ、コストへの影響を検討した。あわせて、各項目におけるコストの低減効果の影響を見積もった。
- 4) 海外の水素ステーションインフラについて概略仕様を比較し、相違をまとめた。

- ・ 普及初期に想定した様々な方式／規模の水素ステーションを検討した結果、オンサイト／オフサイト水素ステーションの設備コスト(300Nm³/hクラス、直接充填方式)は、現在コストから半分程度的大幅な削減が可能である。オンサイトと比較して、オフサイトの水素製造輸送貯蔵の設備コストをステーションに按分すると、オンサイト／オフサイトのコストはほぼ同等である。
- ・ 見積もった普及初期の水素ステーションの水素コストは、高稼働運用(製造水素100%充填)を前提に、300Nm³/hクラスの商用ステーションにおいて、70-80円/Nm³程度となる。
- ・ コスト削減のためには、下記の技術性能向上と規制見直しの両方を実現/達成が必須である。
 - 離隔距離などの見直しおよびステーション併設による土地面積縮減を可能にする。
 - 併設、セルフ化による人件費の削減を可能にする。
 - 複合容器採用により、鋼製高圧(80MPa以上)の蓄圧器の置き換えを可能にする
 - 使用可能鋼材の拡大により、部材コストの低減を可能にする。
 - ステーションのパッケージ化、スキッド化により設備工事費用低減を可能にする。
 - 安全係数見直しにより、蓄圧器・部材などの使用圧力を上げることを可能にする。
 - 各設備の性能向上による効率向上を実現する。
 - 計画的なFCV充填を行うことによる水素インフラの稼働率維持や、蓄圧器本数削減など、利便性を保った上でのさらに追加のコスト低減も検討していく必要がある。
- ・ 上記項目をふまえた日本の水素ステーションの実証試験を行い、初期普及の商用対応ステーションにおいて、商用利用するための課題抽出が必要である。
- ・ 海外の可搬式パッケージ水素ステーションの基本仕様は、本 JHFC 商用インフラモデル検討と異なる。圧縮機仕様が異なる海外の水素ステーションを普及初期から使用していくために、1) 現在検討中の規制の見直しを全て行い、2) 充填の前提条件や設備仕様をそろえ、3) 耐久性の試験を実施して実証を進める必要がある。

1.3 規制見直しの道筋策定

水素インフラに関する規制見直しは、2015年（平成27年）までに完了することを目標に、JHFC2 実証研究にて規制見直し要望の整理、規制に関する技術課題の抽出を行ない、見直し実現のため規制当局と折衝した上で2015年までの進め方とスケジュールを立案する道筋策定を目的に実施された。

「規制見直し検討会」はJHFC水素インフラWG(WG1)内に設置され、同WG1の「商用インフラモデル検討」やステーションコストの検討を含む「水素インフラ実証試験検討」を始めとして、先行する水素関連事業等と協調して、具体的なデータ項目と収集スケジュールを作成し、計画的に必要なデータを漏れなく収集することを目指して開始された。また、プレカールなどの新しい技術について、その安全性の検証が必要なものを抽出し必要データの収集などの道筋を立案することも併せて進めることとした。

検討に際しては、まず取り掛かりとして水素インフラに係る法体系について整理し、規制見直しの範囲を明確にして、水素インフラに関する規制見直しの経緯を振り返り、現時点で課題として残っている規制見直し内容を明確にした。

さらに、関連事業と連携協調して将来の水素ステーションに必要な規制見直し項目をFCCJ（燃料電池推進協議会）より提示された見直し要望44項目の中から抽出し、具体的なデータ項目と収集見直しについて詳細な検討を行なって17項目の重要項目を取上げ、見直しの趣旨、規制の現状、期待される効果などを含めた見直しの道筋を策定した。

以上の成果により、関係者間の認識共有化が図られ、官民を挙げた具体的な活動の開始につながることを達成できた。

一方、安全性評価に必要な項目として、プレカールや70MPa緊急離脱カプラーなどを抽出したが、詳細検討は他検討会での検討に委ねた。

尚、JHFCでは水素供給設備（一般的に水素インフラ）を水素ステーションと称しているが、高圧ガス保安法を始めとして法律上の名称は水素スタンドと定義されているので、本章に限っては全て水素スタンドと記述する。

1.3.1 水素スタンドに係わる法体系

高圧水素を取り扱う水素インフラに関しては、法律的には高圧ガス保安法、消防法、建築基準法、道路法などにより、その設置が規制対象となっている。

規制見直しの検討に当たり、まず水素スタンドに適用される主な法規（高圧ガス保安法、消防法、建築基準法）の体系の現状について整理した。

1.3.1.1 高圧ガス保安法

水素スタンドへ適用される法規の大部分は高圧ガス保安法である。

水素スタンドの技術基準としては、一般高圧ガス保安規則「第6条（定置式製造設備に係る技術上の基準）」、及び「第7条3項（特定圧縮水素スタンドに係る技術上の基準）」が適用される。尚、設備構成が似通っている圧縮天然ガススタンドの技術基準「第7条2項（圧縮

天然ガススタンドに係る技術上の基準)」について参照される場合もある。

高圧ガス保安法は時代の要請を反映してたびたび改正が行われ、「第7条3項」は2005年（平成17年）に35MPa燃料電池自動車対応水素スタンドに対応して改正されたものである。

一方、70MPa燃料電池自動車対応水素スタンドの技術基準は、一般高圧ガス保安規則の改正（案）が2010年（平成22年）3月に提出されているものの、審議途上にあるので、現状では上記の一般高圧ガス保安規則「第6条」に基づいた対応が必要である。

1.3.1.2 消防法

水素スタンドの構成は、水素の製造装置、水素の貯蔵設備、水素の充填設備に分類できる。

この中で、原料タンクから改質装置までの主に水素の製造設備に係わる過程が、危険物装置・機器の範囲に該当する。

2002年（平成14年）までに建設された水素スタンドについては、危険物を取り扱わないため消防法の適用を受けなかった。その後ナフサ等を改質して水素を製造する設備が併設されるようになり、消防法の適用を受けている。

また、将来、多くの水素スタンドは、給油取扱所に併設されることが想定され、2005年（平成17年）に改正設置された上述の一般高圧ガス保安規則「第7条3項」では消防法の給油取扱所との併設が可能となっているが、充填設備の設置条件に制限が設けられている。

1.3.1.3 建築基準法

建築基準法においては、機能的な都市活動の推進、良好な都市環境の形成などを図るため土地利用上の区分を行い、都市における住居、商業、工業その他の用途を12種類の用途地域に区分している。（表1.3.1-1）

表 1.3.1-1 用途地域での水素スタンド、水素貯蔵量の制限

		設置可否	貯蔵量
用途地域の指定がない地域		○可能	無制限
市街化区域	第1種低層住居専用地域	×不可	×不可
	第2種 “ “	×不可	×不可
	第1種中高層住居専用地域	×不可	×不可
	第2種 “ “	×不可	×不可
	第1種住居専用地域	○可能	350Nm ³
	第2種 “ “	○可能	350Nm ³
	準住居地域	○可能	350Nm ³
	近隣商業地域	○可能	700Nm ³
	商業地域	○可能	700Nm ³
	準工業地域	○可能	3,500Nm ³
	工業地域	○可能	無制限
	工業専用地域	○可能	無制限

この用途地域毎に、

- ①水素の製造に係わる建築物の用途制限、及び
- ②危険物の貯蔵又は処理の数量制限

について、規定している。

このため、水素の製造に係わる建築物（水素スタンド）は、現法では表 1.3.1-1 に示した範囲に制限され、水素貯蔵量についても上限が定められている。

但し、この制限は高压ガス保安法で特定圧縮水素スタンドとして規定されている 35MPa 燃料電池自動車対応水素スタンドに適用されるもので、70MPa 水素スタンドは高压ガス製造設備として取り扱われているため、工業地域、工業専用地域のみ設置が認められている。

1.3.2 水素インフラに関する規制見直しの経緯

1.3.2.1 35MPa 対応の見直し

水素インフラに係わる規制見直しは、2002 年（平成 14 年）に「燃料電池実用化に関する関係省庁連絡会議」が設置され、産業界から提出された表 1.3.2-1 に示す検討要望項目（6 法律・28 項目、うちインフラ関係は 4 法律・12 項目）に関し、規制見直しの取組みを実施したことに始まる。

規制見直しの結果、2005 年（平成 17 年）に、以下のような法令改正等が行なわれた。

- ・ 高压ガス保安法 一般則第 7 条の 3 「特定圧縮水素スタンド」を制定
（例示基準は、2005 年に案提出以降、審議継続中）
- ・ 消防法政令改正
- ・ 建築基準法施行令の改正

これにより、35MPa 燃料電池自動車対応水素スタンドの市街地への設置、ガソリンスタンドとの併設、保安責任者が常駐しない体制、保安距離の見直しで火気施設との距離を 8m から 6m へ短縮できること等が法的に可能となった。

28 項目について、インフラ関係の見直し結果一覧を表 1.3.2-2 に示した。

2006 年（平成 18 年）には、この法改正対応スタンドが稼動し、JHFC による実証研究が開始されている。

1.3.2.2 70MPa 対応の見直し

さらに 2008 年（平成 20 年）には、長距離の航続を可能とする 70MPa 燃料電池自動車が国内で販売開始されると共に、主な国内外自動車メーカー、国内エネルギー会社が、2015 年（平成 27 年）の事業化に向けて、燃料電池自動車の本格普及と水素インフラ整備のシナリオに合意した。

この背景により、「70MPa 車に対応した水素スタンドの法整備」、及び事業化のために必須となる「コスト・水素貯蔵量・設置面積等の商業ベースの必要条件を満たす水素スタンド設置のための法整備」が急務となった。

表 1.3.2-1 2002 年（平成 14 年）の検討要望 28 項目の概要

番号	項目	法令	内容
1	自動車	道路法	FCVが公道を走る。
2	自動車	道路法	水底トンネル通行規制
3	自動車	消防法	地下駐車場等への進入制限
4	自動車	高圧ガス保安法	輸入車輛の高圧ガス容器の取り外し検査
5	インフラ	高圧ガス保安法	移動式水素供給設備における保安統括者の常駐義務
6	自動車	道路法	水底トンネル積載水素量
7	自動車	高圧ガス保安法	車輛容器検査の型式
8	自動車	高圧ガス保安法	車輛容器用バルブ試験
9	自動車	高圧ガス保安法	車輛容器に関する複合容器基準
10	自動車	高圧ガス保安法	車輛容器の再検査基準
11	自動車	道路法	FCVの型式認定制度
12	自動車	消防法	地下駐車場等への進入制限と消火設備
13	インフラ	高圧ガス保安法	保安距離、火気離隔距離
14	インフラ	高圧ガス保安法	保安統括者の選任、常駐義務
15	インフラ	高圧ガス保安法	ガス漏れ検知手段
16	インフラ	高圧ガス保安法	移動式充填設備における充填場所制限
17	インフラ	高圧ガス保安法	移動式充填設備の強化プラスチック複合容器
18	インフラ	高圧ガス保安法	液体ローリー充填率のUP(90%→98%)
19	インフラ	高圧ガス保安法	水素スタンドの検査周期延長
20	インフラ	建築基準法	市街地における水素スタンド建設制限
21	インフラ	建築基準法	市街地における水素スタンドの水素保有量の制限
22	インフラ	道路法	車輛運搬車輛(トレーラー)の水底トンネル通行許可
23	インフラ	消防法	ガソリンスタンドとの併設
24	家庭	電気事業法	電気主任技術者の選任の不要化
25	家庭	電気事業法	窒素ページの不要化
26	家庭	消防法	発電設備の設置届出の不要化
27	家庭	消防法	発電設備と建築物の離隔距離縮小
28	家庭	消防法	家庭用改質器の逆火防止設備の不要化

表 1.3.2-2 2005 年（平成 17 年）の法令改正内容

法規	項目	担当省庁	該当条項	改正状況
水素インフラ	水素供給スタンドの保安距離確保のため、用地の制限が大きい。 保安距離見直し 第一種設備距離17m→6m、火気施設との距離8m→6m	経済産業省	一般則 第7条の3 第2項第1項	済
	水素供給スタンドにおける保安統括者等の選任・常駐義務について、圧縮天然ガス並みへの見直し 保安統括者1名、同代理者1名、保安係員1名(常駐)、同代理者1名 →保安を監督する者の選任(常駐不要)		一般則 第64条 第2項第5項	済
	水素供給スタンドの漏れ検知手段について、付臭剤以外の漏れ検知装置による代替手段の採用(付臭剤を不要とする)		(付臭剤は圧縮天然ガスに義務付け)	済
	液化ガス輸送容器の充填率の上限の欧米並みへの見直し(90%→98%)		容器則 第22条	済
	水素供給スタンドの保安検査の検査周期が1年である。 メンテナンスコストが増大することから、検査周期を延長する。		(保安検査実績を蓄積後要望；一般則第79条)	未了
建築基準法	水素供給スタンド等の可燃性ガス及び圧縮ガスの製造を行う建築物は、工業地域、工業専用地域以外に建設できない。 圧縮天然ガススタンド並みに見直し、準工業地域、商業地域、近隣商業地域準住居地域、第2種住居地域、第1種住居地域での建設を可能にする。	国土交通省	第27条 第48条別表第2 同施行令第130 条の9の4	済
	用途地域毎に水素貯蔵量の制限があり、市街地にスタンドを建設する場合、小規模にならざるを得ないが、制限数量を増加する。		同施行令第130 条の9	一般則 例示基準 改正後通知
消防法	水素スタンド等を設置する場合、ガソリンスタンドとの併設は認められていない 圧縮天然ガススタンドと同等な基準での併設とする。	総務省	危規則 第27条の5	済

NEDO「水素社会構築共通基盤整備事業」（2005年度～2009年度）では、70MPa対応水素スタンドの法整備（技術基準策定）のため以下のデータを取得し、省令案、例示基準案が2009年度末（平成21年度）に提示され、審議途上の状況にある。

- ・水素スタンドに係る安全性評価と安全対策検討
- ・水素スタンドを想定した水素の拡散、着火、爆発の挙動確認と新規安全性対策の検証
- ・蓄圧器構成金属材料の評価、及び蓄圧器製造技術の検討
- ・水素ガスディスペンサーの安全性検証
- ・蓄圧器、配管等の安全性検証

併行してJHFCプロジェクトでは、2009年（平成21年）にFCCJ（燃料電池推進協議会）より提示された見直し要望44項目の中から、2015年の普及開始に向けて重点的な取組みが必要な17項目を抽出して優先順位を設定し、これらの見直しの道筋取りまとめを実施した。本項ではこの道筋策定の考え方と検討の成果について述べている。

44項目の一覧を表1.3.2-3に示した。重点的な取組み17項目については次項に述べる。

1.3.3 規制見直しの道筋

1.3.3.1 重点的取組み「17項目」の抽出

見直し要望44項目の精査を行い、規制見直しの喫緊の課題となる17項目を抽出した。17項目抽出の主な考え方は以下の通りである。

(1) 設置環境面の課題

FCV普及期の水素スタンドは市街地へ設置する必要があるが、現在、市街地での設置が認められている特定圧縮水素スタンドは35MPa対応のみで、70MPa対応スタンドは工業専用地域以外へは展開ができない状況にある。従って、まず市街地等への設置を可能とすることが必要である。

また水素保有量についても上限が低く設定されているので、FCV普及期にも十分な供給を可能とする保有量とする必要がある。スタンド設置に際しては、特に用地確保が課題となる市街地では既設との併設が効率的と考えられるので、保安距離の見直しと共に既設スタンドとの併設を可能とする必要がある。

(2) スタンド建設材料面の課題

70MPa対応スタンドの建設に際しては、高圧水素脆性を考慮して設備材料には特定の鋼材使用が規定され、新規鋼材使用時には日本国内で特別な認定が求められる。これら特定の鋼材から一般的な鋼材の使用へ見直すことや、海外で認定された鋼材の使用簡便化を図ることが必要である。

海外品の利用に際しては、海外に比べて高い設計耐圧が求められているので、欧米との同じ水準の設計耐圧へ見直すことも必要となる。

また複合容器は一部の使用のみが認められている状況なので、高圧容器や蓄圧器への利用などへ広く活用できるようにすることが必要である。

表 1.3.2-3 70MPa 対応の規制見直し要望 4 4 項目の概要

No.	分野	法令	内容
<u>1</u>	圧縮水素	高圧ガス保安法	70MPa法整備
<u>2</u>		高圧ガス保安法	使用可能鋼材の拡大
<u>3</u>		高圧ガス保安法	開放検査の周期延長
<u>4</u>		高圧ガス保安法	保安検査の簡略化
<u>5</u>		高圧ガス保安法	容器則の複合容器の範囲拡大(輸送用)
<u>6</u>		高圧ガス保安法	CNGスタンドとの併設
<u>7</u>		高圧ガス保安法	離隔距離(水素ディスペンサー～公道間距離)の見直し
<u>8</u>		高圧ガス保安法	“(高圧改質器～敷地境界距離)の見直し
<u>9</u>		高圧ガス保安法	“(火気離隔距離)の見直し
<u>10</u>		高圧ガス保安法	蓄圧器、圧縮機等のキャンपी上設置
11		消防法	離隔距離(改質器～高圧ガス設備)の見直し
<u>12</u>		消防法	改質器の無人暖気運転の許可
13		消防法	改質器の危険物取扱量上限
14		消防法	セルフスタンドへの水素スタンド併設
15		消防法	屋内給油取扱所への水素スタンド併設
16		消防法	併設スタンドでの水素エンジン車への水素充填
<u>17</u>		消防法	ディスペンサー並列設置
18		消防法	水素貯蔵設備とガソリン注油口の距離
<u>19</u>		建築基準法	市街地における水素保有量の増加
20		建築基準法他	水素の特定消費者規定
21	移動式	高圧ガス保安法	移動式水素スタンドの基準策定
22		高圧ガス保安法	移動式水素スタンドの容器材料
23		高圧ガス保安法	移動式水素製造設備の保管場所
24		高圧ガス保安法	ガス貯蔵量の制約緩和
25		高圧ガス保安法	車載式水素製造設備の保安物件からの距離
26		高圧ガス保安法	移動式水素製造設備への散水設備設置
27		高圧ガス保安法	車載式水素製造設備移動時の窒素ガス置換
<u>28</u>		高圧ガス保安法他	公道でのFCVへの充填
29		高圧ガス保安法	保安統括者、保安係員、及びその代理者選任
30		高圧ガス保安法	貯蔵届、充填届の撤廃(簡略化)
31		高圧ガス保安法	複合容器のサポート方式
32		消防法	SS内における移動式水素スタンドの設置と運用
33	液体水素	高圧ガス保安法	液体水素ローリー受入時間の延長
34		高圧ガス保安法	液体水素ローリーの保安距離
35		高圧ガス保安法	液体水素利用の水素スタンドの保安・離隔距離
36		高圧ガス保安法	水素スタンドでの液体水素の貯蔵
37		高圧ガス保安法	液体水素のバルク充填
38	その他	高圧ガス保安法	水素充填時のアース撤廃
39		高圧ガス保安法	小容量・自家用水素充填設備
<u>40</u>		高圧ガス保安法	防爆性能の見直し
41		道路運送車輛法	誤発進防止装置の導入(FCV側)
42		高圧ガス保安法他	高圧ガス保安法と消防法の二重規制の一元化
43		建築基準法	工業専用地域での物品販売
44		高圧ガス保安法他	水素パイプライン敷設

注) No.の下線は、重点 17 項目で取上げた項目

(3) スタンド運営面の課題

高圧ガス設備として取り扱われる 70MPa 対応スタンドは、機器の開放検査をはじめとする定期的な保安検査が求められ、数週間のスタンド運転停止を余儀なくされる状況にある。

現状のガソリンスタンド並みの利便性を保つためには、保安検査の見直しでスタンド運転停止を極小にする必要がある。

また水素スタンドの水素発生装置である改質装置は、毎日の起動停止は非効率となるので、暖気運転が必要となる。暖気運転は石油系原料の場合は認められていないので、都市ガス系原料と同じように可能とする。

(4) 2015 年の普及開始時のあるべき姿を想定した課題

(1)～(3)の考え方は 44 項目を精査して帰納的に抽出した課題であり、その課題を達成することで、普及開始時に必要なことが全て含まれているかどうかは考慮されていない。そのために、普及開始時での規制見直しに関する必要事項を整理し、このために必要な規制見直し項目は何か？という演繹的な視点でも整理を行なった。

その結果、

- ・設計係数の欧米との差異
- ・基準温度の見直し（海外との整合）
- ・セルフ充填
- ・CCS（CO₂分離）

の各課題への取組みが必要であることが取り上げられ、これらを織り込んで 17 項目として整理した。これにより、2015 年普及開始時に必要な規制見直し項目の抽出は、必要充分条件を満足できていると考えられる。

以上のような考え方を基本として不急項目を除き、併せて項目の集約を行なって、44 項目中の 25 項目を 17 項目へ集約した。

ここで、17 項目の優先度を検討し、表 1.3.3-1 に示すような実現を目指す時期により 3 段階の優先度分類を行なった。

集約した規制見直し取組みの重点 17 項目名は表 1.3.3-2 の通りである。

表 1.3.3-1 重点 17 項目の優先度

優先度	判断理由
特 A	2015 年までに見直されていないと、普及に重大な支障がある項目
A	2015 年までに見直されていないと、コスト高など商用ベースでの運用面に支障がある項目
B	普及期までに必要となる可能性がある項目

表 1.3.3-2 重点取り組み 17 項目の一覧

No.	優先度	法令	内容
1	特 A	高ガス保安法	70MPa 法整備
2		高ガス保安法	使用可能鋼材の拡大
3		高ガス保安法	設計係数（耐圧安全係数）の見直し
4		高ガス保安法	容器則の複合容器の範囲拡大（輸送用）
5		建築基準法	市街地における水素保有量の増加
6		高ガス保安法	CNG スタンドとの併設
7	A	高ガス保安法	開放検査の周期延長、保安検査の簡略化
8		高ガス保安法	容器則の複合容器の範囲拡大（スタンド用）
9		高ガス保安法	保安距離の更なる見直し
1 0		消防法	改質器の無人暖気運転の許可
1 1		高ガス保安法	防爆性能の見直し
1 2		高ガス保安法	蓄圧器、圧縮機等のキャノピー上設置
1 3	B	消防法	ディスプレイ並列設置
1 4		高ガス保安法	公道での FCV への充填（含、道路交通法）
1 5		高ガス保安法	基準温度の見直し／海外との整合
1 6		高ガス保安法	セルフ式水素スタンド
1 7		高ガス保安法	CCS 設備のスタンド設備付帯化

これら 17 項目の見直しを進める道筋として、項目毎に

- ・法令上の措置
- ・見直しの主旨
- ・規制の現象
- ・期待される効果 等

について調査、検討、整理を実施した。その結果一覧を表 1.3.3-3 に示した。

表 1.3.3-3 の主要項目については、その概説を本章の資料として添付した。

表 1.3.3-3 規制見直し 17 項目の道筋 (一覧)

水素スタンドに関する規制見直しの重点項目
(FCCJ 44項目ベース JHFC安全性・規制見直し検討会にて絞込み)

安全性・規制見直し検討会 事務局PEC

技術 難易度	FCCJ 44項目	法令	項目	規制見直しの方向	規制の現状	普及への影響	検討・進捗状況		
							35MPa水素スタンド	70MPa水素スタンド	
特A	A-1	高圧ガス保安法	70MPa法整備	70MPa技術基準案(省令改正及び事例基準案)作成後、速やかな検討実施。	70MPaスタンドを建設する場合は、一般則第6条※により、高圧ガス製造設備として建設することになり、35MPaスタンドで見直された基準が適用されない。	スタンド建設面積が大きくなり、大きな用地が必要となる。	一般則7条の3が発効 提出済み例示基準が保安課で保 留中、自主基準作成済み	水素社会構築共通基盤整備事業で、1) 省令2)例示基準3)自主基準【案】作成	
			高圧ガス保安法	・保安距離等の見直し	圧力によらず、同一距離とする。 (35MPaと同様)		第6条適用では、大きな保安距離や離隔距離(ケースにより異なる)が必要である。	6m(公道、敷地境界からなど)	【案】未定(6~10m)データ取得中
		高圧ガス保安法	・保安統括者、常駐義務の見直し	保安統括者不要、保安監督者選任(常駐不要)とする。(35MPaと同様)	資格者である保安統括者と保安係員、その代理者の選任が必要。		資格者の確保が必要となる(35MPaと同基準で安全性担保可)	保安責任者免状及び6ヶ月以上経験者に保安監督させることにより、保安統括者等の選任が不要	【案】35MPa同様 (保安監督者の常駐不要)
		消防法	・ガソリンスタンドとの併設許可	併設可能とする。(35MPaと同様)	併設不可		個別規制は土地の確保が困難(70MPa併設不可)	併設可能	【案】併設可能
		建築基準法	・水素スタンドの建設可能地域拡大	建設可能とする。(35MPaと同様)	(圧力規定がなく、70MPa建設可否は不明)	特にユーザーの近く、商業地域に建設できないと利便性面で普及に大きな影響がでる。	準工業、商業、近隣住居、準住居、第二種住居、第一種住居地域に建設可能	国土交通省より同様の法整備要	
	◎ A-2	高圧ガス保安法 特定則例示基準 (一般則を含む) 申請認可手続き	使用可能鋼材の拡大	新規材料を使用可能とする際のスピードアップ及び、網羅的にカバーするような表現(具体例★参照)を行える様にする	鋼材の規制見直し	70MPa級の水素スタンド建設に使用できる材料は、材料種類が少なく、JISや特定則に記載されていない。組成や調質法の工夫による、より良い方向性の研究データが活かされず、さらには多くの手順が必要となっている。	高価な材料で、かつ蓄圧器サイズも限定され、水素スタンド建設が現材料だけでは現実的に難しい。 ①新材料を国内で使用する為に行われる承認に必要なデータが膨大で収集に時間と費用が掛かるため、適切な材料種類を拡大させることが困難である。 ②データが収集されても、新規材料で蓄圧器を製作する場合、個別に各種試験や解析を行う手順となっており、時間とコストと労力を要している。さらに、特定則やJISに採用される迄に多くの時間と労力を要する。 ③海外機関で研究したデータの利用が国内で認められない(国内で再実験が求められる)為	●配管系：70MPaでは、SUS316Lのみが選択可能な材料として、例示基準に採用の予定。 高NiのSUS316、P.S<0.01、その冷間加工品(高硬化)他 ⇒多くの事業、民間及び、海外でデータ取得、ASMEにて近く水素用配管規格G31.12予定(圧力容器規格と分けてある。) ●蓄圧器：SNOM439(強度低減材)の評価は済み ⇒JISにないため、個別にCHKの事前評価で対応する予定。 毎回申請となるが、再提出データ何か不明確 ・35MPa用のSMC435が例示一米国採用SMC430(グレード指定)や国内SMC435調質に工夫した材料が疎かされている ・SA723(ASME材)の採用は速やかに行う必要がある。 ★具体例：容器則では以下に類似した表現は行っている。 例：「NiCrMo鋼で引張り強度を880~980MPaに調整した材料」	
	◎ C-1	高圧ガス保安法 特定則例示基準 申請認可手続き	設計基準(耐圧安全係数)の見直し	設計方法を国際的な基準に合わせ、蓄圧器(圧力容器を含む)の安全係数を2.4に、配管の安全係数を2.0に見直し。		日本では特定則で定める蓄圧器、一般則で定める配管は、引張り強さに対する安全係数は4倍で事実上運用されている。 上記と、降伏点(0.2%耐力)に対する1.5の安全係数からの値の小さいほうが設計基準なる1.5の安全係数については、高保法及び各国共通である	(例：緊急離脱カプラー：海外では、3倍、2.4倍の規格で設計されたものがあり、肉厚が薄く、コンタクトに作られている。) ①建設費の面で国際競争力強化の阻害要因となっている。 ②耐圧性能を確保すると、サイズが大きくなり実用に適さないとなるものがある。 鋼種によっては材料開発が必要なため上記項目「使用可能鋼材の拡大」と関連が深い	水素の業界のみならず、日本高圧力技術協会(HPIS)の委員会他で検討中である。 尚、安全係数3.5倍の特定設備は認められているが、申請時に多くのデータが必要で、実際の運用例は少ない。 JISは3.5倍、3倍の規格が制定済みであり、現在2.4倍の検討中である。 さらに、JISから高圧ガス保安法になるタイムラグがあり、一部(20MPa以下等の記述があり)整合が取れていない。	
◎ A-5-(1)	高圧ガス保安法 容器則例示基準	容器則の複合容器の範囲拡大	水素トレーラー用運送容器について 圧力40ないし45MPaまで 容積(仮720L)までへの拡大		圧縮水素運送自動車用複合容器の例示基準では、最高充填圧力35MPa以下、容積360L以下となっている。 なお現在使用されている最大クラスの水素用鋼製容器は20MPa、715Lである。	・35MPaのFCVに圧縮機なし(ボンベのみ)充填するため、燃料タンクが空に近い時に直接差圧充填(蓄圧器本数減)するためには圧力が不足している。 ・輸送効率を上げるため、容量・圧力をUPする必要がある。	複合容器の例示基準制定手順、必要データ、必要個数などは実例がありそれに順する。その際は先に多数個製作する必要がある ・【必須開発項目】40ないし45MPa運送用大型複合容器の開発 ・水素自動車燃料用(タンク)で70MPaまでの基準制定途上。		
A-19	建築基準法	市街地における水素保有量の増加	例として、商業地域にて準工業地域同様3500m ³ 、準工業地域7000m ³ で運用可とする		35MPa水素スタンドについて、認められた水素貯蔵量は準工業地域：3500m ³ 、商業地域：7000m ³ 、準住居地域：3500m ³ である	商業地域700m ³ はFCV約5台分、水素トレーラーで1回で輸送する量の約1/4であり、想定される普及時の必要量に全く不足しない。	国土交通省より、以下の通達が各県宛に発行されることを確認した。 「水素貯蔵量(将来的に、商業ベースの水素スタンドに必要な量)を超える場合、例示基準等の技術基準をみたした水素スタンドには許可する制度を強力的に活用する」→「PEC自主基準を満たすことが条件」を確認、許可制の許可は自治体判断で、住民説明を求められると予想される。		
A-6	高圧ガス保安法 一般則	CNGスタンドとの併設	CNGスタンドとの併設		圧縮水素スタンドと圧縮天然ガススタンドとの設備間の距離の撤廃	普及に当たって、全国約300箇所あり、整備されている圧縮天然ガススタンドに併設、増設することは有効な手段である。その際、圧縮機、蓄圧器等のエア(障壁、防火壁内)の高設備間距離の6mと長く、普及に影響が大きくなっている。	改正時の不備、不整合(条文参照) ・計画、レイアウト、具体的条件あり ・70MPa充填対応の技術基準、法令案提出時に修正を盛り込む働きかけた		

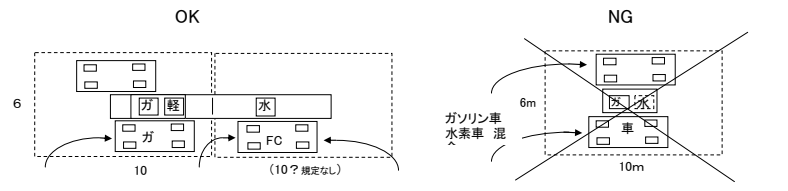
技術 難易度	FCGJ 44項目	法令	項目	規制見直しの方向	規制の現状	普及への影響	検討・進捗状況	
							35MPa水素スタンド	70MPa水素スタンド
A	◎ A-3.4	高圧ガス保安法 特定則例基準 申請認可手続書	保安検査の簡略化 開放検査の周期延長等	①開放検査周期 5年間等に延長する ②超音波肉厚検査の省略	①1or2年に一回の蓄圧器の開放検査が申請時に義務付けられている。その休業期間は約10日と長い ②法定年1回の蓄圧器、配管部の超音波肉厚検査が定められている。	休業期間の長さ、頻度が特に問題になっている。 亀裂進展は水素特有の問題ではないが、亀裂は開放時(内圧なしのとき)にファイバーコープで発見できない。 同様に定点超音波肉厚検査も亀裂確認手段として適切ではない。	腐食性のない(水蒸気、Sのない)ガスであることが共通であるCNGのスタンドが開放検査、肉厚検査と完全に廃止した手順実例があり参考にする。 安全性、機器の健全性確認のためAE法等の非開放検査の開発中である。	
	◎ A-5-(2)	高圧ガス保安法 特定則	複合容器の蓄圧器として使用	特定設備、蓄圧器として 複合容器の使用可能化	高圧ガス特定設備である蓄圧器としては使用不可(海外では使われている) 法では、特定設備の高圧設備の材料に樹脂は考えられていない。したがって、スタンドの設備として使用できない	軽量であることから、キャンビー(屋上)設置に適するため、鋼製に代え蓄圧器に使用することを実現したい。 開発したレラー-運送用容器を有効利用したい。	特定則対象容器としての80MPaクラスの複合容器を最終目標として開発中。 KHKで特定則容器として複合容器の法整備検討中 (移動式製造設備では特別に認可を受け蓄圧器として使用例あり)	
	A-6~9	高圧ガス保安法	保安距離等のさらなる緩和	・デイスベンガ~公道間 ・敷地境界~ 水素スタンド設備 ・火気距離隔離の緩和 ・CNGスタンド機器→抜き出し ・高圧改質器 ~ の距離短縮	35MPaでは、ほぼ全て6m となった。 70MPaは未定ではあるが同じか長くなる可能性がある。	土地の有効活用の点で6m以下にしたい。 公道とデイスベンガの距離は、国際協調の面から及び、外からの火災延焼はなく、4mとしたい。	国際標準化WG ISO/TC197にて議論されている標準(案)ではおおむね短い。ISO/TC197では考え方が異なり、対象物を細かく分けている。	
	A-12	消防法	改質器の無人運転機運転の許可	実績を積み許可	危険物を原料とする改質器の無人運転不可	水素製造装置のスタート操作から水素発生までの時間短縮	要請するも実績不足のため、時期尚早との判断された。	
	A-40	高圧ガス保安法	防爆性能の見直し	防爆グレード再検討	プリンタ、照明、通信デバイス等電気設備全ての機器に最高度のグレード(G2d4)が必要とされている。	特に通信デバイスの採用(国際標準化途上)ができない恐れが生じている。	海外との整合が必要。国際標準化WG ISO/TC197議論ではデイスベンガ周りの機器の防爆グレードを安全面からも検討中。	
	A-10(後)	高圧ガス保安法 消防法	蓄圧器、圧縮機などの キャンビー上設置	設置条件を作り建設	法令上の問題内容は明らかになっていない。	敷地面積のとれない、市街地用に適している (地下設置より先に具体化予定)	耐震設計等実際の計画・申請が必要だが、現在蓄圧器の重量、本数等検討中のため、具体的な条件なし。 ただし、CNGスタンド時の実績から、7条の3の範囲で建設可能との見解。	
B	A-17	消防法	デイスベンガ並列設置	デイスベンガをびったり並べて設置	現状、給油空地:ガソリンホース機器周囲の10×6m内、には水素デイスベンガの設置不可。 距離をとっての隣接は可能(隣の島)	敷地面積、従業員の効果的配置、利便性(=水素をよく見かけるイメージや誤って入って通過しない)から普及に影響	一つの給油空地、車のレーンの共用は危険物(消防法、ガソリン等液体)と高圧ガスが別のものという考え方を要する必要があるため困難と判断。 欧州では可だが、米国は行っていない。	
	A-28	高圧ガス保安法 道路交通法	公道でのFCVへの充填	①届出等での許可 ②緊急時の許可	移動式による公道(高速道路SA駐車場など)では水素充填作業はできない。 現状CNGの充填についても同様である。	①イベント時、注:普及前である現在特有の問題である。 ②緊急時JAFの運用ができず利便性、水素普及に影響	イベント時の囲い等の措置をすることで、都度特別にお願いするも不許可。安全担保を前提として、将来を見据えた弾力的運用が必要	
	C-2	高圧ガス保安法	基準温度日本35℃/海外15℃	本項は初期普及時に最高充填圧87.5MPa(国際協調)を目指す方向が示された時点で特A必須項	基準温度を15℃とすることで、充てん量を海外並とする。 ただし、自動車燃料用水素に限るとする	海外は基準温度15℃であり、この温度で定められた圧力になる量を充てんしており、70MPa充填の場合、許容上昇限度85℃では87.5MPa(=タンクの設計圧力)まで充填している。日本では基準温度が35℃の為、同一タンクの場合、海外より充てん出される量が少ない。(81.6MPa@85℃)	水素自動車の航続距離が短くなり、燃料電池自動車の普及に影響が出る。 また、海外メーカーから不満が出ている。	
	C-3	高圧ガス保安法 (消防法)	セルフ充填式水素スタンド	水素の充填について、初めからセルフ充填(が主)を目標とし、それを実現する	・海外では水素スタンドの普及は全てセルフ充填が前提で計画され、実施されている。 ・日本では高圧ガス保安法の体系が、高圧ガスの充填作業について、一般ユーザーが行う前提で全く作られていない。(インフラ側はあきらめ、リストから一時的に外されていた。)しかし、法体系が出来た時代と現在の状況や、システムの性能の進歩により、安全面も含め大きな問題、事故はむしろ減少するのではという意見がある。	初期普及時はスタンドの稼働率は非常に低いことが予想され、責任等が通信、カメラ等で遠隔集中管理することのほが、水素価格を含めたコスト面及び、ユーザーへのサービス充実面も含め、適していると考えられる。(ユーザーも望んでいる。→要確認) 水素提供側、海外設備メーカーから不満が出ている。	海外の普及へ向けての安全面の実施内容が参考になる ・スタンドの状況、遠隔操作、カメラ等ハード面について既存設備で十分可能 →集中管理体制の整備、対応スピードアップの方向を検討へ 普及時はPIN No.管理が予定されている。 →ユーザーへの教育体制を充実させる方向を検討したい	
	C-4	高圧ガス保安法	CCS設備のスタンド設備付帯化	7条の3で建設する水素スタンドにCCS設備を付帯設備とし、特に保安統括者不要、保安監督者常駐不要とした	ここでのCCS設備は、オンサイト改質器からのCO2を回収、圧縮しLq CO2製造する設備である。 現在、6条の1別の1高圧ガス製造設備として設置している。 7条の3で付帯設備として建設したい	オンサイト改質で自然と出て来るCO2の回収であり、水素の普及へ向け、CO2削減目標に対し有効な手段の場を妨げられている	・NEDO事業、JHFC千住ステーションにて、技術実証済み 回収に必要なエネルギーは小さく問題とならない。	

※ 「6条」定置式高圧ガス製造設備として建設する場合、工業地域、工業専用地域にしか建設できない、保安係員(資格者)等常駐義務、併設不可などの制約を受ける。

特A 初期普及(2015年)までに規制が見直されていないと著しい支障が生じる。(必須項目) 例)実施には莫大なコストがかかり現実的には整備が困難。2)見直しがされない、結果として工業地域、工業専用地域にしか、建設できない

A 初期~本格普及までに見直しされていないとコストの観点から、商業ベースでの展開への支障が生じる

B 初期普及の途中の状況により、見直しが必要になる可能性のあるもの。(業界要望)



A-17 デイスベンガの並列設置 説明

1.3.3.2 「17項目」の効果予想

重点取り組み 17 項目の実施により、2015 年の普及開始に備えて水素スタンドの利便性の向上とコストダウンが達成される見込みである。

これらの規制見直しの効果は、規制見直しによって技術開発が進展し、その結果として利便性向上やコストダウンが達成される相乗的な要素が大きいので、直接的な効果試算は困難であるが、試案例として図 1.3.3-1 に水素コスト削減見込みを示した。

図 1.3.3-1 はオンサイト型ステーション（300Nm³、差圧充填）の水素コスト削減の影響を分析したものである。2015 年～2020 年の水素コスト試算で、現状と比較して 56 円/Nm³ のコストダウンが見込まれているが、この約半分 28 円/Nm³ が規制見直しの効果として考えられている。

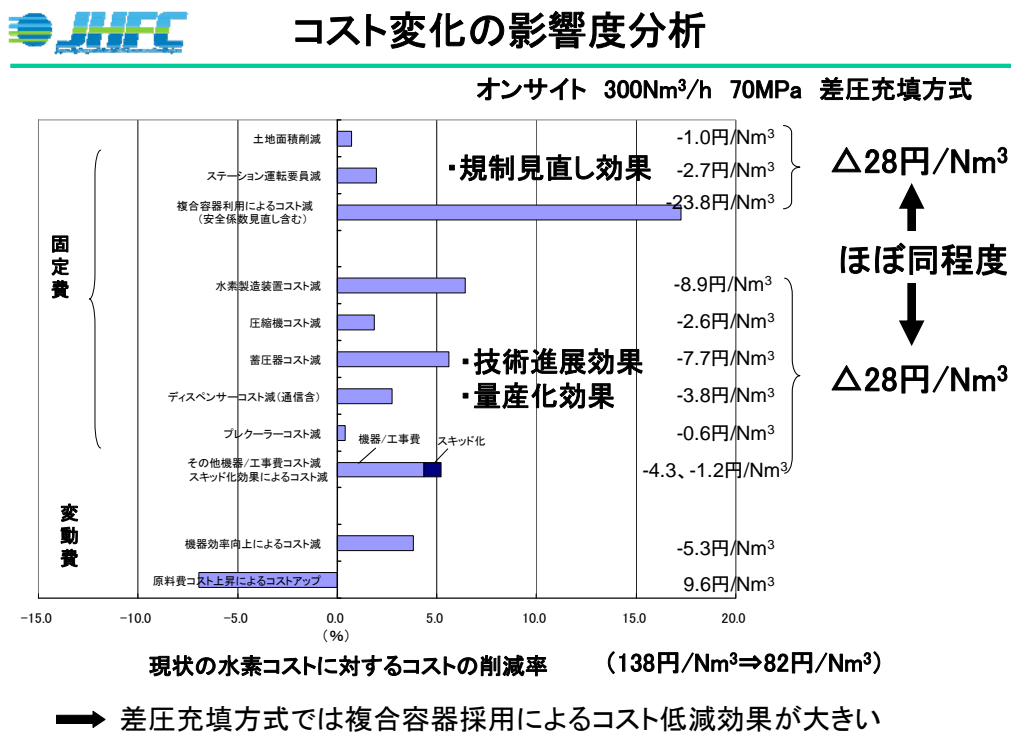


図 1.3.3-1 水素コスト削減見込み

規制見直しの効果は国産品のみならず、国際的な基準統一を図ることで、海外に安価な製品がある場合には水素スタンドの一部に輸入品を採用することが可能となり、建設コスト、水素コストの更なる低減に貢献を果たすと期待される。

海外品の活用は次期実証の課題としても主要課題として取上げられており、積極的な取り組みが期待されている。

1.3.4 まとめ

高压水素を取り扱う水素インフラに関しては、高压ガス保安法、消防法、建築基準法、道路法などにより、その設置が規制対象となっている。

2005年（平成17年）の規制見直しの結果、35MPa燃料電池自動車対応水素スタンドの市街地への設置、ガソリンスタンドとの併設、保安責任者が常駐しない体制、保安距離の見直しによる火気施設との距離を8mから6mへ短縮できること等が法的に可能となっている。

一方、今後の普及が期待される70MPa燃料電池自動車に対応する水素スタンドについては、設置が工業（専用）地域に限定されていることや、他にも鋼材の耐圧基準など諸外国に比較しても厳しい規制があり、ユーザーの利便性やステーション建設費を高める要因となっている。さらに燃料電池自動車へ搭載可能な水素量についても諸外国との差異がある。

70MPa水素スタンド対応の省令改正案、例示基準案は2009年度末（平成21年度）に提示され審議途上の状況にあるが、さらにJHFCでは2015年の普及開始に向けて、見直しが必要であれば普及に支障があると考えられる法規制項目及びその対応方向の整理を行った。

課題となった規制は次のような内容である。

- ・水素スタンド設置環境面の課題

 - 70MPa対応する水素スタンドの市街地設置、十分な水素保有量確保など

- ・水素スタンド建設材料面の課題

 - 特殊鋼材から普通鋼材への見直し、海外認定品の使用許可簡便化、複合容器の使用可能範囲拡大など

- ・水素スタンド運営面の課題

 - 開放検査の周期延長や簡略化、改質装置の無人暖気運転許可など

以上の重要な17項目の課題について以下のような見直しの具体的道筋を策定した。

- ・見直しのための法令上の措置
- ・規制見直しの趣旨
- ・規制の現状
- ・期待される効果 など

この道筋策定によって関係者の認識共有化が図られ、燃料電池自動車・水素インフラの規制見直しの重点的な取組み17項目は、内閣府行政刷新会議にて規制・制度改革のテーマとして取り上げられることとなり、対処方針が2010年6月に閣議決定された。

その後JHFCも参画した官民共同の推進チームにて検討の結果、2010年12月に、「燃料電池自動車・水素ステーション普及開始に向けた規制の再点検に係る工程表」が公表され、具体的な活動計画策定が進められている。

1.3.5 添付資料 【「重点項目」達成の道筋概説】

①70MPa 水素スタンドに係る法整備

No.1 (特A)
70MPa水素スタンドに係る法整備

【法令上の措置】 高圧ガス保安法一般則(省令)改正および例示基準改正

趣旨

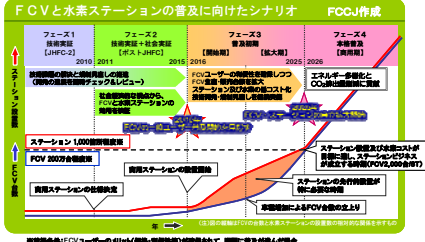
- 燃料電池車の水素充填圧力は、35MPaから70MPaに移行しつつあるが、70MPa燃料電池車に水素を充填するための圧縮水素スタンドに係る法整備はまだ検討段階で、市街地の70MPa水素スタンドは設置できない。
- 早急な70MPa水素スタンドに係る法整備を推進する。

規制の現状

- 35MPa水素スタンドに係る法整備は2005年に実施され、これにより、35MPa水素スタンドの市街地への設置、ガソリンスタンドとの併設等が可能となった。(例示基準は、2005年に案提出以降、審議継続中)
- 70MPa水素スタンドの法整備のための技術検討は終了し、改正案を規制当局へ提出済み(2010年3月)

期待される効果

- 70MPa水素スタンドの市街地等への建設が可能となる。
- これにより、2015年のFCVの普及開始ならびにそれに先立つ水素スタンドの整備が可能となる。



②使用可能鋼材の拡大

No.2 (特A)
使用可能鋼材の拡大

【法令上の措置】 高圧ガス保安法一般則(省令)、特定則(省令)改正および例示基準改正

趣旨

- 水素スタンドで使用可能な鋼材は、現状、極めて限定されており、以下の問題が生じている。
 - 海外製品を輸入して使用することが困難
 - 水素スタンド建設コスト低減が難しい
 - 配管・バルブ等が厚肉化・大型化し、操作性や性能面で支障となる
- そこで、使用可能な鋼材の拡大をはかる。

規制の現状


- 70MPa水素スタンドにおいて配管として使用することができる鋼材は、SUS 316L(ステンレスの一種)に限定されている。
- SUS316Lは水素脆化*)に対する耐性は優れているが、強度が低いため、配管・バルブ類が厚肉化・大型化する等の問題が発生している。

*)水素によって金属がもろくなる現象

期待される効果


- 海外製品の使用等により、水素スタンドのコストダウンが図れる。
- 必要性能(充填速度等)を向上、満足する水素スタンドの建設が可能となる。

ドイツ70MPaノズル
(ノズル径が大きい)



⇔

国内70MPaノズル



③設計係数の見直し

No.3 (特A)

設計係数の見直し

趣旨

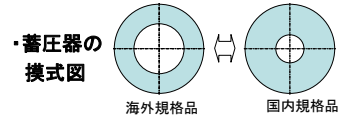
【法令上の措置】 高圧ガス保安法一般則(省令)、特定則(省令)改正および例示基準改正

- 日本では、欧米に比較してより大きな設計係数を採用しており、以下の問題が生じている。
 - 海外製品を輸入して使用することが困難
 - 水素スタンド建設コスト低減が難しい
 - 配管・バルブ等が厚肉化・大型化し、操作性や性能面で支障となる
- そこで、欧米並みの設計係数にて水素スタンドを建設できるよう、省令・例示基準等の見直しをはかる。

規制の現状

- 欧米では、国内規格に比して小さな設計係数*が導入されている。

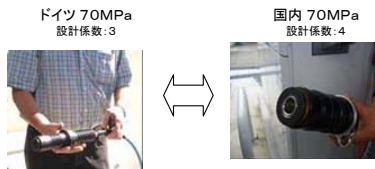
	蓄圧器	配管
国内	3.5~4	4
米国・欧州	2.4~3.5	3



* 数字が大きいほど厚肉となる

期待される効果

- 海外製品の使用等により、水素スタンドのコストダウンが図れる。
- 必要性能(充填速度等)を向上、満足する水素スタンドの建設が可能となる。



④高圧水素輸送用トレーラーへの複合容器使用

No.4 (特A)

高圧水素輸送用トレーラーへの複合容器使用

【法令上の措置】 高圧ガス保安法容器則(省令)例示基準改正

趣旨

- 圧縮水素輸送自動車(水素トレーラー)用容器として使用するCFRP*)製複合容器について、現状、使用可能上限圧力が35MPaに制限されているが、これを45MPaとする。
- これにより、一度に輸送可能な水素ガス量を増加させ、水素ステーションの運用性向上と水素運搬効率向上をはかる。

*) Carbon Fiber Reinforced Plastics (炭素繊維強化プラスチック)

規制の現状

- 圧縮水素輸送自動車(水素トレーラー)用の複合容器は、高圧ガス保安法容器則の例示基準(JIGA-T-S)に技術上の基準が定められており、最高充填圧力は35MPa、内容量360L以下に限られている。



現在の鋼製運送容器による水素ローリー

期待される効果

- 一度に輸送可能な水素ガス量が増加し、水素ステーションの運用性向上と水素輸送コストの低減がはかれる。

⑤市街地における水素保有量増加

No.5 (特A)

市街地における水素保有量増加

【法令上の措置】 建築基準法政令改正

趣旨

- 建築基準法では、地域毎に水素貯蔵量の上限が定められており、2015年のF CV普及開始時に主要なスタンド建設地となる市街地では、水素供給事業を成立させるに十分な量の水素を貯蔵できない。
- 市街地に商用水素スタンドを建設し、水素供給事業が成立可能となるよう、高圧ガス保安法の省令で安全性が確保されている水素スタンドにおいては、貯蔵量の上限を撤廃する。

規制の現状

- 市街地(準工業地域、商業地域、準住宅地域)の水素貯蔵量上限

準工業地域	3,500Nm ³
商業地域	700Nm ³
準住宅地域	350Nm ³ (約5台分のガス量)



ドイツの大型水素併設スタンド

期待される効果

- 市街地への商用水素スタンドの建設が可能となる。
(この規制見直しがなければ、市街地での水素供給事業は成立しない)



⑥CNG スタンドとの併設

No.6(特A)

CNGスタンドとの併設

【法令上の措置】 高圧ガス保安法一般則(省令)改正および例示基準改正

趣旨

- 現状の法規では、水素スタンドとCNGスタンドの処理設備および貯蔵設備において、互いに6m以上の距離が必要である。
このため併設における障害となっている。
- 距離に関する法規を見直し、距離短縮をはかる。

規制の現状

- 一般則第7条の3第1項第12号
- 一般則第7条第1項第7号
CNGスタンド ⇄ 水素スタンド に対し、6m以上の距離確保
(互いの 処理設備および貯蔵設備間の距離規定)

期待される効果

- 6mの距離が不要となることにより、スタンド敷地の有効利用が図れるとともに、事務所社屋など既設設備の共有化も可能となり、コスト削減につながる。

⑦保安検査の簡略化

No.7 (A)

保安検査の簡略化

【法令上の措置】 KHK定期自主検査指針の発行

趣旨

- 水素スタンドには年1回の保安検査が義務付けられており、その中で、蓄圧器の開放検査(目視による内面観察と非破壊検査)を行うことが定められている。
- 開放検査による休業期間は連続10日間にも及び水素スタンド運営の大きな負担となっている。また、非破壊検査も大きな負担となっている。
- 安全を担保しつつ、適切な検査方法を定める必要がある。

規制の現状

- 2005年4月の「燃料電池実用化に関する関係省庁連絡会議」において経産省から水素スタンドの保安検査に関し、「検査項目のうちメンテナンスコストの大きい、耐圧性能・強度に係る検査を、外部からの目視及び非破壊検査のみとし、検査内容の簡略化を図った」との報告があったが、現状では、実現に至っていない。

期待される効果

- 検査による連続10日間の休業が不要となり、ユーザー利便性の向上、メンテナンスコストの削減がはかれる。

水素ステーションの蓄圧器

開放検査は、口金から内視鏡で実施



⑧水素ステーション蓄圧器への複合容器使用

No.8 (A)

水素ステーション蓄圧器への複合容器使用

【法令上の措置】 高圧ガス保安法特定則(省令)改正および例示基準整備

趣旨

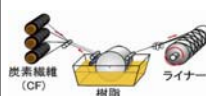
- 70MPa水素スタンドでは、厚肉となる鋼製蓄圧器の使用が大幅なコストアップ要因の一つとなっており、海外では、複合容器の蓄圧器としての利用がコスト低減の鍵となっている。
- しかしながら、現行の高圧ガス保安法では、鋼製の蓄圧器のみが規定されており、複合容器を蓄圧器として利用することは認められていない。
- そこで、必要な法整備及び技術基準の策定を行い、複合容器を蓄圧器として利用することを可能とする。

規制の現状

- 蓄圧器としての複合容器は高圧ガス保安法の特定設備検査規則の適用対象となるが、特定則においては複合容器の使用は想定されておらず、複合容器に関する規定は同規則にはない。
- 従って、現行法規下では、複合容器を蓄圧器として使用することはできない。

期待される効果

- 蓄圧器の大幅な軽量化が実現でき、キャンピー上や建物屋上への設置が可能となり、用地の有効利用、建設コストの低減がはかれる。
- 鋼製蓄圧器と比較して、約50%のコスト低減効果が期待できる。



複合容器の製法



複合容器の例

⑨ A-2 保安距離等の更なる緩和

No.9 (A) **保安距離等の更なる緩和**

【法令上の措置】 高圧ガス保安法一般則(省令)改正および例示基準改正

趣旨

- これまで高圧ガス保安法の省令の改正により、水素スタンドについて保安距離*)短縮などの見直しが行われてきた。
- しかしながら、以下の理由からスタンドの必要敷地面積を小さくするために、一層の保安距離の短縮を実現したい。
 - 土地代減額によるスタンドコスト(固定費)の抑制
 - 用地選定の容易化
 - ガソリンスタンド等との併設の容易化
- 特に、ディスベンサーと公道の距離を現行の6mからガソリンスタンド並みの4mに短縮したい。

*)安全確保のために近隣施設等との間に必要とされる距離

規制の現状

広々とした市原水素スタンド(併設型)



	一般高圧ガス設備	35MPa		70MPa	
		郊外型	都市型	郊外型	都市型
近接施設との距離	ホテル、学校等	17m以上	17m以上	制限なし	制限なし
	住居など	12m以上	12m以上	制限なし	制限なし
火気距離		8m以上*	6m以上*	8m以上*	8m以上*
ディスベンサーと公道距離		—	6m以上	6m以上	6m以上
敷地境界との距離		制限なし	制限なし	6m以上*	制限なし

*防火壁、障壁等により短縮化可能

期待される効果

- 本見直しにより、敷地面積の有効利用が可能となり、都市部への水素スタンドの展開がはかれる。

⑩ A-6 改質器の無人暖機運転の許可

No.10 (A) **改質器の無人暖機運転の許可**

【法令上の措置】 消防法の運用通達

趣旨

- 水素の製造(800℃程度で運転)を迅速に開始するため、製造を停止している夜間等に改質器(水素製造装置)の暖機運転をしておく必要がある。
- 現在、都市ガスおよびLPGを原料としたオンサイト水素ステーションの改質器は、無人での暖機運転が認められている。
- 一方、石油系原料の改質器では、消防庁の許可が得られていない。
- 都市ガスが導入されていない地域や水素ローリーによる配送が適さない郊外では、石油系原料によるオンサイト水素ステーションが重要となることから、石油系原料による改質器の無人での暖機運転を可能としたい。

規制の現状

- 都市ガス、LPGを原料とする改質器では、高圧ガス保安法のもと、無人での暖機運転が認められている。
- 石油系原料の場合、消防法上、危険物取扱者の立会いが必要なため、無人での暖機運転が認められていない。
- 一方、ナトリウム硫黄電池施設や常用または非常用発電施設などの一部で、危険物施設における無人遠隔監視・制御が行われている。

期待される効果

- 山間部等への水素スタンドの設置・運営コストの低減がはかれる。



⑪ A-4 水素ディスペンサー周辺の防爆ゾーン基準の明確化

No.11 (A) 水素ディスペンサー周辺の防爆ゾーン基準の明確化

【法令上の措置】 高圧ガス保安法一般則例示基準の整備等

趣旨

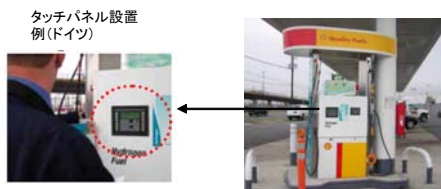
- 現状、水素スタンド内に設置する電気機器への水素ガス流入防止に関する基準がないため、水素スタンド全域が水素漏洩危険場所とされ、防爆対策を施した電気設備を設置している。
- 工場電気防爆指針では、可燃性ガスを発生する危機の周囲の一定範囲を危険場所とする方法を例示しており、これに従って、水素スタンドの危険場所を明確にし、適切な防爆機器等を選定できるようにする。

規制の現状

- ガソリンディスペンサーの場合は、周辺部位ごとの危険ゾーン基準が規定されているため、一部の機器で非防爆機器を使うことが可能であるのに対して、水素ディスペンサーは詳細な基準がないため、設置場所周辺全体をゾーン2とみなしている。
- このため、全ての機器で防爆構造のものを使用する必要があり、ガソリンスタンドと同様のタッチパネルやクレジットカード機器等が設置できない。

期待される効果

- ガソリンディスペンサーの併設、POSシステムや監視カメラの設置等が容易となり、コストダウンと顧客利便性の向上がはかれる。



⑬ A-1 ディスペンサーの並列設置

No.13(B) ディスペンサーの並列設置

【法令上の措置】 消防法危険物の規制に関する規則(省令)改正

趣旨

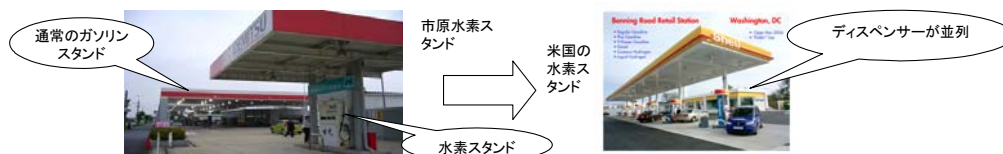
- ガソリンスタンド併設型水素スタンドにおいて、限られた敷地面積の有効利用を図るため、消防法で規定される設備レイアウト上の制約を緩和し、水素ディスペンサーとガソリンディスペンサーの並列設置を可能とする。

規制の現状

- ガソリンスタンド併設型水素スタンドは、消防法上は、給油取扱所と位置づけられる。
- 給油取扱所には、給油設備(ガソリンディスペンサー)周囲に間口10m以上、奥行6m以上の給油空地を設ける必要があるが、水素ディスペンサーを給油空地内に設置することは禁止されている。

期待される効果

- 省スペースでのガソリンスタンド併設型水素スタンドの建設が可能となり、特に初期導入時に重要な都市部への水素スタンドの展開に際し、大幅な建設コストの低減が可能となる。



⑭ A-5 公道でのFCVへの充填

No.14 (B)

公道でのFCVへの充填

【法令上の措置】 高圧ガス保安法一般則(省令)改正および例示基準整備

趣旨

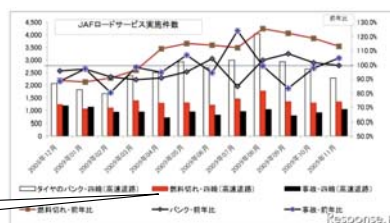
- FCV普及時を考えると、FCVにおいても、現在のガソリン車と同様の比率で路上でのガス欠が想定される。(JAFロードサービスの20%はガス欠)
- ガス欠による立ち往生への対処として、レスキュー目的に限定し、公道上でのFCVへの充填作業が可能となるよう法令の見直しをはかる。

規制の現状

- 公道上でのFCVへの水素充填は、現行法では、移動式(高圧ガス)製造設備を用いても充填と考えられ、以下の制約がある。
 - 当該製造設備は、第1種保安物件(駅、学校等)から15m以上の保安距離が必要。第2種保安物件(住宅等)から10m以上の保安距離が必要。
 - FCVへの充填作業については、第1種製造事業所内もしくは都道府県知事に届出た場所においてしか行えない。

期待される効果

- FCVに対するユーザーの利便性が向上し、また燃料切れによる渋滞・危険回避がはかれる。



JAF出動(燃料切れ)

⑮ A-7 フル充填に係る法整備

No.15 (B)

フル充填に係る法整備

【法令上の措置】 高圧ガス保安法容器則の整備等

趣旨

- 燃料電池自動車(FCV)の高圧水素容器へのガスのフル充電に関する日本の基準では、海外に比べて理論上最大15%程度水素の充電量が少なくなり、FCVの満タン航続距離が短くなる。
- 国際基準調和を図るべく容器保安規則の見直しを実施し、燃料電池自動車への海外並の水素充填を可能にする。
- また、容器則(車側)見直しにあわせて、一般則(スタンド側)の見直しを進める。

規制の現状

- 現在の容器則(車の燃料容器の基準を規定)では、FCVの燃料容器の最高充填圧力は70MPa(35°C)となることから、これ以上の圧力では充填できない。
- 現在の一般則(スタンド側の基準を規定)においても、最高充填圧力以上の充填はできない。

期待される効果

- 海外と同レベルの充填量実現により、FCVの走行距離延長。
FCVに対するユーザーの利便性が向上する。
- 国際基準調和との整合。

⑩ A-3 セルフ充填式水素スタンド

No.16 (B)

セルフ充填式水素スタンド

【法令上の措置】 高圧ガス保安法一般則(省令)改正および例示基準改正
消防法危険物の規制に関する政令、規則改正

趣旨

- ガソリンセルフスタンドと同レベルの安全管理体制を整備し、充填設備についても十分な安全性を確保した上で、有資格者の監視のもと、水素スタンドにおいて一般ドライバーによる水素ガス充填(セルフ充填)を可能にする。
- 最終的には、セルフガソリンスタンドとセルフ水素スタンドの併設を可能とする。

規制の現状

- 国内のガソリンセルフスタンドでは、有人監視の元、一般ドライバーによるセルフ給油作業が可能となっており、スタンド運営コストの低減に寄与している。
- 一方、水素スタンドでは、有人監視下であっても、一般のドライバーが充填を行うことは認めていない。

期待される効果

- 水素スタンド運営費の大幅な削減が見込まれる。

水素スタンド(従業員)



ガソリンスタンド(ドライバー)



2. 燃料電池自動車等に関する実証試験

JHFC1 の取り組み結果、燃料電池自動車 (FCV) 普及のための技術課題としてコスト低減、航続距離の向上、耐久信頼性の改善等の必要性が明らかとなり、JHFC2 に向けて実使用に近い状態での FCV の利用も求められた。これらを背景に、燃料電池自動車ワーキンググループでは、取り組みの目標として「燃料電池自動車等の実使用条件における運用と、その際の課題明確化」、「省エネルギー効果 (燃費)・環境負荷低減効果の確認」の 2 点を掲げ、JHFC2 の実証プロジェクトに取り組んだ。

2 章では、乗用車・バスそれぞれにおいて燃費を中心に FCV 性能について紹介し、JHFC2 で新たに実施した第三者フリート利用結果について報告する。また、FCV の技術課題全般の進捗についてもまとめた。

2.1 FCV の特性

既存のガソリン車と FCV を含めた低公害車について、車に求められる基本性能を評価することによって、FCV の特性 (位置づけ) を相対的に示した内容を表 2.1-1 に示す。表中では★の数が多いほど良好であることを示す。表中の★の数を決める基準として、内燃機関自動車 (ICV) の CO₂ 排出量、およびエネルギーの多様性を★1 つとし、それ以外の項目は成熟したものとして★5 つとした。CO₂ 排出量、およびエネルギーの多様性の 2 点は世界規模の課題であり、低公害車にはその点における高い性能が求められる。表中の FCV、電気自動車 (BEV)、プラグインハイブリッド車 (PHEV)、ハイブリッド車 (HEV) はその 2 点において優れた性能を発揮するが、もっとも優れるのは FCV と BEV である。しかし、FCV と BEV においては、その環境性能に優れる半面、車両コストや耐久性、インフラの配備などに課題があり、更なる技術進展と社会の受容性の向上が求められる。

表 2.1-1 FCV の特性 (2010 年度版)

★ → ★★★★★
(劣) (優)

項目	燃料電池自動車 FCV	電気自動車 BEV	プラグインハイブリッド車 PHEV	ハイブリッド車 HEV	内燃機関自動車 ICE (Gasoline)
CO2排出量※1 JHFC2総合効率検討 結果を根拠とする	★★★★★ 走行時の排出ゼロ CCSや再生可能エネルギー の活用が重要	★★★★★ 走行時の排出ゼロ CCSや再生可能エネルギー の活用が重要	★★★★	★★★	★
エネルギー多様性	★★★★★ (化石系、原子力、水力など)	★★★★★ (化石系、原子力、水力など)	★★ (主に石油)	★ (石油)	★ (石油)
航続距離	★★★★★ (JC08モード: ~760km)	★★ (JC08モード: ~200km)	★★★★★ (EV+HEV)	★★★★★	★★★★★
耐久性 (性能低下)	★★★★ (FCスタック)	★★★★ (バッテリー)	★★★★ (バッテリー)	★★★★★	★★★★★
寒冷地走行性	★★★★★	★★★★	★★★★★	★★★★★	★★★★★
車両コスト	★★ → (★★★★ 普及開始時の 技術見込み)	★★★	★★★	★★★★	★★★★★
インフラ 配備状況	★ (十数箇所) ★★★★ → (普及開始時の見通し)	★★★★ (100/200V: 2200箇所以上、 急速: 200箇所以上)	★★★★ (100/200V: 2200箇所以上) ★★★★★ (ガソリン約4万箇所)	★★★★★ (ガソリン約4万箇所)	★★★★★ (ガソリン約4万箇所)
給油・充電・ 充填時間	★★★★★ (水素充填: 3分)	★ (普通充電: 8時間) ★★★ (急速充電: 20~30分)	★ (普通充電: 4時間) ★★★★★ (給油: 2~3分)	★★★★★ (給油: 2~3分)	★★★★★ (給油: 2~3分)

※1 車両以外のCO2排出量を含む(Well to Wheel)が、車両製造時に発生するCO2は含まない。

環境性能に優れる FCV と BEV に対して横軸を航続距離、縦軸を車両サイズとしてプロットしたイメージ図を図 2.1-1 に示す。図より FCV と BEV は航続距離と車両サイズによって棲み分けがされることが分かる。BEV の航続距離を伸ばすにはバッテリーの搭載量を増やす必要があり、FCV の場合は水素の搭載量を増やす必要がある。この際、FCV の方が航続距離の伸長に必要なコスト増加率が BEV よりも比較的少なく、結果的に図 2.1-1 の棲み分けとなったと考えられる。この棲み分けによって、CO2 を排出しない FCV、BEV の両車種は、車両サイズと航続距離の面において共存して普及拡大が可能と考えられる。

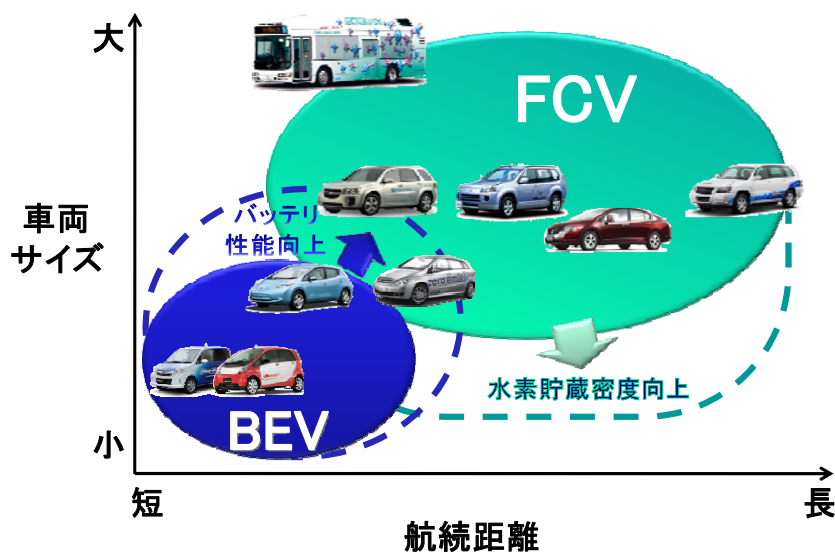


図 2.1-1 FCV と BEV の棲み分けイメージ

2.2 性能実証(乗用車)

2002年にJHFCが開始されてからの間、自動車メーカーによるFCVの技術進展によって新たなFCVがJHFCに登録されてきた。表2.2-1にJHFC2の期間における各FCVのJHFC参加状況、および諸元を示す。多くのメーカーは期間内にモデルチェンジをしており、その中でも本田は2007年に最新モデルとして専用シャーシを持つFCX-クラリティを発表している。

JHFCが開始されてから2010年度までのFC乗用車の登録車両数の推移を図2.2-1に示す。この9年間で延べ135台のFCVが公道を走行し、走行と充填の実績を積み重ねるのに貢献した。2004年に登録台数は40台を上回り、それ以降は40台から60台の間で登録台数を維持した。2006年からは70MPa仕様車が新しく登録され、2010年には登録台数全体の40～50%を占めるようになった。なお、JHFC登録抹消車両が右肩上がりに増加しているが、これは新型FCVを登録する際に登録を抹消される車両が多いためであり、新たな技術開発が進んでいることを示している。

表 2.2-1 JHFC2 参加車両一覧

車種名	FCHV	FCHV-adv	X-TRAIL FCV		FCX	FCX クラリティ	F-Cell	HydroGen3	シボレー エクイノックス
メーカー	トヨタ自動車株式会社		日産自動車株式会社		本田技研工業株式会社		メルセデス・ベンツ日本株式会社	ゼネラルモーターズ・アジア・パシフィック・ジャパン株式会社	
発表年月	2005年6月	2008年6月	2003年12月	2005年12月	2004年11月	2007年11月	2002年10月	2001年10月	2006年9月
参加年度	JHFC1 2006 2007 2008 2009 2010								
外観写真									
全長、全幅、全高	mm 4735, 1815, 1685	4735, 1815, 1685	4485, 1770, 1800	4485, 1770, 1745	4165, 1760, 1645	4845, 1845, 1470	3785, 1720, 1615	4315, 1750, 1685	4796, 1814, 1760
空車重量	kg 1,880	1,880		1790/1860 (35/70MPa)	1,670	1,630		1,750	2,010
乗車定員	名 5	5	5	5	4	4	5	5	4
最高速度	km/h 155	155	145	150	150	160	140	160	160
航続距離	km 330 (10・15モード)	830 (10・15) (JC08)	350以上	370以上/500以上(35/70MPa)	430 (LA-4モード)	620 (10・15モード)	160	400 (欧州ドラレングサイクル)	320
電動機	種類	交流同期	交流同期	減速機一体型同軸	減速機一体型同軸	交流同期 (永久磁石型)	交流同期 (永久磁石型)	誘導式	三相非同期
	最大出力 kW (PS)	90 (122)	90 (122)	85	90	80 (109)	100 (136)	65	60
	最大トルク N・m (kg・m)	260 (26.5)	260 (26.5)		280	272 (27.7)	256 (26.1)	210	215
燃料電池	名称	トヨタFCスタック	トヨタFCスタック			Honda FCスタック	V Flow FCスタック		
	形式	固体高分子形	固体高分子形	固体高分子形	固体高分子形(自社開発)	固体高分子形	固体高分子形	固体高分子形	固体高分子形
燃料	種類	圧縮水素ガス	圧縮水素ガス	圧縮水素ガス	圧縮水素ガス	圧縮水素ガス	圧縮水素ガス	液体水素	圧縮水素ガス
	貯蔵方式	高圧水素タンク (35MPa)	高圧水素タンク (70MPa)	高圧水素タンク (35MPa)	高圧水素タンク (35/70MPa)	高圧水素タンク (35MPa)	高圧水素タンク (35MPa)	高圧水素タンク (35MPa)	高圧水素タンク (70MPa)
蓄電装置	容量 L	ニッケル水素電池	ニッケル水素電池	リチウムイオン電池	リチウムイオン電池	ウルトラキャパシタ	リチウムイオン電池	ニッケル水素電池	ニッケル水素電池

車種名	FCHV-BUS	WagonR-FCV (同時発表MRwagon-FCV)	MRwagon-FCV	SX4-FCV	RX-8 ハイドロジェンRE	プレマシー ハイドロジェンREハイブリッド	Hydrogen7
メーカー	トヨタ自動車株式会社 日野自動車株式会社	スズキ株式会社			マツダ株式会社		ピー・エム・ダブリュー株式会社
発表年月	2005年1月	2003年10月	2004年12月	2008年6月	2006年2月	2009年3月	2006年11月
参加年度	JHFC1 2006 2007 2008 2009 2010						
外観写真							
全長、全幅、全高	mm 10515, 2490, 3360	3395, 1475, 1680	3395, 1475, 1590	4190, 1730, 1585	4435, 1770, 1340	4565, 1745, 1620	5180, 1900, 1490
空車重量	kg				1,460		2,550
乗車定員	名 62 (路線バス), 63 (ランパス)	4	4	5	4	5	4
最高速度	km/h 80	110	110	150	170	150	200 以上
航続距離	km	130 (10・15モード)	200 (10・15モード)	250km (10・15モード)	水素: 100 (10・15モード) ガソリン: 549 (10・15モード)	水素: 200 ガソリン: 約400	水素: 200km 強 ガソリン: 500km 強
電動機	種類	交流同期	交流同期	交流同期	交流同期	内燃機関	内燃機関
	最大出力 kW (PS)	160 (80×2)	33	38	68	水素: 80 (109) ガソリン: 154 (210)	110
	最大トルク N・m (kg・m)	520 (260X2)	130	130	230	水素: 140 (14.3) ガソリン: 222 (22.6)	390 (40.82) / 4300rpm
燃料電池	名称	トヨタFCスタック					
	形式	固体高分子形	固体高分子形(GM製)	固体高分子形(GM製)	固体高分子形(GM製)		
燃料	種類	圧縮水素ガス	圧縮水素ガス	圧縮水素ガス	圧縮水素ガス	水素及びガソリン	水素及びガソリン
	貯蔵方式	高圧水素タンク (35MPa)	圧縮水素タンク (34.5MPa)	圧縮水素タンク (70MPa)	圧縮水素タンク (70MPa)	水素: 圧縮水素 (35MPa) 水素: 110 , ガソリン: 61	水素: 圧縮水素 (35MPa) 水素: 液体水素
蓄電装置	容量 L	ニッケル水素電池	無し	無し	ウルトラキャパシター	リチウムイオン電池	
エンジン					13B水素ロータリーエンジン	13B水素ロータリーエンジン	V形12気筒 5.972cc

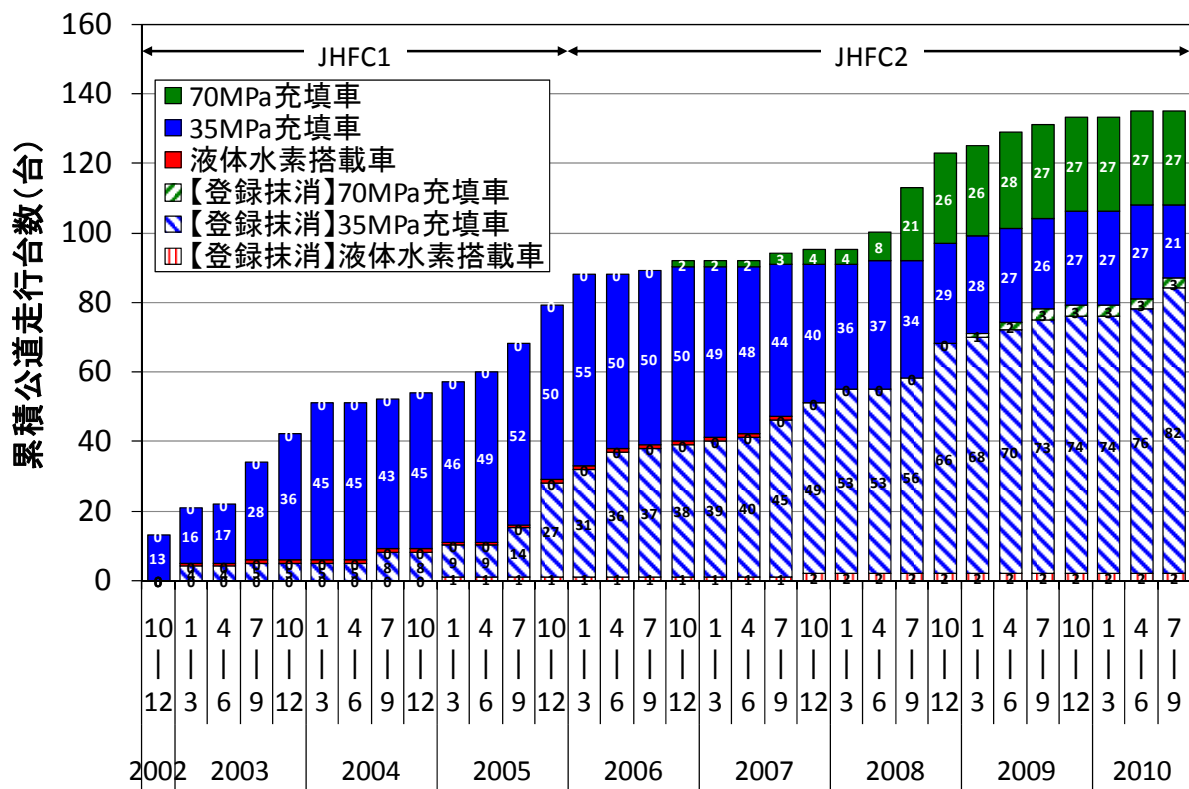


図 2.2-1 FCV 乗用車の JHFC 登録車両数の推移
(バス、水素内燃機関自動車を含まない)

2.2.1 走行および水素充填実績

JHFC1・2 の期間において水素ステーションが FCV 乗用車（企業・官公庁へのリース車等の実証試験登録車両以外の車両も含む）に供給した累積水素充填量の推移を図 2.2.1-1 に示し、累積走行距離を図 2.2.1-2 に示す。両図の横軸は、1～3 月を Q1 のように四半期毎に区切って表示した。この二つのグラフは FCV 乗用車が水素ステーションで水素充填をする際に提供される水素充填量と積算走行距離の情報から作成した。なお、JHFC1 当初では水素充填の際に必ずしも積算走行距離が申告されていなかったことと、JHFC2 後半では各車両メーカー内で FCV の耐久試験が行われるなど、JHFC への登録車両の全ての充填記録、積算走行距離記録が反映されていない。よって、この 2 つのグラフの数値から正確な燃費は計算できない。

2010 年 9 月までの累積水素充填量、および累積走行距離は 2.0 万 kg、約 107 万 km である。両図より、2005 年度当初まで右肩上がりの走行・充填実績が記録された。液体水素搭載の FCV の走行が終了する頃、70MPa 充填仕様の FCV の走行が本格化しているのが分かる。なお、2004 年の第四四半期（Q4）の水素使用量と走行距離が大幅に減少しているが、これは燃料系のトラブルによって運行を一時休止した車種があったためである。

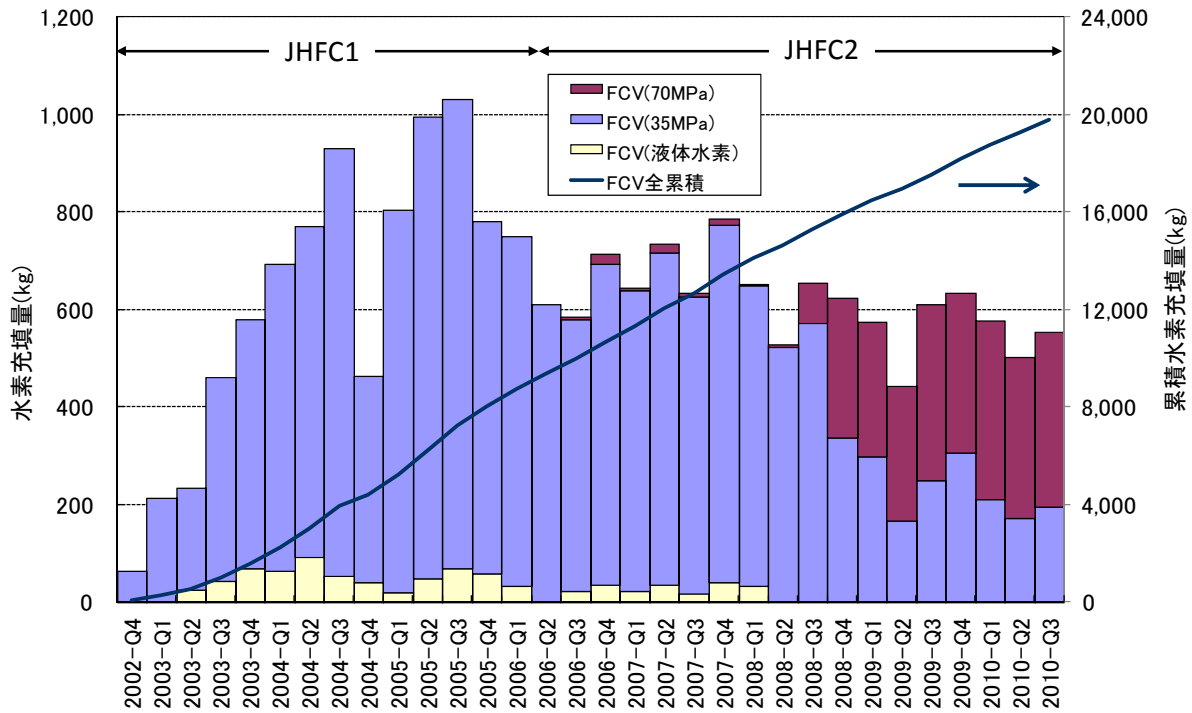


図 2.2.1-1 FCV 乗用車の水素使用量

(水素充填時のデータより作成。JHFC 登録ステーション以外の充填量は含まない)

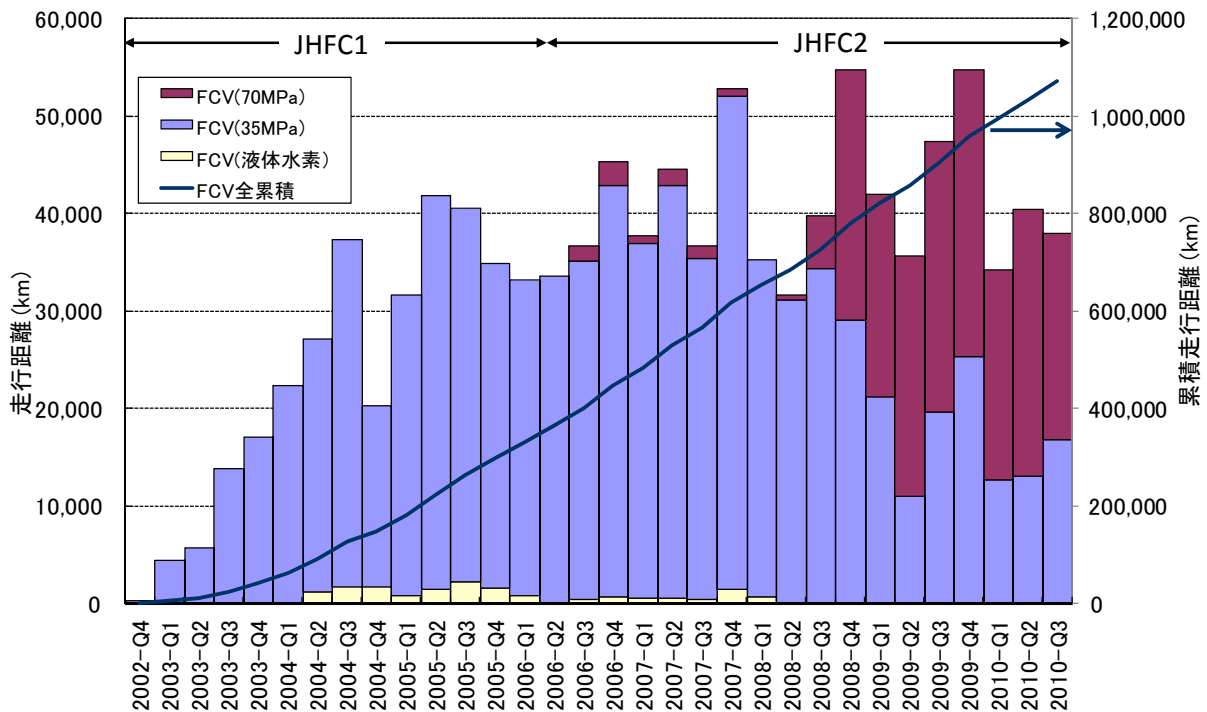


図 2.2.1-2 FCV 乗用車の走行距離

(水素充填時のデータより作成。JHFC 以外の走行実績も含む)

2.2.2 燃費性能

FCV の燃費性能については、台上燃費試験と一般道路および高速道路の公道燃費試験によってその進化を確認した。

2.2.2.1 台上燃費試験

(1) NEDO 事業との連携

台上燃費試験は JARI つくばの実験設備を使用して実施した。この設備は 2000 年度から 2004 年度における NEDO 事業の「固体高分子形燃料電池システム普及基盤整備事業」、同じく 2005 年度から 2009 年度における「水素社会構築共通基盤整備事業」(以下、基盤整備事業)で導入されたものであり、FCV の台上燃費計測方法の確立のために用いられた。本台上燃費試験は、両基盤整備事業と JHFC との共同実施の形で行われ、前者は水消費量計測精度の検証が目的であり、後者は FCV の台上燃費の実力把握を目的とした。

本台上燃費試験によって得られた水素消費量計測精度の検証結果は、ISO/TC22/SC21/WG2 において JARI が提案した燃費試験法の精度検証に活用され、「ISO 23828:2008 Fuel cell road vehicles - Energy consumption measurement -- Vehicles fuelled with compressed hydrogen」の発行に大きく貢献した。

(2) 燃費測定方法

台上燃費試験において燃費測定方法は ISO23828 に定められた手法の中から、精度が高く簡便な質量法を選択した。台上燃費試験の構成図を図 2.2.2.1-1 に示す。質量法は、台上燃費試験中に車外から水素を供給する水素容器の試験前後の質量変化を精密に計測することで、水素消費量を計算する手法である。燃費試験においては、ドライバーは自動車メーカーの希望によって自動車メーカーもしくは JARI が担当し、10・15 モード試験 (2007 年からは JC08 モードも実施) を行い、数日間において複数回の燃費試験を行った。試験結果は、ハイブリッドであれば SOC が最もゼロに近い値を、非ハイブリッドであれば平均値を採用した。

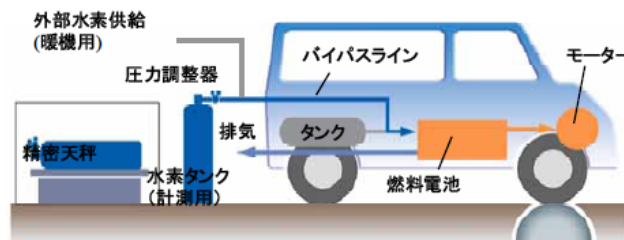


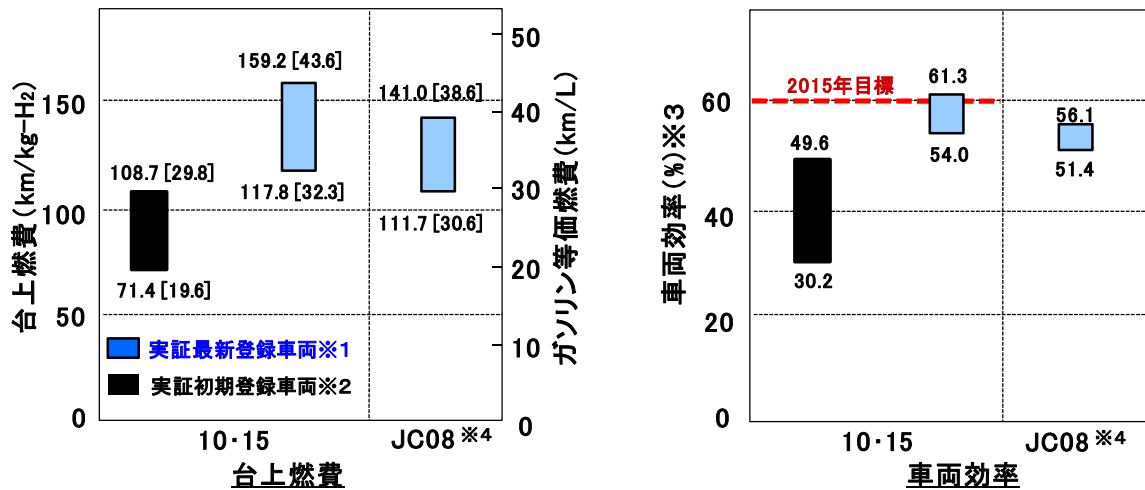
図 2.2.2.1-1 台上燃費試験の構成図



図 2.2.2.1-2 台上燃費試験の様子 (JARI)

(3) 燃費測定結果

台上燃費試験結果、および車両効率を図 2.2.2.1-3 に示す。実証初期登録車両に比べ、実証最新登録車両の燃費・車両効率は大幅に向上した。その中でも最良の車両効率は 2015 年目標 (NEDO ロードマップ 2008) である 60% (LHV) を達成した。なお、この車両効率を利用した CO2 排出量に関する総合効率の解析結果は他章にて記述する。



グラフ中のカッコ [] はガソリン等価燃費 (km/L) : ガソリンエネルギー-LHV 量 45.1MJ/kg、ガソリン密度 0.729kg/L、水素エネルギー-LHV 量 120MJ/kg (25℃ 1気圧) を使用

※1 実証最新登録車両 : FCHV-adv、X-TRAIL FCV (2005)、FCX Clarity (実証初期登録車両から未更新車種は含めず)

※2 実証初期登録車両 : FCHV (2002)、X-TRAIL FCV (2003)、FCX (2002)、A-Class F-Cell、HydroGen3、ワゴン R-FCV

※3 車両効率[%] (LHV) = (車両による総駆動仕事/車両への投入エネルギー) × 100

但し、タイヤスリップロスは考慮せず、試験前後のバッテリーの充放電収支は全車 1%未満である。

※4 JC08 による台上燃費試験は 2007 年からの実施のため ※2 の内 2 車種しか実施しておらず、データ不足のため非表示。

図 2.2.2.1-3 台上燃費試験による燃費および車両効率

2.2.2.2 公道燃費試験

(1) 走行ルート

走行ルート設定にあたっては、JHFC1 と同様に次のことに留意した。

- ①各水素ステーションを網羅した走行ルートであること
(官公庁リース車専用の充填拠点である霞ヶ関移動式水素ステーションを除く)
- ②幅広い車速域をカバーするルート設定であること
- ③安全に走行できるルートであること

②に従い、一般道路と高速道路それぞれを主体とする走行ルートを設定し、①に従ってステーションの閉鎖、新設、位置変更がある毎にルートを変更した。図 2.2.2.2-1 に 2010 年度における公道走行ルートを示す。JHFC1 に対し JHFC2 では、市原ステーション、船橋ステーションの新設、横浜・鶴見ステーション、秦野ステーション、青梅ステーションの閉鎖に伴う走行ルートの変更が行われた。

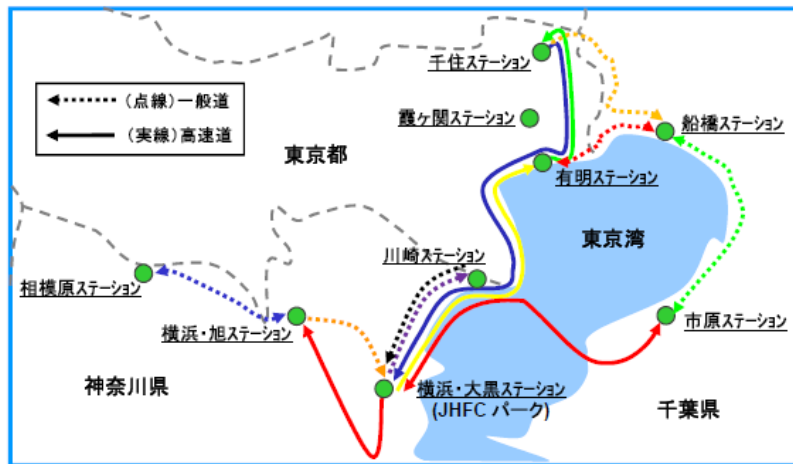


図 2.2.2.2-1 平成 22 年度における公道走行ルート

(2) 公道燃費測定方法および表示方法

JHFC1 と同様に、FCV 各車両の車載計測器により走行時の 5 分毎の水素消費量及び走行距離から燃料消費率を算出した。図 2.2.2.2-2 に燃費測定結果の表示方法を示す。各ルートの各走行において、その区間の平均燃費を算出。メーカーの車種ごとに平均燃費を算出し、公道燃費として平均燃費の上限・下限幅を示した。なお、計算には走行頻度が高いルートとして高速道路は横浜・大黒ステーション→横浜・旭ステーション、有明ステーション→千住ステーション、一般道路は横浜・大黒ステーション→横浜・旭ステーション、横浜・大黒ステーション←→川崎ステーション（往路、復路のどちらか）を用い、十分なデータ数を確保した。

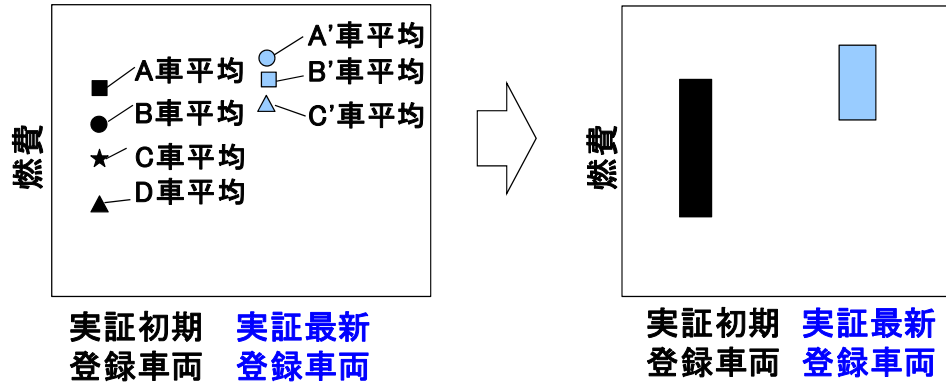
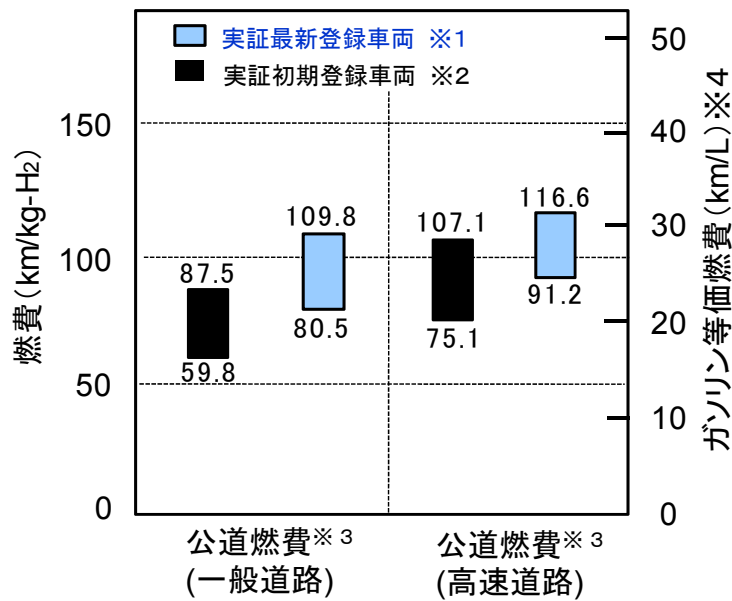


図 2.2.2.2-2 燃費測定結果の表示方法

(3)公道燃費測定結果

実証最新登録車両、および実証初期登録車両の燃費について一般道路、高速道路それぞれに示したものを図 2.2.2.2-3 に示す。一般道路、高速道路それぞれの燃費が向上している。車両技術進化による効率向上や回生量の増加などによって燃費が向上したと考えられる。



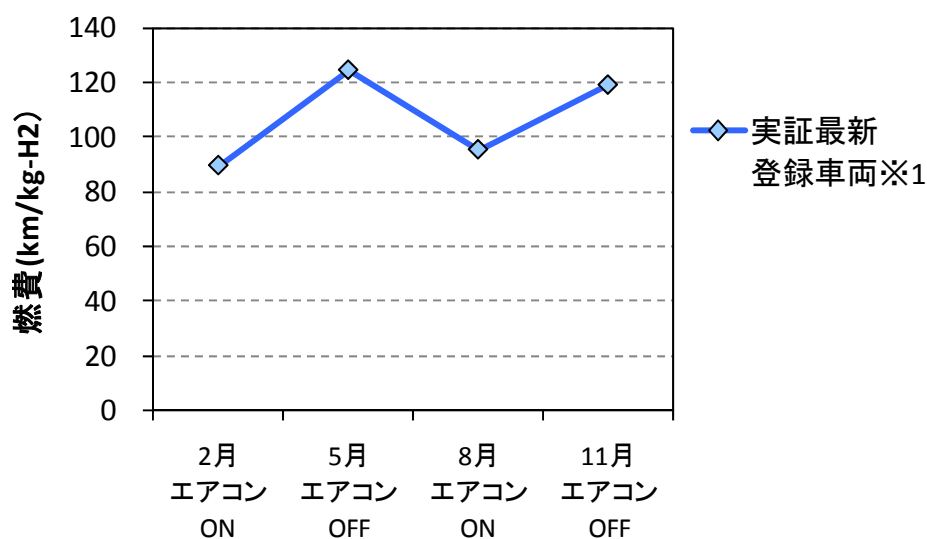
- ※1 実証最新登録車両：FCHV-adv、X-TRAIL FCV (2005)、FCX Clarity 実証初期登録車両から更新のない車種は含まない。
- ※2 実証初期登録車両：FCHV (2002)、X-TRAIL FCV (2003)、FCX (2002)、 A-Class F-Cell、 HydroGen3、 ワゴン R-FCV
- ※3 ※1 ※2 の公道燃費試験における一般道路および高速道路それぞれの区間燃費の平均値を各車種で算出し分布を示した。
- ※4 ガソリン等価燃費 (km/L)：ガソリンエネルギーLHV量 45.1MJ/kg、 ガソリン密度 0.729kg/L、 水素エネルギーLHV量 120MJ/kg (25°C 1気圧) を使用

図 2.2.2.2-3 公道燃費試験結果 (2010 年度版)

2.2.2.3 公道燃費の季節影響

公道燃費の季節影響を調査するため、FCV 乗用車の一般道における公道燃費を解析した。一般的な使用条件に近づけるため、冬(2月)と夏(8月)はエアコン ON、春(5月)と秋(11月)はエアコン OFF とした。

公道燃費の季節影響の解析結果を図 2.2.2.2-4 に示す。図より、夏と冬は春と秋に比べて燃費が低下したことがわかる。車両効率の良い最新車両では季節燃費の変動が大きく、その要因としてエアコン(夏季は冷房、冬季は暖房)の影響が大きいと考えられる。また、冬季の燃費の低下率が比較的大きいのは、燃料電池の発電効率が高いためにガソリン車のように積極的に廃熱利用ができないことに起因する。FCV の更なる燃費向上のために、エアコンの効率向上(特に冬季)が必要である。



※1 実証最新登録車両：FCHV-adv、X-TRAIL FCV (2005)、FCX Clarity (実証初期登録車両から更新のない車種は含まない)

※2 一般的な条件とするため冬(2月)と夏(8月)はエアコン ON、春(5月)と秋(11月)はエアコン OFF とした。設定温度は任意。

図 2.2.2.2-4 公道燃費の季節影響 (FC 乗用車、一般道路)

2.2.3 寒冷地実証

FCV は水素と酸素の電気化学反応で発電しつつ熱と水を排出するが、氷点下の環境下に放置した後では水が凍ってしまう可能性があり、低温での始動性が課題となっていた(図 2.2.3-1 参照)。そこで、2008 年 2 月に氷点下からの始動が可能とされる FCV 2 車種を用い、冬の北海道にて寒冷地始動を実証した。

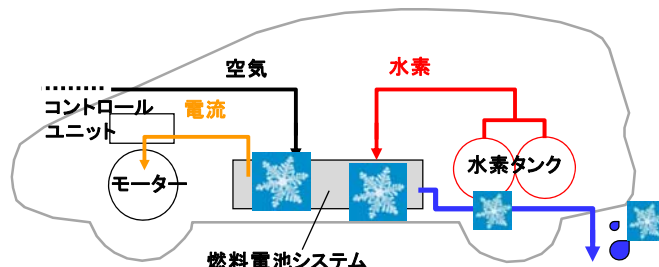


図 2.2.3-1 FCV 内での凍結イメージ

2.2.3.1 実証方法

寒冷地性能を実証するため、FCV を氷点下となる寒冷地の屋外に一晩放置し、明朝 FCV の始動能力のみを頼りに始動させた。



図 2.2.3.1-1 寒冷地始動実証 (北海道)

2.2.3.2 実証条件、および実証結果

実証地は北海道の札幌とし、実証日は一年の中で最も気温が下がる 2 月初旬の二日間とした。寒冷地実証の条件と実証結果を表 2.2.3.2-1 に、実証時の札幌の外気温を図 2.2.3.2-1 に示す。実証日の二日間の最低気温は両日ともに氷点下約 10℃となった。この条件において、二日間、二車種の寒冷地始動の実証をした結果、両条件において両車は 10 秒前後で始動することができ、FCV の寒冷地始動性能を実証した。

表 2.2.3.2-1 寒冷地実証の条件と実証結果

始動試験日	場所	放置時間	放置時最低気温	始動時外気温	実証車両	始動・走行可否
2008/2/5	北海道庁前	約 14 時間	-10.8℃	-9.8℃	トヨタ/ FCHV-adv	10 秒前後で 始動、走行
2008/2/6	雪祭り雪像前	約 8 時間	-9.6℃	-8.6℃	ホンダ/FCX	

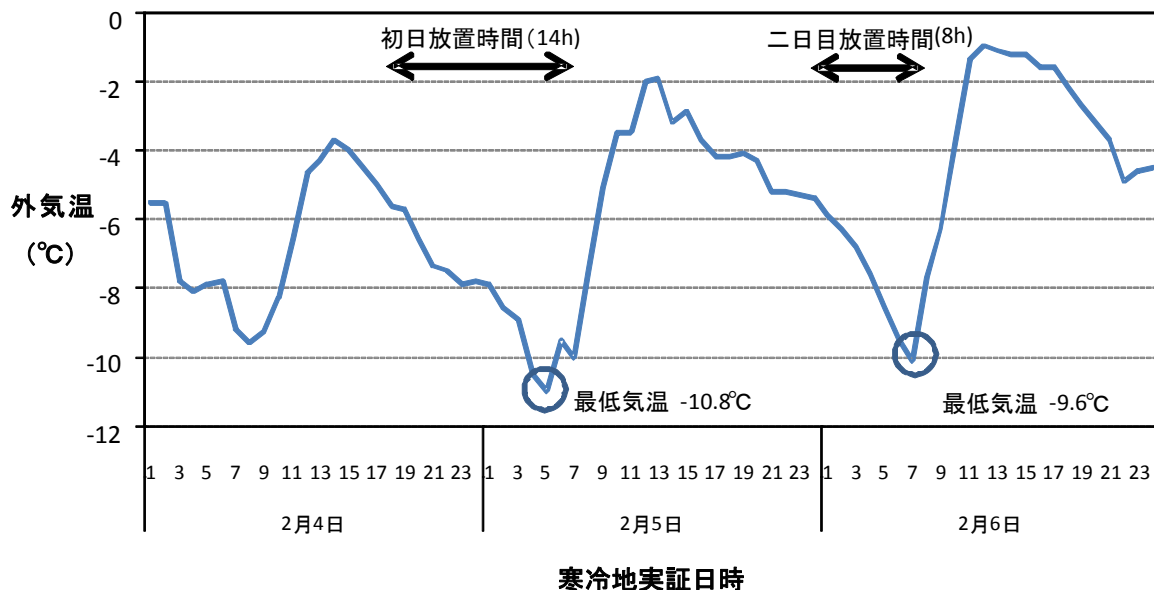


図 2.2.3.2-1 寒冷地実証時の札幌外気温

2.2.4 長距離走行性能

JHFC 実証初期の FCV の航続距離は、トップレベルのもので 300km 台 (10・15 モード) であった。その後、各社の FCV はモデルチェンジする毎に航続距離が伸ばし、2008 年度では実用航続距離が 500km を超えるモデルが発表された。ここでは、長距離走行実証の結果と、充填圧力の違いによる充填間の走行距離実績について示す。

2.2.4.1 長距離走行実証

伸張した航続距離を実証するため、JHFC に実証登録されている最新モデル 3 車種を用いて、東京から北九州間の 1,100km を 2 回の水素充填で走りきる長距離走行実証を行った。

(1) 実証方法

走行実証に参加した最新の FCV を表 2.2.4.1-1 に示す。これらの FCV は水素容器の大容量化や 70MPa 充填化、燃費向上などの性能向上により航続距離が伸長している。

表 2.2.4.1-1 長距離走行実証車両

メーカー	トヨタ	日産	ホンダ
車種名	FCHV-adv	エクストレイル FCV	FCX クラリティ
航続距離 (10・15 モード)	830km	500km	620km
水素搭載情報	6.0kg (35°C), 70MPa	70MPa	171L, 35MPa
発表年月	2008 年 6 月	2005 年 12 月	2007 年 11 月

走行実証の行程を表 2.2.4.1-2 および図 2.2.4.1-1 に示す。走行実証は東京（霞ヶ関水素ステーション）から北九州（北九州水素ステーション）を結ぶ 1,100km 区間を、高速道路を主体に走行するものであり、途中 2 回の水素充填の機会を設けた。

表 2.2.4.1-2 長距離走行実証、およびプレ・ポストイベントの工程

種別	実施日 (2009年)	事柄
プレイベント	11/10 (火)	日光水素ステーション開所式
長距離走行実証	11/11 (水)	出発式 (霞ヶ関経済産業省)
		愛知県庁表敬訪問
		一回目の水素充填 (愛知県)
	11/12 (木)	大阪府庁表敬訪問
		二回目の水素充填 (岡山県)
	ゴール (北九州水素ステーション)	
ポストイベント	11/13 (金)	九州大学水素ステーションにて完走式

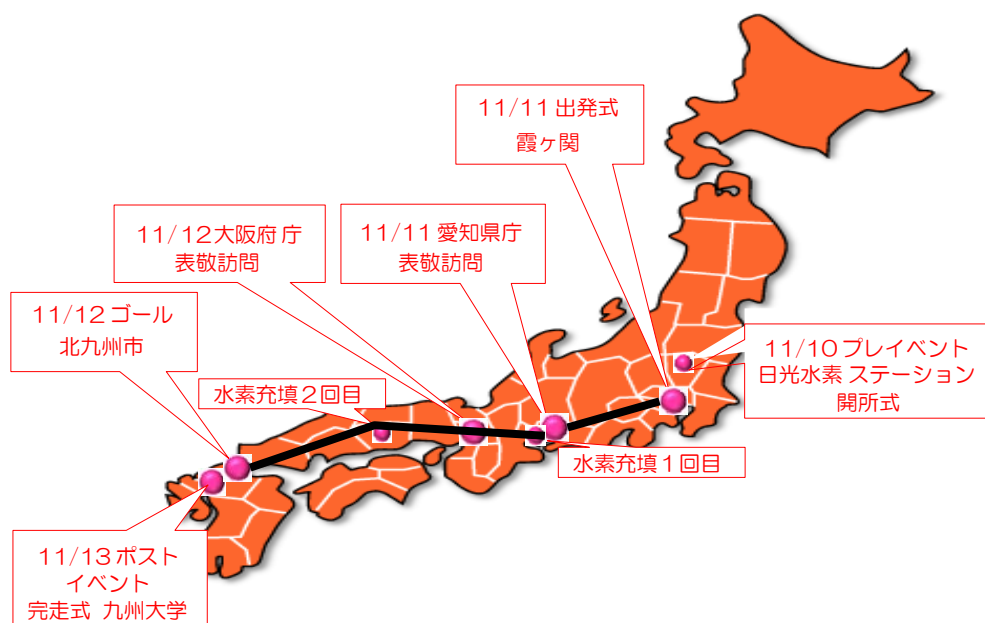


図 2.2.4.1-1 長距離実証行程 (2009年)

(2) 実証結果

表 2.2.4.2-1 に長距離走行実証の結果を示す。霞ヶ関水素ステーションから、北九州水素ステーションまでの走行距離は 1,137km、総走行所要時間は 19 時間であり、一般道を含めた平均車速は約 60km/h であった。予定通りに 2 回の充填が行われ、3 車合計で 28.8kg の水素が充

填され、3車の平均燃費は118.4km/kgであった。3車の中での最良燃費は132km/kgであり、仮に水素搭載量を6kgとした場合、航続距離は792kmとなる。

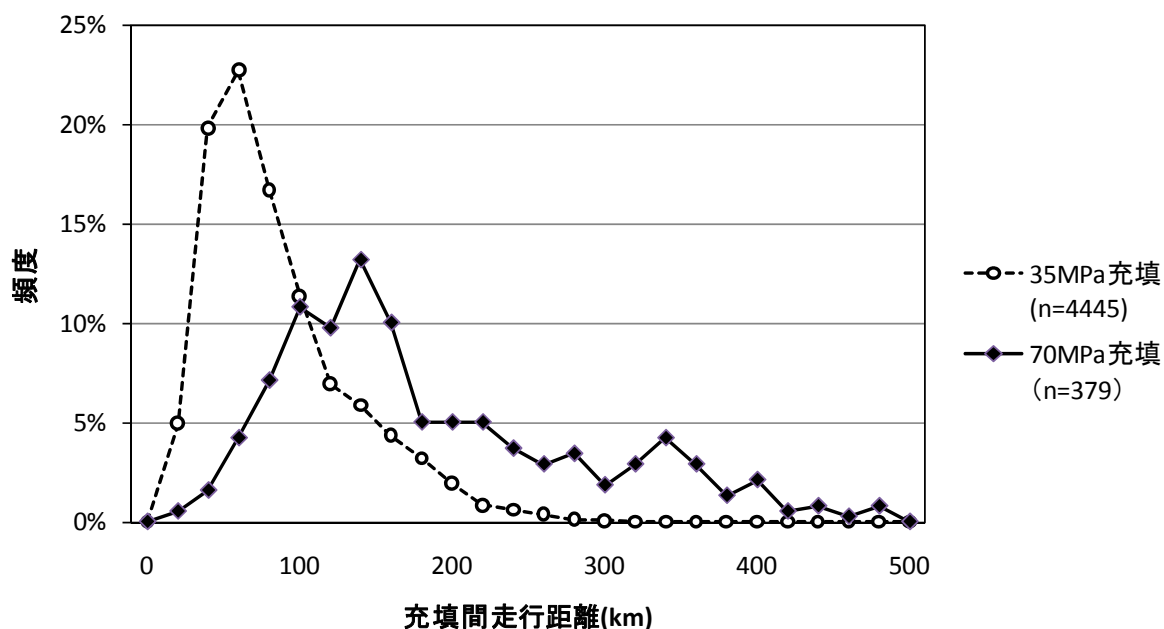
本実証によって東京ー福岡間を2回の燃料補給で走行したことから、実用上FCVの航続距離がガソリン車と同等レベルまできていることを実証した。

表 2.2.4.2-1 長距離実証結果

項目	実証値	備考
走行距離	1,137km	霞ヶ関経済産業省 → 北九州ステーション
総走行所要時間	19時間	一般道を含めた平均車速は約60km/h
水素充填回数	2回	各FCVの水素の残量とは無関係に、全車種が所定の場所にて充填した
3車合計水素使用量	28.8kg	
3車平均燃費	118.4km/kg	
最良燃費	132km/kg	仮に水素搭載量を6kgとした場合、航続距離は792kmとなる

2.2.4.2 充填圧力の違いによる充填間走行距離実績

水素の充填圧力が70MPaである場合、35MPaと比較して水素の搭載量が増えるために利用者による充填間走行距離（一度充填してから次の充填を行うまでに走行する距離）の増加が見込まれる。そこで、今までの公道走行の実績から充填圧力の違いによる航続距離の違いを確認した。



- ※ 2006年4月～2010年9月間の水素充填時のデータ（積算走行距離、水素充填量）を利用。
- ※ FCバスや水素内燃機関車は対象としないメーカー管理車両およびフリート・リース車両とする。
- ※ 充てん間の航続距離や満タン法燃費が妥当な範囲を超えるデータは含まない。

図 2.2.4.2-1 充てん圧力の違いによる充てん間走行距離実績比較

充填圧力の違いによる充填間走行距離の比較結果を図 2.2.4.2-1 に示す。図より、70MPa 充填の車両は 35MPa 充填に比べて充填間走行距離が伸びたことが分かる。これは水素の搭載量が増えることによって航続距離の増加が見込めるため、その安心感もあり次回の充填までの走行距離が伸びたと考えられ、70MPa 充填の有効性を確認できた。

2.3 性能実証(バス)

ここでは第三者フリートを通じて実証された燃料電池バス（以下、FCバス）の性能について述べる。

2.3.1 概要

JHFC1 から始まった FC バスの実証試験の概要を図 2.3.1-1 に示す。

JHFC1 では、実証試験走行として、2003 年 8 月から 2004 年 12 月の約 1 年 5 ヶ月の間、都営バスとして日本で初めての営業運行を実施した。また、2005 年の「愛・地球博」での 185 日間の会期中、瀬戸会場と長久手会場の約 4.4km のシャトル運行を実施した。JHFC2 では、2006 年 3 月から 2010 年 12 月まで中部国際空港（セントレア空港）を基点とした路線バスの営業運行を実施。さらに、空港内では 2006 年 7 月から旅客輸送のランプバスとして運行を開始し、2011 年 3 月末以降も運行を継続する予定。

JHFC2 の実証試験ではフリート実証の目標である「燃料電池自動車等の実使用条件における運用とその際の課題明確化」を最大の狙いとして走行試験を行い、以下に示すような内容で、データの取得・分析を行った。

- i) 様々な使われ方における FC バスの市場適合性の実証
 - ・ 路線バス（郊外路線）
 - ・ ランプバス（中部国際空港）
- ii) 長期間にわたる実証試験からのデータ分析検討
 - ・ 環境（季節間変動等）の影響
 - ・ 燃費、航続距離
 - ・ 水素充填データの取得分析

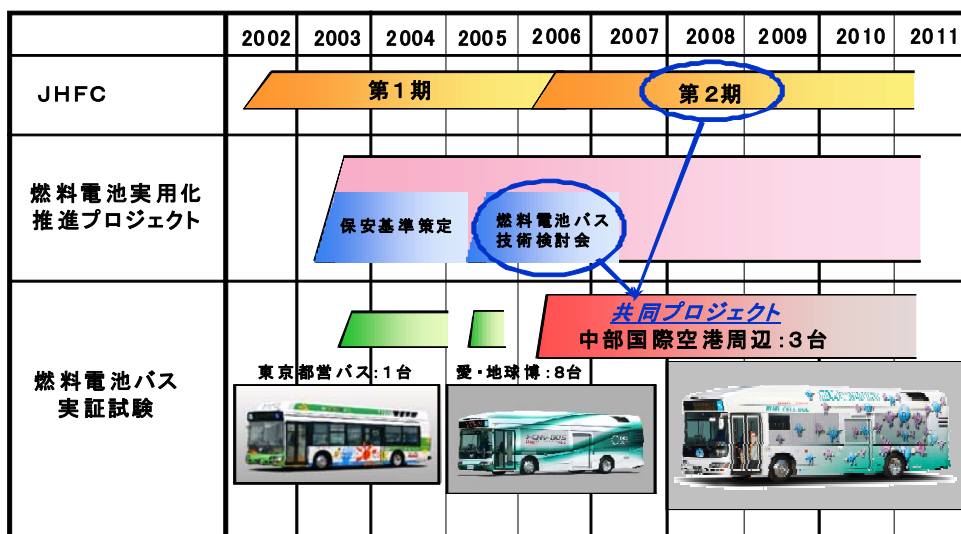


図 2.3.1-1 FCHV-BUS の実証試験概要

2.3.2 仕様

JHFC2 の実証試験では、トヨタ自動車（株）と日野自動車（株）が共同で開発した FC バスを 3 台用い（路線バスにて 1 台、ランプバスにて 2 台）フリート走行を実施してきた。FC バスのシステム構成・概要を図 2.3.2-1 および表 2.3.2-1 に示す。本 FC バスは FC スタック 2 基とバッテリーを搭載しており、減速時にエネルギーを回生するハイブリッドシステムを採用している。

- ◆35MPaの高圧タンクを7本屋根上に搭載
- ◆車両後部モータールームにトヨタFCスタックを2機搭載

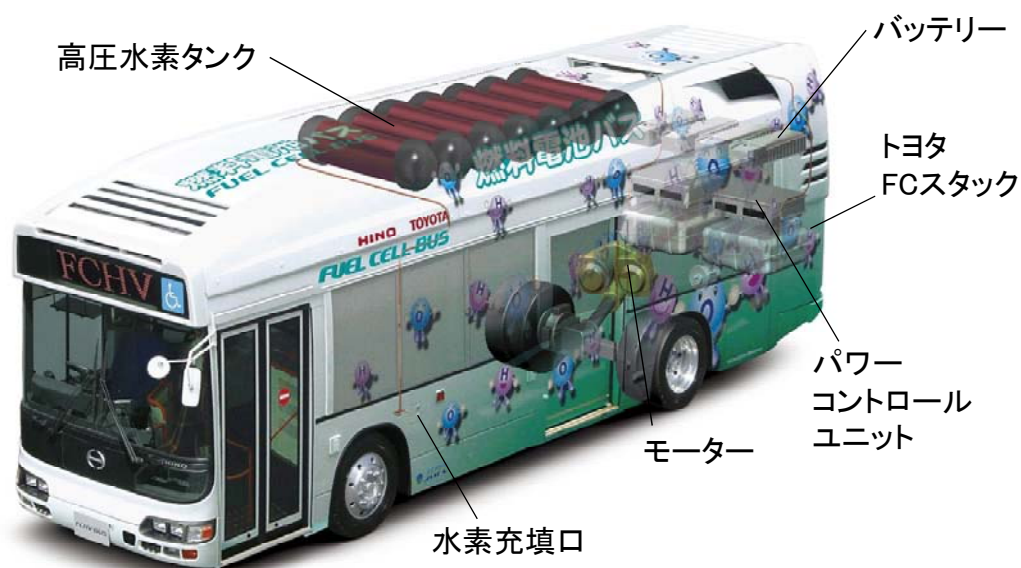


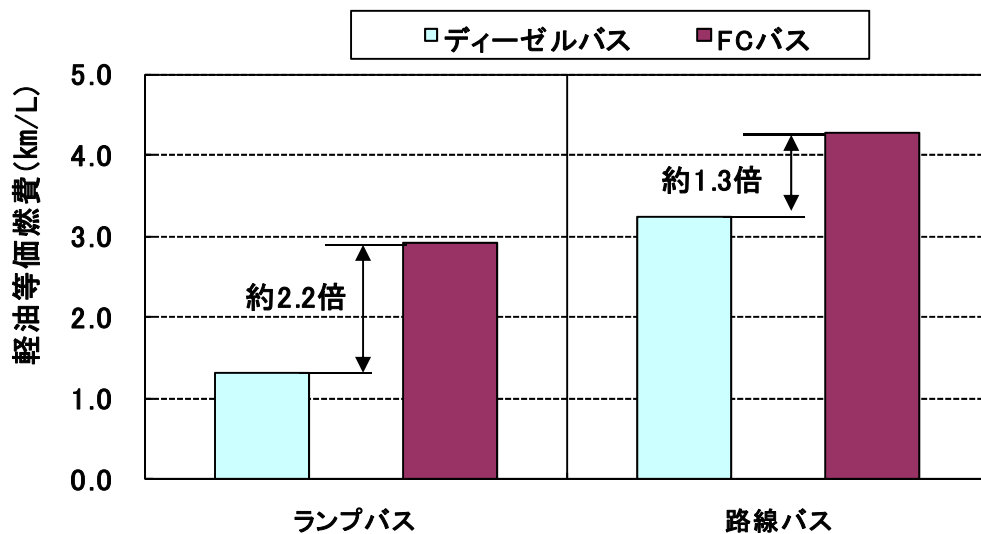
図 2.3.2-1 FCHV-BUS のシステム構成

表 2.3.2-1 FCHV-BUS2(旧型)および FCHV-BUS(新型)の概要

項目	FCHV-BUS2(旧型)	FCHV-BUS(新型)
発表日	2002年9月	2005年1月
使用先	東京都路線バス	愛・地球博、中部国際空港路線・ランプバス
長さ×幅×高さ	10515×2490×3360 mm	←
最高速度	80 km/h	←
燃料電池形式	固体高分子形	←
スタック出力	90 kW×2	←
高压タンク	最高圧力 35MPa 5本	最高圧力 35MPa 7本
バッテリー	ニッケル水素電池	←

2.3.3 公道走行燃費

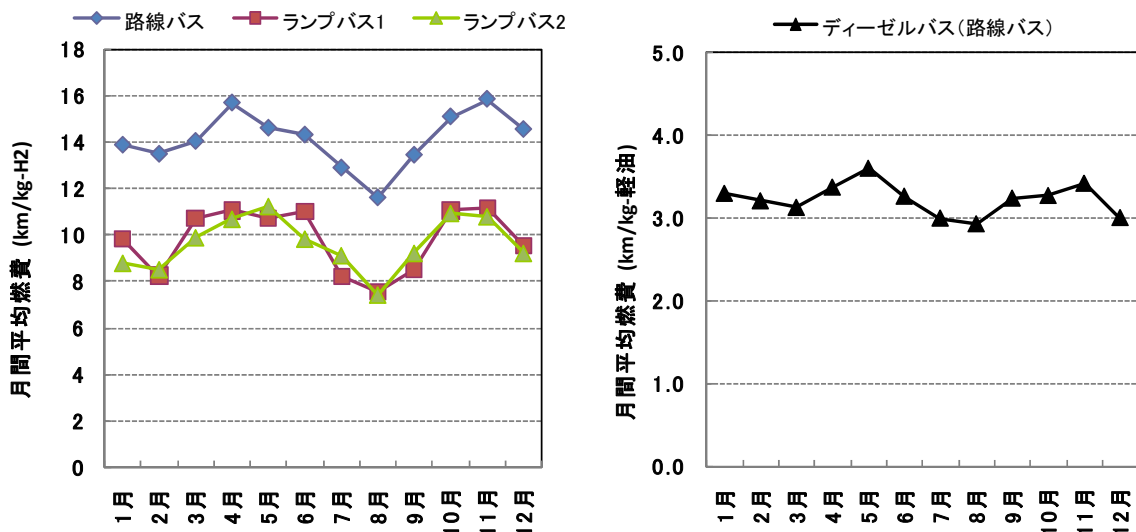
走行ルートなどの詳細は、後述の第三者フリートの2.4に記す。本実証試験では、ランプバス及び路線バスの用途で既存のディーゼルバスとFCバスとの燃費を比較した。試験結果を図2.3.3-1に示す。FCバスの燃費はディーゼルバスに対し、ランプバスおよび路線バスそれぞれ約2.3倍、約1.3倍であった。



- ※ ランプバスのディーゼルバスは1995年製の大型バスである。燃費は2台の2010年の8月～1月のデータを平均した。2台ともアイドリングストップ、ハイブリッドの機能を備えない。
- ※ ランプバスのFCバス燃費は2台の2006年～2010年の通年のデータを平均した。
- ※ 路線バスのディーゼルバスは2002年～2004年製の大型バス（60名乗り）である。10台中いずれもアイドリングストップ、ハイブリッドの機能を備えない。燃費は10台の2008年の1年間のデータを平均した。
- ※ 路線バスのFCバス燃費は1台の2006年～2009年の通年のデータを平均した。

図 2.3.3-1 FCバスとディーゼルバスの燃費比較

同じクラスのディーゼルバスを含んだ車両毎の月間走行燃費を図 2.3.3-2 に示す。図より、ディーゼルバスと同様に FC バスの夏季および冬季の燃費も、中間期（春・秋）より燃費が悪化した。



- ※ ランプバスのディーゼルバスは、通年の燃費データが揃わないためプロットしていない。
- ※ ランプバスの FC バス燃費は 2 台の 2006 年～2010 年の通年のデータを用いた。
- ※ 路線バスのディーゼルバスは 2002 年～2004 年製の大型バス（60 名乗り）である。10 台中いずれもアイドリングストップ、ハイブリッドの機能は備えない。燃費は 10 台の 2008 年の 1 年間のデータを平均した。
- ※ 路線バスの FC バス燃費は 1 台の 2006 年～2009 年の通年のデータを平均した。

図 2.3.3-2 フリートバス燃費の季節影響

2.3.4 航続距離

中部国際空港での郊外型路線バスの運行結果から取り纏めた FC バスの航続距離と外気温度の関係を図 2.3.4-1 に示す。ディーゼル路線バスの航続距離要求値と比較すると、FC バスを路線バスとして使用する場合、全体としてはほぼ満足した結果が得られているが、エアコン使用時（高温時、低温時）は要求値を満足していない。今後さらに航続距離を増加するためには、タンク圧を現状の 35MPa より 70MPa にすることによる水素搭載量の増加や、低燃費化、空調性能の向上などの方策を今後検討していく必要がある。

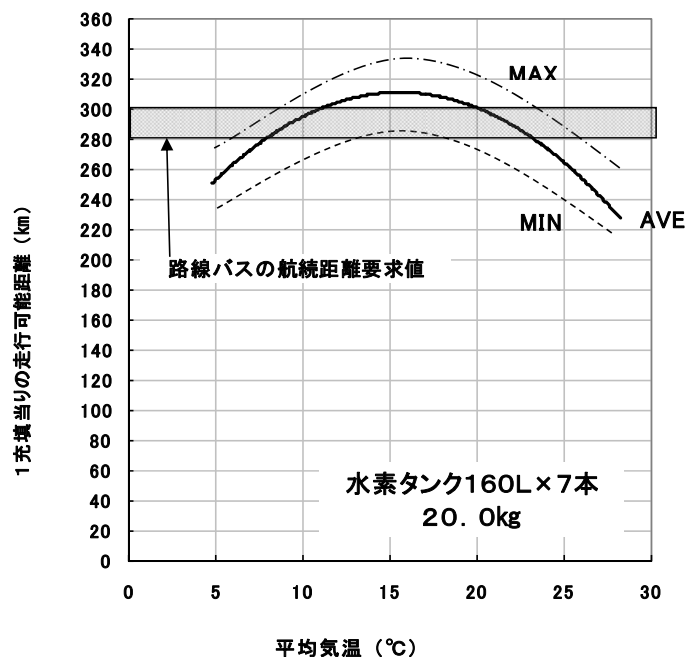


図 2.3.4-1 FCバスの航続距離実証結果 (中部国際空港での路線バス)

2.4 第三者フリート






JHFC2 では、より実使用に近い状態でのFCVの利用方法として、第三者によるフリート走行を実施した。フリートは乗用車、バスに対して実施し、それぞれについて報告する。

2.4.1 乗用車

2.4.1.1 概要

JHFC2におけるフリート実施状況を表2.4.1.1-1に示す。フリートによるFCVの利用用途は、乗用車のFCVに小さな改造を施すことで利用可能なものとして、書類や小包などの軽量な配達物を扱う配送業や、ハイヤー、そして営業が選ばれた。

表 2.4.1.1-1 JHFC2 におけるフリート登録車両

参加企業	フリート 実施企業	業務内容 (活動地域)	走行期間	利用車種	車両写真 (現状)
メルセデス・ベンツ 日本(株)	ディー・エイチ・エル・ジャパン(株)	書類／メール等 配送	2006年7月～ 2009年3月	F-Cell	
トヨタ 自動車 (株)	ヤマト運輸 (株)	書類／メール等 配送	2007年4月～ 2010年12月	FCHV ↓ FCHV-adv	
日産 自動車 (株)	神奈川県 交通(株)	ハイヤー	2007年2月～ 2011年1月	X-TRAIL FCV (35MPa)	
本田技研 工業(株)	日本梱包運 輸倉庫(株)	営業支援等	2007年3月～ 2009年12月	FCX('03MY) ↓ FCX('05MY)	
本田技研 工業(株)	帝都自動車 交通(株)	ハイヤー	2010年6月～ 2010年12月	FCXクラリティ	

2.4.1.2 走行・充填実績

乗用車フリート5車の累積走行距離、および累積充填量をそれぞれ図 2.4.1.2-1、図 2.4.1.2-2 に示す。乗用車フリートの一台当りの累積走行距離は、公道燃費や充填試験などを行う自動車メーカーが運用する FCV よりも比較的多くなっている。理由としては、フリートの場合 FCV は業務に用いられるため、自動車メーカー運用の FCV よりも全般的に稼働率が高いことが考えられる。それだけ実使用条件に近い運用がなされたと考えられる。なお、一部の車種は点検時に各車両メーカー内で充填をしており、図 2.4.1.2-2 のグラフに全ての充填が反映されていない。

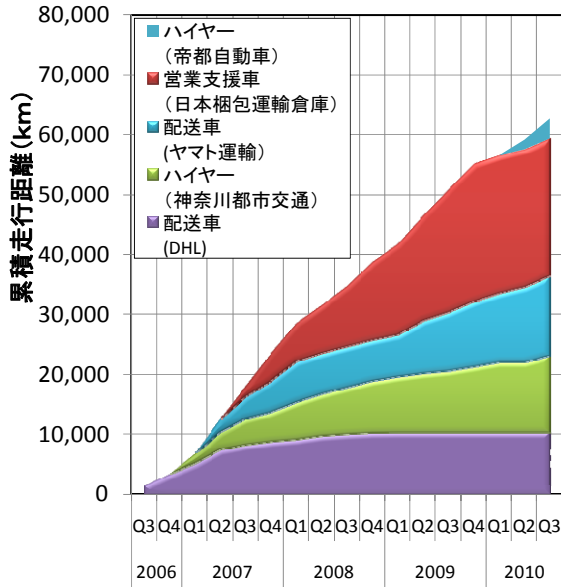


図 2.4.1.2-1 乗用車フリート累積走行距離

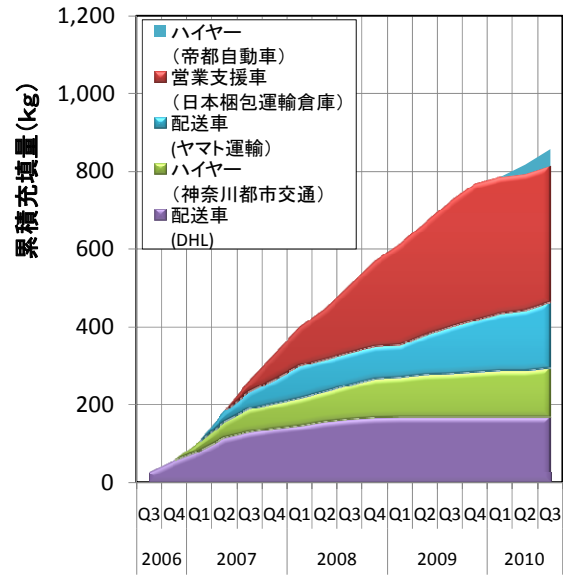


図 2.4.1.2-2 乗用車フリート累積充填量

※点検時に自動車メーカー社内で充填をする場合があり、全充填を反映していない

2.4.2 バス

2.4.2.1 概要

FCバスの実証試験は、中部国際空港を基点とした路線バスと、空港内の航空機発着場所内のエリアでの旅客輸送を行う誘導路線で行われた。

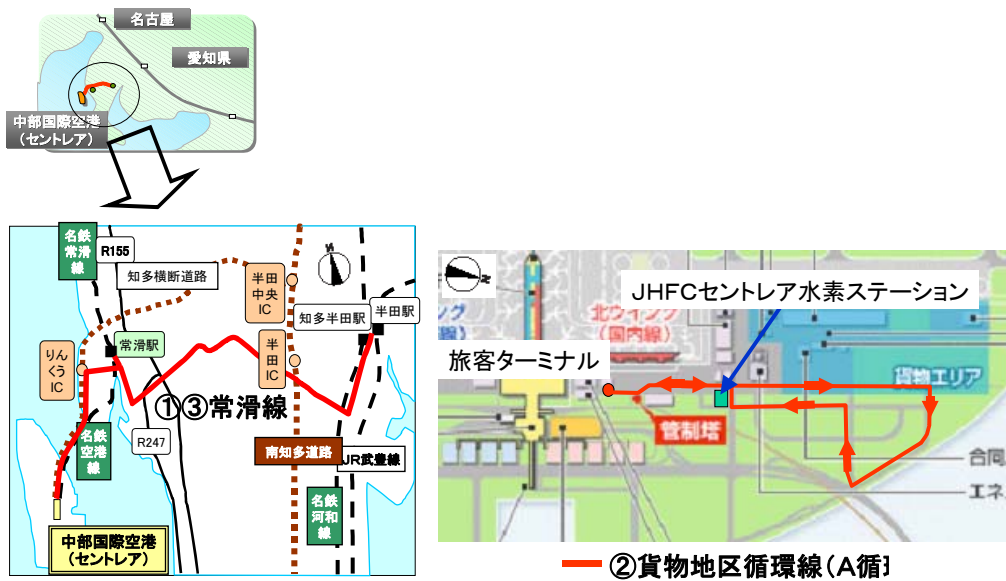
(1) 路線バス

路線バスの走行ルートは、知多半田駅と中部国際空港間のルートと空港内貨物地区循環の路線が用いられた。運行ルートを図 2.4.2.1-1 に示し、運行ダイヤを表 2.4.2.1-1 に示す。

- 営業運行期間 2006年3月～2009年12月
- 営業運行車両 1台
- 運行路線
 - ①常滑線（知多半田⇄常滑駅）
 - ②貨物地区循環
 - ③常滑線（中部国際空港⇄知多半田駅）*詳細は図 2.4.2.1-1 を参照。

表 2.4.2.1-1 路線バスの運行ダイヤ (運行初期)

路線	ダイヤ
知多半田駅～中部国際空港	12：04 発～12：44 着
空港内循環線	13：05 発～15：28 着 (循環線を 8 回周回)
中部国際空港～知多半田駅	15：50 発～16：28 着



3

図 2.4.2.1-1 路線バスの運行ルート

(2) ランプバス

ランプバスの実証走行試験のエリアは、中部国際空港の航空機発着場内のエリアで旅客の輸送を行う誘導路線である。走行エリアと乗降風景を図 2.4.2.1-2 に示す。

- 営業運行期間 2006 年 8 月～2011 年 3 月末以降も継続予定。
- 運用車両台数 2 台
- 運用エリア 中部国際空港誘導路線内
- 運用時間 7：00～22：00

* 午前 9 時と午後 20 時前後の航空機発着便が多い時間帯を中心に運行されることが多い。



図 2.4.2.1-2 ランプバスの走行エリアと乗降風景

2.4.2.2 走行距離および水素充填実績

累積走行距離、および累積水素充填量をそれぞれ図 2.4.2.2-1、図 2.4.2.2-2 に示す。2006 年 3 月より 2010 年 8 月までの間、3 台のバスの累積走行距離は、約 15 万 3000km となった。また、輸送した乗客の人数は、路線バスで約 8 万人、ランプバスで約 36 万人となった。

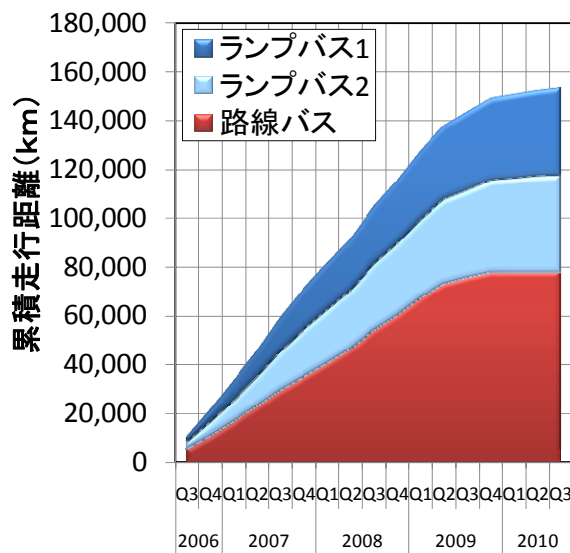


図 2.4.2.2-1 フリートバス累積走行距離

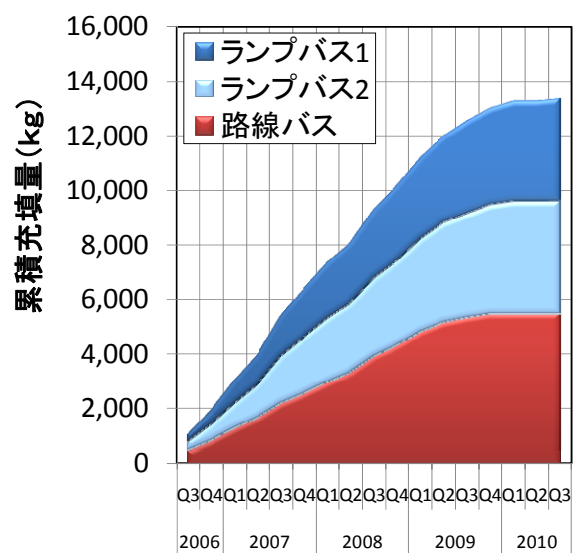


図 2.4.2.2-2 フリートバス累積充填量
※点検時に自動車メーカー社内で充填をする場合があり、全充填を反映していない

2.4.3 アンケート

2.4.3.1 ドライバーアンケート

FCV の運転を経験した第三者からの客観的な評価は、実用条件における課題の明確化において重要である。そこで、フリートドライバーにアンケートを行った。

(1) アンケート方法

アンケートは 2009 年、2010 年の FCV および FC バスを運転しているドライバーに対して行った。設問は選択質問、および記述式質問を 35 問とした。フリート契約をしている会社、および団体のドライバーを主に対象としたが、2010 年ではデータ数を増やすために一部のリース契約によるドライバーも含めた。

(2) アンケート結果

アンケート 35 問の中で実用上重要と思われる 6 項目の結果を乗用車、バスそれぞれ図 2.4.3.1-1、図 2.4.3.1-2 に示す。図中では「満足、良い」を満たすことを基準とした。アンケートの結果、モーター走行の優れた特徴として「走行中の騒音」「アクセスの応答性」は高い満足度が得られたが、「水素の安全性への思い」、「水素充填作業・時間」、「セルフ充填の印象」、「航続距離」の 4 項目は今後の課題である。

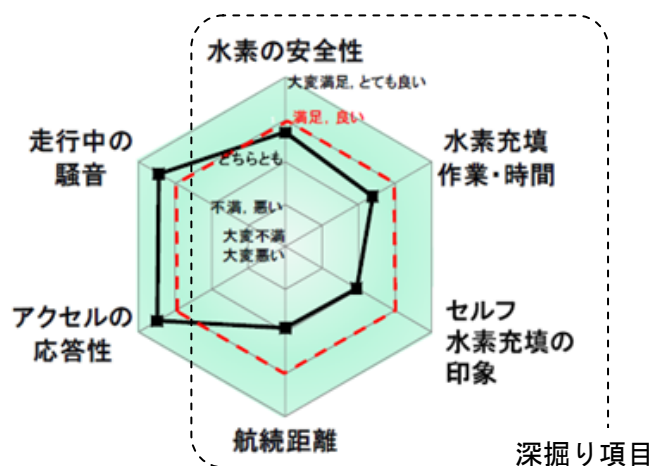


図 2.4.3.1-1 乗用車フリートドライバーのアンケート結果（2009 年度）

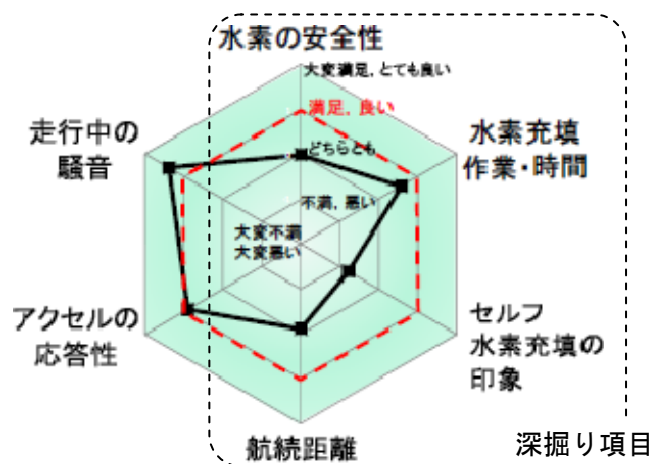
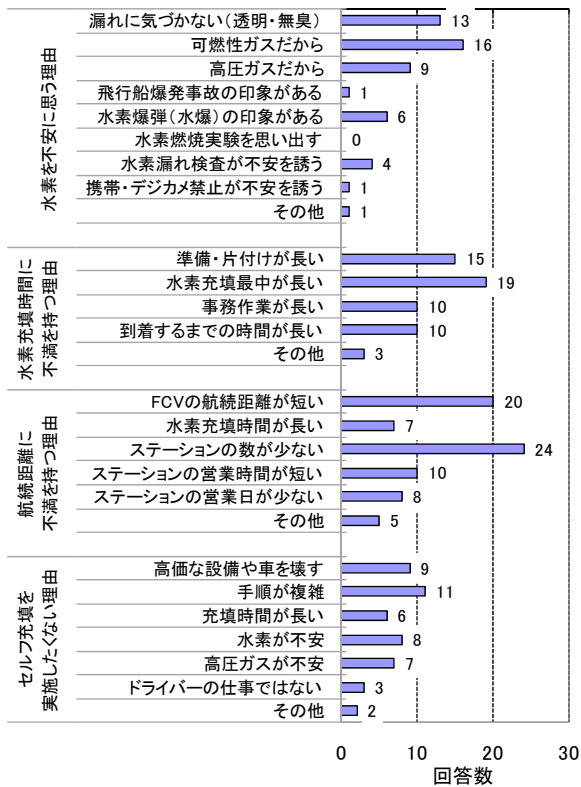


図 2.4.3.1-2 フリートバスドライバーのアンケート結果 (2009 年度)

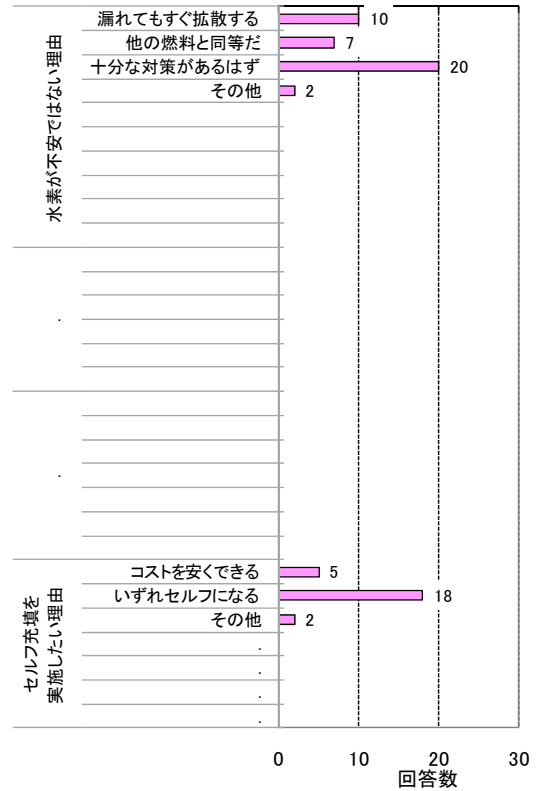
(3) アンケート結果の深掘り

「満足、良い」を満たさなかった 4 項目（以下、マイナス評価項目とする）について、さらに詳細な要因や課題を明確にするために深掘りアンケートを行った。深掘りは過去に行った同項目の記述回答などから、マイナス評価項目の要因として考えられることを複数想定し、複数回答方式で質問する方法とした。また、マイナス評価項目の中でも、プラスの要因が聞ける項目（水素への不安、セルフ充填）に関しては、同様にしてプラス要因を質問した。

FC 乗用車ドライバーに対する深掘り結果を図 2.4.3.1-3 に、同じく FC バスドライバーに対するものを図 2.4.3.1-4 に示す。この両図より読み取れる結果を簡条書きにしたものを表 2.4.3.1-1 に示す。

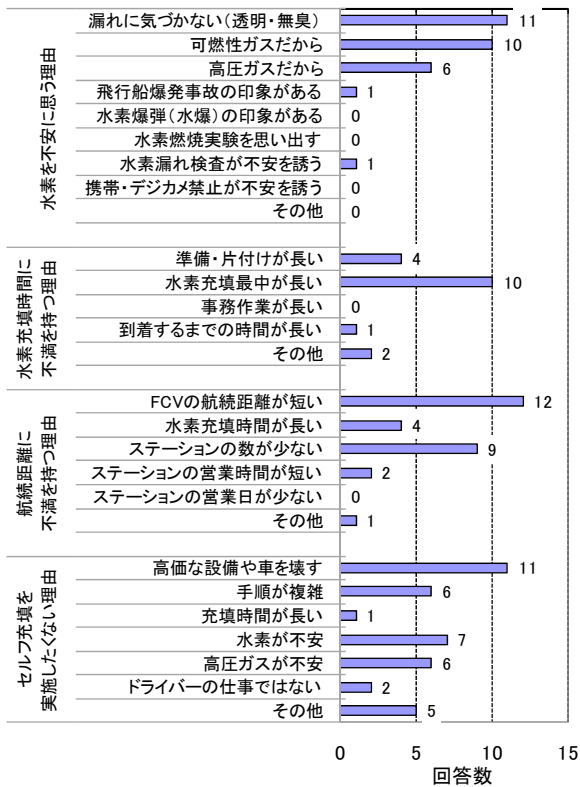


□マイナス評価の深掘り

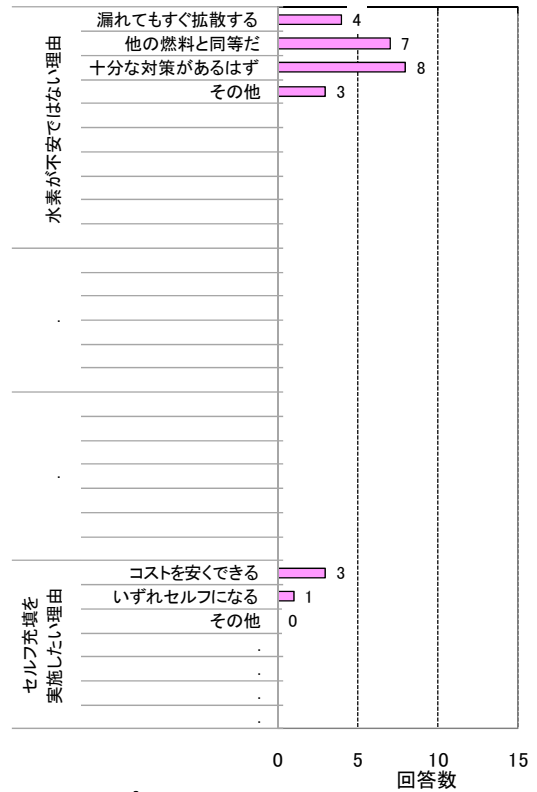


□プラス評価の深掘り

図 2.4.3.1-3 乗用車ドライバーの深掘りアンケート結果 (2010 年度、n=67)



□マイナス評価の深掘り



□プラス評価の深掘り

図 2.4.3.1-4 バスドライバーの深掘りアンケート結果 (2010 年度、n=23)

マイナス評価項目について深掘りアンケートを行った結果、以下のことが明らかとなった。

□水素への不安について

- ・3割のドライバーが水素を不安と思っている。理由は主に『透明・無臭』『可燃性ガス』『高圧ガス』の3点であった。水素から水爆を連想する誤解も少数存在した。
- 水素への誤解を無くし、過剰な不安を抱かないような教育およびその内容の検討（ドライバーに合わせた教育）が必要
- ・インフラおよび車両の安全対策を信頼する肯定的意見も多い
- JHFC2 までの安全対策に加え、更に 2015 年の普及開始に向けて安全性検証の進められている

□水素充填時間について

- ・全体的に短時間化を求める声が多く、特に乗用車は充填前後の作業時間等への不満も多かった
- プレクール・通信充填の検討を継続するとともに、普及に向けて充填前後の作業時間等の時短の検討を実施している

□航続距離への不満について

- ・航続距離の増加と同時に、水素ステーション数の増加を求める声が多い
- 普及期には、既存のガソリン車並みな FCV の航続距離の確保と水素ステーションの必要数確保が不可欠である

□セルフ充填の実施について

- ・乗用車ドライバーにおけるセルフ充填に肯定的な意見の中で「いずれセルフになる」が 18 件（86%）見られた
- 本格普及時に向けて、セルフ充填対応の準備も進める必要がある

種類に分けてアンケート結果を分析した。その結果を図 2.4.3.1-4 に示す。

3 種類のレーダーチャートを比較すると、特筆した変化は航続距離への評価である。水素搭載量の増加、燃費向上により、フリート・リース初期世代に比べて同最新世代は航続距離が向上したことがアンケート結果の航続距離の満足度向上に表れた。70MPa 充填利用車両は更に水素搭載量が増加したことにより、ほぼ「満足、良い」に達した。これより、航続距離へのドライバーの満足度を得るために 70MPa 充填化が有効な技術であることが分かった。

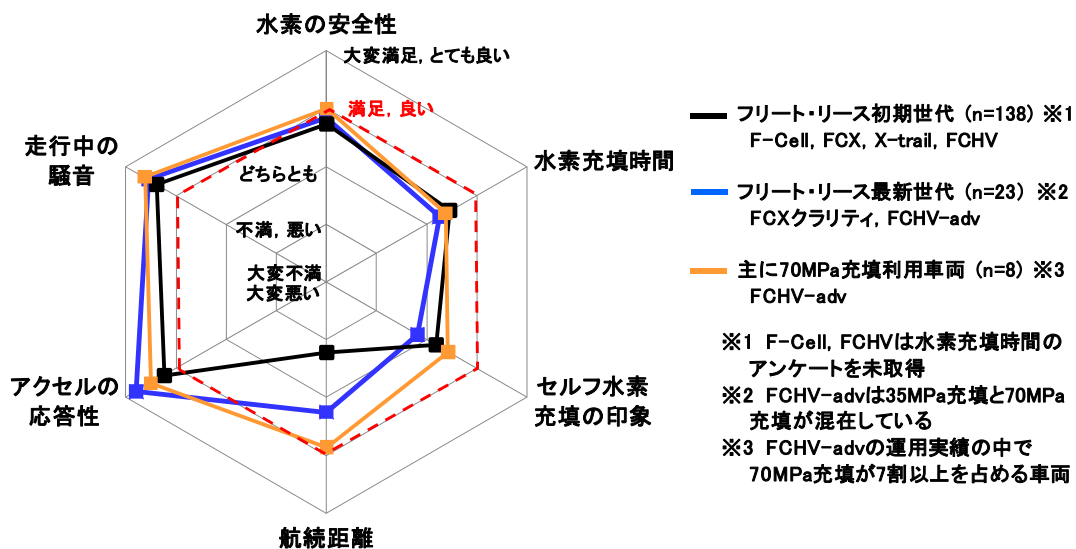


図 2.4.3.1-4 車種別アンケート結果比較

2.4.3.2 乗客アンケート

FCバスのフリート実証では客観的な利用者の評価を得るため、2009年度に乗客へのアンケートを行った。

(1) アンケート方法

路線バスでは一般の乗客に対してアンケート用紙をバスに同乗した係員より手渡しで配布し、解答用紙を郵送にて回収を行った。ランプバスについては一般旅客に対してアンケートをすることは、空港の事情によりできないため、航空機の乗務員（パイロット、客室乗務員など）に対しアンケートを配布し、乗客の立場として回答して頂いた。

(2) アンケート結果

乗客アンケートの結果を図 2.4.3.2-1 に示す。5項目中の4項目は「良い、満足」の基準を上回る結果であり、FCバスを路線バスとして用いるメリットの大きさを確認できた。他方、水素の安全性では「良い、満足」には達しない結果となり、水素への誤解を無くし、過剰な不安を抱かないような教育、およびその内容の検討（ドライバーに合わせた教育）が必要である。

また、フリー回答では、公共交通機関へのFCバスの普及促進を望む声も多く聞かれた。

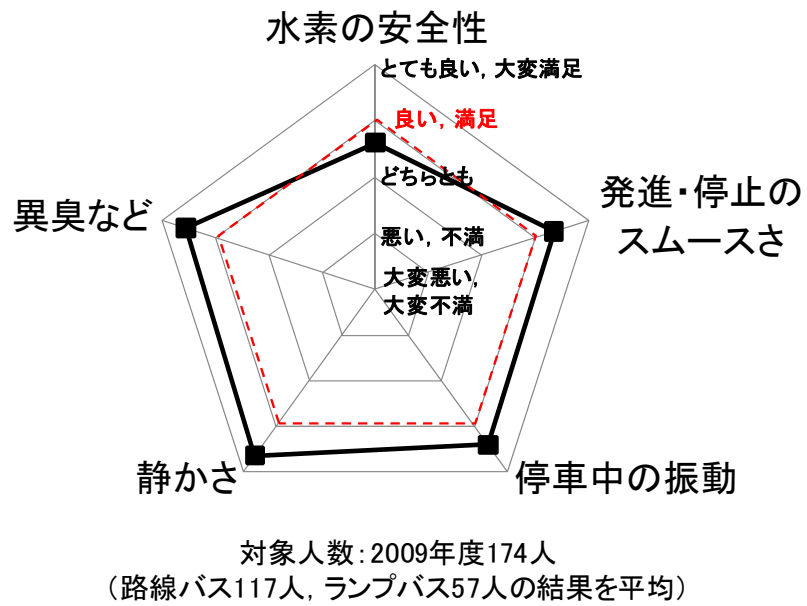


図 2.4.3.2-1 フリートバスの乗客アンケート結果

2.4.4 まとめ

約5年間の第三者フリート走行によって得られた成果を表 2.4.4-1 にまとめる。これらの成果はJHFC2に参加した自動車メーカーにフィードバックされ、FCVの開発に活用されている。

表 2.4.4-1 第三者フリート成果まとめ

車両	項目	第三者フリート試験結果	課題解決方法と現状
全般	実績	乗用車は5用途、バスは2用途で約5年間実施し、走行約22万km、水素消費約1.4万kgの実績を積んだ	
	性能	『運転しても疲れない』『加速が良い・低速トルクがある』『静か』いずれのドライバーも高く評価	
	水素への理解	3割のドライバーが水素を不安と思っている。理由は主に『透明・無臭』『可燃性ガス』『高圧ガス』の3点であった。水素から水爆を連想する誤解も少数存在した	水素への誤解を無くし、過剰な不安を抱かないような教育およびその内容の検討（ドライバーに合わせた教育）が必要
		インフラおよび車両の安全対策を信頼する肯定的意見も多い	JHFC2までの安全対策に加え、2015年の普及開始に向けて安全性検証が進められている
	セルフ充填	乗用車ドライバーにおけるセルフ充填に肯定的な意見の中で「いずれセルフになる」が18件（86%）見られた	本格普及時に向けて、セルフ充填対応の準備も進める必要がある
	航続距離・水素ステーション	航続距離の増加と同時に、水素ステーション数の増加を求める声が多い	普及期には、既存のガソリン車並みなFCVの航続距離の確保と、水素ステーションの必要数確保が不可欠である
乗用車	航続距離	70MPa充填は、35MPa充填に比べて充填間走行距離が長くなる傾向があり、500kmを超える事例もあった 航続距離のアンケートでは70MPa充填車両がほぼ「満足」との結果を得た	JHFC2期間に、FCV・インフラともに70MPa化が拡大し、実証試験が進められている
	水素充填時間	全体的に短時間化を求める声が多く、充填前後の作業時間等への不満が多かった	プレクール・通信充填の検討を継続するとともに、普及に向けて充填前後の作業時間等の時短の検討を実施している
バス	航続距離	ディーゼル路線バスの実力（280～300km）に対しFCバスの航続距離は若干不十分	タンク圧を35MPaから70MPaにするなどの方策を検討していく。
	水素充填	バスは水素搭載量の多いため、水素充填時間への不満が多い	乗用車の充填技術もバス充填に展開する必要がある

2.5 技術課題の進捗状況

FCV が普及するためには克服すべき技術課題が多数あり、それらは必ずしも JHFC にて実証できるとは限らない。ここでは、JHFC の実証結果に加えて FCV の技術進捗を補間的に説明するため、自動車メーカー各社の公表情報を元にした各技術進捗状況を紹介する。

2.5.1 航続距離

JHFC 期間中にモデルチェンジを行った FCV の 10・15 モード燃費より算出された航続距離を図 2.5.1-1 に示す。FCV はガソリン車を置き換える性能を持たせることが期待され、モデルチェンジの度に航続距離が伸長している。最長の航続距離は 830km であり、仮に実用航続距離がその 7 割だとしてもガソリン車相当かそれ以上であると言える。

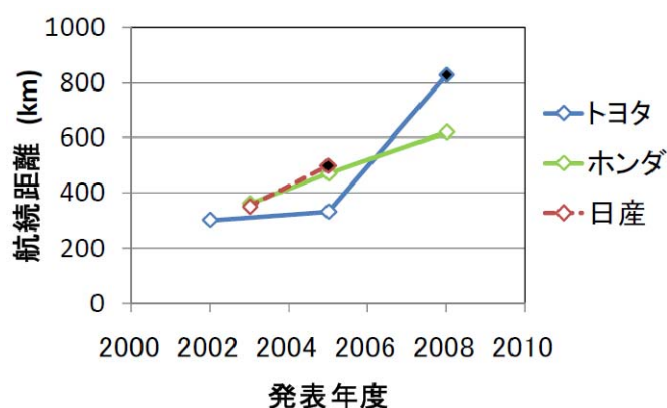


図 2.5.1-1 FCV の航続距離の推移

(出典：各社 10・15 モードによる公表値)

2.5.2 低温始動性

燃料電池は発電の過程において水を生成するため、氷点下ではその生成水が凍結し発電を阻害する恐れがあり、開発当初では FCV は氷点下では始動できないことが課題であった。そこで各社は始動時に生成水の凍結を防ぐため、燃料電池スタックを早く昇温させるための熱容量の低減や、発電効率を低減させることによる熱の発生量の増加、生成水の排水特性の向上や、膜の許容含水量を増加させるなどの対策を行った。これらの対策によって 2006 年頃より -30°C でも始動が可能な FCV が開発されている (参考：図 2.5.2-1、図 2.5.2-2)。一般にガソリンやディーゼルエンジンは $-30\sim-35^{\circ}\text{C}$ 程度の氷点下まで始動できるため、最新の FCV は従来車に近い低温始動性を獲得し、寒冷地を新たに含めて利用可能地域を拡大した。

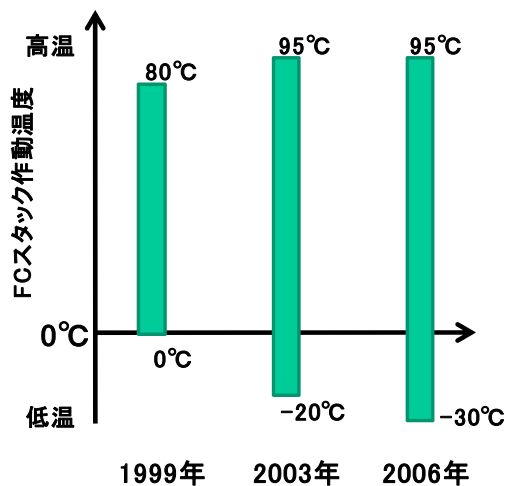


図 2.5.2-1 ホンダ/FC スタック作動温度
(FC-expo2009 の資料より作成)

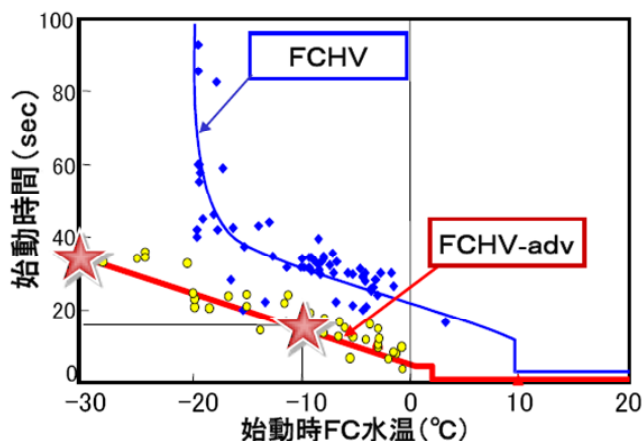


図 2.5.2-2 トヨタ/FCHV 氷点下始動
(出典：SPring-8 グリーンエネルギー研究会)

2.5.3 耐久性

FCV が抱える課題の中で大きなものとして燃料電池スタックの耐久性がある。耐久性の課題としては、膜の劣化によるクロスリーク、電極触媒の劣化による出力性能の低下と考えられる。触媒劣化の原因としては、起動時の高電位、出力変動、始動時の局部電池の発生などが考えられる。近年、膜や電極触媒、およびシステム制御の改善によって、燃料電池スタックの耐久性が向上している。

耐久評価パターンを用いた燃料電池スタックの出力維持率を図 2.5.3-1 に示す。この耐久評価パターンの条件では、50 万 km 走行しても出力低下はあるものの通常の使用は可能であることを示している。

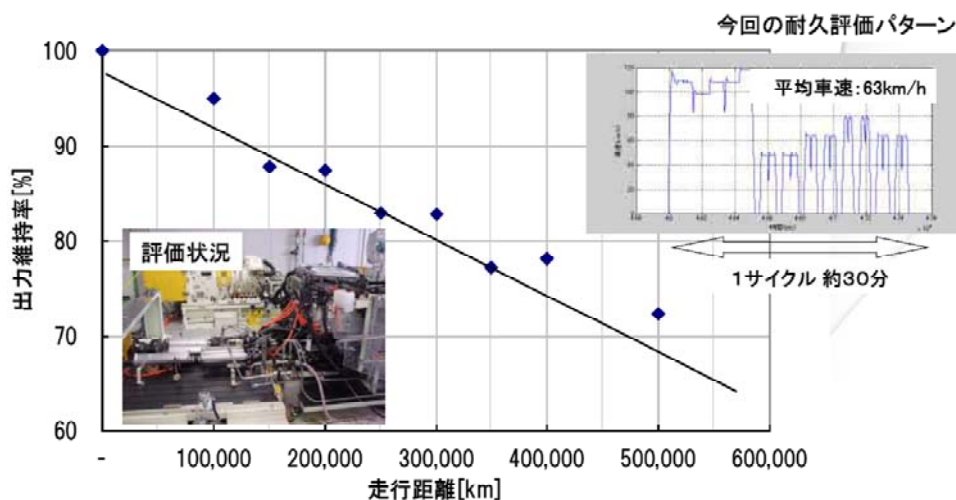


図 2.5.3-1 トヨタ/FCHV-adv 燃料電池スタックの出力維持率
(出典：2009年9月自動車技術会関東支部講演会)

燃料電池システムの耐久性進化を図 2.5.3-2 に示す。年々、燃料電池システムの耐久性は向上し、2015 年の初期生産モデルは 10 年、約 20 万 km まで耐久性を伸ばすことが計画されている。

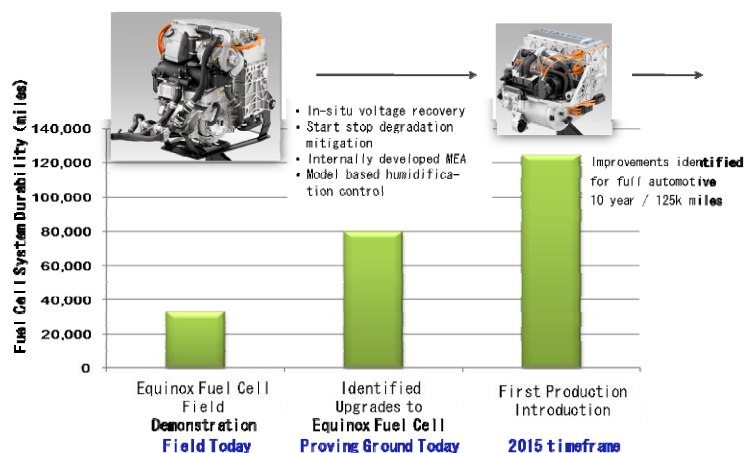


図 2.5.3-2 GM/燃料電池システムの耐久性進化
(出典：FC-expo2010 資料)

2.5.4 コスト

JHFC2 の段階において、FCV 普及に向けた最大の課題はコストと言われる。コスト削減のために各自動車メーカーはそれぞれの技術分野における課題解決方法を検討している。例として、特殊材料から一般材料への変換、白金使用量の削減、および将来的な白金代替触媒の開発、高電流密度化による反応面積の低減による燃料電池スタックの小型化、運転温度の高温化によるラジエータの小型化などが検討されている。また、燃料電池内部の発電状態の基礎的な研究開発も重要であり、これにより補機類の簡素化や安価な材料の利用が可能となる。また、生産技術の改良による生産性向上や、量産化の効果も期待される。

FC 車両コスト、およびドライブトレインコストの削減案を図 2.5.4-1、および図 2.5.4-2 に示す。FCV のコストダウンに共通するのは、設計、材料、生産技術革新によるコスト削減と、量産化によるコスト削減である。この 2 点のコスト削減に取り組むことによって、普及に向けた見通しが立ちつつある。

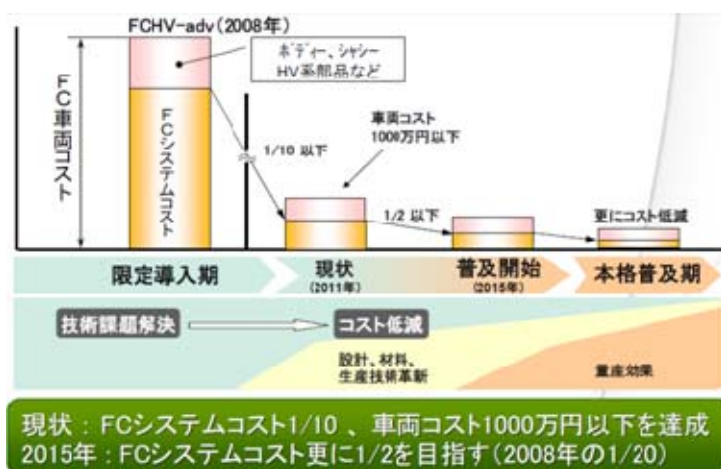


図 2.5.4-1 トヨタ/FC 車両コスト低減 (出典：FC-expo2011 資料)

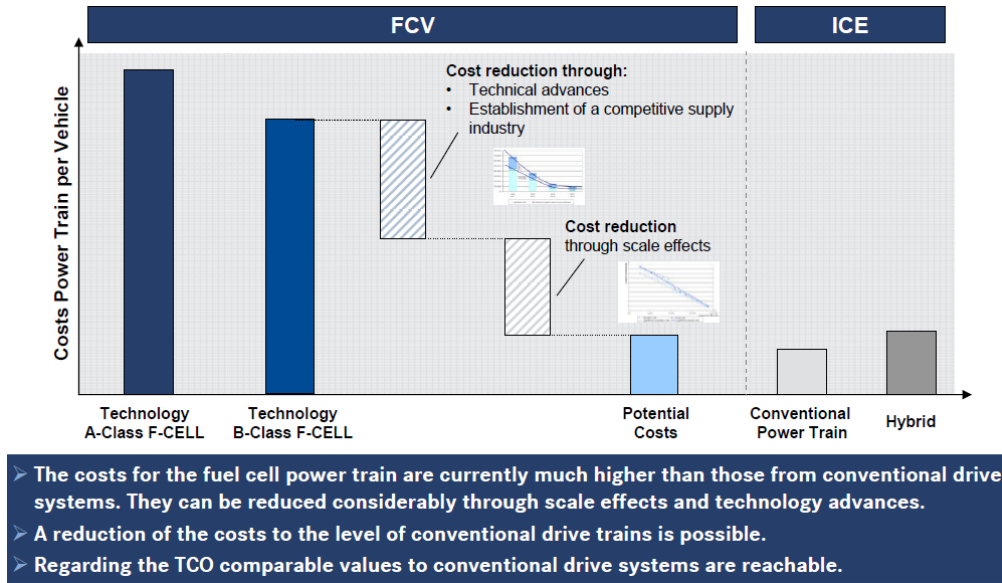


図 2.5.4-2 Daimler/ドライブトレインコスト (出典：FC-expo2010 資料)

2.5.5 生産技術

コスト削減に大きく寄与するのは生産技術である。2015 年の FCV の一般ユーザー普及開始を目指し、各社は生産技術開発にも力を注いでいる。各社の生産技術開発用の様子をそれぞれ、図 2.5.5-1、図 2.5.5-2 に示す。コスト削減の観点で生産技術が担う役割としては、連続生産、自動化、歩留まりの向上、量産化等であり、各社はその技術向上に取り組んでいる。

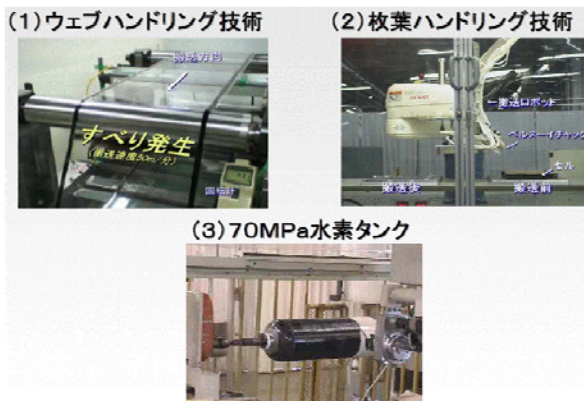


図 2.5.5-1 トヨタ/生産技術の開発 (出典：JHFC セミナー2010 資料)

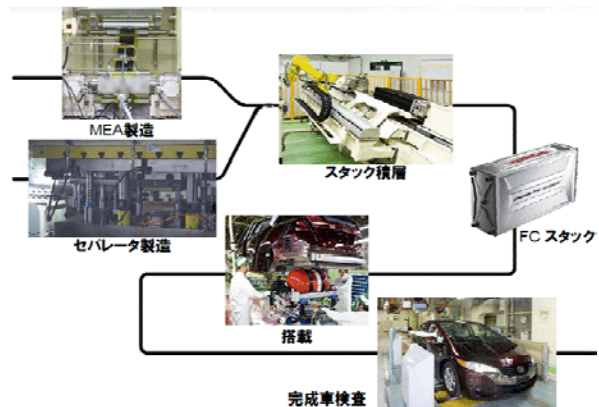


図 2.5.5-2 ホンダ/生産技術の開発 (出典：JHFC セミナー2010 資料)

2.5.6 まとめ

以上のように、各社は 2015 年の FCV 普及開始に向けて技術課題の解決に取り組んでいる。その技術課題の中で主要と思われる 6 項目を選択し、2015 年の実用化レベルに対するトップランナーの進捗度合を示したものを図 2.5.6-1 に示し、数値の一覧を表 2.5.6-1 に示す。このグラフは燃料電池自動車 WG にて協議、および各社ヒアリングによって作成したものである。

図 2.5.6-1 では FCV の 2015 年における実用化レベルとして、航続距離を実用で 500km、車両効率を 60%、低温起動を -30°C 、水素充填時間を 3 分間で 5kg、耐久性を 15 年、車両価格を数百万円と置き、JHFC1 初期 (2002 年)からの技術進捗を示した。車両価格は技術以外の要因の影響が大きい項目であり、市販前に価格を想定することが難しいが、世間の注目が高いため、項目として設けた。

JHFC1 初期と比べ、最新技術 (2010 年) は大きく技術革新し、航続距離、車両効率、および水素充填時間については、本実証プロジェクトの中でその技術革新を確認した。航続距離の伸長には車両効率の向上も寄与したが、水素充填圧力の 70MPa 化が主な要因と言える。車両効率はハイブリッド技術、燃料電池の発電効率などが寄与し、2008 年の台上燃費試験では車両効率が 2015 年目標 (NEDO ロードマップ 2008) である 60%を達成した。実証初期の低温始動性は、 0°C 以下でスタック内が凍結することによって始動が困難であったのに対し、JHFC2 当初において -30°C でも始動が可能となった。水素充填時間は、ステーション側の水素流速増加、プレクール技術など、車側も水素流速増加などの技術進展によって、2015 年実用レベルを達成している。耐久性、車両価格も実証初期に比べれば大幅に改善しており、2015 年の普及に向けて更に技術進展が続けられている。

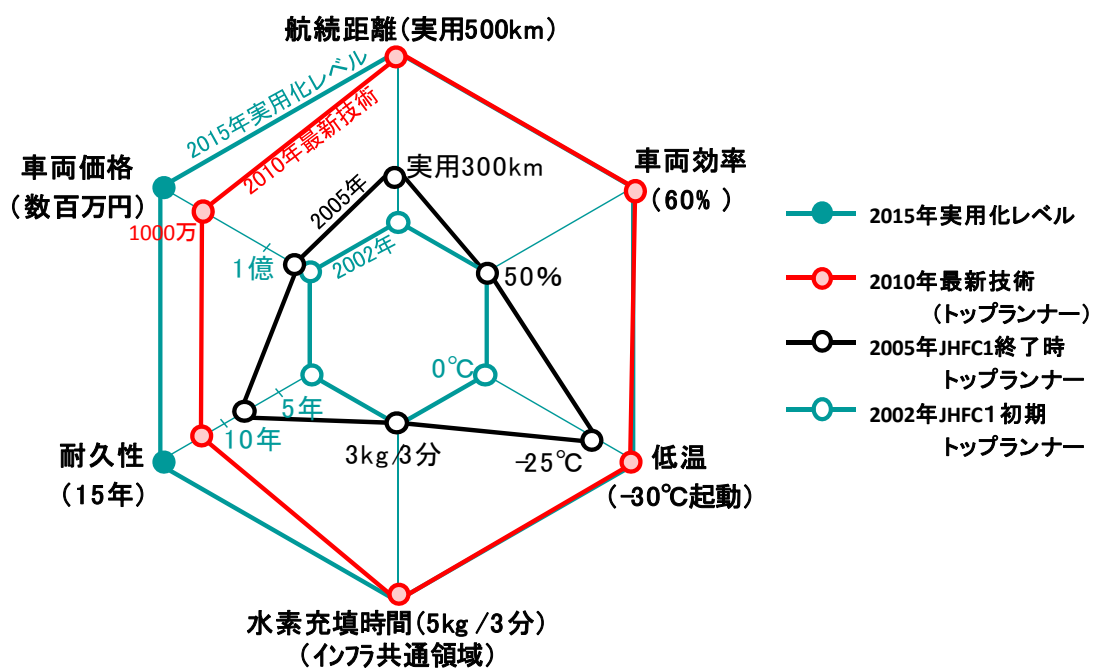


図 2.5.6-1 FCV 開発状況 (トップランナー)

※ 実証試験結果、各社発表資料、ヒアリングによる推定

表 2.5.6-1 FCV 開発状況 (トップランナー)

	トップランナー			実用化レベル (2015)
	JHFC1 初期 (2002)	JHFC1最終(2005)	最新技術 (2010)	
航続距離	400km (NEDC)	500km (10・15)	830km (10・15) 760km (JC08)	実用 500km
車両効率	49.6% (10・15)	49.6% (10・15)	61.3% (10・15) 56.1% (JC08)	60% (10・15)
低温特性	0℃	-25℃	-30℃	←
充填時間	3kg/3分	←	5kg/3分	←
耐久性	5年未満	5～10年	10～15年	15年
車両価格	未定	1億円以上	1,000万円程	数百万円

※ 実証試験結果、各社発表資料、ヒアリングによる推定

2.6 燃料電池自動車に関する実証試験まとめ

FCVに関する実証試験結果を以下にまとめる。

(1) 実証全体

JHFC1、JHFC2 を通じて乗用車は延べ 135 台、バスは延べ 13 台が参加し、車両およびインフラの課題抽出等のために走行および充填実績を重ねた。乗用車は各社の技術進化を反映した最新車種を投入した。この実証を通じて、乗用車の走行距離は 107 万 km、水素充填量は 2.0 万 kg、バスは走行距離 32 万 km、水素充填量は 2.9 万 kg となった。

(2) 台上燃費試験、公道燃費試験

台上燃費、公道燃費を実測することによって、モデルチェンジ毎に燃費性能が確実に向上したことを客観的に確認した。台上燃費においては、NEDO 目標の車両効率 60% (LHV、10・15 モード) を達成した。なお、台上燃費試験結果は総合効率分析の元データとして活用され、FCV の環境負荷低減効果の確認に用いられた。また、公道燃費試験では四季を通じて走行を行い、効率の高い車両ほど夏や冬などエアコンの負荷が高い時期の燃費低下が大きいことを確認した。これより年間を通じて FCV の高い車両効率を維持するには、エアコンなどのシステムの改善や補機類の更なる効率向上が必要であることが明らかになった。

(3) フリート走行実証

第三者による営業運行の結果、FC 乗用車および FC バスの優位性 (運転性能、静粛性など) について高い評価を受けた。一方、充填に関しては今後更なる改良が必要であることが明らかになった。FC 乗用車では車両効率の向上、70MPa 化などにより乗用車の航続距離がガソリン車並に向上したことにより、ドライバーの満足度も向上したことがアンケートにより明らかになった。一方、航続距離の伸張と合わせ、水素インフラ普及拡大へのニーズが高いことが分かった。年間を通じた公道燃費を解析した結果、春秋に比べてエアコンの負荷が大きい

夏冬は燃費が2~3割低下することが明らかとなった。また、アンケートでマイナス評価（満足未満）であった項目に対して深掘り調査を行い、今後の課題を抽出することができた。

(4) 技術課題検討

実証結果を含め、FCVの主要課題を評価した結果、2015年の実用化レベルについては達成の見通しが立ちつつある。具体的には航続距離、車両効率、低温始動、水素充填時間は実用化レベルを達成し、残る車両価格、耐久性についてはその見通しが立ちつつある。

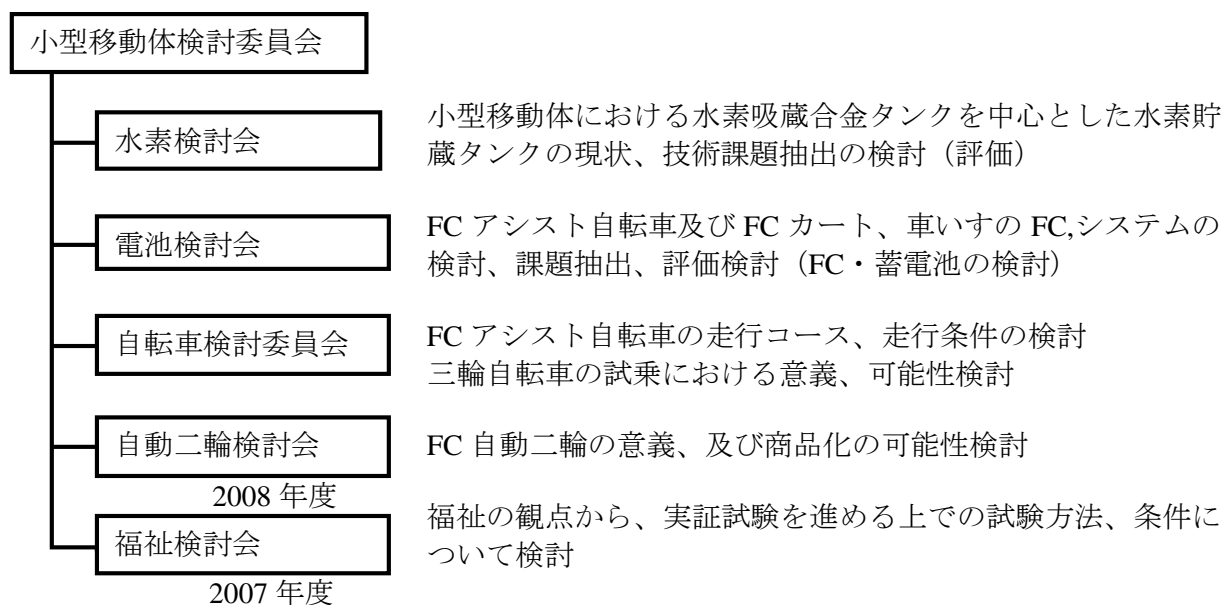
2.7 その他の利用技術

JHFC では、燃料電池自動車以外のより幅広い水素利用形態を検討するため、燃料電池 (FC) を用いた小型移動体 (車いす、カート、アシスト自転車) に着目し、その実用化に向けた技術開発と調査のために実証試験を 2006～2008 年度に実施した。小型移動体を含めた水素利用技術の検討は、2009 年度以降も「おおさか FCV 推進会議」における実施項目のひとつとして活動が継続されている。

2.7.1 小型移動体実証事業

FC 車いす・FC カート・FC アシスト自転車を用いた実証試験については、燃料電池、蓄電池、システム、水素吸蔵合金、自動二輪車の学識経験者、専門メーカー、関係官公庁等で委員、オブザーバーを構成する「小型移動体検討委員会」(事務局：(財)大阪科学技術センター)を設置するとともに、検討委員会のもとには、主要要素機能部門毎の検討会を次のとおり編成した。

検討会では、実証試験項目・試験方法、実用化・商品化に向けた技術面や商品性等の課題検討、並びに短期的対応策と長期的課題の抽出、要素材料の検討を行い、これらを実証試験に反映させ、審議並びに評価を行った。



- (1) 2006～2007 年度 FC 車いす・FC カート実証試験
- (2) 2006～2008 年度 FC アシスト自転車実証試験
- (3) 2008 年度 自動二輪車実証試験の可能性検討

2.7.1.1 FC 車いす・FC カート (2006～2007 年度)

2006 年度に、各機能部材の特性の確認、機能部材とシステムの最適化の課題を検討した。2007 年度は、長時間運転での課題抽出、既存電動製品との差異を見るために走行テストを実施した。長時間・長期間運転走行では、FC 車いすは述べ 270 時間、FC カートは述べ 230 時

間の走行試験を実施し、この期間における耐久性テストを実施した。

走行試験に加えて、FC 小型移動体と電動小型移動体の同一条件での走行試験結果から、航続距離、エネルギー効率を比較した。その結果、FC 車いす、FC カートでは、既存の電動製品（鉛電池電源）より航続距離が約 2 倍程度延びる結果が得られた。但し、電源関係の単位重量あたりの走行距離の比較においては、2007 年の時点では鉛電池電源よりは大きいものの、リチウムイオン二次電池電源と比較すると、単位重量あたり走行距離は 1/2~1/3 程度になるとの結果が得られた。実証に使われた FC 車両と水素吸蔵合金ボンベ及びボンベストッカーを図 2.7.1-1 に示す。



FC 車いす



FC カート



車いす／カート用
水素吸蔵合金ボンベ



FC アシスト自転車



アシスト自転車用水素吸蔵合金ボンベ



ボンベストッカー

図 2.7.1-1 開発された移動体と水素吸蔵合金ボンベ

2.7.1.2 FC アシスト自転車(2006～2008 年度)

2006 年度に、各機能部材の特性の確認等を行い、2007 年度実証試験により、走行運転での課題の抽出、既存電動製品との差異の比較、乗り心地の比較等を実施した。

長時間・長期間運転走行は、延べ 100 時間の走行試験を実施し、各コンポーネントの特性・性能の確認と向上及びシステムの最適化をはかるため、データを採取、課題抽出した。

2008 年度には、気温等による影響課題の確認と改良機を用いた走行試験を行い、①水素吸蔵タンクは外気温度によって水素放出量が大きく影響すること。特に冬期は 5℃以下で放出量低下、夏場は温度上昇に伴う水素放出量上昇による安全性の課題、②外気温度により燃料電池作動に不安定な現象が見られたこと。燃料電池の作動は夏場、冬場での温度特性が大きく変わり安定性が欠ける、③運転中における制御系に課題。補機システムの簡素化と消費電力の現象が必要など実用化課題を抽出した。

2.7.1.3 小型移動体実証試験の要約

常温付近で使われる「水素吸蔵合金タンク」－「FC」－「二次電池系システム」の実証テストは初めて実施したことに意味があった。上記のように小型移動体の実証テスト結果は種々の課題を見出すことができた。

世界的に見て要素機能部門（水素吸蔵合金タンク、PEFC、リチウムイオン二次電池、制御機構、補機機構）の基礎技術が未完成の現状と言える中、さらに3つの主要素部門の複合化（ハイブリッドシステム）を制御して課題を抱えながらも運転走行テストしたことは大きな進歩と思われる。

この点から各課題を要約すると、

- (1) 本実証試験の対象とした「車いす、カート、アシスト自転車」のような FC 小型移動体は、四輪車と比較して軽量であって、水素一充填当たりの走行距離は短く、一方二次電池の技術利用も大きく進んでいる中で、今後、二次電池との差異化を図るべきであると考え。
- (2) 燃料電池システムが電池に対する優位性を有するためには、現状では燃料電池の特性、耐久性、信頼性等の向上と要素材料の基礎技術向上の確立、また、機能要素部門での基礎技術の向上と確立や燃料電池システムの最適化による安全性能と安定化を行う一方で、水素吸蔵量の増加もしくは高圧タンクの使用が必須と考えられるため、水素吸蔵合金タンクでは水素吸蔵比率の大きい合金の開発、更に 1 MPa を超える使用規制見直しまたは緩和の実現が切に望まれる。
- (3) 今後は、常温で使用される条件での電池特性性能、燃料電池運転条件にあった燃料電池の基礎技術の充実を図り、更に耐久性の確認と燃料電池ハイブリッドシステムの技術確立、最適化の構築等の基礎研究技術や新技術を巡る技術的議論を踏まえて、メーカー各社は開発を進める必要があると思われる。

2.7.2 FC 自動二輪車

小型移動体検討委員会では、2008 年度自動二輪車検討会において、CO₂ 等大気環境及び石油消費に及ぼす二輪車の影響を軽減するため、FC 自動二輪車を対象として、商品化意義と技術的課題、実走行時の課題、実証試験の意義と目的等について、国内外の状況についての調査結果に基づき検討し、以下の結果を得た。(参加企業：スズキ(株)、(株)本田技術研究所、ヤマハ発動機(株))

- (1) エネルギーや環境問題への対応策の一つとして、FC 自動二輪車の研究が行われているが、まだ各社とも開発中であり、いろいろな形式にトライしていることが判った。
- (2) 水素 FC 自動二輪車からの CO₂ 排出がゼロ、ガソリン車に比べて車両効率の向上等のメリットは各社とも確認されているが、商品として成り立たせるためには、LCA や Well to Wheel の CO₂ 削減効果、コスト、耐久性等の多くの課題を検討し、クリアしなければならない。これらをクリアして商品性を高めれば意義の一つとして考えられる。
- (3) 技術的な課題や公道走行する際の課題の項目を分類し共有した。実証試験を行うことによって商品化への加速の役割を果たすことを確認した。
- (4) 2 次電池の開発が急速に進む中、FC 自動二輪車の位置付けを、短期および中長期的な視点でそれぞれ検討することが望まれ、メーカー各社と共に燃料電池、2 次電池、水素貯蔵タンク及び各システムの専門家等を交えた討議が、今後も必要である。

2.7.3 FC 電源車

大阪地区の実証試験においては、2008 年度には、新規市場開拓を目的に、岩谷産業(株)が NEDO「新利用形態燃料電池開発」補助事業により開発した燃料電池を基に、どこでも「排ガスがなくクリーン」、「騒音・振動がほとんどない」、「炭酸ガスを排出しない」電力供給ができる移動式電源車を開発し、関西国際空港における夜間工事の照明用電源、イベントでの映像・音響用電源等として実証試験を行った。これは、10kW 級燃料電池をトラックに積載し、高圧水素ボンベはトレーラーで牽引するもので、燃料電池単独での発電効率は 47%と既存の同等のディーゼル発電の 30%を凌ぎ、特に静音性及び低振動性の特長を活かした用途に有効であることを示した。

小型移動体とその他の水素利用技術の大阪での推進状況は、II 章 6.2 節の地方実証研究、大阪実証の章も参照されたい。

2.7.4 水素内燃機関自動車

水素を燃料とする自動車として、FCV とともに水素内燃機関自動車の開発も進められている。ここでは JHFC に参加した 3 車種の水素内燃機関自動車について紹介する。詳細な諸元については表 2.2-1 を参照。

2.7.4.1 JHFC参加車両概要

(1)マツダ株式会社 RX-8ハイドロジェンRE

RX-8ハイドロジェンREは水素ロータリーエンジン搭載車として、2006年2月に世界に先がけて実用化された。RX-8ハイドロジェンREはデュアルフューエルシステムを採用し、水素もしくはガソリンのどちらかを任意で選択できる。これにより水素ステーションから遠く離れた場所へも移動できる。水素の搭載方法は、35MPaの高圧水素容器を荷室内に2本搭載する。

(2)ビー・エム・ダブリュー株式会社 Hydrogen7

BMWは「既存の自動車技術を生かすことでコスト面、製造技術面で有利」「ガソリンと水素両方を使うことで、インフラが整備される前からの普及が可能である」ことを理由に、水素内燃機関自動車の開発に取り組んだ。量産型水素自動車として開発されたHydrogen7は、ガソリンと水素を燃料とするバイ・フューエルエンジンを採用し、水素の貯蔵方法はBMWが最も有望と考えた液体水素タンクを採用した。

(3)マツダ株式会社 プレマシー ハイドロジェンREハイブリッド

プレマシーハイドロジェンREハイブリッドは、RX-8ハイドロジェンREに対して、航続距離を2倍の200km、出力を40%改善、日常使用に十分な荷室容量の確保を目標に開発された。そのためハイブリッドシステムの中でもエンジン出力を全て電気エネルギーに変換してモーターで駆動するシリーズハイブリッド方式を採用するとともに、110kWの駆動用モーターを採用している。また、ベース車の3列目シートの位置に高圧水素容器を、2列目シート下部に駆動用バッテリーを配置することで、大人5人の居住空間と荷室スペースを確保している。

2.7.4.2 累積走行距離、累積水素充填量

水素内燃機関自動車はJHFC2より実証試験に参加している。水素内燃機関自動車の水素充填量、および走行距離をそれぞれ図2.7.4.2-1、図2.7.4.2-2に示す。水素内燃機関自動車は2010年9月まで、約1,900kgの水素充填、約63,000kmの走行を行った。

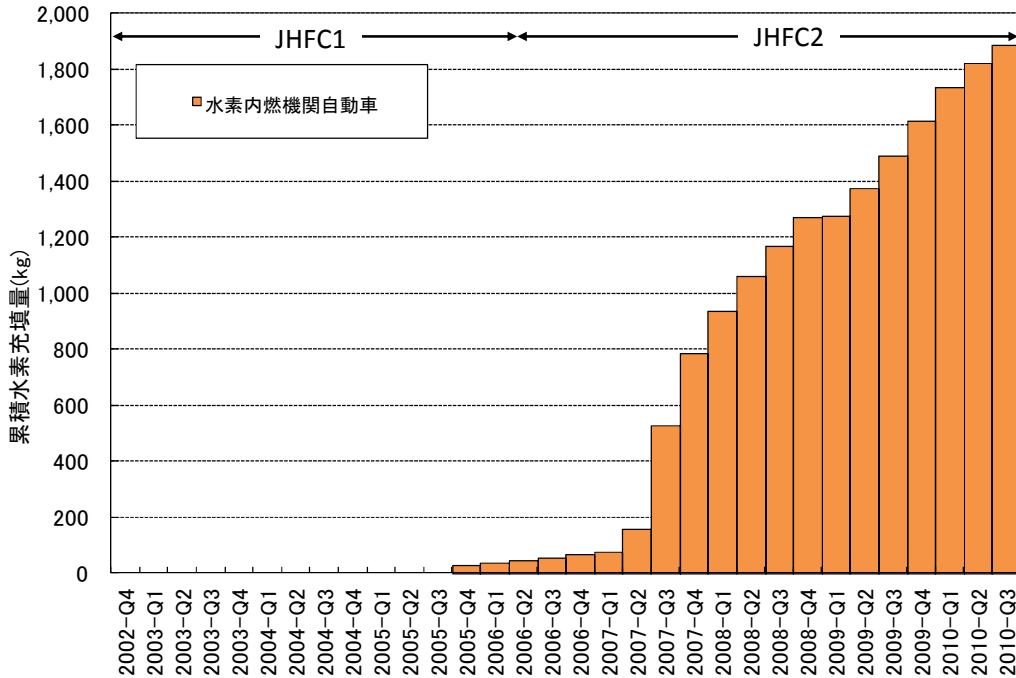


図2.7.4.2-1 水素内燃機関自動車の水素使用量

(水素充填時のデータより作成。完全なデータではなく、燃費は計算不可)

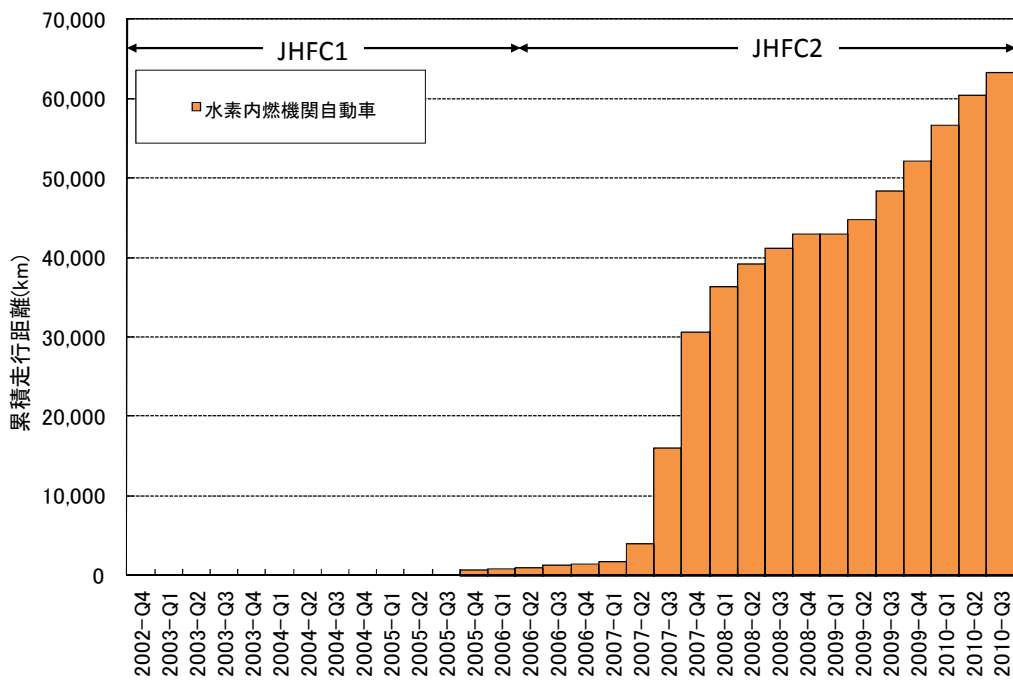


図 2.7.4.2-2 水素内燃機関自動車の走行距離

2.7.4.3 技術課題

この3車種類はいずれも水素とガソリンの両方をエンジンの燃料として使うことで、水素のインフラが整わない地域でも走行を続けることができる。しかし、水素とガソリンの両方を使うデメリットとして、水素の燃焼効率の悪化、それに伴う航続距離の短さが問題となる。

そこで、マツダは2009年3月に出力と航続距離を改善させたモデルとしてプレマシーハイドロジェン RE ハイブリッド（以下、プレマシー）を発表している。プレマシーはシリーズHEVを採用することによって、エンジンの高効率点での運転を増加させ、バッテリーによるモーター駆動によって加速性能を向上させている。今後は、両燃料を使った航続距離の内、水素の航続距離の割合の増加について課題として取り組むとのこと。

3. 車両・インフラ共通領域に関する実証研究

JHFC1 当初は、自動車領域と水素ステーション領域で実証試験を開始したが、実証の過程から水素充填技術など自動車とステーションの間で共通の課題に対して議論する必要があるとの新たな認識があり、プロジェクト3年目より自動車とステーションの境界領域を検討するWGが新たに設置された。それらの議論に基づき、充填作業時に抽出された課題を解決するために、レセプタクルの改良、長首ノズルの採用等の対応をとった。また、NEDO「水素社会構築共通基盤事業」及び日本自動車工業会、(財)石油産業活性化センター等関連団体とも緊密に連携をとり、充填速度、最高充填圧力、通信充填技術等の課題について、JHFC2に引き継がれた。

JHFC2 WG3 は、燃料電池自動車等及び水素インフラ等の共通課題に対して以下の課題設定を行った。

- (1) 水素充填作業の実使用条件による運用とその際の課題明確化
- (2) 水素貯蔵の高圧化に伴う充填技術に関する実証
- (3) 充填技術に関わる規格、法規・基準作成のためのデータ取得
- (4) FCV等及び水素ステーション等に関わる技術・政策動向の把握

充填時のヒューマンエラーを低減するため、車種によらず同様に対応できる充填方法の確立をめざし、35MPa 充填については、一定流量充填試験を中心に検討した。初期の少量充填によりタンク内容積と初期圧力を把握し、外気温ごとに水素流量を定めることにより、タンク上限温度(85℃)以下で充填する技術を実証した。また、充填時の安全性、作業性の改善を目的に、充填設備、車両の改良について課題を抽出し、今後必要となる改良点について対応策を検討した。その中で、各水素ステーションの接地抵抗を測定、安全性が確保されていることを確認し、充填時のアース接続を省いた。

JHFC2の後半には、FCVの航続距離性能向上の要望から導入を始めた70MPa車両に対応するため、プレクール温度の設定等、ステーションの仕様を検討し、2008年9月より千住ステーションをはじめとして70MPa充填試験を開始した。WG3として検討した項目を整理すると以下のとおりである。

- 1) JHFC2の充填実証試験結果のまとめ
 - 35MPa 充填実績まとめ(一定流量充填、容積推定、非通信プロトコル)
 - 70MPa 充填試験まとめ(充填流量、プレクール性能)
- 2) 2015年普及開始時期での充填圧力検討
 - 最大充填圧力の設定
 - 上記圧力を実現する必須技術の明確化
 - インフラ仕様決定の検討項目

3) 充填性能実証

70MPa 充填の充填性能実証：3分 5kg 充填の達成

4) 要素技術の項目

プレクール技術： 必要仕様検討

通信充填技術： 機器の性能試験とステーション導入準備、海外調査

安全技術検討： 緊急離脱カプラ調査

フル充填ステーションの仕様とコスト検討

必要な規制見直し項目の調査と仕様との整合

5) 2015年への実証提案

フル充填ステーション仕様検討

フル充填ステーション仕様提案

上記の結果から、目標時間の3分以内で充填できる設備の改造を実施し、充填試験結果を得た。さらに燃料電池自動車の充填可能量を、車載タンク性能までフルに活用できるよう、フル充填に関する検討を行い、通信充填機能と-40℃プレクール機能等ステーション仕様の具体的な実証と提案を行った。

70MPa フル充填ステーションの実用化には、水素ステーションのコスト検討から圧縮機による直接充填提案と高圧ガス保安法等の規制見直し、材料選択肢の拡大が必須であるとの見解を得た。次期実証プロジェクトに対し、必要となる技術的及び法規上・規制上の課題を合わせて抽出し「2015年実用化を目指して70MPaフル充填ステーションを設置し技術実証データを取得する」とする提案をまとめた。

3.1 充填試験と性能検討

JHFC1 では車両ごとに指定された流量での充填を実施したが、JHFC2 ではこれに加え充填方法の共通化を目指した試験、国際規格化が進められているプロトコルや規格に反映するためのデータ収集のための試験を行った。

3.1.1 充填試験

JHFC の各ステーションでは 35MPa、70MPa 充填を通して、水素充填のデータ蓄積と充填時の作業性に関わる課題の抽出と対応策の検討を行った。

3.1.1.1 35MPa、70MPa 充填

(1) 充填状況

パブリックのステーションである JHFC の水素ステーションは協賛ステーションを含め 15 ヶ所のステーション（2010 年 9 月現在は 14 ヶ所）で水素を燃料とする車両に充填を行うことにより試験を行った。首都圏のステーションでは、一般の FCV に加えて車両メーカーによる定期的な走行（実証 B 車）により充填を行った。特に、一般の FCV への充填は特定のステーションに集中するため、充填が少ないステーションでの充填を車両側に依頼した。図 3.1.1-1 にステーションでの充填状況を示す。



千住ステーション



大黒ステーション

図 3.1.1-1 充填状況

JHFC1 では、充填回数は 8,852 回、充填した水素は 24,032kg であったが、JHFC2 では（2006 年度から 2010 年 9 月までの集計）充填回数は 35MPa、70MPa 併せて 11,773 回、充填した水素は 27,420kg であり、JHFC1 を上回った。JHFC1 では東京都バスや愛・地球博の FC バス充填があったため充填実績が多く JHFC2 での充填実績の伸びが少ないが一般の FCV への充填は確実に増加している。図 3.1.1-2 に各ステーションの充填回数、充填量を示す。セントレアステーションは FC バスへの充填が行われているため、充填回数、充填量とも多くなっている。これらの充填を通してステーション側、車両側とも大きな問題はなく、順調に充填が行われた。

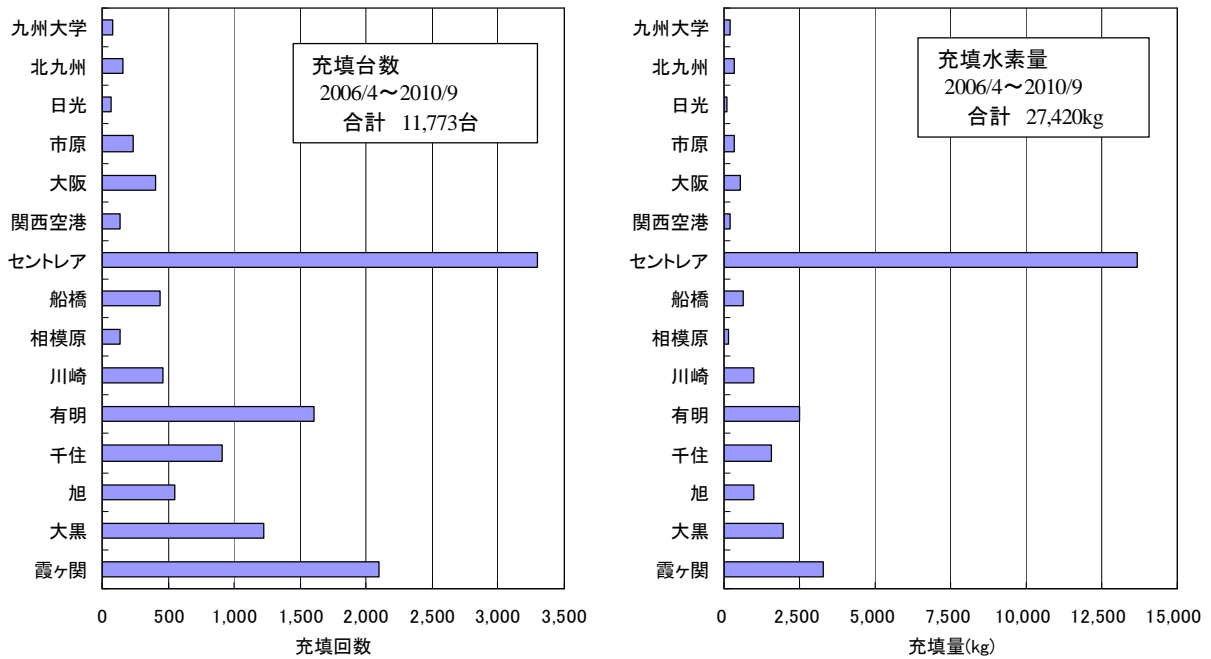


図 3.1.1-2 JHFC ステーションの充填回数、充填水素量(2006/4～2010/9)

一般のFCVに加え車両メーカーによる定期的な走行が行われた首都圏9ステーションの充填回数、充填水素量を図 3.1.1-3 に示す。充填回数は7,634回、充填した水素は12,399kgであった。なお、充填回数・充填水素量のうち、充填回数では一般車両は71.6%、定期的な走行車両(実証B車)は28.4%であり、充填水素量では一般車両は76.4%、定期的な走行車両は23.6%であった。

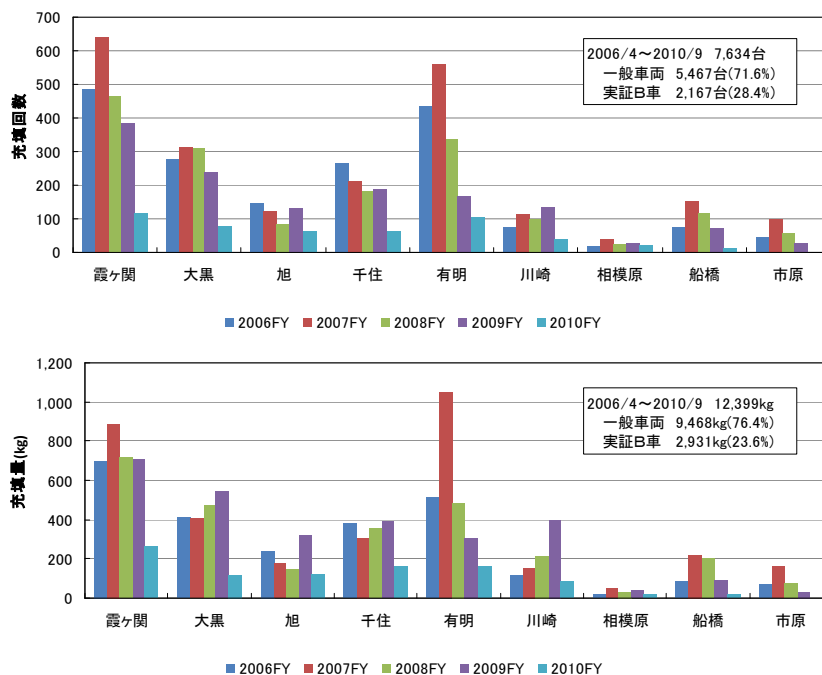


図 3.1.1-3 首都圏9ステーションの充填回数、充填水素量(2006/4～2010/9)

(2)70MPa 充填

70MPa 充填は4ヶ所のステーション（霞ヶ関、大黒、旭、千住）で2008年9月から2009年2月にかけて開始された。70MPa 充填は表 3.1.1-1 に示すように70MPa 化による使用上の課題の抽出、70MPa 各種標準化のためのデータ取得を目的として行った。

表 3.1.1-1 70MPa 充填データ取得内容

目標	内容	具体的内容
70MPa 化による使用上の課題抽出	充填作業性の確認	35MPa との作業性の差 プレクールの影響
	不具合有無の確認	車両側の変形、霜付き等の有無
	基礎データ取得	コンタミデータ等
	安全性の確認	運用上の課題抽出
70MPa 各種標準化のためのデータ取得	レセプタクル標準化のための実証確認	実使用条件下での充填を通して、不具合のないことを確認する
	充填手法標準化のためのデータ取得	充填手法の実車・実ステーションでの検証

図 3.1.1-4 に設備の運用開始から2010/9月までの各ステーションごとの充填回数、充填水素量を示す（これらには充填試験も含む）が、4ステーション合計で649回の充填が行われ、充填した水素は1,809kgで1回あたり約3kgの水素充填であった。

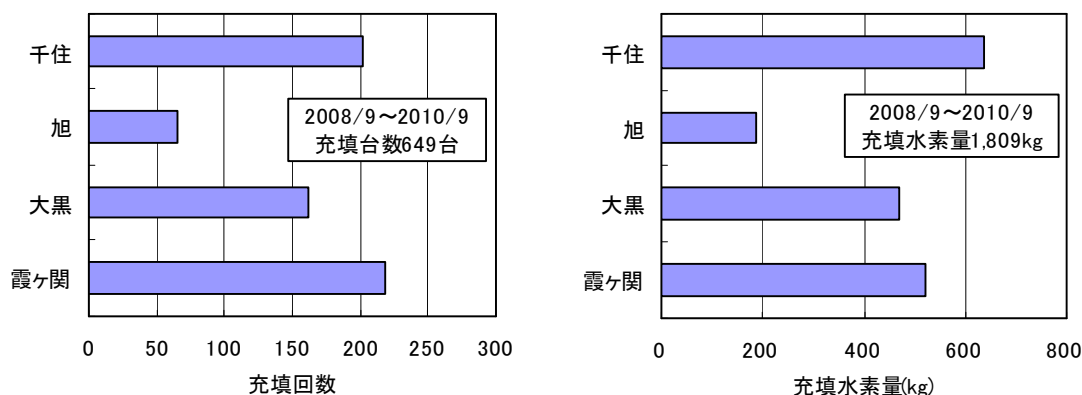


図 3.1.1-4 70MPa ステーションの充填回数、充填水素量

70MPa 充填は2年間であったが、図 3.1.1-5 に示すように年間を通じて検証充填を行い、データを取得した。70MPa 化による使用上の課題の抽出のための充填中に確認する項目については、充填を行うごとにステーションから状況の報告を受けた。これらをまとめたものを表 3.1.1-2 に示す。また、70MPa レセプタクルについても不具合はみられず、充填手法を実車・実ステーションでの検証するためのプロトコル試験も、年間を通していずれの試験でも日本版充填プロトコルではSOC（State of Charge、充填率）100%以下で過充填はなく、容器許容温度85℃以下で充填できることが確認できた。（詳細は3.1.2 充填プロトコルの検証・解析参照）

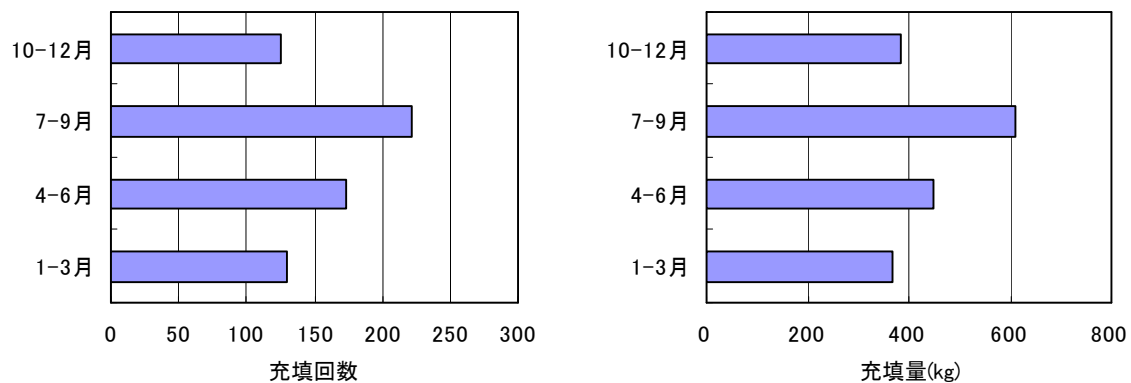


図 3.1.1-5 70MPa の時期ごとの充填回数、充填水素量

表 3.1.1-2 充填状況

確認項目		ステーションの状況
①充填作業性の確認	35MPa との作業性の差	・作業性そのものに差は無かったが、充填前後の作業時間特に脱圧時間の長い事が指摘された。
	プレクールによるノズル温度の影響	・外気温、湿度によっては霜付きが見られるが作業性には問題ないとの意見が多かった。
	その他	特になし
②不具合の有無	車両変形、レセクタプル変形の有無	特になし
	プレクール時の霜の影響の有無	・プレクールのため霜付きがみられるとの意見が多かったが、着脱に支障があるケースはなかった。
	その他	特になし
③安全性	70MPa 運用における安全上の課題抽出	特になし
④基礎データ	レセプタクルやノズル外面に付着する異物の状況	特になし

プレクールを行っているステーションでは充填する水素が 0℃以下になるためホースやノズルへの着霜や凍結による作業性の懸念があったが、ノズル、レセプタクルに着霜はみられるものの、凍結による操作性に関する大きな問題はなく、充填作業性はいずれも良好であった。図 3.1.1-6 に充填状況及び充填ノズル着霜を含む充填状況を示す。

5 年間にわたって車両へ充填を行う中で、人的被害、物的被害を生じた事例はなく、順調に運転が行われた。

なお、JHFC2 の期間中の充填を通して、充填ノズル形状や操作性、70MPa 充填時の充填前後の作業時間が長いこと等がクローズアップされてきた。



図 3.1.1-6 充填状況

3.1.1.2 充填時の作業性に関わる課題と対応策

(1) 充填ノズル形状

JHFC1 で実証試験を進める過程において、初期のノズル形状では車種によってはフューエルリッドと干渉するため接続がしにくく作業性が悪いことが明らかとなった。図 3.1.1-7 に各ステーションのノズルタイプを示すが、初期型ノズルを使用している 5ヶ所のステーションのノズルを 2007 年から 2008 年にかけて対策を折り込んだ長首型ノズルに交換して実証を行った。図 3.1.1-8 に初期型ノズルと長首型ノズルの比較を示す。自動車のフューエルリッドの開く方向によっては、初期型ノズルではレバーがフューエルリッドに干渉し、大きく振じるなどの作業が必要であるが、ノズルの首を長くすることにより、フューエルリッドとの干渉を減らし、作業性が向上することが期待された。

実証の結果、ステーション関係者から作業性が向上したことの報告がなされ、車両へ 1,000 回以上の充填が行われたが充填口近傍が変形する等の車両への影響はなかったことが確認できた。




ステーション	ノズルType	備考
霞ヶ関	長首型(レバーなし)	初期型ノズル 
横浜・大黒	初期型→長首型へ交換	
横浜・旭	初期型→長首型へ交換	
千住	長首型(レバーなし)	
有明	初期型→長首型へ交換	
川崎	初期型→長首型へ交換	長首型ノズル 
相模原	初期型→長首型へ交換	
船橋	長首型(レバーなし)	長首型ノズル (レバーなし) 
セントレア FCV用	長首型	
BUS用	長首型(レバーなし)	
大阪	長首型(レバーなし)	
関西空港	長首型	

図 3.1.1-7 ステーションのノズルタイプ

自動車のフューエルリッドの開く方向によっては、初期型ノズルでは、レバーがフューエルリッドに干渉し、ノズルを大きく振るなどの作業が必要だった。

ノズルの首を長くすることによって、フューエルリッドとの干渉を減らし、作業性の向上を図ることができた。

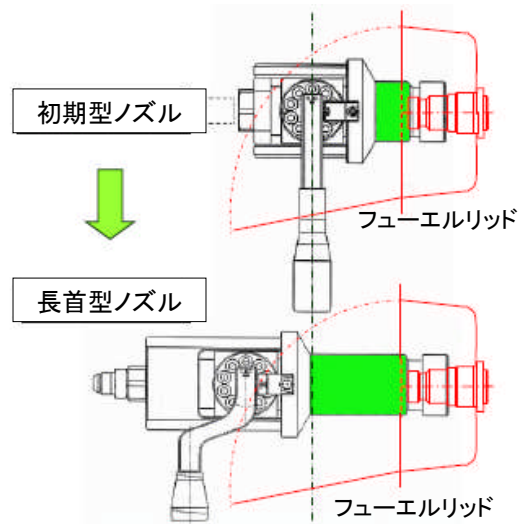


図 3.1.1-8 ノズルの改善

なお、海外では図 3.1.1-9 に示すようなガソリンスタンドで使用されているハンドル式の充填ノズルも使用されている。今後次項に示すノズルの操作性向上のためにも軽量でコンパクトなノズル形状の開発が望まれる。



図 3.1.1-9 海外で使用されているノズルの例

(2)ノズルの操作性

従来の充填ノズル形状を長首型に交換した実証による充填作業を通して充填現場より新たな以下のような課題・要望が出された。

- ・装着時の軸合せを容易にするためノズルの軽量小型化
- ・レセプタクルの位置、高さの統一と軸合せを容易にするための充填口の角度
- ・バランサの機能を明確化するとともにノズル着脱作業を干渉しない工夫

ステーションごとに図 3.1.1-10 に代表的なノズルを示すが、脱圧方式の違いにより比較的大型のものから小型のものまで数種類の形状のノズルが採用され、また、バランサを設置し

て充填時のノズルを吊って使用しているステーションもある。

このため、図 3.1.1-11 に示すように充填口の角度によるノズル接続時の軸合せやノズルを支えるバランスの作業性・必要性を含めたノズルの操作性について検討を行った。海外のステーションでは小型軽量なノズルが使用されているが、国内のノズルは日本の法規に基づいた最適設計がなされており現在の法規制のもとでは小型化は難しい。また、充填口の角度が斜めになっているとノズル接続時の軸合せが難しい。バランスの目的はノズルの落下防止で二次的なものとして作業者の負担低減、充填時の車両への重量不可の低減であり、4ヶ所のステーション（旭：35MPa 用・70MPa 用、大黒：35MPa 用、相模原：35MPa 用、千住：70MPa 用）で設置されている。

また、リッド位置が高く、俯角がきついと背の低い作業者は軸合わせ・接続に時間がかかる。水平の方が自然な作業であるが、車のデザインと関連があることがステーション関係者にも認識された。



図 3.1.1-10 ステーションの充填ノズル

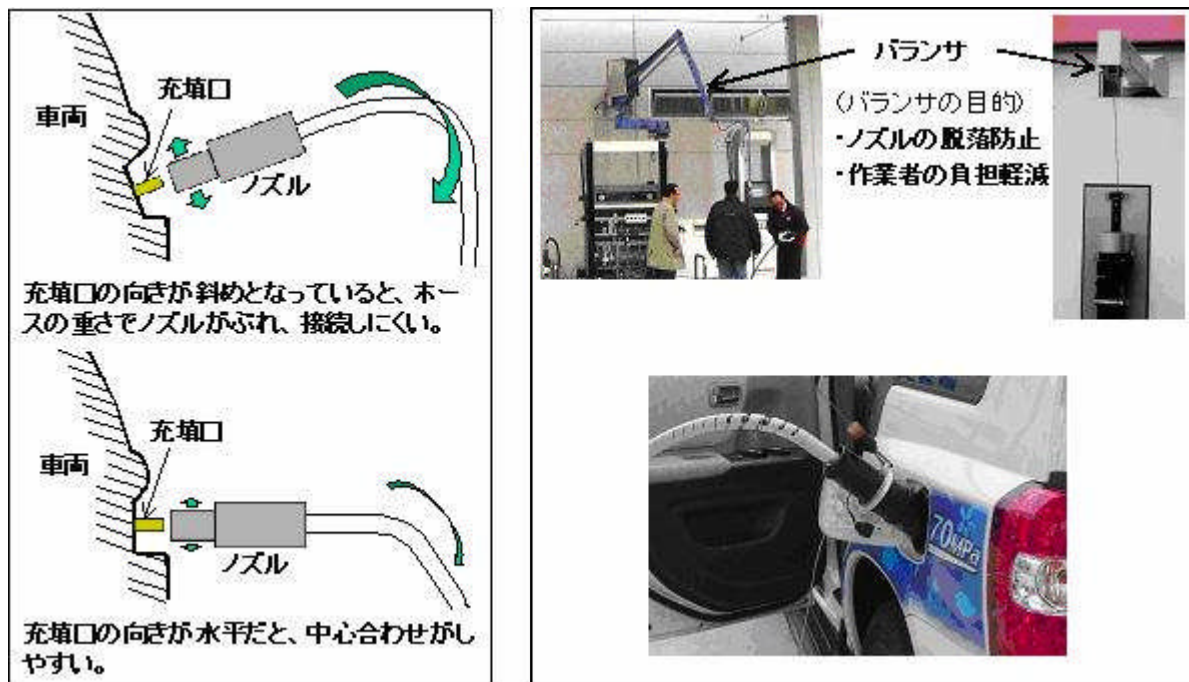


図 3.1.1-11 ノズル操作性（充填口の角度、バランスの状況）

(3) 充填前後の作業時間

70MPa 充填当初は設備面の制約から充填に時間がかかっていたが、設備の改造に伴って短時間で高流量の充填が可能になった。充填時間は、実際に水素を充填している時間だけでなく、二度の漏れチェックやノズル着脱時間などの前後の時間も含まれる。従来は水素を充填している時間が長く、前後の時間は問題にならなかったが、徐々に充填そのものの時間が短くなったため、前後の時間の長さが目立つようになり、前後の作業時間の短縮化が新たな課題となった。

このため、充填時に各ステーションで、充填前後の作業時間計測を実施した。

- ・実施日時 2010年5～6月
- ・実施ステーション 有明、旭、相模原、船橋、千住、大黒、霞ヶ関

図 3.1.1-12 に 35MPa、70MPa 充填前後の作業時間を示す。35MPa 充填では 1 分以下であるが、70MPa 充填では 1.5～2.5 分であった。このうち、脱圧時間が 0.7～1.5 分と半分程度を占めている。70MPa は国内初の設備で、35MPa にくらべて圧力が高いことから、放出音を抑制するため、脱圧ラインにオリフィスを設置するなどして時間をかけて放出していることが判明した。このため将来的には、35MPa 充填と同程度の脱圧時間を目指していくことにした。

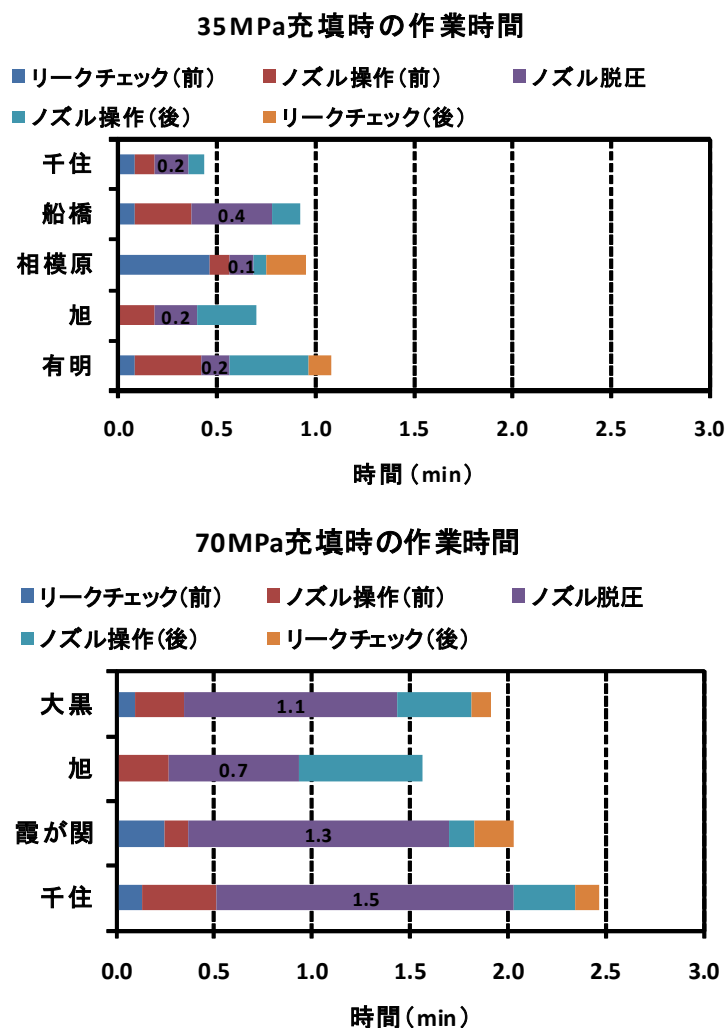


図 3.1.1-12 充填時の作業時間

(4) 70MPa 充填ノズルの着霜、固着

プレクールを行っている充填試験では外気温、湿度によっては充填ノズルに着霜はみられたが、凍結による固着のような操作性に関する大きな問題は発生しなかった。国内では事例はなかったが、海外では凍結による固着が報告されている。

そこで、70MPa 設備の建設にあたり、事前に充填ノズルの低温挙動試験として、液体窒素で冷却した水素を利用して行った。その結果、低温による水素漏れもなく、充填ノズルが離脱できないような凍結は生ぜず、また離脱後の O リングに傷も認められなかった。

表 3.1.1-3 調査結果

	Case1	Case2
気 温	32℃	29℃
湿 度	59%	56%
供給水素温度	-20~-30℃	-20~-30℃
供給時間	5 分	60 分
水素漏洩	なし	なし
ノズル離脱	問題なし	問題なし
離脱後の勘合部	結露あり	凍結あり
離脱後の O リン グの状況	結露がみられ たが傷なし	凍結が見られ たが傷なし

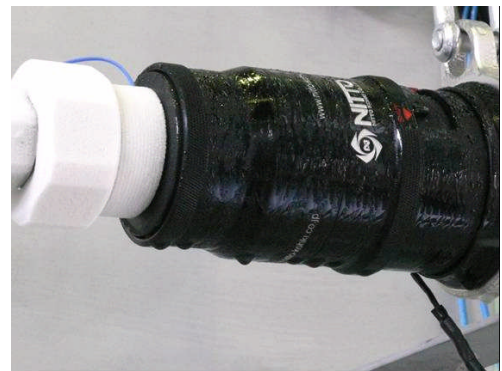


図 3.1.1-13 試験状況 (Case2)



図 3.1.1-14 ノズルのカバーの状況 (Case2)

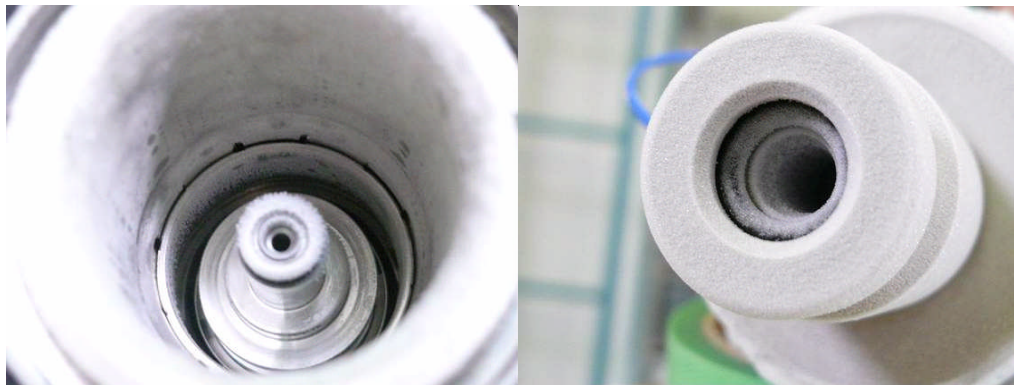


図 3.1.1-15 ノズル、レセプタクルの状況 (Case2)

(5)アース廃止について

JHFC のステーションでは実証試験が開始された 2002 年度から車両にアースを接続して充填を行ってきた。車両へのアースの接続は WE-NET の水素ステーションで車両以外への充填も想定して手順として採用されたものである。このため、現在 JHFC 水素ステーションで実施している車両へのアース接続を、普及時の対応を考慮し、ガソリン車・CNG 車と同様に省略することを検討した。

検討の結果、車両へのアース接続を行わなくても、充填ノズル接続時にアースが確保されることが確認されたため、以下の措置を前提として車両へのアース接続を廃止することとした。

(1.1.1.7 車両へのアース接続について参照)

- ① 充填ノズルが適切に接地されていることを定期的を確認する。
- ② 車両に充填ノズルを接続する前に充填作業員が自らの静電気を放電する手順を明確にする。

3.1.1.3 容積推定

(1)検討方法

車両に水素を充填するときに重要なことは、タンクの許容温度以下にするための圧力上昇速度である。この圧力上昇速度を決めるのは、充填流量であるが、タンクの容積が分からないと決めることはできない。そこでタンクの容積を推定する方法として、少量の水素を充填し、その前後の圧力差によりタンク容積を推定する方法を検討した。

気体の状態方程式は、

$$PV = znRT \quad z : \text{圧縮率因子}$$

で示される。これより

$$n = PV / zRT \quad \text{となり}$$

$$m = 2n \quad \text{より、}$$

$$m = 2PV / zRT \quad \text{と示せる。}$$

これから計量充填で充填した量は次のように示せる。

$$\begin{aligned} \Delta m &= 2P_2V / z_2RT_2 - 2P_1V / z_1RT_1 \quad 1 : \text{初期、} 2 : \text{計量充填後} \\ &= 2V(P_2 / z_2T_2 - P_1 / z_1T_1) / R \end{aligned}$$

これから車両タンクの容積 V は

$$V = R \Delta m / 2(P_2 / z_2T_2 - P_1 / z_1T_1) \quad \dots \dots \dots (1 \text{ 式})$$

と示すことができる。

ここで Δm は、測定した流量であり、充てん時測定可能。

P_2 は、計量充填後のタンク圧で、充填時測定可能

P_1 は、計量充填前のタンク圧で、充填時測定可能

T_1 は、計量充填前のタンク温度で、ほぼ外気温で近似できる。

また、 z は P と T が分かれば、計算出来る。

$$\begin{aligned} z(P,T) &= (1.019 * 10^{-13} * T^3 - 1.0264 * 10^{-10} * T^2 + 3.4664 * 10^{-8} * T - 3.9639 * 10^{-6}) P^3 \\ &\quad + (-1.4 * 10^{-11} * T^3 + 1.434 * 10^{-8} * T^2 - 4.9551 * 10^{-6} * T + 0.00058233) * P^2 \\ &\quad + (1.876 * 10^{-9} * T^2 - 1.4613 * 10^{-5} * T + 0.010258) * P + 9.342 * 10^{-6} * T + 0.99679 \\ &\quad \dots \dots \dots (2 \text{ 式}) \end{aligned}$$

この z についての近似式は、WG1 の項を参照されたい。

従って計量充填後の温度 T_2 が分かれば、 z_2 が計算でき、 V を計算可能である。

(2) 計量充填後のタンク内温度 (T_2) の推定

推定には以下の前提条件を基に行った。

- ① 外部への放熱を無視：

計量充填は短時間のためタンクから外部への放熱はないとした。

- ② 水素充填による内部エネルギーの増加量は充填量に比例する：

充填量が少ないため、発熱量は充填量に比例する。

③ タンク内残ガス温度は、外気温とする：

残ガス量が少ないため外気温としても誤差が少ない。

④ タンク内ガス温度上昇は、タンク圧力上昇÷充填後圧力

温度上昇は、内部エネルギーの増加量÷熱容量であり、

内部エネルギーの増加量は、充填量であり、熱容量は、短時間のため水素の熱容量であり、水素の熱容量は、充填後の水素量に比例する。

千住 ST での容積推定試験のデータを図 3.1.1-16 に示す。

この結果から、

$$\Delta T = 33\Delta P / P_2 \dots \dots \dots (3 \text{ 式})$$

を得た。

この(3式)を利用して、

$$T_2 = \Delta T + T_1 \\ = 33\Delta P / P_2 + T_1$$

T_2 を求め、(2式)より z_2 を計算し、(1式)よりタンク容積 V を求めた。

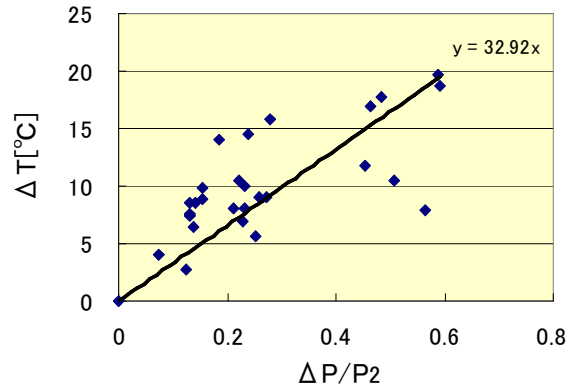


図 3.1.1-16 $\Delta P / P_2$ と ΔT の関係(ゼロ点補完)

図 3.1.1-17 に推定した容積を既知の実容積で除した誤差を示す。5 点を除いてほぼ±3%の範囲に入っている。外れた 5 点は残圧が 15MPa 以上であった。

図 3.1.4-18 には、残ガス圧の影響を示す。残ガス圧が高いと誤差は大きくなるが、少なめの推定となるため安全側である。低流量であるため、充填時間が長くなることが懸念されるが、残圧が高いため満タンまでの充填量は少なく、充填時間はそれほど長くならず問題ないと考えられる。

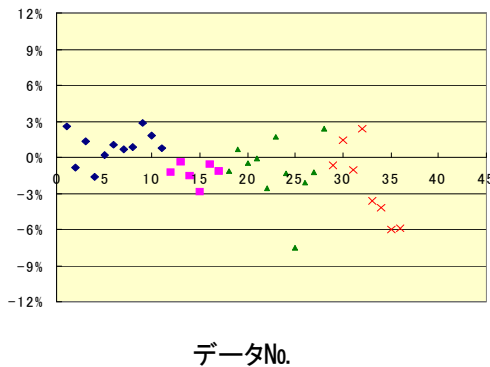


図 3.1.1-17 誤差の範囲

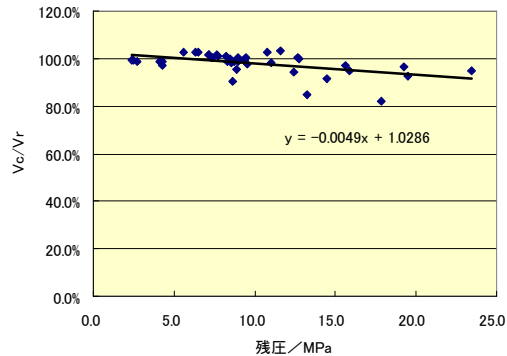


図 3.1.1-18 残圧の影響

図 3.1.1-19 は、外気温の影響を示したものである。高温側のデータが少ないが、全域にわたり良好な推定となっている。

図 3.1.1-20 は、計量充填の充填量の影響を調べたものである。充填量が多いほど、データの

分散が小さく推定精度が高いことが分る。これは計量充填前と充填後のそれぞれの圧力を測定しその差圧を利用しているため、測定器の測定誤差が大きく影響するためと考える。

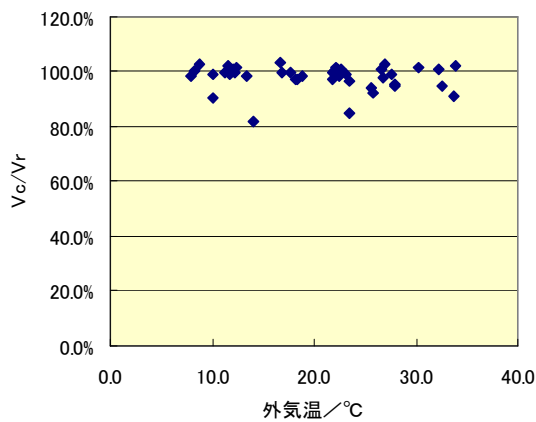


図 3.1.1-19 外気温の影響

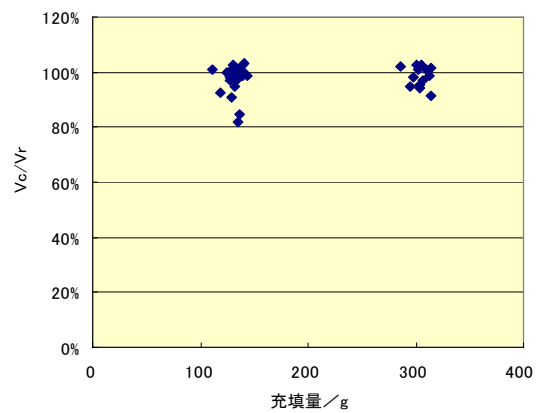


図 3.1.1-20 計量充填量の影響

(3) 70MPa タンクの容積推定

ここまでは、35MPa タンクでの容積推定を行ってきた。70MPa タンクへの充填は、ほとんどがプレクールしたガスを充填するため、タンク内温度を適格に推定することができず、容積推定はできない。70MPa に限らずプレクールガス充填の場合で容積推定をするには、プレクールしない系でガスを流すことにより可能となる。

(4) 容積推定の結論

- ・ タンク残圧が 15MPa 以下では、ほぼ±3%以下の精度を得た。
- ・ 15MPa 以上の場合は、少ない容積推定となるが、これは安全側である。
- ・ この場合、充填量が少ないため、充填時間の増加は少ない。
- ・ 計量充填の充填量は、150g より 300g の方が精度が高い。
- ・ プレクール付きの場合は、プレクールを通らない配管からガスを流すことで測定出来る。

容積推定式の理論的検討を参考資料として記す。

水素充填における支配方程式は次式で示せる。

$$\frac{d(mu)}{dt} = m_a h_a + \frac{dQ}{dt}$$

微小時間充てんでは、 $dQ/dt=0$ と近似できる。

$$\frac{d(mu)}{dt} = m_a h_a$$

これを積分すると

$$m_2 u_2 - m_1 u_1 = m_a h_a \Delta t$$

$$\Delta t = t_2 - t_1 : \text{充填時間}$$

充てん量 $\Delta m = m_a \Delta t = m_2 - m_1$ から

$$\begin{aligned} m_2(u_2 - u_1) &= m_a \Delta t (h_a - u_1) \\ &= \Delta m (h_a - u_1) \end{aligned}$$

状態方程式： $pV_o = ZmRT$ より

$$\begin{aligned} \Delta p V_o &= \Delta(ZmRT) \\ &= ZRT\Delta m + mR\Delta(ZT) \end{aligned}$$

$$\Delta m = \frac{\Delta p V_o - mR\Delta(ZT)}{ZRT}$$

$$= \frac{m\Delta p}{p} - \frac{m\Delta(ZT)}{ZT}$$

なお、基準を充てん後とすると、

$$p \rightarrow p_2, m \rightarrow m_2, T \rightarrow T_2, Z \rightarrow Z_2$$

となる。

この結果、

$$m_2(u_2 - u_1) = \left(\frac{m_2 \Delta p}{p_2} - \frac{m_2 \Delta(ZT)}{Z_2 T_2} \right) (h_a - u_1)$$

$$\left\{ (u_2 - u_1) + \frac{(h_a - u_1)}{T_2} \Delta T \right\} = (h_a - u_1) \left(\frac{\Delta p}{p_2} - \frac{\Delta Z}{Z} \right)$$

$$(u_2 - u_1) = c_v (T_2 - T_1) = c_v \Delta T$$

なので

$$\Delta T = \frac{(h_a - u_1)}{\{c_v + (h_a - u_1)/T_2\}} \left(\frac{\Delta p}{p_2} - \frac{\Delta Z}{Z} \right)$$

理想気体や圧力が高くない範囲では、 $\Delta Z = 0$ となるから

$$\begin{aligned} \Delta T &= \frac{(h_a - u_1)}{\{c_v + (h_a - u_1)/T_2\}} \frac{\Delta p}{p_2} \\ &= \frac{1}{\{c_v/(h_a - u_1) + 1/T_2\}} \frac{\Delta p}{p_2} \end{aligned}$$

$T_a = T_1$ とすれば、

$$= \frac{1}{\{c_v/(c_p T_a - c_v T_1) + 1/T_2\}} \frac{\Delta p}{p_2}$$

$$\Delta T = \frac{(h_a - u_1)}{\{c_v + (h_a - u_1)/T_2\}} \frac{\Delta p}{p_2}$$

$$= \frac{1}{\{c_v/(h_a - u_1) + 1/T_2\}} \frac{\Delta p}{p_2}$$

$$= \frac{1}{\{1/(c_p/c_v - 1)T_1 + 1/T_2\}} \frac{\Delta p}{p_2}$$

$$= \frac{T_1}{\{1/(\kappa - 1) + T_1/T_2\}} \frac{\Delta p}{p_2}$$

$T_1/T_2 = 1/(1 + \Delta T/T_1) \approx 1$ なので

$$\Delta T = \frac{T_1}{\{1/(\kappa - 1) + 1\}} \frac{\Delta p}{p_2}$$

$$\Delta T = \frac{\kappa - 1}{\kappa} \times T_1 \times \frac{\Delta p}{p_2}$$

$\kappa = 1.4$ であるので、

$$\Delta T = 0.286 T_1 * \Delta P / P_2$$

ここで、 $T_1 = 300K$ とすると、

$$\Delta T = 85.7 * \Delta P / P_2$$

と示せる。

この式の 85.7 と実験式の 33 の相違は、タンクへの熱伝達などによると考える。

3.1.2 充填プロトコルの検証・解析

水素充填中は車両タンク内の水素温度が上昇するため、現行基準の使用上限温度である85℃を超えないよう車両ごとに流量が指定されている。しかし車両ごとに異なる流量での充填はステーションに負荷がかかり、将来の普及時の妨げとなるため、あらゆるタンク仕様に対応できる統一された充填方法が国際的に議論されている。このため、35MPaでは外気温に応じた昇圧速度で充填する定流量充填を行い、70MPaでは国際基準化が進められている非通信のプロトコルの日本版により充填を行い、これらの試験の検証を行った。

3.1.2.1 定流量充填(旧称:昇圧率一定充填)

35MPa 充填において外気温に応じた流量で充填する定流量充填の検証を千住ステーション、大黒ステーションで行った。この試験では①車両のタンク内の温度が85℃を超えない目処をつけること、②現在のJHFCステーションで適用できるための制御の目処をつけること、③非通信で高精度な充填をする際に必要となるタンク容積推定データを取得することであり、千住ステーション及び大黒ステーションにおいて外気温に応じて3段階の昇圧速度を設定して充填を実施した。なお、本試験は従来昇圧率一定充填としていたが、ステーションの制御上一定流量で充填するためここでは定流量充填とし、昇圧率も昇圧速度とした。

(1) 昇圧速度

外気温に応じ、3段階の昇圧速度(図3.1-21)を設定した。

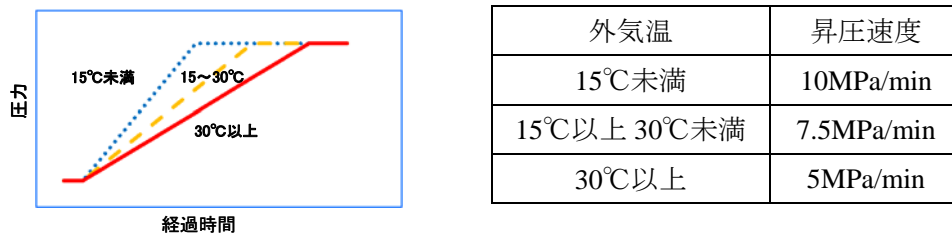


図 3.1-21 昇圧速度

(2) 充填の考え方

充填は図3.1-22,23に示すように予備充填(均圧充填、計量充填)→昇圧速度の読み込み、充填流量の算定→本充填の手順で行った。

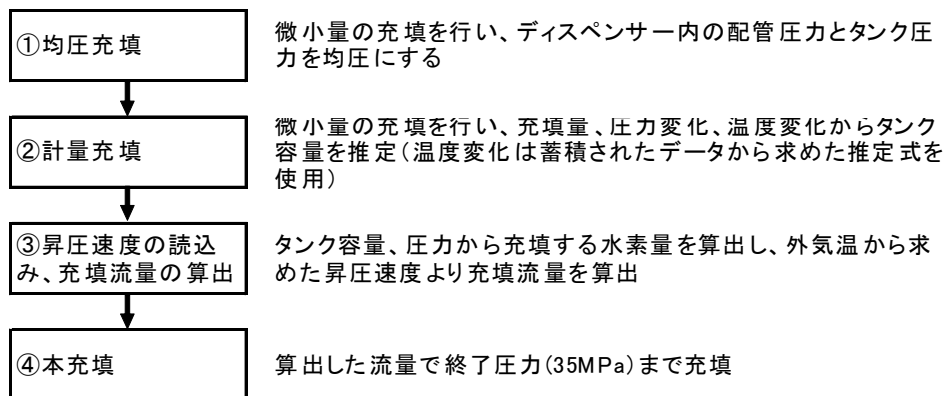


図 3.1-22 充填手順

この試験ではタンク圧力の読み取りやタンク容積推定の精度が求められるため、予備充填の時間をどの程度とればよいかも含めて試験を行った。(容積推定の理論については 1. 水素インフラに関する実証研究参照)

予備充填時間は当初 30 秒程度としていたが微小な圧力変化を読み取り精度を確保するため図 3-1.22 に示すように 50~70 秒とした。また、当初(千住ステーション)は昇圧速度のバラツキが大きく、算出した流量が高めに出る傾向があったため、千住ステーションでは暫定措置として計算値から 15%少ない流量を設定し、大黒ステーションでは予備充填時間を長くして精度をあげる改良を行って、試験を行った。(以下では千住(当初)、千住(暫定)、大黒(改良)と表記)

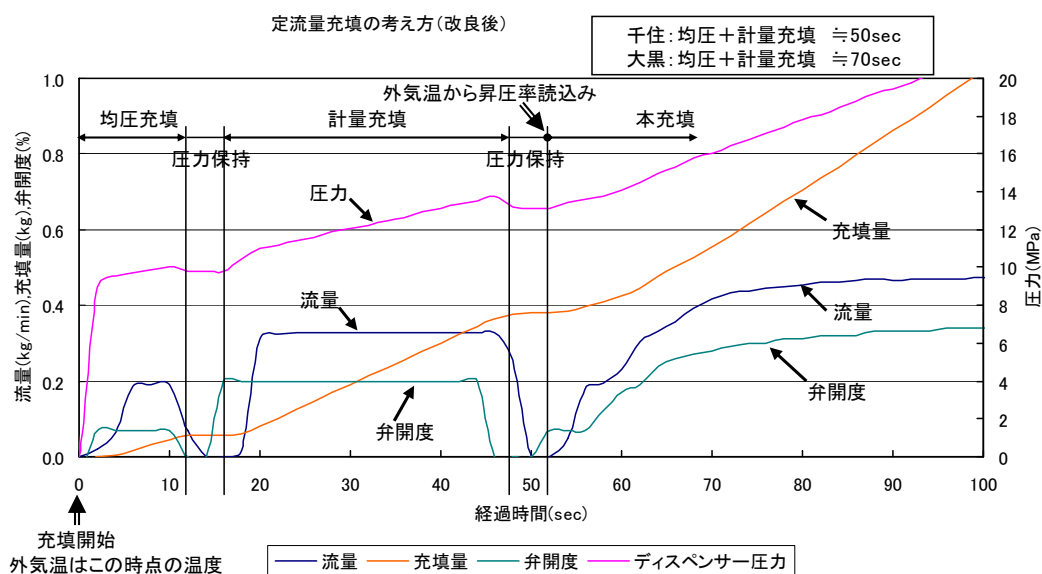


図 3.1-23 充填の考え方

(3) 充填試験結果

① 試験回数

2006 年度から 2010 年度にかけて試験した。試験回数は図 3.1-24 に示すように 94 回(初期圧 15MPa 未満 57 回、15MPa 以上 37 回)であった。なお、改良時期ごとに見ると千住(当初) 55 回、千住(暫定) 24 回、大黒(改良) 15 回であった。

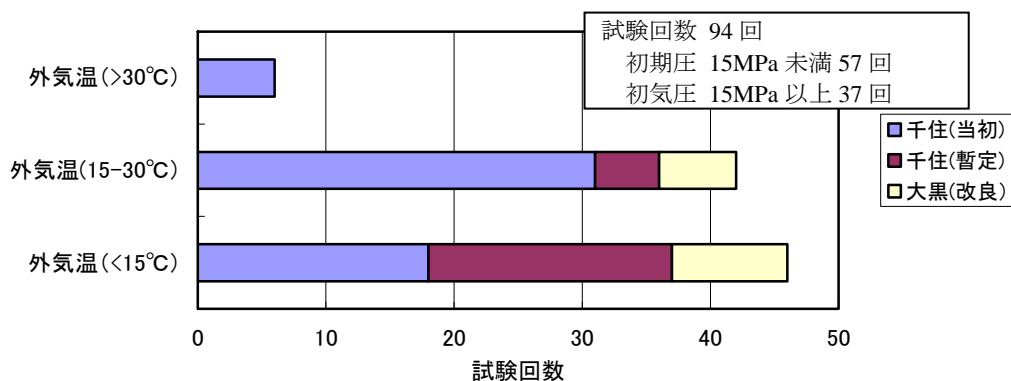


図 3.1-24 試験回数

② 充填試験データ

図 3.1-25 に代表的な試験データとして 2009/1 月及び 10 月の大黒ステーションでの充填結果を示す。外気温は 6.3℃、24.1℃であった。図中に本充填開始からの目標充填速度を破線でプロットしたが、いずれも目標充填速度より低めの結果となっている。

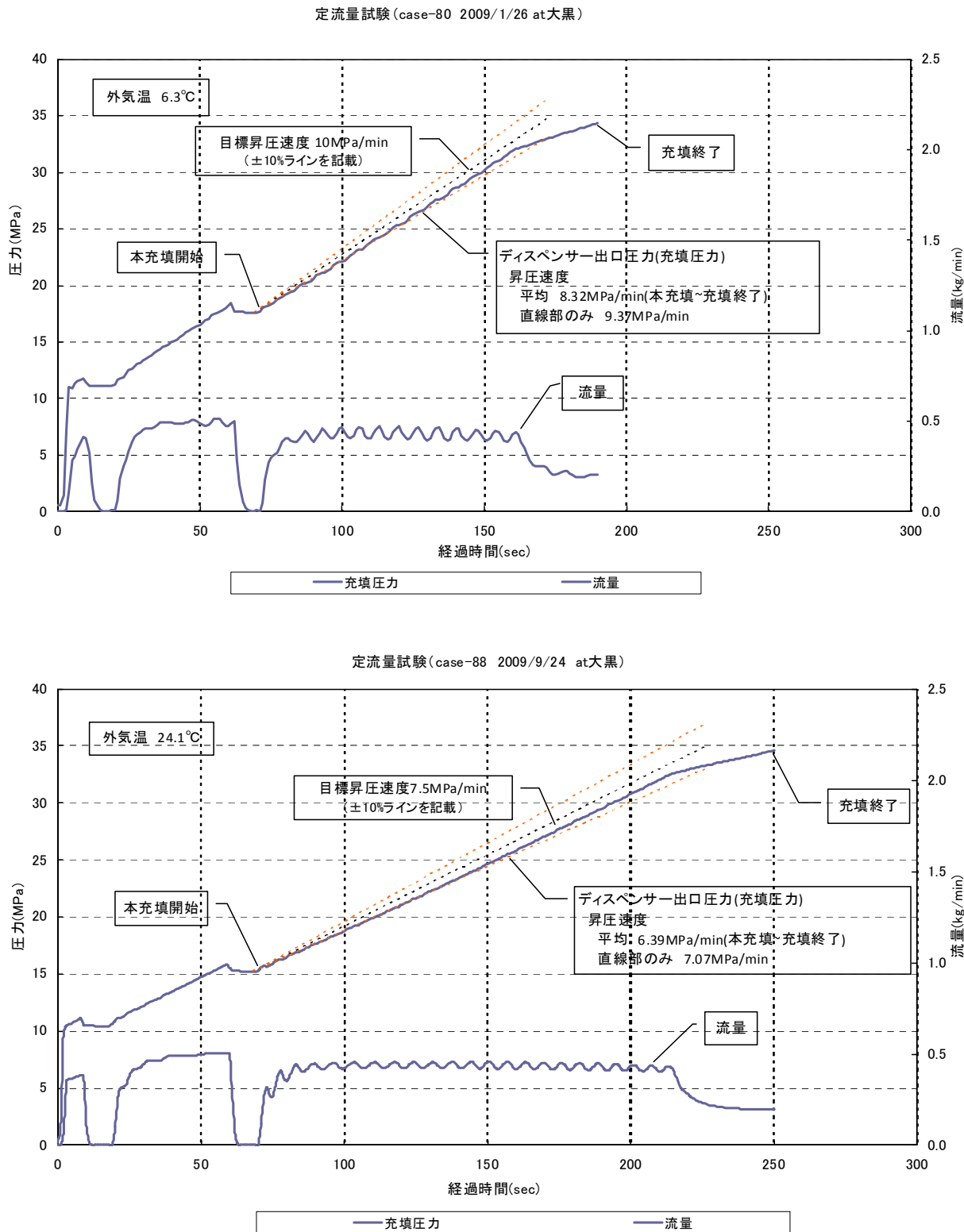


図 3.1-25 定流量試験データ

③タンク温度

試験は外気温（通常温度、低温時、高温時）、初期圧を変化させて行ったが、タンク内水素温度はいずれも図 3.1-26 に示すようにすべての充填試験で 85℃未満に収まっている。

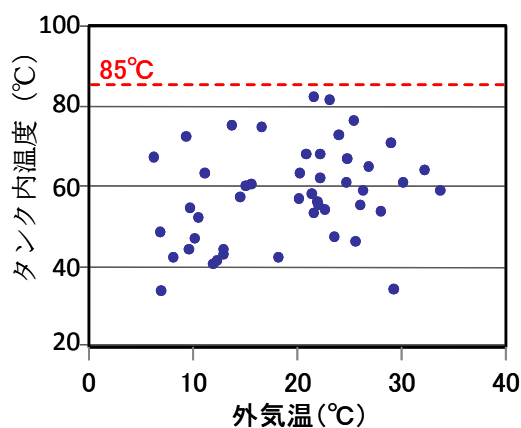


図 3.1-26 タンク内水素温度

④昇圧速度

外気温ごとの昇圧速度をプロットした結果を図 3.1-27 に示す。昇圧速度は本充填から充填終了までの平均とした。流量制御の改良を重ねるごとに目標昇圧速度を下回るケースが多くなっているがばらつきは大きい。

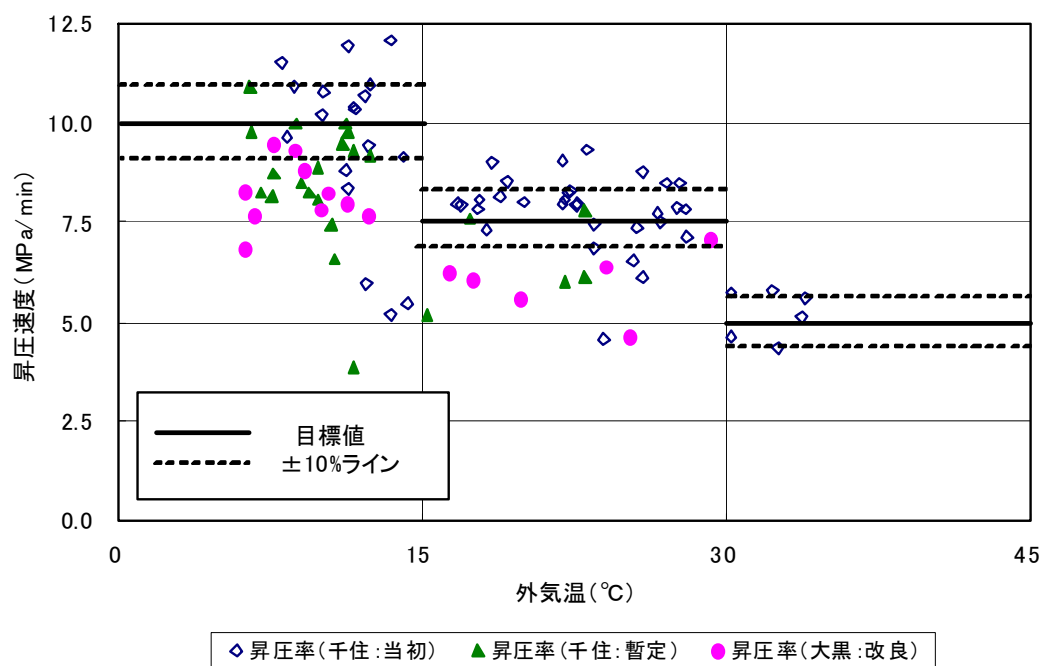


図 3.1-27 昇圧速度

定流量試験の圧力曲線からわかるように充填終了間際は流量を減らす制御を行っているため、この部分の昇圧速度は低くなっている。このため 2009/1 月以降の大黒ステーションでの試験結果について、終了間際の影響を除いた昇圧速度で目標値との誤差をプロットし

たものを図 3.1-28 に示す。15 のデータのうち 3 個を除くと誤差 10%以内である。この 3 個は初期圧が 15MPa より大きい場合であり、制御の改良を行った大黒ステーションではほぼ目標昇圧速度で充填することができた。

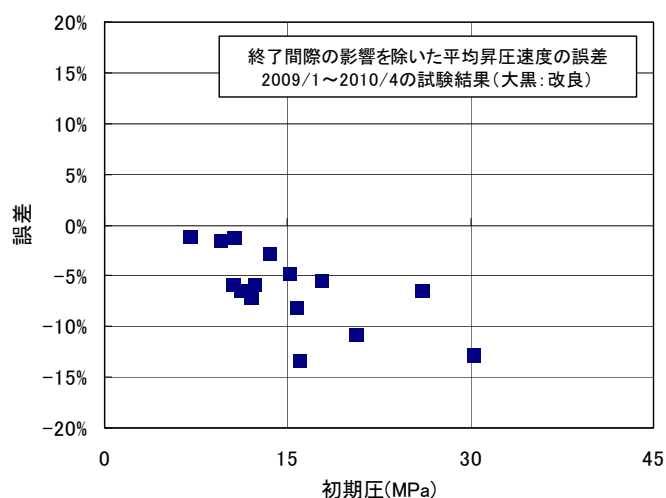


図 3.1-28 昇圧速度に対する誤差

⑤タンク容積推定

高い精度で容積が推定でき、SAE で検討中の非通信で高精度の充填を実施するためのノウハウが蓄積できた。(詳細は 3.1.1.3 容積推定参照)

(4) 検証と課題

35MPa 定流量試験から、車両のタンク内の温度は 85℃を超えないこと、現在の JHFC ステーションに適用するための制御が可能であることが確認でき、さらに非通信で高精度な充填をする際に必要となるタンク容積推定データを取得することができたが、以下の項目が今後の課題としてあげられる。

ここで実証した充填は、タンク容量と終了時の圧力、予測温度から求めた水素量と外気温に応じた昇圧速度から充填流量を決めて充填する方法を採用している。このため定流量充填とよんでいる。これまで JHFC のステーションでは圧力を監視しながら充填する方法は行っておらず、終了まで流量一定での充填を行ってきた。この方法でも求めた流量でそれなりに充填しており、規定の昇圧速度の 10%以内で充填することができているが、流量を一定にして充填したため充填の初期は圧力上昇が少なく、徐々に圧力上昇が大きくなる傾向にあり、結果として圧力上昇のバラツキが大きくなる。

なお、今後水素量を最大限充填するために SOC (State of Charge) 100%を目標とした充填を行う場合、圧力による制御が必要となってくるため、圧力制御方式の実証を行い、最適な充填方法を検討すべきである。

3.1.2.2 非通信プロトコル充填試験

SAE では通信プロトコルの規格化が進められており、SAE 基準を日本の法規に準拠させたプロトコル(日本版充填プロトコル)を使用して70MPaの千住ステーションで検証を行った。

(1) プロトコル

車両側で作成された SAE 基準を日本の法規に準拠させた図 3.1-29 に示すプロトコルを使用した。

Lookup Table (70MPa, 車両水素搭載量1~7kg, -20°Cプレクール)

Ambient Temperature (°C)	Average Pressure Ramp Rate, APRR (MPa/min)	Ref. Fill Time for Empty Tank (min)	Fueling Target Pressure, P_{target} (MPa)														
			Initial Tank Pressure (MPa)														
			2	5	10	15	20	30	40	50	60	70					
> 50	no fueling	no fueling	no fueling	no fueling	no fueling	no fueling	no fueling	no fueling	no fueling	no fueling	no fueling	no fueling	no fueling	no fueling	no fueling	no fueling	no fueling
50	1.8	38	70.0	70.0	70.0	69.8	69.4	68.8	68.4	68.1	68.0	68.0	67.9	68.0	68.1	68.0	68.0
45	2.5	28	70.0	70.0	69.5	69.1	68.8	68.3	68.1	68.0	68.0	67.9	67.8	67.9	67.8	67.8	67.8
40	3.4	20	69.9	69.5	69.1	68.7	68.5	68.1	68.0	68.0	68.0	67.9	67.8	67.8	67.8	67.8	67.8
35	4.4	16	69.6	69.2	68.8	68.5	68.3	68.1	68.0	68.0	67.9	67.9	67.8	67.8	67.8	67.8	67.8
30	5.5	13	69.0	68.7	68.2	67.9	67.6	67.3	67.1	66.9	66.9	66.6	66.6	66.6	66.6	66.6	66.6
25	6.7	11	68.6	68.2	67.6	67.2	66.9	66.5	66.2	65.8	65.8	65.4	65.4	65.4	65.4	65.4	65.4
20	7.9	9	68.1	67.7	67.1	66.7	66.3	65.7	65.2	64.7	64.7	64.2	64.2	64.2	64.2	64.2	64.2
10	10.7	7	67.4	66.9	66.2	65.6	65.0	64.1	63.3	62.5	61.8	61.8	61.8	61.8	61.8	61.8	61.8
0	13.6	5	66.8	66.2	65.2	64.4	63.8	62.5	61.3	60.1	59.4	59.4	59.4	59.4	59.4	59.4	59.4
-10	13.6	5	65.5	64.8	63.9	62.9	62.0	60.5	59.2	57.8	57.8	57.8	57.8	57.8	57.8	57.8	57.8
-20	13.6	5	64.3	63.6	62.3	61.3	60.2	58.5	56.8	55.2	55.2	55.2	55.2	55.2	55.2	55.2	55.2
-30	13.6	5	63.2	62.2	60.8	59.7	58.4	56.4	54.3	52.6	52.6	52.6	52.6	52.6	52.6	52.6	52.6
-40	13.6	5	62.8	61.9	60.5	59.4	58.2	56.3	54.4	52.6	52.6	52.6	52.6	52.6	52.6	52.6	52.6
< -40	no fueling	no fueling	no fueling	no fueling	no fueling	no fueling	no fueling	no fueling	no fueling	no fueling	no fueling	no fueling	no fueling	no fueling	no fueling	no fueling	no fueling

図 3.1-29 日本版充填プロトコル (2009/10/15 版)

(2) 充填の考え方

充填は 35MPa 定流量試験の実績をもとに図 3.1-30,31 に示すように予備充填(均圧充填、計量充填) → Lookup Table の読み込み、充填流量に算定 → 本充填の手順で行った。

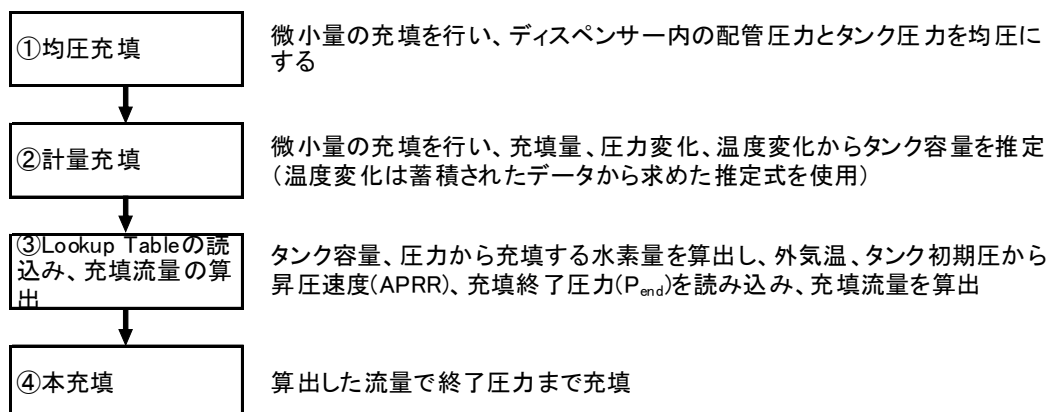


図 3.1-30 充填手順

この試験ではタンク圧力の読み取りやタンク容積推定の精度が求められるため、予備充填

の時間を定流量試験の経験をもとに 50 秒程度とした。なお、70MPa 充填では 3.1.1.3 項に示すように、プレクールしたガスを充填するため、タンク内温度を的確に推定することができず容積推定ができない。このため、試験では車両ごとに充填前にタンク容積を入力することにした。70MPa ステーションのうち、-20℃のプレクール能力を有する千住ステーションで試験を行った。

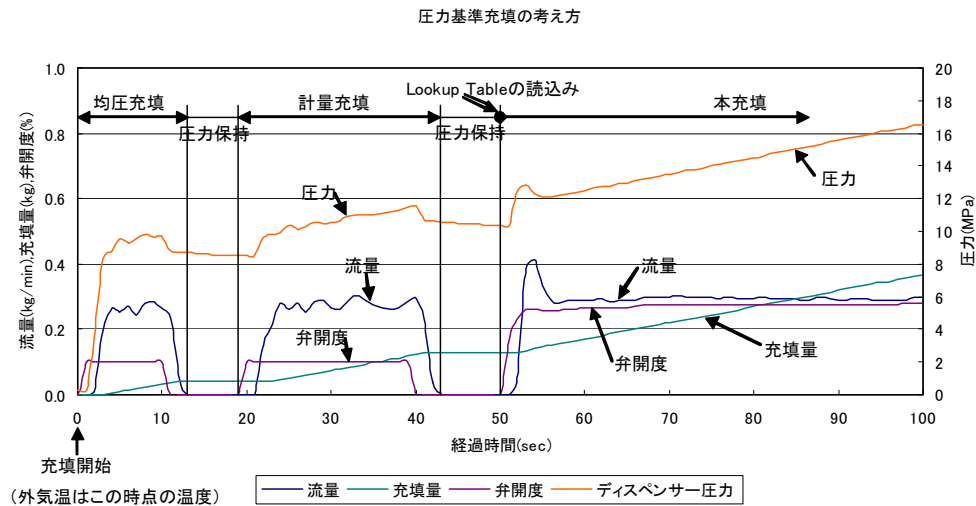


図 3.1-31 充填の考え方

(3) 充填試験結果

① 試験回数

2009～2010 年にかけて、外気温、初期圧力、タンクタイプ（タイプ 3 およびタイプ 4）を変化させ合計 36 回の試験を実施した。初期圧は 10MPa 程度 17 回、25MPa 程度 11 回、40MPa 程度 7 回であった。

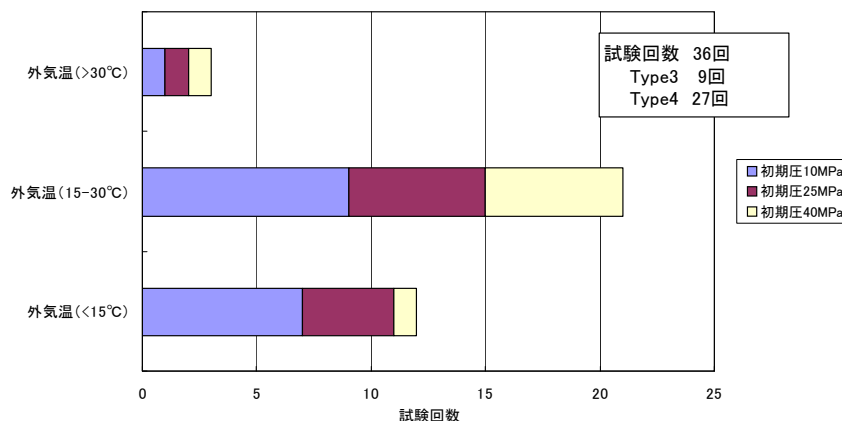


図 3.1-32 試験回数

② 充填試験データ

図 3.1-33 に代表的な試験データを示す。外気温は 13.5℃、29.7℃であった。図中に本充填開始からの目標充填速度の±10 の目標値を破線でプロットしたが、いずれも下限に近い充填速度となっている。

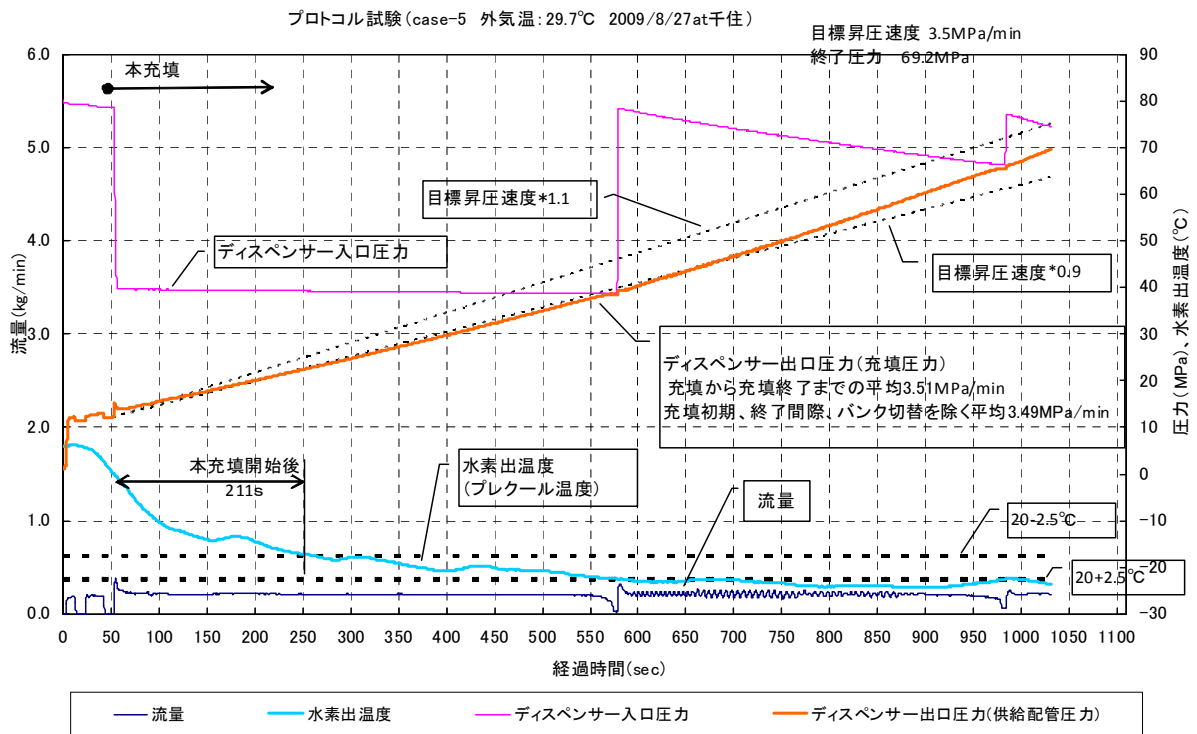
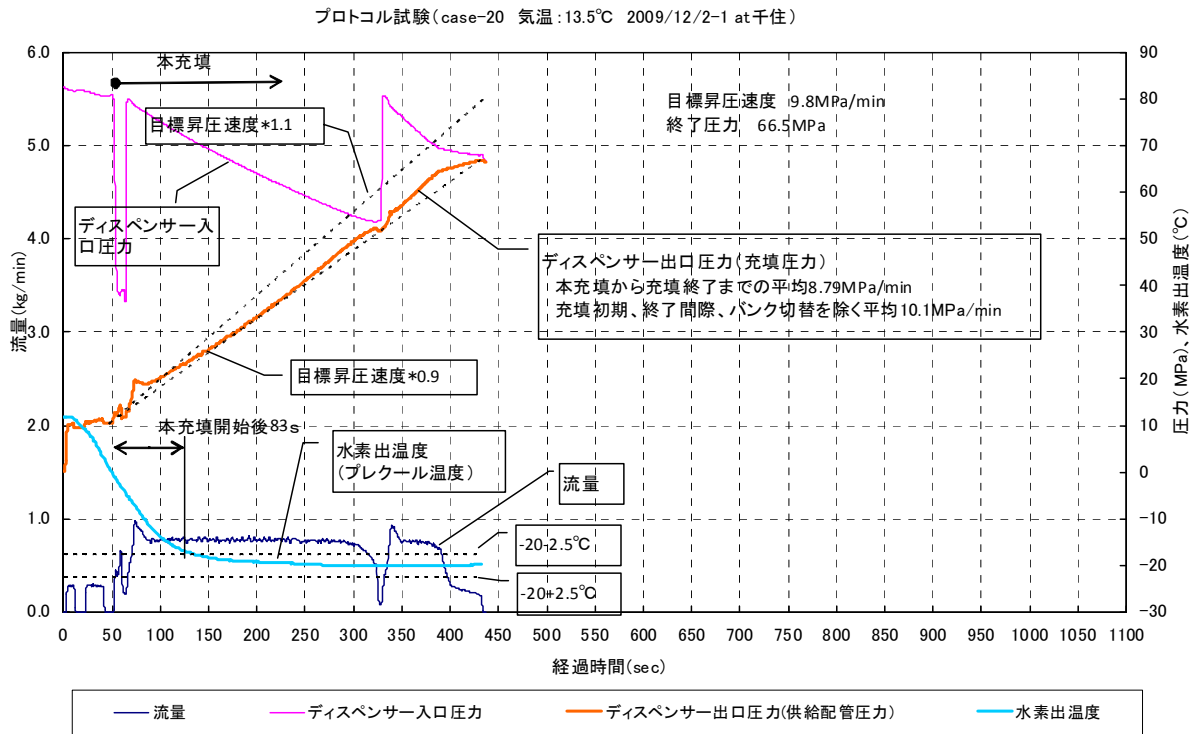


図 3.1-33 充填試験データ

③タンク温度、プレクール温度

試験は外気温(通常温度、低温時、高温時)、初期圧を変化させて行ったが、昇圧速度の大小に係わらず、図 3.1-34 に示すようにプレクール温度は、ほぼ-20~-15°Cであり、タンク内水素温度はいずれもすべての充填試験で 85°C未滿に収まっている。この結果から、この程度の流量(圧力上昇速度 3.5~10.5MPa/min)ではプレクール設備の能力は十分な余裕

がある。

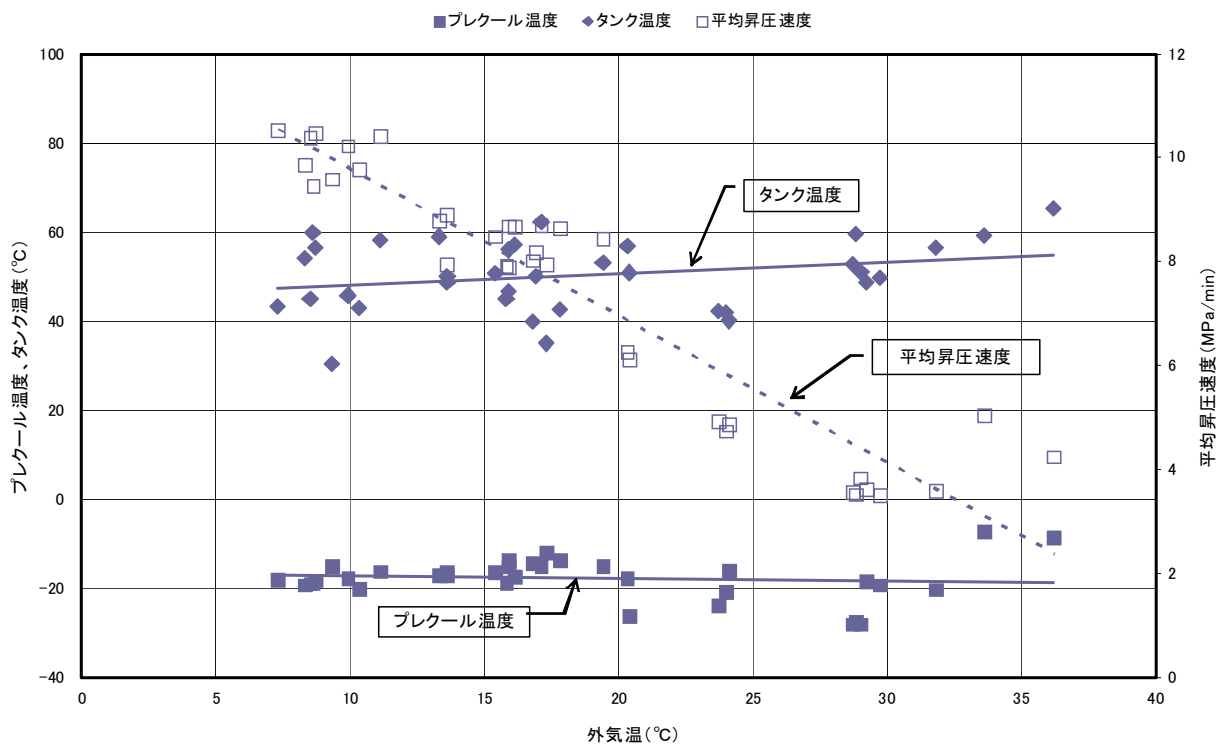


図 3.1-34 タンク内水素温度、プレクール温度

④昇圧速度

外気温ごとの昇圧速度をプロットした結果を図 3.1-35 に示す。目標昇圧速度に比べて、充填初期・終了間際、バンク切替の影響を除いた平均とした昇圧速度はばらつきはあるもののいずれも 10%以内である。

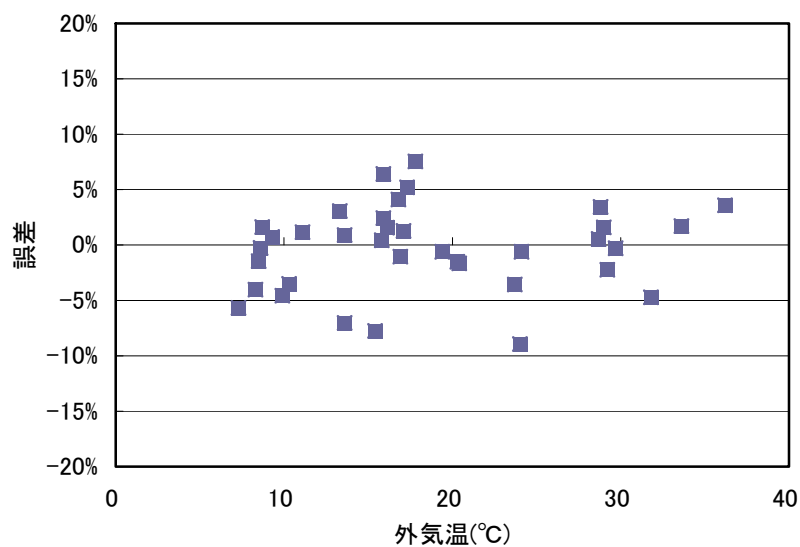


図 3.1-35 目標昇圧速度に対する誤差

④SOC

70MPa、35℃における水素量を基準としてタンクの水素圧力、温度からSOCを算定した。SOCは87.5%～98.0%であり、いずれも100%以下であった。

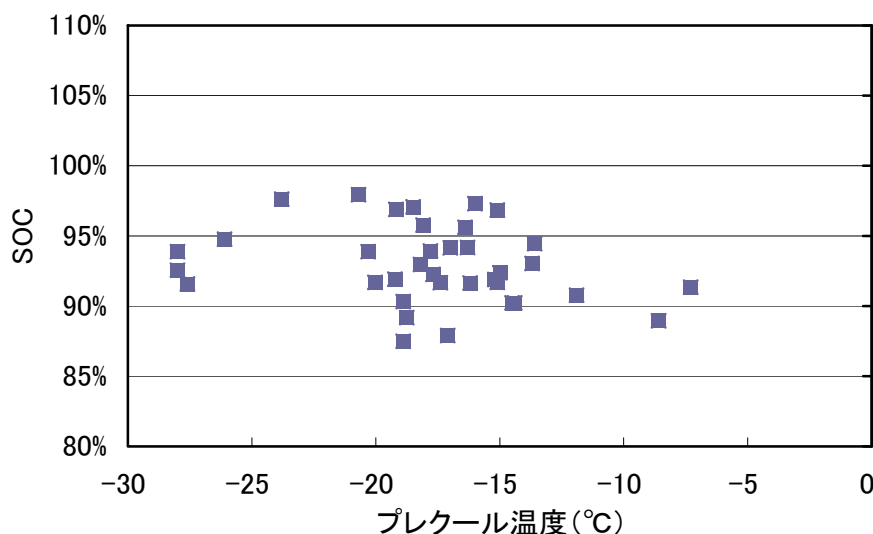


図 3.1-36 プレクール温度と SOC

(4) 検証と課題

低温時から高温時までのいずれの試験でも日本版充填プロトコルでSOCは100%以下で過充填はなく、容器許容温度 85℃以下で充填できることが確認でき、本プロトコルは使用するに妥当であると言えるが、以下の項目が今後の課題としてあげられる。

ここで実証した充填は、タンク容量と終了時の圧力、予測温度から求めた水素量と Lookup Table の昇圧速度から充填流量を決めて充填する方法を採用している。この充填法は前章の定流量充填と同様である。これまで JHFC のステーションでは圧力を監視しながら充填する方法は行っておらず、終了まで流量一定での充填を行ってきた。この方法で求めた流量で充填しても、規定の昇圧速度の 10%以内で充填することができているが、流量を一定にして充填しているため充填の初期は圧力上昇が少なく、徐々に圧力上昇が大きくなる傾向にあり、結果として圧力上昇のバラツキが大きくなる。

今後水素量を最大限充填するために SOC を考える場合、圧力による制御が必要となるため、圧力制御方式の実証を行い、最適な充填方法を検討すべきである。

なお、プロトコルを使用する際のステーション側の問題点として、ノズル出口での水素ガス温度や平均昇圧速度 (APRR) の制御があげられる。

①ノズル出口部での水素ガス温度の制御

SAE J2601 では $-20\pm 2.5^{\circ}\text{C}$ (充填中の各 30 秒以上区間の水素ガス質量平均において) であり試験ではこの範囲より多少高めの温度であったが、タンクの温度はいずれも 85℃以下であった。なお、現状のプレクール設備は充填初期は外気温から -20°C まで冷却されるため規程の制御温度まで達するのに時間がかかっている。

②平均昇圧速度（APRR）の制御

SAE J2601 では充填途中（各 10 秒区間において）： $+10\%/-10\%$ 、充填全体を通して： $+0\%/-10\%$ であるが、現状のステーションでは流量一定の充填を行っているため、充填中の各区間で昇圧速度をコントロールすることができず、さらにタンクの温度上昇、圧縮率因子の増大に伴い、徐々に圧力上昇率が大きくなる傾向がある。

3.1.3 充填性能検討

3.1.3.1 充填速度

(1)ステーションの高流量化

70MPa ステーションでは高圧配管材料の入手の面から口径が小さい材料を使用せざるを得なかったため高流量時に管内の圧力損失が大きく、平均流量 0.4kg/分（最大流量 0.9kg/分）であり、目標とする 5kg/3 分（1.7kg/分）に届かない状況であった。そこで 5kg/3 分充填を達成するため、千住水素ステーションを改造して充填時間の短縮を図る試験を実施した。

主な改造は、図 3.1.3-1 に示すように蓄圧器から充填ノズルまでの各種配管の内径拡大、蓄圧器バンクの高圧化、高圧バンクの容量増加と各バンク構成の見直し、熱交換器の並列配置、Cv 値が大きい流調弁の採用、弁開度等の制御定数の見直しである。特にバンク構成は 40MPa を 1 バンク、80MPa を 3 バンクとした 4 バンク方式とし、通常の充填は 40MPa のバンクから充填し 80MPa バンクへ切り替えるが、高流量時は 80MPa のバンクから充填が行えるようにして充填時の差圧を確保することにした。これらの改造により各部の圧損を大幅に低減することができた。なお、改造は材料の入手時期から 3 回（2009 年 2 月、2009 年 6 月、2010 年 2 月）に分けて行った。

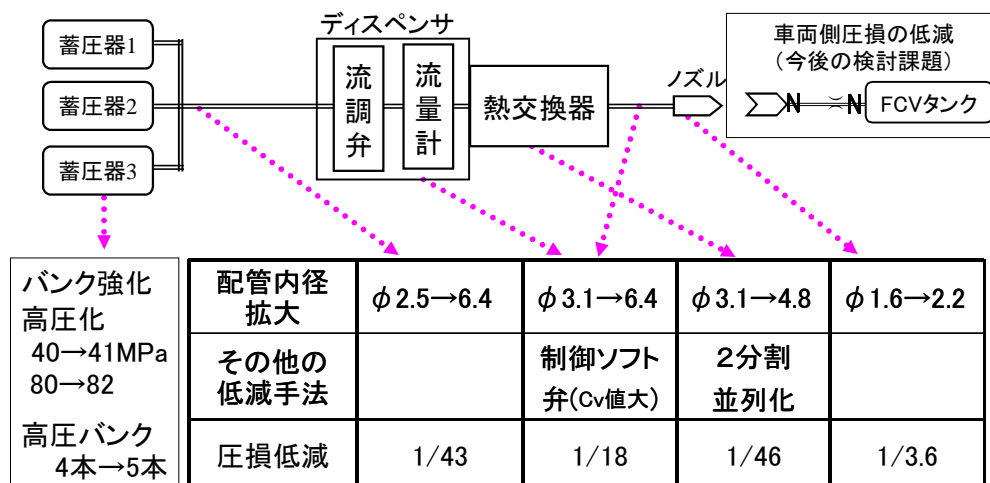


図 3.1.3-1 改造内容と圧損の低減

これらの改造を行うことにより、図 3.1.3-2 に示すように当初は平均流量 0.4kg/分であったが改造後は 1.6kg/分（実車試験では 1.7kg/分）を達成した。なお、改造後の最大流量は 2.6kg/分（実車試験では 3.0kg/分）であった。

(2)高流量試験結果

70MPa ステーションの高流量化のための改造後、実車による試験を行い、充填性能を確認した。

- ・ 2010/5 月実車試験

試験条件 外気温 21℃

設定流量 3.0kg/min、バンク切替流量 1.2kg/min、冷媒設定温度 -40℃

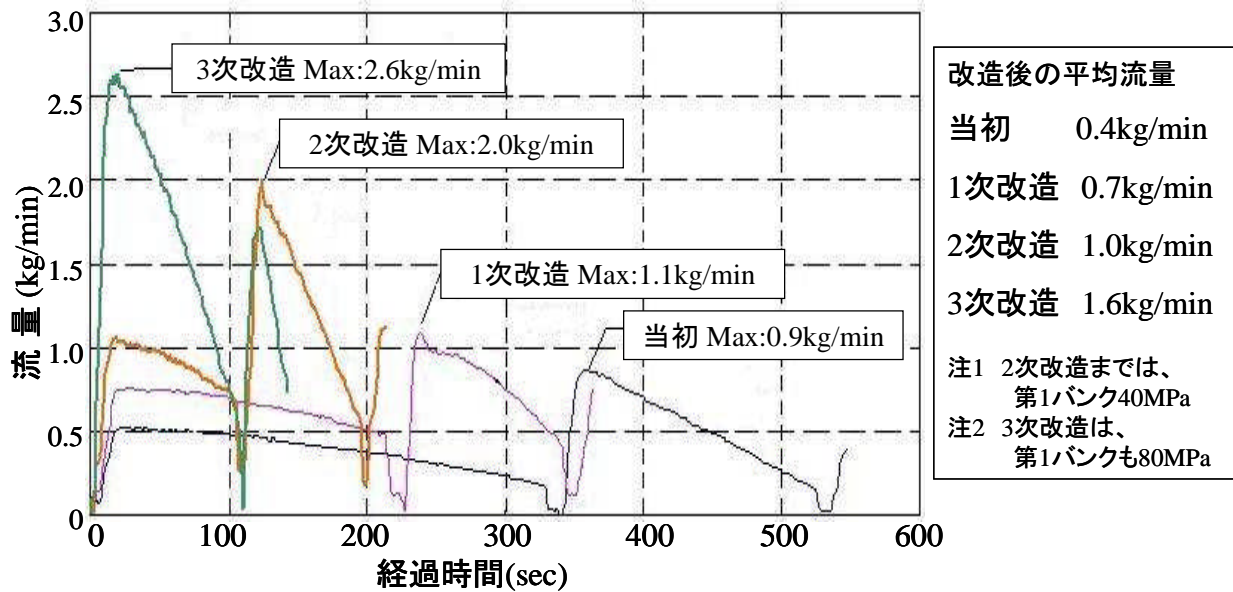


図 3.1.3-2 改造による充填流量の変化 (100ℓタンクへの充填)

試験結果 (図 3.1.3-3 に充填データを示す)

充填量 5.15kg、充填時間 3.03min、プレクール温度-17.6℃ (質量平均)

最大流量 2.95kg/min、平均流量 1.70kg/min で、5kg/3 分充填を達成し、車両のタンク温度は 85℃以下であった。

・ 2010/9 月実車試験

試験条件 外気温 34℃

設定流量 3.0kg/min、バンク切替流量 1.2kg/min、冷媒設定流量-40℃

試験結果 (図 3.1.3-4 に充填データを示す)

充填量 3.4kg、充填時間 2.3min、プレクール温度-13.5℃ (質量平均)

最大流量 2.39kg/min、平均流量 1.50kg/min で、外気温が高い時期の試験であったが、車両のタンク温度は 85℃以下であった。

(3) 検証と課題

70MPa ステーションの高流量化のための改造を行い、5kg/3 分充填を達成することができた。高流量に関しては十分な設備となったが、差圧充填方式を採用しているためバンクの圧力を上げて差圧を確保することで高流量充填を行っており、差圧が少ないと高流量充填ができなくなる。今後、バンクの最高運転圧力や、圧縮機からの直接充填を含めて最適な充填方式の検討が必要である。

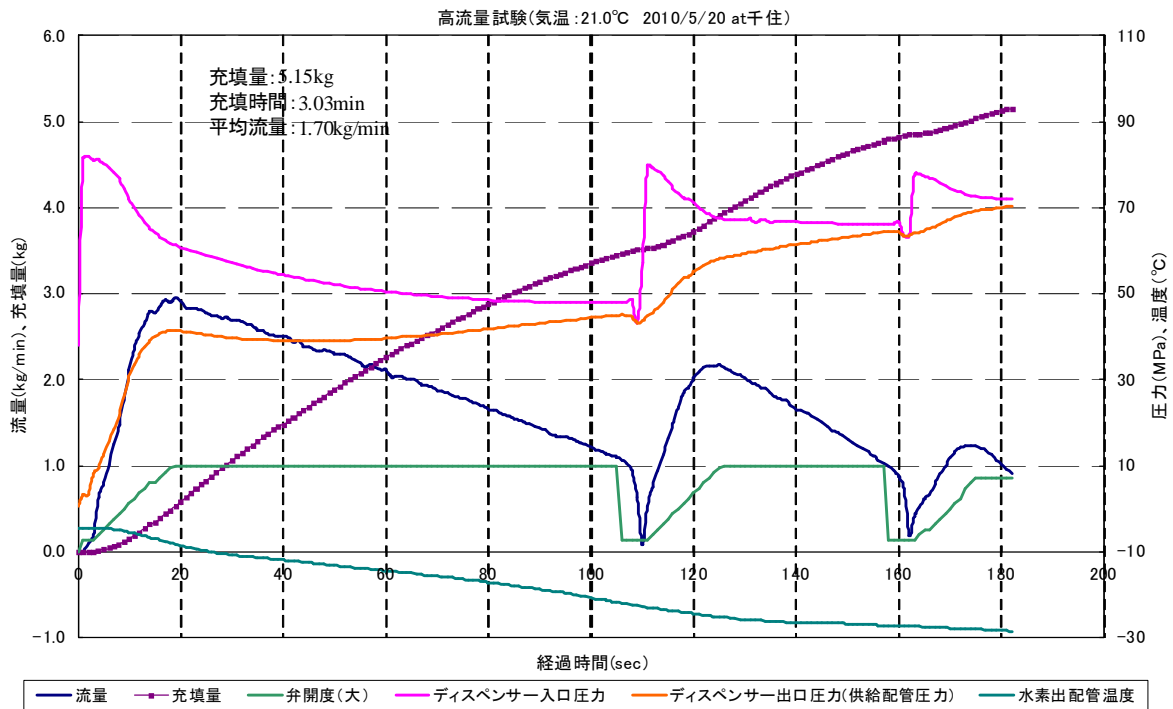


図 3.1.3-3 実車試験 (2009/5 月)

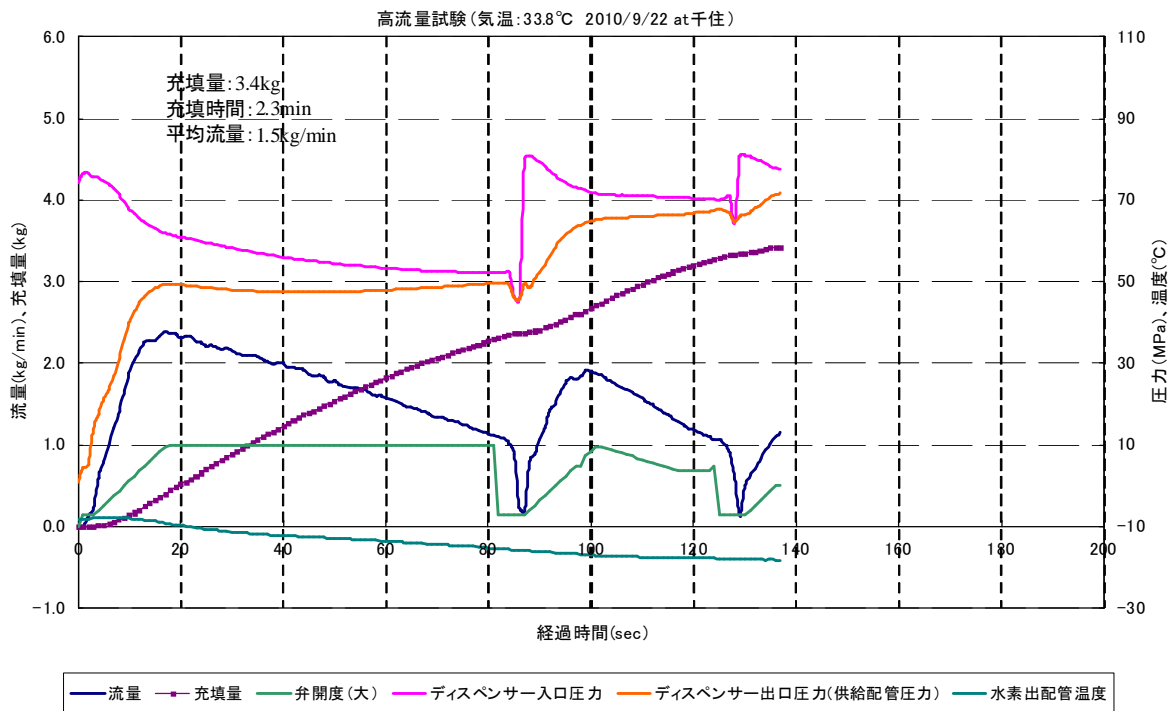


図 3.1.3-4 実車試験 (2009/9 月)

3.1.3.2 プレクール性能

(1)70MPa ステーションのプレクールの状況

①冷凍機によるプレクール (千住ステーション)

千住ステーションの70MPa設備のプレクールは冷凍機で冷却した冷媒を水素と熱交換する方式を採用しており、 -20°C のプレクール能力を有している。また、千住ステーションの熱交換器は当初水素配管を直列に配置していたが、圧損低減のため2列並列方式に変更した。熱交換器改造後の充填試験のプレクール温度と外気温の状況を図3.1.3-5に示す。プロトコル試験時と比べると高流量時(1~1.7kg/分)はプレクール温度が $3\sim 5^{\circ}\text{C}$ 程度高い傾向にある。なお、通常冷媒設定温度を $-27\sim -30^{\circ}\text{C}$ で運転しているが、夏場の高流量試験では設計下限の -40°C で運転した。このため1.5kg/minの高流量でも -20°C には届かないが $-13\sim -17^{\circ}\text{C}$ 程度のプレクールを達成することができた。

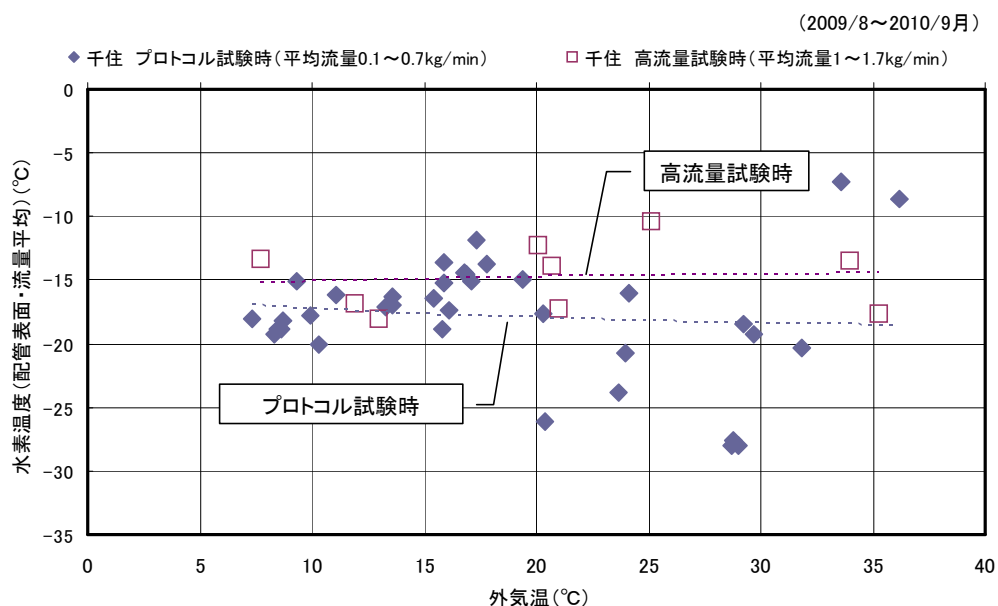


図 3.1.3-5 プレクール温度 (千住ステーション)

②液体窒素によるプレクール (移動式 (霞ヶ関) ステーション)

移動式ステーションの70MPa設備のプレクールは液体窒素により水素と熱交換する方式を採用しており、 -5°C のプレクール能力を有している。移動式ステーションでは、当初は熱交換時に液体窒素の膜沸騰により冷却性能が出なかったが、膜沸騰を抑える改造を行ない2010年2月から運用を行っている。これにより平均流量 $0.2\sim 0.4\text{kg}/\text{min}$ の範囲において夏場(25°C 以上)においてもプレクール温度 -5°C 以下を確保することができ、 -5°C 以上になった場合には流量を低減させて水素の温度上昇を防止する対策を行っている。改造前と改造後の充填試験のプレクール温度・流量と外気温の状況を図3.1.3-6,7に示す。改造前に比べてプレクール温度は $-6\sim -9^{\circ}\text{C}$ 低下し、流量は $0.15\sim 0.2\text{kg}/\text{分}$ 増加している。

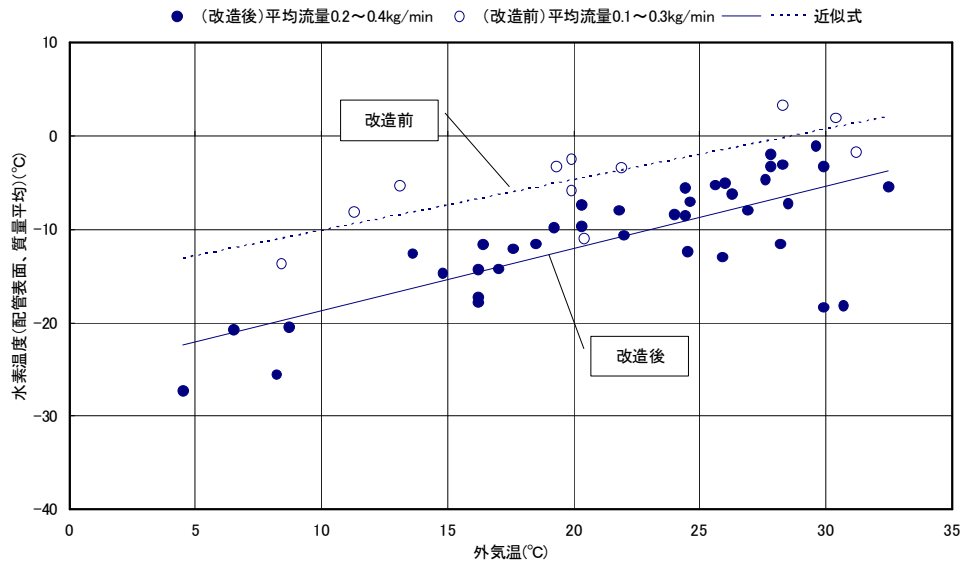


図 3.1.3-6 プレクール温度（霞ヶ関（移動式）ステーション）

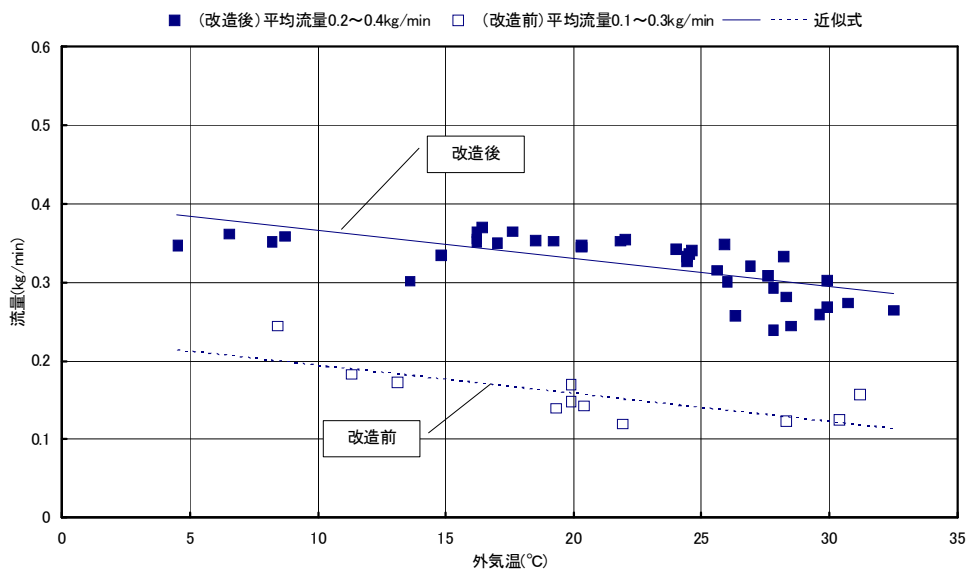


図 3.1.3-7 充填流量（霞ヶ関（移動式）ステーション）

(2) 検証と課題

実証試験では、冷凍機によりプレクールを行う場合と液体窒素を使用してプレクールを行う場合について性能検証を行った。冷凍機を使用する場合は -20°C 以下のプレクールが可能でかつ高流量時も多少冷却性能は落ちる程度で適切な熱交換面積で克服することができる。一方、液体窒素を使用する場合は簡易な設備でよいが、流量によって冷却性能が変動するため温度コントロールが難しく、今後検討の余地がある。

冷却性能からみると、1台目の充填では性能がはず2台目以降の充填ではほぼ所定の性能を確保することができたが、この点は今後改善すべき項目である。

実証試験では水素温度は配管表面の温度を計測してこれを水素温度としているが、充填試験が長い場合は配管が十分冷えて内部の水素温度として差し支えないが、充填時間が短い場合は内部の水素温度と配管表面温度にタイムラグがあり、真の水素温度を求めることができない。今後の設備では配管内部の温度を計測する必要がある。

なお、液体水素を使用する有明ステーションでは低温から常温の水素ガスがあり、これらの水素を混合することにより必要な温度の水素を充填することができる。今後の実証のデータ取りのため模擬タンク及びFCVへのプレクール試験を行った。今後は最適な制御パラメータ（温度、流量等）の調整を行い、最適な条件を検討していく必要がある。

3.2 技術課題検討

インフラと車両の共通領域について明らかになった課題のうち、2015年の普及開始までに必須となる技術について、討議および試験を実施した。

3.2.1 充填圧力検討

2008年度から実証試験が始められた70MPa圧力の水素充填技術は、圧力上昇による車載水素量の効果とコストが検討課題とされた。最適な充填圧力検討の必要性が提起され、第2期計画の最後の2年間に計画が盛り込まれた。最適圧力検討は、技術的観点のみでなく政策的な視点からも必要あるため、前者をJHFCが後者を燃料電池実用化推進協議会(FCCJ)と分担協力して議論が進められた。FCCJの議論は2015年以降の充填圧力を議題として、2015年までの技術検討や実証試験の内容はJHFCが検討を行った。

3.2.1.1 充填圧力検討(FCCJの検討結果)

FCCJの組織内に、技術企画WG・燃料関連技術SWG・充填圧力検討タスクフォース(以下充填圧力TF)が設置され、燃料電池自動車の充填圧力に対して技術検討を行い、FCCJ内での提案がまとめられた。検討項目は、以下である。

- ① FCVの航続距離と目標水素搭載量
- ② 車両の有限空間における車載水素タンクの水素搭載量
- ③ 高圧化に対する水素ステーションの総合効率とコスト

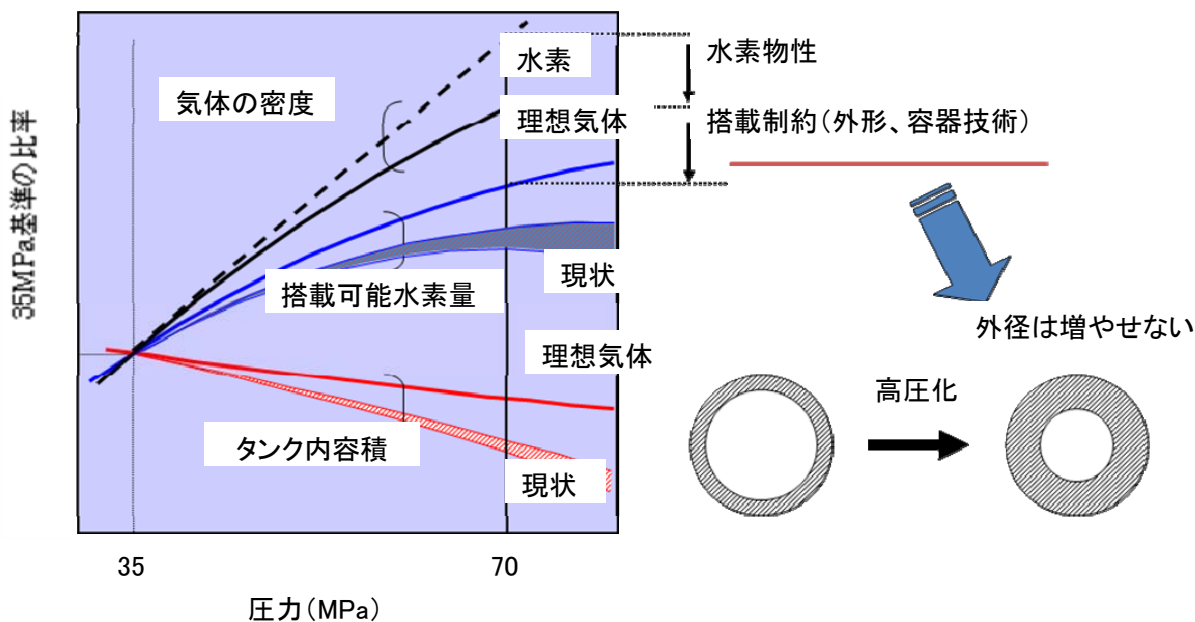


図 3.2.1.1-1 圧力と気体密度および水素量の関係

(1) 充填圧力と水素充填量の関係

充填圧力を検討する要素として、FCVの航続距離、高圧水素システムコスト、高圧水素充

填に必要な技術と基準について考察した。

水素タンクの外形サイズ一定という FVC へ搭載する上の制約条件を考慮すると、水素タンクの圧力を上げて水素搭載量は一律に増えない。これは、高压の条件では気体水素は理想気体の密度とは異なる事と高压化に伴い車載タンクのカーボンファイバー (CF) などによる耐圧構造が強化され、タンクの内容積は減少する事が主因である。図 3.2.1.1-1 を参照。

次に、自動車各社で検討した水素タンク高压化による水素充填量検討結果を図 3.2.1.1-2 に示す。水素の圧力が 35MPa から 70MPa の範囲では、圧力の増加に対して水素充填量は増加する。将来の容器技術の技術進展を想定すると推定値以上の充填量の増加が期待できる。

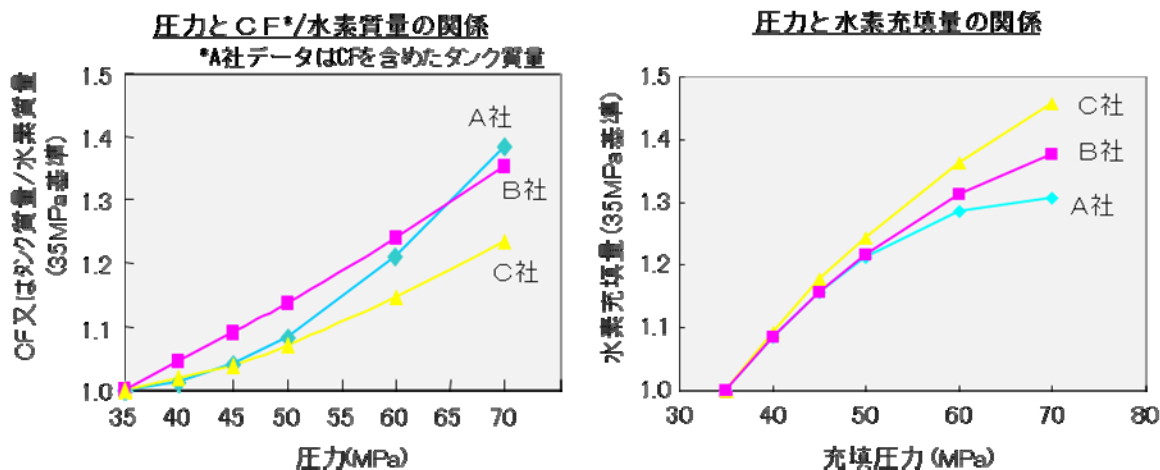


図 3.2.1.1-2 充填圧力と搭載可能な水素量

(2) 充填圧力と航続距離

実用航続距離の観点から必要な水素量と圧力を考察する。

JHFC 実証試験で得られた実用燃費と充填圧力毎の水素搭載量から、達成される航続距離を推定した。図 3.2.1.1-3

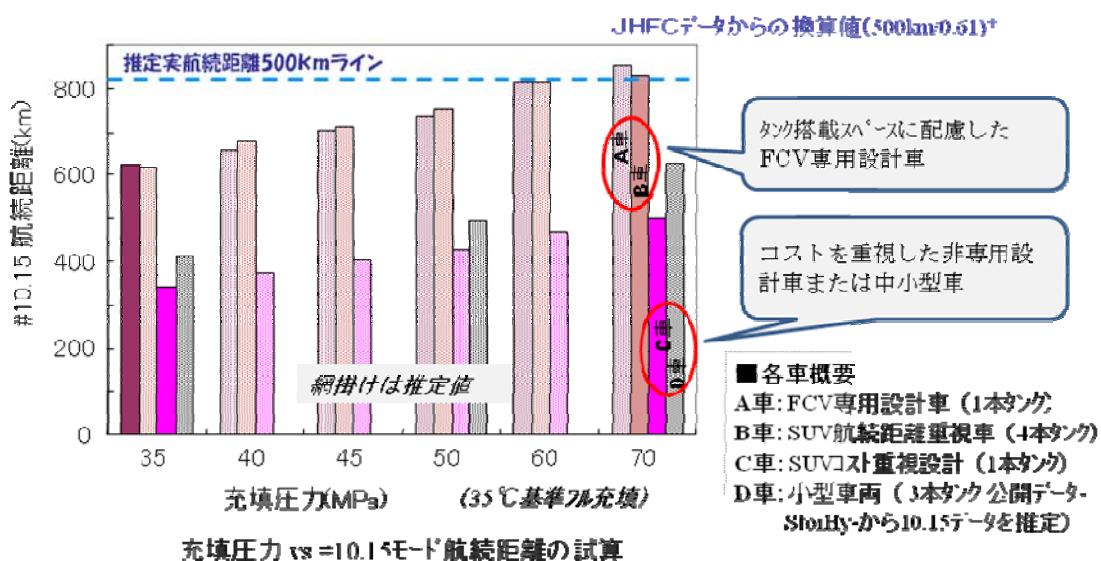


図 3.2.1.1-3 水素圧力に対する航続距離の効果

FCV の目標航続距離を 500km とする時、35MPa で搭載できる水素量では目標を達成できない。一方 70MPa では、専用設計をした FCV は十分な航続距離を達成できるが、既存の車体プラットフォームを利用した FCV 専用設計をしない車両での目標達成は容易ではない。さらに、日本の 70MPa 充填は、急速充填の際のタンク温度上昇を考慮して、水素ガス圧力を 70MPa を上限とした最大圧力と規定するため、結果として日米欧での圧力呼称と実際の水素量に差異がある点が議論となった。図 3.2.1.1-4 に充填圧力の日本と欧米の定義の差異を示す。

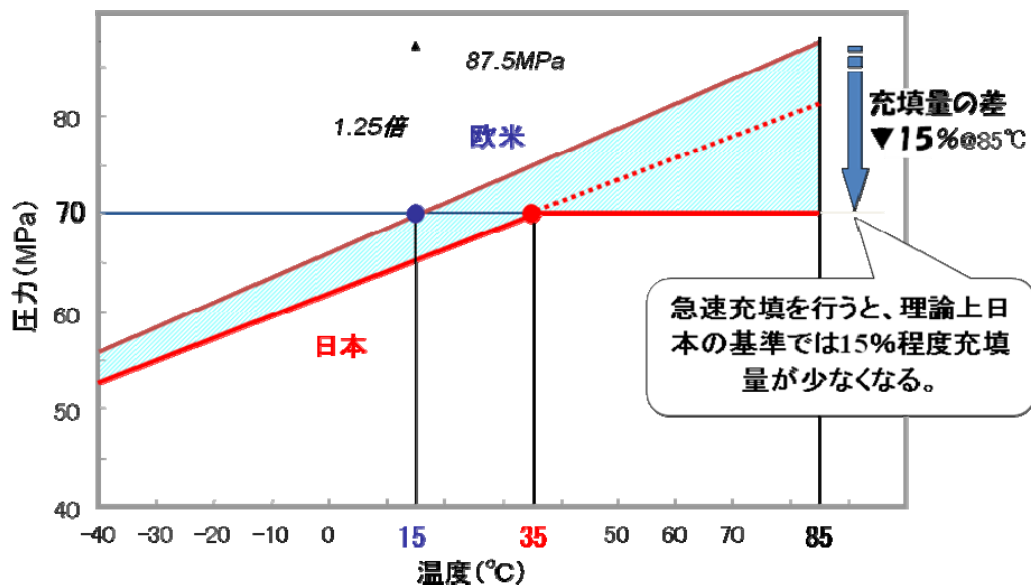


図 3.2.1.1-4 充填圧力の地域差

第 1 に異なる点は基準温度である。日本における基準温度は、アセチレンを除く全てのガスについて 35°C であるが、一方欧米では 15°C である。第 2 は、上限圧力である。同一質量のガスが温度変化した場合、圧力は温度に依存し変化する。複合材料の容器を用いた場合の上限温度は 85°C に設定されており、急速充填の条件で水素タンク内部の温度上昇を考えると、欧米基準の 15°C で 70MPa に充填する場合は、85°C で 87.5MPa まで保証できる容器耐圧保証を考慮しているため、タンクとガス温度が通常使用温度域に下がっても、70MPa の圧力の水素を利用することが出来る。対して日本では、上限圧力を 70MPa と規定されている為、急速充填の温度上昇時にも 70MPa を超えた充填ができない。温度上昇を制御した充填において始めて 70MPa までの水素を充填することができる。言い換えると急速充填においては、35°C 70MPa の充填ができないことになる。基準温度の差異も同一温度において充填が可能な水素質量の差異となるため、全ての条件が重なる場合は、両者の「70MPa 充填」では最大 15% の充填質量の差となる。用語上の区別をする為、JHFC では 85°C 87.5MPa までを保証する充填手法を「70MPa フル充填」と呼ぶこととする。車両性能の要望から欧米と同様な 87.5MPa までの充填を可能とする水素充填が切望される。

(3) 水素ステーションの総合効率とコスト

70MPa の高圧化にともなうインフラ仕様と水素含めたコスト上昇分について、充填圧力の検討なかでも併せて討議検討された。コスト検討の詳細は、1.2 商用インフラモデルの提案、の中で報告したが、ここでは 87.5MPa までの圧力範囲を含めた検討を行った。供給水素のコスト軸で整理したグラフが（図 3.2.1.1-5）である。コスト削減の技術手法は蓄圧器を減らし圧縮機からの直接充填をする内容である。

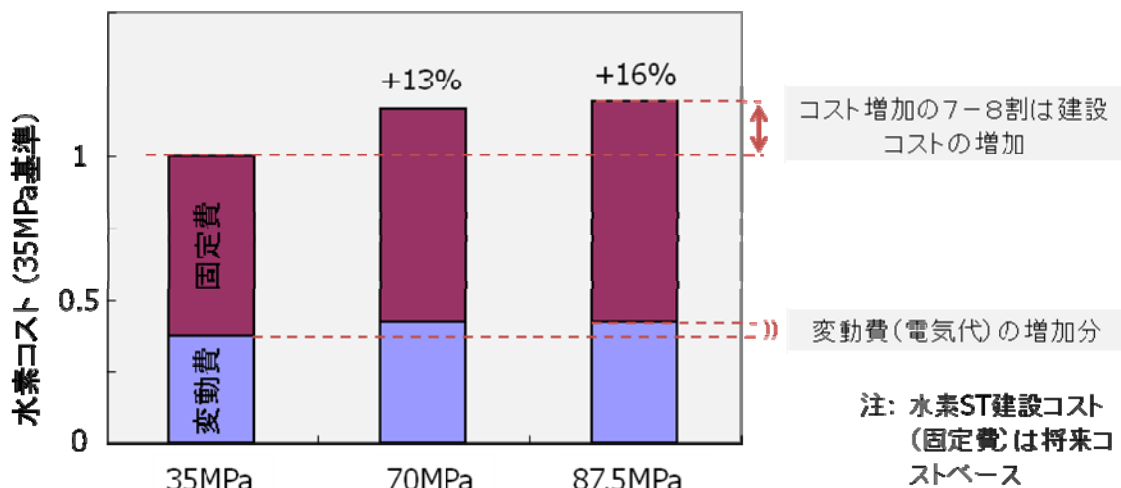


図 3.2.1.1-5 水素コストとインフラコストの関係

87.5MPa 化のステーション建設コストは、35MPa に対して水素の供給コストは 16%増加する事が算定された。35MPa から 70MPa 化での CO2 排出量とエネルギーの変化を図 3.2.1.1-5A 及び 5B に示す。JHFC で算出した 2008 年度データによる総合効率 Well To Wheel の検討結果より、70MPa 化で FCV 走行での CO2 排出量は 4%増加、走行に必要なエネルギー量は 4%増加と算出された。

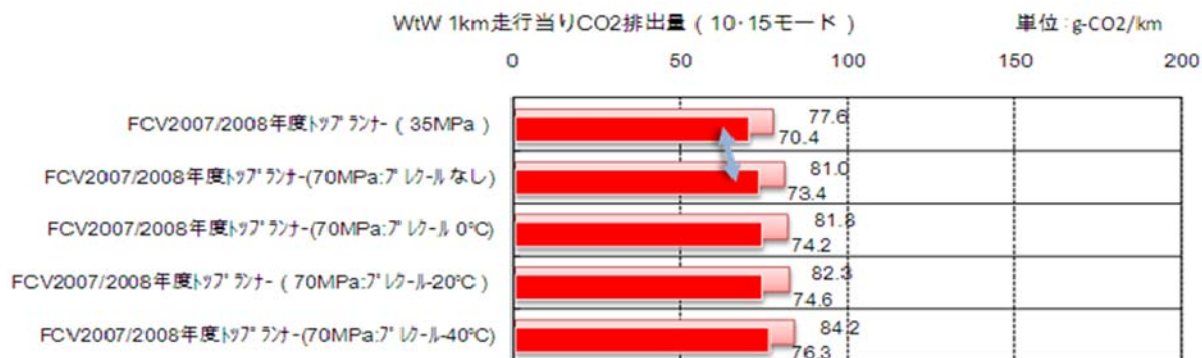


図 3.2.1.1-5A CO2 排出量

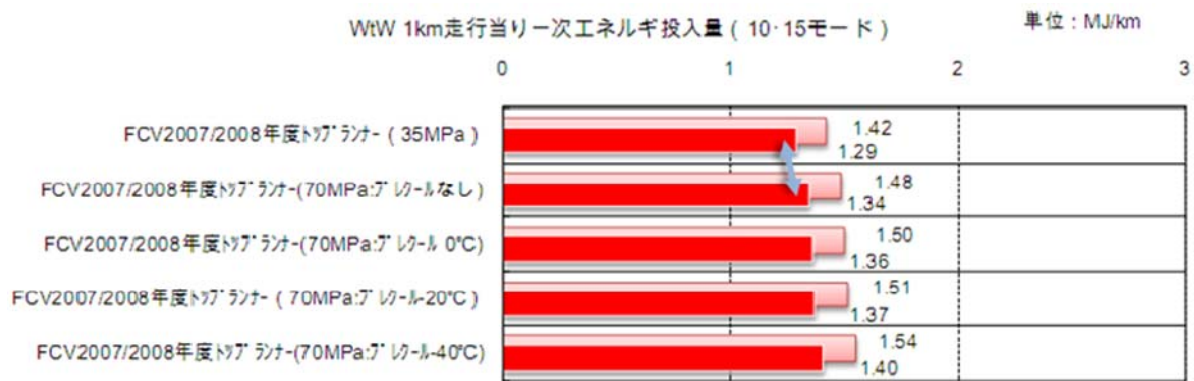


図 3.2.1.1-5B エネルギー効率

(4) 検討のまとめ

FCCJ では、2015 年以降の充填圧力は 70MPa を目指すという提案がまとめられた。

2015 年に向けた活動 (提案) :

技術開発、コスト低減、基準改訂に関して課題はあるが、以下を推進する。

- (1) 既存の 35MPa の技術・基準をもとに 70MPa の技術・基準等の整備。
- (2) 十分な航続距離を担保する 70MPa フル充填*を可能とすることを目指した取組みの実施。(*5kg/3 分、87.5MPa@ 85°C、15°C基準適用)

70MPa フル充填の実現には、コスト削減、規制見直しを併せて行うことが必須であり、2015 年までの技術実証と 2015 年以降の水素ステーション仕様決定は、今後の課題である。

3.2.1.2 フル充填ステーション仕様提案

(1) フル充填ステーションの提案

WG3の「車両・インフラ課題抽出対策検討会」（以下「共通課題検討会」という。）の課題として、最適充填圧力の提案について検討する中で、車両側メンバーからの要望により、海外の70MPa水素ステーションと同等の最大充填圧力87.5MPa@85℃^{*-1}が提案され、企画実行委員会で、2015年度までに技術実証用ステーション（以下70MPaフル充填ステーションという。）を1ヶ所以上建設することが承認された。

*-1：水素ガス温度と充填圧力の関係については、3.2.1.1項に示す図3.2.1.1-4を参照

共通課題検討会は、新たな技術課題を検討するため、2010年4月にフル充填分科会を設置し、70MPaフル充填ステーションの仕様検討、技術課題の抽出整理、および概略建設コストの提案を行うことになった。

(2) フル充填ステーションの規模

技術実証用70MPaフル充填ステーションの規模は、将来の中核ステーションとして技術実証出来る規模・仕様とすべきであるという意見から、WG1 商用インフラモデル検討会のフルスペック・オンサイト型300Nm³/hステーションと同等の規模として検討することが提案された。

- ① 水素製造量：300Nm³/h
- ② 水素充填量：4.8kg/台、水素残量：1.2kg (20%) 【SOC 100%：6kg】
- ③ FCV 平均充填台数：5.6台/h（連続）
- ④ FCV 最大充填台数：11台/h（1h）

(3) フル充填ステーションの方式

技術実証用フル充填ステーションの方式は、圧縮機直充填方式とする。

差圧充填方式で3分充填するには、110～120MPaの高圧蓄圧器からの充填が必要となるが、100MPaを超える耐水素脆化特性を有した高強度・低コストの蓄圧器材料が要求される。現状では、要求に対応する性能と、それを実証する材料試験データを有する適切な材料は無い。従って、高価な耐水素脆化特性の高強度ステンレス合金鋼等を用いた蓄圧器が必要となり、建設コストが高くなると予想される。

最近の海外調査で、欧米の一部水素ステーションでは複合材を採用したType2蓄圧器を用いた差圧充填直充填混合方式のものが見受けられるが、国内では複合材を採用したType2の蓄圧器は認められていない。

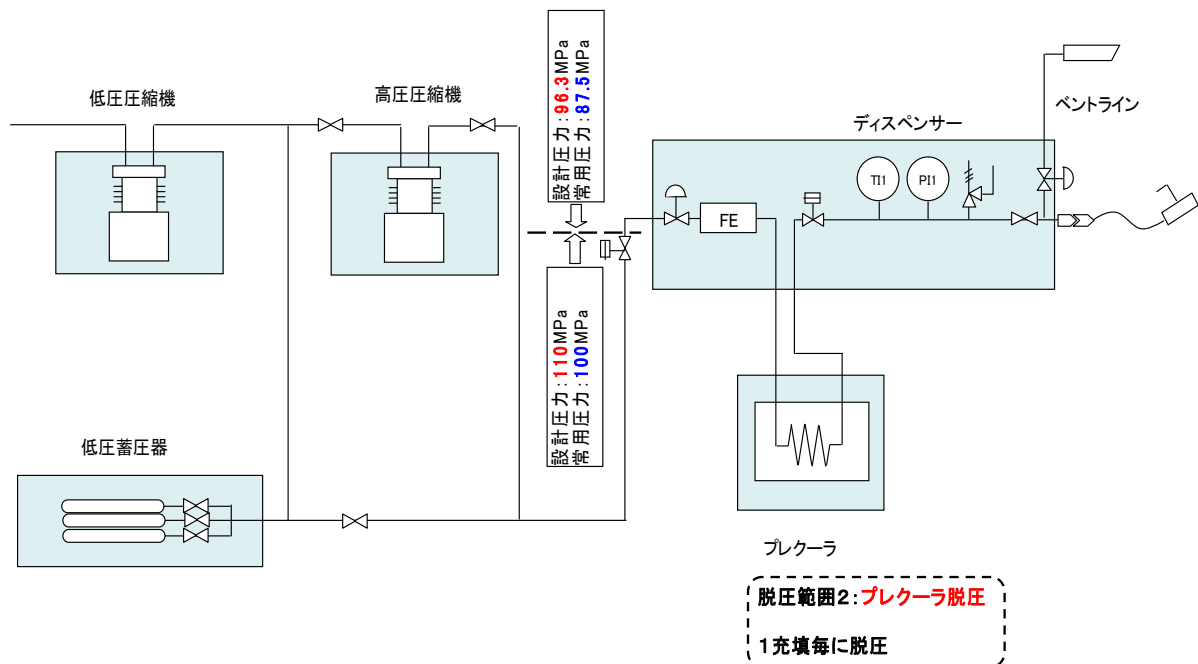
従って、現状で実現可能な方式として圧縮機直充填方式を選定して検討した。圧縮機直充填方式で最も影響が大きいのは、大容量高圧圧縮機であるが、国内でも能力：105MPa×450Nm³/基程度のもので可能である。ただし、水素ステーションとしての使用実績は無いことから、十分な技術実証が必要となる。

高圧圧縮機以降の基本フロー案を図 3.2.1.2-1 (プレクーラ脱圧ケース) 及び図 3.2.1.2-2 (プレクーラ脱圧除外ケース) に示す。両ケースについて検討の結果、どちらのケースも技術的には可能であるが、表 3.2.1.2 に両ケースのメリット・デメリットを示す。

商用化を考えると、プレクーラ脱圧ケースは水素のロス、FCV の充填時の占有時間が長い等デメリットの影響は大きくなる。

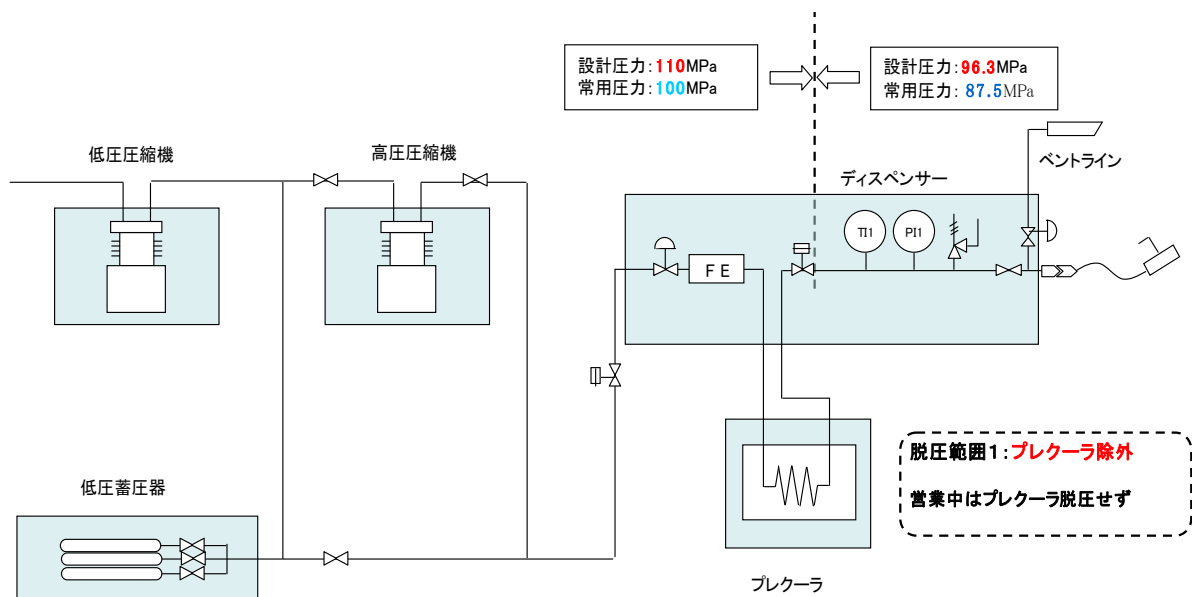
表 3.2.1.2 70MPa フル充填ステーション圧力区分位置検討

検討ケース		メリット	デメリット	備考
プレクーラ	流量計位置			
脱圧	プレクーラ上流	① 停止時の温度影響を受けない ② 千住ステーションの実績あり ③ 流量計精度良	① 放出水素のロス多い ② 脱圧時間長い	・プレクーラ脱圧によるロス 試算値：年間100万円超 (@¥110/Nm ³)
	プレクーラ下流		③ 流量計の測定誤差大	
脱圧なし	プレクーラ上流	① 放出水素のロス少ない ② 脱圧時間短い ③ 流量計精度良	① 遮断弁等プレクーラ下流の熱ロス大きい	・Linde：流量計プレクーラ下流設置、測定誤差課題
	プレクーラ下流		② 流量計の測定誤差大	



脱圧ケース	低圧圧縮機	低圧蓄圧器	高圧圧縮機	ディスペンサー	プレクーラー	緊/充カプ、ホース
設計圧力 (MPa)	44.0	44.0	110.0	96.3	96.3	96.3
常用圧力 (MPa)	40.0	40.0	100.0	87.5	87.5	87.5
設計温度 (°C)	-20~+50	-20~+50	-20~+50	-20~+50	-50~+50	-50~+50
常用温度 (°C)	-20~+40	-20~+40	-20~+40	-20~+40	-40~+40	-40~+40

図 3.2.1.2-1 70MPa フル充填ステーション 基本フロー(プレクーラ脱圧案)



脱圧なしケース	低圧圧縮機	低圧蓄圧器	高圧圧縮機	ディスペンサー	プレクーラー	緊/充ガワ、ホース
設計圧力 (MPa)	44.0	44.0	110.0	110.0	110.0	96.3
常用圧力 (MPa)	40.0	40.0	100.0	100.0	100.0	87.5
設計温度 (°C)	-20~+50	-20~+50	-20~+50	-20~+50	-50~+50	-50~+50
常用温度 (°C)	-20~+40	-20~+40	-20~+40	-20~+40	-40~+40	-40~+40

図 3.2.1.2-2 70MPa フル充填ステーション 基本フロー(プレクーラー脱圧除外案)

(4) フル充填ステーションの建設コスト

「共通課題検討会」は技術実証用 70MPa フル充填ステーションの基本仕様を検討し、建設コストを提案することになっている。2009 年度は WG1 の「コスト検討分科会」に要請し、現状建設コストは、6 億 3 千 4 百万円の試算結果を得た。

2010 年度は「フル充填分科会」を設置して仕様検討を進めた結果、新たに水素ガス中の水分除去設備 (3 千万円) および赤外線方式通信充填設備 (4 百万円) の追加が必要であると提案した。

更に、70MPa フル充填ステーションは車載タンクの安全性を確保するには SAE J2601 に準拠する設備が必要であるとの意見が新たに提案されたが、SAE J2601 に準拠する設備仕様は未検討で、確定していない。次期実証組織はこれらの検討結果に基づき、建設コストを試算する必要がある。

70MPa 充填ステーションについては、WG1 商用インフラモデル検討会および NEDO の水素製造輸送貯蔵技術開発事業で PEC がコスト低減方法を検討し、提示しているので、これを参考とすると共に、将来、商用ステーションとして普及するには、更なるコスト低減方法を検討する必要がある。

(5) 70MPa フル充填の課題

① 高圧圧縮機以降の設備に許容される材質等

内閣府行政刷新会議で、規制・制度改革に関する分科会の中で、グリーンイノベーション WG は、再生可能エネルギーの導入促進として、燃料電池自動車・水素ステーション設置に係る規制緩和を課題とし、「使用可能鋼材の拡大」を掲げ配管系の材料として SUS 316 Ni \geq 12%、冷間加工材等、他の使用可能材料に関して関係官庁での検討が始まった。

② 初期充填用低圧蓄圧器の運転圧力

上記同様、規制見直しで、設計係数を 4 から 3 に見直す検討が為されている。70MPa フル充填は当初、初期充填は常用圧力 40MPa 蓄圧器で実施する計画であったが、検討の結果、3 分充填が確保できない状況にあった。設計係数が見直されることで、既存の SCM 435 材で製作された 40MPa 蓄圧器は、そのまま 55MPa で使用出来る可能性が出てきた。

③ -40℃プレクール設備

70MPa フル充填ステーションは 70MPa ステーション同様、充填時間短縮のために-40℃プレクール設備が必要である。-40℃プレクール時の 70MPa 充填と 87.5MPa 充填時間のシミュレーションの比較結果を図 3.2.1.2-3 70MPa-87.5MPa -40℃プレクール 充填時間比較に示す。

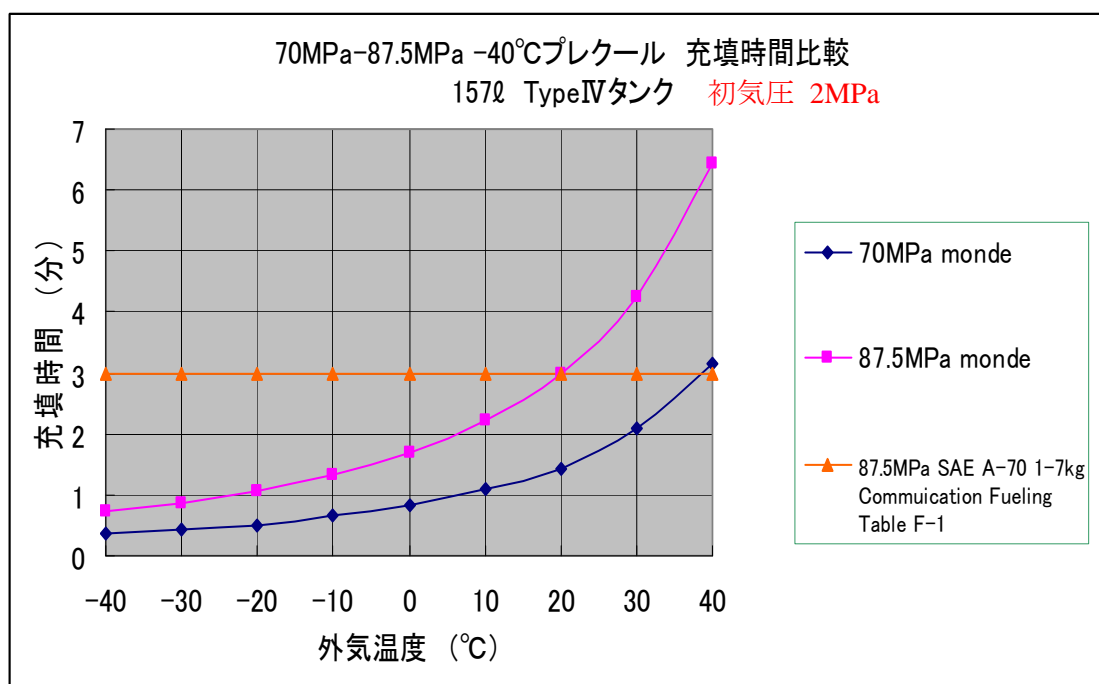


図 3.2.1.2-3 70MPa-87.5MPa -40℃プレクール 充填時間比較

JHFC ステーションの水素中の水分管理値は 5ppm、露点温度は-65℃が許容されており 35MPa 充填では氷結の問題は無いが、70MPa 以上ではプレクールを行うので、水分の昇華（結氷）が発生し、配管が詰まる可能性がある。水素中の水分量を 0.05ppm 程度にする必要があり、現状の PSA では対応出来ず、新たな水分除去設備が必要と推定される。

④ 通信充填の必要性

70MPa フル充填では、充填時間短縮と、SOC100%充填のために、通信充填設備により車側の水素燃料タンクの温度・圧力の状態をステーション側に知らせる必要がある。通信充填分科会では、赤外線通信方式によるステーションにおける実証試験を予定し、検討中である。その詳細は 3.2.2 項に記述する。

3.2.1.3 FCV 普及開始に向けて実証すべき水素ステーションの最大充填圧力の提案

(1) 経緯

「共通課題検討会」の2009年度当初の検討課題は、最適充填圧力の提案であった。この提案は、3.2.1.1項に記載のFCCJ充填圧力検討タスクフォースの検討結果を反映し、圧力上昇に伴う航続距離延長のメリットとステーションのコスト高や製作上の難易度などのデメリットとの総合計が極値を形成する最適値を探索する技術的観点から検討することでスタートしたが、検討により上記のメリットとデメリットは共に上昇して極値を形成しないことが判明し、具体的な最適充填圧力の決定は困難な状況にあった。

一方、車両側はFCV航続距離の延長および国際標準の充填圧力導入を強く求めたことから、検討課題は最大充填圧力の提案へと変わった。

JHFC WG3では、2015年のFCV普及開始に向けて実証すべき水素ステーションの最大充填圧力として検討し、70MPaフル充填(87.5MPa@85℃)および35MPaフル充填(43.8MPa@85℃)を提案した。

本提案はWG3から企画実行委員会に提案し承認を得るとともに、JHFC FCV普及開始に向けた課題検討作業部会(以下FFK作業部会という)へ提案し、今後の技術課題として取込まれた。

(2) 70MPa級最大充填圧力

現在、70MPa FCVの置かれている状況は、他の環境対応自動車と比較し、航続距離と、CO₂排出量が少ないメリットを有しているが、今後、HEVやBEV等の性能向上による追い上げが予想され、更なる航続距離の延長が要求されている。

FCV普及開始初期での水素ステーションとして提案すべき圧力は、技術的に可能な範囲で、より多くの水素を充填するための圧力を提案すべきであるとした。

WG3はこの検討結果に基づいて2015年度までに技術実証用70MPaフル充填(87.5MPa)ステーションを1ヶ所以上建設し、技術実証を進めることを企画実行委員会に提案した。

70MPaフル充填ステーションの設備条件は以下の通りである。

- ・通信充填
 - ・-40℃プレクール設備の設置
 - ・直充填方式
- } 3分充填対応

70MPaフル充填ステーションの技術課題として、通信充填、-40℃プレクール設備の技術実証が必要とされ、直充填用の大容量/高圧圧縮機の耐久性を含めた技術実証も必要となる。

更に、計画中の海外パッケージ品の導入で、予定される70MPaステーションを70MPaフル充填対応とすることを提案した。その理由は、

- ① 2015年までに導入を予定しているフル充填実証ステーションで採用予定の国内製機器の大臣特認取得の準備とする。

- ② フル充填の実証試験による課題を事前に抽出して、国内製機器開発へ早期フィードバックできる。
- ③ フル充填の実証試験データを蓄積することが出来、対象となるステーション数およびデータの取得期間の増加が期待できる。

(3) 35MPa 級最大充填圧力

35MPa FCV は、2015 年以降も存在する。商用車、バスの充填圧力は、35MPa で運用されている。また、70MPa FCV と同様に航続距離の延長が求められる状況にある。従って、欧米と同じ 35MPa フル (43.8MPa@85°C) 充填を提案した。

国内法規でフル充填とするには通信充填が条件となり、技術課題として 35MPa 通信充填を実証する必要がある。通信充填以外の技術課題については 70MPa の技術が流用できる。

70MPa フル充填同様、次期実証組織に 35MPa フル充填を提案することについて、了解された。その理由は、

- ① 通信充填の実証試験データの蓄積ができる。
- ② 70MPa 通信付車両の 35MPa 充填時の充填量の増加が期待できる。: 35MPa を超え 43.8MPa@85°C 充填が可能となり、充填量の増加による航続距離の延長が可能となる。
- ③ フル充填プロトコル (SOC を使った充填) の検証により、基準・標準へのフィードバックが可能となる。

35MPa フル充填ステーションの設備条件は以下の通りである。

- | | | |
|---|---|---------|
| <ul style="list-style-type: none"> ・ 通信充填 ・ 必要に応じプレクール設備の設置 ・ 差圧充填方式 | } | 3 分充填対応 |
|---|---|---------|

(4) 参考 充填技術開発 活動スケジュール

2015 年の FCV 普及開始に向けてのフル充填に係る充填技術開発について、今後の活動の参考として、表 3.2.1.3-1 フル充填技術開発 活動スケジュールにその内容を提示する。

3.2.2 通信充填

燃料電池自動車の航続距離延長要望に応えるために、安全に短時間で、より多くの水素を充填することが必要である。車載タンクは、容器保安規則により最高充填圧力は35°Cにおいて70MPa以下に制限されており、タンク内温度が把握できない限り充填中に70MPaを超えることは許容されていない。従ってフル充填を行うためには、車両タンクの仕様・状態（温度、圧力）を把握する必要がある。現状ディスペンサ側でタンク圧力を把握できるのは、ディスペンサノズルを車両と接続し均圧後の充填直前と、充填終了直後の2つの時点である。このときの誤差は、ノズル下流の逆止弁の吹出圧程度である。車両タンク内温度はディスペンサと繋がりががないため把握することは出来ない。そのためタンク内容積を推定するときも、タンク内温度は外気温に等しいと決めて計算している。しかし充填前に水素の高速消費を行ってきた場合には、タンク内温度は外気温よりかなり低いことがある。初期の温度が分かれば充填中の温度は計算できる。しかし初期温度もディスペンサ側では検知できていないのが現状である。そのため車両タンク内情報を得るため通信充填の必要性がある。通信充填の中で最も簡単な方式として、タグを読む方式があるが、これは車載タンクの形式や容積などの仕様は把握できるが、温度などの状態のデータは送信できない。有線で現状のデータを送信する方法はあるが、充填作業時にコネクタの着脱をすることは、充填時の作業項目を増やすことと、着脱による機械的な通信不良が懸念される。そのため世界的には、赤外線を利用した非接触通信が主流であり、SAE J2601/J2799で標準としている。この背景から、WG3 運用充填検討会でも赤外線を利用した通信充填を検討することとした。

3.2.2.1 通信機器基礎試験

赤外線通信は、図3.2.2-1に示すように車両側のレセプタクル取付基部にある発信部からノズル先端周囲に取り付けた受光部で信号のやりとりをする。発光部と受光部の間隙はノズル-レセプタクルの結合の妨げとならないように密着せず隙間を空けてある。従ってこの隙間から光などの外乱因子が入ってくる可能性がある。

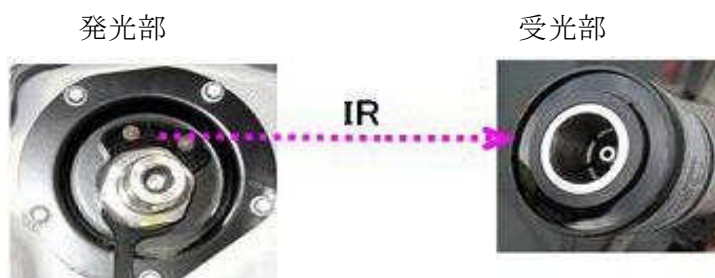


図 3.2.2-1 赤外線通信発光部と受光部

基礎試験として、赤外線通信が出来るか、外乱が入った場合でも通信可能かなどについて、日本自動車研究所（JARI）Hy-SEFにおいて試験した。使用した通信デバイスは、海外で一般的である製品として、受信側：Plug Power 社製、発信側：Hoerbiger 社製を採用した。

試験内容は、表3.2.2-1に示す内容で、試験装置は、図3.2.2-2に示す基礎試験装置を用いて行った。障害物としての埃及び霜を付着した石英ガラス板の外観を図3.2.2-3、図3.2.2-4に

示す。

表 3.2.2-1 試験内容

試験項目	変更内容	備考
発信部と受信部の間隔	15mm、55mm	充てん時に発信部と受信部は必ずしも近接していないため
攪乱のための光源	模擬日光、模擬蛍光	発信部と受信部の空隙部からの入光を想定
入射距離	18mm、24mm	光源から受光部までの距離
入射角度	30°、0°	光軸との角度
信号の障害物：埃	埃付きガラス板挿入	埃付着量 0~1.3g/100φ
信号の障害物：露	露付きガラス板挿入	露付着量 0~0.5g/100φ
信号の障害物：霜	霜付きガラス板挿入	霜付着量 0~0.5g/100φ

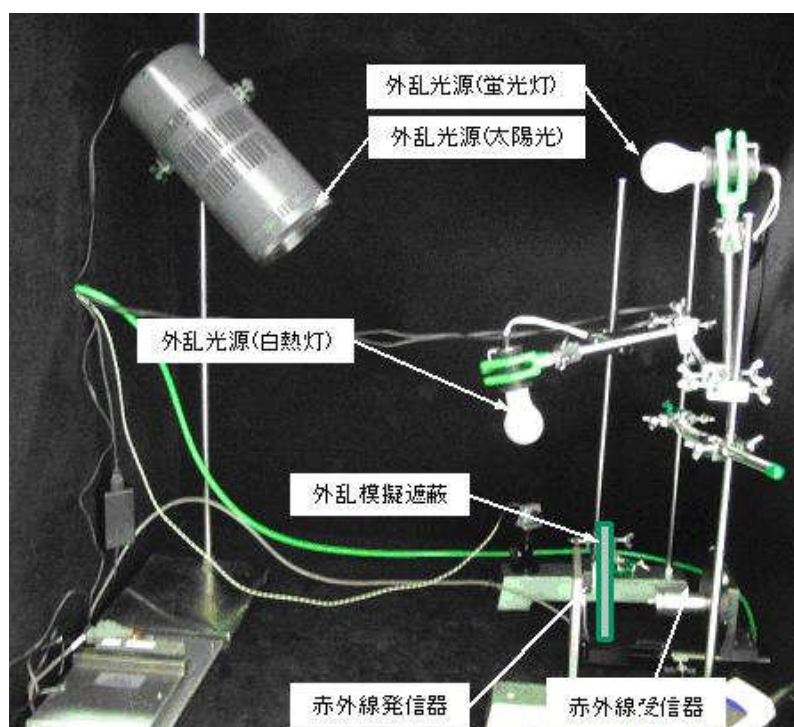


図 3.2.2-1 基礎試験装置

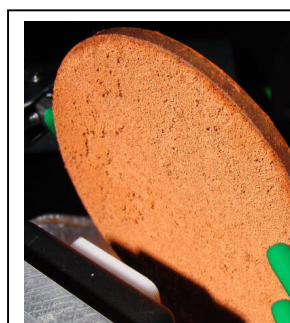


図 3.2.2-2 埃塗布ガラス板

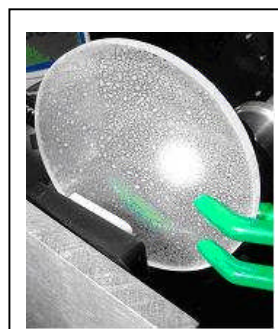


図 3.2.2-3 霜塗布ガラス板

赤外通信のデジタル信号は、図 3.2.2-4 に示すようにデータの前後に通信区切りや正誤判定の符号などがある 5 個の部分から構成されている。これが完全でないと、エラーと判断される。またこの信号が 5 個連続してエラーとなると、信号不通と認識する。なお、このデータ信号の通信速度は、SAE2601 では 100ms/回であるが、今回試験した発信器は 200ms/回であった。

<Data Field構成>

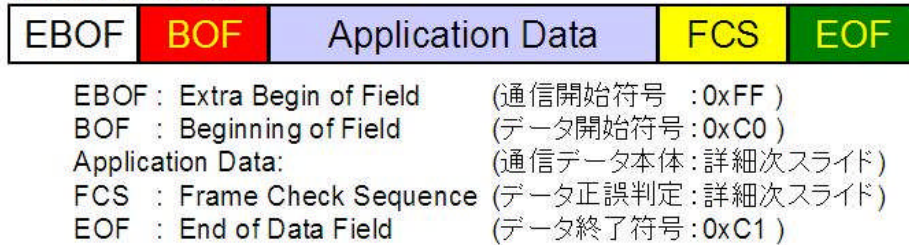


図 3.2.2-4 データ信号の構成

試験結果は、以下のとおり。

- ・ 発光部と受信部の間隔は、十分長い距離と考えられる 55mm でも問題なく受信できる。
- ・ 外乱光源が、18mm と近接しても正常に受信出来る
- ・ 放射角度についても、0°、30° のいずれも問題無く受信出来る
- ・ 露、霜、埃の付着は、図 3.2.2-4 に示すようにガラス板の向こうが見えない程度まで付着しても赤外通信が出来ることを確認した。

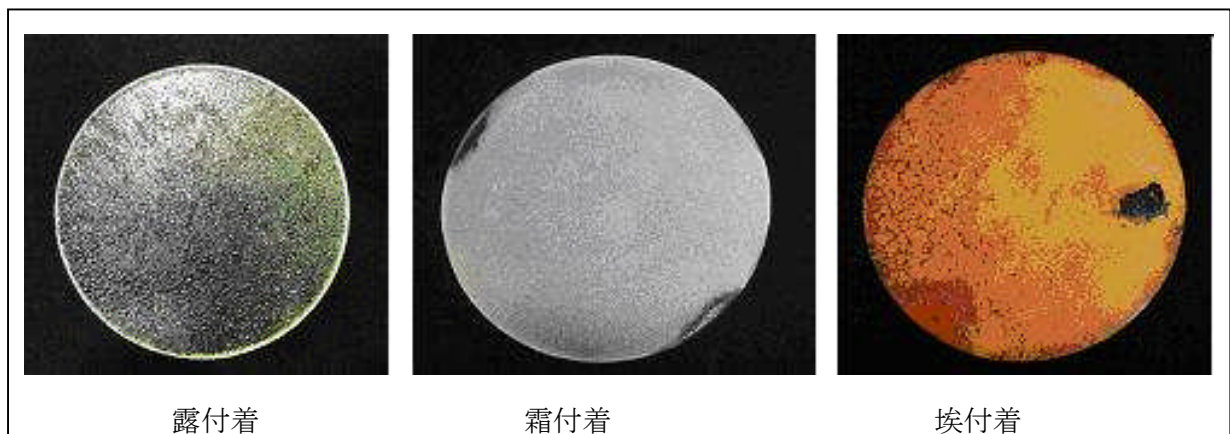


図 3.2.2-4 赤外線通信可能であった外乱ガラス板

3.2.2.2 実証試験

通信機器の海外防爆認証を経て、国内の防爆認証を受けて行う。
2010年11月末現在の実証試験開始までの工程を図3.2.2-5に示す。

項目	2010年			2011年		
	10月	11月	12月	1月	2月	3月
1. 通信機器納入準備						
防爆認定						
機器製作						
ソフト改良						
2. 高圧ガス許認可						
申請・承認					
3. 通信機器設置工事						
工事関連					==	
調整確認					==	
4. 実証試験						
試運転					==	
試験開始						★

図 3.2.2-5 実証試験計画工程

3.2.2.3 海外調査

JHFC では 2010 年度に通信充填システムを千住ステーションに導入する。国内初の通信充填システム導入を円滑に行うため、我が国より先行して数多くの通信充填を行っている海外のステーションや、通信機器メーカーを訪問し、通信技術や充填技術について調査した。通信以外のステーションについての調査結果は、5章にまとめて記載する。

(1) 北米調査

2010年9/19から9/25まで、カナダの IRDI System (旧 Plug Power)、Powertech と BC Transit Whistler Transit Centre、北米の Culver City Shell 水素ステーション、Torrance 水素ステーションを訪問した。

調査結果：

a) 通信充填の実施状況

- ・ 70MPa ステーションは、全て IR 方式通信 (SAE2799) を標準装備している。
- ・ 35MPa ステーションには、IR 通信は導入されておらず、通信をしていても有線通信である。プロトコルには、CaFCP 方式やステーションオリジナル方式がある。コネクタの統一性はない。
- ・ 70MPa の IR 通信の実績は 5,000 回以上。

b) トラブル

- ・ IR 通信の本質的なトラブルはなく、ケーブルコネクタの防水不足とノズル落下時の受信部破損であった。
- ・ 防水は、シリコーン樹脂塗布で対応できている。

c) 充填コネクタの着氷

- ・プレクール充填でノズル周囲に氷が着く。
- ・-40℃プレクールガスを用い連続充填を行うと、コネクタが固着し外せなくなる場合がある。

(2) 欧州調査

2010年10/18から10/24まで、欧州のGM/OPEL、Daimler、LindeそしてHoerbiger社を訪問した。

調査結果

a) 通信充填の実施状況とトラブル事例

- ・赤外線(IR)通信(SAEJ2799準拠)本格運用から約2年が経過。初期不具合があったが、現在は安定運用。
- ・充填実績は1万回を超えるが、充填中断に至る5連続通信データエラー発生は、各社とも経験なく、IR方式の通信ロバスト性は高い。
- ・不具合事例 (カナダ北米と同じ)

車両送信機側：IR発光ダイオード素子のポッティング部断線(原因は、プレクールヒートショックの繰返し歪)

対策：ポッティング法をホットメルトからシリコーンゲル充填に変更

ノズル受信機側：ケーブル/コネクタ結線部の断線(原因は、結線法の変更プロトコルチェッカーソフトのバグ)・・・修正して対策した。

ノズル落下によるデバイス破損：対策なし

b) 充填ノズルが氷結固着で外れなくなった。

- ・欧州各社が経験。トヨタも経験した。
- ・霜対策としての空気や窒素のブローは、効果があるが、ブロー音がガス漏れ音と紛らわしい。特にセルフ充填のときに、一般の人にイメージが悪くなく、抜本的な対策はまだない。

3.2.3 プレクール仕様検討(プレクール性能試験)

3.2.3.1 プレクール性能

70MPa 水素ステーションにおけるプレクールの要否の技術課題を検討するにあたり、佐賀大学の門出等が開発した高圧水素充填中の計算プログラムを用いた。検討に際しての基本条件は、現状のガソリンスタンドでの充填時間とほぼ同じ 3 分間で充填出来るプレクール性能として検討した。結論としては、乗用車用車載タンクに、外気温の影響に関係なく 3 分充填を行うためには、最大冷却能力として、70MPa 充填の場合：-40℃プレクール、35MPa 充填の場合：-20℃プレクールが必要であると考えられる。

3.2.3.2 70MPa 充填時のプレクール要否検討

充填容器の寸法や容器の熱特性が判っていると、充填時の初期温度・初期圧力及び終了時の温度と圧力を与えることによって、プレクールと充填時間の関係を前もって知ることが可能になる。例えば、70MPa まで 3 分間で充填するためには、上昇するガス温をあらかじめプレクールする必要がある。図 3.2.3.1-1 にシミュレーションにより求めた、各プレクール温度における外気温と充填時間との関係を示す。

(1) 検討条件 (SAE J2601 でプロトコル開発に用いられた条件)

- ① 車載タンク 充填圧力：70MPa、タンク型式：Type4、容量：157ℓ (可載水素量 6kg)
- ② 気温：0～40℃
- ③ 初期圧 2MPa より最終圧 70MPa、終了温度 85℃の充填を想定

(2) シミュレーション検討結果

シミュレーション結果より、-20℃のプレクールで 3 分充填を達成するためには外気温度が 0℃以下でなければならないことが分かる。また、高温時 (例えば外気温 40℃) の 3 分充填を想定すれば、-40℃のプレクール設備が必要である。

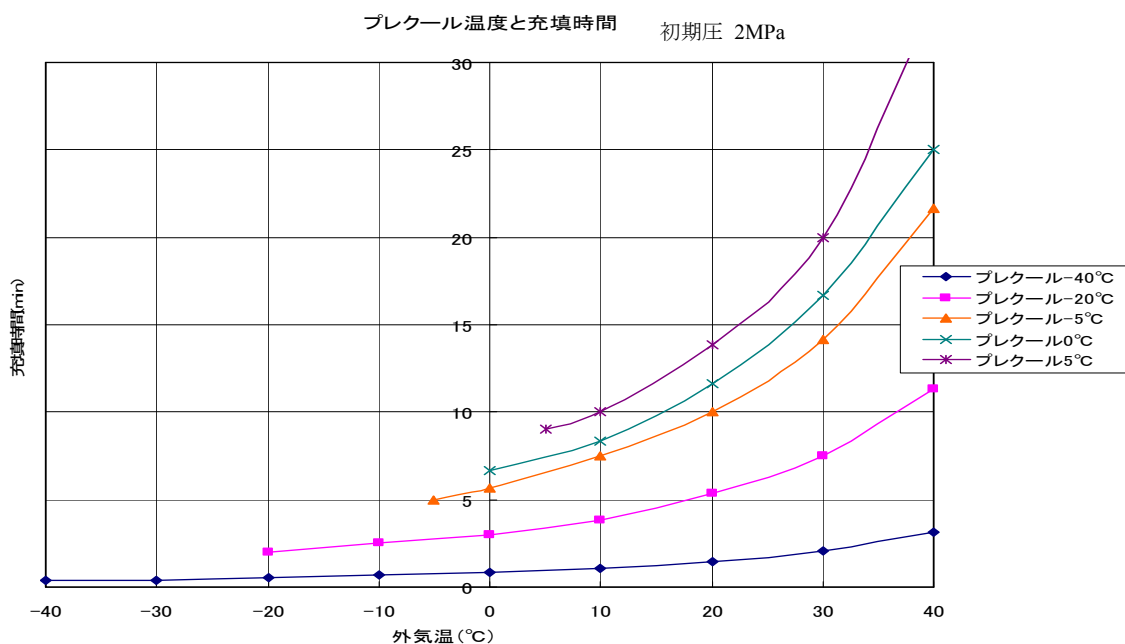


図 3.2.3.1-1 70MPa Type4 プレクール温度別 充填時間—外気温度

3.2.3.3 その他の充填条件におけるプレクールの要否検討

(1) 87.5MPa (70MPa フル) 充填

① 検討条件

- a 車載タンク 充填圧力：87.5MPa、タンク型式：Type 4,3、
容量：157ℓ（可載水素量 6.3kg）
- b 気温：0～40℃
- c 初期圧：2MPa、プレクール温度：-40℃

② シミュレーション検討結果

上記条件で、Type4 のタンクの場合は、気温が 20℃以下で 3 分充填が可能となる。それより高温の気温 30℃では 4 分 25 秒、気温 40℃では 6 分 45 秒の充填時間が必要となり、70MPa 充填と比較すると、2 倍強の充填時間が必要となる。但し、SAE の通信充填プロトコルでは、どの気温に対しても充填時間は 3 分となるが、シミュレーションで求めた充填時間と乖離した結果となった。

今後の課題として、他のシミュレーション結果も含め、実際の充填試験等を通じて、シミュレーション結果の検証を行う必要がある。

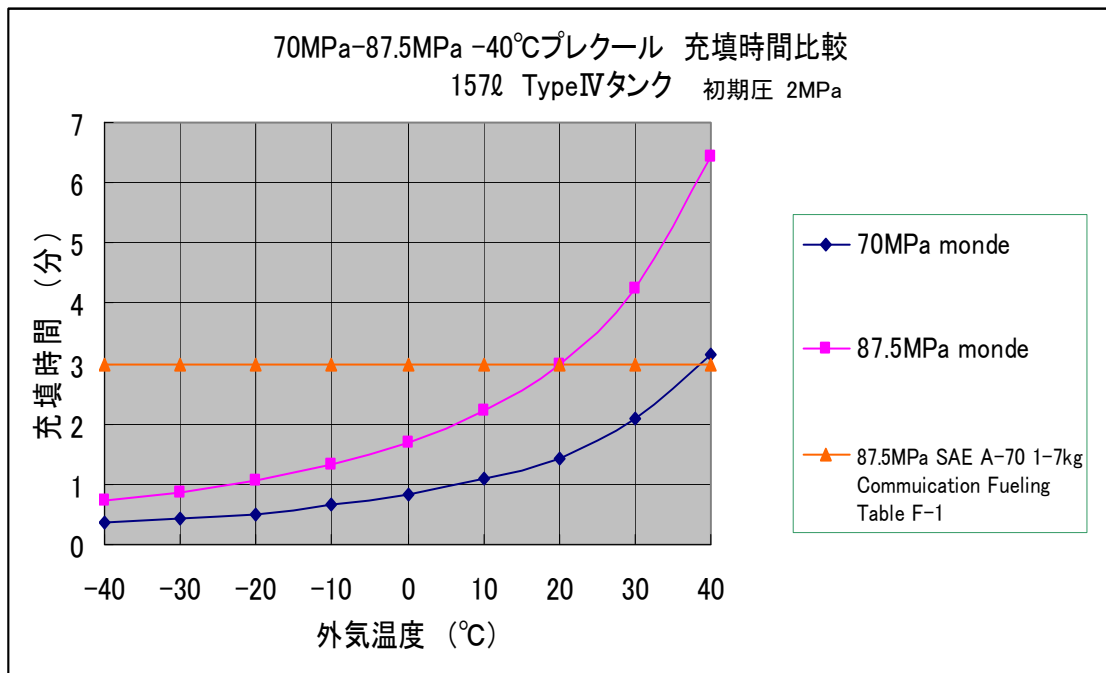


図 3.2.3.3-1 87.5MPa -40℃プレクール 充填時間－外気温度

注. SAE プロトコルにおいて、低外気温でも充填時間が 3 分未満でないのは、ステーション側に過大な供給能力を求めないために、昇圧率上限 ($\Delta 87.5\text{MPa}/3\text{分}$) が規定されているためである。

(2) 70MPa Type3 タンクへの充填

① 検討条件

- a 車載タンク 充填圧力：70MPa、タンク型式：Type3、容量：157ℓ（可載水素量 6kg）
- b 気温：0～40℃
- c 初期圧：2MPa

② シミュレーション検討結果

70MPa Type3 タンクは図 3.2.3 d.3-2 に示すとおり、気温 20℃～40℃で 3 分充填するには -40℃プレクール設備が必要となるが、Type4 タンクと比較すると、充填時間は余裕をもって達成できる。

プレクール能力が-20℃の場合は、気温が 20℃以下の条件では 3 分充填が可能であるが、気温 20℃～40℃では 3 分充填が達成出来ない。

従って、70MPa 充填でどの気温でも確実に 3 分充填を達成するには、タンクの Type に関わらず-40℃プレクール設備が必要となる。

実際に建設される商用ステーションについては、ステーションタイプ、建設場所の気候、顧客の要求内容、時間当たりの水素充填台数、水素販売価格等により、プレクール能力を判断することになると考えられる。

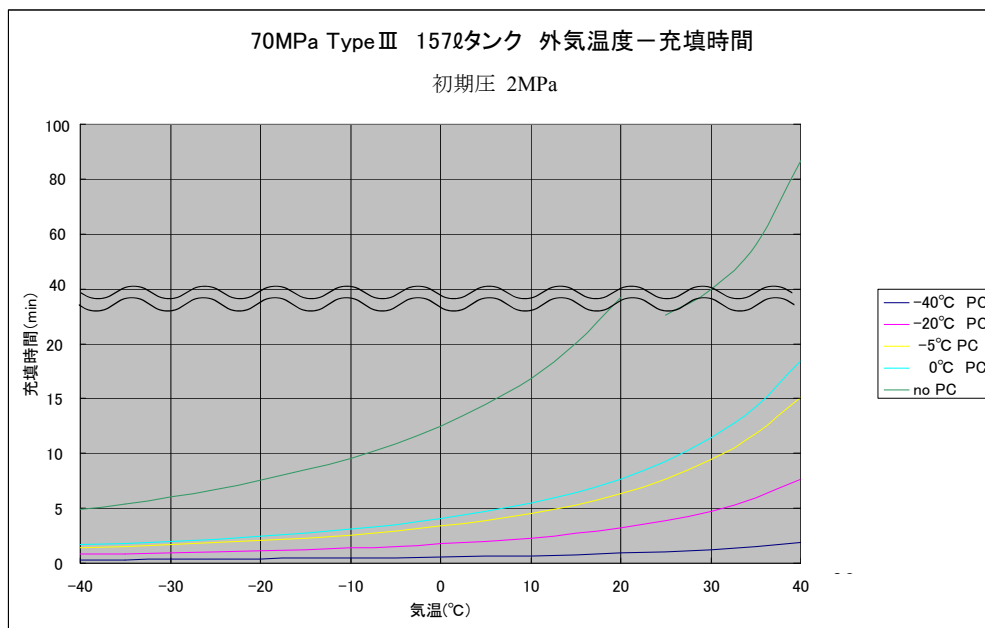


図 3.2.3.3-2 70MPa Type3 プレクール温度別 充填時間－外気温度

(3) 35MPa 充填

35MPa 充填は、2 種類のタンク型式、4 種類のタンク容量について検討した。

① シミュレーション検討条件

- a 車載タンク 充填圧力：35MPa、
タンク型式：Type4 容量：249ℓ（可載水素量 5.7kg）（SAE 例示）

150ℓ（可載水素量 3.4kg）

Type3 容量：171ℓ（可載水素量 3.9kg、実車例）

150ℓ（可載水素量 3.4kg）

b 気温：0～40℃

c 初期圧：2MPa

② 検討結果

初期圧：2MPa、気温 40℃の共通条件において、Type4 のタンクについては、容量の大きい 249ℓ タンクで 3 分充填を達成するには、-20℃のプレクール能力が必要となる。

150ℓ タンクで 3 分充填を達成するには、やはり-20℃のプレクール能力が必要となるが、-5℃のプレクール能力での充填時間は 3.6 分となり、条件により採用出来る可能性がある。

Type3 のタンクについては、150ℓ タンクで 3 分充填を達成するには 0℃のプレクール能力で可能である。

35MPa 専用 FCV の実車のタンクの例としては、一部推定に基づくタンク仕様ではあるが、10℃以下の軽微なプレクール能力で 3 分充填が可能であった。放熱性と短時間の充填を考慮したタンク設計が行われていると推定される。

一方で、70MPa 車両への 35MPa 充填も考えた場合、70MPa 車両では、現状 Type4 タンクが主流（トヨタ、GM、ダイムラー）となっている。

以上より、Type4 タンクを採用した 70MPa 車両への 35MPa 充填も考慮すると、タンクの Type に関わらず、どの気温でも確実に 3 分充填を達成するには、設備の最大冷却能力として-20℃プレクールが必要となる。

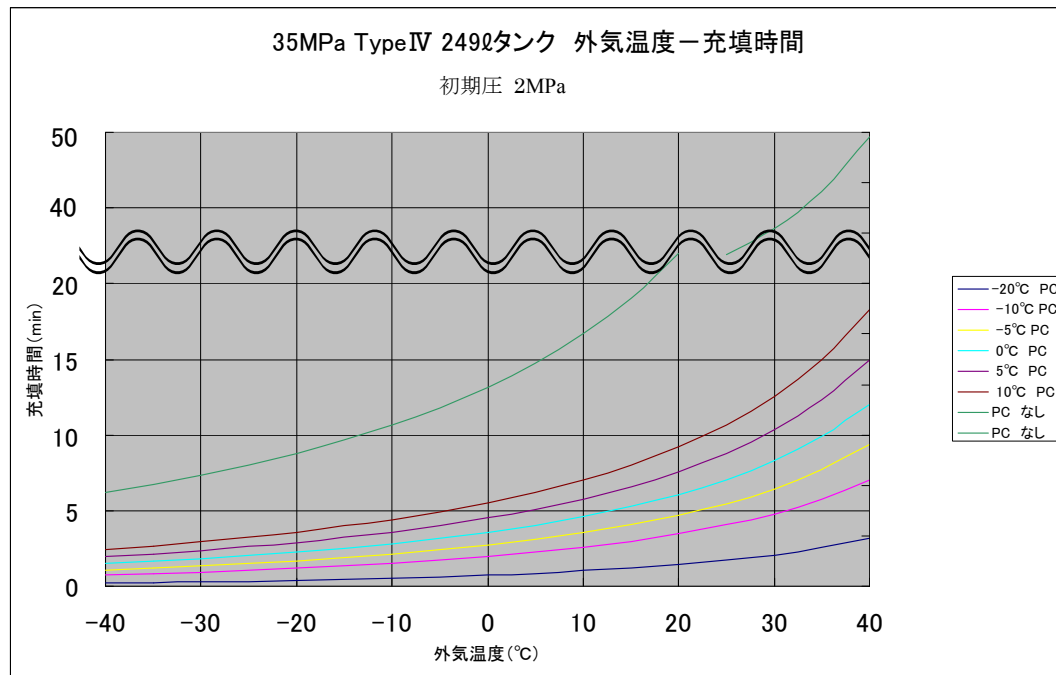


図 3.2.3.3-3 35MPa Type4 249ℓ プレクール温度別 充填時間－外気温度

3.2.3.4 全国主要都市の高温(猛暑日、真夏日)発生データ

具体的なステーションのプレクール能力を決定するには、前記条件を基本としながら、ステーションの設置場所の気候条件を考慮して決定するための参考として、過去に国内で記録された 40℃を超える高温データ及び全国各地の主要都市の 2007 年～2009 年の気温データを収集した。

収集したデータは、下記の 3 項目に区分して、「全国各地の気温情報」として整理した。
(データ集 参照)

- ① 40℃前後の高温が発生した年月日、場所、記録気温
- ② 気温 35℃以上の猛暑日の発生日数
- ③ 気温 30℃以上の真夏日の発生日数

前記 3.2.3.1 の情報とあわせ、実際に全国各地に設置される水素ステーションのプレクール設備の年間運転予想と、目標とする水素プレクール温度の参考となれば幸いである。

3.2.4 その他の検討

3.2.4.1 誤発進防止・対策

水素ステーションは「特定圧縮水素スタンドに係る技術上の基準」第7条の三 二十五項に、「ディスペンサのホースには、車両の誤発進等によるホースの破断を防止するための措置を講ずること。」と規定されている。

平成20年度 JHFC2 スタート時は、70MPa 緊急離脱カプラの国内製の製品開発は難しい状況にあった事より、緊急離脱カプラの代替となる、誤発進防止対策検討は重要な技術課題であった。

(1) 誤発進防止対策

誤発進は運転者自身のうっかりミスによるものと、暴走した車両が水素充填中の車両に衝突することにより、その衝撃を受け移動し、発生するケースに区分される。それぞれのケースについて、下記に検討した緊急離脱カプラ以外の複数の対策案を示す。

① 運転者のうっかりミスによる誤発進防止対策

a 車両側の誤発進防止対策・・・FCV のフューエル・リッド部スイッチ

FCV のフューエル・リッドを開けると、動力系の電源が切断されるスイッチの設置（一部の FCV には自主的に設置されている。）

b インフラ側の誤発進防止対策

ア 車両前方に自動式車止め設置（FCV 車の進入を一方向進入とする）

イ 充填中表示設備

② 他車両の衝突による充填中車両の誤発進防止対策

充填車両の後方に自動式衝突ボラード設置

上記設備について、検討した結果、以下に述べる複数の理由により、安全性、確実性、信頼性のいずれかの確保が困難であるとの結論に至った。

a 欧米の水素ステーションでは、水素漏洩や火災で緊急避難が必要な事態が発生した場合は、速やかに緊急避難するルールになっているが、車止めやボラード設備は、緊急避難の妨げとなり、対応出来ないこと。

b 車止めやボラード設備は、ステーション スタッフの充填作業の障害物となり、作業性が悪化すること。および全てのサイズの FCV に対し、確実で有効な設備とはならないこと。

c 充填中表示設備も運転者自身のうっかりミスに対して確実で有効な設備とはならないこと。

d 他の誤発進防止対策と組合せても、確実で有効な状態の確保は難しいこと。

e 車両側の誤発進防止対策としての FCV のフューエル・リッド部スイッチは車両メーカーが自主的に取り付けている場合もあるが、FCV が市販された場合を考えると、現状のスイッチの構造から、安全性を担保するためには、信頼性高める必要が有ると推定されること。

枕木型車止 誤発進防止対策設備



小型衝突ボラード 誤発進防止対策設備



図 3.2.4.1 誤発進防止対策設備例

3.2.4.2 誤発進トラブル対策(緊急離脱カプラ)

(1) 70MPa 緊急離脱カプラの概要

水素ステーションは「特定圧縮水素スタンドに係る技術上の基準」第7条の三 二十五項に、「ディスペンサのホースには、車両の誤発進等によるホースの破断を防止するための措置を講ずること。」と規定されており、緊急離脱カプラは、石油、LPG、CNG、35MPa 水素の各ディスペンサに誤発進防止対策としてホースの中間等に設置されている。しかし、70MPa 緊急離脱カプラの使用環境は、高圧・低温であることから開発が難しい状況にある。

国内製 70MPa 緊急離脱カプラは、現在、NEDO「水素製造・輸送・貯蔵システム等技術開発事業」で開発したものが、初めて70MPa 水素ステーションのディスペンサに取付け技術実証中であるが、プレクールされた低温水素のシール性の改善が必要で、検討中である。

また、35MPa 緊急離脱カプラのメーカーは 70MPa の試作品を開発しているが、未だ製品として 70MPa 水素ステーションでの採用実績は無い。

一方、海外製 70MPa 緊急離脱カプラは、JHFC WG5 の海外調査結果等によると、ドイツの WEH 社、Walther 社の製品がステーションで使用されており、WEH 社の採用例が多い。

WEH 社の緊急離脱カプラは、専用のマウントを介してディスペンサに取付けるタイプである。



図 3.2.4.2 誤発進トラブル対策(緊急離脱カプラ)事例

70MPa 水素緊急離脱カプラに求められる離脱性能は、規定された離脱力の範囲内で確実に離脱し、充填時にプレクールされた冷却水素がシール部から漏洩しないことが要求される。

また、誤発進等により離脱すると、70MPa の使用環境でシール部の O リングの中に浸入した水素は、大気圧環境で一気に O リング中から放出することから、O リングは損傷を受け再使用出来ないことが知られており、離脱後の復旧はメンテナンスを担当するメーカー担当者等による O リング交換・シール性能点検後の復旧が必要となる。

(2) 70MPa 緊急離脱カプラを用いた離脱性能確認試験

70MPa 緊急離脱カプラは、誤発進等の緊急事態に対応する安全設備として、確実に機能する必要がある。誤発進等による充填ホースは車両の発進方向に引張られるが、その方向は一定ではないため、ディスペンサに取付けた状態で、考えられる全ての方向に対して、ディスペンサ本体の転倒抗力以下の引張力で、確実に離脱する必要がある。WG3 では技術実証課題の対策として、メーカーによる緊急離脱カプラの離脱性能・安全性確認試験の実施が必要であると、具体的な試験方法として「70MPa 緊急離脱カプラの離脱性能・安全性確認試験実施計画書」を提案した。

先に述べた様に、プレクールされた状態でのシール性能が要求されるが、WG3 では、70MPa ステーションで3分充填を確保するには、 -40°C のプレクール能力が必要であると提案している。70MPa 技術実証ステーションに初めて設置した国内製カプラにプレクールされた低温水素を通したときシール部に不具合が発生した。メーカーでは、常温での離脱性能・安全性確認試験は実施していたが、 -40°C の温度条件でのシール性能及び離脱性能の確認試験も必要と考える。今後開発される緊急離脱カプラの参考となれば幸いである。

(3) 緊急離脱カプラの機能維持管理

緊急離脱カプラの機能の維持管理方法について以下に記述する。

① 定期保守点検による機能維持

70MPa 水素ステーションに設置する緊急離脱カプラは、定期保守点検することによりその機能が維持される。幸い、国内ディスペンサ・メーカーは全国のガソリンスタンドの計量機の保守点検体制を整備しており、定期保守点検を実施できると推定される。海外製品の導入は、全国的メンテナンス体制をどう構築するかがポイントとなる。

② 定期保守点検内容

シール部品等の交換、汚れの洗浄除去、組立・気密テスト等が主な項目となる。

③ 誤発進事故等で 緊急離脱カプラが作動し、離脱後の復旧は、定期保安点検と同等の復旧が必要となる。

4. 実証研究における理解促進活動

FCV 及び水素インフラの認知度向上に対する理解促進活動を、JHFC2 の目的のひとつとして実施した。活動のひとつの拠点となった JHFC パーク（神奈川県横浜市）は、常設のショールームと JHFC 水素ステーション見学、FCV 試乗、燃料電池全般の講義を受講できる広報施設として運用し、2003 年 3 月開所より 2 万 2000 人以上の一般見学者を受け入れた。国内外の政府関係者、企業、技術者、修学旅行学生など多くの方が来館し、FCV と水素エネルギーを学ぶことができる重要な施設として認知された。

JHFC パークでの活動に加えて、地方自治体、学校、団体などと協力して首都圏以外の地域に出張し、各種イベントを企画実施した。なかでも将来の FCV ユーザとなる小学生を対象とした学習教室は、講義、ミニ FCV キット工作とレース、FCV 試乗会の体験プログラムで実施し、JHFC の重要な教育プログラムとして確立した。また寒冷地や、長距離走行など FCV の性能向上や水素供給インフラをアピールするイベントも企画し、多くのメディアに取上げられた。広報パンフレット各種やホームページなどの広報ツールを作成し、日々更新を図り活用した。実施したイベントは、別冊データ集の【資料 4-1】にまとめた。

4.1 理解促進活動実績

4.1.1 理解促進ワーキンググループ(WG4)活動実績

理解促進活動を実施するために、FCV を提供・運行した自動車メーカーと、水素インフラ運営に携ったエネルギー会社で構成される JHFC 参加企業、国、関連団体等がメンバーとなり、理解促進 WG を組織し取り組みを推進した。2006～2007 年度までは、広報・教育ワーキンググループという名称を用い、NEDO 事業となった 2009 年度から、目的をより明確に表す理解促進 WG という名称に変更された。また実証試験の実施者として参加企業が主体となり、実施者リーダを中心に活動の推進を図った。活動の具体的な実施計画について、WG4 の下部組織であるイベント企画検討会と教育検討会にて検討した。

4.1.2 成果報告会「JHFC セミナー」

実証試験の成果報告の場として、毎年度末に「JHFC セミナー」を開催した。実証試験の成果報告に加えて、国内外の政策動向や海外の実証試験動向も含めた情報を共有する目的で、毎年各方面から講演者を招いて、基調講演や特別講演、パネルディスカッション等を含めた講演会として実施した。同セミナーにおいて理解促進 WG では、講演会のほか、FCV や小型移動体の試乗会、関連部品展示などその時のトレンドやニーズに合ったイベントを企画してきた。JHFC セミナーは参加費無料とし、本分野に関心のある誰でも参加可能とした。参加者の多くは水素・燃料電池分野の企業関係者であるが、政策関係者、リサーチャー、大学・研究所や大使館関係者も参加した。水素・燃料電池実証試験結果を得られる機会であり、世界の実証試験や政策動向をも知る場としても貢献した。

開催結果は WEB サイトで公表し、実証試験結果や講演資料は和文・英文の電子データで公開し、全世界で活用されている。特に Well to Wheel 総合効率検討結果は貴重なデータであり、多くの文献等に引用されている。

以下、JHFC2 で開催した JHFC セミナーの実績を記す。

- (1) 2007 年 3 月 12 日 (月) 有楽町朝日ホール (動員数：460 名)
- (2) 2008 年 3 月 13 日 (木) 有楽町朝日ホール (動員数：415 名)
- (3) 2009 年 3 月 6 日 (金) 大手町サンケイプラザ サンケイホール (動員数：355 名)
- (4) 2010 年 3 月 2 日 (火) ベルサール六本木 (動員数：354 名) (図 4.1.2-1)
- (5) 2011 年 2 月 28 日 (月) ～3 月 1 日 (火) 東京国際フォーラム (動員数：500 名)



図 4.1.2-1 2009 年度 JHFC セミナー (東京都港区)

4.1.3 イベント実績

理解促進 WG では、広く一般の人々に水素エネルギーと FCV について正しい理解と関心を持ってもらうイベントを年間通じて実施した。実施内容は、訴求対象、目的を定め費用対効果を考慮してイベント企画検討会で審議し実施した。その企画内容は大規模なものから、他団体主催の小規模イベントへの協力・協賛などその内容は多岐にわたった。JHFC1 では、FCV 社会的認知度が低かった FCV の認知度向上に重点を置いたが、FCV 認知度が 8 割に達した JHFC2 では、危険なイメージをもたれていた水素と特性や水素ステーションの安全施策などについて正しく理解を得る活動に努め、新しい 2 次エネルギーとしての水素の可能性を知ってもらうことを狙いとした。

実施した代表的なイベントを報告する。

(1) JHFC 燃料電池自動車こども体験教室

こども体験教室は、将来の FCV ユーザとなる小学生 (4～6 年生中心) 対象に行った。この水素エネルギーと燃料電池を見て、知って、乗って楽しむ体験型教室は、日本各地で 5 年間実施した。

同イベントは主に、水素エネルギーと燃料電池がテーマの「講義」、小型燃料電池を用いてミニ FCV を自作する「ミニ FCV 工作・ミニ FCV カーレース」、実際に本物の FCV や燃料電池バスに同乗する「試乗会」の三部で構成した。講義では、水素と燃料電池という新技術の背景として、小学生にも身近な話題となった温暖化による地球規模の環境問題と、石油に頼るエネルギー問題を取り上げ、水素の特性と燃料電池の仕組みを学習する。FCV 模型工作とレースおよび FCV 試乗会は、実際に自分で体験できる内容であり、子供たちにとって、新技術への高い関心をもつ機会となった。

- ①2006 年度 2 回実施（愛知、福岡）
- ②2007 年度 7 回実施（北海道、愛知、大阪、福岡）
- ③2008 年度 7 回実施（北海道、愛知、茨城、千葉、福岡、岐阜、静岡）
- ④2009 年度 12 回実施（東京、佐賀、千葉、福岡、愛知）（図 4.13-1）
- ⑤2010 年度 14 回実施（茨城、東京、神奈川、宮城）



図 4.1.3-1 JHFC 燃料電池自動車親子教室（愛知県豊橋市 2009 年度）

(2) JHFC 企画イベント

国内全体での水素と FCV の認知度、理解度向上の目的で、水素エネルギーと FCV の技術情報を提供するイベントを企画し実施した。

①JHFC in 北海道 2008（2007 年度実施）

2008 年 2 月雪まつりで賑わう札幌と洞爺湖で 1 週間にわたって水素・FCV の広報イベントを実施した。真冬の北海道での企画した狙いは、当時寒冷地走行がまだ難しいと思われていた FCV が、その技術課題を克服したことを示すこと



図 4.1.3-2 JHFC in 北海道 2008

と、および同年7月のG8北海道洞爺湖サミット開催時にFCVが出動する計画にあわせ、事前に地元市民に関心をより多く持ってもらうことにあった。併せて実施した地元小学校への訪問授業、雪祭り会場で行われた試乗会は地元テレビ、新聞等に多く取上げられ道内のみならず全国に報道された。この模様のDVDは、プロジェクト紹介映像となり、実施後も長く活用された。（図 4.1.3-2）

②JHFC 燃料電池自動車 1100km 長距離走行実証（2009 年度実施）

複数の FCV が新しいモデルに代わり、航続距離が伸長したことと、九州に水素ステーションが開所したことを合わせて知ってもらうため、国内 3 社の FCV が東京から北九州までを 2 日間、途中 2 回の水素充填で走行する「JHFC 燃料電池自動車 1100km 長距離走行実証」を実施した。中央官庁や地方自治体といったステークホルダーへの理解促進の役割も担い、東京霞が関の経済産業省を出発し、地方実証試験を行っている愛知県庁、大

阪府庁、北九州市を表敬訪問し北九州水素ステーションにゴールした。FCV がガソリン車と遜色なく長距離走行が可能であることを実証した。(図 4.1.3-3) 区間走行中は燃費測定を行ない、翌日九州大学水素ステーションで麻生福岡県知事を招いて行われた報告会では、FCV 3 台の平均燃費が 118.4km/kg であることが報告された。これらの模様や燃費測定結果は全国でも報道され、FCV が優れた燃費性能を持つこと、現時点での電気自動車に難しい長距離走行性能を有することに関して認知度向上に寄与した。



出発式テープカット (経済産業省)



参加車両と移動式水素ステーション

図 4.1.3-3 1100km 長距離走行実証

③水素・燃料電池展 in TSUTAYA TOKYO ROPPONGI (2008-2009 年度実施)

都心の商業地域を舞台として、普段水素と FCV にあまり親しくないと思われる人に技術を知ってもらうイベントとして、東京六本木ヒルズにある CD ブックストア TSUTAYA TOKYO ROPPONGI ギャラリーで1ヶ月間技術展示を実施した。(図 4.1.3-4,5) 昼夜問わず多くの人で賑わう都心の展示スペースは、環境問題やエコ活動に感心が高いテナントの提供である。店内の一角には入替えて JHFC 参加 FCV 車両や水素・FCV を紹介するパネル、バナー、映像を展示し、関連分野の書籍も置かれた。休日には FCV 教室や試乗会などイベントも併催し、2008 年、2009 年の 2 回実施して、大変好評であった。



図 4.1.3-4 水素・燃料電池展

④JHFC タウンミーティング (2008-2009 年度実施)

水素・FCV に対する関心の高い層の期待に応えるため、対話型のトークショー形式イベントで 2008 年に企画・実施した。水素・FCV をテーマにこの分野に詳しい文化人をゲストに迎え JHFC 実施者を交えて座学を行った後、観客と意見交換する JHFC の新しい参加型イ



図 4.1.3-5 JHFC タウンミーティング

メントとして評価された。自動車ジャーナリスト清水和夫氏をゲストに迎えた際(図 4.1.3-5)には、自宅のエネファームの体験談として、再生可能エネルギーとしての水素の魅力や海外の事例、次世代のモビリティの可能性などの話題を取り上げた。2009年には、六本木ヒルズ、東京モーターショー会場で行い計3回実施された結果はJHFCのWEBサイトにコラムとして掲載し、JHFC発行の季刊広報紙「JHFC NEWS」へ掲載した。

⑤第41回東京モーターショー2009 (2009年度実施)

2009年度には、東京モーターショーにJHFCとして初めて出展を行った。次世代自動車試乗会場の近くの部品展示エリアに設けられた展示ブースで、水素インフラとFCVの現在を見せることをコンセプトとし、国内メーカーからX-TRAIL FCV(日産自動車)カットモデル、海外メーカーからシボレーEQUINOX FUEL CELL(ゼネラル・モーターズ)実車、さらに35/70MPa水素ディスペンサーモックの展示を行った。(図4.1.3-6) 実際に手に触れることができる展示品は多くの来場者の注目を集め、協力各社の説明員が対応した。会期中に東京FMサテライトスタジオでJHFCタウンミーティングを開催し(図4.1.3-7)、自動車ジャーナリストと巡る東京モーターショーボランティアツアーのコースにも組み入れてもらうなどメディアとの協力も図り、多くの来場者を迎えた。



図 4.1.3-6 JHFC ブースの様子



図 4.1.3-7 JHFC タウンミーティング

(3) 中央政府との連携

中央政府、経済産業省の要請もあり、政府主導の国際会議やエネルギー会議、展示などに協力した。具体的には、JHFCの認知度を向上させ、日本の技術を世界に紹介するため、FCV等を用いての会議出席者の送迎や、送迎運行のための水素供給支援を行った。2009年4月には、環境に優しいオリンピック開催を提案した、東京オリンピック招致委員会の要請を受け、IOC国際オリンピック委員会の現地視察の際の移動車両としてFCVが送迎にあたった。

次に、JHFC2で行われた代表的な国際イベントでの取り組みを紹介する。

①G20 支援 (2007年度実施)

世界の温室効果ガス主要排出国20カ国の環境・エネルギー担当大臣、関係国際機関、産業界やNGO/NPOの代表等が参加し、機構変動・地球温暖化問題について論議するG20

(正式名称：気候変動、クリーンエネルギー及び持続可能な開発に関する対話)が2008年3月千葉県で開催され、会議参加者の送迎、会場間移動にJHFC参加車両が協力した。FCV、FCバスと水素エンジン自動車計26台が出動し、乗用車は主に空港～ホテル間の送迎、FCバスは幕張地区の会場間移動用シャトルとして運行し開催を支援した。(図4.1.3-8) FCVの試乗を兼ねた送迎において、車内では日本が誇る環境問題解決の新技术として水素エネルギー・FCVの実証試験の概要と意義、またFCVや水素インフラの技術の高さや技術開発の進捗状況を各国からの会議参加者に紹介した。



図 4.1.3-8 G20 支援車両

②J8 (ジュニア・エイト) サミット千歳支笏湖 支援 (2008年度実施)

G8 サミットと同時期に開催される子供たちのサミット、J8 サミット千歳支笏湖の協力支援を行った。J8 サミット主催者のひとつである国際児童基金(ユニセフ)関係者の送迎をFCVで行い、ユニセフの各国要人に新技术や日本のプロジェクトについて理解を深めていただいた。移動の車中でクルマの特性および水素エネルギーの持つ可能性など説明したが、事前レクチャーをしていたこともあり、当日は全員が大変楽しみにしていたとようで、高い関心をもって試乗されていた。

(4) 地方自治体連携イベント

栃木県日光市、山梨県、愛知県、大阪府、福岡県などは、独自で水素・燃料電池の推進を行っており、このような地方自治体の活動に対してJHFCは協力支援を行った。一般市民向けの認知度向上が主たる目的の活動で、それぞれの自治体が企画、主催するイベント、展示会およびモーターショーなどでFCV試乗会や水素ステーション見学会、出張教室を開催した。また、地方のメディアや、政策に関わる地方議員、自治体職員、有識者を対象に個別に機会を設けレクチャーを行った。

- ①日光市 水素ステーション開所式
- ②山梨県 燃料電池国際ワークショップ(山梨大学主催)、在山梨メディア勉強会他
- ③愛知県 名古屋モーターショー、ナゴヤメッセ
- ④大阪府 FC EXPO セミナーin おおさか、FC セミナー他
- ⑤福岡県 水素エネルギー先端技術展、福岡モーターショー

(5) 教育者を対象とした研修会協力(2006～2010年度実施)

JAEF 研修会は、高等学校、高等専門学校の自動車に関連した教育を支援する日本教育振興財団(JAEF)が開催する高校教諭を対象とした研修会である。教育者の関心の高い交通、環境、交通安全、自動車技術などの分野の研修テーマがあり、受講者に科学技術分野などに関

心を持ってもらい学校の授業へ展開してもらおう目的で実施している。JHFCは2006年度より、JHFCパークで開催された水素・燃料電池についての研修会に協力した。プログラムは、講義、ショールーム・水素ステーション見学、試乗会、技術者との意見交換会である。毎年夏休みを利用して全国から沢山の方に参加頂いており、後日学生と再来館される熱心な学校もあった。

同研修会とは別に、県教育委員会・教育研究会が主催する研修勉強会への講師派遣も協力し、新しい環境技術、次世代自動車の勉強会は毎回人気で定員を上回る応募があった。

- ① 2006年度 JAEF 研修会 (JHFC パーク) 2回
- ② 2007年度 JAEF 研修会 (JHFC パーク) 1回 講師派遣 (福島、福岡、沖縄) 3回
- ③ 2008年度 JAEF 研修会 (JHFC パーク) 1回 講師派遣 (北海道) 3回
- ④ 2009年度 JAEF 研修会 (JHFC パーク) 1回 (図 4.1.3-9)
- ⑤ 2010年度 JAEF 研修会 (JHFC パーク) 1回



参加者記念撮影



受講の様子

図 4.1.3-9 JAEF 研修会

(6) メディア勉強会

水素・燃料電池の動向を正しく理解して報道してもらうため、自動車記者会、エネルギー記者会の記者を中心にメディア向けの勉強会を新年度初頭に開催した。新年度は記者会に所属する各新聞記者の異動の時期で、他部署からの異動や新人記者も多いことから、JHFCの概要紹介に始まり、最新の実証試験結果の説明や、各自動車メーカーによる説明や試乗会を半日にわたって実施した。担当記者としての基本知識を備えてもらう他、JHFCからの企画の持込みやメディアとの情報交換の場として役立ててきた。

(7) FCV 試乗会

FCVの性能や特徴を知ってもらうため、各イベントでは試乗会を開催している。規模や催しの性格にあわせて試乗コースを設定して、より多くの方に体感してもらえよう全国で実施した。基本的には技術者が運転するクルマに同乗するが、JHFC2では訴求対象者にあわせ、条件付も運転試乗を実施した。

(8) 展示会出展

JHFC 以外の団体が主催する環境・エコロジー、新エネルギー、次世代自動車をテーマとした展示会への協力要請は年間通じて多数寄せられた。それらに対して開催の趣旨が JHFC の目的に合っているかという点や、費用対効果を WG で検討し対応を行った。主催側は展示会を活性化する効果を JHFC の展示・展示会に期待する部分もあり、費用面を優遇してもらえる場合に展示等を実施した。数ある技術展示会でも、水素と燃料電池に特化した FC EXPO は大きな催しで毎回、展示小間出展、屋外試乗会など大規模なスケールで、JHFC としての展示等を実施した。2010 年 3 月の FC EXPO での様子を、図 4.1.3-10 に示す。具体的には FCV と FC-BUS の試乗会開催と展示出展を行い、基調講演や技術講演の聴講者が講演の内容を再度確認するなど、官公庁の環境技術の関係者や技術者が多く来場した。時期的に直前に開催した JHFC セミナーでの最新情報も盛り込み、JHFC の成果報告を兼ねてより多くの人と JHFC の成果を共有する機会となった。



図 4.1.3-10 FCV 試乗会と展示会の様子

4.1.4 国際連携

IPHE (International Partnership for Hydrogen and Fuel Cells in the Economy 協力事業) は、米国政府の呼びかけによって先進国間の政策担当者の協議会として活動をしている。その取り組みのひとつとして、教育を担当する部門が 2009 年 5 月の WHEC(World Hydrogen Energy Conference)にて、学生の FC コンペティションを計画した。これに対して、JHFC が日本代表を選定するプロジェクトを担当し、高校生の年代を対象とした、学生 FC コンペティションを開催した。燃料電池の技術を勉強し、実践を行う場面を想定して、FC を搭載したエコランに出場したチームなどを対象に、技術的工夫やレースなどの実績を重視した論文を募集を行った。選考委員会で選定された優勝高(秋田工業高等学校)は、WHEC の冒頭で行われた表彰式に日本代表チームとして派遣され、表彰された。併せてレースの様子と自作した車両の技術講演を行い、賞賛された。(図 4.1.4-1,2)



図 4.1.4-1 受賞式



図 4.1.4.-2 高校生による技術講演

4.1.5 資料・映像

(1) 広報映像

より多くの人たちに簡単に水素・FCV とプロジェクトを判り易く理解して頂く資料として広報映像を制作した。JHFC1 において文部科学省選定を受けた水素と燃料電池に関する学習映像を整備し、JHFC1 以降も継続して活用しているため、JFFC2 は、活動記録やプロジェクト紹介を中心とした作品を制作した。それぞれの成果物は JHFC 参加企業や関係団体での説明資料として利用される他、大規模な展示会やイベントで放映し多くの来場者の目に触れるよう効果的に活用した。また、FCV 走行シーン、水素ステーションでの充填シーンなどの映像はメディアへの貸出しを行い、テレビ番組制作素材として活用された。

①鹿島アントラーズ×JHFC エコプログラム (2007 年度制作)

当時国内で唯一クラブチームがスタジアムを運営する鹿島アントラーズ JAEF が推進するエコプログラムに JHFC プロジェクトが協力した際に広報映像を作成した。(図 4.1.5-1) グリーン電力使用や自然エネルギーをスタジアム運営に取り入れているアントラーズの柳沢敦選手、田代有三選手(当時)が FCV を運転し環境に優しいクルマであることをする 60 秒の内容で 2007 年度の J リーグ試合日にスタジアムのオーロラビジョンで放映した。出演選手の契約期間の関係で期限付きの放映ではあったがスタジアムでは 8 万人以上の観客が観覧し、JHFC の WEB サイト、各展示会等でも放映し話題を集めた。



図 4.1.5-1 サッカー選手の FCV 試乗

②JHFC in 北海道 2008 (2007 年度制作)

本映像は、前述 4.1.3 (2) ①で実施した JHFC 独自企画イベントにおける北海道での滞在記録を納めたプロジェクト紹介映像である。当時普及課題といわれていた低温起動試験の模様を含む、当時のプロジェクトの訴求に沿った作りとなっており、JHFC セミナーや FC EXPO など大規模な催しで放映しプロジェクトの理解促進に役立てた。

③山容水態 FCV in 日光～東京モーターショー2009 向け映像 (2009 年度制作)

本映像は、東京モーターショーの JHFC ブース放映用に制作された映像である。JHFC 参加車両 FCV 6 車種、水素内燃機関自動車 1 車種を紹介するもので環境に優しい次世代のクルマが自然に溶け込む形で表現されハイビジョンで撮影された。最新車両の映像と高画質撮影であることからモーターショー以外でもニーズがあり、メディア取材時に提供し活用した。

④走れ、日本！FCV1100km の旅 (2009 年度制作)

本映像は、前述 4.1.3 (2) ②で実施した JHFC 独自企画「長距離走行実証」の様相を納めたドキュメンタリー風のプロジェクト紹介を狙いとして映像である。1 車種だけでなく国産 FCV 3 車種が共にガソリン自動車と遜色なく長距離走行が可能であること、FCV に関する技術の進歩や、燃費が良いことを体現した内容になっている。映像には走行途中に立ち寄った水素・FCV 普及を目指す自治体の取組みも織り込み、映像資料はそれぞれの自治体での理解促進活動でも活用した。

(2) 広報パンフレット

理解促進のための資料として 6 種類の広報パンフレットを発行し用途に応じて活用した。各パンフレットは主に JHFC パークや各水素ステーションの見学者に説明資料として配布したが、各種イベント、展示会等で配布する機会も多かった。一般向けには、プロジェクト全体をまとめた「水素・燃料電池実証プロジェクト総合パンフレット」や、スペックシートを用いた。また子供向けに制作した「水素で走る燃料電池自動車」は専門知識を持たない大人にも好評で学校授業、企業研修など様々な場面で利用された。有識者向け JHFC 概要には技術的課題や普及のシナリオなど、より詳細な情報も盛り込み JHFC の必要性を示した内容になっており実証試験に影響力のある企業役員や国・地方自治体の議員向けの説明資料として活用した。JHFC パーク案内リーフレットは、見学者への紹介資料として関連施設や、横浜市内の観光案内デスクなどでも利用された。

2008 年度にはイベント活動を報告する季刊広報紙を発行し、プロジェクトの理解促進に努めた。これらのパンフレットは、非営利目的であることを確認した上で要請のあった自治体や学校、関連企業などへ提供した。

①水素・燃料電池実証プロジェクト総合パンフレット A4 判 20 頁

②スペックシート (参加車両・水素ステーションスペックシート) A4 判 24 頁

③JHFC 概要簡易版パンフレット (ステークホルダー向け) A4 判 4 頁 和文・英文

④水素で走る燃料電池自動車 (こども向け) B5 判 36 頁

⑤JHFC NEWS A4 判 4 頁

⑥JHFC パーク案内リーフレット



図 4.1.5-2 広報パンフレット

(3) JHFC ホームページ <http://www.jhfc.jp>

JHFCプロジェクトの情報をグローバルに発信するツールとして、プロジェクト開始2002年度から公式ホームページを開設し運用した。WEBサイトにはプロジェクト概要、参加車両、水素ステーションのスペックを始め、成果報告書、国内外調査報告書、認知度調査報告などを、JHFCの成果や情報資料として公開した。前述のパンフレット類も、PDFデータの形でホームページ上で公開した。また、水素・燃料電池に関する基礎知識、イベント告知、開催報告や特集コラムなど一般の人が親しめる表現方法でさまざまな情報を掲載した。

また、JHFCの推進項目としてFCVドライバーが利用する水素ステーションの稼働状況を伝えるステーションカレンダーや、JHFCパークの紹介と見学の予約受付にも利用した。

4.2 JHFCパークにおける理解促進活動

4.2.1 JHFCパーク(横浜)

JHFCパークはプロジェクトが開始された2002年度(2003年3月)にオープンした実証試験基地と展示施設で、FCVガレージ、水素ステーションとレクチャールーム(会議室)を兼ね備えたショールームで構成された世界初(当時)国内唯一の水素エネルギーと燃料電池、FCVについて学べる施設である。2010年11月末に閉館するまでの7年8ヶ月間に延べ2万2492名の来館者を迎えた。(図4.2.1、表4.2.1) 開所当初は、水素・燃料電池をビジネスにしている企業、行政・公共団体関係者が多かったが、序々に一般にも浸透し、小中学校の課外授業、地方からの修学旅行学生など学習目的の来館者が増え始めた。また、海外からの来館者も多く、各国の企業、政府関係者や取材記者などを多く受け入れた。

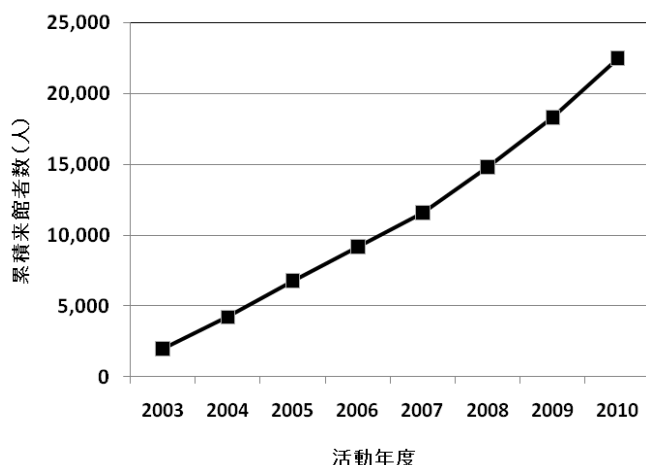


表 4.2.1 来館者数データ

年度	西暦	年度来館者数	累計来館者数
15	2003	1,984	1,984
16	2004	2,239	4,223
17	2005	2,546	6,769
18	2006	2,411	9,180
19	2007	2,406	11,586
20	2008	3,201	14,787
21	2009	3,508	18,295
22	2010	4,197	22,492

図 4.2.1 累計来館者数の推移

(1) 見学会

JHFC パークは平日および毎月第 3 日曜日 10 時～17 時に開館し、一般見学者を受け入れてきた。見学希望者は、WEB もしくは FAX、電話にて事前に申込みを行い、参加する。午前と午後各 1 回 2 時間で実施される見学ツアーでは、講義、ショールーム、水素ステーション見学、FCV 試乗会、質疑応答といった内容のプログラムが進行する。子供や水素・FCV を始めて知る人から専門的な技術者まで層が広いため、講義は、参加者の要望に合わせたレベルで実施した。JHFC1 では平日のみの開館だったが、週末しか参加することができない来館者の要望を受けて、JHFC2 では月 1 回は日曜日に開館し見学者を受け入れた。

(2) JHFC 企画イベント

夏休みなどの長期休暇期間や、毎月第 3 日曜日には、JHFC 企画イベントとして親子教室など家族参加型のこども向け教室を開催した。また、2010 年度は JR 東日本主催「駅からハイキング」に協力し、当日には 1648 名の見学者を迎えた。

4.2.2 JHFC パーク出前教室

FCV 普及を推進し FCV 公用車を保有する横浜市環境創造局環境保全部と協力して 2008 年より、横浜市内の小学校や、はまぎんこども宇宙科学館を訪問する出前授業を実施した。横浜市が企画する 60 以上あるプログラムのひとつとして、本教室を担当した。学校からの応募により訪問校を決定するが、毎回多数の応募があり人気のプログラムとなった。基本的にはクラス、学年単位で開催し、JHFC パークで行われたこども向け教室と同じプログラムで、講義、ミニ FCV 工作・カーレース、FCV 試乗会という内容で実施した。3 年間で 71 校を訪問、参加者数は 2762 名に達した。

4.2.3 メディアからの取材

JHFC パークとプロジェクトには国内外のメディア、記者から取材要請があり JHFC パークで取材対応を行った。海外からは、JHFC と同様に水素・燃料電池実証試験を推進する北米、

EU 諸国に加えてアジア近隣国の取材が多かったが、G8 北海道洞爺湖サミットが開催された 2008 年以降は外務省の紹介もあり、南米、EU 諸国以外のヨーロッパ、アフリカなど世界各国からの取材が増え、この結果、世界に向け JHFC が報道される機会に恵まれた。国内では「NHK おはよう日本」の生中継を始め、社会経済報道番組、科学サイエンス番組、人気タレントが出演するバラエティー番組（図 4.2.3）など様々な切り口で水素・燃料電池が興味深く取上げられた。



図 4.2.3 TV 番組取材（2009 年度）

4.2.4 来館者の傾向

次に、JHFC パークの来館者の傾向についてまとめた。

(1) 一般

オープン当初は企業や行政団体が多かったが、水素・燃料電池分野の認知度が高まるにつれ、小学生や修学旅行生、大学生など学生・生徒の来館が増えた。新エネルギーや環境に関心の高い NPO 団体を始め一般市民やファミリー層も増加し、近隣住民だけでなく全国からも多くの来館者があった。

(2) 企業・技術関係者

水素・燃料電池をビジネスとしている企業の動向調査や、水素ステーション技術関係者の施設見学が多く JHFC 参加企業やそれらのグループ企業の社内研修で利用される機会も定着した。政策に関わる政府や行政団体、水素の扱い方について学ぶ消防署の勉強会なども開催された。

(3) 海外からの来館者

JHFC と同じような実証試験実施国・地域（北米、EU 諸国）や近隣アジア諸国（中国、韓国、台湾等）の来館者が多かったが、G8 北海道洞爺湖サミットを始めとする国際会議開催時には南米、アフリカ、非 EU 欧州諸国からの来館者が増加した。大使館や外務省を通じてエネルギー、環境関係の大臣クラスから、知事、市長、議員等の見学申込が増え、メディア取材も増加する傾向にある。中国や韓国からは修学旅行生も来館した。

4.2.5 理解促進活動における質問項目

図 4.2.4 に理解促進活動におけるパーク来館者・展示見学者の質問事項のジャンルを示す。全体として FCV に対する質問が多く、インフラに関する質問は相対的に少ない。車両コスト、ステーションコスト、FCV の航続距離、燃料となる水素ガスの供給形態、発売時期（普及時期）に関する質問が多かった。これらの結果は、イベントや教育活動へフィードバックされ、必要とされている情報に対して適切な対応ができるよう活動を推進することができた。

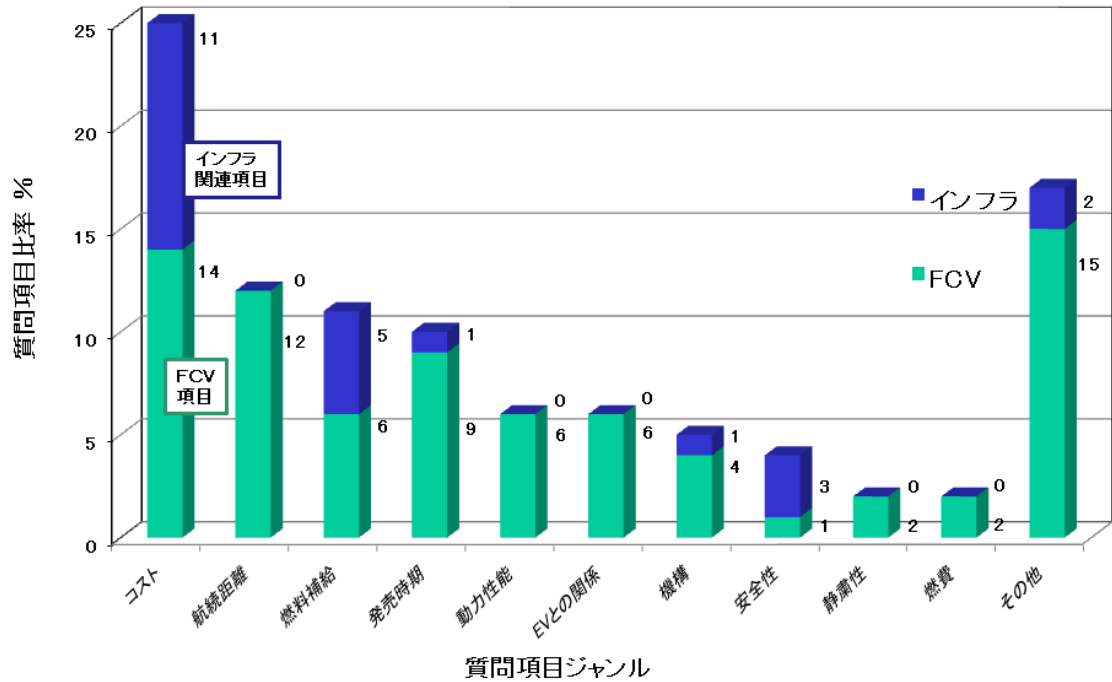


図 4.2.4 来館者、見学者の主要な質問項目

4.2.6 JHFC パーク大阪

2008年5月大阪水素ステーションに、大阪地区の広報拠点が設置された。活動内容は、後述の大阪実証の章で述べる。(6章 6.2節)

4.3 水素ステーション理解促進活動実績

理解促進活動では、燃料電池自動車と並んで水素インフラの理解促進活動も積極的に推進してきた。試乗会や展示などが容易にできる FCV と違い、燃料供給施設の水素ステーションは展示が困難で水素ガスという目に見えないものを取り扱っているだけに一般市民への啓発が難しく WG4 で検討を重ね工夫して実施してきた。認知度調査からも一般に水素は危険というイメージを伴っているという結果が示されたため、水素に対する正しい理解、他の燃料同様万全な安全施策を講じている事実、再生可能エネルギーとしての魅力の広報に努めてきた。また、水素インフラ普及に不可欠な水素ステーション建設を増やして行くための基礎醸成に向けて、水素ステーションに係る関係者、有識者（ステークホルダー）等へ戦略的に理解促進活動を行った。

4.3.1 JHFC 水素ステーション見学者

JHFC 水素ステーションは、表 4.3.1-1 に示すように最も多い時で協賛ステーションを含め 15 箇所であった。各ステーションへの 2002 年度からの見学者数およびその推移は、表 4.3.1-1、表 4.3.1-2 および図 4.3.1-3 に示す通りである。最近では、2004 年の都バス運行時、2005 年の愛・地球博開催時に匹敵する見学者数に回復し、2010 年度末には累計で 8 万人を超えることとなりその大半は、千住と大黒の両ステーションで占めている。特に千住ステーションでは、見学者数累計で 2 万人を超えた。

各ステーションの 2009 年度分の見学者を分類、分析した結果の一部を図 4.3.1-4 に示した。特徴としては、千住・大黒の両ステーションが見学者数全体のそれぞれ 1/3 を占める。特に、定置式の千住ステーションは、見学者の大半が同ステーションを運営する企業関係者であることと他ステーションに比べ議員・官庁関係見学者が多いことが特徴である。理由は都心に近いこととステーション運営企業自身で試乗用 FCV を所有し積極的に見学者対応をしてきたこと等が挙げられる。それに対して移動式である船橋ステーションは、出前教室など学校へ出向いての活動が多いため見学者の 3/4 が学生・教員であった。



図 4.3.1-1 セントレアステーション開所見学会



図 4.3.1-2 大阪ステーション開所式

表 4.3.1-1 JHFC 水素ステーション見学者数一覧

JHFC 水素ステーション 名称、()は移動式	所在地	開所日	見学者数累計 (人 2010/12 未迄)	備考
横浜・大黒	神奈川県	2003/3	20,138	2008/12 70MPa 増設
横浜・旭	神奈川県	2003/4	1,365	2008/12 70MPa 増設
千住	東京都	2003/5 2008/9/12	22,123	2008/9 70MPa 増設 70MPa 化開始式開催
有明	東京都	2003/5	10,686	2010/3 移設・液水方式
川崎	神奈川県	2003/9	1,494	2011/3/31 終了予定
霞が関(4号車)	東京都	2002/12	406	2009/2 70MPa 新設
相模原(1号車)	神奈川県	2004/6	482	2010/11/30 終了
船橋(3号車)	千葉県	2007/8/9	4,362	2010/12/31 終了
セントレア	愛知県	2006/7/21	4,504	万博 ST より移設
大阪	大阪府	2007/8/9	873	2010/12/31 終了
関西空港	大阪府	2007/5/7	618	液水オフサイト方式

JHFC 協賛水素ステーション

市原	千葉県	2006/12/14	2,408	2010/3/31 終了
日光(2号車)	栃木県	2009/11/10	1,599	船橋(2号車)より移設
九州大学	福岡県	2009/9/18	2,018	低圧水分解
北九州	福岡県	2009/9/18	1,649	初水素パイプライン供給

表 4.3.1-2 JHFC 水素ステーション年度別見学者数 (人)

ST 名	2002 年度	2003 年度	2004 年度	2005 年度	2006 年度	2007 年度	2008 年度	2009 年度	2010 年度	合計	対象期間
霞ヶ関	45	73	91	8	33	42	14	40	60	406	02～10
大黒	36	1,681	1,977	1,902	1,892	2,266	3,108	3,253	4,023	20,138	02～10
旭		344	359	159	122	201	55	77	48	1,365	03～10
千住		2,026	4,540	3,294	2,462	2,184	3,071	3,092	1,454	22,123	03～10
有明		3,254	2,578	2,448	1,058	454	558	168	168	10,686	03～10
川崎		220	386	151	145	172	222	172	26	1,494	03～10
鶴見		32	82	39	13					166	03～06
秦野			499	230						729	04～05
相模原			198	81	30	56	60	38	19	482	04～10
青梅/船橋			315	725	21	182	1,371	1,004	744	4,362	04～10
瀬戸北、南				3,236						3,236	05
セントレア					1,478	1,356	759	764	147	4,504	06～10
関西空港						421	152	38	7	618	07～10
大阪						438	317	79	39	873	07～10
市原					293	1,024	907	184		2,408	06～09
九大								1,070	946	2,016	09～10
北九州								693	956	1,649	09～10
日光								693	906	1,599	09～10
大阪パーク						87	604	539	214	1,444	07～10
合計	81	7,630	11,025	12,273	7,547	8,883	11,198	11,904	9,757	80,298	
累計	81	7,711	18,736	31,009	38,556	47,439	58,637	70,541	80,298		

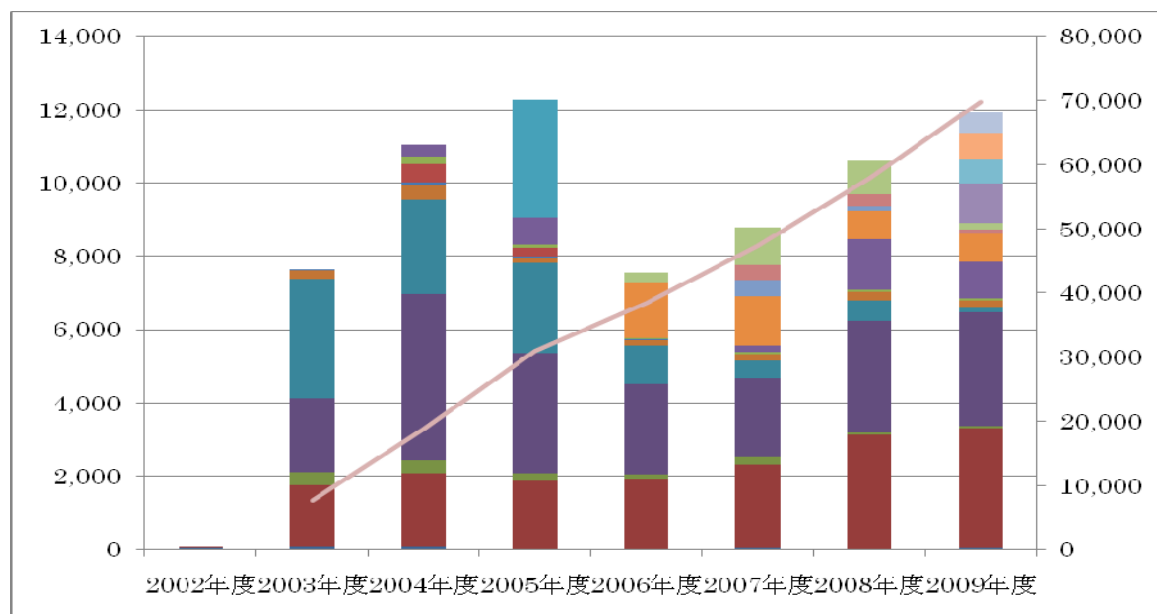


図 4.3.1-3 JHFC 水素ステーション年度別見学者数(左軸)と累計(右軸) (人)

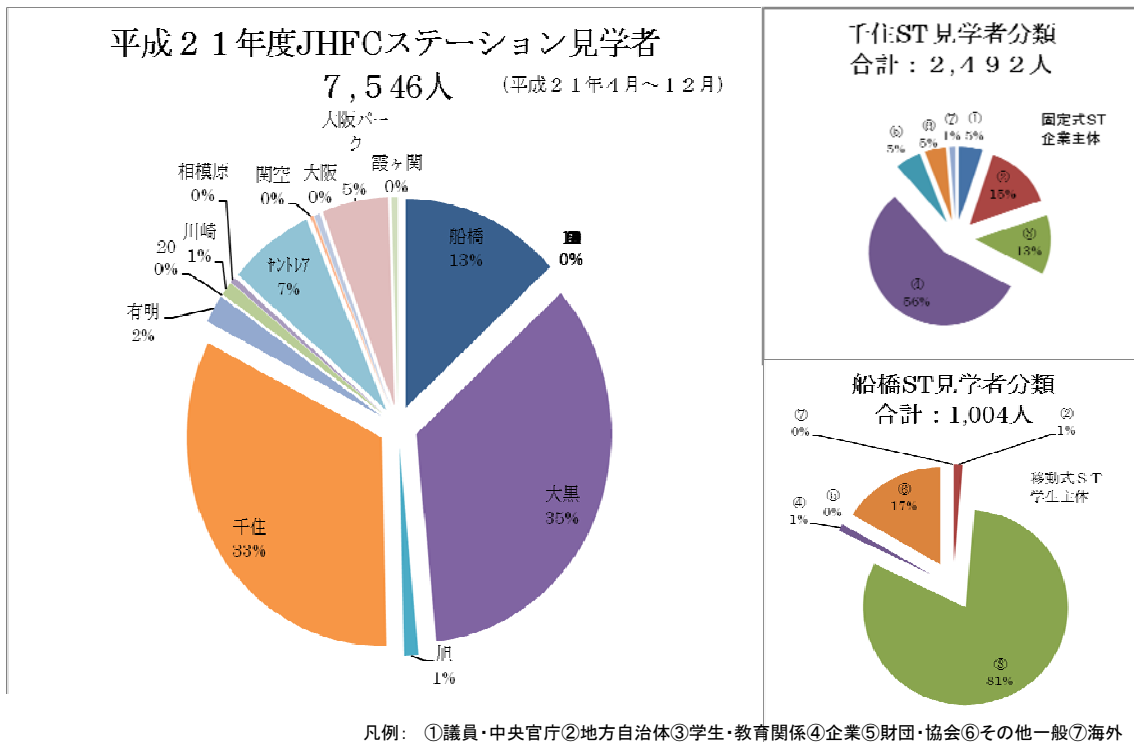


図 4.3.1-4 水素ステーション見学に関する分析結果

4.3.2 水素ステーションにおける理解促進活動

4.3.2.1 水素の安全性等についての理解促進

(1) 地元消防署との消防訓練

地元消防署との消防訓練を行うことによって、水素の正しい理解と他の燃料同様十分な安全施策を講じているステーションに対する理解促進の機会を設けた。2006年の千住ステーションに続き2009年有明ステーションで実施した。(図 4.3.2-1、図 4.3.2-2)

(2) 自治体関係者、企業関係者等重点ステークホルダーを対象とした見学会

水素インフラ普及に不可欠な地方公共団体との連携の一環として、2009年度に川崎市を招聘して重点ステークホルダーを対象とした川崎水素ステーション見学会・講演会試乗会を川崎市で実施した。同会は、第一部は地方公共団体・招待企業からの参加者を対象とし、第二部は一般企業の参加者を対象として実施され、川崎市からの環境行政における水素社会の位置付等に関する講演もあり、参加者から好評であった。(図 4.3.2-3)

2008年度より毎年実施した戸田市での試乗会・屋外理科教室では、市長の試乗会参加など市の環境問題への積極的な取り組みを通じ JHFC への理解促進を重ねてきた。その結果2010年度は、埼玉県も協賛者となる水素社会理解促進イベントへと発展した。(図 4-3.2-4)

(3) 地域と連携した活動（地元小学校、教育委員会などとの連携イベント）

小学生を対象とした、水素の基礎知識・ミニFCV 工作教室・試乗会・模擬水素充填をセットにした地域密着のイベントを戸田市教育委員会等とともに毎年実施した。

（図 4.3.2-5、図 4.3.2-6）



図 4.3.2-1 千住ステーションでの消防訓練



図 4.3.2-2 有明ステーションでの消防訓練



図 4.3.2-3 川崎ステーションでの見学会



図 4.3.2-4 戸田市役所での見学会



図 4.3.2-5 戸田市美女木小学校



図 4.3.2-6 戸田市喜沢小学校

4.3.2.2 移動式水素ステーションの出張活動

2002年2月20日の三省副大臣（経産・環境・国交）による「燃料電池プロジェクト」後の合意のもと、環境省が進める「燃料電池自動車啓発推進事業」に対し JHFC 移動式水素ステーションによる地方での水素供給業務の協力を実施してきた。近年この連携が実施主体の地方自治体を巻き込んだ JHFC の意義・理解促進活動へと発展して来た。特に佐賀県をはじめ高山市等地方自治体の小・中・高校生への教育学習活動を JHFC として実施した。

環境省との JHFC コラボレーション活動ならびに佐賀県での学校訪問等の活動については、それぞれ以下のホームページで紹介されている。

<http://www.env.go.jp/air/car/lev/fcv/mokuteki.html>

http://www.env.go.jp/air/car/lev/fcv/h21_gaiyou_frame/saga.pdf

移動式水素ステーションによる理解促進活動のための地方出張実績は、一例を図 4.3.2-5～4.3.2-10 に示すとおり国内広範囲にわたっている。(図 4.3.2-11) また、移動式水素ステーションは広報活動の展示物としてだけではなく水素供給設備としてステーション設置拡大時のクラスターステーションとして機動的かつ安価であることが実証できた。



図 4.3.2-7 佐賀県敬徳高校



図 4.3.2-8 高山市清見小学校



図 4.3.2-9 釧路市での展示



図 4.3.2-10 釧路市での親子教室

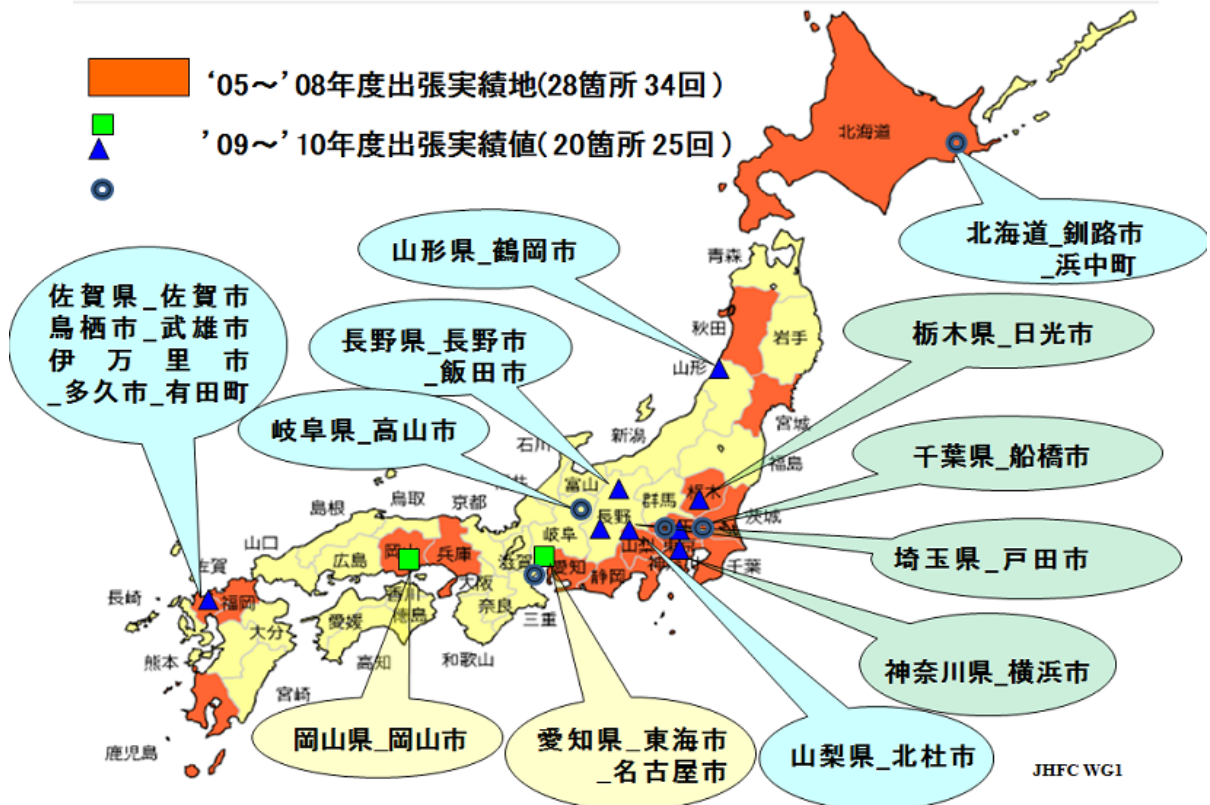


図 4.3.2-11 移動式水素ステーション出張実績

4.3.3 国際級ビックイベントへの連携

外務省の主催した2008年7月開催G8北海道洞爺湖のように大きな国際ビックイベントに参加できたことは、JHFC理解促進に大いに貢献できるよき機会であった。サミットでは、関係者の会場間移動車両にFCVを始めたとした次世代自動車が使用された。会場近くに移動式水素ステーション5基を設置し(図4.3.3)、現地での水素供給を全面的に支援した。準備期間も含めた会期中12日間にわたってFCバス5台、FCV、水素ICV10台に水素供給を行い、充填回数延べ77回、充填総水素量は330kgであった。短期間でこのような大規模な水素供給は世界でも少なく、収集されたデータは実証試験実績としても活用された。インフラ設備が十分でない遠地で開催された国際的な催しであったが移動式水素ステーションで十分対応が可能な事を実証した。



図 4.3.3 G8 北海道洞爺湖サミット 水素ステーション基地

4.3.4 中央官庁等との連携

1,100km 長距離走行実証試験においては、水素供給設備として霞ヶ関ステーションの機動性のある対応により計 2 回の水素充填を東海市と岡山市で実施した。しかし、当初計画した高速道路内の駐車場での水素充填は、現行の高圧ガス保安法では、認められなかった。この点については、今後の規制適正化に期待すると共に政府との連携が必要である。一方、充填地の岡山市では、許認可者の地元消防署が見学し、実物を前に水素についての理解を促進することができた。

また、2008 年千住ステーションの 70MPa 化開始式では、経済産業省燃料電池推進室長の臨席のもと多くの報道陣の参加があり一般への理解促進に役立てることができた。(図 4.3.4-1、図 4.3.4-2)



図 4.3.4-1 70MPa 化開始式会場



図 4.3.4-2 千住ステーション 70MPa 化開始式

4.4 認知度調査

JHFC1 では、2002～2006 年度までの 5 年間、FCV 等に関する認知度について、街頭での一般市民を対象とした調査（街頭調査）および企業を対象とした調査、Web での調査を行った。街頭調査は、実証試験実施地域である東京（銀座、渋谷、新宿、多摩）、神奈川（横浜、厚木）の街頭にて一般市民を対象としたアンケート調査（400 サンプル）を行った。JHFC1 に対して、JHFC2 では母集団を 6000 サンプルとして全国を対象を広げた Web での調査を行った。各年の調査結果の詳細は、年度別の調査レポートが JHFC ホームページに掲載した。

4.4.1 FCV 認知度

JHFC1 と JHFC2 を通して FCV の認知度の指標として FCV 認知率で比較した図を、図 4.4.1 に示す。一連のデータでの対象地域と母数は異なるものの、いずれも FCV 認知率は、年々上昇し 80%に達した。認知に至った経路はテレビ、新聞、雑誌などの媒体が中心であり、認知度向上にはメディア露出が重要であった。

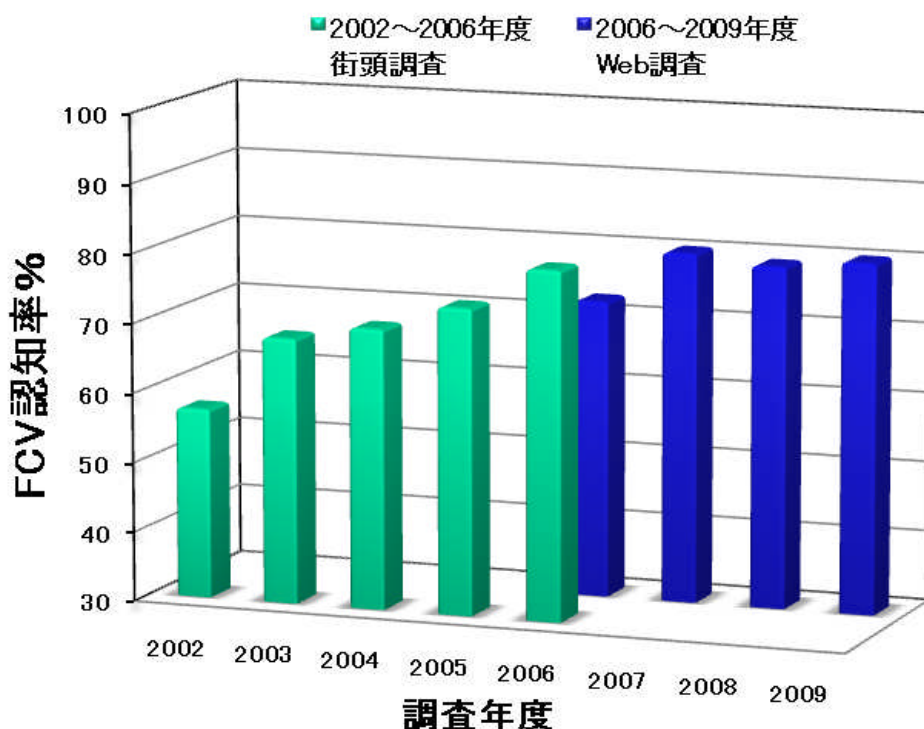


図 4.4.1 FCV 認知度調査結果 JHFC1,JHFC2 通期

4.4.2 JHFC 認知度

JHFC24 年間の JHFC に対する認知率の変化を図 4.4.2-1 に示す。FCV の認知度と比較すると 40%以下と低い。この結果は FCV と水素インフラが実証段階にあることの認識がまだ十分でないことを示していると考えられる。年代別に見ると、特に若年層ほど認知率が低い傾向にある。(図 4.4.2-2) また、「聞いた事がある」と回答した層が大半であり、技術に対する十分な理解がまだ不足している実態が明らかになった。これらの調査結果の解析から、一般市民向けの活動においては展示会などをメディアに取り上げてもらう機会を増やす事、インタ

ーネットを通じた情報提供ならびに JHFC パークに代表される教育理解活動などが重要であることが明確になった。情報開示として要求されている内容は、一般市民向けには FCV 試乗を含むイベントがある一方、水素に技術的な理解のある層には安全性、信頼性、ステーションコスト、水素価格、総合効率検討結果などに重点をおいた情報開示の重要性が明確となり、JHFC2 の活動計画へ反映された。

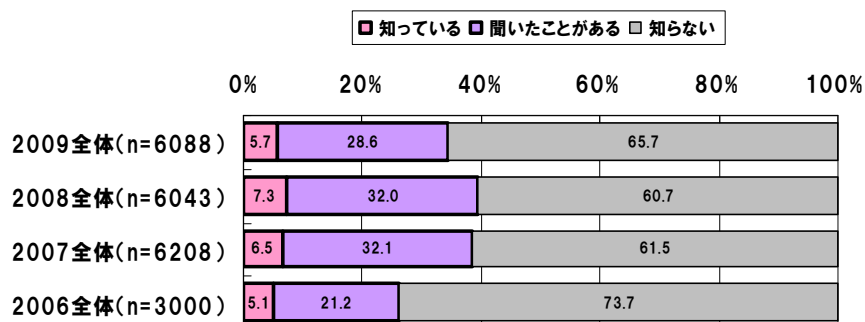


図 4.4.2-1 JHFC の認知度 (全体)

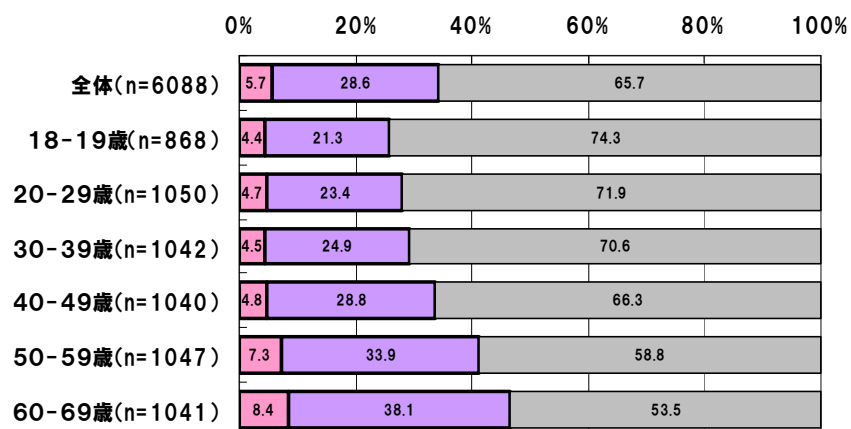


図 4.4.2-2 年代別 JHFC 認知度

4.5 戦略的理解促進活動

4.5.1 背景・目的

2009 年度、2010 年度の取り組みにおける強化目標として、水素・燃料電池普及に影響のある政策立案者・関係企業経営層などのステークホルダーを重点対象とした戦略的理解促進活動を実施することとした。これらにより、企画実行委員会での検討項目となっているステークホルダーの燃料電池自動車、水素インフラ等に対する認知・理解度向上を図ることができる。本目標を達成するために、WG4 (理解促進 WG) 活動とは別に、計画・実行した。

4.5.2 推進体制

企画実行委員会に直結した作業部会を立ち上げ、メンバーは WG4 リーダーを中心に構成して検討を行った。検討結果は、企画実行委員会で承認を得て、実行に移した。

4.5.3 重点ステークホルダーの整理

ステークホルダーは多岐にわたっているため、分類・整理と影響力のある重点ステークホルダーの絞り込みをまず実施した。

(1) ステークホルダーの分類

一般的にステークホルダーは、中央政府・行政、地方自治体、消防・警察、大学・研究者、実施企業、オピニオンリーダー、一般市民、水素ステーション地域住民、学者・教育者等に分類できる。それぞれのステークホルダー毎に、JHFC としての重点訴求ポイント、ツール、担当・ルート、手段・方法、スケジュールについて議論を行った。

(2) 対象ステークホルダーの絞り込み

本活動の目的では、影響力のあるステークホルダー等を重点対象としているため、作業部会メンバーで議論を行い、前述の分類から対象となるステークホルダーを絞り込んだ。重点対象としては、実施企業、地方自治体、中央政府・行政となった。

4.5.4 戦略的理解促進活動の説明資料

従来からある JHFC パンフレットに加えて、重点ステークホルダー向けのパワーポイント資料を検討し作成した。

資料の項目としては以下のとおりとした。

- ・CO₂削減効果
- ・エネルギー源の多様化
- ・FCV の位置づけ：FCV か EV か？
- ・FCV の位置づけ：FCV の実性能、完成度
- ・産業への波及効果、競争力の強化
- ・海外の動向
- ・水素インフラ規制見直しの必要性
- ・水素インフラコストダウンの必要性
- ・FCV と水素ステーションの普及に向けたシナリオ（JHFC 2010年3月版）

なお本資料は順番通りに全てを説明するものではなく、対象毎に必要な項目を適切な順番で説明するために、1項目1枚のパワーポイント資料とした。（別冊データ集【資料4-2】）

4.5.5 実行計画および実績

以下の重点ステークホルダーへの戦略的理解促進活動について、アクションプランを計画し、実行した。

(1) 実施企業

将来的にFCV や水素事業に参入すると思われる JHFC 関連企業に対して、FCV と水素インフラに関する説明の希望を募ったところ、日本エア・リキード株式会社から依頼があった。2010年9月に同社事業部長以下に対して、前述のパワーポイント資料を使って説明し、FCV と水素インフラに関して理解促進を図った。

(2) 地方自治体

作業部会での検討の結果、地方自治体の中で現在、水素ステーションがある都道府県を優先することとした。

①東京都

有明ステーションの移設完了に伴い、東京都環境局自動車公害対策部長以下 3 名に対して、有明ステーション見学と FCV 試乗会を 2010 年 7 月に実施した。FCV 担当部門に FCV と水素インフラの普及に向けた説明を行い、見学により実際の水素ステーションを理解して頂くと共に、試乗により最新の FCV について理解促進を図った。

②大阪府

大阪府において、水素インフラに関する講演を平成 22 年 9 月に実施した。大阪府主催の「高圧ガス保安法 法令等研修」において、大阪府保安担当者および市町村の担当者 38 名に対して、「JHFC の概要」および「水素インフラに関する安全技術」について講演し、水素インフラに関して理解促進を図った。

③愛知県

愛知県において、水素インフラに関する講演を 2010 年 11 月に実施した。愛知県保安担当部門に対して、「JHFC の概要」および「水素インフラに関する安全技術」について講演し、水素インフラに関して理解促進を図った。

(3) 中央政府・行政

2009 年 11 月に実施した FCV 長距離走行実証の出発式に、経済産業省松下副大臣、増子副大臣（当時）が出席され、経済産業省中庭で FCV に試乗していただき、最新の FCV に関して理解促進を図った。（図 4.1.3-4）

また 2010 年 3 月に内閣府、行政刷新会議、規制・制度改革分科会のグリーンイノベーション WG において、水素インフラに関する規制見直しの検討が開始され、関係者による水素ステーション見学と FCV 試乗が計画された。グリーンイノベーション WG 事務局からの依頼により、2010 年 7 月から 11 月にかけて内閣府、経済産業省、消防庁および国土交通省の担当者を対象に実施され、FCV と水素インフラの現状と普及に向けた課題について理解を図った。

5. 国際化に関する実証研究

5.1 海外における燃料電池車の開発をめぐる現状

5.1.1 欧米の水素・燃料電池推進に関わる政策動向

(1) 米国 (DOE、CARB)

- DOE の戦略的アプローチ

DOE の考える交通分野におけるエネルギーセキュリティ（脱石油依存）達成のための戦略的アプローチを図 5.1.1-1 に示す。段階的に車両の電動化が進み、最終的にはゼロ石油・ゼロエミッションの達成に至るパスを想定している。

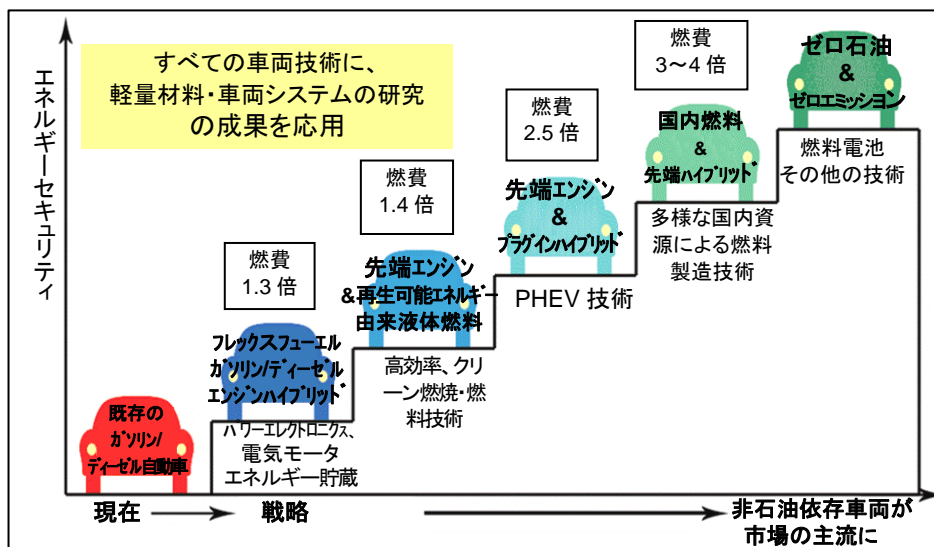


図 5.1.1-1 DOE が考えるエネルギーセキュリティへの戦略的アプローチ

- DOE の FC・水素関連予算

2009 年 2 月のオバマ大統領の意向を受け、5 月 DOE チュー長官は、2010 年度 FC・水素関連予算の大幅削減を打ち出したが、議会の巻き返しで前年度の微減に留まった。しかし、2011 年度要求は、前年比約 2 割減となっている（図 5.1.1-2 参照）。なお政権としては、短期的に PHEV、EV、長期的に FCH と考え、短期への投資が強化されている。

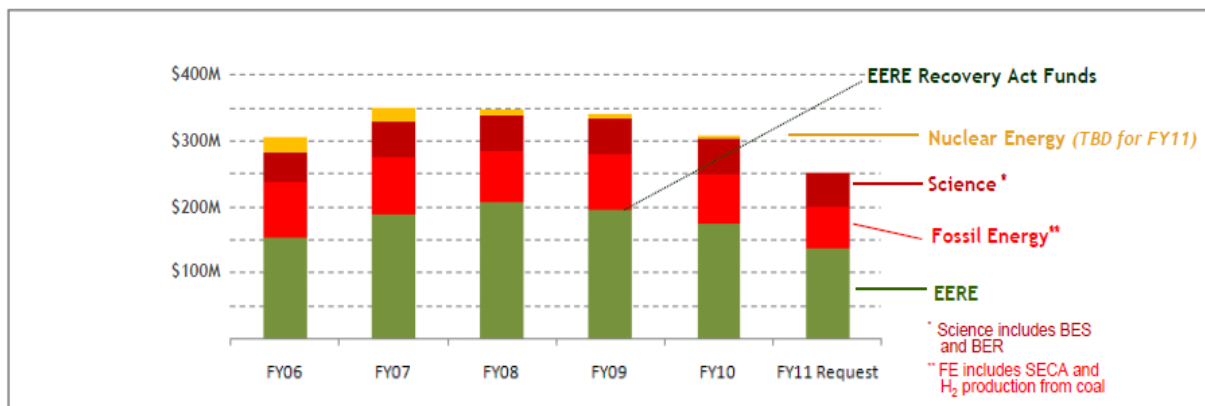


図 5.1.1-2 DOE の FC・水素関連予算の推移

- CARB の ZEV 規制

大気清浄化の手段として、CARB（カリフォルニア州大気資源局）は、1990年にZEV（Zero Emission Vehicle）法を制定した。以降何度も見直しが行われ、2009年3月の改訂により、2009～2011MYの代替パス（BEV、FCV）は前3MYの10倍である2,500台となり、2009MYから”Silver Plus”と呼ぶ「Enhanced AT PZEV」が新設され、2012MYからはPHEVでのZEV置換が可能となり、現行のFCVオプションに対するEV代替の充当可能な上限も廃止された。更に、FCVとEVのクレジット差が圧縮され、ZEV規制適合に向けて、PHEVやEV導入の動きが活発化してきた。2010年末に向け、ZEV規制は、2012MY以降の更なる見直しが行われているところである。

(2) EU (EC)、ドイツ (BMVBW)

- EU の FC・水素関連予算

EUでは、第7次フレームワークプログラム（FP7：2008-2013年）において、欧州燃料電池・水素共同実施機構（FCH-JU：Fuel Cell & Hydrogen Joint Undertaking）を立上げ、技術開発を含めた広範囲な取組みを継続している。FP7のFC・水素関連予算の総額は、€4億7000万で、FP2からのFC・水素関連予算と、FP7における年度別予算配分を下に示す。

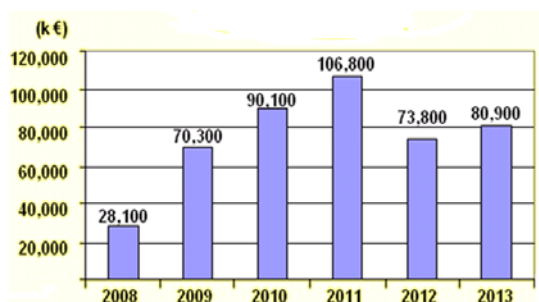


図 5.1.1-3 FP の予算推移

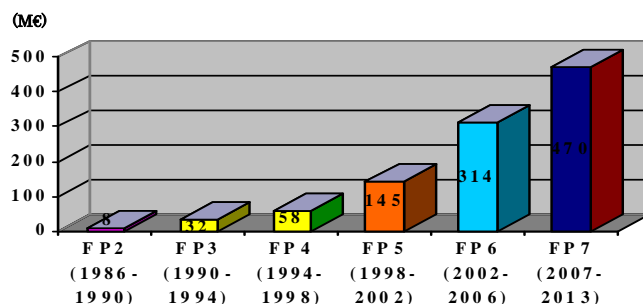


図 5.1.1-4 FCH-JU 年度別予算

- ドイツの国家燃料戦略

化石燃料の消費を削減し、交通部門からのCO2排出量の大幅削減を目標とするドイツの国家燃料戦略は下図のとおりである。最終目標はBEV、FCV、水素ICEである。

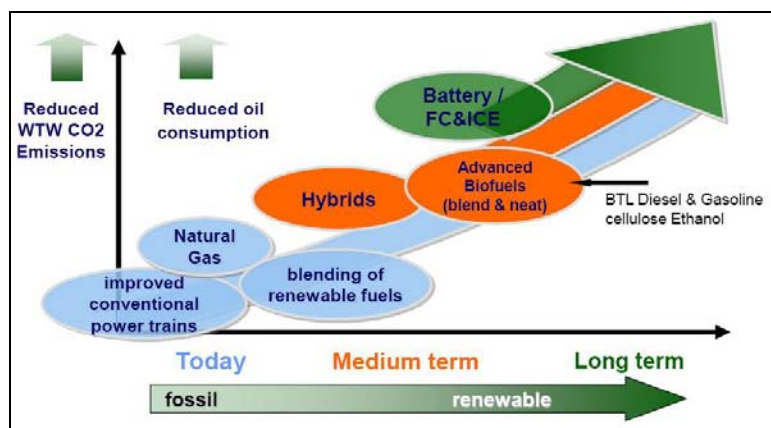


図 5.1.1-5 ドイツの国家燃料戦略

- ・ ドイツの水素・燃料電池技術国家革新プログラム（NIP）
 ドイツ連邦政府の4省（交通建設住宅省：BMVBW、経済技術省：BMWい、環境省：BMU、教育省：BMBF）は、2006年7月に「水素・燃料電池技術国家革新プログラム（National Innovation Program：NIP）を共同策定した。
 本プログラムは、2008年1月に設立されたドイツ水素・燃料電池機構（NOW）によりデモンストレーションを中心に推進されている。一方、BEV、HEV車の地域展開プロジェクト（BMVBS-Elektromobilitaet：BE）が立ち上がり、短期的に多くの予算が投入されている。政府予算は、NIP：€7億（2008～2017年）、BE：€5億（2010～2011年）となっている。
- ・ ドイツ H2 Mobility
 「H2 Mobility」は、2015年のFCV普及開始に向けて、ドイツ国内で水素インフラ整備を進める目的で2009年9月に設置され、Daimlerなど8社は、水素インフラ構築に関するMoUを締結した。





5.1.2 海外におけるFCV実証試験の動向

(1) 北米における取組み

① DOE Learning Demonstration

DOEでは、JHFCプロジェクトの刺激を受け、「Learning Demonstration」Projectを2004年10月に5年間の予定でスタートさせた。下表のように、自動車メーカーと石油会社のチーム編成になっている。走行データなどの解析は、NREL（国立再生可能エネルギー研究所）が行っている。

表 5.1.2-1 燃料電池デモンストレーションプロジェクトのチームと導入車両

Ford, BP	Chrysler, BP	GM, Shell	Chevron, 現代, 起亜, UTC Power
			

2011年9月まで2年間延長されたが、2010年からFordと現代は不参加となった。2010年6月現在のプロジェクトの現状は下記のとおりであり、GM、Daimler、Air Productsが2011年9月末まで継続中である。

表 5.1.2-2 Learning Demonstration の現状

	2010年6月	(参考) 2008年11月
導入車両数	144台	122台
水素ステーション数	23基	16基
燃料電池効率	53~59%	53~58%
航続距離	196~254マイル	96~254マイル
耐久性	2,500時間	1,900時間

② CaFCP

1999年4月、米国カリフォルニア州では、燃料電池車の導入に向け、自動車メーカー、石油会社、燃料電池メーカーおよび州政府の共同による「カリフォルニア燃料電池パートナーシップ (CaFCP)」を組織した。そして2000年11月 Sacramento に研究施設を設置した。自動車メーカーでは、Ford、Chrysler (D/C)、GM、VW、ホンダ、日産、トヨタ、現代の8社が参加し、世界においてFCV デモ走行試験の先陣をきった。FCV は自動車メーカーの自己負担、運営費は参加企業負担、水素インフラの整備は参加石油会社実施で行われ、試験データ提出の必要もなく、CaFCP は広告塔の役割を果たしていると同時に、CARB ZEV 規制の受け皿ともなっている。2005年1月からは、Santa Clara VTA が Gillig 製 FC バス (バラード製 FC システム) を、AC Transit および Sunline Transit がそれぞれ Van Hool 製 FC バス (UTC-FC 製 FC システム) を試験運行させている。

これまでのFCV 参加台数は404台、水素ステーションは28基 (他に、計画中11基) 設置された。なお、CaFCP は、当初2003年までであったが、その後2度の延長が行われ、2012年 (第3フェーズ) までとなっている。2009年2月、CaFCP は下記のようなアクションプランを発表した。

表 5.1.2-3 FCV、FC バス導入見込み

	フェーズ1	フェーズ2	フェーズ3
	2011	2012-2014	2015-2017
FCV	710	4,300	49,600
FC バス	15	20~60	150

このため、2012年までには46ヶ所の水素ステーションの整備が必要であり、燃料電池車は Los Angeles 周辺、San Francisco 周辺及び Sacramento 周辺の3つのエリアで集中的に展開される見込みとなっている。

③ FCB Project (AC-Transit、BC-Transit)

- AC Transit は San Francisco 湾岸の14の公共交通機関のひとつで、CaFCP にも参画し、2005年からFCバス3台を運行している。2009~2010年 (フェーズ2) にかけて、12台の新型FCバスを導入する。FCシステムはUTC-FC製のままであるが、電池はZEBRA電池からEner Del製Liイオン電池に変更された。Richmondに水電解形水素ステーションを、OaklandにChevron Technology Ventures製天然ガス改質形水素ステーションを有しており、2010年9月にはEmeryvilleにPV水電解+液体水素供給の水素ステーションを建設開始された。

本Emeryvilleには、一般利用可能なFCV用ディスプレイも設置する。CARBは、ZEV規制と平行して、ZBus (ゼロエミッションバス) 規制を大手公共バス会社 (200台以上保有) に課すことを検討中であり、その実施の判断を2012年7月以降に延期したことにより、それまでの間は、ZEVデモンストレーションへの参加が必須となっている。

- ・ BC Transit は、カナダ British Columbia 州政府が所有する公共バス会社である。FC バスは New Flyer 製の車体で、Ballard 製 FC スタックと 2 次電池として Valence の Li イオン電池を搭載したハイブリッド方式である。

2010 年 2 月の冬季オリンピックを一つの契機として、Whisler 地区に 20 台の FC バスを通常のバスサービス用として州・連邦政府の支援も得て導入した。2014 年まで運用を 5 年間行う。水素ステーションは、Whisler に Air Liquid により設置され、2010 年 1 月より稼動開始している。水素供給能力は世界最大の 1000kg/日で、FCV・FCB 用である。

水素は Quebec 州で水力発電を利用して水電解で製造した水素を液化し、トレーラーで輸送されている。

(2) EU、ドイツにおける取組み

① Lighthouse Project (CHIC、H2mS、HyChain)

- ・ CHIC (2010～2016 年)

CHIC (Clean Hydrogen in European Cities) プロジェクトは、HyFleet:CUTE プロジェクト (2006～2009 年) の後継プロジェクトであり、2010 年にスタートして、2016 年 12 月末で終了の予定である。

HyFleet:CUTE プロジェクトでは、Daimler EVO バスの FC バス 33 台を使って、欧州、オーストラリア及び中国の 8 カ国の都市で運用試験が行われた。また、MAN 製の水素 ICE バス 14 台による試験もベルリンで行われ、水素ステーションが 9 基建設され、活用された。

CHIC プロジェクトは、欧州の 4 カ国、5 都市に EVO バスほか 3 種類合計 26 台の FC バスを導入し、10 基の水素ステーションを使って試験が行われる。全費用 €81.8M の内 €26M は EU より拠出されることになっている。

- ・ H2mS (2010～2012 年)

H2mS (H₂ moves Scandinavia) プロジェクトは、Zero-Regio プロジェクト (2004～2010 年) の後継プロジェクトであり、2010 年に開始し、2012 年 12 月末で終了の予定である。

Zero-Regio プロジェクトは、2004 年 11 月に開始された 5 年間の FCV (乗用車) の実証試験プログラムで、ドイツの Rhein-Main 地区にて Daimler の FCV 5 台、イタリアの Lombardia 州 Mantova にて FIAT の FCV 3 台で試験が行われ、2010 年 5 月末で終了した。

2006 年 11 月に開所した Frankfurt の水素ステーション (副生水素) では、イオン液体 (Ionic Liquid) コンプレッサを用いた全長 1.7km の超高压 (950bar) 水素パイプラインが Hoechst AG の敷地内に敷設され利用された。

H2mS プロジェクトは、欧州 4 カ国にて、Daimler (10 台)、Th!nk (5 台)、Alfa Romeo (2 台) 合計 17 台の FCV を導入して 15 基の水素ステーションを使って試験が行われる。全費用 €19.5M の内 €7.8M は EU より拠出されることになっている。

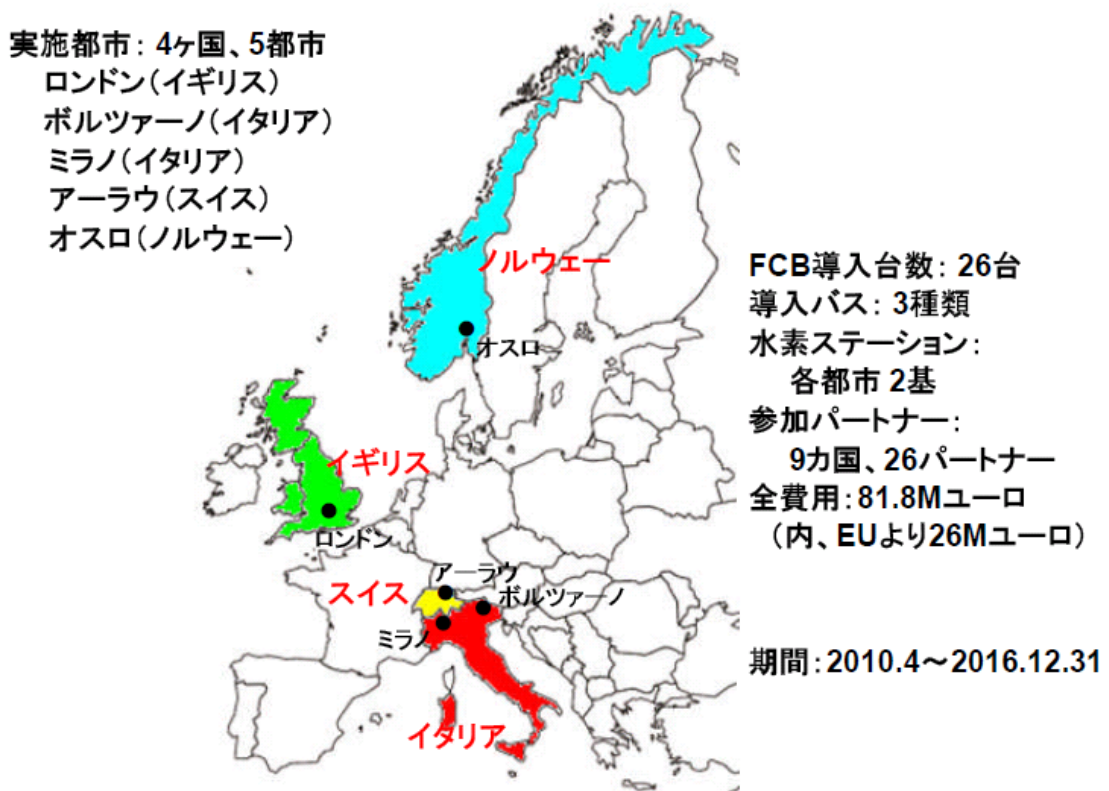


図 5.1.2-1 CHIC プロジェクト概要

・ HyChain (2006～2011 年)

HyChain Project は、小型燃料電池 (250W～10kW までの 5 種) を搭載した小型車両のデモンストレーションである。2006 年 2 月 1 日に開始され、ドイツ、フランス、イタリア、スペインが参加し、燃料電池二輪車やミニバスなど 50 台が提供され、2011 年 12 月末まで行われる計画である。

② CEP

CEP (Clean Energy Partnership) は、NIP における「ライトハウス・クラスタープロジェクト」の一つであり、Berlin～Hamburg における FCV 及び水素 ICE 車の実証走行試験プロジェクトである。当初 5 年で計画されたが、2014 年まで延長されることとなり、現在は、第 2 フェーズにある。2010 年 1 月現在、FCV 35 台、MAN 製水素内燃バス 14 台、Daimler 製 FC バス 9 台が導入されている。2010 年 3 月、トヨタが CEP に参加することを表明した。なお、水素ステーションは、Berlin 市内に Total 3 基、Shell 1 基が設置されている。

表 5.1.2-4 CEP の概要

目 的	<ul style="list-style-type: none"> ・エミッションの低減 ・エネルギー効率の向上 ・実現可能な交通オプションとしての実証（先導措置） ・エネルギー多様化によるエネルギー供給の確保 		
パートナー	政 府 組 織	ドイツ連邦政府	
	エネルギー企業	Linde, Shell Hydrogen, StatoilHydro, TOTAL, Vattenfall Europe	
	自動車メーカー	BMW, Daimler, Ford, GM/Opel, Volkswagen, トヨタ	
	交 通 局	Berliner Verkehrsbetriebe BVG（ベルリン交通局） Hamburger Hochbahn HVV（ハンブルグ交通局）	
ステーション	現状は4ヶ所（TOTAL：3基、Shell：1基）		
車 両	乗 用 車	BMW	Hydrogen7を導入。
		Daimlar	B-Class F-Cellを導入。 現在は35MPa対応のみだが、70MPa対応車を導入予定。
		Ford	Focusを導入。
		GM/Opel	70MPa対応車（Hydrogen4）30台を導入予定。
		Volkswagen	Touran HyMotion3を導入。 現在は35MPa対応だが、70MPa対応車も開発。
	バ ス	BGV (Berlin)	MAN製水素ICEバス14台（液体水素タンクを搭載）
		Hochbahn (Hamburg)	Daimler製燃料電池バス9台（高圧水素タンクを搭載）
展 開	第1フェーズ (2003～2007年)	<ul style="list-style-type: none"> ・液体水素充填の実証（BMW、水素ICEバス用） ・オンサイトでのLPG水蒸気改質の実施。 	
	第2フェーズ (2008～2010年)	<ul style="list-style-type: none"> ・ライトハウスプロジェクトに参加。 ・パートナー拡大（Shell Hydrogen、ハンブルグ交通局） ・70MPa充填の実施（SAEのドラフトに基づく。水素4kgを3分以内で充填可能） ・車両の拡大（30～40台） ・水素ステーションの新設（総数3～5カ所） 	
	第3フェーズ (2011～2014年)	<ul style="list-style-type: none"> ・スカンジナビア諸国の水素ハイウェイとの連携。 ・NRW州への拡大。 ・FCV数百台、FCバス30台を導入。 	



図 5.1.2-2 CEP で運用されている車両

(3) 日米欧における取組み状況と計画

2010年12月現在の日米欧における燃料電池自動車の実証試験プロジェクトへの取組み状況と今後の計画をまとめると下図のようになる。欧州・ドイツは着々と実証プロジェクトを推進しているが、日米はどのような形で実証試験を進めていくか検討しているところである。

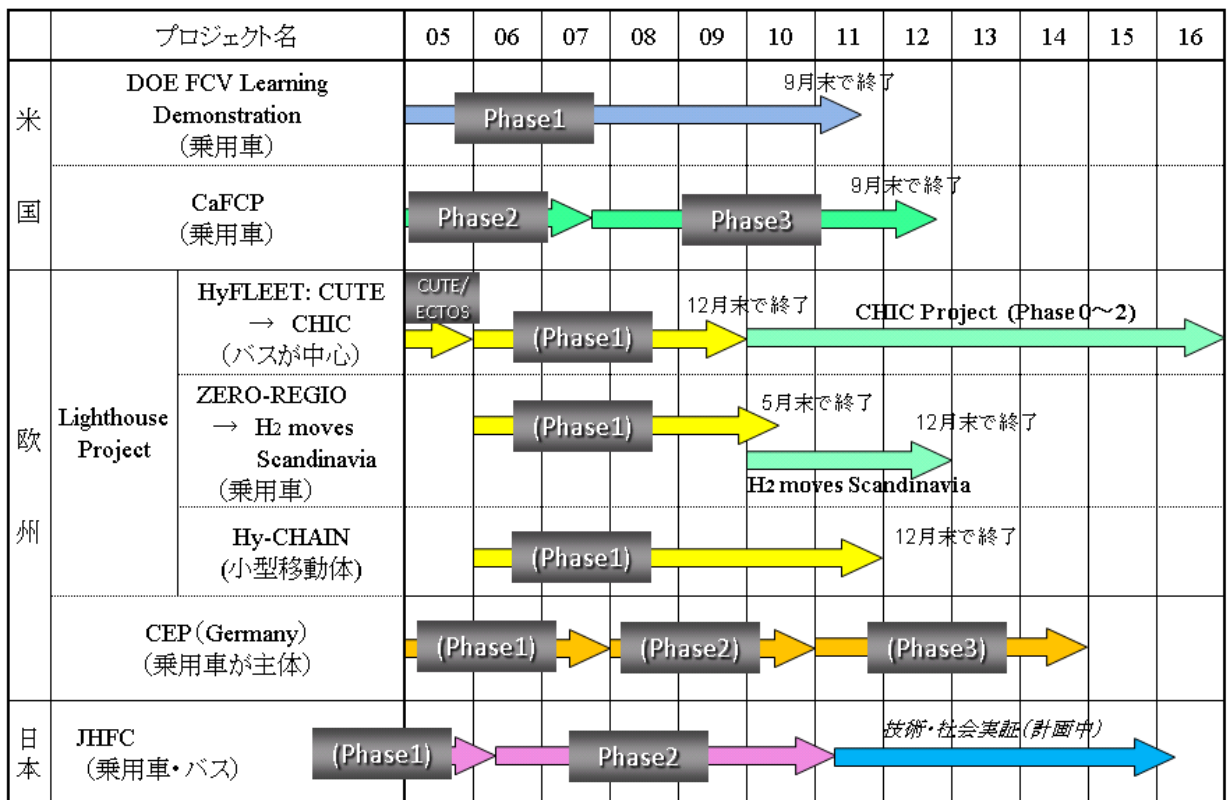


図 5.1.2.3 世界の燃料電池自動車実証試験プロジェクト

5.2 海外自動車メーカーにおける開発状況

海外自動車メーカーにおけるFCVの開発状況等を整理したものを表5.2-1に示す。

表 5.2-1 海外自動車メーカーにおけるFCVの開発状況

	自動車メーカー	概要	協力メーカー
米 国	Chrysler	<ul style="list-style-type: none"> 2007年8月、Daimler ChryslerからChrysler部門が米投資会社に売却された。売却後も技術開発などの提携関係は継続している。燃料電池に関しては、FCスタックおよびFCVはDaimlerから供給される。 2008年1月、デトロイトモーターショーにてLiイオン2次電池と燃料電池を搭載したハイブリッド・コンセプト「ecoVoyager」を発表。 	Daimler, BP
	Ford	<ul style="list-style-type: none"> 2006年12月、ロサンゼルスモーターショーに水素燃料電池車「Explorer」を出展。 2007年1月、ワシントンモーターショーでプラグインハイブリッドFCV「Ford Edge with HySeries Drive™」を公開。 2007年7月、世界最速を目指した燃料電池車「Fusion Hydrogen 999」を開発したと発表。 2009年末で、DOEのLearning Demonstration及びCaFCPへの参画を終了。 	Daimler, AFCC, Siemens, BP
	GM / Opel	<ul style="list-style-type: none"> 2006年9月、第4世代燃料電池推進システムを搭載した「Equinox」の実用化に向けて、顧客からの情報を収集するため、2007年秋に100台以上を消費者にリースすると発表。 「Equinox」を米国防軍に納車。 2006年12月、50台以上の「Equinox」を2007年はじめにロサンゼルス地域で走行開始すると発表。 2007年1月、デトロイトモーターショーでE-Flexシステムを搭載したプラグインハイブリッド車「VOLT」を発表。同車の内燃機関の代わりにFC搭載の可能性を発表。 2007年4月、上海オートショーで2代目E-Flexシステム（水素燃料電池システム）を搭載したプラグイン燃料電池車「Chevrolet Volt」を公開。 2008年1月、「The Cadillac Provoq fuel cell concept」を発表。 2008年3月、同月下旬からLos Angeles空港およびNew York空港を利用する英Virgin Atlantic航空のアップークラス対象の無料送迎サービスとして、「Equinox」を3台ずつ走行させると発表。 2007年9月から2009年にかけて、110台の「EquinoxFCV」（70MPa）をカナダの工場にて生産した。70MPa対応ステーションが少ないため、独自に10基の水素ステーション（70MPa）を米国に設置する予定。 2008年4月、バーンズ副社長は全米水素協会（NHA）の会合において、カリフォルニア州の環境への取り組みに応じる形で、2012年から2014年にかけて同州で100台の水素FCVを走行させる計画を明らかにした。 2008年11月、USDA（米農務省）と提携して「Chevrolet Equinox」実証テストを半年間行うと発表。 2009年1月現在、世界で100台以上の「Equinox」が、走行試験を行っている。米国で約100台、Berlinで10台、残りがアジアで走行している。 2009年3月、現行の実験車両に対し1/2サイズに小型軽量化したFCVを2015年に市販すると発表。 2009年4月、GMと上海汽車工業集団は、上海ブランドの「Fuel・Cell」を発表。「Chevrolet Equinox Fuel Cell」をベースとしており、10台製造して、2010年上海万博で要人の送迎に活用された。 2009年10月、2010年2月にカナダのVancouverで開催の冬季オリンピックにて「Chevrolet Equinox Fuel Cell」4台によるデモフリートを、2台の「Chevrolet Volt PHV」とともに実施した。 2010年5月、「Equinox」導入によるハワイ水素プログラムをガス会社とともに実施する計画を発表した。 	スズキ, Shell, Quantum, Hydrogenics, Giner, AirLiquid
欧 州	Daimler (Daimler Chrysler)	<ul style="list-style-type: none"> 2006年2月、Los Angeles空港にF-Cell 5台を納車。 2006年4月、パトロールカータイプの「F-Cell」を発表。 2007年1月、消防指揮車両タイプの「F-Cell」を発表。 2007年11月、FordおよびBallardとの共同出資により、自動車向けの燃料電池の新会社「Automotive Fuel Cell Cooperation（=AFCC：自動車燃料電池協同組合）」を設立。 2010年には「B-Class F-Cell」の少量生産を開始。2012年から2015年には事業化へ。 2008年10月、バーラト・バラスブラバニアン副社長は都内での記者会見で、2010年にFCVの量産とリース販売を始めることを明らかにした。当初は年間数百台を生産、主にヨーロッパで企業向けに販売した後、海 	Ford, Chrysler, AFCC, NuCellSys, Siemens

		<p>外市場でも展開する。</p> <ul style="list-style-type: none"> 2008年12月、1種類の車体に、3種類の駆動方式をそれぞれ搭載した「Concept BlueZERO」を発表した。BlueZERO E-CELL (BEV), BlueZERO F-CELL (FCV), BlueZERO E-CELL Plus (プラグインシリーズハイブリッド) の3車種である。 Daimlerは、2009年6月"Citaro Fuel Cell Bus"の改良版である「Citaro Fuel Cell Hybrid Bus」を発表した。Liイオン電池を搭載したHybrid Busで、2010年秋に約30台生産し、欧州内都市で大規模走行を行う予定。 2009年9月、「B-Class F-CELL (航続距離:400km)」の導入を発表。2009年末に小規模量産を開始し、2010年始めから約200台を欧州及び米国で展開すると発表。 2009年11月、Hamburg Hochbahnに「Citaro Fuel Cell Hybrid Bus (航続距離:250km)」がお目見えした。2010年から30台のFC Hybrid Busが運行され、内10台はHamburgへ導入。「B-Class F-CELL」も20台導入。HamburgのFC Hybrid BusはCEPプロジェクトの中で4基の水素ステーションを使用。 	
	Peugeot/Citroën	<ul style="list-style-type: none"> 2006年1月、仏原子力庁(CEA)と共同で小型FCを試作したと発表。最大出力80kW(出力密度1.5kW/L以上)、エネルギー変換効率40~50%。商業化は10年後。 2008年4月、英Intelligent Energy社と共同で「H2 Origin」を開発したと発表。 	CEA, Intelligent Energy
	Renault	<ul style="list-style-type: none"> 2008年5月、Renault・日産アライアンスはFCV試作車「Scénic ZEV H2」を開発したと発表した。Renaultのミニバン「Grand Scénic」をベースに、日産のFCシステムなどを採用したもの。 	日産
	Volkswagen	<ul style="list-style-type: none"> 2006年11月現在、120℃の高温膜(HT-VW)を開発中。商品化は数年先であるとの見通し。 2006年6月、「HyMotion」をCEPに導入。今後2年間で2~3台追加提供の予定。 今後開発する次世代「HyMotion」では、自社製スタックを搭載する予定。 ドイツIsenbüttelにて、ソーラーエネルギーによる水素供給実験設備を開発、デモンストレーションを行っている。 2007年11月、ロサンゼルスモーターショーでプラグインハイブリッド燃料電池車「space up! blue」を発表。 2009年2月、中国製FCV「Passat Lingyu」16台をCaFCPに参加させ、合計24台体制で走行試験を実施すると発表。本FCVは、VW、上海大衆、同済大学の3者が共同開発したもの。出力55kWのFC、Liイオン電池も搭載。最大出力120PS、最高速度145km/h、航続距離235km。既に2008年夏の北京オリンピック公式車両として活用された。 	AFCC, Siemens
	Fiat	<ul style="list-style-type: none"> ZeroRegioプロジェクトに「Panda Hydrogen」を3台提供。 	Nuvera FC,
アジア	Hyundai/Kia	<ul style="list-style-type: none"> 2006年9月現在、「Tucson FCV」をAC-Transitに7台提供している。5カ年、12台の実証を行う計画である。 2007年9月、フランクフルトモーターショーで燃料電池コンセプトカー「i-Blue FCEV」を出展。 2008年8月、「世界4大グリーンカー強国」を目指す韓国政府の方針に合わせ、2012年からFCVを生産開始し、早期に実用化を図ると発表。 現代は、国内のモニタリングプログラム(2006~2010年)へ30台のFCEVと4台のFCバスを提供。予算は\$46.6M(政府:50%)。10基(内5基新設)の水素ステーションを利用。 2008年、「Borrego (115kW)」を開発。70MPaで航続距離は680km。-15℃始動可。 2009年、「FC-Bus Gen II (200kW)」を開発。スーパーキャパシタを搭載。 国内のValidation Program(2009~2011年)へ80台のFCEVを提供。予算は\$17.6M(政府:30%)。車両は「Tucson iX FCEV (100kW)」。 70MPaで航続距離は650km以上。-25℃始動可。 2009年末で、DOEのLearning Demonstrationへの参画を終了。 2012年から、「Tucson iX FCEV」の少量生産を開始予定。 	UTC-FC, LG Chem, AC-Transit, ChevronTexaco
	中国	<ul style="list-style-type: none"> 2006年12月、上海郊外にある同済大学のキャンパスで中国製FCV「超越-荣威」のお披露目が行われた。 2007年9月、上海神力科技有限公司が開発した新世代都市型FCバス「神力1号」を上海で公開。 2007年9月、Shellの技術支援のもと安亭地区に水素ステーションが完成、10月オープン。 2007年9月、上海神力科学有限公司はFCバス「神力一号」を公開。数ヵ月後にイタリアに輸出予定。また、2008年北京オリンピック22台の燃料電池車と5台の燃料電池バスを提供見込み。 	上海汽車, 同済大学, 清華大学, 上海交通大学, 大連化学物理研

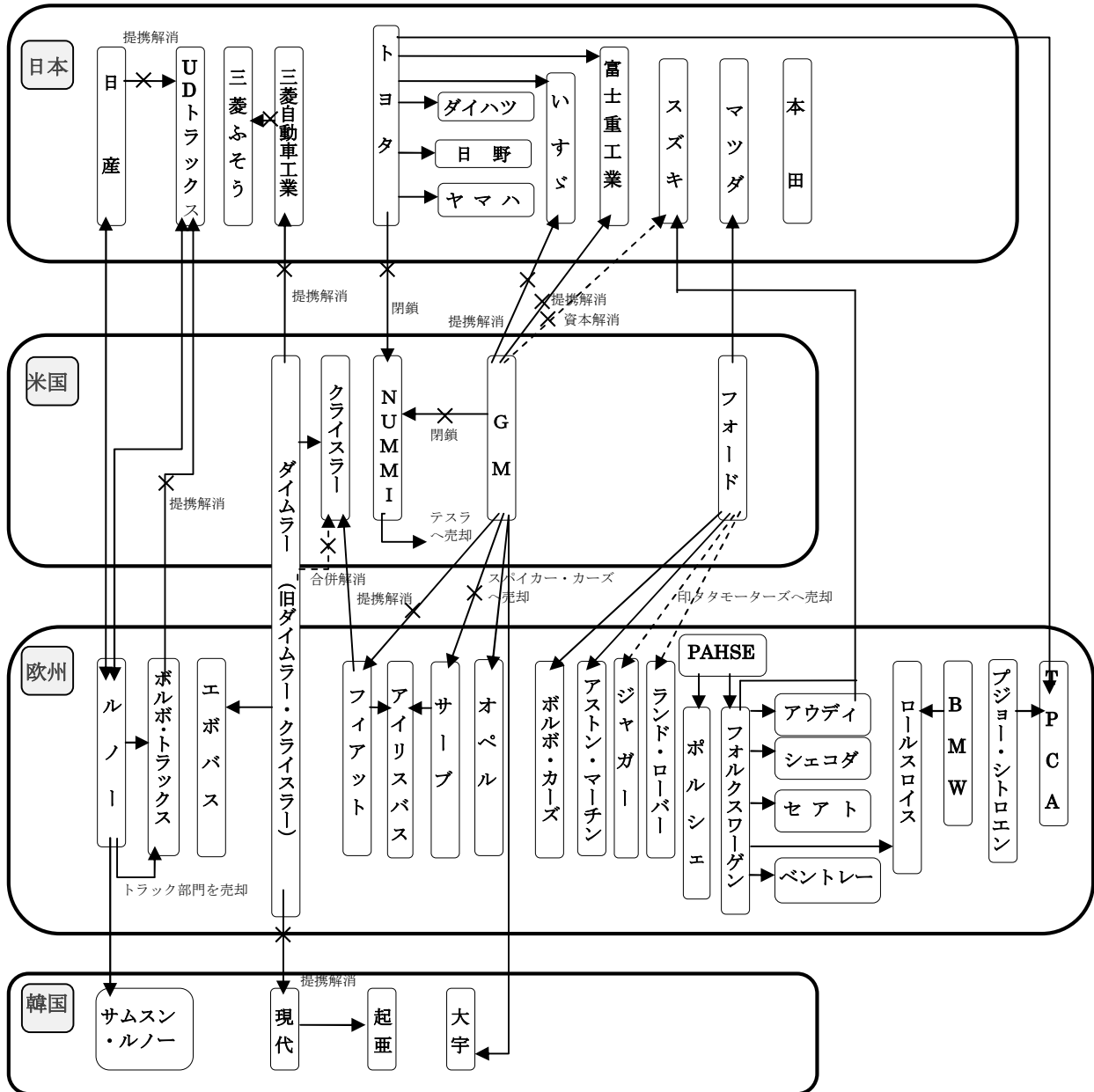
		<ul style="list-style-type: none"> • 2007年10月、上海汽車集團の胡茂元董事長は、燃料電池車を2008年北京五輪までに20台試作し、2010年の上海万博までに200台製作する方針であると報道された。 • 北京オリンピックで要人や報道関係者等の移動に20台のFCVが使用された。上海大衆汽車有限公司（上海汽車工業とVWの合弁企業）が製造。駆動部分は、同済大学、上海汽車工業および上海燃料電池車パワートレインが共同設計したもの。 • 2010年5月から開催された上海万博で、小型FCV（3輪車）、上海汽車（SAIC）のFCV、GMのFCV及び中国製FCバスを含め、約200台のFCVが導入された。 	研究所, 上海神力科学有 限公司 等
--	--	---	--------------------------

5.3 燃料電池をめぐる国際連携の動き

5.3.1 燃料電池車に関する協力関係

燃料電池車の開発は基本的には各自動車メーカーが独自に行っているが、近年、企業間で国際連携を行う動きも活発である。以下に各社の資本提携関係等を整理する。

(1) 主要な自動車メーカーの資本関係



凡例 → : 資本

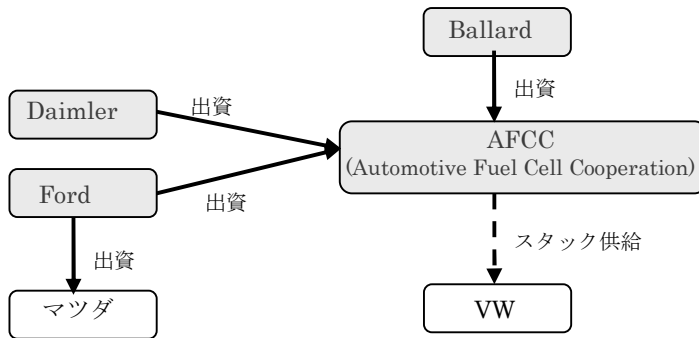
図 5.3-1 自動車メーカーの資本提携関係

出典：「NIKKEI MECHANICAL 別冊 21世紀のクルマはこうなる part2」（2000年7月17日），「燃料電池実用化戦略研究会報告書」（2001年1月22日）を基に作成
「日本の自動車工業 2010」（2010年5月発行）

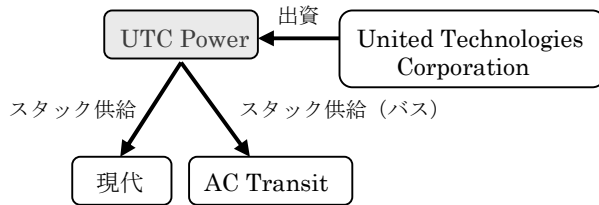
(2) FC スタックメーカーと自動車メーカーとの関係

FC スタックメーカーと自動車メーカーとの関係を図 5.3-2 に、FC スタック自社開発の動きを表 5.3-1 に示す。

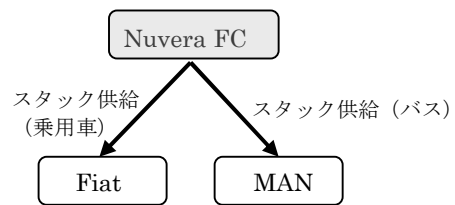
a) Ballard グループ



b) UTC Power グループ



c) Nuvera FC グループ



d) 自動車メーカー内製グループ

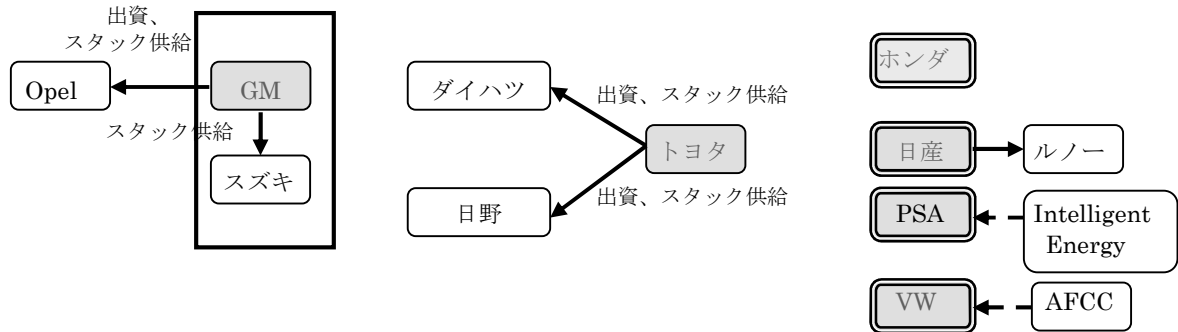


図 5.3-2 FC スタックメーカーと自動車メーカーとの関係
出典：平成 20 年度燃料電池自動車に関する報告書を基に作成

表 5.3-1 FC スタック自社開発の動き

	GM	Ford	Daimler	VW	PSA	FIAT	トヨタ	本田	日産	三菱	スズキ	ダイハツ	現代
自社	●		(○)	○	○		●	●	●		●	○ トヨタ	●
Ballard →AFCC		○	○	○				○	○	○			○
UTC-FC				○					○				○
Nuvera-FC				○		○							
その他				○ PSI	○ Int. Energy					○ MHI			

注：三菱自工は中断の模様、ダイハツは PM f LFC の開発

5.3.2 主要企業の合併、事業分割の動向

図 5.3.3、図 5.3.4 に燃料電池関連企業の合併、事業分割の相関図を示す。

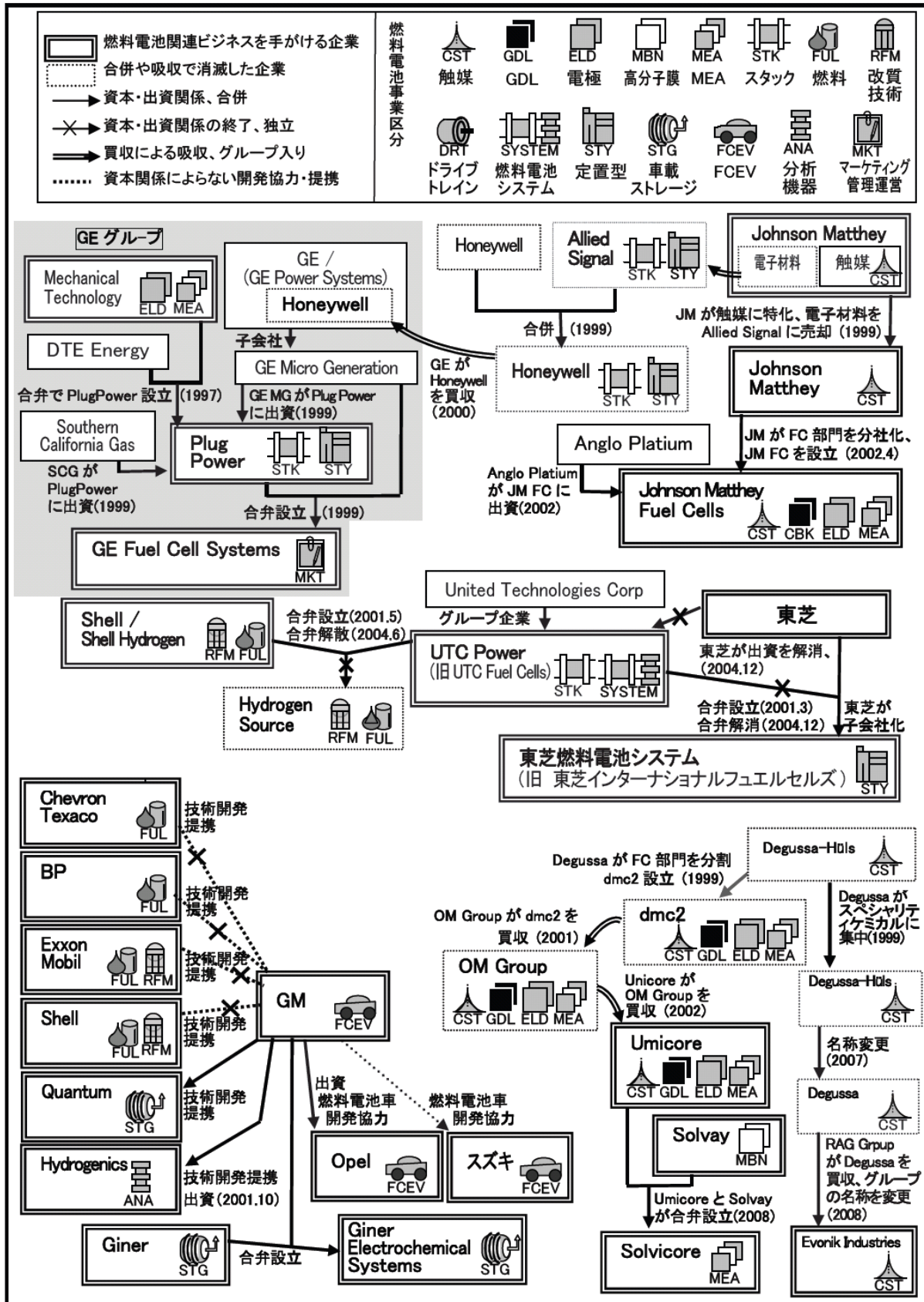


図 5.3.3 主要企業の資本関係(合併、合併事業分割の相関図 2010年11月現在) (その1)

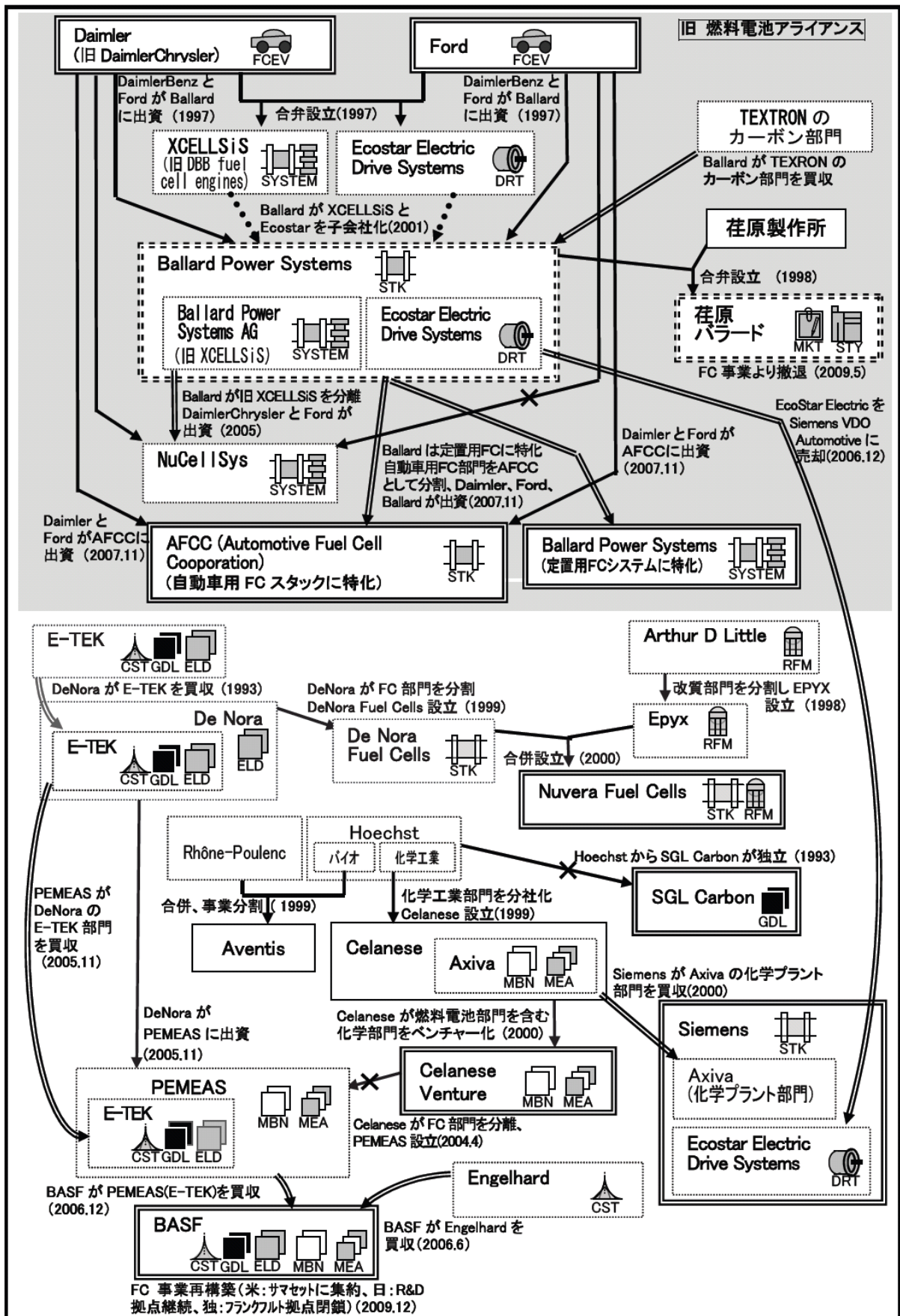


図 5.3.4 主要企業の資本関係(合併、合併事業分割の相関図 2010年11月現在) (その2)

5.3.3 燃料電池・水素に関わる国際連携

5.3.3.1. IPHE

IPHE は、ブッシュ大統領の「水素燃料イニシアティブ」を受けて、DOE の主導により 2003 年 11 月設立された水素・燃料電池に係る情報交換等を促進するための国際協力組織である。10 年の期限付き（2003～2013 年）で設置された。「技術の IEA」に対し「政策・シナリオの IPHE」を目指している。

設立当初の IPHE = International Partnership for the Hydrogen Economy は、2009 年 International Partnership for the Hydrogen and Fuel Cells in the Economy に名称が変更された。参加国は、北米（米国、カナダ）、欧州（ドイツ、フランス、イギリス、イタリアなど）、アジア太平洋（日本、中国、韓国、インド、オーストラリアなど）、ブラジルなど 16 カ国で、IPHE 参加メンバーは、世界の GDP の 85%、世界の CO2 排出の 2/3 を占める。

第 1 期～第 3 期までは運営委員会（Steering Committee : SC）、その下の連絡実行委員会（Implementation Liaison Committee : ILC）を中心に活動してきたが、第 4 期で SC と ILC が統合され、一つの委員会組織となった。現在の議長はドイツであり、事務局は NOW が務めている。出席者は、1 名は行政関係者、もう 1 名は専門家であり、IPHE は水素・燃料電池分野における政策立案者の交流（フォーラムの場）として機能しており、世界的に協調して、水素・燃料電池を支援する組織となりつつある。2007 年には IEA/HIA（Hydrogen Implementing Agreement）との間で MoU を締結し、IEA との関係も深めている。

また、日本は、IPHE アワードを下記のように受賞している。

2006 年度 技術達成アワード：JHFC プロジェクト

（図 5.3.5）

2007 年度 技術功労賞：山梨大学渡辺政廣教授

2010 年度 優秀リーダーシップ賞：

福岡水素エネルギー戦略会議

技術功労賞：AIST 稲葉悦男副研究部門長

なお、第 5 期（2011～2013 年）の議長は、アジア太平洋のメンバーが務める予定となっている。



図 5.3.5 WHEC のレセプションにおける IPHE アワード授賞式

5.3.3.2. (2) H2 Mobility

H2 Mobility は、2015 年の FCV 普及に向けて、ドイツ国内で水素インフラ整備を進めることを目的に 2009 年 9 月に設立されたコンソーシアムである。

注) NOW : Nationale Organisation Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie GmbH

(水素・燃料電池研究開発推進機構)

水素・燃料電池技術開発における国際的な競争力と技術開発力の強化を狙いとする政府 100%出資の有限会社



図 5.3.6 H2 Mobility のパートナー企業

参加企業は、Daimler、EnBW、Linde、OMV、Shell、Total、Vattenfall、NOW の 8 社で、MoU (Memorandum of Understanding) を締結した。H2 Mobility においては NOW がモデレータ役を果たす。

H2 Mobility は、第 1 フェーズ (2009～2011) と第 2 フェーズ (2011～) に分けて展開され、第 1 フェーズでは、インフラ整備のためのビジネスプラン策定及び新規にステーションを設置し、第 2 フェーズでは、インフラ整備のためのビジネスプランを実行することとなっている。

なお、2009 年 9 月、世界の主要な FCV メーカー 7 社 (Daimler、Ford、GM/Opel、ホンダ、現代/Kia、Renault/日産、トヨタ) が LoU (Letter of Understanding : 基本合意書) を締結し、2015 年までに数十万台の FCV をドイツに導入することに合意している。

5.3.3.3. (3) NOW/NEDO

NEDO は、2010 年 5 月、ドイツの NOW との間で情報交換に関する覚書 (MoU) を締結した。NEDO は今後、技術開発・実証研究等の事業内容や成果、両国の事業化シナリオ等について NOW と情報交換、共有を行い、日本の技術開発や実証研究等の効率的、効果的な推進を図っていく。



図 5.3.7 NEDO 和坂理事と NOW 代表ボンホフ氏

5.3.4 JHFC における国際連携

前述の IPHE において、Education (教育) WG に JARI が、Demonstration & Infrastructure (デモ・インフラ) WG に ENAA が、日本側メンバーとして参加している。Education WG 主催の「世界高校生 FC コンペティション」において、2010 年 5 月の WHEC の場で秋田工業高校の活動が表彰された。

最終年度の平成 22 年度 JHFC 国際セミナー 2 日目において、午前中「世界各国 (日米欧)、地域の実証試験の紹介と今後の活動」について報告があり、午後の国際ラウンドテーブルでは、日米欧及びアジアの水素・FC に関わる民間企業や研究機関、オブザーバーとして関係政府も参加して FCV・水素インフラ導入に向けて活発な議論が行われ、FCV 普及に向けて各々の課題の共有化が図られた。関係企業・業界が国際的に連携し、国の継続的な支援も要請して、2015 年 FCV 導入に向け、取り組んでいくことが確認され、プレスリリースが発表された。

5.4 燃料電池に関する法令・規制の状況

5.4.1 調査対象

わが国の燃料電池・水素ステーション関連の規制見直しに貢献すべく、主に米国とドイツの法令・規制の現状を調べた。調査（ヒヤリング、書面）対象を表 5.4-1 に示す。また、調査結果を表 5.4-2 に示す。

表 5.4-1 米国とドイツの法令・規制の現状の調査対象

米国	公的機関	- エネルギー省 (DOE) - カリフォルニア燃料電池パートナーシップ (CaFCP) - カリフォルニア州南海岸大気保全管理区 (SCAQMD) - ニューポートビーチ市 (カリフォルニア州)
	民間企業	- Air Products & Chemicals (APCI) - Shell - Herb Bernett (カリフォルニア州のコンサルタント)
ドイツ	公的機関	- TÜV
	民間企業	- Linde - LBST

表 5.4-2 米国とドイツの法令・規制の現状 (1)

	米国	ドイツ
使用可能鋼材の拡大	SUS 316L も使われているが、SUS 316、SUS 304 なども使われている。通常は「水素環境で使用可能な材料」と規定し個別の材質は指定していない。選定基準は経験・実測データ・国立研究所のモデリングなどによる。	材料については PED EN 1252 が、バルブについては EN 1626 が、ガス・材料適合性については EN 1797 が、安全デバイスについては EN 13648 がカバーしている。欧州規格 EN 1.4571 ステンレスなどが使用されている。
設計基準（耐圧安全係数）の見直し	通常は ASME 等の code によるが、最終判断は自治体に委ねられている。	一般的な考え方は定まっていない（個別の実例についての回答あり）。
輸送用複合容器の適用範囲拡大	15000psi（約 105MP）までの複合容器に対する ASME 基準が 2010 年 7 月に発行。DOT も新しい基準を発行する手続きが進行中。	ASME は最先端の基準と考えられ、DIN や EN で規定されていなければ ASME を準用するのがよい。輸送用容器としての基準を作ろうとする動きはあるが、公式な委員会が発足したとの情報は得ていない。

表 5.4-2 米国とドイツの法令・規制の現状 (2)

	米国	ドイツ
市街地における水素貯蔵量の増加	ゾーン規制はあるものの、ゾーンによって水素貯蔵量が規制されることはない。NFPA 55 (水素貯蔵) も水素貯蔵量を規定していない。	貯蔵量が 3 トンあるいは 5 トンを超す場合に適用される法規あり。但し、非常に大規模なオフサイト型のステーションを除き、水素貯蔵量が 3 トン (約 33,000 Nm ³) を超す可能性は少なく、貯蔵量で実質的に建設が制約されるケースは稀と考えられる。
保安検査の簡略化、開放周期の周期延長	DOT 管轄の輸送用容器は 5 年、10 年周期で検査。水圧検査だったが、徐々に超音波検査に移行している。 ASME 認可の容器では定期検査は法的には不要 (州によっては検査を要求される可能性があるが、その場合は水圧検査が一般的)。検査を実施するかは検査項目を含め所有者の判断による。APCI は圧力変動回数に注目し超音波検査でどの程度の周期 (10 年あるいはそれ以上になると予想) で検査すべきか検討中。 配管は法的には検査不要。検査の要否は所有者の判断。DOT が管轄するパイプラインは定期検査が必要。	複合容器に対する規定は 2 年ごとに外観検査、5 年ごとに代表的なひとつの容器につき内部検査 (通常超音波検査)、10 年ごとに気密 (耐圧) 検査 (ガス圧 1.1 倍あるいは水圧 1.3 倍)。
複合容器の蓄圧器としての使用	ASME で認められていなかったのが実績はほとんどないが、自治体が認めたケースもある。ASME の Section X では複合容器が認められているが 3000 psi (約 21MPa) 以下かつ 5 倍耐圧なのでステーション用としては非現実的。ASME でも 15000psi (約 105MPa) まで許容される新しい規格が制定され、今後は複合容器の採用が加速されよう。 DOT は 2 年前まで複合容器を認めていなかったが、現在は特認で認めている (10 フィート、7500psi に限定)。	地下貯蔵の実例あり。複合容器として特別の規制はなく、圧力容器としての認証に準じている。

表 5.4-2 米国とドイツの法令・規制の現状 (3)

	米国	ドイツ
保安距離の更なる緩和	ディスペンサーは公道から 3m 離す必要あり。他の機器（圧縮機・貯蔵容器・発電機）との離隔距離も規定されている。ISO が発行されてもそれがそのまま適用されることはない。	2m・3m・5m などの規定あり。障壁等で緩和できる余地が残されている。
改質器の無人運転	(実施例なし)	(実施例なし)
防爆性能の見直し	海外で防爆認証を受けた機器をそのまま米国内で使用することは認められていない。	ATEX 規格による。
蓄圧器等のキャノピー上設置	防火床やスプリンクラーなどが要求されるが、キャノピー上への機器の設置は禁止されていない。現状ではサンタモニカ以外の実例ないが、今後は増えると予想。	法的な規制なし、実例は実績・計画ともになし。
ディスペンサーの並列設置	ディスペンサーの離隔距離規定はあるが、他のディスペンサーに対しての離隔距離は規定していない。現実には、通常のディスペンサーは防爆機器でないため、そのための離隔距離（5 フィート（約 1.5m））が必要。	ディスペンサーは 2m の離隔距離が規定されている。ディスペンサーとディスペンサーの間に確保する距離は規定されていない。通常、水素ステーション内の機器は 3m の離隔距離を確保することになっているが、障壁等による緩和も認められる。
公道での FCV への充填	公道での充填は DOT が認めていない。公道以外の駐車スペースなどであれば自治体との交渉事項で、すべての場所で可能という訳ではないが、実施例も多い。	合法的に製作された設備を用いれば、公道でも充填可能。
CCS 用 CO2 回収設備の付帯設備化	(実例・規定ともになし)	(実例・規定ともになし)

5.5 世界のエネルギー情勢

5.5.1 エネルギー需給の概要等

世界の一次エネルギー供給は、経済成長とともに増加を続けており、1965年の39億TOE（石油換算トン）から、年平均2.6%で増加し続け、2005年には105億TOEに達している。

その伸び方には、地域的な差が存在し、先進地域（OECD諸国）では伸び率が低く、開発途上地域（非OECD諸国）では高くなっている。これは先進地域では経済成長率、人口増加率とも開発途上地域と比較して低くとどまっていること、産業構造が変化したこと、エネルギー消費機器の効率改善などによる省エネルギーが進んだことによる。一方、開発途上地域では極めて堅調にエネルギー消費の増加が持続してきた。特に経済成長の著しいアジア太平洋地域※1は、世界のエネルギー消費量の大きな増加要因となっている。また、かつて世界のエネルギー消費に高い寄与率を示してきた旧ソ連地域は、1991年のソ連邦崩壊以降、経済・社会の混乱とともにエネルギー消費量が減少していましたが、1999年以降、エネルギー消費量は増加に転じている。

こうした状況から世界のエネルギー消費に占めるOECD諸国のエネルギー消費の割合は、1965年の69.1%から2005年には52.6%へと15ポイント以上低下し、地域別エネルギー消費の構造的変化を示している（図5.5.1-1）。

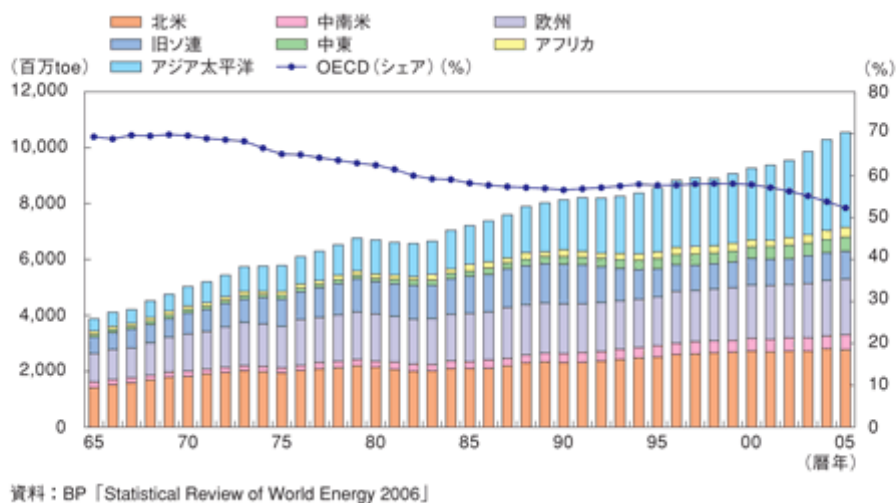


図 5.5.1-1 世界の一次エネルギー供給の推移(地域別)

次に世界の一次エネルギー供給動向をエネルギー源別に見ることとする。

石油は今日まで一次エネルギーの中心となってきた。発電用などでは他のエネルギー源への転換も進んだが、堅調な交通用需要に支えられ、1965年から2005年の平均増加率は一次エネルギー全体の増加率とほぼ同じ2.4%を示しており、2005年時点でもエネルギー消費全体の36.4%を占めている。この間に石油の代替エネルギーとして特に増加が著しかったのが原子力と天然ガスであり、同期間の平均増加率はそれぞれ13.1%、3.5%に達している。その結果、これらのエネルギーの一次エネルギーに占めるシェアは1965年から2005年にかけて各々0.2%から6.0%へ、16.4%から23.5%へと増大した。一方、かつては石油と並ぶ主力エ

エネルギーであった石炭のこの間の消費増加率は 1%台にとどまり、一次エネルギーにおけるシェアは、1965 年の 38.5%から 2005 年には 27.8%へと大きく低下した（図 5.5.1-2）。

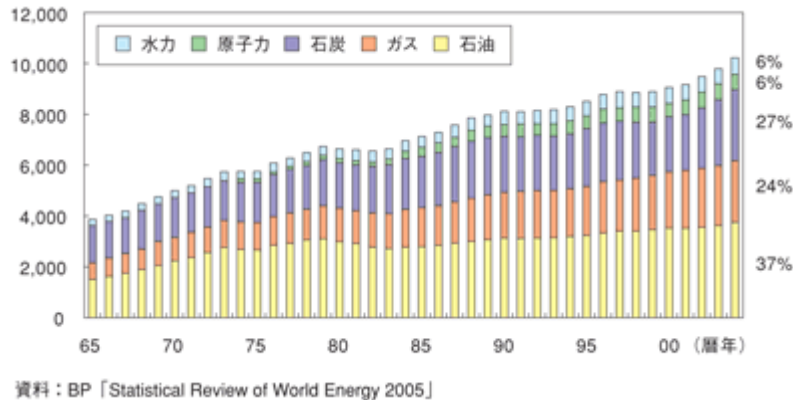


図 5.5.1-2 世界の一次エネルギー供給の推移(エネルギー源別)

5.5.2 エネルギー供給の低炭素化の必要性

世界のエネルギー需要は、中国・インドをはじめとする新興国の急速な経済成長を背景に、今後大幅に増加することが予想されている。気候変動抑制のためには、この増大するエネルギー需要を可能な限り低炭素なエネルギー源で供給する必要がある。

国際エネルギー機関（IEA）では、2030 年のエネルギー需要は1990 年の約2 倍に達すると予測されている（図5.5.2-1）。内訳を見ると、特に中国・インドにおける石炭需要の伸びが大きく（図5.5.2-2）、その需要の抑制や、石炭に代替するエネルギー供給の確立がなされない場合には、温室効果ガス排出量の劇的な増加により地球温暖化の進行に深刻な影響を及ぼすことが懸念される。

Figure 1.1 ● World primary energy demand by fuel in the Reference Scenario

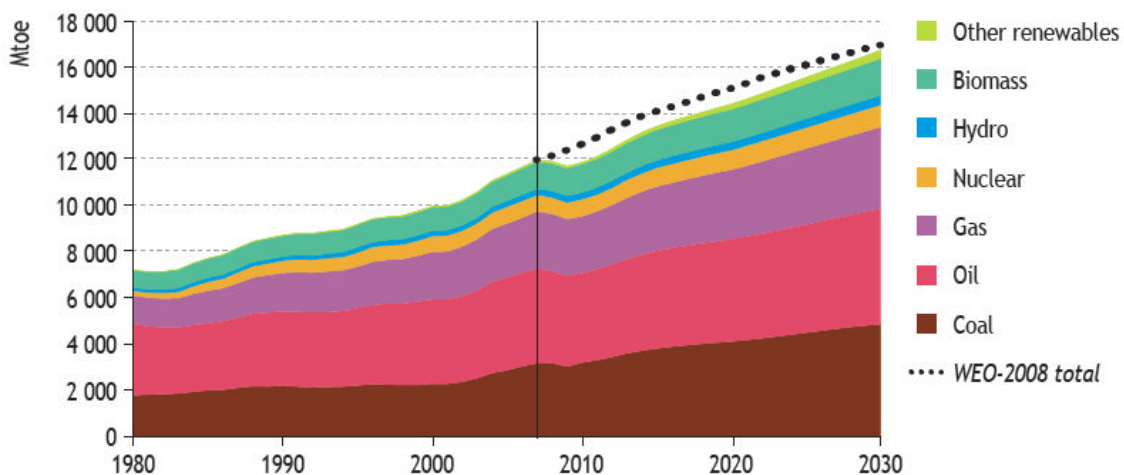


図5.5.2-1 世界の1 次エネルギー需要予測（Reference シナリオ）
出典）IEA “World Energy Outlook 2009”

平成22年3月12日に閣議決定された地球温暖化対策基本法案に準拠し、本報告書では、「太陽光、風力、水力、地熱、太陽熱、バイオマスを利用したエネルギー」を「再生可能エネルギー」として定義。

Figure 1.2 ● Incremental primary energy demand by fuel and region in the Reference Scenario, 2007-2030

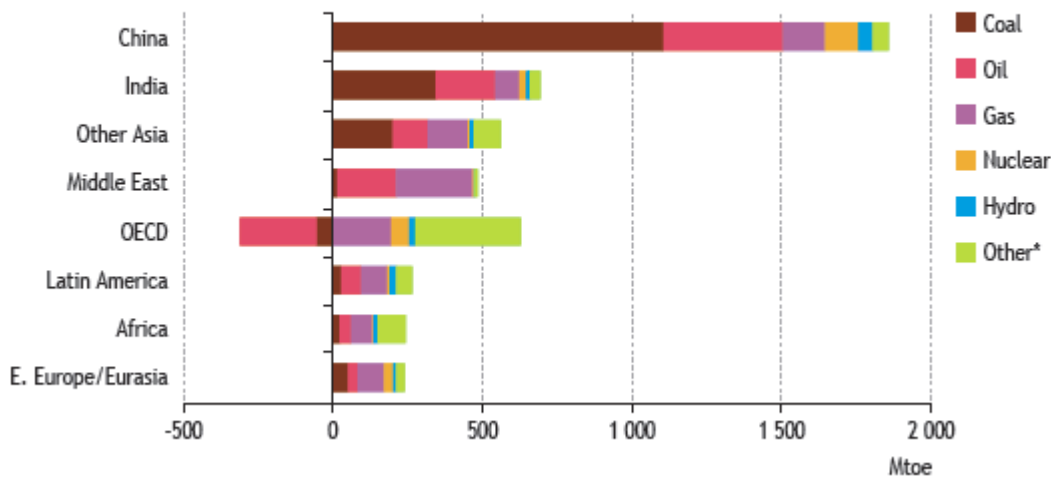


図5.5.2-2 1次エネルギー需要の増加量とエネルギー源別内訳
出典) IEA “World Energy Outlook 2009”

IEA が発表した将来のエネルギー技術展望によれば、世界全体で温室効果ガス排出量の大幅削減を進めるためには、再生可能エネルギーの普及、火力発電における効率改善や燃料転換、CO₂ 回収貯留 (CCS) や原子力発電の導入といった供給側の対策が、需要側における燃料転換や省エネルギー対策と同様に重要である (図5.5.2-3)。これらの対策オプションを総動員し、これまで人類が経験したことがない速度で対策を実施する必要があると分析されている (図5.5.2-4)。

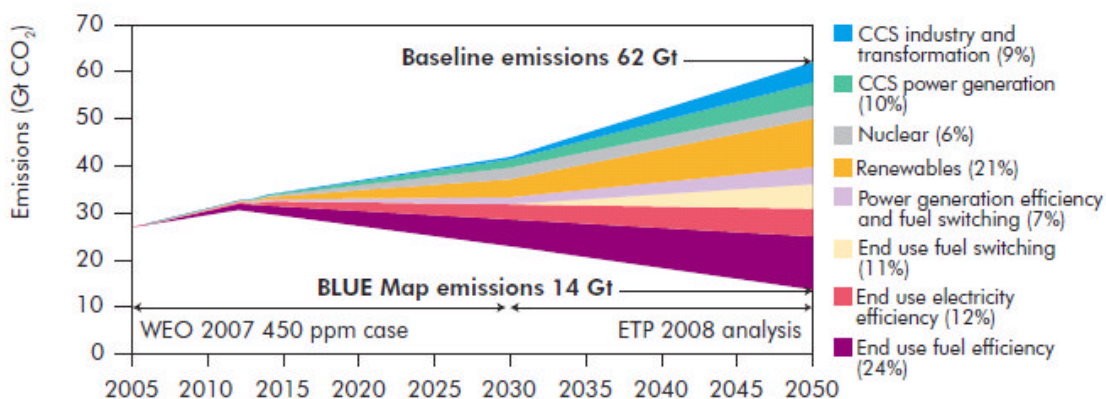


図5.5.2-3 IEA のエネルギー技術展望のBLUE Map シナリオ (2050年に世界の温室効果ガス排出量を現状比半減の場合)

出典) IEA “Energy Technology Perspectives 2008: Scenarios and Strategies to 2050”, 2008

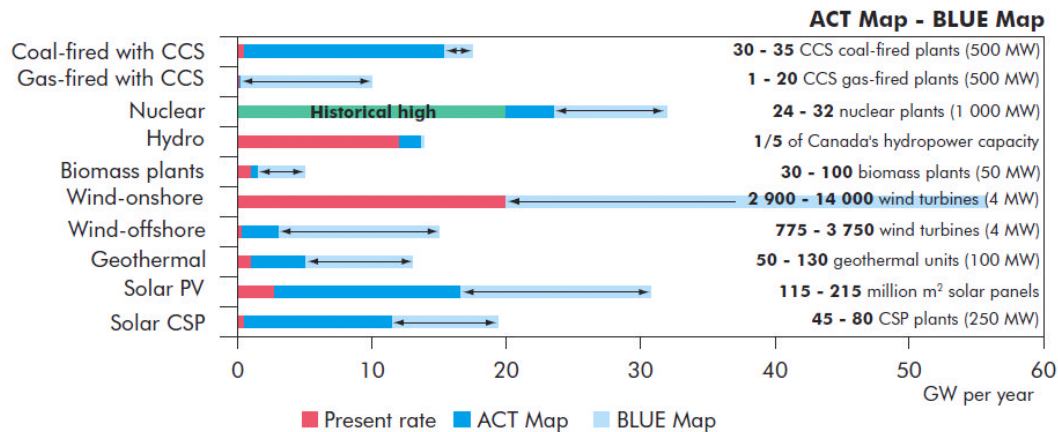


図5.5.2-4 IEA による世界の発電部門において必要な技術導入速度の分析

注) 下記3 種類の導入速度を比較している。

- ・現状の導入速度（原子力のみ過去最大速度）
- ・ETP のACT Map シナリオ（既存技術・開発が進展している技術を導入する）での導入速度（2005年-2050年平均）
- ・ETP のBLUE Map シナリオ（2050年に世界のGHG 排出量を現状比半減する）での導入速度（2005年-2050年平均）

出典) IEA “Energy Technology Perspectives 2008: Scenarios and Strategies to 2050,” 2008

5.5.3 水素エネルギー

あらゆる化石燃料から製造可能で、利用段階では高効率かつゼロ・エミッションのエネルギーであり、民生・産業部門の分散型電源システムや輸送用途の有力なエネルギー源の一つとしての役割が期待される。将来的には、原子力や再生可能エネルギーを利用した水素製造及び、CCS を組み合わせた化石燃料からの水素製造により、製造段階から利用段階までのゼロ・エミッション化の実現が見込まれる。家庭用燃料電池のさらなる普及や2015 年以降の燃料電池自動車の市場投入が期待されており、中長期的な観点から開発・利用に向けた取組を進めていく。その際、技術・コスト・インフラ等に関する課題を克服する必要がある。

5.6 水素供給インフラ整備に関する課題と動向

5.6.1 米国

5.6.1.1 米国の水素インフラの整備

現在米国には、FCVが200台、FCバスが50台、水素ステーションが60箇所ある。このうち、一般にもアクセス可能な水素ステーションは半数程度である（他は研究用や事業所、企業内利用）。

このFCV台数と水素ステーション数のうち、FCV140台とステーション20箇所は、エネルギー省が2004年から実施している実証プログラム「ラーニング・デモンストレーション」の一環で導入されたものである。

さらにカリフォルニア燃料電池パートナーシップ（CaFCP）は、2009年2月に「アクションプラン」を発表し、将来のFCV導入拡大と水素需要拡大のために、水素ステーションの設置拡大が必要と主張している。

このプランでは、自動車メーカーへのアンケートを通じて、FCVが2014年までに4,300台、2017年までに49,600台導入されると予想しており（表5.6-1）、これを支援するために40箇所の水素ステーションを新設する必要があるとしている。また、この40箇所のステーションを建設するために、2012年までの4年間で総額1億8000万ドルの投資（官・民合計）が必要であると見込まれている。

表 5.6-1 カリフォルニアにおけるFCV・FCバス導入台数見込み

	2009年	2010年	2011年	2012-14年	2015-17年
北部カリフォルニア	60	60	70	870	8,450
南部カリフォルニア	140	310	640	3,440	41,150
サンタモニカ	30	90	170	900	
アーバイン	30	70	140	770	
トーランス	20	45	110	570	
ニューポートビーチ	10	60	100	560	
その他の地域	50	60	120	640	
合計	200	370	710	4,300	49,600

出所：JHFC「北米における水素ステーションの技術動向調査」

< <http://www.jhfc.jp/data/report/2009/index.html#report02> >

5.6.1.2 米国の水素インフラ整備の課題

米国連邦政府は、基本的には水素ステーションの建設には助成を行っていない（実証試験であるラーニング・デモンストレーションで導入された水素ステーションを除く）。水素ステーションの普及における助成は、州政府などのローカルな政府から与えられていることが多い。

最も水素インフラ整備に積極的なカリフォルニア州の場合、水素ステーションの助成額はステーション建設コストの 70%を基本としている（助成金の上限は 1700 万ドルで、再生可能エネルギーを組み合わせた場合は 2700 万ドル）。ただし水素ステーションの建設者は、さらに市や各種の補助金を組み合わせ、かなりの割合を助成金・補助金で賄っていることが多い。例えば、AC トランジット（カリフォルニア州サンフランシスコ郊外の公共バス会社）は、新規にエモリービル水素ステーションを建設中であるが、16 種の補助金を活用し、ほぼ自己負担なしでステーションの建設を行っている（表 5.6-2）。

このように米国では、国家的な水素ステーションの支援（補助金）政策を有していないが、カリフォルニア州を中心に多数の補助金の機会がある。

表 5.6-2 事例：AC トランジット エモリービル水素ステーション

AC トランジット（Alameda-Contra Costa Transit）は、FC バス用の運用のために、サンフランシスコ湾東側のオークランドに水素ステーションを所有している。また湾の北東側のエモリービルに新しい水素ステーションを建設している（また現在のオークランド水素ステーションも改修中）。

- オークランド水素ステーションは 2005 年 11 月に運用を開始した。35MPa 用で水素供給能力 150 kg/日であるが、360 kg/日に拡大する予定。
- 新設するエモリービル水素ステーションは、FC バス用ディスペンサ（35MPa 用）とともに、FCV 用ディスペンサ（35MPa、70 MPa）も設置する。水素供給能力は 420 kg/日（水電解：60 kg/日、液体水素輸送：360 kg/日）。また FCV 用 70 MPa ディスペンサにはプレクールも実施。

ST 建設コスト	
建設コスト総額	800 万ドル以上
補助金等	エモリービル水素ステーション建設費用、オークランド水素ステーション改修費用、FC バス導入費用などの総額 5 千万ドルに対し、DOE、CARB/カリフォルニアエネルギー委員会（CEC）等の 16 種の補助金を活用。
負担	建設費： ほぼゼロ（補助金利用） 維持費： ほぼゼロ（補助金利用） その他： 水素購入費のみ負担（Linde から購入）
ST 運用・運用	
ST 所有者	基本的に AC トランジット。ただしステーション設備のうち、液体水素タンクとエバポレーター、ポンプはリンデが所有（リンデは液体水素供給契約を AC トランジットと締結）。
ST 運用者	AC トランジット

5.6.2 ドイツ

5.6.2.1 ドイツの水素インフラの整備

ドイツでは 2009 年 9 月に、国内外のインフラメーカーとダイムラーが参加して、2015 年の FCV 普及に向けて水素インフラ整備を進めるコンソーシアム「H2 Mobility」が設立された。この H2 Mobility は 2 段階で展開される（表 5.6-3）。

表 5.6-3 H2 Mobility の概要

第 1 段階 (2009～ 2011 年)	<p>【インフラ整備のためのビジネスプランの策定】</p> <ul style="list-style-type: none"> 水素ステーションの大規模展開のための「共通ビジネスモデル」を 2011 年までに開発する。 水素ステーションネットワークの技術経済性評価を行う。また、2010 年までにステーションの技術仕様を固める。 <p>【新規のステーション設置】</p> <ul style="list-style-type: none"> 政府の景気対策パッケージなどを利用し、10～25 箇所の水素ステーションを設置。 新設する水素ステーションは、全て 700 気圧充填対応。
第 2 段階 (2011 年～)	インフラ整備に関するビジネスプランの実行

出所：JHFC「平成 21 年度欧米における燃料電池自動車の動向調査報告書」

< <http://www.jhfc.jp/data/report/2009/index.html#report02> >

水素ステーション展開シナリオの前提として、FCV は 2015 年の商業化を想定している（2015 年時点では、FCV 導入台数は十万台/年と想定）。ただし 2015 年以前からも FCV 導入が始まるとも想定している。基本的な水素ステーション展開シナリオのイメージを表 5.6-4 に示す。また H2 Mobility は、水素ステーションのビジネスプラン策定ともに、水素ステーション展開のエリア分析を行うとしている。

表 5.6-4 基本的な水素ステーション展開シナリオのイメージ

2013 年まで	<ul style="list-style-type: none"> 主要都市（ベルリン、ハンブルグ、デュッセルドルフ、フランクフルト、シュツットガルト、ミュンヘンなど）を中心に、クラスターを形成。
2015 年まで	<ul style="list-style-type: none"> 主要都市間を結ぶコリドーを形成（100～1000 ステーションを予定）。
2017 年まで	<ul style="list-style-type: none"> 全国レベルのネットワークを形成。

出所：JHFC「平成 21 年度欧米における燃料電池自動車の動向調査報告書」

< <http://www.jhfc.jp/data/report/2009/index.html#report02> >

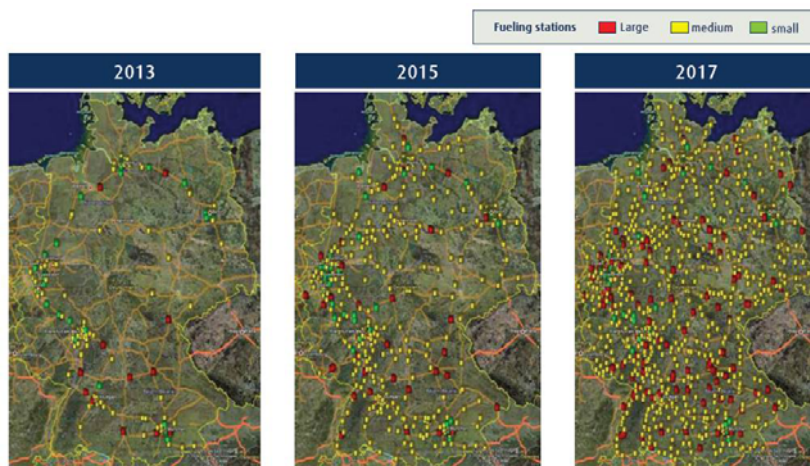


図 5.6-1 水素ステーション展開のエリア分析の例

出所：JHFC「平成 21 年度欧米における燃料電池自動車の動向調査報告書」

< <http://www.jhfc.jp/data/report/2009/index.html#report02> >

5.6.2.2 ドイツの水素インフラ整備の課題

ドイツには、ダイムラーという FCV に積極的な企業があり、また大手工業ガス供給者であるリンデがある。またエネルギー大手のトータル（注：本社はフランス）などの企業も活躍している。よって水素インフラ整備に関しては、ドイツ政府と産業界の目標は一致している。

ドイツの場合は、研究開発は 50%補助を基本とし、連邦以外の助成（地域の助成や EU の助成）を組みあわせても 50%を超えてはならないとされる。よって民間は、必ず 50%分の負担（労務費を含む直接経費や間接費など）をしなければならない。基本的に、リンデやトータルのような大企業が、新規ビジネスの探究として水素ステーションのビジネス展開を考えている。

なお、NIP は 10 年プログラム（2007～2016 年）であるが、ドイツの特徴として、いったん確定した多年度 R&D 予算は、政権が変わっても変更されることはないとのことである。そのため、企業も国家のコミットメントを確信し、長期的な視野をもって研究開発と実証に取り組むことができることが大きいと思われる。

5.6.3 中国

5.6.3.1 中国の水素インフラの整備

現在中国には、北京と上海に 5 箇所のステーションが稼働している。北京には、北京オリンピックに合わせて開所されたステーションが 1 箇所あり、上海には 4 箇所（上海 EXPO 用ステーション、同済大学内ステーション、地元自動車会社である SAIC 内ステーション、上海郊外の安亭工業区ステーション）が稼働している。

基本的に中国では、水素充填は 35MPa で認められている。まだ国内に水素産業が少ないために、ステーションの設置運営は、BP や Shell などの海外企業のほかは、CNC スタンドで実績のある ENN 新興（上海）くらいである。

中国は、水素ステーションに関して国としての基準・標準は持っていないが、上海の EXPO ステーションのために ENN 新奥（CNC スタンドで実績のあるガス会社）が国際標準（ISO/TC197 など）を参考にして中国の基準を即席で策定したとのことである。

5.6.3.2 上海 EXPO での FCV・水素ステーション

上海 EXPO に導入された FCV と水素ステーションの全体概要を図 5.6-2 に示す。EXPO 構内の観光客移動用の小型 FCV（低速）が 100 台、FC バスが 6 台導入されている。当初の予定では FCV 乗用車（VIP 用車両）は 90 台の導入予定であったが、実際には 50 台程度しか導入されていない（上海汽車製 FCV が 40 台、GM 製 FCV が数台）。

当初は、北京オリンピックで使用された FCV15～20 台（VW 上海製）も使用される予定であったが、実際には導入されなかったようである。

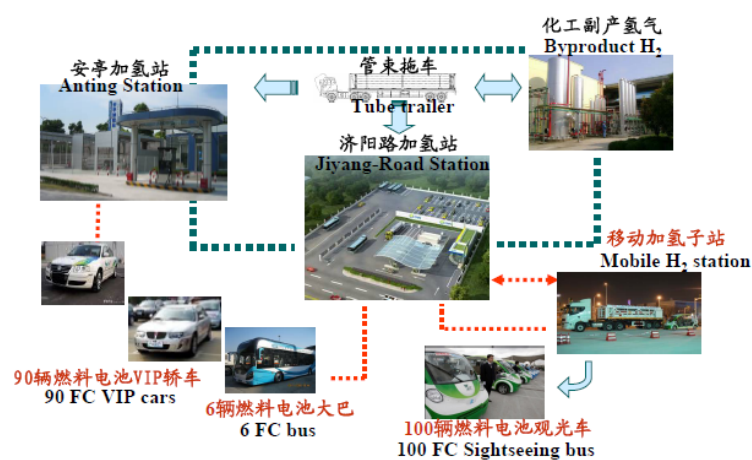


図 5.6-2 上海 EXPO に導入された FCV と水素ステーション

出所：中国科学技术部（国際水素燃料電池技術・自動車発展検討会、2010 年 9 月）

EXPO 会場で目立つのは EXPO 構内の観光客移動用の小型 FCV（低速）であり、100 台程度が導入されていた。広い会場での移動には非常に便利との評判で、急きよ 50 台を追加で導入したが、FC システムが追加調達できなかつたため、追加車両は BEV である。



図 5.6-3 EXPO 構内観光用小型 FCV

出所：国際水素燃料電池技術・自動車発展検討会で撮影（2010 年 9 月）

上海汽車製 FCV（乗用車）は 40 台程度導入されている（図 5.6-4）。この FCV システム基本設計は同済大学が担当し（836 国家計画の研究として開発）、FC スタック自体は地元の Sunrise が提供した。

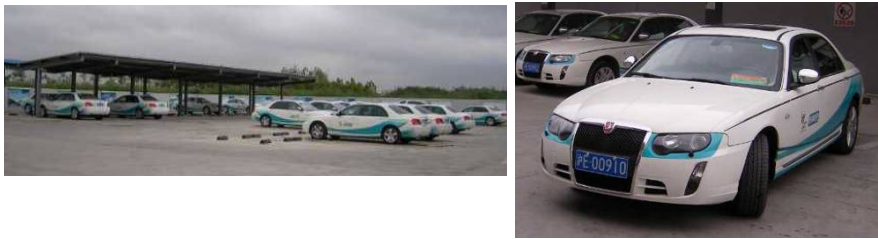


図 5.6-4 上海汽車製 FCV

GM は、上海汽車と外見がほぼ同じ FCV 数台を提供している。この FCV は米国 GM 製 EQUINOX FC と同じシステムで、信頼性が高く、VIP 用やイベント用に使用されることが多いようである。なお GM は、EXQUINOX FC 自体も数台導入していた。

また EXPO には FC バスは 6 台（3 台は清華大学製、3 台は同済大学製）が導入されているが、ともに国連（GEF/UNDP）の資金で開発された車両である（図 5.6-5）。この FC バスは EXPO 会場外で、イベントなどで活用されていた。



図 5.6-5 FC バス

EXPO 用水素ステーションの運用は ENN 新奥が行っている。水素は Air Liquide の副生水素を利用し、これを圧縮機で 42MPa 程度に昇圧している。蓄圧器は ENRIC（石家庄安瑞科气体机械有限公司）製である（図 5.6-6）。



図 5.6-6 水素源（Air Liquide）、圧縮機、蓄圧器

ディスペンサーは、ENN 新奥製が 3 台（上海汽車製 FCV 用）導入されている。各ディス

ペサーに充填ノズルは2本あり、ノズルにはドイツ WEH 製 TK16 (35MPa 用) を用いている。赤外線コミュニケーションはない。上海市は上限を 35MPa と定めたが、実際の運用では圧縮機能力の最大である 42MPa まで充填しているとのこと (図 5.6-7)。



図 5.6-7 左 : ENN 新奥製ディスプレイ、右 : 充填ノズル (WEH 製 TK16)

一方、GM 製 FCV 用は充填に赤外線コミュニケーションが必要なので、Linde 製ディスプレイを別途導入している。こちらは 70MPa 仕様で、ノズルは WEH TK17 を採用している。プレクールも-20℃まで可能とのこと (図 5.6-8)。



図 5.6-8 左 : Linde 製ディスプレイ、右 : プレクーラー

さらに、EXPO 構内で稼働している小型 FCV を夜間に充填するために、地元の同済大学が移動式水素充填装置を 2 台開発している (図 5.6-9)。車載蓄圧器は ENRIC 製。配管は欧州仕様 (欧州 CE マークあり)。



図 5.6-9 移動式水素充填装置

5.6.3.3 中国の水素インフラ整備の課題

中国は2009年に、国是でもある年率8%成長を維持するために、「十大産業調整振興計画」¹を策定した（2009～2011年において実施）。この振興計画には自動車産業調整振興計画も含まれており、市場育成のための購入税減税や買い替え促進、自動車産業の再編（合併の促進）の他に、省エネ・新エネ車両の産業化を掲げている。この自動車産業調整振興計画の総額は100億元（1200億円）である。この計画ではBEVとハイブリッドに注力しており、両車両の国内生産量を2011年末までに50万台とし（2008年は2100台）、2020年にはBEVとハイブリッド（プラグインハイブリッド含む）普及率を15%にするとしている。

また中国は、上海EXPO後の次世代自動車の展開・実証プロジェクトとして「10都市1千台（十城千輛）」計画を発表している（表5.6-5）。これは10以上の都市²が参画し、各都市でそれぞれ1千台以上の新エネルギー自動車（BEV、ハイブリッド、FCV）とエネルギーインフラの実証を行うプログラムである。これらの新エネルギー自動車は、主に公共交通、タクシー、市の公用車に使用される。多くの市ではBEVとハイブリッドを中心に導入を進めるが、上海と大連がFC車両を導入する（上海ではFCバス6台とFCV190台を、大連ではFCバス8台を導入する）。

表 5.6-5 「10都市1千台（十城千輛）」計画での導入予定車両（公表のみ）

	ハイブリッド		BEV		燃料電池	
	タクシー	その他	タクシー	その他	バス	その他
長春(吉林省)	700	300	—	—	—	—
大連(遼寧省)	424	1800	100	100	8	—
杭州(浙江省)	830	915	460	795	—	—
合肥(安徽省)	150	560	50	640	—	—
濟南(山東省)	300	430	70	810	—	—
南昌(江西省)	180	580	30	190	—	—
上海	700	600	1291	1370	6	190
深圳(廣東省)	—	7500	4000	500	—	—
武漢(湖北省)	1000	1000	—	500	—	—

出所：東方汽车网（2010年1月12日）

< <http://www.chinanews.com.cn/auto/scxw/news/2009/01-07/1517480.shtml> >

¹ 十大産業とは自動車、鉄鋼、繊維、設備製造、造船、電子情報、軽工業、石油化学、有色金属、物流。
² 十城千輛計画に参加しているのは長春(吉林省)、大連(遼寧省)、北京、濟南(山東省)、上海、杭州(浙江省)、合肥(安徽省)、南昌(江西省)、武漢(湖北省)、深圳(廣東省)、長沙(湖南省)、重慶、昆明(雲南省)。

上海の場合、10都市1千台計画でFCバス6台とFCV190台を導入することになっているが、その大部分が崇明島（人口63.5万人）に集中導入される予定である（図5.6-10）。同島に導入されるFCVには、上海EXPOで使用された車両も活用される。



図 5.6-10 崇明島ゼロエミッション計画

さらに2010年に発表された「国家中長期科学技術発展計画要綱」では³、先端エネルギー資源技術として水素が取り上げられており、「水素は多様な利用が可能でクリーンな理想的エネルギーであり、FCと組み合わせて分散型のエネルギーシステムを構築することができる」としている。

このように中国では、現状ではハイブリッド車の普及に注力している段階である。10都市1千台計画でも、まずはハイブリッド車とBEVの普及が強調されており、FCV普及は上海に限定されている（大連はFCバスに特化）。

FCV普及の基本政策はFCシステムを開発する大学（同済大学や清華大学）への研究開発支援（863計画など）と、導入補助金である。ただし、上海EXPOが終了した現在、新規のFCV生産と水素ステーション整備が進むかどうかは不明である。

³ < http://www.china.com.cn/policy/txt/2010-03/01/content_19492625.htm >

5.7 燃料電池車の実用化の時期と普及台数の見通しについて

自動車メーカー	概要	協力メーカー
Daimler (Daimler Chrysler)	<ul style="list-style-type: none"> 2006年2月, ロサンゼルス空港に F-Cell 5台を納車。 2006年4月, パトロールカータイプの F-Cell を発表。 2007年1月, 消防指揮車両タイプの F-Cell を発表。 2007年11月, Ford および Ballard との共同出資により, 自動車向けの燃料電池の new 会社「Automotive Fuel Cell Cooperation (=AFCC: 自動車燃料電池協同組合)」を設立。 2010年には Bクラス F-Cell の少量生産を開始。2012年から2015年には事業化へ。 2008年10月, バーラト・バラスブラバニアン副社長は都内での記者会見で, 2010年に FCV の量産とリース販売を始めることを明らかにした。当初は年間数百台を生産, 主にヨーロッパで企業向けに販売した後, 海外市場でも展開する。 	Ford, Millennium- Cell, AFCC, NuCellSys, Siemens
Chrysler	<ul style="list-style-type: none"> 2007年8月, DaimlerChrysler から Chrysler 部門が米投資会社に売却された。売却後も技術開発などの提携関係は継続している。燃料電池に関しては, FC スタックおよび FCV は Daimler から供給される見込みである。 2008年1月, デトロイトモーターショーにて Li イオン 2 次電池と燃料電池を搭載したハイブリッド・コンセプト「ecoVoyager」を発表(表 3-3-10)。 	Daimler
Ford	<ul style="list-style-type: none"> 2006年12月, ロサンゼルスモーターショーに水素燃料電池車 Explorer を出展(表 3-3-12)。 2007年1月, ワシントンモーターショーでプラグインハイブリッド FCV, 「Ford Edge with HySeries Drive™」を公開(表 3-3-13)。 2007年7月, 世界最速を目指した燃料電池車「Fusion Hydrogen 999」(表 3-3-14)を開発したと発表。 	Daimler, マツダ, NuCellSys, AFCC, Siemens
GM (オペル)	<ul style="list-style-type: none"> DOE/PNGV 計画で, 30 kW メタノール改質形燃料電池の開発に参加。燃料電池は Ballard 社が担当した。 1997年, メタノール改質形「Zafira」を発表。 FCV 開発で, トヨタと共同研究実施。 米国ではガソリン改質形 FCV, 欧州では液体水素形 FCV を中心に開発。ガソリン改質技術で Exxon, BP と共同研究。 2000年デトロイトモーターショーで「Precept」(水素吸蔵形)を発表。 2000年ジュネーブモーターショーで「Zafira (液体水素)」を発表。シドニーオリンピックマラソン競技のペースカーに採用。北京で試乗会を開催。 2001年1月, Clean Hydrocarbon Fuel を研究の主要な候補とすることでトヨタと合意。 2001年6月, 水素貯蔵技術で Quantum と提携。 2001年6月, 水素インフラの構築に関わる分野で General Hydrogen と提携。 2001年8月, ガソリン改質形 FCV 「Chevrolet S-10」を発表。 2001年10月, スズキと燃料電池車を共同開発することで合意。 2001年フランクフルトモーターショーで, 補助電源を必要としない液体水素 FCV 「HydroGen3」のプロトタイプ車を公開。 2001年10月, Hydrogenics (加) に資本参加, Giner (米) との提携関係を拡大。 2002年1月, 液体水素 FCV 「HydroGen3」を発表(表 3-3-15)。 2002年デトロイトモーターショーでボディを選べるスケートボード形 FCV 「AUTonomy」を発表。 2002年5月, 「Chevrolet S-10」がガソリン改質形としては世界で初めてとなる試走に成功したと発表。 2002年7月, Quantum と共同で 70MPa の高圧水素タンクを開発。 2002年8月, 運転操作を電子制御して車両に伝えるバイ・ワイヤー技術を搭載した直接水素形 FCV 「HY-wire」を発表。 2002年12月, 国際宅配便大手の FedEx Express と共同で, 2003年6月から, 日本の東京都内で「HydroGen3」を集配業務に使い, 試験走行を行うと発表。 2003年2月, 「HydroGen3」シリーズのザフィーラ・ミニバンに 70MPa の高圧水素タンクを搭載し, 公道走行試験に成功したと発表。 	ExxonMobil, BP, ChevronTexco, Quantum, スズキ, Hydrogenics, Giner, Shell
GM (オペル) (つづき)	<ul style="list-style-type: none"> 2003年3月, 「HydroGen3」が日本で大臣認定を取得し, JHFC プロジェクトに参加し, 公道走行実証試験を開始。 同年, 燃料供給インフラ技術で Shell Hydrogen と提携。米国ワシントン D.C. 周辺で, FCV と燃料供給インフラの共同実証実験を 2003年10月から開始する予定。 2003年4月, FCV を BMW, オペルと共同で開発することを発表。2010 	

	<p>年までに FCV の販売を目指す。2003 年 5 月、米国・ワシントン DC で FCV の実証運転プログラムを開始。2 年間実施し、米国議会関係者や環境保護団体関係者などを対象に、最高 1 万回の試乗機会を提供する方針。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 2003 年 7 月、東京都内で「HydroGen3」による集配業務を開始。 ・ 2003 年 10 月、2010 年に米国、日本、欧州、中国の 4 地域で FCV の本格的な実用車の販売を始め、利益を確保した上で、その後 10 年間に 100 万台を販売する計画を明らかにした。 ・ 2004 年 6 月、アメリカの GM と郵政公社は、郵便配達車両に GM 製 FCV 「Hydrogen3」を導入することで合意。9 月からワシントン DC 周辺の配達作業を始める。 ・ 2004 年 8 月、GM とスズキが開発している FCV の 70MPa 圧縮水素貯蔵システムについて、日本の高圧ガス保安協会の認可を得たと発表した。04 年内にも公道実証運転を開始する。この 70MPa 水素ガス貯蔵システムは、アメリカの Quantum 社が開発、住友商事がスズキに納入した。 ・ 2005 年 1 月のデトロイトモーターショーにて最新のコンセプトカー「Sequel」を発表展示。70MPa 高圧水素形で前後 3 モーターを有し 73kW の FC スタックと Li イオン電池とのハイブリッド FCV。航続距離は 480km。(表 3-3-16) ・ 2005 年 2 月、FCV のリース販売を 2007 年までに現在の 5 倍になる 40 台に引き上げる計画を発表した。 ・ 2005 年 6 月、スウェーデンの家具販売会社 IKEA と共同で、ベルリンにおいて HydroGen3 の実用性テストを実施。 ・ 2005 年 4 月、アメリカ国防総省と共同で FC ピックアップトラックを開発、米軍に非戦闘用として 1 台を納車。 ・ 2005 年 11 月、GM 大宇が韓国で HydroGen3 の実証プロジェクトを立ち上げることを発表。 ・ 2006 年 9 月、第 4 世代燃料電池推進システムを搭載した「Equinox」(表 3-3-17)の実用化に向けて、顧客からの情報を収集するため、2007 年秋に 100 台以上を消費者にリースすると発表。 ・ 「Equinox」を米国陸軍に納車。 ・ 2006 年 12 月、50 台以上の Equinox を 2007 年はじめにロサンゼルス地域で走行開始すると発表。 ・ 2007 年 1 月、デトロイトモーターショーで E-Flex システムを搭載したプラグインハイブリッド車「VOLT」を発表。同車の内燃機関の代わりに FC 搭載の可能性を発表。 ・ 2007 年 4 月、上海オートショーで 2 代目 E-Flex システム(水素燃料電池システム)を搭載したプラグイン燃料電池車 Chevrolet Volt を公開。 ・ 2008 年 1 月、「The Cadillac Provoq fuel cell concept」を発表(表 3-3-18)。 ・ 2008 年 3 月、同月下旬からロサンゼルス空港およびニューヨーク空港を利用する英ヴァージン航空のアップクラス対象の無料送迎サービスとして、「Equinox」を 3 台ずつ走行させると発表。 ・ 2007 年 9 月から 2009 年にかけて、110 台の「Equinox」FCV (70MPa) をカナダの工場にて生産した。70MPa 対応ステーションが少ないため、独自に 10 基の水素ステーション(70MPa)を米国に設置する予定であると発表。 ・ 2008 年 4 月、バーンズ副社長は全米水素協会(NHA)の会合において、カリフォルニア州の環境への取り組みに応じる形で、2012 年から 2014 年にかけて同州で 100 台の水素 FCV を走行させる計画を明らかにした。 ・ 2008 年 11 月、USDA(米農務省)と提携してシボレー Equinox 実証テストを半年間行うと発表。 	
<p>プジョー／シトロエン</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 1996 年から欧州燃料電池開発プロジェクトに参加。 ・ 2001 年 7 月、Millennium Cell 社の水素貯蔵システムの供給を受け、共同開発の可能性あり。 ・ 2001 年 12 月、仏原子力庁(CEA)、国立科学研究所(CNRS)と自動車向け燃料電池の開発で提携。 ・ 2004 年 9 月のパリモーターショーで FCV 「Quark」を展示発表。 ・ 2006 年 1 月、仏原子力庁(CEA)と共同で小型 FC を試作したと発表。最大出力 80kW(出力密度 1.5kW/L 以上)、エネルギー変換効率 40～50%。商業化は 10 年後。 ・ 2008 年 4 月、英 Intelligent Energy 社と共同で H2 Origin(表 3-3-19)を開発したと発表。 	<p>CEA, CNES, Intelligent Energy</p>
<p>ルノー</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ フィーバープロジェクトへの参画。 ・ 液体水素を燃料とした燃料電池車の開発。ニッケル水素電池を補助電源として採用。 ・ 日産とは、2002 年 2 月に UTC Fuel Cells とともに燃料電池スタックの基礎技術部分を共同開発し、改質器などの部分についてはそれぞれが独自に 	<p>日産</p>

	<ul style="list-style-type: none"> 手がけることで合意。 2004年、Nuvera・FCと共同開発した70kW改質器などのコンポーネントを発表。 2004年秋からADME主導の「Respire Project」に参画。ルノーはガソリン改質器を担当。2009年以降車両開発を計画。 2008年5月、ルノー・日産アライアンスはFCV試作車「セニック ZEV H2」を開発したと発表した（表3-3-20）。ルノーのミニバン「グランセニック」をベースに、日産のFCシステムなどを採用したものである。 	
Volkswagen/ Volvo	<ul style="list-style-type: none"> Capriプロジェクトを機会に燃料電池の研究開発を開始。 メタノール改質形燃料電池車の開発。Johnson Matthey 社製メタノール改質器を採用。 2000年11月、液体水素形FCV「Bora HyMotion」でCaFCPに参加。 2002年2月、純水素方式の「HY.Power」を試作（PSI製FCスタック）。 2004年9月、CaFCPに新たに35MPaの圧縮水素形FCV「Touran HyMotion」を投入。バラードの63kWFCスタック、シーメンスのモータ、パナソニックEVエナジーのNi-MH電池を組み合わせたもので、航続距離は160km。（表3-3-21） 2006年11月現在、120℃の高温膜（HT-VW）を開発中。商品化は数年先であるとの見通し。 2006年6月、HyMotionをCEPに導入。今後2年間で2~3台追加提供の予定。 今後開発する次世代HyMotionでは、自社製スタックを搭載する予定。 ドイツIsenbüttelにて、ソーラーエネルギーによる水素供給実験設備を開発、デモンストレーションを行っている。 2007年11月、ロサンゼルスモーターショーでプラグインハイブリッド燃料電池車「space up! blue」を発表（表3-3-22）。 	Johnson Matthey, Ballard
Zevco	<ul style="list-style-type: none"> アルカリ形燃料電池を利用した燃料電池タクシー（出力5kW）を実走行（1998年、ロンドン）。 	Shell
BMW	<ul style="list-style-type: none"> 水素エンジン自動車の補機用電源（APU）として燃料電池の採用を検討。 DelphiとSOFCを共同開発。 1970年代より水素内燃機関自動車の開発を進めてきており、2006年11月現在、第7世代のバイフェル（水素-ガソリン）内燃自動車「Hydrogen7」を開発。今後数年間で欧州向けに75台を製造。 	UTC-FC, Delphi
Thor	<ul style="list-style-type: none"> 米国のバスメーカThor Industries, Inc.は、2001年の中頃に世界に先がけて北米における中型サイズのFCハイブリッドバス「サンダーパワー」を商品化すると発表。FCはUTC-FCが、ハイブリッド技術はISE Reserch社が担当。 	UTC-FC, ISE Reserch
Fiat	<ul style="list-style-type: none"> 2001年2月、イタリア環境省との共同プロジェクトとして、2人乗りの高圧水素形FCV「SEICENTO-FCEV」を発表。 FIATの孫会社であるIRISBUSと共同で2種類のFCバス「CITYCLASS HS-FC BUS」（表3-3-23）、「CRISTALIS HS-FC BUS」を開発。2003年から行われるUTC-FC製FCスタック搭載FCバスの実証試験CITYCELL Demoプロジェクトに導入される。 2004年10月、NuveraFC製の80kWFCスタックを搭載したNew Panda Hydrogenを開発（表3-3-24）。 ZeroRegioプロジェクトに「Panda Hydrogen」を3台提供。 	Nuvera FC, UTC-FC
現代・起亜自動車	<ul style="list-style-type: none"> 2000年4月、UTC-FC製の75kWFCスタックを搭載した「Santa Fe FCEV」を発表。 2001年6月、Quantum製350気圧の高圧水素タンクを搭載した燃料電池車がサクラメント-サンフランシスコ間を走行。 2001年10月、パナソニックEVエナジーのNi-MH電池と組み合わせハイブリッド化した「Santa Fe FCHV」を発表。 2004年3月、ジュネーブオートショーで二次電池としてリチウムポリマー電池と組み合わせた「Tucson FCEV」を発表展示し、4月にはDOEによるFCV実証評価プロジェクトに参加することを表明（表3-3-25）。 2004年9月、パリモーターショーで新型SUV「Sportage」燃料電池車を発表。 2006年9月現在、Tucson FCVをAC-Transitに7台提供している。5カ年、12台の実証を行う計画である。 2007年9月、フランクフルトモーターショーで燃料電池コンセプトカー「i-Blue FCEV」（表3-3-26）を出展。 2008年8月、「世界4大グリーンカー強国」を目指す韓国政府の方針に合わせ、2012年からFCVを生産開始し、早期に実用化を図ると発表。 	UTC-FC, Quantum, LG Chem
中国	<ul style="list-style-type: none"> 2003年1月、中国で初めて開発したFCV「超越1号」の試運転が上海の同済大学構内で行われた。これは、上海汽車、同済大学など十数の企業、研究機関が共同開発したものである。2008年北京オリンピック、2010年上海万 	上海汽車, 武漢理工大学, 同済大学,

	<p>博に向け、実用化を目指している。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 2003年10月、中国最大の自動車メーカー、第1汽車集団公司は、FCVに関してトヨタ自動車の技術を導入する考えを明らかにした。 ・ 上海市工業博覧会に「超越2号」を出展。2005年から量産に入る見通し。 ・ 東風汽車と武漢理工大学が共同で開発中の「楚天一号」が完成。走行テストで100km/h以上を達成。 ・ 2004年4月、D/Cの「CITARO」FCバス3台が、北京のFCBデモプロジェクトとして落札。2005年9月から導入され、EV863プロジェクトの一環として実証試験が開始される予定。 ・ 2005年秋同済大学より「超越(start)3」を発表。 ・ 2005年12月、清華大学にて自国製FCCityBusを5台製造し、走行試験開始。 ・ 2006年12月、上海郊外にある同済大学のキャンパスで中国製FCV「超越一栄威」のお披露目が行われた。 ・ 2007年9月、上海神力科技有限公司が開発した新世代都市型FCバス「神力1号」が上海で公開。 ・ 2007年9月、Shellの技術支援のもと安亭地区に水素ステーションが完成、10月オープン。 ・ 2007年9月、海神力科技有限公司はFCバス「神力一号」を公開。数ヵ月後にイタリアに輸出予定という。また、2008年北京オリンピック22台の燃料電池車と5台の燃料電池バスを提供予定という。 ・ 2007年10月、上海汽車集団の胡茂元董事長は、燃料電池車を2008年北京五輪までに20台試作し、2010年の上海万博までに200台製作する方針であると報道された。 ・ 北京オリンピックで要人や報道関係者等の移動に20台のFCVが使用された。上海大衆汽車有限公司(上海汽車工業とVWの合弁企業)が製造。駆動部分は上海の同済大学、上海汽車工業および上海燃料電池車パワートレインが共同で設計したもの。(出典：http://www.fuelcelltoday.com) 	<p>清華大学, 上海交通大学, 大連化学物理研究所, 上海神力科学有限公司 等</p>
--	---	--

6. 地方実証研究

6.1 地方実証研究の狙い

JHFC1 では主に首都圏でインフラ整備を進めたのに加え、JHFC2 では中部・関西を加えた3地域にその活動を広げた。この活動を通じて、水素インフラを将来的に整備する地域を拡大する可能性を検討する必要性が認識された。2008年度に実施した事前調査等の結果を踏まえ、企画実行委員会の承認を得て、2009年度から地方自治体と連携した活動を開始した。

大阪では既に水素・燃料電池関連事業を地域で連携して活動を始めており、2006年度からはFCを利用した小型移動体（車いす、カート、自転車）の有用性を評価する委員会が設置され、(財)日本自動車研究所(JARI)から(財)大阪科学技術センター(OSTEC)にその運営が委託されていた。小型移動体に関する委員会は2008年度で終了したが、大阪地区での広範な活動を統括するための大阪実証検討会が設置されることになった。

これに加え、2009年5月12日付で(財)エンジニアリング振興協会のホームページを通じて、従来の首都圏・中部・関西の3地域以外で水素供給ならびに関連した普及啓発活動を推進する提案を募集したところ、日光(一般社団法人日光水素エネルギー社会促進協議会)および、福岡(公益財団法人水素エネルギー製品研究試験センター)の2地域での活動提案があり、これを採択し、大阪実証検討会と、日光・福岡の活動で、それぞれの地域での活動に関する情報を交換しつつ相互理解と成果の共有を図ることを目的とした地方実証研究WGを設置した。

6.2 大阪

6.2.1 目的

大阪地区における実証試験においては、FCVが普及するまでの黎明期における水素インフラの整備・普及を図るため、FCVの数が少ない状況の中、水素供給システムと水素ステーションの活用に関する多角的な水素利用の実証を行い、実証に用いた燃料電池応用機器・システムの市場化の目処をつけるとともに、水素・燃料電池技術に対する社会的価値や受容性を高めることを目的とした。

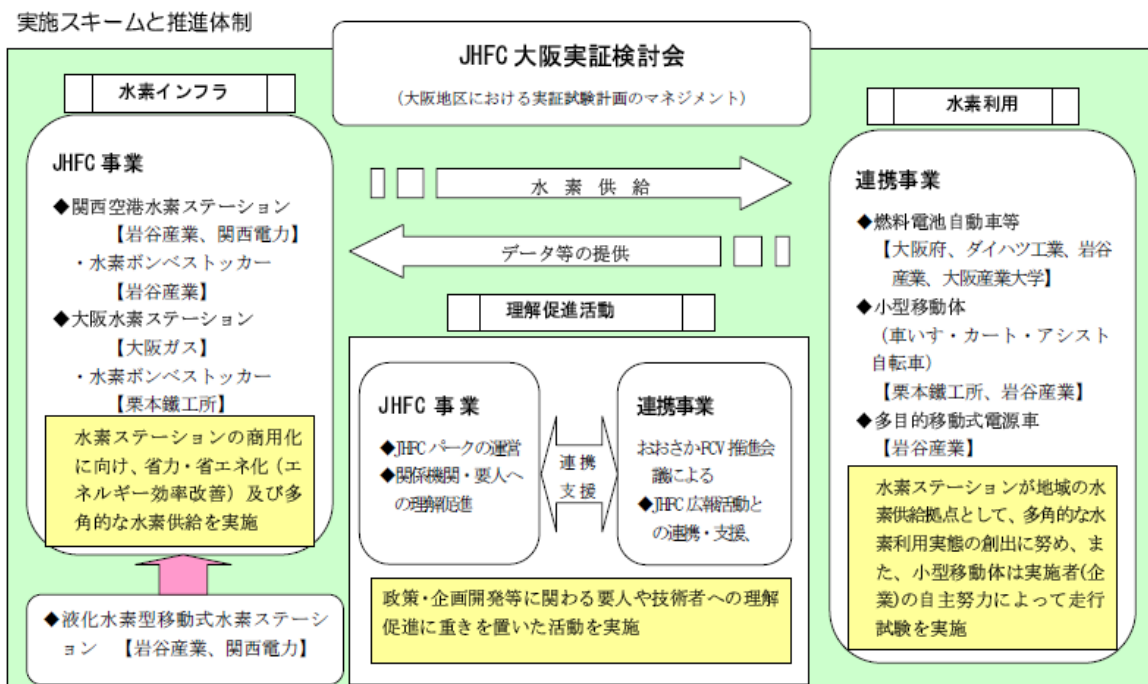
6.2.2 経過

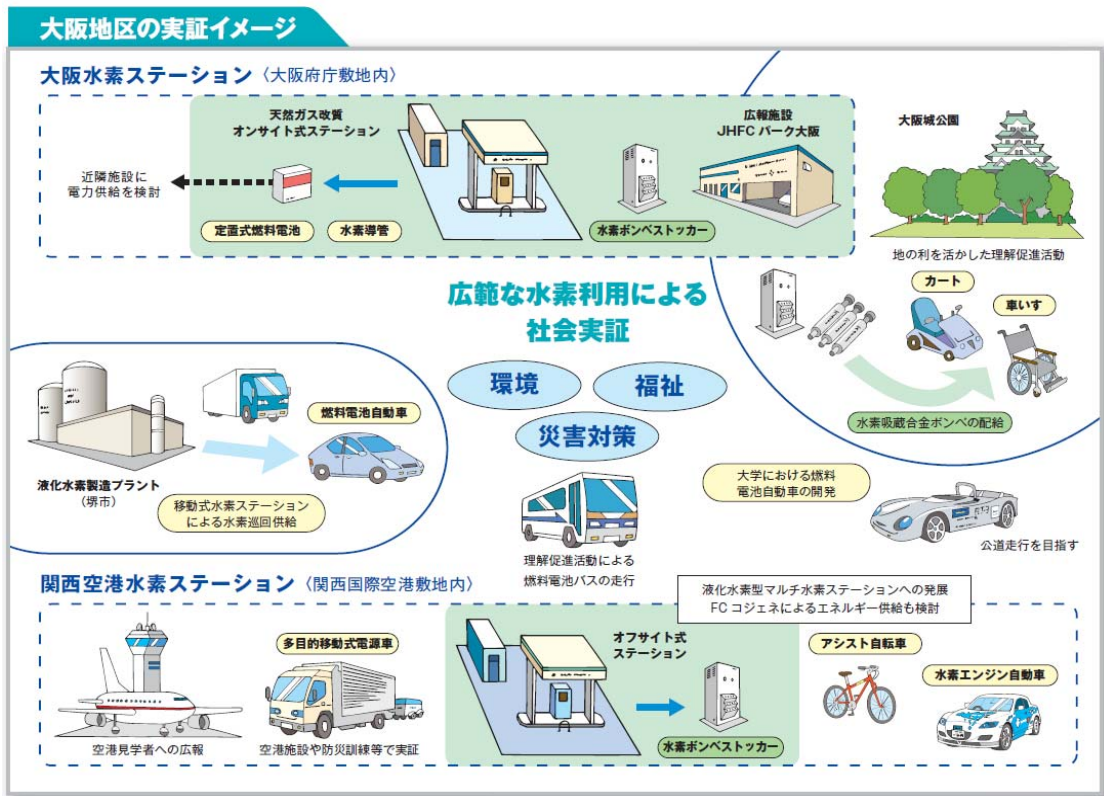
低炭素化社会づくりに重要なクリーンエネルギー技術であるFCVの普及に向けて、わが国では2002年度に首都圏でJHFC1を開始し、FCV等を公道で走らせ、水素ステーションで水素を供給し、実用化に向けた性能評価や課題抽出、規制見直しや標準化のためのデータ取得、広報活動等が行われていた。

JHFC2における大阪地区における実証試験では、その実現に向け、大阪地区の産学官が連携して「おおさかFCV推進会議」を全国に先駆けて2003年9月17日に設立し、大阪地区のエネルギー供給会社、メーカー、大学、行政機関等相互の協力関係のもと、水素製造・供給、燃料電池機器の開発及びユーザーそれぞれの立場で実証試験に参画し、地域としての推進体制を整え、JHFCの地方展開の契機となった。

「おおさかFCV推進会議」では、在阪の産学官がもつ水素・燃料電池開発の先進的な取り組みを活かし、FCVの早期実用化・普及に貢献するため、2004年度にJHFCの大阪地区への展開について国（経済産業省）に、具体的な事業提案を行った。これを受けて、2006年度より「燃料電池システム等実証研究」の一環として大阪地区で事業が実施されることになった。

2007年度には、関西空港水素ステーション及び大阪水素ステーションの2箇所のJHFC水素ステーションが設置され、水素ステーションにおいては、FCV2台、水素エンジン車1台に加え、大学において開発中のFCVや小型移動体（FC車いす、FCカート、FCアシスト自転車）、FC多目的移動式電源車を運用し多目的な利用を行い、技術実証を行っている。特に、大阪地区での実証試験では水素供給サイドと水素利用技術サイドが密に協力することにより、確実に社会実証としての成果を収めている。





○JHFC 大阪実証検討会構成員（2010 年度）

岩谷産業株式会社、大阪ガス株式会社、学校法人大阪産業大学、関西電力株式会社、株式会社栗本鐵工所、ダイハツ工業株式会社、大阪府（おおさか FCV 推進会議事務局）、大阪府環境農林水産総合研究所、近畿運輸局、近畿経済産業局、経済産業省資源エネルギー庁、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構、財団法人日本自動車研究所、財団法人エンジニアリング振興協会、〈事務局〉財団法人大阪科学技術センター

6.2.3 大阪の取り組み

大阪地区での実証試験では、FCVの数が少ない本格的普及までの黎明期における水素インフラの整備・普及を図るため、水素供給システムと水素ステーションの活用に関する多角的な水素利用の実証を行い、実証に用いた燃料電池応用機器・システムの市場化の目処をつけることができ、着実に成果が得られた。

さらに、環境・エネルギーに対する大阪地区関係機関の理解が促進され、大阪府として水素ステーション用地の提供やFCVのリースなどの支援が実現するとともに、水素・燃料電池技術に対する社会的価値や受容性を高めることを目的とし、おおさかFCV推進会議を中心に様々な活動を行った結果、イベント参加者をはじめ多くの方々の水素・燃料電池に対する認知度、理解度が高まり、水素エネルギー社会づくりに貢献できた。

6.2.3.1 水素インフラ

(1) JHFC 関西空港水素ステーション

- ・大阪府泉佐野市泉州空港北1に2007.5.7開所
- ・オフサイト式(液化水素型移動式水素ステーションにより水素を運搬)

移動式を活用したサテライト水素ステーションとしての運転実証を実施するとともに、プラントで製造された液化水素の特長を最大限に活かし、水素需要規模に応じた水素供給モデル(小規模・分散型の水素需要に対する液化水素の機動性、適用性等)の実証を行なった。

本実証期間中、水素エンジン車1台の運用であったが、水素自動車の普及初期に想定される1ステーション当り数台の水素自動車への水素供給には、蓄圧器とディスペンサーより成る簡易なオフサイトステーションで十分対応できることが実証できた。また昇圧設備・水素ガス製造設備を持たないサテライト型ステーションであるため、消費するエネルギーは、制御・電装系の電力のみであり、ステーションの原料受け入れタンクから車両の燃料タンクへのエネルギー効率は99.9%と非常に高かった。

また、水素自動車への水素充填だけでなく、近隣地域における他の水素エネルギー利用体への水素供給実証を行なった。具体的には、水素自動車用ディスペンサーを使ったFC多目的移動式電源車への高圧ガス充填、並びに水素吸蔵合金タイプの容器に水素を充填する水素ボンベストッカーをステーション内に設置し、FCアシスト自転車等への水素充填を行なった。水素エネルギーが水素自動車や定置式燃料電池以外にも利用されるようになった際に、水素ステーションは有効な水素供給拠点となり得ることを示した。

(2) JHFC 大阪水素ステーション

- ・大阪市中央区大手前に2007.8.23開所
- ・オンサイト式(天然ガス改質：水蒸気改質+PSA精製)

大阪圏における都市型水素ステーション(商業地域の設置はわが国初)として、既にインフラが整備されている都市ガスを原料としたコンパクトオンサイト水素ステーションを製作し、運用実証した。また、水素・燃料電池の黎明期の課題であるステーションの稼働率向上を目指した水素の多目的利用実証を実施した。更に、JHFCパーク大阪を併設し、理解促進活動にも積極的に取り組んだ。

多目的利用の成果としては、水素ステーションを拠点とした大阪城公園内、大阪市街地での小型移動体(FC車いす、FCカート)の走行テストを行い、2008年7月からは、水素製造装置と水素ボンベストッカーを配管接続し、水素供給を実施した。また、近隣施設への水素供給を検討し、現状では水素配管の技術基準が整備されていない等の保安面に課題があることが判明した。

商業地域での水素ステーションのメリット・デメリットについては、大阪府庁、大阪観光の代表的な施設である大阪城前に立地するため、FCVへの水素充填の利便性がよく、各種イベントでの対応も容易であった。また、燃料電池社会の構築の広報・周知活動の拠点ともなった。ただし、商業地域の蓄ガス容量の規制(建築基準法)のため、設備能力としてはFCV連続充填が4台程度に留まった。将来の夜間等の操業を想定する場合、環境面(振動、騒音)を配慮した設備への強化を行う必要がある。

(3) 液化水素型移動式水素ステーション

関西電力㈱と岩谷産業㈱は、共同開発した液化水素型移動式水素ステーションを、関西空港水素ステーションへの水素輸送・供給に定期的に運用するとともに、FCV 等への水素の「出前供給」試験を実施した。

6.2.3.2 水素利用

(1) FCV・水素エンジン車

大阪地区に FCV 2 台、水素エンジン自動車 1 台を導入し、関西空港・大阪両水素ステーションの実証データ取得に協力した。

(2) 小型移動体及び FC 多目的移動式電源車

① FC 車いす、FC カート

車いすやカートの駆動源を FC 化することにより、従来製品の 2 倍以上となる 60km の距離を 1 回の水素充填で走行可能となる。空の水素ボンベを満タンのボンベと交換することにより、充電中待機することなく、連続走行が可能である。また、水素ボンベストッカーの開発も並行して行っている。

小型移動体検討委員会での検討結果に基づいて、FC 車いす・カートの実証を行い、現時点での特性把握と、問題点、課題の抽出を行った。

従来製品より長時間走行できるという特徴を生かして、利用者の生活範囲やライフスタイルを変える新たな乗り物として、FC 車いす・カートの開発を小型移動体検討委員会の評価を踏まえて鋭意進めている。

② FC アシスト自転車

2006 から 2008 年度までの 3 年間、経済産業省の「燃料電池自動車等実証研究」の一環で委託を受け、「燃料電池小型移動体実証試験」として純水素型燃料電池搭載電動アシスト自転車が開発された。2009 年度から、この事業を継承して担当企業が自社製作した実用タイプ機を、関西国際空港で業務に日常的に使用する実証を行なった。

自転車に搭載した 60W 級純水素型燃料電池で電動アシスト自転車のバッテリーに電気を供給することにより充電作業を不要とし、また航続走行距離を 45km まで大幅に伸ばすことができた。

水素貯蔵量約 7g の水素吸蔵合金方式小型容器を使用することにより、一般の者でも安心して簡単に使用できるようにし、これにより身近な用途にも水素エネルギーが使えることを理解促進することができた。関西空港水素ステーション内に設置した急速充填型ボンベストッカーで小型容器に充填を行い、ユーザーである関西国際空港職員に提供した。容器交換は職員が自分で行なった。

③ FC 多目的移動式電源車

NEDO「新利用形態燃料電池技術開発」補助事業（最終年度は 2008 年度）により開発した純水素型の燃料電池を基に、どこでも「排ガスがなくクリーン」、「騒音・振動がほとんどない」、「炭酸ガスを排出しない」電力供給ができる移動式電源車を開発した。

関西国際空港における夜間工事の照明用電源や、イベントでの映像・音響用電源等として実証試験を行い、特に静音性及び低振動性の特長を活かした用途に有効であることを示すことができた。

(3) 大阪産業大学のFCV開発

大阪産業大学では、一般公道を走行することを目指し、2006年からFCV-3の製作を開始し、日本の一般国道を走行するための正規のナンバーを取得する目的としてFCV-4の開発を進め、2011年春に国土交通省より車両認証を受けナンバープレートを取得予定である。なお、本事業は、文部科学省平成18年度私立大学学術研究高度化推進事業（事業年度は5箇年）の一部として実施されたものである。

① 開発の経過について

2004年3月 FCV1号車が完成：FCMV-1（FCV：マイクロEV）

2005年11月 FCV2号車が完成：FCMV-2

2007年8月 FCV3号車が完成：FCV-3

FCV-3は、一般公道を走行する目的として製作し、正規のナンバープレートを取得する車両の開発を行った。国土交通省の多くの検査項目をクリアする必要があり、このため車両の性能評価を目的としてオーストラリア（2007年10月ダーウィン～アデレード間約3000km）を走行した。

② ナンバー取得に向けて

2009年4月よりFCV-3の経験で得られた知見から、新たにFCV-4として車両を製作し、乗員に関わる安全性評価試験をはじめ、制動試験及び圧縮水素ガスに関わる試験など各種試験を既に行い、申請に必要なデータを取得し申請を行うことができた。

③ FCV開発への貢献

今回の車両は自動車メーカーではない一大学が車両開発及び製作を行い、また認証までを行った唯一のFCVである。今後のFCVの一参考例と考えることができる。今後は関係企業の協力をもとに日本全国を走行してFCVとして車両の紹介を行い、FCVの普及促進に大きく協力出来るものと考えている。また、車両開発及びナンバープレート取得に関わる経験で得られたノウハウを元に、将来を担う人材に対して大学生だけではなく、高校生、中学生及び小学生らに夢のある自動車作りとして、FCVという未来性を持たせた「ものづくりの場」を伝えるよう進めたい。

6.2.3.3 理解促進活動

(1) おおさかFCV推進会議の活動

大阪圏においても、FCVの早期実用化・普及に貢献するため、水素・燃料電池に関係のある産学官が一体となり、2003年9月に「おおさかFCV推進会議」を設立し、水素エネルギーやFCVの普及啓発など様々な活動を積極的に展開している。

主な活動としては、以下の通り。

・FCVによるわが国初の東名・名神長距離（東京・大阪往復）高速走行し、石原東京都知

- 事・太田大阪府知事相互にメッセージを交換。(2004)
- ・御堂筋パレードにて、FC バスを含む 7 台の FCV によるわが国初の FCV のパレード走行を実施。沿道に詰めかけた 110 万人の人々に FCV の存在を大いに PR (2004)
- ・経済産業省と「FC FESTA 2009 in Osaka (2005～2008 は FC EXPO セミナー in 大阪)」を共催し、また、FCV 等の試乗会を実施。(2005～)
- ・上記展示会に併せて、おおさか FCV 水素エネルギー普及開発キャラバン (2008,2009) を府内各地で展開。水素・燃料電池関連セミナーや試乗会等を実施。
- ・「びわ湖環境ビジネスメッセ」(2009)、「低公害車フェア 2005 in おおさか」(2005)等の大規模展示会にブース出展し、FCV 等の普及啓発活動を実施。

(2) JHFC パーク大阪

大阪府庁敷地内に設置された大阪水素ステーションに 2008 年 5 月「JHFC パーク大阪」が設置され、2010 年 12 月まで同施設での理解促進活動を実施した。主な活動内容は、以下の通り。

- ・毎週火曜日と木曜日の午前 10 時から午後 5 時まで開館し、見学者対応を実施。
- ・来場者を対象に FC カートの体験試乗 (モニター) を実施。
- ・来場者数は、2008 年 5 月より 2010 年 12 月末までで 1159 人であった。
- ・水素・燃料電池親子体験教室を開催(2008)
- ・メディア向け FCV 等試乗会、FC バスの試乗会を大阪バス協会の協力を得て実施(2009)

6.2.4 まとめ

(1) 2 年間の活動のまとめ

2008 年度には、当初計画 (2006 年 5 月) の進捗状況を検証するとともに、広報・教育活動を含む大阪地区における事業全体の活性化を図るため、関係産学官で構成する「JHFC 大阪検討会議」(2009 年度より「JHFC 大阪実証検討会」)を設置し、計画の見直しとともに、新たな取り組みについてとりまとめ、大阪地区における実証試験計画を策定し、引き続き目的達成に向け活動した。

(2) 今後の展開について

2011年1月13日に自動車メーカー3社と水素供給事業者10社が、FCV量産車を2015年に大阪地区を含む4大都市圏を中心に市場への本格導入と一般ユーザーへの販売開始をめざすとともに、2015年までに100箇所程度の水素供給インフラの先行整備をめざす共同声明を発表した。

今後、大阪地区においても、民間事業者の動きに呼応し、近隣の自治体と連携を図りながら、FCVの本格普及に向けた「初期需要創出」と「水素供給インフラの先行整備」の普及戦略について検討するとともに、これまでの取り組みをさらに拡充することにより、水素・燃料電池の普及促進を加速させていく。

6.3 福岡

6.3.1 目的

「燃料電池システム等実証研究」事業（以下 JHFC 事業）では、福岡県に自治体主導で設置した方式の異なる 2 つの水素ステーションを運営・管理するとともに、水素・燃料電池普及啓発を目的として、下記の活動を行った。

(1) 九州大学水素ステーション、北九州水素ステーションにおける水素供給

福岡水素エネルギー戦略会議が推進中の社会実証プロジェクト「水素ハイウェイの構築」と連携し、福岡と北九州の 2 箇所に水素供給体制を整備し、FCV 等へ水素を供給した。

(2) 社会受容性の向上

県民の燃料電池・水素に関する理解向上や、安全性に関する正しい理解を増進するための、水素エネルギー社会の構築に必要となる“水素エネルギーに関する社会受容性の向上”を図った。

- ① ステーションにおける視察対応
- ② FCV、FC アシスト自転車 試乗会の開催
- ③ 福岡水素エネルギー人材育成センターにおける教育活動の支援
- ④ 展示会への出展や DVD、パンフレットの作成を通じた普及啓発

6.3.2 水素ステーションの建設について

福岡県は実証活動支援事業助成金（実施機関：福岡水素エネルギー戦略会議、2008～2010、1 億円／件）を活用し、企業と共同で福岡市、北九州市の 2 箇所に水素ステーションを建設した（図 6.3.2-1、6.3.2-2）。地方自治体が水素ステーションを主体的に整備した例は他になく、また、それぞれ異なる方式を採用していることも特徴的である。これにより、両政令市間を FCV 等が自由に実証走行できる「水素ハイウェイ」を具体化し、水素ステーションや FCV 等の実用化を目指す様々な実証活動を実施した。

九州大学水素ステーションは、九州大学伊都キャンパス内に「国立大学法人九州大学」「九州電力株式会社」「太陽日酸株式会社」「株式会社キューキ」により整備された。このステーションは水電解方式の水素ステーションであり、将来的には太陽光発電等の再生可能エネルギーを利用した水素製造の研究開発を行い、二酸化炭素を全く発生しない次世代型ステーションを目指している。

北九州水素ステーションは、北九州市八幡東区東田に、「岩谷産業株式会社」「新日本製鐵株式会社」「新日本石油株式会社（現 JX 日鉱日石エネルギー株式会社）」により整備された。このステーションは、製鉄所から発生する副生水素をパイプラインで直接供給する日本初の取り組みで、世界でも 3 例目の水素ステーションである。

JHFC 事業では、福岡県が整備した方式の異なる 2 つの水素ステーションを運営・管理するとともに、水素・燃料電池普及啓発を目的とし、以下に示すような具体的活動を行った。



図 6.3.2-1 九州大学水素ステーション



図 6.3.2-2 北九州水素ステーション

6.3.3 水素ステーションにおける水素供給

福岡水素エネルギー戦略会議が推進中の社会実証プロジェクト「水素ハイウェイの構築」と連携して、水素供給体制を整備し、FCV 等へ水素を供給した。福岡県内では 5 台の FCV 等 [トヨタ FCHV-adv (福岡県庁) (北九州市役所)、マツダプレマシー・ハイドロジェン RE ハイブリッド (岩谷産業 (株) 2010 年 1 月より) ((株) 安川電機 2010 年 5 月まで)、ホンダクラリティ FCX (福岡県庁 2010 年 10 月より)] が実証走行しこれら FCV 等に水素供給を行った。平均すると 2009 年度実績において九州大学ステーションではおよそ 1.6 回/週、北九州ステーションでは 3.6 回/週の充填頻度となり合計では目標値 (1 回/週) を大幅に上回る活発な運用が達成された。福岡県庁公用車以外は北九州地区で運用されており、そのため北九州ステーションの方が利用実績が高くなっている。また、1 回当たりの平均水素充填量は 2.1 kg (九大 2.4 kg、北九州 2.0 kg) であった。2 年間にわたる水素ステーションの運用において重大な事故は発生していない。

6.3.4 水素ステーションにおける視察対応

水素エネルギーの普及においては、県民の燃料電池・水素に関する理解向上、安全性に関する正しい理解の増進など、水素エネルギー社会の構築に必要な“水素エネルギーに関する社会受容性の向上”は重要である。水素ステーションで視察を受け入れ、実際に稼働している状況を見せることは社会受容性を向上させるために非常に効果的であることから、視察要請には積極的に対応した。

JHFC 事業期間中における視察対応については、WG4 の章を参照されたい。九州大学水素ステーション、北九州水素ステーション共に目標の 500 人/年を大幅に上回った。2009 年 9 月の開所から 2010 年 12 月 (原稿作成時) の 16 ヶ月間で両ステーション計 3685 人の見学者が訪問した。特に九州大学水素ステーションは 2009 年度に 1000 人以上の視察者が訪問した。これは、当ステーションが九州大学伊都キャンパス内にあり、キャンパス内及び近隣の水素関連施設 (水素材料先端科学研究センター、水素エネルギー製品研究試験センター、福岡水素タウン等) の視察と組み合わせることにより相乗的な効果が得られたものと考えられる。また、海外からの視察も多数有り国内外から注目を集めた。特に福岡の地理的要因からアジア

アからの視察が多かった。

6.3.5 社会受容性の向上を目指した取り組み

一般市民の燃料電池・水素に関する認識向上、安全性に関する過剰な危機意識の低減など、水素エネルギー社会の構築に必要となる“水素エネルギーに関する社会受容性の向上”を図る。JHFC 事業では下記に示す様々な取り組みを行い、水素エネルギー社会の普及啓発に努めた。

① 北九州水素ステーション 開所式 (2009.9.18)

・ステーション関係者・マスコミ関係者等 約 150 名
が出席し、開所式を開催 (図 6.3.5-1)。



図 6.3.5-1 北九州水素ステーション開所式

② 水素エネルギー先端技術展 (2009.10.21～23) (2010.9.29～10.1)

産学官が連携して開催する、西日本最大の燃料電池・水素関連分野の専門見本市である。例年全国から 3 万人を超える来場者があり、商談・ビジネスの場、技術相談・研究開発提携の場として活用されている。

第一線の技術者・研究者による最先端の情報を紹介する専門技術セミナー、ポスターセッションを開催すると共に、中小・ベンチャー企業や大学等による企画ブース等様々な企画イベントが開催される。JHFC 事業では、同技術展と連携し、FCV 試乗会やセミナー等普及啓発のイベントを開催し、来場者への理解促進を図った (図 6.3.5-2)。



図 6.3.5-2 FCV および燃料電池アシスト自転車試乗会

- ・ 燃料電池自動車試乗会 : 試乗者数 2009 年 : 298 名、2010 年 : 279 名 (3 日間合計)
- ・ 燃料電池アシスト自転車試乗会 : 試乗者数 2009 年 : 220 名、2010 年 : 167 名 (3 日間合計)
※協力 : 岩谷産業, 栗本鐵工所
- ・ 燃料電池カート試乗会 : 試乗者数 2009 年 : 170 名 (3 日間合計)
※協力 : 岩谷産業, 栗本鐵工所
- ・ 燃料電池バス試乗会 : 試乗者数 2010 年 : 277 名 (3 日間合計)

③ JHFC「燃料電池自動車 1,100km 長距離走行実証」(2009.11.11~12)

- ・ 11月12日、「長距離走行実証」が北九州水素ステーションにゴール。(図 6.3.5-3)
- ・ 翌13日、「長距離走行実証 完走記念式典」を九州大学水素ステーションで開催。(図 6.3.5-4)



図 6.3.5-3 長距離走行実証ゴール

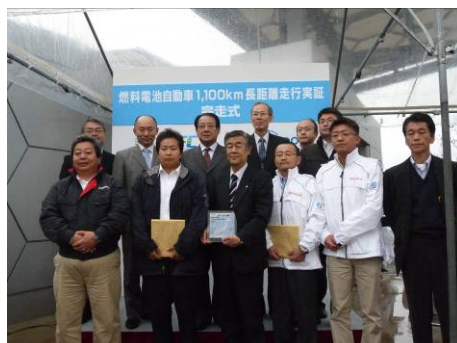


図 6.3.5-4 完走記念式典

④ 燃料電池バス 試乗会 (2009.12.11~14) ※協力：トヨタ自動車株式会社

- ・ 「福岡県庁」「九州大学水素ステーション」「福岡水素タウン」において試乗会を開催。
- ・ 福岡県庁 : 試乗者数 71名 (12月11日)
- ・ 福岡水素タウン : 試乗者数 127名 (12月12日)
- ・ アジア都市ジャーナリスト会議 : 試乗者数 11名 (12月13日)
- ・ 九州大学水素ステーション : 試乗車数 147名 (12月14日)

⑤ 「福岡水素エネルギー人材育成センター」における教育活動の支援 (2009、2010)

国内唯一の水素関連人材育成機関である『福岡水素エネルギー人材育成センター』において産業界の人材育成を行っている。



図 6.3.5-5 九州大学水素ステーション施設概要の説明を受ける受講生

「高度人材育成コース：将来を担う若手研究者を対象としたサマースクール」「経営者コース：燃料電池・水素エネルギーの基本知識習得」「技術者育成コース：実習と講義を組み合わせた実践的なプログラムにより、技術者に必要な知識を習得」と習熟度に応じた3段階のカリキュラムにより人材育成を行っている。現在延べ654人の受講生を輩出している。各コースでは、カリキュラムに JHFC 事業で運営されている九州大学水素ステーションを使用し、受講生が稼働中の水素ステーションに触れる貴重な機会となっている (図 6.3.5-5)。

受講者合計 2009年 126名、 2010年 123名

6.3.6 WG6 地方開催(2010.6.29~30)

2010年度第2回WG6会議を、水素エネルギー製品研究試験センターにおいて開催した。WG6の地方での開催は福岡が初めてである。会議では、地方でも水素ステーション普及の機運を盛り上げるための方策や、地方間の連携について議論がなされた。また、水素エネルギー製品研究試験センターや県内両ステーションの施設見学も行われ相互理解を深めることができた(図6.3.6-1)。



図 6.3.6-1 水素エネルギー製品研究試験センターで行った WG6 会議

6.3.7 その他

社会受容性の向上を目指した取り組み及び福岡地区における独自活動との連携などの活動も実施している。これらについては、データ集を参照されたい。

6.3.8 まとめ

(1) 2年間の活動のまとめ

JHFC 事業において、2ヶ所の水素ステーションを運営しFCV等の実証走行を地域で展開すると共に、稼働中の水素ステーションを中核とした様々な普及活動を行ったことは、今後の水素エネルギー社会実現に大きく貢献するものである。いずれも目標を上回る成果を上げることが出来たのは、福岡における水素エネルギー関連の取り組みとJHFC事業とを有機的に連携させ、相乗的な効果を得たことが大きな要因である。

(2) 今後の課題と展開

2015年FCV市場化を目前とし、商用を目指したステーション整備が意識される時期になっている。現在、法制度の整備、低コストステーションの建設技術の確立、運営に係わる様々なビジネスモデルの提案、等が急ピッチで進められている。また、一般の社会生活の中に水素ステーションが受け入れられるための社会受容性の向上もますます必要となってくると考えられる。今後は北九州、九州大学の両水素ステーションの継続的な運営による実績を蓄積すると共に、水素タウンなど地域の水素拠点と有機的に連携した活用を図っていきたい。

6.4 日光

6.4.1 目的

日光市においては、2006年8月に日光水素エネルギー社会促進協議会を設置し、水素エネルギー及びFCVの普及啓発に向け、独自の活動を展開してきた。この3年間の自主的な取り組みを経て、2009年度からは経済産業省・NEDOが支援する地方実証事業として採択され現在に至っている。

日光市は2006年に今市市・日光市・藤原町・栗山村・足尾町の5市町村が合併し、人口は約9万人・面積1450平方kmで、世界遺産に登録された「日光の社寺」、ラムサール条約に登録された「奥日光の湿原」、日光国立公園などを擁する、豊かな自然と緑・清澄な水資源に恵まれた国際観光地である。しかし、市内道路の標高差は1633mに及び、観光ポイント間の距離も長く、冬場にはマイナス15℃に達する地域もある。こうした地勢から人々の移動に車は欠かせないが、化石燃料を使用する自動車では二酸化炭素・窒素酸化物・硫黄酸化物など、環境に対する負荷が極めて大きい地域でもある。

他方、わが国においては、京都議定書の発効をはじめ環境問題への意識が高まってきており、地方においても、人と良好な自然環境とが持続的に共生していくことのできる地域社会のあり方が問われる状況となってきた。こうした状況を踏まえ、日光市においては、環境を汚さない水素エネルギーの理解促進と燃料電池・FCVの理解促進・活用のあり方等について検討していくことを目的に、日光市長が内外の民間企業等に呼びかけ、日光水素エネルギー社会促進協議会を2006年8月に設立した。

この協議会においては、一般的なイベントにおける解説・展示・試乗にとどまらず、試行錯誤を重ねながら、地方都市でも可能な取り組みを協議会参加企業等と模索してきた。

協議会を立ち上げた2006年度から2008年度までは参加企業の協力を得た自主的な事業として、また2009年4月には法人格を取得し、一般社団法人日光水素エネルギー社会促進協議会となり、地方実証事業として採択された2009年度から2010年度にかけてはJHFC事業の一つとして、啓発活動や水素ステーションの運営を実施してきたところである。

現在の、日光水素エネルギー社会促進協議会が行う水素・燃料電池等啓発の取り組みは、一定の知識を驚きとともに丁寧かつ体系的に提供して理解を促進しようとする試みであり、水素ステーションの運営やFCVの活用を地方の小規模な自治体において実施する工夫を積み重ねることと併せ、水素や燃料電池・水素ステーションに数多くの理解者を生み出し、将来の普及に資する道筋を築こうとするものである。

6.4.2 水素燃料電池の啓発活動

(1) 科学教室

2006年度において、市内中学校で使用されていた理科の教科書に、既に水素や燃料電池、水素ステーションやFCVが記載されていたことから、明日を担う子どもたちに最先端の科学技術に触れ、体系的に知識を得ることのできる機会を提供しようと取り組んだものである。

このため、日光市教育委員会・日光市教育会理科部会・小中学校、日産自動車、今市工業高校等の協力を得て、「見る」「やる」「感じる」をキーワードに、一定水準の科学知識を多く

の実験や体験を通して学び、生活のあり方を「考える」ことを目的に「理科の授業」として構成した。

＜理科室の授業：燃料電池で発電実験＞



＜試乗前に開発者から説明を聞く＞



この科学教室は、開始後3年間で市内17中学校のすべてで開催し既に1500人近い生徒たちが受講したものであり、2008年度には、文部科学省からサイエンスパートナーシッププロジェクト（SPP）として採択され、国が支援するに足る内容の講座として、科学技術振興機構（JST）から全額助成を受けて実施した。2009年度からは東京工業大学の支援を得て講師陣を充実させ、子供たちに最先端科学技術の研究を行っている大学・日産自動車の研究者から丁寧な解説を提供している。

現在、科学教室は、市内で2巡目に入るとともに、活動の場を県内理科教育の研修会や都内のイベントまで広げ、多くの市民や影響力の高い教員等の啓発に努めている。

表 6.4.2-1 <参考：科学教室「水素と燃料電池の力」の主な歩み＞

年度	位置づけ	実施校	参加生徒数	FCV試乗者数	備考・他地区での実施
2006年度	自主事業	5校	114名	約190名	燃料電池発電実験機製作
2007年度	自主事業	6校	336名	約425名	構成を改良
2008年度	自主事業	6校	722名	約900名	3年で市内全17中学校を一巡
2009年度	JHFC 地方実証	2校	323名	約350名	サイエンスアゴラで科学教室開催 (図 6.4.2-3)
2010年度	JHFC 地方実証	5校	447名	約500名	SONY 科学教育研修会で科学教室 茨城県・千葉県等理科教員60人 下都賀地区理科教員研修会で同上 栃木県下都賀地区理科教員100人 (図 6.4.2-4、図 6.4.2-5)

* 2008年度は、文部科学省のサイエンスパートナーシッププログラムに採択→国支援を受けて実施



図 6.4.2-3 サイエンスアゴラ 2009.10.31 日本科学未来館
 図 6.4.2-4 SONY 教育振興財団研修 2010.6.6 大平少年自然の家
 図 6.4.2-5 下都賀地区中教研理科部会 2010.6.8 栃木南中

(2) イベント（科学教室以外）

①2006～2008 年度に協議会が実施したイベントについては、データ集を参照されたい。

②2009 年度

- ・ イベントでの啓発活動は、市内イベントはもとより、埼玉県戸田市役所で開催された FCV 展示・試乗会に日光市 FCV を派遣するなど市外まで活動の場を広げた。
- ・ 姉妹都市の米ラピッドシティからの交換留学生に、日光市 FCV の試乗会を開催。
- ・ 市内最大イベントで 10 万人以上を集める「にっこうそばまつり」で FCV 展示会を開催。メルセデス・ベンツ日本の F-CELL、日産自動車の X-Trail FCV を展示。
- ・ 戦場ヶ原で開催したクリーンキャンペーン会場で、メルセデス・ベンツ日本の F-CELL、日産自動車の X-Trail FCV の試乗会を開催。

③2010 年度

- ・ 日光水素ステーションが立地している丸彦製菓株式会社本社でのイベントに協賛し、水素や FC・FCV についての解説を含む FCV 試乗会を開催。6.12-13 の 2 日間で参加者は 600 名を超えた。

<水素や電気、FC についてやさしく解説>



<木立の中から FCV に試乗>



6.4.3 FCV の運用(CO₂フリーツアーの検討)

FCV のさらなるアピールと、新たな活用の可能性を探る観点から、環境負荷の極めて小さい FCV の特性を最大限に生かす使用方法として、マイナス 10℃以下にも達する奥日光において、厳寒期のいろは坂や戦場ヶ原を走行し、一般車両進入禁止の小田代原において野生動物や植生の調査を、公募により決定した参加者の協力を得て実施した。

調査にあたっては、奥日光の動植物の調査や歴史の専門家が同行し、丁寧な指導を受けた。

こうした活動を通して、日光の四季を FCV でめぐるプレミアムツアーへの展開など、多様な可能性を模索している。

<2009 年度 FCV による奥日光生態系調査 5 回開催：一般公募者 12 名参加>



真冬の中禅寺湖



野生鹿による皮はぎ



-8度のいろは坂

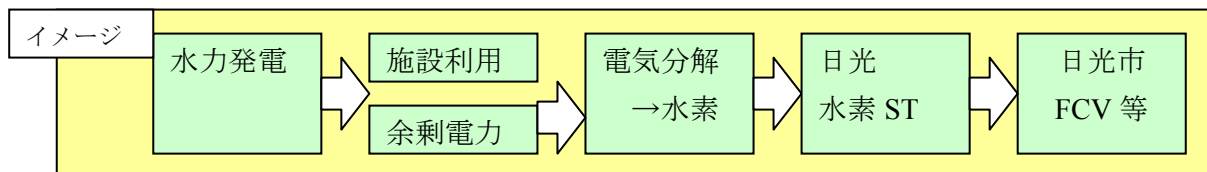
6.4.4 CO₂フリーシステムの構築への挑戦

標高差のある日光という地域の特色を生かして、自然エネルギーである水力から電力を取り出し、夜間等の余剰電力を用いて水を電気分解して得た水素でFCVが日光市内を走る、というCO₂フリーシステムの構築に向け、取り組みを開始した。(図6.4.4-1)

2010年度は、水力発電について①汎用品を活用したコストダウン②環境に与える負荷の少ない工法を検討し、東洋一の規模を有する市内足尾・松木沢砂防堰堤において水力発電設備の整備に着手。8月24日に国土交通省から新規発電水利権の認可を取得し、9月30日に設備完成検査に合格。現在、設備の効率改善のため、データ収集と分析・設備改良に取り組んでいる。

<足尾・松木沢砂防堰堤上に水管設置>

<斎藤文夫・日光市長が発電開始>



<図 6.4.4-1 CO₂フリーシステム>

6.4.5 まとめ

(1) 2年間の活動のまとめ

2009～2010年度における活動の結果、日光においては、一定の活動と成果を実現し、以下のとおり十分といえないまでも今後の取り組みの端緒を開くことができたと考える。

①水素ステーション及びFCVの普及前における地方都市での先駆的取組

地方都市では、大都市での展開に遅れて取り組みが始まるのが、経済的社会的合理性からみて通常の形態であるが、日光においては地理的・歴史的特性等を生かして、より良い社会の早期実現に向けて可能な限りの挑戦を行い、将来の全国展開において、地方都市で普及・展開していくためにはどのような事業形態等が有効であり、解決すべき課題等があるのかを明らかにすることができた。

さらに、日光市のように比較的小さな都市で先駆的に取り組んだことが、同規模の都市に対しては「やればできる」という実証例となり、また、より大きな都市であれば更に容易に取り組むことができるという可能性を示したと考える。

②エネルギーの地産地消によるCO₂フリーシステムの構築への挑戦

地方都市は、大都市にない自然環境や地理特性を有する。これら自然環境や地理特性を活用し、小規模水力発電という自然エネルギーの活用による水素製造～FCV走行というCO₂フリーシステムの構築に挑戦し、今後の実用化に向けた可能性の端緒を開いた。

③社会啓発のあり方の多様化への取り組み

すでに実施されていたステークホルダー等への啓発・イベントでの啓発に加え、これら以外の社会啓発のあり方として、教科書にFCV・水素ステーションについて記載されている中学校の授業に着目し、学習指導要領に基づき教育委員会・学校等と連携して、中学校理科の授業の中で行う「科学教室「水素と燃料電池の力」」を構成した。

継続的に開催する中で改善を加え、構成や内容を文部科学省から国費で支援するに足ると認められる水準にまで高め、今後の水素ステーション・FCVの社会啓発のあり方としての選択肢を追加し、多様化の実現に貢献した。

④FCVの活用方策の模索・拡大の取り組み

長距離を走り、厳寒の環境下でもその性能を発揮できるFCVの効果的なアピールを検討し、FCVで積雪・凍結したいろは坂を上り奥日光の自然環境の実態と今後の暮らしを考える「FCVでめぐる日光の四季ツアー」を試行した。

この結果、水素・燃料電池・FCVの意義や完成度を参加者に実感してもらうとともに、水素ステーションの意義や必要性を強く訴えることができた。

(2) 今後の課題と展開

FCVの走行台数が水素ステーションの自立的経営を実現する規模になるまで、どのようにつないでいくことができるか。また、水素ステーションの運営を地方都市において円滑に民間事業者に移行していくためにはどうすればよいか。さらに、これらの時を迎えるまで、地方都市において啓発活動や水素ステーションの運営等の事業を継続し展開していくには、どのようにすればよいか。現在のところ、これが大きな課題である。

現実として、いまだに地方都市においてはFCVに対する認識・関心は高くない。幸いなことに、近時、電気自動車について社会の認識・関心が高まりつつある。こうした波をどのようにFCV・水素ステーションにつないでいくことができるかが、今後重要課題である。

6.5 地方実証研究のまとめ

6.5.1 2年間の活動のまとめ

(1) 協賛ステーションとしての運用

各地域で独自に設置した水素ステーション（九州大学、北九州、日光）を、JHFC 協賛ステーションと位置づけ、JHFC 水素ステーションに準じた運用を進めた。具体的には、JHFC プロジェクトと水素供給契約を締結した車両リストを共有し、リストに掲載された車両は各地域のステーションで無償で水素の供給を受けられるようにした。また、充填時に提出するデータも基本的に JHFC 水素ステーションと同一の書式とし、これらのデータをエンジニアリング振興協会に提出することとした。この結果、地方実証の一環として運用された水素ステーションの運用データを JHFC プロジェクトに含めて評価することが可能となった。

(2) 地方での理解促進活動の推進

大阪ではエンジニアリング振興協会が 2007 年度から運用委託していた JHFC パーク大阪の活動を発展させるとともに、地域での理解促進活動を展開した。

福岡、日光においても、JHFC の地方実証研究が始まる以前からそれぞれの地域で実施していた理解促進活動の実績を踏まえ、それぞれの地域の特徴を活かした理解促進活動を展開・発展させた。

(3) 地方独自の活動

大阪では「おおさか FCV 推進会議」での活動と連携して、FCV 走行・小型移動体を活用した各種イベント・多目的移動式電源車実証・大阪産業大学による FCV 自主開発などの活動を推進した。

福岡では、水素ハイウェイ構想・人材育成・水素エネルギー先端技術展・北九州水素タウンなど継続的な独自活動を展開した。

日光では、CO₂ フリーの水素社会を目指し、小型水力発電所を活用した水電解による水素製造の技術的可能性を実証する活動を推進した。

6.5.2 今後の課題と展開

JHFC としては 2 年間という限られた期間ではあったが WG6（地方実証試験）が各地域への情報の水平展開を図った。地域間の連携を維持、発展させるためには、2011 年度以降もなんらかの地方実証の活動全般を議論する場が必要と考える。

7. FCV・水素インフラ普及開始に向けた技術課題検討と次期実証への提案

JHFC1、JHFC2 の活動を通じて 35MPa 関連の技術実証を中心に多くの成果が得られてきた。一方、新しく取り組みを始めた 70MPa 関連の技術実証では、実証ステーションでの 3 分間で 5kg 水素充填性能を達成する等の成果につながっているが、様々な課題も明らかになってきた。

従って次期実証研究への提案では、今までに積み上げられてきた成果と今後解決すべき課題の明確化が重要であり、明らかとなった課題を解決することにより次段階の実証ステップへスムーズに進むことが可能となる。

本章で述べる FCV・水素インフラ普及開始に向けた課題検討では、まず FCV・水素インフラに関する今までの成果と現状の技術課題を抽出整理した。次に FCV の一般ユーザーへの普及開始目標である 2015 年までに実証すべき優先度の高い課題を選定し、初期普及につなげるための検討すべき内容と道筋（2011 年度以降の実施すべき内容・時期等の整理）を作成した。

尚、本課題検討は JHFC 活動成果を取りまとめて具体的な実施内容を策定する技術的な実証研究範囲としている。

従って、最終目標としては次期技術実証課題の抽出やスケジュール策定を行なうが、技術実証課題の範囲に限定したものとし、例えば水素ステーションの運営体制・運営費用などは含まないものとしている。

7.1 検討の進め方

検討は以下の手順に基づいて実施した。詳細は **7.2 現状整理** 以降で後述する。

7.1.1 現状整理

(1) 網羅的課題のリストアップ

JHFC プロジェクトで達成された課題と、残された課題を網羅的にリストアップした。

(2) ステーション運用状況のまとめ

JHFC1、JHFC2 で運用された水素ステーションの運用状況を調査した。

(3) NEDO 技術開発との関連性整理

燃料電池に係わる NEDO 技術開発の中で、JHFC は技術実証の位置付けであり、他事業で実施されている技術開発等の成果を反映させた活動になっている状況を検証した。

7.1.2 成果まとめと課題抽出

(1) 成果まとめ

前述の網羅的な現状整理結果を基礎データとして、35MPa と 70MPa の技術を分類して整理し、成果をまとめた。

(2) 体系的な課題抽出

水素ステーション機器構成に対比させて課題を抽出した。

7.1.3 対策検討

(1) 主要テーマを選定

課題の対応を行なうため、下記の5つの主要テーマを選定した。

- ① トータルシステム技術の実証
 - ② 高頻度・稼動、耐久性の実証
 - ③ 低コスト化ステーション技術の実証
 - ④ 「70MPa」技術の実証
 - ⑤ 「70MPa フル充填」技術の実証
- (2) 主要テーマ毎の主要課題を選定
 上記5つの主要テーマ毎に具体的な3~4つの主要課題を選定した。

7.1.4 次期実証研究への提案

- (1) 主要テーマ、主要課題の具体化
- (2) スケジュールの提示

図 7.1 -1 にこの検討の進め方をまとめた。

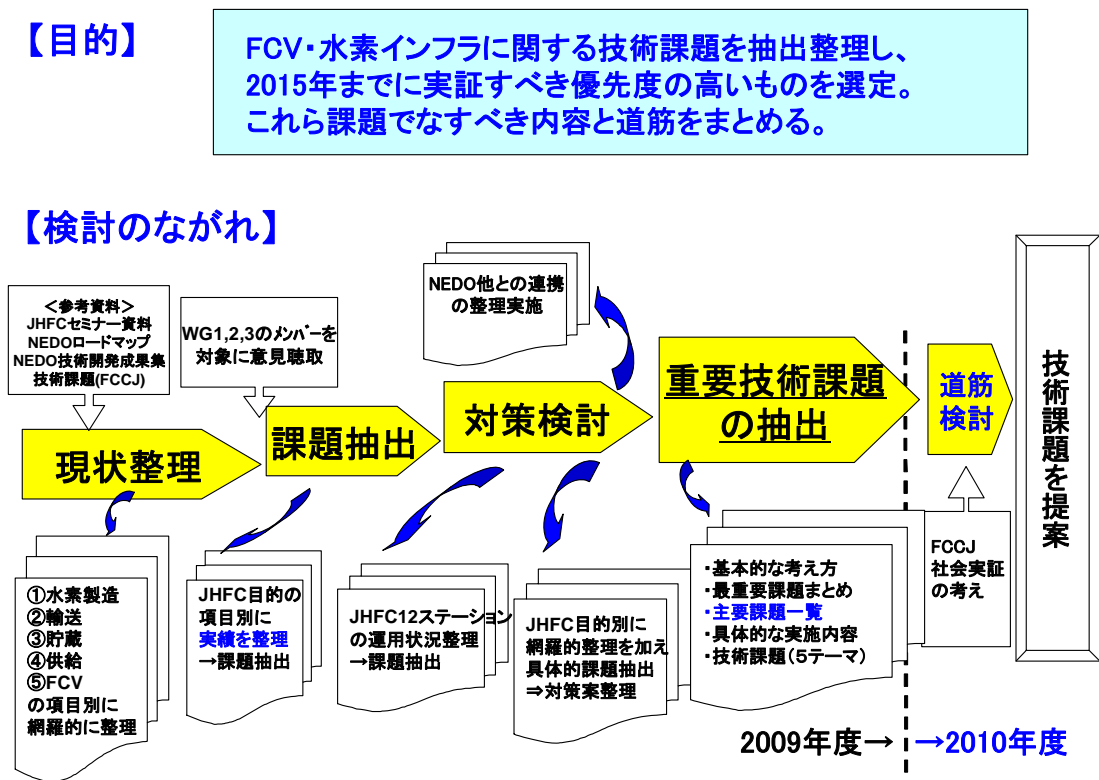


図 7.1-1 普及開始に向けた技術課題検討手順

7.2 現状整理

7.2.1 課題の網羅的リストアップ

実証研究として取り組んできている技術課題を抽出し、以下の分類に従って約 300 項目に整理した

- ・水素製造（オンサイト、オフサイト等）
- ・水素輸送・貯蔵（圧縮水素、液体水素、大量輸送方法等）
- ・水素供給（ステーションを構成する機器の開発、運転・メンテナンス、高圧化対応、コスト低減、規制見直し等）
- ・FCV（フリート、環境負荷低減等）
- ・その他

表 7.2-1 にその抜粋（全 8 ページ中の 1 ページ）を示す。尚、全 8 ページは資料集へ掲載した。

7.2.2 水素ステーション運用状況

水素ステーション運用状況を調査した。

この運用状況については、1.1「水素ステーションの運用実績」の章に詳述されているので、ここでの記載は省略する。

7.2.3 NEDO 技術開発との関連

JHFC は、NEDO における水素に係る他の 4 事業、すなわち

- ・水素社会構築共通基盤整備事業
- ・水素製造・輸送・貯蔵システム等技術開発事業
- ・水素先端科学基礎研究事業
- ・水素貯蔵材料先端基盤研究事業

の技術開発・研究結果を受けてその技術実証を行い、次のステップである社会実証を経て実用化につなげる重要な役割を担っている。

これらの NEDO 技術開発事業で実施されてきた開発項目について年度を追って整理し、表 7.2-2 に示した。

この表により、開発経緯の概要を俯瞰的に把握することが可能である。

この表 7.2-2 に示されている 2003～2010 年間の NEDO 関連開発項目内容を、前述の網羅的課題項目（表 7.2-1）と対応させて NEDO 事業との関連を整理し、FCV・水素インフラ普及開始へ向けてどのような連携を図るべきかについて整理した。

結果の抜粋を表 7.2-3 で示した。表 7.2-3 の全ページは資料集へ掲載した。

表 7.2-1 課題の網羅的リストアップ

自動車・水素インフラに関するJHFC関連検討課題の現状とその対策

注) 本文中特に記載のない場合は70 MPa級を示す。

○JHFC、◎METI、●NEDO、その他
 路 NEDO安全利用PJ:水素安全利用等基礎整備技術開発(2003~2007)
 道 NEDO社会構築PJ:水素社会構築共通基盤整備事業(2005~2009)
 道 NEDO製造輸送PJ:水素製造・輸送・貯蔵システム等技術開発(2008~2012)

課題:2015年までに実用化・利用可能な技術を対象とした課題(2011~2015年までに開発見込みのある技術を含むが、基礎的な研究開発課題は除く)

分類	現状(○印JHFCはH22年度見込みを含む)	課題	(参考)対応策・例	
技術 開 連 【 水 素 製 造 】	1.オフサイトタイプ			
	1.1水素製造法			
	1.1.1石油精製(水素高純度化)	<ul style="list-style-type: none"> 現状、水素を高純度化(99.99%)する技術は有している。総合効率の改善等で開発の余地が残っている。 ◎「製油所における高効率高純度水素製造技術開発(H20~22)」水素分離膜とCO2分離膜を交互に配置したハイブリッド分離膜等による高効率化(総合効率80%)を目標とした高純度水素製造技術の開発を実施中。【METI/PEC事業】 	<ul style="list-style-type: none"> ステーション(ST)用として製油所で最新技術(低コスト、高効率)による大規模高純度水素製造技術の実証。 水素製造→輸送→貯蔵→供給の一連の流れの中での大規模水素製造・出荷に係る技術実証。 製油所からのハイブリッドによる供給ケースでの、水素製造の技術、実証 石油精製業の水素供給ポテンシャルは、石油製品需要大幅減に伴う製油所統合廃合を想定する必要がある。 製油所の余剰ブリードガスから水素を回収する技術実証 	<ul style="list-style-type: none"> 高純度水素製造技術は製造→輸送→貯蔵→供給の一連の技術アイテムの一つとして、製油所に同設備を建設し実証する。 実態に即した規模で高純度水素製造・出荷技術の実証を行い課題検討するとともに、実データの採取を行う。(WtoW、水素コスト等の基礎データにも利用) 「コンビナート内連携による水素供給実証」 水素需要と製油所稼働の連動検証(石油製品需要減に伴う製油所稼働低下と水素需要増大とのミスマッチ解消策の検討、製油所水素供給ポテンシャルの見直し検討)
	1.1.2製鉄所	○製鉄所(コークス炉ガス)→北九州、セントレア	<ul style="list-style-type: none"> コークス炉ガスからの水素製造コークス炉ガスより水素を商業規模で製造する場合、現状のPSAでは設置面積が広く、更なる設備のコンパクト化が必要である。 	<ul style="list-style-type: none"> ロータリーバルブ型PSAの導入が有望であるが、クリーンガスへの適用例はあるものの、コークス炉ガス(COG)ではなく、耐久性・安定稼働に対する実証が必要である。
	1.1.3電解水素等(ソーダ工業のソーダ分解含む)	○ソーダ工業(食塩分解)→JHFC横浜鶴見(H14~18)		
	1.1.4その他の水素源	○その他アモニア副生ガス、エチレンオキサイドなどの利用が検討されている。	<ul style="list-style-type: none"> 高純度化するための高効率化 再生可能エネルギー利用による水素製造技術の検証 	<ul style="list-style-type: none"> (水素の供給源が石油、石炭、ソーダ等化学工業などから供給可能であり、エネルギーの多様化をアピールする意味で、各種のケースでの実証は意義がある。)
	2.オンサイトタイプ			
	2.1水素製造技術の検証			
	2.1.1全般	○JHFC2にて下記の原料を用いた製造技術の実証中 ①横浜・旭(ナフサ)、②千住(都市ガス)、③横浜・大黒(脱硫ガソリン)、④川崎(メタル)、⑤相模原(アルカリ電解)、⑥セントレア(都市ガス)、⑦大阪(都市ガス)	<ul style="list-style-type: none"> 各種原料による高純度水素製造の基礎技術は実証されつつあるが、高効率・低コスト化・コンパクト化等の課題がある。 商用規模(300m³/h)ステーションでの水素製造装置の実証ができていない。商用規模での水素製造装置において、高稼働率での運用は産業用途で実証があるが、高頻度の起動停止の実証ができていない。 	<ul style="list-style-type: none"> JHFC2/WG1/商用インフラ検討会のオンサイトモデルを基本とし、実際の設計時にNEDO/PEC事業で現在開発中(2.2項参照)の技術をとりこむ。 耐久性、触媒寿命、夜間の待機運転時を含めた高効率化の実証
	2.1.2規模	○JHFC2で稼働中のSTの規模は下記のとおり(35MPa/ケース) 旭 千住 大黒 川崎 相模原 セントレア 大阪 製造能力 50 50 30 30 100 30 貯蔵能力 1000 2400 1750 792 1200 2400 650 充填能力 5 10 5 5 5 30 4台 製造能力Nm ³ /h : 貯蔵能力Nm ³ : 充填能力(乗用車)	<ul style="list-style-type: none"> 現状の水素製造の規模は小さく、スケールアップでの実証が必要。 (規模が小さく、一日に多数の車が給水素にきた場合の対応が実証されていない。) スケールアップ時、製造する水素量と車に給油する量のバランスで、どのように水素製造・貯蔵・供給を効率的にコントロールするかも課題。 	<ul style="list-style-type: none"> 水素STでの水素製造量・貯蔵量・供給量のバランスをとる必要があるが、水素製造能力の効率的な運用を考慮し、その制御システム構築をする。
	2.1.3改質方法	○水蒸気改質:技術的には、比較的成熟。 触媒寿命:3~4年で交換(低稼働、寿命は未確認)	<ul style="list-style-type: none"> コンパクト化、高効率化 高頻度起動停止による耐久性の確認 高稼働率による触媒寿命の検証 	
	2.1.4分離方法	○PSA分離精製(横浜大黒、横浜旭、千住、川崎、セントレア、大阪):技術的には、比較的成熟。 千住はPSAと水素膜分離の2方法を実施している。	<ul style="list-style-type: none"> 効率アップの課題 	
		●「CO2分離法を用いた水素製造装置改質システムの開発」【NEDO製造輸送PJ:ルネサスエナジーリサーチ他】		
	2.1.5 耐久性		<ul style="list-style-type: none"> 自動車の数が少ないことから水素製造装置の稼働が低く、高温水蒸気改質については装置寿命・触媒寿命が正確に把握されていない。 	<ul style="list-style-type: none"> 設備保全・触媒に関する運転費の精度を欠いており、実ステーションでの実証に限らず、現状技術の耐久性を正確に評価する必要がある。
	2.2新規技術開発の検証			
2.2.1低コスト化	<ul style="list-style-type: none"> ●「水素分離型リフォーマーの高耐久・低コスト化研究開発」を実施中…【NEDO製造輸送PJ:東京ガス、日本特殊陶業】 ●「水素製造装置の高性能化・低コスト化・コンパクト化に関する研究開発」…【NEDO製造輸送PJ:三菱化工機、東京ガスケミカル】 ○コスト算出/WtoW効率計算/CO2削減効果等算出実施	<ul style="list-style-type: none"> 高効率化、低コスト化等新規技術開発の成果をいかに実証に取り入れていくかが課題である。(水素分離膜ではST効率80%も目指せる可能性がある。) 開発完了時期のずれ 将来的にはCO2回収を視野。 	<ul style="list-style-type: none"> 標準タイプのステーションに実験的に新規開発思想を組み込み設計する。 	
2.2.2効率化	◎「ガソリンスタンドを拠点とする高純度水素製造技術開発(H20~22)」 ①高性能脱硫剤②灯油改質触媒③膜分離型反応器④水素分離膜の各分野で高効率化(総合効率80%)を目標とした開発を実施中。【METI/PEC事業】 ⇒膜型反応器の開発	<ul style="list-style-type: none"> 同上 	<ul style="list-style-type: none"> 同上 	
2.2.3有機ハイドライド	◎「有機ハイドライドからの高純度水素回収技術開発(H20~22)」 高耐久性・コンパクト化・高効率化(総合効率90%)を目標とした水素回収技術の開発を実施中。【METI/PEC事業】	<ul style="list-style-type: none"> 同上 有機ハイドライドシステムの水素製造設備は高圧ガス設備、危険物製造所とみなされた場合、建築基準法の規制により工業地域・工業専用地域にしか設置できない。 有機ハイドライドシステムの水素製造設備は、左記 PEC事業において検討を行ったラボスケール規模の実証データしか得られていない。 	<ul style="list-style-type: none"> 実証装置を設置し、規制緩和のための安全データ採取・蓄積した上で規制緩和を働きかける。 規制緩和のための安全性に係る運転データおよび商業規模の設備設置を行う上で、実証規模(製品水素量約50Nm³/hr)の設備を設置し、実証データを得る必要がある。 	

表 7.2-2 他の NEDO 事業との関連

JHFC関連 NEDO事業(&METI事業) 実施状況 整理表

	2003 (H15)	2004 (H16)	2005 (H17)	2006 (H18)	2007 (H19)	2008 (H20)	2009 (H21)	2010 (H22)	2011 (H23)	2012 (H24)	2013 (H25)	2014 (H26)	2015 (H27)
	水素安全利用等基盤整備技術開発					水素製造・輸送・貯蔵システム等技術開発							
	水素社会構築共通基盤整備事業					水素貯蔵材料先端基盤研究事業(九大、産総研)							
						水素先端科学基礎研究事業(九大)							
水素製造	高効率水素製造メメン技術の開発【東京ガス、三菱重工、日本特殊陶業、IHJ、JSW】 膜分離酸素利用オージェン改質水素製造技術の開発に係る技術開発【帝国石油、日揮ユニバーサル、新日鉄】 膜分離法およびプレート型コンパクターを用いた水素ステーション用改質システムの開発【ルネサンス、エナジー、川重、産総研、神大、京大、九大】					水素分離型フォーマの高耐久性・低コスト化研究開発【東京ガス、日本特殊陶業】水素製造装置の高性能化・低コスト化・コンパクト化に関する研究開発【三菱化工機、東京ガス、ケミカル】 CO2膜分離法を用いた水素製造装置改質システムの開発【ルネサンス、エナジー、ミコ、神大他】							
輸送						水素キャリアに応じたフィージビリティスタディー 1) 高圧水素供給フロー【エネ総研】 2) 液体水素供給フロー【岩谷、川重、開電、清水、重工】 3) 有機リキッドハイドライド法による水素供給フロー【千代田、JE】							
貯蔵	圧縮水素容器系の高圧化要素技術の開発【JFEコンテナ、JFEテクノリサーチ、佐賀大】 水素吸蔵合金と超高压容器を組み合わせたハイブリッド貯蔵タックの研究開発【JARIサムテック日重化】 重載液体水素タックのボルト低減技術の開発【岩谷、日重化、JARI】 アラネート系水素貯蔵材料の特性向上研究【関西大、大阪科学技術センター】 シクロキサン系水素貯蔵材料の特性向上研究【大阪科学技術センター、日大】 カハル法がコア材系及びリチウム系水素貯蔵材料の研究【太平洋セメント、三菱重工、産総研】 高容量水素貯蔵合金と貯蔵タックの開発【ENAA、イムラ材料開発、東海大、JSW、日重化、JARI】 重載可能リチウム系水素貯蔵材料の研究【豊田中研、東北大】 合金系水素貯蔵材料の耐久性研究【大阪科学技術センター、産総研】 超高压合成法による高容量水素吸蔵合金に係る技術開発【産総研】 加熱液膜方式テカノ/ナフタレン系水素貯蔵技術の開発【新日石、東京理科大】					低コスト型70MPa級水素ガス充填対応大型複合蓄圧器の開発【新日石】 重載等水素貯蔵・輸送容器システム技術に関する研究開発【日重化、サムテック、産総研】 ホウ素系水素貯蔵材料の開発【豊田中研、東北大】 ラーベス構造を有した高容量水素吸蔵合金の開発【日重化】							
供給	70MPa級圧縮水素容器用温度式安全弁の開発【フジキン】 100MPa級水素圧縮機の開発【日立フロンテック/ロジック】 水素インフラ用可撓性配管実用化に関する研究開発【横浜ゴム】 水素充てん機の実用化技術の開発【日立、トヨタ、フジキン】 液体水素コンテナに係る技術開発【川崎重工】 液体水素昇圧ポンプの開発【三菱重工】 ボルト低減を目指したスチール水素製造/供給装置に係る技術開発【三菱重工、東北大】 高圧水素用圧力計測技術の開発【長野計器】 プロトン伝導体を用いた固体電解質型水素センサの研究開発【新コスモス電機】 半導体水素センサと検知システムに係る技術開発【日立】 熱電式水素センサの研究開発【産総研、理研計器】					70MPa級水素ガス充填対応ステーション機器システム技術に関する研究開発 1) 70MPa級水素ステーションシステムの構築・ステーション耐久性向上検討【東邦ガス】 2) 水素ステーションインシャルコスト低減検討【PEC】 3) ティンパンスコスト低減・耐久性検討【トヨタ】 4) 故障予知技術開発【日立オートモティブシステムズ】 5) プレクール設備技術開発【太陽日酸】 6) 充填ホースのコスト低減・耐久性検討【横浜ゴム】 7) シミュレーション技術によるプレクール設備開発検討【佐賀大】 低コスト型70MPa級充填対応ステーション機器に係る研究開発 1) 総合的エンジニアリング技術の開発【PEC】 2) 高容量化蓄圧器の開発【JSW】 3) 低コスト・高強度材料の開発【JRCM】 4) ボールバルブ開発【キッツ】 5) 制御システム関連設備のコスト低減【山武】 6) 流量調整弁の開発【山武】 低コスト型70MPa級水素ガス充填対応ディスペンスの開発【タツノ】 都市型コンパクト水素ステーションの研究開発【清水建設、岩谷】							
安全	燃料電池自動車に係る規制再点検及び標準化のための研究開発【JARI】 1) 高圧ガス保安法「容器および付属品の技術基準」の見直し 2) 道路運送車両法：UN-ECE/WP29/AC3gtr策定および安全情報 3) 燃料電池自動車の燃費試験法(ISO/TC22/SC21/WG2)					水素インフラに関する安全技術研究(PEC他) 1) 70MPa充填対応水素スタンドのリスク評価【PEC】 2) 水素の拡散/着火/爆発シミュレーション【三菱重工】 3) 70MPa充填対応蓄圧器の金属材料を評価し、JHFCへ反映【JSW】 4) 70MPa充填対応ディスペンスの安全検証【タツノ】 5) 蓄圧器材料の焼入れ性としわ低減検討【住金機工、高圧昭和ポンプ】 6) 実水素スタンドによる安全対策の検討と検証【出光】							
調査	水素エネルギーの導入に伴う社会的便益等に関する研究【産総研】 水素エネルギーの導入・燃料電池普及に関する国際動向の調査研究【テックハ】 水素経済社会移行等シナリオ研究に係る技術開発【三総研】 IEA/HIA(国際エネルギー機関/水素実施協定)における国際協力の研究【ENAA】 ISO/TC197(国際標準化機構/水素技術)水素技術に関する国際標準の研究【ENAA】					水素社会受容性に関する調査【みずほ総研】 低地用燃料電池システム及び燃料電池自動車のライフサイクル評価に関する調査【みずほ総研】 平成19年度リン酸形燃料電池(PAFC)に係るアウトカム調査【三総研】 燃料電池を活用するための高付加価値応用に関する調査【三総研】							
その他	固体高分子電解質技術の低コスト化の研究【三菱重工】 爆轟遷移を考慮したコンパクト水素ステーション安全設計技術開発【成蹊大】 非Pd系水素透過合金の高性能化と高信頼化に関する研究開発【北見工大】 CO2分離技術を併用した流動床触媒と分離膜を用いる高性能改質技術の開発【東京ガス】 アンモニアを活用した高容量水素貯蔵複合化合物の創製技術の構築【広島大】 微生物を用いた有機性廃水からの実用的・高効率水素生産方法の研究開発【産総研】 微生物を用いた有機性廃水からの実用的・高効率水素生産方法の研究開発【産総研】 ナノター構造組織制御による高吸蔵量水素貯蔵材料の研究開発【産総研】 超高体積密度水素吸蔵合金の研究開発【東海大、ルウー-国立エネルギー技術研究所】 超高体積密度水素吸蔵合金の研究開発【東海大、ルウー-国立エネルギー技術研究所】 「水素ガスハイブライド高速破壊防止技術の研究開発」に係る技術開発【東大、SINTEF(ルウー)】 Ni触媒の耐コーキング性能と耐シタリング性能の向上によるRu代替触媒の開発【ルネサンス、エナジー、神大、八戸高専、北京科大】 マイクロチャネル水素製造装置と中温作動燃料電池を統合した新規水素エネルギー利用システムの要素技術確立【京大、KIER韓国】 水素の安全化対策及び評価に対する革新的基盤研究【産総研、東大】					可視光応答性半導体を用いた光触媒および多孔質光電極による水分解水素製造の研究開発【産総研】 非貴金属化合物を用いた水電解用高機能酸素発生アノード触媒の設計および開発【横国大】 高効率水素液化低温冷凍の研究開発【物質・材料研究機構、金沢大】 超高压水素合成法による新規水素吸蔵合金の研究開発【産総研、東北大】 ゼライト錳型炭素をベースとしたヒルオーバー水素貯蔵に関する研究開発に係る技術開発【東北大、日産】 MgおよびTi系相分離型高容量水素吸蔵合金の設計と実証に係る技術開発【東海大】							

中間評価の成果を水素STで実証

H23より実証

耐久性検証後H25より実証

ややリスクの高い開発品を用いた水素ステーションでの実証

表 7.2-3 網羅的課題項目と対応する NEDO 事業整理

燃料電池自動車・水素インフラに関するNEDO等他の関連事業の課題のJHFC連携整理表

◎METI、●NEDO
 略 NEDO安全利用PJ: 水素安全利用等基盤整備技術開発(2003~2007)
 号 NEDO社会構築PJ: 水素社会構築共通基盤整備事業(2005~2009)
 NEDO製造輸送PJ: 水素製造・輸送・貯蔵システム等技術開発(2008~2012)
 NEDO貯蔵材料PJ: 水素貯蔵材料先端基盤研究事業(2007~2011)
 NEDO先端科学PJ: 水素先端科学基礎研究事業(2006~2012)

NEDO等の研究開発との連携可能性
 (FFKへの展開)

・A: 2011~15で実証を図る

分類	NEDORoadマップ項目	該当研究事業(網掛け:2011-2015実証に関連)	FFKへの展開	2015年普及開始に向け更に必要な開発課題、他(空欄は該当なし)	
技術関連 【水素製造】	1. オフサイトタイプ				
	1.1 水素製造法				
	1.1.1 石油精製(改質)	メンブレンリアクター技術(Pd合金膜) <2015年までの次世代技術>	◎「製油所における高効率高純度水素製造技術開発(H20~22)」 水素分離膜とCO2分離膜を交互に配置したハイブリッド分離膜等による高効率化(総合効率80%)を目標とした高純度水素製造技術の開発を実施中。 【METI/PEC事業】	技術開発成果を見極め、オフサイト型ステーション効率化の一環として実証。	・製造効率80%の達成。
	1.1.2 製鉄所				
	1.1.3 電解水素等(ソーダ工業のソーダ分解含む)				
	2. オンサイトタイプ				
	2.1 水素製造技術(改質)				
	2.1.1 全般				
	2.1.2 規模				
	2.1.3 改質方法	水蒸気改質(PSA含む) <2015年までの実用化段階技術>	●「水素製造装置の高性能化・低コスト化・コンパクト化に関する研究開発」 水蒸気改質-PSA分離技術の低コスト化、高効率化、コンパクト化、起動時間短縮【NEDO製造輸送PJ三菱化工機、東京ガスケミカル】	オンサイト型ステーション低コスト化、高効率化の一環として実証。	・低コスト化
	2.1.4 分離方法	メンブレンリアクター技術(Pd合金膜) 膜分離(合金膜、高分子膜)	●改質触媒、水素分離膜を一体化した「水素分離型リフォーマーの高耐久性・低コスト化研究開発」を実施中。【NEDO製造輸送PJ東京ガス、日本特殊陶業】 ●CO2分離法を用いた水素製造装置改質システムの開発【NEDO製造輸送PJ: ルネサンスエナジーサークル他】	耐久性の目処がつけば、小型商用への適用を検討する。 技術開発成果を見極める。	・耐久性・低コスト・高効率化
	2.1.5 耐久性				
	2.2 水素製造技術(水電解)				
	2.2.1 固体高分子水電解	低コストセパレーターおよびMEAの開発			
2.2.2 アルカリ水電解	低コストおよび高電流密度化				
2.2 新規技術開発					
2.2.1 低コスト化	低コスト化				
2.2.2 効率化	高効率化	◎「ガソリンスタンドを拠点とする高純度水素製造技術開発(H20~22)」 ①高性能脱硫剤②灯油改質触媒③膜分離型反応器④水素分離膜の各分野で高効率化(総合効率80%)を目標とした開発を実施中。【METI/PEC事業】⇒膜型反応器の開発	A オンサイト型ステーション高効率化の一環として実証。 技術開発成果を見極める。		
2.2.3 有機ハイドライド	<2015年以降の長期的技術>	◎「有機ハイドライドからの高純度水素回収技術開発(H20~22)」高耐久性・コンパクト化・高効率化(総合効率80%)を目標とした水素回収技術の開発を実施中。 【METI/PEC事業】	技術開発成果を見極める。		
【水素輸送】	1. 圧縮水素ケース				
	1.1 出荷設備				
	1.1.1 全般				
	1.1.2 その他				
	1.2 出荷システム(ソフト面)				
	1.3 輸送方法	複合容器輸送(トレーラー、カードル)における、低コスト・長尺複合容器の開発	◎ H17にてテーマ「多目的製油所オフサイト高純度水素製造利用研究」で、高圧水素の移送(鋼製40MPa、CFRP35MPa)による水素搬送システム等の実証が行われた。【METI/PEC事業】	A オフサイト型ステーション効率化の一環として活用する。	・複合容器 40(or50)MPaでの長尺・大容量の容器での実証。(規制見直しが必要)
	1.4 水素受け入れ方式				
	2. 液体水素ケース				
	2.1 全般				
	2.2 液化	高効率化	●「高効率水素液化磁気冷凍の研究開発」【NEDO製造輸送PJ: 物材研、金沢大】	技術開発成果を見極める	
3. 有機ハイドライド					
4. その他					
4.1 バイブライニング輸送	民生需要家向け水素ガスバイブライニングの信頼性設計指針の確立	●「水素ガス輸送用バイブライニングの信頼性評価技術の研究開発」【NEDO製造輸送PJ: 東大】	技術開発成果を見極める		
4.2 輸送形態別FS		●「水素キャリアに応じたフーズビリティファイバー」...【NEDO製造輸送PJ】 ①高圧水素供給フロー【エネ総研】 ②液体水素供給フロー【岩谷、川重、関西電、清水、重工】 ③有機ハイドライド法による水素供給フロー【千代田、JE】	A オフサイト型ステーション効率化の一環として活用する。		

7.3 成果まとめと課題の抽出

7.3.1 成果まとめ

以上の現状整理結果を基礎データとして、JHFC 成果のまとめを行なった。

JHFC2 が開始された 2006 年度（平成 18 年度）当時は 35MPa 対応の技術実証が中心であったこと、また 70MPa は平成 20 年度下期に 70MPa 対応ステーションを整備して検討が開始されたことを考慮して、35MPa と 70MPa を分離して記述し、技術の発展過程が見えるような形で実証研究内容の整理を行なった。

結果は以下の、インフラ関連の成果、車両・インフラ共通課題の成果、FCV 関連の成果の 3 つの大きなポイントにまとめた。

7.3.1.1 インフラ関連の成果

- ・ JHFC では、燃料電池実用化推進協議会（FCCJ）が公表した図 8.3-1「FCV と水素ステーションの普及に向けたシナリオ」（2008 年 7 月提案、2010 年 3 月改定）に則り、2015 年の普及開始に向けて、FCV・インフラ関連技術の実証を着実に計画通り進めた。

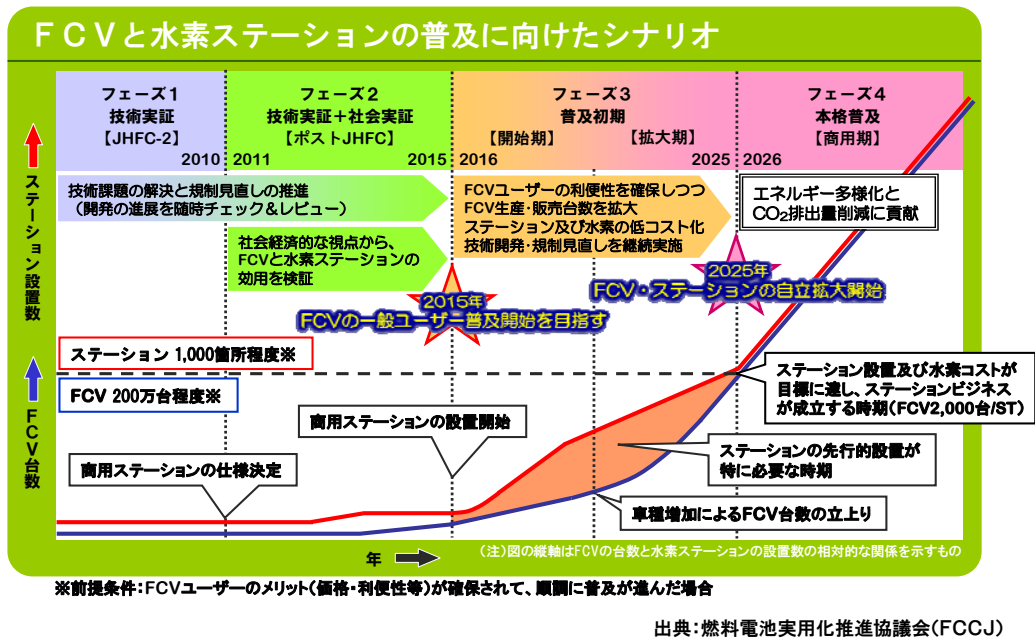


図 7.3-1 FCV と水素ステーションの普及に向けたシナリオ（2010 年 3 月）

具体的には、FCV に水素を供給する水素ステーションを運用し、実際の使用条件における実測データを取得、実用化に向けた課題を明確にすると同時に、エネルギー効率・CO₂削減効果・水素供給コストを評価、検証した。

また、運用を通じて、水素ステーションに係る不具合情報を収集し、その原因・再発防止対策を検討した。

- ・「商用インフラモデル」、「規制・法規の見直し」等の JHFC2 で強化した課題の検討を確実

に実施した。

7.3.1.2 車両・インフラ共通課題の成果

- ・従来からの 35MPa での水素供給に加え、70MPa での実証を進める中で、新たな課題が認識され、更なる技術開発や実証の必要性を確認した。

70MPa の新たな課題とは「直接充填技術」や「通信充填」及び「最適充填圧力」関係の項目が代表例である。

「直接充填技術」は、圧縮機から直接 FCV 等へ充填を行なうための技術であり、高圧用材料が必要で高コストとなる 70MPa の蓄圧器を少なくするために新たに着目された。

「通信充填」は、車載容器の温度・圧力等のデータを赤外線通信等の手段によりディスプレイ等の水素供給側へリアルタイムに伝え、車載容器の温度異常上昇などを未然に防止しつつ、安全かつ確実な水素充填を達成しようとするものである。

「最適充填圧力」については、最終的に「70MPa フル充填技術」として取り組むこととなった。

7.3.1.3 FCV 関連の成果

- ・主要な自動車メーカーの FCV 等を使用して上記の水素ステーションで水素燃料の補給を行い、FCV 等の公道走行における燃費データの取得、フリート走行による高稼働率の実証試験等を実施、これにより実使用に近い条件下におけるデータを取得し、実用化に向けた課題を抽出した。

加えて 2009 年度の「1100km 長距離走行」実証により燃費の更なる向上を示すと共に、ガソリン車同等の実用航続距離を実証した。

- ・FCV 等の省エネルギー効果・環境負荷低減効果については、定期的に確認を行い技術の進捗度合いを明らかにした。

以上の結果を表 7.3-1 にまとめた。

表 7.3-1 JHFC の成果と課題

注【】:未達事項
 ➡:他事業などへの反映

事業フェーズ 技術分類、 及び目標	JHFC事業の技術成果		FCV・水素インフラ普及開始に向けた技術課題	普及初期									
	・FCV、水素ステーションの実運用(実証)による、実用化に向けた課題抽出		・民間が事業化推進できるだけの材料、環境整備の実施 ・JHFC事業等で抽出された課題の解決	一般ユーザーへの普及開始									
	H20(2008)年度までの主な成果	H22(2010)年度までの成果見込み	H27(2015)に向けてやるべきこと	2015年度～									
インフラ関連	商用モデルの提示	-	・机上モデルの提案 水素インフラ(ハードウェア)の将来あるべき姿として商用ステーションモデル(35、70MPa)、及び出荷設備を設定し、普及初期のスタンダードとして提案する。	・商用モデルの実証 ①フルスペック水素ステーションや簡易型ステーションで設定されたスタンダードを運用・実証する。 (ステーション間の有機的な連携運用を含む) ②オフサイトステーション用水素の出荷・輸送等の技術実証 大規模・高圧水素の製造⇒出荷⇒輸送⇒貯蔵等供給の一連の流れを実証する。									
	実証による課題の明確化	・下記走行距離、水素充填を安全・安定に達成した。(35MPa) (2002年～2008年) <table border="1"> <tr> <td></td> <td>累計走行距離(km)</td> <td>水素充填量(kg)</td> </tr> <tr> <td>乗用車</td> <td>956.321</td> <td>16.996</td> </tr> <tr> <td>バス</td> <td>277.848</td> <td>25.662</td> </tr> </table>		累計走行距離(km)	水素充填量(kg)	乗用車	956.321	16.996	バス	277.848	25.662	・実運用を通してノウハウの整理・蓄積を継続する。(35MPa) ・FCV、水素ステーション(35MPa)の実運用データを継続取得し、長期使用時の機器性能への影響について検証を実施する。 【但し、稼働率・頻度は低い。また蓄圧器の開放検査義務により点検期間が2～3週間と非現実的】	・更なる長期、高稼働時使用が、各機器の性能や劣化に与える影響について実証する。 ・水素ステーション長期間停止を要する設備維持管理(定期開放検査など)を効率化する。 ・ノウハウの共有化、マニュアル化を継続し、標準化を図る。
		累計走行距離(km)	水素充填量(kg)										
	乗用車	956.321	16.996										
	バス	277.848	25.662										
	35MPa及び70MPaを含む共通課題への対応	水素性状の把握、整理 ・自動車用燃料水素の仕様検討に資する実証データを取得した。 ➡ 国際基準の材料としてISO/TC197/WG12へ反映した。	・実証データの蓄積により、ISO国際規格化をバックアップする。	・同左									
効率の評価	・各種水素ステーションの現状エネルギー効率を明らかにした。 ➡ 更に向上の必要性があることから、技術開発事業「(水素製造輸送貯蔵システム等技術開発)、(将来型燃料高度利用技術開発)」の効率目標に反映した。	・最新データによる効率を明示する。 ・新たにJHFCへ参加したステーションの効率評価を追加する。	・他の技術開発成果もあわせ、最適な水素供給方式によるステーションを選択し、実証する。										
コストの評価	・水素ステーションの設置、運用を通して現状のコストを明確にした。 ➡ 技術開発事業(水素製造輸送貯蔵システム等技術開発)のコスト目標に反映した。	・2015年までの技術開発を踏まえ、商用化が見通せる各種圧力のステーションコストを机上算出する。 ・商用モデルにおけるコスト削減の切り口を明らかにする。 (直充填による蓄圧器削減など) 【現時点で、コストはまだ高い水準にある。】	・商用モデルの実証を通して、コストダウンを検証する。										
70MPa特有課題への対応	実証による課題の明確化 ・水素ステーションの70MPa化工事を実施した。 (千住SS他、4ヶ所を改造、2008年下期実施)	・実運用を通じて課題を抽出、整理し他事業に情報を提供する。 【実運用目標は一部未達(3分間充填等)】	・設備改良や圧縮機、蓄圧器、緊急離脱カブラーなどの技術開発成果を踏まえて実証を行う。										
	高圧仕様機器の実証	・蓄圧器、プレクール(-20℃級)等を実証する。 【現時点で、緊急離脱カブラー、プレクール設備(-40℃級)等の一部付帯高圧仕様機器は実証できていない。】											
	材料の評価	(35MPaでは、実使用した蓄圧器の金属材料を水素先端科学基礎研究事業に提供し、連携してデータの評価済み)	・70MPa水素ステーションで実使用した金属材料を提供し、水素先端科学基礎研究事業と連携してデータを取得する。 【但し、まだ2年の実績に過ぎない】	・更に長期間(数年間以上)に渡って実使用した材料の評価を行い、課題の有無を実証する。									

事業フェーズ 技術分類、及び目標		JHFC事業の技術成果		FCV・水素インフラ普及開始に向けた技術課題	普及初期											
		・FCV、水素ステーションの実運用(実証)による、実用化に向けた課題抽出		・民間が事業化推進できるだけ材料、環境整備の実施 ・JHFC事業等で抽出された課題の解決	一般ユーザーへの普及開始											
		H20(2008)年度までの主な成果	H22(2010)年度までの成果見込み	H27(2015)に向けてやるべきこと	2015年度～											
車両・インフラの共通課題	基準・標準化および規制見直し	・水素ステーションの稼動実績を、35MPa水素ステーションの「例示基準」、「自主基準」作成時の参考事例として提供した。	・水素ステーションの稼動実績を、70MPa水素ステーションの「例示基準」、「自主基準」作成時の参考事例として提供する。 ・70MPaを主体とした規制見直し項目の整理と見直しへの道筋を検討、提案する。	・提案された道筋をもとに、見直された推進体制のもとで実データを提供する。												
	充填の課題への対応	最適充填圧の提案	—	・最適充填圧に関する検討結果を報告する。	・左記検討成果を踏まえて実証を行う。											
		プレクール	—	・充填時の水素温度上昇を検証し、必要性、及び必要な性能を検討する。												
		誤発進防止	—	・緊急離脱カバーの必要性、及びその代替品の可能性について検討する。												
		過充填防止	—	・充填プロトコル、充填圧力の検討を踏まえた過充填防止の方策を検討する。												
通信技術	—	・車両とステーション間通信技術の情報を収集し、対応策を検討する。														
FCV関連	実証による課題の明確化	・35MPa車の公道走行のデータを収集し分析した。 ➡ FCV車の開発に反映した。 ・フリート走行により実使用者の声を抽出、整理した。 ➡ 「FCV・水素インフラ普及開始に向けた課題検討」へ反映した。	・70MPa車の公道走行のデータを収集し分析する。 ➡ FCV車の開発に反映する。	・引き続き、走行データを収集し、開発に反映させる。												
	技術の向上の確認	燃費向上	・FCV車が、ガソリン車などに対して燃費が優れていること、及び燃費性能に関し、FCV技術が確実に進展していることを示した。	・70MPa車両のデータ収集と分析を行い、FCV車の燃費性能進展と、最新データを提供する。	・一般ユーザー使用に必要な周辺インフラの整備に向けた実証データの取得。											
		低温性能向上	・-10℃、10秒始動で、ガソリン車と同等機能を実証した。	—												
環境対応性の確認	CO2削減(効率の向上)	・FCVのWTWでのCO2排出量低減効果が優れている事を示した。 WTW分析結果(対ガソリン車の%) <table border="1" style="margin-left: 20px;"> <thead> <tr> <th></th> <th>エネルギー投入量</th> <th>CO2排出量</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>FCV(2005年)</td> <td>55</td> <td>45</td> </tr> <tr> <td>FCV(2008年)</td> <td>46</td> <td>37</td> </tr> <tr> <td>ガソリン車</td> <td>100</td> <td>100</td> </tr> </tbody> </table>		エネルギー投入量	CO2排出量	FCV(2005年)	55	45	FCV(2008年)	46	37	ガソリン車	100	100	・70MPa車両のデータ収集と分析を行い、FCV車のWTWでのCO2排出量低減効果の最新データを提供する。 ・FCV車とP-HV車、EV車との差を明確化する。	・地球環境への貢献 CO2削減、低炭素社会への貢献の見直し(目的、効果、コスト)を明示する。
	エネルギー投入量	CO2排出量														
FCV(2005年)	55	45														
FCV(2008年)	46	37														
ガソリン車	100	100														

7.3.2 課題の抽出

前述の表 7.3-1 では、2015 年の普及開始に向けた技術課題を「インフラ」、「車両・インフラ共通課題」、「FCV」関連に大別して記載したが、更に具体的な内容とするために、網羅的課題項目（表 7.2-1）から具体的な課題（問題点）を抽出して表 8.3-1 の分類に沿って関連付けし、成果と課題の関連を整理した。

その結果の全体像を図 7.3-2 にまとめ、詳細を表 7.3-2 に示した。

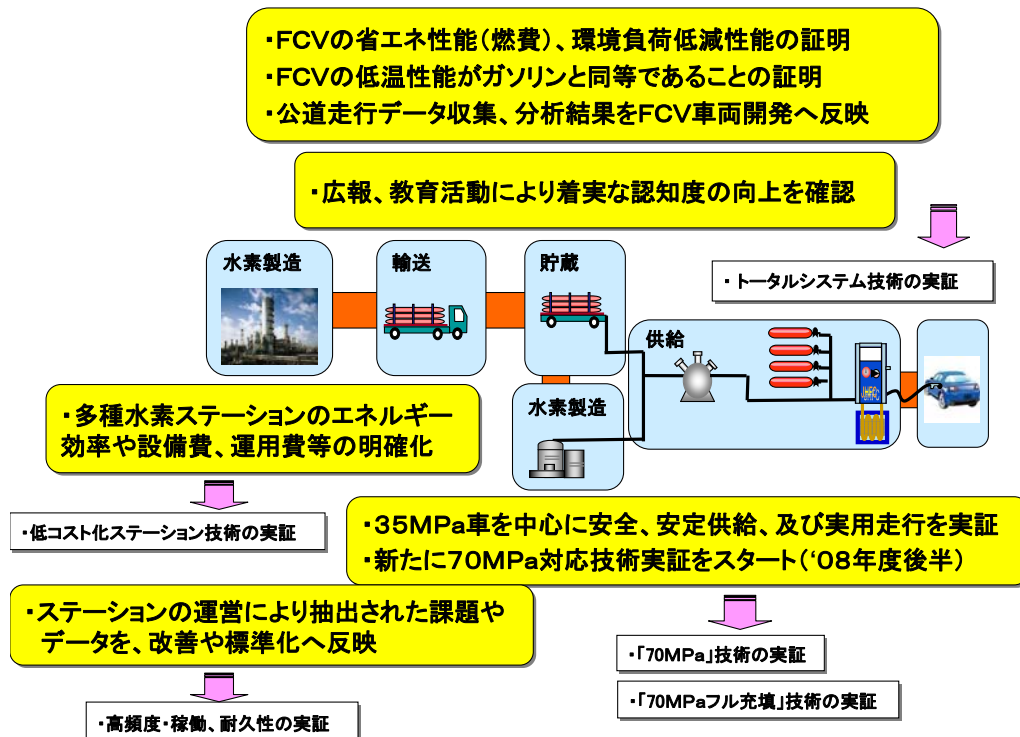


図 7.3-2 JHFC-2 2008 年度までの成果と課題

一例を上げると、首都圏で 11 ヶ所、中部地区で 1 ヶ所、関西地区で 2 ヶ所の計 14 ヶ所（2010 年 9 月時点）と様々な種類の実証ステーションを運営することで、エネルギー効率、設備費、運営費等を明確にしてきたが、その結果、現時点の成果が明らかになったことで、低コスト化ステーションを実現するためには設備材料や工法見直し等さらなる改善の余地が残っていることも見えてきた。

また 35MPa 車と対応ステーションの運用については、1.1「水素ステーションの運用実績」に述べられているように確実な実用性が実証され、また多くのデータから効率や燃費の良さが証明されている。その一方で、2009 年度後半から開始された 70MPa 車と対応ステーション技術については、実証試験終了後の材料履歴調査等の更なる安全性の検証や、充填時の利便性向上等を目的とした通信充填技術の実証を始め、高圧かに対応する技術の実証がまだ今後も必要と認識された。

このように現状の実績・成果を明確にすることで、更なる改良テーマを顕在化させ、具体的な課題化へつなげることができた。

表 7.3-2 技術課題の抽出

JHFC事業の技術成果(抜粋)		網羅的課題リストからの抽出			普及開始に向けた技術課題(対応策案)骨子	
FCV・水素インフラ普及開始めに向けた技術課題		中分類	小分類	課題(問題点)		
商用インフラモデルの提示	商用モデルの実証 ①フルスペック水素ステーションや簡易型ステーションで設定されたスタンダードを運用・実証する。 (ステーション間の有機的な連携運用を含む) ②オフサイトステーション用水素の出荷・輸送等の技術実証 (大規模・高圧水素の製造⇒出荷⇒輸送⇒貯蔵等供給の一連の流れを実証する。)	商用インフラモデル	① 商用ステーション実証(300Nm ³ /hr級)	・機器開発など個別技術開発は計画的に進められており、更に普及開始に向けて、水素製造から車輛供給までをトータルシステムとして実証する取組みが必要。 ・現状の水素製造の規模は小さく、車が連続して給油に来る場合の対応が検証されていないので、スケールアップでの実証が必要。 (商用モデルではピーク時10台/日の連続充填を検証する必要がある。)	・水素インフラがガソリンステーションと同等以上の技術水準であることを実証。 ・水素製造・輸送・貯蔵・供給・走行まで一貫したオフサイトステーションの実証。	
			② 小型商用、可搬型等、他のモデルタイプの実証	・ユニット(パッケージ方式)の検討が必要 ・70MPa移動式の課題は、1) 2台目の充填準備に1hr以上要す 2) フレールに液体窒素が必要	・高稼働下におけるトータルシステムとしての運転ノウハウ蓄積、課題抽出。 ・2015年普及開始へスムーズに移行可能とするため、普及の広がり有効なステーションシステムの運転ノウハウ蓄積、課題抽出。	
			③ ST設備・機器の最適化(能力、システム)	・スケールアップ時、製造する水素量と車に給油する量のバランスを考え、どのように水素製造・貯蔵・供給能力を設定し、効率的にコントロールするかが課題。	・連続充填・大量充填が可能なシステムの構築、実証。	
		オフサイトステーション用水素の出荷・輸送等の技術実証	① 水素製造	・ステーション(ST)用として製油所、製鉄所等で最新技術(低コスト、高効率)による、大規模高純度高圧(40MPa)水素製造技術の実証が必要。	・低コスト、高効率、高純度水素の製造技術を実証。 [METI-NEDOの水素製造技術開発の成果を活用]	
		② 出荷・輸送	・高圧化・大容量化による大量輸送方法検討が必要。 ・出荷設備システム(貯蔵タンク・出荷計量・水素移送・品質管理)の検証が必要。 ・出荷・輸送(長尺ローリー、カードル出荷対応)に係るノウハウの蓄積が必要。	・効率的な水素輸送のあり方、ノウハウを検討、実証。 ・計量・出荷・品質管理等の課題抽出とその対応を検討、実証。		
		③ 貯蔵(容器)	・高圧CFRP(40MPa以上)等、軽量化による輸送の効率化・低コスト化が必要。 (容器別では、35MPa、360Lまで許可) ・水素ST専用として効率的なカードル・トレーラ荷台部分の設計・改良が必要。 ・輸送効率を高めるためボンベ内の水素残量をより少なくする改良が必要。 (通常、カードルでの購入価格は容器の運賃支配のため残量は考慮されない。 →残量を減らすことが得策)	・CFRPによる軽量化容器の開発、実証。 ・大量消費下でのトレーラ貯蔵の課題抽出とその対応策検討。 ・効率的な水素貯蔵のあり方検討。(貯蔵量と交換頻度など)		
インフラ関連	実証による課題明確化 ・異なる長期、高稼働時使用が、各機器の性能や劣化に与える影響について実証する。 ・水素ステーション長期間停止を要する設備維持管理(定期開放検査など)を効率化する。 ・ノウハウの共有化、マニュアル化を継続し、標準化を図る。 ・実証データの蓄積により、ISO国際規格化をバックアップする。 ・他の技術開発成果もあわせ、最適な水素供給方式によるステーションを選択し、実証する。 ・商用モデルの実証を通して、コストダウンを検証する。	長期、高稼働運転(高頻度、高稼働、触媒寿命等)	① 改質器	・コンパクト化、高効率化が必要。 ・高頻度起動停止による耐久性の確認が必要。 ・高稼働率による触媒寿命の検証が必要。	・水素製造装置の機能として以下を実証。 ①水素製造能力は300Nm ³ /h ②水素供給量と製造量のバランスを最適化した運転モードの実証 ③低コスト・高効率化の実証	
			② 圧縮機	・稼働時間が短く、長期耐久性の確認が十分でない。 ・発停の操作が頻繁に行われる場合の耐久性の検証が不十分。	・発停の操作が頻繁に行われる場合等の耐久性を実証。 ・中圧まで差圧充填し、高圧を直充填できる仕様を実証。	
			③ 蓄圧器	・40MPaを超える容器コストが非常に高い。 ・多バンク方式等、使用方法の効率化が必要。	・蓄圧器の機能として以下を実証。 最も効率的で最小の水素蓄圧容量(ポンプ数最少)を実証。 (車充填中に蓄圧器に水素補充)	
			④ ディスペンサー	・低コスト化・高耐久性化・充填の高精度化が必要。 ・通信充填に対応し、高圧力・高速充填のための各種制御機能を付加する。 ・70MPa以上の耐久性が十分検証されていない。	・ディスペンサーの機能として以下を実証。 ①車両通信により(35→)70Paまで供給可能。 ②70MPaフル充填の供給に対応。	
			⑤ その他部品	・JHFCでは稼働率が低く、バルブ/圧縮機など動的な機器、過流防止弁・流量計類は、使用頻度・作動回数が少なく、十分に耐久性が示されたとは言えない。 ・機器および部品の使用限界の予測等を行い、交換時期に関する指針を作るため、高使用頻度での実績がない。	・高稼働下における使用実績、課題抽出などを実施。	
			維持管理業務の効率化	・メンテナンス上の課題	・法定点検の簡素化・検査期間の短縮。(特に蓄圧器) ・法定点検を見直し・共通化を行い、共通自主点検として標準化する。	・規制見直し等による点検の簡素化・検査期間の短縮効果、非破壊検査方法を実証。
			標準化		・35MPaケースでは経年劣化によるトラブルが徐々に多くなり、トラブル対応に関するノウハウを整理する必要がある。 ・70MPaケースは2008年に開始されたばかりで少ないが、高圧水素特有のトラブルもありデータ蓄積のため、今後も実運用での継続が必要。	・今後必要と考えられるタイプのSTでのデータ蓄積。 ・日常監視業務の標準化。
			水素性状の把握、整理		・今後日常の品質管理方法をどうするか未統一(管理方法、管理項目、管理頻度等)	・国内の実情に適した品質管理のあり方(純度も含めて)を実証。
			効率の評価		・都市ガス改質方式、70MPaステーションのエネルギー効率向上。 ・59.7%(LHV)、64.2%(HHV)	・水素製造・輸送・貯蔵・供給・試走まで一貫したサプライチェーンとしてのエネルギー効率の向上を実証。
			コストの評価		・NEDO製造輸送PJの2008年度PEC調査によると水素STの建設コストは6億6千万円と試算され、目標とする2億円と大きな差がある。 ・水素ステーションの各機器コストの削減に加え、設計・工事等の削減についても検討が必要(一部実施)。	・建設費のコスト削減策の抽出とその対応を実証。 ・設計・工事の削減で、標準化、スキッド化・小型化の効果を実証。 ・メンテナンス費用の削減実証。

トータルシステム課題

高稼働・耐久性他課題

コスト

JHFC事業の技術成果(抜粋)			網羅的課題リストからの抽出			普及開始に向けた技術課題(対応策)骨子	
FCV・水素インフラ普及開始に向けた技術課題			中分類	小分類	課題(問題点)		
70MPa特有課題への対応	実証による課題の明確化	・設備改良や圧縮機、蓄圧器、緊急離脱カプラーなどの技術開発成果を踏まえて実証を行う。 (緊急離脱カプラーは後述)		・圧縮機	・高速充填・高圧充填(70MPa級)を行うため、新たな技術である圧縮機から直接水素を充填できる大容量圧縮機の実績がない。	70MPa、及び70MPaフル充填ステーション課題	
	高圧仕様機器の実証			・蓄圧器	・70MPa級の鋼材の選択肢は限られている。 (高圧仕様の鋼材は選定、実証、認可に長期間を要するため、早期の検討着手が必要)		・70MPa級で使用可能な鋼材、及び大型化を実証(CFRPを含む)。
	材料の評価	・更に長期間(数年間以上)に渡って実使用した材料の評価を行い、課題の有無を実証する。		・充填速度	・千住については2kg/minを目指し改造中であるが、平均1kg/minにとどまっている。		・平均2kg/min(3分充填)の充填速度の実証。
車種・インフラの共通課題/全般課題	基準・標準化、及び規制見直し	・提案された道筋をもとに、見直された推進体制のもとで実データを提供する。			・WG1での道筋策定後、2015年を見据えての見直し計画実行が必要。 (規制の例): 70MPa級で使用可能なSNCM439強度低減材はJIS品でないため、KHKの事前評価申請の手続きを行う必要があり、手続き面でも制約がある。	・2015年までに見直さなければ普及に支障が出る項目に重点を置いて、以下のデータ収集、提供。 -新規鋼材など、実験・実証データが必要な項目の情報を収集。 -保有量増など、考え方や思想が必要な項目の情報を整理。	
	充填の課題への対応	・最適充填圧	・2010年度までの検討成果を踏まえて実証を行う。			・北米&欧州の標準的なスペックに対する、日本の考え方・対応が決まっていない。 ・最適充填圧力の議論が中断している。	・JHFC/WG3でまとめる結果の実証。
		・プレクール	同上			・-20℃は実施済みであるが、-40℃は未実施。 ・プレクールの仕様確定はWG3で行うが、高効率なシステムの構築・実証が課題(タンク内温度や充填速度等との関連で、最適な冷却システム)	・JHFC/WG3でまとめるプレクール設備仕様の実証。 ・【NEDO技術開発】東邦ガスのプレクール設備の成果活用。
		・誤発進防止	同上		・緊急離脱カプラー	・70MPa用緊急離脱カプラーについては、実証されていない。 またその代替の安全策がまだない。	・適切な誤発進防止対策の実証。
		・過充填防止	同上		・充填プロトコル	・充填プロトコル、充填圧力に対する、日本の考え方・対応が決まっていない。	・JHFC/WG3でデータ提供したプロトコル仕様のもとと実証。
		・通信技術	同上		・車両通信	・車種によらない充填方法の確立 ・車載タンク内温度を制御した上での、最適な充填速度の制御方法が必要 ⇒車両通信が必須	・車両通信の仕様を固め、ラボでその検証を行なった上で、実証。
	・燃料補給	・ノズル、レセプタクル等の操作性、耐久性		・最適化・制御	・通信充填対応で、ディスプレイ、ノズル等を含めた全体的な最適化・制御が必要	・頻度を増やした確認。(ノズル、レセプタクルの形式選定を含む) ・セルフ化のための情報収集。	
環境対応	CO2削減(効率の向上)	・地球環境への貢献 CO2削減、低炭素社会への貢献の見通し(目的、効果、コスト)を明示する。			・CCSを千住STで実証中の高効率改質器に付設し、耐久性・コスト・効率等を実証中であるが、回収コスト大、かつ運搬、貯蔵については未検討 ・WTWのCO2排出量削減について、更なる改善が必要。	・各種環境改善効果を示すデータの採取、提供。 ・CCSの実証。	

7.4 課題への対応策

以上の成果と課題の整理を踏まえて、図 7.4-1 に今後実証すべきテーマ別の主要技術課題を一覧図としてまとめた。

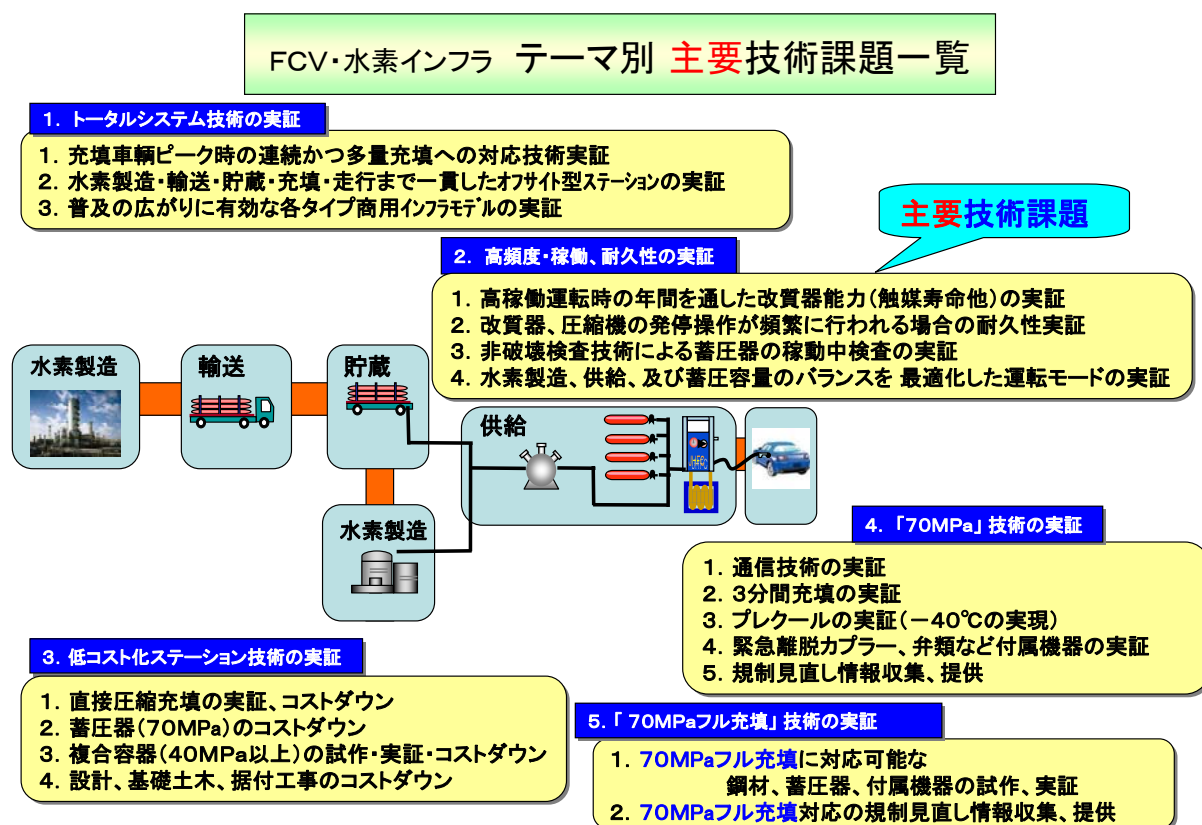


図 7.4-1 2015 年までに実証すべき主要技術課題
(JHFC2 成果の視点から)

5 つのテーマは次の通りである。

- ① トータルシステム技術の実証
- ② 高頻度・稼働、耐久性の実証
- ③ 低コスト化ステーションの実証
- ④ 「70MPa」技術の実証
- ⑤ 「70MPa フル充填」技術の実証

④「70MPa」技術と、⑤「70MPa フル充填」技術は、「70MPa」の表現が同じなので、似かよった印象を受けるが、「70MPa フル充填」技術の圧力は 87.5MPa であり、技術レベルの観点からは別の水準であると考えて、ここでは別のテーマとして記述することとした。

上記テーマは、JHFC2 成果の中から、帰納的に抽出した課題を体系図で示しているが、その課題を達成することで、普及開始時に必要なことが全て含まれているかどうかは考慮されていない。

そのために、普及開始時の必要事項を整理し、このために必要な実証技術は何か？という演繹的な視点でも整理を行なった。

その結果、両者が一致すれば必要充分条件を満足できていることが言える。

結果のまとめを図 7.4-2 に示す。

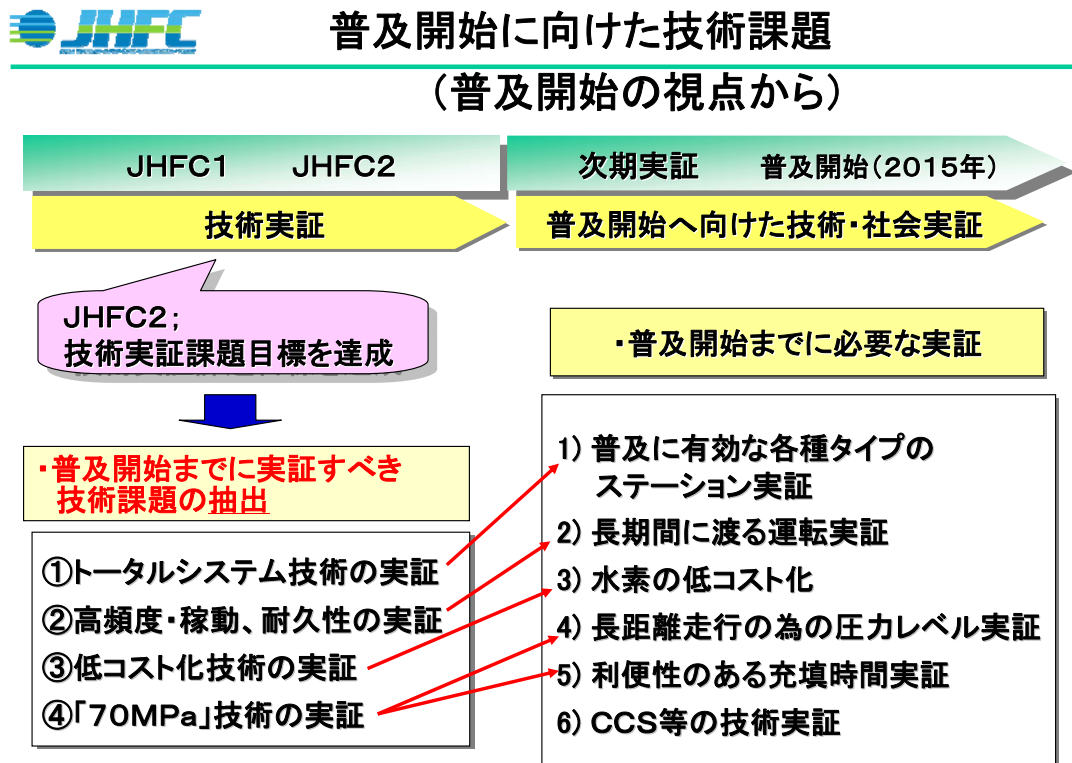


図 7.4-2 2015 年までに実証すべき主要技術課題
(普及開始の視点から)

結果として、両者の相違はほとんど無いことが分かった。

CCS については、水素エネルギー導入意義の観点から必要な実証課題として取り上げている。

7.5 次期実証への提案

7.5.1 次期実証の基本的な考え方

次期実証研究で取り組むべき内容を明確化するに当たって、抽出された課題とその対応策を柱として、図 7.5-1 の基本的な考え方をまとめた。

FCV・水素インフラ普及開始に向けた技術課題検討

2015年FCV普及開始に向けた技術実証計画の基本的な考え方

これまでの活動により、インフラも含め実用可能な技術・安全レベルに達していることを実証した。しかし普及開始に向けては、更に水素インフラが既存のガソリン等のインフラと比べ、同等レベルの耐久性、利便性、実用性が備わり、かつ商業化移行が可能と判断される一層のコスト低減が得られることを実証し示す必要がある。

具体的には以下の5項目(詳細後述)が主テーマと考える。

1. オフサイトを含む水素製造・輸送・貯蔵・充填まで一貫したサプライチェーン技術の確立 (トータルシステム)
2. 本格普及を想定した規模での実機による高稼働ベースでの運転実証 (高稼働、耐久性)
3. 普及段階において、水素供給価格が十分に競争力のあることを見通せることの実証 (低コスト)
4. 主に70MPa-STでの未解決課題(通信や直接充填、プレクール、緊急離脱カバー等)の実証 (70MPa)
5. 利便性向上等で将来必要となる可能性のある技術開発と実証 (70MPaフル充填)

併せて、実証を通して以下の効果を確認する。

1. 水素インフラ(主に関連機器類)において、将来の国際標準化にむけてわが国の技術がイニシアティブをとり、優位に立つことによって、産業振興面でわが国経済に貢献できること。
2. 環境改善効果の見える化を行うことにより、低炭素社会への貢献をアピールできること。

図 7.5-1 次期実証計画への基本的な考え方

7.5.2 重要技術課題の具体的な実施内容

次期実証計画の基本的な考え方としてまとめたテーマ別主要課題と具体的な実施例を以下の通り提案する。

7.5.2.1 トータルシステム

オフサイトを含む水素製造・輸送・貯蔵・充填までの一貫したサプライチェーン技術の確立を目指して、普及期の広がりにも有効な各タイプのステーションを実証する。

オフサイト型水素ステーションは、製油所等の活用余地が残っている水素を各ステーションまで輸送して、FCVへ供給する実証を行うことが普及段階では実用的と考えられる。製油所等での出荷設備やステーションまでの輸送設備についても同時に行う必要がある。

また併せて、次のようなタイプのステーションの技術実証を行う。

(1) 移動式ステーション

普及初期の効率的な普及に大きな貢献が期待できる。

圧力は、35MPa、及び70MPaとし、35MPaフル充填実証を併行して実施する。

(2) 水素の大量輸送、貯蔵方策実証

- ・液体水素輸送、貯蔵

普及期での高稼働を想定すると、製油所からステーションまでの原料水素輸送で液体水素輸送の必要性が高くなることが予想される。

圧力は、70MPaが必要と考えられる。

・有機ハイドライド輸送、貯蔵

将来の水素使用量増加時、水素輸送・貯蔵はコスト低減、長距離輸送を実現するための重要な要素技術となる。

経済産業省の事業にて技術開発が進められている有機ハイドライド技術による水素製造・輸送・貯蔵が有効な方策のひとつになると考えられる。課題の緊急度としてはやや下がるが、2015年の普及開始の次につながる技術として検討を提案する。

(3) CO₂分離技術

更に、環境課題への取組みを考慮するとCO₂分離技術の実証が必要と考えられ、普及期までの実証を提案する。

7.5.2.2 高稼働、耐久性

車両台数が少ない現状の実証環境では稼働向上に限界があるので、本格普及を想定した規模での実機、設置検討等で高稼働・耐久性を実証する。併せて、FCVの計画的な走行により稼働率を向上させた上で、付随的・補足的にFCバスへの充填も活用して稼働向上を図る。

また実際的な運転で想定される改質装置の夜間停止や圧縮機の頻繁な発停を踏まえた耐久性の実証を行う。

更に年間を通した稼働率向上を図るため、現状では長期間を要している定期検査を簡素化し水素ステーション停止日数を減す必要がある。そのために稼働中の非破壊検査技術を実証し有効性を確認する。

7.5.2.3 低コスト型ステーション

普及段階において、水素供給価格が十分に競争力のあることを見通せることを実証する。

(1) 直接圧縮充填

商用インフラモデルでコストパフォーマンスの有効性が提唱されている圧縮充填の実証を行う。

実証機は海外で実績のある機器の導入、及び国産品の両者を実証する。圧縮機以外の機器（プレクーラー、緊急離脱カプラーなど）も同様の考え方で実証する。

(2) 蓄圧器

70MPaの差圧充填方式のコストが高くなる大きな要因は、特殊な鋼材が必要な蓄圧器コストが高くなることにある。

そこで70MPa充填に対応できる安価な鋼材を使用した蓄圧器の実証によりコストダウンを図る。

(3) 複合容器

鋼材を使用した蓄圧器では70MPa差圧充填において蓄圧器コストが高くなるデメリットがあるので、現在NEDO事業で技術開発中の高圧用複合容器蓄圧器を低コスト型機器と

して使用する差圧充填を実証する。

又、水素輸送用トレーラ用容器として、現状は上限圧力が 35MPa に制限されているので、この圧力を 45MPa まで可能として水素輸送コストを低減する実証を行う。

(4) 設計・基礎・土木

設計・基礎・土木のコストは水素ステーション建設コストの 4 割近くを占めている。従って、普及開始に向けてエンジニアリング面からの検討を行なう設計・基礎・土木コストダウン実証研究が必須である。

7.5.2.4 70MPa 技術

主に 70MPa ステーションでの未解決課題（通信や直接充填、プレクール、緊急離脱カップラ等）の実証を行う。

燃料電池自動車実証の重要な要素として、航続距離と充填時間があることは 2. 燃料電池自動車等に関する実証試験でも述べられている通りであり、航続距離を伸ばすための方策として 70MPa 技術は非常に重要な課題である。

しかし 70MPa 充填を行う時は、短時間での充填を行なうと、85°C という車の水素タンクの温度上限に達してしまうことがあるために、3 分間での充填が難しくなる。

そこで対策として、プレクールを行なって到達する温度を低くし、併せて通信充填で車の水素タンク内部の状態を監視しながら充填が行えるような方法の実証が必要になっている。

また、誤発進対策としての緊急離脱カップラーや、水素ステーションに係る規制見直しのためのデータ収集も重要な課題と考えている。

さらに上記の充填を効率的に行なうための制御システム設計、実装が重要となる。

これらの課題の実証を、各種タイプのステーションでの総合的な機能実証の中で実現させることを考えている。

7.5.2.5 フル充填技術

フル充填技術の実証については、WG3 検討に於いて次期実証課題として取上げられ、35MPa・70MPa の両圧力領域で高いニーズがある。

(1) 「70MPa フル充填技術」

FCV は、他の環境対応自動車と比較し、航続距離と CO₂ 排出量が少ないメリットを有しているが、今後、HEV や BEV 等の性能向上による追い上げが予想され、更なる航続距離の延長が要求される。FCV 普及開始初期での水素ステーションとして提案すべき圧力は、技術的に可能な範囲で、より多くの水素を充填するための圧力とすべきであると考えられる。

また欧米の動向に於いても「フル充填技術」を目指す方向性があるので、国際連携の観点から、更なる情報収集、課題整理などの継続も必要である。

このような背景から 2009 年度 JHFC 企画実行委員会にて、2015 年度までに技術実証用

70MPa フル(87.5MPa)充填ステーションを 1 ケ所以上建設し技術実証を進める提案を行なうことが承認された。

70MPa フル充填ステーションの技術課題として、通信充填、-40℃プレクール設備の技術実証が必要とされ、直接充填用の大容量高圧圧縮機の耐久性を含めた技術実証も必要となる。

更に、低コスト化対応ステーション課題のひとつとして海外パッケージ導入が考えられているが、この海外品をフル充填対応とすることも WG3 から提案されている。海外パッケージ品の活用を「70MPa」に止めずに「70MPa フル充填」対応とすることで、フル充填の実証試験データ蓄積や国内機器開発への早期フィードバックなどが期待される。

(2)「35MPa フル充填技術」

国内では FCV 普及期にも 35MPa 対応車両が走行していると考えられ、70MPa 同様に航続距離の延長が求められる状況にある。水素充填量増加による航続距離延長の利便性向上や、並行して規制見直しが実現された時には現有の設備レベル（鋼材等のグレードアップ無しなど）で水素充填量を増加できる可能性もあるので、「35MPa フル（43.8MPa）充填」機能を提案している。国内法規でフル充填とするには通信充填が必要で、技術課題として 35MPa 通信充填を実証する必要がある、通信充填についても同様とする。その他の技術課題は、70MPa 充填技術が応用できる。

7.5.2.6 水素ステーションのトラブル発生防止

1.1「水素ステーションの運用実績」の章に記述されている水素ステーションのトラブル発生防止について、継続的な事例検証が必要である。

事例検証とは発生したトラブルの分類（分析）、解析、対策の実施であり、具体的な方法の一例を以下に示す。

・分類（分析）

- ① トラブル事例について本質原因をできる限り掘り下げる。
- ② 原因をハード面、ソフト面、人的面（教育・訓練など）、管理面の不備等に解析し整理する。（既存の確立された安全管理、事故解析手法を取り入れる）

・解析

- ③ 更に事故の拡大につながるものかどうかを検証し、ハザードの大きさについて検討を行う。（科学的な手法によるリスク分析を加える。）
- ④ 発生確率を統計処理し既存のデータで可能な限り標準化解析を行う。有効データ N 数不足の場合は解析不十分と判定し、次期実証課題につなげる。
- ⑤ 上記のハザード規模×発生確率評価に基づく、科学的なリスク分析について、NEDO 水素社会構築共通基盤整備事業で行われた予測値と対比し検証する。
- ⑥ リスクの高い項目について具体的対応策（案）を提示する。既に対応済項目についてはその効果を評価する。上記と同様、予測との対比を行い検証する。

・対策

- ⑦ 更なるトラブル事例の収集・整理の手法、緊急（初期）対応策、恒久対応策、届出・

法規制との照合など具体的な進め方をまとめる。

具体的には、マニュアルへの反映の道筋を示す、その管理母体、管理方法を明示する、今後のトラブル発生時の処理、記録、マニュアルへのフィードバック手法を明示する。

尚、以上の取り上げる予定の実証テーマは、「NEDO 燃料電池・水素技術開発ロードマップ 2010」に盛り込まれていることを確認済みである。

以上を含めた実施内容の一覧を表 7.5-1 に示す。

7.5.3 実施スケジュール、設備コスト

7.5.3.1 主要課題の具体的な実施スケジュール

JHFC での実証期間終了後の 2011 年から 2015 年の FCV・水素インフラ普及開始までを次期実証研究の期間と想定すると、2015 年の普及開始時期と整合するために、前述した抽出課題は 2015 年までの約 5 年間の前半の 2~3 年間で達成し 2015 年までに実用に供することが必要になると考えられる。

実施スケジュールはこの考えを前提として検討を行なった。

表 8.5-2 に主要技術課題の具体的な実施スケジュール（案）を示す。

表中に記している実施体制は次の通りである。

- ・ JHFC ⇒ JHFC で 2010 年度までに実施する課題
- ・ NEDO 事業 ⇒ JHFC 以外の NEDO 事業との連携で実施する課題
- ・ 次期実証事業 ⇒ 次期実証の課題として実施する課題
- ・ その他の事業 ⇒ 開発などが伴う事業で、上記以外の体制で実施する課題

7.5.3.2 設備コスト

スケジュールに基づいて実証を行うために必要な年度毎の概略設備費試算（例）を表 8.5-3 にまとめた。但し新規に設置、或いは改造が発生する設備費用のみで、水素ステーションとしての運営費等は含まれていない。

また実証はある程度集中して行うことが効率的と考えられるので、一例としてこの計画（例）ではオフサイト型ステーションと海外品を組み合わせているが、組合せはこの（例）に限定されるものではない。

表 7.5-1 2015 年普及開始に向けた主要技術課題の具体的な実施例

(※) 課題の深掘り、スケジュール詳細化などを行う

テーマ別 主要技術課題	2010の実施内容	2015普及開始に向けた具体的な実施内容(例)
	～2010 (平22)	2011～2015 (平23～平27)
(1) トータルシステム技術の実証(社会実証との一部重複テーマは今後調整)		
① 充填車輛ピーク時の連続、多量充填への対応技術実証	課題整理(※)	<ul style="list-style-type: none"> 蓄圧器の数・容量、充填中の水素補充など、運用面の仕様検討、設計 複数バンク切替制御等、運転システムの検討 車輛運行と連携した実証
② 製造～走行まで一貫したオフサイトステーションの運用	課題整理	<ul style="list-style-type: none"> 製油所での出荷・輸送・貯蔵設備の設計、検討 ローリー配車など最適運用システムの検討 製造～走行までの一貫実証
③ 普及の広がりに有効な各タイプ商用インフラモデルの実証(社会実証課題と重複の場合は調整)	課題整理	<ul style="list-style-type: none"> 社会実証との整合を取り、各タイプステーションを設計、設置 コストダウン情報、機器開発情報などの提供(移動式、液体水素、有機ハイドライド含む) 車輛運行と連携した実証
(2) 高頻度・稼働、耐久性の実証(社会実証との一部重複テーマは今後調整)		
① 高稼働運転時の改質器能力(触媒寿命等)の実証	課題整理	<ul style="list-style-type: none"> 高稼働時、年間を通しての触媒寿命実証(@技術実証用ST)
② 改質器、圧縮機など発停が頻繁に行われる耐久性実証(DSS運転)	実証(@NEDO事業ST)	<ul style="list-style-type: none"> 圧縮機ヘッド部のOリングなど、部品等改良、交換周期などの検討 DSS運転時、発停を自動化する制御・システム化の検討 車輛運行と連携した実証
③ 非破壊検査による蓄圧器の稼働中検査の実証	課題整理	<ul style="list-style-type: none"> 稼働中の非破壊検査方法(AE、UT法等)の有効性検討 実証、及び信頼性の検証 定期検査簡素化に向けた情報整理
(3) 低コスト化ステーション技術の実証課題		
① 直接圧縮充填の実証、コストダウン	課題整理	<ul style="list-style-type: none"> 圧縮機メーカ、及び機器選定(海外メーカを含む) 3分充填の実証(圧縮機能力、配管圧損などの検討) 配管、弁類等付属機器の開発・実証 発停制御システムの実証 発停を繰返した際の耐久性実証 車輛運行と連携した実証
② 蓄圧器(70MPa)のコストダウン		<ul style="list-style-type: none"> 海外を含む情報収集(材料、工法) 工法開発(自緊法、焼きバメ法など) 容量大型化(300L以上)対応の新鋼材開発
③ 複合容器(40MPa以上)の開発、実証、コストダウン	工法開発	<ul style="list-style-type: none"> 大容量化などの工法開発、安全・信頼性検証 特認取得 法令化(容器側の圧力・容量アップ、特定則での使用制限除く)
④ 設計、基礎土木、据付工事のコストダウン	課題整理	<ul style="list-style-type: none"> 標準化、工法開発、スキッド化などによるコストダウンの評価 技術実証設備設置(又は改造)時、実証
(4) 70MPa技術の実証課題		
① 通信充填の実証	課題整理、開発	<ul style="list-style-type: none"> SAE TIR J2601基準連携、標準化 車輛との連携実証、評価 車輛運行と連携した実証
② 3分間充填の実証	課題整理、開発	<ul style="list-style-type: none"> 圧損対応(インフラ側、車輛側の双方対応) 自動化のための制御システム 改良開発、実証
③ プレクールの実証(-40℃の実現)	課題整理、開発	<ul style="list-style-type: none"> 基本仕様を決定し、低温耐久性、結露の影響評価など改良開発 技術実証用設備(ステーション)での実証
④ 緊急離脱カブラー、弁類など付属機器の実証	課題整理、開発	<ul style="list-style-type: none"> 耐久性評価を主とした改良開発、実証 技術実証用設備(ステーション)での実証
⑤ 規制の見直し(WG1提示11項目の対応)のための技術情報収集、提供	道筋策定	<ul style="list-style-type: none"> 鋼材に関する情報収集(海外を含む) 複合容器開発など開発データの収集 耐圧設計基準など、欧米基準との整合 市街地における水素保有量の増加 開放検査の周期延長、保安検査簡略化
(5) 70MPaフル充填技術の開発・実証課題		
① 70MPaフル充填 実現の前提	課題整理	<ul style="list-style-type: none"> フル充填STの実現時期明確化 規制見直しの課題解決(見直し) 技術課題の解決(見直し)
② 70MPaフル充填に対応可能な鋼材の開発、実証	課題整理	<ul style="list-style-type: none"> 鋼材選定、開発・導入の検討 NEDO事業との連携(機器検査、金属物性研究など)
③ 70MPaフル充填に対応可能な圧縮機直接充填の実証	課題整理	<ul style="list-style-type: none"> 圧縮機開発・導入の検討(含、海外品の調査、導入) 車輛運行と連携した実証
④ 70MPaフル充填に対応可能な付属機器の開発	課題整理	<ul style="list-style-type: none"> 機器開発・導入の検討(含、海外品の調査、導入) 工法開発
⑤ 【35MPa】フル充填対応	課題整理	<ul style="list-style-type: none"> フル充填実現のステップ(ロードマップ)検討 通信充填、鋼材などの実現課題対応 技術実証用設備(ステーション)での実証

表 7.5-2 主要技術課題の具体的な実施スケジュール

普及開始に向けた主要技術課題の具体的な実施(例)
【スケジュール】

実施体制	JHFC2	
	NEDO事業	水素製造・輸送・貯蔵システム技術開発
	次期実証事業	技術実証事業体制
	(他事業)	(未定、体制は今後検討)

(※) 課題の深堀り、詳細スケジュールの検討を行う

テーマ別 主要技術課題	具体的な実施内容(例)	2010	2011	2012	2013	2014	2015	
		(平22)	(平23)	(平24)	(平25)	(平26)	(平27)	
		JHFC2他	2015普及開始に向けた具体的な実施内容(例)					
(1) トータルシステム技術の実証(社会実証との一部重複テーマは今後調整)								
① 充填車輛ピーク時の連続、多量充填への対応技術実証	<ul style="list-style-type: none"> 蓄圧器の数・容量、充填中の水素補充など、運用面の仕様検討、設計 複数バンク切替制御等、運転システム検討 車輛運行と連携した実証 		仕様検討、設計	システム検討		車輛連携実証	商業化判断	
② 製造～走行まで一貫したオフサイトステーションの運用	<ul style="list-style-type: none"> 製油所での出荷・輸送・貯蔵設備の検討 ローリー配車など最適運用システム検討 製造～走行までの一貫実証 	課題整理(※)	設備検討	システム検討		一貫実証		
③ 普及の広がりに有効な各タイプ商用インフラモデルの実証	<ul style="list-style-type: none"> 社会実証との整合を取り、各タイプステーションを設計、設置 コストダウン情報、機器開発情報などの提供 車輛運行と連携した実証 		設備検討・設置(移動式、液水、有機ハイドライド)	情報収集、提供		車輛連携実証		
(2) 高頻度・稼働、耐久性の実証(社会実証との一部重複テーマは今後調整)								
① 高稼働運転時の改質器能力(触媒寿命等)の実証	<ul style="list-style-type: none"> 高稼働時、年間を通しての触媒寿命実証(※技術実証用ST) 			情報収集、提供		実証		商業化判断
② 改質器、圧縮機など発停が頻繁に行われる耐久性実証(DSS運転)	<ul style="list-style-type: none"> 圧縮機ヘッド部のリングなど、部品等改良、交換周期などの検討 DSS運転時、発停を自動化する制御システム化の検討 車輛運行と連携した実証 	課題整理(※)	情報収集、提供	圧縮機実証検討		車輛連携実証		
③ 非破壊検査による蓄圧器の稼働中検査の実証	<ul style="list-style-type: none"> 定期検査簡素化に向けた情報整理 稼働中の非破壊検査方法(AE、UT法等)の有効性検討 実証、及び信頼性の検証 		情報収集、基準案作成・折衝	技術実証用STの設置		検査方法の見直しが必要な場合に検討		
(3) 低コスト化ステーション技術の実証課題								
① 直接圧縮充填の実証、コストダウン	<ul style="list-style-type: none"> 圧縮機メーカー、及び機器選定 配管、弁類等付属機器の開発・実証 発停制御システムの実証 発停を繰返した際の耐久性実証 車輛運行と連携した実証 	開発	開発	開発	開発	圧縮機実証検討、実証ST設置		車輛連携実証
② 蓄圧器(70MPa)のコストダウン	<ul style="list-style-type: none"> 海外を含む情報収集(材料、工法) 工法開発(自緊法、焼きバメ法など) 容量大型化対応の新鋼材開発 	開発	情報収集	工法開発	新鋼材探索、開発		車輛連携実証	
③ 複合容器(40MPa以上)の開発、実証、コストダウン	<ul style="list-style-type: none"> 大容量化などの工法開発、安全・信頼性検証 	開発	工法開発、信頼性評価					
④ 設計、基礎土木、据付工事のコストダウン	<ul style="list-style-type: none"> 標準化、工法開発、スキッド化などによるコストダウンの評価 技術実証設備設置(又は改造)時、実証 	開発	コストダウン方策検討、評価			実証(※技術 or 社会実証用S)		

テーマ別 主要技術課題	具体的な実施内容(例)	2010	2011	2012	2013	2014	2015
		(平22)	(平23)	(平24)	(平25)	(平26)	(平27)
		JHFC2他	2015普及開始に向けた具体的な実施内容(例)				
(4) 70MPa技術の実証課題							
① 通信充填の実証	<ul style="list-style-type: none"> SAE TIR J2601基準連携、標準化 車輦との連携実証、評価 車輦運行と連携した実証 	課題整理(※) 評価試験 (@Hysef)	評価試験 (@Hysef) 車輦との連携実証、安全性評価 35MPa実証、評価	SAE基準連携、標準化			
② 3分間充填の実証	<ul style="list-style-type: none"> 圧損対応 (インフラ側、車輦側の双方対応) 自動化のための制御システム 技術実証用設備(ステーション)での実証 	実証、課題整理(※)	圧損対応、充填外時間短縮 制御システム(圧縮、差圧の切替など) 技術実証用ST準備(開発と併行)				3分間充填実現 へ順次適用
③ ブレックルの実証 (-40℃の実現)	<ul style="list-style-type: none"> 基本仕様を決定し、低温耐久性、結露の影響評価など改良開発 技術実証用設備(ステーション)での実証 	実証、課題整理(※) 開発	仕様確定、標準化 安全性検証 機器設置箇所 機器信頼性 結露、氷結対策 システム開発 技術実証用ST準備(開発と併行)				実証 (@ 技術実証用ST)
④ 緊急離脱カプラー、弁類など付属機器の実証	<ul style="list-style-type: none"> 耐久性評価を主とした改良開発、実証 技術実証用設備(ステーション)での実証 	実証、課題整理(※) 開発	弁類の耐久性 高圧機器開発(コリオリ流量計、流量調節弁、遮断弁) 緊急離脱カプラー 輸入品採用(充填カップリング、緊急離脱カプラー) 技術実証用ST準備(開発と併行)				実証 (@ 技術実証用ST)
⑤ 規制の見直し (WG1提示11項目対応のための技術情報収集、提供)	<ul style="list-style-type: none"> 鋼材に関する情報収集(海外を含む) 複合容器開発 など開発データの収集 耐圧設計基準など、欧米基準との整合 市街地における水素保有量の増加 開放検査の周期延長、保安検査簡略化 	道筋策定 見直し検討	金属材料データ収集 特認取得/事前評価 設計基準の係数 水素量増加 検査周期延長、簡略化	欧米基準との整合 標準化、例示基準			例示基準、法令化 フル充填STの実現 (基準温度見直しは、2015年以降も継続)
(5) 70MPaフル充填技術の開発・実証課題							
① 70MPaフル充填実現の前提	<ul style="list-style-type: none"> フル充填STの実現時期 規制見直しの課題解決(見直し) 技術課題の課題解決(見直し) 	課題整理(※)	材料の拡大、耐圧基準見直し 技術開発 or 導入				フル充填STの実現
② 70MPaフル充填に対応可能な鋼材の開発、実証	<ul style="list-style-type: none"> 鋼材選定、開発・導入検討 NEDO事業との連携(検査機器、金属物性研究など) 	課題整理(※)	技術開発 or 導入 NEDO事業との連携				
③ 70MPaフル充填に対応可能な圧縮機直接充填の実証	<ul style="list-style-type: none"> 圧縮機開発・導入検討 実証 	課題整理(※)	技術開発 or 導入				実証
④ 70MPaフル充填に対応可能な付属機器の開発、実証	<ul style="list-style-type: none"> 技術開発・導入検討 工法開発 	課題整理(※)	技術開発 or 導入				工法開発、改良
⑤ 【35MPa】フル充填対応	<ul style="list-style-type: none"> フル充填実現のステップ 通信充填、鋼材などの実現課題対応 技術実証用設備(ステーション)での実証 	ステップ確定 課題整理(※)	課題対応 技術実証				

商業化判断

表 7.5-3 設備コスト

技術実証ステーション計画(費用例)

単位: 百万円

		2011年度		2012年度		2013年度		2014年度		2015年度		
70MPa	海外品 (オフサイト)	・規制見直し	運用調査・検討	30								
			計	30								
		・海外品圧縮機 ・ブレッカー ・通信充填				圧縮機	120					
							ブレッカー	40				
							ディスベンサー	40				
					工事・設計費等	100						
		計			計	300						
	・ローダー受け入れ対応				水素トレーラー	50						
					計	50						
		中計	30		中計	350						
	国産品 (オンサイト)	・海外品圧縮機 ・ブレッカー ・通信充填					圧縮機	120				
							ブレッカー(増強)	30				
							工事費等	50				
							計	200				
		中計			中計	200						
移動式	・液体窒素方式ブレッカー (-40℃) ・35MPaフル充填	ブレッカー	20									
		通信充填設備	30									
		計	50									
	中計	50										
有機ハイドライド	・有機ハイドライド脱水素 ・充填設備設置					複合容器	40	水素製造装置	150			
								タンク	20			
									圧縮機	50		
									工事	80		
								計	40	計	300	
	中計			中計	40	中計	300					
液水	・70MPa化	液水ポンプ	100									
		蒸発器	30									
		ディスベンサー	40									
		付属機器、工事費	100									
		計	270									
		中計	270									
合計		350		590		300						
35MPa	高稼働・耐久性	模擬ユニット	20									
		バンク、圧縮機等	30									
		計	50									
		中計	50									
	CO2分離	設備改造	20									
CO2回収装置		80										
計		100										
	中計	100										
	合計		150		0							
総合計		500		590		300						

70MPaフル充填は未計上

7.6 まとめ

JHFC2 の成果と課題を整理し、JHFC2 以外の水素に関連する NEDO 事業も横断的に参照しつつ、次期実証計画への技術課題をまとめた。

まず現在稼動している水素ステーションの運用状況、水素関連 NEDO 事業内容との関連調査を踏まえて、実証研究として取り組んできている約 300 項目の技術課題を抽出した。(300 項目の技術課題は参考資料に収録した。)

次にこれらの技術課題の中から、JHFC2 の成果として達成された技術内容と今後 FCV 普及に向けて解決すべき課題を整理し、併せて課題解決のための具体的な方策を立案した。課題整理に際しては、方針となる FCV 普及に向けた技術課題検討の基本的な考え方を策定し、各論である上記の今後解決すべき課題・具体的な方策との整合性を図った。

さらに方策の概略スケジュールとその実施のために必要なコストを次期実証計画への提言として取りまとめた。

以上の結果、JHFC2 の実証期間を通して計画通りの実証研究が遂行され、水素・燃料電池自動車に係る 35MPa 関連技術課題はほぼ達成されてきていることが明らかになった。一方 70MPa 関連技術については、実証研究ステーションを 2008 年度（平成 20 年度）下期から運用開始して鋭意諸課題に取り組む成果へつなげてきているものの、一部の課題については取組みの途上にある。

次期実証計画への提言では、世界的な流れとなっているこれらの 70MPa 関連技術を中心とした課題を以下の 5 つの主要テーマに整理し、その提言内容とした。以下に 5 テーマと共に、それらの中で特に着目すべき主な実証課題を併記した。

これらの課題を解決することで、2015 年の FCV 普及に備えた効果的な実証研究が達成されるものと確信している。

- (1) トータル水素供給システム技術の実証
 - ・ オフサイト型水素ステーションの実用化を目指した、効率的な水素輸送手段の実証
- (2) 高頻度・稼動、耐久性の実証
 - ・ 普及期にステーション稼働率が向上することに備えた実証
- (3) 低コスト化ステーションの実証
 - ・ 海外品の導入・採用による低コスト化
 - ・ 基礎土木、据付工事の合理化による低コスト化
- (4) 70MPa 技術の実証
 - ・ 規制見直し活動と連携した 70MPa 技術の実証
- (5) 70MPa フル充填技術の実証
 - ・ 70MPa、35MPa 共に、通信充填を用いたフル充填技術の実証

8. 成果の公表(2006～2010年)

論文発表

2006年(平成18年)

- 1)平野出穂、戸室仁一、「今後の課題及び今後の実証試験について」、エネルギー・資源、27, (6), 32, (2006)
- 2)岡本歩、久保山孝治、戸室仁一、「JHFC 水素ステーションの建設および運用結果」、エネルギー・資源、27, (6), 14, (2006)
- 3)渡辺知絵、「平成17年度JHFCセミナー(第4回)ー水素・燃料電池実証プロジェクトー」、自動車研究、28, (6), 239-242, (2006)
- 4)荻野法一、「JHFC セントレア水素ステーション開所記念「FCVこども学習教室」開催」、自動車研究、28, (9), 557, (2006)
- 5)平野出穂、「水素・燃料電池実証プロジェクト(JHFC)の成果と課題」、月刊 地球環境、37, (7), 108-112, (2006)
- 6)平野出穂、「IPHE Technical Achievement Award 受賞報告」、自動車研究、28, (10), 591-592, (2006)
- 7)矢野久、「JHFC 夏休み親子教室開催結果報告ー燃料電池と水素エネルギー」、自動車研究、28, (10), 593-595, (2006)
- 8)増永邦彦、「特集 燃料電池自動車実現へのマイルストーン：JHFC プロジェクトの総括と今後の方向ーJHFC プロジェクトの全体概要ー」、エネルギー・資源、27,(6), 383-386, (2006)
- 9)平野出穂、「特集 燃料電池自動車実験へのマイルストーン：JHFC プロジェクトの総括と今後の方向ー今後の話題及び今後の実証試験についてー」、エネルギー・資源、27,(6), 409-411, (2006)
- 10)井関英治、「特集 燃料電池自動車実験へのマイルストーン：JHFC プロジェクトの総括と今後の方向ー燃料電池車の試験結果ー」、エネルギー・資源、27,(6), 387-390, (2006)
- 11)丹下昭二、「特集 燃料電池自動車実験へのマイルストーン：JHFC プロジェクトの総括と今後の方向ー海外におけるFCV 実証試験動向ー」、エネルギー・資源、27,(6), 405-408, (2006)
- 12)荻野法一、「特集 燃料電池自動車実験へのマイルストーン：JHFC プロジェクトの総括と今後の方向ー総合効率検討結果ー」、エネルギー・資源、27,(6), 396-400, (2006)
- 13)渡辺知絵、「特集 燃料電池自動車実験へのマイルストーン：JHFC プロジェクトの総括と今後の方向ーJHFC 水素・燃料電池実証プロジェクト広報活動」、エネルギー・資源、27,(6), 401-404, (2006)
- 14)荻野法一、「燃料電池車の Well to Wheel 総合効率評価結果」、2006年夏号, 96-102, (2006)

2007年（平成19年）

- 15)久保山孝治、戸室仁一、「固定ステーションの現状」、水素利用技術集成, 3, 512-524, (2007)
- 16)エンジニアリング振興協会、「水素ステーションの建設と運用（JHFC プロジェクト）」, The OSTEC, 16, (4), 20-21, (2007)
- 17)岩瀬孝邦、「自動車業界における燃料電池自動車関係の開発概況」、燃料電池開発情報センター年報 2007, FCDIC 年報 2007 年度版, 34-37, (2007)
- 18)渡辺知絵、「平成 18 年度 JHFC セミナー（第 5 回）」, 自動車研究, 29, (6), 273-275, (2007)
- 19)岩瀬孝邦,『プロジェクト紹介 第 2 期 JHFC プロジェクト』JHFC1 の実績と JHFC2 の展望, 自動車研究, 29, (6), 237-241, (2007)
- 20)丹下昭二,「日本における水素・燃料電池実証試験の現状と課題－JHFC1 の成果と JHFC2 の取り組み－」, FC EXPO 2007 FC-5, 前刷り集, (2007)
- 21)岩瀬孝邦,「FCV Demonstration Project in Japan」, 第 3 回 IEA-IPHE ワークショップ（上海）, 講演会前刷 CD, (2007)

2008年（平成20年）

- 22)久保山孝治、岡本歩、山下ゆみ、戸室仁一,「水素ステーションの最新動向」, 自動車研究, 30, (7), (2008)
- 23)丹下昭二,「燃料電池自動車を取り巻く欧米動向調査報告」, 自動車研究, 30, (7), 307-311, (2008)
- 24)渡辺知絵,「JHFC プロジェクト広報活動報告」, 自動車研究, 30, (7), 369-372, (2008)
- 25)岩瀬孝邦,「燃料電池自動車実証研究の意義と活動」, 自動車研究, 30, (7), 313-318, (2008)
- 26)丹下昭二,「国内外における FCV の開発状況および水素インフラの整備状況」, 燃料電池, 2008 年冬号, 6-11, (2008)
- 27)岩瀬孝邦,「自動車業界における燃料電池自動車関係の開発概況」, FCDIC 年報, 2008 年度版, 42-45, (2008)
- 28)丹下昭二,「Current Status of FCV Development and Future Outlook for FCVs」, Review of Automotive Engineering, 29, (4), 455-461 (2008)
- 29)岩瀬孝邦,「Japanese H&FC Public Relations and Educational Activities in JHFC Project」, International Hydrogen Energy Conference (WHEC 2008), 講演会前刷 CD, (2008)

2009年（平成21年）

- 30)戸室仁一,「水素ステーションの仕組みと実証試験状況」, OHM, 96, (1), (2009)
- 31)久保山孝治,「水素ステーションの高圧化と安全対策」, 化学工学, 73, (11), (2009)
- 32)渡辺知絵,「Outreach Activities on JHFC 2」, EVS 24（電気自動車国際シンポジウム）, 講演会前刷 CD, (2009)
- 33)荻野法一,「水素製造プラントの最新技術動向（JHFC の取り組み）」, Web マガジン「Motor Ring No.29」, 2009 年 10 月号, (2009)

- 34)西尾元治,「FCVならびにその実証試験の最新動向」,自動車研究, 31, (7), 305-308, (2009)
- 35)渡辺知絵,「JHFC プロジェクト理解促進活動報告」,自動車研究, 31, (7), 329-332, (2009)
- 36)丹下昭二,「燃料電池自動車の国内・海外開発動向と JHFC の取り組み」,OHM, 96 号, 17-21, (2009)
- 37)三枝省五,「水素・燃料電池自動車の現状と今後の普及に向けた取り組み」,エンジンテクノロジーレビュー, 1, (5), 38-44, (2009)

2010 年 (平成 22 年)

- 38)西尾元治,「燃料電池車を含んだ環境対応車の開発状況」,燃料電池, 9, (3), 6 (2010)
- 39)三枝省五,「欧米における燃料電池自動車動向」,自動車研究, 32, (6), 283-286, (2010)
- 40)矢野勝,「FCV・水素インフラの最新動向ーJHFC2 実証プロジェクトの進捗ー」,自動車研究, 32, (7), 333-339, (2010)
- 41)渡辺知絵,「FC EXPO 2010 における JHFC プロジェクト理解促進活動」,自動車研究, 32, (7), 389-393, (2010)
- 42)三枝省五,「燃料電池自動車の技術実証の取り組み」,第 2 2 回電磁力関連のダイナミクスシンポジウム,会前刷集, 266-267, (2010)
- 43)三枝省五,「FCV の技術実証(JHFC) と海外動向」,自動車技術会春季大会,会前刷集, (2010)
- 44)菊池和廣,「JHFC プロジェクトについて」,エネルギーと動力,2010 年春号, (274), (2010)
- 45)阿部正,「JHFC プロジェクト総括」,水素エネルギーシステム, 35, (3), 4 (2010)
- 46)戸室仁一,「海外の水素ステーション」,水素エネルギーシステム, 35, (3), 18 (2010)
- 47)山村俊行,「水素・燃料電池自動車の実証研究ーJHFC プロジェクト概説ー」,ペトロテック, 33, (12), 912 (2010)

口頭発表

2006年（平成18年）

- 1)宮下修,「JHFC Hydrogen Station Demonstrations in Japan」, IPHE WORKSHOP, (2006)
- 2)戸室仁一,「JHFC 水素・燃料電池プロジェクト 水素ステーションの概要と今後の展開」, 燃料電池自動車・水素ステーション実証試験支援フォーラム, (2006)
- 3)久保山孝治,「JHFC Hydrogen Station Demonstrations in Japan」, International Symposium on the Development and Application of Hydrogen Energy in China, (2006)
- 4)岡本歩,「JHFC 水素ステーションの現状と課題」, 第6回山口燃料電池研究会『燃料電池自動車の動向と未来』, (2006)
- 5)宮下修,「JHFC Hydrogen Station Demonstrations in Japan」, IEA/Annex18 第6回会議, (2006)
- 6)戸室仁一,「JHFC 水素・燃料電池実証プロジェクト（水素ステーション領域）」, 福岡水素エネルギー社会近未来展 2006 燃料電池・水素技術展&セミナー, (2006)
- 7)久保山孝治,「JHFC 水素ステーションの建設と運用結果」, 平成18年度エネルギー特別講座, (2006)
- 8)戸室仁一,「JHFC 水素・燃料電池実証プロジェクト 水素インフラ等実証研究について」, 地域新エネルギーセミナー 燃料電池の利用と今後の展開・期待V, (2006)
- 9)平野出穂,「IPHE Education and Training Activities, and E&T Work in Japan」, Education Training Session, (2006)
- 10)平野出穂,「水素・燃料電池実証プロジェクトの進捗状況とこれからの展開」, JPI 研究セミナー, (2006)
- 11)荻野法一,「JHFC プロジェクトについて 燃料電池車の現状と課題」, 山口県燃料電池研究会, (2006)
- 12)平野出穂,「自動車業界における燃料電池車関係の開発概況」, 日本における燃料電池の開発 Fuel Cell RD&D in Japan 2006, (2006)
- 13)平野出穂,「燃料電池自動車の開発動向」, 神奈川科学技術アカデミー教育講座「燃料電池の基礎から応用まで」, (2006)
- 14)平野出穂,「水素・燃料電池実証プロジェクト（JHFC）/燃料電池自動車実証研究について」, NEDO 北海道支部 地域新エネルギーセミナー～燃料電池の利用と今後の展開・期待～, (2006)
- 15)丹下昭二,「The Japanese Way to a Hydrogen Society-JHFC Project」, CUTE Congress Hamburg, (2006)
- 16)丹下昭二,「Current Status of JHFC Demonstration Project and Alternative-energy Powered Vehicles in Japan」, Hydrogen Fuel Cells and Alternative Transport Energies Conference, (2006)
- 17)増永邦彦,「JHFC プロジェクトの全体概要」, エネルギー・資源学会 エネルギー特別講座, (2006)
- 18)丹下昭二,「海外における FCV 実証試験の動向」, エネルギー・資源学会 エネルギー特

別講座, (2006)

- 19) 荻野法一, 「Well to Wheel 総合効率検討結果」, エネルギー・資源学会 エネルギー特別講座, (2006)

2007年(平成19年)

- 20) 戸室仁一, 「JHFC 水素・燃料電池実証プロジェクト 水素インフラ等実証研究について」, 4回「水素供給インフラ技術委員会」, (2007)
- 21) 戸室仁一, 「JHFC 水素・燃料電池実証プロジェクト -フェーズIIが始動-」, エン振協成果発表会 2007, (2007)
- 22) 久保山孝治, 「水素および水素ステーションについて」, JAEF 技術研修会, (2007)
- 23) 久保山孝治, 「JHFC 水素・燃料電池実証プロジェクト (水素ステーション領域)」, 福岡水素エネルギー社会近未来展 2007 技術セミナー, (2007)
- 24) 久保山孝治, 「水素および水素ステーションについて」, 水素安全勉強会, (2007)
- 25) 戸室仁一, 「燃料電池自動車の普及に向けた取組」, 豊田市 中小企業研修会 燃料電池自動車セミナー, (2007)
- 26) 丹下昭二, 「各国で行われている燃料電池自動車の実証試験と得られている技術的知見」, 自動車技術会 燃料電池部門委員会シンポジウム「自動車用燃料電池の技術開発と安全性・国際基準化など周辺基盤技術開発の現状」, (2007)
- 27) 岩瀬孝邦, 「Overview of Japan Hydrogen & Fuel Cell Demonstration Project」, 2nd China International Hydrogen Forum, (2007)

2008年(平成20年)

- 28) 山下ゆみ, 「JHFC Hydrogen Station Demonstrations」, International Forum "Hydrogen Technologies for Developing World", (2008)
- 29) 久保山孝治, 「水素ステーションの動向」, JHFC メディア説明会, (2008)
- 30) 戸室仁一, 「70MPa 水素ステーション実証試験」, JHFC プロジェクト 70MPa 実証試験開始式, (2008)
- 31) 吉丸拓司, 「G8 洞爺湖サミット参加 JHFC 水素ステーションについて」, エコプロダクツ東北 2008, (2008)
- 32) 戸室仁一, 「JHFC 水素・燃料電池実証プロジェクト (水素ステーション領域)」, 福岡水素エネルギー社会近未来展 2008 技術セミナー, (2008)

2009年(平成21年)

- 33) 戸室仁一, 「JHFC 水素ステーションの 70MPa 化」, 水素社会システム・実証検討分科会、燃料電池要素研究分科会、平成 20 年度研究分科会 (第 3 回), (2008)
- 34) 戸室仁一, 「Hydrogen Stations -JHFC Activities in FY2008-」, IPHE 11th ILC Meeting, (2009)
- 35) 金子彰一, 「Current Status of JHFC Project」, AHEC2009(the 10th Asian Hydrogen Energy Conference)), (2009)

- 36)宮下修,「Current Status of JHFC Project」, IEA/Annex22, (2009)
- 37)戸室仁一,「JHFCプロジェクト水素ステーション領域」,第16回燃料電池シンポジウム,
(2009)
- 38)金子彰一,「水素ステーションの動向」,JHFCメディア記者会,(2009)
- 39)ENAA & JARI,「燃料電池システム等実証研究 -平成20年度JHFCプロジェクト-」,
NEDO 成果報告シンポジウム,(2009)
- 40)戸室仁一,「水素・燃料電池実証プロジェクト(JHFC)の新展開」,エン振協成果発表会2009,
(2009)
- 41)金子彰一,「JHFCプロジェクトの最新状況」,日本船舶技術協会 代替燃料インフラ 第
1回WG会議,(2009)
- 42)宮下修,「Current Status of Hydrogen Infrastructure Development in Japan -JHFC 2 Project-」,
ISO/TC197 the 18th Plenary Meeting,(2009)
- 43)戸室仁一,「JHFCプロジェクトにおける水素ステーションの整備運用状況」,化学工学
会 第5回ホットな話題の講演会「燃料電池の最前線」,(2009)
- 44)金子彰一,「JHFC水素ステーションにおける水素製造と供給」,(社)自動車技術会 ガス
燃料エンジン部門委員会,(2009)
- 45)三枝省五,「Current Status of Hydrogen and Fuel Cell Vehicles and their Demonstration Project
in Japan」,Autobrane,(2009)

2010年(平成22年)

- 46)金子彰一,「水素ステーションの実用性検証(JHFC)と海外動向」,(社)自動車技術会
2010年度春季フォーラム,(2010)
- 47)金子彰一,「JHFCプロジェクトの最新技術動向と今後の展望」,第285回塑性加工シン
ポジウム,(2010)
- 48)戸室仁一,「JHFC Project Activities in FY 2009」,IPHE Forum,(2010)
- 49)宮下修,「Current Situation of FCV & Hydrogen Infrastructure in Japan (JHFC Project in
FY2009)」,IEA/HIA Annex 28 (Large-Scale Hydrogen Infrastructure),(2010)
- 50)戸室仁一,「JHFC(Japan Hydrogen & Fuel Cell) Demonstration Project Current Status Report」,
AIChE Annual Meeting,(2010)
- 51)戸室仁一,「JHFC燃料電池車実証試験プロジェクト」,長野県テクノ財団水素化社会研
究会,(2010)

燃料電池システム等実証研究事業

(第2期 JHFC プロジェクト)

報告書

平成23年3月

財団法人 石油産業活性化センター
東京都港区虎ノ門四丁目3番9号
電 話 03-5402-8506

財団法人 日本自動車研究所
東京都港区芝大門一丁目1番30号
電 話 03-5733-7926

財団法人 エンジニアリング振興協会
東京都港区西新橋一丁目4番6号
電 話 03-3502-4444

社団法人 日本ガス協会
東京都港区西新橋一丁目1番3号
電 話 03-3502-0113

本報告書は、経済産業省と独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構の進める助成事業「燃料電池システム等実証研究」で実施した成果をまとめたものである。