

【提言】次世代軽水炉（次世代 PWR・次世代 BWR）の新增設・リプレース

令和3年5月10日

日本原子力学会シニアネットワーク連絡会
・エネルギー問題に発言する会
有志（牧 英夫、金氏 顯、早瀬佑一）

【要旨】

2050年カーボンニュートラルは電力の安定供給と経済性向上の同時達成が必要である。そのためには2050年までに福島第一原子力発電所事故の教訓を反映した次世代軽水炉を30GW規模で新增設・リプレースする必要がある。

原子力産業界および学会では、近い将来の新設に備えて次世代軽水炉の基本設計の検討が進められている。その状況を踏まえて、2050年までに約30GWの次世代軽水炉を建設するためのマスタースケジュールを提案する。原子力を取り巻く環境は極めて厳しく、計画実現のために解決すべき課題が山積しており、猶予は無い。

【はじめに】

2050年における原子力発電寄与率1/3の堅持

2050年カーボンニュートラル達成に向け、原子力発電寄与率1/3を目標とする必要があることを“【提言】2050年電力ベストミックスの初期目標は再エネ・原子力・火力各1/3とせよ”⁽¹⁾で述べた。以下、その目標を達成する為の準備状況と提言内容について述べる。

次世代軽水炉の基本設計の見通しは得られている

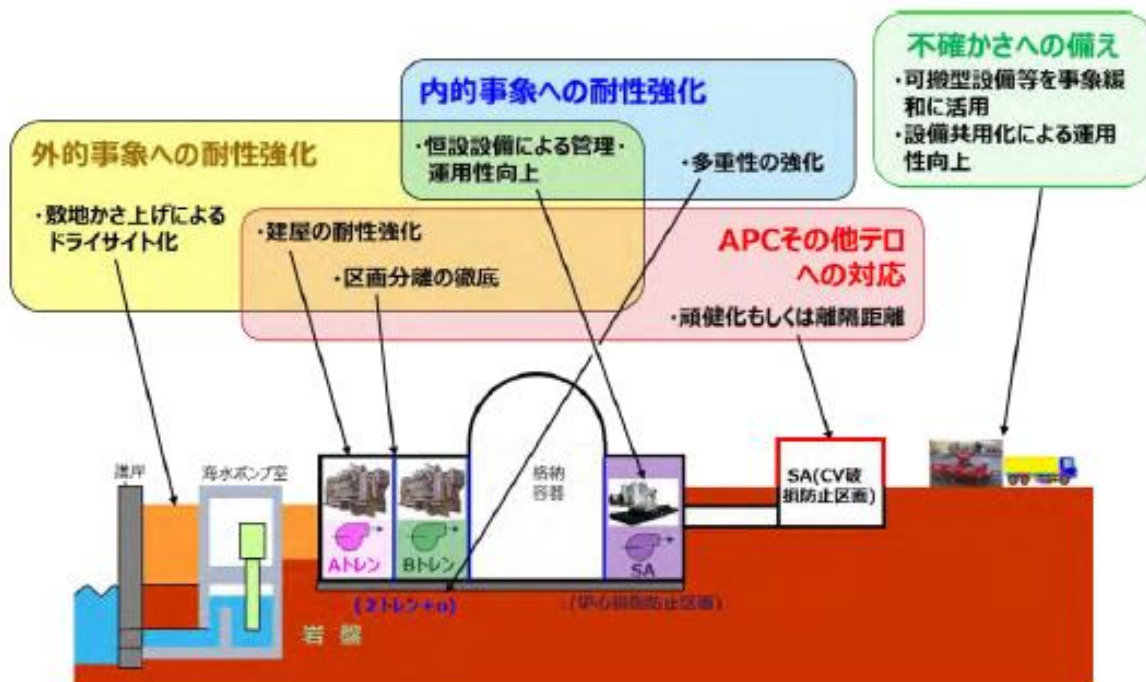


図1 新增設でこそできる合理的でかつ安全性向上を目指す技術要件

- 既に開発されている改良型軽水炉 APWR および ABWR は、我が国の原子力発電技術を結集した完成度の高い軽水炉であり、性能目標として使用期間 80 年超、設備利用率 90%超、負荷追従運転などが造り込まれている。また ABWR の初号機である柏崎刈羽 6, 7 号機の建設実績は世界的にも高く評価されている。(注記 1 参照)

- 国内プラントメーカーは、福島第一原子力発電所事故の教訓を反映して安全性を向上させた次世代軽水炉を設計し、海外市場へ挑戦した実績がある。そのプロセスにおいて“シビアアクシデント防止の強化”、“シビアアクシデント対策”、“テロ対策”などを織り込んだ我が国の新規規制基準に準拠した次世代軽水炉基本設計の原型を構築することができた。
- 日本原子力学会は近い将来の新增設を念頭に置き、基本設計段階から新規規制基準の要件を織り込むことにより合理的でかつ安全性を高めることができる「次期軽水炉の技術要件について」を取り纏めた。図1に新增設炉でこそこできる合理的でかつ安全性向上を目指す技術要件を示す。その技術要件は次世代 PWR および次世代 BWR に共通して適用できる。⁽⁷⁾

【提言1】 国による原子力発電施設新增設・リプレースの必要性明示

- 再稼働および建設中 3 機の稼働が期待される原子力発電能力は、2050 年における全発電量の 14%程度と推定される。2050 年に原子力発電の寄与率 1/3 を堅持するためには約 30GW の新增設・リプレースが必要となる。⁽¹⁾
- したがって、我が国の目標である 2050 年カーボンニュートラルを達成する為には、国による原子力発電施設新增設・リプレースの必要性明示が不可欠である。

【提言2】 次世代軽水炉新增設・リプレースのマスタースケジュール(案)

- 新增設・リプレースのマスタースケジュール(案)を図に示す。

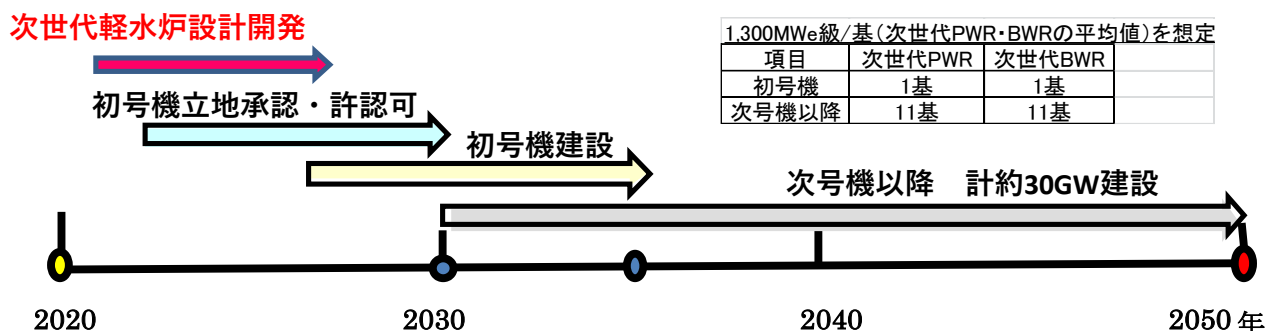


図1 次世代軽水炉新增設・リプレースのマスタースケジュール(案)

- 我が国では過去に約 30 年間で 54 基の原子力発電所を建設した実績がある。上記マスタースケジュールはその実力範囲内である。
- 福島第一原子力発電所事故以降に廃炉となった原子力発電施設は 24 基にのぼる。そのリプレースを考慮に入れると、24 基の立地点は現在電力会社各社の保有地内で収まる範囲である。

【提言3】 欧米における原子力発電施設の新増設再開における誤算と我が国の解決すべき課題

米国では 40 年、欧州では 14 年の空白期間の後に新增設に着手したが、いずれのプラント建設においても大幅な工期延長と、当初予算の 3 倍にも及ぶ建設費に苦しんでいる。その主たる原因は、空白期間が長期化したことにより規制当局を含めた組織全体の機能不全及びサプライチェーンが技術劣化により崩壊していたためと分析されている。(注記2参照)

欧米と同じ轍を踏まぬために、直ちに初号機に着手し、原子力産業界を再構築した後、毎年2基ずつ建設するスケジュールとした。原子力を取り巻く環境は極めて厳しく、解決すべき課題は下記の通りである。(注記3参照)

- ① 我が国の原子力サプライチェーンの骨格は、プラントメーカー3社、原子力特有の技術を保有する約400社からなる。最初の次世代PWRおよび次世代BWR各1基の設計開発期間(7年間)では、詳細設計の完成度を高め、Test before Useを徹底するプロセスを通じてサプライチェーンの品質保証体制を確立する。高度な技術者・技能者集団の再構築が急がれる。
- ② 『より高度な3E+S』を目指すためには原子力規制改革が不可欠である。審査監視・不服申し立て制度導入、審査スピードの向上、審査予見性・安定性の向上などである。
- ③ 国は、原子力損害賠償法の「有限責任+国家補償」への改訂、原子炉使用期間40年法の廃止などを実現すべきである。また、原子力投資環境の整備も欠かせない。

以上

(注記1) 高い評価を得た ABWR 初号機 柏崎刈羽6, 7号機の建設⁽²⁾

OECD/NEAは、建設費を低減するためのガイドブックを出版した。その中で新設計の原発を初号機から予定した工期で、予算通りの建設費で完成させた模範例として挙げたのが、我が国の第3次改良標準化で開発されたABWRの初号機である柏崎刈羽6, 7号機の建設である。成功の主な要因は下記の通りである。

- ・ 国/電力事業者/プラントメーカー/サプライチェーンが一体となって開発
- ・ 着工前の詳細なエンジニアリング
- ・ 実機適用前のTest-before-Useの徹底
- ・ 詳細な仕様書付きの早期購入契約
- ・ 革新的な改良建設工法を開発

(注記2) 欧米における原発新增設再開における誤算⁽²⁾⁽⁴⁾⁽⁵⁾

米国では新規原発建設の発注が1978年を最後に途絶えていたが、2013年にVogtle3,4号に着工した。欧州では14年ぶりに2003年にOlkiluoto3に、2005年にFlamanville3に着工した。

その後の欧米における新規原発建設状況を添付表2に示す。工期延長の直接的原因で共通しているのは、設計の未熟さを起点として相次ぐ品質保証問題が続発、安定性・予見性に欠ける規制、大規模でかつ問題続発時のプロジェクト管理の力量不足などである。

その根底には原発新設空白期間が長期化したことにより規制当局を含めた組織全体の機能不全およびサプライチェーンが技術劣化により崩壊していたためと分析されている。

添付表2 欧米における工期長期化

プラント名称	工期(年)	
	当初計画	実績予想
Vogtle3,4(US)	4	8~9
Olkiluoto3(フィンランド)	5	16
Framanville-3(フランス)	5	15

品質保証問題が多発すると建設直接費が増加するのは当然であるが、加えて工期長期化に伴う建設間接費と資本コストが増加する。その結果、

これら欧米における4プラントの建設費は約10,000US\$/kWeに及んだ。一方、原発新設が継続的に行われているロシア、中国およびUAE(韓国メーカーが建設)での建設費は約3,000US\$/kWeとされている。

Olkiluoto3およびFlamanville3の建設を行ったアレバは経営危機に陥った。フランス政府はこれを重大に受け止め、アレバから原子炉、サービスおよび燃料製造の部門を切り離し、2018年にEDF(フランス電力)の子会社としてフラマアトムを発足させた。フラマアトムは今後もEPRを建設し続けるのは困難と判断し、安全性確保を前提とした建設費30%削減を目指して改良型のEPR2の

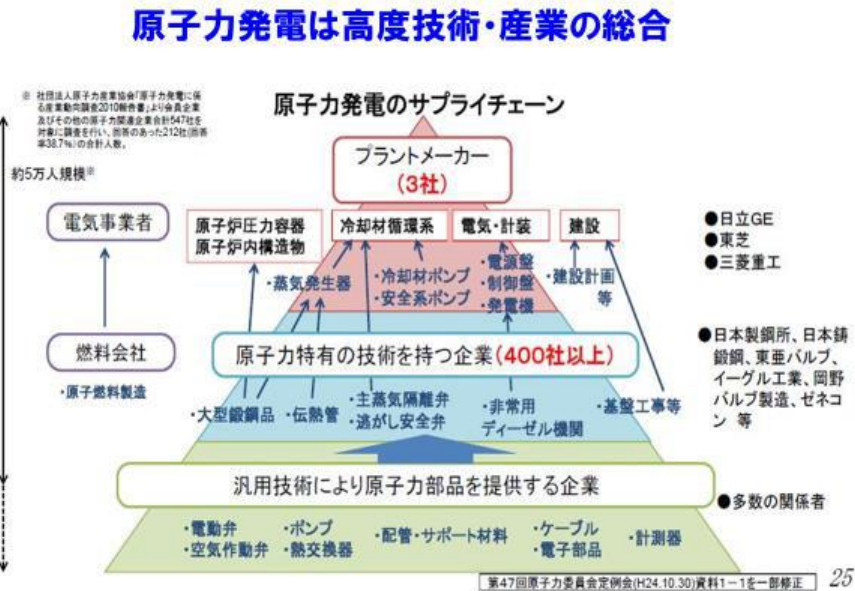
開発を決定し、2020 年中に基本設計を完了し、EDF は国内に 6 基建設すべく計画中である。

(注記3)初号機建設までの 15 年間で解決すべき課題

福島第一原子力発電所事故から 10 年が経過した。その間、原子力発電施設建設に必要なハードウェアを伴うモノづくりは停止したままであり、特に人材の希薄化が深刻である。この空白期間を埋めるとともに国・規制委員会・産業界の調和を目指すために15年(次世代軽水炉開発 7年、許認可 3年、建設5年、合計15年)を見込んだ。この間に解決すべき主な課題は下記の通りである。

① サプライチェーンの再構築

- ・ 予定通りの工期で、予定通りの建設費で初号機を完成させるための人材育成および技術再構築を目指す。
- ・ 添付図 2 に原子力発電施設建設に必要なサプライチェーンの構成を示す。主なサプライチェーンはプラントメーカー三社、原子力技術を支える約 400 の企業から構成されている。福島事故から 10 年が経過したが、その間にサプライチェーンは崩壊の危機にある。その再構築が急務である。



添付図 2 原子力発電施設建設のためのサプライチェーン

② 原子力規制改革

産業界と協力して『より高度な3E+S』を創り出すことができるように原子力規制委員会に変革を促したい。

- ・ 新增設・リプレースに向けた法令・基準・規則・指針の整備
- ・ 公正な審査のための審査監視・不服申し立て制度の導入
- ・ 専門家（燃安審、炉安審など）活用による科学技術的討議の場の構築と審査スピードの向上
- ・ 安全性と経済性の両立審査（米国における大統領令に基づく NRC 審査⁽⁸⁾および英国の the Nuclear Sector Deal⁽⁹⁾に基づく健康・社会保障省による審査が参考になる）
- ・ 安全目標の明確化による審査予見性・安定性の向上

③ 大規模投資リスク低減のための国への要望事項

- ・ 原子力を長期間に亘って活用するコミットメント(エネルギー基本計画に“新增設の必要性明記”を含む)
- ・ 原子力活用に関して社会の議論を促す施策推進。
- ・ 運転期間 40 年法の改正(科学技術的議論を封じ、電力自由化の基本精神にも反する統制経済的政策法である)
- ・ 原子力損害賠償法の「無限責任+国家支援」から「有限責任+国家責任」への改正
- ・ 原子力発電施設の建設および再エネ主力電源化には大規模投資が必要となるため、国による財政的支援

④ 自助努力

- ・ 社会から支援が得られる原子力を目指して、電力事業者および産業界が一体となって安全と安心を造り込む地道な努力の継続。

以上

参考資料

- (1) 提言「2050 年カーボンニュートラル達成の電力ベストミックス」金氏顯他、2021. 4
- (2) “Unlocking Reductions in the Construction Costs of Nuclear : A Practical Guide for Stakeholders” OECD 2020,NEA No.7530, Aug. 17,2020
- (3) “2050 年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略”経済産業省,2020.12.25
- (4) “原子力建設コストの抑制に向けて”村上朋子、エネルギーレビュー、2020.12
- (5) “仏 EPR 開発、失敗の系譜”黒田雄二、エネルギーレビュー、2020.4
- (6) “革新的な次世代 PWR の開発”西谷順一他、三菱重工技報、Vol.57 No.4 2020
- (7) “次期軽水炉技術要件について”日本原子力学会発電部会「次期軽水炉の技術要件検討」WG、2020.6
- (8) “日本の原子力規制は米国 NRC に学べ”伊藤英二、芳村元孝、植田修三、アゴラ、2014. 9. 26
- (9) “The Nuclear Sector Deal” Gov.UK, June 7, 2018