

CVCC エンジンと技術史の周転円 (<技術解説>「機械遺産」エンジンへの旅(2))

坂上 茂樹

Citation	Lema. 524; 51-56.
Issue Date	2016-07
Type	Journal Article
Textversion	Publisher
Rights	このコンテンツは、「私的使用」や「引用」など、著作権法上認められている適切な方法にかぎり利用できます。その他の利用には、著作権者の事前の許可が必要です。

Self-Archiving by Author(s)
Placed on: Osaka City University Repository

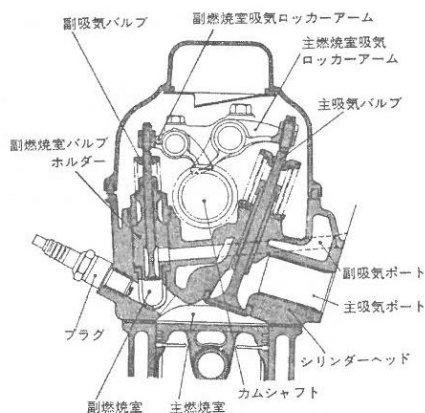
CVCC エンジンと技術史の周転円

HONDA CVCC Engine an Epicycle in the History of Technology

坂上 茂樹*
Shigeki Sakagami

はじめに……CVCC エンジンとは

ホンダの CVCC (Compound Vortex Controlled Combustion) は訳語としては複合渦流調速燃焼方式となるが、その実質は層状給気の一形態と目されているようである。もっとも、その中身、定義はどうあれ、それがホンダによって開発されたある種の副室式ガソリン機関であり、自動車排出ガス規制に適合する革新的技術として 1970 年代に一世を風靡した事実は今も語り草となっている。

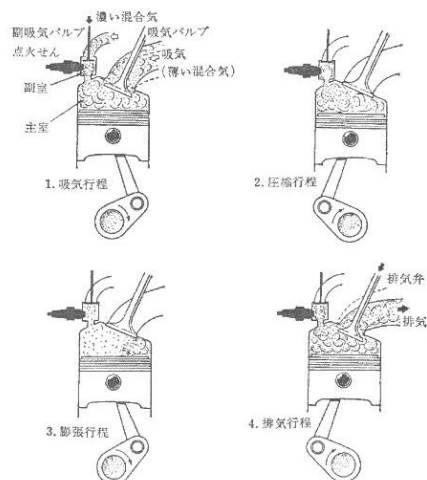


伊達 博・右川春雄「ホンダ CIVIC 1500 の CVCC, 4 ドア車用エンジン」『内燃機関』Vol. 13 No. 149 1974 年, 図 12.

図 1 CVCC エンジン要部

CVCC についての一般的能書きは副燃焼室に過濃混合気を、主燃焼室に希薄混合気を吸入させておき、副燃焼室内部=プラグに近い処にある過濃混合気を電気着火させればその火焰の主燃焼室への噴出により、主燃焼室内の希薄混合気は強制的に着火させられ、オーバーオールでは着火限界以下の希薄混合気が完全燃焼せしめられるという点にありとされている。

* 大阪市立大学教授
Osaka City Univ., Prof.

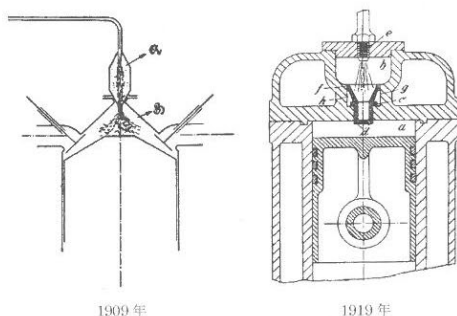


樋口健治他『自動車の事典』朝倉書店, 1978 年, 453 頁, 図 4.127.

図 2 CVCC エンジンにおける燃焼状況についての一般的説明

前史その 1: 副室式機関

CVCC のように燃焼室を主・副に分かつアイデア自体には相当長い歴史がある。高速ディーゼル界に目をやれば、予燃焼室は 1909 年 3 月 14 日に Benz & Cie, Rheinische Gasmotorenfabrik A. G.



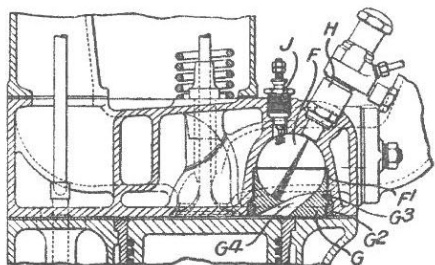
Daimler-Benz A. G., Chronik Mercedes-Benz Fahrzeuge und Motoren. 1966, S. 131.

図 3 予燃焼室に係わる特許: 基本的なアイデアから実用段階へ

が取得した Prosper l'Orange 創案のドイツ特許 230517 に端を発しており、'20 年代に至ってそれは実用化を迎えている¹⁾。

1) cf. Daimler-Benz A. G., *Chronik Mercedes-Benz Fahrzeuge und Motoren*. 1966, SS. 130~131.

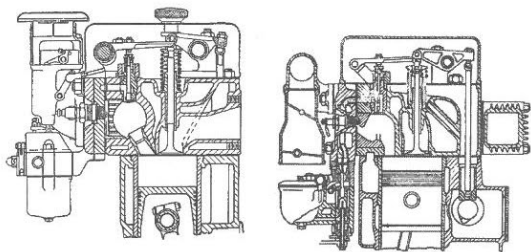
また、後代に繋がる Comet 系渦流室に係わる H. R. Ricardo の最初のイギリス特許 371025 は 1931 年 1 月 13 日に取得されている。こちらはバスでの実用化実験と同調する特許取得であった。



発明公報協会『英国特許総覧内燃機関上 (1932-1935)』1944 年, 291 頁, より。

図 4 Ricardo Comet 燃焼室に係わる初期の英国特許 No. 371025 (1931 年)

一方、多燃料機関に目をやれば、1937 年頃にフランスで開発されたと伝えられる Brandt-Bagnulo 機関はガソリン始動→軽油・重油・大豆油等への切替方式の副室式の層状給気・多燃料機関であった。その前史は A. Bagnulo が 1930 に取得した英国特許 347, 541 あたりにあり、主燃焼室の上に球状の焼玉を設け、先細・末広ノズル様の連絡孔によって両者を連絡するというのがその要点であった²⁾。



Low-Compression Oil Engines. A Survey of Units Employing Electric Ignition. *Automobile Engineer*, III/1937. 瀬川正徳訳『低圧縮重油発動機』(『内燃機関邦訳文献集』第 1 巻第 4 号, 1937 年), 第 11 図, A French multi-fuel engine the Brandt-Bagnulo. "Moteur polycarburant", *Automobile Engineer*, Vol. 29, No. 389, X/1939. 百瀬晋六訳『フランスのプラント・バニユーロ多燃料発動機』(『内燃機関邦訳文献集』第 7 巻第 1 号, 1940 年), 第 1 図。

図 5 Brandt-Bagnulo 機関の展開

2) 『英国特許総覧内燃機関上 (1932-1935)』69 頁, 参照。

A. バニユーロは焼玉機関や気化器式電気着火機関にかかわるさまざまな特許を取得したが、それも 1935 年 7 月以後は途絶え、パリの Edgar Brandt 工場によって世に送られた Brandt-Bagnulo 機関 (ただし、この会社で造られたのは一般の市販車機関向け換装用気筒頭 Assey) も当初こそ Bagnulo の特許の面影を湛えたモノであったが、やがて次第にその特色を失っていった。辛うじて一貫していたのはそこで焼玉ないし蓄熱器が果たす役割の大きさである。

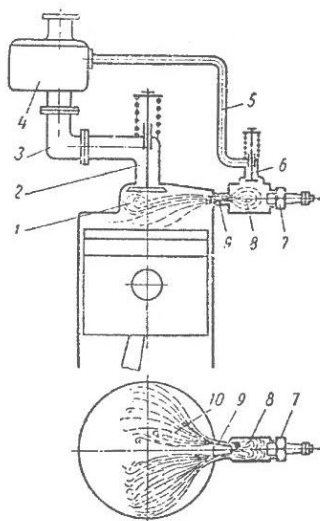
ちなみに、このプラント・バニユーロ機関は戦時下のわが国においても東京発動機や陸王内燃機において研究された。しかし、目立った成果は挙げられずじまいに終わっている³⁾。

3) バニユーロ機関そのものについては拙稿「多燃料発動機の時代と日本」(大阪市立大学学術機関リポジトリ登載), 参照。

前史その 2: 戦前期, ソヴィエト連邦で開発されたトーチ点火

バニユーロのアイデアはあくまでも多燃料機関をめざしたそれであった。しかし、くしくもそれと相前後してソヴィエト連邦で開発されたと伝えられる希薄燃焼ガソリン機関 = “トーチ点火” 機関はこれと一脈通ずる仕掛け……まさしく CVCC 直系の先祖とでも形容されるべき副室式ガソリン機関であった。

文献によれば、トーチ点火機関は 1934~'36 年



世界経済研究協会『ソ連邦産業貿易総覧』1965 年, 第 5 図。

図 6 トーチ点火機関の概念

にソ連科学アカデミー化学物理研究所のア・エス・ソコーリクらによって着想されたもので、カザン航空大学のエス・ヴェ・ルミャンツエフほか4名によって航空発動機を用いた体系的な実験が繰広げられている。

なぜか1958年に発表されたその実験報告によれば、空気過剰率 λ が2に近い希薄混合気での運転まで実現されており、 $\lambda=1.4$ の時に最少燃料消費率140 g/PS-hといったデータも得られたということである。また、上図においては主・副燃焼室をつなぐ連絡孔における強い絞りに注目されたい。この絞りがあってこそ、過濃混合気の副燃焼室への滞留が担保されていたワケである。

もっとも、ピストン航空発動機についていえば、究極の希薄燃焼を追求するだけならヤヤコシイ副室式ガソリン機関などではなく、直噴ディーゼルこそがよほど好適であった。しかも、単に希薄燃焼を追求するのみでは滞空時間を稼ぎ得るに過ぎず、航続距離まで狙おうとすればある程度のパワーも必要となる。航空発動機においては離昇出力や戦闘定格出力も重視されねばならず、これを求める段になれば複雑な燃焼機構は余計者となる。したがって、トーチ点火なるアイデアはほどなく航空発動機としての開発目標からは除外されたのであろう。

いま一つの適用分野はソ連においても自動車機関であった。次図に示されているのは一定回転数にてスロットル開度を変化させて採られた燃費データの一例である。1は通常のガーズ・51型側弁式自動車用ガソリン機関、2がこれをトーチ点火に改造したガーズ・51・エフ型トーチ点火機関のそれであって、部分負荷運転時における後者の省燃費効果の顕著さが際立っている。

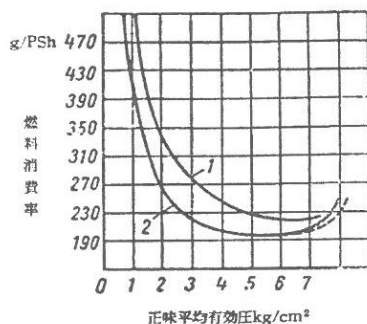
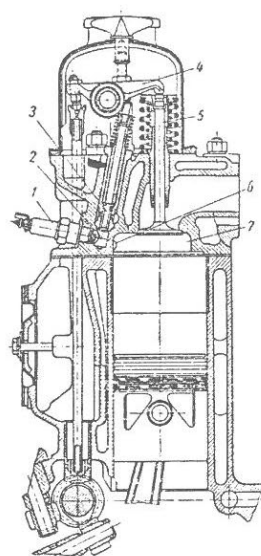


図7 トーチ点火の燃費節減効果

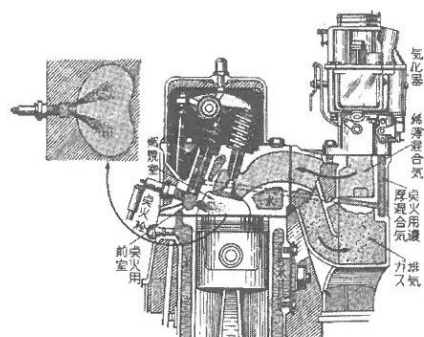
次図はそのガーズ・51・エフ型トーチ点火機関の断面図である。



同上書、274頁、第7図。

図8 ガーズ・51・エフ型トーチ点火機関

また、次図はこれと設計を異にするトーチ点火機関のいま一つの例である。



ドルマトフスキー著・錦織綾紹・富士川健治訳『自動車のすべて』理論社、1964年、252頁より。

図9 “トーチ点火”自動車機関のイメージ

ここでも強く絞られた噴孔がその血脈の正統性の証となっている。しかし、このトーチ点火機関は1960年代を迎えるころには立ち消えとなり、機械式燃料噴射（ルーカス）まで試みられながらも自動車機関としてのそのリバイバルは未遂に終わってしまった⁴⁾。

4) トーチ点火機関に係わるより詳細な紹介として浅野弥祐・柏木不二子抄訳「可薄混合気を使用する火花点火機関についてのソ連における実験」、「汽化器および燃料噴射式のトーチ点火ガーズ・21形機関の作動過程」『内燃機関』Vol. 6 No. 56 1967年、参照。

ジェット点火としてのリバイバル成らず

他方、その直後、トーチ点火のアイデアは排出ガス対策技術として再び西側諸国において注目を集めるようになる。もっとも、このときに与えられたネーミングはトーチ点火ではなく「ジェット点火」であった。次図に示されるそれは噴孔の形状こそ異なっているが、どう見てもトーチ点火の垂流でしかない。狙うところも同様に部分負荷・高λ時における熱効率であった。

長尾はジェット点火方式について、通常の「火花点火」に比べて図9（右）に示すように薄い混合気を使用でき、低負荷の燃料消費率が著しく下がっている。しかし構造が複雑なのと最高出力が低いためまだ実用の段階には達していない⁵⁾（201～202頁）と述べている。

また、C. F. Taylor はデータは掲げず、しかし長尾よりやや長く、「今世紀前半におけるリカードの業績以来、給気層状化のための分割された燃焼室システムは一大研究開発テーマとなってきた。しかしながら、これらの努力はいまだその性能が商業的に受容されるほどにデトネーションのないエンジンを生みだすには至っていない。明らかに、燃焼室の二つの部分を隔てるノド部における熱および圧力損失が、効率ないし柔軟性における不足をもたらししている」と述べている⁵⁾。

要するに、トーチ点火と同様、主・副燃焼室連絡孔のなくてはならぬ絞りがその性能に対する最

大の足かせとしても機能していたワケである。

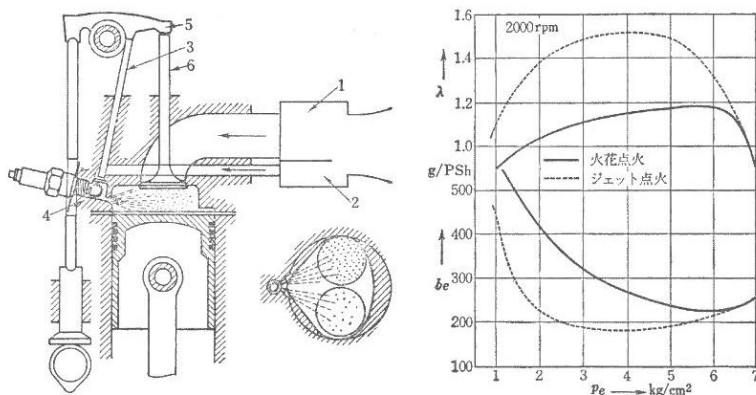
CVCC の成功

私見によれば、CVCC を商業的に成功させた要因は、長尾とテイラーの指摘した欠点を Caterpillar 流単噴孔予燃焼室も大負けの、大きな単一連絡孔でクリアした点に求められる。

換言すれば、CVCC の成功は層状給気性を犠牲にしたことによっている。そもそも、このエンジンは定時噴射機関などではなく、純然たる気化器式機関であった。混合気は主燃焼室には2バレルの気化器から、副燃焼室には1バレルの小さな気化器から供給され、それらは1個の気化器としてユニット化されていた。先行例とは異なり、カムの別体化によって副吸気弁の啓開時期は主吸気弁のそれより15°遅らされていた。

この開弁角度差と連絡孔径のマッチングが、CVCC 成功へのキーテクノロジーであったとおもわれるが、いずれにせよ副吸気弁の開弁時期は30° ATDC であり、過濃混合気の副室への取込みが行なわれたのはまちがいにピストン下降行程においてである。しかも、主・副燃焼室を結ぶ連絡孔たるや全く絞りが効かぬほど大径の大孔であった。かような構成で過濃混合気の主燃焼室への吹き抜けを誰が阻止できたであろうか？ さようなコトができたワケなど毛頭ないのである。

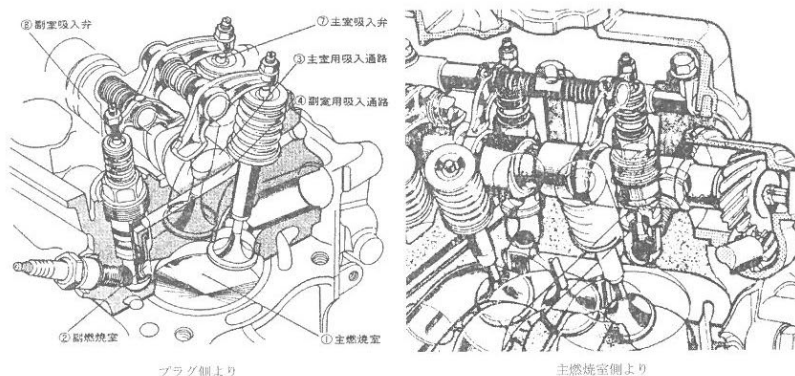
それだけではない。すでに暖機している状態であれば、また、負荷率が高い場合ほど、副室内に



長尾不二夫『第3次改著内燃機関講義』上巻、1967年、201頁、図4.39、図4.40。元図はMTZ、1963-1-30。

図10 ジェット点火の概念

5) cf. C. F. Taylor, *The Internal-Combustion Engine in Theory and Practice. Volume II: Combustion, Fuels, Materials, Design.* MIT Press, 1968, p. 83. リカードがこのテの分割型燃焼室について特に深く研究したという事蹟については管見の限りではない。テーラーの掲げるリカードの著書の'41年版にも特にこれに関するデータ等は掲げられていない。



伊達 擲・右川春雄「ホンダ CIVIC 1500 の CVCC, 4 ドア車用エンジン」『内燃機関』Vol.13 No.149 1974 年, 図 11, より。

図 11 CVCC エンジン主・副燃焼室付近透視図

呼び込まれ加熱されたガソリンは瞬間的に気化し、絞りの乏しい連絡孔を通じて大部分拡散し、点火火花が飛ぶ圧縮行程の終わり頃には燃焼空間全体を通じて極めて高い均一度を有する可燃混合気を形成していたことであろう。

CVCC における低 NO_x 性能の源は単純にその大きな燃焼室 S/V 比によるヒートロスにあったと考えられる。ただし、それは火焰を冷却し、CO や HC の生成を促すほどの副作用を伴わないレベルに巧みに設定されていた。であればこそ、燃費もそれほど、低下してはいなかった。当初の CVCC 機関における低い圧縮比は低 NO_x 性のカギでもあった。それは一面において燃費低下への誘引をなしたが、ピストンリングのフリクションロス抑制によってこの点を幾分キャンセルする方向にも作用していたであろう。さらに、レーシング・エンジンで培われてきた主運動部の軽量・低フリクション化設計も、またメカニカルロス抑制に奏功していたことであろう。

ちなみに、CVCC 機関と同一クラス、1.5ℓ 程度の国産自動車用ガソリン機関の中から比較的燃費が良いモノのデータを、『75 国産エンジンデータブック』より拾えば：

CIVIC 1500 GL EC 4-74×86.5 mm 1 488 cc
 ε 8.6 73 PS/5 500 rpm 215 g/PS-h/3 500 rpm
 CIVIC 1 500 HiDX EC 4-74×86.5 mm 1 488 cc
 ε 8.1 65 PS/5 500 rpm 215 g/PS-h/3 000 rpm
 CIVIC CVCC ED 4-74×86.5 mm 1 488 cc
 ε 7.7 63 PS/5 500 rpm 205 g/PS-h/3 000 rpm
 NISSAN L 16 (E) 4-83×73.7 mm 1 595 cc
 ε 9.0 115 PS/6 200 rpm 190 g/PS-h/3 600 rpm

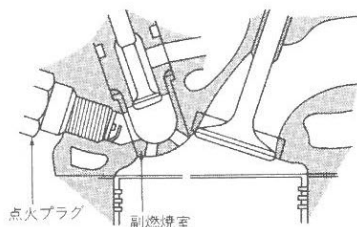
となる。

さらに、これを 1.8ℓ クラスまで拡げれば：

ISUZU G 180 WE 4-84×82 mm 1 817 cc
 ε 9.7 140 PS/6 400 rpm 200 g/PS-h/4 200 rpm

が加わってくる。これらの数字は CVCC 機関の開発意図を窺わせると同時に、そこに残されていたさまざまな改良余地についても何ほどかの暗示を与えるモノとなっている。

次図に示すのは発展型とおぼしき CVCC 機関の主・副燃焼室連絡孔であり、絞りと渦流生成の要素を加味した複連絡孔が登用された事蹟を伝えている。それでもなお、気化器式機関である限り、かようなカラクリから層状給気が実現するなどとは到底考えがたいワケである。

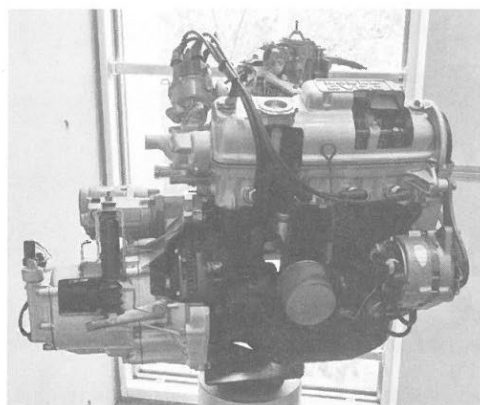


魚住順三他『自動車用気化器の知識と特性』山海堂、1984 年、212 頁、図-2。

図 12 複連絡孔を用いた CVCC 機関

おわりに……技術史の周転円

その原動機が著しく低い平均負荷率で運転される乗用車の分野においては、車両の小形軽量化・原動機の小出力化が省エネと環境負荷低減のイロハである。しかし、商品経済社会の下においては技術的なブレイク・スルーによってかような合理的思考から逸脱せんとするバイアスが重力のよう



’73年、シビックに搭載。アメリカの大気汚染防止法”マスキー法”に世界で初めてクリア。開発途上だった電子装置や触媒を使わず気化器と副燃焼室ヘッドで対応。

図13 ホンダCVCCエンジン（ホンダコレクションホール）

に常に作用しており、商品差別化が追求されることになる。

やがて、乗用車用ガソリン機関の分野において

もCVCCやREAPS（マツダ、バンケル+サーマルリアクタ）の時代は去り、3元触媒と燃焼室回りの洗練という地動（太陽中心）説的立脚点が明確化された。しかるに、爾後もやれリーンバーンだ、やれ筒内噴射だと一過性新機軸の消長が繰り返されて来た。この泡沫的メカニズムの生成と消滅、遣い捨てに係わる構図は天動（地球中心）説に立脚しつつ惑星の運行を後付けるため無理矢理に案出された夥しい数の周転円のシステムを連想させずにはおかない。基本的に正しい視座からすれば、それらは必要のない回り道に過ぎなかった。

思うに、ホンダのCVCCは自動車用ガソリン機関における排出ガス対策技術史の輝かしき原点をなすと同時に、内燃機関技術史における擬似周転円システム開発競争への号砲としても記憶されるに足る両義性豊かな技術的成果であった。所詮、この社会においては注目され、かつ、売れる技術でなければ良き産業技術と呼ばれないというコトワリが忘れられてはならないであろう。