

Title	Junkers2 サイクル対向ピストン機関, 主として1本クランク型について
Author	坂上 茂樹
Citation	経済学雑誌, 110 巻 2 号, p.93-129.
Issue Date	2009-09
ISSN	0451-6281
Type	Departmental Bulletin Paper
Textversion	Publisher
Publisher	大阪市立大学経済学会
Description	
DOI	

Placed on: Osaka City University

Junkers 2 サイクル対向ピストン機関， 主として 1 本クランク型について

坂 上 茂 樹

目 次

はじめに	4. Junkers 2 サイクル対向ピストン 1 本クランク型機関の日本への導入
1. Junkers 2 サイクル対向ピストン 1 本クランク型ガス機関の形成と展開	5. 国産 2 サイクル対向ピストン 1 本ク ランク型自動車機関の内実
2. 2 サイクル対向ピストン 1 本クラン ク型ガス機関のディーゼル化	お わ り に
3. 2 サイクル対向ピストン 1 本クラン ク型ディーゼル機関の高速化	

はじめに

Hugo Junkers (1859～1935) によって開発された 2 サイクル対向ピストン^{ユニフロー}単流掃気方式はそれ自体が内燃機関技術史上における一大奇観と形容されるに足るカラクリであるばかりか，一時期，その適用において他のあらゆる内燃機関諸形式をも凌ぐほど壮大な勢力版図を築くに至った点から見ても，まさに空前と呼ばれるに値するアイデアであった。

しかし，その具体的状況を多少なりとも観察すれば，Junkers 2 サイクル対向ピストン・ユニフロー掃気ファミリーの根幹が Napier “Deltic” の元にもなった 2 本クランク歯車連動型航空ディーゼルではなく，1 本クランク側方連桿付きディーゼル機関にあった事実が判明する。

本稿ではこの Junkers 2 サイクル対向ピストン 1 本クランク型ユニフロー機関たちの盛衰について可能な限り同時代の文献を手がかりとしつつ考証を進めてみたい。

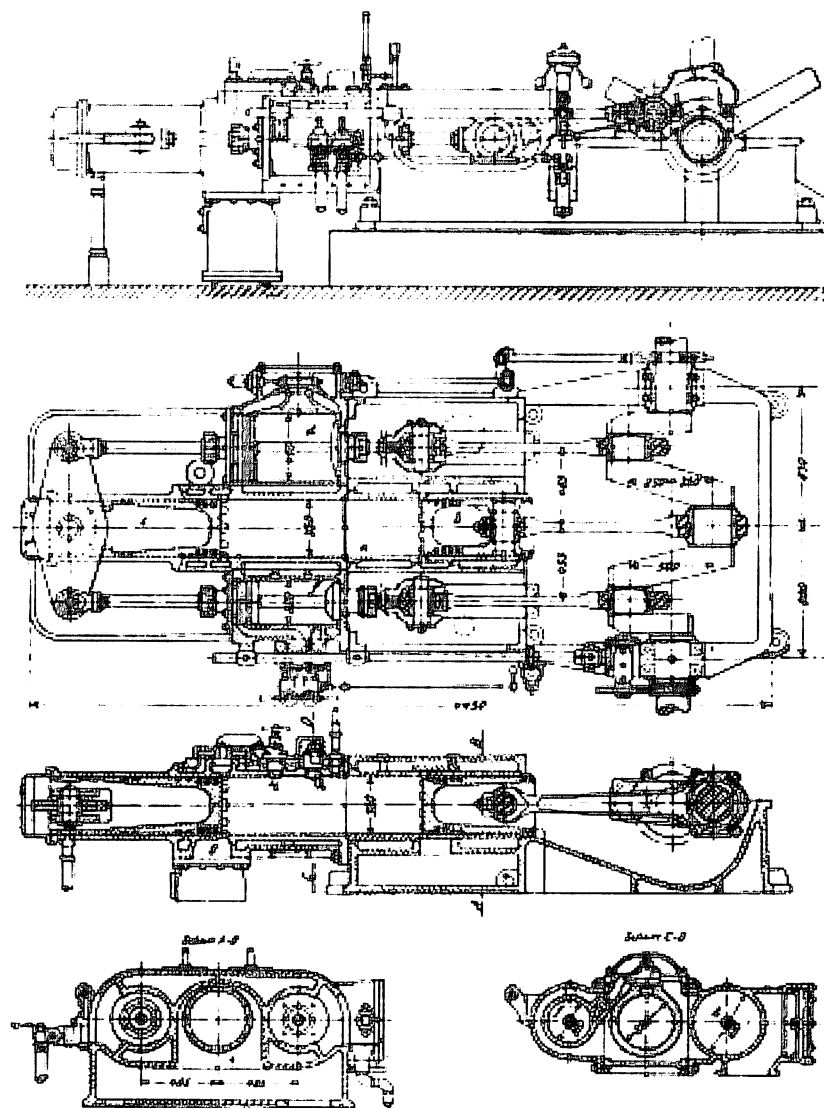
1. Junkers 2 サイクル対向ピストン 1 本クランク型ガス機関の形成と展開

ディーゼル機関の開発，普及以前には大小のガス機関が産業動力として重用された。とりわけヨーロッパ諸国ではコークス炉ガスや高炉ガス等を燃料として焚く，現代では類例を見ないような陸用の横型大出力低速ガス機関が跋扈した¹⁾。

1) 拙著『ディーゼル技術史の曲り角』信山社，1993年，133～153頁，参照。

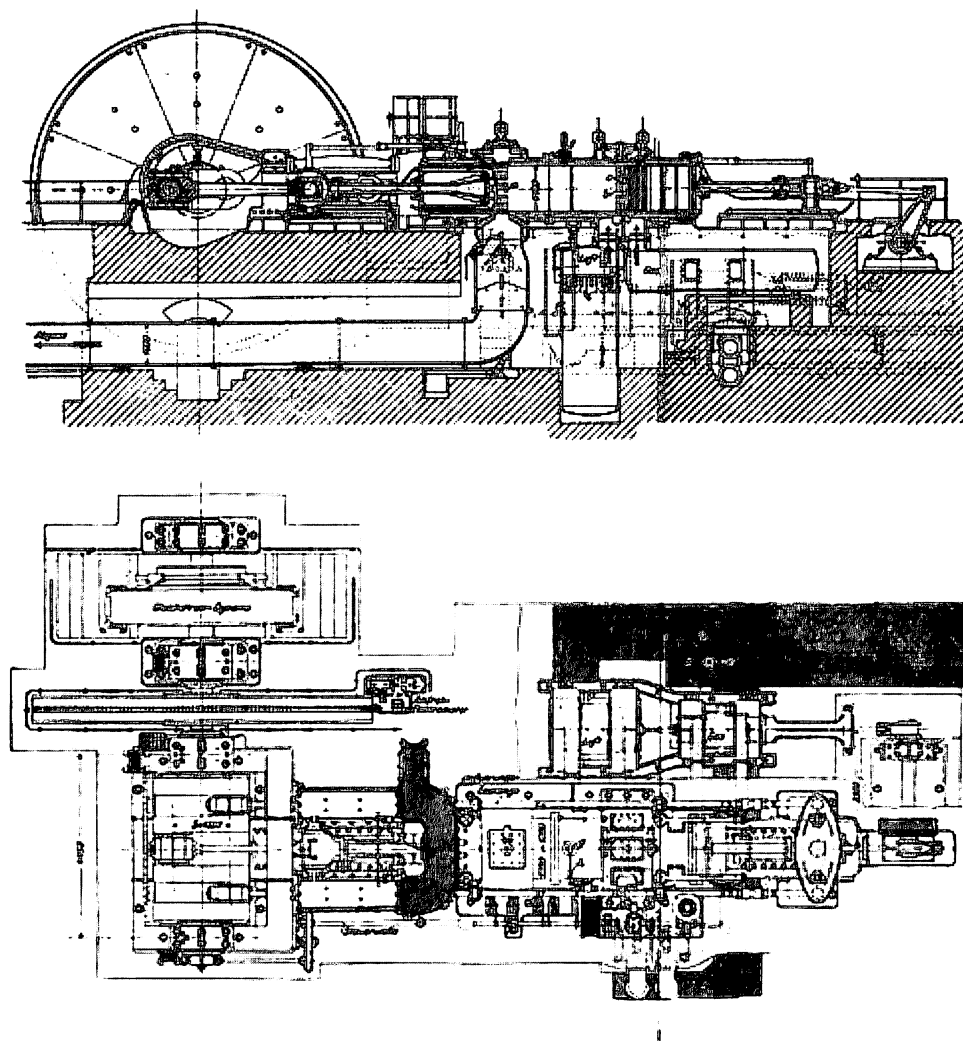
自ら機関製造事業を主催したドイツの技術家、Hugo Güldner によれば、こうした中、Berlin-Anhalt. Maschinenbau A. G. 社長、Wilhelm von Oechelhäuser と協力者 Hugo Junkers との特許 (D.R.P. Nr. 66961) に基づく Oechelhäuser の2サイクル横型対向ピストンガス機関の初号機 (図1) は1893年に製造された。これは単気筒- $350 \times 500/500$ (内方 [縦型なら下方] ピストン/外方 [同, 上方] ピストン行程) のサイズで、220PS/140 rpm という性能を発揮した。後に機関車メーカーとしても名高い Firma A. Borsig では同形式の $1-1100 \times 1350/1350$ で、

図1 Oechelhäuser の2サイクル横型対向ピストンガス機関の初号機



Hugo Güldner, *Das Entwerfen und Berechnen der Verbrennungskraftmaschinen und Kraftgas-Anlagen*. 3. Aufl. Springer, 1922, S. 671.

図2 Firma A. Borsig で製造された 1500PS/100 rpm Oechelhäuser 機関



ibid. Konstruktionstafel XXXV zu Textseite 672.

1500PS/100 rpm のガス機関 (図2) が製造された²⁾。

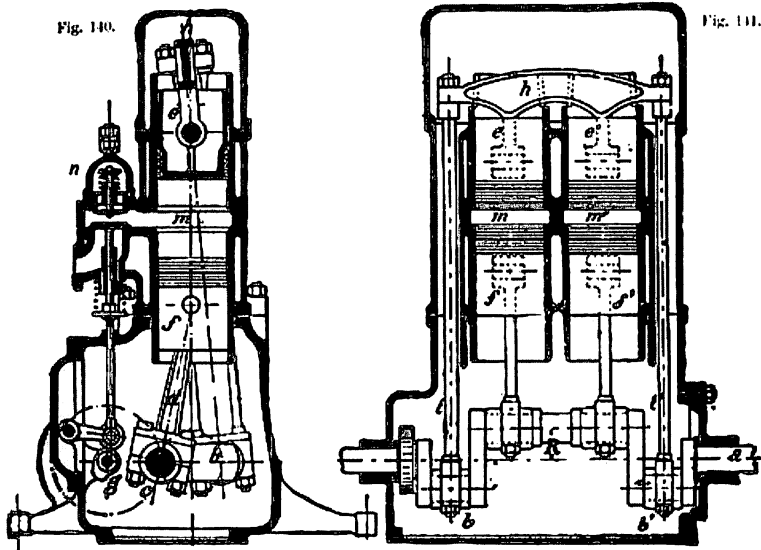
東京高等工業学校教授, 浅川権八は, エッヘルホイゼル (Oechelhauser) 2 サイクル大型ガスエンジンについて紹介し, それが1 本クランク横型の対向ピストン型であり, 1899年, Dr. Oechelhauser の設計でドイツのヘルデ (Hörde) 鉄工所にて製作された, としている。浅川は初号機がボア, $18\frac{7}{8}$ in, ストローク $31\frac{1}{2}$ in の2 気筒で 600PS/135 rpm のスペックであったと述べる。年代も諸元も Güldner の伝えるそれと齟齬しており, 少なくとも初号機云々

2) Hugo Güldner, *Das Entwerfen und Berechnen der Verbrennungs-kraftmaschinen und Kraftgas-Anlagen*. 3. Aufl. Springer, 1922. SS. 670~674.

に関しては信用を置くに値しない記述である³⁾。

また、イギリスの技術者 Arthur W. Judge は側方連桿による1本クランク対向ピストン機関は Gobron-Brillé (仏) の自動車機関に始まると述べている。この説もまた、上の事実に照らして誤りである。高速機関に限定すればそうであるかも知れぬが、Oechelhäuser 機関という2サイクル対向ピストン方式の源流やこの型式に対する Junkers の一貫した係わりを無視した議論に大した意味はない。また、こんなレイアウトはそもそも高速機関向きではない上、1904年に自動車史上初の100 mile/h 突破を記録したことで歴史にその名を留める Gobron-Brillé 流の対向ピストン機関は図の通り4サイクルであった⁴⁾ (図3)。

図3 Gobron-Brillé の初期の自動車用対向ピストン・ガソリン機関 (1898?)



Paul N. Hasluck trans. *The Automobile Its Construction and Management*. 1902.
(Translated from Gérard Laverigne's *Manuel Théorique et Pratique re L'automobile sur Route*. 1900, with Additions and New Illustratiuons), p. 169. Fig. 140 and 141.

3) 浅川権八『瓦斯エンジン』丸善, 1926年, 170～173頁 (当該部の記述は初版, 1921年のものらしい)。

4) cf. *High Speed Diesel Engines*. Chapman & Hall. 1933, p. 195.

なお、三菱の大井上 博は『高速ディーゼル機関』山海堂, 1940年, 184頁において Gobron-Brillé の自動車機関が対向ピストン型の嚆矢であり、その出現は1906年であると述べている。

また、樋口健治は Gobron と Brillé の4サイクル対向ピストン自動車機関 (110 HP) は1903年の作で、対向ピストン方式の嚆矢はその5年前、1898年にイギリスの Arrol-Johnston によって作られた同じく4サイクル機関 (2-109×86/86, 10 HP/1200 rpm) であったと述べている (『自動車技術史の事典』朝倉書店1996年, 155～156頁)。

しかし、1900ないし'02年出版の本に図と説明、搭載車両の図が載っているのであるから、Gobron と Brillé の4サイクル対向ピストンガソリン機関の開発が1903年とか'06年とかいうことはあり得る。

内燃機関研究の世界的泰斗、イギリスの Harry Ricardo は Junkers-Oechelhauser 2 サイクル対向ピストン機関の作動要領解説を、次に掲げるような（しばしば無断引用されている）カット図によって示している。（図 4）

図 4 Oechelhäuser 2 サイクル横型対向ピストンガス機関の作動要領

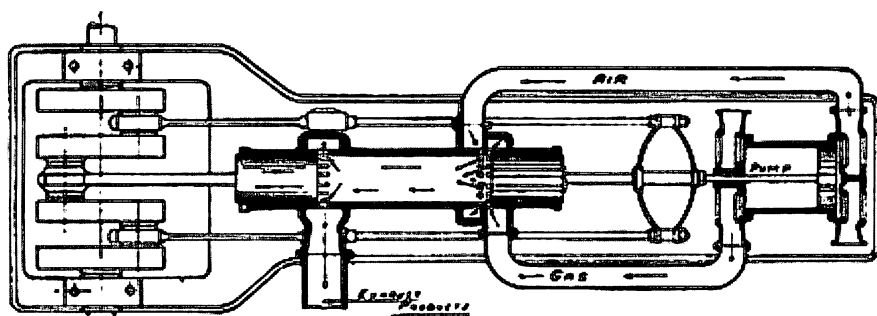


Fig. 79. - Diagram illustrating Principle of the Oechelhäuser Engine

Harry R., Ricardo, *The Internal-Combustion Engine Volume I Slow-Speed Engines*. p. 228. Fig. 79.

なお、この図は Güldner, *ibid.* S. 672, Fig. 74 とほぼ同じ。実際にはガスと空気を送る掃気ポンプが気筒の左右に存在する。

彼によれば、その得失は次の通りである。

即ち、その熱力学的メリットは：(1) 有効行程が非常に長く、同一行程を有する単一ピストン機関より高回転となり、燃焼ガスの膨張速度を大きく取れるのでヒートロスが小さい。(2) 燃焼室表面積が考えられる限りで最小の形状となり、ガス流動の妨げになる凹凸も排除されているため燃焼が速やかに行われる。(3) 燃焼室に熱点が存在せず、過早着火が起こり難いため他の型式よりも高い圧縮比の設定が可能である——といった点に存在する。

また、その機械的メリットは：(1) ピストンが反対方向に動くため、運動部分のバランスはほぼ完全であり、高速化が可能である。(2) トラブルのモトである気筒頭を排除できる、(3) クランク軸に二つのピストンによって同時に反対方向の力が加えられるため、常態においては軸受、台板、架構に応力がかからないため、それらを軽量構造とすることができる、(4) 気筒は単純な均等肉厚の筒であるため、鑄造容易で、運転中の熱応力による変形も少ない（但し、実際には点火装置や始動弁のためにボスを設けたり穴あけ加工が必要となる）——といった点に求められる。

他方、そのデメリットは (1) 単気筒当り 3 スローのクランク、3 本の連桿、クロスヘッド、

ない。

やはり、現車も保存されていることでもあり、その濫觴を Arrol-Johnston と同じ 1898 年とする定説が正しいのであろう。なお、この初号機は 2 気筒 8 馬力であったと伝えられている。Gobron-Brillé については『世界自動車大百科』日本メール・オーダー、1982 年、761～763 頁、参照。

クロスヘッド・ガイド等々が必要であるため、正味馬力当りコストが高み、2サイクル複動機関とは競争できない。(2) 外方ピストンを駆動するために長い側方連桿を要するため、機関の全長ないし全高および往復運動質量が(バランスは取れているもの)大きくなる——といった点に見出される⁵⁾。

浅川は1903年、Borsig で行われた500馬力機関のテスト運転成績を摘録している。Ricardo もその翌年になされた同種の実験の概要を紹介し、かつ、非常に詳しくコメントしているが、68.4~113.6 rpm の様々な回転数(軸出力 144~708 HP)において機械効率が最低43.8% (@144BHP/96.4 rpm) から最高73.5% (@457BHP/84.5 rpm) までの分布を示したという事実以外、さほど興味を引くデータはない⁶⁾。

Ricardo はまた、イギリスの Messrs William Beardmore & Co., Ltd. でライセンス生産された1500馬力機関の写真を掲げ、若干の紹介を行っている⁷⁾。

Ricardo は Junkers によってなされた Oechelhäuser ガス機関の出力増強に係わる興味深い実験とその結果についても紹介している。実験の第1の眼目は充填効率向上にあり、その方法は給気冷却であった。第2はサイクル全体を通じた高圧化にあり、その方法は過給ではなく、排ガス絞りによる筒内残圧(背圧)向上であった。

給気冷却については中間冷却器の挿入により掃気温度が 192°F から 77°F に低下せしめられ、機関出力の390馬力から460馬力への、2割近い向上が得られた。サイクル中の温度上昇は観測されず、冷却水持ち去り熱量も増大していない。掃気ポンプのポンプ仕事も増加していない。

排気絞りについては、これによって背圧を+1気圧まで高めた上で同一給気量が確保されればサイクル中の圧力は温度上昇を伴うことなく2倍となり、機関の図示出力も2倍となり、ヒートロスと機械的摩擦は相対的に低下するであろう。その反面、背圧の増大によって掃気ポンプの仕事は著増するであろう。結果的に図示熱効率はほぼ同一水準に止まるものの、正味熱効率は通常時よりも低下する……以上の幾分怪しげな“読み”があった。

実験において実際に背圧がどれほどまで高められたのかは不明であるが、Ricardo は作為なし(A)と+0.5気圧まで排気残圧を高めた場合(B)とのインジケータ線図を掲げている。圧縮仕事は増大しているが、図示仕事はそれに倍する増加を示している。実際には温度上昇と燃焼改善が同時進行していたのであろう。勿論、掃気ポンプ駆動損失はここには現れて来ていない。(図5)

以上のように、2つの実験からは共に意味のある成果が収められた。しかし、Ricardo はこの2つを同時に、かつ4サイクル機関に適用すればもっと良い成績が得られるであろう、との

5) Harry R., Ricardo, *The Internal-Combustion Engine Volume I Slow-Speed Engines*. Blackie and Son Ltd. 1922. pp. 228~229.

6) 浅川『瓦斯エンジン』173頁, Ricardo, *ibid.* pp. 230~31. データは Ricardo より。

7) Harry R., Ricardo, *ibid.* pp. 228~233.

図 5 排気絞り無し(A)と排気絞り有り(B)における動力気筒のインジケータ線図

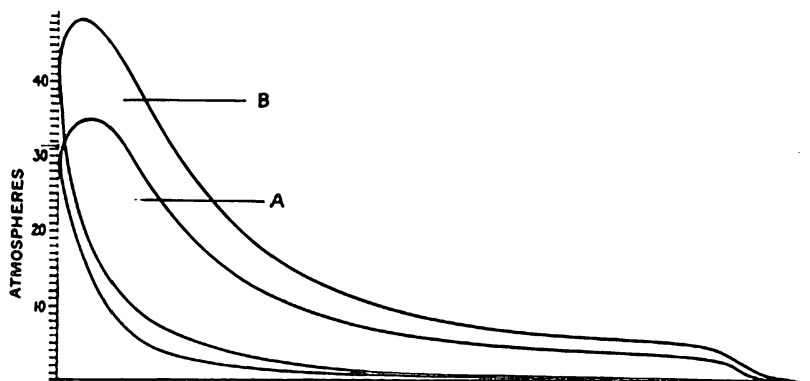


Fig. 121.—Diagrams Superimposed showing Supercompression Effect. Junkers
A, Normal engine diagram. B, Supercompression engine diagram.

Harry R. Ricardo, *The Internal-Combustion Engine Volume I Slow-Speed Engines*. p. 311.

コメントを付している。後の展開を想えば蓋し意味深長な評言ではある⁸⁾。

2. 2 サイクル対向ピストン 1 本クランク型ガス機関のディーゼル化

さて、Güldner によれば、Junkers は R. ディーゼルの基本特許失効を待ち、2 サイクル対向ピストン 1 本クランク型ガス機関のディーゼル化を試みている。彼は 1907 年に特許 (D.R.P. Nr. 220134) を取得した。Junkers は 1-200×400/400, 200PS/200 rpm の機関 (図 6) でテストを行い、さらにこれを 1-450×450/450, 1000PS/120 rpm 型 (図 7) にスケールアップして実用化実験を重ねた⁹⁾。

続いて掲げておくのは Junkers が堅型として設計した 3 気筒, 400×400/400, 800PS/120 rpm という機関である。図から判るように、それは 1 気筒 (?) 当り 2 組の対向ピストン仕掛けを有する 3 気筒 12 ピストン機関というとてもないシロモノである。多分、こんな機関は単なる絵空事に終わったことであろう¹⁰⁾ (図 8)。

Güldner によれば、1912 年、試作第 1 号 200 馬力機関に 9700 kcal/kg の原油, 9752 kcal/kg

8) Ricardo, *The Internal-Combustion Engine Volume I Slow-Speed Engines*. pp. 310~311.

なお、Ricardo は *The Internal-Combustion Engine Volume II High-Speed Engines*. Blackie and Son Ltd. 1923 においても、その改訂版である *The High-Speed Internal-Combustion Engine*. Blackie and Son Ltd. 1931 においても Junkers 機関についての記述を与えていない。

9) Hugo Güldner, *ibid.* SS. 712~716.

10) 浅川権八はその著作「内燃機関」(浅川権八・三木吉平『内燃機関・自動車』アルス機械工学大講座 第11巻 アルス, 1934年, 所収)の巻頭グラビアに Doxford (後述)の3気筒船用機関の外観写真を掲げると共に、11頁に第20図としてその原形であるユンカーズ機関としてこの機関の図を提示しているが、全く迂闊である。

図6 試作第1号2サイクル対向ピストン1本クランク型ディーゼル機関

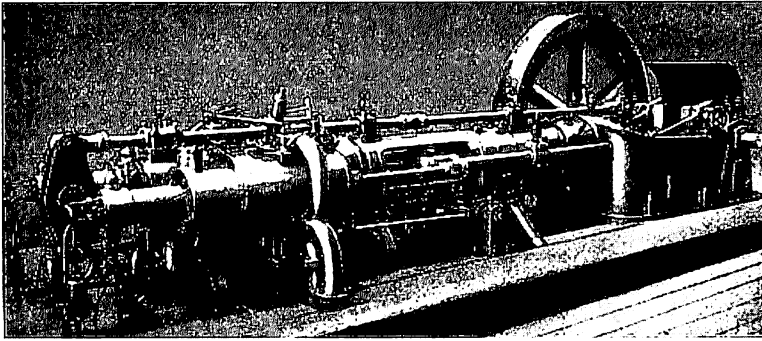
Güldner, *ibid.* S. 712. Fig. 150.

図7 試作第2号2サイクル対向ピストン1本クランク型ディーゼル機関

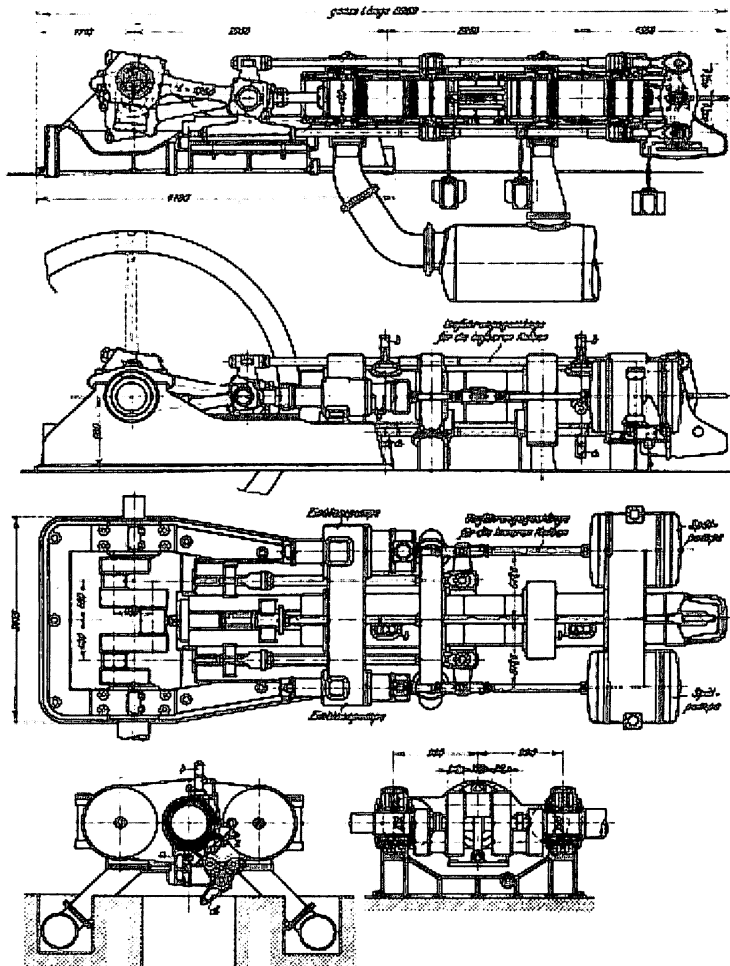
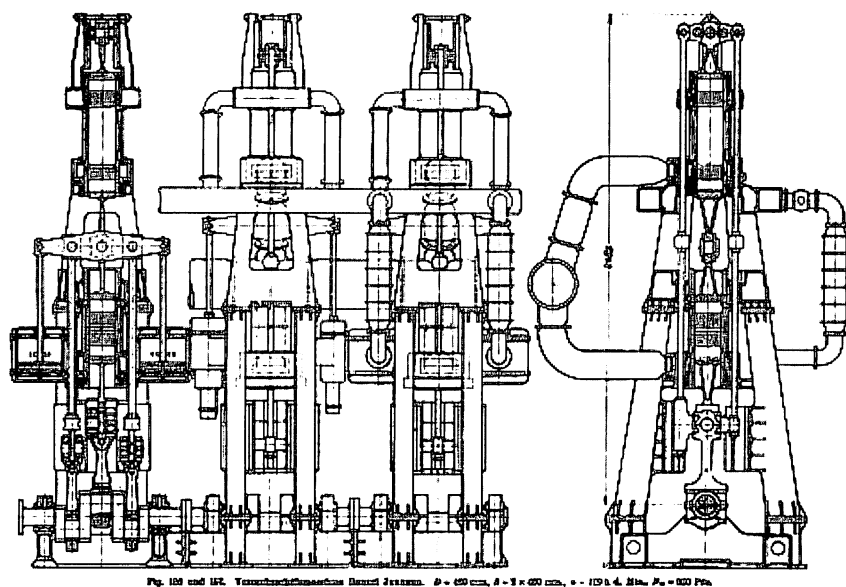
Güldner, *ibid.* S. 713. Fig. 151~155.

図 8 2 サイクル 2 重対向ピストン 1 本クランク型 3 気筒ディーゼル機関

Güldner, *ibid.* S. 714. Fig. 156~157.

の重油を供して実施されたテストにおける燃費データは出力 145.3 PSe の時 219.5 g/PSe・h, 151.8 PSe の時 219 g/PSe・h, 212.0 PSe の時 216 g/PSe・h となっており、掲げられている最良値は 197.0 PSe の時の 214 g/PSe・h であった。図示熱効率は最高 44.7% とあるが、この燃費だと正味熱効率は最高でも 27.0% に過ぎず、機械効率は 60.4% という、幾らディーゼル化したとは言え、極端に低い値にしかない¹¹⁾。

Junkers によるディーゼル化実験の正確な実施年次は、この 1912 年という数字だけが単発に現れているものの、Güldner の著書からは不明で、本格的な実験研究は第 1 次世界大戦後、1920 年前後から始められたものかと想われる。

因みに、A.E.G. の技師として大形ディーゼル機関の無気噴射化に功績を挙げ、ベルリン工科大学教授ともなった Friedrich Sass は晩年に著した史書の中で、Oechelhäuser と Junkers の対向ピストンガス機関について触れ、ドイツ国内のライセンスで製造された同型最大機種は出力は 2000 PS に達した、などと述べているのに、恐らく 1918 年までと限定されたその著書の対象時期ゆえであろう、Junkers 対向ピストン 2 サイクル・ディーゼルについては一言たりとも触れていない¹²⁾。

11) Güldner, *ibid.* SS. 715~716.

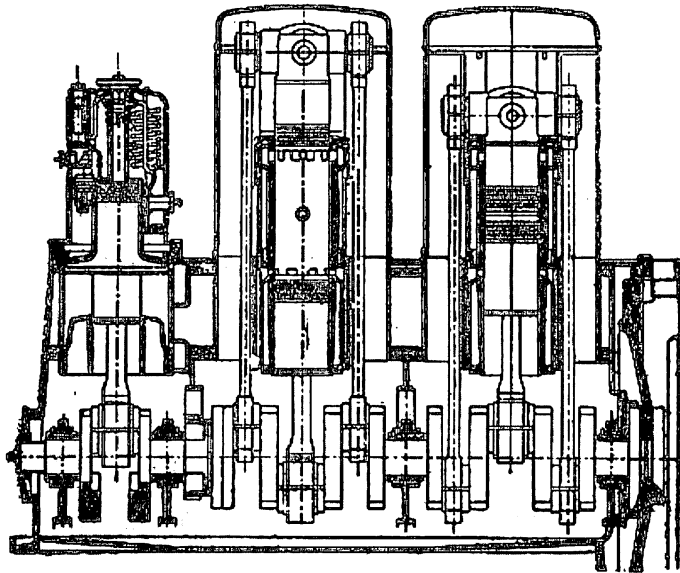
12) Friedrich Sass, *Geschichte des Deutschen Verbrennungsmotorenbaues von 1860 bis 1918*. Springer, 1962. SS. 305~310.

Friedrich Sass の無気噴射化への貢献の一端はその著書, *Kompressorlose Dieselmotoren*. 1929・ノ

2サイクル対向ピストン1本クランク型機関のガス機関としての成立からディーゼル化へという以上の経緯の一端は同時代から少し後にかけての日本人研究者たちによっても紹介されている。

浅川は、『瓦斯エンジン』に続いて著された著書の船用機関の項において、ユンカース教授が1本クランク対向ピストン機関を発明、大形ガス機関としての開発を経てディーセル化に成功した旨、紹介している。後者は Güldner の著書に掲げられたモノよりマトモかつ小ぶりの船用機関である。(図9)

図9 Junkers の2サイクル対向ピストン船用中型空気噴射ディーゼル機関



浅川権八『ディーゼルエンジン』第8版, 148頁, 第百三十一図。同『内燃機関』

丸善, 1930年, 238~239頁, 第二百三十図, 二百三十一図の機関も同じ。

掃気ポンプはレシプロ複動で、下方のみが掃気ポンプとして使用された。未だ空気噴射方式全盛の時代らしく、上方は噴射用空気圧縮機としての機能を担っていた。掃気ポンプはこの噴射用空気圧縮機の低圧段としての機能を兼ねせしめられていたものと思われる。なお、当該部分の本文記述は恐らくこの著作の初版、1922年のものであろう¹³⁾。

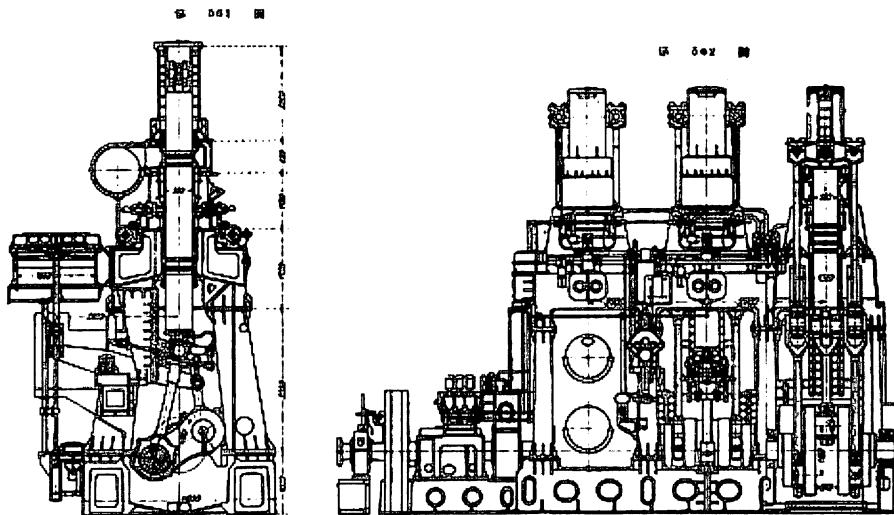
ㄨ 門脇徳一郎、藤野友爾訳『無気噴射ディーゼル機関』コロナ社、1942年、から窺い知ることが出来る。

もっとも、出版時期からして当然であるが、同書に紹介されている噴射ポンプは定行程逃し弁式のみであり、Junkers から Robert Bosch へという発想の流れで発展した定行程逃し孔式無気噴射ポンプについての記述は無い。

13) 浅川権八『ディーゼルエンジン』第8版, 丸善, 1929年, 147~148頁。また、浅川『内燃機関』丸善, 1930年, 238~239頁, 陸用機関の項にも、略同上の記述が見られる。

一方、東京帝大教授、内丸最一郎は「ユンカース氏は今から三十五六年前にエッヘルホイゼル氏 (Oecherhäuser) と協力して『両開ピストン式』の大型瓦斯機関を創造した」。その後、アーヘン (Aachen) の大学【TH】教授に迎えられた Junkers は1913年、ディーゼル化に成功。1921年には無気噴射化に成功した。彼はデッサウ (Dessau) のユンカース工場 (Junkers Motorenbau G.m.b.H: 1923年創立) にて同型機関を製造し、その出力レンジは8～600馬力であった、と述べ、また、大形船用機関の図も提示している(図10)。

図 10 Junkers の対向ピストン大形船用ディーゼル機関



内丸最一郎『内燃機関 (後編)』662頁次の折込, 第561, 562図。

イギリスの Doxford にて製造されたものという。スペックは 3-580×1160/1160, 2200HP/90 rpm。

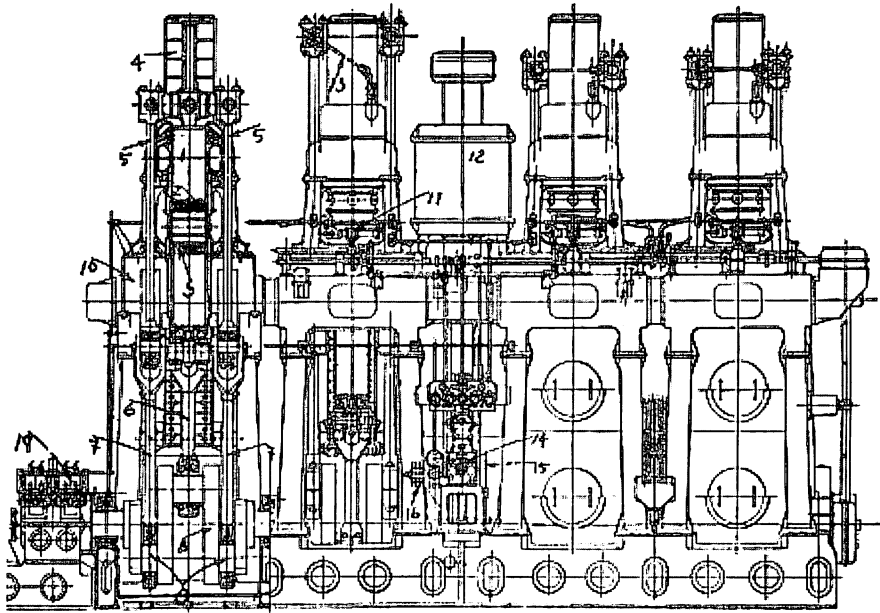
内丸はまた、イギリスのドックスフォード (William Doxford & Sons) およびカメルレアード (Cammell-Laird & Co.) においてはユンカース大形低速船用機関 (3-580×1160/1160 で 2200/90) をライセンス生産中である、とも語っている¹⁴⁾。

然しながら、内丸の記述は余り正確ではない。Doxford は Junkers の技術をベースにしているとは言え、独自にこれを無気噴射化した初号機を1921年という早い時期に船用として建造している(図11)。

掃気ポンプの位置はこの時以来、イロイロ変えられているし、1927年からは客船への搭載性を慮って総行程も短縮され、S/D 比は従前の 4 から 3 へと落された。この時合せて上方ピストンの行程を下方ピストン行程 1040 mm の約73%に当る 760 mm に詰め、バランスの向上が図られている。1933年には本体構造にかかる応力が小さい対向ピストン機関の利点を活か

14) 内丸最一郎『内燃機関 (後編)』丸善, 1931年, 653頁, 参照。

図 11 Doxford 独自の対向ピストン船用低速ディーゼル機関初号機



図二百二十七圖 「トックスホード」機関 (3000 I.H.P.)

小茂鳥豊三郎『ディーゼル機関』第4版, 467頁, 第二百二十七図。

スペックは 4-580×1160/1160, 2700 HP/77 rpm。

し、業界に先駆けた溶接架構化にも成功している。

つまり、そこには大なる創意と独自性が発揮されていた。その製品は 3, 4, 5 気筒が中心であったが、数的には 4 気筒が多く、戦前期の大出力機関の一例として、5-725×950/1300 (上/下), 8000BHP/133 rpm, といったものが知られていた。

この Doxford 機関は今日の常識からすれば Junkers の原形に負けず劣らずのゲテモノ以外の範疇に分類されることは困難である。しかし、大形船用機関の世界は高速機関の世界より遥かに、魑魅魍魎^{ちみもうりょう}が横行した空間であり、第2次世界大戦後の成長期、B & W でさえ対向ピストン機関を製造していた事実を考慮すれば¹⁵⁾、イギリスにおける Doxford 機関の盛行など異とするに足りないのかもしれない。

そして何と1960年代初頭まで、イギリスにおいてはこの Doxford 機関は代表的な船用ディーゼルとして幅を利かせていた。イギリスにおけるライセンスーとして、Barclay, Curle and Co. の North British Engine Works, John Brown and Co., Fairfield Shipbuilding and Engineering Co., Richardsons, Westgarth and Co. Ltd., David Rowan and Co., Ltd., Swan,

15) イギリスにおけるそのライセンスー, Harland and Wolf Ltd. の名と共に記憶されるこの機関については横井元昭他『ディーゼル機関 II』(山海堂, 熱機関体系7) 1956年, 192~193頁, 参照。

Hunter and Wigham Richardson, Ltd. の名が知られている。

また，アメリカでは Sun Shipbuilding and Dry Dock Co., スウェーデンでは Lindholmens Varv. A.B. がライセンスとして知られている。イギリス内外共にライセンスの多くは錚々たる企業である¹⁶⁾。

他方，Fullagar に対する内丸の記述も多分に怪しい。技術移転の有無，経緯については不詳ながら，Hugh Francis Fullagar (1872～1916) なる人物は1914年以前に Oechelhäuser 機関を簡略化したようなガス機関を恐らく独自に開発している。こちらはたすき掛けのロッドにより，180° 2 スロー・クランクで隣接 2 気筒を対向ピストン化するよりシンプルかつユニークな仕掛けであった(図 12)。Fullagar 機関は開発者の死後，1920 年に初めて販売され，Cammell-Laird 建造の小型船 *Fullagar* 号に搭載された。

その後，このタイプの機関は Cammell-Laird 社から Cammell-Laird-Fullagar ディーゼル機関として数多く世に出された他，English Electric にもその技術が供与され，約30年間，陸用機関として販売実績を重ねた¹⁷⁾。

わが国では川崎造船所が1923年に Cammell-Laird 社から Fullagar ディーゼル機関の製造権を獲得したが，製造実績が挙げられることは遂に無く，1924年，'25年に建造された川崎汽船向けの総トン数 6 千トン弱の貨物船，ふろりだ丸，^{キューバ}玖馬丸に輸入された Fullagar 型主機 (6-559×838/838, 2500 BHP) が搭載されたに止まる¹⁸⁾。

16) Doxford 機関については小茂島豊三郎『ディーゼル機関』第 4 版，発動機研究社，1935年，464～469頁，濱部源次郎・長尾不二夫『船用機関及陸上用内燃機関』(内燃機関工学講座11)，共立社，1936年，223～225頁，鴨打正一『船用ディーゼル機関』山海堂，1955年，508～523頁，横井元昭他前掲『ディーゼル機関 II』193～196頁，巻末付表 3・3，八田桂三・浅沼 強編『内燃機関ハンドブック』朝倉書店，1960年，579，584～585頁，曾田範宗・熊谷清一郎監修『内燃機関ハンドブック』養賢堂，1964年，341，342頁，参照。

17) Cf. Geoffrey Hughes, *Sir Nigel Gresley The Engineer and his Family*. Oakwood Press, 2001, p. 41. Fullagar 機関については Ricardo がこれを高く評価している。cf. *The Internal-Combustion Engine Vol. I Slow-Speed Engines*. pp. 199～201, 221, 233～235. また，小茂島前掲書，451～454頁，濱部・長尾前掲『船用機関及陸上用内燃機関』，225～226頁，参照。English Electric については大江秀三『詳説 船用ディーゼル機関』海文堂，1951年，70頁，第69図(イ)，曾田・熊谷監修『内燃機関ハンドブック』327頁，第 4・40図の 3，参照。

なお，日本機械学会内燃機関部門委員会『内燃機関 (上巻)』1956年，183頁，第 6・53図(c)においてはこの方式が English Electric の名にのみ関係付けられている。

18) Fullagar ディーゼル機関については，造船協会『日本近世造船史 大正時代』工業図書，1935年(原書房，1973年)，219，514頁，北原鐵雄編『機械時代 (上)』最新科学図鑑(6)，アルス，1930年，203頁，日本船用機関学会『本邦建造船要目表 (1868-1945)』海文堂，1976年，124～12，126～127頁，日本造船学会『昭和造船史 (第 1 巻)』原書房，1977年，128～129頁，上野喜一郎『船の世界史・中巻』舵社，1980年，138～139，239頁，川崎造船所『川崎造船所四十年史』1936年，巻頭グラビア，参照。

両船の主機は John Brown から輸入された元々 2 基 2 軸船用のペアで，ふろりだ丸主機は右舷メ

図 12 Fullagar 機関の概要

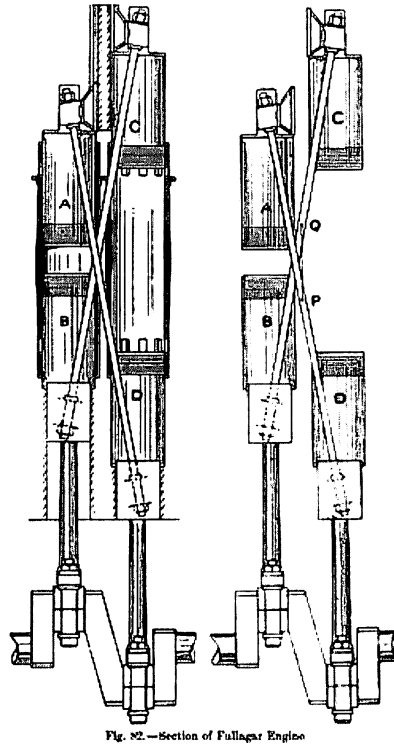


Fig. 82.—Section of Fullagar Engine

Ricardo, *The Internal-Combustion Engine Vol. I Slow-Speed Engines*.
p. 234. Fig. 82.

なお、日本船用機関学会『本邦建造船要目表 (1868-1945)』129頁、に掲げられている 3599, 3438 という馬力表示は『昭和造船史 (第1巻)』129頁、第31表と突き合せると、『本邦建造船要目表 (1868-1945)』53頁に標榜される軸馬力などではなく、図示馬力であると判定される。因みに、同表に拠れば、ふろりだ丸主機の公試図示馬力は 3495 PS であるのに対して公試軸馬力は 2411 PS であった。その機械効率も Junkers の試作ディーゼル機関の 60.4% などという値よりはかなり改善されているが、それでもディーゼルなるが故の宿命か、Oechelhäuser ガス機関のそれを下回る 68.9% に過ぎない。

2つの数値と他の4および2サイクル機関諸形式におけるそれとの間の大きな懸隔は2サイクル機関が抱える掃気ポンプ駆動損失と共に、対向ピストン機関に固有のメカニカルロスの激

ゝ機 (船尾側から見て左転)、玖馬丸のそれは左舷機 (同右転) であったと伝えられている (『昭和造船史 (第1巻)』258頁、参照)。

なぜ Fullagar 型の本家、Cammell-Laird ではなく、そのライセンスでもない (Doxford のライセンスである) John Brown からの輸入であったのか、については不明である。もっとも、船用機関においては船主 (発注者) 側による銘柄指定が一般的である点に鑑みれば、John Brown が手持工事向けとして引き当てさせられた挙句、キャンセルを喰らって生じた流れ品臭くはある。

甚性を物語る数字として認識されるべきであろう。

Doxford における 2 サイクル対向ピストン 1 本クランク機関の製造は1980年に終了した。ライセンシーや Cammel-Laird-Fullagar 型対向ピストン機関の製造はより早い時期に終焉を迎えていたものと想われる。

3. 2 サイクル対向ピストン 1 本クランク型ディーゼル機関の高速化

高速機関への展開に目を向ければ，浅川『ディーゼルエンジン』第 8 版，1929年，附録 56～57 頁には早くもユンカース航空ディーゼル，2 本クランク型 6-120×140/140 830 PS/1200 rpm についての言及が見出される。しかし，より原始的(?)な 1 本クランク型高速ディーゼルに関する言及は皆目見当たらない。

内丸は再三引く 1931年の著書の中で，Junkers 2 サイクル対向ピストン高速ディーゼル機関について，航空ディーゼルに関しては「既に試験機関を製作して実験中」，「650馬力で一馬力当りの重量が $1\frac{1}{2}$ 珎弱」とだけ紹介し，自動車用については Junkers が直噴式を採用している旨記述し，その S.A.9. 型機関の要目 (2-80×150/150 HP, 30/1000 rpm) を含む表を掲げている¹⁹⁾。

1 本クランクの 2 サイクル対向ピストン型自動車用高速ディーゼルに関する図を伴った最も早い邦語紹介文献は，最新工学普及会『最新工学パンフレット 20 高速度ディーゼル機関』1931 年，であろう。その 11 頁には 2-80×150/150 の対向ピストン 1 本クランク型機関としてこの Junkers S.A.9. 型 (45 HP/1200 rpm) の図が掲げられている。このパンフレットは各種洋雑誌からの翻訳論文集であり，当該部分は *SAE Journal* 1930 年 2 月号より採られたモノである(図 13)。

この点に関連しては，浦賀船渠から大阪機工に転じた岩田 清もまた，自動車用対向ピストン機関 (2-80×150/150 65/1500，即ち S.A.9.) を 1930 年に現れたモノと述べている²⁰⁾。

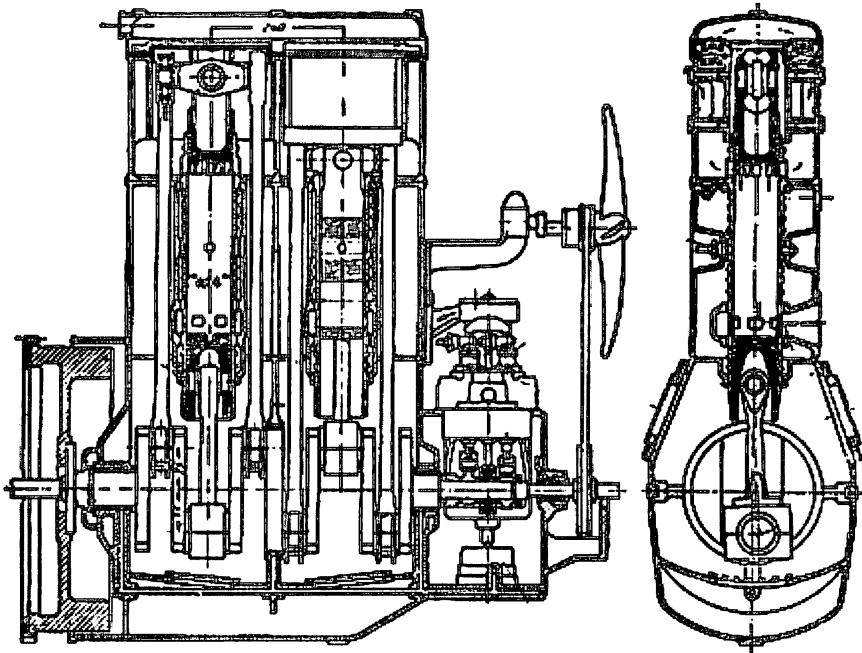
1933年に刊行された著書の 136 頁に Fig. 99 として S.A.9. 型機関の図を掲げた A.W., Judge はロンドンの都市交通を領導する London General Omnibus Co. において実施された Junkers 1 本クランク型 2 サイクル対向ピストン高速ディーゼル S.A.9 型機関，A.E.C. Acro 空気室式機関 (6-110×142, 95/2500)，A.E.C. Ricardo 渦流室式機関 (6-115×142, 130/2400)，Gardner 5 L.W. 型直噴機関 (5-108×152.4, 85/1700) の実車 (トラックおよびバス) 搭載長期運行テストに関して 1932 年になされた報告の概要について紹介している。

Judge は Junkers 機関が比出力の大きさ，バランスングの良好性，主軸受負荷の低さという点において最も優れていた，という総括を引いている。L.G.O.C は Junkers S.A.9. 機関を 3 基購入して試験に供した。それらの具体的ローテーションについては不明であるが，Judge はその総計 26,300 マイルの総走行距離を通じて Junkers 機関が現した唯一の弱点は燃料への混入

19) 内丸『内燃機関 (後編)』，742，744，747，751 頁，参照。

20) 岩田清『ディーゼル機関の発達』山海堂，1943 年，46 頁。

図13 1本クランクの初期型2サイクル対向ピストン高速ディーゼル Junkers S.A.9.



最新工学普及会『最新工学パンフレット 20 高速度ディーゼル機関』, 11頁。

異物による噴射ポンプへのダメージと、それによる漏洩損失発生であったが、このことにより燃料管理と濾過に関する基盤的技術が育成、共有されるようになった、との総括をも引用している。現実にはまさにこの時以来、Ricardo Comet 渦流室における栄光の半世紀が始まったのであるが……²¹⁾。

1931年に刊行された内丸『内燃機関（後編）』の660頁次の折込、第556～560図や1936年に刊行された濱部・長尾前掲『船用機関及陸上用内燃機関』の221頁に、第234図として掲げられた2気筒、ボア 160 mm の Junkers 2 HK 160 型機関はかなり古風な外貌を呈しているが、その中身には恰も高速機関のような特徴が刻み込まれていた。もっとも、それは 120 HP/375 rpm というスペックであったから、S.A.9. 型機関より幾分“近代的”な設計になっているとは言え、中速のカテゴリーに属する機関であった²²⁾。

21) Judge, *High Speed Diesel Engines*. Chapman & Hall, 1933. pp. 234～236. 序でながら大井上 博も同じ S.A.9. 型機関の図を1936年の著作「自動車用ディーゼル機関」（内燃機関工学講座 第10巻『自動車用機関・鉄道車輛用機関』共立社, 1936年, 所収）に第138図として掲げている。Ricardo Comet 渦流室の歴史については拙著『日本のディーゼル自動車』日本経済評論社, 1988年, 123, 125～126頁, 参照。

22) 内丸前掲『内燃機関（後編）』653～663頁, 参照。因みにこの機関の全負荷最小燃料消費率は 165 g/HP・h, 潤滑油消費率は 3～4g/HP・h であった。

何を以てこれを“近代的”と称するかと言えば、本機関においては掃気ポンプを兼ね備える質量の大きな上方ピストンの行程が釣合改善のため、即ち Doxford 大形低速機関の場合と相似た理由で、かつ同じような値 $(240/320) = 3/4$ に短縮されているからである。

内丸がこの変更点について、

……気筒に嵌入せる上下両ピストンの行程は同一に造のが本来なれども、第556図の機関では上方のピストンの行程を少々短く造ってあるから、両ピストンの『クランク半径』が僅か違って居る (660頁)。

などと観光案内のように書き流しているのは奇異に思える。しかし大方、これがメーカーを含め当時の理解だったのであろう。だからこそ、1930年に S.A.9. 型のような設計も現れ得たものと想われる。

因みに、早稲田大学教授、渡辺寅次郎の1937年の著書の辺りまで時代が下ると、従前、紹介されて来たモノより更に小形で上方/下方ピストン行程比 $3/4$ の 2 サイクル対向ピストン 1 本クランク型機関 (1-60×90/120, 10 HP/1500 rpm) についての紹介が見られる²³⁾。

更に、後年の自動車用新系列機関において、上方/下方ピストン行程比は $3/4$ を経て 96 対 144、即ち $2/3$ という値へと落ち着いて行くことになる。

また、上下ピストン同一行程の旧型において特殊鑄鉄製一体型であったピストンは件の新系列自動車機関においては耐熱鋼のヘッドと軽合金製のピストン体とを組合わせたヨリ高等なモノへと進化を遂げた。しかし、これから Junkers 航空ディーゼルの廉価版という印象を払拭することは難しい。

Junkers 社における自動車機関の上方ピストン行程の漸次的短縮と後に触れる航空ディーゼルにおける掃気ポートの改良とは1930年代、並行して取り組まれた新開発であった。もっとも、前者にどれほどリキが入っていたのかについては些か疑問無しとしない。

完成の域に達した自動車用 Junkers 2 サイクル 1 本クランク対向ピストン型高速ディーゼルの概要を示す(図14)。

高速機関を巡る話題の焦点はしかし、当時、既にこの航空発動機中心に遷移して来ていた。勢い、Junkers 機関についての記述も専ら 2 本クランク歯車連動型航空ディーゼルの話題にシフトして行った。

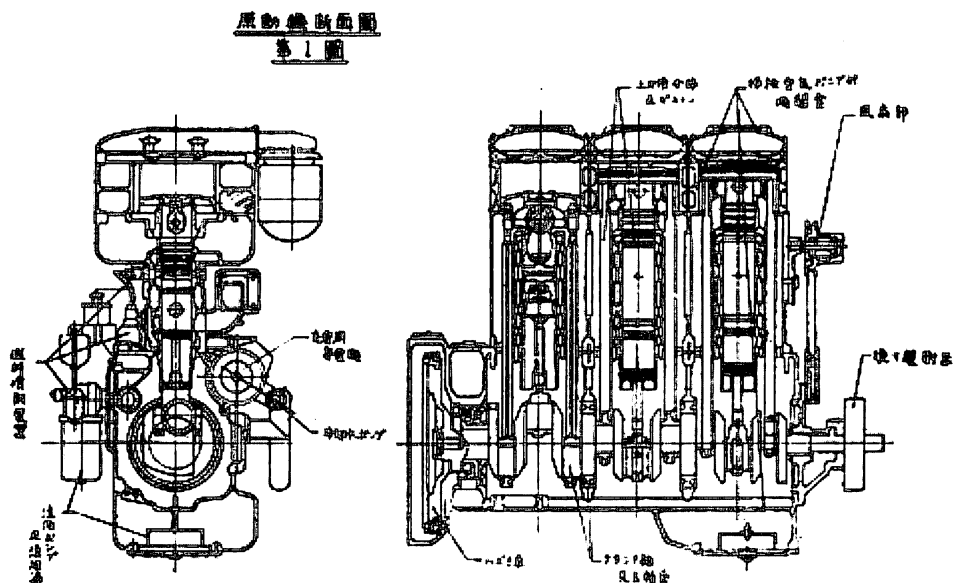
因みに、Judge の1933年の著書における Junkers 機関についての記述も、そのほとんどは 2 本クランク歯車連動型航空ディーゼルに関する内容であった²⁴⁾。

Judge は同時代における技術進歩には流石に聡く、同じ著書の中で、「ヨリ現在に近い機関においては」2 段(?)化された掃気ポートにはスパイラル状のひねりが附与され、掃気効率と残留スワール生成能力との向上が達成された旨、速報している (p. 195)。但し、正確な図や写

23) 渡辺寅次郎『ディーゼル機関 II』岩波全書、1937年、383～386頁、参照。

24) cf. *ibid.* pp. 193～198

図14 1本クランクの発展型2サイクル対向ピストン高速ディーゼル, Junkers 4.1



甘利義之「ユンカース デーゼル機関の特徴について」第1図（日本ディーゼル自動車普及会『ディーゼル自動車機関の研究』1950年，所収）。

上下ピストン行程（クランクアーム長さ）の違いに注目。

Junkers における新形式呼称は誠に単純で，2.4，4.1，5.4，7.5と，排気量（リットル）の数字そのものであった。図の機関は Krupp から技術導入品であるが，Krupp における型式呼称体系については後述。

真はこの本の出版には間に合っていない。無論，この種の進歩は飽くまでも Junkers 機関においては，航空ディーゼルに限られた現象であった。

Junkers 航空ディーゼルにおける掃気ポートは改良が著しい部位であり，著者たちの記述にも著しい変遷の痕が投影されている。

P., H., Wilkinson は1939年に著された興味深い著書において「4列200個の小さな給気口があり，接線方向に且つ上向きに穿孔されている」と述べながら，次の頁には第92図として5段ポートの図を掲げている²⁵⁾。

大井上は5段ポート付きライナの写真を掲げ，Junkers が「下方給気口の角度を各孔毎に種々に変えて実験し，性能の向上を計つてゐる」と述べている²⁶⁾。

大井上は更に，5段掃気ポートが1931年の Jumo 4 型ないしその量産型，Jumo 204 型では

25) P., H., Wilkinson・宮本晃男訳『航空ディーゼル機関』（原著1939年）墨水書房，1945年175，176頁，参照。Jumo 205-E，207の要目（142～147頁），Junkers 航空ディーゼルに関する第10，11章（157～187頁），ルフトハンザ航空における使用実績を紹介した第19章（295～304頁）の記述もまた貴重である。なお，原著1936年版は1939年版とは全く異なる内容で，後掲図15に相当する写真も掲載されていない。

26) 『高速ディーゼル機関』187頁，参照。

なく、1933年の Jumo 205 型ないし1935年の 205-C から導入された技術である点を示唆し、それらが 5 段200個の掃気ポートを有していること、同社が「下方給気口の角度を各孔毎に種々に変えて実験し、性能の向上をうてゐる」だけでなく、掃・排気ポートの丈を詰め、有効行程比の増大に努め、1940年の Jumo 207 (排気タービン過給機付) においてはこれを従前の約75%から約85%に高めることに成功した旨、伝えている²⁷⁾。

但し、同じ1942年に発行された長尾不二夫博士の著書には航空用、Jumo 205 (6-105×160/160 600/2200) の紹介と Jumo 206 についての若干の言及、および自動車用 1 本クランク機関 (2-85×96/144 60/1500) についてのごく粗略な記述があるのみである。これは航空ディーゼル一般および Junkers 機関に対して長尾博士がさほど期待も怨嗟も抱いておられなかったことの証でもあろう²⁸⁾。

そうした中、自然発生的に生まれて来たのが Junkers 2 サイクル対向ピストン高速ディーゼルにおける 1 本クランク→2 本クランク進化説である。

因みに、A. W. Judge は Junkers 対向ピストン型 2 サイクル高速ディーゼルは側方連桿 (a pair of long connecting rods ないし side-rods) を有する高回転化困難な 1 本クランク型の殻を破って 2 本クランク歯車連動型の航空発動機に進化したと述べている。また、同様の 1 本→2 本進化説の記述を大井上 博も開陳している²⁹⁾。

だが、果たしてそうであろうか？ むしろ、内丸の記述などからすれば、両者はほぼ同時期に開発されたと見るべきではなからうか？

然しながら、事実は小説よりも奇なる所にあった。航空ディーゼル絡みの文献の中でも興味深い著作として先に触れた P. H. Wilkinson の著書における Junkers 対向ピストン型航空ディーゼルが1913年に開発された横型 (厚翼々内搭載用) 2 本クランクの 4, 6 気筒、燃料噴射・電気点火式ガソリン機関から発展したという指摘は、彼が掲げた写真と共に、歴史記述として決定的に重要である³⁰⁾。

なぜなら、それは、“ユニカースにおける航空ディーゼル研究の歴史は古く、1916年には試作機関が製作され、1918年には実用機関が完成したが、第 1 次世界大戦の敗北とヴェルサイユ条約により休眠状態を余儀なくされ、漸く1928年頃、700馬力機関が復活を遂げた”，といった、無気噴射技術の開発史と照し合せるにどう見ても無理な叙述³¹⁾の本質、即ち、ガソリン機関と

27) 『航空ディーゼル機関』共立出版、1942年、182～193頁、参照。Junkers 航空ディーゼルの掃気ポートについてはまた、富塚 清『内燃機関の歴史』三栄書房、初版・2 版175頁、3 版181頁、4 版・5 版183頁、参照。

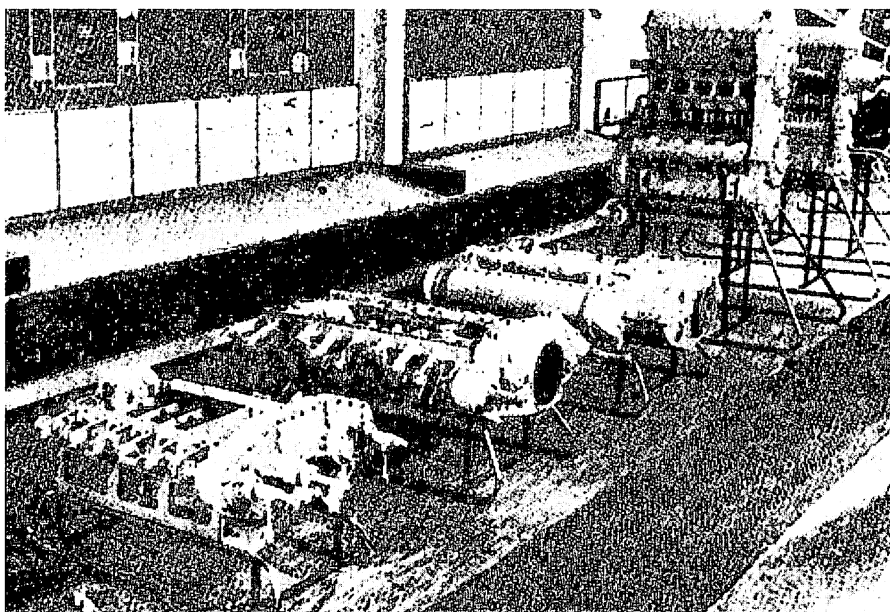
28) 長尾不二夫『新撰 内燃機関講義 (上巻)』養賢堂、273～275頁、参照。

29) cf. Judge, *High Speed Diesel Engines*. pp. 136,195. 大井上「航空ディーゼル機関」(内燃機関工学講座 第 9 巻『航空発動機』共立社、1935年、所収)、484頁、『航空ディーゼル機関』180頁、参照。

30) 前掲 P. H. Wilkinson・宮本晃男訳『航空ディーゼル機関』157～158頁、参照。

31) 岩田『ディーゼル機関の発達』55頁、参照。

図15 Junkers 対向ピストン航空ディーゼルへの発展階梯



MO-3	1913年	横型 4 気筒	燃料噴射・電気点火180 HP
MO-8	1914年	横型 6 気筒	燃料噴射・電気点火200 HP
FO -2	1916年	横型 6 気筒	燃料噴射・電気点火500→450 HP
FO -3	1926年	縦型 5 気筒	燃料噴射・圧縮着火830 HP
FO -4	1928年	縦型 6 気筒	燃料噴射・圧縮着火700 HP (SL-1→Jumo 4:量産型が'31の Jumo 204)

Wilkinson・宮本晃男訳『航空ディーゼル機関』157頁、および158頁、第80図。

ディーゼル機関との混同（ないし叙述における過度の省略）や、先に引いた Judge や大井上らの一見、もっともらしい1本クランク→2本クランク進化説の誤りについて示唆してくれるからである。

それにしても、大井上が Wilkinson に先立ち、Junkers の2本クランク対向ピストン型燃料噴射電気点火機関開発の経緯に触れ、典拠文献さえ掲げておきながら、その航空ディーゼルが1本クランク対向ピストン型高速ディーゼルから発達したものの、などという悪しきお題目を唱えた事実は到底理解し難い奇行と評する他ない³²⁾。

残念ながら、その Wilkinson も1本クランク型対向ピストン機関については何の言及も行っていない。しかし、以上を前提にした上で S.A.9. の来歴と突合せてみれば、Junkers の2サイクル対向ピストン機関は1本クランクの横型低速ガス機関として創始されたものの、高速機関としてはヨリ進化型に見える2本クランク歯車連動型の方が祖形に近い1本クランク型よ

32) 「航空ディーゼル機関」(1935年), 484~485頁, 『航空ディーゼル機関』(1942年), 180~181頁, 参照。

『高速ディーゼル機関』(1940年)においてこの叙述がカットされているのは必ずしも大井上が自己矛盾に気付いたためではないらしい。

り先行して開発され、かつ、ディーゼル化もこちらが早かった。また 1 本クランク型における上方ピストン行程の短縮を信念を以って行ったのは大形低速ディーゼル機関メーカー、Doxford のオリジナリティーであった、と見倣して差し支えない。

2 本クランク対向ピストン方式はガソリン機関という形で 1913 年から具体化していた。航空ディーゼルはその応用に過ぎない。1 本クランクを改良しあぐねた果てに 2 本クランクに行き着いた、などという描像は歴史に反する。考えてみれば、幾ら Junkers というヒトがメカマニアの資質に恵まれ過ぎていたにせよ、1 本クランク側方連桿型といったシロモノを本命として対向ピストン型高速機関開発をスタートさせ、限界にぶつかって 2 本クランク歯車連動型に鞍替えた、などを見なすこと自体に無理がある。イロイロやってみた中に 1 本クランクの対向ピストン高速ディーゼルもあった、というだけのハナシである。

大井上は Junkers 2 本クランク歯車連動型高速ディーゼルの製造権はイギリスの Napier and Son Ltd. ならびにフランスの C.L.M. (Cie.Lilloise de Moteur) に供与され、前者では多少試作実績があり、後者では 150 馬力以上の 2 本クランク型自動車用機関も開発されている、と紹介している³³⁾。

更に、大井上は 1 本クランク型 Junkers 対向ピストン機関について、この手のクルップ・ユンカーズ機関は Junkers の特許により、ドイツでは Krupp, Famo (Fahrzeug und Motorenwerke G.m.b.H.) によって製造されており、85×96/114 (上方/下方。このサイズだと掃気ポンプボアは 210 mm) 単筒出力 30PS/1500 rpm の 2,3,4 気筒がラインナップされ、C.L.M. でも同様の小出力機関が製造されている、という内容の文献についても述べている。何れ劣らぬゲテモノたる両者の間には境界的使用領域も存在し得たワケである³⁴⁾。

翻って Krupp はと見れば、この鉄鋼・兵器メーカーの自動車部門は 1932 年、直列 6 気筒ガソリン機関系列の他に空冷水平対向 4 気筒ガソリン機関 M304 (4-90×130,60 [軍の規格では 52] PS/2500 rpm) をラインナップしており、そのディーゼル化をも果たしていた (1933 年, M601 : 4-92×130,50 PS/2200 rpm→1936 年, M612 : 4-100×130,58 PS/2400 rpm)。とりわけ M601 においてはその全高を抑えるため、気筒レイアウトに適った水平対向型噴射ポンプを Bosch および Deckel に製造させるほどの念の入れようであった。

これらの水平対向 4 気筒ガソリンおよびディーゼル機関は Krupp の顔、軍用 2 トン 6 輪 (6×4) オフロード・トラック L2H43 (→L2H143) 型における運転手の前方視界確保を狙った設計であったが、噴射ポンプの型式変更に関する一件を見るに、この軍用トラックにおけるディーゼル化は見送られたようで、LD2H143 ないし 243 等の制式車輛称号は確認できていない。

一方、これらと並行して製造された Krupp-Junkers 1 本クランク型 2 サイクル対向ピスト

33) 『高速ディーゼル機関』184～189, 192～194 頁, 参照。

34) 前注および大井上博『高速ディーゼル機関』山海堂, 1940 年, 189～192 頁, 参照。

ン機関 (2.7リットル 2 気筒 60 HP : M402, 4.1リットル 3 気筒 90 HP : M412, 5.4リットル 4 気筒 125 HP : M422) は往復部分の質量の平衡により 1 次慣性力がほぼ相殺されるため、少数の気筒で間に合うから、背丈こそ高いが比較的コンパクトには仕上がる³⁵⁾。

従って、この両者は何れもウリに富む機関ではあった。しかし、背丈の点で両極端に位置する形式の高速ディーゼルを投入しようとしていた Krupp の企業行動は幾分酔狂にも映る。本稿の主役としての対向ピストン方式そのものにも該当することであるが、これなどもドイツ人の凝り性が裏目に出た好例の一つとは言えるであろう。

Famo については不詳ながら、「Linke-Hoffman, A.G. 社と Junkers 社との合併したもの」などという記述を見るに、流石に「合併」はなかったにせよ、Junkers の息がかかった工場ではあったようである。

Junkers Motorenbau G.m.b.H が1937年、本家である Junkers Flugzeugwerke A.G. (1910年創立) に合併されて Junkers Flugzeug-und-Motorenwerke A.G. となっている事蹟³⁶⁾に鑑みるに、Junkers はこの間、航空機、航空発動機への重点移行の一環としてこの些か珍妙な 2 サイクル対向ピストン 1 本クランク型ディーゼル機関の受け皿探しを進めつつあったのではなかろうか？

この辺りの状況は Krupp 辺りでも大局的には似たり寄ったりではなかったかと推察される。何となれば、この間、ドイツ陸軍は軍用自動車用機関の統制化を進めつつあった。その結果として 1937 年、Henschel, Humboldt-Deutz との競争を制し、自動車用統制発動機 (*Einheitsdieselmotor*) として選定されたのは1933年に登場した MAN の空気室式機関 (6-105×120) であった。そして、統制指定の後、ドイツ陸軍はこれを70～95馬力にレートさせ、MAN 以下、10社余りのメーカーに製造させる決定を下してもいる³⁷⁾。

また、ドイツ陸軍は総計25,000両以上生産されたハーフ・トラック (兵員輸送・野戦砲等牽引車) 群の内、Krupp に Mercedes Benz DB10 型 12 ton ハーフ・トラックを数千両分担生産させる計画を立てていたが、そこに搭載される凝りに凝った僅か 185 PS のユニットは背の高い Krupp-Junkers 機関ではなく、HL85 TUKRAM 型なる Maybach 製 V 型 12 気筒 (!) ガソリン機関であった。

この他、Krupp は戦時中、民需用として LD2H42/LD2H142 型 2 トン 4 輪トラック、LD2H43 型 2 トン 6 輪トラック、LD2.5H42 型/LD2.5H142 型 2.5 トン 4 輪トラック、

35) W., Kamm, *Das Kraftfahrzeug*・中澤達二訳『高等自動車工学』コロナ社、1942年、85～86頁、Krupp の水平対向空冷ディーゼルについては大井上『高速ディーゼル機関』234～236、245頁、吉田毅『空冷ディーゼル・エンジン』山海堂、1961年、323～326頁、参照。

36) 宮本晃男『列国航空発動機要目集』育生社弘道閣、1943年、8 頁、参照。

37) Heinz Fiebelkorn, *Der Einheitsdieselmotor*. *Motor*. 26-10, 1938・白井直光訳「標準ディーゼル発動機」(『内燃機関邦訳文献集』第4巻第4号、1939年)、拙著『日本のディーゼル自動車』日本経済評論社、1988年、338、342～343頁、参照。

LD3M22型 3 トン 4 輪トラック, LD3H62型 3 トン 4 輪トラック, LD3.5M132型 3.5 トン 4 輪トラック, LD3.5M222型 3.5 トン 4 輪トラック, LD6.5N42/LD6.5N342型 6.5 トン 4 輪トラック, といったディーゼル車を製造し, 第三帝国の雑然たる自動車群の構成に寄与しているが, これらの中で Krupp-Junkers 対向ピストン機関が搭載されたのは LD3.5M132型 (3 気筒 M412), LD3.5M222型 (2 気筒 M402), LD6.5N42/LD6.5N342型 (4 気筒 M422) のみであった。

また, Krupp は Sd.Kfz.247 軽装甲車, Sd.Kfz.101型軽戦車を製造しているが, それらは何れも Krupp-Junkers 対向ピストン機関の活躍の場ではなかった³⁸⁾。

つまり, ドイツにあって, 特に性能面で優れてでもいるならともかく, 少なくとも搭載性・整備性・補給性において決定的に劣る毛色の変った自動車用高速ディーゼル機関などが生き延びる, ましてや勢力版図を拡大できる余地は狭められて行く趨勢にあった。

それかあらぬか Krupp は 1940 年, LKW 型と称する 40° V 型 8 気筒ディーゼル機関 M713 (100×120 166hp/2000 rpm ないし高圧掃気により 200 hp/2000 rpm) を開発し, 山岳地帯で大型バスに試用を始めていた。本機関は 2 サイクル排気弁 (気筒当り 3 個) 付きユニフロー機関で, 燃焼方式は片寄せ型予燃焼室式であった。もともと, わが陸軍統制発動機のそのように, 予燃焼室先端噴孔部は主燃焼室に大きく突き出されてはいなかった。

本機関のその後の動静については承知しないが, 1951 年には 115×140 にサイズアップした SW 型と称する直列 3, 4, 6 気筒 3 弁式ユニフロー直噴機関 (110, 145, 210 hp/1700 rpm) がリリースされている。

この SW 型機関について長尾不二夫博士は,

Krupp-Südewerke 戦前 Krupp-Junkers と称し Junkers 対向ピストン型機関を製作していたが【1943 年 3 月に】甚だしい戦災を受け, 戦後工場を再開すると同時に自社の設計により排気弁付単流式機関の製産を始め, 現在一ヶ月トラック 200~250 台を出すまでになっている。この機関はシリンダ内径 115 mm φ, 行程 140 mm, 1700 rpm で 25 HP/cyl を出し, 一見 GMC71 型によく似ているが, 内部の構造は GMC より遥かに簡易化されている。即ち湿式ライナーを用いてシリンダの鋳物を簡単にし, ユニットインゼクターの代りに Bosch あるいは Deckel の噴射ポンプとノズルを用い, また掃除ブローアには 2 枚羽根のルーツを用いている。2, 3, 4 気筒を基準の型としそれを組合せて 5, 7, 8 気筒 300 HP まで製作している (『欧米におけるディーゼル機関の動向(3)』『機械の研究』第 6 巻 第 4 号, 1954 年。【 】内および傍点引用者)。

38) Olyslager Organization NV and B., H., Vanderveen ed.・橋本茂春訳『第二次大戦で活躍した世界の軍用自動車』八重洲出版, 1973 年, 254, 275, 280, 284, 288, 308, 310 頁, William Manchester, *The Arms of Krupp*・鈴木主税訳『クルップの歴史(上)』フジ出版社, 1982 年, 540 頁, Reinhard Frank, *KRUPP AT WAR The Legendary Krupp Protze & Other Vehicles*. Schiffer, 1992. 参照。

と紹介している。

然しながら、SW型の淵源は1940年のLKW型にあり、工場被災の有無を問わず、Kruppu-Junkers 対向ピストン機関の高速機関としての命脈は既に1930年代を以って尽きていたと見て良い³⁹⁾。

そうした趨勢下、この落ち目の個性一点張り機関に過分とも言える敬意を表した戦前期最後の邦語文献を尋ねるとすれば、それは神戸製鋼所の永井 博の文章を描いて他に無かる。永井は各種1本クランク・Junkers 機関の要目、解説、カット写真、組立図、性能曲線、機械式内燃動車フレームへの4.1型3気筒機関搭載状況の写真、要目表を掲げ、好意的に論じている⁴⁰⁾。

4. Junkers 2 サイクル対向ピストン1本クランク型機関の日本への導入

Krupp-Junkers の2サイクル対向ピストンディーゼル機関は1935年12月、元陸軍航空兵中佐 ドイツ駐在武官 安達堅造、元三菱航空機(株)名古屋製作所長 松本辰三郎によって設立された日本デイズル工業(株)によってわが国でもライセンス生産されている。特許権ならびに設備一式とノウハウ込みの買収費用は約300万円、資本金は600万円であった⁴¹⁾。

「設備一式」と言うからには、Krupp は、この時点で折り合いさえ付けば、この機関に見切りをつけ、一切合財売り抜けて旨い商売をしおせよう、ぐらゐの心算だったのではなかろうか。少なくとも、先に引いた長尾博士のレポートと合せて考えるに、1952年頃、次世代機関の形式選定を模索しつつあった阿知波が Krupp で聞かされたという Krupp-Junkers 1本クランク機関については“4、5年前までやっていたけれども、もうやめた”などという答弁には、かつての不運な獲物ライセンスに対する気不味さから口を衝いたデマカセの臭いが漂う。

一方、いすゞの荒牧寅雄は日本デイズル設立裏面史を語っている。安達は当初、Robert Bosch からの噴射ポンプ技術導入を企図したが、導入契約競争において東京自動車工業(いすゞ)に敗れ(→デイズル機器(株)の設立)、止む無く Krupp からの Krupp-Junkers 2 サイクル対向ピストン機関の技術導入に走った、という。これは飽くまでも、いすゞ側から見た挿話である⁴²⁾。

39) SW型、LKW型については大井上『高速デイズル機関』208～210頁、大井上他『デイズル機関Ⅰ』山海堂、熱機関体系6、1956年、396～397頁、巻末、表13・2、参照。

40) 永井 博「車輛用機関」(『内燃機関工学講座 第10巻 自動車用機関・車輛用機関』共立社、1936年の後半)、262～264、438～442頁、参照。

41) 以下、社史的事項については主として(社)日本自動車工業会『日本自動車工業史稿(3)』1969年、278、283～297頁、「第5回座談会 デイズル・エンジン研究の歩み」(社)自動車工業振興会『自動車史料シリーズ(1) 日本自動車工業史座談会記録集』1973年、所収)、阿知波二郎・富塚清「対談 バス・トラック用2サイクルデイズル機関衰退の原因」における日産デイズル工業(株)専務 阿知波二郎の発言に拠り、これ以外の文献については逐次、注記する。

42) 荒牧寅雄『車と共に半世紀』いすゞ自動車(株)、1979年、50～61頁、参照。但し、秘話は良いが、Krupp-Junkers 機関の噴射装置に関して、吸気行程低圧噴射などという57頁の記述は全くのデタラメ

少なくとも三菱は Junkers 航空発動機の一部をライセンス生産していたから、関係者は Junkers には安達以上に顔が利き、自動車用 Krupp-Junkers 対向ピストンディーゼルについても初めから当りを付け易い立場に居たことは確実と見られる。

この技術導入に際してはまた、後述されるように、わが国の実情あるいは受け皿である日本ダイゼルの事情に合せた構造的簡略化が試みられた。

先行きへの期待から日本ダイゼルのにおいては1937年5月、2千万円への増資がなされた。然しながら川口市における工場建設は輸入機械・資材の遅延もあって捗らず、翌年末までの売り上げは輸入機関の販売代金のみに終わった。それでも工場は1938年中に一部、国産工作機械等で間に合わせを図り、五月雨式に順次、操業を開始し、ドイツ人技師の招聘や日本人技術者の派遣などを通じた技術習得が進められた。しかし、後に見るように、この時烙印された工作機械の内外落差は同社の生産技術体系に拭い難いアンバランスの影を落とし続けることになる⁴³⁾。

創業直後の資料には Krupp 社からの技術導入による日本ダイゼルの製造機種として2サイクル対向ピストンの ND1, ND2, ND3 型および空冷水平対向4気筒の NDA5 の主要諸元と対向ピストン機関のカット写真が掲げられている。誤って空気室式と表記されている NDA5 については後にも先にもこの文献以外に記載が見当たらない。このことから、当時の日本ダイゼルの生産形態が概ねノックダウン組立的な状況にあったことが推測される⁴⁴⁾。

第1号対向ピストン2気筒ディーゼル ND1 (2-85×96/144 62PS/1600 rpm) は1938年11月28日に完成し、翌月13日に連続100時間運転試験に合格した。阿知波はこの機関を「京都大学へ行って、そこの計測装置を全部借りて、相当細かい点まで解析した」、と回想している。

国産第1号 ND1 機関は国産第1号3.5トン試作 LD1 型トラックに搭載された。1939年11月には LD1 型の 3000 km 走破試験が終了し、会社はトラック、バスおよび内燃自動車、特殊車向け等のディーゼル機関受注体制に入った。製品系列はボア 85 mm の 2,3,4 気筒 (ND1~3), ボア 100 mm の 4 気筒 (ND5) であった。

この頃、鐘淵紡績との提携問題が浮上し、勢力争いに敗れた初代社長 安達堅造は1939年12月を以って退社した。いきなり鐘紡というのも唐突な取合せであるが、当時、資金力のある紡績会社が機械産業への参入を企てたとしても殊更異とされるほどの現象ではなかった。その結果日本ダイゼル工業は鐘紡系の企業として再出発することになる。

そして1942年12月、日本ダイゼルの系列色を前面に打ち出した鐘淵ダイゼル工業(株)へと商号変更され、製品呼称も痛切に従えば、ND から KD となる。

これはしかし、単なる商号変更ではなかった。大戦期、海軍は鐘紡に対して木造運搬船の計

ゞメであり、実際にはそれは最大トルク発生点において約 480 kg/cm² にも達した。また、61頁の「註2」は当該部分とは無関係で、49頁に入れられるべきものである。

43) 「民生産業川口工場訪問記」(機械の研究編集部『機械の研究』第2巻第3号, 1950年, 所収)。

44) 日本機械学会『機械工学年鑑』昭和14(1939)年版, 188~189頁, 参照。

画造船用主機，F5，F6型（5&6-350×520 430&550PS/290 rpm）の製造を要請した。鐘淵では発祥の地，向島区隅田町の老朽工場に旧式工作機械をかき集め，鐘淵ディーゼル工業を設立した。旧日本ディーゼルはこの会社に高速ディーゼル部門として組み込まれたワケである。

しかし，肝心の本体の方は試作完成も覚束かぬ内，敗戦となり，戦後，漁船用中速ディーゼルメーカーに転じて再出発を果たしたが，鳴かず飛ばずの内に1969年頃，自主解散に及んでいる⁴⁵⁾。

一方，旧日本ディーゼル側は幾らか順調に発展し，海軍向けにトラックやブルドーザー（1942年），南方油田開発用等の汎用ディーゼル機関，同6気筒180馬力ヘッセルマン機関などの製造を続けた。元々ガソリン・軽油両用であるヘッセルマン機関のガス・ディーゼル化実験に際して阿知波は「本格的な実験もやらなけりやまずいということで，京都大学で長尾不二夫先生の指導を受けまして，メタングスでディーゼルの回しました」と述懐している。

同社における敗戦までの製造台数は高速ディーゼルが2123基，自動車合計は181台であった。

なお，創業時の経緯からか，同社の高速ディーゼルには Friedrich Deckel の噴射ポンプが用いられていたが，1940年度には社内にユニカース特許の噴射ポンプ，ノズルを製造する工場が新設されている⁴⁶⁾。

1946年3月，鐘淵ディーゼル工業は民生産業(株)と商号を改め，更に1950年5月，民生産業の自動車部門は独立し，本体は鐘淵ディーゼル工業(株)，自動車部門は民生ディーゼル工業(株)となり⁴⁷⁾，かつ日産自動車(株)との間に提携関係が結ばれた。

5. 国産2サイクル対向ピストン1本クランク型自動車機関の内実

戦後，民生KD機関は自動車用とりわけ都市公共交通バスあるいは船用補機を中心に販路を拡大した。しかし，本家いすゞをはじめ，陸軍統制系4サイクル予燃焼室式機関に慣れ親しんだ多くのユーザーからKD機関は忌避された。国産品の嚆矢となったブルドーザーも1947年，占領軍の命令で生産終了に至った。

また，戦後ともなれば，このような機関が工学書の中で重い扱いを受ける時代はとうに過ぎ去っていた。勢い，同種の書物に含まれるのは素っ気無い記述ばかりとなる⁴⁸⁾。

45) 鐘淵ディーゼルの縁起，終末については，伊藤 茂『内燃機関と人と(14)』（『内燃機関』Vol. 13 No. 149 1974年）参照。

46) 伊藤正男「国産自動車用ディーゼル機関の歴史」（日本機械学会『日本機械工業五十年』1949年，所収）。

47) 本体である中速機関メーカーの鐘淵ディーゼル工業なる戦後名称については中谷勝紀『船用ディーゼル機関の解説』天然社，1953年，巻末所収の同社自身の広告より。同書「ディーゼル機関製作所名簿」2頁に鐘淵ディーゼル工業(株)と表記されているのは誤りと想われる。

48) 前田利一他『自動車（上巻）』日本機械学会，1950年，96，177～199頁にカット写真1葉と自動車・同機関の諸元表が掲げられている。民生の機関は3気筒，呼称はKD3とある。➤

そうした中、菊地五郎『ジーゼル自動車工学』岩波書店、1953年、106～128頁、第7章 クルップ・ユンカース機関 (Krupp Junkers engine) は恐らく、わが国の一般工学書として同機関についての最も、かつ例外的に詳しく、民生側の資料をも取り込んだ特異な解説となっている。技術情報としてはいかにも周回遅れである上、痒い所になかなか手の届かぬ書きっぷりではあるが、史料としてはかなり貴重である。

また、手許にある鐘淵デイズル工業時代に公表された資料は KD 機関のヨリ具体的な生き様を髣髴とさせる手がかりを与えてくれる。

その一つ、鐘淵デイズル工業(株)『デイズル発動機』＝戦時中発行の薄いカタログには直噴ゆえ電熱装置不要なこと、重油・頁岩油・石炭液化油・その他動植物油など、適応燃料の広範囲性、優れた燃費、高いトルク、優れた潤滑、部品の堅牢性取り扱いの容易性、経済性などの能書きと共に、カット図、作動要領図、機関外観の他、トラックシャシ外観、豆機関車外観、電気式自動車外観、性能曲線、諸元表、組立図が掲載されている⁴⁹⁾。

先ずは諸元表を掲げよう。意外なことに、呼称は KD2, -3, -4, -5 ではなく、未だ日本デイズル時代のままである。些か冗長であるが、出来るだけ元の形式を踏襲して採録する。

続いて適用車輛の 3 例をここに採録しておく (図16)。

図中、内燃自動車は相模鉄道、キハ1001型電気式ディーゼル自動車である。同型は 1004 まで計 4 両あった。何れも 1935年10月、汽車製造会社東京支店製で、その汽車会社標準 L 型台車の車軸軸受には SKF のコロ軸受 (と言うことは十中八九、自動調心コロ軸受) が用いられていた。

しかし、そこに搭載された 4 気筒機関は年代的に当然、パンフレットが騙る国産 ND3型ではなく、輸入品でなければならない。鉄道史の文献には 5-4 TV と表記されているが、前の方は“5.4”であろう。また、“TV”は鉄道車輛用のある仕様を示すサフィックスであろう。以上の点から、それは国産品ではなく、Junkers 製の機関であったと解して良い。

他方、電気回りは東洋電機製造製で、Voith 製流体継手を介して駆動される発電機は 342V 70 kW, 主電動機は 52 kW×2 の直列接続であった。

実は、これに先立つ 1933年 8 月、汽車会社東京支店は北九州鉄道向けに Junkers “4-1” ならぬ 4.1 型機関を搭載した機械式ディーゼル自動車、ジハ 20, 21 を竣工させていた。ところが、

▼ また、長尾不二夫『改著 内燃機関講義(上巻)』養賢堂、1952年、訂正第 2 版には、旧版よりさらにアッサリ、351～352頁に自動車用 1 本クランク機関のカット写真と簡単な解説、同ピストンのカット説明図が掲げられているのみであるが、何時もながら、この著者の記述は仮令、簡略な言及であっても歴史の理解に大変役立つことになる。

なお、わが国においては戦後復興期、漁船用焼玉発動機を代替し得る小形 2 サイクルディーゼル機関の開発に産学の期待が集まった。日本機械学会内燃機関部門委員会は 1947年11月、東京にてエンジンメーカー 10 社ならびに 3 大学の有識者総計 24 名を糾合、座談会を開催した。その席上、民生産業の喜安貞夫と阿知波二郎は KD 機関の概要紹介を行っているが、内容的には至って簡略なモノであった (日本機械学会『小型二サイクルジーゼル機関』1948年、54～58頁、参照)。

49) 1942年12月以降、かつ東京市という住所表示が見られるから 1943年 6 月以前の発行と推定される。

表1 鐘淵デイズル車輦用 デーゼル発動機一覧表

発 動 機 型 式	ND 1 型	ND 2 型	ND 3 型	ND 5 型
作 動 方 式	向合ピストン式	同 左	同 左	同 左
燃 焼 室 型 式	直接燃焼室式	同 左	同 左	同 左
冷 却 方 式	水 冷 式	水 冷 式	水 冷 式	水 冷 式
サ イ ク ル	2	2	2	2
シ リ ン ダ 数	2	3	4	4
シ リ ン ダ 内 径 (耗)	85	85	85	100
衝 程 (耗)	上方 96 下方 144 240	上方 96 下方 144 240	上方 96 下方 144 240	上方 96 下方 144 240
総 シ リ ン ダ 容 積 (立)	2.7	4.1	5.4	7.5
最大出力 (馬力-回轉/分)	60-1,500	90-1,500	125-1,500	165-1,500
圧 縮 比	1 : 17	1 : 17	1 : 17	1 : 17
最大回轉力 (瓩米/回轉/分)	32/1,100	49/1,100	62/1,200	83/1,000
燃 料 噴 射 ポ ン プ 型 式	鐘淵デイズル 無氣噴射式	同 左	同 左	同 左
噴 射 弁 型 式	鐘淵デイズル 開 放 式	同 左	同 左	同 左
燃料消費量 (瓦/馬力・時)	200	200	200	200
始動電機容量 (ボルト-馬力)	24-6	24-6	24-6	24-6
充電發電機容量 (ボルト-ワット)	24-300	24-300	24-300	24-300
発 動 機 重 量 (瓩)	550	710	900	980
最大馬力当り重量 (瓩)	9.2	7.9	7.2	5.9

鐘淵デイズル工業(株)『デイズル発動機』より。

こちらの機関については部品の消耗，交換頻度が夥しく，就役後約2年半にして「機関各部摩耗及亀裂衰弱」を理由として Saurer BLD 型機関への換装を余儀無くされた経緯が伝えられている⁵⁰⁾。

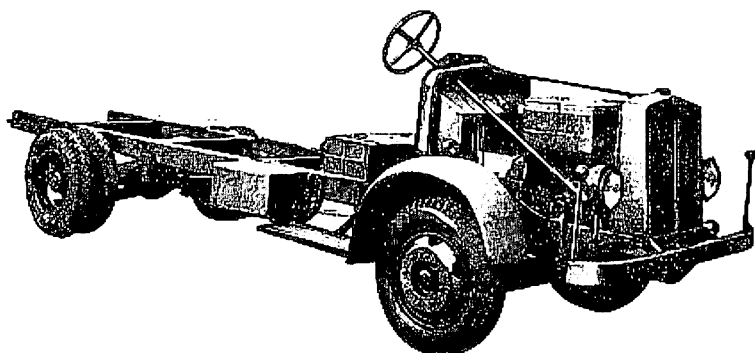
この間における北九州鉄道ジハ20，21の動静はそれを知らぬ筈も無い汽車会社側に機関負荷を緩和し得るシステムの開発へ向けた切実な圧力を及ぼし，イニシアル・コストの高い電気式の採用を強要したのであろう。

鉄道史家は相模鉄道のキハ1001～1004について，北九州鉄道のジハ20～21におけるような酷い使用実態について教えていない。少なくとも，その Junkers 5.4型機関が変速ショックも

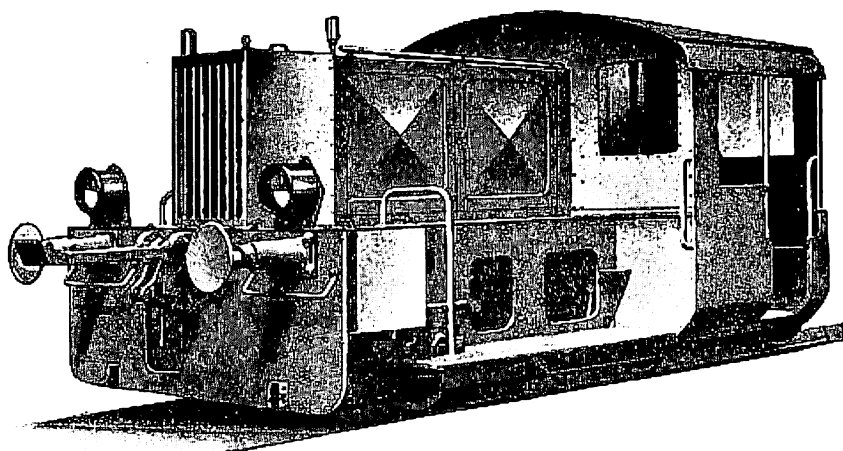
50) 「ニュース “我が国最初のデイズル電動車”」『日本機械学会誌』第38巻第223号，1935年10月，湯口徹『内燃動車発達史 上巻：戦前私鉄編』ネコ・パブリッシング，2004年，116～118，286，289頁，同『内燃動車発達史 下巻：戦前メーカー編』同，2005年，112，116，120頁，参照。

図 16 2 サイクル対向ピストン KD 機関搭載車輛 3 例

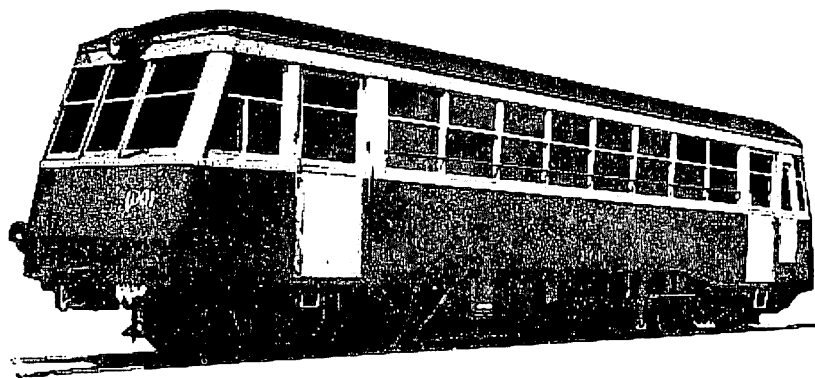
ND-1 型發動機裝備の LD-3 型 (3.5 噸) トラックシャーシであります



ND-2 型發動機裝備のゲーゼル機関車の例であります



ND-3 型發動機裝備の旅客用ゲーゼル電動車の例であります



伴わなければ回転域の変動も少ない電気式伝動装置に助けられたことだけは確かである。それは恰も、戦後の国鉄動車用制式ディーゼル機関が液体変速機^{トルクコンバータ}に助けられたのと好一对の現象と言えよう。

鐘淵時代における今一つの技術資料はこのカタログと同じ頃に発行されたと思しき鐘淵ディーゼル工業(株)『鐘淵ディーゼル ND1 型自動車用発動機 (クルップエンカース特許) 部品簿』= 2 気筒機関のパーツリストである。これについては必要になったら登場願うことにする⁵¹⁾。

続いて、民生時代に発表された資料として、甘利義之「エンカース デーゼル機関の特長について」(日本ディーゼル自動車普及会『ディーゼル自動車機関の研究』1950年, 79~85頁, 所収), 阿知波二郎「オープンノズルについて」(同, 86~89頁, 所収)の名が挙げられる。この2本は何れも研究会報告を起こした純然たる技術論文である。

なお、甘利義之という姓名はそうザラにはなかろうから、このヒトは海軍艦政本部第5部、タービン班長を務めた甘利^{よしただ}義之その人であろう。民生での肩書きは明記されていない。

民生の Krupp-Junkers 機関を語るに際して以上のような文献と共に決して避けては通れない重要なルポがある。『機械の研究』第2巻第3号に掲載された前掲、機械の研究編集部「民生産業川口工場訪問記」がそれである。

そこで以下暫く、このルポ記事から技術的ポイントを拾い出し、他の資料と突き合せ、その言わんとするところを検証してみたい。

始動性についてルポは「高圧縮比の直接噴射だから、断然ぐあいがよく、 -4°C で3~4秒でスタートする快適さだ」と称揚している。始動性については甘利も、

見かけの圧縮比は17であるが真圧縮比は【ポートがあるため】15.8である。それにもかゝらず直接噴射であるために -5° の寒地でも5~10秒にて特別な装置をつけずにスタートする事が出来る (【 】内引用者)。

と述べているから確かであろう。但し、それ以上の低温では吸気加熱等によるしかなく、この場合は統制発動機におけるような予熱栓による加熱の方に分がある。

しかし、始動後の運転については「振動がおおい……振動は、対向ピストンだから平衡はいはずだが、工作寸度の不正確に由来するものである。それに2気筒, 3気筒などでは、トルク変動のほうはまぬがれないところだろう」と不評であった。

Krupp-Junkers 対向ピストン1本クランク型機関のクランク位相は元来、バランスよりも掃気効率を優先して 180° にはなっておらず、排気ポートを開閉する下部ピストンはそこから 15° 進みに設定されていた。これに対して別に掃気ポンプを有する2本クランク型航空発動機におけるそれはバランスを重視して 9° 進みになっていた。

掃気効率とバランスとを秤にかけ、前者を優先したところに Krupp-Junkers 機関の特

51) 東京都という住所表示と北京工場の記載が見られるから、1943年7月以降、敗戦までの間に発行されたと解することが合理的である。

徴が現れているのであるから、感覚レベルの相違はあれ、振動が幾分目立ったぐらいでは文句を言える筋合いではなく、また振動の原因を真っ先に重量誤差に帰することも必ずしも適当とは言えぬであろう。

トルク変動については一見、2サイクル3気筒ならマズマズのようにも思えるが、この点、実はかなり怪しくもある。そこでモノは験しと、前田他『自動車（上巻）』の諸元表に掲げられた1950年当時のデータを見る。3気筒KD3（90PS/1500 rpm）のフライホイール重量は44 kgであった。これを4サイクル直列6気筒軍団における東日本重工DB型機関（8.55リットル110PS/2000 rpm）の42 kg、日野DA55型機関（10.85リットル110PS/1700 rpm）の49.4 kgと、と比べると、ほぼ馬力なみと言える。然るに、同じ直6でも、いすゞDA45（90PS/2600 rpm）のような高速軽快型の機関における27.5 kgと比べるとやはり鈍重極まりない。

各機関のフライホイールにおける慣性能率までは判らぬが、こんな数字一つを取ってみても、KD機関の性格付けが窺い知れるであろう。1回転当り燃焼回数云々が問題なのではない。重いパンチを手数少なく放たねばならぬ低回転高トルク型機関の宿命がこの大きなフライホイール・マスを撥ね返すかのようなトルク変動を目立たせていたと見える。

その製造コストについては「きわめて特殊な設計、工作なので、製作費がかさむのではないかとおもったが、専門機械の関係からこれは案外で、よそよりも生産原価はひくくなっているようだ」とある。しかし、後に述べるように、民生における生産技術体系という点について編集部員はかなり誤解している。

また、ドイツ製の工作機械の絶対的加工精度は高かったのであろうが、間に合わせに投入された国産機械のそれは決して高くはなかった筈である。甘利が「……最近加工精度を上げた結果、30時間運転後には105 HPを出すのが多く……」、と述べていることから見ても、民生の生産技術体系はご他間に漏れず、戦時中以来、かなり荒廃したレベルにあり、復興当時は未だ健全化の途上にあったと見られる。

生産技術体系の面に関して編集部員はまた、「製作上の問題としても、軸受金のホワイト・メタルの錫にこまるくらいで、これはケルメットにかえてゆくことになろう。ドイツからはいつてきたとき、規格をゆるめ、材料の変更をやつているし、ことにピストン・ヘッドの工程などだいぶ簡単化している」と述べている（傍点引用者）。

事実、主軸受メタルについては前田他『自動車（上巻）』の諸元表データに拠り、それがホワイト・メタルであり、その対応軸径は3気筒KD3型の場合で前から55, 161, 160, 90 mm ϕ であったことが、またその材質に関する情報だけなら上記、『部品簿』からも確認される。

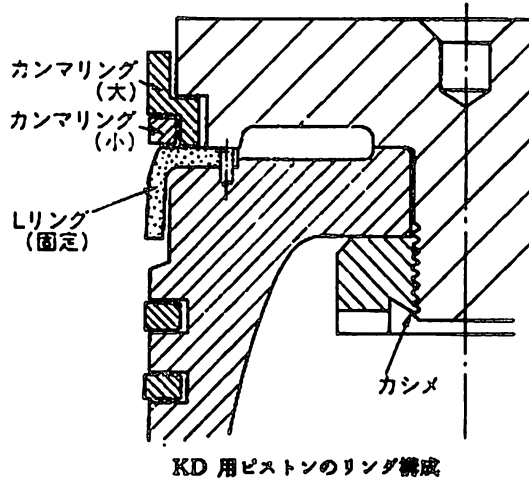
また、上記『部品簿』および前田他前掲書の諸元表データによれば、クランクピン・ベアリング（主連桿ならびに側方連桿の大端軸受）は70 mm ϕ のジャーナルを抱く半割りのホワイト・メタル・ブッシュであった。

復興期、銅合金、錫および潤滑油の不足が深刻な問題であった事実は良く知られているが、

このルポにより、その中でもホワイト・メタルに大量に用いられる錫は入手難であったらしいことが判る⁵²⁾。

他方、大きくクロスアップされているKD 機関のピストンヘッドはいかにも Junkers 航空ディーゼルの廉価版らしく、次図のような構成になっていた。

図 17 KD 機関下方ピストンのヘッド部



KD 用ピストンのリング構成

大塚新太郎・石原莊一「わが国における2サイクル自動車エンジンの
変遷(5) 日産ディーゼル工業」の図-2(a), 『内燃機関』Vol. 30 No. 376 1991年。

この問題箇所の構造については戦前に出た大井上の『高速ディーゼル機関』191頁、図10・16や戦後に出た前掲『部品簿』, それに甘利前掲論文, 長尾『改著 内燃機関講義 (上巻)』352頁, 第283図によっても確認される。

ところが, 材料面に目を転じた途端, 我々は著者たちの記述がマチマチであることに気付かされる。因みに, 大井上はピストンヘッドを「耐熱合金製」, ピストン体を「Y合金」, 即ち軽合金製としている (191頁)。

これに対して, 前田他『自動車 (上巻)』の諸元表には単に普通鑄鉄を示す「FC23」なる記

52) 因みに, GHQ (連合軍総司令部) が軍需に偏して発展したわが国ころがり軸受工業を根絶する意志を示した時 (1945年12月, ポーレー報告), 鉄道省の後身, 運輸省の動力車課長の任に在った島 秀雄は戦前期以来の鉄道車輛用ころがり軸受の使用ならびに国産化に果たした鉄道省の功績を説くと共に, 平軸受材料たる銅合金・錫・鉛の入手難, 潤滑油等の不足並びに品質不良という客観情勢の下, 斯業を欠くことが外貨政策上も不得策性であることを強調して説得に成功した (車両用ころがり軸受研究会『車両用ころがり軸受』白泉社, 1959年, 「序」参照)。

島の予測は朝鮮戦争勃発によって一層, 現実味を増し, 鉛の高騰は石油不足下に叢生した国産電気自動車に引導を渡す原因ともなる。

なお, この「序」執筆当時, 島は国鉄技師長の任に在り, 東海道新幹線の実現に向けてそのカリスマ性を発揮しつつあった。

号のみが記入されている。

甘利はピストン体の材料については触れず、「上下ピストン頭には SiGr 鋼耐熱板があり運転中は赤熱されて点火を助けている」(Gr は Cr の誤植)とだけ述べている。長尾もピストンヘッドの材料について「シル・クローム鋼」と記述しており、ピストン体の材料については語っていない(352頁)。菊地は長尾と共にピストンヘッドを「シル・クローム鋼」と表示し、かつピストン体を「特殊鑄鉄」と述べている(109頁)。これに対して大塚・石原はヘッド材料を大雑把に「ステンレス」と称している。

要するに、元来、耐熱鋼と軽合金との組合せから成っていたピストンはルポに示唆されていたように、この国に渡った時点においてはほぼ間違いなく耐熱鋼と鑄鉄との組合せに身をやつすことになっていたのであるが、その生涯のどん底とでも言うべき時代に鑄鉄一体構造……S.A.9. など旧型並みの構造……にまで零落していた可能性すら否定できない、というワケである。

軽合金ピストンの鑄鉄化ぐらい、日本では従前から茶飯事であったが、これがライセンス機関において生じた現象であったとすれば、やはり一顧には値しよう。前田他『自動車(上巻)』が日本機械学会 機械工学講座Ⅳ-3 として刊行された年回りはまさしく件のルポが現れた1950年と符合している点も強調して良からう(もっとも、甘利の報告が収録されている本も同じ年に公開されている)。

他方、何処を探しても、技術導入に際してピストンヘッドに係わる「工程などだいぶ簡単化」されたという弁を裏付けるような情報は一切語られていない。よって、この件については遺憾ながら不明とせざるを得ない。『機械の研究』誌の編集部員が凸型で内部に断熱用の空隙を有し、周縁部の通しボルトでピストン体に結合されていた Junkers 航空ディーゼルのピストンと Krupp-Junkers 機関のピストンとを混同した、などと思いたくはないのであるが……。

Krupp-Junkers 機関のメンテナンスについては、重油・軽油混合燃料が焚かれたため、ノズル噴孔の詰りが頻発し⁵³⁾、燃料フィルターの整備を頻繁に行う必要がある、と指摘されている。恐らく、他の問題も生じてはいたが、それどころではなかったのであろう。耐久性全般に関して会社側は「よくつかつているところは1年1回のオーバーホールでたくさんだ」と応えたようである。

総評として『機械の研究』編集部は「いずれにしろ、なかなかがつちりした確実性のある発動機なのだが、使用者がこのまない理由もまたわかるような気がする。会社としてはかんがえ

53) KD 型のような内製ノズルの場合より、Bosch の汎用品用いる機関において問題は一層深刻であった。復興過程当初に横行した粗悪燃料やイミテーション・ノズル、不良再生品の下で生まれた所謂「三日ノズル」問題については伊藤正男「ディーゼルと共に歩んだ60年」(『いすゞディーゼルエンジン60周年記念講演集』いすゞ自動車㈱、1994年、所収)、簡単には拙著『伊藤正男——トップエンジニアと仲間たち』1998年、154頁、参照。

させられるところだろう」，と述べ，2サイクルで今後も勝負して行く積もりなら，独自の技術を開発すべきである，という主旨の辛口コメントを残している。

そんなに「がつちりした確実性のある発動機」であったなら，Junkers 4.1型機関の北九州鉄道における惨状は何であったのか，と皮肉の一つも発したくなるが，この時代を含め，一貫して本邦2サイクル自動車用ディーゼル技術における代表的当事者であった阿知波自身に抱れば，このKD機関は現役の頃，「サンタカエンジン」と仇名されていた。その謂いは“背が高く，音が高く，値が高い”という点にあった。とりわけ音は酷かったようで「その音を聞いてから朝めし食って家を出たらちょうどバスが前へ来た」などと揶揄されるほどであった（阿知波）。

してみれば，不出来なりにマトモな使い方をする限り，KDはそれほど壊れやすくなかったのであろう。但し，サービス供給能力の制約もあり，輸出は遂になされなかった。また，これをクランク室予圧方式の横型農業用発動機に展開させる試みは完全に失敗したと伝えられている⁵⁴⁾。

他方，対談の中で阿知波は，「ノウハウはあるのですが，ノウホワイ（know why）がない」と自嘲しながらも，民生が1951年にKD機関のピーク回転数を従前の1500 rpmから1800 rpmに引き上げ，2気筒60馬力型を70PSに，3気筒90馬力型を105PSに増強，翌年には吸気サイレンサーの設置によってカン高い吸気音を解消し「ニタカエンジン」化することに成功した事蹟についても語っている。

しかし，この辺りが2サイクル対向ピストン1本クランク型機関における性能向上の限界であった。その重量，価格は背丈に劣らず大きいままであった。

何しろ，下方ピストンを動かす主連桿の小端軸受は3 mm ϕ のコロを用いる複列針状コロ軸受という凝った構造であった（図18）。

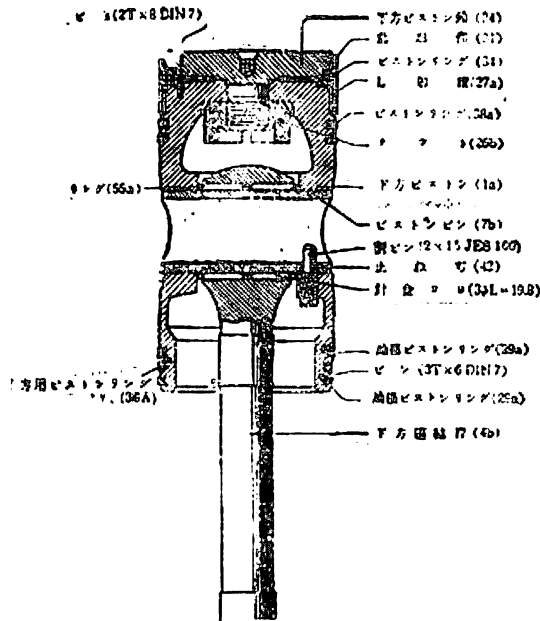
更に，上方ピストンを動かすための，中心間距離が634 mmにも達する長い側方連桿が一種の片持ち梁であるクロスヘッド・ピンを抱くその小端部軸受は関連部品が互いに何となく他を支え合いながら激しく動き回り続けるという奇天烈極まるトラニオン軸受の体をなす。これほど厄介であることに輪をかけ，それは潤滑油を送り届け難い部位でもある。従ってここには何と，自動調心性を有する高価な“樽型コロ軸受”＝単列球面（自動調心）コロ軸受なるシロモノが用いられねばならなかった（図19）。

こんな有様では重く，高コストにならぬ方が不思議である。

KD機関の燃料消費率（全負荷最小で200 g/PS・h程度）は同時代の統制型予燃焼室式機関（DA45：205，DB：210，DA55：200）と比べ，むしろ優れていた。もっとも，2サイクルであるがゆえに，掃気ポンプ（上方ピストンに付設）駆動損失を伴うため，軽負荷ならびに高負荷運転

54) 農産展開の挫折については「民生産業川口工場訪問記」（機械の研究編集部『機械の研究』第2巻第3号，1950年，所収）。

図 18 KD 機関の主連桿小端部



鐘淵デイズル工業(株)『鐘淵デイズル ND1 型自動車用発動機
(クルップ・ユンカーズ特許) 部品簿』第 6 図より。

この部分の構造についても大井上『高速デイズル機関』191頁、図10・16、長尾
『改著 内燃機関講義 (上巻)』352頁、第283図によっても確認される。

時にはその影響が大きく、4 サイクルに対して最も優位に立てるのは中負荷運転時であった。

オイルの消費率にしても、5 g/PS・h を下回る程度、とその数値自体は極端に悪くはなかった。それにも拘らず、気筒の排気ポートにおけるカーボン堆積に悩まされ、運用者は頻繁な掻き落としによる対策に辟易させられたと伝えられている。

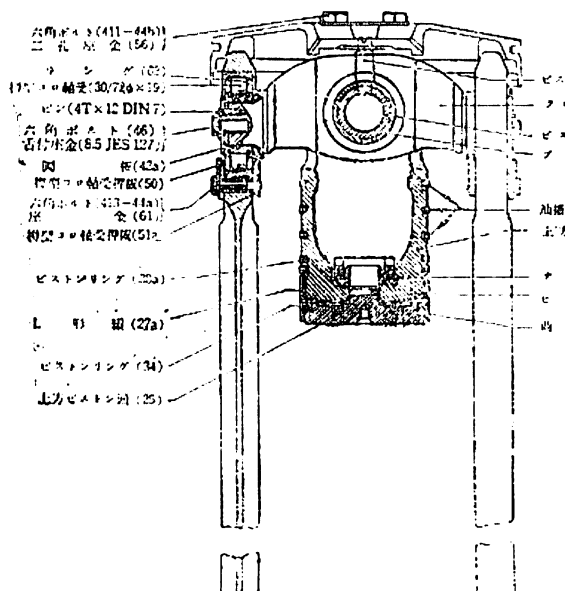
このような本質的特性ならびに欠陥を抱える KD 機関を代替すべき次世代機関の開発計画は1951年暮れごろから開始されている。爾後、KD の製造は1954年まで継続され、総計9800基が製造された。

次世代機関についてはループ掃気方式の検討を経て排気弁付きユニフローへの転換方針が確定された。その結果、1955年からは Krupp SW 型や GM71型と類似の、とは言え前者にヨリ近い排気弁付きユニフロー機関、UD 型へのシフトが断行された⁵⁵⁾。

55) 阿知波・富塚(対談)「バス・トラック用 2 サイクルディーゼル機関衰退の原因」(『内燃機関』Vol. 15 No. 185 1976年10月)、大塚新太郎・石原莊一「わが国における 2 サイクル自動車エンジンの変遷(5) 日産ディーゼル工業」(『内燃機関』Vol. 30 No. 376 1991年)、参照。

菊地五郎『ディーゼル自動車工学』東京電機大学出版局、1966年、74～79頁、第 3 章 3 節 クルップ・ユンカーズ機関 (Krupp Junkers engine) は著者によるノスタルジックな記述と形容するしか

図 19 KD 機関の側方連桿小端部



同上より。

この間、民生ディーゼル工業(株)は1953年より日産自動車からの資本参加を得、1960年12月には日産ディーゼル工業(株)へと改称している。

本家 Krupp においては上述の通り、遠く1940年の時点で排気弁付き2サイクル・ユニフロー方式への転換が方向付けられており、1951年には民生ディーゼル UD 機関の直接のモデルとも言える SW 型直噴機関が発表されたが、更に、1960年頃にはダイレクト・アタック OHC 2 弁式の4気筒ユニフロー機関 (97×110 120PS/2600 rpm) が開発されるに至っている⁵⁶⁾。

Krupp における長期の開発趨勢はこれらの事蹟からも窺い知れようが、最後のものは遺憾ながら、ほとんど仇花に終わったようである。何となれば排出ガス規制が取沙汰されるようになる遥か以前の1968年、Krupp はその商用車製造事業を Daimler-Benz に譲渡し、斯界から身を退いてしまったからである⁵⁷⁾。

Junkers タイプの2サイクル対向ピストン1本クランク型ディーゼルはわが国に導入された時点で既に2サイクル高速ディーゼル機関の一形式としてのライフサイクルの最終局面を迎えようとしていた。それはこの国において開放中国に落ち延びた MAN, “M” 燃焼法の命運にも相通ずる境涯に立たされたが、日本におけるその存在感は中国における“M”燃焼法のそれ

ㄨ ない文章で、その前、第2節、UD 形2サイクル ディーゼル機関 (60～74頁) が運まきながらも時代の推移を表してくれている。

56) 伊藤正男「自動車用エンジン(2)」(『機械の研究』第13巻 第2号, 1961年), 参照。

57) Daimler-Benz A.G., *Mercedes-Benz 75 Jahre Nutzfahrzeug Entwicklung 1896-1971*. 1971. S. 121.

には遠く及ばなかった⁵⁸⁾。

日産ディーゼル工業の UD 機関は1974年に全面製造中止を迎え、そして程なく、自動車用 2 サイクル高速ディーゼル機関というものの自体の命脈が完全に潰えることとなった。

おわりに

2 サイクル対向ピストン 1 本クランク低速機関の歴史的意義について突き放した評価を下すならば、その発展に多大の貢献をなした Doxford が搭載性への配慮から大形低速機関の S/D 比を 4 から 3 に落した1927年の時点において、大形船用機関としての将来性の芽は摘み取られてしまっていた。

巷間、流布せしめられて来た、2 サイクル対向ピストン 1 本クランク高速機関の発展を 1 本クランク型から 2 本クランク型への進化として捉えるイメージは誤りである。

もっとも、高速機関としての 1 本クランク型の適性は、まさにその高回転化、高負荷化への機械的・熱的不適合性によって原初から無きに等しかった。その歴史的命脈はわが国への技術移転がなされた時点において既に尽きていた。当事者たちはその潤滑油消費率が思いのほか小さかった、などという事実を強調したが、それとて潤滑不如意に陥りがちな部位にころがり軸受を奢ることと引き換えにあがな贖われた高価に過ぎるパフォーマンスであった。

Junkers 2 サイクル対向ピストン 1 本クランク型ディーゼル機関は大局的に観て不合理ないし“懲り過ぎ”であるようなカラクリであった。しかし、技術移転に随伴した混乱の数年間のために、はたまた当事者たちの真摯な努力と創造性によってそれらは延命ないし発展せしめられ、人々の記憶に陰陽の記憶を刻む好個の存在となった。恰も Napier & Son の手で Deltic に化けさせられた Junkers 2 サイクル対向ピストン 2 本クランク型航空ディーゼルのように。

58) 拙著『開放中国のクルマたち』日本経済評論社、1996年、154～157頁、参照。