

池貝式燃料噴射ポンプについて

—— その開発と工作技術および特許回避 ——

坂上 茂樹

Issued	2021-10
Type	Technical Report
Textversion	Author
Rights	© 坂上茂樹. All rights reserved.

池貝式燃料噴射ポンプについて

—— その開発と工作技術および特許回避 ——

坂上茂樹

はじめに

以下の紹介的論考はディーゼル燃料噴射ポンプに係わる Robert Bosch GmbH の特許と国内企業における特許回避策動について、一時期、有望視されていた国産技術たる池貝自動車製造(株)の池貝式ポンプを主役に据えつつ具体的に探ろうとする試みである。本稿はまた、池貝式噴射ポンプの工作を巡る旧稿「海軍航空本部ならびに廣工廠資料に観るジグ中ぐり盤」(久保健至との共著、『ツールエンジニア』誌掲載の後→IRDB)の記述に対する部分的訂正を含む内容をも含んでいる。

1. 敵性特許の取消しと同盟国特許の回避

池貝式噴射ポンプは戦前戦時期に活躍した技術である。そこで先ず、戦争と特許とに係わる問題から観て行くことにしよう。戦争ともなれば敵国の知的資産(Intellectual Property : IP)など篡奪されて当然のようではあるが、建前としては当事国も法治国家である以上、篡奪にも法的根拠と処理法を構築しておく所作が不可欠となる。盗人にも三分の理とは将にこのことであろうか？¹

わが国における“三分の理”の法制化は案外早く、1917年7月21日の法律第21号「工業所有権戦時法」がその嚆矢である。同年9月12日には工業所有権戦時法施行令が勅令第141号として公布されている。この工業所有権戦時法、第四条に：

時局の關係に於て軍事上又は公益上必要ある時は命令の定むる所に依り敵國人に屬する特許又は商標の登録を取消すことを得。

とあり、総理大臣名で取消された特許は万人が自由に使用可能とされた。

またその第五条には：

敵國人に屬する特許發明は免許を受けたる者之を専用することを得。前條の規定に依り取消されたる特許發明に付き亦同じ。

と定められていた。専用は総理大臣から免許され、国庫に専用料の納付が義務付けられた。

しかし、第一次大戦期には未だ信義が息づいており、実際に取消された敵性特許は一つもなく、専用されたそれについても戦後、本来の特許権者に対して専用料(使用料)が後払いされたと伝えられている。もっとも、商標権の取消しは19件、発生していた。

¹ 以下については中林朝吉「戦争と敵國特許との關係に就て」『動力』77号、1942年3月、所収(中林は特許局審査第三部長)。

1942年1月23日には勅令第37号として工業所有権戦時法施行令改正が公布された。いよいよ仁義なき時代への突入である²。

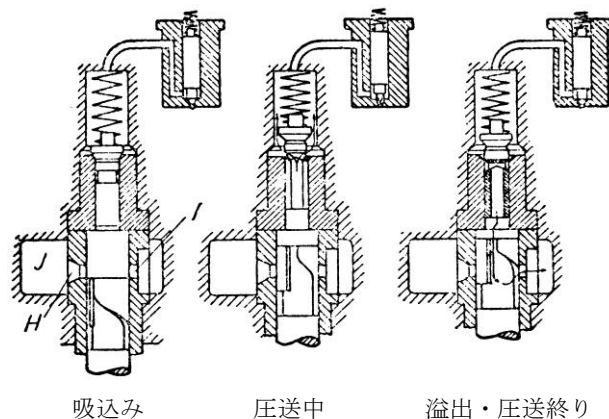
ところが、先次大戦下、R. Boschの国、ドイツは敵国ならぬ同盟国であったから、ドイツ企業であるR. Boschの特許については正規に購入するか(→ディーゼル機器の設立)、合法的に特許回避を図るかの何れかしか途はなかった。

敵のモノは盗ってよいが味方のIPは尊重する……当り前のようではあるが、国内に目を向ければ陸軍統制型予燃焼室式発動機に係わって、開発者の伊藤正男氏(1911~2002)にも所属のいすゞ自動車(自動車工業㈱→ディーゼル自動車工業㈱)にも何らIPは認められておらず、100%取られ損の恰好になっていたから、不均衡感は否み難い³。

2. R. Boschのディーゼル噴射ポンプ特許とその回避策

R. Boschの噴射ポンプとして往時、代表的機種であったB型噴射ポンプはジャーク・ポンプと総称される燃料噴射ポンプの一種で、カムがプランジャ(棒状ピストン)を突き上げることで高圧を発生させた。B型のプランジャ径は6~10φ程度に過ぎず、B型ポンプはポンプ・エレメント(バレルとプランジャのペア)が気筒数だけが密に並列する列型ポンプの体をなしていた。今も現役に留まっているB型の個体は相当数、存在するであろう。

図1 Bosch B型ポンプの基本的作用



P.,M., Heldt, *High-Speed Diesel Engines*. 1st., ed., Philadelphia, 1932, p.137 Fig.16⁴.

² ガソリン噴射装置に係わる M.,G., Chandler のアメリカ特許が戦時下、中島飛行機に「専用免許」されていた具体例、「特許第 113718 号」(1935 年 12 月 16 日)については拙稿「三菱航空発動機技術史 第 II 部」(→IRDB)、参照。

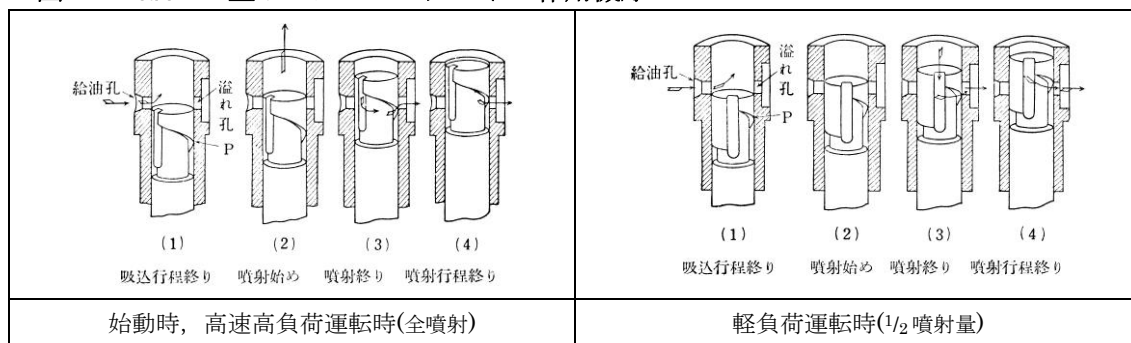
³ 拙著『日本のディーゼル自動車』日本経済評論社、1988 年、『伊藤正男—トップエンジニアと仲間たち—』同、1998 年、参照。

⁴ 濱部源次郎・長尾不二夫「燃料噴射及燃料ポンプ」(濱部源次郎・長尾不二夫/永井雄三郎・山口文之助『燃料噴射及燃料ポンプ 燃料・燃焼及潤滑油』共立社 内燃機関工学講座 第 3 巻、1936 年、所収)、124 頁、第 143 圖も同じ。

図 1 に B 型のエレメントを用いた噴射系の要部，即ちポンプエレメント，デリバリー・バルブ，噴射管，噴射ノズル(自動弁)を模式的に示す。日本の特許ではプランジャ回りの第 82857 号(1929 年 8 月)とデリバリー・バルブに係わる第 69482 号(1926 年 9 月)がその最も基幹をなす特許であったが，周辺特許も多数押さえられており，それらを巧みにすり抜けつつ実用価値の高い噴射系を創製することには相当の困難が伴った⁵。

図 2 はポンプ・エレメントそのものの作用機序を示す。吸込み孔周辺にも溢れ孔の周りにも弁などはなく，それは極限的にシンプルな機構をなしていた。

図 2 Bosch B 型ポンプ・エレメントの作用機序



菊地五郎『ジーゼル自動車工学』岩波書店，1953 年，76 頁，第 53 圖(A)，77 頁，第 54 圖(A)。

溢出した高圧燃料がバレル周りの燃料チャンバー内に乱流を生ずること，吸込み行程の途中において作動室内に真空を生ずるためポートの啓開とともに 2 つのポートから侵入した燃料が発泡・激突してさらなる乱れを生ずること，噴射始め一定・噴射終り可変となる構造のため高速機関においては別途，噴射時期調節装置(タイマ)の併設を要すること……これらが B 型ポンプにまつわるやや気懸りと言えなくもない点ではあった。

また，以上との関連において，吸込み孔と溢れし孔とが同高であることにも懸念が表明されていたが，ディーゼル燃料噴射の場合，Bosch B 型ポンプに実用上，何ら不都合なところはなかった⁶。

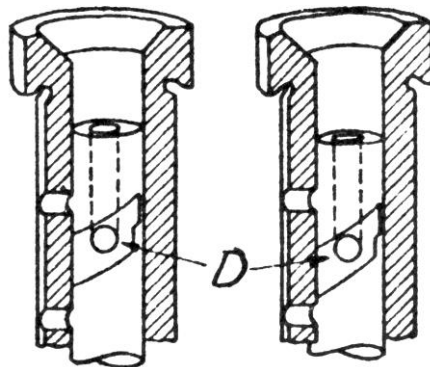
⁵ 門馬孝吉「噴射ポンプの改造に就て」『内燃機関』第 6 巻 第 12 号，第 7 巻 第 2 号，第 4 号，1942 年 12 月，1943 年 2, 4 月，参照。門馬の経歴は 1924 年，九州帝國大學工学部機械工學科卒，日刊自動車新聞社編輯長，自動車日々新聞社長，東京工業學校講師，日本氣化器製作所技師を経て日産發動機(株)取締役。もともと，この会社の正体は不明である。以上は門馬『ディーゼル機関における燃料の噴射過程』(山海堂理工学論叢，1843 年)の著者紹介による。

戦後，門馬は自動車整備の書などを出版している。それゆえ，彼は機械工学の素養は十分にあったが，内燃機関そのものの開発技術者としては実績の全くない人であったと見なされてよい。

⁶ しかしながら，航空発動機におけるガソリン噴射にこの機構が用いられる場合，気圧が極度に低下する高高度においてこの配置はトラブルの元となり，段差付きポート配置へと改められた。この点についても拙稿「三菱航空発動機技術史 第 II 部」参照。

プランジャに孔は明けられているが、その切欠き形状に関しては B 型よりもさらにシンプルで、Hugo Junkers の発明(図 3)を淵源とする Bosch A 型噴射ポンプは'30 年代半ばに投入されており、わが国においても気筒サイズが比較的小さな自動車機関に試用されていた。

図 3 後に Bosch に買収され A 型の原型となる Junkers 式ポンプのエレメント



from Heldt., *High-Speed Diesel Engines*. 1st., ed., p.139 Fig.17.

しかし、そのプランジャ径は 4~7φ と B 型より小さかったため、適用範囲は限局されざるを得なかった。当時も戦後も、広範囲の機種をカバーし得る Bosch 噴射ポンプと言えは B 型を措いて他になく、機関車クラス以上のディーゼル機関に用いられる Bosch 列型ポンプは今でも B 型ないしこれを基本とする改良型が多い。

戦前戦時期、Bosch B 型を代表とする定行程逃し孔式ポンプに対してはその漏洩損失に係わってあらぬ嫌疑がかけられ続けていた。即ち、B 型噴射ポンプは中~大形機関用でもプランジャ・ストロークが 10mm 内外から十数 mm と短く、かつ、エレメント内の高圧部と低圧部とが近接しているため漏洩を生じ易い。このため、B 型は高速機関には好適である反面、回転の遅い中~低速機関には不向きであろう……これが戦前戦時期の謂わば常識であった。それが偏見であることは戦後世界において見事に実証された⁷。

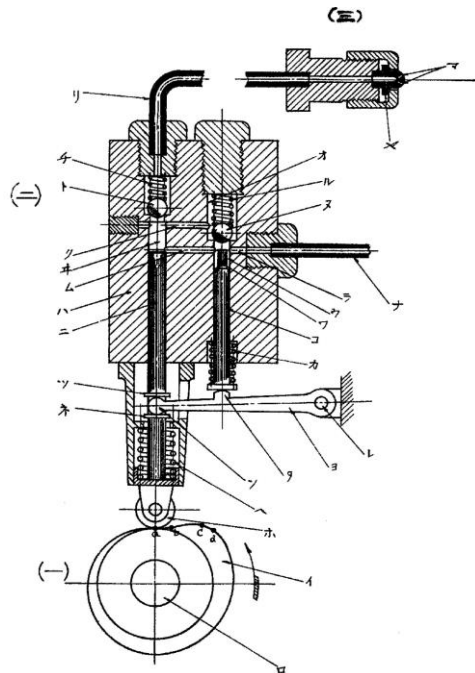
往時、この嫌疑ゆえに中速機関、時に高速機関にも多用されたのが定行程逃し弁式ポンプである。これならプランジャに切欠きは要らぬから、確かに漏洩対策は執りやすい⁸。

高速機関にまで及んでいた定行程逃し弁式ポンプの例として、図 4 に三菱航空機の成田豊二の特許(1930 年、第 87787 号)によるポンプを挙げておく。噴射ノズルはオープンノズルとして描かれているが、これは三菱における実用化形態とも符合していた。

図 4 三菱、成田式定行程逃し弁式噴射ポンプ

⁷ 武谷種見『ボッシュ式 燃料ポンプの摩耗』大和ディーゼル機器(株)(私家版)、1984 年、3~4 頁、参照。

⁸ 拙稿「戦時日本の中速・大形高速ディーゼル——艦本式、横須賀工廠機関実験部式、新潟鐵工所、三菱神戸造船所——」(→IRDB)、参照。そこには各種参考文献も掲げられている。



特許明細，より。

この他，定行程逃し孔式ポンプに於て吸入弁での絞りにより噴射量制御を行うもの，逃し孔を絞るもの，さらには可変行程ポンプ，ユニット・インジェクタ等々，'20~30年代には各種の燃料噴射ポンプが開発，試用ないし実用に供されていた。

なかんずく，Bosch B型ポンプがシンプルであっただけに，そのエレメントの周辺や内部に弁やバイパス路や切欠き，延長部を付加することにより上記諸懸念への対策を標榜しつつ特許回避を図る屁理屈いじりは時のディーゼル技術者の多くに憑り付く流行病となっていた⁹。

3. 池貝式2本プランジャ・ポンプ

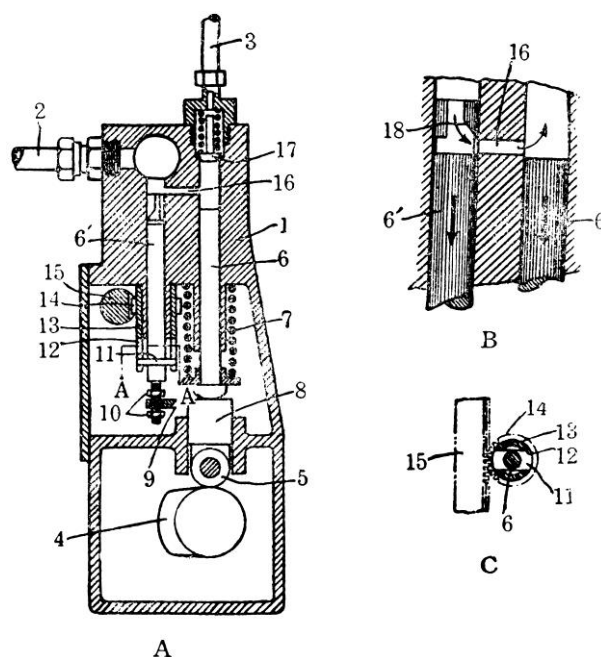
その特許回避の一典型をなした池貝式2本プランジャ・ポンプは今井武雄による実用新案第181716号(1933年3月18日公告)に端を発している。池貝式ポンプは一見，定行程逃し弁式ポンプ風であるが，その実体はやや異なり，補助プランジャは単にカムないしレバーに

⁹ '30年代前後のディーゼル燃料噴射ポンプに係わる全般的解説書として，F., Saas/門脇徳一郎・藤野友爾訳『無気噴射ディーゼル機関』(上巻)，コロナ社，1942年(原著1929年)，V, A., H., Goldingham/豊田忠夫・秋山 武訳『高速ディーゼル機関』湯川弘文社，1944年(原著1931年)，Heldt, *High-Speed Diesel Engines*. 1st., ed.(1932)，濱部源次郎・長尾不二夫「燃料噴射及燃料ポンプ」第4章，A., W., Judge, *High Speed Diesel Engines*. 3rd., ed., London, 1937，門馬孝吉『最新 高速ディーゼル機関』自動車工学社，1937年，第4章，参照。

なお，このBosch特許回避策の百花繚乱状況については，1937年5月~42年4月のデータを細かく分析したものという年代的制約はあるが，先に紹介した門馬「噴射ポンプの改造に就て」が彼自身の屁理屈を含め，情報量豊かで示唆に富んでいる。

よる突上げを承けて逃し孔の開閉に与るだけの逃し弁であるのではなく、B 型噴射ポンプのエレメントと同様のプランジャ上部切欠き(プランジャ・リード)とバレルの孔とを溢れ出しの計量機構となっており、溢れ残った燃料は圧送専用ポンプ・エレメントから送り出される方式となっていた。この主プランジャと補助プランジャとは同じ工作精度を以て製造された。そして、主副 2 本のプランジャを“Λ”型に配する Verus(英)などとは異なり、両プランジャは平行に位置せしめられていた。謂わば、平行 2 本プランジャの別建て方式である(図 5)¹⁰。

図 5 今井武雄の登録實用新案 第 181716 号(1933 年 3 月 18 日公告)



村山敏三『最近十年間の特許 内燃機関の發明』養賢堂、1938 年、169 頁、第 168 圖。

図 5 A はその横断面図、同 B はその部分拡大図で吸入行程を例示している。吸入量は常にプランジャの行程(カムリフト)による一定値を取る。カム・プロフィールはいずれの機関回転方向にもそのまま対応できるよう対称となっていた。同 C は燃料の溢出を規制する補助プランジャ 6' (6 は誤り)を内部に示される AA 線に平行な水平面で切断した、その旋回機構の解説図である。

主プランジャ 6 は燃料を 2 から油孔と呼ばれた太い円筒空間を経て吸入し、デリバリー・バルブ 17 から噴射管 3、さらに噴射ノズルへと圧送する。補助プランジャ 6' は 6 を突上げるタペット 8 の張出し部 9 に調節ねじ 10 によって緩く取付けられ、6 と同時に突上げら

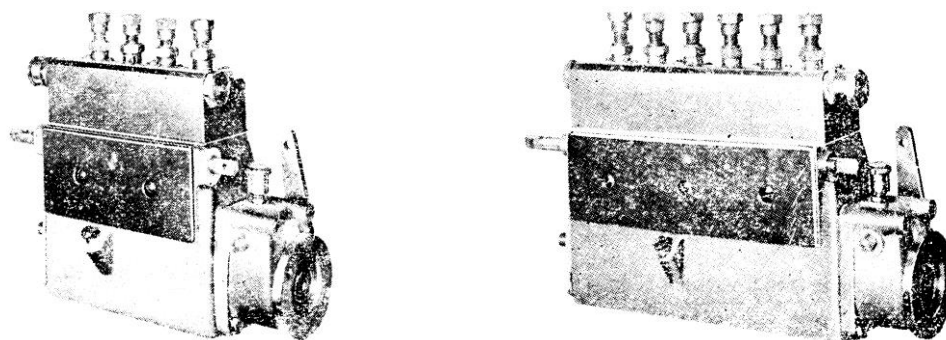
¹⁰ 村山『最近十年間の特許 内燃機関の發明』168~169, 347 頁、参照(村山は特許局審査官)。168 頁に記載の登録番号 171716 号は誤植。

れる。補助プランジヤはコントロールラック 15 によって旋回せしめられ、上部切欠き 18 の位置によって変化する軸方向長さに応じて主プランジヤからの連絡孔 16 の開閉に与る。

プランジヤが下死点から上昇へと転ずれば、補助プランジヤの頂面により連絡孔 16 が閉ざされた時点で噴射が開始され、上部切欠き 18 と 16 とが出遭い、連通が再開されるまで噴射は継続する。補助プランジヤ 6' の旋回位置に応じて補助プランジヤ頂面から上部切欠き 18 下端までの有効長さが決まるため、噴射終りのタイミングも指定される。連絡孔 18 の閉塞が遅いほど 1 ストローク当り噴射量は多くなる。

図 6 は標準品としてラインナップされた池貝式平行 2 本プランジヤ・ポンプの外観を示す。ご覧の通り、4 気筒用と 6 気筒用で、その諸元はプランジヤ径 6.6φ、同リフト 9.0mm、使用圧力 80(ピントルノズル)~350(0.2φ ホールノズル)kg/cm²、最高油密圧力 500 kg/cm²、最大機関回転数 2500rpm、気筒当り適応最大馬力 25HP であった。

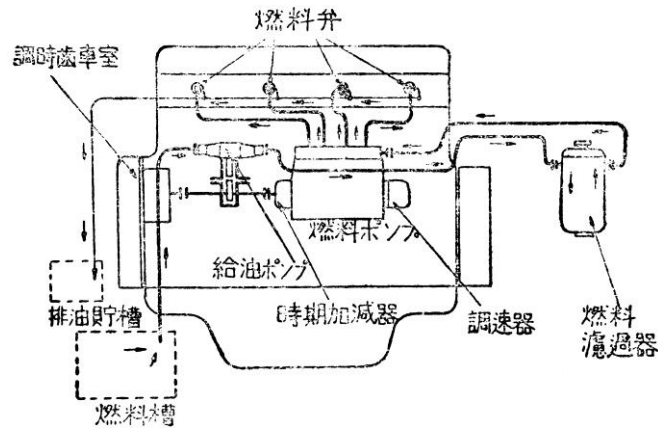
図 6 標準品としてラインナップされた池貝式平行 2 本プランジヤ・ポンプ



今井『高速ディーゼル機関の燃料噴射系』22 頁，第 5 圖，第 6 圖

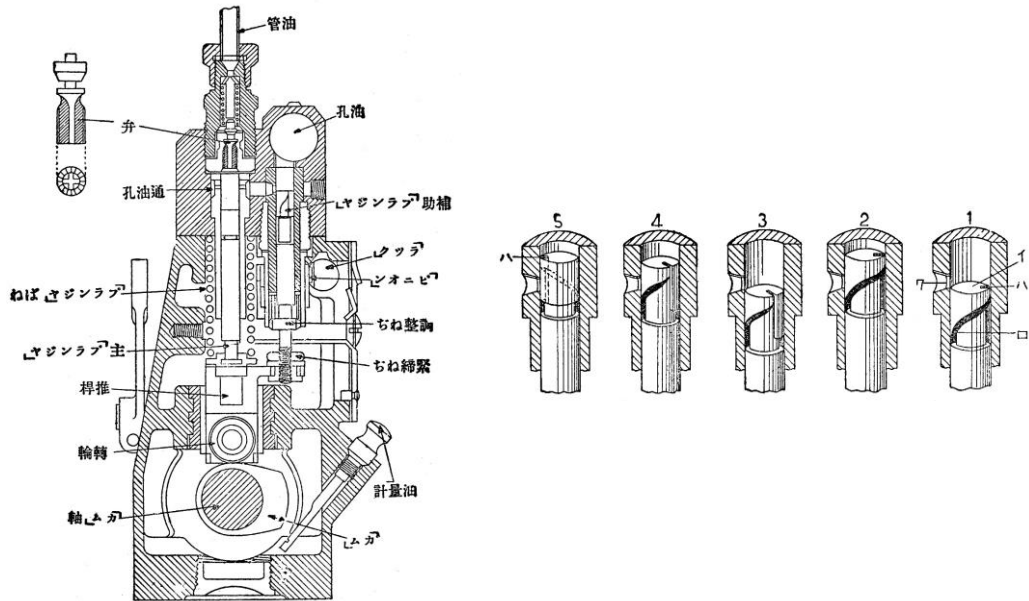
ポンプ本体の右、即ち駆動力入力側に位置するのは機関回転数に応じて噴射時期の遅速を規制するタイマである。その反対、コントロールラックが突き出ている側には回転数と負荷とに応じてこれを押し引きすることで噴射量を加減する調速機が取付けられる。池貝は自動車用、建設機械用としてごく一般的な全回転域ガバナの他、^{オール・スピード}最低・最高回転制御ガバナおよび両者の中間的特性を付与されたガバナという 3 機種を用意していた。この噴射ポンプの機関装備状況は図 7 に示されている。

図 7 池貝式平行 2 本プランジヤ・ポンプの機関装備状況



今井同上書, 16 頁, 第 2 圖.

図 8 実用化直後の池貝式平行 2 本プランジヤ・ポンプとその補助プランジヤ



陸軍機甲整備學校『九四式自動貨車(乙) 保存取扱教程』一二三館, 1942 年 8 月, 54 頁, 第二十三図, 55 頁, 第二十四図¹¹⁾.

図 8 にその断面を示す完成形態の実用品においてはポンプ本体が上下分割構造となっており, 高い耐圧性を求められるポンプ上部 $1/4$ ばかりは鍛鋼製, 下部 $3/4$ ほどは軽合金製となっていた. 池貝式ポンプは 4 および 6 気筒用を基本としたが, 8 気筒用も製作されている. 12 気筒機関には恐らく 6 気筒用が 2 個, 用いられたことと想われる.

¹¹⁾ 拙稿「陸軍車両用池貝渦流室式高速ディーゼル機関について[訂正版]」(→IRDB), 参照. 左図同様のものは陸軍兵器行政本部監修・陸軍兵器学校編著『兵器生産基本教程』発動機其ノ三 軍事工業新聞出版局, 1945 年, 270 頁, 第五百八十八図としても採録. より古い中形機関用の池貝式噴射ポンプについては機械學會『國産機械圖集』1932 年, 5-118, 第二圖, 参照.

ついでながら、この池貝式平行 2 本プランジヤ・ポンプの一般書籍における解説として東京鐵道局技師 清水甲三『自動車及各種代燃車』山海堂、1942 年、第 7 章 第 6 節 3, 4 についても指摘しておきたい。時すでに陸軍および商工省統制型予燃焼室式機関が制定され、Bosch のライセンシーとしてヂーゼル機器の設立を見ていたにも拘らず、清水が劣敗組の一分子であり、同書出版の年に製造打切へと至った池貝式ポンプを噴射ポンプの代表の如く取上げ、縷説しているのは鐵道省のセクショナリズムの現れに他ならない。同時代の国内工業規格と齟齬する工業標準(国鉄標準はその分割民営化を以て廃止)まで制定・墨守し続けていた鐵道省→国鉄の人士なら、それぐらいの気風は持ち合せていて当然であつたらう¹²。

もっとも、そこまで肩入れされていたにも拘らず、戦時下、池貝自動車は陸軍、池貝鐵工所は海軍にそれぞれ深く係わり過ぎたため、鐵道省との間に結ばれた折角の縁は途絶してしまう。かくて、戦後、国鉄ディーゼルー一家の領袖としてのお鉢は積年のライバルにして旧くは定行程逃し弁式ポンプのメーカーでもあり、海上保安庁の巡視艇とその主機の選定に際してもいがみ合う関係にあつた新潟鐵工所へと回されてしまう羽目となる¹³。

それはともかく、前掲論文において門馬が傾斜型を含む 2 本プランジヤ・ポンプ全般に対して：

プランジヤの数が倍になることは工作上から云つて甚だ不利である。ポンプ工作の最もやかましいプランジヤであるから、それが倍になれば、値段も嵩むし機構も複雑になつて来るから出来るなら 1 本のプランジヤで色々な問題を解決つけることが出来れば、それに越したことはないのである。従つてプランジヤ 2 本のものは、暫く問題外とし、1 本のもののみについて考へることにする。

などと、総じて低い、至極、妥当な評価を与えており、ヨリ古くから提案され、内外である程度、実用化されて来たそれについては切捨てるとともに、池貝に対しても冒頭において外交辞令的言及しか与えていないことも付言しておこう。

さて、池貝式平行 2 本プランジヤ・ポンプの発明者、今井武雄(1891~1979)は広島県出身で、1915 年、早稲田大學附属工手學校機械科卒という変つた学歴の人であつた。卒業後、海軍艦政本部に奉職し、'16~19 年、スイス、Sulzer に潜水艦用空気噴射式ディーゼル機関、恐らく連続定格 1300PS の“ズ式 2 號發動機”に係わる製造監督助手として派遣された¹⁴。

¹² 戦時下の池貝、三菱重工業、日立製作所における噴射ポンプ製造打切り年については菊地『ディーゼル自動車工学』70 頁、参照。Bosch のライセンシー、ディーゼル機器は 1939 年に設立されたものの、時節柄、資材や機械の輸入に支障を生じたため、本格的な生産立上りは'42 年 5 月以降となつた。前掲拙著『日本のディーゼル自動車』259~272 頁、参照。

¹³ 拙著『鉄道車輛工業と自動車工業』日本經濟評論社、2005 年、第 7 章、参照。巡視艇とその主機云々については拙稿「水中翼船“伊勢灣戦争”旧聞— 導入期の MB820Db —」、「空気室式高速ディーゼルの盛衰と日立自動車用機関— 内燃機関開発における試行錯誤と技術シフト —」(いずれも→IRDB)、参照。

¹⁴ 早稲田大學附属工手學校については北浦康孝「知識と技能を学ぶ夜間學校—その源流・早稲田工手學校」(<https://www.waseda.jp/inst/weekly/column/2018/01/12/39611/>)、参照。

潜水艦用 Sulzer=ズ式ディーゼル機関については前掲拙稿「戦時日本の中速・大形高速

帰朝後も艦政本部に勤務していた今井は'29年、池貝鐵工所發動機部へと転じ、發動機部技師となる。彼が池貝式2本プランジャ・ポンプを創製のはこの直後である。'37年、今井は池貝鐵工所を海軍関連の業務に集中させ、陸軍関連業務を別途、独立集約化させるために池貝鐵工所自動車部を分社して設立された池貝自動車製造㈱へと転籍し、その参事を経て技術部長、常務取締役を歴任した。戦後、池貝自動車の小松製作所への吸収に伴い、今井は'52年、同社技術顧問となり、'66年に退職している¹⁵。

今井の主要論文としては次のようなモノが挙げられる。

「小型高速ディーゼル機関の晩近の發展」『燃料協會誌』第156號，1935年9月

「池貝ディーゼル自動車に就て」『機械學會論文集』第1巻 第1號，1935年10月

「高速ディーゼル機関 燃料ポンプ工作の研究に就て」『内燃機関』第3巻 第6號，1939年6月

「乗用ディーゼル自動車の使用実績に就て」『日本機械學會誌』第44巻 第287號，1941年2月(關 敏郎と共著)

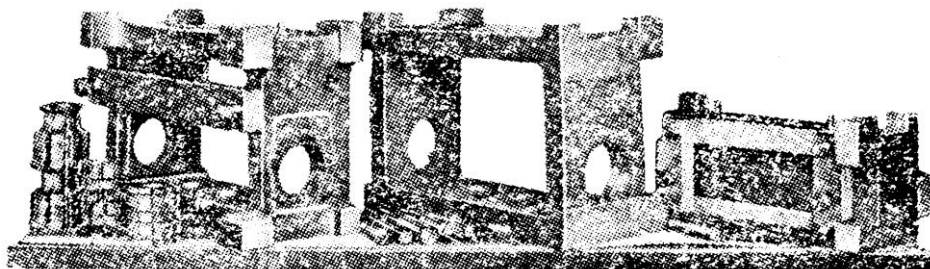
『高速ディーゼル機関の燃料噴射系』山海堂理工学論叢(39)

これらの内、池貝式ポンプに係わる工作技術についてまとまった記載が掲げられているのは最後に掲げた1943年の小冊子のみである。

4. 池貝式噴射ポンプの製造と工作技術

同書によれば、ポンプ本体の工作には図9に示されるような鑄鉄製の箱型ジグがあつた。右端はポンプ本体上部、鍛鋼製ワークがその箱型ジグに収められた状況を示す。左および中はポンプ下部の加工に供された治具である。

図9 池貝式2本プランジャ・ポンプ本体孔明け用ジグの一部



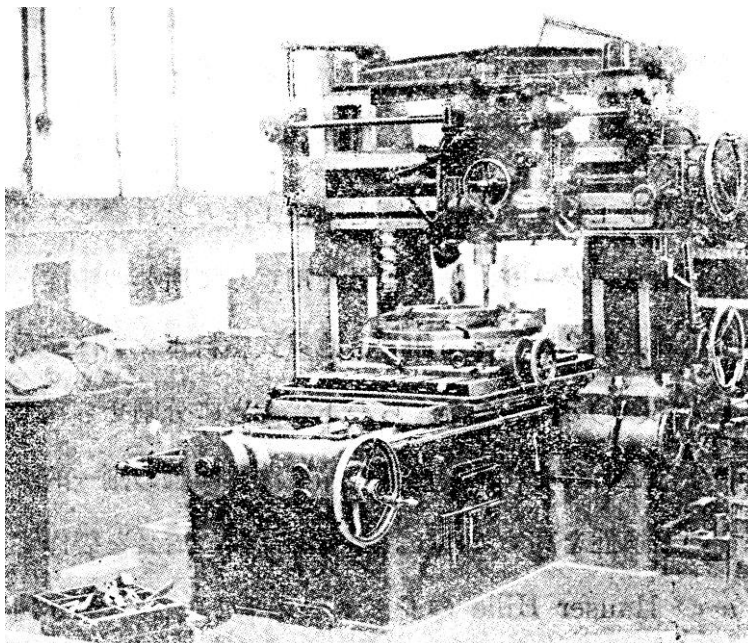
今井『高速ディーゼル機関の燃料噴射系』28頁，第9圖。画質劣悪でノイズ除去の適否不明。

ディーゼル——艦本式，横須賀工廠機関実験部式，新潟鐵工所，三菱神戸造船所——」，参照。その鑄鋼製気筒の鑄造方案については拙稿「鑄鋼と日本海軍潜水艦主機用気筒の鑄造方案」(→IRDB)，参照。

¹⁵ 山海堂理工学論叢(39)『高速ディーゼル機関の燃料噴射系』1943年，の著者紹介，「草わけの頃(14)」『内燃機関』Vol.5 No.52, 1966年10月，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，144頁の出席者紹介，参照。

孔明け加工はポンプ(プランジャ)孔, 補助ポンプ(同)孔, ボルト孔, ノック孔, 空気抜き孔, 燃料流入孔など多岐に亘り, しかも, ポンプ孔などは気筒当り 2 個, 明けられなければならなかった. そういった際の工具案内としてこれらの治具は用いられた. これら治具の製作に用いられたのが図 10 に示す「精度 1 μ の」ドイツ, Hauser Hille 製ジグ中ぐり盤である.

図 10 池貝に導入された Hauser Hille のジグ中ぐり盤



今井同上書, 28 頁, 第 8 圖. 過失特に劣悪, 裏写り激甚につきノイズ除去の適否不明.

……となれば, 引っかからぬワケには参らぬ. 何となれば, 戦後, 今井は池貝自動車製造(株)分社化前後のディーゼル燃料噴射ポンプとジグ中ぐり盤とをめぐむ状況について次のように回想していたからである.

その頃ドイツのボッシュ会社が, ボッシュ・ポンプを売り出しており, 日本もこれを輸入していました. 私どももそれを見て, ボッシュのポンプは特許があるし, また, 戦時には輸入がストップするから, ディーゼル工業を維持するためには, ボッシュの特許を避けたポンプを国産化する必要がある, そのように考えて, 池貝式燃料ポンプを開発して特許を得ました. その研究に対して, 商工省から研究奨励金をもらいました. たしか当時の金で 1 万円と記憶しております. 昭和 11 年に研究費をもらって, 報告を出したのは 12 年であります.

その 1 万円を基にしてジグボーラーを買いました. 当時**ゼネポアのジグボーラー**は 3 万円でしたが, 会社では元金がないとなかなか買ってくれません. そこでこの奨励金を元金にして買うことができたのであります. 池貝鉄工所は工作機械の製造も行なって

いたので、その方にも大いに役立ちました。このジグボーラーは戦時中空襲をうけた際に焼けてしまいました(強調引用者)¹⁶。

この方面で「ゼネボアのジグボーラー」などと称するからには、それは1862年に創業された名門中の名門、Société Genevoise d'Instruments de Physiques(→Société d'Instruments de Précision)、つまりSIPのジグ中ぐり盤を指すのでなければならなかったはずである。件のジグ中ぐり盤は池貝自動車ではなく親会社、池貝鉄工所に据付けられたようで、「工作機械の製造」にも「大いに役立つ」とあるが、1気筒当り2本のプランジャを持つ池貝式列型ポンプなればこそ、そのハウジング粗形材に対して上述の通り沢山の孔を明けるためのジグ製作にも件のジグ中ぐり盤は当然、大いに活躍できた道理である。

ところが、同時代の自著に記されていたのはSIPならぬHauser Hilleなるジグ中ぐり盤であった。HauserはスイスのHenri Hauser S.A.である。同社は1898年、Bienne(Biel)にて創業された工作機械メーカーで、ジグ中ぐり盤もその主要製品のひとつであったが、奇しくも今井の回想を収録した『日本自動車工業史座談会記録集』が刊行された1973年、SIPに吸収されている¹⁷。

しかし、仮令、そうであったにせよ、今井の回想が容認されるべき筋合いは毛頭ないのである。なぜなら、Hille、即ちドレスデンのHille Werke A.G.は元々ドイツの弱小内燃機関、自動車メーカーで、1930年から'45年まで工作機械の製造を行い、第二次世界大戦前にHauserのライセンシーとして大型2コラム式ジグ中ぐり盤をその製品のひとつとしていた事蹟が知られているからである。戦後、この会社は東独の国有企業となったものの、1962年には解散へと至っている¹⁸。

よって、Hauser本体ならまだしも、Hauser Hilleなど「ゼネボア」、つまりSIPとは古今を通じて縁もゆかりもなかったワケである。旧稿に引用した早坂の叙述や関連画像も、この池貝に導入されたHauser Hilleのジグ中ぐり盤とは一切、関係なかったことになる。誠に申し訳ない次第であるが、今井のデタラメな回想を信用したことに禍根がある。山海堂理工学論叢の多くは『内燃機関』掲載稿の冊子体再版モノであるが、彼の小冊子は雑誌掲載稿を大幅に増補した内容となっており、そこを確かめるのが遅きに失した。これひとえに当方の過誤である。

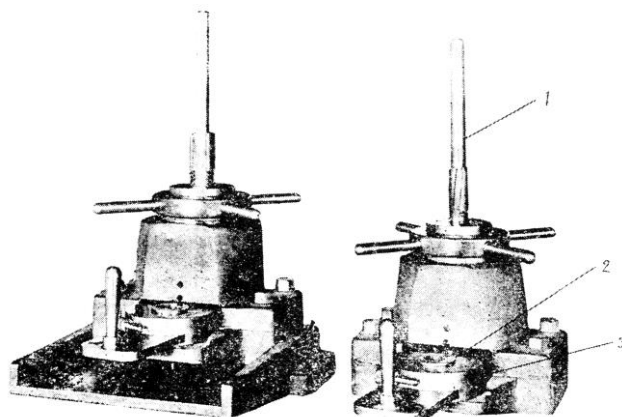
¹⁶ 自動車工業振興会前掲 自動車史料シリーズ(1)『日本自動車工業史座談会記録集』120頁(段落付け引用者)。当該の第5回座談会「ディーゼル・エンジン研究の歩み——その2——」は1969年3月25日に開催された。なお、『池貝鐵工所五十年史』1941年、にこの治具中ぐり盤に関する言及は見られない。

¹⁷ cf., <http://www.lathes.co.uk/hauser/index.html>,
<http://www.lathes.co.uk/hauser/page2.html>
<http://www.lathes.co.uk/hauser/page3.html>
<http://www.lathes.co.uk/hauser/page10.html>.

¹⁸ 前注と併せて、cf., <https://de.wikipedia.org/wiki/Hille-Werke#:~:text=Hille%2DWerke%20AG%20war%20ein,wurden%20bis%201945%20Werkzeugmaschinen%20hergestellt>.

とまれ、その増補内容の中からさらに紹介を試みれば、図 11 右はタイマ(噴射時期加減装置)部品のらせん溝加工用工具の案内装置で、工具 1 は圧縮空気力で回りながら降下し、ワーク 2 に正確ならせん溝を彫るシカケである。同左は直線溝切削用加工用の装置を示す。

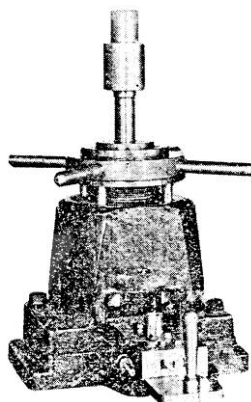
図 11 噴射時期加減装置部品の溝加工用の装置



今井同上書, 29 頁, 第 10 圖.

図 12 は彫られたらせん溝に嵌る凸部を加工する装置で、工具は取付台に固定されており、軸にセットされたワークが回転しつつ降下したと解説されている。

図 12 噴射時期加減装置部品の凸部加工用の装置



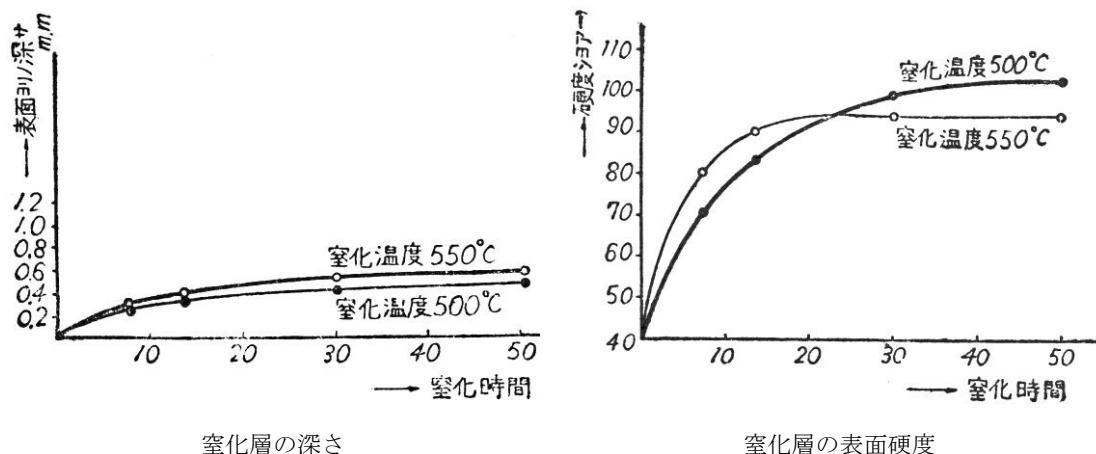
今井同上書, 29 頁, 第 11 圖.

プランジャとバレルとの工作は最も難物で、プランジャ表面の高度はシヨア 80、バレルとのすき間は $1\sim 3\mu$ に管理されねばならなかった。それらの材料と熱処理方案について、今井は口を濁している。噴射ノズルの材料や熱処理、窒化などについて相当、詳しく記述しているのとは対照的である。

ちなみに、従前、ノズル・ボディーには CrNi 鋼、針弁には不収縮鋼(高炭素高 Cr 鋼[工具鋼の一種])が用いられていたが、これでは役不足と判明したため、窒化鋼へと切り替えられた。試用されたのは日本特殊鋼製窒化鋼 AC(C 0.30, Si 0.41, Mn 0.30, Cr 1.22, Al 1.04, Ni 0.92% : 850°C油焼入→650°C油冷却)、大同電気製鋼所性窒化鋼 CM(C 0.33, Si 0.23, Mn 0.58, Cr 1.00, Mo 0.25% : 900°C油焼入→620°C油冷却)、ACM(C 0.48, Si 0.21, Mn 0.50, Cr 1.54, Al 1.19, Mo 0.29% : 750°C油焼入→700°C油冷却)、Krupp 製窒化鋼 K(890°C油焼入→640°C油冷却)の 4 種であった。

これらを 500°C および 550°C にて 7.5, 13, 30, 50 時間窒化した際の表面硬度と窒化層の深さを調べた結果が図 13 に示されている。一般に窒化層は表面近くにおいて硬く脆いため、表層を研削除去せねば機械部品としての使用に適さないが、その種の記述は何処にも見当たらない。

図 13 窒化条件と窒化層の深さと硬度



今井同上書, 34 頁, 第 14 圖, 35 頁, 第 15 圖。

とまれ、これらの実験結果を総合的に勘案し、ACM を 550°C にて約 25 時間、窒化したものがノズル材料とその熱処理方案として選定された。

これに対して、ポンプ側、即ちバレル、プランジャ、カム軸ローラー及ピンなどの材料については：

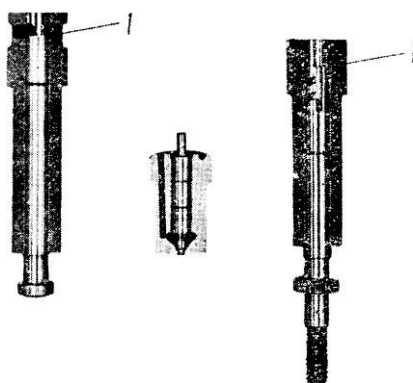
不収縮鋼	750~770°Cから油冷却	200°Cで焼戻	硬度シヨア 80
NiCr 鋼	800~850°Cから油冷却	200°Cで焼戻	硬度シヨア 60~65
SiCr 鋼	820~850°Cから油冷却	200°Cで焼戻	硬度シヨア 75~80
Al 青銅	800~850°Cから水冷		

といった材料種別ごとの熱処理方案が掲げられてはいるものの、それらの使用部位別が明記されておらず、バレルやプランジャの材料についてはこの順序に対応していたのか否か、

ハッキリされぬままの記述に終わっている。言うまでもなく、SiCr 鋼などは代表的な内燃機関の弁用鋼である¹⁹。

電気炉での熱処理後、磁気探傷を終えたプランジャ粗形材は旋削→切欠き加工→熱処理→研削→ラッピングによって、バレルもほぼ同様の手順で工作された。ラップは鋳鉄ないし軟銅製、ラップ剤としてはカーボランダム(SiC)、酸化アルミニウム(Al₂O₃)、酸化クロム(Cr₂O₃)が用いられ、最終段階ではカーボランダム 600~1000 番が使用されたが、今井は「このラッピング工作には精密工作の極致を必要とし、而も作業者の技術に依存する点多」く、「今後の研究に俟つべき幾多の研究題目を提供してゐる現状である」などと述べている。今井はまた、ラップ剤についても「その粒度の撰定には猶解決すべき点が多々あるやうである」と告白している。ラッピングを終えたプランジャとバレルが最終的に共摺りによって仕上げられたことは言うまでもなからう。図 14 に完成品となったポンプ・エレメントとノズルとを示す。念のため、これで 1 気筒分である²⁰。

図 14 ポンプ・エレメントとノズルの完成品



- (左) 主プランジャ及びバレル
- (右) 補助プランジャ及びバレル
- (中) 燃料弁

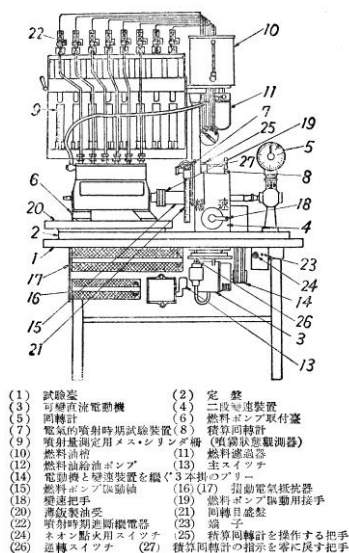
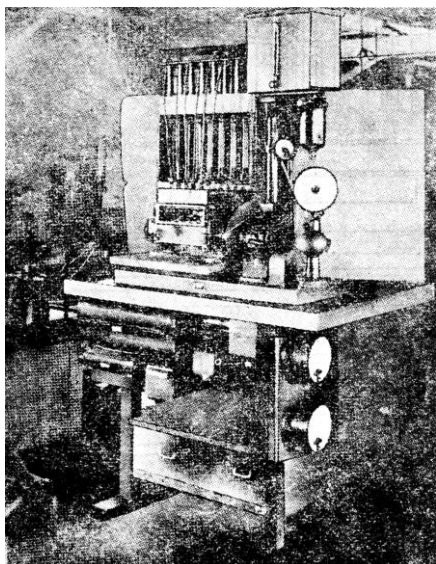
今井同上書, 30 頁, 第 12 圖.

¹⁹ 今井同上書, 35~36 頁, 参照. この部分は彼の『内燃機関』掲載論文と同じ記述である. 一般的処方としてはバレル: 炭素浸炭鋼, プランジャ: NiCr 浸炭鋼または CrW 鋼, カム, ローラー: 炭素浸炭鋼または Ni 浸炭鋼, 小ピン類: 炭素浸炭鋼, といった記述が見受けられる. 高瀬孝次・石田四郎『發動機用材料』共立社, 内燃機関工学講座, 第 6 巻, 1935 年, 222 頁, 参照. 戦後の文献には Bosch ポンプにおける例としてバレル: CrV 鋼, プランジャ: Cr 鋼が挙げられている. 菊地『ジーゼル自動車工学』73 頁, 参照.

²⁰ Bosch ポンプに係わる工作要領については前掲拙稿「三菱航空発動機技術史 第 II 部」に紹介しておいたのでご覧いただきたい.

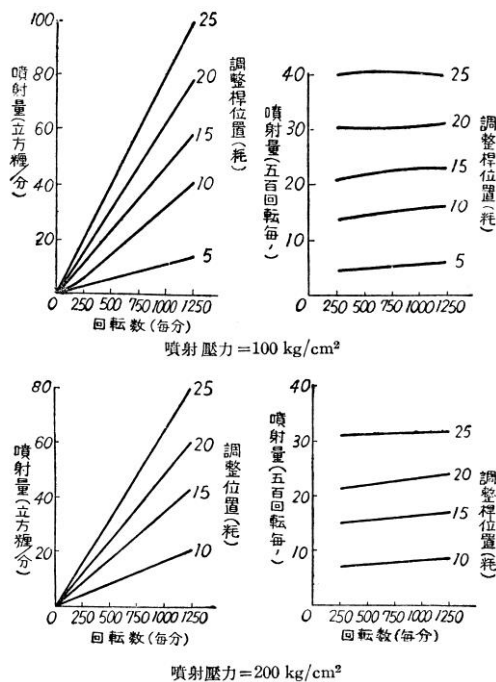
完成した噴射ポンプは Bosch のポンプテスタによってその性能を検定された(図 15)。今更、皮肉を言っても始まらぬが、これで Bosch に対決しようとしていたのであるから、反抗期の子供にも似た所作ではあった。

図 15 Bosch ポンプテスタによる池貝式平行 2 本プランジヤ・ポンプのテスト



今井同上書, 39 頁, 第 19 圖 a, 40 頁, 第 19 圖 b.

図 16 池貝式平行 2 本プランジヤ・ポンプの噴射特性



今井同上書, 38 頁, 第 18 圖 a, 第 18 圖 b.

今井はこのテストによって得られた噴射量の制御特性についても図 16 に観るチャートを掲げている。これによる限り、 100kg/cm^2 の時より 200kg/cm^2 の場合の方が素直な特性となっていたように見えるが、特性そのものとしての大した差はなかった。そもそも、マトモな特性すら出ていないようでは実用される道理もなかったワケで、そのことは最低要件なのである。そして、池貝式平行 2 本プランジャ・ポンプがひとかどの実用品であったことに対する疑いは微塵もないからである。

この噴射ポンプを中枢とする池貝式燃料噴射系を完成させた今井としては、'42 年の製造打切りなど当座、我慢すべき一過性の局面に過ぎず、やがて捲土重来を期すべき気構えはその胸中に十分、堅持されていたことであろう。

5. Bosch との特許問題

しかしながら、本人の意欲のほどはともかくとして、池貝式平行 2 本プランジャ・ポンプの如きを案出されたのでは本家、R.Bosch がこれを座視したはずはないのであって、当然のように両社の間には特許紛争が惹起された。本家 Bosch と池貝自動車との間に発生すべくして発生した係争について、今井は次のように回想している。

ところが、ボッシュ社の国内出張所から「池貝式ポンプはボッシュ特許に抵触している」と 13 カ条の抗議書がきました。わたくしは種々説明して了解を得ましたが、ただ 1 つ吐出し弁にピストンの付いたものを使用したのは、当方のミスでした。いたしかたなく、11 台出荷したものを全部のポンプの弁を取り換えて、問題は決着しました。その後、このポンプは大量生産様式にするため商工省から奨励金を交付されて、研究を完成しました²¹。

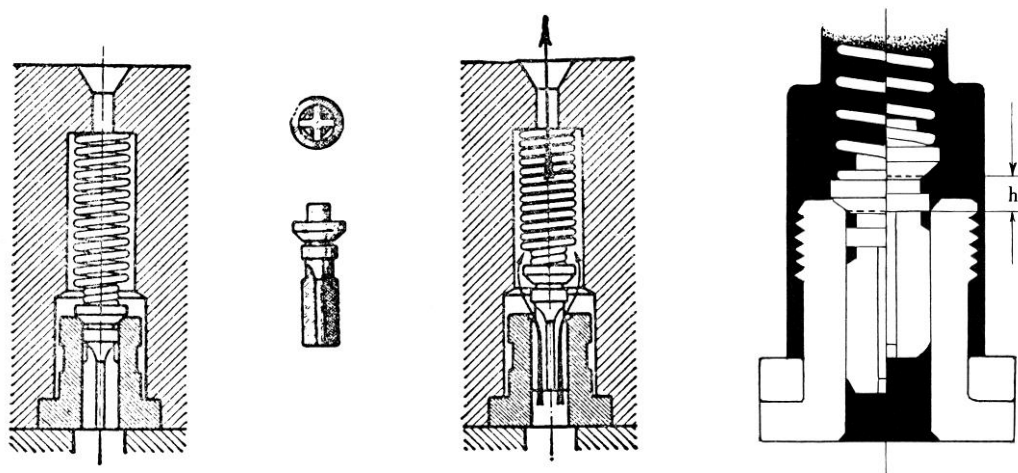
果して、池貝式平行 2 本プランジャ・ポンプのようなキワモノについて、「種々説明し」たぐらいで納得が得られたのか、誠に訝しい限りであるが、その点は措くとして、吐出し弁^{デリバリー・バルブ}の一件とは次のような次第であった。

図 17 左には Bosch の Constant-volume delivery-valve と呼ばれるデリバリー・バルブが示されている。同右に示されるように、送り出しの終了と同時にエレメント内に減圧を生じれば h だけリフトしていたデリバリー・バルブはバネの力によって下降を始め、その着座前に弁体の下に設けられた小ピストン(Retraction piston)がホルダの孔に引き込まれ、吸い戻しポンプ・ピストンとして作用することにより噴射管内の減圧→噴射ノズル自動弁の閉塞が効果的に促進され、噴射の切れ(後滴の防止)が確保される²²。

²¹ 「草わけの頃(14)」より。

²² 本稿図 1 にはこれと同工の、ただしスカート部が管状になったデリバリー・バルブが描かれていた点をご確認頂きたい。長尾不二夫『新撰 内燃機関講義』上巻、養賢堂、1942 年、170 頁、第 134 圖はこれらともやや異なるデリバリー・バルブとなっている。Bosch の製品も絶えず改良進化を遂げていたワケである。もっとも、長尾『第 3 次改訂 内燃機関講義』上巻、養賢堂、1967 年、253 頁、図 5・23 は再びこれと同じものとなっており、

図 17 Bosch 定積型デリバリー・バルブとその吸い戻し作用



左 : A.,W., Judge, *High Speed Diesel Engines*. 3rd., ed., p.162 Fig.117²³.

右 : 大久保義雄『燃料噴射装置入門』山海堂, 1979年, 103頁, 図 3.112 を修正.

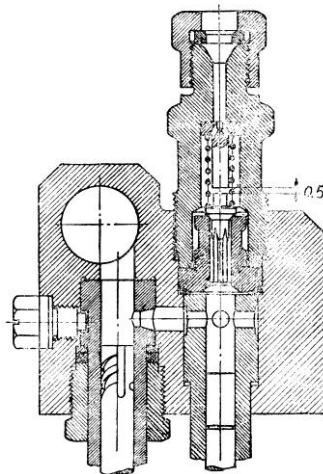
図 8 に観た通り, 実用化最初期の池貝ポンプに装備されていたデリバリー・バルブは将にこれと同工であり, 今井の回想が均衡を欠くものでなかったとするならば, 流石の Bosch もこれまで黙過し去ることだけではできなかつたという種明かしである.

Bosch から突付けられた要求を承けて池貝が投じた改修型デリバリー・バルブは図 18 に示されるような機構で, リトラクション・ピストンが廃止された代りに, 燃料送り出しに際し, 上から吊り下げられたバネ案内とデリバリー・バルブ上部突起との密着により失われていた 0.5mm すきま部微小空間が燃圧消失によるバネ力の発現によって回復されることで得られる内容積の増分を以て噴射管内に減圧が促進される仕組みとなっていた. これも苦し紛れにしては立派な技術であったが, それはまた歴然たる特許回避策ともなっていた.

図 18 池貝の改修型デリバリー・バルブ回り

Robert Bosch GmbH, *Diesel Fuel Injection*. SAE, 1994, p.52 Figs.10, 11 に観るそれもほぼ, これと同じである.

²³ 門馬孝吉『最新 高速ディーゼル機関』訂正 4 版, 自動車工學社, 1940年, 102頁, 第 55 圖も同じ.



今井前掲書，100 頁，第 45 圖。

むすびにかえて

噴射ノズルやノズルホルダ，タイマやガバナを含む往時の R. Bosch 製ディーゼル燃料噴射装置の勝利は秀でた創案と機構的シンプルさ，そしてそれらを支える優秀な材料ならびに工作技術による総合的成果であった。Bosch の技術が全てオリジナルの創案に依拠するものであったわけではない。Bosch は必要な特許は正規に買収していたのである。これに比べれば，有象無象の Bosch 特許回避策は抜け穴探しであると同時に基礎的技術の不足を冗長設計によって補填しようとする盗人根性の現われでもあった。

池貝式平行 2 本プランジャ・ポンプを含め，それらのほとんどはアイデア倒れか，実用の域に達したものであっても，ほぼ，行き着くべくして劣敗に帰した。池貝自動車は戦後，トラック・トラクタを投入しているが，その 100 式統制系直列 6 気筒予燃焼室式機関に装備された噴射ポンプは自家製ながら噴射ノズル共々，Bosch 型——噴射ポンプは Bosch PE6B70D312 型の，噴射ノズルは Bosch ピントル・ノズルのイミテーション品——となっており，池貝式平行 2 本プランジャ・ポンプが復活する機会が訪れることは遂になかった²⁴。

Bosch B 型に対するアンチテーゼや大胆な提案から出発した三菱重工業などは Bosch の失効した IP を撰取しつつ些末な特許回避策を盛込む姑息な戦略へと転じ，戦後もしぶとく生き残りはしたが，これも何時の間にか絶滅した。個々の事例にはそれぞれ言い訳の余地もあろうし，そうすることも勝手ではあるが，大勢としての敗北は事実であった²⁵。

それは単に過去のハナシだけではない。今日，排出ガス対策がらみでジャークポンプに代って隆盛をきわめるコモンレール，即ち蓄圧方式も，その淵源が Rudolf Diesel の発明過程に遡り，20 世紀初頭，その実用化についてはイギリス，Vickers 社によって先鞭が付けられ

²⁴ 戦後の池貝トラクタとその機関については前田利一他『自動車』上巻，日本機械学会，1950 年，176~199 頁，第 10・1 表，第 10・2 表，拙稿「池貝自動車製造 MTT 系トラクタについて—100 式統制発動機の戦後展開」（→IRDB），参照。

²⁵ 最末期の三菱噴射ポンプについては大久保『燃料噴射装置入門』50 頁，参照。

た技術であるとは言え、現行品としての基本は DENSO ではなく、R. Bosch によって定礎された IP である²⁶.

この意味において、R. Bosch の噴射系技術は工作機械の CNC 領域における FANUC のそれにも比定されるべき地位にあったし、現にあると認識して失当ではないのである.

²⁶ R., Diesel による発明の過程については拙訳『ディーゼルエンジンはいかにして生み出されたか』山海堂、1993 年を、Vickers の蓄圧式噴射系については前掲拙稿「戦時日本の中速・大形高速ディーゼル」を、今日のコモンレール方式のルーツについては元・三菱自動車の技術者、石田明男氏のブログ、「閑居人のアイデア」(<http://issan.sakura.ne.jp/index.html>), の「プロフィール」の項を参照.