

混入異物除去に観る熱機関技術史の基本問題

—— 罐水吹出しと潤滑系の技術史 ——

Fundamental Problems in the Technical History of Heat Engines from the Viewpoint of Elimination of Contaminants

—— History of the Technologies of Boiler Water Blow-off and that of the Lubrication Systems ——

大阪市立大学大学院経済学研究科 *Discussion Paper* No.111, 2018年4月1日

坂上茂樹

はじめに

I : 罐水濃縮と各種ボイラにおける吹出し技術の開発

1. 罐石対策としての清罐剤と胴底吹出し
2. 泡立ち対策としての表面吹出し
3. 罐水濃度維持のための表面連続吹出し
4. イギリスとアメリカの機関車ボイラにおける胴底連続吹出しの導入
5. 鉄道省機関車ボイラにおける今村式罐水清浄装置

II : 熱機関における潤滑問題 —— 内燃機関とレシプロ蒸気機関

1. 陸軍軍用自動車における戦地消耗の実態
2. 陸軍車輛用発動機における潤滑油消費率の実態
3. 陸軍戦車学校における問題の把握と技術改良方案
4. 対照事例としての蒸気機関における潤滑

むすびにかえて

はじめに

熱機関の天敵＝短命化要因の一つとして作業物質中に介在する異物が数え上げられる。凝結式蒸気動力プラントの場合、その最たるものは給水中の Ca、Mg、Si 等の鉱物質や機関部・給水ポンプ等の潤滑油であり、それらは運転中、水の蒸発によりボイラ内で絶えず濃縮されて行く。事業発電用や大形艦船用等の高度なプラントのように蒸留水が用いられる場合においては給水に起因する問題は大方排除される反面、潤滑油による汚染の問題は却って深刻化する。

蒸気船はごく初期にはボイラ用に清水を携行し、それが尽きれば海水を用いていたため、連続長途の航海を苦手とした。黒船が機帆船であったのはこのためである。しかし、やがてはこの難問も造水器(蒸留装置)の実用化に依って打開された¹。

¹ 実際には海水を噴霧する噴射式復水器の使用に因る罐水塩分濃度上昇等、初期の状況は一

主要な蒸気動力プラントの中で一貫して煮え湯ならぬ汚染度の高い水、井戸水から果ては池や川の水までを飲まされ続けたのは不凝結式(開放サイクル)のレシプロ蒸気機関と組合わされた往時の通常型機関車ボイラである²。

I においては陸船用・機関車用ボイラにおける罐水濃縮への対策たる吹出し技術の歩みを概観する。そこには鉄道省蒸気機関車技術の実践的泰斗、今村一郎により機関車ボイラ用に開発された罐水清浄装置についての技術史的位置付け・意味付けの試みも含まれる³。

石油系燃料やガス体燃料を焚く内燃機関の場合、その短命化要因としての作業物質中に介在する異物とは概ねそれが吸入する空気に含まれる塵埃ということになる。その一部は潤滑油中に取り込まれ、油の蒸発燃焼を通じて罐水の場合と同様に濃縮され、様々の悪さをしでかすワケである。他にも運転中にはクランク室ブリーザから、あるいは潤滑油の更新時、給油口から様々な異物が取り込まれ、最終的には油の汚染を昂進させて行く。無論、この汚染には燃料補給時に取り込まれる塵埃の一部も何らかの形で係わって来る。

燃料に含まれる異物はガソリンの場合には大した問題ではない。石炭(微粉炭ないし石炭スラリー)を焚く石炭ディーゼルや発生炉ガスを焚く所謂“代燃”プラントにおいては燃料中の灰分やタール分が重篤な問題を惹起するが、それらの存在感は最早、大きくはない⁴。

軽油ないし A 重油では S が問題となる。軽油については精製段階における高深度脱硫が決め手となる。他方、その規格からして不純物を多分に含有せざるを得ない B 及び産業廃棄物に等しい C 重油においては燃料(→燃焼ガス)中の S 及び V が硫酸腐蝕とヴァナジウム・アタックを生ずる⁵。

II においては熱機関の潤滑について歴史的考察を試みる。内燃機関については陸軍での実践的研究を振り返り、蒸気機関については舶用機関と鉄道省・国鉄の蒸気機関車に範を求める。

I : 罐水濃縮と各種ボイラにおける吹出し技術の開発

層、込み入っていた。簡単には拙著『舶用蒸気タービン百年の航跡』ユニオンプレス、2002年、第1章、拙稿「蒸気動力技術略史」(大阪市立大学学術機関リポジトリ掲載)、参照。

なお、発達した舶用蒸気動力プラントにおいても復水器に損傷があればそこから海水が浸入し、罐水濃縮を結果する。但し、これは故障ないし事故の一種である。これについてはジャパンライン海務部『ボイラ水管理の実務』海文堂、1976年、156~157頁、参照。

² 水道水が供されることも勿論あったが、これは仮令、衛生上、良好であっても例えば硬度が高ければ罐水としては不適當な“汚れた”水という位置付けになる。

³ 今村に係わる事蹟については主として今村の著書『機関車と共に ― 国鉄43年の思い出 ―』ヘッドライト社、1962年、に拠る。

⁴ 石炭ディーゼルについては R., Diesel 著/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、拙著『ディーゼル技術史の曲り角』信山社、1993年を、代燃プラントについては拙稿「本邦自動車用代用燃料技術史の基本構造」(大阪市立大学学術機関リポジトリ掲載)、参照。

⁵ 今井弘人『舶用ディーゼル機関 燃焼・潤滑・損傷』山海堂、1995年、30、52~53、108頁、参照。

1. 罐石対策としての清罐剤と胴底吹出し

罐水に不純物が含まれていることが前提される場合、運用中、それが悪さをしないようにするためには何かしらの対症療法が必要となる。悪さの双璧は不純物が硬く熱伝導率の低い罐石(scale)となって熱伝導を妨げ、時に局部的過熱→膨出を惹起すること、及びアルカリ成分と油脂分、有機物、浮遊物、溶解固形物等が泡立ち(foaming：つまり、ボイラ内で石鹼が造られるような状況)を生じて気水共発(carryover)を招き、過熱器や機関各部に腐食や損傷、析出物の固着を生じたり気筒潤滑油の洗い落としや甚だしい場合にはウォーター・ハンマを生ずることである。そして、この両者に対する処置は全く異なって来る。

前者、即ち罐石の生成を防ぐには清罐剤を投入し、原因物質が硬い化合物を形成するのを阻止すると共に、これを汚泥として沈殿せしめるのが捷徑である。清罐剤として海軍では炭酸ソーダ系薬品、あるいは燐酸ソーダ系薬品と苛性ソーダとの混合物が、鉄道省においては戦時中、物資不足により中断を余儀無くされるまでは主として炭酸ソーダ系の薬品と防蝕剤としての重クロム酸カリとの混合物が清罐剤として使用された⁶。

戦後、国鉄は怪しげなモノまで含め、様々な清罐剤を、かつ大量に使用した。そのため却って泡立ちが激化すると消泡剤まで追加投入されるようになった。最終的には主としてイオン交換樹脂に依る給水の事前処理が主流となる。かくて罐石の問題が一段落すると、今度は防蝕のための薬品添加が焦眉の課題となった⁷。

清罐剤の作用に宣しきを得て汚泥として沈殿せしめられた不純物はいずれ罐外に排出されなければならない。これを排出するにはボイラ下部に位置する吹出し弁(blow-off valve)を時々開いてやり、汚泥を罐水と共に外部に排出することになる。即ち“胴底吹出し”、日本海軍における“水底吹出”である。また、それは適宜、時間間隔を取る作業形態から“間欠吹出し”とも呼ばれる。

船用ボイラの場合、理想的には安全な場所で火を止めてから 4~5 時間経過し、罐水の対流が完全に収まった後、吹出し弁を開いて罐水の相当量を蒸気と共に威勢良く船底のキングストンから、あるいは船腹の吹出しコックから吹出させることになる⁸。

⁶ 生産技術協会『船用機関取扱法』1954年、60~63頁、機関車工學會『新訂増補 機関車の構造及理論』[下巻]、交友社、1941年、第一編 第五章、今村『機関車と共に』167~173頁、参照。

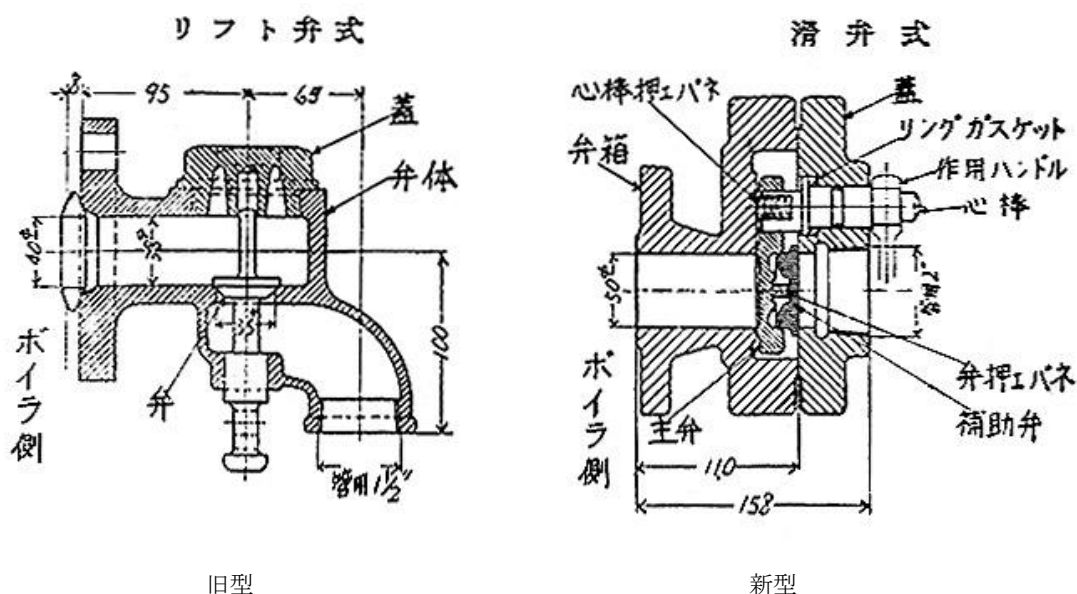
⁷ 戦後、国鉄の清罐剤使用状況の嗤うべき経過の一端については今村同上書、173~174頁、大阪鉄道管理局編『機関区従事員必携』大鉄図書、1951年、260~261頁、交通新聞編集局編『新しい鉄道の探求』交通協力会、1959年、109~113頁、日本国有鉄道運輸局『検修指導書』1968年、218~219、221~226頁、参照。イオン交換法等に依る給水の罐外処理については大鉄局編『機関区従事員必携』257頁、缶水処理研究会『機関車の水処理』同会、1952年、164~198頁、『検修指導書』215~216頁、参照。

⁸ 航海訓練所運航技術研究会『機関科実務』第6版、海文堂、1972年、139頁、参照。船腹の吹出しコックについては生産技術協会『船用機関の艤装』下巻、1958年、241頁、参照。間欠吹出しの間隔や吹出し量についての定量的議論については概算式が幾つかあり、何れも実用性を慮ってそれ程難しいモノにはなっていないが、本稿の射程外でもあり専門書に譲る。

無論、かくして減った罐水が昔日の如く海水によってではなく造水器(蒸留装置)からの清水を以って補われるなら、罐水中の不純物濃度の昂進もこの措置に依って食い止められることになる⁹。

因みに、蒸気機関車でも類似の手法が採られていた。しかし、罐石噛み込みによって吹出し弁の閉切り不能を来す事故が時として発生したため、昭和戦前期、後述する今村式罐水清浄装置が開発され、また、戦後の国鉄においては吹出し弁の改良によって更なる対処を重ねる結果ともなっている¹⁰。

図 I-1 鉄道省、国鉄における新旧の吹出し弁



缶水処理研究会『機関車の水処理』205頁、第65図。

勿論、弁の出口からは下方に長い管を配し、低い位置から罐水を噴出させるワケである。

なお、吹出し弁とは別に、似たような機能を有するものとして、19世紀中葉にはブライン・パイプ、ブライン・コックなる仕掛けが用いられていた。これらは適宜、“brine”（濃塩水）を罐の底部から取出し、蒸気圧によって直接船外に、あるいは一旦タンクへと送って計量した上で船外に排出する仕掛けであり、吹出しよりは穏やかで制御の正確さに優る罐水濃

⁹ 因みに、日本海軍における罐水塩分濃度許容値は細管式水管ボイラ(重油専焼・空気予熱器付)：10万分の15、同(空気予熱器無し)：10万分の20、同(混焼、石炭焚)：10万分の40、細管式以外の水管ボイラ：10万分の70、丸ボイラ：10万分の100、であった。生産技術協会『船用機関取扱法』60頁、参照。

¹⁰ 新型吹出し弁はアメリカ、Everlasting Valve Company 設計に近い。その外観については cf. *Locomotive Cyclopedea of American Practice*. 7th. ed., N.Y., 1925, p.313, Fig.497, 弁の展開写真については cf. *ditto.*, 9th. ed., N.Y., 1930, p.414, Fig.706. もっとも、同書には類似の構造を持つと思しき他銘柄の吹出し弁が複数紹介されている。

度調節システムを構成する仕掛けであった。Lardner の 1840 年の書物に拠れば、これは年次不明ながらイギリスの Messrs. Seaward 社によって開発された技術である¹¹。

因みに、Hijgens. H., *De Schroef-Machine*.(Amsterdam, 1853)の訳書と同定されている海軍学校『蒸気器械書』(1869 年)の巻一、六頁に載録されている箱型煙管ボイラ(蒸発量は大きいが高圧蒸気は発生出来ない)の図にも“輸水嘴子(ブロウイング、オフ、コック)”(=胴底吹出しコック)と“驅塩管”(ブライン、パイプ)、“驅塩嘴子(ブライン、コック)”とが相並んで解説され、図示されているので御覧頂こう¹²。

次図のような箱型煙管ボイラは通常、小形船艇ならその前後軸が船体のそれと合致するように、大形船なら焚口を向い合せ、その軸が船体軸に対して直角となるように艤装された。図の最下部に“輸水管”(ブロウ、オフ、パイプ=オ)、“輸水嘴子”(ブロウイング、オフ、コック=ク)が見える。“驅塩管”(ブライン、パイプ=ヤ)、“驅塩嘴子”(ブライン、コック=マ)は正面図右上、“塞辨搬把”(ストップ、ワーブ、ハンドル=ノ)の直下に見える。

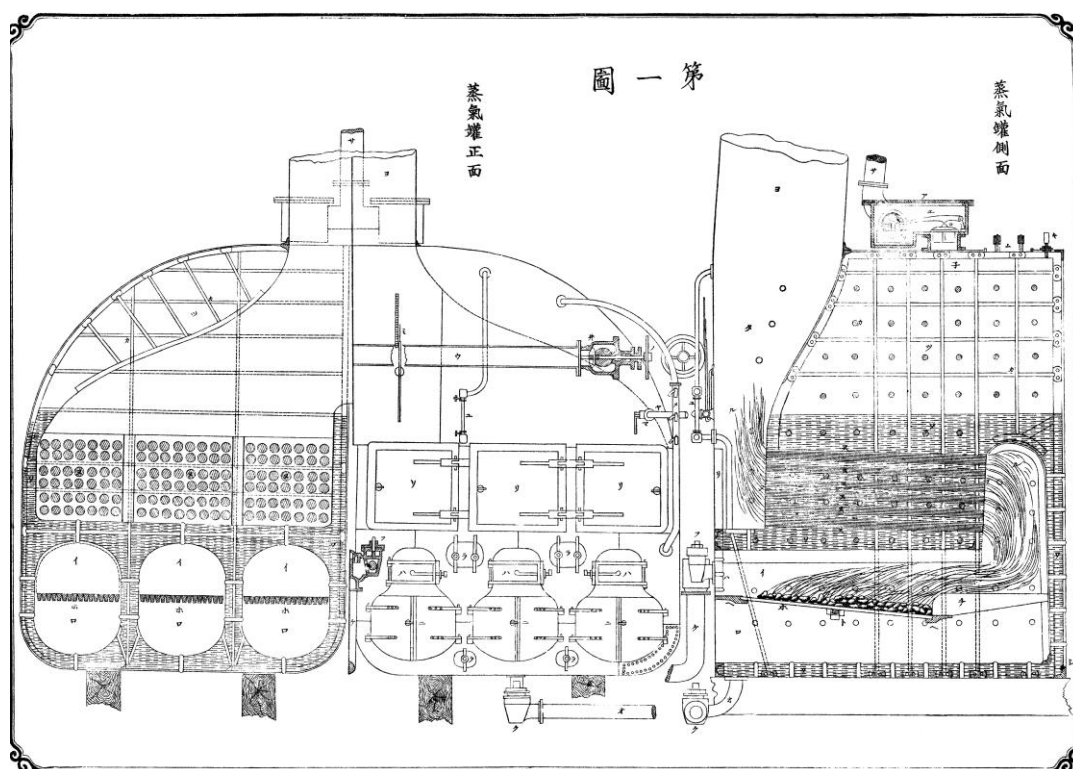
“驅塩管”は「罐の水線の部より内部に入り曲りて殆ど水底に達し外端は船外に通し以て罐中の塩水^{アカミジ}ブライン、ウワートルを海中へ驅出する管なり」と説明されているが、コックに到る配管は水面計(ユ)及び検水コック(メ：縦に 3 つ)への配管との干渉を避けるためか、省略されているようである。

図 I-2 『蒸気器械書』(1869 年)に掲げられたボイラの図(海軍機関学会復刻本[1934 年]より)

¹¹ cf. Dionysius Lardner, *The Steam Engine Familiarly Explained and Illustrated*. 7th. ed., London, 1840, pp.454~456. ネット上で参照可能である。

¹² 奥村正二『火繩銃から黒船まで』岩波新書、第 9 刷、201 頁、参照。因みに、咸臨丸においてはボイラも主機も『蒸気器械書』掲載の小形艦艇の例と同一様式であった。咸臨丸については元網数道『幕末の蒸気船物語』成山堂書店、2004 年、115 頁、参照。

なお、『蒸気器械書』に見る“輸水”なる訳語にはここから罐内に海水を取込む意味まで込められていたように想われる。また、海軍では後に“brine cock”の訳語として“驅鹽嘴”を用い、「シオハキコック」と読ませていた。海軍水雷学校『機關用語』(無刊記)、67 頁、参照。



『蒸氣器械書』(和綴じ本)巻末に綴込まれた図集には「海軍蒸氣器械圖」なるタイトル頁が付されている。

2. 泡立ち対策としての表面吹出し

発達した船用蒸気動力プラントは膨張装置がレシプロであれタービンであれランキン・サイクルないし密閉サイクルに近い実態を為すため罐水中に給水ポンプや気筒潤滑油、タービン軸受潤滑油等の混入・濃縮を生ずる危険が絶えず存在する。油脂分は泡立ちから気水共発を招き過熱器の焼損等を惹起するからボイラにとって極めて危険な不純物である。

そこで、水面付近に今一つの吹出し弁を設け、軽い油分が多く滞留する表層付近から少量の罐水を排出する“表面吹出し”ないし“水面吹出”^{サーフェス・ブロー}(日本海軍)なる措置が講じられることになる。胴底吹出しと表面吹出しとは何れがヨリ古い起源を有するののかについては管見の限りではないが、上の図からしても当然、胴底吹出しの方が先輩格であり、据付ボイラがその初舞台ではあったろう¹³。

因みに、手許にある邦語文献に当たってみれば、御園重太編纂『陸用汽罐汽機取扱問答 全』(建築書院、1909年)、なる書物の19~20頁に：

問「サアフェース、ブローオフ」一名「スカーム、コック」の効用及び其位置は如何。

答 表面鹹水活嘴は、罐内全體の水を驅除する目的のみに設備するものに非ず、又表面のみの水を出すことを得べし、汚物は多く表面に浮游するを以て、表面の水層のみを出すの設けあるは便益なること勿論なりとす、而して「サアフェース、ブロー、オフ、コック」は、汽罐の前面或は前面に近き側面の便宜の箇所^{このところ}に取付け、此所よ

¹³ “水面吹出”なる用語については例えば海軍水雷學校『機關用語』(無刊記)67頁、参照。

り一管を引きて汽罐の内部中央に導き、水面より少しく下りたる所に於て管の端末に皿形の器を備う、而して此の「コック」を開放するときは皿形器の上に罐水が渦を巻きて其表面に浮む汚物は、盡く其皿形の上に集合し全く驅除せらるるゝに至るべし。

問 蒸気発生中は「スカム、コック」より罐水を驅除するか、將た「メイン、ブロー、オフ、コック」を以て噴出するか其利害如何。

答 若し蒸気発生中罐水を驅出する場合に「ブロー、オフ、コック」にて罐水を盡く排出せんとする前に必ず「スカム、コック」にて表面に浮む汚物を排除すべし、然らざれば汚物は悉く「ウォーター、スペース」に附着して罐板を過熱せらるゝことあるべし、而して高温殿氣壓を有する時は「スカム、コック」より噴出する方寧ろ汽罐の爲めに利益なりとす、若し「メイン、ブロー、オフ、コック」より噴出するときは汽罐の震動烈しきが故に従て各「ジョイント」の廻りに弛みを生じ爲に自然と罐水の漏洩を免れざるものなり。

とある。

つまり、表面吹出しの意義と実施方案、汽釀中にブローする際は水位低下に連れて「汚物」の伝熱面への付着と震動発生を防ぐため、先ず以って表面吹出しから始めるべきであることが述べられている。因って、この文章からは20世紀初頭の陸用ボイラにおける表面吹出しの普及・実施状況を垣間見ることが出来るワケである。

しかし、それは当然、船用ボイラにおいても必要な処置であつた。海軍工機學校 高等科 掌機練習生教程『機關術教科書 全』第二版(1912年)、百二十四頁にも：

罐水濃淡如何ニ關セス油ハ比重輕少ナルカ爲メ水面ニ浮遊セルモノ多キヲ【以】テ罐水驅出ニ際シ表面吹出ヲナスシテ水底吹出ヲ行フハ爐筒等ノ壓潰ヲ來ス原因ナリト知ルヘシ(【】内、引用者補)

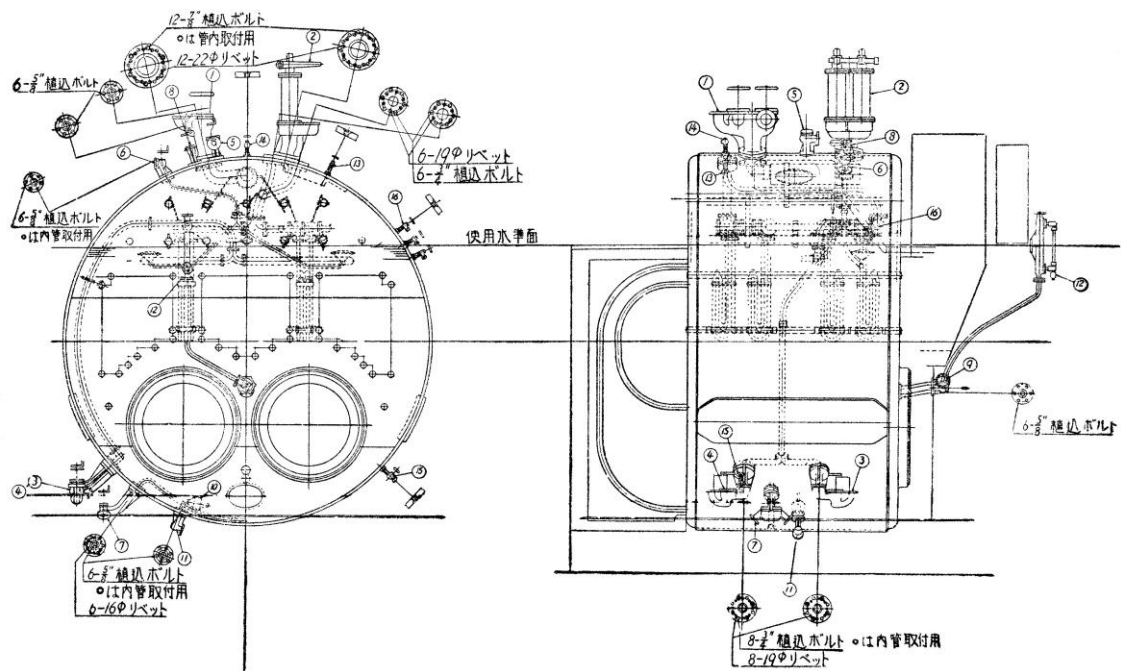
と、いわば常識的な問題として記されている位である。

以上の点検結果から、表面吹出しは遅くとも19世紀中には陸用→船用煙管ボイラにおいて確立した技術となっていたと推定されて良いであろう¹⁴。

図 I-3 船用丸ボイラ(乾燃室ボイラ)における“附着品”

¹⁴ *Machinery's Encyclopedia with 1929 Supplement*. (N.Y. 1929), Vol. I, p.447 には「表面吹出し管のサイズは 1½in. を超えるべきではない」、とあり、それがボイラの付き物になっていた状況が観取される。但し、1917年の初版からこの記述があつたのか否かは不明である。

序でながら、高田釜吉・岩崎 清『蒸汽汽罐及汽機』(丸善、1908年)、は蒸気動力プラントに係わる体系的な解説書ではあるが、表面吹出しについての言及は見られない。



朝永研一郎『船用機関』日本機械學會、1950年、22頁、第2・17図、より。

これは Howden-Johnson ボイラの様である。朝永の用語法では⑥が上部吹出弁、⑦が下部吹出弁。

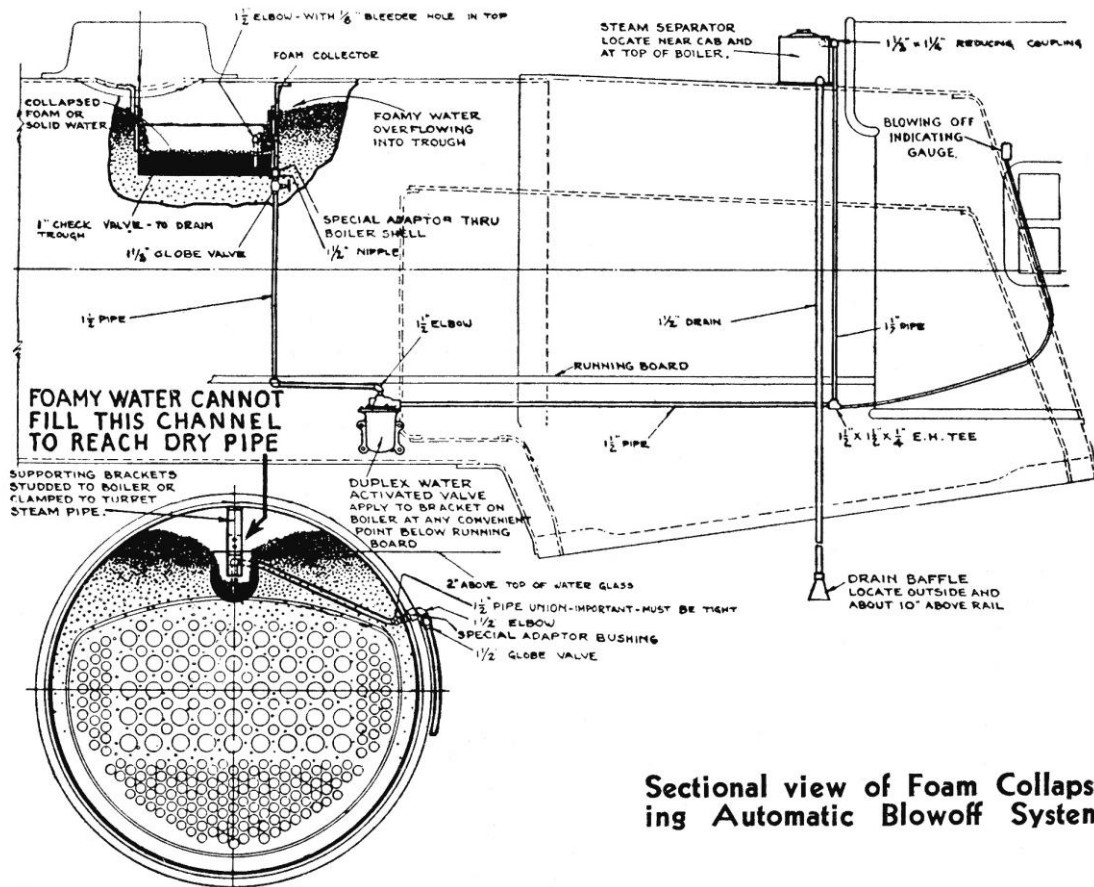
では、表面吹出しなる所作はその後の技術進歩の中で具体的にどのように実施されたのであろうか？ 大前提として、この表面吹出しが理想的には焚火を止めてから1時間程経過し、罐水が安静となった状態で行うのが最も効果的であることは容易に飲み込めよう¹⁵。

水面表層近くの汚濁は家風呂あたりなら洗面器に落とし込めば事足りる。ボイラは高压容器であるが、実のところ水が治まってしまえばコトの本質は大同小異、実施方案も御園の説明と如何ほども代らぬままであった。罐水は上図、⑥から“入”字型に伸びる管の先端2箇所に見られる蓮の“うてな”の如きモノ(御園の“皿形器”)の上面から管内に入り、表面吹出し弁に到達したと観て取れる。つまり、如雨露の逆である。そして勿論、この表面吹出しによる罐水減少においても、それが清水を以って補われるなら、罐水不純物濃度の昂進は抑止されることになる。

船用より高い動揺周期の下で稼働する機関車ボイラはこの表面吹出しにとっては厄介な適用領域を為したため、機関車に採用された表面吹出し装置にはかなり特異な技術が、それも随分、遅れて採用されている。その一例が Chicago の Dearborn Chemical Company の子会社、Electro Chemical Company の製品で、*Foam Collapsing Automatic Blowoff System* と称されるモノであった。

図 I-4 Electro Chemical Company の *Foam Collapsing Automatic Blowoff System*

¹⁵ これについても『機関科実務』第6版、139頁、参照。



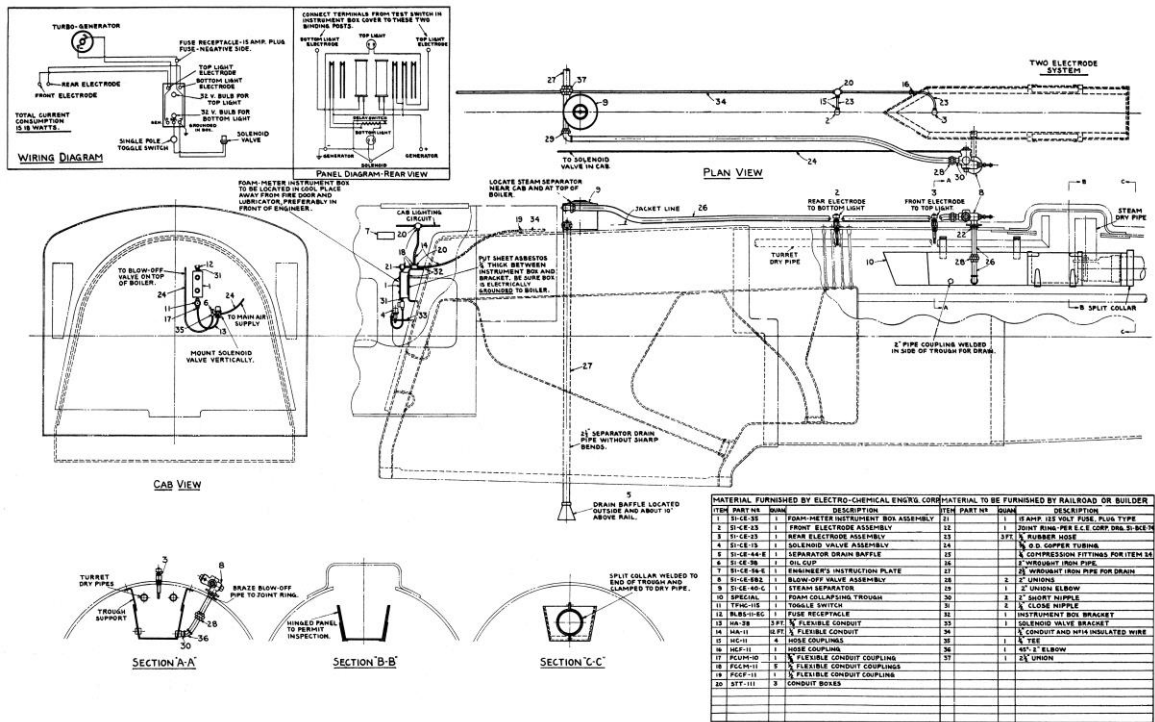
Sectional view of Foam Collapsing Automatic Blowoff System

From *Locomotive Cyclopedia of American Practice*. 10th. ed., N.Y., 1938, p.379.

手許に在るごく限られた資料の中でこれが最初に登場するのは *Locomotive Cyclopedia of American Practice*. 10th. ed., 1938, p.379 であり、蒸気ドームの下、火室寄りの位置にその縁が正常水位のやや上に来るような高さで“U”断面を有する洗面器役の槽を設置し、泡立ちが酷くなればその火室側の縁から溢れた泡立つ水が槽に落ちるようにしておき、やがてそれが熱を失って消泡したところを槽内設置の管より排出する仕掛けであった。吹出し弁自体は実際には上図より更に低い通常位置＝ボイラ底枠(内火室と外火室との接合部をなし、火格子を取り囲む)付近に置かれていたが、槽内と此处と、つまり表面と胴底の罐水を同時に受け入れる構造になっていた。その制御は単純にボイラ水位が基準値を超えれば作動しただけのモノのようではあるが、実際の自動制御機構についての満足な説明は見られない。

同時代、この *Electro Chemical Company* にはボイラ水位を高低 2 つの電極センサで検知し、低位のセンサにより胴底吹出し、高位のセンサで消泡剤投入時期を制御する *Signal Foam-Meter Electromatic Blowoff Steam Separator System* なる技術があった。これを上のシステムと合体させたのが次の *Electromatic Foam-Collapsing Blowoff System* である。

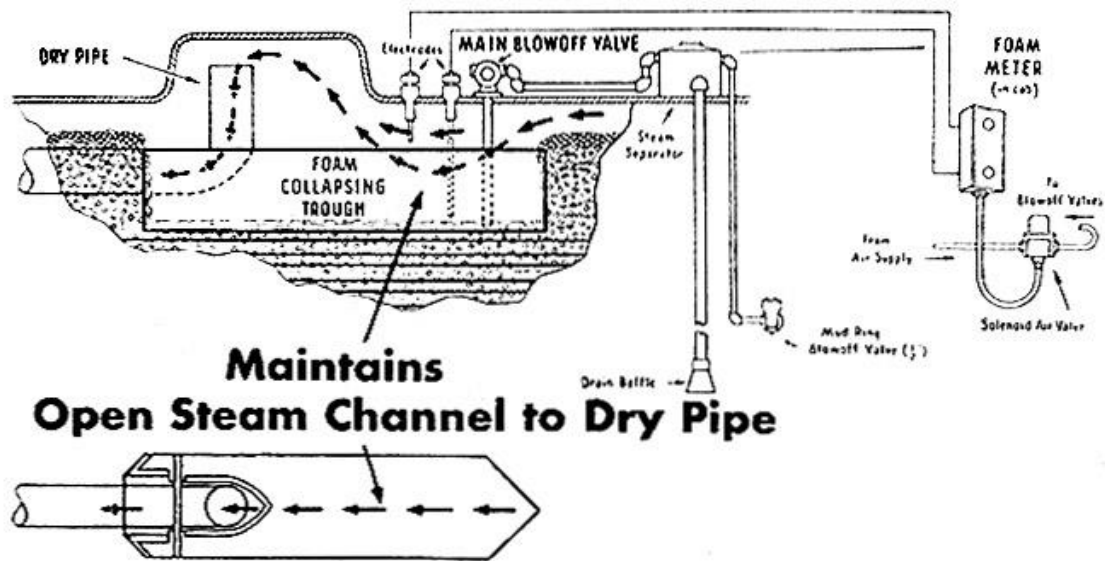
図 I-5 Electro Chemical Company の *Electromatic Foam-Collapsing Blowoff System*



Locomotive Cyclopeda of American Practice. 11th. ed., N.Y., 1941, p.390 Fig. 4.05.

Locomotive Cyclopeda of American Practice. 13th. ed., N.Y., 1947, p.350, Fig. 4.03 もこれと同じ図であるが、そこにはより分かり易い機能説明図が添えられているので載録しておく。2つのセンサで槽内の水位を検知し、表面吹出しを制御していること、主吹出し弁は“Solenoid Valve”、“Air Supply”の書込みから電磁制御の空圧弁であったことが判る。

図 I-6 *Electromatic Foam-Collapsing Blowoff System* の作動要領



From *Locomotive Cyclopedia of American Practice*. 13th. ed., 1947, p.351.

槽は従前より長く、かつ逆台形断面となり、内部に高低 2 つの水位センサが設置され、槽の上部には主吹出し弁と呼ばれている表面吹出し弁(前図“8”)が位置し、管(同“26, 28”)に依って槽内の水に出口を与えていた。なお、“main”が在るなら“sub”も在って良さそうなモノである。本図にはその“sub”即ち、胴底吹出し弁が“Mud Ring Blowoff Valve”として小さく描き込まれている。“Mud Ring”は既出の底枠のことであり、実際にはボイラの最も低い部位に位置する。

なお、図に謂うの Dry Pipe(乾燥管)は日本の加減弁取付管に当る。アメリカ式の加減弁は前方、管寄せと主蒸気管の間に設置された煙室加減弁と呼ばれるもので、ポペットバルブを 3~5 個並べ、各々を絞ることなく順次、全開 ⇄ 全閉させて行くことで蒸気量を加減する。これは蒸気タービンの「ノズル调速」に近い考え方で、絞り損失に因る断熱熱落差の発生を回避することが出来る上、過熱管内に絶えず蒸気を留置してその焼損を防ぐ効果もある。また、こちらの方が機関としてのピックアップも優れていたであろう¹⁶。

アメリカの蒸気機関車は鉄道会社の設計製作になるもの、Alco のような大メーカーに依る既製品や特注品等、様々であったが、要素機器は専門メーカーの手になる場合が普通であり、この蒸機最末期に近い発行時点の資料の内容からすれば、この *Electromatic Foam-Collapsing Blowoff System* もかなり広く用いられていたものかと憶測される。

3. 罐水濃度維持のための表面連続吹出し

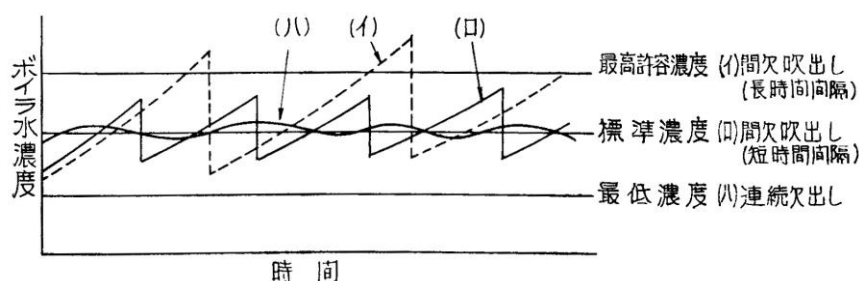
¹⁶ もっとも、翼間流路に飛び込む蒸気タービンのノズル後流とは異なり、蒸気は主蒸気管に進入するのであるから巨視的に見れば一種の絞りをかけていることには違いないワケであるから、幾許かの絞り損失計上は不可避であろう。

上記の間欠吹出しは胴底であれ表面であれ、熱勘定からすれば純然たる損失をなす。排熱回収の方途が用意されていないからである。しかし、吹出しを連続的に行わせれば、排熱を給水加熱に利用することが出来、熱勘定の点で有利となる。これを行うのが所謂“連続吹出し”である。

先に紹介した Lardner の書物の記述の中で誠に興味深いのは Messrs. Maudsley and Field 社が恐らく 1830 年代末期に“brine-pump”と呼ばれる主機駆動ポンプ(機能的にはむしろ計量装置)に依り濃塩水を自動的に連続抽出し、給水加熱器において熱回収を行わせる仕掛けを開発し、*Great Western*(1837)をはじめとする多数の蒸気船(機帆船)に実用化させていたという事実の指摘である。それは暖房用ボイラにおいて古くから行われていた手法を船用ボイラに持ち込んだモノであったそうであるが、十中八九、これが船用ボイラにおける連続吹出しの元祖をなすものであろう。但し、“brine-pump”はボイラの下部に設置されていたから、採水は Messrs. Seaward 社のシステムと同じく、ボイラの最底部から為されていた。即ち、胴底連続吹出しである¹⁷。

連続吹出しの名で呼ばれる近代的な手練手管はしかし、泡立ち防止の観点から表面吹出しを少しずつ連続的に行うことによって罐水濃度をより有効に保つ仕掛けの謂いに用いられるようになって来る。無論、これが実施される場合においても汚泥を排出するための間欠(胴底)吹出しを全く省略してしまうことは断じて不可である。

図 I-7 間欠吹出しに依る濃度回復と連続吹出しに依る濃度管理

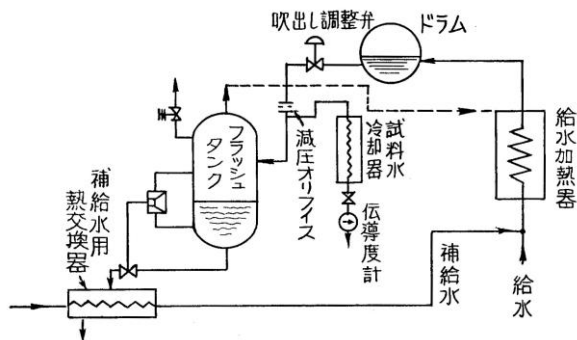


日本ボイラ協会『ボイラの水管理・保存・清浄の実際』1964年、73頁、図5. 1。

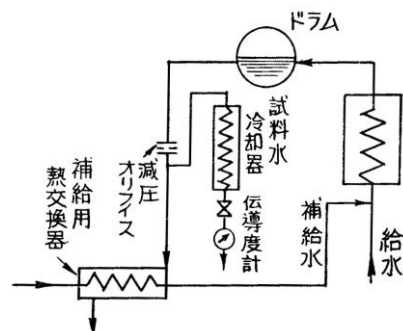
表面連続吹出しの実施形態は排水を減圧させ、フラッシュ・タンクに一旦溜めて蒸気を発生させ、その蒸気と水とが持つ熱を別々に回収するシステムと、そのまま減圧して熱交換器に送るシステムとに大別される。熱効率(熱落差の利用効率)からすればフラッシュ・タンク式の方が優れている。もっとも、改善が進んだ、つまり、ボイラ給水量(=罐水の減り)が少なくなり、かつ、給水処理が充分為されているような状況下においては直接回収式で充分事足りる。但し、この場合には熱交換器としてより高压に耐えられるの装置が必要となる。

図 I-8 水管ボイラの気水分離ドラム(蒸気~、上部~)からの連続吹出しシステム 2 例

¹⁷ cf. Lardner, *ibid.* pp.456~457.



フラッシュタンク式



直接回収式

同上書、74 頁、図 5.2、5.3。

残念ながら、表面連続吹出しの起源については管見の及ぶところとはなっていない。但し、これは排熱回収を伴わなければ単に既存システムに対する運用上の工夫に毛の生えたようなモノに過ぎないから、陸用ボイラに関しては表面吹出し自体と左程変らぬ相当古い起源を有する技術と推測して差支え無かろう。

これに対して、船用並びに機関車用ボイラ、とりわけ後者はそもそも水面が連続的に安定しているような使われ方など為されてなかったワケであるから、連続吹出しは自ずと胴底からということになったようである。前者においてさえ、表面連続吹出しの適用は船体の動揺が少ない大形商船用の大形高压水管ボイラに限られた程である¹⁸。

4. イギリスとアメリカの機関車ボイラにおける胴底連続吹出しの導入

暖房用ボイラ云々の記述にもあった通り、胴底連続吹出しの実用化は最も適応容易な陸用(据付)ボイラから始まり、船用ボイラがこれに続き、動揺が激しく装置自体のコンパクトさへの敷居も一番高いという意味において最も厄介な機関車ボイラが大差でしんがりを務めた。これは世界的な趨勢であったと推測される。

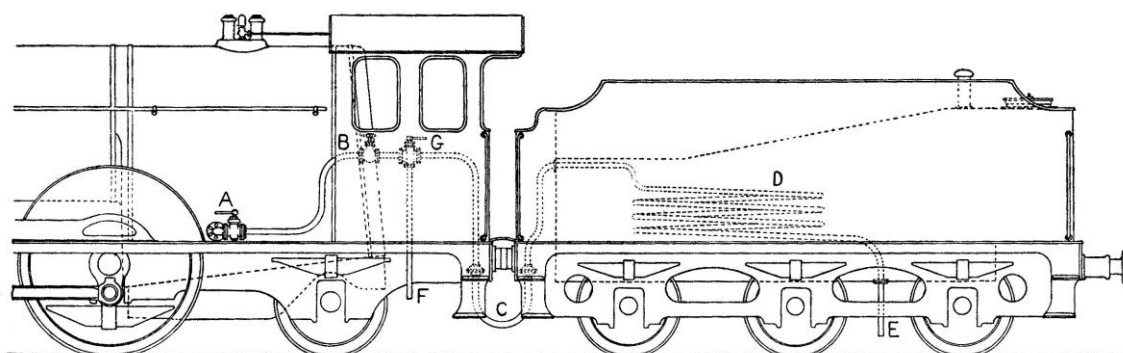
そもそも、蒸気機関車のサイクルは通常、不凝結の開放サイクルであるから陸船用蒸気動力プラントにおけるように罐水中に気筒や給水ポンプの潤滑油が濃縮される心配は無かった。因って、もし表面吹出しが実施されるにしても、アメリカ式に間欠的にでも行われるならそれで必要十分であった。その反面、機関車ボイラは他の蒸気動力プラントに比して著しく汚染度の高い水を常飲せしめられていたし給水ポンプからの潤滑油混入の危険も抱えていたから、罐水については不安一杯の状況に置かれていたから、胴底(間欠)ブローは必須であったが、蒸気機関車においてもこれを連続吹出しの形で行うことは安全確実に罐

¹⁸ 船用ボイラについては前掲『ボイラ水管理の実務』156 頁、参照。蒸気機関車の振動については「地震にたとえれば震度五はあると思うくらいだ」といった実体験に基づく表現が何とも秀逸である。それもしょっちゅう震度 5 ということである。今井吉郎『SL 蒸気機関車の思い出』文芸社、2004 年、76 頁、参照。

水濃度を維持管理するための手法として誠に有効であった。

では、この胴底連続ブローは何時頃から始められたのであろうか？ イギリスにおけるその嚆矢は明確で Neckar の極めてシンプルなシステムがそれに当り、据付ボイラの分野において永らくその優秀性を謳われて来た技術を機関車用に単純化したモノであり、A が吹出し栓、B は制御栓、D は熱交換(テンダ水加熱)用の管、E は排出管、G は 3 方栓、F はバイパス管である。製品化は 1934 年ないしその少し前らしい。出典には硬水が供される場合でも給水量の 5~7%を連続ブローしてやれば充分良い結果が得られたとあるものの、遺憾ながらイギリスにおける類似品のその後については不詳である¹⁹。

図 I -9 Neckar の胴底連続ブロー・システム



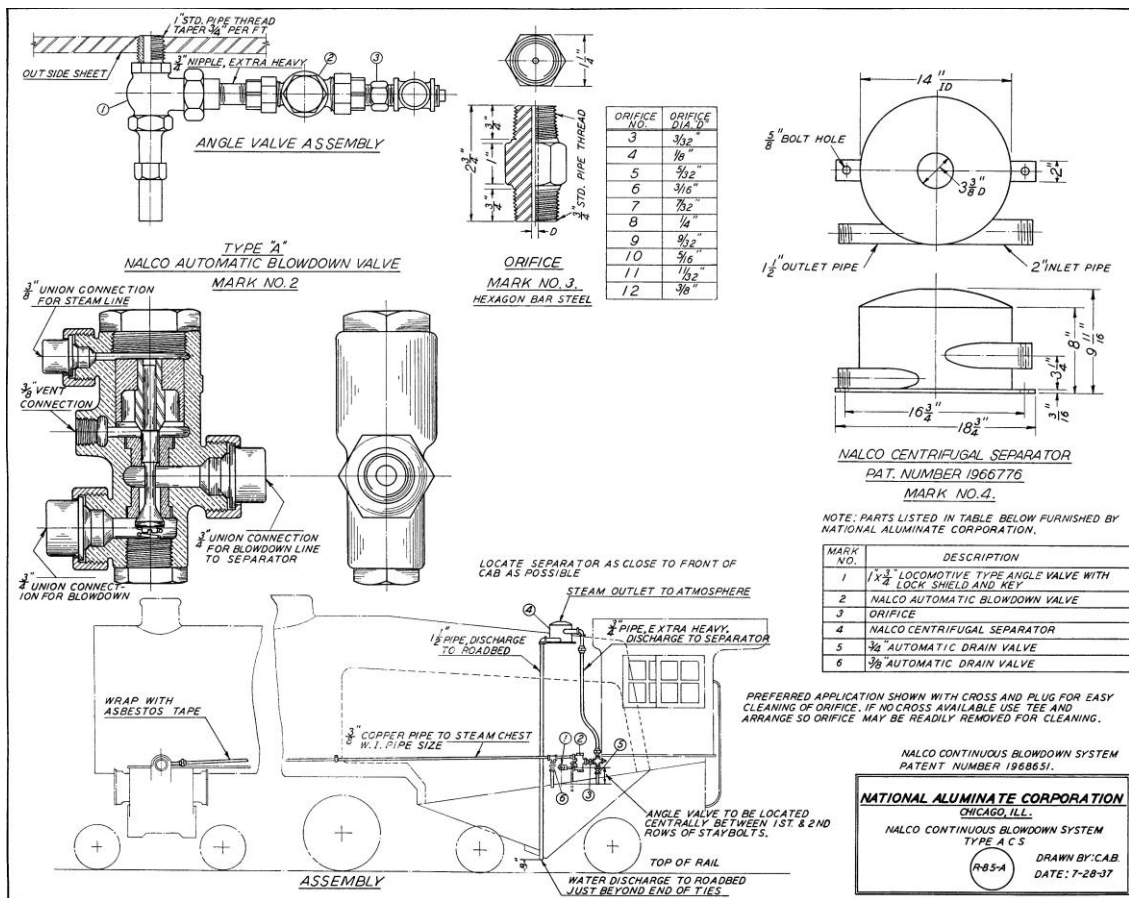
ARRANGEMENT OF THE "NECKAR" SYSTEM OF WATER-SOFTENING FOR LOCOMOTIVES.

A., Morton Bell, *Locomotives Their Construction, Maintenance and Operation with Notes on Electric and Internal Combustion Locomotives*. 5th. ed. Vol.I, p.207, Fig.2.

一方、アメリカにおいては Chicago の National Aluminate Corporation(Nalco[現存])が 1934 年 6 月 17 日、*Continuous Blowing System* に関する米国特許 No.1,966,776 を、31 日には No.1,968,651 取得し、程無く後者に基く製品を開発した。次図右下隅には'37 年 7 月 28 日なる図面作成期日が記入されているから、実際の製造と商品化はそれ以後に開始されたものと想われる。

図 I -10 National Aluminate Corporation の *Continuous Blowing System*

¹⁹ cf. A., Morton Bell, *Locomotives Their Construction, Maintenance and Operation with Notes on Electric and Internal Combustion Locomotives*. Vol.I, pp.207~208. 手許の版は 1935 年出版の初版であり、1934 年以前と判断した。当該の記述は 1950 年、第 7 版でも同じであるが、その翌年に出版された M., P., Sells, *The Steam Locomotive of To-Day*. (London) には清罐剤や給水前処理の話題こそあれ、吹出し技術へのまとまった言及は無い。

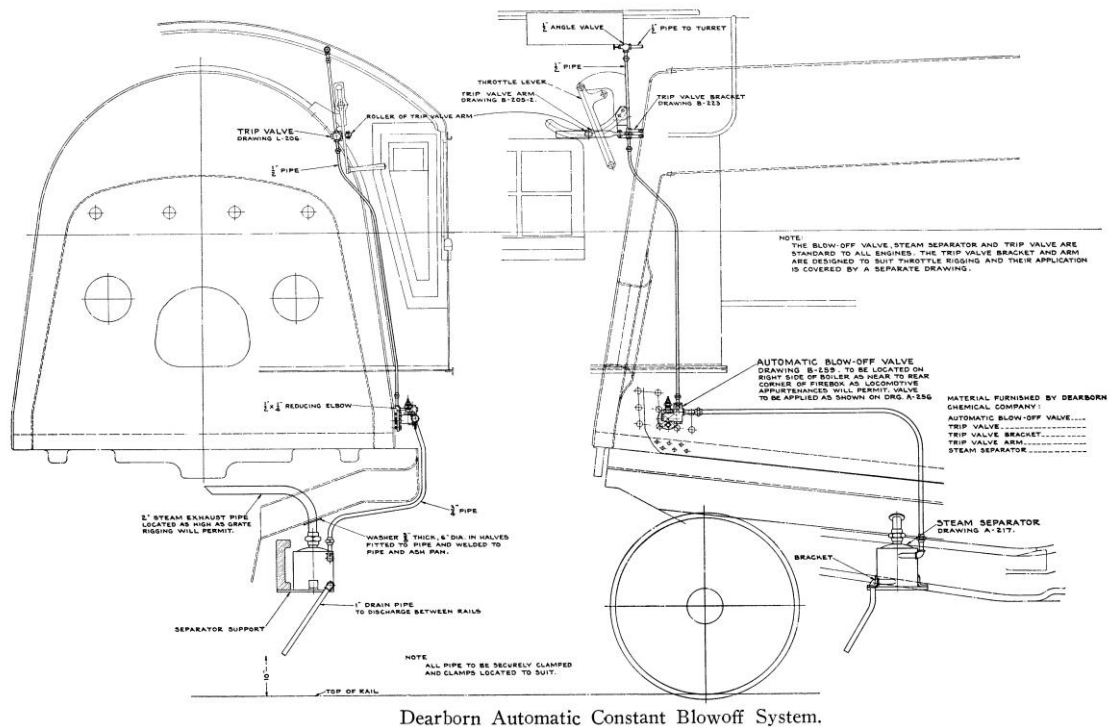


Locomotive Cyclopedic of American Practice. 10th. ed., 1938.p.373, Fig.575.

本システムはイギリス、Neckar のそれとは対照的に自動化されており、弁室に蒸気圧が作用している、つまり加減弁が開かれている間だけ蒸気圧を受けて自動吹出し弁が啓開し吹出しが行われる仕組みになっていた。その反面、排熱回収については一顧だに為されていない。これは恐らくアイデアの欠如ではなく、連続吹出しによる排熱位では大した給水加熱効果が無いという実利的査定の結果であろう。Neckar システムの行方については不詳であるが、Nalco のシステムは同じ書物の前掲 1947 年、第 13 版、p.355 にも簡単に紹介されているから、アメリカ蒸機時代の末期まで健在であったと見做され得よう。

同じ書物にはやはり前掲 Dearborn Chemical Company の *Dearborn Automatic Constant Blowoff System* なるモノが掲載されている。これは加減弁を引く操作に連動して吹出し弁が ON になるという一層シンプルなシステムであった。

図 I -11 Dearborn Chemical Company の *Dearborn Automatic Constant Blowoff System*



ditto., p.376, Fig.581.

5. 鉄道省機関車ボイラにおける今村式罐水清浄装置

日本海軍の艦艇においては上から下からを問わず連続吹き出しが実施されていた状況は窺えず、本邦商船界においてもそれは漸く戦後、表面連続吹き出しの格好で導入された模様である。そうした我国の後進的状況下、かの自動 brine-pump システムの衣鉢を継ぐかのような胴底連続吹き出し技術の開発・実用化の足跡が昭和戦前期、つまり、イギリスやアメリカとほぼ同時期、鉄道省の今村一郎に依って今村式罐水清浄装置という形で印されていた。

蒸気機関車における吹き出しは勿論、洋上ではなく、機関区内で行なわれた。この場合、幾ら危機管理を正しく手配した上であっても大音響と濛々たる熱水・蒸気の放出、軸箱の浸水等は避けられる現象ではなく、吹き出し自体のトラブルという危険性も常にあったから、現場スタッフにとって胴底ブローは余り気の進む仕事とは言えなかった²⁰。

このため、吹き出しをしないまま 1~2 週間、日子を稼ぎ、いきなり休車して火を落し、洗罐に及ぶような弥縫策も採られたりしたようであるが、これは機関車の稼働率向上や罐水の不純物濃度管理という点からは好ましからざる行為であった²¹。

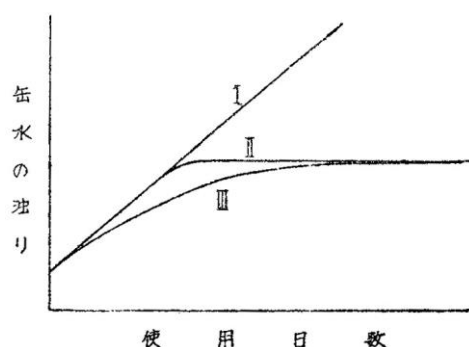
²⁰ なお、吹き出しに伴う大音響と軸箱への浸水を抑えるため、戦後、一部の国鉄蒸気機関車においてはアメリカ流に吹き出し弁に消音器が取付けられるようにもなっていた。缶水処理研究会『機関車の水処理』206~207 頁、参照。

²¹ 因みに、今村は「缶水の濃縮を防止するため、ときどきその一部を排出して生水と入替えることは古くから唱えられておることであるが、蒸気機関車ではいろいろな困難のため実用化されていなかった。…中略…たしか C50 形だったかの最初の設計のものにはこのブ

今村はかなり早い時期から機関車に連続ブローについてアイデアを温め、大阪鉄道局機関車課長に上申ししていたが、この時は相手にされず仕舞いに終わった。ところが、1932年夏、関西線の王寺～河内堅上間で地滑りが発生してトンネルが崩落した。線路は別ルートで復旧せしめられたが、この間、川底地盤の隆起によって従来から罐水として利用していた大和川の流が裂けられたために水質の汚濁が進み、王寺機関区は配置されていた8620型機関車、総計23両における洗罐回帰が軒並み3、4日に短縮するという窮状に見舞われた。これを機に、今村は連続ブローの導入について周囲を説得することの緊要性を再度、思い知らされるに到る²²。

1933年の晩春、今村は構想久しい連続ブロー方式について大阪鉄道局運転部長、武井明通に進言し、直ちに実験開始の承諾を得た。今村の推論するところ、罐水の汚濁濃度は次図のように対策無しでは(I)、ある時点から連続ブローすれば(II)、洗罐直後から連続ブローしてやれば(III)のような推移を辿る。これは例えば、1日の給水に含まれる不純物に等しい不純物を含む濃縮された罐水の一部を毎日排出し続けてやれば、罐水濃度の昂進を防ぐことが出来るというごく古い理屈そのものである。

図 I-12 使用日数と罐水の濁り



今村『機関車と共に』211頁、第1図(1934年第3回運転研究会提出の大鉄資料より)。

w = 平均罐水量

α = 給水中の不純物

A = 単位時間内における蒸発量

B = 単位時間内における吹出し量

u = 任意の時間経過後の罐水濃度

とした場合、今村に拠れば、微小時間 dt 経過後の罐水濃度 du は

ロー装置が取付けられておったが、上に述べたような危険と煩しさのためどこでも使用されなかったで、その後取外されてしまったと記憶しておる」と述べている。『機関車と共に』208～209頁、より。

²² 以下については今村『機関車と共に』208～222頁、参照。

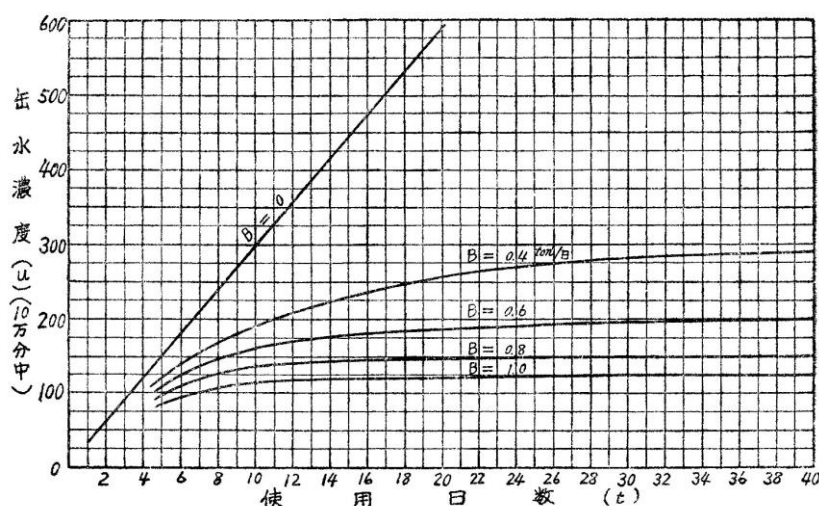
$$du = 1/w \cdot \{ (A+B)\alpha dt - uBdt \}$$

即ち、ある時間内に入った水に含まれていた不純物量から吹出された水が持ち去ったそれを差引いた残留不純物量を罐水量で除した値となる。これを $u=$ の形に整理すれば：

$$u = (A+B)\alpha / B - w/B \cdot du/dt$$

今村はこの微分方程式を解いた上、次のチャートを得た。

図 I-13 排水量と罐水濃度の進行



同上書、212 頁、第 2 図。

もっとも、実用上は上の式を用いて前図 I-12 のように相当な時間の経過後、 du/dt が 0 になった場合の関係を求めれば良いワケである。つまり：

$$u = (A+B)\alpha / B$$

(u の代りに管理目標として設定される濃度を β で表せば：

$$\beta = (A+B)\alpha / B$$

これを $(A+B)\alpha = B\beta$ の形にして眺めれば、ある時間内にボイラに新たに取込まれた水に含まれていた不純物の量に等しい不純物を排出するよう B の値を決めれば良いという意味になる。

これを $B=$ の形に直せば：

$$B = A\alpha / (\beta - \alpha)$$

となる。

実験に際し、今村は罐水の許容塩分濃度 β に関して 10 万分の 200 という海軍の丸ボイラにおける許容値の丁度倍に当る濃度を設定した。それは 10 万分の 300 以下では気水共発(泡立ちに因る)が生じたことが無かったという実績より導かれた値であるらしいから、実際に鉄道省の機関車には 200 より遥かに濃縮された罐水が日常的に実用されていたのであろう²³。

²³ 今村『機関車と共に』218~219 頁、参照。

当時、鉄道省において全国統一的な罐水塩分濃度許容値が設定されていたのか否かについては不詳である。ただ、武井明通を代表者とする鐵道運轉會によって1943年に発行された『機關車便覽』には罐水が泡立ちを生ずる限界濃度について、門司鐵道局のデータとして次表に示すような値が掲げられている。これを見ると、全国一律の基準値など運用されていなかったように思えて来る。何せ、各型式共、塩類総濃度が10万分の300どころか200を超えればちゃんと泡立ちを生じており、この有様では少なくとも200辺りを全国基準にすることなど到底思いも及ばぬ相談であったからである²⁴。

表 I-1 罐水が泡立ちを熾す限界

Na ₂ CO ₃ , Na ₂ SO ₄ , NaCl の分子量合計が10万分中下記に達したる場合			
形式		形式	
D50	230	C51	260
9600	210	C50	200
C53	300	8620	200

鐵道運轉會『機關車便覽』通文閣、1943年、174頁、より。

適正連続排出量(排出率)Bの決定には給水の水質検査(不純物濃度の確定)が不可欠であり、時間当り蒸発量Aの値も機關车型式毎に、あるいは同一型式でも個体毎に区々である。今村は王寺機關区(巖田寅二区長)の協力の下、次図に示すような装置を開発し、試作機を機關車78680に装備し、1933年7月22日からテストを開始した。罐水清浄装置はその後、吹田、宮原、梅小路、姫路、明石等の機關車にも増備され、非装備車両との間の比較データが採取され、洗罐キロ数、罐石生成量の点で著効が認められた。また、鷹取工場における一般修繕入場車両に関する調査からはボイラ修繕件数の減少が確認された。

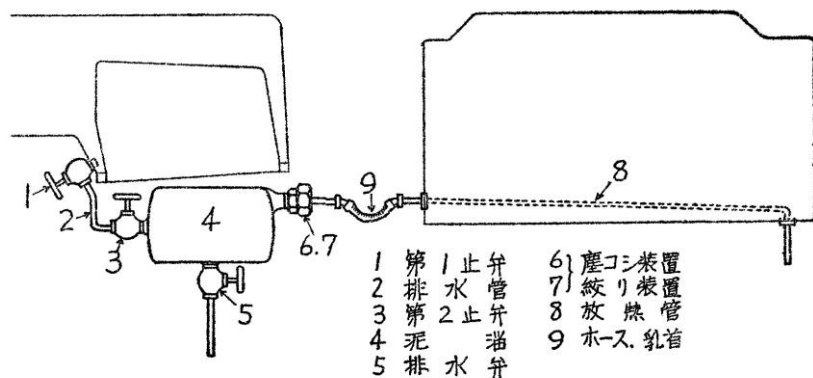
適正排出量や改善効果に係わる具体的な数値については今村前掲書の参照をお願いした

なお、戦後の国鉄において機關車の罐水は溶解固形分濃度規制値にして2500ppm.(10万分の250に同じ=2500g/t、1950年8月)から3500ppm.(1951年11月)へというように劣化の跡を辿った。缶水処理研究会『機關車の水処理』71頁、参照。それ以後の経過については1953年10月にCaCO₃の暫定濃度<10ppm.、NaOHは従来通り100~300ppm.、等の断片的基準値こそ見出し出されるものの、総合的な記述にはお目にかかれていない。また、戦後の国鉄における清罐剤の濫用は単純な塩分濃度云々というような扱いを過去のものにしてしまったようである。石上儀平『罐用水処理と保罐法』増補版、海文堂、1956年、54、55頁、参照。

²⁴ 序でながら、D50とC53のボイラはほとんど同じ寸法・諸元であり、開発時期からして後者は前者の模倣であったと思われ、効率の点ではD50のそれが若干優っていたが、これも大した差ではなかった。然るに、泡立ち限界濃度において両者の間にかほどの懸隔が見られたということは、大容量の気筒を2つつつD50の方が小容量のそれを3つつつC53より力行に際してボイラ圧力変動が大きく、圧の低下時に泡立ちが促され易かったためかと推察される。D50とC53のボイラ比較については拙稿「C53型蒸気機關車試論[訂正版]」(大阪市立大学学術機関リポジトリ掲載)、第七章(2)、参照。

い。概ね前者は機関車型式(6760, 8620, C50, C51, D50)や運用形態に応じて0.2~1.2t/日の範囲にあり、洗罐距離の伸長は軒並み数倍であった。もっとも、戦後、C57、C58、C59、C62、D51 といった機関車について門司港機関区、熊本機関区、姫路第二機関区、大宮機関区で得られたデータに拠れば、洗罐回帰日数にして約60%増しというのが相場であった²⁵。

図 I-14 最初の罐水清浄装置



同上書、213頁、第3図。

泥溜4の大きさは勿論、誇張されている。

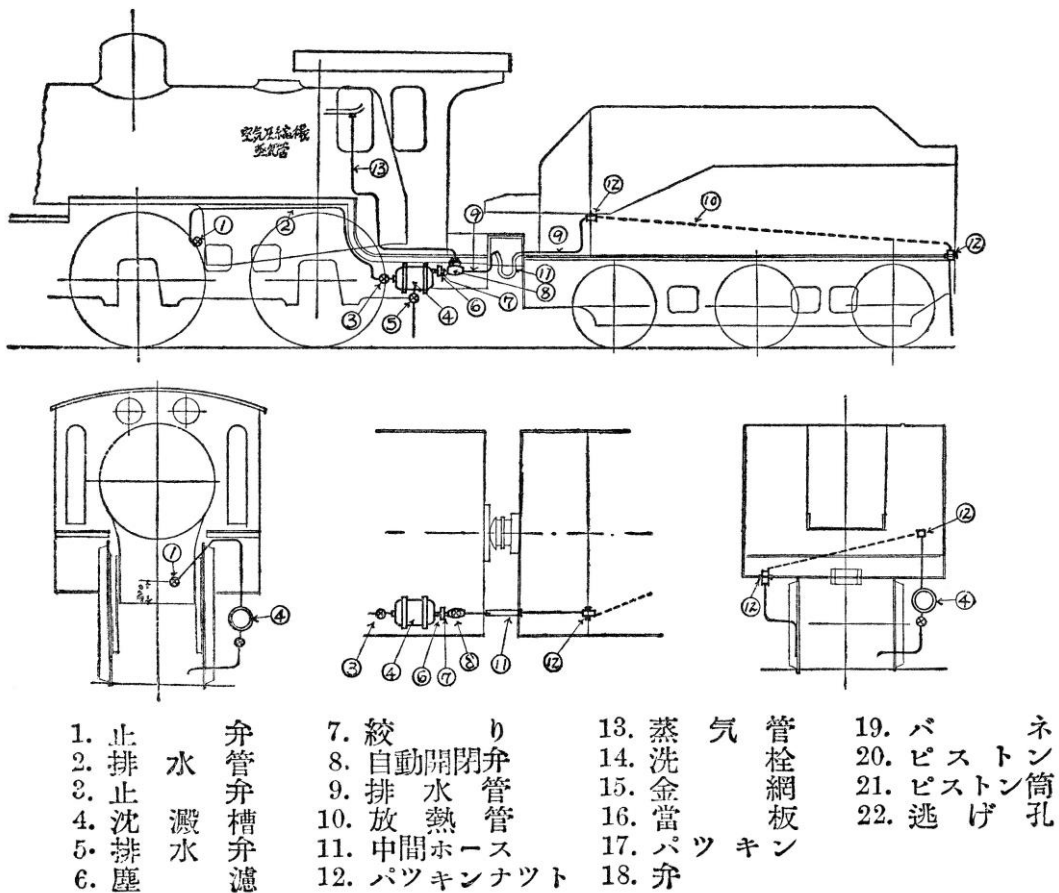
見ての通り、最初に開発された罐水清浄装置はイギリス、Neckarのそれに似たシステムであった。但し、キャブからの微調整は不可能で、全ては外部調節式であった。“7”の絞り装置はその枢要をなすメータリング・オリフィスであり、これは鉄道省における罐水清浄装置の基本的特徴として爾後、ほぼ一貫して維持されることとなる。もっとも、残念ながらこの段階における“7”の具体的形状を伝える図については未見である。

その後、本システムは空気圧縮機のオンオフに応じ、その駆動蒸気圧を管“13”で受けて開閉する自動開閉弁“8”を持つモノへと発展した。それはNalcoやDearborn Chemical Companyの製品と共通する制御論理である。もっとも、アメリカの対応物については不詳ながら、今村式罐水清浄装置の自動開閉弁については「使用の実績に依ると湯垢の附着等に依りピストン弁の固着することが多く作用の確實を缺く場合が少なくない」との評価が下されており、アイデア倒れの傾向を否めない²⁶。

図 I-15 自動開閉弁付罐水清浄装置

²⁵ この点については石上『罐用水処理と保罐法』増補版、127頁、参照。

²⁶ 機関車工學會『新訂増補 機関車の構造及理論』[上巻]、交友社、1940年、301頁、より。



- | | | | |
|-------|-------------|----------|-----------|
| 1. 止弁 | 7. 絞り | 13. 蒸気管 | 19. バネ |
| 2. 排水 | 8. 自動開閉弁 | 14. 洗管栓 | 20. ピストン |
| 3. 止弁 | 9. 排水管 | 15. 金網 | 21. ピストン筒 |
| 4. 沈澱 | 10. 放熱管 | 16. 當板 | 22. 逃げ孔 |
| 5. 排水 | 11. 中間ホース | 17. パツキン | |
| 6. 塵 | 12. パツキンナツト | 18. 弁 | |

有原俊二『最新機関車工学』東洋書籍出版協会、1935年、239頁、第109図。

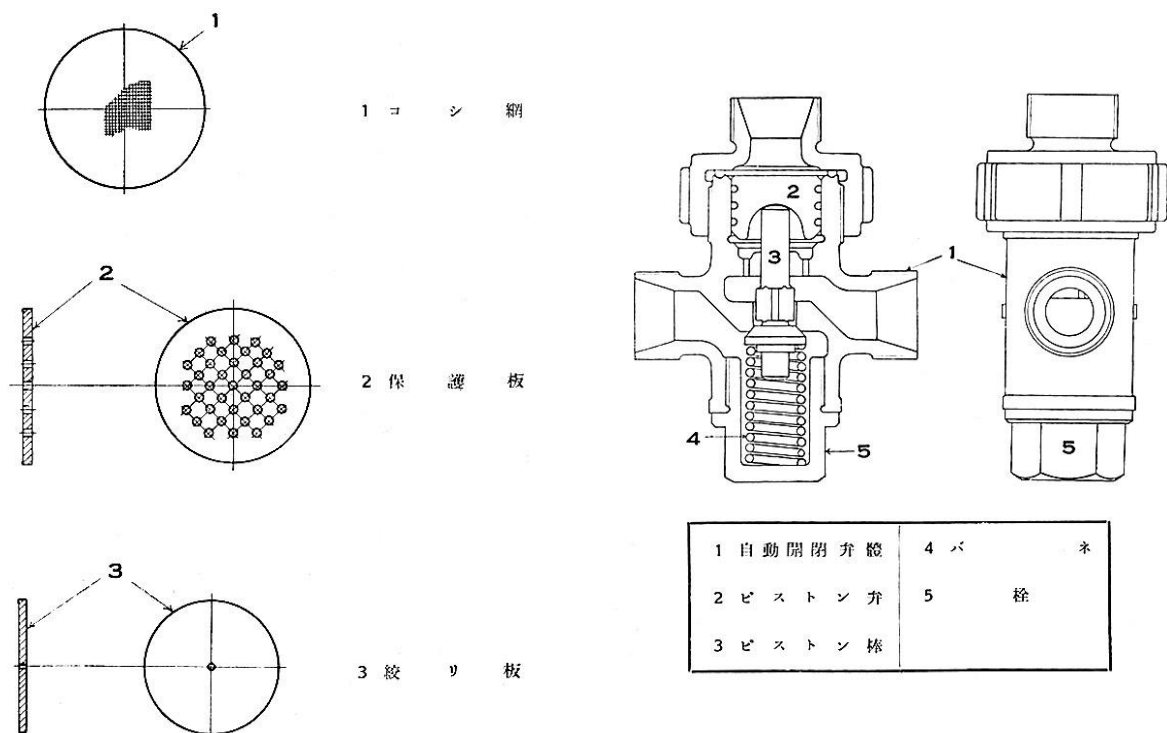
自動開閉弁は⑬より空気圧縮機の作動蒸気圧を受けて開く。

絞り装置と自動開閉弁は次図に示されるようなモノであった。その露払いをなす濾過装置は上図のモノとは異なり、2段構成に進化せしめられたが、そのような状態においてさえ「此の部に導かれる罐水は泥溜に沈澱し且つコシ網で濾過された水であるが、尚水中に含有する不純物に依り使用中漸次閉塞され易いから、屢々掃除の要がある」との指摘が為されている²⁷。

それにしても理解に苦しむのは、次図左のパーツが番号順に並べられていたことである。普通に考えれば不純物を粒度に応じて除去し、メータリング・オリフィスへと送るにはそれらが“1→2→3”ではなく“2→1→3”の順に並べられていなければならない筈なのであるが……。

図 I-16 絞り板回りと自動開閉弁

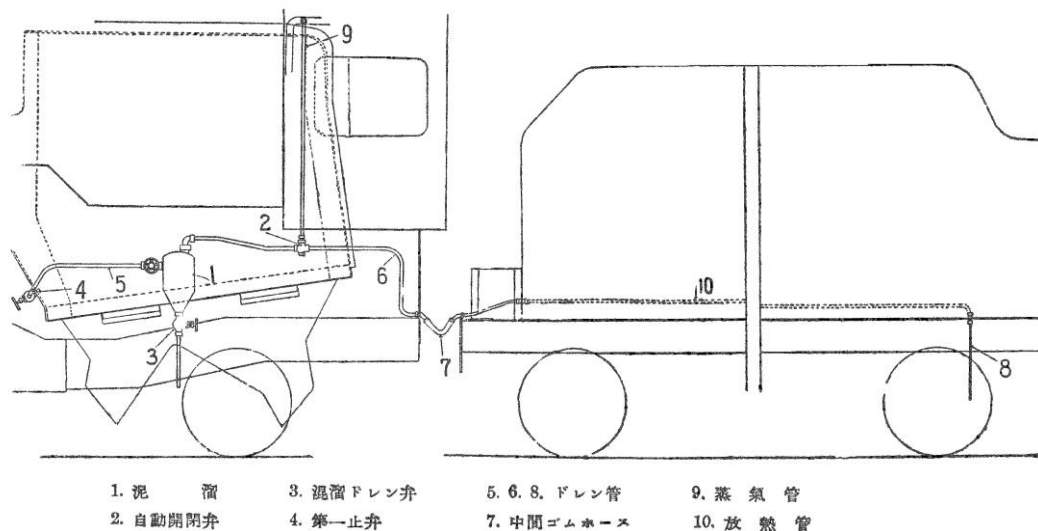
²⁷ 同上書、302頁、より。



機関車工學會『最新 機関車名稱辭典』第六版、交友社、1940年、71頁、第60図。

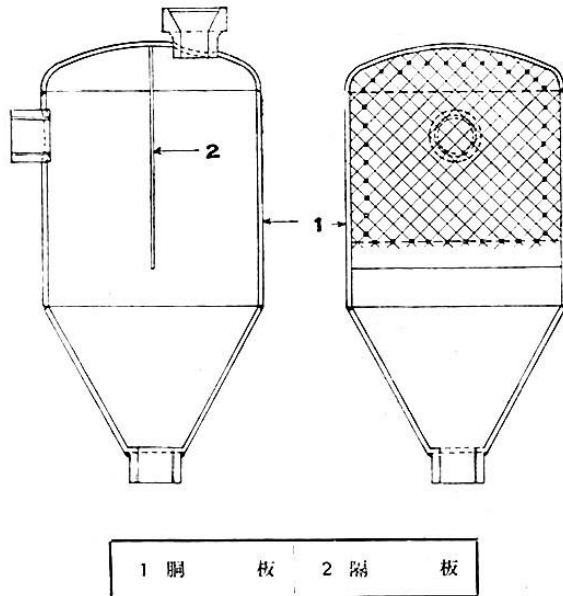
続いて泥溜の設変と絞り板の廃止が実施された。元来、横置き円筒タンク様であった泥溜の形状は比重の大きな懸濁物の沈澱→排出に効果的でありそうな豎型の形状へと変更された。自動開閉弁の位置も心持ちではあるが引上げられている。但し、配管が一旦、下されているのは意味不明の所作である。

図 I-17 自動開閉弁付罐水清浄装置(改良型)



梅津憲治・茂泉安治『近代蒸気機関車工学』通文閣、1941年、160頁、第92図。

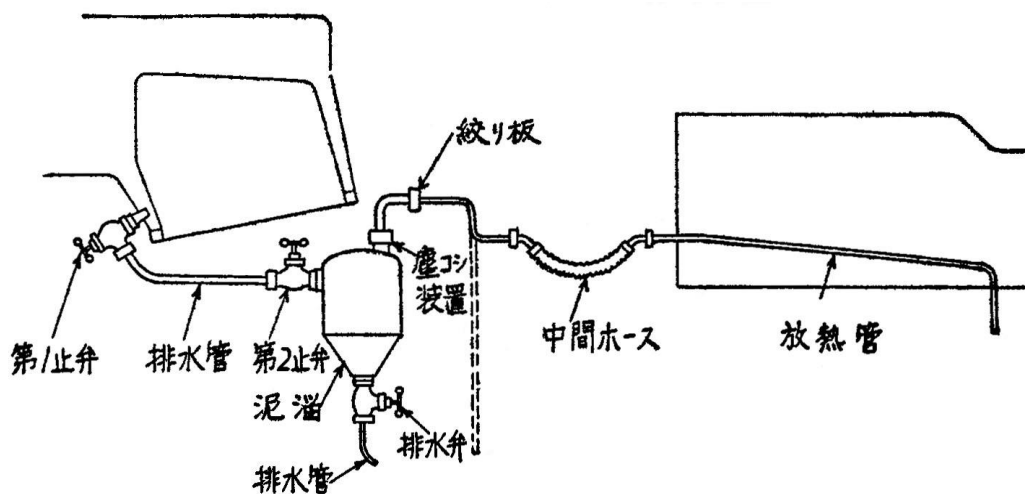
図 I-18 改良型の泥溜



『最新 機関車名称辞典』第六版、72頁、第62図。

その後、最大の故障発生源である自動開閉弁が撤去されると共に、絞り板がより高い位置にて復活を遂げ、炭水車水槽内における熱交換についても省略可能なシステムが再構築された。中間ホース部以外に無駄な配管の垂れ下がりには排除されている。

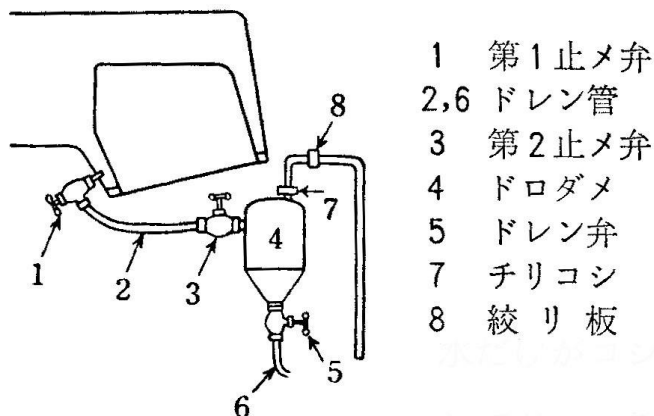
図 I-19 自動開閉弁無しの罐水清浄装置



缶水処理研究会『機関車の水処理』201頁、第62図。

最終的には気休め半分的な排熱回収など当初から意図しない最もシンプルなシステムが導入された。筆者の記憶に在る装置はこれである。しかし、イギリス式に運転室から微調整が可能なシステムが構築されることは何故か最後までなかった。

図 I-20 自動開閉弁無し・直接排水型の罐水清浄装置



吉田富美夫・大竹常松『最新蒸気機関車工学』交友社、1960年、97頁、第2.27図。

今村式罐水清浄装置は準戦時~戦時下、鉄道省蒸気機関車に普及して行き、その稼働率を高めるといふ決定的に重大な貢献を果たした。1950年8月の策定と思しき「蒸気機関車罐水処理基準(暫定)」(期日不詳)、第14條に：

罐水のブローは第4條の標準値を保持するよう行わなければならない。但し当分の間罐水清浄装置により行うことを原則とする
とあり、そこからは罐水清浄装置の配備が進み、運用技術として完全に確立していた状況が窺われる²⁸。

但し、ほぼ同時代の文献に拠れば、戦後は清罐剤の濫用の下での洗罐回帰延長の要請に応えるため、再び吹出し弁によるブローの重要性が昂進して行った。また、罐水清浄装置が当時、全ての国鉄機関車に普及していたワケでも万能であったワケでもなかった。

殊に現在のように缶水清浄装置がブローの基本となっているが、未だ全機関車に普及していないのみならず、これのみでは間に合わない場合や、地域的に冬季、缶水清浄装置が凍結其の他故障が多くなり、使用困難な場合には【吹出し弁によるブローが】是非必要である。

との指摘がそれを物語っている²⁹。

²⁸ 引用は大鉄局編『機関区従事員必携』(1951年)、251頁、より

²⁹ 缶水処理研究会『機関車の水処理』(1952年)、205頁、より。

II：熱機関における潤滑問題 —— 内燃機関とレシプロ蒸気機関

1. 陸軍軍用自動車における戦地消耗の実態

陸軍の自動車の戦地消耗の実態については陸軍機甲整備学校の次のような一般的データが残されている。全く以って凄まじい消耗率であるが、ワザワザ酷い使い方をしているのであるから、この位が恐らく当時の国産車としては止むを得ぬ数字だったのであろう³⁰。

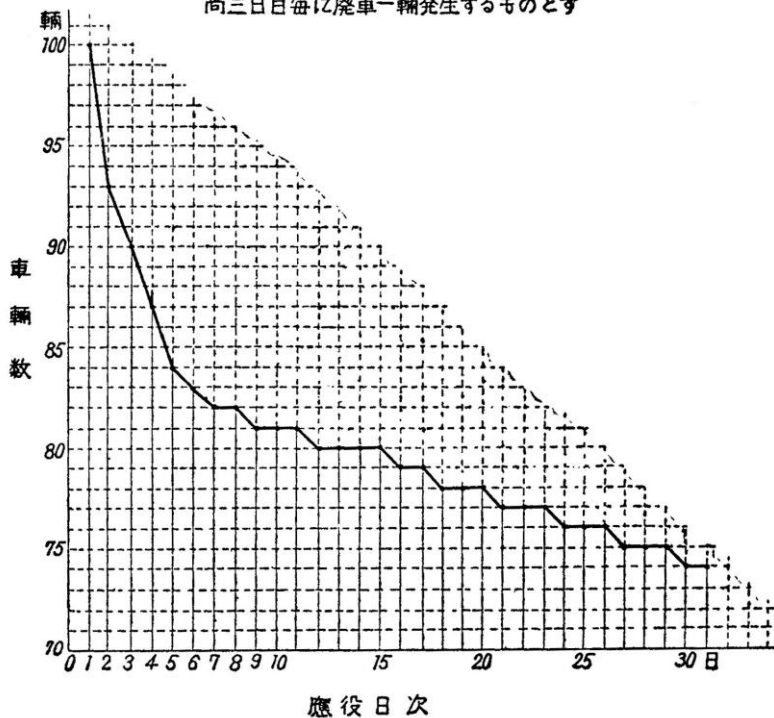
図 II-1 陸軍自動車の戦地における戦地消耗の実態

原車数に対する應役可能車数の比 (%)

故障車発生率は日日應役車数の 15% とし内訳下記の如し

即日修理完成して翌日應役可能なるもの	8.4%	} 計 15%
翌日修理完成して二日後應役可能なるもの	3.6%	
故障発生日より五日後應役可能なるもの	1.35%	
故障発生日より八日後應役可能なるもの	1.05%	

尚三日目毎に廃車一輛発生するものとす



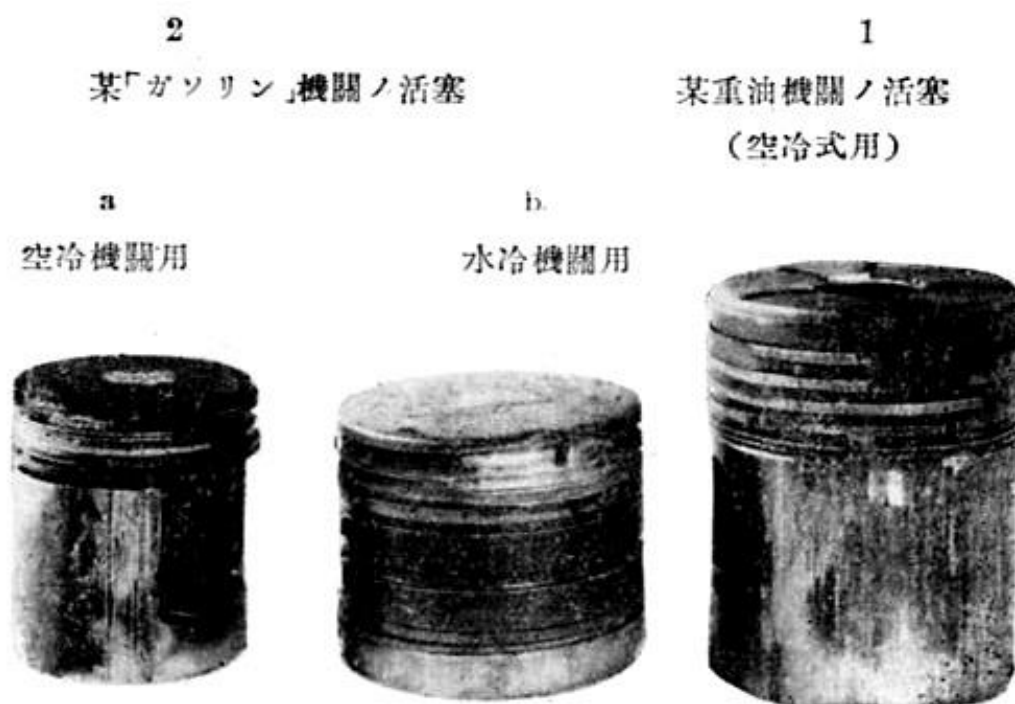
自動車部隊車輛減耗傾向圖

陸軍機甲整備学校「自動車の故障と教育訓練」陸軍機甲本部高等官集會所『機甲』創刊号、1941年11月。

³⁰ 念のために申し添えれば、日本陸軍は決して車両を邪険に扱ったワケではない。それどころか、陸軍は消防署と並んで自動車を叮嚀に扱うことで聞える機械化部隊であった。この伝統は今日においても陸上自衛隊と消防隊に受け継がれている。

次の画像は陸軍の車両用機関におけるピストンの摩耗並びに焼損状況の一例である。当時は車両用機関としてガソリン、ディーゼルを問わず、空冷・水冷双方が用いられていた。この内、空冷ディーゼルは戦車用であり、写真“1”は弁の逃げと中央の穴が見えている様子とから 97 式中戦車用の三菱サウラーSA12200VD 型ディーゼル機関のピストンであろう。“2” a, b との縮尺の同一性は保証し難いが、三菱サウラー機関のボアは 120 φ であった。

図 II-2 陸軍車両用発動機におけるピストンの摩耗・焼損状況



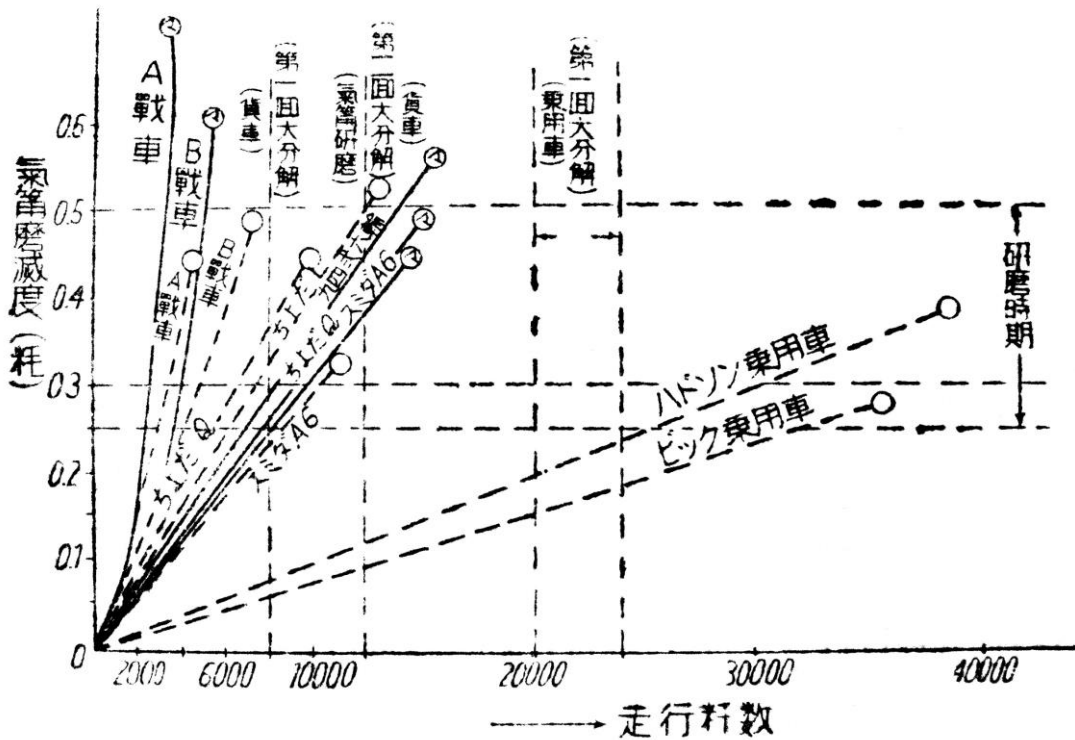
杉谷宗一『発動機用潤滑油ノ實用的研究』陸軍戦車学校将校集會所、1939年12月、13頁、第十四図³¹。

管見に依る限り、陸軍が使用した車両用機関における摩耗データが幾らか具体的かつ相対比較可能なモノとして残されている例はピストンではなく気筒についてのそれである。測定法については明記されていないが、素人作業ではなかったのであるから、測定高さを定め、側圧方向と機関軸方向とを測ってその平均を取るといった通常の測定法が採られて

³¹ 杉谷宗一は中佐→大佐の階級で陸軍戦車学校、陸軍機甲整備学校(陸軍自動車学校の後身)の校教官を歴任したと思しき技術者である。同書の内容の一部は『内燃機関』誌、No.76, 77(1943年12月、'44年1月)に掲載され、'44年8月にその発行元であった山海堂より『発動機用潤滑油の實用的研究』のタイトルで単行書として刊行された。しかし、内部流通を前提とする原著と公刊された書籍とでは内容に大きな相違があり、後者においてはこの図をはじめ差し障りのありそうな図や陸軍戦車学校、機構整備学校における研究手口に触れる *SAE Journal* からの引用図等は一切、カットされている。

いた筈である³²。

図II-3 陸軍の車輛用ガソリン機関における気筒摩耗データ



杉谷同上書、18頁、第十六図(其一)。

図中、○は内地のデータ、⊙は「満洲」ないし「支那」におけるデータである。なお、直径を指すのであろうが、0.2~0.3mm程度の摩耗に対してはピストンリング交換を以って対処することを通常とし、0.3~0.5mm、可能なら0.25mm程度の摩耗でも、「研磨」を行う方が良くとされていた。この「研磨」は無論、ホーニングの謂いであろう。

また、摩耗が2mm程度に到れば、気筒をボーリングし、乾式ライナを圧入するか廃棄処分にするよう指示されていた。また、ライナの圧入はこれより軽度の摩耗の場合にも行われることがあった。なお、上図はガソリン機関の例であるが、ディーゼル機関にあつては「研磨時期」の幅の最低ラインに達した時、「研磨」を実施することとされていた。

さて、上図のキャスト達を一瞥して明らかなことは指揮官車として用いられていたアメリカ車の機関の国産品と隔絶したタフネス振りである。Hudsonは戦後、Nashと合同してAMCを形成し、'87年にChryslerに吸収された中堅メーカーであり、Buickは勿論、GM

³² 機関個別機種における各部摩耗実験の結果のようなデータはその後も発表されているが、等しい、あるいはほぼ等しい条件の下で各種機関の摩耗実験・実績データの類については他に管見の及ぶ処となつてはいない。例えばニッサン180型用機関の摩耗実験結果については前田利一「埃による機関摩耗実験」『自動車技術協会會報』12号、1942年11月、参照。

の一流流である。この両車の気筒摩耗は同時代の国産車に比して呆れさせられる位、僅少であった。Hudson 乗用車が *Hudson Special* であったとすれば、それは後述される指揮官用 93 式六輪乗用車(6×4)のモデルとなった車両ということになる。

国産車を傾斜の緩い＝長寿命のモノから見て行くと、筆頭は㈱石川島自動車製作所の“スミダ A6” (6L-82.5×127.0、4.08ℓ、64HP/2500rpm.)である。これは 1929 年に完成した機関であり、充分余裕のある設計になっていたのであろう。内地でも外地でも国産車としては最も好成績である³³。

次点は東京瓦斯電気工業の“ちよだ Q”である。その成績は条件の厳しい外地では至って良く、“スミダ A6”のそれに近かったにも拘わらず、誠に不思議なことに、内地での成績は一向に芳しくない。不成績の“ちよだ Q”が旧称 TGE 六輪自動貨車そのままの中身であったとすれば、その機関は L 型(4L-95×130、3.69ℓ、42HP/1800rpm.)であったことになる。かような古色蒼然たる機関を“ちよだ L”型自動貨車(4×2)を 6×4 化しただけの六輪車に載せれば寿命は縮んで当然であり、摩耗線が“ちよだ L”の直ぐ左隣に来ていることは合理的に説明可能である。

ことによると、内地での“ちよだ Q”の機関は L 型であったが、外地での好成績版“ちよだ Q”の機関は P 型(6L-88.9×127.0、4.73ℓ、75HP/3000rpm.)に換装されていたのかも知れない。TGE P 型機関はアメリカの Graham Paige 機関を見本にして開発された作品で、1930 年 12 月 20 日開業の省営バス第一号車に載せられたのもこの P 型であった。系譜的に初期の日産機関のワンサイズ上の機関であり、これなら外地でそこそこの好成績を残せたことも頷ける……むしろ、そうと考えてもしない限り、“ちよだ Q”型を巡るこの内外落差は合理的に説明し得ない。

94 式六輪自動貨車は国産大形自動車メーカー一元化政策を承け、石川島とダット自動車製造㈱の合併により 1933 年 3 月に発足した新会社、自動車工業㈱の作であり、れっきとした制式車両である。機関は商工省標準形式自動車“いすゞ”のため 1932 年に開発された“スミダ X”型(6L-90×115、4.39ℓ、70HP/2800rpm.)である。商工省標準形式自動車制定に際し、機関部を石川島が担当した所以はこれまでの比較データからも了解され得るところである。その反面、“スミダ A6”よりやや追込んで高い性能を狙ったため、“スミダ X”においては結果として僅かではあれ耐久性が犠牲にされていた状況も窺取される。

2. 陸軍車輛用発動機における潤滑油消費率の実態

もともと、如上の気筒摩耗データはあくまでも平均値でのハナシであり、そこにボアの異常変形、異常摩耗があったのか否かについては何も教えてくれない。このより悪質な問

³³ “スミダ A6”及び“ちよだ L, O, P”機関(OはPの4気筒版)については『機械學會誌』第 34 巻 第 166 号、1931 年 2 月、230~231、237~238 頁、参照。“スミダ A6”については内丸最一郎『内燃機関』(後編)、丸善、1931 年、735~737 頁が恐らく最も詳しい資料であろう。また、“スミダ X”を含む同時代の国産大形車用機関技術開発の流れについては拙著『日本のディーゼル自動車』日本経済評論社、1988 年、157~194 頁にまとめておいた。

題の伏在を正直に映す鏡の一つは潤滑油消費率である。残念ながら上の気筒摩耗データとの間にはごく僅かな顔触れの一致しか見られないが、ともかく次表の容量値を御覧頂きたい。

表Ⅱ-1 陸軍車輛用発動機における潤滑油消費率の実態

車 輛	消費量 (毎時)	÷(十 時間)	油 溜 容 量	消費率	n	
戦 車	甲	.214	2.14	32.00	$\frac{1}{15}$	$\frac{15}{14}$
	乙	.770	7.70	45.00	$\frac{1}{6}$	$\frac{6}{5}$
	丙	3.000	30.00	53.00	$\frac{3}{5}$	$\frac{5}{2}$
	丁	.205	2.05	23.00	$\frac{1}{14}$	$\frac{14}{13}$
輕 裝 甲 車	.065	.65	8.00	$\frac{1}{13}$	$\frac{13}{12}$	
九四式六輪自動貨車	.150	1.50	8.50	$\frac{1}{6}$	$\frac{6}{5}$	
1.5 噸積六輪自動貨車	.125	.25	8.50	$\frac{1}{7}$	$\frac{7}{6}$	
1.0 噸積自動貨車	.105	1.05	4.80	$\frac{1}{4}$	$\frac{4}{3}$	
九三式乗用自動車	.146	1.46	8.50	$\frac{1}{6}$	$\frac{6}{5}$	
九三式六輪乗用自動車	.120	1.20	8.50	$\frac{1}{7}$	$\frac{7}{6}$	
トヨタ乗用自動車	.081	.81	3.50	$\frac{1}{4}$	$\frac{4}{3}$	
ビツク乗用自動車	.052	.52	7.50	$\frac{1}{14}$	$\frac{14}{13}$	
小型四輪起動乗用車	.200	2.00	3.00	$\frac{2}{3}$	$\frac{3}{1}$	
フォード自動貨車	.040	.40	7.00	$\frac{1}{16}$	$\frac{16}{15}$	
側車附自動二輪車	.200	2.00	4.50	$\frac{4}{9}$	$\frac{9}{5}$	
日産自動貨車	.163	1.63	4.70	$\frac{1}{3}$	$\frac{3}{2}$	

杉谷同上書、69頁、第二表(山海堂版、49頁、第13表)。容量単位：ℓ。

油溜容量はオイルパン容量とオイルタンク容量とをないまぜにした概念である。

日本陸軍の戦車は 89 式中戦車(甲：ガソリン機関)、同(乙：ディーゼル機関)、95 式軽戦車(機関は左と同一型式)と 97 式中戦車ぐらいがメジャーな型式で、それ以外のデータを採る機会もそうする意味も大して無かったように想われる。“スミダ” 94 式六輪自動貨車は 1933 年 6 月 10 日に完成された。94 式と称されるからには、翌'34 年早々にでもその制式化が為されたのであろう。古い車両ではあるが、永らく軍用制式自動貨車の基本型式をなしたのはこれである。

とまれ、ここでもアメ車機関の優越＝小食振りが顕著である。それ以外で、つまり国産車両の中で優れていたのは意外なことに「軽装甲車」……型式の如何を問わず何れも装軌車両である。

日本陸軍で「軽装甲車」と号された制式車両は2つしかない。即ち、94式と97式である。この内、表示のモノは1937年に制式化された池貝空冷ディーゼル搭載の97式軽装甲車ではなく、94式軽装甲車を指すと見做すしかあるまい。以下、その根拠について考証してみよう。

先ず94式軽装甲車について観れば、後年、本邦戦車開発の領袖となる原乙未生は1928年から'31年にかけて欧米各国にて研究用にArmstrong-Siddeley(英)戦車用ガソリン機関、Krupp(独)自動車用ディーゼル機関、Tatra(チェコ)ガソリン機関付き乗用車、Franklin Automobile Company(米:→Aircooled Motors Corp.)ガソリン機関と並んでPhänomen(独)の空冷ガソリン機関付き郵便自動車をサンプル購入し、「フェノーメン社製グラニット型発動機の機能も良く、【94式】装甲車用として最適であることを確認した」と伝えられている³⁴。

続いて97式軽装甲車について観るに、97式中戦車用三菱サウラーSA12200VDディーゼル機関の排出ガス消煙の決め手としてのオイル上り対策が奏功し、「それまで戦車毎に油を一、二缶積んででなければ行動できないというような馬鹿げたことから解放された」のは実に1942年の4月末であった。池貝ディーゼル機関はそも97式中戦車の機関選定に際して激しいオイル上がりのため発煙夥しく、共に試作段階に在った三菱サウラー機関に惨敗を喫した当の技術であり、その敗者復活版が97式軽装甲車用機関であった。

因って、左様なシロモノが0.065ℓ/hなどという国産機関中、特段に優れた潤滑油消費率をマークしていた謂れなど微塵も無いワケで、件の軽装甲車は94式、そのフェノーメン空冷ガソリン機関譲りの素性の良さ——オイルリングの仕様、熱膨張を反映した隙間設定やオイル循環量の適切な設定——こそが94式軽装甲車の優れた潤滑油消費率の由来であったと推定するに若くはない³⁵。

但し、仮令そうであったにせよ、この「軽装甲車」の数字は良きに過ぎよう。軽装甲車の上位類似品たる戦車のデータに目を遣るに、先の引用にある「馬鹿げたこと」と「解放された」状況との対比を物語っているかのような落差を呈した、但し、なべて劣悪な数字が並んでいる。この先、数値は総じて改善されて行ったのではあろうが、そもそも履帯(無

³⁴ 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、89~90、102、122~123頁、伊藤 潔・田淵佐智子・伊藤千恵子編『原乙未生追悼集』206~207頁(引用は陸軍士官→陸上自衛隊富士学校教官のキャリアを持つ曾根正義の回想より)、参照。

97式軽装甲車用を含む池貝車両用ディーゼルについては拙稿「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]——94式6輪自動貨車(乙)と97式軽装甲車」(大阪市立大学学術機関リポジトリ掲載)、参照。

³⁵ 日本兵器工業会『陸戦兵器総覧』図書出版社、1977年、347~348頁、佐山二郎『機甲入門』光人社NF文庫、2002年、245頁、参照。これは国産品がお手本を、少なくともその要部を正しくデッド・コピーしていたとの過程の上での推定である。下手にいじくれば大抵は改悪となるからである。

限軌道)なるものは激甚なる機械的抵抗の発生源をなすから幾ら機関側で頑張ってみたところで車両としての燃費や潤滑油消費率において同時代の装輪車両と互角の装軌車両などというものは本質的に成立し難い。

そもそも、4サイクル機関におけるオイルポンプ吐出し量は機関回転数に概ね比例し油圧過昇時には調整弁が開き過剰な油はバイパスされる。因って、車両走行抵抗が嵩むことに因って機関回転数が高目となれば送油量も増し、効果てきめんに漏洩や焼損する油量も増さざるを得ない。

その反面、2サイクル機関の場合とは異なり、スロットル開度とオイルポンプ吐出し量とは相関せぬから惰力走行の時間比率が僅少な装軌車両の特性は潤滑油消費率には跳ね返らない。かような点をあれこれ勘案するに、上記「軽装甲車」の成績はやはり良過ぎるように想えてならない。まして、陸軍に94式や97式とは別の軽装甲車が在ったようにも思えない³⁶。

続いて成績の良かった国産品はトヨタ乗用車である。これの機関(6L-84.14×101.60、3.38ℓ、75HP/3000rpm.)・動力伝達系はChevroletのコピー、車体機構部品・足回りはFordのコピーと称して差支えないから、一先ず、お手本が良かったというのがこの好成绩の根本要因であると見て大過なからう。但し、行きがかり上、トヨタと並べて取上げられねばならぬのが日産トラックである。これは倒産に瀕していたグラハム・ページから旧型機関(6L-82.55×114.30、3.67ℓ、85HP/3400rpm.)と適応車体技術をワンセット買収して製造された国産化版であった。それにも拘らず、日産トラックは表中の本格的な四・六輪車にあつて最悪の潤滑油消費率をマークしている。

この事態は、グラハム・ページがアメリカでもそこそこの評価を受けていた中規模自動車メーカーであったという事実に鑑みる限り、セミ・キャブオーバーなどという原設計の拙さもさることながら、日産における製造技術の稚拙さにのたに由来するものと推論せざるを得ない。逆に、トヨタの好成绩も単なる遺伝子の問題だけではなく、生産技術の裏付けがあればこそその結果であったという推論にもなる³⁷。

93式六輪乗用自動車、93式乗用自動車、94式六輪自動貨車(6×4)は何れも“スミダX”

³⁶ 因みに、些か紛らわしい存在として製造者である石川島自動車(現IHI)が“TB型92式軽装甲自動車”なる社内呼称を与えた車両がある。同車は2人乗りの軽戦車で、機関はフランクリン製ないしこれを参考にしたらしいスミダC6型空冷機関(6L-90×120mm、4.58ℓ、ε=5.0、最大出力75HP/2800rpm.、標準出力43HP/1500rpm.)であった。C6のオリジナルは30年型フランクリン147 Speedster用の6気筒4.49ℓ、95HP機関であったと考えられる。かような素性なら潤滑油消費率が優れていても不思議はないが、同車に対する陸軍の制式呼称は軽装甲車ではなく92式重装甲車であった。以上については『いすゞ自動車史』(1957年)、41、187、189頁、フランクリン空冷機関についてはcf. P.,M., Heldt, *Automotive Engines Design: Production: Tests*. N.Y., 1933, pp.548~554.

³⁷ いすゞの“スミダX”並びにトヨタ、日産機関の概要については拙稿「戦前・戦時期の国産中・大型自動車用機関について(1),(2)」(『経済学雑誌』大阪市立大学学術機関リポジトリ登載)、参照。

系機関搭載車両である。但し、圧縮比は異なっており、94 式六輪自動貨車の機関は $\epsilon = 4.8$ 、93 式六輪乗用自動車のもは $\epsilon = 5.1$ であった。カムのプロフィールも恐らくは変更されていたものと想われる。93 式乗用自動車は 93 式六輪乗用自動車を四輪化したような 4×2 車であったが、圧縮比は不明である。無論、各車は終減速比にも差を付けられており、乗用車とトラックとでは変速比も異なっていた。

それにしても、表に見る 93 式六輪乗用自動車の $0.120 \ell/h$ 、93 式乗用自動車の $0.146 \ell/h$ 、94 式六輪自動貨車の $0.150 \ell/h$ なる数値の並びは何とも訝しい限りである。最も身軽で機関負荷率が低い筈の 93 式乗用自動車の値が鈍重な 93 式六輪乗用自動車のそれより遥かに劣り、68HP/2800rpm. のスペックではあったが、3000rpm. まで無理矢理引張ってやっと 60km/h という匍匐前進型に設定されていた 94 式六輪自動貨車のそれに迫る程の値となっていることを合理的に説明しようとすれば、93 式乗用自動車が異常に高い速度で常用されていたとでも信じ込むしかない。然しながら、これはかなり非現実的な仮定であろう。此処は 93 式六輪乗用自動車と 93 式乗用自動車とのデータ入組みが疑われるところである。

この三羽鳥の潤滑油消費率が最悪の 94 式六輪自動貨車のそれでさえ日産自動貨車の成績よりマシであったことは一寸した驚きである。また、三羽鳥に交じり込んでいる「1.5 噸積六輪自動貨車」、「1.0 噸積自動貨車」は後に 1 式六輪自動貨車、97 式自動貨車となる“スミダ X”系機関搭載車両の開発段階の仮称であると考えられる。後者の機関における圧縮比は 5.25 にまで上げられていたが、最高回転数は抑えられ、最大出力も 60HP/2000rpm.、最大速度も 60km/h 程と至って控え目であった。表示の積載量は軍用車の第一＝路外積載量であり、第二＝路上積載量はその 2 倍となる。

これらの制式車両は 94 式六輪自動貨車を含め、やがて $0.09 \ell/h$ 、 $0.08 \ell/h$ 、 $0.0448 \ell/h$ といったトヨタ車並みかアメ車並みか良く分らぬが、ともかく改善された潤滑油消費率をマークするようになっている。この点は恐らく日産トラックにしても同様に、表の数値はあくまでも技術進歩の一階梯を示すある種の瞬間映像と解されねばならぬワケである³⁸。

装輪車両中の劣等生は「小型四輪起動乗用車」と「側車附自動二輪車」という共に V ツイン機関を搭載した軽快車両であった。「小型四輪起動乗用車」は勿論、後の「95 式小型乗用自動車」＝日本内燃機“くろがね四起”である。同車は世界初の小型四輪駆動乗用車でもある。それは OHV ドライサンプ式 V ツイン機関搭載車であったが、機関の排気量は 1200cc から出発して最終的に 1400cc となった。「側車附自動二輪車」はサイドカー付自動二輪車ないし単に所謂サイドカーであるが、こちらは「小型四輪起動乗用車」と違って車種特定が難しい³⁹。

³⁸ 陸軍野戦砲兵學校『砲兵自動車必携』第 16 版、軍人會館圖書部、1942 年、285~286 頁、「自動車主要諸元一覧表 其ノ二」、陸軍兵器行政本部監修・陸軍兵器學校編著『兵器生産基本教程』（發動機 二）、軍事工業新聞出版局、1944 年、「各種自動車ノ諸元並ニ性能一覧表」、参照。データが区々なため同定し難い上、時系列的変化もあったと考えられる。因みに、 $0.0448 \ell/h$ というのは『砲兵自動車必携』に掲げられたデータである。

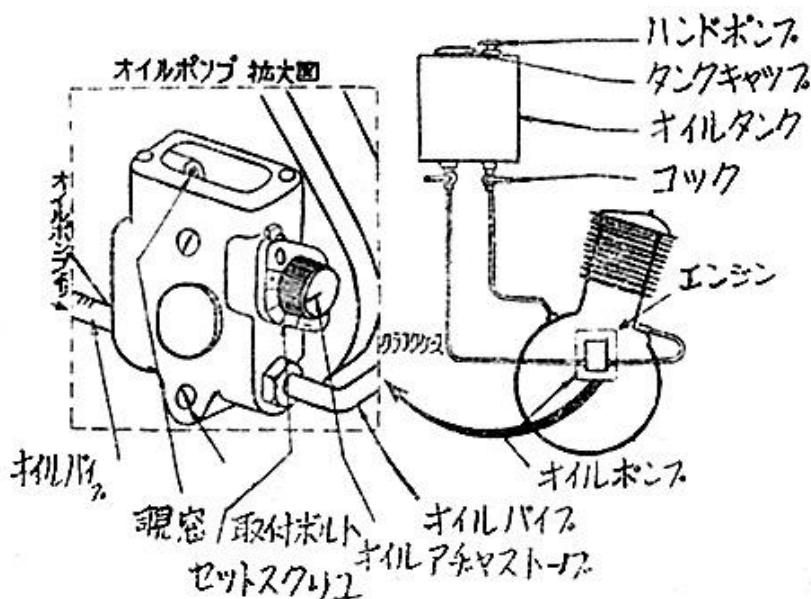
³⁹ 当時の「側車附自動二輪車」、「小型四輪起動乗用車」に係わる諸問題については別稿「日

何故なら、'30年代当時、陸軍は連絡・偵察等の役務に少なからぬ旧型 Harley Davidson、旧型 Indian を用いていた他、日本内燃機(株)、(株)岡本自轉車自動車製作所の他、ライセンス・ハーレーの製造元である陸王内燃機(株)によっても SV 式 V ツイン機関を搭載したこの種の国産車両が供給されていたからである。

ただ、左右別体に構成されていたタンクの左側前部を占める潤滑油タンクの容量が明確に 4.5ℓと表示されていた車両は 1932 年型ハーレーを模したと思しき岡本の“ノーリツ号”だけである。それ以外はどれもこれも 5ℓ ないし約 5ℓ といった表示ばかりなのである。それで、この車両が“ノーリツ号”であったとすれば、その潤滑法はドライサンプでもウェットサンプでもなく、機関回転数に相関して小容量のポンプで常時、つまり、オイル上がりや 2 次伝動チェーンへの自動給油のために少しずつ減って行く分だけ潤滑油を供給し続け、必要に応じて手動ポンプで追加を行う定油面飛沫式と呼ばれるシステムであった。

むしろ、実態を明かせば、当時の国産側車付自動二輪車用機関でドライサンプというのは日本内燃機の 95 式側車付自動二輪車のそれのみであり、あとは須らく定油面飛沫式であったから、側車付自動二輪車の車種特定として意味を為すのは 95 式かそれ以外か、ということだけである。そして、95 式ならオイルタンク容量は間違い無く 5ℓ であった。

図 II-4 定油面飛沫式潤滑システム



福島二郎『三輪自動車の構造と取扱い方』西東社、1951年、43頁、第20図。

この著者は定油面飛沫式をウェットサンプと称しているが、今日においては不適当な表現である。

注目されるべきは、“くろがね四起”は上述の通りドライサンプという定油面飛沫式など

本内燃機“くろがね”軍用車両史 — 95 式“側車付”と“四起”の技術史」(Discussion Paper として大阪市立大学学術機関リポジトリ掲載)にて詳しく取上げられている。

より遥かにハイカラな方式の潤滑系統を有する機関を与えられており、かつ、伝動チェーンを持たぬためそれに対する垂れ流し給油なども行っていなかったにも拘わらず、車両レベルであるとは言え、その 1200cc 時代の値と思しき 0.200ℓ/h なる潤滑油消費率が「側車付自動二輪車」のそれと全く同一であったという事実である。

しかも、杉谷の掲げる数字は必ずしも絶対的ではなかった。残念ながら、1940 年 8 月 1 日に陸軍兵器學校と改称された陸軍工科學校によって出版された、つまり改称以前、恐らく杉谷の著書旧版とそれ程、隔たっていない時期に印刷されたことしか特定出来ない 1400cc 型のそれに係わる『兵器學參考書 九五式小型乗用自動車取扱法』（無刊記）の 2 頁及び『兵器生産基本教程』發動機 其ノ二、巻末「各種自動車ノ諸元竝ニ性能一覽表」には滑油消費量について「經濟速度ニテ」0.3 ℓ/h などという凄まじい値が記されているからである。

確かに、“くろがね四起”の機関は OHV 化されていたから、オイル下がりという要因も当然、加わって来ていたワケであり、同じ V ツインで排気量もほぼ等しかったが SV・定油面飛沫式のままであった側車付自動二輪車用機関より潤滑油消費率の悪化を招く余分な要因を抱え込まされていたことにはなる。しかし、それを抑え込んでこそ技術の面目も立つのであって、0.3ℓ/h はもとより、0.2ℓ/h であったとしても、この程度の不経済振りでは敢えてドライサンプなどというハイカラな潤滑技術を採用した意味はほとんど……冷却性の向上という点を除けば……無かったと言える⁴⁰。

それかあらぬか、同じ“くろがね”ドライサンプ機関でも OHV ではなく SV の V ツイン機関を有する 95 式側車付自動二輪車の場合にはかなり良好な 0.100ℓ/h という数値が残されていたのである⁴¹。

但し、以上とは全く異なった見方をすれば、0.3ℓ/h とか 0.2ℓ/h とかいった極めて劣悪な潤滑油消費率も心底、悪とは決め付けられない現象としての一側面を有していた。この点については節を改め、杉谷による問題把握と分析の紹介という格好で論じてみたい。

3. 陸軍戦車学校における問題の把握と技術改良方案

杉谷による問題把握・分析と提起された改良方案は以下の通りである。

彼は 1 日の車両運行時間、空気状態を一定として次のような「略近計算」を展開した。

⁴⁰ もっとも、油の比熱は 0.5 程度であるため、油を冷やして機関内部に送り込んでも、これによって持ちされる熱量は小さい。

⁴¹ 『砲兵自動車必携』第 16 版、「自動車主要諸元一覽表 其ノ二」、に拠る。それは 95 式側車付自動二輪車から 97 式側車付自動二輪車への切替えが潤滑法式ではドライサンプから定油面飛沫式へという後退の様相を呈していたという現実に対するある種、定量的批判の根拠となるデータなのであるが、目下、クロスチェック不能のため、この資料に掲げられた数字に全幅の信頼を置き難いところは癪の種である。

なお、潤滑油消費率は様々な要因に依って規定される現象であり全負荷最小燃料消費率のように簡単には決められないが、0.5g/PS-h 即ち燃料消費率の 1/400~1/300 といった辺りであれば現在でも充分良しとされる水準であろう。古浜庄一『自動車エンジンのトライボロジ』ナツメ社、1978 年、133 頁、参照。

A を最初に補充された新しい潤滑油質量とし、 a を 1 運行日の内に潤滑油中に混入する塵砂の質量、1 運行日後の油の残留率を $1/n$ とすれば(この n が前表右端の n である) :

- $A + a$ 潤滑油非消費、1 運行日後の潤滑油・塵砂質量
- $1/n (A + a)$ 潤滑油消費、1 運行日後、 $1/n$ となった状態
- $1/n (A + a) + B (=A)$ 1 運行日後、 B 量を加え、初期油面を回復させた状態
- $1/n (A + a) + B + a$ 潤滑油非消費、2 運行日後の潤滑油・塵砂質量
- $1/n \{1/n (A + a) + B + a\}$ 潤滑油消費、2 運行日後、 $1/n$ となった状態
- $1/n \{1/n (A + a) + B + a\} + B' (=A)$ 2 運行日後、 B' 量を加え油面を回復
- $1/n \{1/n (A + a) + B + a\} + B' + a$ 潤滑油非消費、3 運行日後の潤滑油・塵砂質量
- $1/n [1/n \{1/n (A + a) + B + a\} + B' + a]$ 潤滑油消費、3 運行日後の潤滑油・塵砂質量

などと表される。

後者の内、塵砂の総質量は :

$$a/n + a/n^2 + a/n^3$$

と表される。

一般に m 運行日の終わりに潤滑油中に含まれる塵砂の総質量は

$$a/n + a/n^2 + a/n^3 + \dots + a/n^m$$

となる。

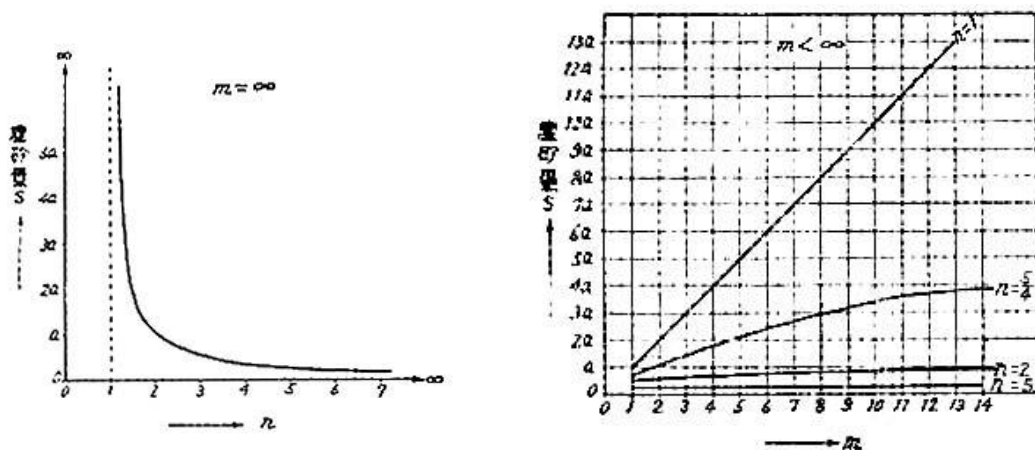
これは初項 a/n 、公比 $1/n$ の等比級数であるから、第 m 項までの和を S とすれば :

$$S = a/n (1 - 1/n^m) / (1 - 1/n)$$

となる。

$m = \infty$ 、 $m < \infty$ として m 、 n の各値について計算された結果が次の 2 つの曲線である。

図 II-5 潤滑油中に残る塵砂質量の推移



杉谷同上書 67 頁、第五十、五十一図(山海堂版、47 頁。第 16, 17 図)。

m が ∞ である場合、 n が 1 に近い、即ち潤滑油の減りが少ない程、油中の塵砂質量は高

くなる。逆は逆である。潤滑油の減りが甚だしく新しい油の注ぎ足しが多い程、潤滑油の清浄度は高くなる。これは当然の結果である。 m が有限の値を取る場合についても同じことで n が 1 に近い程、運用日数 m の増大と共に塵砂質量は昂進して行く。 n の値が大きくなる程、塵砂濃度は低位に推移する。その状況は恰も罐水濃縮の推移(図 I-13)の如くである。

つまり、潤滑油消費の甚だしい機関ほど、勿論、清浄な油の供給が保証されておればであるが、健全な状態での潤滑を担保し易いということ、換言すれば“大飯喰らい万歳”ということである。また、側車付自動二輪車における 2 次伝動チェーンへの自動給油なども、どうせ垂れ流すのなら上述のようなオイルポンプから新油を送るのではなくクランク室底部滞留オイルの抽出という格好で行われていたとすれば、蒸気ボイラで謂う所の連続ブローの格好になって潤滑油汚損対策の一助となっていたであろうにと空想したくもなる⁴²。

一般論としては潤滑油消費率の多寡に係わらず、また、油のグレード、ブランドに応じてその品質・性状・価格が多少、異なっている、とにかく少しでも減った分は直ちに補充し、なるべく速やかに全量入れ換えを図るのが良い、煎じ詰めれば拙いエンジンを相対的に多く運用せざるを得ない三流工業国ほど資源を蕩尽するしかない、という理屈でもある。

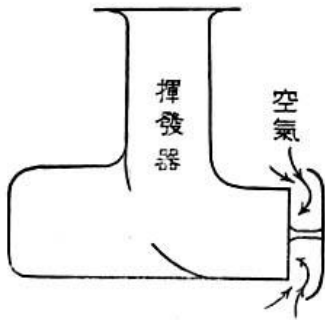
潤滑油消費率の小さい機関ほど大きな苦悩を強いられる不条理を然るべく覆し、その種の機関が報われるようにするためには潤滑油濾過器の性能が余程、良好でなければならず、また優秀な空気清浄器によって塵砂に対する入口規制の実が挙げられていなければならない。アメリカ製自動車機関はかような良き技術的バランスの下に在ったということになる。

これに反して国産機関においてはこの機関補機^{アクセサリ}に係わる技術的条件が何れも充足されておらず、十全とは言えぬ材料と工作技術によって造られた機関は多量の塵砂を吸入せしめられ、それが潤滑油中に取り込まれてもいた。潤滑油中に取り込まれた塵砂は運転中に悪さを働いた後、夜間停止中にはクランク室底部等に沈殿した。翌朝、潤滑油ポンプは自らの周りに停留する塵砂を多量に含んだ「恰モ金剛砂ノ如クナレル潤滑油ヲ」(71 頁)真っ先に吸い込まざるを得ない。このため、最も潤滑条件に恵まれている筈の油ポンプが最も早くダメージを被るといった惨状までが展開されていた。

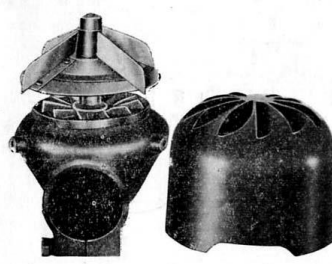
この伝で行けば、流石に煙幕戦車では頂けぬが、“くろがね四起”や 95 式以外の陸軍保有側車付自動二輪車における潤滑油消費率程度ならむしろ一病息災の印であり得たということにもなる。無論、突き放して表現すれば、総じてそれは大筋を真似た程度の技術では所詮、ロクな成果は覚束無いという教訓となる。

図 II-6 空気清浄器に係わるさまざまなアイデア

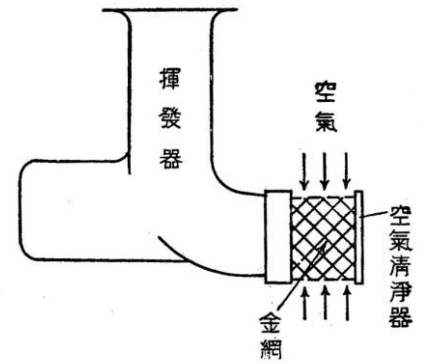
⁴² かくすればチェーンに汚れた潤滑油を供給することになるが、それでも砂塵の中、むき出しで機能する 2 次伝動チェーンにとっては慈雨になっていたことであろう。



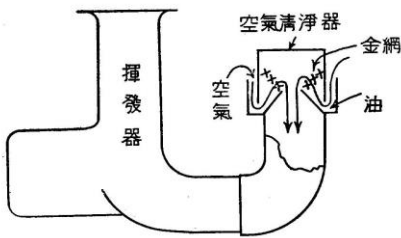
無対策



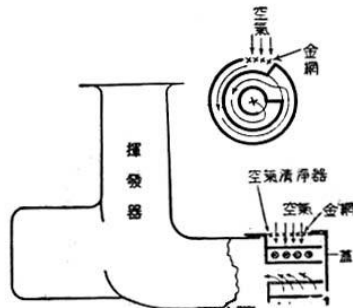
遠心分離=実効ほとんど無し



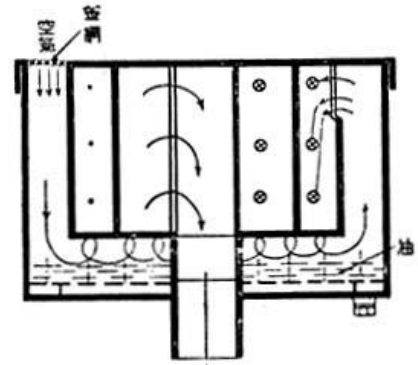
単なる金網=実効ほとんど無し



小オイルバス



流路に不乾性粘液塗布、有効



正規のオイルバス式

杉谷同上書 82~85 頁、第五十三図、五十四図(甲乙)、五十五図、五十六図、89 頁、第五十八図(其一、二)(山海堂版、59 頁。第 19 図(甲乙)、60 頁、第 20 図、61 頁、第 21 図、64 頁、第 23 図(その 1)、65 頁、第 23 図(その 2))。

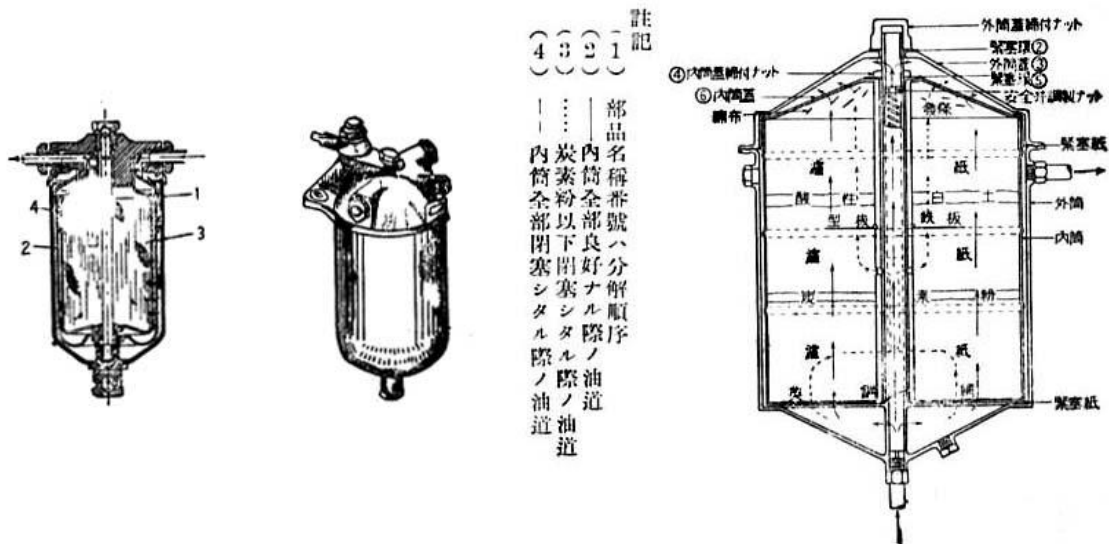
杉谷はこの国において特に遅れていた機関補機の内、エアクリーナに注意を促し、以下のような実施例を挙げ、コメントを加えている。それは未だ国産自動車機関にダスト捕捉率の高く長寿命の空気清浄器が与えられていなかった時代に為された指摘であった。図 II-6 に掲げられたモノの中でも、上段は一定の理屈が付けられているとは言え、アイデア倒れで実効性に乏しいエアクリーナと呼ぶのも憚られるような発明品の群れである⁴³。

下段は相対的に実効性の高いアイデア群であるが、杉谷は下段の左右両端の併用が望ましいと述べている。これは本格的な車両の機関に装備されるべきモノ、言わば 2 段オイルバス式である。確かに、オイルバス式は 1 段では大して効き目がない。もっとも、2 段にすれば吸気抵抗を著増させざるを得まい。下段中央はどう見ても“くろがね四起”や側車付自動二輪車の如き軽快車両に用いられる機関を念頭に置いて考案されたモノであろう。コンパクトさと車両の姿勢変化に影響されない点がミソである。吸入効率は如何にも悪そう

⁴³ 勿論、上段左端は慣性力を、中央は遠心力を利用する仕掛けであり、後者はサイクロン集塵機の矮小版である。

であるが、無いも同然ないし全く無いよりは幾らかマシといった世界である。

図Ⅱ-7 潤滑油清浄器



杉谷同上書、90頁、第五十九図、六十図(山海堂単行書、66頁。第24図、67頁、第25図)。

なお、戦車機関に関しては、そのエアクリーナについて「オイル式空気清浄機」に部隊独自の改良を施したところ、故障率が著しく低下したものの「兵器無断改造の廉」に拠って処罰を受けかねぬ窮地に立たされたなどという開発担当者の回想が残されている⁴⁴。

オイルストレーナに関して杉谷はより積極的な記述を行っている。当時、用いられていたそれは金網、布、金属薄板の隙間等を濾網とする型式であったが、最も厄介な微細粒子の濾過には役立たず、それに役立つ程のモノは目詰まりが速く、再生に時間と労力を要し過ぎて使い物になっていなかった。上図左の装置がそれであり、(1)に入った油は金網(2)、細目金網(3)(外周に布を張ったモノあり)を経て(4)から出口に向うが、(2)、(3)は目詰まりが速く、手入に多大のマンパワーを喰っていた。

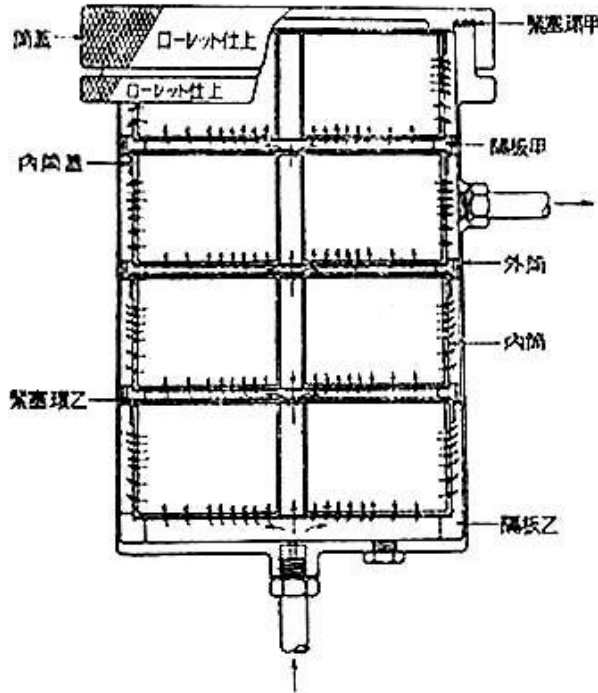
図Ⅱ-7 右はアメリカ「マジック・オイル・ピュリファイヤー」会社製の潤滑油濾過器である。その構造は鳥の子紙(要するに植物性)の繊維、酸性白土(Florida Earth)、炭素粉(活性炭)を濾過材料として強圧縮して容器内に充填し、非分解式としたものである。この装置の出口から流れ出る油は本来の油の色を呈しており、完璧な濾過の跡を窺わせる。但し、その反面、目詰まりは比較的速く、非分解式であるため濾材の交換が出来なかった。仮令、改造により分解式としたところで濾材の強圧充填が甚だ困難となることが致命的欠点として残

⁴⁴ 元陸軍戦車将校、牛山才太郎の回想。『原乙未生追悼集』78頁、参照。

った⁴⁵。

この欠点を補うため本来の濾過性能を若干犠牲にしてこれを分解式に改めたものが次図に示す陸軍戦車学校式潤滑油濾過器である。濾材としては紙、布、木綿等、何でも良く、清潔なモノが圧縮充填して用いられた。

図 II-8 戦校式潤滑油濾過器



杉谷同上書、91 頁、六十一図(山海堂版、68 頁、第 26 図)。

4. 蒸気機関における潤滑

蒸気機関については I にて罐水濃縮を取上げているので、以下では内燃機関との対照においてその潤滑について押えておきたい。ここに謂う潤滑は強制循環等ではなく定油面飛沫式にも増して純然たる行った切りのそれである。先ず、古い事例ながら満鉄の看板列車“あじあ”の客車と機関車を想起して頂きたい。客車は全車空調付で窓枠はアルミサッシ、ガラスは嵌め殺しであった。これは「満洲」の砂嵐に対する防禦策であった。

これに対して、その牽機“パシナ”は如何に？ 実は、“パシナ”に限らず、通常型の蒸気機関車全てにおいて、燃焼に必要とされる空気は誘導通風作用^{ド ラ フ ト}に依って火室に取込まれ、燃焼ガスに形を変えて煙管をすり抜け、煙室から煙突へと進入し、そこから排気として大気中に排出されるだけ、言わば素通りであった。作業物質をなす水に含まれるミネラルや油脂等、不純物の濃縮について“難しいところは全てボイラが引受けてくれた”件について

⁴⁵ アメリカでは使い捨て部品の交換頻度も機関の整備完動品との換装頻度も高かったと想われる。稼働率の高位平準化のためには合理的な技術である。

ては大方、論じた通りであるが、内燃機関が極端に嫌う空気中の砂塵の方はより直截にボイラ各部を順次すり抜けるのみであり、この間、ボイラに何の悪さもして行かぬのみならず膨張装置たる機関部にもさしたる害を及ぼさない。

さしたる、と限定したのは高速内燃機関を例外として往復動熱機関の潤滑には内部潤滑と外部潤滑とがあり、砂塵は蒸気機関車においても、こと外部潤滑に関する限り全く悪さをしないワケではないからである。しかし、膨張装置の根幹を構成する気筒とピストンの潤滑を代表とする内部潤滑に関して、それはほとんど何の害悪も及ぼさない⁴⁶。

と言うより、そもそも陸船用蒸気機関においては内部潤滑なるモノは無きに等しい存在であった。因みに、日本海軍のテキストにおける吸鑿^{ピストン}主機械関連の潤滑項目から引けば：

(一) 潤滑装置

(一) 内部潤滑

- (1) 蒸気笛、吸鑿棒、滑弁、滑弁棒 等ニハ所定ノ内部礦油ヲ使用スベシ。
- (2) 礦油ノ使用量ハ成ルベク少カラシムベシ
- (3) 内部油ハ運轉開始直後ニ二、三時間又ハ投錨前一、二時間之ヲ注入シ其他ハ必要ニ應ジ使用ス
實驗ニヨレバ開放検査ノ時蒸気笛内部ニ塗りタル礦油ト運轉中刷毛ニテ吸鑿棒、滑弁棒ニ塗りタル礦油ニテ満足ナル潤滑ヲ得ラルルコトヲ確メタリ。補助機械等ハ特ニ内部油ヲ使用セザルモ蒸気中ノ水分ニテ潤滑充分ナリ。
- (4) 内部油缺乏シタル結果蒸気笛内及滑弁等ニ異音ヲ發スルコトアリ。此ノ場合ニハ注油嘴ヨリ直接礦油又ハ熱湯ヲ注入スベシ。
- (5) 碇泊中機械ノ内部ヲ保護スル爲ニ使用セル礦油ハ機械ヲ使用スル前ニ拭ヒ取ルベシ⁴⁷。

とあり、蒸気機関において蒸気中の水分と蒸気の初期復水に依り自前の内部潤滑・気密剤が供給されたため潤滑・気密に係わる問題が粗方、解消されていたことが判る。とりわけ飽和蒸気機関において気筒内部潤滑は概ね不要とされた。例外的に、平坦線惰行及び降坂時、高速絶気運転が長引き得る機関車には簡単な内部給油装置が与えられていたが、陸船用機関においては長い絶気運転の状況を呈し難いが故に気筒内部潤滑は省略可能であった⁴⁸。

なお、蒸気機関工学のイロハとして述べれば、初期復水とは蒸気が低温の膨張室壁面に触れた瞬間、後者に気化熱を移転して凝結し水の膜を形成する現象である。初期復水は完

⁴⁶ 蒸気機関におけるその他の内部潤滑部位としては給水ポンプや空気圧縮機の気筒潤滑が挙げられる。

⁴⁷ 海軍工機學校『普通科機關術練習生(掌機術専修)教程 機關術教科書』(卷ノ一)、1938年、39~40頁、より。

⁴⁸ 日露戦争時代の鉄道省主力貨物機関車で1950年頃まで活躍したB6型飽和蒸気機関車が油切れを生じた際の絶気運転中の気筒擦過音については熊谷孫惣『SLへの挽歌』私家版、1983年、81~82頁、川端新二『ある機関士の回想』イカロス出版、2006年、第四章、参照。

全断熱の仮想空間なら仕事に転化されていた筈の熱が膨張室壁面温度を高める現象であり、それ自体熱の無駄遣いを為す。

膨張過程で蒸気温度が更に降下すれば熱の移動方向は逆転し、一旦凝結した水は再蒸発に到り、そこから厄介な問題を生ずる。次のサイクルを考慮すれば初期復水に因る壁面加熱にも一定の意義が見出されるが、再蒸発が起これば膨張行程終端の蒸気圧は徒に上げられ、反対側作動室における圧縮による慣性力緩衝作用は減殺され、軸受面圧が高められるのみならず、当該作動室の排気行程における背圧が昂進し負の仕事が増す。またそれは一旦上げられた壁面温度を再び降下させてしまうから、次の進入蒸気の初期復水を助長する。背圧は凝結器で引けば解消されるが壁温降下の問題は残る。

初期復水→再蒸発対策の柱としては蒸気外套の付設、過熱化、多段膨張化等が挙げられる。蒸気外套の使命は進入蒸気と膨張室壁面との温度差を縮小させることにある。過熱して蒸気温度を上げ、熱伝導率と流動抵抗を下げて初期復水が根絶されるワケではないが、連続運転中はそれがほぼ抑えられる。多段膨張化も供される蒸気の圧に係わらず各段の気筒に進入する蒸気と当該膨張室壁面との温度差を縮小するから初期復水対策として有効である。しかし、仮令、多段膨張化しても温度差自体は依然として残る。

また、過熱化を多段膨張化と組合せても第 2 段以降、各気筒が受取るのは、徹底した中間再加熱でも為されぬ限り、飽和蒸気である。因って、多段膨張機関においても初期復水問題は必ず発生する。無論、そこでは再蒸発により排気が持ち去る熱は後の段落で一部回収されるが、その利得は伝熱損失と流動損失のため前段落を為す気筒が断熱的であった場合、そこで仕事に転化され得た筈の熱に遠く及ばない。

もつとも、熱的には良い事づくめの過熱蒸気機関の場合、蒸気の温度及び乾き度が高くなり初期復水が起これば難いだけに気筒内部潤滑は不可欠となり動植物油系ではなく高温でも炭化し難い鉱油系(ないし合成)潤滑油の注入が必要となる。鉱油系潤滑油という要素技術は好運にもガス機関の発達によって準備されていたが、密閉サイクルをなす蒸気動力プラントの場合、過剰な注油は罐水油脂濃度の昂進を惹起するため厳禁されなければならない。

また、陸船用等の多段膨張式過熱蒸気機関においても中圧ないし低圧気筒に供給される蒸気は飽和蒸気となる。このため、面倒な圧力注油は高圧気筒だけとするのが常道であった⁴⁹。

I で見た通り、蒸気動力プラントが凝結サイクルないしその派生物を為す場合、作業物質の潤滑油に因る汚染濃度昂進は泡立ちに起因する気水共発や過熱管の焼損等の障害を惹起する非常に厄介な問題を為した。それ故、軽微な初期復水や飽和蒸気中の水分自体が持つ自己潤滑性は蒸気原動機サイクル、とりわけ密閉サイクル内の作業物質に働く汚染負荷軽減に潤滑面から蔭の役割を果していたということになる。

船用蒸気機関においては一般論として内部潤滑を行わない場合もあつた程であるから、外部潤滑油消費量は内部油の「百倍以上」というのが業界の常識であつた。内部油の使用

⁴⁹ 小谷信市『船用蒸気ピストン機械』第三版、海文堂、1955年、224頁、参照。

量は気筒潤滑以外をも含む値ではあるが大凡、表記の程度とされていた。同じ 0.3ℓ でも 20~30 馬力機関のℓ/h 値ではなく 1000 馬力・24 時間当りの消費量であるから、内燃機関のそれと比べれば無きに等しいような量であったことが理解されよう。

表Ⅱ-2 船用蒸気機関における 1000SHP-24 時間当り内部油使用量[ℓ](連桿、補機、雑用含む)

大型船	飽和蒸気	0.3~0.5
	過熱蒸気	0.7~0.9
中型船	飽和蒸気	0.4~0.7
	過熱蒸気	0.8~1.0
小型船	飽和蒸気	0.5~0.8

葛西松四郎『詳説 船用蒸気機関』海文堂、1952 年、146 頁、より

なお、気筒が潤滑不良に陥って鳴き出した場合、内部油の供給のみによってこれを抑止しようとするれば罐水中の油濃度を昂進させ、ボイラに上記のトラブルを招きかねないので、鳴き抑えの内部油に少量の鱗状黒鉛を固体潤滑剤として添加するといった現場的技術も動員された⁵⁰。

国鉄蒸気機関車における走行 1000km 当り内部油消費率は次表の通りである。上の方は油ポンプを持つ過熱蒸気機関車群であるが、傾向としては重量貨物機 D52 を典型に蒸気圧が高く気筒径が大きい型式ほど気筒回り潤滑油消費率が大きく、前者の方が高い相関を示すようである。高速旅客機 C59 と C62 とでは罐圧も気筒径も等しいが、後者の方がボイラ蒸発量が大きく総走行時間の中で高回転を持続可能な時間割合の大きな運用を為されていたため気筒内部油消費率に差が出たらしい。但し、その伝で行けば罐圧も気筒径もやや小である C61 の値は余程、軽負荷・高速運転時間割合が高かったためということになるが確証は無い。C53 の値が高いのはそれが 3 気筒なるが故であろう。

見送り給油器を用いる飽和蒸気機関車は概ね末尾に配列されているが、表の括り方の根拠は単なる番号順のようである。即ち、9040~9580 などといっても 9040 型、9200 型は飽和、9580 型は過熱であった。8700~8850 型は全て過熱であったが、7500~8550 型の内、7500 型、8100 型は飽和、8500 型、8550 型は過熱。同じく、6000~6700 型は飽和であるが 6750、6760、B50 型は過熱という按配になっている。

表Ⅱ-3 昭和 21 年 蒸気機関車内部油千軒当給油標準量[ℓ](本庁制定)

⁵⁰ 葛西松四郎『詳説 船用蒸気機関』145 頁、参照。

形式	箇所	シリンダ 及蒸気室	ピストン 棒及尻棒	弁心 棒及尻棒	空気 圧縮機		給水 ポンプ	自動炭 給器及 其他	計	記事	
					単式	複式					
D52		10.0	0.45	0.13			1.0	0.4	0.02	12.0	
D50 D51		8.0	0.45	0.13			1.0	0.4	0.02	10.0	
9600	甲	7.0	0.4	0.1			1.0	0.4	0.02	8.92	(8.5) 給水ポンプ発電機なきもの (6.98) "
	乙	5.6	0.3	0.08			1.0	0.3	0.02	7.3	
C61 C62		8.5	0.45	0.13			1.0	0.4	0.42	10.9	
C53		9.0	0.48	0.1			1.0	0.4	0.02	11.0	
C59		8.0	0.45	0.13			1.0	0.4	0.02	10.0	
C57 C55		7.0	0.45	0.13			1.0	0.4	0.02	9.0	(8.7) 単式圧縮機の場合
C54 C51		7.0	0.45	0.13	0.7		1.0	0.4	0.02	9.0	(8.7) 単式圧縮器の場合
C58		6.8	0.45	0.13	0.7			0.4	0.02	8.5	
C50		5.0	0.3	0.08	0.7			0.4	0.02	6.5	
8620		5.0	0.3	0.08	0.7			0.4	0.02	6.5	(6.1) 給水ポンプなきもの
C56		5.0	0.3	0.08	0.7				0.22	6.3	

4110		6.3	0.3	0.08	0.7			0.4	0.22	8.0	
C10 C11		5.3	0.3	0.08	0.7				0.22	6.6	
C12		4.8	0.3	0.08	0.7				0.22	6.1	
9040~9580		6.5	0.4	0.08	0.7	1.0			0.02	8.0	(7.7) 単式圧縮機
8700~8850		5.4	0.3	0.08	0.7				0.02	6.5	
7500~8550		5.4	0.3	0.08	0.7				0.02	6.5	
6000~6760 B50		4.42	0.3	0.08	0.7					5.5	
5500		5.22	0.3	0.08	0.7					6.3	
2120~3420 B10		5.0	0.3	0.08	0.92					6.3	
900~1750		5.0	0.3	0.08	0.92					6.3	
10~870		4.42	0.3	0.08	0.10					5.5	

大阪鉄道管理局編『機関区従事員必携』大鉄図書、1951年、446~447頁、より。

備考：新製車に対しては下記期間増油を認む。

(イ) 使用開始より2000 軒まで 約30%増 (ロ) 以後8000 軒まで 約15%増

引用者注：機関車形式名の誤植を1箇所、訂正した。

それ以下は全て飽和で間違い無く、かのB6(当初型式2100, 2120, 2400, 2500)の名も見えている。これら掲載機関車の出力は200~1600馬力程度にまでに亘っており、使用蒸気圧も飽和の10 kg/cm²から過熱の16 kg/cm²にまで分布していた。陸船用機関とは異なり絶気運転時間が長いため、小出力の飽和蒸気機関車でも内部油供給量は多くなっているが、それでも同時代の自動車用・車両用内燃機関となど比べれば飽和・過熱を問わず、取るに足らぬ程の内部油消費量であったことが判る。

因みに、この表からは何故か洩れ落ちているが、同書 207 頁に拠れば当時の国鉄蒸機中、内部油消費率が最も大であったのは勾配線区専用 5 動軸機関車 E10 型で、11.0ℓ となっている。これは加減弁開度の大きい力行運転時間と絶気運転時間という両極端を為す時間割合の高さという勾配線区専用機としての使用条件を考慮したが故の設定であったと考えられる。

他方、次表に示される通り、蒸気機関車における外部油消費率は内部油消費率を下回っており、後者の「百倍以上」どころか只の半分程度に過ぎなかった。蒸気機関車の外観上、大いに目立つロッド類はさしたる油喰いでもなかったし、弁装置に至っては尚更少食であった。

しかし、船用機関との間のかかる懸隔は互いの外部潤滑部位の性質云々からではなく、内部潤滑を巡る事情にヨリ多く起因していたと思われる。つまり、飽和蒸気機関車においてはとりわけ絶気運転中に気筒給油の必要が、過熱蒸気機関車においてはこれに加えて給気力行中も気筒回りを潤滑してやる必要があり、逆に、開放(不凝結)サイクルを為す蒸気機関車なればこそ、罐水の気筒油に因る汚染・濃縮への気遣いは無用であった。かような事情を集約的に表現したのが表記の値であり内外潤滑比率における格差であったという理屈である。

なお、鉄道省過熱蒸気機関車に用いられた油ポンプは走行速度に比例した供給を行うタイプであり蒸気室と気筒中央上部の 3 箇所(次図“10”=左右計 6 箇所)に微量の潤滑油を圧送するものであった。気筒潤滑油ポンプの型式としては左右気筒に専属したモノと左右 6 箇所を 1 台で賄う型式のモノとがあった。

過熱蒸気機関車において罐水過剰のため水気立ちに因る気水共発を生ずると、気筒に供給される熱水に依って気筒油が洗い落とされ、力行時にも気筒から擦過音が発するようになる。かような時、機関助士が運転中をも厭わず運転室前窓を開け、ボイラ胴横の狭い歩み板を伝って前方にある油ポンプの手回しによって緊急送油に努めた、というような回想が残されている。それは当時の国鉄労働現場の苛烈さの一端を物語る蒸気機関車技術史上、貴重な証言であると同時に、機関車右側に置かれ、左右の気筒ブロック 6 箇所を 1 台でカバーするタイプの油ポンプにまつわる挿話としても了解されるであろう⁵¹。

表Ⅱ-4 昭和 21 年 蒸気機関車外部油千軒当給油標準量(本庁制定)

⁵¹ 今井吉郎『SL 蒸気機関車の思い出』文芸社、2004 年、139~143 頁、参照。

筒所 形式	軸箱	滑 主 連 結 棒	棒 弁 装 置	台 車 分 部	其 他	計	記 事
D52	2.2	1.64	0.38	0.15	0.98	5.45	
D51 D50	2.04	1.54	0.34	0.15	0.98	5.05	
9600 {甲	2.00	1.13	0.34	0.10	0.8	4.37	
{乙	1.6	1.00	0.30	0.10	0.8	3.80	
C62	1.56	1.04	0.34	0.20	2.03	5.27	
C53	2.50	1.50	0.50	0.10	0.8	5.40	
C59	2.10	1.04	0.34	0.20	0.83	4.51	
C57 C55	2.00	1.04	0.34	0.15	0.83	4.36	
C54 C51 {甲	2.66	1.04	0.34	0.15	0.83	5.02	
{乙	2.13	0.83	0.34	0.15	0.83	4.25	
C58	1.77	1.04	0.34	0.15	0.83	4.13	
C50 {甲	1.55	0.9	0.34	0.08	0.73	3.60	
{乙	1.24	0.7	0.34	0.08	0.70	3.06	
8620 {甲	1.55	0.9	0.34	0.08	0.73	3.60	
{乙	1.24	0.7	0.34	0.08	0.70	3.06	
C56	1.60	0.86	0.34	0.10	0.70	3.60	
4110	2.30	1.04	0.34	0.08	0.37	4.13	
C11 C10	1.65	0.95	0.34	0.15	0.60	3.69	
C12	1.40	0.86	0.34	0.10	0.60	3.3	
9040~9580	2.03	0.95	0.34	0.15	0.63	4.1	
8700~8850 B50	1.80	0.95	0.34	0.15	0.63	3.87	
7500~8550	1.80	0.95	0.34	0.15	0.63	3.87	
6000~6760	1.46	0.95	0.34	0.15	0.63	3.53	
5500	1.46	0.95	0.34	0.15	0.63	3.53	
2120~3420 B10	1.70	0.95	0.30	0.1	0.40	3.45	
900~1750	1.25	0.95	0.30	0.1	0.40	3.00	
10~870	1.02	0.90	0.35		0.40	2.67	
C61	1.56	1.04	0.34	0.15	2.03	5.12	
C57	1.60	1.04	0.34	0.15	0.83	3.96	コロ軸受使用 機関車
C59	1.70	1.04	0.34	0.20	0.83	4.11	同 上

同上書、447~448頁、より。

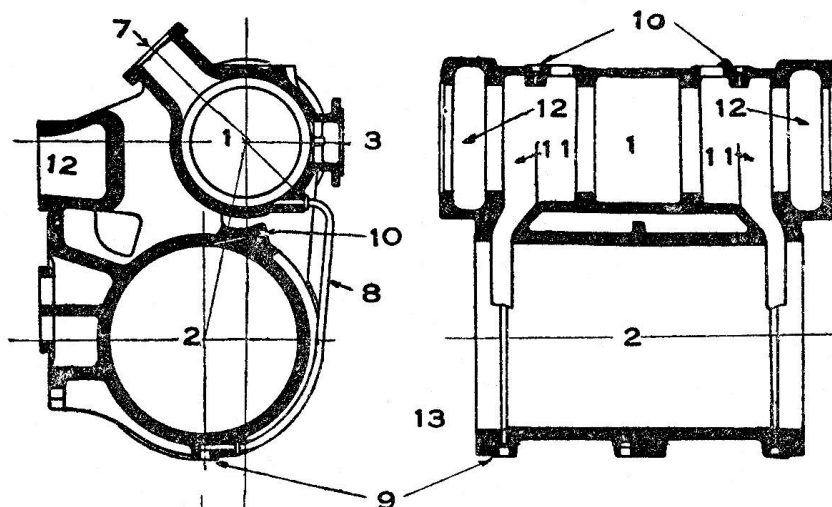
備考：形式欄中 甲は本線使用の場合

乙は支線及び入換又は軽仕業に充当せる場合

グリースの油換算は1疋当2.5立

引用者注：機関車形式名の誤植を1箇所、訂正した。

図II-9 鉄道省過熱蒸気機関車の気筒



第 74 圖

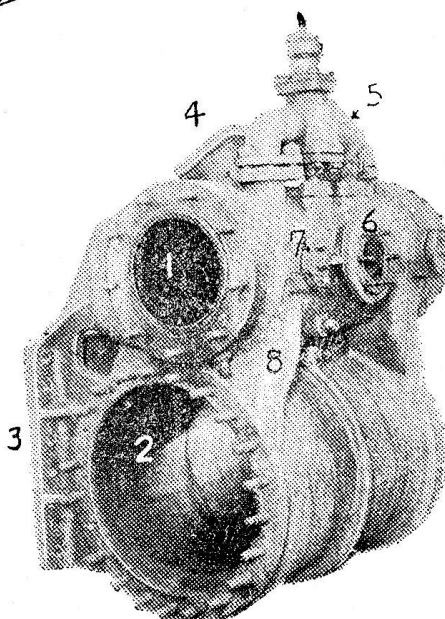
シリンダ及蒸気室全體

第 73 圖

- 1 蒸気室
- 2 シリンダ
- 3 シリンダ空気弁
- 4 ノゾキ穴
- 5 脇路弁取付座
- 6 壓力計管取付
- 7 蒸気入口
- 8 蒸気室排水管取付
- 9 シリンダ排水孔
- 10 送油管取付
- 11 蒸気路
- 12 吐出路

第 74 圖

- 1 蒸気室
- 2 シリンダ
- 3 臺枠取付部
- 4 主蒸気管取付部
- 5 空気脇路弁體
- 6 シリンダ空気弁取付座
- 7 ノゾキ穴
- 8 蒸気路



機関車工學會『機關區員教科書』、交友社、1940年、121頁、第73、第74図。

以上要するに、熱効率の点で内燃機関の後塵を拝する蒸気機関はこと潤滑油については余り多くを喰わぬ熱機関であった。蒸気機関の中でも熱効率に劣る飽和蒸気機関の方が改善された技術である過熱蒸気機関より潤滑油消費に関する限り遥かに少食であった。もっとも、蒸気機関車は鉄道車両として固有の無理を抱えており、飽和・過熱の別無く、陸船用

蒸気機関に比すればこの面におけるメリットは縮小せしめられていた⁵²。

先に注記した 0.5g/PS-h という概ね自動車用クラスの内燃機関において望ましいとされている潤滑油消費率の値でさえ船用機関について掲げられた 1000 馬力-24 時間当たりという尺度に換算すれば 12kg/1000PS-24h に当る。油の比重を 0.96 とすればこの値は 12.5ℓ/1000PS-24h であるから、機関サイズの格差こそあれ、依然として極めて大きな消費率となっていることが判る。

むすびにかえて

現時点においては仮説に止まるが、今村一郎の発想は英米の機関車技術界に一步、先んじていた可能性がある。但し、技術情報の伝達性における格差からして事実がその逆であった蓋然性を否定することもまた出来はしない。これに加え、連続吹出し自体には陸船用ボイラにおける非常に長い先行経験があった。問題は実用上、機関車への装備に際して何処までシステムを簡素化出来るか、あるいは高い信頼性を担保しつつ、何処まで自動化出来るかという点に在った。

今村式罐水清浄装置は手動制御・排熱回収型として創成され、間もなくプリミティブな自動制御化され、やがて手動制御へと回帰せしめられ、最後には排熱回収さえ行わないごく単純なシステムへと縫着した。その全てが今村一郎の創案指導に基く改変ではなかったのであろうが、世間的にも図 I-19 辺りのシステムが今村式罐水清浄装置と呼ばれていたことは確かである。

一連の変遷を見れば、中途半端な自動化、システム化はトラブルの種だったようであり、それなら起点をほぼ同じくするイギリス流の知恵に止まる程度のこと根っから適当な作戦であったようにも考えられる。逆に、アメリカのようにシステムを高度化するという選択肢も論理的には用意されていた。しかし、それを実行する体力はこの国には明らかに欠けていた。

また、連続胴底噴出しと並んで泡立ち対策としてヨリ緊急に実現されるべき目標は実は機関車ボイラにおける表面吹出しの実用化であった。機関車ボイラには激しい動揺が付き物でもあるから、それは連続的ではなく随時、あるいは必要な時に為されるべき所作となった。この意味において同時代のアメリカ機関車技術界の先進性、とりわけ制御技術サブシステム構築能力には一頭地を抜くモノがあったと評価されよう。そしてこれは船用ボイラにおける自動制御化の推進についても該当する事蹟であった⁵³。

⁵² 付言すれば、船用機関界においては戦後、レシプロ蒸気機関に比してさえ極めて低い潤滑油消費率をマークする蒸気タービンプラントの高熱効率化に成功すれば、総合的な石油消費率の点でディーゼル・プラントに対抗出来るとの希望的観測が提示されている。しかし、その程度のマージンでは燃料油消費率における不利は挽回され得なかった。「蒸気動力技術略史」207 頁、参照。

⁵³ この点については本稿の射程外であるが、1942 年に出版され 10 年後に邦訳された米國造船造機學會編・米原令敏訳『船用機関工学』第一分冊、天然社、1952 年、158~160 頁の

他方、ヨリ原理的な視座に立ち返って見るに、そもそもレシプロ蒸気機関が人類最初の実用熱機関となり得た所以は水の状態変化が比較的低い温度にて利用可能であるという物理的事実に求められる。この命題に関しては一点の疑義も無い。

しかし、これ以外に、蒸気機関なる熱機関においてはメカニズムとしての成立要件が得られ易かったという技術的に重要な論点が閑却されてはならないであろう。この内でも最たるものは、ここまで見て来た通り、作業物質中の不純物除去に関して“難しいところはボイラが全部引受けてくれていた”という構図である。第2点は空気中のダストに対してボイラが完全なる不感応性を有していたことである。問題の性質上、本稿ではレシプロ蒸気動力プラントを意識した議論を行うこととなったが、これらの点はタービン・プラントについても該当することである。第3点としてはレシプロに固有の僥倖として、蒸気とりわけ飽和蒸気が持つ自己潤滑性が挙げられて良い。これらの内、何れかが一つでも欠けておれば、レシプロ蒸気機関における膨張装置としての気筒・ピストン機構は長期に亘って健全性を保つべきカラクリとしては到底、成立し得なかった。

第2点などは言わば当り前のような命題であるが、空気を作業物質とする内燃機関においては事情がこれと全く異なっている。潤滑についても本稿では潤滑油が廃物となった際にもたらされる障害について言及したのみであり、潤滑の場面そのものについては視野の外に置かれていた。しかし、油溜を持ち強制循環式潤滑装置を有する内燃機関において、外気から取込まれた異物は潤滑油に紛れ込み、蒸気動力プラントにおける罐水内異物と同様に濃縮されて行く。そしてボイラを持たぬ内燃機関においては濃縮された異物は機関自体の内部にダメージを与えることになる。

開放サイクルを採る内燃機関の基本的弱点はこの作業物質内への空気・燃料経由での異物、とりわけ摩耗原因物質吸込みの不可避性にあり、内部循環式潤滑法式に依拠する高速内燃機関においてはそれが潤滑油の汚染という形になって現れる。因って、ダストを低い吸気抵抗の下で如何に取り込まぬようにさせるかは長年、内燃機関技術者、とりわけ自動車技術者を悩ませる大きな問題であった⁵⁴。

ディーゼル機関の発明者、R., Diesel 以来、現代まで続く石炭ディーゼルを巡る蹉跎や苦闘、戦時中における代燃車の経験もまた、吸気中の灰分が気筒に対してもたらすダメージが如何に甚大であるかを教えてくれている⁵⁵。

手短かな総括を御覧頂きたい。

⁵⁴ 吸気経由での異物混入対策、ダスト、復興期の自動車技術者たちの苦闘の一端については拙著『伊藤正男 トップエンジニアと仲間たち』日本経済評論社、1998年、142~145頁、参照。

⁵⁵ 代燃車全般やその灰分対策については夥しい数の文献が残されているが、一例として清水甲三『自動車及各種代燃車』山海堂、1936年、292、300~301、304、306、307~308、309、319、321頁、築山閔二「薪炭ガス自動車に就て」『業務研究資料』第26巻 第13号、鐵道大臣官房研究所、1938年5月、寺尾辰之助編『木炭自動車』薪炭瓦斯普及協會、1940年、29、35頁、合田泰治『代用燃料自動車』(上下)、自研社、1941年、(上)の18、25、29、35~37、52~53、63~65、79、85、89~90、120、135、150、158、171、176、179、189、(下)の189~190、206頁、益田伸『薪自動車』山海堂理工学論叢(31)、1943年、柳原喜代

主として石油系燃料を焚く通常型内燃機関の耐久性向上にもまた、本体各部の設計・材料高度化、油脂類の高品位化と並んでエアクリーナ、オイルストレーナ等、補機類＝周辺技術の向上が不可欠である。因みに、国産大型車用ディーゼル機関の分野においては1960年代後半には従来のオイルバス式に代って高いダスト捕捉率と低い吸気抵抗を両立させた濾紙式エアクリーナ・エレメントが導入され、'70年代前半にはパーシャル・オイルフィルタが遠心式からデプス式へと改められ、'80年代前半には積相式パーシャル・オイルフィルタ、後半にはプリーツタイプ(菊折れ式)パーシャル・オイルフィルタがそれぞれ導入され、メジャー・オーバーホールまでの寿命延長に大きく寄与して来た⁵⁶。

然しながら、ここで留意されなければならぬのは高度な研究開発技術を体現したそれらの周辺技術は機関本体に係わる設計製造技術や制御機構に係わる技術、油脂類に係わる技術と全く同様に石油の大量消費に裏付けられた莫大な量産規模を前提として初めて成立し得る性質のもの、言わば油上の楼閣の一回廊であり、「戦校式潤滑油濾過器」の如き“身の丈”的技術では全くないという点である。

今や石油の将来的な品位低下と価格高騰が予想されている。そうした状況下においてなお、飽くなき量産を前提し多大の研究開発投資を膨大な製品個体数に按分することによって際どく成立して来た技術体系の工学的品位化というステロタイプの創造行為の更なる反復・重量だけに依ってこの種の激甚な環境変化に対処し切れるかのように見做すのは余りにも楽観的な思考に過ぎよう。

また、石油以後を考える場合、石油稀少時代の身の丈技術、油消費の原単位は多少、大きくとも、開発と製造に極度の量産規模を前提しないような技術、あるいはヨリ直截に難しい油を余り喰らわせないでも機能させられる技術、即ち多燃料機関や蒸気機関に代表される外燃機関をも含めた技術に期待するところ自ずと大となるとせねばならないのではなかろうか⁵⁷。

司・荻野 勇・吉川 博・須藤邦夫「薪自動車の性能向上について」『いすゞ技報』第7号、1950年2月、中村幸男『30周年記念 代燃車苦難時代の素描』自動車工業聞社、1981年、60~61、76~77頁、参照。

石炭ディーゼルと磨耗問題については R., Diesel・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、147~152頁、三雲英之助・長尾不二夫・大東俊一「微粉炭内燃機関の研究」『日本機械学会論文集』第9巻 第37号、第2部、1943年11月、同「(第2報)」同、第11巻 第41号(第2部)、1945年2,5月の(第2報)、結論、J.,A., Caton, H.,A., Webb ed. *Coal Fueled Diesel Engines*. The American Society of Mechanical Engineers. ICE-VI.16, 1992, 参照。

⁵⁶ 「座談会 ディーゼルエンジン誕生100年を記念して(2)」『内燃機関』Vol.33 No.417, 1994年6月、図-12、参照。

なお、1950年代後半の国内保有自動車機関におけるオイルストレーナ、エアクリーナの使用状況については「自動車の油こし、空気こしおよび燃料こしに関する実態調査報告」なる資料が『日本機械学会誌』Vol.61, No.475(1958年8月)に掲載されており、過渡期の瞬間映像を覗き見る縁となっている。

⁵⁷ この点については拙稿「多燃料発動機の時代と日本」、「技術の生命誌試論」参照(『経済

学雑誌』及び *Discussion Paper*。何れも大阪市立大学学術機関リポジトリ掲載)、前者に対する補足として「発動機製造“超ディーゼル機関”再論 —— 簡易ディーゼルを求めた歴史の中で ——」(大阪市立大学学術機関リポジトリ掲載予定)、参照。