

蒸気機関車 C53 に見る国産化技術の歴史的展開

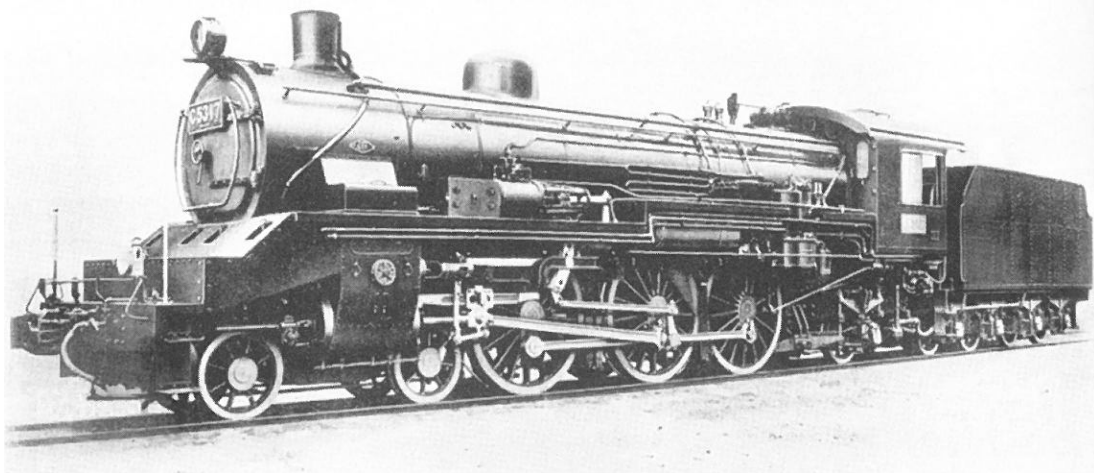
坂上 茂樹

Citation	ツールエンジニア, Vol.59, No.1, p.66-95
Issue Date	2018-01-01
Type	Journal Article
Textversion	Publisher
Rights	この記事は、私的な目的でのみダウンロードすることができます。その他の使用には、事前に著者と大河出版の許可が必要です。 This article may be downloaded for personal use only. Any other use requires prior permission of the author and Taigashuppan

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

蒸気機関車 C53に見る 国産化技術の歴史的展開

大阪市立大学 坂上 茂樹



本邦唯一の国産3気筒急客機C53型は、この国にサンプル輸入された最後の蒸気機関車となる、American Locomotive Company (Alco) の製品6両(鉄道省呼称8200型→C52型)を直接のモデルとして1928年に開発された。その開発と運用、さらにはこの機関車に対する鉄道省関係者による自己評価の分析・相対化を通じて日本の近代化、輸入代替工業化、さらには鉄道省という機械化部隊の技術体制としての特殊性の内実が浮き彫りにされる。

ここでは、蒸気機関車における機関要部の鑄造技術、主動輪の駆動と回転釣合のバランス、蒸気機関車における駆動力の伝達ならびに支持機構、クランク軸の設計(素材と製造法)、戦後における蒸気機関車の開発、狭軌による車両限界と日本における蒸気機関車開発の限界の順に論じて行く。^{*1}

[1]蒸気機関車における機関要部の鑄造技術

(1)気筒、台枠回り

長い期間にわたって鉄道省における車両開発のリーダーを務めた島 秀雄は一見、例外的といえる率直さを以て、C53の3気筒固有部分の設計に際しAlco流の「3気筒の気筒鑄物は、これはまったくよい参考になった」と述べている。

その言に違わず、C53の、ただしAlco流の鑄鋼で

はなく格落ちの鑄鉄(FC18)で吹かれた気筒体は、C52と同じ方式の「右+中」と「左」の2分割型として誕生した(図1)。^{*2}

Alcoの製品には、後出の遙かに大きな3気筒機関車においても当初は、これと同じ分割構造が採用されていた。C53の気筒に圧入された厚さ14mmのブシュ(ライナ)もAlco譲りの方式であった。もっとも、この方式は鉄道省には根付かず、あたかも戦後における自動車用ディーゼル機関における発展史を先取りするように、C55以降は新製時にはライナレスとし、摩耗後、補修部品としてこれを用いる従来方式へと戻された。^{*3}

米国で筆頭の機関車メーカーであったAlcoは、英国のLondon and North Eastern鉄道の技師、Herbert Nigel Gresley (1876~1941)の技術を導入し、国内および輸出市場向けに相当数の3気筒機関車を系列化していた。その一部は南満洲鉄道にも採用されており、C52もかかる輸出用機関車の一つであった。

また、AlcoがUnion Pacific鉄道向けに開発したグレスレイ単式3気筒巨人機9000型(2F1:○○○○○○○○:車輪配置)は、161tonという粘着重量を持つ総重量355tonの機関車で、モノ・フレーム式の実用機としては世界最大の4750HP(3542.075kW)を発揮した。

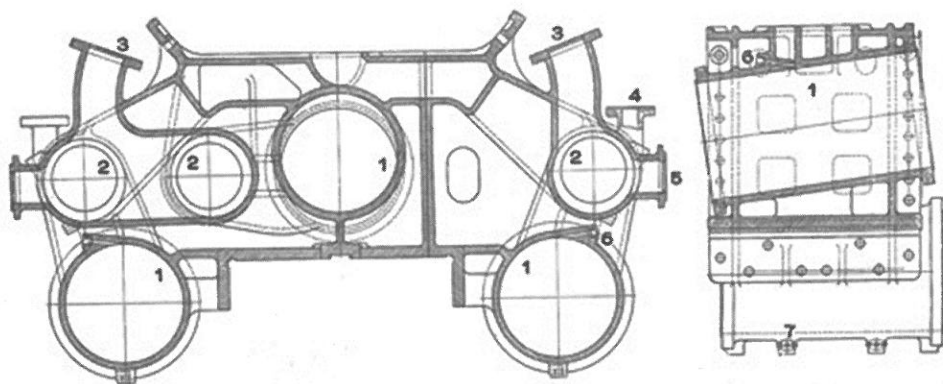
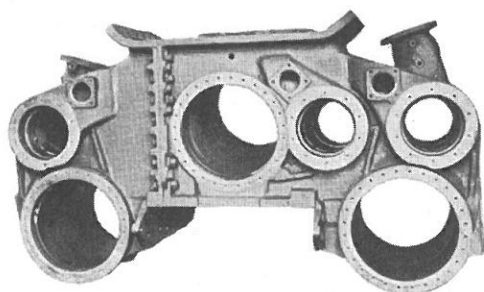
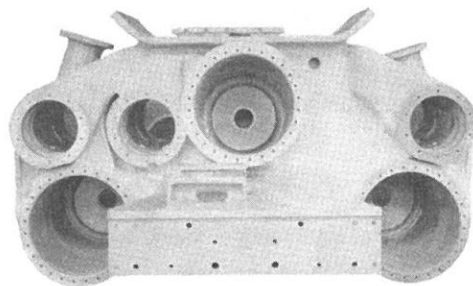


図1 C53の2分割気筒体(正面図は前方より)

主蒸気管3の内径は左右何れも165mm.右の側面図において変則の干鳥にあいた8つの穴は1 1/2in(38.1mm).ボルトによって気筒体を台枠サイドメンバに固定するための穴(機関車工学会『最新 機関車名称辞典』新訂増補第六版, 交友社, 1940年, 102頁, 第87図).



(a)初期の鋳鋼製2分割式(後方より)



(b)後期の鋳鋼製一体式(前方より)

写真1 世界最大の3気筒機, U.P.鉄道9000型における鋳鋼製気筒体の進化

[左: Locomotive Cyclopedia of American Practice, 9th. ed., 1930, p.577 Fig.1217A. 右: Locomotive Cyclopedia of American Practice, 11th. ed., 1941, p.574 Fig.7.04]

この機関車は米国の重量貨物列車牽引仕業において、複式(2段膨張)のマレー型連接式機関車を代替した特筆されるべき存在であった。

気筒鑄物材料として鑄鉄に終始したわが国とは異なり、米国では早い段階から鋳鋼製気筒体が実用化されていた。そうした背景の下、この巨大な9000型3気筒機関車の鋳鋼製の気筒体鑄物も“2+1”組立方式から出発した。しかし、ほどなくそれは3気筒一体鑄造方式へと、進化を遂げている(写真1)。

しかも、この後期型は大きな応力が作用する気筒体前後の台枠の一部までが一体成形されていた。また、'20年代後半以降、米国では気筒体と長大な台枠全体とを共通の鋳鋼鑄物として吹いてしまうやり方が主流となって行く。これもまた、米国という国の強大かつ高度な技術力に係わる一つの証であった(写真2)。

米国においては早くから、圧延厚鋼板から切抜か

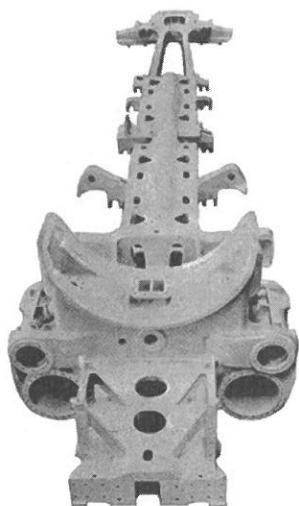
れた、いわゆる棒台枠が普及し、気筒回りでは片側気筒と罐台鑄物の片方半分とを一体鑄造し、これを機関車中心線上で左右合体させる工法が、幅を利かせていた。

しかし、'20年代より台枠サイドメンバの鋳鋼化は始まり、さらにはCommonwealth One-Piece Engine Bedと称する一体鋳鋼台枠の登場を見、左右気筒を罐台、あるいは前部台枠と一体に鋳鋼で吹いてしま

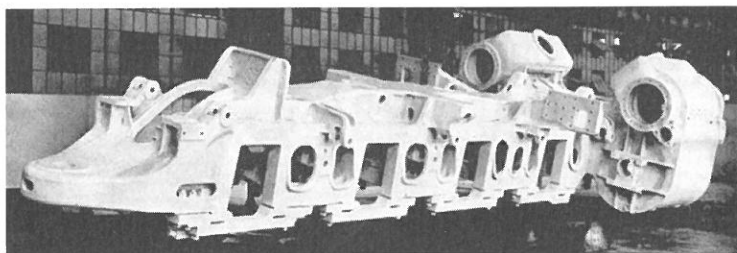
(1)この記事は、著者の「C53型蒸気機関車試論(訂正版)―近代技術史における3気筒機関車の位置付けと国鉄史観、反国鉄史観―」(大阪市立大学学術機関リポジトリ登載)その他を踏まえた論考である。

(2)島 秀雄「C53の設計をめぐって」『鉄道ピクトリアル』Vol.2 No.2 1952年、「C53からC59へ、そしてC62へ」島秀雄遺稿集編集委員会「島秀雄遺稿集―20世紀鉄道史の証言―」日本鉄道技術協会、2000年、所収、参照。

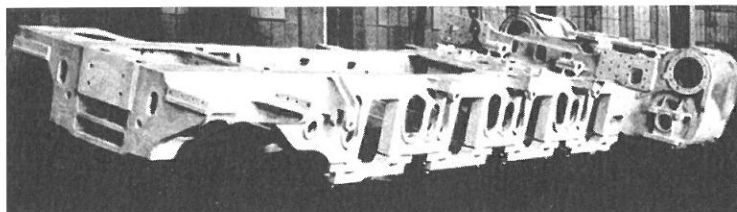
(3)機関車工学会『新訂増補 機関車の構造及理論』上巻、交友社、1941年、391~392頁、参照。



2D2機関車



1DD1連節機関車の前部ユニット



同上の後部ユニット

写真2 米国における蒸気機関車の気筒部合体式鑄鋼台枠 (General Steel Casting Co.)

[Locomotive Cyclopaedia of American Practice 1941, p.668, p.670 Fig.8.06, Fig.8.07 左は島 秀雄『最近の鉄道』岩波講座機械工学[X別項], 1944年, 20頁にも載録(きわめて不鮮明)].

う工程技術革新が展開し、'30年代を迎えるころには Commonwealth Cast Steel Locomotive Beds と称し、最大約 40ton にもおよぶ台枠と気筒ほか台枠回り部品との鑄鋼による一体成形が趨勢となる。

一方、わが鉄道省の2気筒蒸気機関車は、使用蒸気圧こそ低かったものの大動輪径に見合う大ピストン直径を特徴としたから、気筒に作用する総圧力は相当大きく、「両勾配打込ボルト」の採用やこれに続く棒台枠化を含め、ドイツ流技術への追従は合理的な選択であった。

かりに、米国に追従したくても鑄鋼技術は辛うじて先次大戦期、一部の機関車の主台枠(サイドメンバ主要部)と排気膨張室を兼ねる罐台の一部(後述)について、その製造をなし得るに到った程度である(写真3)、気筒の方は一貫して鑄鉄により蒸気室と一体の形で、左右別々に吹かれ続け、鑄鋼はおろか鑄鉄

による気筒体の左右一体成形にさえ届かず仕舞いであった。

主台枠鑄鋼化に見る彼我の到達点は、技術の平行の進化を示す具体例であると同時に、国力・工業力の格差を際立たせる技術史の示相化石そのものである。

翻って英国における気筒体鑄造方案は如何であったか? 一例を L.N.E. (London and North Eastern) 鉄道に尋ねれば、その実態は台枠がほぼ中厚の圧延鋼板を切抜いた部材から構成される板台枠に終始したのとは対照的で、誠に区々(まちまち)であった。

グレスレイの K3 は3分割であったし、彼のパシフィック (2C1:○○○○○○), A1 (写真4), A3, A4 の気筒にしても、中央気筒の位置が応力分散を慮ってか、かなり後退せしめられていたこともあって、やはり3分割方式となっていた。

ヤロー・ボイラ(3胴式高圧水管ボイラ)搭載の複式

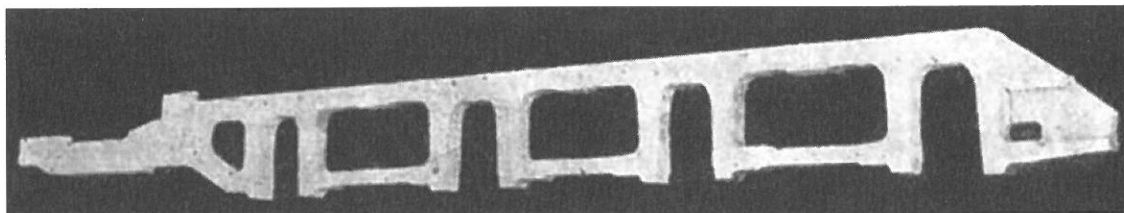


写真3 鉄道省蒸気機関車の鑄鋼製と思しき主台枠サイドメンバ

(恐らくD51のもの、この右方に前部台枠が継ぎ足される: 機関車工学会『問答式機関車大典』改訂増補版, 交友社, 1938年, 488頁, より)

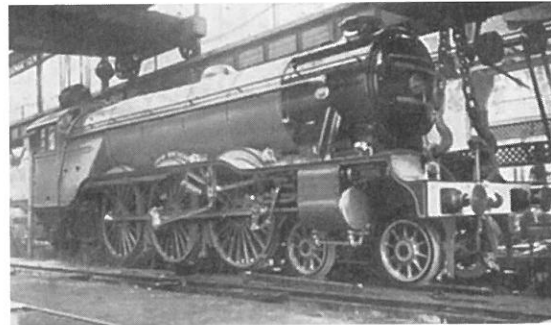
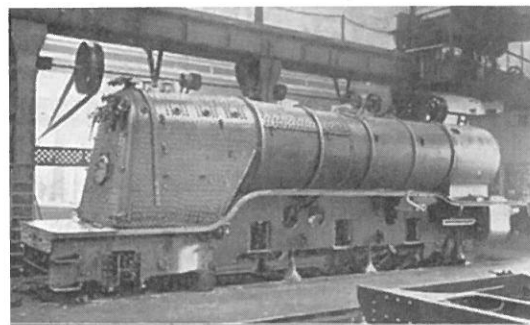
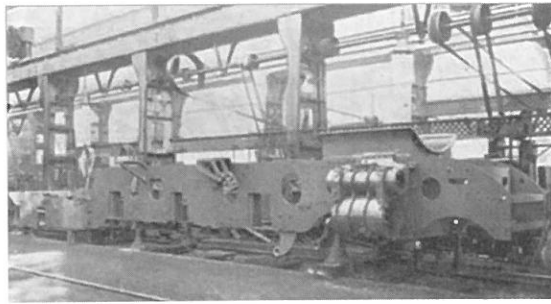


写真4 Gresleyパシフィック第1号機 A1 No.1470 Great Northernの建造風景

(上の2葉を対照されたい。左右気筒取付位置の後方、肉抜き穴までの部分に横倒し台形状に展開しているのが中央気筒取付ボルト。Gresleyパシフィックにおいては中央気筒の“一馬身”後退が特徴である。G., Gibbard Jackson, The Book of the Locomotive, London, 1924, next to p.208.)

4気筒試作機、No.10000が1937年に単式3気筒機へと改造された際にも3分割方式が選択された。

ところが、'30年に初号機が造られたIC1タンク機関車V1級には、以上の伝統に反して3気筒一体の鋳鋼製気筒体が、'36年に初号機誕生を迎えたA3の短縮IC1化版V2級の気筒にも、これと同様のモノブロックが与えられた。

'37年、旧North Eastern鉄道、Ravenの1919年製3気筒2C機、No.2364に近代化改造が施された際にも、ボイラ受、蒸気室共一体の3気筒モノブロックが採用された。もっとも、V2の気筒には経年とともに多数の亀裂がはいったため、'60年頃、K.J. Cookの指導の下、これを3分割構造に改める措置が、20両ばかりのV2に対して講じられなければならないになっている。^{*4}

一方、当時のわが国においても熱負荷に曝される鋳物、とりわけ鋳鉄に経年劣化を生じ、変形や微小な亀裂が頻発するといった現象は、船用蒸気タービンのケーシングなどにおいて日常的に観察されていたから、モノブロック化はもとより2分割(2+1)方式でさえ、後々のことを考えるとすれば、必ずしも最善の製造方案とはいえなかった。^{*5}

図2は、わがD50(9900)型における損傷発生例で

ある。この鉄道省の機関車としては時代をリードし、D51のベースともなった型式は機構面に幾つかの弱点を露呈しつつ稼働していたが、材料面についても「シリンダの摩耗量が他形式の5倍以上にも達する……(他の形式の摩耗量——直径の拡大——が走行1万km当り大体0.08~0.10mmであるのに、9900形は0.45~0.5mm)」と指摘されたほど大きな不安を抱えており、不安は気筒体の亀裂についてもあった^{*6}。

かかる気筒体の亀裂発生についてはまた、「D50、C53、C51、9600、8620などの代表的に活躍したもの、または活躍しつつあるもので、相当年月を経過した機関車に多いので、これは当然のことであろう」などと、他所事のように評言されている。

この辺りからすると、高温に曝される鋳鉄の経年

(4)cf. F.A.S., Brown, Nigel Gresley Locomotive Engineer, London, 1961, pp.107, 169, 175, 182, 203~204.

(5)船用蒸気タービンについては、著者の『船用蒸気タービン百年の航跡』ユニオンプレス、2002年、141、157~158、225、235~236頁、参照。

(6)引用は、今村一郎『機関車と共に』ヘッドライト社、1962年、133頁。走行10万km当りの気筒摩耗として次のようなデータも公表されている。8620及び9600:0.7~2.5mm、C51:0.7~2.0mm、D50:3.0mm。機関車工学会『新訂増補 機関車の構造及理論』上巻、392頁。

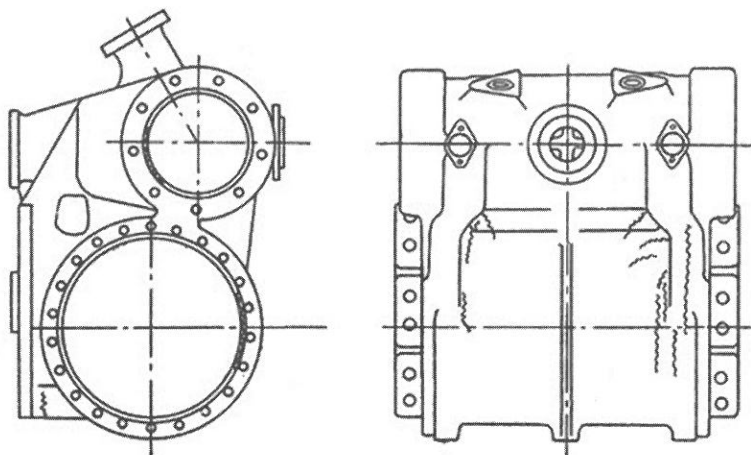


図2 D50の気筒体における損傷例

(機関車工学会『最新 機関車検修工学』交友社、1940年、239頁、第259図)

劣化に対する予防策など皆無といった状況が蔓延していたと見受けられる。この現実、この損傷状況もまた、当時、わが国の工業技術が置かれていた歴史的位相を示す“示準化石”にはかならない。^{*7}

この種の気筒体においては、単に亀裂のみならず歪みも発生していた。そしてその程度は2気筒一体の3気筒右側体において最もはなはだしく、これとボルト結合される左側体の変形と複雑に絡んで、3気筒ブロック全体を微妙に歪ませていた。これがC53において計測された法外な漏洩損失について、考えられる最も合理的な説明である。^{*8}

そもそも、米国において鋳鋼の信頼性を画期的に向上させ、それを機関車界に普及させた功労者は、彼

の国でも第一級の技術力を持つ機関車開発・製造家、Pennsylvania 鉄道であった。鋳鋼製の揺れ枕や台枠の熱処理に係わるその研究成果が、1914年にN.Y.で開催された米国鋳山技術者協会で論文発表され、そのアブストラクトが流布されると、鋼の変態点、温度管理技術、築炉技術の根幹についての知見が広く共有されるようになり、米国における鋼製部材の比強度は一挙に昂進せしめられた。この事例からは米国における機関車製造家の技術、学識の高さが窺われる。^{*9}

だとすれば、時のトップメーカー、Alco 流の鋳鋼2分割方式にしても、米国という国でこそ中庸を得た、ただし過渡的な技術であったにせよ、日本にとっ

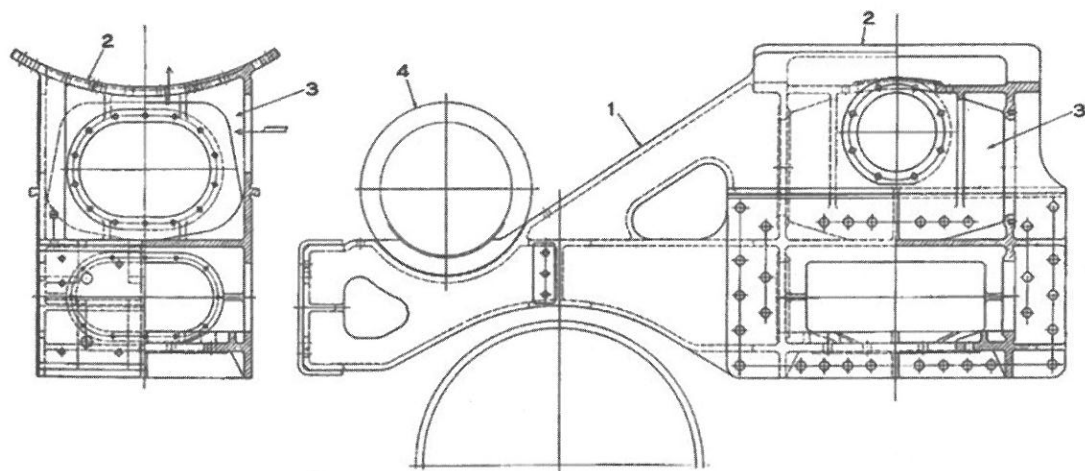


図3 C55型蒸気機関車の排気膨張室付き罐台と台枠への取付け状況

(機関車工学会『最新 機関車名稱辞典』80頁、第67圖、同『新訂増補 機関車の構造及理論』上巻、313頁、第214圖も同じ)

ては材料を鋳鉄に大幅格下げしたものの、それがかえって禍したためか、客観的にはかなり消化不良の技術になっていたと見てよい。

「3気筒のシリンダの鋳物は、これはまったくよい参考になった」……こんないいぐさは本来、対等に近い生産技術を持った者だけが、口にすべき台詞(せりふ)でなければならない。

島は「…満鉄ではまだ米国の機関車を買ひ、そしてそれをほとんど模造している状況で……」などと、満鉄の機関車造りに対して軽蔑の視線を投じていた。

しかしながら、先に触れた漏洩損失の発生状況が教えてくれるように、鉄道省工作局車両課が率いる本邦機関車製造技術体系それ自身も、Alcoの作品を丸写ししたうえ、当初の性能がどの程度持続的に発揮できるのか一度、検定してみた方が身のためといえる程度の水準に在った。

(2) 罐台と排気膨張室、気筒体

いまひとつ、C53とは直接関係せぬが、鉄道省の蒸気機関車の気筒体設計に係わる問題として、排気の背圧低下とボイラ通風の均斉化を企図して、導入された排気膨張室に絡む問題がある。排気膨張室とは気筒からの排気を直接、吐出し管に進入させず、いったん、罐台の内部空間へと導くことで排気をスムーズに減圧流出させ、かつ2気筒機関車において特に激甚となる排気誘導通風の脈動均斉化を通じて、力行時における燃焼場(火格子上の燃焼層)の安定性向上をはかろうとする鉄道省独特のシカケである。

図3にこれに係わる一例を示す。図3正面図の“3”の所の矢印が排気の進入であり、当然、気筒体側にはこれに対応する設計が施されていた。先に見たD50の気筒体(図2)も、かかる思惑を体現する作品であった。図4に排気膨張室への排気ツナギ管を有する気筒体一般の図解を示す。

さらに、C55の後継機C57型蒸気機関車における実

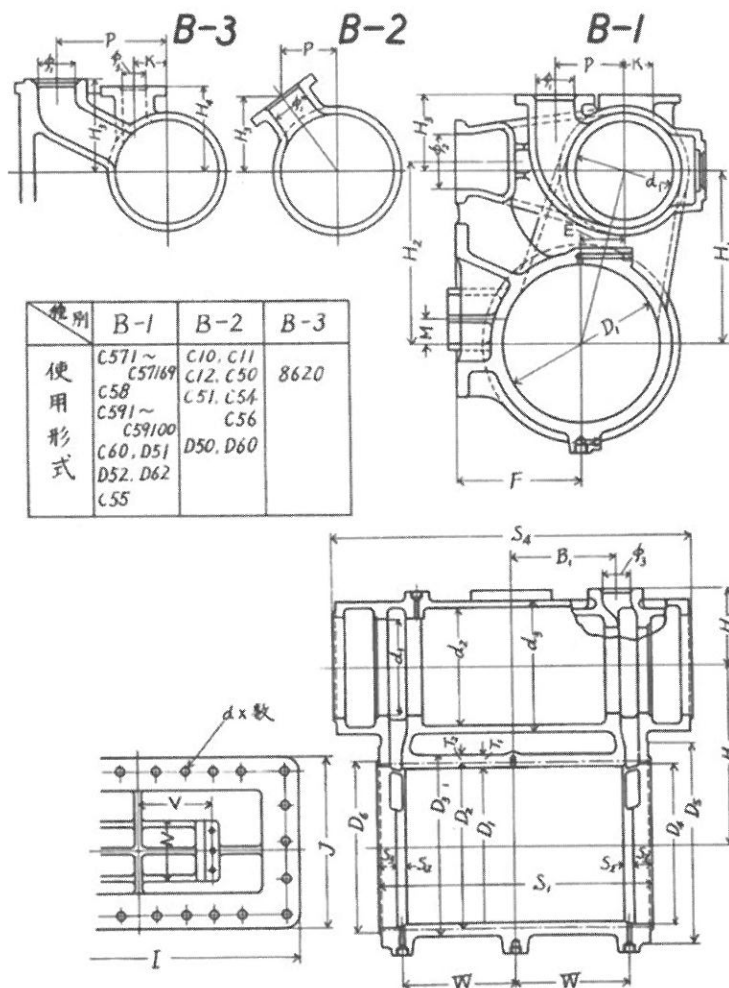


図4 排気膨張室付き罐台に対応する排気ツナギ管付きの気筒体

(C55はB-2ではなくB-1であり訂正。φ2の値はC55とC57が170mm、C59は180mm、国鉄工作局動力車課監修『蒸気機関車各部設計寸法』交友社、1956年、8頁、より)

験を通じて、鋳鉄製に改められた罐台の2階のみならず、1階部分をも追加の排気膨張空間として利用する手直しによって、排気膨張室圧力が多少低下せしめられ、ピストン背圧も応分、削減される事実が判明した。

しかし、この構造では下段の圧力上昇は相対的に僅少で、排気流れ全体の方向と局所的なそれとの間の整合性もなかった。

(7)引用は、機関車工學會『最新 機関車検修工学』238頁、より。

(8)著者の「C53型蒸気機関車試論[訂正版]—近代技術史における3気筒機関車の位置付けと国鉄史観、反国鉄史観—」(大阪市立大学学術機関リポジトリ登載)、表7-6、参照。

(9)cf., Machinery's Encyclopedia. 1929 ed. Vol. VI p.71.

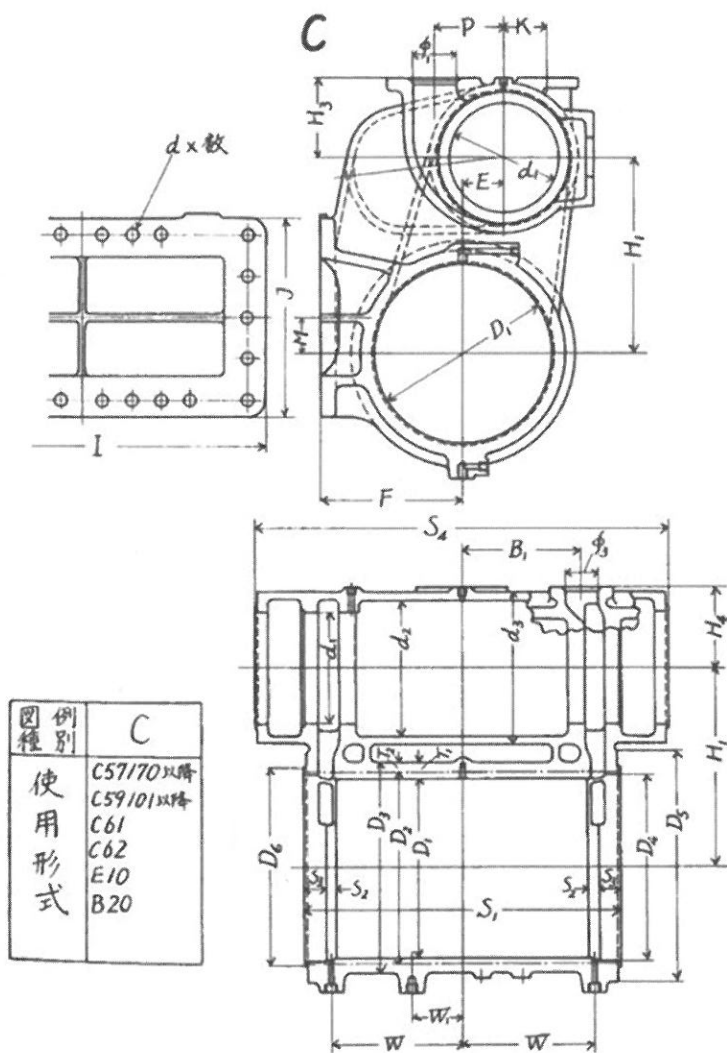


図5 排気ツナギ管なしの排気膨張室に対応する戦後の標準型気筒
(国鉄工作局動力車課監修『蒸気機関車各部設計寸法』9頁、より^{*10)})

そこで、実験結果を踏まえて開発されたのが、ヨリ大きな容量を持つだけでなく排気を下方、気筒体取付け部から受け容れ、上方に一方流れて送る1, 2階吹き抜け・一方流れ型排気膨張室であり、これに対応する排気ツナギ管のない気筒体である(図5)。この場合、排気はいったん、斜め下方に導かれ、気筒体取付け面の開口部を経て排気膨張室1階に進入し、そのまま2階へと上昇に転ずることとなる。

『鉄道技術発達史』は、新旧両型式の相違と下方流入・一方流れ型排気膨張室が有する副次的なそれを含むメリットについて：

これらの排気膨張室には2通りあつて、排気ツナ

ギ管を有するものとないものがある。排気ツナギ管を有しないものは、シリンダの主台ワク取付け部の穴からボイラ台内の排気膨張室に排気を導くのであつて、排気ツナギ管をやめており、従来は排気ツナギ管取付け部の漏れに困惑していたのである。

この部の漏れは熱による膨張収縮に基づく亀裂などによるものであり、漏れると前方の見通しに苦勞していた。この点は解消したわけである。

形式別シリンダ容積と排気膨張室容積との割合は、表12【ここでは省略】のとおりである。排気ツナギ管をやめたものは、ボイラ台の下部の穴も利用しているので、同一形式でもこの方が排気膨張室の容積が大となり、真空度も平等なわけである^{*11)}。

これでC57型の低～中速域における背圧上昇問題は解消されたようで、同じ基本構造は戦後製造された多くの国鉄蒸気機関車にも採用されている。漏洩うんヌンについては熱変形や亀裂に係わる相当レベルの低いハナシとなっているが、鋳鉄の変形やシール技術全般の低位は、現にこの国の機械技術体系に固有の問題であり、この部分からの漏洩とその解消に関しては日本国有

鉄道工作局動力車課発行の文献にも明記されるところとなっている^{*12)}。

[2] C53における主動輪の釣合法

次に、島が鋳鉄ブロック問題とは天地の差を以てそのオリジナリティを自慢して止まなかったC53における主動輪の釣合法について、それが如何なる所作であり、如何なる理屈からそれが構築されたのか、について瞥見を試みよう。

その動輪、とりわけ改造後の主動輪における釣合鍾群の“ヤブニラミ”的相貌は、この3気筒機関車C53の外観を大いに際立たせるメルクマールとも

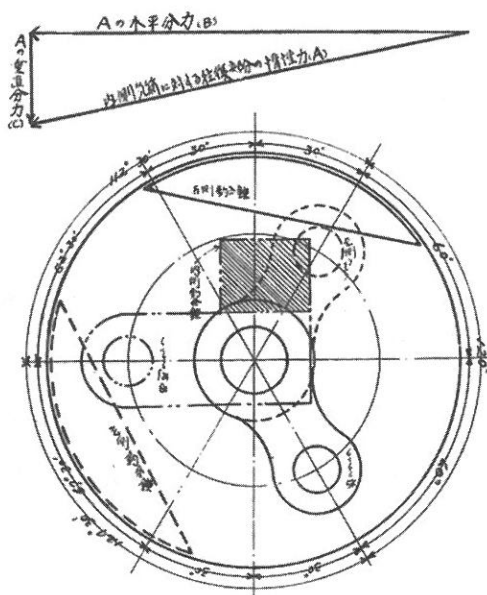


図6 C53の主動輪のクランクウェブに付加された釣合錘
(斜線部、改造前、右側より、西尾前掲書、143頁、第68図)

なっているからである。*13

C53の駆動方式は3気筒とも、主動軸(ここでは第2動軸)に作用する集中駆動方式であった。そして、水平から7° 30'という中央気筒軸の傾斜を有するC53の主動輪クランクピンの割り振りは、C52を裏返したような格好で、右～中127° 30'、中～左112° 30'、左～右120°となっていた。*14

図6の斜線部はC53に当初、与えられていたクランク車軸の補助錘である。西尾に拠って、この補助錘はその遠心力によって中央気筒の往復運動部の慣性力(A)の垂直下向き分力(C)を打消すために、取り付けられたものとの説明がなされている。(C)は軌道を叩く上下振動、いわゆる“hammer blow”の特異な、3気筒機関車に固有の発現様式ともいえる。もちろん、これは外死点での現象であって、内死点での力の向きはすべて逆になる。

実はこの図6、記入されている数字はよいが、作図そのものはデタラメで、クランク位相はどれもこれも120°に描かれている。また、よく見れば、そこにおいてはクランクピン位相以外にも、おかしな箇所が目につく。釣合錘の位置である。右側(実線)釣合錘は回転方向(時計回り)に正しく(?)前進している。これは早い時期に撮られた写真でも、確認が可能な点である。

他方、この図の通りであるとすれば、左側(破線)

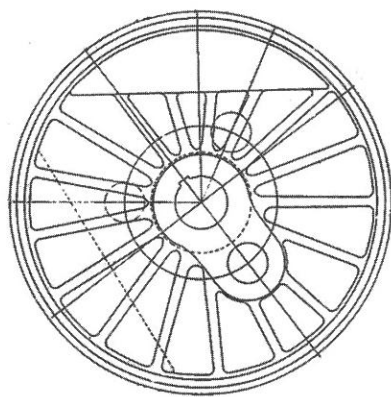


図7 C53の主動輪のクランクピン配置と釣合錘配置

(改造後、右側より、この図はほぼ正確である。クランクピン位相は従前通り、西尾前掲書、40頁、第14図より)

まで前進していることになる。しかし、素直に“cross balancing”されている2気筒機関車でもミカニやC52のような3気筒機関車でも、左側釣合錘は機関車の前進に対して、回転遅れ側にズレていた筈である。*15

西尾は改造後におけるC53の主動輪の図をも掲げている。図7として掲げたその図は、図面集のそれとも対応しており、クランクピン位相も正しく表現されている。*16

これらの図は、機関車を右側から見たモノとして

(10)戦後型のC57は1946～'47年の32両(全体の16%)、戦後型C59も同じ年に73両(同、42%、内C60への改造8両)、戦後派のC61は'46～'49年に33両、C62は'48～'49年に49両、E10は'48年に5両、B20は'45～'46年に15両、製造された。

なお、C62について、国鉄SL図面編集委員会編『日本国有鉄道 蒸気機関車設計図面集』の図面C62-2の中、炭水車の後に採録されている気筒図面LA 2053は排気ツナギ管付きの戦前型C59のそれである。C62(C59戦後型)の気筒図面ならLA 2058でなければならぬから、両型式の構造における基本的差異を疎かにした初歩的な編集ミスと思われる。

(11)日本国有鉄道『鉄道技術発達史Ⅳ』1958年、305頁、より。

(12)『C59形蒸気機関車明細図』(1955年)の冒頭「C59形(101以降)機関車について」の4.2、参照。

(13)写真集か図面集ででも確認していただくのがベストであるが、主動輪に設けられた割円(弓形)状の釣合錘の取付角度がその前後の第1、第3動輪におけるそれと比べて極端なまでに不揃いとなっていたワケである。

(14)西尾廣義『三気筒機関車の研究』交友社、1929年、40頁、143頁、第68図、より。

(15)クロス・balancingとは蒸気機関車における機関部1次振動の釣合に際し、釣合錘の重心と遠心力、慣性力の作用面とのズレから発生するローリング・モーメントを相殺するため、反対側の動輪に補助釣合錘を配するドイツ起源の手法。著者の「C53型蒸気機関車試論[訂正版]」図3-17の辺り、参照。

(16)国鉄SL図面編集委員会編『日本国有鉄道 蒸気機関車設計図面集』原書房、1976、2004年、45頁、参照。

ならば回転方向は時計回りに、左側から見たモノとしてなら反時計回りに取る。この点に注意して見れば、実線の釣合錘は時計回り(右側)なら回転方向に進んで、反時計回り(左側)なら遅れている。このこともまた、後年に撮られた写真でも確認可能であり、こちらが正しい。

現象的には進むにせよ遅れるにせよ、両側の動輪の釣合錘はクランクピンに対して逆方向に、そして同じだけズレている……これなら同じ輪心(ホイール)を裏返しで使って済ませられるワケである。

ところが、特別な設計をして、合成錘のクランクピンに対する位相が左右異なるように、3気筒機関車の主動輪を眺てしまうと、差し替えも裏返しも効かなくなってしまうから、確かに生産性の点では面白くないことになる。

3気筒クランク車軸の釣合

この点を念頭に置いて、3気筒クランク車軸の釣合について、いま少し詳しい説明を聞いてみよう。図8はC53の初期クランク車軸における独特の釣合法の勘所を解説するものであり、こちらは西尾の図6とは異なり、往復運動部の慣性力うんヌンではなく、専ら遠心力に係わる議論のベースとなっている。

L, R, Mは左, 右, 中央のクランクピン位置を示す記号で、Mの位置に記されている「●」(大)は、中央クランクピン回りの回転質量を表わす。図はMが外側死点に位置する瞬間を表わしている。Mの位相は、左右クランクピンL, Rの対称軸から θ (C53における実数値は $7^\circ 30'$)だけ変位しているため、そのままでは左右クランクピン回りの回転質量WL,

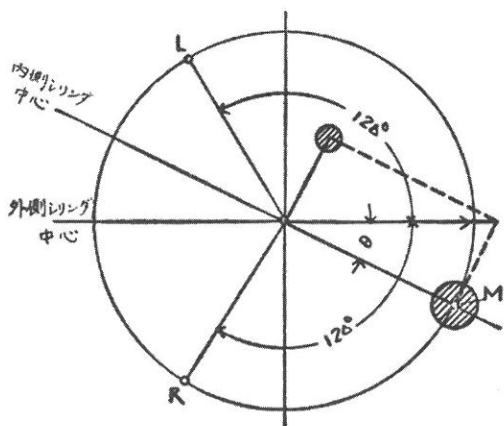


図8 C53設計に際して開発された主動軸回転質量釣合法
(機関車工学会『新訂増補 機関車の構造及理論』中巻、交友社、1941年、235頁、第162図より)

WRに対する釣合錘の用をなさない。

そこで、クランク中心から中央クランクウェブと直角方向に、補正釣合錘「●」(小)を張り出してやる。

この「●」と「●」とに働く遠心力の合力は、L, Rに作用する遠心力の合力と正反対の向きで、その大きさは同じになるよう調整されている。

これにより、各クランクピン回りの回転質量を左右動輪に取付けられた釣合錘の助けを借りずに、均衡させることが可能となる。

実際にはこれだけで釣合を完結させられるほど大きな「●」の取付けは困難であり、L, Rの反対側にはそれ相応の大きさの釣合錘が必要となるため、左側動輪に仮想「●」の質量の一部を移し、例としてLの対面に取付けられるべき釣合錘との間に、合成錘を形成させる。かくすれば左側の釣合錘は、前進回転方向に向かって、さらなる“進み”の位置を得ることになる。

そして、この輪心(ホイール)とまったく同じモノを裏返してやれば、それはそのままさらなる“遅れ”の位置を持つ合成釣合錘を有するR側、すなわち右側動輪として使えるワケである。^{*17}

島 秀雄が「ことにバランシングについては、欧州にもどこにもないはじめての方法が秘められていて、その結果軸重も軽く、つくるにもやさしく、もちろん釣合いは完全といったうまいものになったのである」と自讃しているのは、正しくこの方法であった。^{*18}

確かに、この一見巧妙な“島式バランシング”とでも呼べそうなやり方に拠れば、主動輪輪心は一種類で済み、これに新たに追加される釣合錘の質量も回転半径が大きい分だけ小さくできる。

中央クランクウェブに補正釣合錘を残すにしても(図6斜線部)、その質量は大したモノではない。かくて、バネ下重量の小さいスマートな主動輪が得られることになる。

3つある動軸の内、主動軸のバネ下重量だけが軽減されて如何ほどの効果があったかは別にして、ではあるが……。

しかしながら、“島式”釣合法には大きな欠点が包蔵されていた。すなわち、あらかじめ覚悟の上であったにせよ、中央クランクピン回り回転質量に生ずる遠心力の釣合を、その場で取らなかった(部分釣合を図らなかった)ため、逆方向の遠心力の左右作用点間距離が大き過ぎ、クランク車軸に過大な内部モーメントの発生を見ることがそれである。

このため、当時の脆弱極まる一体成形クランク車

軸(後掲図11)や、中央クランクピン(中ビク)軸受、車軸軸受では保(も)たなくなったからか、あるいは単に生産性・コストへの打算の結果か、C53のクランク車軸はほどなく、一体式から組立式(後掲図13/写真5)へと設変されている。^{*19}

しかも、この期に及んで島が選んだのは、導入が容易な部分釣合ではなく、これまた独特、中途半端、かつ面子に拘ったような組立式クランク車軸、ならびにそれに対応する“ネオ島式”釣合法であった。中央クランクのウェブには、中心線に対して25°ほど、ほとんど申し訳程度に屈曲した短小な補正釣合錘部が与えられていた。

前掲図8にこれを当て嵌めれば、直ちに了解されることであるが、約25°の屈曲、換言すればウェブから約155°の開きを持つ補正釣合錘部の重心位置は、Mから反時計回りに127°30'進んだLの位相を通り越して、10時の辺りに来てしまう。

この補正釣合錘が矮小なのは、その質量の大部分を左右の動輪に均分した結果と考えられるから、左右動輪上のこの位相に補助釣合錘を置き、クランクピンの対面に置かれた釣合錘との間に合成釣合錘を形成せしめれば、その重心はクランクピンに対して前進回転方向に“遅れた”位置にやってくる。裏返しによって左右を共通化できる点は従来型と同じである。そして、これが図7に示された改造後のC53主動輪における釣合法の主たる根拠に他ならない。

C53が改造後、単独で見ればスマートでありながら、一覧すれば見苦しいほどに統一性を欠いた釣合錘取付け位置を特徴とする動輪群を与えられるに至った経緯は、おおよそかくの通りである。

なお、レシプロ・エンジンにおいて往復運動部分の慣性力に対する釣合が施される点においては、内燃機関も3気筒機関車も2気筒機関車も同じことである。しかし、そのオーバーバランスの程度は、機関の1次振動の内、ハンマーブローを静止輪重の15%以下に抑えるべしという鉄道省的制約の下では、高が知れていた筈である。

つまり、鉄道省は乗客に不快感を与える前後動(ドンツキ)を野放しにして、軌道保護を優先させていたワケであり、図6の(C)はこのハンマーブローの特殊な、3気筒機関車に固有の発生例である。追加錘が西尾の語る意味においてこの(C)(と内死点における上向きの力(-C))のキャンセルに与っていたとすれば、WL、WRに対する釣合錘としての質量に加え、幾何かの超過質量が与えられていた筈であるが、この点に関する定量

表1 各種蒸気機関におけるクランク回りの許容応力

	クランク軸頸	クランクピン
高速蒸気機関	28~40	28~40
低速蒸気機関	60~80	60~80
船用蒸気機関	30~40	30~40
蒸気機関車	100~120	100~120

池澤保『蒸気機関設計』産業図書、1946年、266、278~279頁、参照。

的データについては、不明とせざるを得ない。

[3] 蒸気機関車における駆動力の伝達と支持機構

(1) 蒸気機関車という原動機の特種性

動力発生装置としての機関車の特種性は、仕業の定刻性の具体化が負荷率の変動を通じて実現される点に求められる。すなわち、機関車の負荷率は据付機関や船用機関の多くとは逆に、あるときには極端に高く、またあるときには極端に低い。本邦機関車工学の先達、森彦三らは、すでに見た通りこの点について、

「機関車は不完全なる基礎の上に並べたる二本の軌条を頼りて晝(ひる)となく夜となく走行し、山に登り谷に下りて常規を逸せず、あるいは徐行して一時の進退を争ひ、あるいは疾走して一時間に能く六十哩の距離に達す」

とも、また、

「狭隘なる場所に一切の兵器と一切の兵糧とを貯え出で、数百哩の外に使い、風雨寒暑を厭はず常に分秒を過(あやま)たずして発着し、時々刻々変化する抵抗を受けてこととせず、逆に立て順に守るもの、その境遇において据付機関と同日の論にあらず」

とも述べていた。^{*20}

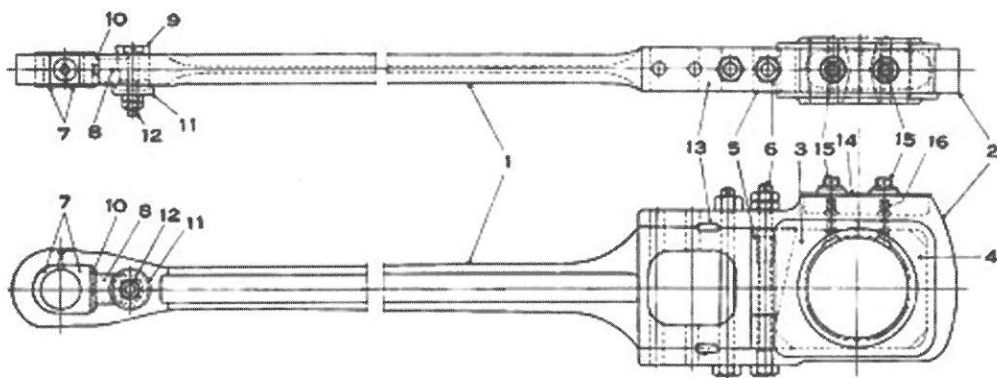
大きな、そして絶え間ない負荷変動こそがその仕業の特徴である。そして、これを冷静にいい換えるならば、機関車の平均負荷率は、発電用や船用の原動機と比較すればきわめて低い、ということになる。ちなみに、クランク軸頸およびクランクピンに対する最大許容圧力(kg/cm²)の例を表1に示す。

(17)機関車工学会『新訂増補 機関車の構造及理論』中巻、235~236頁、参照。

(18)島、前掲「C53の設計をめぐって」,「C53からC59へ、そしてC62へ」、参照。

(19)中ビクとは中央Big Endがなまったもの。

(20)森彦三・松野千勝『機関車工学』上巻、大倉書店、1910年、1~2頁、より。ルビ、句読点および段落は引用者。



(a) C53の中央主連棒(中心間距離2700mm, 通常構造の太端を有する外側のそれは3100mm).

1 主連棒體	7 主連棒細端受金	12 主連棒細端楔ボルト
2 主連棒太端	8 主連棒細端楔受	13 キー
3,4 主連棒太端受金	9 主連棒細端楔	14 油壺蓋座
5 主連棒太端楔	10 主連棒細端楔ライナ	15 油壺蓋
6 主連棒太端楔ボルト	11 主連棒細端楔ボルト座	16 サイホン管

(b)『最新 機関車名称辞典』184頁, 第151図)

図9 C53の中央主連棒

この数値は蒸気機関車における平均負荷率が何故、低くあらねばならぬかを示すデータともなっている。蒸気機関車は如何にも勇猛そうに振舞うが、その最大出力たるや“火事場の馬鹿力”に類するモノに過ぎない。ボイラ馬力の制約もあるが、A4, Mallardが202.77km/hを記録した際、身を以て示してくれたように、機械的な制約も実のところ大きい。

しかし、それは決して欠陥なのではない。その正常な使用条件からして、それでさして構わぬワケである。そもそも、無限に続く高速運転や連続上り勾配など、あり得ないからである。

(2) C53の主連棒

それにしても、C53の“中ビク”軸受をはじめ、蒸気機関車部品の負荷容量は元来、最大出力に対して不足気味に設定されていた。ギリギリに贅肉を削ぎ落として、そこに至るのは荊の道である。しかしながら、かりにもこれが平時の仕業にも事欠くほど少なきに失しており、何とかいまい少しの持久力を持たせねばならぬとすれば、方途としては適材の選択、応力の切下げ、潤滑上の工夫……、これ位しかない。

まず、力の伝達経路の順に代表として中央主(しゅ)連(れん)棒(ほう)から瞥見してみよう。当然

のように図9に示すC53の中央主連棒太端はC52譲りのオープンエンド+ストラップ(—C+コ)方式であった。

この点と油壺が2個になっている以外で、C53のそれが鉄道省におけるほかの蒸気機関車の主連棒と別段に変わった形状であったワケではないが、その材質はストラップ共々、炭素-V鋼というC52譲りの、鉄道省にとっては新たな鋼種であった。

西尾はこの点について述べたうえ、「従来主連棒の特殊鋼材料としてはニッケル・クローム鋼を採用したが、この機関車には上記の材料を用ひ他ののもの之に変更するやうになつた」(『三気筒機関車の研究』181頁)、と続けている。ここにいう「従来」とか「他のもの」がD50初期のそれのみを指すことは、状況的に明らかである。余り虚勢を張るものではない。

なお、C53には主連棒以外にピストン棒、同ナットにも炭素-V鋼が採用されている。クランク車軸にもそれは採用されているのであるが、こちらは後に見るように、少しハナシがヤヤコシクなる。

(3) C53における主動軸軸箱と潤滑機構全般

①主動軸軸箱

鉄道省蒸気機関車における走り装置や車軸軸受、

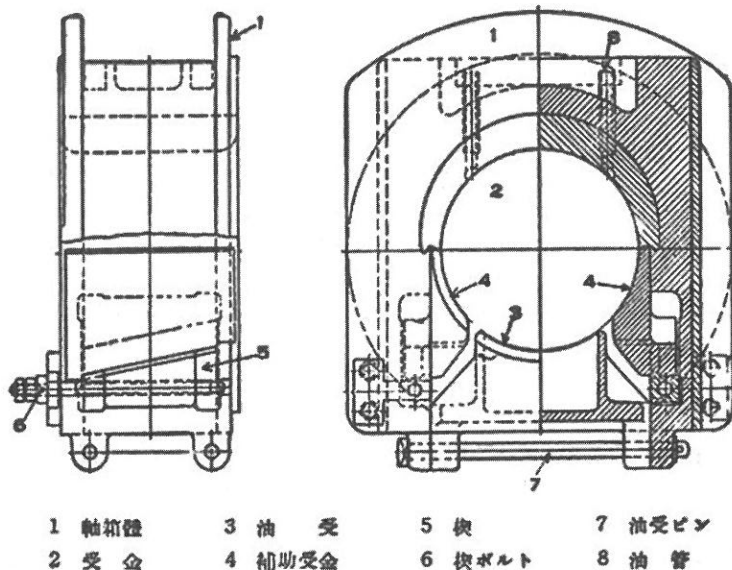


図10 C53の主動軸軸箱

(機関車工学会『新訂増補 機関車の構造及理論』中巻、212頁、第144図、勝山政次郎『最新 機関車技術問答三百題』交友社、1932年、146頁、第七十図も同じ)

弁装置について、米国との比較しつつ、やや突き放した総括をするなら、転がり軸受採用の遅れと弁装置から滑り機構を排除する工夫との疎遠性との、2点を挙げればこと足る。ただし、この方面の先進的開発動向や、わが国における端緒的取組み事例などについては、紙幅の都合上、割愛せざるを得ない。^{*21}

C53の主動軸軸箱、つまり車軸軸受とエンジンの主軸受を兼ねる部品は当初、図10に示されるような構造をなしていた。これが台枠の切欠き部に嵌め込まれるワケである。“補助受金”はC52のそれとはまったく異なり、楔を用いて横から調整する設計に変更されていた。

もっとも、文献には「此の補助受金は調整を誤ると直ちに軸箱の発熱を招来し、而も大した効果も認められないので最近はこの装置を取り外した向きが多い」ともあるから、事実上、厄介者にほかならず、結局、廃止されたようである。本図はその「在りし日の姿」を偲ぶ縁(よすが)でもある。^{*22}

②鉄道省蒸気機関車における潤滑システム

次に、C53における潤滑問題の要衝たる“中ビク”潤滑について観て行きたいが、ここで強調しておきたいのは、そもそも潤滑の不具合はC53に限らず、鉄道省の蒸気機関車に共通する弱点であった、という事実である。

鉄道省の過熱式蒸気機関車における給油は、給油ポンプ(一種のプランジャ・ポンプ)による気筒および蒸気室への自動圧送、機関助手が操作する見送給油器(“sight feed lubricator”: 蒸気圧で水混じりの油を送り出す装置)による圧縮機、給水ポンプなどへの送油、技工による手差し、の3つに大別された。

鉄道省の蒸気機関車において、油ポンプは弁装置の“加減リンク”に取付けられたアームにより駆動された。2気筒機関車には左右に一对、これを備えていたが、C53においては中央気筒用にさらに1個が装備されていた。給油ポンプによる気筒への自動給油は1000km 当り給油量にして8620で5.6~6.0ℓ、9600およびC51で7.0~8.0ℓ、D50においては、8.0~9.0ℓが標準とされていた。これに対して3気筒であるだけにC53は流石に油を食い、10.0~11.0ℓを必要とした。^{*23}

(21)この点については、著者の「鉄道車輛用ころがり軸受と台車の戦前・戦後史—蒸気機関車、客貨車、内燃動車、電車、新幹線電車から現在まで」(大阪市立大学学術機関リポジトリ登載)のⅢにて詳しく論じておいた。

(22)引用は『新訂増補 機関車の構造及理論』中巻、213頁、より、鉄道史資料保存会によって刊行されたC53の明細図からも“補助受金”の設置状況をうかがい知ることはできない。該当部分は改造(撤去)後の図面のリプリントであるためと推測される。

これとは別に、技工による手差し給油は軸箱やロッド回りに対して行なわれた。この内、軸箱については、1軸1000km当り、先輪では0.10ℓ、動輪では0.10ℓ、従輪0.05ℓがほぼ型式の別なく標準値として指定されていたが、急客機C51、C53の動軸軸箱のみは、0.15ℓと大目であった。ロッド類、クランクピンに関して、遺憾ながら、C53についてのデータだけが見当たらない。^{*24}

最も問題が多かったのは、機関助手によってなされる手差し給油であった。本来、手差し給油については、各所に点在する油壺への検修員＝技工による作業を主体とするが、このような部位に限って頻繁に潤滑不良に陥りがちであった。それを尻拭いさせられたのが機関助手たち、というワケである。この点に関し、機関車工学会は次のように述べている。

「機関車の給油は機関車検査掛において担当することが原則とされ、給油耐久軒を増して給油作業を合理化するやうに機関車を改造適応させるならば、乗務員が給油することは全然必要のないことである。ことに乗務員はその機関車に対する潤滑部分の趨勢を知らないのであるから、与へられた油はその必要であると否とに拘らず、その全部を無為に消費する結果となることが多く、はなはだ不経済である。

乗務員に多くの油を持たせて給油させることは、給油に対して自信のないこと、すなわち研究の足りないことを現はして居るものである。

しかしながら現在構造上より給油耐久軒のはなはだしく制限されて居る箇所、たとえば加減リンク滑子の如き、また冬季油の滴下困難となる主連棒細端の如き箇所に対しては、折返駅または乗継駅等において給油の必要を生ずるのであつて、これらに対し往復250~400km程度の機関車仕業に対し0.2立程度の油を搭載して乗務員に給油せしめることは必要である。

なお500km以上の長距離乗継運転となる場合には、自ら状況が異なり、毎日給油および隔日給油箇所程度を乗務員において行なう必要が生ずるであらう。

要するに乗務員の給油は、これを最小限度に止めることが理想であつて、出来得くば全然之を廃止すべきである」。^{*25}

③潤滑の運用実態

では、一体、如何なる措置が乗務員に依って講じられていたのだろうか？ 煩瑣に過ぎぬよう、ロッド、弁装置回りに絞ってその一部を紹介してみよう。^{*26}

運転中における主連棒太端の軸受帯熱や、軸受部

不具合による打音発生はC53に限らず、蒸気機関車の持病の最たるものであった。帯熱に対しては補油しか手立てはなく、通綿(トリミング)の細径化ないし針弁の抜取りを施し、追加給油してようす見運転を行なうこととされた。

また、温度が70℃程度になると、機械油より高粘度の気筒油を混合給油すべしとも指示されていた。何れの場合においても締切(カットオフ)を伸ばし、加減弁を絞って最大筒内圧を抑えた、騙し騙しの運転法が求められた。

この他、ロッドおよびクロスヘッドにおいては、油壺蓋落失が頻繁に発生した。これに対しては緊要度の低い部位からその油壺蓋を取外して“かけ油”を施した後、この油壺蓋を落失箇所に充当する弥縫策が常套であった。もちろん、この“かけ油”は停止の度に繰り返されねばならなかった。

弁装置では、摺動部品である加減リンク滑子の焼損という事態が頻発した。これを放置すれば、やがては逆転機操作不能に陥ることとなるが、これに対しては停車の度の給油しか対処法はなかった。また、締付ナットの弛みやピンの落失が多発した。

前者に対しては点検と増し締めの上で繰返ししか、方途はなかった。ナットが外れ、接合ピンまで失われた場合には、作動速度の低い逆転棒と逆転軸腕との接合部のピンを取外し、携行しているハンマの柄を間に合わせとして該部に突込み、取外された接合ピンを落失箇所に充当するといった、離れ業が演じられたりもした。

これを要するに、乗務員による給油は本来不要とされるべき行為であったが、それを可能にするグリース潤滑のころがり軸受や加減リンク・滑子を廃したベーカー式弁装置の採用といった技術的改善策が、鉄道省においてはほとんどないし、まったく講じられなかった以上、乗務員による日常的尻拭いは絶対に不可欠な業務であった。^{*27}

常習化していたのは、乗務員によるこの種の尻拭いだけではない。C51による特急牽引仕業においては走行中、若い検査要員1~2名を台枠内に忍ばせ、動軸軸箱に人力給油させる、などという特攻隊まがいの給油が常套化していた。名古屋機関区の元機関士、伊藤健一曰く、

その日、臨時“つばめ”号の牽引機C51形に乗務して定時、名古屋駅を発車。しかし、どうも油の焼けるにおいがする。だが、戦前の特急列車である。止めることはめったにできない。熱田駅を通過する時

に、紙に故障を書いて駅長へ渡した。さっそく駅長から機関区へ電話がはいり、後続の列車で検査掛と技工が来てくれることとなった。だまし、だまし沼津まで走ったが、とても帰りの列車仕業は無理だった。

後続列車で来た検査掛と技工が、さっそくタービン発電機から電気を取り、台枠中に電球を付け、走行給油をできるようにした。

帰りの臨時“つばめ”では技工が台枠のなかに入り、ブレーキロッドの上に足をかけ、車軸に給油する方法が採られた。

危険きわまりないこの作業は、人命よりも定時運転が優先させられた戦前のあの時代だからできたのであろう。左右の1750mmの大動輪が轟音を立てて回るなか、両足をブレーキロッドの上にのせ、名古屋まで走るのである。全身油でまっ黒になって、給油を続けるM君には、まったく頭の下がる思いだった。

駅通過のときは、電球を消すことも打合わせた。それは、駅長がその光を見て軸焼けと判断し、停止手配をとると、特急列車の途中停車＝事故ということになるので、それを乗務員はもっともいやがったためである。それと機関区の名誉がかかっていた。いまではとうてい考えられない人命軽視の時代の話である。^{*28}

また、同じく、かつての名古屋機関区の検修員、伊藤弘一曰く、

「特急列車等で軸焼けが発生すると、技工が台枠の中に入り、走行中に中の技工が給油するといったこともあった。私の友人の桜井君と鈴木君は、特急2列車“富士”で、米原から牽引機のC51形の台枠に入り込み、鈴木君が第1動輪、桜井君が第2動輪を担当し、給油をしながら名古屋へ戻ってきた。

C51形はスポーク動輪のため回転すると外から台枠内が見えるので、駅を通過する時この光景を見てびっくりしたホームの乗客が、あわてて駅員に連絡したこともあった。一步間違えば命がないこの危険な作業も、戦前は当たり前のようにやっていた」^{*29}。

筆者は寡聞にして“これがC53になって改善された”という体験談を承知しない。むしろ、名古屋機関区での機関助士時代、これに乗務した川端新二による次のような証言がある。曰く、

「C53の第2動輪は、左右のシリンダと傾斜した中央のシリンダからの力が、複雑に絡み合って車軸、クランク軸ともに頻繁に発熱を繰り返した。また、構造的にも主台枠の強度が不足していて歪みや振れも多く、これも発熱の原因となった」。^{*30}

この点に関しては、名古屋機関区元検修員、技工長 伊藤金市も、

「台枠特にシリンダ取付部の亀裂、ねじれ変形が発生し、その中でも台枠のねじれは軸焼けの最大の原因となり、技工を泣かせた。」

と回想している。

伊藤はまた、この点についてやや詳しく、次のようにも回想している。^{*31}

「1940(昭和15)年ころになると、特急用のC53がやたらに中ビクの発熱が多くなってきた。我々技工もすり合せて加修をして防止に努めたが、それでも熱を持つようになった。

特に特急燕に使用するC53は、静岡からノンストップで走ってくるため、よく焼けた。六検時に原因を調べた所、台ワクそのものにネジレが生じ、軸やビッグエンドに無理がきて熱を持つことがわかった。C53の台ワクはあまり強いものではなかった。

ある時は、中ビクそのものがネジレてしまい、浜松工場から中ビクを取り寄せたこともあった。」^{*32}

この二人が異口同音に唱えている台枠の問題に係

(23)満鉄では気筒給油にも飽和蒸気時代の国鉄蒸気機関車なみに見送給油器が使用され続けていた。さすがに“あじあ”の牽機パシナや最終世代のパシハにおいては、見送給油器とBosch油ポンプとの併用体制が構築されており、両者の間に位置するダブサにおいてはBosch油ポンプ・オンリー方式も試みられてはいたが、以上は例外で、新旧のC、D型機からミカシ、マテイなど、比較的新しいD型機まで、気筒給油は見送給油器のみであった。つまり、その方が潤滑の確実性が高かったということである。

過熱蒸気の使用と気筒潤滑油の発展との一般関連については、著者の『船用蒸気タービン百年の航跡』21~22頁、参照。

(24)機関車工学会『最新 機関車検修工学』408~413頁、参照。

(25)『最新 機関車検修工学』420~421頁、より。

(26)車両実務研究会『機関車故障五分間手当て』交通研究会、1951年、50~55、76~79頁、参照。

(27)そのせいで、蒸機乗務員による回想記の類には、軸受の帯熱状況チェックや給油、事故、対策(運転法)、消火作業等についての記述が散見される。

(28)伊藤健一「3シリンダ機のドラフト音も高らかな時代」『鉄道ファン』Vol.29 No.342,1989年、より。

(29)伊藤弘一「私の機関車修繕人生」同上誌Vol.29 No.343,1989年、より。

(30)川端新二『ある機関士の回想』イカロス出版、2006年37頁、より。

(31)伊藤金市「C52・C53形を保守して」『鉄道ファン』Vol.30 No.345 1990年。なお、C53における台枠の脆弱性は国鉄技術の正史にさえ、「主台ワクとシリンダの取付部は構造上弱く、この部にキレツが発生して困難していた」と、明確に述べられている(日本国有鉄道『鉄道技術発達史 V』1958年、178頁)。この問題については後ほど再度、取上げられる。

(32)西村『国鉄名古屋機関区 蒸機と共に』私家版、1992年、102頁。ただし、名前が“金一”と誤記されている。

わって、"軸焼け"のトラブルがC53において加重された形で現われていたようすが窺われる。無論、C53に関してより頻繁に取沙汰されるのは、当然予想されるように、そしてGresleyのA4オリジナル版と同様、"中ビク"軸受の支障であった。潤滑剤として用いられたのは、前掲図13に"油壺"と"サイホン管"が表示されていることからして、機械油でなければならないのであるが、名古屋機関区の元乗務員の回想に、

「C53形は中ビクの給油(グリス)が必要で、この作業は機関助士の役目であるので……」といった件(くだり)があるほか、ベースであるC52についての同機関区元検修員の回顧にも「第2動輪の内側はグリス等でベタベタで……」とか、C53が六検で入場して来た際、"中ビク"ボルトをあらかじめ緩めておくのが新米技工の役目であり、「あのグリスでベトベトの台ワクの中に入りスパナとハンマで緩め」させられてうんヌン、「狭い所へもぐって行ったらグリスをさしたり苦労した」といった記述があり、"中ビク"潤滑にグリスを用いていた時期があったのかも知れない。*33 *34

このC53"中ビク"に対しても鉄道省の伝統(?)は、遺憾なく発揮された。当該部分への特攻隊的給油については、元名古屋機関区乗務員の対談という形で次のような証言が残されている。*35

羽多野勝三 私が庫内手やっている頃、ずいぶん怖いことをやるなと思ったのは、金森(実)さんたちがC53で戻ってくると、機関車の下からノソノソと出てくる人がいましてね、あの何人ですかって聞いてみると、沼津から機関車のなかにもぐって油をさしてきたっていうんですよ。えらい人がいると思ったけど、私は一生あんな仕事は、やりたくないと思った。——走ってる機関車の足回りに、もぐっているんですか。

羽多野 走ってる走ってる。

長谷川宗雄 そりゃ怖いねえ。どういう人ですか。

羽多野 当時の技工(現在の機関車掛)をやっていた溝口さんという人で、C53の中ビクを焼いてはいけないというので、沼津を出庫する時に自分で油カンとコモを用意してきて、走っている最中にオイルシリンジ(水鉄砲式の油をさす道具)で回転部分に、油をさしてきたんです。

長谷川 特急に乗り込んでですか。

羽多野 ええ、普通なら途中駅で下において油をさ

すんだが、「つばめ」は静岡にしか停まらないから乗ったんでしょう。

——しかし人が乗るスペースがよくあったものですね。

羽多野 第二動輪と第三動輪の間のブレーキハンガー(左右のブレーキを連結して支えている梁)の上にコモをかけて座るから、外からは全然見えない。

長谷川 そりゃあ凄い。ブレーキ使ったら座っている所が動くでしょう。

羽多野 そんなことよりも、もたれる所も持つ所もない。すぐ両側じゃあ動輪がグルグルまわっているし、目の前は中央のクランク、足もとは砂利と枕木がジャンジャン流れている。

——サーカスもどきですね。

羽多野 いま考えてみると、よくあんなことをやったものですね。自分の機関車を焼いてはいけないという責任感だけです。40階の窓掃除と同じで、ちょっとでもフラツとしたらおしまいだ。

長谷川 いや、それ以上だ。つかまる所がないんだから。飛び込み自殺でもあったら、もろに突き当たってくる。

熊谷政美 名古屋を出て稲沢くらいまでならなんとかできるかもしれないが、沼津からだからねえ……。

熊谷 沼津からここまで240km、特急でも3時間以上かかる。

羽多野 われわれでも、給水ポンプの調子が悪いと、走行中に運転室からランボードへ出て頭を叩きに行くんですが、それでも怖いから、ハンドレールを握りしめてソロソロ出ては、あわてて帰ってきたものです。

——いまでは日本中さがしても、そんな人はいないでしょうね。

羽多野 昔はそういう豪傑がいましたね。いまは人間が平均化してしまったが。

こう語る羽多野は、1940年に名古屋機関区に庫内手として採用された経歴を持つ。これはまさに、

「昭和15年ころになると、特急用のC53がやたらに中ビクの発熱が多くなってきた」と伝えられている、年回りに当る。

「やたらに」過熱を生じながら、それでも定時に特急を牽かされたのであるから、不慮の災難ならぬ「あんな仕事」＝走行中の人力給油の頻度も上がりこそすれ、下がることはなかったであろう。

また、同様の証言を川端は体験談の伝聞という形

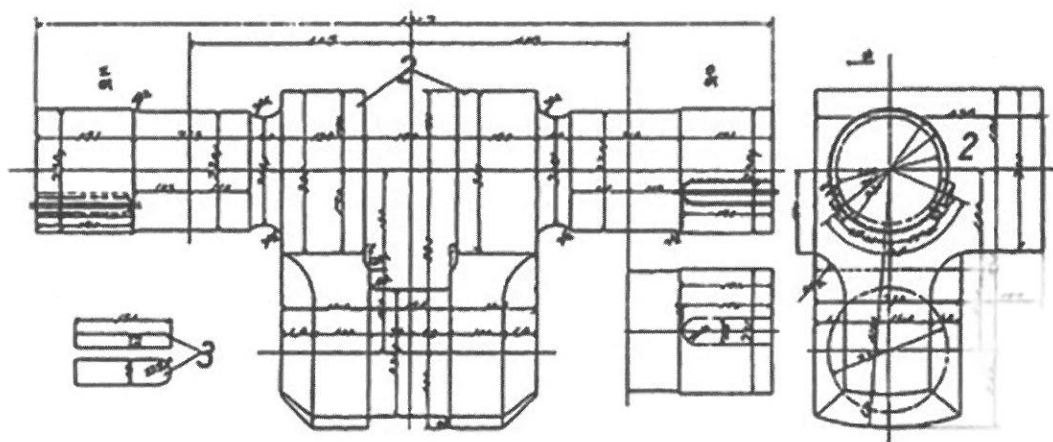


図11 C53初期の一体型クランク軸

(イメージの把握を妨げる寸法補助線は濃度を下げてある。クランクピンの寸法は $\phi 230 \times 150\text{mm}$ 。フィレット部には隅肉Rが付けられているようである。ウェブ厚 $160/150\text{mm}$ 、軸頸は $\phi 220 \times 215\text{mm}$ 、同くびれ部 $\phi 205 \times 60$ 、R70、第1・3動軸は軸頸 $\phi 200$ 、中央ストレート部の185。なお、鉄道史資料保存会編『8200形(C52形)機関車明細図』鉄道史資料保存会、1995年、153頁に拠ればC52の組立式クランク車軸は一回りゴツく、クランクピン $\phi 241 \times 152\text{mm}$ であったが、軸頸とウェブもそれぞれ $\phi 230 \times 241\text{mm}$ 、 165mm と太目であった。鉄道史資料保存会編『C53形機関車明細図』2000年、221頁より)

で、紹介している。それに拠っても、こんな作業はC53の特急仕業においては、日常茶飯事であったという。曰く、

次のような話のある指導機関士から聞いた。

「給油担当の機関車検査係をしていた時、往きの急行で第3動軸と中央クランクが発熱し、これでは帰りの特急『富士』は、とても無理だと乗務員から連絡があった。急いで沼津に行き、その機関車に乗ることになった。当時の『富士』は、下関から連絡船で釜山、朝鮮鉄道、南満州鉄道、シベリア鉄道と接続し、モスクワ経由でパリ、ベルリン、ロンドンに到達するという、欧亜連絡の国際列車だった。絶対に遅れさせてはならない、重要な列車だった。」

「途中の静岡と浜松で」停車した時、給油するぐらいでは、とても発熱焼損が抑えられそうもないと判断し、オイルシリンジ(自転車の空気入れ状の潤滑油注入用の器具)と潤滑油入りの一斗缶(18ℓ)を持って台枠のなかに入り、プレーキ弾き棒に板を固定してその上に立ち、240km、3時間25分潤滑油をかけ続けた。

目の前で巨大なクランク、両側では動輪が唸りを挙げて回転し、車軸や担バネが激しく上下動した。ポイント通過の時の動揺と振動はものすごかった。しかもいったん走り出したら機関士との連絡方法は一切なくなる。

浜松辺りから暗くなった。馬車メガネ(ゴーグルの

役目をするめがね)をかけて絶えずガラスを拭いていた。全身油まみれとなった。機関士はあまりの汚れるように、言葉を失っていた。

こうした危険きわまる仕事は、決して命じたり命じられたりしなかった。偉い人は、そんな危険なこ

(33)伊藤健一「3シリンダ機のドラフト音も高らかな時代」『鉄道ファン』Vol.29 No.342 1989年、伊藤弘一「私の機関車修繕人生」同、Vol.29 No.343 1989年、元名古屋機関区検査長 西村幸雄の回想(西村勇夫『国鉄名古屋機関区 蒸機と共に』183頁)、次に見る座談会記事、より。

それにしても、C52やC53の「中ピク」や主動軸回りの一体何処をグリース潤滑していたというのであろうか? 中央主連棒末端を改造してグリースカップが取り付けられていた、くらいのことしか考えられないのである。ともかく、このような情景を目に浮かべるにつけ、せめてC52に関して最初からクランク車軸にAlco流の内部潤滑用グリース穴が加工されておれば、と惜しまれる。

(34)スパナとハンマに関連して付言すれば、スパナを握る左手の親指を幾度もハンマで強打した経験を持つ西村幸雄は、同上書176頁において「後年、メガネ・スパナ、またボックスレンチ等で作業ようになったので大変楽になった」と述べている他、「戦後の蒸気機関車修繕とお召機整備」(『鉄道ファン』Vol.29 No.343)と題する回想においても「片口スパナとハンマ」作業で度々親指を打撲した思い出を語っている。

なお、商工省標準形式自動車の開発に際しては、標準工具として当初から廉価な造りのボックスレンチが用意されていた。それでも、メーカーたるいすゞの設計陣は敢えて戦地での劣悪な修理条件を慮り、すべてのボルト、ナットがスパナで脱着可能となるような設計を施していた(拙著『鉄道車輛工業と自動車工業』日本経済評論社、2005年、58~59頁、参照)。

(35)「乗務員座談会 東海道本線のSL特急をしのんで」(『蒸気機関車』No.35、1975年)、より。

とをしてもらっては困る、何か事故があったらどうする、と口ではいいながらも、感謝していたのだから、いわゆる暗黙の了解というやつだ。

「当時の名古屋機関区のC53担当検査係は、みなこれくらいのことはやっていたよ。また、特急を受け持っていた機関区ならどこでもやっていたと思う。まあ責任感と使命感かな。俺は数回やった。超特急『燕』でもやったが、こっちは昼間で明るいだけマシだった」*36

回転しているクランクピン軸受に外部から油をかけても、潤滑面に到達する量は恐らく微々たるものであろうが、吹き掛けられた油は冷却剤としての役割をも果たしていたと考えられる。

それに、これは安物の4サイクルガソリン機関における飛沫潤滑にも通ずるやり方であり、'36年型シボレーのトラック用機関における“Pressure-Stream Lubrication”(およびそのイミテーションであったトヨタB型における対応物)などは、これをそのまま機械仕掛けで行なう潤滑システムであった。従って効果は、確かに有った筈である*37。

それにしても、体系的データに立脚したきめ細かな検修指針を掲げた機関車工学会にして唯一、C53に限り、ロッド、クランクピン回り給油量の標準値すら示していないのは、掲載したくても載せられぬ、かようなシガラミが在っての故としか考えられない。

これに対して、内部からグリースを供給するラインを与えられた、AlcoのN.Y.C. No.2568や満鉄ミカニの設計において用いた方式は、誠に健全であった。より高い平均負荷率、換言すれば長い高負荷運転時間を強いられる据付機関あるいは、船用機関の耐久性を許容最大応力値の切下げと並んで支えていたのはもちろん、この種の手厚い内部潤滑システムであったが、かような利器は保守・整備の容易さと“火事場の馬鹿力”を二大美德とされる鉄道省の蒸気機関車とは、おおむね疎遠であった。

[4] クランク車軸の設計……製造法と素材

(1) 初期型一体式クランク車軸

当初、C53の初期に採用されたそのクランク車軸は、先にも述べたように、特殊鋼製一体鍛造品(図11)であった。一体鍛造とはいえ、それは現実には厚板に近い芋鍛造品から膨大な切削作業を経て、切出されたモノである。

ご覧のように、ほかの3気筒機関車のそれと同様、軸頸部とピン部との間のオーバラップがまったくな

い、非常に間延びしたモノであるが、この設計自体はピストンの行程が長く、最大ガス圧→最大トルクが低い以上、致し方ないプロフィールであった。これを太く丈夫にすれば重量も軸受の周速も過大となり、悪影響が出るばかりとなる。

ただ、C52などの組立式クランク車軸とは違い、部分釣合のための釣合錘がなかった点に注目したい。これ位の鍛造品になると釣合錘を一体成型するのは、確かにホネであるが、小器用な釣合法に挑みさえしなければ、これに釣合錘を別体で後付けという方案もあった筈である。

しばしば語られる特殊鋼の節約うんヌンの理屈などまったくの筋違いで、後付けなら炭素鋼の別体成型品を、アリ組に留めてボルトで固定すればよかっただけである。

それにも拘らず、この措置を講じなかったのは完全な設計ミスであった。“島式バランシング”や“cross balancing”などに拘泥する一方で、この有様——まさにバランシング倒れである。かような設計に拠ればクランク車軸の中央クランクにかかる遠心力は、動輪の釣合錘によって均衡せしめられる他なくなるワケである。

繰返しにはなるが、これではクランク車軸に強い内部モーメントが働かざるを得ない。この内部モーメントは軸を曲げ、主軸受、つまり車軸軸受をこじる作用をなし、曲ったままの状態で回転を続ける軸の作用によって、軸受の帯熱や軸受の短命化が招かれずには済まない。

また、クランク軸頸およびウェブには曲りを生じ、クランクピンにも大きな曲げモーメントが働く。

こんなことになれば、“中ビク”に問題が起こるのは必定であり、軸および軸受金属の異常摩耗や帯熱は当然、悪くすれば応力集中の結果として、クランク軸折損に到る位のことには目に見えている。それはまさしく、同時代における内燃機関技術史の教訓でもあった。

海外技術情報に通じ、商工省標準形式自動車や鉄道省標準ガソリン動車の設計に際して取りまとめ役を演じ、あまつさえ『自動車工学実験法』(共立出版、1944年)なる著書までモノした島が、この程度 of 感覚を持ち合わせなかったことは誠に不可解という他ない。

また、鉄道車両車軸は走行中、常時“回転曲げ試験”に供されるが如き存在であるから、パネ上重量を支える役割を分担する3気筒蒸気機関車のクラン

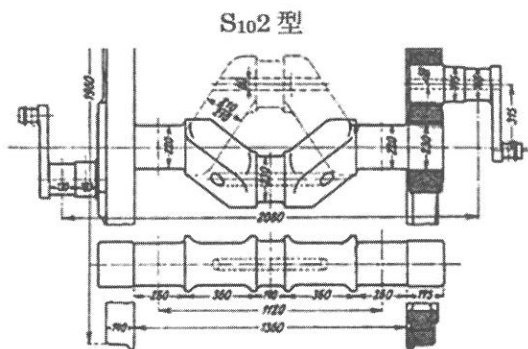
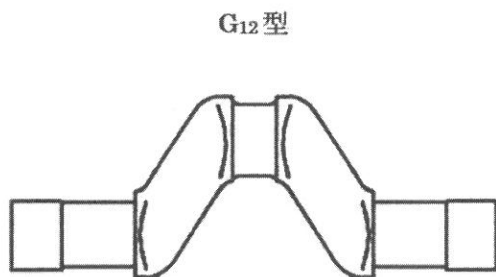


図12 プロイセン国鉄G₁₂型およびS₁₀₂型蒸気機関車の一体鍛造クランク車軸

(G₁₂型: Robert Garbe, Die Dampflokomotiven der Gegenwart. Band II Tafelband. Tafel 10より作成, S₁₀₂型: ditto, Band I Textband. S.352, Abb.488より)

G₁₂型: クランクピン寸法φ250×170mm, 軸頸φ225×260mm, 他の動軸は軸頸φ215, 中央ストレート部φ200,

S₁₀₂型: 同じくそれぞれ, φ230×140mm, φ220×250mm, 他動軸, φ210×260mm, 200mm)

図13 / 写真5 C53の組立クランク車軸(改造後) (クランクピンの寸法はφ230×170mm, ただし, フィレット部には20mmとかなり大きな隅肉Rが取られており, 有効幅は一体型と変りなかったと思われる。軸頸はφ220×215mm, くびれ部はφ205×60, 70R, ウェブ厚150mm, 左: 西尾前掲書38頁, 第13図, 右: 『最新 機関車名称辞典』186頁, 第153図より)

クランク車軸には, クランク軸デフレクション(弾み車重量によって陸船用中・大形内燃機関のクランク軸に生ずるウェブの開閉)に輪をかけたような変形が必ず発生する。中央クランクピンに作用する遠心力に対して, 部分釣合を取らぬままに放置すれば, 遠心力とバネ上荷重との絡み合いによってクランク車軸には複雑な応力が作用し, これを一層責め苛む事態は不可避であった。

(2) 海外における一体式クランク車軸

もっとも, 3気筒機関車のクランク車軸に関しては, C53初期のそれと同じ一体式という範疇の中においてさえ, これとは異次元に属するモデルが存在していた。ドイツ(プロイセン)国鉄やL.N.E.鉄道の前身会社における旧い実施例がそれである。以下, 素性のより明らかなプロイセン国鉄の初期3気筒機関車のクランク車軸から紹介を試みておこう。

出現順位とは逆の取上げかたになるが, 図12の左側, G₁₂は軸配置1E, ボイラ蒸気圧14気圧, 気筒D×S=570×660mmの3気筒貨物機で, その駆動方式は第3動軸集中駆動, 動輪径1400mm, 機関車単体運転整備重量93ton, 最大運転速度65km/hという機容であった。

同型式は1D1の満鉄ミカニと似通ったサイズながら, 低規格路線での運用が考慮されていたため, 動軸数が1つ多いだけではなく, ボイラは細目で, 火室も申し訳程度の広火室であったから, 重量的にはミカニより20%ほど小さく, 運転速度も低かった。

この太目でやや間延びしたシンプルきわまるクランク車軸にも釣合錘は取付けられていない。つまり, この設計は低回転域での性能を重視し, 釣合を動輪の釣合錘に100%任せ切ったうえ, 軸に働く振りモーメントや内部モーメントなどはそれ自身の太さとゆったりした曲げ角によって吸収させればよいという実に横着な設計思想の具象化であった。

しかしながら, 如何なドイツとはいえ, 回転を上げて高性能化をはかるべき圧力の作用下においては, かような横着設計はその馬脚を顕わした筈である。

実際, 右側の図に示される通り, 1980mm動輪を有する同時代の, 実際には3年ほど先に投入されていた2C旅客機S₁₀₂(14気圧, 気筒D×S=500×600mm, 動輪径1980mm, 機関車単体運転整備重量81.24ton, 最大運転速度110km/h)のクランク車軸は, G₁₂のそれと同様の形状ながらクランクピン部にはφ60の穴を穿つ中空加工が施されていた。

また, '34年に2両試作され, 同じく2両造られた2気筒版との比較テストに勝ち'37年に追加8両の製

(36)川端前掲書, 37~38頁, より。

(37)C51, C53における走行中給油については, 実行者の一人である伊藤金市の簡単な回想が西村前掲『国鉄名古屋機関区 蒸機と共に』102頁にも収録されている。

なお, これらの自動車用ガソリン機関たちについては, 著者の「戦前戦時のトヨタ貨物自動車用ガソリンエンジンについて(1,2)」『LEMA』(日本陸用内燃機関協会), No.468, 470, 2002, 2003年(大阪市立大学学術機関リポジトリ登録), 参照。

造を見た勾配線区用 84 型 3 気筒 1E1 タンク機関車のクランク車軸は、S₁₀₂ 同様の仕様ながらピン部の穴径拡大と軸頸にまでの中空加工により、不釣合重量軽減を含むさらなる軽量化措置が講じられていた。

これは最大運転速度が 70km/h から 80km/h に引き上げられた増備 8 両分における変更点であったのかも知れない。もっとも、同じ最大運転速度を有する G12 の後継機 44 型のクランク車軸においては、写真から判断する限り個体ごとに中空加工の有無が在ったらしい。

それにしても、ドイツという国は 3 気筒パシフィック急客機 0310 はもとより、A4 Mallard の 202.77km/h に次ぐ 200.4km/h の記録を樹立した試作 3 気筒スピード・アタッカ 05 にまで、この中空加工を施しただけの横着設計型クランク車軸を用い続けたのであるから、横着もここまで徹底すれば見上げたモノである。

かような横着設計が最後まで幅を利かせられたのは、A4 の 2032mm に対する 05 の 2300mm という動輪径が象徴するように、英国と比べれば、わが鉄道省が範と仰いだドイツの機関車設計が大動輪径を好みとし、高回転・高出力型に攻め込む姿勢を欠いていたからにはほかならない。

このクランク車軸の容貌は如何にも鍛流線の良好な繋がりを誇示するかの如くに見える。当時の設計者、Garbe は S₁₀₁ をはじめ、ドイツで幅を利かせていた同じ鍛造→削出しの 4 気筒機関車用 90° クランク車軸（面倒な鍛造工程と凄まじい機械加工の賜物！）と比較すれば、このテの 3 気筒横着設計クランク車軸は、鍛造が容易で製品の信頼性、寿命ともに優れ、好まれていると伝えている。

ただし、ことこのクラスの機関車に限れば、ヨリ長命であったのは 3 気筒の S₁₀₂ ではなく、複式 4 気筒の S₁₀₁ 型であった。もっとも、その間、クランク車軸の更新ぐらいは有ったのかも知れぬのであるが……。

一方、部分釣合式の組立式クランク軸を常用した英国、L.N.E. 鉄道においても、図 12 と類似の形状を有するクランク車軸が存在していた。

遺憾ながら、機関車の型式は不明で、中空加工の採否、材料についても判然としないが、先輪と集中駆動の主動輪である第 1 動輪との間延び具合から、その軸配置は 2B ないし 2C、弁装置がグレスレイ式ではなく 3 連ワルシャートになっているにも拘らず、英国近代蒸気機関車にはあるまじく、ピストン尻棒が

存在感を発揮している事実から、相当古い機関車をリビルドした型式と推定される。

英国でも時代を遡るほどに、また中小形機種であれば尚更、かように間延びした設計の一体型クランク車軸は珍しくなかった、と理解してよからう。^{*38}

この極限からは程遠い設計には、合理的開き直りが滲み出ている。

C53 のような 1067mm ゲージの 3 気筒機関車のクランク車軸設計においても、ドイツ流の大動輪・低回転主義とワンセットにして、この横着設計を丸ごと真似しておればよかったものを、島の知性はかくの如くは割切れず、部分釣合を疎かにして小賢しい釣合法を創出した。ここに C53 におけるクランク車軸設計上、最大のミスが在った。

(3) C53 のクランク車軸の材料

さて、C53 初期の一体鍛造クランク車軸の材質に関しては鍛鋼製であったことだけは確かであるが、材料の詳細については資料によって異なった記述が見られ、ときには一見したところワケの判らぬ様相が、醸し出されている。

たとえば、機関車工学会『改訂増補 機関車の構造及理論』上巻（1937 年、交友社）、399 頁、同『新訂増補 機関車の構造及理論』中巻、179 頁には一体型クランク車軸の材料について、「特殊鋼を用ひ然かも熱処理までも施して」あったが、最近の組立式においては加工容易な「良質の鍛鋼材（SF54）」に変更された、とあり、同『最新 機関車検修工学』（1940 年、交友社）、465 頁には Ni-Cr 鋼の用途として「此の鋼は C53 形式のクランクウェブ、ピストン棒、主連棒等機関車の部分品中強度が大で重量を軽減することを望む部分に広く応用せられて居る」と記されている、などといった具合である。

ちなみに、クランクウェブに、と特定するからには組立式クランクのハナシでなければならなくなる。これでは結局、一体式クランク車軸に熱処理された「特殊鋼」が用いられていたこと位しか、確かなこととしてはいえぬことになる。

他方、西尾は「クランク軸」の材料について明確に「カーボン・バナジウム鋼」と述べている（『三気筒機関車の研究』36、181 頁）、『鉄道技術発達史（効）』の記述も「カーボンバナジウム鋼」（353 頁）と断定している。鉄道史資料保存会編『C53 形機関車明細図』（鉄道史資料保存会、2000 年）の記述（221 頁）も同じである。

多賀祐重は論文「新形三気筒急行機関車に就て」

(『機械学会誌』第31巻第134号、1928年6月)のなかで、

「主動軸はクランク軸でカーボンバナヂウム鋼製である」。

「最初一体につくったが材質が一樣にならないので組立式とした」などと述べている。

これを素直に読めば、材料は炭素-V鋼で一貫しており、製造方案のみに変更があったと受け取れる。

しかしながら、朝倉希一は、これまた明確に、クランク車軸材質が当初、Ni-Cr鋼であったといい遣している(『汽車の今昔』連載第10回『鉄道ファン』Vol.19 No.222、1979年10月)。

それに止まらず、朝倉は、

「この鋼種は粘りが強く軸受メタルとのなじみが悪いため、メタル焼けを招きやすかったため材質変更を行なったのだ」、とまで述べている。

筆者としては朝倉ほどの地位にあった人が、ここまで語っているのであるから、最初期= Ni-Cr鋼説を可としたい。だとすれば、“カーボンバナジウム鋼”を用いた一体型クランク車軸も一時期、試みられたが、間もなくこれは同じ炭素-V鋼製の組立式に移行した、というのが最も無理のないストーリーということになろう。

ところで、最初期= Ni-Cr鋼説を採るにしても、その傍証となった朝倉のメタル焼けうんヌンについての説明自体は、どう見ても頂けない。

切削加工における被削材の靱性を問題にしているワケでもあるまいに、材料の粘り、靱性と軸受メタルの帯熱とを関係付けるのは、土台、無理である。現に、Ni鋼、Ni-Cr-Mo鋼と並んでNi-Cr鋼製鍛造クランク軸は航空発動機をはじめ、高速・高性能の内燃機関に散々実用されていたし、Niを含む鑄造クランク軸もFordなどによって量産されていた。^{*39}

Ni-Cr鋼とメタル焼けとの因果連関に関して真に問題となるのは、一クランク車軸の本質的設計不良の問題は措くとすれば— Ni-Cr鋼の低い熱伝導率である(後述)。

現物の場合、これに軸そのものの設計不良から来る動的剛性の不足に起因するクランク軸の変形、すなわち軸の曲り、捩れ、ウェブの曲りが加わっていたのであろう。無論、それらを幾分なりとも埋め合わせるべきは、潤滑上の手当てにあった。しかし、C53においては頼みとされるべき潤滑もいちじるしい役不足をかこっており、それが軸受負荷を一層加重していた。

Ni-Cr鋼は、朝倉に依ってとんだ濡れ衣を着せられ、炭素-V鋼も後の国鉄史観の伝道師によって同じくスケープ・ゴートにされているのであるが、部分釣合を取らずにおいた手抜きを措くとしても、また鋼種の如何に拘らず、狭軌の制約の下でかような一体型クランク車軸を巧く造るには、船用中大形ディーゼル機関等のクランク軸鍛造に用いられているRR鍛造(第二次大戦中、フランスで実用化、戦後、神戸製鋼所が導入)のような生産技術が不可欠であったろう。

かような鍛造技術を借用できぬ限り、1067mm軌間の3気筒機関車に用いられるべきクランク車軸や、1435mm軌間の4気筒蒸気機関車用の90°クランク車軸を、安価かつ高品質な一体鍛造品として調達することなど所詮、無理なハナシであった。

ドイツや英国の上記“横着設計”例は、限界から程遠い設計性能という背景の下なればこそ、有り得た選択である。鉄道省の技術者たちが“横着設計”に頼りもせず、当時の生産技術、1067mmゲージの制約の下で、あのような一体式クランク車軸を構想したこと自体が端(はな)から間違いだったのである。^{*40}

それにしても、鉄道省の技術陣は上から下まで、Ni-Cr鋼や炭素-V鋼など、特殊鋼が嫌いであり、かつ、それはまったく故なきことではなかった。

特殊鋼は扱いがむずかしいからである。鉄道の検修職場においては、現場での修理作業が単なる完成部品の交換に留まらず、火造り、機械加工から熱処理にまでおよぶ相当広範な工作全般を包摂していただけに、尚更そうであった。ちなみに、特殊鋼の採用という点においてG.N.鉄道のK3に相当する役回

(38)cf. A.,M.,Bell, Locomotives Their Construction, Maintenance and Operation. 1st. ed. London, 1935. Vol.I, p.79, Fig.18. ただし、5th. ed. (1950)でも図は同じであるが、キャプションは異なり、L.N.E.鉄道の……、とは記されていない。従って初版のキャプション自体が誤りであった可能性は排除し切れない。

(39)たとえば、高瀬孝次・石田四郎『発動機用材料』内燃機関工学講座 第6巻、共立社、1935年、48~54頁、参照。

(40)RR鍛造とはクランク軸素形材である丸棒鋼を赤熱し、隣接するジャーナルとなる部分A、B、クランクピンとなるその中間部Cの3点でこれを驚掴みにし、AとBを強く寄せながらCを牽き出して1スローを形成し、順次これを繰返して行く工法で、鍛流線を断ち切ることなく材料を大きく変形させることが可能である。RR鍛造の概要については五弓勇雄編著『金属塑性加工の進歩』コロナ社、1978年、63、105頁、RR鍛造粗形材の自由鍛造粗形材に対する疲労強度上の優位性については、西原守・安文・福井義典「大形R.R.鍛造クランク軸の疲労強度」(『内燃機関』Vol.9 No.92 1970年)、参照。

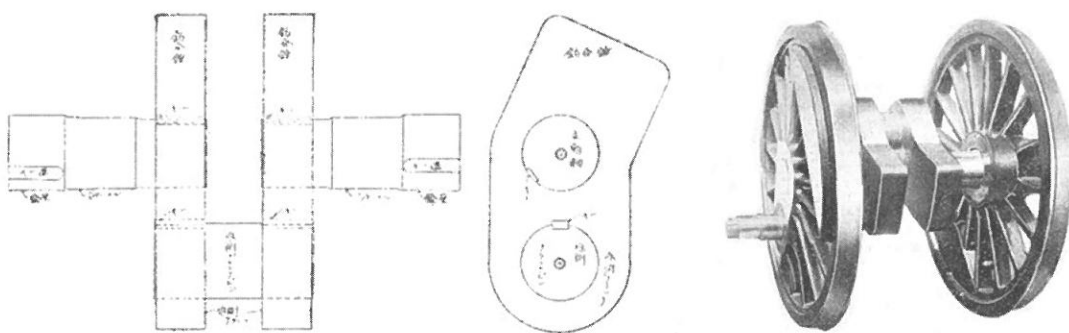


図13 / 写真5 C53の組立クランク車軸(改造後)鍛造クランク車軸

(クランクピンの寸法は $\phi 230 \times 170\text{mm}$ 。ただし、フィレット部には20mmとかなり大きな隅肉Rが取られており、有効幅は一体型と変りなかったと思われる。軸頸は $\phi 220 \times 215\text{mm}$ 、くびれ部は $\phi 205 \times 60$ 、70R、ウェブ厚150mm。左：西尾前掲書38頁、第13図。右：『最新 機関車名称辞典』186頁、第153図より)

りを演じたD50に関して、3~4% Ni-0.25~0.75% Cr 鋼の特性とその取扱に関する失敗例および対策については、次のように紹介されている。

本(Ni-Cr) 鋼は必ず800~850℃位で焼入れて之を550~650℃で焼戻して使用するのが普通である。此の焼戻しのときに、ほかの鋼では焼戻温度から徐冷するのが望ましいのであるが、ニッケルクローム鋼では焼戻脆性と称し、560℃以下の温度で徐冷すると衝撃値が著しく低下する。之がためニッケルクローム鋼では焼戻の際には、560℃に達すると油または水中に急冷して、此の焼戻脆性を予防するのである。此の特性は一般の炭素鋼に見られない性質であるため、よく失敗を招くことがある。

一例を述べると、嘗てD50形式機関車が新製されて間もない頃、ある機関区で六検を施行した機関車のピストン棒コッタが、新疵で折損して運転事故が発生した。依って種々調査した處此のピストンコッタがニッケルクローム鋼であったのに、コッタの打込しろをつくるため、鍛冶場において幅揚げ加工をした。

当事者は急冷さへしなければよいと考えたのであろうが、あにはからんや此の特殊鋼は、前述の様に焼戻し脆性と称する特性を有するため、遂に斯様な事故を生じたのであった。

特殊鋼に対しては機関区に対して熱処理を禁止して居るが、それはこうした特殊な性質を持つためである。^{*41}

ピストン棒コッタとは、ピストン棒とクロスヘッドとを固定する楔である。D50においては当初、ピ

ストン棒コッタだけではなく、ピストン棒、主連棒にもNi-Cr 鋼が採用されているが、このNi-Cr 鋼製主連棒にも、問題が頻発した。それは正史にも「D50形のニッケルクローム鋼製主連棒は使用数年を経ないのに折損するものが頻々として出た」と記されているほどの、状況であった。^{*42}

このため、'27年5月には材料を普通鋼SF54[Steel Forging (鍛造)の頭文字：炭素鋼鍛鋼品]に切替える暫定方針が決定されたが、住友製鋼所における研究結果を元に、同6月以降、0.45~0.55% C - >0.18% V 鋼への材質再変更が決定され、7月からはピストン棒もこの材料に改める方針が定められた。

しかし、この鋼種の主連棒においても相変わらず事故は頻発した。炭素-V 鋼で製造されるようになったD50主連棒のトラブルについて、今村は、

「この形式の主連棒には始め、バナジウム鋼が使用せられていたが、細端の折損または疵の発生が続出し、昭和元年1カ年間に神鉄、門鉄(広鉄)の配置両数計48両中折損事故を起した事6回(6本)、疵の発生したモノ5本という驚くべき数字を示した。」と証言している。^{*43}

そうした使用実績に鑑み、'39年からはD50(およびこれに続いたC53)の当該部品は、取換えの際、SF54製に交換すべき旨、決定された。^{*44}

要するに、Ni-Cr 鋼時代は、手探り段階での試行に過ぎず、量産品は炭素-V 鋼でスタートし、その後、普通鋼への材質変更がなされたということになる。この最後の部分だけは、グレスレイ・パシフィックと同様であり、かつ、これに先行する格好になって

いた。

それでも、改良への意欲が完全に霧散してしまったワケではなく、C57、C59、C62の戦後製造分と'48年に投入されたE10のピストン棒には、0.80~1.20% Mn-0.80~1.20% Cr鋼の採用を見るに至っている。

しかし、'49年7月にはC59179において盛金加修後の熱処理不良により、あたかもD50初期における如きピストン棒折損事故を再現させている。鉄道省にとって特殊鋼は、鬼門そのものであった。^{*45}

これより先、'36年に誕生した近代化版D50、すなわちD51のロッド類は、普通鋼SF54に改められていた。D51が鉄道省における検修技術の蓄積を生かす普通鋼の塊へと変じたのは、ある意味において合理的環境適応であった。かような意味においても、C53は、D50とともに、鉄道省蒸気機関車史上における異端児であった。

それでも、歴史認識における公平性を担保するため、筆者としては特殊鋼導入に対する姿勢うんヌンに関する米国産業界の歴史的挿話を引いておかねばなるまい。すなわち：

ある著者は、1911年頃を回顧して書いた本のなかで、当時の自動車業界が合金鋼を使用することに無関心であったことに驚いている。それによると、彼らは鋼でつくったある部品が破損すると、簡単によりねばいチャコール・アイアン（鍊鉄）でつくることに変更した。

そして次にそれが曲がると、今度は直ぐ設計を変えて形を大きくしたという。しかしこういう状態も初期ころの話で、長くは続かなかった。当初の自動車メーカー、製鋼業者、継目無鋼管業者は、その製造プロセスの創始者であったが、彼らは試行錯誤の流儀で教育された人々で、本当の意味での技術者ではなかった。

間もなく次の年代の人達がはいって来て情勢は変わった。彼らのなかには訓練された技能工、化学者や機械・冶金の技術者などが多かった。ユーザー側では一定の条件の下で試験を行なって、自分達が何を求めているか、また将来どうしたいのかをはっきりさせた。

一方メーカー側では、工場のなかでどうしたら彼らの要望を満たし得るかを研究した。こうして研究方針を種々の特定された使用条件に合致する特殊鋼の開発を目標に取る風潮がはじまり、それが今日まで続いている。

鋼管メーカーもほかの鋼材のメーカー同様、この方

針に忠実なメーカーが一番繁栄することになった。^{*46}

遺憾ながら、引用中の「ある著者」が誰であるのかについては追跡不能であったが、長い目で見ると「特殊鋼嫌い」は如何なるいい訳がなされようと、ない技術体系の未成熟性の証左以外の何モノでもない。

(4) C53の改良型、組立式クランク車軸

C53のクランク車軸に立ち戻れば、それはほどなく組立式へと変更され、こちらが多数派となった。組立式とすれば造りやすいうえに、釣合錘もウェブと一体化させることが容易となる。

しかし、島は図13 / 写真5に示されるように、素直にそうはしなかった。その理由については、すでに釣合との絡みで述べておいた通りである。そこで再び、組立式クランク車軸の材料は……となるが、そしてその鋼種についても機関車工学会は、すべて「良質の鍛鋼材(SF54)」である、と述べたり、Ni-Cr鋼が使われている、と述べたりしていたワケであるが、こちらの方は誠に明確にその材料を特定することが可能である。

それは、国鉄SL図面集編集委員会編『日本国有鉄道蒸気機関車設計図面集』45頁「第二動軸(組立形)」の付表に軸頸(ジャーナル)、ウェブ、ピンのすべてについて(かなり判読し辛いが)「カーボンヴァナジウム鋼」と記されているからである。恐らく、材料の変更はなされておらず、これのみが正解なのであろう。

この組立式クランク車軸は、釣合錘を直近、すなわちクランクウェブの延長部に配し、遠心力を無理なく、すなわち曲げモーメント(内部モーメント)によるクランク軸の曲りおよび軸受へのこじりの発生

(41)『最新 機関車検修工学』464頁、この後にNi-Cr鋼がC53のクランクウェブ、ピストン棒、主連棒などに用いられている、という最初期と思しき状況に関する記述が続く。

(42)『鉄道技術発達史 V』353頁、より。

(43)今村『機関車と共に』133頁、より。

(44)主連棒に対する言及ばかりであるが、当初、Ni-Cr鋼はD50の連接棒にも用いられていたようである。鋼種への明確な言及はないが、改造前後におけるD50連接棒のトラブルについては、本山邦久『見たまゝ聴いたまゝ』交友社、1938年、120~121頁、参照。

(45)『鉄道技術発達史 V』352~355頁、参照。川上幸義『私の蒸気機関車史』下巻、交友社、1981年、320頁にもこの問題に係わる記述が見られ、松原新司『蒸気機関車とともに』(国鉄九州総局内)国鉄動力車研究会、1972年、135~136頁に1935年頃、D50160の主連棒先端ストラップ部の裂損事故についての証言が見出される。ただし、後者の場合、材質に関するコメントはない。

(46)J.L.P., Boore/今井 宏訳『シームレス物語——米国の継目無鋼管産業発展の歴史——』私家版、1984年、101頁、より。

1

局	C53 型配置両数			ウェブ亀裂		亀裂箇所内訳				亀裂割合 (%)						
	組立 (A)	一体 (B)	計 (C)	両数 (D)	個数 (E)	左側 内 (F)	左側 外 (G)	右側 内 (H)	右側 外 (I)	D/C	D/A	E/2A	F/2A	G/2A	H/2A	I/2A
東京	3	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
名古屋	34	2	36	10	13	9	(4)	3	(2)1	27.8	29.4	19.1	13.2	5.9	4.4	4.4
大阪	33	4	37	10	12	10	0	2	0	27.1	30.3	18.2	15.1	0	3.0	0
門司	21	0	21	13	15	12	(3)1*	2	0	61.8	61.8	35.7	28.6	9.5	4.7	0
計	91	6	97	33	40	31	(7)1	7	(2)1	34.0	36.3	22.0	17.0	4.4	3.8	1.6

勝山前掲「最新 機関車技術問答三百題」123頁より。

*原表記は「(31)」であるが、このように改めないで辻褄が合わない。この表記自体は「左側ウェブの外側に同内側に対称の位置にある亀裂が3本目出た。ほかにも単独の亀裂が1本観察される」とのことである。

を、可及的に回避しつつバランスさせることが容易な製造方案であるが、当然の合理性を有する設計変更は行なわれることなく終った。このためか、本組立式クランク車軸においては、亀裂の発生頻度が従来型よりも、かなり高くなっていた(表2)。

ご覧のように、組立式クランク車軸の方が一体式のそれより高い亀裂発生頻度を示しており（総 D/A > 総 D/C）、かつ、左側、それも内側に多数の亀裂発生が認められた。これは設計上、3つのクランク位相差のうち、中央クランクと右側クランクとのそれが、 $127^{\circ} 30'$ と、最も大きな値となっているため、右・中クランクピンに作用する蒸気圧のピーク発生点が近

く、それらが協調してクランク軸を曲げる大きなモーメントを生じ、このときにウェブの支点をなすクランク軸左側軸頸をこじる大きな力が、働いたためと考えられる。

かなうな亀裂も、その程度が軽微である限り、“経過観察”措置に回しておけばよいのであるが、C53の弱点、左側軸頸のフレット部に関しては、この水準に止まることなく、現に折損事故が発生している(写真6)。

これらのデータを前に、“そもそも、クランク車軸の亀裂発生や折損事故など洋の東西を問わず珍しくない”と突き放すことも、むずかしくはなからう。

しかし、島がこれらの数字や破断面を見て後悔の一つもしなかったのか否か位は、誰かに訊ねておいて欲しかったところである。

〔5〕戦後(1945年以降)における蒸気機関車の開発

国鉄における戦後の蒸気機関車開発については、余剰型式の改造や改造に名を借りた新製を除いて、ほとんど見るべきものがない。それらはすべて既往の2気筒機関車を2軸従台車付きへと改造した型式であり、D⇒D貨物機改造の成果にD60(←D50)、D61(←D51)、D62(←D52)が、D⇒C貨物→旅客機改造型式にC61(←D51)、C62(←D52)があったほか、C⇒C改造機C60(←C59)も存在した。

そして、これらの改造機はそれぞれに活躍した。まったくの新規設計としてE10があったものの、こちらは失敗作であり、C58 代替機 C63 は設計のみに終わった。

(1) 蒸気機関車の燃焼室

先次大戦末期の鉄道省機関車ボイラに、米国より

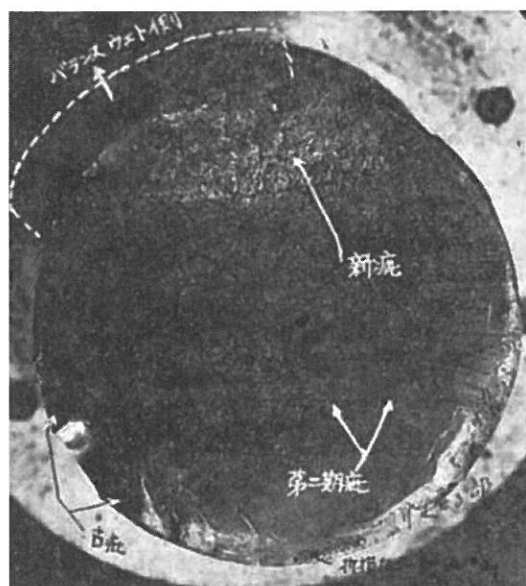


写真6 C5357における組立式クランク車軸の折損事例(左側軸頸)

[機関車工学会『最新 機関車検修工学』485頁, 第365図]

優に四半世紀ばかり遅れて本格導入された燃焼改善技術として、燃焼室、つまり内火室の前方突出し部たるビルトイン燃焼室が挙げられる。

もっとも、鉄道省～国鉄の機関車においてボイラに燃焼室を有するのは、D52(深さ1100mmと1020mm)、D62(同)、C62(同)、'43年のC59の2両とその戦後型(101号機以降:深さ600mm)、D52のそれを寸詰まりにしたようなE10(同650mm)のみであった。^{*47}

他方、海外に目を転じて、新技術といえばボイラ火室をガス発生炉として機能させる代燃車なみの石炭ガス化燃焼法(アルゼンチンで開発・実用化され南アフリカ共和国でも試製)や、蒸気タービン機関車の試製的リバイバルに指を折ることができるものの、大勢は改良、手直しがほとんどであった。^{*48}

(2) 3気筒A4の改良:英国

それらのなかで最も注目されるべきは、英国、旧Great Western鉄道における技術トップの座に在ったK.J.Cookが鉄道国有化後の1951年、英国国鉄主任機械技師の地位に就いてから試みたグレスレイ3気筒A4の改良である。A4の優れた資質を見抜き、それを磨けば老兵が再び50年代の主役として返り咲き得ると確信していたCookがこの要職に座ったことにより、IHG.W.の技術がIDL.N.E.鉄道の花形機関車、A4に応用される機が熟した。改造は'52年、Peppercorn A1の改造を小手調べに、その成功の余勢を駆って多数のA4に及んだ。^{*49}

軸箱メタルも青銅半割の重厚な軸受金に4箇所、3/8in.(9.525mm)厚に白メタルを鋳込んだ従前の極厚肉タイプから、ヨリ肉の薄い白メタル=2つ割スリーブ軸受で、上下2か所の接合部には潤滑用のフェルトパッドが挟まれた構造のものへと改められた。

もっとも、ここで“薄い”と表記した白メタルは、現在も船用中低速ディーゼル機関の主軸受に用いられているのと同様のバックメタルなし、4.0~7.5mm厚程度のベアリング・シェルに相当するモノであったようである。

ただその製造は、機関車工場や機関区での鋳込み→スクレーパによる手仕上げではなく、“完成メタル”として専門メーカーに委ねられるから、均質で高精度な優良品を調達しやすかったことであろう。

また、白メタルは銅合金や鋼材よりも熱伝導率が小さいため、なるべく薄くした方が放熱の点でも有利である(極度に薄くすれば疲労強度も高まるが、この論考とは無関係である)。^{*50}

グレスレイの設計は、このようにしてヨリ容易に精度を保証でき、かつ冷却性に優れた設計へと置換された。他方、Cookは中央主連棒についてもグレスレイ型の改良“marine”型大端部にG.W.流の“薄肉”白メタル軸受を組込む実験も行なった。その結果、5万mile(80,450km)走行後の摩耗が0.004in.(0.1mm)という極めて良好な結果が得られ、かくてA4の弱点が、“中ビク”軸受メタルの厚肉構造に起因する冷却不良によって招かれたものであるという事実をも、突き止めることとなった。

Cookはまた、ロッド類の材料をオリジナルの3%ニッケルのNi-Cr鋼から炭素鋼に置き換えた。交換工事そのものは、積年の使用による疲労破壊を危惧しての措置であつたらしいが、平凡な炭素鋼で同等の強度を確保するため、それらの部品の断面積は増加せしめられた。

このとき、Cookは各クランクピン軸受の公差を詰める措置を講じた。釣合の問題をどう処理したのか

(47)米国のマンモス機関車においては、その深さが2mから時に3mに及びるまで存在した。なお、燃焼室採用に関して横堀進は「これは保守上の欠点があることも無視して燃焼上の効果を期待したものである」等と述べているが、これはそう恩着せがましく語られるべき問題ではなかった。横堀掲掲「鐵道における燃料事情と對應策」757頁。また、その表題に請う對應策は旧知のモノ、米国の低質炭用火格子の模倣等、実用未滿の試行ばかりである。ビルトイン燃焼室を巡る諸問題については著者「技術史と労働史の相補性について—機関車・機関車型ボイラにおける燃料、焚火および燃焼—」(大阪市立大学学術機関リポジトリ登載)、参照。

(48)石炭ガス化燃焼法については、著者の「蒸気動力技術略史—潤滑と気密の問題に留意しつつ—」(大阪市立大学学術機関リポジトリ登載)、代燃車の体系的技術史については、著者「本邦自動車用代用燃料技術史の基本構造—戦時バイオマス燃料狂想曲の顛末—」(同登載予定)、参照。

(49)Cookと彼によるグレスレイ・パシフィック改造に関する業績についてはcf. Nock, The Gresley Pacifics, pp.236~249.

(50)ちなみに、熱伝導率(単位kcal/m・h・°C:1°C/mの温度勾配が存在する所で1m²の面積を1時間に通過し得る熱量)は、軸受受金に用いられる前出、青銅鋳物3種の場合、銅合金にしては案外低く39.6である。鋼材の場合、純鉄なら58にもなるが、~0.5% C炭素鋼では46、1% C炭素鋼では39まで下る。3.53% Ni, 0.78% Cr, その他微量を含むNi合金鋼では28.44となる。これに対して英国規格のSn基白メタルのそれは、わずか22に過ぎない。機械設計便覧編集委員会前掲「機械設計便覧」138、143頁、日本機械学会『機械工学便覧』第5版、1968年、7-87頁。参照。なお、鉛青銅・白メタル複合軸受の近代化版としては「グリッドメタルと称し、鋼裏金に銅または銀を電【気】めっき、圧延などによって密着させ、これに網目状の「みぞ」を切り、この間にPB系合金を鋳込んで仕上げ、銅または銀の網目にバビットメタルを露出させる構造のものも案出されている」(日本機械学会『機械材料【金属編】』下巻、1955年、319頁)。もっとも、こちらは白メタルの低い熱伝導率対策でもあろうが、ケルメット、ないしトリメタルの代替物としての考案と見られるべきモノであり、かつ、アイデア倒れに終わったようである。

については不明であるが、部品の重量増加と軸受スキマの減少とが相乗し、グレスレイ・パシフィックにおける一つの音響的特質であったロッド類からの打音が解消された。^{*51}

ロンドン～エディンバラ間のノンストップ高速列車の運行は'53年6月、ほぼ14年ぶりに復活し、Elizabethanと命名された。A4はその先頭に立ち、当初、6時間45分で組まれていたダイヤは、翌年には6時間30分に短縮された。

英国国鉄は'55年に電化やディーゼル化を中軸とする大近代化計画を打ち出した。しかし、Cookの指導の下、'57年以降、A3に排気効率を増すKylchap式2本煙突化改造が実施されており、同じ改造は看板列車牽機としてのA4にも及んで行った。

“中ビク”トラブルの追放とグレスレイ式弁装置に固有と想われていた問題の測定・組立精度向上に因る解消がなされたことあれば、老兵A4にとって障害などなきに等しく、No.60003 Andrew McCoshは'57年に325tonの急行列車を牽引して27mile(43.4km)の区間を平均97mph.(156.1km/h)で走り抜け、戦前期の最高速度に並ぶ107.5mph.(173km/h)をマークした。

'59年5月23日、'37年11月生まれのA4 No.60007 Sir Nigel Gresleyは、Stephenson Locomotive Society 50周年記念のイベント列車、8両編成295tonを牽引し、1/4マイルラップで線路側の許容速度110mph.(170km/h)を超える111mph.(178.6km/h)、瞬間最大112mph.(180.2km/h)の健脚を披露した。機関士の運転が慎重を極めたこともあり、この時にも軸受の過熱などは発生しなかった。

(3) 60年代以降は、ディーゼル機関車が後継に

グレスレイ式3気筒機関車A3やA4は、戦後、新たな血を注がれることによって見事な発展的復活を遂げた。その彼女たちも'60年代前半にはほぼその現役生活に終止符が打たれるときを迎える。彼女たちに代って伝統の長距離特急列車の先頭に立った機関車こそが、かの歴史的ゲテモノ＝“Deltic”ディーゼル機関車にはかならない。^{*52}

しかし、その生涯の最後の最後まで、グレスレイ・パシフィックたちは「老残」の境涯とは一切無縁であった。これを“英国国鉄における近代化の遅れの裏面”と評するのは、たやすい所作である。だが、それはこの令名夙(つと)に聞こえる蒸気機関車たち自身にとっては、まったく外生的な問題である。また、その足跡はすでに戦時下より保守困難として休車を余儀なくされ、戦後、世を憚りつつスクラップ化を

急かれたC53のそれとは、将に好対照である。

[6]車両限界と3気筒機関車

——日本における蒸気機関車の開発

機関車の下に潜ってなかからしか整備することができない、内側駆動機構とクランク車軸を有する内側2気筒式や3気筒、非・連接式4気筒機関車は、米国では一度もメジャーな地位に就き得なかった。

内側2気筒機関車の製造は遠く1860年ころに終焉に到っており、世紀転換期の寵児＝平均複式4気筒(並列4気筒)機関車も20世紀初頭の一時に集中して400両ばかり造られただけに終わった。

そのなかには、“時計のような”作動を賞賛されたにも拘わらず、クランク車軸折損事故の後、2気筒に改造された例も皆無ではなかった。

(1) 米国では3気筒SLは1930年代に生産終了

3気筒ならクランク車軸も1スローで済むため、検修が相対的に容易であると考えられた点は、米国でも同じであるが、その総製造両数はマレー代替用重量貨物機を中心としたわずか250両ほどに止まった。400両といい250両といい、そこそこ大きな数字であるかのように映るかも知れぬが、これは輸出向けを含む製造両数であるうえ、この大国においては、最盛期＝機関車が相対的に小さかった1920年には7万両になんなんとする、巨人機に溢れていた第二次大戦期においても4万5000両ほどの機関車が活躍していたから、数百両程度ではほんの一つまみに過ぎなかった。

最終局面における成果たる件のU.P.鉄道Class9000は、高い完成度を誇り、機関士達のなかにはAlcoの推奨する35mph.(56.3km/h)は、おろか60mph.(96.5km/h)ないしそれ以上で飛ばす者もあったが、3気筒専従の検修陣を控えさせられるほどの両数が揃っている場合、Alco-Gresleyタイプの3気筒機関車は、大きな技術的破綻を示さなかった。

それでも、整備上の不利という本質的欠点とクランク車軸では巨人機の場合、最大35tonにも達した米国的大軸重に耐え得ないという状況判断が、新大陸における3気筒機関車の息の根を最終的に止めることになった。

もちろん、その背景には石炭資源に恵まれた彼の国において、熱効率のわずかなマージンと引換えに機関車構造を複雑化し稼働率を低下させるより、“simple is best”を徹底的に追求する方が得策との大局的判断が在った。米国における3気筒機関車の製

造は、蒸気機関車に対する転がり軸受の本格的導入の発端が画された1930年、Class 9000の第4次増備25両を以て終了し、以後はBig Boyを頂点とする巨大な単式連接型(シンプル・マレー)が全盛を迎えることとなる。^{*53}

(2)ドイツは貨物用44型が77年まで

他方、1925年に成立したドイツ国鉄には、G12型1,143両をはじめとするプロイセン国鉄からの引継機に急客機0110, 0310, 05, 06, 61(002)、貨物機44, 45, 84, 85等の独自発注諸形式1,900両余りを加えた、実に多くの3気筒機関車群が在籍した。

しかし、その多くはおおむね数両～数十両オーダの少数機種で、蒸気機関車時代のピークにおいては第一線重量貨物機たる44型が圧倒的シェアを誇った。

すなわち、G12型の近代化版というべき44型3気筒機関車は、'26年、2気筒、4気筒複式機関車との長期比較試験にはいり、これを制して'36年以降、量産に到った。'44年までのその製造両数は自国用が1,752両、対仏輸出向け226両、総計1,978両に達し、ドイツは急客機においてもさることながら、とりわけ重量貨物機に関して世界の3気筒王国という観を呈することになる。

この44型は西ドイツでは'77年まで、東ドイツでは'80年代まで現役に踏み止まった、と伝えられている。^{*54}

(3)英国は4気筒Kingが最終SL

英国では急客機の分野において、3気筒よりもむしろ4気筒の伝統が広く息づいていた。G.W.鉄道における急客機の最終発展型、'27年デビューの“King”級は、同鉄道の伝統である2C(○○○○)の軸配置、動輪の間に挟まれた細長い狭火室を特徴としたが、それは脈動の少ない誘導通風さえあれば、非常に良質の石炭を焚いていられる限り、だだっ広い火格子面積は不要という見識の賜物であった。

写真7は“King”級機関車の前方を持上げ、しかも2軸先台車を抜いて斜め下から見通した機関部下面のカットである。中央2気筒は前方に、左右2気筒は後方にオフセットされている。狭い空間に収容されたクランク車軸は印象的である。

(4)フランスは3・4気筒式の燃費性能に注目

石炭資源に乏しいフランスにおいては、その節約に有利な複式が産業動力用蒸気機関の分野と同様、早い時期から盛行した。並列4気筒複式機関車やAnatole Malletの連接型4気筒マレー複式が生まれたのも、お国柄でもある。そこではまた、私鉄時代

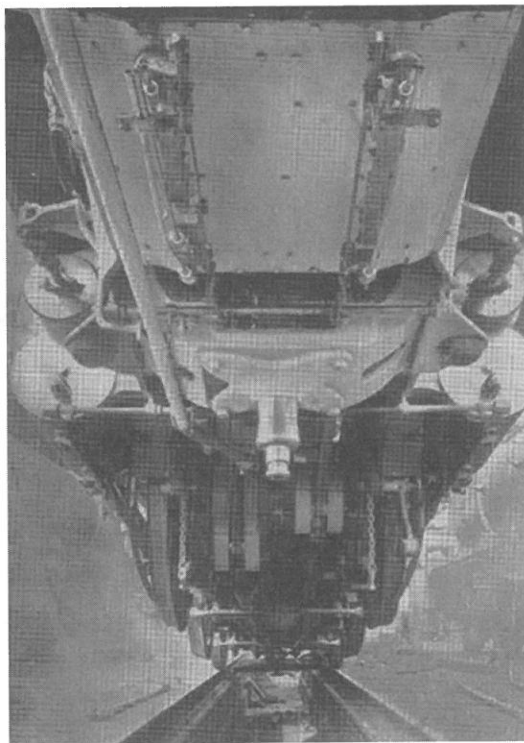


写真7 G.W.鉄道“King”級4気筒蒸気機関車の機関部

(W.G., Chapman, The King of Railway Locomotives The Book of Britain's Mightiest Passenger Locomotive for Boys of all Ages. The Great Western Railway, London, 1928. p.103)

(51)cf. Nock, ibid. p.238. 平凡な炭素鋼、と述べたが、当該部位に使用される種類の機械構造用炭素鋼のC含有率は0.40~0.48%である。グレスレイが用いた3%NiのNi-Cr鋼についてのデータは手許にないものの、上記の通り、この種の機械構造用炭素鋼の熱伝導率が3.5%Ni-0.78%Cr合金鋼のそれより格段に高い点に鑑みれば、Cookによるこの改造は軸受の帯熱防止にも応分の貢献をなしたと結論付けることができる。

なお、Ni-Cr鋼は強靱であり耐熱性、耐食性も高いが、材料としてのコストが高い上に難削材であるため加工費も嵩む。被削性は焼鈍によって増すが、その後の焼入れ、焼戻しの温度管理に厳格さが求められるため、気むずかしい材料ではある。

(52)Deltic機関車について簡単に、著者の『ディーゼル技術史の曲り角』信山社、1993年、201頁、『鉄道車輛工業と自動車工業』186頁、参照。

(53)cf. Bruce, ibid. pp.99~102. 米国における巨人機技術の展開については前掲著者の『蒸気動力技術略史—潤滑と気密の問題に留意しつつ—』、参照。

(54)以上に掲げたドイツ蒸気機関車のデータに関しては篠原前掲『全盛時代のドイツ蒸気機関車』187, 209, 239~242, 295~302, 331~332頁、川上前掲『私の蒸気機関車史』下巻、335頁、Garbe, ibid., Tafel 4(S102), 10(G12), 50, 51(共にS102のテスト成績チャート)、参照。

なお、旅客機の01に対応するドイツ国鉄の標準貨物機たる44型1E・3気筒機関車について、D., Ross ed. The Encyclopedia of Trains and Locomotives. p.132には1926~'44年の間に1753両製造された、とある。

から軽量列車の高い最高速度よりも、重量列車を可及的に高い表定速度で運行させる実質的性能重視の伝統が形成されていた。

このため、フランスの機関車に重量、速度、出力、ボイラ圧など、スペック的に突出したモノは乏しい。

しかし、蒸気機関車時代の末期には、シャブロン・マジックで名高い Andre Chapelon の手で幾多のリビルドが実施され、その作品たる 3・4 気筒複式機関車群の高い牽引および燃費性能は、世界各国の注目の的となり、ある意味において、蒸気機関技術史の掉尾を飾る作品群となった。

(5) 狭軌の限界と電化で早期幕引き

わが国に係わっては“狭軌ゆえ、台枠の内側に中央気筒を抱く 3 気筒機関車の運用には本質的な無理があった”と総括されがちである。しかし、一方においては C53 の早期スクラッピングについて、'53 年 7 月 23 日に開催された衆議院運輸委員会において、“1067mm 軌間のニュージーランドや 1m 軌間のタイの国鉄で 3 気筒機関車が活躍し続けているのに、国鉄が C53 を検修不如意を理由に早期廃車処分したのは、管理不行き届き、むだ遣いではないか”との蒸し返しの国鉄批判が提起された事実があり、他方においては 1435mm の標準軌間の国々で並列型の単式あるいは複式 4 気筒機関車が永らく活躍を続けた実績も知られている。

いわば“狭軌→3 気筒不成立”説は、牽強付会の論である。国会の場で真に問われるべきは、国鉄のむだ遣いや管理不行き届きではなく、鉄道省時代になされた 3 気筒機関車設計の不備であった。

☆むすびにかえて

C53 を極端に高く評価しようとする(応分、C52 を蔑む)集団は、それが特急牽引機として長く用いられた点を強調したが、実際、走行中の人力給油などという悲愴な努力……まかり間違えば特攻隊まがいの命の使い捨て……に護られながら、C53 は鉄道省の蒸気機関車としては、永らく特急の牽引に用いられた。

だが、C51 は客車の鋼体化に、C59 は(特急の運行は '44 年 4 月 1 日にいったん、廃止されているが)戦後、ヨリ近代的で大出力の C62 に追われたのであり、その C62 は電化に追われている。特急牽機からの退役には、それぞれ、しかるべき理由がある。就役期間の長さは必ずしも機関車としてのよい評価とは短絡せしめられ得ない。

長い期間頑張った、などという点を持ち出すなら薄命に終わった C53 などよりも、Alco 起源で C52 の先輩、一度クランク折損を経験しながら、部品供給面でも整備面でも内地より遙かに不自由な敗戦前後の中国大陆を生き抜き、“前進”が増備される '60 年代まで中国、旧連京線の勾配区間で重量貨物牽機として重用され、'80 年頃まで現役に留まった旧満鉄の半国産 3 気筒機関車ミカニについてこそ解明され、語られるべきことは遥かに多い。

島が自讃して止まぬ D51 は D50 を整理整頓し、鉄道省の技術的伝統の地平に引き戻した作品であった。しかし、両方乗った機関士のなかには空転し難い D50 に軍配を挙げる向きがある。

C52 蔑視と C53 過大評価と並んで、この辺りにも国鉄史観の独善性・一面性が馬脚を現わしている。蒸気機関車の要部たるボイラに着目しても、島の代表作である C53 や D51、そしてその麾下(きか)に開発された C59 のボイラなど、単に D50 のそれをプチ整形しただけの作に過ぎない。

・C53 の位置付け

畢竟、鉄道省の大形ボイラ開発に係わる本格的経験は、小笠原藤吉の D50 罐と衣笠敦雄の燃焼室付き D52 罐のみという総括にもなる。C53 のスムーズな走りにしても、それは 3 気筒なればこそその特性であって、個別設計の善し悪しとは別次元の問題である。

かような意味において、C53 型蒸気機関車は特別な“名機”などでは、なかった。むしろ、どちらかといえばそれは設計上の“欠陥”に満ちた機関車であった。しかも、“オリジナリティ”が主張された箇所ほど大きな、質(たち)の悪い問題を抱えていた。

C53 は弁装置設計の不備故に、特定クランク角において生じた背圧過多に起因する列車牽き出し時の“進退不能”をはじめ、弁装置や主台枠を含む各部の強度不足、工作不良など、軽重さまざまの欠陥を露呈した。

クランク車軸の基本設計においては、釣合法に気を取られた独りよがり演じられ、ドイツ流“横着設計”の模倣にも部分釣合の追求にも踏み込めなかった。せめてその代償措置として、中央クランクピンの潤滑に慎重を期し、ミカニないし Alco 重量貨物機流のグリース内部給脂方式ぐらいを手当てしておかれて然るべきところ、これも月並みきわまる油壺による外部給油で良しとされた。

機関要部設計においては、3 気筒機関車の特性が十分汲み取られておらず、主台枠の第 1 動軸軸箱まわ

り付近に過大な応力が作用した。

確かに、C53 などの“中ビク”外部潤滑法は、健全かつ頑丈なクランク車軸を設計したグレスレイや Cook をはじめ、多くの蒸気機関車設計者によっても採用されている。それにも拘らず、この給油法は機械設計一般という観点から見ると、巧みな手抜き以外の何ものでもなかった。

極小、低速機関を例外として、如何なる据付機関であれ船用機関であれ、クランクピン軸受に対する蒸気機関車の場合ほど、イイ加減な潤滑設計は稀であった。

Cook によるグレスレイ A4 の改良は、見事な成果に結実しているとはいえ、彼は当の改良設計によって連続高負荷運転時の発熱を完全に抑止することなど、毫も望んでいなかったであろう。

むしろ、その成功は“急客機というモノはロッキーク越えでもさせられぬ限り連続高負荷運転には供されないし、長丁場の峠越えの場合とて船用機関や発電用機関における数日から数年におよぶ連続高負荷運転とは桁違いの負荷でしかない”，という正しい割り切りの勝利であった。

蒸気機関車と据付機関とを比べ、前者について、「その構造一見簡単なるが如きは寧(むし)ろ器械精巧の極にして無数の真理をその内に含有するに依る」と語った森らの言葉は、蒸気機関車が際どい妥協の上に成立するものであるということをも告げている。

“中ビク”潤滑に関してグレスレイの A4、さらに Cook の改良 A4 は際どい妥協に、あるいはその安全マージンを高めることに成功した作品であり、C53 は際どい所で妥協し損なった作品であった。

技術の優劣など、所詮その辺りの違いであるに過ぎない。クランク車軸の設計が拙(まず)かったらマズイなりに、その埋め合わせとして潤滑により多くの意を用いるべきであったにも拘らず、島はそれを怠った。その尻拭いをしたのが、鉄道省の悪しき伝統たる給油“特攻隊”である。

元来、蒸気機関車は、その乗務員および検修員に寒気炎熱の下、絶えず危険な重筋労働を強いる性質(たち)の機械であった上、乗務員には常に検修員の役割が押し付けられていた。排気中の有害物質や断熱およびシール材として濫用されていたアスベスト・ダストの吸引による障害など、蒸気機関車を巡る現業職員の労働環境については、十分明らかにされぬまま歴史の底に沈んでしまった負の遺産も数え切れぬであろうが、それらについても乗務員 OB におけ

る平均余命の短かさ、という状況証拠が間わず語りに教えている。

かかる負の側面を助長し、激性化させた最大にして内生的な要因は、鉄道省、国鉄における偏執狂的焚火法に象徴される人間使い捨てを省みぬ経済主義と運行の正確性を担保するためのダイヤ至上主義であった。

しかしながら、往時、国有鉄道なる陸運システムは、予算面ではこの国の機械化部隊の双壁をなす海軍や、いまひとつの暴力装置たる陸軍の陰に置かれていたし、軍事輸送を含めユーザーがそれに求めて止まぬ運行の正確性保持を最優先せざるを得ない立場に置かれていた。

国有鉄道における技術の在りかたを規定したのは、将にこの社会の相そのものである。^{*55}

しかし、それでもなお C53 は鉄道省の蒸気機関車開発技術史の中においては、一頭地を抜く冒険の成果であり、爾後の 2 気筒機関車開発に高いハードルを与えた点において十分、進歩の一階梯としての存在意義を全うした。

かくて、わが国有鉄道の蒸気機関車は、旧態然たる 1920 年代以前の基本構造と狭軌という 2 大制約の下とはいえ、鉄道運輸技術体系の要素として堅実な発展を遂げ、苛烈きわまる戦時～復興需要に応えつつ伝説的なダイヤの正確性を支え続けた。

同じ 1067mm 軌間の南アフリカ共和国鉄道は、車両限界も軸重限界もわが国有鉄道より一回り大きく、その大形 2 気筒蒸気機関車群などは狭軌のそれとして、極限的威容を誇ったものである。

ただし、大きさならぬその技術的優位性の内実たるや、米国で 20 年代に勃興した一体鋳鋼構造や 30 年代に定着した転がり軸受の多用などの周回遅れのリピートに過ぎず、独自の開発能力を有すると雖も、社会の負託に応えることを本旨とすべき同時代のわが国有鉄道が到底、開発の目標として設定することを許される体の技術ではなかった。

島安次郎、秀雄父子の間に朝倉希一を挟む三代の将軍によって領導された鉄道省・国鉄の蒸気機関車開発技術陣は、きびしい制度的、社会的足枷を課されながらも、おおむね正しい優先順位付けを行ない、

(55) 鉄道省における焚火法については、著者の「技術史と労働史の相補性について——機関車・機関車型ボイラにおける燃料、焚火および燃焼——」(大阪市立大学学術機関リポジトリ登載)、参照。

多くのことに順次取組み、一つの流れをなす着実な業績を積み重ねて行った。

鉄道省～国鉄蒸気機関車技術陣は、国有鉄道という巨大陸運システムのなかで十分役に立つ作品群を創造し、さらに島 秀雄は戦後、80系初代湘南電車から20(→181)系旧こだま型を経て東海道新幹線電車へと至る長距離高速電車、90系にはじまる高加速型通勤電車という分散動力式電車列車の定礎と大成に指導性を発揮した。

それは狭軌鉄道における速度記録が、南アフリカ共和国の電気機関車によって樹立されているのとは好対照の経過である。

「親死ね、子死ね、孫死ね」……これは技術の進歩を追求し続けた、島その人の箴言である。

わが国有鉄道がC53の後を承けるスピード・アタッカ的な、あるいは真に極限的な大出力を窮めるが如き蒸気機関車を遂に持ち得なかったことは、残念ではあるが、所詮、蒸気機関車は好きや道楽で開発される筋合いのモノではないから、その辺りは止むを得ぬ処とするしかない。

また、開発成果が内部市場にほぼ限定されることなく、主として海外市場に頼る体の作品群であったなら、鉄道省～国鉄開発部隊の挙動はまったく異なっており、当の内部市場においてさえ車両限界、軸重制限、ハンマーブローに係わる15%制限が緩和されておれば、鉄道省・国鉄の蒸気機関車は実際とはかなり異なる進化を遂げていたであろう。しかし、左様なコトが可能となる社会的背景など存在しなかったのである。

それやこれやを勘案するに、島などは

「厳しい制約の下で頑張り、国鉄内部で大事に遣われる分には十分合格といえる水準に到達したけれど、世界のそれに追いつく実力が身に付かぬ内に電化やディーゼル化が時代の要請となったため、今度はそれに注力することになりました。そして新幹線で世界の先端に立てました」

とても正直に総括しておれば、それで立派に体面が保てた筈である。

しかし、島とその使徒らは決して左様なスタンスは採らず、また諸侯も外様大名たちも官尊民卑、情報独占時代さながらの尊王攘夷の目線のまま、

「国鉄の蒸気機関車技術は世界に冠たるものであった」とか、「作品はすべて名機であった」などと根も葉もない不可謬説を繰返し、虚言の上塗りを重ねて来た。

かかる“国鉄史観”の鼓吹は、彼らの真の功績まで歪めかねぬ軽挙であった。

このような思想と行動は、尼崎脱線事故を巡るJR各社の独善的行為のなかに脈々と受け継がれている。

“C53名機説”は、その典型ないし原点であり、“国鉄史観”はこれを普遍的表現型に高めたモノにほかない。

そして、この余りに自己保身的な思想に侵された結果、蒸気機関車国産化を巡る試行錯誤の階梯は、86(ハチロク)、96(キュウロク)を以て終りを告げ、以後、国産技術はC51で世界的水準に到達、C53で冒険してはみたが直ぐ我に返り、後は順風満帆の開発譚が描かれたといった技術論なき太平楽が独歩することになる。

剩(あまつさ)え、それは国鉄技術体系の“最も弱き環”たる内燃車両の領域にまで拡張され、挙句の果てにこの国の産業技術史全般に係わる正しい認識が妨げられる不幸な状況まで醸し出されている。

* * *

C53名機説は、単なる個別事例を超えた、実にその病根の核たるものといえよう。



国際ルート:1927(昭和2)年に制作された旅行ポスター

表3 蒸気機関車の仕様比較(鉄道省～国鉄:蒸気機関車の中から)

	D50	C53	D51	C59	D52	C62
車軸配置	1D1	2C1	1D1	2C1	1D1	2C2
動輪径: mm	1400	1750	1400	1750	1400	1750
動輪上重量 ton	58.79	49.00	57.65	48.60	64.75	48.60
機関車単体重量 ton	78.14	80.93	77.70	80.00	84.50	87.00
蒸気圧 kg/cm ²	13.0	14.0	14.0	16.0	16.0	16.0
火格子面積 m ²	3.25	3.25	3.27	3.27	3.85	3.85
全伝熱面積 m ²	222.3	220.5	221.5	241.3	244.9	244.9
罐水容量 m ³	7.40	8.24 *	7.40	7.80	9.60	9.60
気筒数 -D × S mm	2-570 × 660	3-450 × 660	2-550 × 660	2-520 × 660	2-550 × 660	2-520 × 660
最大図示馬力 HP	1510	1580	1575	1710	1891	1963
製造初年	1923	1928	1936	1941	1943	1948
製造両数	380	97	1115	173	285	49

藤田 隆『蒸気機関車の設計と構造理論』鉄道化学社, 1948年, 206~211頁, 大阪鉄道管理局編『機関区従事員必携』大鉄図書, 1951年, 222~223頁, より取捨選択。

* これが罐容積のほぼ等しいD50, D51の値に比べて0.84 m³, 500mm以上長いC59原型罐(燃焼室なし)と比べてさえも, 0.44 m³も大きな値となっていることについての合理的な根拠は何処にも示されていない。

注記 車軸配置の表記(日本国鉄式): 日本の国鉄が制定した方式で, 国内では標準的な表記法である。先輪の軸数, 動輪の軸数, 従輪の軸数の順に表記する。UIC(国際鉄道連合による機関車の車軸配置の分類: UIC classification of locomotive axle arrangements) 式と同様に, 先従輪の軸数はアラビア数字で, 動輪の軸数は数字ではなくその数字の順番に対応するラテン文字のアルファベットを用いる(たとえば動輪軸3軸はC, 動輪軸4軸はD)。先従輪がない場合は, 先従輪の位置には何も表記しない。

車軸配置は, 鉄道車両において, 動力により回転して車体を前進させる動輪と, 車体の重量を支えてレールに沿って案内している先輪, 従輪の, 配置を表わす単語で, 軸配置, 車輪配置と呼ぶこともある。

◇ 3 気筒の蒸気機関車「C53」とは

C53 形蒸気機関車は, 日本国有鉄道(国鉄)の前身である鉄道省が米国より輸入した C52 形を解析したうえで, 国産化した 3 気筒の蒸気機関車である。

大正期(1912 年 7 月～1926 年 12 月)には客車が大型化し, 重量やコストの関係で車体の素材としては木材が多用されていた。その際に, 山陽本線において特急列車(後の特急「富士」)が豪雨による築堤の崩壊により, 脱線し転覆事故を起こした。車両は大破し, 多数の犠牲者が出た(山陽本線における特急列車の脱線事故: 1926 年 9 月 23 日)。この特急列車は当時の国際鉄道ルート(品川～下関⇒釜山～長春～ハルビン～チタ～モスクワ～ベルリン～パリ)を国内で担当していた。もし客車が鋼製車体であれば死傷者数は軽減できたのではないかと, 論争になった。

そこで翌年度以降に鉄道省は, 従来のナハ 22000・スハ 28400 系大形木造客車の新造を止めて, 新しく設計したオハ 31 系鋼製客車への切替えを開始したが, 大きな問題が発生した。

これまでの木造車であれば軽いもので「ナ」級(27.5ton 以上 32.5ton 未満), 重い 20m 級 3 軸ボギー車で大半が「ス」級(37.5ton 以上 42.5ton 未満)以下であった客車の自重が, 鋼製化に伴い増大し, 少なくとも 1 ランク(5ton)重量区分が上がり, さらに 1929 年より製造が開始されたオハ 31 系の後継となるスハ 32 系では, それまで 17m 級であった一般型客車が優等車と同様の 20m 級に変更されたことも重なり, 各列車の牽引定数が 50ton 以上, 場合によっては 100ton 近くに増大していた。

これは列車重量が約 2 割ほど増大することを意味し, それまで主力大型機関車である C51 形では, パワー不足となることが予想された。当時の技術で 2 気筒の機関車としては, C51 形を上回る性能を持つ機関車を製造することは困難とされ, 鋼製客車牽引用としては当時外国で実用化されていた 3 気筒の機関車を開発するのが適当ということになった。

3 気筒機関車とは, 台枠の左右両側だけではなく車両中央線上にもほぼ同型のシリンダを持つ蒸気機関車である。気筒の数を増やすことにより, 通常の蒸気機関車に比べ牽引力が増加する。もっとも当時は, 満州鉄道がミカニを導入し, 内地のメーカーが製造して運行していたが, 鉄道省自身には 3 気筒機関車を開発した実績はなく, 鉄道省として初の 3 気筒機関車の開発をするために, 1926 年に 8200 形を米国アメリカン・ロコモティブ社(American Locomotive Company)より輸入した。シリンダブロック周辺など 3 気筒機関車の特色となる部分は, 朝倉倉一により「大学を出たばかりの頭の柔らかな新人に任せよう」という方針により, 新人だった島 秀雄が設計を担当することになったもの。