

日本海軍における初期水管ボイラについて：
ジュタンプル, ノルマン, ベルヴィール, ニクロース,
ソーニークロフト, ホワイト, 宮原

メタデータ	言語: Japanese 出版者: 大阪市立大学経済学会 公開日: 2024-09-09 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 坂上, 茂樹 メールアドレス: 所属: 大阪市立大学
URL	https://ocu-omu.repo.nii.ac.jp/records/2001640

日本海軍における初期水管ボイラについて

—— ジュタンプル, ノルマン, ベルヴィール, ニクロース,
ソーニークロフト, ホワイト, 宮原 ——

坂 上 茂 樹

目 次

- はじめに
- 1. 日本海軍艦艇における水管ボイラの導入経緯
- 2. Du Temple ボイラ
- 3. Normand ボイラ
- 4. Belleville ボイラ
- 5. Niclausse ボイラ
- 6. Thornycroft ボイラ
- 7. White ボイラ
- 8. 宮原ボイラ
- むすびにかえて

はじめに

日本海軍艦艇用主ボイラは丸ボイラから急速汽醸性に優れ高圧・大容量化に適し、かつより安全な水管ボイラへと推移した。しかし、定番の3胴水管ボイラであるロ号艦本式ボイラの標準化に至るまで、海軍はフランス系、イギリス系並びに国産宮原式といった水管ボイラを数多く使用して来た。それにも拘らず、これらについての正確な技術情報は従来ほとんど紹介されておらず一世を風靡した宮原ボイラに関してさえ“発明された”，“使用された”といった程度の略年表的記述を見るのみである¹⁾。

本稿ではこれらを日本海軍における初期水管ボイラと呼び、主たる対象として取上げる。かかる初期水管ボイラに係わる技術情報の欠損は本稿により些かなりとも埋められるであろう。もっとも、今回、利用し得たソースはごく限られたモノであり、結果的に Du Temple ボイラについては艦本式ボイラについての拙稿との重複を避けられなかったことをお断りしておく。

1) この状況はロ号艦本式ボイラについてさえ大同小異であった。ロ号艦本式ボイラとその周辺については拙稿「艦本式ボイラについて」参照（大阪市立大学学術機関リポジトリ掲載）。

1. 日本海軍艦艇における水管ボイラの導入経緯

1) フランス製水管ボイラ付き水雷艇の竣工状況（機関は何れも直立3筒3段膨張）

日本海軍艦艇における水管ボイラ導入の嚆矢は斯界の先進国、フランスからの輸入品によって画された。それは以下の4隻である²⁾。

●54^ト クルーゾー型水雷艇 計画 53^ト, 657 馬力, 20 ノット

第 15 号水雷艇 仏クルゾー/呉造船支部(小野浜)組立 1892-5 進水 '93-11 竣工 ジュタンブル 1, 185psi

第 20 号水雷艇 同上国産品(罐は輸入と思われる) 1893-10 竣工

●80^ト ノルマン型水雷艇 計画 78^ト, 1150 馬力, 20.25 ノット

第 21 号水雷艇 仏ノルマン/呉造船支部(小野浜)組立 1894-6 竣工 ノルマン 1, 170psi

第 24 号水雷艇 同上国産品(罐は輸入と思われる) 1895-1 竣工

2) フランス、イギリス系水管ボイラ付き艦艇進水状況

続いて、フランス製やイギリス、ドイツでライセンス生産されたフランス系水管ボイラ、イギリス製水管ボイラの導入が目白押しとなる。また、大形艦への水管ボイラの適用も始まっている。これはイギリス等先進国における趨勢の反映であった³⁾。

敷島 英テームス/ハンフレーテナント '98-11 ベルヴィール 25 270psi 3筒3段 15,145 馬力

雷他 5 隻 英ヤロー 同上 ヤロー 1 250psi 4筒3段 6,200 馬力

叢雲他 5 隻 英ソニックロフト 同上 ソニックロフト 3 220psi 4筒3段 5,800 馬力

朝日 英クライドバンク/ジョンブラウン '99-3 ベルヴィール 25 300psi 3筒3段 16,335 馬力

八雲 独フルカン/ステッチングアルガ '99-7 ベルヴィール 24 3筒3段 17,195 馬力

白鷹 独シツヒヤウ/三菱長崎組立 同 6 ソニックロフト 2 213psi 3筒3段 計画 2,000 馬力

吾妻 仏ロワール 同 6 ベルヴィール 24 270psi 4筒3段 16,000 馬力

初瀬 英アームストロング 同 6 ベルヴィール 25 3筒3段

出雲 アームストロング/ハンフレーテナント 同 9 ベルヴィール 24 270psi 4筒3段 15,739 馬力

29, 30 号水雷艇 ノルマン/呉組立 同 7 ノルマン 2 228psi 3筒3段 計画 2,000 馬力

隼他 3 隻 ノルマン/呉組立 '99-12 ノルマン 2 228psi 3筒3段 3,492 馬力

千早 '00-5 横須賀/ノルマン ノルマン 4 215psi 3筒3段 6,016 馬力

2) 『帝國海軍機関史』(上), 原書房, 1975 年, 372, 382, 383, 545, 551 頁, 参照。罐圧についての言及は見られない。これらのフランス系水管ボイラは同時代のライヴァル、にして最初期における水雷艇用ボイラの定番であった汽車罐が故障頻発のためかなりの数、減圧運転を強いられたのに対して概ね良好な使用実績を収めた。この点については同書, 933~935 頁, 参照。

3) 『帝國海軍機関史』(下), 原書房, 1975 年, 6~7, 8~9, 10~11, 177~186, 403~404 頁, 参照。

31～38, 44～49, 60, 61 号水雷艇 '99～'01 佐・横・呉・三菱長・川崎 ソーニークロフト 2 213psi
 磐手 1900 年 3 月 アームストロング/ハンフレーテナント ベルヴィール 出雲に同じ
 50～59 号水雷艇 '00 15 号の国産化品 呉・横須賀 ジュタンプル(罐は輸入と思われる)
 39～43, 62～66 号水雷艇 '00～'01 ヤロー/横・佐組立 ヤロー 2 235psi 3 筒 3 段 2,702 馬力
 三笠 '00-11 ヴィッカーズ ベルヴィール 25 300psi 3 筒 3 段 16,431 馬力
 白雲・朝潮 '01-10 Sc ソーニークロフト・ダーリング 4 230psi 3 筒 3 段 6,420 馬力
 暁・霞 '01-11 ヤロー ヤロー 4 250psi 3 筒 3 段 6,420 馬力
 新高・對馬 '02-11,12 横須賀・呉 仏製ニコロース 16 210psi 4 筒 3 段 8,227 馬力
 雁他 8 隻 '03-3 呉 ノルマン 2 228psi 3 筒 3 段 3,785 馬力
 鶴・鴻 '03-12 川崎 ノルマン 同 上
 隅田 '03-12 ソ社製造・上海組立 ソーニークロフト・スピーディー 140psi 2 筒 3 段 680 馬力⁴⁾
 鹿島・香取 '05 ニクロース 20 230psi 4 筒 3 段 約 17,000 馬力

3) 小艦向けに開発されたイ号艦本式ボイラと大艦に重用された宮原ボイラ

Yarrow もどきのイ号艦本式ボイラは 1902 年から小型艦艇向けに使用が開始された。春雨型駆逐艦 36 隻, 67～75 号水雷艇, 宇治, 音羽('03), 等がこれに当たっている。新造艦艇向けのみならず, 従前からトラブル頻発の水雷艇ボイラの換装も課題であった。これらの目的のためにも爾後の運用上においても当然乍ら国産技術の方が何かと有利であった。イ号艦本式ボイラはかような使命を帯びて開発された⁵⁾。

これに続いて大形艦向けのボイラ, 即ちベルヴィールやニコロースの直接的代替物として宮原式が隆盛を迎える。しかし, 1914 年の戦艦 扶桑を掉尾として時代は一気にロ号艦本式ボイラへと転回した。この間の建艦実績は以下の通りである⁶⁾。

筑波 '05 宮原 20 235psi 4 筒 3 段 23,260 馬力
 生駒 '07 宮原 20 235psi 4 筒 3 段 22,670
 薩摩 '06 宮原 20 235psi 4 筒 3 段 18,425 馬力
 鞍馬 '07 宮原 28 235psi 4 筒 3 段 23,081 馬力
 利根 '07 宮原 16 235psi 4 筒 3 段 15,402 馬力
 安藝 同 宮原 両面 11, 片面 4 260psi カーチス 28,740 馬力
 淀 同 宮原 両面 4 230psi 4 筒 3 段 7,030 馬力

4) これは『帝國海軍機関史』(下), 10 頁に拠る記述であるが, “スピーディー” は後述される通り最旧式のソーニークロフト・ボイラであり, 如何に末梢の小艦艇用, 減圧仕様とは言え, 何故, 今更こんな処にまでその名が出て来れているのか不可解である。

5) 『帝國海軍機関史』(下), 186 頁, 参照。

6) 同上書 400～401 頁, 参照。

伊吹 同 宮原 両面 10, 片面 8 260psi カーチス 27,111 馬力

最上 '08 宮原 両面 6 200psi パーソンズ 7,959 馬力

河内・摂津 '10~11 宮原 両面 8, 片面 8 275psi カーチス 30,399 馬力

金剛型 4 隻 '12~13 ヤロー, イ/ロ号艦本 36 275psi パーソンズ/ブラウンカーチス 78,275 馬力 (金剛)

扶桑 '14 宮原 両面 8, 片面 8 275psi ブラウンカーチス 40,000 馬力

なお、この間、日本海軍においては水管ボイラの特性と蒸気供給システムの構成、石炭焚きボイラにおける焚火法について様々な議論が交わされていたようである。因みに、同時代の海軍工機学校のテキスト『機関術教科書』(1912年)は丸ボイラより蒸気部の比率が小さく蒸気貯蔵量が少ないベルヴィール等、水管ボイラにおいては罐圧を高め、かつ、主蒸気管の途中に減圧弁を挿入し、減圧→水分分離の上、気化熱を放出させて蒸気温度を保ってやるシステムが必要となるとした上、厄介な減圧弁の省略を実現するために求められる水管ボイラにおける焚火法の工夫について：

絶ヘス焚火スルコトニシテ圓罐ニテハ五分毎ニ一度給炭スヘキトキ水管罐ニテハ一分半乃至二分毎ニナスヲ適當ナリトス
と述べている。

これは絶えず汽釀しておれば蒸気消費量の急増にも減圧弁無し of 直通供給方式で対処出来るということであり、重油混焼ないし専焼になれば当たり前となる筈の事態を人力投炭で強行的に実現しようという「基本焚火法」の現役時代ならではの思考法である⁷⁾。

2. Du Temple ボイラ

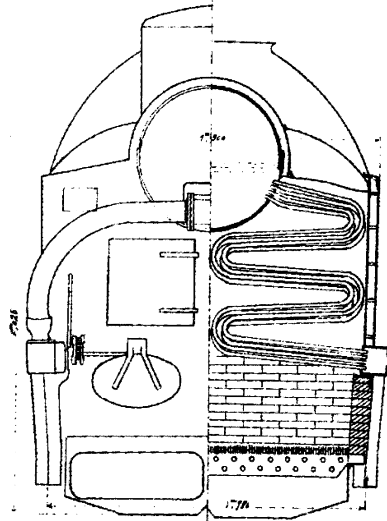
ジュタンブル・ボイラはフランスの海軍少佐 Félix du Temple de la Croix によって飛行機用に開発された。1857年、ゼンマイ動力に依る模型飛行機での飛行に成功した彼は'74年には蒸気機関を装備した飛行機で坂を下って加速・離陸後、ごく短いジャンプ飛行に成功したと伝承されているが、確たる物証は無いようである。彼のボイラは'76年に特許が認められ、やがて飛行機用としてではなく水雷艇用主ボイラとしてある程度の成功を収めた⁸⁾。

7) 海軍機関大尉 松村俊一改訂増補 海軍工機学校高等科掌機練習生教程『機関術教科書』(1912年11月), 九十七頁, より。焚火法の様々な側面については拙稿「C53型蒸気機関車試論」, 「技術史と労働史の相補性について」, 「機関車ボイラにおける負荷の一要素としての蒸気暖房」, 「舶用石炭焚きボイラとその焚火法」(大阪市立大学学術機関リポジトリ登載), 参照。

8) cf., Smith, *A Short History of Naval and Marine Engineering*. Cambridge, 1937, p. 261, C., F., Taylor, *Aircraft Propulsion*. Washington, 1971, pp. 1~2, Ben Mackworth-Pread, *Aviation The Pioneer Years*. London, 1990, pp. 68~69, R. G. グラント著・天野完一・乾 正文訳『世界航空機文化図鑑』東洋書林, 2003年, 14頁。

残念ながら、その現役時代に重なる筈の明治三十四年六月 海軍機関中監 入澤敏雄 改纂, 海軍ノ

図1 Du Temple ボイラ

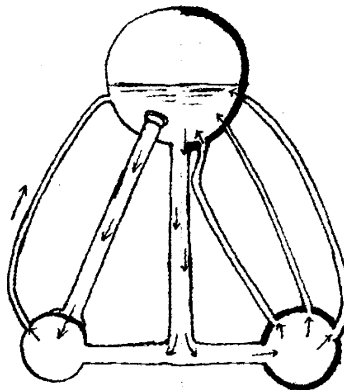


『帝国海軍機関史』上巻, 385 頁, 第四十圖。

3. Normand ボイラ

ノルマン・ボイラは給水加熱器や給水からの油除去フィルタの開発で知られるフランス人技術者, Jacques-Augustin Normand によって 1893 年に開発された 3 胴水管ボイラである⁹⁾。

図2 ノルマン・ボイラにおける水循環



『機関術教科書卷之一附圖』(1908 年) に対する当時の所有者に依るらしき書込み。

海軍兵學校『機関術教科書卷之一』(1901 年, 『附圖』については未見) にもジュタンブル・ボイラに関する記述は皆無であり, その改訂版と思しき明治四十一年七月『機関術教科書卷之一附圖』(1908 年) にもこれに係わる図は一切見られない。

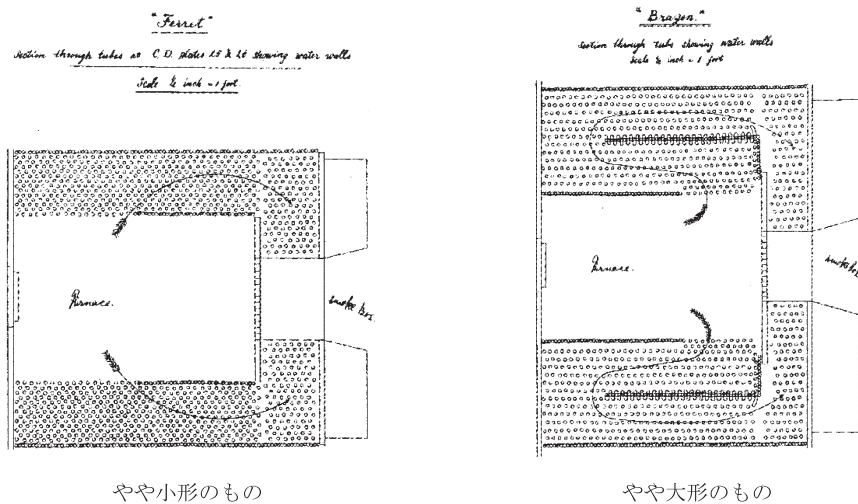
9) cf., Smith, *ibid.*, pp. 256~257, 261. 以下の構造解説は海軍兵學校『機関術教科書卷之一』(1901 年), 四十~四十一頁, 『機関術教科書卷之一附圖』(1908 年) に拠る。

Casing “A’” の内部空間に連通していた。この孔からは炉内に 2 次空気が送り込まれ、燃焼を助長すると共に内部に植えられた鋼製ピンからは流入空気への伝熱がなされ、ケーシングは空気予熱器の働きをも担うとの触れ込みであった。謂わば空冷炉壁 兼 空気予熱器という独自の趣向である。

もっとも、このピンは後年、空気予熱器機能無しとして廃止された可能性がある。ノルマン・ボイラの基本的欠点は煤による汽醸管の汚損が甚だしく、その掃除が面倒であったことにある。

ノルマン・ボイラにおける今一つの構造的特色として水管を密接させて形成される一種の水冷炉壁があった。両翼外側面、煉瓦製のデフレクティング・プレート（奥の煉瓦壁）の両脇ないし火炉の側面に位置しているのがそれで、火炎を誘導し水管群の間を隈なく行渡らせる役割を担っていた。この水冷炉壁は後にソーニークロフトの模倣するところとなる。

図5 ノルマン・ボイラの中央部水平断面における汽醸管配置 2 例



やや小形のもの
同上。

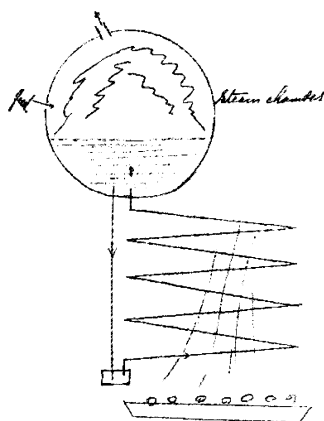
やや大形のもの

4. Belleville ボイラ

軍艦用主ボイラとして一世を風靡したベルビール・ボイラはフランス人技術者 Julien Belleville によって 19 世紀半ばに発明されたジグザグの貫流水管群と気水分離ドラムから成るボイラである¹⁰⁾。

10) cf., Smith, *ibid.*, pp. 199~200. それ以前のベルビール・ボイラについては cf., Daniel Kinner Clark, *The Steam Engine: A Treatise on Steam Engines and Boilers*. Vol. I, London, 1895, pp. 777~782. この書物においては“Belleville Sectional Steam Boiler”なる呼称が用いられている。以下の構造解説については主として『機関術教科書卷之一』(1901年)二十五~三十三頁に拠り、その他については注記する。

図6 ベルヴィール・ボイラにおける水循環

Bellville's Bone Skeleton Diagram.

『機関術教科書卷之一附圖』(1908年)に対する当時の所有者に依るらしき書込み。

上部にエコノマイザ(煙道給水加熱器, 海軍呼称“収熱器”)を頂く図7のような基本構成に到達したのは1877年である。エコノマイザが導入されて以来, ベルヴィール・ボイラの本体部はジェネレータと称されるようになった。水は高压の給水ポンプで送り込まれ, 水量調節(給水の加減)はこの当時から自動化されていた。空気は火炉内部への強制通風であった。“逆”は簡体字の「進」ではなく「ほとばしる」で, その読みは恐らく「ホウシュツ」であったのであろう。これについては別途, 後述する。管渠部のケーシングは鉄ないし鋼板製, 火炉の周囲には煉瓦が巡らされていた。

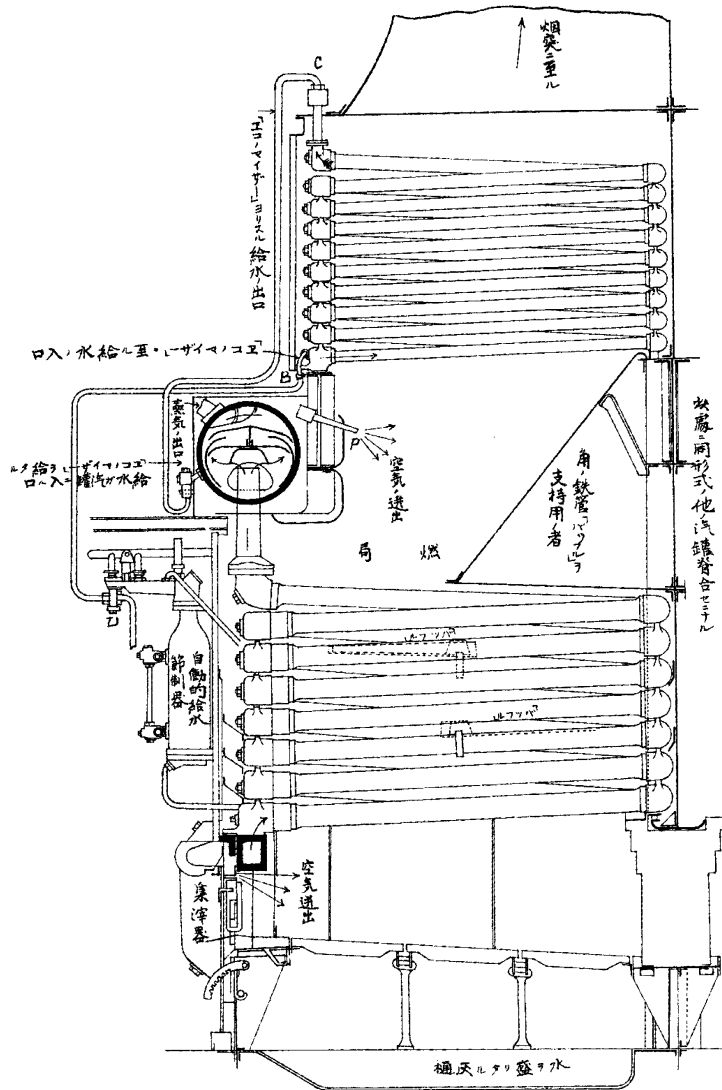
天辺の“C”は給水圧力の安全弁である。これを此処に設ける理由はエコノマイザの管径は汽釀管のそれより小さく強度的に大きいため, 最も護られるべき汽釀管への給水入口での圧力に制限を課すことにあった。

もっとも, 戦艦や一等巡洋艦とは異なり, 罐室高さを取れない二等巡洋艦以下の艦艇においてはエコノマイザを持たないジェネレータだけ, 昔のままの背の低いベルヴィール・ボイラが装備された。そのような場合でも, エコノマイザの10~15%という熱効率向上効果が明らかになって以降は罐の横にこれを付置するケースが出来た¹¹⁾。

側面図だけからは些か紛らわしいが, ベルヴィール・ボイラは後年のDobleのような単管式ボイラではなかった。管列(element)と呼ばれた水管は図8にも表現され, 図9に明示されているように大きなコイル状をなしていたのではなく, これを潰した建造物の“外階段”のよ

11) 海軍機関少佐 中尾金房・同 長谷川貫一改訂 海軍機関學校高等科機関術練習生(掌罐術織專修)教程『機関術教科書 第一編』1919年6月, 31頁, 参照。

図7 エコノマイザ付きのベルヴィール・ボイラ



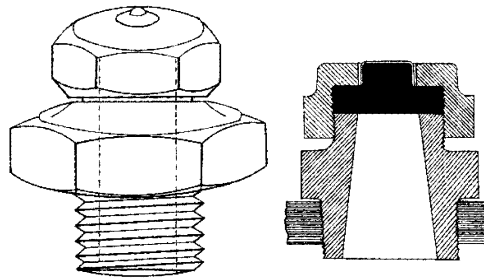
『機関術教科書卷之一附圖』(1908年), より。

うな風体を有する多数の構成要素から成っていた¹²⁾。

図9右図, ボイラ手前側から見た正面図に f は溶栓と, 側面図の左下, ボイラ手前の下部にはジョイントを構成するためのNi製スリーブ(白銅製薄身ノ圓錐環), と注記されている。前者についてはベルヴィール・ボイラのそれか否かについては不明ながら, 同時代の日本海軍で使

12) ドーブル・ボイラについて簡単には朝倉希一『鐵道車輛』(下巻), 春秋社, 1936年, 257頁, 第221図, 258頁, 第222図の辺りをご参照頂きたい。

図 10 同時代の日本海軍で使用されていたと思しき溶栓



『機關術教科書卷之一附圖』(1909 年), 第六十七, 六十八圖。

用されていたと思しき溶栓の画像を図 10 として掲げておこう。現物は砲金製一体の異形ブシュに鉛を鑄込んだ鉄道省のそれとは異なり、事故対策後、鉛のみを即座に交換出来るような設計となっていた様子が理解されよう。

後者は勿論、水室(feed water collector ないし lower water chamber) へのジョイントの謂いである。このスリーブないしニップルの内径が管径に比して著しく小さいのは両サイドに位置する降路管から遠い中央部のエレメントにも水を回すための配慮で、断面積の絞り加減は実験的に定められた値となっていた。なお、エレメントの交換に際しては上部、蒸気室からの豎管に接続するフランジのボルト 4 本と下部スリーブ部のボルト 1 本を外せばエレメント全体の弾性により下部を持ち上げて取外すことが出来た¹³⁾。

各エレメントは上部においては蒸気室を共有していた。ボイラ 1 基当りエレメント数は 7~10 個程度、その管径は 10~13cm (4~4½in.), その長さは 198~213cm 程度 (6ft.6in.~7ft), 1 エレメント当り管数はエコノマイザ無しの場合 10 段 20 本, エコノマイザ付きの場合は 7 段 14 本程度であった。管の傾斜は僅かに約 2.5°であった。この緩い傾斜と大きな管摩擦に因り水(気液二相流)の通過速度は必然的に低く、つまり罐水循環は緩慢にならざるを得なかった。これは本型式の根本的欠陥をなし、パワーアップへの障害となった。

なお、前掲海軍工機學校のテキストにはベルヴィール・ボイラのエレメント管の肉厚について：

管ハ水平ナル程受熱量大ナルモ總テノ管カ同様ニ受熱スルモノニアラス「ワットキンソン」氏ノ實驗ニ依レハ最下層ノ管カ全部ノ約半分ヲ占ムト謂フ故ニ「ベルビール」式ノ如キハ下層ノモノヲ特ニ厚ククセリ¹⁴⁾

とある。実際、後年の機關學校のテキストには：

13) 手許の『機關術教科書卷之一』(1901 年) には「實驗ニ依レバ焚火中管列ヲ一ツ取替フルニに時間ヲ要シ管ノミー一個取替フルニハ四時間乃至五時間ヲ要ス」との書込みがある。これは恐らく、焚火停止後……の謂いではなかろうか？

14) 『機關術教科書』(1912 年 11 月), 九十七頁, より。

最 下 列 2 本 $\frac{3}{8}$ 吋【9.53mm】以上

最下列ノ上 2 本 $\frac{5}{16}$ 吋【7.94mm】以上

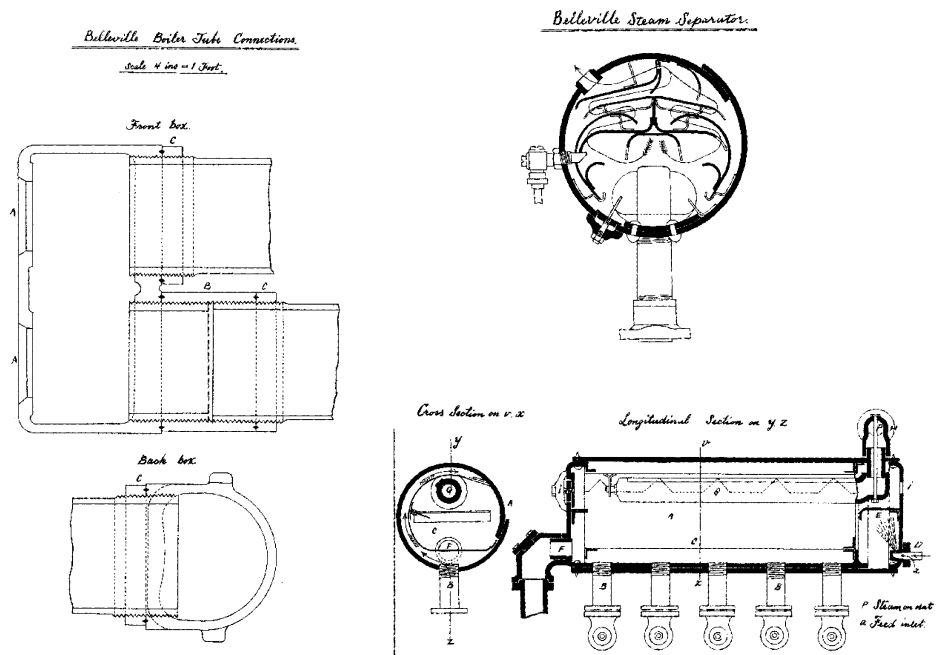
其 他 $\frac{192}{1000}$ 吋【4.88mm】以上

などという実にヤヤコシイ数値が掲げられている¹⁵⁾。

連函 (junction box), 即ちエレメントの管が折り返す“踊り場”に相当する部分のネジ止めに係わる構造は手前と奥とでは異なっていた。図 11 左に示される通り, 前部は鋼製の中空“E”断面を持つボックスの片側に対して管を調製用の鑄鉄製ソケット“B”と全ネジ管との組合せを介してロック・リング“C”により自由状態で固定し, 管長の差に起因する機械的ストレスの発生を防止する仕組になっていた。フロント・ボックス正面に見える 2 つの丸は内部の点検・清掃用の挿手孔 (hand hole) の蓋ないし孔そのものである。勿論, 後部にはこの調節機構は与えられていなかった。エレメントの表面清掃にはブラシやスクレーパ, 蒸気吹掃具 (soot blower) が用いられた。なお, エコノマイザの基本構造もエレメントとほぼ同様で, これを一回り小さくしたようなモノであった。

図 11 右は蒸気室を示すが, 上は新型で左横に給水入口逆止弁を, 左右両端面に降路管を有するもの, 下は旧式の給水入口と降路管とを両端に有するものである。何れもその内部には汽

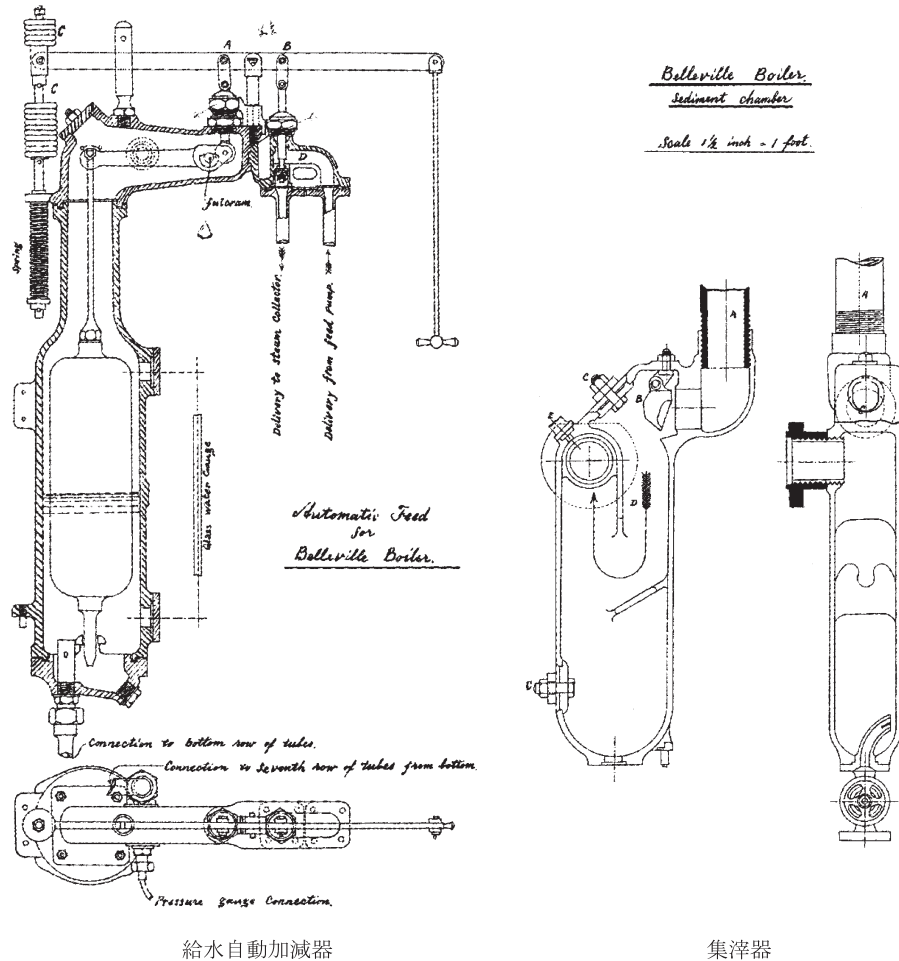
図 11 ベルヴィール・ボイラにおけるエレメントの結合部と蒸気室



同上。

15) 『機関術教科書 第一編』(1919年), 33 頁, より。

図 12 ベルヴィール・ボイラにおける給水自動加減器と集滓器（沈殿物溜め）

同上¹⁶⁾。

水分離のための凝った汽室遮板 (baffle plate) が備えられており、その性能如何に依って当ボイラの性能は左右された。

図 12 左に件の給水自動加減器を示す。この使用水準 (working water level) 補持装置は保持水量が僅少で並み居る水管ボイラの中でも一際気難しいベルヴィール・ボイラを健全に活かしておくための最重要部品であった。その神経質さについて工機学校のテキストに曰く：

水管罐ニテハ水「ドラム」ニ水ノ不足ヲ生シタルトキ之ヲ補フニ困難ナルコトアリ特ニ

16) 給水自動加減器縦断面図に施されたハッチングは元の所有者に依るものである。『機関術教科書巻之一附圖』(1909 年)の当該第四十四圖には書込みこそ無いが、ベルヴィール・ボイラの凋落趨勢を承けてのことか平面図まで省略されているので採りたくはなかった。

「ベルビール」式最甚シク「ノルマン」式及ヒ「ソーニクロフト」式ハ此ノ不利ノ點少ナキカ如シ

.....

同一ノ馬力ニ對スル罐内水量ハ水管罐皆小ニシテ就中「ベルビール」式ノ如キハ給水ニ注意ヲ欠クトキハ忽チ其ノ不足ヲ見ルニ至ルヘシ¹⁷⁾

ベルヴィール式給水自動加減器は浮きと弁とを用いるシンプルな装置で、気化器の油面調節機構と同工のシカケであった。支点2箇所はナイフエッジ的な摩擦の少ない構造が用いられていたことが判る。また、本図には“a”として antifriction packing と書込まれている。一種のブシュであろうが、『機關術教科書卷之一』(1901年)にはその組成について錫40%、鉛46%、黒鉛10%、鉍油4%という書込みがあるから、各々の固形成分を粉体化し油を粘結剤として混練→圧縮成形したモノか、金属粉を低温で焼結した後、油を含浸させたモノかの何れかであったろう¹⁸⁾。

罐圧が17 kg/cm²の場合、給水ポンプの吐出し圧は30 kg/cm²程度に設定されていた。給水自動加減器はフロートによって水準を検出し、弁“D”の開閉により給水ポンプからの給水をオンオフする素朴なシカケであった。水準の設定調整には古くは重錘が用いられていたが、やがてそれは動揺にも強いバネへと置き換えられた。しかし、本装置は原理こそ単純ながら埃やスケールに因る内外の汚染に伴う摩擦力の変動が避けられぬため、これをその正しい調整に保つには相当の熟練が求められた。

構造上、ベルヴィール・ボイラには表面吹き出し機能は備わっておらず、底吹き出しのみが可能であったようである。図12右はベルヴィール・ボイラにおける集滓器(沈殿物溜め)である。降路管から降りて来た水は逆止弁“B”を経てこの沈殿物溜めの内部へと進入し、転向部で速度を失い石灰、ソーダ等固形物等を沈殿させた。この石灰やソーダは機関部で作動流体に混入する油分を吸着させるため一種の清缶剤として使用されていたものである。ベルヴィール・ボイラの罐水循環は非常に緩慢であったから、この逆止弁が無ければ汽醸中、降路管への水の逆流を生じがちであったが故に、それは当ボイラにとって緊要な機能部品であった。沈殿物溜

17) 海軍工機學校『機關術教科書』(1912年)、九十八、九十九頁、より。

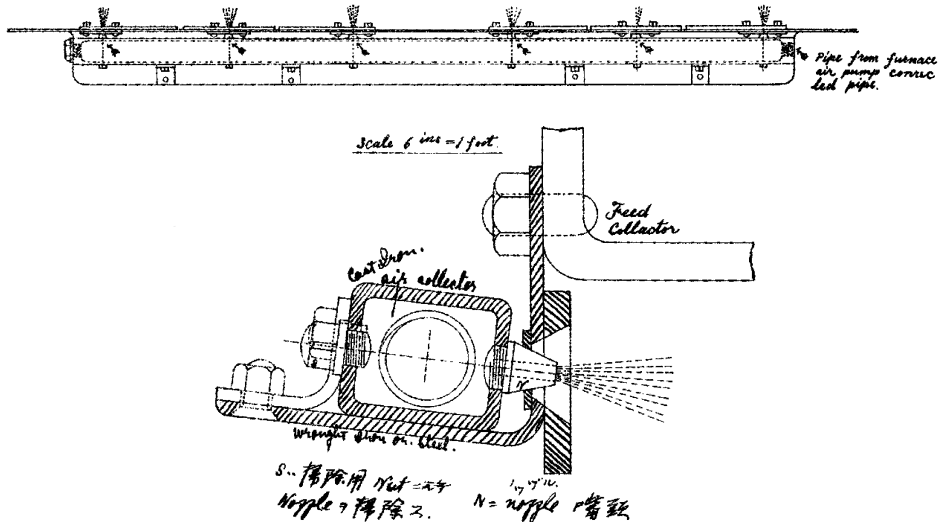
18) 何れにせよ、これはブシュとして使用された粉末冶金系オイルレス・ベアリングに他ならない。焼結を経ないコールドプレス型のオイルレス・ベアリングに関する特許は1870年、アメリカでS.クイーンにより取得されているが、その成分は錫粉99%、石油タール1%あるいは銅93%、錫6%、鉛ないし亜鉛1%より成る粉末98%にゴム2%であった。焼結型に関するドイツ特許は1910年、スウェーデンのV.レーベンダール、企業化の嚆矢は'16年のGE社、E.G.ギルソンとされている。その組成は銅73%、錫13%、鉛10%、黒鉛4%で、これに重量比5%の油を含浸させるモノであった。

しかし、現在の銅系焼結含油軸受における錫の成分比を4倍程にしたようなその先祖がブシュという形ではあるが一つ前の世紀転換期以前より実用されていたことは明らかである。オイルレス・ベアリング全般については川崎景民『オイルレスベアリング』アグネ、1973年、13~14、105~107頁、参照。

図 13 7 エレメントを有するベルヴィール・ボイラの通風ノズル

*Air Distributing Arrangement For The Furnace of A
Belleville Boiler With 7 Elements.*

Scale 1/4 ins = 1 foot.



同上。

めの本体は鑄鉄製，吹出し弁は黄銅製であった¹⁹⁾。

図 13 に 7 つのエレメントを有するベルヴィール・ボイラにおける瓦斯混和装置 (gas mixing arrangement ないし air distributing arrangement)，即ち送風ノズルを示す。これは強圧通風云々の装置ではなく火格子の横上方 250～300mm に位置し，そこから送風して石炭から発生した可燃性ガスと空気との混和を図り燃焼を改善すると共に，燃焼ガスの吹き抜けを抑えて火炉内における滞留時間を幾分かでも稼ぎ，エレメントへの伝熱を促進させるためのシカケであった。送風圧は $\frac{1}{3} \sim 1 \text{ kg/cm}^2$ 程度とされた。装置の構成材料としては鑄鉄，鍛鉄ないし鋼と書込まれている。なお，図 7 のノズル“P”の機能もこの瓦斯混和装置のそれと同様であった。

夙に知られる通り 1902 年，イギリス海軍汽罐調査委員会は軍艦主ボイラとしてのベルヴィール・ボイラに不適格との宣告を下した。その根拠は本ボイラが使用過程において著しい性能劣化を示す上，取扱いが難しいという経験的データにあった。

個別的要因としては罐水循環の「不良不正確」，水面計の不正確，複雑な自動給水装置の必要，主機械の要求圧より高い罐圧を必要とすること²⁰⁾，給水系統には更に高い耐圧力が求め

19) 吹出しについては拙稿「作業物質中の混入異物対策に見る熱機関技術史の基本問題 (Ⅱ)—— I : 各種ボイラにおける吹出し技術の開発 ——」(大阪市立大学学術機関リポジトリ掲載予定)，参照。

20) 本稿 1 の 3) 末尾，減圧弁云々の議論を想起されたい。

られること、負荷変動に対する追随性に劣り汽水共発を生じがちであること、罐水の漏洩損失が大きいこと、メンテナンスに手間がかかり稼働率が低いこと、であった²¹⁾。

結果的にイギリス海軍はヤローと Babcock & Wilcox, アメリカ海軍はバブコックへと擦り寄り、やがては日本海軍と同様に 3 胴式水管ボイラを主流とするようになって行く。そうした渦中の '07 年よりベルヴィール・ボイラは蒸気ドラムをエコノマイザの上に放り上げると共に降路管をドラム中央に 2 本追加して 4 本化することによって罐水循環を改善した他、エコノマイザを 4 段式としてその高さを抑えつつその内部循環経路をも改善したモデルへとシフトして行く。しかし、それは恰も落日を差し招くかの如き行為であった²²⁾。

5. Niclausse ボイラ

ニコロース・ボイラは 1862 年、イギリスの Edward Field らに依って特許取得された Field's boiler tube と呼ばれる 2 重水管を用いるボイラの一つである。この水管は試験管のような先の塞がれた長い外管の中に内管を挿入し、内管から水を押し込んで行き、その加熱は外管の外側から行うモノで、急速汽醸性が重視される蒸気消防ポンプ開発の中で発明された²³⁾。

フィールド・ボイラは Amédée Bollée をはじめとして世紀末の蒸気自動車にも用いられ、'95 年 6 月、パリ〜ボルドー間往復 1200km レースを 90 時間 3 分、平均 13.2km/h で 9 位完走した彼の 6 人乗りバス *La Nouvelle* にもフィールド・ボイラ (直径 70cm, 118 管) が装備されており、その汽醸時間は 30 分であった。Scotte ボイラも自動車に用いられたフィールド・ボイラの一つであったが、これらのフィールド・ボイラは堅管式であった²⁴⁾。

フィールド・ボイラの技術的難点の一つは内管を管寄せに固定する部分にあったが、1891 年から 1910 年にかけてパリの技術者、G., N., L., Niclausse と P., E., J., Niclausse によってブレイクスルーが見出され、陸船用に用いられるようになった²⁵⁾。

図 14 に示されているように“水筐”と呼ばれた堅型の管寄せ^{管寄せ}を二重構造としてしているところにこのボイラの特徴があった。“重装管”と呼ばれた汽醸管の傾斜は 6°であった。管寄せに汽醸管を固定する方式については後掲図 17, 18 に示される通りである。汽水分離ドラムには図

21) 『帝国海軍機関史』下巻, 78, 81~85 頁, 参照。但し、指摘の一部は石炭焚き水管ボイラに共通する問題でもあった。

22) 『機関術教科書 第一編』(1919 年), 34 頁, 参照。

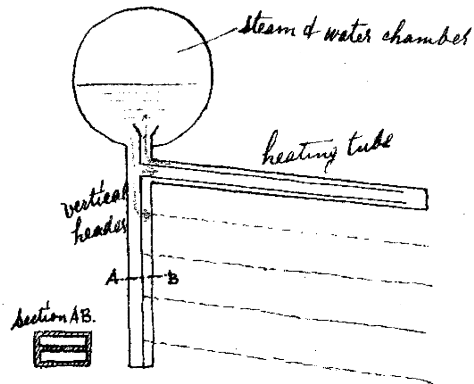
23) ニコロース・ボイラについては主として『機関術教科書卷之一』(1901 年), 三十三~三十五頁, フィールド・ボイラについては cf., D., K., Clark, *ibid.*, pp. 736~740.

24) cf., Gerard Lavergne/trans. by P., N., Hasluck, *The Automobile Its Construction and Management.*, 1902, pp. 37~40, 558.

25) cf., H., W., Dickinson, *A Short History of the Steam Engine*, p. 170.

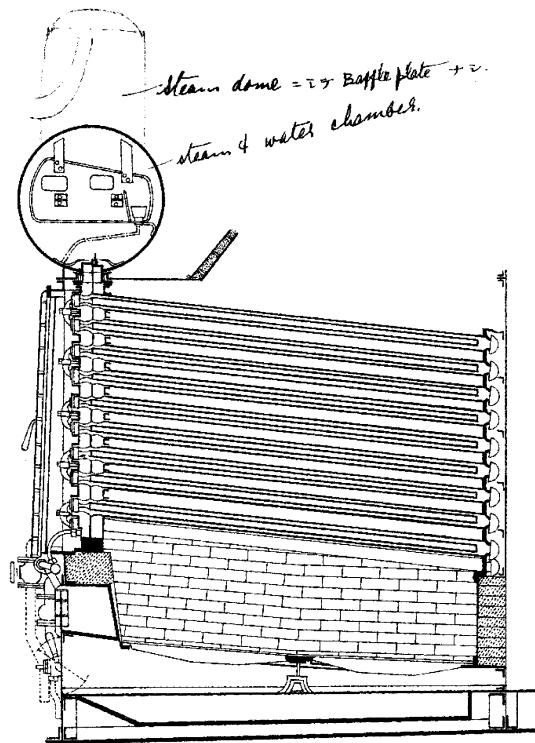
図 14 ニクロース・ボイラにおける水循環

Airlaure Boi. Skeleton Diagram.



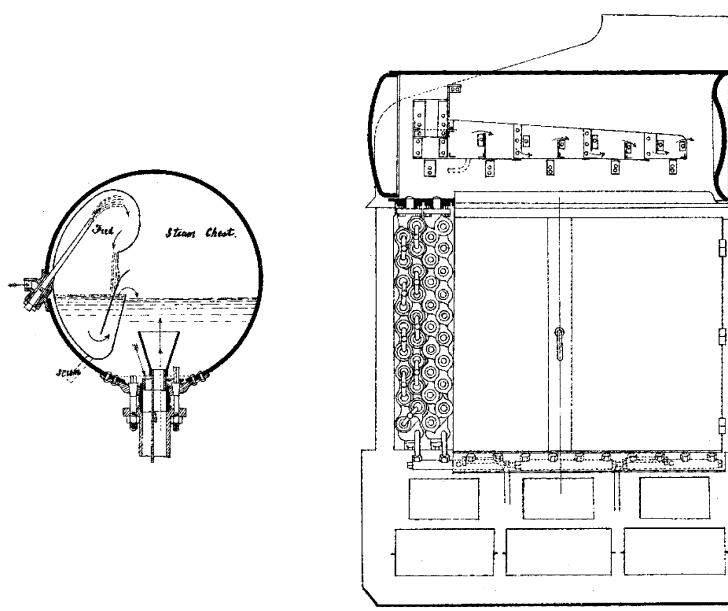
『機関術教科書卷之一附圖』(1908 年) に対する当時の所有者に依るらしき書込み。

図 15 ニクロース・ボイラ要部側断面図



『機関術教科書卷之一附圖』(1908 年), より。

図 16 ニクロース・ボイラ左半分の正面図及び蒸気室横断面図



同上。

15 への書込みのように蒸気ドームが設けられていた。恐らく、それは図 16 の描かれていない右半分に帰属していたのであろう。

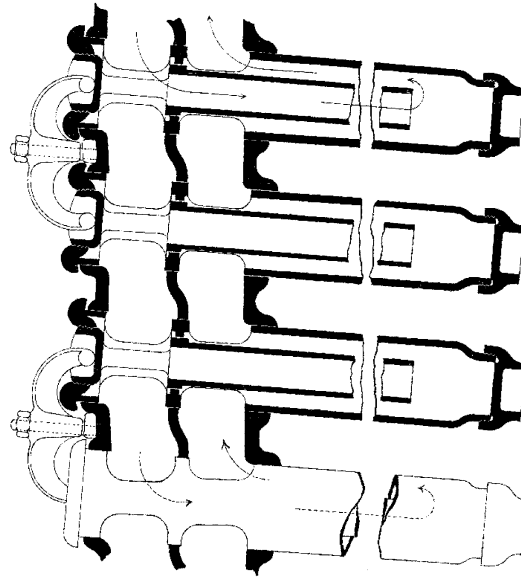
図 16 の汽水分離ドラム横断面図示されている“scum”とは通常、水面吹き出しコックの謂いである。この“表面駆水用管”の上端が水面附近に達していたであろうことは容易に推定されるが、コックないし弁は描かれていない。水面吹き出しまで用意していたことはこのボイラが罐水中の不純物に神経質であったことの証左でもある。

汽釀管は 1 本の堅型管寄せ毎にジグザグ 2 列に植込まれていた。上下一対の汽釀管は“ε”状の dog stay によって管寄せに圧着固定されたが、その外管の外端部に捻じ込まれたプラグは内管の外端をなしていた。外管の管寄せ前部（機関兵側）外壁への嵌入部はテーパ接合となっており、特別なシール材は存在しなかった。その他の嵌入部の仕様、シーリングについてその全盛期の文献には記述が見当たらない。恐らく、最外部さえ厳格にシールしておれば内部に少々漏れても大事無かったのであろう。管寄せと汽釀管、その先端を塞ぐ螺帽の材料は鋳鋼であった。その管径については：

英國海軍ニ於テハ外管ノ外径 $3\frac{1}{4}$ 吋【83.74mm】内管ノ外径 $1\frac{1}{16}$ 吋【39.69mm】ノモノニ限ラルレトモ其他ノ國ニ在リテハ上記ノモノヨリ稍々小徑ノ管ヲ用フルコトアリ²⁶⁾との記述が見出される。

26) 『機關術教科書 第一編』(1919 年), 35 頁, より。

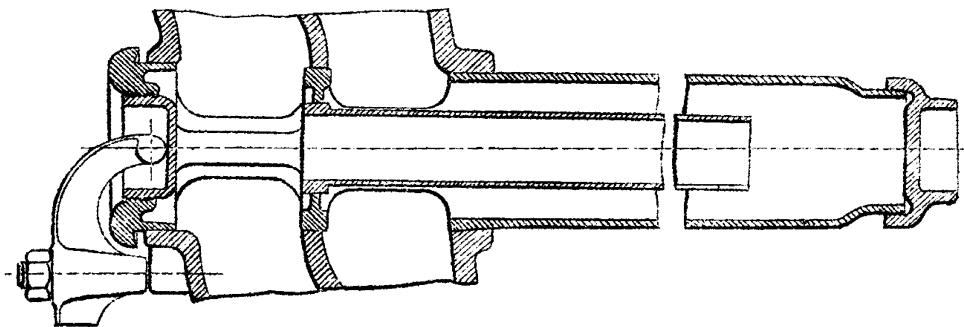
図 17 ニクロース・ボイラの汽醸管断面図



同上。

なお、汽醸管の管寄せへの取付け状況については図 17 の如きベタな塗り潰しではなく正則なハッチングが施された図 18 に依るのが利口である。

図 18 ニクロース・ボイラにおける汽醸管の管寄せへの取付け状況



高田金吉・岩崎 清『蒸汽汽罐 及汽機』丸善, 1908 年, 附図 第四拾參圖。

なお、後年の文献には「親シク本式罐ヲ使用セン實驗者ノ述フル所ヲ参考ノタメ次ニ掲クヘシ」とした上でシーリングについて：

幾多ノ管ノ嵌挿部ハ摺合セニヨリ取附ケアルモ『ニクロース, グリース』(黒鉛 48「パーセント」礦油 28「パーセント」獸油 24「パーセント」ヲ混合セルモノ) ヲ用フルヲ以テ少シノ漏洩ヲモ生セシメサルコトヲ得²⁷⁾

27) 『機關術教科書 第一編』(1919 年), 37 頁, より。

などである。この程度で持ったとすれば、嵌合部の工作精度が余程、高かったのか、内部で少々漏れていても“知らぬが仏”を決め込んでいたのであろう。

ニコロス・ボイラの得失について同時代の文献は：

此罐ハ極メテ堅牢ニシテ粗暴ノ取扱ニ堪ヘ且ツ安全ニ強壓通風ヲ適用シ得ルノ利益アリ
水筐ト重装管トノ接合ハ一見故障ノ源ナルガ如キ觀アレドモ其實之レニ反シテ水密甚ダ安
固ナリ重装管ハ容易ク之ヲ水筐ヨリ脱シ或ハ装置スルコトヲ得故ニ水管ノ破損ヲ生シタル
時ハ僅ニ數十分時ニシテ之レガ換装ヲ行フコトヲ得ルナリ此点ニ關シテハ其利便遙カニ
「ベルビール」式ノ上ニ出ツ

此罐ノ欠点トスル所ハ水筐大形ナルノ故ヲ以テ其ノ製作ニ極メテ巧技ヲ要シ且ツ其價^{あたい}
頗ル高價ナルコト及外管底部ニ湯垢ノ集積ヲ生ジ且之ヲ除去スルノ困難ナルコト及重装管
ヲ離脱スルニ非ザレバ管内ノ水ヲ全ク除去スルコト能ハザル等ナリ

此罐ハ自働給水器ヲ要セズ

帝國海軍ニ於テ此罐ヲ装用スルモノハ目下低圓形罐ト換装中ナル一ノ八重山アルノミナ
レドモ其採用^{けだ}蓋シ大ニ擴張セラルベシト信ズ
と語っている²⁸⁾。

実際、その後、新高・對馬、鹿島・香取にこのボイラが採用された点については既に見た通りである。また、汽釀管の取替が容易である点の補足として、熱負荷の大きな下部のそれが衰耗した際にはこれを上部のそれと入替えるというタイヤ・ローテーションまがいの便法が講じられることも普通であった²⁹⁾。

しかし、不使用時に水管や管寄せの内部を完全に空にしたり、内部のスケール落しを行ったりすることが困難、と言うよりもほぼ不可能であるため最高純度の蒸留水を用いねばならぬという難点が嫌われ、やがてこのボイラは廃れて行った。

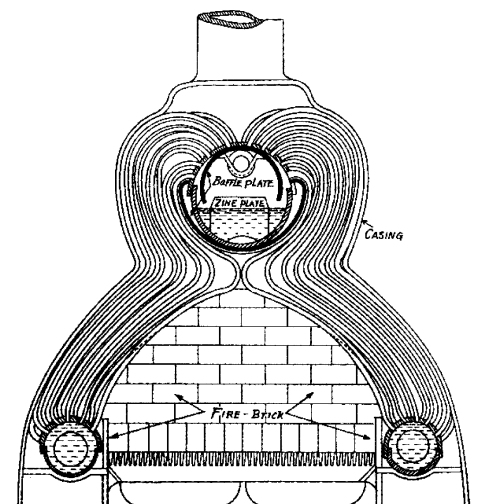
6. Thornycroft ボイラ

ソーニークロフト・ボイラは1885年にイギリス、John I. Thornycroft and Co., Ltd. の John Isaac Thornycroft によって開発された。'88年の英国海軍拡張令 (Naval Defence Act) を承けて起工された70隻の軍艦には155psiの丸ボイラと機関とが標準装備されていたが、唯一、水雷砲艦 *Speedy* には210psiの3胴式ソーニークロフト水管ボイラが装備されていた。所謂“スピーディー”型ソーニークロフト・ボイラがそれである。この“スピーディー”型の概要については図19に示される通りであるが、降路管の有無や配置状況については不明である。

28) 『機關術教科書卷之一』(1901年)、三十五頁、より。

29) 『機關術教科書 第一編』(1919年)、36頁、参照。

図 19 “スピーディー” 型ソーニークロフト・ボイラ



『帝国海軍機関史』下巻，88 頁，第八十七圖。

“スピーディー” 型は英国海軍軍艦における水管ボイラ採用の嚆矢でもあった³⁰⁾。

その進化型である“ダーリング” 型ソーニークロフト・ボイラは 1894 年のイギリス海軍水雷艇駆逐艦 *Darling* と *Decoy* に初めて装備された。この時にはヤローでも独自ボイラの *Havock* と *Hornet* が建造され *Havock* のみは一足先，’93 年 10 月に進水している。

“ダーリング” 型ソーニークロフト・ボイラにはノルマン・ボイラと同工の水冷炉壁の考え方が採用されている。火に最も近い管列と火から最も遠い管列が水冷炉壁を形成していた。しかし，このようなアイデアが“スピーディー” 型以来のモノであったのか否かについても判定出来ていない。

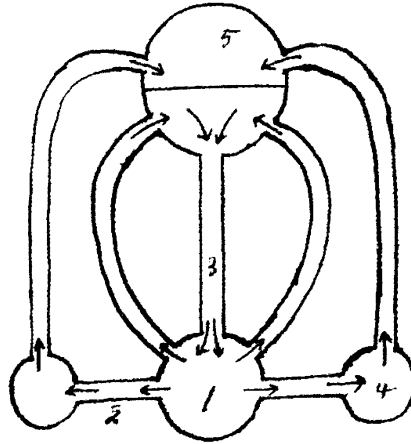
改良型である“ダーリング” 型においては両翼の管巢が内外に 2 分されて互いに“ハ”の字に開き，火炉及び火格子も左右に区分されている。これは高い蒸気条件での部分負荷運転を効率良く行うための方策であろう。ソーニークロフト・ボイラは小管式に属し，蒸発管径は $1\frac{1}{8}$ ～ $1\frac{1}{4}$ in.であったが，管の上下端部は約 $\frac{1}{4}$ in.細められた漸縮管となっていた。これは拡管に依るドラムへの取付けを緊密強固にするための配慮であろう。

図 20 の 1 は Central Water Drum, 2 は Cross Tube で罐の後方に左右一対存在した。3 は Return Tube でその直径は 4in., その数は 8～10 本。前後方向にごく緩い“S”カーブを描き熱応力を逃がす格好となっていた。4 は Wing Water Drum, 5 は Steam Drum である。

なお，図 20 における汽水分離ドラム内の水準線表示は誤りであり，水準線を全ての蒸発管

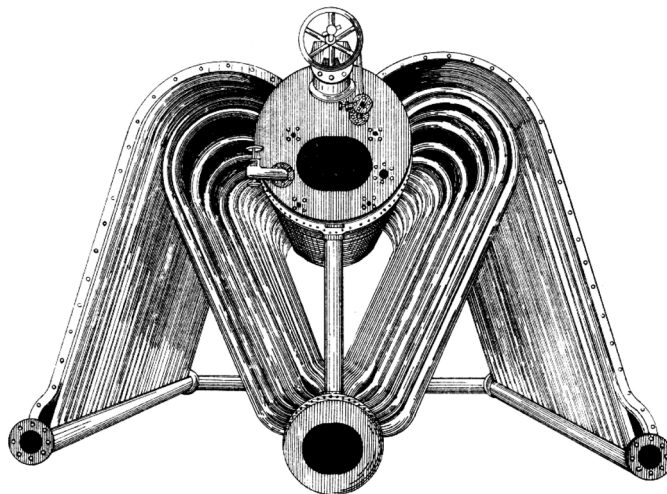
30) 『帝国海軍機関史』下巻，16 頁，参照。“ダーリング” 型ソーニークロフト・ボイラの機構解説については『機関術教科書卷之一』(1901 年)，三十八～四十頁，参照。

図20 “ダーリング”型ソーニークロフト・ボイラにおける水循環



『機関術教科書卷之一附圖』(1908年)に対する当時の所有者に依るらしき書込み。

図21 前方から見た“ダーリング”型ソーニークロフト・ボイラ(1894)要部



『機関術教科書卷之一附圖』(1908年), より。

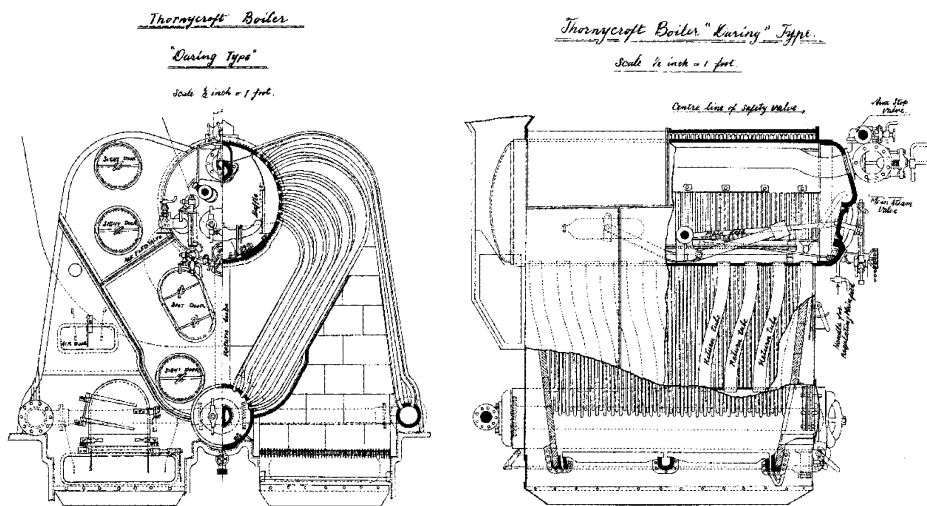
の取付け部より下に位置させるのが“スピーディー”型以来のソーニークロフト・ボイラにおける最大の“ウリ”であり、かくすればこそ罐水循環が妨げられることなく「甚ダ良好」になるというのがその謳い文句であり、有り体に言えば事実に基づかぬ幻想であった³¹⁾。

31) 図20に依り、かつ、汽水分離ドラム内の水準線表示の誤りを考慮して汽醸管の内、外翼に位置するそのみに注目しつつこれを観れば、罐水循環は水の密度差、蒸気気泡の浮き上がりに因る伴流、水で満たされた“3”の最底部に作用する水圧(水柱の高さ)と内部が気液二相流となっており上部では蒸気の比率が高くなっている汽醸管内最低部に作用する水圧(同)との差の3つによって生起する。ソーニークロフト・ボイラのようにするとこの第3要素が微弱となるから循環速度が低くなるのである。

蒸気ドラム内部には貧相なバッフルしか装備されていない代りに、Internal Steam Pipe, 即ち主蒸気管にはその上面に多数のスリットが切られ、汽水分離能力を高めていた。ヤローのそれも後のロ号艦本式ボイラのそれもこれと同工であった³²⁾。

図 22 は“ダーリング”型ソーニークロフト・ボイラの 2 面図である。側面図においては右側がボイラ焚口側（前方）である。側面図，汽水分離ドラムの中に自動給水加減器の“浮き”が破線で描かれている。ドラム内の水準線はこの“浮き”の中心線に合致せしめられる。

図 22 “ダーリング”型ソーニークロフト・ボイラ 2 面図



同上。

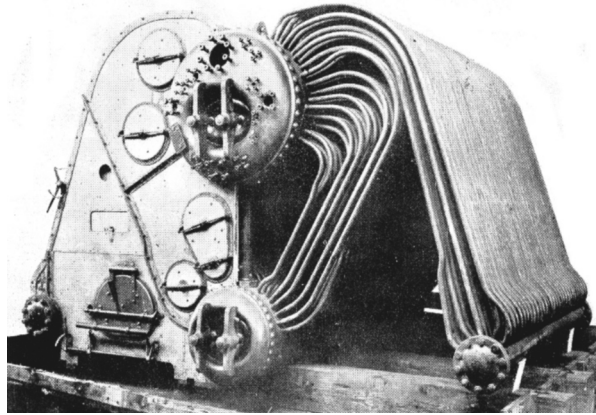
図 23 はソーニークロフト・ボイラの特徴の一つをなす自動給水加減器である。ベルヴィール・ボイラのそれとは異なり，本装置は汽水分離ドラム内に設けられていたが，その作動原理は後者同様，浮きの作用に依るモノであった。

給水節制弁は図 24 のようなシンプルな機構であった。弁の型式は両座弁となっていた。

図 25 は『川崎造船所四十年史』に「明治三十年頃」，つまり 1897 年頃とだけ記述されている水雷艇用ボイラで，その曖昧な年代表記からシッヒョウ (Schichau : 独) 建造，川崎組立の第 35, 36 号 83^ト二等水雷艇 ('99 年進水, '00 年竣工) に各 2 基装備されたボイラ (213psi) の一つが最もそれらしく想われる。但し，これであれば川崎の建造になるボイラではなく輸入組立品である。他方，『川崎重工業株式会社社史』には「当社では同【明治】34 年に呉工廠建造の水雷艇用にソーニークロフト型を製作した」とあり，これと同じ写真も収録されている。これなら同型の第 60, 61 号水雷艇を指す記述となるが，『四十年史』の記述を念頭に置く限り写真の主

32) ロ号艦本式ボイラの主蒸気管については拙稿「艦本式ボイラについて」の図 37 辺りを御覧頂きたい。

図 25 川崎で組立ないし建造された水雷艇用“ダーリング”型ソーニークロフト・ボイラ

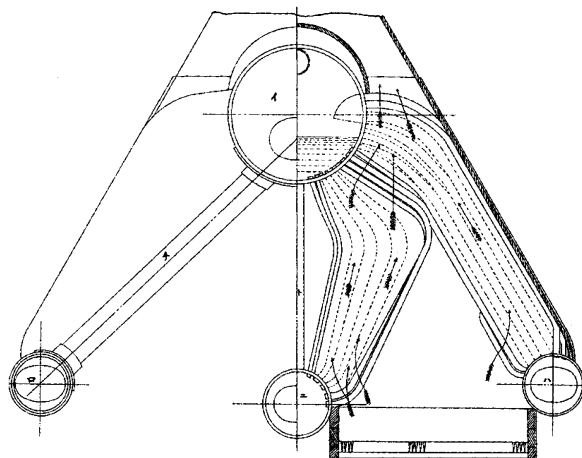


『川崎造船所四十年史』1936 年，グラヴィア。

においては罐水循環不足に起因する過熱に伴う損傷が招来されがちであった。1898 年に進水した駆逐艦 東雲，'99 年進水の第 33 号水雷艇に装備された本型式ボイラなどは散々この種の事故に悩まされたものである³⁴⁾。

かような事故は偶発事態ではなく本型式に固有の現象であったモノと観え，図 26，27 に見る Thornycroft-Schulz 型ボイラが開発されるというオチが付けられる結果となり，その英国特許は 1900 年に取得されている。そして，この新型においては蒸発管のトップレベルが大幅に降下せしめられると共に“ハ”の字に開いた極太の降路管 2 本が新規に追加されていた。

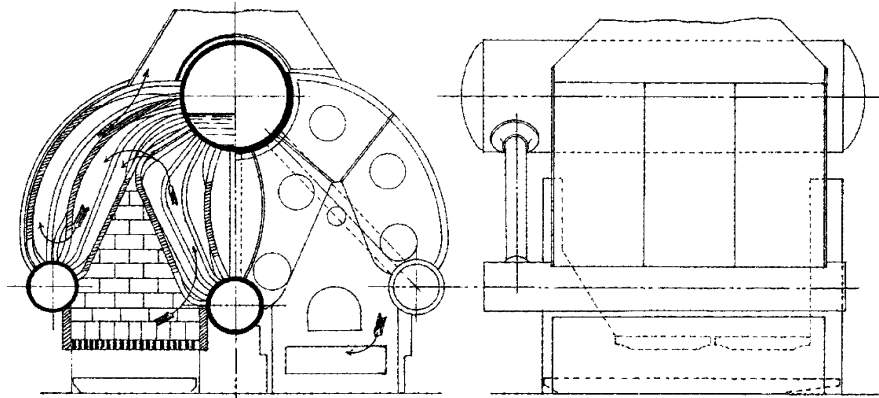
図 26 “ソーニークロフト・シュルツ”型ボイラ正面透視図



『機関術教科書卷之一附圖』(1909 年)，より。

34) 『帝国海軍機関史』下巻，85～94 頁，参照。

図 27 “ソーニークロフト・シュルツ” 型ボイラ 2 面図



同上。

東雲装備のソーニークロフト・ボイラの修理に従事し、大いに辛酸を舐めさせられた海軍大機関資士 黒川巳太郎曰く：

由來商賣タルモノ己レノ賣品ノ缺點ヲ公告スルモノアラズ宗社亦在來汽罐ノ非ヲ公言セザレドモ此新式汽罐ハ蓋シ必要ニ迫ラレテ案出シタル結果ナルベシ而カモ其製式大ニ吾人ノ所見ヲ満足セシムルベキモノアリ……³⁵⁾。

将しく「それ見たことか！」と言い放つに相応しいような顛末であった。

7. White ボイラ

このボイラについては次のような記述が見出される。

此汽罐ハ多ク艦載水雷艇ニ備付ケラル、モノニシテ帝國海軍ニ於ケル此種ノ水雷艇ハ盡ク之ヲ備フ其構造ノ要ハ圖上示スガ如ク螺旋管ノ一群ト其兩端少シク屈曲スル管ノ一群トヲ以テ上部ノ汽室ト左右下部ニアル兩水室トノ間ヲ連絡スルニ在リ

此汽罐ハ其重量ノ割合ニ非常ニ大ナル蒸發力ヲ有スルヲ以テ速力迅速ナルベキ小艇ニ最も適スルモノナレドモ水管屈曲ノ複雑ナル爲メ煤煙ノ掃除ハ殆ンド之ヲ行フコト能ハズ速ニ其効力ヲ失スルノ虞アリ加フルニ管ノ換装ハ極メテ困難ナルノ不利アリ³⁶⁾

取消線は元の所有者に依るモノを再現した。ホワイト・ボイラの艦載水雷艇用ボイラとしての独占的地位に早くも翳が差して来ていたことを示す所作であるが、これに対する代替技術については不明である。長期的には石油発動機等の内燃機関がこれに代位し、艇自体も内火艇と

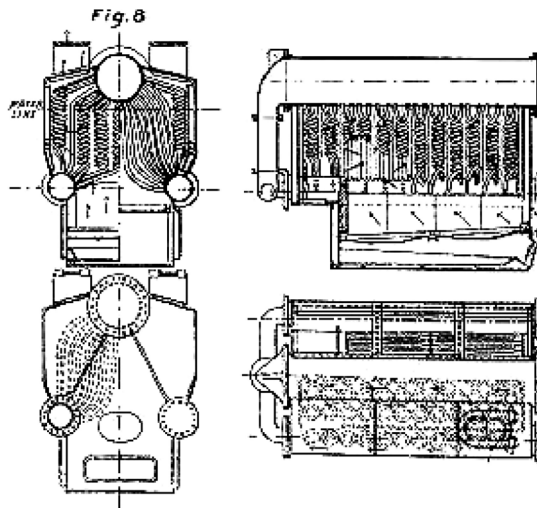
35) 『帝国海軍機関史』下巻，94 頁，より。同書における当該ボイラについての記述はこれのみである。

36) 『機関術教科書卷之一』（1901 年），四十三頁，より。

称されるようになっている³⁷⁾。

それにしても、この引用部の記述は頭を抱えさせられる如き内容である。テキストの『附圖』については管見が及んでいないが、1894年におけるホワイト・ボイラとは次のような奇妙奇天烈極まる、図を見せられれば一層首を傾げたくなるようなシロモノであった。

図 28 ホワイト・ボイラ



The Engineer, Mar., 23, 1894, p. 250 Fig. 8.

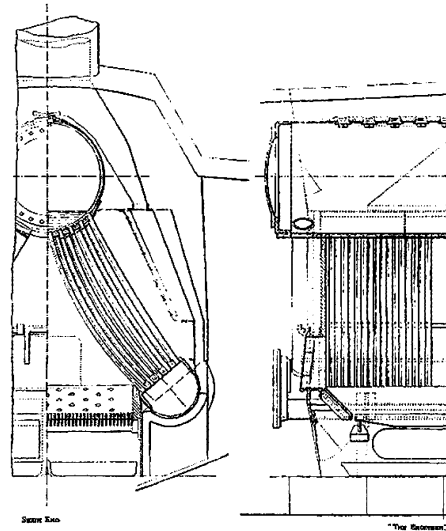
J. Samuel White and Co. の創設者 John Samuel White (1838~1915) がその開発者である。そして、一応 A., Blechynden (1893) や後年, Yarrow and Co. Ltd. の Alfred Fernandez Yarrow (1889) によって本流に上せられた 3 胴式に属するとは言え、かくまで屁理屈の権化のような設計がイギリス海軍の水雷艇用ボイラとして他と覇を競う時代があったワケである。無論、その結果がさして芳しいものであった道理は無い。

Andrew Forster は彼の技術的片腕と言える人物で、1896 年、彼によって steam yacht と呼ばれた快速機帆船 *Scud* に装備するためのヨリ素直ではあるが、ややだらしない印象を振り撒く 3 胴水管ボイラが開発された。これがホワイト・フォースター・ボイラのハシリである。

翌 1897 年に特許が取得されたホワイト・フォースター・ボイラは水管群の屈曲状況が一転し、幾分、見易いモノへと変貌を遂げていた。ヤローによる開発は単にこれに対する製品差別化戦略の結果と解せぬこともない。とまれ、初発ホワイトのゲテモノぶりからすれば、これも “Simple is best.” を体現する一つの大いなる進化であった。

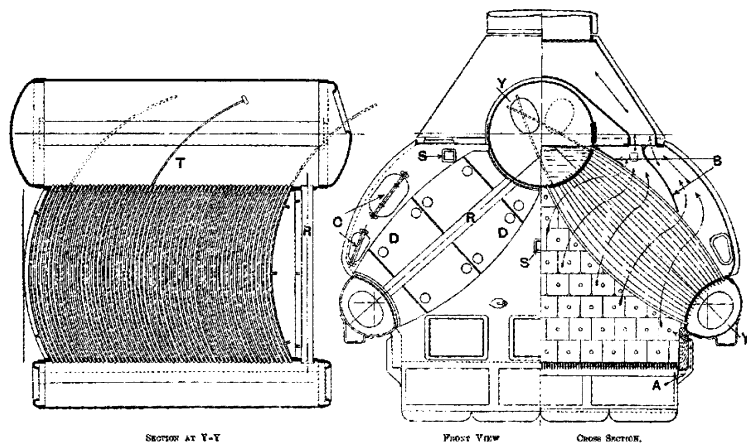
37) これについては拙稿「日本陸海軍小形舟艇エンジン閑話」(大阪市立大学学術機関リポジトリ登録予定)、参照。

図 29 Scud に装備された初期のホワイト・フォースター・ボイラ



The Engineer, Sept., 4, 1896, p. 236.

図 30 ホワイト・フォースター・ボイラ

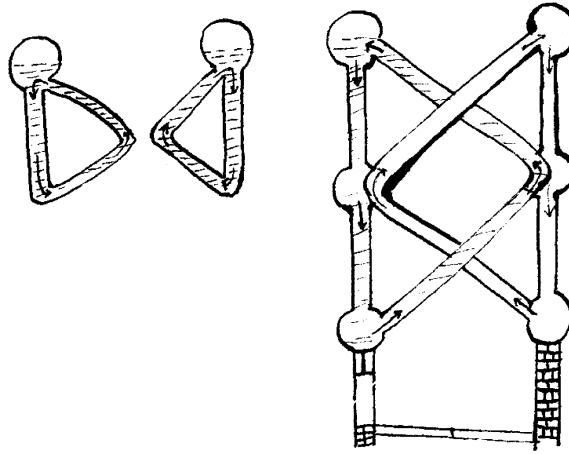


David Allan Low, *Heat Engines*. N.Y., 1920, p. 141 Fig. 108.

8. 宮原ボイラ

後の海軍機関総監・中將 ^{みやはら}宮原二郎 (1858~1918) は滞英中、1895~'96 年頃、効率と堅牢性においてベルヴィール・ボイラに匹敵し、製造コストにおいてこれを遥かに下回るボイラたるべき宮原ボイラのアイデアに想到し、'97 年に日英両国特許を取得した。実際の宮原ボイラは傾斜した多数の太目 (直径 $1\frac{3}{4}$ in. 以上) の水管と 6 つのドラムから成る錯雑を極める大管式水管ボイラであるが、その汽釀原理は到って単純であり、二つの三角 ^{トライアングル}形を交錯させた“知恵の輪”の

図 31 宮原ボイラにおける水循環



『機關術教科書卷之一附圖』(1908年)に対する当時の所有者に依るらしき書込み。

ようなモノである。但し、図 31 とは異なり、実物において両者の間は頂部と基底部においてそれぞれ連通せしめられていた³⁸⁾。

宮原ボイラを初めて試作したのはニコロスのライセンサー、Humphrys, Tennant and Company で、第 2～4 号は日本国内で建造され、第 5 号はベルヴィールのライセンサーである Vickers によって建造された。宮原は'98 年、海軍大臣にその採用を願い出、'00 年 3 月、その許可が下りた。横須賀工場で建造された第 4 号は 1901 年 6 月、大湊水雷団水雷敷設隊附属 第一大湊丸に、3 連焚口タイプの第 6 号(?) はその翌年、防護巡洋艦 橋立に換装装備された³⁹⁾。

日本海軍は'03 年 5 月、輸入ボイラに代り国産宮原ボイラを制式採用する断を下した。その汽釀性能の優越に加え、特殊な専用工作機械も特別な材料も要らぬため時代の輸入ボイラに比して実際にも製造コストが僅か 6 割程度で済んだからである。かくて、日本海軍における宮原ボイラの時代が出現する⁴⁰⁾。

因みに、兵學校『機關術教科書卷之一』(1901 年)には橋立建造中のこの時点における宮原ボイラへの評価として：

此罐ハ管、鉸等ノ材料ノミヲ輸入セバ我國ニ於テ之ヲ製作スルコトヲ得ルノ大利アリ然

38) 宮原ボイラの来歴について簡単には日本科学史学会編『日本科学技術史大系』第 18 巻「機械技術」, 第一法規出版, 1966 年, 175～176, 180～183 頁, 参照。後者に抄録の宮原「帝国海軍推進機關ノ沿革ヲ叙シテ宮原水管式汽罐ニ及ブ」は国立国会図書館の近代デジタルライブラリーで閲覧可能。

39) 『川崎重工業株式会社社史』426～427 頁, 参照。

40) 『帝国海軍機關史』下巻, 100～105, 407～409 頁, 『機關術教科書卷之一』(1901 年), 三十六～三十八頁, 参照。

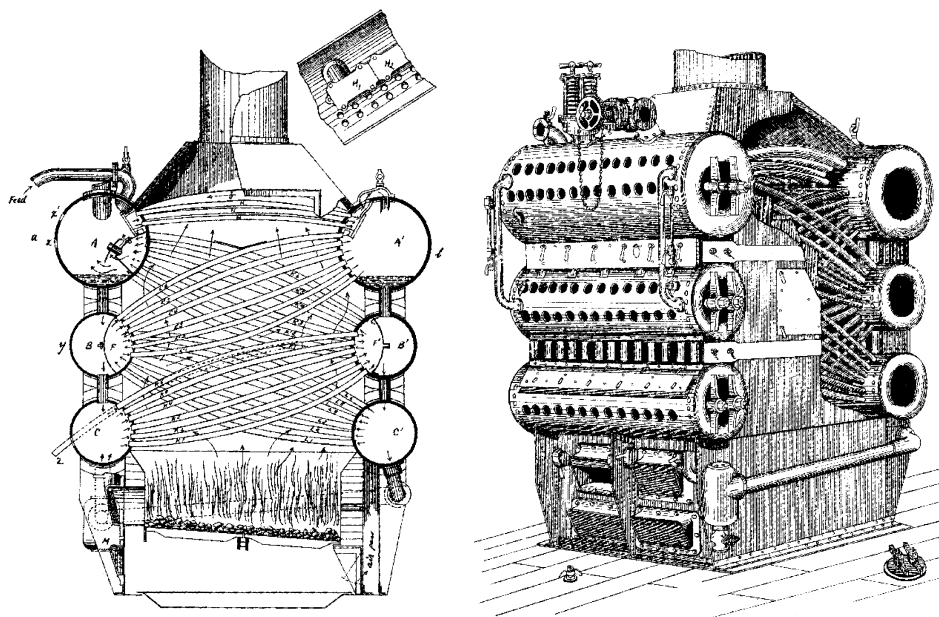
ドモ其効力如何ニ到リテハ後日ニ待ツノ外ナシ⁴¹⁾

とあり、世紀転換期における輸入品への依存状況と海軍の慎重な姿勢とを窺わせていた。管とは勿論、継目無鋼管の謂いである。しかし、10年ほど後の工機學校『機關術教科書』(1912年)では宮原ボイラについて：

其ノ優レル所ハ水量ノ多キコトナリ即チ同一馬力ニ對スル罐内ノ水量ハ圓罐ニ近ク而モ水管罐ノ資格ヲ備ヘ製造ノ方法簡易ニシテ構造頗ル堅固ナルコトハ他ニ類ナシ即チ「ベルビール」式ノ如ク特種ノ機械ヲ有セサレハ完全ナル工事ヲ望ム能ハサルカ如キ煩ナク又「ニコロース」式ノ如キ複雑ナル構造ヲ有スル部分ナキナリ而シテ現今使用セル最大蒸氣壓力ニ對シ極メテ安全ニ動作スルノミナラス使用中甚シキ故障ナキハ既ニ實驗シ得タル所ナリトス⁴²⁾

と述べ、これにハッキリと軍配を挙げるに至っている。時恰も我国で継目無鋼管の製造が始まろうとしていた頃である⁴³⁾。

図 32 比較的原型に近い2連焚口タイプの宮原ボイラ



『機關術教科書卷之一附圖』(1908年)、より。

41) 『機關術教科書卷之一』(1901年)、三十八頁、より。

42) 『機關術教科書』(1912年)、百頁、より。

43) 我国における継目無鋼管の製造は旧式のマンネスマン穿孔機を輸入して1912年頃に始まったとされている。井上勝郎『継目無鋼管の製造』誠文堂新光社、1954年、13頁、参照。なお、JFEスチールでは製造開始を1914年としているから、設備の輸入から実際の生産立ち上げまでかなりの時日を要したのであろう。

図 32 において左を焚口とする断面図の A, A' が steam collector ないし upper drum である。これらのドラムは「最良ナル銅板ヲ圓筒形ニ屈曲シテ熔接若クハ鉚接接手ヲ以テ實體ニ造ラルルヲ例トシ」との記述が見られるが、溶接は恐らく試行レベルに終わったことであろう⁴⁴⁾。

実体図手前の蒸気室には安全弁と主塞止弁とが描かれている。また、斜め前方よりの実体図において 2 つの蒸気室を外側(両方)で連絡している“—”状の太い管は蒸気の連通管である。

断面図左肩は給水入口。給水はここから給水加熱ボックス(図 33 下)に入り、蒸気連通管の内側に対岸 A' の給水加熱ボックスとの間に多数、差し渡された“—”状のエコノマイザ管 N の中を数回往復し、加熱され、最後に半分は A' の内部に落ち、P、即ちドラムに拡張法によって取付けられた外径 4in. (101.6mm) の vertical tube (多数) を経て B', 更に C' へと落ちる。残余は A の内部に落ち、P を経て B に、更に C へと至る。この給水加熱器はオリジナルには無かった装置であり、N の内部を常に満水させておくため給水加熱ボックスの出口は管より高くされている。

垂直降路管の間隔は 6in. [152.4mm] と定められ、強度部材を兼ねる 2~3 本の「螺旋控管」を間に交えつつドラム全長に亘って展開せしめられている。これらの堅管の上端は何れもドラムの底より $\frac{3}{8}$ in. (9.53mm) 突出しており、ドラム底部に沈殿物を拘束するよう配慮されていた⁴⁵⁾。

junction box ないし central drum と呼ばれる B と B' の内部は下降流れと上昇流れとを出会わせないよう diaphragm ないし deflector と呼ばれる仕切り(図 32, 33 上左)によって 2 分されている。water collector あるいは lower drum と呼ばれる C' と C とは下部側方で緩傾斜した「交通管」ないし「平均管」によって連通せしめられており、実体図においては低い方の前部に沈殿物溜めと吹き出し弁が見えている。罐水は前後共に汽醸管内を 1 回折り返して上昇するが、その道程はベルヴィール・ボイラにおけるほど緩く長い傾斜管内を行くのではないため、より高い循環速度が実現される。

汽醸管は通常、外径 2in. (50.8mm) の継目無鋼管であるが、前部ドラム貫通部約 70mm のみは約 1.6mm 拡張されており、拡張法によってドラムに取付けられ、その抜取りに際しては前部ドラムより引き出された。1.6mm の拡張によって抜取りは容易であった。C の処で最上位の蒸発管が延長されているのはその抜取りを視覚化した所作である。C' 側は恐らくドラムへの付根付近で切断され、その切れ端はドラム両サイドのマンホールから抜き出されたのであろう。前列ドラムの前面が孔だらけなのはこの汽醸管抜取りのためである。また、汽醸管がそれぞれ微妙に異なる曲率で湾曲しているのは管に作用する熱応力に耐える目的もさることながら、

44) 引用部は『機関術教科書 第一編』(1919 年), 39 頁, より。

45) 『機関術教科書 第一編』(1919 年), 40~41 頁, 参照。

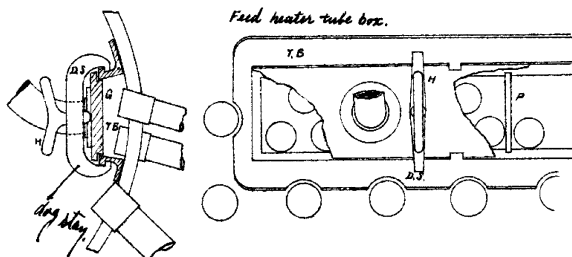
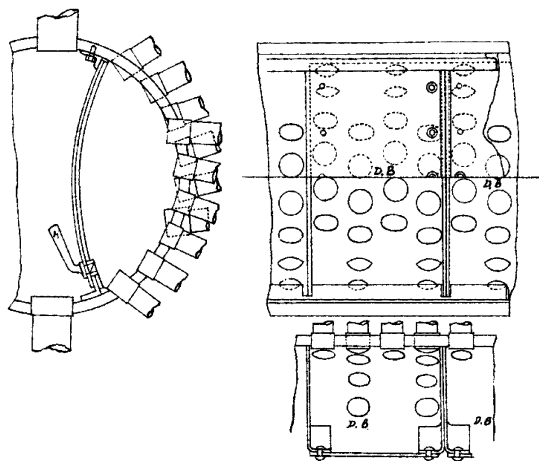
この抜取り孔の数を抑えるためである。実体図で両孔の蓋が外されているのは如何にも気の利いた作画である⁴⁶⁾。

最上位の汽釀管がクロスしている箇所の直上には“V”状の baffle plate が燃焼ガスの徒(あだ)なる吹抜けを抑制すべく控えていた。図 32 断面図右下に見える縦の書込みは元々印刷されている文字で, air pass と記されている。ボイラ送風機からの空気はこのダクトから火格子の下に吹込まれ, 燃焼場へと吹き上がり火焰は「上方ニ向テ直昇」する。イギリスにおける工場試験においてはこの方案が強圧通風に良く適合することが実証されたという。

かくすれば罐室自体は開放しておく開放式強圧通風方式が採用出来ることになり, 罐室設計の自由度は増し焚火要員の疲労も少なくなる。もっとも, 重油専焼や混焼ならまだしも, 石炭焚きである宮原ボイラにおいて事態はその真逆であった。即ち, 決して火焰は常時「直昇」し

図 33 宮原ボイラにおけるダイヤフラム・ボックスと給水加熱ボックス

Diaphragm Boxes.



同上。

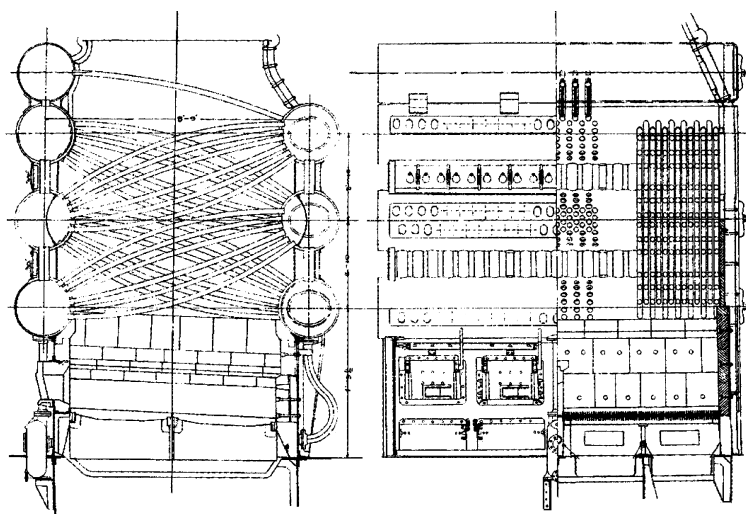
46) 1.6mm 拡管については同上書, 41 頁, 参照。

てくれたワケではなく、焚口戸を開けて投炭する度に火室内から外部に溢れ出した。このため石炭焚き宮原ボイラは物騒である上、焚口附近、即ちボイラ前面が常時焼かれて高温となり罐室自体の温度も高く「火夫泣かせ」であった⁴⁷⁾。

原型、即ち船用の宮原ボイラは最上部の水ドラムの直径を他より大きくして気水分離ドラムとしていたが、陸用には最上部に水ドラムと直角に補助気室を戴くという設計が普通であった⁴⁸⁾。

図 34 に示すのは船用でありながら陸用ボイラの構造に倣った(?) のか、や・や新しい第 7 のドラムを有する巡洋戦艦 筑波 ('05 年, 15,400^ト) の石炭焚き宮原ボイラである。本図だけから観れば最上位のドラムが有した意味と効果は今一つのように想われる。しかし、「蒸気寄^{ヨセ}」と呼ばれたドラムの開発意図は絶対的内臓水量の乏しさと共に水管ボイラの弱点をなした、①：少ない蒸気貯蔵量の挽回、に加え、来るべきタービン化に備えた②：汽水分離能力向上策、③：蒸気乾き度向上策、という 3 点にあったようである⁴⁹⁾。

図 34 巡洋戦艦 筑波の宮原ボイラ



『帝国海軍機関史』下巻, 410 頁, 第百四圖。

47) 一色尚次『ポストエネルギー』社会思想社, 1980 年, 82 頁, 参照。熱工学の大家が若かりし頃経験した関釜連絡船崩れの青函連絡船 景福丸におけるの見聞譚である。後述される通り、この罐室の高温という問題は海軍自身の文献によっても確認されることとなる。

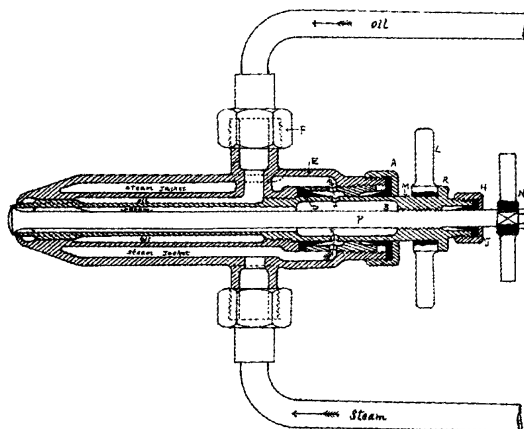
なお、この不都合はベルヴィール・ボイラにおける瓦斯混和装置のようなモノが付属しておれば幾分か軽減されていたと考えて良からう。対策法が何処にも無かったワケではないというコトである。

48) 高田・岩崎『蒸気汽罐 及 汽機』附図 第四拾七圖, 参照。管見の限りでは同書 66~69 頁が宮原ボイラに関する最も古い一般的参考文献である。

49) 『帝国海軍機関史』下巻, 412 頁の図も参照されたい。「蒸気寄」という呼称については『機関術教科書 第一編』(1919 年), 41~42 頁, 参照。

なお、姉妹艦 生駒（'07年）のボイラはこれを重油混焼にしたモノであった。これについては当該のユニットなのか否かは不明ながら、同時代の日本海軍で使用されていたと思しき重油バーナの画像を掲げておく。これはバーナ本体であるが、勿論、それは送風機からの強圧通風された空気を受けるエア・コーンの中央に顔を出していたワケである⁵⁰⁾。

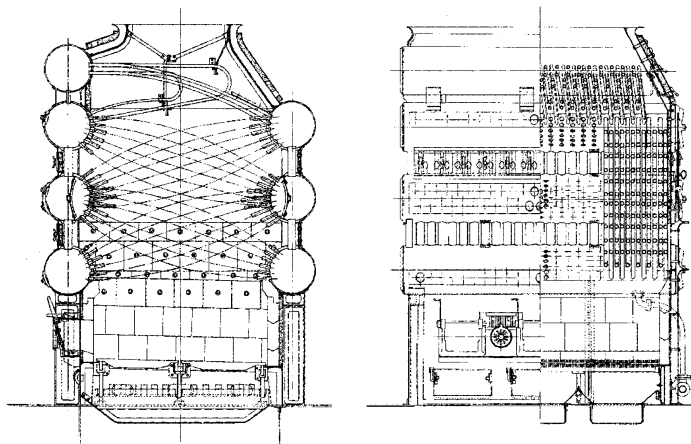
図 35 同時代の日本海軍で使用されていたと思しき重油バーナ



『機関術教科書卷之一附圖』（1909年），より（図番無し）。

蒸気貯蔵量増大と蒸気乾き度向上策云々という点については図 36 に、図 34 のそれより幾分マシな乾燥管を備えた巡洋戦艦 伊吹（'07年，15,595ト）の宮原ボイラの画像を掲げておこう。これを睨めば、上のように推論するしかないであろう。此処に観られるのは真の過熱蒸気の採用まであと一歩といった状況である。

図 36 巡洋戦艦 伊吹搭載の「過熱」ドラム付き宮原ボイラ

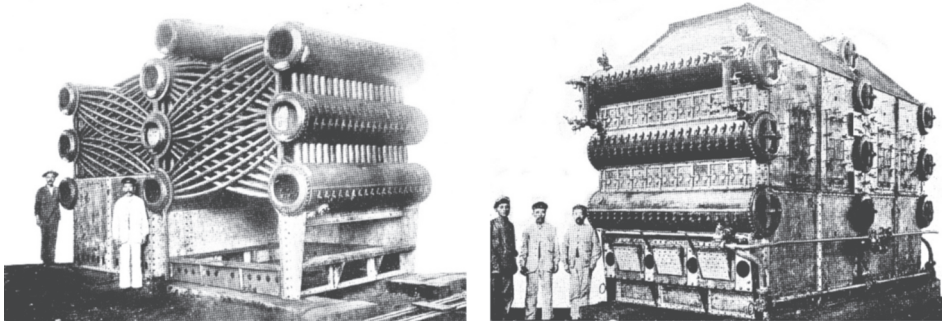


『機関術教科書卷之一附圖』（1908年），より。

50) 生駒については同書，405 頁，参照。

この宮原ボイラを両面焚きに構成すれば過熱ドラムを含めた中央ドラム列は共有されることが出来、かつ、強圧送風路も1つで済ませられる。機関兵が泣こうと苦しもうと左様なことなど歯牙にもかけぬ造機、造艦技術将校たちのしたり顔が目に見えるようである。その実例を図37に示す。

図37 両面焚き宮原ボイラ



砲艦 淀

『川崎造船所四十年史』1936年、グラヴィア。

戦艦 薩摩

むすびにかえて

機関学校『機関術教科書 第一編』(1919年)44頁は宮原ボイラについて先に引用を試みた工機学校『機関術教科書』(1912年)、百頁の記述に加え、水管腐蝕やその熱変形が無く、「蒸気寄」追加型においては汽水分離能力がとりわけ高く、内部蔵水量が多いためタフであり、出力当り重量や熱効率の点においても他型式に対して遜色無し、と続けている。

但し、既にこの時期にはロ号艦本式ボイラも誕生していた。同書は宮原ボイラとロ号艦本式ボイラとの比較について論じてはいないが、宮原とヤローとの比較という形でこの問題に敷衍出来るような議論を提示している。よって、以下にその要点を略記しておこう。曰く：

傾斜の大きな管束を有するヤロー・ボイラは低力度において熱効率の低下を来す。これは少ない燃焼ガスがその管束の大きな受熱面積を少ししか有効に利用せぬまま上方へと「逃散」してしまうからである。これに対して宮原ボイラをはじめとして小さな汽釀管傾斜を有する水管ボイラにおいてはこの憂いが少ない。

逆に、高力度においては小管式に進化した火床面積当り受熱量の大きなヤローが有利となる。但し、 60lbs./ft^2 (292.6kg/m^2) 以上の燃焼率を稼ごうとすれば、 2in. (50.8mmHg) 以上の通風圧力が必要となるため、小形艦艇ならまだしも大形艦艇においては過大な送風動力と重構造の送風設備が必要となり、その実現が困難となる。

よって、重量・容積の制約が緩い大形艦艇においては低燃焼度で効率の良い宮原ボイラ

を、小形艦艇にはパワフルなヤローを、という違い分けが燃料経済的には有利と言える。但し、宮原ボイラには「掃除ニ困難ニシテ且ツ罐室内暑キ缺點アリ是等ヲ斟酌スルトキハ利害何レモ判断シ難ク要ハ採用スル艦ノ種類及罐室ノ構造ニヨリテ決定セラル可キモノトス」(47頁。強調引用者)。

これが同書における宮原・ヤロー比較論の結論であり、そこには時代の情勢が正確かつ実直に反映されていた。此処に付け加えるなら、艦体傾斜に強く両翼の挟み角を大きく採れば全高を抑え重心を一層低下させられる3胴式水管ボイラは動揺の激しい艦艇向けには殊更有利であったという点である。

ヤローないし3胴式ボイラの低力度における効率低下はその本質に係わる欠点であった。もっとも、戦闘艦艇にとって何より緊要なのは最大力量であり、大形艦艇における低力度への対応が使用罐数の制限によって幅広く可能となっていた事実やボイラの焚火・通風を容易にしその発生力量を飛躍的に増大させる艦艇用主ボイラの重油専焼化については既に観て来た通りである。また、単罐当り部分負荷効率の改善策としてアメリカの3胴式水管ボイラにおける水冷炉壁を用いた火室2分方式についても確認し得たところである⁵¹⁾。

更に、大きな通風能力が補機駆動動力のタービン化によって相対的に高い効率を以って獲得された事実についても先頃、論じ終えた通りである⁵²⁾。

これを要するに、技術体系が進化し情勢が変貌を遂げれば両者の優劣、判定の帰趨は明らかであった。かくて焦熱地獄の閻王、宮原ボイラを掉尾とする初期水管ボイラの時代は終わりを告げ、ロ号艦本式ボイラが新たに玉座を占めることとなる。開放式強圧通風の重油専焼ロ号艦本式ボイラは艦と共に「砕ケ散ル」べき運命を負わされる当直機関兵にまだしも耐え易い持場を提供した。しかも、ロ号艦本罐を含む重油専焼の3胴式水管ボイラは先次大戦中、艦艇用主ボイラにおける世界標準の地位をも占めるに至った。

その限りにおいて日本海軍造機技術部隊は独創の陥穽を脱け出し摸倣をベースとする艦艇用主ボイラ技術体系の合理的シフトに成功したと評価されて良い。この国が持つことを許されなかった要素……それは質の良い技術屋ではなくより高いレベルにおいて正しい状況判断を担い得る指導層である。

51) 拙稿「艦本式ボイラについて」、参照。

52) 拙稿「日本海軍洋上艦艇における補機駆動タービンについて」(大阪市立大学学術機関リポジトリ登載)、参照。