

水槽試験の変遷

— 設計との関係について —

岡本 洋

1. はじめに

与えられた表題に関しては既に文献 2)等があるので、ここでは本特集の趣旨もあるので多少私事に渉るけれども、設計の立場から如何に水槽を利用したかと言う趣旨で幾つかの経験事例を中心に述べることにする。

2. 水槽試験事始め

“我が国”のそれは約百年前に遡り、更に付け加えれば筆者のそれは約 50 年前に始まる。後者については別項 2 万 DW タンカーに述べるとして、前者については、文献 1)には次のように記されている。『船の推進性能向上の為に不可欠な設備が試験水槽である。三菱長崎造船所は「天洋丸」型の建造に当たってその事を痛感し、日本で最初の試験水槽（長さ 121.90m, 幅 6.10m, 深さ 3.50m）を 1907 年（M40）に竣工した。この水槽は世界で 15 番目にあたる。1871 年（M4）、ウイリアム・フルードが世界で最初の試験水槽をトーキョー（Torquay）に建設してから 36 年経っているが、当時の新興国日本の一民間造船所が英国の指導を受けて造ったとはいえ、自力で完成したことは、特筆に値する。一中略—三菱長崎と略同時に、海軍艦型試験水槽（長さ 137.00m, 幅 6.10m, 深さ 3.65m）を東京築地に海軍省が建設した。』（築地水槽は今も存在しない）。思えば、この時期は正に、日露戦争（1904—5 年, M37—38）に苦勞の末にロシアに勝利した直後に当たる。世界のバルチック艦隊を日本海に屠ったとは言え、全てイギリスからの購入艦隊であり、関係者は、戦術も勿論大事だが、自国建造の重要さと共に試験水槽を活用して性能の向上を強く目指したに違いない。三菱長崎に於いても背景は全く同様で、設計と水槽試験との強い結びつきについての志が感じられる。

後年、自社水槽の建設の必要性を自ら上司に建議し、遂には自らその明石船型研究所の運営に直接関係する立場になったが、その際の関係者の色々の苦勞を考え合わせると、この明治の先達た

ちの百年前の英断と見識に深く敬服したものであった。

3. 戦後の我が国の水槽試験事情

3. 1. 戦後の水槽

長崎原爆で破壊された三菱水槽の復興は 1953 年（S28, L=285m, 約半分は狭幅）。一方三菱を除く国内各造船所が利用可能な水槽としての造船技術センター目白水槽（本体長さ 190m, 以下技セ, 目白）は戦前 1927 & 41 年（S2 & 16）の建設。その戦後は、「米軍が進駐」との事で report の焼却もあった様だが、これも噂に終わり、直接戦災の被害がなかったので昭和 21 年頃から試験が再開された。（横尾氏談）即ち、S21 年/11 隻, S22 年/20 隻, S23 年/21 隻, S24 年/32 隻, S25 年/33 隻, 以後は S40 年/120 隻に向けて年間試験隻数は直線的に増加していった。

3. 2. 水槽試験の初体験

筆者のそれは 1951—2 年（S26—7）2 万 DW トン タンカーの船型改良に係わった時に始まると思う。1948 年（S23）に就職した川崎重工、神戸工場の船台には漁船、小型貨物船等が乗っているだけの情けない時代だったが、1 年後（S24）に Norway からの 1.8 万 DW トン タンカーの画期的な初受注があり徐々に好転に向かい、1951, 52 年（S26, 7）には、2—3 万 DW トン タンカーの建造が増えると共に次第に大型化して行った。この 2 万 DW 型のタンカーの船型改良研究に若造の筆者が線図を担当することになり、目白水槽に長期出張することになった。これは川重の戦後の水槽試験としては、6 番目らしく正に黎明期である。因みに、戦後最初の水槽試験は 1946 年（S21）L=50m の捕鯨船、2 番目は 1948 年（S23）1.86 万 DW トン の輸出 Tanker と続く。そのうちにプロペラも担当するようになり、『とにかく目白で勉強してこい』と言うことで長期出張は度重なり、正に国内留学と言ったところであった。当時の目白の土田陽氏（後、船研次長、東大 S11）には水槽試験は勿論だが、プロペラの設計については一から懇切に実際のな

指導を受け何とか自信が持てるようになったものである。

4. 船型改良の幕開け

4. 1. 2万DWトン タンカー

1951年(S26.1)川重ではS丸を、その後約2年において1953年(S28.5)A号を完成させた。共に2万DWトンタンカーで $L_{pp}=167m$, $L/B=7.59$, $CB=0.77$ Normal Bowと言う船型であった。前者のS丸は従来船型、後者がここで紹介する改良船型1番船。この改良研究はS26-27年にわたって行われた。(cf.文献3))

水槽試験としては、CPカーブの形とFrame Lineの形に着目して、原型+中央の長さに改型3隻の合計4隻、試験は平水中の抵抗自航のみと、小規模だが造船所に行った初めてのシリーズ水槽試験であり、当時としては画期的なものと言える。更に、特筆すべきは構造、配置、工作、コスト、運航と総合的に検討した上で船体形状一線図を決めようとした点である。戦後早い時期に具体的にここまで実行したのは、模倣を廃して自ら納得の行く技術を強く展開して行こうとする故高橋菊夫設計部長のリーダーシップ、経験的線図を脱して具体的な根拠に元付く工学的線図を求めようとした川島係長(現下川氏)の狙いでもあった、と理解している。

改良船型として出来上がったのは(肩落ち・MU型)で、推進性能的には主機馬力は数%改良されるに止まるが、その他の設計的な面で機関室 Floor Area +8.1%, Cargo Oil Tank Length +3m, 外板 block -3%, 機関室・Cargo Tank 共に工作・剛性・防振・piping等の総合的有利さからの結論である、実船建造でも確かめられ以後のタンカー船型の原型となった。

自分にとってこの研究過程での経験は、船型設計・水槽試験について具体的な知識・経験、人脈を深めたことは大きい。《船型改良研究にあたってのフィロソフィー》とでもいうものを学んだ事は非常に大きかったと思う。以後多くの船型改良を手掛けることになるが、自分にとって正にその原点といえるものである。

4. 2. 模型船線図に関して

当時の目白では長さ:Lのみを1/2 scale, 幅は $L \div 6m$ 模型原寸で白大理石板の上に4Hの固い鉛筆で

描く方法が取られていた。模型船切削に当たっては、この天板を切削機にsetし、倅いでWLを切削する。使用後は線図を洗い流して再度製図台にsetし直して新たに線図を描くのだが、まずWL, stationを正確に描く事からして相当難しい。ましてやCPカーブから長さ40cmを越すような大型プランメーターを使って排水量を合わせながら、このscaleで納得の行くfairingをするのは相当熟練を要するというものだ。製図室のベテランに手ほどきを受けて何隻もこなしてゆくと段々と自信も付いてくる。

勿論バツテンの使い方にも苦労と工夫を重ねると、《線図観》も目から鱗の境地も実感できる。その後感じることは、一般に《バツテンが書いた線図、数式が書いた線図》の如何に多いことか。やはりNaval Architectureなのだから設計者がこれらを使いこなした自分の線図をクリエートして欲しい、と言うのが希望である。

5. バルブ船首の採用

5. 1. 10万DWトン タンカー

1965年(S40.3)、本格的な突出型大型バルブ船首付きの10万DWトンタンカーG.N号が川重で竣工した。本船は $L_{pp}=245.00m$, $L/B=6.50$, $CB=0.8$ の船型だが、本格的な大型バルブとしては、我が国で最初のタンカーだと思う。--『バルブ船首は肥型低フルード数のタンカーに於いて、本当に有効なのか。単に、バルブを付けると良くなるというのではなく、改良されたバルブ無し船型より優れているのか、それはどの程度なのか』-- S33年度から始まった造船研究協会のSR41部会(超大型船の運航性能)もこれには不十分であり、その為に独自の開発シリーズ水槽試験を目白で行った結果に基づく新船型であった。《バルブ無しでも従来型より主機馬力を12%減じうる新船型が出来たし、適当なバルブ船首付き船型では更に11%以上の主機馬力を減じ得る》ことに成功した。従来《バラスト状態では悪影響?》との懸念に対しもここでは馬力低下に成功した。そしてこのバルブ船型はS38-39年から実船に採用されるようになった(cf.文献4))。なかなかの好成績で、幸いにも社長賞を頂いた事でも忘れられない。

このシリーズ水槽試験は、目白で、S38年度に6m模型船12隻を用いて行った。パラメーターは浮心位置lcb(Bulb有り無しと)、Bulbの大きさ、突出量、深度である。試験は平水中の抵抗・自航

に続いて、大水槽で流線観測も行った。《6m 模型による大水槽での流線観測》は当時としても始めてで、遠隔撮影/ シャッター巻き上げ可能にした 35mm カメラとそのハウジング、曳引台車に取り付けるためのパイプ類を、神戸で調達・調整したのち目白に運び取り付けさせてもらった。2 段糸を船体に取り付けカラー撮影した。苦勞の甲斐あって、すばらしい出来で、船体表面の流場について新しい知見が得られた。然し今考えてみても、我が物顔のこのような実験を良く許してもらったのだと、土田部長、森山課長や工場の関係者や故小丸君他の我が staff の協力に、今思っても感謝に耐えない。こちらも一生懸命だったので実現出来たのだと思う。

5. 2. 回流水槽試験

S30 年代後半からの東大乾教授による、造波抵抗理論の進展と Bulbous Bow の研究によって、高フルード数船型における船首バルブの効果は、《くれない丸の大型バルブ付きの実船試験 (1961 年:S36.3, 乾, 高幣/ 三菱)》で理論的にも実験的にも明らかになっていた。その後高幣教授は、渡米先のミシガン大学における船首部流線観察研究等から、『タンカー船首バルブの整流効果』を見出した。先生の帰国早々、茨城大学に出向き指導を頂くと共に、このシリーズ船型の風洞試験を実施して頂いた。それにより我々の水槽試験結果を裏付ける粘性抵抗の減少が整流効果の可視化からも確認された。

大型タンカーの船首形状を始めて大きく変えるには、社内にも船主にも抵抗があるが、その最初の採用にむけて慎重にその根拠作りに努めた積もりである。試運転結果も実績も良好で以後この設計を踏襲した。この前後より、比較的小型の模型船で流線観測の可能な回流水槽が我が国で建設が進み、間もなく高幣先生を会長として回流水槽懇談会が発足 (1966 年, S41.11) し、現在 (会長:奥野教授) に至っている。

6. 共同研究

6. 1. 水槽試験の増加と共同研究

朝鮮戦争 (1950-53 年) 以後我が国の造船は増勢を続け、それにつれて 1964 年 (S39) には目白水槽にたいする依頼件数は 110 件/年に達し over flow の状態となった。そこで目白の調整により、依頼の多い各社による 7 社共同研究が 1964 年

(S39) から始まった。これは 1987 年 (S62) まで 24 年間続けられ、この間の水槽試験は Tanker, Liner 船型についての要目シリーズなどを含め合計 435 隻にも達し、総括的な解析も行われ多くの設計資料が得られた。そのメンバーは東大、技セ、船研と目白水槽を利用してきた大手 7 社 [石播 (含む呉)・三井 (含む藤永田)・住重 (含む浦賀)・日立・日本鋼管・佐世保・川重] であった、この他にも、造船研究協会による SR41 (超大型船--. S33-35), SR98 (巨大船--. S41-44). 又 SR45 (超高速船--. S35-38), SR154 (幅広肥大船--. S49-52) がある。

然し、この共同研究にも問題がある。それはやはり採り上げ方がメンバーが多くなればなる程平均化されて無難な内容で、しかも時期的には遅れ気味で、本当の設計に直結した物にならない事である。

6. 2. 自社水槽の建設

このような背景から国内大手各社の自社水槽建設となっていた。我々の明石船型研究所は結果的に日立造船との共同という非常に思い切った特異な形態になったが、設立 1971 年 (S46)、試験業務を開始 1973 年 (S48) であった。その後 1979 年 (S54) には、先発の石播と 4-6 年遅れで NKK, 三井, 住重を含め、大手各社が自社水槽を持つ水槽新時代を迎え現在に至っている。

6. 3. Δcf の苦勞

水槽試験に関して重要な要素として実船換算に於ける Scale Effect がある。この問題は今でも Δcf , (1-w) の模型/ 実船比として関係者を悩ませている。話は遡るが、我々もこの問題には最初から悩まされた。試運転結果が水槽試験による推定馬力カーブと合わず、short しないのはよいが、常に速力が出すぎるのには関係者は面目を失墜すると言うものだ。2 次元外挿法だったので、 Δcf がマイナスとなる実績とともに改善を提案したのが文献 5) であった。21 世紀にはこれをクリヤーに解決して、国際戦略としてビジネス特許を目指す人は居ないか。

7. 船型開発と非定型水槽試験

ここでは大水槽での基本である抵抗自航以外の試験について述べる。

7. 1. 風圧影響試験 — 第十とよた丸の完成

川重で開発された世界最初の Roll on off 形式の本船は 1970 年 (S45.7) 完成した。本船の要目は $L_{pp}=150.0$, $L/B=6.41$, $CB=0.6$, フルード数 ≈ 0.24 であるがその船型設計上要点は、その多層車両甲板の為に『風圧側面積が何処まで許されるか』にあった。定性的には色々と検討は出来るが、具体的裏付けによって社内の合意を得て、更に船主特に保守的な用船者を納得させるのが問題となる。そのために次のような非定型な水槽試験が計画された。

7. 2. 非定型水槽試験の色々

強風下で航行中の問題としての保針性能。具体的にはどの程度の当て舵で直進可能か、その限界風速はどうか。また豪州アデレード港のように水面下浚渫狭水路をどの様な操船条件で航行できるか。又、岸壁係留の時の係留力、更に強風下錨泊時の船体振り回りはどうか。その対策は。更に搭載

車両への動揺の影響は。等のクリティカルな問題の設計時点での解決が要求される筈である。各項目毎に次の様な水槽試験を行った。水面上風圧力・Mt (船研水面風洞), 水面下船体流体力 (船研 Rotating Arm 水槽, 12mφ), 係留力・振り回り (東京商船大, 係留風洞水槽, 8.2x4.4m), 動揺--波・風, 自由・同調, 漂流--- (大府大) 等で、それぞれの機関と各位にお世話になった。

これらは、L=2.0m 前後の模型船を使ったものだが十分満足できる成果を挙げ、必要な回答を出すことができた (風圧力, 操船シミュレーション等は複数の論文として関西に発表)。

就航後の実績は良好であったが、一度豪州で強風時に水路を外れて着底するトラブルがあり、社長表彰を受賞した手前もあって心配した。然し、本質的な問題では無く運用管理上の問題である事が判明、ほっとした。その後多くの PCC が国内各社で建造されており、最近では我々の最初の船型

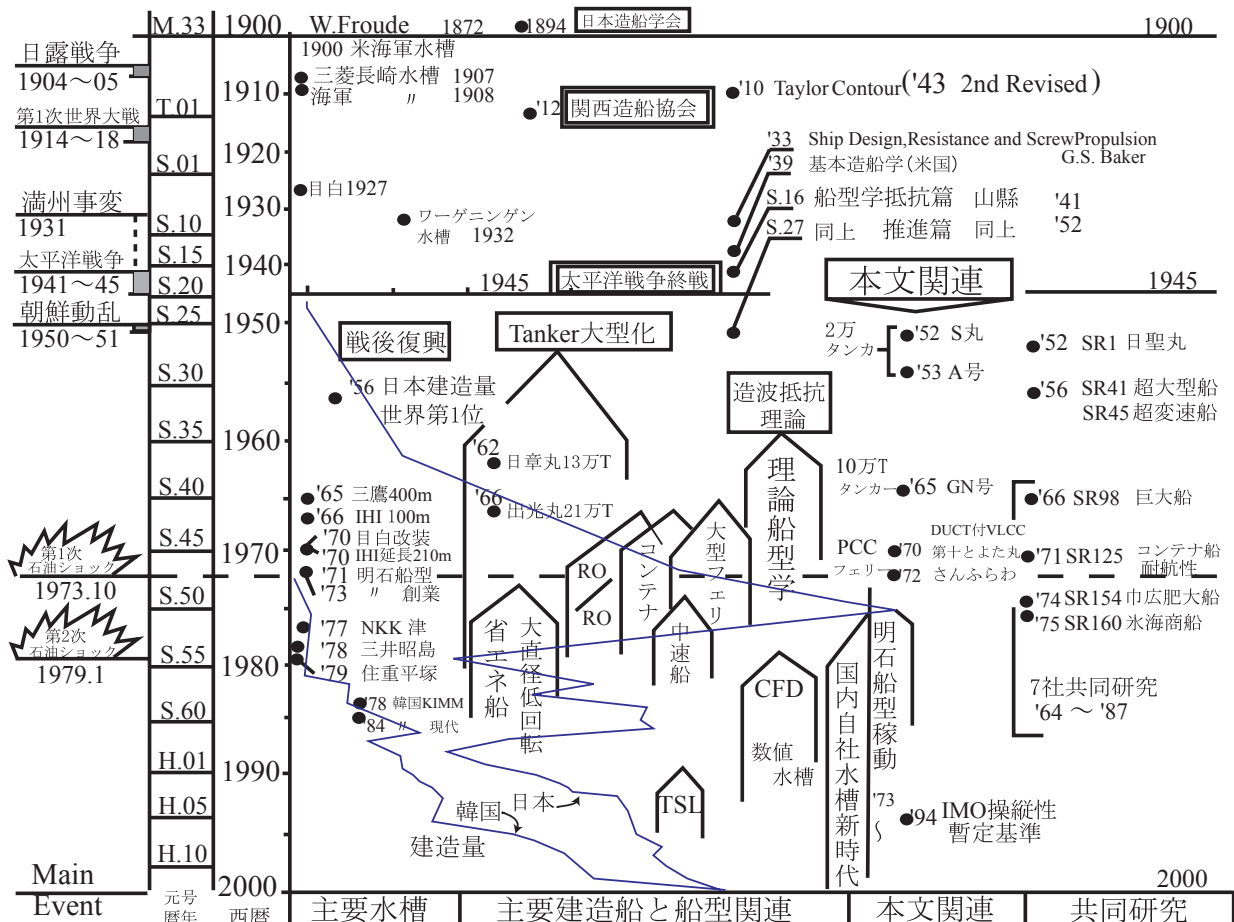


図1 水槽と建造船の関係等 (船型関連)

よりも風圧側面積の大きい船もあるようだが、最初にこの船型に取り組んだ者として気にならないでもない。然し、この問題は一義的に船の設計としてでなく、用・操船者の技量経験・管理や港湾や広いアシスト体制等総合的条件によって決まるものなので、船の設計もそれによって変化するだろう。

8. 終わりに

以上の他に船型試験に於ける中水槽の利用がある。改装により精度の向上した東大水槽(86x3.5x2.4m)に於ける《さんふらわあの船型改良1971年(S46)》の成功はその有用性の証明であり、同時に御協力に感謝する次第である。

また可成り深刻な影響を予想させたVLCCを始めとする肥大船型の進路不安定の問題があった。我々も初期は野本先生の流れを組んで、6m、12.5m等の自由航走模型船を用いた、天然池や自然海面で試験を続けたが(cf.文献6)), 段々と長水槽に於けるPMM試験に収斂してきた。最近はIMOの操縦性能暫定基準が制定(1994年)されたために、この水槽試験の比重が増してきている実情にある。

この他には波浪中試験、Cavitation試験(特にVLCCに於けるDuct Propellerの開発(cf.文献7))等も多くの体験を重ねたがここでは省略する。

これらが何らかの参考になれば幸いである。温故知新で今後の新しい発展を期待するものである。

最後になるが以上に述べた多くのプロジェクトにおいて御指導・協力を頂いた社外の各位と共に上司・スタッフに厚く御礼申し上げる次第である。

参考文献

- 1) "日本造船技術百年史", 日本造船学会, 1997, p.26
- 2) "船型開発と試験水槽", 試験水槽委員会第1部会シンポジウム, 日本造船学会, 1983.2
- 3) "大型単螺旋油送船船型の設計", 菅四郎, 高橋菊夫, 土田陽, 平野美木, 日本造船学会論文集, No.91, 1956
- 4) "肥大船の船型改良—大型球状船首の採用—", 岡本洋, 川崎技報, No.28, 1966.3
- 5) "大型高速船の実船摩擦抵抗値の解析について", 川島栄一, 岡本洋, 関西造船協会論文集, No.71, 1953
- 6) "肥大船型の操縦試験例と模型船/実船の相関について", 岡本洋, 玉井浩正, 鬼木博文, 日本造船学会論文集, No.131, 1972
- 7) "大型タンカーにおけるダクトプロペラの装備例", 岡本洋, 及川健, 河澄竜之介, 西川昌一, 関西造船協会論文集, No.153, 1974

著者プロフィール

岡本 洋

1927年生
 岡山県倉敷市出身
 旧大工専造船科卒, 東大工博
 1948年 川崎重工業(株)
 入社
 1966年 基本設計部
 性能班長,
 R&D担当部長
 1982年(株)明石船型研究所取締役
 川崎重工業(株)退職
 1992年(株)明石船型研究所退職
 1992年~98年(株)新来島どっく顧問

