

製品開発を支える技術と設備の紹介

株式会社名村造船所/佐世保重工業株式会社

佐世保重工業 回流水槽の紹介

山中 象太*

細川 護久**

Shota Yamanaka

Morihisa Hosokawa



船型開発における佐世保重工業とのシナジー効果のひとつとして、佐世保重工業所有の回流水槽の有効利用が挙げられる。船型開発に関する業務は伊万里に集約したが、佐世保にある蛇島船型試験場には回流水槽があり、名村造船所、佐世保重工業、函館どつくにて建造される船舶の船型開発の際に利用している。

船舶の船型開発に用いられる試験水槽は、大きく分けて2種類ある。1つは曳航水槽、もう1つが回流水槽である。回流水槽とは機械的に水を循環させ、その中に船の模型等の供試体を浮かべることによって流体中にかかる抵抗等を計測することができる水槽である。長いプールの様な水槽の中で模型船を曳引車で引っ張り計測をおこなう曳航水槽とは異なり、比較的模型船が小型になってしまうことや、水を循環させるために一様な流れを作るのが難しいという課題がある。しかしながら、模型船が目の前に固定されているため波の観察などをはじめとする現象を把握するのに適している。本稿では1983年に設置され主に船型開発に利用されてきた佐世保重工業の回流水槽について紹介する。

1. 緒言

近年の地球規模での温室効果ガス(GHG)排出削減における働きかけもあり船舶にもますますの省エネルギーが求められている。国際海事機構(IMO)においてもエネルギー効率設計指標(EEDI)を用いて、段階的に船舶から排出されるGHGを規制する条約が2013年1月1日に発効された。このEEDIによって船舶の設計段階において曳航水槽試験を実施し性能を確認することが必須となった。曳航水槽を保有している大手造船会社を除く多くの造船会社は特定の曳航水槽に集中し、限られた枠内で試験を実施する必要がある。建造船に直接結びつかない研究性が強い試験やパターン数を多くこなす試験については実施が難しくなっており、改めて回流水槽の利用が見直されている。

回流水槽は曳航水槽と比較して敷設面積が狭く維持に関わるコストも低いため、近年でも新規に導入した造船会社もあり、曳航水槽、回流水槽それぞれが持っているメリット・デメリットを理解して利用する必要がある。

2. 回流水槽

佐世保重工業の回流水槽の歴史は古く、1965年設置の水平循環型回流水槽から始まる。その後、1983年に水平型回流水槽から得たノウハウをもとに垂直循環型回流水槽を新設し今日に至る。新旧の回流水槽の比較を第1表に示す。

第1表 新旧の回流水槽比較

設置年		1965年	1983年
循環方法		水平型	垂直型
水槽本体 内法寸法	長さ(m)	7.9	17.5
	幅 (m)	2.5	2.8
	高さ(m)	1.5	7.2
測定部 内法寸法	長さ(m)	4.0	6.0
	幅 (m)	1.5	2.0
	高さ(m)	1.3	1.2
最大流速	(m/s)	1.0	2.0
必要水量	(m ³)	30	180

原稿受理日：July 22, 2016

*株式会社名村造船所 船舶海洋事業部 設計本部 基本設計部 企画開発課

**佐世保重工業株式会社 新造船事業部 設計部 船体設計課

新旧を比較すると測定部の容量が約1.8倍大きくなっている。これにより、模型船サイズを大きくすることが可能となり計測精度の向上が図られている。また、最大流速が2倍になっており、より高速な船の開発も考慮されて設置されたことがわかる。

旧式の水平循環型回流水槽は、流水プールのような地面に対して水平なサーキット状の水路にインペラを設置し流速を制御している。現在利用している垂直循環型回流水槽は、第1図の概略図のとおり地面に対して垂直に水路があり縦に循環している。国内の回流水槽で現存するものとしては比較的早く水量が多いのが特徴である。

以降、回流水槽の各部位について説明をおこなう。



写真1 静翼及びインペラ

2. 1 直流モータ

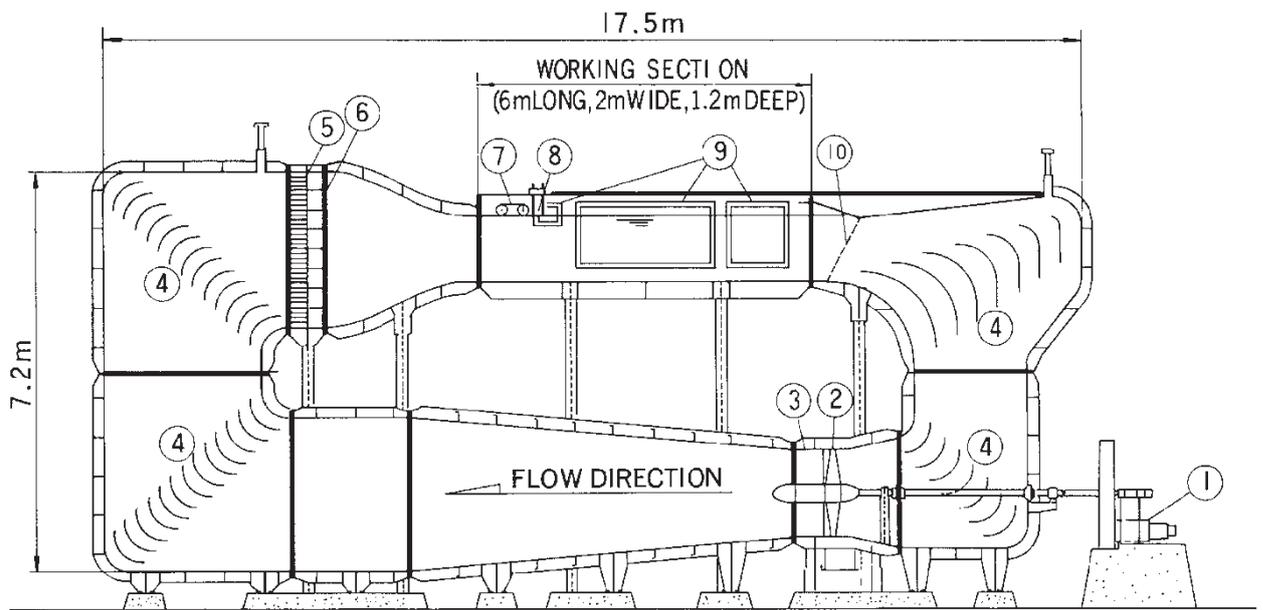
出力は45kWであり、回転数を制御することでインペラが発生させる流速を制御する。

2. 2 インペラ及び静翼

写真1の手前に見える放射状の5枚の板が静翼であり、インペラの流れを整流すると共にインペラ軸の支柱としての役割がある。奥に見えるのがインペラであり、4翼プロペラ1基で回流水槽内の水を循環させている。

2. 3 ガイド板、整流格子、多孔板

ガイド板(写真2)は回流水槽の各コーナー部に設置され、流れを有効に循環できるように導く効果がある。写真3の整流格子と多孔板は、インペラが起こした乱れた流れを整流し、均一な流れにする板である。流場に片寄りがあると計測精度が悪化するため、均一な流場になるように整流する必要がある。



①	直流モータ	⑥	多孔板
②	インペラ	⑦	表面流加速装置
③	静翼	⑧	制波板
④	ガイド板	⑨	観測窓
⑤	整流格子	⑩	安全ネット

第1図 佐世保重工業 回流水槽概略図

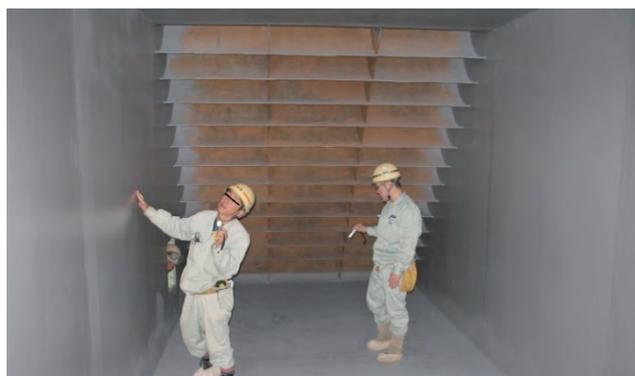


写真2 水槽内部ガイド板(奥)と著者山中(右)

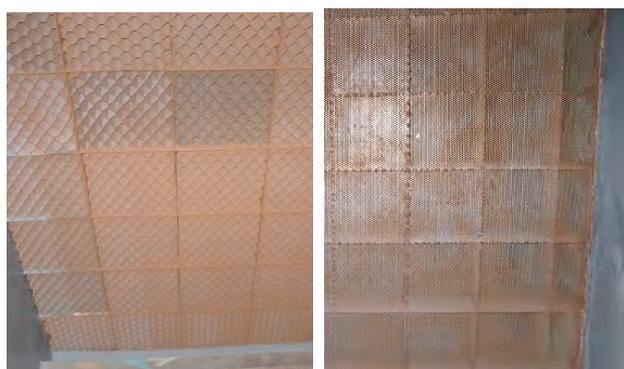


写真3 整流格子(左), 多孔板(右)

2. 4 表面流加速装置

回流水槽内を循環する流体で壁面に近い流れは、壁面との摩擦によって周りの流速より遅くなる。そのため、表面流加速装置で周りの流速と同じになる様に加速させ、均一な流場を保持する。

佐世保重工業の表面流加速装置(写真 4)はベルト式で2つのロータに写真中央のベルトをかぶせ、モータで回転させることによりベルトと水面の摩擦によって表面を加速させており国内でも珍しい水面加速方法である。



写真4 表面流加速装置

2. 5 制波板

表面流加速装置の下流側にある板で、表面加速装置から発生する表面にできる波を抑制するための板である。制波板は水面と水平ではなく、ある角度で設置されており水面に発生する波が最も小さくなるように調整されている。(写真5)



写真5 制波板 (透明アクリル製)

2. 6 自動水位調整装置

流速が上がると最適な水位が変わり水面が波立ってくる。そのため、自動水位調整装置(写真 6)にてバルブ操作をおこない必要量の水を給排水し最適な水位を維持している。



写真6 自動水位調整装置

2. 7 測定部(WORKING SECTION)

左右、下部に観測窓が設置されており、色々な角度から供試体を観察ができるようになっている。水流は写真7の奥から手前に向かって流れる。

測定部両脇にはレールがあり、実施する試験の種類によって計測に必要な機器を容易に動かせるようになっている。



写真7 測定部

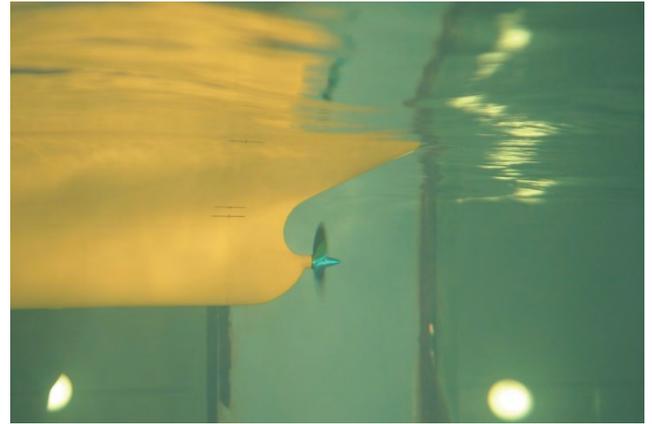


写真9 自航試験風景

3. 実施可能な試験

回流水槽では多くの種類の試験が可能であるが、主に実施している長さ 2m の船型模型を用いた船型開発にて実施する試験を紹介する。

3. 1 抵抗試験

模型船にかかる抵抗を2分力計(写真8 中央部)によって計測する抵抗試験が可能であり、それをもとに、造波抵抗、粘性抵抗、形状影響係数を算出して、開発船の有効馬力(EHP)を推定する。



写真8 抵抗試験風景

3. 2 自航試験

模型船に模型プロペラを装備、モータで回すことにより発生するスラストとトルクを自航動力計によって計測する自航試験(写真 9)が可能であり、それをもとに、推力減少係数、模型伴流係数、プロペラ船後効率を算出して開発船の制動馬力(BHP)を推定する。

3. 3 伴流分布計測

超小型翼車型流速計(写真 10)を用いて、主にプロペラ面に流れてくる流速分布を計測することが可能である。

写真中央の管の先に直径 3mm の風車の様な翼車が付いておりその回転数で流速を計測する。

プロペラ面内での計測は翼車型流速計をトラバーサに取り付け幅方向と深さ方向の任意位置で連続して計測が可能となっている。(写真 11)

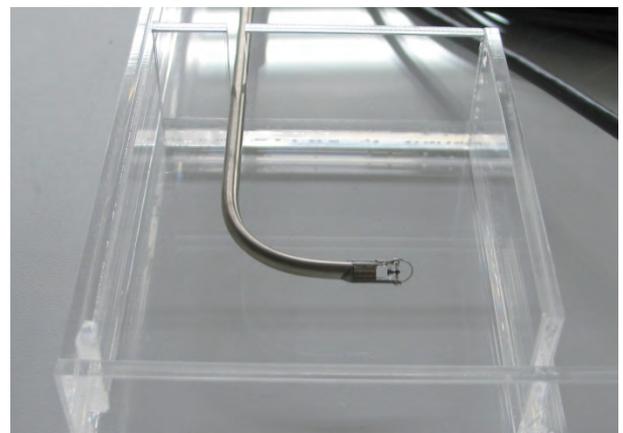


写真10 超小型翼車型流速計



写真11 伴流分布計測風景

3. 4 流場観察

糸を用いた模型船近傍の流れの可視化(写真12)や、フェノールフタレインの試薬を細い管から流すことにより、模型船周りの流れを可視化することが可能である。

これにより、意図していない流れがないかを確認することができる。

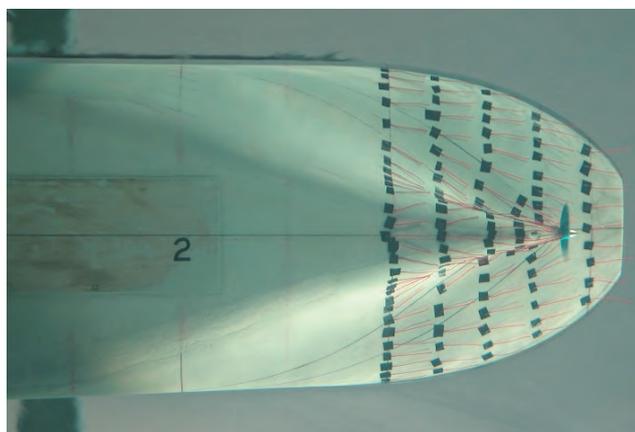


写真12 タフト流場観察(底面からの観察)

3. 5 プロペラ単独特性計測

プロペラオープンボードにモータと自航動力計を設置して、プロペラ単体でのスラスト、トルクの計測(写真13)をおこない、スラスト係数、トルク係数、プロペラ単独効率を算出する。

模型プロペラは、直径約0.05mから0.10mまでのストックプロペラがあり、最も実船と相似しているプロペラを用いて実験をおこなっている。

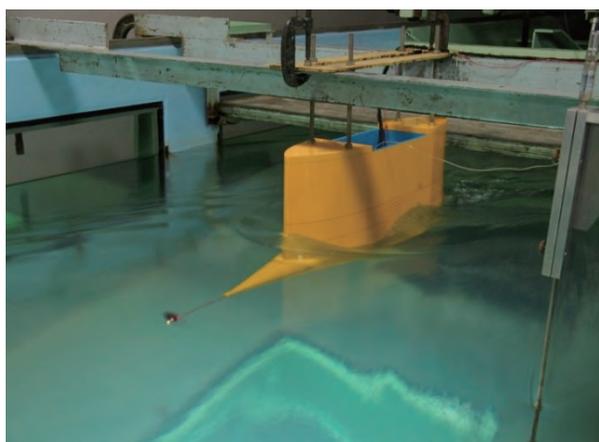


写真13 プロペラ単独特性計測

3. 6 その他

ピトー管を用いた流場計測(写真14)や、サーボ式波高計を用いた波高計測など様々な試験が可能であり名村グループの船型開発を支えている。



写真14 ピトー管による流場計測

4. 施設の紹介

4. 1 回流水槽建屋

回流水槽は3階建てであり、模型保管庫や回流水槽を設置している1階、測定部を下部から観察できる回流水槽の中空部分の2階、測定部があり計測や観察をおこなう3階となっている。

2009年には回流水槽を建屋で囲う工事を実施した。従来は写真15の船型試験場内に骨組みと幌で覆われていたが、隣接されている工場からの塵や溶接ヒュームが飛散してきたり、夏場に気温が上昇し計測精度が落ちたりすることもあった。写真16のとおり建屋で囲ったことにより、塵や溶接ヒュームの飛散の防止、大型エアコンの導入による気温上昇防止、隣接工場からの騒音を防止することができ、試験場としての環境がより良いものとなった。



写真15 蛇島船型試験場



写真16 試験場内の回流水槽建屋

4. 2 加工機器

過去には、模型製作を自社でおこなっていたため2次元のNC 模型船切削機(写真17)をはじめ、フライス盤、旋盤、電気ソー等があるが、現在は主に模型の改造に利用している。



写真17 NC 模型船切削機

4. 3 暗室

模型の写真を撮影するために、壁面を黒に塗装した暗室が設置されている。(写真18)



写真18 暗室

4. 4 計測室

各種試験を計測するための部屋であり、回流水槽の制御パネルや計測機器のアンプなどがあり、パソコンを用いて自動計測をおこなっている。写真19 奥が回流水槽の測定部となっており、計測室からも試験状態が確認できる。



写真19 計測室

5. 結言

本稿では、佐世保重工業に設置してある回流水槽について紹介をおこなった。この回流水槽で名村造船所、佐世保重工業、函館どつく3社が建造する船の船型開発を一手に担っている。2015年からは名村造船所と佐世保重工業で回流水槽試験のさらなる計測精度向上のために共同研究をおこなっており、厳しい燃費競争に勝ち残るために今後も回流水槽を有効的に利用し、より良い船型が開発できるように努める。

参考文献

- 1) 小倉理一：回流水槽の性能(回流水槽セミナー), 1985年, pp. 15-38
- 2) 川島敏彦, 橋詰泰久：回流水槽の現状と課題(水槽試験の現状と展望 推進性能研究会シンポジウム), 2010年, pp. 161-196