

8. 大型試験水槽の将来

北川 弘光

400m Towing Tank: Update and Future Tasks

By

Hiromitsu KITAGAWA

Abstract

The 400m long towing tank has been made sufficiently large to include equipment which is designed to accomplish each of the various types of research on models with the greatest accuracy and reliability and to the best possible advantage. Cost performance of model testings, however, demands medium and reasonable size of the facilities.

The update purpose of the 400m tank was discussed for making accurate measurements on various types of models to be well validated and for the running of tests at high speed on models of high speed vehicles.

1. はしがき

試験水槽施設急増の役割を担った我が国では、水槽施設は必要とする機関のほぼ全域に普及し、氷水槽やキャビテーション水槽など伝統的な長水槽とは係累の異なる試験施設の建設が断続的に進められている。試験施設の大型化傾向は、このような氷水槽やキャビテーション水槽で顕著であり、特に欧米で著しい。

試験水槽計画・建設の状況から見る限り、長水槽の大型化傾向は既に終り、一部では施設の稼働率が著しく低下し、昨今の造船不況にその主因を求めたとしても、それだけでは理解し得ない稼働状況が見られる所もある。これは一つには、小規模水槽に比較して稼働経費が割高であり試験実施が経費的に容易でないことにある。実験要員の面でも、大水槽の実験計測システムはいわばワンマン・オペレーション的発想に乏しく、実験要員確保に難があることが少なくない。また一方で、高速型船舶を除けば、既存のデータ・ベースから大きく逸脱した船型開発を目的とした実験の頻度が減り、類型船では本格的な抵抗・自航試験やその他の試験を実施せずに設計建造してしまう場合も微増しつつある。結果的には、これらの相乗効果が大水槽稼働率の低下をもたらしたと思われる¹⁾。

大水槽建設の目的は必ずしも単純ではないが、粘性、造波の面で、また船型研究が進んで局所的な問題を検討する必要の面でも大型模型の使用が望まれるようになり、他方、制限水路影響の緩和の面からも大水槽が要望されたことは確かであろう。これは大水槽が主として実船馬力の推定あるいは船舶の抵抗・推進性能に係る実験、研究を念頭に置いて設計されていると言うことであり、船舶に係る流体力学の問題を広く実験するに適切な施設となっていない場合が多い。

水槽実験の目的や実態も、近年かなり変貌しつつあり、特に数値流体力学やその他の解析計算手法との関係など、大水槽の使命、用途も根底から再考すべき段階にあると言えよう。実験研究施設の使命は、当然のことながら、実験施設を持つ機関の概念的性格、機関内での実験施設の位置付け、政策的、戦略的判断などによって異なるから、具体的な問題を検

討する際には、特定の機関、特定の環境条件を設定して吟味する必要がある。

当所の使命は、言わば、for the people through the government and industriesであろうから、400m水槽の稼働基本方針もここになければならない筈である。規則や基準、あるいは技術指針作成に資するデータ提供であれば、目的、対応について疑問の余地は少ない。しかし、純粋科学への貢献は別として、現実の産業界への対応となると、課題技術の水準をどこに置くかによっても何をどのように研究すべきかは異なる。ねらいを最高水準ばかりに設定し続けられれば、一種の弱者切捨ての誹りは免れない。また低水準に止どめれば、業界低層の水準向上には貢献し得るものの、一研究所としての一般的評価は低迷することになる。実際には、施設、経費、要員、時間、いずれにも限りのあることであり、研究成果の波及効率を睨みながらの、計画立案、研究実施が望まれよう。

以下、当所三鷹第2船舶試験水槽（400m水槽）を主題として、今後の水槽実験の核となる問題について検討を行うこととする。

2. 高精度実験

大水槽は、船舶や海洋構造物、あるいはその他の様々な物体、構造物について、高精度実験が可能な施設と言うだけであって、それだけで高精度実験が保証されている訳ではない。大水槽で高精度の実験を行うためには、小規模水槽以上の慎重な準備、配慮が必要である。考慮すべき主な項目を列挙すれば下記のようなものがある。

1) 模型製作精度

模型船を例に採れば、実験前の寸法検査、表面仕上げ検査を入念に行うことは当然のことであるが、模型強度が十分でなく、水槽内でかなりの変形を生ずるものもあり、特に動力計やガイドの取り付けとの取り合いで、ブーム材を除去することも希ではなく、実験時の船型が線図通りであるかどうかの検査は必要である。模型表面の経年変化が水中で急速に進行することもある。プロペラでは、実験時の流体

力による歪みの外、不注意な取り扱いによって実験後ピッチ等に変化のあった例もある。

2) 水槽水の管理

水槽水の管理は、水面の管理、水質管理、水温管理などがある。いずれについても、400m水槽規模では容易ではない。大水槽では、水面はまず、できる限り汚れない手当をすべきである。通常の水面掃除の方法では、作業により水槽内に発生した残流は予想外に減衰しないからである²⁾。水質保全のための水槽水の循環濾過は、残流の点で同様な問題を抱えているが、2、3年と言った長いタイム・スケールを設定することによって解決できよう。これには、濾過の自動運転が必須である。温度管理については、実験に影響のある温度分布の改良に腐心すべきである。

大水槽での静振は水槽端での水面変動、中央部での長手方向の流速変動とが無視し得ない量になることと、減衰が弱いことが問題となる。400m水槽での計測例では、長手方向の高次成分や幅方向の静振が存在する場合があるが、これらは減衰が早く、また水槽側壁の消波装置によって効果的に減衰させることができる。

大水槽では、静振、造波、曳引車の走行、模型の航行、動揺等によって、複雑な残流が発生する。残流の挙動は水槽内の水温分布によっても影響される。

静振等の水面変動と流速変動とを的確に計測することが必要であるとともに、静振や残流の発生を可能な限り防ぐ工夫も大切である。

3) 走行レール、曳引車及び計測装置等

曳引車スパンが大きい大水槽では、調整不良の走行レールは、曳引車計測桁の振動を生じ、この振動が模型船ガイドを介して模型船及び計測装置に伝えられ、計測精度を劣化させる外、曳引車速度制御系に悪影響を与え、結果として模型船に水平加速度を与える可能性がある。大水槽での使用頻度が高い大型模型船では計測精度に与える残留加速度の影響は大きい。

大型模型の大半は排水量が大きく、計測装置の設計及び計測では、模型慣性の影響を考慮しておく必要がある。

大型模型と言えども、付加物等では、物体上の流れが乱流である保証はなく、適切な乱流促進を検討して置かなければならない。

上記のような問題に対して、ハード及びソフト面での適切な配慮があつて初めて、大型模型による水槽実験は高精度実験として評価され得る。制限水路影響の修正は、水槽に対して模型の大きさが程々である場合に妥当なものと言える。小規模水槽では、付属設備、計測システムなどの様々な制約から大型模型の使用には限界があり、大水槽は大型模型を主とする高精度実験が根源的に期待されていると言え、これらの期待に合う努力が必要である。

3. 流場計測

水槽実験の主流は、抵抗・自航試験などのグローバルな力の計測から、船体周りの局所的流場構造の計測や、付加物、プロペラ翼などの局部的荷重計測に移行し、実験状態も直進状態から斜航、操縦運動、動揺時など、多様化、複雑化してきた。一方、小規模水槽における局所的な力や流場の計測には、Reynolds 数の問題の外、流場構造に対するセンサー寸法の制約があり、これらの実験では大型模型の効用が高い。この場合にも、実験環境を整え、センサー技術、センサーが流場に及ぼす影響の吟味からデータ解析までの総合的な計測精度に対する十分な検証が行われていなければならないことは言うまでもない。

4. 高速実験

高速型船舶の開発研究は各所で行われているが、開発指向が著しいこともあつて、滑走型、翼揚力型、空気圧型、複合型、いずれの形式のものについても、水槽試験法の確立が遅れている。またこれらの船舶の流場を把握するための言わば高速流体力学による解析手法も未完である。

400m水槽は、平均的な水槽規模から見れば十分な長さと思われるが、走行速度10m/s 程度の実験でも

曳引車の加速、減速域を差し引けば、定速状態での計測可能時間は僅かなものとなる。曳引車が定速に入ってから、模型船が定常状態になるまでの所要時間は、実験方法によっても変化する。高速模型試験であれば、計測時間が僅かであっても、それなりのデータが取得できるが、曳引車と独立に航走する場合には、模型船の航走状態設定には、蓄積したデータに基づく予測を行うなどの工夫が必要なる。

高速走行を前提として設計された高速台車は別として、一般曳引車の場合には、水槽建屋と曳引車との取り合いが十分にない場合が多く、曳引車の高速走行によって建屋内及び曳引車計測部での風速分布も複雑になる。空気抵抗が無視し得ない高速型船舶模型では、計測部での気流を整流し、空気抵抗修正がほぼ妥当に行えるようにする必要がある。また、曳引車の高速走行により発生する長波についても、場合によっては、これを計測し影響を除去する工夫が必要となる³⁾。

残流についても、高速実験では、通常速度域の実験と異なり、往行速度に合わせて復行速度を調整して残流を減少させることには限度があり、水槽一方に風及び水流を発生させることになり易く、このために水槽内に静振が醸成され易くなる⁴⁾。この点の留意も必要である。

業界への当面の貢献は、開発指向で行う高速型船舶の様々な流体力学性能の研究であろうが、些か短兵急との反省もある。開発型の実験と平行して、高速型船舶についての水槽試験法の確立のための研究、高速流体力学を育成するための基礎的実験など、山積する研究課題を計画的に実施して行くことが肝要である。

5. その他

長く、幅広の400m水槽は、操縦性試験や海洋構造物関係の複雑な実験も可能である。低速域での波浪中の模型実験においても顕著な側壁影響から逃れることができ、データ数を必要とする不規則波中の実験、追波中の復原性、転覆などの研究にも適した水槽である。また波の伝播安定性の実験など、水波に関する基礎的な研究にも適している。8mの水深を利

用したROV関係の模型実験もある。

現在まで、これらの研究に対する実験実績は乏しく、400m水槽が具備する機能、性能が十分活用されてきたとは言い難い。今後、これらの実験は相対的に増加するであろうが、これらが容易に実施し得る、曳引車周りの整備、水槽施設の性能向上も必要となろう。

6. 結び

大水槽は、米国のDavid Taylor Model Basin、英国ではかつてのNational Physical Laboratory所属のFeltham水槽など、いずれもその国での基準水槽としての役割を果たしてきた。大学などの造船実務を行わない機関の小規模水槽では、同一模型あるいは同一船型模型による比較試験を実施して、大水槽との比較修正係数を求め、これを一般の模型試験結果に適用する方法を採用した。

我が国のように造船企業が所有する試験水槽では、海上試運転結果との対比によって、実船・模型船間の相関係数をそれぞれに求めることができ、実際的な造船設計の上では、個々の水槽の試験結果が水槽特有の特性、誤差を含むものであっても、これらは相関係数に含まれて処理され、模型での絶対値を求めなくとも差し支えない場合も少なくない。造船企業の実験水槽規模は小規模とは言えず、この面からも400m水槽は、DTMBやNPL水槽とは、存在の外部事情が異なっている。しかし、このような事情があるにせよ、400m水槽が、大水槽に必然的に期待される基準水槽としての役割を果たすべく努力を怠らなかつたかと言う点には疑問がある。また、水槽試験法の改良、開発についても真摯な努力が続けられてきたかと言う自省もある。

今後は、個々の船型についての流体性能の向上に対する要望の大半は企業に委ねて、船体周りの流体現象の把握、理解に基いた水槽試験法の確立、実験精度の評価と実用的な試験法への条件緩和指針、これらの成果と数値流体力学的手法を勘案した船型設計の方法論の研究など、400m水槽の使命はまだまだ重く、長い。

実験の高精度化や新しい様式の実験を行うために

は、ソフト面を含めた水槽施設の時宜を得た更新と機能・性能の向上が必要であり、25年を経て老朽化が目立つ現状では基本施設の更新は急務である。また、最も重要な点は、400m水槽の機能を十二分に活用し得る研究者の育成である。

参考文献

- 1) 田中拓、安部光弘、田村欣也、姫野洋司：試験水槽の将来、日本造船学会誌、第710号、1988
- 2) 田崎亮、北川弘光、小山鴻一、岡本三千朗：試験水槽における残留流れについて、関西造船協会誌、第135号、1970
- 3) 柳原健、藤沢純一、平田信行、堀利文：高速走行の曳引車による水面攪乱に関する一考察、船舶技術研究所研究発表会講演集、第56回、1990
- 4) 北川弘光：風による残流について、推進性能部技術資料、第5号、1968