

# 船舶実験用水槽について

田 宮 真

造船工学関係で使用されている試験水槽について、概説をこころみた。試験水槽における計測方法、機器、模型実験の基礎となる理論、研究成果の実現への適用等については、紙面の都合で割愛した。

## まえがき

船舶実験用水槽というのは、模型船を水槽中に浮かべてその運動状態や、運動にともなう力の計測を行なう設備であって、造船屋の間ではたんに水槽または試験水槽 (experimental tank) と呼ばれている。模型船の大きさは普通 2~8 m であって、これに見合う水面の広さと水深とが必要とされる。模型に対応する実船の長さは最大 300 m に近い値で、模型実験でえられた結果を実船に適用するためには、いわゆる力学的相似則の成り立つことが必要条件となるが、現在までの経験によると、多くの場合、適当な模型の大きさをえらび、多少の工夫をこらすことによって、水槽実験の結果は定量的にもかなりの精度で実船に適用できることがわかっている。本小文では、比較則の問題には深く立ち入らないで、試験水槽の概観をこころみようと思う。

## 1. 試験水槽の種類

船舶工学の研究に主用される試験水槽には、大別して次の 5 種類がある。

1. Towing Tank (抵抗水槽)
2. Seakeeping Basin (角水槽)
3. Circular Tank (旋回水槽)
4. Circulating Water Channel (回流水槽)
5. Cavitation Tunnel (空洞水槽)

ただし、ここにあげた名称は定義の明確な術語ではなく筆者が適当に略称をつけたものもあることを了承されたい。このうちもっとも歴史的に古く建設されたのは 1. の抵抗水槽で、約 100 年以前に Wm. Froude が Froude の比較則を提唱し、これを応用して、Greyhound 号の実艦および模型試験結果の比較を行ない、両者が良い一致をみせることを確認したことから、水槽試験の歴史が始まるといっても過言でない。その後船体の旋回性能を高めるために旋回水槽が、また推進器の空洞現象 (後述) を研究するために空洞水槽が建設されたが、太平洋戦争中に開発された海洋波理論の急速な進展が船舶の波浪中性能解明の機運をもちあげて、2. の角水槽の出現をみるにいたった。4. の回流水槽は航空機試験用風洞と機能はにているが、船舶工学の方では特殊な目的に使用されることが多く、最近にいたるまで、あまりおもてだて活用されたとはいえない。

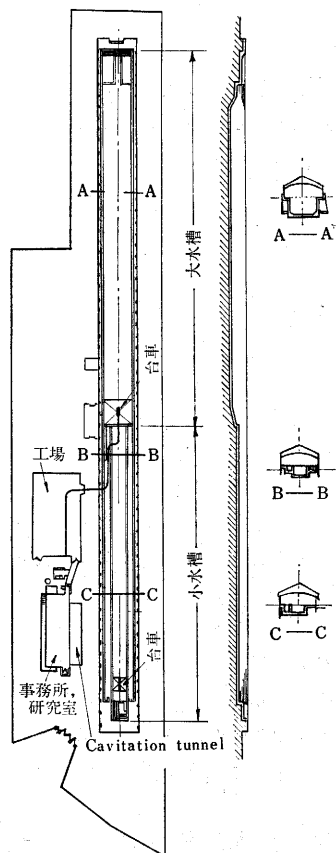
以下上記の順をおって簡単に説明を行ない、終わりに当所内に最近建設された風路つきの水槽にふれることにする。

## 2. Towing Tank

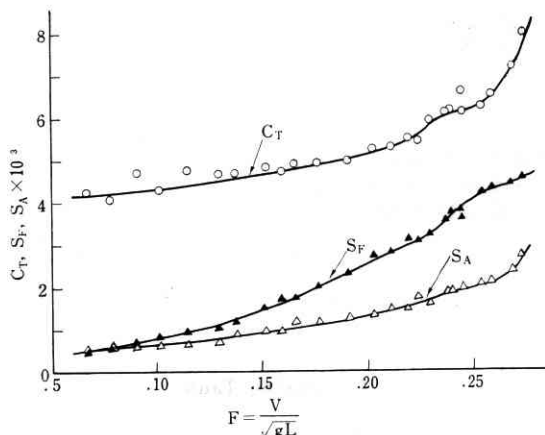
1870 年、Wm. Froude がその邸内に長さ 91.4 m の水槽をつくり、模型船を一定速度で曳航し、曳航に要する力 (船体抵抗) を計測したのが towing tank のおこりであって、初期には船体抵抗の測定が主目的であったが、船体を推進させる推進器の試験、模型船に電動機を積み込み、模型推進器により模型船を自航させる試験も行なうようになり、さらに水槽に造波装置を設置して、波浪中における各種試験も行なうようになった。

第 1 図は現在わが国で稼動しているもっとも長い三菱重工長崎水槽のある船型試験場の略図で、抵抗水槽の全長は 285 m ある。

水槽壁は鉄筋コンクリートで両側にレールが敷設され、この上を電車が走行し、模型船を曳引または追尾して、諸種の計測を行なう。計測は大別して、1) 船体に拘束をあたえて力、偶力等を測定する。2) 船体を自由にしてその運動を観測する 2 種類が考えられる。上にのべた船体抵抗の計測は前者の 1 例であり、波浪中の自航試験は後の例といえよう。抵抗試験においては、模型船の対水速度、抵抗、沈下、縦傾斜の計測が行なわれ、その結果を例



第 1 図 三菱重工船型試験場



第2図 抵抗試験例

( $V$ : 船速,  $L$ : 船長,  $g$ : 重力加速度,  $C_T$ : 抵抗係数,  
 $S_F, S_A$ : 船首, 尾沈下/船長)

示すると第2図のようになる。ここで横軸には船の速度をあらわす無次元数  $F$  (Froude 数) がとってある。Froude の比較則によると、実船と模型船との速力は、この Froude 数が等しいときに、力学的に対応していることになる。たとえば模型の長さ 2.5 m, 速度 1 m/sec は、150 m の長さの実船の速度 7.75 m/sec に対応する。

推進器単独試験 (propeller open test) では、推進器の回転数、前進速度、必要とするトルク、発生する推力が計測される。普通推進器回転数を一定に保ち、前進速度を変化して、前進率 (翼型の場合の迎角に相当する) の範囲をかえ、特性曲線を求める。

船は細長い形をしているため、横からの力には弱いのが常識である。このため荒海面では斜前から波をうけて航海することが多い。抵抗水槽に造波装置を設けると、前進中船首または船尾方向から波をうけたときの模型船の挙動をすることができる。平水中の自航と異なり、船体は波と同じ周期で上下揺れ、前後揺れを行ないつつ前進し、推進器回転数、トルク、推力にも周期的変動を生ずる。このように計測項目がふえるうえに、対象とする波についても波長、波高、波のくる方向に相当数の組合せが考えられるので、波浪中試験は平水中にくらべはるかに手数を要し、計測技術においても研究すべき点が残されている。このため各水槽では計測装置、記録装置、およびデータ処理 (演算) 装置の改良工夫に大きな努力をはらっている。

模型船材料としてはパラフィンが広くつかわれているが、木製模型もかなり使われるようになり、特別の場合には金属製のものもある。

従来の水槽実験においては、主として船や推進器全体にかかる力

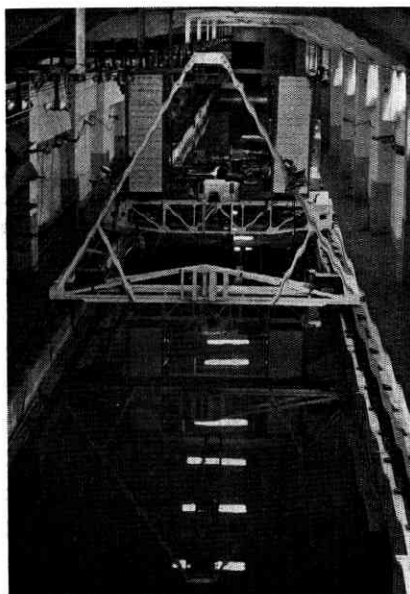


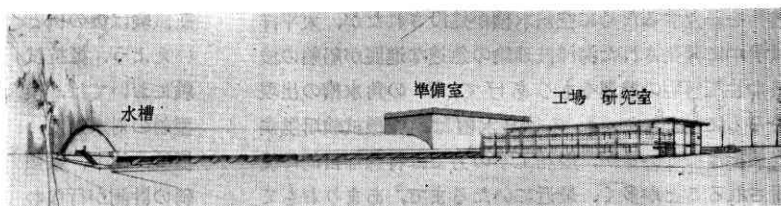
写真1 波形分析用台車

をマクロ的に計測することに重点がおかれていたが、最近船の造波抵抗理論の発展に伴い、これまでに計測された力、偶力等がどのような流体力学的機構から発生しているかに注目するミクロ的な計測が重視されるようになってきた。東大工学部船舶工学科の水槽においては他水槽にさきがけて、この方向の具体的な実験方法を開拓し、船のまわりの波形の計測、分析を行なっている。写真1はこの目的のために改造された台車を示す。主台車の後方に副台車を置き、この間に高く棒をくんでその上からステレオ撮影を精密にできるよう工夫している。模型船は特殊な方法で主台車直後を曳引される。

また粘性にもとづく抵抗を分離推定する方法として模型船後方の断面内における水の運動量変化を計測することも最近実施されるようになった。計測 probe としてはピトー管が用いられる。

船体まわりの境界層についての計測も古くから行なわれているが、応答の速い熱線流速計の、水中で容易に使用できるものは製作困難で、計測例も少ない。

この型の水槽は長さにくらべて水幅が小さいので、直進運動以外は実験困難であるが、小舵角で、舵角を正負にかえてやると、ある程度船の水平面内の運動性能を知ることができる。新しく三鷹市に建設中の船舶技術研究所の大水槽 (第3図) は長さ 400 m で、その規模にお



第3図 400m 水槽完成外観図

第 1 表 Towing Tank の主要目

名 称 (所属)	長 さ (m)	幅 (m)	水 深 (m)	台 車		機型長さ (m)	造 波 装 置	
				最高速度 (m/sec)	馬 力 (PS)		型 式	馬 力 (PS)
目 黒 1. (防 衛 庁) 2.	255.0	12.5	7.25	10.0	140	6~8	フ ラ ッ プ	200
	102.5	3.5	2.25	7.0	30	2	空 気 圧	30
	346.5	6.0	3.00	20.0	100	3	プ ラ ン ジ ャ	75
漁 研	63.0	4.0	2.00	2.5	20	2~2.5	フ ラ ッ プ	30
長 崎 <sup>1)</sup>	124.0	6.1	3.67	4.5	12	5~7	フ ラ ッ プ	30
	165.0	12.5	6.50	9.0	100			
	289.0							
目 白 1. (船 研) 2.	200.0	10.0	6.30	5.0	44	6	フ ラ ッ プ	20
	207.0	8.0	4.30	8.0	52	6	無	
三 鷹 (船研) <sup>2)</sup>	400.0	18.0	8.00	15.0	1120	~8~	フ ラ ッ プ	147
九 大	76.6	2.7	2.72~5.21	3.5	13	1.8	フ ラ ッ プ	5
九 大 応 力 研	1. 60.0	1.5	1.50	3.0	6	1~1.2	フ ラ ッ プ	3
	2. 70.0	8.0	3.50	7.0	80	2~5	分割プランジャ	30
阪 大	85.0	7.5	3.50	6.0	6	4~6	空 気 圧	29
大 阪 府 立 大	70.0	3.0	1.80	3.0	10	2.5	フ ラ ッ プ	7
東 大	86.0	3.5	2.60	6.0	20	2.5	フ ラ ッ プ	5
横 浜 国 大	50.5	3.6	2.75	3.0	15	2.5	フ ラ ッ プ	5
FELTHAM (N. P. L.)	396	14.6	7.6	15.2	1200	7.6~9.1	プ ラ ン ジ ャ	80
D. T. M. B (U. S. NAVY)	575	15.5	6.7	12.8	150	6.1~9.1	空 気 圧	280
STEVENS INST. TECH (USA)	95	3.7	1.8	12.2	5	~3	プ ラ ン ジ ャ	20
M. I. T (USA)	33	2.6	1.2	7.6	2	1.8	Hydraulic Paddle	5
UNIV. TECH. DELFT. (HOLLAND)	142	4.2	2.5	8.1	27	1.2~3.0	空 気 圧	27
UNIV. GLASGOW (U. K.)	76	4.6	2.4	5.2	38	~5.2	プ ラ ン ジ ャ	4

注 1) 幅、深さの異なる2水槽が串型に連続している。

2) 水槽本体は完工、明年には運転開始の見込み。

いても世界第一級のものであるが、水幅 18 m は世界最大で操縦性研究にも威力を発揮するであろう。台車も、長さ方向に運動する主台車と、これに直角にうごく副台車をそなえている。

第 1 表に国内の抵抗水槽の主要目をあげる。比較のため外国のものも若干示した。この表は国際水槽会議 (ITTC) の 1963 年の報告をもとにしたもので、リストされた水槽 103 のうち 25% がアメリカ、日本は数においてはアメリカの 60% で第 2 位である。表中の造波装置については次節にのべる。

### 3. Seakeeping Basin

この型式の試験水槽は、その長さと同程度であることが、もっとも特色ある点で、任意の方向から波をうけるときの船体運動を観測し、研究するのに適している。

抵抗水槽には一般に必ず曳引台車をそなえるが、この型式のものは、台車をもたないものが多く、模型船は電動機その他によって自航し、計測機器のほか、舵角、推進器回転数等を遠隔制御するための装置を搭載する。

船首から波をうけると、上下揺れ、縦揺れがはげしく

なり、平均抵抗力も著しく増す。また船首を波につつんだり、船首底部が水面に露出し、次の波衝撃で構造上の被害をうけることもある。横波の場合は大傾斜、甲板上への海水打込、転覆の危険も考えられるが、前進抵抗にはあまり大きい影響はうけない。後方からの波は船の前後揺れを大きくするが、実際におそろしいのは船の横復原力に実質的に大きい変化をあたえて転覆の可能性をますこと、方向不安定をひきおこす可能性のあること、上部構造後端（一般に前面より一段強度が低い）に打込海水の衝撃をあたえて被害をおこすことなどである。

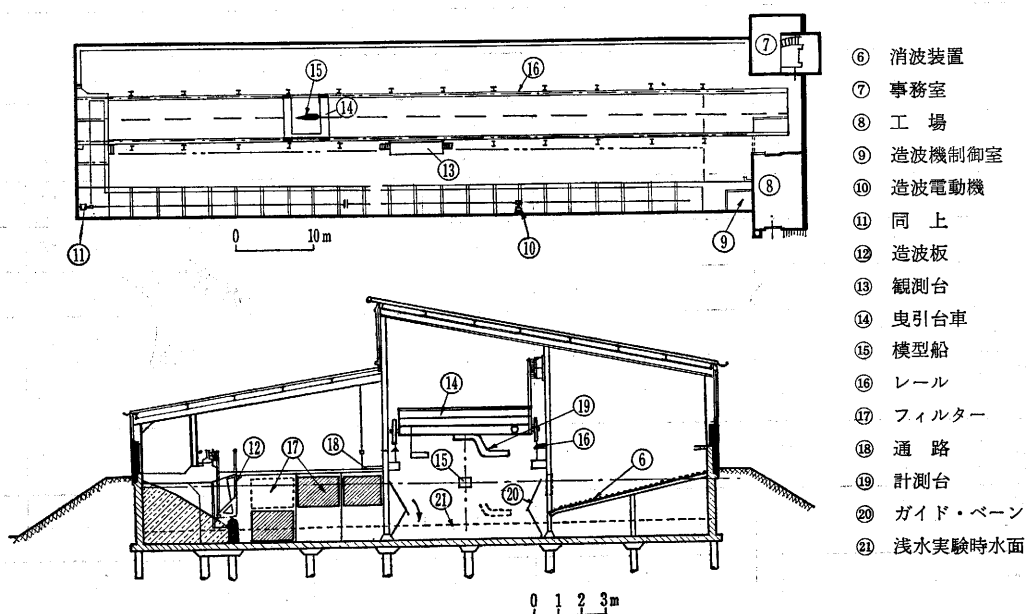
これらを考えて荒海面にある船は、船体および貨物の安全をはかりつつ、できるだけ経済的に、速く目的港に到着するよう操船するわけであるが、大多数の船は推進器

回転数、出力および舵角のみによって自身の運動を制御するので、場合によっては速力を低下し、あるいは針路を一時的に変更して風波の作用にたえなければならない。

このような操船技術の実際は、多年の航海経験から多くのことが多く、海象と船の大きさ、速力、載荷状態等の関係からきまる限界値、最適航法等の決定に対する科学的根拠を求めることは現在でも困難であるが、角水槽はこの面の研究に大きな寄与をするものと期待されている。

角水槽の呼称はその平面形からきているが、英語名は耐航性とか耐波性とかを意味するもので、機能本位に名づけられている。したがってこの水槽に造波装置は必須であって、その型式にも種々のものがある。

第4図はオランダのワーゲニンゲン水槽 (N. S. M. B)



第4図 N. S. M. B. の角水槽

第2表 Seakeeping Tank の主要目

名称(所属)	長さ (m)	幅 (m)	水深 (m)	台車		模型長さ (m)	造波装置	
				最高速度 (m/sec)	馬力 (PS)		型式	馬力 (PS)
三鷹 (船研)	1.	35.0	8.0	4.25	無	2~2.5	プランジャ	5
	2.	80.0	80.0	4.50	無	2.5~6	分割プランジャ	240
		(50.0)	8.0	4.50)				
九大	1.	36.0	5.0	5.0	無	1.8	分割フラップ	15
	2.	28.0	25.0	1.8	無	1.8	分割フラップ	50
ADMIRALTY EXP. WORKS (U. K.)	122	61	5.5	無		~4.6	プランジャ	750
N. S. M. B. (HOLLAND)	94.5	20.0	2.5	5.2	26	3	分割プランジャ	150
STEVENS INST. TECH. (USA)	23	23	1.4	1.8	0.5	1.2~1.8	プランジャ	10

にある角水槽の略図で、種々の新しい構想がもりこられている。その中でも造波装置は分割フラップ方式ともよぶことのできる。いわゆるスネーク型で、任意方向に進行する波を発生することができる。屋内に設置され、台車を有することもこの水槽の実験効率を大いに高めている。第2表にこの種水槽の若干についてその要目を示す。この場合もわが国の角水槽は数においても質においても世界有数である。写真2は船舶技術研究所にある80m角の露天水槽の一部で、多数のフラップからなるスネーク型造波機がみえる。この水槽には長さ50m、幅8mの水路が付属していて模型船はこの中を直進し、速度等を整定してから角水槽に入り、任意の方向に航走することができる。野外のため風の影響を受けるのが欠点で、風速2~3m/sec以下で実験を行なうため、稼動率で損をしている。

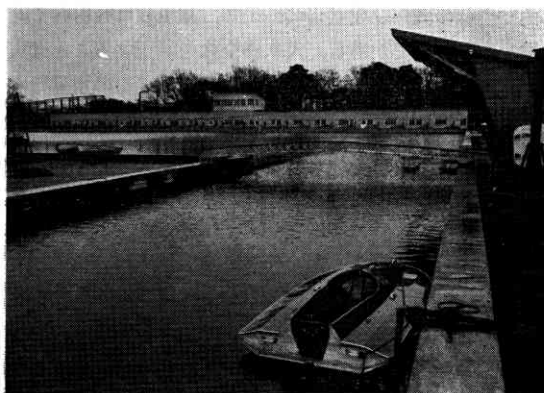
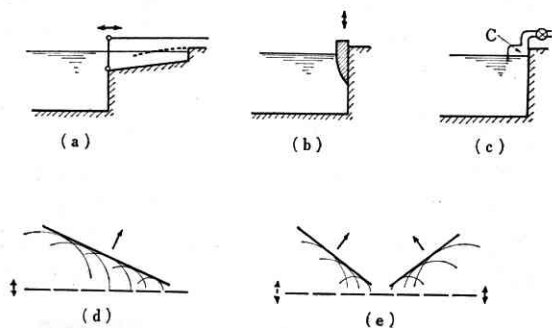


写真2 船舶技術研究所の角水槽



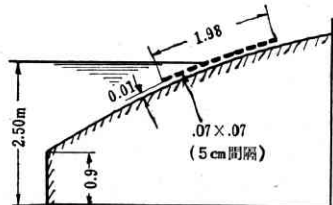
第5図 造波装置略図

第5図に試験水槽で採用している造波装置の概略を示す。a)はフラップ式で、機構が簡単であり、使用の実績も多い。造船関係ではほとんど深海波のみを対象とするので、フラップのピボットは水底におくことはまれである。この型はフラップの両面に波をおこすので、フラップ後面と水槽壁との間に消波装置を設ける必要があり水槽の有効長さを減ずる欠点がある。b)はプランジヤ型とよばれ、水槽壁にそってプランジヤを上下に周期運動させて波を立てる。この型はa)にのべた欠点をもたないが、これまでにつくられたこの種のものはプランジ

ヤ断面型についても十分な調査研究が行なわれたとはいえず、機構上はやや複雑となり、排水量が周期的に変化することも注意を要する点で、a)のように広くは用いられていない。c)は比較的新しく開発された型式で空気圧型とよぶことにする。気密室C内の空気圧および量を周期的に変化させて波を発生するもので、可動部分はすべて接水せず、波周期、波高の調整が迅速容易に行なえる利点があるが、機械効率がひくいことが大きい欠点であり、波形もあまり美しいとはいえない。しかし漸次改良が行なわれ、最近大型近代化された大阪大学水槽もこの方式を採用している。d)は複数の造波機を並列したもので、オランダ水槽等に設置されたスネーク型はこれに属する。この場合各造波板の運動周期を等しくしその位相を一定値ずつずらしてやると光学におけるホイヘンスの原理にしたがって波頂線の進行方向を任意にかえることができる。ただし、波長と波頂線の進行速度(波速)、波周期の間には一定の関係があるので、波の方向を一定に保ちつつ、波周期をかえるためには、位相差をそのたびに変更する必要がある。造波機の個数が多いとこの調整はかなりやっかいである。位相差のあたえ方を適当にすれば、e)に示すような2方向から交差するいわゆる三角波をつくることも可能である。

海洋波は一般に不規則であるが、その統計的なエネルギー分布(いわゆるパワースペクトル)はかなりわかってきたので、造波機にプログラミングを行なって類似の不規則波を発生させることは、すでに多くの水槽で実施している。

第6図に消波装置の1例を示す。試験水槽の長さは有限であるから、発生した波は他端で反射され、定常波を形成し、大洋における波とは異なったものになる。このため消波装置を設けて、波のエネルギーを他端で変形吸収する必要がある。



第6図 消波装置

る。消波装置も水槽有効長さを短くするので、なるべく長さの短くて効率のよいものが望まれる。図示のものは角材を多数ならべて傾斜したbeachを形成しているが、最近、適当な大きさの円孔を配置した板を水面に傾斜させておくことにより、いっそう有効な波けしが可能との報告もある。

#### 4. Circular Tank

円形水槽の中央を軸とし、水槽周辺に設けられたレールを支点として旋回腕が設けられ、これに船体を種々の角度で固定する。旋回腕を回転して船体に働く力、偶力等を測定することにより、船の旋回運動における流体力

の性質をすることができる。アメリカ David Taylor 水槽 (D. T. M. B.) に建設された旋回水槽は、360 呎×240 呎角水槽に隣接して同じ建屋内におかれ、水槽直径 260 呎、深さ 20 呎で没水体の実験も可能である。船体をきわめて長さの短い翼型とみた場合、この翼型の発生する揚力、抗力、偶力等は船の操縦性を研究する上に重要な基礎資料であって、直進時の値は towing tank において求めることができるが、船体の回転運動が伴うときには、この種の水槽で計測を行なうことがもっとも直接的である。

戦前海軍技術研究所（現防衛庁技術研究本部第 1 研究所）に円型水槽がつくられ、旋回性能の研究に使用せられたが、旋回腕はなく、船速、舵角、航跡等から間接に流体力を推定するに止まった。円型旋回水槽はやや単能的な性格で現在わが国にはこの種水槽は存在しない。

### 5. Circulating Water Channel

模型船が静止水面上を航走するかわりに、模型船を固定し、水流を水車等で回流させるもので風洞と同じ構想である。抵抗水槽は長さに制限があり、前進する船について一航走の時間も限定されるが、この回流水槽では観測時間は事実上いくらでも長くとれる。船体まわりの流れの詳細な観察にはこの意味で適当している。ただ相当大量の水を回流させるため建設費が高いこと、したがって水路の大きさがかなり制限されること\*、水路内の流速を均一にすることが困難なこと、高速になると水面が波立ち、また泡が混入することなどの欠点がある。写真 3 は日立造船技術研究所に設置された横置型の回流水槽で、推進器後流中で、作動する舵の作用などについて、詳細な研究が行なわれた。東京大学、広島大学にもほぼ同じ規模のものがあり、船体表面圧力分布の詳細な測定、境界層測定、渦流、流線観測等が行なわれている。防衛大学校機械工学科に設置されたものは堅型で、水流が鉛直面内を回流する。模型船の大きさはいずれも 3 m 程度以下で、粘性影響を示す指標としての Reynolds 数は



写真 3 回流水槽（日立造船技研）

\* 大多数は水幅 1 m 内外、ただし D. T. M. B. には 22×9 (呎) 断面のものがある。

低い、水流自身の乱れが大きいため、有効 Reynolds 数は大きいとみてよい。しかし定量的に抵抗水槽の代用をさせることは無理があるようである。

### 6. Cavitation Tunnel

推進器専用の設備である。推進器の推力は、航空機の翼と同様、回転翼のまわりの流れが、翼上面と下面とで圧力分布を異にし、上面には負圧を生ずることから発生するものであるが、負圧が大になると翼のまわりの水流に空気と水蒸気の混合した気泡を生じ、負圧の増大が停止し、予期した推力がえられなくなる。これが空洞現象である。またこの気泡は翼を通過して圧力が増大すると瞬間的に消滅し、この際の衝撃圧力はきわめて大きく、翼面はこのため機械的に侵蝕され、翼折損の原因となる。この現象は大気圧のもとで模型実験をしても、力学的に相似の条件が成立しないので、減圧した容器内で実験を行なう必要がある。大水槽全体を減圧することは実際上困難なため、空洞水槽が使用される。この水槽は水を回流させる点で回流水槽とにているが、堅型配置に限られ一般使用時は密閉されることが特異な点である。堅型にするのは、水流駆動用の impeller に空洞現象を起こすことを防ぐため、impeller を試験部よりできる限り下方におく必要があるからである。試験用推進器の大きさはイギリス N. P. L. の Feltham 水槽に設置されたものでは 14 吋の直径まで許される。わが国に現存する最新の装置（写真 4）では、試験できる推進器の標準外径 25 cm、測定断面の大きさ 50×50 cm、長さ 220 cm である。測定部中心線と、impeller 軸との鉛直距離は 5.5 m に達し、この行程を大きくすることにより発生した気泡の消滅をはかっている。

通常の商船用推進器では、理論および実験研究の結果空洞現象をおこさない推進器の設計がほぼ可能となっているが、高速を第一の要件とする船種にあっては、空洞現象による効率の低下は、機関出力の増大で補い、むしろ空洞の範囲を大きくして、気泡消滅の位置を推進器翼から遠く下流にうつし、侵蝕をさけることが数年前から

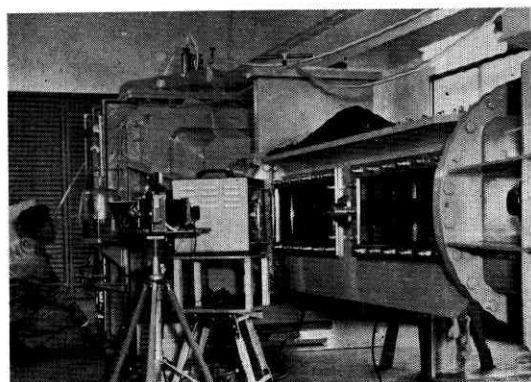


写真 4 空洞水槽測定部（三菱重工）



提唱され、これに適した翼断面の研究も活発に行なわれている。

また船尾に配置される推進器に流入する流速分布は複雑で円周方向の変化も 1 軸船の場合はかなり大きいので、空洞水槽内に流速調整装置をおき、実際の流速分布に近いものを実現することが試みられている。

## 7. 特殊水槽

以上は標準的、汎用的な船舶用実験水槽であるが、若干特色ある水槽設備についてふれておく。

(1) 高速水槽、浅水水槽等 比較的小型高速な船の抵抗試験、自航試験専用に計画されたのが高速水槽で、前記 D. T. M. B のものは長さ約 900 m、幅 6.4 m、台車の最高速度は 30 m/sec である。国内では防衛庁技研に長さ約 345 m、幅 6 m、最高速度 20 m/sec のものがある。台車は軽量で空気抵抗の小さいものが要求される。Froude 数 1.0 以上となると滑走状態、船体の跳上がりなどがおこる可能性があり曳引装置に格別の工夫を要する。

船舶は浅い水域を航行することも必要であり、欧米大陸の河船では常時浅水航走を行なうものがある。浅水では前進抵抗が増加し、船体の姿勢もかわり、また舵のききにも悪影響があらわれるなどの特異現象を生ずるので、水槽深さを最初から小さくした浅水水槽が設備される。

通常水槽の曳引台車の一部を昇降式とし、水深を減じて実験を行なったり、水中に仮底を設置して浅水水槽の代用とすることも可能であるが、実験精度をあげるためには、専用のものがあるにこしたことはない。特に最近旋回、操縦関係の研究の進歩と、船舶隻数、寸法の急増に伴う衝突事故の増加は、この種水槽建設への要求を強くするものと思われる。

(2) 流水水槽 欧州大陸のように河船の多いところでは、勾配ある流路中での船体運動を研究する必要がある。Duisburg その外に、水槽底面に傾斜をあたえ、水槽水が河川と同様な速度分布で流れる水槽が設置されて

いる。

(3) 風浪水槽 (仮称) 大洋上で船舶のうける外力は、主として波浪および風の作用である。従来この 2 種の外力はそれぞれ水槽および風洞において独立に測定されていた。この方法は研究手段の順序として妥当なものであったと考えられるが、現実の洋上では一般に風と波浪は併存し、船のうける作用も、単独に波、風のみが存在するときとは異なってくることを考えると、波浪と風とを同時に作用させうる水槽設備が要求される。たとえば船は波によっても漂流をおこすが、風が加われれば当然漂流速度は大となり、波をうける周期や、漂流に対する水抵抗の作用点もかわってくる。東大工学部元良教授が風圧モーメントに相当する偶力を重錘によってあたえつつ波浪中実験を行なったことがあるが、この風圧モーメントは計算で推定された時間的平均値であり、実際波浪表面を吹送される気流の作用をどの程度近似しているかは疑問である。以上の見地から水槽に送風設備をもちこみ、模型船に直接風をあてて実験を行なうことが大阪府立大学の菱田教授によって試みられたが、送風機からの気流は速やかに拡散するため定常的な計測を行なうのに困難があった。

九大応用力学研究所に 1963 年春完成した海洋災害研究用水槽 (長さ 70 m、幅 8 m、深さ 3.5 m) は、

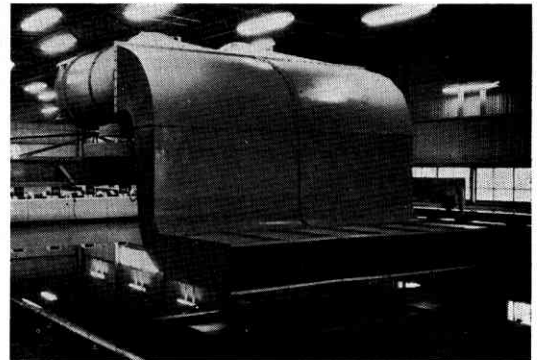
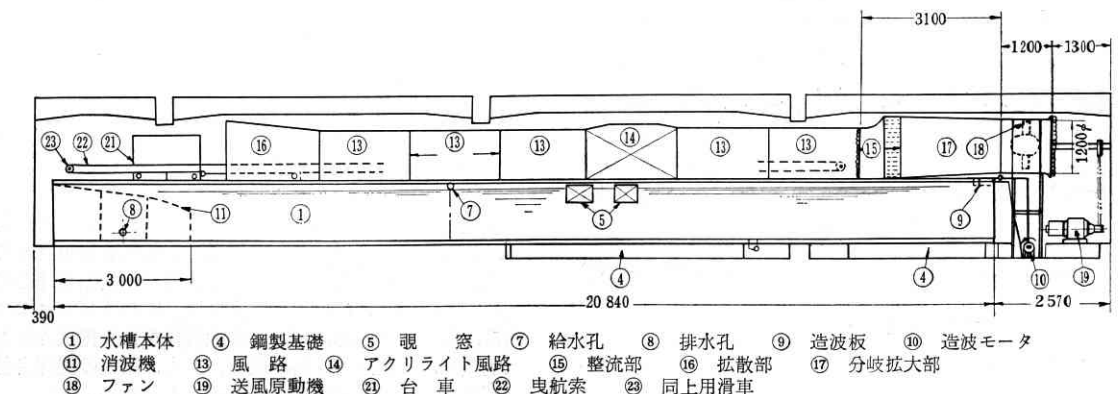


写真 5 送風装置 (九大応力研)

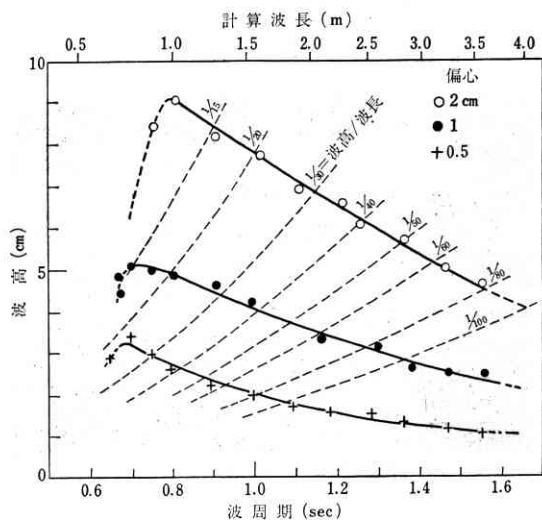


第 7 図 生 研 特 殊 水 槽

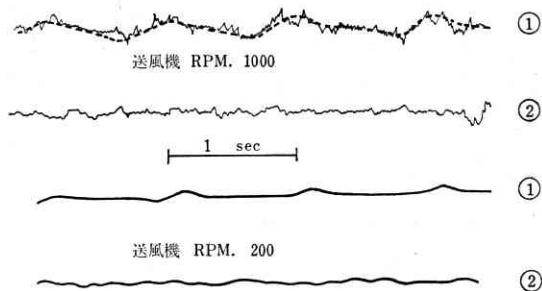
その造波装置に第5図d)の型式を採用し、斜波、三角波を発生しうるのみならず、送風台車を曳引電車の外に有し、この上に写真5に示す送風機、ダクト等を設置し、模型船を追尾し、これに最大 10 m/sec の風をあてることができる。吹出口の幅は 4 m、高さ 0.4 m である。外国の既設水槽においてもこれと類似の構想があるようにきいている。

当研究所に 1964 年設置されたもの(第7図)は風および波を同時に作用させる点では同じであるが、送風装置は固定し、水槽上に風路を形成していわば風洞と水槽を結合した形になっている。風による波浪の生成等を研究の主目的とする分野ではこの型の風洞水槽は相当多数あり、当所千葉実験場にも設置せられているが、船体運動研究用としては他にほとんど例がなく筆者はこのような装置による実験例をきいていない。本水槽は全長わずか 20 m 余、きわめて小型で模型船も 1~1.5 m 程度のものを使用する。

水槽本体は昨年春完工したが、簡単な測定用台車を設置する工事を続行し、造波装置の一部修理を行なったため、造波特性、風速分布、総合特性等の計測もまだ終わっていない。本年 4 月から少しずつ波浪中実験を開始す



第8図 波高一波周期—偏心の関係の1例  
(水深 106 cm)



第9図 波面上風速変動記録例  
水面上高さ ① 55 mm, ② 840 mm

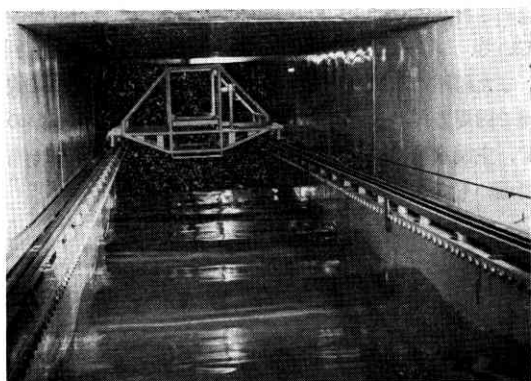


写真6 特殊水槽内部

る予定である。造波装置は第5図a)が鉛直フラップであるのに対し、これを水平にした型式をとっているが、見ようによっては特殊なb)型とも考えられる。第8図は偏心輪上で偏心を3種にかえたときの波高を表示したものである。第9図は静水面上 55 mm および 840 mm に設置した熱線風速計による風速変動の記録の1例で、周期約 1 秒、波長約 1.5 m、波高約 7 cm の波があるときのものである。气流自体の乱れのほかに、波面近くでは波周期に等しい周期の風速変動が認められる。ただし平均風速は、波の有無にかかわらず、静止水面からの距離だけできまるようであるが、計測例が少ないので確言はできない。水面のごく近辺は、定置式の風速計では測れないので、熱線風速計をフロートにのせるか、あるいは間接的に別の計測方法を講ずるか研究中である。造波機は 3 PS、送風機は 11 kW、平均最大風速 8 m/sec、波周期は 0.6~1.6 秒である。台車は 1 PS 電動機によりワイヤロープで曳行され 50 cm/sec の速度が保証されている。写真6は吹出口から水槽内部を撮影したものである。

(4) その他 いわゆる水槽試験を双胴船(2隻の船を横にならべて結合した形)の左右船体間水面を利用して行なうことが湖水で実現されている。また自由表面影響を極力排除し、深々度潜航中の潜水艦の実験を行なうため故徳川博士が試作した筒型水槽は、その機能を十分発揮しないうちに終戦となった。

水平面内で流速勾配のある水槽、2方向の流れをつくりうる水槽、深さの特に大きい水槽、超小型水槽、大量の高速水槽等は将来実現を期待したい特殊水槽であるが、これらの多くは経済的うづつけもさることながら、学理的、技術的に解明しなければならない問題点をもっており、その解決がまず必要であろう。

#### あとがき

現在主用されている船舶用の実験水槽について略述した。これらの水槽は構造強度関係の実験にも使用されている。戦後における海洋波理論の発展が、波浪を通じて船舶関係のいわゆる流力屋と強度屋とをむすびつけつつある。終わりにのぞみ写真その他資料を快く提供された三菱重工、日立造船、船舶技研、九大、東大の関係各位に厚く謝意を表して稿をとじることとしたい。

(1965年3月30日受理)