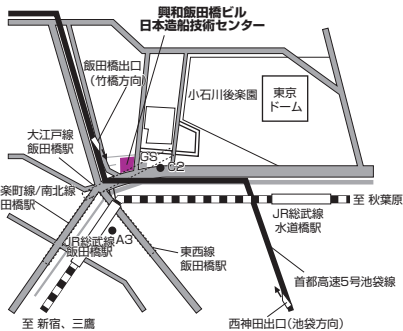


No. 65

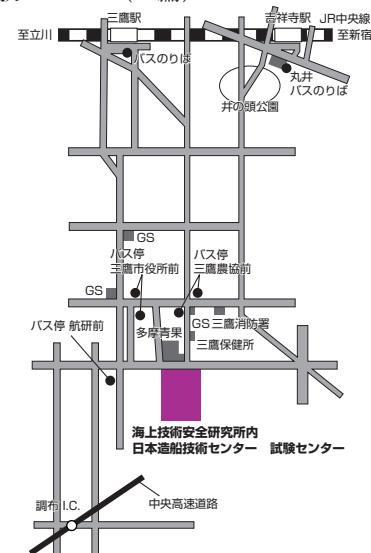
●目 次●

インドネシア紀行 (ODA業務に参加して)	page 1
トリマラン船型の復原性について	page 2
二重反転プロペラの話 (理論的背景)	page 4
三鷹400m水槽の 気泡対策について	page 6
トリマランの話 (単胴船との比較)	page 8
第24回国際試験水槽会議に 出席して	page 10
模型船のリサイクルについて	page 12

本 部 (飯田橋)



試験センター (三鷹)



財団法人 日本造船技術センター

〒112-0004 東京都文京区後楽2丁目1番2号
興和飯田橋ビル7階
TEL 03-3868-7122 FAX 03-3868-7135

試験センター

〒181-0004 東京都三鷹市新川6丁目38番1号
(独) 海上技術安全研究所2号館内
TEL 0422-24-3861 FAX 0422-24-3869

インドネシア紀行 (ODA業務に参加して)



この度、外務省の無償援助計画の調査団の一員としてラマダン（イスラム教断食月）の最中、1ヶ月間に渡りインドネシアに滞在しました。マラッカ海峡における海賊、テロ対策関連のODA業務ですが、折りしもバリ島で再び自爆テロが発生し、現地では3人の犯人の写真がTVで報道される中、市中至る所での厳しいセキュリティチェックも手伝って散歩するのもはばかれる状況でした。

一方、久しぶりのジャカルタは、高層ビルに高速道路が整備され目を見張るほどの車の洪水で、先進国の大都市を思わ

せる景観に目を奪われます。この夏からガソリンの価格は一挙に二倍に高騰し、庶民への影響は大きいものがあるようです。

引き続き、マラッカ海峡の島々、北スマトラ方面へも足を延ばしましたが、ジャワ島も含めて、人々の表情は概して柔和で明るくのんびりしていて、時間に追われてあくせくする所がないのは、気候が温暖であるためでしょうか。

何れにせよ遠き昔より縁の深いインドネシアとの友好関係を続けていきたいと思いました。

トリマラン船型の復原性について

SRC News No.63, 64で、3胴型高速船トリマランの形態、主要目、推進性能等について紹介しました。本稿では、NAVAL ARCHTECT誌2003年9月号に掲載されたIZAR社が開発中の高速船を題材に、推進性能と復原性についての概略検討結果を示します。

1. 公表データのフォロー

NAVAL ARCHTECT Sept., 2003掲載の図表より、主要目等の数値を整理し表-1に示します。なお、*印は掲載された略図からスケールで読取った値です。従って、IZAR社開発船に似た船と理解すべきでしょう。図-1、図-2参照。

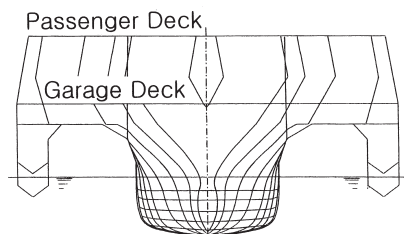


図-1 正面図

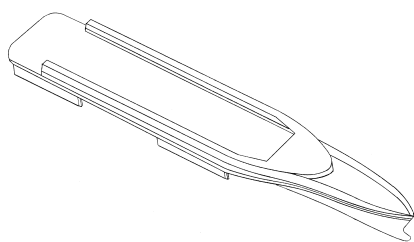


図-2 全体概要

表-1 検討船主要目等

	主船体	副船体	合計
Loa(m)	175.6	30*	175.6
Lpp(m)	160.0	30*	160.0
B(m)	11.6	2.5*	31.1
D(m)	16.2*	12.7*	16.2*
d(m)	5.0	1.5*	5.0
DW(t)	—	—	900
Power	4×1200kw total 65260ps		
Vs design (knots)	38		
H(m)	水面と連結構造下面間距離 4*		
b(m)	主副船体中心間距離 14.3*		

2. 排水量と推進性能

排水量は、主副船体の軽荷重量を在来型単胴船のデータを参考に推定し、上記公表性能や略図等と矛盾しない様に配慮して設定した値ですから、IZAR社船の計画値と違う事が当然考えられます。設定した排水量を基に、主要目比、肥瘠係数、浸水面積等を求め、推進性能や復原性を評価しました。表-2に設定した排水量、肥瘠係数等を示します。ここで、*印は本船のような超高速対応のフルー

表-2 排水量、肥瘠係数、

	主船体	副船体	合計
Δ (t)	5232	63×2	5358
∇ (m ³)	5104	62×2	5228
Cb	0.55		—
Cp	0.64*		—
Cw	0.745*		—
Cv	0.738		—
$S/\nabla^{2/3}$	8.82	8.29	—
B/d	2.32	1.67	—
$100\nabla/L^3$	0.12	0.229	—

ド数を計画速力とする単胴船に関する知見を基に設定した値、 $C_v = C_b/C_w$ 、浸水面積Sは通常の単胴船を対象とする推定式による推定値です。これらの設定した数値を基に、肥瘠係数値の近い高速船艇のデータなどを参考にテイラーチャートを使って剰余抵抗係数を求め、シェンヘル摩擦式を使い、摩擦抵抗係数を、更に、有効馬力を、夫々主船体、副船体について求め、合計した有効馬力をトリマランとしての有効馬力としました。即ち、主船体と副船体の干渉は考慮していません。

表-3に結果を示します。

推定した有効馬力と掲載された搭載馬力の比即ち推進効率0.64で、water jet推進船としては妥当なレベルと考えられます。又、排水量の比率は主船体97.5%、副船体2.5%に対し、有効馬力では主船体90%、副船体10%と、副船体の割合が4倍にも増えており、副船

表-3 推進性能推定結果

	主船体	副船体	合計
Vs(knots)	38		—
Fr	0.494	1.14	—
Cr	0.0114	0.0117	—
Cfox1000	1.358	1.676	—
$\Delta C_{fx}1000$	0.1		—
Cf*	0.01246	0.01471	—
Ca	0.02426	0.02641	—
EHP(ps)	37428	2160×2	41748
効率	47178/65260=0.64		

体の抵抗低減がトリマランの推進性能における重要課題の一つと考えられます。

3. 復原性の簡易計算法

主船体及び副船体の浮心高さ、水線面積及び水線面2次モーメントを簡単な式を基に、単胴船データを参考に修正係数k1, k2を設定して推定しました。

$$KB/B = k_1 / ((B/d)(1+C_v))$$

$$BM/B = k_2(ib) (B/d) / (12C_b)$$

$$I = BM \times \nabla$$

$$Aw = LBC_w$$

$$C_w = m/(m+1)$$

$$ib = 6m^3 / ((m+1)(2m+1)(3m+1))$$

ここで、水線形状を $y = 1 - x^m$ とした時、水線面積係数を C_w 、2次モーメント係数 ib が m の関数として表せます。

トリマランの復原性は以下のように求めます。Indexのc, s, tlは、主船体、副船体及びトリマランを意味します。

浮心高さ

$$KB_t = (KB_c \times \nabla_c + 2 \times KB_s \times \nabla_s) / \nabla_t$$

$$KB_s^* = KB_s + (dc - ds)$$

2次モーメント

$$I_t = I_c + 2I_w + 2A_s \times b^2$$

$$BM_t = I_t / \nabla_t$$

メタセンター高さ

$$KM_t = KB_t + BM_t$$

$$GM_t = KM_t - KG_t$$

4. GM推定結果

表－1、表－2の数値を使い、計画状態のメタセンター高さを計算し、表－4に示します。なお、重心高さは、本船の形態や単胴船のデータを考慮し $KG/D=0.53$ 、連結構造下面より0.4m下としました。メタセンター高さ1.3mは、単胴型高速船としては妥当な値ですから、計画状態では、このトリマランは単胴船と同程度の復原性を持つと考えられます。

表－4 復原性概略検討結果

	主船体	副船体	合計
KB (m)	2.85	4.35	2.89
Aw (m ²)	55.9×2		
b (m)	14.3		
BM (m)	2.67	0.41×2	6.99
I (m ⁴)	13638	26×2	—
Aw b ²	—	11431×2	36552
KM (m)	—	—	9.88
KG (m)	—	—	8.59
GM (m)	—	—	1.29
Tψ (sec)	—	—	22

なお、横揺れ固有周期 $T\psi$ は環動半径を0.4Bとして求めました。

5. 傾斜時の復原性

単胴船では、復原艇子は $GM\sin\theta$ で表され、水面が舷側を越える付近で最大に達するような特性を持っていますが、トリマランの場合、傾斜して行くと、片舷の副船体が空中に出て、BMが突然減少する事態が生じます。表－1、表－2のトリマランは略図から見て、僅か6度の傾斜でその様な状態となり、表－4の中で副船体の寄与が半減すると、BMは4.8mになり、 $KM=7.69m$ 、 GM はマイナス0.9mとなります。ただし、IZAR社の船体はペンタマラン（5胴船）ですので、片舷の副船体が空中に出ると、傾斜角 θ では空中にあった前方の別の副船体が着水し、BM減少分を補う様になっていますので復原性が低下することはありません。トリマランであれば、僅か6度

の傾斜で GM がマイナスになり、略図からは20度以上の範囲にわたり BM が増加することはありません。ペンタマラン方式に限らず、この様な危険な状態を避ける対策がトリマランには不可欠です。

6. 主要目と復原性の関係 (検討例)

以上の検討により、トリマランの基本設計では、主船体と副船体の主要目や排水量の振分け、形状や配置等が推進性能や復原性を始め主要な性能に及ぼす影響を把握することが重要と考えられます。

参考に、(1)主船体と副船体中心間距離を変えた場合について、傾斜角 θ の場合と傾斜して片舷の副船体が空中に出た場合の GM を推定し、表－5に示します。なお、 b に対応し全幅 B も変わります。

表－5 主副船体中心間距離影響 $GM(m)$

B (m)	37.1	33.1	31.1	29.1
b (m)	17.3	15.3	14.3	13.3
傾斜 θ	3.32	1.92	1.29	0.62
片舷空中	0.12	-0.58	-0.90	-1.28

片舷の副船体と主船体とで GM をプラスにするには、中心間距離を片舷で3m、両舷で6m増加させる必要があります。

(2)主船体の幅を変えることによる影響

主船体の幅を変えた場合の復原性への影響を推定し表－6に示します。なお、幅変化に伴う船体重量変化を考慮し、排水量を若干増しています。また、主船体の Cb は変わりますが、 Cwl は変えていません。副船体の要目や主副船体中心間距離は変えないことにします。

表－6 主船体の幅と復原性 $GM(m)$

Bc (m)	14.6	13.1	11.6
傾斜 θ	3.24	1.85	1.29
片舷空中	1.22	-0.17	-0.90
主船体と副船体の舷側間距離(m)	5.75	6.50	7.25

以上は概算ですが、大略の傾向はそれ程間違っていないと思います。この例では、復原性を支える主船体の役割を増すに従い、片舷副船体空中状態の復原性は改善されるようです。

両舷に復原性向上のためのアウトリガーを付ける船舶に意外な盲点があることが分かりましたが、公表されているトリマラン船の形態から推察すると、ペンタマラン以外に、主船体副船体の連結部分を傾斜時に素早く浸水面積が増すような形状や、副船体の喫水を主船体並にする等の対策が講じられているようです。何れにせよ、復原性は、比較的傾斜角の小さい範囲で、主船体と副船体の主要目、形状及び配置等により影響を受けそうです。(続く)



二重反転プロペラの話 (理論的背景)

SRC News No.63に、前方に通常プロペラ、後方にポッドプロペラを配した推進方式を装備する船舶の推進性能推定法について紹介しました。異質の推進装置を前後に組合わせて、それらの相互作用（回転流成分回収）を利用して性能を向上させるメカニズムは二重反転プロペラのメカニズムと基本的に同じです。SRC News No.63では、設計現場で実用されている1軸船プロペラの設計法をこのような推進装置の検討への応用について、各社が蓄積した模型・実船相関はじめ蓄積したノウハウも生かせる方法を提案していますが、本稿では、基本に立ち返り、二重反転プロペラの理論的背景について紹介します。

1. プロペラ効率の構成

プロペラの効率は運動量理論により説明されます。その概要を図-1と図-2に示します。プロペラに流入する流れは、プロペラにより加速され、運動量の変化（増加）となり、推力が生じます。推力のなす仕事は流体のエネルギー増加に等しいことから、プロペラ前後速度変化の比、更にプロペラ効率を得られます。これが理想効率（ η_{oi} ）で、このレベルを越えるような効率は理論的に有得ません。

$$\eta_{oi} = 2 / (1 + \sqrt{Ct + T})$$

$$Ct = va / (va + 0.5ua)$$

ここで、 va は流入速度で $vs(1-ws)$ 、 ua は軸方向誘導速度です。プロペラは回転しますから、後方への流れは軸方向に速度を増すと共に、回転します。角運動量とトルクの関係、及び回転エネルギーの関係から回転流による効率の変化（減少）が得られます。即ち、

$$\eta_{oi} = (va / \omega r) (ua / ut)$$

ここで、 $\omega r = 2\pi nr$ 、 ut は回転方向誘導速度です。

$$ua / ut = (\omega r - 0.5ut) / (va + 0.5ua)$$

ですから、 η_{oi} は $(\omega r - ut) / \omega r$ を乗じた分、低下します。更に、翼面の粘性摩擦により、トルクが増し、効率を低下させます。プロペラ荷重度と効率の関係は

図-3に示します。大直径低回転として荷重度を下げ、効率を高めることや、回転流を無くすることによる効率向上等、プロペラ効率向上の背景が理解出来ます。

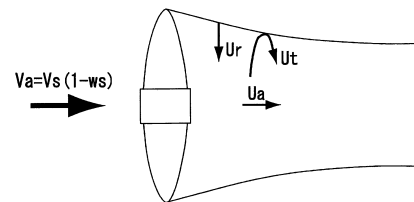


図-1 単独プロペラ概念

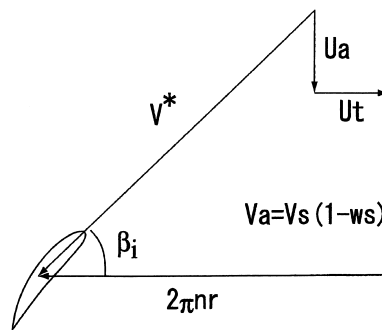


図-2 単独プロペラ速度ベクトル図

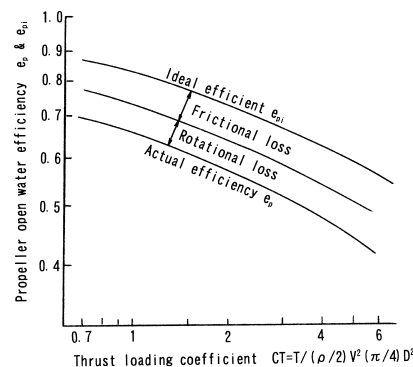


図-3 プロペラ荷重度と効率の関係

2. 二重反転プロペラの流体力学的メカニズムについて

二重反転プロペラは船体直後に装備される前方プロペラとその直後に装備されます。前方プロペラは船体の後流を加速し、回転させて後方にラッパのような縮流を作ります。後方プロペラは、その縮流中で反転して、流れを加速し、前方プロペラと逆向きの回転流を発生し、前方プロペラの発生する回転流をキャンセル

して、後方では回転流成分のない流れとします。即ち、前後プロペラを1つの推進装置とすれば、回転流影響のない高い効率が期待されます。図-4参照。

プロペラ断面に流入する流れの関係を図-5に示します。前方プロペラ断面には、船体の後流影響の加わった流入速度 Va 、プロペラ回転による流速 $2\pi nr$ 、誘導された回転方向速度 $ut1$ 、軸方向誘導速度 $ua1$ および後方プロペラ軸方向誘導速度 $ua2'$ が流入し、後方プロペラの翼断面には、船体後流影響の加わった速度 Va 、回転流速 $2\pi n'r$ 、前方プロペラの誘導速度 $ut1$ 、 $ua1$ 及び後方プロペラ自身の誘導速度 $ut2$ 、 $ua2$ が流入します。次に前後のプロペラが相手のプロペラ位置に誘導する速度が加わり、定常な状態に収まります。この過程で、前後プロペラの誘導する回転流成分が互いに打ち消しあい、後方プロペラの後流から回転流成分が除かれて、全体推進装置の効率が向上することになります。

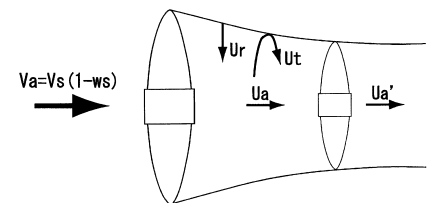


図-4 二重反転プロペラ概念

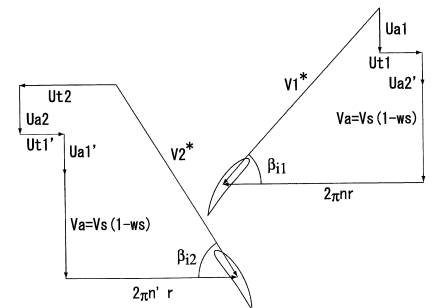


図-5 二重反転プロペラ速度ベクトル図

3. 前後プロペラの干渉効果

以上から、二重反転プロペラのメカニズムを理解する鍵は、前後のプロペラが相手に及ぼす影響、干渉効果を知ることと考えられます。この方法として、二重

反転プロペラとして相互に干渉しあう状態で計測された夫々のプロペラの推力係数、トルク係数、及び前進率と単独状態で得られた特性とから相互の干渉効果を自航要素解析と同じ方法で抽出することが考えられます。図-6は最近の二重反転プロペラに関する投稿論文に掲載された前後プロペラの二重反転状態と単独状態での前進率の比を単独状態の前進率をベースにプロットした図を転載したものです。なお、相互干渉により、前進率 $J = V_a / nD$ は、 $J' = V_a' / n'D$ となります。ここで、 $V_a' = (V_a + \Delta V/2)$ 、 $n' = n + \omega/2\pi$ で、増速はJの増加、回転流はJの減少をもたらします。

設計点 ($J=0.7$) 付近の所謂荷重度の比較的低い範囲では、前方プロペラへの後方プロペラからの影響は微小であり、前方プロペラの後方プロペラへの影響は回転流よりも増速による効果が卓越するようです。Jが減少し、荷重度が増すと後方プロペラの前方プロペラへの影響も目立つようになり、前方プロペラの後方プロペラへの増速効果が更に卓越します。

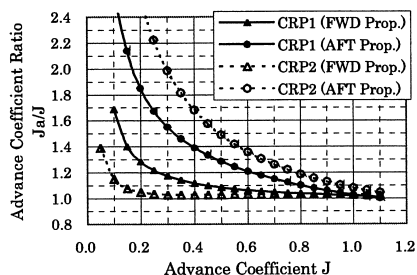


図-6 前後プロペラの二重反転状態と単独状態での前進率の比

4. 二重反転プロペラの設計について

二重反転プロペラの設計は、①後方プロペラから前方プロペラへの干渉効果を見出し、前方プロペラを通常の1軸船としてプロペラ要目や形状を設定し、軸方向及び回転方向誘導速度、更に、縮流形状を求めます。②後方プロペラは、縮流内に収まるよう直径を設定し、船体後流及び回転流、前方プロペラの誘起する回

転流を打消し、軸方向に加速された流入速度を考慮してプロペラピッチや形状を設定します。③次に、後方プロペラが誘起する前方プロペラへの干渉効果を考慮して前方プロペラのピッチや形状を修正し、そのプロペラの誘起する後方プロペラとの干渉効果を考慮して後方プロペラのピッチや形状を修正するという過程を繰り返し、効率がサチュレートした段階の要目や形状を最適解とします。図-7と図-8に以上のような過程を経て得られた前後プロペラの誘導速度とピッチ分布の例を示します。

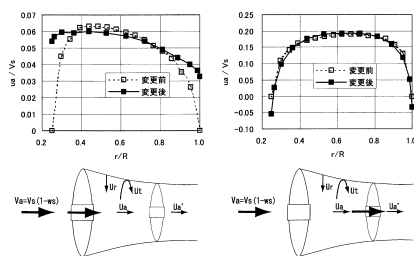


図-7 軸方向干渉誘導速度

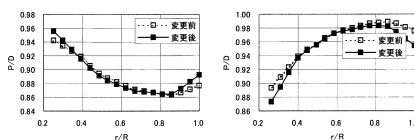


図-8 前後プロペラのピッチ分布

5. 形態の異なるプロペラを前後に並べた推進装置の設計について

同じ方向に回転するプロペラを同一線上に配置したプロペラをタンデムプロペラと呼びますので、同じように前後に配列されて互いに反転する形態の異なるプロペラの組合せをタンデム配置二重反転プロペラと仮に呼ぶことにします。

ところで、図-9に示すような、前方が主機直結の通常のプロペラで、後方は水中のポッドに内蔵された電動モーター駆動プロペラの場合はどのように考えるべきでしょうか。SRC News No.63に紹介した簡便な方法、即ち、前後のプロペラが異なる条件下で独立に作動すると

仮定して、干渉効果を含む夫々のプロペラが置かれた環境を自航要素の形で実験的に求め、既存のプロペラ設計法で前後プロペラを設計する方法は、使い慣れたプロペラチャートが利用出来、蓄積した知見を生かせることでは実用的な回答です。しかしながら、直径や平均ピッチ等の基本的な要目や推進性能の見通しをつける段階には有効ですが、ピッチ分布はじめ詳細な形状の設計までをカバーするまでには到っておりません。異なる条件下で相互に影響しあいながら作動するプロペラの詳細設計や性能評価に対応出来るようなプロペラ理論の適用が期待されます。このような推進装置を装備した高速船が就航している現時点では、そのような動きは既に始まっていると思われるが、造船技術センターとしても、PDプロペラシステムなど保有する理論設計ツールを活用し、或いは発展させて新たな課題に対処する所存です。

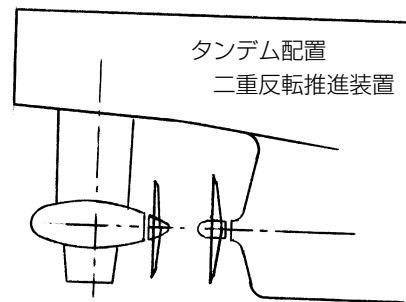


図-9 タンデム配置二重反転推進装置

おわりに

本稿作成にあたり、独立行政法人海上技術安全研究所推進性能研究グループ川並氏より図面の掲載をご了承頂きました。又、最新の投稿論文を敷衍させて頂きました。

参考文献

迫田、川並 “二重反転プロペラにおける前後プロペラの干渉影響” 日本船舶海洋工学会論文集第1号

SRC News No.63

三鷹400m水槽の気泡対策について

既報の通り日本造船技術センターは、昨年から三鷹の400m水槽を海上技術安全研究所（海技研）と共同で使用し、造船所等からの受託試験を実施しています。この水槽は国内最大で水深も8mと深いので夏期には水槽の深さ方向に温度勾配が生じます。この温度勾配は抵抗試験に影響を与えるので、従前は夏期には抵抗試験などは避け、気温の影響の少ない試験を実施するなどして凌いできた経緯があります。しかし当センターの業務は年間を通して抵抗試験等を実施する必要があるため、この温度勾配をなくすため新たに循環装置を設置しました。その結果温度勾配は解消しましたが、昨年の猛暑の時期に模型船の表面に気泡が付着するという新たな問題が発生しました。模型船の表面に気泡が付着すると温度勾配同様に抵抗試験等に悪影響を及ぼすことは関係者の間では古くから知られており、国内でも過去に気泡対策に関する報告例があります。¹⁾

今回はこの気泡問題に対する当センターの取組みについて紹介します。

1. 気泡の発生原因

空気などのイオン化しない気体は一般に液相が高温になると飽和溶存量は下がります。例えば水温15℃の飽和状態にある水が短時間の間に25℃に上昇すると過飽和状態となり発泡します（図-1）。

冬季に高温の風呂水に水道水を加えると白く濁る現象が見られるのは上記原理によるものです。

三鷹400m水槽は補給する水に地下水

を利用しているため夏期は水温が大気温度より10℃以上も低くなります。この水が循環装置によって常に水槽表面にも供給されるため、気温が上昇すると水槽表面近くの水温が急に上昇し、これが気泡発生の要因となると考えられます。

2. 気泡発生防止方法

気泡の発生を防止するには水槽内の気温を下げるか、水槽水の気体溶存量を下げる（脱気する）必要があります。前者は気泡だけでなく水槽水の温度差の発生も抑止できるので理想的ですが400m水槽のある建屋は長大であり設備費用・消費電力など経済的に折り合いません。その点後者の方法が実用であり、国内の他の水槽でもこの方式を採用しています。当センターではこの他にも ア) 船体表面を従来以上に磨き上げる、イ) 塗料、界面活性剤等を模型船の表面に塗布する、ウ) 模型船体を冷却する、エ) 1走行毎に泡を拭き取る などの対策を試みましたが、いずれも気泡の付着開始時期を遅らせるだけで根本的解決にはならないことを確認しました。

以上検討の結果、水が過飽和の状態にある場合には脱気以外に有効な解決手段は無く、本水槽にも脱気装置を設置することが最も確実な方法であるとの結論に達し、装置導入の検討に入りました。

3. 脱気装置の種類と選定

液体に溶存している空気を除去したいというニーズは、水槽試験に限らず世間

には広く存在します。その目的は主に腐食や酸化防止のために水中の溶解酸素量を下げること、代表的なものではボイラー給水や食品加工などに使用されています。又、最近ではマンションやオフィスビルの水道管の赤水対策（つまり酸化防止）にも脱気装置を設置しているところが多いことを本件の検討の過程で知りました。一般的な脱気装置には①真空ポンプ脱気方式、②透過膜方式、③給排水差圧脱気方式 などの種類があります。このうち②は大量の水の処理には向かないとの判断から検討対象から外しました。①の真空ポンプ脱気方式と③の給排水差圧脱気方式の原理を図-2に示します。

国内の他の水槽では殆どが①の真空ポンプ脱気式のものを設置しています。この方式は高度の脱気レベルが得られる反面、装置の機構上かなりのスペース（特に高さ）を必要とします。400m水槽の周りは手狭であるので設置場所が問題でしたが、調査したところ、③の方式ならば、設計を工夫すれば狭い場所への設置が可能なが判明しました。又この方式は消費電力が少ないなどの特徴を有することから、最終的に③の方式を採用することとしました。採用した脱気装置の流れ図を図-3に示します。

4. 脱気装置の仕様

今回設置した脱気装置の主な仕様を以下に示します。

- 脱気方式：給排水差圧脱気式

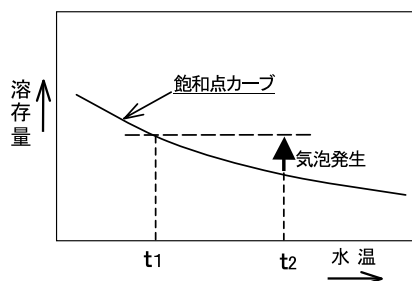


図-1 気泡の発生原理

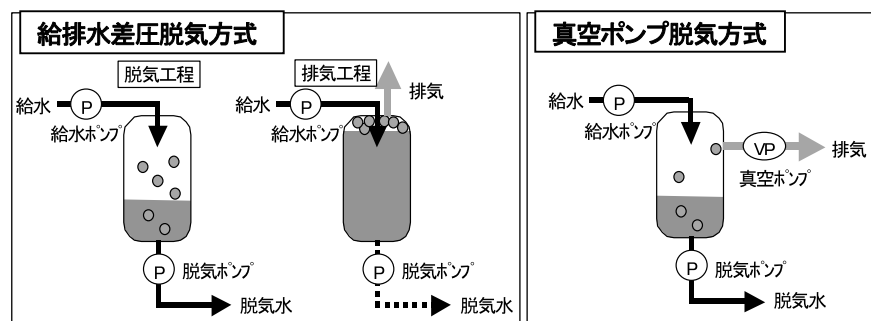


図-2 脱気装置の原理

- 運転モード；
 - ① 地下水を脱気処理して400m水槽へ補給する運転（補水モード）
 - ② 水槽水を吸引し、脱気して循環する運転（循環モード）
 - ③ 補水が完了したら自動的に循環モードに移行（補水→循環モード）
- 処理能力；
 - ① 補水モード（水温15℃、飽和状態）
 - ・ 処理量：30t/h ($r = 1920h$)
 - ・ 脱気効率：50%
 - ② 循環モード（10-25℃：飽和状態）
 - ・ 処理量：60t/h ($r = 960h$)
 - ・ 脱気効率：50%
- 配管；既存の注水／排水の各ラインから枝をとり最大限活用
- 自動運転；
 - ① 補水、② 循環、③ 補水→循環の各モードともに起動ボタン1つで自動運転
- タイマー運転：運転 → 停止
（最大 300h まで設定可能）
- 遠隔操作：試験準備場より発停可
- 消費電力：32.9 kw/h (0.55 kw/h・t)

5. 設置工事／運転状況

- 工事期間：4月上旬発注 ～7月上旬完成（7月8日より運転開始）

- 運転前水槽水状態；
6月下旬より気泡発生
（この時、溶存酸素100%超）
- 運転後水槽水状態；
装置の運転は昼間の試験時間帯を除き連続運転を実施。溶存酸素濃度は水槽のほぼ中央で深さ方向に数点計測した（当初は毎日その後は数日おき）。運転開始後の溶存酸素の変化を図-4に示します。この図が示すように累計時間約300hで溶存酸素量は計測点平均で約15%下がりました。この時点で模型船への気泡付着は観測されなくなった。
又累計時間約1000時間で70%前後で外気と均衡したと推定されます。

6. おわりに

以上の通り、気泡問題は無事解決し、お客様に迷惑をおかけしない運営ができるようになったことを関係者と共に慶びたいと思います。又、短期間に設計から設置までを施工された住重機器システムのご尽力に紙面を借りて感謝いたします。

以上

<参考文献>

- 1) 「船型試験水槽における模型船表面への気泡付着とその影響および防止法について」 石川島播磨重工業（株）技術研究所 関西造船協会誌 第193号 1984年



写真-1 脱気装置全景

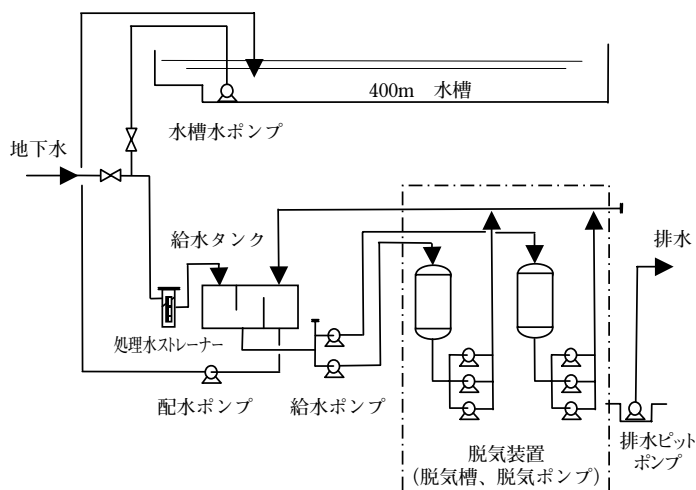


図-3 脱気装置の流れ図

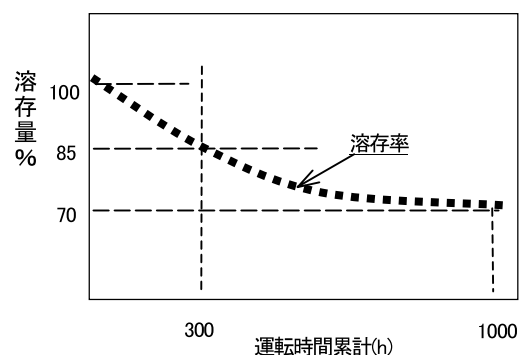
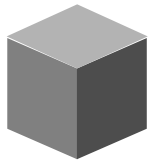


図-4 溶存酸素量の変化



トリマランの話 (単胴船との比較)

SRC News No.63, 64及び本誌別稿まで、公表資料を基にトリマランの特性を紹介して来ましたが、本稿では、高速フェリーを想定し、船長160~170m程度のトリマランの特性を載貨重量の近い単胴船の特性と比較してみます。

1. 主要目等

1-1 単胴船

船長110~155mの範囲に、載貨重量が3,000ton程度的高速フェリーを想定した単胴船の主要目を設定し、船長による載貨重量と復原性の変化および速力と有効馬力の関係を求めます。ここで、船体形状は $C_p=2/3$ 、 $C_m=4/5$ 、 $C_b=8/15$ となる数式表示形状とし、復原性(KB, BM, KM)及び軽荷重量を3章の式より求め、さらに排水量(Δ)、載貨重量(DW)、メタセンター高さ(GM)を設定します。表-1に主要目等を示す。

表-1 単胴船主要目等

Case	B-1	B-2	B-3	B-4
L(m)	110.0	125.0	140.0	155.0
B(m)	20.0	21.0	22.0	23.0
D(m)	10.0	11.0	12.0	13.0
d(m)	5.0	5.25	5.50	5.75
Δ (ton)	6013	7533	9260	11206
Dw(ton)	2440	2735	3010	3257
Ad(m ²)	2200	2625	3080	3565
GM(m)	1.99	1.78	1.55	1.31

なお、 $Ad=L \times B$ は甲板面積の指標です。

1-2 トリマラン

中央の主船体及び両側の副船体共に、単胴船と同じ数式表示形状とし、載貨重量が、3,000ton程度で、片舷副船体が、水面に船底が接するまでに傾斜して復原力を失う状態でもメタセンター高さがプラスの値を保持すること、副船体抵抗の割合が全抵抗の十数%程度となるように、主要目、主副船体中心間距離(b)及び最大幅(W)を設定して、3章に記した式により、船体重量、軽荷重量、載貨重量を求め、メタセンター高さを確認

します。表-2にトリマランの主要目等、図-1に概略図を示します。

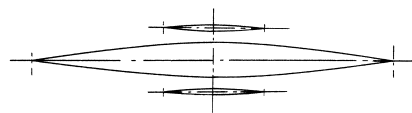


図-1 トリマラン主副船体配置

表-2 トリマラン主要目等

Case	Bt-1	Bt-2	Bt-1&2
	Main	Main	Sub
L (m)	165	175	45
B (m)	16.5	17.5	3
D (m)	13	13	10
d (m)	6	6	3
Δ (ton)	8929	10045	2×221

Trimaran		
Case	Bt-1	Bt-2
Δ (ton)	9371	10486
DW (ton)	3004	3374
Ad (m ²)	3420	4030
W (m)	32	32
b (m)	14.5	14.5
GM (m)	2.19	2.32
片舷副船体復原性喪失状態		
α_{crit} (deg)	11.7	11.7
GM (m)	-0.07	0.11

なお、 $Ad=(L_c-L_s) \times B_c+W \times L_s$ を甲板面積の指標とします。

以上の結果を船長ベースにプロットして、図-2に示します。

片舷副船体が復原性を喪失する状態でのGMが約10cm程度を維持するトリマランの要目は船長175m、DW=3,370ton、同じDWの単胴船長さはL=155mとなります。甲板面積の指標は、15%程度、対応単胴船より増加します。

2. 推進性能評価

先行の記事で、トリマランの船体抵抗は、主船体と副船体間に流体力学的干渉を無視して、それぞれの剰余抵抗係数をテイラーのチャートにより推定し、シェンヘルの式による摩擦抵抗係数とITTC'72の式による粗度修正係数とを合わせて求めた有効馬力が公表資料による推進性能と比較的良好に対応することを紹介しました。本稿でも、この方法を踏襲して、

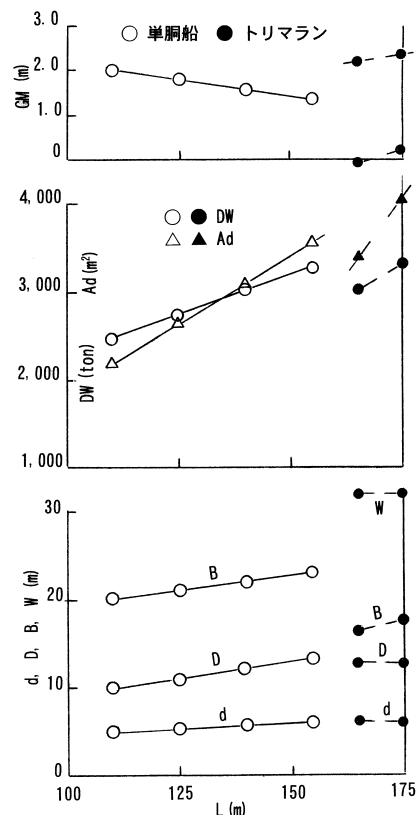


図-2 主要目等比較

単胴船及びトリマランの有効馬力と速力の関係を求めて、運航経済性指標及びアドミラリティ係数の形で比較評価しました。有効馬力推定結果を図-3に運航経済性指標及びアドミラリティ係数を図-4および5に示します。単胴船とトリマランは、有効馬力で見ると速力20knotsでは、ほぼ、同じで、25knots, 30knotsと速度が増すにつれて、トリマランの有効馬力が相対的に低くなる傾向が見られます。アドミラリティ係数や運航経済性指標で見ると、速力20knotsでは単胴船が優れ、速力25knots付近を境に高速側ではトリマランが単胴船の性能を上回る傾向がみられます。

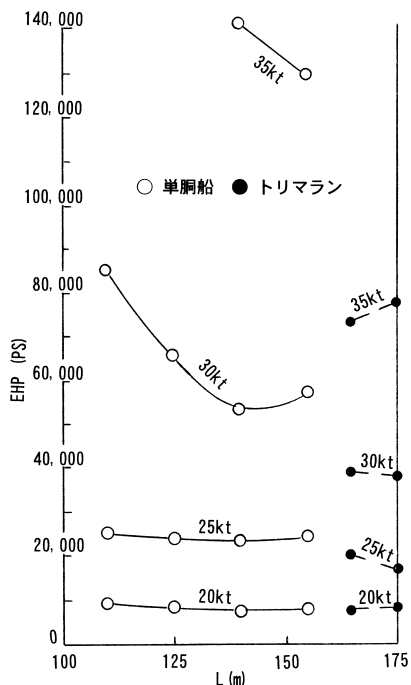


図-3 有効馬力比較

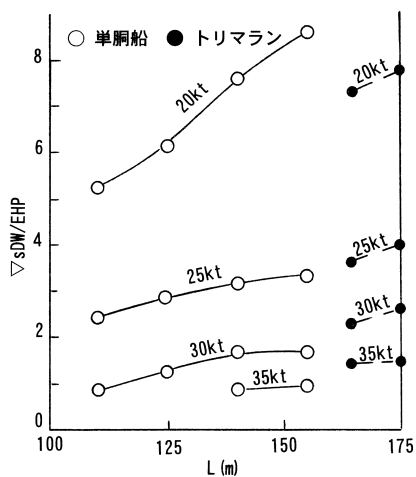


図-4 運行経済性指標

3. 検討方法

単胴船とトリマランを同じ条件で評価するために、船体形状を共通の数式表示形状とし、排水量、復原性、船体重量等も簡便な計算式により求めています。

(a) 船体形状の数式表示式

船長:L、幅:B、深さ:D、喫水:d

$$x = X/(L/2), \quad y = Y/(B/2)$$

$$z = Z/d,$$

$$y(x, z) = f(x) g(z)$$

$$f(x) = 1 - |x|^n \quad -1 < x < 1$$

$$g(z) = z^{1/m} \quad 0 < z < 1$$

本稿では、 $m=4, n=2$ とします。

(b) 排水容積、 $\nabla = LBd \text{ CpCm}$

$$\text{Cp} = n/(n+1) = 2/3, \text{Cm} = m/(m+1) = 4/5$$

$$\text{Cb} = \text{Cp Cm} = 8/15 = 0.5333$$

(c) 水線面積

$$\text{Aw} = \text{LBCw} \quad \text{Cw} = n/(n+1) = 2/3$$

(d) 浮心高さ、 $\text{KB} = \text{Mz}/\nabla$

$$\text{Mz} = \text{LBd}^2 \text{CpKm},$$

$$\text{Km} = m/(2m+1) = 4/9$$

(e) 2次モーメント $\text{Iy} = \text{LB}^3 \text{Ky}/12$

$$\text{Ky} = 6n^3/((n+1)(2n+1)(3n+1))$$

$$= 48/105 \quad \text{Bmy} = \text{Iy}/\nabla$$

(f) メタセンター高さ $\text{GM} = \text{KM} - \text{KG}$

$$\text{KM} = \text{KB} + \text{BM}$$

$$\text{KG}/D = 0.65 \text{とします。}$$

(g) 重量関係

$$\text{船体重量} \quad \text{HW} = a_1 \times L^{1.8} (B + D)$$

$$\text{軽荷重量} \quad \text{LW} = (1 + a_2) \text{HW}$$

$$\text{載貨重量} \quad \text{DW} = \Delta - \text{LW}$$

トリマランの場合は以上の式を主船体と副船体に適用し、連結部分を加えて、トリマランの計算式とします。主船体、副船体はindex c, sで区別します。

(a) 排水容積 $\nabla = \nabla c + 2 \nabla s$

(b) 浮心高さ $\text{KB} = (\text{Mzc} + 2 \text{Mzs})/\nabla$

$$\text{Mzso} = \text{Ls Bs ds}^2 \text{CpKm}$$

$$\text{Mzs} = \text{Mzso} + \nabla s (\text{dc} - \text{ds})$$

(c) 2次モーメント $\text{BM} = \text{Iy}/\nabla$

$$\text{Iy} = \text{Iyc} + 2 \text{Iys} + 2 \text{Aws b}^2$$

$$\text{Iys} = \text{Ls Bs}^3 \text{Ky}/12 \quad \text{Aws} = \text{Ls Bs Cw}$$

片舷副船体が復原力を失う状態では

(a) 傾斜角 $\arctan(\text{ds}/b)$

(b) $\text{Mz} = \text{Mzc} + \text{Mzso} + \text{Ls Bs ds Cw} (1.5 \text{ ds})$

(c) $\text{Iy} = \text{Iyc} + \text{Awc} \delta y^2 + \text{Iys}$

$$+ \text{Aws} (b - \delta y)^2$$

$$\delta y = (\text{As} / (\text{Ac} + \text{As})) b$$

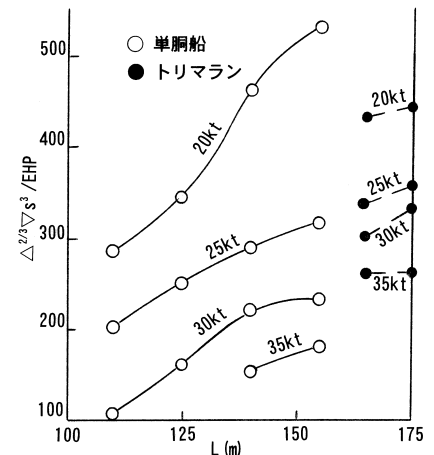


図-5 アドミラルティ係数

トリマランの重量は主船体(c)、副船体(s)及び連結部分(m)に分けて推定します。

$$\text{HWc} = (1 + a_1) \text{Lc}^{1.8} (\text{Bc} + \text{Dc})$$

$$\text{HWs} = (1 + a_1) \text{Ls}^{1.8} (\text{Bs} + \text{Ds})$$

$$\text{HWm} = (1 + a_1) \text{Ls}^{1.8} (\text{W} - \text{Bc} - 2 \text{Bs})$$

$$\text{LW} = (1 + a_2) \text{HWc} + 2 \text{HWs} + \text{HWm}$$

係数 a_1, a_2 は設計便覧等が基本ですが、トリマランの場合は公表資料や重量軽減対策も考慮しています。読者も試みてください。

おわりに

以上の様な検討は基本設計での不可欠な過程であり、特性や重量の推定精度向上と共に、最適化手法を活用した主副船体主要目や配置、構造の選定が重要なテーマになりそうです。日本造船技術センターとしては順次、検討ツールの整備を進めて、合理的な設計や検討を可能とすべく努めています。



第24回国際試験水槽会議に出席して

国際試験水槽会議

国際試験水槽会議 International Towing Tank Conference (ITTC) は、1932年にヨーロッパを中心として船舶試験水槽の責任者の連絡を目的として発足した国際会議である。その総会は、最近では1回/3年の頻度で開催されているが、1966年の第11回総会が東京で、第18回総会が神戸で開催されている。

現在のITTCには、抵抗性能、推進性能、操縦性能、耐航性能、海洋技術に関する常設委員会以外に、ポッド推進、プロペラキャビテーション等、時々的重要課題に関する特別委員会を設置し、水槽試験や計算による船舶性能予測法の技術に重要な役割を果たしている。さる9月4～10日、英国・スコットランド・エジンバラで開催された第24回総会に出席する機会を得たので概要を報告する。

本総会では、上記の各常設委員会、特別委員会からの報告を基に活発な討論が交わされた。

なお、総会に提出された各報告書、推奨する水槽試験手法等は下記のホームページで公開されているので参照されたい。

<http://www.ittc.ncl.ac.uk>

<http://ittc.sname.org>

前者には第24回総会に提出された資料が公開されている。後者はITTCの常設のホームページで、ITTCの紹介以外に、推奨水槽試験手法を見ることが出来る。これらは、ITTCのメンバーが多大の労力をかけて作成・更新している水槽試験手法の集大成である。水槽試験関係者だけではなく、造船会社設計部門の性能関係の方々も目を通しておくべき資料であろう。参考に、第24回総会のプログラムを下段に示す。

今回の総会で審議された技術的内容等は他の機会にゆずり、ここでは、ITTCの構成の現状についての資料を示すことにしたい。図-1はITTC加盟組織の地域別内訳（2005年9月現在）である。日本からは、海上技術安全研究所を始めと

して、大学、大手造船会社等、試験水槽に関わる20の組織が加盟しており、全加盟数115組織の17%に当たる。韓国は7組織、中国は9組織である。西欧は39組織で日本の2倍、全体の1/3にあたる。米国は11組織である。

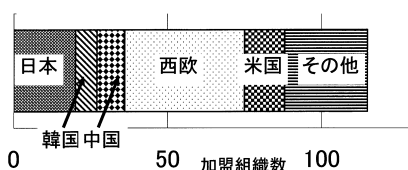


図-1 加盟組織の地域構成

図-2は、最近3回の総会への出席者の構成である。前回はイタリア、前々回は韓国・中国で開催された。出席者はで、各々160、217、192人である。3回の平均でみると、日本は17%、韓国は11%、中国は9%である。西欧は43%、米国は9%である。

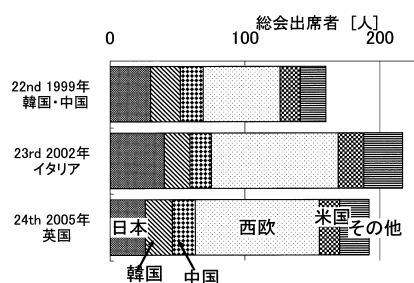


図-2 総会出席者の地域構成

以上のことから、加盟組織数、総会出席者数を船舶の試験水槽技術への貢献度と考えるとその大凡の構成比率は

日本	20%弱
韓国	10%
中国	10%
西欧	40%
米国	10%

となる。日韓中を合わせて4割で、西欧と同程度となる。最近の新造船竣工量を横軸、総会出席者数を縦軸にして図-3に示す。最近の日韓中の新造船竣工量の合計シェアは8割である。建造量に比べて西欧からの総会出席者の多さが目立つ。図-3の縦軸・横軸の相関係数は

-0.1である。ITTCの発足の経緯やITTCに対する各国の位置付けの違いから見て、総会出席者はGTベースの建造量とはそもそも関係ない、と言ってしまえばそれで話は終わってしまうが、日本と韓国は、建造量の一位、二位を争ってはいても、その割には性能関連技術者が少ないと言えそうである。

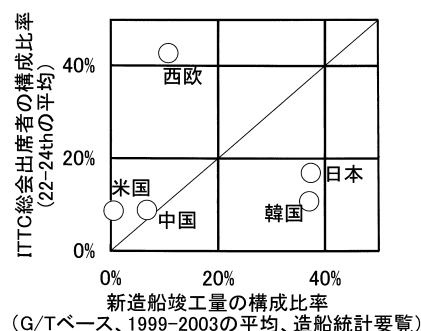


図-3 造船竣工量と総会出席者

24回総会への日本からの出席者は26人で前回の40人に比べて大幅に減少した。その内、大学以外からの出席者は僅か10人（大手造船会社の試験水槽5人、海技研3人、その他2人）で、造船業の巻き返しを図っているEUのLeader SHIP 2015のキーワードは「研究開発」であることも考えると、今後の日本造船業の発展に関して不安を感じる。

スコットランド、グラスゴー、エジンバラ

第24回ITTCが開催されたエジンバラは英国・スコットランド地方の首都である。スコットランドの象徴とも言うべきエジンバラ城（写真-1）は、3方が断崖となっている岩山の上に立つ城である。何世紀にもわたり幾度もイングランド軍の攻撃を受け、スコットランドは、18世紀初頭、遂に併合され連合王国United Kingdomの一員となった。現在でも独立の気風は強く、むしろ、現在はイングランドと一緒にいるのが得だから連合王国に参加しておこう、メリットが無くなったら再び独立王国になろう、という感じが強い。紙幣もエリザベス女王が描かれてい



写真-1 エジンバラ城

ない独自のもの（価値は同じ）を発行しており、英国政府もスコットランドの懐柔に苦心しているように見受けられる。

1995年に設立されたスコットランド議会棟（写真-2）を見学した。スコットランド議会は地方自治以上のもので、法律制定、所得税基本税率調整の権限も有している。議会棟ロビーにはスコット



写真-2 スコットランド議会棟

ランド議会の設立趣旨説明用パンフレットが置かれていた。10カ国程度の言語のパンフレットが並んでいた。中国語のパンフレットは有ったが日本語のパンフレットは無かったので、面白くなかったが、エジンバラを訪れる東アジアからの観光客は、中国、韓国からの観光客が多いように見受けられた。日本人観光客は少ないためかもしれない。

ITTCのツアーとしてグラスゴーの交通博物館を見学した。ここには昔の馬車、汽車、自転車、乗用車が陳列されていると共に、250隻の船舶の模型が陳列されている。大英帝国が世界の7つの海を席巻していたころ、グラスゴーでは多くの船が建造されていた。さすがに旧造船国らしく、船の展示用模型だけではなく造船設計に使用した計算機器等も展示されていた。写真-3は1m程度の木製模型船で外板展開に使用したものと思われる。写真-4はフーラーで、有効数字



写真-3 グラスゴー交通博物館展示物

が通常の計算尺に比べて1桁多く、日本造船技術センターでもフーラーと呼んで約30年前まで使用していた。電卓の普及に伴い、タイガー計算器と共に骨董品となった。



写真-4 グラスゴー交通博物館展示物

次回国際試験水槽会議

次の第25回総会（2008年9月14～20日）は21年ぶりに日本（福岡）で開催される。その準備は既に始まっている。模型船試験やその解析法、実船性能推定法や試運転方法、新しい装置の評価等に関する国際的な共通理解に果たしてきたITTCの役割を考えると、技術立国日本の名に恥じないためにも、建造量に負けない貢献を目指したいものである。

Programme

Sunday, September 4

14:00-16:00 Advisory Council Meeting and Registration
16:00-16:30 Coffee Break
16:30-17:30 Executive Committee Meeting and Registration
18:00-20:00 Reception at Edinburgh Castle
21:00-21:30 Fireworks Display

Monday, September 5

08:00-09:00 Registration
09:00-09:30 Welcome and Opening
09:30-10:00 Executive Committee Meeting Report
10:00-10:30 Coffee Break
10:30-12:00 Resistance Committee
12:00-14:00 Lunch
14:00-15:15 Powering Performance Prediction
15:15-15:45 Coffee Break
15:45-17:15 Seakeeping Committee

Tuesday, September 6

09:00-10:15 Validation of Waterjet Test Procedures
10:15-10:45 Coffee Break
10:45-12:15 Propulsion Committee
12:15-13:30 Lunch

13:30-14:45 Assessment of Ocean Environmental Issues
14:45-15:15 Coffee Break
15:15-16:30 Quality Systems Group
16:30-18:00 Group Discussions 1 & 2 (Parallel Sessions)
GD1-Full Scale Trials
GD2-Vortex Induced Vibration

Wednesday, September 7

09:00-10:15 Azimuthing Podded Propulsion
10:15-10:45 Coffee Break
10:45-12:15 Manoeuvring Committee
12:15-13:30 Lunch
13:30-14:45 Stability in Waves
14:45-15:15 Coffee Break
15:15-16:45 Group Discussions 3
GD3-New Facilities
19:00-22:00 Reception at the Royal Yacht Britannia

Thursday, September 8

08:00-09:00 Advisory Council Meeting
09:00-09:30 Coffee Break
09:30-12:30 Executive Committee Meeting
12:30-13:30 Lunch
13:30-22:00 Conference Tour-Glasgow

Friday, September 9

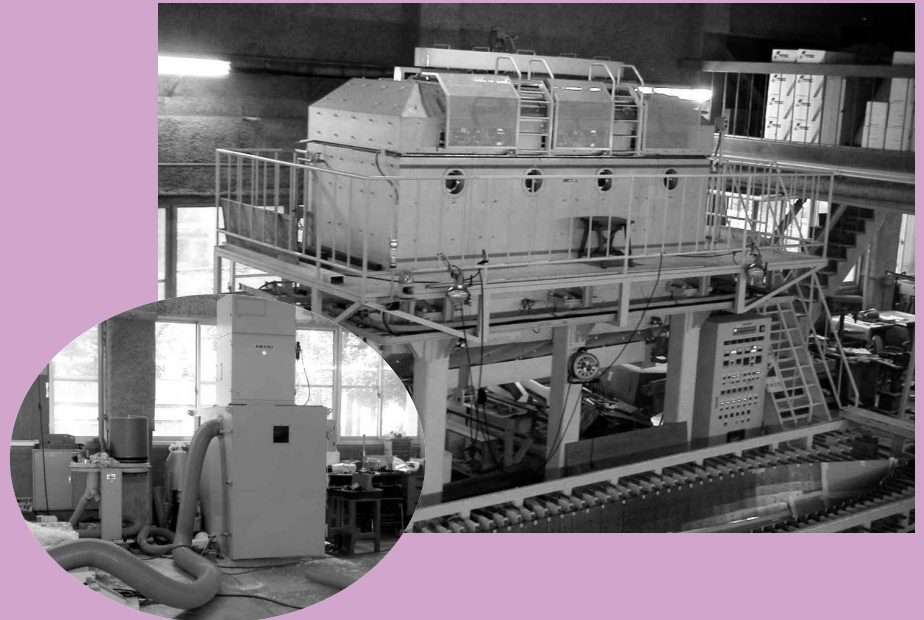
09:00-10:15 Cavitation Erosion on Propellers and Appendages on High Powered-High Speed Ships
10:15-10:45 Coffee Break
10:45-12:15 Ocean Engineering Committee
12:15-13:30 Lunch
13:30-14:45 Ice
14:45-15:15 Coffee Break
15:15-16:45 Group Discussions 4
GD4-ITTC Guidelines and Procedures
19:00-23:00 Banquet at Hopetoun House

Saturday, September 10

09:00-10:15 Plenary Session and Closing
10:15-10:45 Coffee Break
10:45-12:15 Executive Committee and new Technical Committee Meetings
12:15-14:00 Lunch
13:30-14:45 Ice
14:00-20:00 Post Conference Tours

模型船のリサイクルについて

環境問題が船の設計・建造の現場にも大きな変革をもたらしていますが、水槽試験の現場も例外ではありません。日本造船技術センターで試験に使用する模型船は、木材とパラフィンを組合せたものが主ですが、使用する材料のリサイクル率向上に努めています。右上の写真は不要になった模型船を2分割して溶解し、パラフィンを再使用する装置です。又その下の写真は模型船加工の際に大量に出るパラフィン切削屑を効率よく回収し、上記溶解装置に戻す装置です。その他、前号で紹介したように鋳造の際の外型は完全にリサイクル式です。今後は内型に使う木材のリサイクル率を高めることを検討中です。



委員会等

第141回理事会

平成17年8月31日（水）
11:00～13:00

日本造船技術センター本部役員会議室

第92回HRC委員会

平成17年10月6日（木）
9:00～12:00

日本造船技術センター本部会議室

第14回HDS委員会

平成17年10月6日（木）
13:00～17:30

日本造船技術センター本部会議室

第141回理事会において、佐久間 優氏が常務理事に就任されました。

新体制は次のとおりです。

会 長 大西 重雄

理 事 長 徳留 健二

常務理事 松本 公道

総務部、技術開発部、企画室 担当

常務理事 佐久間 優

海洋技術部、海外協力室 担当

常務理事 佐藤 和範

試験センター 担当

編集後記

夏以来、内外共に大きな政治的変動がありました。造船産業の世界でも、長らく、我国をはじめ東アジア近隣諸国に後塵を拝してきた欧州造船産業が復活の動きを見せています。欧州造船産業は高付加価値船種への特化、国際的規制設定

における発言力等、現在も侮りがたい競争者である事は変わりませんが、近年、2016年での完全復権をめざす共同研究（Project2016）や超高速船艇の開発、最近開催されたITTCでの活動など積極的な動きが目立ちます。欧州とは異なる機種に注力してきた我国はどのような将来を描くのか、近隣諸国の動向も合わせて正念場に立たされるように思われま

す。船型設計技術は造船産業の主要な基盤要素であり、その一端を支える日本造船技術センターは技術力向上を目指して日々努めていますが、今回は最近の開発動向をご理解頂く様に、二重反転プロペラやトリマランに関する記事を主に掲載しました。（K.T）

申し込みの受付

試験等の申し込み、問い合わせは右表の担当までご連絡をお願いいたします。

〒112-0004 東京都文京区後楽2丁目1番2号
興和飯田橋ビル7階

〒181-0004 東京都三鷹市新川6丁目38番1号
（独）海上技術安全研究所2号館内



Shipbuilding Research Centre of Japan

財団法人 日本造船技術センター

<http://www.srcj.or.jp>

本部（飯田橋）

役員・代表	03-3868-7122
総務部	03-3868-7124
ファックス	03-3868-7135
海洋技術部	03-3868-7125
海外協力室（OSCC）	03-3868-7127
技術開発部	03-3868-7126

試験センター（三鷹）

センター長・総務室	0422-24-3861
ファックス	0422-24-3869
技術顧問	0422-24-3863
技術部	0422-24-3862
試験部	0422-24-3867
設計システム開発課	0422-24-3870