

No. 76

●目次●

- 1 実船建造にむけてのNOBS
—ノンバラスト船—
page 1
- 2 プロペラ設計における最適直径と
最適回転数
(その2 プロペラ直径、回転数を
変えた設計例)
page 2
- 3 ウォータージェット
(第5回 自航試験の一例)
page 4
- 4 双胴型高速船「きらめき」が就航
—鳥羽市離島航路—
page 6
- 5 747GT型ダブルハル
黒油タンカーの開発
page 8
- 6 水槽試験で使用する計測機器
(第4回 流れを知る)
page 10
- 7 トピックス等
二重反転プロペラの
キャビテーション試験
委員会等
編集後記
SRC所在地図
page 12

実船建造にむけてのNOBS — ノンバラスト船 —

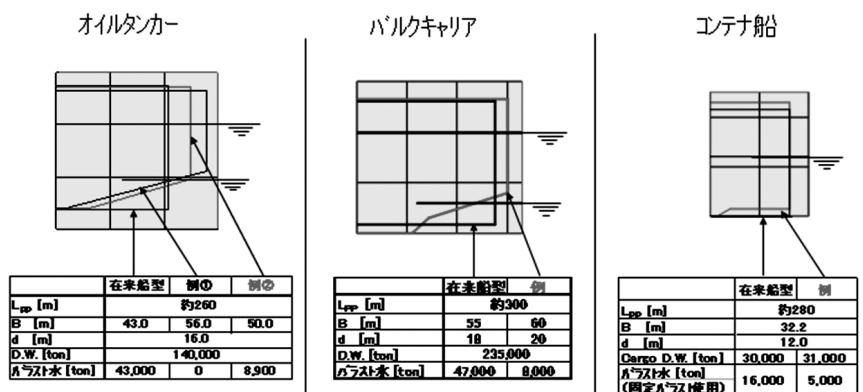
地球環境問題の一つとしてIMOでは船舶のバラスト水規制ルールが採択されています。日本造船技術センターでは、先にバラスト水を全く必要としない船型NOBSを考案し、国のご支援を受けて実用船型を開発し、本ニュースなどでもご紹介してきましたが、船幅が幅広となるなど主要寸法の選択によっては建造、維持管理において既存インフラでは制限を残す部分もありました。

ここで、新たに対象船種をタンカーだけでなく、バルクキャリア、コンテナ船などに広げ、実船建造に向けてより実用的な船型を開発してきました。これらは、

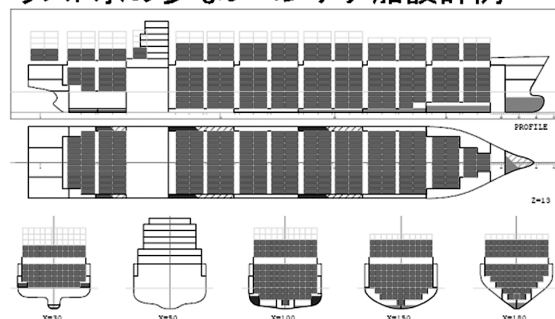
既存インフラに対応できる範囲で主要寸法を選択し、在来船型に比べ大幅にバラスト水を減らし、僅かに残るバラスト水は処理装置で対応するというものです。

例えばコンテナ船では、長さ、幅、喫水を変えずに、復原性能上必要なパーマナントバラスト水を大幅に減らし、その分載貨重量を増やすことが可能で、しかも省エネ馬力での運航が可能となります。

ここでは、船の長さ、載貨重量をキープして大幅にバラスト水を減らすことができる3種類の船の設計例をご紹介します。実船建造に向けた皆様のご相談をお待ちしております。



バラスト水の少ないコンテナ船設計例



Lpp:219.0 (m) B:32.2 (m) D:22.5 (m) d:9.14 (m)

カーゴD/W: 21,000(ton)

コンテナ数: 2100TEU (Hold) 1290TEU (Deck) 810TEU

財団法人 日本造船技術センター

〒180-0003 東京都武蔵野市吉祥寺南町1丁目6番1号
吉祥寺スバルビル3階
TEL 0422-40-2820 FAX 0422-40-2827

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

プロペラ設計における最適直径と最適回転数 (その2 プロペラ直径、回転数を変えた設計例)

前号 (SRC News No.75) では、プロペラピッチ比のみを変えた場合に得られる設計チャートを使用して、プロペラの最適直径、最適回転数について説明しました。

本号では、プロペラ直径と回転数を細かく広範囲に変えて実際にプロペラを設計した結果を用いて、最適直径、最適回転数について検討します。

3. プロペラ直径、回転数を変えた設計例

設計条件・設計法

プロペラ設計条件としてのプロペラ直径と回転数を細かく広範囲に変えてプロペラを設計しました。

設計例の対象とした船舶は、次に示すアフラマックス原油タンカーです。

長さ 230m 幅 42.0m
深さ 21.0m 満載喫水 12.2m

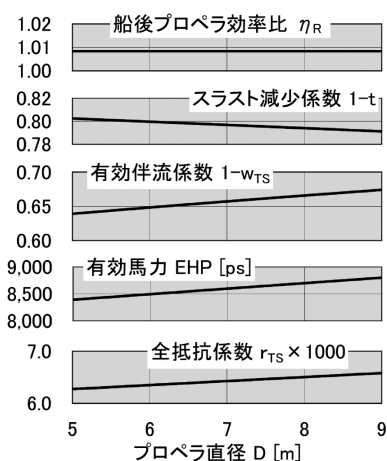


図-5 推進性能 (満載状態)

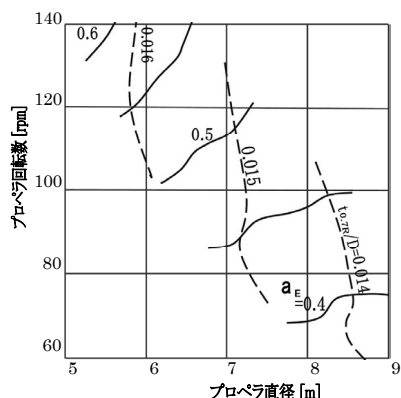


図-6 展開面積比、肉厚

満載排水量 97,800ton
DWT 81,000ton
主機関出力 MCR 16,000ps

プロペラ設計には、日本造船技術センターで開発されたPDプロペラ設計システムを使用しました。本システムは、プロペラのキャビテーション性能上重要なプロペラ翼面上圧力分布を考慮して、翼型も個々に設計する手法を採用しています。

翼厚は日本海事協会規則要求の5%増としました。プロペラに流入する伴流分布と翼面上圧力分布はプロペラキャビテーションに大きく影響しますが、これらには上記設計システムの標準値を使用しました。

設計、性能推定に使用した推進性能を図-5に示します。これは日本造船技術センターの水槽試験結果データベースから推定しましたが、ここに示した諸性能が変わると後述の性能評価も変わります。

プロペラ直径を大きくすると、そのプロペラを収めるために船型が変化し、抵抗が若干増加します。また、プロペラ直径を大きくすると有効伴流係数 $1-w_T$ が増加し、スラスト減少係数 $1-t$ が微減しています。プロペラ直径を大きくすると、プロペラ全円面積当りの荷重が減少してプロペラ単独効率率は向上しますが、図-5に示すように、それ以外の推進性能要素は少し悪くなるのが普通です。

設計結果

広範囲に設計されたプロペラについて

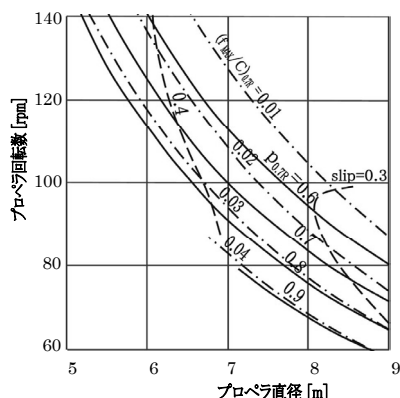


図-7 ピッチ比、スリップ比、キャンバー比

て、プロペラ形状を表す諸パラメーターを、等高線表示で図-6~8に示します。等高線が無い領域は、プロペラ荷重度が過大・過少の領域で、前記設計システムの適用外の領域です。

図-6によると、プロペラ直径を大きくするに伴い、また、回転数を低くするに伴いプロペラの展開面積比は減少しています。本図には0.7Rの翼厚のプロペラ直径に対する比も示していますが、これはプロペラ直径を大きくするに伴い減少しています。

図-7によると、スリップ比 (slip = $1-J/p_{0.7R}$) はプロペラ直径を大きくすると減少しています。また、プロペラ直径や回転数を小さくすると、それを補うためピッチ比が増大し、それに対応してキャンバー比も増大しています。これらの関係は、プロペラ回転数のマッチングとキャビテーション性能上重要な翼面上圧力分布によって決まります。本設計例に使用したPDプロペラ設計システムでは、これらを考慮した設計が可能です。

図-8によると、プロペラ重量、慣性モーメントはプロペラ直径増に伴い増加しています。プロペラ回転数による違いはほとんどありません。

最適直径、最適回転数

設計されたプロペラのプロペラ単独効率等を図-9~14に示します。これらは、満載状態の値です。制動馬力がBHP = $16,000 \times 0.9 / 1.15 = 12,520$ psの時

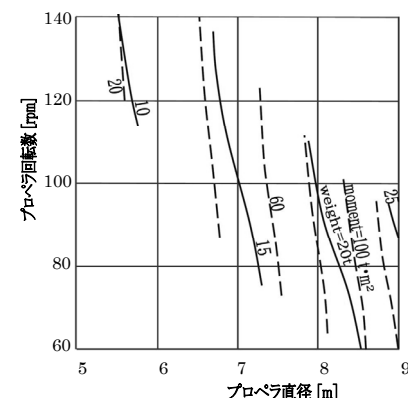


図-8 翼の重量、慣性モーメント

の性能です。プロペラ単独効率は揚力面計算による計算結果です（詳細は、前号図-2の説明を参照）。他の性能は、図-5に示した値を使用しました。

図-9はプロペラ単独効率の等高線表示で、ピッチ比シリーズから作成した前号図-4に対応します。図中の破線は、等高線の上側ピーク点を結んだ曲線で、プロペラ回転数を与えて設計したときの最適直径を示す線です。一点鎖線は、等高線の左側ピーク点を結んだ曲線で、プロペラ直径を与えて設計したときの最適回転数を示す線です。

図-10は推進係数（ η =有効馬力/伝達馬力）の等高線表示です。破線、一点鎖線の意味は図-9の場合と同じです。図-5に示した自航要素の変化により、二つの最適曲線の間隔は図-9に比べて狭くなっています。図-11は速力の等高線表示です。本図でも、破線、一点鎖線の意味は図-9の場合と同じです。自航要素に加えて図-5に示した抵抗性能の影響により、二つの最適曲線の間隔はさらに狭くなっています。

図-12には、図-9～11に示した最適曲線を重ねて示しました。実線は図-9のプロペラ単独効率ベースの最適曲線、点線は図-10の推進係数ベースの最適曲線、一点鎖線は図-11の速力ベースの最適曲線です。等高線の左側ピーク点を結んだ曲線、即ちプロペラ直径を与えて最適回転数を求めるための最適曲線では、3種のベースによる違いは小さく、ほとんど一致しています。プロペラ回転数を与えて最適直径を求める最適曲線での違いは大きく、 $N=100\text{rpm}$ のときの最適直径は、各々、7.88m、7.56m、7.33mとなっており7%程度の違いがあります。

図-13には $N=100\text{rpm}$ の場合にプロペラ直径を変えたときのプロペラ単独効率等を示します。本図によると、プロペラ直径を最適直径より10%小さくした場合の効率低下は1.5%程度、速力低下は0.07ノット（0.5%）程度となっていますが、20%小さくすると、効率低下は7%程度、速力低下は0.35ノット（2.3%）と大きく、直径を10%小

さくした場合の4～5倍の低下率となっています。

図-14には、逆にプロペラ回転数を変えたときの例を示します。プロペラ直径は $D=7.5\text{m}$ です。本図によると、プロペラ回転数を最適回転数より10%大きくした場合の効率低下は1.1%程度、速力低下は0.05ノット（0.3%）程度です。20%大きくした場合の効率低下は2.8%程度、速力低下は0.11ノット（0.7%）程度で、回転数を10%大きくした場合の2倍強の低下率となっています。

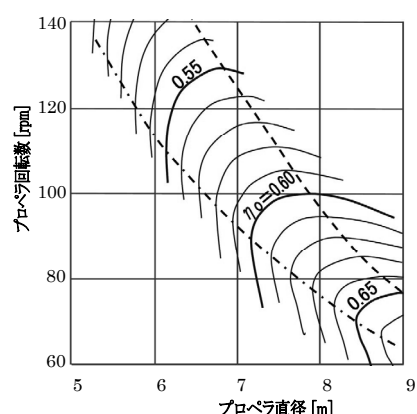


図-9 プロペラ単独効率 η_0 （満載状態）

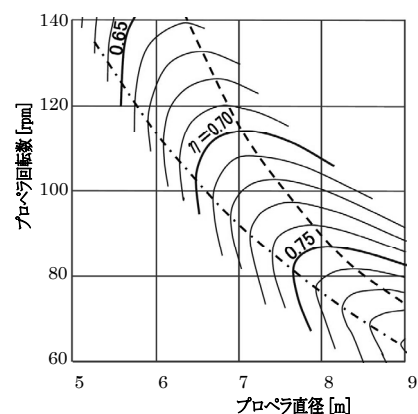


図-10 推進係数 η （満載状態）

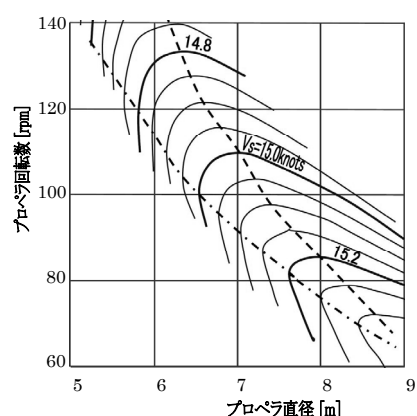


図-11 速力 V_s （満載状態）

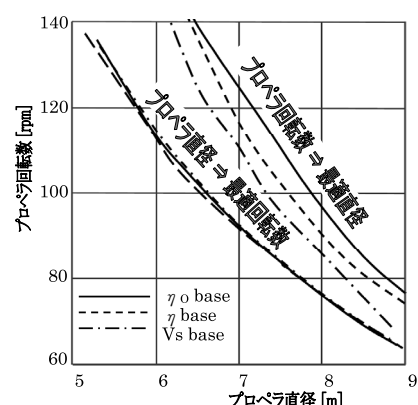


図-12 各種最適カーブの比較（満載状態）

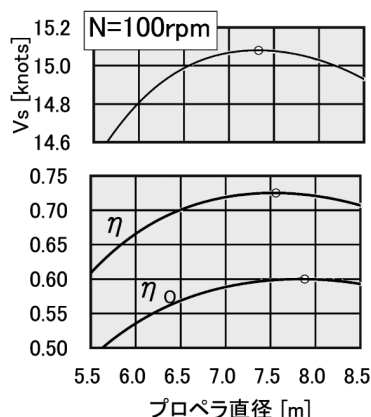


図-13 プロペラ回転数が $N=100\text{rpm}$ のときの性能（満載状態）

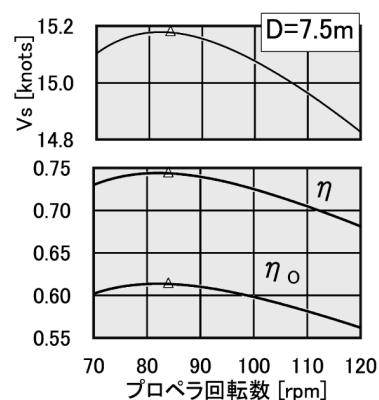


図-14 プロペラ直径が $D=7.5\text{m}$ のときの性能（満載状態）



ウォータージェット (第5回 自航試験の一例)

今回は、ウォータージェット船の自航試験の一例を紹介します。

1. 試験の位置づけ

ウォータージェット船の速力推定の全体の流れを図-1に示します。ここでは自航試験と流量検定試験について説明します。今回紹介する例は、高速滑走艇の設計速力付近で、ノズルが水面上に露出する船型です。

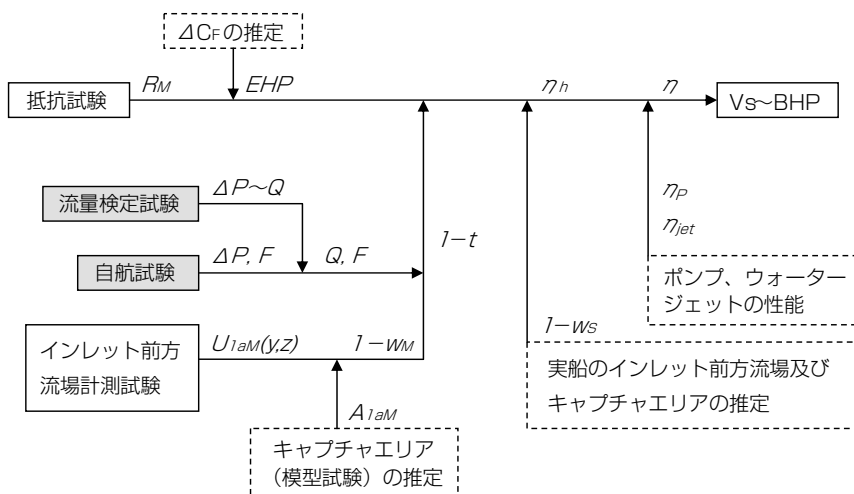


図-1 速力推定の流れ

2. 流量検定試験

流量検定試験では、ウォータージェット推進器が作動している時のノズル位置の差圧と流量を計測し、その関係を把握します。

差圧は、図-2と図-3に示すとおり、断面の異なる2箇所（セクションSおよびL）にそれぞれ5箇所の圧力タップ

を設け、5箇所の平均圧力の差から計算します。

流量Q [kg/s]は、ノズルから吐出される水をタンクに溜め、その総重量を溜めた時間で割る事により計算する、質量法により計測します。

図-4に計測結果を示します。横軸が差圧ΔP、縦軸が流量Qです。Qをノズル位置のある断面積Aで割ると、その位置における平均流速となりますので、流

速が圧力の平方根に比例するというベルヌーイの定理から、Qは $\sqrt{\Delta P}$ に比例すると考えられます。従って、図-4に示しますように、計測結果は $Q \propto \sqrt{\Delta P}$ で精度良く表現できます。

以上の流量検定試験により、QとΔPの関係を把握し、ウォータージェット推進器が作動している時のΔPからQを推定できます。

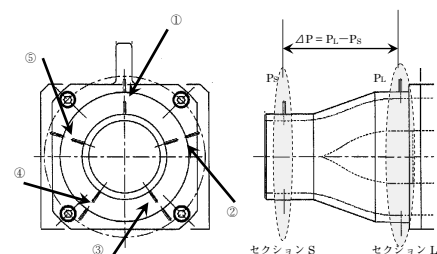


図-2 圧力タップ配置

図-3 差圧計測位置

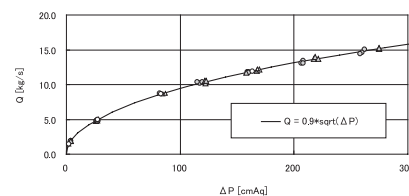


図-4 差圧と流量の関係

3. ボラードプル試験

ボラードプル試験は、模型船が静止した状態で、W/J推進器を作動させ、差圧（流量）と船体に働く力（スラスト）を計測します。この試験により、ノズルから吐出される平均流速とジェット流速の関係を補正します。

ウォータージェット推進器のスラスト（グロス）を式（1）で定義します。

$$T_g = \rho Q (V_j - V_m) \dots \dots \dots (1)$$

V_j : ジェット流速 [m/s]

V_m : モーメンタム流速 [m/s]

ここで、モーメンタム流速はインレットから吸入される流速から計算されますが、ボラードプル試験では船が静止しているため、ゼロとなります。従って、ボラードプル試験における T_g は式（2）となります。

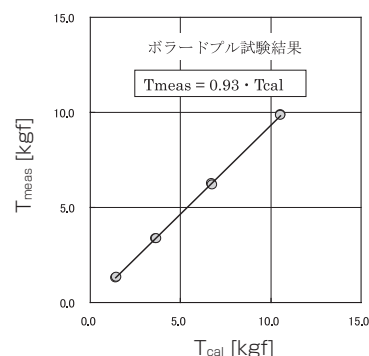


図-5 T_{cal} と T_{meas} の関係

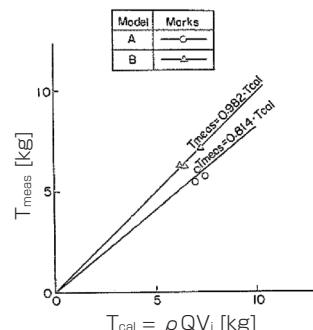


Fig. 6 Results of waterjet thrust measurement on a test stand

図-6 文献[3]による T_{cal} と T_{meas} の関係

$$T_g = \rho Q V_j \text{ [kgf]} \quad \dots \dots \dots (2)$$

同時に計測された ΔP と図-4の関係から、 Q を推定し、ジェット流速として Q/A_n を用いると、次式によりスラストが計算できます。

$$T_{cal} = \rho Q^2 / A_n \text{ [kgf]} \quad \dots \dots \dots (3)$$

A_n : ノズル出口の断面積

一方、ボラードブル試験では、船体に実際に働くスラスト T_{meas} を別途計測していますので、 T_{cal} と T_{meas} の関係を図-5に示します。また、参考として、文献[3]に示されている結果を図-6に示します。これらを見ると、ノズル出口の平均流速 Q/A_n をジェット流速として計算したスラスト T_{cal} と実際に計測されたスラスト T_{meas} が違っている事が分かります。この違いを補正するために、有効ノズル面積 A_{ne} を次式で定義します。

$$A_{ne} = \rho Q^2 / T_{meas} \text{ [m}^2\text{]} \quad \dots \dots \dots (4)$$

同一モデルでは、 T_{cal} と T_{meas} は比例しているので、 A_{ne} は一定値になります。

自航試験の解析では有効ノズル面積を使用したジェット流速を用いてスラスト T_g を式(5)により計算します。

$$T_g = \rho (Q^2 / A_{ne} V_m) \quad \dots \dots \dots (5)$$

なお、ノズル面積に補正を加えるという、有効ノズル面積の考え方は、文献[3]を参考に導入しました。

また、ITTCのガイドライン[1],[2]では、式(7)に示すようなモーメント係数 C_{m6} が導入されており、ノズル面積に対する補正ではなく、流量に対して補正する形式となっています。

$$T_{meas} = \rho (Q C_{m6})^2 / A_n \quad \dots \dots \dots (7)$$

式(4)と式(7)から、 A_{ne} と C_{m6} の間には式(8)の関係が成り立ちます。

$$A_{ne} = A_n / C_{m6}^2 \quad \dots \dots \dots (8)$$

4. 自航試験

自航試験では、ウォータージェット推進器を作動させながら、模型船を曳航します。この計測結果から、式(9)により推力減少係数 $1-t$ が計算できます。

$$1-t = \frac{R_{BH}-F}{T_g} \quad \dots \dots \dots (9)$$

R_{BH} : 船体抵抗 (ウォータージェットが装備されていない状態) [kgf]

F : 曳航力 [kgf]

簡単のため、 V_m が模型船の速力と等しい ($1-w = 1.0$) として、計測結果から解析した $1-t$ を図-7に示します。 $1-w = 1.0$ としたので、この $1-t$ は模型スケールの船殻効率 η_h と等しくなります。これを見ると、 $1-t$ が1を若干越えている事が分かります。ここでは荷重量を変更した全ての結果を示していますので、データにある程度の幅があるのはその影響です。

従前からの知見と比較するため、図-8に文献[3]の結果を、図-9に文献[4]の

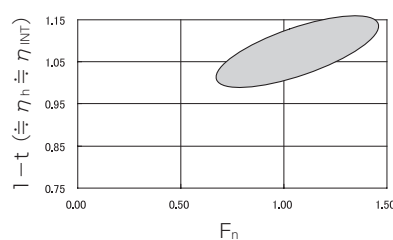


図-7 $1-t$ 試験結果

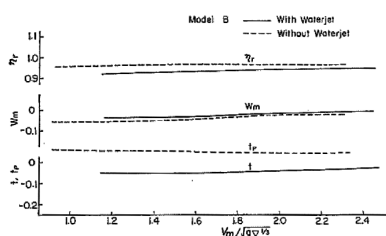


Fig. 11 Comparison of self-propulsion factors with and without waterjet propulsor for craft model B

図-8 文献[3]による $1-t$

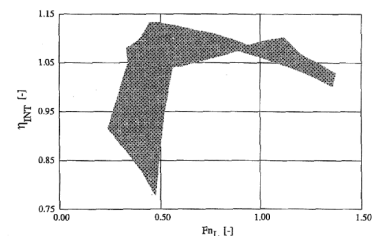


Fig 3.24 Collected total interaction efficiencies η_{INT} as a function of Froude number

図-9 文献[4]による η_{INT}

結果を示します。なお、図-8は通常のプロペラとウォータージェット推進器を両方装備した船の試験結果であり、通常のプロペラのみ動作させた場合と、両方動作させた場合の結果が示されています。

これを見ると $1-t$ や η_{INT} (ノズルが水面近傍にあれば、 η_h とほぼ同じ) は今回の結果と同様、1を越える場合が報告されており、今回の結果と同様の傾向となっていることが分かります。

(試験センター 技術部 新郷将司)

参考文献

- [1] ITTC-Proceedings of the 23rd ITTC-Volume II "The Specialist Committee on Validation of Waterjet Test Procedures"
- [2] ITTC-Recommended Procedures and Guidelines 7.5-02-05-03.1 Rev.1, "Testing and Extrapolation- Methods High Speed Marine Vehicles, Waterjets Propulsive Performance Prediction"
- [3] Hoshino, T. and BABA, E. ; "Self propulsion test of a semi-displacement craft model with a waterjet propulsor", Journal of the Society of Naval Architects of Japan, Vol.155, June 1984.
- [4] Tom J.C. van Terwisga ; "Waterjet-Hull Interaction"

双胴型高速船「きらめき」が就航

―鳥羽市離島航路―



1. はじめに

鳥羽市は伊勢志摩国立公園の東端に位置し、三島由紀夫の小説「潮騒」の舞台となったことで有名な神島をはじめ、答志島、菅島、坂手島の4つの有人離島に約5,000人の人々が生活しています。

これらの島々との間には5航路があり、予備船1隻を含めて7隻の鳥羽市営定期船が就航してきました。

鳥羽市は、これらの航路に新たに2隻の高速船導入計画を進め、平成20年4月22日、第1隻目の双胴型高速船「きらめき」が就航しました。同船は神島・菅島航路を中心に運航され、島民の足として、また海洋観光都市「鳥羽市」の一層の飛躍発展に寄与するものと期待されています。

日本造船技術センターは本船の基本設計コンペ支援と建造監理を実施しました

ので、以下に本船の概要を紹介します。

2. 基本コンセプト

本船は以下の基本コンセプトをもとに設計コンペ方式を実施し、ツネイシホールディングス株式会社・常石林業建設カンパニーにおいて建造されました。

- 双胴船型の採用による高速化
- 快適居住空間の提供
- 乗り心地のよい船
- 交通弱者に優しい安全な船
- 漁業者に配慮した曳き波の軽減
- 優美な外観

3. 船舶の概要

(1) 工程

起 工	平成19年6月22日
命名・進水	平成20年3月17日
竣 工	平成20年3月25日
就 航	平成20年4月22日

(2) 主要目

船 質	アルミ合金製
全 長	25.00m
垂線間長	23.42m
幅 (型)	6.70m
深さ (型)	2.30m
満載喫水	1.05m
総トン数	72トン
航行区域	平水区域
最高速力	26.6ノット
航海速力	20.0ノット
最大搭載人員	153名
旅 客	150名
船 員	3名

(3) 船体部主要機器

操舵装置	2台
電動ウインチ	1台
キャブスタン	1台
ランプドアー (両舷)	2台
減揺装置 (可動式トリムタブ)	1式

冷暖房装置	4台
汚物処理装置	1組
バリアフリー設備	1式
救命・消防設備	1式
デフロスター	1式
AED装置	1式

(4) 機関部主要機器

操舵室制御盤	2台
機関室警報盤	2台
主機関 高速ディーゼル機関	2基
連続最大出力 610 kW/基	
発電用機関 37kW	1基
17kW	1基
4翼固定ピッチプロペラ	2個
機動通風装置	2台
ポンプ類	1式

(5) 電気部主要機器

1) 電源装置・配電装置

主発電機	40kVA	1台
非常用発電機	20kVA	1台
変圧器	7.5 kVA	1台
蓄電池	200Ah	4群
蓄電池充放電装置		1式
陸電受電箱 AC220V/100V	各	1式

2) 航海灯・照明装置

航海灯類	1式
キセノン探照灯	1台
投光器	4台

3) 航海計器・通信装置等

レーダー	1台
GPSプロッター	1台
サテライトコンパス	1台
磁気コンパス	1台
船内放送指令装置	1式
電子ホーン	1台
応信信号装置	1式
船内電話装置	1式
自動火災報知器	1式
監視カメラ装置	1式
ワイパー	3式
風向風速計	1台
テレビ装置	2式

4. 特徴

(1) 高速化と曳き波の軽減

船質を耐食アルミニウム合金製として船体重量の軽減化を図るとともに、過去に実施した模型船による水槽試験データに基づく検討を行った結果、試運転最大速度において26.6ノットを記録して高速化が図られています。

また、双胴型船型を採用することにより、既存の単胴型船に比較して大幅な曳き波の軽減を実現することができました。

(2) 乗り心地

本船は、ピッチング及びローリングの同時制御が可能な減揺装置（可動式トリムタブ）を装備し、海上試運転においてもその効果が認められており、乗り心地に十分配慮された船舶です。

(3) 快適性

客室は広めの通路と椅子席を採用するとともに、十分な防音・振動対策を施工して快適な居住空間を提供しています。また、遊歩甲板には国内初のオーストラリア製椅子席を配置して、観光客に対するサービス向上が図られています。

(4) 交通弱者に優しい船

客室両舷にはバリアフリー基準に適合した十分な広さのランプドアーを設置し、旅客の乗降時の安全を確保するとともに、乗降時間の短縮が図られています。

客室出入口口近くにバリアフリー椅子席及び車椅子置き場を配置し、客室前方の大型テレビモニターのほか、バリアフリー椅子席の前面にもテレビモニターを設置して交通弱者に対する配慮がなされています。また、出入口の段差解消装置をはじめとするバリアフリー法に適合する諸設備を設け、多目的便所にはチャイルドシート及びオスメイト洗浄装置を



装備して交通弱者の方々でも満足のいく船旅ができるよう配慮されています。

5. おわりに

本船の基本設計・建造監理を進めるにあたり、常に積極的なご支援とご高配を賜りました鳥羽市殿に対し厚くお礼申し上げます。

また、ツネイシホールディングス株式会社殿が、高度な技術と誠意をもってご尽力頂いたことを付記します。

（海洋技術部 太田 悟）

749GT型ダブルハル黒油タンカーの開発

1. はじめに

2005年のMARPOL条約改正で、新たに2008年以降、600～5,000DWTのシングルハルタンカーによる重質油輸送が禁止されました。適用が主管庁判断とされた内航船も、日本では対象として国内法に取り入れられました。

ダブルハル化で貨物容積を確保するためには船型を大きくする必要がありますが、総トン数が750を超えると新たに3名の乗組員が必要となり運航コストが増加します。一方船型を変えずにダブルハル化すると貨物容積が10～15%減少してしまいます。

日本造船技術センターでは(株)三保造船殿と共同で749GT型黒油タンカーを対象に、ダブルハル化による貨物量の減少を最小限とする船型の開発を約2年間実施してきましたが、ほぼ目標を達成することができましたのでその概要をご報告いたします。

2. 黒油タンカーの特徴

黒油タンカーには主要貨物である重油の特性から次のような特徴があります。

- ・ 比重が大きいため貨物容積に対して載貨重量を多く確保する必要があります。
- ・ 粘性が大きく加熱する必要があるため大型のボイラーが必要です。また加熱により貨物が膨張するため、タンク容積に余裕が必要です。

このため、ダブルハル化により減少した貨物量の確保は、通常のタンカーよりハードルが高く、困難とされていました。

3. 新船型のコンセプト

総トン数が一定の条件で貨物容積を確保するためには貨物タンク以外のスペースを小さくする必要があります。そのために機関室配置に自由度がある電気推進を採用しました。電気推進の内航船はSES1(Super Eco Ship Phase1)として小型フェリー、ケミカルタンカー、白油タンカーなどで実績が出つつありま

す。本船ではこのコンセプトに加え、黒油タンカーとしての困難さに対応するため、機関室内にモーターを配置するラインシャフト方式ではなく、シングルメカニカルポッド方式を初めて採用しました。また船速の調整を、大きなスペースが必要なインバーターによる回転数制御ではなく、CPPプロペラによる翼角制御で行うことにしました。この他発電機の台数やポンプの構成の見直しと合わせて機関室、ポンプ室を大幅に短縮しました。

4. 船型開発

電気推進はエネルギー変換を繰り返すことによるロスで約15%従来のディーゼル船より効率が悪化します。電気推進を採用するためにはこのロスを船型改良によってカバーする必要があります。当センターでは長年の水槽試験の経験から良好な船型創生のノウハウを折り込んだツールGeo2Dを開発しており、今回の船型改良作業にも線図の作成に威力を発揮しました。作られた線図についてCFDで性能を確認しながら貨物容積や総トン数など、基本要目の確認を繰り返し行い採用線図を確定しました。確定線図については7mの大型モデルによる水槽試験を実施、最終的な性能を検証しています。図-1は水槽試験結果より求めた本船の発電機エンジンの馬力曲線です。比較のために通常のディーゼル船の主機馬力曲

線を破線で表示してあります。

12ノットの航海速力で比較すると本船は約10%馬力が低減されています。これに電気推進によるロスを加えると船型の比較で約25%改善したことになります。

なお、シングルポッド方式の操縦性についても模型試験を実施しましたが、本船型では特に問題がないことがわかりました。

5. 主要目

本船の主要目を以下に、概略配置を図-3に示します。

全長	73.20 m
垂線間長	69.00 m
型幅	11.40 m
型深さ	5.25 m
喫水	4.69 m
総トン数	749トン
載貨重量	1,945 t
貨物タンク容積	2,160 m ³
メカニカルポッド (CPP)	1 基
推進用電動機	500kW 2 基
発電装置	450kW 3 基
同上 (停泊用)	1 基
熱媒ボイラー	1,744kW 1 基
貨物油ポンプ(電動)	750m ³ 2 基
バラストポンプ(同)	250m ³ 2 基
バウスラスター	3.7t 1 基
航海速力(15%sm, 86%)	12.0 kn
同上 (100%)	12.6 kn

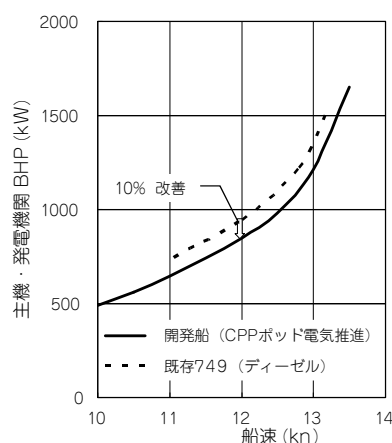


図-1 馬力曲線

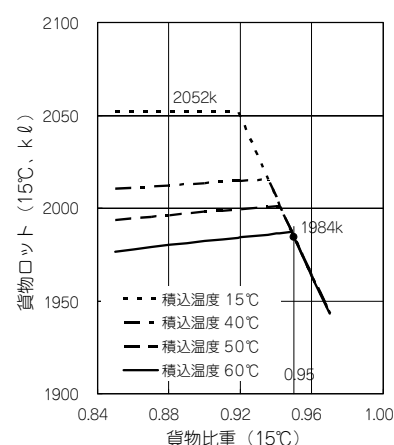


図-2 貨物積載量

本船の実際の貨物積載量は、上記載貨重量と貨物タンク容積から、燃料などを60tとすると、図-2のようになります。

横軸は積載貨物の常温での比重、縦軸は常温での貨物の量(kℓ)です。加熱の必要のない貨物であれば、タンク容積に5%の余裕を見た2,052kℓまで積載可能です。一方C重油のように加熱して積載される場合には貨物が熱膨するため、加熱温度と比重に応じた積載量となります。なお比重が大きくなると最大貨物重量(載貨重量-燃料他)で積載量が決まります。これによれば60℃に加熱された比重0.95の貨物であっても1,984kℓ積載可能であり、ほぼ2,000kℓに近い値となっています。

6. 経済性の評価

貨物の積載量と燃料消費量から本船の経済性を試算してみました。評価は貨物の単位輸送量あたりの燃料消費量、すなわち貨物1kℓを1mile運ぶのに必要な燃料の量(g)で行いました。貨物比重0.95の場合の例を表-1に示します。比較のため749型と999型のディーゼル船をそのままダブルハル化したものを並

	本船(電気推進) ダブルハル 749総トン	ディーゼル船 ダブルハル 749総トン	ディーゼル船 ダブルハル 999総トン	備 考
(貨物)				
貨物タンク容積 (m ³)	2,160	1,900	2,400	100%
貨物重量 (t)	1,885	1,660	2,035	比重 0.95(15℃)
貨物ロット (kℓ)	1,984	1,750	2,210	60℃加熱
(燃料)				
主機出力 (kW)	975	1,020	1,320	12kn 15% sm 時
燃料消費率 (g/kW/h)	208	195	195	主機又は発電機原動
燃料消費量 (kg/h)	203	199	257	機の燃費(推進分のみ)
単位輸送量当り 燃料消費量 (g/kℓ・mile)	8.53 (100)	9.47 (111)	9.71 (114)	燃料消費量 貨物ロット・船速
船 員	—	—	3名増員	—

表-1 経済性の試算

べてあります。

本船はディーゼル船のダブルハルと比べて単位輸送量当りの燃料消費量が1割以上小さく、経済性においても優れていることがわかります。

7. まとめ

従来困難とされていた、黒油をほぼ2,000kℓ近く積載可能な749GT型ダブルハルタンカーを開発することができました。開発船は黒油から白油まで幅広

い貨物を必要量積載可能であるとともに、性能面でも電気推進によるロスカバーしてなお従来船を凌駕しており、十分な経済性を有しています。今後本船の具体的な検討が進められ建造が実現することが望めます。

なお本開発は当センターと(株)三保造船殿の自主研究ですが、(独)鉄道・運輸機構殿より数々のご協力をいただきましたことを付記いたします。

(技術開発部 山口信之)

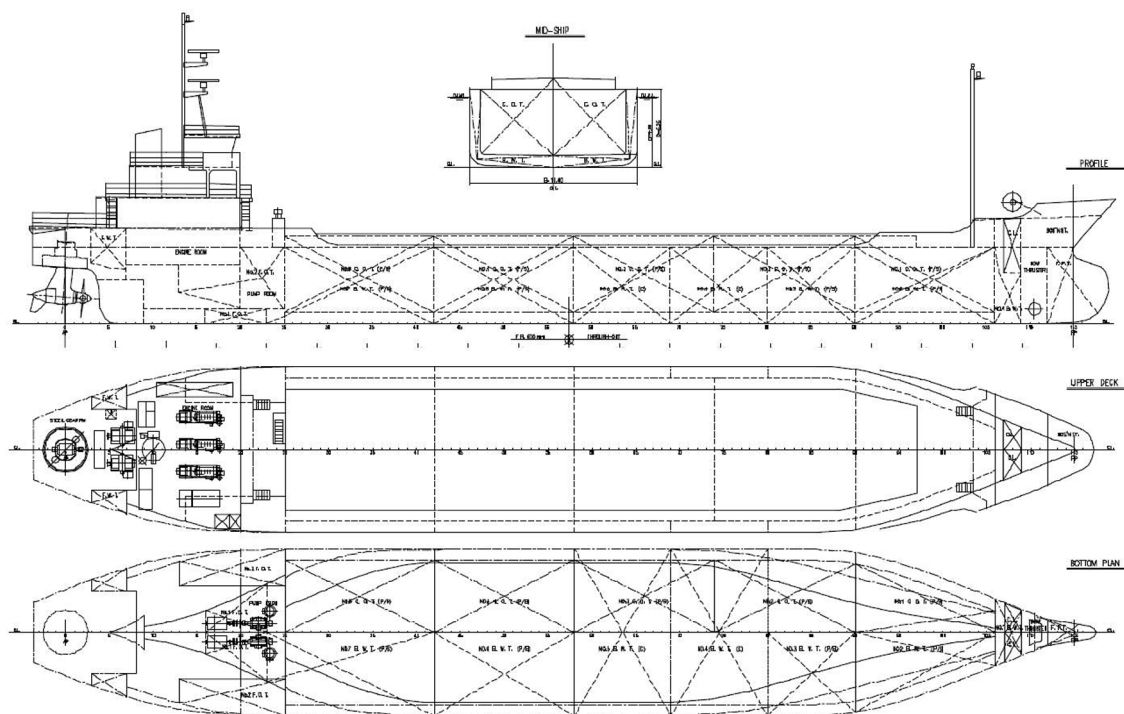


図-3 一般配置図

水槽試験で使用する計測機器

(第4回流れを知る)

流れを知るといっても、流れの平均速度を計るのか、流れの乱れを調べるのかで使用する計測器は違ってきます。ここでは日本造船技術センターで使用されている代表的な計測機器について、いくつか紹介します。

1. 対水速度計

物体が水から受ける力を計測するのには、水の中を進む速度を知ることが大切です。対水速度計は、船速を知るための、最も代表的な計測器であり、水槽試験においてはなくてはならないものです。

曳引車速度（対地速度）を計測するのは、走行レール上のタッチローラを回転

させてパルス信号を得ます。対水速度を求めるために、現在使用しているのは、翼車型流速計です。翼車型流速計を写真-1に、キャリブレーション結果を図-1に示します。翼車型流速計の開発過程では、様々な困難がありましたが、現在の形式になって20年近くになります。

水槽の水は対流によって少しずつ流れている他に、様々な要因により静止していません。

船舶の抵抗試験時には、船が作る伴流によって、進行方向に最大10～20 mm/sec程度の水の流れが生じて来ます。これにより、供試模型船が曳引車の対地速度より10～20mm/sec程度、遅い速度で航走する事になります。また、自航試験時には船が作る伴流による流れよりも、それを超えるプロペラが作る流速が、進行方向とは逆の方向に10～20 mm/sec程度の流れを生じさせます。また、プロペラ単独試験においては、プロペラが作る流速によって50mm/sec程度の進行方向とは、逆の方向に流れが生じます。

これらの流れが完全に減衰するには長時間を要するので、曳引車速度は模型船の進む速度とは成りません。

水槽に流れを人為的に作り出さない事は言うまでもありません。水槽水の温度を均一化する為の装置や水槽水の脱気装

置の稼働、水槽への給水など、影響が最小限になるように夜中に稼働させますが、朝一番の対水速度のキャリブレーションでも、10～20mm/sec程度の残流があり、水槽の流れは極めて複雑と考えられます。以上の事からも、試験の待ち時間を長くしたからと言って、残流がなくなっているとは言えません。精度のよい試験は、この残流を的確に対水速度計によって計測することから始まります。

当センターの対水速度計の仕組みを簡単に紹介します。当初は翼車の回転数しか取り出せなかったので、1回転中にいかにパルスを増やせるかに、苦労しました。当初は1回転中50パルス程が限界で、翼車のピッチが0.1mであるとする、1m/secで走行した時に1秒間に得られるパルス数は、50パルス×10回転で500パルス程になります。これでは、1パルスで2mm/secの分解能しかなく、十分とは言えない精度でした。その後、性能の良いICチップ、プロペラの反射光などをとる光ファイバーなどが登場するようになり、プロペラが1回転する時間を計測することが出来、その逆数を瞬時に出力させることで、速度に直すことができるようになりました。時間を計測するための基準ICを変えることで、分解能は1パルス=1mm/secは容易に達成できています。

試験前、後でキャリブレーションを実施していますが、1.5m/secで±2mm/sec程度の違いに収まっています。

保守上一番の大敵は使用されているベアリングの呼び錆びです。ステンレス製のベアリングを使用していますので、ベアリング自体は錆びません。ベアリング自体に薄らと錆びが取り付く呼び錆びと言われる状況になることです。この状況はベアリング交換後、1ヶ月～2ヶ月経過しても全く錆が付かない時もあり、1～2週間で錆を呼ぶときもあります。いずれにしても、毎日行われるキャリブレーションにより、錆の状況はパルス数の



写真-1 対水速度計

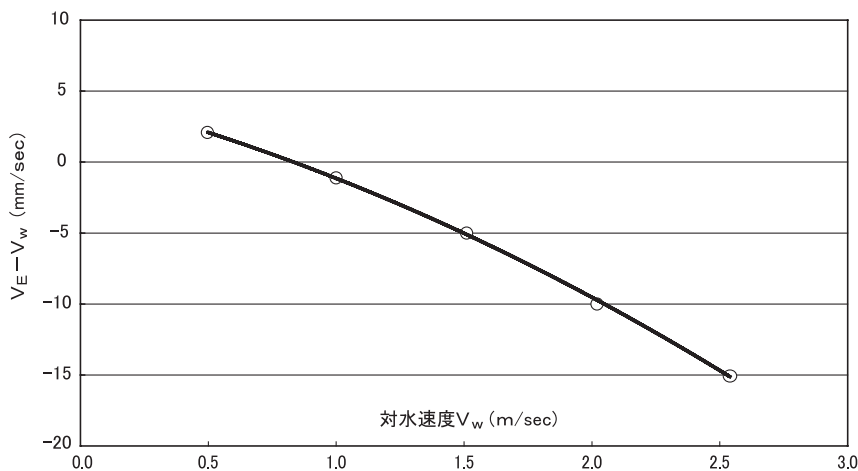


図-1 対水速度キャリブレーション

低下から読み取れます。試験中での対水速度の異状は、対地速度と対水速度の違いの変化により確認出来ます。

2. 5孔ピトー管

5孔ピトー管は、主に、船尾のプロペラに流入する流れを計測する時に使用される計測器で、半導体圧力変換器と一緒に用いられます。

以前、使用していた櫛型ピトー管では総圧、静圧二つの圧力を計測して、ピトー管の軸方向の速度成分のみを計測しました。これでは、船尾のプロペラ付近の流れの様に、流れの向きが複雑な場合、正確な流れを知ることは出来ません。

5孔ピトー管はプローブの先端に開いた5個の孔それぞれの圧力を計測することによって流れの大きさと向きを同時に計測することが出来ます。

1本の5孔ピトー管を模型船尾部に搭載した左右、上下方向に移動可能な、トラバース装置に取り付けて流れを計測します。トラバース装置を船尾部に搭載する事で、プロペラを駆動させての計測や、舵を取り付けたままでの計測もできます。櫛形ピトー管に比べて試験の所要時間はかかりますが、より正確で多くの情報を得ることが出来ます。

5孔ピトー管先端部を写真-2に、先端部の詳細および計測例を図-2、3に示します。



写真-2 5孔ピトー管と圧力変換器

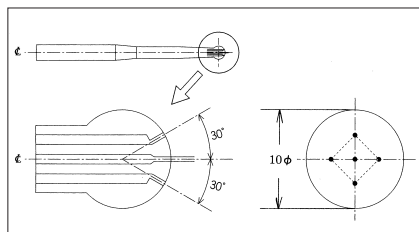
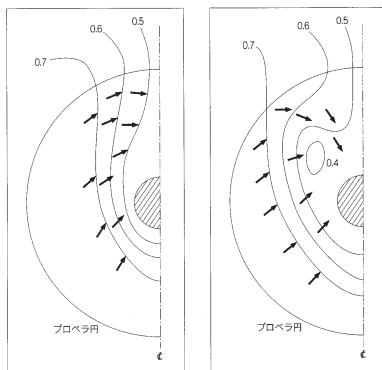


図-2 5孔ピトー管先端部



やせ型船の計測例 肥形船の計測例

図-3 伴流計測例

3. ペイント法、2段タフト法

船尾まわりの複雑な流れを観察し、局所的な流れの特徴を捉える事は、いろいろな現象の解決に有効な手段として活用されてきています。

そのような手段として、ペイント法や2段タフト法があります。

ペイント法は柔らかい塗料の伸びによって流れのパターンを見えるというオーソドックスな方法で、船底や船側に、また、プロペラに直接油性のペイントを塗ることになります。一口で塗るといってもその時の気温や水温から、使用される油性ペイントの柔らかさが決められ、試験状態をどの位の時間継続して供試体を観察するか等、今までの経験や実績がものをいいます。これで得られる結果は正に水の流れが可視化されるので感動物です。なお、欠点として、使用される水槽がペ

イントで汚れる等、使用後の水槽水管理は大変です。ペイント法によるプロペラ翼面上の可視化の結果を写真-3に示します。

2段タフト法では虫ピン(長さ30mm)の頂上とその10mm下の二箇所に、長さ約40mm~50mmの柔らかい毛糸を固定して使用します。固定の方法は、以前は接着剤を使用していましたが、毛糸が接着剤で硬くなりなめらかな動きが得られませんでした。試行錯誤の結果、電気工事で使用する熱収縮チューブで固定すると、流れに対してなめらかな反応が得られることがわかりました。このタフトを観察したい場所に打ち込みます。一般的に、船尾付近に100本近いタフトを打ち込みます。

タフトの動きを観察するには、水中撮影装置を使用します。水中カメラ、照明が一体となっており、遠隔装置で自由に画角が決められます。曳引車上のモニターに映像が写しだされ、その写し出された状況を評価することになります。最近では船体まわりの流れの計測や観察が、各種性能評価に不可欠となっています。この他には、気泡等の水を汚さないトレーサを用いて模型付近の現象を捉える方法等も行われています。船尾まわりの流れを5段タフト法で観察した例を、写真-4に示します。

(試験センター 技術部 新井 明)



写真-3 ペイント法によるプロペラ翼面上の流れ

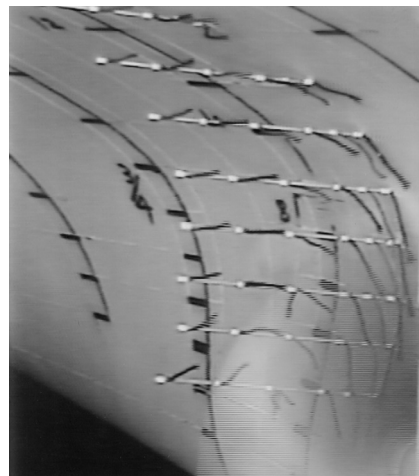


写真-4 2段タフト法で観察した船尾の流れ

二重反転プロペラのキャビテーション試験

最近、ハイブリッド型二重反転プロペラを採用する例が増えてきています。

日本造船技術センターは、今までキャビテーション試験を、金網で伴流を再現する2次元流中でおこない、プロペラ改良のお手伝いをしてまいりました。

写真のように、模型船を使用した3次元流中での二重反転プロペラのキャビテーション試験も出来るようになりました。



前：普通のプロペラ
後：POD型プロペラ



POD型プロペラの向きを変えたときの
キャビテーション

■委員会等

第25回評議委員会

平成20年3月18日（火）

日本造船技術センター役員会議室

第149回理事会

平成20年3月19日（水）

日本造船技術センター役員会議室

第102回HRC委員会

平成20年3月27日（木）

日本造船技術センター会議室

第20回懇談会

平成20年4月14日（月）

日本海運倶楽部会議室

第10回SPCG委員会

平成20年5月14日（水）

日本造船技術センター会議室

第103回HRC委員会

平成20年6月4日（水）

日本造船技術センター会議室

編集後記

2008年5月28日から30日までの3日間、51カ国のアフリカ諸国、74の国際機関・地域機関の代表等が参加し、第4回アフリカ開発会議（TICAD IV）が開催されました。TICADは1993年に第1回会議が開催された我が国がホスト国でアフリカ開発をテーマとする政策フォーラムです。1990年代前半はアフリカへの国際的関心は低いものでしたが、本

年第4回会議を開催にあたり、第1回当時と現在では世界のアフリカに対する注目はかなり違って来ています。

即ち、アフリカは豊富な天然資源を持ち、世界の資源外交の中心となりつつあるのです。現在アフリカは国の数で国連加盟国の約1/4を占め、面積は世界の約20%、人口は6億3千万人で世界の約10%ですが、経済規模は世界のたったの1%強です。しかし、これからの工業開発に欠かせないレアメタル、更には原油の産出国として中東、ロシア等に代わ

る可能性を秘めており、資源輸入国である我国のみならず世界の産業は今後大きくアフリカに依存しなければならないでしょう。

造船業界でも今後は省エネ、環境技術の革新が必要となるでしょう。このときに鍵となるのはアフリカの貴重な金属、そして石油かもしれません。

ちなみに皆さんの携帯電話の部品にあるレアメタル、食卓に上がる蛸も殆どアフリカからの輸入です。（Y.N）

申し込みの受付

試験等の申し込み、問い合わせは下記までご連絡をお願いいたします。

〒180-0003

東京都武蔵野市吉祥寺南町1丁目6番1号

吉祥寺スバルビル3階

TEL 0422-40-2820

〒181-0004

東京都三鷹市新川6丁目38番1号

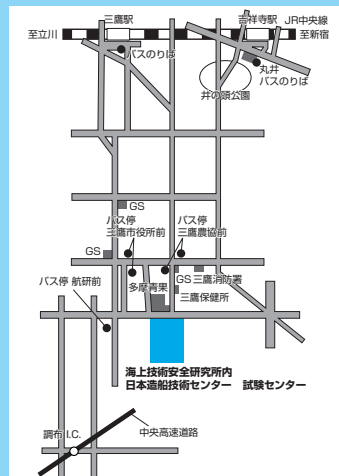
（独）海上技術安全研究所2号館内

TEL 0422-24-3861

本 部（吉祥寺）



試験センター（三鷹）



SRC

Shipbuilding Research Centre of Japan

財団法人 日本造船技術センター

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