

# SRC News

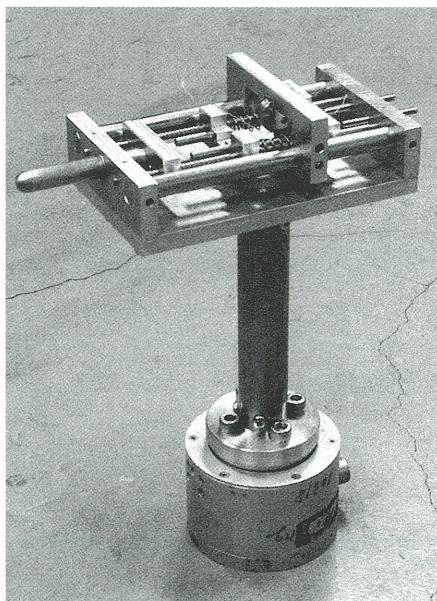
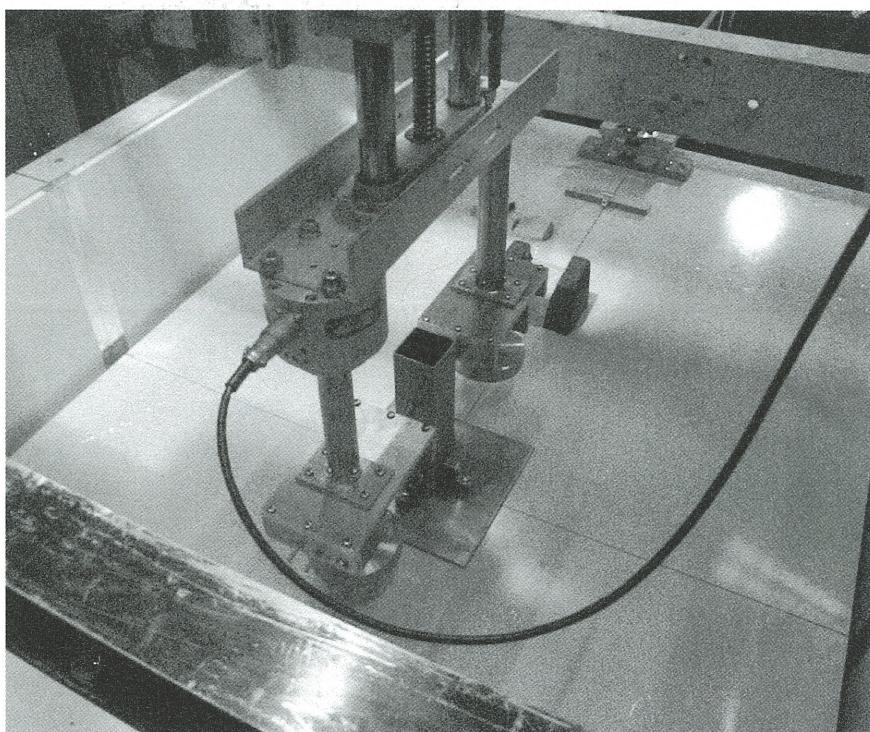
No.50 May 2001

The Shipbuilding Research Centre of Japan

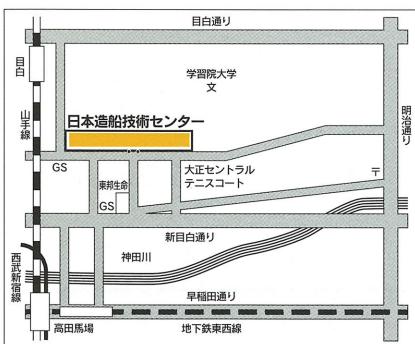
## ●目 次 ●

船体周り流場中の微細気泡挙動の シミュレーションについて	
－気液混相流の特性と流力 モデルの構築－	Page 2
メガフロートの波浪中試験	
－係留特性のシミュレーション について－	Page 4
浮体の復原性について（3）	Page 6
鹿島南部地区消防事務組合 「かみす」について	Page 8
船体外板塗膜の汚損と 損傷評価について	Page 10
水槽試験プラクティスの改良	Page 11

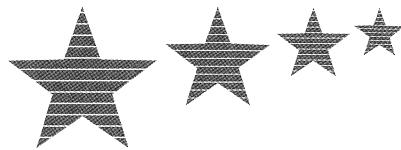
## メガフロート構造物の模型試験



造船技術センターがメガフロート研究組合の蓄積した技術を引き継ぎ発展さす事になった事は前号にて紹介しましたが、その一環としてメガフロート模型の波浪中係留試験を実施しました。係留エンダー特性のシミュレーションやフェンダー模型の設計・製作をはじめとして、係留構造物に関する試験技術をキャッチアップすべく若手の職員を中心に頑張っています。写真は造船技術センターが初めて設計・製作したハイブリッドフェンダー模型とそれをメガフロート模型に取付けた状況です。



財団法人 日本造船技術センター  
〒171-0031 東京都豊島区目白1丁目3番8号  
TEL 03(3971)0266 FAX 03(3971)0269



# 船体周り流場中の微細気泡挙 一気液混相流の特性

## はじめに

大気中に蓄積する二酸化炭素の温室効果による地球温暖化を防ぐ為に、発生量の低減や処理について色々な分野で検討が進められています。船舶排ガス中の二酸化炭素についても、推進性能や機関効率向上による発生量削減と共に大気中放出量低減も検討課題です。主機関の排ガスを船首付近の比較的浅い水深位置で船体表面近くの流れの中に微細気泡にして排出し、船体周り流場の性質を利用して深い船底に送り込み気泡中の二酸化炭素を周囲の膨大な海水中に溶かし込むと言うアイデアは水圧の低い場所で排出するので排出に要する動力は少なくて済み、更に、船体の極く近くを流れる微細気泡により船体摩擦抵抗が減少し総合的に排出に要するエネルギーの少ない、条件によっては推進性能向上を伴う方法として期待されます。装置設計に当たっては、排ガス処理量、気泡排出方法や場所等と排ガス中二酸化炭素の溶解量や摩擦抵抗低減を考慮した全体的なエネルギーバランスとの関係を評価する道具が必要とされますが、そのベースは排出された微細気泡群が船体表面近傍流場中を流れる際の挙動のシミュレーションです。本稿は挙動シミュレーションに関連した気泡の流体特性について紹介します。

## 1. 気泡の性質

細かい気泡が水中を浮上していく様子は金魚鉢やコップの中のビールでも見られます。気泡径のばらつきは少なく、浮上する速度も略一定している事、互いにくつついたりちぎれて小さくなったりしない事に気がつきます。背の高いガラス容器中の水中へ噴出し浮上していく気泡を撮影して、大きさとその個数、速度、相互干渉等を調べました。又、船の速度と同じ程度の流れの中に数ミリ程度の多数の孔をあけた板を通して気泡を噴出し、その挙動を撮影して同様な調査を行いました。この結果、特定の

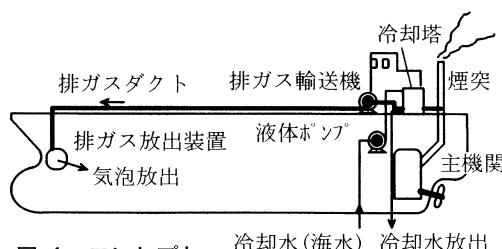


図-1 コンセプト

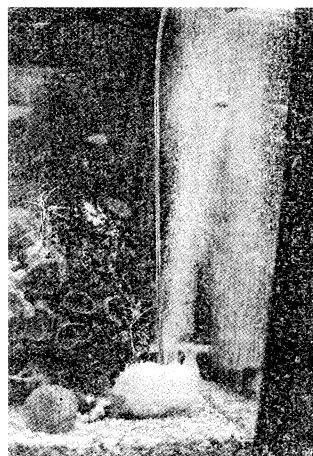


図-2 気泡

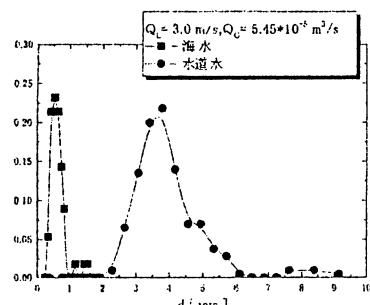


図-3 気泡径と個数の分布

直径が卓越する個数分布を示し、真水では3~4ミリ程度、海水では1ミリ未満である事、互いが合体して大きくなるようないわゆる相互干渉は真水では条件によっては見られましたが、海水では全く見られませんでした(図-3)。又、上昇速度は一定である事から浮力と抵抗がバランスしていると考えられる事、流れに直角方向の揺らぎ(拡散)もあまり大きくは無い事等がわかりました。この事は船体表面近傍に排出された気泡は大部分が直径1mm程度の真球の群となって、船体表面に沿って流れつつ水面に向かってゆっくりと上昇して行くイメージを示唆します。この様な気体と液体

が混じった流れは気液混相流と呼ばれ液体のみの流れと異なる特性を示します。次に、気液混相流の性質を考慮しつつ、実用的な気泡挙動シミュレーション手法開発について説明します。

## 2. 気液混相流の性質と物理モデルの検討

気体と液体の混じった流体は夫々の流量比や流れの方向により全く異なる様相を示します。図-4にその様相を模式的に示しますが、液相の量が気相の量に比べて圧倒的に大きい船体周囲の流れは気泡流に分類されます。液体中の気泡が互いに衝突しない程度の距離(平均自由行程)を保つ密度(希薄気泡)を前提にして、気体密度が液

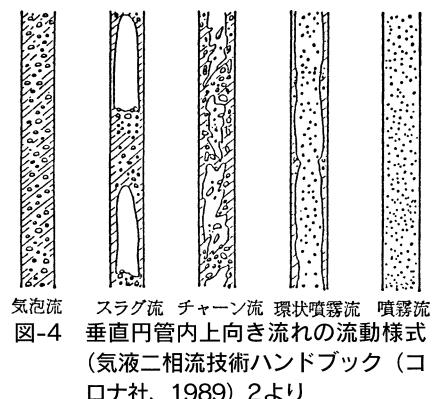


図-4 垂直円管内上向き流れの流動様式  
(気液二相流技術ハンドブック (コロナ社, 1989) 2より)

体の密度に比べて充分に小さいとして液体密度と気液ボイド率(単位体積中の気相容積)とで質量を代表させる事にしますと単相流体と同じ連続の式や運動方程式が得られます。ただし気液境界を通しての質量、運動量及びエネルギーの保存則を満たす条件や表面張力の寄与等が追加されますが、これらを完全に満たす理論式は存在せず、実験や工学的経験に基く実験式(物理モデル)に頼らざるを得ないのが実状です。

液体中の単一気泡の挙動は、圧力と気泡体積の時間変化及び並進運動との関係式(レイレイリフシツの式)で表わされます。以上の方程式を表-1に示します。混相流体の基礎式としてはかなりに簡易化さ

# 動のシミュレーションについて と流力モデルの構築—

表-1 希薄気泡流の方程式

液体中に分散した気泡  $\sigma_2 = \rho_2(1-\alpha)$  により、液体の密度  $\rho_2$  が変わらないとして、

$\sigma_2$  の代わりにボイド率  $\alpha$  で表すと、

$$\frac{\partial}{\partial t}(1-\alpha) + \frac{\partial}{\partial x_i}(1-\alpha)q_{2i} = 0$$

$$\rho_2(1-\alpha)\left(\frac{\partial}{\partial t} + q_{2j}\frac{\partial}{\partial x_j}\right)q_{2i} = -\frac{\partial p}{\partial x_i} + \frac{\partial \tau_{ij}}{\partial x_j} + \rho_2(1-\alpha)g_i + M_{mi}$$

気相に対する運動量保存式に置き替わる单一気泡に対する運動方程式は、球形の気泡を仮定し、その変形を無視するとき、気泡の体積変化に対して

$$p_1 - p = \rho_2 R \frac{d^2 R}{dt^2} + \frac{3}{2} \rho_2 \left( \frac{dR}{dt} \right)^2 + \frac{4\mu_2}{R} \frac{dR}{dt} + \frac{2\sigma}{R}$$

また、気泡の並進運動に対して

$$\frac{d}{dt} \left[ \frac{1}{2} \rho_2 V (q_{1i} - q_{2i}) \right] = -V \frac{\partial p}{\partial x_i} - C_D (q_{1i} - q_{2i})$$

れていますが、具体的なシミュレーションを行なうにはまだ複雑すぎます。

ケンブリッジ大学のバチエラ教授は講演「2相流への簡単なガイド」での結論として“2相流研究進展の主な障害は数学的、数値的、実験的手法の貧困ではなく、本質的に分離した相の平均運動を支配する閉じた式が無い事と関連した物理過程への無知と不確かさがある。物理仮定を理解するためには、単なる工学的情報よりも、科学的ニーズに合うように計画された実験と鋭い観察が必要である。”と述べていますが、私達も合理的なシミュレーション構築を目指して、気液2相流の代表的な特性を考慮しつつ数学モデルを構築します。

## (1) 気泡形状、寸法、容積、圧力

気泡は直径1～数ミリの真球で水の密度に比べて気体の密度は1000分の1程度故質量は無視し、排出後の気泡は極く短時間（数百マイクロ～数ミリ秒）内に不安定な非平衡状態を経た後、水との温度差の無い、安定した平衡状態となります。左右対称で主要な流力特性の時間変化の小さい船体周り流場の流れに乗って移動する状態を想定し、気泡方程式中の時間変化に関する項を省略し、更に、船の喫水から気泡にかかる周囲圧力変化は高々1気圧程度であることから容積×圧力=一定の関係にまで簡易化

が流場中の乱れ（渦）と干渉し乱れエネルギーを変えるため、気泡の動きによって流場の渦拡散係数が増し、レイノルズ数がより大きな流れとなつたとも解される様な傾向やより微細な乱れ（渦）を含む様な特性を示します（図-6）。ただし、計算精度の実験的検証も不可能な実船対応の非常に高いレイノルズ数の流場に、更にレイノルズ数增加の影響を考慮する事は実用上あまり意味が有りませんので無視します。又、二酸化炭素が気膜を通して海水中に溶解する化学的現象が周囲流場の特性に影響する事はない事にします。

## (3) 浮力、抗力、上昇速度

以上から単一気泡に作用する力は浮力、粘性による抗力となり、浮力と粘性抵抗が釣り合う速度（terminal velocity = abt. 0.3m/s）で上昇しつつ、周囲圧力に応じて容積を準定常に変えて行く事になります。しかし、これだけでは船底に沿って流れる気泡は船底表面にくっついてしまう事になりますが、現実にはその様な現象は余り見受けられません。  
(続く)

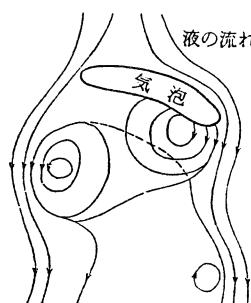


図-5 水中を上昇する空気泡の背後にできる渦

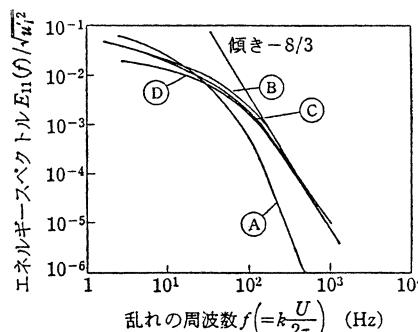


図-6 気泡の乱れエネルギースペクトル

Ⓐ $\alpha=0\%$ , Ⓑ $\alpha=0.54\%$ , Ⓒ $\alpha=1.26\%$ ,  
Ⓓ $\alpha=1.65\%$ .

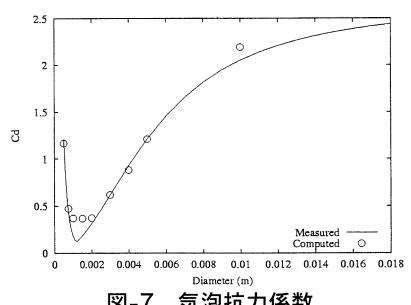
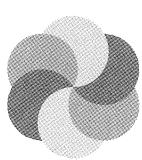


図-7 気泡抗力係数



P.No.4 Q=500N/min

図-8 気泡流



# メガフロートの波浪中試験

## —係留特性のシミュレーションについて—

### はじめに

係留浮体の運動シミュレーションや波浪中試験においては係留装置及びその特性のモデル化は、船舶の推進性能試験における模型船の尺度影響に対応する基本的な課題です。係留装置は浮体の運動を抑えて所定位置を保持さす事が目的ですが、具体的には係留索のカテナリー特性やゴム製フェンダーの収縮変形特性により力を吸収し浮体の運動を減衰させます。係留方式は係留浮体の種類や規模により色々なタイプがあり、水槽試験においてはまず実機係留装置の特性を力学的に正しくシミュレートする装置を設計・製作する必要があります。造船技術センターではメガフロート構造物を対象とした係留フェンダー効果比較試験を実施しましたが、フェンダー特性のシミュレーションと装置設計・製作について紹介します。

### 1. バネの組合せ特性について

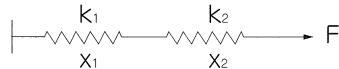
係留浮体は主要目が600m × 100m × 6m、喫水2mの鋼製箱形構造物で両端部

中央付近のスパッド型係留用構造物にフェンダーを介して係留されます。フェンダーは所定の荷重と変形との関係になるように材料を組み合わせて調整されています。荷重と変形との関係で示される実機のフェンダー特性（係留特性）を力学の法則に従つて模型寸法に修正した特性を再現すべくバネを主とする材料により模型フェンダーを設計します。ここで基本となるバネの組合せ特性について紹介します。図-2に常数の異なるバネを直列に、或いは並列に組合わせた場合のバネ常数の式をフックの法則により導くプロセスも含めて示します。直列と並列の式が電気抵抗のオームの法則に入れ違っていることに注意して下さい。

### 2. 実機フェンダー特性

実機フェンダー特性として(1)反力と変位との線形関係がある荷重値に達する迄保持され、その先は反力一定で変位のみ変化し、変位がある値に達すると変位一定で反力のみが増加していく定反力型(図-3)と(2)反力が変位の2次関数で変化する空気バネ(図-4)と上記定反力フェンダーを組合

#### 直列組合せバネ特性



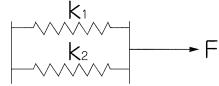
$$F = k(x_1 + x_2) \quad (1)$$

$$F = k_1 x_1 \quad (2)$$

$$F = k_2 x_2 \quad (3)$$

$$1/k = 1/k_1 + 1/k_2 \quad (4)$$

#### 並列組合せバネ特性



$$F = kx = k_1 x = k_2 x \quad (5)$$

$$k = k_1 + k_2 \quad (6)$$

Ki ; バネ常数

Xi ; バネ変位

図-2 基本的な組合せバネ特性

わせた特性を持つハイブリッドフェンダー型の2組のフェンダーの浮体運動への影響を調査することとしました。空気バネ特性は荷重と変位が非線形な関係にあるため少し面倒になりますが組合せた特性は図-5に示す様になりました。

### 3. フェンダー特性のモデル化

図-5に示した特性は、(1)線形と非線形特性の組合せ特性( $F=0 \sim F_1, X=0 \sim X_1$ )、(2)線形特性( $F=F_1 \sim F_2, X=X_1 \sim X_1+X_2$ )、(3)反力一定で変位自由( $F=F_2, X=X_1+X_2-X_1+X_2+X_3$ )、(4)変位一定で反力自由( $X=X_1+X_2+X_3, F>F_2$ )の部分により構成されます。モデル化にあたり(1)の範囲はほぼ線形とみなせますので線形バネにより置き換えます。ここで、力学の性質により、模型バネ係数 = 実機バネ係数  $\times (1/s)^2$  ( $1/s$ ; スケール比)で修正します。図-5中に破線でモデル化した特性を示します。



図-1 メガフロート部分模型

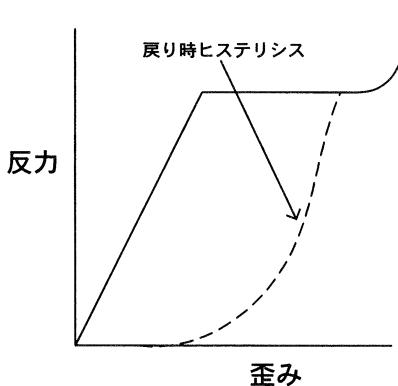


図-3 ゴムフェンダー反力特性

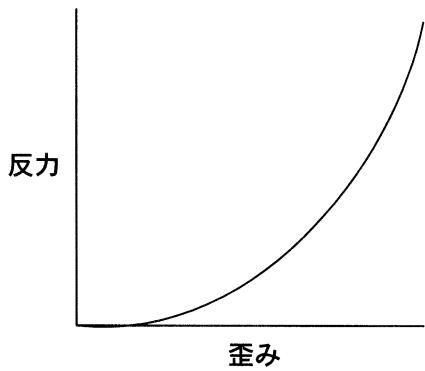


図-4 空気フェンダー反力特性

表 ハイブリッドフェンダー特性  
(反力と変位の関係)

$$F = \alpha x_1^2 = kx_2 \quad (1)$$

$$x = x_1 + x_2 \quad (2)$$

$$x = \sqrt{F/\alpha + F/k} \quad (3)$$

反力Fと変位xの関係

$$F = k/2 \alpha (1 - \sqrt{1 + 4 \cdot \alpha/k \cdot x}) + kx \quad (4)$$

#### 4. 装置設計

以上の特性を小型の装置により実現するために図-6に示すようなメカニズムを考案しました。(1)変位X=0~X1 or F=0~F1の範囲では、バネ常数(K)は  $1/K = 1/K_1 + 1/K_2$  となる直列連結、(2)X=X1 or F=F1においてストッパーにより(1)範囲のバネの寄与を失わせ、バネ常数K2のみとしま

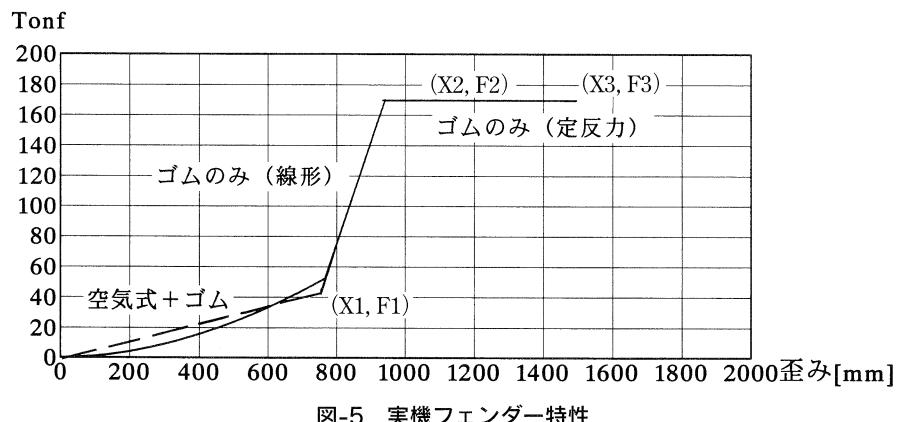


図-5 実機フェンダー特性

す。(3)X=X1~(X1+X2)の範囲ではバネ常数K2の単一バネとし、(4)荷重が F=F2 (変位 X=X1+X2) に達したとき、重量 W(F2)で抑えていたストッパーがはずれ、荷重F2で変位が(X1+X2+X3)まで増加します。(5)変位(X1+X2+X3)において荷重が増しても変位が変わらない様にストッパーを設けます。以上はハイブリッド型ですが、定反力型とするには上記X=0~X1の範囲をスペーサー等で固定して、(2)以降のみが生きる様にします。ただし、フェンダーの変位幅はハイブリッド型の 0~(X1+X2+X3)に対し、定反力型は 0~(X2+X3)となります。

#### 5. 製作と特性確認

上記メカニズムで、フェンダー特性を実現するバネ、ストッパー、定反力装置等を組み込んだ装置を製作しました。図-7に装置の写真を示します。

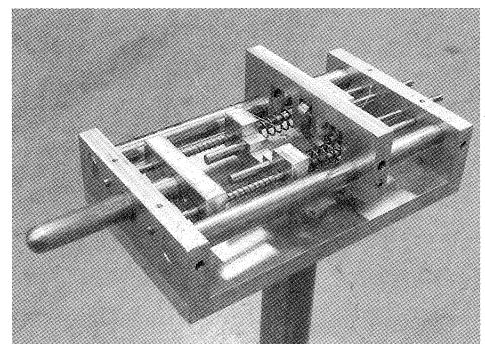


図-7 シミュレーション装置

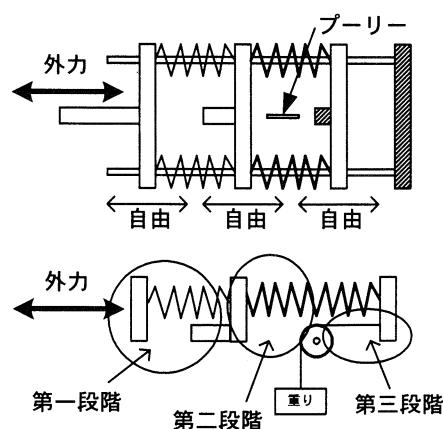


図-6 模型フェンダー設計

#### おわりに

係留試験の要となる係留装置のシミュレーションについて、計画、設計、製作から特性確認試験までを紹介しました。係留運動シミュレーションや係留試験においては特に話題とはならない基本的な事項でしょうが、造船技術センターの新分野進出の証と言ふ意味で敢えて採り上げました。

# 浮体の復原性について (3)

SRC News No.49に続き、浮体の復原性について紹介します

## 7. エアクション方式箱型浮体のメタセンタ(空気室を区分けした場合)

復原性を増すために空気室をN等分する場合について検討する。図-15に示すように、喫水dの浮体において、空気室内水位は浮体外水面よりeだけ低い位置にある。浮体外水面から空気室上面までの高さはfである。大気圧を $P_A$ とする。このときの $\overline{KM}$ は次式で与えられる。

$$\overline{KM} = w + \frac{1}{2}e + \frac{B^2}{12e}C_N \frac{1}{1+R} \left( 1 - 6 \frac{f}{B} \theta + \dots \right) \quad (27)$$

$$e = d - w \quad (20)$$

$$R = \frac{e + f}{\kappa(e + P_A/\rho g)} \quad (21)$$

$$C_N = 1 - \frac{1}{N^2} \quad (15)$$

$$\overline{KM} = w + \frac{1}{2}e + eR\theta^2 + \dots \quad (19)$$

ヒール角の一次の項までを示してある。

(27)式の右辺第1、2項は、単一空気室の場合の(19)式と同じであるが、幅Bに依る第3項が追加されている。これは、自由水を有する箱船において自由水を区切った場合と同じであり、 $C_N$ も同じ表式である。

(27)式のヒール角θに関わる項を単一空気室の場合の(19)式と比べると、(19)式ではθの2次の微少量であるが、(27)式においては1次の微少量となっている。すなわち、空気室を区切った場合の $\overline{KM}$ は、単一空気室の場合に比べて、ヒール角の影響が大きい。

浮体外水面と空気室内水位の差 $e_n$ (n=1、2、...、Nは空気室の番号で図-16を参照)に関して、次式が成立する。(添え字0は、ヒールしていない状態における値、以下同様) これは、アルキメデスの原理がヒールしても成立することによる。

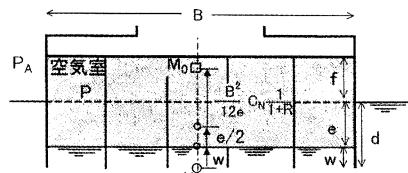


図-15 空気室を仕切ったときのメタセンタ

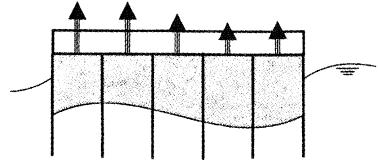


図-17 仕切が多いときの波浪荷重

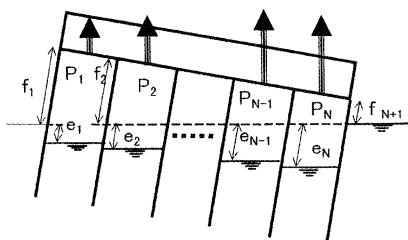


図-16 ヒールしたときの復原モーメント

$$\sum_{n=1}^N e_n / N = e_0 \quad (28)$$

個々の室の $e_n$ 、 $f_n$ 、 $P_n$ は次式で表される。

$$f_n = f_0 - \left( \frac{n-1}{N} - \frac{1}{2} \right) B \theta + \dots \quad n = 1, 2, \dots, N+1 \quad (29)$$

$$\frac{f_n + f_{n+1}}{2} = f_0 - J_n B \theta + \dots \quad (30)$$

$$e_n = e_0 + \frac{J_n}{1+R} B \theta + \dots \quad (31)$$

$$e_n + \frac{f_n + f_{n+1}}{2} = e_0 + f_0 - \frac{RJ_n}{1+R} B \theta + \dots \quad (32)$$

$$P_n = P_0 + \frac{\rho g J_n}{1+R} B \theta + \dots \quad (33)$$

$$J_n = \left( \frac{2n-1}{2N} - \frac{1}{2} \right) \quad (34)$$

$$n = 1, 2, \dots, N$$

これらの式から $e_n$ 、 $f_n$ 、 $P_n$ のθに関する変化量も1次のオーダーであることが分かる。図-16の左端のn=1の室では $e_n$ が減少し、 $(f_n + f_{n+1})/2$ が増加するが、その合計である空気室体積は増加する。その分だけ室内圧力 $P_n$ は低下する。反対舷のn=Nの室における変化量は符号が全て逆になることが、空気室を区切ることによって $\overline{KM}$ (復原力)が大きくなる理由である。

また、(30)式、(33)式のn=1、2、...、Nの平均をとることによって次式が得られるので、2次以上の微少量を無視できる範囲で、各室の $(f_n + f_{n+1})/2$ および空気室内圧力 $P_n$ の平均値はヒールに依らないと言える。

$$\sum_{n=1}^N \left( \frac{f_n + f_{n+1}}{2} \right) / N = f_0 + \dots \quad (35)$$

$$\sum_{n=1}^N P_n / N = P_0 + \dots \quad (36)$$

(27)式に示すように、空気室を区切ることによってエアクション方式浮体においても大きな復原力を得ることができる。ただし、区画数を多くすると、図-17に示すように、各室の圧力差による波浪荷重のためボンツーン方式の場合と同じ弾性変形の問題が生ずるので区画数には上限が存在すると考えられる。

## 8. 端部に箱船を付けたエアクッション方式浮体のメタセンタ

エアクッション方式浮体の復原性を確保する方法として、空気室を仕切る方法以外に、端部に箱船を付加する方法もある。次式は、図-18のa)に示すように、両端に幅sの箱船を有する全幅Bのエアクッション方式浮体のKMを示す。e、wは、空気室内水位から浮体外水面、船底までの距離で、添え字0はヒールしていないときの値、1、2はヒール後の値である。

$$\begin{aligned} \overline{KM} = & \frac{\sqrt{2}(B-2s)(w_1 + w_2 + e)}{(B-2s)e_0 + 2s(w_0 + e_0)} \\ & + \frac{s(B-2s)\sqrt{2}B + \frac{1}{6}(B-s)\tan^2\theta}{(B-2s)e_0 + 2s(w_0 + e_0)} \\ & + \frac{s\left(\frac{2}{3}s^2 + \frac{1}{3}(w_1^2 + w_1w_2 + w_2^2) + (w_1 + w_2)e + e^2\right)}{(B-2s)e_0 + 2s(w_0 + e_0)} \end{aligned} \quad (37)$$

(37)式は、s=0とすると端部の箱船がない場合の(19)式に一致する。s=B/2とすると通常の箱船の(5)式に一致する。また、e=e\_0=0とすると双胴船の(8)式に一致する。

ヒール角θ→0のときは、(37)式でθ=0とおいて次式となる。

$$\overline{KM}_0 = w_0 + \frac{\sqrt{2}B(B-2s) + \frac{2}{3}s^2 - w_0(w_0 + e_0)}{(B-2s)e_0 + 2s(w_0 + e_0)} \quad (38)$$

本式はs=0のときの第1、2項に両端の箱船の影響を表す第3項が加わった形になっている。図-18のb)、c)に、e\_0=w\_0=d\_0/2としたときのKM\_0/B、KM\_0/dを示す。本図から、B/dが小さいときは両端に箱船を付けてもKMは大きくならないが、B/dが大きくなるに従い両端の箱船の影響が顕著になることが分かる。ただし、復原性能を向上させるために両端の箱船の幅を広くすると、波による外力変動が大きくなり、波浪外力が小さいというエアクッション方

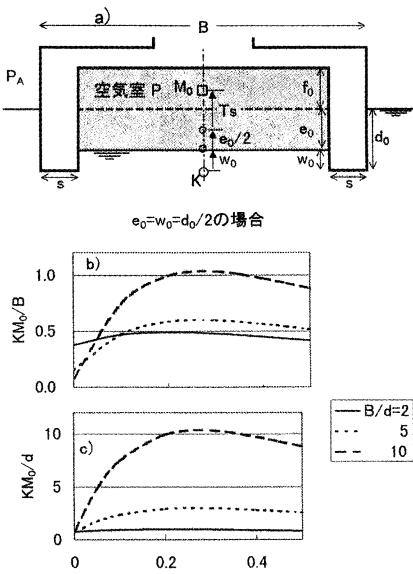


図-18 箱船付エアクッション方式浮体のメタセンタ

式浮体の長所が減殺されることになる。また、e\_0、w\_0の値(e\_0+w\_0=d\_0)にも依るが、KM\_0の値には0<s/B<1/2に極大値が有り、s/Bを最大値(1/2)にしてもKM\_0は必ずしも最大とはならない。

### 9.まとめ

以上の結果をまとめて、単胴、双胴の通常の箱船、船底全面を覆う自由水を有する箱船、およびエアクッション方式浮体のKM\_0を次式で統一的に表すことができる(両端に箱船を有するエアクッション方式浮体の場合を除く)。

$$\overline{KM}_0 = w + \frac{1}{2}e + \frac{B^2}{12e} \frac{C_N T}{1+R} \quad (39)$$

$$e = d - w \quad (13)$$

$$C_N = 1 - \frac{1}{N^2} \quad (15)$$

$$T = 3 - \epsilon \frac{s}{B} + 4 \left( \frac{s}{B} \right)^2 \quad (9)$$

$$R = \frac{e + f}{\kappa(e + P_A/\rho g)} \quad (21)$$

dは喫水、Bは幅である。

各種浮体に対するw等を下表に示す。

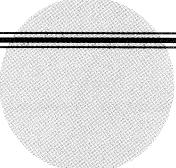
	w	N	s/B	R
箱 船	单胴	∞	1/2	0
	双胴		0~1/2	
	自由水		>0	
エアクッショ ン方式浮 体		≥1	1/2	>0

wは自由水の深さないしエアクッション方式浮体の浮体内水位で、e=d-wは浮体外水位と浮体内水位の差である。自由水の無い箱船ではw=0、e=dとなる。

C\_Nは自由水ないし空気室を区切った場合の修正係数で、N=1の単一区画のときはC\_N=0となり、(39)式の第3項は消える。自由水が無い箱船は、自由水を無限に区切った場合と同じなので、N=∞とおいて、C\_N=1となる。

Tは双胴型箱船に対する修正係数で、単胴幅sと全幅Bの比で決まる。単胴の箱船やエアクッション方式浮体は、幅s=B/2の単胴が隙間無く接合された双胴船と見なすことができる。s/B=1/2のときT=1となる。

Rはエアクッション方式浮体の空気の圧縮性によって決まる係数で、エアクッション方式でない場合はR=0である。



# 鹿島南部地区消防事務組合「かみす」について

## 1. まえがき

消防艇「かみす」は、旧「かみす」の代船として建造されたもので、鹿島南部地区消防事務組合鹿島港消防署に所属する総トン数68トンの消防艇である。

本艇は化学消防艇としての消火設備・流出油処理機能を装備しており、特に機動性を高めるため巡航速力において18ノット以上を確保できるよう主機関に高速ディーゼル機関2基を搭載している。

また、推進しながら主機関フロントより消防ポンプを駆動し、毎分30,000リットルの大量放水を可能としている。

更に、伸縮放水塔により高所からの放水や、救助ボート・人命救助器具等を備えた最新鋭の消防艇である。

なお、本艇は航行区域を平水区域としているが、構造・救命設備・諸設備等において沿海区域対応とし、緊急時の活動範囲を広くしている。

以下、本艇の概要を紹介する。

## 2. 基本設計及び工程

### 基本設計及び建造監理

(財)日本造船技術センター

建造 (株)アイ・エス・ビー

起工 平成12年10月12日

進水 平成13年 2月15日

竣工 平成13年 3月12日

## 3. 主要目等

### (1) 船質及び航行区域等

船 質	船 体	耐候性高張力鋼 上部構造 耐食アルミニウム合金
航 行 区 域		平水区域 (沿海区域対応)
船 型		ハードチャイン
救 生 設 備		第4種船

### (2) 主要寸法等

長さ (全長)	28.01m
長さ (垂線間)	25.00m
幅 (型)	6.40m
深さ (型)	2.50 m
計画満載喫水 (型)	1.50m
総トン数	68トン

### (3) 速力及び航続時間

常備状態速力	巡航 18.19ノット
試運転状態速力	最大 20.20ノット
航続時間	10時間以上

### (4) 最大搭載人員

船員	7名
その他	

10名 (航行予定時間 24時間未満)
30名 ( " 1.5時間未満)

### (5) 主機関及び補機関

主機関	4サイクル高速ディーゼル機関 1,750PS × 1,935rpm
発電機関	4サイクル高速ディーゼル機関 75PS × 1,800rpm × 1基

### (6) プロペラ

4翼可変ピッチプロペラ 直径1,350mm

### (7) 消防装置

#### 消防ポンプ

容量 15,000ℓ/min

揚程 130m

基数 2基

最大放水量 30,000ℓ/min

#### 放水砲 (自動遠隔操作型)

伸縮放水塔上 7,000ℓ/min × 1基

操舵室上 5,000ℓ/min × 2基

船首甲板上 3,000ℓ/min × 2基

救難用吸水口 φ 90 × 4個

消防用放水口 φ 75 × 8個

φ 65 × 8個

自衛噴霧ノズル 120ℓ/min

### (8) 主要タンク類

燃料タンク	4,000ℓ × 2個
雑用清水タンク	800ℓ × 1個
No1 泡原液タンク	4,100ℓ × 1個
No2 泡原液タンク	4,900ℓ × 1個
流出油処理剤タンク	1,000ℓ × 1個

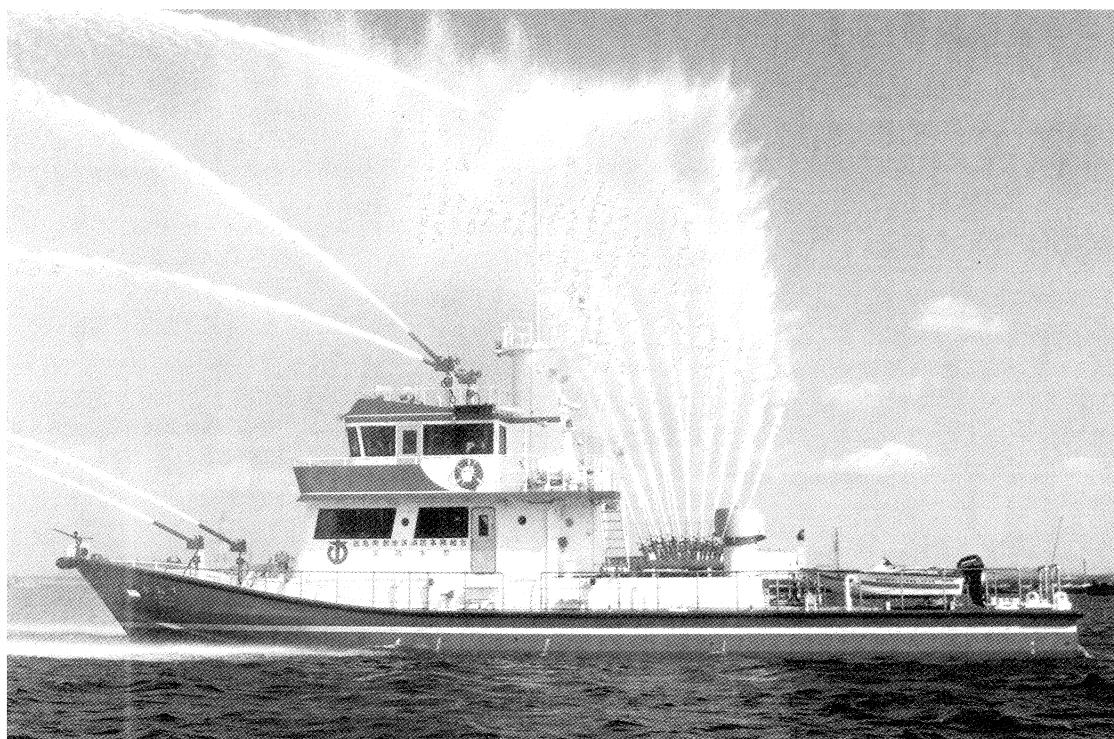
## 4. 船型及び構造

船型は単胴型ハードチャイン船型を採用している。

構造は縦肋骨方式とし、上甲板以下は耐候性高張力鋼、救護室兼作戦室・操舵室・マスト等の上部構造物は、耐食アルミニウム合金を使用し、重量軽減と重心降下を計った。また、鋼構造とアルミ構造との接合には、クラッド鋼鉄を使用した。

## 5. 特長

- 初期消火、人命救助に効力を発揮するため巡航速力18ノット以上を確保し、緊急時の機動性を高めた。
- 水面上約14.5mの高さまで伸びる伸縮放水塔を設置し、高所からの有効な消火活動を可能とした。
- 消防ポンプを利用してウォータージェット式側方推進装置を船首に設置し、油処理剤の拡散及び船体の操縦性能を向上させた。
- 全長約4m、25馬力の小型救助ボートを搭載し、海上における迅速な救難・救助活動に対処した。
- 操舵室に、主機関や消防ポンプ等の遠隔操作及び甲板上の消防・救助活動等の状況並びに機関室の状況を的確に把握するためのモニターテレビ装置を設け、省力化を図った。
- 流出油回収対策として、毎分160リットル回収可能なディーゼル機関駆動の回収装置及び回収油タンク等を装備した。



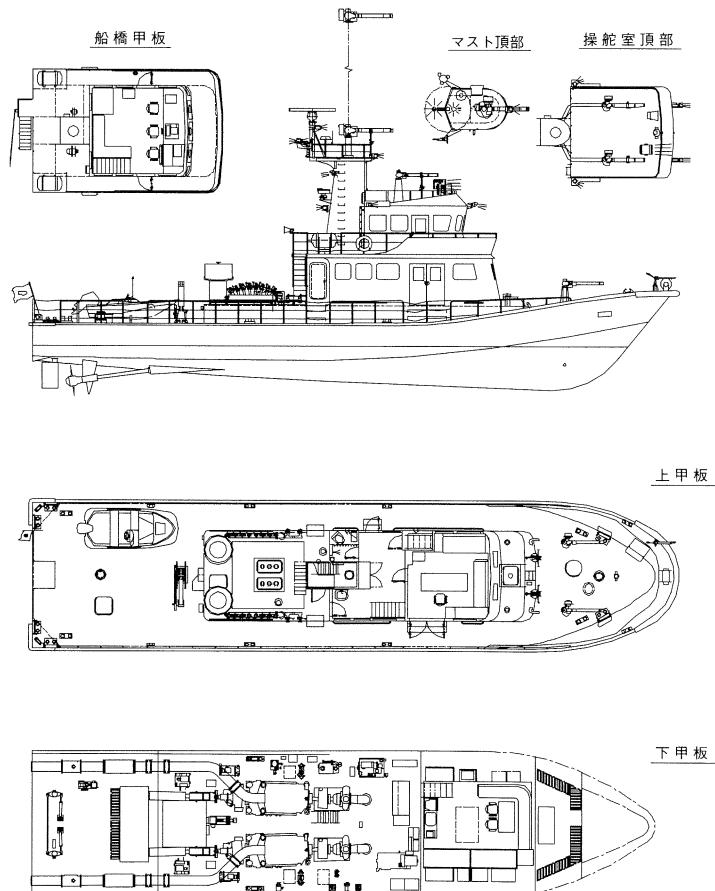
## 6. あとがき

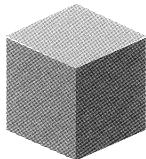
最近の消防艇の建造計画においては、「巡航速力のアップ、高所からの放水機能の充実、消防ポンプ能力のアップ、駆動機器類の遠隔操作拡大に伴う省力化・救助・救急用具の充実、流出油対策」等が大きな比重をもって要望されるようになっている。

本艇はこれらの要望を簡潔に取り入れ、緊急時の活動に速やかに対応可能となるよう使いやすい消防艇を目指して建造されている。

最後に、本艇の基本設計及び建造監理を進めるに当たり、常に積極的なご支援とご高配と賜った鹿島南部地区消防事務組合関係者に対し、厚くお礼申し上げます。

なお、建造に当たっては、株式会社アイエス・ビーを初めとして、関係メーカー各位が高度な技術をもって努力されたことを付記します。





# 船体外板塗膜の汚損と損傷評価について

## はじめに

SRC News No.48及びNo.49号において船体汚損や塗膜損傷、および就航実績解析について紹介しましたが、本稿ではその結果から興味を引きそうな所を紹介します。

## 1. 就航実績の簡易解析結果

主として北日本海域に就航する内航フェリーや東京湾の往復等限られた航路の小型船を対象に提示された就航実績データを基に提案した簡易解析法を試してみました。提供頂いた関係の方々には失礼ですが玉石混交のデータからどの程度整合性があり且つ有意義な結果が得られるかが楽しみです。提供されたデータから平均速力、平均喫水、燃料消費量を抽出し、計画喫水及び排水量から就航時平均喫水相当の排水量を求め、推進性能の無次元パラメータとして良く知られたアドミラリティ係数に直します。アドミラリティ係数は船舶の教科書には必ず出てくるなじみ深いパラメータで排水量<sup>2/3</sup>×速力<sup>3</sup>/馬力の式で表わされます。ここで、馬力の代わりにデータの取り易い燃料消費量を用い、排水量がはつきりしない場合は、計画の総トン数や載貨重量を使います。汚損による粗度影響係数は入渠前、出渠後のアドミラリティ係数の比率から1を差し引き、全抵抗係数を掛けて得られる事はSRC News No.49で紹介しましたので詳細は省きます。入出渠前後の就航実績解析アドミラリティ係数の例を図1に示します。入渠再塗装により性能が向上する事が分かります。

## 2. 外板塗膜の汚損・損傷評価との関連

入渠時において、主として塗料メーカー担当者の目視による外板塗膜汚損・損傷状況の5段階表示の評価が行なわれています。(1)スライム、(2)貝類、(3)海藻類の付着状況により生物汚損影響を、(4)膨れ、(5)剥れ、(6)錆の程度や範囲により塗膜損傷を夫々評価していますが、これらの指標と上記の就航実績解析結果との関連を検討しました。なお、就航実績解析結果より求めた粗度影響係数を更に国際水槽会議の式により平均粗さ( $\mu$ )に直して評価しています。ここで、粗度影響係数( $\Delta Cf$ )は新造時

(100  $\mu$ 相当)、経年変化影響及び汚損影響の合計された値です。なお、経年変化影響は代表的な外航貨物船のデータより0.05E-3/年で増加し、6年以降はサチュレートして0.3E-3としています。図2から図7に(1)～(6)の指標と平均粗さ( $\mu$ )の相関関係を示します。影響の極端に大きな貝類を除けばスライム、海藻、膨れ、剥れ、錆は程度の相違はあるものの相関関係が見られ、又、平均粗度の値も公表されている汚損状態の船体外板平均粗度の値と良く対応しています。スライムや海藻による関係では相関関係に疑念のある数点のケースも膨れ、剥れ、錆と言う損傷とは相関が認められます。玉石混交のデータから構成されているにしては纏まった傾向が見られます。

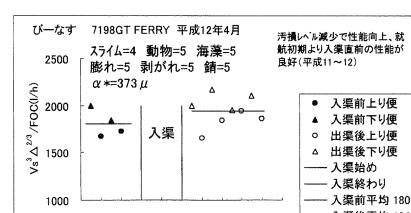
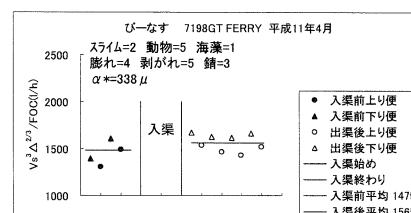
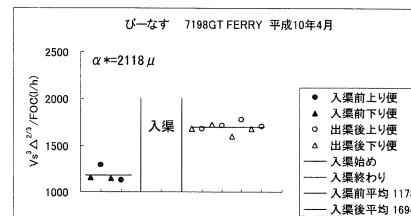


図-1 内航船就航実績と船体汚損影響

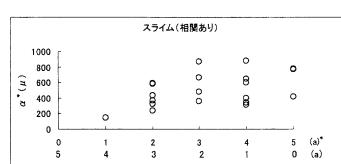


図-2 塗膜汚損評価指数と平均粗度(スライム)

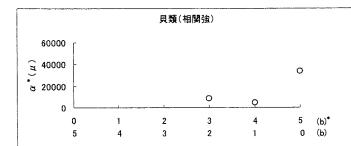


図-3 塗膜汚損評価指数と平均粗度(貝類)

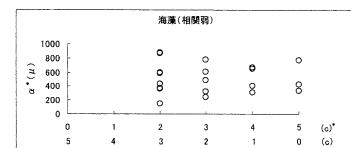


図-4 塗膜汚損評価指数と平均粗度(海藻)

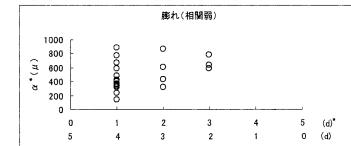


図-5 塗膜汚損評価指数と平均粗度(膨れ)

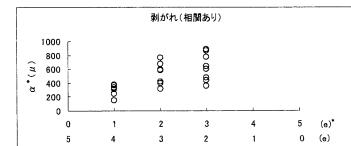


図-6 塗膜汚損評価指数と平均粗度(剥がれ)

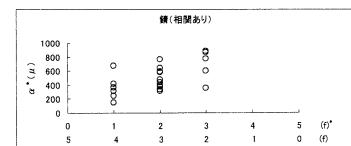


図-7 塗膜汚損評価指数と平均粗度(錆)

## おわりに

多量の就航実績データからすばやく有用な情報を得る方法として簡単な解析法を考案し、試してみました。いろいろと試したい誘惑を押さえて、機械的な計算を行って平均粗度を求め、これも互いに無関係な観察者の塗膜評価結果と合わせてみた結果、かなりの相関関係のある事が分かりました。手法そのものはかなり大胆な仮定を基にしておりますが、就航実績と塗膜状態とを関連付ける方法として有効ではないかと考えています。

# 水槽試験プラクティスの改良

当センターの主たる業務である推進性能試験のプラクティスは、当センター創立以来、精度と信頼性の向上を目指して改良を重ねることにより作り上げられてきています。例えば、天秤式動力計から全量式動力計への転換、対水流速計の採用、曳航台車制御方法の改良などのハードウェア面の改良、水槽の定在波の計測、水槽水の温度成層影響の把握と水温分布均一化の努力などの研究成果の一つ一つが、現在の抵抗・自航試験自動計測プラクティスに反映され、SRC News No.31でも紹介したように実船馬力にして繰り返し精度0.2~0.3%以内という結果が得られています。

精度と信頼性は水槽試験のベースですが、その他に、結果を早くかつ安価にといふことも最近強く要請される点です。これらは水槽試験プラクティスの検討のみで解決しうるものではありませんが、波待ち時間や帰航速度、計測範囲が計測値に与える影響の調査も行っています。

図1は、肥大船の計画速力付近で波待ち時間と帰航時間を種々変更し繰り返し計測を行った場合の $C_{TM}$ のバラツキを度数分布で示したもので、真ん中の線が現行の繰り返し計測による平均値です。現行（上段）は波待ち時間を52sec×2回、帰航速度を0.7m/sとしていますが、波待ち時間を少なくした場合も（中段：5sec×2回）、また帰航速度を速くした場合も（下段：1.0m/s）、も計測データの分布範囲は現行と殆ど変わりません。ちなみに標準偏差はどの場合も0.2%以下となっています。

また200mある水槽の使用範囲を種々変更した場合の検討も行っています。現行では水槽の中間部65m（70m~135m）を計測範囲として使用していますが、計測開始位置、計測距離を変更し繰り返し計測を行いました。これらの結果より、水槽の西側の方が東側より計測値がやや高いこと、計測距離を一定とすれば、計測値のバラツキはほぼ同程度となり、計測距離が長いほどバラツキは小さくなること等が分かりました。図2はこれらの結果の1例で、肥大船の計画速力付近の $C_{TM}$ の繰り返し計測結果による平均値と標準偏差を計測距離を横軸としてプロットしたものです。計測距離により平均値は変わっていますが、その量は0.2%以下です。また標準偏差は計測距

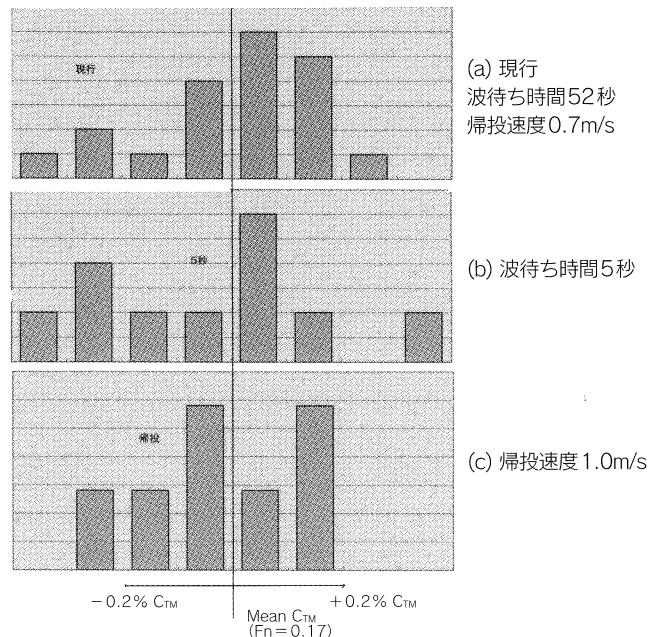


図-1 波待ち時間と帰航速度の影響

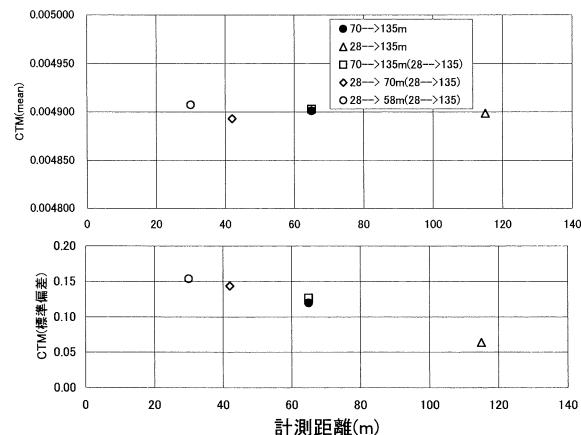


図-2 計測距離の影響

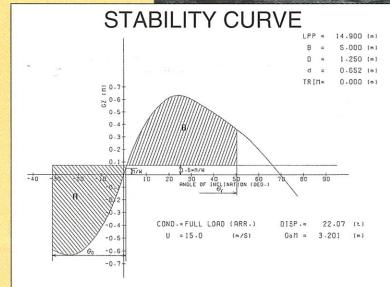
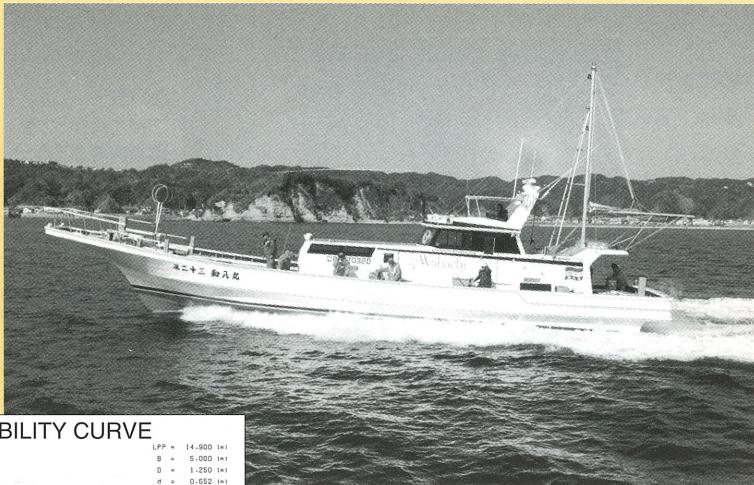
離が長いほど少なくなっていますが、計測距離30m（現行の半分以下）でも0.2%以下に収まっています。

水槽への要望も多様化しており、それにフレキシブルに対応するには水槽試験プラクティスの面からの見直しも必要です。海上技術安全研究所の400m水槽を有効に活用していくためにも避けて通ることができない課題もあります。こうした計測を積み重ねていくことにより、近い将来試験の効率化を実現し、現在と変わらない精度の推進性能試験結果をより速く御依頼いただいた方のお手元にお届けできるようにしようと考えています。



SRC News No.48&49において紹介した造船技術センターの新体制が平成13年4月より正式に活動を開始します。時を同じくして、船舶技術研究所が独立法人海上技術安全研究所として発足し、更に新しい内閣が支持率87%という強い期待の基にスタートしました。いずれも新たな時代を拓くべく不退転の覚悟を以って当たろうとする意図は同じです。SRC Newsの記事も新たな分野も加えて充実していく所存です。（K.T）

# 新造船と復原性



千葉県勝浦市松部港を母港とし、南房総国定公園の南東部海岸線に面する太平洋沖合を主漁場とする小型遊漁兼用船。

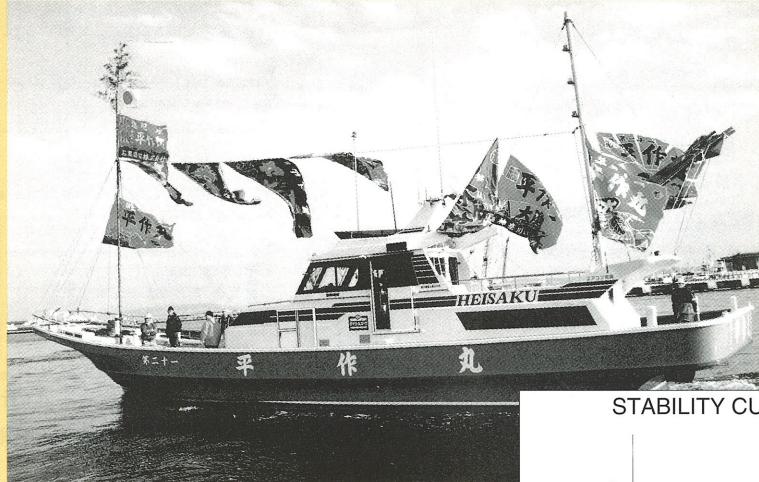
本船は、この種の船としては船幅が若干広く計画されており、最大復原てこが約65cm程度あり、安定した性能を示している。

## 船名 第二十三和八丸

用 途	小型遊漁兼用船
船 主	中村 昌
造船所	(株)小宮造船所
竣 工	平成10年11月
総トン数	19トン
航行区域	限定沿海
主要寸法(m)	長さ × 幅 × 深さ 14.900×5,000×1,250
主 機	900馬力×1基
最大速力	27ノット
旅客定員	35名

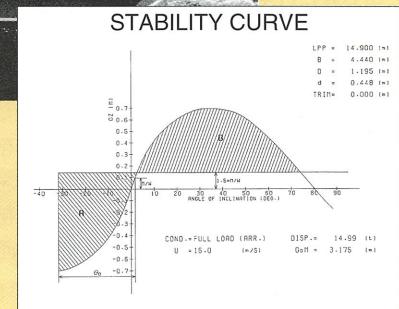
## 船名 第二十一平作丸

用 途	小型遊漁兼用船
船 主	鈴木 浩
造船所	石黒造船所(株)
竣 工	平成10年11月
総トン数	19トン
航行区域	限定沿海
主要寸法(m)	長さ × 幅 × 深さ 14.900×4,440×1,195
主 機	750馬力×1基
最大速力	30.3ノット
旅客定員	39名



神奈川県横須賀市を母港とし、横須賀市沖の東京湾を主漁場とする小型遊漁兼用船。

本船は、この種の船としては比較的軽量化が図られており、乾舷も比較的大きく、最大復原てこが約70cm程度あり、安定した性能を示している。



### 申込みの受付

試験等の申込み、問合せは右表の電話番号までお願いします。

〒171-0031 東京都豊島区目白1-3-8

TEL 03-3971-0266 FAX 03-3971-0269

財団法人 日本造船技術センター(SRC)

#### ① ダイヤルイン番号

- 役員及び総務部 03-3971-0266
- 技監(流体) 03-3971-1074
- 流体技術部長 03-3971-0259
- 流体技術部長代理 試験課 03-3971-0268
- 流体技術部 技術課 03-3971-0296
- 海洋技術部 03-3971-0267
- 海洋技術部長代理(営業) 03-3971-0285
- 海洋技術部長代理 03-3971-0298
- 海洋技術部(プロマネ) 03-3971-0297
- 浮体(メガフロート)技術部 03-3971-1087

#### ② ファックス番号 (ISDN)

03-3971-0269

#### ③ 留守電番号

03-3971-0266

(注) 6本はNTT局線