

シンポジウム 実海域推進性能の向上技術

実海域性能評価

—実海域船型学のスゝめ—

国立研究開発法人 海上技術安全研究所

流体設計系実海域性能研究グループ



辻本 勝

内容

はじめに

船型学／実海域性能

事例

実海域省工ネ装置：STEP

実海域船首形状：COVE

波浪中船尾流場

評価法と標準化（EEDIweather）

まとめ



はじめに

得意なブリッジ形状



思考が始まる

はじめに 船型学

山縣昌夫先生

船型學 抵抗篇、天然社（1941年）、推進篇、天然社（1952年）

第1章 船型學と試験水槽

船体、推進器、舵等の形状に関する研究は船舶に関する流体力学的研究の1部をなすもので、著者はこれを船型学と称している。

過去及び現在における船型学の進歩発展はこの水槽試験の結果に負うところ絶大で、試験水槽は船型学の育ての親と称するのも決して過言ではなく（中略）試験水槽の利用はますます増加することと思う。

はじめに 船型学

中村彰一先生

船舶と海洋への夢—中村彰一教授退官記念セミナー集—（波浪中推進性能懇談会、1986年）、基調論考 波浪中における船舶等の挙動とその性能評価

船舶の性能評価は、現下の商契約の動向を反映して試運転時における契約速度を達成したかどうかにしぼられすぎているように感じられる。

船舶の性能評価が・・・商取り引きの慣習とはいえ・・・一面的になっている原因は“性能”の定義とその評価法が**未成熟**であることによっている。

はじめに 船型学

竹澤誠二先生

船体運動およびその制御と海象—我が国における運動性能研究の歩みと展望—
運動性能研究会・第13回シンポジウム（1997年、日本造船学会）、セッション1
船体運動学の歩み

船型学

山縣昌夫：「船型学 抵抗篇・推進篇」

動的船型学
を提唱

耐航性能
操縦性能

理論の部
実験の部

船型改良と性能確認に留まっている

耐航性と操縦性が一体となって、総合動的性能に優れた船型の開発に努めるべき

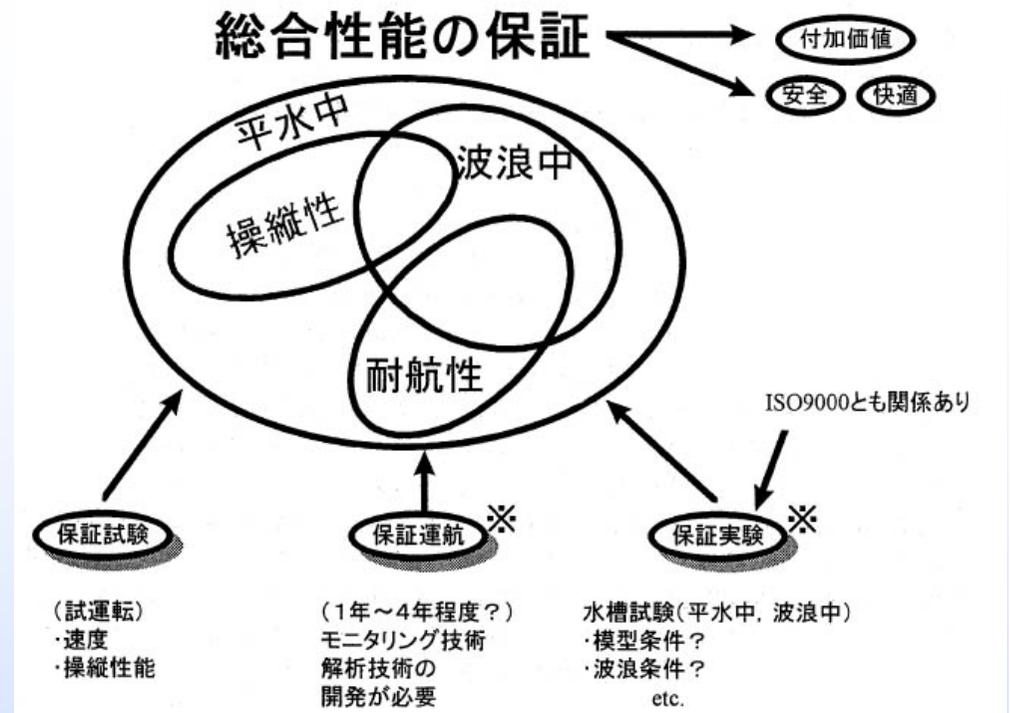
静的船型学とも合体し、真の総合性能に優れた新船型を開発するのが**総合船型学**の目的と意義。



はじめに 船型学

平山次清先生

船体運動およびその制御と海象—我が国における運動性能研究の歩みと展望—
運動性能研究会・第13回シンポジウム（1997年、日本造船学会）
セッション2 応答から見た波浪の諸問題



平水中、波浪中を通した「総合性能保証」

荒天海象の設定に関する一考察：—就航時性能保証に向けて—、日本造船学会論文集、第189号（2001年）

保証海象（平均海象、荒天海象）を設定

平均海象：船のスケールに依存せず
荒天海象：船のスケールによって変わる
という視点を示す。



はじめに 船型学

内藤林先生

実海域における船舶性能に関するシンポジウム、試験水槽委員会シンポジウム（2003年、日本造船学会）、第1章 実海域船舶性能評価法の現状について

耐航性の船型開発：平水中船型開発との調和

「平水中の抵抗、推進性能がよい船」という評価指標と「波浪中で抵抗、推進性能が良く、安全性に優れている船」という評価指標は違う事はいまや明確である。

比較的穏やかな海象での船型

水面下の形状には触れないで、実海域で性能の良い船の型を考えることが重要。

荒れた海象下での船型（推進性能の良い船：安全性が高い船）

水線面上形状の検討
船首尾端における現象

はじめに 船型学

宮本雅史氏

輸送機関としての船舶の性能評価—実海域中推進性能を考慮した船型設計—、博士論文（2007年）

現在のシーマージンを介した船型設計法が内包する問題点については、これまでも認識されていたが、実海域中推進性能は自然現象のみならず人為的要因も関与するなど極めて複雑な現象であるため、それに変わる設計法を見出せずに推移してきたのが現状である。

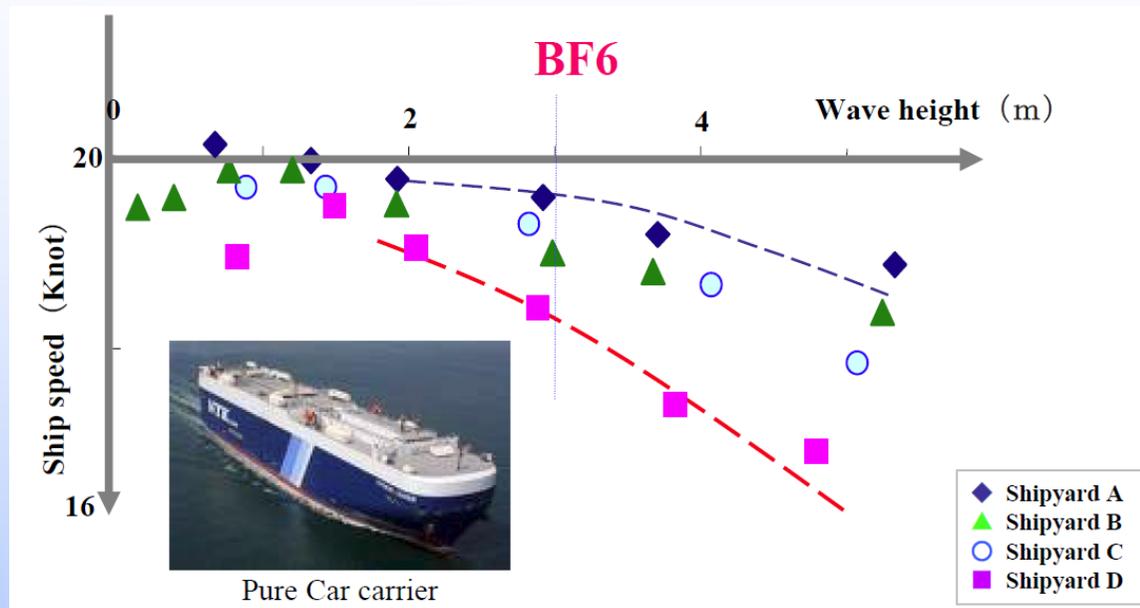
平水中推進性能の良い船は必ずしも実海域中推進性能が良いとは言えない

実海域中推進性能に及ぼす船体主要目の影響は、船速や燃料消費量などの評価項目や試運転状態、20年間平均値などの評価時点によって異なる場合がある。

輸送効率の高い船舶の設計には、シーマージンに代わる設計基準として船速が満たすべき運航上の必要条件を明確にする必要がある。

はじめに 実海域性能

平水中性能は同じでも実海域で差が生じている



第50回実海域推進性能研究会（記念講演）（2002年）、田中良和、運航に求められる性能とその問題点について

TECHNO MARINE、884号（2005年）、田中良和、最適速力と実海域での性能差

- 生涯燃費に差が出る。
- 実海域性能を持って船舶性能を評価、確認（保証）する標準手法の構築が必要である。
- 平水中性能をターゲットに船型を設計するのではなく、実海域性能をターゲットに設計すべき。

はじめに 実海域性能 + 船型

松本光一郎氏のグループ

大阪大学との共同研究を通じ、波浪中抵抗増加低減船首形状を開発し実用化を行った。

従来の波のない海面状況を前提とした平水中性能の最適化を追求した船首形状から、波や風のある実海域での波浪中性能向上を考慮した新たな船首形状を開発し、実用化した。

これにより、従来の船首形状に比べ、波浪中抵抗増加を20~40%低減するとともに、燃費低減率3~5%を実現した。



従来型

Ax-Bow

LEADGE-Bow

はじめに 実海域性能

実海域推進性能（本船の実力）の答えは海上に！



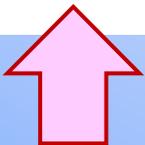
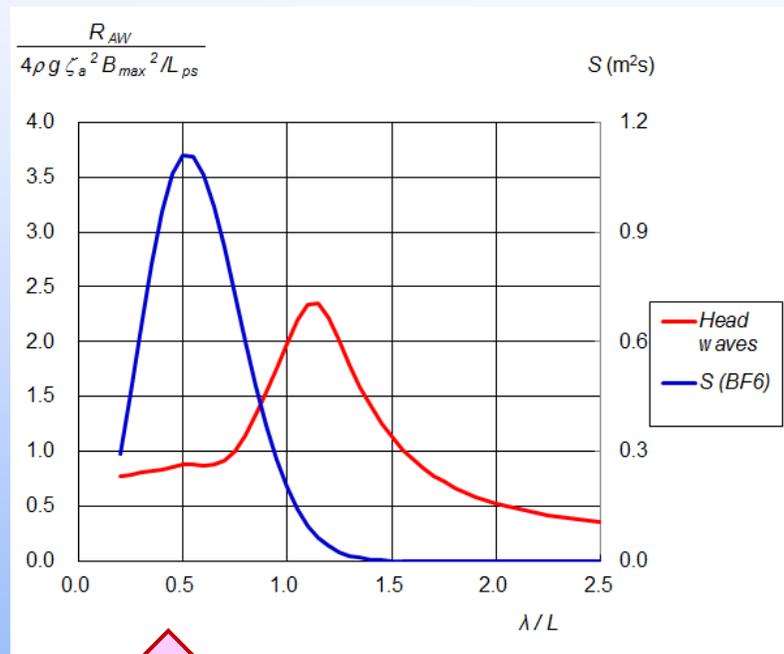
海洋波は不規則性を有する



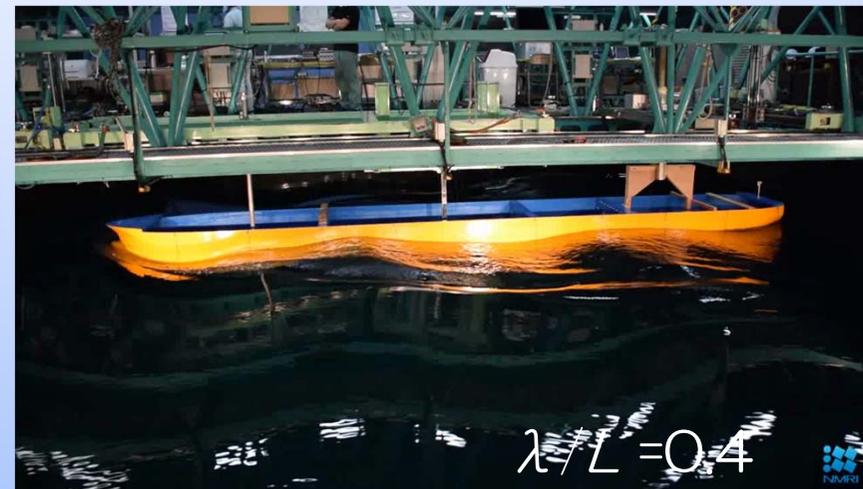
短波頂不規則波
short crested irregular waves

はじめに 実海域性能

規則波中抵抗増加
周波数応答関数 (L=225mの例)



スペクトラムは
短波長域に集中



短波長規則波
regular short waves

はじめに 実海域性能

実海域推進性能を考慮した設計

多様な設計条件をどう決める（単純化する）か

設計条件

船速 ギャランティポイントを中心に最適化

→ 船速低下を考慮した設計ポイントは上記と異なる

気象海象 長期予測ベース

設計不規則波

→ 絞り込み（代表的な短期海象）

大型船・・・短波長向波（波長船長比0.3~0.5）

→BF6（大洋の平均海象に近い）

有義波高3m相当

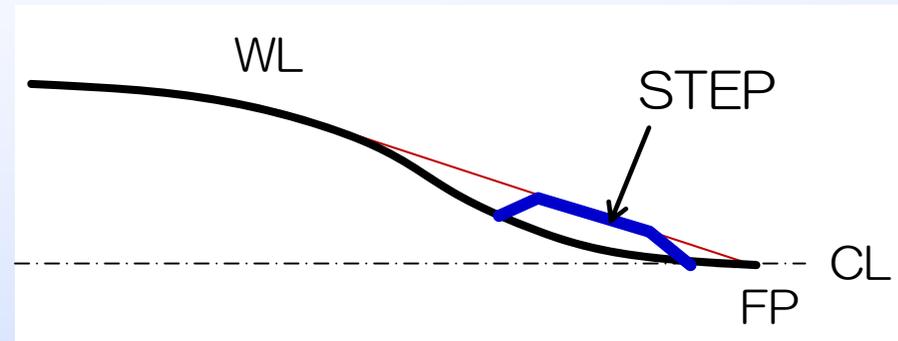
事例：実海域省エネ装置STEP

波浪中抵抗増加は水面上形状の影響を受けることが知られている

短波長中の抵抗増加（漂流力）

・・・WLが三角形形状が最小

内藤、上田：短波長域における船首形状と抵抗増加の関係、関西造船協会誌、第217号（1992年）

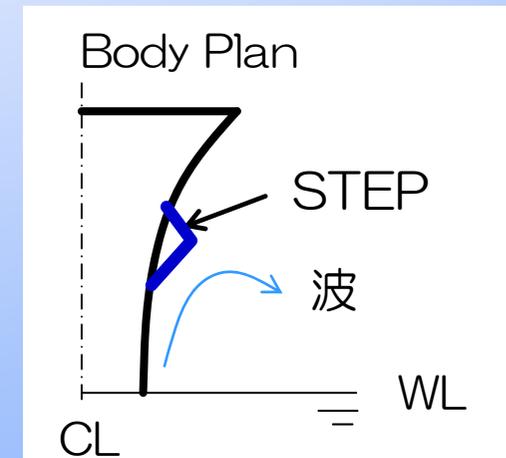


瘦型船 ……WLが凹形状

瘦型船が対象

小型の付加物でWL形状を改良

STEPの船体から波を剥がす（上方まで上がらない）フレア効果もある



STEP: Spray TEaring Plate

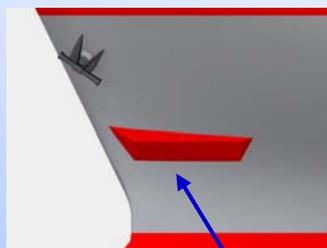


事例：実海域省工ネ装置STEP

研究開発（国交省の省工ネ補助金）

開発目標：実海域燃費2%改善

水槽試験で効果を評価し、実船計測で検証する



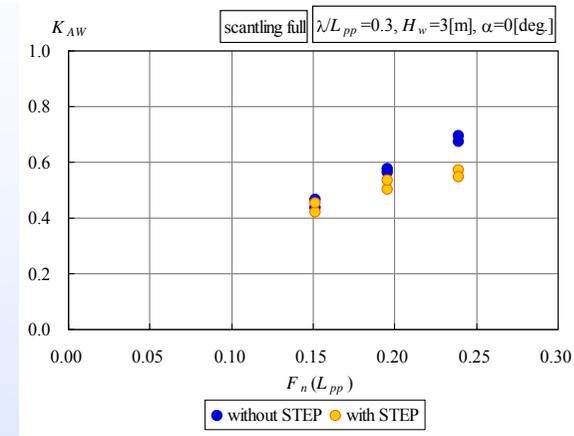
STEP

静的水位上昇より上方に設置

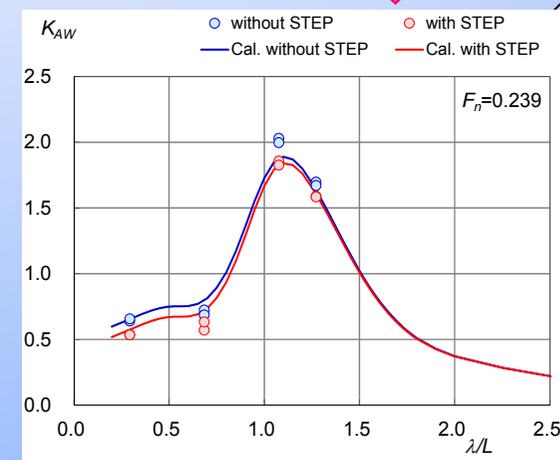
- 平水中抵抗に影響を与えない
- レトロフィット容易



短波長規則波中試験結果（速度変更）



数値計算に反映可能

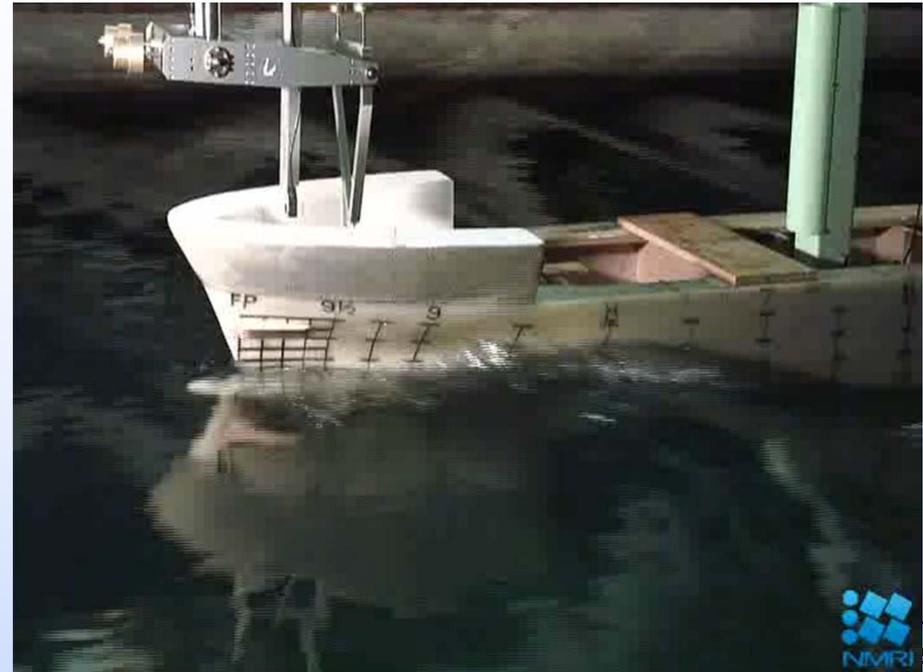
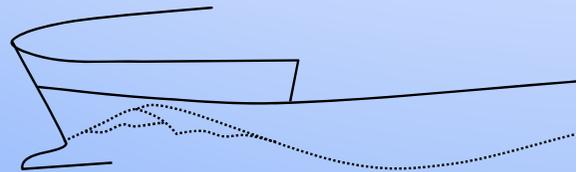


事例：実海域省エネ装置STEP

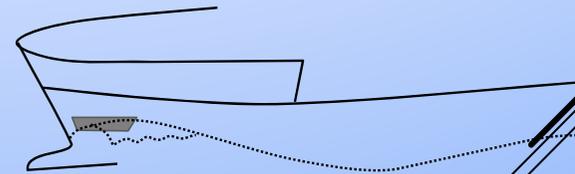
短波長中の水槽試験



STEPなし



STEPあり



STEPにより入射波の反射を船幅方向に変える

事例：実海域省エネ装置STEP

STEP有り／無しの同型船で実船計測を実施

解析対象期間：STEP有り：約20ヶ月、STEP無し：約16ヶ月

航路：STEP有り 日本－欧州
STEP無し 日本－欧州（一部アフリカ回り）



モニタリングデータ（1時間間隔）

自動計測：
日時、位置、風速風向、
対水船速、主機回転数等

波データ：波浪推算（気象庁）から推定
+ 主機出力：燃料消費量から推定
排水量・喫水：アブログデータ



STEPなし



STEPあり

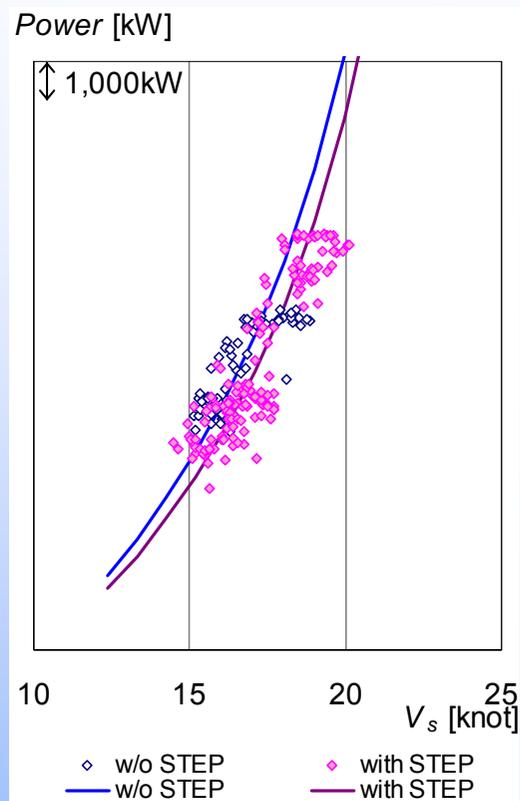
主要目

項目	値
垂線間長	170 m
幅	30.2 m
夏期満載喫水	8.95 m



事例：実海域省エネ装置STEP

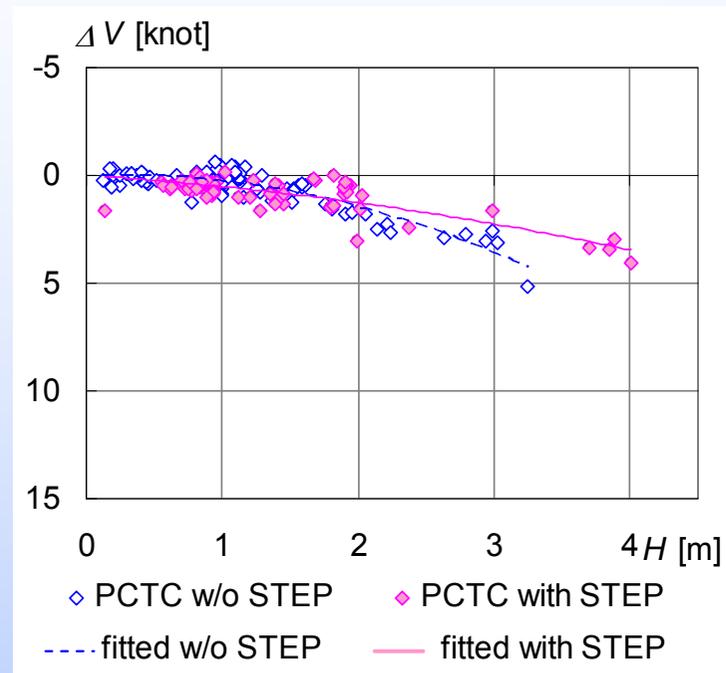
速力と出力の関係



夏期満載状態、波高2m以上、向波±90度

計測結果から平水中の誤差を考慮し、**燃費低減効果3%**が得られた。

波高と速力低下の関係



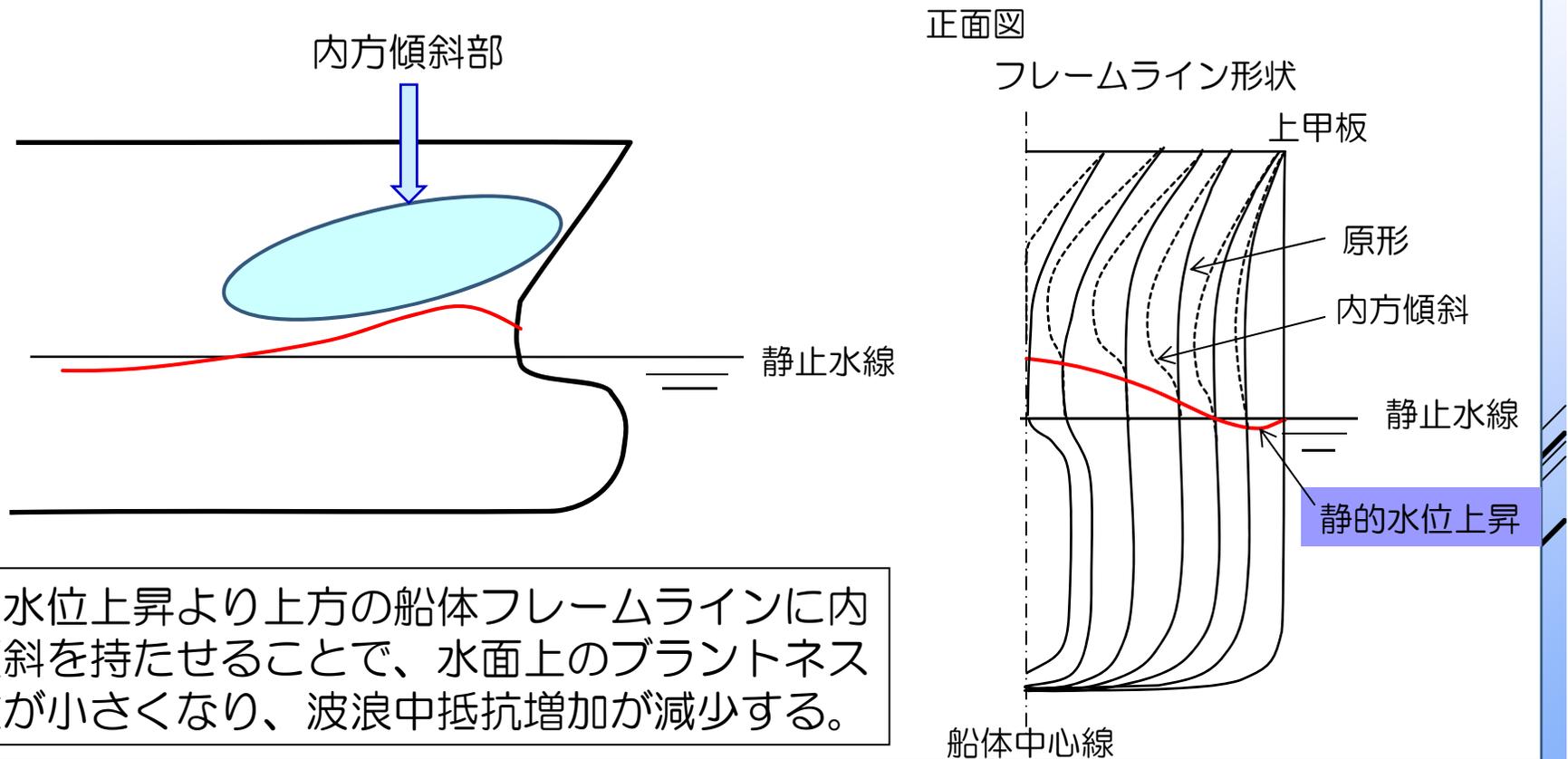
夏期満載状態、常用出力、向波±90度

波高2m以上でSTEP有りの効果が確認できる（船速低下が小さい）

事例：実海域船首形状COVE

肥大船が対象

静的水位上昇位置より上方のフレームライン形状に内方傾斜を持たせ、波浪中抵抗増加低減を図る。



平水中性能を損なうことなく波浪中性能の最適化が可能

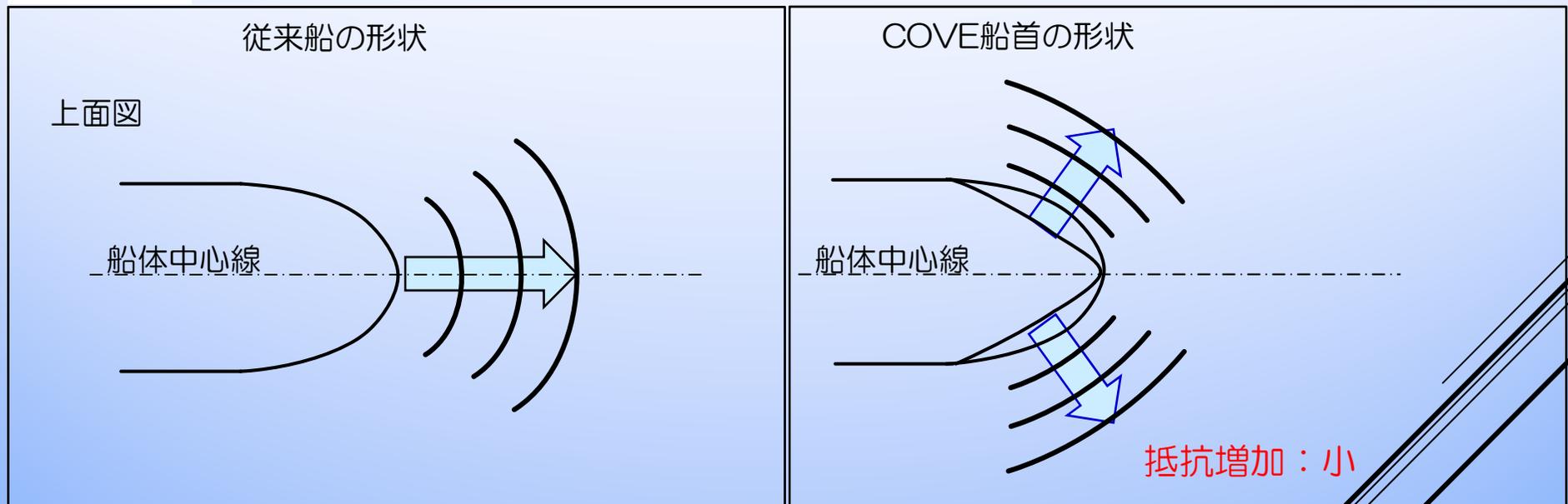
20

COVE: Concave bow shape Optimized in waVEs

事例：実海域船首形状COVE

水線面形状が凸型船舶（肥大船）が対象
COVEにより船首で前方に反射する波を低減する

原理



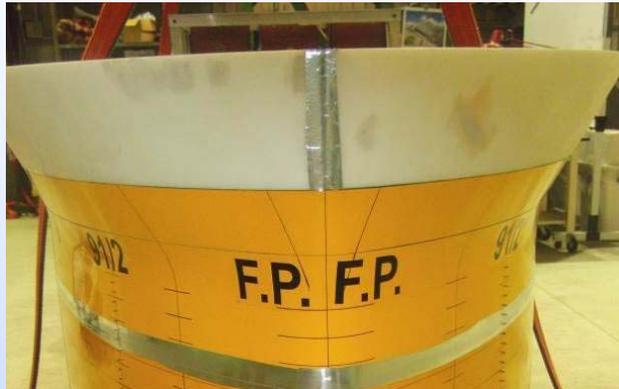
効果

BF6向波相当の海象で3%程度の燃費削減

STEPと同等の効果

事例：実海域船首形状COVE

バルカー（ハンディマックス）への適用



22

事例：実海域船首形状COVE

タンカー船型（VLCC）への適用

NO.1 : 原型



模型船用波除け



NO.2 : フレア型COVE



模型船用波除け



NO.3 : 直立型COVE（アンカー設置用構造物付）



模型船用波除け



事例：実海域船首形状COVE

水槽試験による検証（短波長規則波）

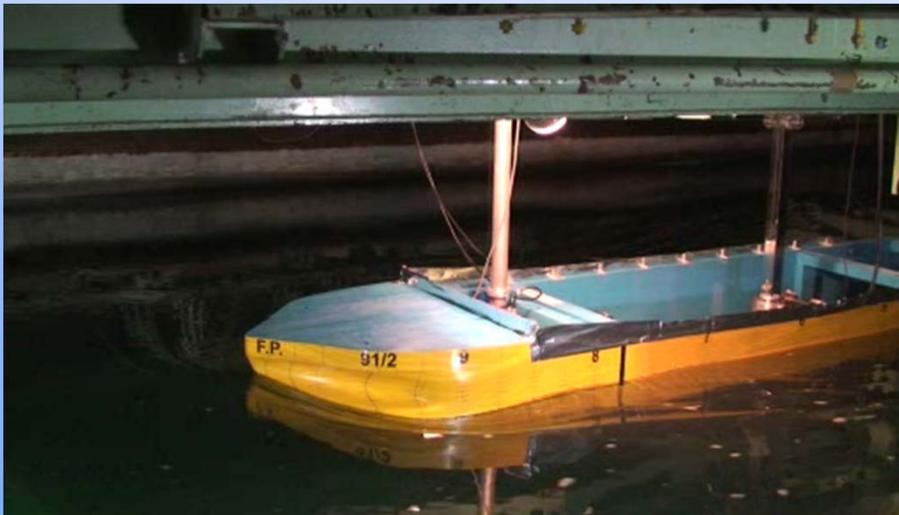
原型



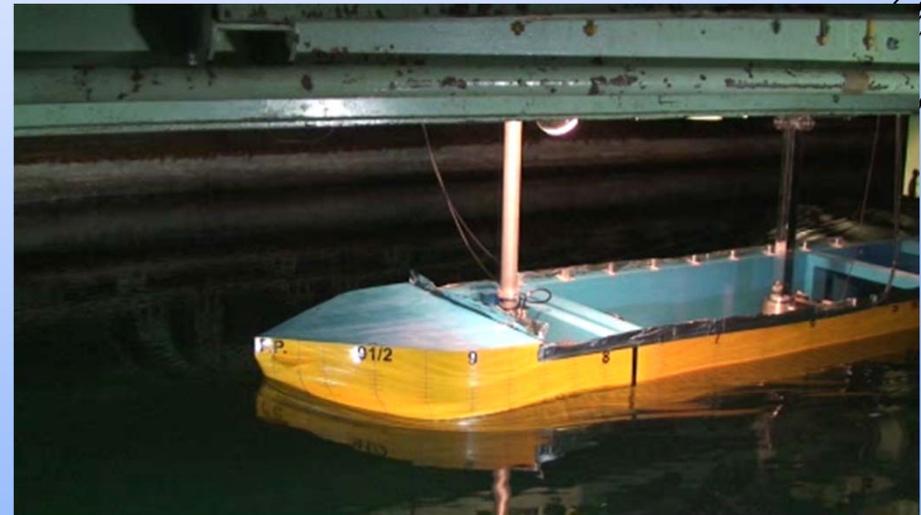
$$Fn = 0.139, \lambda/L = 0.4, \\ H = 3.0\text{m (実船スケール)}$$

COVE船首では、船首前方への波の返しが、小さくなっている様子が観察される。

フレア型COVE



直立型COVE



事例：実海域船首形状COVE

水槽試験による検証（長波長規則波）

原型



直立型COVE



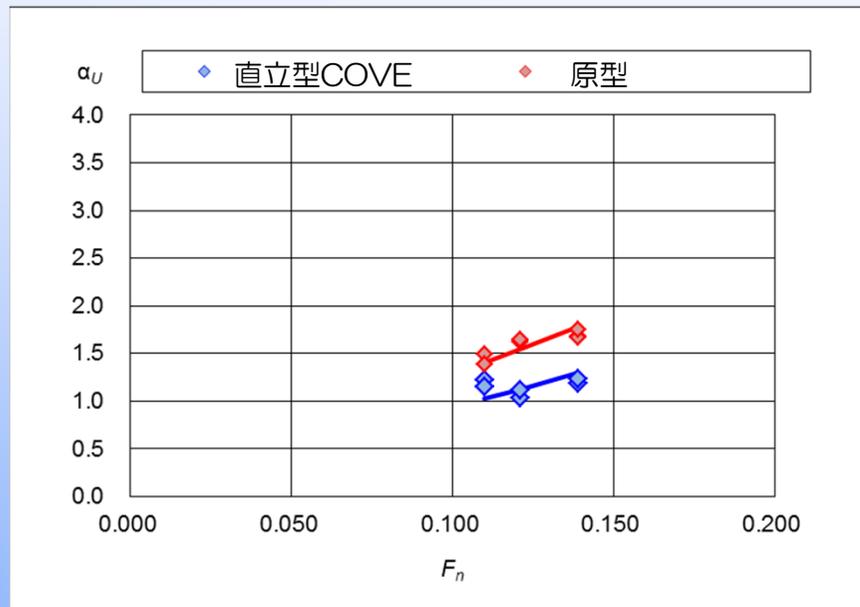
$F_n = 0.139$, $\lambda/L = 1.1$, $H = 3.0\text{m}$ (実船スケール)

船体運動により生じる波はほぼ同じであるが、船首部で前方に返す波がCOVE船首では小さくなっている様子が観察される。

事例：実海域船首形状COVE

水槽試験結果 (VLCC)

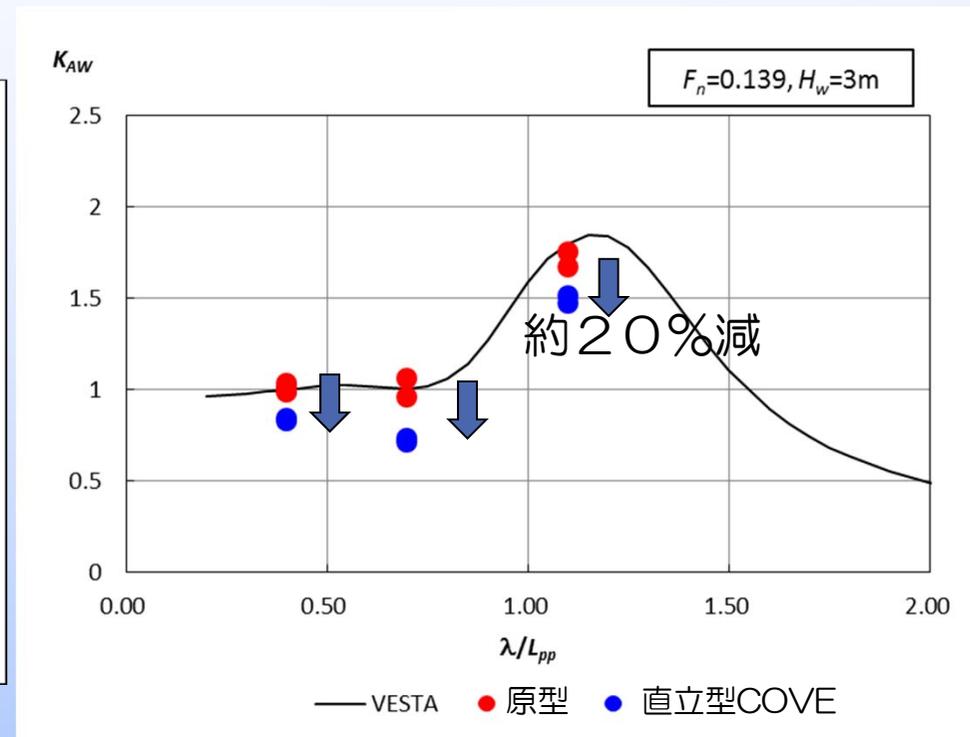
短波長での速度影響
($\lambda/L=0.4$)



速度影響係数 (C_U) 約20%減



周波数応答



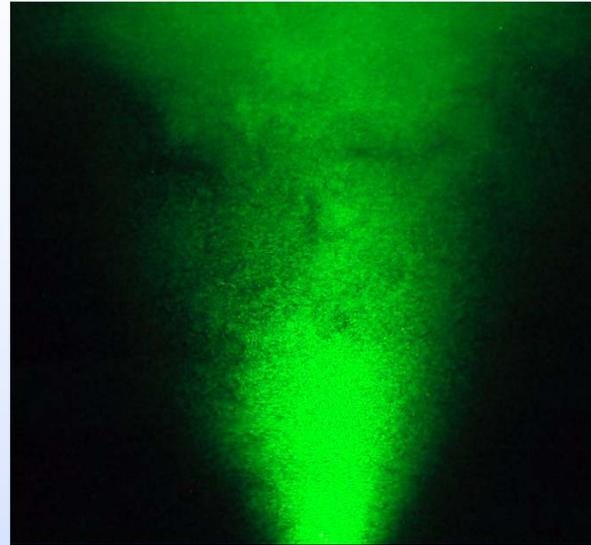
全周波数にわたり約20%低減

事例：波浪中船尾流場

マイクロバブルPIVによる流場調査



生成したマイクロバブル



レーザシート光により可視化

曳航水槽でのセットアップ



マイクロバブル供給部

レーザシート

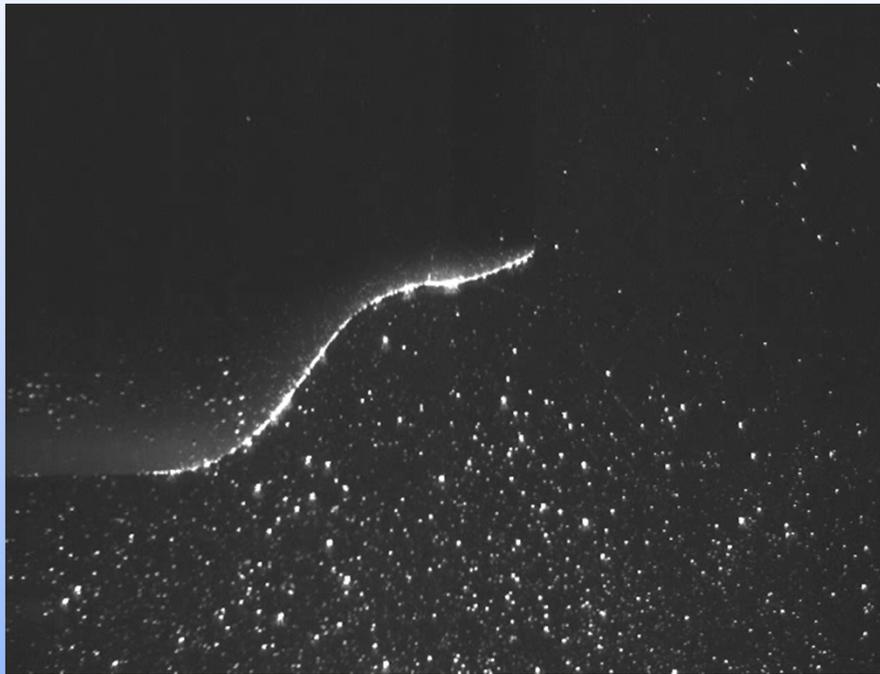
カメラ



事例：波浪中船尾流場

マイクロバブルPIVによる流場調査

船尾センターラインを側面から撮影



平水中抵抗試験状態
(プロペラなし)

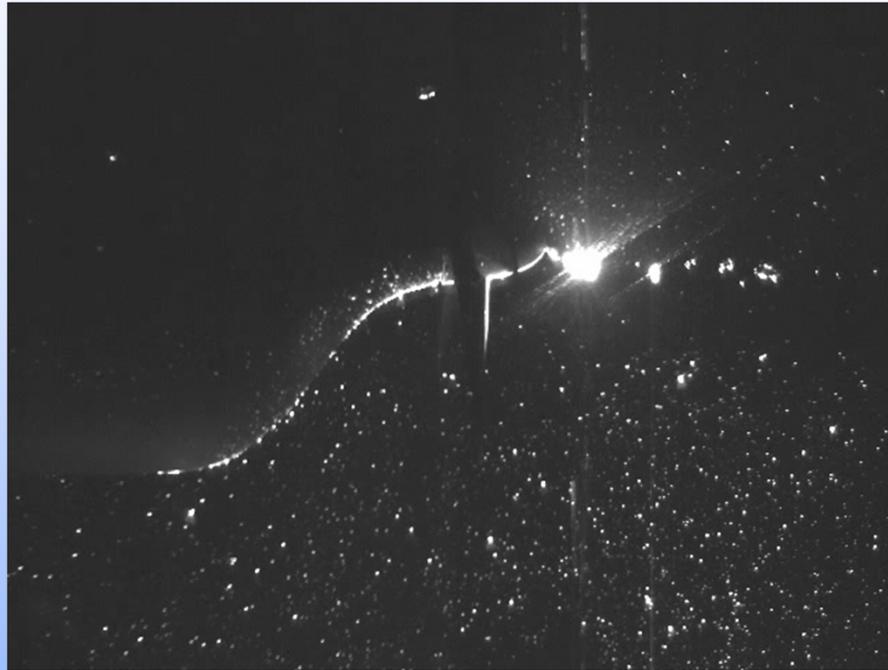


平水中自航試験状態
(プロペラ有り)

事例：波浪中船尾流場

マイクロバブルPIVによる流場調査

自航試験状態



波浪中($\lambda/L=0.4$)

船体運動はほとんどない



波浪中($\lambda/L=1.1$)

船体運動の影響



評価法と標準化 (EEDIweather)

平成26年7月30日付プレス発表 (北日本造船(株)、(独)海上技術安全研究所)

EEDIの実海域係数で認証、NKから世界初
ケミカルタンカー竣工、GHG削減に期待

*f_w*をEEDIに取り入れた数値EEDIweatherの認証を日本海事協会から
19型ケミカルタンカー、35型ケミカルタンカーで世界で初めて取得



19型ケミカルタンカー
CHEM HOUSTON (全長145m)



*f_w*認証のための波浪中水槽試験の様子

30

評価法と標準化 (EEDIweather)

EEDIの第三者認証スキームで評価

数値で記載

f_w は水槽試験ベースで決定



$$EEDI_{weather} = EEDI / f_w$$

予備認証

※船型で証書発行

※EEDIは予備認証値

最終認証

☆海上試運転の波浪修正に f_w 水槽試験結果を利用

※本船名で証書発行

※EEDIは最終認証値

まとめ

実海域推進性能と船型との関係は明らかになりつつある。

実海域を考慮した設計は設計条件が多様。
少ない工数で全体最適化が可能な設計条件を見いだすことが重要。（設計波高3mは一つの良い例）

一層の技術開発（波浪計測、船尾流場とその評価法等）により設計への反映が期待。

謝辞

実海域省エネ装置STEPの開発は、国土交通省からの高効率船舶等技術研究開発費補助金、ポートレース交付金による日本財団の助成金、及び一般財団法人日本海事協会の「業界要望による共同研究」のスキームによる研究支援並びに一般財団法人日本造船技術センターの共同研究事業による支援を内海造船株式会社が受け、海上技術安全研究所と共同で実施しました。また、実船計測による検証は、海上技術安全研究所、日産専用船株式会社、内海造船株式会社の共同研究として実施しました。

EEDIweatherの水槽試験、認証取得は海上技術安全研究所と北日本造船株式会社の共同研究で実施しました。

関係者にお礼申し上げます。

ご清聴ありがとうございました

