

ハード面からの温室効果ガス 削減への取り組み

— 内航船型及び省エネ装置の事例 —

流体設計系 久米 健一

発表内容

- * 内航省エネ船型の開発事例
- * 内航船型への省エネ船尾ダクトの適用事例
- * 空気潤滑システムの適用拡大に向けた研究事例

省エネ船型開発の背景

* パリ協定の採択を受けた内航海運からのCO₂削減目標

* 2030年度にCO₂ **157万トン削減** (2013年度比)

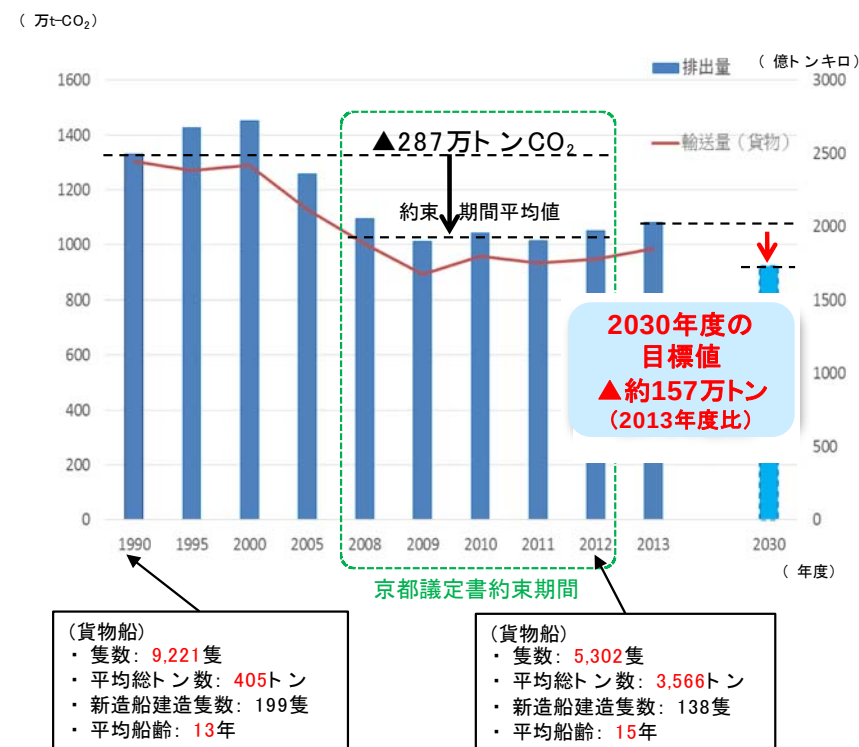
* 船型の**省エネ化**と普及促進

■ 省エネ標準船型の開発、普及のために日本船舶海洋工学会、内航船建造造船所3社が共同研究体を形成

■ 海技研は船型開発に協力

□ 749GT一般貨物船

□ 499GTケミカルタンカー



開発目標

- * 一定の省エネ性能を有する内航船型を開発する
 - * 船主、オペレータ等への調査を含めた**現実的な仕様**の作成
 - * 1990年代の類似船型の平均燃費に対し**16%以上の省エネ性能**を有する船型
 - * 制約条件の評価及び基本設計を行い、内航船として**実船建造が可能**であることを確認
 - * 幅広い船主要求に応えるため、**同等の省エネ率**を維持しつつ**主要目の異なる船型群(船型バリエーション)**を生成

実施内容

* 海技研

* 船型開発

- * CAD、船型ブレンディング手法およびCFD(コンピュータシミュレーション)を利用し、抵抗・推進性能を考慮した船型開発と水槽試験による性能確認を実施

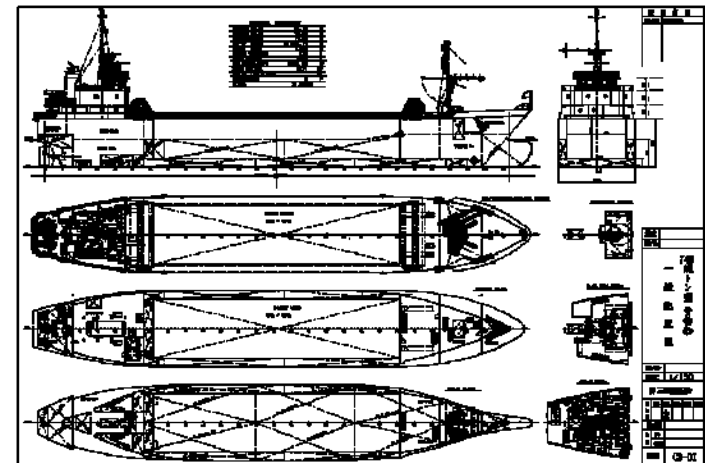
* 船型バリエーションの開発

- * 499GT型ケミカルタンカー(30船型)
- * 749GT型一般貨物船(30船型)

* 造船所(3社)

* 基本設計(成立性評価含む)

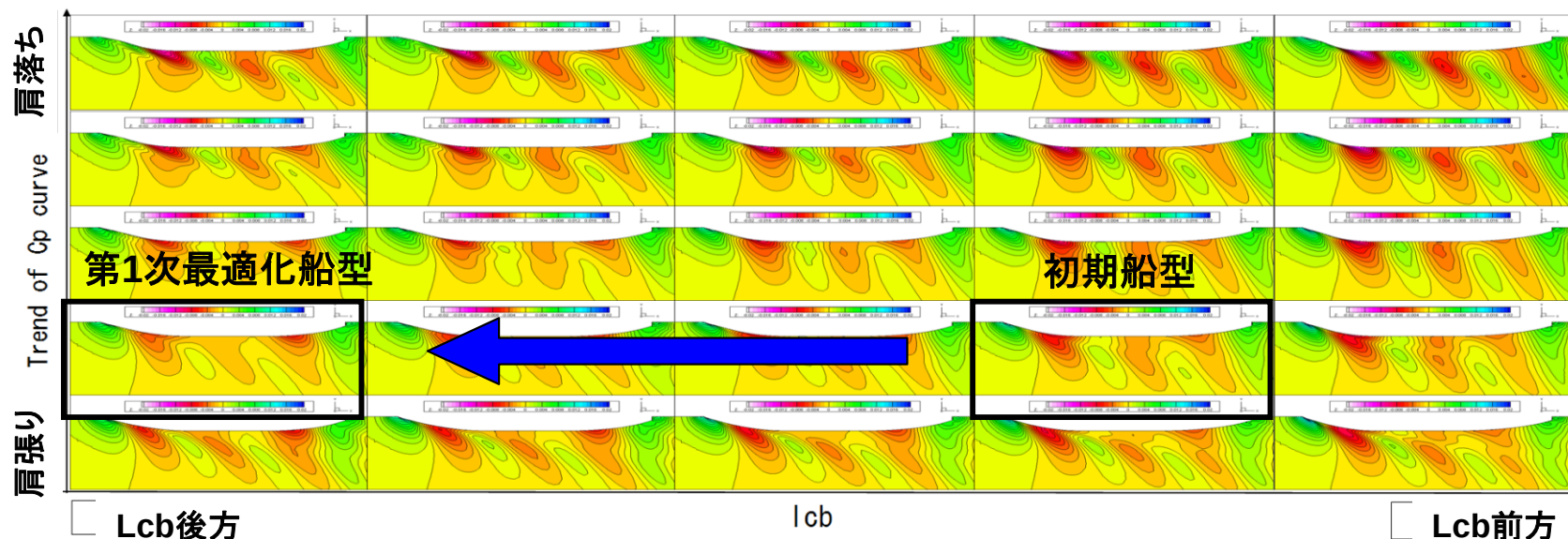
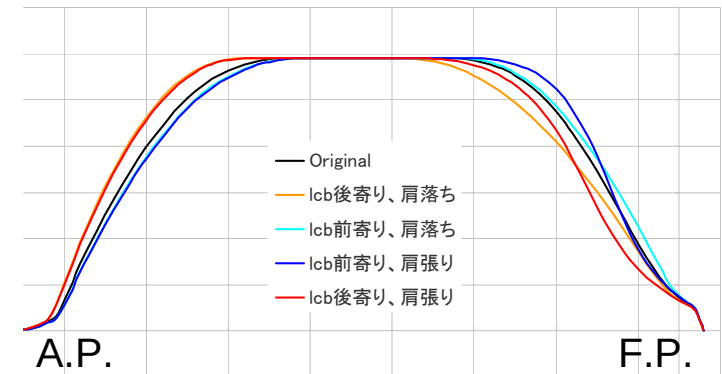
- * 一般配置図、総トン数計算、乾舷計算、載貨重量計算、中央横断面図、鋼材構造図、非損傷時復原性計算、損傷時復原性計算、諸タンクテーブル、重量重心トリム計算、諸室配置図、機関室全体配置図の作成



船型開発

(749GT一般貨物船型)

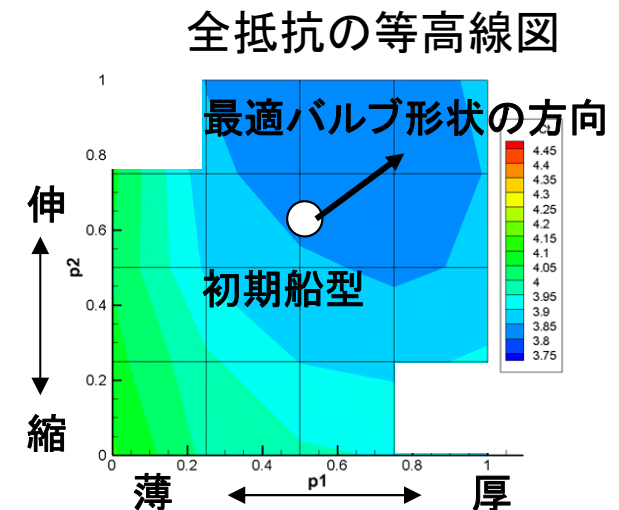
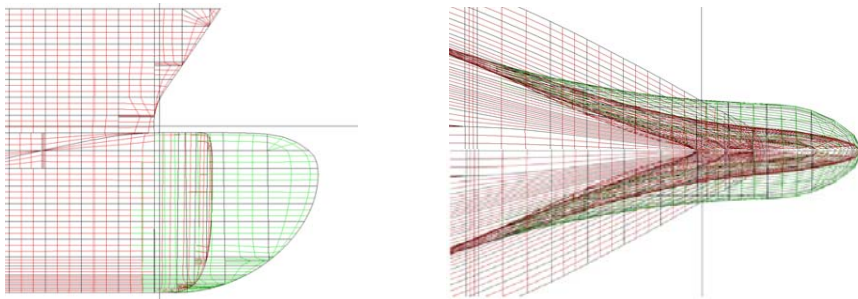
- * 初期船型の生成 (NAPA)
- * 船体前半部 **C_p曲線** の最適化
 - * 2変数 (浮心位置と肩張り・肩落ちの傾向)
 - * 船型ブレンディングに必要な4船型の生成
 - * ブレンディングにより25 (5×5) 船型を生成
 - * CFD計算による波紋図評価



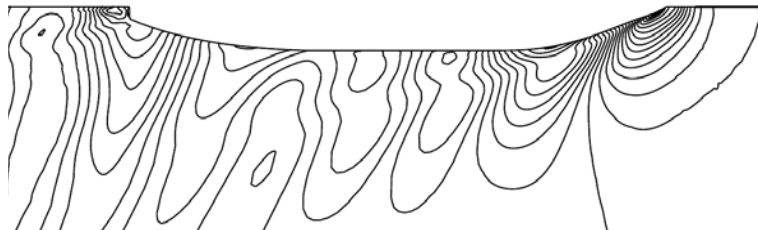
波高分布が最も優れた船型を第1次最適化船型として採用

船型開発

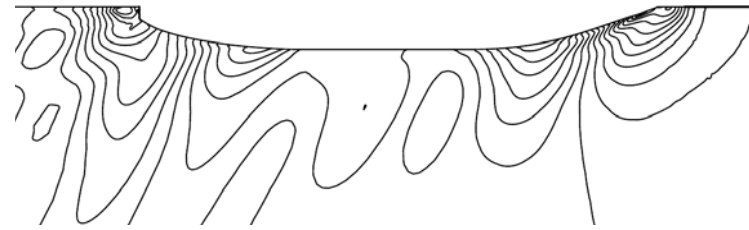
- * 船首バルブの最適化
 - * 2変数(バルブ長さと幅)
 - * ブレンディングに必要な船型の生成 4船型
 - * ブレンディングにより25(5×5)船型を生成
 - * CFD計算による全抵抗評価



第1次最適化船型のバルブ形状を、全抵抗が最小となるよう最適化し、これを第2次最適化船型として採用した



初期船型
 $C_{tm}=3.91e-3$

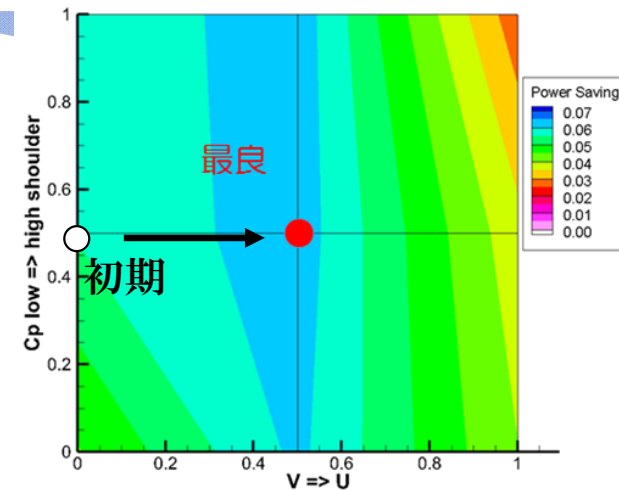
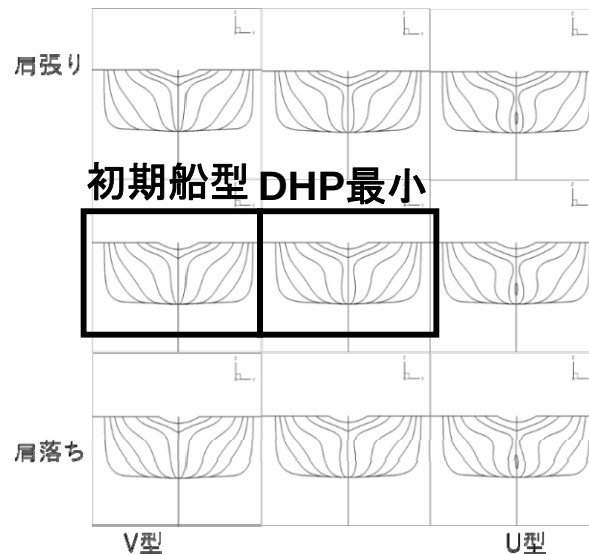


第2次最適化船型
 $C_{tm}=3.69e-3$ 初期船型に対し5.6%全抵抗低減

船型開発

- * 船尾形状の最適化

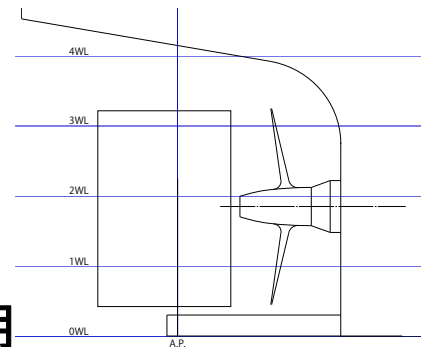
- * 2変数 (船尾Cp曲線の肩の傾向とフレームラインのUV度) 最適化



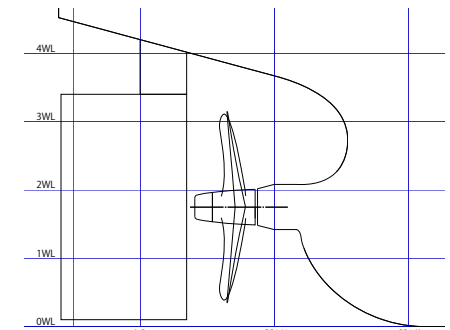
- * マリナー型舵の採用とプロペラ直径の大型化

- * 2.6 m → 2.8 m

伝達馬力が最小となる船型を **最適船型** として採用



初期船型



最適船型

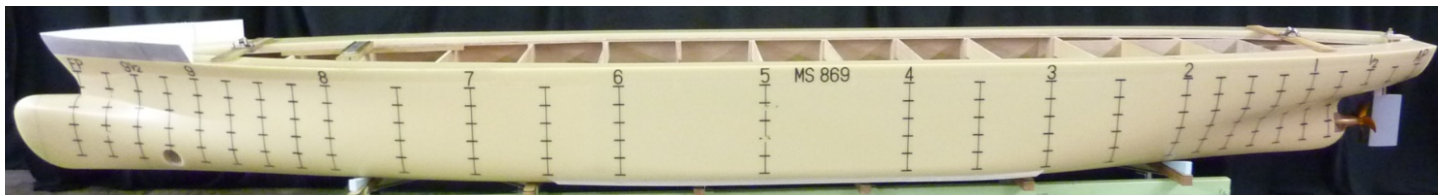
最適船型

* 主要目等

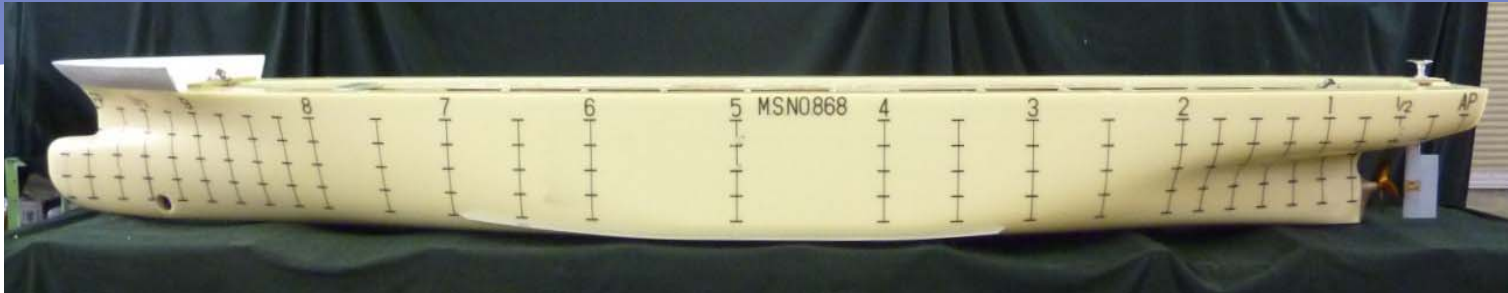
- * 主要目、貨物艙寸法、DWTは船主・オペレータ等に対するヒアリング結果を踏まえたものとなっている
- * (株)三浦造船所による基本設計により749総トン型内航船としての要件を満足していることを確認した

749GT型一般貨物船

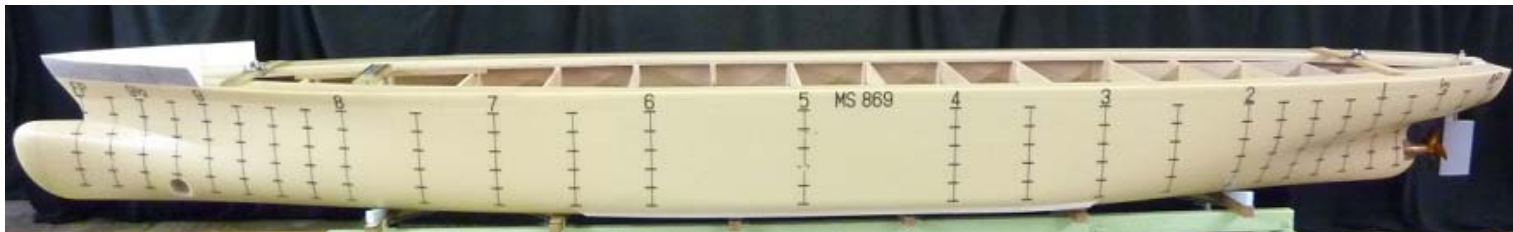
Lpp [m]	79.000	Hold Type	Box
B [m]	13.000	Hold Size [m]	42.0 × 10.0
d [m]	4.689	DWT [t]	2,420
Lcb [%L _{pp}]	-0.25	Gross Ton.	749
D _p [m]	2.800	Rudder	Mariner, Flap



水槽試験での性能確認



499GT型タンカーの模型船(5.91m模型)



749GT型一般貨物船の模型船(6.77m模型)



M701



M699 (小展開面積ペラ)



M698

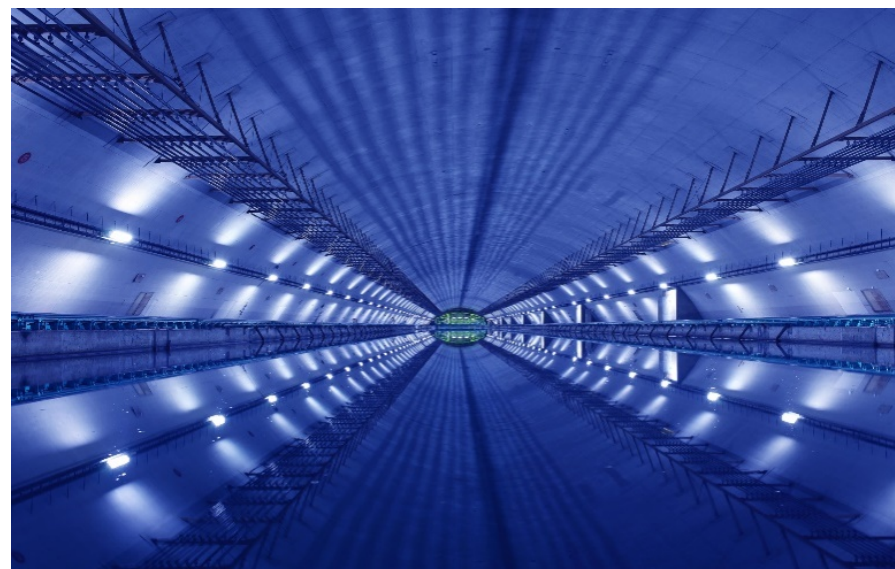
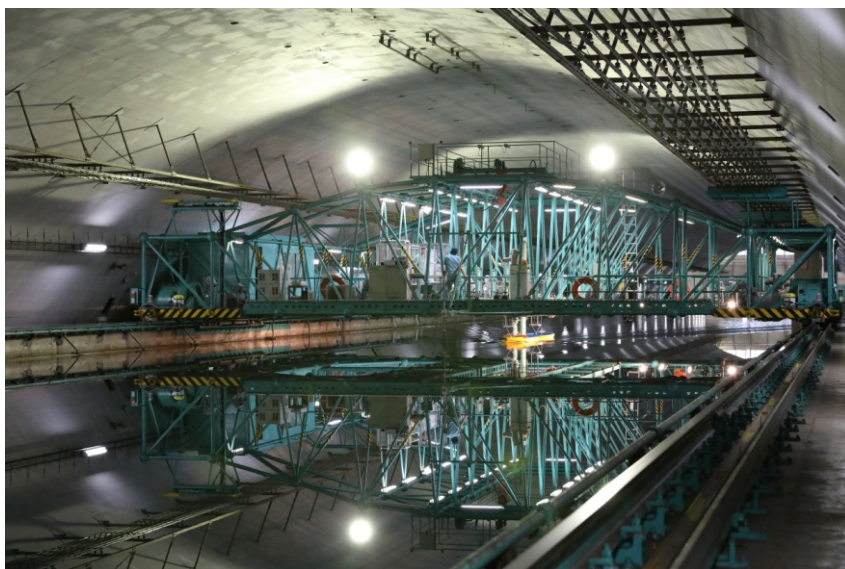
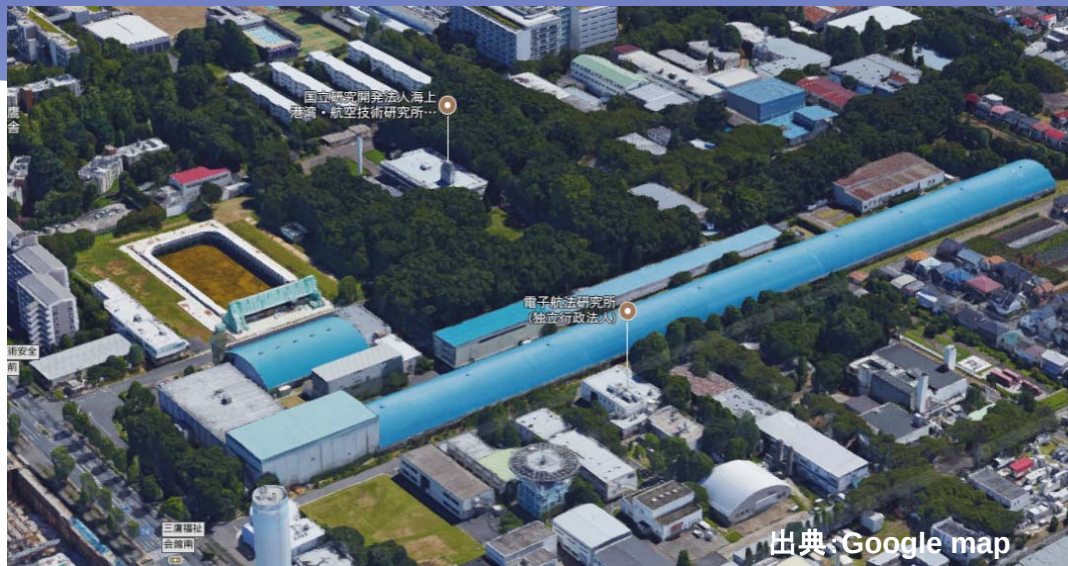


M700 (小展開面積ペラ)

499GT型タンカープロペラ

749GT型一般貨物船向けプロペラ

海技研400m水槽

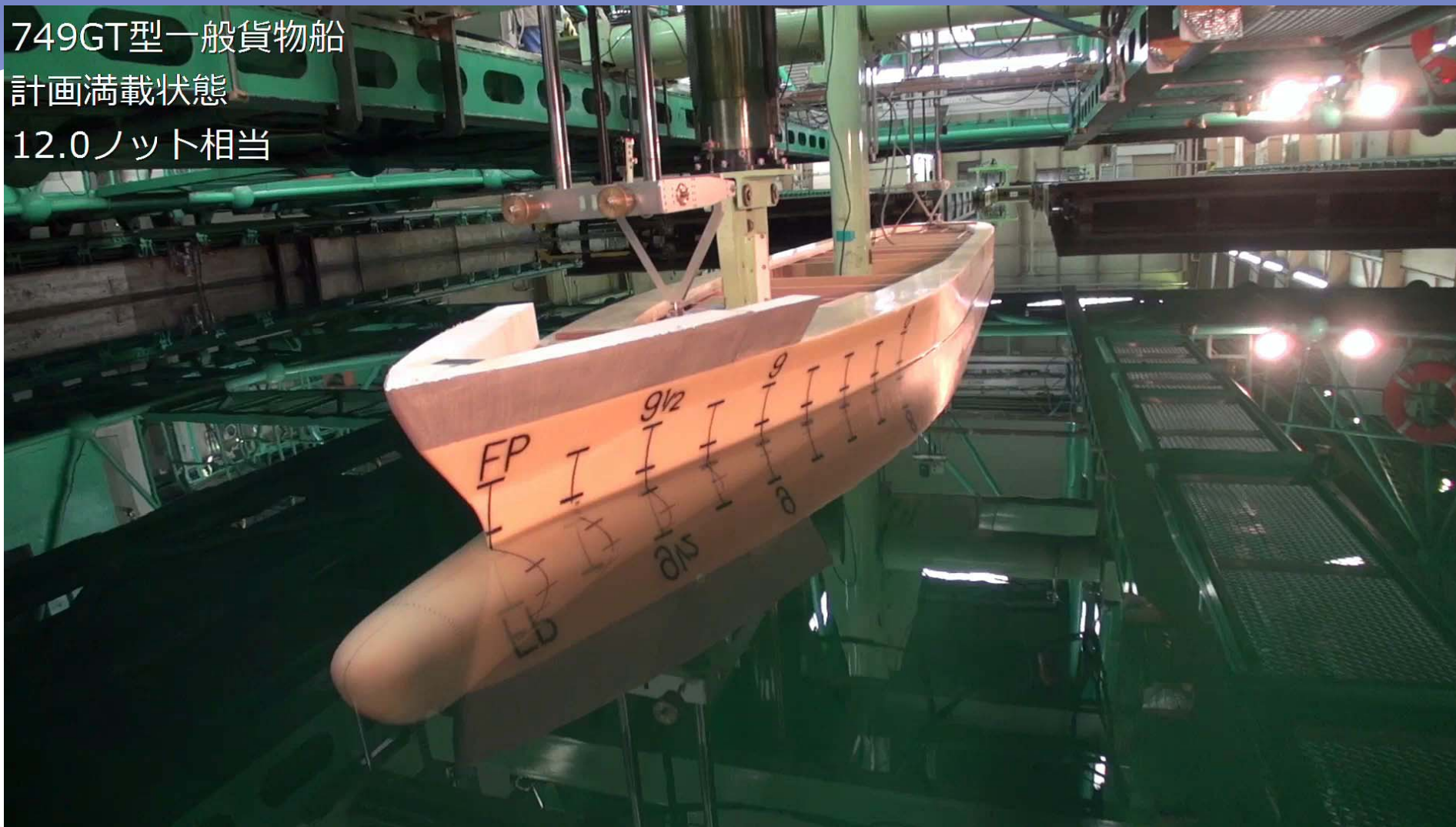


水槽試験

749GT型一般貨物船

計画満載状態

12.0ノット相当

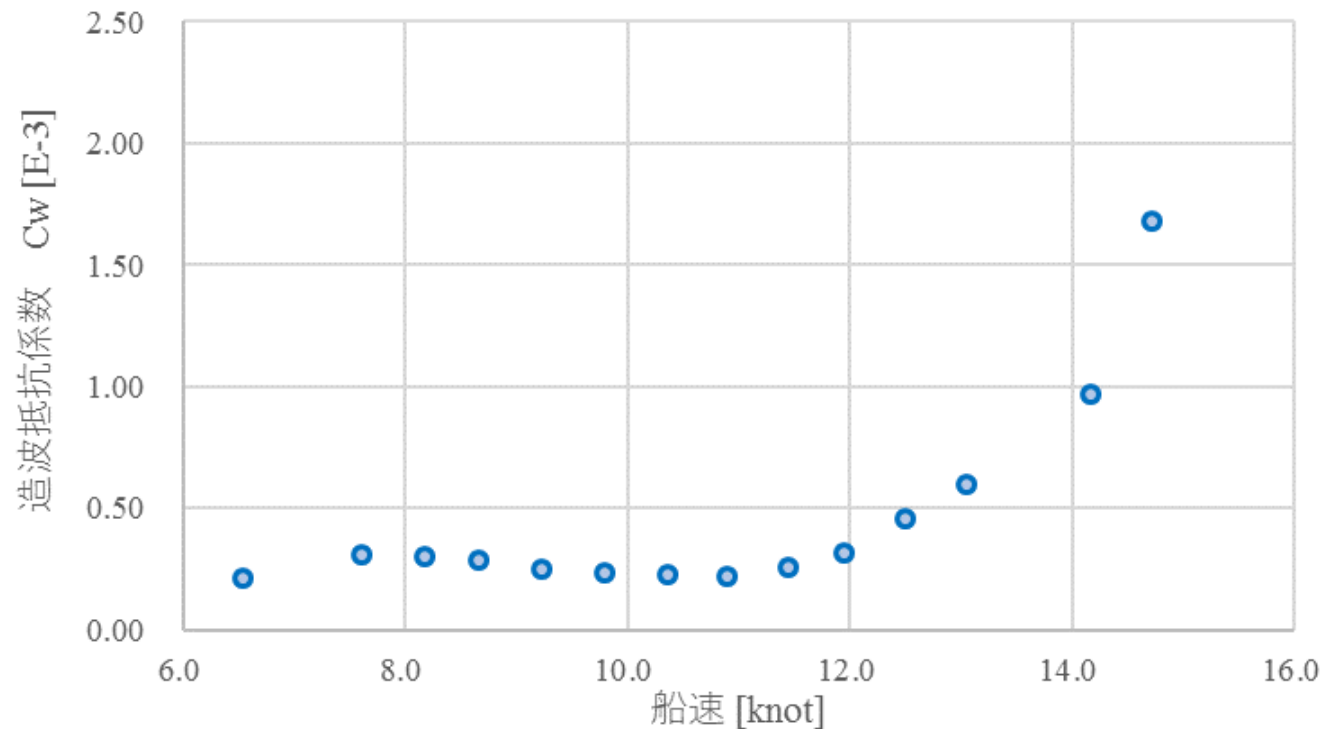


水槽試験結果

- * 抵抗試験

- * 造波抵抗曲線

- * 満載状態



計画速力12.0 knot付近で造波抵抗曲線がhollow傾向になっており、造波抵抗を最小化する最適化が適切に行われたことを示している。

要素ごとの性能改善量

	初期船型	最適船型	改善率 [%]
形状抵抗, k	0.260	0.231	2.1
造波抵抗, C_w	0.368	0.325	1.8
推進効率, η_D	0.683	0.719	5.3

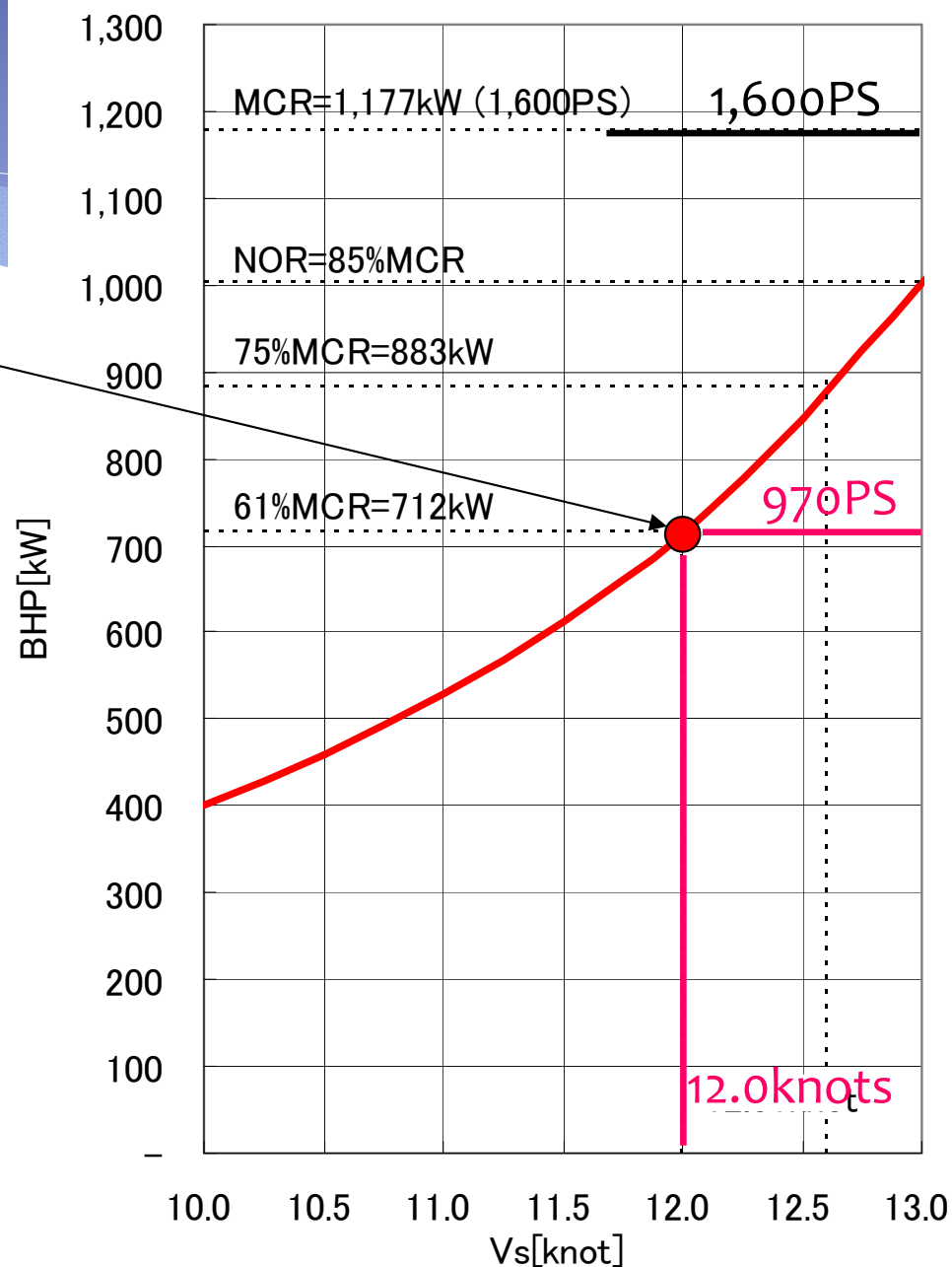
改善率: DHPの変化率

馬力計算結果 (749GT一般貨物船型)

* 船速－馬力曲線

本船のMCRは1,600PSに設定。
計画速力**12.0knots**に
約970PS (61%MCR)
で到達

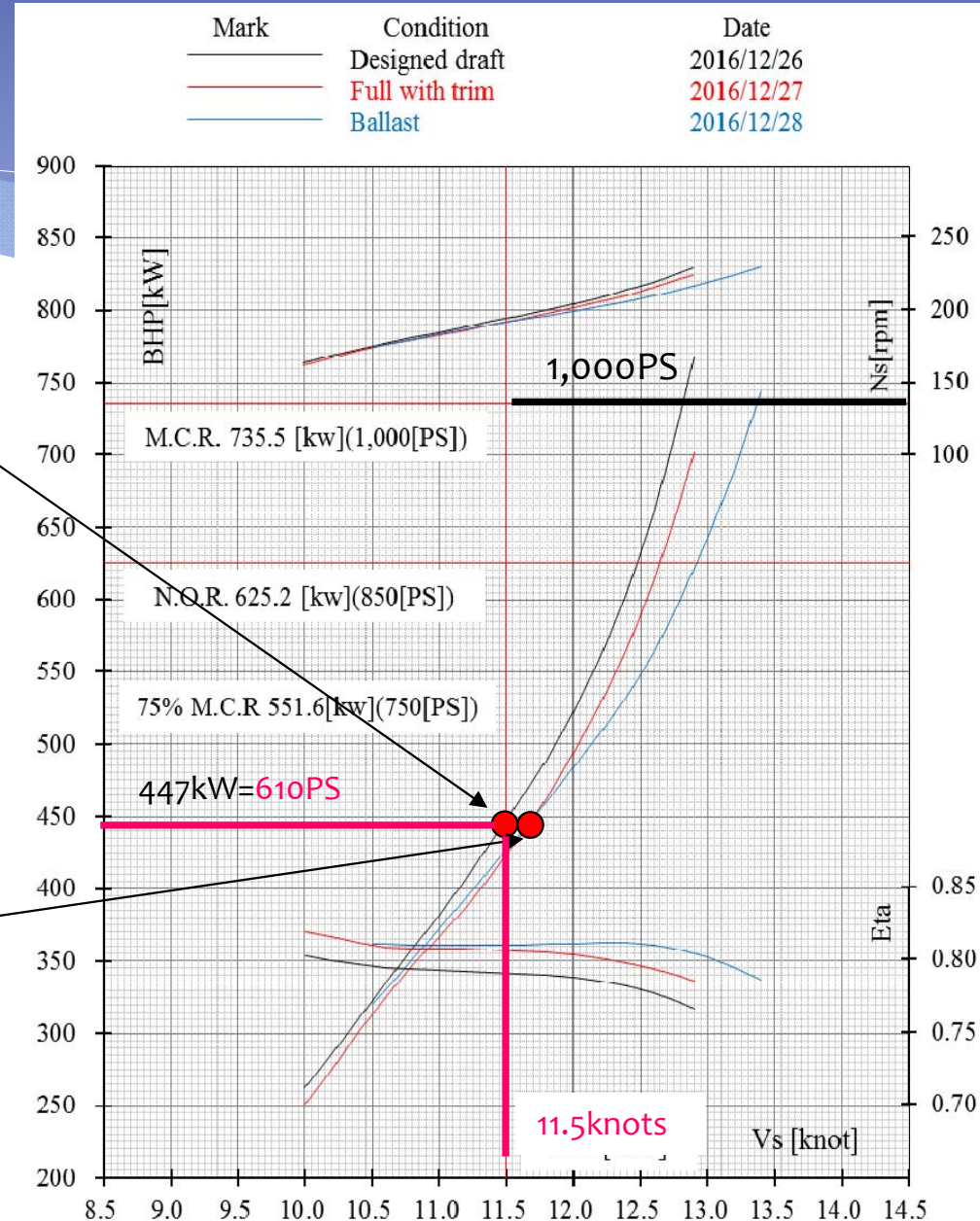
造船所の基本設計において
2,000PSの主機を搭載できる主機室
スペースがあることを確認済み



馬力計算結果 (499GTケミカルタンカー)

本船のMCRは1,000PSに設定。
計画速力**11.5knots**に
約610PS (61%MCR)
で到達

0.62m (1%L_{pp}) の初期トリムを
付けると
同一馬力 (約610PS) で**11.7kt**に
到達



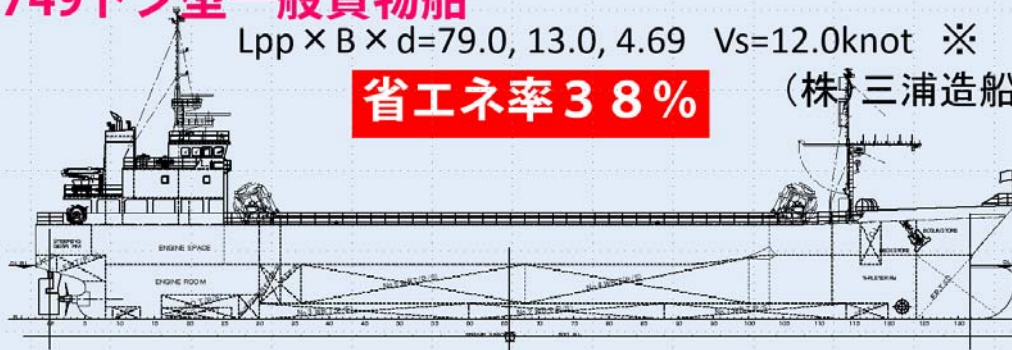
開発船型の省エネ率

749トン型一般貨物船

$L_{pp} \times B \times d = 79.0, 13.0, 4.69$ $V_s = 12.0 \text{ knot}$ ※

省エネ率 38%

(株)三浦造船所作成

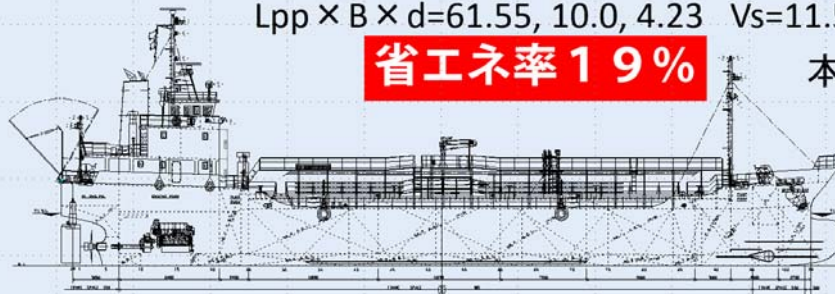


499トン型ケミカルタンカー (専用船)

$L_{pp} \times B \times d = 61.55, 10.0, 4.23$ $V_s = 11.5 \text{ knot}$ ※

省エネ率 19%

本瓦造船(株)作成

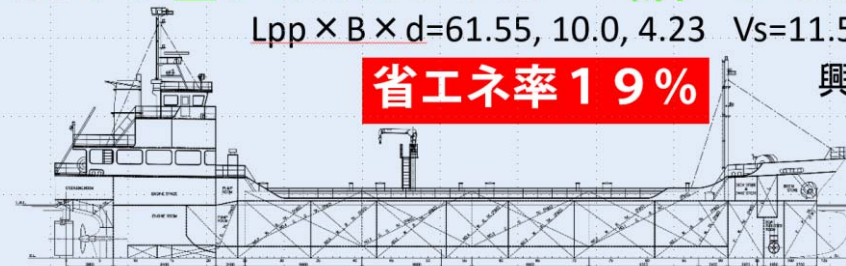


499トン型ケミカルタンカー (油・ケミカル兼用船)

$L_{pp} \times B \times d = 61.55, 10.0, 4.23$ $V_s = 11.5 \text{ knot}$ ※

省エネ率 19%

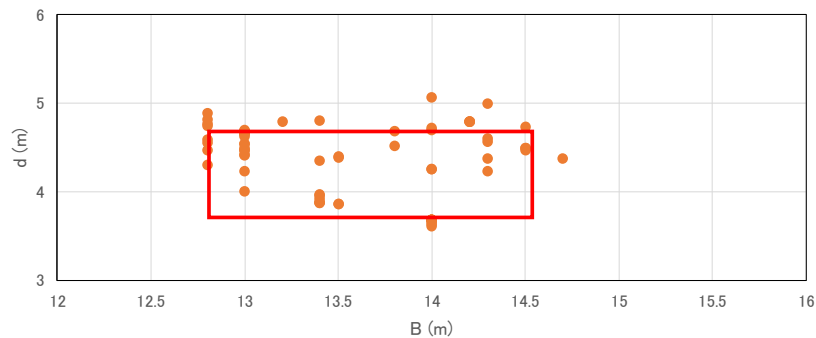
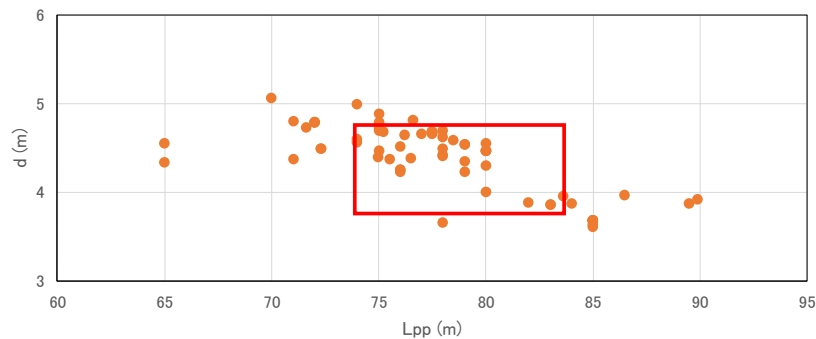
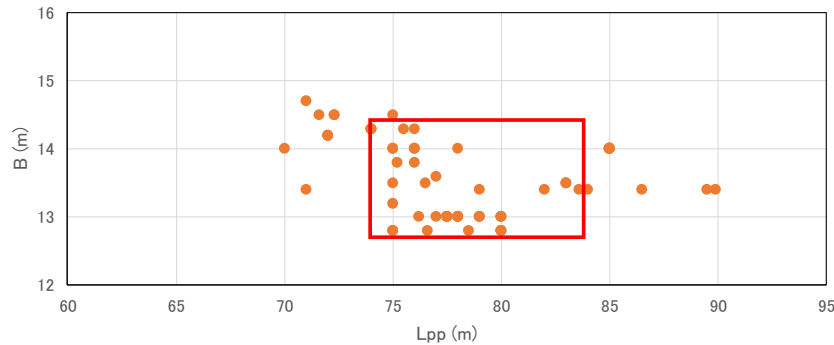
興亜産業(株)作成



1990年代の類似船型の平均値に対する数値

船型バリエーション

* 就航船の要目調査



* 船型バリエーションの範囲

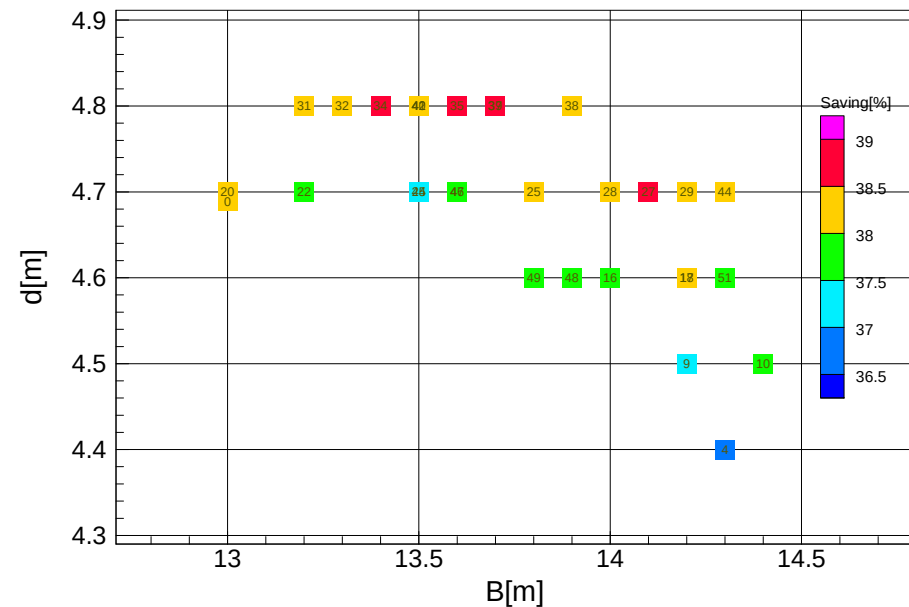
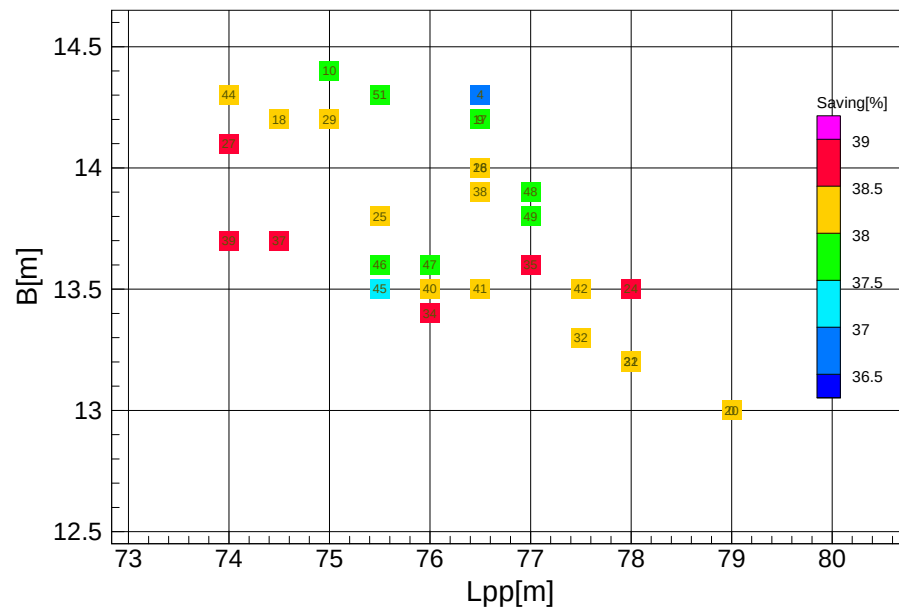
* 船主・オペレータに対するヒアリングも踏まえ決定

L_{PP} [m]	73.0 ~ 83.0
B [m]	12.8 ~ 14.5
d [m]	3.8 ~ 4.8

船型バリエーション (749GT一般貨物船型)

* 載貨重量と総トン数の制約をクリアする30船型を作成した。

主要目と省エネ率の関係



L,B,dが異なる8つの基準船型を用いれば
内挿的ブレンディングにより中間船型を無数に生成可能

船舶用省エネダクト”WAD”

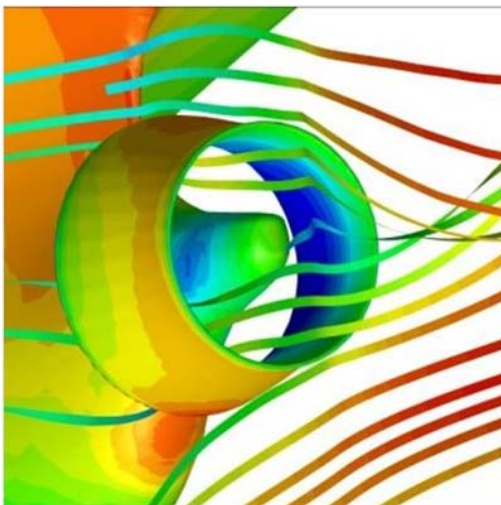
平水中のみならず実海域航行中などの
プロペラ高荷重状態で特に効果を発揮

概要

- 船尾部のプロペラ直前に装備する船舶用省エネダクトです。
- 特に肥大船において、推進効率の向上により約5%の省エネ効果があります。

特長

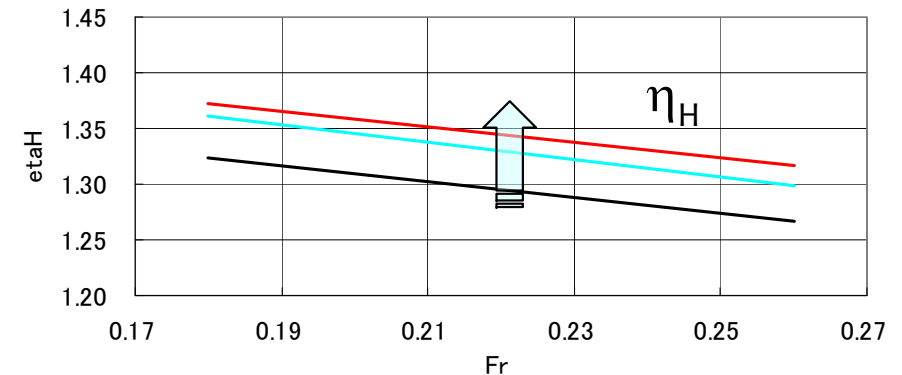
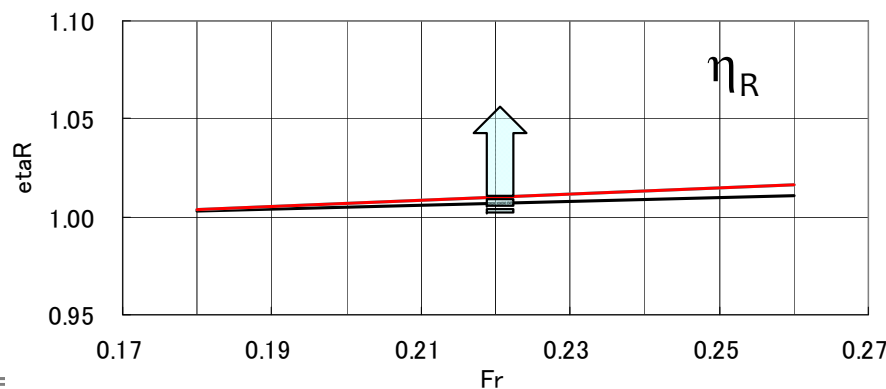
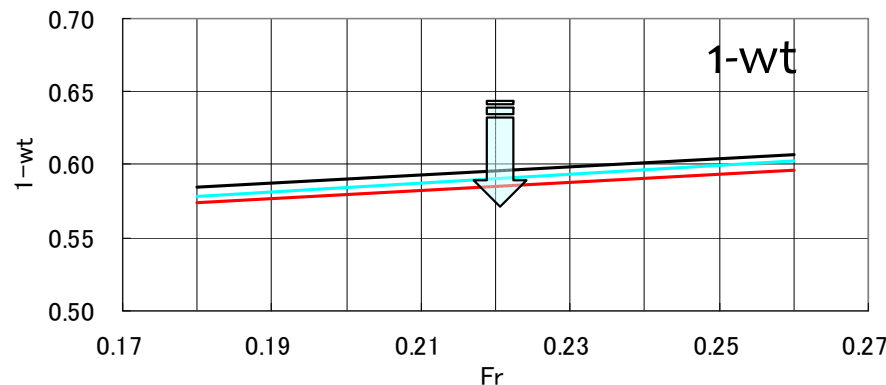
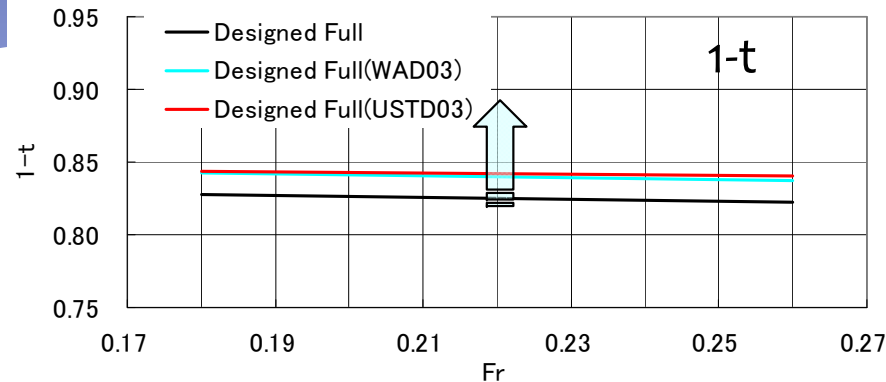
- プロペラとダクトの干渉効果を高めるために両者を近接配置しています。
- 波浪中航行時などのプロペラ高荷重状態において省エネ効果が増大します。
- 一般的なダクトよりも小直径としたことでプロペラキャビテーションの影響が減少します。



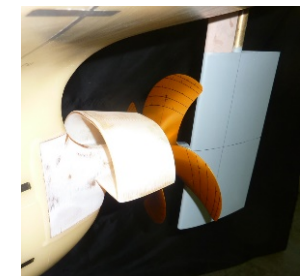
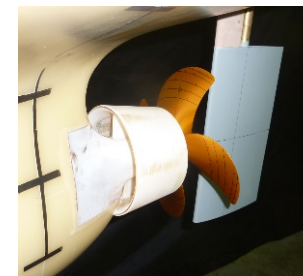
船尾ダクトの省エネ効果

(749GT一般貨物船型)

* 自航要素



船尾ダクトは船殻効率を向上させる



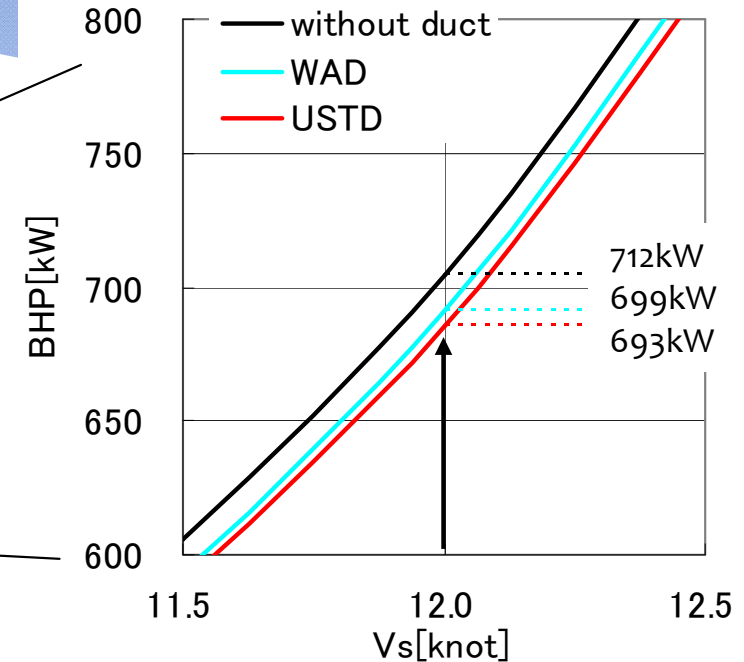
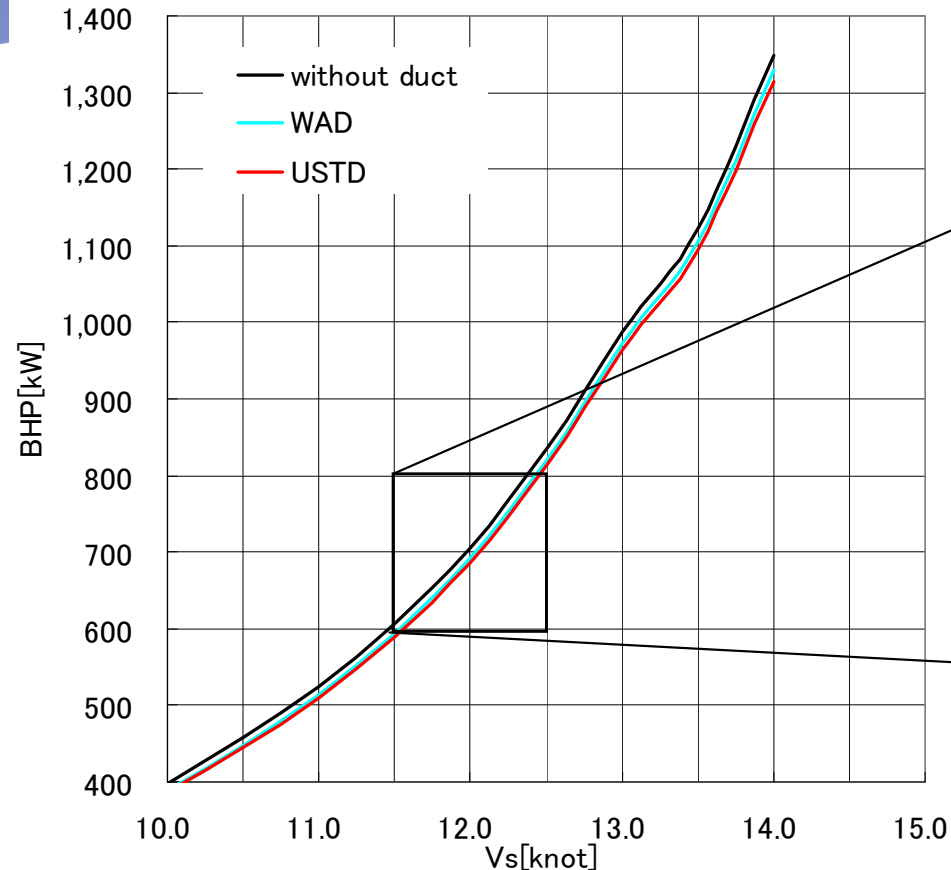
— WAD

— USTD

船尾ダクトの省エネ効果

(749GT一般貨物船型)

* 船速－馬力曲線



省エネデバイス	w/o duct	WAD	USTD
BHP [kW]	712	699	693
12ktでの追加省エネ率 [%]		1.8	2.7

空気潤滑システム

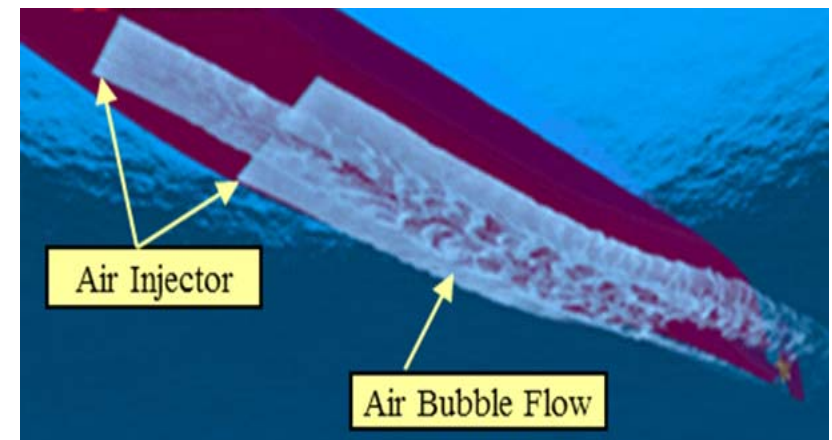
- * 高度空気潤滑法 (AdAM)の開発

- * 目的

- * 摩擦抵抗低減手法である空気潤滑法の省エネ効果を現状の3倍以上とする
高度空気潤滑法 (AdAM; Advanced Air Lubrication Method)の開発

- * 研究内容

- * **気泡径の制御**
 - * **気泡吹き出し周波数の制御**
 - * **気泡回収・再利用**



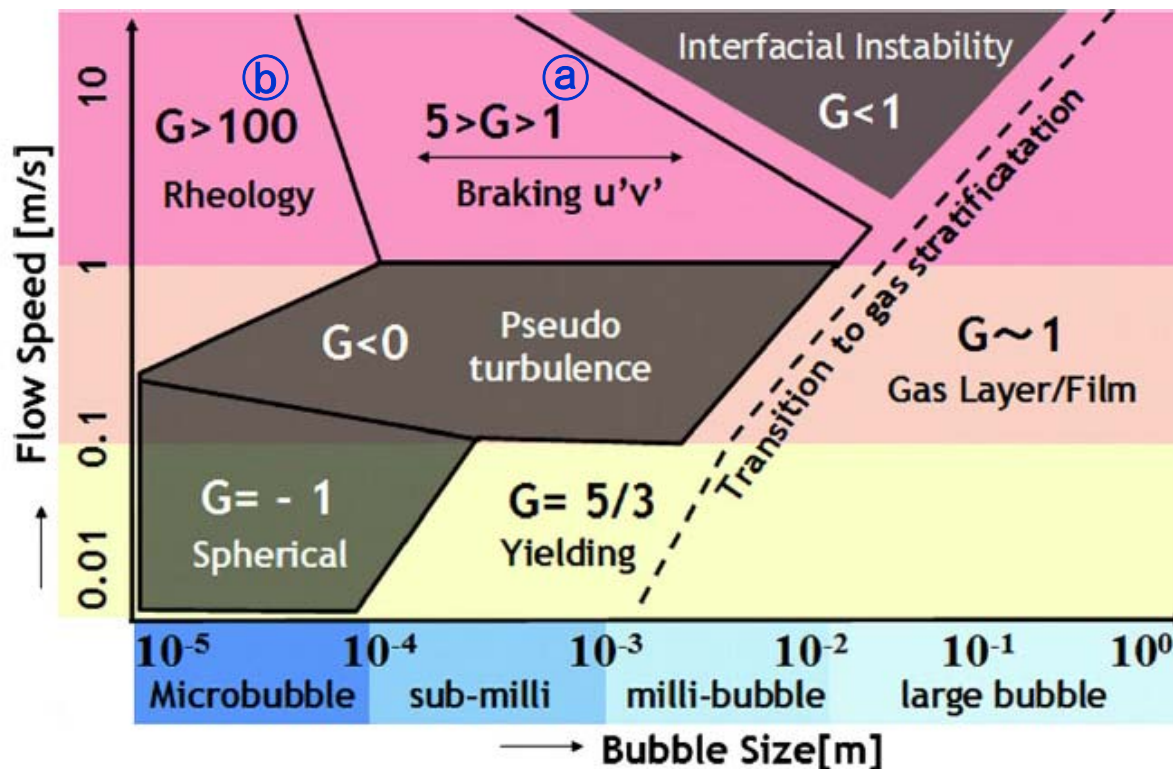
空気潤滑搭載船

高度空気潤滑法 (AdAM)

- * 気泡径の制御

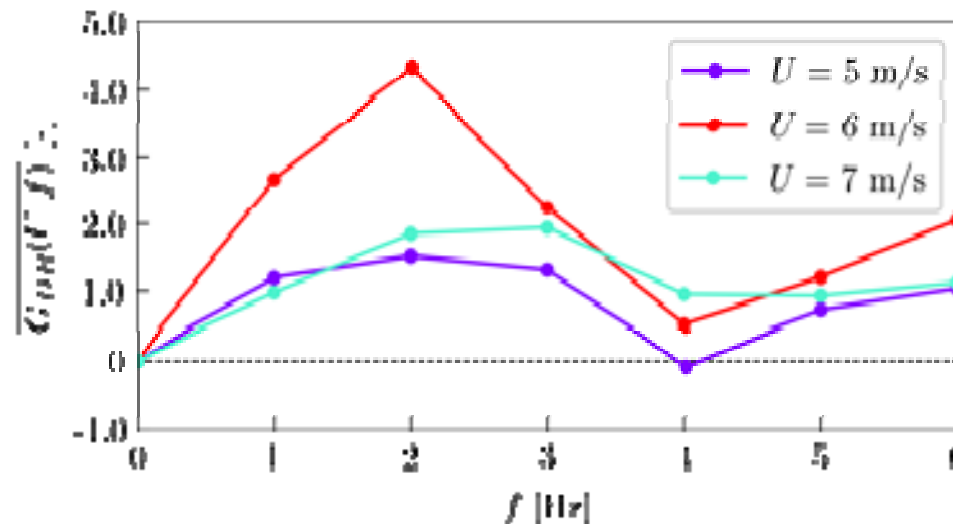
- * 現状はミリオーダー (図中①)

- * 気泡径をマイクロオーダー (図中②) に制御し、**現状の20倍以上の抵抗低減効果**を目指す。



高度空気潤滑法 (AdAM)

- * 気泡吹き出し周波数の制御
 - * 気泡吹き出しを一定にするよりも、周期的に変動させた間欠吹き出しの方が高い抵抗低減効果が得られた。

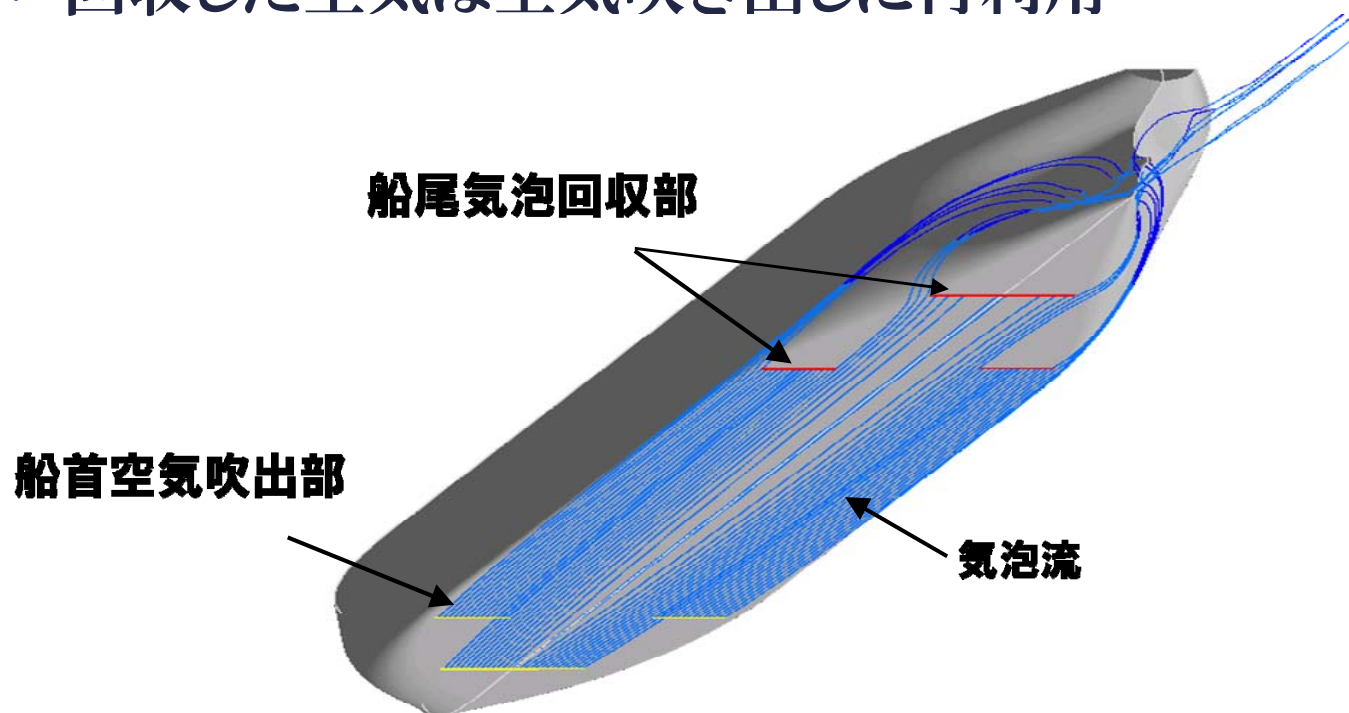


長さ20mの大型模型による公開実験を予定
(2019年10月予定)

間欠気泡吹出による抵抗低減ゲインGの増加量

高度空気潤滑法 (AdAM)

- * 気泡回収再利用システム
 - * 船首部で吹き出した気泡を船尾で回収
 - * 回収した空気は空気吹き出しに再利用



気泡回収再利用システムのコンセプト図

まとめ

ハード面からの温室効果ガス削減への取組みとして、内航船を対象とした省エネ船型の開発事例および省エネダクト、空気潤滑システムの事例を紹介しました。

- * **内航省エネ船型**については、大型模型を用いた水槽試験で**高い省エネ性能**を確認しました。
 - * 749GT一般貨物船 **12.0 knots (970 PS)**
 - * 499GTケミカルタンカー **11.5 knots (610 PS)**
- * 造船所で基本設計を実施し、実船として成立することを確認しました。
- * 主要目 (L, B, d) の異なる30隻の船型バリエーションを作成しました。
- * **線図**は内航船舶の建造を行う方に**無償使用**して頂けます。
- * お問い合わせは海技研へお願いいたします。

まとめ

- * 大型船での装備実績が豊富な**船尾ダクトWAD**を内航船型にも適用し、省エネ効果が見込めることを確認しました。
- * 摩擦抵抗低減効果の大幅な増大が可能な**高度空気潤滑法 (AdAM)**の研究事例を紹介しました。
- * 海技研では、ハード面での技術相談の他、航海支援／最適配船支援システム等、ソフト面でのご相談も随時受け付けております。

ご清聴ありがとうございました

内航船型開発に関する研究は経済産業省の補助事業「平成28年度輸送機器の実使用時燃費改善事業費補助金(海上輸送機器の実使用時燃費改善事業)」を受けて、日本船舶海洋工学会、三浦造船所、興亜産業、本瓦造船が研究コンソーシアムを組んで実施した研究「内航海運のための省エネルギー船型群の研究開発」の一環として実施したものです。

研究の実施にあたり、お世話になりました関係者各位に深く感謝の意を表します。