SEA JAPAN 2020 海上技術安全研究所セミナー

内航海運のための
省エネルギー船型群の開発

流体設計系
久米 健一

省エネ船型群開発の背景

- 省エネ船型群開発の背景
- 開発目標
- 実施内容
  - CFDによる船型最適化
  - 水槽試験による性能評価
  - 船型バリエーションの開発
- まとめ

省エネ船型群開発の背景

- パリ協定の採択を受け、内航海運にもCO_2削減目標が割り当て
  - 2030年度にCO_2 157万トン削減（2013年度比）
- 船型の省エネ化と普及促進が必要

- 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
  - 経済産業省の補助事業に応募
    - 749GT一般貨物船
    - 499GTケミカルタンカー

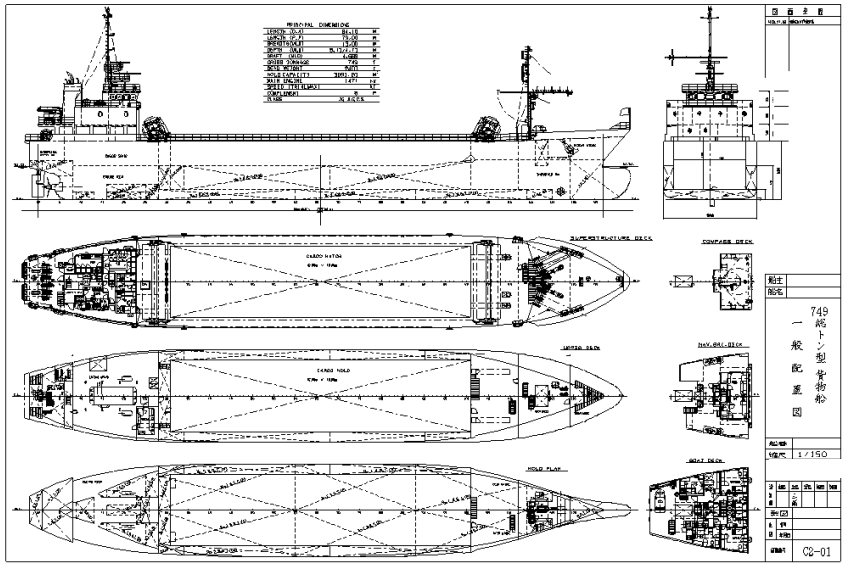
← 船型開発を海技研が実施

省エネ船型の開発目標

- 16%以上の省エネ性能を有する内航船型を開発する（1990年代の類似船型比）
- 船主、オペレータ等への調査結果を踏まえた現実的な仕様を有する
- 総トン数などの制約条件を満足し、基本設計まで実施することで実船としての建造可能性を示す。
- 船型に対する幅広い船主要求に応えるため、同等の省エネ率を有する主要目の異なる船型群（船型バリエーション）を生成する。

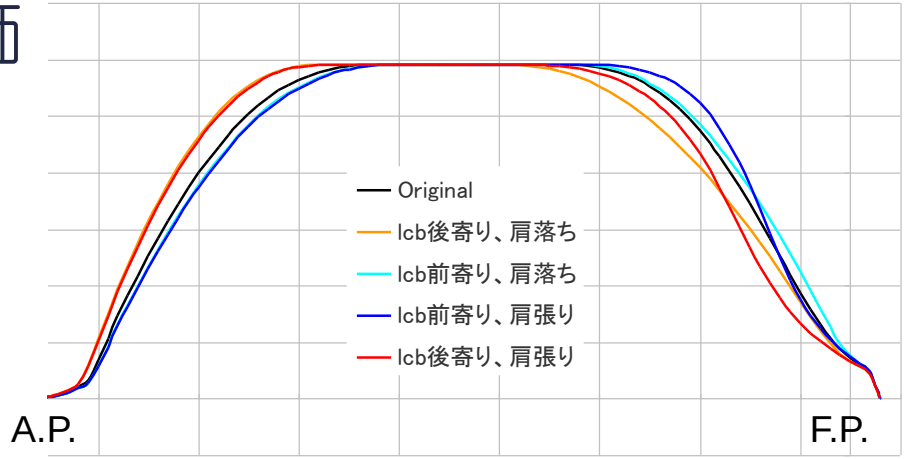
実施内容

- 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最適化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生成
  - 749GT一般貨物船　30船型
  - 499GTケミカルタンカー　30船型
- 基本設計
  - 造船所が実施（右図）



船型開発

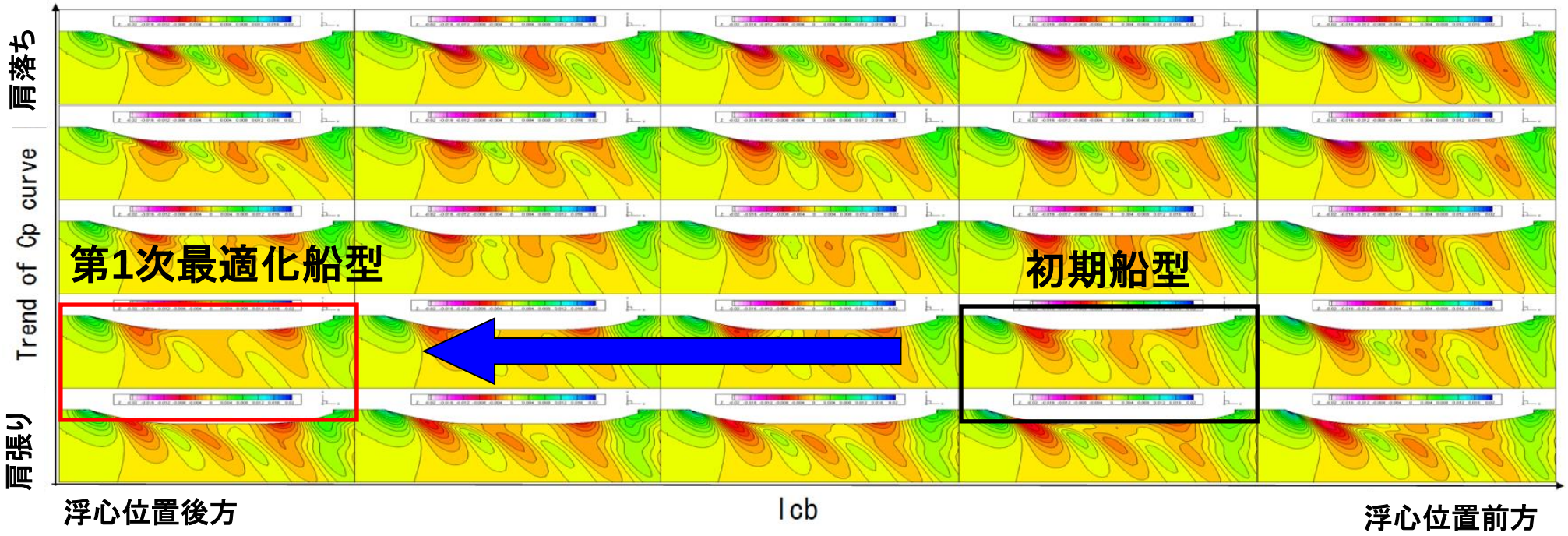
- 初期船型の生成（船舶用CADを利用）
- 船体前半部のC_P曲線の最適化
  - ２変数の最適化 （浮心位置と肩張り・肩落ちの傾向）
  - 船型ブレンディングに必要な4船型の生成
  - ブレンディングにより２５（5×5）船型を生成
  - CFD計算により波紋図で造波状況を評価



船型開発

- CFDにより推定した波紋図

（749GT一般貨物船型の例）



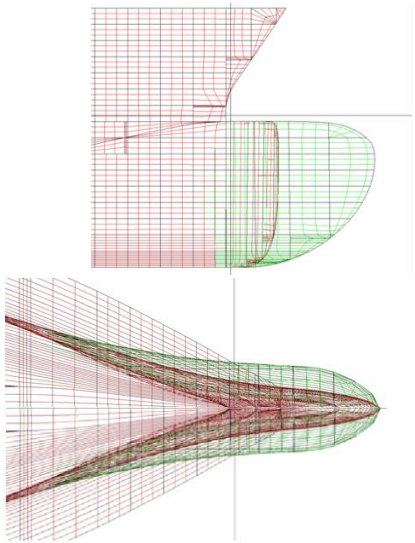
造波が最も小さい船型を第１次最適化船型として採用

船型開発

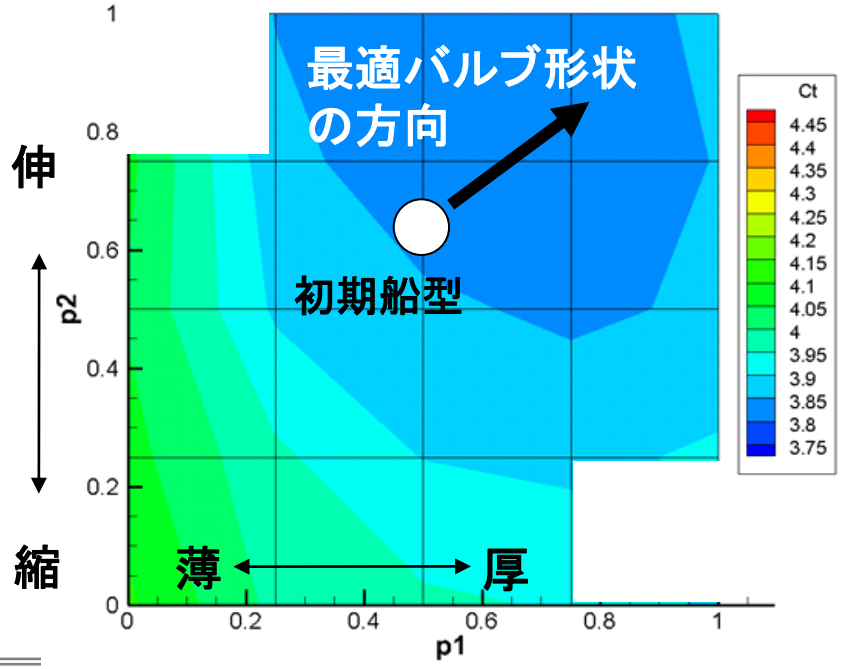
- 船首バルブの最適化

（749GT一般貨物船型の例）

  - 2変数の最適化（バルブの長さと幅）
  - 船型ブレンディングに必要な4形状の生成
  - ブレンディングにより２５（5×5）形状を生成
  - CFD計算により全抵抗を評価



全抵抗の等高線図



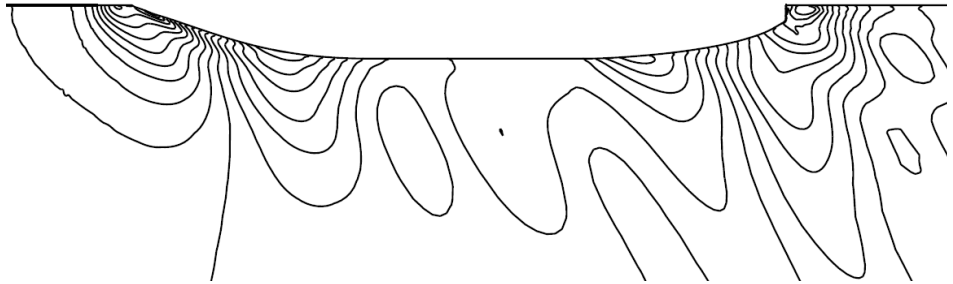
船型開発

- CFDにより推定した波紋図

（749GT一般貨物船型の例）

初期船型

全抵抗係数　3.91×10^{-3}



第2次最適化船型

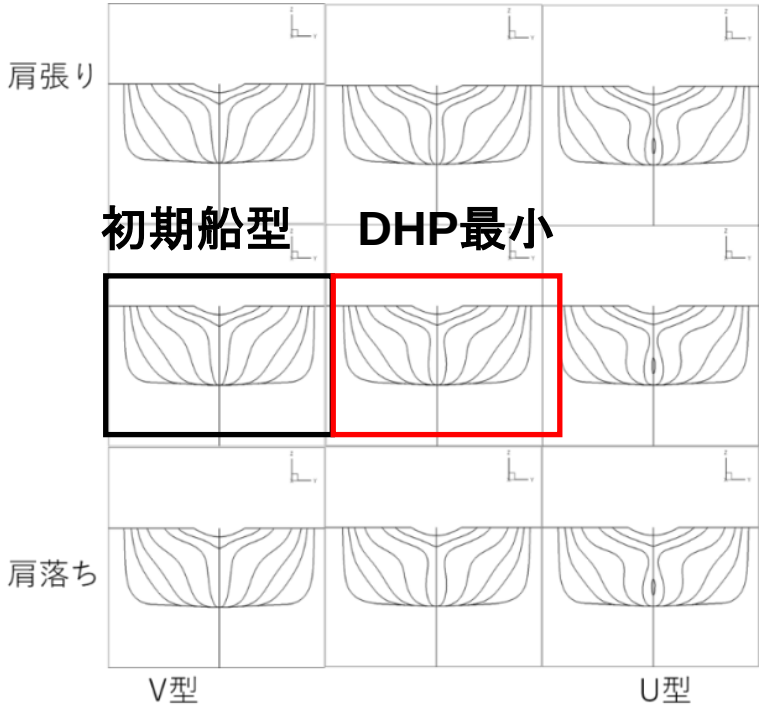
全抵抗係数　3.69×10^{-3}

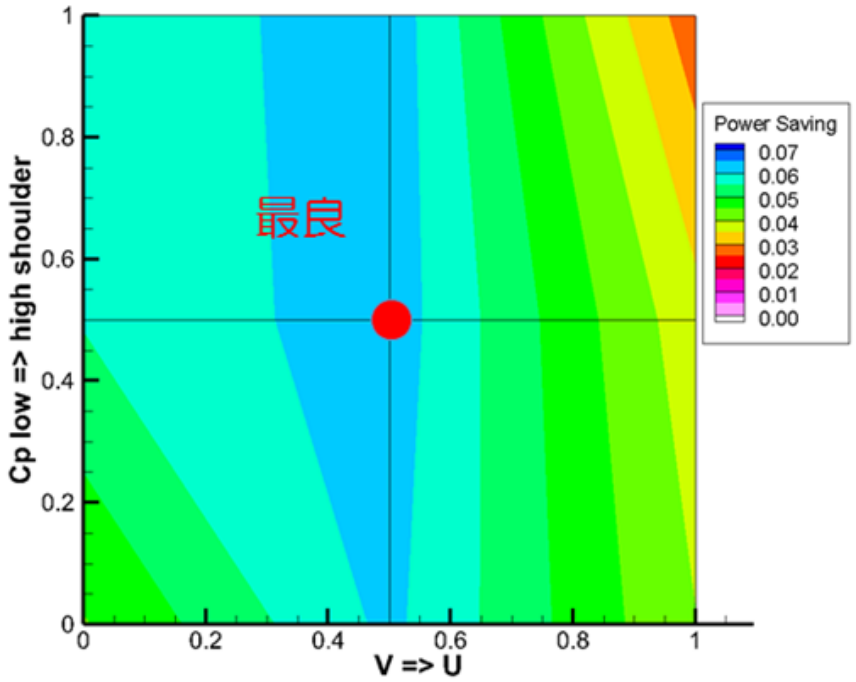
初期船型に対し5.6%全抵抗低減

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

船型開発

- 船尾形状の最適化　（749GT一般貨物船型の例）
  - 2変数の最適化 （船尾C_p曲線の肩の傾向と船尾フレームラインのU・V度の傾向）



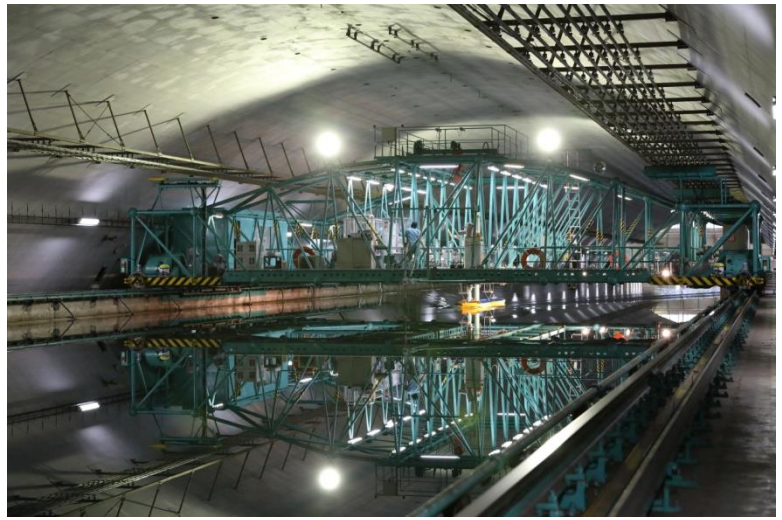


伝達馬力DHPが最小となる船型を 最適船型 として採用

水槽試験での性能確認

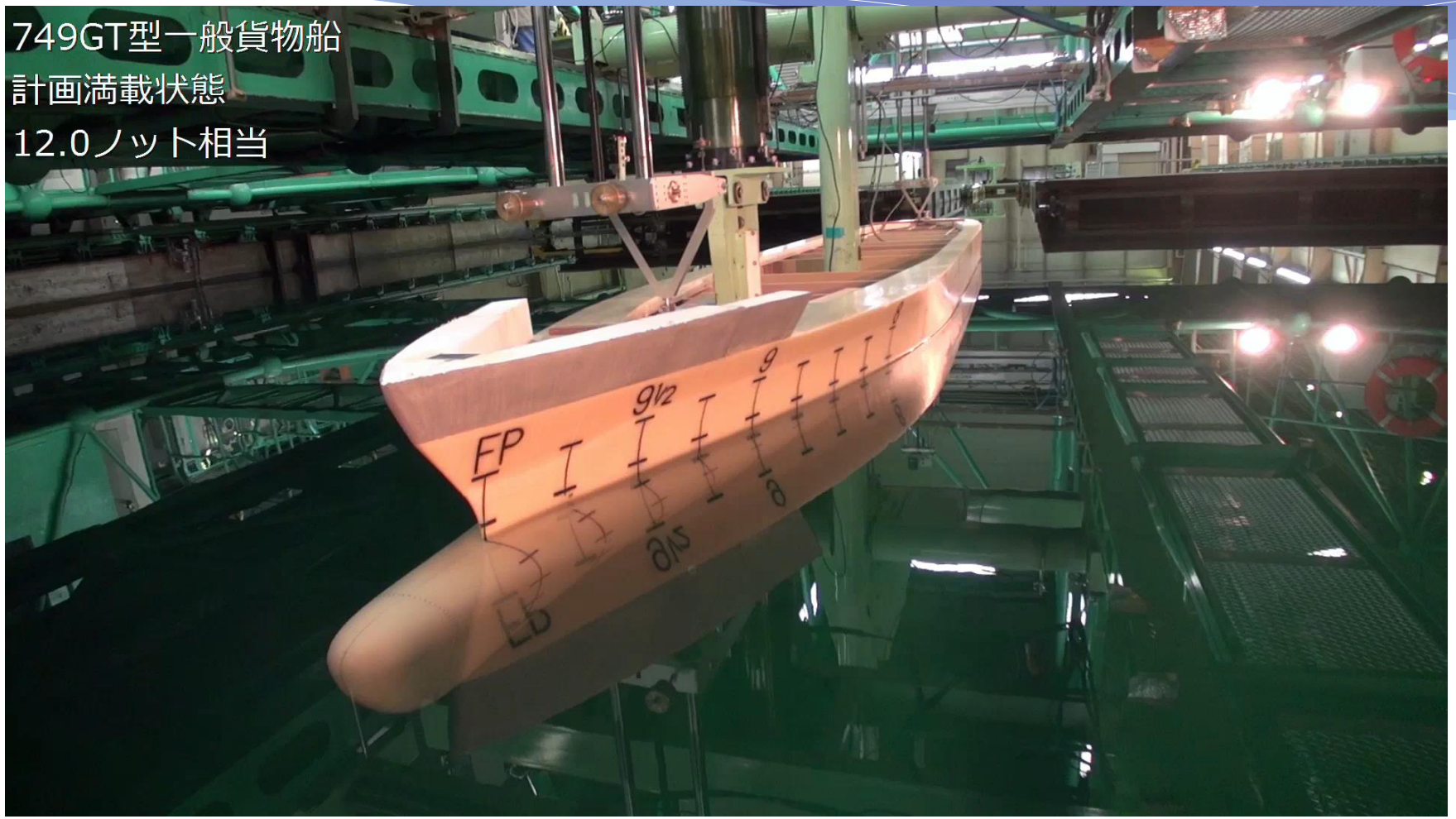
749GT型一般貨物船の模型船（6.8 m 模型）

499GT型タンカーの模型船（5.9 m 模型）



海上技術安全研究所　400m試験水槽

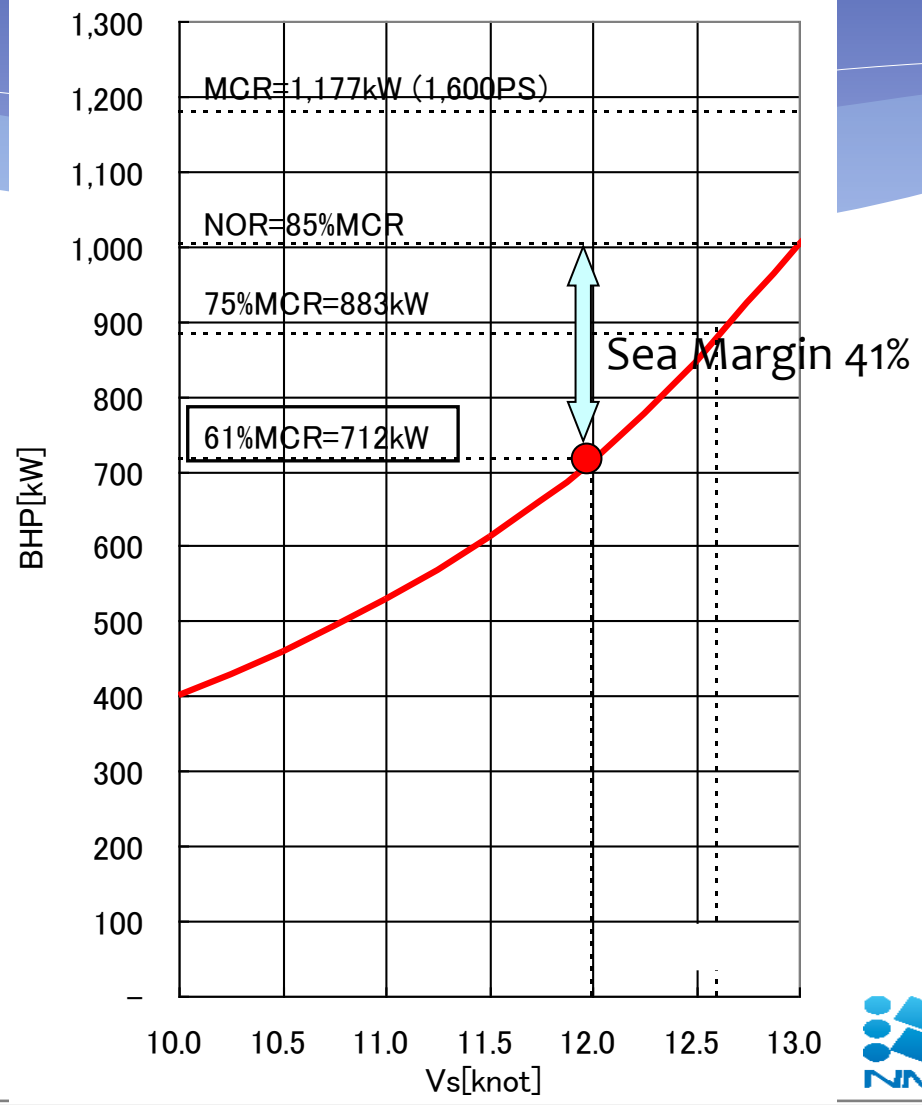
水槽試験



馬力計算結果

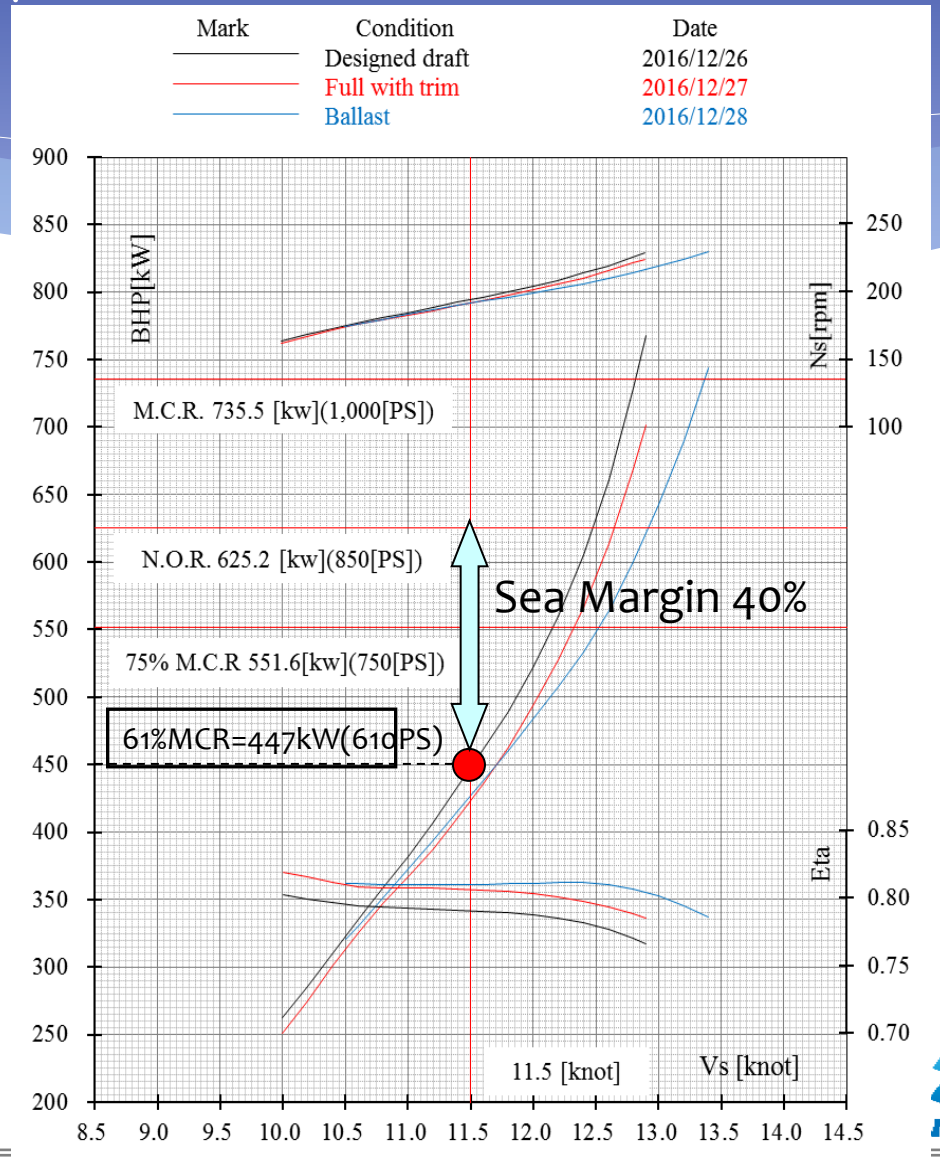
- 749GT一般貨物船の船速-馬力曲線
  - 本船のMCRは1,177kW（1,600PS）
  - 計画速力12.0knotsに61%MCRで到達

  - 本船種で一般的なMCR1,471kW（2,000PS）の主機も搭載可能なスペースを確保している



馬力計算結果

- 499GTケミカルタンカーの船速-馬力曲線
  - 本船のMCRは776kW（1,000PS）
  - 計画速力11.5knotsに61%MCRで到達
  - さらに船尾トリムにより0.1knotsの速力アップを確認



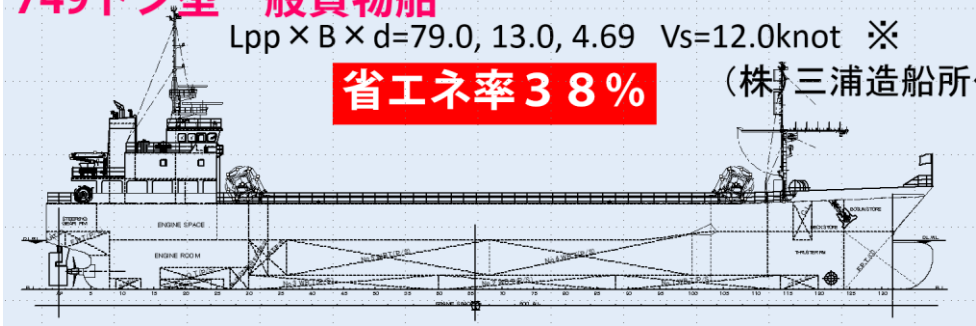
開発船型の省エネ率

749トン型一般貨物船

Lpp × B × d=79.0, 13.0, 4.69　Vs=12.0knot　※

省エネ率３８％

（株）三浦造船所作成

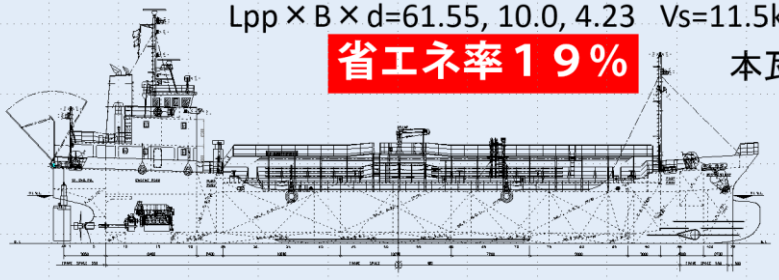


499トン型ケミカルタンカー（専用船）

Lpp × B × d=61.55, 10.0, 4.23　Vs=11.5knot　※

省エネ率１９％

本瓦造船（株）作成

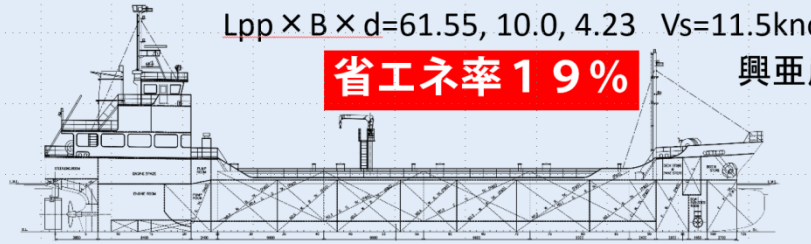


499トン型ケミカルタンカー（油・ケミカル兼用船）

Lpp × B × d=61.55, 10.0, 4.23　Vs=11.5knot　※

省エネ率１９％

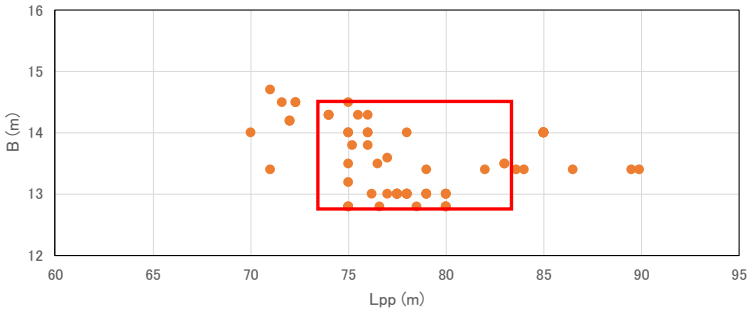
興亜産業（株）作成

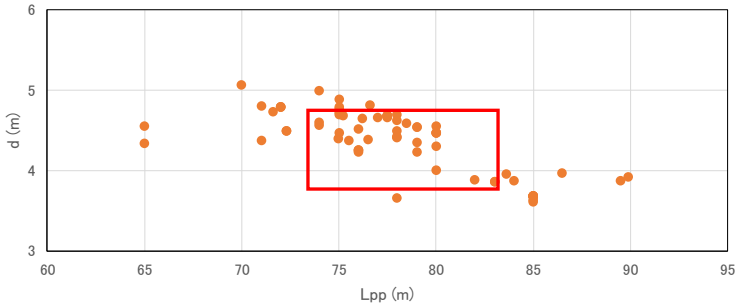


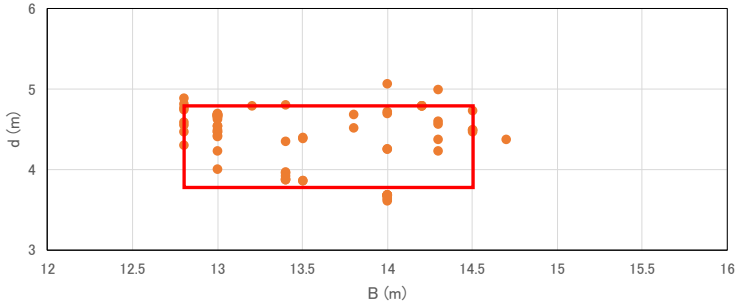
1990年代の類似船型の平均値に対する数値

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

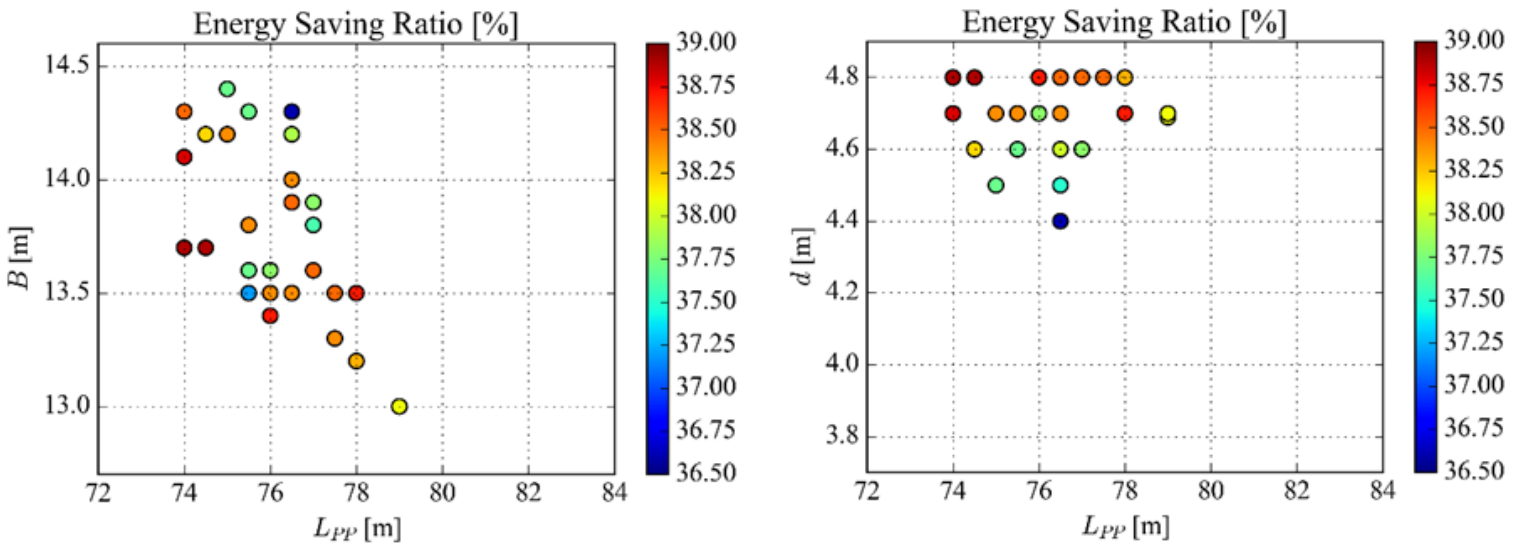
L_{PP} [m]	73.0 ～ 83.0
B [m]	12.8 ～ 14.5
d [m]	3.8 ～ 4.8

上記の範囲で、開発船型と同等の省エネ性能を有する船型を生成した

船型バリエーション

- 載貨重量と総トン数の制約を満足する30船型を生成

主要目と省エネ率の関係　（749GT一般貨物船型の例）



これら以外にも、船型ブレンディングにより無数に生成可能

実船建造

- 開発船型499GTケミカルタンカーが竣工した（2019年11月）
  - 青野海運(株)、興亜産業(株)

1年間にわたり運航データを記録し、省エネ性能を実証する計画。

まとめ

- 内航海運の省エネ化を目的に、省エネ標準船型の開発を実施した
- 大型模型を用いた水槽試験で高い省エネ性能を確認した
  - 749GT一般貨物船　　12.0nots （ 1,600 PS×61% ）
  - 499GTケミカルタンカー　11.5knots （ 1,000 PS×61% ）
- 造船所による基本設計を経て、建造可能性を確認した
- 主要目の異なる各30隻の船型バリエーションを作成した
- 線図は内航船舶の建造を行う意志のある方が無償使用できます
  - JRTTの共有建造制度において金利優遇の対象となる「先進二酸化炭素低減化船」としての申請で、本研究の成果を活用できます。

謝辞

- 本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．