



# 既設省エネ装置とWADとの流体力学的 干渉影響に関する研究

## 公表用成果報告書

平成28年11月

(株)名村造船所

(国研)海上・港湾・航空技術研究所

海上技術安全研究所

# 共同研究の背景と目的

- 複数の省エネ装置間に作用する流体力学的な干渉により、想定した省エネ効果を発揮しないケースがある。



- 既設の省エネ装置であるNCF (Namura Flow Control Fin) およびRF (Rudder Fin)に加え、船尾ダクトを装備した場合の装置間の干渉影響を評価するCFD技術の向上を図る。
- 船尾ダクトを追加装備することにより省エネ効果を積み増しする。
- 水槽試験による性能確認を行う。

# 実施内容

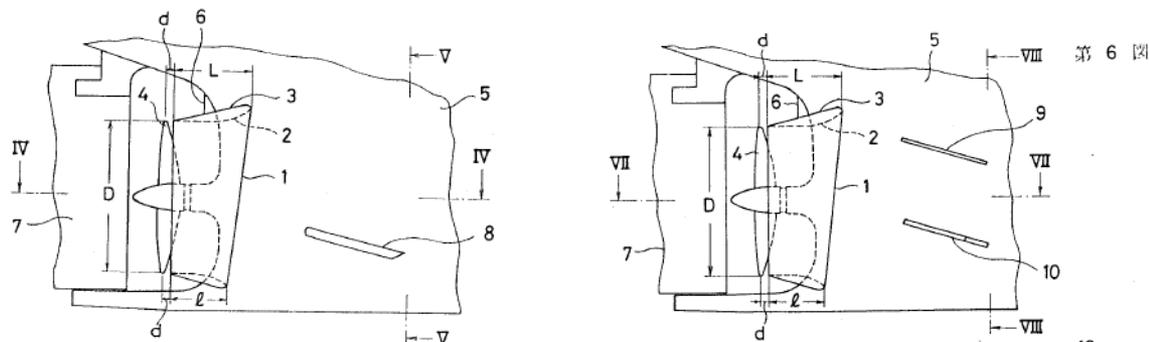
- 1) 船尾ダクト関連特許調査
- 2) 実用的な船尾配置の検討
- 3) 既設省エネ装置を有する船体に適した船尾ダクト設計
- 4) 複数の省エネ装置を装備した船体周りのCFD計算
- 5) 水槽試験によるCFDの検証と省エネ効果の確認

## 1) 船尾ダクト関連特許調査

# 船尾ダクト関連特許調査

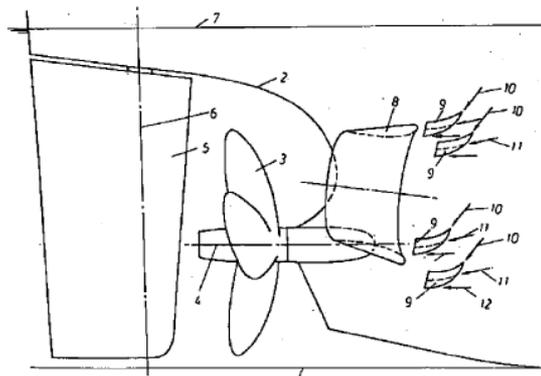
## ■ 例1（三井造船殿、特願昭57-182960）

- 伴流率の大きい流れを整流してプロペラ作動面へ導くことで推進性能を向上させる



## ■ 例2（ドイツ、特願平3-199345）

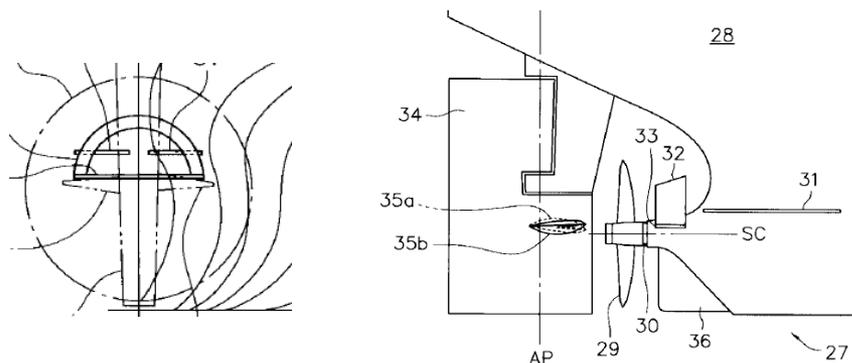
- 環状ノズル前方に案内羽根を配置しノズル部での流れの剥離を防止する



# 船尾ダクト関連特許調査

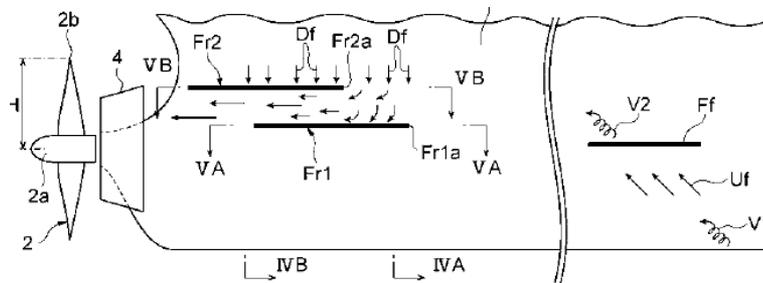
## ■ 例3 (IHIMU殿、特願2005-174068)

- 下降流をせき止める船尾フィンと流れを減速させる船尾ダクトにラダーフィンを組み合わせることで動力削減を図る



## ■ 例4 (住重ME殿、特願2012-169492)

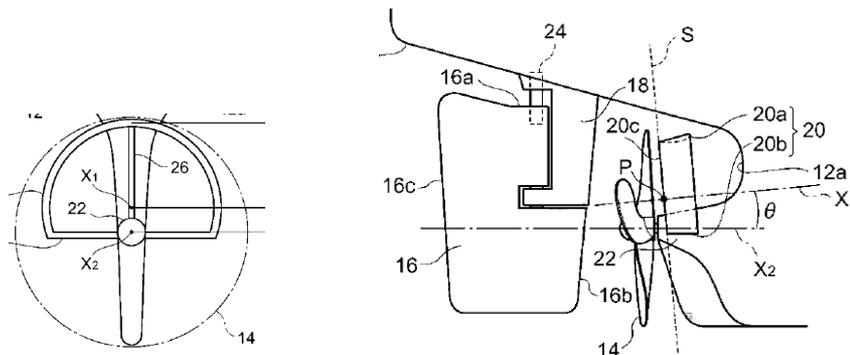
- 最前方のフィンによる渦の発生と、後方の2段フィンで下降流を水平に整流しかつ加速させることで粘性抵抗低減と推進性能向上が可能となる



# 船尾ダクト関連特許調査

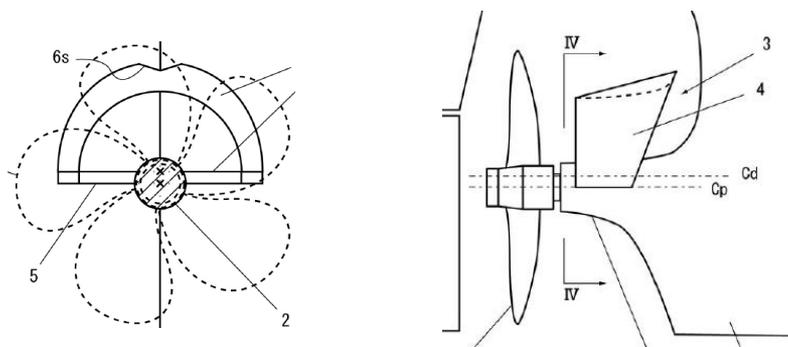
## ■ 例5（住重ME殿、特願2007-157644）

- 円弧と直線形状を組み合わせた形状を有するダクトにより推進性能が向上する



## ■ 例6（IHIMU殿、特願2006-324726）

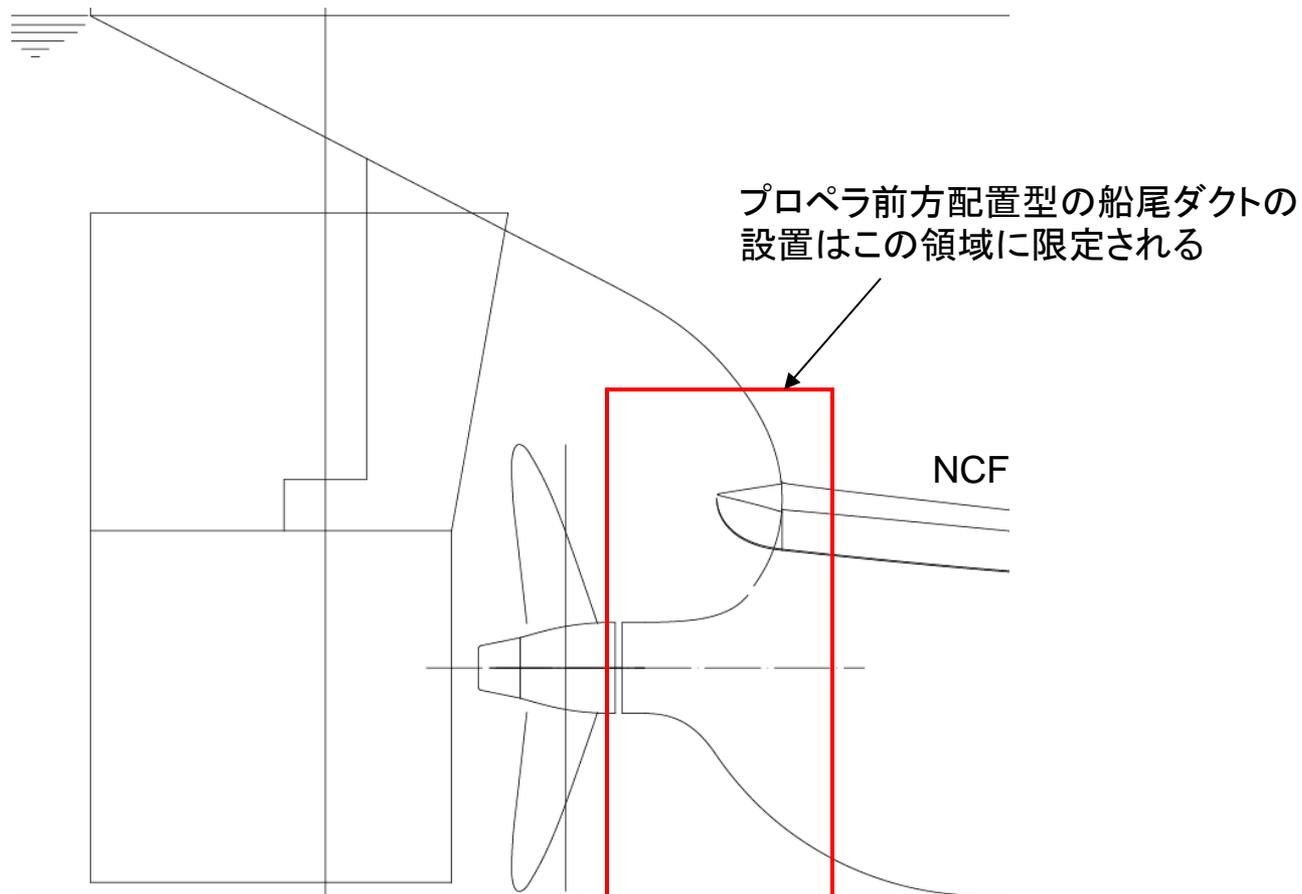
- 半円錐台形状のダクトにより省エネ効果の効率を高められる



## 2) 実用的な船尾配置の検討

# 実用的な船尾配置の検討

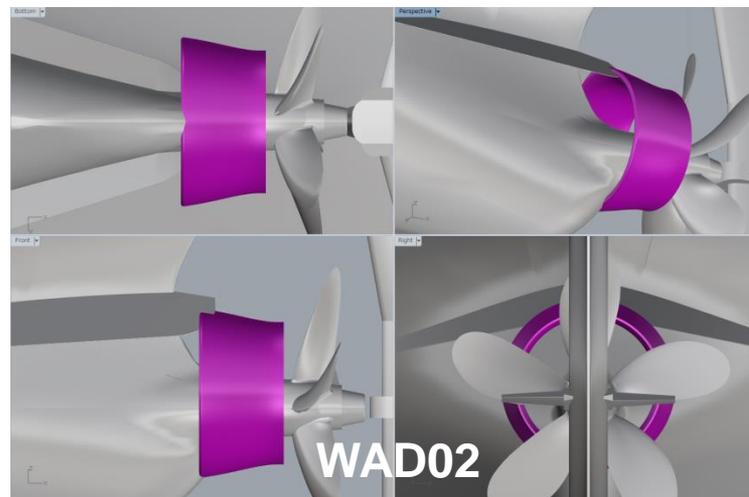
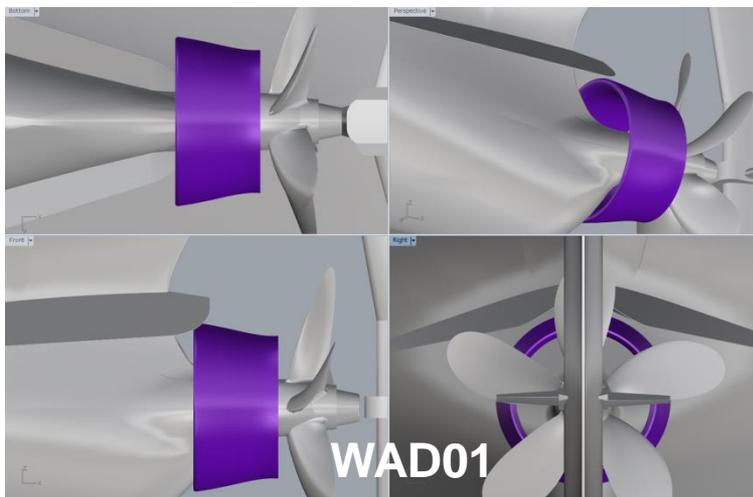
- 既設のNCFおよびプロペラとのクリアランス、船体への固定方法を考慮したダクト配置可能範囲



### 3) 既設省エネ装置を有する船体に適した船尾ダクト設計

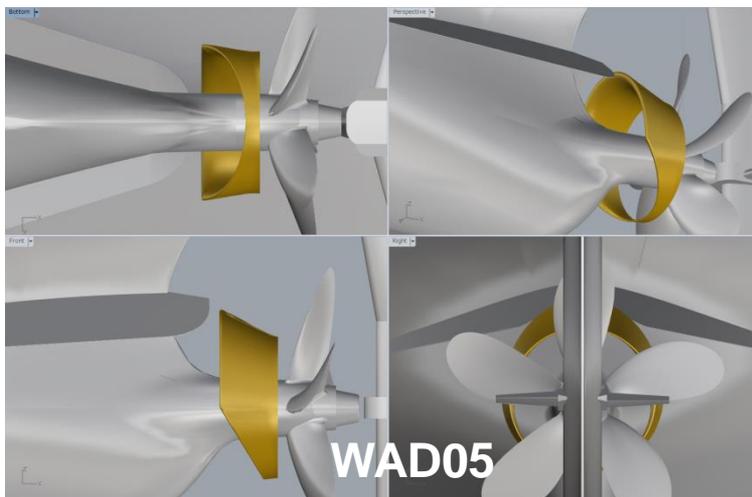
# 既設省エネ装置を有する船体に適した船尾ダクト設計

- 全周同一形状のダクト



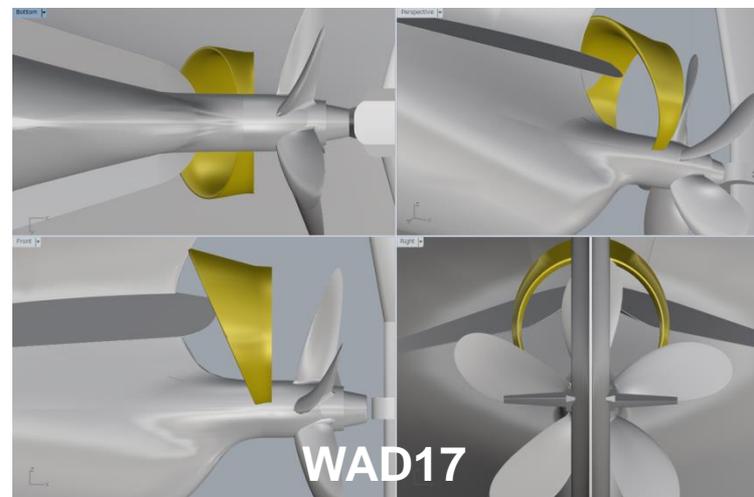
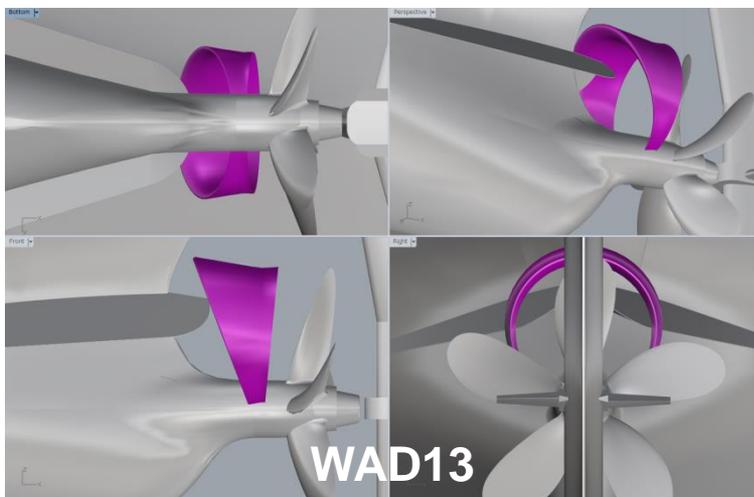
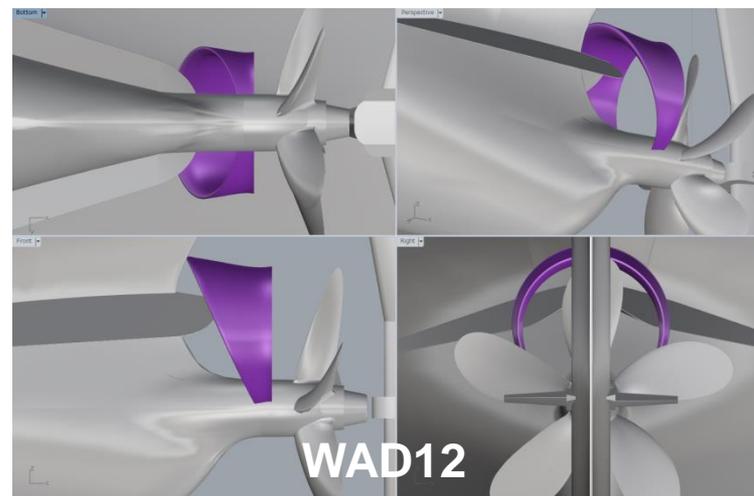
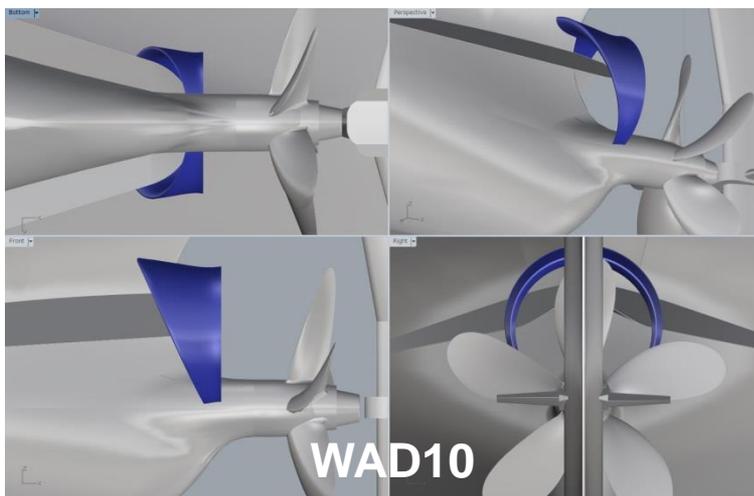
# 既設省エネ装置を有する船体に適した船尾ダクト設計

## ■ 変則型のダクト



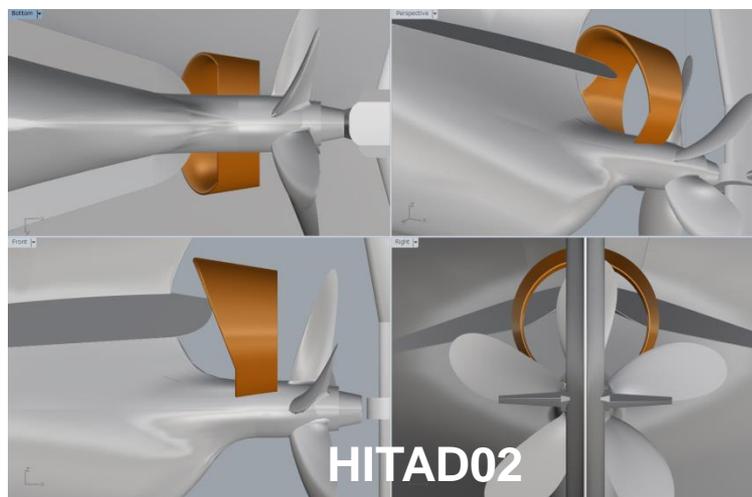
# 既設省エネ装置を有する船体に適した船尾ダクト設計

## ■ 上下テーパ型ダクト



# 既設省エネ装置を有する船体に適した船尾ダクト設計

- 上下テーパ型WAD13をベースとした実用重視型ダクト
  - 下部の強度増加
  - 翼断面の簡略化



#### 4) 複数の省エネ装置を装備した船体周りのCFD計算

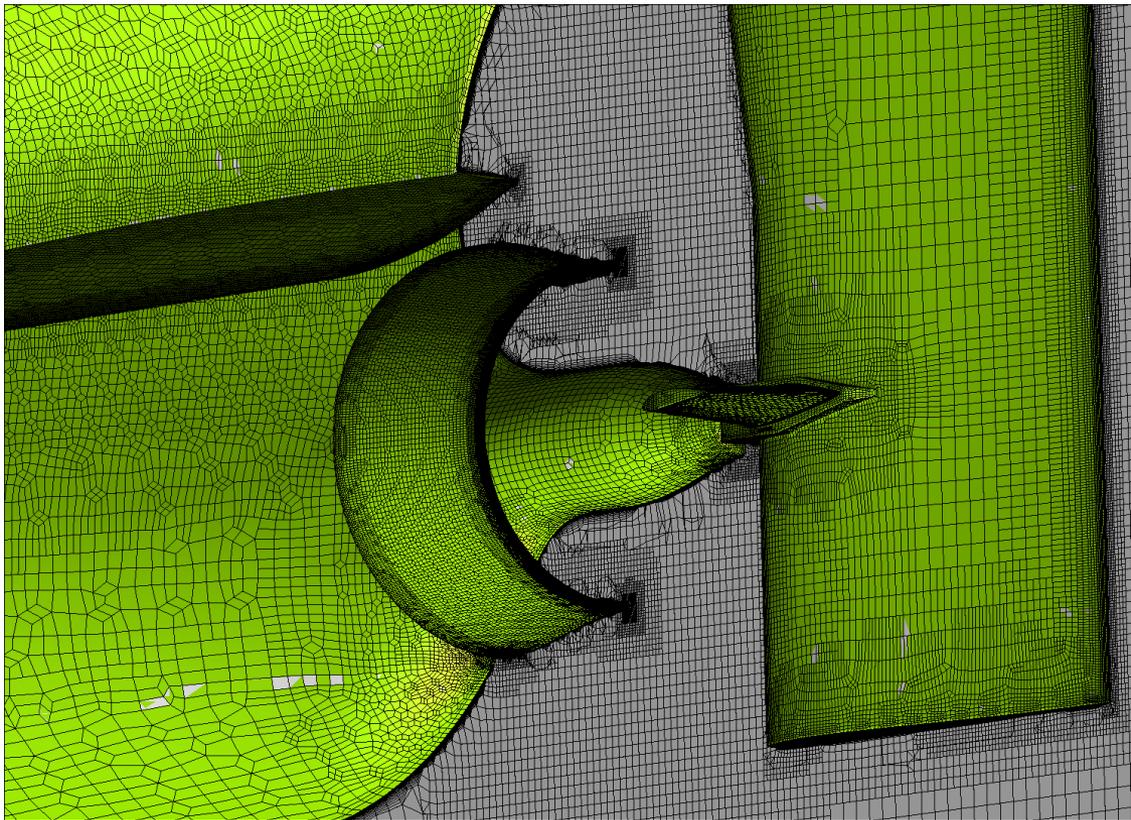
# 複数の省エネ装置を装備した船体周りのCFD計算

## ■ CFD計算条件

- ソルバー： 海技研SURF ver.6.44
- 格子生成ソフト： HEXPRESS™ ver.2.12
- 計算領域：  $-1 < x/L_{pp} < 3$ ,  $-2 < y/L_{pp} < 2$ ,  $-2 < z/L_{pp} < 0$   
(FP:  $x=0$ , AP:  $x=1$ )
- 二重模型流れ解析
- 姿勢固定(トリム0)
- 乱流モデル： MSA、 $cvor=20$
- 無限翼数理論に基づくプロペラ体積力モデル
- 計算ではビルジキールは省略した。

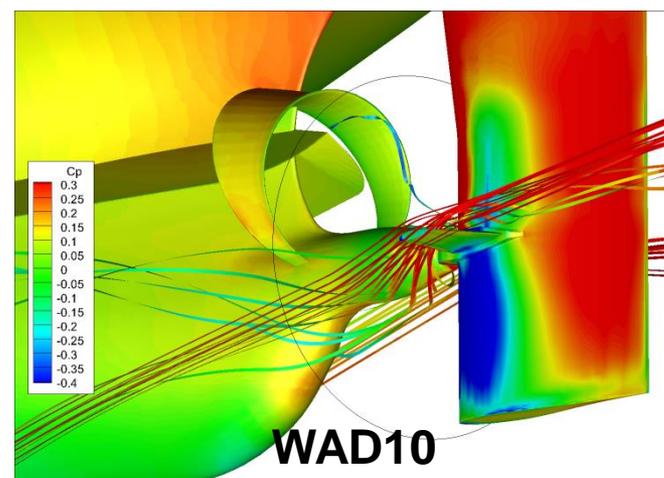
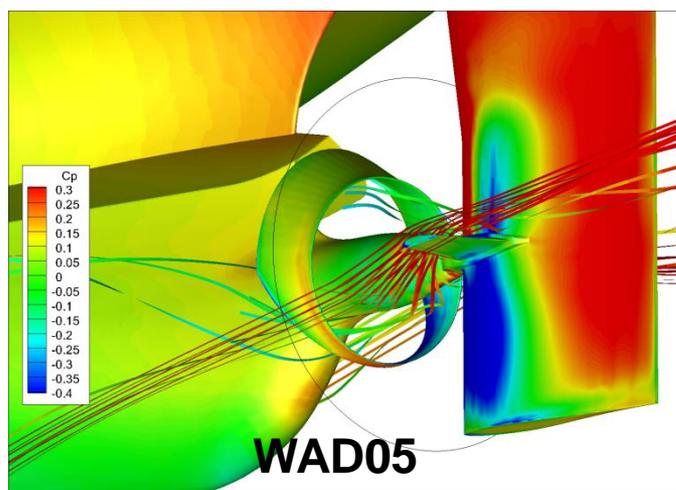
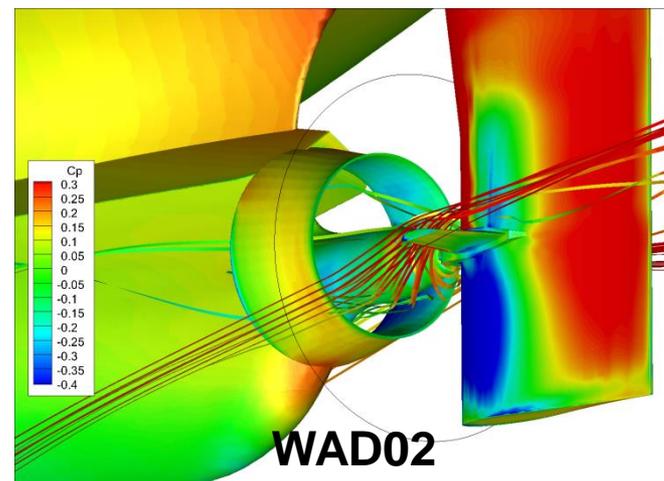
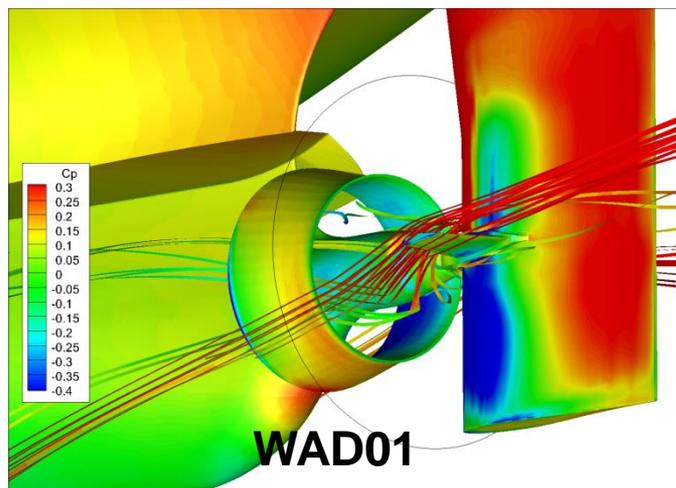
# 複数の省エネ装置を装備した船体周りのCFD計算

- 省エネ装置周りの計算格子
  - 非構造六面体格子



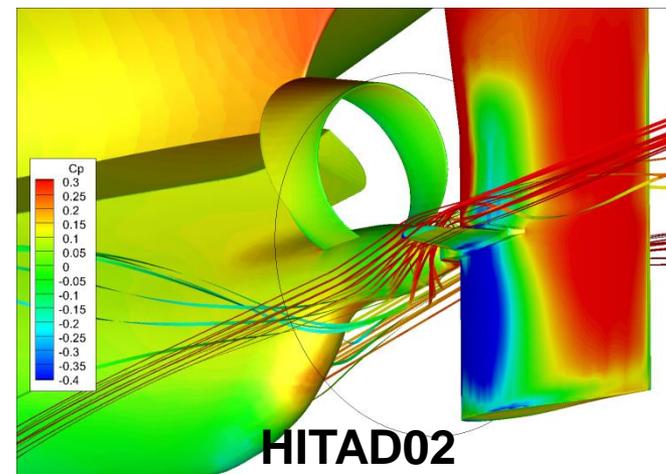
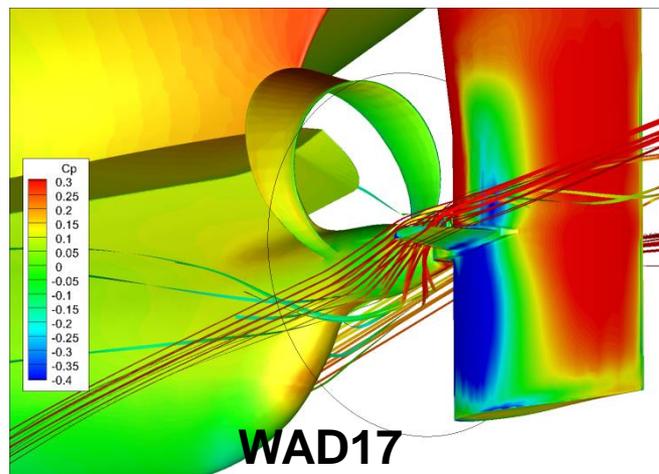
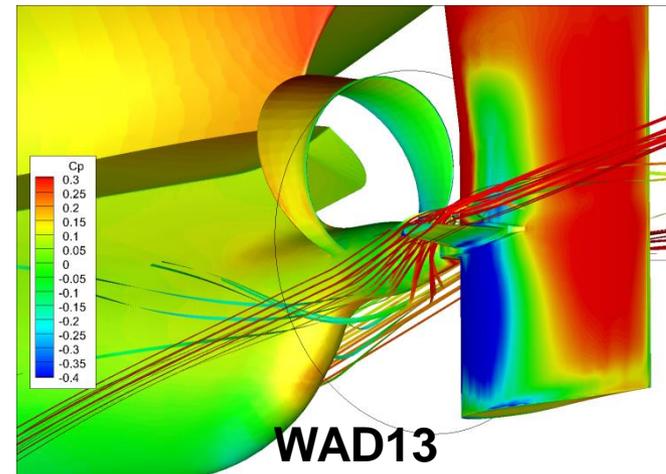
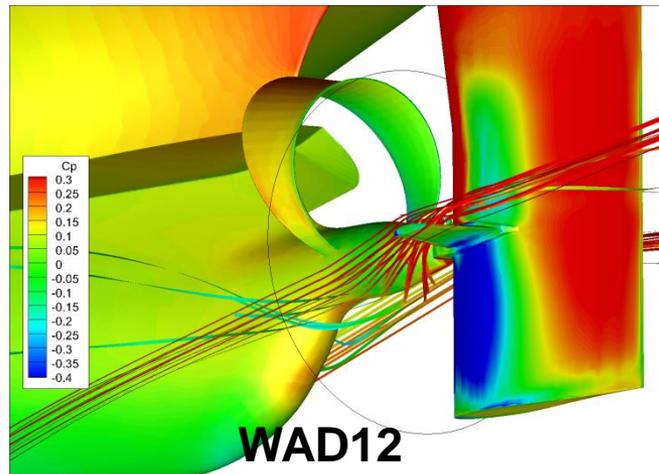
# 複数の省エネ装置を装備した船体周りのCFD計算

## ■ 船体表面圧力分布と流線



# 複数の省エネ装置を装備した船体周りのCFD計算

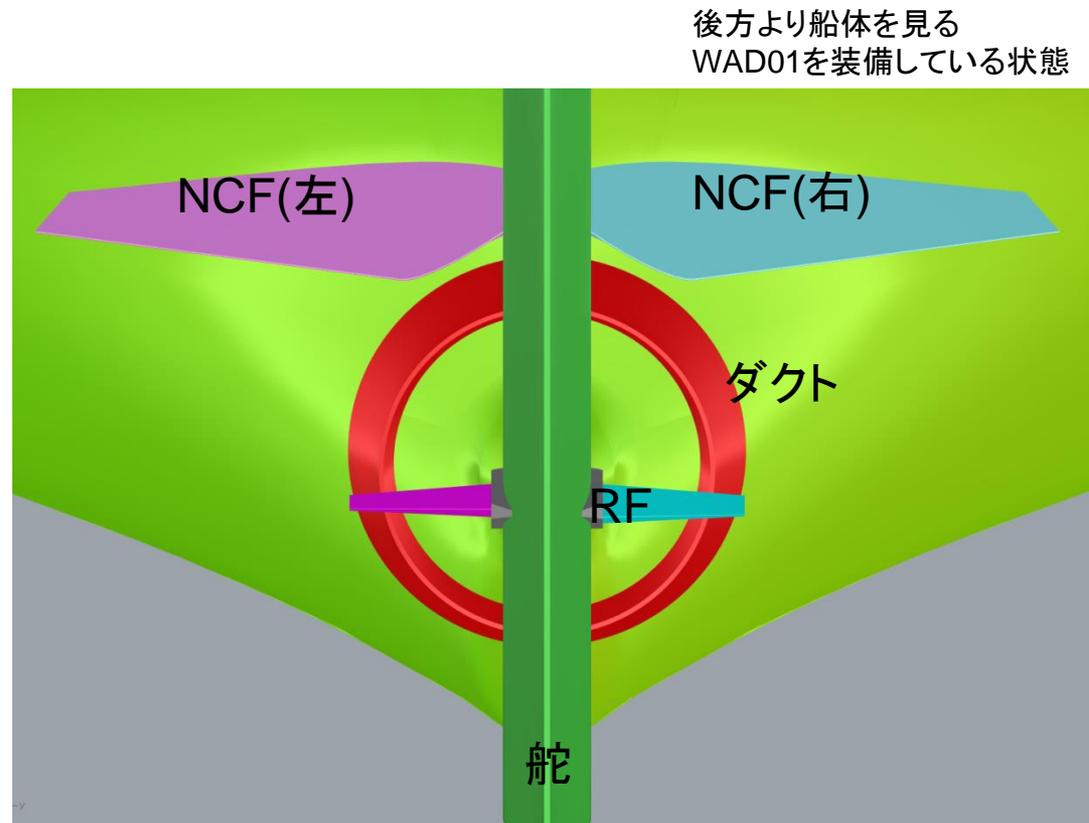
## ■ 船体表面圧力分布と流線



# 複数の省エネ装置を装備した船体周りのCFD計算

## ■ 流体力成分の分離

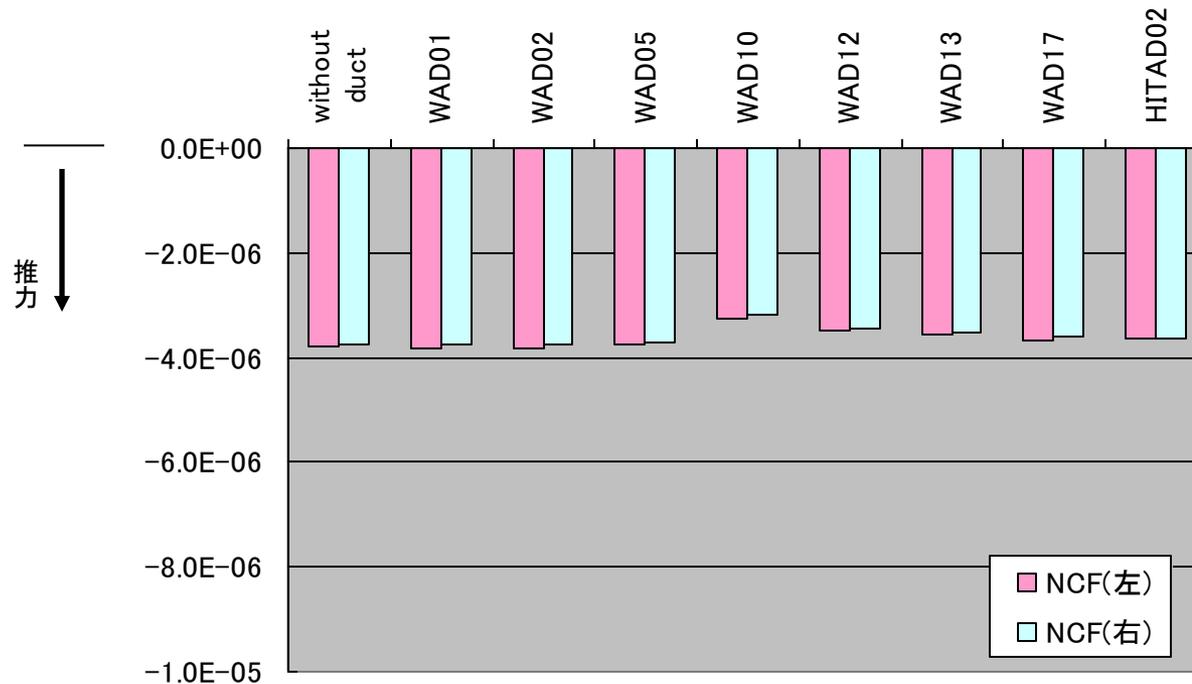
- 船体
- NCF(左・右)
- ダクト



# 複数の省エネ装置を装備した船体周りのCFD計算

- 自航時のNCFに働く船長方向の流体力(船長方向成分)

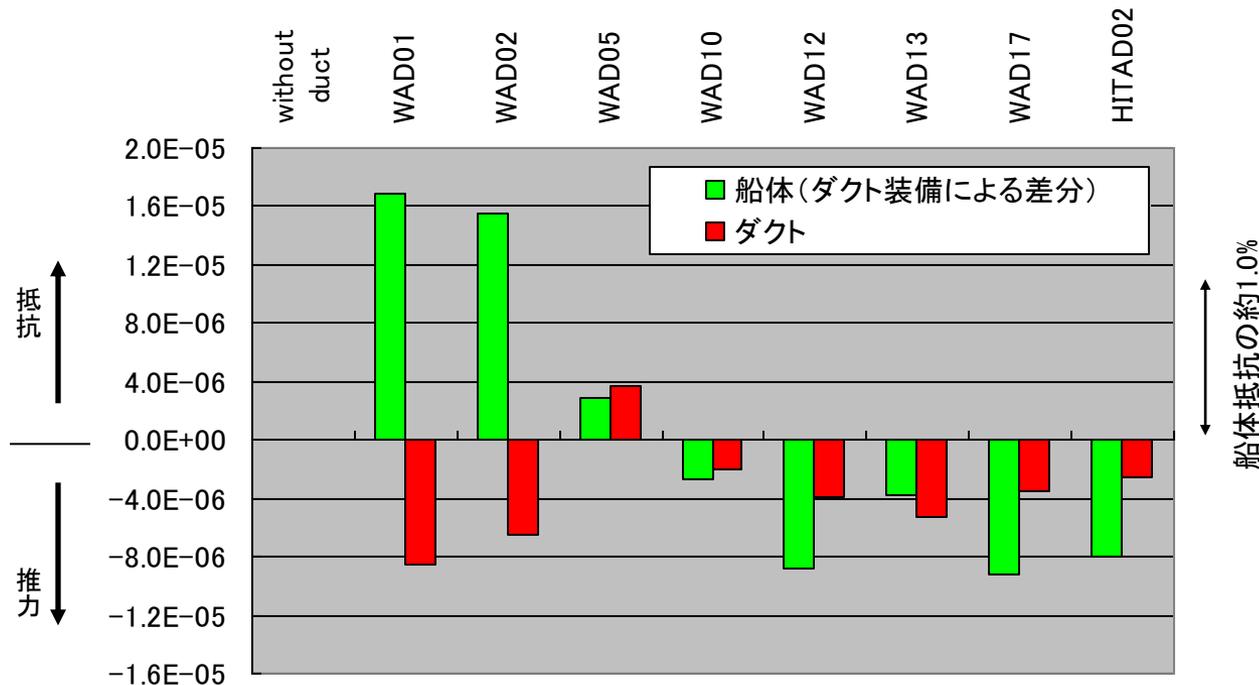
流体力は  $\frac{1}{2}\rho U^2 L_{pp}^2$  で無次元化



船尾ダクトより上流側に位置するNCFは流体力学的な影響を受けない。

# 複数の省エネ装置を装備した船体周りのCFD計算

- 自航時の船体、ダクトに働く流体力(船長方向成分)  
(船体はダクト無し状態からの差分)



WAD01、WAD02はダクトの推力が大きいですが船体抵抗の増加がそれ以上に大きい。省エネ率の点では両者が同時に減少する状態が好ましいが、上下テーパ型(WAD10～WAD17、HITAD02)においてその好ましい傾向が見られる。

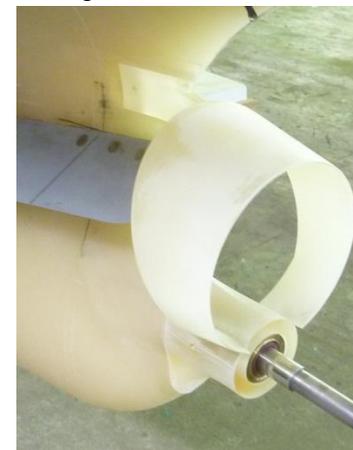
## 5) 水槽試験によるCFDの検証と省エネ効果の確認

# 海技研400m試験水槽における水槽試験

- 省エネ装置付きCFD計算の検証及び省エネ率の確認のために海技研400m試験水槽で水槽試験を2回実施した。

## □ 1回目

- 裸殻の抵抗試験
- 7種類のダクトを用いた自航試験
- 裸殻および1種類のダクトを用いた伴流計測試験



## □ 2回目

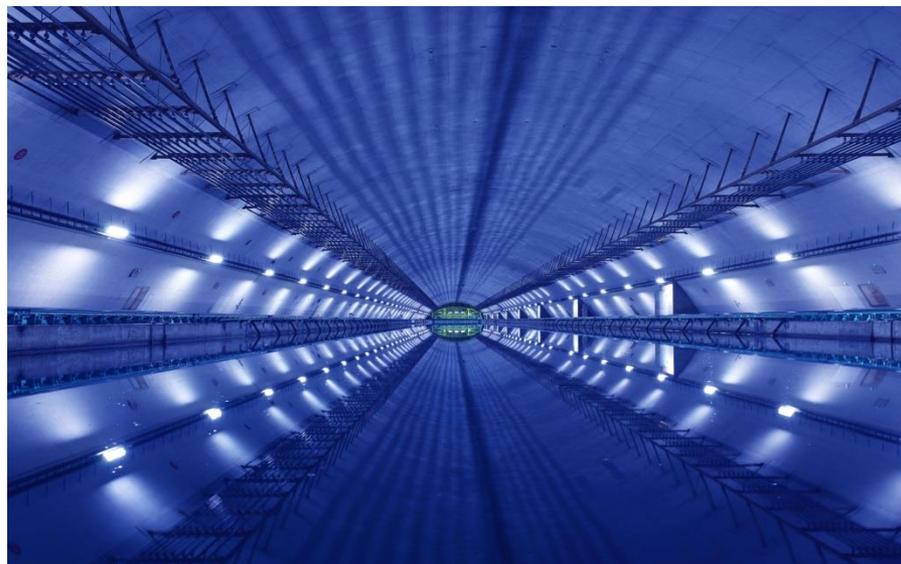
- CFDを用いて改良された船尾ダクト1種類を用いた抵抗・自航試験
- EEDI予備認証試験



# 海技研400m試験水槽

## ■ 水槽本体

- 長さ 400m
- 幅 18m
- 水深 8m



## ■ 曳引台車

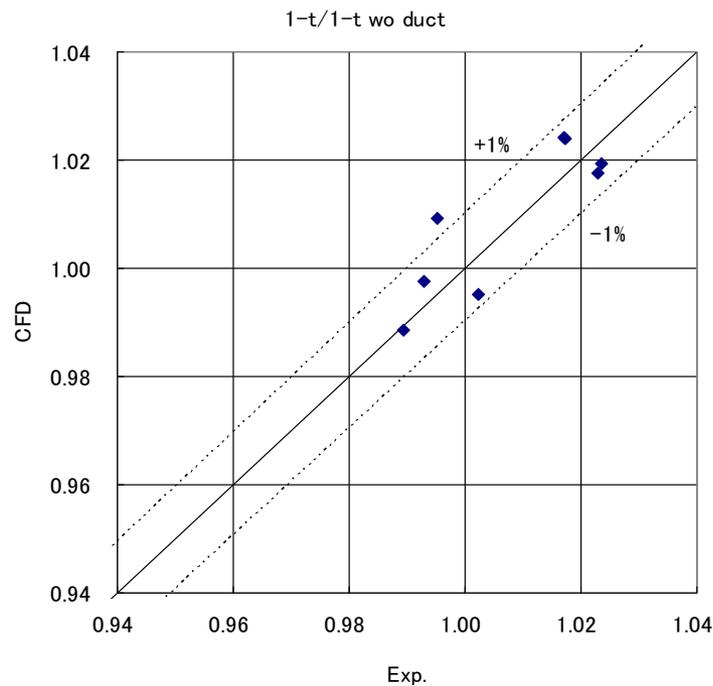
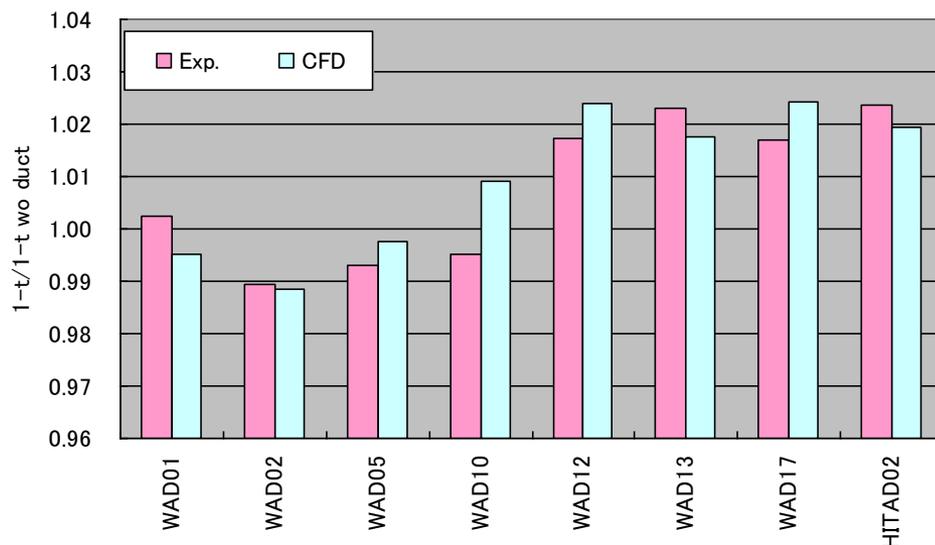
- 最高速度 15m/s



# 水槽試験によるCFDの検証と省エネ効果の確認

## ■ CFDの検証：推力減少係数 $1-t$

- NCF、RF付き
- ダクト無し状態との比で表現

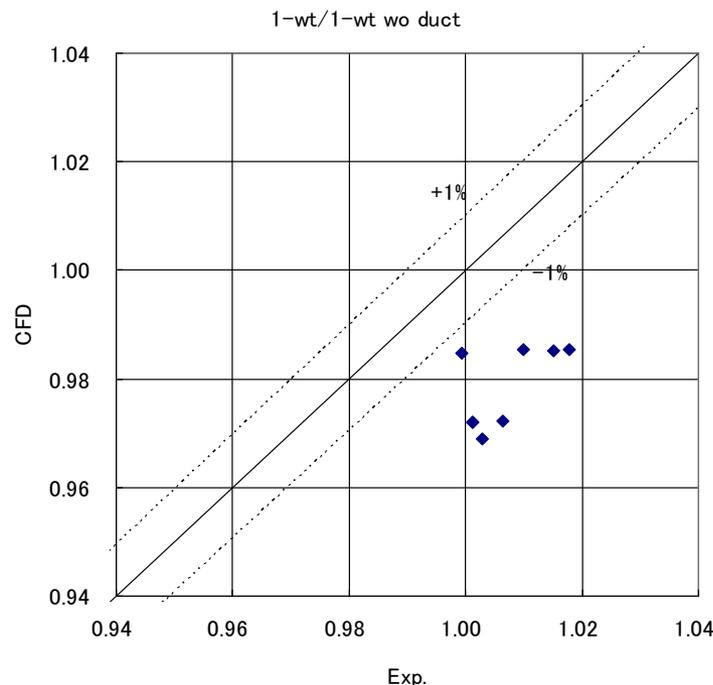
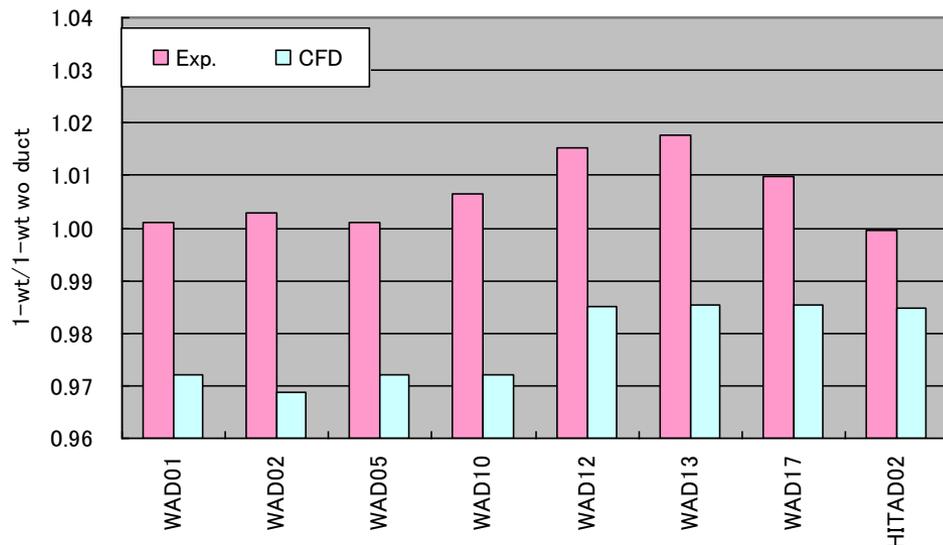


- ・ CFDは±1%以内で実験値を評価できている。
- ・ テーパー型ダクトにおいて $1-t$ が向上することが分かった。  
これは自航時の船体及びダクト抵抗の大小関係と相関が見られるため、省エネ率向上には、一定のダクト推力の確保と、船体表面の船体抵抗減少が効果的と言える。

# 水槽試験によるCFDの検証と省エネ効果の確認

## ■ CFDの検証: 伴流係数 $1-wt$

- NCF、RF付き
- ダクト無し状態との比で表現

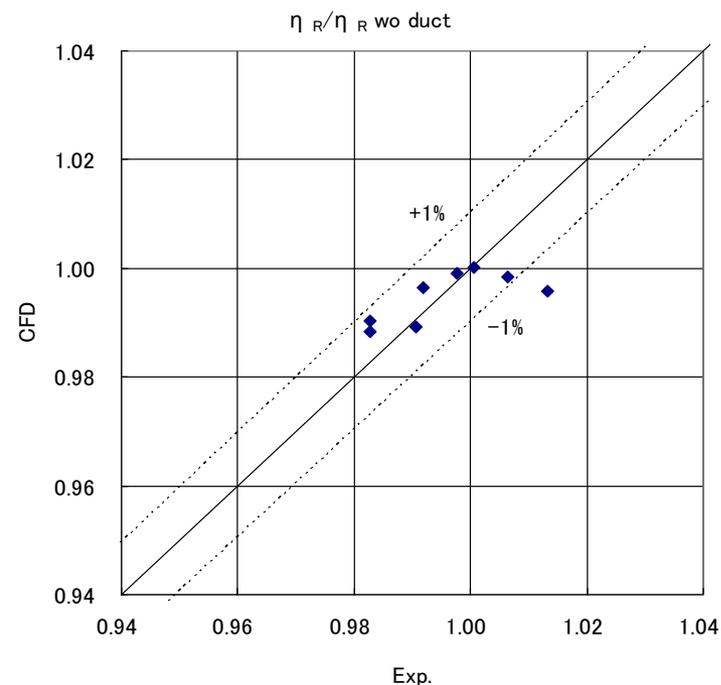
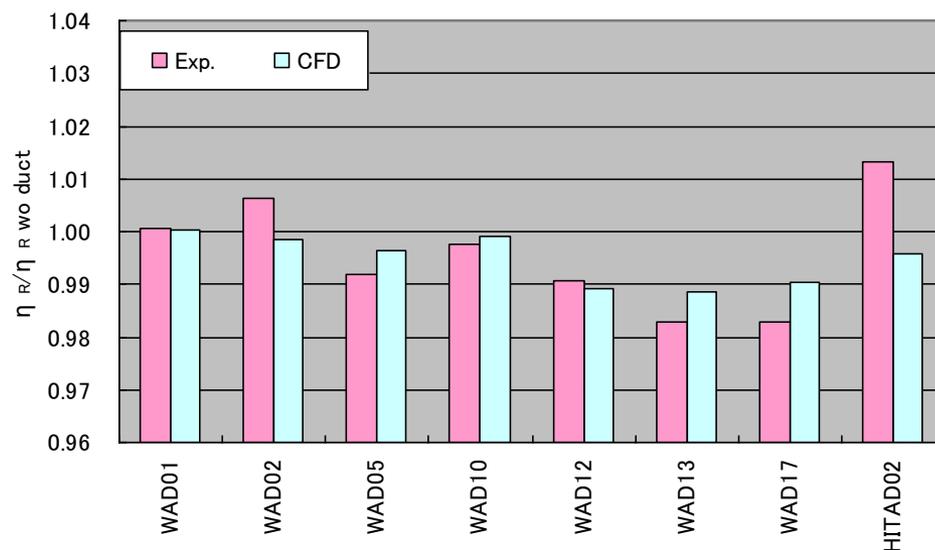


- ・ CFDでは実験値より低めに出る傾向が見られるものの、概ね実験値の傾向を捉えている。また、ダクトの形状や位置が異なるにも拘わらず  $1-wt$  の変化は少なく、伴流利得にはほとんど差が現れなかった。
- ・ 船尾ダクトをNCF、RFとの組み合わせで使用する場合には伴流利得の増加を狙うのではなく、ダクト推力の増加と船体抵抗減少を両立しつつ  $1-t$  の改善を追求すべきである。

# 水槽試験によるCFDの検証と省エネ効果の確認

## ■ CFDの検証: プロペラ効率比 $\eta_R$

- NCF、RF付き
- ダクト無し状態との比で表現



1点だけ外れているデータがあるが、CFDは±1%以内の精度で実験値を評価できている。

## 水槽試験によるCFDの検証と省エネ効果の確認

### ■ ダクトを追加したことによる省エネ効果の増分

	Full	Ballast	平均値	目標値
省エネ率[%]	1.41	4.15	2.8	2.0 ≤

### ■ ダクトを追加したことによるCO<sub>2</sub>排出削減量の増分

	Full	Ballast	平均値	目標値
CO <sub>2</sub> 削減量 [t/day]	2.48	7.48	5.0	5.0 ≤

## まとめ(1)

- 複数の省エネ装置が装備された複雑形状物体におけるCFD計算手法を確立した。
- 複数の船尾ダクトを設計し、CFD計算を実施することで複数の省エネ装置間に作用する流体力学的な干渉影響を明らかにした。
- 設計した複数の船尾ダクトそれぞれについて自航試験を実施し、CFD計算の精度検証を行った結果、確立したCFD計算手法が船尾ダクトの形状及び配置の検討に有効であることを確認した。

## まとめ(2)

- 実船搭載可能な形状・配置を有する船尾ダクトHITADの追加装備により、省エネ効果とCO<sub>2</sub>排出削減量に関する目標値を達成した。
  - 船尾ダクトHITADにより追加される省エネルギー効果
    - 2.8%以上を達成（目標2.0%以上）
  - 船尾ダクトHITADにより追加されるCO<sub>2</sub>排出削減量
    - 5.0t/day以上を達成（目標5.0t/day以上）

# 謝辞

本研究開発は日本海事協会殿の  
「業界要望による共同研究」  
により実施しました。

関係各位のご協力に深く感謝いたします。

**ClassNK R&D PROJECT**