

**NK殿 業界要望による共同研究**

# **「複合材料製プロペラの研究開発」 概要版**

平成27年9月24日

ナカシマプロペラ株式会社

# 1. 共同研究の概要

# NK殿との共同研究

- 研究題目：複合材料製プロペラの研究開発
- 研究目的：複合材料製プロペラを一般商船に実用化すること。
- 研究目標：
  - 1) 材料評価（船級承認）
  - 2) 499G/T内航船での実船実証
  - 3) 28BCの複合材料製プロペラおよび船体開発
- 研究期間：2年7ヶ月（平成24年6月～平成27年1月）

# 研究開発体制

- NK : 船級規則、船級としてのアドバイス
- NYK/MTI : 運航評価、船会社としてのアドバイス
- 今治造船 : 複合材料製プロペラ用の船体研究、造船会社としてのアドバイス
- 東京大学 : 材料試験、エロージョン試験、船級規則
- 海技研 : 水槽試験、設計法、船体研究、エロージョン試験
- ナカシマ : 事務局、材料試験、プロペラ設計・製造  
船級規則、実船検証
- 双和海運 : 協力者、実証船499G/Tケミカルタンカー  
のオーナー

## 2. 研究成果について

# 1) 船級承認

# 製造法承認(1)

## ■適用範囲

最大直径 2.12m (大興丸プロペラ直径)

## ■試験項目

		初回承認試験	出荷試験
実機試験	静的荷重試験	○	
	寸法計測	○	○
	外観検査	○	○
	非破壊検査	○	○
要素試験	引張試験	○	○
	曲げ試験(3点曲げ)	○	○
	層間せん断試験(ILSS)	○	○
	片振り3点曲げ疲労試験	○	
クーポン試験	引張試験	○	
	曲げ試験	○	
	層間せん断試験(ILSS)	○	
	片振り3点曲げ疲労試験	○	

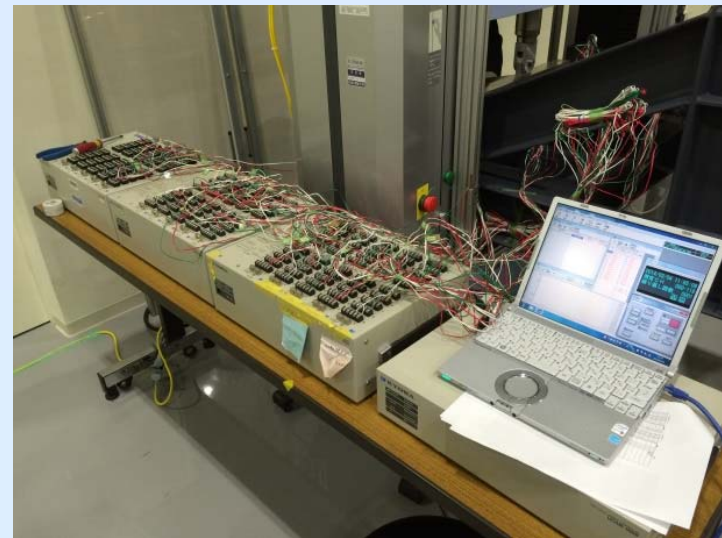
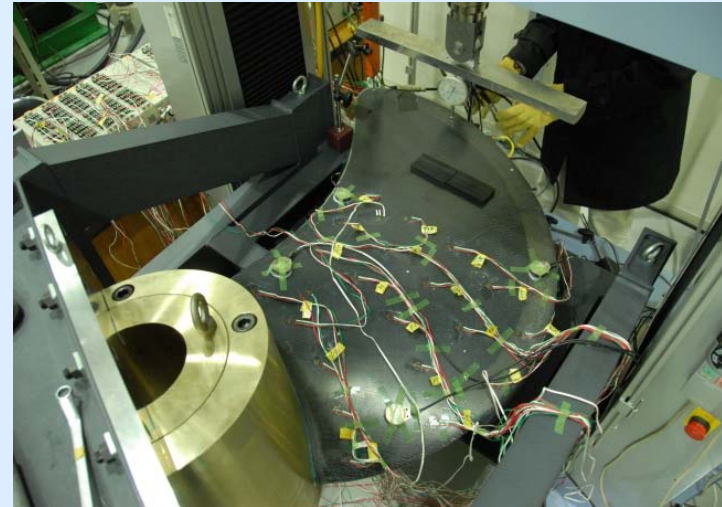
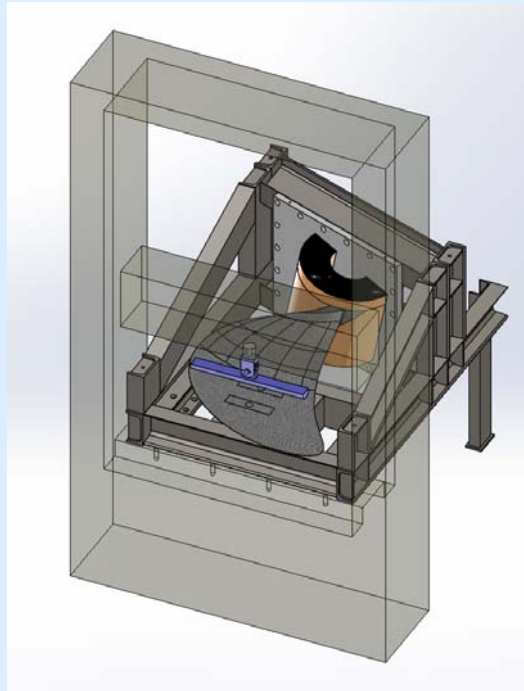
実機試験:実体プロペラで行う試験

要素試験:実体プロペラから切り出した試験片で行う試験

クーポン試験:JIS規格などにに基づき作成した試験片で行う試験

# 製造法承認(2)

## ■実機試験(静的荷重試験)





# 製造法承認(3)

## ■ 製造法承認証書発行 2014年5月1日付

NIPPON KAIJI KYOKAI



Approval No. CU20PR  
Certificate No. TA14396E

**APPROVAL OF MANUFACTURING PROCESS**

*This is to certify that*

**Nakashima Propeller Co., Ltd.**  
Okayama, Japan

*has been approved for the manufacturing process of the undermentioned article by the NIPPON KAIJI KYOKAI in accordance with the requirements of 1.1.1-2 and 1.2, Part K of the Society's "Rules for the Survey and Construction of Steel Ships" and the Society's "Guidance for the Approval and Type Approval of Materials and Equipment for Marine Use".*

**ARTICLE : Composite Propeller**

The detailed approval conditions are given in the PARTICULARS OF APPROVAL, listed in the reverse of this certificate.

The products for the ships classed with the Society are to be manufactured, tested and inspected in compliance with the said Rules and Guidance.

This Certificate is valid until 30 April 2019.  
Issued at Tokyo on 1 May 2014.

Initial Approval Date : 1 May 2014

  
  
T. Imamura  
General Manager  
Material and Equipment Department

 **ClassNK** 

2012.11.2007

## 2) 499G/T内航船での実船実証

# 目標

- 内航船499G/Tケミカルタンカー向けバウスラスト用および主推進用プロペラを設計・製作し、実船評価を行い、複合材料製プロペラの設計標準の検証を目指す。
- また、主推進用プロペラを従来金属製から複合材料製に変更することで、運航状態で3%の性能向上を目指す。

# 499G/Tケミカルタンカー「大興丸」での実船実証

平成24年10月：就航



船主	双和海運有限会社
船名	大興丸
造船所	興亜産業株式会社
船種	ケミカルタンカー
総トン数	499G/T
Lpp×B×D	60.00m×10.00m×4.50m
エンジン型式	LH28G-460 (阪神内燃機工業製)
連続最大出力	735kW/355min <sup>-1</sup>
プロペラ	固定ピッチ型、4翼×φ1.950m (ナカシマプロペラ製)
船速	11.5ノット

主推進用プロペラ

MCR : 735kW

直径 : 2,120mm

平成26年5月搭載

サイドスラスト

入力 : 165kW

直径 : 850mm

公称推力 : 2.5トン

平成24年9月搭載



# 主推進用プロペラ

エンジン : 阪神内燃機工業製LH28G

MCR : 735kW × 355rpm

	現行 (CAC703製)	新設計 (CAC703製)	新設計 (CFRP製)
翼数	4	←	←
プロペラ直径(mm)	1,950	2,120	←
ボス径(mm)	363	420	←
展開面積比	0.63	0.50	←
プロペラ質量(kg)	715	851(114%)	422(59%)
慣性モーメント(kg-m <sup>2</sup> )	112	153(137%)	36.8(33%)

# プロペラ単独性能試験(水槽試験)

## ・プロペラ単独性能

現行プロペラの効率を1としたときの比率

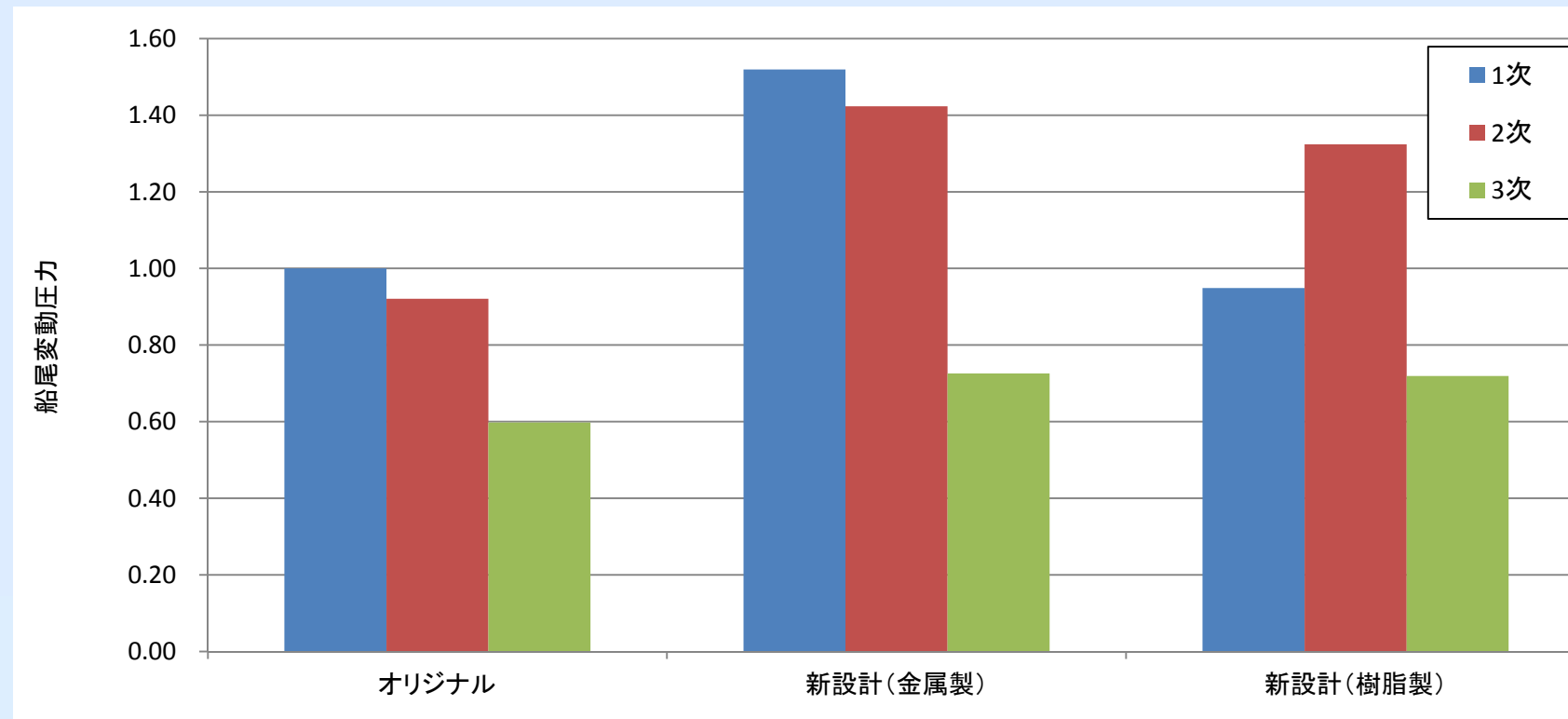
	現行	新設計 (金属製)	新設計 (樹脂製)
プロペラ直径(mm)	250	271.79	
展開翼面積比	0.63	0.50	
プロペラ単独効率 $\eta_o$	1	1.082	1.083
船殻効率 $\eta_h(1-t/1-W)$	1	0.977(推定)	0.977(推定)
プロペラ効率比 $\eta_R$	1	1(推定)	1(推定)
推進効率 $\eta$	1	1.057	1.058



# キャビテーション試験(水槽試験)

## • 船尾変動圧力

現行プロペラの1次成分を1としたときの比率



# CFRPプロペラ取り付け

- CFRPブレード取り付け

アリ溝の清掃後、シリコングリスの塗布を行い、ブレードを差し込む

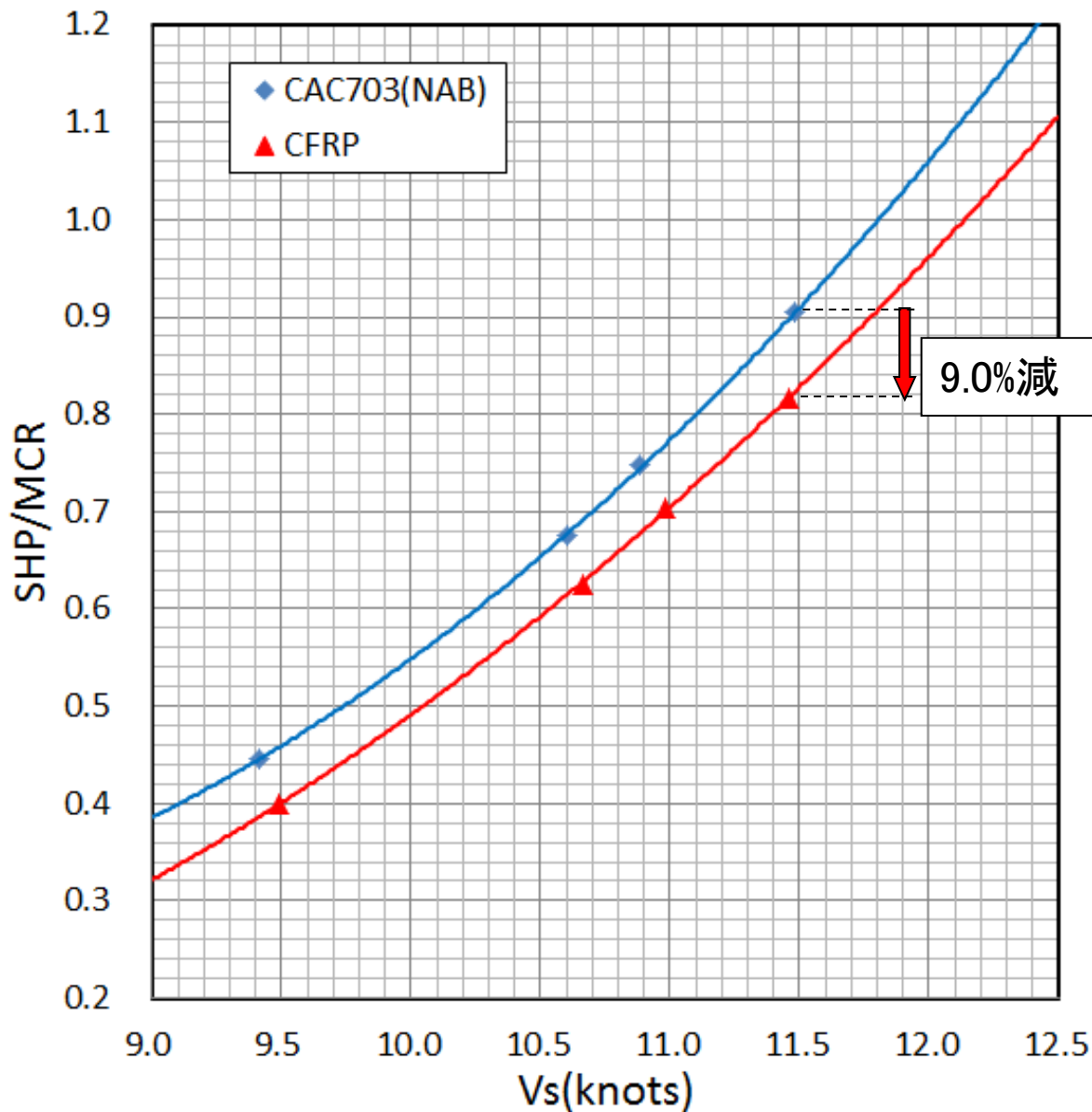


2ブレードを差し込み後、ボスを180度回転させて残りのブレードを差し込む





# 換装前後での速力試験結果の比較

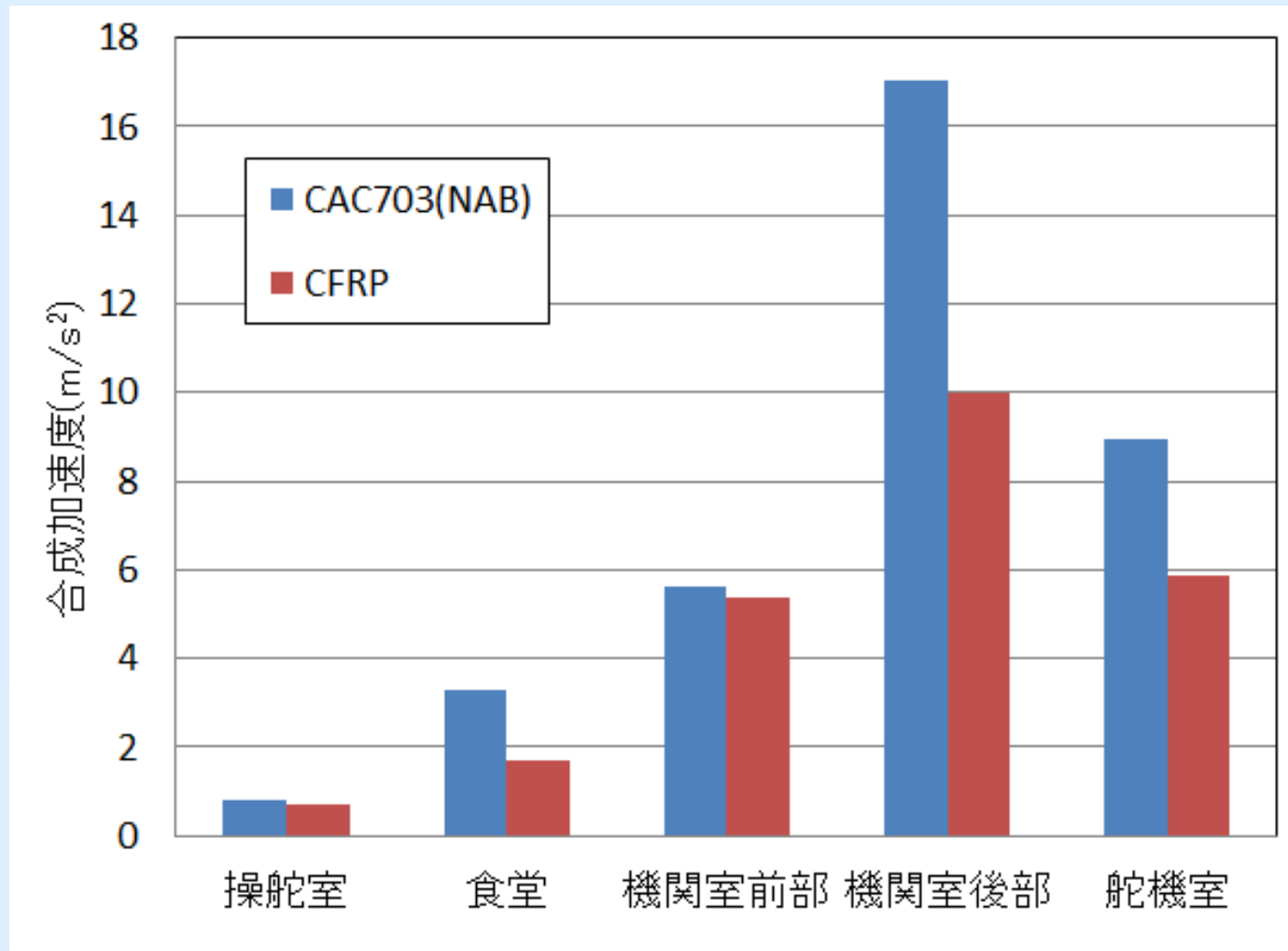


# 実船性能の検討

	水槽試験結果	実船試験結果
プロペラ単独効率 $\eta_0$	1.083	約1.09 +0.5~1%(実機アップ)
船殻効率 $\eta_h(1-t/1-W)$	0.977(推定)	←
プロペラ効率比 $\eta_R$	1(推定)	←
推進効率 $\eta$	1.058	約1.065 +0.5~1%(実機アップ)
エコキャップ効率 $\eta_c$	1.011	約1.023 +1~1.5%(実機アップ)
総合推進効率 $\eta'$	1.070	約1.09 (海上試運転結果)

# 振動計測結果

- 各計測場所における加速度を計測(興亜産業殿による計測)
- 上下、左右、前後の加速度の値を合成



### 3) 28BC用複合材料製プロペラおよび 船体開発

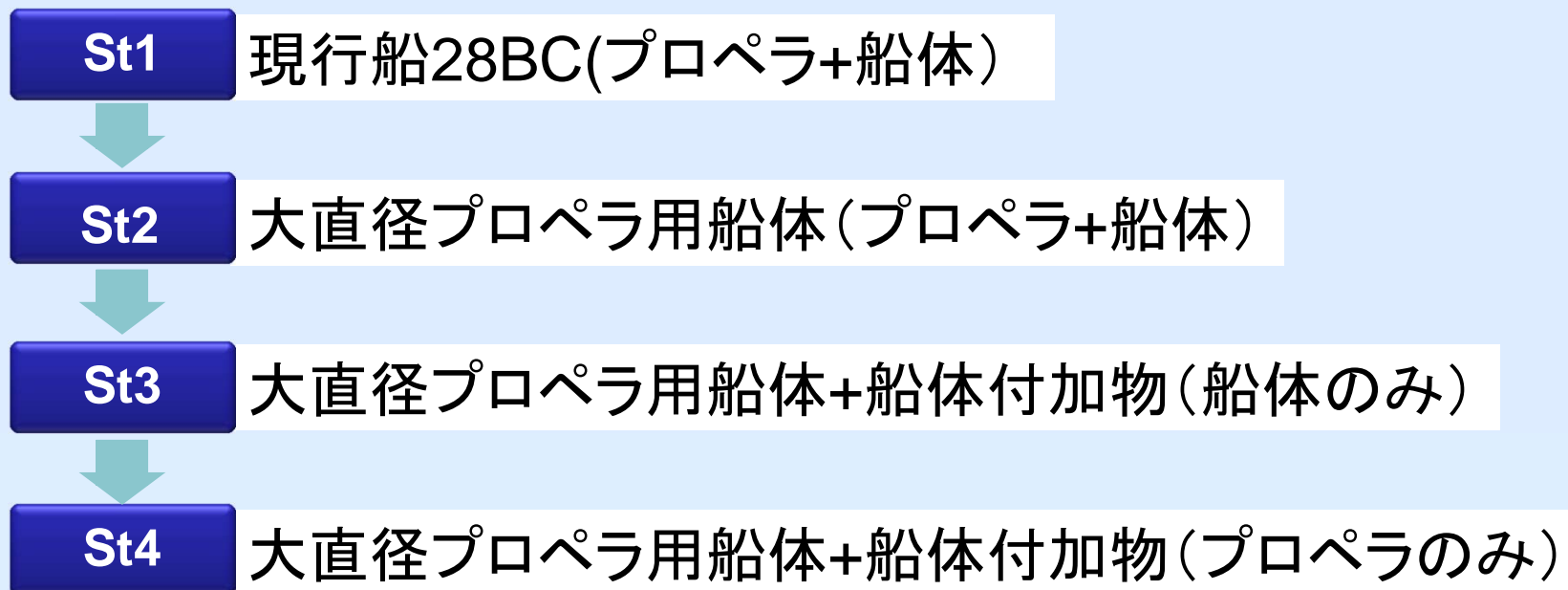
# 目標

- 28BC(28,000DWTバルクキャリア)を対象に、複合材料製プロペラおよびそのプロペラ用の船尾形状や付加物を開発し、推進性能4%向上を目指す。

# 28BC用複合材料製プロペラおよび船体の開発

目的: 複合材料製プロペラの性能確認および船体開発

- 28BCの主推進用プロペラの設計、水槽試験を実施する。  
また、複合材料製プロペラを対象とした船体形状の研究開発を実施する。



# 試験結果（省エネ効果）

Vs=14.0knotにおけるBHP St1との比較

**St1** St1船型+ハイブリッドフィン+St1プロペラ  
(省エネ効果算定の基準)

↓ (船体、プロペラ変更)

**St2** St2船型+ハイブリッドフィン+St2プロペラ  
BHP約4.7%低減(船体形状改良約3.6%含む)

↓ (船体付加物追加)

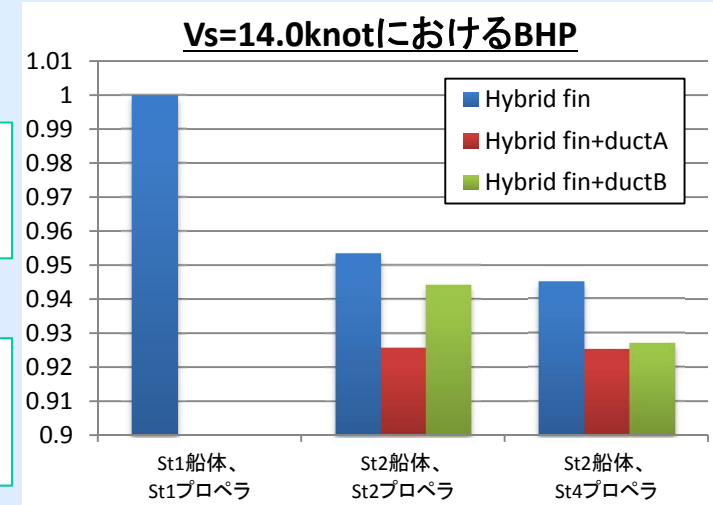
**St3**

- St2船型+ハイブリッドフィン+ダクトA+St2プロペラ BHP約7.4%低減
- St2船型+ハイブリッドフィン+ダクトB+St2プロペラ BHP約5.6%低減

↓ (付加物に合わせてプロペラ変更)

**St4**

- St2船型+ハイブリッドフィン+ダクトA+St4プロペラ BHP約7.5%低減
- St2船型+ハイブリッドフィン+ダクトB+St4プロペラ BHP約7.3%低減



### 3. 全体のまとめ



# 全体のまとめ(1)

- 各種材料試験および実機評価試験を行い、NK船級承認を取得(最大直径2.12m)
- 499G/Tケミカルタンカーに、サイドスラスト用複合材料製プロペラを搭載した(H24年10月就航)。2年以上経過しているが問題無い。ただし、漁網巻込みにより、次回ドック時に補修・交換を実施する。
- 499G/Tケミカルタンカーに、主推進用複合材料製プロペラを搭載した(H26年5月換装)。実船試験で複合材料製プロペラによる推進効率の向上は約6%であり、目標の3%をクリアできた。
- 主推進用複合材料製プロペラは、約9カ月の運航しているが、特に問題は無い。

## 全体のまとめ(2)

- 28BC向け複合材料製プロペラおよび船体について水槽試験を行った。
- 複合材料製プロペラ、船体形状改良および付加物により、推進効率は最大7.5%向上し、目標の推進効率向上4%をクリアできた。
- 推進効率アップの内訳は、
  - 船体形状改良 : 約3.6%
  - プロペラ設計改良 : 約2.0%
  - ダクト効果 : 約2.4%
- 翼先端のキャビテーション発生を抑制し、大直径化を図っても船尾変動圧を低減できた。