

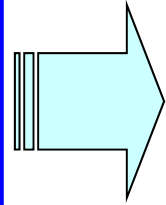
複合材料製プロペラの研究開発



複合材料について

FRPの特徴

- 軽量
- 高強度 (CFRP)
- 異方特性
- 低 & 高弾性
- 耐腐食性
- 耐摩耗性 (ArFRP)
- 非磁性 (GFRP)
- 高減衰性
- 大型一体構造



FRPの使用例

- 航空機・人工衛星
- 風力発電のタービンブレード
- 自動車
- 小型ボート・掃海艇
- スポーツ用品
- 建築・土木



世界での複合材料のプロペラ適用実績



ドイツ海軍潜水艦プロペラとして2002年から
HDW(ホヴァルツヴェルケ)製造/試験
現在、直径3.5mを搭載予定。



オランダ海軍/Alkmaar級掃討艇用に
開発された直径2.5mのCPP(2010年)



これまでの研究状況

フェーズ1（H19～20年度）

日本船用工業会の補助金で、FS実施

フェーズ2（H21～23年度）

日本財団の補助金で、材料評価、水槽試験、
小型艇での実船試験を実施

フェーズ3（H24～26年度）

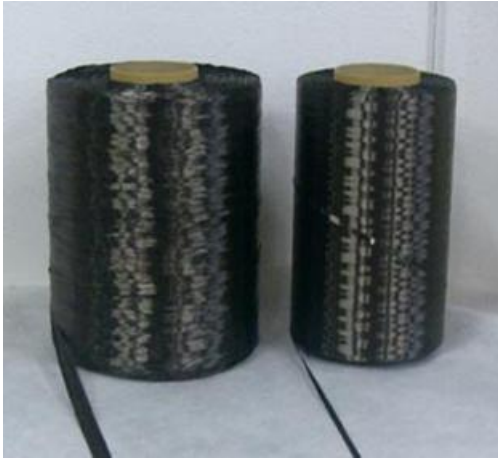
日本海事協会との業界要望による共同研究
NK船級取得および一般商船への実用化

フェーズ4（H26～27年度）

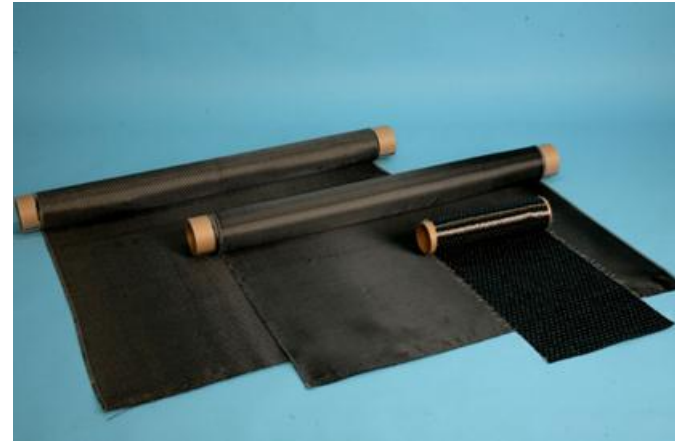
JRTTの高度船舶技術の実用化事業
JG船級取得およびメンテナンス・補修要領作成

CFRPの材料特性

炭素繊維および成形法

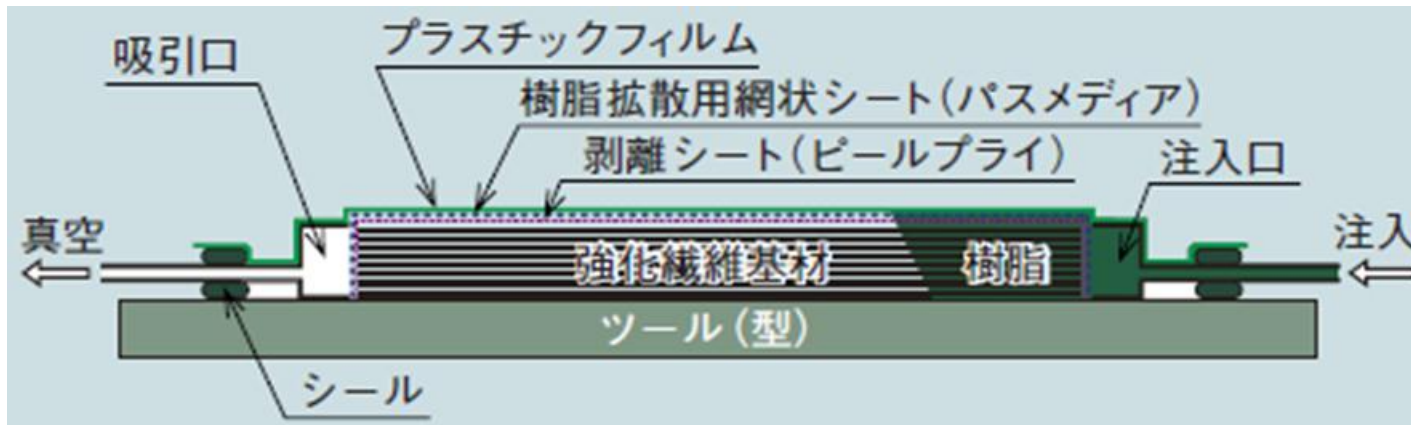


炭素繊維のトウ



炭素繊維のシート

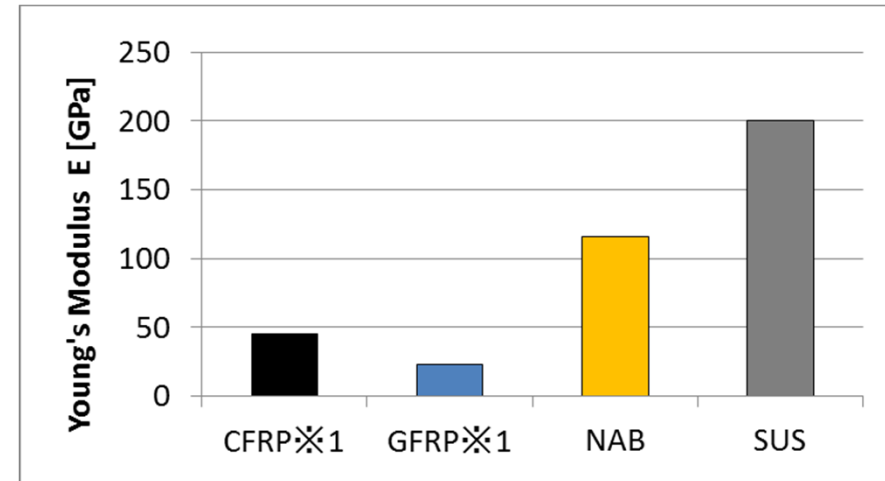
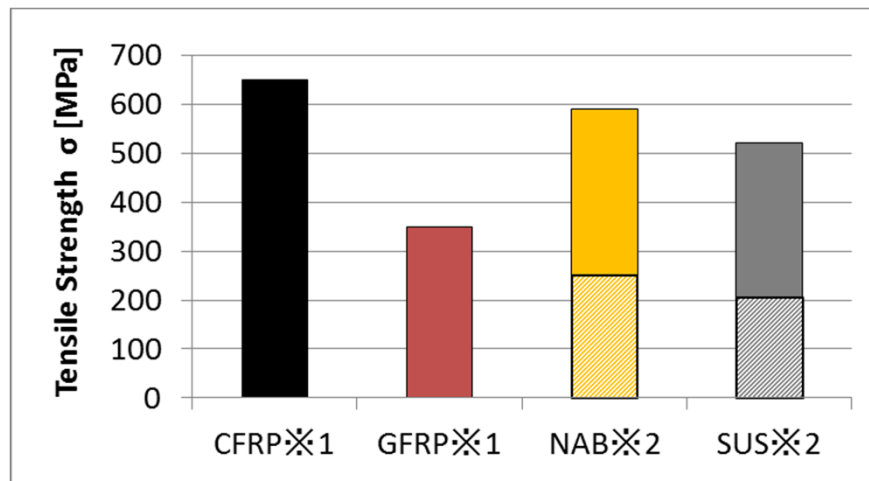
CFRP : Carbon Fiber Reinforced Plastic



VaRTM (Vacuum assisted Resin Transfer Molding)

コンポジットと金属との比較

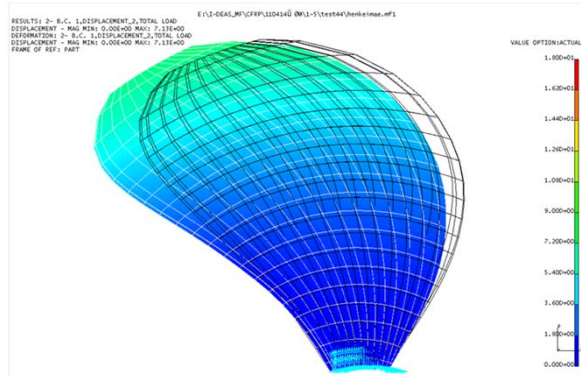
	CFRP	GFRP	NAB	SUS
密度 ρ [g/cm ³]	1.5	2	7.6	7.9



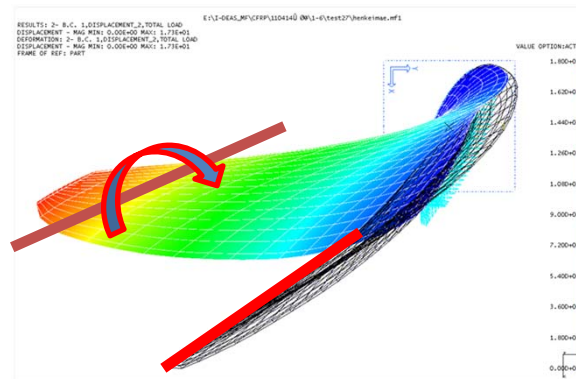
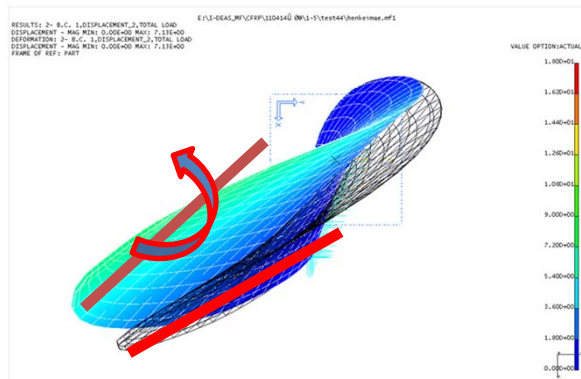
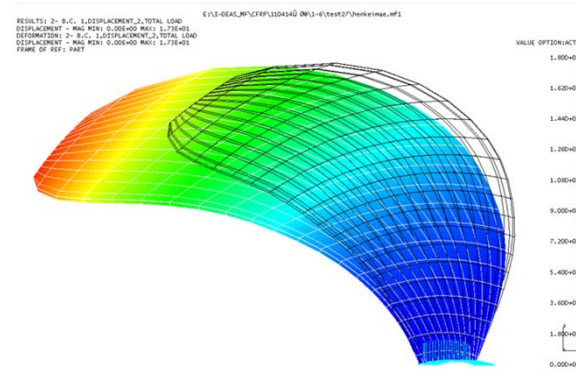
CFRPは、従来のプロペラ材料NABよりも軽量で高強度である
→プロペラ重量および慣性モーメントが小さく、ねじり振動応力低減！

複合材料製プロペラの弾性変形

プロペラA



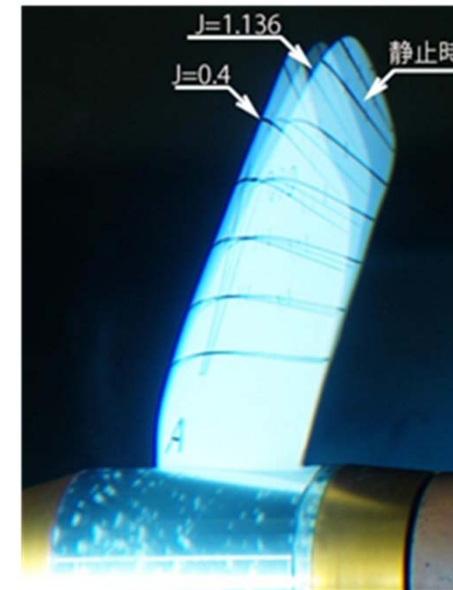
プロペラB



- プロペラAは、**ピッチが増加**する方向に変形する
- プロペラBは、**ピッチが減少**する方向に変形する
ハイスキュー形状では加速時や急激な負荷が作用した場合、弾性変形により流力的に力が逃げる

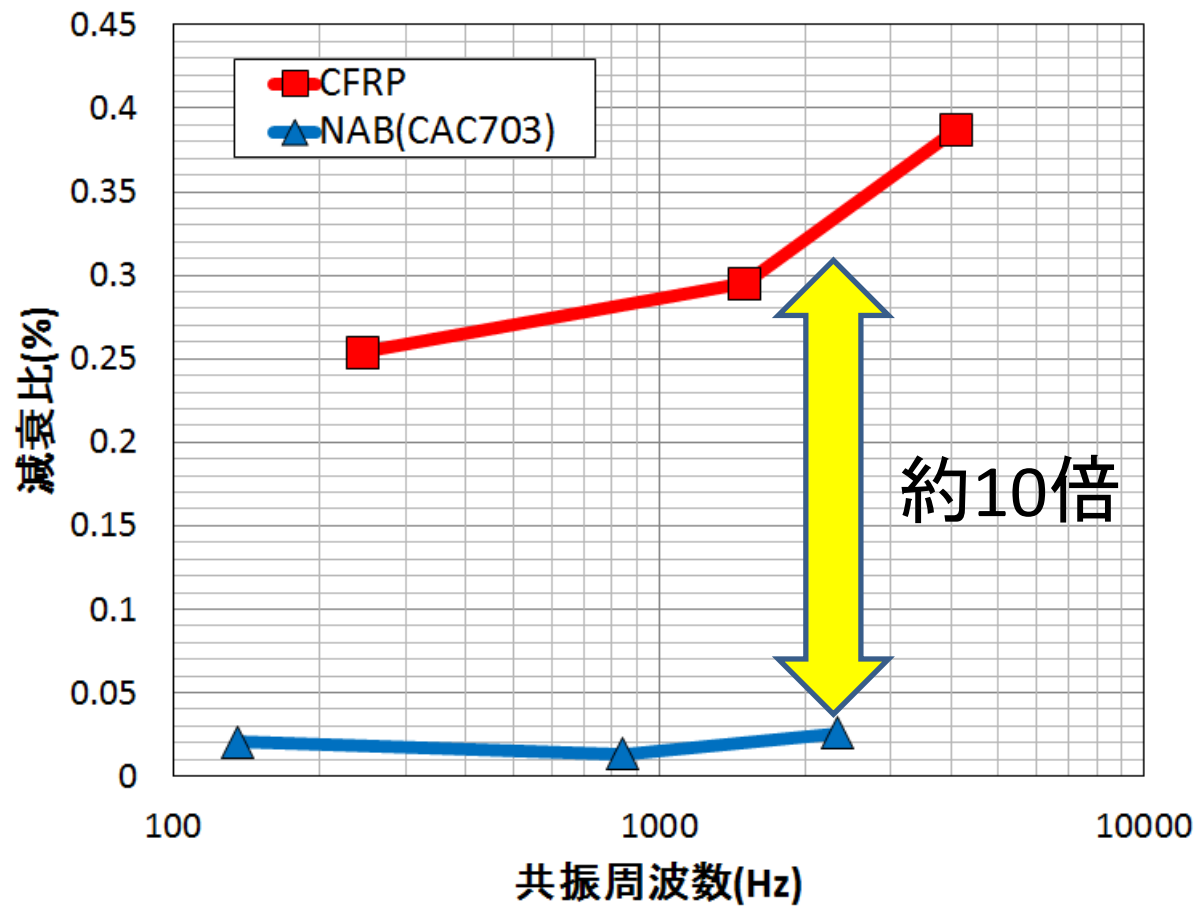


モデルプロペラ



水槽試験状況

CFRPとNABとの制振性比較



CFRPは、従来のプロペラ材料NABよりも高減衰である
→鳴音抑制、ねじり振動応力の低減にも繋がる

一般商船への適用

499G/Tケミカルタンカー「大興丸」

平成24年9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 ⁻¹
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



主推進用プロペラおよび軸系

	従来型 (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 ²)	112	153(137%)	36.8(33%)
中間軸径(mm)	φ 210-1,290	φ 240-1,290	φ 150-1,290
プロペラ軸径(mm)	φ 220-3,625	←	←
軸質量(kg)	1,440	1,545(107%)	1,265 (88%)

エンジン : 阪神内燃機工業製LH28G

MCR : 735kW × 355rpm(本船用)

プロペラ単独性能試験

・ 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

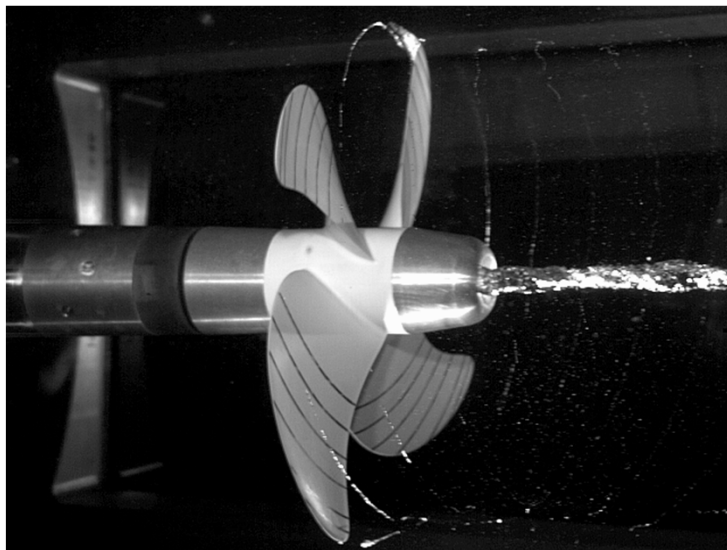
	現行	新設計 (樹脂製)
プロペラ直径 (mm)	250	271.79
展開翼面積比	0.63	0.50
プロペラ単独効率 η_o	1	1.083
船殻効率 $\eta_h(1-t/1-W)$	1	0.977(推定)
プロペラ効率比 η_R	1	1(推定)
推進効率 η	1	1.058



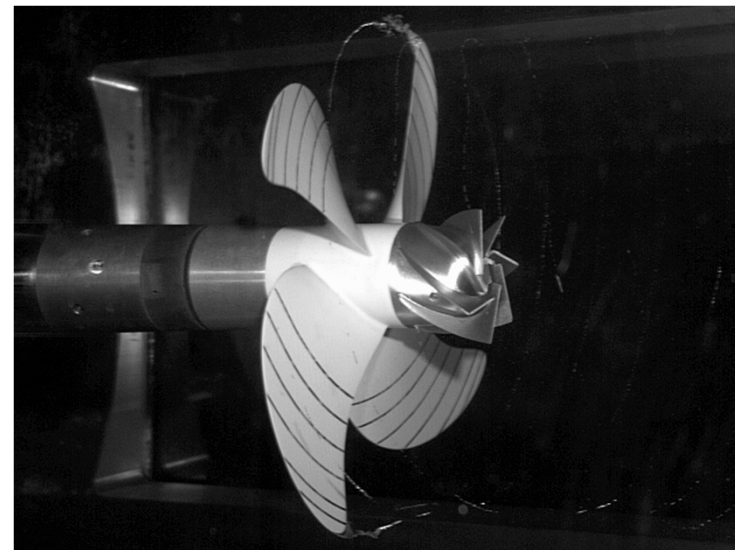
省エネキャップ

- フィン付ボスキャップ(エコキャップ)の影響

エコキャップによりハブボルテックスが消滅することを確認
→ハブボルテックスによるエネルギーロスを回収



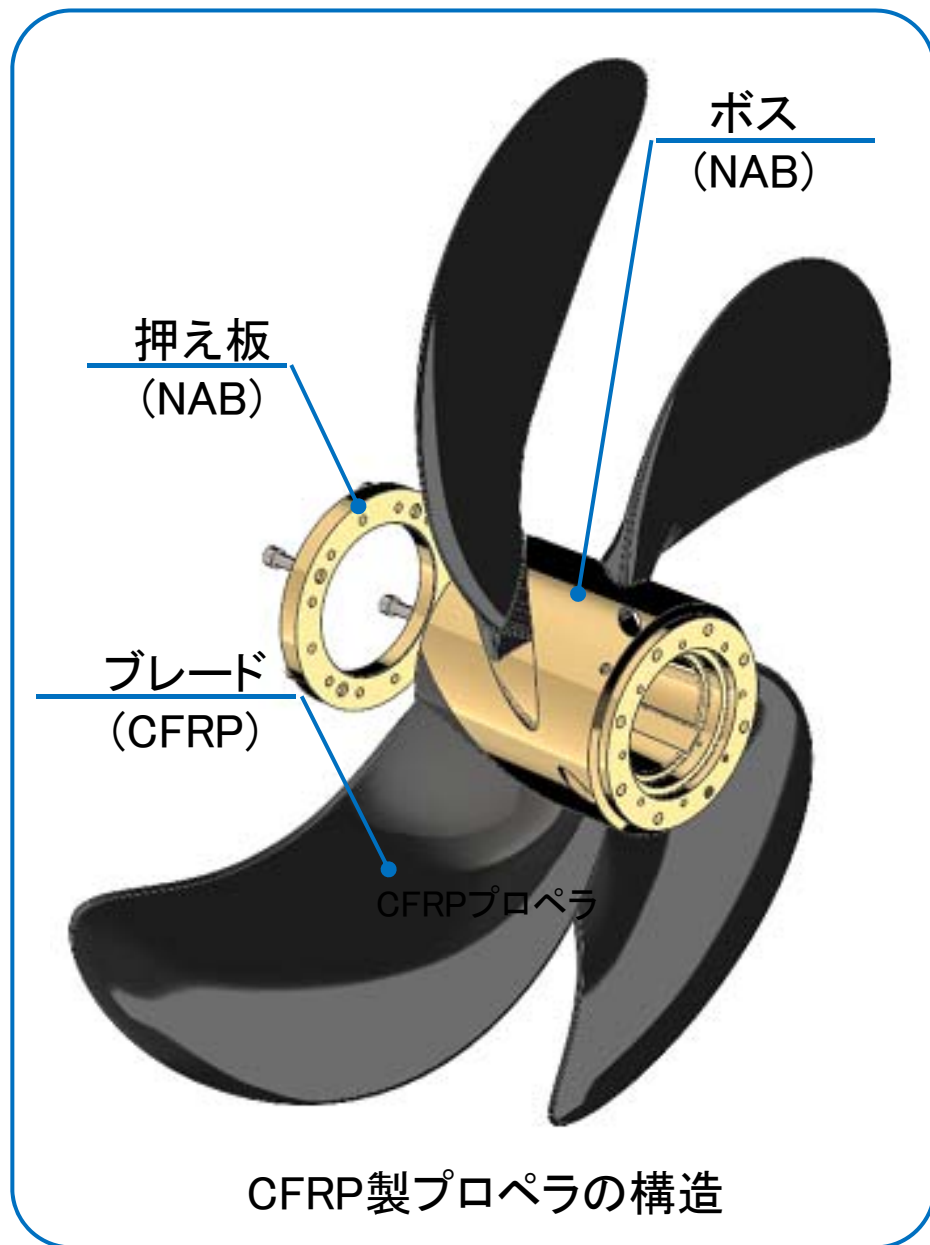
通常キャップ



エコキャップ

実機および性能について

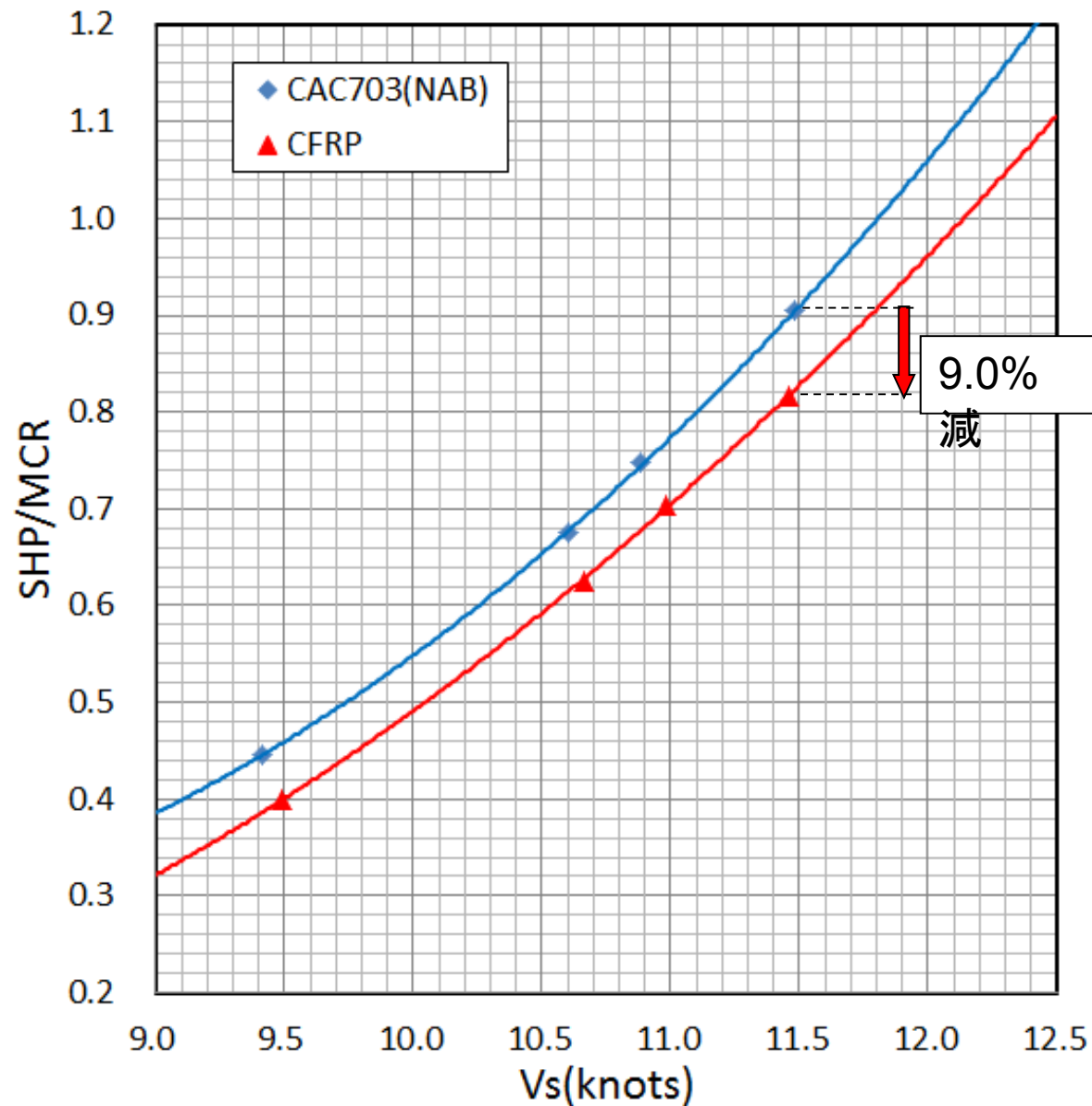
CFRP製プロペラ取り付け



CFRP製プロペラ 取付完了

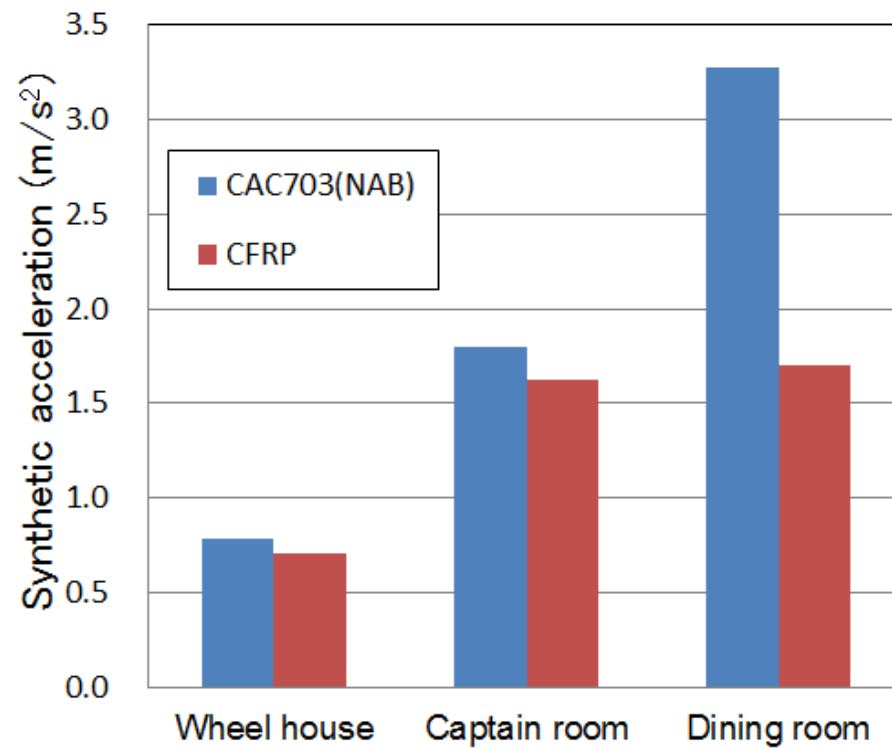


換装前後での速力試験結果の比較

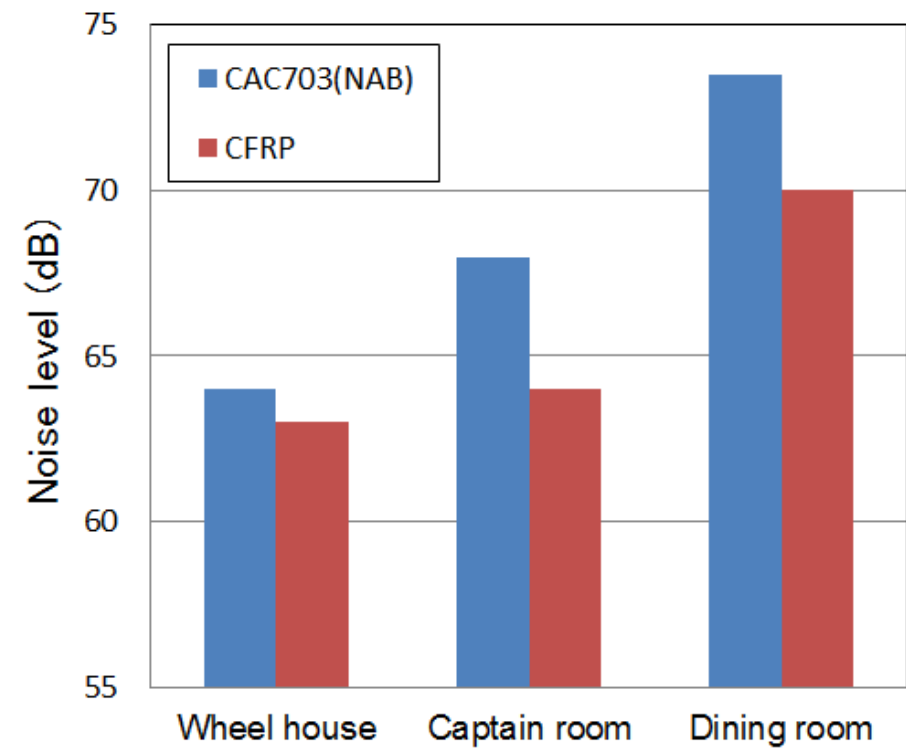


振動・騒音計測結果

振動計測結果



騒音計測結果



ねじり振動計測結果

		NAB	CFRP
計算値	プロペラ軸(I-6) 付加応力(N/mm ²)	12.9	5.3
	ピーク回転数(min ⁻¹)	245	251
計測値	プロペラ軸(I-6) 付加応力(N/mm ²)	15.3	1.7
	ピーク回転数(min ⁻¹)	242	270
	使用禁止範囲(min ⁻¹)	230~255	無 (255~285)

実績について

499G/Tケミカルタンカー向け主推進用プロペラ



- 出力 : 735kW
- プロペラ直径 : 2.12m
- プロペラ回転数 : 355rpm

2014年5月 : NK製造法および設計承認
2014年5月 : 就航(プロペラ換装)

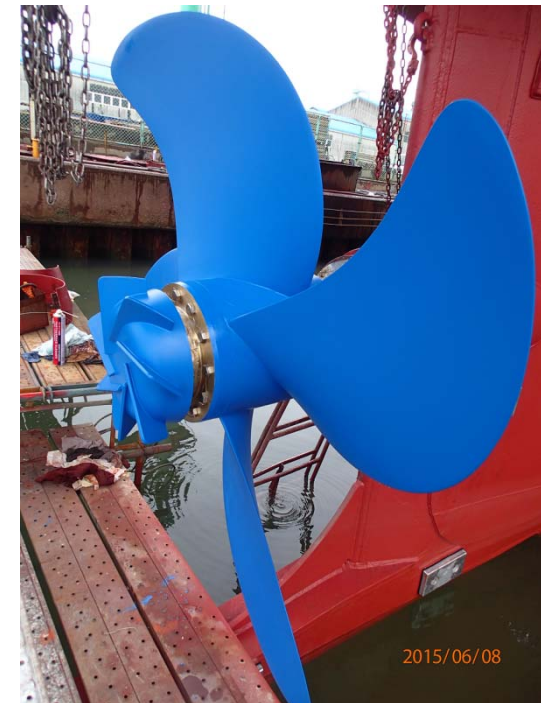
NK承認 : 直径2.12m以下



499G/Tケミカルタンカー向け主推進用プロペラ



- 出力 : 735kW
- プロペラ直径 : 2.12m
- プロペラ回転数 : 355rpm



2015年6月：CFRP製プロペラに換装

355G/Tケミカルタンカー向け主推進用プロペラ



- 出力 : 735kW
- プロペラ直径 : 2.0m
- プロペラ回転数 : 395rpm

CFRP製プロペラ搭載の新造船
2016年7月 : 就航
軸系の質量が姉妹船に比べ約40%低減



195G/T両頭船フェリー向け主推進用プロペラ



- 出力 : 441kW
- プロペラ直径 : 1.6m
- プロペラ回転数 : 346rpm

2014年9月 : JG設計承認
2014年9月 : プロペラ換装(船首側)
2014年10月 : 就航

JG承認 : 直径4m以下



49G/Tカツオ漁船向け主推進用プロペラ



- 出力 : 736kW
- プロペラ直径 : 1.8m
- プロペラ回転数 : 399rpm



2015年12月：CFRP製プロペラに換装

CFRP製プロペラの特徴

CFRPプロペラの特徴①

軽量

- ★従来材のNABの約1/5の比重により軽量となり据付が容易
- ★慣性モーメントの低減
→軸系の軽量化

CFRPプロペラの特徴②

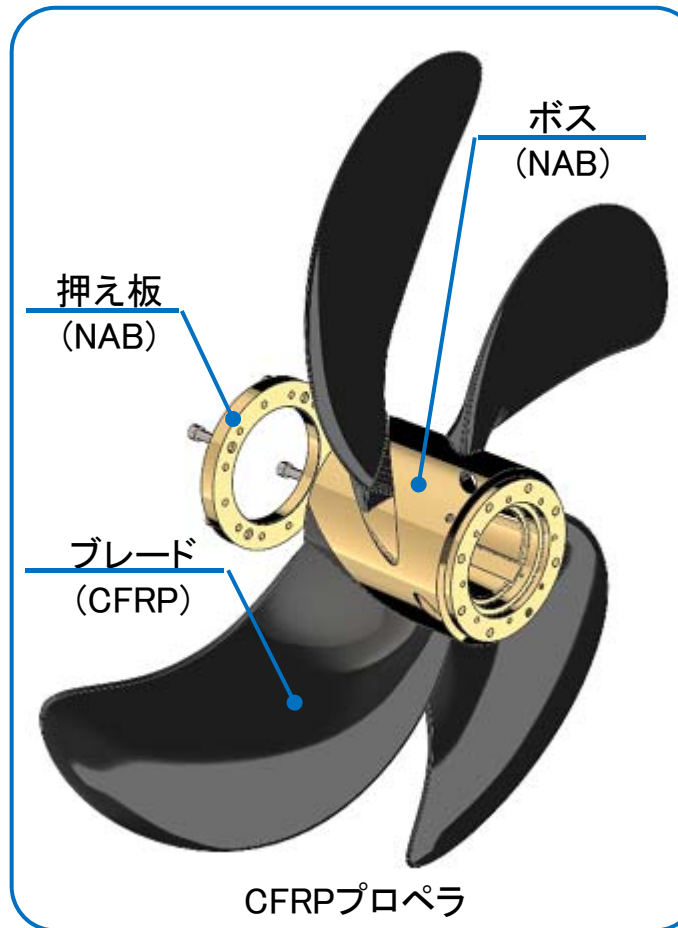
高強度

- ★従来材より疲労強度が高く、信頼性も高い

CFRPプロペラの特徴③

低振動

- ★軽量化および高減衰率により、振動が低減
- ★居住環境改善



CFRPプロペラの特徴④

過負荷低減

- ★ブレードの形状が流れにマッチングするように変形し、荒天時等の過負荷を低減

CFRPプロペラの特徴⑤

高効率

- ★軽量化により容易に大直径化が図れプロペラ性能向上を実現
- ★キャビテーション発生抑制

CFRPプロペラの特徴⑥

メンテナンス性

- ★予備ブレードをストックしておけば、損傷時にも早急に対応が可能
- ★交換に専門性不要
- ★補修も可能

比強度の高いCFRPを使用することで、従来の金属製では成立できなかった(成立が困難であった)大直径化が図れ、推進性能アップおよび船体振動低減を実現！

了

ご清聴有難うございました。



本研究開発は、国立大学法人東京大学、国立研究開発法人海上安全研究所、日本郵船株式会社、株式会社MTI、今治造船株式会社、ナカシマプロペラ株式会社、一般財団法人日本海事協会との共同研究体制により実施すると共に、同協会の「業界要望による共同研究スキーム」による支援を受けて実施しました。