

日本郵船グループの空気潤滑法への取り組み

— モジュール船からバルカー、そして未来へ —

株式会社MTI 技術戦略グループ
研究員 井上知己



目次

1. 空気潤滑とは
2. 空気潤滑の歴史
3. 日本郵船グループの空気潤滑実船適用
 - 3.1. モジュール運搬船
 - 3.2. 石炭運搬船
4. まとめと今後の展開、そして未来へ



空気潤滑とは

空気潤滑とは船底から空気を吹き出し、気泡で海水と船体間の摩擦抵抗を減らす、画期的なCO₂排出量削減技術です。

日本郵船グループでは3隻の空気潤滑船を開発し、運航しています。

- 2010年4月、11月 モジュール運搬船 YAMATAI, YAMATO
→世界初のブロウ(送風機)方式による空気潤滑システムの恒久的運用



共同開発者: 三菱重工業(株)
日之出郵船(株)

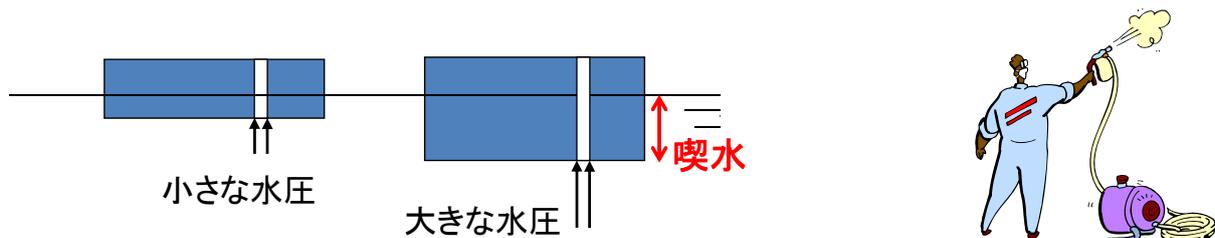
- 2012年7月 石炭運搬船 SOYO
→世界初の主機掃気バイパスによる空気潤滑システム搭載



共同開発者: (株)大島造船所
技術支援: (独)海上技術安全研究所

CO₂削減の基本的な考え方

- 空気を船底に送り込み、海水と船体間の摩擦抵抗を低減（ゲイン）
→ 肥大船型が有利
 - 全抵抗にしめる摩擦抵抗の割合が大きい
 - 船底平面を確保しやすい
- 空気を船底に押し込むエネルギーが必要（ロス）
→ 浅喫水船が有利
 - 空気の吹き出し口には水圧がかかる



$$\text{CO}_2 \text{削減効果} = \text{摩擦抵抗低減} - \text{空気投入エネルギー}$$

空気潤滑実船適用までの歴史

- 1970年代
米国、旧ソ連の研究者が微細気泡を船底に送り込む技術を発表
 - 気泡を作るエネルギーが大きく、トータルで効果は認められず
- 1980年代
米国、旧ソ連で気泡による抵抗低減に向けて様々な研究が行われた
- 1990年代
日本で研究が活発化
- 2001年
航海訓練所の練習船“青雲丸”で世界初の実船実験
 - 日本造船研究協会 SR239部会
 - 船首部から出した空気が船底から離れ、安定した摩擦抵抗低減は得られなかった
 - 計画満載喫水6.3m、プロワ方式



空気潤滑実船適用までの歴史

- 2005年 -
海上技術安全研究所(以下 海技研)が長さ50mの模型による水槽試験を実施、基礎データを取得
- 2008年
東海運のセメント運搬船”パシフィックシーガル”で実船計測
 - NEDO *プロジェクト
 - 海技研、東海運、太平洋セメント
 - 空気潤滑法で平均5%のCO₂削減効果を確認
 - 実用化の可能性を示唆すると共に、空気を出した時の振動等、実船での課題が明らかに
 - 満載喫水7.215m、プロワ方式

* NEDO

New Energy and Industrial Technology Development Organization
独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構



空気潤滑実船適用までの歴史

- 2010年
空気潤滑モジュール運搬船YAMATAI & YAMATO竣工
 - 日之出郵船、日本郵船、MTI、三菱重工業
 - 計画喫水4.5m、ブロー方式
- 2010年
空気潤滑28,000DWT バルク
 - 今治造船、海技研
 - 満載喫水9.7m、ブロー方式
- 2012年
空気潤滑91,443DWT 石炭運搬船SOYO竣工
 - 日本郵船、MTI、大島造船所、海技研
 - 満載喫水12.981m、掃気+ブロー方式



空気潤滑実船適用までの歴史

- 2010年
空気潤滑モジュール運搬船YAMATAI & YAMATO竣工
 - 日之出郵船、日本郵船、MTI、三菱重工業
 - 計画喫水4.5m、ブロー方式
- 2010年
空気潤滑28,000DWT バルク
 - 今治造船、海技研
 - 満載喫水9.7m、ブロー方式
- 2012年
空気潤滑91,443DWT 石炭運搬船SOYO竣工
 - 日本郵船、MTI、大島造船所、海技研
 - 満載喫水12.981m、掃気+ブロー方式



研究開発の体制



*以下支援を得て実施
国土交通省 (2009-11)
一般財団法人日本海事協会 (2009-11)
公益財団法人日本財団 (2009)

モジュール運搬船の紹介内容

- 本船概要
- 海上公試性能評価
- 実海域性能評価 - 運航データを共有した上で解析は双方実施。
本紹介はMTI側の見解



モジュール運搬船主要目

全長 = 162m
型幅 = 38.0m
型深さ = 9.0m
夏季満載喫水 = 6.34m
計画喫水 = 4.5m
バラスト喫水 = 4.0~4.5m



CO₂削減効果 = 摩擦抵抗低減 - 空気投入エネルギー



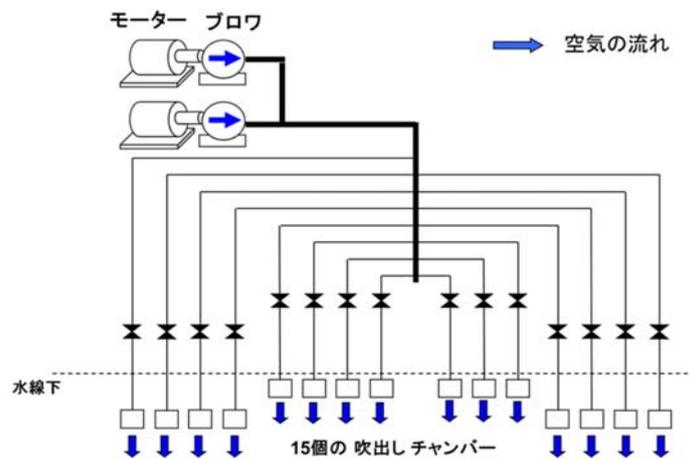
幅広浅喫水船で空気潤滑に適した船型



モジュール運搬船空気潤滑装置

主構成機器

- ・ブロワ 2台
- ・サイレンサ 吸気、排気側にそれぞれ1台
- ・エアクーラー 1セット/ブロワ2台
- ・空気配管 15本



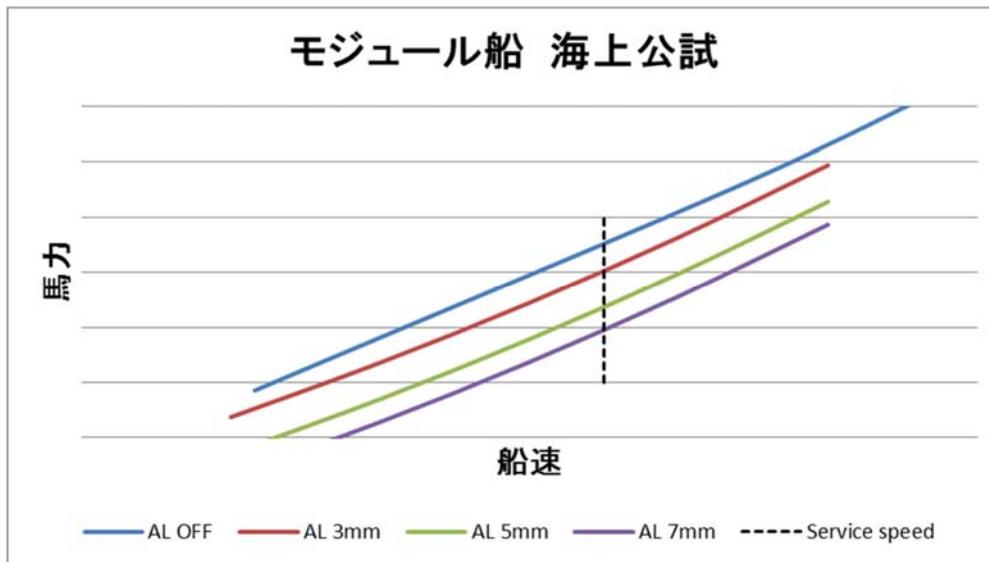
海上公試性能評価

- 性能評価手法
 - 空気潤滑(以下、AL*) OFF、ON それぞれで速力試験を実施、スピード・パワーカーブを作成
 - AL ONの速力試験で空気層厚を変化(3, 5, 7mm)させ、摩擦抵抗低減と空気投入エネルギーの関係を確認
 - 必要馬力をサービススピードで比較し、性能を評価

* AL : 空気潤滑 Air Lubrication

海上公試性能評価

海上公試結果



→ CO₂削減効果 約10% (7.9 - 13.3%) を確認

* AL : 空気潤滑 Air Lubrication



モジュール運搬船から石炭運搬船の開発へ

1. モジュール運搬船でブロワ方式の空気潤滑技術の実用化に成功
- 幅広浅喫水船(B = 38m, draft = 4.5m) で空気潤滑の効果を確認
2. 今後、空気潤滑技術を広く一般商船に適用していく上で、より深い喫水の船に適した空気潤滑技術が必要

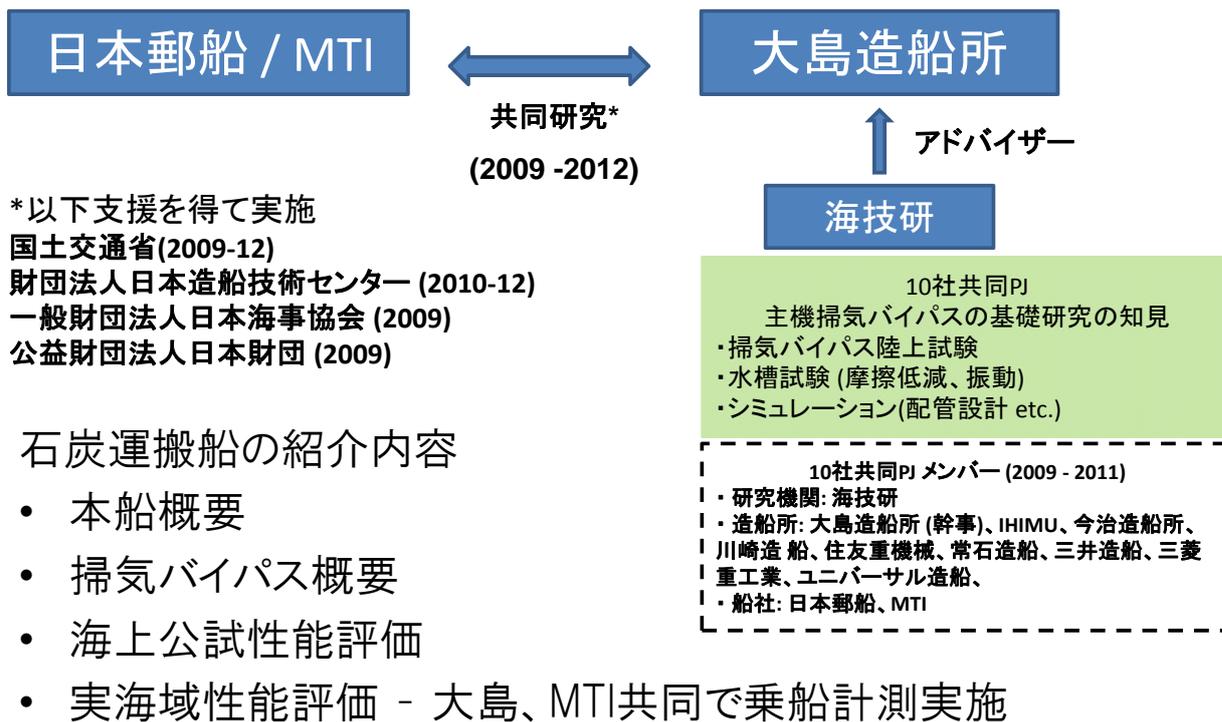
$$\text{CO}_2\text{削減効果} = \text{摩擦抵抗低減} - \text{空気投入エネルギー}$$

3. 少ないエネルギー投入量で効率良く空気を船底に送り込む技術が必要

→ 主機掃気バイパス方式の石炭運搬船への実船適用へ

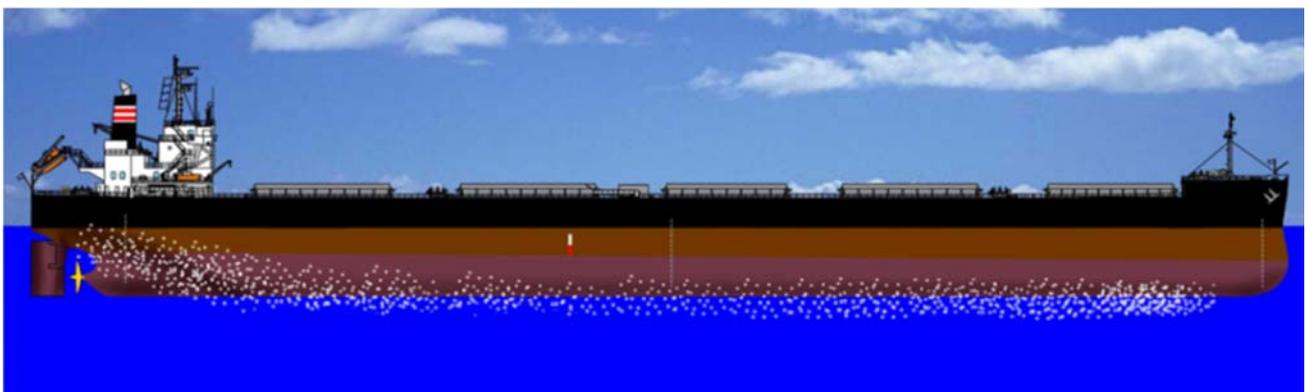


研究開発の体制



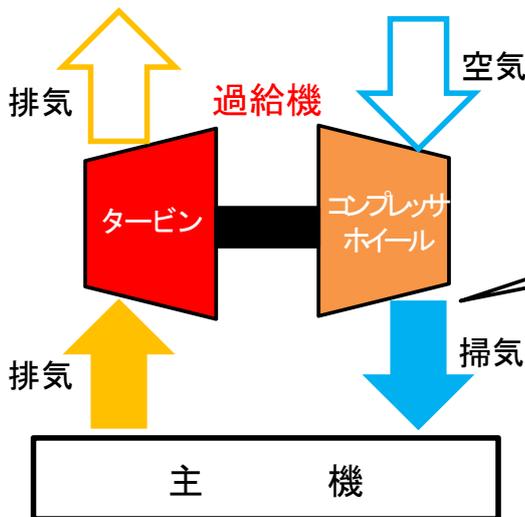
空気潤滑石炭船概要

- ・ 世界初の主機**掃気バイパス**による空気潤滑装置を適用
- ・ 日本郵船、MTI、大島造船所、海技研
- ・ 石炭運搬船 "SOYO" (2012年7月27日 竣工)
- ・ 載貨重量91,443トン
- ・ バラスト喫水6.65m、**満載喫水12.981m**



主機掃気バイパスによる空気潤滑法

通常の過給機



排気エネルギーでタービンを回転させ、その回転力でコンプレッサホイールを回して空気を圧縮し、主機に掃気(燃焼用空気)を送る

近年の過給機の高効率化により、主機に掃気を送る回転力に余剰分が発生。

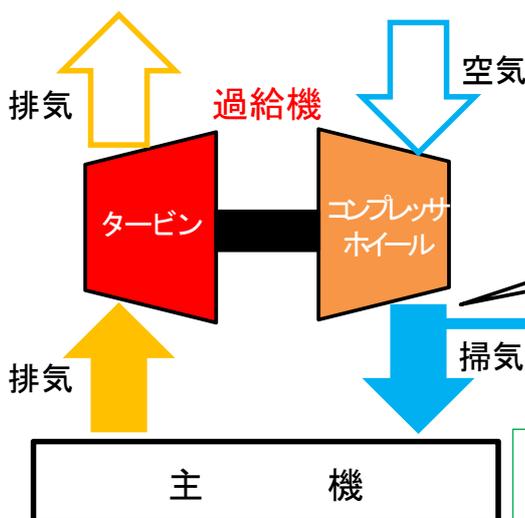
この余剰回転力を電力として取り出す
⇒ハイブリッド過給機

“ハイブリッド過給機への実船搭載からの提言” 発表スライドより引用



主機掃気バイパスによる空気潤滑法

通常の過給機



排気エネルギーでタービンを回転させ、その回転力でコンプレッサホイールを回して空気を圧縮し、主機に掃気(燃焼用空気)を送る

近年の過給機の高効率化により、主機に掃気を送る回転力に余剰分が発生。

掃気バイパスは、掃気の一部を取り出し、空気潤滑に利用するアイデア。掃気は過給機で圧縮されて圧力を持っており、効率良く空気投入エネルギー(喫水圧 + 配管圧損)に打ち勝つ空気を出せる。

主機燃費率の変化要因

- ・掃気バイパスによる主機燃焼側の掃気量の減少
- ・馬力低減効果による主機負荷の変化



SOYOの空気潤滑制御

主機負荷により、空気潤滑制御方法が異なる

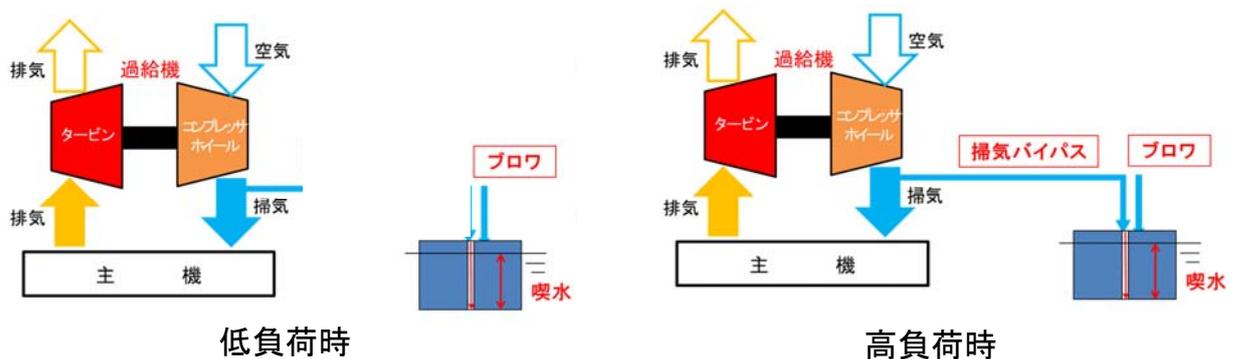
- バラスト航海 - ブロワ単体 or 掃気+ブロワで運転
- 満載航海 - 掃気 or 掃気+アシスト運転 (10社共同PJの技術)

		主機負荷	
		低負荷	⇔ 高負荷
運航状態	バラスト	A. ブロワ	B. 主機掃気+ブロワ
	満載	C. 未使用	D. 主機掃気 (+アシスト)

SOYOの空気潤滑制御

- バラスト航海 - ブロワ単体 or 掃気+ブロワで運転
 - バラスト喫水では摩擦抵抗低減効果が空気投入エネルギーに勝るので、掃気とブロワを併用

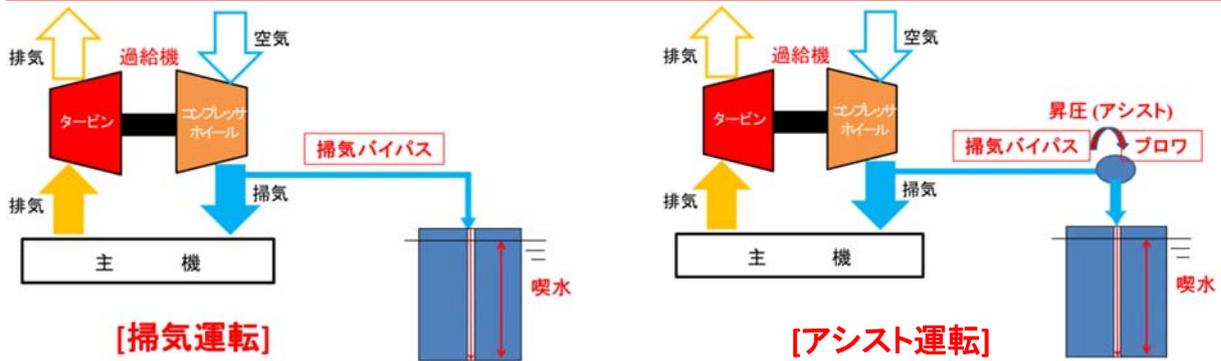
CO₂削減効果 = 摩擦抵抗低減 - 空気投入エネルギー



SOYOの空気潤滑制御

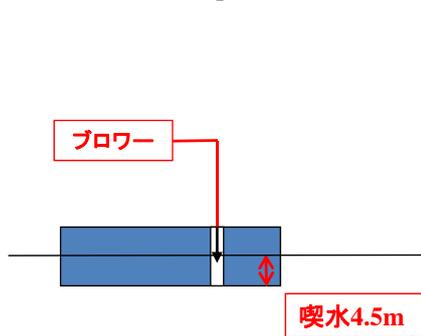
- 満載航海 - 掃気 or 掃気+アシスト運転
 - 満載航海では必要な空気投入エネルギーが増える
 - 喫水圧 13m Aq相当
 - 配管圧損 1 - 2mAq 相当 (配管長は300m以上)
 - 掃気圧のみで空気を出せない場合、ブロワで昇圧(アシスト)して空気を出す
 - より深い喫水の船でも船底まで空気を導け、CO₂削減効果を期待できる

CO₂削減効果 = 摩擦抵抗低減 - 空気投入エネルギー

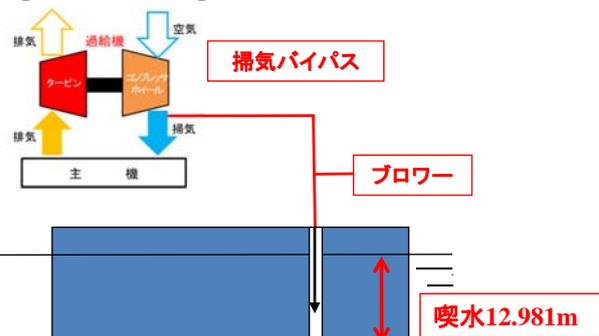


空気潤滑方式の比較

[モジュール運搬船]



[石炭運搬船]



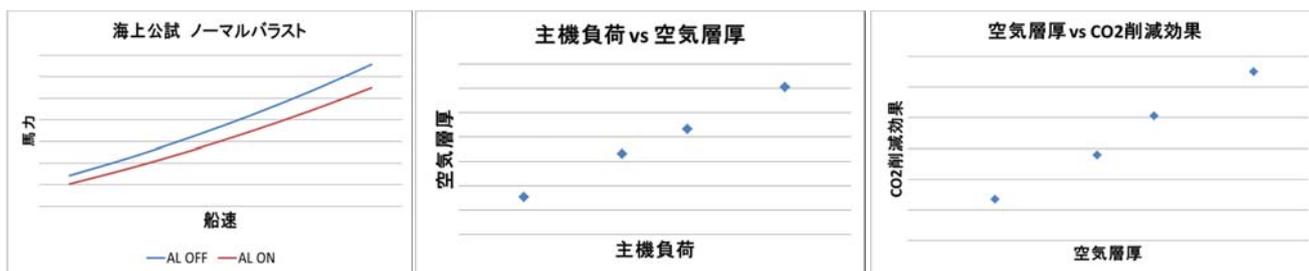
	モジュール運搬船	石炭運搬船
喫水 d	4.5m	バラスト 6.65m / 満載 12.981m
給気方法 (摩擦低減)	ブロワ	掃気+ブロワ
空気投入エネルギー	ブロワ消費電力	燃費率変化+ブロワ消費電力



海上公試性能評価

• 喫水6.65m (ノーマルバラスト)

- AL OFF、ON それぞれで速力試験実施、スピード・パワーカーブ作成
- 主機負荷で掃気バイパス量が変わるが、①主機負荷が上がると空気量、空気層厚が増える②空気層厚が増えるほど効果が増える、という関係を確認
- 主機負荷NOR(85% MCR)にて評価、CO₂削減効果 **約8%**を確認

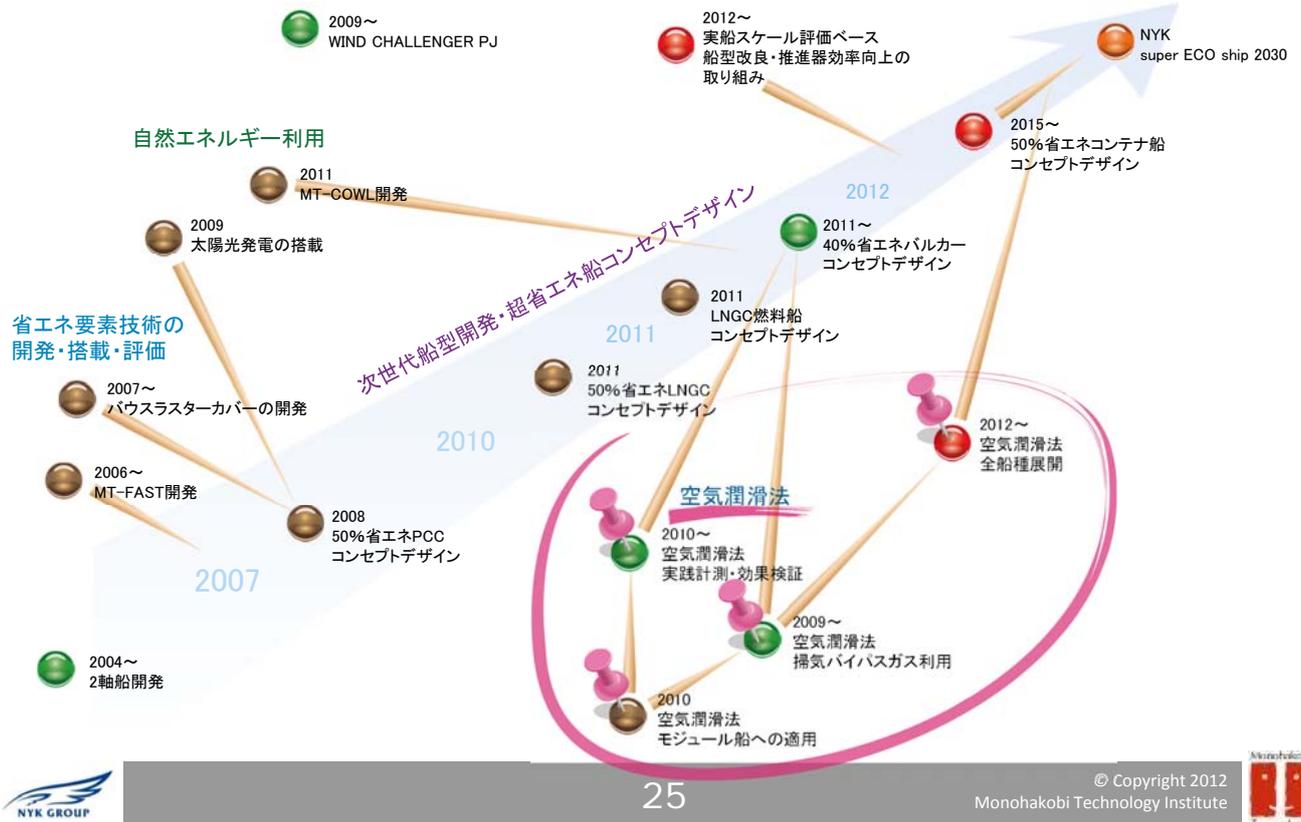


まとめ

日本郵船グループでは

- モジュール運搬船、石炭運搬船で空気潤滑の実用化に成功
- CO₂削減効果を確認
 - モジュール運搬船
 - 海上公試 約 10% (喫水4.5m、7.9 - 13.3%)
 - 実海域 約 6% (喫水4.51-4.99m、2010年4月-2012年5月)
 - 石炭運搬船 (満載喫水12.981m、掃気+ブロワ方式)
 - 海上公試
 - ノーマルバラスト 約8% (喫水6.65m)
 - 実海域 (2012年11月時点)
 - バラスト航海 海上公試と同等

そして未来へ



謝辞

本空気潤滑法の研究開発において、
以下支援を受けていることをご報告し、改めて謝意を表します。

- モジュール運搬船
 - 国土交通省「船舶からのCO₂削減技術開発支援事業」補助対象事業に採択(2009-11)
 - 一般財団法人日本海事協会の共同研究テーマに採択 (2009-11)
 - 公益財団法人日本財団からの支援 (2009)
- 石炭運搬船
 - 国土交通省「船舶からのCO₂削減技術開発支援事業」補助対象事業に採択(2009-12)
 - 財団法人日本造船技術センターの共同研究テーマに採択 (2010-12)
 - 一般財団法人日本海事協会の共同研究テーマに採択 (2009)
 - 公益財団法人日本財団からの支援 (2009)