

# 流体分野のGHG削減対策



(国研) 海上・港湾・航空技術研究所  
海上技術安全研究所  
流体設計系 辻本 勝



1. はじめに  
IMOのGHG削減戦略
2. 流体分野でのGHG削減

船型の肥大化

低速化と耐航性能

自然エネルギーの利用と運航最適化

3. まとめ

## コモンズの悲劇 Tragedy of the Commons

コモンズとは、空気・海・川などの共有の資源。

悲劇は共通の資源の利用に責任を持つものがないときに起こり、被害・損害は全員に及ぶ。

- GHG削減は地球規模の問題
- 対策には個人の行動から国際協力まで広範囲となる

2015年 国連サミット

SDGs (17の持続可能な開発目標)

2015年 COP21 (気候変動枠組条約締約国会議)

パリ協定 (GHG削減)

13 気候変動に  
具体的な対策を



# 1. はじめに

4

UNFCCC（気候変動枠組条約）

COP21：パリ協定（2015年12月）

2020年以降の地球温暖化対策

## 2°C目標

世界の平均気温上昇を産業革命前と比較して2 °C未満に抑える

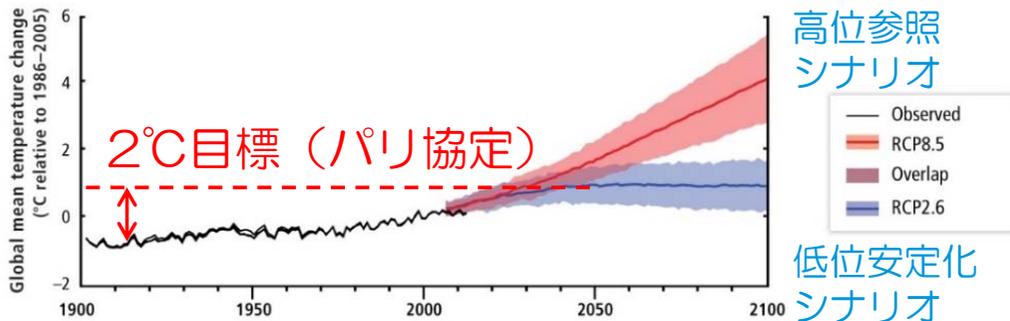
## 長期目標

今世紀後半に温室効果ガスの排出量を実質的にゼロとする

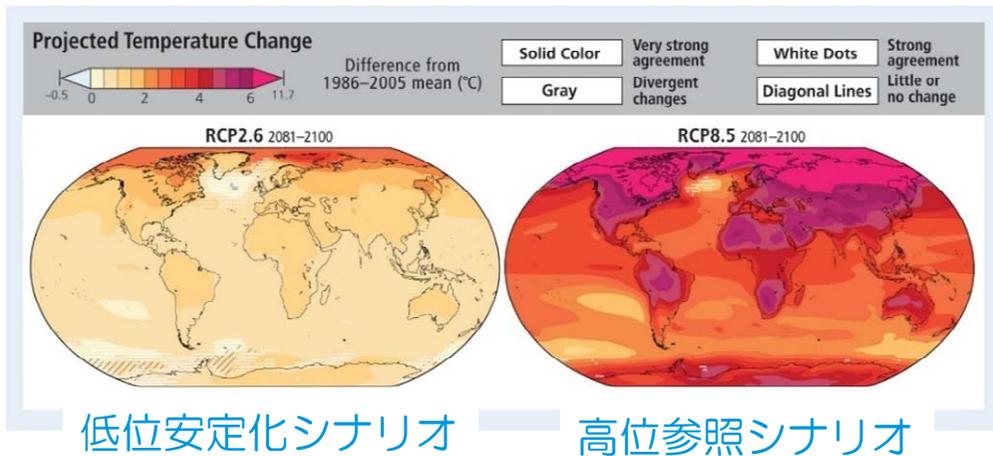
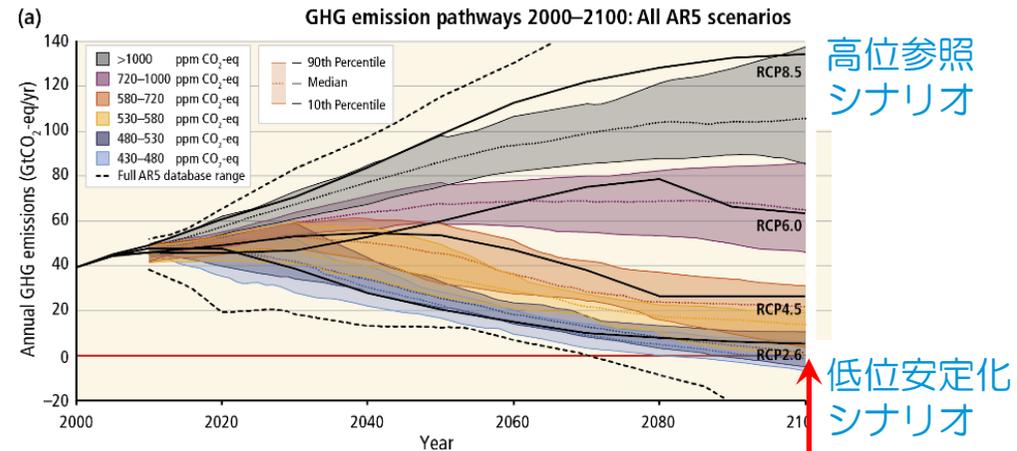
# 1. はじめに

## IPCC: 5th Assessment Report Climate Change 2013

### 平均気温



### 年間GHG排出量



排出量：実質ゼロ（パリ協定）

### パリ協定

- 気候変動を持続可能なレベルとする世界全体の目標

IPCC（国連気候変動に関する政府間パネル）



# 1. IMOのGHG削減戦略

6

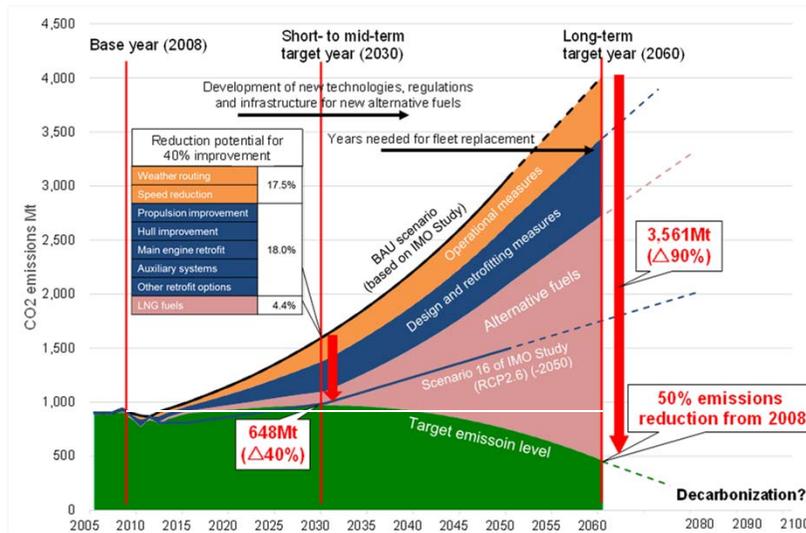
IMO/MEPC (国際海事機関/海洋環境保護委員会)

GHG排出削減の中長期目標 (日本提案)

GHG削減戦略の採択(2018)

数値目標の設定 (対2008年)

- (1) CO<sub>2</sub>排出原単位の削減  
2030年までに運航効率\*40%改善  
2050年までに運航効率\*70%改善 (努力)
- (2) GHG排出量の削減  
2050年までに少なくとも50%減  
2100年までにゼロ (努力)



年排出量  
2060年半減→2050年に前倒しで合意



\* 単位輸送作業当たりのCO<sub>2</sub>排出量



## 2. 流体分野でのGHG削減

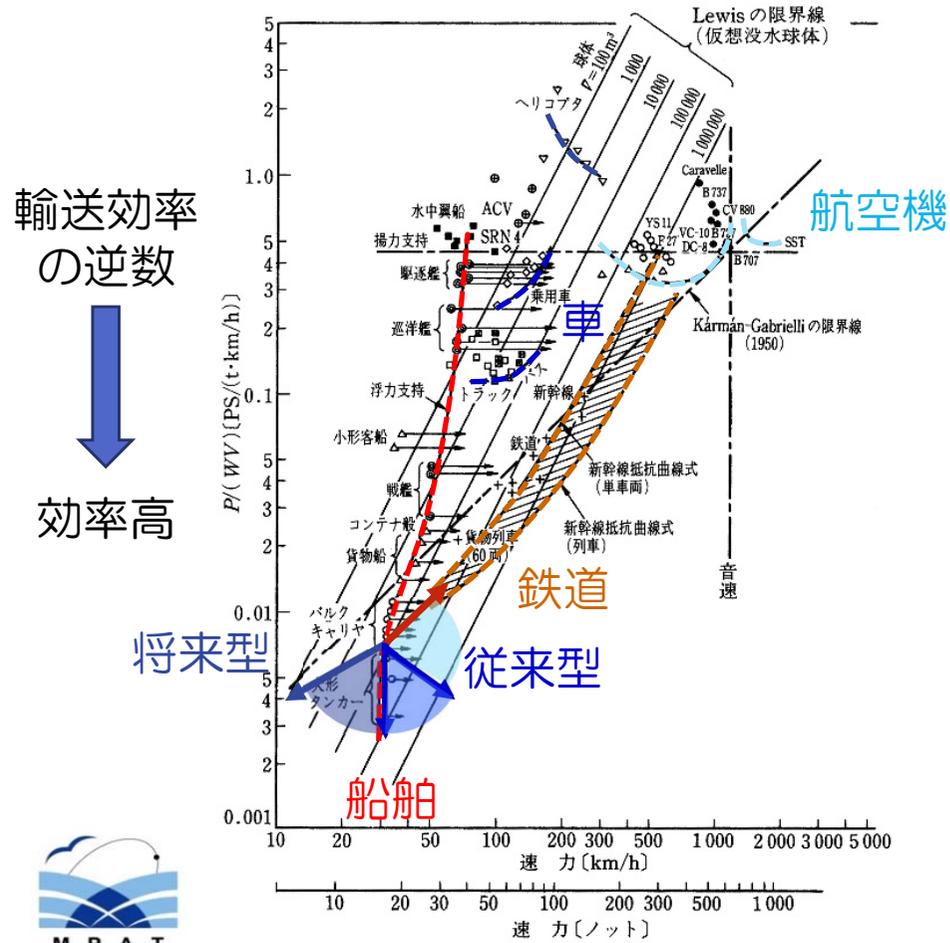
7

### GHG削減戦略の実行

- ✓ 従来技術の延長では対応できない。
- ✓ 持続可能性のためには高度な技術力が必要。
- ◆ 代替燃料の利用が前提。
- ◆ EEDI規制（建造時の平水中性能指標）から実燃費の削減へ転換。
  - 実海域性能の良い船舶が求められる。
  - 既存船に対しても対策が求められる。

# 2.1 船型の肥大化

交通機関別の輸送効率  
(カルマン・ガブリエリ線図)



✓ 代替燃料の利用

軽い 値段が高い

➤➤ タンク容積増加

➤ 基本計画オプション

肥大度 ( $C_B$ ) を増加

低速化 (燃費減)

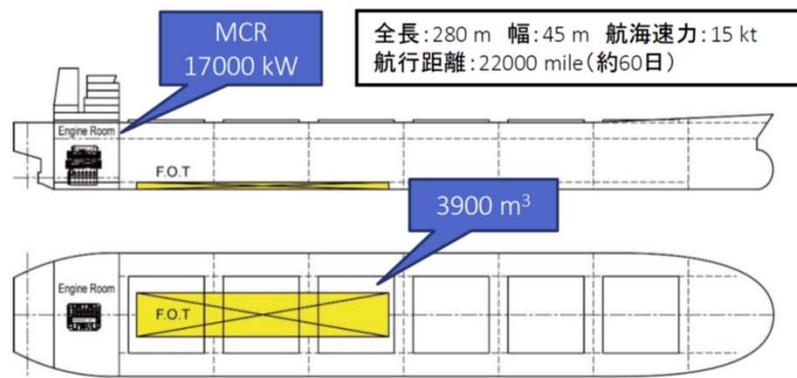
➤➤ 最適船型の変更



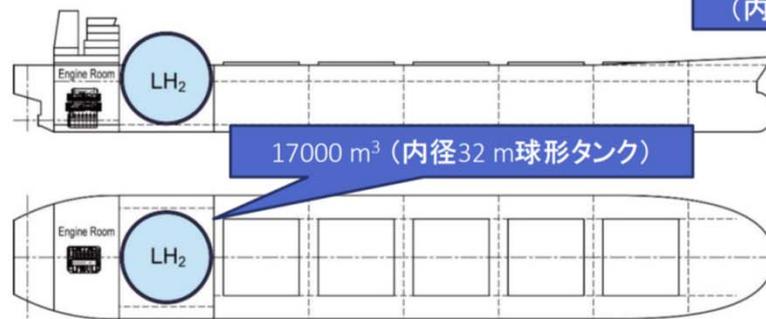
# 2.1 船型の肥大化

## カーボンフリー燃料を利用する船舶の検討例

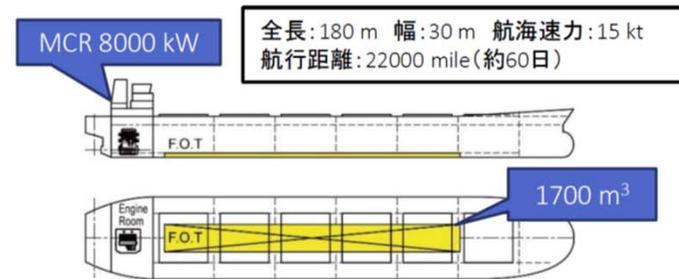
➤ 航行距離を現状と同じとした場合、従来の石油燃料を水素またはアンモニアに置き換えた場合のタンク配置を検討した。



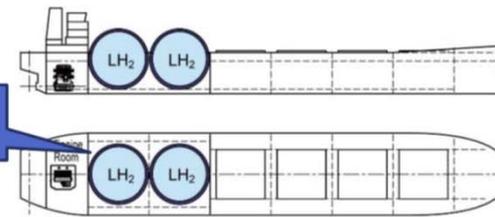
(a) 重油焚きケープサイズBC



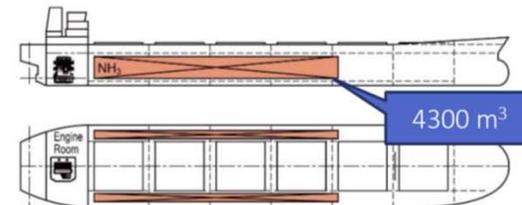
(b) 水素燃料ケープサイズBC



(c) 重油焚きハンディBC



(d) 水素燃料ハンディBC



(e) アンモニア燃料ハンディBC



## 2.2 低速化と耐航性能

10

### 低速化オプション

GHG削減に非常に有効な対策

- ✓ 速度の2乗に比例して削減可能。

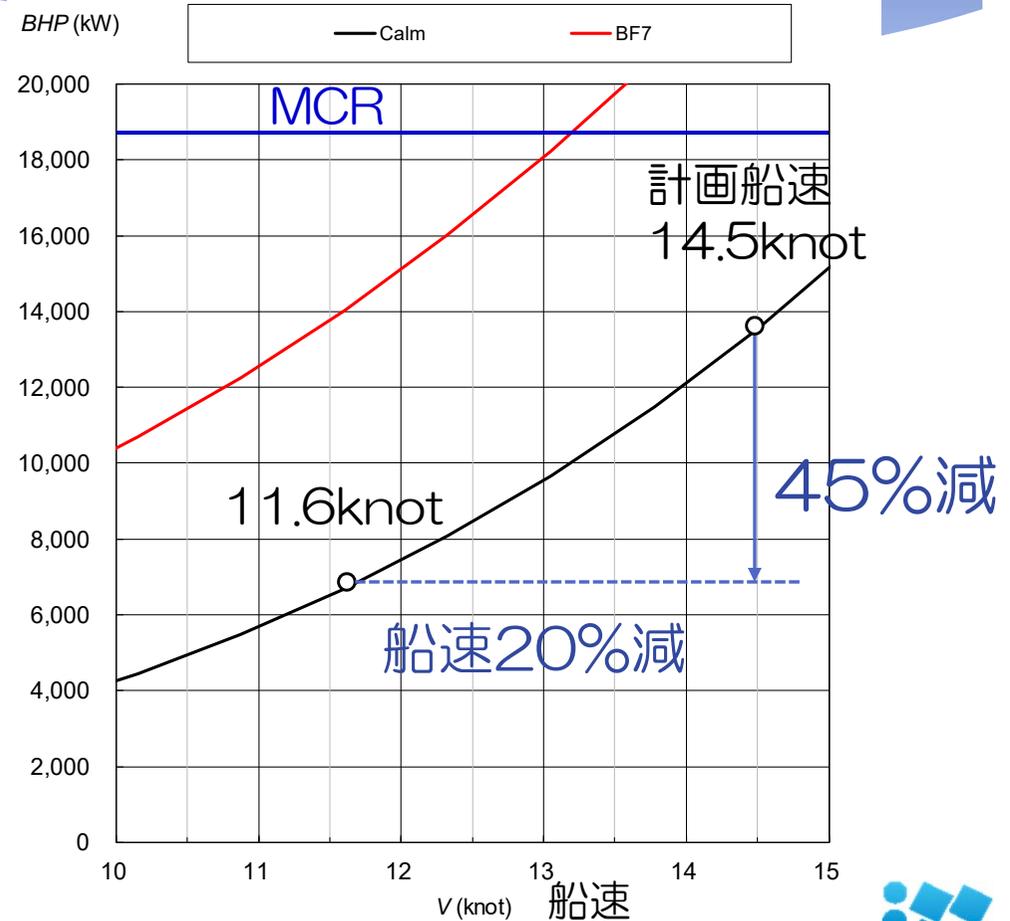
自社の船だけ  
速度が出ない/操船できない状況  
は避けたい



シーマージン、耐航性能 (+操船)  
の評価が重要

主機出力

ケーブルサイズバルカー（船長280m）の例



## 2.2 低速化と耐航性能

11

### 課題

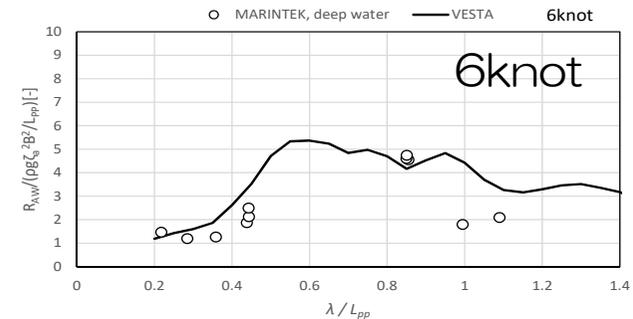
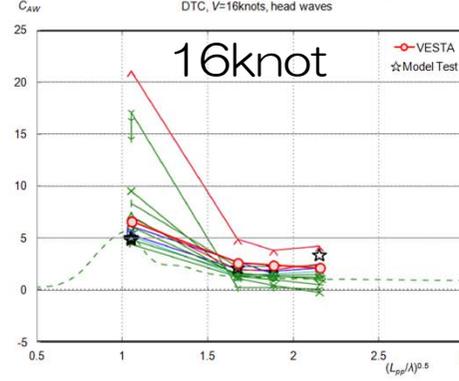
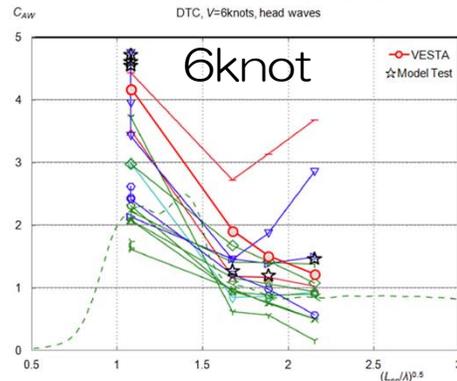
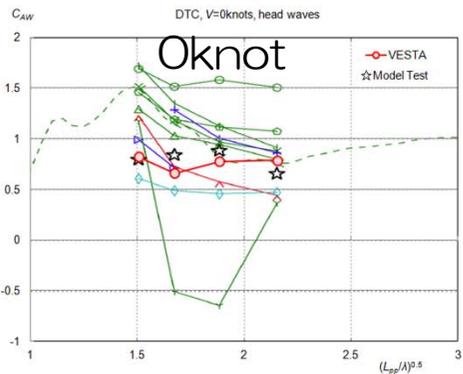
低速状態での性能推定（水槽試験）は十分行われていない。

側壁からの波の反射、船が作る波を受けてしまい、計測困難。計測量も小さい。

EUプロジェクトSHOPERA  
ベンチマークデータ：メガコンテナ船型（DTC）



公表されている向波中抵抗増加とVESTA（実運航性能シミュレータ）との比較



低速での水槽試験は難しいが、VESTAは水槽試験結果とも整合

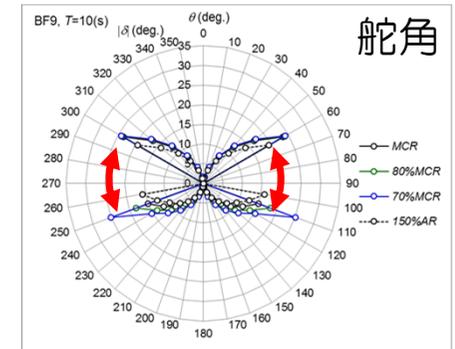
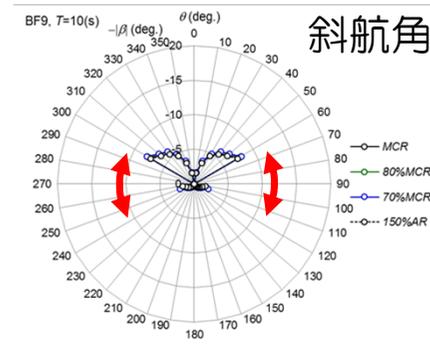
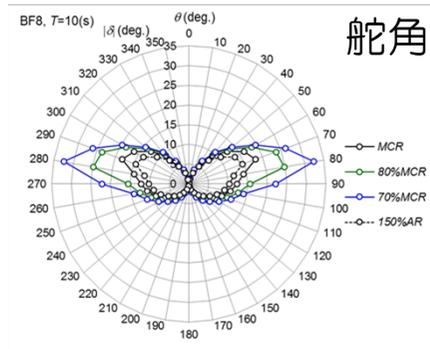
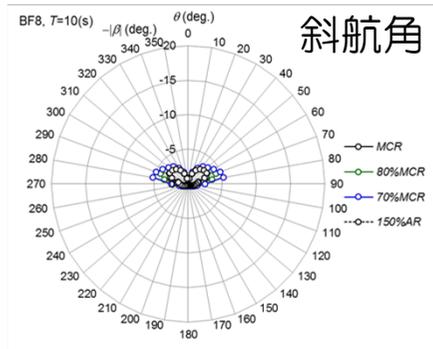
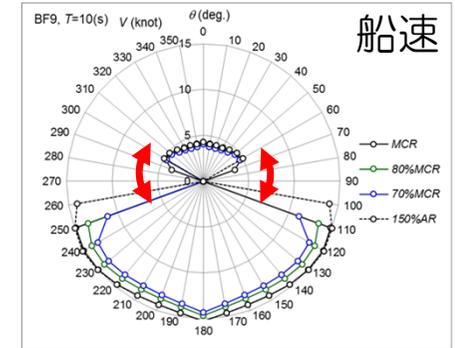
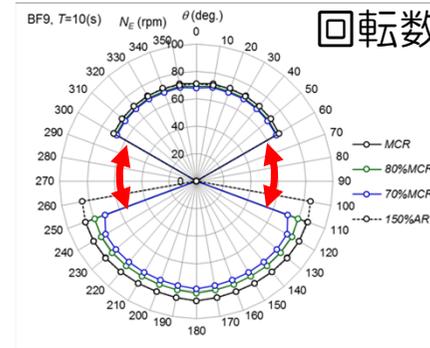
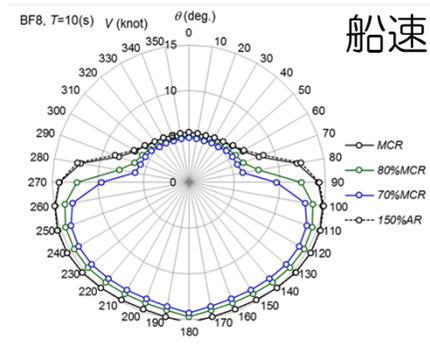
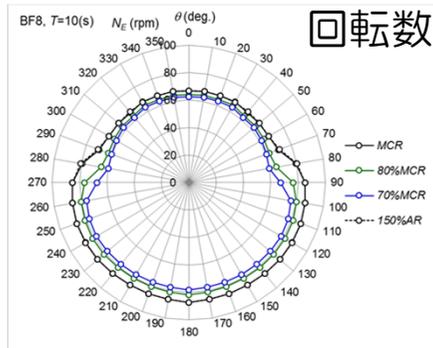
V. Shigunov: Discussion of Results: Drift Forces and Added resistance [and Steering Forces], Proceedings of ITTC-SHOPERA Benchmarking Workshop (2016).

F. Sprenger et al.: Experimental Studies on Seakeeping and Maneuverability of Ships in Adverse Weather Conditions, Journal of Ship Research, Vol. 61, No. 3 (2017).

パナマックスバルカー（船長217m）の例

荒天（BF8）での主機出力と舵面積の評価  
向波

荒天（BF9）での主機出力と舵面積の評価  
向波



BF8：有義波高5.5m相当  
BF9：有義波高7.0m相当

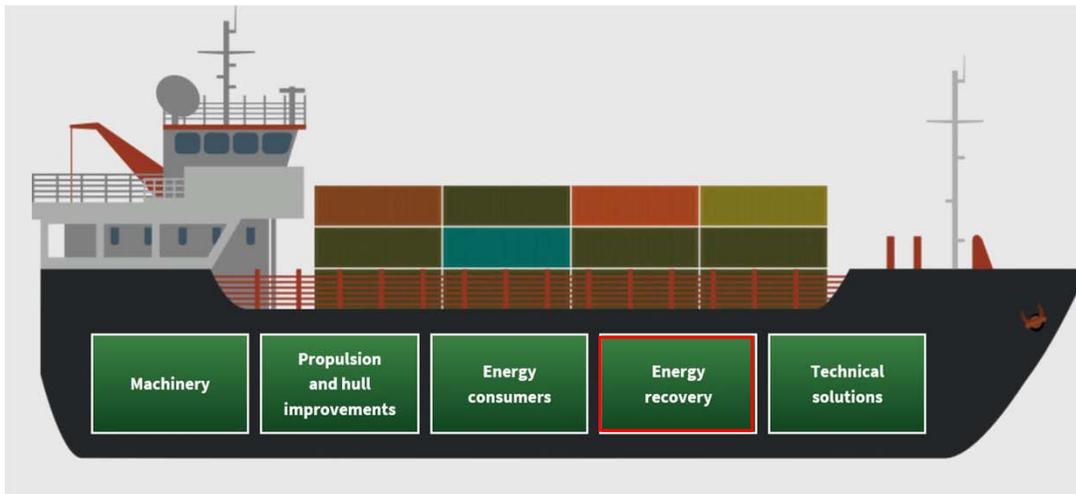
操船不能範囲が発生



## 2.3 自然エネルギーの利用

13

### 技術対策の現状分析 (GloMEEP)



機器・機関      エネルギー消費源      運航改善

推進・船体改善      **エネルギー回収**

#### ENERGY RECOVERY

NAME	FUNCTION	TECHNICAL MATURITY*	APPLICABILITY
Fixed sails or wings	Use sails or wings to replace some of the propulsion power needed	Not mature	Vessels with enough place on deck (general cargo, tankers, bulkers)
Flettner rotors	Use Flettner rotors to generate power from wind energy	Not mature	Dependent on trading area and sufficient free deck-surface
Kite	Use a kite to replace some of the propulsion power needed	Not mature	All vessels
Solar panels	Install solar panels for conversion of solar energy to electricity	Not mature	Dependent on trading area and sufficient free deck-surface

matureの例：軸発、LED照明、船底塗料  
ウェザールーティング

semi-matureの例：電気ハイブリッド、空気潤滑  
トリム最適化



## 2.3 自然エネルギーの利用

14

帆装

中国



New Vitality(2018)

カイト



Beluga Skysails(2008)

ローター



E-Ship 1 (2010)

欧州



Viking Grace (2018)

レトロフィット

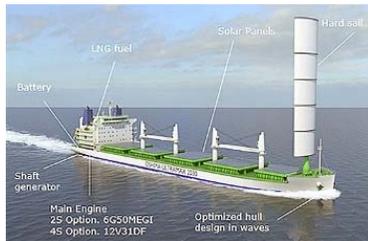


Maersk Pelican(2018)

欧州



[2021]



日本

可動式

Afros(2018)

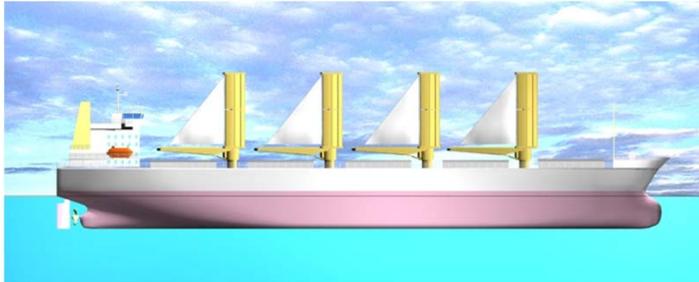


韓国

## 2.3 自然エネルギーの利用

15

次世代帆装船の研究開発（2003年度）

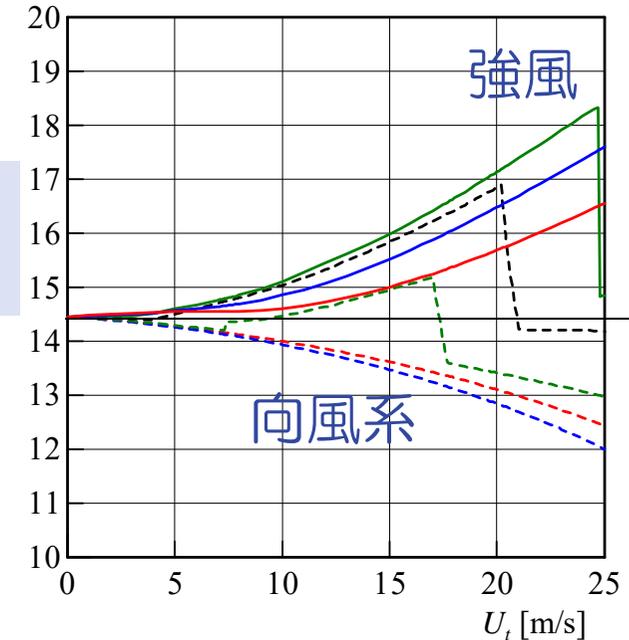


風速・風向  
と到達船速

どのような風速・風向でも帆の効果が生じるわけではなく、**向風**や**強風**の場合は**縮帆**が必要で、エネルギーロスが生じる。  
ローター船も同じ。

向風を避け、到着時間を確保するウェザールーティング（高度）が重要な技術アイテム

$U$  [knot]  $U_0 = 14.5$  [knot]



ゲイン  
↑  
↓  
ロス

- $\gamma = 0$  [deg] 向風
- $\gamma = 30$  [deg]
- $\gamma = 60$  [deg]
- $\gamma = 90$  [deg]
- $\gamma = 120$  [deg]
- $\gamma = 150$  [deg]
- $\gamma = 180$  [deg] 追風



IMOのGHG削減戦略をうけ、流体分野で取り組む中心的な内容を示しました。

- 今後は船舶の肥大化、低速化が進み、自然エネルギーの利用、運航の高度最適化が進むと考えられ、それには高度な技術力が必須です。

高い技術目標を達成するためには

- ✓ 従来技術の延長ではない新たな取り組み、施設・装置が必要。
- ✓ オープンイノベーションの活用など、幅広い分野で研究開発体制を組めるかが重要。