



# 未来の船と船のIoT

## 船の技術の大変革

### 燃料・ビッグデータ・自律操船等々

2019年11月16日

(株) MTI 佐藤秀彦



# 講師自己紹介

---

佐藤 秀彦 (さとう ひでひこ)

1993年3月 九州大学工学部造船学科卒業

1993年4月 日本郵船株式会社入社

この間、新造船計画・建造管理、保船・船舶管理、改造船計画・施工管理を担当。

担当した船種は、コンテナ船、油タンカー、LNG運搬船、自動車運搬船、ばら積み船、客船等。

2019年7月 株式会社MTIに出向し現職



# 今日お話しすること

---

1. 海運とエネルギー環境問題
2. 船の技術革新 ～ 燃料と燃費のはなし
3. 運航改革 ～ 船のIoT
4. これからの船 ～ 自律運航船
5. NYK Super Eco Ship 2050



# 今日お話しすること

---

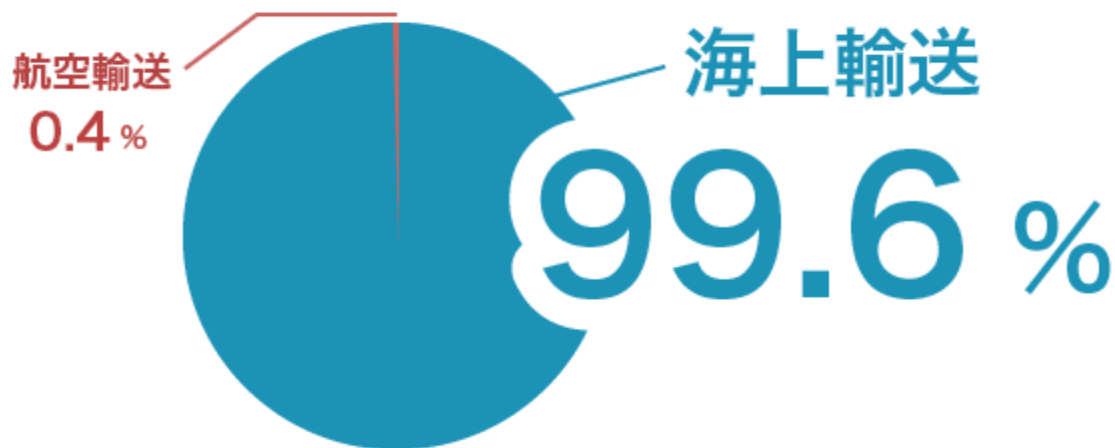
1. 海運とエネルギー環境問題
2. 船の技術革新 ～ 燃料と燃費のはなし
3. 運航改革 ～ 船のIoT
4. これからの船 ～ 自律運航船
5. NYK Super Eco Ship 2050

# 海運とエネルギー—環境問題

## 「経済の血液」としての海運

✓ 海運は我が国貿易のほとんどを担っている

日本の貿易量における輸送手段の比率 (2017 年度)

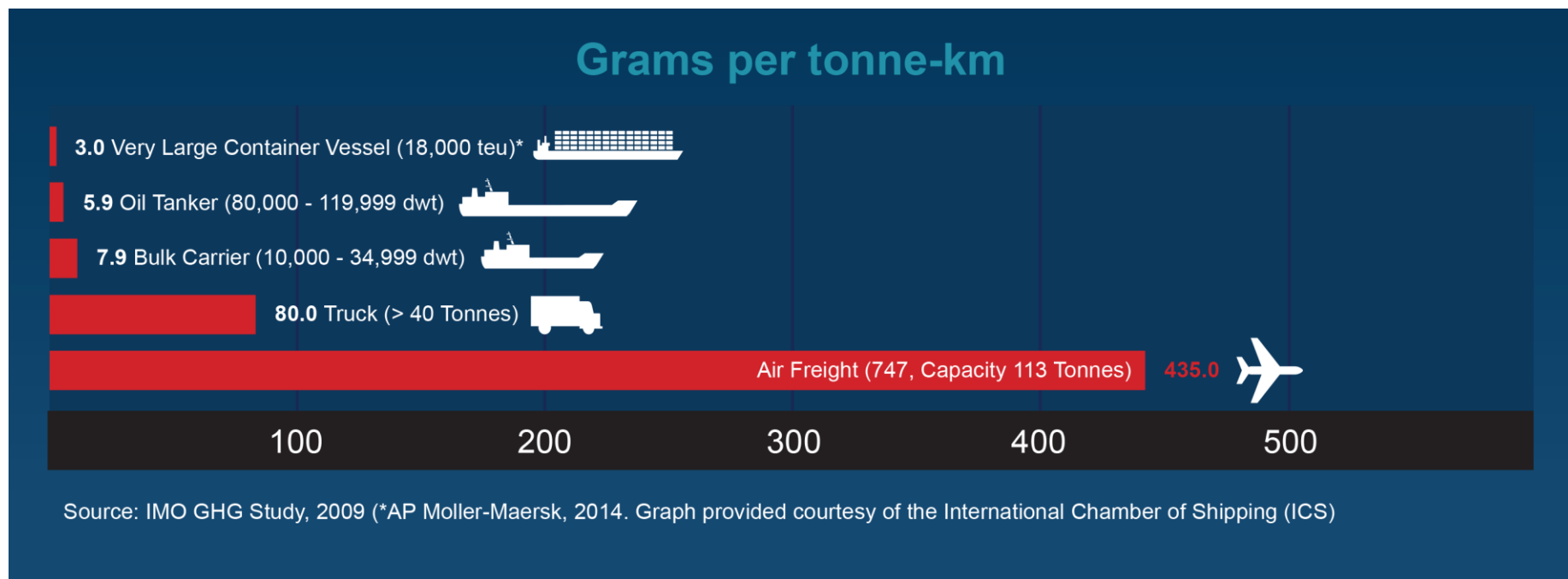


引用：日本海事広報協会「日本の海運  
SHIPPING NOW 2018-2019」

# 海運とエネルギー環境問題

## エネルギー効率に優れた輸送モード

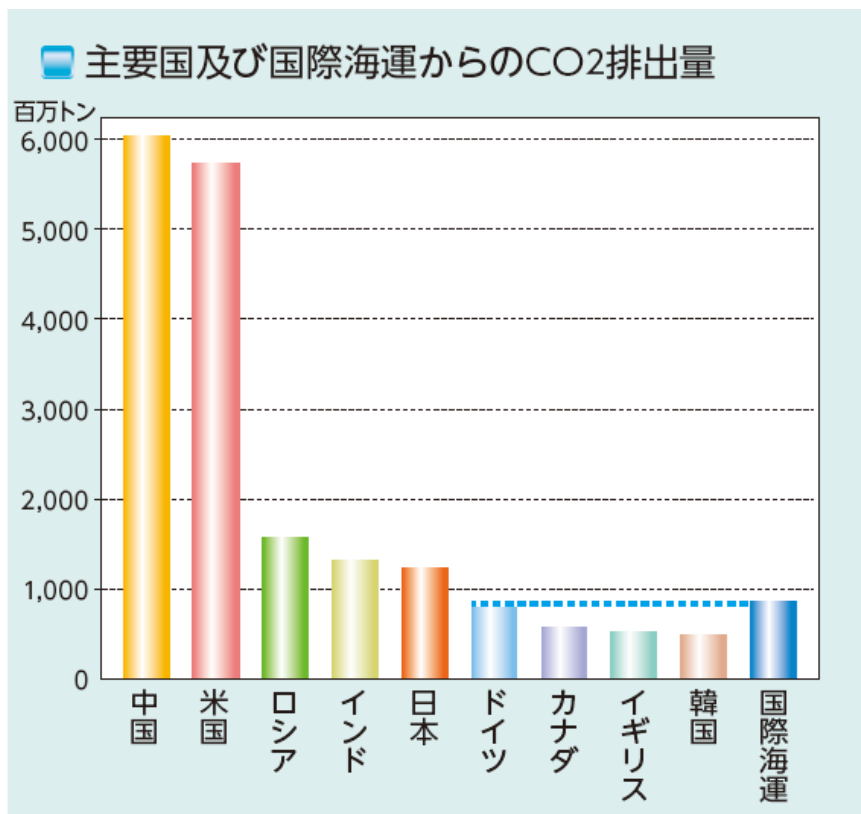
✓ 海上輸送は最もエネルギー効率に優れた輸送モード



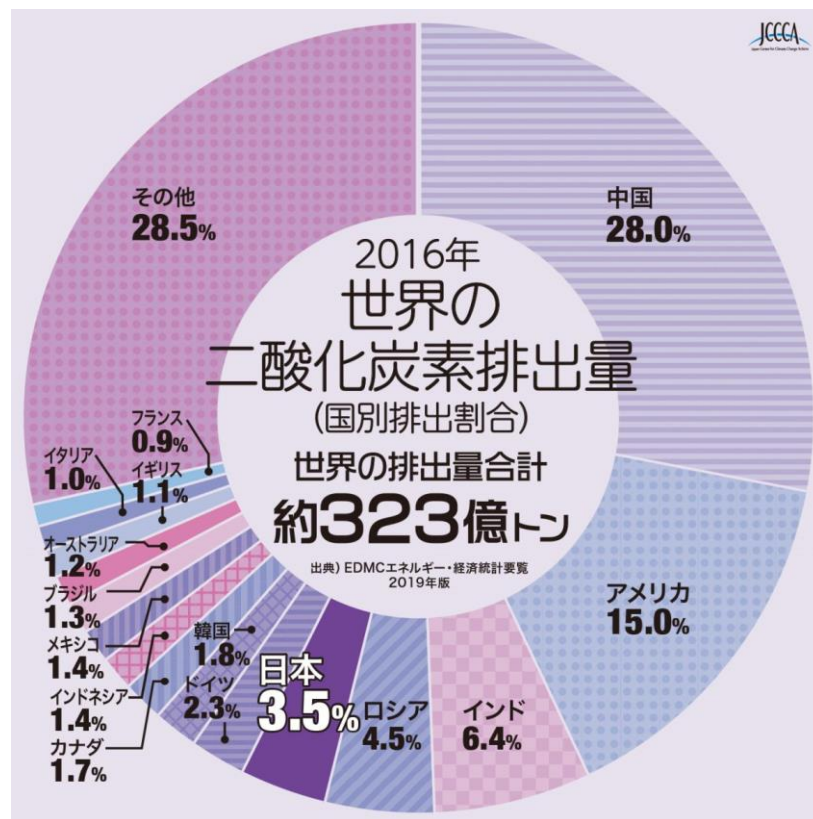
# 海運とエネルギー環境問題

## エネルギー効率に優れた輸送モード

✓ 海運のCO2排出量はどれくらい？



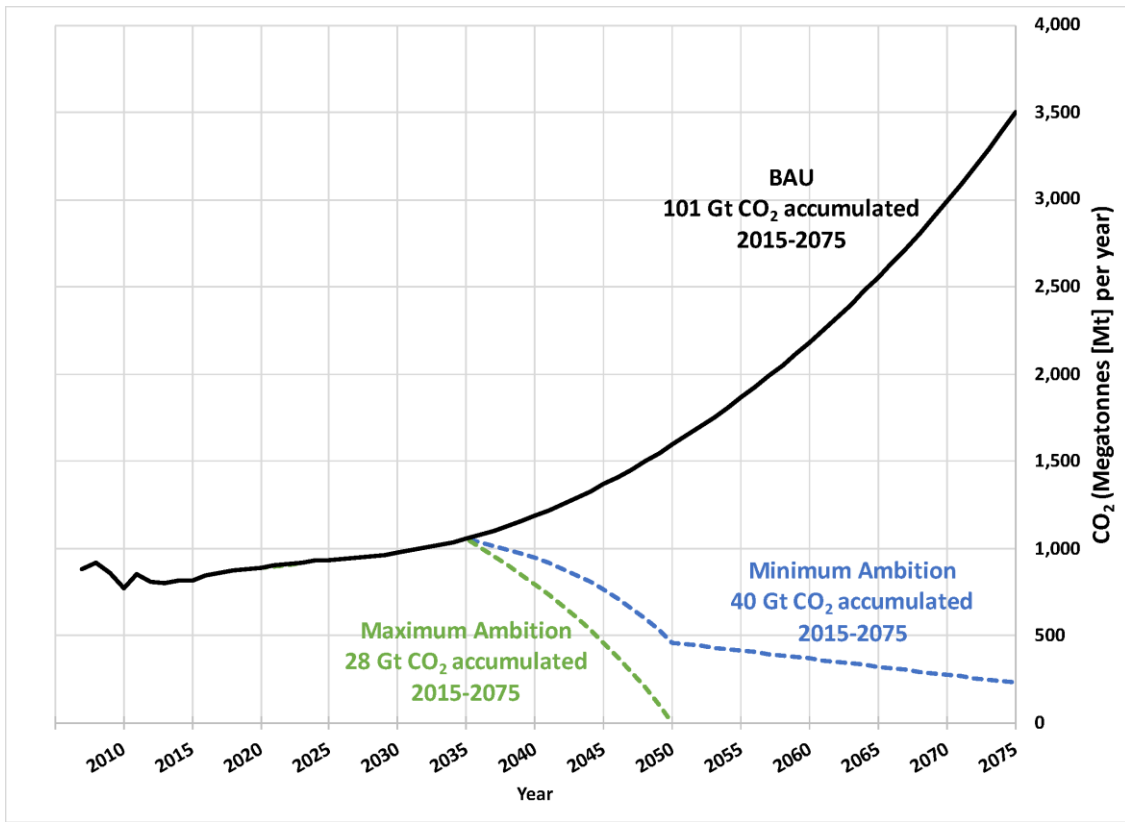
出典：IEA [KEY WORLD ENERGY STATISTICS] 2009 をもとに作成



# 海運とエネルギー環境問題

## エネルギー効率に優れた輸送モード

✓ それでもCO2排出を減らさなければならない



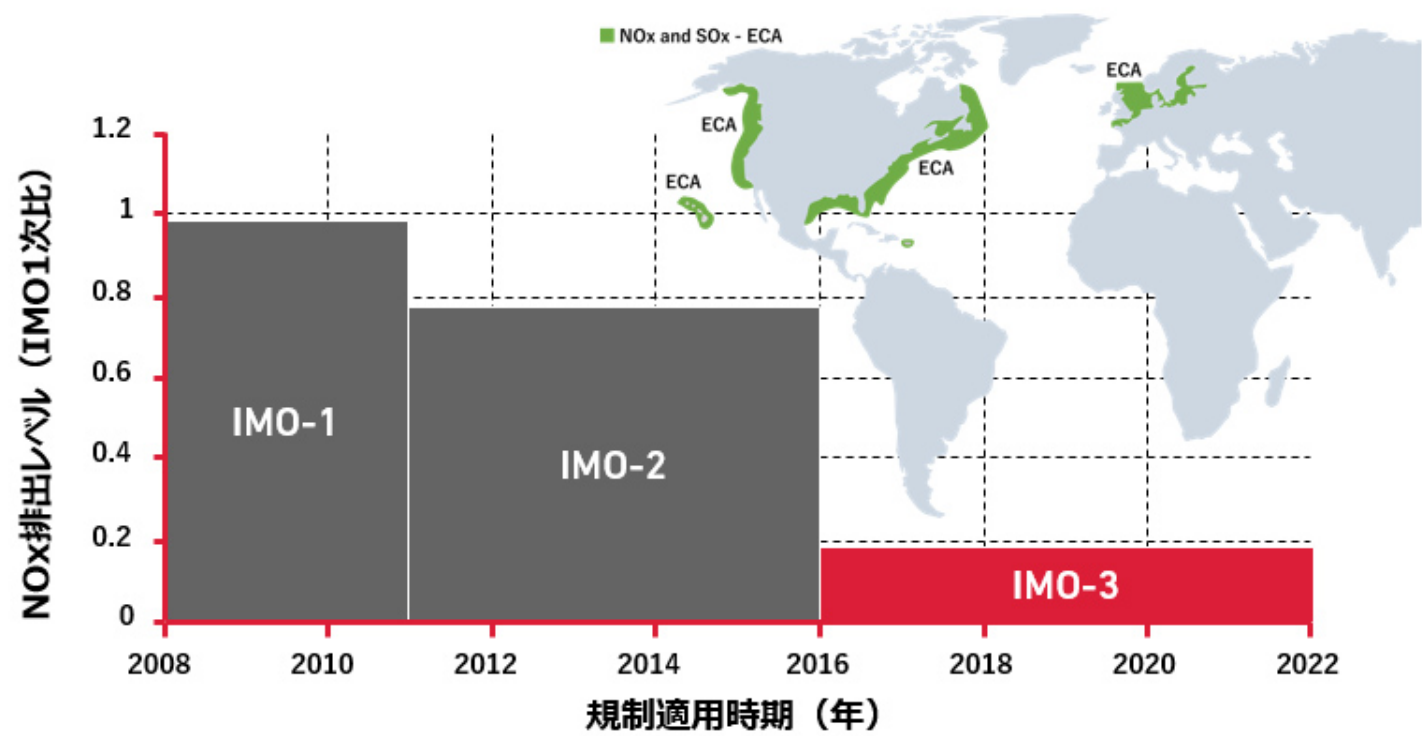
IMO目標  
2050年時点で  
2008年比CO2  
排出量半減



# 海運とエネルギー環境問題

もっと環境にやさしく

✓ CO2排出規制だけでなくSOxもNOxも

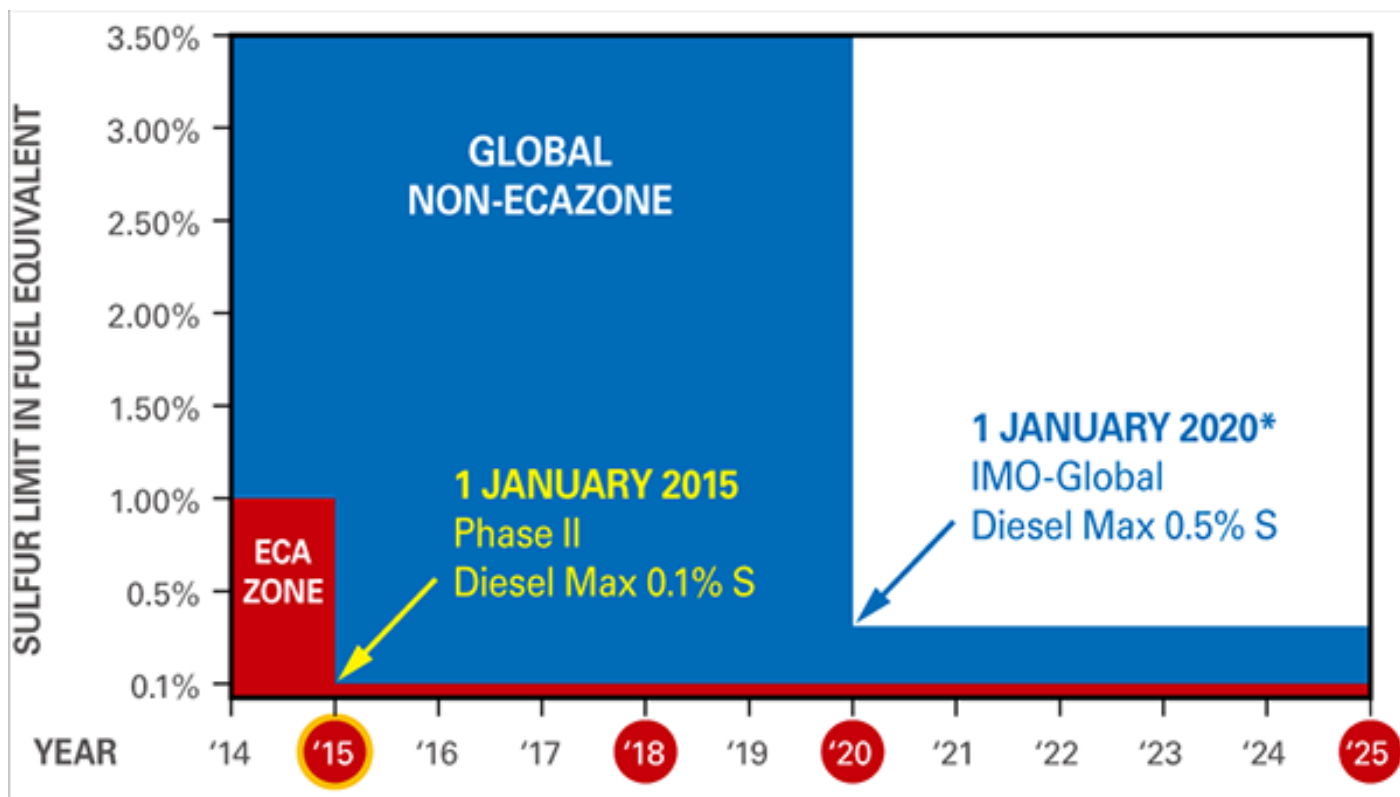


出典：ヤンマー

# 海運とエネルギー環境問題

もっと環境にやさしく

✓ CO2排出規制だけでなくSOxもNOxも



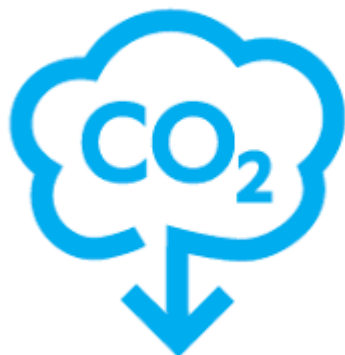
出典：ダイハツディーゼル

# 海運とエネルギー環境問題

環境にやさしい燃料とは？



CO<sub>2</sub>/NO<sub>x</sub>/SO<sub>x</sub>排出量が少ない燃料





# 今日お話しすること

---

1. 海運とエネルギー環境問題
2. 船の技術革新 ～ 燃料と燃費のはなし
3. 運航改革 ～ 船のIoT
4. これからの船 ～ 自律運航船
5. NYK Super Eco Ship 2050

# 船の技術革新 ～ 燃料と燃費のはなし

## 船の動力と燃料の移り変わり

✓ 人力（櫂）→風（帆）→石炭（ボイラ）→石油（エンジン）



# 船の技術革新 ～ 燃料と燃費のはなし

環境にやさしい燃料とは？



CO<sub>2</sub>/NO<sub>x</sub>/SO<sub>x</sub>排出量が少ない燃料



# 船の技術革新 ～ 燃料と燃費のはなし

## 今後の燃料

### ✓ LNG（液化天然ガス）

→ 化石燃料だけどCO2排出量は重油の▲25%

→ LNGを使えるエンジンの実現



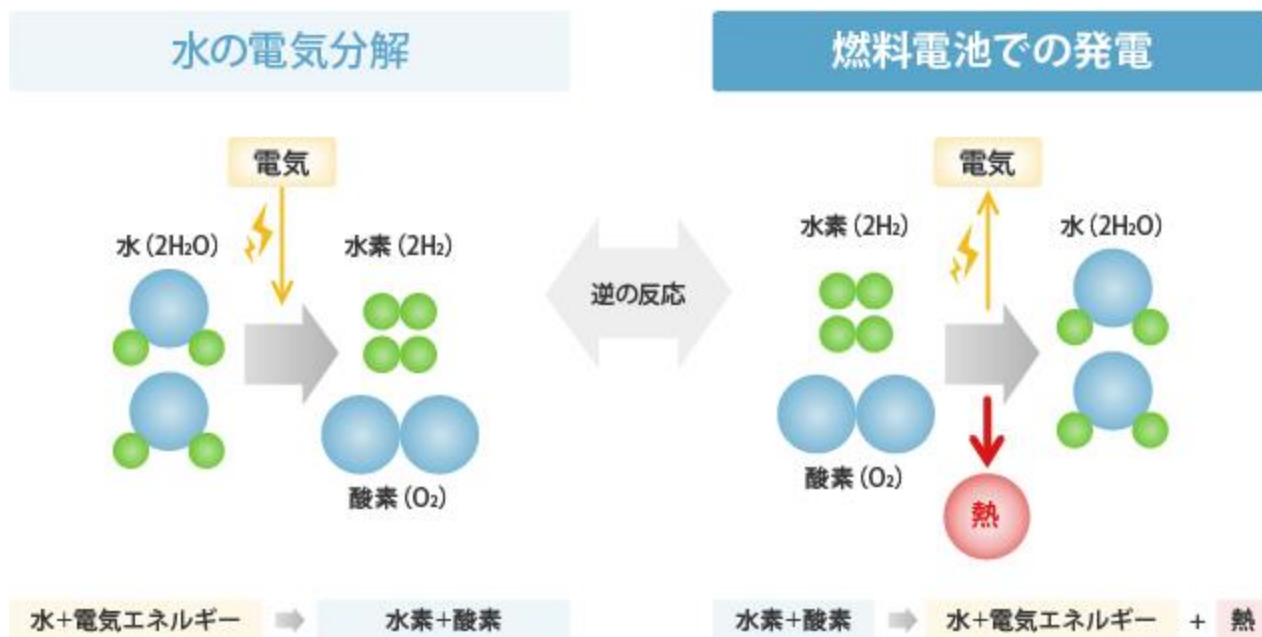
# 船の技術革新 ～ 燃料と燃費のはなし

## 今後の燃料

### ✓ 水素

→ 燃やしてもCO2排出ゼロ

→ 水素燃料電池、また水素エンジンの開発も



出典：東芝



# 船の技術革新 ～ 燃料と燃費のはなし

## 今後の燃料

### ✓ アンモニア

→ H<sub>2</sub>とN<sub>2</sub>からNH<sub>3</sub>（アンモニア）へ。毒性への対処が必要

### ✓ 再生可能エネルギー

→ 太陽光発電、風力の利用も（帆・凧）

### ✓ メタネーション

→ H<sub>2</sub>とCO<sub>2</sub>からCH<sub>4</sub>（メタン）へ



# 船の技術革新 ～ 燃料と燃費のはなし

環境にやさしい船とは？



SUSTAINABLE  
DEVELOPMENT  
GOALS



CO2排出量が少ない船



燃費の良い船

# 船の技術革新 ～ 燃料と燃費のはなし

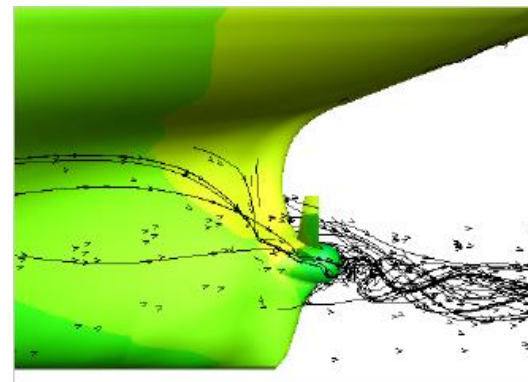
## 燃費の良い船とは？（ハードウェアと燃料）

- ✓ 船体にかかる抵抗を減らす
- ✓ 水面下の水流を整える
- ✓ 再生可能エネルギーの採用

などなど



出典：三菱造船



出典：常石造船

# NYK/MTIのSmarter shipの取組み

Now

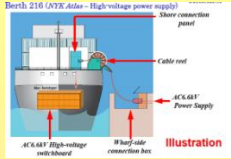
Future

OIL

LNG

HYDROGEN

Ship (Hardware)



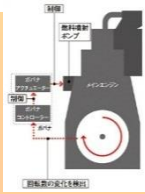
Alternative Marine Power



Wind Power Generator 「Andromeda Leader」



Electronic Controlled Engine



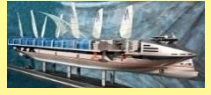
Improved Governor Controller



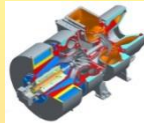
Solar Panel 「Auriga Leader」



MT-FAST



Super Eco Ship 2030



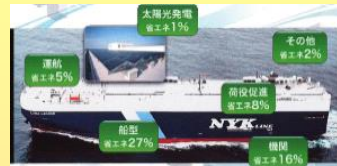
Hybrid T/C 「Shin Koho」



Air Lubrication System 「YAMATO」「YAMATAI」



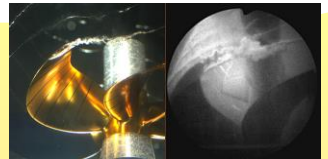
Wind Resistance Reduced 「MT-COWL」



30% Energy Saving PCTC



LNG-Fueled Tugboat 「Sakigake」



Measurement around propeller



LNG-Fueled PCTC 「Auto Eco」



LNG Bunkering Vessel 「Engie Zeebrugge」

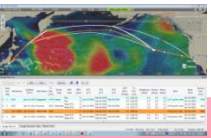
Innovative Air Lubrication System 「SOYO」



Hybrid Battery Power Supply 「Auriga Leader」

Operation (Software)

NYK's own safety and Environment standard 「NAV9000」



Prediction of Current



Fuel Consumption Indicator [FUEL NAVI]



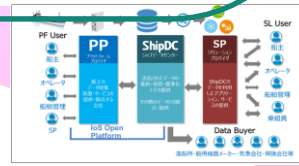
Integrated Operation Management System 「NYK e-missions」



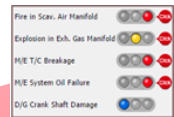
「IBIS Project」 Onboard Broadband 「NYK Satcom Project」



Vessel Performance Portal Site



Ship Data Center



Condition Based Maintenance



# 今日お話しすること

---

1. 海運とエネルギー環境問題
2. 船の技術革新 ～ 燃料のはなし
3. 運航改革 ～ 船のIoT
4. これからの船 ～ 自律運航船
5. NYK Super Eco Ship 2050

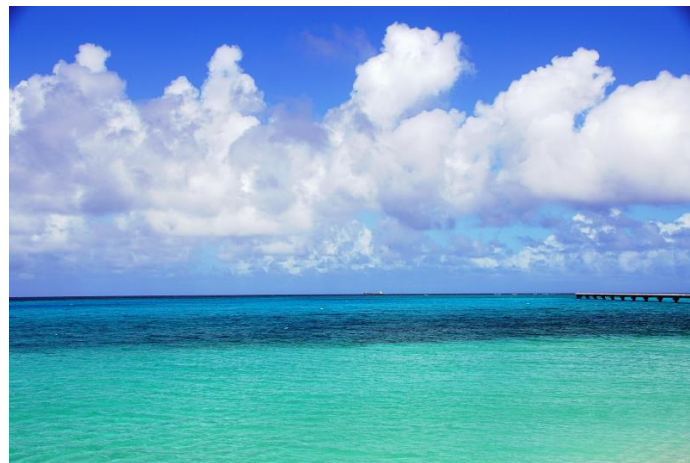
# 運航改革 ～ 船のIoT

## 燃費の良い船とは？（運航とソフトウェア）

✓ 平穏な海を運航する

✓ 一定の負荷で運航する

✓ 船の運航の実態を知る などなど



# NYK/MTIのSmarter shipの取組み

Ship (Hardware)

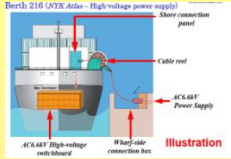
Now

Future

OIL

LNG

HYDROGEN



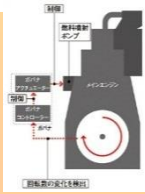
Alternative Marine Power



Wind Power Generator 「Andromeda Leader」



Electronic Controlled Engine



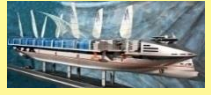
Improved Governor Controller



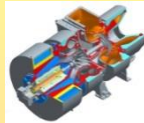
Solar Panel 「Auriga Leader」



MT-FAST



Super Eco Ship 2030



Hybrid T/C 「Shin Koho」



Air Lubrication System 「YAMATO」「YAMATAI」



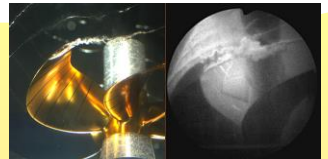
Wind Resistance Reduced 「MT-COWL」



30% Energy Saving PCTC



LNG-Fueled Tugboat 「Sakigake」



Measurement around propeller



LNG-Fueled PCTC 「Auto Eco」

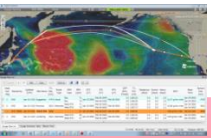


LNG Bunkering Vessel 「Engie Zeebrugge」



Hybrid Battery Power Supply 「Auriga Leader」

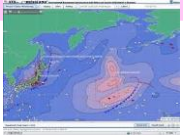
Operation (Software)



Prediction of Current



Fuel Consumption Indicator [FUEL NAVI]



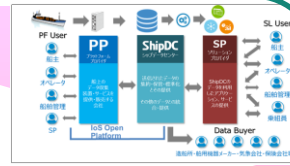
Integrated Operation Management System 「NYK e-missions」



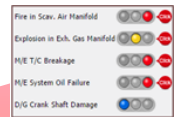
「IBIS Project」 Onboard Broadband 「NYK Satcom Project」



Vessel Performance Portal Site



Ship Data Center



Condition Based Maintenance

NYK's own safety and Environment standard 「NAV9000」

2003 2004 2005 2006 2007 2008 2009 2010 2011 2012 2013 2014 2015 2016 2017 2018

# 運航改革 ～ 船のIoT

## 船舶データ解析のコア技術 – 実海域性能

6000TEU積み コンテナ船

波高 5.5m, 風速 20m/s, BF 8, 向い波・向い風



@ 主機回転数 55rpm

<平水パフォーマンス>

船速: 14ノット

燃費: 45トン/日



<荒天パフォーマンス(BF8)>

船速: 8ノット

燃費: 60トン/日

### 影響する要因

1. 気象(風・波・潮流)
2. 船の設計(船体・プロペラ・エンジン)
3. 船の状態(ドラフト・トリム・船体/プロペラの汚れ・経年劣化)



# 運航改革 ~ 船のIoT

<Target vessel>  
6000TEU Container  
Draft 12m even

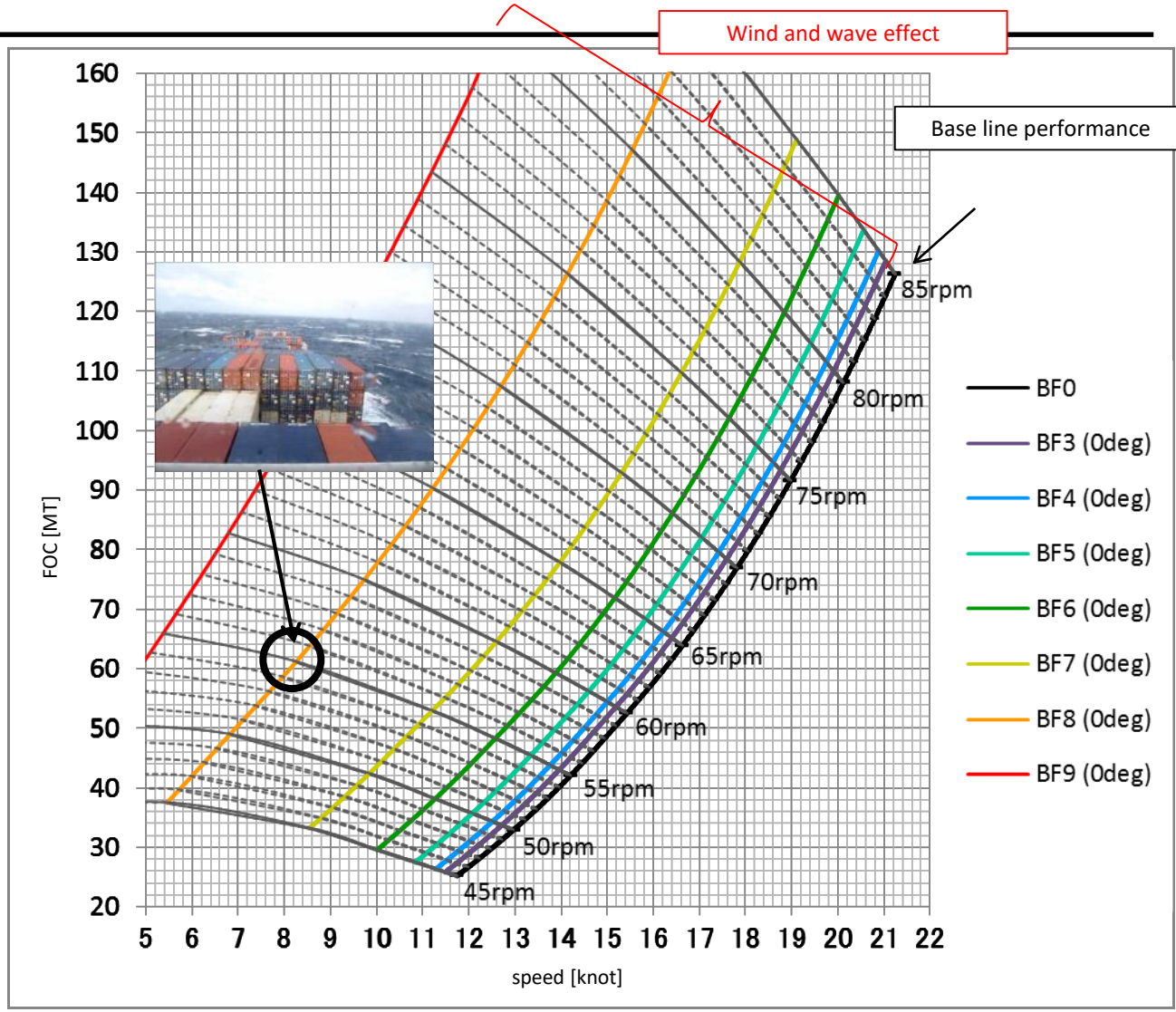


## Sea condition

Beaufort scale

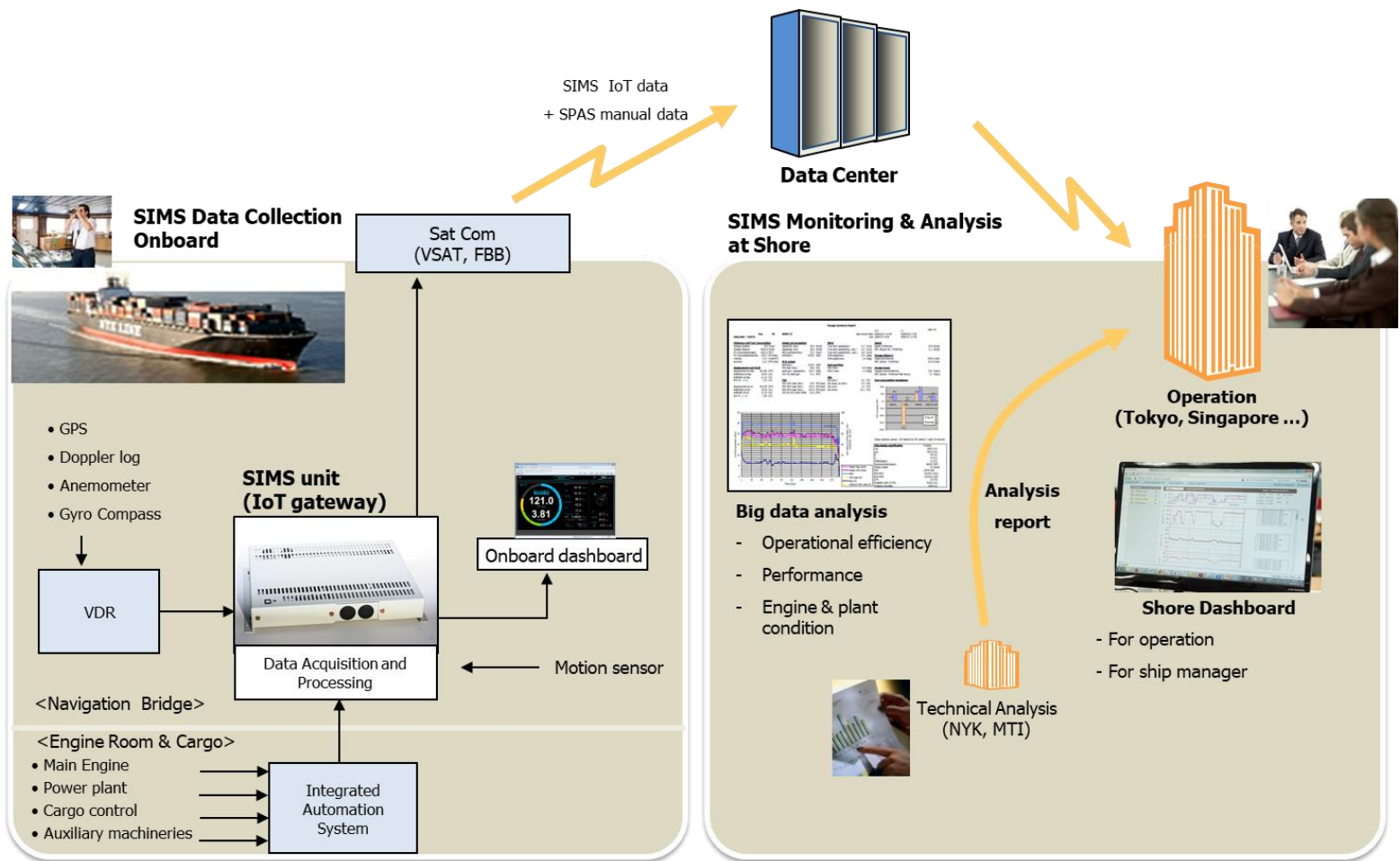
|     | wind speed<br>(m/s) | wave height<br>(m) | wave period<br>(sec) |
|-----|---------------------|--------------------|----------------------|
| BF0 | 0.0                 | 0.0                | 0.0                  |
| BF3 | 4.5                 | 0.6                | 3.0                  |
| BF4 | 6.8                 | 1.0                | 3.9                  |
| BF5 | 9.4                 | 2.0                | 5.5                  |
| BF6 | 12.4                | 3.0                | 6.7                  |
| BF7 | 15.6                | 4.0                | 7.7                  |
| BF8 | 19.0                | 5.5                | 9.1                  |
| BF9 | 22.7                | 7.0                | 10.2                 |

0deg (wind, wave) – head sea



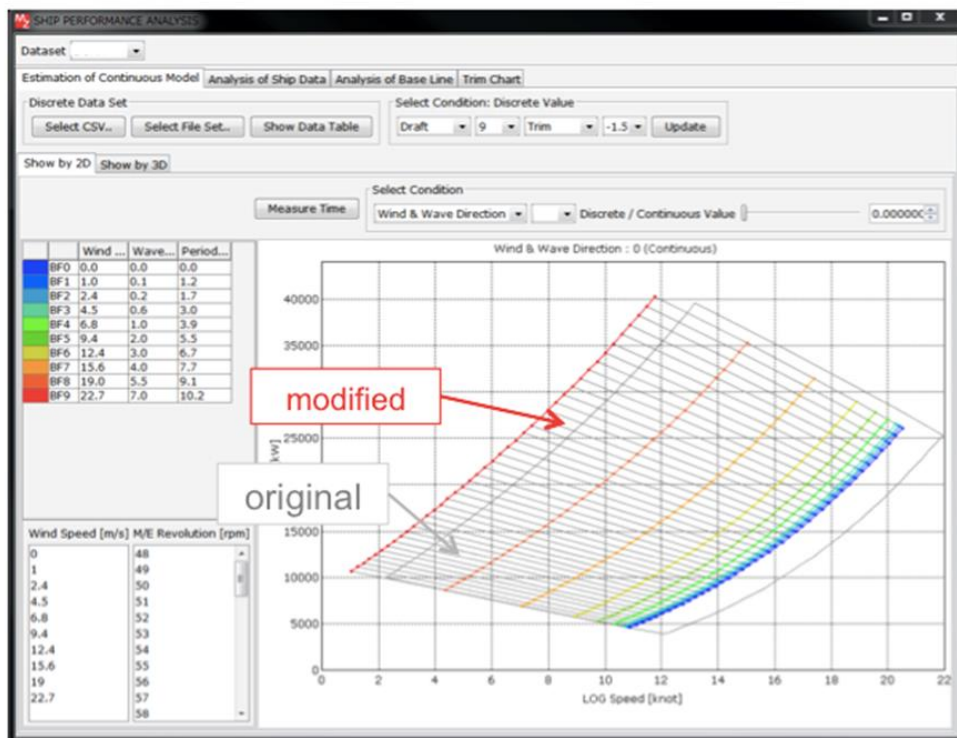
# 運航改革 ~ 船のIoT

## SIMS (Ship Information Management System)



# 運航改革 ～ 船のIoT

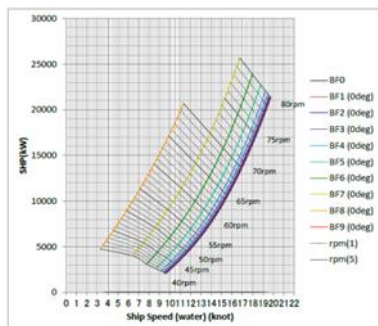
## 実海域性能モデル ～ デジタルツインの活用



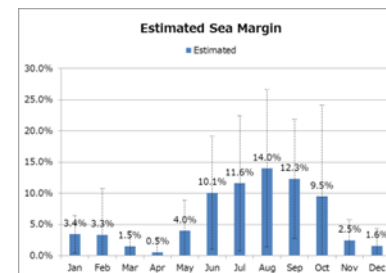
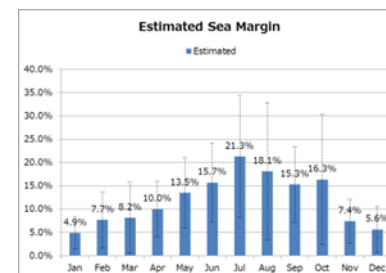
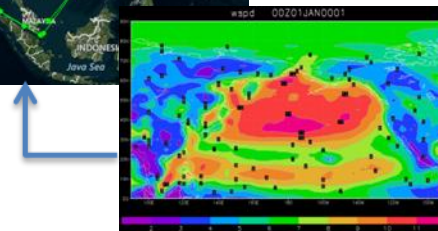
1. 船の実海域性能に関するエンジニアリング知識と性能のIoTデータを使い、現実の船をデジタル化
2. 気象データ等とかけあわせて、様々なシナリオで数多くのシミュレーションを実施
3. 結果を統計的に評価し、現実の運航の課題を、合理的に解決

# 運航改革 ～ 船のIoT

## 季節ごとのシーマージン把握



実海域性能モデル



季節毎の  
- シーマージン  
- 燃料消費量 推定

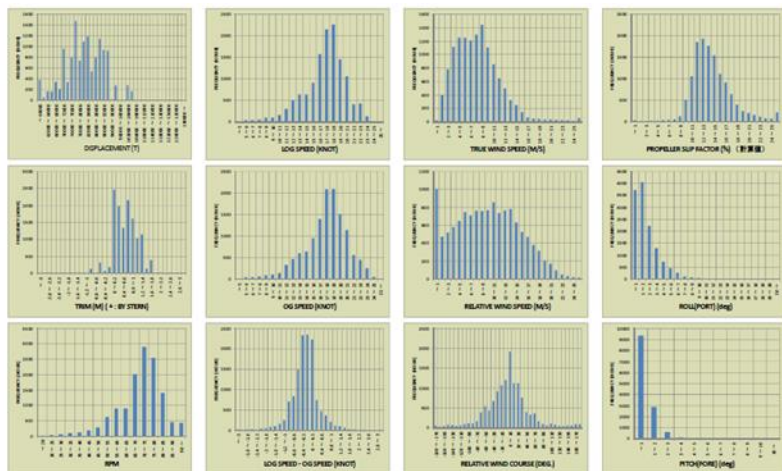
過去の気象データ上での航海シミュレーション

デジタルの実海域性能モデルを使って、運航シミュレーションを行い、意思決定を支援。

# 運航改革 ～ 船のIoT

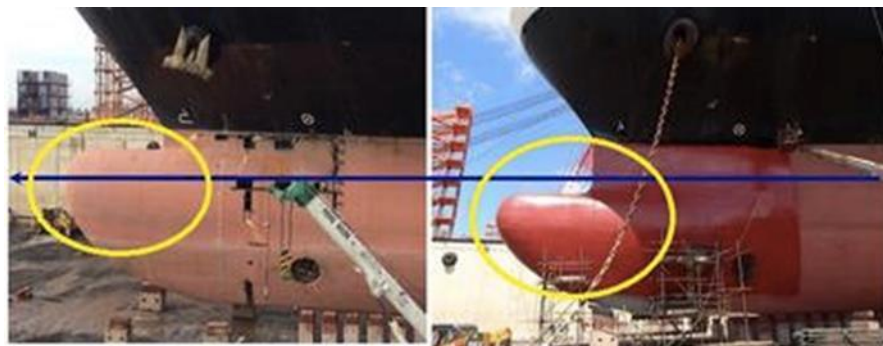
## 船型改造による性能改善

### 実運航プロファイル



現在のオペレーション  
に合わせた最適設計

### 船を生きかえらせる



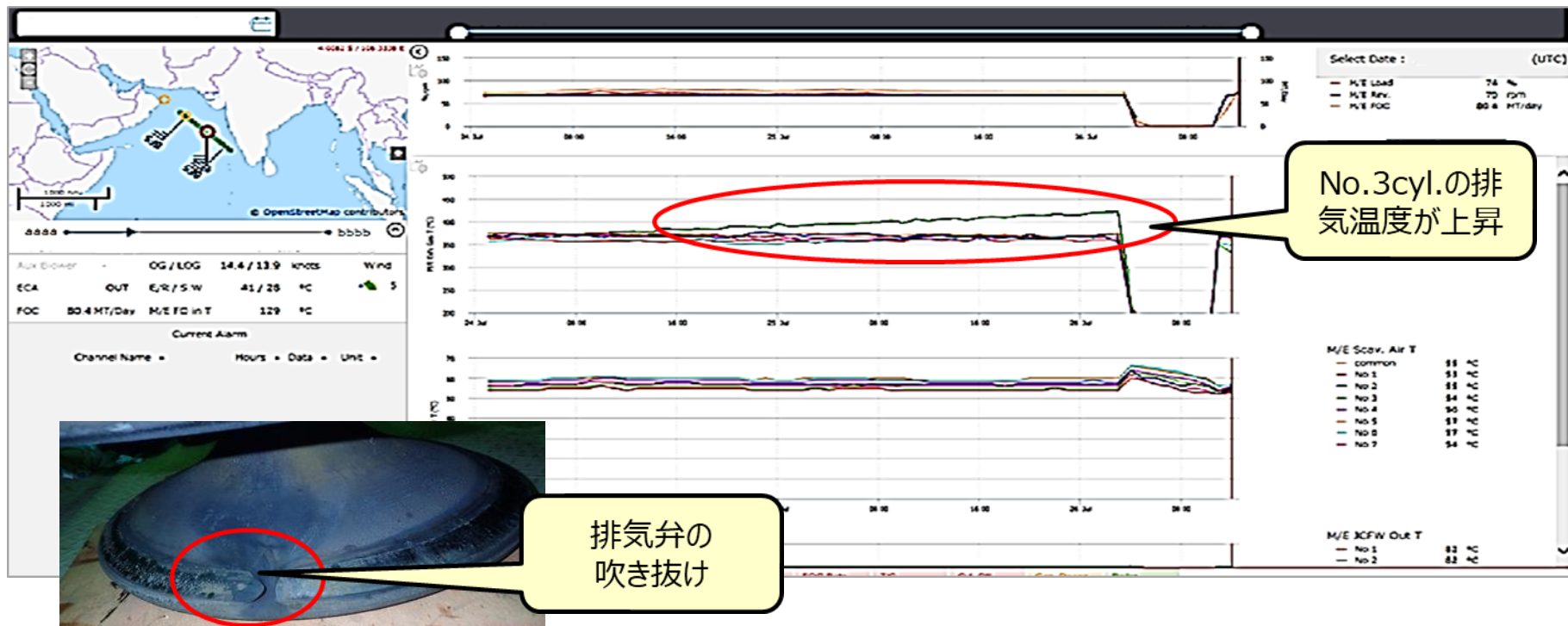
**CO2排出23%削減を達成**

- バルバスバウ改造
- 省エネデバイス (MT-FAST)他
- 改造した数 40隻

今後、新船型開発においても、運航プロファイル、実海域性能を考慮した最適化が進む。

# 運航改革 ～ 船のIoT

## データを利用した機関異常検知 ～ M/E No.3シリンダ排気弁損傷



### 今後の取り組み

- CBM(Condition-based Maintenance) – メーカー、船級との協同
- 風力発電など他産業の先進事例からの学習



# 今日お話しすること

---

1. 海運とエネルギー環境問題
2. 船の技術革新 ～ 燃料と動力のはなし
3. 運航改革 ～ 船のIoT
4. 未来の船 ～ 自律運航船とは
5. NYK Super Eco Ship 2050

# これからの船 ~ 自律運航船

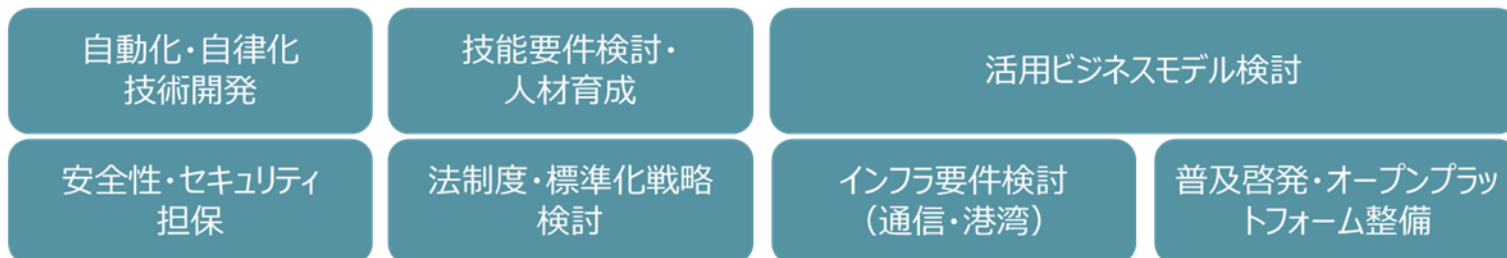
## 無人運航船の普及で解決できること

日本財団「無人運航船がつくる日本の未来-Future2040」～2040年に50%が無人運航

| 内航・外航海運の競争力強化  | 造船・舶用メーカーの競争力強化  | “物流革命”実現  | 地球環境保全  | 新産業の創出   |
|--|--|---|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>船員不足への対応・事故低減</li> <li>船舶運航・船舶管理の効率化</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>高性能な船舶の設計・建造</li> <li>新たな舶用機器の開発・標準化</li> <li>IT人材育成</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>離島における運送手段確保</li> <li>陸運不足への対応・渋滞軽減</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>地球環境(大気・海洋汚染など)に優しいシステム創造</li> <li>海洋ごみ流出源の削減</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>他産業・ベンチャーとの技術・人材交流</li> <li>新たなユースケース・価値創造</li> </ul> |



必要な検討要素 (順不同)

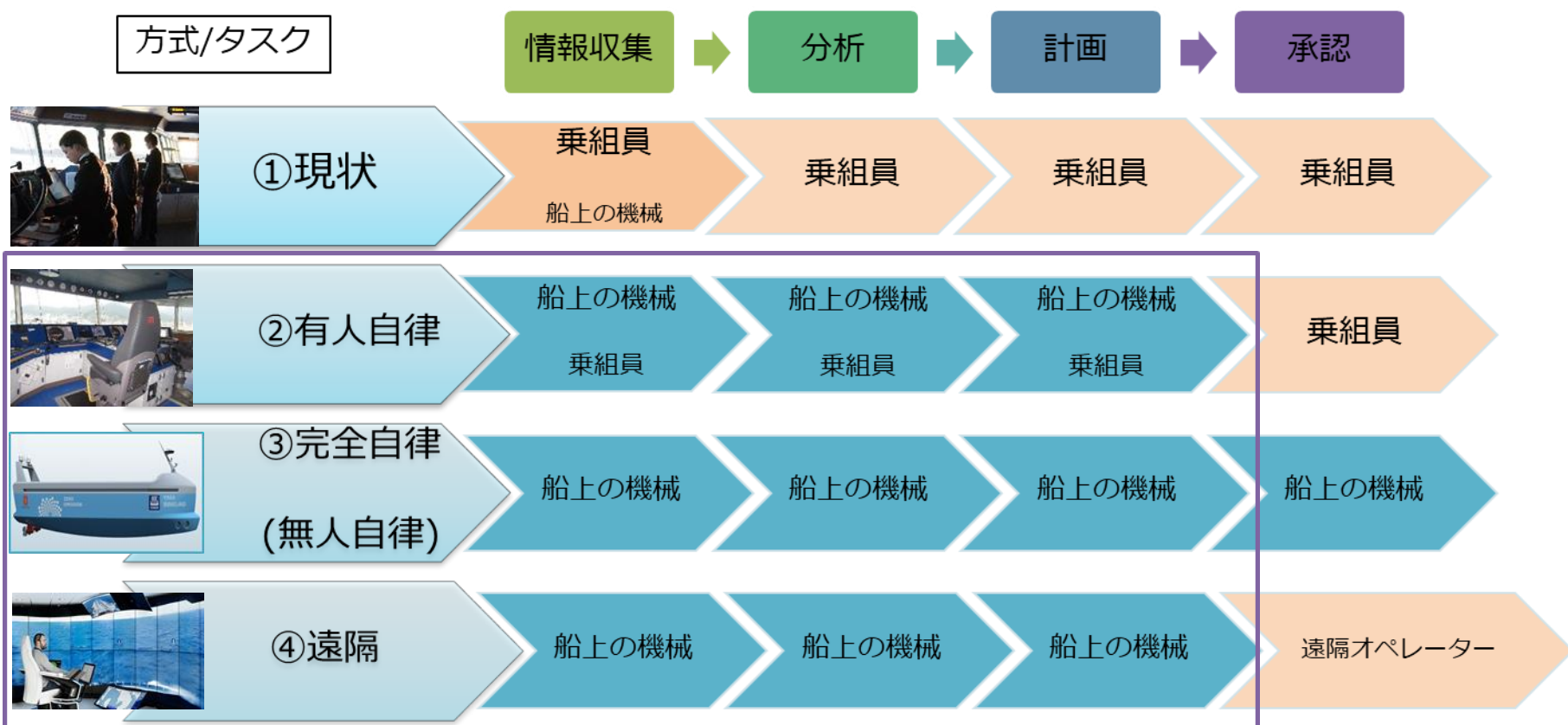




# これからの船 ~ 自律運航船

## 自律運航船にもいろいろ

日本財団「無人運航船がつくる日本の未来-Future2040」～2040年に50%が無人運航





# 今日お話しすること

---

1. 海運とエネルギー環境問題
2. 船の技術革新 ～ 燃料と動力のはなし
3. 運航改革 ～ 船のIoT
4. 未来の船 ～ 自律運航船とは
5. **NYK Super Eco Ship 2050**

# NYK Super Eco Ship 2050

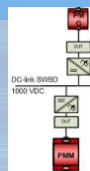
CO2排出  
▲ 100%

燃料由来の必要エネルギーを2014年建造船比**67%**削減

推進効率向上  
6%



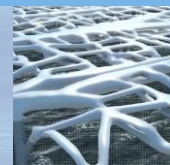
配電効率向上 1%



燃料電池  
18%



船体重量低減  
船体抵抗低減  
34%



船内電力削減  
8%



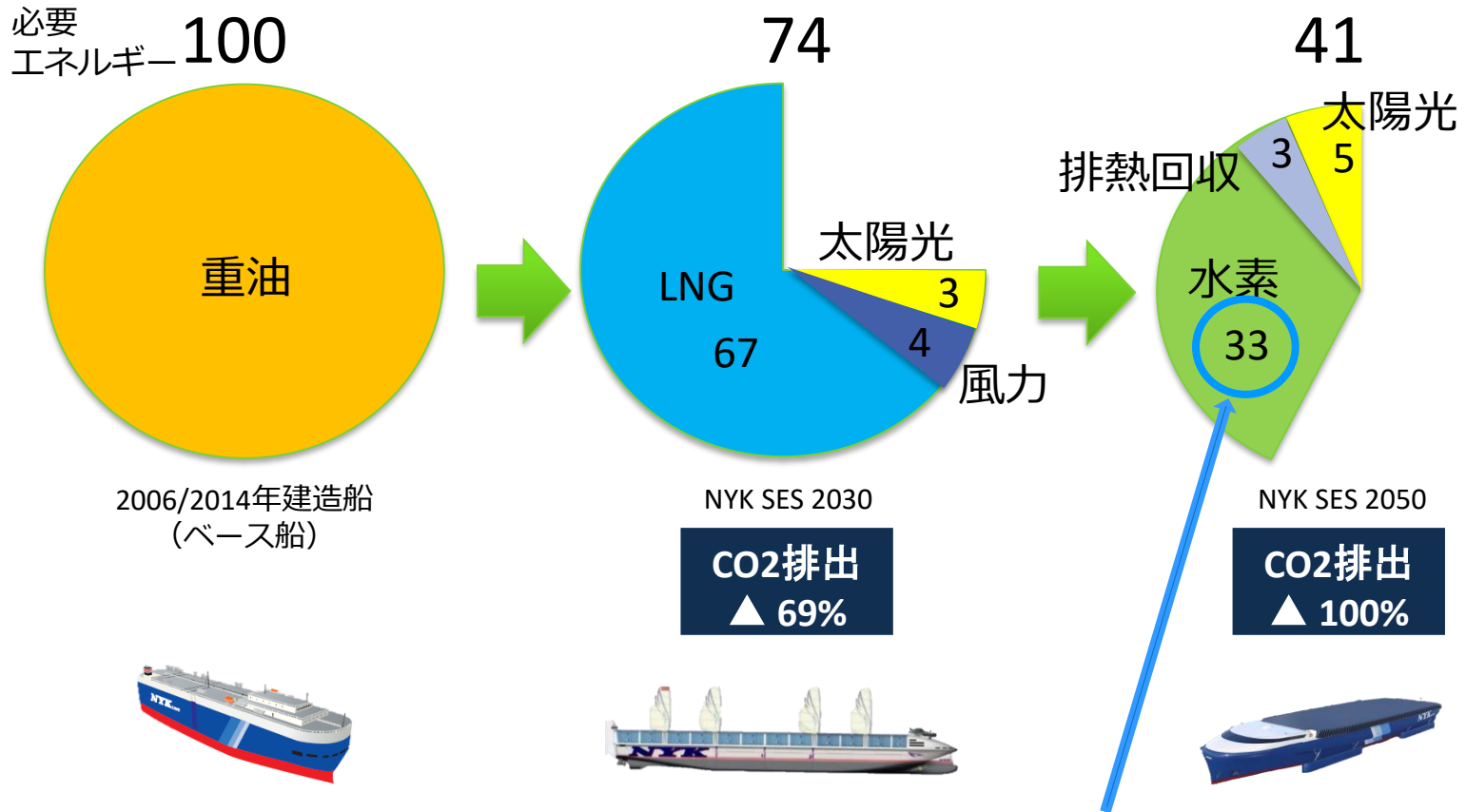
太陽光発電 5%

排熱回収  
3%



# NYK Super Eco Ship 2050

## 2030と2050 必要エネルギーとCO2排出比較

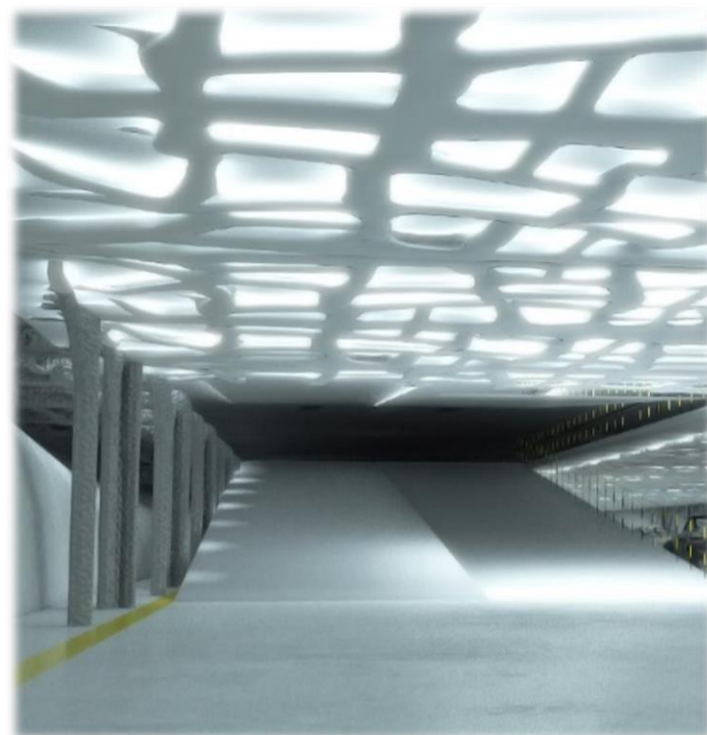
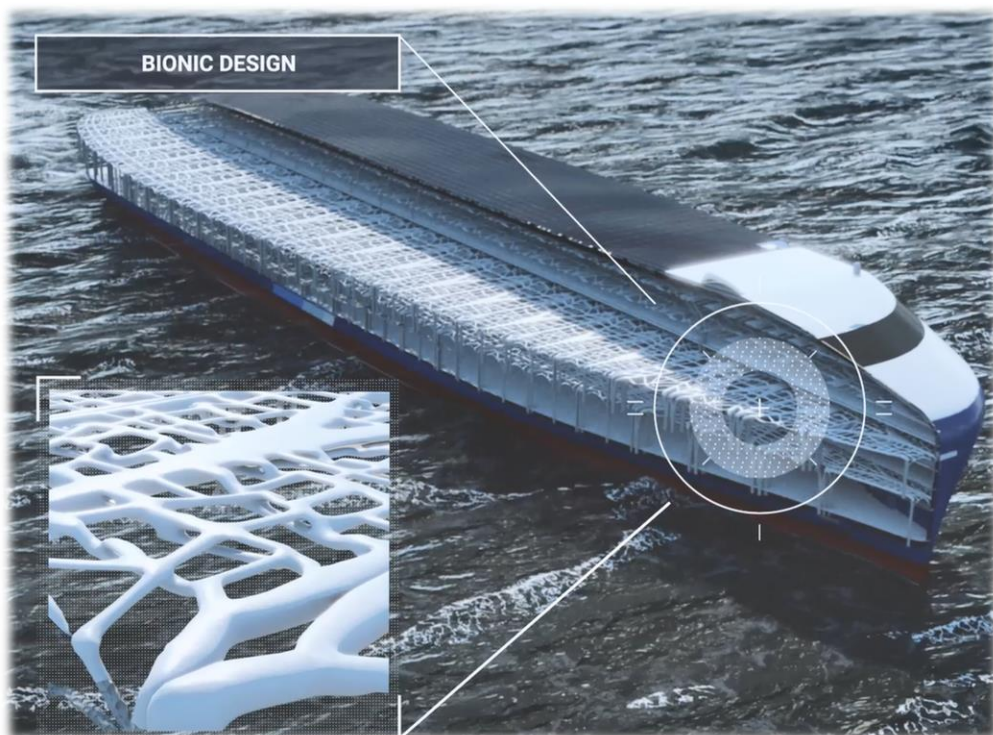


燃料由来の必要エネルギーを2014年建造船比67%削減



## 最適形状と軽量化新素材による船体の軽量化

自然界の生物・植物の構造や形態から発想を得て設計されたバイオニックデザインなど数学的・力学的に最適化された形状を採用し、複合材などの軽量化素材を使用することで、デザインと素材の両面から軽量化を実現します。



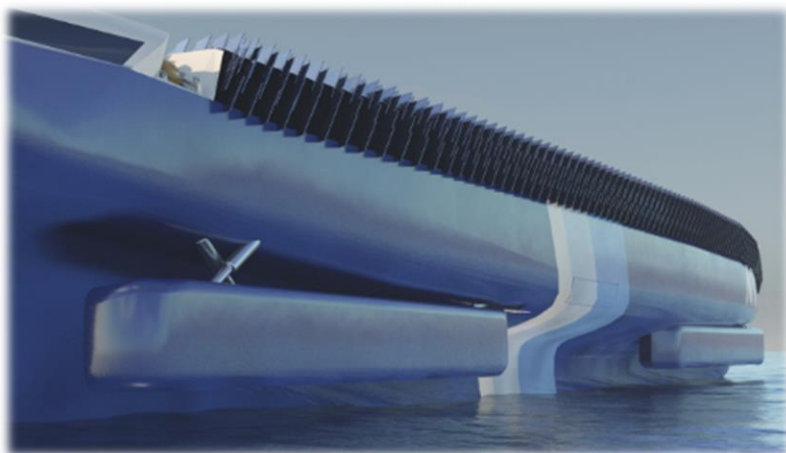
## 船体安定性の確保

船体の軽量化に伴い船体の水線下は抵抗を最小限にするデザインを追求しますが、これにより船体の安定性が減少します。そこで、以下の技術により船体安定性を確保します。

### ポンツーン

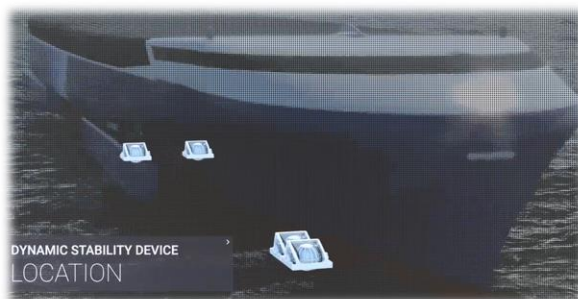
船の左右にポンツーンと呼ばれる“浮き”を採用します。

通常は抵抗削減の為水面上に上げて格納しているが、荒天時・非常時には降ろすことで本船の安定性を確保し安全最優先の運航を可能とします。



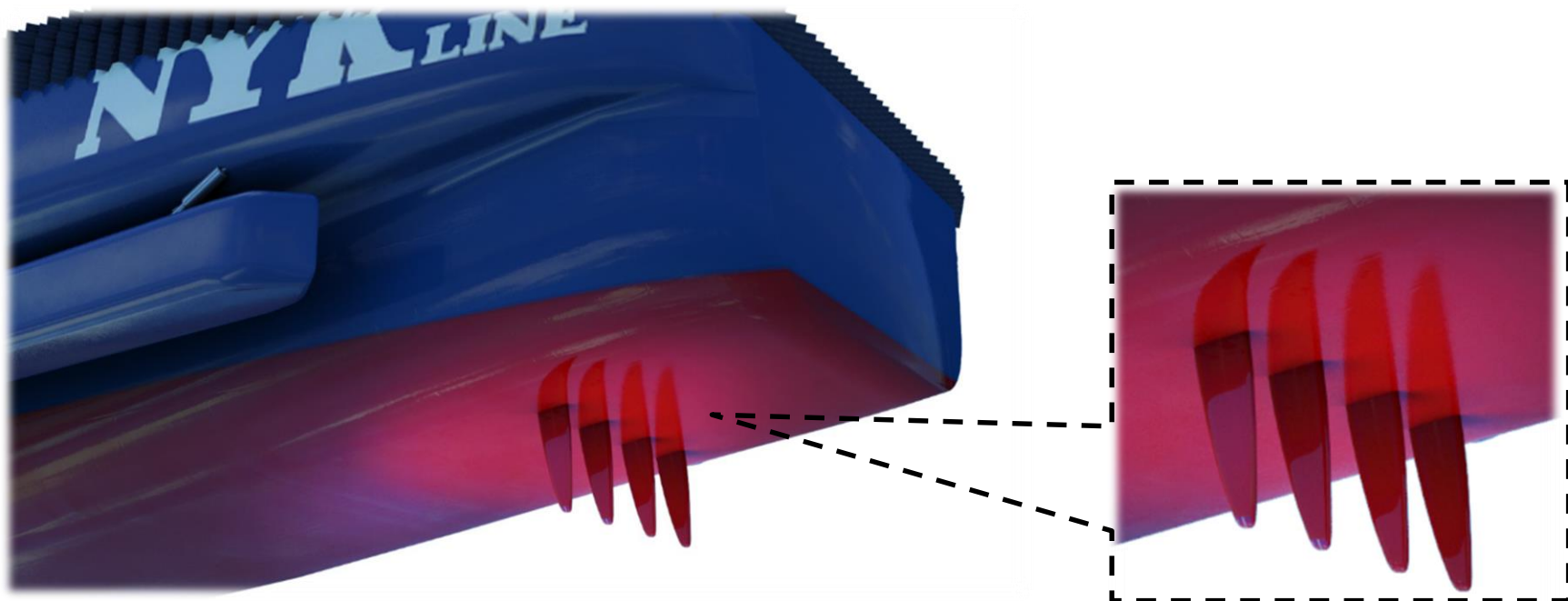
### ジャイロスタビライザー

コマの原理を利用して船が傾くことを防ぐコンピュータ制御のジャイロスタビライザー（船隊安定装置）を船底部に装備しています。



## Flapping Foil の採用

推進装置は従来のプロペラではなく、複数のフラップ状のフィンをイルカの尾びれのように動作させることで今までより10%高い理想推進効率を実現します。





## 空気潤滑システム

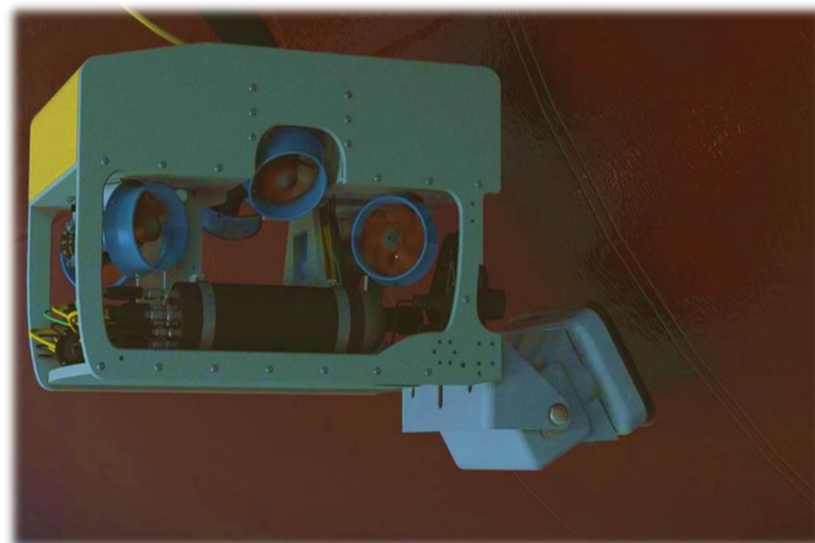
航行中は空気を船底に送り込み、海水と船底の接触をおさえることで摩擦抵抗を軽減します。



## 船体清掃ロボット

停泊中には自動船底洗浄ロボットによりフジツボ等の船底汚損を除去し、摩擦抵抗増大を防ぎます。

またこのロボットは船底の汚れを全て吸い取る仕組みを採用している為、寄港地の生態系を乱すことなく船底清掃が可能です。



## 水素燃料電池&排熱回収

本船のエネルギー源は再生可能エネルギー由来の液化水素燃料電池となります。

- SOFC型の採用
- 排熱回収によりエネルギー効率は69%
- 燃料タンク（水素タンク）は1,900m<sup>3</sup>（約21日分）



## 太陽光パネル

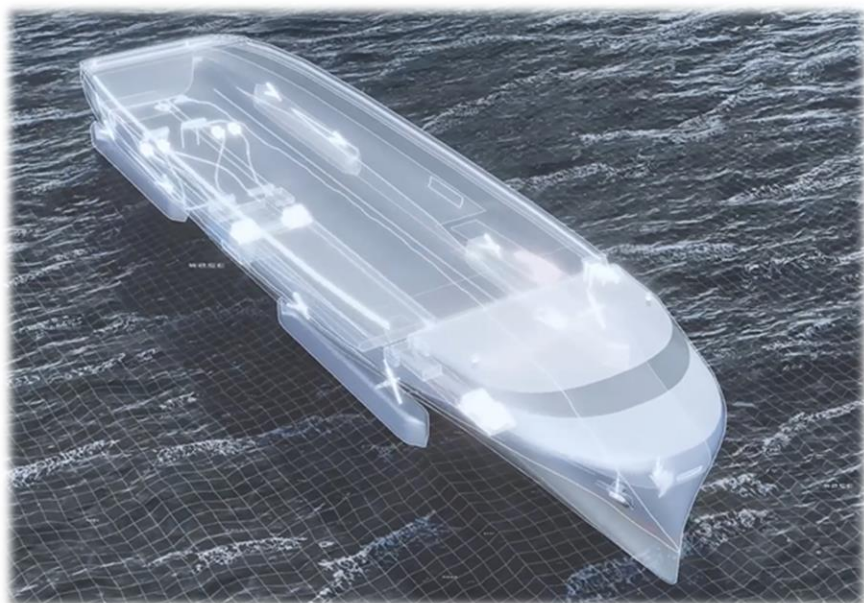
限られた水素貯蔵スペースでも航続距離を確保するために太陽光エネルギーの利用も併用し、よりクリーンなエネルギーでの運航を可能とします。

- 変換効率は45%
- 約9,000m<sup>2</sup>の太陽光パネル
- 電力需要の約15%をカバー



## デジタルツインの利用

船舶の効率的で安全な運航には保守整備は欠かせないものですが、デジタルツインの利用により、陸上専門家による本船状況のリアルタイムな分析を可能とし、事故や不具合を未然に防ぐ最適な整備計画を立案することが可能となります。これにより不具合などによって発生する遅延を挽回する無駄な増速を無くすことが可能となり燃費性能の向上が期待できます。



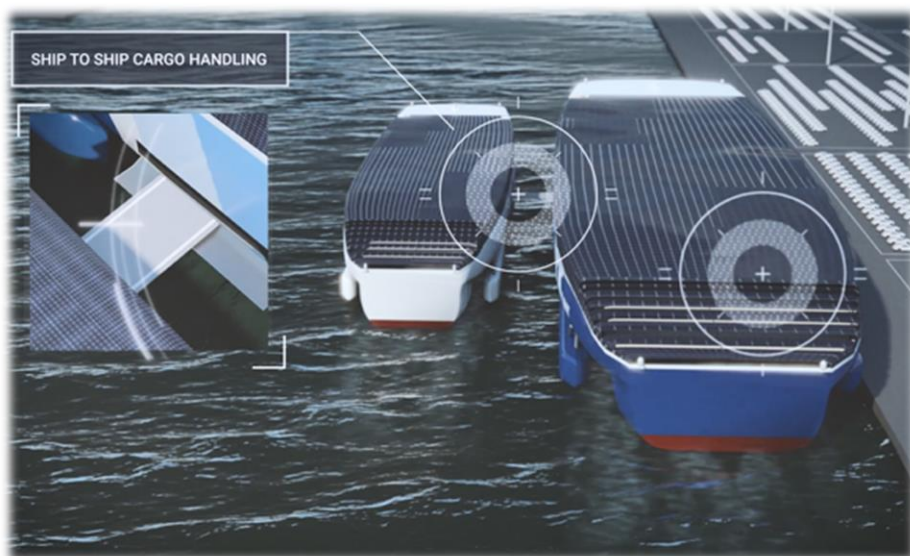
## 船隊やサプライチェーンでの最適運航

気象・海象の予報技術のさらなる進歩やそれに基づく最適運航計画の高度化は個船単位のルートプランニングの提供のみにとどまらず、港湾施設稼働や日本郵船船隊の包括的な全体最適化を達成します。これにより、本船の無駄な待ち時間を無くし、定時・定期運航の精度向上によるサプライチェーン全体のCO2削減への貢献が期待できます。



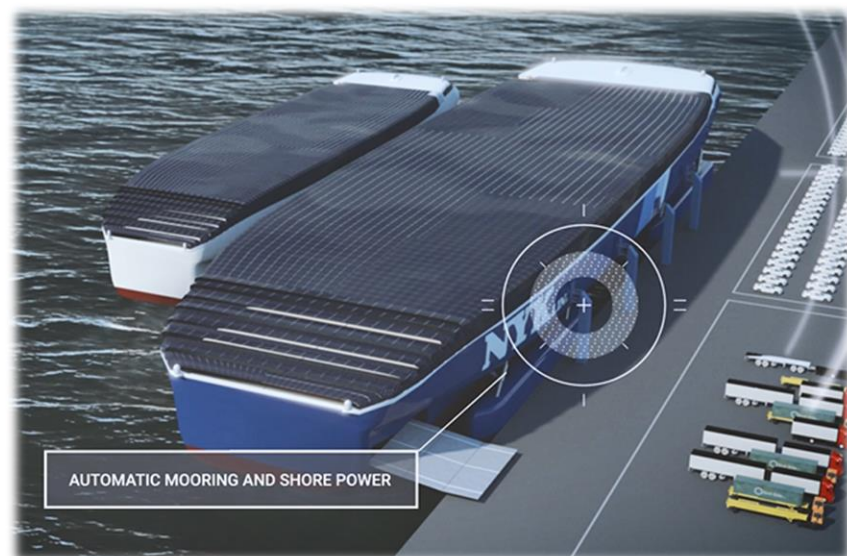
## 効率的な荷役

船陸間での荷役と同時進行でShip to shipでの荷役（貨物の載せ替え）を行うことで停泊時間を短縮でき、航行中の速度を落とすことで燃費効率向上を可能とします。



## 自動着棧・自動係船

港湾施設側の設備の進歩に伴い自動着棧・自動係船が可能となります。



船の未来を一緒に作っていこう

# おまけ

# 飛鳥II











ありがとうございました。