eE-NaviPlanと運航性能評価

1. 船隊運航マネージメント支援サービスの開発
2. eE-NaviPlanサービスと効果
3. 運航性能評価
4. まとめ

2016年12月22日
海上技術安全研究所

1.eE-NaviPlan（いーなびぷらん）サービスの開発

ジャストインタイムの航海計画の提供

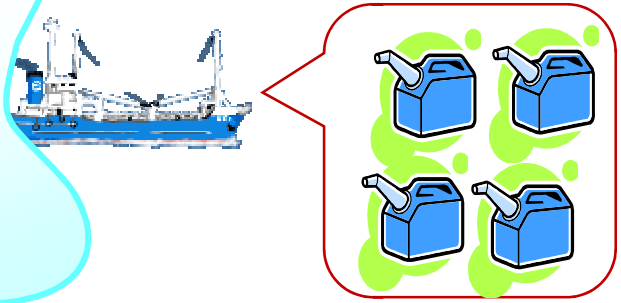
輸送オーダー → スケジュール確保

現状

気象・海象の不確実性 →

航海全速・最短航路

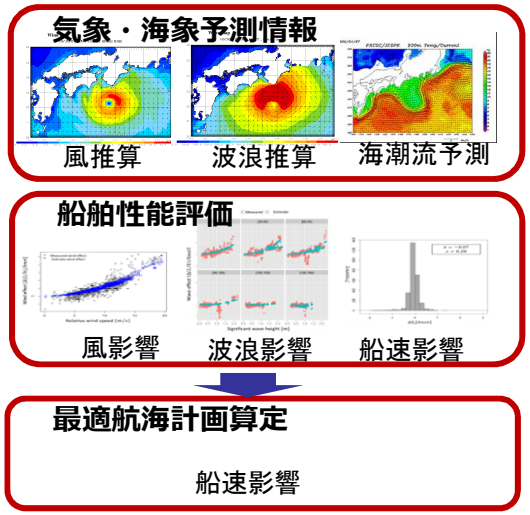
遅延時の責任回避



早着・船舶の沖待ち

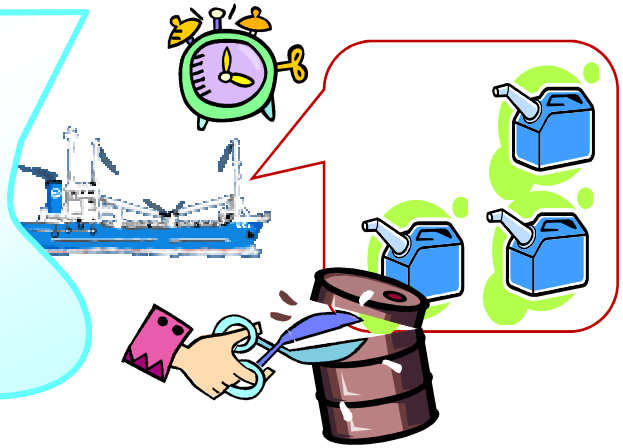
今後

航海計画支援システム



最適船速：Just in Time運航

計画に沿って安全に省エネ運航



予定通りの入港・着岸

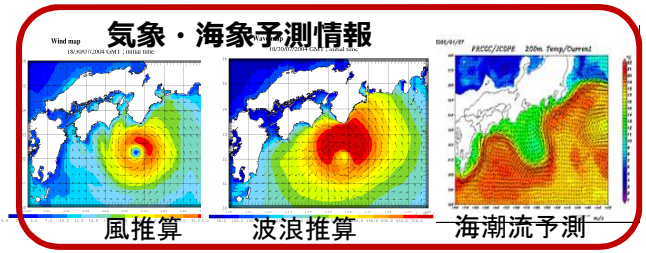
コンピューターによる運航の効率化

ジャストインタイムの航海計画の提供

高精度な気象・海象の予測情報、精度よく推定された実海域での船舶性能を用いて数理計画の手法により、目的港にジャストインタイムに到着する必要最小限の航路上の最適出力計画を船舶に提供　⇒　燃費・CO_2を削減

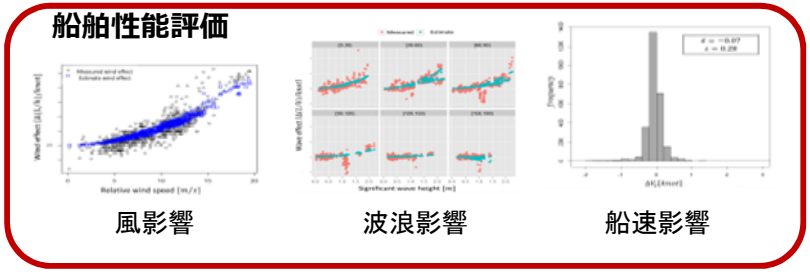
◆気象・海象の予測情報

3kmメッシュ、3時間ごとに更新される高精度な、風向・風速、波高・波周期・波向き情報
3kmメッシュの毎日更新される海流予測流向・流速



◆実海域での運航性能評価

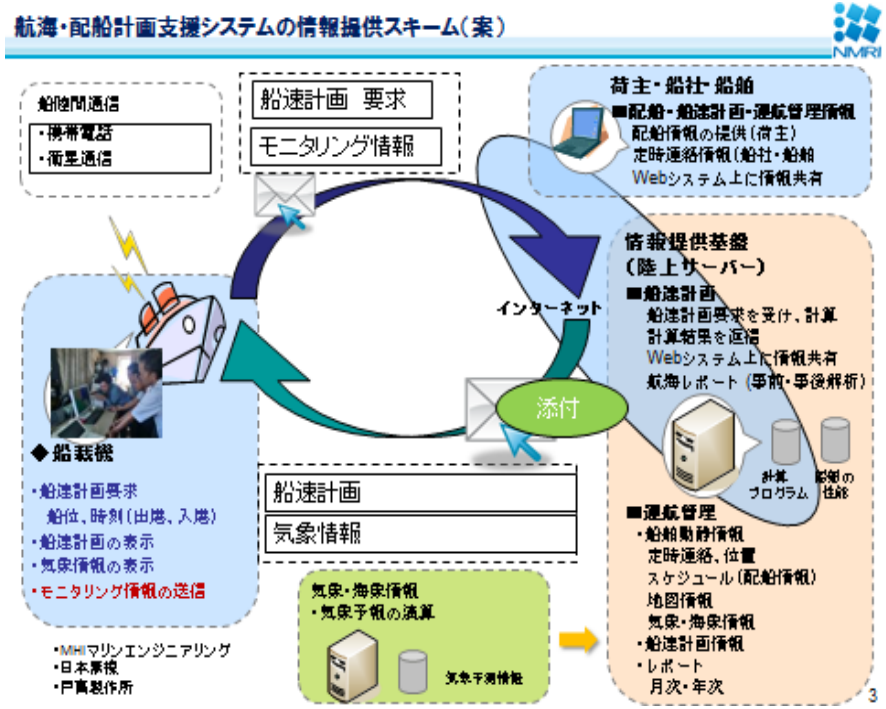
10分毎に収集されるモニタリングデータに基づき個船ごと風・波浪が及ぼす影響を評価し高精度に船舶性能推定

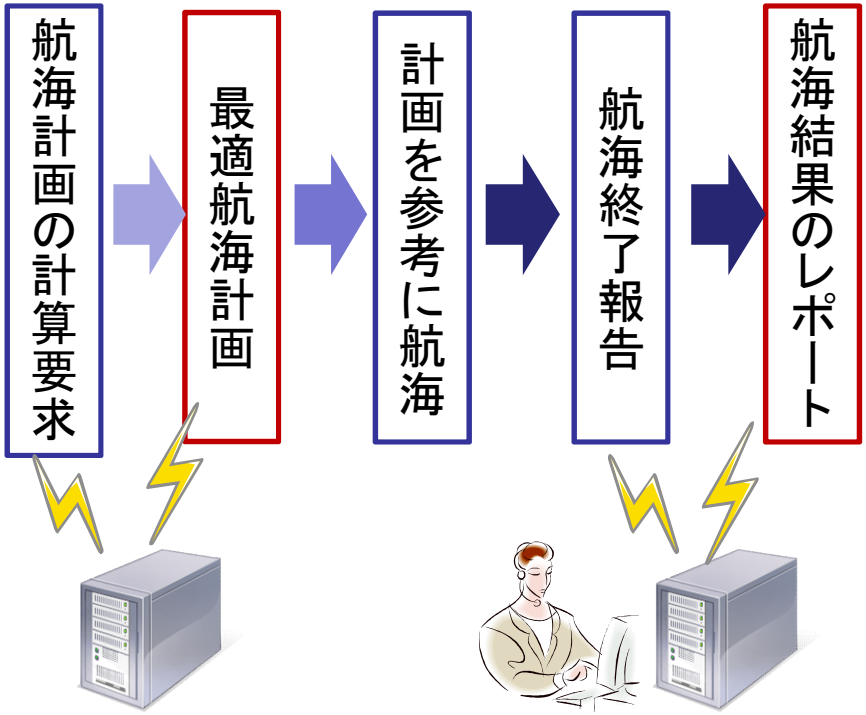


◆最適航海計画

数理計画の手法を用いて、高精度な気象・海象の予測情報、船舶性能推定によりジャストインタイムの航海計画を計算

ジャストインタイムの航海計画の提供





船載機

船載機メーカー(3社)
- MHI-ME
- JRC
- 戸高製作所

設置型船載機

ポータブルPC型

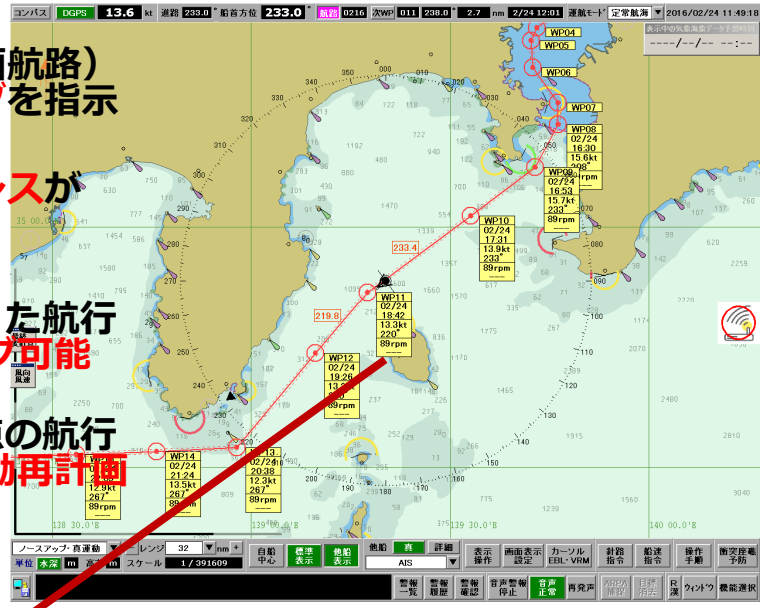
＜航海中＞最適船速計画を参考にした操船

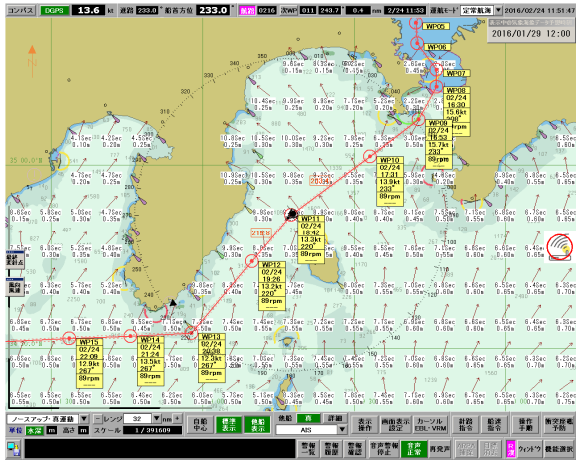
① 最適船速計画（計画航路）への**トラッキング**を指示

② **針路・船速ガイダンス**がポップアップ表示

③ 最適船速計画に沿った航行状況を**モニタリング可能**

④ ３時間毎にその時点の航行状況に合わせて**自動再計画**



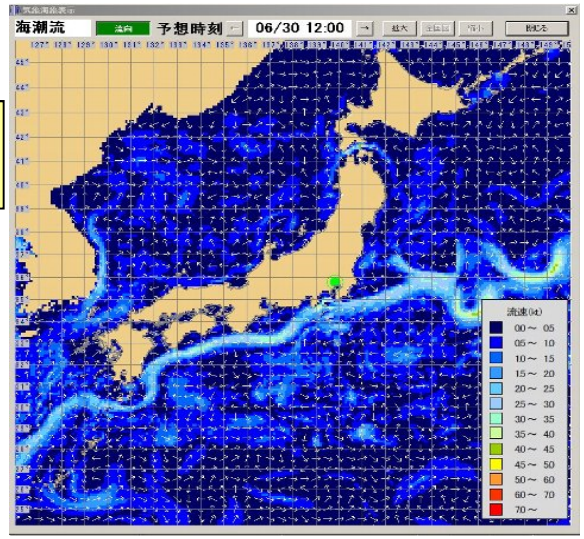


波データ表示例

推奨針路ｶﾞｲﾀﾞﾝｽ

推奨制御ｶﾞｲﾀﾞﾝｽ

WP番号	WP11
日時	02/24 18:42
船速	13.3kt
針路	220°
主機関	89rpm



海潮流データ表示例

温室効果ガス削減量定量化方法と評価方法

- CO_2排出削減効果の評価手法を開発、第三者審査機関が妥当性を確認
- 運航モニタリングデータに基づく、より実用性と信頼性の高い手法

- 航海支援システムを利用しない常用の運航状態（BAU:Buiness as usual）予め、時間当たりの燃料消費量（L/h_{BAU}）と静穏な海域での船舶性能（速力-出力曲線）を運航モニタリングデータを用いて同定

- 航海支援システムを利用した航海実績（Project)
  10分ごとにモニタリングされた時間当たりの燃料消費量$L/h_{AProject}$と同定された船舶性能から、この場所での風・波など外力による影響を得る。

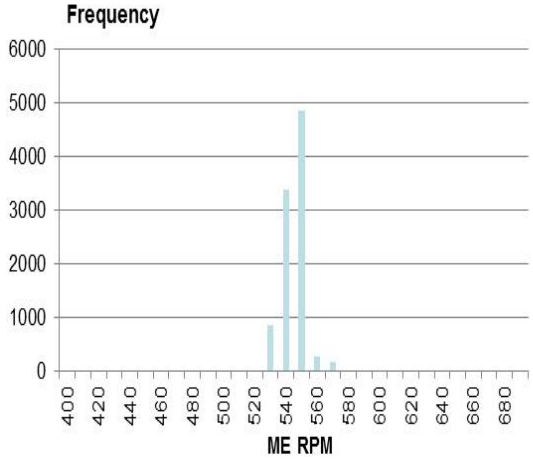
- 同じ場所を、同じ外力を受け、常用の燃料消費率で航海した場合の通過時間（T_{BAU}）を、船舶性能とモニタリングデータを用いて同定する。
  （この場合外力は速力の影響を受けることに注意）
  同定された通過時間（T_{BAU}）に燃料消費量（L/h_{BAU}）を乗ずることで常用状態で同じ場所を航海した場合の燃料消費量が計算される。

CO2排出削減量評価手法

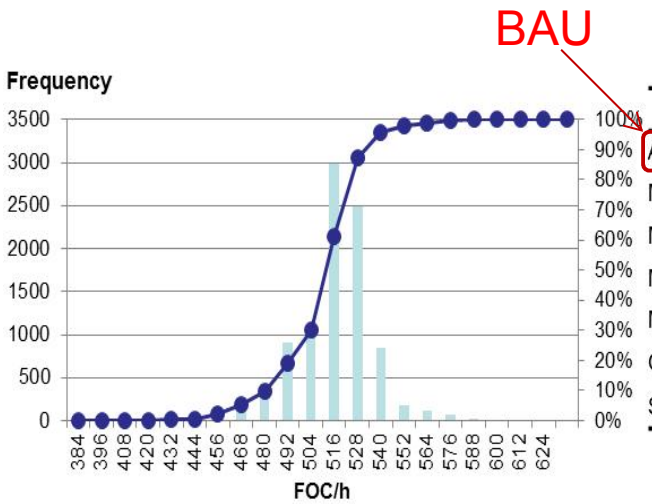
	Ship A
Length	120 m
Breadth	18 m
Depth	9.2/6.6m
MCO	3310kW
Gross tonnage	5443tons
Nominal Speed	12.5knots

対象船舶の支援システムを用いない航海をモニタリングし、この状態での単位時間当たりの燃料消費量(BAU)を決定

(BAU:Business as usual;常用の状態:支援システムを利用していない状態)



ME RPM	
Average	541
Median	541
Mode	541
Min	487
Max	573
Convergence	6.30
Sample size	9591



ME Heavy Oil (C) FOC(l/h)	
Average	511
Median	516
Mode	516
Min	402
Max	594
Convergence	21.5
Sample size	9591

航海計画支援システムの効果

CO2排出削減量評価手法①の適用：

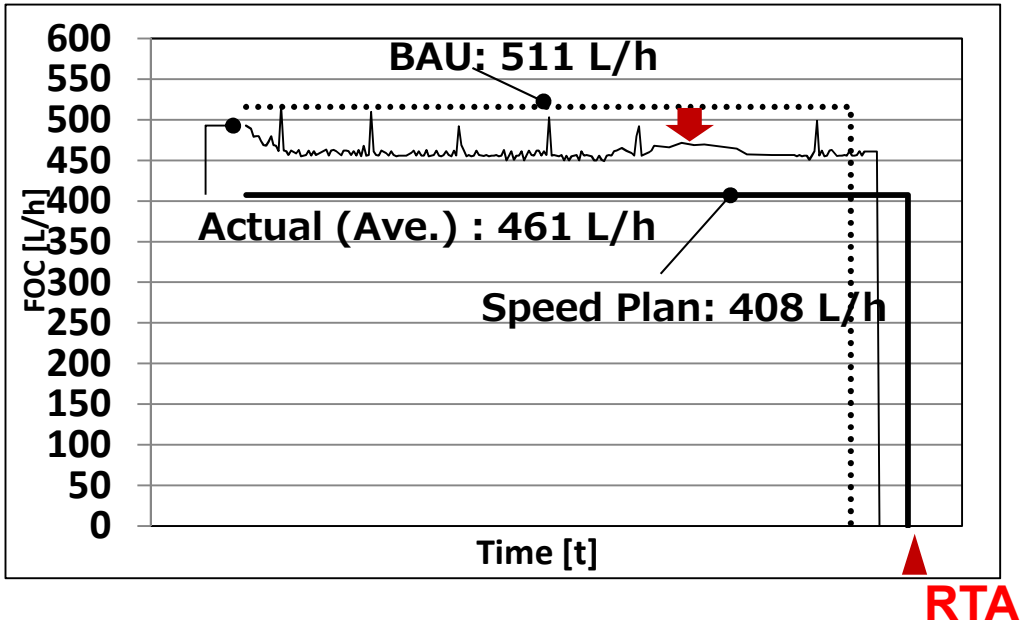
モニタリング・データを用いて、航海実績燃料消費量と支援システムを用いない状態での単位時間当たりの燃料消費量（BAU）とを比較することにより省エネ運航の効果を評価

航海計画

↓

最適化

燃料消費量: 7% 削減



さらに、
推奨の船速計画活用により，燃費14% 削減を見込む。

CO2排出削減量評価手法の特徴

これまでWRの性能推定は、**アブログデータ**を用いたり**シミュレーション**によるもので解析作業や推定精度に課題

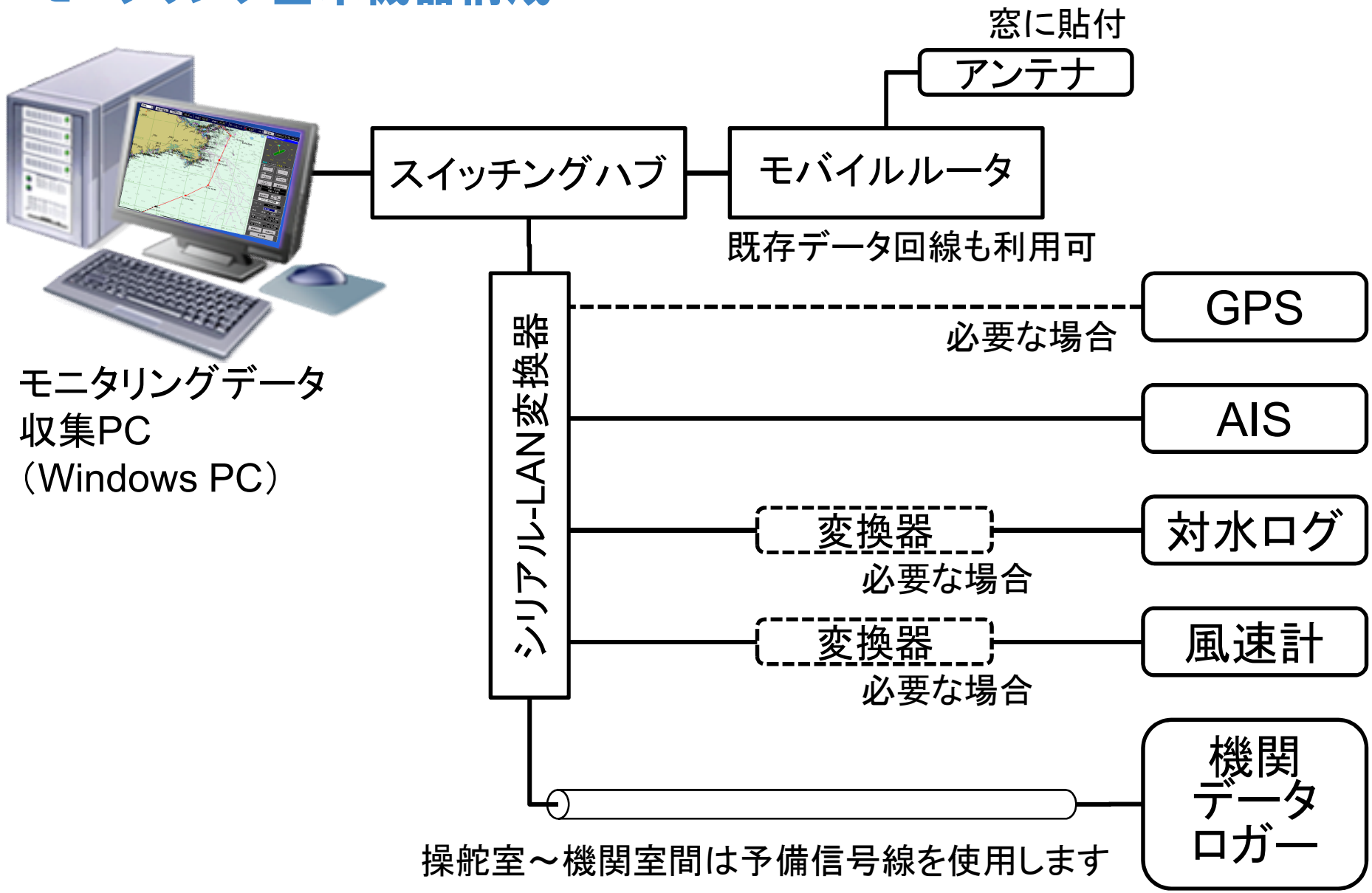
また、評価方法もWRの提供会社が**独自の方法**を用いて効果を評価

10分ごとに**自動的にモニタリングされたデータ**を基に、**第三者審査機関により妥当性を確認した方法**を適用し評価。

また、評価方法については、学界でも発表され公表されている。

評価精度についても、航海ごとに同じ航海の条件（排水量・喫水・船隊汚損による抵抗、気象・海象など）で推定評価するため**高い精度の評価**ができる。

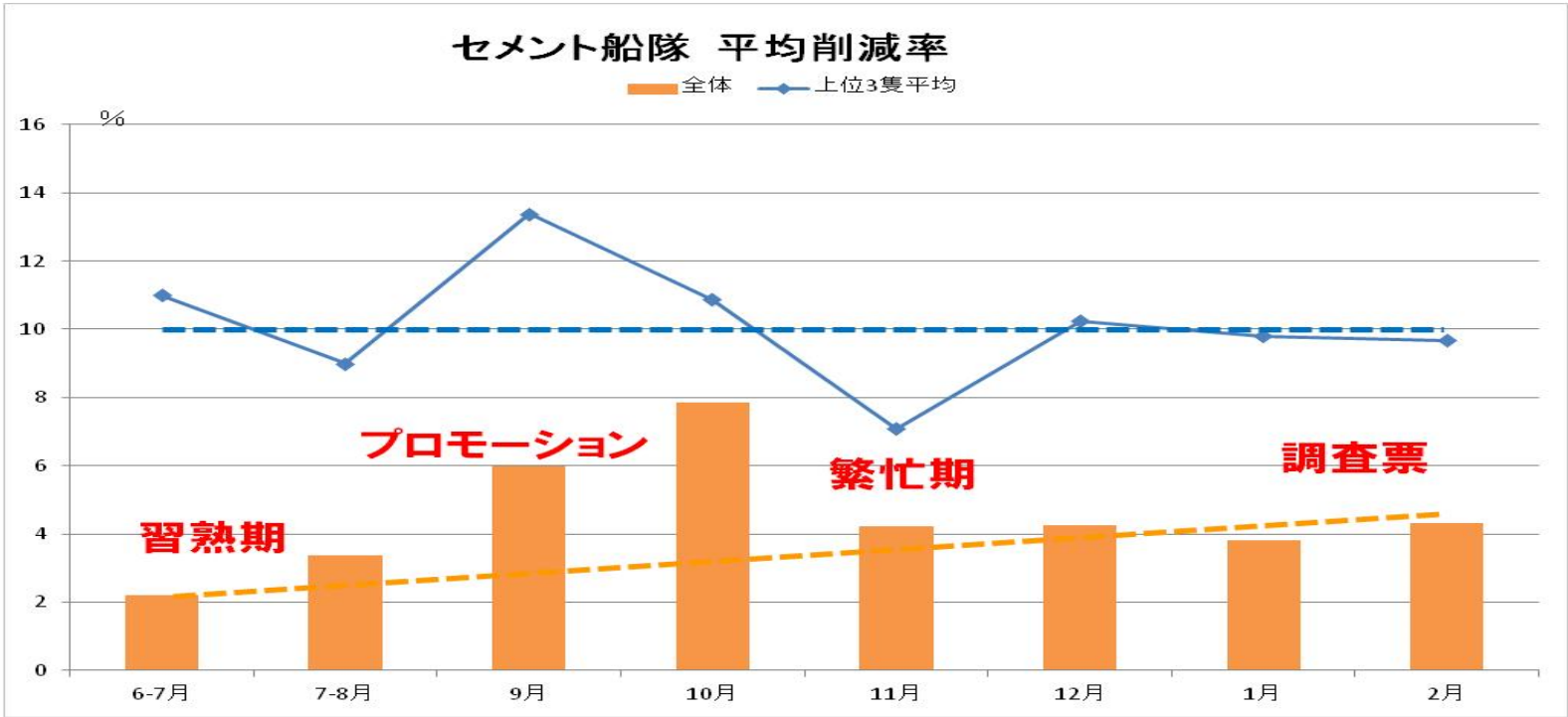
モニタリング基本機器構成



-航海・配船計画支援システム導入による船舶からのCO2排出削減実証事業-

潜在的可能性：14％程度の削減のポテンシャル
実績：
トップランナー：10％を超える削減達成
船隊平均　　：4％程度

個船により効果が異なる（人の問題と船舶・主機関の問題・配船の問題などが絡む）



航海支援サービスと運用：

1．ジャストインタイムの航海計画

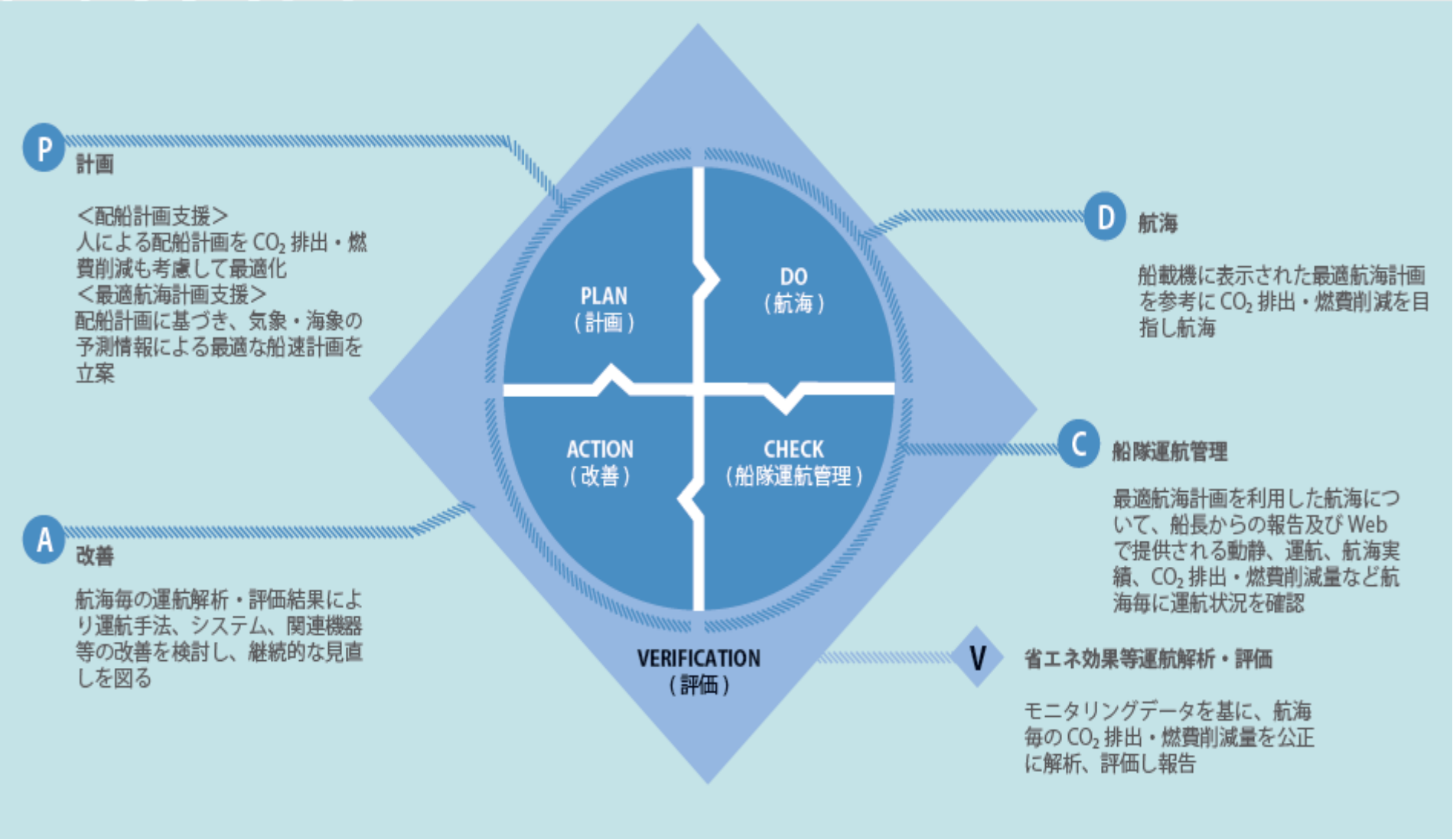
2．燃費・CO2排出削減効果についての評価手法

14％程度の削減ポテンシャル
トップランナーは10％を超える削減達成
船隊（平均4％程度）の削減量も徐々に向上
さらなる向上を図ることが課題

3．運用：船隊管理
「船舶の状況を把握し採るべき措置を検討、改善を図る」

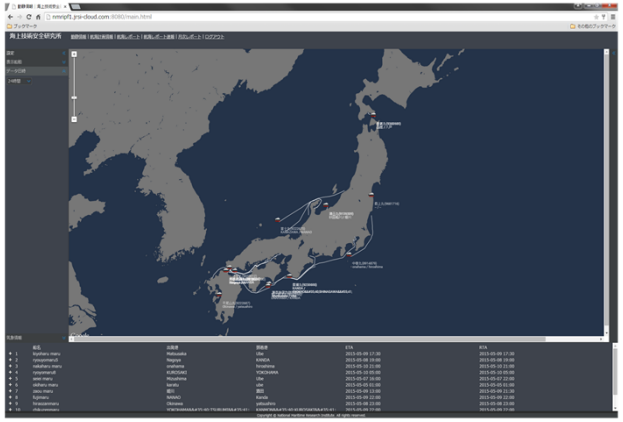
運航効率化のためのPDCA

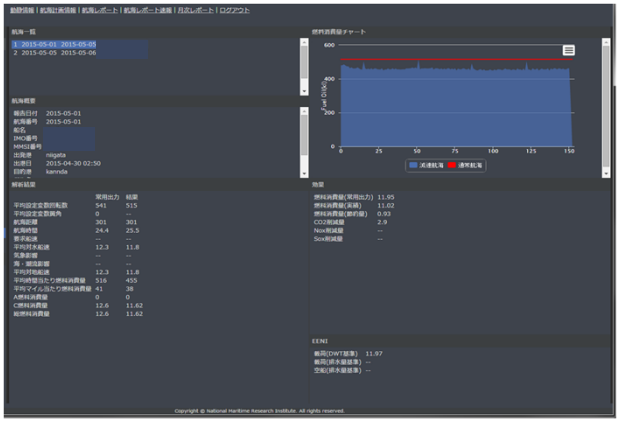
PDCAによる運航管理情報提供
＜最適航海計画・運航効率・燃費削減量評価等＞

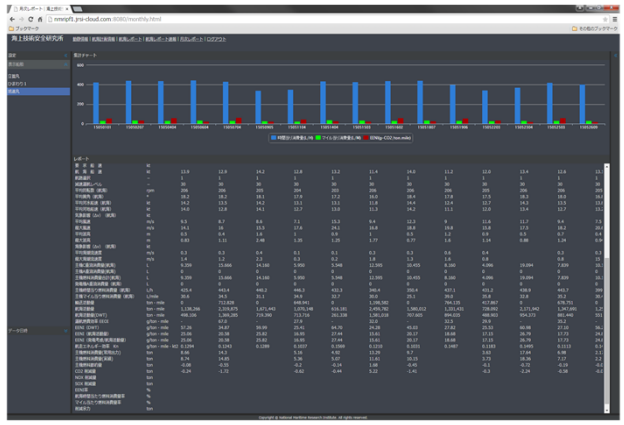


情報基盤

利用者は、船舶から送信されるモニタリングデータや燃費削減効果、航海計画などの解析結果を、インターネットブラウザで閲覧することが可能です。





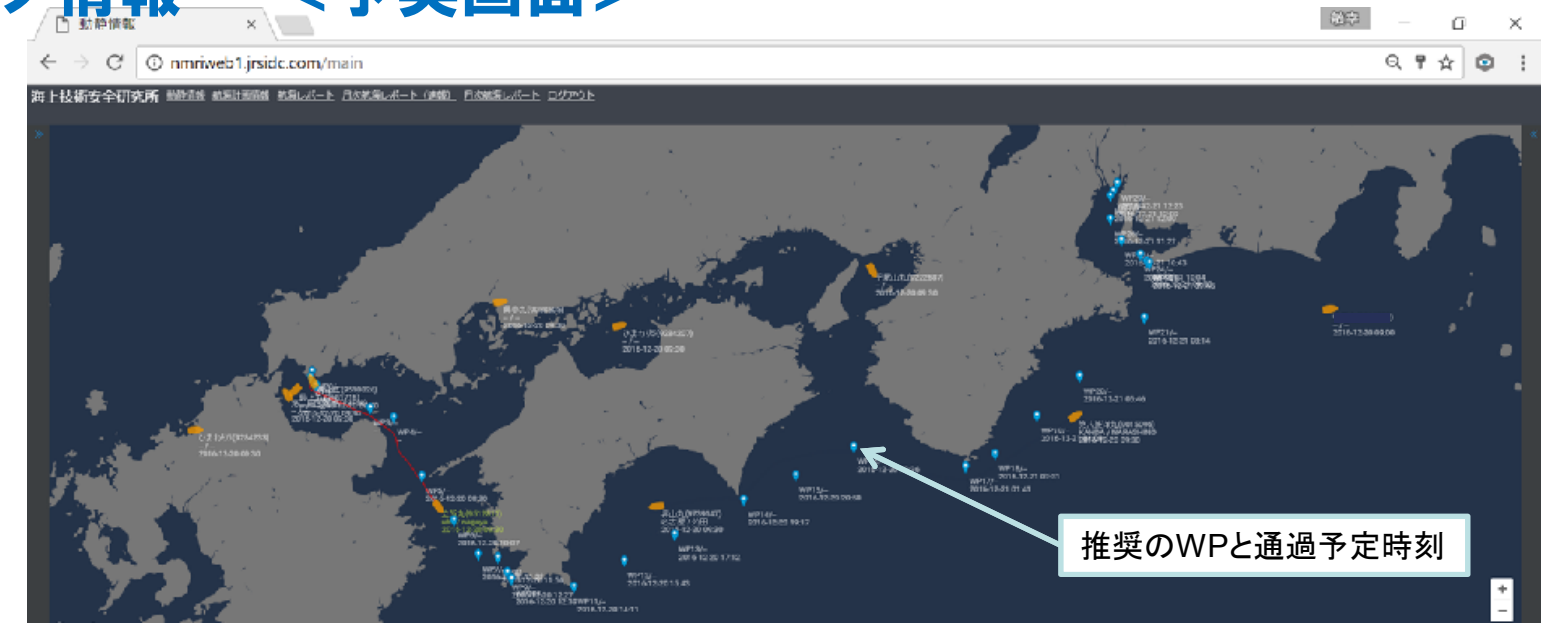


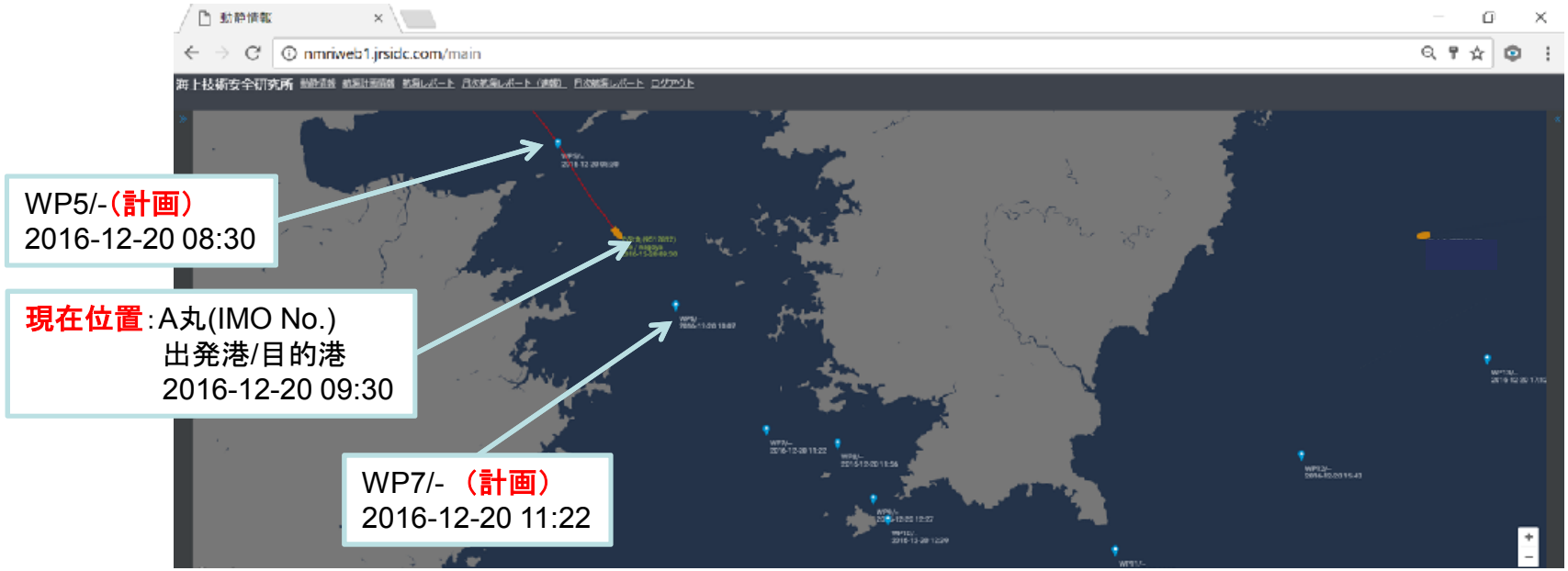
■動静情報
現在の船舶位置、発着港、航海の軌跡、到着予定時刻などが地図上に表示されます。また、気象・海象データも地図上に重畳することが可能です。

■航海レポート
航海ごとの評価結果を閲覧できる機能です。航海中の燃料消費量履歴と本システムを導入する以前の通常航海（BAU）での燃料消費量履歴を図化する機能を持ち、両者を比較することで省エネ運航が把握できます。

■月次レポート
航海レポートを指定された月で集積した結果を閲覧できる機能です。各船舶の月毎の航海や、船隊全体を１つのページで表示可能です。時間推移や、船舶性能の相違などが把握できます。

ウェブ情報　＜予実画面＞


動静情報
nmriweb1.jrsidc.com/main
海上技術安全研究所
推奨のWPと通過予定時刻


動静情報
nmriweb1.jrsidc.com/main
海上技術安全研究所
WP5/-（計画）
2016-12-20 08:30
現在位置：A丸(IMO No.)
出発港/目的港
2016-12-20 09:30
WP7/-　（計画）
2016-12-20 11:22

２.eE-NaviPlanサービスと効果

eE-NaviPlan（いーなびぷらん）サービス

ICTを活用し海運会社の多様化するニーズに応える、運航情報提供サービス
eE-NaviPlan（いーなびぷらん）

eE-Naviplan(いーなびぷらん) サービスは、

■船舶に対しては：最新の技術を用いて気象・海象等による影響を考慮した最適航海計画をリアルタイムに計算し提供することで、到着時刻に遅れるリスクを避けながらも、必要最小限の速度での運航により、省エネを図り、船舶から排出されるCO_2の大幅削減と定時運航をサポートするものです。
これにより港湾内での混雑緩和による安全運航とNO_X・騒音等の削減も期待できるものです。

■荷主・オペレータに対しては：本船の位置、気象・海象、予実管理による早着、遅延情報、燃費、定時連絡等の情報を提供することで効率的・効果的な運航管理を行い「定時性」、「経済性」、「環境性」など、船隊管理に関し多様化するニーズに応える運航管理支援サービスです。
特に、船舶の運航状況、燃費情報や航海毎の評価と運航改善に有用な航海レポートなどの情報をWebにより提供し関係者間で共有することで船隊管理についての情報を包括的にサポートし運航効率化を目指すものです。

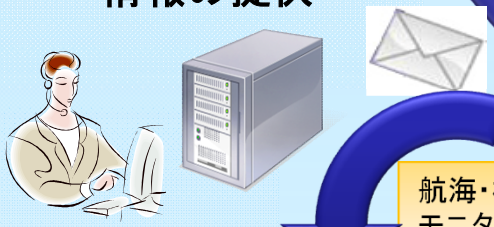
船舶運航情報とCO_2排出量削減効果情報の提供の実利用枠組み

NMRI

マリンテクノロジスト

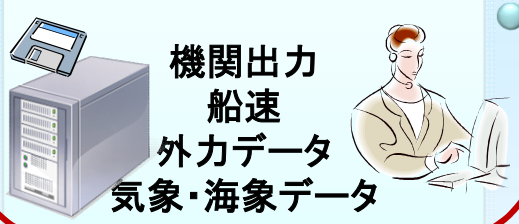
気象・海象の予測データを
参考に最適航海計画の立案

情報の提供



運航モニタリングデータを
参考にCO2削減効果の評価

運航評価・解析



機関出力
船速
外力データ
気象・海象データ

アプリの提供 ⇧ ⇩ 演算結果の提供

海技研

MRV方法論演算R&D
船速計画R&D

船社・オペレーター

荷主

配船

船員教育・指導
運航管理

INMARSAT
携帯電話

航海・機関
モニタリングデータ

実行系

航海計画表示

最適航海計画を参考に
省エネ・安全航海

評価系

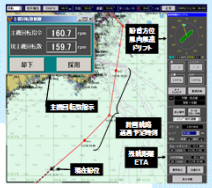
船舶運航情報とCO_2排出量削減効果情報の提供

◆運航情報
・船隊動静・運航解析/評価
◆CO2排出量削減効果/評価
◆データベース格納

インターネット

荷主/顧客

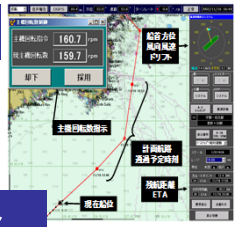
動態管理
配船管理
減速運航管理



・配船支援システム
・燃費効率向上によるコスト削減

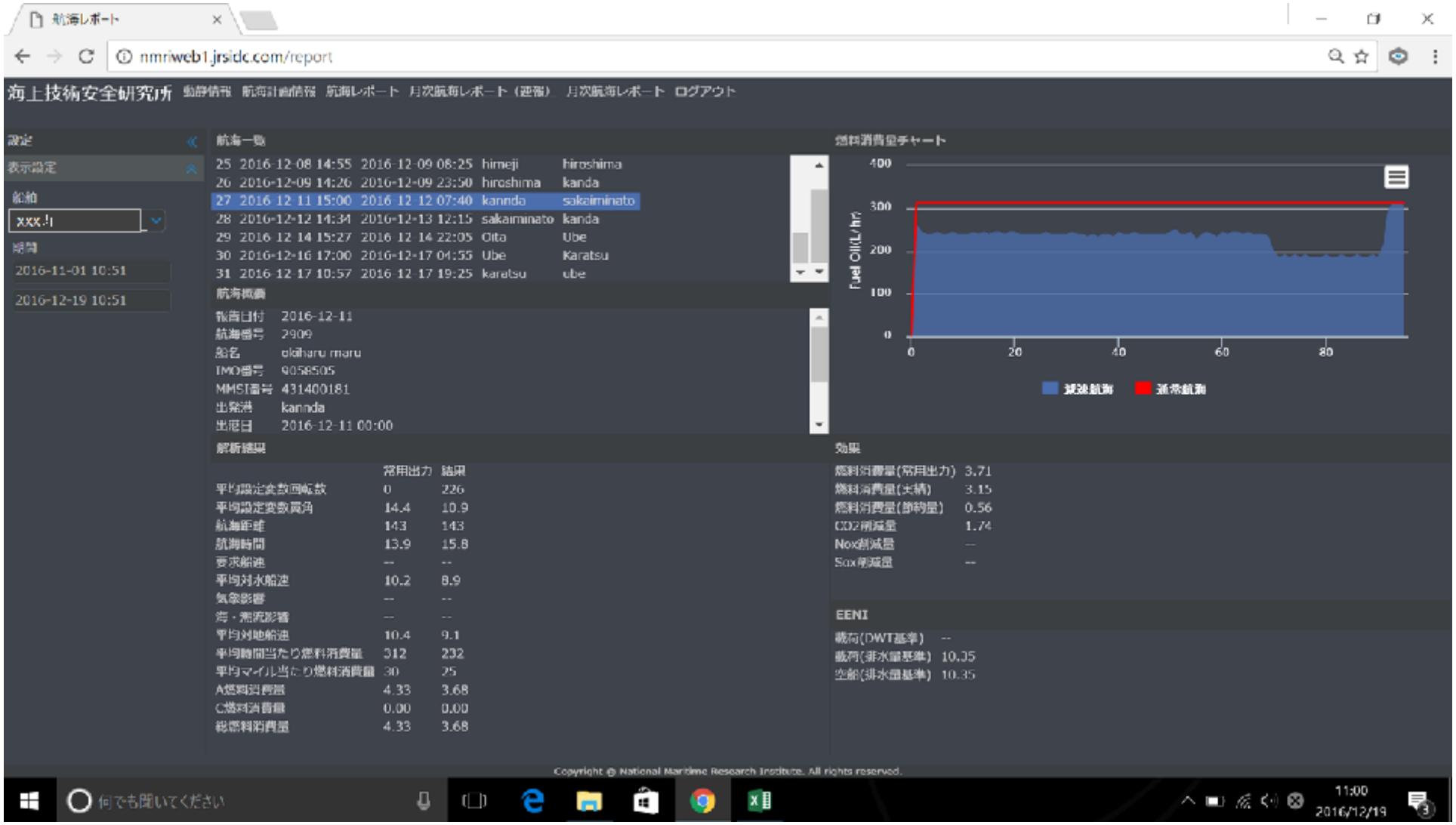
船社　船隊管理

動静把握
海図/航路表示
減速運航管理
運航評価レポート



・安全運航による事故防止
・燃費効率向上によるコスト削減
・CO2 排出量削減

ウェブ情報　＜速報画面＞

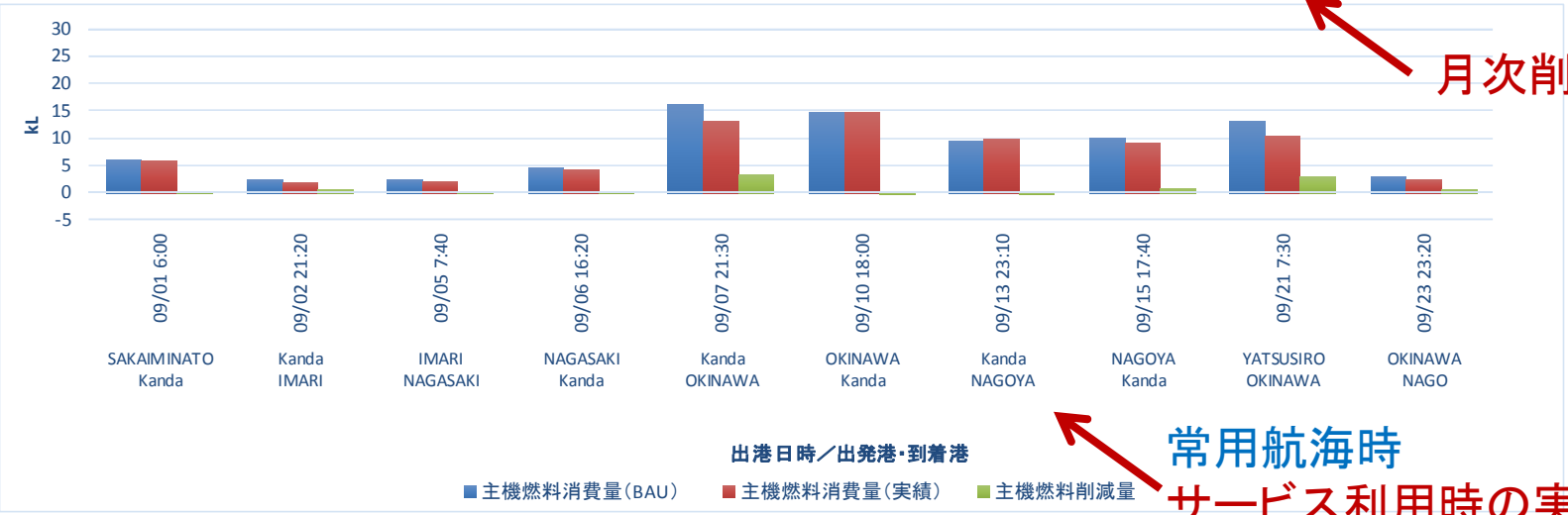

航海レポート
nmriweb1.jrsidc.com/report
海上技術安全研究所
動静情報 航海計画情報 航海レポート 月次航海レポート（速報） 月次航海レポート ログアウト
設定
表示設定
船舶
xxx号
期間
2016-11-01 10:51
2016-12-19 10:51
航海一覧
25 2016-12-08 14:55 2016-12-09 08:25 himeji hiroshima
26 2016-12-09 14:26 2016-12-09 23:50 hiroshima kanda
27 2016-12-11 15:00 2016-12-12 07:40 kannda sakaiminato
28 2016-12-12 14:34 2016-12-13 12:15 sakaiminato kanda
29 2016-12-14 15:27 2016-12-14 22:05 Oita Ube
30 2016-12-16 17:00 2016-12-17 04:55 Ube Karatsu
31 2016-12-17 10:57 2016-12-17 19:25 karatsu ube
航海概要
報告日付 2016-12-11
航海番号 2909
船名 okiharu maru
IMO番号 9058505
MMSI番号 431400181
出発港 kannda
出港日 2016-12-11 00:00
解析結果
常用出力 結果
平均設定主機回転数 0 226
平均設定翼数翼角 14.4 10.9
航海距離 143 143
航海時間 13.9 15.8
要求船速 -- --
平均対水船速 10.2 8.9
気象影響 -- --
海・潮流影響 -- --
平均対地船速 10.4 9.1
平均時間当たり燃料消費量 312 232
平均マイル当たり燃料消費量 30 25
A燃料消費量 4.33 3.68
C燃料消費量 0.00 0.00
総燃料消費量 4.33 3.68
燃料消費量チャート
Fuel Oil(L/hr)
400
300
200
100
0
0
20
40
60
80
減速航海
通常航海
効果
燃料消費量(常用出力) 3.71
燃料消費量(実績) 3.15
燃料消費量(節約量) 0.56
CO2削減量 1.74
Nox削減量 --
Sox削減量 --
EENI
載荷(DWT基準) --
載荷(排水量基準) 10.35
空船(排水量基準) 10.35
Copyright © National Maritime Research Institute. All rights reserved.
何でも聞いてください
11:00
2016/12/19

月次レポート　＜航海毎の燃料消費・CO2排出削減量＞

a.　主機燃料削減量

月合計主機燃料削減量	XXX kL

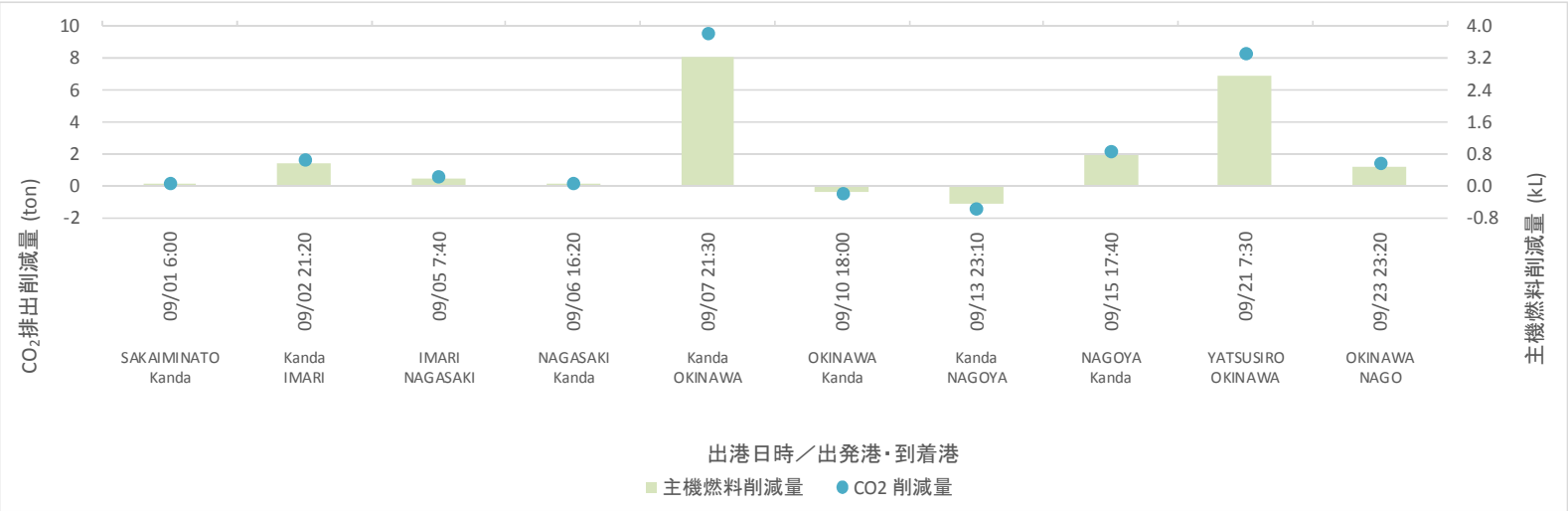
月次削減量



常用航海時
サービス利用時の実績
燃料消費削減量

A丸 －図1

b.　CO_2排出削減量及び主機燃料削減量

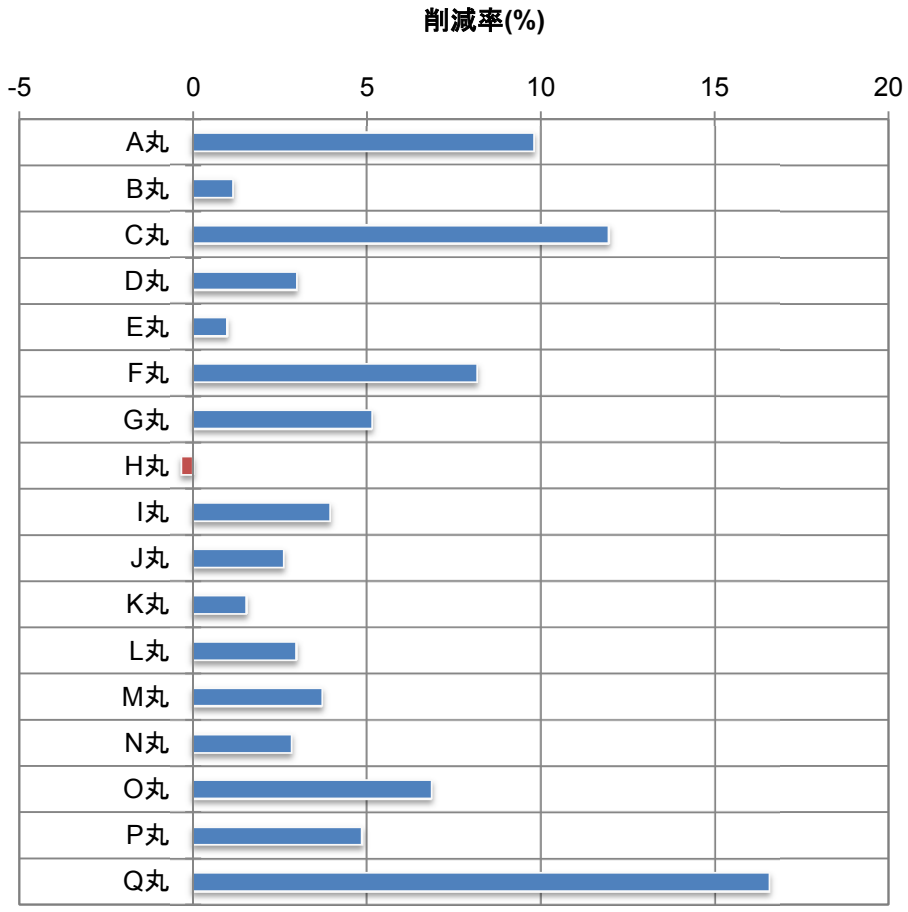


A丸 －図2

eE-NaviPlan（いーなびぷらん）サービスの効果

削減効果の実績

セメント船　2016年9月の削減率　**平均4.7%**



効果が異なる要因

- 船舶毎の差
  船長
  機関の制約
- 輸送要請(配船)
- 航路など

３.運航性能評価

減速によるCO2排出削減量

航海距離Dマイル　航海船速Vノット　航海時間T時間　燃料消費量をFOC

時間当たりの燃料消費量は、船速の3乗に比例するので、比例定数Aを用いて

燃料消費量は　FOC（ℓ）∝ $A \times V^3 \times T$　　T＝D／V

航海距離当たりの燃料消費量は船速の2乗に比例

$$FOC\ (\ell) \propto A \times D \times V^2$$

⇒α％の減速は、２α％の燃費削減

20時間の航海で30分航海時間を増やす（２．５％の減速）が、５％の燃費削減

CO2排出削減量評価手法

航海の評価：航海エネルギー効率　EENI：Energy Efficiency Navigational Indicator

$$\text{EENI (g-CO}_2\text{/ton mile)} = \frac{\text{CO}_2\text{変換係数} \times \text{FOC(g)}}{\text{排水量(ton)} \times \text{航海距離 (mile)}}$$

EEOI　実貨物量　実航海距離

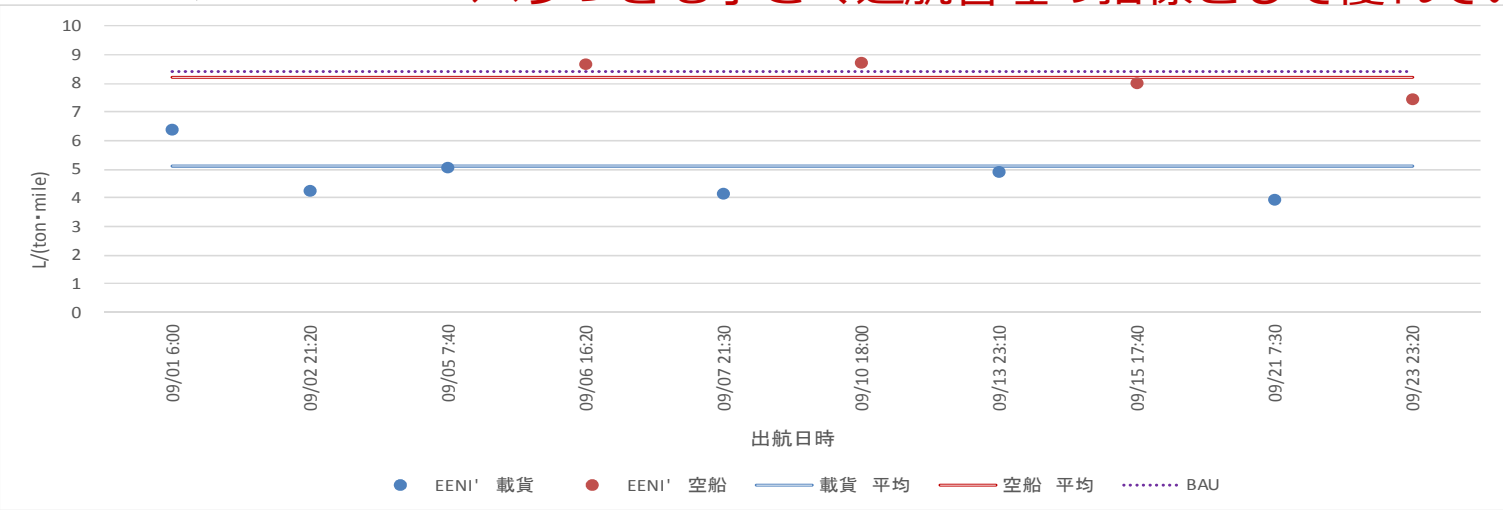
推進性能の評価：推進エネルギー効率　Kn：Energy Efficiency Propulsive Indicator

$$\text{Kn (g-CO}_2\text{/ton mile/kt}^2) = \frac{\text{CO}_2\text{変換係数} \times \text{FOC(g)}}{\text{排水量(ton)} \times \text{航海距離(mile)} \times \text{船速}^2\text{(kt)}}$$

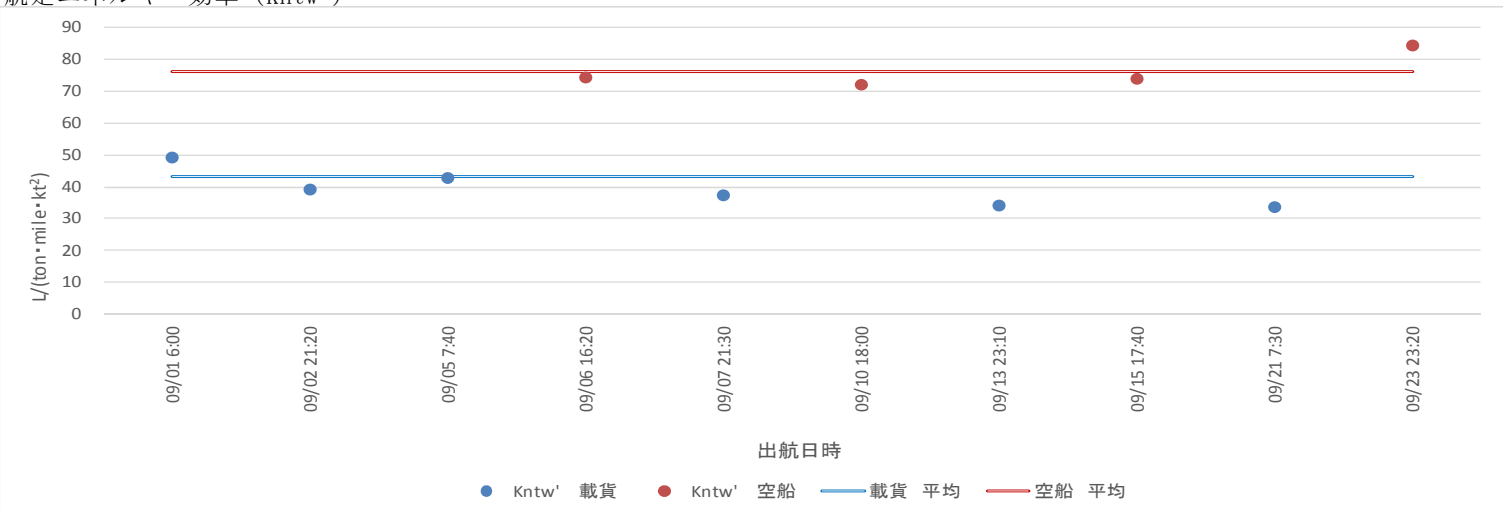
月次レポート　＜航海・推進エネルギー効率（EENI・Kn）＞

バラつきも小さく運航管理の指標として優れている

運航エネルギー効率（EENI’）



航走エネルギー効率（Kntw’）



４.まとめ

まとめ：技術開発成果

■eE-NaviPlanサービスは、

【船舶に】

◆高精度の**気象・海象情報**と最先端のモデリングと最適化ツールによる、**ジャストインタイムの航海計画**を船載機を介して提供

【荷主・オペレター・船社・船舶に】

◆第三者審査機関により妥当性が確認された評価方法による、**燃費・CO2排出削減効果の評価結果**をレポート

◆モニタリングデータをウェブブラウザを介して動静、省エネ航海、運航効率など**船隊運航管理情報**を提供することで省エネ運航の動機づけを図る。

■eE-NaviPlanサービスの効果は、

◆**実利用では、船隊平均４%強の削減効果**を実現

◆さらなる削減効果を得るためには、**運航効率化にむけたPDCA**サイクルを確実に回転させる改善を図っていくことが重要

今後の方向
船隊マネージメントと社会システム

■内航船の場合、省エネ運航による燃費削減の便益を受ける者と省エネ運航を実施する者とが乖離していることが多い。

自発的な省エネ運航の進展は困難

■受益者のリーダーシップの下、オペレータが自社船隊の状況把握と改善指導を行うことが重要

船隊管理システムを活用しPDCAサイクルを確実に実施することがポイント

基本技術は、航海・配船計画支援システム導入による船舶からのＣＯ$_2$排出削減実証事業(環境省）(2013-2015年度）で開発されたものです。

海上技術安全研究所　加納敏幸kano@nmri.go.jp