

# 2019年度 内航船舶技術支援セミナー 福岡会場 議事次第

11月18日(月) 13:30-16:30

八重洲博多ビル 貸しホール A

## 1. 開会挨拶

(独)鉄道・運輸機構 理事 重富 徹  
国土交通省 九州運輸局 次長 吉元 博文

## 2. 講演

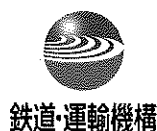
演 題	資料番号	講 演 者
第1部 JRTTの技術支援 13:40~13:55	資料1	(独)鉄道・運輸機構 共有船舶建造支援部 担当部長 齋藤 徳篤
第2部 SOx規制強化への対応 2020年からのIMO規制適合燃料油について 13:55~14:20	資料2-1	JXTGエネルギー(株) 中央技術研究所 燃料研究所 燃料技術グループ リードリサーチャー 渡邊 学
SOx規制強化の開始に向けて 14:20~14:50	資料2-2	国土交通省 海事局 海洋・環境政策課 環境渉外室 国際企画第二係長 下窪 尚也
JRTTのSOx規制対応 14:50~15:00	資料2-3	(独)鉄道・運輸機構 共有船舶建造支援部 技術企画課長 峰本 健正
休憩 15:00~15:05		
第3部 内航船舶の省エネ化 内航船省エネルギー格付制度 15:05~15:20	資料3-1	国土交通省 海事局 海洋・環境政策課 環境渉外室 国際企画第二係長 下窪 尚也
先進二酸化炭素低減化船の基準変更 15:20~15:30	資料3-2	(独)鉄道・運輸機構 共有船舶建造支援部 技術企画課長 峰本 健正
水槽試験による船型開発 15:30~15:50	資料3-3	(株)西日本流体技研 専務取締役 西本 仁
第4部 内航船舶の自動化・省力化技術 海事産業に係る自動化技術 15:50~16:10	資料4-1	(国研)海上・港湾・航空技術研究所 海上技術安全研究所 知識・データシステム系長 間島 隆博
電池推進船と自動化・省力化 16:10~16:20	資料4-2	(独)鉄道・運輸機構 共有船舶建造支援部 技術支援課 課長補佐 亀田 健輔

## 3. 質疑応答

## 4. 閉会



# JR TTの技術支援



独立行政法人  
鉄道建設・運輸施設整備支援機構



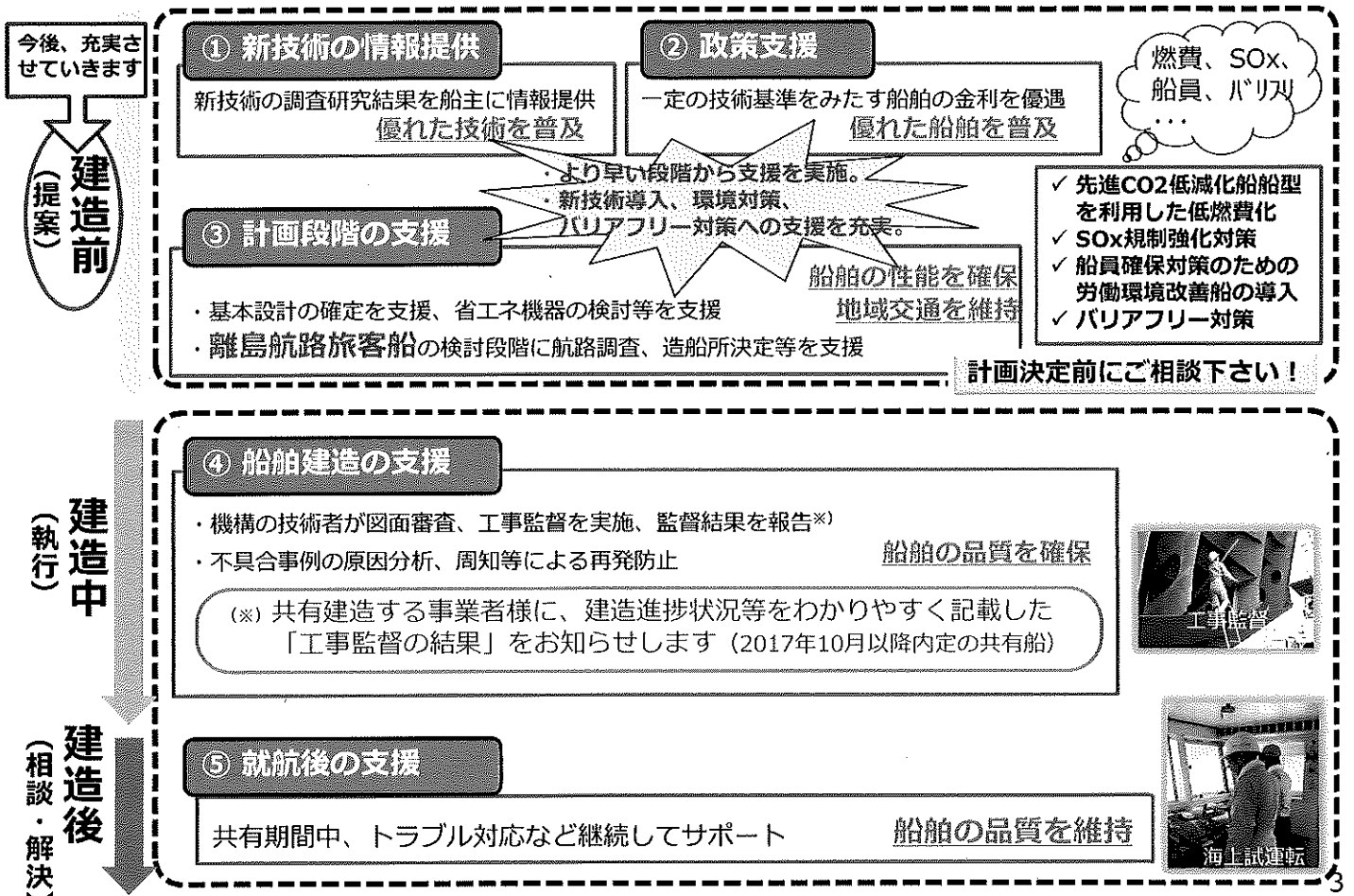
## 本日お話する内容

- ➡ 1. 技術支援の全体像
- 2. 新技術についての情報提供
  - ① 昨年度の技術調査及び今年度実施中の技術調査
  - ② 「人と環境に優しい船」勉強会の開催
  - ③ 内航ラボ
- 3. より使いやすい制度を目指して
  - ① 2020年度制度改正要求事項と2019年度制度改正事項
  - ② 労働環境改善船(基準適合品の周知、機器追加の検討)
- 4. 建造中・建造後の技術支援の最新情報
  - ① 不具合事例の取りまとめ
  - ② 船陸間通信サービスの現状と今後の見込み



JRTT

# 1. JRTTの技術支援の全体像



JRTT

## 本日お話しする内容

### 1. 技術支援の全体像

### ➔ 2. 新技術についての情報提供

- ① 昨年度の技術調査及び今年度実施中の技術調査
- ② 「人と環境に優しい船」勉強会の開催
- ③ 内航ラボ

### 3. より使いやすい制度を目指して

- ① 2020年度制度改正要求事項と2019年度制度改正事項
- ② 労働環境改善船(基準適合品の周知、機器追加の検討)

### 4. 建造中・建造後の技術支援の最新情報




- ① 不具合事例の取りまとめ
- ② 船陸間通信サービスの現状と今後の見込み







## 2.① 昨年度の技術調査及び今年度実施中の技術調査

JRJT

### 2018年度の主な技術調査

- SOxスクラバーのレトロフィット試設計 …1万トン級旅客船へスクラバー(オープン方式)を搭載する際の試設計を実施 
- A重油使用による内航船の省力化に関する実態調査 …A重油への切替えにより、一部の機関部作業が軽減化されることを裏付けるデータを取得 ➡資料2-3参照 
- CO2排出量の評価手法に関する調査 …省エネ格付制度(本格運用を想定)における省エネ率計算式で現存共有船を評価 ➡資料3-2参照 

### 今年度実施中の主な調査

- 代替燃料を活用した常時混焼原動機システムに関する調査 …重油と水素等の混焼エンジンを搭載する内航船の概略設計等 ➡6枚目参照 
- 音声情報を活用した着棧操船支援システムに関する調査 …着棧時に、操縦者に対して針路・速力等の指示を行うシステムの実証検証等 ➡7枚目参照 
- SOxスクラバーのレトロフィット試設計 …1万トン級・3000トン級フェリーへスクラバーを搭載する際の試設計を実施 ➡資料2-3参照 
- 省エネ母船型のバリエーション拡大に関する調査 …海技研等が開発した省エネ船型を、より使いやすく改良 ➡資料3-2参照 



## 2.① 代替燃料を活用した常時混焼原動機システムに関する調査

JRJT

### 背景

#### 環境規制の強化と代替燃料への注目

- 世界的に環境規制が強化されていく方向。  
✓例：IMO GHG削減戦略、SOx規制強化
- 規制対応手段として、ガス燃料やアルコール燃料(メタノールやエタノール)など炭素と水素の質量比(C/H)が小さな代替燃料の活用が着目される。
- 環境規制達成のためには、長期的には、重油から、LPG、LNG等の代替燃料へ、更には水素へとC/Hの小さな燃料への移行が必要。

#### 水素の安定供給の可能性

- 2020年に液化水素運搬船が就航予定。
- 就航後は、**水素が安価に供給される可能性**。  
【川重試算】  
(現在)100円/Nm<sup>3</sup> →(2020年代後半)30円/Nm<sup>3</sup>



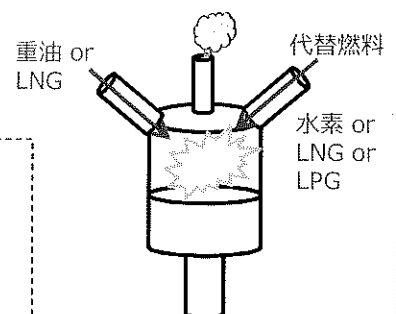
液化水素運搬船(2020年就航予定)

### 調査概要

- 信頼性の高いディーゼルエンジンの長所を生かしつつ、環境性能を高める方法として、混焼が考えられる。
- 本調査では、LPG、LNGと水素の常時混焼エンジンの技術的な可能性や開発見通しについて分析等を行う。

#### 【調査内容】

- 混焼エンジンと既存エンジンとの機器の違いや運転可能条件等を検討  
①重油-水素 ②重油-LPG ③重油-LNG ④LNG-水素 ⑤LNG-LPG
- 1.の結果、内航船への搭載が現実的と思われるものについて、概略設計を実施し、法的・技術的課題を抽出  
⇒①重油-水素について、概略設計を実施中(10月現在)
- 建造費用、運航費用、省エネルギー効果の試算等を実施



常時混焼エンジンのイメージ

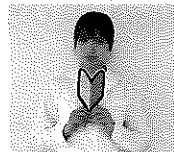


## 2.① 音声情報を活用した着棧操船支援システムに関する調査

JRJT

### 背景

- 少人数で運航される内航船の場合、船長が単独で操船にあたる場合も多く、また頻繁に出入港を繰り返すことから、船長の負担は非常に大きなものとなる。
- 近年は若手船員の数が増加傾向であり、業界が人手不足に悩む中で、早急な若手育成が期待される。



### 調査概要

出入港時の操船作業については、音声を用いた着棧操船支援システムにより負担を軽減できる可能性があり、次の事項を調査中。

#### 【調査内容】

##### 1. 船員の負担軽減技術に関する情報収集

(音声にこだわらず)まずは船員の負担軽減技術全般の研究開発状況について調査を実施し、技術の概要や課題、今後の普及の見通し等を明らかにする。

##### 2. 音声を用いた着棧操船支援システムの調査

###### ① 現状把握

音声を用いた着棧操船支援システムの現在までの開発・普及状況及び今後の開発見通し、内航船舶への導入可能性等について検証を実施。

###### ② 実証検証

①の内容について、実証検証を行う。

(音声指示)

目標まであと50m  
針路を320度に変更せよ  
船速を4ノットに下げよ



システムのイメージ



## 2.② 「人と環境に優しい船」勉強会の開催




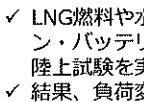


JRJT

- 8月26日に、第1回「人と環境に優しい船」勉強会を開催。計40社56名が受講。
- 第1回勉強会は「電気推進技術」を軸に、事務局と3名の有識者が講演。
- 今後「自動化」「省エネ性能」など、電気推進船についての特定の事項を切り口として、年数回程度の頻度で勉強会を開催予定。



第1回勉強会の様子

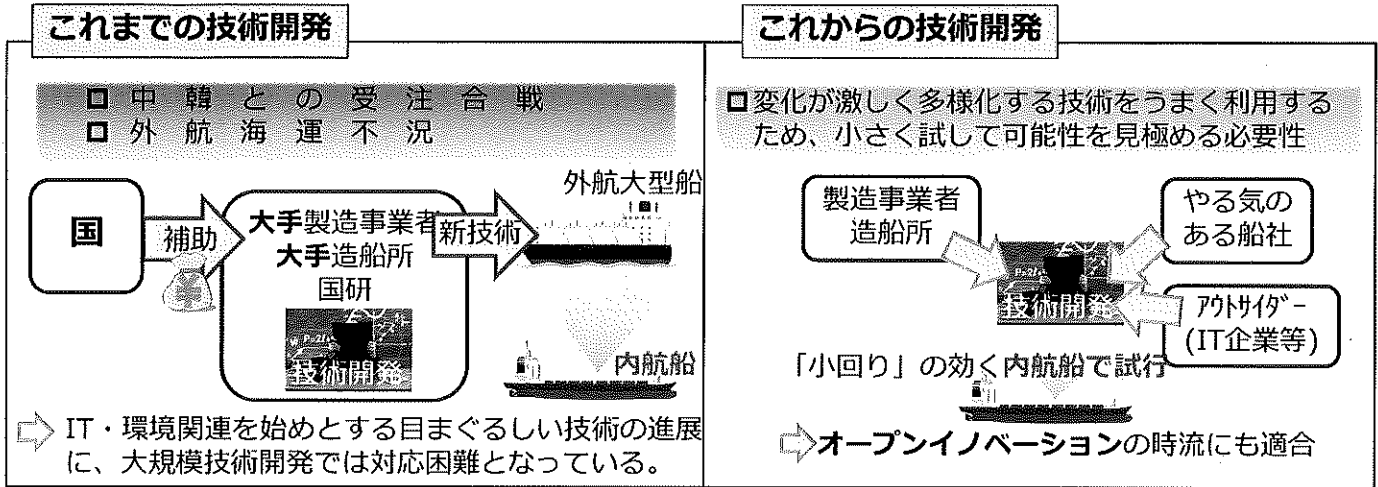
### 第1回勉強会の演題と講演内容

<p>SESの総括(事務局・阿部)</p>  <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ SESは騒音低減、高い省エネ性、堅牢性などの効果があるものの、推進機器が高価で複雑、保守整備が煩雑といった課題も。</li> <li>✓ 499GTのケミカルタンカーでは、約17年で初期コストを回収できるとの結果</li> </ul>	<p>2軸CPPツインスケグ型SESの省エネ効果と今後(日本船舶技術研究協会・加戸講師)</p>  <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ SESの新たな推進方式として、2軸CPPツインスケグ型とすることが期待される。</li> <li>✓ 同方式のSES運航事業者に聞き取り調査を実施し、高い操船性能・騒音防止性能があることを確認。</li> <li>✓ 建造費用については、749総トンタンカーで通常型と8~11%増加と試算。</li> </ul>	<p>2軸CPPツインスケグ型SESの省エネ効果と今後(ヤンマー(株)・鬼追講師)</p>  <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 2軸CPPツインスケグ型SES就航船の6年間運航実績データ分析の結果、省エネ性能は、建造計画目標値どおり、従来船比10%向上との結果が得られた。</li> <li>✓ ただし、積荷の関係で満載航海していない航海も多く、分析した航海毎のデータにばらつきが見られる。今後も追跡調査を行い、より多くのデータ分析が必要。</li> </ul>
<p>リチウムイオンバッテリーの利用によるハイブリッド化の可能性(ヤンマー(株)・鬼追講師)</p>  <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ LNG燃料や水素燃料電池とリチウムイオン・バッテリーを併用した推進システムの陸上試験を実施。</li> <li>✓ 結果、負荷変動をバッテリーで吸収できることを確認。</li> <li>✓ 実際のSESでは、発電機3台並列運転での運航を行っているケースもあるが、バッテリーの併用により2台の発電機による高効率運航が可能となる。</li> </ul>	<p>電気推進船等に関する欧州視察結果等(事務局・土屋) 第4部で詳解</p>  <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 電池推進船の動向について、ノルウェーの現状を視察。</li> <li>✓ 視察の結果、充電作業や操船は極度に簡略化されており、電池推進船が労働環境改善に資することを確認。</li> <li>✓ 補助金や電力事情など我が国とは異なる事情があるものの、船員不足や世界的な省エネ指向を踏まえ、我が国においても電池推進船の早急な普及を図るべきではないか。</li> </ul>	<p>電池推進船「e5」コンセプトの照会(e5ラボ・末次講師)</p>  <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ デジタル情報革命により、運輸分野においても技術の変化が激しくなっている。</li> <li>✓ このような先端技術は、従来の技術とは全くの別物。</li> <li>✓ e5ラボでは、先端技術を誰もが、いつでも、簡単に、最低のリスクで、かつ適正なコストで扱えるよう規格化・標準化を進めている。</li> </ul>

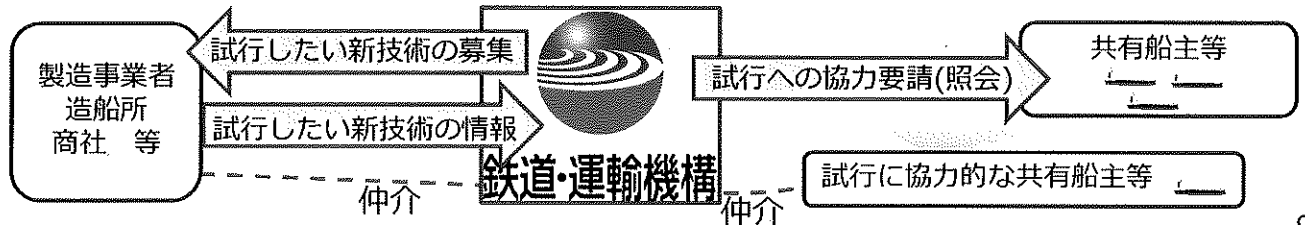


## 2.③ 内航ラボ

- 新技術の試行検証を行いたい船舶機器製造事業者・商社等と、新技術による省力化・省エネ等の効果を自船で体感したい船社との間を仲介する「内航ラボ」事業を実施予定。
- 現在、詳細検討中。関心のある方はぜひお問い合わせ下さい。



以上の動向を踏まえ、具体的な事業内容は以下を想定



## 本日お話する内容

### 1. 技術支援の全体像

### 2. 新技術についての情報提供

- ① 昨年度の技術調査及び今年度実施中の技術調査
- ② SES勉強会の開催
- ③ 内航ラボ

### ➡ 3. より使いやすい制度を目指して

- ① 2020年度制度改正要求事項と2019年度制度改正事項
- ② 労働環境改善船(基準適合品の周知、機器追加の検討)

### 4. 建造中・建造後の技術支援の最新情報


- ① 不具合事例の取りまとめ
- ② 船陸間通信サービスの現状と今後の見込み




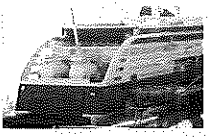
### 3.① 2020年度制度改正要求事項と2019年度制度改正事項

JRTT

#### 2020年度制度改正要求事項

項目	内容	制度改正理由
<b>ジェットフォイルの建造支援</b> 	ジェットフォイルの共有建造にあたり、共有期間を延長（通常9年 → 最大15年）する場合の共有比率上限の引き上げ。 <概要> ○共有比率上限：70%以下に見直し （現行の共有比率上限：45%以下）	老朽化の著しいジェットフォイルの代替建造の促進

#### (参考)2019年度制度改正事項

項目	内容	制度改正理由
<b>既存共有船への硫黄酸化物放出低減装置（スクラバー）</b> 	硫黄酸化物放出低減装置（スクラバー）を設置した既存共有船への負担軽減 <概要> ○申込期間：2019、2020年度の2年間 ○対象船舶：既存共有船舶のうち、硫黄酸化物放出低減装置（スクラバー）の設置工事を完了した船舶 ○軽減内容：設置工事を完了を確認した日から共有期間満了まで、金利軽減（▲0.05%）を措置	令和2年1月から開始されるSOx規制強化への対応
<b>LNG燃料船</b> 	スーパーエコシップ（SES）のみが対象であった「環境負荷低減、物流効率化等に資する新技術を採用した船舶」にLNG燃料船を追加。 <概要> ○金利軽減（▲0.3%）を措置	LNG燃料船等の先進船舶の開発と普及の促進

11



### 3.② JRTT基準適合品の周知(1)

JRTT

#### 目的

政策支援を目的として、政策要件をみたす船舶の金利を優遇しているところ、当該政策要件を満たすために設置が必要な機器にも基準を設定。このような基準に適合する機器を広く募集し、その一覧表を作成し機構HPで公表。計画段階での仕様の検討材料として活用。

#### 対象機器の例

##### 労働環境改善船

- 船陸間通信設備・船内LAN・Wi-Fi設備
- 機関データロガー
- 航海情報集約表示装置
- 船員室の遮音 ●居住区の遮音

機室で発生した騒音が伝播しないよう措置すること

##### 二酸化炭素低減化船

- 運航改善設備 シリングラダー
- 推進効率向上設備
- SGプロペラ
- CFRPプロペラ
- プロペラ・ボス・キャップ・フィン

12



### 3.② JR TT基準適合品の周知(2)

◆ JR TT HPに労働環境改善船の説明と共に、基準適合機器の一覧を掲載。  
 (https://www.jrtt.go.jp/02Business/Vessel/vessel-gaiyoL.html)

労働環境改善船基準適合機器一覧表(注1)(注2)

令和元年10月8日現在

船陸間通信設備				
製造者(又は販売者)	サービス名(又は製品名)	URL		
(株)アカリカテック	NetBreeze4W(ネットブリーズフオーダブル)	http://www.akasakatec.com/products/netbreeze4w/		
NTワールドエンジニアリングマリン(株)	マリタイムモバイルA(エース)	https://www.ntwm.co.jp/service/itsolution/marimoba.html		
日本電気(株) [NEC]	UNIVERGE WA2611E-AP	https://jp.nec.com/univerge/wa/ ※お問合せの際に、『船通・運輸機種のホームページを見た』とお伝え下さい。		
航海情報集約表示装置(注3)				
製造者(又は販売者)	型式(又は製品名)	ECS・ECDISの別	電子海図等の種類	URL
エムエイチアイマリンエンジニアリング(株)	SUPER BRIDGE-X SUPER BRIDGE-XE	ECS	ENG	http://www.mhi-me.com/departmen/shinocan/shipca/sbridg01/index.html
東京計器(株)	ECS-4100	ECS	ENC	https://www.tokyokeiki.jp/
	ECS-8100			
	ECS-8100K			
	ECS-8600			
	ECS-8600K	ECDIS		
	EC-8100			
	EC-8100K			
(株)戸高製作所	ESS-50N ESS-70N ESS-75N	ECS	ENC	http://www.todaka-ota.io/todaka_ship_top.html
日本無線(株)	JLZ-1000	ECS	new pec	http://www.jrc.co.jp/ip/product/lineup/jz1000/pdf/jz1000-2.pdf
	JLR-5400シリーズ			https://www.jrc.co.jp/ip/product/lineup/jlr5400/index-2.html
	JAN-7211/9201	ECDIS		https://www.jrc.co.jp/ip/product/lineup/jan7201/7201/index.html
	JAN-7201S/9201S			https://www.jrc.co.jp/ip/product/lineup/jan7201s/9201s/index.html
機関データローガ				
製造者(又は販売者)	型式(又は製品名)	URL		
(株)赤坂機工所	ADL-5 API-6	https://www.akasaka-diesel.jp/wp/wp-content/themes/akasaka/ProductCatalog/index_h5.html#23		
(株)ウッド	Wega-Guard	http://www.woods-corp.co.jp/blocks/mdax/01008		
(株)ケーアイシステム	KEI-64S	http://kei-system.co.jp/contents/products/64sdl/		
JRCOS(株)	アラーム・モニタリング&コントロールシステム SMS-55	https://www.jrcos.co.jp/		
大洋電機(株)	IMC-64S	http://www.tayo-electric.co.jp/		
東洋エレクトロニクス(株)	機関自動監視記録装置(データローガ)	http://www.sdtoyonics.co.jp/index.html		
BEMAC(株)	BE-D11 BE-D20	https://www.bemac-jp.com/pdf/BE-D11.pdf https://www.bemac-jp.com/products/?cat=1		
兵神機械工業(株)	マイレージモニタ	https://www.hsn-kikai.com/product/meagee/		
明通電機(株)	MYCOM-64S	http://www.meyoelec.co.jp/products/datalogger/		

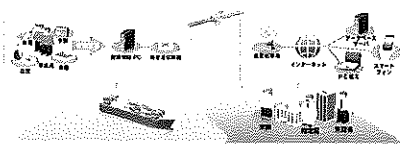
注1) 労働環境改善船の対象となる機器の種類のうち「船陸間通信設備」、「航海情報集約表示装置」及び「機関データローガ」を一覧表にしています。  
 注2) 基準への適合に当たり、オプションの追加が必要になる場合があります。詳しくは各製造者(又は販売者)もしくは機種までご確認ください。  
 注3) 航海情報集約表示装置とは、通信設備等と接続できる航海用電子海図(ENC)又は航海用電子参考図(new pec)のデータを使用する電子海図表示装置をいいます。  
 ECDIS : 電子海図表示情報装置 (Electronic Chart Display and Information System)  
 ECS : 電子海図システム (Electronic Chart System)

### 3.② 労働環境改善船の設備要件等の充実化検討

- 船員不足や高齢化対策にさらに貢献するため、労働環境改善船の設備要件等の充実化を検討中。現在、どのような設備等の追加が望ましいかを検討するため、情報収集を実施中。
- 設備等の追加要望やご意見等ございましたら、ご連絡ください。

#### 検討中の設備等

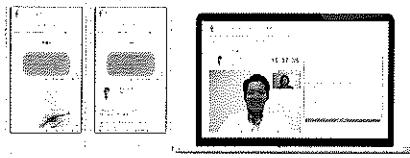
#### 船舶向け遠隔・安全管理支援システム



- 日本無線(株)が提供中。
- 船員の健康状態を常に陸上オフィス側で把握・管理するシステム
- 血圧・脈拍・体重・体温・歩数を収集。
- 血圧や体温の上昇を検知し、問診を促す機能も搭載。
- 今後、落水検知機能の追加や、AIによる画像検診の実施も検討。

出典：日本無線(株)ウェブサイト等

#### チャット型医療相談サービス

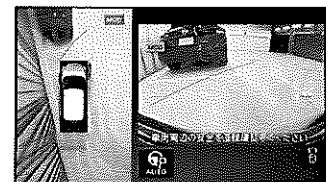


チャット相談 TV電話相談

- メドピア(株)が提供中。
- 本人は匿名、医師が実名にて健康・医療相談に応じるサービス
- 相談は、チャット形式とTV電話形式
- 相談内容は、内科、精神科、眼科、整形外科等、幅広く網羅
- 海外在住の日本人医師が3割を占め、24時間対応可能。
- 2019年8月現在、350社30万人以上にサービス提供。
- 内航船社では、浪速タンカーが導入

出典：メドピア(株)ウェブサイト等

#### 船版アラウンドビューモニター



自動車用アラウンドビューモニター

- 日産自動車(株)が、自車を真上から見下ろしているかのような映像によって、駐車時に自車と駐車位置の関係をひと目で確認できる「アラウンドビューモニター」を2007年に開発。
- 船舶にも導入することで、出入港時の自船と着岸位置の関係の確認や、自船の周辺で動く物体の検知が可能となり、運航時の安全確認や負担軽減に貢献。

出典：日産自動車(株)ウェブサイト等

## 1. 技術支援の全体像

## 2. 新技術についての情報提供

- ① 昨年度の技術調査及び今年度実施中の技術調査
- ② 「人と環境に優しい船」勉強会の開催
- ③ 内航ラボ

## 3. より使いやすい制度を目指して

- ① 2020年度制度改正要求事項と2019年度制度改正事項
- ② 労働環境改善船(基準適合品の周知、機器追加の検討)

## ➡ 4. 建造中・建造後の技術支援の最新情報

- ① 不具合事例の取りまとめ
- ② 船陸間通信サービスの現状と今後の見込み

## 4.① 不具合事例の取りまとめ

### <状況>

- 機構では、良質な船舶建造に資するべく、建造段階における建造監督に注力しているものの、不具合発生や性能未達成をゼロには抑えられていないところ。
- また、契約納期に間に合わない納期遅延も数件発生している。

### <対策>

- 不具合等の発生抑止にはP D C A（計画・実行・評価・改善）サイクルを恒常的に回すことが有効。
- そのため、実際に発生した不具合等の原因を分析し、再発防止を図るためその情報を関係者間で共有することが必要。

共有船の建造契約における不具合等発生件数

年度	2013	2014	2015	2016	2017	2018
納期遅延	1	2	9	2	1	3
保証速力未達	0	1	0	0	0	0
保証DWT未達	1	1	2	0	0	0
発生件数計	2	4	11	2	1	3
(発生隻数計)	(2)	(3)	(9)	(2)	(1)	(3)
[共有船隻数]	[37]	[26]	[22]	[19]	[21]	[16]

(隻数は竣工ベース)

- 直近4年間の共有船舶約90隻で発生した不具合等について、その具体的な事例と原因を整理して2018年8月に取り纏め。
- 技術支援セミナー、建造支援セミナーで概要を説明。
- 現在、技術打合せにおいて、共有事業者、造船所と情報共有を実施中。

#### 《不具合発生の考えられる要因》

- 設計部門、製造部門とも仕事量に見合う人員が配置できていない。(人員不足)
- 経験豊富な社員の退社等により若手社員を育成しているが、育成が追い付いていない。(技量の低下)



## 4.② 船陸間通信サービスの現状と今後の見込み

JRTT

### 船陸間通信サービスの現状

- 内航船における船陸間通信は、通信装置とSIMカード※1を一体で提供するものが主流であり、定額でデータ通信に制限のない携帯電話3Gサービスを利用しているのが現状。
- しかし、**携帯電話3Gサービスは2020年代半ばまでに停止される予定。**
- 今後は海上においても携帯電話4G（LTE）サービスが主流になってくるが、その**サービスエリアは3Gサービスとほぼ同等**であるものの、**料金体系（現状では定額制となっていない）が課題。**

### 携帯電話4G（LTE）サービスの課題への対応及び今後の見込み

- 通信装置とSIMカードを別々に準備することにより料金、データ通信量等によりサービスを選択可能。
- SIMカードは大手通信会社が提供するものの他、MVNO※2が提供するもの（格安SIM）も利用可能。
- **格安SIMの中には、比較的低価格・大容量のデータ通信サービスを提供しているものもあり。**
- なお、携帯電話3Gサービスが停止される2020年半ばには、次世代の携帯電話5Gサービスが普及すると思われ、一世代前の携帯電話4Gサービスは、より低価格・大容量で利用可能となることを期待。

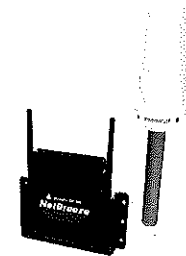
※1 SIMカード：加入者を特定するためのID番号が記録されたICカード。通信装置に挿入することにより通信が可能となる。

※2 MVNO：仮想移動体通信事業者。無線通信回線設備を開設・運用せず、大手通信会社の提供する移動通信サービスを利用することにより移動通信サービスを提供する電気通信事業者。

### （参考） 携帯電話3Gサービスと4G（LTE）サービスの比較

	3Gサービス	4G（LTE）サービス
サービスエリア	陸岸から概ね30~40km	ほぼ3Gと同等
通信速度※	受信時最大 14Mbps 送信時最大 5.7Mbps	受信時最大 100Mbps 送信時最大 37.5Mbps
通信料金	定額制	データ量に応じ課金

※ ある船陸間通信サービス提供会社での事例。会社により通信速度は異なる。



通信装置及びアンテナの例



モバイル通信機能内蔵ルーター

17



JRTT

For your reference

# 参考資料



# 【参考】政策的に建造を推進すべき船舶

JR TT

- 共有船舶建造制度では、環境対策、物流効率化、少子高齢化対策等の国内海運政策を実現するため、建造対象船舶を以下の政策目的に適合した船舶としている。
- また、船舶の種類毎に、船舶の構造、設備等の技術的な基準（技術基準）を定め、共有建造の条件としている。

政策目的	船舶の種類
内航海運のグリーン化対策	スーパーエコシップ ○電気推進システムを採用することにより、環境負荷低減、物流効率化等が図られている船舶
	LNG燃料船（H31～） ○LNGを燃料として使用する船舶
	先進二酸化炭素低減化船 ○トン・マイル当たりの二酸化炭素排出量が従来船に比べ16%以上低減可能な船舶
	高度二酸化炭素低減化船 ○省エネに資する設備等（※）を搭載し、二酸化炭素排出量を低減可能な船舶。省エネ設備ごとの省エネ率を単純加算することで、12%以上の低減率を達成する船舶。
海洋汚染防止対策船	一般二酸化炭素低減化船 ○省エネに資する設備等（※）を搭載し、二酸化炭素排出量を低減可能な船舶。省エネ設備ごとの省エネ率を単純加算することで、10%以上の低減率を達成する船舶。 ※推進効率向上装置（NHVプロペラ、大直径プロペラ等） 運航改善設備（特殊舵、可変ピッチプロペラ、サイドスラスト等） 廃熱等回収設備（排ガスエコノマイザ、軸発電機装置等）を認定
	二重船底構造船 ○油等の流出を防止のための構造等を有する船舶 タンカー及び特殊タンク船の二重船底化等
離島航路等の維持・活性化対策	二重船殻構造船 ○より海洋汚染の防止に資する船舶の構造等を有する船舶 タンカー及び特殊タンク船の二重船殻化等
	高度バリアフリー化船 ○バリアフリー化の高度化・多様化のための設備等の基準（乗降用設備、出入口、客席、通路、階段、昇降機、便所、食堂、遊歩甲板、案内板に関する基準）及び公共交通移動等円滑化基準等に適合する船舶

### 上乗せ要件

労働環境改善船（H30～）

○船員の労働負担軽減及び居住環境改善に資するための措置等を講じた船舶

19



# 【参考】計画段階における技術支援の概要

JR TT

## 計画段階の支援

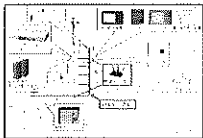
- JR TTの技術スタッフが新技術や省エネ機器の導入、環境規制対策への支援を実施。
- 離島航路旅客船については、検討段階に航路調査、造船所決定等を支援。

## 計画段階でのきめ細かい技術支援の展開

## 離島航路就航支援

### 【計画段階での技術支援】

- 建造仕様が確定される前の計画段階から共同建造事業者等に対して技術支援を実施
- 労働環境改善船や先進二酸化炭素低減化船の導入促進



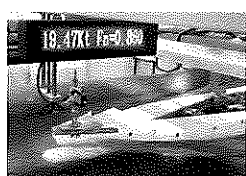
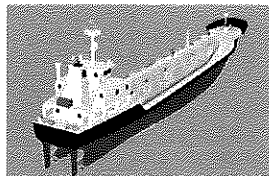
労働環境改善船



打合せ風景

### 【最新技術へのアクセス支援】

- 専門の技術スタッフが、スーパーエコシップ（電気推進船）や新技術の導入を支援



### 【背景】

- 離島旅客船の4分の1が船齢15年以上と、老朽化が進んでいる。
- 離島航路の新造船を建造する場合は、航路改善協議会を開催し離島航路確保維持計画を作成する他、建造計画の策定等、広範かつ専門的な知見が必要
- 離島航路旅客船事業者の中には、これらに関するノウハウが少ない事業者が存在することから、円滑な代替建造が進まないリスクが存在。

### 【JR TTの取組】

- 航路改善協議会に参加し、生活交通ネットワーク（離島航路確保維持計画）策定のために、航路・港湾調査等を実施し、建造船舶の仕様の作成を支援
- 造船所選定の企画競争の条件設定のため、建造計画書、造船所の評価基準等の作成を支援

<参考>2018年度の離島航路就航支援  
建造実績：6隻



とびしま(2016年度就航)



# 【参考】ウェブ会議を用いた技術打合せの実施

JRTT

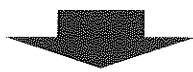
- JRTTは、共有船舶建造過程において事業者及び職員の負担軽減を図り「働き方改革」に貢献するため、インターネットを使った「ウェブ会議」を積極的に活用する方針。
- JRTTのウェブ会議システムは、共有建造事業者・造船所は無料で利用可能で、セキュリティも確保されていますので、ウェブ会議を積極的にご利用ください。



## 背景

JRTTと事業者との各種打合せについて、これまででは原則どちらかが出張することにより対面で実施

双方に  
時間的・経済的負担が発生!



## ウェブ会議を用いた技術打合せの試行(2/21)

造船所・海運事業者の協力を得てウェブ会議での技術打合せを2月に試行。以下の効果を確認。

- ✓ 図面や技術資料を用いた説明も、画面に映すことで支障なく行える
- ✓ 多数の者が複数の場所から同時に参加可能
- ✓ 若手技術者を同席させることにより育成の効果も期待できる
- ✓ 時間的・経済的負担を大幅に軽減



## 準備頂くもの

### (1)インターネットに接続されたPC

- ・専用ソフト等のインストールは不要
- ・下記のウェブブラウザが必要



Internet Explorer  
※バージョン11以上



Google Chrome  
※アドイン追加が必要



Mozilla Firefox  
※アドイン追加が必要

### (2)ウェブカメラ



### (3)マイク

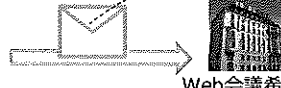


## 利用の流れ

### (1)JRTTから招待メール送付



鉄道運輸機構

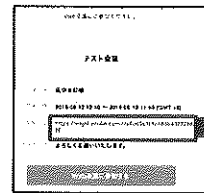


Web会議希望事業者



招待メールの例

### (2) Webブラウザでメール記載URLにアクセス、各種設定、参加



メール画面



アクセス



各種設定



設定後



会議開始

21



JRTT

# 【参考】地方自治体等への技術支援

- 日本は6千8百余の島嶼を有し、人々が暮らす島嶼は4百余
- 離島航路は約300航路あり、離島旅客船約500隻のうち4分の1が船齢15年以上

## 【支援実施済(一例)】 (公営/公設民営)

1. 愛媛県新居浜市  
(平成21年度)



「おおしま7」(188GT)

2. 青森県大間町  
(平成23年度)



「天函丸」(1,912GT)

3. 鹿児島県薩摩川内市  
(平成24年度)



「高速船舶島」(197GT)

4. 広島県大崎上島町  
(平成25年度)



「さざなみ」(55GT)

5. 愛媛県今治市  
(平成28年度)



「とびしま」(19GT)

6. 鹿児島県十島村  
(平成29年度)



「フェリーとしま2」(1,953GT)

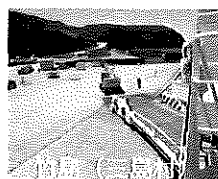
7. 山口県下関市  
(平成29年度)



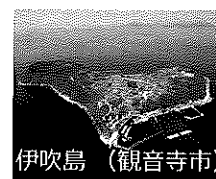
「蓋井丸」(49GT)

## 【支援実施中(一例)】 (建造準備中)

1. 鹿児島県三島村

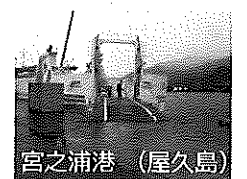


2. 香川県観音寺市



伊吹島 (観音寺市)

3. 鹿児島県屋久島町



宮之浦港 (屋久島)

## 地方自治体等への機構の支援内容 (早い段階から委託を受けて実施可能。)

- 航路調査を実施
- 航路改善協議会に参加し、生活交通ネットワーク(離島航路確保維持計画)策定のために、建造船舶の仕様(要目票)の作成支援
- 造船所選定の企画競争の条件設定のため、建造計画書、造船所の評価基準等の作成支援

計画決定前でも、前広にご相談ください。



# 【参考】船舶建造の支援及び就航後の支援

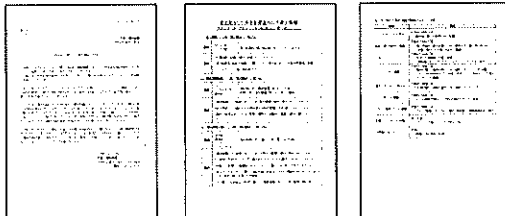
JRTT

## 建造段階・就航後の支援

- 建造段階では、JRTTの技術スタッフが図面審査、工事監督を実施。監督結果は共同建造事業者と共有。また、過去の不具合事例を取り纏め、関係者への周知により再発防止を実施。
- 就航後、共有期間中はトラブル対応など継続してサポートを実施。

### 建造段階での技術支援

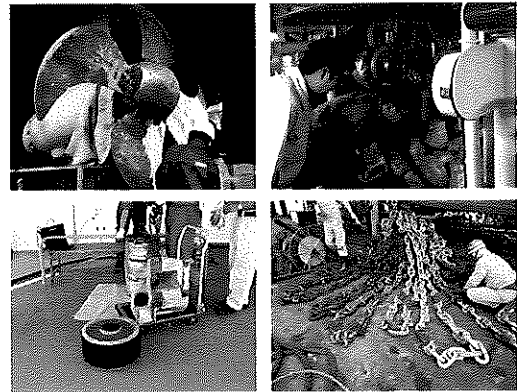
- ・ 建造段階において、性能未達成、工程遅延や不具合の発生のケースを完全にゼロに抑えることができていない状況。
- ・ このため、JRTTではPDCAサイクルを恒常的に回し、体系的な業務改善を図っている。
- ・ 具体的には、計画段階での船舶の性能予測精度の向上、建造段階における不具合事例のとりまとめと関係者への情報共有、建造進捗状況や工事監督結果の共有事業者への通知に関する取組みを実施。



不具合事例の取りまとめ(内容は後述)

### 就航後の技術支援

- ・ 保証ドックへの立会い、不具合や海難事故発生時のドックへの立会い支援、修繕工事やメンテナンスに関する助言等の積極的なアフターケアを実施中。



保証ドックへの立会い

23



# 【参考】営業段階における技術支援の展開

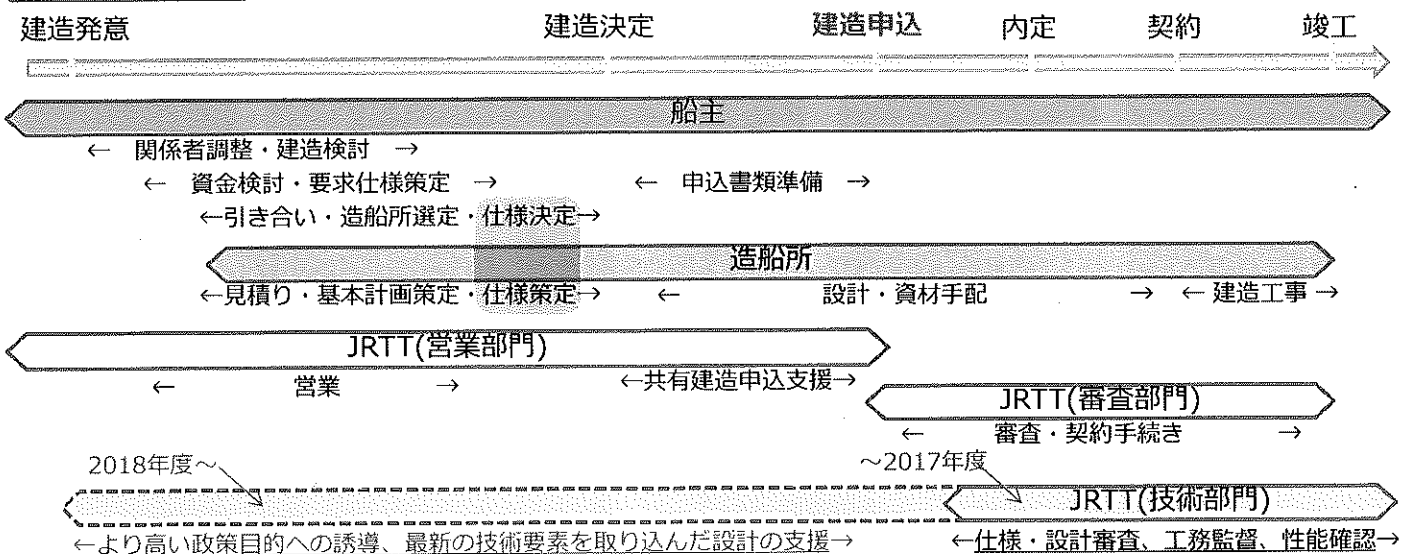
JRTT

～2017年度

共有建造船舶に対する技術支援は、離島航路旅客船と離島航路旅客船以外で支援の度合いが異なっていた。

- (1) 離島航路旅客船 ⇒ 共有建造の申込み前から、基本計画や仕様の策定など積極的に関与(能動的支援)
- (2) 離島航路旅客船以外 ⇒ 共有建造の申込み後に、決定された仕様や工程などを確認(受動的支援)

## 2018年度～ 営業段階における技術支援の展開



技術支援として、基本計画や仕様の検討に積極的に関与  
(より高い政策目的への誘導や最新の技術要素を取り込んだ建造を後押し)

24

# 2020年からのIMO規制適合燃料油について

JXTGエネルギー株式会社  
中央技術研究所  
燃料研究所 燃料技術Gr 渡邊

JXTGエネルギー株式会社

## 本日の内容

1. IMO SO<sub>x</sub>・PM規制の概要
2. 従来のC重油と適合油との違い
3. 船用燃料油の製造方法の変化
4. 国内の適合油について
5. IMO規制に対する当社の対応

# 1. IMO SOx・PM規制の概要

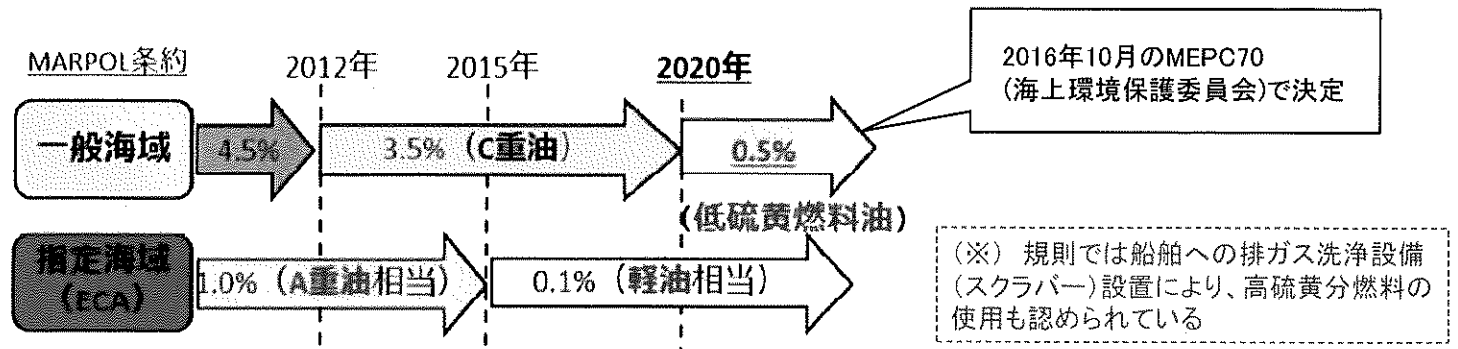
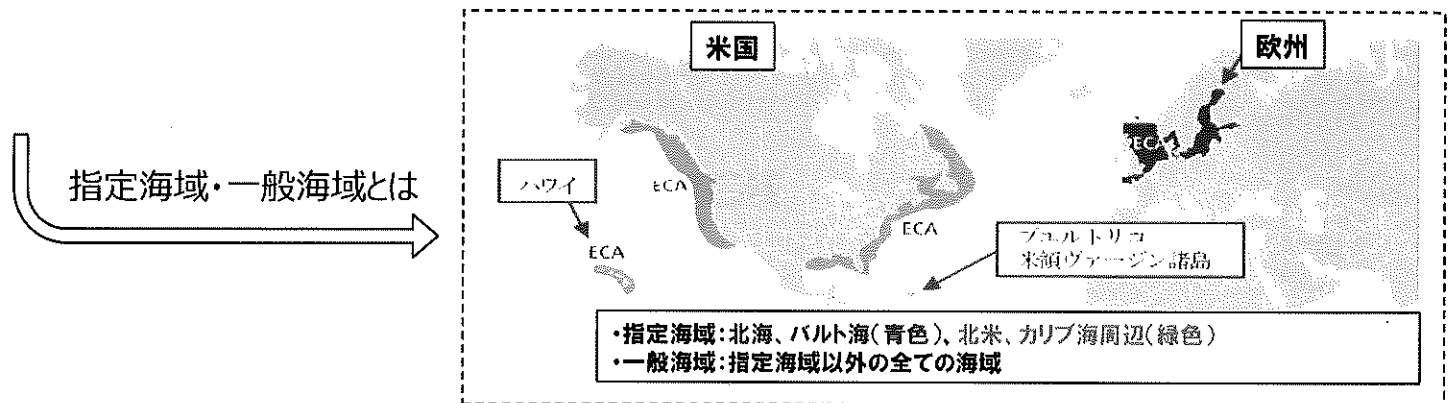


図1-1 マルポール条約による硫黄分規制



## IMO規制(2020年)への対応方法

### ①低硫黄分の燃料油を使用

- 指定海域: 硫黄分0.1%以下の燃料油を使用
- 一般海域: 硫黄分0.5%以下の燃料油(適合油)を使用

### ②排出ガス洗浄装置(EGCS\*)を設置し高硫黄燃料油を使用

\* EGCS: Exhaust Gas Cleaning System

- スクラバーに代表される低硫黄燃料と同等のSOx排出低減効果のある装置を設置し、既存高硫黄バンカー重油を使用
- 投資回収効果は高いと試算されているが、既存船への設置(注1)が課題

\* 注1: 船内の設置場所の問題と、工事をするための期間及びドックの空き状況など

### ③代替燃料(LNG)への切り替え

- LNGを燃料とする船舶を新たに製造し使用(新造船対応)
- 供給インフラ不足等が課題



# 本日の内容

1. IMO SOx・PM規制の概要
2. 従来のC重油と適合油との違い
3. 船用燃料油の製造方法の変化
4. 国内の適合油について
5. IMO規制に対する当社の対応

## 2. 従来のC重油と適合油との違い

	従来C重油(HSFO)		適合油(VLSFO)
● 硫黄分(規制値)	: 3.5質量%以下	⇒	0.5質量%以下
● 動粘度(50°Cにおける)	: 150cSt※程度	⇒	20cSt程度以上
	(実勢)		(見込み)
C重油(残渣系)の規格値			
・JIS3種1号	: 250cSt以下		
・ISO8217	: 180cSt以下		
● 流動点	: 10°C以下	⇒	30°C以下
	(実勢)		(見込み)
C重油(残渣系)の規格値			
・JIS3種1号	: なし		
・ISO8217	: 30°C以下		

出典：国土交通省海事局発行  
「2020年SOx規制適合船用燃料油使用手引書」

# ① 動粘度

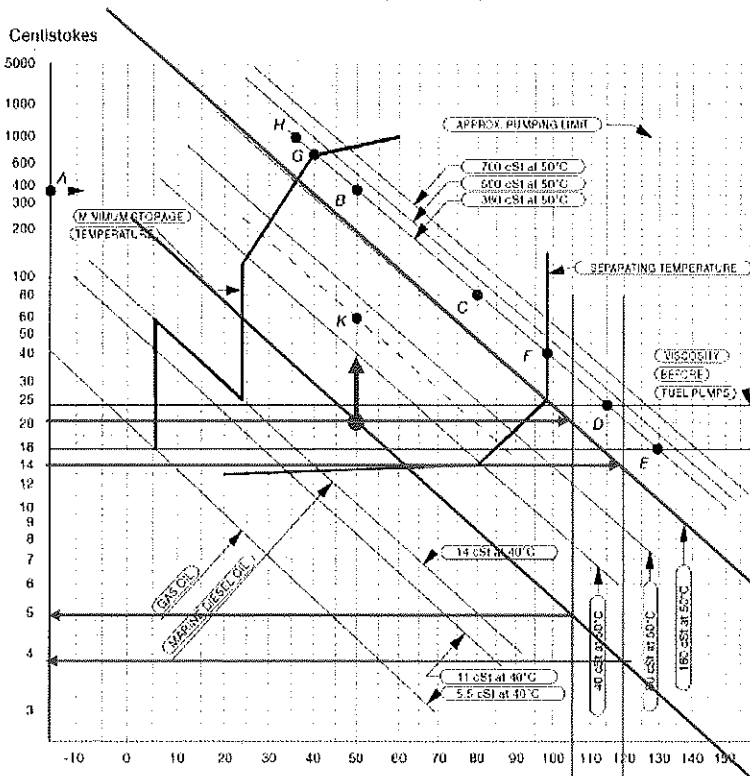
## 動粘度が低下する、とはどういうことか

- 燃料油は高温になるほど動粘度が下がりサラサラになります。従来のHSC重油のような高動粘度の燃料油は加熱して適切な動粘度まで下げて使用することが一般的です。
- 適合油は50℃の動粘度が従来のHSC重油に比べて低くなります
  - ✓ 当社適合油は50℃動粘度で「20 cSt超 180 cSt以下」
- そのため、適切な動粘度にするための温度が従来より低くなります

## 【対応策】

- ✓ 動粘度を確保・調整するための温度管理を徹底する  
(適切な動粘度にするための温度が従来より低くなります)  
※当社品は仮に調節できず従来通りの加熱(110℃程度)となった場合でもエンジン入り口の最低動粘度(2cSt以上)を確保できるよう50℃動粘度で20cSt超に設定
- ✓ 動粘度が機関、機器類の使用に適しているか確認する

## 参考：温度－動粘度 線図



出典：バルチラ 製品ガイド

- 温度-動粘度の関係は従来のHSCなどと同じ傾き
- 50℃動粘度で20cSt以上あれば、従来のC重油並みに加熱(105～120℃)してしまっても、エンジン入り口で4～5cSt程度の動粘度は確保できる

HSC重油(180cSt@50℃)

適合油(20cSt@50℃)

## ② 低温流動性

### 流動点が高くなる、とはなにか

流動点とは：

JISK2269に規定の方法で測定し求められる特性値で、試験管に入れた燃料を徐々に冷やし、試験管を横に倒した際に、中の油が一定時間内の流動が認められる最も低い温度

- ✓ 低温になると燃料中に含まれる「ワックス分（パラフィン分）」が析出してきます
- ✓ さらに低温になりワックスの結晶が成長すると流動性がなくなります
- ✓ 「流動点が高い燃料油」は、「流動点が高い燃料油」よりも高い温度でワックス分が析出します

※パラフィン系の基材ほど流動点が高くなる傾向があります

一般的に測定値は以下の順で低くなります

曇り点(CP) > 目詰まり点(CFPP) > 流動点(PP)

ワックス析出 ⇨ ワックス結晶成長 ⇨ ワックス結晶の立体構造化(流動性低下)



軽油ワックス結晶写真の一例



ワックスによる  
軽油のメソコロイド化の例

JKTGエネルギー

Copyright © JKTG Nippon Oil & Energy Corporation All Rights Reserved.

Confidential

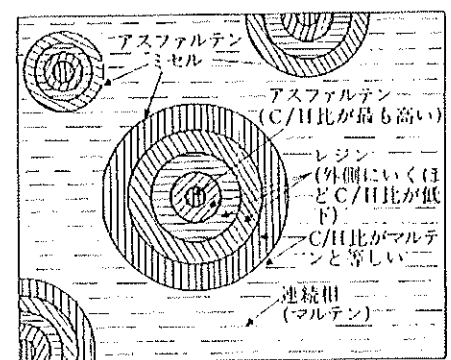
## ③ 混合安定性

● 混合安定性とは

- ✓ 異なる2種の燃料油を混合した際に単独では保たれていた安定性が崩れ、いずれかの燃料に含まれていたアスファルテンスラッジ等が析出することがある。その析出のしにくさを一般的に混合安定性として定義する。ただし、船用燃料油の規格であるISO8217:2017では定義されていない。

● 参考：アスファルテンスラッジとは

- ✓ アスファルテンは、多環芳香族を分子中に含む高分子量の炭化水素化合物で、本来は水にも低級パラフィン類にもアルコール類にも不溶である。
- ✓ 重油中のアスファルテンは高分子量の芳香族を層状に吸着して安定なミセルを形成し、液状の炭化水素から成るマルテン中にコロイド状態として安定している。
- ✓ 他の燃料油との混合などによりミセルのバランスが崩れると、アスファルテンが凝集を開始し、さらに粒子が成長した結果、スラッジとして沈殿すると考えられる。



アスファルテンミセルの仮想図

出典：日本海事協会(ClassNK)発行

「2020年からのSox排出規制適合燃料油の使用に関するガイダンス」

JKTGエネルギー

Copyright © JKTG Nippon Oil & Energy Corporation All Rights Reserved.

Confidential

# 混合安定性に関して

- 国土交通省発行の手引書には「混合安定性試験において、異なる石油元売り事業者から提供されるLSC重油(注)との間でも混合安定性は確保できていたとの結果が出ています」との記載があります。一方で「スラッジ発生リスクはゼロではありません」との記載もあります。
- 当社としても、国内の適合油同士の混合安定性のリスクは残っていると考えておりますので、引き続き慎重な対応が必要と考えます。
- 海外オイルメジャーも、異なる燃料油同士の混合を避けるようにコメントしています。

(参考：BPの混合安定性に関する説明動画)

<https://www.bp.com/en/global/trading/crude-oil-and-refined-products/marine/marpol.html>



注：国交省手引書では「適合油」を「LSC重油」と記載しており、そのまま転記しています(注記はJXTG記載)

JXTGエネルギー

Copyright © JXTG Nippon Oil & Energy Corporation All Rights Reserved.

Confidential

## 補油における注意事項（混合安定性）

- 適合油の性状多様化に伴い、HSC重油との混合や、他社の適合油との混合に伴いアスファルテンスラッジ発生可能性があります。
- 国土交通省海事局発行の「2020年SOx規制適合船用燃料油使用手引書」には、補油時の注意事項として以下の記載があります

- 適合油を初めて補油するとき
  - ✓ 「燃料油を混合すると、燃料中のアスファルテンが凝集した炭素質のスラッジが発生する場合があります」
  - ✓ 「混合をなるべく避ける」「混合せざるを得ない場合（中略）フィルターの差圧や清浄機の稼働状況をこまめに確認するなど、スラッジ発生に注意することが重要です」
- 2回目以降の補油における対策（適合油同士の混合）
  - ✓ 「スラッジ発生リスクはゼロではありませんので、今までのHSC重油と同様に、残油をできる限り少なくして補油するなどの注意が必要です。」

- そのため可能な限り異なる燃料油を混合しないことが重要です。
- 異なる燃料油を混合した際は、消費するまで慎重な管理が重要と考えます
- 当社の製造する適合油は、当社8製油所の製品間での混合安定性検証を十分に行っています。

JXTGエネルギー

Copyright © JXTG Nippon Oil & Energy Corporation All Rights Reserved.

Confidential

- 海運業界がSOx規制強化の準備に万全を期せるよう、**国内石油元売りが生産した規制適合油**を用いて、**実際に船舶を運航するトライアル事業**を実施
- トライアルでは、499～10,000Gt超の内航船12隻が規制適合油を補油し、外洋・瀬戸内海を含む航路で運航
- その結果、いずれの船舶においても、**改造を行うことなく、規制適合油への円滑な切替、正常な運航が可能であることを確認**

事業の概要

- 規制適合油を燃料配給船(バンカー船)から内航船に補油して実運航を実施
- 補油からエンジンへの燃料油の移送供給、燃焼に至るまでの船舶の状態等を計測
- 実施船舶※: 第1弾 6/27～: 499～749Gtの計4隻(鋼材運搬船・セメント運搬船)  
第2弾 7/29～: 1万Gt程度の計2隻(フェリー・RORO船)  
第3弾 8/26～: 999～1万Gt超の計6隻(貨客船・RORO船・LPG運搬船・鋼材運搬船・セメント運搬船)  
※ 国内エンジンメーカー11社の主機又は補機をカバー
- 使用した規制適合油: **国内石油元売3社が生産・供給した硫黄分0.5%以下のC重油**

使用した規制適合油の性状

	第1弾	第2弾	第3弾
硫黄分(質量%)	0.26	0.43	0.30
動粘度@50°C(cSt)	27.1	17.1	42.0
流動点(°C)	-22.5	-5.0	12.5
密度@15°C(g/cm <sup>3</sup> )	0.9247	0.9326	0.9295



バンカリングの様子

○事業受託機関: (国研) 海上・港湾・航空技術研究所 海上技術安全研究所、(株)日本海洋科学

JXTGエネルギー

Copyright © JXTG Nippon Oil & Energy Corporation All Rights Reserved.

国土交通省殿発表資料(9月10日) Confidential

2020年SOx規制適合油による実船トライアル事業の成果

- 燃料配給船(バンカー船)及び補油を受けた12隻の船舶は、通常と同様、**事前のタンククリーニングは行わず、少量の高硫黄C重油が残るタンク内に規制適合油を注ぎ足した。**
- トライアルの結果、いずれの船舶においても、**改造を行うことなく、規制適合油への円滑な切替、正常な運航が可能であることが確認された。**
- また、以下の事項が確認され、**燃料油の切替えに関して有益な知見が得られ、関連情報とともに「2020年SOx規制適合船舶用燃料油使用手引書」へとりまとめた。**

確認された主な事項

- 混合安定性: 船内採取した燃料油のスポットテスト※の結果、混合安定性が確保されていることが確認され、運航中も混合によるスラッジ(固形物)の異常は発生はなかった。
- 硫黄分濃度: ※ 高硫黄C重油と規制適合油、A重油と規制適合油の組み合わせで実施  
各船舶の燃料油貯蔵タンク内では、**高硫黄C重油の残油と規制適合油がほぼ均一に混合された(性状表等から計算した値と実際の計測値がほぼ合致)。**
- 高硫黄C重油から規制適合油に切替わる過渡期への対応策:  
動粘度調整装置の有無に応じて以下の対応策を行い、円滑な燃料切替を行えた。

動粘度調整装置	燃料油の温度・動粘度調整	清浄器の調整
無し	燃料の加熱温度を従来の高硫黄C重油使用時と同様の値に設定(変更無し)	調節板を低密度用のものへ変更
有り	動粘度調整装置に至るまでの燃料系統の加熱装置の設定温度を下げる	ヒーターの設定温度低下に伴う燃料油密度上昇を踏まえ、必要に応じて調節板を変更

2020年  
SOx規制適合  
船舶燃料油  
使用手引書

JXTGエネルギー

Copyright © JXTG Nippon Oil & Energy Corporation All Rights Reserved.

国土交通省殿発表資料(9月10日) Confidential

# 適合油におけるその他の懸念事項

- 日本海事協会(ClassNK)発行の「2020年からのSox排出規制適合燃料油の使用に関するガイダンス」には、「適合油使用時に考慮すべき燃料油の性状」として以下の5項目が記載されている
  1. 混合安定性
  2. 低動粘度化 (国交省手引書にも記載の項目)
  3. 低温流動性
  4. Cat-fines (Al+Si) (NKガイダンス独自の項目)
  5. 着火・燃焼性
- 同ガイダンスには、「IMOガイドライン案において、その他考慮すべき点として取り上げられた項目」として以下があげられている。
  - ① 単独安定性
  - ② 酸価
  - ③ 引火点
  - ④ 通常含まれないと考えられる成分の混入

JXTGエネルギー

Copyright © JXTG Nippon Oil & Energy Corporation All Rights Reserved.

Confidential

## ④ Cat-fines (主に海外補油)

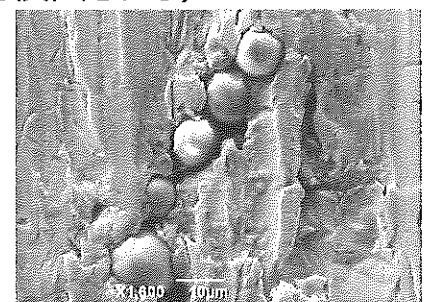
- 製油所の2次装置の中で、流動接触分解装置(FCC装置)は触媒を使って、重油からガソリンを製造する装置です。
- このFCC装置から出てくる分解重油(CLO)は、低硫黄基材としてこれまでのHSC重油にも使用されていましたが、適合油の基材としても使用される可能性があります。
- CLO中には、FCC装置の触媒が粉碎された直径10ミクロン程度の微粒子(Cat-fines)が混合しているため、適合油製造時には適切な混合量の管理が重要です。  
⇒当社では社内基準により適切な管理を行っています

### 【潜在的リスク】

- ✓ Cat-finesを含む低硫黄基材(CLO)を多く使用する場合はCat-finesが増加する可能性がある (この場合、Al+Si含有量の増加として検出される)
- ✓ Cat-finesが船内前処理で適切に除去できなかった場合、機器に侵入して摺動部等に物理的な損傷を与える可能性がある。

### 【対応策】

- ✓ 清浄機の適切なオペレーション
- ✓ セットリングタンクでの適切な前処理の実施



ピストンリングに埋没した触媒微粒子

JXTGエネルギー

Copyright © JXTG Nippon Oil & Energy Corporation All Rights Reserved.

(出典：日本海事協会)

Confidential

## ⑤ 着火・燃焼性 (主に海外補油)

- ✓ 着火性：燃料の自己着火のしやすさ  
⇒ISO 8217:2017は着火遅れ指標としてCCAIの上限値が規定
- ✓ 燃焼性：後燃え時間や火炎長さ、黒煙・燃焼室デポジットなど  
⇒ISO 8217:2017で定義なし

### 【潜在的リスク】

- ✓ 分解系基材を大量に使用するなど、芳香族性の高い燃料では着火・燃焼性が悪化することがある。
- ✓ 単純に重質な高硫黄重油と軽質留分を混合すると、ギャップフューエル(ダンベル燃料)※となり燃焼性に懸念が生じる可能性がある  
※高沸点留分と低沸点留分のみで成り立っている燃料のこと

### 【対応策】

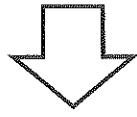
- ✓ 燃焼性指標 (CCAIなど) による管理が重要。高芳香族性は安定性向上に寄与するのでバランスが重要。  
⇒当社では、製造する適合油の試製燃料を用いてエンジン燃焼試験を実施し、当社適合油に着火・燃焼性の問題がないことを確認しています
- ✓ トラブルの兆候を早期につかむため、機関の状態監視を強化することが予防策となる

## 本日の内容

1. IMO SOx・PM規制の概要
2. 従来のC重油と適合油との違い
3. 船用燃料油の製造方法の変化
4. 国内の適合油について
5. IMO規制に対する当社の対応

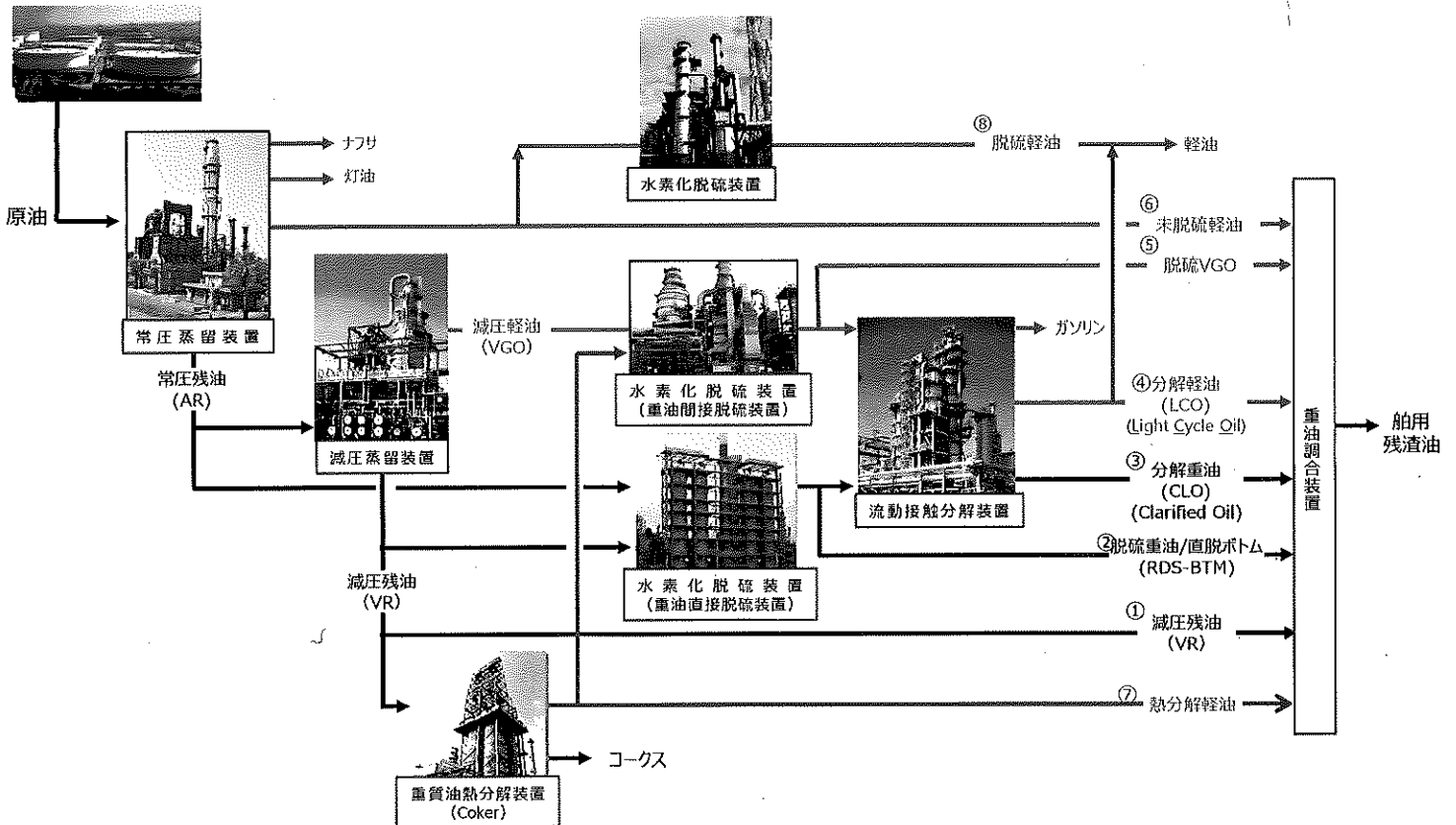
### 3. 船用燃料油の製造方法の変化

- なぜ、動粘度の低下・流動点の上昇といった性状の変化や混合安定性の問題が生じているのか？



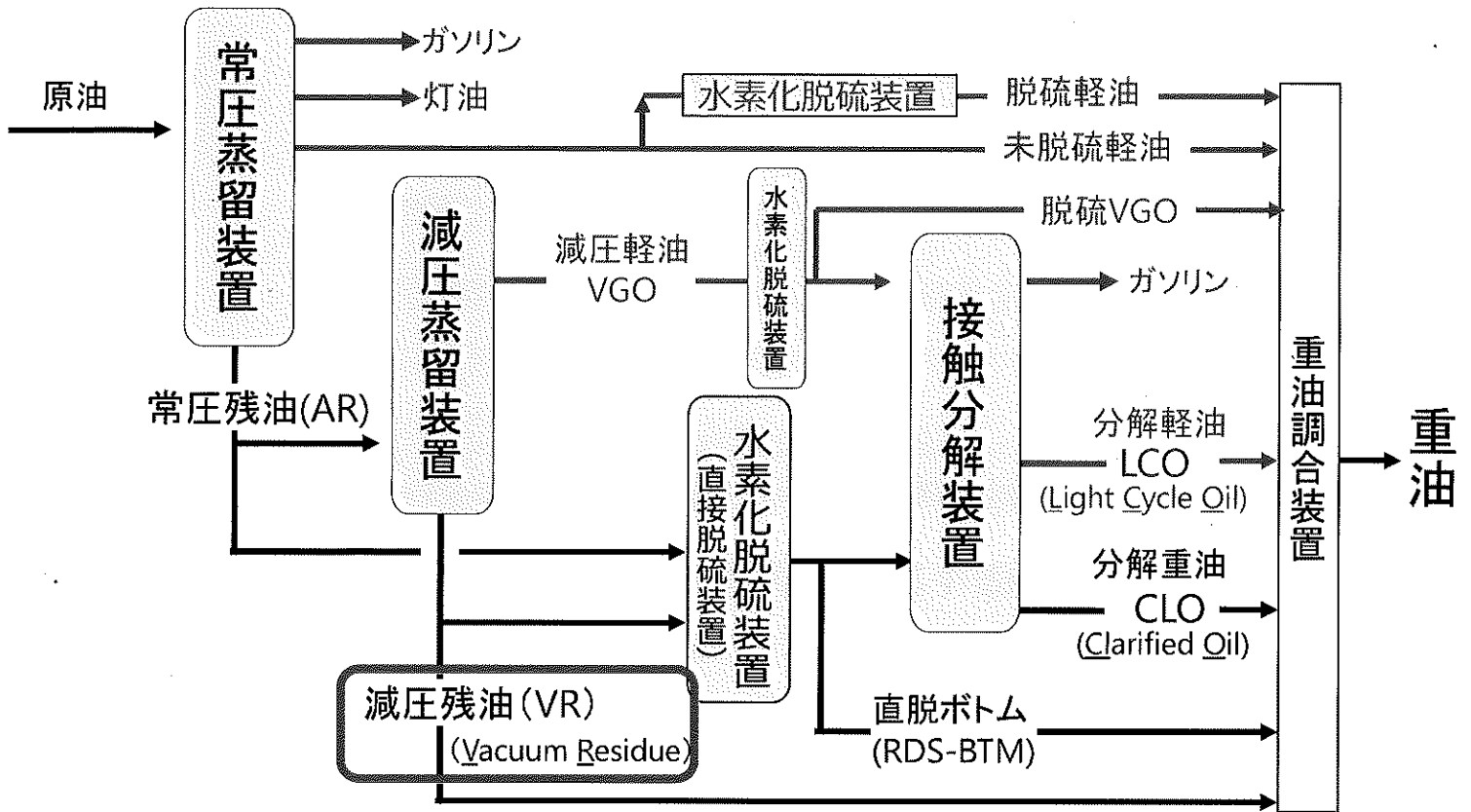
- 船用燃料油が、従来のHSC重油(HSFO)からIMO規制適合油(VLSFO)に変わることによって、燃料油の製造方法が大きく変化するため

### 船用残渣油系燃料の製造方法(概要)





# 従来のHSC重油(硫黄分3.5質量%以下)の製造フロー (概略)



- 減圧残油を主体に、様々な基材（直脱ボトム、CLO、分解軽油 (LCO)や軽油留分等）を混合して動粘度や硫黄分を調整している。

Confidential

21

## 硫黄分規制を燃料で対応する場合

### 硫黄分0.5%以下の低硫黄燃料の製造方法

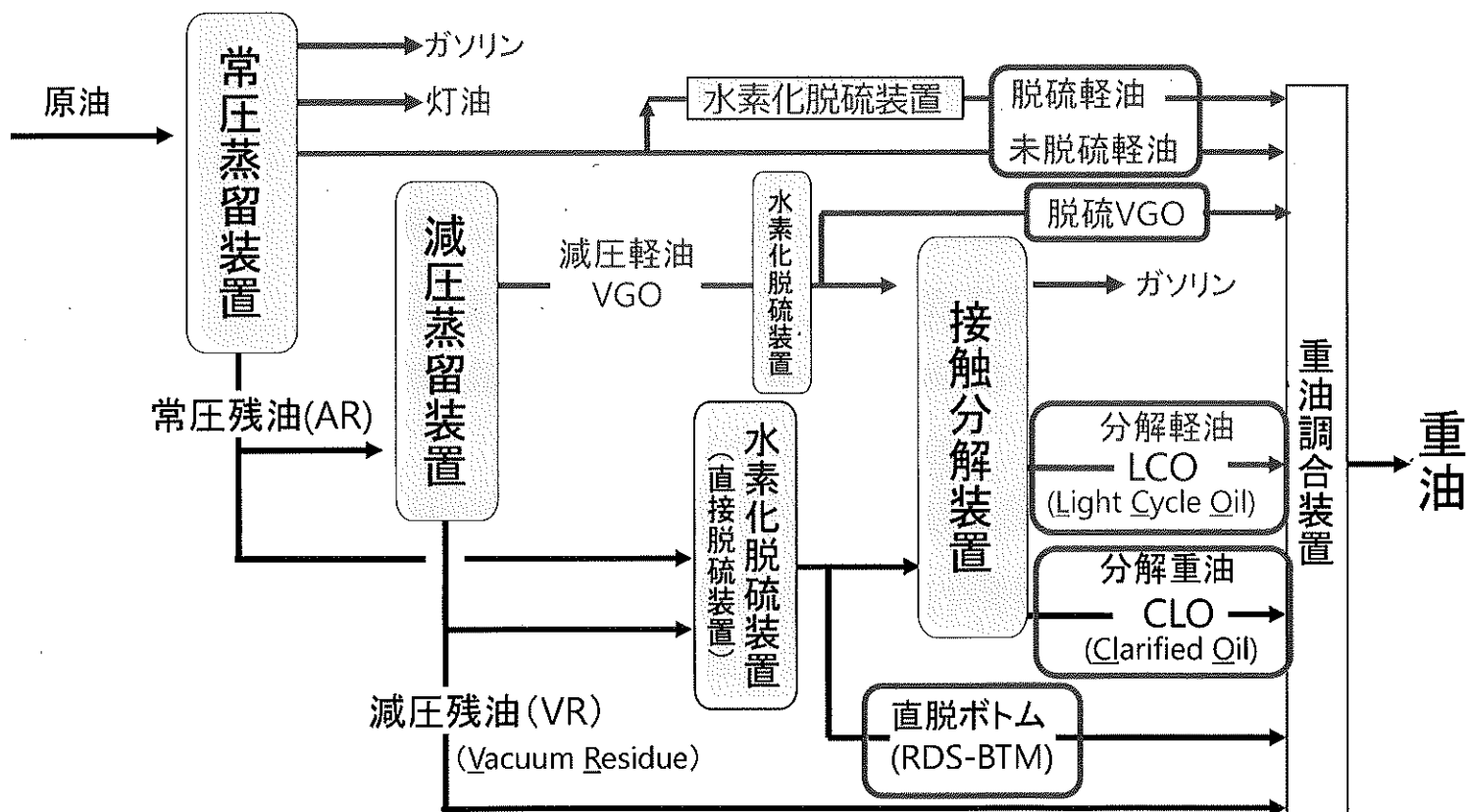
- ① 低硫黄原油の残油を使用する。  
⇒低硫黄原油の供給量が限定的である。（安定供給に課題）
- ② 高硫黄原油の残油を脱硫して低硫黄燃料を製造する。  
⇒ 現状の設備能力での対応に限られる。（生産量は限定的）
- ③ 軽油（MGO）・A重油（MDO）での対応  
⇒ 供給量は確保。低動粘度・非加熱使用により本船側の機器対応が必要な場合も
- ④ 製油所における様々な低硫黄基材を混合して製造する。  
⇒ 使用する基材の種類や比率により、性状が大きく異なる可能性がある。
- ⑤ 高硫黄C重油と軽油を混合して製造する。  
⇒ いわゆるギャップフューエル（ダンベル燃料）となる可能性。（燃焼性に懸念）

# 硫黄分規制を燃料で対応する場合

## 硫黄分0.5%以下の低硫黄燃料の製造方法

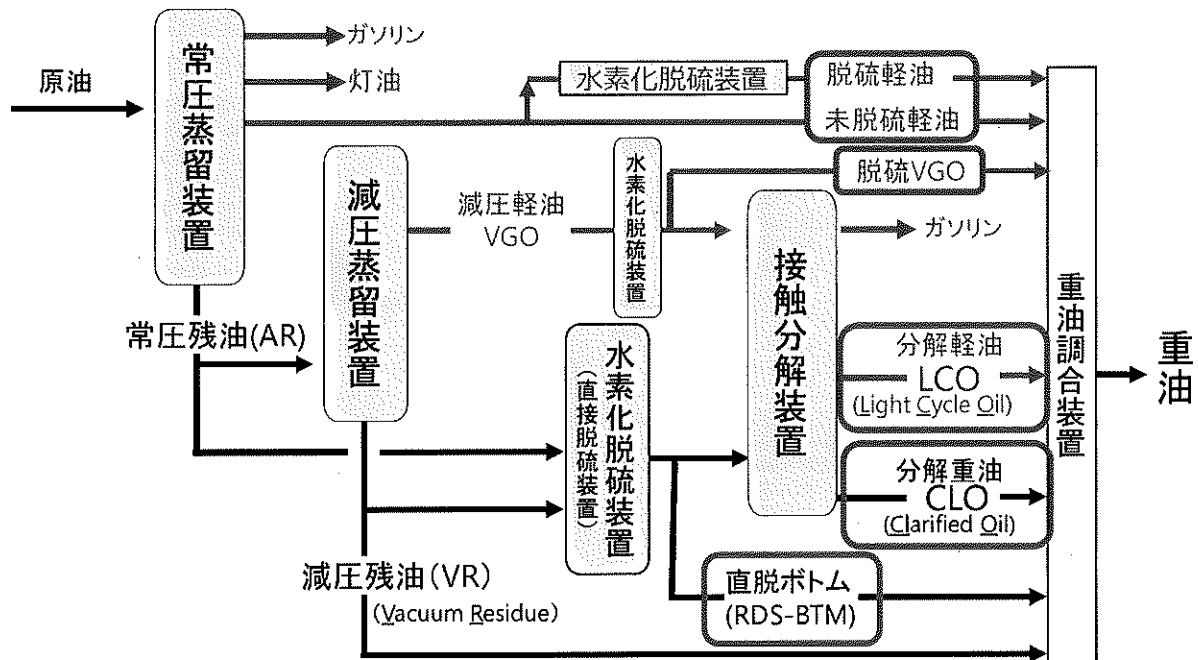
- ① 低硫黄原油の残油を使用する。  
⇒低硫黄原油の供給量が限定的である。(安定供給に課題)
- ② 高硫黄原油の残油を脱硫して低硫黄燃料を製造する。  
⇒ 現状の設備能力での対応に限られる。(生産量は限定的)
- ③ 軽油 (MGO) ・A重油 (MDO) での対応  
安定供給を前提とした供給量確保を考えた場合 より本船側の機器対応が必要な場合も
- ④ 製油所における様々な低硫黄基材を混合して製造する。  
⇒ 使用する基材の種類や比率により、性状が大きく異なる可能性がある。
- ⑤ 高硫黄C重油と軽油を混合して製造する。  
⇒ いわゆるギャップフューエル (ダンベル燃料) となる可能性。(燃焼性に懸念)

### 適合油の製造フロー (対応案④)



・製油所により装置構成などが異なるため、使用する基材の種類や比率が異なることから、性状が大きく異なる適合油が生産される可能性がある。

## 適合油の製造フロー（対応案④）



- 低硫黄基材は低動粘度のものが多い。また、動粘度の高めの基材は流動点の高いものが多い
- CLOを多く使用する場合はCat-finesが増加する可能性がある
- 分解系留分（分解軽油、分解重油、コーカー軽油など）を大量に使用すると燃烧性が悪化することがあるため、燃烧性指標（CCAI, CIなど）による管理が重要→ただし安定性向上に貢献

## 硫黄分規制を燃料で対応する場合

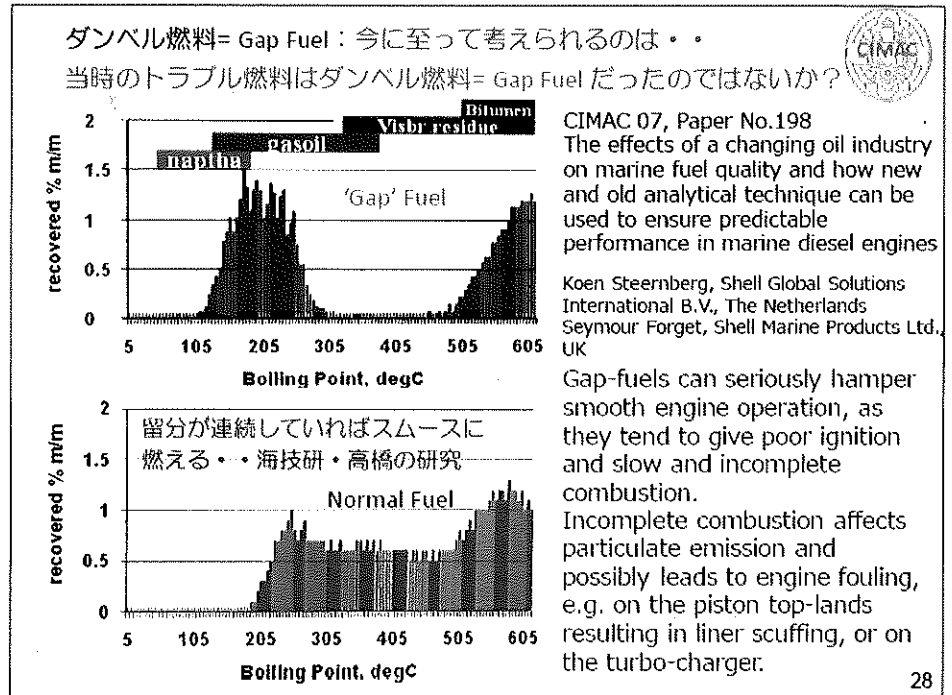
### 硫黄分0.5%以下の低硫黄燃料の製造方法

- ① 低硫黄原油の残油を使用する。  
⇒低硫黄原油の供給量が限定的である。（安定供給に課題）
- ② 高硫黄原油の残油を脱硫して低硫黄燃料を製造する。  
⇒ 現状の設備能力での対応に限られる。（生産量は限定的）
- ③ 軽油（MGO）・A重油（MDO）での対応  
⇒ 供給量は確保。低動粘度・非加熱使用により本船側の機器対応が必要な場合も
- ④ 製油所における様々な低硫黄基材を混合して製造する。  
⇒ 使用する基材の種類や比率により、性状が大きく異なる可能性がある。
- ⑤ 高硫黄C重油と軽油を混合して製造する。  
⇒ いわゆるギャップフェューエル（ダンベル燃料）となる可能性。（燃烧性に懸念）

# ダンベル燃料(Gap Fuel)とは

- ・高沸点留分と低沸点留分のみで成り立っている燃料。
- ・燃烧性の悪化が指摘されている。

- ・製造のために石油精製設備が不要であるため、タンク設備のみを持つバンカーサプライヤーから出される可能性がある。



高崎先生\*講演(2017年3月22日)資料より  
(\*:九州大学名誉教授)

1999年～2000年のトラブルバンカー油に関する紹介の中で  
ダンベル燃料に言及

JXTGエネルギー

Copyright © JXTG Nippon Oil & Energy Corporation All Rights Reserved.

Confidential

## 本日の内容

1. IMO SOx・PM規制の概要
2. 従来のC重油と適合油との違い
3. 船用燃料油の製造方法の変化
4. 国内の適合油について
5. IMO規制に対する当社の対応

JXTGエネルギー

Copyright © JXTG Nippon Oil & Energy Corporation All Rights Reserved.

Confidential

# 4. 国内の適合油について

当社も国交省の検証に先行して、直接エンジンメーカーと情報交換し確認

## ・国土交通省殿の検証により

- ▶ 動粘度：20cSt以上であればほとんどの船舶でエンジン改造が基本不要であることをエンジンメーカーに確認
- ▶ 流動点：実証の結果、流動点(30℃)以下の低温使用時でも配管移送に問題ないことを確認

石油元売り当初提案	外航船				内航船			
	エンジン	燃料ポンプ	燃料タンク	燃料配管	エンジン	燃料ポンプ	燃料タンク	燃料配管
動粘度 2~180cSt 流動点 30℃以下	×	○	○	○	×	△	×	△
	3割の船舶でドック内改造必要	ほとんどの船舶は対応可	ほとんどの船舶は対応可	実態上ほとんどの船舶で問題なし	約450隻でドック内改造必要	大型船は改造が必要となる可能性	タンクの加熱が不十分な可能性	配管の加熱が不十分な可能性

双方とも対応しうる性状	外航船				内航船			
	エンジン	燃料ポンプ	燃料タンク	燃料配管	エンジン	燃料ポンプ	燃料タンク	燃料配管
動粘度 20(~50)cSt 流動点 30℃以下	× ○	○	○	○	× ○	△ ○	× ○	△ ○
	加熱設定により、ほとんどの船舶で対応可				加熱設定により、ほとんどの船舶で対応可	建造時の設計余力により、ほとんどの船舶で対応可	加熱油のタンク戻しにより、ほとんどの船舶で対応可	冬季寒冷地での運用を注意すればほとんどの船舶で対応可

海運事業者当初要望	外航船				内航船			
	エンジン	燃料ポンプ	燃料タンク	燃料配管	エンジン	燃料ポンプ	燃料タンク	燃料配管
動粘度 70cSt~ 流動点 0℃以下	○	○	○	○	○	○	○	○

## 流動点上昇による影響の検証例(国土交通省手引書より)

### 2) 燃料油貯蔵タンクの温度低下の事例：

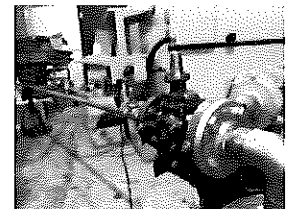
極寒環境下での実船にて貯蔵タンクの加熱を止め、温度低下を計測したところ、以下のように燃料油温度が低下することが確認されました。

- 計測箇所：約20m<sup>3</sup>の二重底タンクの中央、底から0.5m(液位1m)、水温約5℃
- 計測結果：2.4℃/h(10hで54℃⇒30℃) 0.8℃/h(10hで30℃⇒22℃)

### 3) 流動点以下の油の移送実験：

万一、流動点を大幅に下回って燃料油が冷却されても、以下の場合、燃料油を移送できることが試験で確認されています。

- 試験燃料：動粘度(50℃)20cSt、流動点40℃
- 試験装置：ポンプ(モータ出力：1.5kW、吐出し圧：0.6MPa)、配管(ポンプ入口：50A×5.5m、出口：20A×1m)
- 試験条件：ポンプ、配管に燃料油を満たし、5~10℃に冷却後、ポンプ運転



移送実験の様子

# 本日の内容

1. IMO SOx・PM規制の概要
2. 従来のC重油と適合油との違い
3. 船用燃料油の製造方法の変化
4. 国内の適合油について
5. IMO規制に対する当社の対応

## 5. IMO規制に対する当社の対応

### (1) A重油

#### ①規制適合油対応

- ・硫黄分が0.5質量%以下となる適合油を供給
- ・硫黄分を除く品質は従来のHSA重油(S=1.0%)相当

#### ②供給体制

- ・これまでのA重油供給体制と同等の体制を維持  
(硫黄分0.1%と0.5%の2油種体制)
- ・供給開始：2019年9月から

# IMO規制に対する当社の対応（2）

## （2）C重油

### ①規制適合油対応

- ・硫黄分が0.5質量%以下となる新たな適合油を供給
  - ✓LS船用燃料油
  - ✓VLSFO(05)

### ②供給体制

- ・設備対応を行い、適合油出荷体制を整備
- ・供給開始：2019年10月から

## 【船用燃料油環境規制における低硫黄化対応について】

・内航海運業界からの要望を踏まえつつ、既存取引先（内航・外航）への安定供給に支障がないよう製造方法を再検討した結果、以下の規格値とさせていただきます。

### <LS船用燃料油の主な項目の規格値>

・硫黄分	0.50質量%以下
・動粘度（@50℃）	<u>20.0 mm<sup>2</sup>/s (cSt)を超え180 mm<sup>2</sup>/s (cSt)以下</u>
・流動点	<u>30.0℃以下</u>

※実際の出荷品は、流動点の上限、動粘度の下限に近い性状となる見通し  
※高動粘度の低硫黄基材は高流動点であることから、供給量と要望性状（低流動点、高動粘度）を同時に満たすことは困難

・詳細は弊社商流を通じてお問い合わせください



ご清聴ありがとうございました。

エネルギーを、ステキに。





# SOx規制強化の開始に向けて

国土交通省 海事局  
海洋・環境政策課



Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism

## 船舶SOx規制への円滑な対応に向けた取組

- 低硫黄C重油(規制適合油)は、高硫黄C重油と粘り気(動粘度)、流動性がなくなる温度(流動点)が大きく異なる
- 船舶が運航に支障を来すことなく、円滑かつ安全に規制に対応できるよう、規制適合油の性状に関する調整、実際の規制適合油を用いた各種検証等を実施

### 1. 規制適合油の性状に関する調整

海運業界と石油元売各社等による燃料油性状に関する協議会を開催



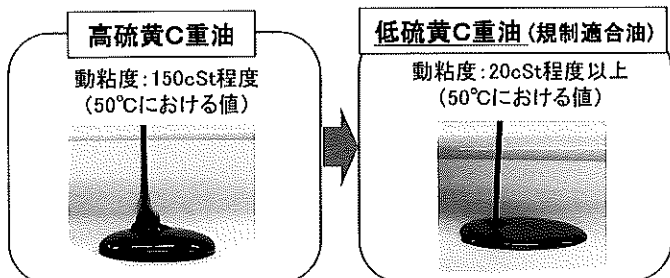
海運業界

船内機器の改造無しで安全に使用可能な燃料

石油元売

低コストで安定的に供給可能な燃料

双方とも対応しうる規制適合油の性状についての共通認識を得た(2月)



### 2. 規制適合油の安全性等の検証

#### ① 燃料油の移送や燃焼性の確認(～2月)

陸上での燃焼性試験、極寒時のポンプ・配管内移送試験等を行い、船舶の現有設備で規制適合油(低動粘度・高流動点)に対応可能であることを確認

#### ② 燃料油の混合による影響の確認(～4月)

石油元売各社から規制適合油サンプルを入手し、252通りの混合試験を行い、全てのケースで固形物が発生せず安定性が確保されていることを確認

#### ③ 規制適合油の使用手引書の作成(～4月)

これまで得られた技術的知見を集約し、規制適合油を使用する際に必要となる準備や留意事項等をまとめた手引書を作成し、業界に周知

#### ④ 実船運航試験による実証(6月末～9月初旬)

内航船12隻による規制適合油を用いた運航試験を実施し、問題なく運航できたことを確認。得られた知見を手引書の第2版に反映(9月10日公表)。

- ・規制適合油(LSC重油)を使用する際に必要となる対策や留意すべき事項について、海運・造船・船用機器メーカー、研究機関の専門家等からなる検討会を設置して検討
- ・技術的知見や各種調査結果(含む混合安定性試験結果)をまとめた手引書を3月末に作成。4月3日に初版を公表
- ・実船トライアルの結果を反映し、9月10日に第2版を公表

## 2020年 SOx規制適合 船用燃料油 使用手引書 (第2版)

船用燃料油の性状変化への対応に関する検討会  
国土交通省 海事局

船用燃料油の性状変化への  
対応に関する検討会

座長 島崎 誠二 (九州大学名誉教授)

検討会参加企業等

船主等  
 船主等  
 船主等

造船等  
 造船等  
 造船等

機器メーカー  
 機器メーカー  
 機器メーカー

研究機関  
 研究機関  
 研究機関

事務局 国土交通省 海事局

本資料に関するお問い合わせ先  
 国土交通省 海事局  
 海事 環境政策課 環境手引室  
 TEL 03-5253-3114  
 E-mail: koushou@kaiji.mhl.go.jp

「燃料油の性状変化への  
対応に関する検討会」

- 2018年  
10/16: 第1回全体会合
- 2019年  
1/11: 機器メーカー分科会  
2/6 : 造船分科会  
2/19: 第2回全体会合  
3/27: 第3回全体会合  
4/3 : 手引書初版公表  
9/10: 手引書第2版公表

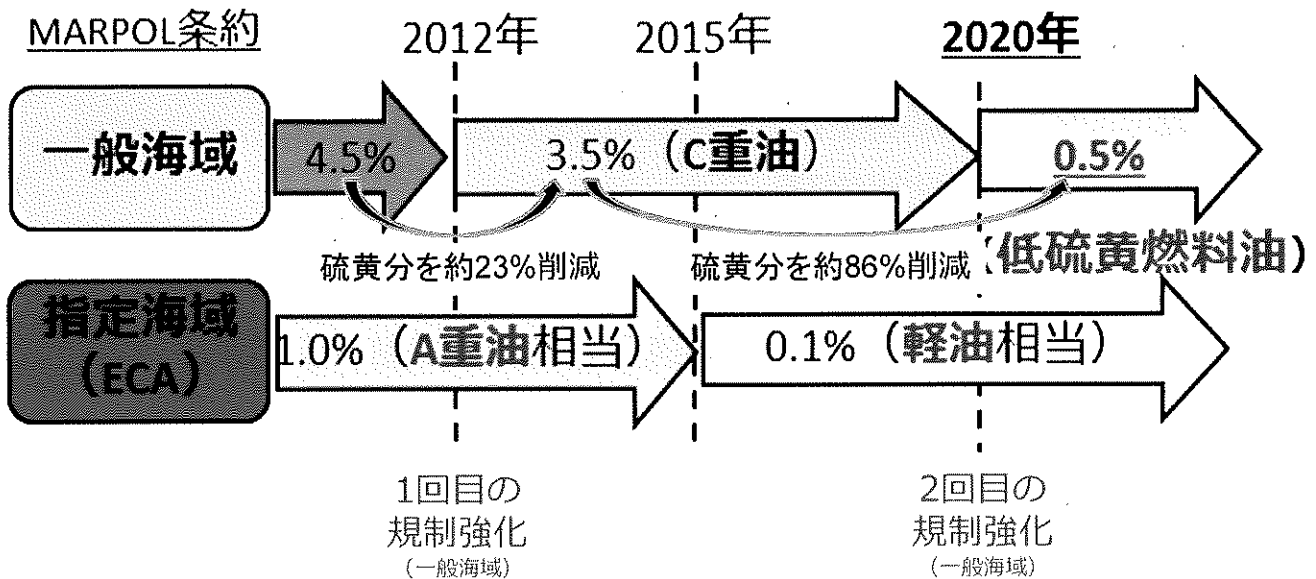
## 本日の内容

1. はじめに  
SOx規制の概要
2. これからの船用燃料油  
SOx規制適合油の性状特徴
3. 2020年に向けて  
SOx規制適合油使用への対応策
4. 使用実例①  
国内のSOx規制適合油による実船トライアル
5. 使用実例②  
輸入したSOx規制適合油による実船トライアル
6. まとめ

# はじめに 1. SOx規制の概要

船用燃料油の硫黄分は0.5質量%以下※

※ スクラバー搭載船は0.5質量%以上のものを使用できる。



〔2020年1月1日に国際海運のみならず内航海運も含む海運業界全体で、硫黄分が0.5質量%以下のSOx規制適合油を使用しなければならない。〕

4

# はじめに 1. SOx規制の概要

日本国内で流通する燃料油の変化

硫黄分 (質量%)	現在の船用燃料 (2019年12月31日迄)	SOx規制適合油 (2020年1月1日以降)
0.0010 以下	◎ 軽油	◎ 軽油
0.5 以下	◎ LSA重油 (JIS 1種1号)	◎ LSA重油 (0.1%以下は主にECA燃料として使用) ◎ LSC重油 新規適合油
2.0 以下	◎ HSA重油 (JIS 1種2号)	⊗ HSA重油 (スクラバーを搭載する場合は使用可能)
3.5 以下	◎ HSC重油 (JIS 3種1号)	⊗ HSC重油 (スクラバーを搭載する場合は使用可能)

5

# 本日の内容

1. はじめに  
SOx規制の概要
2. これからの船用燃料油  
SOx規制適合油の性状特徴
3. 2020年に向けて  
SOx規制適合油使用への対応策
4. 使用実例①  
国内のSOx規制適合油による実船トライアル
5. 使用実例②  
輸入したSOx規制適合油による実船トライアル
6. まとめ

6

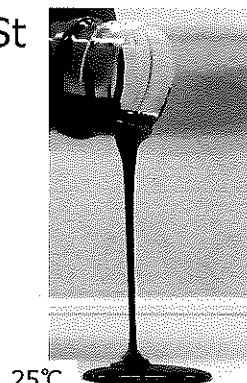
## 2. これからの船用燃料油 SOx規制適合油の性状特徴

	HSC重油 (内航船向け)	規制適合油 (LSC重油)
● 硫黄分 (規制値) :	3.5質量%以下	⇒ 0.5質量%以下
● 動粘度(50℃) :	150cSt程度 (実勢値)	⇒ 20cSt程度以上※ (見込み)
<small>C重油 (残渣系) の規格値 ・ JIS3種1号 : 250cSt以下 ・ ISO8217 : 180cSt以下</small>		<small>※①全量20cSt以上、②20cSt以上とするが顧客が受入可能な場合には20cSt未満も供給等、若干の差異あり。</small>
● 流動点 :	10℃以下 (実勢値)	⇒ 30℃以下 (見込み)
<small>C重油 (残渣系) の規格値 ・ JIS3種1号 : なし ・ ISO8217 : 30℃以下</small>		

動粘度(50℃) : 150cSt  
流動点 : -10℃

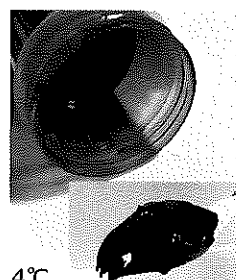


4℃

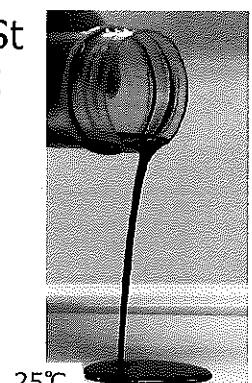


25℃

動粘度(50℃) : 20cSt  
流動点 : 20℃



4℃



25℃

7

## 2. これからの船用燃料油 SOx規制適合油の性状特徴

### サンプル油の性状

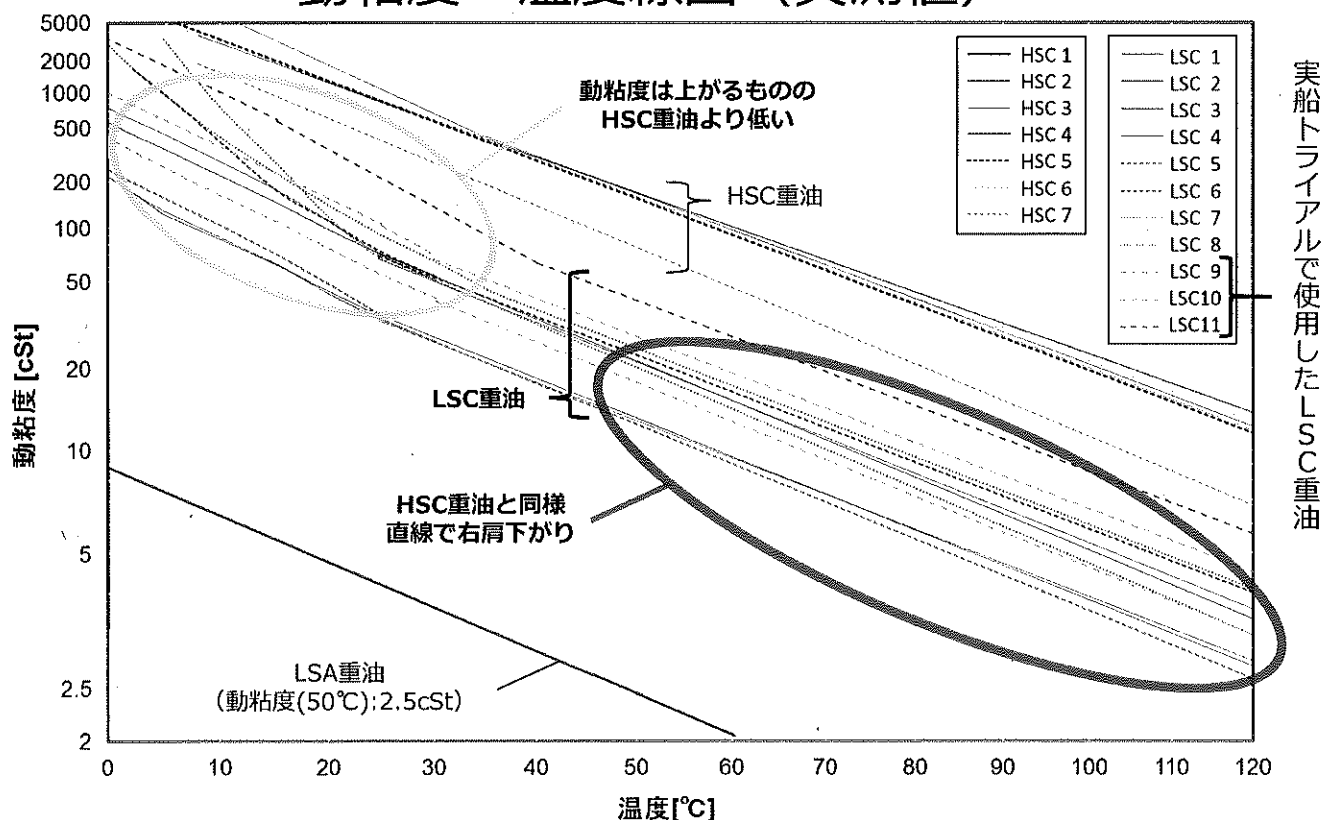
試験項目(単位)	規制適合油 (LSC重油)								HSC重油						
	LSC1	LSC2	LSC3	LSC4	LSC5	LSC6	LSC7	LSC8	HSC1	HSC2	HSC3	HSC4	HSC5	HSC6	HSC7
硫黄分(質量%)	0.25	0.37	0.46	0.43	0.41	0.22	0.17	0.41	0.61	2.31	2.86	2.40	1.77	2.27	2.36
動粘度(cSt)	21.59	22.00	13.04	12.89	12.01	22.80	23.90	20.80	167.00	158.90	173.70	169.60	74.45	155.00	150.00
流動点(°C)	5.0	-17.5	-3.0	-3.0	9.0	12.5	22.5	-5.0	5.0	-10.0	-9.0	-15.0	0.0	-10.0	-12.5
CCAI	843	847	828	841	860	825	807	845	802	856	836	851	865	852	854
総発熱量(MJ/kg)	44.290	44.170	44.375	43.870	43.455	44.420	44.730	44.170	44.720	42.850	42.940	42.735	43.455	42.940	42.830
密度(g/cm <sup>3</sup> )	0.9410	0.9464	0.9175	0.9298	0.9470	0.9256	0.9085	0.9441	0.9317	0.9851	0.9667	0.9816	0.9847	0.98	0.9831
引火点(°C)	86.0	136.0	89.0	77.5	68.5	91.5	109.5	135.0	161.0	98.0	87.5	83.5	106.0	87.50	115.0
Si+Al(質量ppm)	23	<10	<15	<15	<15	<15	<15	3	<15	<10	<15	<15	<15	23	25
残炭(質量%)	3.40	2.71	2.95	3.29	2.01	3.20	1.70	1.20	4.92	10.60	12.10	11.90	6.11	10.70	9.75
灰分(質量%)	0.002	0.001	0.005	0.005	0.003	0.000	0.000	0.000	0.006	0.013	0.016	0.016	0.009	0.016	0.033

サンプルを提供した石油元売事業者  
 (出光興産(株)、コスモ石油(株)、JXTGエネルギー(株)、昭和シェル石油(株)、富士石油(株))

8

## 2. これからの船用燃料油 SOx規制適合油の性状特徴

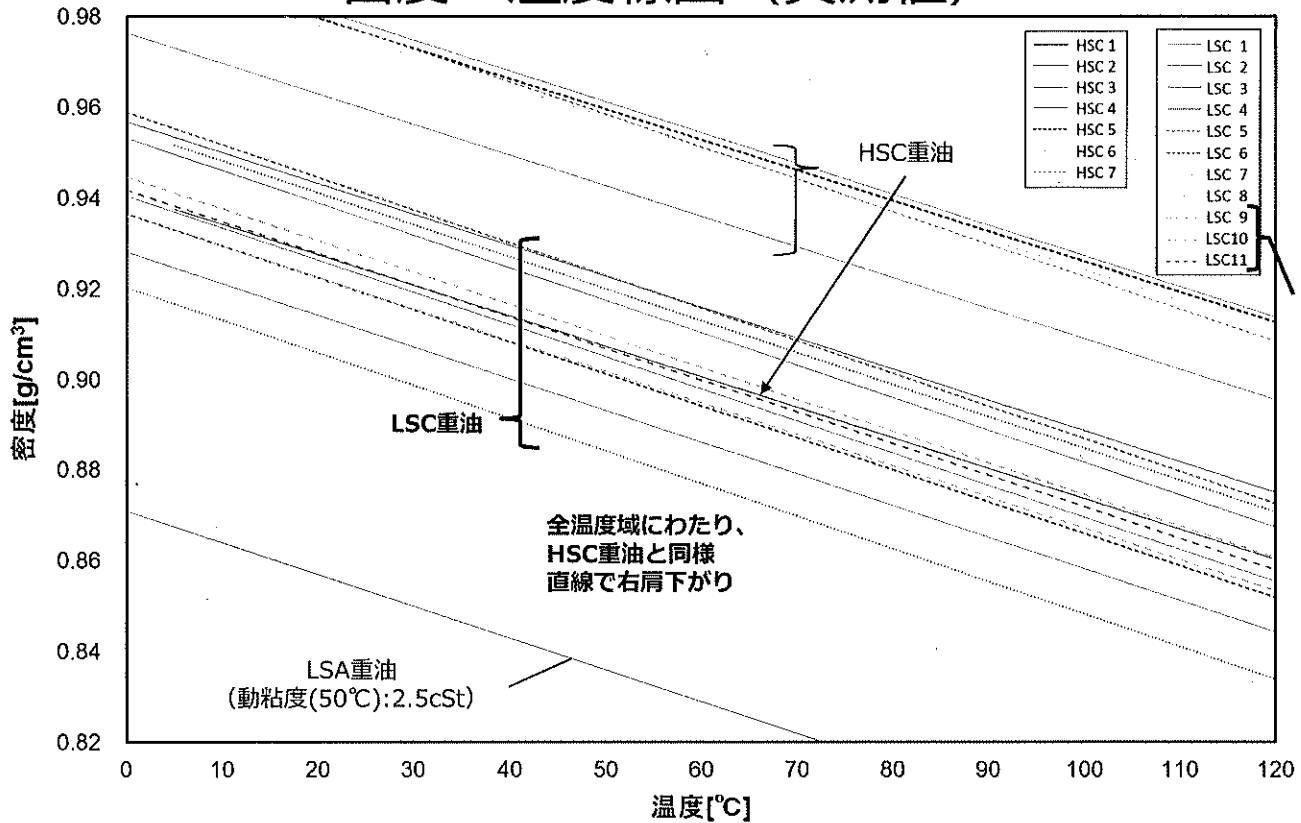
### 動粘度 - 温度線図 (実測値)



9

## 2. これからの船用燃料油 SOx規制適合油の性状特徴

### 密度－温度線図（実測値）



10

## 2. これからの船用燃料油 SOx規制適合油の性状特徴

### 混合安定性試験

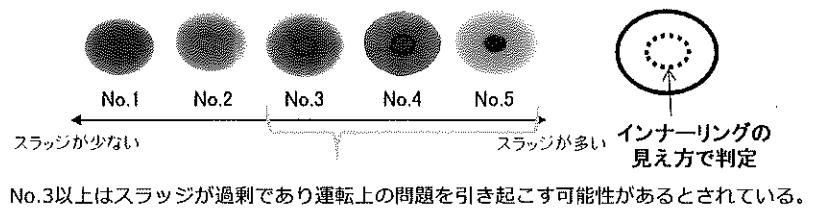
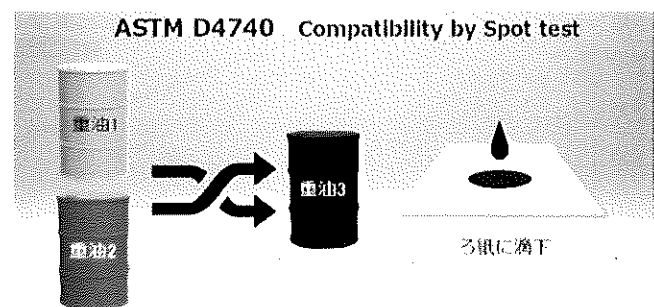
#### 実施した試験

##### ① 単体安定性試験

【試験規格】  
スポットテスト(ASTM D4740-04)  
【試験内容】  
全サンプルで試験

##### ② 混合安定性試験

【試験規格】  
スポットテスト(ASTM D4740-04)  
【試験内容】  
全サンプルを以下混合比で試験  
・HSC:LSC=2:8, 5:5, 8:2  
・LSC:LSC=2:8, 5:5, 8:2



サンプル油で行った267通りの試験結果はいずれもNo.2以下で、その殆ど（約98%）がNo.1であり安定性は確保できていた。

注：サンプルでの結果は良好だったが、特に、LSC重油を初めて補油する際は、念のため、フィルター、ストレーナや清浄機などの状態をごまめに確認し、スラッジ発生に備えておくことが重要。

11

1. はじめに  
SOx規制の概要
2. これからの船用燃料油  
SOx規制適合油の性状特徴
3. 2020年に向けて  
SOx規制適合油使用への対応策
4. 使用実例①  
国内のSOx規制適合油による実船トライアル
5. 使用実例②  
輸入したSOx規制適合油による実船トライアル
6. まとめ

12

## 3. 2020年に向けて SOx規制適合油使用への対応策

### 最初に確認すること

- **燃料系統上の関連機器の状態：**  
エンジンやボイラー、燃料ポンプだけでなく、ヒーターやビスコン、これらに関連する温度計、圧力計などに故障や不具合が無いかを確認。
- **補油するLSC重油の性状：**  
燃料供給者から性状を入手する。機器の調整には、動粘度、流動点、密度が必要。

その上で、以下について検討

- ✓ 硫黄分低下の影響を抑える (⇒スライド14)
- ✓ 密度低下の影響を抑える (⇒スライド15)
- ✓ 動粘度低下の影響を抑える (⇒スライド16)
- ✓ 高流動点の影響を抑える (⇒スライド18)
- ✓ スラッジ発生の影響を抑える (⇒スライド19)

13

### 3. 2020年に向けて SOx規制適合油使用への対応策

#### 硫黄分低下の影響を抑える

##### 影響：

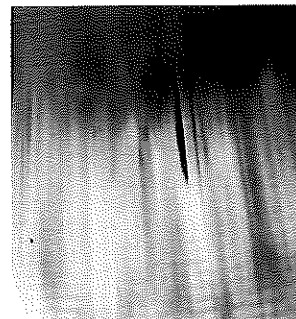
エンジンのシリンダー潤滑不良によるピストンリングやシリンダライナの異常摩耗など。

##### 原因：

潤滑油のBN値（アルカリ価）を調整せずに長時間運転すると、添加剤が余剰となり、硬質のカルシウム分が析出し、ピストンリングランド部に堆積。

摩耗が進行

シリンダライナの摩耗によりウェーブカットやホーニング痕が消え油膜を保持できなくなる。  
(⇒異常摩耗につながる。)



ポアポリッシュが発生し一部ウェーブカットの溝が無くなったシリンダライナ

##### 対策：

潤滑油の切替え。

- 4st中速ディーゼル… トランクピストン油
- 4st低速ディーゼル… トランクピストン油、シリンダー油
- 2st低速ディーゼル… シリンダー油

(潤滑油の切替方法についてはエンジンメーカーに確認してください。)

14

### 3. 2020年に向けて SOx規制適合油使用への対応策

#### 密度低下の影響を抑える

##### 影響：

- 異常流出の場合、スラッジタンクに清浄された燃料油が流出。流出した分、サービスタンクへの流量が低下。
- 分離不良の場合、サービスタンクに重液（分離水）が流入し、溜まる。

##### 原因：

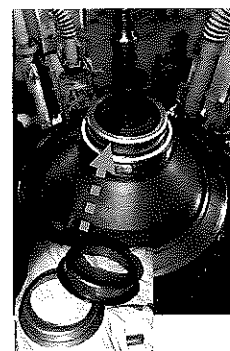
清浄機の調整不足：

- 清浄機の設定密度 ≪ 実燃料油の密度 ⇒ 異常流出
- 清浄機の設定密度 ≫ 実燃料油の密度 ⇒ 重液（分離水）がサービスタンクに流入

##### 対策：

- 燃料油の密度や温度に合わせて調節板を変更※。HSC残油が多いと、暫くは密度が高い燃料油が流入することに注意。
- 粘度調整装置（ビスコン）を機能させたい、エンジン入口温度を下げたい場合、ヒーターの設定温度低下に伴う燃料油密度上昇を踏まえ、必要に応じ調節板を変更。
- 運航中は、異常流出が起こっていないことや、定期的にサービスタンクのドレン切りを行い、重液（分離水）が流入していないことを確認。

※ 調節板の選定方法の詳細は製品の取扱説明書又はメーカーに直接確認してください。



15



### 3. 2020年に向けて SOx規制適合油使用への対応策

## 動粘度低下の影響を抑える (1/2)

### 影響：

- エンジンのプランジャー損傷
- 一部のエンジンで酸腐食

### 原因：

- プランジャー損傷：  
燃料油を加熱しすぎ、又は加熱不足によりエンジン入口で動粘度がメーカーの許容値（約2～20cSt※1）から外れることによる。
- 酸腐食：  
燃料油温度が低いと、燃料噴射弁のノズルチップ付近が過冷却となることで硫酸が結露することによる。

### 対策：

スライド9の動粘度-温度線図を参考に補油する燃料油の動粘度-温度線図を作図し、燃料油がメーカーの許容動粘度（一部のエンジンは許容温度あり。※2）となるよう温度を調整。

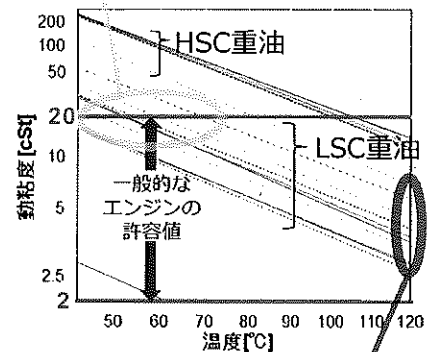
※1 許容動粘度や使用条件は各社により異なるためメーカーに直接確認してください。

※2 詳細は以下サービス情報を参照してください。

・ ダイハツディーゼル㈱：2020年の燃料硫黄分規制の対応について（文書番号No.GS19-001）

・ ヤンマー㈱：2020年低硫黄燃料油規制に伴う弊社機関の対応について（文書番号：18-2-G-02-013-L 改1）

20cStを上回る温度はそれぞれ違う。



いずれのLSC重油も120℃まで加熱しても2cStを切らない。

### 3. 2020年に向けて SOx規制適合油使用への対応策

## 動粘度低下の影響を抑える (2/2)

### 影響：

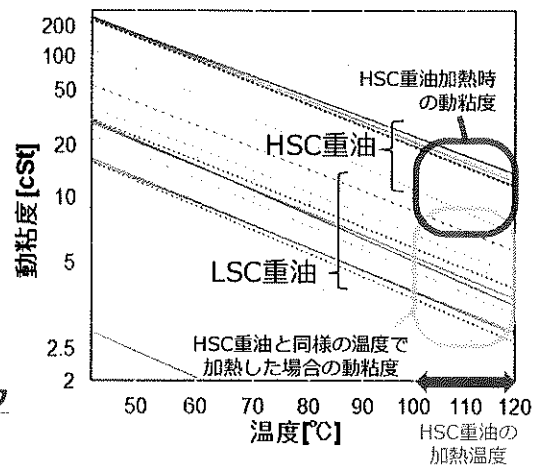
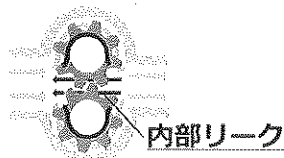
燃料系統の燃料油圧力低下。

### 原因：

HSC重油使用時の設定温度を維持したままLSC重油を使用すると、動粘度が低下。

内部リーク量増加

燃料供給ポンプの吐出し量低下。



### 対策：

燃料油圧力の低下が著しい場合、各ヒーターの設定温度を下げ燃料油の温度を下げる※ことで動粘度が上がるため、症状緩和が期待できる。

※ 燃料油温度の下げすぎにより、エンジン入口の動粘度がメーカーの許容値を超えないよう注意。

### 3. 2020年に向けて SOx規制適合油使用への対応策

#### 高流動点の影響を抑える

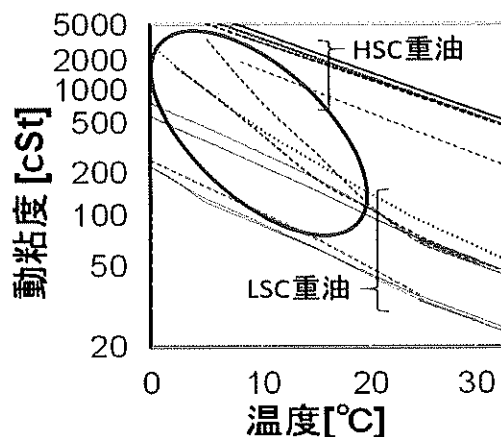
##### 影響：

動粘度の急激な上昇や、ワックス分のフィルター目詰まりによる燃料油の移送困難など

##### 原因：

加熱不足により燃料油温度が流動点付近まで低下することによる、燃料油のワックス化。

但し、流動点以下になってもただちに固形化するわけではなく、動粘度が急激に上昇するものの、従来のHSC重油の動粘度を超えるものは確認されていない。



##### 対策：

貯蔵タンクは、従来のHSC重油のように加熱する。  
燃料配管のラギングが腐食している箇所や、ファンの風が当たる箇所など冷めやすい箇所は、配管が冷めないよう対策を取っておくことも有効。

### 3. 2020年に向けて SOx規制適合油使用への対応策

#### スラッジ発生の影響を抑える

##### 影響：

- スラッジのフィルターやストレーナへの目詰まりによる移送困難。
- 砂状のスラッジはC⇔A切替時のプランジャー固着も。

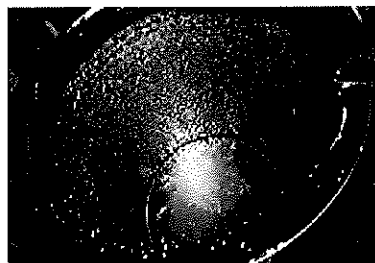
##### 原因：

砂状のスラッジ



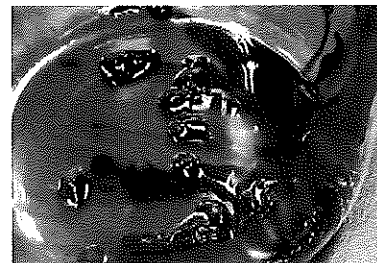
〔混合安定性不良によりアスファルテンが凝集したもの〕

海苔状のスラッジ



〔タンク底に沈殿していた海苔状のスラッジ〕

ゲル状のスラッジ



〔燃料油の温度が低下しワックス化したゲル状のスラッジ〕

##### 対策：

燃料油圧や清浄機の運転状態を確認するなどにより、スラッジ異常発生の兆候を早期認知。

貯蔵タンクをほぼ空にして補油する場合、ある程度の液位までは流量を下げ、沈殿スラッジを巻上げない。

HSC重油と同様に加熱し、燃料油温度を流動点に近づけない。

# 本日の内容

---

1. はじめに  
SOx規制の概要
2. これからの船用燃料油  
SOx規制適合油の性状特徴
3. 2020年に向けて  
SOx規制適合油使用への対応策
4. 使用実例①  
国内のSOx規制適合油による実船トライアル
5. 使用実例②  
輸入したSOx規制適合油による実船トライアル
6. まとめ

20

## 4. 使用実例① 国内のSOx規制適合油による実船トライアル

---

### [概要]

規制対応を想定し、実際の内航船で、HSC重油からLSC重油へ燃料を切替え、運航

### [実績]

- 国内石油元売3社のLSC重油を使用
- 499～14,000GT級の貨物船・フェリーなど全12隻で実施
- エンジンメーカーは11社

21

# 4. 使用実例① 国内のSOx規制適合油による実船トライアル

## 使用したLSC重油の性状

	第1回トライアル		第2回トライアル		第3回トライアル	
	製油所出し <sup>※1</sup>	補油時 <sup>※2</sup>	製油所出し <sup>※1</sup>	補油時 <sup>※2</sup>	製油所出し <sup>※1</sup>	補油時 <sup>※2</sup>
硫黄分(質量%)	0.26	0.30~0.38	0.43	0.42~0.43	0.3	0.29~0.30
動粘度(cSt)	27.1	27~30	17.1	17~18	42	40~41
流動点(℃)	-22.5	-	-5	-	12.5	
CCAI	822	821~825	837	838~839	819	819~820
総発熱量(MJ/kg)	44.55	-	44.38	-	44.47	-
密度(g/cm <sup>3</sup> )	0.9247	0.926~0.928	0.9326	0.934	0.9295	0.930
引火点(℃)	108	-	99	-	95	-
残炭(質量%)	2.9	-	2.1	-	2.88	-
灰分(質量%)	0.003	-	0.004	-	0.011	-
動粘度-温度線図	-	スライド9 LSC9参照	-	スライド9 LSC10参照	-	スライド9 LSC11参照
密度-温度線図	-	スライド10 LSC9参照	-	スライド10 LSC10参照	-	スライド10 LSC11参照

※1 供給者から提供された性状分析表による

※2 バンカー船のHSC残油との混合後の燃料油の性状分析結果

22

# 4. 使用実例① 国内のSOx規制適合油による実船トライアル

## トライアルを行った船舶 (1/2)

船種	第1回トライアル				第2回トライアル	
	同一バンカー船で補油				同一バンカー船で補油	
	鋼材運搬船	鋼材運搬船	鋼材運搬船	セメント運搬船	フェリー	RORO船
総トン数	749GT	499GT	499GT	749GT	約10,000GT	約14,000GT
主機関	赤阪鐵工所 A34S (4st 低速)	阪神内燃機工業 LH28 (4st 低速)	阪神内燃機工業 LA32G (4st 低速)	ヤンマー 6L21AL-SV (4st 中速)	JFEエンジニアリング 18PC2-6V (4st 中速)	川崎重工業 8L60MC-C (2st 低速)
補機関	- (A重油仕様)	- (A重油仕様)	- (A重油仕様)	- (A重油仕様)	ダイハツ 8DK-20 (4st 中速)	ヤンマー 8N21AL-GV (4st 中速)
ボイラー 又は パーナー	-	-	-	-	三浦工業 HTB-150L	三浦工業 VWH-2000
ビスコン	-	-	-	有	有	有
清浄機	有	- (清澄機)	有	有	有	有

23

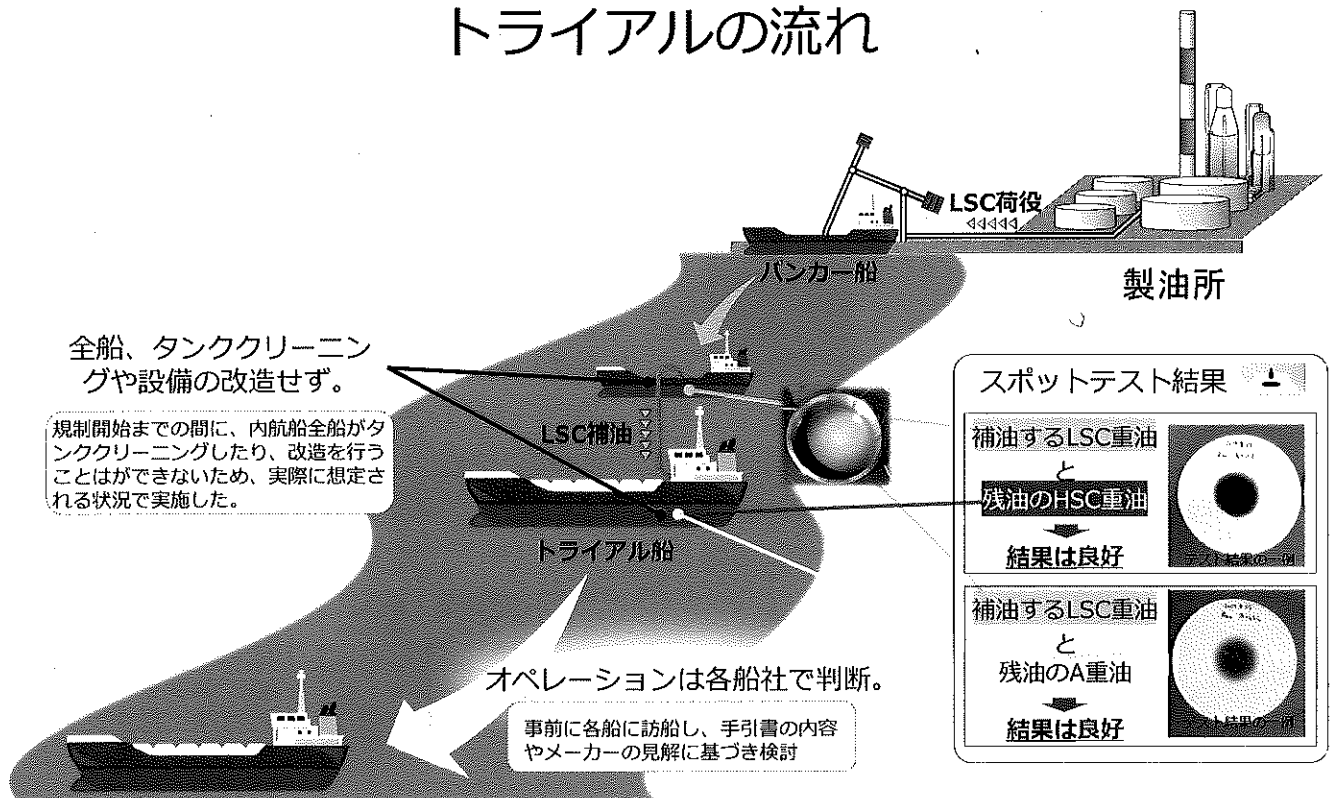
# 4. 国内のSOx規制適合油による実船トライアル

## トライアルを行った船舶 (2/2)

船種	第3回トライアル					
	同一バンカー船で補油			同一バンカー船で補油		
	旅客船	セメント運搬船	RORO船	鋼材運搬船	RORO船	LPG運搬船
総トン数	約6,000GT	約8,000GT	約11,000GT	499GT	約14,000GT	997GT
主機関	ジャパンエンジン コーポレーション 6UEC35LSE-Eco (2st 低速)	マキタ 6L35MC (2st 低速)	日立造船 9S50ME-C8.5 (2st 低速)	IHI原動機 6M31NT (4st 低速)	三井E&S 12L50MC (2st 低速)	阪神内燃機工業 LH36L (4st 低速)
補機関	ダイハツ DE623Z0037 (4st 中速)	- (A重油仕様)	ヤンマー 6EY22ALW (4st 中速)	- (A重油仕様)	ダイハツ 6DK-26 (4st 中速)	- (A重油仕様)
ボイラー 又は パーナー	三浦工業 TB-100H	サンフレム SSR-1	三浦工業 HTB-60S	-	三浦工業 HTB-80H	-
ビスコン	有	有	有	-	有	-
清浄機	有	有	有	- (清浄機)	有	- (清浄機)

# 4. 国内のSOx規制適合油による実船トライアル

## トライアルの流れ



〔 いずれの船舶においても、改造や複雑なオペレーションを実施することなく LSC重油への切替え、正常な運航が可能であることを確認。 〕

# 4. 国内のSOx規制適合油による実船トライアル

## 実船トライアルの結果概要

- 低硫黄の影響（潤滑油）：  
トライアルは短期間のためエンジンメカにより交換不要と判断。その後も影響は確認されていない。
- 密度低下の影響（清浄機）：（※1p27参照）  
調節板変更やヒーターの設定温度変更などを実施。
- 動粘度の影響（エンジン・ボイラー・燃料供給ポンプ）：（※1p28参照）  
**ビスコンが無い船舶では**、ヒーターの温度設定をHSC重油使用時から変更しなかったが、動粘度低下による燃料油ポンプの燃料油圧力低下の影響なし。その際、エンジン入口の動粘度は2cSt以上確保されており、影響無し。  
**ビスコンが有る船舶では**、粘度調整装置（ビスコン）を低動粘度のLSC重油に対して機能させるため、ビスコンに至るまでの各ヒーターの設定温度を下げた結果、動粘度が従来程度に維持されていた。
- スラッジ発生：  
補油するLSC重油と、本船タンク内のHSC重油及びA重油をそれぞれ混合し、スポットテストを行ったところ、いずれも安定性が確保されていることを確認。運航中も混合によるスラッジ発生などの異常はなかった。
- 硫黄分濃度：（※1p29,30参照）  
各船舶の燃料油貯蔵タンク内では、高硫黄C重油の残油とLSC重油がほぼ均一に混合された。

26

# 4. 国内のSOx規制適合油による実船トライアル

## 清浄機の調整

### 調節板の変更※

切替え後、暫くの間はセッティングタンクのHSC残油が清浄機に流入。

低密度に対応しつつ、HSC重油の密度にも対応できる調節板を選択。

運航中

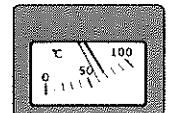
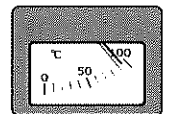


### ヒーター設定温度の変更

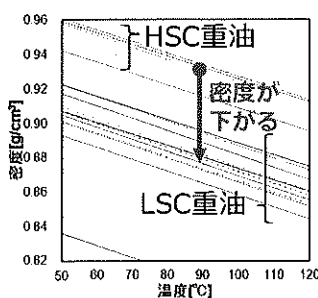
各ヒーターの設定温度を下げると、清浄機入口の燃料油密度が上がる。

密度上昇を踏まえ、調節板を必要に応じ変更。

運航中

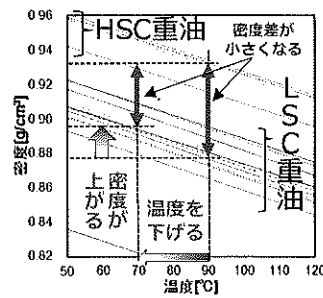


運航中は、清浄システム内の残油を通液して異常流出が起こらないことや、定期的にサービスタンクのドレン切りを行い、重液（分離水）が流入していないことを確認。



ポイント

LSC重油はHSC重油の密度に比べ低下することが確認されている。（但し、A重油程ではない。）



ポイント

低密度のLSC重油でも、温度を下げることでHSC重油との密度差を小さくできる。

※ 清浄機（クラリファイヤ）が搭載されている船舶は調節板が無く、調整は行わなかった。

27

# 4. 国内のSOx規制適合油による実船トライアル

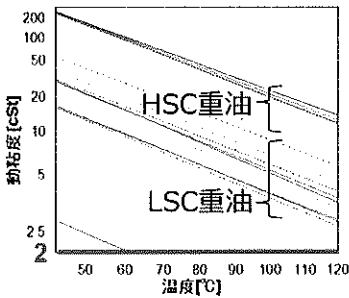
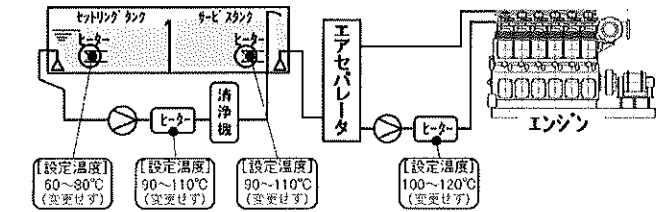
使用実例①

## 設定温度の調整

### ビスコンが無い船舶

船上の設備で動粘度を計測出来ず、燃料油が切替わりが確認出来ない。

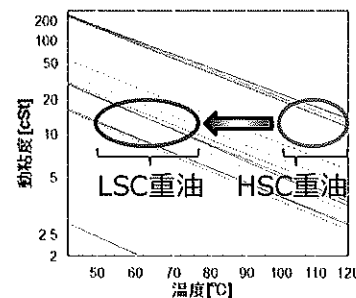
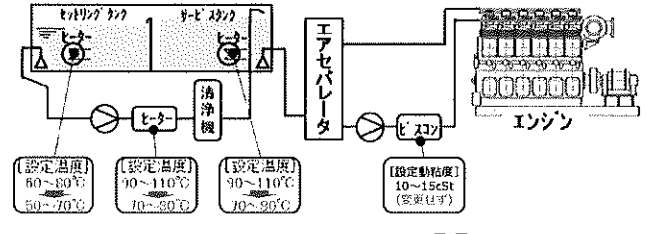
このため、LSC重油が、HSC重油使用時と同じエンジン入口温度（100-120度）に加熱しても、エンジンの許容動粘度であることから、設定温度は変更しなかった。※1。



**ポイント**  
低動粘度のLSC重油を120度まで加熱してもエンジンメーカーの許容範囲(2cSt以上)にある。

### ビスコンが有る船舶

ビスコンには動粘度を上げる（温度を下げる）機能は無いので、ビスコンを正常に機能させるには、ビスコン入口で、設定より高め動粘度（低めの温度）にしておく必要がある。このため、ビスコンに至るまでの各ヒータの設定温度を下げた。



**ポイント**  
エンジン入口の動粘度をHSC重油と同程度にするためには、低動粘度のLSC重油はHSC重油よりも温度を低くする必要があります。

※1 粘度計により、動粘度を確認しながら手動で加熱温度を下げた船も一部あり（スライド31参照）。

※2 トライアルで使用したLSC重油の動粘度（50℃）：17～42cSt

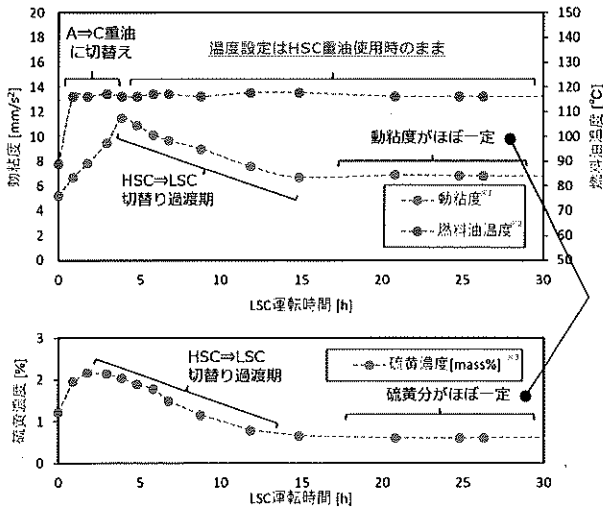
# 4. 国内のSOx規制適合油による実船トライアル

使用実例①

## 採取した燃料油の計測結果

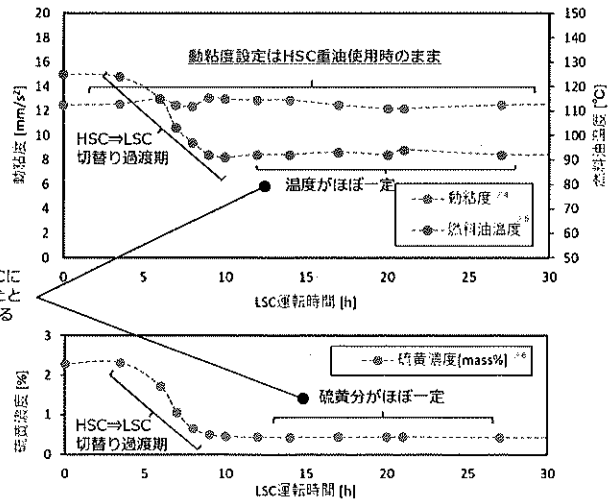
(エンジンの燃料供給ラインから採取)

### ビスコン無い場合の性状の推移例 (温度調整装置により温度を一定に調整)



※1 動粘度：エンジンの燃料供給ラインから採取したサンプルの動粘度計測値から、エンジン入口温度における動粘度を推計。  
 ※2 燃料油温度：エンジン入口の燃料油温度。  
 ※3 硫黄濃度：エンジンの燃料供給ラインから採取したサンプルの硫黄分濃度。

### ビスコンが有る場合の性状の推移例 (粘度調整装置により動粘度を一定に調整)



※4 動粘度：エンジン入口の動粘度（ビスコンによる計測値）。  
 ※5 燃料油温度：エンジン入口の燃料油温度（ビスコンによる計測値）。  
 ※6 硫黄濃度：エンジンの燃料供給ラインから採取したサンプルの硫黄分濃度。

硫黄分の変化に動粘度が追従 ⇒ 動粘度や温度が一定になると燃料が切替わったといえる。

# 4. 国内のSOx規制適合油による実船トライアル

使用実例①

## 採取した燃料油の計測結果

(バンカー船のLSC重油、トライアル船のタンク内のHSC残油、エンジンの燃料供給ラインから採取)

船名	残油 (HSC重油)			+	補油 (LSC重油)			⇒	混合後の硫黄分濃度* (計測値)		
	油量	硫黄分	密度(15℃)		油量	硫黄分	密度(15℃)		硫黄分濃度*	硫黄分	密度(15℃)
A 船	3.74 kL	1.44 %	0.947 g/cm <sup>3</sup>		41.40 kL	0.30 %	0.927 g/cm <sup>3</sup>		0.46 %		( 推計値 : 0.40 % )
B 船	0.33 kL	2.36 %	0.961 g/cm <sup>3</sup>		30.00 kL	0.39 %	0.928 g/cm <sup>3</sup>		0.36 %		( 推計値 : 0.41 % )
C 船	0.50 kL	2.50 %	0.975 g/cm <sup>3</sup>		40.00 kL	0.36 %	0.928 g/cm <sup>3</sup>		0.36 %		( 推計値 : 0.39 % )
D 船	10.00 kL	1.61 %	0.980 g/cm <sup>3</sup>		40.00 kL	0.37 %	0.928 g/cm <sup>3</sup>		0.63 %		( 推計値 : 0.63 % )
E 船	3.00 kL	1.87 %	0.960 g/cm <sup>3</sup>		200.00 kL	0.43 %	0.934 g/cm <sup>3</sup>		0.44 %		( 推計値 : 0.45 % )
F 船	5.00 kL	2.46 %	0.956 g/cm <sup>3</sup>		150.00 kL	0.43 %	0.934 g/cm <sup>3</sup>		0.52 %		( 推計値 : 0.50 % )
G 船	6.12 kL	2.31 %	0.975 g/cm <sup>3</sup>		40.00 kL	0.30 %	0.931 g/cm <sup>3</sup>		0.55 %		( 推計値 : 0.58 % )
H 船	10.80 kL	2.67 %	0.976 g/cm <sup>3</sup>		210.00 kL	0.30 %	0.931 g/cm <sup>3</sup>		0.37 %		( 推計値 : 0.42 % )
I 船	4.80 kL	2.32 %	0.985 g/cm <sup>3</sup>		40.00 kL	0.31 %	0.931 g/cm <sup>3</sup>		0.48 %		( 推計値 : 0.53 % )
J 船	2.70 kL	1.62 %	0.948 g/cm <sup>3</sup>		80.00 kL	0.29 %	0.931 g/cm <sup>3</sup>		0.35 %		( 推計値 : 0.34 % )
K 船	3.50 kL	1.74 %	0.967 g/cm <sup>3</sup>		50.00 kL	0.29 %	0.931 g/cm <sup>3</sup>		0.35 %		( 推計値 : 0.39 % )
L 船	14.12 kL	2.25 %	0.969 g/cm <sup>3</sup>		163.00 kL	0.29 %	0.931 g/cm <sup>3</sup>		0.44 %		( 推計値 : 0.45 % )

\* 燃料切替後、性状がほぼ一定となった段階での燃料油

$$\text{推計式} : \text{硫黄分(質量\%)} = \frac{(\text{残油硫黄分}) \times (\text{残油密度}) \times (\text{残油量}) + (\text{補油硫黄分}) \times (\text{補油密度}) \times (\text{補油量})}{(\text{残油密度}) \times (\text{残油量}) + (\text{補油密度}) \times (\text{補油量})}$$

切替った燃料油の硫黄分濃度 (性状がほぼ一定となった段階で採取した燃料油)  $\approx$  推計した硫黄分濃度 (硫黄分・密度・油量から均一に混合した状態の硫黄分濃度を推計)

(残油(HSC重油)):(補油(LSC重油)) = 10kL:40kLの船舶も、LSC使用期間中にほぼ推計値に切替っており、各船舶の燃料油貯蔵タンク内でHSC残油とLSC重油がほぼ均一に混合したと考えられる。

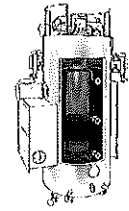
30

# 4. 国内のSOx規制適合油による実船トライアル

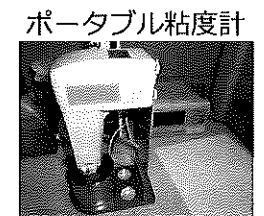
使用実例①

## その他

- ボイラーでのLSC重油燃焼 :
  - ・ 従来のHSC重油と同様に燃焼できることを確認。
  - ・ 燃料油を所定の動粘度まで加熱する必要があるため、ボイラーの燃料油ヒーターの設定温度を約80~100℃とした。
- ビスコンのない船で動粘度の変化を確認する方法 :
  - ・ 切替時に動粘度の変化を参考として確認しておきたいという場合<sup>※1</sup>には、ポータブル粘度計や粘度カップが有効。
  - ・ 船上で燃料油を採取し、その粘度を計測・測定することで、燃料油が切替わるまでの変化を確認できる。
    - ⇒ 今回、これらにより切替え状況を確認した船舶あり。
    - ⇒ 更に、ポータブル粘度計を用いた場合には、エンジン入口の動粘度をHSC重油使用時からなるべく変わらないようにするため、計測値から動粘度を推定<sup>※2</sup>しながら、手動で加熱温度を調整した船舶もあり。



粘度カップ  
カップ内の液体が下部の穴から落ちきるまでの時間により粘度を推計する機器



ポータブル粘度計  
液体中で振動子を振動させ、振動子の粘性抵抗から粘度を推計する機器

※1 計測を行わなくともLSC重油への燃料切替は可能であることが、実船トライアルで確認された。  
 ※2 [動粘度(cSt)]=[粘度(cP)]/[密度(g/cm<sup>3</sup>)]であり、粘度は計測値、密度はスライド10の密度-温度線図を用いて推定した。

31



1. はじめに  
SOx規制の概要
2. これからの船用燃料油  
SOx規制適合油の性状特徴
3. 2020年に向けて  
SOx規制適合油使用への対応策
4. 使用実例①  
国内のSOx規制適合油による実船トライアル
5. 使用実例②  
輸入したSOx規制適合油による実船トライアル
6. まとめ

32

## 5. 使用実例② 輸入した規制適合油による実船トライアル事業

- 海外の規制適合油の輸入及び内航船への供給・使用の可能性を検証するため、海外で生産された規制適合油を国内へ輸入し、内航船で使用するトライアルを実施
- その結果、海外の規制適合油の内航船までの供給と内航船における高硫黄C重油からの円滑な燃料切替、正常な運航を問題なく行うことができた

### 事業の概要

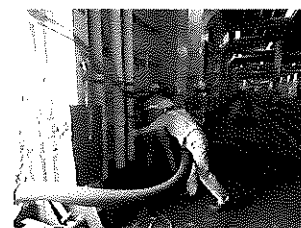
- 国内の商社が韓国より規制適合油を輸入・通関の上、バンカー船から内航船に補油
- 補油を受けた内航船は、北海道から西日本までを含む航路で実運航
- 実施船舶：①フェリー（16,000Gt級、主機：三菱重工（4st））、②タンカー（850Gt、主機：阪神内燃機（4st））  
③RORO船（17,000Gt級、主機：日立造船（2st））
- 輸入した規制適合油の性状：

硫黄分(質量%)	動粘度@50°C(cSt)	流動点(°C)	密度@15°C(g/cm <sup>3</sup> )
0.32	15.3	-35.0以下	0.9293

- 国土交通省、日本内航海運組合総連合会、(国研)海上・港湾・航空技術研究所 海上技術安全研究所、(株)日本海洋科学の協力事業

### 事業の結果

- 国内の商社による規制適合油の海外からの輸入及び内航船への補油を問題なく実施できた
- 補油を受けたいずれの内航船においても、改造を行うことなく、高硫黄C重油から輸入した規制適合油への円滑な切替、正常な運航を実施できた



補油の様子

33

1. はじめに  
SOx規制の概要
  2. これからの船用燃料油  
SOx規制適合油の性状特徴
  3. 2020年に向けて  
SOx規制適合油使用への対応策
  4. 使用実例①  
国内のSOx規制適合油による実船トライアル
  5. 使用実例②  
輸入したSOx規制適合油による実船トライアル
- ## 6. まとめ

## 6. まとめ (1/2)

- 海運会社、造船所、船用機器メーカー、業界団体、研究機関、検査機関からなる「船用燃料油の性状変化への対応に関する検討会」で、規制適合油（LSC重油）の性状が内航船に与える影響や対応策を検討。
- 船舶の安全や運航への影響を最小化しつつ、国内石油元売各社が安定的に供給できる燃料油について、石油業界と意見交換。

**LSC重油の性状：動粘度(50℃)：20cSt程度以上※**  
**流動点：30℃以下**

※ 石油元売事業者によって、①全量20cSt以上、②20cSt以上とするが顧客が受入可能な場合には20cSt未満も供給等、若干の差異あり。

- 実船トライアルを実施。

**混合安定性確認試験、LSC重油の実船トライアルを実施し、問題ないことを確認。**

# 6. まとめ (2/2)

## 【LSC重油の使用におけるポイント】

- ✓ **硫黄分低下の影響を抑える**  
エンジンの潤滑油（シリンダー油・トランクピストン油など）の切替え。
- ✓ **密度低下の影響を抑える：**  
清浄機について、LSC重油の密度や加熱温度に応じ、調節板の交換。
- ✓ **動粘度低下の影響を抑える：**
  - ・ LSC重油がエンジンやボイラーメーカーの許容動粘度（一部メーカーは許容温度有り）となるよう温度調整。
  - ・ 燃料油圧力の低下が著しい場合は、ポンプ入口の動粘度を上げるため燃料油の温度を下げる。
- ✓ **高流動点の影響を抑える：**  
貯蔵タンクは、従来のHSC重油のように加熱。
- ✓ **スラッジ発生の影響を抑える：**  
LSC重油への切替えの際、フィルター、ストレーナや清浄機などの状態をこまめに確認。



# JRTTのSOx規制対応



独立行政法人  
鉄道建設・運輸施設整備支援機構



## 本日本話する内容

- ➡ 1. SOx規制に対するJRTTの方針と対応
- 2. スクラバー試設計調査
  - ① 現存船におけるハイブリッド方式スクラバー設置の試設計に関する調査
  - ② 現存中型船におけるスクラバー設置の試設計に関する調査
- 3. A重油使用による内航船の省力化に関する実態調査
- 4. 適合油実船トライアルへの職員派遣等

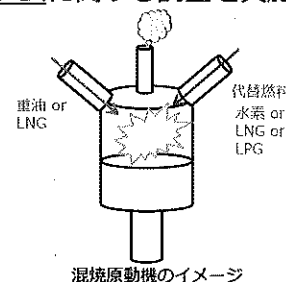


JRTT

# 1. JRTTのSOx規制対応

- SOx規制への対応手段として、①SOxスクラバー(排気ガス洗浄装置)の搭載 ②規制適合油の使用 ③LNG等代替燃料の活用 の3種類がある。
- JRTTはそれぞれについて、以下の対策を実施。

①SOxスクラバーの搭載	②規制適合油の使用	③LNG等代替燃料の活用
<p><b>実施済</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>□スクラバー搭載船(現存共有船)に対する金利軽減措置(▲0.05%)</li> <li>□1万トン級旅客船へスクラバー(オープン方式)を搭載する際の試設計調査           <ul style="list-style-type: none"> <li>→ファンネル形状の変更や貨客区域の削減なしで2週間程度の工事で設置が可能なことを確認。</li> </ul> </li> </ul> <p>□1万トン級フェリーへスクラバー(ハイブリッド方式)を搭載する際の試設計調査</p> <p>□3,000トン級フェリーへスクラバーを搭載する際の試設計調査</p>	<p><b>実施済</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>□労働環境改善船(A重油専焼船)に対する金利軽減措置(先述)</li> <li>□A重油へ転換する場合を想定したコスト分析の実施。</li> <li>□A重油へ転換する場合の労働負担軽減度合いについての調査を実施           <ul style="list-style-type: none"> <li>→主機・補機関連の整備作業時間が約半減することを確認。</li> </ul> </li> <li>□現存共有船が燃料を低硫黄C重油やA重油へ切り替える際の船内機器の改造要否を調査           <ul style="list-style-type: none"> <li>→ほとんどの船舶で支障が無いことを確認。</li> </ul> </li> </ul> <p>□低硫黄C重油(適合油)実船トライアル調査</p> <p><b>検討中</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>□燃料油の切替えに関する実証運航調査</li> </ul>	<p><b>実施済</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>□LNG燃料船に対する金利軽減措置(▲0.3%)</li> </ul> <p><b>実施中</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>□代替燃料を活用した常時混焼原動機システムに関する調査を実施中。</li> </ul>



共通 SOx 規制強化対策相談窓口の設置



045-222-9124  
技術企画課(阿部)

3



JRTT

## 本日本話する内容

### 1. SOx規制に対するJRTTの方針と対応

### ➡ 2. スクラバー試設計調査

- ① 現存船におけるハイブリッド方式スクラバー設置の試設計に関する調査
- ② 現存中型船におけるスクラバー設置の試設計に関する調査

### 3. A重油使用による内航船の省力化に関する実態調査

### 4. 適合油実船トライアルへの職員派遣等

4



## 2.① 現存船におけるハイブリッド方式スクラバー設置の試設計に関する調査

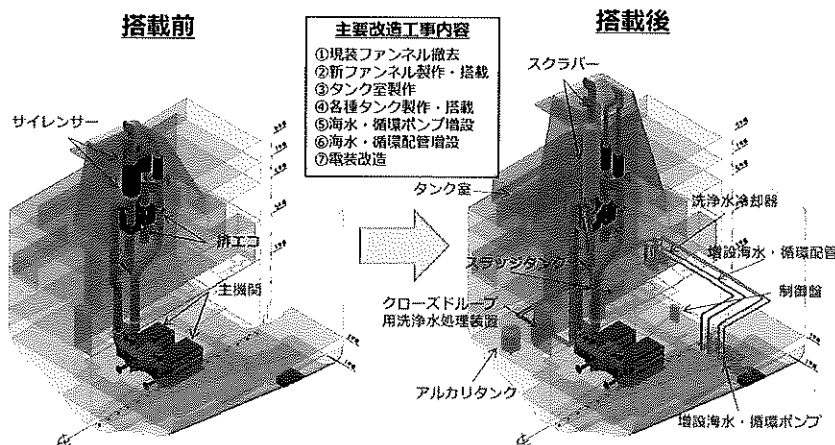
JRTT

### 調査内容:

- 大きさ1万総トンクラス主機7千kW級2機のフェリーに、インラインタイプ、ハイブリッド方式のスクラバーを搭載する事例を調査。
- 一般配置図等の設計図を作成すると共に、工期等を検討。

### 調査結果:

- ファンネルの大型化やタンク室の増設はあるが、貨客区画の削減無しで搭載可能なことを確認。
- 工期は、全体で20ヶ月。ドック工事は定期ドックでの事前工事38日で可能であることを確認。



5



## 2.② 現存中型船におけるスクラバー設置の試設計に関する調査

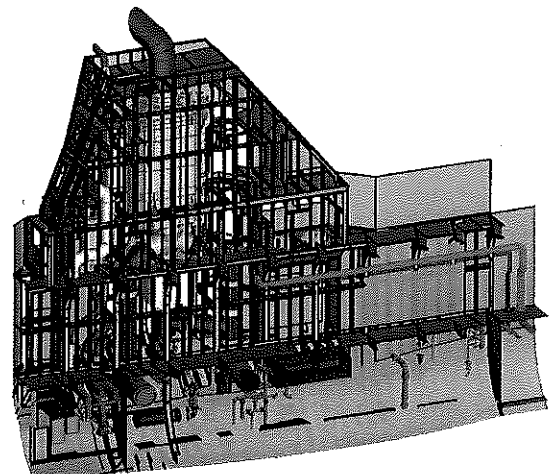
JRTT

### 調査内容:

- 大きさ3千トンクラスのフェリー（主機出力4千4百kW×2基、補機9百kW×2基）に、インラインタイプ・オープン方式のスクラバーを搭載する事例を調査。
- 一般配置図等の設計図を作成すると共に、工期等を検討。

### 調査結果:

- ファンネルは大型化するが、貨客区画の削減無しで搭載可能なことを確認。
- 工期は、全体で14ヶ月。ドック工事は定期ドックでの事前工事2週間、その後の本工事3週間、計5週間で可能であることを確認。



6

1. SOx規制に対するJRTTの方針と対応
2. スクラバー試設計調査
  - ① 現存船におけるハイブリッド方式スクラバー設置の試設計に関する調査
  - ② 現存中型船におけるスクラバー設置の試設計に関する調査
- ➡ 3. A重油使用による内航船の省力化に関する実態調査
4. 適合油実船トライアルへの職員派遣等

7

## 3. A重油使用による内航船の省力化に関する実態調査①

### 背景：内航船のSOx規制対応

- 内航現存船の場合、SOx規制対応としてLNG等の代替燃料を活用することは困難(機関等の換装が必要)。
- 内航船の大半は小型であり、排気ガス清浄装置(スクラバー)搭載スペースを確保できない。
- 以上から、低硫黄C重油の需要次第であるが、**A重油への転換も有効な手段。**
- A重油への転換により機器の整備時間等が短縮され、船員の労働環境改善が可能。

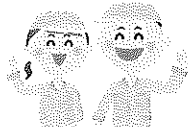
### A重油転換にあたっての要検討事項

転換時の機関改造有無



メーカーヒアリングを実施

転換前後の船内作業の変化



本調査で検討

転換による費用増減



コスト分析を実施

### 調査内容

各乗組員毎の作業時間（航海当直、機関当直、事務作業、保守整備作業、荷役作業、その他作業）、**機関部保守整備作業の詳細**（各保守作業の実施頻度・所要時間）、主機運転時間

**A重油専焼船のメリットを把握し、普及促進を図る。**

8





### 3. A重油使用による内航船の省力化に関する実態調査②

JRTT

#### 【調査項目】

##### 1. 主機関係作業

- (1) 燃料油配管ストレーナ掃除時間
- (2) 燃料油清浄機関連機器整備時間
- (3) 潤滑油ライン系関連機器整備時間
- (4) 潤滑油清浄機関連機器整備時間
- (5) スラッジ陸揚げ時間
- (6) 過給機整備時間
- (7) その他主機関連整備時間 (冷却水、クーラー、冷却海水、EXPタンク、エンジン整備など)

##### 2. 補機関係作業

- (1) 発電機関係作業時間
- (2) ボイラー整備時間
- (3) バッテリー関係整備時間
- (4) その他補機関連整備時間 (船尾管、エアコン、操舵装置、スラスター、バラストポンプ、清掃など)

##### 3. 主機運転時間

#### 【比較方法】

- ・主機運転時間の増加により、機器の整備頻度の増加が予想されるため、他船との比較にあたり、次式により、主機運転時間あたりの作業時間 (%) に規格化
- ・各船の主機運転時間は約2,500~5,000h/年。平均で約3,700h/年 (310h/月)
- ・A重油使用船とC重油使用船の平成30年1月~9月の当該作業時間の総計を比較

$$\text{データ (規格化後)} = \frac{\text{データ (規格化前)}}{\text{当該船舶の当該月主機運転時間}} \times 100 \quad (\%)$$

9



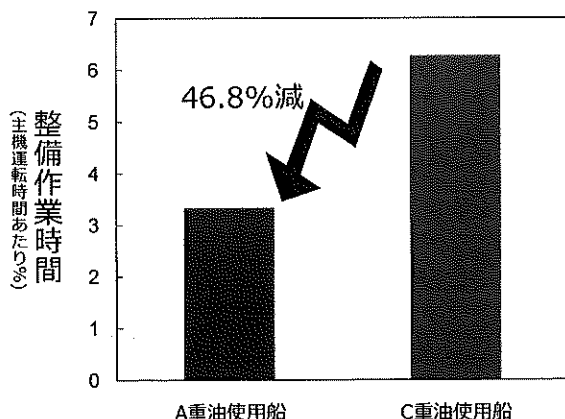
### 3. A重油使用による内航船の省力化に関する実態調査③

JRTT

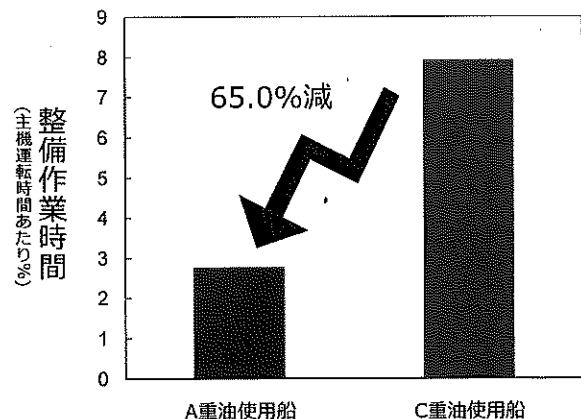
#### 結果概要(総論)

- A重油使用船は、C重油使用船と比べて **主機関連で46.8%** 機関部機器整備作業が少ない。 **補機関連で65.0%**
- A重油の使用は作業時間だけではなく、作業の質的な面での負担軽減にも繋がる。
  - ✓ 清浄機の整備やスラッジの廃棄作業が必要。こうした作業は難易度が高いだけではなく、典型的な「汚れ仕事」
  - ✓ ボイラー整備は専用の資格が設けられるほど難しく専門的な作業。

#### 【主機関連の整備作業時間の比較】



#### 【補機関連の整備作業時間の比較】



10



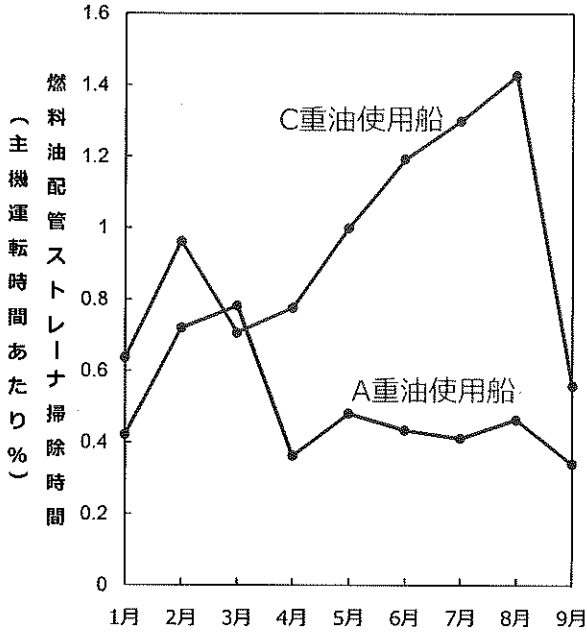
### 3. A重油使用による内航船の省力化に関する実態調査④

JRTT

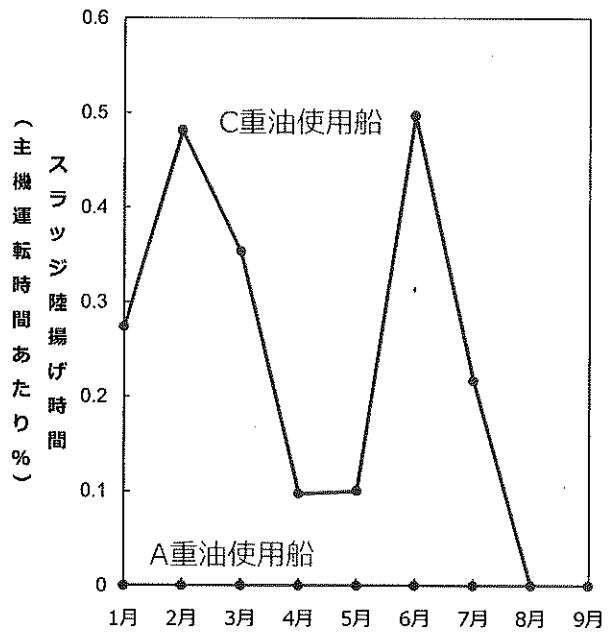
#### 結果概要(各論)

主機関連の個別の作業時間の相違について、燃料油配管ストレーナ掃除時間、スラッジ陸揚時間を例に示す。

【燃料油配管ストレーナ掃除時間】



【スラッジ陸揚時間の比較】



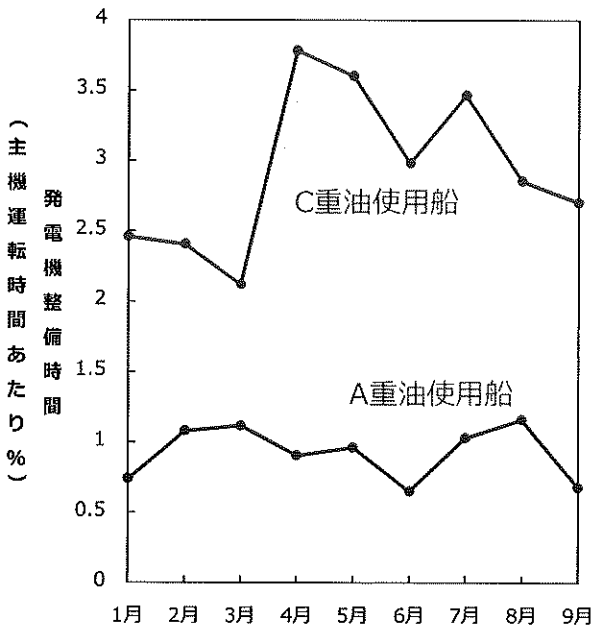
### 3. A重油使用による内航船の省力化に関する実態調査⑤

JRTT

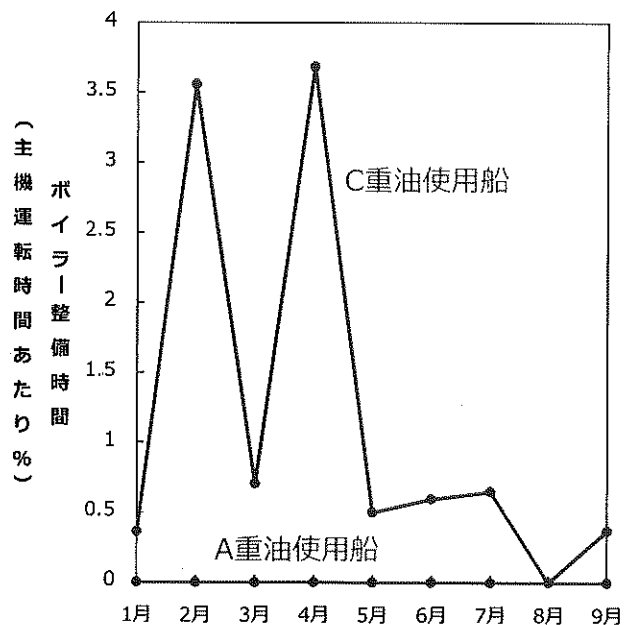
#### 結果概要(各論)

補機関連の個別の作業時間の相違について、発電機整備時間、ボイラー整備時間を例に示す。

【発電機整備時間】



【ボイラー整備時間】





### 3. A重油使用による内航船の省力化に関する実態調査⑥

JRTT

#### 今後の課題

- ・本調査で機関保守整備作業時間を大幅に低減できることが確認できた一方、乗組員の船内作業時間全体に占める機関保守整備作業時間はそれほど大きくないことも判明。
- ・更に、下記の点などに検討の余地あり。
  - －船内作業全体の中で大きな割合を占める機関当直におけるA重油船とC重油船での作業時間の違い。
  - －単純に時間では計れない作業の質の面での改善をどの様に明確にするか など
- ・引き続き、現在C重油で運航している実際の内航船において、A重油に切替えて運航を行い、その前後で実際にどの程度作業に差がでるのかを調査するなど、追加調査の実施に向け検討中。

13



JRTT

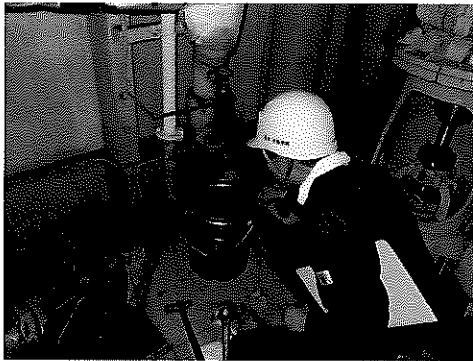
## 本日お話しする内容

1. SOx規制に対するJRTTの方針と対応
2. スクラバー試設計調査
  - ① 現存船におけるハイブリッド方式スクラバー設置の試設計に関する調査
  - ② 現存中型船におけるスクラバー設置の試設計に関する調査
3. A重油使用による内航船の省力化に関する実態調査
- ➡ 4. 適合油実船トライアルへの職員派遣等

14

## 4. 適合油実船トライアルへの職員派遣等

- 本年6月末から9月にかけて国交省が規制適合油を用いた実船トライアル運航を実施。総トン数499～10,000トン超の計12隻の内航船で問題なく燃料切替・運航を行うことができた。
- また、得られた知見を周知するため、規制適合油の使用に関する手引書を改訂。
- JRTTも技術部門のスタッフを派遣し、問題なく燃料切替・運航を行うことができたことを直接確認。
- 国交省及び経産省がA重油専焼船へ改造するための経費補助の公募を実施。（～令和元年10月31日）。
- こうしたSOx規制関連情報については、JRTTからも積極的に共有船主への情報提供を実施。



ストレーナーの状態を確認するJRTT職員



燃料油の粘度計測の様子

15

For your reference

# 参考資料

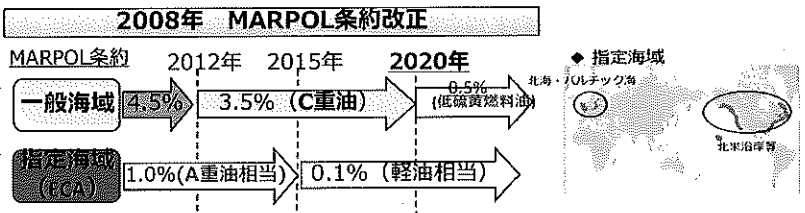


# 【参考】2020 SOx規制強化の概要

JRTT

## SOx規制強化の概要

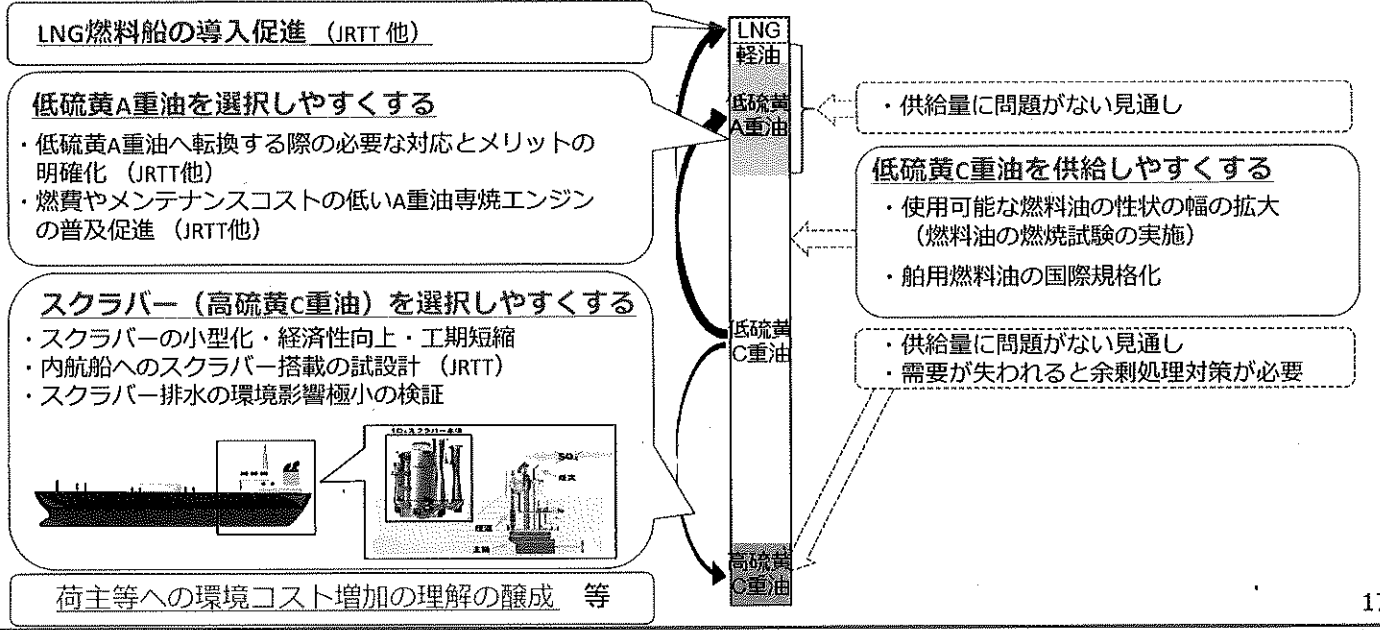
国際海事機関（IMO）において、2008年の海洋汚染防止条約の改正により、船用燃料油中の硫黄分濃度規制が3.5%以下から0.5%以下へ2020年より全世界的に強化が決定。



### 需要サイド

### 対策の方向性 (国土交通省資料を基に作成)

### 供給サイド



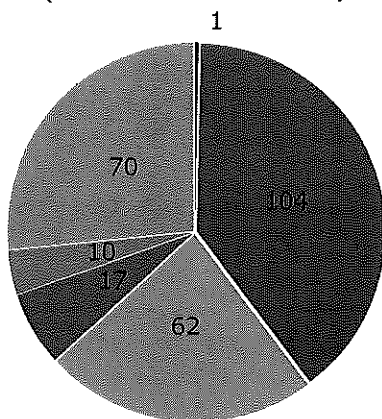
# 【参考】SOx規制に対するJRTTの方針

JRTT

「低硫黄C重油から他の燃料へ需要を分散させ、燃料油の需要・価格の安定化を図る」という基本的な方向性に従って対策を進めるにあたっては、小型船にはA重油への転換を、また、フェリー等大型船にはスクラバーの設置を促進することが現実的かつ有効。

### 共有船の総トン数別隻数

(平成30年3月31日時点)



総トン数 C重油船の比率\*

- 199以下 11%
- 200~499 83%
- 500~749 97%
- 750~999 97%
- 1000~2999 97%

### 【小型船】

- スペースの関係上スクラバーの設置は困難。
- 大型船よりも船員不足は一層深刻。
- 事業者には低硫黄C重油に見切りをつけてA重油への転換の機運あり。
- 荷主⇒オペ⇒船主というピラミッド構造の中、船主が自主的にA重油を選択するのは困難。

#### (JRTTの施策)

- 労働環境改善船 (A重油専焼船) の普及のための金利優遇
- A重油への転換を促すための調査・分析
- 個別にオペ、荷主への働きかけ
- 燃料費上昇の影響を緩和するための省エネの促進 (省エネ船型群の普及、省エネ格付けとの連携)

### 【フェリー等大型船】

- 燃料消費が多く、燃料費の影響が特に大。
- フェリー等は陸上との競争等のため、荷主からの燃料費上昇分の回収が容易でない。
- スペース的にスクラバー選択の余地あり。
- フェリーは船主＝運航者であり、スクラバー設置の判断を自らが行える。
- 低硫黄C重油の今後の価格によっては、スクラバー選択が誤判断となるリスクがある。
- 低硫黄C重油の価格を抑える効果により、直接スクラバーを設置しない小型船にも裨益。

#### (JRTTの施策)

- スクラバー搭載に係る情報提供のための試設計調査
- 現存船へのスクラバー普及のための金利優遇

\*「C重油船の比率」は最近6年間に建造された共有船のうちC重油船が占める割合。



# 【参考】LNG燃料船・バンカリング船の状況（内航）

JRTT

**現状** 内航船のLNG燃料化については未だ課題も多いが、今後、LNG燃料船市場の拡大が見込まれる中、政府は補助金事業、基準整備等を通じて我が国におけるLNG燃料船の普及を推進。

**課題** バンカリングのインフラが十分に整備されていない。  
単位体積あたりの熱量が低いLNGは重油に比べ2倍近いタンク容量が必要であり、貨物の積載量が制限される

**タグボート**

既に2隻が就航中。

2015年竣工

✓ 第1船 「魁」 全長：37.20m 型深さ：4.40m 横濱・川崎港で運航 エンジン：新潟原動機製  
全幅：10.20m 総トン数：272トン 日本郵船が所有 燃料はローリーより供給

2019.2竣工

✓ 第2船 「いしん」 建造（金川造船） 大阪港で運航 エンジン：ヤンマー製  
商船三井が所有 燃料はローリーより供給

**LNGバンカー船**

港湾局の補助金を契機として2隻の建造計画が進展中

✓ 東京湾  
〔主 体〕 エコバンカー SHIPPING 2018.6 港湾局補助事業採択 2020年度竣工  
〔出資者〕 上野トランステック、住友商事、福岡造船で建造 ハンカー油  
横濱川崎国際港湾株式会社（YKIP）（契約はJMU） LNG供給  
〔特 徴〕 ・LNGと重油の両方を供給できるバンカー船として  
はアジア初 2019.2 JMUと契約 2019.6 共有船建造決定

✓ 伊勢湾、三河湾  
〔主 体〕 セントラルLNG SHIPPING（CLS） 2018.6 港湾局補助事業採択 2020.9～12竣工  
〔出資者〕 日本郵船、川崎汽船、中部電力、豊田通商 KHIで建造 LNG供給  
〔特 徴〕 ・エンジン：ディーゼル 2018.7 KHIと契約  
・トヨタ自動車向PCCに供給（外航PCCの項参照）

**その他**

【フェリー】 荷主であるガス会社等が船舶燃料への需要拡大を狙って働きかけるも、安全運航の観点や、重油価格下落などの理由から、具体的な計画には至っていない。

【貨物船】  
✓ 商船三井内航、協同海運、テクノ中部  
・国土交通省及び環境省の「平成30年度代替燃料活用による船舶からのCO2排出削減対策モデル事業」の補助を受け「LNG燃料船の実運航のDFモード稼働域拡大によるCO2排出削減の最大化を図る技術実証」を実施。

9



# 【参考】SOx 規制強化対策相談窓口の設置

JRTT

◆ 支援体制の明確化・充実化のため、相談窓口を設置し、スムーズな移行を支援  
([https://www.jrtt.go.jp/02Business/Vessel/vessel-SOx\\_Consult.html](https://www.jrtt.go.jp/02Business/Vessel/vessel-SOx_Consult.html))

<p>鉄道・運輸機構では、共有船主によるSOx規制強化対策の支援のため、今般、「SOx規制強化対策相談窓口」を設置しました。</p> <p>2020年1月1日から強化される船舶のSOx規制に関しては、国土交通省海事局から規制適合船用燃料油使用手引書が公表(<a href="http://www.mlit.go.jp/report/press/kaiji07_hh_000123.html">http://www.mlit.go.jp/report/press/kaiji07_hh_000123.html</a>)されるなど、種々の対策が本格化しているところですが、当機構においては、既存の共有船舶において燃料をC重油から低硫黄C重油※へ切り替える際にエンジン等の改造が必要か否かを各エンジンメーカーから聴取した結果、ほぼ改造なしに対応が可能との見通しを得ました（詳細は別添「2. 低硫黄C重油への転換について」参照）。</p> <p>※ 低硫黄C重油は動粘度20cSt(⑤50℃)以上、流動点30℃以下のものを想定。</p> <p>また、この機会に併せて、労働負荷の軽減が図れるA重油への転換を促進するため低硫黄A重油へ切り替えた場合についても同様の調査を行った結果、ほとんどの船舶で支障が無いことが確認できましたが、特定のメーカーの旧式又は限定された機種を搭載している一部の船舶には、長期間使用した場合に部品交換等が必要となるものがあることも確認できました（詳細は別添「3. 低硫黄A重油への転換について」参照）。実際にA重油への切替を行う場合には注意が必要です。</p> <p>これら調査結果の周知とともに、改造が必要となるケース等において共有船主の個別にご相談に対応するため、今般、下記の相談窓口を設置いたしましたので、お知らせいたします。ご質問、ご相談等あればお気軽にご連絡下さい。</p> <p>機構では、SOx規制強化に対して共有船主の皆様が円滑な規制対応ができるよう、一層の支援の充実に努めて参ります。</p> <p>＜共有船舶建造支援部SOx規制強化対策相談窓口＞ TEL: 045-222-9124（技術企画課）</p>	<p style="text-align: right;">別添</p> <p style="text-align: center;">共有船に搭載されている主機メーカーへの聴取結果</p> <p>1. 調査対象としたエンジンメーカー C重油を燃料油とする共有船の主機メーカー12社を対象、そのうち回答が得られたのは、以下の11社（残りの1社は共有船主に直接対応するとの回答）。</p> <p>阪神内燃機工業(株)、ヤンマー(株)、(株)赤飯撞工所、新潟原動機(株)、ダイハツ(株)、JFEエンジニアリング(株)、(株)マキタ、(株)三井E&amp;Sマシナリー、日立造船(株)、(株)ジャパンエンジンコーポレーション、(株)ディーゼルユナイテッド。</p> <p>2. 低硫黄C重油への転換について 現在想定されている性状(動粘度20cSt(⑤50℃)以上、流動点30℃以下)であれば、いずれの社も改造は不要との回答。ただし、一部のメーカーが長期間の使用に備えた対策としてドック入れ等のタイミングで部品交換(燃料噴射ポンプのブラッシュアップ等)を推奨。</p> <p>また、使用に当たっては、エンジン入口での動粘度(下限は20cSt以上)を確保するため適切な温度管理を要求するとともに、潤滑油に関しても適切なTBN(アルカリ値)の潤滑油の使用を推奨。</p> <p>3. 低硫黄A重油への転換について ダイハツ及びヤンマーの一部のエンジンには、長期間の使用に備えた対策として燃料噴射ノズル等の交換が必要となる場合がある。</p> <p>該当する船舶の共有船主には既にそれぞれメーカーから個別に説明済みとのことであるが、機構からも個別に注意喚起の連絡を行う。</p> <p>その他のメーカーは改造不要との回答。ただし、低硫黄C重油へ転換する場合と同様、ドック入れ等のタイミングでの部品交換、燃料油の適切な温度管理及び適切なTBNの潤滑油の使用を推奨。</p>
---	---

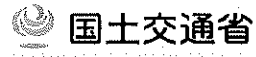
# 内航船省エネルギー格付制度本格運用について

## 海事局 海洋・環境政策課



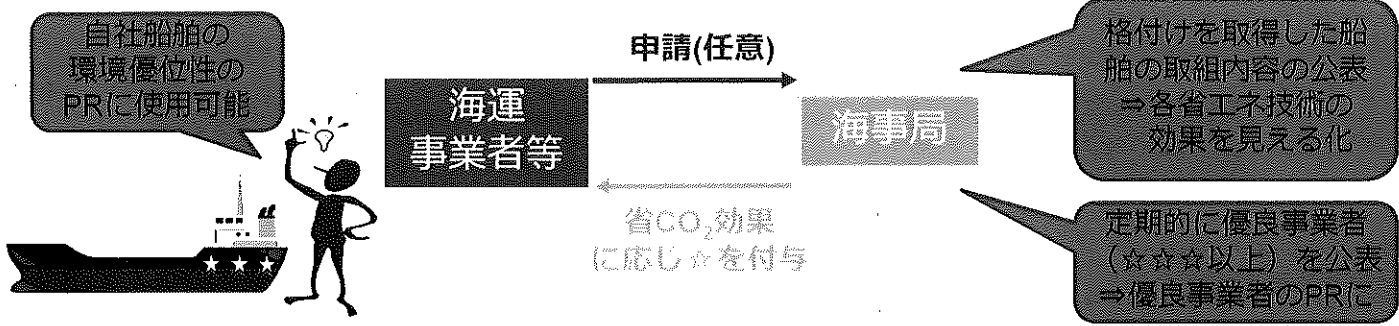
Ocean Development and Environment Policy Division, Maritime Bureau, Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism

### 内航船「省エネ格付け」制度(暫定運用)の概要



地球温暖化対策計画における内航海運のCO<sub>2</sub>排出量削減目標（2030年度において、2013年度比157万トン削減）の達成に向け、企画・設計段階で革新的省エネ・省CO<sub>2</sub>技術（ハード対策）と運航・配船の効率化（ソフト対策）の効果を「見える化」する内航船「省エネ格付」制度（☆を付与）を平成29年7月より暫定的に開始。令和元年9月末時点で28隻の船舶を格付け。

- ✓ 各省エネ・省CO<sub>2</sub>技術の効果が把握でき、内航海運事業者の省エネ・省CO<sub>2</sub>投資を促進
- ✓ 環境対策に関心のある荷主や消費者へのPRが可能に



ハード対策 (H)				ソフト対策 (S)			
0%超過5% 未満 ★	5%以上10% 未満 ★★	10%以上15% 未満 ★★★	15%以上 ★★★★	0%超過1% 未満 ★	1%以上3% 未満 ★★	3%以上5%未 満 ★★★	5%以上 ★★★★
ハード対策及びソフト対策(H&S)							
0%超過5% 未満 ☆	5%以上10% 未満 ☆☆☆	10%以上15% 未満 ☆☆☆	15%以上 ☆☆☆☆				

ハード対策の計算方法		499GT貨物船、749GT貨物船 5000kl積みタンカー (比較するために用いる統一的なEEDI <sup>注</sup> 値あり)	左記以外の船舶 (統一的なEEDI値がないため、 個別に比較対象船*を設定)
新造船	統一的な指標値を用いた絶対比較	EEDIに準じた評価値を用いて計算 ※速力は、建造契約時の保証速力を使用	CO <sub>2</sub> 排出量の推計値を用いて計算 速力は、建造契約時の保証速力を使用
(改造)既存船		EEDIに準じた評価値を用いて計算 ※速力は、改造契約時の保証速力を使用	CO <sub>2</sub> 排出量の推計値を用いて計算 速力は、改造契約時の保証速力を使用
既存船		CO <sub>2</sub> 排出量の実績値を用いて計算	CO <sub>2</sub> 排出量の実績値を用いて計算

\*比較対象船は1990～2010年に建造された船舶

注 EEDI (Energy Efficiency Design Index) : 新造船のCO<sub>2</sub>排出量を設計建造段階において「一定条件下で1トンの貨物を1マイル運ぶのに排出すると見積もられるCO<sub>2</sub>グラム数」とした指標(国際海事機関(IMO)で実施されている、国際海運を対象とした新造船のCO<sub>2</sub>排出性能規制(EEDI規制)にて使用)

$$EEDI (g/ton \cdot mile) = \frac{\text{単位時間あたりのCO}_2\text{排出量}}{\text{(載貨重量(トン)} \times \text{保証速力})}$$

ソフト対策の計算方法

各メーカーのカatalog値等を採用

内航船省エネルギー格付制度本格運用に向けた検討

暫定制度の課題

- ✓ ハード対策の評価方法としてEEDIに準じた評価方式、CO<sub>2</sub>排出量の推計値・実績値を活用する実燃費方式が混在している。
- ✓ 実燃費方式では選定された比較対象船によってCO<sub>2</sub>排出削減効果が異なる。

より客観性・公平性が確保された指標の検討が必要

検討内容

ハード対策の評価方法として、EEDI方式を参考に内航船の統一的な指標を検討(ソフト対策の評価方法は引き続き検討中)



- 船舶が1マイル航行するために排出する単位排水量トン当たりの二酸化炭素の排出量を意味する『EENI (Energy Efficiency Navigational Indicator)』によって船舶の環境性能を評価する。
- EENIの計算は、①建造仕様書の値、②水槽試験結果、③海上試運転結果、④実運航試験結果のいずれかを用いて行う。

【EENI計算式】

$$EENI = \frac{CF_{ME} \cdot P_{ME} \cdot SFC_{ME} - f_{effME} \cdot CF_{ME} \cdot P_{ME} \cdot SFC_{ME} + CF_{AE} \cdot P_{AE} \cdot SFC_{AE} - f_{effAE} \cdot CF_{AE} \cdot P_{AE} \cdot SFC_{AE}}{f_i \cdot W_T \cdot V_T}$$

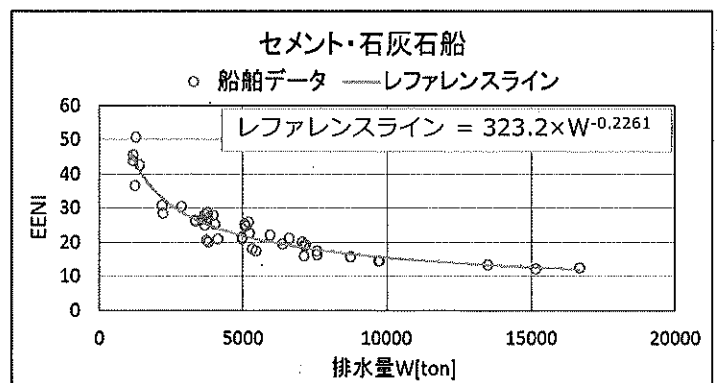
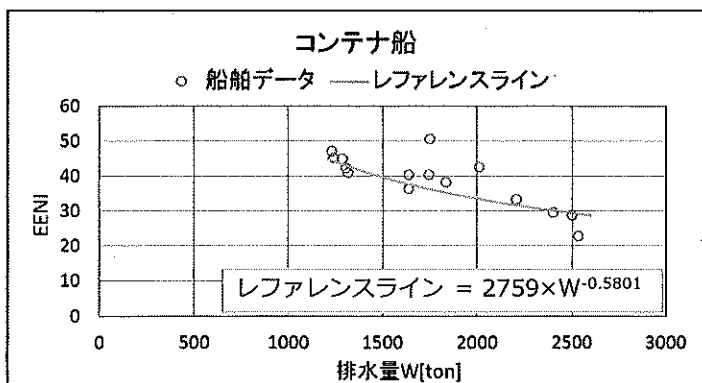
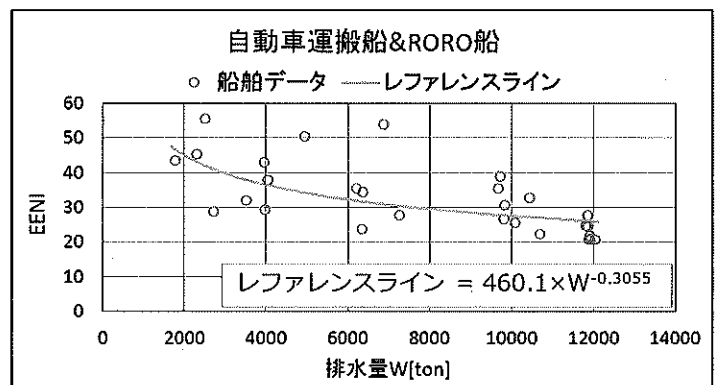
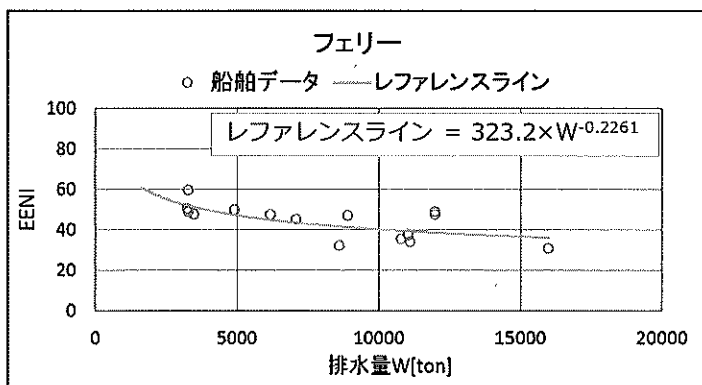
$$EENIの改善率[\%] = \frac{EENI_r - EENI}{EENI_r}$$

$CF_{ME}, CF_{AE}$	二酸化炭素排出係数 (A重油: 3.206、C重油: 3.1144、LNG: 2.750)
$P_{ME}$	主機関の連続最大出力の75% [kW]
$f_{effME}, f_{effAE}$	革新的な省エネ技術による有効係数
$SFC_{ME}$	$P_{ME}$ での燃料消費率[g-fuel/kWh]
$P_{AE}$	電力調査表の値等から算出された船舶の推進に必要な電力需要[kW]
$SFC_{AE}$	補機関の連続最大出力の50%における燃料消費率[g-fuel/kWh]
$f_i$	船型補正係数
$W_T$	海上公試運転状態の排水量[ton]
$V_T$	$W_T, P_{ME}$ における速力[knot]
$EENI_r$	1990年~2010年に建造された船舶の省エネ性能を基に計算した基準値 (EENI基準値)

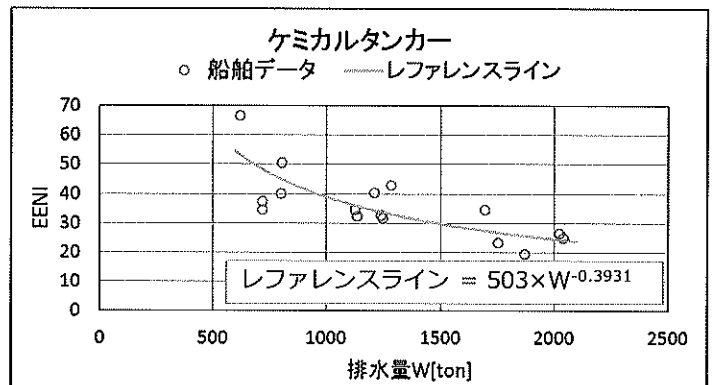
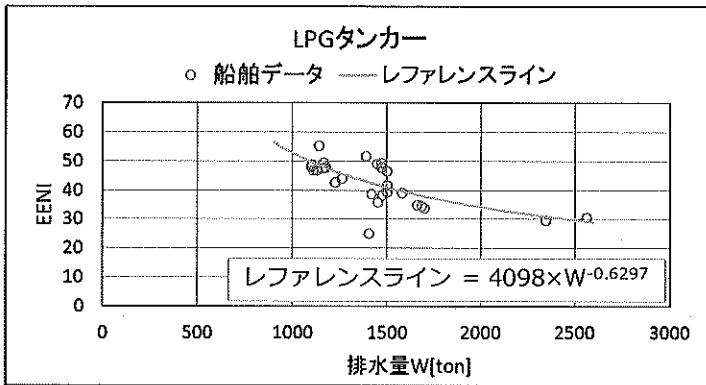
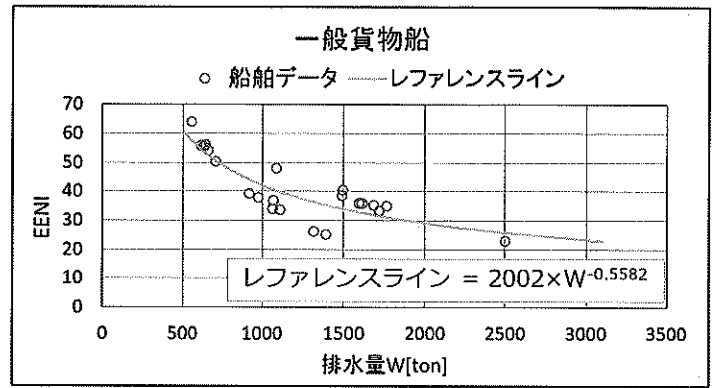
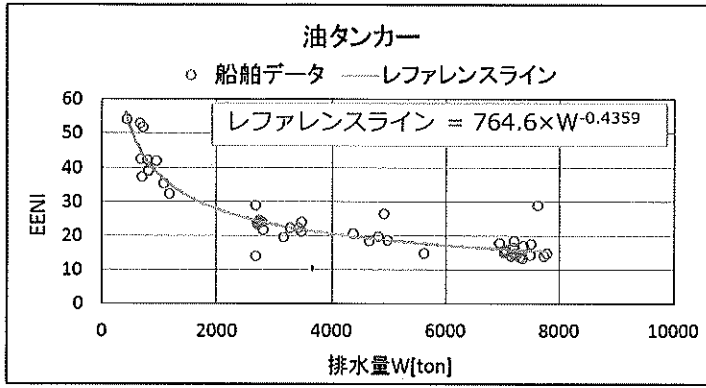
4

本格運用におけるレファレンスライン(検討中)

1990年~2010年に建造された船舶データを基に、船種(フェリー、自動車運搬船/RoRo船、コンテナ船、セメント船、油タンカー、一般貨物船、LPGタンカー、ケミカルタンカー)ごとのレファレンスラインを設定。



5



6

本格運用における評価方法(検討中)

船種ごとのレファレンスライン (※)

船種	EENI <sub>T</sub> (EENIの基準値)
フェリー	$323.2 \times W_T^{-0.2261}$
自動車運搬船/RoRo船	$460.1 \times W_T^{-0.3055}$
コンテナ船	$2759 \times W_T^{-0.5801}$
セメント船	$1539 \times W_T^{-0.4995}$
油タンカー	$764.6 \times W_T^{-0.4359}$
一般貨物船	$2002 \times W_T^{-0.5582}$
LPGタンカー	$4098 \times W_T^{-0.6297}$
ケミカルタンカー	$503.0 \times W_T^{-0.3931}$

※ その他の船種については暫定運用で評価を行う

電力調査票を作成しない場合のP<sub>AE</sub>の定義

船種	主機連続最大出力MCR <sub>ME</sub>	補機負荷出力P <sub>AE</sub> の定義
	(kW)	(kW)
フェリー	MCR <sub>ME</sub> < 20000	P <sub>AE</sub> = 0.09 × MCR <sub>ME</sub>
	MCR <sub>ME</sub> ≥ 20000	P <sub>AE</sub> = 0.045 × MCR <sub>ME</sub> + 900
PCC&RORO	MCR <sub>ME</sub> < 10000	P <sub>AE</sub> = 0.06 × MCR <sub>ME</sub>
	MCR <sub>ME</sub> ≥ 10000	P <sub>AE</sub> = 0.03 × MCR <sub>ME</sub> + 300
セメント船、石灰石船、油タンカー、ケミカルタンカー、一般貨物船、コンテナ船、LPG船	MCR <sub>ME</sub> < 1000	P <sub>AE</sub> = 0.12 × MCR <sub>ME</sub>
	MCR <sub>ME</sub> ≥ 1000	P <sub>AE</sub> = 0.06 × MCR <sub>ME</sub> + 60

船型補正係数f<sub>i</sub>について (※)

船種	DWT <sub>T</sub> [ton]
セメント船、石灰石船、油タンカー	$0.760 \times W_{FULL} - 272$
ケミカルタンカー	$0.628 \times W_{FULL} + 6$
一般貨物船、コンテナ船	$0.522 \times W_{FULL} + 182$
LPGタンカー	$0.646 \times W_{FULL} - 265$

造船所より示された申請船の満載排水量W<sub>FULL</sub>[ton]、載貨重量DWT[ton]、船型補正基準式にW<sub>FULL</sub>[ton]を代入して得られる値をDWT<sub>T</sub>[ton]とすると、f<sub>i</sub>は以下の式で表される。

$$f_i = DWT / DWT_T$$

※ その他の船種については船型補正の対象外 7

**EENI改善率に対する評価方針**

- EENI改善率 ( =  $\frac{EENI_r - EENI}{EENI_r}$  ) に応じて、星を付与することで、対外的に分かりやすい評価を可能とする。
- 6段階(評価なし、星1つ~星5つ)の評価を行い、特にEENI改善率が高い船舶へ最高評価(星5つ)を付与する。

【ご参考】1990年以降に建造された船舶286隻をEENIで評価した結果は以下のとおり。

EENI改善率に対する評価(案)

EENI改善率	0%以下	0%~5%未満	5%以上10%未満	10%以上15%未満	15%以上20%未満	20%以上
評価(案)	評価無し	★	★★	★★★	★★★★	★★★★★
割合[%]	40.6	34.0	9.4	4.2	4.9	7.0

半数以上がEENI改善率がプラス

EENI改善率が30%以上の高評価の船舶も存在。

ロゴマークの使用について(検討中)

**暫定制度の課題**

- ✓ どの船舶に格付が付与されているのかが対外的に分かりづらい
- ✓ 格付を取得しても、荷主や消費者等にアピールしづらい
- ✓ 内航船省エネルギー格付制度の更なる周知が必要

内航船省エネルギー格付け制度のロゴマークを作成し、事業者によるロゴマークの使用を認めることで、内航船省エネルギー格付け制度の周知を行うとともに、申請者にとっても対外的にアピールしやすい制度へ!

**【ロゴマークの使用について】**

- 申請事業者は、ロゴマークを申請船に付与された船舶のEENIの評価に応じて、使用者・用途等を国土交通省へ申請を行えば、右図のようなロゴマークを使用することができる。
- ロゴマークの使用は申請者が当該船舶を所有、運航または活用している期間とする。
- EENIで評価できない船種については、暫定制度の評価手法を用いて評価を行い、評価結果に応じてロゴマークの使用を認める。



(例) ロゴマーク



# 先進二酸化炭素低減化船の基準変更

－省エネ評価の方法の変更と運用方法の検討状況－



独立行政法人  
鉄道建設・運輸施設整備支援機構

## 地球温暖化防止対策に向けて

### 地球温暖化防止対策の動向

- ☆「気候変動枠組条約」(1994年：発効) ……気候変動に関する国際的な枠組み
  - ・「京都議定書」(2005年：発効) → 先進国だけに排出削減目標
  - ・「パリ協定」(2016年：発効) → 開発途上国を含むすべての国が参加、長期的な目標設定
- 国際機関、各国政府、産業界だけでなく人類の共通課題として取り組みが加速



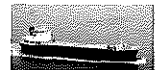
↓↓↓  
**<我が国の目標> 2030年度の削減目標を2013年度比で26.0%削減**

- ☆「地球温暖化対策計画」(2016年：閣議決定)
- 内航海運 → 2013年度比で2030年度までに温室効果ガスを157万トン削減
- 毎年100隻建造される新造内航船のうち70% (70隻) を2030年度までの17年間にわたって省エネ率16%以上の二酸化炭素低減化船にしていくことで達成可能



### 鉄道・運輸機構 (JRTT) の取組み

- 「政策目的別建造」の中で「二酸化炭素低減化船」を重点化し、省エネ船舶の建造を支援
- ・「先進二酸化炭素低減化船 (16%以上)」(2010年：創設) → 金利軽減▲0.3%
- 国際的な省エネ評価手法であるEEDI方式で評価 (満載での性能評価のため水槽試験が必要)
- ・「高度二酸化炭素低減化船 (12%以上)」(2006年：創設) → 金利軽減▲0.0~0.2%
- ・「10%低減化船」(2006年：創設) → 金利軽減±0.0%
- ともに搭載機器に応じて省エネ率を判断 (積み上げ方式を採用)



↓↓↓  
 上記政策要件における省エネ率は1990年代建造船との比較であり、また、長い間見直しもされていないため、昨今の状況を踏まえ、関連する技術基準を見直す必要がある



# 国交省「省エネ格付制度」とJRTT「省エネ船建造船制度」

JRTT

## 国交省「省エネ格付け制度（案）」

- 内航海運事業者が省エネ・省CO2性能の高い内航船を建造していることを対外的にアピールできるようにするため、船舶の省エネ・省CO2性能を客観的に評価

- 2017年7月より暫定運用開始
- 2019年度中に本格運用開始予定

- 任意制度であり、事業者の省エネに対する自主的な取り組みを促す

- 全内航船舶を対象

- 建造前段階から竣工後の運航時まで常時申請可能

- 暫定運用期間（計28隻）  
（平成29年7月～令和元年9月末）



## JRTT「省エネ船建造支援制度」

- 共有船舶建造制度において、二酸化炭素低減の政策目的（技術基準）を定め、これに適合した船舶の建造を支援

- 「先進二酸化炭素低減化船(16%以上)」は、2010年度より運用開始
- 「高度二酸化炭素低減化船(12%以上)」及び「10%低減化船」は、2006年より運用開始

- 機構法等に基づいた建造支援制度であり、金利に関わるため、財務省等に認められている
- 金利決定にあたっては厳格な審査を実施

- 共有船を対象

- 共有建造申請と同時

- 先進（計38隻）、高度・一般（計147隻）  
（平成21～令和元年9月末内定ベース）

ねらい

運用開始の時期

制度の性格

対象範囲

申請時期

実績

両制度の融合化を見据えた場合、制度の性格等が異なることから全てを同一にすることはできないが、**省エネ評価を行う際に用いる計算式を共通化させることは可能。**

3



## 【参考】共有船の政策目的（抜粋）

JRTT

- 共有船舶建造制度では、環境対策、物流効率化、少子高齢化対策等の国内海運政策を実現するため、建造対象船舶を以下の政策目的に適合した船舶としている。  
（以下の政策目的は、その一部を例示したものであり、これらの他にも旅客船、貨物船別に定められている。）
- また、船舶の種類毎に、船舶の構造、設備等の技術的な基準（技術基準）を定め、共有建造の条件としている。

政策目的	船舶の種類		
内航海運のグリーン化対策	スーパーエコシップ	○電気推進システムを採用することにより、環境負荷低減、物流効率化等が図られている船舶	
	LNG燃料船	○LNGを燃料として使用する船舶	
	二酸化炭素低減化船	先進二酸化炭素低減化船	○トン・マイル当たりの二酸化炭素排出量が従来船に比べ16%以上低減可能な船舶
		高度二酸化炭素低減化船	○省エネに資する設備等（※）を搭載し、二酸化炭素排出量を低減可能な船舶。省エネ設備ごとの省エネ率を単純加算することで、12%以上の低減率を達成する船舶。
		一般二酸化炭素低減化船	○省エネに資する設備等（※）を搭載し、二酸化炭素排出量を低減可能な船舶。省エネ設備ごとの省エネ率を単純加算することで、10%以上の低減率を達成する船舶。 ※推進効率向上装置（NHVプロペラ、大直径プロペラ等） 運航改善設備（特殊舵、可変ピッチプロペラ、サイドスラスト等） 廃熱等回収設備（排ガスエコノマイザ、軸発電機装置等）を認定
海洋汚染防止対策船	二重底構造船	○油等の流出を防止のための構造等を有する船舶 タンカー及び特殊タンク船の二重底化等	
	二重殻構造船	○より海洋汚染の防止に資する船舶の構造等を有する船舶 タンカー及び特殊タンク船の二重殻化等	
離島航路等の維持・活性化対策	高度バリアフリー化船	○バリアフリー化の高度化・多様化のための設備等の基準（乗降用設備、出入口、客席、通路、階段、昇降機、便所、食堂、遊歩甲板、案内板に関する基準）及び公共交通移動等円滑化基準等に適合する船舶	

### 上乗せ要件

労働環境改善船

○船員の労働負担軽減及び居住環境改善に資するための措置等を講じた船舶

4



# 新たな省エネ評価における計算式（概略）

JRTT

## 省エネ格付暫定運用における省エネ性能計算式:

$$EEDI = \frac{C_f \times \text{主機出力} \times \text{主機燃費} + C_f \times \text{補機出力} \times \text{補機燃費}}{\text{輸送能力 (DWT)} \times \text{実海域速力}}$$

注1,2

EEDI : Energy Efficiency Design Indicator

## 省エネ格付本格運用における省エネ性能計算式（案）:

$$EENI = \frac{C_f \times \text{主機出力} \times \text{主機燃費} + C_f \times \text{補機出力} \times \text{補機燃費}}{\text{排水量 (トン)} \times \text{船速} \times \text{船型補正係数}}$$

注1

EENI : Energy Efficiency Navigational Indicator

**JRTTの制度についても、上式を考慮して見直しを検討。**



注1 : 省エネ率は、 $1 - (EENI \text{ (or EEDI)} / \text{基準値})$  で求める。

注2 : 簡略化のためボイラ等出力の項は式から省略している。

5



## JRTTによる国交省「省エネ格付申請」支援（予定）

JRTT

### JRTTが国交省「省エネ格付申請」のお手伝いをします！

○ 共有船については、政策要件や船種にかかわらず、ご希望により、水槽試験結果又は海上試運転結果に基づき、共有船建造事業者(船主様)に対して、JRTTが「省エネ格付申請」に必要な書類作成等の支援を行う予定です。

※ 例えば、モーダルシフト船(中・長距離フェリー)、離島航路の整備に資する船舶(旅客船)、海洋汚染防止対策船(タンカー)などでも「省エネ格付申請」を行うことができます。

○ ただし、「省エネ格付申請」のタイミングは、JRTTとの調整の上、決定させていただきます。

○ 建造計画段階における省エネ率の推定(EENIの概略計算)は、造船所の性能推定データを用いて行う予定ですが、これについてもJRTTが支援予定です。

○ なお、「省エネ格付申請」は、既に運航中の共有船についても可能となる予定です。ので、気軽にご相談ください。

6



# 【参考】先進二酸化炭素低減化船の概要

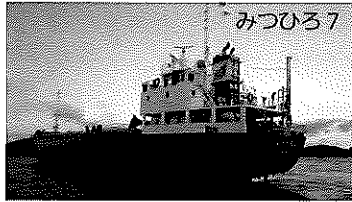
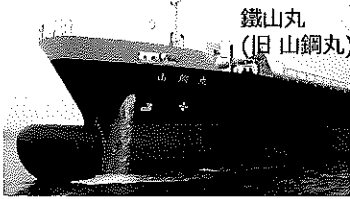
JRJT

- 先進二酸化炭素低減化船は、1990年代初頭船と比較して、トンマイル当たりの二酸化炭素排出量を16%以上低減する船舶。認定された船舶軽減利率には、金利軽減▲0.3%を適用
- 普及を図るため、JRJTは499総トン型鋼材運搬船のモデル船型を国からの受託により開発。また、造船所が開発した省エネ船型を認定。
- 最近の実績は、H30年、H31年に各1隻ずつと少ないため、海技研が別途開発した船型をPR

## 竣工実績

### ● 機構開発船型（船主/建造造船所）（竣工年月） （499GT型貨物船）

1. 鐵山丸(旧山鋼丸) (山中造船/山中造船) (H22.11)
2. みつひろ7 (三原汽船/山中造船) (H23.3)
3. 大陸邦 (中松海運/山中造船) (H23.8)
4. 千勝丸 (勝丸海運/山中造船) (H23.6)
5. 太栄丸 (栄吉海運/山中造船) (H25.4)



### ● 造船所開発船型（船主/建造造船所）（竣工年月）

- 499GT型貨物船
  1. 光翔丸 (吉祥海運/渡辺造船所) (H23.11)
  2. 第三十八三晃丸 (三晃海運/徳岡造船) (H24.2)
  3. 第五進康丸 (泊洋汽船/中之島造船所) (H24.4)
  4. 第八新江丸 (新洋海運/小池造船海運) (H25.3)
  5. HKL まや (兵機海運/中之島造船所) (H25.3)
  6. 第二十七徳丸 (松岡船舶/徳岡造船) (H25.5)
- 749GT型貨物船
  - 成秀丸 (協同商船/山中造船) (H27.6)
- 5,170GT型セメント船
  - 絆洋丸 (アシアシフィック・ジエック/三浦造船所) (H26.1)
- 6,300DWT型貨物船
  - 日翔丸 (松栄汽船/三浦造船所) (H30.4)
- 8,600DWT型セメント船
  - パシフィックグローリー (中津留組/三浦造船所) (H27.6)
- 6,000GT型セメント船
  - 絆永丸 (アシアシフィック・ジエック/三浦造船所) (H27.12)
- 5,000k | 型白油タンカー
  - 双信丸 (邦洋海運・旭タンカー/熊本ドック) (H26.3)
- 5,000k | 型黒油タンカー
  - 幸秀丸 (藤井網海運/村上秀造船) (H26.4)
- 13,000GT型カーフェリー
  - フェリーびざん (オーシャントランス/佐伯重工業) (H27.12)
  - フェリーしまんと (オーシャントランス/佐伯重工業) (H28.5)
- 7,300GT型石灰石運搬船
  - 鉦翔丸 (アシアシフィック/本田重工業) (H30.3)
- 749GT型セメント船
  - 鶴城丸 (佐伯汽船/三浦造船所) (H31.2)



# 【参考】国内における水槽試験（曳航）施設

JRJT

## 施設一覧

所有機関	長さ(m)	幅(m)	深さ(m)	曳航車最大速度(m/s)	竣工年	所在地	電話番号	ホームページアドレス	回流水槽保有
海上技術安全研究所	400	18	8	15	1966	〒181-0004 東京都三鷹市新川6-38-1	0422-41-3013	<a href="https://www.tamri.go.jp/">https://www.tamri.go.jp/</a>	○
	150	7.5	3.5	6	1972				
	102.5	3.5	2.25	7	1956				
防衛装備庁 (艦艇装備研究所)	255	12.5	7.25	10	1958	〒153-0061 東京都目黒区中目黒2-2-1	03-5721-7005	<a href="https://www.mod.go.jp/atla/index.html">https://www.mod.go.jp/atla/index.html</a>	—
	346.5	6	3	15	1958				
水産工学研究所	137	6	3	5	1987	〒314-0406 神埼市波崎7620-7(茨城県)	0479-44-5929	<a href="http://nripe.fra.afrc.go.jp/">http://nripe.fra.afrc.go.jp/</a>	○
三菱重工業(長崎研究所)	165	12.5	6.5	4.5	1943	〒861-0301 長崎市深堀町5-717-1	095-834-2050	<a href="https://www.mhi.com/jp/products/industry/">https://www.mhi.com/jp/products/industry/</a>	○
	120	6.1	3.65	5	1943				
川崎マリンエンジニアリング	200	13	6.5	6	1971	〒650-8670 神戸市中央区東川崎町3-1-1	078-682-5401	<a href="https://www.khi.co.jp/corp/khme/">https://www.khi.co.jp/corp/khme/</a>	—
ジャパンマリンユナイテッド (津事業所)	240	18	8	7	1977	〒514-0398 三重県津市雲出鋼管町1-3	059-238-6100	<a href="https://www.jmuo.co.jp/location/tsu/">https://www.jmuo.co.jp/location/tsu/</a>	—
三井造船昭島研究所	220	14	6	7	1978	〒196-0012 昭島市つつじが丘1-1-50	042-545-3111	<a href="https://www.mos.co.jp/Akden/index-j.html">https://www.mos.co.jp/Akden/index-j.html</a>	○
今治造船(丸亀事業本部)	100	5	2.15	4	1978				
東京大学	85	3.5	2.4	4	1937	〒113-8656 東京都文京区本郷7-3-1	03-5841-6523	<a href="http://www.nald.tu-tokyo.ac.jp/suiso/">http://www.nald.tu-tokyo.ac.jp/suiso/</a>	○(拍)
大阪府立大学	70	3	1.6	2.5	1949	〒599-8531 堺市中区学園町1-1	072-252-1161	<a href="https://www.marine.osaka-fu-u.ac.jp/exp01/">https://www.marine.osaka-fu-u.ac.jp/exp01/</a>	○
大阪大学	100	7.8	4.35	3.5	1970	〒585-0871 吹田市山田丘2-1	06-6879-7595	<a href="http://www.naoe.eng.osaka-u.ac.jp/research/facility.html">http://www.naoe.eng.osaka-u.ac.jp/research/facility.html</a>	○
神戸大学	60	6	1.5	2	1971	〒658-0022 神戸市東灘区深江南町5丁目1-1	078-431-6200	<a href="https://www.maritime.kobe-u.ac.jp/study/facilities/sn_basin/">https://www.maritime.kobe-u.ac.jp/study/facilities/sn_basin/</a>	○
横浜国立大学	100	8	3.5	4	1977	〒240-8601 横浜市保土ヶ谷区常盤台79-5	045-339-4083	<a href="http://www.ship.ynu.ac.jp/facility.html">http://www.ship.ynu.ac.jp/facility.html</a>	○
北海道大学(水産学部)	50	3.5	1.5	2	1981	〒041-8611 函館市港町3-1-1	0138-40-5505	<a href="https://www2.fish.hokudai.ac.jp/">https://www2.fish.hokudai.ac.jp/</a>	—
東京海洋大学	54	10	2	1.2	1981	〒135-8533 東京都江東区越中島2-1-6	03-5245-7300	<a href="https://www.kaiyodai.ac.jp/exservive/outline/">https://www.kaiyodai.ac.jp/exservive/outline/</a>	○
広島大学	100	10	3.5	3	1962	〒739-8527 広島県広島市鏡山1-4-1	082-424-7505	<a href="http://naoe.hiroshima-u.ac.jp/lank/index_j.html">http://naoe.hiroshima-u.ac.jp/lank/index_j.html</a>	○
長崎総合科学大学	64	4	2.3	3	1965	〒851-0193 長崎県長崎市網場町536	095-838-5158	<a href="http://www.ship.nias.ac.jp/menu/setsubi/anonymous.htm">http://www.ship.nias.ac.jp/menu/setsubi/anonymous.htm</a>	○

### <補足1> 回流水槽のみを保有する主な機関

九州大学	施設概要は省略	〒819-0395 福岡市西区元岡744	092-802-2709	<a href="https://www.eng.yushit-u.ac.jp/u_maritime.html">https://www.eng.yushit-u.ac.jp/u_maritime.html</a>
西日本流体技術研		〒857-0401 佐世保市小佐々町黒石339-30	0958-68-3500	<a href="http://fel.net.jp/">http://fel.net.jp/</a>

### <補足2> 水槽試験に関するその他の機関

- ・水槽試験施設を自ら保有しないが、他の機関から借りて水槽試験を実施又は水槽試験に関するコンサルティングを実施する機関も存在 (例：(一財)日本造船技術センター、流体テクノ(株)等)





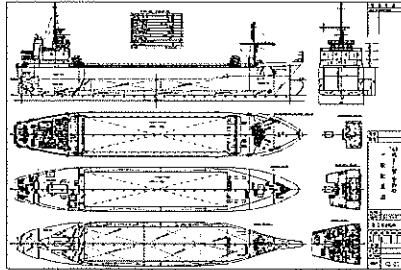
# 【参考】省エネ母船型のバリエーション拡大に関する調査

JRTT

- 日本船舶海洋工学会、三浦造船所、興亜産業及び本瓦造船が平成28年度経産省補助事業を活用し、省エネ率16%以上の内航船の船型群(499G/T型30船型、749G/T型30船型)を開発。
- JRTTは、省エネ母船型を利用して設計を行った船舶に対して、先進二酸化炭素低減化船の認定に必要な水槽試験の実施を免除するなど、共有船の省エネ化に取り組んでいる。
- JRTTが造船所に対するアンケート結果等を踏まえ、省エネ母船型をより普及させるための船型バリエーション拡大のための技術調査を実施中。

## 省エネ母船型について

- 最適船型に対して造船所で基本設計を実施。  
→ 基本設計図書(一般配置図、総トン数計算書、中央横断面図、復原性計算書、機関室全体配置図等)を作成。
- 大型模型を用いた水槽試験で高い省エネ性能を確認。
- 主要目の異なる30隻の船型バリエーションを作成。
- 内航船の建造を行うものは、無償で線図を使用可能。



省エネ母船型(749G/T型貨物船)

## JRTTが実施したアンケート\*で寄せられた要望

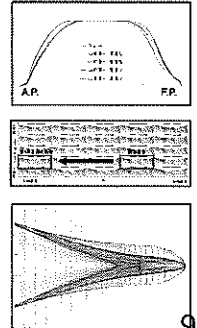
- シューピースの増設
- 居住区の容積増加
- プロペラ直径の小型化



\*5社より回答あり

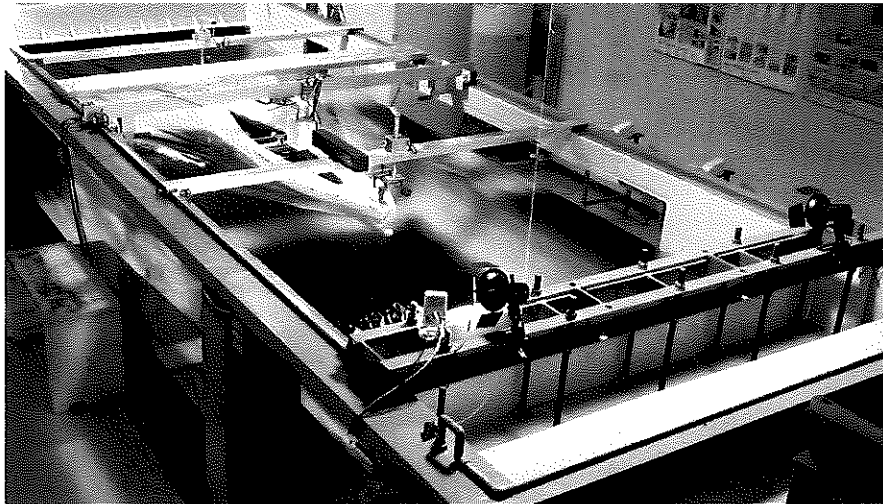
## 平成31年度調査

- コンピュータ・シミュレーション(CFD解析)を利用し、アンケート結果に基づく要望を反映した船型開発を実施予定
  - ・ シューピース付きの船型とする(プロペラ直径は船型に応じて小さくする)
  - ・ 機関室付近の船尾形状を太くする  
(例：船幅のバリエーションを10.10mから10.60m程度まで拡大)
  - ・ 居住区の容積を増やせるようにする





# 2019年度 内航船舶 技術支援セミナー 水槽試験による船型開発



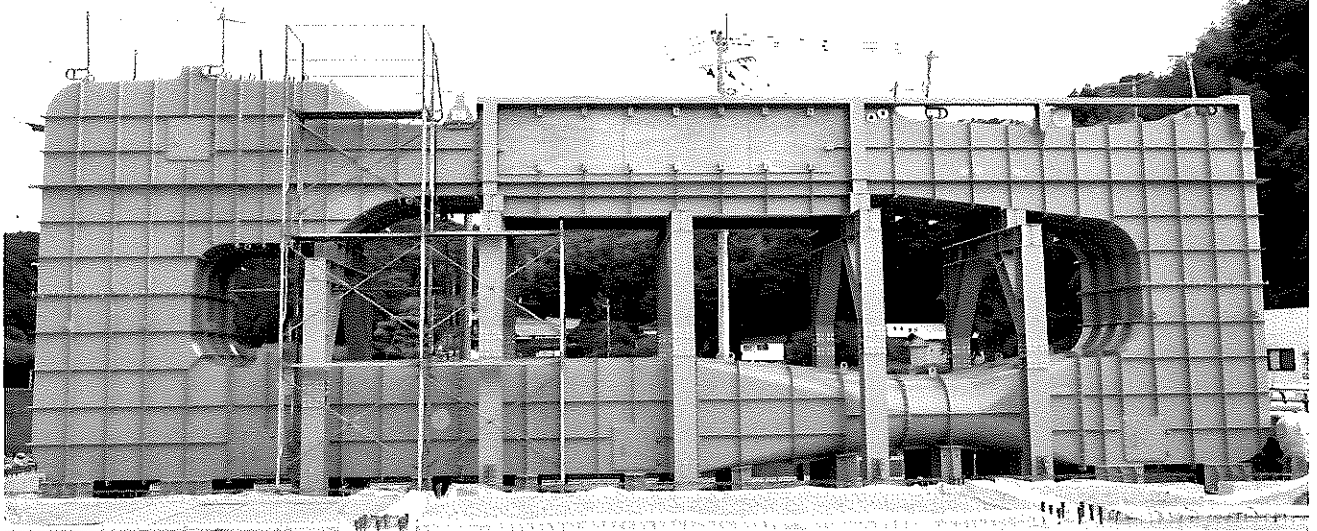
(株)西日本流体技研

## 講演内容

- ・ 模型船水槽試験
- ・ 回流水槽における模型船試験
  - 回流水槽と模型試験
  - 船型開発の流れ
  - 船型開発例
  - 流れの可視化試験
  - 抵抗・自航試験と船速-馬力の推定
  - 性能確認試験
  - 船型開発の概要
- ・ その他の回流水槽試験

# 模型船水槽試験

- ・曳航水槽：推進性能試験（模型長さ6～8m）、  
波浪中耐航性能試験、操縦性能試験
- ・角水槽：波浪中耐航性能試験、操縦性能試験  
（模型長さ4m程度）
- ・回流水槽：推進性能試験、操縦性能試験（模型長さ2m程度）

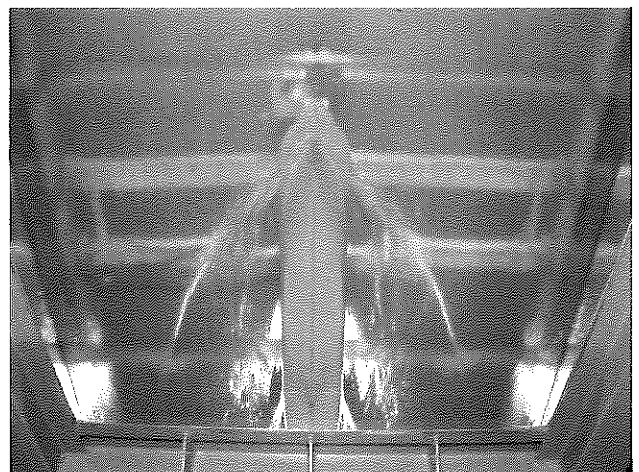
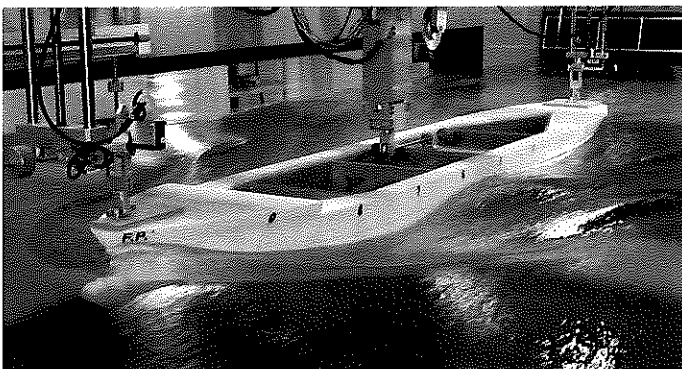


## 回流水槽と模型試験

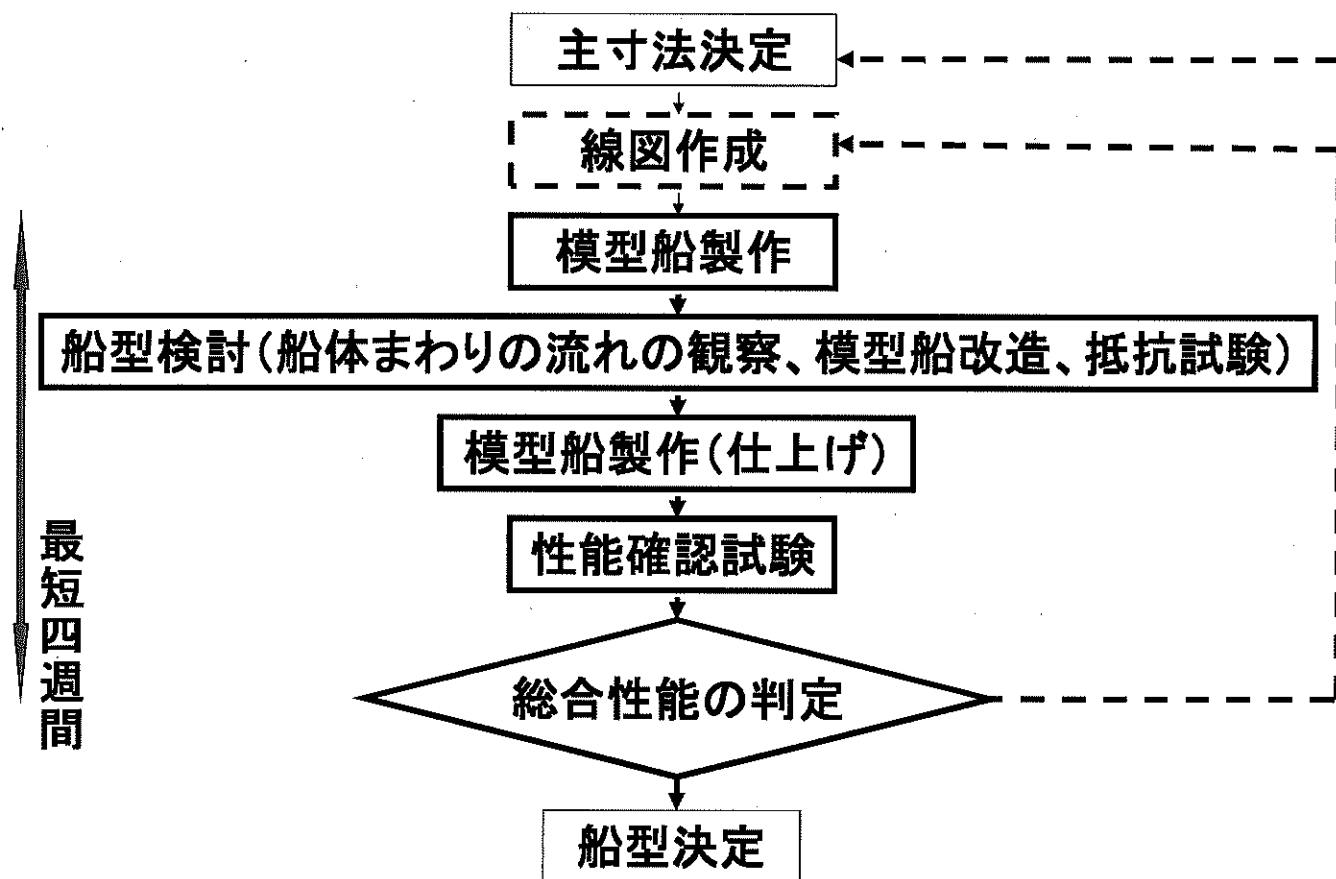
### 船型開発用回流水槽（平均タイプ）

- ・全長×全幅×高さ = 15～21 m × 2.0 m × 6～7 m
- ・計測部 長さ×幅×水深 = 6.0 m × 2.0 m × 1.0 m
- ・最大発生流速 = 2.0～3.0 m/s

### 模型船試験（抵抗・自航試験）



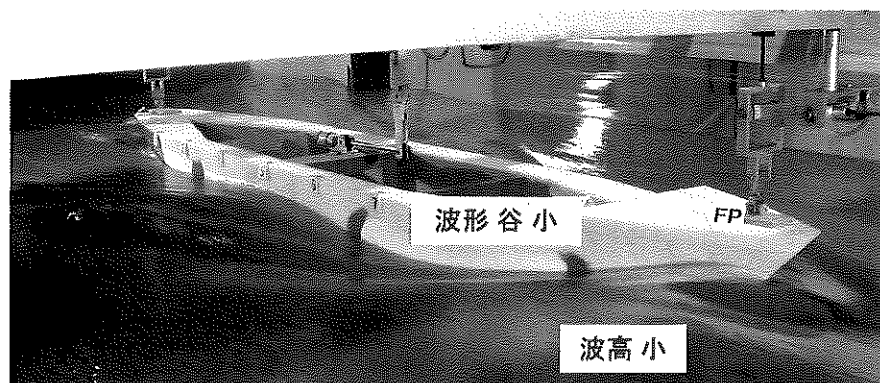
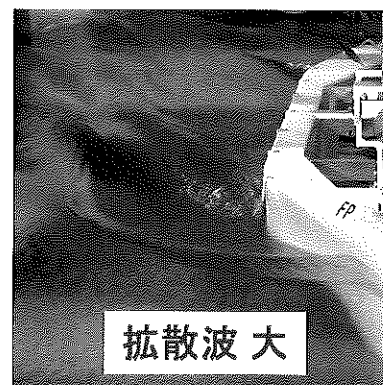
# 船型開発の流れ



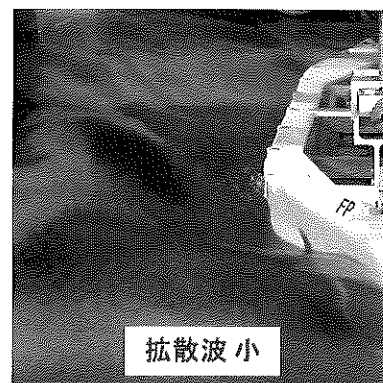
## 船型開発例-499GT貨物船-(船首波)



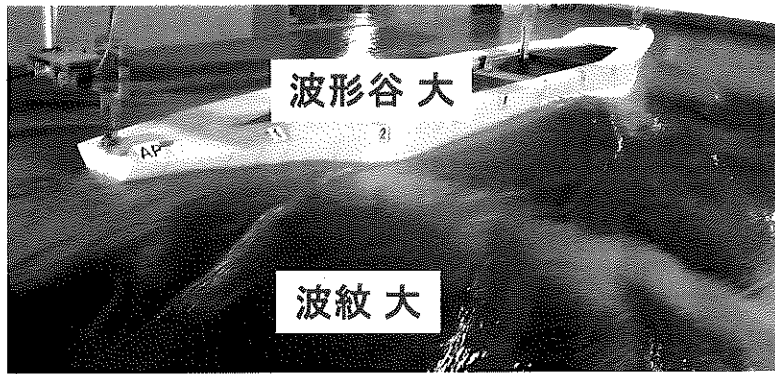
原型 13ノット相当 ( $F_n=0.25$ )



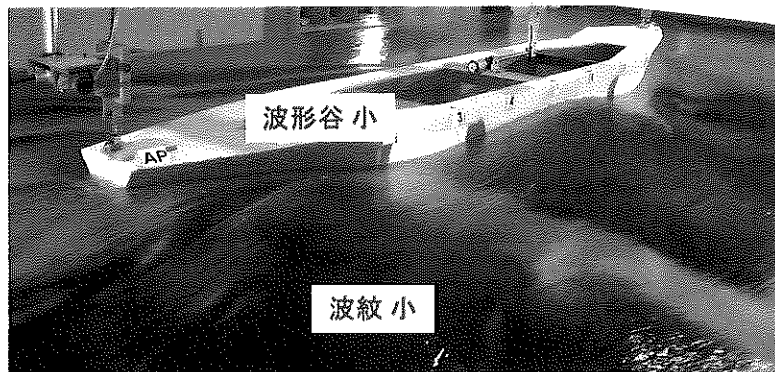
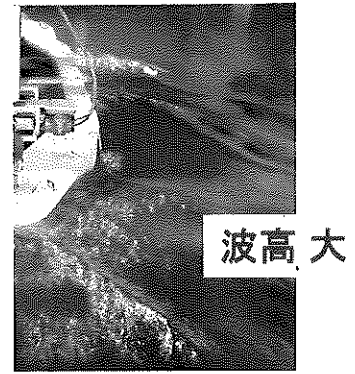
改船型 13ノット相当 ( $F_n=0.25$ )



# 船型開発例-499GT貨物船-(船尾波)



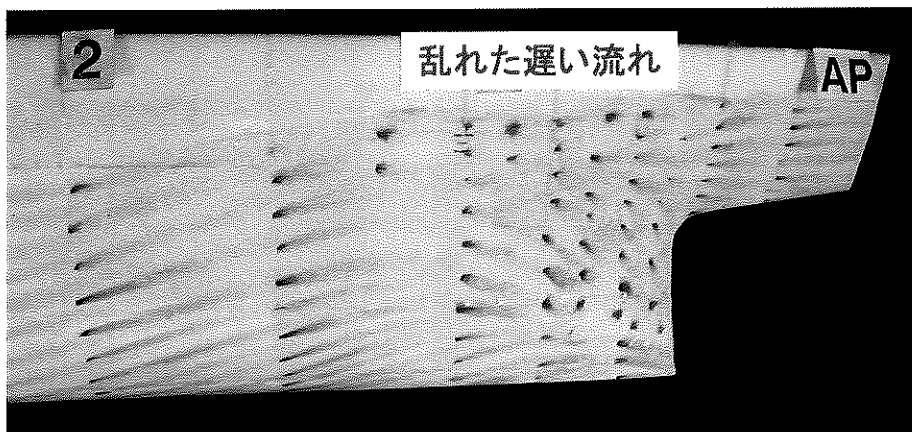
原型 13ノット相当 ( $F_n=0.25$ )



改船型 13ノット相当 ( $F_n=0.25$ )

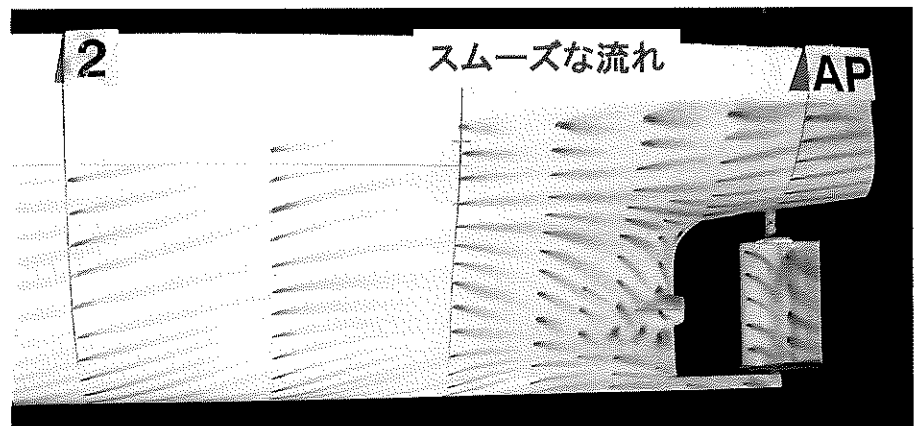


# 船型開発例-499GT貨物船-(船尾部流れ)

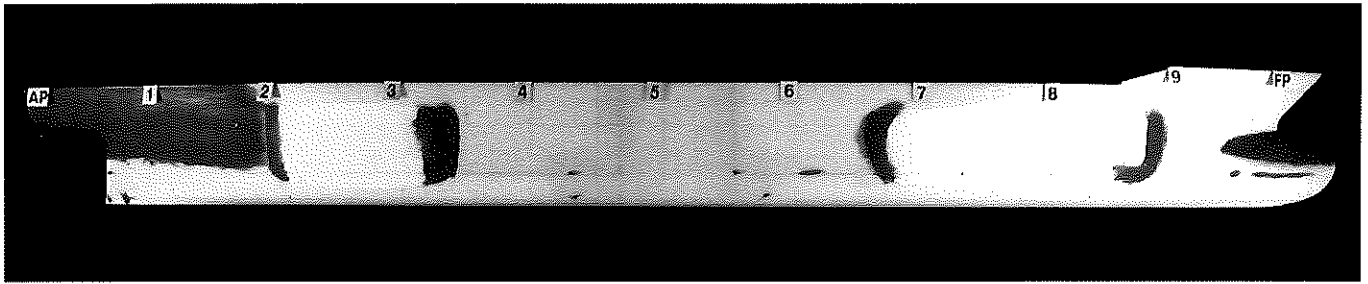


原型 13ノット相当  
( $F_n=0.25$ )

改船型 13ノット相当  
( $F_n=0.25$ )



# 船型開発例-499GT貨物船-(船型変更部)

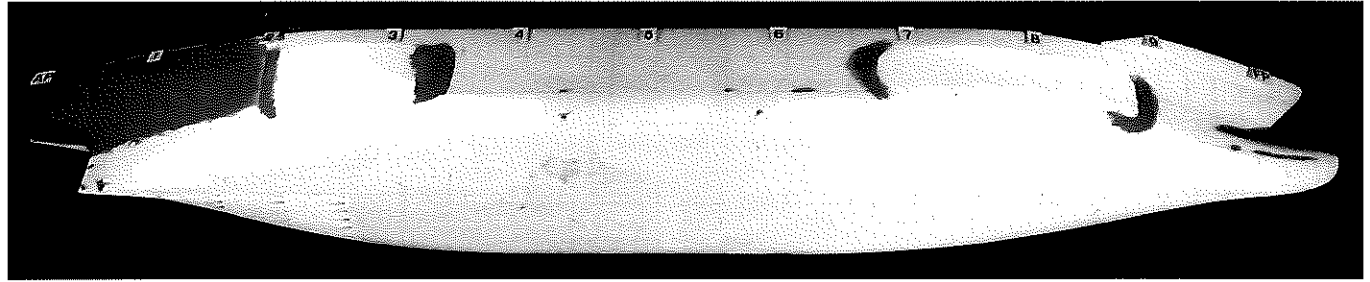


船尾部

船体後半部

船体前半部

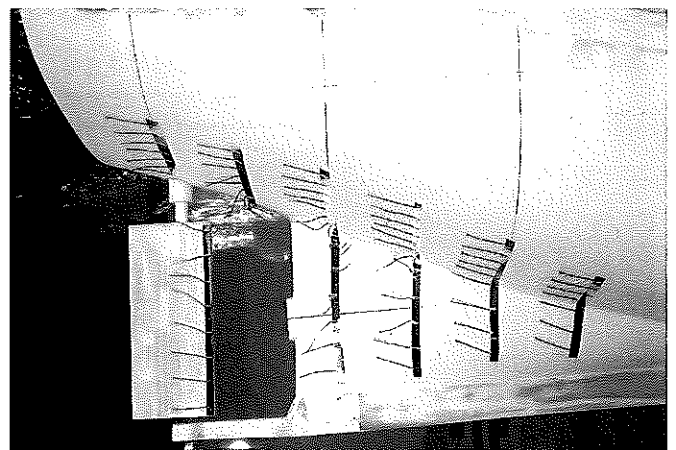
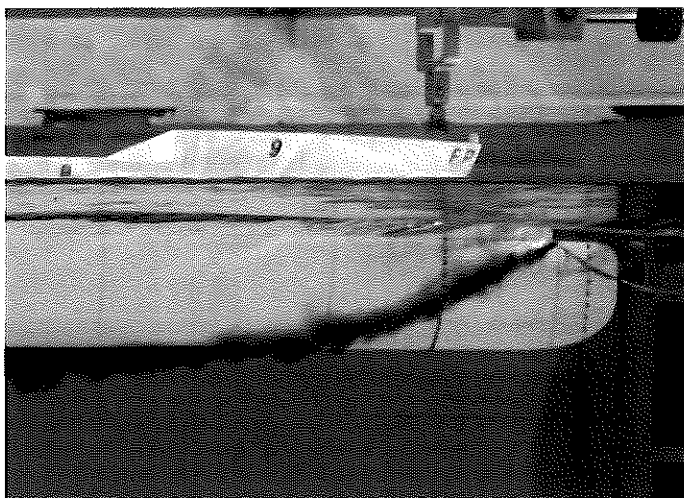
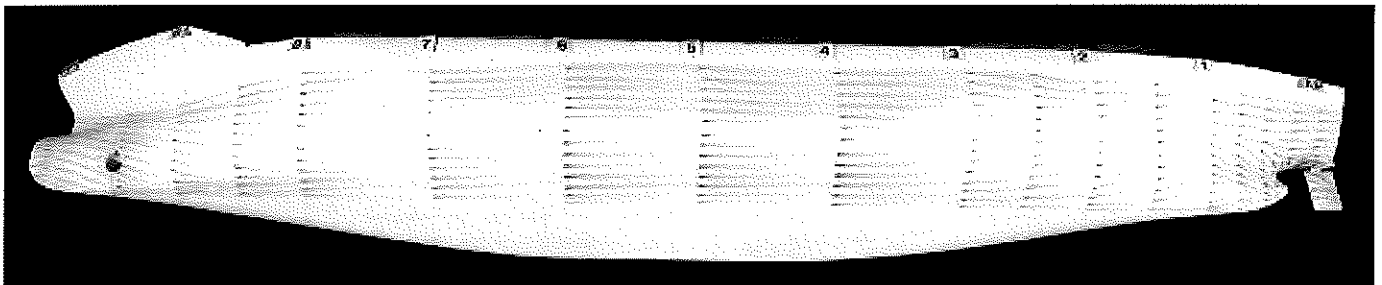
船首バルブ部



改船型模型船(ウレタン製のため船型変更が容易)

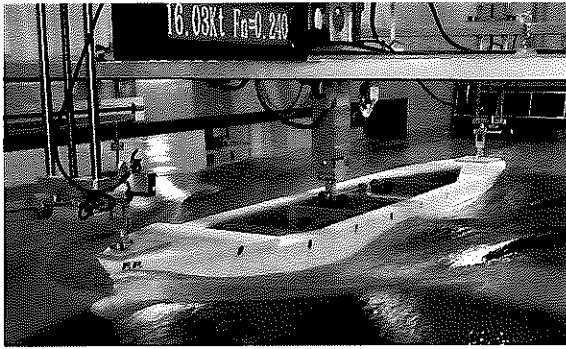
船型変更(数種類、1~2日)により、省エネ約15%達成

## 流れの可視化試験

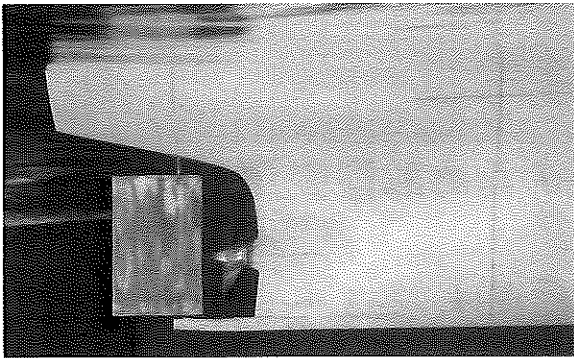


# 抵抗・自航試験と船速-馬力の推定

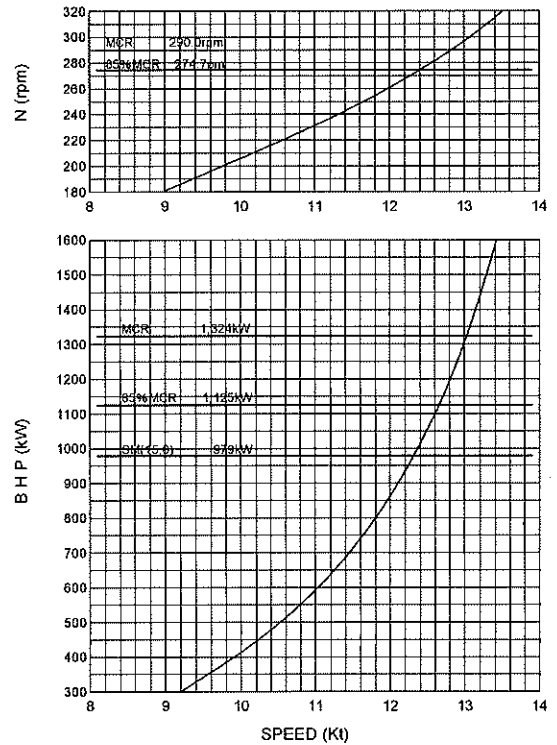
## 抵抗試験(船体抵抗の計測)



## 自航試験(船体効率の計測)



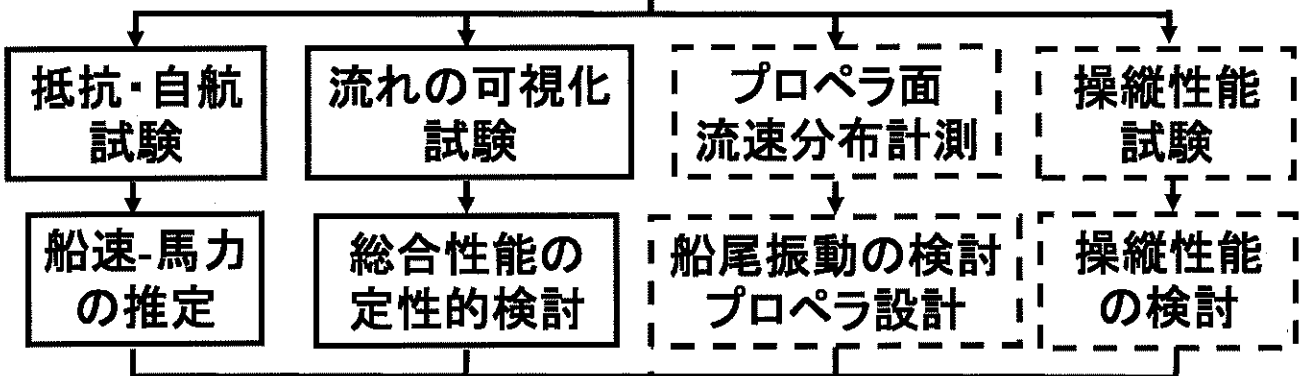
## 船速-馬力の推定



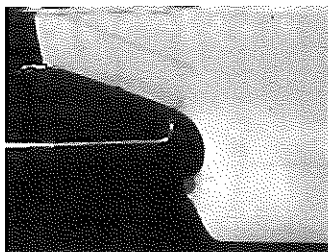
# 性能確認試験

船型検討(船体まわりの流れの観察、模型船改造、抵抗試験)

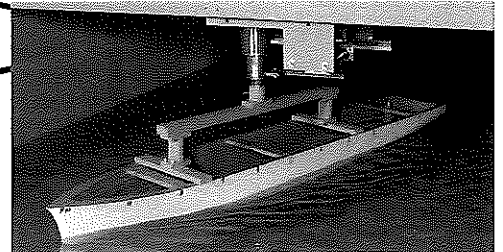
模型船製作(仕上げ)



流速分布計測



操縦性能試験



総合性能の判定

船型決定



# 船型開発の概要

## ・内容

模型船製作(長さ1.5~2.0m)

船型検討試験(模型まわりの流れを見ながら形状変更)

\* 船主殿、造船所殿等と一緒に船型を開発

流れの可視化試験

抵抗・自航試験(船速-馬力の推定)

## ・費用(税抜き)

200~250万円(船速-馬力推定 2状態)

\* 年間燃料費2,500万円以上 & 10%省エネ→1年以内に回収

## ・期間

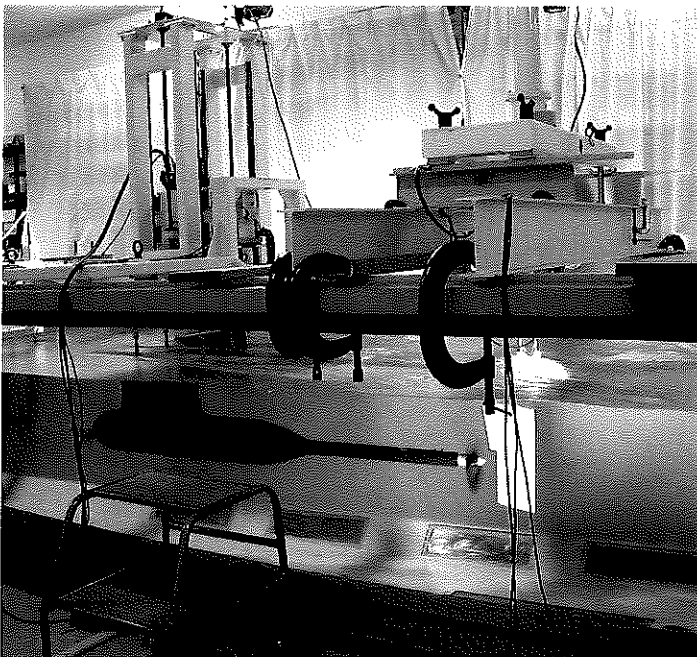
1~1.5ヶ月

## ・対象船種

小型漁船~内航船~近海船~VLCC

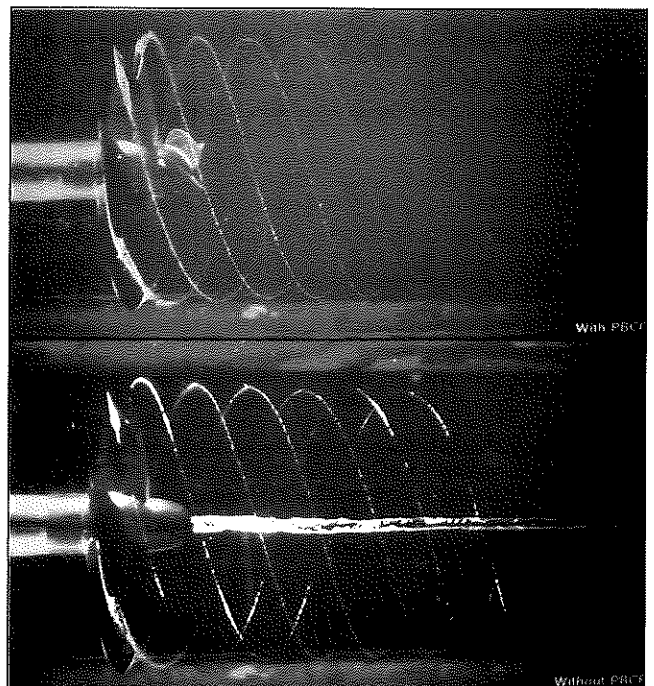
## その他の回流水槽試験

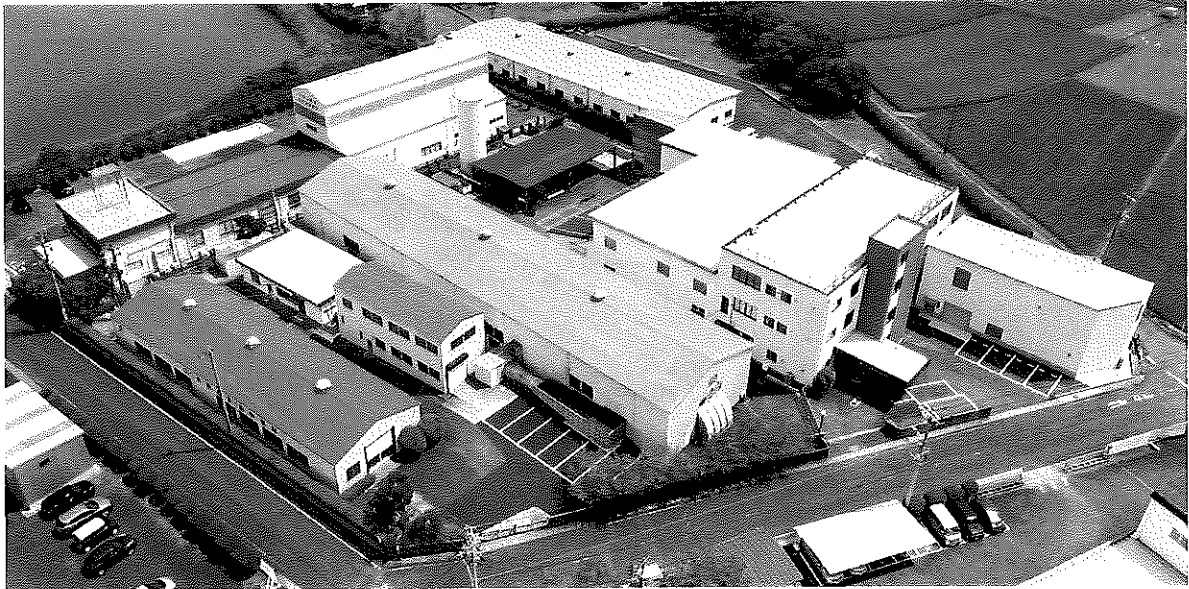
### 高性能舵の開発



### 省エネ装置の開発

(フィン付プロペラボスキャップ)





**(水槽7基、風洞1基、多目的実験室、製作・組立工場3棟)**

**ご静聴ありがとうございました。**

**(株)西日本流体技研  
長崎県佐世保市  
<http://fel.ne.jp>**



# 海事産業に係る自動化技術

## 内航船舶技術支援セミナー

海上・港湾・航空技術研究所  
海上技術安全研究所  
知識・データシステム系

1

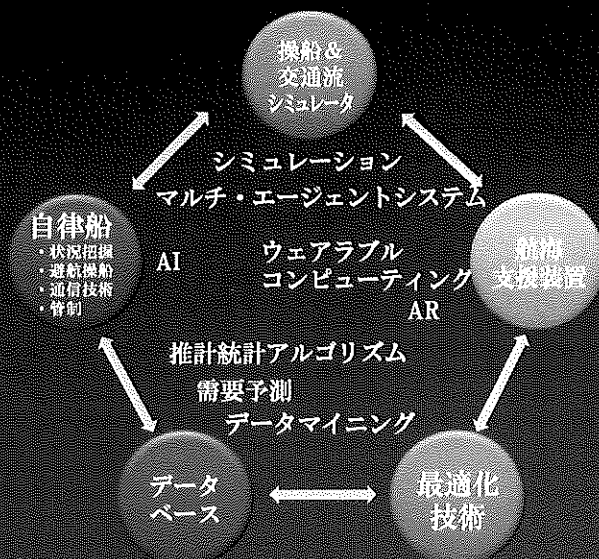
## 講演内容

- 知識・データシステム系の紹介
- AI研究の動向
- 研究事例
  - ①自律船（自動運航船）
  - ②船舶検査、船内騒音、荷役
- まとめ

2

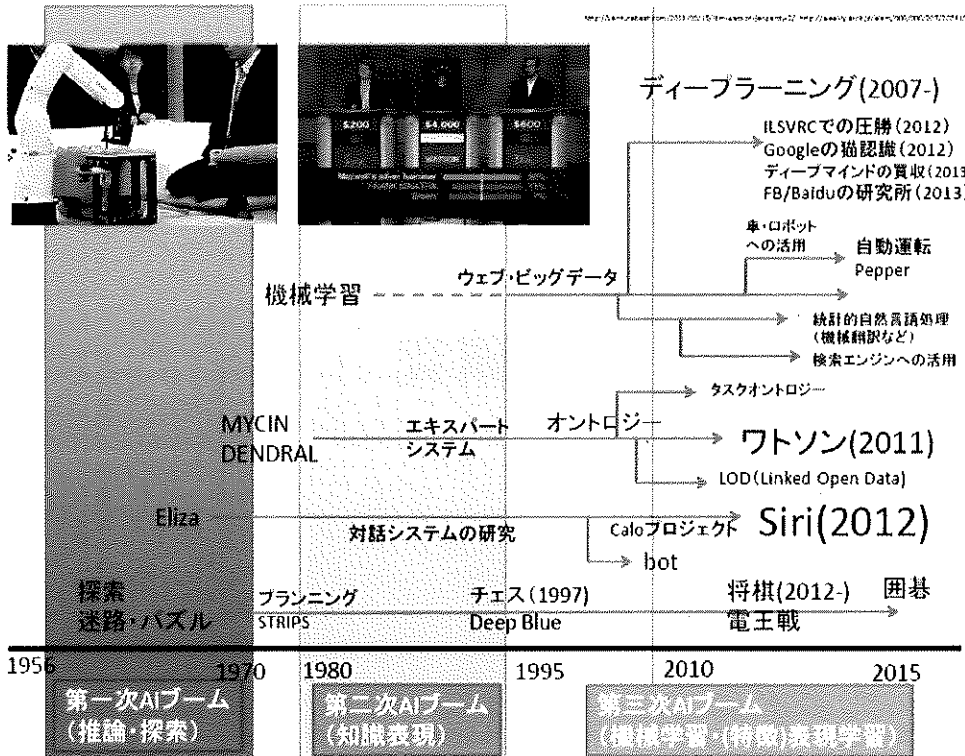
■知識・データシステム系のビジョン

海事クラスターに係る AI、IoT、BD、  
を対象とした基礎研究を通じて技術基盤を確立し、イノベーションを駆動する。  
その応用として、国策への貢献、新しいビジネスモデルの提案、  
安全、安心の高度化、環境負荷の低減といった使命を果たす。



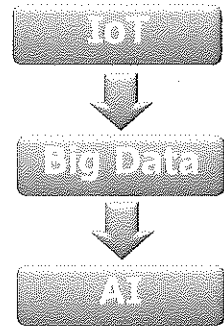
## AI研究の動向

# AIの歴史、第三次ブーム



## データの増加と機械学習

**機械学習**  
明示的にプログラムしなくても学習する能力をコンピュータに与える研究分野  
アーサー・サミュエル 1959



出典：総務省([http://www.soumu.go.jp/main\\_content/000400435.pdf](http://www.soumu.go.jp/main_content/000400435.pdf))

# 機械学習の分類

## 教師あり学習

データと答えがセットの情報を学習する → 例：文字認識

## 教師なし学習

人間も答えが分からない情報を学習する → 例：クラスタリング

## 強化学習

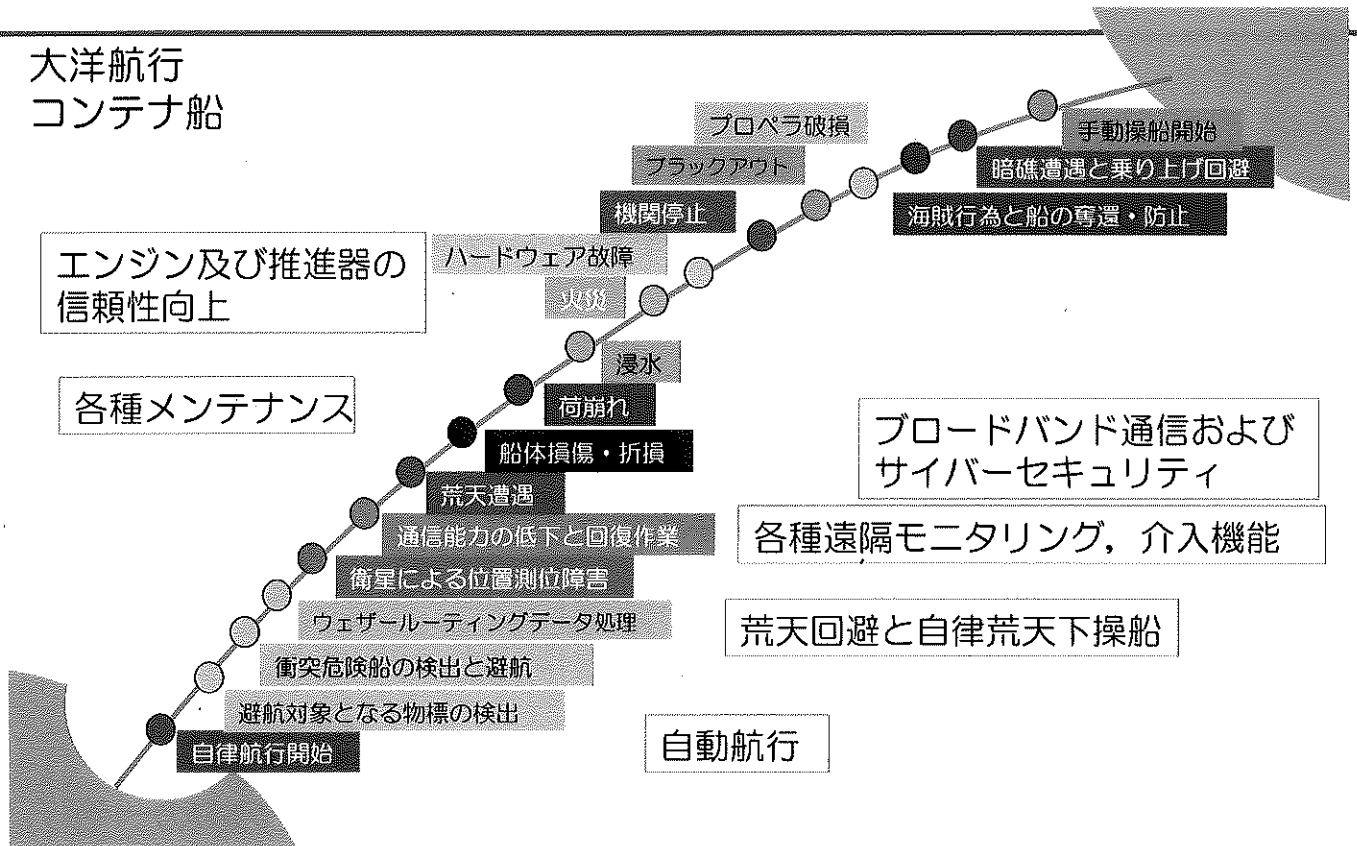
ある状態において取るべき行動を試行錯誤的に学習する。  
→例：将棋、囲碁などの次の一手

# 研究事例

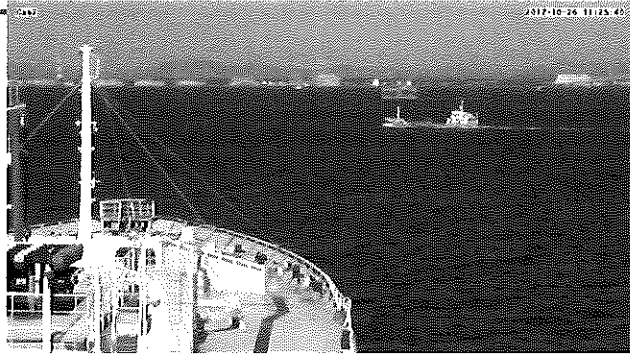
## ① 自律船関連研究

### 自律船の運航時に考えられるイベントと必要機能

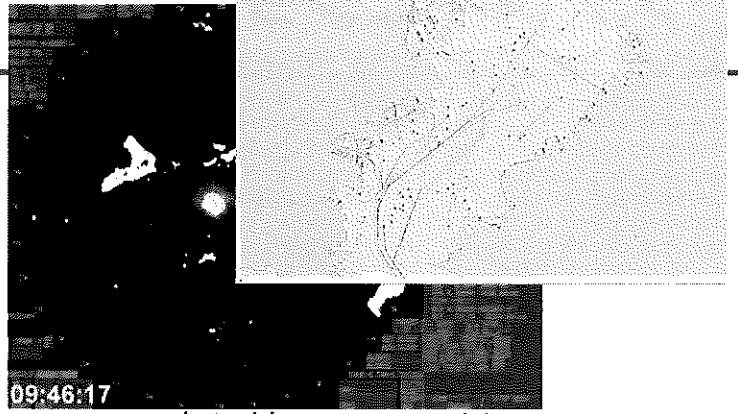
大洋航行  
コンテナ船



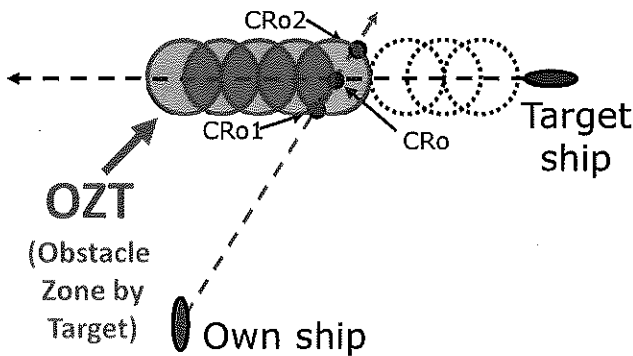
# 避航操船システム



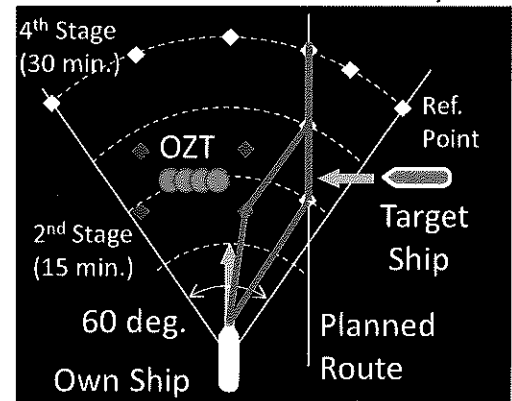
画像処理による他船検知



センサー・フュージョン  
(AIS & Radar & Machine Vision)



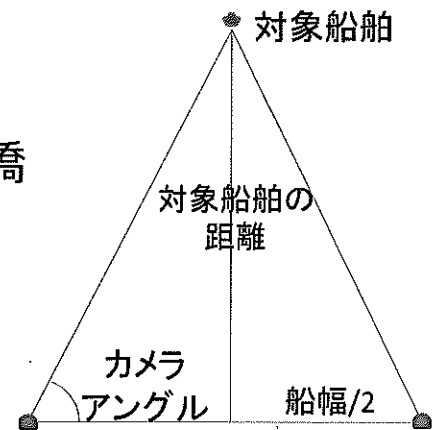
衝突リスクの算定



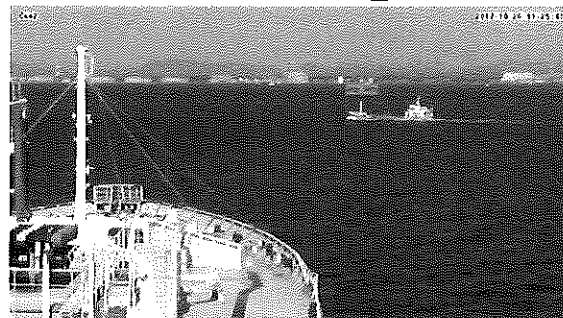
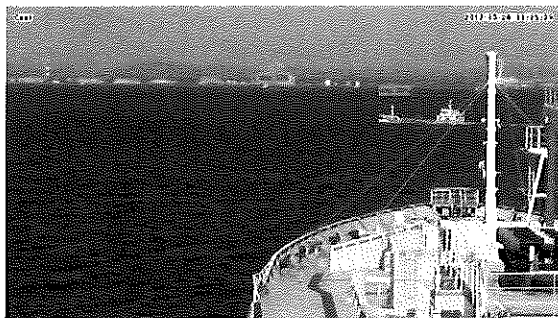
衝突回避アルゴリズム

## 画像処理による他船検出 (ステレオビジョン)

- カメラ1台 → 他船までの距離が不正確
- ステレオビジョン (2台のカメラを船橋内の両舷に設置) → 距離測定の正確さを向上

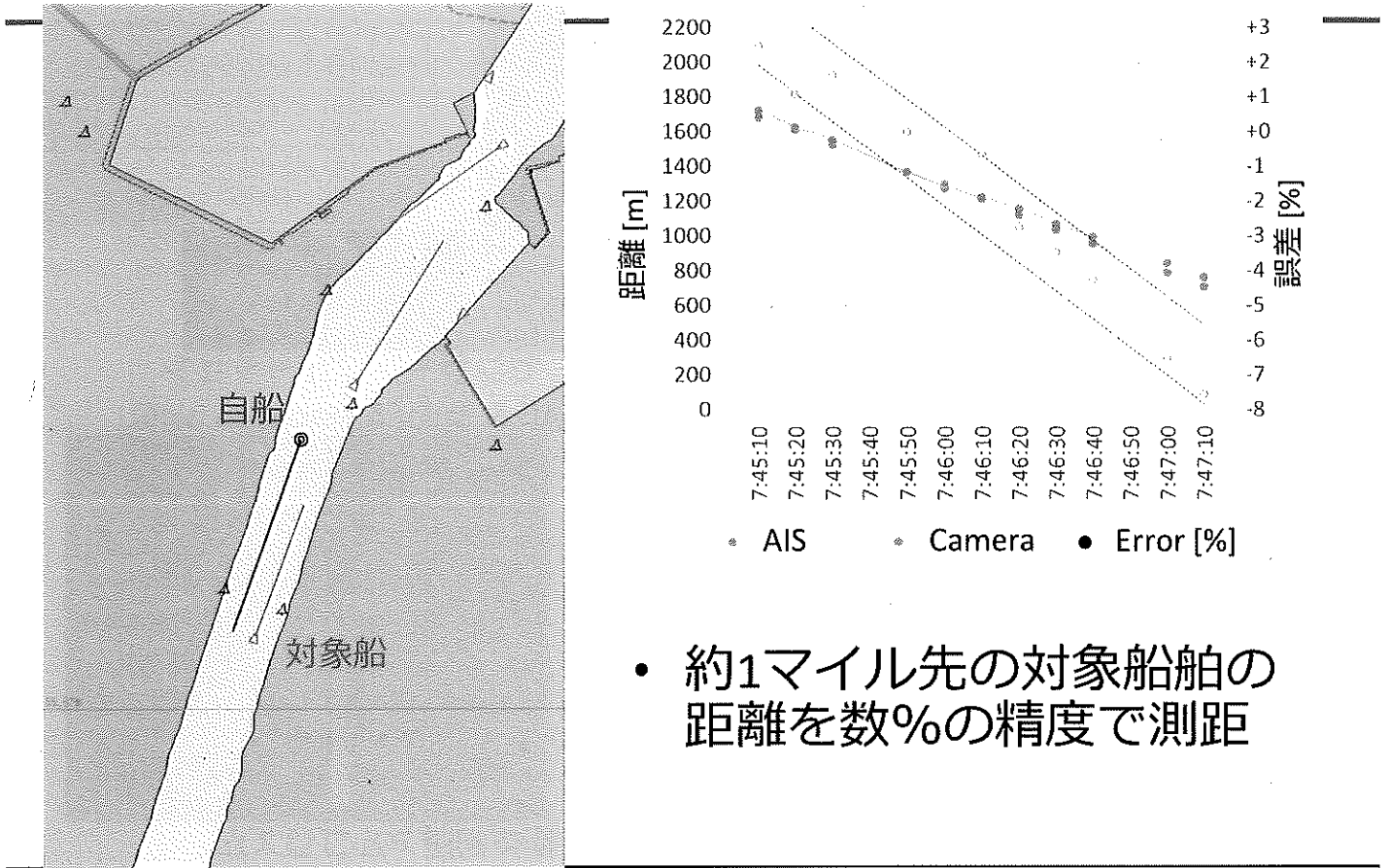


カメラ2台設置



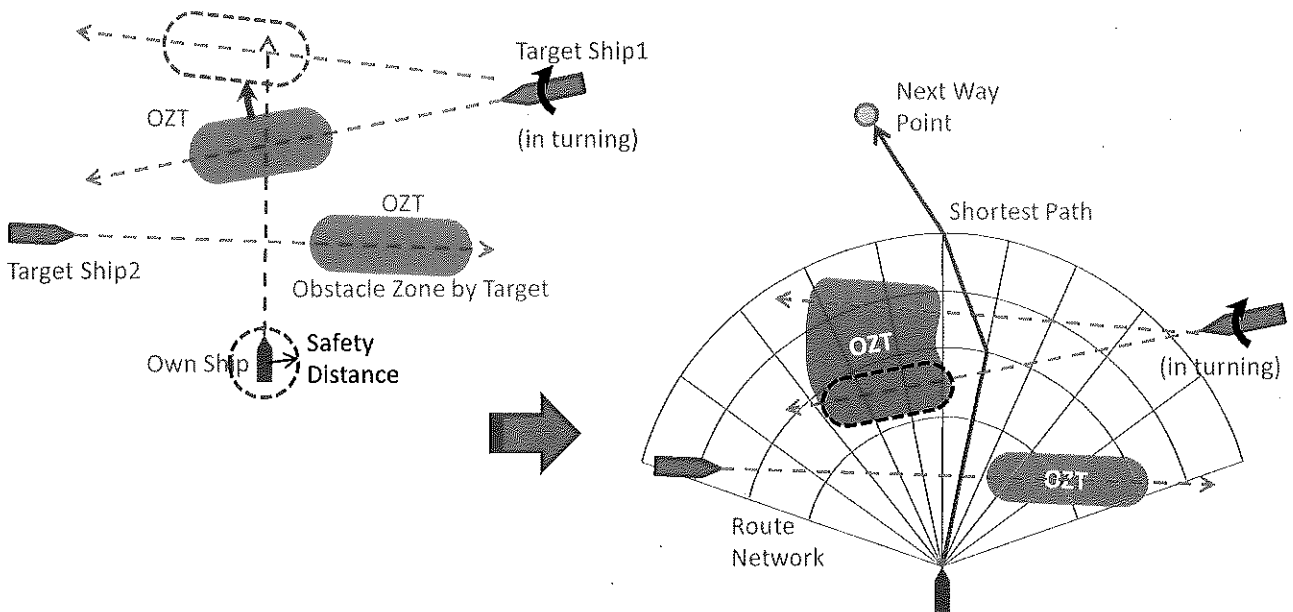
左右舷に設置された2台のカメラで同時撮影  
(協力：宇部興産海運様)

# ステレオビジョンの結果



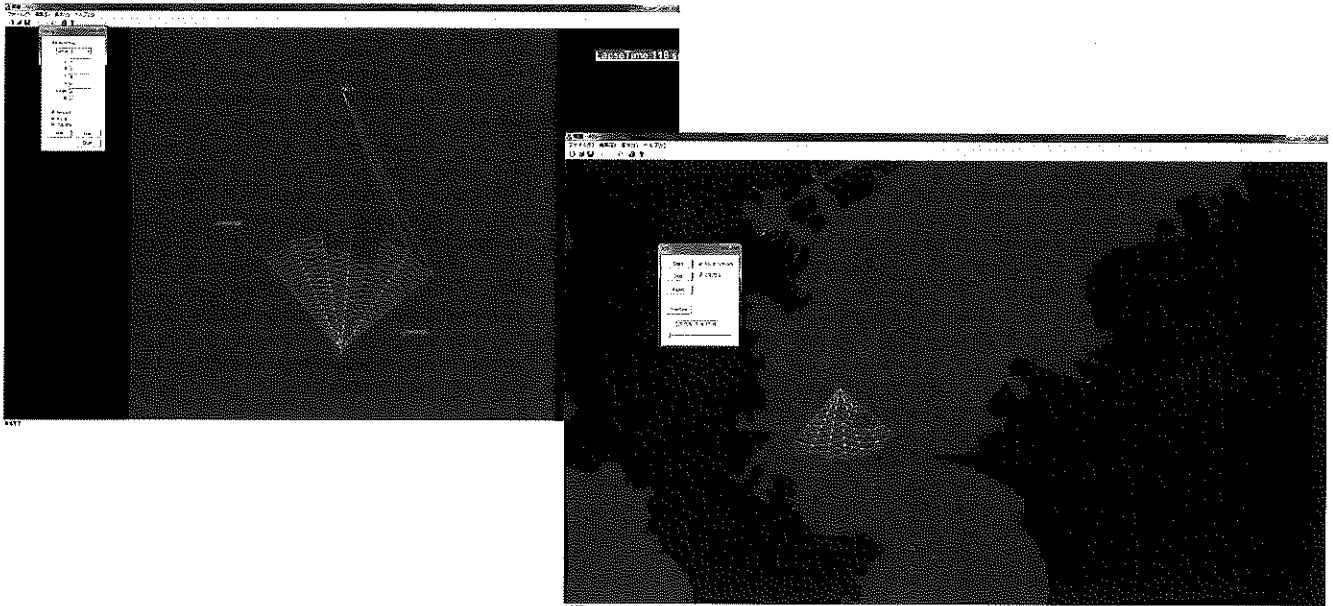
# 避航操船アルゴリズム (ルールベース)

## OZT : Obstacle Zone by Target





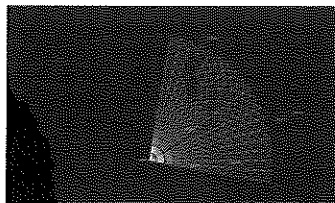
# 避航操船アルゴリズム (ルールベース) デモンストレーション



13

## 避航操船アルゴリズムの取り組み

Algorithm1



### Rule Base

- ・ 操船結果の説明 : ○
- ・ アルゴリズム開発速度 : 大 (開発者に依存)
- ・ 輻輳海域への適用 : △

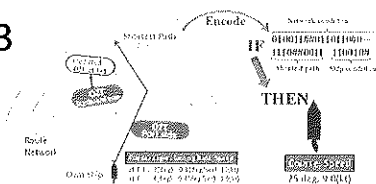
Algorithm2



### Deep Reinforcement Learning

- ・ 操船結果の説明 : X
- ・ アルゴリズム開発速度 : 中 (計算機に依存)
- ・ 輻輳海域への適用 : ?

Algorithm3

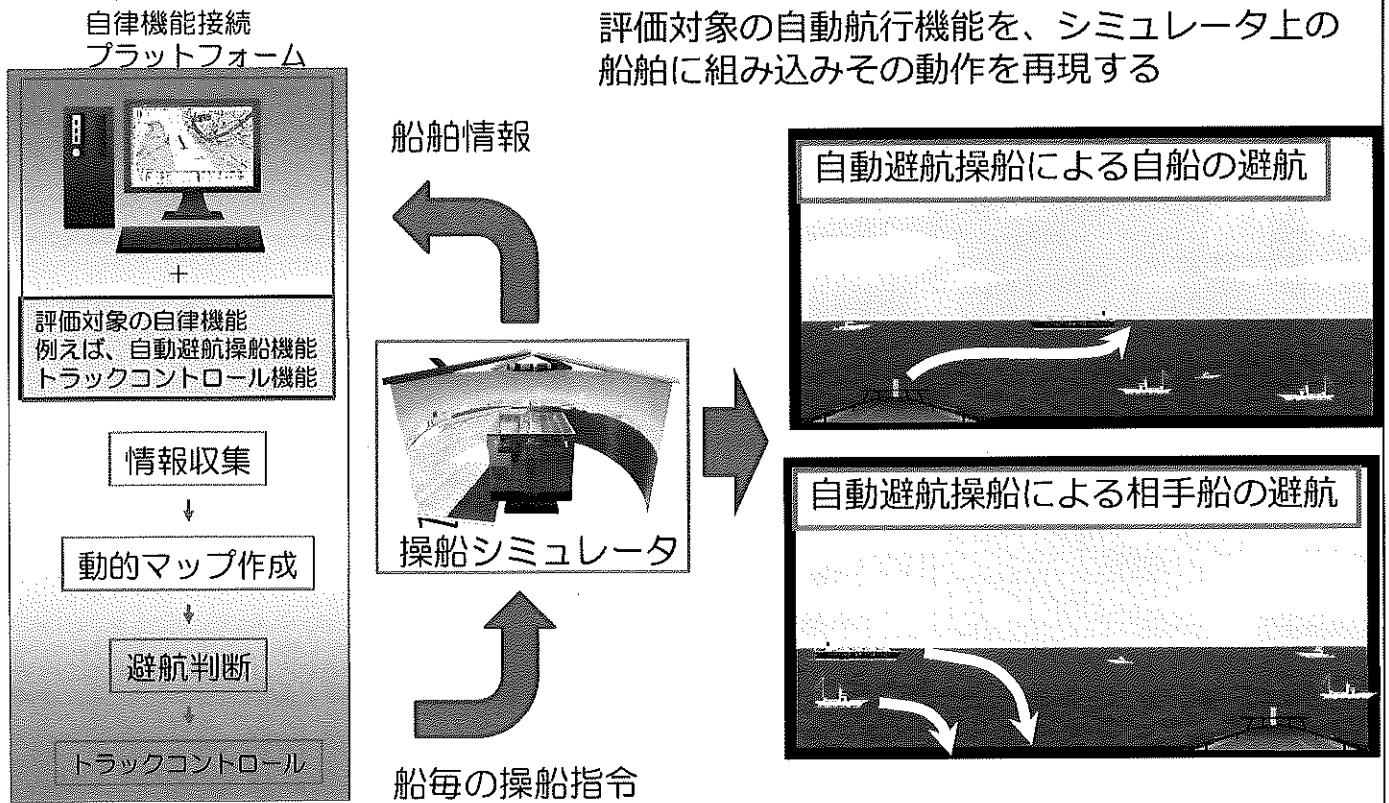


### Learning Classifier System

- ・ 操船結果の説明 : ○
- ・ アルゴリズム開発速度 : 小 (計算機に依存)
- ・ 輻輳海域への適用 : ?

14

# 操船シミュレータの活用 自律機能評価用プラットフォームの構築



15

## 研究事例

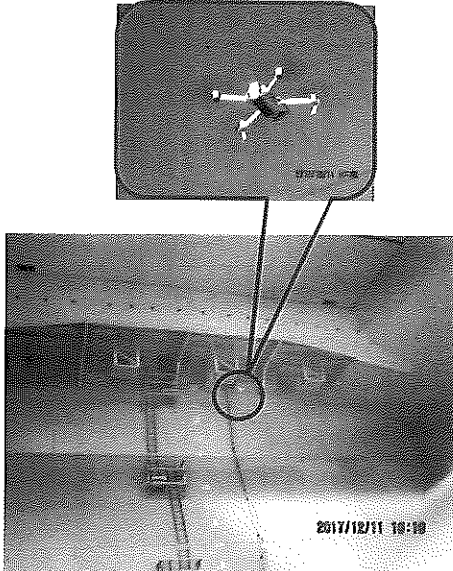
### ② 船舶検査、船内騒音、荷役

16

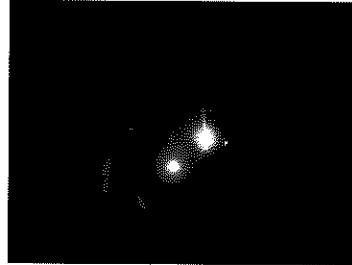
# 研究事例：船舶のタンク内点検画像処理技術の研究

## 研究目的：

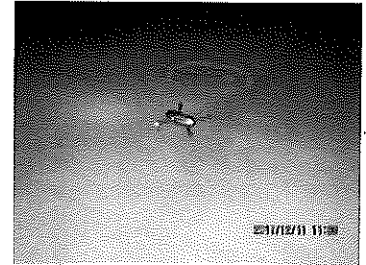
- ドローンで撮影したタンク・船倉内画像から対象箇所の塗膜健全性・損傷の有無を自動評価（画像認識）する技術を確立する。
- タンク内はGPSによる操縦ができない。ドローン画像から位置情報を自動把握する技術を確立する。



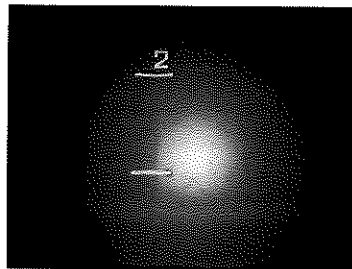
図：飛行中ドローン（貨物倉内ハッチ開）



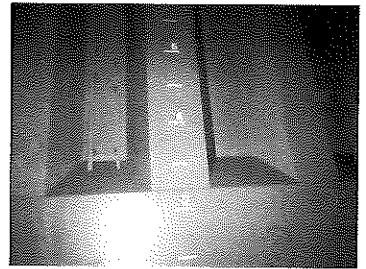
図：ドローンカメラ撮影画像



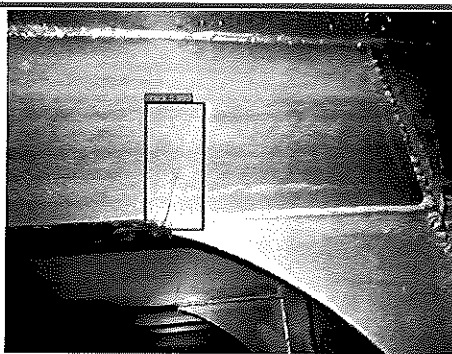
図：左画像位置



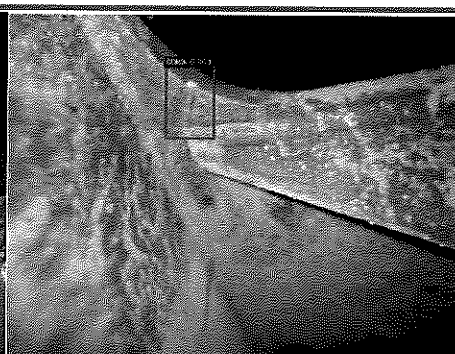
図：貨物倉内（ハッチ閉）



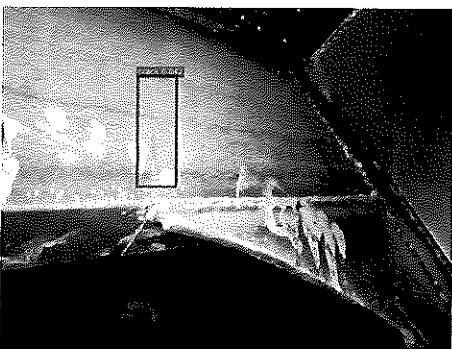
# 研究事例：船舶のタンク内点検画像処理技術の研究



Test NO. 01



Test NO. 02



Test NO. 03



Test NO. 04

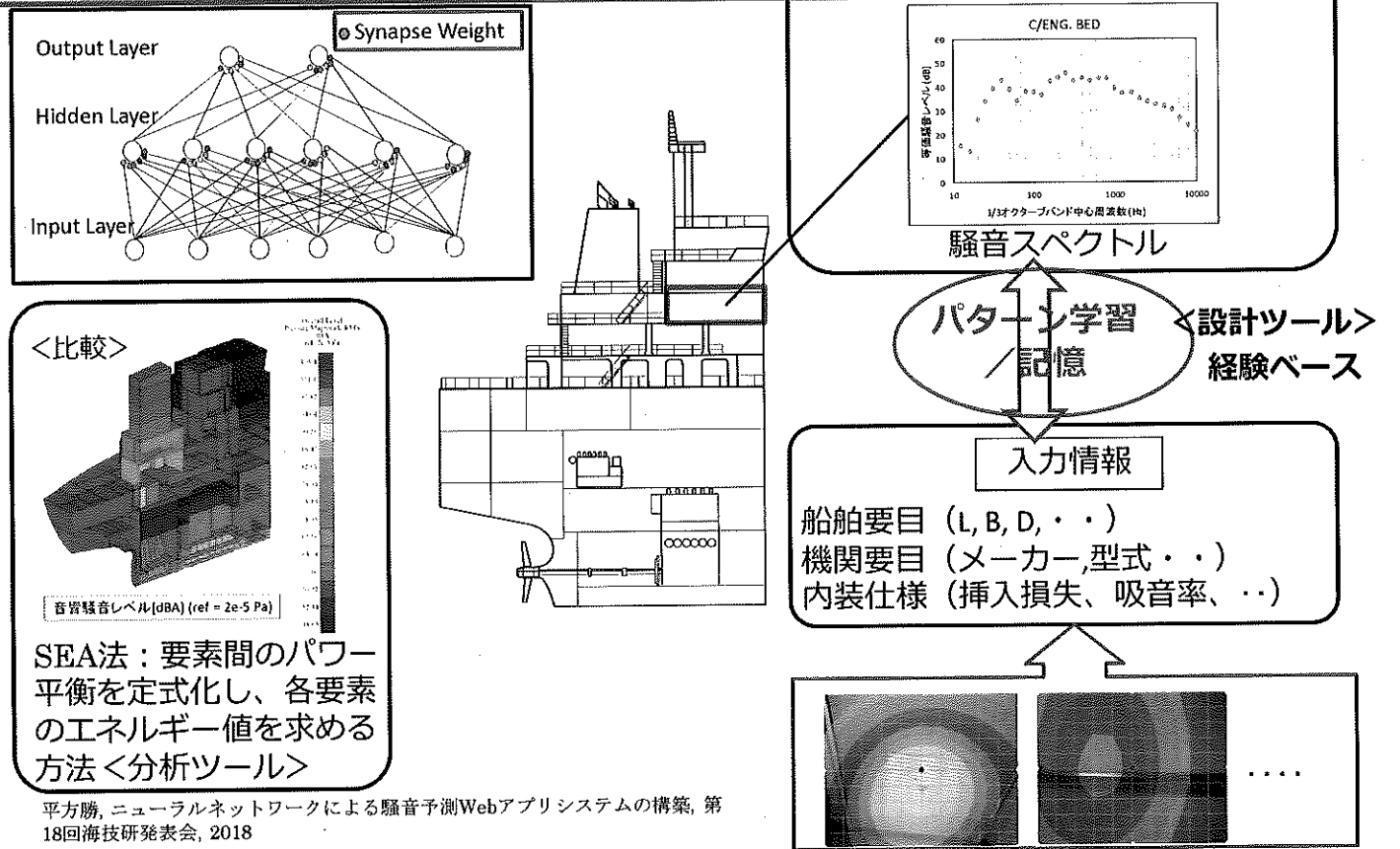
訓練画像95枚  
検証画像28枚  
テスト画像9枚

Test No.	認識率
01	0.999
02	0.001
03	0.042
04	0.508

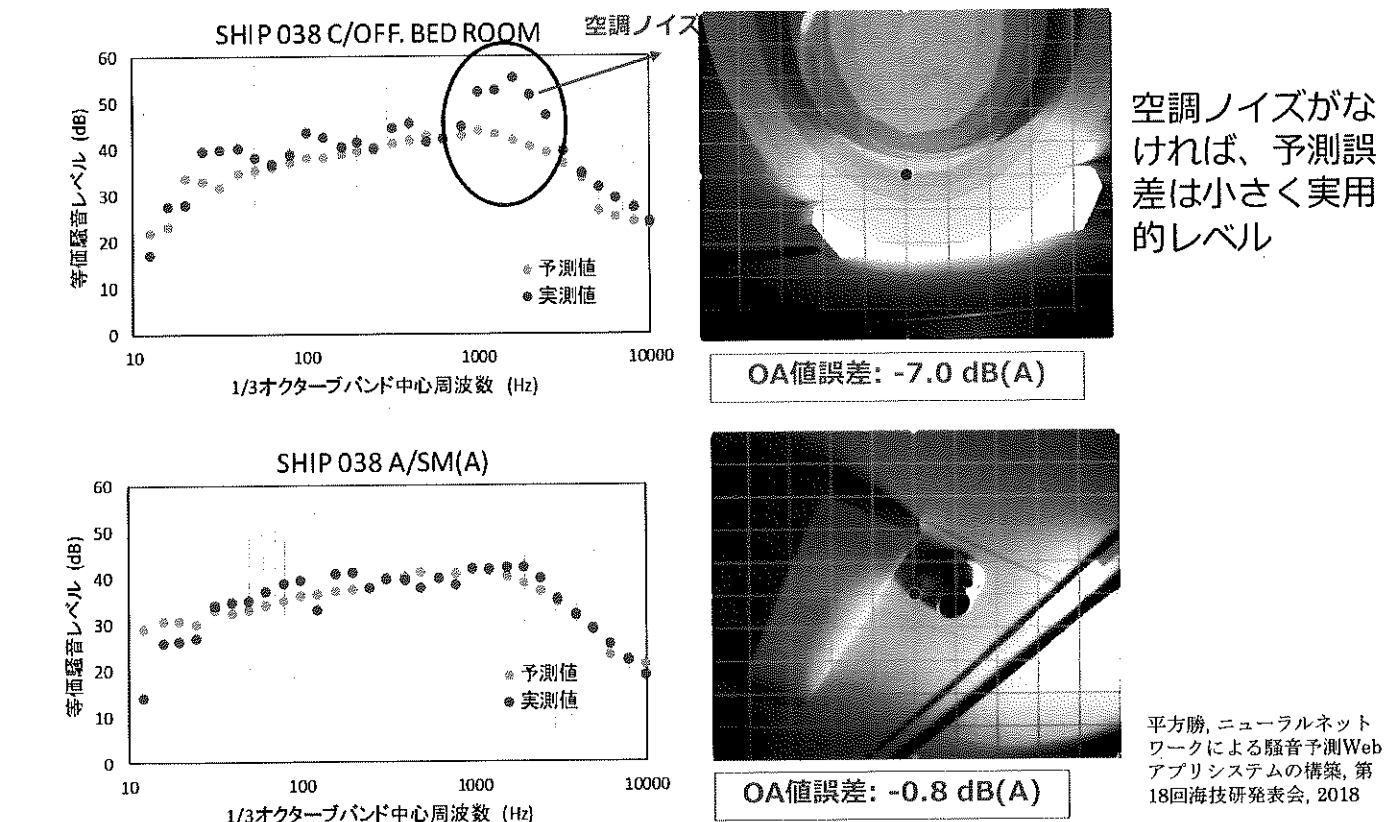
<今後>  
損傷学習用画像枚数を増や  
して認識率を向上させる

1) 平方勝他, 損傷画像認識への深層学習の適用について, 日本船舶海洋工学会講演論文集, 2019

# 研究事例：ニューラルネットワークを活用した 船内騒音予測の研究

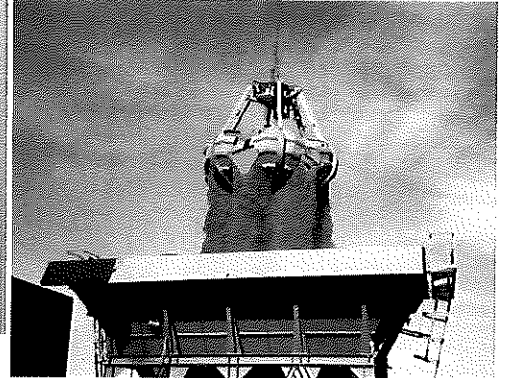
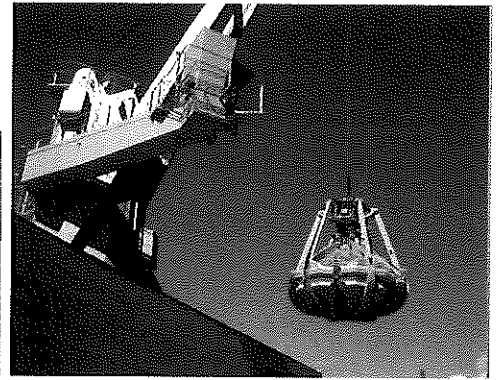


# 研究事例：ニューラルネットワークを活用した 船内騒音予測の研究



# 研究事例：荷役の自動化

対象: ばら積み貨物

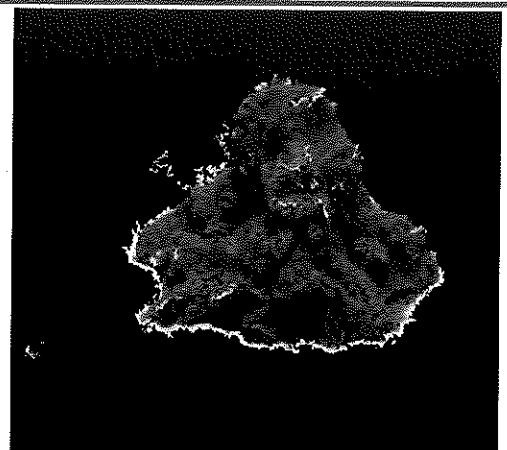
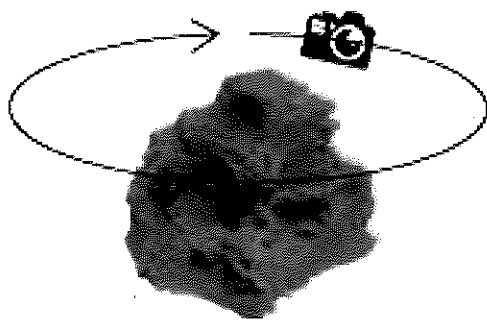


Source: Iknow Machinery Co. Ltd.  
<http://www.iknow-m.jp/>

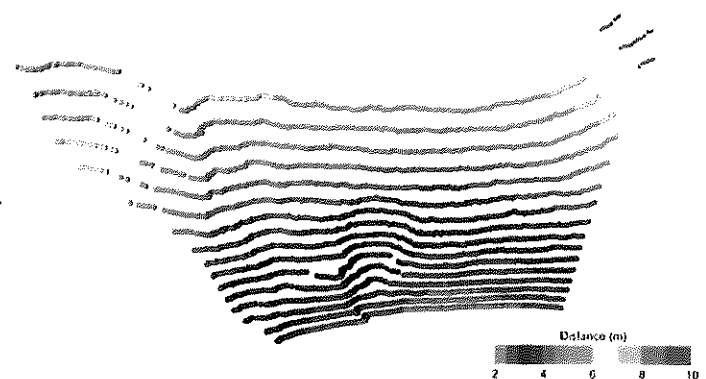
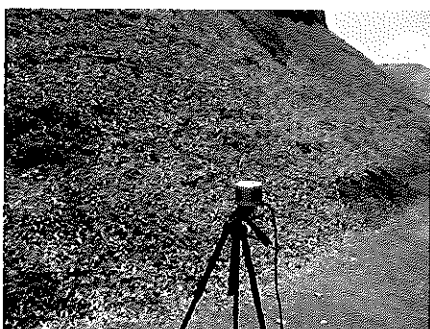
21

研究事例：荷役の自動化  
(画像→3次元形状の把握→クレーン操作最適化)

## SfM (Structure from Motion)



## LiDAR



22

知識・データシステム系の  
研究事例

(自律船、船体検査、船内騒音、荷役  
の自動化)  
について紹介。

今後も、

- ・ AI
- ・ IoT、ビッグデータ、データサイエンス
- ・ AR、VR

に関連した研究を推進。

ご清聴ありがとうございました。

# 電池推進船と自動化・省力化

－EV船先進国Norwayの調査及び考察－



独立行政法人  
鉄道建設・運輸施設整備支援機構



## 何故EV船を実現しなければならないのか？

### 1. 環境対策



#### EV船の特徴1

ゼロエミッション(CO2排出ゼロ)という環境面の効果

即応

国際条約による環境規制の強化(SOx規制強化、パリ協定)

### 2. 船員対策



#### EV船の特徴2

- 内燃機関の省略により設備・運用とも大幅に簡略化が可能
- IoTを活用した遠隔監視、自動着積当の自動化設備の導入が容易



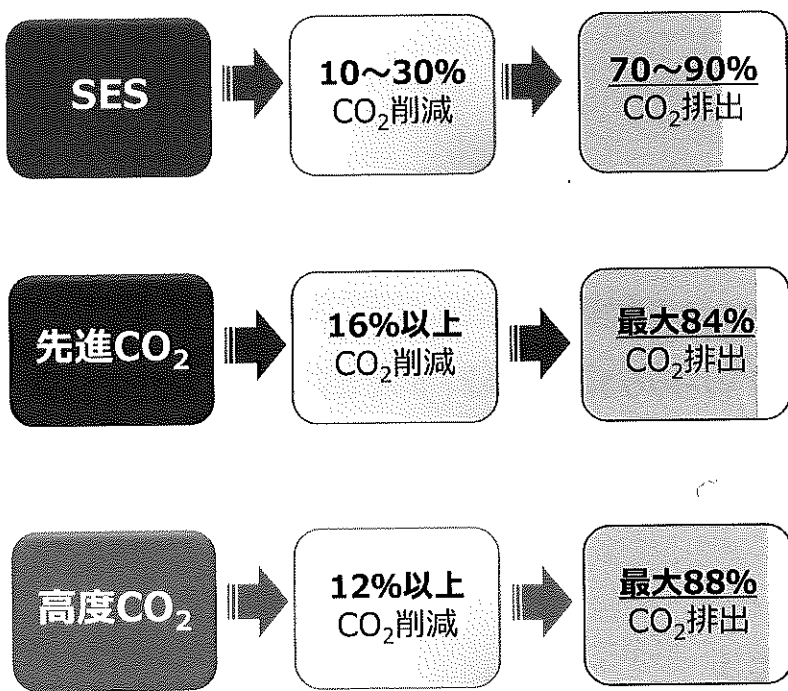
船員の船内作業の軽減、未熟練船員の即戦力化による生産性向上

即応

船員数の減少、高齢化、若手船員の育成



内航海運のグリーン化に資する船舶の建造状況



建造実績は年平均で…

- SES : 1.9隻
- 先進CO<sub>2</sub>低減化船 : 2.4隻

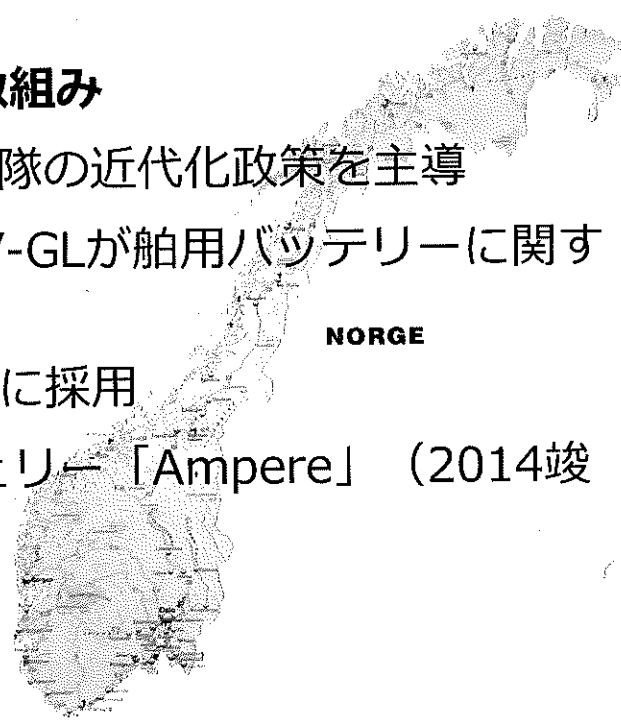
パリ協定で約束した  
**「省エネ率16%の船舶の普及隻数を2030年まで(あと10年)に1,190隻」**  
 には遠く及ばない



何故ノルウェーを調査したのか？

ノルウェーでは、官民を挙げた取組み

- Norway政府が内航フェリー船隊の近代化政策を主導
- Norwayの船級協会であるDNV-GLが船用バッテリーに関する船級規則の整備を開始
  - ⇒ 当該規則がNorway海事局に採用
- 世界初の完全電気推進カーフェリー「Ampere」(2014竣工)の登場により本格化



EV船のシェアの3割以上(全世界で300隻以上が登録【2019.1現在】)



## フェリー輸送が主体

フィヨルド部は、地域によっては幅2~3km、深さ700メートルという狭く断崖絶壁の地形

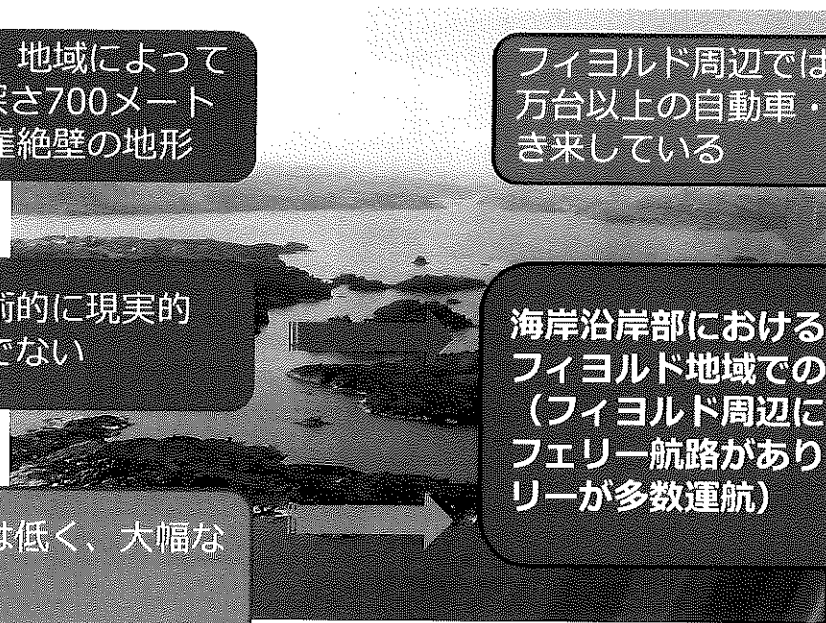


橋梁の建設が技術的に現実的あるいは経済的でない

一般的に採算性は低く、大幅な政府補助。

フィヨルド周辺では、年間2,000万台以上の自動車・トラックが行き来している

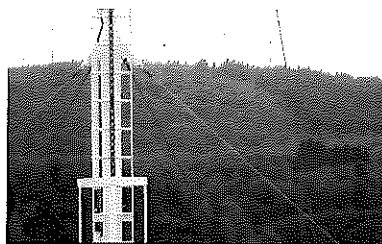
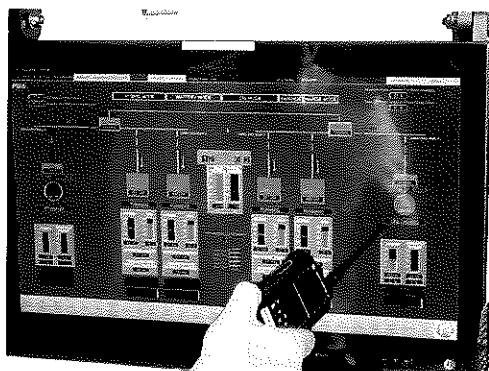
海岸沿岸部における貨物輸送及びフィヨルド地域での道路網の補完（フィヨルド周辺には約130本のフェリー航路があり、小型のフェリーが多数運航）



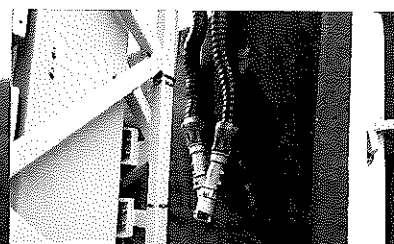
## ノルウェー調査事例



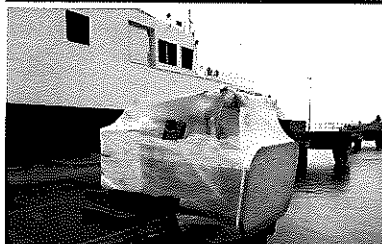
EVカーフェリー「HUSAVIK」及びEVコントロールシステム



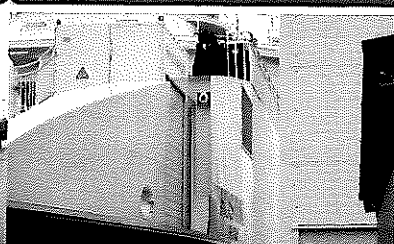
風力発電所(電力源)



旧(現状)給電設備



整備中の自動着棧装置



新給電設備



JRRT

# ノルウェー視察結果 まとめ

## EV化に適した船舶・船種

- EV化は、船舶または船種が次のいずれかの条件を満たす場合にメリットがあり、大幅な効率改善・労働環境改善が期待できる

### 航路が限定された船



バンカー船



短距離旅客船



短距離フェリー

### 冗長性が要求される船



オフショア支援船



プロダクトタンカー

### 負荷変動が大きい船



セメント船



ケミカルタンカー

## 視察結果から見るEV化による自動化・省力化の効果

- 操船は船長1人(HUSAVIKのケース)。
- 原動機周辺の作業が不要となり、運航中は機関部での作業は不要(HUSAVIKのケース)。
- 電気技術は自動化・省力化技術と親和性が高く(例：エレベータ)、ノルウェーの電池推進船においても徹底的な合理化がなされていた。
  - ✓ リモコンによる可動橋操作・給電作業
- 造船所技師の負担軽減への貢献
  - ✓ 原動機が搭載不要となることから、配管設計の工数削減が可能。
  - ✓ 電気技術は標準化との親和性が高く、動力関係部分をモジュール化することで設計の効率化が可能。

7



JRRT

## EV船、残された希望

内航海運の未来のために  
(パラダイムシフトに向けて～ノーベル化学賞を内航海運へ～)

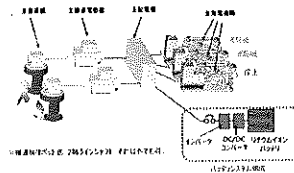
### 我が国における早急なEV船建造

- 未知のモノへの漠然とした不安の排除
- 適した船種(バンカーボート、短距離カーフェリー・旅客船等)を対象とした普及促進、啓発活動



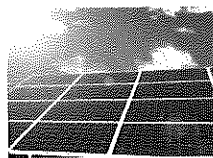
### ハイブリッドEVの導入

- 中距離航路では、HV車のようにディーゼル発電との併用が考えられる



### 地方自治体との連携

- 水素化社会、再生エネルギー発電に取り組む自治体、事業者との連携



### 技術情報の更なる収集、蓄積

- 海外情報の収集、蓄積



8



”

あなたたちは空っぽの言葉で、私の夢そして子供時代を奪いました。

それなのにあなたたちが話しているのは、お金のことと、経済発展がいつまでも続くというおとぎ話ばかり。

恥ずかしくないんでしょうか！

あなたたちは、私たちを失望させている。

しかし、若い世代はあなたたちの裏切りに気づき始めています。

未来の世代の目は、あなたたちに向けられている。

もしあなたたちが裏切ることを選ぶのであれば、私たちは決して許しません。

私たちはこのまま、あなたたちを見逃すわけにはいかない。

今この場所、この時点で一線を引きます。

世界は目覚め始めています。

変化が訪れようとしています。 ”

あなたたちが望もうが望むまいが。



グレタ・トゥーンベリ 国連スピーチより抜粋

