

# SOx規制への対応について

---

平成30年11月  
国土交通省 海事局  
海洋・環境政策課

- P. 2 硫黄酸化物(SO<sub>x</sub>)及び粒子状物質(PM)規制の概要と対策の方向性
- P.10 規制適合油の使用による対応
- P.12 低硫黄C重油を供給しやすくする
- P.22 スクラバー(高硫黄C重油)を選択しやすくする
- P.34 低硫黄A重油を選択しやすくする
- P.39 LNG燃料船の導入促進
- P.42 荷主等への環境コスト増加の理解の醸成
- P.44 北海・バルト海におけるSO<sub>x</sub>規制強化対応調査結果

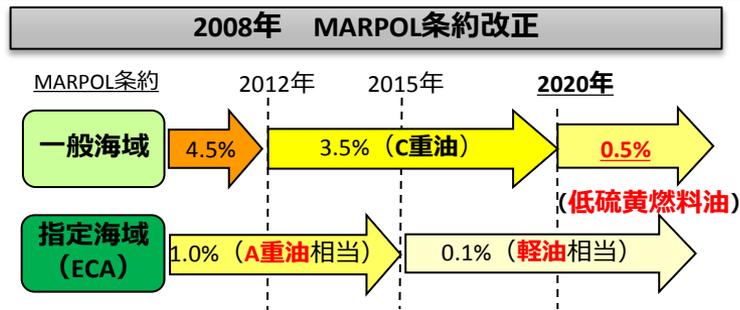
# 硫黄酸化物(SO<sub>x</sub>)及び粒子状物質(PM) 規制の概要と対策の方向性

---

# 硫黄酸化物(SOx)及び粒子状物質(PM)規制の概要

## SOx規制概要

- 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することを規定している。
- また、同条約では需給状況等に関するレビューを行い、2020年からの実施が不可能と判断された場合には、2025年に強化することも規定していた。レビューの結果、2020年からの規制強化で確定(2016年)。
- 我が国としては、船舶からのSOxの排出による人の健康や環境への悪影響の低減に取り組むもので、環境先進国として適切な対応が必要。



### ◆ 指定海域



### 手段1 燃料油



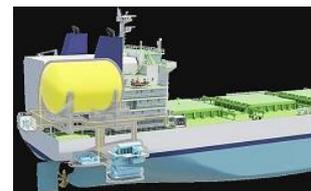
硫黄分  
0.5%以下

### 手段2 スクラバー (排ガス洗浄装置)



従来の高硫黄C重油を使い、  
船上で排ガスを脱硫

### 手段3 LNG

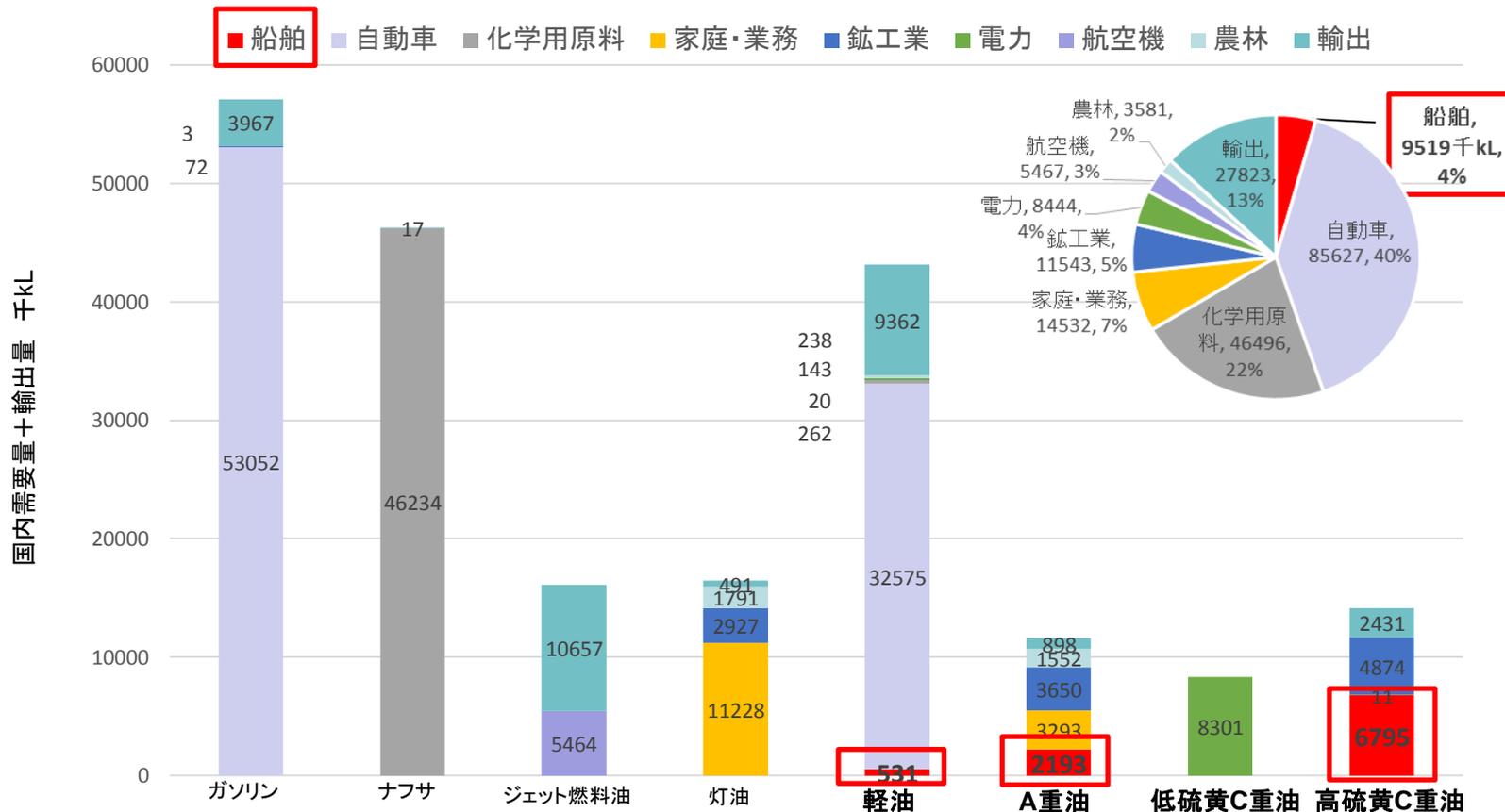


LNG燃料中は硫黄分濃度が0

# 燃料油の市場

船舶燃料油の供給量は、燃料油全体の供給量の約4%

石油製品の供給先(全体約2.1億kL) (石油精製元売全社の売上高約20兆円)※1



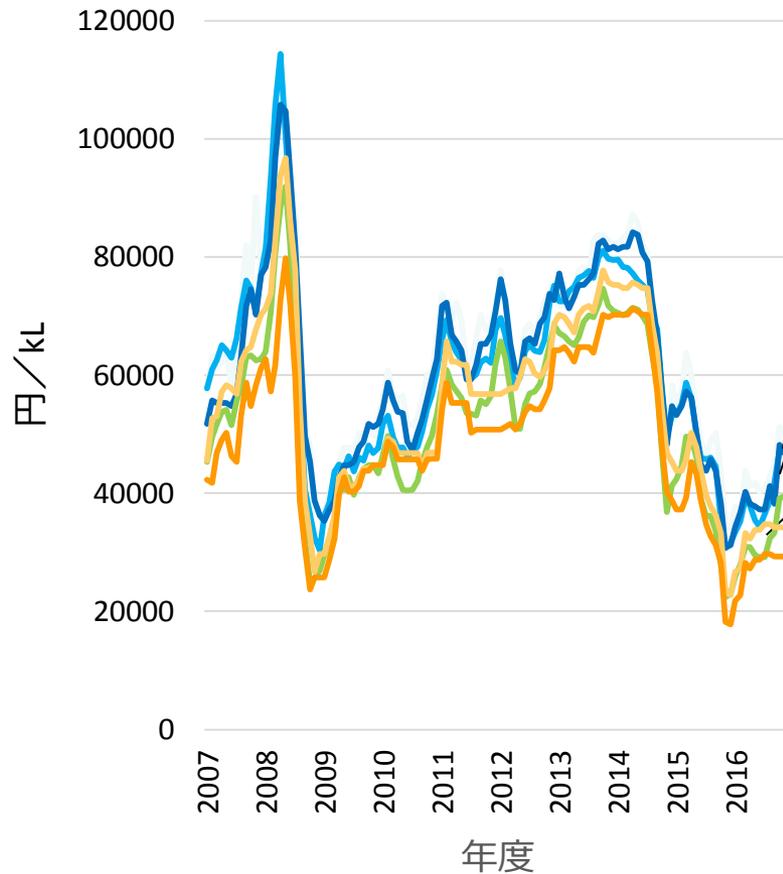
	軽油	A重油	低硫黄C重油	高硫黄C重油
硫黄分濃度	0.001%	0.3~0.7%	0.3%	2.5%
2007~2016年度の10年間平均の燃料油単価	6.3万円/kL	6.0万円/kL	5.4万円/kL	4.8万円/kL
2018年1月の燃料油単価	6.2万円/kL	5.9万円/kL	4.4万円/kL	3.9万円/kL

※1 2015年度のデータ。石油製品の供給先(国内需要+輸出)は、石油連盟「今日の石油産業2017」、平成27年資源エネルギー統計年報(石油)、内航船舶輸送統計年報、マルポール条約附属書VIに基づく硫酸化物(SOx)規制強化へ向けた調査報告書(海上技術安全研究所) (平成28年3月)より海事局作成。船舶には、内航船、外航船(ボンド輸出)、漁船を含み、漁船のみ2014年度のデータ。

※2 燃料油の単価は、日本経済新聞における軽油、A重油(硫黄分濃度1%)、低硫黄C重油(硫黄分濃度0.3%)、高硫黄C重油(硫黄分濃度3%)より海事局作成。

# 燃料油の価格動向

過去10年間の燃料油の価格の推移



2007~2016年度  
10年間  
平均単価

2018年6月  
単価

軽油

6.3万円/kL

7.0万円/kL

A重油

6.0万円/kL

6.5万円/kL

輸出軽油\*

6.0万円/kL

5.8万円/kL

低硫黄C重油  
(電力用)

5.4万円/kL

4.4万円/kL

原油\*

5.2万円/kL

5.3万円/kL

高硫黄C重油

4.8万円/kL

3.9万円/kL

燃料油の単価は、日本経済新聞における軽油、A重油(硫黄分濃度1%)、  
低硫黄C重油(硫黄分濃度0.3%)、高硫黄C重油(硫黄分濃度3%)より作成。

※原油・輸出軽油は、財務省貿易統計より作成

# SOx規制強化に向けた取組状況と今後の対策の方向性

## 取組状況

海運業界の低硫黄燃料油に関する懸念: 石油業界において「供給量は十分か」、「品質に問題無いか」、「極端に高騰しないか」等の情報がはっきりしない  
 ↳ 事業者の円滑な対応に向けた対応方策の検討、「需給」、「品質」、「コスト」などに関する連絡調整を実施するための会議体を設置

### オールジャパンによる連絡調整会議

- [海運業界] 日本内航海運組合総連合会  
日本旅客船協会  
日本船主協会
  - [石油業界] 石油連盟
  - [関係業界] 日本造船工業会  
日本中小型造船工業会  
日本船用工業会
  - [国土交通省] 海事局、総合政策局
  - [経済産業省] 資源エネルギー庁資源・燃料部
  - [環境省] 水・大気環境局
  - [オブザーバー] (国研)海上・港湾・航空技術研究所  
(独)鉄道建設・運輸施設整備支援機構  
日本海事協会、  
石油エネルギー技術センター
- (開催月) 2017年3月、8月、2018年2月

### 詳細な事項を検討するタスクフォース

(開催月) 4月、6月、7月、10月

### 海事関係者による対応方策検討会議

- [海運業界] 日本内航海運組合総連合会  
日本旅客船協会  
日本船主協会
  - [関係業界] 日本造船工業会  
日本中小型造船工業会  
日本船用工業会
  - [国土交通省] 海事局、総合政策局
  - [オブザーバー] (国研)海上・港湾・航空技術研究所  
(独)鉄道建設・運輸施設整備支援機構  
日本海事協会
- (開催月) 2017年2月、5月、11月



## これまでの主な アウトプット

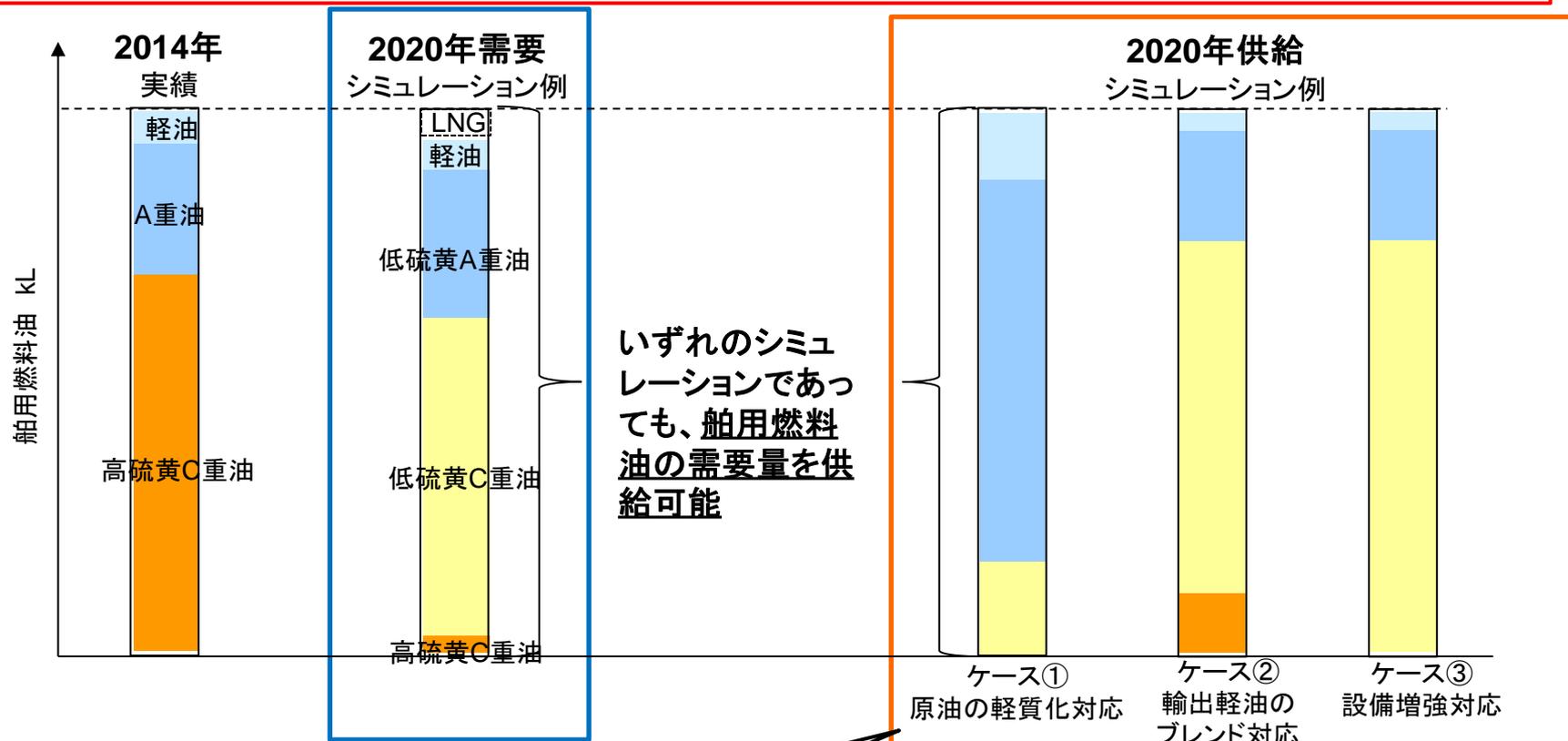
- ✓ 海運業界の需要量を供給可能であることを需給シミュレーションで確認
- ✓ 国交省、経産省、石油業界、船用エンジン業界の連携による、品質確認試験の実施を合意 等

## 今後の主な対策

- ✓ 低硫黄C重油を供給しやすくする
  - ・ 使用可能な燃料油の性状の幅の拡大(品質確認試験)
- ✓ 燃料油の需要分散 (低硫黄C重油への需要集中が想定)
  - ・ 低硫黄A重油への転換、スクラバーや LNG燃料船の普及を促進 (経済性を向上させる技術やシステムの導入支援、優遇策等) 等
- ✓ 荷主等への環境コスト増加の理解の醸成

# 船用燃料油の需給見通し

- 石油連盟において、全社が「原油の軽質化・設備対応」のほか、特定の対応として「輸出軽油のブレンド対応」、「設備増強」のそれぞれのケースをシミュレーション。
- 実際には、石油各社においてこれらの多様な生産手法の中から選択・組み合わせられ、油種毎の需給がバランスしていく。



原油を硫黄分濃度の高いものから低いものに変更

軽油と高硫黄C重油等とのブレンド  
※ ブレンドに用いられなかった高硫黄C重油に余剰が発生

設備投資による高硫黄C重油からの硫黄分を除去

(昨年8月の第2回連絡調整会議にて提示)

新結果(追加シミュレーション)  
(本年2月の第3回連絡調整会議にて提示)

# 低硫黄C重油の需給の安定化に向けた対策の方向性

需要の集中が想定される低硫黄C重油から他の燃料へ需要を分散させ、低硫黄C重油の十分な供給能力の確保により、需給・価格を安定化

## 対策の方向性

### 需要サイド

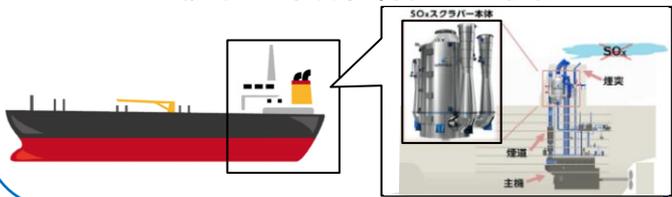
#### LNG燃料船の導入促進

#### 低硫黄A重油を選択しやすくする

- ・低硫黄A重油へ転換する際の必要な対応とメリットの明確化
- ・燃費やメンテナンスコストの低いA重油専焼エンジンの普及促進

#### スクラバー(高硫黄C重油)を選択しやすくする

- ・スクラバーの小型化・経済性向上・工期短縮
- ・内航船へのスクラバー搭載の試設計
- ・スクラバー排水の環境影響極小の検証



荷主等への環境コスト増加の理解の醸成 等

### 供給サイド



・供給量に問題がない見通し

#### 低硫黄C重油を供給しやすくする

- ・使用可能な燃料油の性状の幅の拡大(燃料油の燃焼試験の実施)
- ・船用燃料油の国際規格化

・供給量に問題がない見通し



# 規制適合油の使用による対応

---

# 総論：規制適合油の現状と課題、検討内容

低硫黄C重油		A重油	
<ul style="list-style-type: none"> <li>・国内では供給例がなく※、各社で性状を検討中</li> <li>・製造方法は多数あり、<b>会社毎に性状</b>（動粘度、流動点、熱量、etc.）が異なる可能性</li> <li>・JIS規格の性状範囲は広く、JIS規格に適合しているからといって船舶で適切に燃焼・使用できるとは必ずしも言い切れない</li> <li>・ISOでは動粘度によって規格が細分化されているが、残渣油の規格では動粘度の下限値はないため、ISO規格のみでは動粘度の絞込みは困難</li> </ul> <p>※欧州等の特別海域では0.1%の低硫黄C重油（ISO：RMD80準拠、RMG180準拠）が供給中。また、海外では一般海域用の0.5%の低硫黄C重油も実船でトライアル済。</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>・既に供給されている（ただし、硫黄分濃度は0.35%～0.7%程度であり、0.5%以下とするために調整が必要なものも一部存在）</li> </ul> <p>※現在も199GT以下の船舶のほぼ全てがA重油を使用。 499GTの船舶でも約半数がA重油を使用（499GTタンカーでは、ほぼ全てがA重油を使用）</p>	
課題	検討状況	課題	検討状況
<ul style="list-style-type: none"> <li>・エンジンで正常に燃焼できるか（エンジンに損傷を与えないか、着火遅れが起きないか）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・複数<b>サンプル燃料の燃焼試験</b>を実施（P.14）</li> </ul>	<p>（新造船）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・A重油専焼船の建造をどのように促進するか</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・鉄運機構にて<b>労働環境改善船（A重油専焼船）の支援を開始</b>（P.32）</li> <li>・A重油専焼旅客船の配乗要件緩和の可能性を検討中（P.31）</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>・エンジンでの正常な燃焼を確保するため※<b>燃料タンクからエンジンまでの燃料移送工程</b>（加熱装置、配管、ポンプ等）が対応できるか</li> </ul> <p>※エンジン入口での動粘度を一定範囲にするための温度管理等</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・海運業界、石油業界、造船・船用業界、関係省庁と連携して、問題点の洗い出しと対応策の検討を実施中</li> <li>・本事項を反映したガイダンスを作成予定（P.16）</li> </ul>	<p>（既存船）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・C重油燃焼船からA重油専焼船への移行をどのように促進するか</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・日本船用工業会において、A重油転換時に部品交換等が必要な機器リストを公表（国交省HPに掲載）</li> <li>・A重油専焼船への転換の際に必要な機器の導入支援を検討中（P.31）</li> <li>・A重油専焼旅客船の配乗要件緩和の可能性を検討中（P.31）</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>・複数の性状の低硫黄油を<b>混合しても問題なく使用できるか</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・混合安定性確認方法、低硫黄C重油の流通経路（混合せずに供給できる可能性）等を調査中</li> <li>・本事項を反映したガイダンスを作成予定（P.16）</li> </ul>		

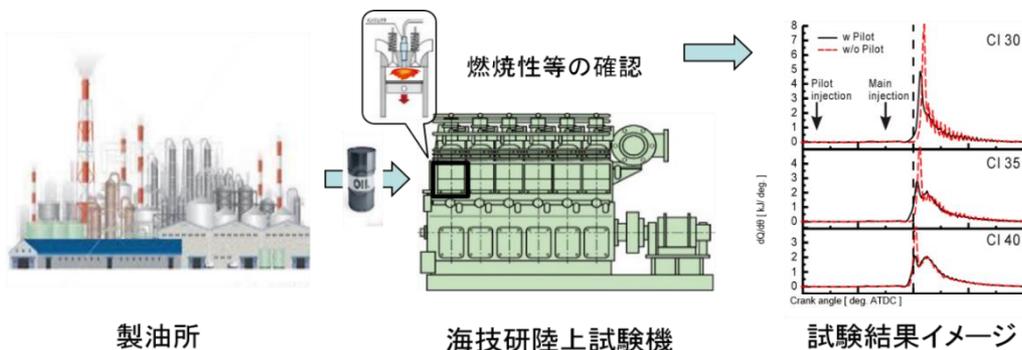
# 低硫黄C重油を供給しやすくする

---

# 低硫黄C重油を供給しやすくする（使用可能な燃料油の性状の幅の拡大）

## 進捗状況

- 低硫黄燃料油の使用に関する欧州調査を5月に実施（海運業界・国交省等参加）
  - ・欧州船社を訪問し、低硫黄燃料油に切り替えた後に大きなトラブルが起きていないことを確認
- 燃料油の燃焼試験の実施（経産省・国交省・石油業界・船用エンジン業界・海技研等）
  - ・船用燃料油のアベイラビリティの拡大を図るべく、低硫黄化に伴う性状変化が現行C重油を使用している船用エンジンに影響しないかを確認するため、実機による燃焼試験を実施し、結果を9月末に海運業界へ周知。



- 規制適合油の品質性状の適正化に向けた意見交換（国交省・経産省・石油元売各社・海運業界等）
  - ・石油元売各社は需要家や販売事業者に対して品質性状の変化について順次説明開始。
  - ・石油元売各社と海事業界などからなる協議会を設置し（10/30）、燃料油の性状変化による影響について意見交換。

## 今後の対策

○:30年度    ◎:31年度予算要求

- 新適合燃料油の性状品質性状の適正化、情報提供（随時更新）

- ◎低硫黄燃料油の使用に係るガイダンスの策定（117百万円の内数：国交省）
- ◎低硫黄燃料油への転換の実証（117百万円の内数：国交省）
  - ・低硫黄燃料油の性状変化に伴い船舶で必要な対応等を整理
- ◎必要に応じた更なる燃焼試験の実施（300百万円の内数：経産省）

# 低硫黄燃料油の品質確保にかかる燃焼試験

- 船用燃料油のアベイラビリティの拡大を図るべく、低硫黄化に伴う性状変化が現行C重油を使用している船用エンジンに影響しないかを確認するため、実機による実際の使用を想定した燃焼試験を実施。
- 石油連盟及び日本船用工業会間で調整の結果、以下の試験燃料について燃焼試験を行う。
- また試験燃料毎に、特性の異なる複数の船用エンジンで燃焼試験を行う。

## 現行と低硫黄化に伴う変化

現行	低硫黄化 (3.5%以下→0.5%以下) による性状変化	試験の要否
軽油	変化なし	不要
<b>A重油</b> ・着火性: セタン指数40程度 ・動粘度: 2~20mm <sup>2</sup> /s	硫黄分以外変化なし	不要
<b>C重油</b> ・着火性: CCAI860程度 ・動粘度: 50~180mm <sup>2</sup> /s	着火性や動粘度に変 化あり(※) ・着火性:CCAI860~セタ ン指数35程度 ・動粘度:2~180mm <sup>2</sup> /s	性状変化の影 響を評価する 試験が必要

## 試験燃料の性状

試験燃料	動粘度 (mm <sup>2</sup> /s)	着火性	備考
試験燃料① (A重油に 近いもの)	2~20	セタン指数 35程度	・着火性、動粘度を 最も大きく変化さ せた燃料
試験燃料② (①と③の 中間)	20~50	CCAI860 とセタン 指数35の 中間レベ ル	・動粘度によって ヒーティングレベ ルが変わるため 動粘度を①と③の 中間にした燃料
試験燃料③ (現行のC重 油)	50~180	CCAI860 程度	・基準燃料とする

(注)セタン指数・・・軽油やA重油の着火性を示す指標。 CCAI ...C重油の着火性を示す指標。

(※)着火性及び動粘度レベルに変化がないC重油については、試験燃料③で評価する(低硫黄化燃料であっても、燃焼性は同等と判断)。

- ▶ 船用燃料油の供給拡大を図るべく、低硫黄化に伴う性状変化が現行C重油を燃焼している船用エンジンに影響しないかを確認するため、実機による実際の使用を想定した燃焼試験を実施(資源エネルギー庁補助事業)
- ▶ 石油連盟及び日本船用工業会間で調整した、3種類の試験燃料について、特性の異なる複数の船用エンジンで燃焼試験を実施し、**9月20日に検証結果を取りまとめ、9月末に海事関係業界に周知。**

No.	1	2
メーカー形式	新潟原動機 6L19HX	松井鉄工所 MU323DGSC
タイプ	4サイクル中速エンジン	4サイクル中速エンジン
定格出力	750 kW	257 kW
定格回転数	1000 rpm	420 rpm
搭載船例	499GT	199GT
写真		

## 試験に用いた燃料

試験燃料①  
A重油に近い動粘度  
(2.03cSt<sup>※1</sup>)の燃料油

試験燃料②  
中間動粘度(35.2cSt)  
の燃料油

試験燃料③  
現行C重油相当の動粘度  
(153cSt)の燃料油

## 燃焼試験結果

※1 cSt(センチストークス): 動粘度を示す単位

適切に加熱することで、**試験燃料は従来のC重油と同様に燃焼できることを確認**<sup>※2</sup>。

※2 従来のC重油と同様に、起動時や低負荷時の運転には注意が必要

# 規制適合油の性状

- 9月末に、石油連盟より船舶用規制適合油の品質性状に係る調査結果を海事業界に周知(下の左図)。**動粘度に相当の幅がある**ことが判明。
- また、石油元売各社が販売ルートを通じて顧客に性状の想定値を連絡。**流動点(燃料油が固まる温度)が従来油よりも相当高い**ことが判明(下の右表)。
- これらの性状の変化が船舶での使用に問題を起こさないか、特に**動粘度と流動点に着目して国交省及び関係業界で検討**

## 1. 船舶用規制適合油の品質性状に係る調査結果

- ❑ 海運業界・国交省等からの要請を受けて、石油連盟では、石連加盟各社に対して、硫黄分を0.5wt%以下に低減した船舶用の規制適合油(軽質・重質)の主な品質項目について、現時点で想定される品質性状(幅)等に係る調査を実施いたしました。
- ❑ 規制適合油は、硫黄分を低下させるため、中間留分(軽油等)を多く混合することにより、現行の品質性状に比べて動粘度や密度が低くなる見通しです。
- ❑ なお、これらの結果は、現時点の各社の検討結果であり、今後の検討によっては品質性状は変わり得ること、こうした品質性状の燃料供給をコミットするものではないことに十分留意して下さい。

船舶用規制適合油(軽質・重質)の品質性状(幅)について(調査結果より)

	規制適合油(軽質) ＜調査結果＞	【参考】JIS・ISO規格
硫黄分(wt%)	0.5以下	0.5以下、2.0以下(注1)
動粘度(cSt) @50°C	1.5~5.5	20以下(注1)
セタン指数	35~56	35以上(注2)
発熱量(MJ/kg)	44.84~45.80	-
密度(g/cm3) @15°C	0.820~0.895	0.900以下(注2)

(注1)JISK2205重油1種、(注2)ISO8217 DMB

	規制適合油(重質) ＜調査結果＞	【参考】JIS・ISO規格
硫黄分(wt%)	0.5以下	3.5以下(注1)
動粘度(cSt) @50°C	2~180	250以下(注1)
発熱量(MJ/kg)	43.40~45.02	
密度(g/cm3) @15°C	0.880~0.991	0.991以下(注2)

(注1)JISK2205重油3種1号、(注2)ISO8217 RME180

「船舶用規制適合油の品質性状について(石油連盟)」抜粋

石油元売各社が顧客へ説明した品質性状のまとめ

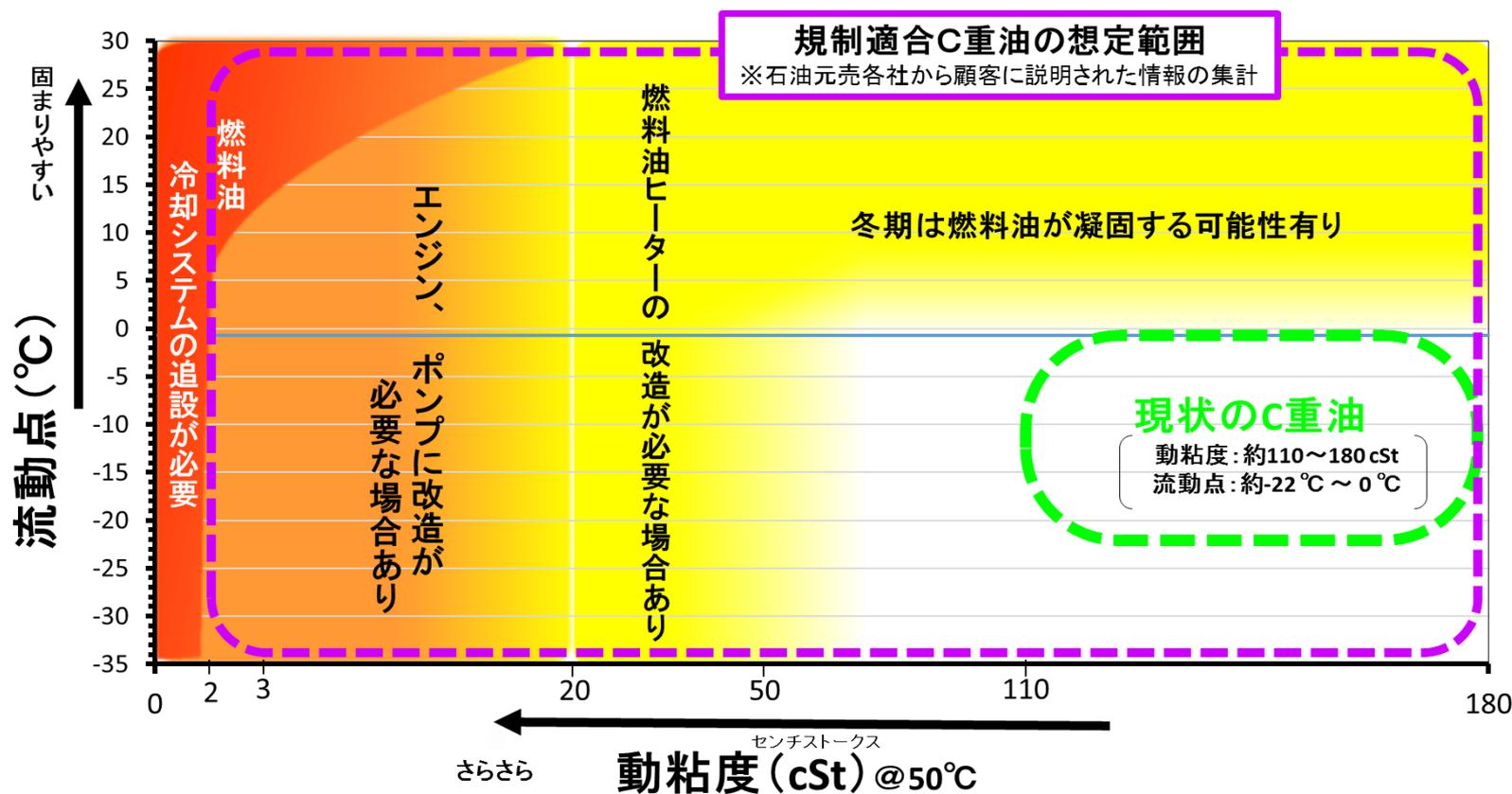
石油元売	流動点(°C)
A社	~30°C
B社	~20°C
C社	~10°C

流動点

※現在のC重油の流動点は、-22~0°C

- C重油を使用している船舶では、燃料タンクからエンジンまでの配管経路において、燃料を加熱してエンジンでの燃焼に適した動粘度に調整している。
- C重油の低硫黄化に伴い、性状(動粘度、流動点)が従来のものから変化した場合、性状次第では、既存の船内設備では使用できなくなったり、配管詰まり等が起きる可能性が否定できない

## 現状C重油を用いている船舶が燃料油の性状変化に伴い必要な改造等



※本表は暫定版であり、関係業界・専門家等の知見を集約し、随時更新・追記予定。

- ▶ 10月30日に、関係者（海運事業者、海運業界団体事務局、石油元売事業者、石油連盟事務局、国交省、資源エネルギー庁、造船所、エンジンメーカー）で、燃料油の性状について意見交換を実施
- 海運業界からは、
    - ① 他社製の燃料油を混合しても問題ないようにすること（混合安定性の確保）
    - ② 動粘度は、船舶の改造が不要と見込まれるレベル（余裕をもって目安として70cSt※以上）にすること
    - ③ 流動点は、常温では固まらない温度とすること
- 等を要請 ※ cSt(センチストークス): 動粘度を示す単位
- 石油業界からは、海運業界の意見を理解しつつ、適合油の動粘度については供給安定性も踏まえて検討する必要がある旨を意見
  - 今後は、石油元売各社が、動粘度についてそれぞれ社内で検討をし、検討結果を販売ルートなどを通じて顧客に伝える。
- ▶ 次回会合を速やかに開催予定。



- 11月： 2回目の6者協議会を開催
  - ・海運側の要望を踏まえた規制適合油の性状(動粘度、流動点)について、石油業界・元売個社より回答、意見交換
  
- その後更なる業界間の意見交換を通じて、規制適合油の性状(動粘度、流動点等)について早急に共通認識を得る※
  - ※性状変化による具体的な影響について示されたものを踏まえ、石油各社はそれぞれの燃料供給方針を確定。海運各社はそれに基づき船舶の準備方策を確定
  
- 規制適合油の安全性と混合安定性を確認(実船試験を含む。)
  
- 2019年春目途に規制適合油の使用に関するガイダンス(第1版)を公表
  - ・規制適合油の使用上の留意点等をまとめたガイダンスを作成し、関係者に周知

# 適正な船舶用燃料油の確保と供給拡大、ユーザーガイダンスの作成

- SOx規制の強化に伴い、船用向けに新たに供給される燃料油の性状について、実機による燃焼試験を実施し評価することを通じて、適正な燃料の性状範囲の拡大を図る。
- これまで蓄積された燃焼性能等の技術情報を基に、船舶での使用が適正又は不適な燃料油の性状や使用条件等を整理したガイダンスを作成し、燃焼試験結果やその他調査等を踏まえ随時更新、共有することで、海運事業者が燃料油を選択・使用する際の参考を提供する。

## 過去の実験データ等の整理

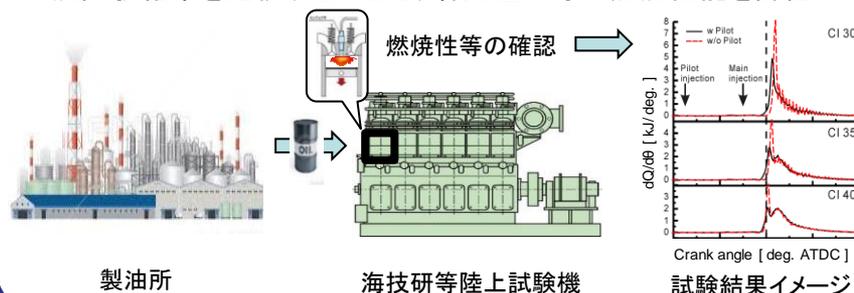
- ・過去の試験データから船用エンジンでの使用が不適な性状と推奨される性状、どちらか不明な性状を使用上の条件等も含め整理
- ・A重油、C重油など油種別あるいは2ストロークか4ストロークか等エンジンの特徴別に整理

整理表のイメージ(C重油の場合)

項目	不適	不明	推奨
動粘度(mm <sup>2</sup> /s)	2.0以下	2~50	50以上
CCAI	870以上		860以下
引火点(°C)			60以上
⋮	⋮	⋮	⋮

## 燃焼試験等の実施

- ① 適正な燃料油の性状の幅の拡大を検討するための燃焼試験（平成30年度国費）及び
- ② 2020年以降の製品化を検討している燃料油の燃焼試験（石油各社ベース、信頼性を確保する必要がある場合等）を実施
- ・従来の高硫黄C重油等の燃料油の燃焼性能データと新燃料の燃焼試験結果を比較することで、着火遅れ等の燃焼性能を評価



分析結果を随時反映

## ガイダンスの作成・更新

- ・エンジンの専門家(学識者・メーカー・ユーザ等含む)により構成される委員会において、使用条件等を含め実験結果の検証を行うとともに、今後供給される燃料油性状に応じて必要な対応や混合安定性等の注意事項を含めたガイダンスを作成し、順次見直しを行う。

## ガイダンスの周知

- ・海運業界に周知し、海運事業者が適切な燃料油を選択・使用する際に活用。

## 一般海域の燃料油硫黄分規制(S分0.5%以下)開始時において、 現状と同様に船舶用エンジンが稼働するために必要な性状値について

種類	性状	値	備考
C重油	動粘度	50~180mm <sup>2</sup> /s (50°C)	A重油同等の動粘度とするために現存内航船が保有している「加熱器」が対応できる動粘度。(外航船は様々な粘度に対応するため「粘度調整器(ビスコン)」を設置)
	CCAI <sup>※1</sup> (燃焼性)	860以下	エンジンの着火性を維持するための指標。 ISO規格(RME180 <sup>※2</sup> )と同等(C重油は加熱するため、セタン指数ではなくCCAIを指標とする)
	密度	0.991g/cm <sup>3</sup> 以下 (15°C)	エンジンの着火性を維持するための指標。ISO規格(RME180 <sup>※2</sup> )と同等
A重油	動粘度	2.00mm <sup>2</sup> /s以上 (50°C)	エンジンメーカー各社の推奨値を参考(エンジンの燃料として使用可能な値)
	セタン指数 (燃焼性)	40以上	エンジンの着火性を維持するための指標。ISO規格(DMA <sup>※3</sup> 、DMZ <sup>※3</sup> )と同等
	密度	0.890g/cm <sup>3</sup> 以下 (15°C)	エンジンの着火性を維持するための指標。ISO規格(DMA <sup>※3</sup> 、DMZ <sup>※3</sup> )と同等

※1 CCAI: Calculated Carbon Aromaticity Index(計算炭素芳香族指数)

※2 RME180:ISO 8217(2017)「Specifications of marine fuels」に規定する残渣油の種類。日本でのC重油に相当。

※3 DMA、DMZ:ISO 8217(2017)「Specifications of marine fuels」に規定する留出油の種類。日本でのA重油に相当。

→燃焼試験を通じて、船舶で使用可能な燃料油の性状幅の拡大を図る。

# スクラバー(高硫黄C重油)を 選択しやすくする

---

# スクラバー(高硫黄C重油)を選択しやすくする

## 進捗状況

○スクラバー搭載状況に関する欧州調査を5月に実施(海運業界・国交省等参加)

・スクラバー搭載船を訪船し、メンテナンス方法や排水でトラブルが起きていないことを確認

○「スクラバー排水が海洋環境に影響を与える可能性は著しく低い」ことを検証・7月26日に公表(国交省・環境省・水産庁)

・スクラバー排水の生物試験や成分分析を行い、スクラバー排水が短・長期的に海洋環境に影響を与える可能性が著しく低いことを確認

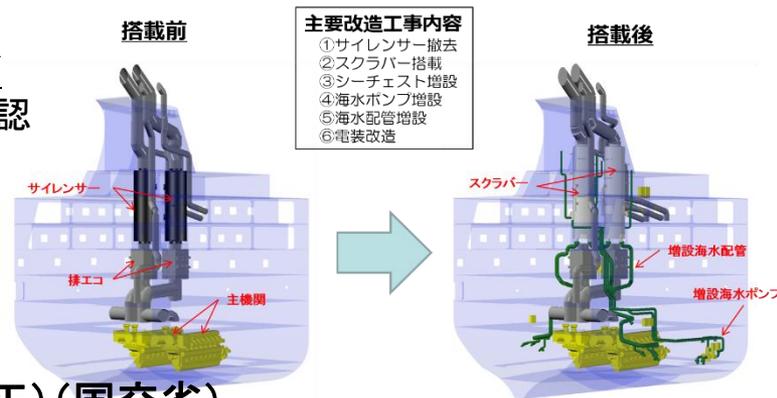
○内航船へのスクラバー搭載の試設計を実施し、

8月8日に結果公表(JRTT※)

・スクラバーの搭載改造によって旅客数や貨物量に影響がないことや通常ドック期間で工事が可能なケース(1万トン旅客船)を確認

○スクラバーの検査制度の合理化を実施(8月31日省令改正)(国交省)

※ 独立行政法人鉄道建設・運輸施設整備支援機構



## 今後の対策

○:30年度   ◎:31年度予算要求   ◇:31年度財政投融资要求

【スクラバーの搭載が可能な船舶の拡大】

○小型スクラバーの開発・実用化(国交省・海技研)

【既存船への搭載の支援】スクラバー搭載の判断を支援、搭載工事費用の負担を軽減(費用の一部を支援)

○スクラバー搭載の試設計を必要に応じ追加実施(JRTT)

→ ◎ 搭載工事期間短縮の実証 (117百万円の内数:国交省)

→ ◇ 既存共有船の金利を一定期間軽減 (JRTT)

【新造船への搭載の支援】

(費用の一部を支援)

→ ◎ スクラバーと省エネ機器との組み合わせの省エネ実証  
(64.1億円の内数:経産省・国交省の連携による補助金)

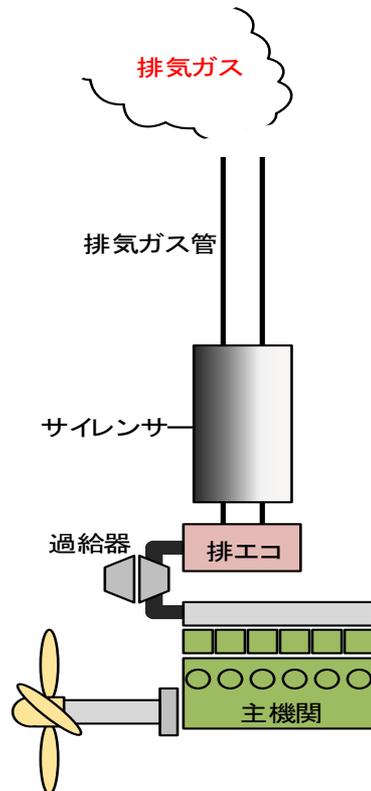
# スクラバーの洗浄水の排水方式

	オープン方式	クローズ方式	ハイブリッド方式
模式図			
脱硫用水	船外海水から取得	専用水を船内循環	船外海水から取得 or 専用水を船内循環
必要補機	<ul style="list-style-type: none"> <li>海水ポンプ</li> <li>シーチェスト (・中和剤タンク：オプション)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>循環ポンプ</li> <li>洗浄機</li> <li>スラッジタンク (要スラッジ陸揚げ処理)</li> <li>中和剤タンク</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>海水ポンプ</li> <li>シーチェスト</li> <li>循環ポンプ</li> <li>洗浄機</li> <li>スラッジタンク (要スラッジ陸揚げ処理)</li> <li>中和剤タンク</li> </ul>
特徴	補機類配管類が最も少なくシンプル	シーチェスト不要かつ船外排出無し	海域に応じてオープン方式とクローズド方式を切替え可能

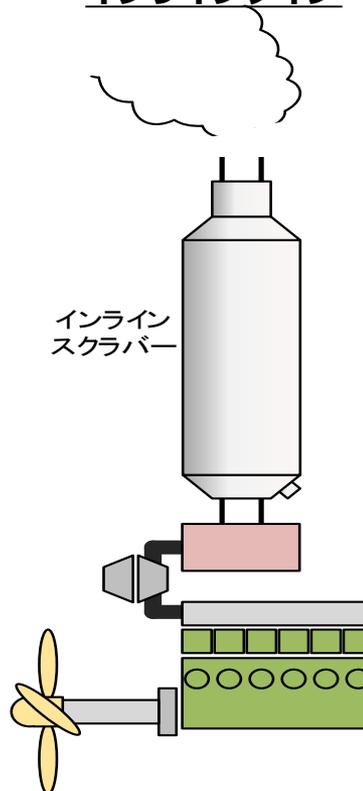
# スクラバー本体のタイプ

	インラインタイプ	ベンチュリタイプ
特徴	<ul style="list-style-type: none"> <li>ベンチュリタイプに比べ小型</li> <li>一部サイレンサーと置換可能なモデル有り</li> <li>バイパスライン不要</li> <li>排圧の仕様がシビア</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ドライ運転時に既存ライン使用可能（バイパスライン有り）</li> <li>排圧の調整が容易</li> <li>既存設備に追設</li> </ul>

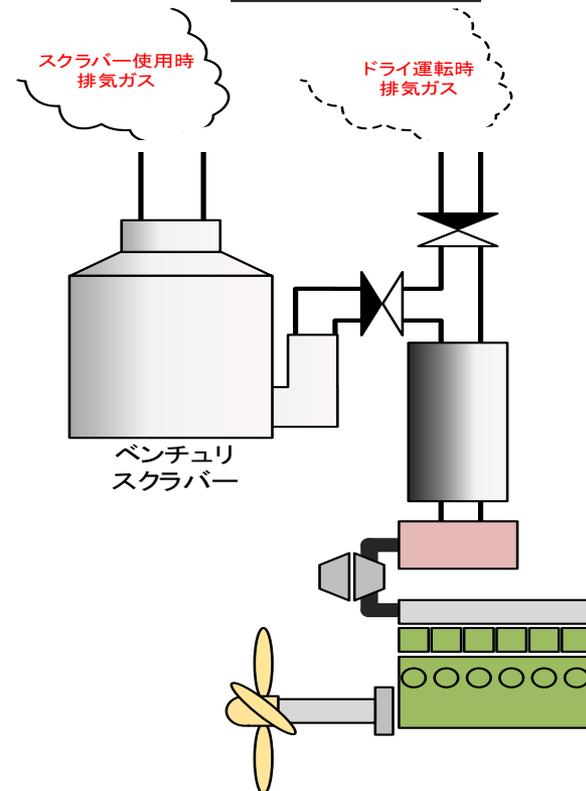
## 現状（スクラバー無し）



## インラインタイプ

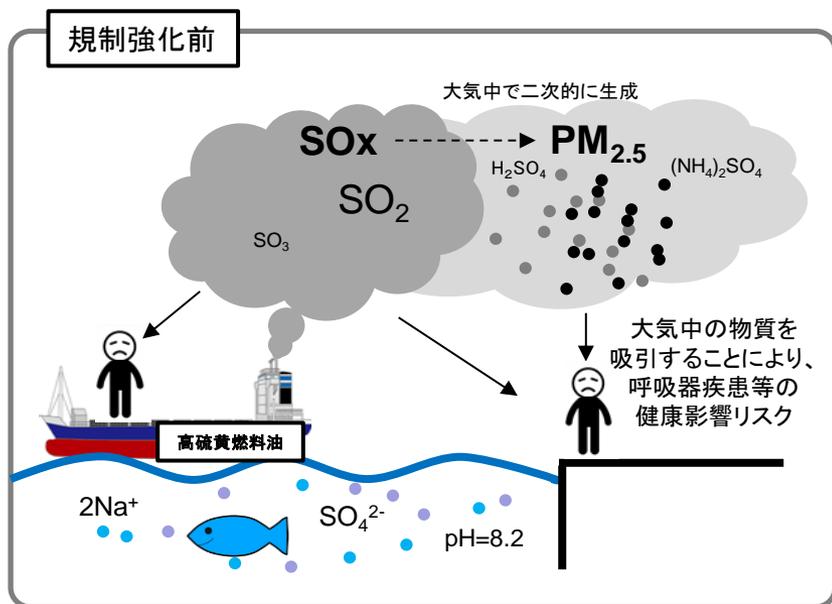


## ベンチュリタイプ



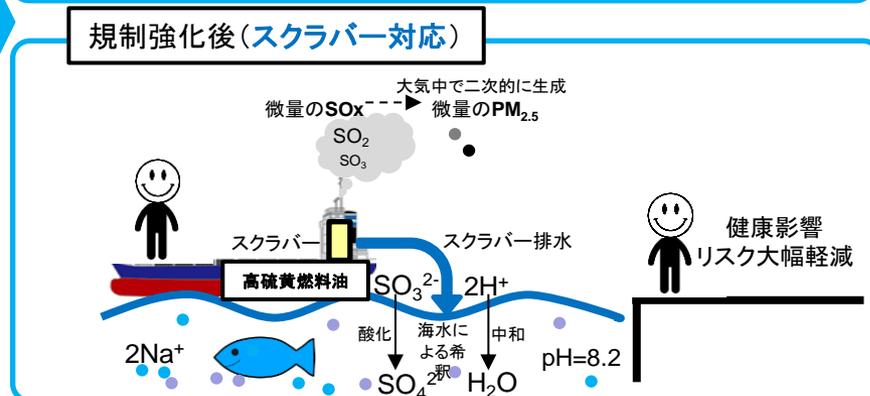
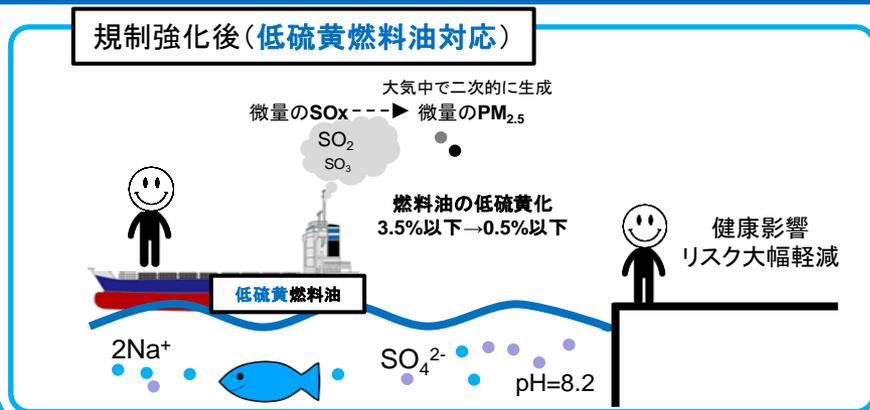
# 排ガス中の硫黄酸化物による健康及び環境への影響の基本的考え方

- 排出ガス中に含まれるSOxや、大気中でSOxから二次的に生成されるPM<sub>2.5</sub>は、大気中を拡散し、人体に取り込まれた場合、呼吸器疾患および循環器疾患などの人体の健康影響リスクを引き起こす。
- SOx規制強化に伴い、① 硫黄分濃度が低い燃料を使用、あるいは、②排出ガス中に含まれるSOx分を除去する装置(スクラバー)の使用により、本健康影響リスクが大幅に軽減。
- SOxは、海水に溶けることで、もとの海水中に含まれる成分に変化するため、海生生物へ影響する可能性は低いと考えられる。



- SOxは、SO<sub>2</sub>とSO<sub>3</sub>で構成されるが、排ガス中の大部分はSO<sub>2</sub>。
- 排出されたSO<sub>2</sub>は空気中でH<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>に酸化され、その一部は大気中に多く存在するNH<sub>3</sub>と結びついて(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>が生成される。
- SO<sub>2</sub>は気体、H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>及び(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>は微小な粒子(PM<sub>2.5</sub>)。特にPM<sub>2.5</sub>は、人間が吸い込むと呼吸器疾患、循環器疾患および肺がんを引き起こすおそれ。

SOx: 硫黄酸化物 SO<sub>2</sub>: 二酸化硫黄 SO<sub>3</sub>: 三酸化硫黄 SO<sub>3</sub><sup>2-</sup>: 亜硫酸イオン SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>: 硫酸イオン  
 NH<sub>3</sub>: アンモニア (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>: 硫酸アンモニウム PM: 粒子状物質  
 PM<sub>2.5</sub>: 粒径2.5 μm以下の微小なPM H<sup>+</sup>: 水素イオン



- スクラバーにより、SO<sub>2</sub>は水溶し、SO<sub>3</sub><sup>2-</sup>およびH<sup>+</sup>となり、排水後に瞬時に周辺海水で希釈。
- SO<sub>3</sub><sup>2-</sup>は海水中にて、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>へ酸化。SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>は自然海水中にもともと一定量存在しており、増分は極小。
- H<sup>+</sup>は、弱アルカリ性の海水により中和され、pHの変化は感知できないレベル。

スクラバー洗浄水の排水については、海防法<sup>※1</sup>体系の規定に基づく基準(IMOが策定した国際基準を国内法体系に取り入れたもの)が設けられており、①当該基準を満たすこと、②常時監視すること、③スクラバーについて定期的な検査を受けることが義務づけられている。つまり、当該基準を満たせば排水を行うことが法令上認められる。

## 船舶から排出されるスクラバー洗浄水の基準

(海防法第19条の2及び技術基準省令<sup>※</sup>第43条の2に基づく通達  
(平成30年1月10日 国海環第126号))

水素イオン濃度 (pH)	以下のいずれかを満たすこと ・船外排出口で6.5以上。ただし、航行中において取水口と船外排出口での差が2.0以下である場合はこの限りでない。 ・船舶を停泊中に、最大負荷で稼働させた状態において船外排出口から4m離れた地点で6.5以上
多環芳香族炭化水素 (PAH)	燃料油燃焼装置の連続最大連続出力、又は定格出力の80%において50 $\mu$ g/L以下(洗浄水の流量45t/MWhの場合)
濁度	取水と船外への排出水の差が25FNU <sub>s</sub> (ホルマジン比濁計単位)以下又は25NTU <sub>s</sub> (比濁計濁度単位)以下
硝酸塩	排出ガス中のNO <sub>x</sub> 量の12%(vmg/L)又は60mg/L(洗浄水の流量45t/MWhの場合)のうち、いずれか大きい値以下

## 排水の常時監視記録

(技術基準省令第43条の2)

スクラバーには、排水の監視記録装置の備え付けが義務



排水監視記録装置



モニター画面

## スクラバーの検査

(海防法第19条の36)

国又は船級協会は、建造・搭載時及び定期検査の際にスクラバーの基準適合性を確認

※1 海洋汚染等及び海上災害の防止に関する法律(昭和45年法律第136号)

※2 海洋汚染等及び海上災害の防止に関する法律の規定に基づく船舶の設備等に関する技術上の基準等に関する省令(昭和58年運輸省令第38号)

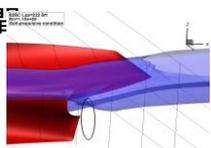
# スクラバー排水の影響可能性調査

- 排気ガス中のSOxがスクラバーにより水溶し、海水中に排水されることによる海生生物へ影響する可能性は低いと考えられている(前項)。また、排気ガス中のその他の物質についても基準値以下での排水が義務
- 国土交通省は、海洋環境等への影響の確認について万全を期すべく、SOxやその他の基準値以下の微量物質による悪影響の可能性について、海生生物、海洋環境などの専門家からなる調査会を設置し、第三者検証を実施(環境省・水産庁と連携)
- 具体的には、海生生物を用いた排水曝露試験や海水中の希釈や蓄積等に関する短期・長期シミュレーションを実施し評価
- 調査会は、スクラバー排水が短期的にも長期的にも海生生物や水質へ影響する可能性は著しく低いと結論

## 海生生物への影響調査(短期及び長期評価)

### 排水の希釈の推移 シミュレーションの実施

船舶における船体回りの流れ場を数値流体シミュレーションし、排出後の時間経過に伴う希釈率を計算



### 排水曝露試験の実施(短期・長期)

国際的に認められているWET手法※に基づき、実際のスクラバー排水を用い、海生生物を対象とした曝露試験を実施し、濃度の違いによる海生生物への影響を評価

珪藻  
(藻類)



フサゲモクズ  
(甲殻類)



ジャワメダカ  
(魚類)



※工場・事業場からの排水の水環境への影響や毒性の有無を総体的に把握・評価するための、生物応答を利用した排水管理手法(IMO、米国、カナダ環境庁等で用いられている)

## 我が国周辺海域の水質への影響調査(長期評価)

### 排水中の評価物質の抽出

スクラバー排水に含まれる物質量を調査。その上で、環境基準上検証すべき物質として、水素イオン指数(pH)、硝酸態窒素、リン酸態リン、化学的酸素要求度(COD)を抽出

### 対象海域の検討

各海域への環境基準の達成状況、船舶航行量を勘案し、対象海域を選定



(画像の出典) Google マップ

### 長期シミュレーション

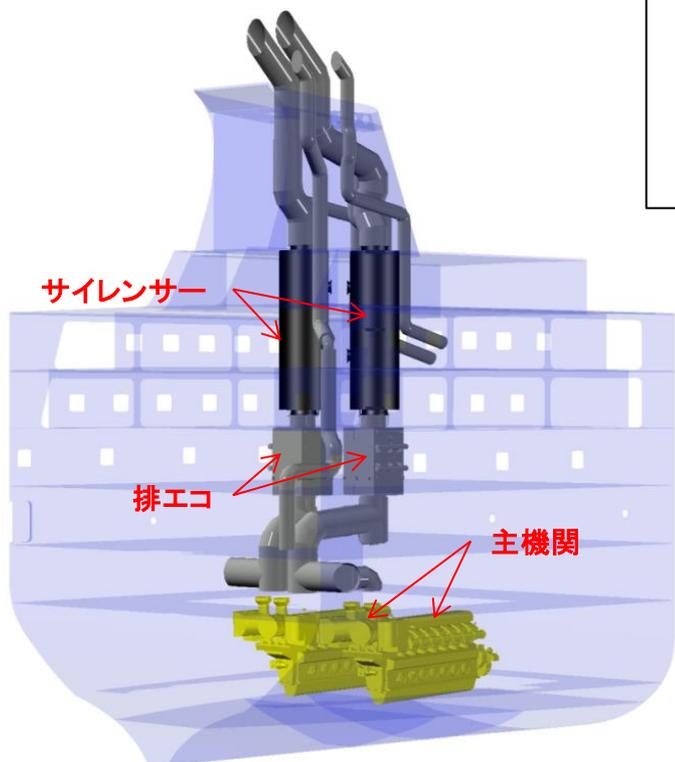
航行する全ての船舶が、スクラバーを搭載し排水する場合の、排出物質の長期的な蓄積濃度を計算し、影響を評価

※ 全ての船舶がスクラバーを搭載することは実態上想定され得ず、最も厳しい条件で評価。

# スクラバーのレトロフィット搭載調査(試設計)

- 内航船へのスクラバー搭載の試設計・工期短縮化調査を実施(鉄運機構:JR TT)。
- 大きさ1万総トンクラス、主機1千kw級2機の旅客船に、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
- **ファンネル形状及の変更及び貨客区画の削減無し**で搭載可能なことを確認。

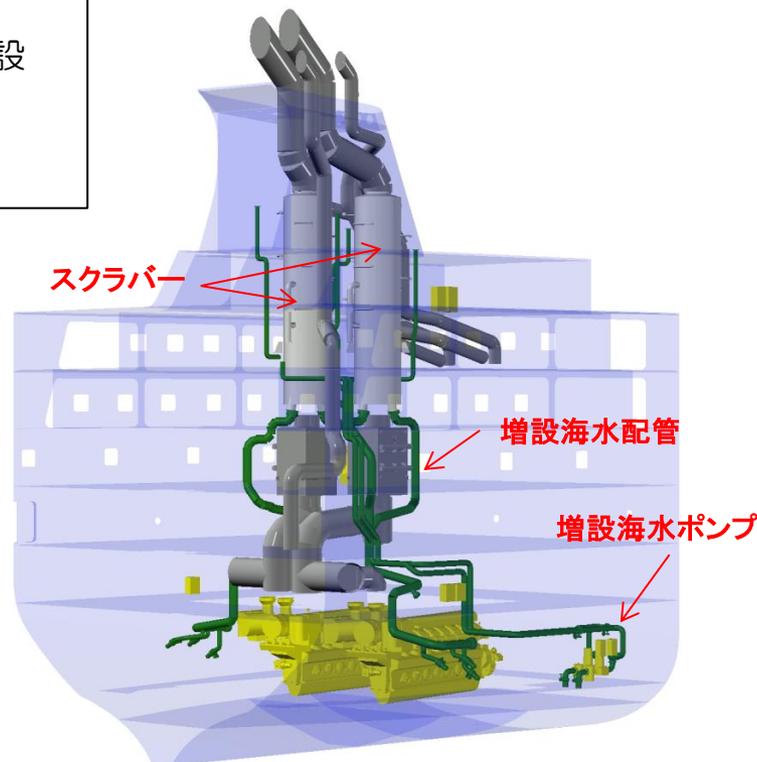
## 搭載前



## 主要改造工事内容

- ①サイレンサー撤去
- ②スクラバー搭載
- ③シーチェスト増設
- ④海水ポンプ増設
- ⑤海水配管増設
- ⑥電装改造

## 搭載後



# スクラバーのレトロフィット搭載調査(工期短縮化)

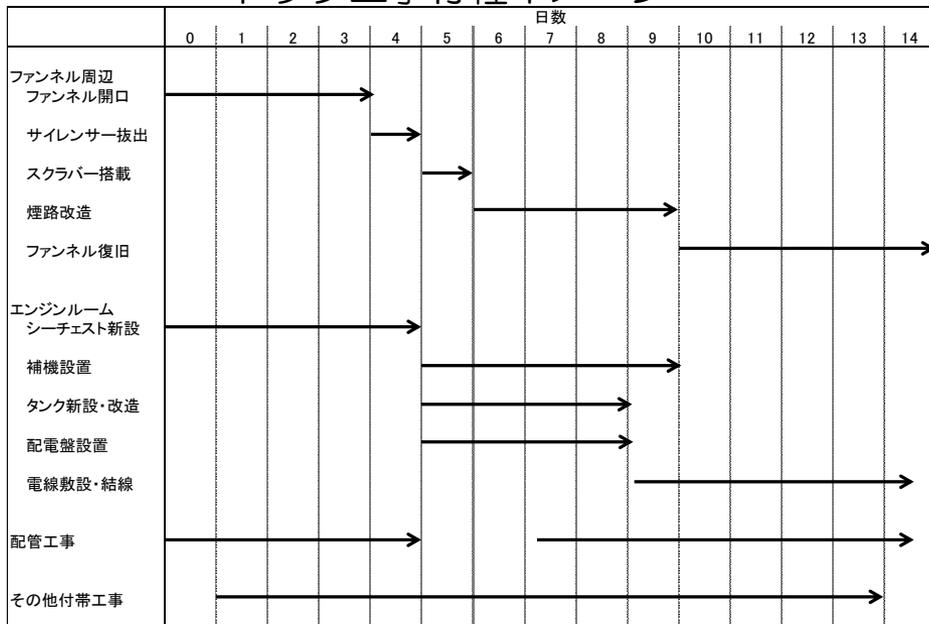
- ドック工事は2週間で完了可能なことを確認。

全体スケジュールイメージ



- ※準備期間は約1年。
- ※設計には現装機器の詳細仕様情報必須。
- ※設計には3DCAD建造データ必須。
- (3Dスキャンによるモデリングでも対応可能。(別途データ作成期間約2ヶ月。))

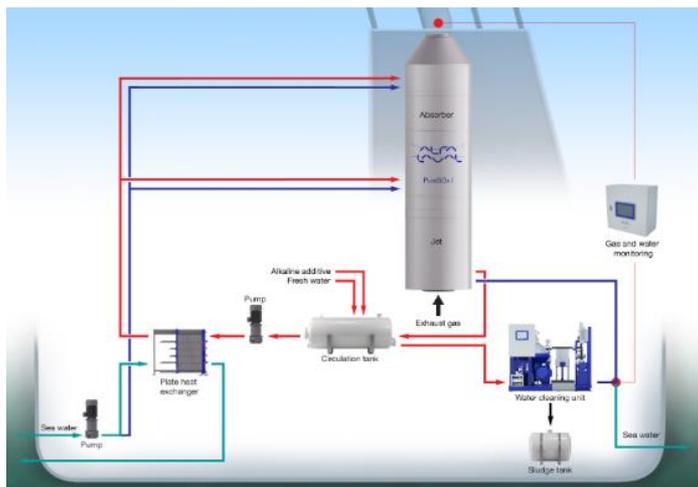
ドック工事行程イメージ



- ※事前に訪船調査必須。
- ※配管等は事前製作のうえ設置とする。
- ※毎日16時間程度の作業を想定。
- ※コミッションングはランニングにて実施する。
- ※ドック前・ドック後の乗船工事可能性有。

# スクラバーをクローズドループにて使用した場合の運用コスト等に関する調査

- スクラバーからの排水は、IMOガイドラインにおいて排出基準が定められており、この基準を満たすことが必要。
- スクラバー排水の海洋環境への影響に関する調査会にて、排出基準を満たしたスクラバー排水が海生生物や水質へ影響する可能性は著しく低いとの結論が出ているところ、日本国内において、スクラバー排水を禁止する海域は設定されない(クローズドループでの運航は法令上要求されない)。
- 船社の判断にて、スクラバーをクローズドループにて使用する場合には、洗浄水を船外へ排出しないが、洗浄水の中和のための苛性ソーダ等の薬剤や、中和の過程で発生する残渣物(スラッジ)の陸揚げ処理が必要となる。
- 洗浄水には海水が用いられることが一般的。
- スラッジは、炭素、硫黄、水分、ナトリウム等及びそれらの化合物で構成される。スクラバーメーカーにより異なるが、スラッジの含水量は80~90%程度が一般的。スラッジに毒性はなく、陸揚げ後は産業廃棄物※として処理される。  
※産業廃棄物のうち、産業廃棄物処理事業者に廃棄処理の特別な許可が必要となる特別管理産業廃棄物には該当しない。
- 苛性ソーダは、工場排水を中和させるために広く使用されており、基本的にどこの港でも入手可能。



青字: オープンループ(海水洗浄)の流れ  
 赤字: クローズドループ(船内循環水洗浄)の流れ  
 (ALFA LAVAL社のウェブサイトの図を基に作成)



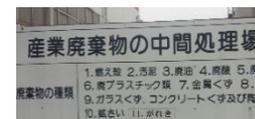
洗浄水中スラッジの  
遠心分離機



廃棄物収集タンクのまま  
陸揚げ回収



ローリーへのポンプでの  
陸揚げ回収



産業廃棄物処理場

# スクラバーをクローズドループにて使用した場合の運用コスト等に関する調査

- スクラバーをクローズドループにて常時使用した場合に想定される年間の運用コストについて、以下の船舶を事例として試算。
- 他の対応方策と運用コストを比較すると、いずれの事例についても、オープンループ<クローズドループ<A重油となる。

		フェリーその1	フェリーその2	RORO	黒油タンカー	セメント専用船					
1日の航行時間		13時間	14時間	17時間	21時間	12時間					
エンジン出力 (kW)		17,500	29,000	15,500	3,500	3,000					
クローズドループのスクラバーを使用した場合の年間の運用コスト (スクラバーの稼働に関するものに限る) (百万円)	中和剤	55	94	64	19	9					
	スラッジ処理	12	21	14	4	2					
	燃料使用	5	8	6	2	1					
	合計	72	123	84	25	12					
対応方策間の運用コストの比較 (運航に必要な燃料代を含む) ①スクラバー(オープンループ) ②スクラバー(クローズドループ) ③A重油											

## 【試算に用いた前提】

排ガスの洗浄に使用する水には海水を用いることが一般的であるため、当該水の購入に係るコストは発生しないものとした。

中和剤(NaOH48%濃度):53.2円/kg(2018年2~3月における5自治体の中和剤の公告に対する入札金額の平均による)

中和剤の消費量:10.1L/MWh(スクラバーメーカー3社へのヒアリング結果の平均による)

産業廃棄物の処理コスト:2万円/ドラム缶(200L)(産業廃棄物事業者へのヒアリングによる)、スラッジの生成量:1.8kg/MWh(スクラバーメーカー3社へのヒアリング結果の平均による)

スクラバーの稼働に必要な燃料消費率:0.2kg/kWh(スクラバーメーカーへのヒアリングによる)

高硫黄C重油:4.8万円/kL、40.6MJ/kg、0.99g/cm<sup>3</sup>、A重油:6.0万円/kL、42.7MJ/kg、0.86g/cm<sup>3</sup> (燃料油の単価は2007~2016年度の平均による)

燃料中の硫黄分濃度は2.5%、主機の平均出力は最大出力の85%とした。

# (参考)国内でのスクラバー搭載事例

下記表は、スクラバー搭載済或いは搭載予定事例をまとめたもの(その他、非公表の事例も多数存在)。

	竣工済		竣工予定											
	事例①	事例②	事例A	事例B	事例C	事例D	事例E	事例F	事例G	事例H	事例I	事例J	事例K	事例L
船舶	84,000 DWT型バルクキャリア(新造)	7,500台積み自動車運搬船(新造)	8,000総トンクラスのケミカルタンカー(2隻)(レトロフィット)	56,000メトリックトン型バルクキャリア(2隻)(新造)	LPG船(4隻)(新造)	82,000メトリックトン型バルクキャリア(新造)	LPG船(3隻)(新造)	LPG船(新造)	VLCC(新造)	VLCC(複数隻)(新造&レトロフィット)	鉄鉱原料船(新造)	RORO船(新造)	バルクキャリア(3隻)(新造)	バルクキャリア(2隻)(新造)
主機出力	9MW	13MW	4.44MW	-	13MW	9.66MW	13MW	-	-	-	-	-	-	-
搭載スクラバー	富士電機、クローズド	三菱化工機及び三菱重工業、ハイブリッド	アルファ・ラバル、オープン	バルチラ、オープン	アルファ・ラバル、オープン	アルファ・ラバル、オープン	三菱化工機、オープン	-	バルチラ、オープン	-	-	ピュアテック、ハイブリッド	バルチラ	バルチラ
竣工(予定)時期	2016年3月	2017年2月	2018年8月(1隻目)	2018年第4四半期(1隻目)~2019年第1四半期(2隻目)	2019年上期(1隻目)~2020年上期(4隻目)	2019年後半	2019年(1隻目)~2020年(3隻目)	2019年7月	2019年12月	2019年までの竣工予定船が対象	2019年以降竣工船全船	-	2021年	2019年第3四半期(1隻目)~2019年第4四半期(2隻目)
造船所	今治造船	JMU	三和ドック	大島造船所	川崎重工業	常石造船	三菱造船長崎	佐々木造船	JMU	-	-	神田造船所	大島造船所	大島造船所
船社	-	川崎汽船	興洋海運	NYKバルクプロジェクト	クミアイ・ナビゲーション	-	-	クミアイ・ナビゲーション	共栄タンカー/日本郵船	商船三井	(荷主は新日鉄住金)	-	商船三井	乾汽船

事例①、②、A~Eについては、造船所へのヒアリングを基に、事例F~Kについては、報道記事を基に、事例Lについては、船社へのヒアリングを基に作成。「-」は、非公表情報。

# 低硫黄A重油を選択しやすくする

---

# 低硫黄A重油を選択しやすくする

## 進捗状況

### ○A重油専焼船の建造を金利優遇する制度を2018年度より導入（JRTT）

- ・（独）鉄道・運輸機構の共有建造制度において、A重油専焼等により労働環境を改善させる船舶（労働環境改善船）の建造について金利優遇制度を開始。8月末時点で3隻の新造船に適用決定。

### ○A重油専焼船の配乗要件の緩和（国交省）

- ・A重油専焼の旅客船について、機関士と航海士の兼務（部門間兼務）を行うことができるかの検討のための実船検証の実施に向け（一社）日本旅客船協会において調整中。



A重油は燃料加熱装置、燃料洗浄装置、焼却炉等が不要であり、また、機関室がクリーンになるため、船員作業が軽減される。

## 今後の対策

○：30年度    ◎：31年度予算要求

### 【既存船：A重油専焼への転換を支援】

- ◎ A重油の燃焼に必要な機器等の導入補助（64.1億円の内数：経産省・国交省の連携）  
A重油専焼船に切り替える際に必要となる設備（燃料ポンプ等）の導入を支援

### 【新造船：A重油専焼による経済性の向上、労働環境の改善】

#### ○共有建造制度の金利優遇制度（継続：JRTT）

- （参考） 燃費・メンテナンス費低減の新型エンジンが投入予定

# 労働環境改善船

— 船員が魅力を感じる静かで働きやすい船 —

## 政策目的

船員の確保・定着を図るため、**船員の居住環境を向上し、労働負担を軽減する設備を導入した**「労働環境改善船」の普及促進

## 対象船舶

- 貨物船
- 旅客船



## 金利軽減

- 右記の**1、2を全て満たす**場合  
他の政策要件に上乗せで、**金利を0.1%軽減**
- **上記に加え3を満たす**場合  
他の政策要件に上乗せで、**金利を0.2%軽減**

## 建造船舶の要件

「政策目的別建造の技術基準を定める規程」（平成15年機構規程第94号）の「労働環境改善船基準」に定める要件を満たすこと

## 「労働環境改善船基準」の概要

### 1. 労働負担軽減設備

#### 【通信設備等】

- 船陸間通信設備
- 船内LAN・船内Wi-Fi

#### 【航海設備等】

- 航海情報集約表示装置
- 監視カメラ
- 機関データロガー
- 軽油、A重油等を使用する推進用機関

### 2. 居住環境改善措置

#### 【騒音防止措置】

- 機関室の遮音
- 船員室に十分な遮音性能を有する扉等を設置
- 発電機に防振ゴム等を設置

#### 【空調設備】

- 各船員室において温度調整が可能な空調機

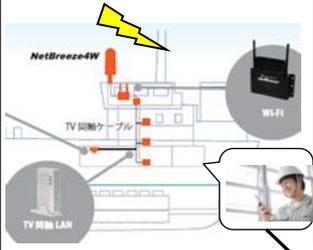
### 3. 荷役作業軽減設備

- カーフェリー、RORO船、自動車運搬船の荷役設備（車両自動固縛装置）
- 油送船、液体化学薬品ばら積船の荷役設備（ディープウェルポンプ）
- セメント等紛体状の貨物を運搬する船舶の荷役設備（セメント等の空気圧送装置）

# 労働環境改善船の主要要件

## 通信設備等

### ● 船陸間通信・船内LAN・Wi-Fi



- ・航行水域においてインターネットに接続できること
- ・船内LANにより、操舵室、機関室、事務室、船員室等で通信端末機器等に接続できること
- ・船員室、食堂でWi-Fiによりインターネットに接続できること

### ● 航海情報集約表示装置



- ・海上保安庁刊行の航海用電子海図（ENC）又は日本水路協会刊行の航海用電子参考図（new pec）のデータを使用するものであること
- ・GPS、AIS、コンパスの情報を電子海図上に重畳的に表示できること
- ・表示する情報を電子的に出力できること

### ● 監視カメラ



- ・点検を要する場所、安全確認を要する場所などを遠隔監視できること
- ・撮影された画像を電子的に出力できること

## 航海設備等

### ● 機関データロガー



- ・主機回転数、燃料消費等の情報を取得し、記録できること
- ・取得した情報を操舵室、機関室で確認できること
- ・記録された情報を電子的に出力できること

### ● 推進用機関

燃料にA重油、軽油、ガソリン又はLNGを使用すること

## 荷役作業軽減設備

### ● ディープウェルポンプ

- ・すべての貨物艙に設置
- ・電動機又は油圧モータにより駆動
- ・作動、停止、液面確認等の作業を甲板上でできること

## 空調設備

### ● 船員室の空調機



各船員室において温度調整が可能であること

### ● 船員室

船員室の囲壁、扉は十分な遮音性能を有すること



遮音扉

遮音材

## 騒音防止措置

### ● 居住区

機関室で発生した騒音が伝搬しないよう措置すること

### ● 防振ゴム等

発電用補助機関の据付部はゴム等により防振支持すること



### ● 車両自動固縛装置

- ・ベルト等の車両を固縛する器具は車両甲板上に固定すること
- ・固縛する器具は軽量で迅速に取り付けでき、容易に解縛できること
- ・固縛時の締め付けを機械力により行うこと

### ● セメント等の空気圧送装置

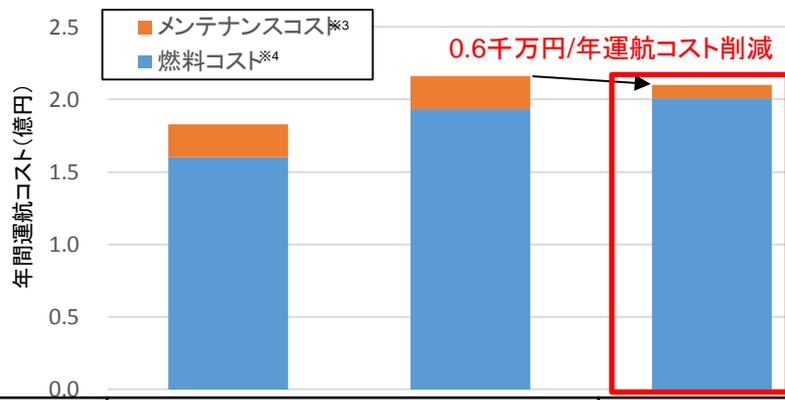
- ・貨物艙内の粉体を管内の空気流に浮遊させて荷役するものであること
- ・コンプレッサー、セラーポンプ等の機器類は、自動で始動、停止等ができること、荷役事務室等で操作できること



# (参考)国内でのA重油専焼エンジン開発事例

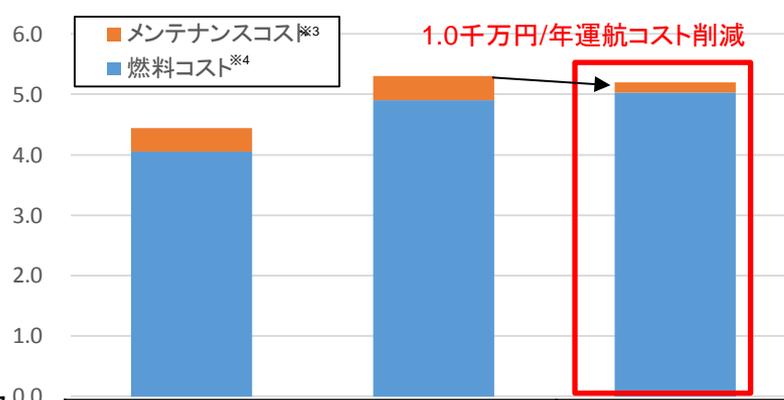
- 高硫黄C重油からA重油に燃料油を転換する場合の選択肢の一つとして、A重油専焼エンジン(低速2ストロークエンジン)の開発が株式会社ジャパンエンジンコーポレーション※1において行われている。
- 新型のA重油専焼エンジンを使用することにより、燃費向上による運航コストの低減とエンジン周りのメンテナンスコストの低減が期待でき、メンテナンス作業が軽減されることで船員の作業の負担の軽減にもつながる。
- 同社試算によると、仮に低硫黄A重油の価格が低硫黄C重油より7,000円/kL高い場合であっても、従来のC・A重油兼用エンジンよりもA重油専焼エンジンを導入した方が、内航タンカーで年間0.6千万円、内航RORO船で年間1.0千万円の運航コスト削減可能との結果。※2

内航タンカー(3,500GTクラス)



燃料油	従来のC・A重油兼用エンジン		新型のA重油専焼エンジン
	高硫黄C重油	低硫黄C重油	低硫黄A重油
燃料油の価格※5 (高硫黄C重油との価格差)	38,750円/kL	43,750円/kL (5,000円/kL)	50,750円/kL (12,000円/kL)
エンジン (常用出力、常用回転数)	低速2ストローク(3,570kW、161.0rpm)		低速2ストローク (3,555kW、158.2rpm)

内航RORO船(11,500GTクラス)



燃料油	従来のC・A重油兼用エンジン		新型のA重油専焼エンジン
	高硫黄C重油	低硫黄C重油	低硫黄A重油
燃料油の価格※5	38,750円/kL	43,750円/kL (5,000円/kL)	50,750円/kL (12,000円/kL)
エンジン (常用出力、常用回転数)	低速2ストロークエンジン (11,450kW、120.3rpm)		低速2ストロークエンジン (10,905kW、102.3rpm)

※1 同社では、「5UEC50LSH-Eco-C2」実機を2018年12月に完成予定。また「5UEC50LSH-Eco-C2」、「6UEC50LSH-Eco-C2」及び「6UEC35LSE-Eco-B2」の3機種を2019年中に市場投入予定。  
型式の見方は下の例のとおり。なおシリンダーの数を変更することで、より広範囲の出力に対応可能。  
(例)「6UEC35LSE-Eco-B2」の「6」→シリンダーの数、「UEC」→ブランド名、「35」→ボア径(cm)、「LSE」→開発コード、「Eco」→電子制御エンジン、「B」→正味平均有効圧(21bar)、「2」→燃費のバージョン(2→低燃費)

※2 運航コストの比較に焦点を当てるため、初期コストは考慮していない。

※3 主機、発電機、補機類、ボイラのメンテナンスコスト

※4 主機、発電機、補機類、ボイラ使用に掛かる燃料コスト(発熱量、比重の違いを加味している(高硫黄C重油:40.6MJ/kg、0.99g/cm<sup>3</sup> 低硫黄C重油:42.3MJ/kg、0.89g/cm<sup>3</sup> A重油:42.7MJ/kg、0.86g/cm<sup>3</sup>))

※5 船用燃料油の需要シミュレーションを実施した際に用いた価格を使用。

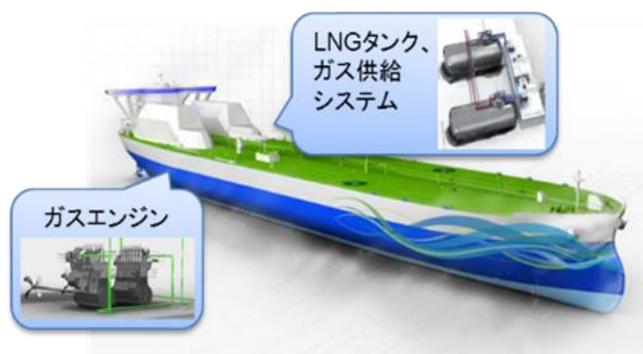
# LNG燃料船の導入促進

---

# LNG燃料船の導入促進

## 進捗状況

- LNG燃料船の実証事業(補助金)を開始(環境省・国交省の連携:2.8億円)
  - ・日本郵船、川崎汽船及び商船三井内航等の3件の事業を採択
- LNGバンカリング拠点形成促進事業(補助金)を開始(国交省:7億円)
  - ・東京湾及び伊勢湾・三河湾のLNG燃料供給船の整備事業を採択
- LNG燃料船に関する欧州調査を5月に実施(海運業界・国交省等参加)
  - ・LNG燃料船を訪問し、LNGの給油作業や安全確保手続きが運航の妨げとなっていないことを確認



訪船したLNG燃料船

## 今後の対策

○:30年度    ◎:31年度予算要求    ◇:31年度財政投融资要求

○LNG燃料船の実証事業及びLNG燃料供給拠点の形成促進を継続・強化

◎ LNG燃料船の実証事業(4.8億円:環境省・国交省の連携)

◎ LNG燃料供給拠点の形成促進(9億円:国交省)

◇ 共有建造制度における金利軽減(JRTT)

# LNG燃料船の普及に係る課題と検討の方向性

将来にわたって国際競争の中で優位性を保つためには、我が国の強みである技術力を向上させ、「先進的な技術」に挑戦し、新たな差別化の軸を確立する必要性あり

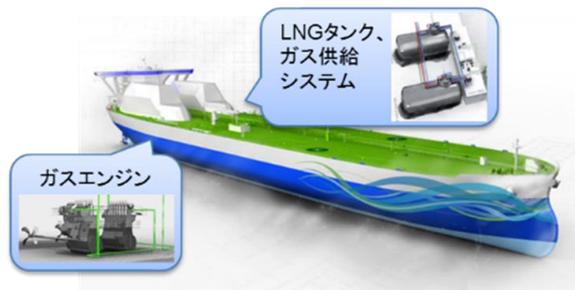
⇒ 今後、LNG燃料船市場の拡大が見込まれるなか、我が国においてもLNG燃料船の普及を図る

## LNG燃料船の普及

### ● 大型船でのモデル事業の実施

環境省と連携し、大型のLNG燃料船の建造に係る補助事業を実施（補助率1/2）

➡ H30年度は日本郵船、川崎汽船、商船三井内航の3者を採択



### ● 内航船「省エネ格付け」制度

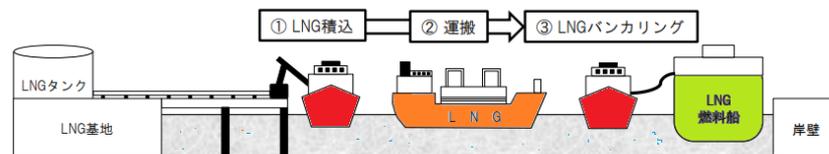
➡ 内航船「省エネ格付け」制度の本格運用に向け検討中。将来的には、LNG燃料船等本制度で最高ランクを取得できる船舶に対し、インセンティブを検討。

## LNGバンカリング環境の整備

### ● バンカリング設備の整備

港湾局において、LNGバンカリングの整備に係る補助事業を実施（補助率1/3）

➡ H30年度は「日本郵船・川崎汽船・豊田通商・中部電力（三河湾）」と「上野トラステック・住友商事・横浜川崎国際港湾（東京湾）」の2者を採択



LNGバンカリング（Ship to Ship）のイメージ

### ● Ship to Shipの安全性の確認

➡ 海事局において、「ガス燃料の移送手順などに関する安全ガイドライン」を策定済。バンカリング施設における安全検証の合理化・簡易化を図りバンカリング環境を充実させる。

# 荷主等への環境コスト増加の理解の醸成

---

# 荷主等への環境コスト増加の理解の醸成

## 今後の対策

○:30年度    ◎:31年度予算要求

- 燃料油価格の変動の影響分析(海運コスト及び最終製品価格への影響)(国交省)
- 荷主への説明(環境対策コストは社会全体で負担すべき)(国交省)

→ ◎ 「内航海運事業における燃料サーチャージガイドライン(仮称)」の策定(117百万円の内数:国交省)  
 ・燃料サーチャージ導入実態調査、内航海運業者と荷主間の連携事例調査

- (一社)日本船主協会では、SOx規制等の海運を取り巻く環境を説明するパンフレットを作成(10/12)
- 内航海運については、国土交通省において、「内航海運事業における燃料サーチャージ等ガイドライン(仮称)」の策定予定
- 国土交通省では、今後関係業界と連携しつつ、大手荷主団体に対するSOx規制の内容周知を加速



(一社)日本船主協会作成パンフレット  
 「海運業界の挑戦」

内航海運事業における燃料サーチャージ等ガイドライン(仮称)

骨子イメージ(未定:策定予定)

1. 燃油価格上昇への対応
  1. 1. 燃料サーチャージの具体的な算出方法
  1. 2. 燃料サーチャージ導入の具体例
  1. 3. 燃料サーチャージを導入した場合の手続き
  1. 4. 燃料サーチャージ導入事例集
2. SOx規制対応にかかるコスト増への対応
  2. 1. スクラバー設置等SOx規制対応に係るコスト増加への対応
  2. 2. 規制対応のコスト増への対応事例集
3. 適正取引相談窓口

内航海運事業における燃料サーチャージ等ガイドライン(仮称):策定予定

# 北海・バルト海におけるSOx規制強化 対応調査結果

---

# 欧州ECAにおけるSOx規制強化対応調査

SOx規制強化(2015年より硫黄分濃度0.1%以下)が先行して導入されている北海・バルト海※における船舶の対応について調査するために、内航フェリー・RORO事業者、内航総連、JRTT、NKロンドン、国交省海事局などからなる調査団を結成し、ジャパンシップセンター(JETRO)のアレンジにより、5月7日～14日に調査を実施。 ※ 一般海域は2020年より0.5%以下。

船名	船主	船種	エンジン出力	総トン数	規制対応の手段/ガスのメーカー、タイプ、数	航路(航行時間)
① Princess Seaways	DFDS	フェリー	19,876kW	31,356GT	ULSFO専焼	アムステルダム→ニューカッスル (15時間30分)
② Hammerodde	STENA RORO NAVI.	フェリー	8,640kW	13,906GT	スクラバー(PureteQ、ハイブリッド、2基)	レネ→ザスニッツ (3時間20分)
③ Victoria Seaways	DFDS	RORO	24,000kW	25,518GT	スクラバー(Alfa Laval、ハイブリッド、1基)	キール→クライペダ (19時間30分)
④ Bore Bank	BORE	RORO	14,480kW	10,585GT	スクラバー(CR Ocean Eng、オープン、1基)	リューベック→コトカ (40時間)
⑤ Viking Grace	VIKING LINE	フェリー	30,400kW	57,565GT	LNG燃料とMGO(軽油)の二元燃料	トゥルク→ストックホルム (11時間5分)

※ 中小型の船舶(概ね6000DWT以下の船舶)は、2015年の規制強化前よりMGO(軽油)を使用しており、規制強化前後で対応に変わりはないため、視察の対象から除外した。



# 視察調査の結果(ポイント)

- 視察先の各海運事業者は、自社船隊の規制対応手段を画一化せずに各船毎に「燃料油対応」、「スクラバー対応」、「LNG燃料船対応」のいずれかの対応を判断している。

例えば、視察先の一つであるDFDS社では以下の考え方に基づき、個船毎の対応策を決定。

- (1) 技術的に可能かつ経済的合理性があるすべての船にハイブリッドスクラバーを搭載する。
- (2) 技術的にハイブリッドスクラバーの搭載が困難な場合は、オープンスクラバーを搭載する。
- (3) 各船へのスクラバー搭載工事の順番は、経済的効果を考慮して決定する。
- (4) スクラバー未搭載船は、2015年以降、規制適合油を使用する。

上記の考えに基づき、DFDS社では2018年5月時点で58隻中18隻にスクラバーを搭載している。

- スクラバーのレトロフィット搭載工事により、船舶がドック入りしていた期間は、7日間(オープンタイプ)～3週間(ハイブリッドタイプ)。また、HSC(高硫黄重油)は長期に渡り、安定的に供給される見込み。
- 2015年のECA海域における規制強化時及びこれまでの約3年以上の間、視察した船については運航に支障をきたすようなトラブルは起きていない。
- 各船舶毎の視察結果を次頁以降に示す。

# 訪船先① Princess Seaways(フェリー、ULSFO専焼) 概要

ULSFO (Ultra low sulphur fuel oil (超低硫黄重油)) ※1専焼フェリー  
「Princess Seaways」の視察において得られた主な知見は以下のとおり。

- ✓ 規制強化後当初はMGOを使用、ULSFOの安定供給を確認した10ヶ月後に切替を実施※2。
- ✓ 切替時に燃料油タンクの洗浄を行っていない(HFO→MGO→ULSFO)。
- ✓ HFOからMGOに切替える前に、クーラーの設置等を行ったが、HFOから直接ULSFOに切替えていれば、設備の追加は必要なかった。
- ✓ ULSFOの中でも、燃料の性状が異なるものがあり、取り扱いやすさが異なる※3。
- ✓ ULSFOは、欧州の主要港であれば基本的に入手可能。

※1 硫黄分濃度0.1%以下。

※2 ULSFOは、MGOよりも价格的優位性が高く、規制強化前の2014年末よりヨーロッパにて供給され始めていたが、安定供給が確認できるまでは、MGOを使用していたとの由。

※3 ULSFOは複数の性状のものがあり、例えば、ISO規格のRMD80相当の燃料は、一旦分離すると温度を上げても元の状態に戻らないが、RMG180相当の燃料は、温度を上げることで元の状態に戻るため、取り扱いが容易との由(RMD・RMGは船用燃料残渣油の規格であり、RMGの方がRMDよりも密度が高い。また、RMD80、RMG180の数値は、動粘度の上限値を示している。)

Princess Seaways



Princess Seaways 概要

船主	DFDS
総トン数	31,356GT
積載能力	客室476室、乗用車400台、トレーラー73台
エンジン出力	19,876kW
航路	アムステルダム(オランダ)～ ニューカッスル(イギリス)(15時間30分)
建造年	1986年

エンジンルーム



エンジンコントロールルーム



# 訪船先② Hammerodde(フェリー、ハイブリッドスクラバー搭載) 概要

ハイブリッドスクラバーをレトロフィットで搭載したフェリー「Hammerodde」の視察において得られた主な知見は以下のとおり。

- ✓ スクラバーのレトロフィット搭載工事により、船舶がドック入りしていた期間は、3週間。
- ✓ ファンネル内にある既存のサイレンサーを取り外したところにスクラバーを設置※1。
- ✓ 主機2機に対し、それぞれスクラバーを装備※2。
- ✓ スクラバーのオープンとクローズドモードの切り替えは船員が行っているが、パネル操作のみで負担増はほとんどない。事前に設定すれば自動切替が可能。
- ✓ 漁民、地域社会、近隣住民からスクラバー排水について苦情を受けたことはない。

Hammerodde



※1 スクラバーはサイレンサーの用途も兼ねている。

※2 スクラバー1機でも脱硫することは可能であるが、その分スクラバーのサイズが大きくなるため、設置するスペースを考慮して、サイズの小さいもの2基とした。

Hammerodde 概要

船主	STENA RORO NAVIGATION
総トン数	13,906GT
積載能力	旅客400名、客室60室、車400台
エンジン出力	8,640kW
航路	レネ(デンマーク)～ ザスニッツ(ドイツ) (3時間20分)
建造年	2005年
スクラバーメーカー	PureteQ
スクラバーの数	2基
クローズドモードへの切替	排水が禁止されているザスニッツ港※3入港 30分前にクローズドモードに切り替え

スクラバー本体



スクラバー配管



スクラバー制御パネル画面



※3 ドイツでは、環境影響などの科学的な因果関係が証明されない状況でも規制措置を行うという「予防原則」の方針をとっており、スクラバー排水についても、海洋環境等への影響の有無が確認されるまでは、河川及び港湾区域を排水禁止としている。ドイツ政府によると現在影響調査を進めているとのこと。なお、キール港では、今年より排水が可能となった(次項訪船先③参照)。

# 訪船先③ Victoria Seaways(RORO、ハイブリッドスクラバー搭載) 概要

ハイブリッドスクラバーをレトロフィットで搭載したRORO船「Victoria Seaways」の視察において得られた主な知見は以下のとおり。

- ✓ スクラバーのレトロフィット搭載工事により、船舶がドック入りしていた期間は、2週間。
- ✓ 「Victoria Seaways」が入港するキール港では、以前までスクラバー排水が認められていなかったが、今年になり、排水が可能になった。
- ✓ 漁民、地域社会、近隣住民からスクラバー排水について苦情を受けたことはない。
- ✓ 特定の燃料油供給事業者と長期契約を交わすことにより、安定した品質の燃料供給を受けるようにしている。

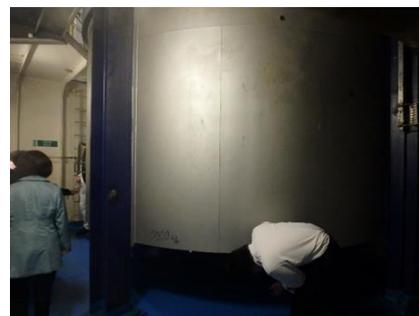
Victoria Seaways



Victoria Seaways 概要

船主	DFDS
総トン数	25,518GT
積載能力	旅客600名、車600台
エンジン出力	24,000kW
航路	キール(ドイツ)～ クライペダ※(リトアニア) (19時間30分)
建造年	2009年
スクラバーメーカー	Alfa Laval
スクラバーの数	1基
クローズドモードへの切替	クライペダ入港前にクローズドモードに切替

スクラバー本体



スクラバー制御画面



※ クライペダ港は、世界遺産に登録されているクルシュー砂州により、外海から隔離された海岸の湖内に位置しており、自然保護されている汽水の特別水域。

オープンスクラバーをレトロフィットで搭載したRORO船「Bore Bank」の視察において得られた主な知見は以下のとおり。

- ✓ スクラバーのレトロフィット搭載工事により、船舶がドック入りしていた期間は、1番船が12日、2番船からは7日間。
- ✓ ファンネル内にある既存のサイレンサーを取り外したところにスクラバーを設置※1。
- ✓ ドイツの港湾では、排水が禁止されているため、入港する前にMGOの使用※2に切り替えている。
- ✓ 漁民、地域社会、近隣住民からスクラバー排水について苦情を受けたことはない。
- ✓ ロシアの企業から大量かつ安定した品質のHSCが供給されており、この先数十年間は安定的に供給が受けられる見込み。

※1 スクラバーはサイレンサーの用途も兼ねている。

※2 燃料系統の全てのシールリングの切替を実施。

Bore Bank



Bore Bank 概要

船主	BORE
総トン数	10,585GT
積載能力	コンテナ321TEU トレーラー90台
エンジン出力	14,480kW
航路	リュubeck(ドイツ)～ コトカ(フィンランド) (40時間)
建造年	1998年
スクラバーメーカー	CR Ocean
スクラバーの数	1基
スクラバーの使用から MGOの使用への切替	排水が禁止されているザスニッツ 港入港前にMGOの使用へ切替

スクラバー本体  
(ファンネル内を下から見た光景)



海水ポンプ



# 訪船先⑤ Viking Grace(フェリー、LNG燃料船(デュアル燃料)) 概要

LNG燃料船フェリー「Viking Grace」の視察において得られた主な知見は以下のとおり。

- ✓ 約1時間ほどの停泊時間の間に約65tのLNGのバンカリングをship to shipにて実施※1。バンカーステーションから25m以内は立入制限区域となるが、区域外であれば、客の乗降含め全ての作業が可能。
- ✓ これまで1,300回のバンカリングを行ってきたが、トラブルが生じたことはない。
- ✓ エンジンのオーバーホール間隔や部品交換の間隔が通常の燃料油エンジンよりも長く、メンテナンスの負担が軽減される。
- ✓ 本年4月からはローターセイル※2を設置し、先進的な省エネ対策にも取り組んでいる。

※1。バンカリングの所要時間は、接続作業約10分、LNGバンカリング約40分、分離作業約5分。

※2 マグナス効果(回転している円柱に流れが当たると、流れと回転軸の両方に直角の力が働く)を利用し、船体に設置した円筒の構造物に当たった風力により推進力を得る装置。



ローターセイル



Viking Grace

## Viking Grace 概要

船主	VIKING LINE
総トン数	57,565GT
積載能力	旅客2,800名、客室880室、車100台
エンジン出力	30,400kW
航路	トゥルク(フィンランド)～ ストックホルム(スウェーデン)を毎日往復 (11時間5分)
平均燃料消費量	約45t
バンカリング	ストックホルムにてship to shipで実施 (3日連続で65tのLNGをバンカリング →1日バンカリング無しの繰り返し)
建造年	2013年

## バンカリングの様子



## LNGエンジン

