

2020年度 JPECフォーラム

IMO硫黄分規制動向調査

2020年5月8日

一般財団法人石油エネルギー技術センター
総務部 調査情報グループ

1. 背景
2. 世界各地域におけるエンフォースメント動向
 - 各国のエンフォースメント動向
 - 中国のエンフォースメント方法
 - 米国の罰則規定
3. 海外船舶業界の規制対応動向（スクラバー）
 - スクラバーのタイプ
 - スクラバー装着に関する実績と予測
 - スクラバー装着の課題
 - スクラバーに関する規制の動向
4. 海外船舶業界の規制対応動向（LNG船）
 - LNG燃料船の隻数
 - LNGの供給方法
5. 海外石油業界の規制対応動向(規制適合燃料供給と品質対応)
 - 米国の規制対応状況
 - オフスペックの状況
 - 燃料油不使用報告書（FONAR）に関する情報
6. 船舶燃料油の需給調査

IMO硫黄分規制とは

MARPOL条約附属書VIの第14規則 硫黄酸化物（SO_x）及び粒子状物質（PM）にて、船舶で使用する燃料中の硫黄分濃度の規制が規定されている。

2020年1月から、一般海域における燃料中の硫黄分濃度の規制値が3.5%以下から0.5%以下へ強化された。

これを受け、規制に適合した低硫黄分燃料（規制適合燃料）の使用、スクラバー（排ガスを水で洗浄してSO_xを除去する装置）の導入、LNG等の代替燃料への転換の、いずれかの方法で対応しなければならなくなった。

なお、2020年3月1日以降は、硫黄分0.5%を超える燃料を船上で保持することも禁止（SO_xスクラバー搭載船を除く）された。

表 IMO硫黄分規制への対応

	一般海域 2020年1月1日以降	一般海域 2020年3月1日以降
① 規制適合油の使用	硫黄分0.5mass%以下の低硫黄分燃料を使用	硫黄分0.5mass%以下の燃料を船上で保持することも禁止
② スクラバーを搭載	従来の硫黄分3.5mass%以下の重油を使用可	同左
③ LNG 燃料船	LNGを使用	同左

1. 背景

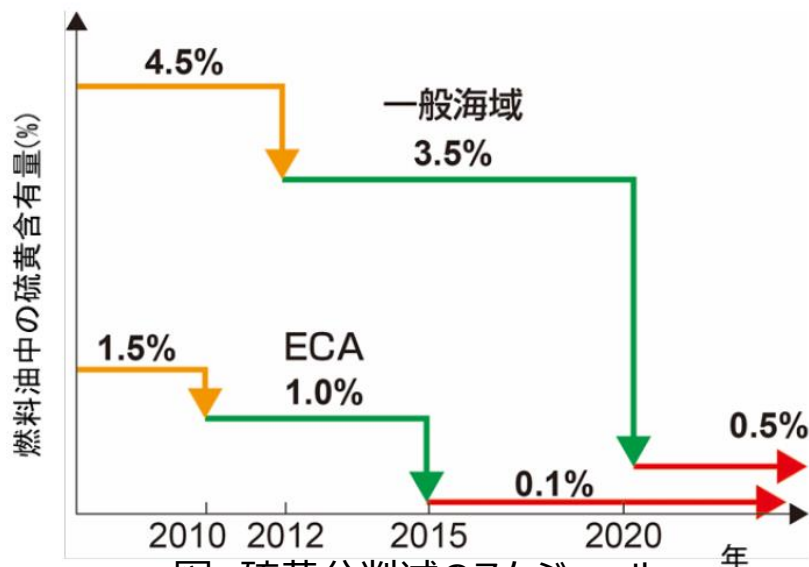


図 硫黄分削減のスケジュール

出所：IMOホームページを翻訳

一般海域以外で、ECA海域と呼ばれる地域では、既に2015年1月より硫黄分が0.1%以下に規制されていた。

これらの海域では、引き続き硫黄分0.1%以下の燃料の使用、またはスクラバー装着、LNG燃料船の導入の必要がある。



図 北海・バルト海のECA海域

出所：国土交通省HP



図 北米・米国カリブ海のECA海域

出所：国土交通省HP

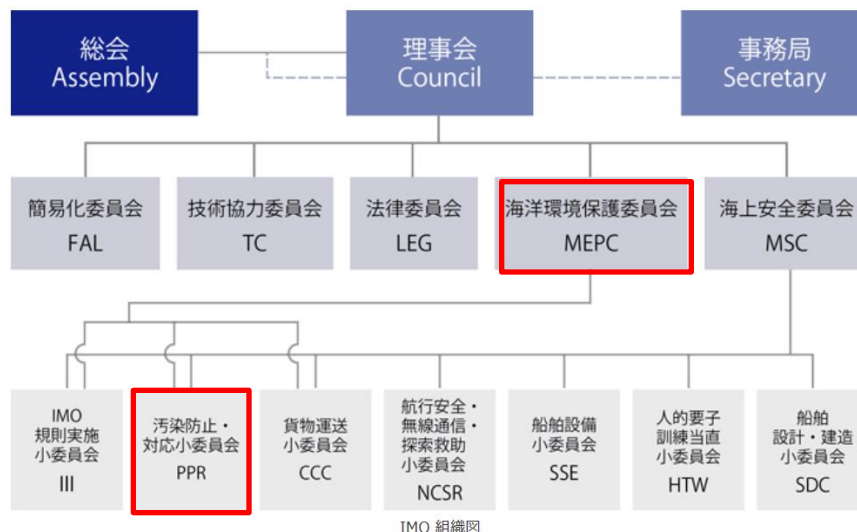
【ECA 4海域と指定汚染物質】

- ① バルト海周辺海域 (SO_x)、
- ② 北海周辺海域 (SO_x)、
- ③ 米国 (含むハワイ) とカナダ沿海部の200海里内の北米海域 (SO_x、PM、NO_x)、
- ④ プエルトリコと米領ヴァージン諸島を含むカリブ海海域 (SO_x、PM、NO_x)

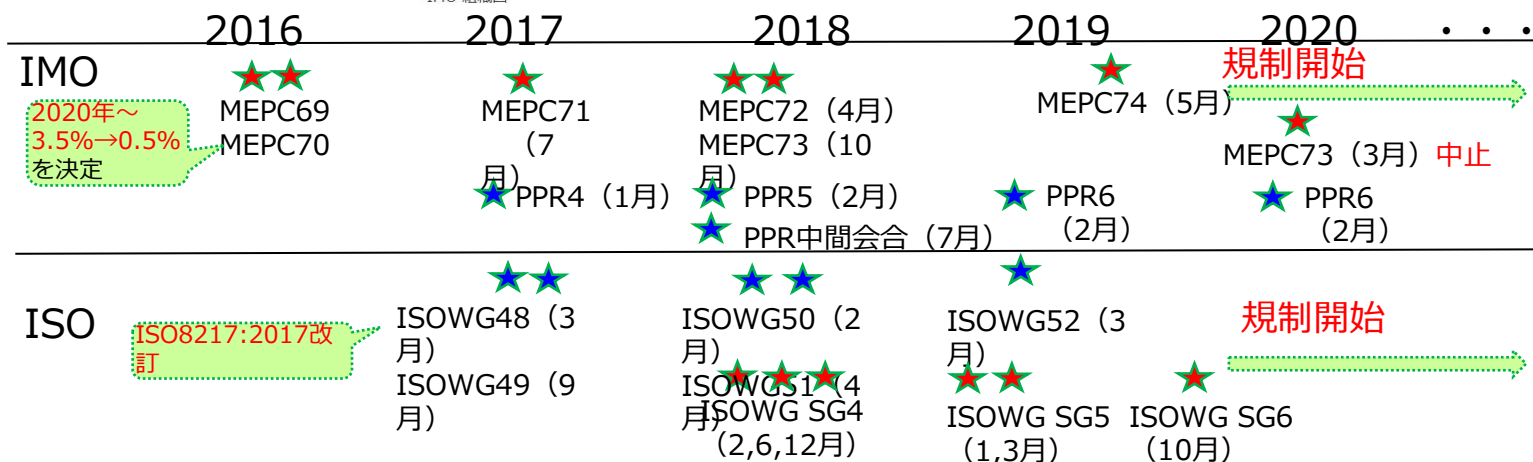
1. 背景

IMOで燃料に関係する委員会は、MEPCとその下部のPPRである。IMOは規制適合燃料の国際規格化をISOに要請し、ISOはPAS（作成を進める段階の中間規格）を発行した。

図 IMO組織図とスケジュール



出所：様々な情報からJPECで作成



2020年1月以降の船舶燃料の種類

IMO硫黄分規制後は、一般海域ではMGOまたはVLSFOが使用され、スクラバーを装着した船舶は従来のC重油に相当するHSFOを使用することになる。

ECA海域では、LSMGOまたはULSFOを使用することになる。

外航船には燃料タンクが複数あるので、一般海域からECA海域へ入る船舶は、一般海域用とECA海域用の燃料を積載する。EAC海域に入る前に、硫黄分0.1%以下の燃料を搭載したタンクに切り替えて、エンジンまで燃料が切り替わったことを確認してからECA海域に入る。

名称	硫黄分	留分
MGO(Marine Gas Oil)	0.5%以下	留出油（軽油・A重油相当）
VLSFO（Very Low Sulfur Fuel Oil）	0.5%以下	脱硫したC重油留分
LSMGO（Low Sulfur Marie Gas Oi）	0.1%以下	留出油（軽油・A重油相当）
ULSFO（Ultra Low Sulfur Fuel Oil）	0.1%以下	深度脱硫したC重油留分
HSFO（High Sulfur Fuel Oil）	3.5%以下	従来のC重油

出所：様々な情報からJPECで作成

2. 世界各地域におけるエンフォースメント動向

表 各国のエンフォースメント動向

	MARPOL Annex VI	エンフォースメントの管轄	外国船の管轄 範囲	罰則
英国	締結済	Maritime Coastguard Agency	EEZ内	刑事罰、民事罰、 または両方
フランス	締結済	Centre de Sécurité de Navire	EEZ内	民事罰のみ
オランダ	締結済	Inspectie Leefomgeving & Transport	EEZ内	刑事罰のみ
ドイツ	締結済	Dienststelle Schiffssicherheit des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur	EEZ内	民事罰のみ
スウェーデン	締結済	Transport Styrelsen	EEZ内	刑事罰のみ
スペイン	締結済	Dirección General de la Marina Mercante	EEZ内	民事罰のみ
イタリア	締結済	Guardia Costiera	EEZ内	民事罰のみ
米国	締結済	United States Coast GuardとEnvironmental Protection Agency（EPA）が共同で実施	EEZ + 200マイル	原則民事罰、重大 な違反は刑事訴追
中国	締結済	中国 海事局（China Maritime and Port Authority : MPA）	中国全域の沿岸12カイリ以内	刑事罰のみ
シンガポール	締結済	The Maritime and Port Authority of Singapore : MPA	領海内	民事罰のみ
オーストラリア	2019年11 月に締結	Australian Maritime Safety Authority （AMSA）	EEZ内	民事罰のみ

出所：各種情報を基にJPECで作成

2. 世界各地域におけるエンフォースメント動向

表 中国のエンフォースメント方法

担当部局	各地の海事局 ⇒ 輸送船舶 長江航務管理局、珠江航務管理局 ⇒ 内陸河川への取締り
取締り対象	主に大型海洋輸送船舶（漁船等は対象外）
法的根拠	大気汚染防止法 第63条 内陸河川船舶と河川-海洋直通船舶は、基準を満たす普通ディーゼル油を利用するものとする。遠洋船舶は港湾への停泊後、大気汚染の規制を満たす船舶用燃料油を利用するものとする。 106条 同法の規定に違反し、基準または要求を満たさない船舶燃料を利用した場合、海事管理局または漁業管轄部門が処罰し、罰金額1万～10万元の罰金を科す。
実施ガイドライン	上海市『船舶排出規制区監督管理ガイドライン』等
取締り方法	乗り込調査：航海日誌の確認、燃料利用の書面記録と燃料残量の照合による 整合性確認、燃料中硫黄分の現場サンプリング調査等 代替措置への監督管理：スクラバ利用報告書、陸上電源利用証明等の確認
取組み事例	河北省海事局：2017年1月1日から3ヶ月の取締りキャンペーン 寧波市海事局：2017年7月、述べ372回の調査、11隻に罰金総額30万元 上海市海事局：燃料切替え未実施の船舶の船主名、罰金額等を随時公表

2. 世界各地域におけるエンフォースメント動向

米国の罰則規定

米国の環境保護庁（EPA）のペナルティポリシーは、経済的利益の要素を評価する複雑な公式を含んでいる。

	Table 3	
Actual Fuel Sulfur Content, %m/m	Penalty over duration of violation, first offense - Table 3(\$)	
	Violation of 1.00% sulfur limit (U=MT of fuel burned while in the U.S.ECAs)	Violation of 0.10% sulfur limit (U=MT of fuel burned while in the U.S.ECAs)
3.5 or higher	\$400×U	\$750×U
3.0	\$350×U	\$700×U
2.5	\$300×U	\$650×U
2.0	\$250×U	\$600×U
1.5	\$200×U	\$550×U
1.25	\$150×U	\$500×U
1.10	\$100×U	\$450×U
1.00	N/A	\$400×U
0.80		\$350×U
0.60		\$300×U
0.40		\$250×U
0.20		\$200×U
0.15		\$150×U
0.10		N/A

出所：EPAホームページ

3. 海外船舶業界の規制対応動向（スクラバー）

スクラバーのタイプ

- オープンループタイプ
- クローズドループタイプ
- ハイブリッドタイプ

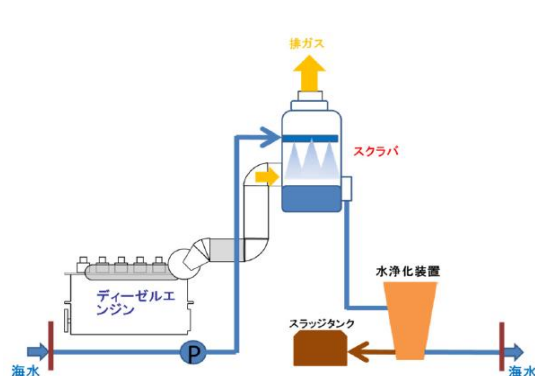


図 オープンループタイプ

出所：日本海事協会HP

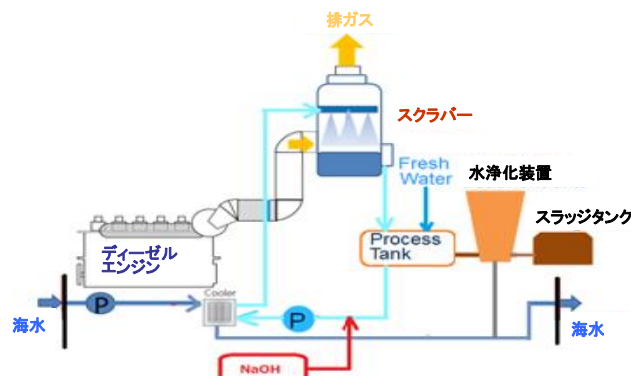


図 クローズドループタイプ

出所：日本海事協会HP

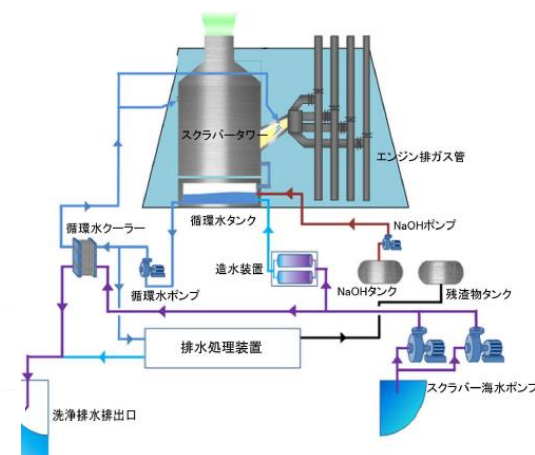


図 ハイブリッドタイプ

出所：三菱重工HP

	オープンループタイプ	クローズドループタイプ	ハイブリッドタイプ
構造・原理	海水の天然のアルカリ性を利用して排ガスに溶解したSOxを中和する。海水は船舶の下から引き込み、浄化装置に汲み上げて排ガスと接触させる。	水酸化ナトリウムを用いて排ガスに溶解したSOxを中和する。循環する洗浄水をポンプで浄化装置に汲み上げ、排ガスと接触させる。	オープンループ式とクローズドループ式の2つのモードを有する全ての航行海域で使えるシステム。
メリット	化学物質を添加する必要がないこと、1回通過式なので操作が比較的容易。	安定した操作性が得られること、最小限のスラッジ生成で済む。	オープンループ式を使用し運転コストを最小限に抑え、必要場合はクローズドループ式で操作できる。
デメリット	排水規制は地域・港によって異なる為、低硫黄燃料を使用する可能性がある。	運転コストが高くなる。廃水を受け入れる港の確保が困難である。	必要な機材が増え、初期投資がかかる。両方式を切り替えるために操作が複雑になること。

3. 海外船舶業界の規制対応動向（スクラバー）

過去のスクラバー装着に関する実績と予測

2017年12月末での予測

- 多くのコンサルタント会社は、2020年のスクラバー設置数を1,500～2,500隻程度と予測していた。
- FACTSGLOBALENERGYは7,000隻と突出して高く予測していた。

2019年2月での予測

- Plattsは2020年のスクラバー設置数を2,200隻と予測していた。

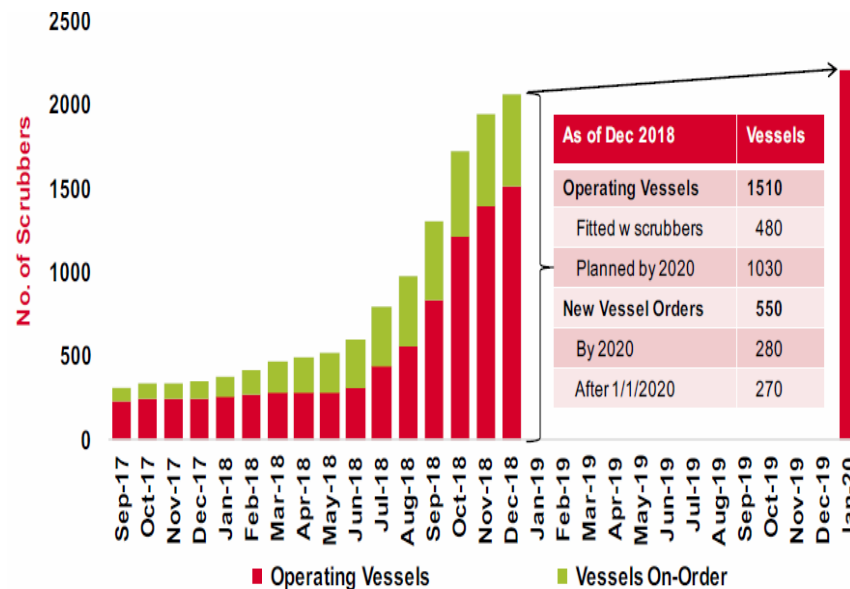
表 各調査機関のスクラバーの設置数の見込み

	～	2017	2020
Ce Delft	213*	530**	1,200
EnSys Energy			4,600***
IEA			2,000
FACTS GLOBAL ENERGY			7,000
Nexant			1,500～2,500
JBC ENERGY			1,200

*: Clarkson Research(第4回TF資料より)

**: 6th Annual Mediterranean Bunker Fuel

***: 下方修正中



出所：各種情報よりJPECで作成

出所：Platts 2019/02

3. 海外船舶業界の規制対応動向（スクラバー）

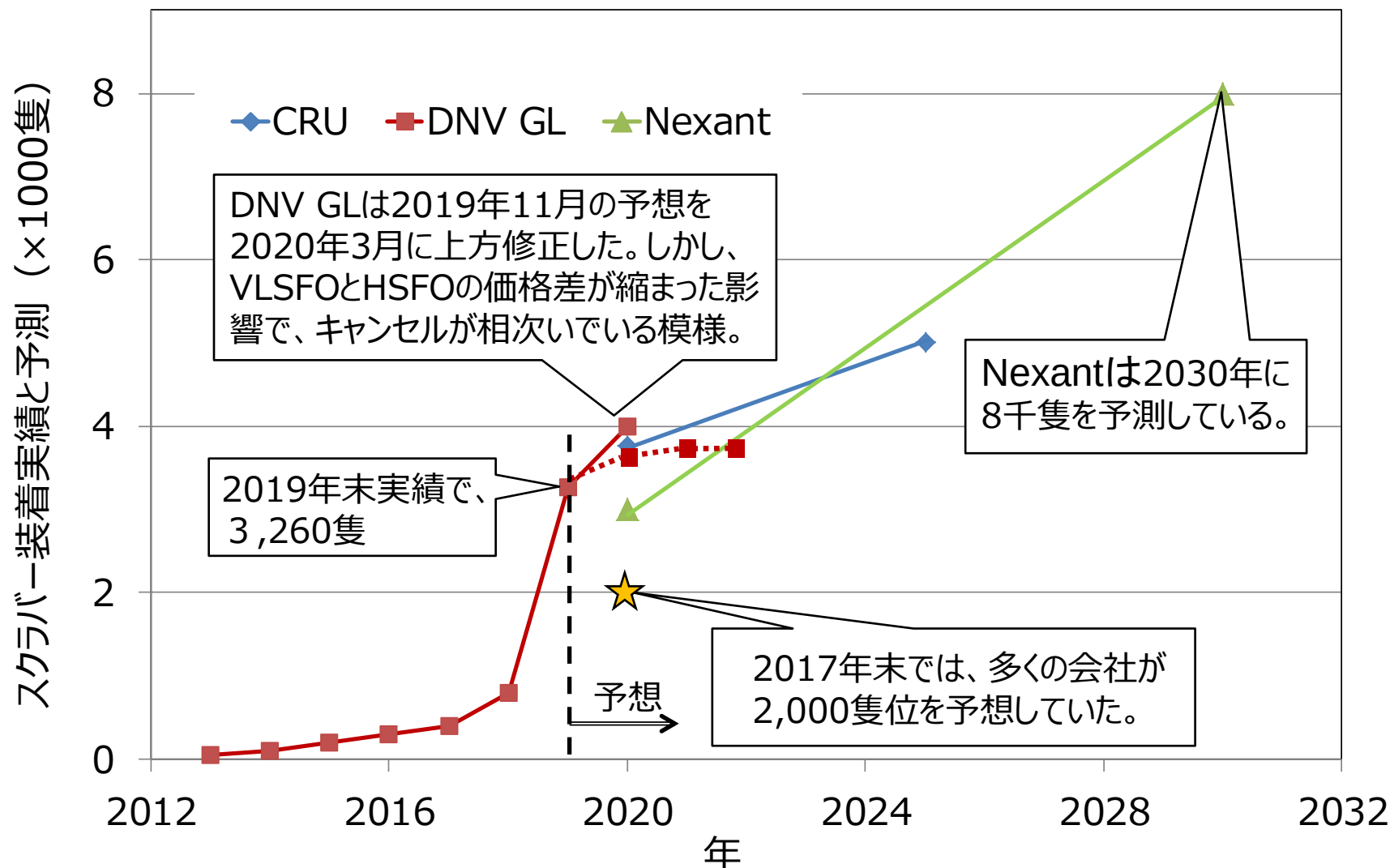
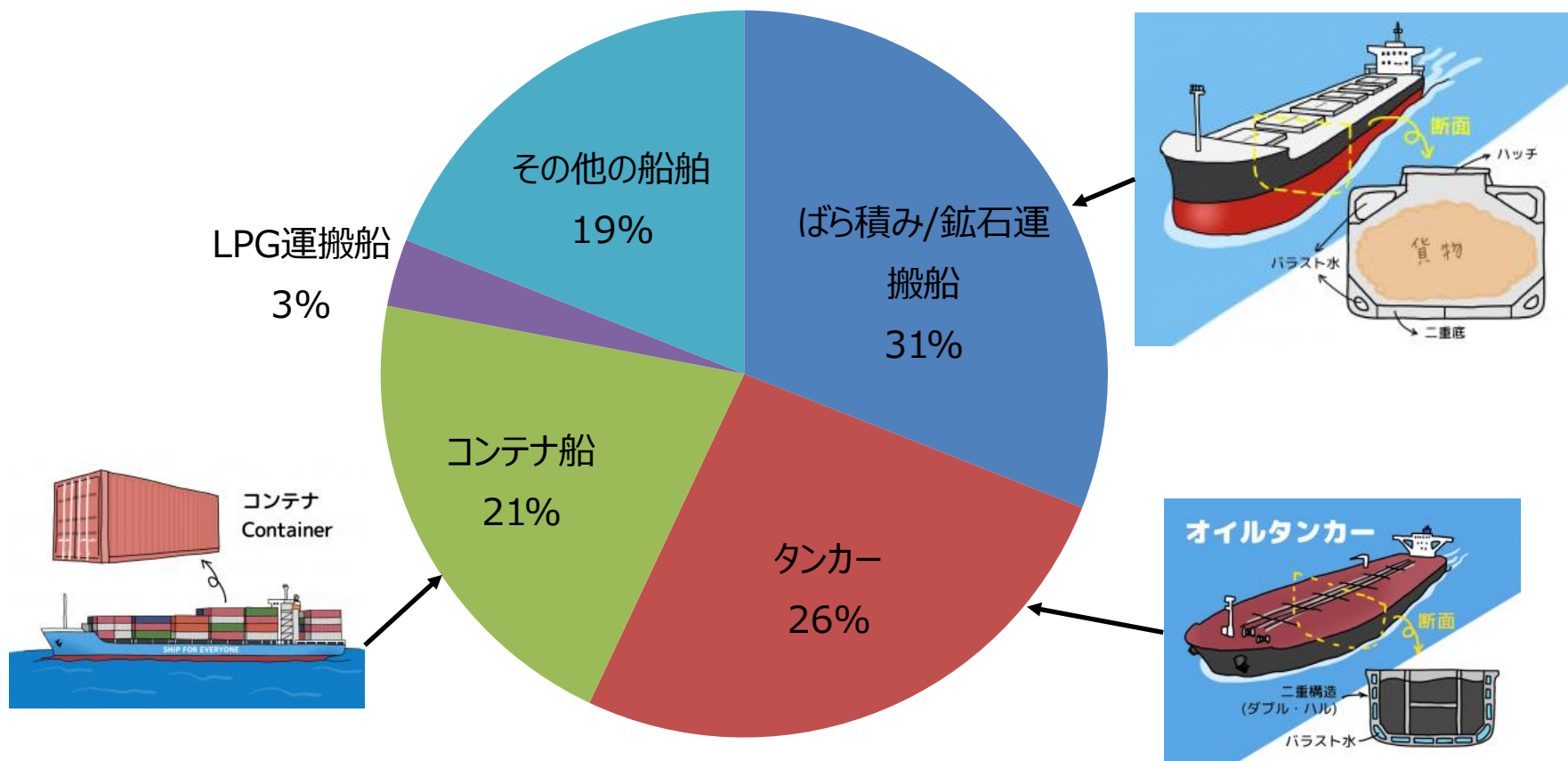


図 スクラバー装着実績と予測

3. 海外船舶業界の規制対応動向（スクラバー）

スクラバーを装着した船種の割合

最も多いのは、ばら積み／鉱石運搬船で31%である。タンカーも26%を占めており、割合は高い。



3. 海外船舶業界の規制対応動向（スクラバー）

VLCCへのスクラバー装着費用は、40日かかる設置期間の収益の損失を含めて**約660万ドル**（一般的にオープンループで3～5億円、クローズドループで4～7億円に、設置期間の収益の損失が加算される）。

1往復で140万ドルの節約（2019年12月6日のヒューストンにおけるVLSFO とHSFOとの価格差は195.5ドル/トンで試算）。コーパスクリスティ～麗水（ヨス）は、荷役の積載や積み下ろしを含めて、往復で約2か月半。

195.5ドル/トンの価格差であれば、1年以内に投資は回収できるはずであったが、年明けに価格差が急速に縮み、2020年3月31日時点で**58.5ドル/トンまで縮まった**。

VLSFOとHSFOとの価格差が縮まったことと、コロナウイルスによる輸送量の低下影響で、**予約していたスクラバーをキャンセル**する動きも出始めている。



3. 海外船舶業界の規制対応動向（スクラバー）

スクラバー装着の課題

○ スクラバー設置コスト

- オープンループタイプは、設置コストが安価であるが、航行禁止海域や廃水禁止海域がでてきたため、航路に制約がでてきた。
- クローズドループタイプは装着コストが高く、ハイブリットタイプは、装着コストがさらに高い。

○ インフラ

- 5年/回の船舶検査において、現在、大規模な改修ができるドックが少ない。
- クローズドタイプは、廃水とスラッジを回収する必要がある。EU域内では数カ所の港で回収可能であるが、世界的なインフラ整備は、今後の課題である。

○ 技術

- 既存船へのレトロフィットは、船体強度の確保、重心のバランス、電源の確保の点から設置に課題を抱えている。
- 機関室エリアの設置スペースの確保が困難と言われている。また、機関士の仕事量が増え、過酷な職場となる。
- 原油タンカー、LPG船は、タンクエリアと機関部の隔壁の工事が禁止されており、レトロフィットは難しい。

3. 海外船舶業界の規制対応動向（スクラバー）

スクラバーに関する規制の動向

スクラバーからの排水の処理方法については、ISOのワーキンググループで2024年頃を目途に検討して行く。

対象国	対象区域	概要
ノルウェー	フィヨルド（世界遺産区域）	オープンループ式スクラバーの使用禁止
米国	カリフォルニア州	スクラバーからの排水禁止
	コネティカット州	
UAE	フジャイラ港	オープンループ式スクラバーの使用禁止
中国	Coastal Control Area※	スクラバーからの排水禁止
	Inland River Control Area※	
	Bohai Area	
ドイツ	領海域	スクラバーからの排水禁止
ベルギー	港湾および陸水区域	スクラバーからの排水禁止
アイルランド	ダブリン港	スクラバーからの排水禁止
	ウォータフォード港	
シンガポール	領海域	スクラバーからの排水禁止
パナマ	パナマ運河	オープンループ式スクラバーの使用禁止
エジプト	スエズ運河	スクラバーからの排水禁止
マレーシア	マレーシア海域（沿岸12カイリ）	スクラバーからの排水禁止（入港しない船舶は対象外）
バミューダ	領海域	スクラバーからの排水禁止
パキスタン	カラチ港	スクラバーからの排水禁止
オーストラリア	オーストラリアの港	初めて寄港するばあいは、オープンループ式スクラバからの排水に関する分析結果の提出を要求

※中国全域の12カイリ以内

※※長江および西江の規制水域

出所：各種情報を基にJPECで作成

4. 海外船舶業界の規制対応動向（LNG船）

IMOでは、硫黄分規制の他に、以下のように燃費の改善とGHG排出量の削減を目指しており、LNG燃料船は2030年の平均燃費改善対策としては、注目されている。

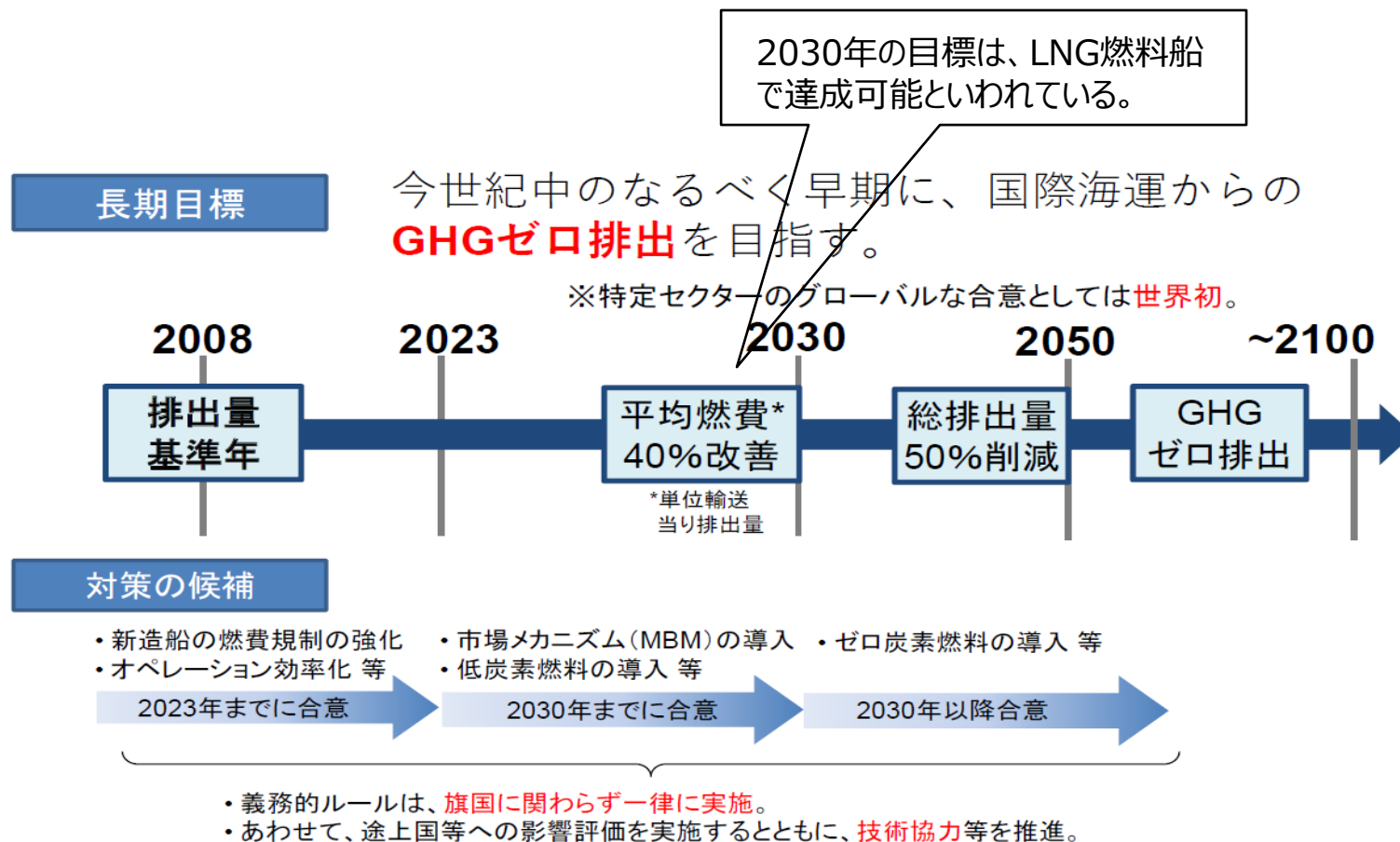


図 IMOのGHG削減目標

4. 海外船舶業界の規制対応動向（LNG船）

IMO硫黄分規制への対応策として、LNG燃料船を導入する方法があるが、隻数はあまり伸びていないのが現状である。

LNG燃料船導入には、LNG供給インフラの整備が不可欠であり、それには、ガス会社、造船会社、船舶用エンジンメーカー、港湾当局、安全規制当局など、幅広い官民の合意形成が必要である。

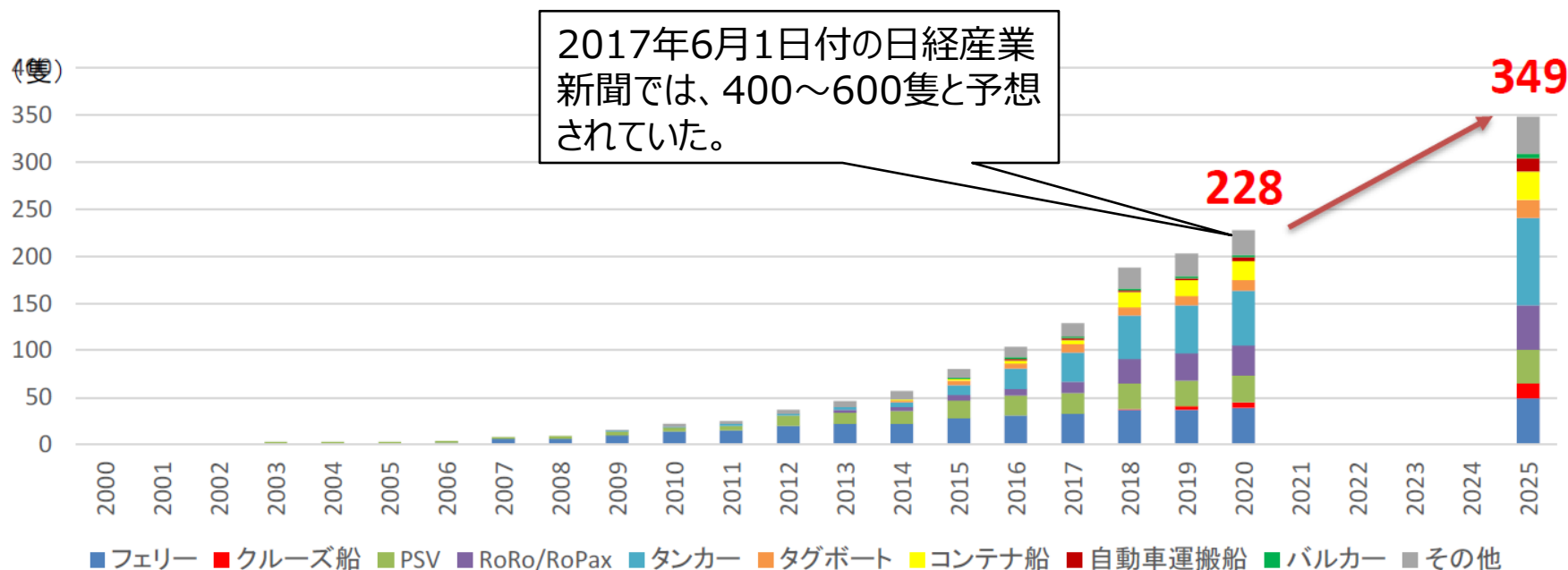
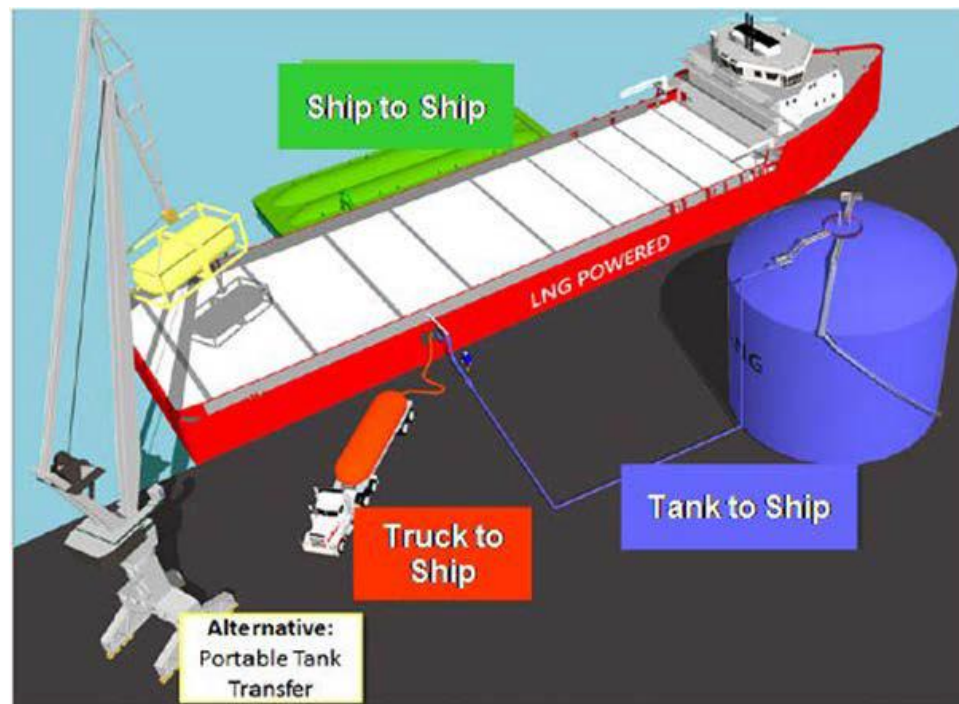


図 LNG燃料船の隻数

4. 海外船舶業界の規制対応動向（LNG船）

LNG供給方法

- 1) LNG補給基地からの供給（Tank to Ship）
大ロットのLNG供給が可能。LNG補給基地の建設コストが大きい。
- 2) LNGバンカリング船からの供給（Ship to Ship）
LNG補給基地ほど費用がかからない。一方、LNGバンカリング船を増やし供給力を整備する必要がある。
- 3) LNGローリー車からの供給（Truck to Ship）
岸壁のLNGローリー車から、
着栈したLNG燃料船にLNG
を補給する方法。
大がかりな設備の新設が不要
で多くの港湾で対応が可能。
容量に制限があるため大型船舶などの大量のLNGの補給には適さない。



4. 海外船舶業界の規制対応動向（LNG船）

平均燃費改善対策としても期待されるLNG燃料船であるが、その導入とLNG供給インフラの整備には、鶏と卵の関係がある。

船舶運航会社は、LNGの供給体制が整えば、新造船をLNG燃料船に切り替えることも考えられるが、供給が整った港が少ない現状では、決断できない状況である。

下図のように、船舶燃料の需要でも、LNGの伸びはそれほど大きくはない。

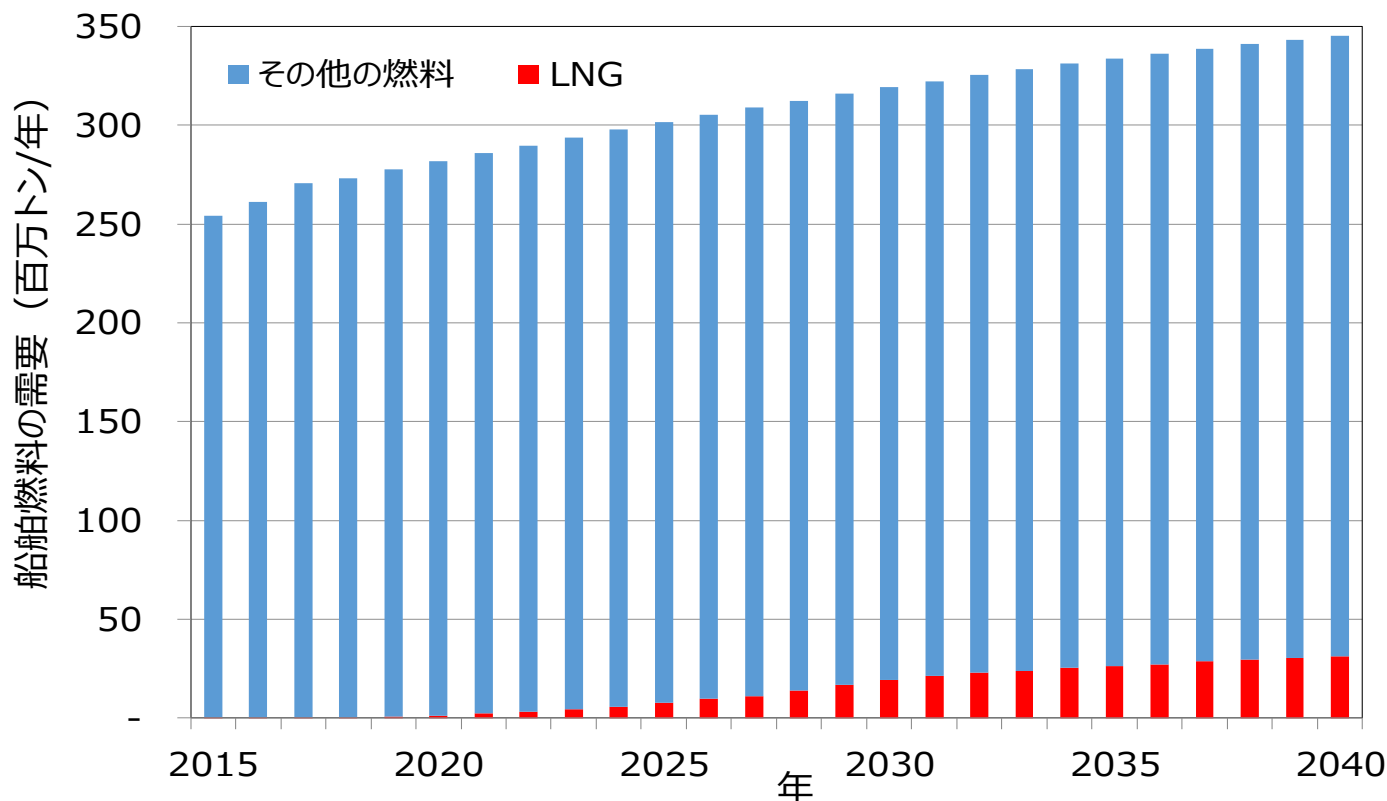


図 船舶燃料需要の推移

5. 海外石油業界の規制対応動向

米国の規制対応状況（1月下旬に、日米合同連絡会議として、JPEC本部職員およびシカゴ事務所長が米国の機関、団体にヒアリングした際の見解）

1. American Fuel & Petrochemical Manufacturers (AFPM)

米国のバンカー燃料市場は、ガソリンや軽油に比べて非常に小さいため、石油精製における大きな影響はない。米国の精製業者は高度な脱硫設備を有しているため、船舶燃料への硫黄含有量の変化に十分に備えている。米国の主要な港湾は、すでに**ECA海域であったので、外航船を除いて特に変化はみられない。**

2. American Petroleum Institute (API)

軽油留分と重油を混合するため、自動車用の軽油市場に焦点が当てられたが、全体としてガソリンと自動車用軽油に**大きな価格の変化はみられなかった。**

3. Energy Information Administration (EIA)

全体として、**米国のバンカー市場は非常に小さい**（50万バレル/日）。米国には軽質で低硫黄な原油が余剰にあるため、船舶燃料の低硫黄化に足掛かりを与えたと考えている。低硫黄船舶燃料の課題は、供給の問題ではなく流通の問題である。

4. Environmental Protection Agency (EPA)

米国の周辺は、**ほとんどがECA海域であり**、すでに船舶燃料の硫黄分は0.1%以下になっているため、IMO硫黄分規制の影響はない。**船舶燃料の需要が小さい**ことも影響がない原因である。

5. 海外石油業界の規制対応動向

オフスペックの状況（Integr8 Fuel実施した、2019年11月以来38,000件を超える分析結果）

セジメント（TSP）、硫黄分（S）、アルミナ・シリカ分（ALSI）、動粘度（VIS）のオフスプリングペック割合が高く、VLSFOでは約60%を占めている。

2020年1月時点で、オフスペックが発生した数を港別にみると、地中海では比較的発生率が高い傾向がみられた。

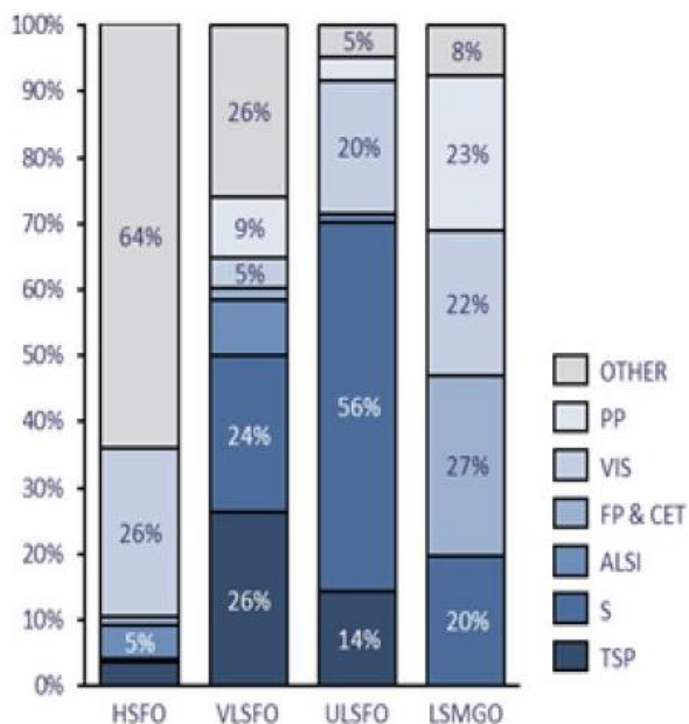


図 オフスペックになった項目

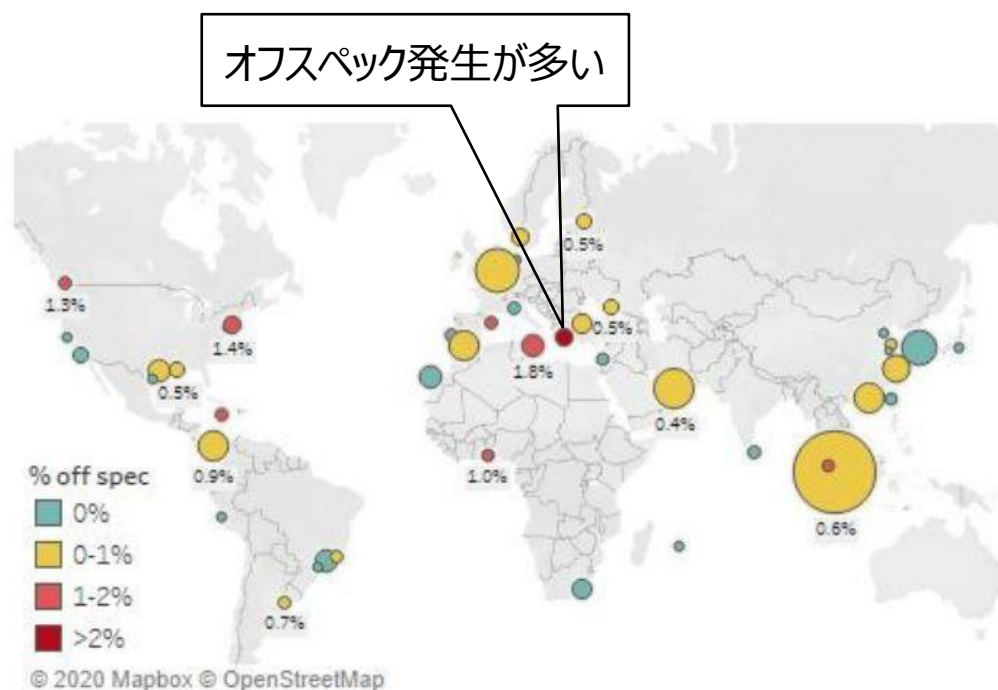


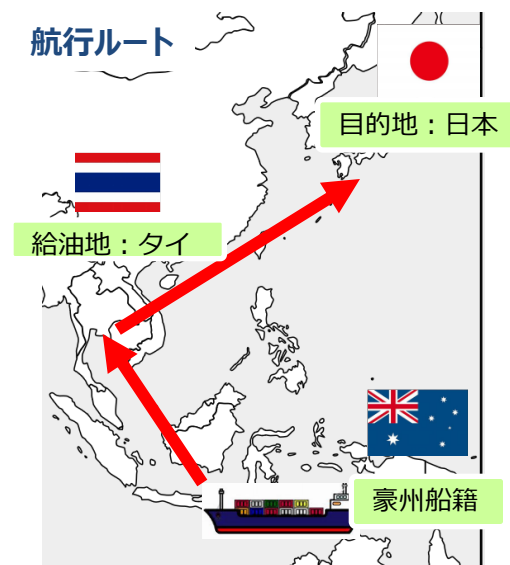
図 オフスペックの発生した港

5. 海外石油業界の規制対応動向

燃料油不使用報告書（FONAR）に関する情報
船舶が適合燃料油を調達できなかった場合、MARPOL条約附属書VI第18.2.4規則に基づき、乗組員は適合燃料油が調達できなかった証拠および対応策等を記録した燃料油不使用報告書（FONAR）を締約国に提出することができる。しかし、FONARは免除措置ではなく、締約国が条約違反の船舶に対して強制措置を検討する際に考慮する多くの書類の一つにすぎない。

主な記載内容

1. 船舶名・IMO 番号・旗国。
2. 船舶の航行計画。
3. 規制適合燃料購入の為に取った手段・記録、入手不可の理由、**コンタクトを取った燃料供給者名・住所・その日付（証拠となる記録）**
4. 次の港における規制適合燃料購入計画、**入手可能な燃料で最も低い硫黄分濃度。（0.1%があれば、0.1%使用）**
5. **運航上の制約（規制適合燃料が安全上問題）がある為に規制非適合燃料を積込んだ場合、その問題点。**
6. 前回のFONAR使用記録（12か月以内）



出所：IMOの資料を基にJPECで作成

5. 海外石油業界の規制対応動向

1月

ブラジルで6件のFONAR提出があり、ペトロブラスが高値で売れるシンガポールに輸出したとの噂が流れた。

これに対して、ペトロブラスは1月にIMOへ提出されたFONARのうち、1つのケースでは、ペトロブラスは代替ポートをクライアントに提供し、残りのケースはペトロブラスが運営していない港であったと反論した。

2月

FONAR提出件数が急激に減少して合計で6件であった。

VLSFOの供給開始が2020年1月に間に合わなかった製油所からの出荷が始まったケースがあり、供給が安定してきたとみられ、船舶業界では安堵感が広がっている。

主なFONAR提出国	報告件数	
	1月	2月
ブラジル	6	
インド	4	
スリランカ	4	1
南アフリカ	2	
バングラデシュ	2	
エジプト	2	1
カーボベルデ	2	
チリ	2	
モザンビーク		2
太平洋のウェイク島		1
マレーシア～シンガポール		1
合計	41	6

6. 船舶燃料油の需給調査

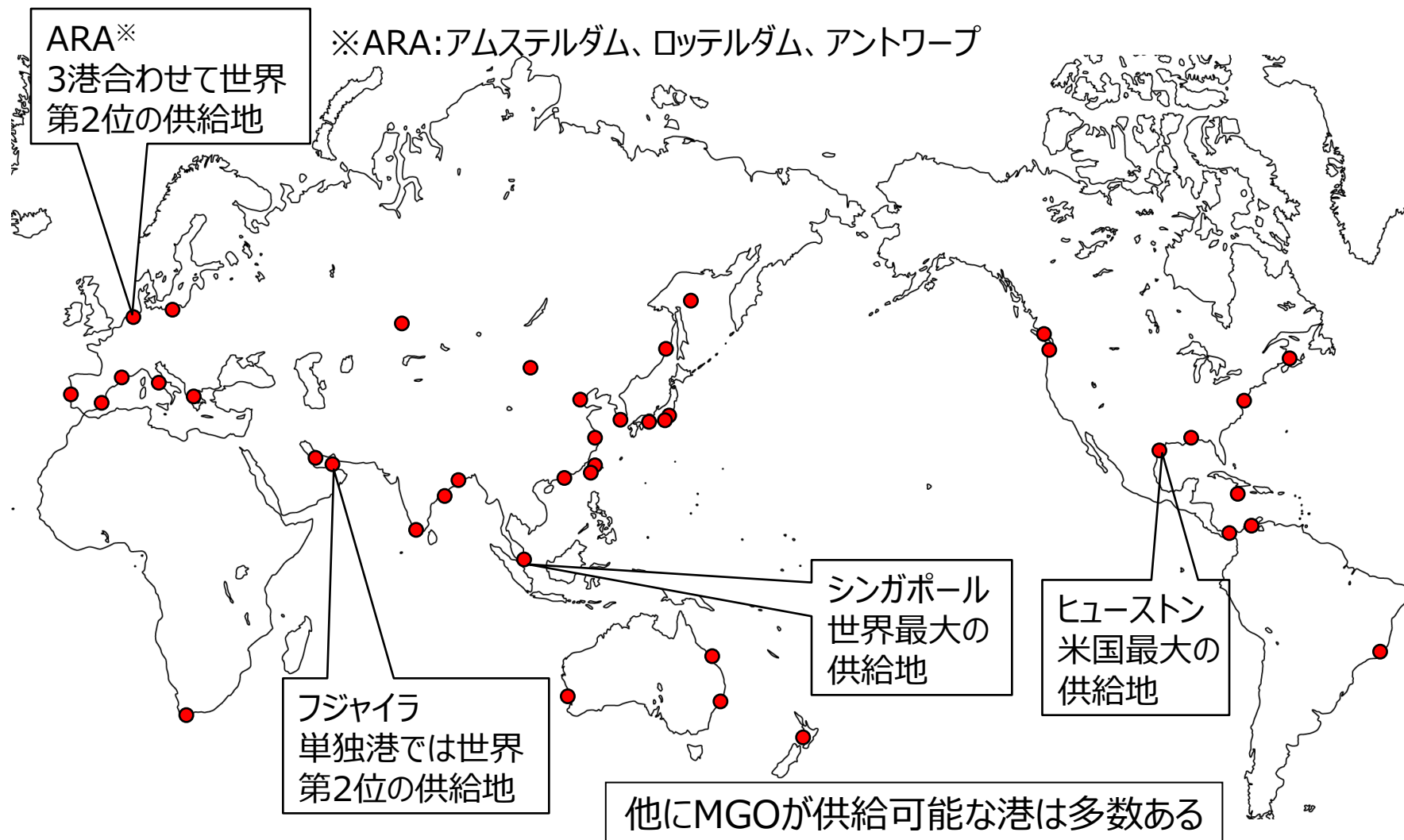


図 VLSFOが供給可能と報道された港

6. 船舶燃料油の需給調査

表 メジャー石油会社の主な港での船舶燃料の供給体制

供給港	HSFO ($\leq 3.5\%$)	VLSFO ($\leq 0.5\%$)	ULSFO ($\leq 0.1\%$)	MGO ($\leq 0.5\%$)	LSMGO ($\leq 0.1\%$)
ニューヨーク	●	●	●	●	●
ニューオリンズ	●	●		●	●
ヒューストン	●	●		●	●
シアトル		■		■	
バンクーバー	●			●	●
ロッテルダム	● ■	● ▲ ■	● ■	● ▲ ■	● ▲
アントワープ	■	● ▲ ■	● ■	● ▲ ■	▲
ポーツマス	▲				▲
マルセイユ	▲	▲			▲
ジェノバ		▲			▲
オスロ					▲
フィジャイラ	■	●		● ■	
シンガポール	● ▲ ■	● ▲ ■	▲	● ▲	●
ケープタウン	■	■		■	
ブリスベン	■	■		■	

● シェル ▲ エクソンモービル ■ BP

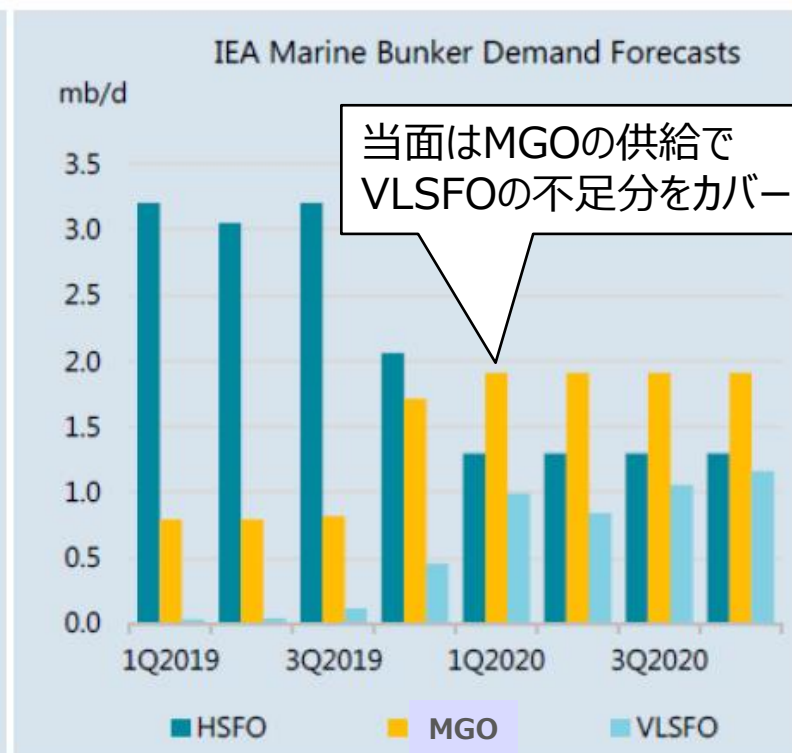
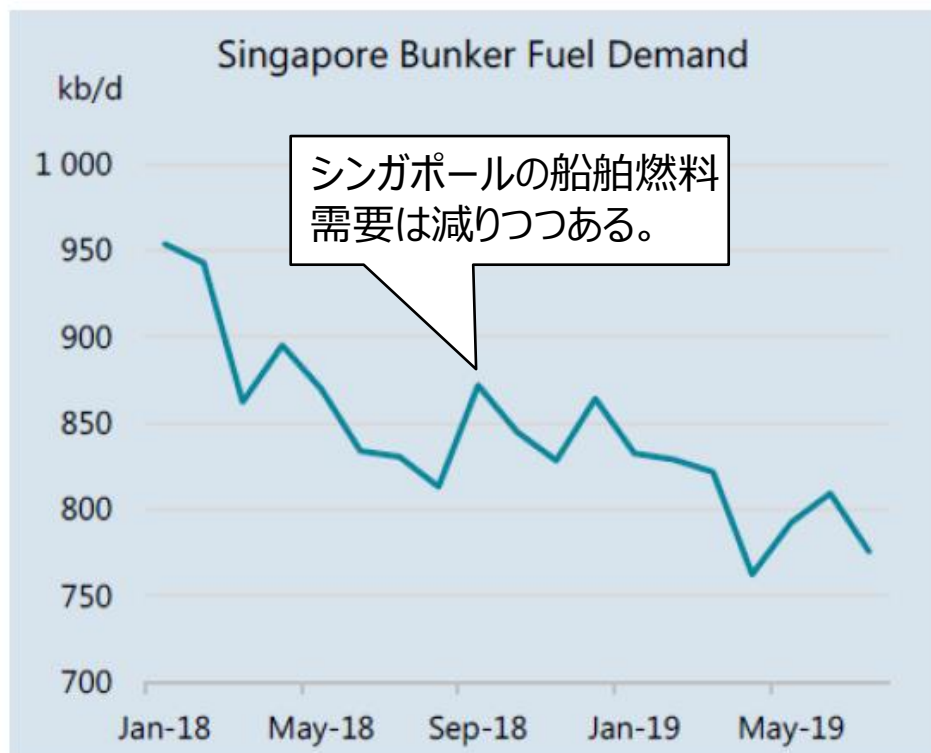
シェルは欧米、アジアを網羅している。エクソンモービルは欧州が中心である。
BPは欧州、米国西海岸、アジア、南半球も網羅している。

6. 船舶燃料油の需給調査

シンガポールのバンカー需要

近年は減少傾向にあり、2019年夏には80万b/d前後で推移している。しかし、世界全体の需要が400万b/d程度なので、5分の1を占める世界最大の港である。

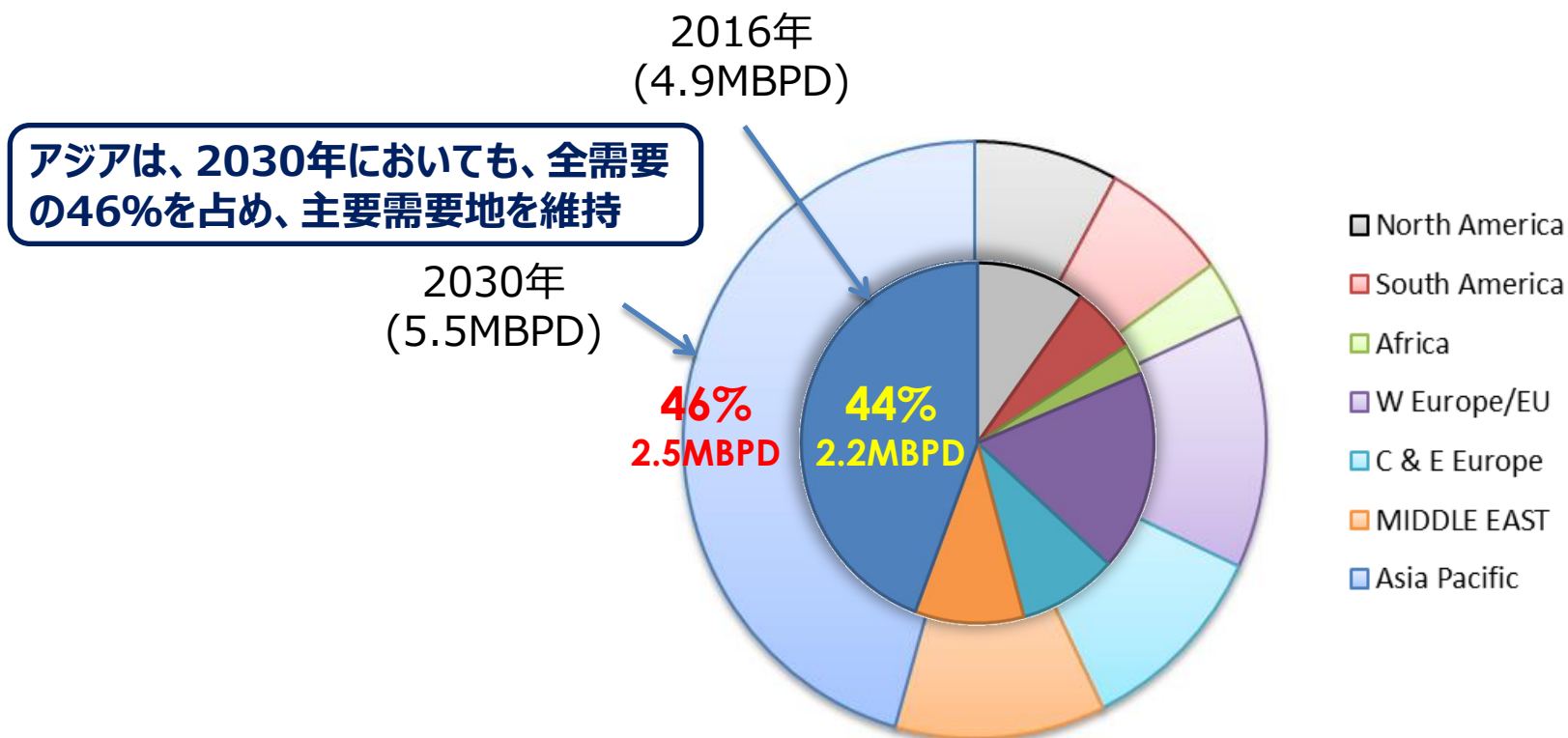
2020年1月のIMO硫黄分規制開始時は、VLSFOの供給が間に合わないので、軽油タイプのMGOを海上（バンカー船）で供給する体制を強化した。



6. 船舶燃料油の需給調査

地域別の需要見通し

- 2016年のアジア需要は、世界の44%程度を占め、今後も需要増加が見込まれる。
- 中東、東中欧も2016年～2030年で30%程度の需要が増加する見通し。
- 2016年から2030年までに、西欧州は15%程度の需要減少が見込まれる。



6. 船舶燃料油の需給調査

2018年のHSFOは、ロシアから西欧への流れ以外は、アジア方面に流れていることがわかる。

量が多いのは欧州からアジアで、次いで南米からアジアとなっている。

2030年のVLSFOは、西欧から東欧向けにわずかに流れがあるが、残りはアジア方面へ流れている。数量としては、北米からアジア、南米からアジアへの輸出が多い。

HSFOでみられたロシアからアジアへの流れはなくなっている。

2030年のVLSFOの流れは、全体として、2018年のHSFOよりは流れが少ない。



図2018年のHSFOの流れ



図 2030年のVLSFOの流れ

本調査は経済産業省・資源エネルギー庁の
「令和元年度燃料安定供給対策に関する調査事業
(石油産業に係る環境規制等に関する調査)」

及び

「令和元年度燃料安定供給対策に関する調査事業
(製油所の競争力に係る技術動向に関する調査)」
として JPEC が実施しています。

ここに記して、謝意を表します。