

独立行政法人 海上技術安全研究所

燃料油中硫黄分規制を受けた機関技術に関する国際ワークショップ

船舶用燃料硫黄分規制の動向とその影響

－今後の船舶用燃料はどうなるのか？－

平成27年3月6日

一般財団法人 石油エネルギー技術センター

調査情報部 半澤 彰

内容

1. 最近の話題から

- 1) 2015年1月1日、ECA硫黄分0.1%規制への船舶業界の対応は？
- 2) 原油価格急落はどう影響したか？
- 3) 2015年2月の関連ニュース

2. IMO及びEUの船舶燃料規制の今と今後(おさらい)

- 1) 概要
- 2) 代替手段
- 3) 要点(ポイント①～④)
- 4) MEPCでの審議－実績と予定(ポイント①)

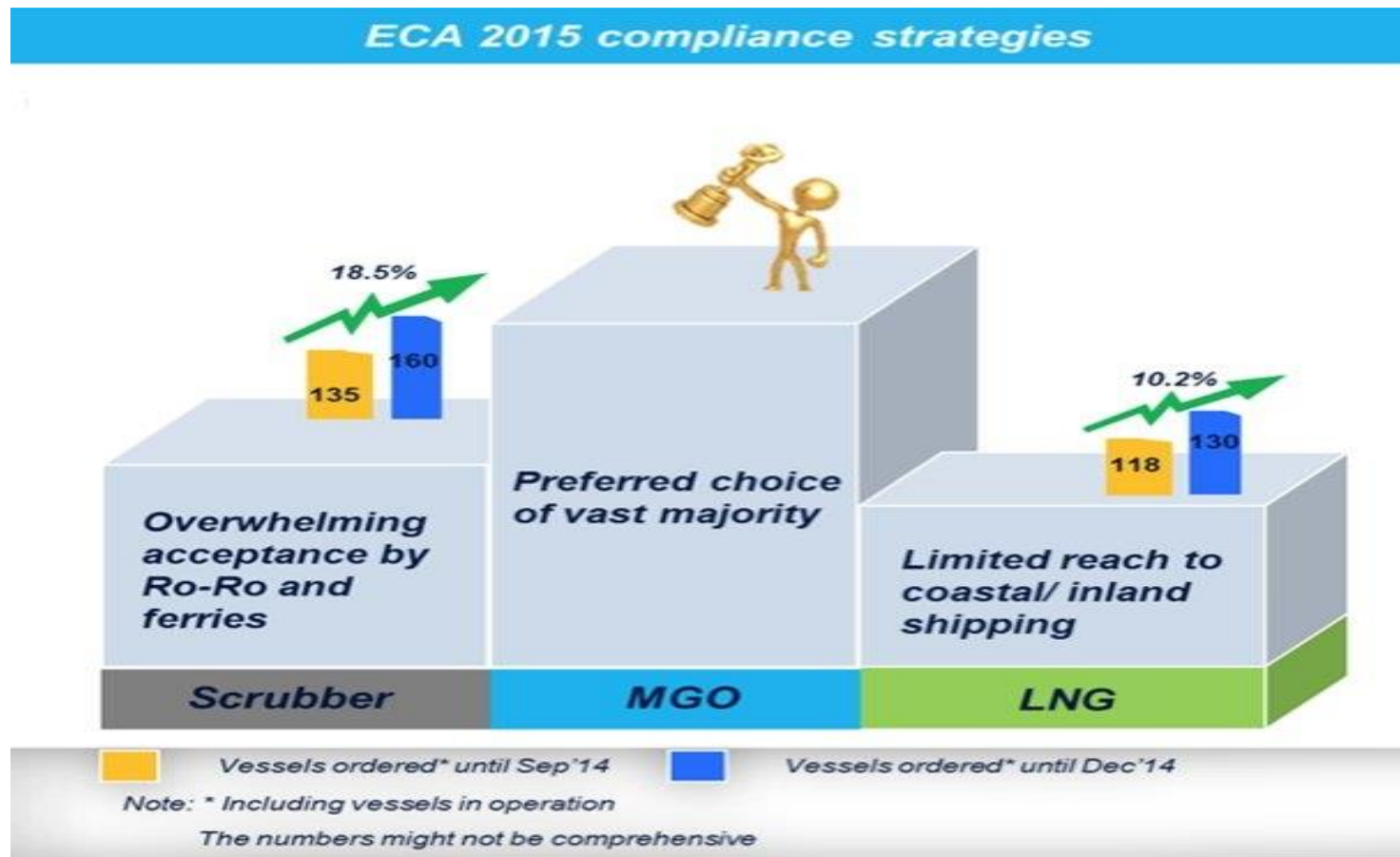
3. MEPC67 (2014年10月)

- 1) 審議結果について
- 2) CG提示の方法論枠組み案(要約)
4. 各規制強化タイミング毎の需要の変化(ポイント②)
5. 代替手段の普及見通し(ポイント③)
6. 代替手段の経済性(ポイント④)
7. スクラバー導入の意義(ポイント④)
8. 油種別船舶燃料需要推移見通し(全世界／地域別)
9. 石油精製会社と船舶会社の選択肢
10. まとめ

1. 最近の話題から

1. 1) 2015年1月1日、ECA硫黄分0.1%規制への船舶業界の対応は？

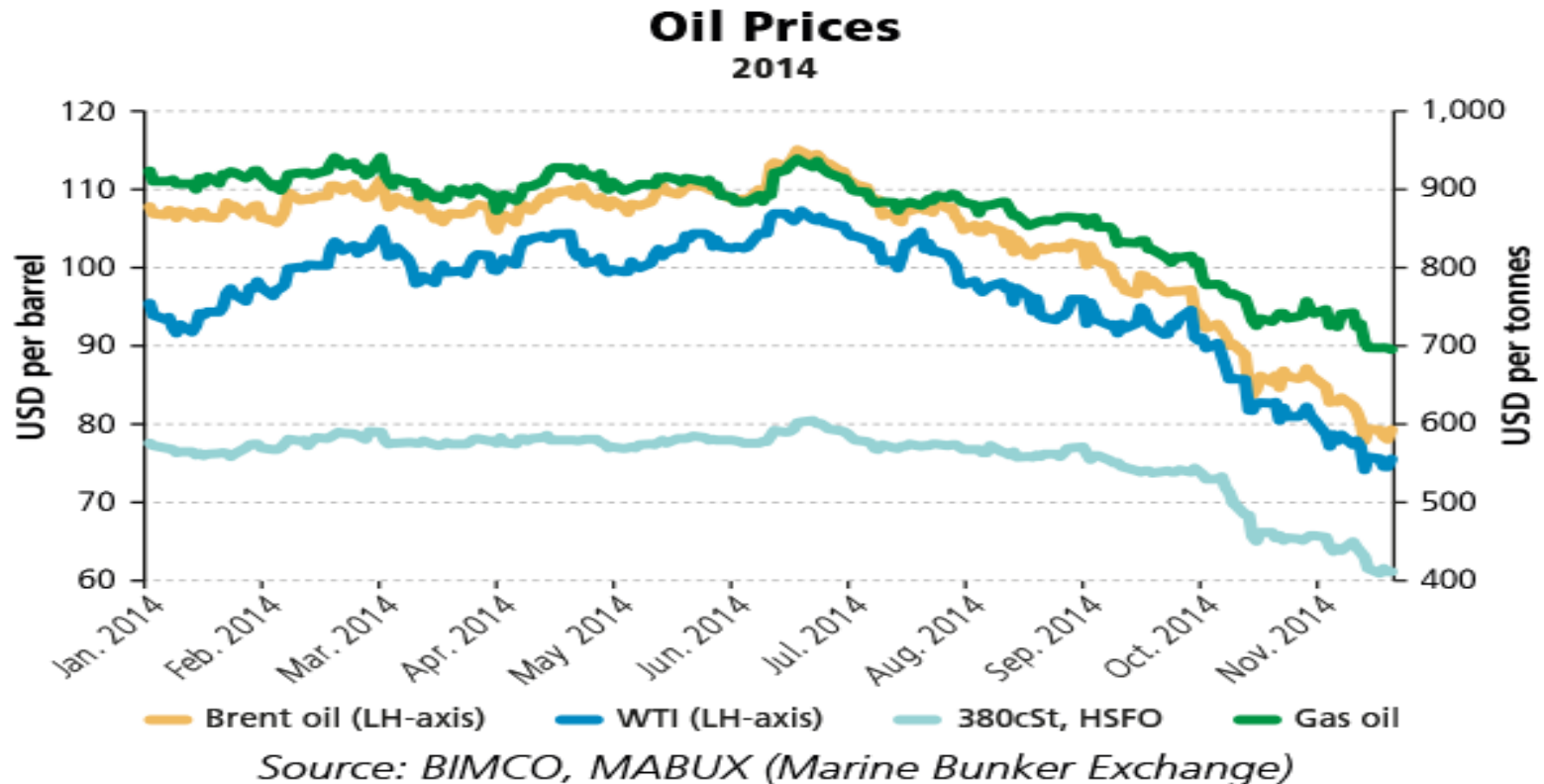
- ・これまでのところ、MGO利用による対応が多数を占める。
- ・次いでスクラバー、そしてLNGの順。いずれも伸率は2桁。
- ・原油価格急落による燃料価格安が、この結果に貢献か。



出所: Ship & Bunker、MEC Intelligence (2015年2月10日)

1. 2) 原油価格急落はどう影響したか？

- ・最近の原油価格急落は、船舶用燃料価格の下落を招いた。
- ・その結果、ガスオイルと重油(HSFO)の価格差(Premium)が縮小した。
2014年6月US\$350/トンが同年12月までにUS\$300/トンへ
→絶対額の下落に加え、ECA規制対応手段としてMGOの選好を後押し。



1.3) 2015年2月の関連ニュース (いずれもShip & Bunkerから)



スクラバー船は、2014年4-9月の6ヶ月で
倍増。その後の4ヶ月でも19%増。将来も
有望とされる。



デンマークの DFDS Seaways はドイツの
KfW IPEX 銀行から €5 千万の融資を受け
20 隻のフェリーにスクラバーを設置。



ExxonMobil 社の HDME50 (中央)、IFO380
(右)、硫黄分 0.50% の MGO (左) の比較
写真



United European Car Carriers 社曰く
「LNG 船は、25-30 年間運航することを
考えると良い選択である」

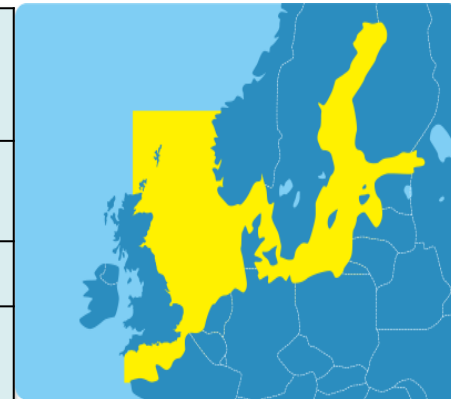
2. IMO及びEUの船舶燃料規制の今と 今後(おさらい)

2. 1) IMOおよびEUにおける船舶燃料規制～概要～

- ✓ IMO（国際海事機関）の定めるMARPOL条約付属書VIでは、NO_x、SO_x排出を制限
- ✓ SO_xについては船舶燃料の硫黄分濃度により規制がかけられ、「一般海域（グローバル）」と「硫酸化物排出規制海域（(SO_x) Emission Control Area : (S)ECA）」に分けて設定、北米沿岸および欧州ではバルト海・北海・英仏海峡がECAとして指定されている
- ✓ EU規制では、2020年1月1日以降0.50 wt%の規制値が適用

表：IMO規制とEU規制の比較

	IMO規制 付属書VI			EU規制 (2012/33/EU)		
	2010	2015	2020	2010	2015	2020
グローバル	4.5%	3.5%	0.5%※	-	3.5%	0.5%
ECA	1.0%	0.1%	0.1%	1.5%	0.1%	0.1%



図：欧州SO_x ECA

※IMOでは一般海域規制（S分0.5wt%以下）の開始時期について2018年までに規制適合燃料入手性評価（レビュー）を実施し、燃料の入手が困難と判断された場合には2025年へ延期の予定

→MEPC66においてレビュー実施早期化の動き

代替手段について

IMOでは、適合する燃料油を使用する代替手段として

SO_x の排出を回避するための技術の使用および代替燃料使用を認めている。

スクラバー

LNG等

2. 2) IMO規制、EU規制における燃料硫黄分規制～代替手段～

- 規則では、適合する燃料油を使用する代わりとしてSO_x排出を回避するための技術の使用を認めている。

スクラバー技術

乾式（ドライスクラバー）

- ・ 消石灰細粒をSO_x除去剤として使用

開放型（オープンスクラバー）

- ・ 海水をSO_x除去剤として使用。
- ・ 使用済み海水を水中に排出することによる環境影響が懸念

密閉型（クローズドスクラバー）

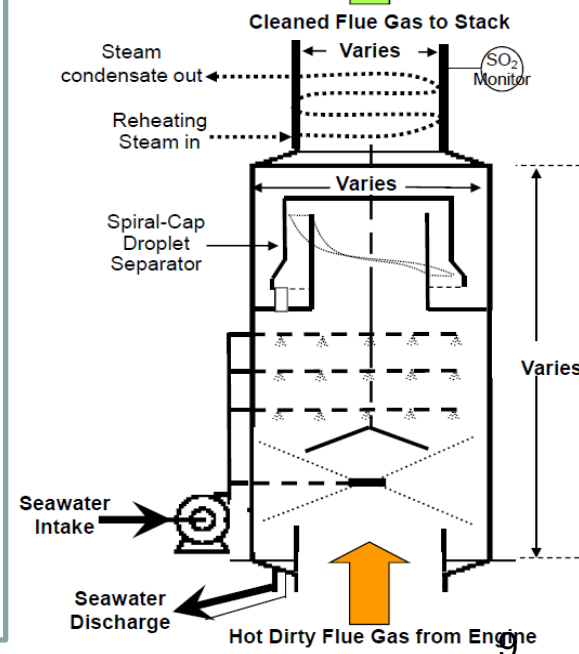
- ・ 真水に苛性ソーダを添加し、SO_x除去剤として使用。
- ・ 処理水を海水にもどすことがない。
- ・ プロセスが複雑。

ハイブリッド

- ・ 開放型と閉ループ装置の利点を結合。
- ・ 処理操作と設計上の問題が多い

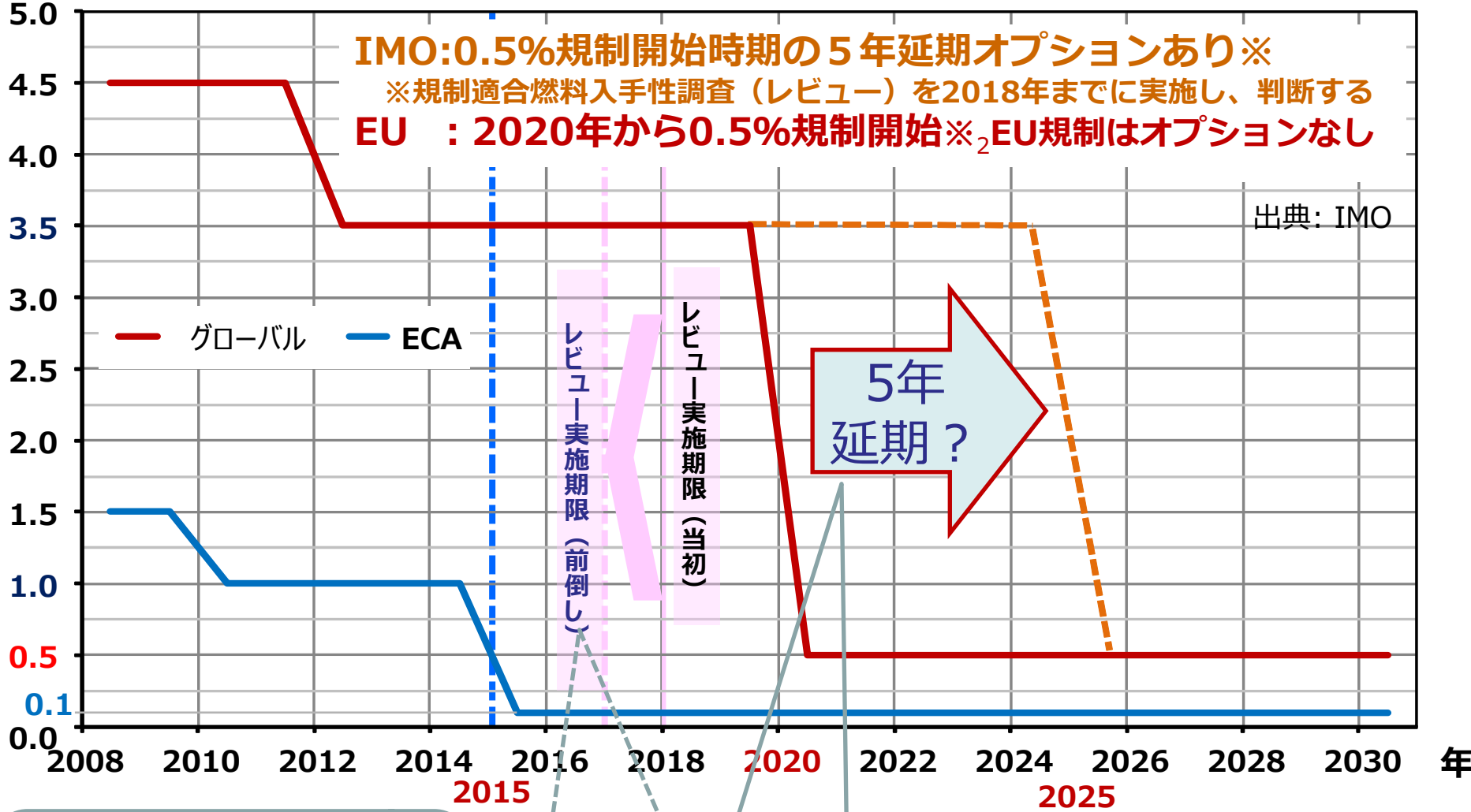
現在の主流は
オープン
スクラバー

最終的に
普及が期待される
ハイブリッド型



燃料S分
wt%

2. 3) IMOおよびEUにおける船舶燃料規制～要点～



ポイント②
 各規制強化タイミング毎の需要変化

ポイント①
 5年延期はいつ決まるのか？

ポイント③
 ③代替手段普及見通
 ④代替手段のメリット

MEPCでの審議－実績と予定

2. 4)ポイント①一般海域規制S0.5%以下の5年延期を判断する時期について

MEPC66(第66回海洋環境保護委員会)【2014/04/1-4】

※BIMCO, INTERTANKO, CLIA

英蘭提案 MEPC66で早期レビュー実施を議論しMEPC67でスケジュール決定【前倒し】
米BIC※提案 まずはCG (コレスポネンスグループ) の設置、CGの検討結果により
MEPC68で、EG (エキスパートグループ) への委託事項を採択【やや前倒し】

IPIECA (世界石油環境保全連盟) の立場 (石油連盟【PAJ】も同調)
「拙速なレビュー実施はレビュー結果の信頼性を損なうため、米BIC提案を指示する。」

結果 : 米国BIC提案の採用、IPIECA声明文書についても受理

MEPC67 2014年10月 CG中間報告

MEPC68 2015年5月 CG最終報告、EG設置

MEPC69 2016春 EG中間報告

MPEC70【2016秋】 or 71【2017春】 EG最終報告

MEPC70 or 71 S分0.5%グローバル規制 開始時期決定

3. MEPC 67 (2014年10月／CGの中間報告)

MEPC 67の審議風景とロンドンIMO本部の外観



MEPC 67の審議風景



ロンドンIMO本部の外観

3. 1) MEPC67の結果について

コレスポнденス・グループ(CG)の役割(MEPC66で決定)

- 規制適合燃料油の入手可能性審査の際の検討事項の準備
- 燃料入手可能性の調査のための方法論の枠組み作成



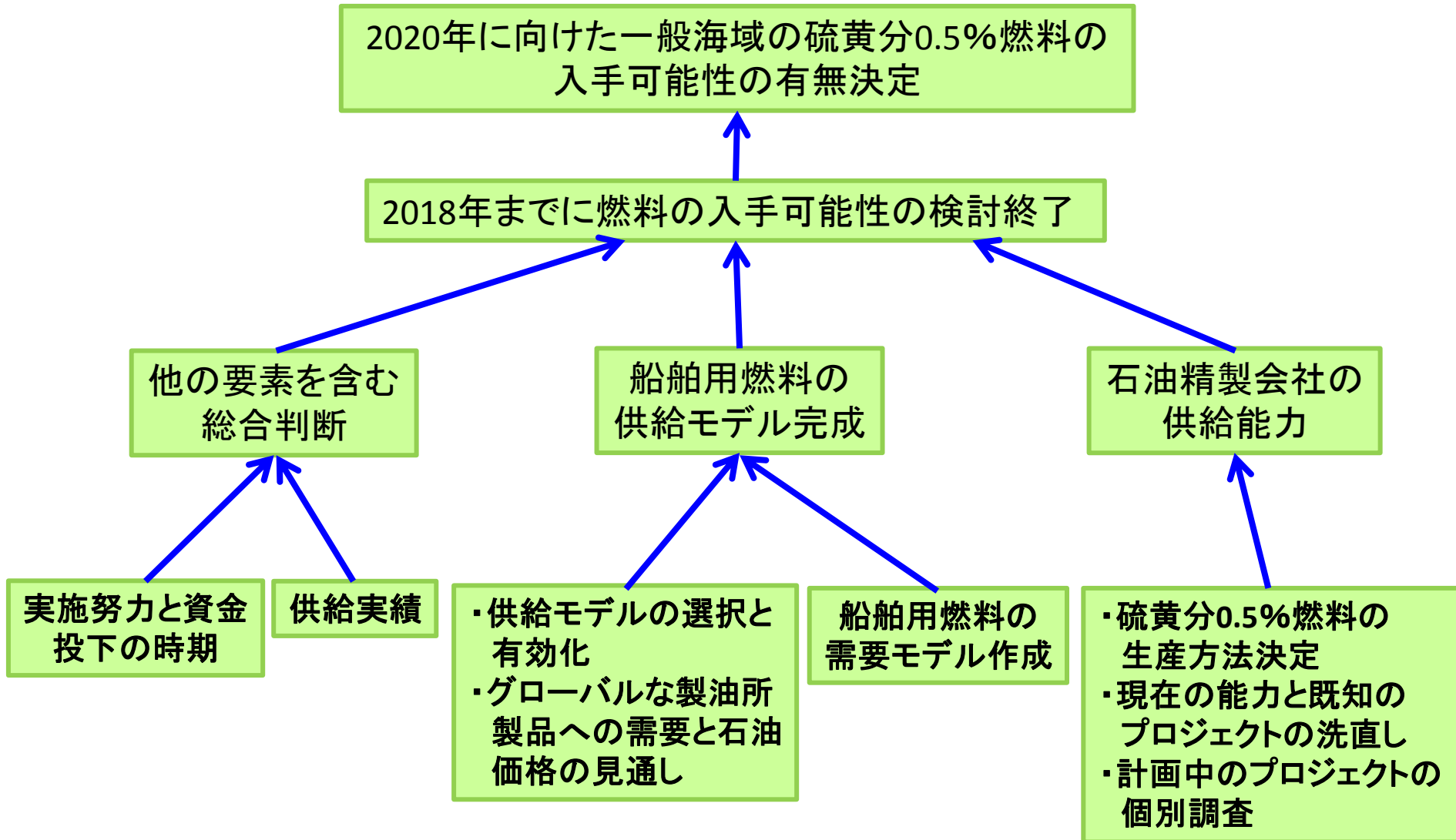
CGの中間報告

MEPC67でCGメンバーそれぞれの燃料入手可能性調査の
アプローチやタイミングについて見解を表明
⇒特にタイミングについてメンバー間の意見が合わなかった



MEPC68までに最終報告を提出するよう指示

3. 2) CG提示の方法論枠組み案(要約)

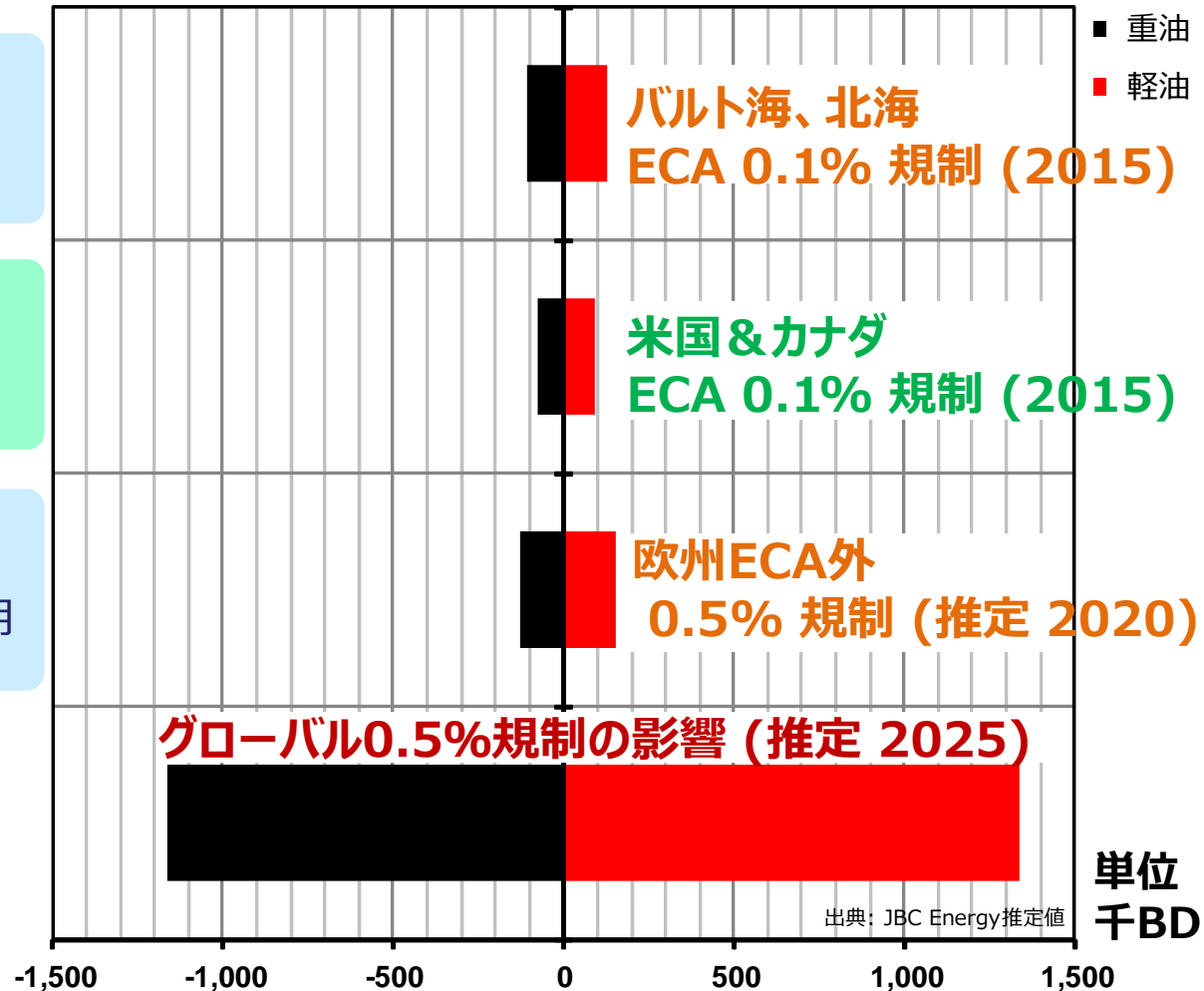


4. ポイント②各規制強化タイミング毎の需要の変化について

2015 欧州ECA
LSC重油の需要がMDOへ移行
需要影響は10万BD強の見込み

2015 北米ECA
LSC重油の需要がMDOへ移行
需要影響は10万BD弱の見込み

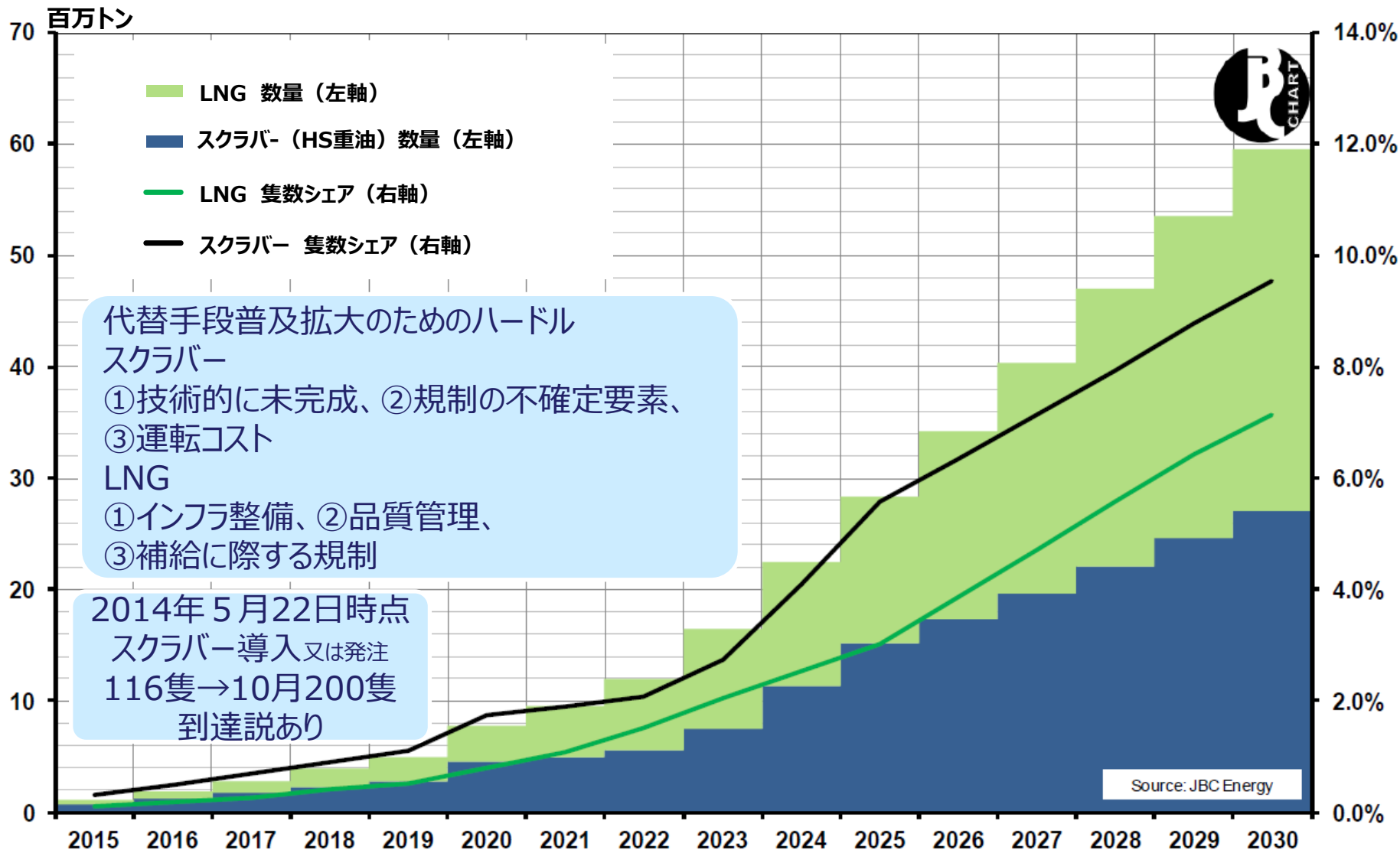
2020 欧州ECA外
欧州船用重油の需要が大部分MDO
へ移行、LSCは一部混合用として使用
13万BD前後の需要影響



2025 0.5%以下グローバル規制※5年延期の想定

世界的なバンカー重油の需要がMDOへ移行、130万BDの需要影響が見込まれる。

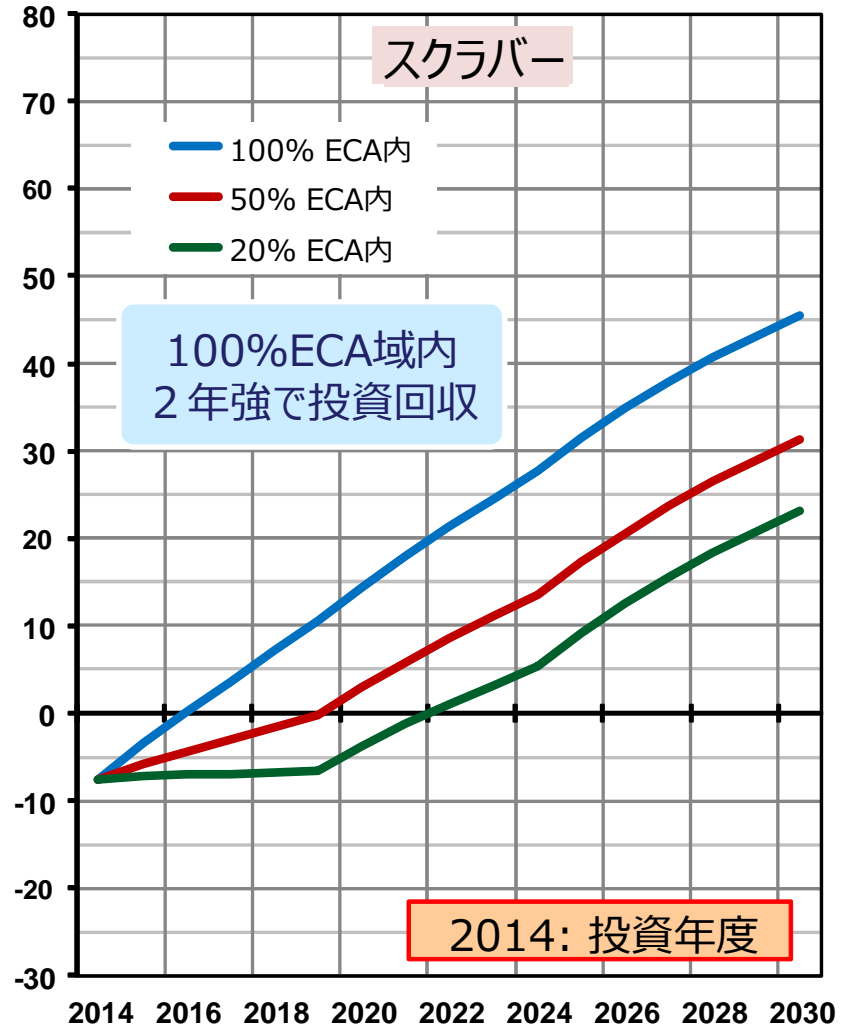
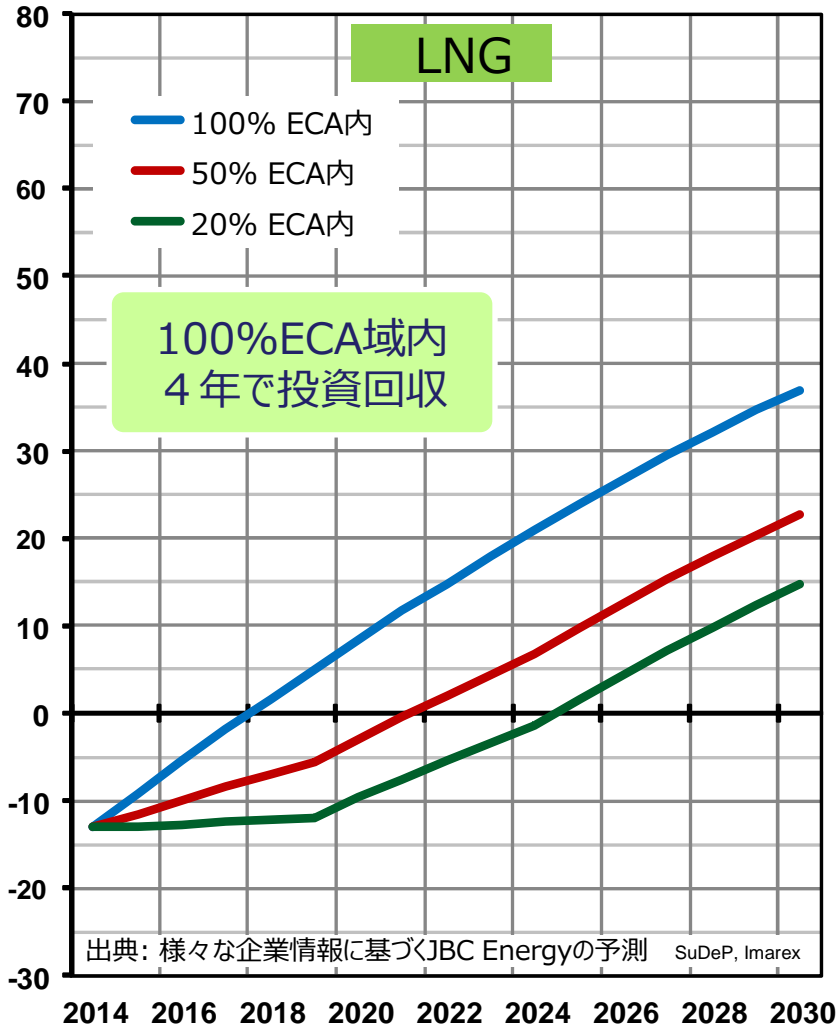
5. ポイント③代替手段の普及見通し(欧州系コンサル)



スクラバ-船の隻数シェアの見通しは 2025年：5.8%、2030年：9.8%
LNG船の隻数シェアについては、 2025年：3.2%、2030年：7.3%の見通し

6. ポイント④-1a 代替手段の経済性について

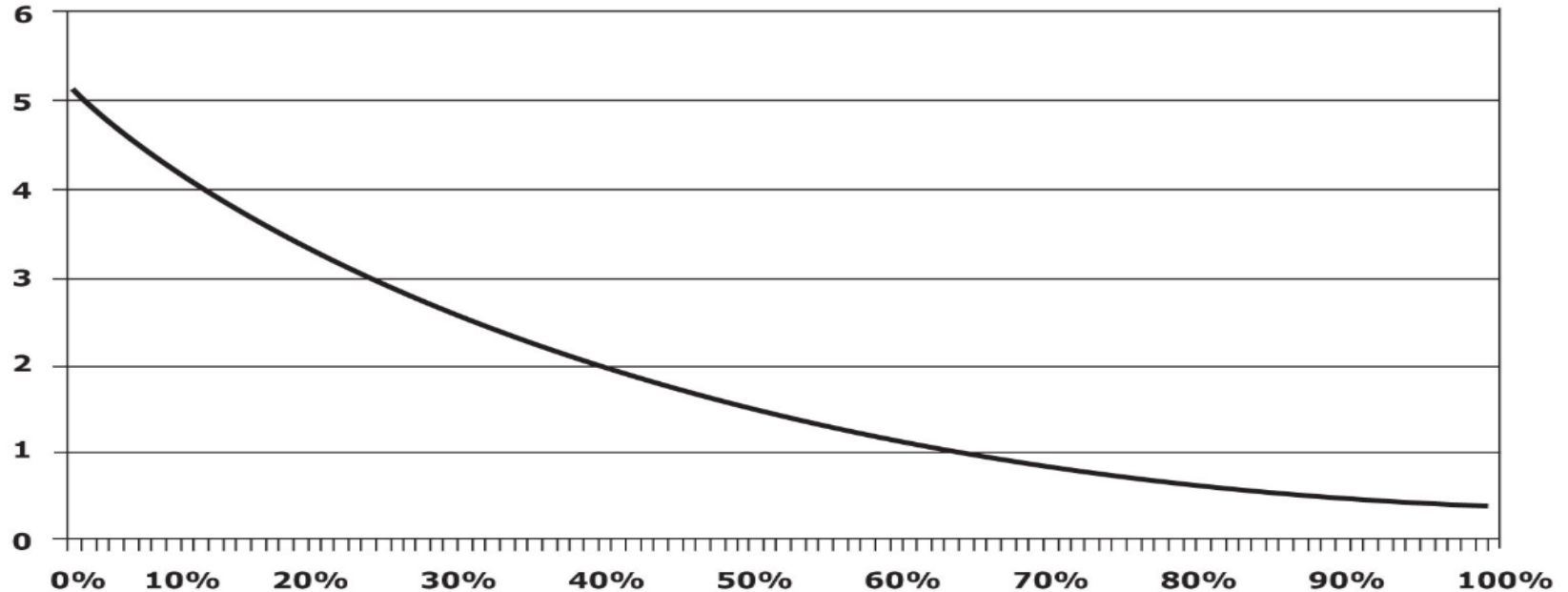
百万\$



100%ECA内を航行する船舶の場合の投資回収は LNGで4年、スクラバーでは2年強であり、技術的な信用性向上と規制の方向性（オープンスクラバーの排水に関して）が固まると普及が拡大する可能性あり

6. ④-1b スクラバー投資の回収曲線(より楽観的な見方)

投資回収年数



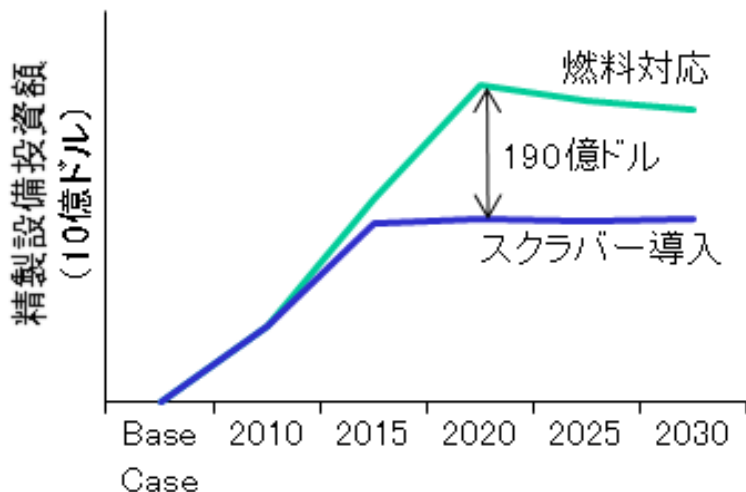
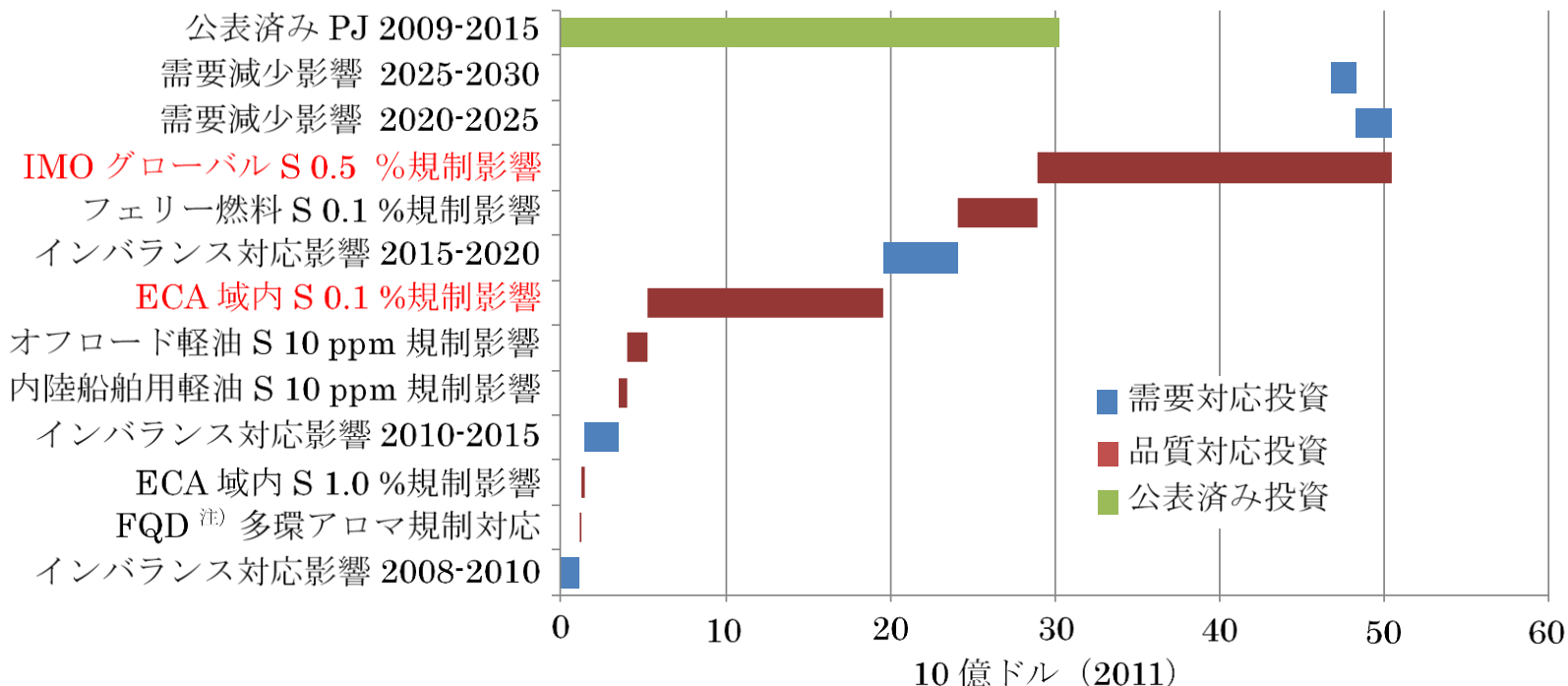
出所) Clean Marine

ECA域内航行時間の割合

<想定と試算>

軽油(Marine Gas Oil: MGO)硫黄分0.1%と重油(HSFO)の価格差を\$350/mt、燃料消費量を15,000mt、スクラバー投資額を\$450万(レトロフィット)とすると、100%ECA域内運航の場合、投資回収に1年掛からない。

7. ポイント④-2a スクラバー導入の意義【精製設備の投資額削減】



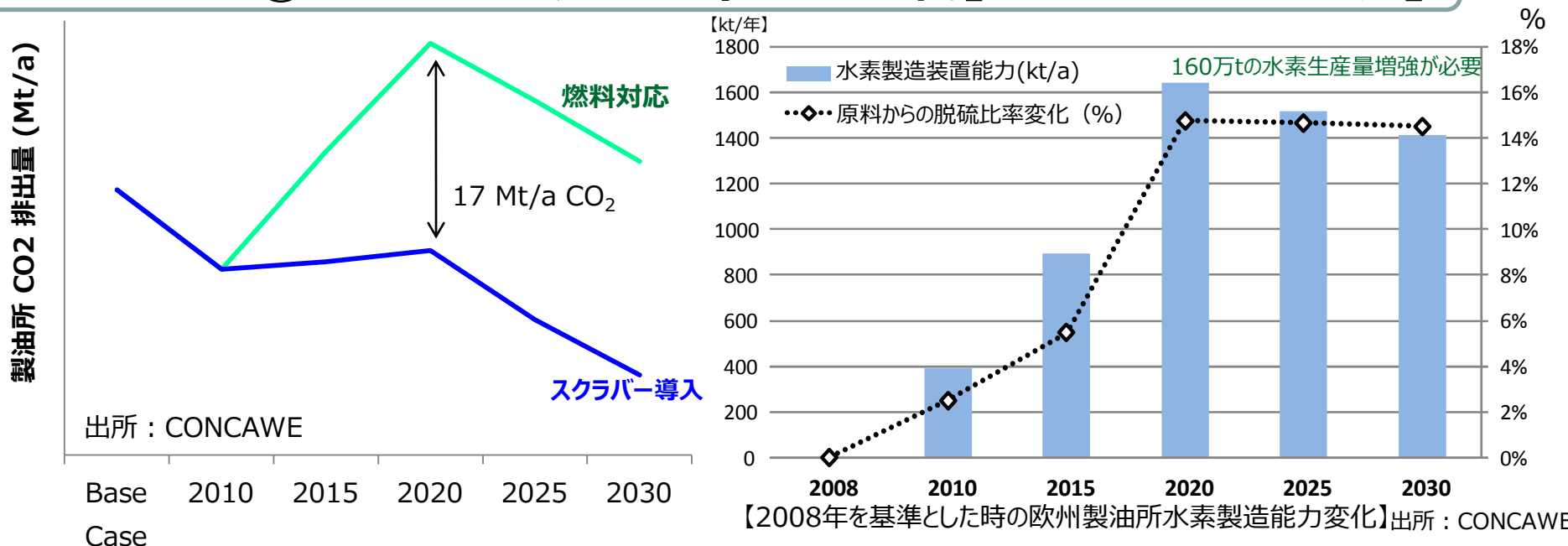
欧州は公表ベースで2009年~2015年に約300億ドルの精製設備投資を予定。この中にはECA域内の硫黄分0.1%規制に対応するための約150億ドルが含まれている。

IMOのグローバル硫黄分0.5%規制が仮に2020年に開始されるとすると、更に210億ドル*の追加投資が必要となる見込みで、その場合、公表済み300億ドルと合わせ、総額510億ドルの投資が必要となる。

スクラバー導入により、内190億ドルが削減可能となる見込みである。* 210億ドルの内訳は、以下のとおり。

13百万トン/年のコーカー、3百万トン/年の重油直接脱硫装置、6百万トン/年の留出油脱硫装置、0.9百万トン/年の水素製造装置。

7. ポイント④-2b スクラバー導入の意義【LCAでのGHG削減】



前提条件

- 燃料対応ケース 全ての石油精製会社が船舶燃料低硫黄化へ対応
- スクラバー導入ケース 全ての船舶業者が2015年からスクラバーを導入し運用開始

21

- グローバル規制へ燃料硫黄分のみで対応する場合、重油脱硫装置（現状対比1.5倍必要）及びコーカー（現状の2倍の能力が必要）への設備投資が必要
- これらの装置は大量の水素を消費する為、製油所での水素生産量も応分に増加する必要があり、結果として、年間17百万t CO₂が増加

総合的にWell-to-Propellerで試算した場合、スクラバーケースが年間9百万tのCO₂低減メリットがある。

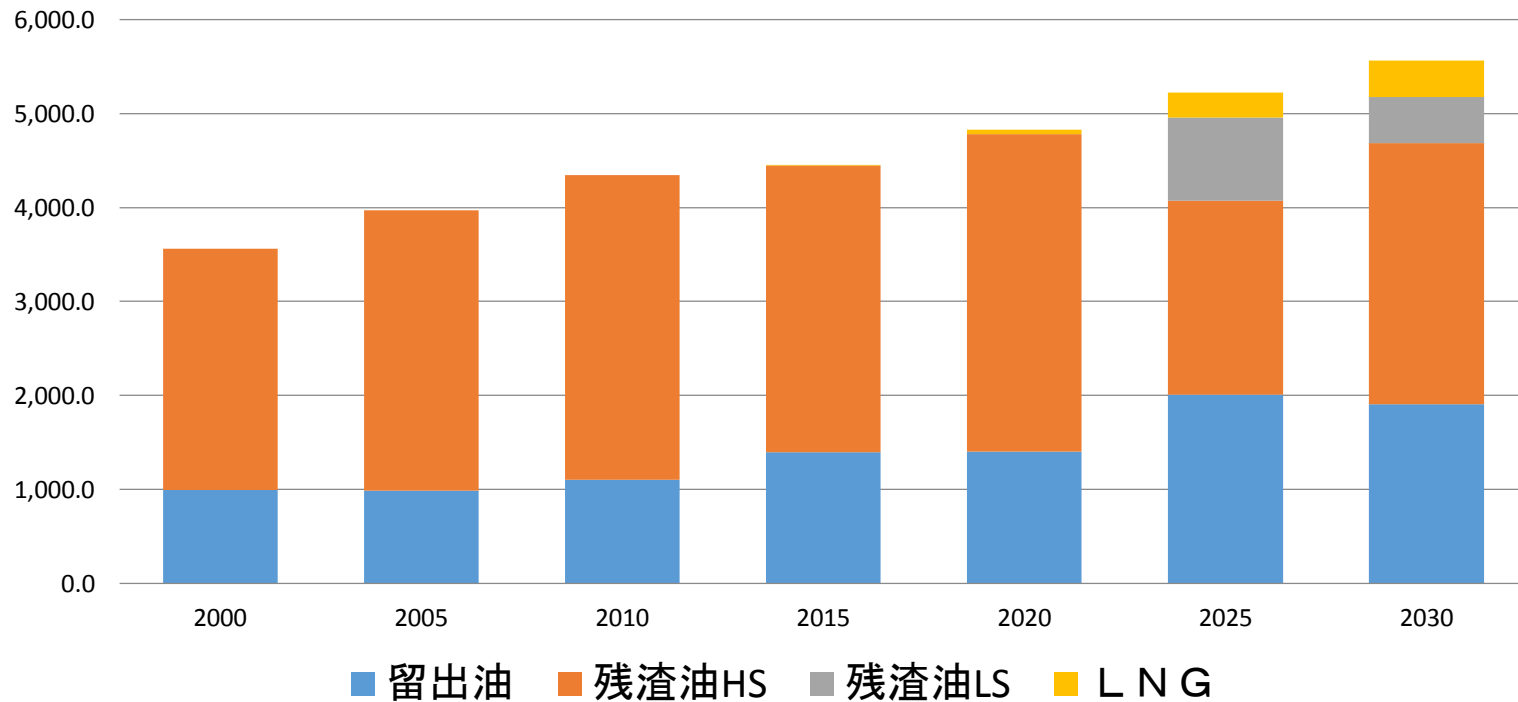
21

8. 油種別船舶燃料需要推移見通し(世界／地域別)

8. 1) 船舶燃料の油種別需要予測(米国系コンサルの見方)

- ・残渣油比率が高いのは、相当程度スクラバーの普及を見込んでいるため
(特に、2025年から2030年にかけてHSFOが増えているのは注目に値する)
- ・LNGは2030年で7%程度の普及率を見込む。

(単位:千BPD)

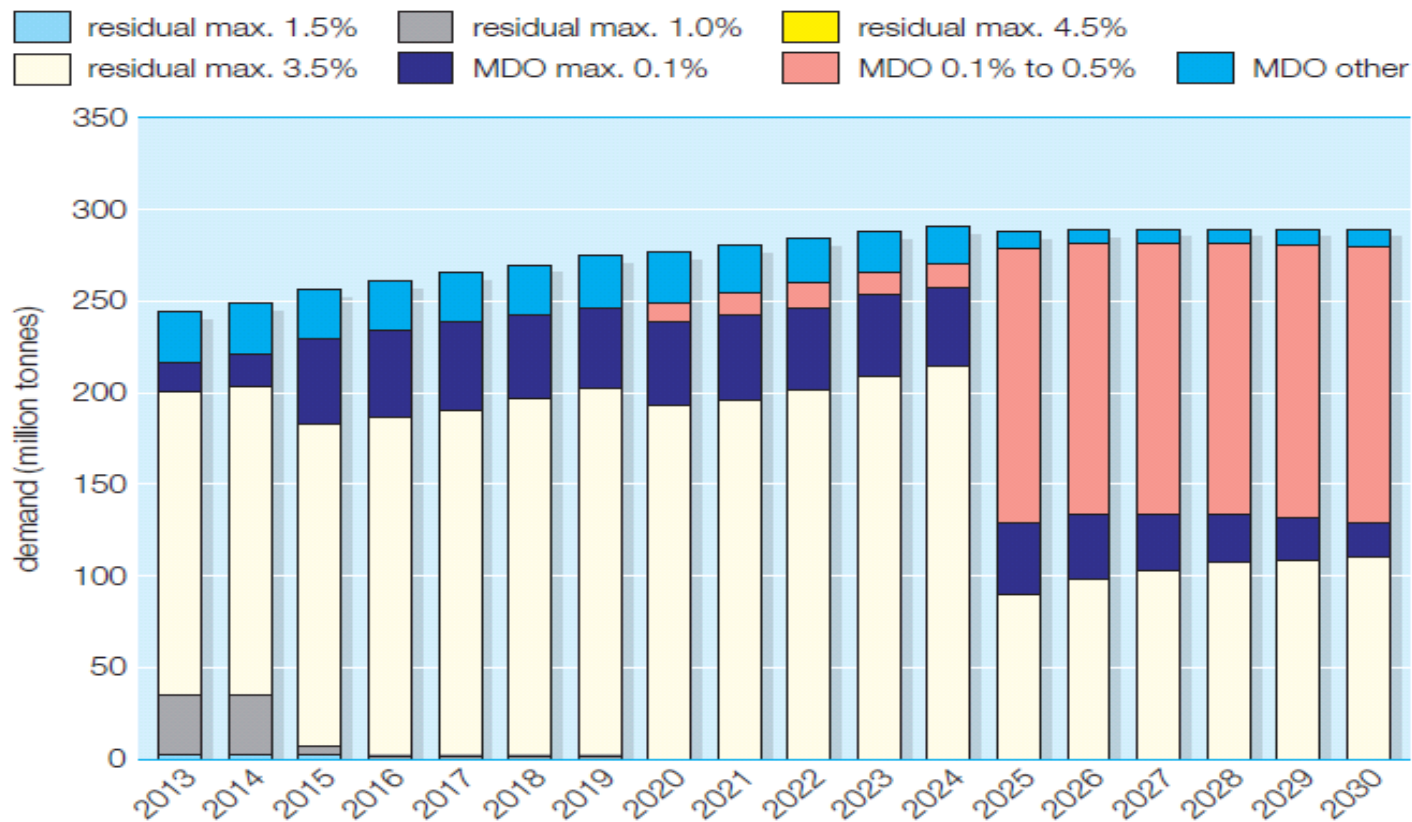


8. 2) 船舶燃料の油種別需要予測(欧州系コンサルの見方)

- ・米系コンサルと比べ、留出油の比率が高い。
- ・それでも2025年から2030年にかけて3.5%残渣油への需要が増えているのは、やはりスクラバーの普及を見込んでいるため。
- ・LNGは含めていないが、ゼロと見ているわけではない。

Figure 3 Global demand for marine fuels by fuel grade, 2013–2030

Assumes 0.50% global limit implemented in 2025



<参考> 船舶燃料の油種別需要予測(公的機関の見方)－①

ロイド・レジスターとロンドン大学は「2030年までの世界の船舶燃料動向」(Global Marine Fuel Trends 2030)の中で、以下の見通しを公表した。

1. シナリオ3ケース

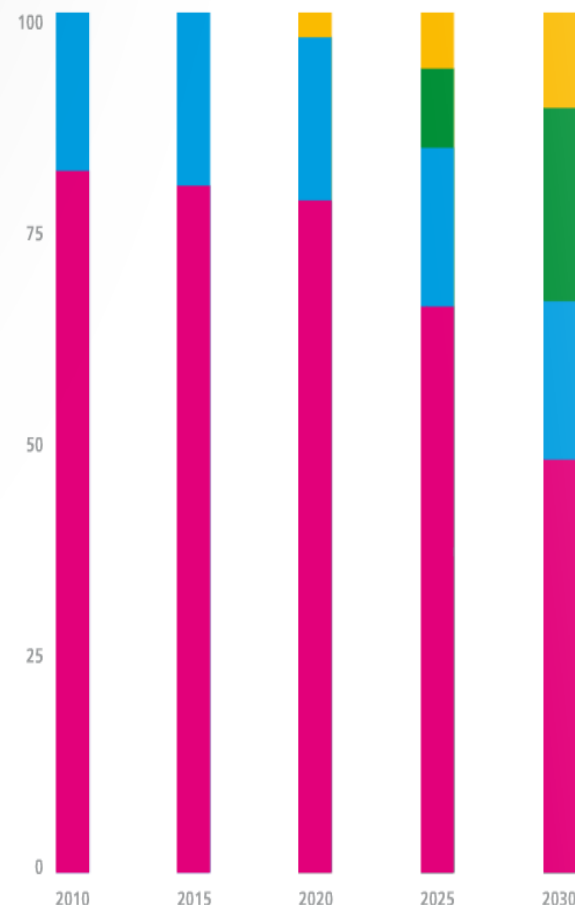
- 1) 現状維持ケース (Status quo) = Business as usual
- 2) 国際協調ケース (Global commons) = 貿易自由化
- 3) 各国競合ケース (Competing nations) = 保護主義化

2. 上記1. 1) 現状維持ケースでの見通し

(2025年一般海域0.5%硫黄分規制開始を前提)

- 1) HSFO (HFO) の需要は減少するも、2030年時点で約50%のシェアを維持—殆どの船舶、特に原油タンカーにとってスクラバーが最も費用対効果が高い選択肢。
- 2) MDO/MGOは最も経済的とは云い難いが、一部の船舶にとってはECA規制対応上技術的に可能な唯一の選択肢。
- 3) LSFO (LSHFO) は、2020～2025年に徐々に増え、2030年では一定のシェアを占める。
- 4) LNG燃料も徐々に普及する。特に、石油・石化製品用、次いでバルク・一般貨物用の船舶での使用が増える。

Fig. 16 Status Quo fuel mix for all 4 ship types (%)
Source: LR / UCL



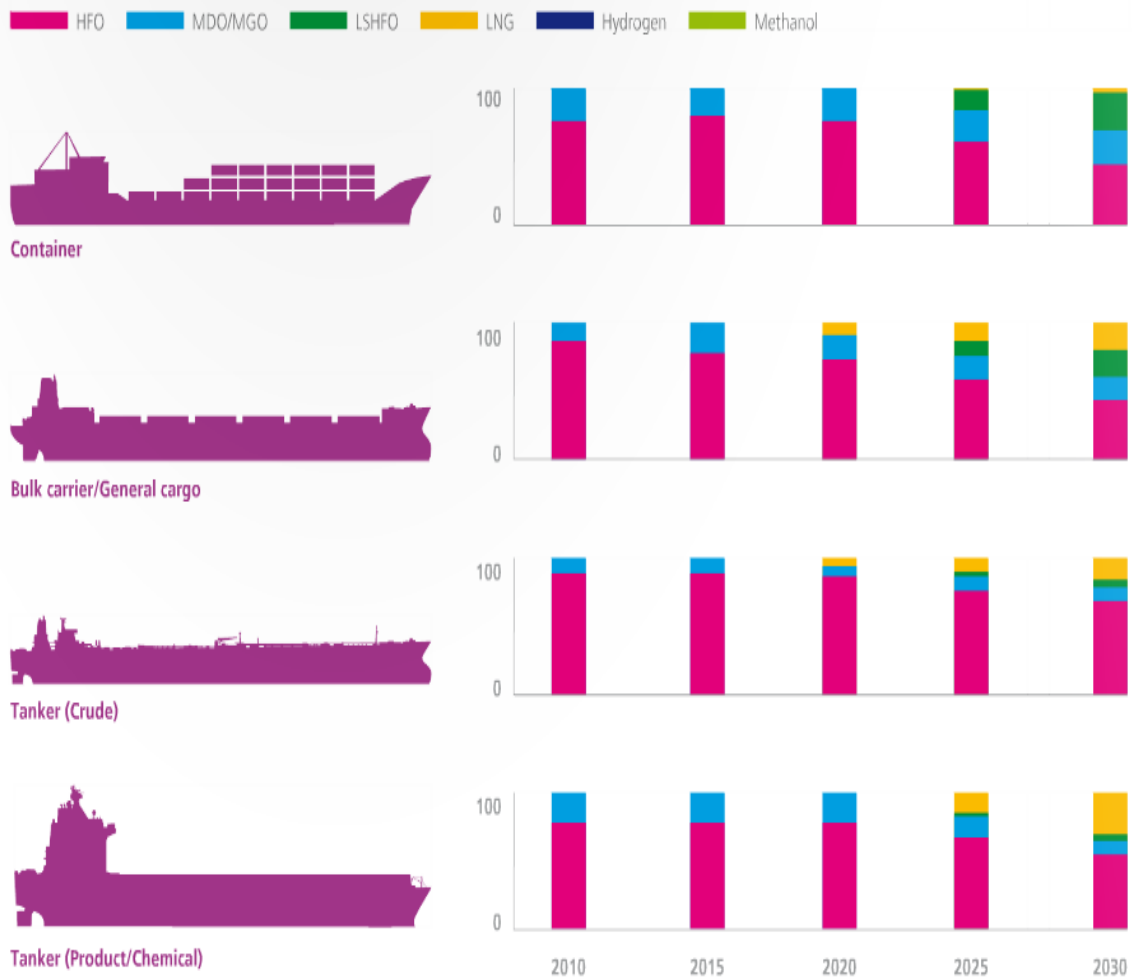
HFO MDO/MGO LSFO LNG Hydrogen Methanol

<参考> 船舶燃料の油種別需要予測(公的機関の見方) - ①a

現状維持ケースでの船舶 の種類別燃料ミックス

Fig. 15 Fuel mix for containership, bulk carrier/general cargo, tanker (crude) and tanker (product/chemical) fleet (%)

Source: LR / UCL

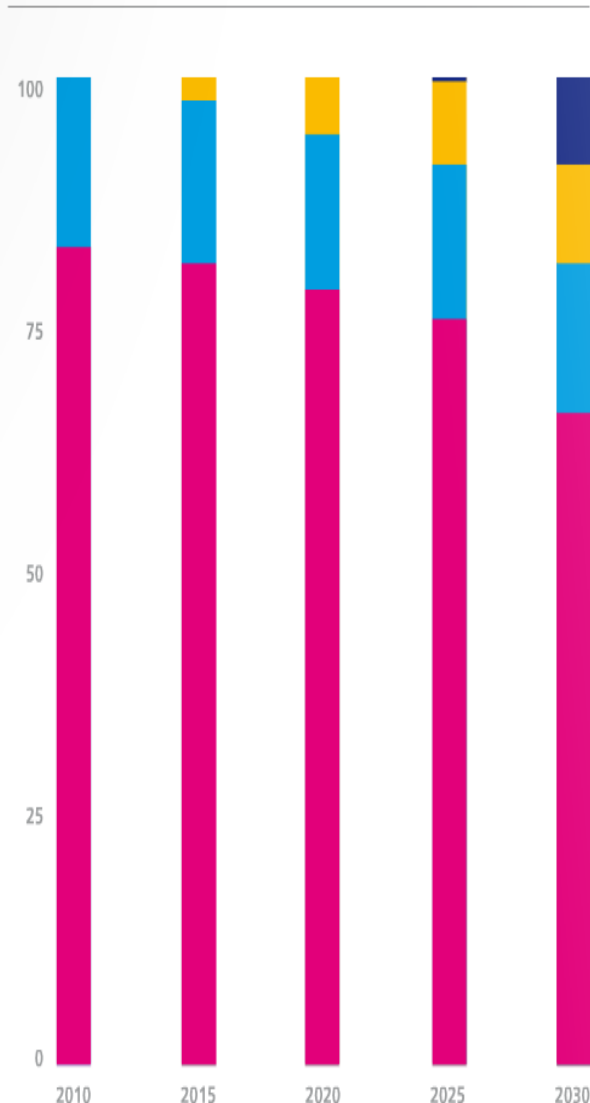


<参考> 船舶燃料の油種別需要予測(公的機関の見方)－②

3. 上記1. 2)国際協調ケースでの見通し (2025年一般海域0.5%硫黄分規制開始を前提)

- 1) ECA規制は厳格には適応されず、一般海域での硫黄分規制が主要課題となる。
- 2) MGO/MDOは小型船中心に使用され、そのシェアは2010年頃のレベルとあまり変わらずに推移する。
- 3) LSFOは現状維持ケースと比べてあまり伸びない。それは想定されるLSFOの高価格レベル(供給確保に必要な追加コストの少なくとも一部は反映する筈)を考慮すると、スクラバー設置の追加投資コストを回収する方が有利と考えられるため。
- 4) CO2削減のための積極策が推進され、水素の価格がリーズナブルな範囲に留まる場合は、2025年以降水素燃料の利用が増える可能性あり。最大で2030年の燃料ミックスの9%のシェア。
- 5) 現状維持ケースでのLNGの普及は、小型船中心であったが、水素の場合は、他のカテゴリーの船舶にも普及する可能性あり。
- 6) LNG、水素とも、導入・普及が進む場合は、在来型燃料のシェアを代替する可能性が高い。その場合は、特に、バルク・一般貨物用、石化・石油製品用の船舶で利用される可能性が高いと思われる。

Fig. 18 Global Commons fuel mix for all 4 ship types (%)
Source: LR / UCL



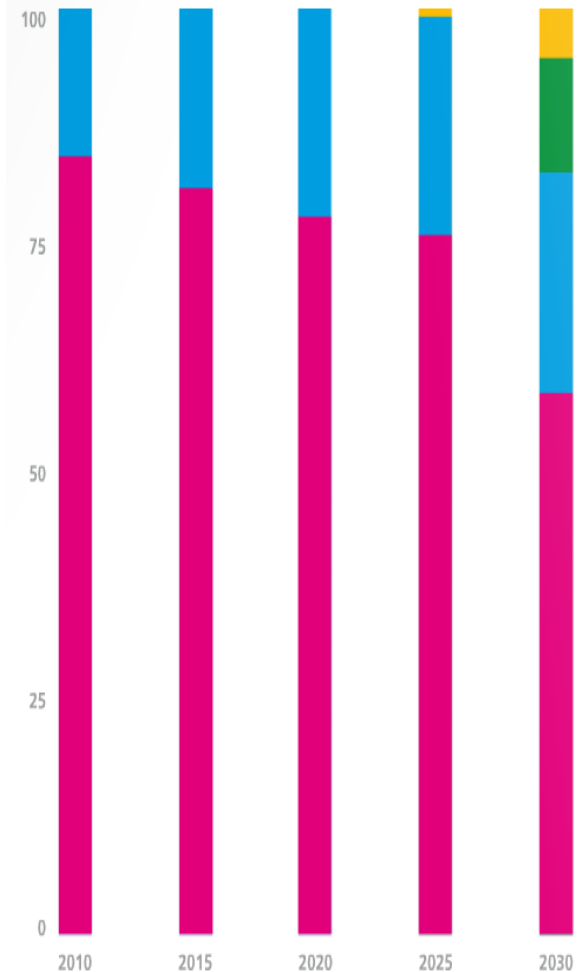
<参考> 船舶燃料の油種別需要予測(公的機関の見方)－③

4. 上記1. 3) 各国競合ケースでの見通し

(一般海域0.5%硫黄分規制開始が2030年まで遅れる想定)

- 1) 前記2ケースと比べて、LNGの普及が最も進まない。その分従来からのHSFOが使用され続け、2030年時点で船舶用燃料全体の60%のシェアを維持する。
- 2) HSFOは、MDO/MGOに、そして2025年頃からはLSFOにも代替されていくが、その程度は、現状維持ケースほどではない。
- 3) 各国競合ケースは、各国による保護主義、将来の規制内容の不確かさ、貿易障壁の高まりを想定しているため、LNGの普及にとっては不利である。LNGには、規制上の安定と魅力的な価格環境が不可欠である。
- 4) このケースでは、石油、天然ガスとも高燃料価格を想定しているが、その場合に拡大傾向の燃料間価格差は、特に、多くのECA地域でのスクラバー利用を前提としたHSFOを、最もコスト競争力の高い選択肢とする。
- 5) このケースでもLNGは、石化・石油製品用船舶で多用され、HSFOは、特に原油タンカーでの使用が最も多くなる。
- 6) 上記は、以下の傾向を示唆する。すなわち、燃料ミックスは、各商品の需要の伸びやそれに伴う輸送手段へのニーズの変化以上に、各燃料の価格レベルや規制動向により大きく影響される。

Fig. 20 Competing Nations fuel mix for all 4 ship types (%)
Source: LR / UCL



8. 3) 世界の地域別船舶用燃料硫黄分規制

米国と欧州連合は最も包括的な規則を制定してIMO規制適合を確保している。

船舶用燃料 - 硫黄含有量最大値規制

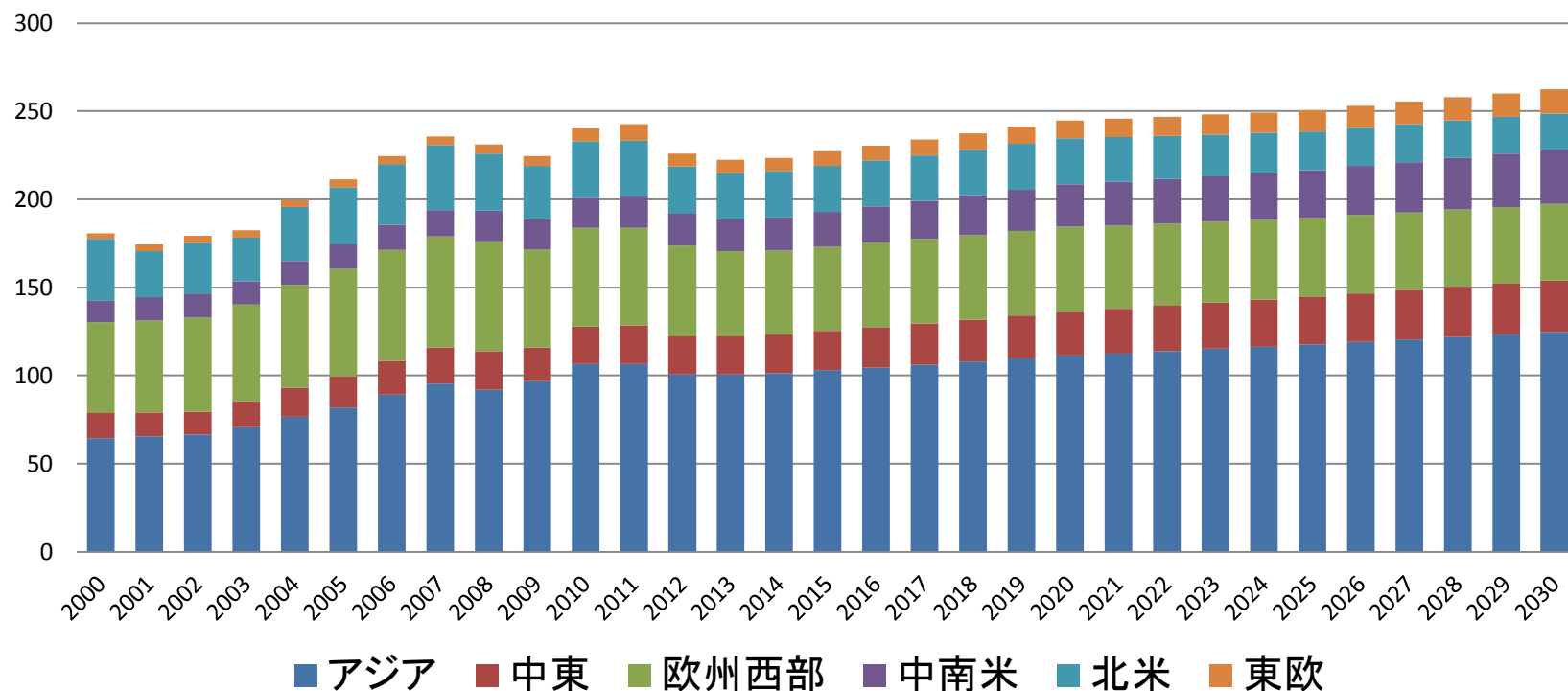
地域/国	特記すべき政策
欧州連合	<ul style="list-style-type: none">・ IMO規制の遵守・ 2018年までに出る予定のIMO研究結果にかかわらず、2020年までにEU海域内では0.5%限度の義務付けを制定した。
米国	<ul style="list-style-type: none">・ 2ヶ所のECA (東海岸と西海岸)・ 2014年を皮切りに、カリフォルニア海域内を航行する外航船(OGV)は、硫黄分0.1%以下の船舶用留出燃料の使用を義務付けられている
アジア	<ul style="list-style-type: none">・ 欧州とは異なり、アジアには統一基準がない。IMO加盟国であればマルポー口条約付属書VIに従わなければならない。・ 同地域の政府、特にシンガポールと香港は、より厳格な排ガス規制を求めている。
ロシア	<ul style="list-style-type: none">・ ロシアの船舶用燃料(M100)に関する現在の基準はGOST 10585-99である。
中東	<ul style="list-style-type: none">・ UAEはマルポー口条約に調印していないため、フジャイラの供給業者はこの規制に拘束されない。しかし、MARPOL 73/78の付属書VIを批准した諸国が世界および地域的な船舶総トン数の大半を握っており、これらの船舶はIMO規制に適合する必要がある。

アジアには一連の統一基準がなく、中東の船舶総トン数の大半は船舶所有国がマルポー口条約付属書VIを批准しているためにIMO規制に適合しなければならない。

8. 4) 世界の地域別船舶燃料油需要予測

船舶燃料油需要予測（地域別）

単位：MNT



9. 石油精製会社と船舶会社の選択肢

9. 1) 石油精製会社の選択肢

精製業者の選択肢は、HSFO生産を維持する、ブレンドまたは脱硫によりLSFOを生産する、あるいは残渣油をアップグレードすることである。

石油精製会社の選択肢の比較

選択肢	長所	短所
HSFO生産を維持	<ul style="list-style-type: none">- 初期投資なし- 市場が展開する時間的余裕ができる	<ul style="list-style-type: none">- HSFOの需要と価格が不透明- 製油所の競争力が低下
ブレンドによりLSFOを生産	<ul style="list-style-type: none">- 初期投資がわずか/ない- 市場が展開する時間的余裕ができる	<ul style="list-style-type: none">- 原油コストの増加- FOブレンドコストの増加- LSFOの需要と価格が不透明
脱硫によりLSFOを生産	<ul style="list-style-type: none">- 他の製油所装置とは無関係- FO希釈剤の必要量が減少	<ul style="list-style-type: none">- 資本費用が高い- LSFOの需要と価格が不透明
残渣油のアップグレード	<ul style="list-style-type: none">- 製油所生産高の増加 (FO希釈剤削減によりディーゼル増加) (低価値のFO生産高減少)	<ul style="list-style-type: none">- 大幅な製油所改造を要する- 資本費用が高い

石油精製会社は何らかの投資/アップグレードを選択する前に、長所と短所を慎重に検討する必要がある。脱硫と残渣油アップグレードは高い資本費用を要する。

9. 2) 船舶会社の選択肢

今後のIMO燃料油規制に適合するために、船舶会社には3つの選択肢がある。

船舶会社の選択肢の比較		
選択肢	長所	短所
在来型燃料	<ul style="list-style-type: none">- 投資不要- 燃料は直ぐに入手できる	<ul style="list-style-type: none">- 燃料費用が高い
スクラバー	<ul style="list-style-type: none">- 燃料費用は低め- 燃料は直ぐに入手できる- 改造可能	<ul style="list-style-type: none">- 資本投資を要する- 操船が複雑になる- 化学物質の取扱い
LNG	<ul style="list-style-type: none">- 燃料費用は低めの予想- NO_x基準適合は容易	<ul style="list-style-type: none">- 燃料が直ぐに入手できない- 資本投資を要する- 改造はできそうにない

浄化装置の洗浄水は、排出される処理済み洗浄水内の残留汚染物質などの懸念を船舶会社にもたらしている。

10. まとめ

- IMOの船舶用燃料硫黄分規制は大変難しい問題を孕んでいる。
- 石油精製会社から見れば、正面から脱硫装置やアップグレード装置の導入で燃料の低硫黄化を図ろうとすれば、数万b/d規模でも必ず1,000億円を超える投資額が必要となる。製品価格差の想定にもよるが、通常であれば10年以内にその投資を回収することは難しい。極めて重大な経営判断であり、間違えればその会社は存続できない。
- また、相手のあることであり、多額の投資により規制対応燃料を供給可能にした後で、顧客である船舶会社がスクラバー対応するので、低硫黄燃料が不要となれば、投資回収は望めず、深刻な事態に陥らざるを得ない。
- 船舶会社も、IMOの規制に直接履行責任を負うことから、費用の7割とも云われる燃料代で高額の支払いは避けたいが、スクラバー対応には未だ課題が残されている(特にレトロフィットの場合等の船上スペースや汚染物質の廃棄の問題等)。
- 両業界が忌憚なく問題点や懸念を共有して、お互いにWin-Winの関係を築くべく、そしてそれが両業界や関係者全員にとって裨益できるビジネス機会につながる事が望まれる。

以上