

# 船舶の代替燃料としての LNGの可能性に関する調査研究

報 告 書

平成 31 年 2 月

一般財団法人 運輸総合研究所



# 目 次

1	はじめに.....	1
2	船舶燃料の LNG 化に関する背景及び現状.....	1
2.1	国際環境規制の動向.....	1
2.2	将来に向けた有力な燃料・動力源.....	4
2.3	原油と LNG の調達.....	5
2.4	日本の LNG 価格.....	6
3	船舶燃料の LNG 化に関する取組状況.....	7
3.1	海外における船舶燃料の LNG 化に向けた取り組み.....	7
3.1.1	EU の取り組み.....	7
3.1.2	ノルウェーの取り組み.....	8
3.1.3	米国の取り組み.....	9
3.1.4	シンガポールの取り組み.....	9
3.1.5	環境影響評価システム.....	9
3.1.6	LNG バンカリングに係る国際基準.....	11
3.2	国内における船舶燃料の LNG 化に向けた取り組み.....	12
3.2.1	海事局の施策.....	12
3.2.2	港湾局の施策.....	14
3.2.3	経済産業省の施策.....	15
3.2.4	その他の取り組み.....	16
3.3	LNG 燃料船の現状.....	17
3.3.1	LNG 燃料船の就航及び発注状況.....	17
3.3.2	LNG 燃料船の船種の特徴.....	20
3.3.3	LNG Ready 船の位置付け.....	21
3.4	LNG バンカリングインフラの現状.....	21
3.4.1	LNG バンカリングインフラ.....	21
3.4.2	LNG バンカー船.....	22
4	船舶燃料の LNG 化に関する諸課題.....	26
4.1	LNG 燃料船の経済性に係る課題.....	26
4.2	LNG 燃料船及び LNG バンカリングに係る法制度の課題.....	27
4.2.1	関係する法令.....	27
4.2.2	安全性の検討.....	29
4.2.3	LNG バンカー船の係留に関する要件.....	30
4.2.4	LNG バンカーバージに関する要件.....	31
4.2.5	船員の要件.....	31
4.3	技術的課題.....	32

4.3.1	ガスエンジンからのメタンスリップ .....	32
4.3.2	QCDC の規格 .....	34
4.3.3	基準・規格の乱立 .....	35
5	海外動向調査 .....	36
5.1	調査の概要 .....	36
5.2	ヒアリング調査の結果 .....	37
5.2.1	欧州委員会 DG Move (モビリティ・運輸総局) .....	37
5.2.2	Innovation and Networks Executive Agency (INEA) .....	37
5.2.3	Environmental Ship Index (ESI) .....	40
5.2.4	Clean Shipping Index .....	40
5.2.5	Port of Amsterdam .....	41
5.2.6	Port of Rotterdam .....	42
5.2.7	Gothenburg Port Authority .....	43
5.2.8	Gothenburg Energy Port (Swedegas) .....	45
5.2.9	Titan LNG .....	47
5.3	海外動向調査のまとめ .....	47
6	LNG 燃料船の将来予測 .....	48
6.1	将来予測の概要 .....	48
6.2	現在の就航済み・発注残の状況 .....	48
6.3	LNG 燃料船普及の短期予測・中期予測の結果 .....	49
6.4	船種毎の就航の将来予測 .....	50
6.4.1	フェリー .....	50
6.4.2	クルーズ船 .....	50
6.4.3	PSV .....	50
6.4.4	RoRo/RoPax .....	51
6.4.5	タンカー .....	51
6.4.6	タグボート .....	52
6.4.7	コンテナ船 .....	52
6.4.8	自動車運搬船 .....	52
6.4.9	バルカー .....	53
6.4.10	その他 .....	53
6.5	長期予測 .....	54
7	LNG 燃料船の経済性試算 .....	55
7.1	経済性試算の概要 .....	55
7.1.1	試算のシナリオ .....	55
7.1.2	対象船舶 .....	55
7.1.3	経済性試算の方法 .....	55

7.2	試算の前提条件 .....	56
7.2.1	各種燃料の前提条件.....	56
7.2.2	各シナリオによるコストアップ（初期投資・燃料費）の前提条件.....	56
7.3	外航バルカー（鉄鉱石運搬船）の試算結果 .....	57
7.3.1	設定条件.....	57
7.3.2	初期投資および燃料消費量.....	58
7.3.3	経済性試算結果.....	59
7.4	内航フェリーの試算結果.....	60
7.4.1	前提条件.....	60
7.4.2	初期投資および燃料消費量.....	60
7.4.3	経済性試算結果.....	61
7.5	入港料減免の試算 .....	62
7.5.1	外航バルカー.....	62
7.5.2	内航フェリー.....	62
7.5.3	入港料減免の経済的効果のまとめ.....	62
7.6	経済性試算のまとめ.....	63
8	船舶燃料の LNG 化に向けて取り組むべき方策.....	64
8.1	LNG の価格競争力の確保.....	64
8.2	LNG 燃料船に係る経済性.....	66
8.3	LNG バンカリングに係る経済性及びインフラ整備の強化.....	67
8.4	船舶燃料の LNG 化に係る安全性.....	68
8.5	ガスエンジン等から排出されるメタンガスへの対策.....	69
8.6	LNG 燃料船等に乗る組む船員の育成・確保.....	70
8.7	その他.....	70
9	今後の展望 .....	72
10	おわりに.....	73
11	【参考資料 1】研究会の開催実績.....	74
11.1	第 1 回研究会.....	75
11.1.1	開催の概要 .....	75
11.1.2	議事概要.....	75
11.2	第 2 回研究会.....	81
11.2.1	開催の概要 .....	81
11.2.2	議事概要.....	82
12	【参考資料 2】関連資料.....	89
12.1	外航船舶への燃料油積込み手続きの効率化について.....	89
12.2	標準部会／LNG 燃料船 WG が対応する国際動向 .....	93
12.3	IGF 講習基本訓練及び上級訓練テキスト（抜粋） .....	94



## 1 はじめに

今般、環境負荷低減の観点から石油に代わるエネルギーの多様化が求められている中、船舶の分野においても、国際海事機関（IMO）における 2020 年からの SO<sub>x</sub> 規制の強化、GHG ゼロエミッションを目指す「GHG 削減戦略」が進められている。天然ガスは、SO<sub>x</sub> をほとんど排出せず、従来の重油と比較して NO<sub>x</sub> 排出量の 40～70%程度の削減に加えて、CO<sub>2</sub> 排出量も 25%程度削減できることから、LNG<sup>1</sup>（液化天然ガス）が重油に代わる有力な選択肢の 1 つとして期待されている。

我が国の LNG 価格は、国際的に高い価格で調達されており、重油価格に対して LNG を利用することの経済的優位性に乏しい状況であるが、近年、原油価格リンクではない米国のシェールガス由来の LNG 供給の本格化等が図られることにより、LNG の重油に対する価格競争力が高まり、LNG への燃料転換が進展しやすい環境になることが期待される。また、LNG は、中東からの輸入に依存している石油と比べ、調達先の多様化により地政学的リスクが相対的に低いため、エネルギー安全保障の面からも重要な役割を担っているところである。

船舶燃料の LNG 化における海外の状況について、欧州では、先行的な ECA<sup>2</sup>（特別海域）の指定による厳しい環境規制の導入及び政策インセンティブの整備により、100 隻以上の LNG 燃料船が運航しており、LNG バンカリングインフラの整備も進んでいる。また、中国では、欧州に遅れるものの、国内の深刻な大気汚染問題等から、2030 年までに第一次エネルギー消費に占める天然ガスの比率を 15%に引き上げる目標を掲げており、その一環として LNG 燃料船の普及や LNG バンカリングインフラの整備を進めている。

他方、我が国に目を向けると、世界最大の LNG 輸入国であるにも関わらず、現在就航している LNG 燃料船はタグボートの 1 隻のみであり、バンカリングインフラの整備も事業の緒に就いたばかりであるなど、船舶燃料の LNG 化が進んでおらず、IMO の動きにより LNG 化の機運が高まりつつあるものの、更に取組を加速していく必要がある。

このような情勢を踏まえ、（一財）運輸総合研究所では、研究会を設置して、船舶燃料の LNG 化への普及促進に向けて、我が国が今後取り組むべき方策等に関する調査研究を行った。

## 2 船舶燃料の LNG 化に関する背景及び現状

### 2.1 国際環境規制の動向

IMO<sup>3</sup>（国際海事機関）においては、船舶から排出され、環境に影響を及ぼす物質の排出規制を強化している。2016 年 10 月に開催された MEPC70（第 70 回海洋環境保護委員会）においては、長年にわたって議論されていた船舶からの排ガスに含まれる SO<sub>x</sub> を削減するため、2020 年 1 月から燃料油中に含まれる硫黄分の濃度を現行の 3.5%から 0.5%に引き下げることが決定された（以下「SO<sub>x</sub> 規制」という）。

---

<sup>1</sup> Liquefied Natural Gas

<sup>2</sup> Emission Control Area

<sup>3</sup> International Maritime Organization

SOx 規制に対する現実的な対策としては、以下の 3 点が挙げられる。各対策については一長一短があることから、各々の特徴を表 2.1 に示す。

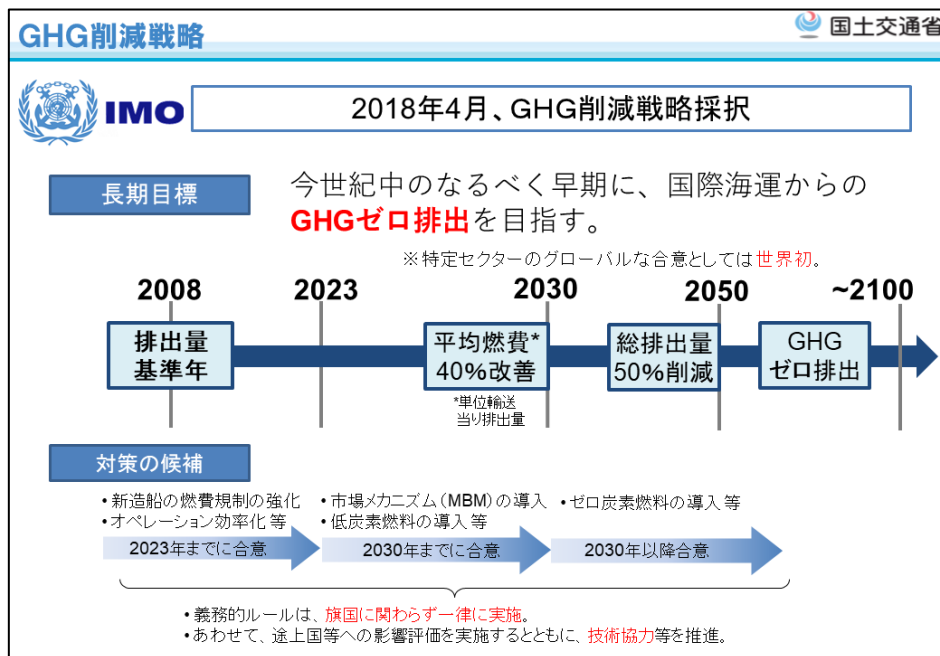
- 1) 適合燃料油の使用
- 2) 従来の高硫黄濃度の燃料油を使用し、船上でスクラバーにより排ガスを脱硫  
(以下「スクラバーの使用」という)
- 3) 代替燃料 (LNG、LPG、メタノールなど) の使用

また、新興国の経済成長に伴う貿易量の増大による国際海運分野からの GHG<sup>4</sup> (温室効果ガス) の排出量については、今後も増大する見込みであることに鑑み、以前から GHG 排出削減に対する取り組みが議論されている。議論の背景として、国際海運分野における GHG 排出削減については、これまで UNFCCC<sup>5</sup> (国連気候変動枠組条約) での国別削減対策の枠組みには馴染まないことから、IMO において具体的検討が行われている。

そのような背景の下、2018 年 4 月、IMO において、今世紀中のなるべく早期に国際海運からの GHG 排出ゼロを目指す「GHG 削減戦略」が採択された。同戦略においては、2008 年における排出量を基準とし、以下の目標が定められた。

- 2030 年：単位輸送当たりの排出量を 40%改善する
- 2050 年：GHG の総排出量を 50%削減する
- 2100 年：GHG の総排出量をゼロ (100%削減) する

※但し、今世紀中の可能な限り早期の実現を目指す



(国土交通省海事局)

図 2.1 IMO の GHG 戦略の概要

<sup>4</sup> Green House Gas

<sup>5</sup> United Nations Framework Convention on Climate Change



表 2.1 SOx 規制に対する対策の概要

	メリット	デメリット
1) 適合燃料油の使用	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 既存設備のまま対応が可能 (CAPEX<sup>6</sup>の低減)</li> <li>✓ 既存のバンカー船によるバンカリングが可能</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 需要の急増により油価の高騰が懸念 (OPEX<sup>7</sup>の増大)</li> <li>✓ 需要の急増に対する安定供給が懸念</li> <li>✓ 品質の統一・確保が懸念</li> <li>✓ NOx や CO<sub>2</sub> 等の削減には追加の対策が必要</li> </ul>
2) スクラバーの使用	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 従来の C 重油が使用可能</li> <li>✓ 既存のバンカー船によるバンカリングが可能</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ スクラバーの機器が大規模 (スペースの確保の問題、重量物であるため復原性等へ影響する可能性あり)</li> <li>✓ 改造・新設のコストが必要 (CAPEX/OPEC の増大)</li> <li>✓ 改造する場合は工期の確保が必要</li> <li>✓ 中和薬剤調達のランニングコストが必要 (OPEX の増大)</li> <li>✓ クローズドループ型の場合、排液の陸揚げコストが必要 (OPEX の増大)</li> <li>✓ 排水の環境影響 (IMO 基準あり)</li> <li>✓ NOx や CO<sub>2</sub> 等の削減には追加の対策が必要</li> </ul>
3) LNG の使用	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ SOx の削減だけでなく、NOx や CO<sub>2</sub> 等の削減にも一定の効果あることから、将来の環境規制への対応にも寄与</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ LNG 燃料化のために船価が上昇 (CAPEX の増大)</li> <li>✓ LNG 燃料システムが大きく異なるため、改造は困難を伴う</li> <li>✓ LNG 供給インフラの整備が必要 (CAPEX が増大)</li> <li>✓ 低温液体のため、本船設備の要求レベルが高い (CAPEX が増大)</li> <li>✓ 低温液体のため、バンカリング等の作業に対する要求レベル高い</li> </ul>

<sup>6</sup> Capital Expenditure (初期投資)

<sup>7</sup> Operation Expenditure (運用費)

## 2.2 将来に向けた有力な燃料・動力源

長年にわたり船舶燃料として使用されてきた重油は、SO<sub>x</sub> 排出規制については対応可能であるものの、GHG 排出削減の強化を見据えた場合、将来も使用され続けることは想像し難い。

将来に向けた船舶の有力な燃料及び動力源としては、代替燃料のほか、バッテリーや燃料電池の搭載・使用が想定される。しかしながら、何れの燃料・動力源においても、技術面、経済面、効率面などの観点より、単独では将来の規制に対応することが困難とみなされている。

重油の代替エネルギーとして想定される主な燃料・動力源の特徴を表 2.2 に整理した。

表 2.2 重油の代替エネルギーとして想定される主な燃料・動力源の特徴

燃料／動力源	LSFO	HSFO+ スクラバー	LNG	LPG	バッテリー	燃料電池
SO <sub>x</sub> **	◎	◎	◎	◎	◎	◎
NO <sub>x</sub> **	△	△	○	○	◎	◎
CO <sub>2</sub> **	△	△	○	△	◎	◎
OPEX	○	○	○	○	△	△
燃料供給インフラ	◎	◎	○	○	○	△
燃料供給時間	◎	◎	○	◎	◎	○
航続距離	◎	◎	○	○	△	△
重量／設備規模	◎	◎	○	○	△	○
寿命	◎	◎	◎	◎	△	○

※実運用における排出量を想定

強化される各種環境規制に対しては、実行性の高い、有効かつ現実的な対策を積み上げることが必要である。その際には、環境性能のみならず、安全性、経済性及び効率性のバランスを十分に考慮することが肝要となる。

上記の主な燃料・動力源において、LNG は、SO<sub>x</sub> 排出規制への対応のみならず、NO<sub>x</sub> を 40～70%程度、また、CO<sub>2</sub> を 25%程度も削減可能であることから、総合的なバランスが取れている燃料であり、GHG 削減戦略への対応については、短中期的に考えると、LNG を中心にバッテリーや燃料電池といった次世代の燃料・動力源を組み合わせることが重要と考えられる。

## 2.3 原油とLNGの調達

2017年に我が国が調達（輸入）した原油は322万バレルであり、その87%は中東に依存していた。その中でもサウジアラビアからの調達量は全体の40.1%を占め突出しており、次いでUAE<sup>8</sup>（アラブ首長国連邦）の24.2、カタールの7.3が続く。

それに対し、2017年に海外から調達されたLNG（天然ガス）は8,363万トンのうち、主な調達先は豪州（30.9%）、マレーシア（17.8%）やインドネシア（7.8%）などであり、調達先が分散している。そのため、中東（カタール：12.2%、UAE：5.6%など）の依存度は21%に留まる。

2017年における原油及びLNGの輸入量及び調達先の概要を図2.2に示す。

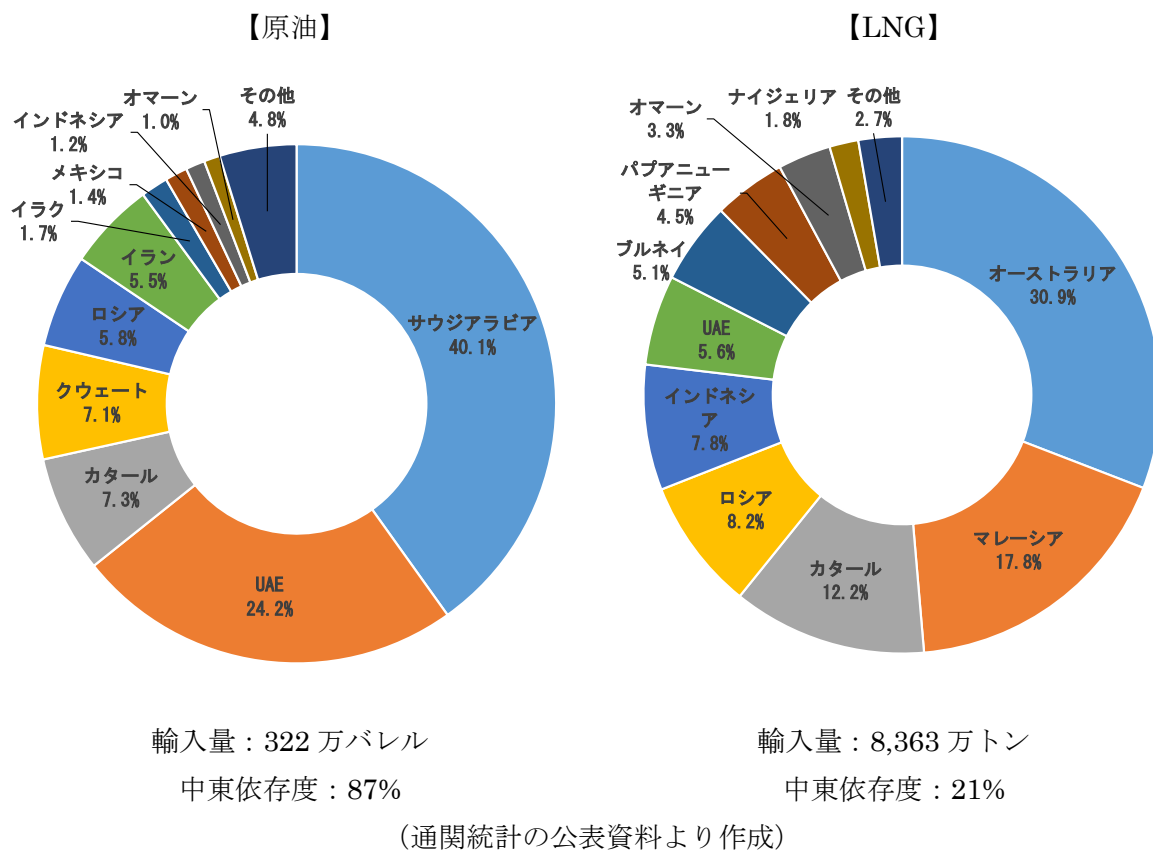


図 2.2 2017年における原油及びLNGの輸入量及び調達先の概要

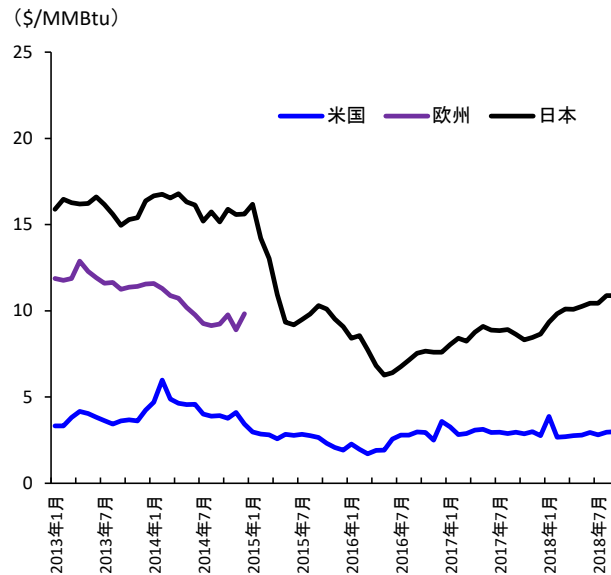
更に、近年は北米におけるシェールガス開発の進展に伴い、米国からの調達が再開し、また、モザンビーク等の新たな産出国での開発も急速に進められていることから、多角化は更に進むことが確実視されている。

LNGのように国民生活に密着したエネルギー資源の調達多様化は、地政学的なリスクの低減も可能となるため、エネルギー安全保障の面からも重要な役割を担っている。

<sup>8</sup> United Arab Emirates

## 2.4 日本のLNG価格

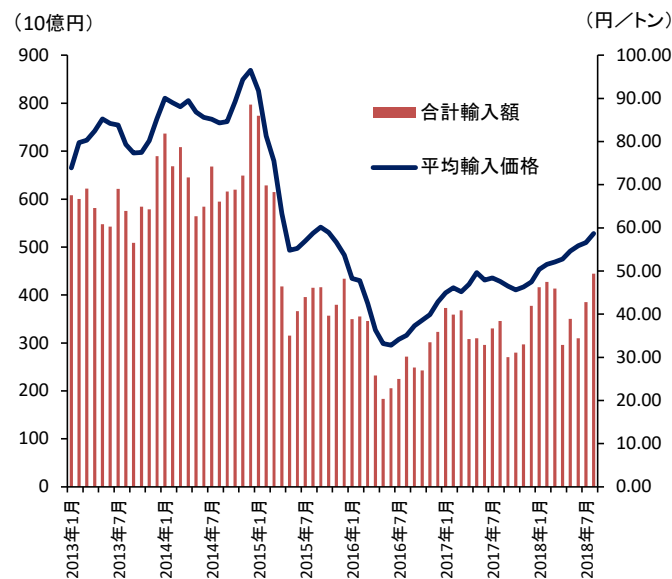
日米間における熱量当たりの天然ガス価格の差は、2015年以降、縮小傾向にあったものの、近年になり再度緩やかに拡大の兆しが見えている。天然ガス価格の推移を図2.3に示す。



(世界銀行の公表資料より作成)

図 2.3 天然ガス価格の推移

また、我が国におけるLNGの輸入価格も、図2.4に示すとおり、緩やかに上昇傾向にある。今後は、前述のとおり、LNG調達先の多角化の進展に伴い、価格競争力の高いLNGが輸入されることが期待される。



(通関統計の公表資料より作成)

図 2.4 我が国におけるLNGの輸入価格の推移

### 3 船舶燃料の LNG 化に関する取組状況

#### 3.1 海外における船舶燃料の LNG 化に向けた取り組み

海外における主な LNG 燃料船の普及促進に係る取り組みを以下に示す。また、本取組状況の一部については、海外動向調査（5章）を実施した。

##### 3.1.1 EU の取り組み

EUにおいて、LNG 燃料船の普及促進や LNG バンカリングインフラの整備は、DG Move<sup>9</sup>（欧州委員会モビリティ・運輸総局）が所管しており、2014年11月には「EU Directive for Alternative Fuel」を決議している。同指令においては、2025年までに EU 加盟国に対して EU 内の主要 139 港に LNG バンカリングインフラを整備することを求めている。また、2016年5月には「EU Directive 2016/802」において、当時の IMO 要求よりも高い SO<sub>x</sub> 排出規制として SECA<sup>10</sup>を導入している。それらの EU 指令を受け、EU 域内においては、2025年にかけて 250～430 箇所の LNG バンカリングインフラが整備される予定となっている。

また、EC 内には輸送インフラ関連の施策組織として TEN-T<sup>11</sup>が設けられており、そこでの実際の執行は、下部組織である INEA（Innovation & Network Executive Agency）が所管している。また、金融面での支援の管理は更にその下部組織となる CEF<sup>12</sup>が大きな役割を果たしている。

INEA は、EU 域内における各国の交通を円滑化し、結束を高めるために EU が交通インフラの整備を補助するプログラムを管轄することを目的として組織され、運輸、エネルギー、通信の3分野を所管している。INEA の支援により、競争が不当に阻害されないよう独立機関として厳格な評価システムを有しており、支援率はプロジェクト毎に調整される。

プロジェクト期間は第1期（2000～2006年）及び第2期（2007～2013年）で一旦終了した後、2016年に組織を拡大して再設立された背景がある。

LNG 関連プロジェクトは表 3.1 に示す 3つのカテゴリーに分類され、各々最大の支援率（補助率）が異なる。

LNG 燃料船の建造プロジェクトに対する支援では、船価のうち LNG 燃料船化にかかる部分の追加費用分（コストアップ部分）にのみ支援が適用され、プロジェクトによっては、船員の教育を含めて支援している実績もある。

---

<sup>9</sup> Directorate – General for Mobility and Transport of European Commission

<sup>10</sup> Sulphur Emission Control Area

<sup>11</sup> Trans-European Transport Network

<sup>12</sup> Connecting Europe Facility

表 3.1 INEA における LNG 関連プロジェクトの分類

分野	所管	最大支援率
Motorways of the Sea (MoS)	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 環境パフォーマンス向上</li> <li>✓ ロジスティックチェーン</li> <li>✓ 安全</li> </ul>	設備投資：30% パイロットテスト：50%
Innovation & New Technology	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 代替燃料技術の開発</li> </ul>	設備投資：20%
Maritime Ports	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 港の施設のアップグレード</li> </ul>	パイロットテスト：50%

2014～2020 年における CEF でのプログラムでは、103 件の海事関係プロジェクトがあり、総投資額 3.98 billion Euro (約 5,370 億円) のうち、資金援助の総額は 1.165 billion Euro (約 1,570 億円) にのぼる。それらのうち、LNG 関連プロジェクトに限ると 36 プロジェクトがあり、総投資額 1.1 billion Euro (約 2,085 億円) のうち、327 million Euro (約 441 億円) の資金援助が成された。

CEF が支援する主な LNG 燃料船プロジェクトとしては、「CORE LNGas hive - Core Network Corridors and Liquefied Natural Gas」が挙げられる (概要については 38 ページの表 5.2 を参照)。

### 3.1.2 ノルウェーの取り組み

ノルウェーにおいては、長距離越境大気汚染条約による NO<sub>x</sub> の排出量の削減規制に対応するため、政府が 2007 年に全産業を対象とする NO<sub>x</sub> 税を (NOK19/kg) を創設した。

2008 年には、企業団体が主体となり、NO<sub>x</sub> 排出量の削減目標を達成することを目的に NO<sub>x</sub> ファンドを設立した。現在、同国内において NO<sub>x</sub> を排出する全企業が参画している。

同ファンドは、NO<sub>x</sub> の排出量が多い企業から排出課徴金 (NOK4/kg) を徴収し、その課徴金収入を NO<sub>x</sub> ファンドに加盟する加盟企業が NO<sub>x</sub> 排出量削減に寄与する設備導入資金の支援金として再配布する仕組みとなっている。支援金は、設備導入費の総額の 80% を最大とし、設備導入による NO<sub>x</sub> 削減量に技術別支援率 (LNG 燃料化は 80%、SCR 搭載は 60% など) を乗じることにより算出される。

なお、NO<sub>x</sub> ファンドは、2008～2017 年までを第一期、2018～2025 年までを第二期と定められており、2025 年に廃止されることが予定されている。2026 年以降については、現状の枠組みは残すものの、産業界の自主的な取り組みとして移行する計画となっている。

### 3.1.3 米国の取り組み

米国においては、MARAD<sup>13</sup>（連邦海事局）が LNG 燃料船の導入に対し融資保証、燃料の LNG 化に対し資金補助した実績はある。具体的には、TOTE 社が 2 隻の LNG 燃料コンテナ船を建造するにあたり、324.6 million USD（約 36 億円）の融資保証を付与した。しかしながら、LNG バンカリングインフラの整備に対する資金補助等の実績はない。

従って、現在のところ特段のインセンティブ制度は設けられていない。

### 3.1.4 シンガポールの取り組み

シンガポールは、世界最大の重油燃料の供給地であり、重油に続き LNG 燃料の供給についても国策として推進している。

推進の主体としては、MPA<sup>14</sup>（海事港湾庁）と EMA<sup>15</sup>（エネルギー市場監督庁）が担っており、主な施策は以下のとおり。

- 2009 年に国際的な LNG 貿易の中継基地を目指し SLNG 社を設立
- 2011～2013 年に MPA の MINT ファンド<sup>16</sup>を活用して LNG バンカリングの基準と手順を策定
- 2015 年には 4 隻の LNG 燃料船に対する建造費補助（合計約 2 億円）を決定
- 2016 年には LNG 燃料供給者（Truck to Ship 方式）として以下の 2 社を選定（ライセンスを付与）
  - ・ Keppel Offshore & Marine 社と British Gas（BG）社の合弁会社
  - ・ Pavilion Gas 社
- 2016 年より外航 LNG 燃料船に対して入港費（Port Charge）の 25%減免を開始
- 2018 年には以下の 2 社に対して、2 隻の LNG バンカー船の建造費補助（合計約 5 億円）を決定
  - ・ FueLNG 社（Keppel 社と Shell Eastern Petroleum 社の合弁会社）
  - ・ Pavilion Gas 社

### 3.1.5 環境影響評価システム

欧州を中心に船舶の環境性能を評価するシステムが策定・運用されている。そのような環境影響評価システムは、入港費減免などに活用されるため、船社に対するインセンティブとして働いている。

ここでは、主要な環境影響評価システムとして、ESI<sup>17</sup>と CSI<sup>18</sup>について、概略を記す。

---

<sup>13</sup> Maritime Administration

<sup>14</sup> Maritime and Port Authority of Singapore

<sup>15</sup> Energy Market Authority

<sup>16</sup> Maritime Innovation & Technology Fund

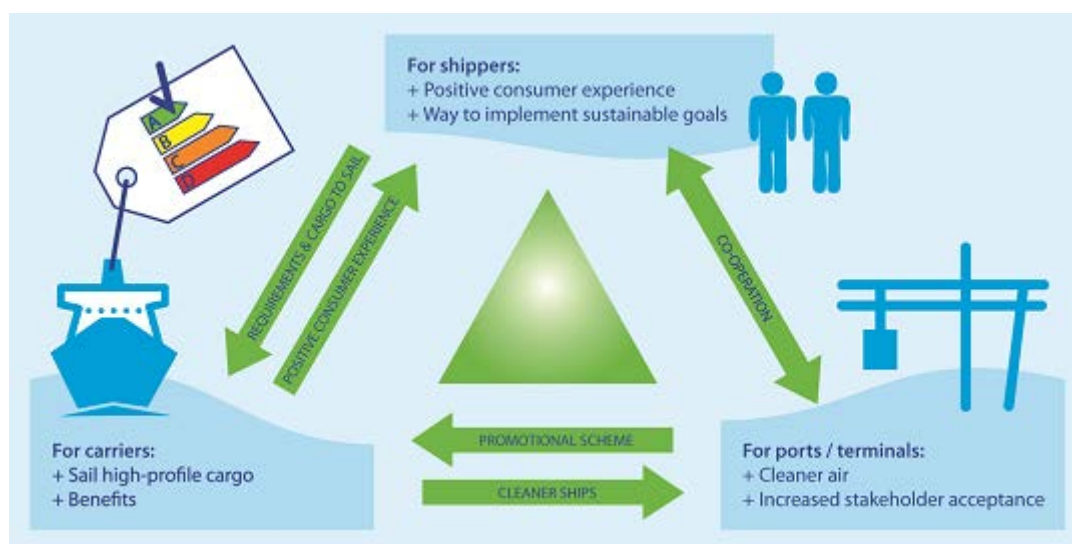
<sup>17</sup> Environment Ship Index

<sup>18</sup> Clean Shipping Index

## (1) ESI

IAPH<sup>19</sup>（国際港湾協会）の下部組織となる WPSP<sup>20</sup>（世界港湾持続可能プログラム）が主導し、GHG 排出削減を推進するために策定した環境影響評価システムである。IMO の EEDI<sup>21</sup>（エネルギー効率設計指標）に基づく排出基準より高い排出削減量を実現する船舶を評価し、格付けするシステムとなる。

ESI の枠組みを示すイメージを図 3.1 に示す。



(ESI Web サイト)

図 3.1 ESI の枠組み（イメージ）

## (2) CSI

CSI は 2007 年にスウェーデンに設立された NGO が策定する環境影響評価システムである。第三者機関による認証を通じて、船舶の環境パフォーマンス（SO<sub>x</sub>、NO<sub>x</sub>、CO<sub>2</sub>、PM、化学物質、バラスト水・排水）に関して評価し、格付けするシステムとなる。

現時点における認証機関は、以下が位置付けられている。

- ✓ DNV GL
- ✓ Class NK（日本海事協会）
- ✓ Korean Register
- ✓ Verifavia
- ✓ Dromon Bureau of Shipping & Emicers
- ✓ BV (Bureau Veritas)
- ✓ Lloyd's Register
- ✓ Rina Services
- ✓ MRVControl

<sup>19</sup> International Association of Ports & Harbors

<sup>20</sup> World Ports Sustainability Program

<sup>21</sup> Energy Efficiency Design Index



### 3.1.6 LNG バンカリングに係る国際基準

LNG 燃料船及び LNG バンカー船の設計・建造や運用に関しては、IMO において IGF CODE<sup>22</sup>や IGC CODE<sup>23</sup>により要件等が規定されている。

一方、LNG バンカリングに係るガイドラインやチェックリストについては、ISO<sup>24</sup>（国際標準化機構）や、SIGTTO<sup>25</sup>（国際ガスタンカー運航者及び基地操業者協会）の関連組織となる SGMF<sup>26</sup>（船舶燃料の LNG 化の普及に関する組織）、そして IAPH より発効されている。何れも優先順は明確にされておらず、LNG バンカリング事業毎に選択され、規定内容が遵守されることとなっている。

以下に各組織より発行されている主なガイドライン及びチェックリストを示す。

#### (1) ISO より発行されているガイドライン

- ISO/TS 18683 (2015): Guidelines for systems and installations for supply of LNG as fuel to ships
- ISO 20519 (2017): Ships and marine technology – Specification for bunkering of gas fueled ships

#### (2) SGMF より発行されているガイドライン

- Bunkering of ships with LNG - Competency Guideline
  - Safety Guidelines – Bunkering version 2.0
- ※ 新たに SIMOPS<sup>27</sup>に関するガイドラインの発行を準備中

#### (3) IAPH

- LNG bunker checklist – Ship to ship
- LNG bunker checklist – Bunker station to ship
- LNG bunker checklist – Truck to ship

※ 1 つの港湾で LNG バンカリング実施に対して許認可を得られれば、他の国・港湾においても許認可内容を流用することを可能とする **Accreditation** プログラムを新たに策定中

---

<sup>22</sup> International Code of Safety for Ship Using Gases or Other Low-flashpoint Fuels

<sup>23</sup> International Code of the Construction and Equipment of Ships Carrying Liquefied Gases in Bulk

<sup>24</sup> International Organization for Standardization

<sup>25</sup> Society of International Gas Tanker and Terminal Operators

<sup>26</sup> Society for Gas as a Marine Fuel

<sup>27</sup> SIMultaneous OperationS（LNG 燃料船の荷役と LNG バンカリングを並行して実施すること）

## 3.2 国内における船舶燃料の LNG 化に向けた取り組み

国土交通省の海事局及び港湾局においては、船舶燃料の LNG 化に向けた取組を行っている。また、経済産業省は、流動性の高い LNG 市場の構築や日本を LNG 取引の中心地とすることを目指して、取組を行っている。関係省庁の各施策の概要を以下に示す。

### 3.2.1 海事局の施策

海事局においては、基準・ルールの整備に係る施策と、建造費補助など資金に係る施策を行っている。それらの概要を以下に示す。

#### (1) 基準・ルールの整備

##### ▶ 天然ガス燃料船に関する総合対策（H24 年度）

Ship to Ship、Shore to Ship、Truck to Ship の 3 つの LNG バンカリング方式について、安全面に係る検討を有識者、業界団体及び関係官庁の協力を得て実施し、方式毎にオペレーションガイドライン・マニュアルを整備

##### ▶ 深冷液化ガス用ポータブルタンクによる天然ガス燃料船への燃料供給に関する安全対策検討（H28 年度）

追加として Portable Tank 方式に係る検討を有識者、業界団体及び関係官庁の協力を得て実施し、方式毎にオペレーションガイドライン・マニュアルを整備

なお、海事局が策定したガイドライン・マニュアル等は、各方式で LNG バンカリングを実施する際に必要となる安全対策について、国内港湾で共通する要件を「一般事項（General）」として取りまとめている。LNG バンカリング事業者は、その共通要件で定められた安全対策について、実際に LNG バンカリングを実施する港湾の事情を基に安全対策の不足の有無を確認することとなる。追加で必要となる安全対策がある場合については、それについて検討を実施し、所管の運輸局、海上保安部及び港湾管理者などの関係官庁と相談・報告する。当該枠組みの概要を図 3.2 に示す。

一方、海外で発行される LNG バンカリングガイドラインにおいては、現状、個別の LNG バンカリング事業毎にすべての懸案事項に対してリスクアセスメントの実施を要求することが一般的になっている。

従って、LNG バンカリング事業者の事業開始に向けた負担としては、日本国内の制度の方が軽減されることとなっている。

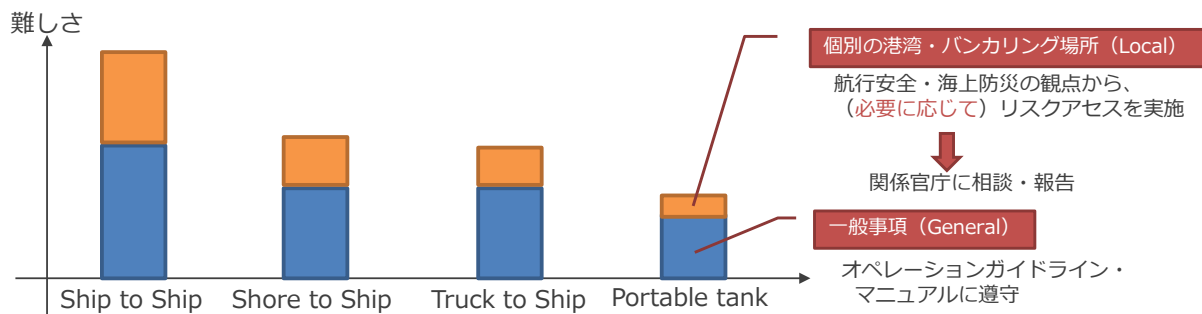


図 3.2 海事局の策定した LNG バンカリングに係るガイドラインの枠組み (イメージ)

## (2) 資金の補助

### ▶ 先進船舶導入等計画の認定 (H29 年度)

海事産業の活性化及び国際的な競争力の強化を目指し、環境性能に優れた代替燃料に対応した船舶や IoT を活用した船舶に対する研究開発、製造、導入に係る計画を認定する制度

- ・ LNG を主燃料とする、ポストパナマックス型バルクキャリアの研究開発計画 (㈱大島造船所、日本郵船㈱)

### ▶ 先進船舶導入等計画策定支援事業 (H29・30 年度)

海事産業の活性化及び国際的な競争力の強化を目指し、環境性能に優れた代替燃料に対応した船舶や IoT を活用した船舶に対する研究開発、製造、導入に係る計画策定のための調査事業費を補助する制度

- ・ 低環境負荷船 (LNG 燃料船) に関する建造計画策定の為の調査事業 (京浜ドック㈱)
- ・ ガス燃料船に係る研究開発計画策定のための調査事業 (ダイハツディーゼル㈱)
- ・ 液化石油ガス (LPG) 燃料に関する導入計画策定のための調査事業 (三菱造船㈱)
- ・ LPG 燃料ばら積み船の導入計画策定のための調査事業 (アストモスエネルギー㈱、㈱日本海洋科学)
- ・ 既存内航 LNG 船の燃料転換による LNG 燃料船・LNG バンカリング船の導入計画策定のための調査事業 (飯野海運㈱、北海道ガス㈱)

### ▶ 内航船省エネルギー格付制度 (暫定) (H29・30 年度)

内航海運からの CO<sub>2</sub> 排出削減対策の一環として、省エネ・省 CO<sub>2</sub> 設備への投資環境を整備するため、省エネ・省 CO<sub>2</sub> 効果を船舶の企画・設計段階で「見える化」し、客観的に評価する制度 (最高は 4 つ星)

- ・ LNG 燃料タグボート「魁」 (日本郵船㈱) : ★★★★★
- ・ LNG 燃料タグボート「いしん」 (㈱商船三井) ★★★★★

- 省エネルギー型ロジスティクス等推進事業費補助金（革新的省エネルギー型海上輸送システム実証事業）（H25年度） ※経済産業省との連携施策  
船舶と運航システムの省エネ化を目指した革新的省エネルギー技術の導入及び当該技術の導入による省エネ化・省CO<sub>2</sub>化効果の検証に係る事業経費の一部を補助（補助率1/2以内）
  - ・ 天然ガス燃料曳船による省エネ・省CO<sub>2</sub>実証事業（日本郵船株）
- □平成30年度代替燃料活用による船舶からのCO<sub>2</sub>排出削減モデル事業（H30年度） ※環境省との連携施策  
LNG及び重油の二元燃料船の実船を用いて、実運航におけるCO<sub>2</sub>削減効果を検証することで、CO<sub>2</sub>削減効果の最大化を図る制御技術の確立に向けた事業経費を補助（補助率1/2以内）
  - ・ LNG燃料自動車運搬船によるLNG燃焼の最適化及びCO<sub>2</sub>削減効果の検証（川崎汽船株）
  - ・ LNG燃料船の実運航のDFモード稼働域拡大によるCO<sub>2</sub>排出削減の最大化を図る技術実証（株商船三井内航、協同海運株、株中部テクノ）
  - ・ 大型自動車運搬船におけるLNG燃料化によるCO<sub>2</sub>排出削減の最大化を図る技術実証（日本郵船株）

### 3.2.2 港湾局の施策

港湾局においては、国内におけるLNGバンカリング拠点の整備に係る施策と、LNGバンカリング拠点の国際ネットワーク構築に係る施策を行っている。それらの概要を以下に示す。

#### (1) 国内におけるLNGバンカリング拠点の整備

- 横浜港LNGバンカリング拠点整備方策検討会（H28年度）  
国内にLNGバンカリング拠点を整備し、国内港湾の国際競争力を向上させるため、横浜港をモデルケースとして整備方策をとりまとめ
- 作業船LNG燃料化技術検討委員会（H28～29年度）  
LNG燃料船の更なる導入・普及促進やLNG燃料の需要創出を図るため、地方整備局等が所有する作業船のLNG燃料化に向け、技術的な検討を実施
- LNGバンカリング拠点形成支援事業（H30年度）  
我が国港湾の国際競争力強化を目的として、周辺諸国に先駆けてLNGバンカリング拠点を形成するために必要となるLNGバンカー船等の施設整備に対する補助制度（補助率1/3）を創設
  - ・ 伊勢湾・三河湾LNGバンカリング事業（セントラルLNG SHIPPING株、中部電力株）
  - ・ 東京湾におけるSTS方式での船舶向けLNG燃料供給事業（エコバンカー SHIPPING株）

## (2) LNG バンカリング拠点の国際ネットワーク構築

- ▶ LNG バンカリングを促進するための国際的な港湾間協力に関する覚書（H28 年度以降）

LNG 燃料船の普及促進に向け、多国間での LNG バンカリング港湾のネットワーク構築に向け、H28 年 10 月に「LNG を船舶燃料として開発するための協力に関する覚書（MOU）」に署名

（2019 年 1 月現在の署名者）

- アジア： 国土交通省港湾局（日本）  
シンガポール海事港湾庁（シンガポール）  
蔚山港湾公社（韓国）  
浙江省港湾投資・運営グループ（寧波港）（中国）
- 欧州： アントワープ港湾公社（ベルギー）  
ゼーブルージュ港湾公社（ベルギー）  
ロッテルダム港湾公社（オランダ）  
ノルウェー海事庁（ノルウェー）  
マルセイユ港湾公社（フランス）
- 米国： ジャクソンビルチャンバー（ジャクソンビル港）（米国）  
バンクーバー港湾公社（カナダ）
- 中東： スエズ運河経済特区庁（エジプト）

### 3.2.3 経済産業省の施策

経済産業省においては、需給両面で世界的な LNG 市場が拡大傾向にある中で、流動性の高い LNG 市場を構築し、2020 年代前半までに日本を LNG 取引の中心地（LNG ハブ）とすることを目指す「LNG 市場戦略」を H28 年 5 月に策定している。その中では、以下の 3 点が重要要素として挙げられており、必要な取り組みを進めている。

- 1) LNG トレーダビリティ（取引の容易性）の向上
- 2) 需給を反映した価格指標の確立
- 3) 取引を支えるインフラの整備

また、今後の重点課題として、以下に概要を示す 4 点が挙げられている。

#### ① LNG 取引の柔軟性向上

- ・ 仕向地制限の撤廃
- ・ 海外との連携（生産国との対話や消費国との連携強化）
- ・ 新規の LNG プロジェクトに対する政策金融の役割
- ・ 規制緩和等の対応（海外の FSRU 利用や国内港湾の安全規制等）

#### ② 需給を反映した価格指標の構築

LNG 取引の実態や我が国の需給当を適正に反映した価格指標の信頼性向上に向

けた情報開示への協力等

- ③ オープンかつ十分なインフラの整備
  - ・ LNG ターミナルの利用促進（第三者による LNG タンクへのアクセス等）
  - ・ 天然ガスパイプラインの整備促進
  - ・ 地下貯蔵の活用に向けた基盤整備
- ④ LNG の内外における需要開拓の促進
  - ・ バンカリング需要の開拓（LNG 燃料船を活用する船主・運航者及びユーザの発掘・啓蒙活動の強化）
  - ・ アジアにおける LNG 需要創出ビジネスへの支援
  - ・ 天然ガス利用方法の拡大

### 3.2.4 その他の取り組み

上記以外においても調査検討が実施されている。各機関において実施された調査検討を以下に示す。

(1) 関東地方整備局：横浜港 LNG バンカリング拠点整備検討業務（H28～29 年度）

横浜港に LNG バンカリング拠点を形成するため、下記 3 点に関する調査等を実施

- ・ 重油、LNG バンカリングに関する調査
- ・ 出荷用棧橋の概略設計
- ・ LNG バンカリング普及・促進のためのシンポジウム開催

<http://www.mlit.go.jp/common/001174840.pdf>

(2) 近畿地方整備局：阪神港における LNG バンカリング環境形成に向けた意見交換会（H29 年度）

今後普及が見込まれる LNG 燃料船へのバンカリングについて、国際コンテナ戦略港湾である阪神港における環境形成に向け、関係者による意見交換会を開催

(3) 近畿地方整備局：近畿における新たなエネルギーに対応した港湾施設検討業務（H29 年度）

前述した H28 年 10 月の「LNG を船舶燃料として開発するための協力に関する覚書」等を踏まえ、環境負荷の少ない次世代の多用なエネルギー資源を近畿管内に寄港する船舶が燃料として選択する際に必要となる港湾機能や施設等について検討

(4) 近畿地方整備局：海外事例を踏まえた船舶の環境負荷低減に対応する港湾施設整備計画検討業務（H30 年度）

SOx 排出規制強化に伴い、今後は LNG を始めとした代替燃料を使用する船舶の普及

が見込まれることから、近畿の港湾においても LNG 等の代替燃料を使用したコンテナ船及び旅客船等に対するバンカリング環境を整えることにより、国際競争力強化を図っていくため、海外における LNG バンカリング事例を基に港湾施設の整備計画を検討

(5) 神戸市：LNG バンカリング検討会（H29 年度）

国際コンテナ戦略港湾における西日本の拠点として、将来的な国際競争力強化に資する LNG バンカリング拠点の形成に向けた取り組みに関する検討会を開催

(6) 天然ガスの高度利用に係る事業環境等の調査（LNG バンカリング等に関する調査・分析）（H29 年度）

LNG 取引活性化の一手段として位置付けている、LNG バンカリング推進のための政策立案に向けた情報の収集・分析

[http://www.meti.go.jp/meti\\_lib/report/H29FY/000037.pdf](http://www.meti.go.jp/meti_lib/report/H29FY/000037.pdf)

### 3.3 LNG 燃料船の現状

#### 3.3.1 LNG 燃料船の就航及び発注状況

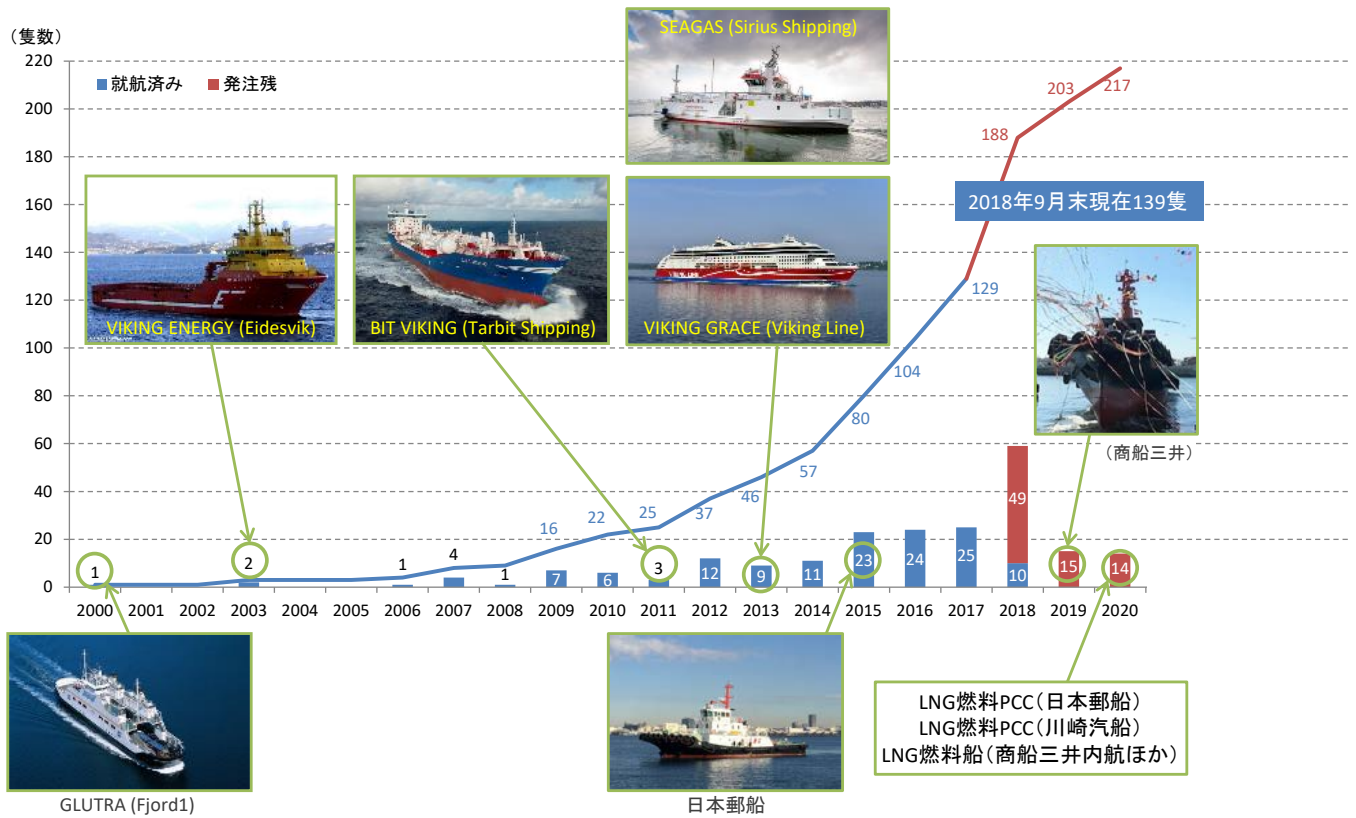
世界初の LNG 燃料船は 2000 年にノルウェーで就航したフェリー「GLUTRA」（Fjord1 社）である。その後、2003 年に同じくノルウェーで 2 隻の PSV「VIKING ENERGY」（Eidesvik 社）及び「STRIL PIONER」（Simon Møkster 社）がそれぞれ就航しており、2011 年にはスウェーデン船社（Tarbit Shipping 社）がケミカルタンカー「BIT VIKING」を世界で始めて重油焚きからの改造（レトロフィット）を行った。また、船型大型化においては、2013 年にフィンランドで 57,000GT の RoPax「VIKING GRACE」（Viking line 社）を就航されている。

一方、アジア地域においては、2013 年に韓国で Incheon Port Authority がパトロールボート「ECONURI」を就航させたのに続き、我が国においても、2015 年 8 月 31 日に日本郵船（株）が国内初となるタグボート「魁」を就航させ、横浜港を拠点に東京湾で運航されている。

また、国内で運航される予定の LNG 燃料船、または、本邦企業が建造する外航 LNG 燃料船としては、以下の 4 隻が計画されている。

- タグボート「いしん」（株商船三井、2019 年 4 月就航予定）
- PCC（川崎汽船（株）、2020 年就航予定）
- PCC（日本郵船（株）、2020 年就航予定）
- 内航船（株商船三井内航、協同海運（株）、（株）中部テクノ、2020 年就航予定）

また、2000年以降に就航、そして現在建造中または建造予定のLNG燃料船の隻数の推移を図3.3に示す。2018年9月末現在、世界で就航しているLNG燃料船は139隻であり、この他に計78隻が建造中または建造予定である。主要なLNG燃料船を図3.4に示す。



注) 2018年9月末現在、改造を含む、LNGC及び内水船を除く  
中国国内で運航されている船舶の一部を除く

(日本海洋科学作成)

図3.3 就航済み及び建造中・建造予定のLNG燃料船隻数の推移 (2018年9月末現在)





Fjord1 社フェリー「GLUTRA」  
(2000 年就航、2,268GT)  
(Wärtsilä 社 Web サイト)



Eidesvik 社 PSV「VIKING ENERGY」  
(2003 年就航、5,073GT)  
(Offshore Energy Today.com Web サイト)



Tarbit Shipping 社ケミカルタンカー  
「BIT VIKING」 (2011 年就航、  
17,757GT)  
(Tarbit Shipping AB 社 Web サイト)



Viking Line 社 RoPax「VIKING GRACE」  
(2013 年就航、57,000GT)  
(日本海洋科学 撮影)



Incheon Port Authority パトロールボート  
「ECONURI」 (2013 年就航、200GT)  
(Samsung Heavy Industries 社  
Web サイト)



日本郵船(株)タグボート「魁」  
(2015 年就航、272GT)  
(日本海洋科学 撮影)

図 3.4 世界の主要な LNG 燃料船

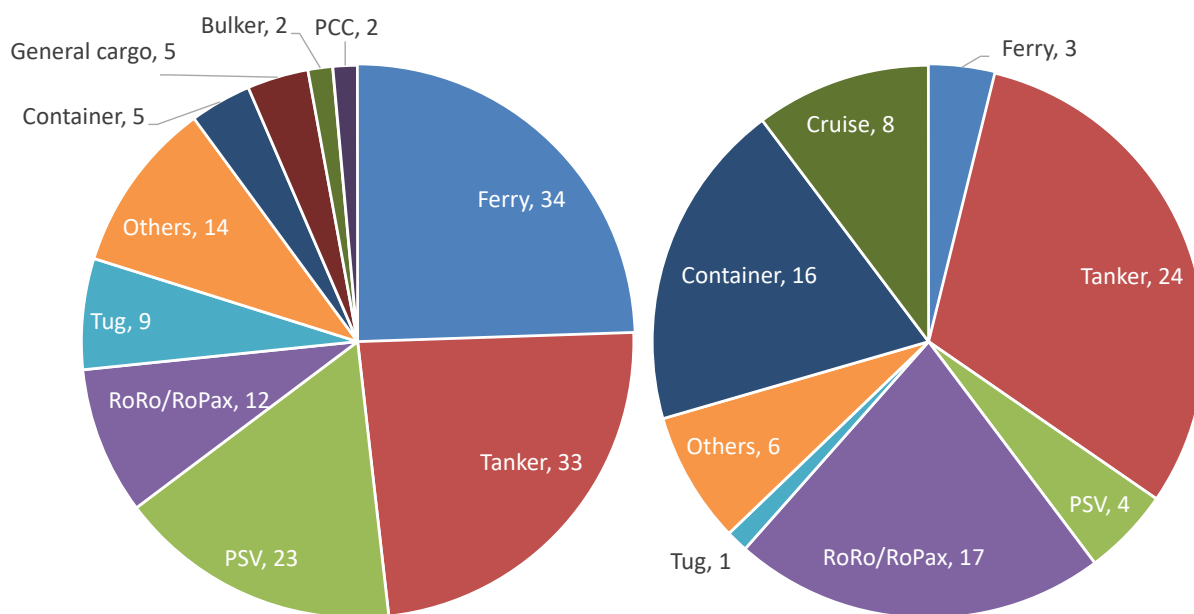
### 3.3.2 LNG 燃料船の船種の特徴

2018年9月末現在、運航されている139隻の天然ガス燃料船の船種は、フェリーの34隻(25%)とタンカーの33隻(24%)で半数近くを占めており、次いでPSVの23隻(17%)が続く。

一方、現在建造中または建造予定の船種については、78隻のうち、フェリーが3隻(4%)に留まるのに対して、タンカーが24隻(31%)、RoRo/RoPaxが17隻(22%)、コンテナ船が16隻(21%)と大きく上回っている。また、新たに船種として大型のクルーズ船も8隻(10%)に上ることは特筆すべき点である。

この傾向は、欧州を中心にLNG燃料の供給インフラ面の整備が進展したことに伴い、2地点間の比較的な短距離航行に留まり、比較的導入のハードルが低かったフェリーから、貨物輸送に従事する商船や長距離を航行する船種へと一般化が進んでいることを示している。

就航済み及び建造中・建造予定の天然ガス燃料船の船種を図3.5に示す。



(就航済み)

(建造中・建造予定)

(日本海洋科学作成)

図 3.5 就航済み及び建造中・建造予定の LNG 燃料船の船種 (2018年9月末現在)

### 3.3.3 LNG Ready 船の位置付け

LNG Ready 船とは、将来、自船の燃料を重油から LNG へ変更する際の改造を見越して設計・建造された船舶で、当該改造時における負担や、投資を軽減する効果が見込まれる。これは、SOx 排出規制が強化される以前に、将来の環境規制の動向や、LNG 燃料化した際の LNG バンカリングインフラの整備状況及び LNG 燃料価格の先行きが不透明であったために一時的な回避策として、多く発注され、現在運航されている。

LNG Ready 船は、2017 年末現在、68 隻が運航されている。その内訳は、コンテナ船が 39 隻、タンカー（原油・プロダクト・ケミカル）が 28 隻、RoRo 船が 1 隻となっている。

同様に 2017 年末現在における発注残は合計 74 隻であり、その内訳はバルカーが 46 隻、コンテナ船が 12 隻、RoRo/RoPax が 13 隻、タンカーが 3 隻となっている。

## 3.4 LNG バンカリングインフラの現状

### 3.4.1 LNG バンカリングインフラ

世界の LNG バンカリングインフラに係る公開情報は乏しいため、本調査においては、LNG の船舶燃料化に取り組む国際組織「SEA\LNG」が公開する情報を精査した。但し、当該情報については、LNG バンカリングインフラと言うものの、特定の船に対してのみ LNG バンカリングを実施している箇所もあることについて留意を要する（Stockholm や Yokohama など）。

既に運用されている LNG バンカリングインフラは世界で 19 箇所とされており、そのうちの 11 箇所は欧州に集中しており、その他はアジアと北米に各 4 箇所ずつとなる。

2018 年末現在、SEA\LNG が Web サイトで公開している情報について取りまとめた結果を表 3.2 に示す。

表 3.2 LNG バンカリングインフラの一覧

エリア	国	港	バンカリング方式	状況
欧州	Norway	Hammerfest	Shore to Ship	運用中
	Sweden	Stockholm	Ship to Ship, Shore to Ship	
	Sweden	Gothenburg	Ship to Ship	
	Netherlands	Amsterdam	Ship to Ship, Truck to Ship	
	Netherlands	Rotterdam	Ship to Ship, Shore to Ship, Truck to Ship	
	Belgium	Antwerp	Truck to Ship	
	Belgium	Zeebrugge	Ship to Ship, Shore to Ship, Truck to Ship	
	France	Le Havre	Truck to Ship	
	France	Marseille	Truck to Ship, (Ship to Ship)	
	Spain	Bilbao	Ship to Ship	
	Spain	Barcelona	Truck to Ship, (Ship to Ship)	
	Germany	Hamburg	Shore to Ship, Truck to Ship	建設中
	Lithuania	Klaipeda	Shore to Ship, Truck to Ship, (Ship to Ship)	
	France	Dunkerque	Ship to Ship	計画中
	Spain	Valencia	Shore to Ship	
	Spain	Gibraltar	-	
	United Kingdom	Isle of Grain	-	提案中
	Spain	Algeciras	Shore to Ship	
中東	Iran	Fujairah	Ship to Ship	計画中
アジア	India	Kochi	Shore to Ship	運用中
	Singapore	Singapore	Truck to Ship, (Ship to Ship)	
	South Korea	Incheon	Truck to Ship	
	Japan	Yokohama	Truck to Ship, (Ship to Ship)	建設中
	China	Shanghai	Ship to Ship, Shore to Ship	
	South Korea	Busan	Shore to Ship	計画中
	Japan	Chubu region	-	
	South Korea	Ulsan	-	提案中
	China	Hong Kong	-	
北米	Canada	Vancouver	Truck to Ship	運用中
	Canada	Vancouver	Truck to Ship	
	Canada	Vancouver	Truck to Ship	
	United States	Jacksonville	Ship to Ship, Truck to Ship	建設中
	United States	Jacksonville	Shore to Ship	
	Canada	Vancouver	Ship to Ship, Shore to Ship	計画中
	United States	Tacoma	Shore to Ship	
	Panama	Colon	-	

(SEA\LNG)

### 3.4.2 LNG バンカー船

LNG バンカリングインフラのうち、Ship to Ship 方式の場合には LNG バンカー船が必要となる。LNG バンカー船は、自船のみで航行可能な自航式と、曳船や押船の支援を受けて移動する非自航式に分類される。2018 年末現在、世界で運航されている LNG バンカー船は自航式の 5 隻のみとなる。当該 5 隻の自航式 LNG バンカー船の概要を表 3.3 に示す。

また、運航準備中（コミッションング中など）の LNG バンカー船は、自航式・非自航式ともに 2 隻ずつとなる。当該 4 隻の自航式・非自航式 LNG バンカー船の概要を表 3.4 に示す。

更に、建造・計画中の LNG バンカー船は自航式の 6 隻があることから、それらの概要を表 3.5 に示す。

表 3.3 運航中の LNG バンカー船（自航式）の一覧

船名	Seagas	Engie Zeebrugge	Cardissa	Coralius	Oizmendi
船主	Sirius Shipping (スウェーデン)	Engie (仏) 日本郵船(株) 三菱商事(株) Fluxys (ベルギー)	Shell (蘭英)	Anthony Veder (蘭) Sirius Shipping (スウェーデン)	Itsas Gas (西) Remolcadores Ibaizabal (西) Naviera Murueta (西)
運航開始時期	2013年3月	2017年6月	2017年6月	2017年9月	2017年2月
母港	Stockholm 港	Zeebrugge 港	Rotterdam 港	Gothenburg 港	Santa Cruz de Tenerife 港
タンク容量	180m <sup>3</sup>	5,000m <sup>3</sup>	6,500m <sup>3</sup>	5,800m <sup>3</sup>	180m <sup>3</sup>
供給先	LNG 燃料 RoPax 「Viking Grace」	LNG 燃料 PCC 「Auto Eco」 「Auto Energy」	不特定	不特定	不特定
運用状況	週 6 回	都度	都度	都度	都度
バンカリング 風景					

表 3.4 運航準備中の LNG バンカー船（自航式・非自航式）の一覧

	自航式		非自航式	
船名	Kairos	Bunker Breeze	Clean Jacksonville	FlexFueler001
船主	Babcock Schulte Energy (キプロス)	Suardiaz Energy Shipping (西)	TOTE (米)	Titan LNG (蘭)
運航開始時期	2018 年末	2018 年末	2018 年末	2017 年末
母港	Limassol 港	Barcelona 港	Jacksonville 港	Amsterdam 港
タンク容量	7,500m <sup>3</sup>	—	2,200m <sup>3</sup>	760m <sup>3</sup>
供給先	LNG 燃料フェリー LNG 燃料コンテナ船 LNG 燃料クルーズ船	—	LNG 燃料コンテナ船 「Isla Bella」 「Perla del Caribe」	LNG 燃料タンカー LNG 燃料クルーズ船
運用状況	—	—	—	—
概観				

表 3.5 建造・計画中の LNG バンカー船（自航式）の一覧

船名	—	—	—	—	—	—
船主	セントラル LNG シッピング(株)	FueLNG (シンガポール)	上野トランステック(株) 住友商事(株) 横浜川崎港湾(株)	Total Marine Fuels Global Solutions (シンガポール) (株)商船三井	ENN Energy (中国)	Eesti Gas (エストニア)
運航開始時期	2020 年後半	2020 年後半	2020 年	2020 年	2020 年	2020 年 9 月
母港	(伊勢湾)	Singapore 港	(東京湾)	北欧州	中国	北欧州
タンク容量	3,500m <sup>3</sup>	7,500m <sup>3</sup>	—	18,600m <sup>3</sup>	8,500m <sup>3</sup>	6,000m <sup>3</sup>
供給先	LNG 燃料 PCC (川崎汽船) (日本郵船)	—	—	LNG 燃料コンテナ船 (CMA CGM 社)	—	—
運用状況	—	—	—	—	—	—

## 4 船舶燃料の LNG 化に関する諸課題

### 4.1 LNG 燃料船の経済性に係る課題

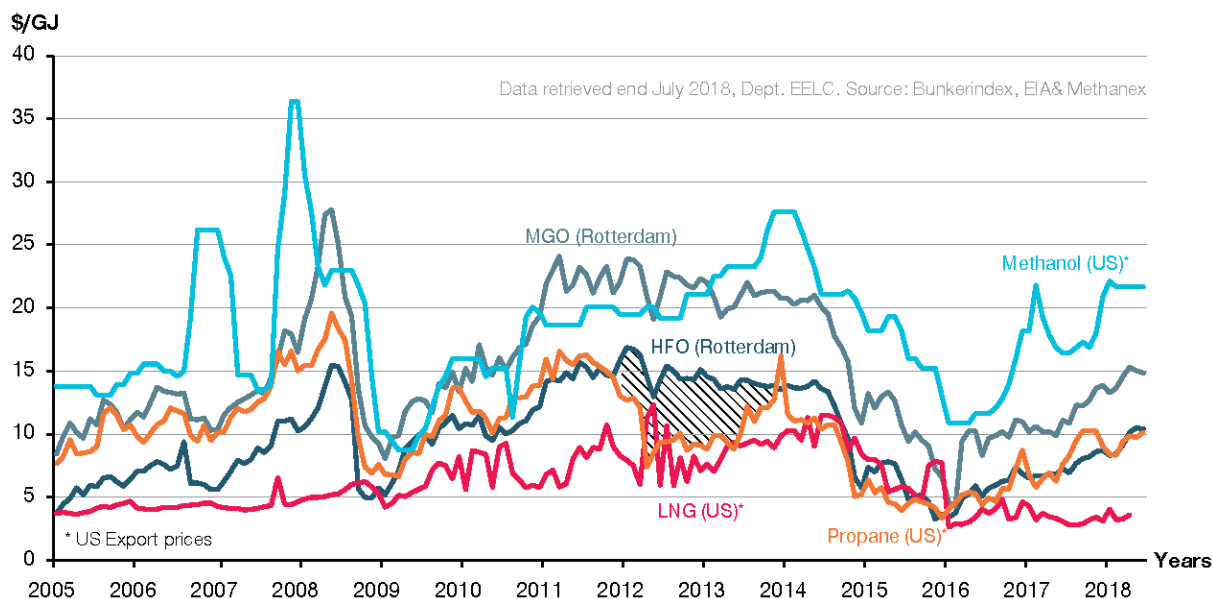
船舶燃料を LNG 化することに伴っては、従来の重油燃料船と比較して、建造時・運航時ともにコストが増大することが見込まれている。LNG 燃料船の重油燃料船に対する建造時及び運航時のコスト構造のイメージを表 4.1 に示す。

表 4.1 LNG 燃料船の重油燃料船に対する建造時及び運航時のコスト構造（イメージ）

	建造時のコスト	運航時のコスト
増大要因	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 複雑な設計に対する労務費 (特に小型船での機器配置)</li> <li>✓ LNG 燃料タンクの新設 (コールドボックスを含む)</li> <li>✓ LNG 関連機器の設計・設置 (気化器、配管など)</li> <li>✓ リスクアセスメントの実施</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 関連機器配置に伴うカーゴスペース減少による輸送機会の損失 (設計に依存)</li> <li>✓ バンカリング頻度増による乗組員の労力増大</li> <li>✓ バンカリング所要時間増による本船の稼働率低下及び乗組員の労力増大</li> <li>✓ LNG 供給事業者が限定されることによる価格競争原理の低さ</li> <li>✓ 運航自由度低下 (バンカリングインフラが限定される場合)</li> <li>✓ 乗組員の教育・訓練</li> </ul>
減少要因	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 量産効果による設計労務費</li> <li>✓ 量産効果による機器調達コストの低減</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 重油に対する LNG 価格の競争力</li> <li>✓ パーツ等交換頻度低減によるメンテナンスコストの減少 (ガス専焼エンジンの場合)</li> <li>✓ メンテナンス軽減による乗組員の労力減少</li> </ul>

ここで、船舶の運航コストのうち燃料費は最も大きな割合を占めるものの、将来の LNG 及び重油（低硫黄または高硫黄）の価格動向は見通しが立ちにくい。しかしながら、LNG 燃料価格が重油燃料価格に対して高い競争力を確保することができれば、船主の経済性の負担は軽減される。近年の各種船舶燃料価格の推移を図 4.1 に示す。





注) 価格は各エリアでの価格

(MAN B&W ME-LGIP dual-fuel engines, MAN B&W)

図 4.1 各種船舶燃料価格の推移

## 4.2 LNG 燃料船及び LNG バンカリングに係る法制度の課題

### 4.2.1 関係する法令

LNG 燃料船は船上の燃料タンクに LNG を積載するものの、自船の消費に限って使用する場合には、船上の LNG は「常用危険物（船舶の航行または人命の安全を保証するために使用する危険物）」とみなされ、LNG 運搬船のように港則法上の危険物積載船には該当しない。つまり、LNG 燃料船の貨物が危険物でない限りは、他の一般船舶と同様に運航することが可能である。それに対して、LNG バンカー船は LNG 燃料を貨物として海上輸送するため、LNG 運搬船と同様に危険物積載船に位置付けられる。

また、LNG バンカー船の関わらない陸上側が供給者となる Shore to Ship や Truck to Ship 方式の場合にあっては、陸上側の法令が関係する。

ここで、LNG バンカリング特有の留意点としては、Ship to Ship 方式の場合には船舶間で LNG の移送が完結するため、船舶関係の法令のみを遵守すれば良いのに対して、Shore to Ship や Truck to Ship 方式の場合には、供給者の陸側の法令と被供給者の船舶側の境界となる「取り合い部分」では、双方の法令を遵守する必要がある点にある。

LNG バンカリング方式毎に具体的に関係する主要な関係法令は、表 4.2 に示すとおり整理することができる。

表 4.2 LNG バンカリング方式毎に関係する主要な関係法令

方式	供給側 (LNG バンカー船等)	取り合い部分	被供給側 (LNG 燃料船)
Ship to Ship	✓ 船舶安全法 ✓ 港則法 ✓ 船員法	✓ 船舶安全法、危規則に基づく 「地方運輸局長指示」(供給側) ✓ 港則法	✓ 船舶安全法 ✓ 船員法
Shore to Ship	✓ 高圧ガス保安法	✓ 高圧ガス保安法 (供給側) ✓ 船舶安全法 (被供給側)	✓ 船舶安全法 ✓ 船員法
Truck to Ship	✓ 高圧ガス保安法	✓ 高圧ガス保安法 (供給側) ✓ 船舶安全法 (被供給側)	✓ 船舶安全法 ✓ 船員法

ここで、船陸間・2 船間における法令の境界は、取り合い部分で使用される機材や設備が所有（設置）・管理される側の先端部となることが一般的である。

例えば、Shore to Ship 方式の場合、供給側となる LNG 基地が所有（設置）・管理するアームまたはホースが被供給側の LNG 燃料船に延ばされる場合、法令の境界はアームまたはホースの先端部となることが多い（図 4.2 の左図参照）。

同様に、Shore to Ship 方式の場合であっても、被供給側の LNG 燃料船が所有（設置）・管理するホースが供給側の LNG 基地に延ばされる場合、法令の境界は当該ホースの先端部となることが多い（図 4.2 の右図参照）。

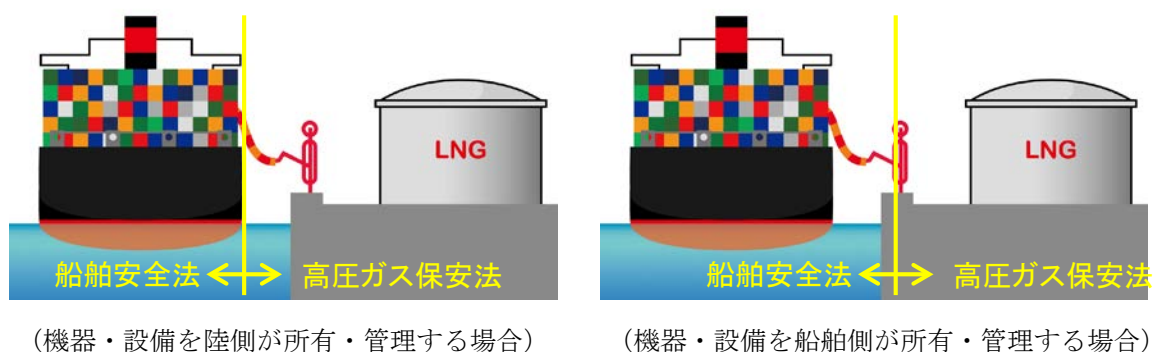
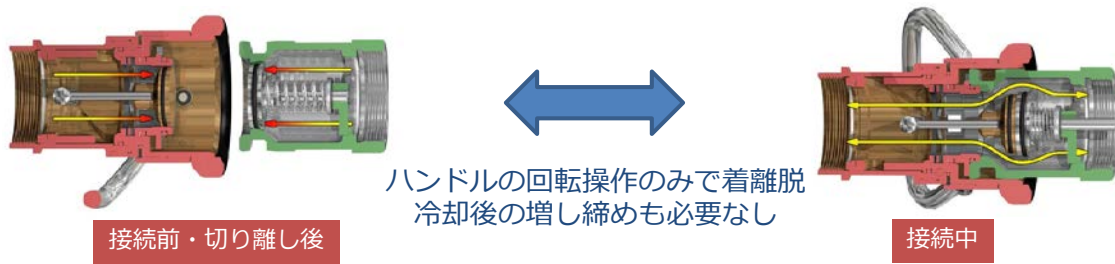


図 4.2 LNG バンカリングの取り合い部分における法令の境界（イメージ）

更に、LNG バンカリングにおいて安全性の確保、作用時間の削減、作業労力の軽減の観点から多用される QCDC<sup>28</sup>（瞬時に接続・切り離しが可能な特殊なカップリング、図 4.3 参照）については、カップリングの両側が設置される側の法令に従う必要があり、且つ、双方が接続されて気密性や耐圧性を有する必要がある。

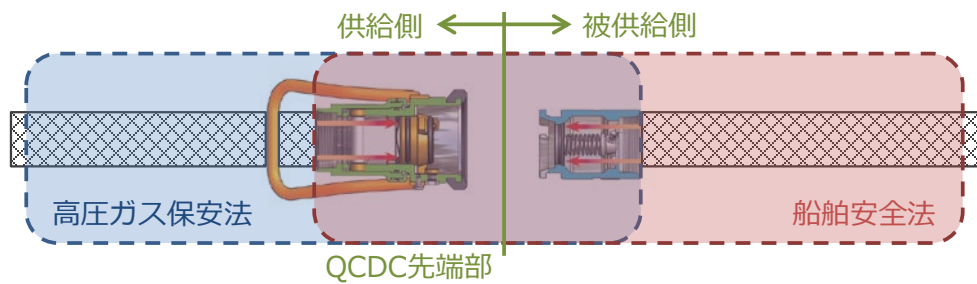
<sup>28</sup> Quick Connect / Disconnect Couplings



(Mann Tek 社資料)

図 4.3 QCDC の概要

そのため、船陸間で行われる Shore to Ship や Truck to Ship 方式での LNG バンカリングの場合には、図 4.4 に示すとおり、双方の法令が適用される。これに伴い、使用する QCDC は船陸双方の認証（船舶安全法と高圧ガス保安法など）が必要となり、認証の要件や基準等が双方で一致していないことから、必要となる情報や試験方法が異なるため、手続きが煩雑となり、ユーザの負担は大きい。



注) Truck to Ship 方式 LNG バンカリングで QCDC を使用する場合

図 4.4 船陸間で QCDC が使用される際に適用される法令（イメージ）

#### 4.2.2 安全性の検討

国内においては、前述のとおり、海事局が取りまとめた方式毎のオペレーションガイドライン・マニュアルがある。

しかしながら、当該オペレーションガイドライン・マニュアルは、国内の各港湾で共通する一般事項（General）をカバーするものである。一方、LNG バンカリングを実施する港湾毎に自然環境や港湾事情、他船の動静などは大きくことなることから、当該オペレーションガイドライン・マニュアルでは、図 4.5 にイメージを示すとおり、個別港湾の事情を勘案し、不足している事項等について、必要に応じてリスクアセスメントを実施し、所管の運輸局、海上保安部及び港湾管理者などの関係官庁に説明することが必要となる。

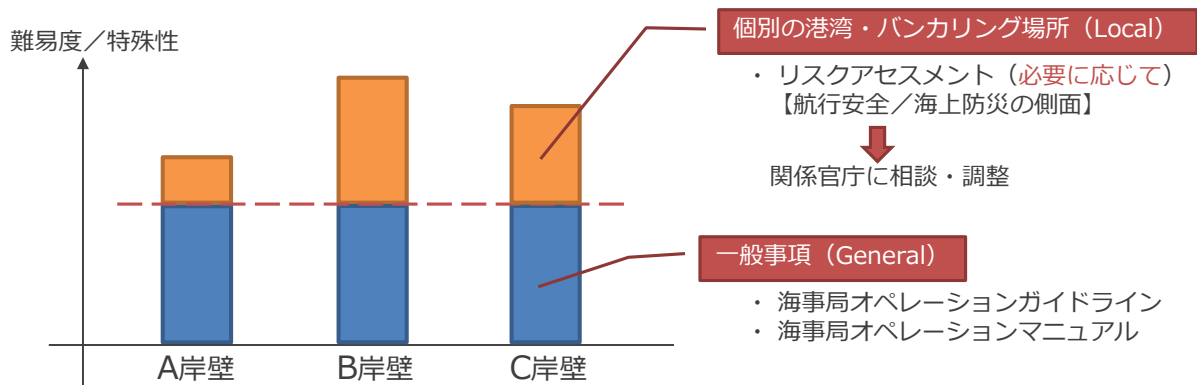


図 4.5 海事局策定 LNG バンカリングガイドライン・マニュアルでの安全性に係る整理 (イメージ)

そのため、同一湾内において LNG バンカリング事業を行おうとする事業者は、LNG バンカリングを実施する港湾毎に追加のリスクアセスメントの必要性を検討し、必要に応じて実際に実施することが必要となる。同様に、同じ港湾内であっても、原則として、供給先の LNG 燃料船が変われば、都度、追加のリスクアセスメントの必要性を検討し、必要に応じて実際に実施しなければならない。従って、LNG バンカリング事業者が都度の検討に要する負担は大きい。

一方で、海外においては、IAPH が 1 つの港湾において適切かつ十分なリスクアセスメントを実施し、関係当局 (Port Authority など) から承認が得られれば、周囲の港湾においては検討事項が大幅に軽減される、または、検討自体も不要となるような仕組みとして「Accreditation Program」を策定している。

#### 4.2.3 LNG バンカー船の係留に関する要件

国内においては、LNG バンカー船は危険物積載船に該当するため、LNG バンカリングに従事する時間帯以外は岸壁又は栈橋への係留が必要となる。一般岸壁 (危険物専用岸壁を除く) における危険物の取り扱いについては、「危険物積載船の停泊場所及び危険物荷役許可の基準」(海上保安庁) により規定されており、係留場所の選定については港湾局・海上保安庁へ確認する必要がある。なお、LNG 荷役栈橋 (危険物専用岸壁) に係留する場合、上記確認は不要となる。

なお、ガスフリー (LNG タンク内のイナートガスによるメタンガスの完全な置換) を行った状態では、LNG バンカー船は危険物積載船に該当せず、一般船として扱うことが可能である。

#### 4.2.4 LNG バンカーバージに関する要件

推進機関を持たない LNG バンカーバージは、LNG バンカリング事業の初期投資コスト引き下げに寄与する可能性があるが、船舶安全法・同法施行規則では、バージに危険物 (LNG) を積載する場合、IGC コードに準拠した安全性が要求される。

また、ばら積みの LNG を積載するバージを押航する場合、押船とバージは「一体」と見做され、押船も IGC コードへの適応が必要となり、また、押船の船員も危険物積載船と同等の資格要件が適用され、甲種／乙種 危険物等取扱責任者 (液化ガス) の資格が必要となる。加えて、押船の船員の配乗要件は、「押船+バージ」の総トン数により規定されるため、押船の定員要件が増大する可能性があり、それに合わせた資格要件を満たした船員の配乗が必要となる。

#### 4.2.5 船員の要件

LNG は従来燃料の重油と扱いが大きくことなるものの、LNG の取り扱いに係る経験・ノウハウは、外航及び内航の LNG 運搬船を運航する船社のみには蓄積されていないのが現状である。

一方で、LNG 燃料船の乗組む船員には、表 4.3 のとおり新たに創設された「甲種／乙種 危険物等取扱責任者 (低引火点燃料)」の資格が必要となる。当該資格の取得には、乗船履歴や作業従事については、LNG 燃料船 (低引火点燃料船) のみならず、液化ガスタンカー (LNG 運搬船や LPG 運搬船など) でも代替が可能となっている。

LNG 燃料船を運航しようとする船社は、同船に乗組ませる船員を育成し、確保することが肝要となる。特に乗船履歴と作業従事から得られる経験とノウハウは貴重なことから、そのような機会の確保が必要となる。

なお、LNG バンカー船・LNG バンカーバージの船員にあつては、液化ガスタンカーと同様に「甲種／乙種 危険物等取扱責任者」の資格が必要となる (船長、機関長及び機関士 (以下「船長等」という) は甲種の資格、現場責任者の船員は乙種の資格が必要)。

表 4.3 LNG 燃料船の船長等に必要「甲種 危険物等取扱責任者（低引火点燃料）」の要件

前提となる資格	乙種危険物等取扱責任者（低引火燃料）
乗船履歴	低引火燃料船（LNG 燃料船）（1 ヶ月） ※液化ガスタンカーの 3 か月の乗船履歴でも代用可
従事作業	低引火燃料の補油（3 回以上） ※3 回のうち 2 回はシミュレーターでも代用可 ※液化ガスタンカーでの積み荷等に 3 回以上従事でも代用可
登録講習	計 7 時間の登録学科講習を受講・修了が必要

注) 液化ガスタンカーでの乗船履歴等を用いて資格を取得するための要件は別途あり

### 4.3 技術的課題

#### 4.3.1 ガスエンジンからのメタンスリップ

主成分がメタンとなる天然ガス（LNG）は、前述のとおり、将来に向けた船舶燃料として総合的に有望視されるものの、エンジンに対して低圧でメタンが供給され、予混合されるオットーサイクルのエンジンでは、現状、エンジンに供給されたメタンの一部が未燃のまま排気されるメタンスリップが発生している（表 4.4 参照）。現在使用されているガスエンジンでは、中負荷以上の運転下では、エンジンに供給されたメタンの 2%程度がメタンスリップとして排出されている（図 4.5 参照）。

表 4.4 ガスエンジンのメタンスリップの傾向

	オットーサイクル (低圧ガス供給・予混合)	ディーゼルサイクル (高圧ガス噴射・Gas Injection)
中速 4 ストローク機関	現製品の全機関で有り	—
低速 2 ストローク機関	X-DF は有り	ME-GI エンジンでは無視できる程度

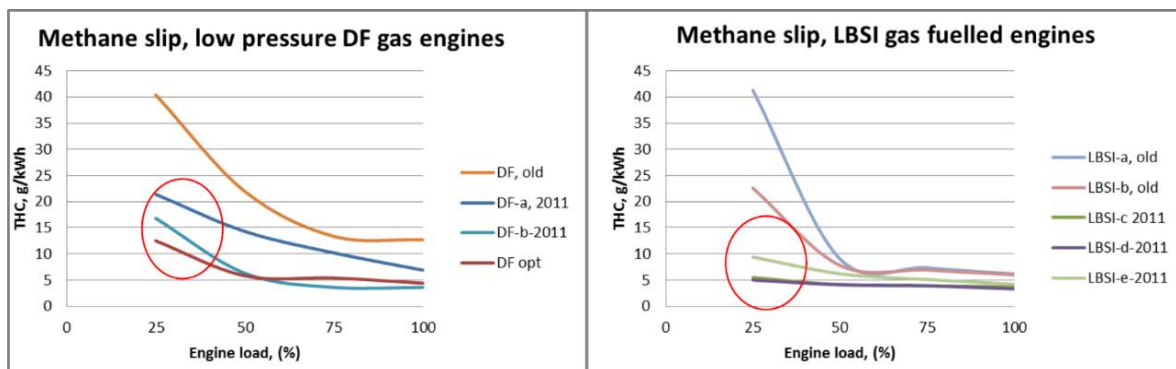
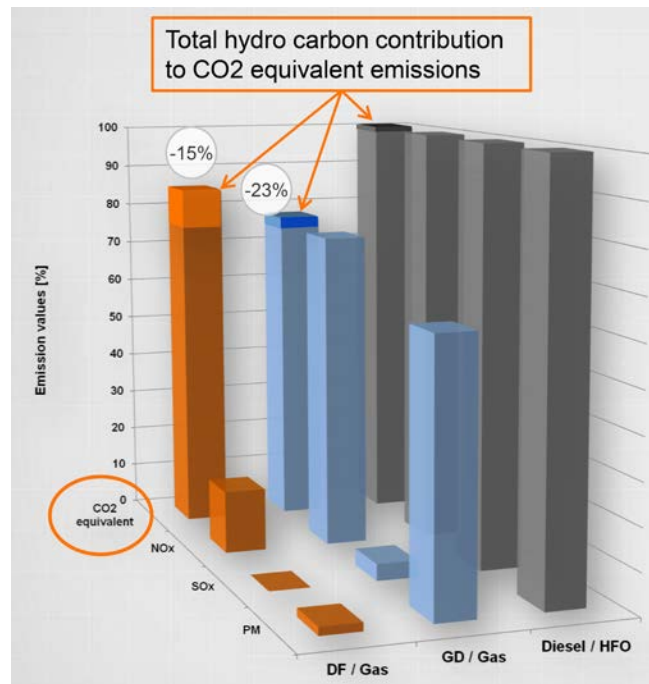


図 4.6 メタンスリップ量（出典：Marintek, SINTEF）

排気された未燃メタンは、現状でメタンの排出規制がなく、且つ、温室効果以外は環境にも無害であるものの、CO<sub>2</sub>の21～28倍の温室効果を持つため、GHG 排出量削減の観点からは、重油と比較して25%程度のCO<sub>2</sub>削減量の一部が相殺されるため、何らかの対策が必要である（図4.7参照）。それは、排気後処理のためのメタン酸化触媒の開発や、ディーゼルサイクル型の中速4ストロークガスエンジンの開発などで解決できる。

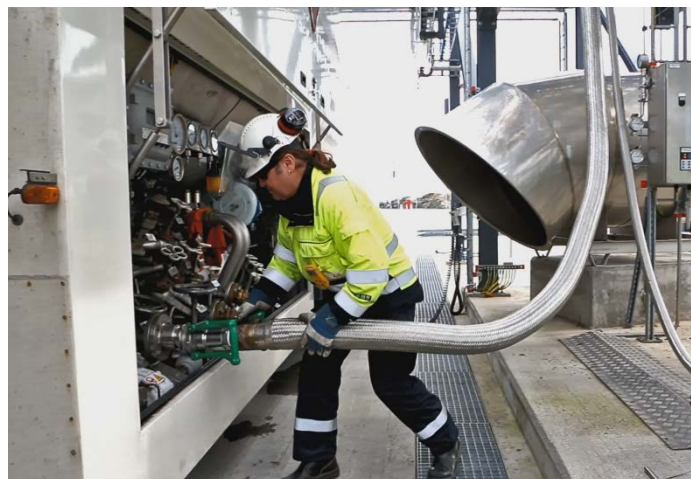


(Wärtsilä 社 2014 年資料)

図 4.7 温室効果ガスとしてメタンスリップを加味した等価 CO<sub>2</sub>削減%の一例

### 4.3.2 QCDC の規格

多くの LNG バンカリング作業では、陸上の LNG ローリーの払出・受入基地においても多用されている QCDC が使用されている（図 4.8 参照）。



(Mann Tek 社資料)

図 4.8 欧州の LNG 払出基地で使用されている QCDC

それらの QCDC は、ISO でガス分野の TC67 で 2015 年に策定された ISO/TS 18683 「Guidelines for systems and installations for supply of LNG as fuel to ships」に従って設計・製造されたものが使用されている。

一方、現在、同じ ISO の船舶分野となる TC8 においては、2020 年中の発行を目指して ISO/DIS 21593 「Ship and marine technology - Technical requirements for liquefied natural gas bunkering dry-disconnect/connect coupling」を策定中である（表 4.5 参照）。

表 4.5 QCDC の規格

ISO	策定年	担当部門	タイトル
18683 (TS)	2015	TC67 (ガス分野)	Guidelines for systems and installations for supply of LNG as fuel to ships
21593 (DIS)	現在策定中 (2020 年の発効が目標)	TC8 (船舶分野)	Ship and marine technology -- Technical requirements for liquefied natural gas bunkering dry-disconnect/connect coupling

しかしながら、ISO/DIS 21593 で規格化が進められている QCDC の構造や寸法は、ISO/TS 18683 で既に規格化され、市場に出回っている QCDC のそれらとは異なるものとなっている。そのため、将来の Truck to Ship 方式の LNG バンカリングにおいて、ISO/TS 18683 規格の QCDC を所持・使用している LNG ローリーと、ISO/DIS 21593 規格の QCDC を所持・使用している LNG 燃料船の間では、双方の QCDC を接続することができない状況に



直面することが想定される。

その場合には、どちらかの QCDC を相手側に合う規格の QCDC に付け替える必要がある。その付け替えはボルト・ナットで行われるため、QCDC 本来の存在意義である短時間での接続の前準備として、QCDC を使用しない場合と同様のボルト・ナットの作業が必要となり、効率が悪化するだけでなく、乗組員・作業員の労力も増える。

#### 4.3.3 基準・規格の乱立

国内外において、LNG バンカリングに係る基準・規格が様々な組織から発行されており、乱立している。

LNG バンカリングの主な関連するガイドラインと ISO を以下に示す。

##### 【関連ガイドライン】

- ✓ LNG 移送のオペレーションガイドライン・マニュアル（日本（海事局））
- ✓ Guidance on LNG Bunkering to Port Authorities & Administrations（EMSA<sup>29</sup>）
- ✓ LNG bunker checklist（IAPH）
- ✓ Tool for auditing LNG bunker facility operators（IAPH）
- ✓ Safety Guidelines - Bunkering version 2.0（SGMF<sup>30</sup>）

##### 【関連 ISO】

- ✓ ISO/TS 18683 (2015) : Guidelines for systems and installations for supply of LNG as fuel to ships
- ✓ ISO 20519 (2017) : Ships and marine technology - Specification for bunkering of gas fueled ships

ここで、国内において内航 LNG 燃料船が LNG バンカリングを受ける場合には、海事局の LNG 移送のオペレーションガイドライン・マニュアルを原則として遵守することで大きな問題は生じない（但し、4.2.2 の記載事項には注意を要する）。

一方、外航 LNG 燃料船の場合には、遵守すべき、または、優先すべき基準・規格が不明確なため、LNG 燃料船の旗国が規定する基準・規格や国際機関（SGMF、IAPH や ISO など）の発行する基準・規格を満足するだけでは十分でなく、LNG バンカリングが受けられない可能性がある。その場合には、LNG バンカリング実施場所の国の規定する基準・規格に対応するなどの対応が必要となり、LNG 燃料船のみならず、それに LNG を供給する LNG バンカー船にとっても事前確認にかかる負担が大きな課題となる。

---

<sup>29</sup> European Maritime Safety Agency（欧州海事安全庁）

<sup>30</sup> Society for Gas as a Marine Fuel：船会社や LNG 供給団体、港湾管理団体（Port Authority）など 110 以上の団体が加盟しており、船舶用燃料としての LNG の普及に関する産業・技術・環境規制・安全性など包括的に取り組んでいる国際推進組織

## 5 海外動向調査

### 5.1 調査の概要

船舶燃料の LNG 化で先行している欧州の事例・取組み状況について、欧州の港湾管理者、環境影響評価システム運営者、LNG 供給者にヒアリング調査を実施した。ヒアリング調査先を表 5.1 に示す。

表 5.1 ヒアリング先一覧

	ヒアリング先	場所	ヒアリング内容
①	欧州委員会 DG move (モビリティ・運輸総局)	Brussel (Belgium)	・欧州委員会 (Europe Commission)における LNG 燃料船普及に関する取組み
②	INEA (Innovation and Network Executive Agency) CEF (Connecting Europe Facility)	Brussel (Belgium)	・INEA における LNG 燃料インフラ整備プロジェクトに関する取組み
③	IAPH (International Association of Ports & Harbors)EU 事務所	Rotterdam (Netherlands)	・ESI (Environmental Ship Index) に関する、LNG 燃料船等の取扱い
④	CSI 事務所	Gothenburg (Sweden)	・CSI (Clean Shipping Index) に関する、LNG 燃料船等の取扱い
⑤	Port of Amsterdam	Amsterdam (Netherlands)	・LNG 燃料船にする入港料減免の状況 ・Port of Amsterdam における、LNG 燃料船およびインフラの普及状況
⑥	Port of Rotterdam	Rotterdam (Netherlands)	・LNG 燃料船に対する入港料減免の状況 ・Port of Rotterdam における、LNG 燃料船およびインフラの普及状況
⑦	Gothenburg Port Authority	Gothenburg (Sweden)	・LNG 燃料船に対する入港料減免の状況 ・Port of Gothenburg における、LNG 燃料船およびインフラの普及状況
⑧	Gothenburg Energy Port	Gothenburg (Sweden)	・Shore to Ship バンカリング施設のプロジェク ト ・Port of Gothenburg の LNG 燃料船普及の見 通し
⑨	Titan LNG	Amsterdam (Netherlands)	・Pontoon to Ship バンカリング施設のプロ ジェクト ・Port of Gothenburg の LNG 燃料船普及の見 通し

## 5.2 ヒアリング調査の結果

### 5.2.1 欧州委員会 DG Move (モビリティ・運輸総局)

DG-Move ( Directorate-General for Mobility and Transport of the European Commission、欧州委員会 モビリティ・運輸総局) は、European Union (欧州連合) の運輸に関する施策を所管している。

European Union レベルで LNG 燃料船に関する取組みは以下の通り。

- 欧州では、EU 指令 Sulphur Directive (EU) 2016/802 により、SECA (Sulphur Emission Control Area)を規定しており、IMO での要求より高い環境規制を導入している。
- また、EU指令 Directive 2014/94/EUにより、EU メンバー国に、2025 年までに LNG 燃料供給のネットワークを構築することを求めている。
- これらの EU 指令を受け、メンバー国は 2019～2025 年にかけて、250～430 の LNG 供給施設を整備する予定となっている。
- Trans-European Transport Network (TEN-T) は、輸送インフラのための施策のフレームワークとなり、Connecting Europe Facility(CEF)は TEN-T の施策実行のための金融手段となる。
- TEN-T における海事施策は、Motorways of the Sea (MoS)であり、MoS では 47 のプロジェクトに 378.8 million Euro (約 500 億円) の資金援助をしている。
- CEF/EFSI (European Fund for Strategic Investment)により、The Green Shipping Guarantee Programme が 2016 年に制定され、750 million Euro (約 1000 億円) の債務保証枠が確保されており、持続可能な shipping の代替・レトロフィットのプロジェクト (LNG、バラスト水、エネルギー効率化) に活用される。このプログラムによって、3 billion Euro (約 4000 億円) の投資が促されることが期待されている。

### 5.2.2 Innovation and Networks Executive Agency (INEA)

INEA は、欧州委員会 (European Commission) の執行機関 (Executive agency) であり、欧州委員会で定めた施策を実行するための役割を担っており、Transport、Energy、Telecom の 3 分野を所管している。

#### INEA の取り組み

- CEF のプログラム(2014-2020 年)では、海事関係は 103 のプロジェクトがあり、総額 1.165 billion Euro(約 1570 億円)の資金援助があり、総投資額は 3.98 billion Euro (約 5370 億円) となっている。
- 2010 年以降の TEN-T と CEF の LNG 関連プロジェクトでは、総額 Euro 446 million (約 600 億円)の資金援助があり、総投資額は 1.545 billion Euro (約 1480 億円) となっている。

- CEF(2014-)の LNG 関連は 36 のプロジェクトがあり、総額 327 million Euro(約 441 億円)の資金援助があり、総投資額は 1.1 billion Euro (約 2085 億円) となっている。
- LNG 関連プロジェクトは以下 3 種類のカテゴリに分けられる。各カテゴリの最大支援率 (補助率) は以下のとおり。

(1) Motor way of the Sea (MoS) : 環境パフォーマンス向上・ロジスティックチェーン・安全

- ・ 設備投資に 30%、パイロットテストに 50%

(2) Innovation & new technology : 代替燃料技術の開発

- ・ 設備投資に 20%、パイロットテストに 50%

(3) Maritime Ports : 港の施設のアップグレード

- ・ 設備投資に 20%、パイロットテストに 50%

- 公平な競争を確保するため、独立機関としてしっかりとした評価システムを有している。支援によって不当に競争が阻害されないよう精査され、プロジェクトごとに支援率は調整される。
- LNG 燃料船建造のプロジェクトに対しても支援は出るが、船価のうち LNG 燃料船化にかかる部分の費用 (コストアップ部分) にのみ支援は適用される。
- プロジェクトによっては、船員の教育を含めて支援している実績もある。

#### CEF の LNG 燃料船に関する主なプロジェクト

表 5.2 CORE LNGas hive プロジェクトの概要

プロジェクト名	CORE LNGas hive - Core Network Corridors and Liquefied Natural Gas (2017-ES-TM-0156-W)
プロジェクト総額	€ 33,295,760
EU 補助額	€ 16,674,880
プロジェクト期間	2014 年 1 月～2020 年 12 月
事業者国	ポルトガル・スペイン
事業内容	<ul style="list-style-type: none"> <li>- インフラ、サプライチェーン、LNG 需要、安全・環境基準、技術仕様に関する 14 の調査</li> <li>- バージ、タグボート、コンテナ荷役機器の LNG 燃料船化、LNG バンカリング施設整備など 11 のパイロットプロジェクト</li> </ul>

表 5.3 LNGHIVE2 Infrastructure and logistics solutions プロジェクトの概要

プロジェクト名	LNGHIVE2 Infrastructure and logistics solutions (2017-ES-TM-0156-W)
プロジェクト総額	€ 14,689,935
EU 補助額	€ 2,937,987
プロジェクト期間	2018年9月～2022年2月
事業者国	スペイン
事業内容	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Huelva 港、Valencia 港における、バンカリングバージへの LNG 供給施設の整備</li> <li>- Sevilla 港における、トラックと機関車への LNG 供給施設の整備</li> <li>- Huelva 港における、Multiple-Truck-To-Ship (MTTS、複数トラックからの LNG バンカリング) 施設の整備</li> <li>- LNG バンカーバージの整備</li> </ul>

表 5.4 LNGHIVE2 vessels demand: green and smart links プロジェクトの概要

プロジェクト名	LNGHIVE2 vessels demand: green and smart links – LNG solutions for smart maritime links in Spanish ports (2017-EU-TM-0147-W)
プロジェクト総額	€ 58,987,122
EU 補助額	€ 11,797,424
プロジェクト期間	2018年4月～2021年7月
事業者国	フランス・スペイン
事業内容	<ul style="list-style-type: none"> <li>- RoPax フェリー5隻の LNG 燃料船化への改造</li> <li>- Gijon 港における、車両向け LNG/CNG 供給施設の整備</li> <li>- Gijon 港における、Multiple-Truck-To-Ship 施設の整備</li> </ul>

### 5.2.3 Environmental Ship Index (ESI)

ESI(Environmental Ship Index)は2011年より IAPH(International Association of Ports and Harbors)によって運用されている。

#### ESIの概要

- 現状では、7000隻以上の ESI 登録があり、ESI スコアを持った船舶に対してインセンティブを与える 50 以上の Incentive Provider がある。
- ESI の評価は、IMO 等の国際規準をベースラインとして、そこからどれだけ削減分が上回っているかによって加点する。NO<sub>x</sub> 削減は最大 33 ポイント、Sox 削減は最大 33 ポイント、CO<sub>2</sub> 削減は最大 15 ポイント、Onshore Power Supply の設置で最大 10 ポイントが得られ、これらの合計値がトータルスコアとなる。
- ESI のスコアの配点は、NO<sub>x</sub>・SO<sub>x</sub> が高く、CO<sub>2</sub> は低い。その理由として、ESI は港に直接影響する項目を重視しており、排出の影響が NO<sub>x</sub>・SO<sub>x</sub> は港に対して Local (直接的) であるが、CO<sub>2</sub> は Global (世界的) であるためである。

#### LNG 燃料船の取扱い

- LNG 燃料船であること自体でスコアが上がるということはないが、評価結果として NO<sub>x</sub>、SO<sub>x</sub> 削減のポイントが高くなるため、ESI スコアが最高点に近い船は LNG 燃料船であることが多い。
- メタンスリップによる数値の補正はしていない。

### 5.2.4 Clean Shipping Index

#### CSIの概要

- CSI では、船舶の環境パフォーマンスについて評価を行っており、5 項目 (SO<sub>x</sub>&PM・NO<sub>x</sub>・化学物質の排出・水汚染及び廃棄物) において、それぞれ 30 ポイント満点で評価し、合計点によって 1~5 段階の格付けが付与される。
- Clean Shipping Index (CSI)スコアを基にしたインセンティブ提供者は、主にスウェーデン、オランダ、カナダに居る。
- CSI の格付けについて、船級協会等による第三者認証制度がある。

#### LNG 燃料船の取扱い

- 現状、CSI に登録している約 2,400 隻のうち、10 隻が LNG 燃料船である。
- CSI スコアを持った船へのインセンティブ提供者に、LNG バンカリングサービス事業者はいない(LNG燃料船が、LNGバンカリングの際などに割引を得ることはない)。
- メタンスリップについては、現状、CSI のスコアに影響は無いが、CO<sub>2</sub> 排出にかかるスコアの補正係数を導入することも検討している。

### LNG 燃料船普及の見通し

- CSI としては、LNG 燃料や再生エネルギーの使用をユーザーに推奨している。スウェーデンの荷主は、環境対応のために輸送費が割高となることに比較的肝要であり（結果、最終消費者へ転嫁するが）、スウェーデン自体がそのような土壌にあると考える。
- LNG 燃料船を普及させるためには、荷主およびその株主が輸送コストアップ分に対し、理解を示してもらえるかが重要であると考え

## 5.2.5 Port of Amsterdam

### LNG 燃料船に対するインセンティブの実績

- LNG 燃料船に対しては、ESI（Environmental Ship Index）プログラムの一環で、10%の Port charge 減免のインセンティブを与えている。

### LNG バンカリングインフラの整備状況

- Amsterdam 港では、既に Truck to Ship のバンカリングは盛んに行われている。
- Amsterdam 港に着く船は、近海・ヨーロッパ域内航船が多く、LNG 燃料供給は小～中規模が中心となると想定されるため、LNG バンカー船よりも規模の小さいポンツーン形式のバンカーサプライバージ (FlexFueller) が導入される予定。



(Port of Amsterdam ウェブサイト)

図 5.1 Port of Amsterdam での LNG バンカリング風景

### LNG バンカリングポンツーン (FlexFueller) プロジェクトの概要

- 2019 年 1 月より運用開始予定
- FlexFueller のバンカリング方式は以下 2 点、
  - ①アムステルダム港に停泊中の LNG 燃料船（クルーズ船・タンカーなど）に

FlexFueler をタグボートで押して接舷しバンカリング

②常駐バースに着棧中の FlexFueler から、パイルに LNG 燃料船が接舷して LNG を受ける。FlexFueler は全長 70m 程であるが、150m 程度の船舶の受入れが可能

- ポンツーン係留地は、Port of Amsterdam から事業者にリースされる。
- 通常であれば、用地は単位面積あたりの金額で貸し出しているが、本件は LNG バンカリングの需要が未知であるため、LNG バンカリング供給量に応じて段階的に課金することとしており、事業者にとってはリスクの少ない形態としている。



(Port of Amsterdam ウェブサイト)

図 5.2 FlexFueler イメージ図

#### LNG 燃料船の普及の見通し

- Amsterdam 港は街の中心地に近い所にあり、船舶の停泊中の発電による大気汚染が問題となっており、LNG 燃料化が有効な対策の一つと考えており、普及の促進が期待されている。

### 5.2.6 Port of Rotterdam

#### LNG 燃料船に対するインセンティブの実績

- LNG 燃料船の入港に対しては、10%の Port due 減免のインセンティブを与えている。

#### LNG バンカリング施設普及の状況

- LNG バンカリング船に対して、パイロットの乗船不要など、個別にインセンティブを与えている事例もある。
- Rotterdam 港では、LNG バンカリングを行う業者数に制限はかけておらず自由な競争環境となっている。

#### LNG 燃料船普及の見通し



- Rotterdam 港は、港湾が都市の中心部に近く、船舶からの排ガスによる大気汚染が問題となっているため、PM を生じない LNG 燃料への期待が高まっている。
- Rotterdam 港は、現状、重油バンカリングの主要港となっているが、2030 年までに総バンカリング数（隻数ベース）に対して LNG バンカリング数を 16%程度へ引き上げることを目標としている。



(Port of Rotterdam ウェブサイト)

図 5.3 Rotterdam 港での Ship-to-Ship LNG バンカリング風景

### 5.2.7 Gothenburg Port Authority

#### LNG 燃料船に対するインセンティブの実績

- ヨーテボリ港では、Port Due の減免として、ESI と CSI のスコアを満たすことで 10% の減免、さらに LNG 燃料を使用していることで 20%の減免を与えている。
- LNG 燃料船への Port Due の 20%減免は 2020 年までとし、その後は 10%減免へと移行する。
- 2017 年の ESI/CSI の Port Due の減免の合計値は、約 8,300,000 SEK (約 1 億 800 万円)で、124 隻の船の 2218 回の入港に適用された。一回あたりの入港での減免は、平均で 3,742 SEK (約 48,600 円)となる。
- 2017 年の LNG 燃料船における Port Due の減免の合計値は、約 800,000 SEK (約 1,040 万円)で、7 隻の船 (すべてタンカー、表 5.5 参照) の 111 回の入港 (表 5.6 参照) に適用された。一回あたりの入港での減免は、平均で 7,207 SEK (約 93,700 円)となる。

表 5.5 2017年にヨーテボリ港への入港実績のある LNG 燃料船

船名	船種	LOA/ Beam	船籍
Ternsund	Chemical/Oil Products Tanker	147 / 22 m	Denmark
Tern Sea	Chemical/Oil Products Tanker	147 / 22 m	Denmark
Fure Ferder	Chemical/Oil Products Tanker	144 / 23 m	Faeroe Islands
Fure West	Chemical/Oil Products Tanker	144 / 22 m	Sweden
Tern Ocean	Chemical/Oil Products Tanker	147 / 22m	Denmark
Ternfjord	Chemical/Oil Products Tanker	147 / 22m	Denmark
Coralius	LNG Tanker/ bunker vessel	100/18m	Sweden

(Gothenburg Port Authority, Vesselfinder.com)

表 5.6 ヨーテボリ港への LNG 燃料船入港回数

期間	入港回数合計	固有の船数
2018: Jan- Apr	45	5
2017	111	7
2016	18	2
2015	0	0

(Gothenburg Port Authority)

#### LNG 燃料船普及の見通し

- スウェーデンでは LNG 燃料船・LNG バンカリングインフラ整備にかかる追加のコスト分は、製油所・船主・ポートでそれぞれコスト負担を分け合っている。
- スウェーデン国内の製油所（荷主）、船主（Donso 島に集積）においては、LNG 燃料や再生エネルギーの使用など環境面を考慮した船舶運航へ取り組む姿勢が強く、業界の最先端を行っているという自負もある。
- 船舶燃料のさらなる環境面の配慮もあり、LNG の一部に LBG (バイオガス) を取り入れる需要も荷主等から上がっており、GPA も LBG 使用の推進をしている。ただし、LBG は LNG の倍以上コストがかかり、また生産能力も限られているので、すぐに大きく普及するとは考えていない。
- ヨーロッパは European Union のレベルでの資金支援のシステムがあるので、事業者も LNG 燃料船に関連した投資をし易い環境にあると考える。

## その他

- メタンスリップについての問題は承知しているが、影響はグローバルレベルである。Port のローカルレベルの場合、SOx・NOx・PM の削減が主要な目標となっているので、微量のメタンの放出が LNG 燃料船の促進を阻害する要因とはなっていない。
- スウェーデン国内ではタンカーを中心に LNG 燃料船が増加しているが、LNG を取扱うことができる船員が不足している又は今後不足するという問題はないと思われる。

### 5.2.8 Gothenburg Energy Port (Swedegas)

#### LNG バンカリングインフラ整備の状況

- 2018年11月、Swedegas がヨーテボリ港の Energy Port 内に LNG 燃料船への Shore to Ship バンカリング施設の運用を開始した。
- 本施設では、陸上から伸びたパイプラインを通して LNG をバースに送り、岸壁からホースにて LNG バンカリングを行う。
- 本バースには、LNG を燃料とするオイル・ケミカルタンカーが着岸し、荷揚げ・荷積みと並行して LNG 燃料のバンカリングを行う。
- フェーズ 1 として、既存の 2 つのバース(Berth 519・521)に LNG バンカリング機能を増設しており、今後は 3 つ目のバース(Berth520)にも LNG バンカリング機能を増設する予定である。
- LNG 受け入れ施設・貯蔵タンクが 3 年以内に整備される予定であり、現状の truck からの LNG 供給から、tank からの燃料供給方式に移行予定
- 視察当日は、519berth に TERN SEA (タンカー) が着岸し、ガソリンの荷揚げと並行して LNG バンカリングを行っていた。
- LNG バンカリングは LNG タンクコンテナ 3 台分 (約 120 m<sup>3</sup>) を 4 時間かけて行っていた。(本船 LNG タンク容量は 630 m<sup>3</sup>)



(Swedegas ウェブサイト)

図 5.4 LNG バンカリング風景



(Swedgas ウェブサイト)

図 5.5 プロジェクト全景

### LNG 燃料船普及の見通し

- ▶ LNG バンカリング機能を持った 3 バースの整備となるが、Swedegas としては将来的に本タンカーバースに定期的に来船する多くのタンカーの LNG 燃料船化を見込んでおり、積極的に施設を整備している

### CEF による支援

- ▶ Swedgas (スウェーデン) と Fluxys (ベルギー) は、共同で LNG バンカリングに関する下記調査プロジェクトの支援を CEF より受けている。

表 5.7 Go4Syenergy in LNG プロジェクトの概要

プロジェクト名	Go4Syenergy in LNG (2016-EU-SA-0010)
プロジェクト総額	€ 4,382,500
EU 補助額	€ 2,629,500
プロジェクト期間	2014 年 12 月～2019 年 8 月
事業者国	ベルギー・スウェーデン
事業内容	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Zeebrugge での LNG 出荷 → Gothenburg での LNG バンカリングの海上輸送網検討</li> <li>- Zeebrugge での LNG コンテナ出荷・トラック払い出し施設の検討</li> <li>- Gothenburg での Shore to ship LNG バンカリング基地の検討</li> </ul>

### 5.2.9 Titan LNG

Titan LNG は、Amsterdam 港において、Truck to ship の LNG バンカリングのサービスを提供中しており、2019 年第一四半期中に、Amsterdam 港において LNG バンカリングポンツーン(FlexFueler)を運用開始予定である。



図 5.6 FlexFueler (出典：Titan LNG ウェブサイト)

#### 政府等からの支援

- ARA (Amsterdam・Rotterdam・Antwerp) region の port authority は、LNG 燃料船の整備に積極的で、事業者からの許認可等の相談にも非常に協力的である。
- Flexfueler プロジェクトは、北ホランド州より、Clean Harbour Programme の一環として、50 万ユーロ (約 6,500 万円) の支援を受けている。

#### LNG 燃料船普及の見通し

- LNG バンカリングの需要はすぐに増大する訳ではないが、今後の需要拡大に対応していく。
- ヨーロッパの他地域に比べて、競争力のある価格で LNG 燃料を供給できる見込みなので、LNG 燃料船へのバンカリングは増大すると期待している

## 5.3 海外動向調査のまとめ

欧州では、欧州委員会(Europe Commission)の指令により、欧州内における LNG バンカリング施設の普及促進施策を実施しており、その施策を実行するための基金 (INEA の CEF) がある。そのため、事業者においては、投資のリスクを抑えて LNG 燃料船・LNG バンカリング施設に対する投資を行いやすい環境にある。

LNG 燃料船の普及を目指す港湾管理者においては、入港料の減免などのインセンティブの付与により、LNG 燃料船の入港回数の実績は着実に増えており、今後も増える傾向にあることが期待されている。

オイルタンカーの荷主・船主が集積するスウェーデンでは、船舶燃料の LNG 化によるコスト増分について、荷主・船主・港湾管理者 (行政機関) で分け合う土壌が形成されている。我が国においても、関係者 (荷主・船主・港湾管理者等) で対話等を行いながら、LNG 化によるコスト増分を分け合う土壌や環境を作っていくことが重要である。

## 6 LNG 燃料船の将来予測

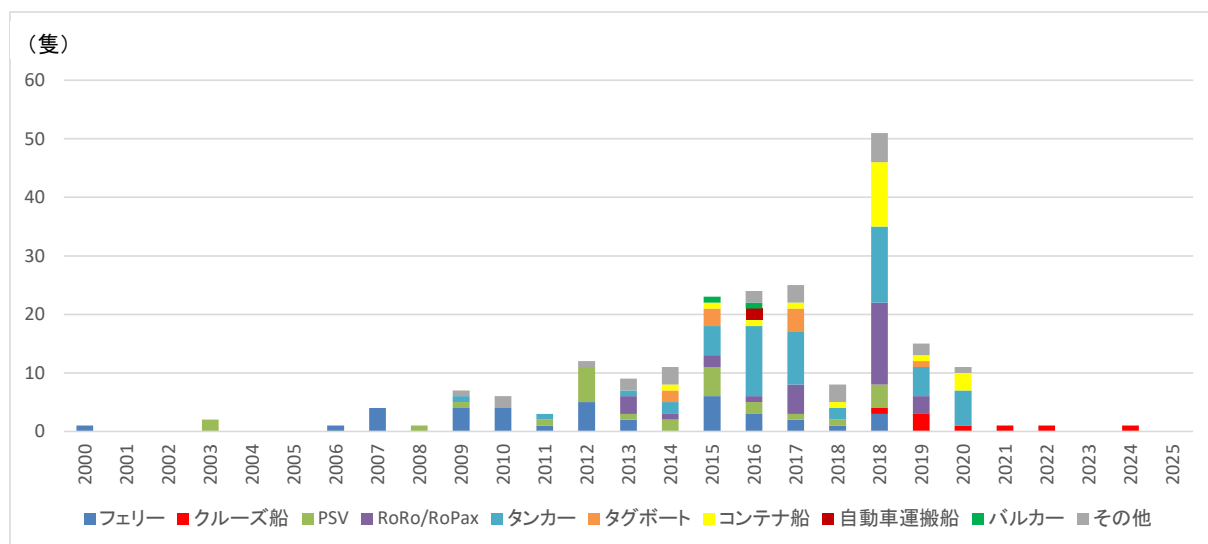
### 6.1 将来予測の概要

将来の LNG 燃料船の普及状況について、就航済み・発注残のデータや将来の期待値を参考にして予測を行った。短期予測については 2020 年、中期予測については 2025 年時点での LNG 燃料船の就航隻数の予測値を試算した。また、参考として、2050 年時点での長期予測についても紹介する。

項目	予測方法
短期予測（2020 年）	就航済み・発注残・過去のトレンド及び将来の期待値をベースに予測
長期予測（2025 年）	就航済み・発注残・過去のトレンド及び将来の期待値をベースに予測
（参考）長期予測	DNV GL「Maritime Forecast to 2050 - Energy transition outlook 2018」を紹介

### 6.2 現在の就航済み・発注残の状況

LNG 燃料船の現在（2018 年 7 月）までの就航済み・建造中・発注残の年ごとの推移を図 6.1 に示す。LNG 燃料船の就航隻数については、2015 年頃より年間 20 隻以上が就航するようになり、2018 年には年間 50 隻以上が就航する見通しである。船種の傾向を見ると、2012 年まではフェリー及び PSV の就航が主流であったが、それ以降はタンカーなどの就航が増大している。また、2018 年以降、クルーズ船の就航が見込まれている。



(日本海洋科学調べ、2018 年 7 月 31 日現在)

図 6.1 就航済み・発注残の状況

### 6.3 LNG 燃料船普及の短期予測・中期予測の結果

LNG 燃料船の就航済み隻数の予測を図 6.2 に、船種毎の予測を表 6.1 に示す（船種毎の将来予測の詳細については 6.4 を参照）。LNG 燃料船の普及予測は、2020 年（短期予測）では合計 228 隻、2025 年（中期予測）では合計 349 隻となった。

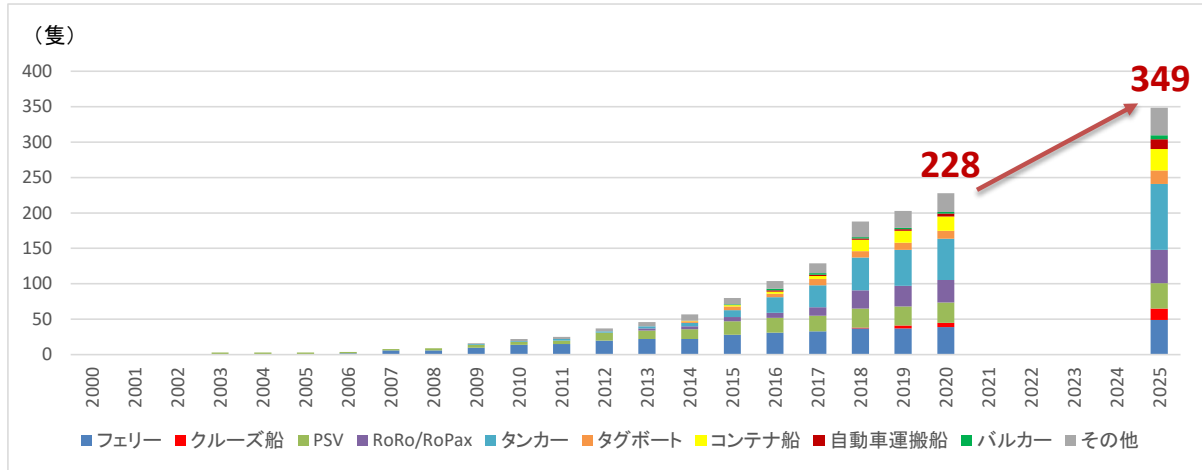


図 6.2 LNG 燃料船普及予測 (就航済み隻数合計)

表 6.1 船種毎の LNG 燃料船普及予測 (就航済み隻数合計)

(単位:隻)	フェリー	クルーズ船	PSV	RoRo/RoPax	タンカー	タグボート	コンテナ船	自動車運搬船	バルカー	その他	合計
短期予測 2020	39	6	28.5	32	58	11.5	20	4	2.5	26.5	<b>228</b>
中期予測 2025	49	16	36	47	93	19	30	15	5.5	39	<b>349</b>

## 6.4 船種毎の就航の将来予測

### 6.4.1 フェリー

LNG 燃料船フェリーの年別の就航隻数の予測を図 6.3 に示す。2019 年までの就航傾向から、2020 年以降も毎年 2 隻程度の就航があるものと予想される。

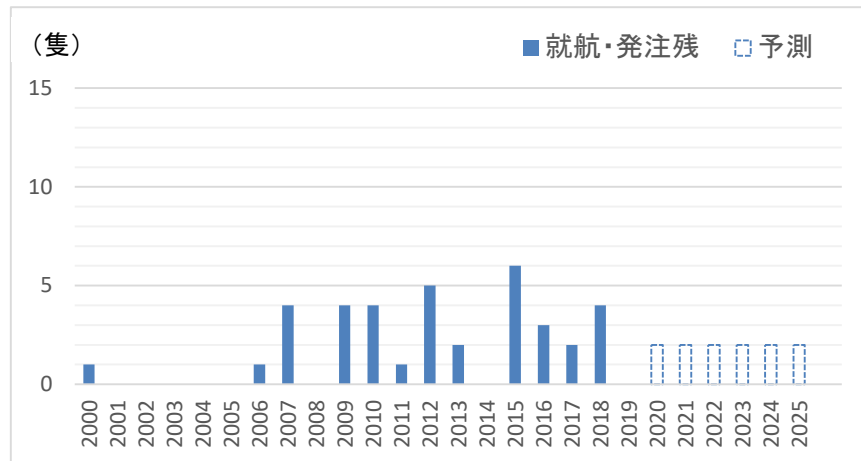


図 6.3 年別就航隻数予測 (フェリー)

### 6.4.2 クルーズ船

LNG 燃料船クルーズ船の年別の就航隻数の予測を図 6.4 に示す。2018 年以降、クルーズ船の就航が始まっており、2020 年以降も年間 2 隻程度の就航が予想される。

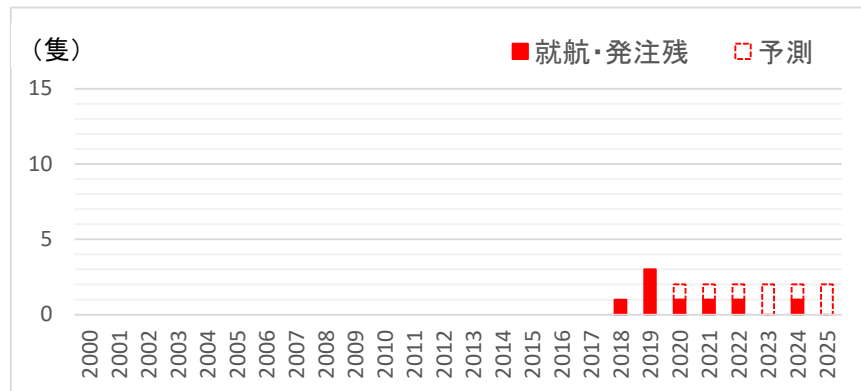


図 6.4 年別就航隻数予測 (クルーズ船)

### 6.4.3 PSV

LNG 燃料船 PSV の年別の就航隻数の予測を図 6.5 に示す。2019 年までの就航傾向から、2020 年以降も年間 1.5 隻程度の就航が予想される。



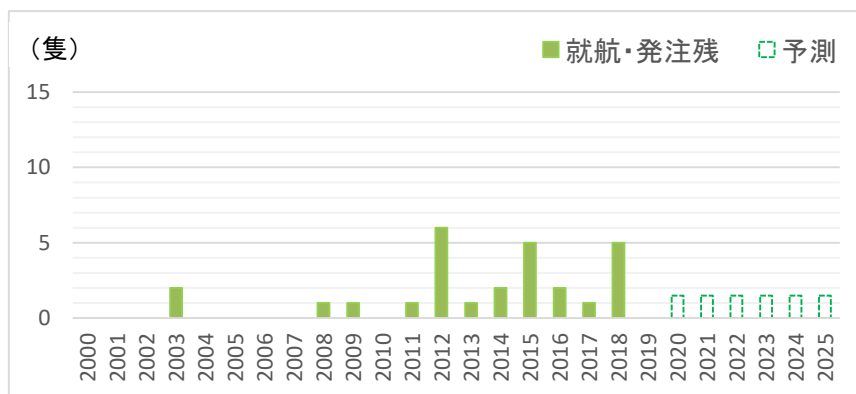


図 6.5 年別就航隻数予測 (PSV)

#### 6.4.4 RoRo/RoPax

LNG 燃料船 RoRo/RoPax の年別の就航隻数の予測を図 6.6 に示す。2019 年までの就航傾向から、2020 年以降も年間 3 隻程度の就航が予想される。

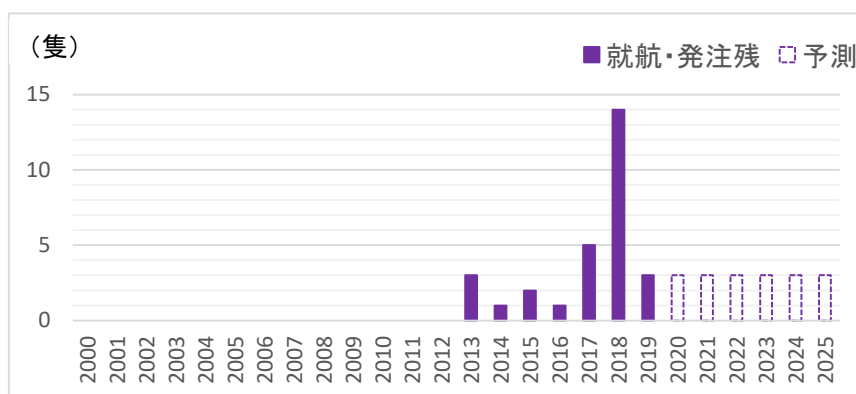


図 6.6 年別就航隻数予測 (RoRo/RoPax)

#### 6.4.5 タンカー

LNG 燃料船タンカーの年別の就航隻数の予測を図 6.7 に示す。2019 年までの就航傾向から、2020 年以降も年間 7 隻程度の就航が予想される。

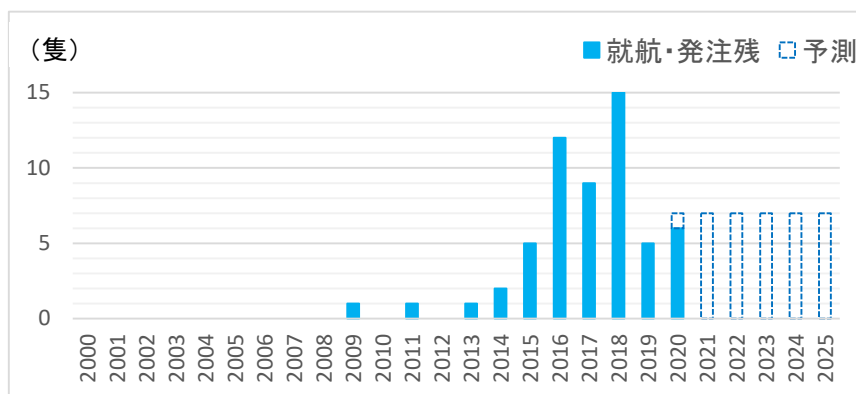


図 6.7 年別就航隻数予測 (タンカー)

#### 6.4.6 タグボート

LNG 燃料船タグボートの年別の就航隻数の予測を図 6.8 に示す。2019 年までの就航傾向から、2020 年以降も年間 1.5 隻程度の就航が予想される。

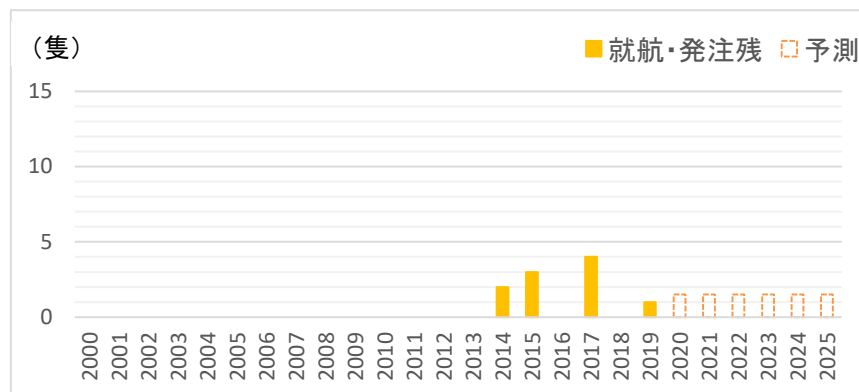


図 6.8 年別就航隻数予測（タグボート）

#### 6.4.7 コンテナ船

LNG 燃料船コンテナ船の年別の就航隻数の予測を図 6.9 に示す。2019 年までの就航傾向から、2020 年以降も年間 2 隻程度の就航が予想される。

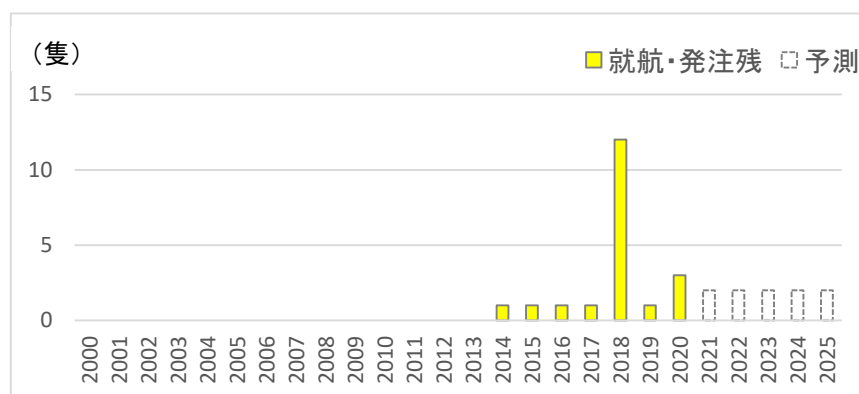


図 6.9 年別就航隻数予測（コンテナ船）

#### 6.4.8 自動車運搬船

LNG 燃料船自動車運搬船の年別の就航隻数の予測を図 6.10 に示す。近年の需要の高まりから、2020 年以降は年間 2 隻程度の就航が予想される。

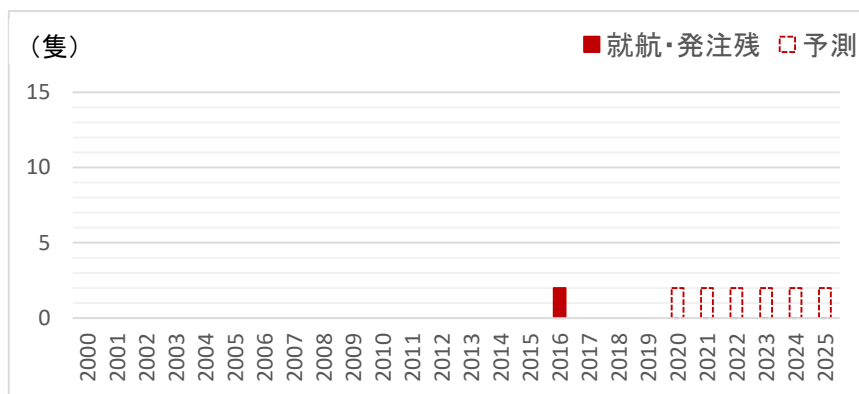


図 6.10 年別就航隻数予測（自動車運搬船）

#### 6.4.9 バルカー

LNG 燃料船バルカーの年別の就航隻数の予測を図 6.11 に示す。2019 年までの就航傾向から、2020 年以降も年間 0.5 隻程度の就航が予想される。

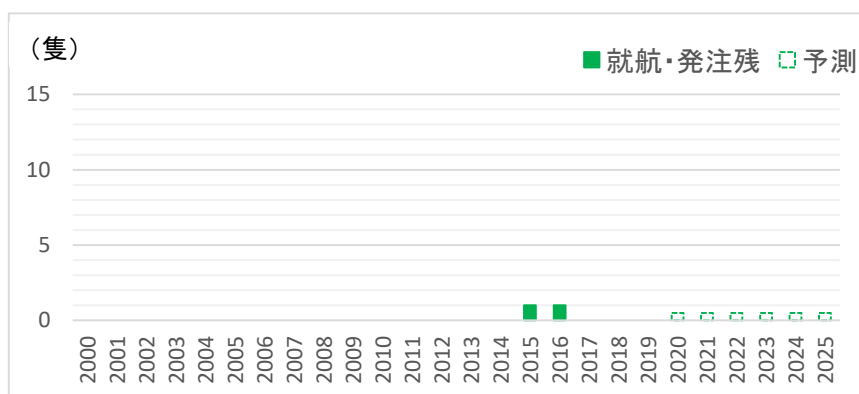


図 6.11 年別就航隻数予測（バルカー）

#### 6.4.10 その他

その他の船種の LNG 燃料船の年別の就航隻数の予測を図 6.12 に示す。2019 年までの就航傾向から、2020 年以降も年間 2.5 隻程度の就航が予想される。

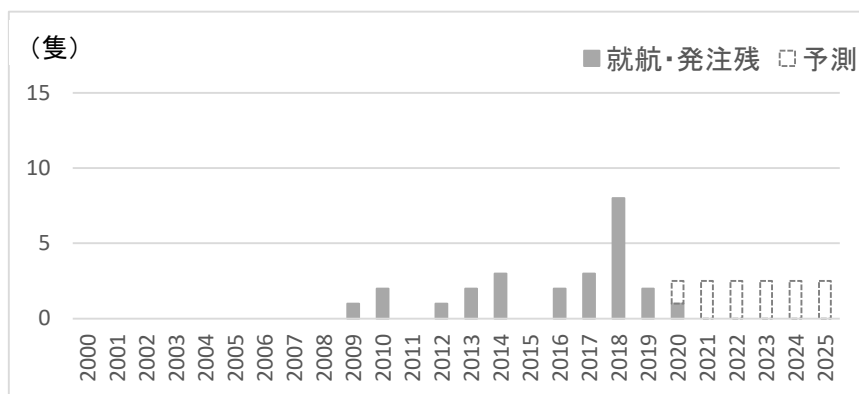


図 6.12 年別就航隻数予測（その他）

## 6.5 長期予測

DNV-GLの Maritime Forecast to 2050, Energy transition outlook 2018によると、以下の  
ように「2050年までに、LNGとLPGが、船用燃料の消費の23%を占めるだろう」と予測して  
いる。

“We forecast that by 2050, 39% of shipping energy will be supplied by carbon-neutral fuels, slightly surpassing liquid fossil fuels such as MGO (Marine Gas Oil) and HFO, which together will supply 33% of the energy. LNG and liquid petroleum gas (LPG) will together account for 23% of the energy use.”

(「Maritime Forecast to 2050, Energy transition outlook 2018, DNV-GL」より抜粋)

## 7 LNG 燃料船の経済性試算

### 7.1 経済性試算の概要

#### 7.1.1 試算のシナリオ

2020年からの船舶燃料油のSOx規制への主な対応手段である下記3つのシナリオに対して、初期投資（CAPEX）および燃料費（OPEX）を勘案し、経済性を試算し評価する。

- ① LNG への燃料転換
- ② LSFO（Low-Sulfur Fuel Oil：低硫黄燃料油）への燃料転換
- ③ HSFO（High-Sulfur Fuel Oil：高硫黄燃料油）でのスクラバー（オープンループ方式）の使用

#### 7.1.2 対象船舶

経済性試算の対象船舶は、以下の2船とする。

- ① 「外航バルカー（鉄鉱石運搬船）」

20万DWTクラス、西豪州と日本間のシャトル輸送を想定

- ② 「内航フェリー」

1.2万GTクラス、関西と九州間の定期航路を想定

#### 7.1.3 経済性試算の方法

試算の前提条件として、運航年数を20年とし、試算に必要な概算費用等は各種文献等により設定した。LNG価格については、「base」「low」の2パターンを設定し、感度分析を実施した。

表 7.1 経済性試算方法

	CAPEX（初期投資）	OPEX（燃料費）
LNG 使用	・ 船価の上昇 (燃料タンク、主機等)	・ LNG 燃料費
LSFO 使用	・ なし	・ LSFO 燃料費
HSFO + スクラバー使用	・ スクラバー設置コスト	・ HSFO 燃料費 ・ スクラバー運用コスト

## 7.2 試算の前提条件

### 7.2.1 各種燃料の前提条件

各シナリオで使用する燃料に関して、発熱量および油種別の価格をそれぞれ表 7.2、表 7.3 のとおり設定した。

表 7.2 燃料別発熱量

発熱量	MJ/kg
HSFO	40.2
LSFO	40.2
LNG	48.0

※HSFO, LSFO については「Amendments to the 2014 guidelines on the method of calculation of the attained energy efficiency design index (eedi) for new ships (resolution mepc.245(66), as amended by resolution mepc.263(68))」を参考に設定。LSFO は HSFO と同熱量と仮定した。

表 7.3 油種別価格

油種	米ドル/トン	HSFO に対する価格比
HSFO	466	1
LSFO	595	1.28
LNG (base case)	583	1.25
LNG (low case)	443	0.95

※価格については「Assessment of fuel oil availability final report (CE-Delft, 2016)」の 2020 年時の予測価格を参考に設定した。

### 7.2.2 各シナリオによるコストアップ（初期投資・燃料費）の前提条件

各シナリオにおいては、LNG 使用の際には「船舶の LNG 燃料化によるコストアップ」、またスクラバー使用の際には「オープンループスクラバー設置費用＋スクラバー運用における追加の燃料費」を加味した。LSFO 使用時には、初期投資・燃料費共にコストアップの要素は無いものとした。

表 7.4 スクラバー使用シナリオにおけるコスト増

スクラバー搭載コストアップ要因	費用
新造船 オープンループスクラバー設置費用（固定部分）	2.3 百万米ドル
新造船 オープンループスクラバー設置費用（変動部分）	38 米ドル/kW
オペレーション時のコスト	消費燃料の 1%

※「Assessment of fuel oil availability final report (CE-Delft, 2016)」を参考に設定。

表 7.5 LNG 使用シナリオにおけるコスト増

LNG 燃料船化コストアップ要因	費用
新造船コストアップ	1.4 百万米ドル/MW

※「Assessment of fuel oil availability final report (CE-Delft, 2016)」を参考に設定。

### 7.3 外航バルカー（鉄鉱石運搬船）の試算結果

#### 7.3.1 設定条件

外航バルカー（鉄鉱石運搬船）は、西豪州と日本間のシャトル輸送を想定した。運航の設定条件を表 7.6 に示す。

表 7.6 外航バルカーの運航設定条件

航路	西豪州と日本間のシャトル輸送
西豪州と日本間の距離	3600 マイル
年間ラウンド数	10 ラウンド
DWT	20 万 DWT
GT	10 万 GT
主機出力	16,500 kW <sup>31</sup>
航行速力	14.7 knot <sup>32</sup>
片道航海日数	11 日間
年間航行日数	220 日間
年間停泊日数	145 日間
航行時燃料消費量(HFO ベース)	60 トン/日 <sup>33</sup>
停泊時燃料消費量(HFO ベース)	6 トン/日 <sup>34</sup>

<sup>31</sup> 「IHS World Shipping Encyclopeadia 2018 Apr.」より、195,000dwt～205,000dwt のバルカー 38 隻の主機出力の略平均より設定。

<sup>32</sup> 「Propulsion Trends in Bulk Carriers, MAN Diesel & Tubro」を参考に設定。

<sup>33</sup> 「赤倉康寛・瀬間基広：我が国への三大バルク貨物輸送の大型化に向けた考察、土木学会論文集 Vol.66」を参考に設定。

<sup>34</sup> 「赤倉康寛・瀬間基広：我が国への三大バルク貨物輸送の大型化に向けた考察、土木学会論文集 Vol.66」を参考に、航行時の 10%と設定

### 7.3.2 初期投資および燃料消費量

各シナリオにおける初期投資費用および燃料の年間消費量を表 7.7 に示す。

表 7.7 初期投資および年間消費燃料

シナリオ	初期投資 (百万米ドル)	燃料	年間消費燃料 (トン/年)	年間消費量燃料価格 (百万米ドル/年)
HSFO+スク ラバー使用	2.9	HSFO	14,211	5.7
LNG 使用	22.1	LNG	11,784	6.9 (base case) 5.2 (low case)
LSFO 使用	なし	LSFO	14,070	8.4



### 7.3.3 経済性試算結果

外航バルカーでの各シナリオでの初期投資+燃料コスト推移を図7.1、表7.8に示す。LNG使用シナリオ（LNG 価格 base case）では初期投資が大きいものの、15年超の長期運用を見るとLSFO使用シナリオとコストが同等以下になるという結果となり、また、LNG使用シナリオ（LNG 価格 low case）では10年の運用でLSFO使用シナリオよりコストが低くなるという結果となった。HSFO+スクラバー使用シナリオは、初期投資費用がかかるものの、5年以上の運用では常にコストが一番低い結果となった。

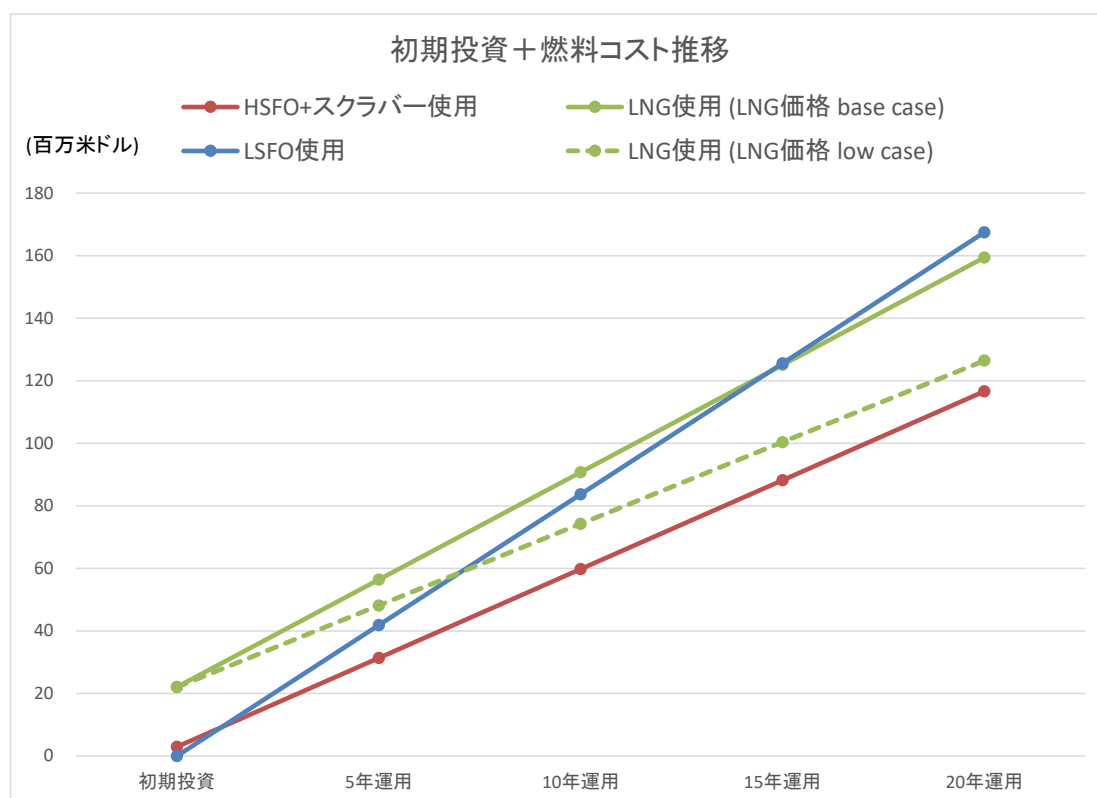


図 7.1 初期投資+燃料コスト推移

表 7.8 初期投資+燃料コスト推移

(単位：百万米ドル)	初期投資	5年運用	10年運用	15年運用	20年運用
HSFO+スクラバー使用	2.9	31.3	59.7	88.2	116.6
LNG 使用 (LNG 価格 base case)	22.1	56.4	90.7	125.1	159.4
LNG 使用 (LNG 価格 low case)	22.1	48.2	74.3	100.4	126.5
LSFO 使用	0	41.9	83.7	125.6	167.4

## 7.4 内航フェリーの試算結果

### 7.4.1 前提条件

内航フェリーは、関西と九州間の定期航路を想定した。運航の設定条件を表 7.9 に示す。

表 7.9 内航フェリーの運航設定条件

航路	関西と九州間の定期航路
関西と九州間の距離	450km
年間運航日数	365 日間
年間ラウンド数	182.5 ラウンド
GT	1.2 万 GT (出典 8)
主機出力	23,000 kW (出典 8)
航行速度	23 knot
航行時燃料消費量(HFO ベース)	78kg/km (出典 8)
停泊時燃料消費量(HFO ベース)	考慮せず

※GT、主機出力、航行時燃料消費量は「鈴木武・佐々木友子：国内航路を運航するフェリー・RORO 貨物船・コンテナ船の諸元と燃料消費の特徴、沿岸域学会誌 Vol25 No.3」を参考に設定。

### 7.4.2 初期投資および燃料消費量

各シナリオにおける初期投資費用および燃料の年間消費量を表 7.10 に示す。

表 7.10 初期投資および年間消費燃料

シナリオ	初期投資 (百万米ドル)	燃料	年間消費燃料 (トン/年)	年間消費量燃料価格 (百万米ドル/年)
HSFO+スク ラバー使用	3.2	HSFO	8,228	3.3
LNG 使用	32.2	LNG	6,823	4.0 (base case) 3.0 (low case)
LSFO 使用	なし	LSFO	8,147	4.8

### 7.4.3 経済性試算結果

内航フェリーでの各シナリオでの初期投資+燃料コスト推移を図7.2、表7.11に示す。各シナリオを比較すると、LNG使用シナリオ（base case）が、20年での長期運用でも常にコストが一番高い結果となった。HSFO+スクラバー使用シナリオは、初期投資費用がかかるものの、5年以上の運用では常にコストが一番低い結果となった。

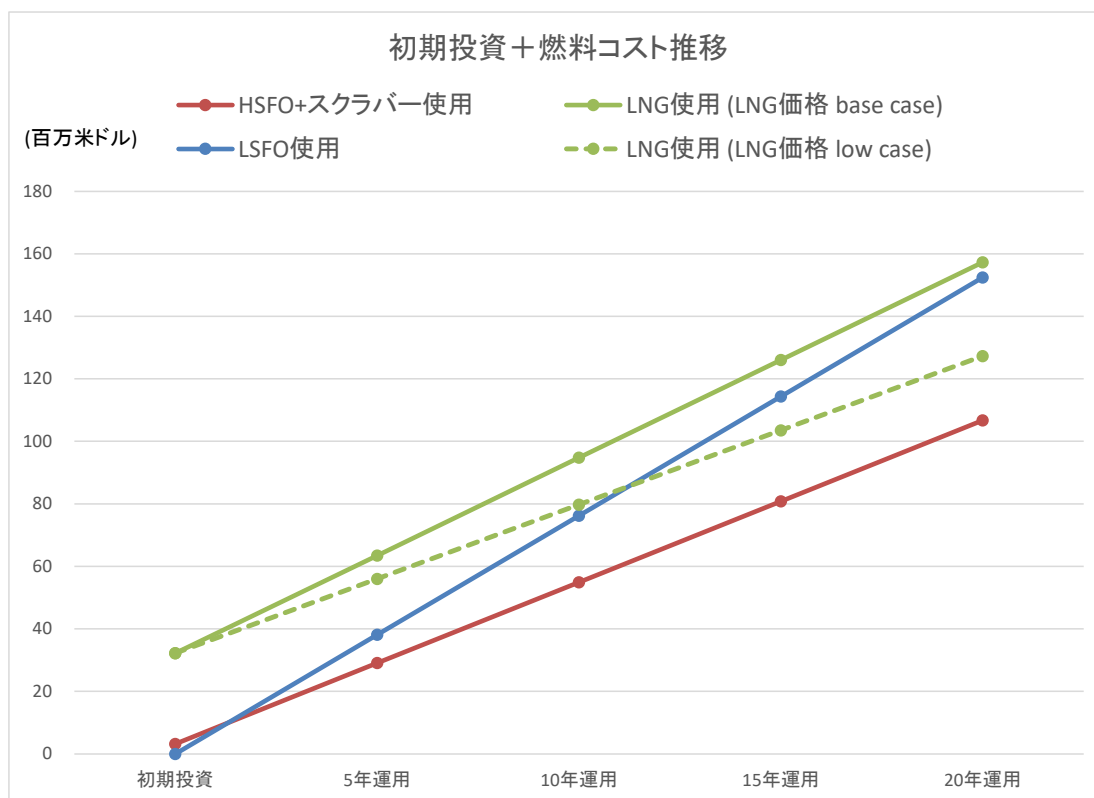


図 7.2 初期投資+燃料コスト推移

表 7.11 初期投資+燃料コスト推移

(単位：百万米ドル)	初期投資	5年運用	10年運用	15年運用	20年運用
HSFO+スクラバー使用	3.2	29.1	54.9	80.8	106.7
LNG使用 (LNG価格 base case)	32.2	63.5	94.8	126.0	157.3
LNG使用 (LNG価格 low case)	32.2	56.0	79.7	103.5	127.3
LSFO使用	0.0	38.1	76.2	114.3	152.5

## 7.5 入港料減免の試算

本船（LNG 燃料船）が日本の港湾に入港した場合、「入港料 20%の減免」の適用を仮定し、経済性の試算を行った。

### 7.5.1 外航バルカー

#### (1) 試算の前提

外航船の日本の港への入港料を Gross Ton あたり 2.7 円とする。10 万 GT の外航バルカーの一回当たりの入港料は、27 万円となる。

#### (2) 入港料減免の試算結果

入港料 20%の減免がある場合、一回あたりの入港料の減免は 5 万 4 千円となり、年 10 回の入港で、年間 54 万円の減免総額となる。

### 7.5.2 内航フェリー

#### (1) 試算の前提

内航船の各港への入港料を Gross Ton あたり 1.35 円とする。1.2 万 GT の内航フェリーの一回当たりの入港料は、約 1.6 万円となる。

また、各港で月 10 回を超える分の入港料の徴収は無いものとする（減免の上限も 10 回まで）。

#### (2) 入港料減免の試算結果

入港料 20%の減免がある場合、一回あたりの入港料の減免は約 3 千円となり、年 240 回分（2 港×10 回×12 か月）の入港料の支払いに対して、年間約 78 万円の減免総額となる。

### 7.5.3 入港料減免の経済的効果のまとめ

投資額・燃料費に比較して、入港料減免のインパクトは大きくないものの、他の入港料減免の措置（LNG 燃料船を選択することによる、ESI スコアアップによる減免等）との組み合わせなどで、より大きな割引となる可能性もある。

また、本試算のような大型バルカーの場合、入港回数も限られるが、コンテナ船やクルーズ船など入港頻度が多い船種においては、複数の港で減免制度が適用されると、減免総額は大きくなる。

## 7.6 経済性試算のまとめ

LNG 燃料船化へのコストアップ分を一定程度抑制できれば、船舶燃料の LNG 化をした場合の低硫黄燃料油 (LSFO) に対する経済優位性が出る可能性がある。また、LNG の LSFO に対する経済優位性については、今後の価格の推移によって、大きく変わる可能性もある。

シンガポール海事港湾庁 (MPA) は、シンガポール港内でオープンループ式スクラバーの洗浄水の船外排出を禁止する方針を打ち出したが、今後、スクラバーの使用に制限がかかる港湾や海域が出てくる可能性がある。また、クローズドループ式のスクラバーを搭載した場合は、初期投資や運用コストに大きな影響を与えることとなる。

LNG 燃料船に対する入港料減免単体では、経済的インパクトは大きくないものの、ESI スコア等によって入港料の減免措置を与えている港を使用する場合は、LNG 燃料船であることで高い ESI スコア等が期待できるので、より大きな入港料減免を得られる可能性がある。また、これらの港への入港頻度が高い船種においては、LNG 燃料船化を選択する際の大きな動機付けとなる可能性がある。

## 8 船舶燃料の LNG 化に向けて取り組むべき方策

船舶燃料の LNG 化については、前述のとおり有効な選択肢の 1 つであり、IMO の規制動向等により LNG 化の機運が高まりつつある。

しかしながら、LNG 化の進展に向けて、LNG 価格の優位性や LNG 燃料船の船価等に関する経済性、LNG バンカリングに係る安全性などの諸課題があるため、下記 6 項目を中心に現在直面している諸課題を整理するとともに今後取り組むべき方策を取りまとめた。

- ① LNG の価格競争力の確保
- ② LNG 燃料船に係る経済性
- ③ LNG バンカリングに係る経済性及び拠点整備の強化
- ④ 船舶燃料の LNG 化に係る安全性
- ⑤ ガスエンジン等から排出されるメタンガスへの対策
- ⑥ LNG 燃料船等に乗り組む船員の育成・確保

### 8.1 LNG の価格競争力の確保

#### 【現状の課題】

我が国の LNG 価格は、これまで国際的に高い価格で調達されているが、今後の LNG 市場については、仕向地制限がなく、原油リンクではない米国のシェールガス由来の LNG 供給の本格化等により、LNG 取引が活性化され、LNG への燃料転換が進展しやすい環境となることが期待される。米国産シェールガス由来の LNG がアジアにも本格的に流入する今は変革の時代であり、まさに“1st LNG Revolution”の入り口に立っていると言える。

資源エネルギー庁が発表した「LNG 市場戦略（2016 年 5 月策定）」に基づき、流動性の高い LNG 市場を構築することによって、より合理的な LNG 調達・取引を実現することを目指して、「取引容易性の向上 (Tradability)」、「需給を反映した価格指標の確立 (Price Discovery)」、「オープンかつ十分なインフラ (Open Infrastructure)」について官民があらゆる取組を実行し、一定の成果を上げている。しかし、LNG の価格競争力の確保に向けて、変化の著しい世界の LNG 情勢を踏まえれば、今後さらに戦略的かつ迅速に取組を行い、LNG 調達の合理化を図る必要がある。

#### 【現在の取組・今後の対策】

##### ① 経済産業省の取組

「取引容易性の向上」については、LNG の仕向地制限の撤廃に向けた取組が加速している。具体的には、資源エネルギー庁の働きかけもあり、2017 年 6 月に公正取引委員会が、一定の場合には仕向地制限等が独占禁止法上、問題となるおそれがあるとの見解を示した報告書を発表した。これを受けて(株)JERA や東京ガス(株)においては、同報告書の指摘を踏まえた LNG 契約を締結した。引き続き関連企業においても同様の LNG 契約交渉が行われることが期待される。また、他の LNG 消費国においても同様の取組を推進するため、日本と EU 間における LNG に係る連携強化の一環として、仕向地条項に係るモデル条項が 2018 年 10

月に公表されたが、引き続きこの成果を他国にも水平展開していくことが重要である。

また、これまでは日本や韓国を中心とした東アジアと欧州が世界の主要な LNG 需要地域であったが、近年、その状況が変化しており、特に中国、東南アジアや南アジアといったアジア地域全体が、国内エネルギー需要の急増や国内ガス生産の減少等を背景に、今後の世界の LNG 需要拡大を牽引していくことが見込まれている。LNG 取引のプレーヤーが増えることで LNG 市場の流動性が高まるとともに、多様な契約形態が生まれる等により価格下方圧力となることも期待される。LNG 市場の拡大のため、2017 年 10 月に開催された LNG 産消会議以来、ファイナンス支援と需要国への人材育成支援が強化・実施されている。

更に、日本の輸入シェアが減る中であっても、我が国の安定調達を確保した上で第 3 国向けの LNG も引き取ることにより、日本の LNG 市場に対する影響力を維持するとともに、日本の需要家の第 3 国へのビジネス展開を促進するため、2018 年の LNG 産消会議において、世耕経済産業大臣が更なる市場拡大に向けた政策支援を発表した。具体的には、JOGMEC は上流権益への参画がなくとも、日本企業の天然ガス液化プロジェクトへの参画も支援可能とし、NEXI や JBIC は、日本企業が参画する第 3 国向けの LNG プロジェクトや、LNG 受入基地のプロジェクトに対しても、優遇条件で支援可能とすること等とした。

「需給を反映した価格指標の確立」については、民間企業の動向次第ではあるものの、JKM<sup>35</sup>がスポット指標として徐々に確立している。米国や EU との LNG 協力の一環でもワークショップ等で議論を続けており、資源エネルギー庁も推進していく方針を示している。また、東京商品取引所は 2017 年 4 月より LNG 現物市場を開設すると同時に、JKM による先渡及びスワップ取引を開始するなど、民間においても LNG 取引活性化に向けた取組が進んでいる。今後も引き続きこのような取組を推進することが重要である。

「オープンかつ十分なインフラ」については、2017 年 4 月に開始したガスの小売全面自由化に伴い導入した「LNG 基地第三者利用制度 (TPA<sup>36</sup>)」の促進のため、各事業者は、LNG タンクの設備容量や貯蔵見通し等の情報をインターネット上で公表している。その後も、経済産業省は、TPA の利用促進に向けた措置を講じており、今後も TPA の利用状況を注視し、必要に応じて見直しを行うことが重要である。

## ②企業の取組

国内電力・ガス業界においては、透明かつ弾力性の高いアジアの LNG 市場の創出に向け、アジアの LNG 需要の開拓、フレキシブルな供給ソースの開発などの取組を行っているが、そのような取組により、LNG の価格競争力の確保に繋げることが重要である。

また、総合商社においては、国内外の電力・ガス会社と連携し、デリバティブ手法（リスクヘッジや効率的な運用等を踏まえた多種多様な取引）等を駆使して、価格競争力の高い LNG 提供を行うなどの取組を推進することにより、LNG の価格競争力の確保につなげることが重要である。

---

<sup>35</sup> Japan Korea Marker

<sup>36</sup> Third Party Access

## 8.2 LNG 燃料船に係る経済性

### 【現状の課題】

LNG 燃料船の建造コスト及び運航コストについては、以下に示す事項により、従来の船舶よりコスト高となっている。また、船舶燃料である LNG 価格の優位性に乏しい状況にある。

- ・ 建造コスト：LNG 燃料タンクの新設、LNG 関連機器の設計・設置、複雑な設計に対する労務費、リスクアセスメントの実施
- ・ 運航コスト：カーゴスペースの減少に伴う輸送機会の損失（設計に依存）、バンカリング回数増に伴う乗組員の労力の増大、乗組員の教育・訓練、運航自由度の低下（バンカリング箇所が限定される場合）

そのため、LNG 燃料船の普及に向けて、インセンティブ制度を整備するとともに、更なるコスト低減を図る必要がある。

また、定時制の維持や稼働率の向上が重要となる船舶（内航コンテナ船等）においては、LNG バンカリングに要する所要時間、頻度、場所が課題となる可能性がある。なお、参考として、ストックホルム港における LNG バンカー船「Seagas」から LNG 燃料 RoPax「Viking Grace」への燃料供給は、1 時間で全てのバンカリング作業（合計 160m<sup>3</sup>程度）を完了している。

### 【現在の取組・今後の対策】

現在、LNG 燃料船に対する技術実証支援等、国の財政的支援が行われているが、LNG 燃料船の普及を促進するためには、今後も引き続きこのような国の施策が重要であり、官民で連携を図りながら進める必要がある。

欧州の環境影響評価システムである ESI について、IAPH の下部組織である WPSP が、NO<sub>x</sub>、SO<sub>x</sub>、CO<sub>2</sub> の排出削減をベースとした評価を行っており、LNG 燃料船を含む環境に配慮した船舶等、高い ESI スコアを有する船舶に対し入港料等の減免を提供している港もある。また、CSI（Clean Shipping Index）も、ESI と同様、環境に関する 5 項目の評価結果により船舶の格付けを行っており、これを用いて入港料等の減免を行っている港もある。これらのしくみは、船舶燃料の LNG 化のインセンティブとなり、欧州を中心に導入が進んでいる。国内では、現在、東京都港湾局（東京港）及び横浜市港湾局（横浜港）が ESI を導入している。他の港湾管理者においても、船舶燃料の LNG 化に向けて、LNG 燃料船を含む環境負荷性能の低い船舶に対するインセンティブ制度導入を促進すべきである。

LNG 燃料船の船価上昇分については、調達品（燃料タンク、ポンプ、計器類、配管など）が大半を占めており、コスト削減の余地は小さいが、LNG 燃料船の普及が進んだ場合は、量産効果により設計工数や機器・設備に関するコスト低減が見込まれる。

また、オイルタンカーの荷主・船主が集積するスウェーデンでは、船舶燃料の LNG 化によるコスト増分について、荷主・船主・港湾管理者（行政機関）で分け合う土壌が形成されている。我が国においても、関係者（荷主・船主・港湾管理者等）で対話等を行いながら、



LNG化によるコスト増分を分け合う土壌や環境を作っていくことが重要である。

### 8.3 LNG バンカリングに係る経済性及びインフラ整備の強化

#### 【課題】

##### ①LNG バンカリングに係る経済性

LNG バンカリングインフラの整備については、一定の投資が必要となるため、十分な LNG バンカリング需要及び事業採算性が見込まれない状況においては、その促進が困難であり、船舶燃料の LNG 化に向けたインセンティブの付与等が必要である。

現在、国の補助事業として 2 ヶ所で Ship to Ship 方式の拠点整備が進められているが、LNG バンカー船の運航開始後、当面は稼働率向上に向けた取組が必要である。

LNG バンカー船の稼働率向上・コスト低減のため、外航 LNG 燃料船への燃料供給に関するミルクラン（巡回供給）が可能となるよう、運用手続きの効率化などの対策が求められる。

##### ②LNG バンカリングインフラ整備の強化

船舶燃料の LNG 化を進めるためには、国際的な LNG バンカリングインフラのネットワークの構築に向けて、多国間における港湾関係の連携強化が重要となる。

内航の船舶燃料の LNG 化に向けて、更なるインフラ整備を図っていく必要がある。

#### 【現在の取組・今後の対策】

##### ①LNG バンカリングに係る経済性

現在、LNG バンカリングインフラ整備（LNG バンカー船等）に対する補助等、国の財政的支援が行われているが、国内の円滑な LNG バンカリング施設の整備・運用を行っていくためには、今後も引き続きこのような国の施策が重要であり、官民で連携を図りながら進める必要がある。

また、国内において 2020 年度に 2 ヶ所で LNG バンカリング拠点が形成されるが、今後、LNG バンカリング需要を拡大した場合、各拠点で運用される LNG バンカー船の隻数増大の必要性も見込まれるところ、投資負担の限界があることから、各拠点間・地域間で協力・連携を図ることが重要である。

ミルクラン方式の実現に向けて、2017 年度、横浜市と横浜川崎国際港湾が、国家戦略特区制度を活用して国に提案しており（外航船舶への燃料油積込み手続きの効率化）、現在、実現に向けて審議が進んでいるところである（【参考資料 2】「12.1 外航船舶への燃料油積込み手続きの効率化について」参照）。

##### ②LNG バンカリングインフラ整備の強化

港湾局においては、LNG 燃料船の普及促進に向けて、国際的な港湾間協力に関する覚書に署名し、多国間での LNG バンカリング港湾のネットワーク構築に関する取組を行っており、LNG 燃料船運航に十分な LNG バンカリング拠点が整備されるまでは、民間事業者の投資負担を軽減する観点より、今後も引き続きこの取組を進めていくことが

重要である。

なお、内航船の LNG 燃料化促進のためには、内航フェリー程度の船舶までであれば Truck to Ship 方式で対応可能であること及び欧州では Truck to Ship 方式が主流である状況を踏まえると、船舶側・供給者側の双方にとってコスト負担が小さく、機動性の高い Truck to Ship 方式でのバンカリングの普及を図っていくことも重要である。LNG 燃料船や LNG バンカリングインフラについては、個々の港湾や事業者により状況が異なるため、それぞれの事情に適した LNG バンカリング方式を選定することが重要である。

## 8.4 船舶燃料の LNG 化に係る安全性

### 【現状課題】

LNG バンカリングについては、国内外において、基準、規格が乱立しており、外航 LNG 燃料船を導入する場合、どの基準・規格などを遵守すべきか明確化されておらず、旗国の基準・規格を満足するだけでは、海外でバンカリングを受けられないおそれがある。

また、国内においては、どの法令の適用を受けるか明確化するため、関係省庁（国土交通省や経済産業省など）の間での調整が必要である。具体的な課題として、以下の項目がある。

- ① 国内で整備されている LNG バンカリングに関するガイドライン等については、海外（EMSA、IAPH、SGMF、ISO など）で乱立している基準・規格と一部乖離がある。
- ② QCDC の ISO 規格は構造（寸法）と接続面が異なる 2 つが策定される見込みであり、船舶側と供給側で異なる規格を保有する場合、接続ができないため、LNG バンカリング時は 2 種類の QCDC を用意する必要がある。

### 【現在の取組・今後の対策】

- ① 国内と海外における基準・規格の乖離

国際的な基準・規格（IMO、ISO、SGMF、IAPH など）の策定や国内法令等への取り込みの際に適切に対応するとともに、LNG バンカリングに係る国内における課題に適切に対応するため、国内においても関係者（LNG 燃料供給者、LNG 燃料船・LNG バンカー船の船主・運航者、関係官庁など）が参画する SGMF のような専門組織（プラットフォーム）を民間業界団体の主導で創設するなど、一元的に検討できる体制を構築する必要がある。

また、平成 25 年に発行された「天然ガス燃料船の普及促進に向けた総合対策検討委員会」（事務局は海事局）において、各分野の有識者、関係業界団体（日本ガス協会・日本船主協会・日本造船工業会等）、経済産業省（商務情報政策局）、国土交通省（海事局・港湾局）、海上保安庁（警備救難部・交通部）等が参画して、LNG バンカリングのガイドラインやオペレーションマニュアル等を策定しており、このような取組が参考となる。

なお、LNG バンカリングの安全要件については、海外における LNG バンカリングに

係る経験を活かすなどし、過度に厳しい要件とならないよう、運用の安全性と効率性のバランスを取りながら策定することが重要である。

## ② QCDC の規格化

QCDC の ISO 規格については、TC67 (ガス分野) で策定した ISO/TS 18683 の他に、TC8 (船舶分野) で ISO/DIS21593 が審議中である (ISO の国際動向については【参考資料 2】「12.2 LNG 燃料船 WG が対応する国際動向」参照)。ISO/DIS 21593 に関する国内の検討については、JSTRA (日本船舶技術研究協会) の標準部会内の LNG 燃料船ワーキンググループで審議されている。今後、2つの ISO 規格が併存することについて、日本としては、JSTRA の部会の審議結果により、「2つの規格においてカップリングの寸法に相違があるため、標準化の観点から 1つの寸法に統合すべき」旨の意見を提出している。

LNG バンカリングの実施に向けて必要となる手続きや使用される QCDC 等の機器設備は、標準化されることが重要であるため、2つの ISO 規格が共存する状況を避けるよう、JSTRA の部会を通じて、ISO/TC8 に対して必要な働きかけを行うことが重要である。

また、ISO 規格への対応については、上述の専門組織により、海外動向の情報収集、国内基準・規格との整合などの検討、国際業界団体 (SGMF 等) との調整を一元的に行う体制を構築する必要がある。

## 8.5 ガスエンジン等から排出されるメタンガスへの対策

### 【現状課題】

現在、一部のガスエンジンからメタンスリップが発生しており、メタンは温暖化係数が高いため (CO<sub>2</sub> の 21~28 倍)、LNG の燃料使用による CO<sub>2</sub> 削減分を阻害するおそれがある。

未燃メタンの排出原因としては、「エンジン内の未燃焼メタン」が大半であり、その他「燃焼室の設計不良」「運転停止時の排出」「タンクの設計及びその操作」が考えられる。また、ガスエンジンの分類としては、オットーサイクル型 (低圧ガス供給・予混合) の低速 2 ストローク機関及び低速 4 ストローク機関でメタンスリップが発生する。

### 【現在の取組・今後の対策】

メタンスリップ対策としては、メタン酸化触媒による排気の後処理などが想定される。国内のエンジンメーカーにおいては、触媒メーカーと連携を図りながら、メタン酸化触媒の研究開発を進めており、引き続き開発を促進する必要がある。また、海外におけるメタン触媒の開発状況について、海外メーカー等から幅広く情報収集を行う必要がある。

## 8.6 LNG 燃料船等に乗る組む船員の育成・確保

### 【現状課題】

LNG 燃料船及び LNG バンカー船は、危険物である LNG の取り扱いが必要となるため、同船に乗る組む船員について、国内法令上、LNG 燃料船は「甲種/乙種 危険物等取扱責任者（低引火点燃料）」、LNG バンカー船は「甲種/乙種 危険物等取扱責任者（液化ガス）」の資格が各々必要となる。

現在、国内において運航される LNG 燃料船は 1 隻に限られるが、今後、LNG 燃料船等の普及が進展した場合、資格取得に必要な乗船履歴や作業従事の実験を積む機会を確保し、同船に乗る組む船員を育成・確保できるよう対策を講じる必要がある。

### 【現在の取組・今後の対策】

「甲種/乙種 危険物等取扱責任者（低引火点燃料）」の取得に必要な学科講習については、（独）海技教育機構（以下「JMETS」という）において「IGF コードの適用を受ける船舶向け基本訓練」、「IGF コードの適用を受ける船舶向け上級訓練」を開講しており、同訓練を受講することで対応できる（訓練の詳細は（【参考資料 2】「12.3 IGF 講習基本訓練及び上級訓練テキスト（抜粋）」参照）。

また、「甲種危険物等取扱責任者（低引火点燃料）」の取得に必要な乗船履歴及び燃料補給作業従事（以下「乗船履歴等」という）については、液化ガスタンカー（LNG 運搬船や LPG 運搬船等）の乗船履歴及び荷役作業従事で代替可能であるため、外航・内航の液化ガスタンカーを保有する船社においては、自社内で LNG 燃料船等の船員の育成・確保を図ることができる。一方、液化ガスタンカーを保有していない内航船社においては、「甲種危険物取扱責任者（低引火点燃料）の認定に係る陸上訓練実施要領の制定について」（国海員第 247 号）に基づき、JMETS が「低引火点燃料補給訓練」を開講しており、同訓練を活用することで乗船履歴等に対応することが可能である。

従って、現状では、内航 LNG 燃料船に乗る組むために必要となる資格取得のための体制等は確保されており、船社はそれらを活用することにより、LNG 燃料船等に乗る組む船員の育成・確保を図ることができる状況である。

今後、LNG 燃料船及び LNG バンカー船の普及の進展に状況の変化等がある場合は、必要に応じて、船社、国及び JMETS 等の関係者による連携した対応が重要である。

## 8.7 その他

LNG バンカリングを行う際には、安全確保の観点から、関係法令を遵守する必要があるが、今後、LNG 燃料船の普及及び LNG バンカリングインフラの整備が進展する等状況に変化があった場合、LNG バンカリングに関して改善が期待される事項を以下に示す。

- Ship to Ship 方式での LNG バンカリングと、貨物の荷役や車輛の乗降や旅客の乗下船

を同時に実施可能（SIMOPS<sup>37</sup>）かどうかは、安全区域（Safety Zone）の設定などに係るリスクアセスメントの検討結果次第であり、各港湾事情により異なるものの、設定方法やリスク評価手法などについては、今後、共通化されることが期待される。

- Truck to Ship 方式での LNG バンカリングにおいて、LNG ローリーがポンプを使用して 100 万 m<sup>3</sup>（ガス換算）を超える供給を行う場合には、コンビナート等保安規則（高圧ガス保安法）の遵守が必要となるが、確保すべき隔離距離等で要件が厳しくなり、LNG 供給の仕方が限定されるため、今後の改善が期待される。
- フレキシブルホースに係るガス事業法の技術基準（陸側）については、現在、経済産業省において適合性を評価中である。
- ポータブルタンク方式の LNG バンカリングで使用される LNG ポータブルタンクと LNG コンテナについては、安全弁の設定やフレキシブルホースの基準や規格などが、陸上（高圧ガス保安法・道路法）と海上（船舶安全法）で差異があり、1 つのタンクに設備を重複して設置・運用するなどの対策が必要となるため、今後の改善が期待される。
- 一般船員の確保に苦勞している内航業界においては、荷役時間帯のみに下船が限定される現状の危険物積載船の労働環境では、若年層船員の採用・確保が難しい実情もあり、LNG バンカー船に乗り組む船員の労働環境について、今後の改善が期待される。

---

<sup>37</sup> Simultaneous operations

## 9 今後の展望

船舶燃料の LNG 化に向けた今後の展望については、下記のとおり、今後の LNG 化の重要性、LNG の価格競争力、LNG 化の環境整備の状況を踏まえると、船舶燃料の LNG 化は、着実に進展するものと考えられる。

### (1) 船舶燃料の LNG 化の重要性

船舶燃料を LNG 化することは、SO<sub>x</sub> をほとんど排出せず、NO<sub>x</sub> 排出量の 40～70% 程度の削減に加えて、CO<sub>2</sub> 排出量も 25% 程度削減できることから、2020 年の SO<sub>x</sub> 規制強化への対応のみならず、2030 年の GHG 削減目標（平均燃費の 40% 改善）の達成に向け、他の代替燃料と比較して有効かつ現実的な手段である。また、今後の大きな方向性として、国際的な環境規制は更に強化されていくものと考えられ、船舶燃料の LNG 化の重要性は、益々高まることは確実である。

なお、2050 年の目標達成（総排出量 50% 削減）に向けて、船舶燃料の LNG 化のみでは対応できないため、低炭素化の代替燃料への転換や CO<sub>2</sub> の回収など、更なる CO<sub>2</sub> 排出量削減に向けた技術開発等の取組が必要である。

### (2) LNG 価格の競争力の確保

2020 年の SO<sub>x</sub> 規制強化に伴い、今後の規制適合油の価格は上昇する見通しであり、相対的に LNG 燃料の価格優位性は高まることも予想される。また、米国のシェールガス由来の LNG 供給の本格化などによる LNG 取引の活性化に伴い、LNG 燃料の価格競争力が確保され、LNG へ燃料転換し易い環境へ移行することが期待される。

### (3) 船舶燃料の LNG 化の環境整備

我が国においても、数隻の LNG 燃料船の建造が計画されるとともに、LNG バンカリングインフラの整備事業が進んでいる。今後、実績の蓄積により信頼性が高まり、LNG 化し易い環境が整備されていく見込みである。

## 10 おわりに

今回、運輸総合研究所では、船舶の代替燃料としての LNG の可能性に関する調査研究を行った。船舶燃料の LNG 化については、諸課題はあるものの、LNG が重油に代わる有効かつ現実的な選択肢であることが明確化された。また、今後、相対的に LNG の価格優位性が高まることや、米国シェールガス由来の LNG 供給の本格化等により LNG の価格競争力の確保が期待される。さらに、今後、国内における LNG バンカリングの実績が蓄積されることにより信頼性が高まり、事業者において船舶燃料の LNG 化を決断しやすい環境が整備されていく見込みである。

このように、我が国においても、船舶燃料の LNG 化の機運が高まりつつある状況であるが、今後も引き続き LNG 化の普及促進に向けて着実に前進させていくことが重要であり、関係者における不断の取組が期待される。

## 11 【参考資料 1】研究会の開催実績

研究会の委員等名簿について表 11.1 に示す。

表 11.1 「船舶の代替燃料としての LNG の可能性に関する調査研究」研究会委員等名簿

<b>委員長</b>	
高崎 講二	九州大学大学院 名誉教授
<b>委員</b>	
鈴木 拓也	(株)JERA 販売・調達・燃料事業本部 バリューチェーン事業開発部 輸送事業ユニット ユニット長
河西 一崇	住友商事(株) 石油・LPG・海洋事業部 石油チーム 船油・潤滑油・LNG バンカー担当課長
杉田 博章	横浜川崎国際港湾(株) 企画部長
二藤 高広	日本郵船(株) 燃料グループ 燃料プロジェクトチーム長
中野 道彦	(株)商船三井 エネルギー輸送営業本部 燃料部長
大橋 郁	井本商運(株) 取締役
大橋 徹也	川崎重工業(株) 船舶海洋カンパニー 技術本部 基本設計部 基本計画第一課長
廣仲 啓太郎	新潟原動機(株) 技術センター 技術開発グループ長
河野 隆之	エア・ウォーター・プラントエンジニアリング(株) 営業本部 市場開発部 副部長
鈴木 貴恵	国土交通省 海事局 海洋・環境政策課 調整係長
加藤 美帆	国土交通省 港湾局 港湾経済課 課長補佐
土屋 知省	一般財団法人運輸総合研究所 ワシントン国際問題研究所 所長
<b>オブザーバー</b>	
加藤 直子	経済産業省 資源エネルギー庁 資源・燃料部 石油・天然ガス課 課長補佐
山本 一	公益社団法人日本海難防止協会 海上交通研究部長
<b>事務局</b>	
池田 隆之	(一財)運輸総合研究所 国際業務室 主任研究員
青山 憲之	(株)日本海洋科学 コンサルタントグループ 主任コンサルタント
米原 章浩	(株)日本海洋科学 コンサルタントグループ 主任コンサルタント
室屋 聖子	(株)日本海洋科学 コンサルタントグループ コンサルタント



## 11.1 第1回研究会

### 11.1.1 開催の概要

#### (1) 開催日時等

日 時：2018年11月7日（水） 10：00～12：30

場 所：運輸総合研究所 第一会議室

#### (2) 議事次第

1. 船舶燃料のLNG化に関する背景及び現状
2. 事業者における取組状況
3. 船舶燃料のLNG化に関する諸課題
4. 第2回研究会に向けた調査方針
5. 船舶燃料のLNG化に向けての論点整理

#### (3) 配布資料

資料 1-1：「船舶の代替燃料としてのLNGの可能性に関する調査研究」研究会の設置

資料 1-2：船舶燃料のLNG化に関する背景及び現状

資料 1-3-1：今後のLNG市場の見通しおよびJERAの取り組み（鈴木委員）

資料 1-3-2：LNG燃料化の課題に対して商社が提供するトータルソリューション（河西委員）

資料 1-4：船舶燃料のLNG化に関する諸課題

資料 1-5：第2回研究会に向けた調査方針

資料 1-6：船舶燃料のLNG化に向けての論点整理

### 11.1.2 議事概要

研究会の開催に際して、運輸総合研究所の土屋ワシントン国際問題研究所所長より挨拶があった後、事務局より、資料の確認が行われた。

その後、高崎委員長により議事が進行された。

#### (1) 研究会の設置

本研究会の設置について、資料 1-1 に基づき事務局より説明があった。特段質疑はなし。

#### (2) 議題 1：船舶燃料のLNG化に関する背景及び現状

資料 1-2 に基づき事務局より説明があった。

主な質疑は以下のとおり。

**【井本商船 大橋委員】**

P10のLNGと他の燃料／動力の比較表では、LPGが触れられていないが、有益な資料とするためにも触れて頂けないか。

**【事務局 青山】**

承知した。次回委員会までに追記する。

**【日本郵船 二藤委員】**

P36に計画中のLNGバンカー船が掲載されているが、表中、最左列の船については、LNGを燃料とする重油のバンカー船と思われる。念のため確認頂きたい。

**【事務局 青山】**

承知した。次回委員会までに確認し、必要に応じて修正する。

**(3) 議題2：事業者における取組状況**

JERAの鈴木委員から、資料1-3-1に基づき、また、住友商事の河西委員から、資料1-3-2に基づき、それぞれ説明があった。

両説明に対する主な質疑は以下のとおり。

**【住友商事 河西委員】**

JERA鈴木委員にお伺いしたい点がある。資料1-3-1のP5において、アジアでの「Gas to Powerの開発・受注」に触れているが、そういった基地においては、再出荷設備は検討されているのか。

**【JERA 鈴木委員】**

基本的に基地設備については、顧客からの指定に基づくことが多い。一方で、アジア圏では水深が浅い港が多く、既存の大型のLNG船が入港できないことが多い。そういった港湾においては、小型のLNG船が指定されることがあるため、自ずとそういった小型LNG船に出荷する設備は必要になる。従って、LNGバンカリングに使用を限るものではないが、結果として再出荷できる設備を持つ基地が建設される可能性はある。

**【運輸総合研究所 土屋委員】**

両委員の説明で触れられていた「ヘンリーハブ」や「JKM」は、出荷地における価格指標のようなものなのか、ご教示頂きたい。

**【JERA 鈴木委員】**

ヘンリーハブ(Henry hub)はアメリカのガス価格指標で、アメリカからガスを買う際にこれにリンクした価格設定となる。アジアにおけるLNGのスポット価格の指標であるJKM(Japan Korea Marker)、日本が輸入するLNGの平均価格を示すJLC(Japan LNG Cocktail)などもある。

**【住友商事 河西委員】**

JLCについては、今後北米からの輸入が増えるなど、輸入の構成比が変わる可能性があり、将来動向が読めず価格を固定することが難しいという実情がある。

(4) 5.4 議題 3：船舶燃料の LNG 化に関する諸課題、議題 4：第 2 回研究会に向けた調査方針、議題 5：船舶燃料の LNG 化に向けての論点整理

事務局から、資料 1-4、資料 1-5、資料 1-6 に基づき、それぞれ説明があった。

それらの説明に対する主な質疑は以下のとおり。

【井本商船 大橋委員】

内航コンテナ船社は、定時制の維持と本船稼働率の向上が最も重要である。内航フェリーも定時制は重要であるものの、予め入出港のスケジュールが決まっており、比較的余裕のある航行スケジュールが組まれるため、稼働率としてはそれほど高くない。

そういった観点からも内航コンテナ船は運用条件が厳しい中で、更に LNG バンカリングのためだけに時間を要することがあれば、稼働率が低下するだけでなく、場合によっては定時制の確保に影響を及ぼす可能性がある。そこで、LNG バンカリングについては、所要時間、頻度、場所という点について、論点に追加して頂き、引き続き条件の改善が見込まれる施策に期待したい。

【日本郵船 二藤委員】

LNG バンカリングについては、井本商船の大橋委員と同様の見解を持っており、既存の重油のバンカリングに対して、所要時間や、煩雑な手順などにより普及の障壁となるようなことは避けるべきだと考える。ベルギーで運用に関わっている LNG バンカー船「Engie Zeebrugge」では、非常に要件の高い大型 LNG 船同士の Ship to Ship 荷役を基に手順を策定したため、十分な安全性は確保できているものの、効率的な運用が成されているとは言い難い状況にある。従って、LNG バンカリングについても、可能な限り従来の重油バンカリングと同様の運用が行えるように近付けていく取り組みが必要だと感じている。

また、Ship to Ship 方式及び Shore to Ship 方式での LNG バンカリングについては、供給者のインフラ整備に大きな投資が必要となる。同様に、需要側の LNG 燃料船も重油焚き船と比較して船価が 1.2~1.3 倍に上昇するため、船社の負担も大きい。自社の調査においては、国内における LNG バンカリング需要の大半は、需要側・供給側の双方にとって負担の小さい Truck to Ship 方式で満たせる可能性が高いと見ており、最大で内航フェリー程度までは十分対応できると考えている。欧州では Truck to Ship 方式が主流となっている状況も勘案し、国内でも Truck to Ship 方式の普及から始め、徐々に他の方式に広げていくことも一案であると考えます。

【横浜川崎国際港湾 杉田委員】

本研究会の目的は、LNG 燃料船の普及に向けた課題の整理と対策案の策定であると認識している。しかしながら、IMO の GHG 戦略で 2050 年までに CO<sub>2</sub> の排出量を 50% 削減しなければならない目標があるものの、環境保護団体などからは CO<sub>2</sub> 排出削減に対する寄与が限定的な LNG 燃料船の普及が不要との意見があるとも聞いている。そのため、そういった意見に対して、検討の前提となる LNG 燃料船の普及を促進するという

政策の妥当性について、整理が必要だと考える。

また、先に指摘のあった本船の定時制と LNG バンカリングの頻度については、現在港湾局にて進められている 2 拠点に LNG バンカー船がそれぞれ 1 隻配備されるだけで安定的なバンカリングをするのに十分なのかという疑問点もある。しかしながら、LNG バンカー船のさらなる配備も過大な投資が必要となり負担が増大することからも、拠点・地域間での協力・連携も必要になるのではないかと考える。

**【高崎委員長】**

LNG 燃料船が将来の CO<sub>2</sub> の排出量削減に有効であるということは、海外でも DNV GL 等から報告されている。私見となるが、CO<sub>2</sub> の排出量削減に向けては、当面の間、約 25% を削減可能な LNG を燃料とする選択肢が本命になるものと考えている。

**【事務局 池田】**

杉田委員の「各拠点の整備にあたっては、LNG 燃料船が複数隻必要ではないか」との指摘について、実際に事業を支援されている港湾局として、どのように考えているか。

**【港湾局 加藤委員】**

港湾局においては、LNG 燃料供給インフラの整備を、我が国港湾の供給ハブ化の観点からサポートさせて頂いている。このため、拠点の場所や数については、現時点では東京湾及び伊勢湾・三河湾の 2 拠点ということで採択しているが、各拠点において、1 隻で十分なのか、更にもう 1 隻必要なのかという点については、各拠点における今後の需給を見極めて、各所で検討・決定していくべきことと考えている。将来的に必要となる拠点数や、各拠点間での連携方法などといった点については、更なる補助金支出の可否を含め、今後の検討課題と考えている。

**【住友商事 河西委員】**

資料 1-5 の P9 にある経済性評価の対象として選定されている外航タンカーについて、VLCC のユーザである国内の石油元売り各社は、精製後に残る C 重油を船舶燃料として引き続き提供していきたいという思惑もあるため、LNG 燃料化への訴求力は低く、コンテナ船、PCC、バルカーといった船種と比較して、実現性が低いように感じられる。

**【事務局 米原】**

ご指摘の船種の場合、LNG 燃料タンクを設置するためにカーゴスペースが失われる可能性が高い。経済性の評価では、燃料とは別のマーケットが存在する貨物に対して、その輸送量の損失分を同時に評価することは難しいという実情がある。

**【住友商事 河西委員】**

検討の難しさは理解するものの、国内の原油消費量は、今後減少することが予想されている中で VLCC を敢えて対象とすることには疑問が残る。

**【高崎委員長】**

この点について、商船三井、日本郵船より、船社の視点からご意見を頂きたい。

**【商船三井 中野委員】**

対象船種として VLCC を選定とすることに特段の違和感はない。しかしながら、日本へ寄港する船舶として検討する場合、国内の石油元売り会社が LNG 燃料化に積極的で

はないことは確かである。そこで、代替案として、西豪州・日本の航路に配船される VLOC を対象船種としては如何か。VLOC は西豪州と日本、韓国、中国の間で運航されており、航路もほぼ固定されている。また、現状の重油バンカリングについても、豪州側に適当な場所が存在しないため、日本でバンカーを取っている実情もある。

**【日本郵船 二藤委員】**

河西委員・中野委員のご意見は共に理解できる。本研究会での議論に資するという観点からは VLCC と VLOC の両方を検討して頂くことが最善である。

**【事務局 米原】**

検討の時間も限られていることから、船種は内航船と外航船で 1 隻ずつとさせて頂きたい。各委員からのご意見を総合的に勘案し、対象船種は VLCC から西豪州・日本間で運航される VLOC に変更させて頂く。検討に際しては、委員の皆様にもご相談させて頂くことがあるかもしれないが、その際はご協力をお願いしたい。

**【商船三井 中野委員】**

内航船については、船員要件を検討する前に、船員不足を検討することが必要な状況にある。近年は SNS 等のコミュニケーションツールの発達により、転職情報が容易に入手・共有されるため、グループ内の内航船社からは、3 人を採用すると、10 人が辞めてしまうという事例も報告されている。そういった観点からも、LNG バンカー船については、ミルクラン運用を含め、ビジネスの自由度を高めることにより、労働環境の改善を行っていくことが重要と感じている。

**【事務局 池田】**

JERA の鈴木委員、住友商事の河西委員より、今後の LNG 市場の見通しや市場への戦略的取組についてご説明を頂いたが、LNG の価格競争力の強化に向けて、特に留意して取り組むべき事項があれば、ご意見頂きたい。

**【JERA 鈴木委員】**

自社の役割は、できる限り競争力の高い LNG を提供し続けることに尽きると考えている。引き続き努めていく。

**【住友商事 河西委員】**

LNG の生産に関与していない自社としては、国内外のユーティリティ企業と連携し、デリバティブ手法等を駆使して、最終的に価格競争力の高い LNG を提供していく。

**【資源エネルギー庁 加藤オブザーバー】**

当庁としては、資料 1-2 で説明された LNG 市場戦略を推進していく。LNG の価格に対して、政府として支援できることは限られているが、LNG の仕向地制限の撤廃に向けて、公正取引委員会への働きかけを行った結果、昨年実際に公正取引委員会から報告書が出された。先日は、日 EU の連携の一環として仕向地条項に係るモデル条項も公表したところ。価格指標に関しては、JKM というスポット指標が徐々に確立してきており、実際の取引で参照される例も出てきている。価格指標の確立に関しては、ビジネス・民間企業の動き次第というところはあるが、政府としては推進していく方針である。バンカリングもその内の一つである。先日の LNG 産消会議でも議題として LNG バンカリン

グも取扱い、国交省にも登壇いただいた。今後も引き続きできる限りの協力を行っていく。価格競争力の観点から政府が取組むべきことがあれば、是非ご意見いただきたい。

**【高崎委員長】**

LNG 燃料船や LNG バンカリングを支えるサプライヤーの観点より、エア・ウォーター・プラントエンジニアリング、新潟原動機、川崎重工業の各委員からも、ご意見を頂きたい。

**【エア・ウォーター・プラントエンジニアリング 河野委員】**

Truck to Ship 方式での LNG バンカリングの場合、国内で運用されている LNG ロリーは、ポンプを持たない自己加圧式で、設計圧力も 0.6MPa となっているため、LNG 燃料船の燃料タンクとの差圧が小さい場合にはバンカリング時間が長くなる。一方で、高圧ガス保安法では 2 時間以上の駐停車は認められていないため、所要時間は 2 時間以内に収める必要がある。所要時間削減のためにはポンプを使用することも有効であるが、稼働に要する電力の供給などの課題がある。また、ポンプを使用する場合、供給量がガス換算で 100 万 m<sup>3</sup> を超える場合にあつては、コンビナート等保安規則の遵守が必要となるため、確保すべき離隔距離などで要件が高まることなども懸念される。

**【新潟原動機 元田委員】**

メタンスリップに対しては、海外メーカーの取り組み状況の把握を含め、社内にて研究開発を推進している。しかしながら、エンジン本体で取り得る対策には限界もあることから、触媒メーカー等とも協力することで、改善に向けて取り組んでいる。

**【川崎重工業 大橋委員】**

資料 1-5 における経済性評価では、LNG 燃料船の船価は増大分の評価に対して、運航年数を 20 年とされている。しかしながら、そのような長期間の運用を経た後に LNG 燃料化が従来の船舶と経済的に同等であるとの結果になったとしても、事業者として LNG 燃料船を選択するメリットは低いと感じる。本研究の目的である LNG 燃料船の普及促進に向けて、例えば 5 年といった短期間で LNG 燃料化の優位性が見えるような経済性評価が必要と考えている。

**【事務局 米原】**

了解した。経済性を評価する中で、可能な限り取り組みたい。

**【事務局 池田】**

経済性の論点について、大橋委員から定時制に関するご意見が出たが、その他の課題があれば、船社からご意見頂きたい。

**【商船三井 中野委員】**

LNG バンカリングの所要時間は、本船の運航の定時制に直結するため、重要な事項である。また、LNG バンカリングの手続きについては、先行する欧州ではオーダーメイド式に個別事業毎に策定されているのが実情である。業界としては、QCDC の不便な標準化動向などの点も含め、自由度のある手続きの標準化が期待される。

**【港湾局 加藤委員】**

LNG バンカリングの所要時間について、Ship to Ship では本船荷役と並行しての LNG

バンカリングが可能と思うが、ロスタイムはどこで生じてしまうのか、また、港湾当局間のネットワークにおいて基準の統一が目指されているところ、各港で共通化すべき事項等に関して具体的に困っている課題があれば、ご教示頂きたい。なお、LNG 移送に係るセーフティーリンクシステムについて先日業者の話を聞いたが、現状様々な方法・機種があり、あらゆる外航船に供給可能なハブを目指すのであれば、相応の（幅広く対応可能な）システムを LNG バンカー船に搭載する必要があるとの認識を持った。

【海事局 鈴木委員】

LNG バンカリングについて法令の重複や、国内の LNG バンカリングに関するガイドラインと海外の基準・規則との乖離などの状況は認識しているが、事業者において、現在支障が出ている具体的な課題や改善すべき点があれば、今後ご意見をお聞かせ頂きたい。

(5) 閉会

事務局より、次回の研究会を 12 月 20 日 14 時より同会議室にて開催することが連絡された。

高崎委員長により閉会が宣言された。

## 11.2 第 2 回研究会

### 11.2.1 開催の概要

(1) 開催日時等

日 時：2018 年 12 月 20 日（水） 14：00～16：30  
場 所：運輸総合研究所 第一会議室

(2) 議事次第

1. 海外動向の調査結果
2. LNG 燃料船の将来予測の結果
3. LNG 燃料船の経済性試算の結果
4. 船舶燃料の LNG 化に向けて取り組むべき方策
5. 調査研究の報告書の概要

(3) 配布資料

資料 2-1-1：第 1 回研究会の議事概要

資料 2-1-2：第 1 回研究会での各委員からの意見等

資料 2-2：海外動向の調査結果

資料 2-3：LNG 燃料船の将来予測の結果

資料 2-4 : LNG 燃料船の経済性試算の結果

資料 2-5 : 船舶燃料の LNG 化に向けて取り組むべき方策 (案)

資料 2-6 : 調査研究の報告書の概要 (案)

参考資料 : 船舶の代替燃料としての LNG の可能性に関する国際セミナー

## 11.2.2 議事概要

研究会の開催に際して、事務局より、資料の確認が行われた。

その後、高崎委員長により議事が進行された。

### (1) 議題 0 : 第 1 回研究会の議事概要及び各委員からの意見等

資料 2-1-1 及び 2-1-2 に基づき事務局より説明があった。

特段の質疑応答なし。

### (2) 議題 1 : 海外動向の調査結果

資料 2-2 に基づき事務局より説明があった。

特段の質疑応答なし。

### (3) 議題 2 : LNG 燃料船の将来予測の結果

資料 2-3 に基づき事務局より説明があった。

主な質疑は以下のとおり。

#### 【日本郵船 篠崎委員】

P7 にある最新の DNV GL の将来予測では、LPG と LPG が 2050 年までに船用燃料の消費の 23% を占めるとの説明があったが、数年前の予測から大きく変っている。その理由として、過去の見込みと現在の実態に乖離が存在することが考えられるが、その点について分析することはできないか。

また、P9 に記載されている LNG バンカー船については、他の用途として使われている事例もあり、また、2 船間の整合性 (Compatibility) が合わないこともあることから、どの LNG 燃料船でも LNG 燃料の供給が受けられる訳ではないことについて、注釈が必要と考える。

#### 【事務局 米原】

過去の DNV GL の予測では、「2020 年に 1,000 隻以上の LNG 燃料船が運航される」という報告もあったが、予測の前提条件も分からないので、外部から分析することは困難である。

また、ご指摘の 2 船の整合性等については、注釈を入れるなど対応させて頂く。

#### 【JERA 鈴木委員】



現状の分析は過去のトレンドを伸ばすことに終始している。そのため、現在1隻しか運航されていない国内については、普及するシナリオが見え難く、LNG燃料船の隻数増加や、LNGバンカリングインフラの整備などを議論することが難しいように感じる。

【事務局 米原】

クルーズ船や自動車運搬船など、過去のトレンドだけではなく将来の期待によって積み上げをしている船種もある。今回予測した数値にさらに過度な期待値を考慮して積み上げてしまうと、誤解を与える結果になる恐れがあることから、現状の推定手法でご理解頂きたい。

【資源エネルギー庁 加藤オブザーバー】

就航の実績が2018年に急増している状況には何か理由があるのか。

【事務局 米原】

コンテナ船などのシリーズ船が連続建造されていることのほか、2020年からのSOx排出規制の強化が決定されたことも少なからず影響しているものと考えられる。

#### (4) 議題3：LNG燃料船の経済性試算の結果

資料2-4に基づき事務局より説明があった。

主な質疑は以下のとおり。

【港湾局 加藤委員】

フェリーのLNG燃料使用シナリオは、外航バルカーの同じシナリオと比べて年間の燃料使用料が少ないので、LNGを使うことのメリットが小さいとの理解で良いか。

【事務局 米原】

今回の試算では、初期投資コストの多寡と消費燃料価格の多寡が経済性を決める大きな要素となっている。内航フェリーの検討ではLNG燃料使用の初期投資が外航バルカーより大きく、またご指摘のとおり、燃料消費量が大きくないので、運用期間では初期投資費用の増分をLNGの燃料価格の優位性だけでカバーしきれない結果となっている。

【川崎重工 大橋委員】

P12のまとめの最後に記載されているESIによる入港料減免については、どの程度の影響があるのか分かり難いと感じる。

【事務局 米原】

例えば、船舶がLNG燃料化を行いESI登録をすることによって、自ずとESIスコアの高得点が期待される。国内においては、現在、ESIを導入している東京港と横浜港でESIスコアによって入港料の減免措置が適用される。それに加えて、スウェーデンやオランダのように「LNG燃料船」であることによる減免措置の加算があれば、さらに経済性に与える影響は大きくなる。

【井本商運 大橋委員】

外航バルカーと内航フェリーの試算結果について、初期投資コストについては、従来

からの重油焚きの船舶をベースとし、追加で要するコストを考慮しているものと理解している。その上で、LNG 燃料化に要する初期投資コストが、大型の外航バルカーで 22.1 百万米ドルなのに対して、小型の内航フェリーで 32.2 百万米ドルと数字が逆転している理由を確認させて頂きたい。

**【事務局 米原】**

両船の初期投資コストの違いは、主機の大きさによるものである。外航バルカーの主機は 16,500kW（配布資料に記載の 165,000kW は単位が一桁誤り）で、内航フェリーの主機は 23,000kW となっていることが理由である。

**【日本海難防止協会 山本オブザーバー】**

内航フェリーの前提条件において、「年間航行日数」が「365 日」と記載されているが、停泊日数や修繕等にかかる日数を考慮してはどうか。

**【事務局 米原】**

航海と荷役を繰り返し、毎日航行することから年間航海日数を「365 日」と記載したものの、ミスリードする可能性があるため、ご指摘の通り修正させて頂く。また、本検討においては、2 隻の対象船を同じ条件の下で、シンプルに試算することを重視したため、ドライドックについては、敢えて排除して試算していることをご理解頂きたい。

**【JERA 鈴木委員】**

シンプルなシナリオで試算することの意義を理解できるものの、過去のトレンドを踏襲する限り、控えめな検討の域を脱せず、本研究会の主旨に必ずしも合致していないのではないか。

**【住友商事 河西委員】**

LNG 燃料船の普及の初期段階においては、従来の重油焚きの船舶と比べて建造費用が増大することは理解できるものの、普及段階に入れば増産の恩恵を受け、コストの低下は期待できるのではないか。例えば、重油焚きの新型主機が市場に投入された初期段階から一定の期間でのコストダウンの遷移が分かるデータ等があれば、非常に参考になるものと思われる。

**【高崎委員長】**

将来の燃料価格を予測することの難しさは理解できることから、試算に用いる LNG 価格にもう少し幅をもたせてはどうか。

**【事務局 米原】**

ご指摘の意図は理解できるものの、試算において、根拠のない数字を多用することや、感度分析の幅を広げることは、結果が恣意的であると捉えられかねないため、避けるべきと考える。また、機器設備の量産化のコスト低減への影響は、様々な要因が影響しているものと考えられ、試算に含めることは困難である。

**【住友商事 河西委員】**

P3 に示されている各燃料の価格は 2016 年の文献から引用しているが、より新しい数字を使用することはできないか。また、市場には価格指標と使える可能性のある数字もあることから、検討してはどうか。

【日本郵船 篠崎委員】

直近の価格を使う場合には、近視眼的な試算になり得るため、その解釈には注意を要する。現状引用している 2016 年の文献は、過去に IMO で SOx の排出規制を議論した際に使用したものであり、その他には適当な数字はないものと思われることから、今回の試算で引用する数字としては妥当と考える。

【高崎委員長】

資料中の燃料価格の引用となっている Delft の 2016 年の報告について、一部の業界関係者から「相当前の情報である」との指摘はあるものの、オイルメジャーなどからも燃料価格に関する適当な数字は出されていないので、今回の試算でこの数字を使用することは妥当であると考ええる。

【井本商運 大橋委員】

P9 の「年間消費量」について、同じ船舶にも関わらず HSFO と LSFO で数字が異なる理由は何か。

【事務局 米原】

HSFO 使用シナリオでは、スクラバーの運用に係る追加コストとして、1%の燃料使用分を前提としているため、数字が増加している。

(5) 議題 4：船舶燃料の LNG 化に向けて取り組むべき方策

資料 2-5 に基づき事務局より説明があった。

主な質疑は以下のとおり。

【日本郵船 篠崎委員】

本資料にある特区申請しているミルクランについて、夜間の LNG バンカリングは考慮されているか。

【事務局 池田】

現状考慮していない。

【エア・ウォーター・プラントエンジニアリング 河野委員】

LNG 燃料船の建造にあたっては調達品が多く、コスト低減が難しいことは承知している。国内においては、今後 LNG 燃料船の普及が進んでいく状況に対して、海外では着実に普及が進み海外メーカーの実績も上がっている状況であり、国内で今後普及段階になった際に、量産化に伴うコスト低減も期待できる海外メーカーが国内でも採用され易くなることを国内メーカーとして危惧している。

【川崎重工 大橋委員】

造船所としても、シリーズ船のような発注が続けば量産効果も期待できるため、コストの低減は可能と考える。

【井本商運 大橋委員】

専用のターミナルを使用するバルカーやフェリーに対して、公共岸壁を他の船社と順番に共用するコンテナ船では、燃料供給を着岸中には行っていない。その理由は、岸壁

で燃料の供給を受けた際に事故が発生してしまうと、岸壁を長時間にわたり占有してしまい共用する他の船社に迷惑をかけてしまうこと危惧しているからである。具体的な運用は、運航の中で荷役前に時間を捻出し、岸壁付近の海域においてバンカリングを受けているのが実情である。そのため、定期運航を維持するため、LNGバンカリングを受ける時間・タイミング・場所は非常に大きな課題となる。

**【商船三井 中野委員】**

LNG燃料船の普及のためには、将来、実際にLNG燃料船が運航されることをイメージすることが重要と考える。果たして20年・30年後に船舶は瀬戸内で重油を焚き、煤煙を出し続けながら航行しているだろうか。規制が緩和されることはないので、重油が船舶燃料として使用され続けることは想像し難いのではないかと。

また、海外での調査結果にもあったとおり、船社のみならず荷主や港湾などのステークホルダーと環境負荷低減のための物流コスト上昇分を分け合える土壌が醸成できるような議論を行うことが必要と考える。

**【JERA 鈴木委員】**

物流コストの上昇分の分配について、目先のコスト上昇だけで分配を議論するのではなく、コスト上昇の先に「何か良いこと」が見えないと、企業がLNG燃料船を採用するという判断に至らないように感じる。

**【事務局 池田】**

今回の資料では、課題の洗い出しをすることも重要であることから、各課題を抽出してそれに対する具体的な方策を整理させて頂いたが、一部の課題については検討の方向性の提示に留まっているものもある。また、課題だけではなく将来の前向きな展望なども盛り込んでいければと考えている。今後、委員各位とメールベースでご相談させて頂きながら報告書を整理させて頂きたい。

**【高崎委員長】**

来年2月7日の国際セミナーでも、本研究会の成果として、将来の展望を示したいと考えている。

**【住友商事 河西委員】**

LNGバンカリングビジネスにおいて、LNGを供給する側にあつては、現在進められているLNGバンカリングインフラの整備のみで十分なのか疑問であり、実際のユーザとなる船社の視点が重要になると感じている。LNGバンカリングインフラの整備が十分でないと、例えば悪天候によりLNGバンカー船からの燃料供給をタイムリーに受けられない状況になった場合、重油であれば次の港で取れば良いとなるが、LNGではそう簡単に供給できない。このように、代替手段が無いと、ユーザとして受け入れられるものではないと思われる。そのため、LNG燃料船の普及に向け、バンカリングの代替手段（例えば他のバンカリング用のバースの確保等）も含めて拠点整備を後押しするような支援を得ることが望まれる。

**【資源エネルギー庁 加藤オブザーバー】**

当庁の考える基本的な論点は資料の 2 (1) に盛り込まれている。追加すべきことがあるとしたら、LNG の価格低下に寄与するかは定かでないものの、来年以降には米国やロシアなど、新たな供給拠点から LNG の出荷が始まること挙げられる。

**【港湾局 加藤委員】**

2 点ほど疑問がある。1 点目は、P4 最後の項目に「Truck to Ship 方式での LNG バンカリングから実績を積むことの重要性」が指摘されているが、どのような点が重要であるのかご教示頂きたい。また 2 点目については、資料 2-3 の P7 で「2050 年までに LNG と LPG が船用の消費の 23%を占める」とあるが、LPG を無視して議論できるか、LPG の可能性についても何ら検証されているのであればご教示頂きたい。

**【日本郵船 篠崎委員】**

1 点目については、LNG 燃料船の普及に向けては、投資や運用の観点から比較的整備し易い Truck to Ship 方式を普及させ、LNG 燃料の需要の喚起に繋げることが重要であるという主旨である。Truck to ship 方式は、Ship to ship 方式に比べて一度にバンカリングできる量に制限があるが、内航クラスの LNG 燃料船の需要喚起には対応できるものと思慮する。

**【高崎委員長】**

2 点目の LPG 燃料船については、現状就航した実績もなく、得られる情報も少ないことから現時点で議論することは困難である。

**【海事局 鈴木委員】**

当局においても、基本的な論点は資料に盛り込まれている。P3 (2) の経済性で触れられるとおり、当局は環境省と連携し、船社による LNG 燃料船の実証事業を支援していることを強調させて頂きたい。

**【日本郵船 篠崎委員】**

LNG 燃料船の普及促進に最も影響を及ぼすことは、排ガス規制の強化であると考えられる。海外では英国や仏国のように 2040 年には内燃機関を使用する車を制限する方針を打ち出している国もある。海運業界においても規制が強化されれば、代替燃料への投資が延びることは間違いないと考える。

また、シンガポールでは自国のメリットになるよう的確にターゲットを定めて国策を進めており、非常に参考になる。例えば、最近では MPA がシンガポール国内でのオープンループスクラバーからの排水の禁止を発表したが、自国内にはスクラバーメーカーがなくマイナス面は無いことから、LSFO や LNG の需要拡大に繋がる合理的な施策となっている。

**【横浜川崎国際港湾 杉田委員】**

LNG バンカー船の運用に関しては、国内で初めてであり未知な部分も多いため、安全面に関しては厳しい規制が課せられているものと思慮するが、今後、海外での実績等を参考にしながら、官民が協力することにより運用面のハードルをできるだけ低くできるような取り組みが期待される。

**【新潟原動機 廣仲委員】**

主機メーカーが LNG 炊きガスエンジンを開発するモチベーションは、規制対応に尽きるが、IMO で規制の強化が決定されてから対応するのでは、海外に遅れを取ってしまう。先ほど話題にあったシンガポールのように、規制に関する議論が始まった段階から国を上げてアクションを起こしていくことが重要と考える。

(6) 議題 5：調査研究の報告書の概要

資料 2-5 に基づき事務局より説明があった。本研究会の報告書に係る今後のスケジュールとして、1 月末を目途に報告書案を取り纏めて、メールベースで委員に照会させて頂き、2 月末を目途に最終的に取りまとめることが説明された。また、事務局より、最終的な取りまとめについては高崎委員長に一任することが提案され、承認された。

(7) 閉会

研究会の閉会に際して、運輸総合研究所の土屋ワシントン国際問題研究所所長より挨拶があった。

高崎委員長により閉会が宣言された。

## 12 【参考資料 2】 関連資料

### 12.1 外航船舶への燃料油積込み手続きの効率化について

## 外航船舶への燃料油積込み手続きの効率化について

船舶への燃料供給（バンカリング）の転換の流れ～重油からLNGへ

◆ 国際的な船舶の排出ガス規制

2020年 SO<sub>x</sub>規制強化

	'11	'12	'13	'14	'15	'16	...	'19	'20	...	'25	...
SO <sub>x</sub> (燃料油中の硫黄分)	4.5%				3.5%				0.5%			
				[特別海域] 1.0%					[特別海域] 0.1%			
NO <sub>x</sub> (排出量規制)					20%減				[特別海域] 80%減			
CO <sub>2</sub> (排出量規制)					平均以上				10%減		20%減	30%減

◆ LNG（液化天然ガス）の環境優位性

硫黄酸化物 (SO<sub>x</sub>)

窒素酸化物 (NO<sub>x</sub>)

二酸化炭素 (CO<sub>2</sub>)

我が国が目指す方向

◆ 国土交通省『LNGバンカリング検討会報告書』

新たなLNG燃料供給市場を開拓し、我が国港湾への外航船舶の寄港増を図り、我が国経済の中長期的な成長に貢献するとともに、関連産業における雇用・所得の創出を実現する。

◆ 経済産業省『LNG市場戦略』

日本LNGハブの実現に向けた具体的なアクションとして、LNGバンカリングの促進などLNG需要を拡大し、市場の厚みを拡大する。

【日・シンガポール首脳会談】  
LNGバンカリング拠点の整備に向けた両国間の協力を推進。

LNGをはじめとする多様な船舶燃料供給に対応できる事業環境を整え、バンカリングの国際競争力を確保するため、現行の重油バンカリング事業効率化に向けて、**関税法の規制緩和**を図りたい。

-89-

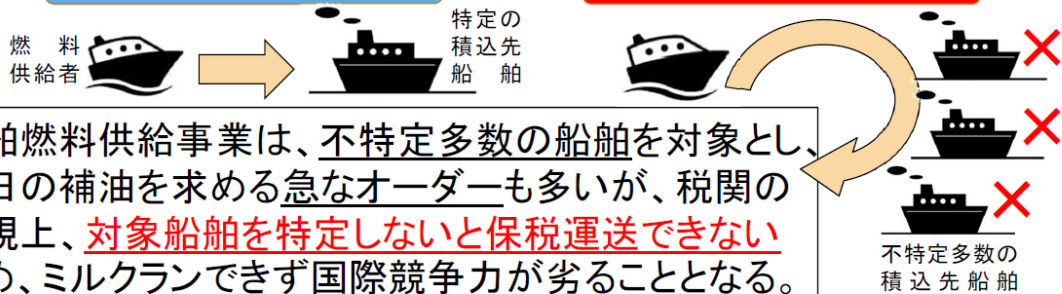
## 外航船舶への燃料油積込み手続きの効率化について

### 【1】保税船舶燃料の供給におけるミルクラン(巡回供給)の実現

**現状** 外航船舶への保税船舶燃料の供給は「保税運送」であるため、燃料の積込先の船舶が特定されていなければならない。

実施可: One by One

実施不可: Milk-run



船舶燃料供給事業は、不特定多数の船舶を対象とし、翌日の補油を求める急なオーダーも多いが、税関の監視上、対象船舶を特定しないと保税運送できないため、ミルクランできず国際競争力が劣ることとなる。

国家戦略特区内※における保税船舶燃料の運送に限り、燃料供給者ごとに一定期間の供給燃料を申告することで、保税運送を可能とできるように関税法等の緩和を御検討いただきたい。

※本件は税関手続に関する事項のため、千葉税関支署が千葉市に所在することをもって千葉港・木更津港での保税運送も対象と考え、東京圏全域⇔東京湾内全域を対象と考えたい。

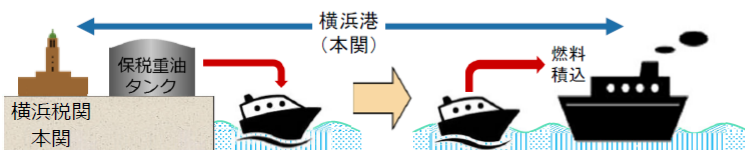
2

## 外航船舶への燃料油積込み手続きの効率化について

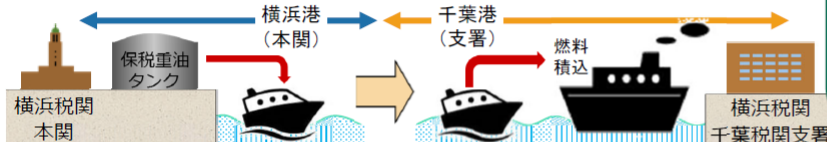
### 【2】保税船舶燃料の供給における書類提出回数の削減

**現状** 税関官署や開港をまたぐ保税運送の場合、発送地税関と到着地税関の手続きに関する書類提出が必要となる。

#### ① 同一税関官署・同一開港における燃料供給



#### ② 異なる税関官署間・異なる開港間における燃料供給



両者は全く同じ作業を行っているが、②は税関官署(開港)をまたぐため、発着地双方の税関に提出する書類が増え、①に比べて業務が煩雑となる。

これは中小企業が多い内航船社にとって小さな負担である。

国家戦略特区内※における保税船舶燃料の運送に限り、異なる税関官署間であっても、同一税関官署内における運送と同じ書類手続きとなるよう関税法等の緩和を御検討いただきたい。

3



## 関連法令等

### 外航船舶への燃料油積込み手続きの効率化関連

#### (1) 保税船舶燃料の供給におけるミルクランの実現関連

##### 関税法

(船用品又は機用品の積込み等)

第二十三条 外国から本邦に到着した外国貨物である船用品又は機用品は、政令で定めるところにより、税関長に申告し、その承認を受けて、保税地域から本邦と外国との間を往来する船舶(これに準ずる遠洋漁業船その他の船舶で政令で定めるものを含む。)又は航空機に積み込む場合に限り、外国貨物のまま積み込むことができる。  
(以下略)

##### 関税法施行令

(船用品又は機用品の積込みの手続)

第二十一条の二 法第二十三条第一項前段(船用品又は機用品の積込み等)に規定する承認を受けようとする者は、同項に規定する外国貨物である船用品又は機用品を保税地域から引き取る前に、次に掲げる事項を記載した申告書を税関長に提出しなければならない。

- 一 当該船用品又は機用品の記号、番号、品名、数量及び価格
- 二 当該船用品又は機用品を積み込むとする船舶又は航空機の名称又は登録記号、国籍、種類及び純トン数又は自重
- 三 当該船舶又は航空機の航海又は航行の日数並びに旅客及び乗組員の数
- 四 当該船用品又は機用品の積込みの年月日、方法及び場所

4

## 関連法令等

### 外航船舶への燃料油積込み手続きの効率化関連

#### (2) 保税船舶燃料の供給における書類提出回数の削減関連

##### 関税法

(保税運送)

第六十三条 外国貨物(郵便物、特例輸出貨物及び政令で定めるその他の貨物を除く。第六十三条の九第一項及び第六十五条の三を除き、以下この章において同じ。)は、税関長に申告し、その承認を受けて、開港、税関空港、保税地域、税関官署及び第三十条第一項第二号(外国貨物を置く場所の制限)の規定により税関長が指定した場所相互間(次条第一項及び第六十三条の九第一項において「特定区間」という。)に限り、外国貨物のまま運送することができる。

(以下略)

5 第一項の規定により承認を受けた外国貨物が運送先に到着したときは、その承認を受けた者は、第三項の規定により確認を受けた運送目録を、直ちに到着地の税関に提示し、その確認を受けなければならない。ただし、第一項後段の規定により一括して承認を受けた場合においては、第三項及び前項の指定に係る期間を基礎として当該承認をした税関長が指定した期間ごとに、当該期間内に到着した外国貨物に係る運送目録について一括して確認を受けることができる。

6 第一項の規定により承認を受けた者は、政令で定めるところにより、前項の規定により確認を受けた運送目録をその承認をした税関長に提出しなければならない。

##### 関税法施行令

(保税運送の手続)

第五十三条 法第六十三条第一項(保税運送)の規定による申告は、運送に使用しようとする船舶、航空機又は車両の名称、登録記号又は種類、運送しようとする貨物の運送先、記号、番号、品名、数量及び価格並びに運送の期間及び目的を記載した書面でしなければならない。

2 法第六十三条第三項に規定する運送目録には、運送に使用しようとする船舶、航空機又は車両の名称、登録記号又は種類並びに運送しようとする貨物の運送先、記号、番号、品名及び数量を記載しなければならない。

5

## 関連法令等

### 外航船舶への燃料油積込み手続きの効率化関連

### (2) 保税船舶燃料の供給における書類提出回数の削減関連

#### 関税法施行令

(運送目録の提出時期等)

第五十三条の三 法第六十三条第六項(運送目録の提出)の規定による運送目録の提出は、同条第五項(到着の確認)の確認を受けた日から一月以内にするものとし、保税運送が次のいずれかに該当する場合には、その提出を要しないものとする。

一 法第六十三条第一項(運送の承認)の承認及び同条第五項の確認を行なう税関官署の長が同一である保税運送

二 相互に多数の保税運送が行なわれる場所(同一の税関の管轄区域内の場所に限る。)として税関長が指定した特定の場所相互間において行なわれる保税運送

三 輸出の許可を受けた貨物に係る保税運送

#### 関税法基本通達

(到着確認を受けた運送承認書写しの提出)

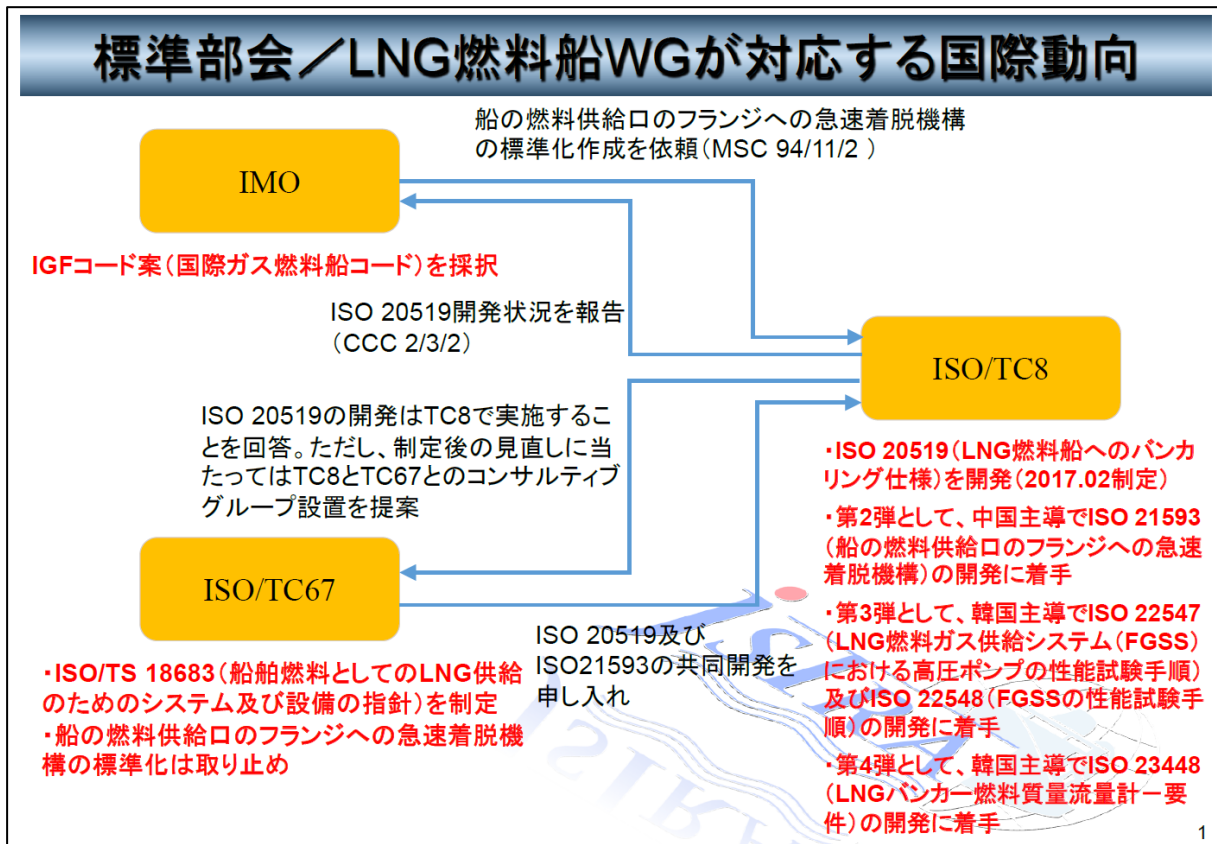
63-14 前記63-13により到着の確認を受けた運送承認書写しは、法第63条第6項の規定により到着の確認を受けた日から1月以内に、当該運送の承認を行った税関官署の担当部門に提出することを求めるものとする。

(到着の連絡)

63-15 輸入貨物の保税運送が次のいずれかに該当する場合には、前記63-14による到着確認済の運送承認書写しの提出は要しないものとし、到着事実の連絡は、到着を確認した税関官署から当該運送の承認を行った税関官署に到着確認済の運送承認書写しを返送することにより行う。

(1) 保税運送の承認と到着の確認を行う税関官署が同一であつて、その税関官署の管轄区域内(本関の管轄区域については、税関の管轄区域から税関出張所、税関支署、税関支署出張所、税関監視署及び税関支署監視署の管轄する区域を除いた区域)における場所相互間で行われる保税運送

12.2 LNG 燃料船 WG が対応する国際動向





# IGFコードの適用を受ける船舶向け 基本訓練

テキスト 〔初版〕

平成 30 年 11 月 7 日

独立行政法人 海技教育機構



*Marine Technical College*

## 【基本訓練 1.0日】 第 1 日目 講習日程



時 間	内 容	担当
12:50-13:00	受付（西島・講義室） ※12:45バス到着→着替え	海技大学校職員
13:00-13:10	講習日程及び施設等説明	海技大学校職員 大阪ガス導管事業部
13:10-14:00	LNG実習ブリーフィング（LNG消火の基礎知識）	大阪ガス導管事業部
14:10-16:20	LNG実習 1.LNG継手部漏えい処置及び排水溝流入措置 2.低温脆性体感 3.LNG消火実習 4.LNGローリー車の概要（見学を含む）	大阪ガス導管事業部
16:20-16:35	着替え	大阪ガス導管事業部
16:35-17:00	質疑応答、アンケート調査、修了証書授与、解散	大阪ガス導管事業部

## 【基本訓練 1.0日】 第 2 日目 講習日程



時 間	内 容	担当
08:20-08:30	受付（海技大学校・西教室棟 1 F 105教室）	海技大学校職員
08:30-09:00	1.ガス燃料船の現状と関連規則（講習資料1）	本部職員
09:00-09:30	2.ガス燃料の基礎知識（講習資料2）	海技大学校教員
09:40-10:40	3.安全全般（講習資料3）	海技大学校教員
10:50-12:10	4.ガス燃料貯蔵設備と関連機器類（講習資料4）	海技大学校教員
12:20-	修了試験→修了証書授与	海技大学校教員 及び職員

## 「IGF コードの適用を受ける船舶向け基本訓練」テキスト目次

講習資料 1 「ガス燃料船の現状と関連規則」	1
1. 低引火点燃料(天然ガス)を使用する船舶の誕生と増加の背景	
2. SO <sub>x</sub> 規制への対応方法	
3. 海外の LNG 燃料船の実績	
4. 国内の LNG 燃料船の実績	
5. 国際ガス燃料船(IGF)コードの導入	
6. 国内法令の一部改正(1)	
7. IGF コード適用船舶に乗り組む船員に対する STCW 条約訓練	
8. 国内法令の一部改正(2)	
9. 関連規則	
講習資料 2 「ガス燃料の基礎知識」	33
1. 天然ガス、石油ガスの概要	
2. LNG の性状	
3. LNG 燃料の特徴	
講習資料 3 「安全全般」	42
10. 引火	
11. 船内における着火源	
12. 静電気対策	
13. 人体に対する危険	
14. 検知器	
15. 火災発生時の対応	
16. 保護具・蘇生具	
17. 反応と脆性破壊及び環境への影響	
講習資料 4 「ガス燃料貯蔵設備と関連機器類」	61
1. 安全要件	
2. LNG 燃料貯蔵装置	
3. ガス燃料供給装置	
4. タンク圧力及び温度制御	
5. 圧力逃し装置	

6. 機関区域
7. 危険場所
8. エアロック
9. 通風
10. 閉鎖された区域への立ち入り
11. 環境制御
12. 燃料装置のイナーテイング及びパーズィング
13. 監視及び安全装置
14. 燃料漏れの監視と検知
15. 極低温事故に対する保護
16. バンカーリング
17. LNG の漏洩
18. 火災発生時の非常措置
19. 海洋汚染等及び海上災害の防止に関する法律
20. 定義

<参考> 「LNG 実習概要」

1. LNG 消火に関する基礎知識
2. LNG 継手部漏洩処置実習及び排水溝流入阻止処置実習
3. 低温脆弱性体感実習
4. LNG 消火実習
5. LNG ローリー車の概要と見学

# I G Fコードの適用を受ける船舶向け 上級訓練

テキスト 〔初版〕

平成 30 年 11 月 21 日

独立行政法人 海技教育機構



*Marine Technical College*



## 【上級訓練 1.5日】 第 1 日目 講習日程



時 間	内 容	担当
12:40-12:50	受付（海技大学校・西教室1F 105号室）	海技大学校職員
12:50-13:00	講習日程及び施設等説明	海技大学校職員
13:00-14:00	講習 1 「ガス燃料船に関する関連規則及び法令並びに環境汚染防止対策」（講習資料 1）	本部職員
14:10-15:40	講習 2 「ガス燃料の物理的・化学的特性及び基礎知識」（講習資料 2）	海技大学校教員
15:50-17:20	講習 3 「ガス燃料船の推進システム」（講習資料 3）	海技大学校教員
17:20	第2日目説明→解散	海技大学校職員

## 【上級訓練 1.5日】 第 2 日目 講習日程



時 間	内 容	担当
08:50-09:00	受付（海技大学校・第 2 実習実験棟1F 自動制御第1実験室）	海技大学校職員
09:00-11:30	講習 4 「災害防止対策」（講習資料4）	海技大学校教員
11:30-12:30	食事休憩	-
12:30-14:30	講習 5 「ガス燃料船の構造、設備及び燃料システム、燃料移送」（講習資料 5）	海技大学校教員
14:45-	修了試験→修了証書授与	海技大学校教員及び職員

## 「IGF コードの適用を受ける船舶向け上級訓練」テキスト目次

講習資料 1 「ガス燃料船に関する関連規則及び法令並びに 環境汚染防止対策」	1
1. 低引火点燃料（天然ガス）を使用する船舶の誕生と増加の背景	
2. 国際ガス燃料船（IGF）コードの導入	
3. 国内法令の一部改正（1）	
4. IGF コード適用船舶に乗り組む船員に対する STCW 条約訓練	
5. 国内法令の一部改正（2）	
6. その他関連法令	
講習資料 2 「ガス燃料の物理的・化学的特性及び基礎知識」	32
1. 天然ガスの概要	
2. 化学構造	
3. LNG の性状	
4. その他	
講習資料 3 「ガス燃料船の推進システム」	58
1. DF 機関の概要	
2. 機関の基礎知識	
3. ガス燃料システム（低圧ガス機関）	
4. ディーゼルモードとガスモードの切替	
5. 空燃比制御	
6. 機関の安全装置	
7. ガス燃料システム（高圧ガス機関）	
8. 燃料消費計算	
9. ガス燃焼装置（GCU）	
10. 防爆構造の電気機器の保守、点検	
講習資料 4 「災害防止対策」	90
1. 引火の危険性	
2. 引火以外の危険性	
3. 救出と応急措置	
4. 保護具・蘇生具	
5. 検知器	
6. 圧力危険	
7. 反応と脆性破壊及び環境への影響	
8. リスクアセスメント	

講習資料5「ガス燃料船の構造、設備及び燃料システム、燃料移送」・・・・・・ 177

I ガス燃料船の構造、設備

1. 各種推進機関の燃料システム
2. 一般配置と構造
3. 燃料貯蔵システム
4. 燃料取扱い設備

II ガス燃料船の燃料供給装置

1. 燃料タンクレベル測定システム
2. タンク圧力監視及び制御システム
3. 極低温燃料タンクの温度・圧力維持
4. 温度監視システム
5. 圧力逃し装置
6. 燃料緊急遮断装置
7. 可燃性ガス探知システム
8. 圧縮機及びポンプ
9. 気化器、加熱器、加圧ユニット
10. 膨張装置
11. 燃料システムの計測と計算

III ガス燃料船の燃料移送

1. 安全管理体制
2. 燃料補給手順
3. LNG 燃料移送作業前の確認事項
4. チェックリスト
5. イナーテイング
6. クールダウン
7. 初期の積み込み
8. 圧力管理
9. ロールオーバー
10. 非常時手順
11. 海洋汚染等及び海上災害の防止に関する法律