

# SO<sub>x</sub> 規制強化の対応に向けた 調 査 検 査 討

報 告 書

平成 28 年 3 月



株式会社 **日本海洋科学**  
Japan Marine Science Inc.



# 目 次

1	事業の概要 .....	1
2	LNG 燃料船の現状と将来動向 .....	2
2.1	海外の LNG 燃料船に係る政策 .....	2
2.1.1	調査の目的と方法 .....	2
2.1.2	EU の政策 .....	3
2.1.3	ノルウェーの政策 .....	12
2.1.4	米国の政策 .....	22
2.1.5	シンガポールの政策 .....	23
2.1.6	インドネシアの政策 .....	25
2.2	世界の燃料供給に係るインフラ設備の整備状況と将来見通し .....	27
2.3	世界の LNG 燃料船の現況 .....	30
2.3.1	就航済み隻数の推移 .....	30
2.3.2	運用国の変移 .....	34
2.3.3	船種の変移 .....	34
2.4	日本発着の LNG 燃料船の将来予測 .....	35
2.4.1	外航 LNG 燃料船の将来予測 .....	35
2.4.2	内航 LNG 燃料船の将来予測 .....	37
2.5	内航 LNG 運搬船の需要の将来見通し .....	37
2.5.1	内航 LNG 運搬船の現状 .....	37
2.5.2	二次基地の現状 .....	38
2.5.3	内航 LNG 運搬船の経済性 .....	39
2.5.4	ヒアリング調査 .....	40
3	内航 LNG 燃料船に係る実現可能性調査 .....	41
3.1	調査の対象 .....	41
3.2	想定する内航 LNG 燃料船 .....	41
3.1	本船の運航形態 .....	41
3.1.1	運航ルート .....	41
3.1.2	運航時の使用電力 .....	42
3.1.3	運行時の燃料消費量 .....	43
3.2	本船の仕様 .....	43
3.2.1	主要目 .....	43
3.2.2	推進システム .....	44
3.2.3	機器設備 .....	46
3.2.4	LNG 燃料タンクの配置 .....	46
3.3	燃料供給方式 .....	48

3.3.1	LNG バンカリングの方式 .....	48
3.3.2	Truck to Ship 方式 LNG バンカリング実施の要件 .....	50
3.3.3	LNG 燃料タンク .....	52
3.3.4	LNG バンカリング場所 .....	53
3.4	経済性.....	62
3.4.1	計算の条件 .....	62
3.4.2	LNG 燃料船選択時の船価の増加の計算.....	63
3.4.3	燃料消費量の計算 .....	63
3.4.4	損益分岐 LNG 単価の計算 .....	64
3.4.5	A 重油単価の変動に対する損益分岐 LNG 単価の感度分析.....	64
3.4.6	(参考) 日本の LNG 輸入量と価格の考察 .....	65
4	学識経験者等への意見聴取.....	66
4.1	意見聴取の概要 .....	66
4.2	意見聴取の結果 .....	66
5	LNG 燃料船の国内普及に向け期待される施策.....	68
6	参考資料.....	69

## 1 事業の概要

環境負荷低減の意識の高まりは、海運業界にも影響を及ぼしており、船舶からの排出ガスについては IMO<sup>1</sup>を中心に削減に向けた取り組みが始まっている。船舶より排出される大気汚染物質については、2005年5月19日に発効した MARPOL 条約を皮切りに段階的に規制が強化されている。その主たる排出規制対象は、硫黄酸化物(SO<sub>x</sub>)、窒素酸化物(NO<sub>x</sub>)と温室効果ガス(GHG<sup>2</sup>)である。特に SO<sub>x</sub> については、IMO の国際条約に基づき、全海域・全船舶を対象とした燃料油に含まれる硫黄分濃度を 0.5%以下とする規制(以下「SO<sub>x</sub> 規制」という)が決定している。SO<sub>x</sub> 規制は、早ければ 2020 年、遅くとも 2025 年には施行されることとなっており、多くの内航船舶を有する我が国にとっては、対応の時期と内容が喫緊の課題となっている。

SO<sub>x</sub> の排出量を削減し、SO<sub>x</sub> 規制に対応するためには、現状、1) 適合燃料油(低硫黄燃料油)の使用、2) 排ガス浄化装置(例えばスクラバー)の使用、3) LNG 燃料への転換が主たる対応策となる。

現在のところ、1) 適合燃料油の使用については、燃料油を供給する側の供給能力も重要なポイントとなることから、硫黄分の低い、適合燃料油の供給可能性に関するレビューが IMO にて実施されることとなっている。また、2) 排ガス浄化装置の使用について、スクラバーは、既に複数の国内メーカーが製品化を済ませており、また、本船上に設置し、試験を実施している船社もある。最後に、3) LNG 燃料への転換については、本船の設計や安全対策については、IMO において「ガスまたは低引火点燃料を使用する船舶の安全に関する国際コード」(以下「IGF コード<sup>3</sup>」という)として採択されており、2017年1月1日より発効することとなっている。また、燃料タンク等の船用機器についても要素技術は確立されている状況にある。更に、国、エリア、港ごとに LNG 燃料供給に係る検討を実施している場合も多く、我が国においても H24 年度事業として海事局が「天然ガス燃料船に関する総合対策<sup>4</sup>」事業を実施し、LNG 燃料供給に係るガイドライン・オペレーションマニュアルの策定も完了している。しかしながら、2016年2月末時点において、国内に就航した LNG 燃料船は 1 隻のみであり、今後も需要等の見通しが立っていない状況にある。このような状況については、LNG 燃料供給インフラの整備が進んでいないなどの課題と考えられるものの、実態は正確に把握できていない。

以上のような背景より、本事業においては、LNG 燃料船の現状と将来動向に係る調査と、具体的な内航 LNG 船舶を想定した燃料の LNG 化に係る実現可能性調査を実施するとともに、LNG 燃料船政策に関わってきた学識経験者等に意見聴取することにより、LNG 燃料船の国内での普及に向けた課題を精査した。

加えて、我が国における LNG 燃料船に関する取り組みを海外に向け発信することを目的に、前述の「天然ガス燃料船に関する総合対策」事業で策定された報告書及び LNG 燃料供給のガイドライン・オペレーションマニュアルの英語版を作成した。

---

<sup>1</sup> IMO : International Maritime Organization

<sup>2</sup> GHG : Greenhouse Gas

<sup>3</sup> The International Code of Safety for Ships using Gases or other Low flashpoint Fuels

<sup>4</sup> [http://www.mlit.go.jp/maritime/maritime\\_tk6\\_000002.html](http://www.mlit.go.jp/maritime/maritime_tk6_000002.html)

## 2 LNG 燃料船の現状と将来動向

### 2.1 海外の LNG 燃料船に係る政策

#### 2.1.1 調査の目的と方法

LNG 燃料船に係る海外の政策事情を把握することを目的に、下記 5 つの国とエリアについて調査を行った。

- EU
- ノルウェー
- 米国
- シンガポール
- インドネシア

調査は、インターネットを中心とした文献調査に加え、LNG 燃料船が最も多く就航している EU 及びノルウェーについては、最新の情報を収集することを目的に現地調査を実施した。本現地調査での訪問先と面会者を以下に示す。

#### (1) ノルウェー 気候環境省及び貿易産業漁業省海事局

訪問日時：2015 年 11 月 18 日（水）AM

面会者：Sveinung Oftedal (Specialist Director, Department for Marine Management and Pollution control, Norwegian Ministry of Climate and Environment)

Pål Narve Somdalen (Deputy Director, Maritime Department, Norwegian Ministry of Trade, Industry and Fisheries)

Rouzbeh Rasai (Advisor, Maritime Department, Norwegian Ministry of Trade, Industry and Fisheries)

#### (2) DNV GL

訪問日時：【オスロ】 2015 年 11 月 17 日（火）AM

【ハンブルグ】 2015 年 11 月 19 日（木）AM

面会者：【オスロ】 Bjorn-Johan Vartdal (Head of Department, Maritime Transport Strategic Research and Innovation)  
Christos Chryssakis (Senior Researcher, Group Leader Greener Shipping Maritime Transport, Research and Innovation)

Martin Christian Wold (Senior Consultant, Environmental technology and compliance)

【ハンブルグ】 Jan Tellkamp (Principal Consultant, Project

## Management)

### (3) Bomin Linde LNG GmbH & Co. KG (以下「Bomin Linde」という)

訪問日時：2015年11月19日(木)PM

面会者：Günter Eiermann (Technical Director)

訪問先概要：Linde グループ<sup>5</sup>と Marquard & Bahls グループ<sup>6</sup>の JV で誕生した LNG 燃料船に関するコンサルタント会社（本船の設計からバンカリングの詳細までを対象）。

### (4) Mann Teknik AB (以下「Mann Tek」という)

訪問日時：2015年11月16日(月)AM

面会者：Thomas Stöök (Area Sales Manager)

訪問先概要：LNG バンカリングで使用される緊急離脱用カップリングメーカー。現状、LNG バンカリング用カップリング<sup>7</sup>では、世界の大半のシェアを占める。

## 2.1.2 EU の政策

EU は早くから環境負荷低減に向けた政策に取り組んでおり、その中でも TEN-T (Trans-European Transport Network) プロジェクトは重要な役割を担っている。

TEN-T プロジェクトは、道路、鉄道、内陸水運 (Inland Waterway) や海上交通路 (Motorways of the sea) などが対象となっており、これまで各国が別々に整備してきた交通ネットワークの国際化 (統合) と効率化を図ることで、EU の国際競争力強化に向け、再整備を目指すものである。同プロジェクトにおいては、LNG 燃料船の推進に係るプロジェクトも多数実施されていることから、それらの概要を以下に示す。

### (1) TEN-T プロジェクト

TEN-T より船用燃料の LNG 化に係るプロジェクトに補助金が投入され始めたのは 2010 年からである。

これまでに予算投入されたプロジェクトのうち、LNG 燃料船に係るプロジェクトの概要を表 2.1 から表 2.3 に示す。

---

<sup>5</sup> 1879年に独ミュンヘンに設立され、現在は欧州を中心に世界中でサービスを展開する国際化学工業メーカー。LNGのみならず、水素関連事業でも世界を牽引。

<sup>6</sup> 1947年に独ハンブルクに設立され、現在は欧州で油や天然ガスなどの天然資源を流通・供給（バンカリングを含む）させる複合企業。

<sup>7</sup> 緊急離脱用カップリングを使用（設置）していない LNG バンカリングプロジェクトも多数あり。大半は初期に就航した LNG 燃料船の LNG バンカリングプロジェクト。

表 2.1 船用燃料としての LNG 利用に関する TEN-T プロジェクト一覧①

プロジェクト番号・名称	期間	関係国	プロジェクトコスト(€) 補助率(%) プロジェクトコスト(円)	概要
【2010-EU-21112-S】 LNG infrastructure of filling stations and deployment in ships	2010年1月 ～ 2013年12月	デンマーク ベルギー	26,789,000 35.72 3,856,812,330	バルト海、北海、イギリス海峡エリアでのLNG燃料供給網実現のF/Sを行い、実証実験ではLNG燃料船(Ro/Pax)を2隻建造し性能を検証。
【2011-FR-92026-S】 Technical and design studies concerning the implementation of a LNG bunkering station at the port of Dunkirk	2012年9月 ～ 2014年12月	フランス	2,300,000 50.00 337,939,000	フランスのDunkirkにてLNGターミナル付近にLNGバンカー施設を設置するF/Sの実施。
【2011-EU-21005-S】 LNG in Baltic Sea Ports	2012年1月 ～ 2014年12月	デンマーク スウェーデン フィンランド エストニア ポーランド	3,394,040 50.00 498,686,297	バルト海に面する7つの港(4か国)が共同して、LNGバンカー施設設置に向けての標準的なプロセス構築(ガイドブックの作製)に向けての調査研究。
【2012-EU-21009-M】 LNG Bunkering Infrastructure Solution and Pilot actions for ships operating on the Motorway of the Baltic Sea	2013年1月 ～ 2015年12月	スウェーデン フランス オランダ 英国	74,557,500 (Study) 50.00 (Work) 20.00 9,807,293,550	スウェーデンのBrofjordenにおいて、LNGバンカー施設が建設され、またバルト海・北海におけるLNG燃料のサプライの技術的な調査。
【2012-EU-21003-P】 LNG Rotterdam Gothenburg	2012年1月 ～ 2015年12月	オランダ スウェーデン	171,360,000 20.00 22,540,694,400	オランダのRotterdamにて小規模のLNGの積出し(LNGバンカー船・トラック)基地を建設し、そこから出たLNGをスウェーデンのGothenburgにて受け取る計画。
【2012-EU-18067-S】 LNG Masterplan for Rhine-Main-Danube	2013年1月 ～ 2015年12月	オーストリア ベルギー ブルガリア キプロス チェコ ドイツ フランス イタリア ルクセンブルグ オランダ ルーマニア スロバキア	33,967,845 50.00 4,468,130,331	EU12か国が共同して行った、ライン・メイン・ドナウ川におけるLNG燃料の供給ネットワークの構築のマスタープランの作成。

※円建てプロジェクトコストは、プロジェクト終了月の為替レート TTM (公表仲値) より換算

(TEN-T Web サイト)



表 2.2 船用燃料としての LNG 利用に関する TEN-T プロジェクト一覧②

プロジェクト番号・名称	期間	関係国	プロジェクトコスト(€) 補助率(%) プロジェクトコスト(円)	概要
【2012-ES-92068-S】 LNG hub in the northwestern Iberian Peninsula	2013年4月 ～ 2015年12月	スペイン	1,204,000 50.00 158,374,160	イベリア半島のLNG燃料供給のハブとして、スペインのFerrollにバンカリング基地を想定した調査。
【2012-ES-92034-S】 Flexible LNG bunkering value chain in the Spanish Mediterranean Coast	2013年9月 ～ 2014年12月	スペイン	2,088,000 50.00 306,789,840	スペインの主要港(Barcelona・Valencia・Cartagena)におけるLNGバンカリング網の中長期(2015-2020)での実現性の調査。
【2013-PT-92081-S】 LNG_PT - Fast tracking the deployment of a European low carbon transport system: the Portuguese Roadmap for LNG in TEN-T corridors	2014年4月 ～ 2015年12月	ポルトガル	306,088 50.00 40,262,816	ポルトガルにおける、貨物輸送の燃料としてのLNG活用を目指してのロードマップ作成および国内政策策定のための調査。
【2013-EU-92045-S】 LNG uptake in the UK: a real-life trial with the first small scale bunkering infrastructure in Teesport and innovative LNG vessels	2014年3月 ～ 2015年12月	オランダ 英国	8,604,024 50.00 1,131,773,317	イギリス域内でのLNG供給網構築を目指した、イギリスのTeesportにおけるLNGバンカリング施設建設および2隻のLNG燃料船によるLNGバンカリングの実証実験。
【2013-EU-21018-S】 Pilot Implementation of a LNG-Propulsion System on a MoS Test Track in the Environmental Model Region 'Wadden Sea'	2013年1月 ～ 2015年12月	ドイツ オランダ	6,140,000 50.00 807,655,600	ドイツのBorkum島へのフェリーサービスをLNG燃料船に改造するプロジェクト。
【2013-EU-21007-S】 LNG in Baltic Sea Ports II	2014年1月 ～ 2015年12月	スウェーデン ドイツ リトアニア	1,664,646 50.00 218,967,535	LNG in Baltic Sea Portsプロジェクトの延長で、新たにTrelleborg・Sundsvall(スウェーデン)、Rostock(ドイツ)、Klaipeda(リトアニア)を加えたLNGバンカリング施設設置手順の調査研究。
【2013-EU-21005-S】 Channel LNG	2013年1月 ～ 2015年12月	ベルギー フランス 英国	26,646,180 (Study) 50.00 (Work) 20.00 3,505,038,517	Zeeburgge(ベルギー)港にLNGバンカリング船への積出し用の施設を設置し、Portsmouth(イギリス)・Caen(フランス)に係船索のクイックリリースフックを設置する。
【2013-EL-92080-S】 Sustainable Maritime Transport with LNG between Greek mainland and islands in the Archipelagos (ARCHIPELAGO-LNG)	2014年10月 ～ 2015年12月	ギリシャ	1,146,180 50.00 150,768,517	南エーゲ海のギリシャの諸島におけるLNG燃料船の普及およびLNG燃料供給網の確立に関する調査研究。

※円建てプロジェクトコストは、プロジェクト終了月の為替レート TTM (公表仲値) より換算

(TEN-T Web サイト)

表 2.3 船用燃料としての LNG 利用に関する TEN-T プロジェクト一覧③

プロジェクト番号・名称	期間	関係国	プロジェクトコスト(€) 補助率(%) プロジェクトコスト(円)	概要
【2013-DK-92060-S】 Pilot Project to promote the use of LNG fuel: Installation of 200 tons LNG tank and filling facility at the port of Hirtshals, Denmark for fuelling of passenger/cargo vessels with a view to later establishment of a larger tank at the port	2014年3月 ～ 2015年6月	デンマーク	2,610,748 50.00 360,570,406	Hirtshals(デンマーク)にLNGバンカリング施設および200トン(500m <sup>3</sup> )のLNGタンクを設置。
【2013-DE-92079-S】 Pilot development of an LNG propulsion system for combined passenger and freight transport with a view to provide year-round supply to the peripheral region of Helgoland	2014年3月 ～ 2015年12月	ドイツ	8,350,000 50.00 1,098,359,000	ドイツ国内のCuxhavenとHigoland島を結ぶLNG燃料船フェリーを試験的に就航させ、LNG燃料供給やフェリー荷役の知見の収集。
【2013-DE-92056-S】 Realising, real-life demonstration and market introduction of a scalable, multi-modal LNG-terminal in the seaport of Bremen for the reliable supply of LNG as alternative fuel to all transport modes	2014年3月 ～ 2015年12月	ドイツ	4,950,000 50.00 651,123,000	Bremen(ドイツ)における、陸上・海上輸送向けLNG燃料の供給を目的とした、400m <sup>3</sup> のLNG供給ステーションの開発および施設の設置。
【2013-DE-92041-S】 Innovative LNG-powered hopper barge deployed under real-life conditions in the ports of Bremen and Bremerhaven	2014年3月 ～ 2015年12月	ドイツ	3,307,500 50.00 435,068,550	Bremen・Bremerhaven(ドイツ)における、新造LNG燃料船(ホッパー船)の建造および実証実験。

※円建てプロジェクトコストは、プロジェクト終了月の為替レート TTM (公表仲値) より換算

(TEN-T Web サイト)

(2) TEN-T の優先プロジェクト

前述の TEN-T プロジェクトの他にも、現在、2020 年に向け表 2.4 に示す 30 件が優先プロジェクト (Priority projects) として進められている。各優先プロジェクトの下で行われているプロジェクト数とその予算規模を図 2.1 に示す。

また、優先プロジェクトのうち、海運や船舶に関するプロジェクトは、「18 : Waterway axis Rhine/Meuse-Main-Danube」、「21 : Motorways of the Sea」及び「30 : Inland Waterway Seine-Scheldt」の 3 件となる。当該 3 プロジェクトの概要を以下に示す。

表 2.4 TEN-T の優先プロジェクト一覧

No.	プロジェクト名
1	Railway axis Berlin-Verona/Milano-Bologna-Napoli-Messina-Palermo
2	High-speed railway axis Paris-Bruxelles/Brussel-Köln-Amsterdam-London: PBKAL
3	High-speed railway axis of southwest Europe
4	High-speed railway axis east
5	Betuwe line
6	Railway axis Lyon-Trieste-Divača/Koper-Divača-Ljubljana-Budapest-Ukrainian border
7	Motorway axis Igoumenitsa/Patra-Athina-Sofia-Budapest
8	Multimodal axis Portugal/Spain-rest of Europe
9	Railway axis Cork-Dublin-Belfast-Stranraer
10	Malpensa airport
11	Øresund bridge
12	Nordic Triangle railway/road axis
13	Road axis United Kingdom/Ireland/Benelux
14	West coast main line
15	Galileo
16	Freight railway axis Sines/Algeciras-Madrid-Paris
17	Railway axis Paris-Strasbourg-Stuttgart-Wien-Bratislava
18	Waterway axis Rhine/Meuse-Main-Danube
19	High-speed rail interoperability in the Iberian Peninsula
20	Railway axis Fehmarn belt
21	Motorways of the Sea
22	Railway axis Athina-Sofia-Budapest-Wien-Praha-Nürnberg/Dresden
23	Railway axis Gdańsk-Warszawa-Brno/Bratislava-Wien
24	Railway axis Lyon/Genova-Basel-Duisburg-Rotterdam/Antwerpen
25	Motorway axis Gdańsk-Brno/Bratislava-Vienna
26	Railway/road axis Ireland/United Kingdom/continental Europe
27	"Rail Baltica" axis: Warsaw-Kaunas-Riga-Tallinn-Helsinki
28	EuroCap-Rail on the Brussels-Luxembourg-Strasbourg railway axis
29	Railway axis of the Ionian/Adriatic intermodal corridor
30	Inland Waterway Seine-Scheldt

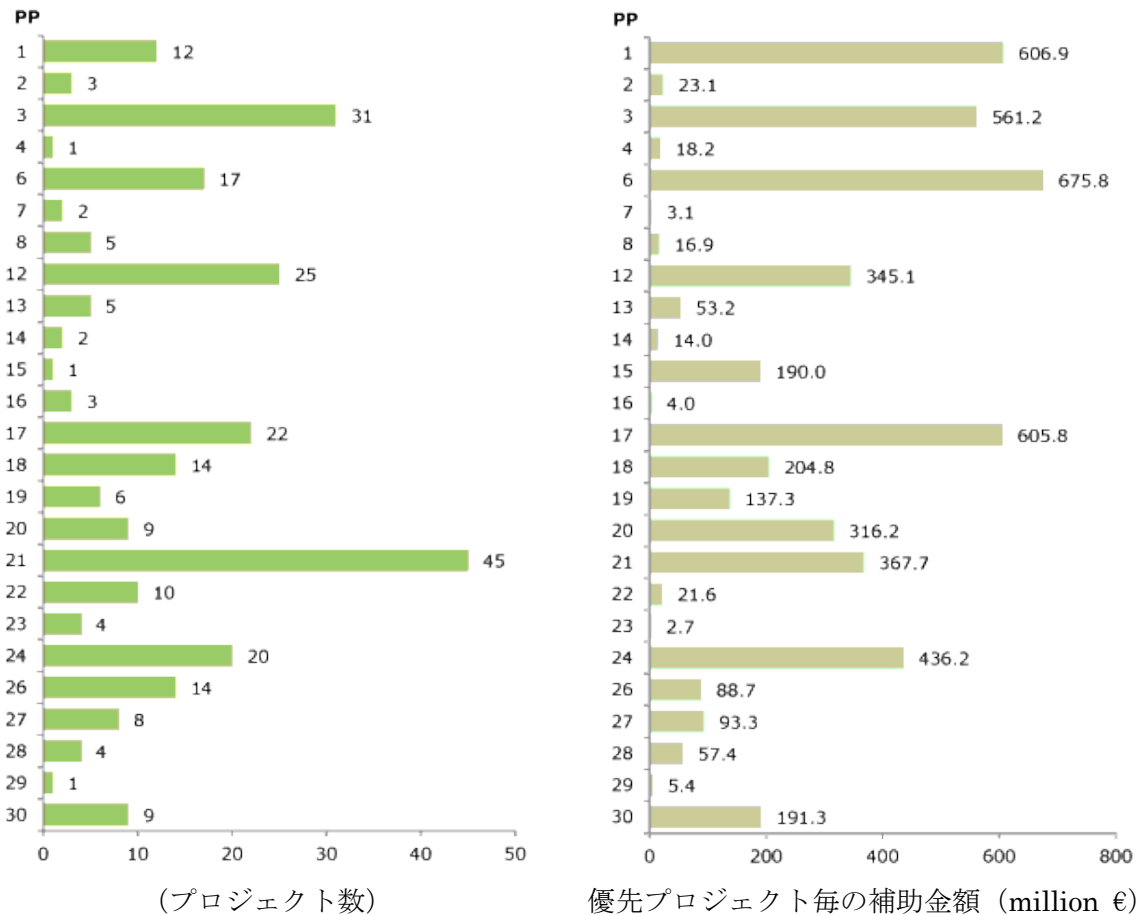


図 2.1 各優先プロジェクト下のプロジェクト数とその予算規模

**【No.18】 Waterway axis Rhine/Meuse-Main-Danube プロジェクト**

本プロジェクトは、北海側のロッテルダム及びアントワープと、黒海側のルーマニアを内陸水運で繋ぐことを目的としている。プロジェクトの対象水域を図 2.2 に示す。

整備対象となる水域は、TEN-T の中でも最長のプロジェクトかつ EU 加盟国と非加盟国を繋ぐプロジェクトである。また No.30 の Inland Waterway Seine-Scheldt プロジェクトとも連携していることから、その結果得られる効果には大きな期待が寄せられている。

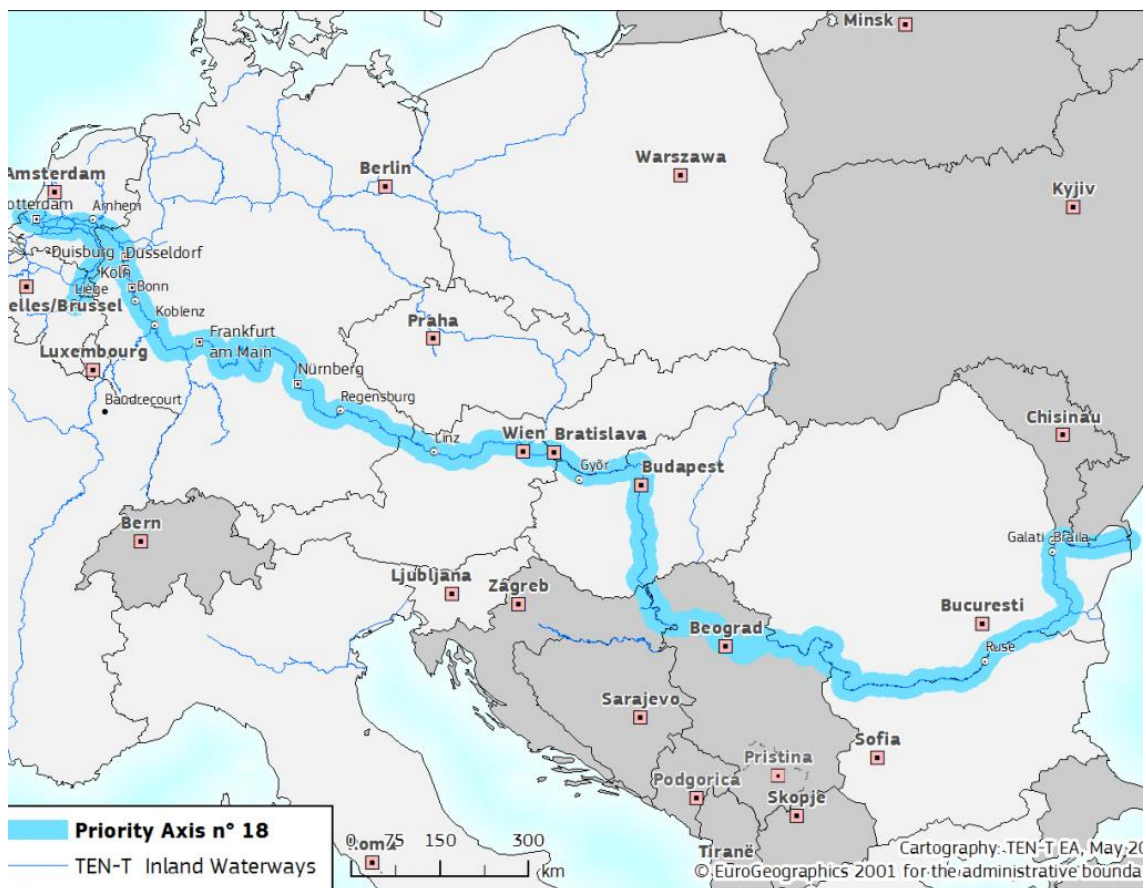


図 2.2 Waterway axis Rhine/Meuse-Main-Danube プロジェクトの対象水域

### 【No.21】 Motorways of the Sea プロジェクト

本プロジェクトは、非常に混雑した陸上貨物輸送の状況を改善すべく、欧州域内の海上貨物輸送の容量を活かしきれていない現状を改善することにより、クリーン、安全、効率的かつ高品質な海上輸送システムを構築することを目的としている。プロジェクトの対象水域を図 2.3 に示す。

本プロジェクトにおいては、船舶を利用した新たな物流チェーンを構築することにより、欧州における障壁のない海運政策の実現や 2018 年に向けた海上貨物輸送戦略と、気候変化に対する最重要課題である CO<sub>2</sub> 等の温室効果ガス（GHG）の削減が期待される。

また、本プロジェクトは、地中海における温室効果ガス等の排出量削減に向けた効果的かつ効率的な解決策として、船舶燃料としての LNG の利用を推進する COSTA プロジェクトと深い関係がある。

COSTA プロジェクトは、2012 年 2 月から 2014 年 4 月までに実施され、予算総額 304 万ユーロ（2014 年 4 月当時為替換算：4.3 億円程度）うち 50%が補助された。プロジェクトの参加国は、ドイツ、英国、スペイン、イタリア、ギリシャ及びポルトガルの 6 ヶ国であった。

同プロジェクトでは、地中海、北大西洋及び黒海のエリアにおいて、CO<sub>2</sub>の排出量を

2020年までに25%、2030年までに50%の削減を目指すものであった。その対策として、LNGを船用燃料として利用することが検討された。

その後、ギリシャ、キプロス、イタリア、クロアチア及びスロベニアの5ヶ国が参加し、対象海域を東地中海とした COSTA II プロジェクトが、2013年12月から2015年12月まで実施された。予算総額は5,126,250ユーロ（2015年12月当時為替換算：6.7億円程度）であり、その50%が補助された。同プロジェクトでは、LNGの船用燃料としての利用に向け、LNGの輸送（transport）、流通、（distribution）、供給（supply）のネットワークの整備が目標とされた。

両プロジェクトが対象とした海域を図2.4に示す。

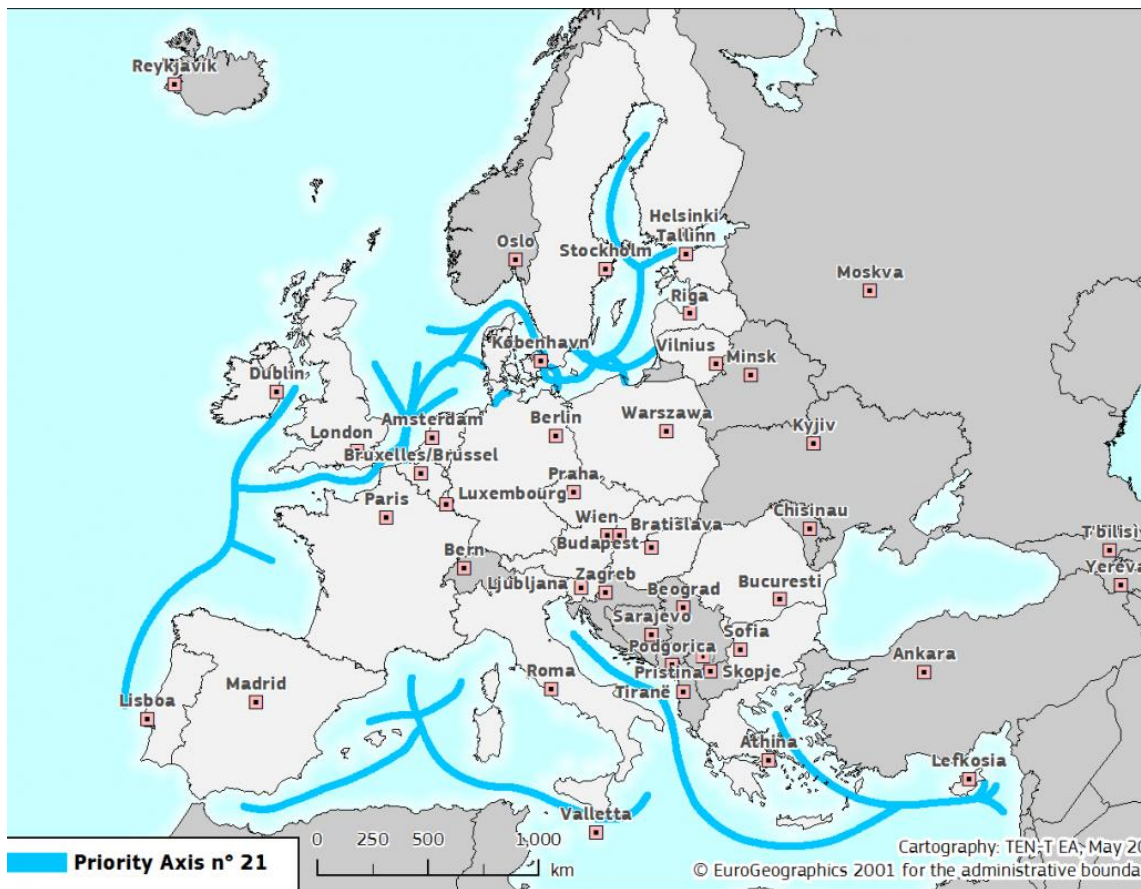
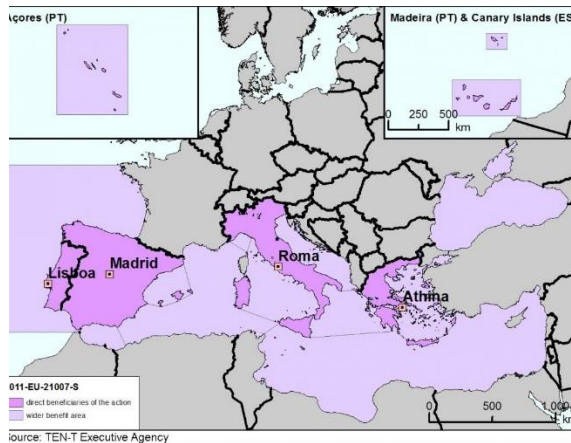
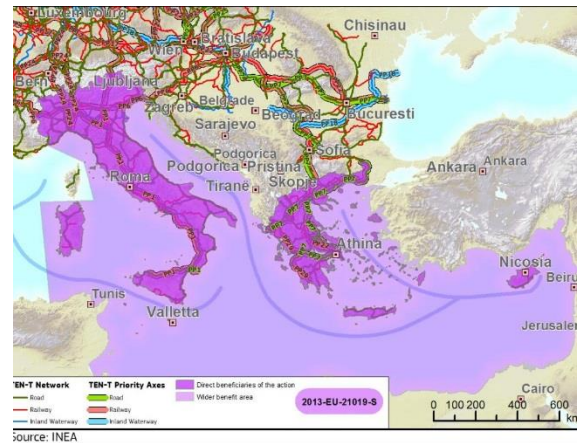


図 2.3 Motorways of the Sea プロジェクトの対象水域





(COSTA プロジェクト)



(COSTA プロジェクト)

図 2.4 COSTA 及び COSTA プロジェクトの対象水域

【No.30】 Inland Waterway Seine-Scheldt プロジェクト

本プロジェクトは、大型バージを通航可能とすることにより、フランス国内の内陸水運と、ベルギー、オランダ、ドイツの海上物流網と接続することを目的としている。前述した No.18 の Waterway axis Rhine/Meuse-Main-Danube プロジェクトと連携することにより、すべての主要な内陸港を接続することも目指している。プロジェクトの対象水域を図 2.5 に示す。

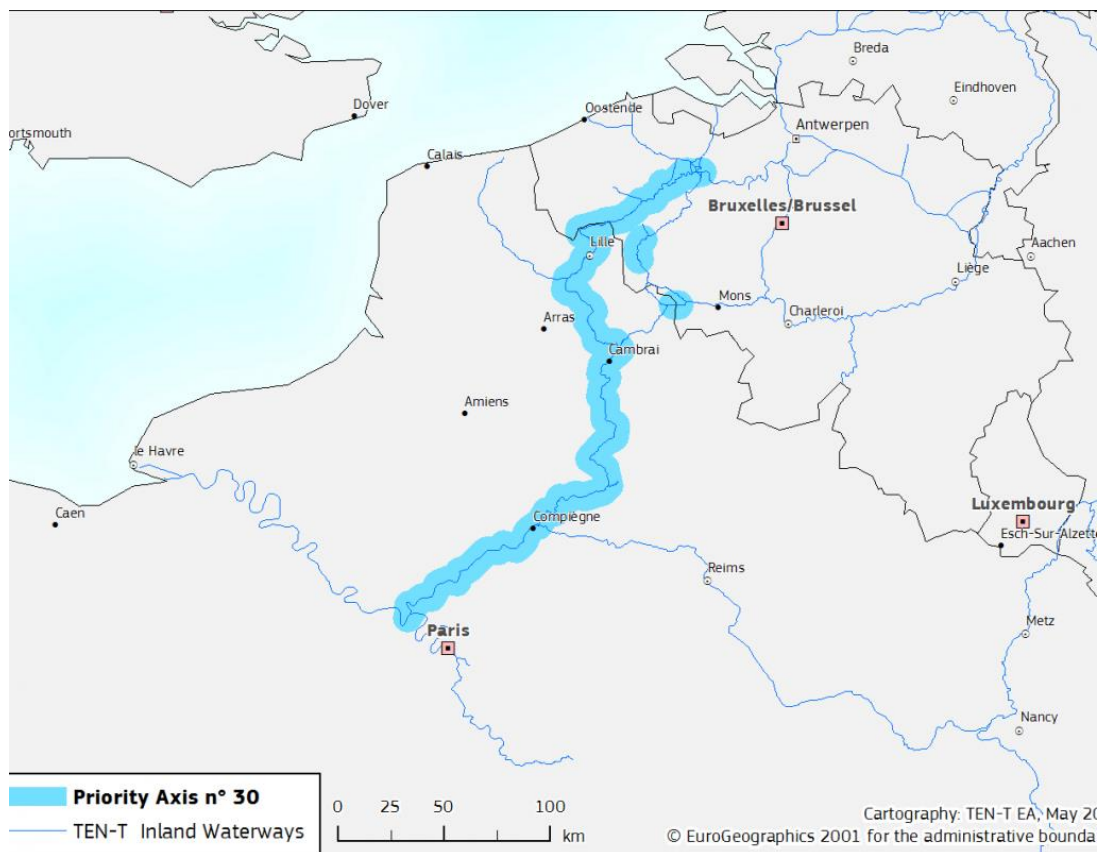


図 2.5 Inland Waterway Seine-Scheldt プロジェクトの対象水域

### 2.1.3 ノルウェーの政策

近年、ノルウェー政府は、従来より削減対象とされてきた NO<sub>x</sub>、SO<sub>x</sub> や PM に加え、CO<sub>2</sub> の削減を重要な目標としてきている。例えば、NO<sub>x</sub> 削減の有効な対策とされる SCR については、作動に要するエネルギーを得るために CO<sub>2</sub> を排出することから、LNG 燃料船以上に問題視されている。その対策の 1 つとして、水力や風力による発電により、国内需要を上回る電力を供給可能な同国の特徴を生かした環境負荷低減対策である。

ノルウェーにおいて進められている主要な政策を以下に示す。

#### (1) NO<sub>x</sub> Fund

石油・ガス等の燃焼により発生し、光化学スモッグや酸性雨などを引き起こす大気汚染原因物質の 1 つである NO<sub>x</sub> は、喫緊に解決すべき課題となっていた。その解決に向け、2005 年に発効された Gothenburg 議定書では、NO<sub>x</sub>、SO<sub>x</sub> 等の 2010 年における各国の排出上限値が規定された。

NO<sub>x</sub> 排出上限値の削減達成が厳しい状況であったノルウェー政府は、2007 年より NO<sub>x</sub> 排出への課税制度を導入した。この NO<sub>x</sub> 税の減免措置として、2008 年にノルウェー環境省と 15 の業界団体により NO<sub>x</sub> Fund が創設され、参加企業への軽減税措置並びに財政支援が認められることとなった。

現在、船主やオフショア開発関連企業等は、通常の NO<sub>x</sub> 税 (19 NOK<sup>8</sup>/kg NO<sub>x</sub>) を支払う代わりに NO<sub>x</sub> Fund の参加費用 (4 NOK<sup>9</sup>/kg NO<sub>x</sub>) を支払うことで済むようになっている。参加資格は、ノルウェーの港湾に寄航することのみであり、海外企業であっても特段の制限はない。

参加企業は、義務付けられた計画や結果の報告 (第三者組織からの監査あり) の代わりに、NO<sub>x</sub> 削減措置に対する投資について、Fund からの補助を受けることができる。削減措置により補助の比率が異なり、NG/LNG 推進機への燃料転換については補助率 80%、SCR の導入については補助率 60%などが定められている。現在、ノルウェー国内で運航されている LNG 燃料船は、全船が NO<sub>x</sub> Fund を活用して建造されている。

NO<sub>x</sub> Fund は、毎年 6~7 億 NOK<sup>10</sup>が用意されており、これまでに 1,000 件以上の応募に対して、800 件以上が採択されている。船舶関係については、のべ 100 億 NOK<sup>11</sup>が拠出されており、実際に対策として講じられた主な措置は LNG 燃料化、燃料削減や SCR の搭載である。また、NO<sub>x</sub> Fund と企業 (船主など) が対策費用として拠出した合計金額は LNG 燃料化が最も大きく、燃料削減、SCR 搭載と減少する傾向にある。更に、NO<sub>x</sub> の削減率と、それに要する費用についても、燃料削減や SCR 搭載といった対策に比べ、LNG 燃料化は削減率は高いものの、それに要する費用は大きくなる。

<sup>8</sup> 2016 年 2 月 TTM 換算で 249 円程度

<sup>9</sup> 2016 年 2 月 TTM 換算で 52 円程度

<sup>10</sup> 2016 年 2 月 TTM 換算 78~91 億円程度

<sup>11</sup> 2016 年 2 月 TTM 換算 1,300 億円程度



なお、NOx Fund は 2017 年まで続くことが予定されているものの、予算不足も明らかになっており、今後の動向が注目される。

## (2) Green Coastal Shipping プログラム

本プログラムは、ノルウェー国内における環境に配慮した内航海運 (Coastal Shipping) の実現を目的に公民連携 (Private Public Partnership) プログラムとして、2015 年に設立された。

プログラムは、20 年間で 4 つのフェーズに区切って構成されており、現在は最初のフェーズ 1 が進行中である。プログラムの計画を図 2.6 に示す。

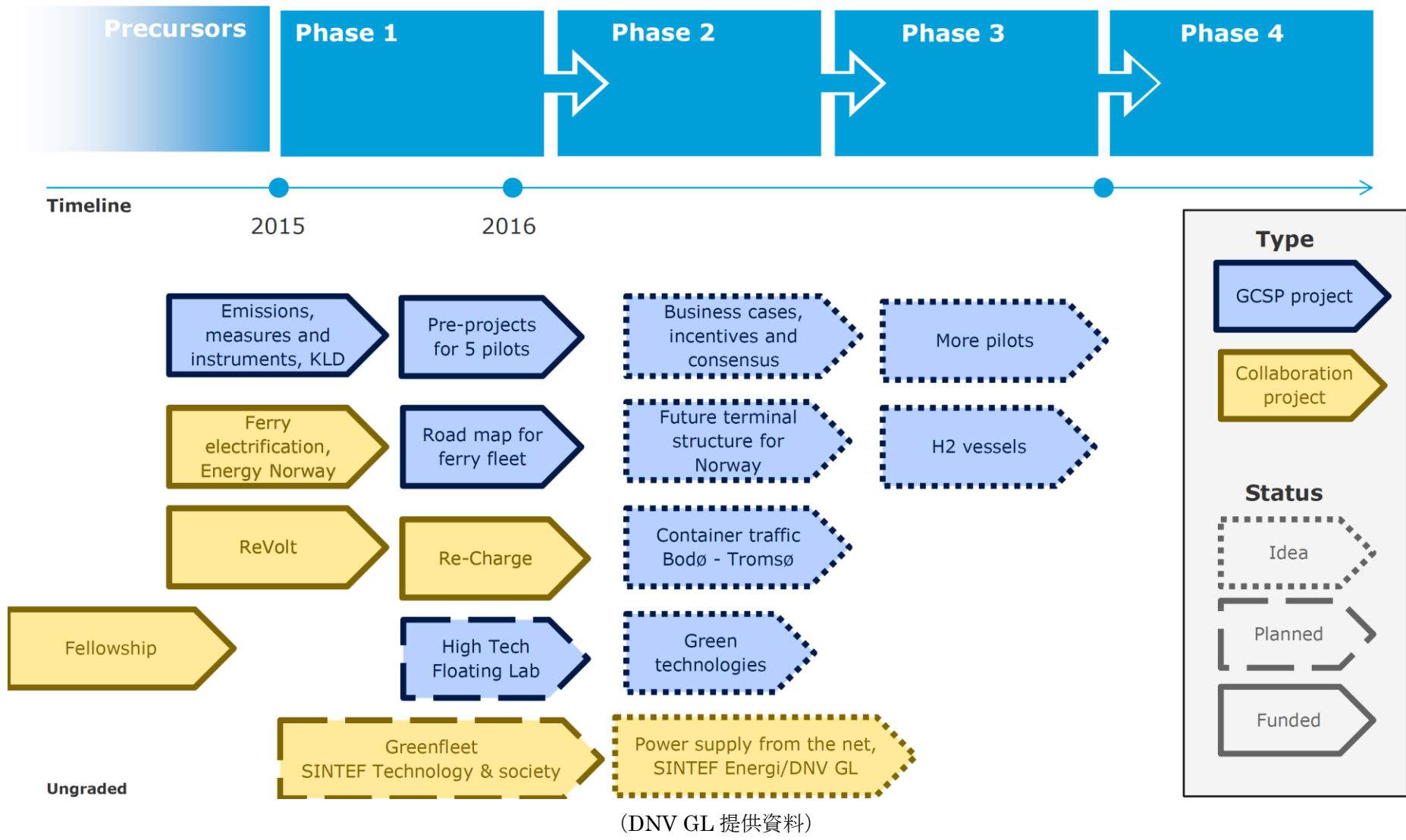


図 2.6 Green Coastal Shipping プログラムの計画

現在、30以上の民間企業組織と政府関係機関が連携しており、プログラム運営は DNV GL が担っている。主な参画企業を以下に示す。

【民間企業組織】

- Norlines
- Norled
- ABB
- Rolls Royce
- Kongsberg
- Shell
- Statoil
- Teekay Corporation
- Gasnor
- Damen
- Maritime Battery Forum
- Norsk Industri
- EGN (Energigass Norge)
- DNV GL

【政府関係機関】

- Norwegian Maritime Authority
- Norwegian Shipowners' Association
- NOx Fund
- NHO Sjøfart
- Energi Norge
- Innovasjon Norge
- Risavika Havn

具体的な対象となるプロジェクトは、LNG 燃料船のほか、電気推進船や代替燃料船となっている。パイロットプロジェクトの例を以下に示す。

① Plug-in Hybrid Cargo Ferry (新造)

- プロジェクトオーナー：Norlines
- プロジェクト概要：LNG 燃料と電池推進のプラグインをコンセプトとする内航コンテナフェリーで、港湾内の航行・荷役におけるゼロエミッションを目指す。



(DNV GL Web サイト)

図 2.7 Plug-in Hybrid Cargo Ferry

## ② Hybrid Ocean Farming Vessel (新造)

- プロジェクトオーナー：ABB / Cargo Freighters' Association
- プロジェクト概要：魚の養殖用の Ocean Farming Vessel (餌やりや、魚の運搬などの用途) に対して、バッテリーシステムを搭載して、ピーク時等の LNG 燃料使用の主機への負荷を減らす、ハイブリッドシステムの開発を目指す。



(DNV GL Web サイト)

図 2.8 Hybrid Ocean Farming Vessel

## ③ General Cargo Carrier to Hybrid LNG Carrier (改造)

- プロジェクトオーナー：Øytank Bunkerservice / Energigass Norge
- プロジェクト概要：既存の貨物船を LNG 燃料とバッテリーの推進装置を備えた LNG 運搬船に改造することにより、港湾内の航行・荷役におけるゼロエミッションを目指す。



(DNV GL Web サイト)

図 2.9 General Cargo Carrier to Hybrid LNG Carrier

## ④ Next Generation Green Shuttle Tanker (新造)

- プロジェクトオーナー：Teekay
- プロジェクト概要：新造シャトルタンカーにおいて、推進機支援力としての

バッテリーの活用と、荷役時に発生する揮発発生有機化合物（VOC）を液化し、船内補機の燃料として活用することを目指す。

⑤ Green Harbor（Electrification and Lower Energy Use）（港湾）

- プロジェクトオーナー：Risavika Harbour
- プロジェクト概要：港湾車両やクレーンの電化、ゲートの効率化、プラグインハイブリット船に対する陸電供給施設設置などにより、低エネルギー消費の港を目指す。

(3) ENOVA プロジェクト

本プロジェクトは、省エネルギー、代替エネルギーや再生エネルギーのプロジェクトに対して、石油エネルギー省が中心となって支援するものである。

支援は、陸上プロジェクトが基本とされているため、船舶関係では、港湾の陸上電源や電池推進船向けの急速充電プロジェクトなどが支援対象となっている。支援規模は投資金額の40%、または10 NOK<sup>12</sup> / kWh が上限となっている。

具体事例としては、約3マイルを20分程度で結ぶ双頭旅客船に電池と急速充電システムを搭載したNorled社のAMPEREプロジェクトがある（図2.10参照）。本船（M/V AMPERE）は、船内に設置された3MWの電池に対して、両岸で約10分間の急速充電と、航行を繰り返すものである。水力や風力による発電により、国内需要を上回る電力を供給可能な同国の特徴を生かした環境負荷低減プロジェクトとなっている。



(Tom Gulbrandsen 撮影)

図 2.10 電池推進船 M/V AMPERE

<sup>12</sup> 2016年2月TTM換算131円程度



(Tore Stensvold 撮影)

図 2.11 M/V AMPERE の充電設備

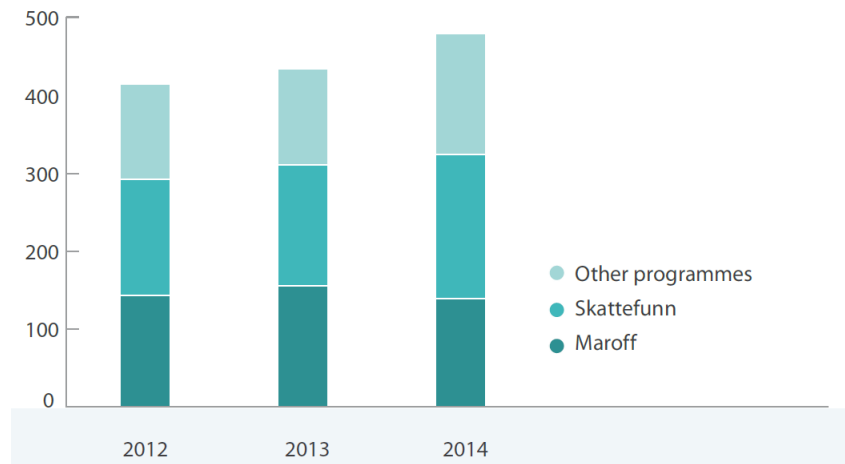
#### (4) The Research Council of Norway

The Research Council of Norway (以下「Research Council」という)は、教育・研究省 (Norwegian Ministry of Education and Research) 所管の政府組織であり、調査研究の推進・補助金交付などを行っている。Research Council は、①科学技術、②エネルギー・資源・環境、③社会・健康、④イノベーション、の 4 つの研究部門からなる。

海事セクターに対しても同組織からは様々なスキームを通じて補助がなされており、2014 年には合計 4.8 億 NOK (2014 年 1 月当時為替換算：79 億円程度) が交付されている (減税分を含む)。図 2.12 に示す通り、同組織が手掛ける中でも、MAROFF プログラムと SkatteFUNN スキームから多くの補助金が交付されている。両プログラム・スキームの概要を以下に示す。



Figure 5: The development in support to the maritime sector from the Research Council of Norway through the MAROFF programme, SkatteFUNN, and other programmes.  
Source: The research council of Norway.



(Norwegian Ministry of Trade, Industry and Fisheries レポート)

図 2.12 The Research Council of Norway による海事セクターに対する支援額

#### ① MAROFF プログラム

MAROFF (Maritime Activities and Offshore Operations) プログラム<sup>13</sup>は Research Council によって 2010 年に開始され、2019 年まで 10 年間継続することが予定されている。

本プログラムは海事関連企業や研究機関の研究・開発の支援を目的としており、特に①環境、②先進的な輸送・ロジスティック、③低環境負荷の海事関連活動、の 3 分野において、革新的な技術開発に注力している。

2014 年には環境関連のプロジェクトに対して合計 8,500 万 NOK (2014 年 1 月当時為替換算：14 億円程度) が割り当てられた。海事セクターでは、海運、造船、船用機器などが対象となっている。

本プログラムにおける LNG 燃料船関連の開発補助の主要テーマは以下の通り

- LNG 燃料主機・補機
- LNG 燃料とそれ以外のエネルギー貯蔵システムとの最適なエネルギーマネジメントシステム
- LNG バンカリングシステム (Ship to ship 含む)
- 本船上の LNG 燃料貯蔵システム
- LNG 燃料の輸送と流通
- 各船種の LNG 燃料船化の検討
- LNG 燃料船化のビジネスモデル・契約形態・インフラ整備等の検討
- LNG 燃料船化のリスク解析

<sup>13</sup> [http://www.forskningradet.no/prognett-maroff/Programme\\_description/1228296528839](http://www.forskningradet.no/prognett-maroff/Programme_description/1228296528839)

## ② SkatteFUNN スキーム

SkatteFUNN スキーム<sup>14</sup>は、企業の研究開発プロジェクトに対して税額控除のインセンティブが与えられるスキームである。

本スキームにおいて、中小企業はプロジェクト費用の20%、大企業は18%の税額控除を受けることができる。

2014年には同スキームを通じて、海事関係に対しては365件のプロジェクトが採択されており、1.85億NOK（2014年1月当時為替換算：30億円程度）が税額控除された。

## (5) Innovation Norway

Innovation Norway<sup>15</sup>は国有企業であり、ノルウェーにおける産業革新（イノベーション）の推進及び地域産業振興開発などを支援している。

同組織はノルウェー国内だけでなく、海外30ヶ国以上にも拠点をもち、ノルウェー企業の海外市場への展開・事業開発等に対する支援も行っている。同組織は2010年より、環境技術の商業化に係るパイロットプロジェクトの支援も始めており、スキームの設立以降、237プロジェクトに対して合計10億NOK<sup>16</sup>が交付されている。そのうち、海事セクターでは、5年間で7,830万NOKが環境技術開発に対して交付されている。

## (6) 国道・州道フェリーの環境負荷低減技術の導入推進

現在、ノルウェー国内では、102の国道フェリー（County road ferry）サービスと、17の州道フェリー（State road ferry）サービスが提供されている。

フェリーは環境負荷低減技術の導入先として重要な役割を占めており、ノルウェー政府は今後の州道フェリーに係る入札案件では、低エミッション技術、若しくはゼロエミッション技術の導入を要件とすることとした。同様なアプローチを国道フェリーに対しても広げていくことについて、議論されているところである。

## (7) Maritim21 戦略

ノルウェー政府は、海事業界の研究開発・技術革新の発展のため、2010年にMaritim21戦略<sup>17</sup>（Maritim21 strategy）を策定した。

従前の政府からの海事業界への支援は、多くの小さなプロジェクトに対して行われたため、必ずしも効率的であるとは言い難く、同国海事業界の強みを活かし、発展するためには、選択された分野に対して集中的に投資を行うことが指摘されていた。

<sup>14</sup> [http://www.skattefunn.no/prognett-skattefunn/Home\\_page/1222340152176](http://www.skattefunn.no/prognett-skattefunn/Home_page/1222340152176)

<sup>15</sup> <http://www.innovasjon Norge.no/en/start-page/>

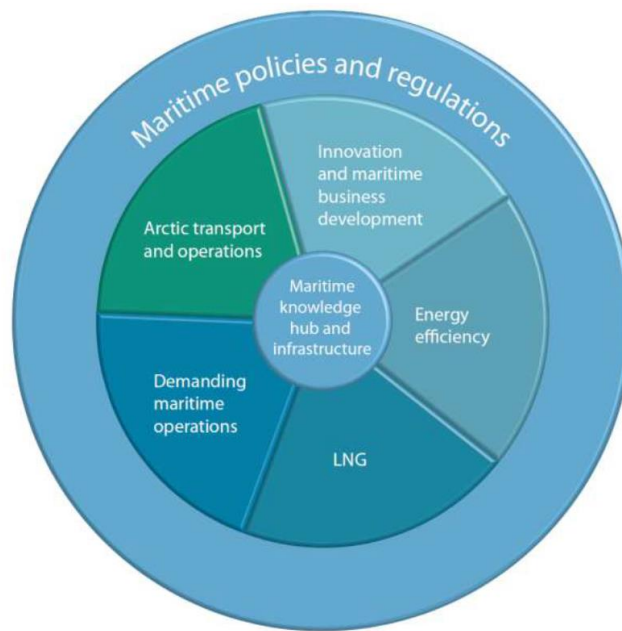
<sup>16</sup> 約131億円（1NOK=13.1円）

<sup>17</sup> <http://www.maritim21.no>



そのような背景より、Maritim21 戦略は、同国海事業界が 2020 年までに知識・環境分野で世界的に最も魅力的な場となることを目標として策定された。戦略策定にあたっては、貿易産業省（Minister of Trade and Industry）の要請を受け、海事業界主導で 6 回のワークショップを行い、100 社を超える企業の 400 人からの意見を集約し、レポートを政府に提出した。海事業界から政府に対して、2012 年から毎年 5 億 NOK<sup>18</sup> の研究開発・技術革新への支出が求められ、以下のように 7 つの優先分野が特定された。

- An infrastructure and knowledge hub
- Maritime policy and framework
- Maritime innovation and business development
- Effective, environment and sustainable use of energy
- Distribution and use of LNG
- Demanding activities that include ship design, equipment, production and operation
- Transportation and operational activities in the High North (Barents Region)



(www.maritim21.no)

図 2.13 Maritim21 戦略の主要 7 分野

LNG の活用については、DNV GL を中心とした業界関係者のワークグループにおいて意見が取りまとめられた。

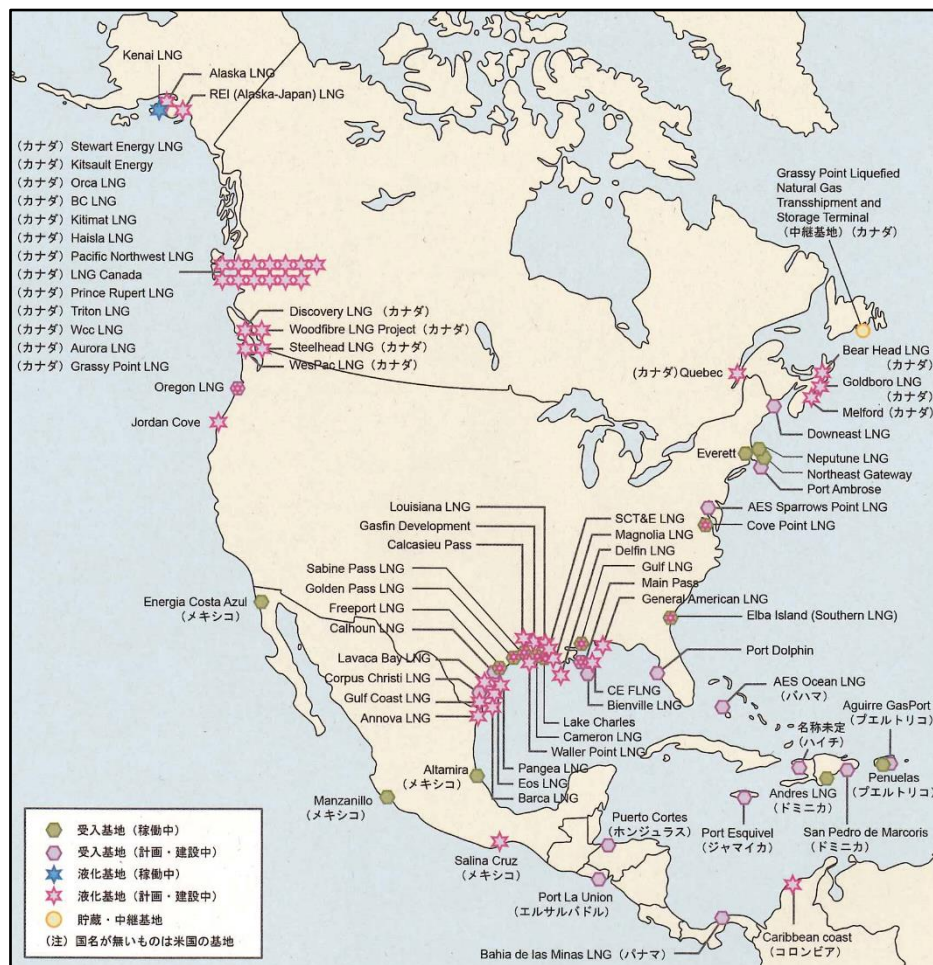
その結果、LNG 関連分野では、2020 年までにノルウェー船籍船の 30%を LNG 燃料船とし、「Small Scale LNG」を含む LNG チェーン（開発・流通・オペレーションなど）を輸出品とすることにより、LNG 関連のノウハウを蓄積することが目標とされた。

<sup>18</sup> 約 65.5 億円 (1NOK=13.1 円)

同国政府は Maritim21 戦略の継続を希望しており、2016 年のアップデートに向け準備をしている。

#### 2.1.4 米国の政策

これまで長期にわたり LNG の輸入国であった米国は、近年の非在来型ガス（通称：シェールガス）の急速な開発により、数年のうちには輸出国に転じることが予定されている。現在、米国内では、20 ヶ所以上の液化基地の整備計画が進んでいるが、そのうちの 9 基地はかつて受入基地として建設・利用されたいた設備を更新することにより、液化基地への転換を図っている（図 2.14 参照）。それらのうちの幾つかの基地へは、本邦企業も出資していることから、将来我が国にも LNG が海上輸送される見通しである。



(天然ガスリファレンス・ブック 2014、JOGMEC)

図 2.14 北米の既存・計画中の LNG 受入・液化基地

一方、米国においては、2012 年 8 月 1 日より沿岸の 200 マイルが ECA に設定されたことに伴い、低硫黄燃料油の使用、スクラバーの設置や LNG への燃料転換といった対応が必要となっている。

その影響もあり、近年は船用燃料の LNG への転換も積極的に検討されており、メキシコ湾の洋上石油生産設備へ資材を供給するための PSV (Platform Supply Vessel) が 2 隻と、世界初となる LNG 燃料コンテナ船「Isla Bella」も 1 隻が既に就航している (図 2.15 参照)。更に複数隻が発注済み、または建造中である。

米国運輸省の連邦海事局 (MARAD : U.S. Maritime Administration) は、国内での LNG 燃料船建造や LNG バンカリングに関する事業への支援を行っている。2015 年 4 月には世界初の LNG 燃料コンテナ船 (ジャクソンビルとプエルトリコ間に就航) の建造に対して「Federal Ship Financing Program (Title XI)」を通じて、2 隻 (前述の Isla Bella はそのうちの 1 隻) に対して 3 億 2,460 万ドル<sup>19</sup>の融資保証をした<sup>20</sup>。また、2015 年 10 月にはアンカレッジとタコマを結ぶ RoRo 船「Midnight Sun」の LNG 燃料船への改造に対して 90 万ドル<sup>21</sup>を拠出し、LNG 燃料船の就航データ等を収集・調査する予定である<sup>22</sup>。



(LNG World News Web サイト)

図 2.15 世界初の LNG 燃料コンテナ船「Isla Bella」 (TOTE Maritime 社)

### 2.1.5 シンガポールの政策

シンガポールは、世界の海上物流ルートの要所であるマラッカ・シンガポール海峡に位置し、産油国でないにも関わらず、その地の利を生かした一大重油バンカリング地となっている。近年では、63 社の供給業者が、130 隻以上のバンカー船を運用し、年間 4,300 万トンの重油を船舶に供給している。

重油と同様に、天然ガス (LNG) も輸入に依存しており、国内の発電所や工業地帯での利用に向け、供給してきた。近年は、船舶由来の排ガスに対する環境負荷低減が推進される国際動向に着目し、LNG 燃料船に対して、LNG 燃料を供給する LNG バンカリング事業が国

<sup>19</sup> 約 366 億円 (2016 年 2 月末 TTM, 1 ドル=113.6 円)

<sup>20</sup> [http://www.marad.dot.gov/newsroom/news\\_release/2015/marad-loan-guarantee-supports-launch-of-worlds-first-lng-powered-container-ship/](http://www.marad.dot.gov/newsroom/news_release/2015/marad-loan-guarantee-supports-launch-of-worlds-first-lng-powered-container-ship/)

<sup>21</sup> 約 1 億円 (2016 年 2 月末 TTM, 1 ドル=113.6 円)

<sup>22</sup> [http://www.marad.dot.gov/newsroom/news\\_release/2015/marad-provides-funding-to-further-study-lng-as-propulsion-fuel-for-maritime-industry/](http://www.marad.dot.gov/newsroom/news_release/2015/marad-provides-funding-to-further-study-lng-as-propulsion-fuel-for-maritime-industry/)

策として進められてきている。

先ず進められたのが、地の利を生かしたアジアにおける国際的な LNG 貿易中継地を目指した Singapore LNG Corporation (SLNG) の設立であった。SLNG 社は LNG 受入基地の整備・拡張を続けており、運用開始当初の 2013 年 5 月に年間 350 万トンだった取扱量は、2014 年に 600 万トンにまで達しており、今後も整備・拡張が計画されている（図 2.16 参照）。特に、LNG を国内消費者へ供給するだけでなく、貯蔵、再輸出や近隣企業への冷熱提供など、LNG を活用した新たなビジネスへの展開を積極的に図っていくことが計画されている。

その延長として、船用燃料として LNG を供給する計画もあり、Maritime and Port Authority of Singapore (MPA : シンガポール海事港湾庁) と Energy Market Authority (EMA : エネルギー市場監督庁) が中心になり、これまで独自に準備を進めてきた。既に、LNG バンカリングの実施に向けた基準や手順の整備は概ね済ませている状況にあり、環境負荷の小さな LNG 燃料船の普及に備え、今後も実証を経て、商業化に向けた取組みが進められていくと見込まれる。

同国においては、MPA の MINF Fund を活用する形で 2012 年 1 月より LNG バンカリングの基準と手順を策定する検討 (JIP : Joint Industry Project) を開始した。JIP は、DNV Clean Technology Center を中心に、MPA などの関係政府組織以外にも国内外 17 社の関連企業も参加した（表 2.5 参照）。本邦からも IHI、三井物産、日本郵船の 3 社が参画した。最終的には、DNV Clean Technology Center に代わって Lloyd's Register が 2013 年 11 月に報告書「Liquefied Natural Gas Bunkering Standards and Procedure」を取りまとめた。

現在、MPA は、2017 年に船舶への LNG バンカリング、同運用基準 (Operational Standard) 及び同運用手順 (Operational Procedure) の確立を目標としたパイロットプログラムを立ち上げている。同プログラムにおいては、LNG 燃料船の就航を支援する目的として、6 隻の LNG 燃料船に対して 1 隻あたり最大 200 万シンガポールドル<sup>23</sup>の補助金を支出することを 2015 年 10 月に発表している。併せて、2015 年 11 月には同 LNG 燃料船に対して LNG 燃料を供給する事業者の公募を発表し、2016 年 1 月末に Keppel Offshore & Marine 社と British Gas (BG) 社の合弁会社と、Pavilion Gas 社の 2 者に LNG 燃料供給者のライセンスが与えられた。

---

<sup>23</sup> 約 1.6 億円 (2016 年 2 月末 TTM, 1 ドル=80.6 円)





(Samsung C&T 社 Web サイト)

図 2.16 SLNG 基地

表 2.5 JIP (シンガポール) への参画企業

【政府関係組織】

- Energy Markets Authority
- Land Transport Authority
- Maritime and Port Authority

【民間企業 (国内外)】 ※朱字は本邦企業

- |  |                                 |
|--|---------------------------------|
| ➤ BG Group                                   | ➤ DNV Petroleum Services        |
| ➤ Fearnleys                                  | ➤ Gas Supply Pte Ltd            |
| ➤ Hong Lam Marine                            | ➤ I.M Skaugen                   |
| ➤ <b>IHI Corporation</b>                     | ➤ Innovation Norway             |
| ➤ Keppel Offshore & Marine Technology Centre | ➤ <b>Mitsui &amp; Co., Ltd.</b> |
| ➤ Norgas (Asia)                              | ➤ <b>NYK Line</b>               |
| ➤ Rolls Royce Marine                         | ➤ Shell                         |
| ➤ Singapore LNG Corporation Pte Ltd          | ➤ SPT Marine Services Ltd.      |
| ➤ Star Cruises                               |                                 |

2.1.6 インドネシアの政策

インドネシアは、かつて産油国であったものの、国内需要の急速な増加を背景に石油輸出量は減少の一途を辿り、2004年には純輸入国となった。そのような状況の中でも同国政府は、国内市場価格の安定や、低所得者層や僻地住民の生活を保護する観点より、石油製品の購入に対して燃料補助金の支出を続けてきた。しかし、大幅に急増する国内の石油製品消費量に対する燃料補助金は、同国の財政赤字の主因とされてきた。そのような状況を打開すべく、Joko Widodo 大統領は、2014年11月に燃料補助金の削減を、そして2015年1月には

ガソリンに対する燃料補助金を廃止した。

それに対して、同国は天然ガス・LNG の産出国かつ輸出国であり、燃料補助金の削減・廃止により高騰する石油製品に対する天然ガスの価格優位性は高まりつつある。

その点に着目した Directorate General of Sea Transportation (DGST: 運輸省海運総局) は、自らが所有する離島航路向け旅客船、通称パイオニア船 (Kapal Perintis。図 2.17 参照) の燃料を重油から天然ガスに転換することを計画している。海運総局においては、既にパイロット船の設計・建造に向けたプロジェクトが進み始めている。パイロットプロジェクトの LNG 燃料パイオニア船は、1 ラウンドが 14~20 日の運航形態が想定されており、現状、同国の LNG 供給インフラが貧弱であることを勘案し、1,400PS 程度の DF (二元燃料) エンジンが主機として想定されている。表 2.6 には、パイオニア船の代表船型を示す。

なお、ハード面・ソフト面ともに、LNG 燃料船と LNG バンカリングに係る法制度を含む国内体制の整備は、今後の課題となっている。



図 2.17 離島航路向け旅客船 (Kapal Perintis)

表 2.6 パイオニア船の代表船型

載貨重量トン (DWT)	全長 (m)	基数 (基)	合計主機馬力 (馬力)
500	50	2	500
750	60	2	650
1,200	70	2	1,100

## 2.2 世界の燃料供給に係るインフラ設備の整備状況と将来見通し

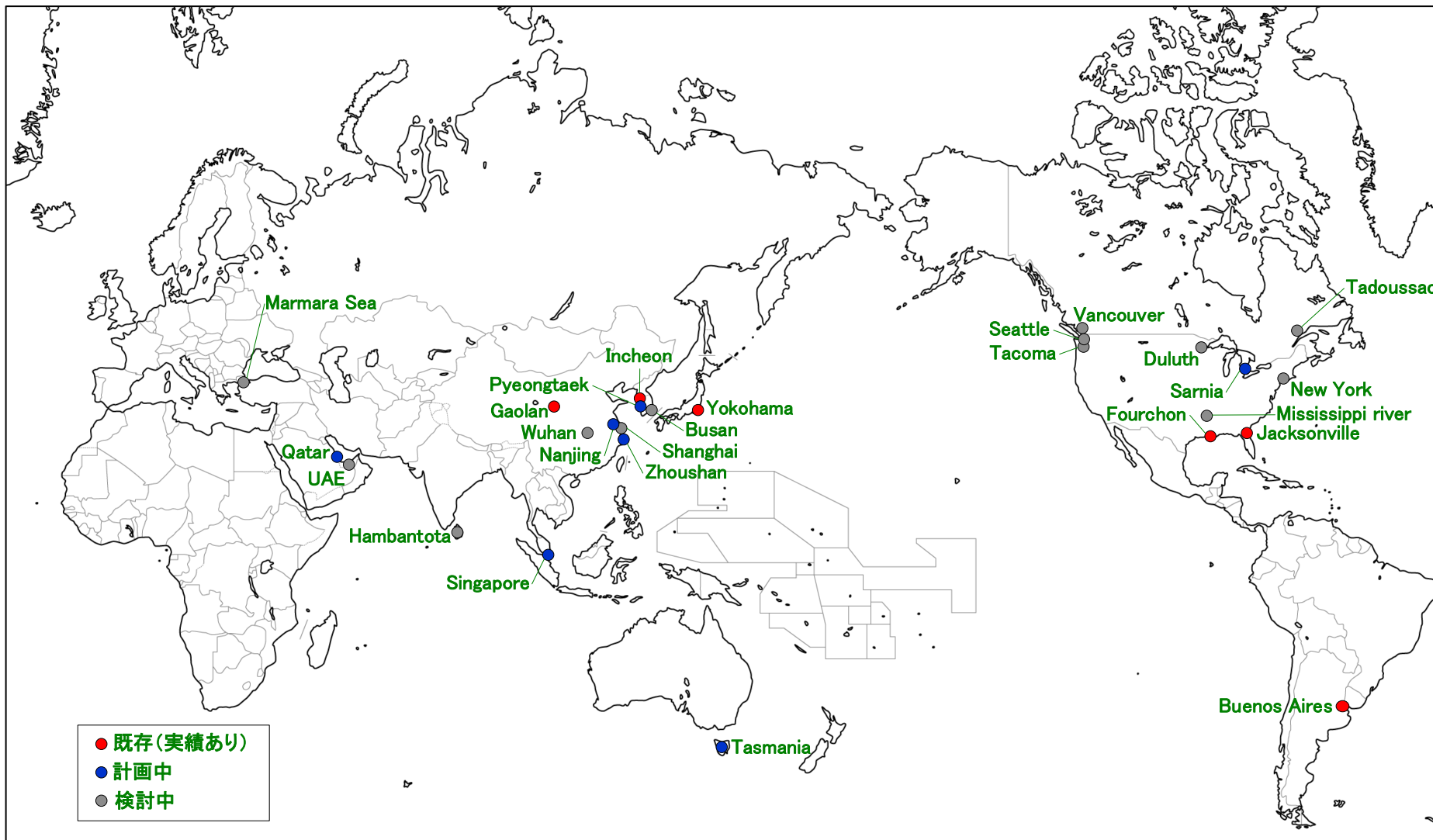
現在、世界でLNGバンカリングが実施されている港湾は23港ある。その他に計画が進められている港湾が29港、計画を検討中の港湾が25港ある。各港の概位を図2.18及び図2.19に示す。

LNGバンカリングを実施可能な港湾は、数・密度ともに欧州（北欧を含む）が他の国・エリアを圧倒している状況にある。国・エリア別のLNGバンカリングを実施可能な港湾数を表2.7に示す。

表 2.7 国・エリア別のLNGバンカリング実施可能な港湾（計画等を含む）

	既存	計画中	検討中	合計
欧州	17	22	13	52
（ノルウェー）	12	1	0	13
北米	2	1	7	10
南米	1	0	0	1
ロシア	0	0	0	0
中東	0	1	1	2
アジア	3	4	4	11
オセアニア	0	1	0	1
合計	23	29	25	77

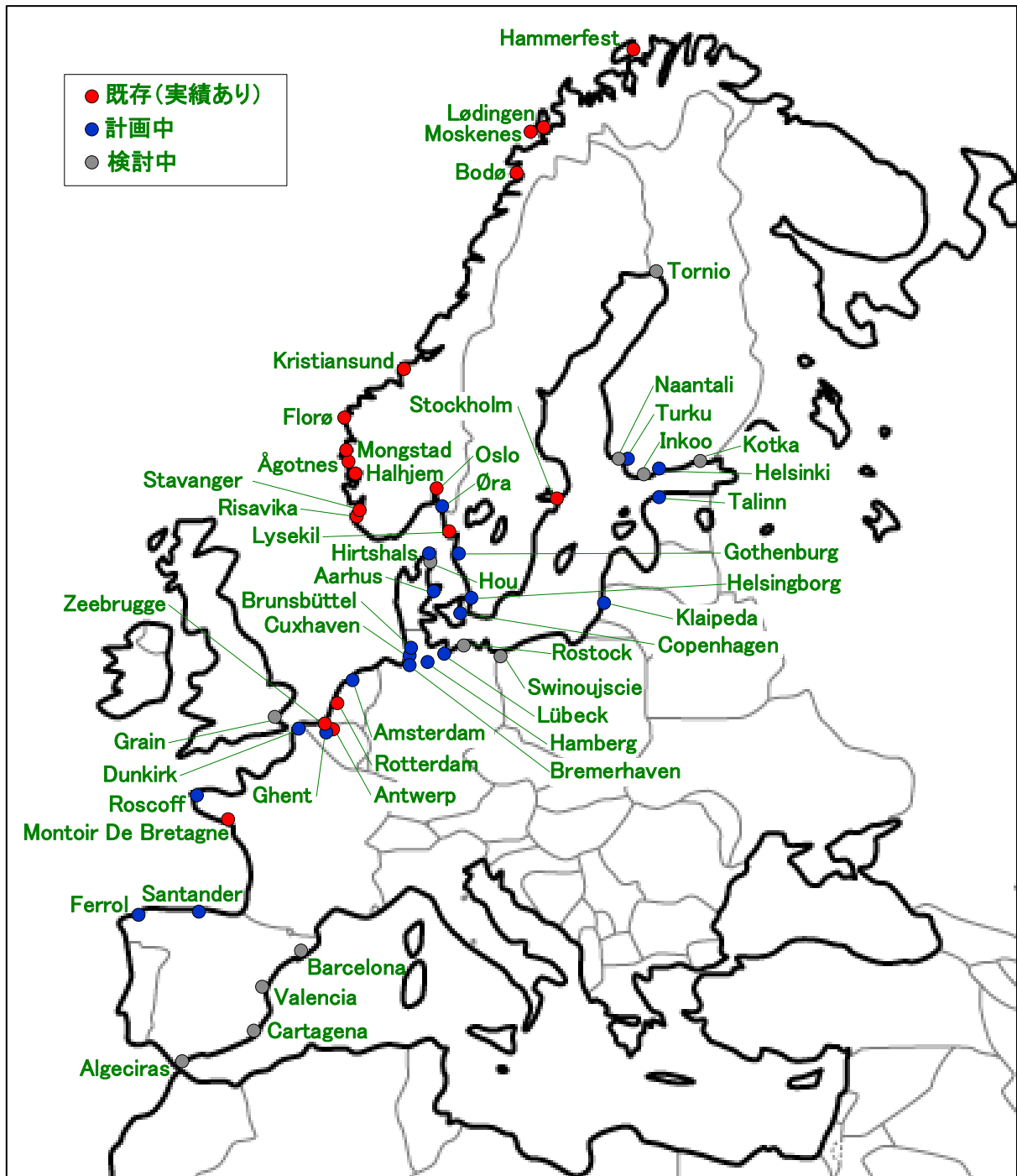
（日本海洋科学）



(日本海洋科学)

図 2.18 世界の LNG バンカリング地 (欧州を除く)





(日本海洋科学)

図 2.19 世界の LNG バンカリング地 (欧州抜粋)

## 2.3 世界の LNG 燃料船の現況

### 2.3.1 就航済み隻数の推移

2000年にノルウェーでLNG燃料船の第一船が就航してからの隻数の推移を図 2.20 に示す。2015年12月現在、世界で就航しているLNG燃料船は74隻である。この他に計85隻が建造中または建造予定（以下「発注済み」という）の状況にある。就航済み及び発注済みLNG燃料船のリストをそれぞれ表 2.8 から表 2.10 に示す。

このうち、我が国で就航したLNG燃料船は、2015年9月1日に就航した日本郵船㈱のタグボート（曳船）の1隻のみである（図 2.21 参照）。

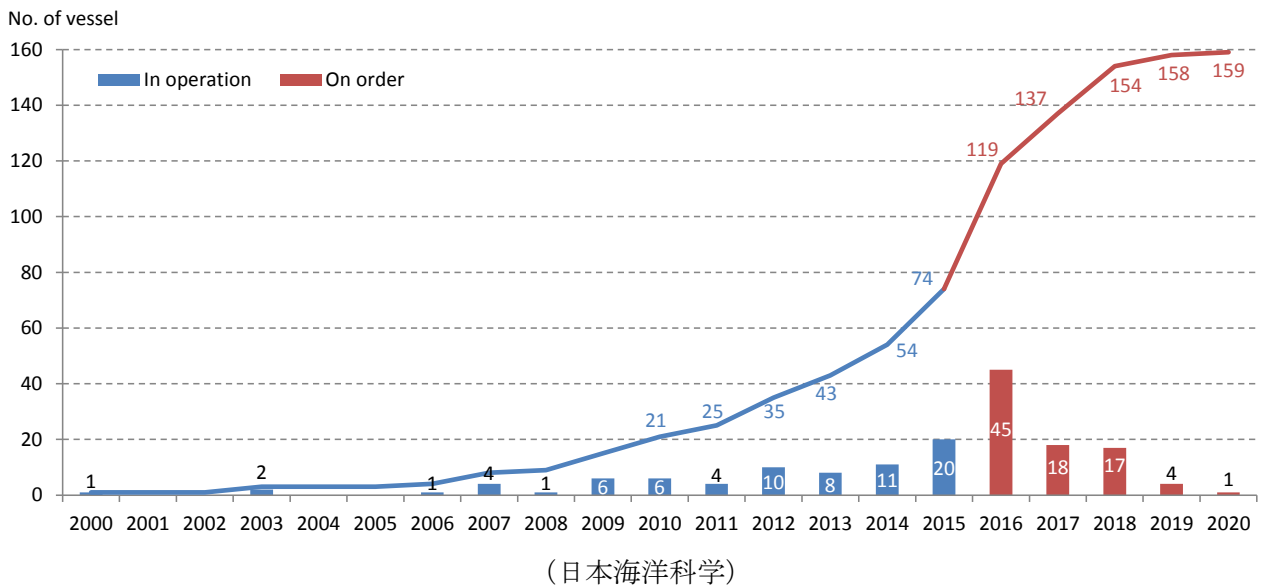


図 2.20 世界における就航済み LNG 燃料船隻数の推移（2015 年 12 月現在）



(日本海洋科学)

図 2.21 国内初の LNG 燃料タグボート「魁」





表 2.9 発注済み LNG 燃料船 (2015 年 12 月現在)

No.	Name	Year	Type of vessel	Owner	Operator	Shipbuilder	Class	Engine					Propulsion		LOA (m)	Beam (m)	GT	Engine Stroke	Delivery	新造・改造			
								Type	Maker	Model	Speed	No.	Power (HP)	Type							Unit		
75	Perla Del Caribe	2016	Container ship	TOTE Shipping	Totem Ocean Trailer Express	USA	National Steel & Shipbuilding	USA	ABS	Motor Diesel	MAN B&W	8L70ME-C8-GI	Slow	1	34,250	FPP	1	233.00	32.31	39,000	2	2016/1	新造
76	Armand-Imbeau II	2016	Car/passenger ferry	Société des traversiers du Québec	Quebec Traversiers	Canada	Davie Quebec Yards Inc	Canada	LR	DF	Wartsila	9L20DF	High	2	6,100			92.00	26.40	5,000	4		新造
77	Harvey America	2016	PSV	Harvery Gulf	Harvery Gulf Int'l Marine LLC	USA	Trinity Offshore LLC	USA	ABS	DF	Wartsila	6L34DF	Medium	3	9,048	Azimuth	2	92.00	19.50	3,900			新造
78	Hai Yang Shi You 526	2016	Tug	CNOOC	CNOOC	China	Jiangsu Zhenjiang Shipyard	China	CCS		Bergens	C26:33L9PG			5,616	Directional	2	40.80	11.60	694	4		新造
79	Jos-Deschenes II	2016	Car/passenger ferry	Society of Quebec ferries	Quebec Traversiers	Canada	Davie Quebec Yards Inc	Canada	LR	Motor Diesel	Wartsila	9L20DF	High	2	6,100			92.00	26.00	5,000	4		新造
80	Fure West	2016	Oil/chemical tanker	Furetank Rederi	Furetank Chartering Sweden AB	Sweden	Shanghai Edward Shipbuilding	China	BV	Motor Diesel	Mak	7M43C	Medium	1	8,416	CPP	1	143.97	21.50	11,548	4		改造
81	Elemarateyah	2016	Tug	Drydocks World					Tasneef		Wartsila												新造
82	Siem Melody	2016	PSV	Siem Offshore					DNV GL	DF								89.20	19.00				新造
83	Nantong Sinopacific 1018	2016	Gas Carrier	Evergas	Evergas Management AS	Denmark	Nantong Sinopacific Offshore & Eng	China	BV	Motor Diesel	Watsila	6L50DF	Medium	2	11,700	CPP	1	180.30	26.60	22,855	4		新造
84	Nantong Sinopacific 1019	2016	Gas Carrier	Evergas	Evergas Management AS	Denmark	Nantong Sinopacific Offshore & Eng	China	BV	Motor Diesel	Watsila	6L50DF	Medium	2	11,700	CPP	1	180.30	26.60	22,855	4		新造
85	Nantong Sinopacific 1020	2016	Gas Carrier	Evergas	Evergas Management AS	Denmark	Nantong Sinopacific Offshore & Eng	China	BV	Motor Diesel	Watsila	6L50DF	Medium	2	11,700	CPP	1	180.30	26.60	22,855	4		新造
86	Harvey Patriot	2016	PSV	Harvey Gulf Int.	Harvey Gulf Int'l Marine LLC	USA	Trinity Offshore LLC	USA	ABS	Diesel-Electric	Watsila	6L34DF	Medium	3	9,048	Azimuth	2	92.00	19.50	4,700	4		新造
87	Polaris	2016	Icebreaker	Finnish Transport Agency			Arctech Helsinki Shipyard	Finland	LR									110.00	24.00				新造
88	Siem Rhapsody	2016	PSV	Siem Offshore					DNV GL									89.20	19.00				新造
89		2016	PSV	Siem Offshore					DNV GL														新造
90	Sundowner	2016	Gas Carrier	Chemgas Shipping	Chemgas Shipping	Netherlands	Shipyard Constructions Hooqeza	Netherlands	BV	Motor Diesel	Watsila	8L20	High	1	1,849	FPP	1	87.18	14.80	2,950	4		新造
91	Avic Dingheng Ad0024	2016	Oil/chemical tanker	Termtank	Termtank Ship Management AB	Sweden	AVIC Dingheng Shipbuilding	China	BV	Motor Diesel	Watsila	5RT-flex50DF	Slow	1	10,083	FPP	1	147.00	22.40	11,374	2		新造
92	Avic Dingheng Ad0025	2016	Oil/chemical tanker	Termtank	Termtank Ship Management AB	Sweden	AVIC Dingheng Shipbuilding	China	BV	Motor Diesel	Watsila	5RT-flex50DF	Slow	1	10,083	FPP	1	147.00	22.40	11,374	2		新造
93	Avic Dingheng Ad0057	2016	Oil/chemical tanker	Termtank	Termtank Ship Management AB	Sweden	AVIC Dingheng Shipbuilding	China	BV	Motor Diesel	Watsila	5RT-flex50DF	Slow	1	10,083	FPP	1	147.00	22.40	11,374	2		新造
94	Midnight Sun	2016	Ro-Ro	TOTE Shipholdings	Totem Ocean Trailer Express	USA	National Steel & Shipbuilding	USA	ABS	Diesel-Electric	MAN	9L58/64	Medium	4	70,970	FPP	2	255.72	35.96	65,314	4		改造
95	Nantong Cosco Khi 212	2016	Car Carrier	UECC	UECC	Norway	Nantong COSCO KHI Ship Engineer	China	LR	Motor Diesel	MAN B&W	8S50ME-C8-GI	Slow	1	14,956	FPP	1	181.00	30.00	43,200	2		新造
96	Nantong Cosco Khi 213	2016	Car Carrier	UECC	UECC	Norway	Nantong COSCO KHI Ship Engineer	China	LR	Motor Diesel	MAN B&W	8S50ME-C8-GI	Slow	1	14,956	FPP	1	181.00	30.00	43,200	2		新造
97	Hasvik	2016	Car/passenger ferry	Boreal(Veolia Transport)	Boreal Transport Nord AS	Norway	Fiskerstrand Verft	Norway	DNV GL	Diesel-Electric								62.60	13.50	2,200			新造
98	Bergsfjord	2016	Car/passenger ferry	Boreal(Veolia Transport)	Boreal Transport Nord AS	Norway	Fiskerstrand Verft	Norway	DNV GL	Diesel-Electric								62.60	13.50	2,200			新造
99	Yangzhou Guoyu Gy1001	2016	Container ship	GNS Shipping (Nordic Hamburg)	Containerships Ltd Oy	Finland	Yangzhou Guoyu Shipbuilding Co	China	ABS	Motor Diesel	Watsila	7RT-flex50DF		1		FPP	1	169.95	26.90	17,950	2		新造
100	Yangzhou Guoyu Gy1002	2016	Container ship	GNS Shipping (Nordic Hamburg)	Containerships Ltd Oy	Finland	Yangzhou Guoyu Shipbuilding Co	China	ABS	Motor Diesel	Watsila	7RT-flex50DF		1		FPP	1	169.95	26.90	17,950	2		新造
101	Flensburger 768	2016	Ro-Ro	Searoad Holdings	SeaRoad Shipping Pty Ltd	Australia	Flensburger Schiffbau GmbH	Germany	DNV GL	Motor Diesel	Mak	8M46DF	Medium	2				181.52	26.60	19,110	4		新造
102	Salish Odra	2016	Car/passenger ferry	BC Ferries	British Columbia Ferry	Canada	Remontowa Shipbuilding SA	Poland	LR	Diesel-Electric					6,036	Azimuth	2	107.20	23.50	8,690			新造
103	Salish Eagle	2016	Car/passenger ferry	BC Ferries	British Columbia Ferry	Canada	Remontowa Shipbuilding SA	Poland	LR	Diesel-Electric					6,036	Azimuth	2	107.20	23.50	8,690			新造
104	Nantong Sinopacific 1034	2016	Gas Carrier	Ocean Yield (AkerASA)	Ocean Yield AS	Norway	Sinopacific Offshore & Engineering	China	DNV GL	Motor Diesel	MAN B&W	ME-GI	Low			FPP	1			23,000			新造
105	Nantong Sinopacific 1035	2016	Gas Carrier	Ocean Yield (AkerASA)	Ocean Yield AS	Norway	Sinopacific Offshore & Engineering	China	DNV GL	Motor Diesel	MAN B&W	ME-GI	Low			FPP	1			23,000			新造
106	Nantong Sinopacific 1036	2016	Gas Carrier	Ocean Yield (AkerASA)	Ocean Yield AS	Norway	Sinopacific Offshore & Engineering	China	DNV GL	Motor Diesel	MAN B&W	ME-GI	Low			FPP	1			23,000			新造
107	Sedef 179	2016	Car/passenger ferry	Seaspan Ferries Corp.	Seaspan Ferries Corp	Canada	Sedef Gemi Insaati AS	Turkey	BV	Diesel-Electric	Watsila	9L34DF				Directional	2	148.90	26.00	5,000			新造
108	Sedef 180	2016	Car/passenger ferry	Seaspan Ferries Corp.	Seaspan Ferries Corp	Canada	Sedef Gemi Insaati AS	Turkey	BV	Diesel-Electric	Watsila	9L34DF				Directional	2	148.90	26.00	5,000			新造
109	Navigator Copernico	2016	Gas Carrier	Navigator Gas	Navigator Gas LLC	UK	Jiangnan Shipyard Group Co Ltd	China	ABS	Motor Diesel	MAN B&W	6550ME-C8	Slow	1	11,510	FPP	1	159.99	24.80	17,800			新造
110	Navigator Aurora	2016	Gas Carrier	Navigator Gas	Navigator Gas LLC	UK	Jiangnan Shipyard Group Co Ltd	China	ABS	Motor Diesel	MAN B&W	6550ME-C8	Slow	1	11,510	FPP	1	179.89	29.60	23,000			新造
111	Navigator Eclipse	2016	Gas Carrier	Navigator Gas	Navigator Gas LLC	UK	Jiangnan Shipyard Group Co Ltd	China	ABS	Motor Diesel	MAN B&W	6550ME-C8	Slow	1	11,510	FPP	1	179.89	29.60	23,000			新造
112	Navigator Nova	2016	Gas Carrier	Navigator Gas	Navigator Gas LLC	UK	Jiangnan Shipyard Group Co Ltd	China	ABS	Motor Diesel	MAN B&W	6550ME-C8	Slow	1	11,510	FPP	1	179.89	29.60	23,000			新造
113	Brodosplit 478	2016	Container ship	Brodosplit					DNV GL														新造
114	Brodosplit 479	2016	Container ship	Brodosplit					DNV GL														新造
115	Abel Matutes	2016	RoPax	Balearia	Balearia Eurolines Maritimas	Spain	Hijos de J Barreras SA	Spain	BV	Motor Diesel	Mak	9M43C	Medium	2	24,480	CPP	2	190.50	26.00	29,670	4		改造
116	Minerva	2016	Dredger	DEME	DEME Group	Belgium	MTG-Dolphin Plc	Bulgaria	BV	Motor Diesel	Watsila	9L34DF	Medium	2	9,046			86.20	17.30	3,697	4		新造
117	Scheldt River	2016	Dredger	DEME	DEME Group	Belgium	IHC Offshore & Marine	Netherlands	BV	Motor Diesel	Watsila	9L34DF	Medium	2	9,046			111.80	25.00	5,900			新造
118	Wes Amelle	2016	Container ship	Wessels Reederei	Unifeeder A/S	Denmark	Jiangdong shipyard	China	BV	Motor Diesel	MAN B&W	8L48/60B	Medium	1	11,094	CPP	1	151.72	23.40	10,585	4		改造
119		2016	Hopper Barge	Bremenports					DNV GL	Gas								68.50					新造
120	Living Stone	2017	Cable layer	DEME Tideway	Tideway BV	Netherlands	Norte Construcciones Navales	Spain	DNV GL	Motor Diesel	Watsila							161.00	32.20	18,900			新造
121	Jiangus Newyangzi YZJ 1182	2017	Gas Carrier	Evergas	Evergas A/S	Denmark	Jiangsu New Yangzijiang Shbldg	China	BV	Diesel-Electric	Watsila	6L50DF	Medium	2	13,174	FPP	1	180.30	26.60	22,855	4		新造
122	Jiangus Newyangzi YZJ 1183	2017	Gas Carrier	Evergas	Evergas A/S	Denmark	Jiangsu New Yangzijiang Shbldg	China	BV	Diesel-Electric	Watsila	6L50DF	Medium	2	13,174	FPP	1	180.30	26.60	22,855	4		新造
123	Gondan 465	2017	Tug	Ostensjo Rederi	Ostensjo Rederi AS	Norway	Gondan SA, Astilleros	Spain	BV	Motor Diesel	Watsila	6L34DF	Medium	2	6,032	Directional	2	40.20	16.00	650	4		新造
124	Gondan 466	2017	Tug	Ostensjo Rederi	Ostensjo Rederi AS	Norway	Gondan SA, Astilleros	Spain	BV	Motor Diesel	Watsila	6L34DF	Medium	2	6,032	Directional	2	40.20	16.00	650	4		新造
125	Gondan 467	2017	Tug	Ostensjo Rederi	Ostensjo Rederi AS	Norway	Gondan SA, Astilleros	Spain	BV	Motor Diesel	Watsila	6L34DF	Medium	2	6,032	Directional	2	40.20	16.00	650	4		新造
126	Guangzhou	2017	RoPax	Rederi AB Gotland	Gotland Rederi AB	Sweden	Guangzhou Shipyard	China	DNV GL	Motor Diesel	Watsila							199.99	25.20	32,000	4		新造
127		2017	Car/passenger ferry	Caronte & Tourist			Rosetti Marino shipyard		RINA														新造
128		2017	Oil/chemical tanker	Groupe Desgagnes			Besiktas	Turkey	BV	DF	Watsila	5RT-flex 60DF											新造
129		2017	Oil/chemical tanker	Groupe Desgagnes			Besiktas	Turkey	BV	DF	Watsila	5RT-flex 60DF											新造
130	Yangzhou Guoyu Gy1003	2017	Container ship	GNS Shipping (Nordic Hamburg)	Containerships Ltd Oy	Finland	Yangzhou Guoyu Shipbuilding Co	China	ABS	Motor Diesel	Watsila	7RT-flex50DF		1		FPP	1	169.95	26.90	17,950	2		新造
131	Yangzhou Guoyu Gy1004	2017	Container ship	GNS Shipping (Nordic Hamburg)	Containerships Ltd Oy	Finland	Yangzhou Guoyu Shipbuilding Co	China	ABS	Motor Diesel	Watsila	7RT-flex50DF		1		FPP	1	169.95	26.90	17,950	2		新造
132	Salish Raven	2017	Car/passenger ferry	BC Ferries	British Columbia Ferry	Canada	Remontowa Shipbuilding SA	Poland	LR	Diesel-Electric					6,036	Azimuth	2	107.20	23.50	8,690			新造
133	Avic Dingheng Ad0058	2017	Oil/chemical tanker	Termtank	Termtank Ship Management AB	Sweden	AVIC Dingheng Shipbuilding	China	BV	Motor Diesel	Watsila	5RT-flex50DF	Slow	1	10,083	FPP	1	147.00	22.40	11,374	2		新造
134	El Coquí	2017	Container ship	Crowley Maritime Corp.	Crowley Liner Service Inc	USA	VT Halter Marine Inc	USA	DNV GL	Motor Diesel	MAN B&W	8570ME-C8-GI	Slow	1	30,232			219.50	32.30	36,796	2		新造

(日本海洋科学)





表 2.10 発注済み LNG 燃料船 (2015 年 12 月現在) (つづき)

	Name	Year	Type of vessel	Owner	Operator	Shipbuilder	Class	Engine					Propulsion		LOA (m)	Beam (m)	GT	Engine Stroke	Delivery	新造・改造				
								Type	Maker	Model	Speed	No.	Power (HP)	Type							Unit			
135	Taino	2017	Container ship	Crowley Maritime Corp.	Crowley Liner Service Inc	USA	VT Halter Marine Inc	USA	DNV GL	Motor Diesel	MAN B&W	8570ME-C8-GI	Slow	1	30,232			219.50	32.30	36,796	2		新造	
136	Meyer Turku 1391	2017	RoPax	Tallink	Tallink Group Ltd	Estonia	Meyer Turku Oy	Finland	BV	Motor Diesel							212.00	35.00	49,000			新造		
137		2017	Container ship	Brodosplit	Brodosplit	Croatia	Brodosplit Brodogradiliste	Croatia	DNV GL	Motor Diesel						FPP	1	165.00	26.50	22,500	2		新造	
138		2018	Container ship	Brodosplit	Brodosplit	Croatia	Brodosplit Brodogradiliste	Croatia	DNV GL	Motor Diesel						FPP	1	165.00	26.50	22,500	2		新造	
139		2018	Container ship	Brodosplit	Brodosplit	Croatia	Brodosplit Brodogradiliste	Croatia	DNV GL	Motor Diesel						FPP	1	165.00	26.50	22,500	2		新造	
140		2018	Container ship	Brodosplit	Brodosplit	Croatia	Brodosplit Brodogradiliste	Croatia	DNV GL	Motor Diesel						FPP	1	165.00	26.50	22,500	2		新造	
141		2018	Bulk ship	ESL Shipping					DNV GL														新造	
142		2018	Bulk ship	ESL Shipping					DNV GL															新造
143	hulls 801	2018	Car/passenger ferry	CHFS	Clyde and Hebrides Ferry Service	UK(Scotland)	Ferguson Marine Engineering Ltd	UK(Scotland)	LR	DF							102.40	17.50					新造	
144	hulls 802	2018	Car/passenger ferry	CHFS	Clyde and Hebrides Ferry Service	UK(Scotland)	Ferguson Marine Engineering Ltd	UK(Scotland)	LR	DF							102.40	17.50					新造	
145	North Star	2018	Ro-Ro	TOTE Shipholdings	Totem Ocean Trailer Express	USA	National Steel & Shipbuilding	USA	ABS	Diesel-Electric	MAN	9L58/64	Medium	4	70,970	FPP	2	255.72	35.96	65,314	4		改造	
146	Guangzhou	2018	RoPax	Rederi AB Gotland	Gotland Rederi AB	Sweden	Guangzhou Shipyard	China	BV	Motor Diesel	Watsila					CPP	2	199.99	25.20	32,000	4		新造	
147		2018	General Cargo	Nordnorsk Shipping																			新造	
148	Yangzhou Guoyu Gy1005	2018	Container ship	Containerships	Containerships Ltd Oy	Finland	Yangzhou Guoyu Shipbuilding Co	China	ABS	Motor Diesel	Watsila	7RT-flex50DF	Slow	1	14,115	FPP	1	169.95	26.90	17,950	2		新造	
149	Yangzhou Guoyu Gy1006	2018	Container ship	Containerships	Containerships Ltd Oy	Finland	Yangzhou Guoyu Shipbuilding Co	China	ABS	Motor Diesel	Watsila	7RT-flex50DF	Slow	1	14,115	FPP	1				2		新造	
150	Jurong 11-1119	2018	Heavy lift vessel(maintena	Heerema Offshore	Heerema Marine Contractors NT	Netherlands	Jurong Shipyard Pte Ltd	Singapore	LR	Motor Diesel							220.00	100.50	50,000				新造	
151		2018	Oil/chemical tanker	Furetank Rederi																			新造	
152		2018	Oil/chemical tanker	Furetank Rederi																			新造	
153		2018	Dredger	DEME																			新造	
154		2018	Cruise ship	Carnival Corporation	Aida Cruise	Germany	Meyer Werft GmbH	Germany	RINA	Diesel-Electric							337.00	42.00	183,200				新造	
155		2019	Cruise ship	Carnival Corporation	Aida Cruise	Germany	Meyer Werft GmbH	Germany	RINA	Diesel-Electric							337.00	42.00	183,200				新造	
156		2019	Oil/chemical tanker	Alvtank																			新造	
157		2019	Oil/chemical tanker	Thun Tankers																			新造	
158		2019	RoPax	Balearia																			新造	
159		2020	Cruise ship	Carnival Corporation	Costa Crociere SpA	Italy	Meyer Turku Oy	Finland	RINA	Diesel-Electric							337.00	42.00	183,200				新造	

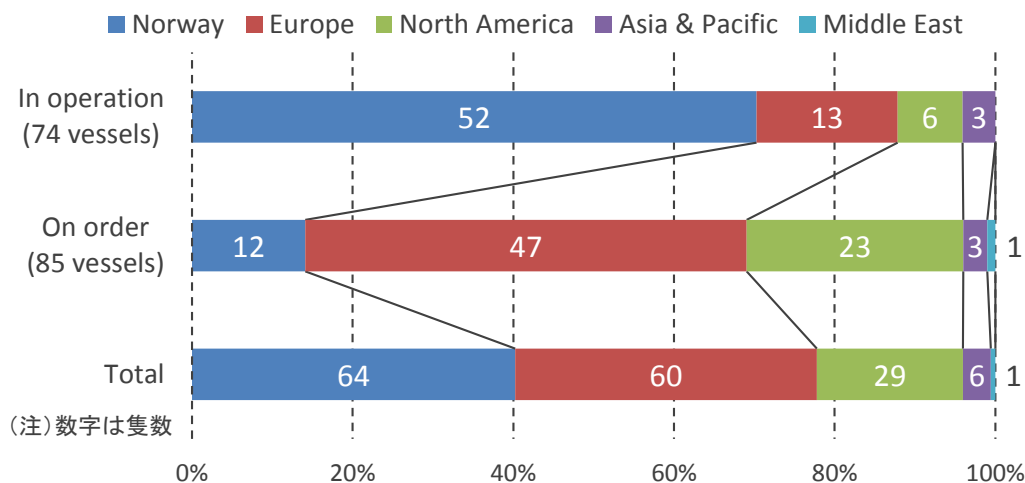
(日本海洋科学)

### 2.3.2 運用国の変移

LNG 燃料船が運用されている国・エリア（一部は船主の所在国）について、2000 年代に就航した全船がノルウェーであった。それに対して、2016 年 1 月までに就航済みの LNG 燃料船は、ノルウェーが 52 隻（70%）に対して、欧州諸国が 13 隻（18%）、北米が 6 隻（8%）に拡大している。LNG 燃料船が運用されている国・エリアを図 2.22 に示す。

そのような傾向は、発注済み LNG 燃料船では更に顕著となり、ノルウェーが 12 隻（14%）に対して、欧州諸国は 47 隻（55%）を占めるに至っている。また、北米は、2011 年 8 月に ECA を設定したこともあり、発注済み LNG 燃料船が 23 隻（27%）にまで大幅に増加してきている。

一方、ECA が設定されていないアジア・オセアニアや中東では更なるプロジェクトが立ち上がっておらず、LNG 燃料船の普及という観点からは、欧州・北米との差が大きくなりつつある。



(日本海用科学)

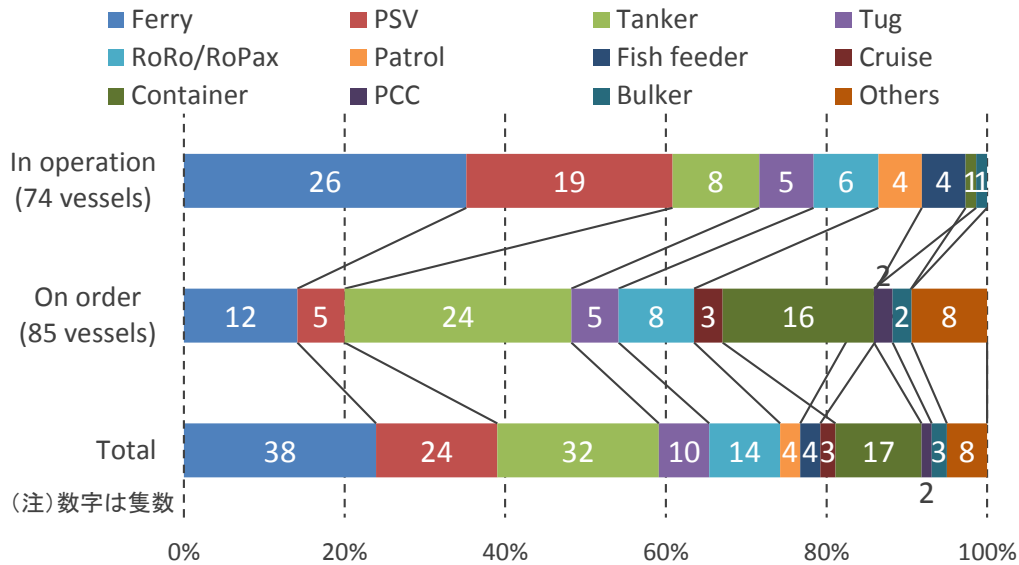
図 2.22 LNG 燃料船が運用される国・エリア

### 2.3.3 船種の変移

2010 年代にノルウェーで運航が就航した LNG 燃料船 21 隻の内訳は、フェリーが 14 隻、PSV が 4 隻、Patrol boat が 3 隻であった。その後暫くは、ノルウェーを中心にフェリーや PSV が LNG 燃料船の多くを占めていたため、現在でもその割合は大きく、当該 2 船種が全体の 60%を占めている。近年は貨物を輸送する商船も多くなってきており、就航済み LNG 燃料船には 8 隻のタンカーと、コンテナ船とばら積み船が各 1 隻ずつ含まれている。

その傾向は近年さらに強くなってきており、発注済み LNG 燃料船の商船は、タンカーが 24 隻、コンテナ船が 16 隻、ばら積み船が 2 隻あり、計 42 隻は全体の約 50%を占めている。





(日本海洋科学)

図 2.23 LNG 燃料船の船種

## 2.4 日本発着の LNG 燃料船の将来予測

### 2.4.1 外航 LNG 燃料船の将来予測

前述の「2.1 海外の LNG 燃料船に係る政策」にて実施した海外調査において、LNG 燃料船が日本発着する見通しについて、DNV GL、Bomin Linde 社や Mann Tek 社より情報収集を行った。

それらの種々情報を勘案しての将来予測の結果は、「大洋航海で運航することが予定されている LNG 燃料船が計画されていないことから、現状、外航 LNG 燃料船が日本国内の港湾に寄港（発着）する見通しはない」との回答が得られた。これは、前節のとおり、現在、就航済み、または発注済みの LNG 燃料船は、欧州沿岸域や北米沿岸域での航行が想定されていることに起因するものと思料される。

但し、今後は、既存の重油焚き船の改造による LNG 燃料船化や、「LNG Ready」または「Gas Ready」と呼ばれる就航後に LNG 燃料船化へ容易に改造できるように計画・設計・建造された重油焚き船も就航し始めている。LNG Ready 船は、LNG 供給インフラが整備された場合や、LNG 関連の設備コストが将来低下した際に、円滑に LNG 燃料船化を可能とする狙いがある。具体的には、IGF コードに準拠した構造・設計とし、また、将来 LNG 関連機器を搭載できるよう貨物積載区域の構造を変更可能な構造・設計とするものである。現時点で計画・発注・運航されている「LNG Ready」船は 7 隻である。各船の概要を表 2.11 及び図 2.24 に示す。

以上より、我が国に発着する可能性のある外航 LNG 燃料船については、現状で見通しが無いものの、早期に外航 LNG 燃料船が本邦港湾へ寄港することも期待される。

表 2.11 LNG Ready 船の概要

	船名	船主	造船所	船種	船型	就航時期(予定)
1	Ohio	Crowley Maritime	Aker Philadelphia Shipyard(米)	プロダクトタンカー	50,000DWT	2015年10月
2	Texas	Crowley Maritime	Philly Shipyard(米)	プロダクトタンカー	50,000DWT	2015年12月
3	Lone Star State	American Petroleum Tankers	General Dynamics NASSCO(米)	プロダクトタンカー	50,000DWT	2015年12月
4	Independence	SEA-Vista	General Dynamics NASSCO(米)	プロダクトタンカー	50,000DWT	2016年
5		American Petroleum Tankers	Philly Shipyard(米)	プロダクトタンカー	50,000DWT	2016年
6		Crowley Maritime		プロダクトタンカー	50,000DWT	2016年
7		Crowley Maritime		プロダクトタンカー	50,000DWT	2016年



MV Texas



MV Lone Star State

図 2.24 LNG Ready 船の概要

## 2.4.2 内航 LNG 燃料船の将来予測

内航 LNG 燃料船の将来予測においては、情報収集と大手船社に対するヒアリング調査を実施した。

情報収集の結果、内航 LNG 燃料船の建造を計画・検討しているのは、下記 2 件であった。両船とも、未だ初期計画の段階であり、建造が確定していない点について、留意を要する。

なお、前述の LNG 燃料曳船「魁」に続き、LNG 燃料曳船が計画されている点については、曳船が毎日所定の場所を出発し、作業従事後には所定の場所に戻ってくると言う運用形態が一因と思料される。

### (1) LNG 燃料水上バス

- 東京湾内を航行する水上バス運航会社が計画中
- 造船所は未定
- 主機は国内主機メーカーが納入予定
- 全長 40m 程度の小型船になる模様

### (2) LNG 燃料曳船

- 大手船社の子会社が計画中
- 関西地区の造船所にて建造予定
- 主機は国内主機メーカーが納入予定
- 国内港湾で一般的な 4,000 馬力程度の曳船となる模様

## 2.5 内航 LNG 運搬船の需要の将来見通し

### 2.5.1 内航 LNG 運搬船の現状

現在、国内において運航されている内航 LNG 運搬船は、表 2.12 及び図 2.25 に示す 6 隻である。「あけぼの丸」を除く 5 船は、すべてタンク容量が 2,500m<sup>3</sup>であり、実質的な内航 LNG 運搬船の標準船型となっている。

表 2.12 運行中の内航 LNG 運搬船

船名	タンク容量	就航年	運航会社	運航区間
第一新珠丸	2,513 m <sup>3</sup>	2003 年 7 月	NS ユナイテッドタンカー	戸畑→高松 姫路→高松
North Pioneer	2,513 m <sup>3</sup>	2005 年 11 月	イイノガストランスポート	石狩→函館
第二新珠丸	2,512 m <sup>3</sup>	2008 年 10 月	NS ユナイテッドタンカー	戸畑→高松 姫路→高松
鶴令丸	2,512 m <sup>3</sup>	2008 年 11 月	鶴見サンマリン	—
あけぼの丸	3,556 m <sup>3</sup>	2011 年 10 月	NS ユナイテッドタンカー	石狩→勇払
鶴佑丸	2,538 m <sup>3</sup>	2013 年 10 月	鶴見サンマリン	—



(鶴見サンマリン Web サイト)

図 2.25 運行中の内航 LNG 運搬船「鶴佑丸」

### 2.5.2 二次基地の現状

海外より大型の外航 LNG 運搬船により海上輸送されてきた LNG は、一次基地 (LNG 受入基地) にて受け入れられる。一次基地と距離があり、また消費量が限定的な地域については、内航 LNG 運搬船が一次基地から LNG を海上輸送する二次基地 (LNG 受入基地) が設けられている。

現在、国内の二次基地は、稼働中の基地が 8 ヶ所、計画・建設中の基地が 1 ヶ所ある。二次基地の概要を表 2.13 に示す。

また、国内二次基地向けに出荷可能な基地の一覧を表 2.14 に示す。

表 2.13 国内 LNG 二次基地

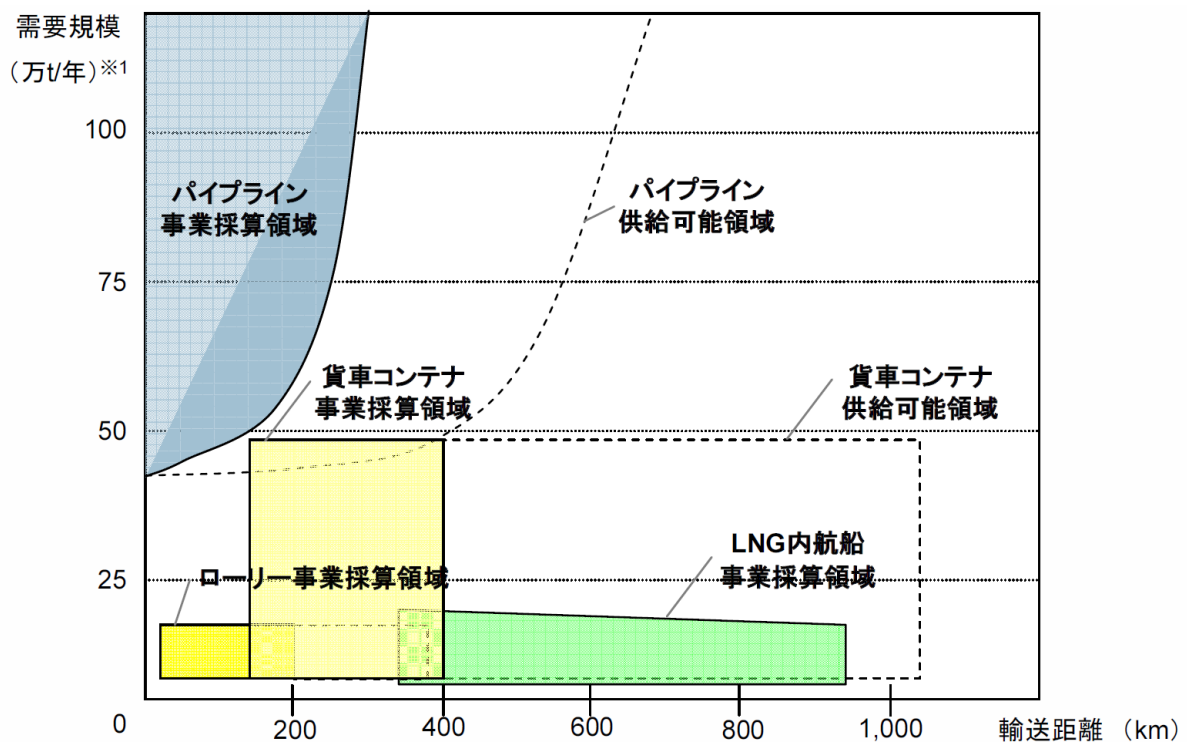
基地名	運営会社	供用開始時期	貯蔵タンク容量
釧路 LNG 基地	JX エネルギー	2015 年 4 月	1 万 m <sup>3</sup> ×1 基
勇払 LNG 基地	石油資源開発	2011 年 11 月	0.27 万 m <sup>3</sup> ×1 基
函館みなと基地	北海道ガス	2006 年 2 月	5,000m <sup>3</sup> ×1 基
八戸 LNG 基地	JX エネルギー	2007 年 3 月	(一次基地と併用)
秋田 LNG 基地	東部ガス	2015 年 12 月	1.2 万 m <sup>3</sup> ×1 基
築港工場	水島エルエヌジー	2003 年 8 月	0.7 万 m <sup>3</sup> ×1 基
高松工場	四国ガス	2003 年 8 月	1 万 m <sup>3</sup> ×1 基
松山工場	四国ガス	2008 年 11 月	1 万 m <sup>3</sup> ×1 基
徳島工場 (計画中)	四国ガス	未定	未定

表 2.14 国内 LNG 二次基地向け出荷設備を持つ LNG 一次基地

基地名	運営会社	貯蔵タンク容量
石狩 LNG 基地	北海道ガス	18 万 m <sup>3</sup> ×1 基 20 万 m <sup>3</sup> ×1 基 (建設中)
八戸 LNG 基地	JX エネルギー	14 万 m <sup>3</sup> ×2 基
袖ヶ浦 LNG 基地	東京ガス	計 280 万 m <sup>3</sup> (タンク 36 基)
姫路製造所	大阪ガス	計 74 万 m <sup>3</sup> (タンク 8 基)
戸畑	北九州エル・エヌ・ジー	6 万 m <sup>3</sup> ×8 基

### 2.5.3 内航 LNG 運搬船の経済性

一般的に内航 LNG 運搬船の運航と、それに要する二次基地の建設について、経済性の観点からは、輸送距離が 400~900km 程度で、LNG の需要規模が 13 万トン/年程度までが採算領域と言われている (図 2.26 参照)。



※1 LNG換算して算出

(資源エネルギー庁 平成 16 年度地方都市ガス事業天然ガス化導入条件整備調査)

注：実際の採算領域については個々のケースにより異なる。

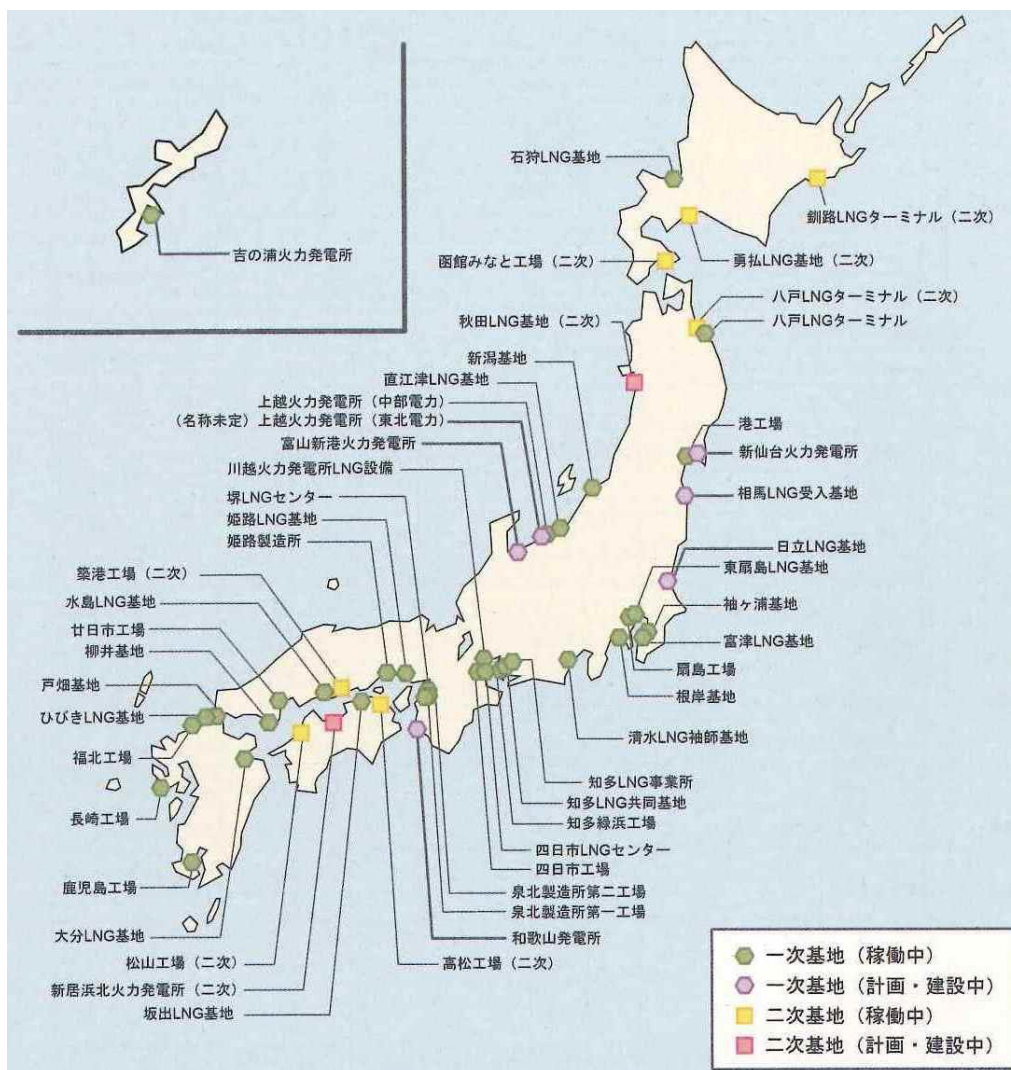
図 2.26 天然ガスの輸送手段毎の事業採算領域

## 2.5.4 ヒアリング調査

本事業においては、上記情報を念頭に LNG を輸送・販売する国内大手のガス会社及び国内内航 LNG 運搬船実績を持つ造船所に対してヒアリング調査を実施した。

ヒアリングの結果、国内においては、内航 LNG 運搬船の発注済み隻数、新規建造計画ともに確認することができなかった。

これは、我が国には、ガス火力発電所等の大規模な需要家・需要地には、LNG 受入（一次）基地が整備されていることに起因するものと思料される。図 2.27 に示すとおり、限られた国土に 40 近くもの LNG 受入基地が存在しており、更に計画・建設中のものもあり、このように LNG 受入基地が密集している国・地域は他に類を見ない。つまり、内航 LNG 運搬船による二次輸送のニーズは、周囲に大型の一次基地がないことは勿論のこと、小規模な需要があるものの、それはパイプラインを敷設する程の需要はなく、且つ、距離やインフラ整備の状況により、ローリーや貨車による輸送に適さない地域に限定されることとなる。



(天然ガスリファレンス・ブック 2014、JOGMEC)

図 2.27 国内 LNG 受入（一次）基地



### 3 内航 LNG 燃料船に係る実現可能性調査

#### 3.1 調査の対象

近年、湾内・河川を航行する船舶の活用に係る見直しが国土交通省などを中心に進められている状況や、東京で 2020 年に開催されるオリンピック・パラリンピックに向けた我が国の環境対策の取り組みを発信する観点より、本事業においては東京湾内及び河川を航行する水上バスを想定し、実現可能性を調査した。

#### 3.2 想定する内航 LNG 燃料船

本事業においては、東京湾を航行する内航 LNG 燃料水上バスを検討対象にすることとした。当該船舶は、運航水域が比較的静穏な湾内と河川であることから乾舷が 0.8m となることと、複数の跨線橋が架かる河川を航行するため、水面上の高さが約 2.5m に制限されることが大きな特徴となる。検討対象船のイメージ（既存モデル船）を図 3.1 に示す。



(東京都観光汽船)

図 3.1 想定する内航 LNG 燃料水上バス（イメージ）

#### 3.1 本船の運航形態

##### 3.1.1 運航ルート

検討対象船の運航ルートは、既存モデル船と同様に、東京湾の日の出橋を経由地として、お台場・浅草間を往復するものとした。運航ルートのイメージを図 3.2 に示す。

検討対象船の運航スケジュール（イメージ）は、以下のとおりとなる。各乗船場における乗客の乗降時間は 5 分程度となる。

浅草 ⇄ （航行 40 分） ⇄ 日の出 ⇄ （航行 20 分） ⇄ お台場



(東京都観光汽船 Web サイト)

図 3.2 想定する運航ルート (イメージ)

### 3.1.2 運航時の使用電力

機器設備の検討をするにあたり、既存モデル船の電力調査表及び電力使用状況を調査した。その結果を表 3.1 及び表 3.2 に示す。

表 3.1 既存モデル船の電力調査表

	航行時	離着桟時	乗降船時	停泊時
空調装置 (ファンコイル・エアハンドリング)	12.03 kW	12.03 kW	12.03 kW	12.03 kW
空調装置 (チリングユニット)	36.15 kW	36.15 kW	36.15 kW	36.15 kW
空調用清水循環ポンプ	7.20 kW	7.20 kW	7.20 kW	7.20 kW
空調用冷却海水ポンプ	7.20 kW	7.20 kW	7.20 kW	7.20 kW
分電盤負荷	21.40 kW	21.40 kW	21.40 kW	15.70 kW
その他負荷	19.33 kW	23.62 kW	23.61 kW	18.36 kW
合計所要負荷	103.31 kW	107.60 kW	107.59 kW	96.64 kW
設備発電機	120 kW 1 台	120 kW 1 台	120 kW 1 台	120 kW 1 台
発電機負荷率	86.09 %	89.67 %	89.66 %	80.53 %



表 3.2 既存モデル船の電力使用状況

		河川航行時の平均	湾内航行時の平均
船内電気使用量	春	10 kWh×8.5 時間	10 kWh×7.0 時間
	夏	30 kWh×8.5 時間	30 kWh×7.0 時間
	秋	10 kWh×8.5 時間	10 kWh×7.0 時間
	冬	25 kWh×8.0 時間	25 kWh×6.5 時間

※時間は四季の平均航行時間

### 3.1.3 運行時の燃料消費量

既存モデル船の燃料消費量を表 3.3 に示す。

表 3.3 既存モデル船の燃料消費量

		河川航行時の平均	湾内航行時の平均
平均航行時間	春夏秋	8.5 時間	7.0 時間
	冬	8.0 時間	6.5 時間
船内電気使用量	春	10 kWh×8.5 時間	10 kWh×7.0 時間
	夏	30 kWh×8.5 時間	30 kWh×7.0 時間
	秋	10 kWh×8.5 時間	10 kWh×7.0 時間
	冬	25 kWh×8.0 時間	25 kWh×6.5 時間
平均船速		9.2 ノット	7.0 ノット
平均燃料消費量		0.4 kL (m <sup>3</sup> )	0.3 kL (m <sup>3</sup> )
燃料タンク容量		6.0 kL (m <sup>3</sup> )	6.0 kL (m <sup>3</sup> )

## 3.2 本船の仕様

前節における本船の運航形態を勘案し、本船の仕様は以下のとおりとした。

### 3.2.1 主要目

本船の主要目については、原則として既存モデル船の主要目を踏襲することとした。具体的な要目を表 3.4 に示す。

表 3.4 想定する内航 LNG 燃料水上バス

全長	40.0 m
垂線間長	36.0 m
幅	9.0 m
深さ	2.3 m
喫水（計画満載）	1.5 m
総トン数	約 167 トン
乗組員	4 名
乗船者	2 名
旅客	約 250 名
最大搭乗人員	267 名

### 3.2.2 推進システム

本船は、環境面と緊急時の冗長性<sup>24</sup>を勘案し、ガス専焼主機 1 基、ディーゼル補機 1 基の 2 軸電気推進システムとした。推進システム構成の概略を図 3.3 に示す。

また、本想定推進システムを採用した場合の運動モード別の電力負荷を表 3.5 に示す。

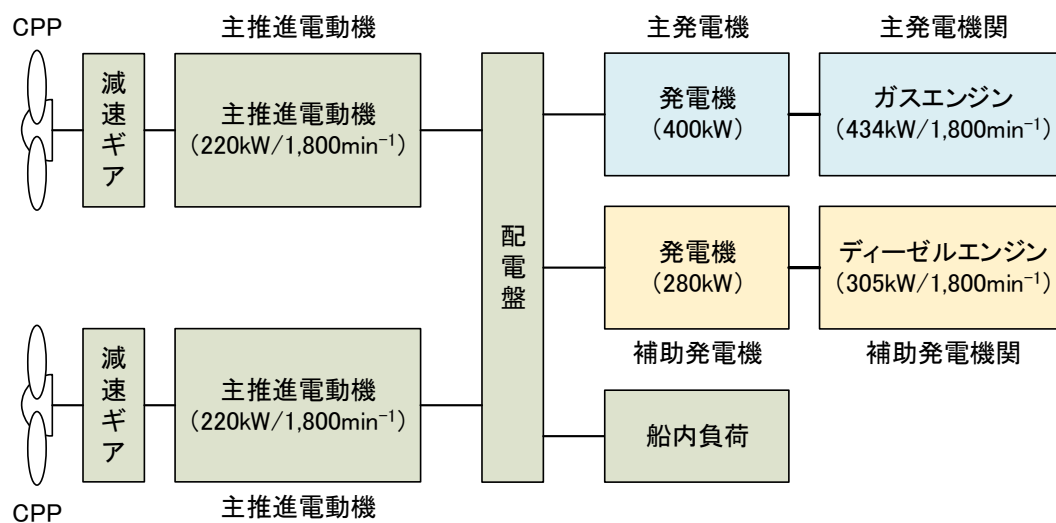


図 3.3 想定する推進システム（イメージ）

<sup>24</sup> 主発電機関（ガスエンジン）に問題が発生した場合、本船は補助発電機関（ディーゼルエンジン）のみを使用し、1 軸のみでも航行可能

表 3.5 想定する推進システムにおける電力モード別の電力負荷及び燃料消費量  
(主発電機：400 kWe、補助発電機：280 kWe)

運転モード	電力負荷			発電機関		エンジン 負荷	燃料消費率		燃料消費量 (ガス) ※8.5 時間/日想定
	推進	船内	合計	使用機関	負荷率				
航海時 (全速 11.5kt)	500 kWe	103 kWe	603 kWe	主発電機関：1 台 補助発電機関：1 台	88.7%	377 kW	82.1 Nm <sup>3</sup> /h	71.4 m <sup>3</sup> /h	607 m <sup>3</sup>
航海時 (常用 9.0kt)	218 kWe	103 kWe	321 kWe	主発電機関：1 台	80.2%	348 kW	75.8 Nm <sup>3</sup> /h	65.9 m <sup>3</sup> /h	560 m <sup>3</sup>
出入港時	130 kWe	108 kWe	238 kWe	主発電機関：1 台	59.5%	264 kW	60.1 Nm <sup>3</sup> /h	52.3 m <sup>3</sup> /h	445 m <sup>3</sup>
乗降船時	44 kWe	108 kWe	152 kWe	主発電機関：1 台	38.0%	167 kW	42.4 Nm <sup>3</sup> /h	36.9 m <sup>3</sup> /h	314 m <sup>3</sup>
停泊時	0 kWe	97 kWe	97 kWe	補助発電機関：1 台	34.6%	0 kW	0 Nm <sup>3</sup> /h	0 m <sup>3</sup> /h	0 m <sup>3</sup>

### 3.2.3 機器設備

検討結果を基に想定した主要な機器設備を表 3.6 に示す。

表 3.6 主要機器設備

分類	機器名称	仕様等	台数
エンジン	ガスエンジン	434kW/1,800min <sup>-1</sup> 防振仕様、共通台床 バルブユニット、制御盤含	1
	ディーゼルエンジン	305kW/1,800min <sup>-1</sup> 防振仕様、共通台床	1
電気機器	主発電機	500kVA (400kW) /1,800min <sup>-1</sup> AC450V、IP22	1
	補助発電機	350kVA (280kW) /1,800min <sup>-1</sup> AC450V、IP22	1
	推進電動機	220kW/1,800min <sup>-1</sup> AC450V、IP44 始動用電動機組込	2
	推進電動機始動器盤		2
	配電盤		1
推進装置	減速機		2
	CPP	D : 1,320mm、Z : 3 翼	2
LNG 供給装置	LNG タンク	タンクコネクションスペース含	2
	配管及びバルブ類	タンクコネクションスペース内	2
	気化器、加圧器		2
	バッファタンク		1
	バンカリング関係 バルブ類		1
	タンク制御盤		1
	排気用ブロワー		1

### 3.2.4 LNG 燃料タンクの配置

前述のとおり、本船は十分な高さを確保することが困難な跨線橋の架かる河川を航行するため、本船の水面上高さは 2.5m に制限される。

本船のような小型船に搭載可能な LNG 燃料タンクは、既に技術的に IMO 等の要件を満たしているタンクに限定すると、IMO TypeB タンクに分類され、IHI の開発した「SPB タンク」と、IMO TypeC タンクに分類される「蓄圧式タンク」となる。両者の特徴を表 3.7

に示す。

ここで、本事業で想定しているガスエンジンは 0.4～0.5MPa 程度でのガス供給を必要とすることから、システム設計の観点より、LNG 燃料タンクも同程度まで昇圧可能なものが望ましい。そのため、本事業では、タンクが円筒形であり、積付け効率が劣るものの、高圧でも使用可能な「蓄圧式（真空二重断熱）タンク」（IMO TypeC タンク）を採用することとした。

表 3.7 SPB タンクと蓄圧式タンクの比較

	SPB タンク	蓄圧式タンク
形状	方形 ※	円筒形
積付け効率	良い	比較的悪い
設計圧力	0.07MPa 以下	高圧（1.0MPa 以上）
LNG 燃料船への搭載実績	検討中	多数あり

※ ある程度は複雑な形状にも対応可能

一方で、本船の船内は乗客が乗り込むため、燃料タンクを船内に配置することは、船内スペースの確保、ルール（IMO IGF コードや NK「ガス燃料船ガイドライン」）の要求、復原性等の操船性能の観点より、蓄圧式 LNG 燃料タンクは船尾のデッキ上に配置することが望ましい。

しかし、水面上の高さを 2m 程度に抑えることが必要であることから、LNG 燃料タンクの外殻の直径は 1.5m 程度で固定し、長さで容量を調整することが必要となる。タンク長の延長は、本船の前方（Midship 方向）に伸ばすこととなるため、船内スペースが削減される。一方で、タンク容量が小さくなることは、バンカリング頻度が高まり、船員の負担にもなり兼ねない。そのため、LNG 燃料タンクの長さ（容量と同意）は、許容可能な LNG バンカリング頻度（概ね週 1 回程度）とバランスを調整することが肝要となる。

本検討においては、外殻直径 1.5m、外殻長さ 4.0m、タンク容積 3.7m<sup>3</sup> の LNG 燃料タンク 2 基を船尾デッキ上に設置することとした。但し、積付け制限容積は、タンクの 79%容積となることから、実際に供給を受けることが可能な LNG の容積は 1 タンクあたり 2.9m<sup>3</sup> 程度となる。

なお、表 3.3 に示したとおり、既存モデル船の平均燃料消費量は、河川航行時が 0.4m<sup>3</sup>/日、湾内航行時が 0.3m<sup>3</sup>/日となる。河川航行と湾内航行の割合が半々であると仮定した場合には、平均燃料消費量は 0.35m<sup>3</sup>/日となり、重油燃料タンクの容量が 6.0m<sup>3</sup> で、都度 80%を上限に運用すると仮定した場合、重油バンカリングの頻度は 2 週間程度毎となる。

想定する本船は 2 基の合計タンク容量が約 5.8m<sup>3</sup>（積付け制限考慮）であることから、表 3.5 に示すとおり、9kt で 1 日 8.5 時間運航した場合、LNG 換算での 1 日当たりの燃料消費

量は  $0.93\text{m}^3$  になる<sup>25</sup>ことから LNG バンカリング頻度は 6 日程度毎となる。

### 3.3 燃料供給方式

#### 3.3.1 LNG バンカリングの方式

LNG バンカリングの方式として、既に世界で実績のある方式は下記 3 方式がある。

- Ship to Ship 方式 : LNG バンカー船から LNG 燃料船へ LNG を供給
- Shore to Ship 方式 : 陸上 LNG タンクから LNG 燃料船へ LNG を供給
- Truck to Ship 方式 : 陸上の LNG ローリーから LNG 燃料船へ LNG を供給

各方式の比較は、表 3.8 に示すように取りまとめることができる。

各々一長一短があるものの、本船の運航形態や LNG 燃料タンク容量などを勘案すると、本事業においては、Truck to Ship 方式（以下、「TtS 方式」という）の LNG バンカリング方法が最も適しているものと判断した。

---

<sup>25</sup>  $560\text{ m}^3$ （一日あたりのガス消費量） $\div$ 600（LNG の天然ガスに対する体積比） $=0.93\text{ m}^3$

表 3.8 LNG バンカリング方式の比較

LNG バンカリング方式		LNG 供給量	設備投資	課題
Ship to Ship 方式	LNG 燃料船が係留の場合	大 (数百～数千 m <sup>3</sup> )	中 (LNG バンカー船の建造)	1) 2 船間係留の安全確保 (要検証) 2) 港則法上の危険物の取扱い (LNG バンカー船は危険物積算船に該当) 3) LNG バンカー船の LNG 補給基地の確保
	LNG 燃料船が錨泊の場合	大 (数百～数千 m <sup>3</sup> )	中 (LNG バンカー船の建造)	1) 2 船間係留の安全確保 (要検証) 2) 港則法上の危険物の取扱い (LNG バンカー船は危険物積算船に該当) 3) LNG バンカリングのための錨地の確保 4) LNG バンカー船の LNG 補給基地の確保
Shore to Ship 方式		大 (数百 m <sup>3</sup> ～)	大 (陸上設備の整備) ※新規に基地を建設する場合	1) 陸上設備への投資
Truck to Ship 方式		小 (数十 m <sup>3</sup> )	小 (LNG ローリーの整備)	1) LNG バンカリング実施場所の確保 2) 関係する多省庁・自治体等との調整 (必要に応じて)



### 3.3.2 Truck to Ship 方式 LNG バンカリング実施の要件

TtS 方式 LNG バンカリングを国内で実施する場合、主な要件は以下の 4 点となる。

#### (1) LNG ローリーのアクセス①

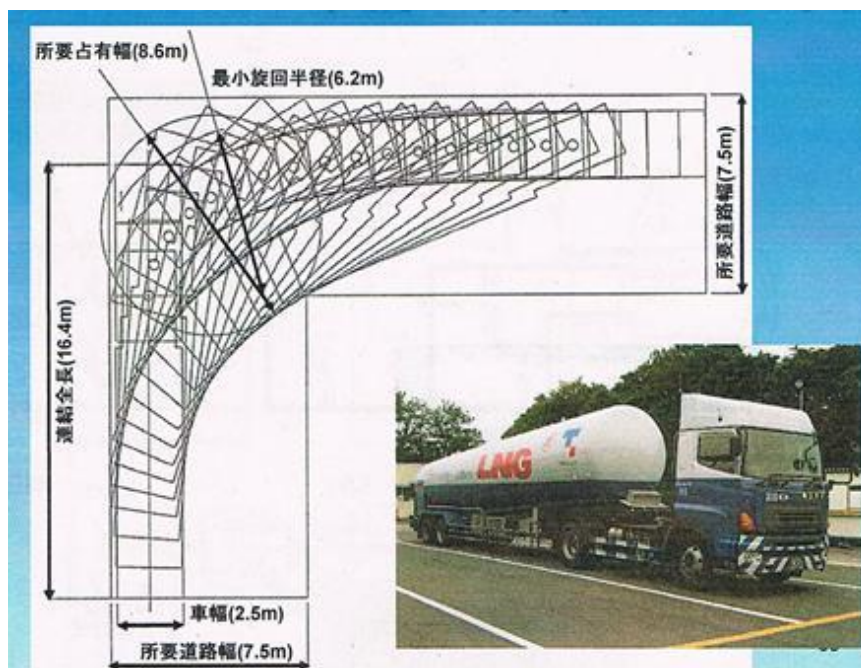
LNG ローリーは大型車両であるため、LNG の積込基地を出発した後、LNG バンカリング実施場所まで公道を走ることとなる。この時、全長が長い LNG ローリーが旋回可能であること、道中に危険物積載車両の通行の禁止または制限が成されているトンネルがないことが、要件となる。特に旋回については、通行する道路幅や所要占有幅が確保できることが必要となる（表 3.9 及び図 3.4 参照）。

なお、LNG ローリーは道路法第四十七条一項及び車両制限令に基づく「一般的制限値」を長さや重さが超える可能性がある（表 3.10 参照）。その場合には、道路法第四十七条の 2 第一項に基づき、通行ルートについては事前に道路管理者から許可を得ることが必要となる。

表 3.9 LNG ローリーの仕様

積込量 (トン)	6.3	10.5	12.3	13.3	14.3	15.1
全長 (m)	11.6	14.5	16.4	16.4	16.5	17.0
全幅 (m)	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
全高 (m)	3.1	3.5	3.7	3.7	3.4	3.4
必要道路幅 (m)	6.4	6.9	7.4	7.6	7.5	7.7
車両重量 (トン)	21.2	30.5	—	34.6	—	39.0

(東京ガス株)



(東京ガス株)

図 3.4 LNG ローリーの旋回航跡図 (積込量 13.5 トンの車両を想定)

表 3.10 道路法及び車両制限令に基づく車両に係る一般的制限値

車両の諸元		一般的制限値（最高限度）
幅		2.5m
長さ		12.0m
高さ		3.8m
重さ	総重量	20.0 トン
	軸重	10.0 トン
	隣接軸重	・ 隣り合う車軸の軸距が 1.8 メートル未満 18.0 トン （但し、隣り合う車軸の軸距が 1.3 メートル以上、かつ隣り合う車軸の軸重がいずれも 9.5 トン以下のときは 19 トン） ・ 隣り合う車軸の軸距が 1.8 メートル以上 20.0 トン
	輪荷重	5.0 トン
最小回転半径		12.0m

(2) LNG ローリーのアクセス②

LNG ローリーは大型車両であるため、本船近くの岸壁に駐車場所を確保できることが要件となる。

しかし、岸壁の設計条件や仕様によっては、耐荷重が不足し、LNG ローリーが本船に近付けない場合もある。その場合、LNG ローリーと本船の距離が長くなり、使用するホースの全長も長くなることから、追加の設備費用を要することのみならず、LNG のガス化が促進され、本船の LNG 燃料タンクの圧力上昇を招くなど、追加対策が必要になることとなる。

(3) LNG ローリーの離隔距離

LNG ローリーは高圧ガス保安法に基づく移動式製造設備となるため、一般高圧ガス保安規則の第八条の 2 に基づき、周囲と適切な離隔距離を確保する必要がある。離隔距離については、周囲の物件を第一種保安物件と第二種保安物件に分け、前者が 15m 以上、後者が 10m 以上と定められている。保安物件の種類については、以下のとおり。

▶ 第一種保安物件

- ・ 学校教育法の定める小学校、中学校、高等学校など
- ・ 医療法の定める病院
- ・ 収容定員 300 人以上の劇場、映画館、公会堂など
- ・ 児童福祉法の定める児童福祉施設など
- ・ 文化財保護法の定める重要文化財など
- ・ 博物館法の定める博物館など
- ・ 1 日に平均 2 万人以上が乗降する駅の母屋やプラットホーム

- ・百貨店やホテルなどの多数の者を収容することを目的とする建築物
- 第二種保安物件
- ・第一種保安物件以外の建築物で、住居の用に供するもの

#### (4) LNG ローリー周囲の立入り制限

LNG バンカリング中は、安全確保や着火源排除などの観点より、LNG ローリーに係者以外が近付かないよう、立入り制限をすることが必要となる。そのため、周囲の船舶や同船舶の荷役（フォークリフトが動き回るなど）の状況によっては、使用する岸壁の変更や、LNG バンカリング中の作業時間などについて、検討や調整が必要となる。

### 3.3.3 LNG 燃料タンク

国内で運用されている LNG ローリーは、LNG を送液するためのポンプを搭載していない。送液時には、ローリーのタンク底部に設けられた配管より、ラック下の気化器（蒸発器）に LNG を導き、熱交換で気化させたガスを再度タンク上部よりタンク内に送ることにより、タンク内圧を上昇させ、送液先のタンクとの差圧で LNG を移送する（図 3.5 参照）。

そのため、LNG 燃料船側の燃料タンクの内圧が、LNG ローリーのタンク付き安全弁の 0.6MPa を上回る場合、または、LNG 燃料タンクの設置位置が岸壁の LNG ローリーよりも高い位置に設置されている場合には、LNG 燃料船の LNG 燃料タンクと LNG ローリーのタンクとの間で圧力差が確保できない可能性がある。

従って、本船の LNG 燃料タンクに係る仕様は、LNG ローリーのタンク設計圧力以上であることが要件となる。本検討においては、LNG 燃料タンクの設計圧力を 0.61MPa とした。



図 3.5 東京ガス㈱の LNG ローリーの気化器（黄枠内が気化器）

### 3.3.4 LNG バンカリング場所

上記 3.3.2 に記述したとおり、LNG バンカリングを実施する場所の選定には、多くの要件が存在する。

本検討対象船の場合、旅客が乗降するため、岸壁と本船で高低差が生じることは避けなければならない。従って、潮位差などに対応するため、岸壁に直接接岸せずに、ポンツーン（浮き栈橋）に接舷・係留する（図 3.6 参照）。

一方で、車重のある LNG ローリーがポンツーンに乗ることは困難であるため、LNG バンカリングの実施に際しては、LNG ローリーと LNG 燃料船の距離が長くなることが想定される。その場合であっても、前述のとおり、LNG バンカリングで使用するホース延長が長くなることは、LNG のガス化を促進することとなるため、運用上はホース延長を極力短くすることが望ましい。



図 3.6 水上バス乗り場で使用されているポンツーン（イメージ）

上記内容を念頭に、東京湾の日の出からお台場の周辺を対象に、LNG バンカリングの実施候補地について、調査を行った。検討対象とした LNG バンカリングの実施候補地を図 3.7 に示す。

調査では、現地調査を含め、下記 5 点を中心に評価した。調査結果を表 3.11 に示す。

- 敷地等の利用計画
- LNG ローリーの動線確保
- LNG バンカリング作業（スペースや保安物件との距離など）
- 配管敷設の要否・可否
- 本船側の作業条件



調査の結果、LNG バンカリングの実施可能性について、現在の種々状況を勘案すると、最も実現可能性が高いのは④の「月島ふ頭 水上バス係留岸壁」と結論付けた。各候補地の詳細を図 3.8 から図 3.13、また、「月島ふ頭 水上バス係留岸壁」の LNG バンカリングの実施方法（イメージ）を図 3.14 に示す。



- |                     |                 |
|---------------------|-----------------|
| ①：日の出小型桟橋（B 桟橋）     | ④：月島ふ頭 水上バス係留岸壁 |
| ②：竹芝小型船乗り場（新東京丸乗り場） | ⑤：青海客船ターミナル 脇岸壁 |
| ③：浜離宮内 水上バス係留岸壁     | ⑥：豊洲 春海橋公園      |

図 3.7 LNG バンカリング実施の候補場所

表 3.11 LNG バンカリング実施場所の選定

	候補地	用地の種類	用地の所管	ポンツーンの 所管	確認事項							備考
					利用計画	ローリー 動線確保	バンカリング作業			配管敷設 要否・可否	本船側 作業条件	
							スペース	保安物件 との距離	その他			
①	日の出小型栈橋 (B 栈橋)	港湾施設	東京港管理事務所 ふ頭運営課	東京港管理事務所 ふ頭運営課	—	△ ※1	△ ※2	○	—	△ ※3	○	※1：ローリーの駐車場所が東京港管理事務所の 駐車場内 ※2：作業のためには施設の移動・改修等が必要 ※3：本船までの距離が長く、配管敷設の場合、 ガス発生量大
②	竹芝小型船乗り場 (新東京丸乗り場)	公園用地	東京港管理事務所 臨海地位域管理課	総務部 (広報)	× ※1	× ※2	× ※3	△	× ※4	—	○	※1：新東京丸の利用のみに限定 (新東京丸以外も利用可能とする計画あり) ※2：公園敷地内 ※3：ローリー駐車場所が公園敷地内 (作業のためには施設の移動・改修等が必要) ※4：関係者以外の往来多数あり
③	浜離宮内 水上バス係留岸壁	海岸保全施設	東京都建設事務所 高潮対策センター	東京都観光汽船	—	× ※1	△ ※2	× ※3	—	—	○	※1：ローリーの駐車場所が公道 ※2：アクセス路が入り組んでおり、複雑 ※3：ホテルが至近
④	月島ふ頭 水上バス係留岸壁	港湾施設	東京港管理事務所 ふ頭運営課	東京都観光汽船	△ ※1	○	○	△ ※2	—	—	△ ※3	※1：老朽化が進んでおり、補修等が必要 ※2：マンションと近距離 ※3：強風時及び周囲の他船航行時に本船動揺大
⑤	青海客船ターミナル 脇岸壁	港湾施設 海上公園水域	東京港管理事務所 ふ頭運営課 埋立地管理課	東京都観光汽船	—	× ※1	○	△ ※2	—	—	○	※1：ローリーの駐車場所が海上公園へのアクセス 道路上 ※2：客船ターミナルと近距離
⑥	豊洲 春海橋公園	港湾施設	東京港管理事務所 ふ頭運営課	東京港管理事務所 ふ頭運営課	× ※1	× ※2	× ※3	× ※3	× ※4	—	○	※1：整備計画があるも、検討休止中 ※2：ローリーの駐車場所までに緑地（対象岸壁） 内を通行する必要あり ※3：ローリー駐車場所が公園敷地内 (作業のためには施設の移動・改修等が必要) ※4：関係者以外の往来多数あり





LNG ローリー駐車位置（想定）への  
アクセスゲート



LNG ローリー駐車位置（想定）



LNG ローリー駐車位置（想定）から見た  
ポンツーンへのアクセス橋のゲート



ポンツーンへのアクセス橋①



ポンツーンへのアクセス橋②



ポンツーン

図 3.8 LNG バンカリング候補地の詳細「①：日の出小型栈橋（B 栈橋）」





候補地に至るゲート



ゲートに設置された車止め



ポンツーン



ポンツーンの接舷側



LNG ローリーの駐車位置（想定）と  
ポンツーン



LNG ローリーの駐車位置（想定）  
※ベンチの移動や柵の改良が必要

図 3.9 LNG バンカリング候補地の詳細「②：竹芝小型船乗り場（新東京丸乗り場）」





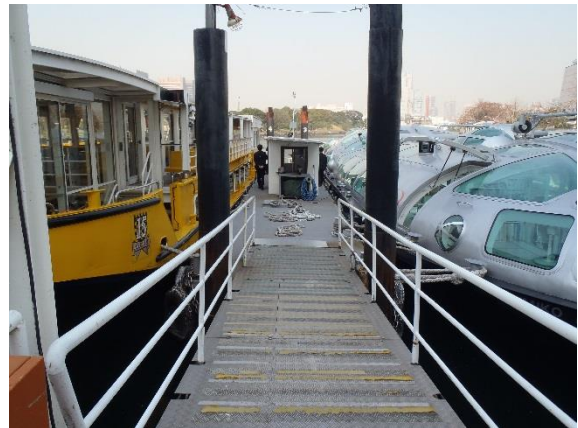
LNG ローターの駐車位置（想定）  
※公道のため原則駐車不可能



LNG ローターの駐車位置（想定）からの  
アクセス路



LNG ローターの駐車位置（想定）からの  
アクセス橋①  
※突き当りで右折



LNG ローターの駐車位置（想定）からの  
アクセス橋②



係留中の船舶とポンツーン  
(奥がアクセス橋)



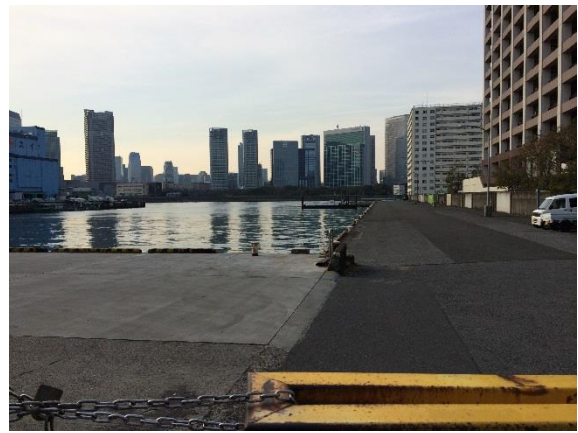
ポンツーン（2船の間）と  
係留中の船舶

図 3.10 LNG バンカリング候補地の詳細「③：浜離宮内 水上バス係留岸壁」





アクセスゲート  
※原則、常時施錠



LNG ロリーの駐車予定の岸壁①  
※最奥が想定スペース



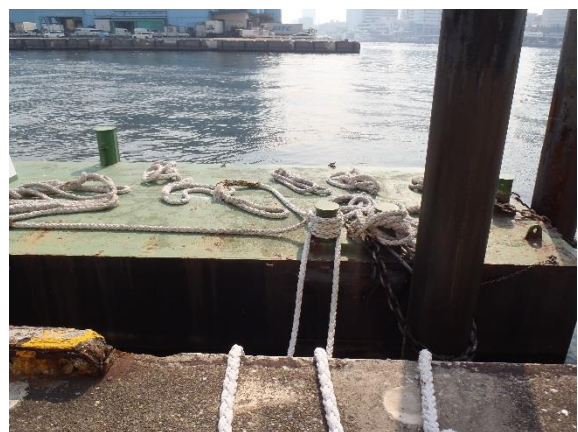
LNG ロリーの駐車予定の岸壁②  
(途中にあるゲート)



LNG ロリーの駐車位置 (想定)



ポンツーンとアクセス橋



ポンツーン

図 3.11 LNG バンカリング候補地の詳細「④：月島ふ頭 水上バス係留岸壁」





LNG ローターのアクセスゲート  
※手前は公道



LNG ローターのアクセス路①



LNG ローターのアクセス路②  
※左の建物は青海客船ターミナル



LNG ローターの駐車位置（想定）  
※左側が岸壁



対象岸壁①  
※ポンツーンの設定が必要



対象岸壁②  
※ポンツーンの設定が必要

図 3.12 LNG バンカリング候補地の詳細「⑤：青海客船ターミナル 脇岸壁」





対象岸壁



対象岸壁（対岸から撮影）



対象岸壁（上方から撮影）



対象岸壁に下りるスロープ



有効空地（奥が対象岸壁）



緑地の配置

図 3.13 LNG バンカリング候補地の詳細「⑥：豊洲 春海橋公園」

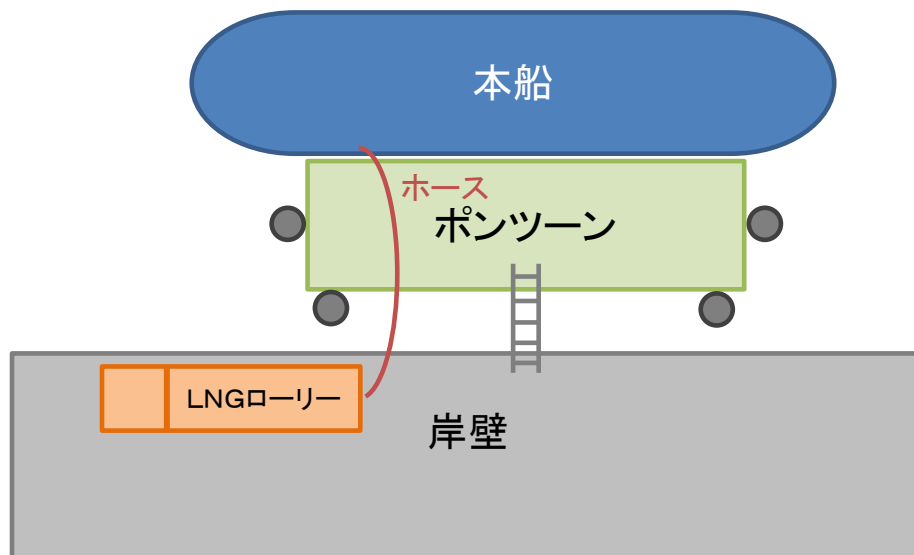


図 3.14 ④「月島ふ頭 水上バス係留岸壁」における LNG バンカリングのイメージ

### 3.4 経済性

新造船の導入を想定し、LNG 燃料船を選択した場合の経済性を評価する。我が国では LNG 燃料船に対する燃料供給のインフラは限定的であり、LNG 燃料の末端価格も個別のプロジェクトごとに異なり一般的なマーケット価格を想定することは困難である。そこで、本検討では「LNG 燃料船の船価+燃料コストが、経済的に従来型油焚き船（以下、「従来型船」という）のそれと同等となるような損益分岐 LNG 単価」を求めることとする。LNG 燃料の末端価格がこの損益分岐 LNG 単価より低くなれば、LNG 燃料船が従来型船よりも経済的に有利であると考えられる。

#### 3.4.1 計算の条件

LNG 燃料船と従来型船の導入を比較した場合、船価（初期費用）は LNG 燃料船の方が高くなることが想定される。従来型船に対する LNG 燃料船の船価増加と、重油と LNG の燃料消費量の差額が同一となる損益分岐 LNG 単価を次式より求める。

$$\text{船価増加} = \text{重油の消費量} \times \text{重油単価} - \text{LNGの消費量} \times \text{損益分岐LNG単価} \quad (3.1)$$

式(3.1)は次のように変形できる

$$\text{損益分岐LNG単価} = \frac{\text{重油の消費量} \times \text{重油単価} - \text{船価増加}}{\text{LNGの消費量}} \quad (3.2)$$

### 3.4.2 LNG 燃料船選択時の船価の増加の計算

従来船に対しての LNG 燃料船選択時の船価の増加として、①エンジン 500 万円、②LNG タンク 4,000 万円、③燃料供給システム 6,000 万円、と仮定した。船価の増加の計算を表 3.12 に示す。

表 3.12 LNG 燃料船選択による、従来型船と比しての船価の増加の計算

番号	項目	計算式	数値	単位
(a)	エンジン		5,000,000	円
(b)	LNG タンク		40,000,000	円
(c)	燃料供給システム		60,000,000	円
(d)	船価増加合計	= (a)+(b)+(c)	105,000,000	円

### 3.4.3 燃料消費量の計算

燃料消費量の計算を表 3.13 に示す。一年間の平均運航日数は 320 日とし、従来船が使用する燃料は A 重油とし、一日当たりの平均燃料消費量を 0.35kL とした。LNG 燃料船は一日あたりの平均燃料消費量を 0.93 m<sup>3</sup> とした。これらの平均燃料消費量より、それぞれ 20 年間の燃料消費量を求めた。

表 3.13 燃料消費量の計算

番号	項目	計算式	数値	単位
(e)	平均年間運航日数		320	日/年
(f)	1 日あたり平均燃料消費量(A 重油)		0.35	kL/日
(g)	年間平均燃料消費量(A 重油)	= (e) × (f)	112	kL/年
(h)	20 年間の燃料消費量(A 重油)	= (g) × 20	2,240	kL/20 年
(i)	1 日あたり平均燃料消費量(LNG)		0.93	m <sup>3</sup> /日
(j)	年間平均燃料消費量(LNG)	= (e) × (i)	298	m <sup>3</sup> /年
(k)	20 年間の燃料消費量(LNG)	= (j) × 20	5,952	m <sup>3</sup> /20 年
(l)	m <sup>3</sup> →トンへの換算値(LNG)		0.46	トン/m <sup>3</sup>
(m)	20 年間の燃料消費量(LNG)	= (k) × (l)	2,738	トン/20 年



### 3.4.4 損益分岐 LNG 単価の計算

ベースシナリオとして、A 重油単価を 50,000 円/kL と設定した。式(3.2)より計算した損益分岐 LNG 単価の計算を表 3.14 に示す。損益分岐 LNG 単価は 2,557 円/トンとなり、LNG 燃料の末端価格がこれより低い価格であれば LNG 燃料船が従来型船に比べて経済的であると考えられる。

表 3.14 損益分岐 LNG 単価の計算

番号	項目	計算式	数値	単位
(n)	1kL あたりの A 重油単価		50,000	円/kL
(o)	従来型船(A 重油)20 年間の燃料費用	= (h) × (n)	112,000,000	円/20 年
(p)	LNG 燃料船 20 年間の損益分岐燃料費用	= (o) - (d)	7,000,000	円/20 年
(q)	損益分岐 LNG 単価(円)	= (p) ÷ (m)	2,557	円/トン

### 3.4.5 A 重油単価の変動に対する損益分岐 LNG 単価の感度分析

A 重油単価を変動させた場合、損益分岐 LNG 単価に対してどの程度の影響があるか感度分析を行った。A 重油単価は 1kL あたり 50,000~100,000 円の範囲で変動させた。その感度分析の結果を図 3.15 に示す。LNG 燃料の末端価格がこの損益分岐 LNG 単価より低い価格であれば（グラフ中の青く塗られた部分）、LNG 燃料船が従来型船に比べて経済的であると考えられる。

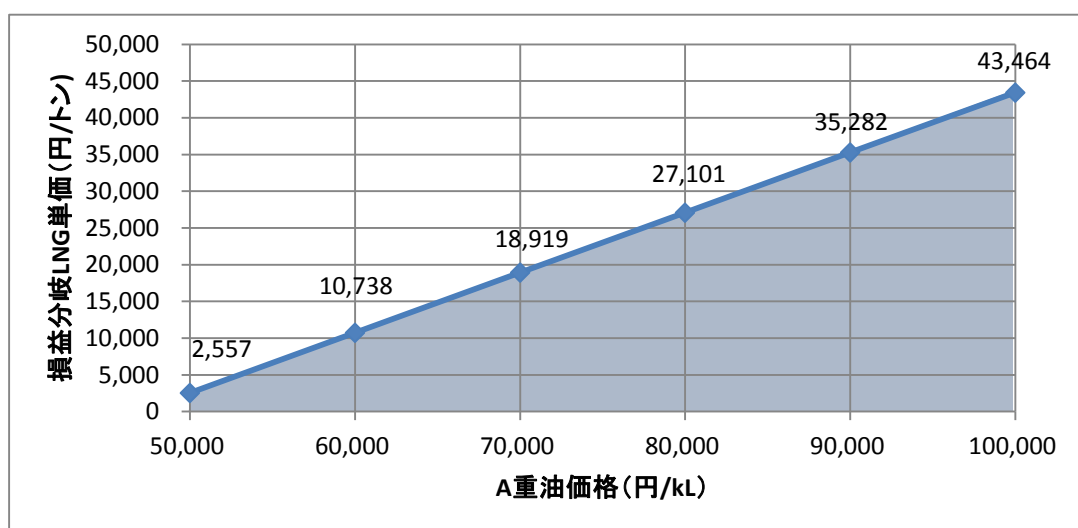


図 3.15 LNG 燃料船の船価増加による感度分析

### 3.4.6 （参考）日本の LNG 輸入量と価格の考察

LNG 価格の参考値として、日本の LNG 輸入数量と金額から求めた単価を表 3.15 に、その推移を図 3.16 に示す。これらの単価は単純に輸入金額を輸入数量で除して求めたものである。実際の LNG 燃料船への燃料供給は、これらのベースの単価にインフラ設備費、人件費、管理費等が上乘せされるものと考えられる。

表 3.15 日本の LNG 輸入数量と金額

年	数量 (トン)	金額 (千円)	単価 (円/トン)
2000	53,689,778	1,405,517,856	26,179
2001	55,149,302	1,593,919,007	28,902
2002	53,877,618	1,491,986,081	27,692
2003	59,129,097	1,695,312,314	28,671
2004	56,970,663	1,649,795,161	28,959
2005	58,013,770	1,985,329,027	34,222
2006	62,189,252	2,659,474,185	42,764
2007	66,816,304	3,140,266,006	46,998
2008	69,262,732	4,652,495,060	67,172
2009	64,552,348	2,827,247,628	43,798
2010	70,007,810	3,471,846,720	49,592
2011	78,531,629	4,787,162,723	60,958
2012	87,314,285	6,003,679,569	68,759
2013	87,491,100	7,058,951,201	80,682
2014	88,505,727	7,850,895,605	88,705

(財務省貿易統計より作成)

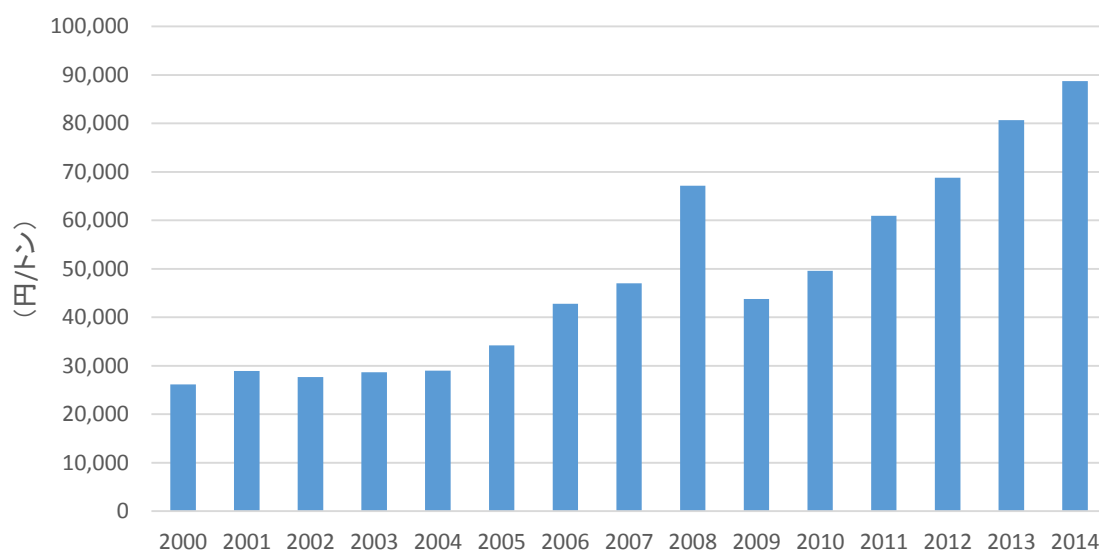


図 3.16 日本の LNG 輸入単価の推移 (財務省貿易統計より作成)

## 4 学識経験者等への意見聴取

### 4.1 意見聴取の概要

意見聴取は、ハード面は各種機器の開発・製品化も進み、導入に向けたハードルが低減され、ソフト面も H24 年度の海事局「天然ガス燃料船に関する総合対策」事業において整備されたにも関わらず、国内で就航した LNG 燃料船が 1 隻のみに留まっている現状に対する見解と、そのような現状を打開するために期待される施策をポイントとした。

そこで、H24 年度の海事局事業で委員長等重要な役割を担われた下記 2 名の学識経験者及び業界関係者に対して意見聴取を行った。

- 高崎 講二  
(九州大学大学院 総合理工学研究院 環境共生工学部門 教授)
- 田村 兼吉  
(国立研究開発法人 海上技術安全研究所 研究統括主幹 兼 海難事故解析センター長)

### 4.2 意見聴取の結果

意見聴取の結果、得られた主な意見・見解を以下に示す。

#### 【LNG 燃料船の普及見通し】

- ✓ 昨今の油価格の急落により、相対的に LNG 燃料使用による燃料費削減というインセンティブへの期待感が低下している。
- ✓ 民間企業が LNG 燃料船に経済的な魅力を感じ、且つ、一般商船の LNG 燃料化を選択するというのは難しい状況にある。
- ✓ LNG 燃料船の普及に際しては、個船（個別プロジェクト）毎ではなく、建造するすべての事業者が恩恵を受けられるような政府からの補助金や税制優遇等が不可欠である。

#### 【実現が有望視される船型】

- ✓ 実現性の観点より、先行して燃料を LNG へ転換することが考えられる船型は、発着地が固定されており、LNG バンカリングの場所を整備し易い、フェリーと思料される。
- ✓ 特に、フェリーは旅客を輸送する観点からも、比較的能力の高い船員が配乗されることが期待されることから、LNG の取り扱いについてもハードルが低いものと思料される。
- ✓ 代替建造の期間が比較的短く、且つ、定期的が高いことも、計画が立て易いメリットもある。

**【LNG 燃料船の普及に向け期待される施策】**

- ✓ 現状では、船主・運航者にとって経済的なインセンティブが小さく、また環境面での厳しい規制（例えば ECA の設定など）がないことから、商船で燃料転換を図ることは想定し難い。
- ✓ 一方で、内航船や漁船の隻数が多い我が国にとっては、ECA を設定することのインパクトは大きく、十分な検討を要する。
- ✓ 2020 年のオリンピック・パラリンピックは環境面での取り組みも積極的に成されているため、良い機会となる。

## 5 LNG 燃料船の国内普及に向け期待される施策

本事業において調査及び学識経験者等専門家への意見聴取を行った結果を精査したところ、今後、LNG 燃料船が国内において普及するために必要な施策は以下の3点が期待される。

### (1) LNG 燃料船に対する経済的なインセンティブ

LNG 燃料船の普及という観点で先行するノルウェーを含む欧州においては、船主や運航者に対して、税制面での優遇や、建造等 LNG 燃料船の普及を支援するための補助金等の制度の整備が進められている。

我が国においても、個別の建造プロジェクト毎ではなく、複数・多数の LNG 燃料船の建造・運航を経済的に支援するようなインセンティブを提供する制度が整備されることが期待される。

また、当該支援制度については、LNG 燃料化に限定せず、低環境負荷の海上輸送に係るサービス提供者に対象を広げることも重要な視点の1つと思料される。

### (2) LNG バンカリングインフラに対する経済支援

近年、ノルウェーや欧州においては、LNG バンカリングインフラの整備に対しても、経済的な支援が成されている。

LNG バンカリングインフラの整備がまったく進んでいない我が国の現状に鑑み、本船への直接的な支援策のみならず、同時並行して LNG バンカリングインフラの整備に対しても経済的な支援制度が整備されることが、LNG 燃料船の普及を加速させるためには肝要と思料される。

また、当該支援制度については、LNG 燃料化に限定せず、低環境負荷の海上輸送に係るサービス提供者に対象を広げることも重要な視点の1つと思料される。

### (3) 代表船型の集中建造支援

従来型の重油燃料（A/C 重油）の価格に依存するものの、近年の燃料油価格が続くのであれば、環境面での優位性以外は、経済性が低く、船員の負担が大きな LNG 燃料化は、船主や運航者にとって魅力的な選択肢にはなり得ない。

また、造船所・機器メーカーともに、需要が小さい現在の状況にあっては、1 隻あたりのコストが高くなる悪循環となっている。

そのため、経験と実績に重きをおき、LNG 燃料船の普及促進のため、複数の船型から連続建造可能な代表船型を抽出し、集中的に LNG 燃料船を建造するような支援スキームも有効な手段と思料される。

## 6 参考資料

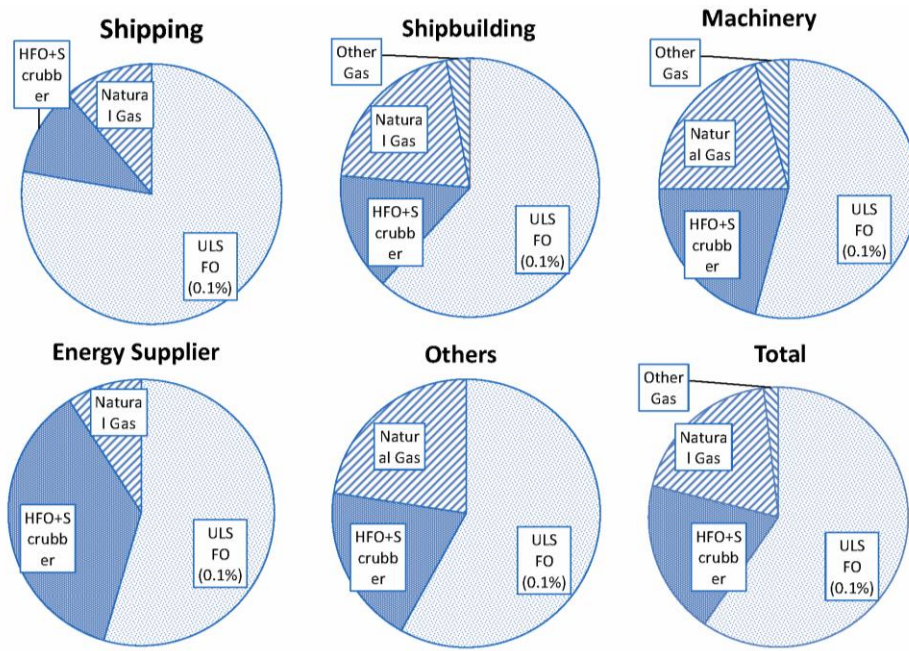
2015年12月7日に（公社）日本船舶海洋工学会が主催する World NAOE Forum 2015 が広島で開催された。

同フォーラムにおいては、参加者に対して、2025年及び2050年における ECA 及び一般海域（ECA 外海域）において使用されると予想される燃料に関するアンケートが123名に対して実施された。

燃料は、超低硫黄燃料油：ULS FO、重油とスクラバーの組み合わせ：HFO+Scrubber、天然ガス（LNG）：Natural gas、その他のガス：Other gas の4つに分類され、集計された。同様に、参加者も、海運：Shipping、造船：Shipbuilding、船用機器：Machinery、燃料（エネルギー）供給者：Energy supplier、その他：Others のカテゴリに分類され、集計された。

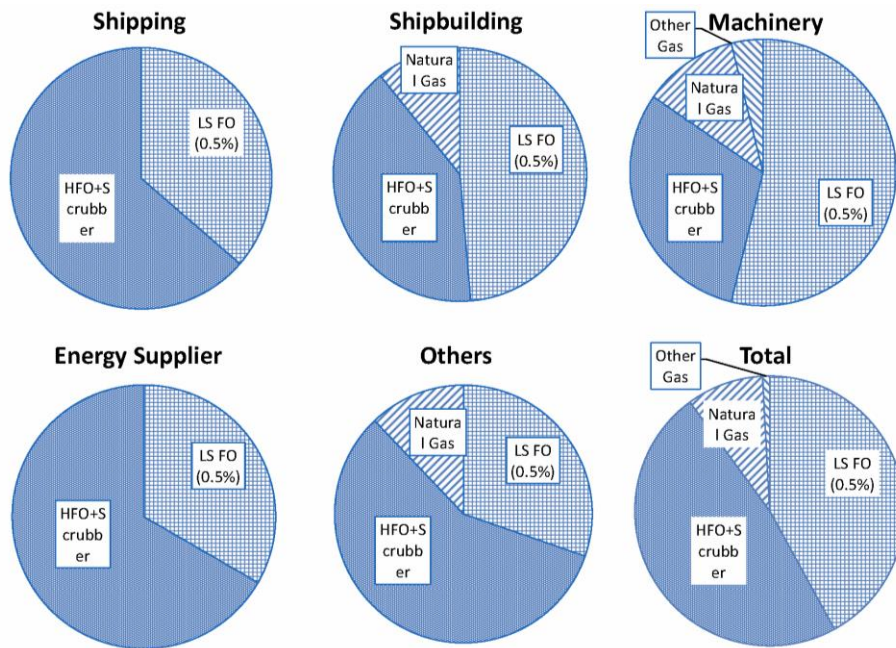
集計結果は図 6.1 から図 6.4 に示すとおりである。

特筆すべきは、図 6.2 において、2025年に一般海域で使用される燃料として、海運や燃料（エネルギー）供給者の半数以上が「重油とスクラバーの組み合わせ：HFO+Scrubber」を予想しており、「天然ガス（LNG）：Natural gas」の使用を予想した参加者の多くが「造船：Shipbuilding」と「船用機器：Machinery」に属している点にある。



(World NAOE Forum 2015)

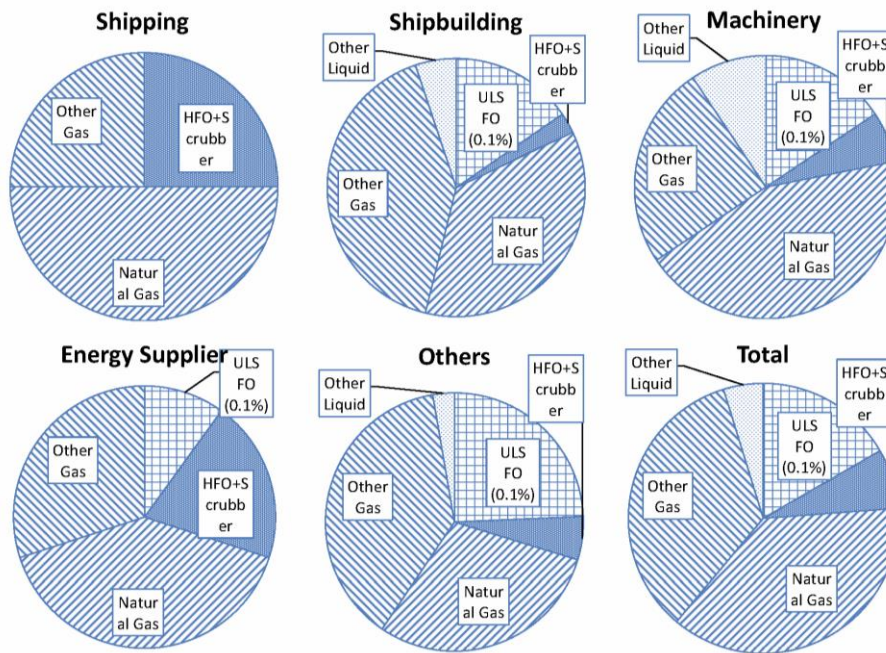
図 6.1 ECAにおいて2025年に使用されると思われる燃料



(World NAOE Forum 2015)

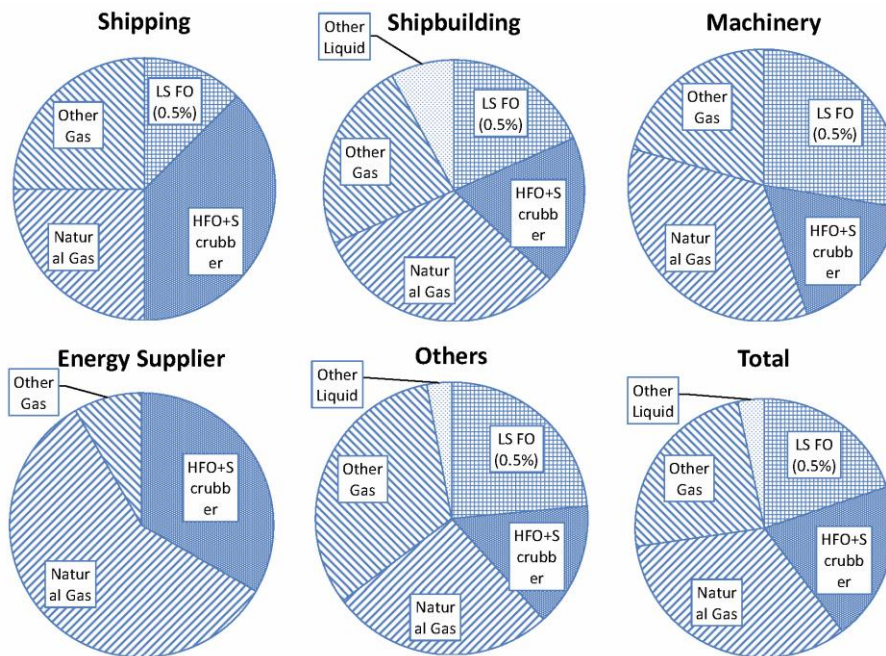
図 6.2 一般海域において2025年に使用されると思われる燃料





(World NAOE Forum 2015)

図 6.3 ECA において 2050 年に使用するとと思われる燃料



(World NAOE Forum 2015)

図 6.4 一般海域において 2050 年に使用するとと思われる燃料