

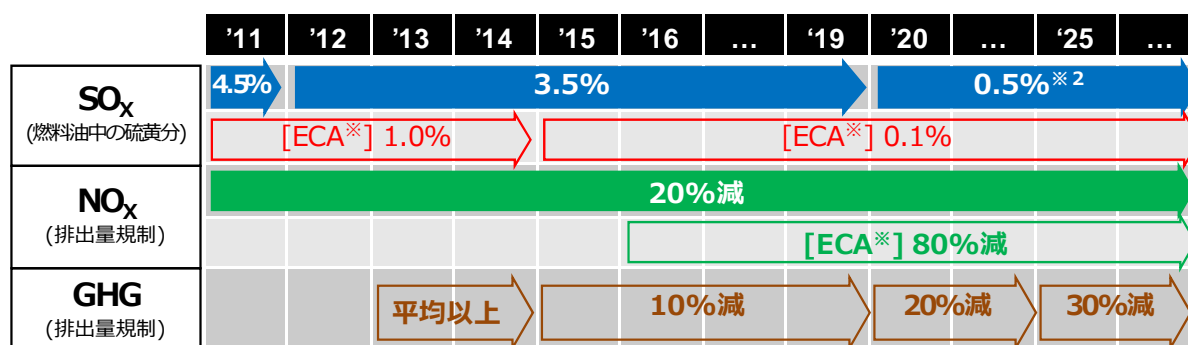
(資料 1-1-1)

第 1 回 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 天然ガス燃料船を巡る状況について

1 背景

1.1 環境規制の強化

近年、環境問題、特に温暖化に対する意識が世界的に高まる中、国際海運業界においても CO₂ などの GHG（温室効果ガス）や NO_x、SO_x などの大気汚染物質について、排出量の削減が求められている。船舶から排出される大気汚染物質については、IMO（国際海事機関）による MARPOL 73/78 条約（海洋汚染防止条約）の改正付属書VIに基づき、NO_x や SO_x などの排出規制が開始されており、一般海域と ECA（大気汚染物質放出規制海域）について順次規制値強化されている状況である。



※ECA(Emission Control Area：大気汚染物質放出規制海域)：一般海域よりも厳しい規制が課せられる。

SO_xは欧州・北米のECA、NO_xは北米のECAが対象

※2 2020or2025開始。2018に規制開始時期をレビュー

(国土交通省海事局)

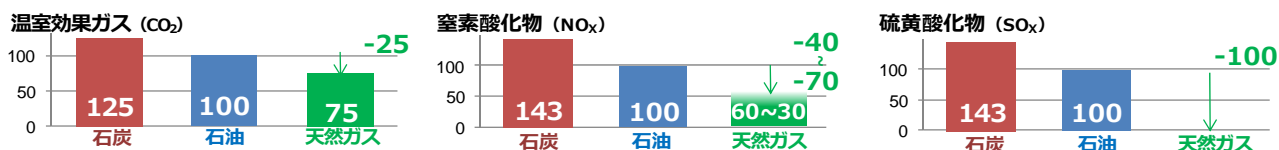
図 1.1.1 環境規制の強化

1.2 天然ガスの優位性

天然ガスは、これまで燃料として用いられてきた石炭や石油と比較して、NO_x、SO_x、CO₂ の排出量が少なく、環境面において非常に優れている（図 1.2.1参照）。そのため、順次強化される大気汚染物質規制に対して、効果的な対策の1つとして期待されている。

また、近年では非在来型天然ガス（シェールガスなど）の開発が加速し、今後、天然ガス市場における非在来型天然ガスの生産割合も増加する見通しである。また、米国においては天然ガスと原油との価格差が従来よりも拡大していることなどから、天然ガスは価格競争力のある資源としても注目を集めている。

上記より、天然ガスの特性面・生産面・価格優位面の観点から、国際海運における船用燃料として、その実用化が大きく期待されている。



(IEA: Natural Gas Prospects to 2010/ Natural Gas Prospects and Policies を基に国土交通省海事局が作成)

図 1.2.1 石炭、石油、天然ガスにおける排出量比較 (石油換算ベース)



※IMF Primary Commodity Pricesの原油価格(WTI)、天然ガス価格(Henry Hub)より、熱当量換算

(国土交通省海事局)

図 1.2.2 米国における天然ガスの価格推移

1.3 政府の取り組み

我が国においても、国土交通省海事局において、積極的な取り組みがなされている。

1.3.1 新造船政策検討会

新造船政策検討会より 2011 年 7 月に公表された「新造船政策～一流の造船国であり続けるために～」においては、環境技術による国際競争力確保に向けた重要な戦略要素として、天然ガス燃料船の実用化・導入が位置付けられている。

天然ガス燃料船の導入については、海事クラスター内のみならず、ガス供給者や港湾インフラ関係者とも連携して取り組む必要があることから、国内関係者間において、早急にその実用化・導入の戦略を検討し、パイロットプロジェクトの実施などを通じて、天然ガス燃料船の導入促進に向け、技術的課題の解決、インフラシステムの確立、合理的な安全規制の整備など環境を整備することとされている (図 1.3.1参照)。



図 1.3.1 新造船政策のロードマップ (抜粋)

1.3.2 海洋政策懇談会

平成 20 年 3 月に策定された海洋基本計画が見直し時期を迎えていることなどを踏まえて設置された国土交通省海洋政策懇談会においては、国土交通省が関連する事項などについて、幅広い議論が行われた。そこでの議論を経て、2012 年 3 月には今後取り組むべき海洋政策の方向性が報告書として取りまとめられた。概要はに示すとおり。

当該報告書において、3 つの基本的な方向性の 1 つである「フロンティアへの挑戦」の中で「海事産業における最先端の技術開発」として、天然ガス燃料船の早期実用化が位置付けられている (図 1.3.2 参照)。

3つの基本的方向性と主要施策

海洋の活動を促進するための基本的施策の強化 ○ 海洋調査の推進 ○ 海洋情報の一元化 ○ 管轄海域の確保 ○ 海上保安業務の執行体制の強化 ○ 海洋の開発・利用・保全のための管理のあり方	経済発展・生活安定の基盤の強化 ○ 離島の振興 ○ 海上輸送の確保 ○ 海洋由来の自然災害への対応 ○ 海洋環境の保全 ○ 海洋観光の振興
フロンティアへの挑戦	
○ 海洋再生可能エネルギーの開発 ● 洋上風力発電の普及に向けた環境整備 等	○ 資源開発等に向けた戦略的展開 ● 海洋開発プロジェクトへの参入
	
○ 北極海航路 ○ ニュービジネスの可能性の追求	● 浮体式液化天然ガス生産施設の安全性評価技術の開発 
	○ 海事産業における最先端の技術開発 ● 天然ガス燃料船の早期実用化 
	● 革新的省エネ技術の普及 

(国土交通省海事局)

図 1.3.2 海洋政策懇談会報告書での天然ガス燃料船の位置付け

1.3.3 日本再生戦略

日本政府全体の動向としては、2012年7月31日に閣議決定された「日本再生戦略」がある。当該戦略においては、「共創の国」への具体的な取り組みとして、11の成長戦略と38の重点施策が掲げられている。

重点施策の1つである「グリーン成長戦略」では、「グリーン・イノベーションによる海洋の戦略的開発・利用」の中で、『(本文抜粋)…天然ガス燃料船や船舶の革新的省エネ技術などの研究開発・普及促進を進め、CO₂排出削減・高効率を実現する新たな市場を開拓する。』ことが明記されている。世界初の大型外航天然ガス燃料船の研究開発・普及促進については、図1.3.3に示す行程表の下、早期実用化に向けた総合的な支援が実施されていることとなっている。

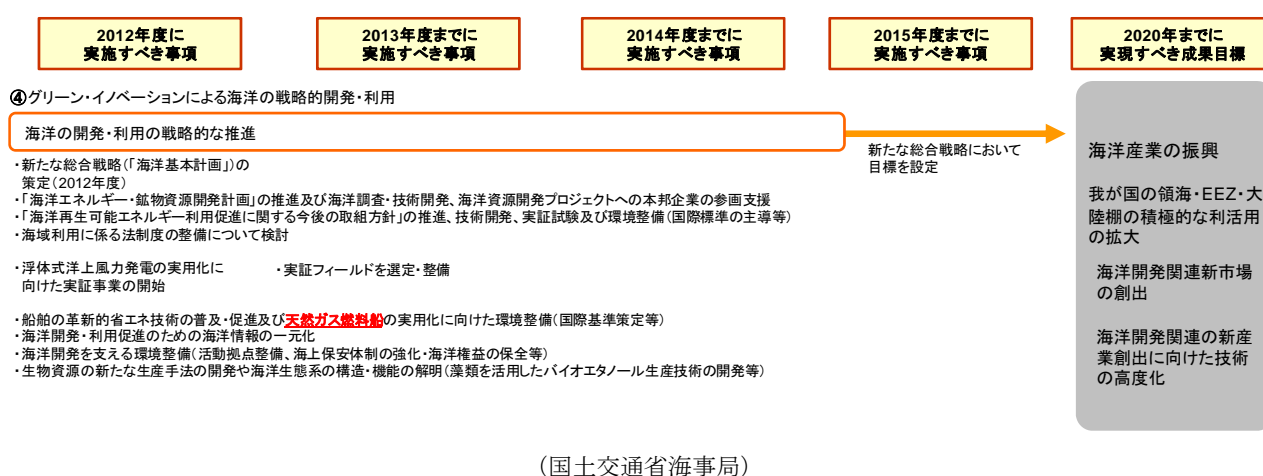


図 1.3.3 「グリーン・イノベーションによる海洋の戦略的開発・利用」の工程表(抜粋)

1.3.4 ノルウェー政府との連携

国土交通省とノルウェーの貿易産業省は、2011年5月に洋上風力発電、天然ガス燃料船、シップリサイクル等を中心に、両国の海事技術及び産業分野における緊密な協力と情報交換の促進に向け、覚書を締結した。特にIMOにおける基準策定の場において、協力関係を構築していくものとされている。

また、2012年5月には、貿易産業大臣の来日に合わせて、ワークショップも開催している。

2 関係各国の動向について

2.1 各国・港湾の検討状況など

各国・港湾の検討状況は以下に示すとおり。

(1) ノルウェー

ノルウェーでは、2005年に発効されたヨーテボリ議定書に対応するため、NOx排出への課税制度を導入している。このNOx税の減免措置としてNOx Fundが創設され、参加企業への軽減税措置や、NOx削減に関する投資費用に対して最大80%が補助されるなど財政的な支援が実施されており、天然ガス燃料船の導入を強く後押ししている。

2000年には、世界初となる天然ガス燃料船が就航しているが、このNOx Fundによる財政支援によって、2006年以降、次々と天然ガス燃料船が就航している状況にある。

(2) スウェーデン

ヨーテボリ港は、天然ガス燃料船向けにLNGを供給すること目的に、港湾施設開発を検討中である。

(3) EU

EUでは2010年から2013年までの間に、LNG供給インフラの実現性に関する検討とともに、パイロットプロジェクトとして天然ガス燃料船2隻が建造(総額2,700万ユーロの35%(約11億円)を政府が支援)されることとなっている。

また、平行して、大型天然ガス燃料エンジンの開発支援(総額500万ユーロの58%(約3.6億円)を政府が支援)が実施されているほか、バルト海周辺6カ国によるLNG燃料に係る供給インフラの設備導入も検討されている。

(4) オランダ

ロッテルダム港は、天然ガス燃料船向けにLNGを供給すること目的に、港湾施設開発を検討中である。

(5) シンガポール

国際的な海上物流の拠点となっているシンガポールでは、2013年完成予定のLNG基地において、LNG燃料の供給サービスに関する検討を実施している。当該検討は、DNVを幹事会社として海事港湾庁(MPA)の支援を受けて、多くの企業が様々な業種から参画している。我が国からは三井物産、日本郵船、IHIが参画している。

(6) 韓国

韓国では、ガス公団(KOGAS)と造船企業3社が共同で天然ガス燃料船に係る安全性・経済性等について検討を実施している。

また、仁川港湾公社が湾内向け広報用船舶(200総トン級、50人乗り)として、天然ガス燃料船をサムスン重工業にて建造している。

2.2 天然ガス燃料船の就航状況

2.2.1 天然ガス燃料船の就航及び建造中の隻数一覧及び概要

天然ガス燃料船の就航及び建造中（計画を含む）の船舶一覧を、表 2.2.1に示す。

北欧諸国においては、内航フェリーやオフショアサポート船を中心に天然ガス燃料船の普及が進んでおり、2012年4月現在、既に30隻近くの天然ガス燃料船が就航している。

表 2.2.1 天然ガス燃料船の就航及び建造中の船舶一覧（2012年8月現在）

	Year	Type of vessel	Ship name	Owner	Class	Engine type
1	2000	Car/passenger ferry	Glutra	Fjord1	DNV	Gas
2	2003	PSV	Stril Pioner	Simon Møkster	DNV	DF
3	2003	PSV	Viking Energy	Eidesvik	DNV	DF
4	2006	Car/passenger ferry	Bergensfjord	Fjord1	DNV	Gas
5	2007	Car/passenger ferry	Fanafjord	Fjord1	DNV	Gas
6	2007	Car/passenger ferry	Mastrafjord	Fjord1	DNV	Gas
7	2007	Car/passenger ferry	Raunefjord	Fjord1	DNV	Gas
8	2007	Car/passenger ferry	Stavangerfjord	Fjord1	DNV	Gas
9	2008	PSV	Viking Queen	Eidesvik Shipping	DNV	DF
10	2009	PSV	Viking Lady	Eidesvik Shipping	DNV	DF
11	2009	Car/passenger ferry	Tidekongen	Tide Sjø	DNV	Gas+Diesel
12	2009	Car/passenger ferry	Tidedronningen	Tide Sjø	DNV	Gas+Diesel
13	2009	Car/passenger ferry	Tideprinsen	Tide Sjø	DNV	Gas+Diesel
14	2009	Patrol vessel	Barentshav	REM	DNV	Gas+Diesel
15	2009	Car/passenger ferry	Moldefjord	Fjord1	DNV	Gas+Diesel
16	2010	Patrol vessel	Bergen	REM	DNV	Gas+Diesel
17	2010	Car/passenger ferry	Fannefjord	Fjord1	DNV	Gas+Diesel
18	2010	Patrol vessel	Sortland	REM	DNV	Gas+Diesel
19	2010	Car/passenger ferry	Korsfjord	Fjord1	DNV	Gas+Diesel
20	2010	Car/passenger ferry	Romsdalsfjord	Fjord1	DNV	Gas+Diesel
21	2010	Car/passenger ferry	Selbjørnsfjord	Fosen Namsos Sjø	DNV	Gas+Diesel
22	2011	PSV	Skandi Gamma	DOF	DNV	DF
23	2011	Chemical tanker	Bit Viking	Tarbit Shipping	GL	DF
24	2011	Car/passenger ferry	Boknafjord	Fjord1	DNV	Gas
25	2011	PSV	Normand Oceanic	Solstad Rederi	DNV	DF
26	2011	Car/passenger ferry	Edoyfjord	Fjord1	DNV	Gas
27	2012	PSV	Viking Prince	Eidesvik	DNV	DF
28	2012	PSV	Olympic Energy	Olympic Shipping	DNV	DF
29	2012	General Cargo	Høydal	Nordnorsk Shipping	DNV	Gas
30	2012	Ro-Ro	Sea-Cargo Express	Sea-Cargo	DNV	Gas
31	2012	PSV	Island Crusader	Island Offshore	DNV	Gas+Diesel
32	2012	PSV	Island Contender	Island Offshore	DNV	Gas+Diesel
33	2012	PSV	Viking Princess	Eidesvik	DNV	DF
34	2012	PSV	Rem Leader	REM	DNV	DF
35	2012	Ro-Ro	T.B.D	Sea-Cargo	DNV	Gas
36	2012	High speed RoPax	T.B.D	Buquebus	DNV	DF Turbine
37	2013	General Cargo	T.B.D	Eidsvaag	—	Gas
38	2013	Ro-Ro	T.B.D	Norlines	DNV	Gas
39	2013	Ro-Ro	T.B.D	Norlines	DNV	Gas
40	2013	Car/passenger ferry	T.B.D	Torghatten Nord	DNV	Gas
41	2013	Car/passenger ferry	T.B.D	Torghatten Nord	DNV	Gas
42	2013	Car/passenger ferry	T.B.D	Torghatten Nord	DNV	Gas
43	2013	Car/passenger ferry	T.B.D	Torghatten Nord	DNV	Gas
44	2013	RoPax	T.B.D	Viking Line	LR	DF
45	2013	PSV	T.B.D	Harvey Gulf Int. Marine	ABS	DF
46	2013	PSV	T.B.D	Harvey Gulf Int. Marine	ABS	DF
47	2013	Patrol vessel	T.B.D	Finish Border Patrol	—	DF
48	2013	Car/passenger ferry	T.B.D	Society of Quebec ferries	—	DF
49	2014	Car/passenger ferry	T.B.D	Society of Quebec ferries	—	DF

2.2.2 邦船各社の検討状況

邦船各社における検討状況（プレス発表ベース）を、以下に示す（50音順）。

(1) アイ・エイチ・アイ マリンユナイテッド (IHIMU)

IHIMUは、環境にやさしいLNG燃料システムを開発し、その適用例として、GL（ドイツロイド船級協会）と共同で、10,000TEU級の大型コンテナ船のコンセプトデザインを発表している。同船は、DF機関を採用しており、2基2軸となっている。

また、LNG燃料タンクはIHIMU独自の技術であるSPB方式（Self-supporting Prismatic Shape IMO Type B）が用いられている。SPB方式のタンクについては、NK及びABSから船舶用燃料タンクとしてのAiP（Approval in Principle：基本承認）を取得済みである。

(2) 今治造船

今治造船は、燃料として天然ガスを利用可能な160台積み内航RoRo船の試設計を実施した。

(3) 大島造船所

大島造船所は、DNVと共同でLNGを燃料としたOHBC（オープンハッチバルクキャリア）のコンセプトデザインを発表している。同船は、ガス専焼機関を採用しており、2基2軸となっている。また、LNG燃料タンクはType-C方式が用いられている。

(4) 川崎汽船

川崎汽船は、天然ガスを燃料とする自動車専用船を欧州域内に投入すべく、川崎重工業、DNVと共に開発を進めている。同船は、ガス専焼機関で、2基1軸のCPPを採用している。また、LNG燃料タンクはType-C方式を採用している。

(5) 川崎重工業

川崎重工業は、LNGを燃料とする9,000TEU型コンテナ船の開発を完了し、DNVから設計基本承認（AiP）を取得している。同船は、DF機関を採用しており、LNG燃料タンクはType-B方式が用いられている。

また、LNG燃料の補給能力を備えたLNGバンカー船も概念設計を完了している。同バンカー船は、LNG積載タンクは6,000m³前後を想定しており、推進機にはECA内での運航を念頭にDF機関を搭載することとされている。

(6) 商船三井

商船三井は、低環境負荷への取り組みへ向け、天然ガス燃料の使用や陸上設備からの電力供給等、近い将来に実用可能な技術的を基にした次世代型フェリー「ISHIN-II」の構想を発表している。同船は、2元燃料機関（DF）及び二重反転プロペラ推進システムを採用しており、LNG燃料タンクはType-C方式となっている。



図 2.2.1 邦船各社における天然ガス燃料船コンセプトシップ一覧

2.3 国内の関係法令について

我が国において天然ガス燃料船が就航・寄港する際には、港内の航行と港内での LNG 燃料補給を想定する必要がある。

2.3.1 航行に係る国内法規について

現状、LNG 運搬船については、以下の国内法規等を遵守する必要がある。

(1) 海上交通安全法（海上保安庁所管）

- 特別な交通方法を定めるとともに、その危険を防止するための規制を行うことにより、輻輳海域における船舶交通の安全を図ることが目的
- 適用海域は東京湾、伊勢湾及び瀬戸内海
- 航路航行義務、速力の制限、錨泊の禁止を含む一般的なルールの外、航路ごとのルール、特殊な船舶の航路における特則などを規定
- 液化ガスをばら積みした 1,000 総トン以上の船舶は危険物積載船に該当し、且つ 25,000 総トン以上の液化ガス積載船は特別危険物積載船に該当
- 同時に長さが 200m 以上の船舶は巨大船に該当
- 危険物積載船、特別危険物積載船及び巨大船については、航路入港時間通報義務及び以下に示す海上保安庁からの指示に従う必要あり
 - ・航路入港 3 時間前からの連絡確保
 - ・航路入港時間の変更
 - ・速力の指示
 - ・進路警戒船、消防設備船の配備
 - ・指示された余裕水深の確保
 - ・その他安全航行に必要な事項

(2) 海上衝突予防法（国土交通省海事局・海上保安庁所管）

- 国際ルールの下、一般海域にて遵守すべき、船舶の遵守すべき航法、表示すべき灯火及び形象物、行うべき信号について規定

(3) 港則法（海上保安庁所管）

- 港内における船舶交通の安全及び整頓を目的に制定
- 海上衝突予防法に対する特別法であるため、港則法適用海域内では海上衝突予防法に優先して適用
- 天然ガスは引火点が約-190 度であることから、同法における「危険物」の定義が適用
- LNG 運搬船については、入出港、停泊、荷役作業について同法が適用
 - ・入出港及び停泊関係
 - ・航路及び航法
 - ・危険物
 - ・水路の保全
 - ・灯火等
- 現状で天然ガス燃料船及び LNG 移送に係る規定なし
- なお、LNG を燃料とする船舶は、危険物積載船に該当せず

(4) 海上保安庁通達（保警安第 114 号の 2）

- 「大型タンカー及び大型タンカーバースの安全防災対策について」(海上保安庁所管)
- 大型タンカーと大型液化ガスタンカーの安全防災対策について、「バース管理者」と「本船側」の遵守すべき事項が規定

(5) その他

- 海上保安庁の「航行安全指導集録」や各地での海防審議において策定された安全対策など
- 航行安全指導集録は、海上交通安全法等の規定に基づき、より一層の航行安全を確保するために、各海域の実態に応じたきめ細やかに指導

2.3.2 港内でのLNG燃料補給について

現在のところ、港内での LNG 供給については以下の 3 手法が想定される。

- LNG バンカー船からの供給（Ship to Ship（StS）方式）
- 陸上 LNG 基地設備からの供給（Shore to Ship 方式）
- 陸上ローリーからの供給（Truck to Ship 方式）

現状、天然ガスを燃料として使用する際の国内法規は未整備な状況にあるため、本調査においては、国内において同様に LNG を取り扱う場合の国内法規について整理することにより、天然ガス燃料船への LNG 補給について類推するものとした。各燃料補給方法において、適用が想定される国内法規と、その現状については、以下のとおりである。

(1) LNGバンカー船からの供給（Ship to Ship（StS）方式）

- ① 船舶安全法（国土交通省海事局所管）
 - 船舶の技術基準や安全基準を規定
 - 現状で天然ガス燃料船及び LNG 移送に係る規定なし
- ② 港則法（海上保安庁所管） ※上述済み
- ③ 海上交通安全法（海上保安庁所管）
 - 安全な船舶交通のため、輻輳海域に対して特別の交通方法を定め、その危険を防止するために制定
 - 着岸中及び港則法の適用を受ける港湾外において燃料供給を実施する場合には、港則法ではなく、海上交通安全法が適用
 - 現状で天然ガス燃料船及び LNG 移送に係る規定なし

(2) 陸上LNG基地設備からの供給（Shore to Ship方式）

- ① 船舶安全法（国土交通省海事局所管） ※上述済み
- ② 港則法（海上保安庁所管） ※上述済み
- ③ 港湾法（国土交通省港湾局所管）
 - 環境保全に配慮しつつ、秩序ある港湾整備と適正な運営を図るとともに、航路を開発し、保全することを目的に制定
 - 既存 LNG 受入施設に適用されている禁止行為、臨港地区内における行為の届出が許可されれば、燃料供給行為は実施可能
 - 但し、届出行為の許可については、個別案件ごとに検討が必要
- ④ 高圧ガス保安法（経済産業省所管）
 - LNG タンクやパイプラインへの適用法令で、関係政省令・公示であるコンビナート保安規則、高圧ガス保安規則、一般高圧ガス保安規則などが適用
 - パイプラインは、事業所間を結ぶ「導管」と同一事業所内を結ぶ「配管」に分類され、それぞれ異なる規則及び技術基準が適用
 - 船陸間のパイプラインについては、敷地と管理者が異なる道路等が存在する場合には「導管」と定義
 - 「導管」は「配管」よりも厳しい規則及び技術基準が適用
- ⑤ 電気事業法（経済産業省所管）
 - 電気事業者が有する LNG 受入施設が対象
 - 電気事業の運営を適正化且つ合理化をすることにより、電気の利用者の利益保護及び電気事業の健全な発達を図りつつ、電気工作物の工事・維持・運用を規制することにより、公共の安全確保及び公害の防止を目的に制定
- ⑥ ガス事業法（経済産業省所管）
 - ガス事業者が有する LNG 受入施設が対象
 - ガスの利用者の利益保護及びガス事業の健全な発展を図りつつ、ガス工作物の工事・維持・運用とガス用品の製造・販売を規制することにより、公共の安全確保及び公害の防止を目的に制定
- ⑦ 消防法（消防庁所管）
 - 標準状態において、液体又は固体の物質のみ危険物として指定
 - 従って、LNG は危険物に該当せず、消防法の適用は受けない
 - 但し、LNG を気化させ、高圧ガスとして取り扱う場合には危険物と見なされることから、当該危険物の取扱施設に対しては、危険物製造所と 10m 以上の距離を設ける必要あり

(3) 陸上ローリーからの供給 (Truck to Ship方式)

- ① 船舶安全法 (国土交通省海事局所管) ※上述済み
- ② 港則法 (海上保安庁所管) ※上述済み
- ③ 港湾法 (国土交通省港湾局所管) ※上述済み
- ④ 高圧ガス保安法 (経済産業省所管)
 - 陸上ローリーには高圧ガス保安法が適用
 - ローリーに搭載される LNG タンクについては、一般高圧ガス保安規則及び容器保安規則を技術基準として適用
 - なお、ローリーでの陸上輸送については、一般高圧ガス保安規則で規定あり
- ⑤ 消防法 (消防庁所管) ※上述済み

2.4 日本での検討状況

我が国においては、(一財)日本船舶技術研究協会を事務局として業界関係者に参加を求める形で、過去2年間で以下に示す5つの委員会及び調査研究が実施されてきた。

- (1) 代替燃料の利用に係るインフラの要件等に関する調査研究委員会 (2010年度)
- (2) 船舶LNG気化器の実用化に関する調査研究委員会 (2010～2011年度)
- (3) LNG燃料船の燃料タンク等に関する調査研究委員会 (2010～2011年度)
- (4) 代替燃料総合対策策定検討委員会 (2011年度)
- (5) タンカー・バルカー等の構造に係る基準整備に関する調査研究
IGCコード・IGFコードワーキンググループ (2011年度)

3 船用機器の状況

3.1 高圧ガスサプライモジュール

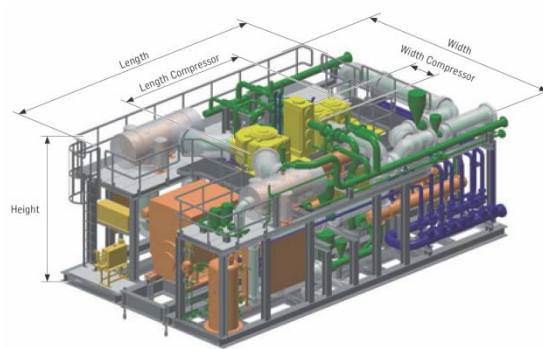
高圧ガスサプライモジュールは、液体をそのまま加圧する高圧ポンプ方式と、常温常圧ガスを圧縮して高圧ガスにする高圧圧縮機方式（Gas Compressor Unit）に大別される。

高圧ポンプ方式は LNG 燃料タンクとポンプシステムから成り、三菱重工業、現代重工業、大宇重工業、Cryostar、Hamworthy Gas System（現 Wärtsilä）、TGE の 6 社が供給可能である。

また、高圧圧縮機方式については、Burckhardt Compression が供給可能である。



(DSME (MarineLink.com Web サイト))

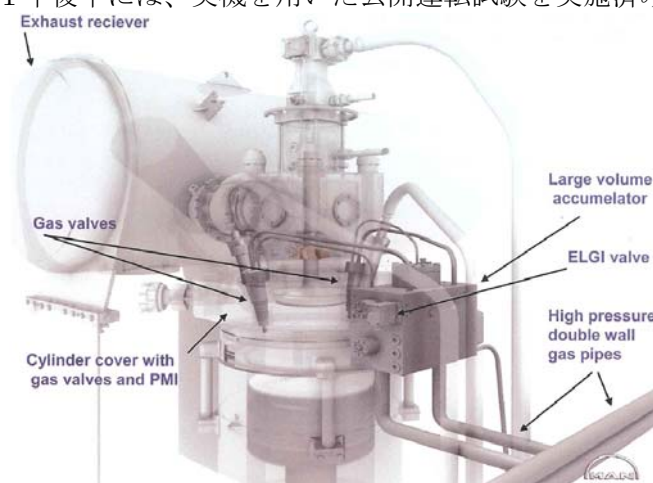


(Burckhardt Compression 社)

図 3.1.1 高圧ガスサプライモジュール

3.2 天然ガス焼き 2 ストローク低速ディーゼルエンジン

現在、天然ガスに対応した 2 ストロークの低速ディーゼルエンジンは、三菱重工業、Wärtsilä 及び MAN Diesel & Turbo の 3 社が開発に取り組んでいる。そのうちで MAN 社は、既に開発を終えており、2011 年後半には、実機を用いた公開運転試験を実施済みである。



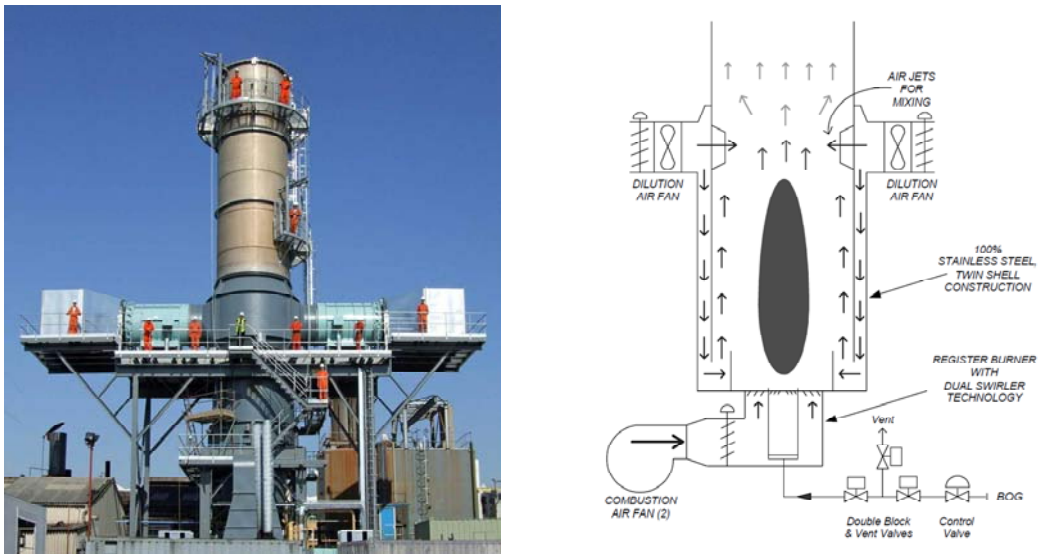
(MAN Diesel & Turbo 社)

図 3.2.1 2 ストローク低速ディーゼルエンジン

3.3 ガス燃焼装置（GCU : Gas Combustion Unit）

天然ガスの供給システムまたはエンジンに不具合が生じた場合や、通常の使用量を超えるBOGが発生した場合などには、天然ガスを素早く、且つ安全に燃焼させ、無臭排煙として大気放出する必要がある。そのため、天然ガス燃料船にはガス燃焼装置の設置が必要となる。特に本船より大気放出される排煙は、船級規則における排気ガス配管に使用される鋼材の許容温度上限から、温度を 550℃以下とすることが求められている。そのため、ガス燃焼装置には冷却用の大型のファンを組み込む必要があり、ガス燃焼装置は大規模化する傾向にある。

海外メーカーでは、SAACKE Marine Systems（ザーケ）、SNECMA（スネクマ）、HAMWORTHY（ハムワージー）の3社が開発済みで、納品実績もある。一方、国内メーカーでは、三菱重工業が開発中である。図 3.3.1には、HAMWORTHY社のガス燃焼装置の概要を示す。



(Hamworthy 社 Web サイト)

図 3.3.1 ガス燃焼装置

4 LNGの移送について

4.1 海外での洋上StS方式によるLNG移送事例

商業目的におけるStS方式でのLNG移送実績については、Exmar社（大型LNG運搬船間での移送）とGasnor社（大型LNG運搬船から小型LNG運搬船への移送）によって実績がある。実績のリストを表 4.1.1に、また、その実施個所を図 4.1.1にそれぞれ示す。

表 4.1.1 海外におけるLNG船のStS事例（商用目的）

	発生年月	船名	場所	備考
①	2005年11月	“Excelsior” to “Excellence”	ガルベストーン沖（USA）	予行演習 沖荷役
②	2006年8月	“Excalibur” to “Excellence”	メキシコ湾	一部のみ移送 沖荷役
③	2007年2月	“Excalibur” to “Excelsior”	スカパフロー（UK）	沖荷役
④	2007年4月	“Höegh Galleon” to “Pioneer Knutsen”	モーレイ港（ノルウェー）	着棧荷役
⑤	2007年6月	“Höegh Galleon” to “Pioneer Knutsen”	モーレイ港（ノルウェー）	着棧荷役
⑥	2007年6月	“Excalibur” to “Excellence”	アルバ島／トリニダード	沖荷役
⑦	2007年7月	“Excalibur” to “Excelerate”	ガルベストーン沖（USA）	沖荷役
⑧	2007年7月	“Excalibur” to “Excelerate”	ガルベストーン沖（USA）	沖荷役
⑨	2008年5月	“Excellence” to “Excelsior”	メキシコ湾	沖荷役
⑩	2010年2月	“Excalibur” to “Excelerate”	アルバ島／トリニダード	沖荷役

※各種資料を基に日本海洋科学が作成

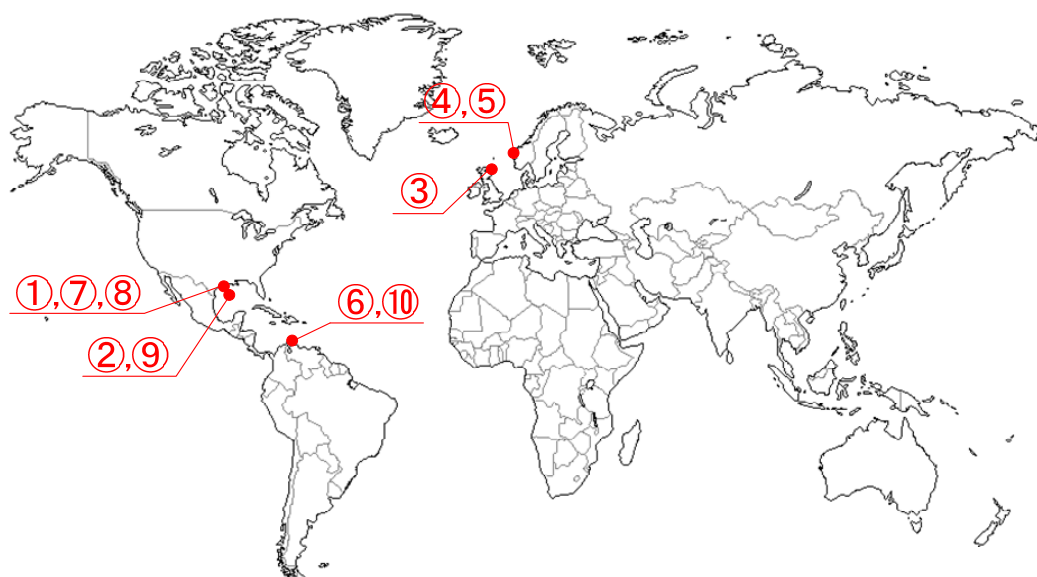


図 4.1.1 海外におけるLNG船のStS事例（商用目的）

4.1.1 Exmar社におけるStS事例

表 4.1.1のうち、Exmar社の実施した事例は、①～③及び⑥～⑩の 8 件である。使用された大型LNG輸送船は表 4.1.2に示す 4 隻である。

以下には、事例③の概要について示す。

- 大型船同士の StS による LNG 液移送を英国のスカパフローにて実施（商業目的で、全ての LNG 貨物を StS 液移送にて実施した例では世界初）
- 対象船は、再ガス化装置搭載船 “Excelsior”（138,000 m³）および従来型LNG船 “Excalibur”（138,000m³）間において洋上StSを実施（図 4.1.2参照）
- 130,000m³の LNG を 26 時間かけて移送（着舷から離舷までは 41 時間）
- IGC Code、OCIMF StS Guidelines、EN1474、SIGGTO LNG StS Guidelines のドラフト版等を参考基準として利用
- 両船間の防舷材は、従来型 LNG 船 “Excalibur” 側に装備した横浜ゴム製空気式防舷材（直径 3.3m×長さ 6.5m）を 4 基と、船首・船尾にベビーフェンダーを 1 基ずつ使用
- 液移送ホースは、Gutteling 社製低温ホース（直径 8 インチ×長さ 15m、最小曲率半径 0.65m、ホース容量 300kl）を 8 本使用
- 液移送ホースの口径に合わせるため、二股レデューサー（直径 16 インチ 1 本を直径 8 インチ 2 本に分割）を使用
- ホースの適切な曲率の保持およびホースの擦損防止のために、アルミ製の特殊サドルをハンドレールに設置
- 両船ともに、マニホール付近の船側面にウォーターカーテンで常時流水するとともに、アッパーデッキ上にドリフトトレイを設置
- 両船ともに、Klaw 社製 ESDS および ERC（直径 8 インチ）を装備

表 4.1.2 StS 方式の LNG 移送に使用された Exmar 社の対象船概要

	全長(m)	貨物槽容量(m ³)
Excelsior	277.0	138,000
Excellence	266.0	138,000
Accelerate	277.0	135,000
Excalibur	277.0	138,000



図 4.1.2 対象船（左：Excelsior、右：Excalibur）

4.1.2 Gasnor社におけるStS事例

表 4.1.1のうち、Gasnor社の実施した事例は、④及び⑤の 2 件である。使用された大型及び小型のLNG輸送船は表 4.1.3に示す 2 隻である。

以下には、事例④及び⑤の概要について示す。

- 大型船LNG輸送船“Höegh Galleon”から小型船LNG輸送船“Pioneer Knutsen”へのStSによるLNG液移送をノルウェーのモーレイ港東岸にて実施（図 4.1.3参照）
- 岸壁に右舷付けで係留された大型 LNG 船に小型 LNG 船が接舷することにより、計 48 回の StS オペレーションを実施
- SIGGTO LNG StS Guidelines のドラフト版に従い、オペレーションを実施
- 両船間の防舷材は、横浜ゴム製空気式防舷材（直径 1.4m×長さ 2.0m）を 4 基、また船首・船尾にベビーフェンダーを 1 基ずつ使用
- 両船間のマニホールド径が異なるため、レデューサー（直径 16 インチから直径 4 インチ）を使用
- LNG 移送には Gutteling 社製低温ホース（直径 4 インチ×長さ 25m）を 2 本使用両船ともに、マニホールド付近の船側面にウォーターカーテンで常時流水するとともに、アッパーデッキ上にドリフトレイを設置
- 小型 LNG 船“Pioneer Knutsen”側の低温ホースに Klaw 社製 ERC（直径 4 インチ）を設置（3 トンの応力がかかるとボルトが折れて作動するタイプ）

表 4.1.3 StS 方式の LNG 移送に使用された Gasnor 社の対象船概要

	全長(m)	貨物槽容量(m3)
Hoegh Galleon	261.4	87,600
Pioneer Knutsen	68.9	1,100



図 4.1.3 対象船（左：Höegh Galleon、右：Pioneer Knutsen）

5 普及に向けた課題

5.1 安全基準の整備

既に多くの天然ガス燃料船が就航しているものの、国際的にも未だ船舶関係の安全基準が確立されていない状況にある。このまま明確な安全基準が整備されない状況が長く続く場合には、造船所は個船ごとにケースバイケースの対応が必要となり、その結果、本船の設計に時間を要するだけでなく、安全設備も過剰なものとなることが予想される。

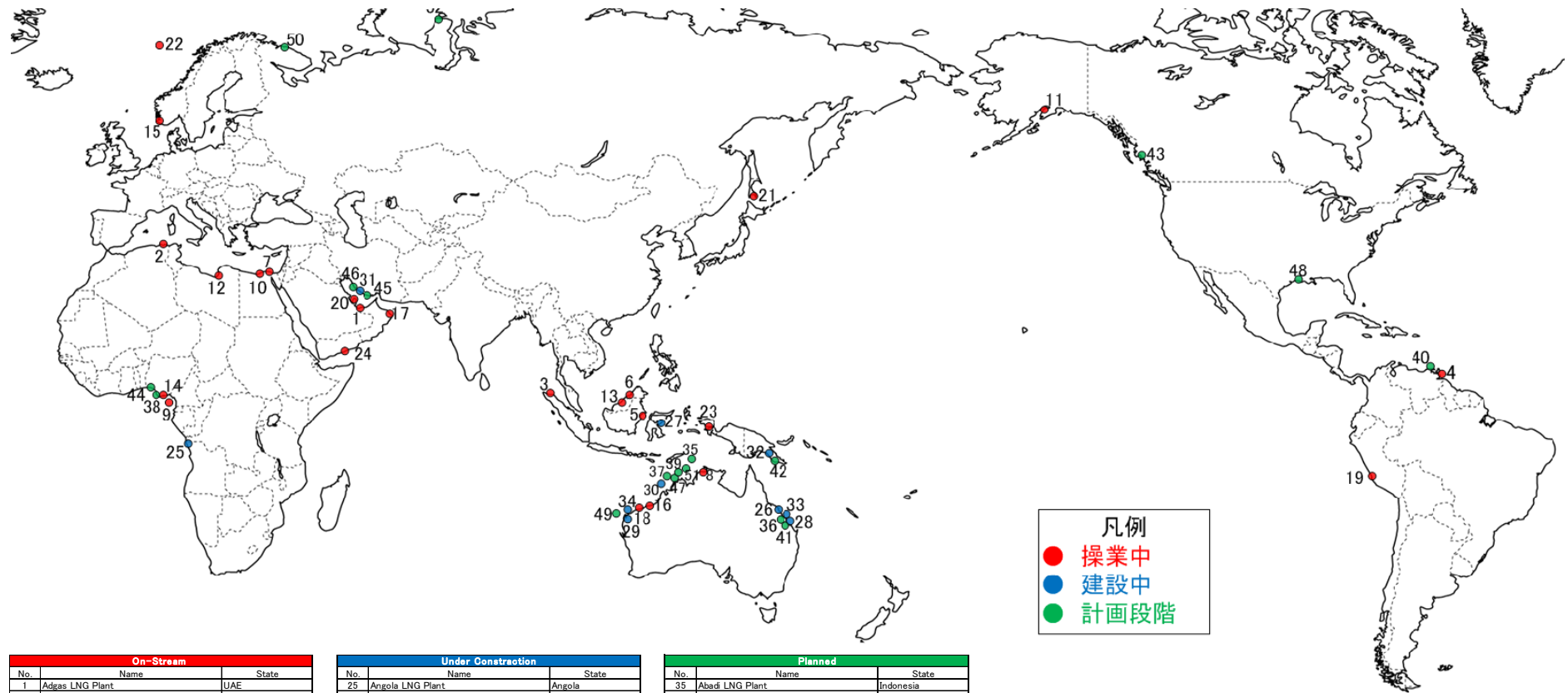
また、大型外航船の燃料タンクは大型になることが予想される中では、Ship to Ship (StS) 方式での燃料補給が最も有力である。しかし、燃料補給関係についても安全基準が確立されていない状況にある。そのような状況下においては、海運会社もケースバイケースの対応が必要とされるだけでなく、円滑な本船運航に支障を来す恐れがある。

以上より、船用燃料として天然ガスを安全に利用していくためには、船舶構造・機器・設備などのハード面や、本船運航・燃料供給方法などの安全基準を早急に整備する必要がある。

5.2 燃料補給に関するインフラ整備

天然ガス燃料船の導入にあたっては、LNG 燃料の補給インフラに係る整備が不可欠である。現状想定される燃料供給方法としては、「船舶間燃料移送 (Ship to Ship)」、「陸上 LNG 基地からの燃料移送 (Shore to Ship)」、「タンクローリーからの燃料移送 (Truck to Ship)」が考えられることから、早急に燃料補給インフラを整備する必要がある。

なお、従来のLNG運搬船に対するLNG供給で多数の実績を持つ陸上LNG基地からの燃料移送については、積み地 (液化基地) 及び揚げ地 (ガス化基地) の双方を考慮すると、世界中に点在している。世界のLNG基地の概位を図 5.2.1および図 5.2.2に示す。



凡例
 ● 操業中
 ● 建設中
 ● 計画段階

On-Stream		
No.	Name	State
1	Adgas LNG Plant	UAE
2	Algeria LNG Plants	Algeria
3	Arun LNG Plant	Indonesia
4	Atlantic LNG Plant	Trinidad & Tobago
5	Bontang LNG Plants	Indonesia
6	Brunei LNG Plant	Brunei
7	Damietta LNG Plant	Egypt
8	Darwin LNG Plant	Australia
9	EG LNG Plant	Equatorial Guinea
10	Egyptian LNG Plant	Egypt
11	Kenai LNG Plant	Alaska, USA
12	Marsa El Brega LNG Plant	Libya
13	MLNG Satu Plant	Malaysia
14	MLNG Dua Plant	Malaysia
15	MLNG Tiga Plant	Malaysia
16	Nigerian LNG Plant	Nigeria
17	Nordic(Skangass) LNG Plant	Norway
18	North West Shelf LNG Plant	Australia
19	Oman & Qalhat LNG Plant	Oman
20	Pluto LNG Plant	Australia
21	Peru LNG Plant	Peru
22	Qatargas I LNG Plant	Qatar
23	Qatargas II LNG Plant	Qatar
24	Qatargas III, IV LNG Plant	Qatar
25	RasGas I LNG Plant	Qatar
26	RasGas II LNG Plant	Qatar
27	RasGas III LNG Plant	Qatar
28	Sakhalin LNG Plant	Russia
29	Snohvit LNG Plant	Norway
30	Tangguh LNG Plant	Indonesia
31	Yemen LNG Plant	Yemen

Under Construction		
No.	Name	State
25	Angola LNG Plant	Angola
26	Australia Pacific LNG Plant	Australia
27	Donggi-Senoro LNG Plant	Indonesia
28	Gladstone LNG Plant	Australia
29	Gordon LNG Plant	Australia
30	Ichtyos LNG Plant	Australia
31	Iran (NIOC) LNG Plant	Iran
32	PNG LNG Plant	Papua New Guinea
33	Queensland Curtis LNG Plant	Australia
34	Wheatstone LNG Plant	Australia

Planned		
No.	Name	State
35	Abadi LNG Plant	Indonesia
36	Arrow LNG Plant	Australia
37	Bonaparte LNG Plant	Australia
38	Brass LNG Plant	Nigeria
39	Browse LNG Plant	Australia
40	Delta Caribe LNG Plant	Venezuela
41	Fisherman's Landing LNG Plant	Australia
42	Gulf LNG Plant	Papua New Guinea
43	Kitimat LNG Plant	Canada
44	Olokola LNG Plant	Nigeria
45	Pars LNG Plant	Iran
46	Persian LNG Plant	Iran
47	Prelude LNG Plant	Australia
48	Sabine Pass LNG Plant	USA
49	Scarborough(Pilbara) LNG Plant	Australia
50	Shtokman LNG Plant	Russia
51	Sunrise LNG Plant	Australia
52	Yamal LNG Plant	Russia

(Global LNG Info の情報を基に日本海洋科学が作成)

図 5.2.1 世界の LNG 積出 (液化) 基地

On-Stream			
No.	Name	State	
1	Adriatic (Rovigo) LNG Terminal	Italy	
2	Altamira LNG Terminal	Mexico	
3	Andrea LNG Terminal	Dominican Rep.	
4	Bahia Blanca GasPort	Argentina	
5	Barcelona LNG Terminal	Spain	
6	Rihan LNG Terminal	Spain	
7	Brunsviksholme LNG Terminal	Sweden	
8	Cameron LNG Terminal	USA	
9	Canaport LNG Terminal	Canada	
10	Caracas LNG Terminal	Spain	
11	Chiba I, II, III LNG Terminals	Japan	
12	Cove Point LNG Terminal	USA	
13	Dabhol LNG Terminal	India	
14	Dahai LNG Terminal	India	
15	Dalian LNG Terminal	China	
16	Drzon LNG Terminal	UK	
17	Ebe Island LNG Terminal	USA	
18	Energia Costa Azul LNG Terminal	Mexico	
19	Ecoibar GasPort	Argentina	
20	Everett LNG Terminal	USA	
21	Fos Cavaou LNG Terminal	France	
22	Fos Turkin (Fos-Sur-Mer) LNG Terminal	France	
23	Freeport LNG Terminal	USA	
24	Fujian LNG Terminal	China	
25	Futaba LNG Terminal	Japan	
26	Gata LNG Terminal	Netherlands	
27	Golden Pass LNG Terminal	USA	
28	Guamabara LNG "DRU"	Brazil	
29	Guangdong LNG Terminal	China	
30	Gulf LNG (Ocean Energy) Terminal	USA	

On-Stream			
No.	Name	State	
31	Gwangyang LNG Terminal	S.Korea	
32	Hatsuhachi LNG Terminal	Japan	
33	Hazira LNG Terminal	India	
34	Higashi-chohama LNG Terminal	Japan	
35	Himeji I LNG Terminal	Japan	
36	Himeji II LNG Terminal	Japan	
37	Huelva LNG Terminal	Spain	
38	Incheon LNG Terminal	S.Korea	
39	Isle of Grain LNG Terminal	UK	
40	Izmir (Alaga) LNG Terminal	Turkey	
41	Jabali Al-Qubail LNG FSRU	UAE	
42	Jiatao LNG Terminal	China	
43	Joetsu LNG Terminal	Japan	
44	Kagoshima LNG Terminal	Japan	
45	Kavagoe LNG Terminal	Japan	
46	Lake Charles LNG Terminal	USA	
47	Manzanillo LNG Terminal	Mexico	
48	Marmara LNG Terminal	Turkey	
49	McMillonec LNG Terminal	Chile	
50	Mina Al-Armadi GasPort	Kuwait	
51	Mitsushima LNG Terminal	Japan	
52	Muroran LNG Terminal	Japan	
53	Nagasaki LNG Terminal	Japan	
54	Nagatsubo LNG Terminal	Japan	
55	Niigata LNG Terminal	Japan	
56	Northeast Gateway GasPort	USA	
57	Ohshima LNG Terminal	Japan	
58	Oita LNG Terminal	Japan	
59	Panagalis LNG Terminal	Italy	
60	Pecem LNG FSRU	Brazil	

On-Stream			
No.	Name	State	
61	Paruelas LNG Terminal	Puerto Rico	
62	Pyeong Taek LNG Terminal	S.Korea	
63	Quintero LNG Terminal	Chile	
64	Rayong LNG Terminal	Thailand	
65	Ragosa (El Ferrol) LNG Terminal	Spain	
66	Ravithoussa LNG Terminal	Greece	
67	Sabine Pass LNG Terminal	USA	
68	Sagunto LNG Terminal	Spain	
69	Sakai LNG Terminal	Japan	
70	Sakabe LNG Terminal	Japan	
71	Saraburi LNG Terminal	Japan	
72	Shershei LNG Terminal	Greece	
73	Shin Minato Works LNG Terminal	Japan	
74	Sines LNG Terminal	Portugal	
75	Sodehi LNG Terminal	Japan	
76	South Hook LNG Terminal	UK	
77	Sodegaura LNG Terminal	Japan	
78	Taichung LNG Terminal	Taiwan	
79	Toscoide LNG Terminal	UK	
80	Tobata LNG Terminal	Japan	
81	Tongyeong LNG Terminal	S.Korea	
82	Yarosl LNG Terminal	Japan	
83	Yokkaichi LNG Terminal	Japan	
84	Yung An LNG Terminal	Taiwan	
85	Zeebrugge LNG Terminal	Belgium	

Under Construction			
No.	Name	State	
86	Dunkirk LNG Terminal	France	
87	Idmuell LNG Terminal	Spain	
88	Hachinohe LNG Terminal	Japan	
89	Hainan LNG Terminal	China	
90	Ishikan LNG Terminal	Japan	
91	Jiayang (Yuanong) LNG Terminal	China	
92	Kita Kyusyu LNG Terminal	Japan	
93	Kochi LNG Terminal	India	
94	Livorno LNG Terminal	Italy	
95	Nagatsubo LNG Terminal	Japan	
96	Nusantara LNG FSRU	Indonesia	
97	Saemangeon LNG Terminal	S.Korea	
98	Shandong LNG Terminal	China	
99	Singapore LNG Terminal	Singapore	
100	Swiroussale LNG Terminal	Poland	
101	Tianjin (Hebei) LNG Terminal	China	
102	Zhejiang LNG Terminal	China	
103	Zhuhai LNG Terminal	China	

Planned			
No.	Name	State	
104	Adria LNG Terminal	Croatia	
105	Adria LNG FSRU (TTDA)	Brazil	
106	Bayevona LNG Terminal	S.Korea	
107	Caracas LNG Terminal	Canada	
108	Cahoon LNG Terminal	USA	
109	Canvey I LNG Terminal	UK	
110	Corpus Christi LNG Terminal	USA	
111	East-CentralJava LNG FSRU	Indonesia	
112	Ennera LNG Terminal	India	
113	Gios Tauro (Medgas) LNG Terminal	Italy	
114	Hatcho LNG Terminal	Japan	
115	Hatcho LNG Terminal	USA	
116	Jordan Cove LNG Terminal	USA	
117	Lampung LNG FSRU	Indonesia	
118	Le Havre LNG Terminal	France	
119	Levan (Falcone) LNG Terminal	Albania	
120	Mangalore LNG Terminal	India	
121	Mashhad LNG Terminal	Pakistan	
122	Mundra LNG Terminal	India	
123	Port Dolphin Deepwater LNG Port	USA	
124	Porto Empedocle LNG Terminal	Italy	
125	Priolo (Augusta) LNG Terminal	Italy	
126	Rabaska LNG Terminal	Canada	
127	Rosignano LNG Terminal	Italy	
128	Seminole LNG Terminal	Albania	
129	Shimon LNG Terminal	Japan	
130	Shin-Sandi LNG Terminal	Japan	
131	Sonora LNG Terminal	Mexico	
132	Spencer Point LNG Terminal	USA	
133	Tenerife LNG Terminal	Spain	
134	Tezeda LNG Terminal	Canada	
135	Trieste LNG Terminal	Italy	
136	Vasiliko LNG Terminal	Cyprus	
137	Wilhelmshaven LNG Terminal	Germany	



(Global LNG Info の情報を基に日本海洋科学が作成)

図 5.2.2 世界の LNG 受入 (ガス化) 基地

