

天然ガス燃料船に関する総合対策

報告書

平成 25 年 6 月

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
委員一覧（順不同、敬称略）

【委員長】

高崎 講二 九州大学 総合理工学研究院 教授

【委員】

藤野 正隆 東京大学 名誉教授

今津 隼馬 東京海洋大学 名誉教授

菅 勇人 一般財団法人 日本海事協会 業務執行委員 資源エネルギー部長

内野 整一 一般社団法人 日本ガス協会

[東京ガス株式会社 生産エンジニアリング部 生産技術推進グループマネージャー]

土井 純二 一般社団法人 日本ガス協会 技術部製造技術グループマネージャー

有坂 俊一 一般社団法人 日本船主協会 [川崎汽船株式会社 常務執行役員]

川越 美一 一般社団法人 日本船主協会 [株式会社商船三井 執行役員 技術部長]

田中 康夫 一般社団法人 日本船主協会 [日本郵船株式会社 技術本部 常務経営委員]

田中 一郎 一般社団法人 日本造船工業会

[川崎重工業株式会社 技術本部 基本設計部長]

坪川 毅彦 一般社団法人 日本造船工業会

[三井造船株式会社 船舶・艦艇事業本部 基本設計部長]

中島 喜之 一般社団法人 日本造船工業会

[ジャパンマリユニテッド株式会社 商船事業本部 基本計画部長]

辛島 淳一郎 一般社団法人 日本中小型造船工業会

[株式会社大島造船所 戦略的船舶技術研究開発本部 主任]

(森 茂博) [株式会社大島造船所 戦略的船舶技術研究開発本部 リーダー]

藤田 均 一般社団法人 日本中小型造船工業会

[今治造船株式会社 常務取締役 設計本部長]

三井 哲夫 一般社団法人 日本中小型造船工業会 [旭洋造船株式会社 専務取締役]

小坂 光雄 一般社団法人 日本舶用工業会 常務理事

田村 兼吉 独立行政法人 海上技術安全研究所 研究統括主幹

【関係官庁】

川原 誠 経済産業省 商務情報政策局 商務流通保安グループ 高圧ガス保安室長

坂下 広朗 国土交通省 大臣官房技術審議官（海事局担当）

加藤 光一 国土交通省 海事局 安全・環境政策課長

松尾 真治 国土交通省 海事局 安全・環境政策課 課長補佐（総括）

濱中 郁生 国土交通省 海事局 安全・環境政策課 専門官

溝手 雅士 国土交通省 海事局 安全・環境政策課 監理第二係長

平原 祐 国土交通省 海事局 安全基準課長
園田 敏彦 国土交通省 海事局 検査測度課長
津田 修一 国土交通省 港湾局 海洋・環境課長
(池上 正春)
七尾 英弘 海上保安庁 警備救難部 環境防災課長
鈴木 弘二 海上保安庁 交通部 安全課長

【関係者】

中村 紳也 株式会社日本海洋科学 専務取締役
堀口 豊 株式会社日本海洋科学 コンサルタントグループ 事業部長
真壁 稔 株式会社日本海洋科学 コンサルタントグループ兼海外事業グループ 計画部長
青山 憲之 株式会社日本海洋科学 コンサルタントグループ兼海外事業グループ 主任研究員
木村 和裕 株式会社日本海洋科学 コンサルタントグループ 主任研究員
大江 隆弘 株式会社日本海洋科学 コンサルタントグループ 研究員
平田 裕一 株式会社日本海洋科学 コンサルタントグループ 研究員
雲石 隆司 三菱重工業株式会社 船海技術総括部 技監・環境技術担当部長
岡 勝 三菱重工業株式会社 船海技術総括部 長崎船海技術部 計画設計課 主席技師
森 有司 独立行政法人 海上技術安全研究所 海洋リスク評価系 リスク解析研究グループ長
石村 恵以子 独立行政法人 海上技術安全研究所 海洋リスク評価系 リスク解析研究グループ研究員
柳 裕一朗 独立行政法人 海上技術安全研究所 海洋リスク評価系 リスク解析研究グループ研究員
藤原 敏文 独立行政法人 海上技術安全研究所 海洋開発系 海洋システム研究グループ長
湯川 和浩 独立行政法人 海上技術安全研究所 海洋開発系 海洋システム研究グループ上席研究員
木本 弘之 独立行政法人 海上災害防止センター 調査研究室長
濱田 誠一 独立行政法人 海上災害防止センター 調査研究室 室長代理
小川 泰治 公益社団法人 日本海難防止協会 常務理事
甲斐 文雄 公益社団法人 日本海難防止協会 海上安全研究部長
中嶋 雄一 公益社団法人 日本海難防止協会 調査役
山口 繁 公益社団法人 日本海難防止協会 海上安全研究部 主任研究員

【事務局】

田村 顕洋 一般財団法人 日本船舶技術研究協会 研究開発ユニット長 連携ユニット長
西村 恵梨子 一般財団法人 日本船舶技術研究協会 研究開発グループ 連携ユニット 主任研究員
(中村 幹)
杉山 哲雄 一般財団法人 日本船舶技術研究協会 研究開発ユニット 研究開発チームスタッフ
羽深 糸乃 一般財団法人 日本船舶技術研究協会 研究開発グループ 連携チーム

注) () 内は、前任者を示す。

天然ガス燃料船に関する総合対策 目次

検討の概要	1
検討結果① 高圧ガスサプライシステムの安全要件	15
検討結果② 燃料供給を受けない天然ガス燃料船の航行・入出港時の安全要件	17
検討結果③ LNG 燃料移送ガイドライン・オペレーションマニュアル	19
検討結果④ Ship to Ship 方式 LNG 燃料移送に係る航行安全対策	23
検討結果⑤ Ship to Ship 方式 LNG 燃料移送に係る海上防災対策	47
検討結果⑥ 天然ガス燃料船の入渠等に係る要件	69

(別添)

「Ship to Ship 方式 LNG 燃料移送ガイドライン・オペレーションマニュアル」

「Shore to Ship 方式 LNG 燃料移送ガイドライン・オペレーションマニュアル」

「Truck to Ship 方式 LNG 燃料移送ガイドライン・オペレーションマニュアル」

検討の概要

天然ガス燃料船の普及促進に向けた総合対策 報告書概要

海 事 局
安全・環境政策課



Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism

検討の概要



背景

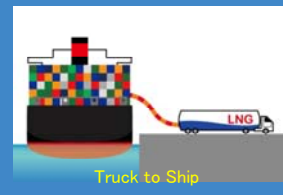
- 温室効果ガスの排出削減及び大気汚染防止の両面から国際海運に対する環境規制は、今後も強化される見通し
- 「重油」から環境負荷の低い「天然ガス」に**燃料転換への期待の高まり**
- 我が国の海事産業（海運業、造船産業及び船用工業）も天然ガス燃料船の実用化に向けた取り組みを開始



ハード面（船舶構造、機関、設備など）とソフト面（運行、燃料供給など）の安全基準等が未整備であるため、**天然ガス燃料船の実用化・導入を阻害**

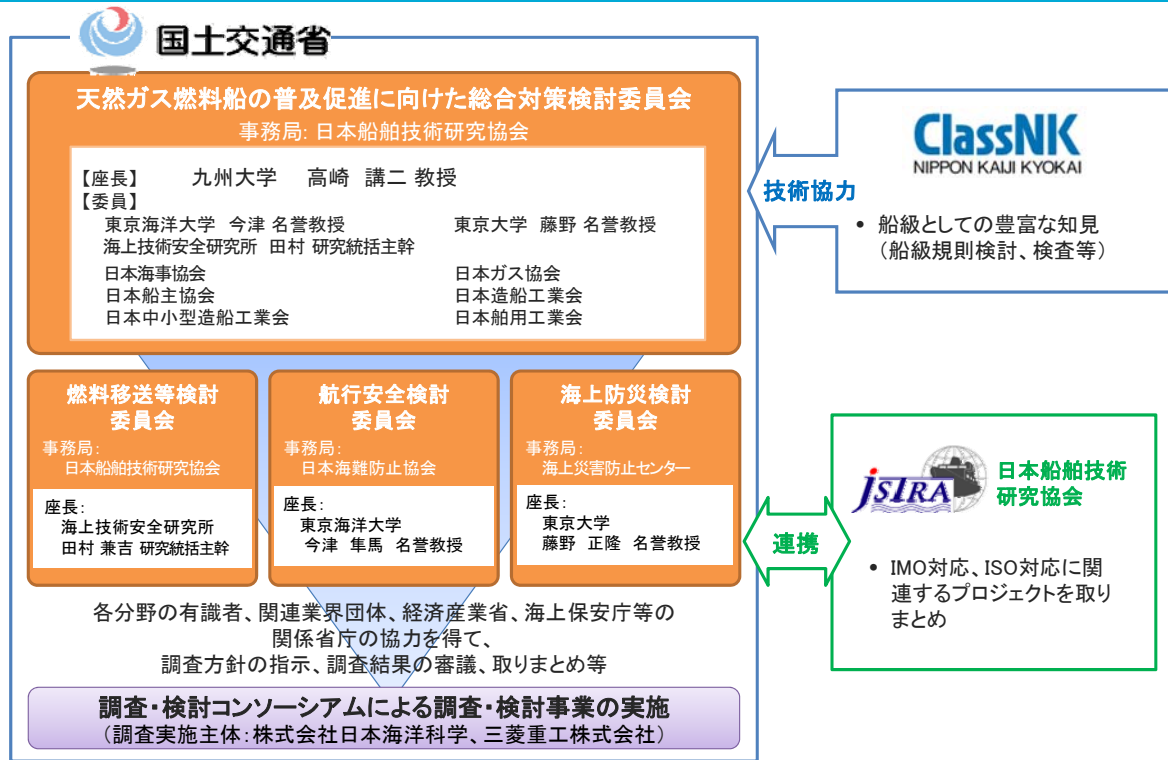
検討の目的

- 船舶のハード面及びソフト面（航行面、燃料移送面、海上防災面）の課題の整理・対応の検討
- 天然ガス燃料船及びLNGバンカー船の運用時に活用できるガイドライン及びオペレーション・マニュアルの作成（Ship to Ship、Shore to Ship、Truck to Shipの3方式を網羅）等、活用しやすい形での成果のとりまとめ

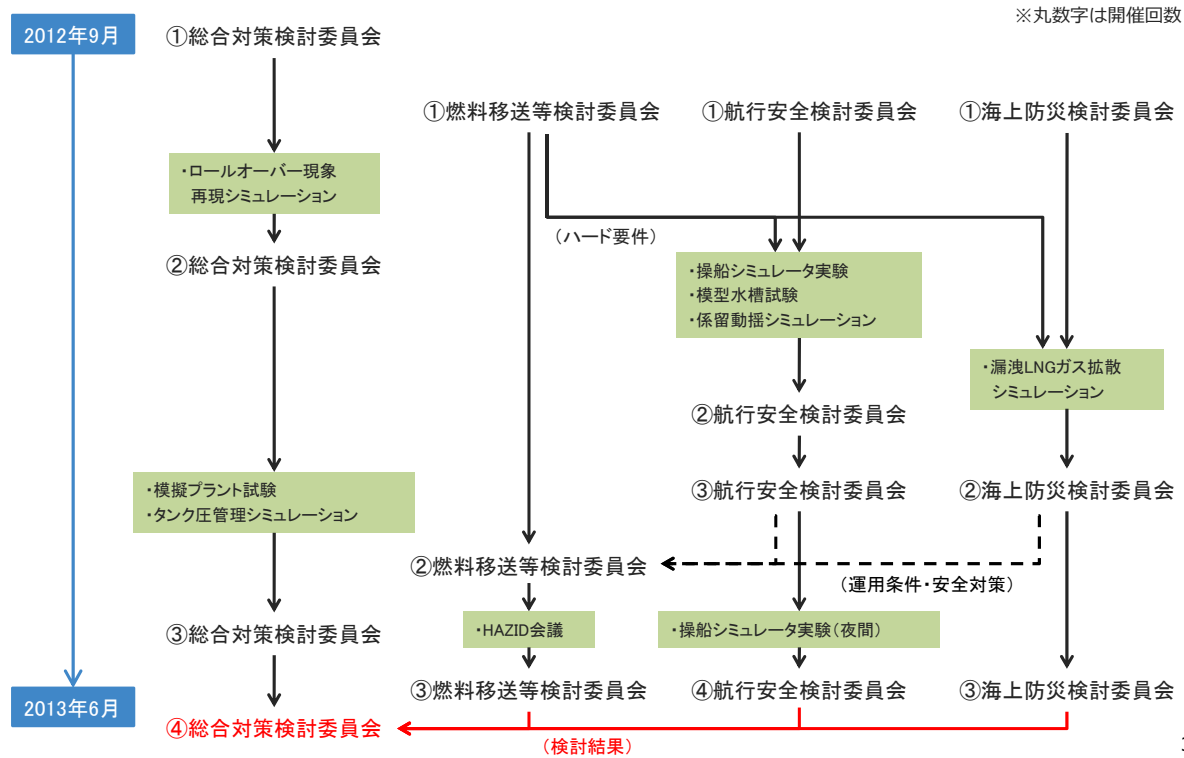


1

検討の体制



検討の経緯



① 高圧ガスサプライシステムの安全要件

- 高圧ガスサプライシステムの設計における安全要件
- 高圧配管(二重管)の設計における安全要件

② 燃料供給を受けない天然ガス燃料船の航行・入出港時の安全要件

- 留意すべき事項の洗い出し
- 主機の負荷特性の調査・検討

③ LNG燃料移送ガイドライン・オペレーションマニュアル

- LNG燃料移送作業手順・安全対策
- LNG燃料移送に用いる機器等
- ガス危険区域の設定
- 夜間におけるLNG燃料移送に係る留意事項
- 荷役中・旅客乗降中の留意事項
- 異種LNG混合時の燃料タンクの圧力管理に係る留意事項

■ Ship to Ship (StS)方式

- 安全管理体制(海上防災組織との連携等)
- 運用条件(限界気象・海象条件等)
- 離接舷操船・係留に係る留意事項



取り入れ

④ StS方式LNG燃料移送に係る航行安全対策

⑤ StS方式LNG燃料移送に係る海上防災対策

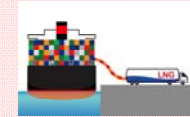
■ Shore to Ship方式

- 安全管理体制(船陸間責任体制)
- 緊急離脱装置の要件



■ Truck to Ship方式

- 安全管理体制(船陸間責任体制)
- 緊急離脱装置の要件



⑥ 天然ガス燃料船の入渠に係る要件

- ガスフリー等の入渠時に必要となる措置の整理
- 真空防熱型Type Cタンクの取り扱い

① 高圧ガスサプライシステムの安全要件



- 【背景】**
- ⇒ 燃料効率の高い2ストローク低速ディーゼルには高圧(300bar程度)でのガス供給が必要
 - ⇒ 空間の限られた船内において、極低温のLNGと高圧の天然ガスを扱うための安全対策が必要
- 【目的】** **高圧ガスサプライシステムの安全要件(設計上の留意点)を策定**

検討の内容

模擬プラント試験及び日本海事協会(NK)の知見の導入により、安全要件を検討

1. システム全体の安全性検証

- 模擬プラントを用いて、次の試験を実施
 - ⇒ 負荷変動試験
 - ⇒ 急速負荷上げ試験
 - ⇒ 危急ガス遮断試験
- 次のデータの評価により安全性を検証
 - ⇒ **ガス供給系変動**データ (系内圧力、温度、流量、ポンプ回転数)
 - ⇒ **エンジン負荷変動**データ (回転数、出力)

2. 高圧配管(二重管)の安全性検証

- 模擬プラントを用いた実証実験、CFDシミュレーション(NK)を実施し、**漏洩の検知遅れ、圧力上昇等**を検証
- 排気方式の安全性検証
 - ① 外管と内管の間(二重区画)を常に換気
 - ② 任意の箇所より漏洩模擬ガスを流入
 - ③ 換気ファンの入り口にてガス検知
- 加圧方式の安全性検証
 - ① 二重区画に漏洩模擬ガスを流入
 - ② 区画内の圧力上昇を検知
 - ③ 内部気体の吸引排気時にガス検知

3. 二重管の外殻の耐圧等要件

- 内管のバースト試験を実施(NK)し、**外殻の要求耐圧、温度変化**を検証
- 外殻の耐圧要件
 - ⇒ バースト圧力、内管と外管の距離を変えてバースト試験を実施
 - ⇒ 外管にかかる圧力、ひずみを計測
 - ⇒ 結果は評価式にまとめる
- 温度変化
 - ⇒ 漏洩ガスの膨張による温度低下量を計測し、部材の要件を整理



実証実験に用いた模擬プラント

高圧配管(二重管)

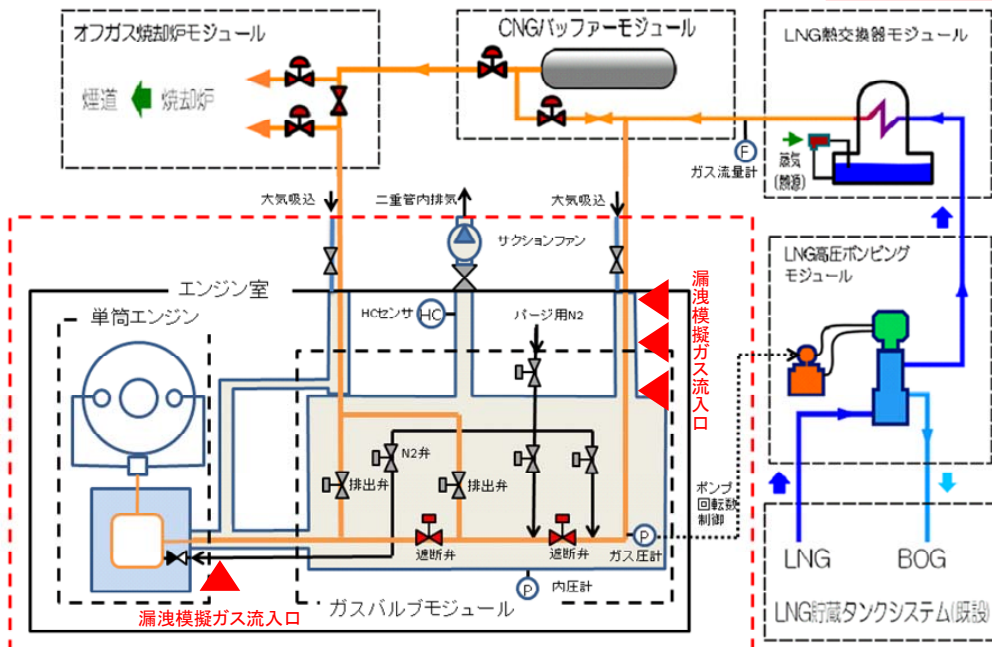
二重区画内サクションファン

ガス検知器

検証に用いた模擬プラント (高圧ガスサプライシステムの安全要件)

高圧ガス供給システム検証用模擬プラント(赤点線内)

◀ : 漏洩模擬ガス流入口



高圧ガス供給システム(検証用模擬プラント)

高圧ガスサプライシステムの設計における安全要件(機能要件)

- 供給ガス圧力制御機能
 - エンジン要求圧力と一致させるための供給圧の自動制御
 - エンジンのガバナー能力に見合う十分な供給能力
 - LNG高圧供給ポンプの要求する吸い込み性能を満足するよう、吸い込み側の負圧による気化を防止
- 高圧ガス供給系の脈動低減機能
 - エンジンの許容変動幅(±5bar程度)を目安に、十分な容量をもったバッファ機能の装備



- 二重配管に対する熱伸縮吸収機能
 - 内管を外管の中心位置に保持するためのサポート構造
- 危急停止機能
 - 危急時には燃料供給及びエンジン両側が自動的かつ安全にガス運転を中止できるシステム



二重管の熱伸縮吸収機能
(例:スライドサポート方式)

高圧配管(二重管)の設計における安全要件

○ 配管システムの安全要件(本事業+NK知見)

- 排気方式の場合(二重区画を常時換気)
 - 系内の圧力上昇はわずかであり、また、漏洩ガスは直ちに検知可能
 - 漏洩ガスが二重区画全体に拡散するため、換気吸入口及び排気放出口の両方を機関室外の安全な区画に配置することが必要
 - なお、系内の遮断弁やセンサ等の機器を耐圧型にすることは不要
- 加圧方式の場合(二重区画の圧力上昇を検知、その後内部気体を吸引排気)
 - 系内の圧力上昇が早いので次のいずれかの対応が必要
 - 安全弁やラプチャーディスク等の系内の圧力を逃す手段の設備
 - 外管を内管と同等の耐圧に設計し、系内の機器も同様に耐圧を考慮

○ 二重管の外殻の設計要件(NK知見)

- 外殻の耐圧要件
 - 内管と外殻の間の距離を取ることで、安全性を担保した耐圧設計が可能
 - 安全性を担保可能な外管(外殻)径は、以下の式を元に算出可能

$$P = A p \frac{r_0}{r} \left[\begin{array}{l} P: \text{到達圧力 (Mpa)}, A: \text{定数 (0.23)}, \\ p: \text{バースト圧力}, r_0: \text{内管内半径 (mm)}, \\ r: \text{外管内半径 (mm)} \end{array} \right]$$

- 温度変化への対応
 - 上述の式による内管との距離をとった場合、通常は、外管への低温配管用鋼管の採用不要

8

② 燃料供給を受けない天然ガス燃料船の航行 ・ 入出港時の安全要件



9

② 燃料供給を受けない天然ガス燃料船の航行・入出港時の安全要件 国土交通省

- [背景]** ⇒ 本船の船体や機器・設備に係る安全面の要件の確認が必要
 ⇒ 航行時及び入出港時における操船に係る安全面の要件の確認が必要

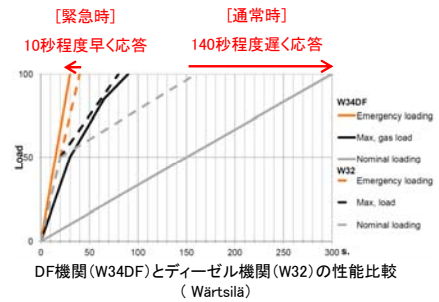


[目的] 燃料の天然ガス化に伴う本船の航行に係る安全要件を策定

安全面の要件の確認 船体及び機器・設備及び航行時・入出港時の操船性の側面から留意事項を洗い出し

- ▶ 本船の船体や機器・設備の側面
 - 国際海事機関 (IMO) において、2014年の最終化を目的に安全基準 (IGFコード) の策定作業を実施
 - これにより、従来の重油燃料の船舶と同等の安全性を担保
- ▶ 航行時及び入出港時の側面
 - 操船性は、従来の重油燃料の船舶と大きな違いはない見通し
 - ただし、主機が重油燃料機関からガス専焼機関又はDF機関に代わる際の**応答性能**が懸念

- 「通常時の応答性能」と「緊急時の応答性能」を確認
- Rolls-Royce社のガス専焼機関 (4ストローク)
 - Wärtsilä社のDF機関 (4ストローク)
 - Man Diesel & Turbo社のDF機関 (2ストローク)



安全要件

- ▶ 燃料の天然ガス化に伴い、一部の機種で、通常時に負荷応答が緩やかになる傾向あり
- ▶ ただし、その差は大きくないことから、先を見越した操船により対応可能

10

③ LNG燃料移送ガイドライン・オペレーションマニュアル



11

背景・目的及び検討内容 (③LNG燃料移送ガイドライン・オペレーションマニュアル) 国土交通省

- 【背景】** ⇒ LNG燃料の供給は、北欧等で小規模のものを中心に実績があるものの、その手順等に係る共通ルールは未整備
 ⇒ 国際動向及び我が国の規制体系等を踏まえ、安全を確保可能な手順等の確立が必要



Truck to Ship方式LNG燃料移送 (オスロ港)

- 【目的】** Ship to Ship(StS)、Shore to Ship、Truck to Ship(TtS)の3方式によるLNG燃料供給に係る標準的な手順・安全対策等を確立(標準的なガイドライン・オペレーションマニュアルの策定)

検討の内容 各種シミュレーション、リスク評価、類似事例の調査等により安全対策等を検討

- LNG燃料移送に用いる機器等
 - 検討の前提として、船陸間LNG貨物移送やStS方式LNG貨物移送の運用等を踏まえ、必要となる機器等を選定
- StS方式LNG燃料移送に係る「航行安全対策」の策定
 - 操船シミュレータ実験等による離接舷時の運用条件等の検討(夜間接舷に係る検討を含む)
 - 係留動揺シミュレーション、水槽試験等による係留時の運用条件等の検討
- StS方式LNG燃料移送に係る「海上防災対策」の策定
 - 過去の類似事例に係る知見の整理、漏洩LNGガス拡散シミュレーション等による防災体制等の検討
- ガス危険区域(着火源を排除する必要がある区域)の設定
 - 漏洩LNGガス拡散シミュレーションの結果等を踏まえ検討
- StS方式LNG燃料移送の総合リスク評価
 - 欧州標準(EN1474-3)に基づくリスク評価により、安全対策を確認・検討
 - 夜間及び荷役中・旅客乗降中におけるLNG燃料移送の安全対策を検討
- 異種LNGを混合する際の圧力管理に係る留意事項
 - 密度・温度差のあるLNGを補給する際の対策についてコンピュータシミュレーション等により検討



StS方式に係る検討を他方式に活用

12

LNG移送に用いる機器等 (③LNG燃料移送ガイドライン・オペレーションマニュアル) 国土交通省



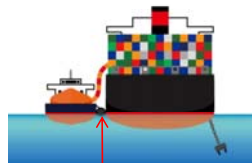
LNG移送アーム



LNG移送ホース



ホースサドル
ドリフトレイ
ウォーターカーテン



フェンダー(空気式防舷材)



横浜ゴム株



緊急遮断システム(ESDS)、緊急離脱装置等(ERS、DBC)

- ERSを構成する装置である緊急切離しカップリング(ERC)
- 漏洩対策機能をもつカップリング(DBC) ※ 小径のホースに利用



Klaw Product Ltd.



Mann Tek AB

※ BACを用いる場合は、BACの切離し前にESDを作動させることを担保するための措置について検討を行い、必要な対策を講じる必要

13

④ 航行安全対策 ～検討の前提～

前提条件等

- 検討結果を**可能な限り一般化**することを念頭に、下表の天然ガス燃料船とLNGバンカー船を想定
- 以下の場合には、本検討結果を適用することが適当でない場合あり(別途検討が必要)
 - ・天然ガス燃料船が**特殊な船型**の場合
 - ・天然ガス燃料船の**全長が100m程度に満たないような小型船**の場合
 - ・LNGバンカー船が**標準的な内航LNG船(タンク容量2,500m³)**と比べ極端に**小型**の場合

	天然ガス燃料船		LNGバンカー船	
	VLCC	PCC	バンカー専用設計船	内航LNG相当船
垂線間長(m)	320.0	192.0	111	80
型幅(m)	58.0	32.3	19	15
型深さ(m)	29.0	35.0	10	7
満載喫水(m)	20.5	9.6	5	4
タンク容量(m ³)	5,000	5,000	5,000	2,500
推進器	—	—	2軸2舵 可変ピッチ	1軸1舵 可変ピッチ
舵	—	—	普通	シリング
バウスラスト(トン)	—	—	10	5

- 天然ガス燃料船はIGFコードの要件を満足していること、LNGバンカー船はIGCコード及び危険物船舶運送及び貯蔵規則第3章の要件を満足している事が前提
- 必要に応じて、**地域固有の特異な外力(長周期波や強潮流など)**、**港内の利用状況**について、個別の運用ロケーション(港湾)に応じた検討を行う必要がある。



④ 航行安全対策 ～LNGバンカー船の接舷シミュレーション～

検討の内容・結果

操船シミュレータによる接舷シミュレーションにより、操船面の安全対策を検討

検討方法

- 天然ガス燃料船は岸壁・棧橋への係留中と錨泊中の2状態を想定
- 昼間・夜間の接舷を想定 (夜間については追加シミュレーションを実施)
- 操船は大手邦船社の船長経験者が担当



操船シミュレーション

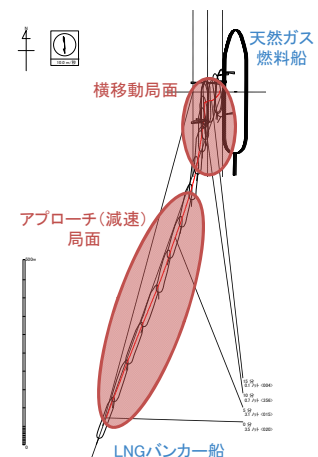


検討内容

- 離接舷時の運用条件 (強風下で安全に接舷操船可能な上限の明確化)
- 標準的な操船方法
- 航行安全対策(安全確保に必要な要件の精査)

[検討結果]

- 運用条件は次の通り。
 - ・接舷条件: 風速10m/sec以下、波高1.0m以下
 - ・離接舷条件: 風速12m/sec以下、波高1.0m以下
- LNGバンカー船は、操船に習熟した者が操船を行うか、又は、スターンスラスト、適切な制御に基づくジョイスティック操船システム等を装備
- 天然ガス燃料船が振れ回っている間は、離接舷操船を実施しない
- 原則昼間に実施。夜間は乗組員が熟練している場合のみ
- 夜間接舷時は、次の対応を実施
 - ・天然ガス燃料船のデッキライト等で船側を水線まで照明
 - ・横移動局面において、LNGバンカー船の作業灯を点灯
 - ・振れ回り対策として動的情報提供装置の活用が望ましい



④ 航行安全対策 ～洋上2船間係留時の係船動揺シミュレーション～ 

検討の内容・結果 **係船動揺シミュレーション、水槽試験等により、2船間係留時の安全対策を検討**

検討方法

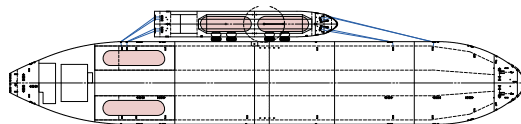
- 係留動揺シミュレーション及び水槽試験の結果から2船間係留時の船体動揺量を把握
- 船体動揺量や係船索への荷重が安全な範囲内に収まる運用条件を検討
- ホースの挙動解析によりホースと船体の接触可能性、最大曲げ量を検証
- 2船間ギャップ内水位上昇解析により、ホースと波の接触可能性を検証

検討内容

- LNG燃料移送作業の運用条件
(安全に移送作業を実施可能な上限の明確化)
- 係船等に係る安全対策(安全確保に必要な要件の精査)

【検討結果】

- 運用条件(LNG移送作業限界条件): **風速12m/sec以下、波高1.0m以下**
- ホースバンドと補助索を使用してホースをバンカー船側へ予め引っ張っておくことや舷側へのクッション材の設置等によるホースの舷側への接触対策
(ホースが天然ガス燃料船の舷側に接触する可能性あり(特に乾舷差大の場合))
- 係船索をバランスよく配置出来ない場合、両船の平行ボディにフェンダーをバランスよく配置出来ない場合は別途検討が必要

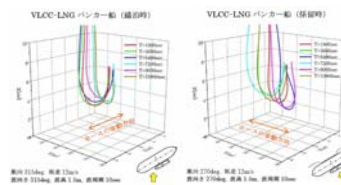


係船索及びフェンダーの配置(例)

対象船	天然ガス燃料船		LNGバンカー船	
	VLCC	PCC	バンカー専用設計船 (5,000m ³)	内航LNG相当船 (2,500m ³)
載貨状態	バラスト		半載	
状態	係留・錨泊		—	



水槽試験の様子



LNG移送ホースの挙動解析(例)

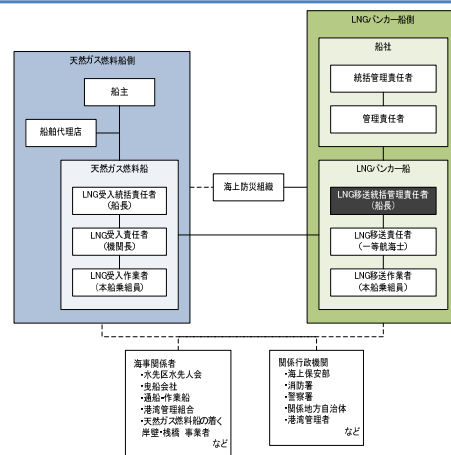
16

④ 航行安全対策 ～まとめ～

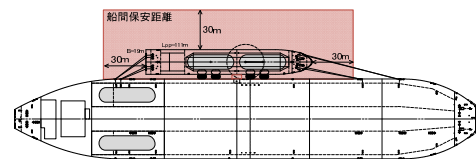
操船、2船間係留時に加え、付近航行船舶の影響、船間保安距離の確保等について検討し、標準的な航行安全対策をとりまとめ

○ 主な内容

- 安全管理体制(海上防災対策と共通)
 - 必要な情報の収集、関係機関等との連絡・調整を一元的に所掌する**安全管理体制を整備**
- 運用条件(まとめ)
 - 接触条件: **風速10m/sec以下、波高1.0m以下、視程500m以上**
 - LNG移送限界条件: **風速12m/sec以下、波高1.0m以下**
 - 離舷条件: **風速12m/sec以下、波高1.0m以下、視程500m以上**
- 付近航行船舶の影響
 - 航走波の波高が50cm以下、かつ、吸引作用による外力が係船索の安全使用荷重を超えない海域にて実施
 - **500mの距離を確保できれば安全に作業可能**
- 船間保安距離の確保
 - LNG/バンカー船は、LNG燃料移送中に**同船の周囲30m以内の水面に他船が接近しないよう、船間保安距離を確保**
- 周囲航行船舶への注意喚起
 - 横断幕により注意喚起(夜間は視認可能なよう照明を確保)
 - 海域や航行船舶の状況等を勘案し、必要に応じてVHFの使用等



安全管理体制(例)



船間保安距離(例)

17

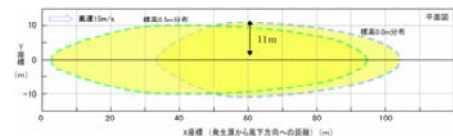
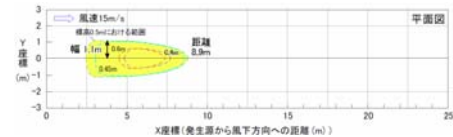
⑤ 海上防災対策

検討の内容 類似事例に係る知見の整理、漏洩LNGガス拡散シミュレーション等により安全対策等を検討

- ▶ 類似事例(苫小牧におけるStSによるLNG貨物移送)に係る知見の整理
 - ・ 海水消火栓から2条のホースを展張、固定式粉末消火モニター及び粉末消火装置用ハンドノズル1個を直ちに使用できるよう用意、持ち運び式粉末消火器2本を準備(LNGバンカー船)
 - ・ 習熟訓練の実施 等
- ▶ 漏洩LNGガス拡散シミュレーションの実施
 - ・ 少量漏洩として、10インチアーム用ERCの内部の残液量(0.004m³)を、中量漏洩として、10インチアーム1本分(1.327m³)を想定
 - ・ 坂上モデルとALOHAによりシミュレーションを実施



苫小牧におけるStS作業の様子



坂上モデルによる風速15m/secでのガス拡散シミュレーション結果 (LNG漏洩量 上:0.004m³、下:1.327m³)

漏洩LNGガス拡散シミュレーション結果の概要

流出量	0.004m ³ (4L)		1.327m ³					
発生源高さ	0.5m							
危険限界濃度	5.0 vol%							
流出形態	瞬間流出							
大気安定度	中立成層							
風速	15m/sec	2m/sec	15m/sec	2m/sec	15m/sec	2m/sec	15m/sec	2m/sec
計算手法	坂上モデル		ALOHAモデル		坂上モデル		ALOHAモデル	
最大	8.9m	22.3m	10m未満	12m	107m	212m	57m	161m
危険限界時刻(ガス消滅)	5.8秒	14.8秒	-	-	22.9秒	122秒	約1分	約3分

ガス危険区域(9m)の設定に活用

- ### 防災対策
- ▶ LNG移送作業中、安全管理体制を維持すること(航行安全対策と共通)
 - ▶ LNG移送作業中は両船ともマニホールド付近の消防設備をスタンバイとすること
 - ▶ 海上防災組織と連携体制を組むなどにより、防災体制を整備すること
 - ▶ 習熟訓練を実施し、両船の船員の能力を確保すること
 - ▶ 地震・津波情報の入手体制の確立など、津波・地震に備えた対策を講じること

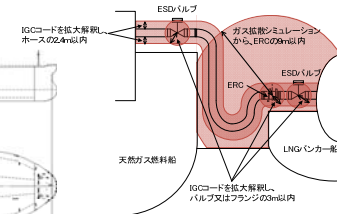
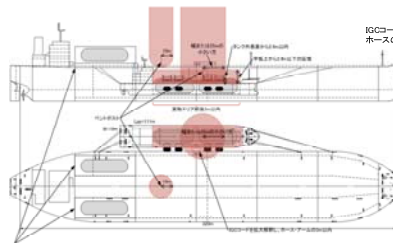


18

ガス危険区域の設定・総合リスク評価 (③LNG燃料移送ガイドライン・オペレーションマニュアル)

ガス危険区域の設定

- ▶ 総合リスク評価の結果を踏まえ、次の区域を着火源を排除すべき区域(ガス危険区域)に設定
 - ・ IGFコード、IGFコード上のガス危険区域、これらのコードを移送設備周りに準用した際にガス危険区域に当たる区域
 - ・ ERCの中心から球状に半径9m以内の区域(少量漏洩時のガス拡散分析結果より)
- ▶ 着火源の排除に有効な措置(立入り禁止等)を実施



総合リスク評価の概要 欧州標準(EN1474-3)に基づき、StS方式LNG燃料移送の総合リスク評価を実施

リスク評価手法

- ▶ ハザードの特定にはHAZID※1手法のうち、関連システム間の相互影響を踏まえ、柔軟かつ効率的に分析可能なSWIFT※2手法を採用

HAZID会議の開催

- ▶ 2013年5月17日に開催

HAZID会議

- ▶ 40名の専門家が参加
 - ・ 有識者:3名
 - ・ 業界関係者:19名
 - ・ 関係官庁:9名
 - ・ その他(事務局等):9名



- ▶ ランク付けの結果、「H」となったものはなく、「M」を中心に安全対策(リスク低減策)を検討

- ▶ ISM(任意ISMを含む)の取得等を安全対策として要求

リスクのランク付け

		深刻度 SI				
		1	2	3	4	5
		無視してよい Negligible	小さい Minor	中程度 Medium	大きな Major/ significant	破滅的な Catastrophic/ major
頻度 FI	5 頻繁 Frequent	M	H	H	H	H
	4 良くありそうな Very likely	M	M	H	H	H
	3 ありそうな Likely	L	M	M	H	H
	2 起こりうる Possible	L	L	M	M	H
	1 起こりそう ない Unlikely	L	L	L	M	M

※1 HAZID (Hazard Identification) ※2 SWIFT (Structured What If Technique)

19

検討の内容 海外事例、国内の規制体系等を踏まえ、HAZID会議にて審議

- ストックホルム(Viking GraceとSeagas)においては、旅客乗降中におけるLNG燃料移送を実施夜間においても、LNG燃料移送を実施予定
- 労働安全衛生規則第604条においては、作業区分ごとの照度基準を次のように規定
 - 緻密な作業： 300lx以上
 - 普通の作業： 150lx以上
 - 粗な作業： 70lx以上



ストックホルムでのStS方式LNG燃料移送 (旅客乗降中に移送を実施)

夜間の留意事項

- LNG燃料移送中、以下の作業が実施できるよう70 lx以上の十分な照明を設置すること
 - 蒸気流・蒸気雲の確認
 - ホース・アームの状態監視及び漏洩時の移送中止
 - 漏洩箇所からの避難
 - 係船解除
 - 消火設備の準備、消火救助作業
- 海面近くのホース垂下部を十分に照らすことができる照明を設置すること
- フランジの接続等、注意力を特に要する移送開始時の作業が24時以降となる場合は作業する者の休憩時間等に配慮
- 周囲航行船舶への注意喚起に用いる横断幕を視認可能なよう照明を確保
- 夜間接舷を行う場合は、必要な措置を実施 (④航行安全対策参照)

荷役中・旅客乗降中の留意事項

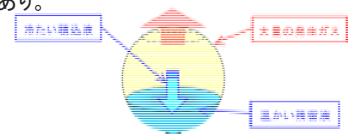
- ガス危険区域が設定され、両船の構造を考慮したガス危険区域からの着火源排除に有効な措置(LNG燃料移送作業関係者以外(貨物荷役に係る作業員や旅客など)の区域内立入禁止等)が講じられていること
- 着火源となりうる作業(コンテナ荷役(メタルタッチの虞)、グラブやアンローダーの使用等)をガス危険区域内で実施しないこと
- ガス危険区域内に空気取り入れ口がないこと (ガス密閉口の場合はないものと看做す)
- 旅客はガス危険区域外であっても原則禁煙とすること等により、喫煙が適切に管理されること
- 天然ガス燃料船の荷役貨物の落下等から移送設備が保護されていること
- 保護されていないLNG移送設備の上を荷役設備が移動しないこと
- LNG漏洩又はESD作動時に貨物荷役及び旅客乗降を中止し、直ぐに離舷できるよう準備されていること
- なお、船員の追加配乗は不要

20

異種LNG混合時の圧力管理

(③LNG燃料移送ガイドライン・オペレーションマニュアル)

- 【背景】**
- ⇒ 天然ガス燃料船は、産地(組成)の異なるLNGを積み増して使用する可能性あり。
 - ⇒ 密度差によりタンク内が層状化し、ロールオーバーの虞
 - ⇒ 温度差により、LNG移送時に急激・大量のBOG発生 の虞



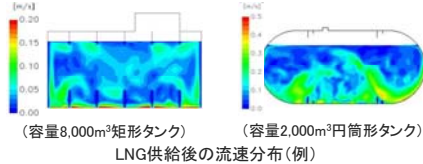
【目的】 異種のLNGを混合して燃料として積む場合の圧力管理に係る要件の策定

検討の方法・内容

CFDシミュレーション、化学シミュレーションにより現象を再現し、安全対策を検討

層状化(ロールオーバー)対策検討

- LNG燃料タンク内の液密度とは異なるLNGの受け入れをCFDでシミュレーション
- 検討条件(以下を基に種々組合せを実施)
 - ⇒ タンクタイプ: 矩形型Type Bタンク、円筒形型Type Cタンク
 - ⇒ タンク容量: 1,000m³、2,000m³及び8,000m³
 - ⇒ 積込レート: 1,000m³/h、250m³/h



温度差のあるLNG混合安全対策要件

- LNG燃料タンクの内圧変化を化学シミュレーション
- 検討条件
 - ⇒ Type Bタンク、Type Cタンク
 - ⇒ タンク容量: 2,000m³
 - ⇒ タンク内残液量: 200m³、1,000m³
 - ⇒ 想定LNG (低): -161.8°C (Kenai産)
 - (高): -150°C、-140°C、-130°C (Arun産ベース)
 - ※ 温度差の比較的小さい-150°Cであっても厳しめの想定 (安全サイドの評価)
 - ⇒ BOG返送可能レート: 1ton/h
 - ⇒ LNGタンクの冷却、LNG移送ポンプからの入熱を考慮

検討結果・安全要件

- ロールオーバーに至る可能性は極めて低いことを確認
- 軽質LNGを下部から、重質LNGを上部から補給する方法が有効充填後の層状化回避策としてはポンプによる循環攪拌が有効
- 温度差が20°Cを超えるような場合には、燃料供給時のBOG発生によるタンク内圧の上昇に留意が必要(初期移送レートの調整)

- LNG液温度モニタリング(タンク下部に最低1個装備)
- LNG液密度モニタリングまたは液組成モニタリング (液密度モニタリングはタンクの上部と下部を確認可能とする)
- 矩形型タンク底部のLNG供給分配管の装備による攪拌促進
- LNG燃料補給作業要領の策定(24時間後確認・必要に応じ攪拌)
- ※タンクが十分な耐圧を有している場合等は対策不要

21

⑥ 天然ガス燃料船の入渠に係る要件



22

⑥ 天然ガス燃料船の入渠に係る要件

[背景] ⇒ 入渠中に状態変化しうるタンク内のLNGの取扱が未確立

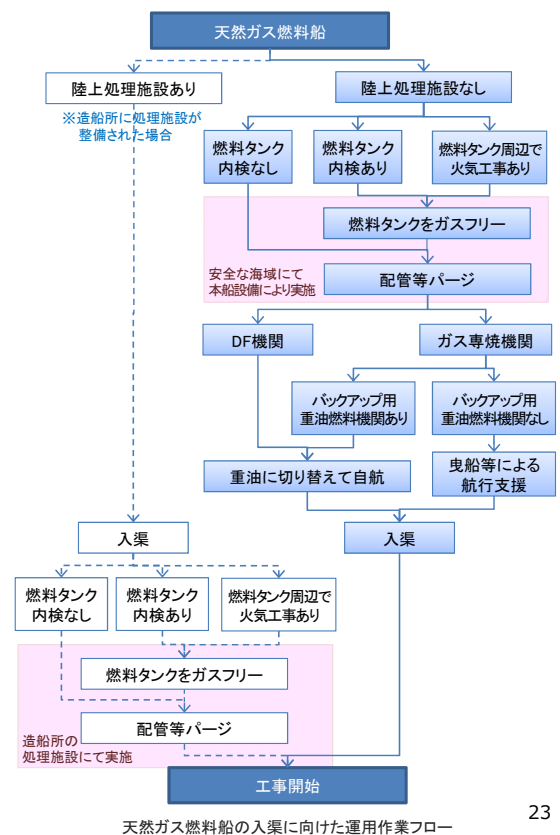
[目的] 天然ガス燃料船が入渠する際の安全上の要件を策定

検討の内容 LNG運搬船や欧州におけるLNG燃料船の運用実態等を踏まえ、要件を検討

- 我が国におけるLNG運搬船の入渠時の運用
 - 「修繕船工事爆発火災防止基準（日本造船工業会）」により、タンク及び配管のガスフリーが要求
 - ガスフリー作業は、海上保安庁の指導により、他船に影響のない安全な海域にて実施
- 欧州（ノルウェー王国）における天然ガス燃料船の入渠時の運用
 - 作業の安全を確保可能な限りにおいて、ガスフリー不要
 - 真空防熱型Type Cタンクは内部検査不要

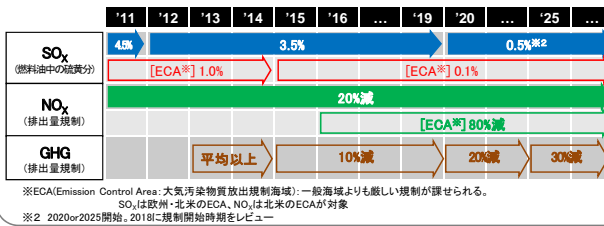
入渠に係る安全要件

- 原則として、LNG運搬船と同様にガスフリーを実施
- 以下の4点を満たせば、燃料タンク内にLNGを保持したまま入渠可能
 - 燃料タンクが真空防熱型 Type C タンク
 - 燃料タンクの健全性を確認
 - 1) 燃料タンク内の状態を記録したログ
 - 2) 燃料タンクの外観目視検査（コールドスポットの有無確認）
 - 燃料タンクのマスターバルブから機関までの配管をガスフリー
 - 入渠中の適切な圧力管理、火気管理、緊急時対応を確保
- ただし、船舶検査実施時の安全対策については、IGFコードの内容が確定し、実船の計画が具体化した時点で詳細な検討を実施



23

【国際海運の環境規制の強化】



【天然ガスの利用の拡大】

- 世界の天然ガスの生産・利用は拡大傾向
- 我が国においても、シェールガスを含む安価な天然ガスの輸入、日本企業の天然ガス開発支援による供給多角化等を実施
- 船舶燃料としても、欧州における利用が更に進むとともに、アジア、北米、豪州にも利用が拡大

【本検討の成果】

- 関係省庁との連携により、LNG燃料移送(燃料補給)に係る標準的な手順・安全対策等を確立(ガイドライン・オペレーションマニュアルの策定)
- ハード面の設計時の課題の整理・要件の確立 等



- ✓ LNG燃料補給の円滑な実施
- ✓ 造船所等による設計の効率化
- ✓ 国際基準の策定等に貢献

天然ガス燃料船の普及に向けた環境整備が完了

我が国における天然ガス燃料船の実船の早期建造に期待

検討結果①

高圧ガスサプライシステムの安全要件

高圧ガスサプライシステムの安全要件

1 燃料管装置・機能要件

➤ 供給ガス圧力制御機能

エンジンの回転/負荷制御の為にエンジン側の要求するガス供給圧力に対し、実際の供給圧力を一致させるための自動制御機能、及び、エンジンのガバナー能力に見合う十分な供給能力が必要。

ガス燃料供給能力に関し、LNG タンクから LNG 高圧供給ポンプへの LNG 供給系統は高圧ポンプの要求する吸い込み性能(正味吸い込みヘッド：N.P.S.H.)を満足するように、吸い込み側の LNG の負圧 / 気化を防止する配慮が必要。

➤ 高圧ガス供給系の脈動低減機能

LNG 供給ポンプの供給量やエンジンの消費量の変動しても、供給系内の圧力変動が過大にならない様にするためには、系内にバッファ機能が必要。その容量は高圧ガス供給系統の長さ / ボリュームにより調整が必要だが、許容圧力の変動としてガスエンジンの要求に見合う $\pm 0.5\text{MpaG}$ 程度を目安に選定すべき。

➤ 二重配管に対する熱伸縮吸収機能

高圧ガス管やパージ管は二重管外管の中心位置に保持され、かつ、熱伸びや振動による高圧ガス管と二重管外管の相対すべりを許容できるサポート構造が必要で、二重管外管は要所にフレキシブルジョイントを配することが必要。

内管のサポート方式は図 ①-1.1 及び図 ①-1.2 の様な方式が考えられる。



二重管概念図 (サポート部断面)

図 ①-1.1 Uバンド方式



図 ①-1.2 スライドサポート方式

➤ 危急停止機能

危急停止信号は次の場合に発生させ、供給系側、および、エンジン側が自動的に安全にガス運転を中止できるようなシステムを構成することが必要。

- LNG ポンプ異常発生など、供給系の問題発生時
- エンジン側の問題発生時

- 二重区画内への漏洩検知時
- 上記以外、人が危険を察知した場合の鉤信号

1.1 ガス安全機関区域の燃料供給二重管機能要件

➤ 排気方式

排気方式の換気吸入口、及び排気放出口の両方共に機関室外の安全な区画に配置する事で、多量にガスが漏洩した場合でもエンジン室内へ漏洩することがなく、HCセンサでの検知も瞬時に可能であり、系内の圧力上昇もわずかであるため、系内の遮断弁や圧力センサ等の機器にも影響が無い。

➤ 加圧方式

加圧方式では、系内の圧力上昇が早く、素早く圧力をリリースする手段（安全弁やラプチャーディスクなど）、または外管を内管の耐圧と同等とする事が必須であり、系内の機器も同様の考慮が必要。

尚、IGFにおいては外管の中を密閉する方式として、加圧方式の他に、ガス燃料よりも高い不活性ガスで加圧する方法と、真空状態として常時監視の上、真空喪失時に燃料供給遮断、配管パージする方法も提起している。前者は外管及び系内の機器も30MPaG以上の設計圧とすることが必要。また後者は今回の考察と同様、系内の圧力上昇が早すぎるため、素早く圧力をリリースする手段（安全弁やラプチャーディスクなど）、または外管を内管の耐圧と同等とする事が必須であり、系内の機器も同様の考慮が必要。

1.2 内管のガス漏洩に対する通風ダクト及び外管の設計

➤ 二重区画の外殻耐圧要件

内管からの距離を十分に取ることで安全性を十分に担保した耐圧設計が可能であり、二重管の外管径は以下の式（外管内壁の到達圧力式）を元に算出する事が出来る。

$$P = Ap \frac{r_0}{r}$$

P：到達圧力（MPa）、A：定数（0.23）、p：バースト圧力（例：30MPa）、
r₀：内管内半径（mm）、r：外管内半径（mm）

- ガスが漏洩した場合、膨張によって温度低下が生じるが、前項の要件を満足する内管との距離を取れば、外管の材料として低温配管用鋼管の採用は不要。

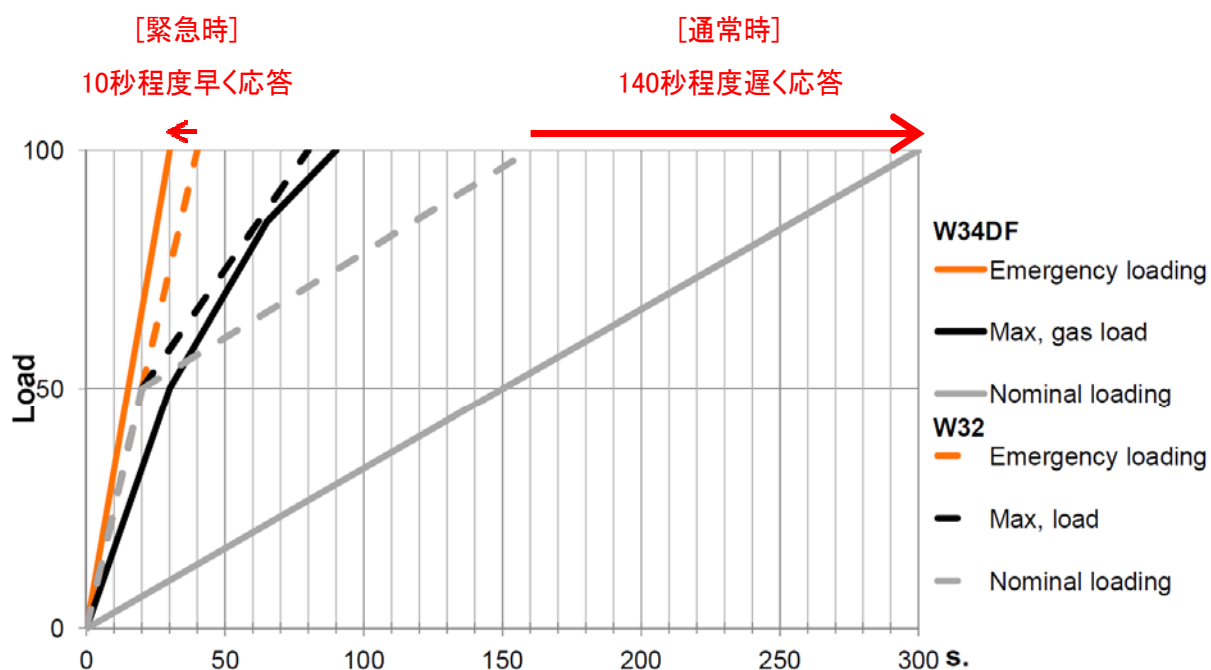
検討結果②

燃料供給を受けない天然ガス燃料船の
航行・入出港時の安全要件

燃料供給を受けない天然ガス燃料船の航行・入出港時の安全要件

燃料の天然ガス化に伴う主機の応答性能について、通常使用時には負荷応答が緩やかになるものも存在することが確認されたが、通常時であれば、運用で十分にカバーすることが可能であることから、本船の操船性に大きな影響はないと考えられる。

その他の要素については、IMOにおける国際基準等により従来の重油焚の船舶と同等の安全性が担保可能であることから、燃料が天然ガスに代わった場合であっても、従来の船舶と同様に航行・入出港することが可能なものと思料される。



図②-1.1 DF機関（W34DF）と重油焚き機関（W32）の性能比較

検討結果③

LNG 燃料移送ガイドライン・
オペレーションマニュアル

LNG 燃料移送ガイドライン・オペレーションマニュアル

1 Ship to Ship 方式 LNG 移送ガイドライン・オペレーションマニュアル

LNG バンカー船が天然ガス燃料船に対して Ship to Ship 方式で LNG を移送する際、LNG 燃料を供給する作業を安全に行うための基本的な指針として、標準的な手順・安全対策・機器等について定めたガイドライン及び LNG 燃料を供給する作業について記載したオペレーションマニュアルを策定した。

本ガイドライン及びオペレーションマニュアルは以下に示すような構成から成り、Ship to Ship 方式で LNG を移送する際のとるべき安全管理体制や安全対策などを定めている。

詳細については、別添「Ship to Ship 方式 LNG 移送のオペレーションガイドライン」および「Ship to Ship 方式 LNG 移送のオペレーションマニュアル」に纏める。

表 ③-1.1 Ship to Ship 方式 LNG 移送ガイドラインの構成

第 1 章 一般概要	第 7 章 LNG 燃料移送装置及び資機材
第 2 章 安全対策	第 8 章 緊急時対応
第 3 章 通信・連絡	第 9 章 地震・津波対策
第 4 章 LNG 燃料移送作業前	第 10 章 Ship to Ship 方式 LNG 燃料移送 フローチャート
第 5 章 LNG 燃料移送作業	第 11 章 チェックリスト
第 6 章 LNG 燃料移送作業後	第 12 章 参考文献

表 ③-1.2 Ship to Ship 方式 LNG 移送オペレーションマニュアルの構成

1. 着船準備	8. 常温時 ESDS 作動テスト	15. メタンパージ(リキッド)
2. 着船・移送開始前準備	9. ラインクールダウン	16. 後尺
3. 移送作業開始前会議	10. 低温時 ESDS 作動テスト	17. メタンパージ(ベーパー)
4. ホース接続	11. 移送開始	18. ホース切離し
5. O ₂ パージ	12. 定常移送	19. 移送終了後会議
6. リークテスト	13. 移送終了	20. 離船
7. 前尺	14. 液押し	

2 Shore to Ship 方式 LNG 移送ガイドライン・オペレーションマニュアル

天然ガス燃料船が LNG 燃料を供給可能な岸壁・棧橋に着岸・着棧し、陸側施設から LNG 燃料の供給を受ける作業（Shore to Ship 方式 LNG 移送）を安全に行うための基本的な指針として、標準的な手順・安全対策・機器等について定めたガイドライン及び LNG 燃料を供給する作業について記載したオペレーションマニュアルを策定した。

本ガイドライン及びオペレーションマニュアルは以下に示すような構成から成り、Shore to Ship 方式で LNG を移送する際のとるべき安全管理体制や安全対策などを定めている。

詳細については、別添「Shore to Ship 方式 LNG 移送のオペレーションガイドライン」および「Shore to Ship 方式 LNG 移送のオペレーションマニュアル」に纏める。

表 ③-2.1 Shore to Ship 方式 LNG 移送ガイドラインの構成

第 1 章 一般概要	第 7 章 LNG 燃料移送装置及び資機材
第 2 章 安全対策	第 8 章 緊急時対応
第 3 章 通信・連絡	第 9 章 地震・津波対策
第 4 章 LNG 燃料移送作業前	第 10 章 Shore to Ship 方式 LNG 燃料移送 フローチャート
第 5 章 LNG 燃料移送作業	第 11 章 チェックリスト
第 6 章 LNG 燃料移送作業後	第 12 章 参考文献

表 ③-2.2 Shore to Ship 方式 LNG 移送ガイドラインの構成

1. 入港前準備	8. 常温時 ESDS 作動テスト	15. メタンパーズ(リキッド)
2. 着棧・移送開始前準備	9. ラインクールダウン	16. 後尺
3. 移送作業開始前会議	10. 低温時 ESDS 作動テスト	17. メタンパーズ(ベーパー)
4. ホース／アーム接続	11. 移送開始	18. ホース／アーム切離し
5. O ₂ パージ	12. 定常移送	19. 移送終了後会議
6. リークテスト	13. 移送終了	20. 離棧
7. 前尺	14. 液押し	

3 Truck to Ship 方式 LNG 移送ガイドライン・オペレーションマニュアル

天然ガス燃料船が LNG 燃料を供給可能な岸壁に着岸し、陸側 LNG ローターから LNG 燃料の供給を受ける作業（Truck to Ship 方式 LNG 移送）を安全に行うための基本的な指針として、標準的な手順・安全対策・機器等について定めたガイドライン及び LNG 燃料を供給する作業について記載したオペレーションマニュアルを策定した。

本ガイドライン及びオペレーションマニュアルは以下に示すような構成から成り、Truck to Ship 方式で LNG を移送する際のとるべき安全管理体制や安全対策などを定めている。

詳細については、別添「Truck to Ship 方式 LNG 移送のオペレーションガイドライン」および「Truck to Ship 方式 LNG 移送のオペレーションマニュアル」に纏める。

表 ③-3.1 Truck to Ship 方式 LNG 移送ガイドラインの構成

第 1 章 一般概要	第 7 章 LNG 燃料移送装置及び資機材
第 2 章 安全対策	第 8 章 緊急時対応
第 3 章 通信・連絡	第 9 章 地震・津波対策
第 4 章 LNG 燃料移送作業前	第 10 章 Truck to Ship 方式 LNG 燃料移送 フローチャート
第 5 章 LNG 燃料移送作業	第 11 章 チェックリスト
第 6 章 LNG 燃料移送作業後	第 12 章 参考文献

表 ③-3.2 Truck to Ship 方式 LNG 移送オペレーションマニュアルの構成

1. 入港前準備	8. 常温時 ESDS 作動テスト	15. メタンパーズ(リキッド)
2. 着岸・移送開始前準備	9. ラインクールダウン	16. 後尺
3. 移送作業開始前会議	10. 低温時 ESDS 作動テスト	17. メタンパーズ(ベーパー)
4. ホース接続	11. 移送開始	18. ホース切離し
5. O ₂ パーズ	12. 定常移送	19. 移送終了後会議
6. リークテスト	13. 移送終了	20. 離岸
7. 前尺	14. 液押し	

検討結果④

Ship to Ship 方式 LNG 燃料移送に係る
航行安全対策

Ship to Ship 方式 LNG 燃料移送に係る航行安全対策

天然ガス燃料船に LNG 燃料を供給する LNG バンカー船の入出港・離接舷操船及び係留中の安全性を確保するため、一般的に考慮すべき安全上の要件等について、標準的な航行安全対策として次のとおりを策定した。

ここで策定した安全対策は、巻末の 2.1「検討対象船舶」に係る検討を基礎としているため、天然ガス燃料船が特殊な船型である場合や全長が 100m 程度に満たないような小型船の場合¹、及び LNG バンカー船が標準的な内航 LNG 船（タンク容量 2,500m³）と比べて極端に小型である場合等においては、当該項目を適用することが適当でない場合もある。その場合にあっては、別途追加の検討を実施する等の対応が必要である。

また、LNG バンカー船が港則法第 21 条から第 23 条までの規定に基づく指揮・指定・許可を受けるに当たっては、ここに定める安全対策に基づく措置を講じるとともに、必要に応じて、地域固有の特異な外力（長周期波、強潮流等）、港内の利用状況に関し、個別の運用ロケーション（港湾）に応じた検討を行う必要がある。

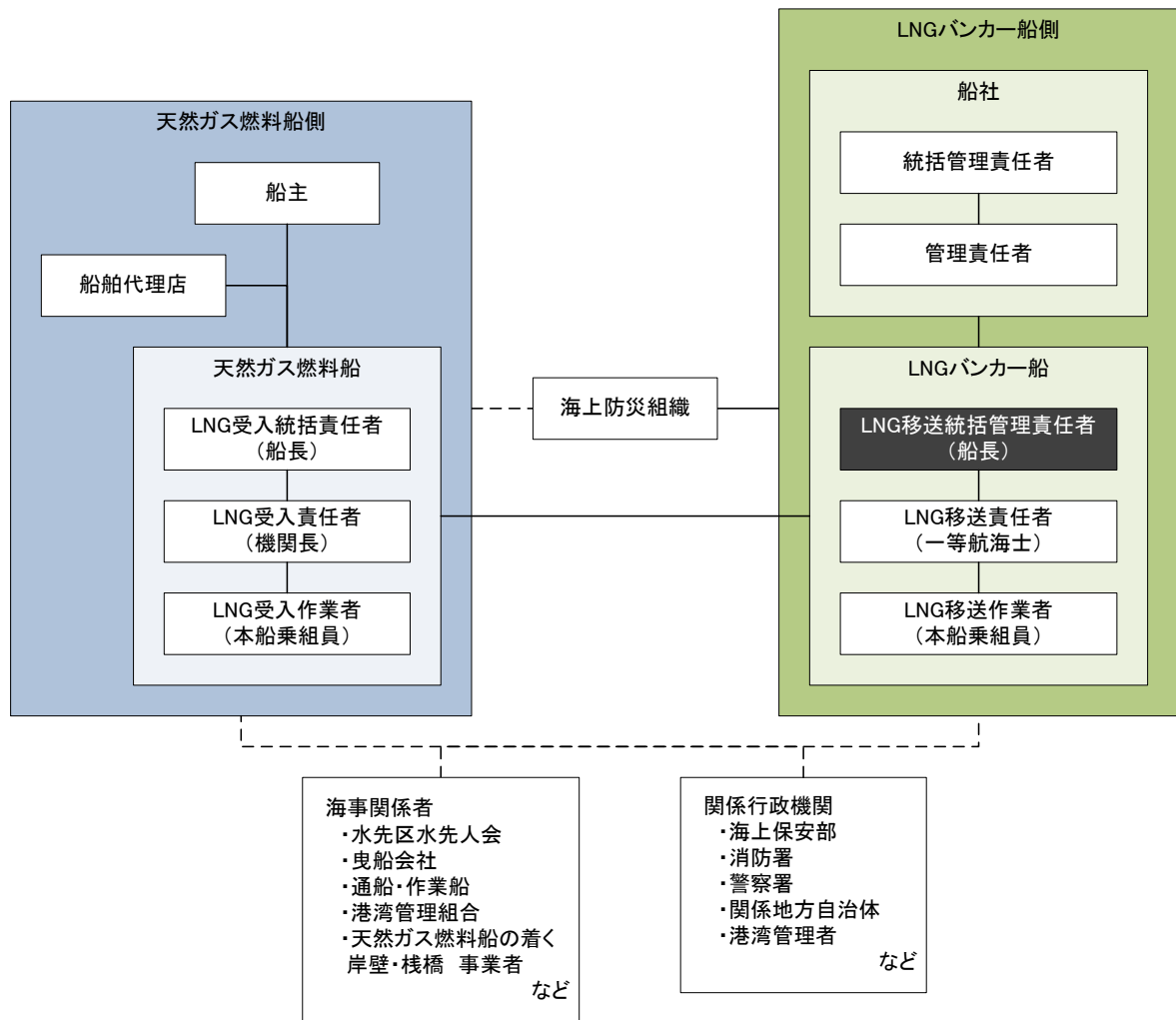
1 航行安全対策

1.1 安全管理体制の整備

天然ガス燃料船・LNG バンカー船間における StS 方式での LNG 移送について、操船、係留及び LNG 移送中の安全を確保し、LNG 燃料供給の円滑な運用を図るため、気象・海象、港内の船舶交通等の必要な情報を収集し、関係機関、海事関係者等との連絡・調整を一元的に所掌する安全管理体制を整備する。一例として、図 ④-1.1 に安全管理体制を示す。

また、本体制における責任者とその職務は以下のとおりとする。

¹ バンカー船（全長 100m 程度）に係る係船動揺シミュレーションの結果、小型船の場合に動揺が比較的大きくなる傾向にあったことから、天然ガス燃料船がバンカー船と同程度以下のサイズの小型船である場合に、両船の相対動揺が大きくなる虞がある。



※実線は実施毎、点線は必要に応じて連絡体制を構築することを示す

図 ④-1.1 StS 方式 LNG 移送に係る安全管理体制

(1) 船社 (LNG バンカー船)

① 統括管理責任者

事業における最高責任者として、すべての関連業務を統括管理する。また、管理責任者を指揮監督する。

② 管理責任者

統括管理責任者の指揮監督の下、StS 方式による LNG 移送の実施及び安全・防災に関して管理する。

(2) LNG バンカー船

① LNG 移送統括管理責任者 (船長)

LNG バンカー船上における最高責任者として、LNG 移送作業を統括管理し、LNG

移送作業全体に責任を持つ。そのため、常に最新の気象・海象情報及び予報と、その他の必要な情報（以下、最新の気象情報等という）を把握し、それらの情報及び策定された運用基準（後述）に基づく安全対策が確実に履行されるよう、LNGバンカー船の接舷から、LNG移送の開始・終了及び継続・中止、緊急離棧を含むLNGバンカー船の離舷までの判断を行う。

また、必要に応じて、天然ガス燃料船に対して助言を行う。

② LNG移送責任者（一等航海士）

LNGバンカー船のLNG移送に関する責任者で、本船乗組員を指揮統括し、天然ガス燃料船上におけるLNG移送作業に係る責任を負う。

③ LNG移送作業者

LNGバンカー船におけるLNG移送の作業者として、LNG移送作業を実施する。

(3) 天然ガス燃料船

① LNG受入統括責任者（船長）

天然ガス燃料船上における最高責任者として、LNG受入作業とその安全に係る業務を統括する。そのため、最新の気象情報等を把握し、本船の安全が確保できるよう努める。

また、本船荷役と時間などの調整が必要となる場合には、人的・物理的に問題が生じないように、安全を確保する。

② LNG受入責任者（機関長）

天然ガス燃料船のLNG受入に関する責任者で、本船乗組員を指揮統括し、天然ガス燃料船上におけるLNG受入作業に係る責任を負う。

③ LNG受入作業者

天然ガス燃料船におけるLNG受入の作業者として、LNG受入作業を実施する。

(4) その他のLNG移送関係者

① 海上防災組織

StS方式でのLNG移送にあつては、LNGの漏洩、火災発生時などの緊急時に海上防災組織の支援を得られるよう、予め体制を構築する。

② 船舶代理店（天然ガス燃料船）

統括管理責任者または管理責任者、LNG 受入統括責任者や天然ガス燃料船の船社からの依頼により、LNG 移送に係る調整・周知・連絡などを行う。また、必要に応じて水先人、曳船、綱取りを手配するとともに、関係者との調整・周知・連絡などを行う。

1.2 運用基準の目安

運用基準の目安を表 ④-1.1 に示す。また、LNG 移送限界条件についても、波高及び波周期に係る運用基準の目安も得られていることから、併せて表 ④-1.2 に示す。

なお、ここでの運用基準については、巻末の 2.1「検討対象船舶」に示す一般的な天然ガス燃料船及び LNG バンカー船を想定した検討に基づくものである。そのため、次のような場合及び上記の条件を緩和しようとする場合にあっては、個別の検討が必要である。

- 強い潮流の影響、長周期波の顕著な影響を受けるなど、特殊な海域である場合
- 天然ガス燃料船が特殊な船型である場合や全長が 100m 程度に満たないような小型船の場合
- LNG バンカー船が標準的な内航 LNG 船（タンク容量 2,500m³）と比べて極端に小型である場合
- LNG バンカー船が設計上十分な横移動能力を有していない場合（バウスラストを有していない場合又はその出力が不足している場合、1 軸かつ通常舵の場合）
- LNG バンカー船の操縦者が StS 接舷操船に習熟しておらず、かつ、横移動操船を支援する設備（スターンスラスト、適切な制御に基づくジョイスティック操船システム）等を用いない場合
- 図 ④-1.2 に示す標準的な配索図のように係船索をバランスよく配置することができない場合、又は両船の平行ボディにフェンダーをバランスよく配置することができない場合

表 ④-1.1 風速条件による運用条件の目安

風速 (m/sec)	天然ガス燃料船					
	錨泊中			係留中		
15						
14						
13						
12		LNG移送 限界条件	離舷条件		LNG移送 限界条件	離舷条件
11						
10	接舷条件			接舷条件		
9						
8						

注) 波高は 1.0m を限界とする。

表 ④-1.2 係留動揺シミュレーションによる検討から得られた検討対象船の LNG 移送限界条件

天然ガス燃料船	外力	LNGバンカー船	内航 LNG船
錨泊中	風速	12m/sec	12m/sec
	波高	1.0m	1.0m
	波周期	8sec	6sec
係留中	風速	12m/sec	12m/sec
	波高	1.0m	1.0m
	波周期	5sec	5sec

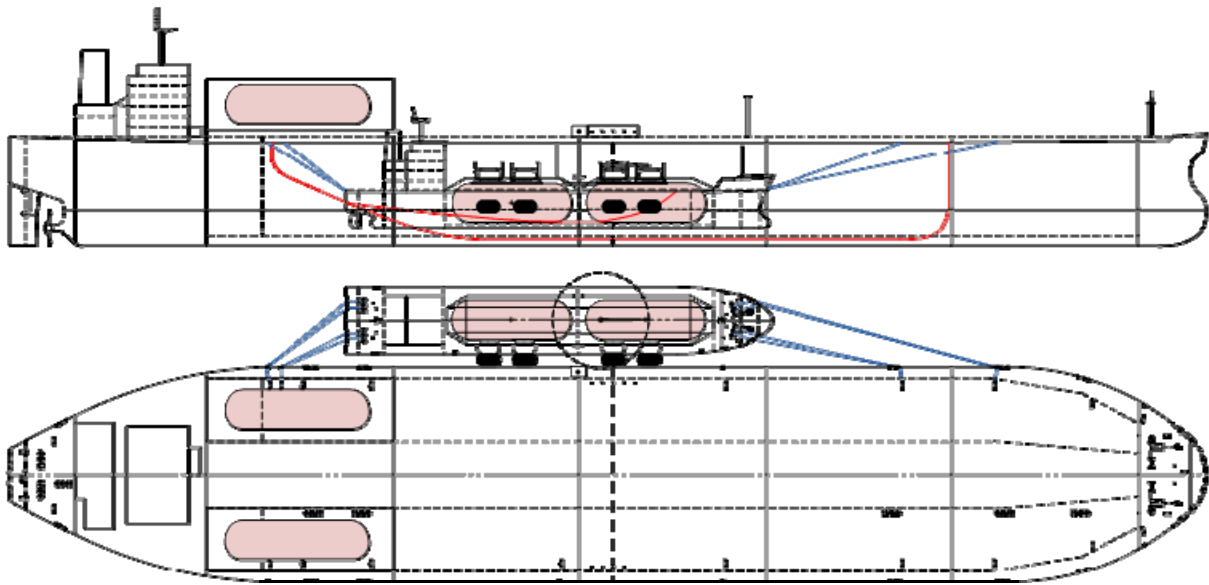


図 ④-1.2 標準的な配索 (例)

1.3 本船運航の安全対策

1.3.1 天然ガス燃料船の航行

天然ガス燃料船は、従来の重油を燃料とする船舶と同様に、航行する海域や利用する港湾、岸壁・棧橋の現行運用基準や航路等の交通ルール、通報義務に従って航行する。

1.3.2 LNG バンカー船の航行

LNG バンカー船は、従来の危険物を積載する船舶と同様に、港則法や海上交通安全法などの法規制の他、航行する海域や利用する港湾の現行運用基準や航路等の交通ルール、通報義務に従って航行する。

1.4 操船の安全対策

1.4.1 天然ガス燃料船の入出港操船

(1) 標準操船方法

本検討において、天然ガス燃料船は従来の同船種・同船型の船舶と同様の基準・規則の下で運用することとしている。そのため、天然ガス燃料船の操船については、従来の船舶の流れを受けるものとする。

(2) 入港操船に係る留意事項

入港操船に係る留意事項を以下に示す。

① 風圧影響

デッキ上に設置されるなど LNG 燃料タンクの設置位置によっては、本船の風圧面積が増すことから、その場合には着岸・着岸時には船体の位置・姿勢及び圧流影響を十分考慮し、過大な着岸速度とならないよう留意する。

② 主機の特性

現状、天然ガス燃料船に搭載され得る主機関については、従来の重油を燃料とする機関に比べ通常時の応答性能が遅いものも存在することから、それらについては、入港操船時、減速を図る際に注意を要する。但し、緊急時の対応に関しては、重油を燃料とする機関と同等以上の応答性能を発揮することから、特段の対応は不要である。

(3) 出港操船に係る留意事項

出港操船に係る留意事項を以下に示す。

① 風圧影響

回頭中は、風による船体の圧流に注意し、他の船舶や周囲の障害物との離隔距離の把握に努め、本船の位置・姿勢を制御しながら回頭する。

② 主機の特性

現状、天然ガス燃料船に搭載され得る主機関については、従来の重油を燃料とする機関に比べ通常時の応答性能が遅いものも存在することから、回頭操船後、航路航行するには保針制御に必要な速力が得られるまで、船体の風下への圧流に注意が必要である。但し、緊急時の対応に関しては、重油を燃料とする機関と同等以上の応答性能を発揮することから、特段の対応は不要である。

1.4.2 LNG バンカー船の離接舷操船（天然ガス燃料船が係留の場合）

(1) 標準操船方法

標準操船方法を以下に示す。

LNG バンカー船の離接舷にあつては、横移動速力制御、姿勢制御（回頭モーメント制御）及び前後位置制御を行う必要があり、それらを並行で適切に制御するためには習熟を要する。日常的に離接舷操船を実施する LNG バンカー船については必然的に操船者の習熟度の向上が期待できるが、安定した離接舷操船を操船者の習熟度に頼らないのであれば、横移動操船における制御機能を「横方向の制御系（バウスラスト・スターンラスト）」と「前後方向の制御系（推進器）」に分離すること、または自動的な制御（例えば、適切な制御システムに基づくジョイスティックシステムを用いた横移動操船）を導入することが望ましい。近年ではポッドを推進器として採用し、接舷操船時における制御レベルを更に向上させた船舶も普及しつつあることから、ポッド推進器の導入を検討することも一案である。

【接舷操船（回頭なし）】

- ① アプローチ針路は、接舷対象船の船首付近に向首し、接舷位置の沖約 40m～80m 付近（ $2B\sim 4B$ 。B：船幅）に向かう。
- ② アプローチ速度の目安は次のとおり。
 - 残距離 400m（約 4L。L：全長）程度で速力 3 ノット程度まで徐々に減速
 - 残距離 200m（約 2L）程度で速力 2 ノット程度まで徐々に減速
 - 残距離 100m（約 1L）程度で速力 1 ノット程度に調整
 - 横距離 40m～80m 程度で船体ほぼ停止
- ③ 舷側沖 40m 程度で停留しつつ、ヘッドラインと船首スプリングラインを取る。
- ④ バウスラスタと推進器・舵（またはスターンスラスタ）で姿勢制御と横移動制御をおこない、接舷速度 15cm/sec 以下で接舷する。
- ⑤ 前後位置調整はヘッドライン、船首スプリングライン及び推進器で行う。

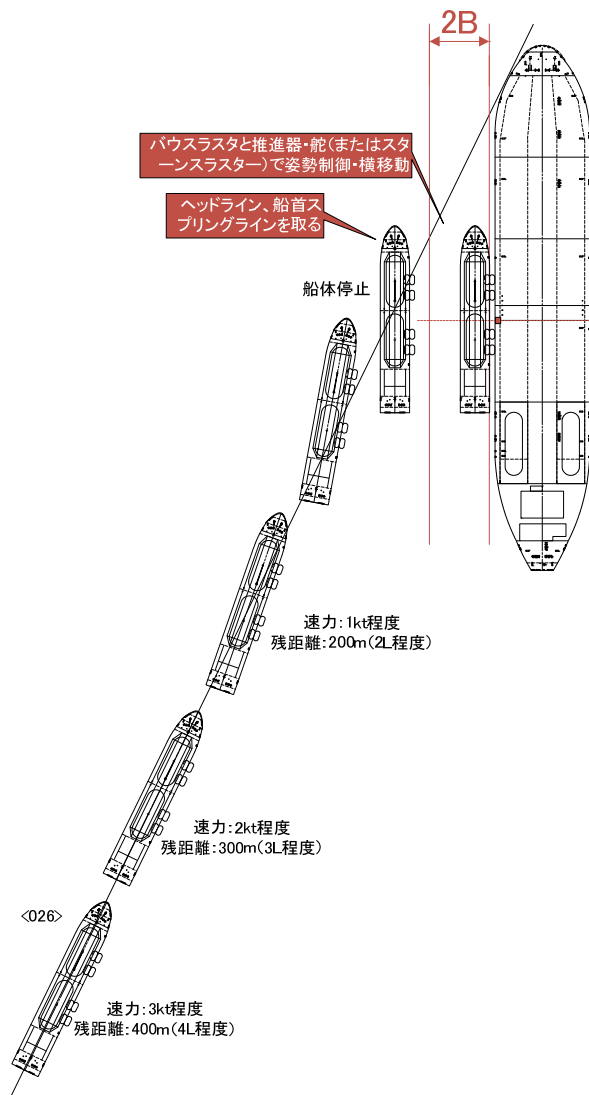


図 ④-1.3 LNG バンカー船の標準操船方法（接舷・回頭なし）

【接舷操船（回頭あり）】

- ① アプローチ針路は、接舷対象船の船首前方海域に向首し、接舷位置の沖約 200m 付近（2L）に向かう。
- ② アプローチ速力の目安は次のとおり。
 - 残距離 400m（約 4L）程度で速力 3 ノット程度まで徐々に減速
 - 残距離 200m（約 2L）程度で速力 2 ノット程度まで徐々に減速
 - 残距離 100m（約 1L）程度で速力 1 ノット程度に調整
- ③ 舷側沖 200m 程度より回頭を開始
- ④ 舷側沖 40m 程度で回頭角速度を制御し、停留しつつ、ヘッドラインと船首スプリングラインを取る。
- ⑤ バウスラスタと推進器・舵（またはスターンスラスタ）で姿勢制御と横移動制御をおこない、接舷速度 15cm/sec 以下で接舷する。
- ⑥ 前後位置調整はヘッドライン、船首スプリングライン及び推進器で行う。

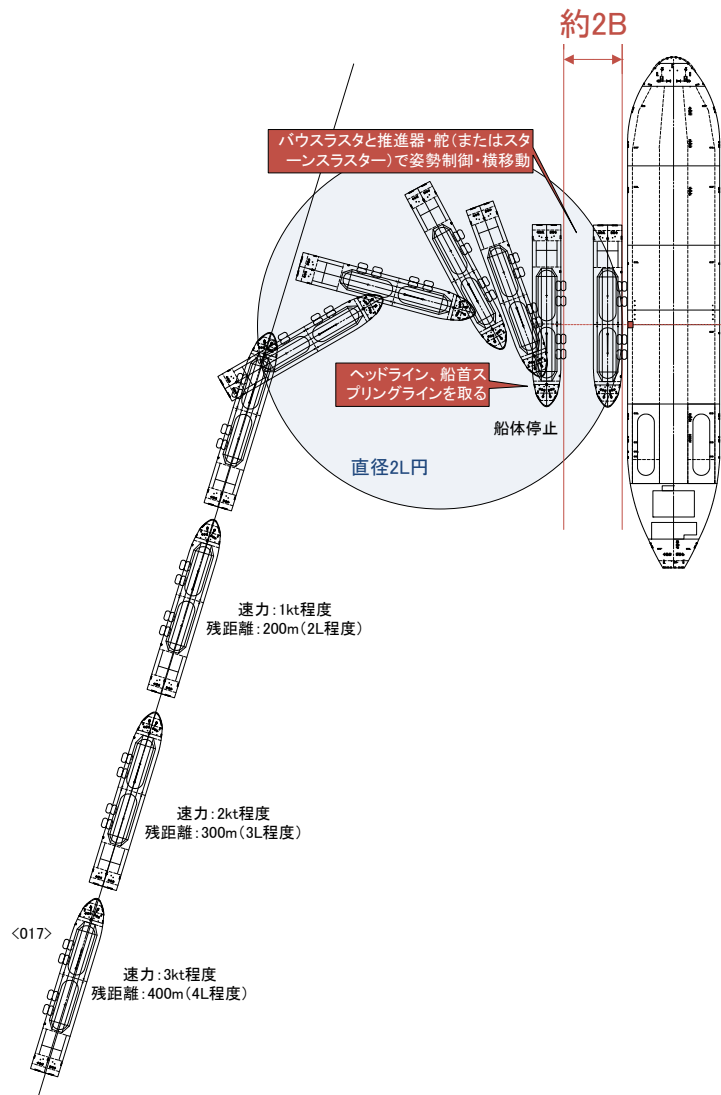


図 ④-1.4 LNG バンカー船の標準操船方法（接舷・回頭あり）

【離舷操船（回頭なし）】

- ① 離舷は、バウスラスト及び推進器・舵で行う。
- ② 離舷距離が $1B \sim 2B$ になったら、推進器・舵で前進及び針路制御する。
- ③ 針路制御しつつ、増速する。

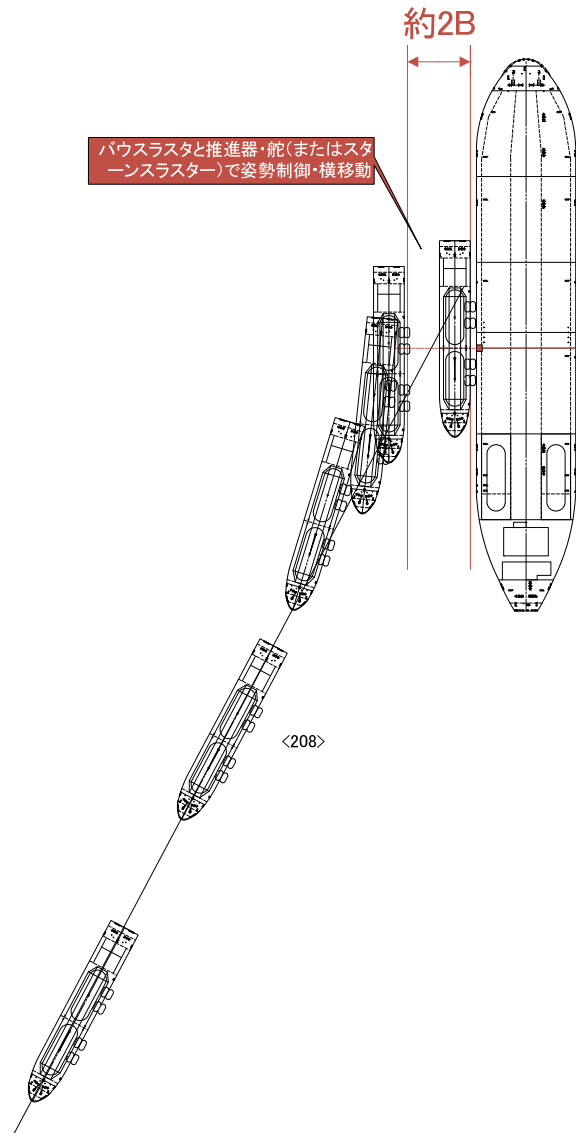


図 ④-1.5 LNG バンカー船の標準操船方法（離舷・回頭なし）

【離舷操船（回頭あり）】

- ① 離舷は、バウスラスト及び推進器・舵で行う。
- ② 離舷距離が $1B \sim 2B$ になったら、バウスラスト及び推進器・舵で前進回頭する。
- ③ 回頭終了後、増速する。

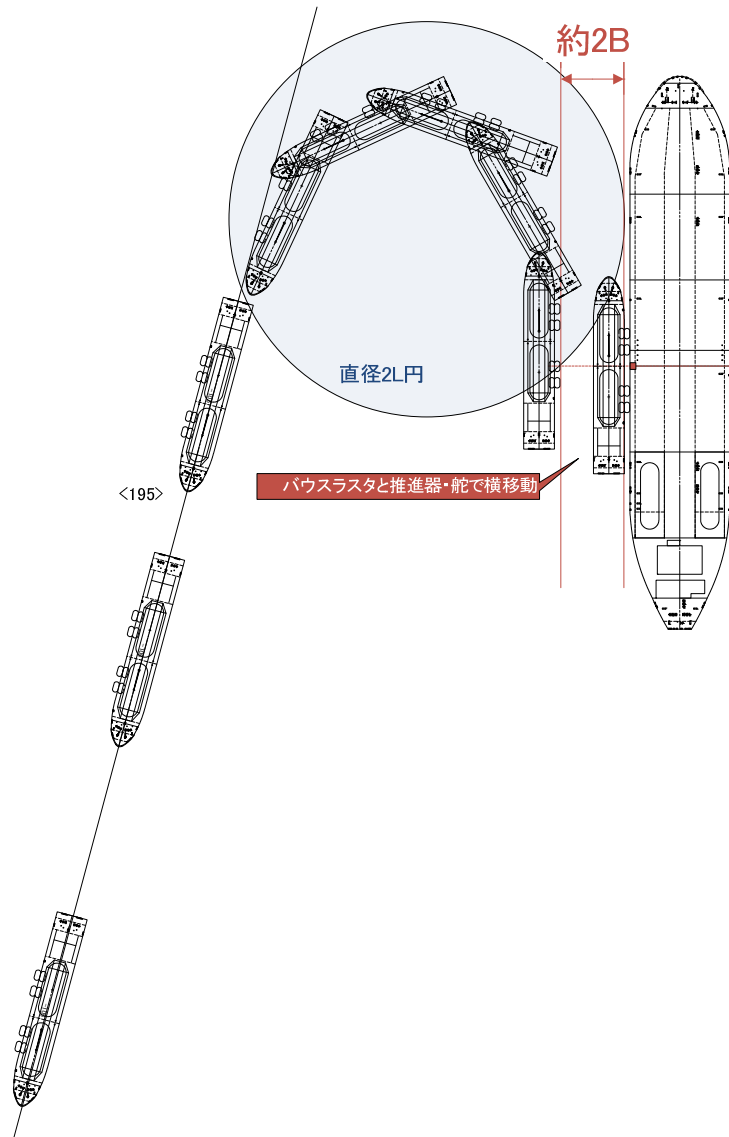


図 ④-1.6 LNG バンカー船の標準操船方法（離舷・回頭あり）

(2) 接舷操船に係る留意事項

接舷操船に係る留意事項を以下に示す。

① 風圧影響

LNG タンクへの風圧影響を考慮し、強風時における船首の風上への切り上がりや風下への圧流により、保針操船、船体の位置・姿勢の制御に留意する。また、接舷時には船体の位置・姿勢及び圧流影響を十分考慮し、過大な接舷速度とならないよう留意する。

② 接舷速度の検知

LNG バンカー船の接舷速度は、回頭角速度が僅かな状況下であれば、10～15cm/sec 程度の範囲内で比較的容易に目測可能であるものの、錨泊する天然ガス燃料船への接舷時には、錨泊船の横移動速力も考慮した操船が必要となることを留意する。特に錨泊船が振れ回っている場合には、以下の点を考慮し、接舷を避け、振れ回りが収まるまで待機する。併せて、両船間で連絡を密にし、接舷する LNG バンカー船は天然ガス燃料船側の状況（船首方位や振れ回り状況など）の情報提供を受けることが望ましい。

- 錨泊船の振れ回り方向によって相対的な接舷速度が増減すること
- 相対的な接舷速度及びその変化状況の見極めが難しいこと
- 錨泊船が接近している場合には、接舷速度が過大になるおそれがあること
- 錨泊船が遠ざかっている場合には、接舷速度が不足し、接舷操船に手間取るおそれがあること
- 外力（風と潮流など）と錨泊船の載貨状態によっては、錨泊船の船首方位が風上を向かないおそれがあること

なお、昼間でも振れ回りがある場合の接舷は困難であるが、特に夜間の場合は、挙動の把握がさらに困難となることを踏まえ、振れ回りへの対策として、動的情報提供装置の活用などの措置を講じることが望ましい。

(3) 離舷操船に係る留意事項

離舷操船に係る留意事項を以下に示す。

① 離舷時の横移動速力

1 軸 1 舵の LNG バンカー船の場合、船尾側の横推力を得るために主機前進とすることがあることから、前進行き脚が過大とならないよう留意する。

また、同船が左舷付けの場合には後進時の左回頭モーメントを利用することが有効である。それに対して右舷付けの場合には後進時の左回頭モーメントにより、船尾が天然ガス燃料船に寄らないよう留意する。

② 風圧影響

回頭中は、風による船体の圧流に注意し、他の船舶や周囲の障害物との離隔距離の把握に努め、本船の位置・姿勢を制御しながら回頭する。

1.4.3 夜間接舷

夜間の接舷にあたり、考慮すべき事項を以下に示す。

- ▶ 乗組員が夜間の StS 作業に熟練している場合を除き、日中に行うことが望ましい。
- ▶ 夜間接舷時には、船間距離の把握のためにデッキライト等により船側を水線まで照らすとともに、接舷速度の把握のため、アプローチ操船から接舷操船に移行する段階で、LNG バンカー船の作業灯を点灯する。
- ▶ 錨泊船に対して接舷を行う場合には、両船間での情報交換を密にし、2 船間の船首方位の差異を最小化するよう努める。
- ▶ 錨泊船に対して接舷を行う場合において、振れ回りがある際の接舷は困難であり、特に夜間の場合は、挙動の把握がさらに困難となることを踏まえ、振れ回りへの対策として、動的情報提供装置の活用などの措置を講じることが望ましい。

1.4.4 タグボートの必要性の検討

LNG バンカー船の操船性能が劣る場合等については、必要に応じ、運用条件、海域の状況等を勘案し、タグボートの配備について検討を行う。

1.5 係留の安全対策

1.5.1 係留計画

StS 方式での 2 船間係留に際しては、両船の動揺量を軽減するためにも、可能な限り両船の平行ボディに対して適切にフェンダーを配置・係留できるよう事前に検討する。

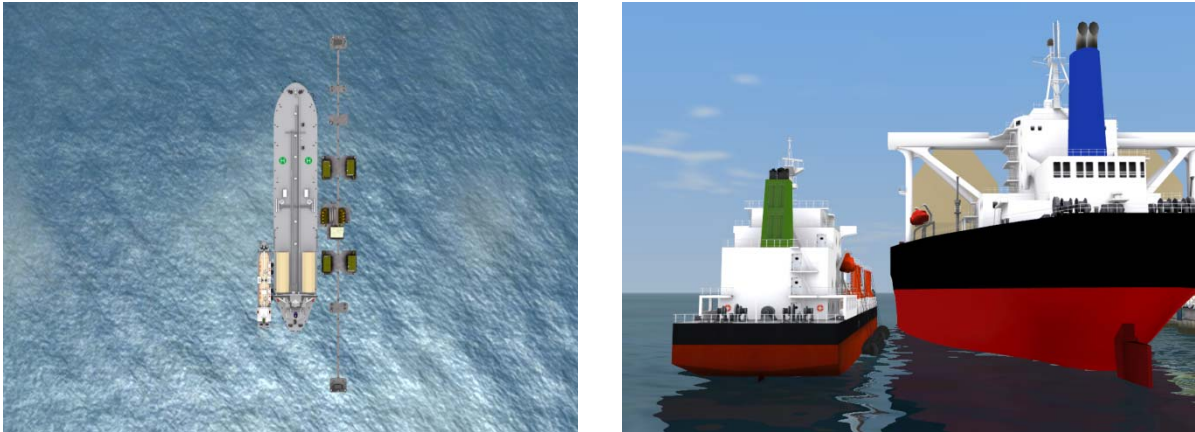
両船とも平行ボディでの係留が困難な場合にあつては、両船係留中のバランスを考慮し、配索を工夫する。特に LNG バンカー船が天然ガス燃料船の船首側または船尾側のフレア部分に接舷・係留する場合にあつては、以下の点を考慮し、防舷材（フェンダー）の追加設置を検討するなど、事前に十分な検討を実施の上、安全対策を講じる必要がある。

(1) LNG バンカー船の乾舷の高さ

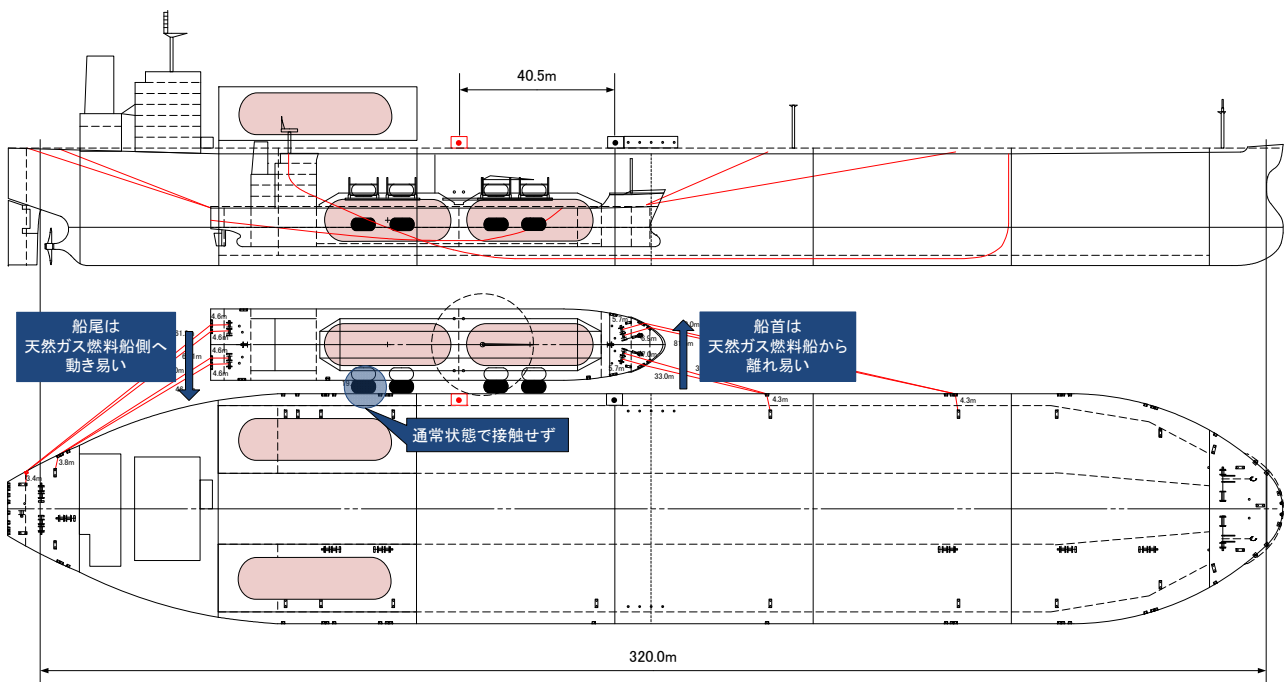
LNG バンカー船の乾舷は、従来の油バンカー船のそれと比して高くなる（図 ④-1.7 参照）。そのため、天然ガス燃料船のフレア部分に接舷・係留する場合には、LNG バンカー船の船体（特に、ハウス部分）が天然ガス燃料船の船体に接触する可能性が高くなる。

(2) 両船間のフェンダーと係船索

天然ガス燃料船の平行ボディを外れて接舷する場合、望ましい位置での接触・係留に必要な個数のフェンダーをバランス良く配置することは困難となる場合がある。併せて、係留力のバランスも崩れる場合もある。そのため、従来の油バンカーに比べ両船位置の変位が制限される LNG 燃料供給においては、船体動揺量が増大する可能性があることを認識し、必要に応じて安全対策を講じる必要がある（図④-1.8 参照）。



図④-1.7 平行ボディを外れて接舷する際の両船のイメージ



図④-1.8 本検討における平行ボディを外れた係留（船尾側係留）のイメージ

1.5.2 船間保安距離の確保

LNG バンカー船は、危険物荷役許可基準²に準じて、LNG 燃料移送中において、同船の周囲 30m 以内の水面に他船が接近しないよう船間保安距離を確保する(図 ④-1.9 参照。LNG 燃料の移送を受ける天然ガス燃料船については、船間保安距離を確保すべき対象から除く)。なお、船間保安距離の値は、必要に応じ、LNG バンカー船の大きさ、付近停泊船舶及び航行船舶の種類、大きさ、輻輳状況等を踏まえた検討を行った上で、変更することができる。

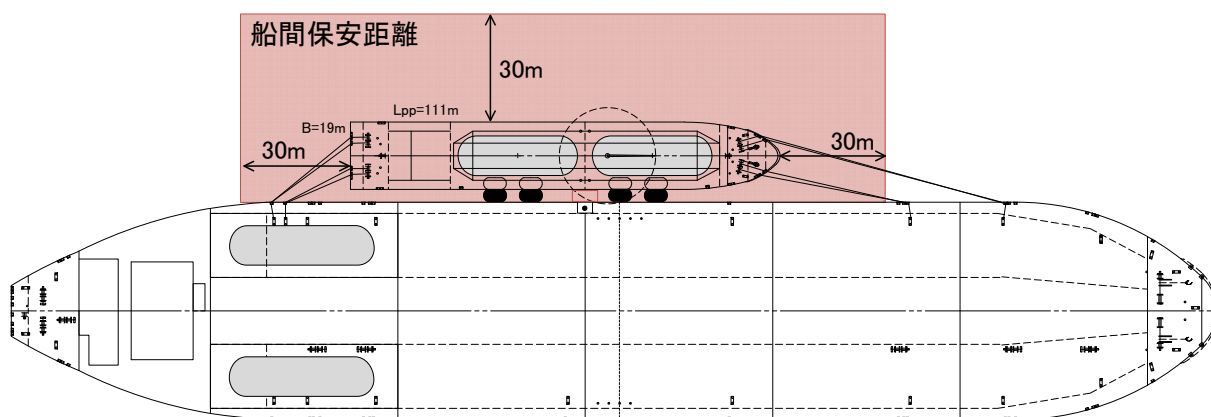


図 ④-1.9 危険物荷役許可基準の準用による船間保安距離 (例)

1.5.3 LNG 移送の中止

StS 方式で 2 船間係留中の LNG 移送については、風速 12m/sec、波高 1.0m まで安全が確保できることが確認されている。

但し、以下に示す状況が生じた場合には、LNG 移送を中止する。

- LNG の漏洩事故が発生した場合
- その他、荷役の継続が危険な事故・事象が発生した場合

1.5.4 係留の中止

LNG 移送の前後及び最中に風速が強まり、LNG 移送限界条件及び離舷条件である風速 12m/sec、波高 1.0m を超えることが予想される場合にあつては、直ちに LNG 移送を停止し、離舷後、安全な海域へ退避する。

1.5.5 係留設備に係る安全対策

係留中の安全を確保するため、以下に示す安全対策を講じる。

- 係船索を使用する側の船舶は、係船索の状況を定期的にチェックし、可能な限り係船索を均等に張り合わせる。また、必要に応じて係船索を増し取りすることにより、係

² 危険物積載船舶の停泊場所指定及び危険物荷役許可基準 (平成 17 年 10 月 11 日付保交安第 49 号)

留力を強化する。

- LNG バンカー船は、船体動揺による天然ガス燃料船への船体接触を避けるため、必要に応じて二次防舷材（ベビーフェンダーなど）を設置する。
- 両船とも、係船索のフェアリーダー接触部の損傷状況等を定期的に確認し、必要に応じて係船索の振替えや新替えを行うことにより、必要な係留力が得られるよう維持に努める。
- 両船とも、冬季に気温が低下する場所においては、寒冷地対策を実施する。

1.5.6 船体移動の防止³

不慮の船体移動を避けるため、LNG 燃料移送作業中は、両船の推進力が不用意に働かないよう、必要な措置を講じる。

1.5.7 他船航行の影響

StS 方式での LNG 燃料移送は、係留中の 2 船間の安全を確保するため、付近を船舶が航行することによる航走波の波高が 50cm 以下となり、また、吸引作用による外力が係船索の安全使用荷重を超えない海域にて実施する。

航走波及び吸引作用が大きくなる VLCC 等においては、付近航行船舶から 500m の離隔距離を確保することができれば、安全を確保できることが確認できている。

これよりも小さな離隔距離とする場合には、別途個別の検討が必要である。

1.5.8 荒天時の対応

風速等外力が強まる中で、入手した情報から 2 船間 StS 方式での LNG 移送限界条件及び離舷条件である風速 12m/sec、波高 1.0m を超えないものと予測される場合、LNG 移送統括管理責任者は、両船船長の係留継続に係る判断を踏まえ、LNG 移送継続の可否を判断する。LNG 移送の継続が困難と判断した場合にあっては、LNG 移送の停止後、離舷し、安全な海域に退避する。また、LNG 移送を継続する場合にあっては、最新の気象・海象情報に注意するとともに、天候の急変時に備え、離舷する準備を整える。

一方、気象・海象の予測情報が係留限界基準を超える場合にあっては、LNG 移送統括管理責任者の指示の下、速やかに LNG 移送の停止後、離舷し、安全な海域に退避する。

なお、荒天時に係留の継続を判断する際には、天候の急変や LNG バンカー船の離舷操船の限界を考慮し、常に安全サイドの運用を図ることとする。

³ 緊急時には早期の機関始動が必要となるため、主機関の暖機は維持する。

1.6 気象・海象情報の入手

統括管理責任者は、LNG 移送統括管理責任者（LNG バンカー船船長）及び LNG 受入統括責任者（天然ガス燃料船の船長）が StS 方式での LNG 移送に向けた離接舷操船、係留及び LNG 移送の可否を判断できるよう、（一財）日本気象協会などから精度の高い気象・海象の予測を 1 日 4 回程度、継続的に入手し、提供する態勢を整える。

また、管理責任者は、現場の気象・海象情報を継続的に収集し、LNG 移送統括管理責任者及び LNG 受入統括責任者が情報を共有するよう監督するとともに、自らもその情報を共有する。

なお、気象庁等からの予測値と現場での観測値との間には乖離が生じる場合もあることから、両者を継続的に比較するなどし、安全対策の実施遅れが生じることのないよう、気象・海象情報の把握に係る精度向上に努める。

1.7 船員体制

1.7.1 航行中の船員体制

(1) 天然ガス燃料船の船員体制

航行中の天然ガス燃料船については、燃料が重油から天然ガスに代わったものであり、従来の船員体制及び運用方法を踏襲することが基本となる。

なお、実際の運用にあたっては、IMO などでの検討結果も考慮し、決定するものとする。

(2) LNG バンカー船の船員体制

LNG バンカー船の船員については、内航 LNG 運搬船等と同様に、船員法（第 117 条の 3 など）に基づき、決定する。

1.7.2 LNG 燃料供給中の船員体制

(1) 天然ガス燃料船の船員体制

天然ガス燃料船における LNG 燃料供給中の船員体制について、船内では LNG を燃料として使用することから、貨物を焚く LNG 運搬船とは異なり、従来の重油燃料と同様に機関士が中心となって管理することとする。これにより、本船荷役は航海士を中心に実施することが可能となることから、人員の観点においては、天然ガス燃料船は本船荷役と並行して、LNG 燃料の供給を受けることが可能となる。また、人員は従来の外航船と同人数にて対応可能なものと思料する。

(2) LNG バンカー船の船員体制

LNG バンカー船については、従来の LNG 運搬船同様、航海士が中心となり、貨物（LNG）を管理・取り扱う。

1.8 船員の教育訓練

天然ガス燃料船及び LNG バンカー船のすべての乗組員は、乗船前に LNG に関する防災知識を得ておく必要がある。特に LNG 移送作業を担う天然ガス燃料船の機関部及び LNG バンカー船の甲板部については、LNG 燃料移送のすべての場面における習熟訓練を受けておく必要がある。また、船員法第 117 条の 3 に基づき、LNG バンカー船の船長、一等航海士又は運航士、機関長及び機関士又は運航士等については、危険物等取扱責任者としての認定を受けた者を充てる必要がある。

なお、天然ガス燃料船の乗組員の教育訓練については現在 IMO における検討が行われていることから、当該検討の結論が得られた際には、その結論及びそれに基づき整備される国内法令、基準等に従うものとする。

1.9 緊急時対応

以下に StS 方式での LNG 移送の実施に係る緊急時対応を示す。

なお、本検討においては、緊急離棧を想定した離舷シミュレーション（曳船等の支援を受けずに自力で離舷）を実施しており、風速 12m/sec、波高 1.0m までであれば、安全に離舷可能なことが確認されている。但し、本検討にて対象とした 2 軸 2 舵の船舶、または 1 軸シリングラダーの船舶よりも操船性能が劣る推進器の場合にあっては、この限りではない。

また、ここでの緊急時対応については、StS 方式での LNG 移送を対象としているため、天然ガス燃料船の荷役及び係留の安全性については、利用する港湾及び着岸・着棧する係留施設の運用基準に従うものとする。

1.9.1 船舶火災発生時の対応

火災が発生した場合には以下に示す対応を取る。

- ① 火災の発生を発見した第一発見者は、直ちに船長に状況を伝達する。
- ② 船長は、直ちに ESD を作動させ、移送作業を中止する。
- ③ 汽笛を鳴らし、緊急事態の発生を両船乗組員及びその他周囲の者に知らせる。
- ④ 両船は、上甲板又は LNG 受入マニホールドへ通ずる扉の閉止、換気ファンを停止し、船内にガスが進入しないように各種開口部を閉鎖するとともに、火気管理を再度徹底する。
- ⑤ 両船は、直ちに防火部署配置をとり、消火活動を開始する。
- ⑥ 必要に応じてウォータースプレーを作動させる。
- ⑦ 海上保安部、消防署、警察署、港湾管理者等の関係行政機関へ通報する。
- ⑧ 無線、船外スピーカー等によって他船の接近を防止する。

1.9.2 他船の異常接近及び衝突時の対応

(1) 周囲航行船舶への注意喚起

LNG バンカー船は、周囲の航行船舶に対して LNG 燃料移送作業中であることが分かるように、天然ガス燃料船と接舷している反対舷に横断幕を掲げ、注意喚起を行う。

夜間に LNG 燃料移送を行う場合には、十分な照明を確保し、周囲航行船舶が当該横断幕を認識できるようにする。

また、海域や航行船舶の状況等を勘案し、必要に応じて VHF の使用等により周囲の船舶に対して注意喚起を行う。

なお、StS 方式での LNG 移送中の見張りについては、LNG バンカー船からではより大型な天然ガス燃料船が障害となる可能性が高いことから、主に天然ガス燃料船の当直航海士が担うものとする。

(2) 衝突時の対応

StS 方式での LNG 移送中、十分な対策を講じたにも関わらず、衝突を受けた際には、関係官庁等へ通報する。また、衝突により、火災等が発生した場合には、前項に基づき、適切な消火処置を講じる。

1.9.3 係留関連機器損傷時の対応

StS 方式にて LNG 移送中に係留関連機器が損傷した場合、予備の機器があり、かつ適切に使用できる場合には、その機器を使用して原状回復を目指す。適切に使用可能な予備の機器が存在しない場合には、風や波などの外力を考慮し、LNG 移送統括管理責任者は LNG 受入統括責任者の意見を参考にしつつ、LNG 移送の中止や離舷を判断する。

1.9.4 地震・津波対策

(1) 地震・津波発生時の情報収集

地震を感じたら直ちに地震・津波情報の収集に努める。地震・津波情報は気象庁から発表され次第、海上保安庁を通じて NAVTEX で受信されるため、天然ガス燃料船及び LNG バンカー船は、これを聴取する。その際、情報は記録紙に自動的にプリントされるとともに、受信をアラームで通知する設定も可能であるため、必要に応じて活用する。

海上にあつては、自船では地震を感知できない場合もあり、また、容易に地震情報入手できない場合もあることから、NAVTEX に加え、天然ガス燃料船にあつては船舶代理店から、LNG バンカー船にあつては運行会社から、衛星電話などにより直ちに地震・津波情報入手できる体制を構築しておくことが必要である。

(2) 地震津波発生時の対応

どちらかの船舶が地震・津波情報を受信した場合には、直ちに両船間で情報を共有する。

津波注意報または警報が発表された場合、両船船長は、直ちに LNG 燃料移送を中止するとともに、必要に応じて移送ホース/アームの切り離し、緊急離舷の実施要否を判断する。

(3) 津波発生時に備えた対策

移送ポンプの停止、ホース/アーム及びラインのパージ、バルブ閉止及びホース/アーム切り離し等の作業を迅速かつ安全に行えるよう訓練しておくとともに、一連の作業に要する時間を把握しておく。

また、状況によっては、ESD や ERS の発動による移送の緊急停止・ホース/アームの切り離しも想定されることから、これらに係る訓練を平素から実施することにより、作業自体の熟度を高めるとともに、切り離しに要する手順・時間も確認・把握しておく。

特に LNG バンカー船は LNG 燃料移送の作業頻度が高く、より高い練度が期待できることから、天然ガス燃料船に対して、的確な指示が出せるようにしておくことが必要である。

2 参考資料

2.1 検討対象船舶

本検討においては、検討結果を可能な限り一般化（船種船型を問わない）することを念頭に置き、天然ガス燃料船と LNG 燃料供給船（LNG バンカー船）を想定した。具体的に設定する検討対象船型を以下に示す。

2.1.1 天然ガス燃料船

(1) 要目

天然ガス燃料船の場合、LNG 移送に向けた運用作業においては乾舷が 1 つの重要な要素と成り得ることから、載可状態による乾舷差が最も大きい VLCC を検討対象船として設定した。また、StS 方式での LNG 移送においては、2 船が洋上で係留することが重要となることから、乾舷が高く、受風面積が大きな PCC を対象船として設定した。

本調査においては、VLCC 及び PCC について、表 ④-2.1 に示す主要目の本船を検討対象として設定した。両船の概要を図 ④-2.1 及び図 ④-2.2 に示す。

表 ④-2.1 検討対象とする天然ガス燃料船（VLCC 及び PCC）の主要目

	天然ガス燃料船	
	VLCC	PCC
垂線間長(m)	320.0	192.0
型幅(m)	58.0	32.3
型深さ(m)	29.0	35.0
満載喫水(m)	20.5	9.6
タンク容量(m ³)	5,000	5,000

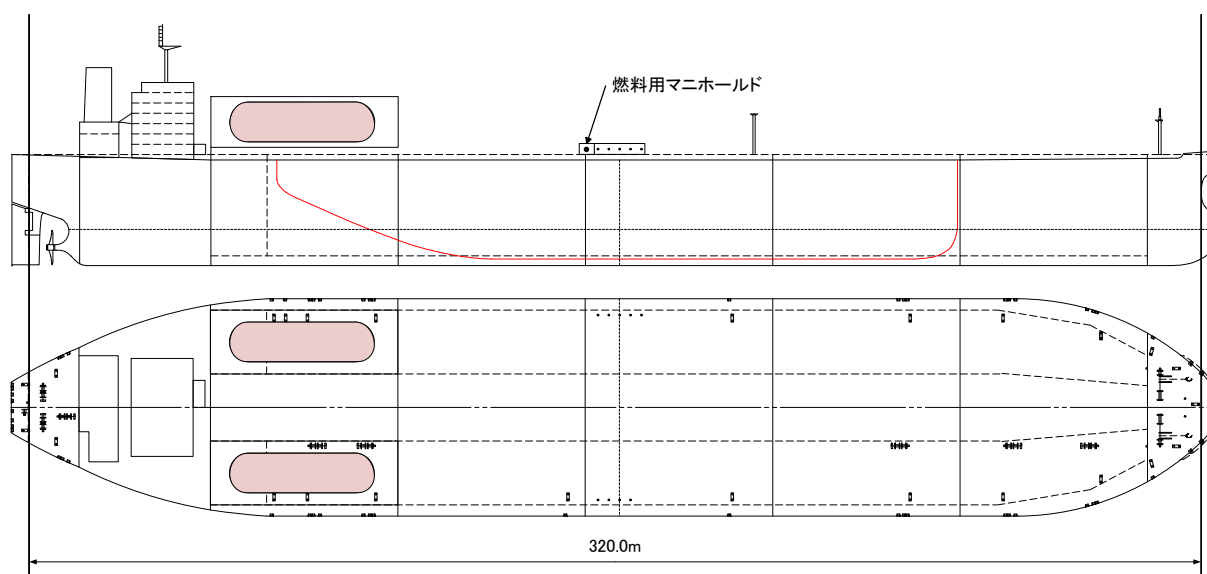


図 ④-2.1 検討対象とする天然ガス燃料船（VLCC）

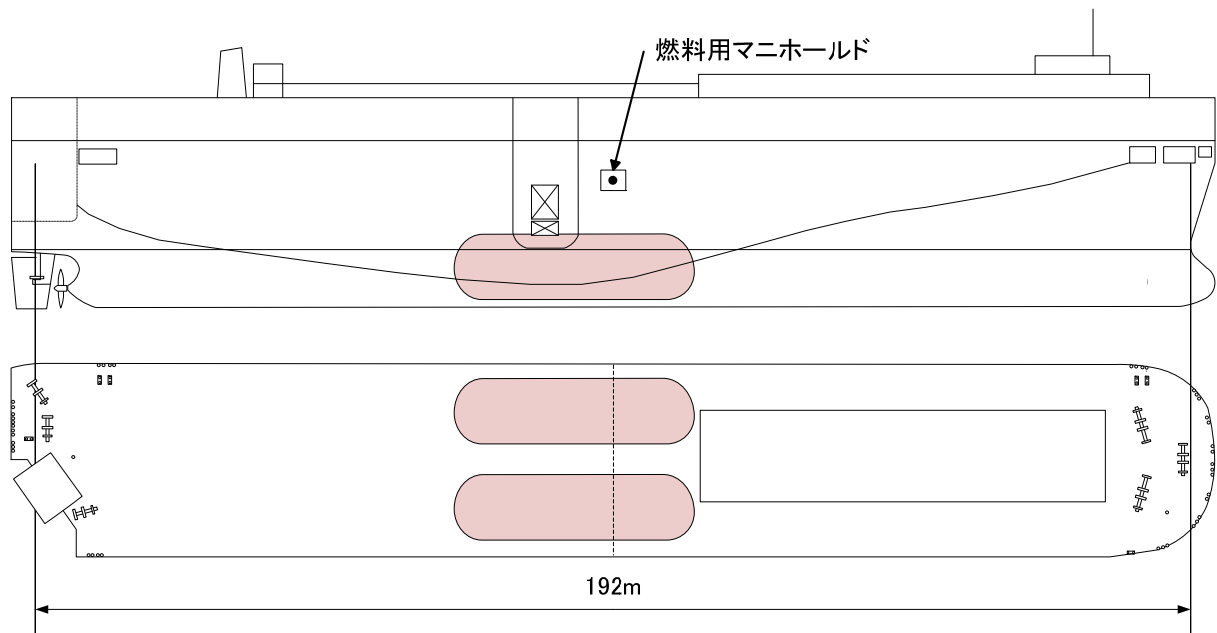


図 ④-2.2 検討対象とする天然ガス燃料船 (PCC)

2.1.2 船体構造及び安全設備

天然ガス燃料船の船体構造及び安全設備については、現在 IMO において議論されている IGF コードで定められた要件を満たすことを前提とした。

2.1.3 運航形態

国内法規上、LNG を燃料とする天然ガス燃料船については、危険物運搬船には該当しないため、一般商船と同様の扱いを前提とした。

2.2 LNG バンカー船

2.2.1 要目

LNG 供給船（バンカー船）については、既存内航 LNG 船相当船とともに、大型天然ガス燃料船がより大型の LNG 燃料タンクを搭載することを想定し、タンク容量を 5,000m³にまで拡大した本船を検討対象とした。

本調査においては、表 ④-2.2 に示す主要目の本船を検討対象として設定した。両船の概要を図 ④-2.3 及び図 ④-2.4 に示す。

表 ④-2.2 検討対象とするバンカー船の主要目

	バンカー船	
	バンカー専用設計船	内航LNG相当船
垂線間長(m)	111	80
型幅(m)	19	15
型深さ(m)	10	7
満載喫水(m)	5	4
タンク容量(m ³)	5,000	2,500
推進器	2軸2舵可変ピッチ	1軸1舵可変ピッチ
舵	普通	シリング
バウスラスト(トン)	10	5

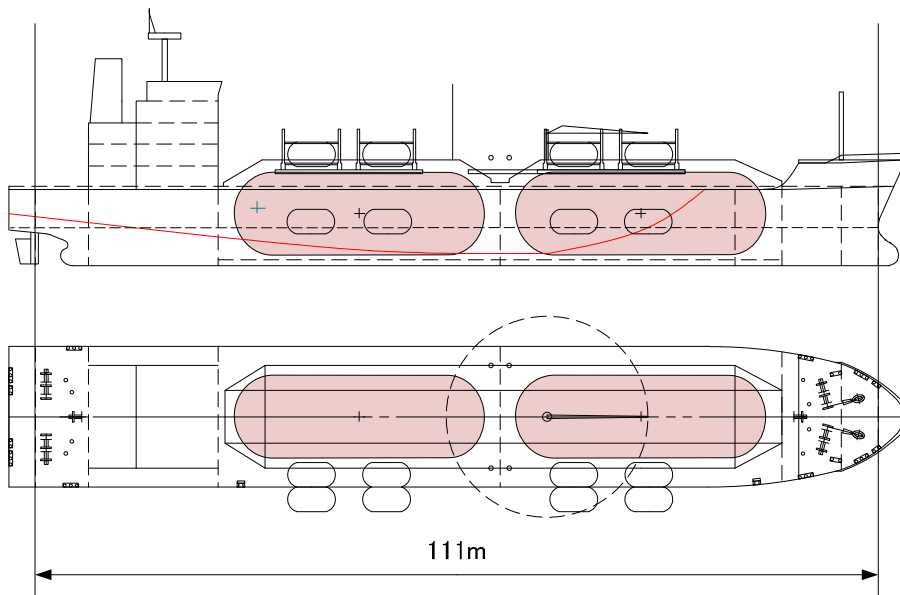


図 ④-2.3 検討対象とする LNG バンカー船

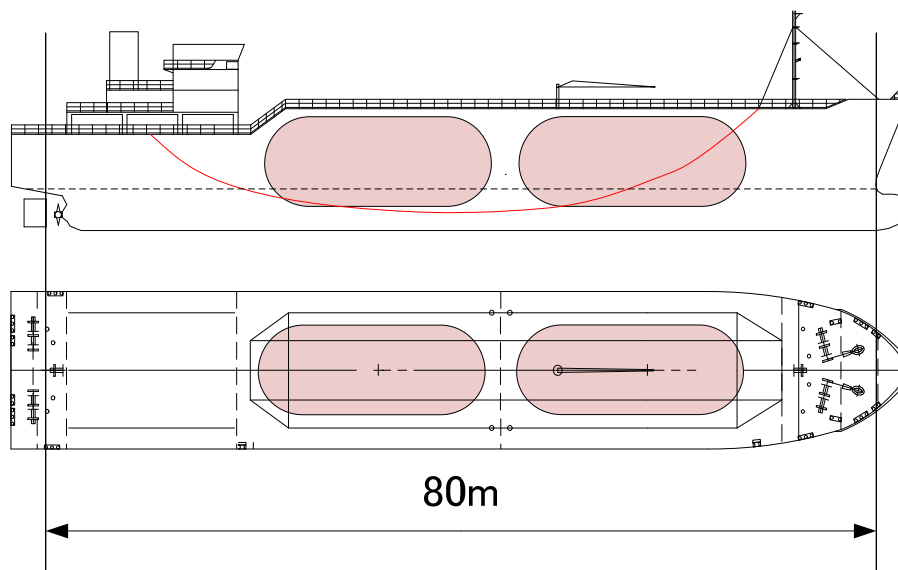


図 ④-2.4 検討対象とする既存内航 LNG 船相当船

2.2.2 船体構造及び安全設備

LNG バンカー船の船体構造及び安全設備については、船舶安全法に基づく危険物船舶運送及び貯蔵規則第 3 章及び IGC コードの要件を満たすことを前提とした。

2.2.3 運航形態

国内法規上、危険物運搬船に該当するため、当該船舶の運航にあたっては関係法令に基づき十分な安全性を確保する必要があることを前提とした。

検討結果⑤

Ship to Ship 方式 LNG 燃料移送に係る
海上防災対策

Ship to Ship 方式 LNG 燃料移送に係る海上防災対策

1 海上防災対策

1.1 LNG 移送系統

LNG の移送作業に当たっては、天然ガス燃料船及び LNG バンカー船のマニホールドにおいて液 1 条、ガス 1 条の計 2 条の移送ホース、あるいは、移送アームを接続し、これを用いて LNG の液移送及びガスの返送を行うことが想定されている。

また、移送ホースの直径は 8 インチ (200mm)、移送アームの直径は、10 インチ (250mm) と想定されている。

安全対策として、突風などにより両船が離れるような場合に、LNG 移送ポンプを停止するとともに移送ホースあるいは移送アーム両端の緊急遮断弁を閉止するための ESD (緊急遮断システム)、移送ホースあるいは移送アームを切り離すための ERC (緊急切離しカップリング) といった安全設備が使用されるものと考えられる。

VLCC と LNG バンカー船間における移送ホースの接続図を図 ⑤-1.1 に、移送アームの接続図を図 ⑤-1.2 に示す。

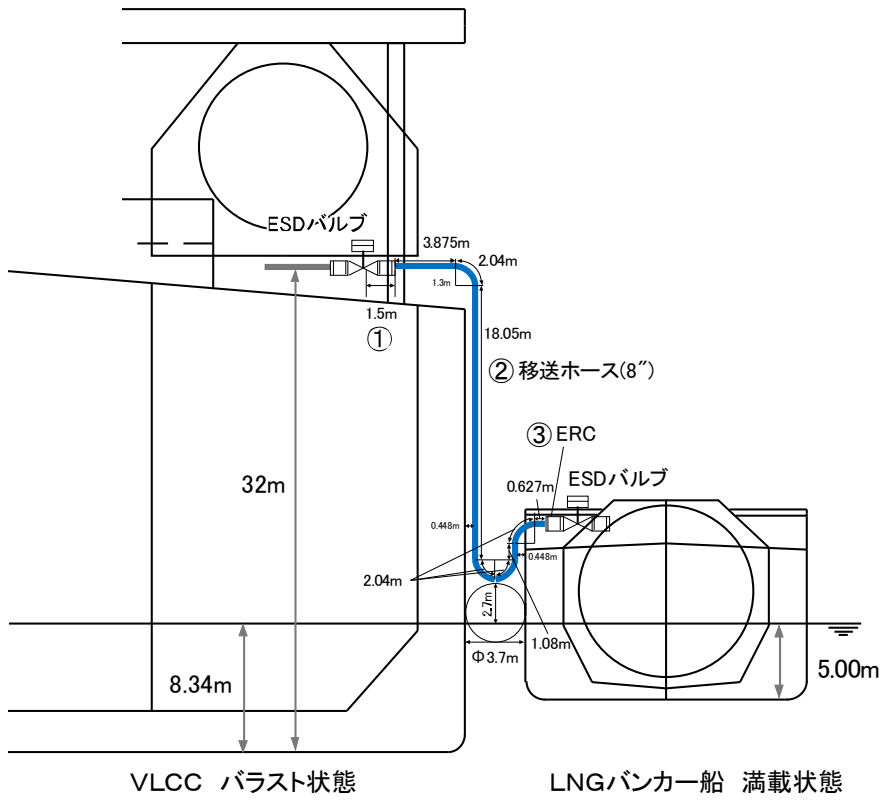
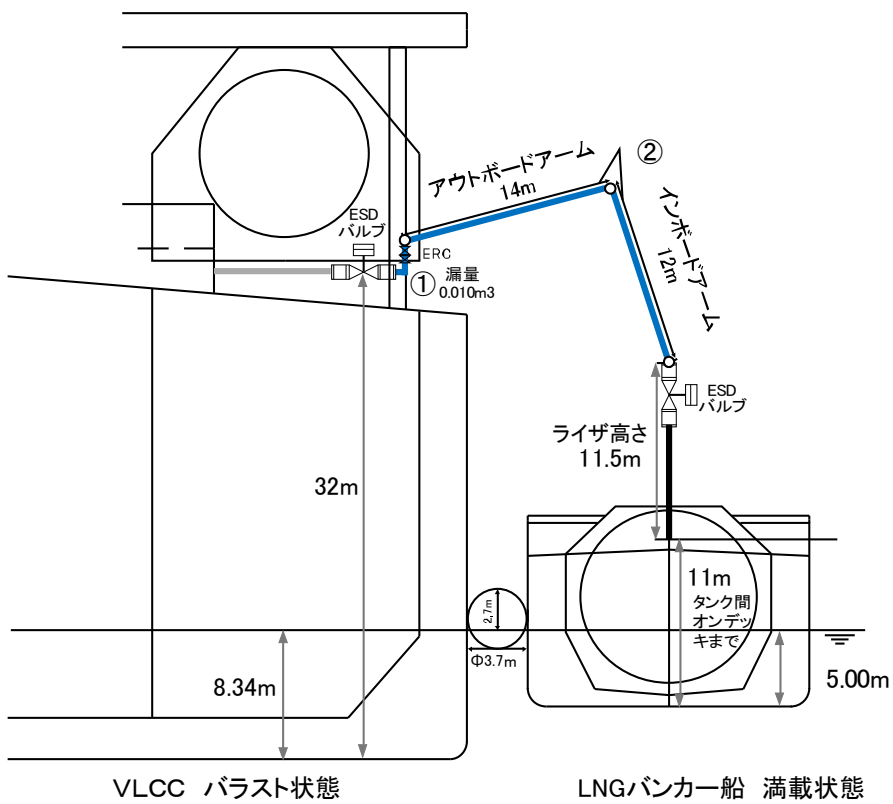


図 ⑤-1.1 移送ホースの接続図



※移送アームはLNGバンカー船側に設置されると想定した

図 ⑤-1.2 移送アームの接続図

1.2 LNG 移送作業

LNG バンカー船及び天然ガス燃料船（VLCC）の移送作業フロー及び移送作業の内容を以下に示す。

(1) LNG 移送作業フロー

LNG 移送作業のフローの例を図 ⑤-1.3 に示す。



図 ⑤-1.3 LNG 移送作業フロー (例)

(2) LNG 移送作業

LNG 移送作業の例を以下に示す。

① 接舷前準備

LNG バンカー船は、天然ガス燃料船の錨泊、あるいは、岸壁、棧橋での係留状態を確認する。また、LNG 移送のためのライン形成とラインクールダウン作業を進め、LNG 移送ホース送り出しの準備/アーム繰り出しの準備/資機材等の準備作業を実施する。さらに、天然ガス燃料船への接舷・係留のための準備として、係留索の送り出し、防舷材の降下などの準備を実施する。

天然ガス燃料船では、LNG 受入のためのライン形成を進め、クレーンによるホース吊り上げ準備/フランジ接続準備/LNG バンカー船接舷・係留のための準備を実施する。

② 接舷

LNG バンカー船においては、接舷操船、係留索繰り出し、天然ガス燃料船においては、係留索のビット取り作業を実施する。

③ 係船

LNG バンカー船においては、係留位置を確認しながら係留索の巻き締め作業を実施し、主機関停止後に主機関インターロックを確認する。

④ LNG 移送準備

a) 諸ケーブル接続

LNG バンカー船より、通信ケーブル、ESD/ERC 電気ケーブルを繰り出し、天然ガス燃料船においては、各ケーブルの受け取り・接続作業を実施する。

b) 船間通信テスト

通信ケーブル、トランシーバによる両船間の通信テストを実施し、結果を記録する。

c) 移送前ミーティング

天然ガス燃料船に LNG バンカー船の LNG 移送関係者が乗船し、LNG 移送量、タンクの状態、移送手順、スケジュール、天候状態、安全対策について、関係者間で確認する。

d) LNG 移送ホース/アーム接続

天然ガス燃料船側でマニホールド・クレーンを操作して LNG 移送ホースの端部を LNG バンカー船から吊り上げ、フランジ接続する。

e) ERC 作動テスト

ERC の作動テストを実施して結果を記録する。

f) O₂ パージ/リークチェック

天然ガス燃料船側から N₂ ガスを供給して移送ホース/アーム内の昇圧/落圧を繰り返すことによりホース/アーム内の空気を N₂ で置換する。併せて、昇圧時に接続フランジ部のソープテスト（ガスリークチェック）を行う。

g) 前尺

天然ガス燃料船においては、定められた手順に従って前尺（LNG 受入前検量）を実施する。LNG バンカー船においても前尺を実施する。

h) ESD テスト（ホット状態）

定められた手順に従い、両船とも常温状態での ESD の作動テストを実施し結果を記録する。

i) 天然ガス燃料船 LNG タンク落圧

天然ガス燃料船の LNG タンク内の BOG を LNG バンカー船側に送出し、天然ガス燃料船の LNG 燃料タンクの圧力を降下させる。但し、タンクタイプの組合せ等により、送出できない場合にあつては、船内で燃焼等により処理する。

j) ウォーター・カーテン開始

天然ガス燃料船及び LNG バンカー船の双方において、ウォーター・カーテン設備による船体外板散水を開始する。

⑤ クールダウン

a) LNG 移送ホース/アーム、天然ガス燃料船ラインクールダウン

LNG バンカー船のスプレーポンプを起動し、LNG 移送ホース/アーム（液）と天然ガス燃料船の液ラインのクールダウンを実施する。

b) ESD テスト（コールド状態）

定められた手順に従い、両船とも低温状態での ESD の作動テストを実施し結果を記録する。

c) 天然ガス燃料船タンククールダウン

天然ガス燃料船のタンククールダウンを実施する。

⑥ LNG 移送

a) LNG 移送開始

LNG 払出/受入ライン形成終了後、LNG バンカー船のスプレーポンプを起動し、LNG 移送を開始する。LNG 移送ホース/アーム及び液ラインについて随時リークチェックを実施する。

b) レートアップ

LNG バンカー船の LNG ポンプを起動し、LNG ポンプによる送液を開始する。スプレーポンプを停止する。LNG ポンプ吐出弁開度調整により徐々にレートアップし、LNG 移送ホース/アーム及び液ラインについて随時リークチェック

を実施する。

c) 定常レート

LNG バンカー船ではポンプレートをセットし、送液ライン、LNG 移送ホース/アームの状態及びタンクレベル、タンク圧を継続監視する。天然ガス燃料船では、受入流量を確認するとともに、LNG 移送ホース/アーム、受入ライン及びタンクレベル、タンク圧を継続監視する。BOG については返送、または天然ガス燃料船内での燃焼処理等を実施する。

d) レートダウン

天然ガス燃料船のタンク液位が所定のレベルに達したら、LNG バンカー船の LNG ポンプ吐出弁開度調整により徐々にレートダウンする。天然ガス燃料船では燃料タンクの液位を調整するため、受入タンクの切換操作を実施する。

e) 積み切り

天然ガス燃料船のタンク液位が所定のレベルに達したら、LNG バンカー船の LNG ポンプを停止し、マニホールドでの液流れの停止を確認する。

⑦ LNG 移送後作業

a) 液パージ

天然ガス燃料船からベーパーまたは N_2 を供給して液パージを行う。ホース内の残液を LNG バンカー船へ回収する。

b) メタンパージ

天然ガス燃料船側から N_2 ガスを供給して LNG 移送ホース/アーム内の昇圧/落圧を繰り返すことによりホース内のベーパーを N_2 で置換する。

c) 後尺

定められた手順に従って後尺（LNG 移送後検量）を実施する。

d) LNG 移送ホース/アーム切離し

天然ガス燃料船側で LNG 移送ホース端部のフランジを切離し、天然ガス燃料船側でマニホールド・クレーンを操作してこれを LNG バンカー船に収納させる。

e) ウォーター・カーテン停止

LNG バンカー船及び天然ガス燃料船の双方において、ウォーター・カーテン設備による船体外板散水を停止する。

f) ERC 作動停止

ERC の作動を停止する。

g) 手仕舞い

LNG バンカー船では、通信ケーブル、ESD/ERC 電気ケーブルの切離し・収納作業を実施する。

h) 移送後ミーティング

天然ガス燃料船に LNG バンカー船の LNG 移送関係者が乗船し、LNG 移送

作業の結果につき関係者間で確認する。

⑧ 離舷

主機関テスト実施後、係留索を解らんし、離舷/出港操船を実施する。

1.3 LNG 移送作業安全管理体制

LNG バンカー船及び天然ガス燃料船による LNG 移送作業における「接舷」、「係船」、「LNG 移送」、「離舷」の安全を確保し、LNG 移送の円滑な運用を図るため、両船において、それぞれ安全管理体制を構築することが重要である。

両船の船長は、LNG バンカー船の着離舷時の乗組員配置体制及び LNG 移送中の LNG 移送の安全管理体制を立てるとともに、移送に当たっては、作業工程確認のほか、気象・海象等必要な情報の交換を行い、LNG 移送の安全を確保する必要がある。

LNG 移送作業の安全管理体制の例を図 ⑤-1.4 に示す。

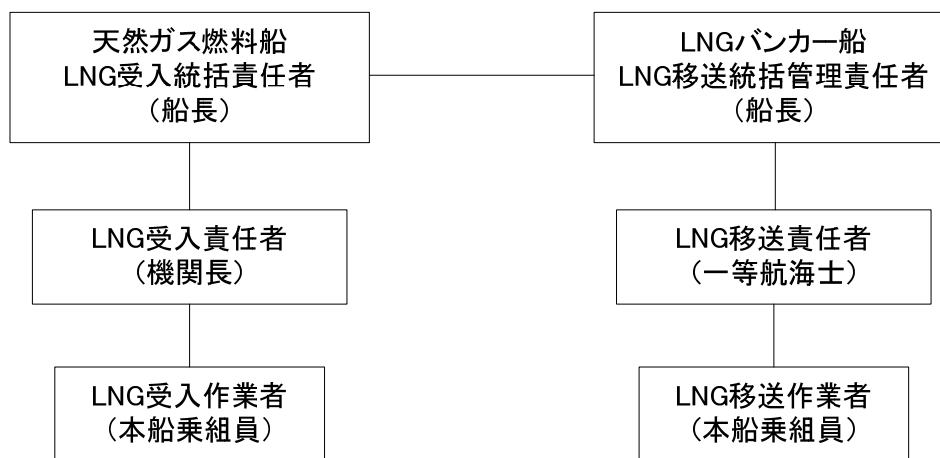


図 ⑤-1.4 LNG 移送作業の安全管理体制 (例)

(1) 天然ガス燃料船及び LNG バンカー船の LNG 移送管理体制

① 天然ガス燃料船

a) LNG 移送統括責任者 (船長)

天然ガス燃料船における最高責任者として、LNG バンカー船の接舷・係留・離舷に関する最終的な意志決定を行う。また、天然ガス燃料船上における LNG 移送作業の安全に関する業務を統括する。

- b) LNG 移送責任者（機関長）
天然ガス燃料船の LNG 受入に関する責任者として、担当機関士を指揮し、天然ガス燃料船上における LNG 受入作業に関し責任を負う。
- c) LNG 移送作業員（本船乗組員）
天然ガス燃料船の LNG 受入の作業員として、LNG 受入作業を実施する。

② LNG バンカー船

- a) LNG 移送統括管理責任者（船長）
LNG バンカー船における最高責任者として、LNG バンカー船の接舷・係留・離舷に関する最終的な意志決定を行う。また、LNG バンカー船上における LNG 移送作業の安全に関する業務を統括管理する。
- b) LNG 移送責任者（一等航海士）
LNG バンカー船の LNG 移送に関する責任者で、甲板部及び担当機関士を指揮し、LNG バンカー船上における LNG 移送作業に関し責任を負う
- c) LNG 移送作業員（本船乗組員）
LNG バンカー船の LNG 移送の作業員として、LNG 移送作業を実施する。

(2) LNG 移送前の安全対策

天然ガス燃料船及び LNG バンカー船の船長は、ISO TC67（石油・石油化学及び天然ガス工業用材料及び装置）の WG10（LNG 設備の国際規格）PT1（船舶燃料用 LNG 積込装置）にて策定が進められている「船舶への LNG 燃料供給に係るシステム及び設備ガイドライン」（Guidelines for systems and installations for supply of LNG as fuel to ships）を基に、「LNG 船間移送ガイドライン」（LNG Ship to Ship Transfer Guidelines : SIGTTO）などを参考にし、以下のようなチェックリストを作成し、LNG 移送の前に安全確認を行うことが重要である。

- a) LNG 移送作業初回開始前の各船固有情報チェックリスト
- b) LNG 移送作業開始直前の作業開始前安全チェックリスト
- c) LNG バンカー船が接舷する前の接舷係留前安全チェックリスト
- d) LNG 移送前安全チェックリスト
- e) LNG バンカー船が離舷する前の解らん前安全チェックリスト

(3) LNG 移送作業における確認事項

① LNG バンカー船の接舷作業前準備

- 継続的な気象・海象情報及び今後の予測の把握
- 接舷する LNG バンカー船の接舷予定時刻の確認
- LNG バンカー船接舷時のコンディション（喫水、タンク圧等）の確認
- LNG バンカー船接舷のための準備（フェンダーの吊り下げ、係留索の受け取

り準備等)が完了しているかの確認

- LNG バンカー船の機器類が正常であるかの確認
- LNG バンカー船の人員配置の確認
- 両船による通信の確認
- 両船船長による接舷準備が完了したことの確認

② LNG 移送準備作業

- LNG バンカー船の着舷の確認
- 両船の係留索が確実に展張されているかの確認
- 通信テストを実施したか、その結果の確認
- LNG 移送ホースの受け渡し/アーム接続の準備ができているかの確認
- 移送ホース/アームの接続は良好かの確認 (無理な曲げ角になっていないか)
- ESD/ERC のテストを実施したか、その結果の確認
- 両船の消防設備がスタンバイ状態にあるかの確認
- 両船の船体保護のための水幕準備ができているかの確認
- クールダウンは良好かの確認
- 両船船長による LNG 移送作業準備が完了したかの確認

③ LNG 移送作業の実施

- 液移送速度・タンク液位の監視とラインの液漏れがないかの確認
- 両船のタンク圧は正常かの確認
- 定期的なガス検知が実施されていることの確認

④ LNG 移送後作業の実施

- 移送ホース/アームの切離し準備が完了しているかの確認
- 液ライン及びベーパーラインの切離しの確認

⑤ LNG バンカー船の解らん

- LNG バンカー船のエンジンがスタンバイになっているかの確認
- 係留索の取り外しの準備ができているかの確認
- LNG バンカー船の離舷の確認

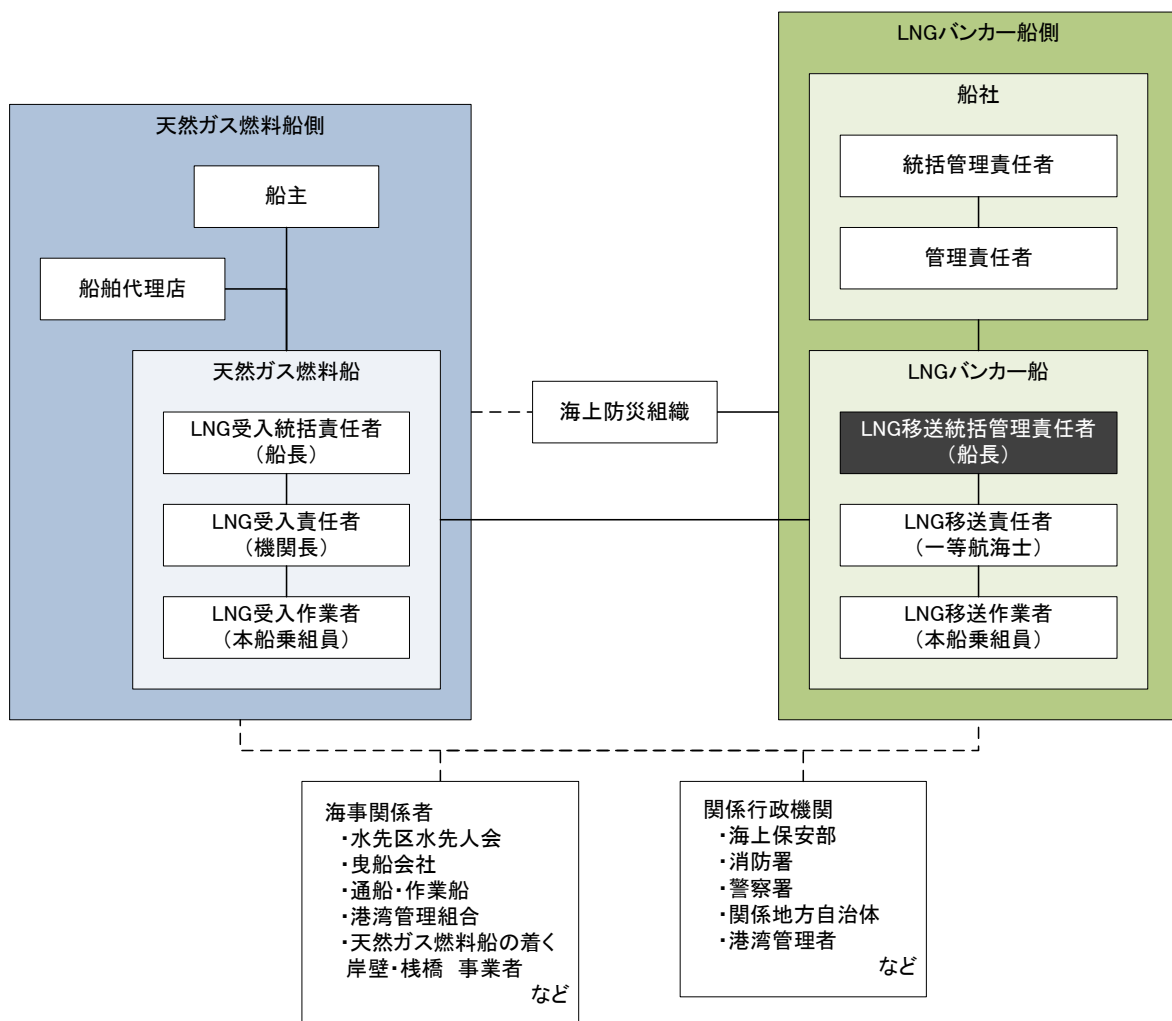
⑥ その他

- 各作業ステップ毎にチェックリストに従った点検が実施されているかの確認

1.4 海上防災体制

天然ガス燃料船及びLNGバンカー船の乗組員は、LNG移送作業中に両船若しくはどちらかの船に重大な影響を及ぼすようなLNGの漏洩、火災、油の排出、船舶の接触その他の事態（以下、「緊急事態」という。）が発生した場合、直ちに必要な措置を講ずるとともに、互いに協力して被害を最小限に止めることができるようにしなければならない。

LNGタンカーのように受入基地側の支援を受けることが可能である専用バースにおいて荷役（移送）することが望ましいところだが、同専用バース以外でのLNG移送にあっては、LNGの漏洩あるいは火災などの緊急事態に対処できるよう、海上防災組織との連携体制を組む等、万全の体制整備を行うことも必要と考える。



※実線は実施毎、点線は必要に応じて連絡体制を構築することを示す

図 ⑤-1.5 LNG移送作業防災体制（例）

1.5 LNG バンカー船及び天然ガス燃料船の消火設備・消防体制

(1) LNG バンカー船の消火設備・消防体制

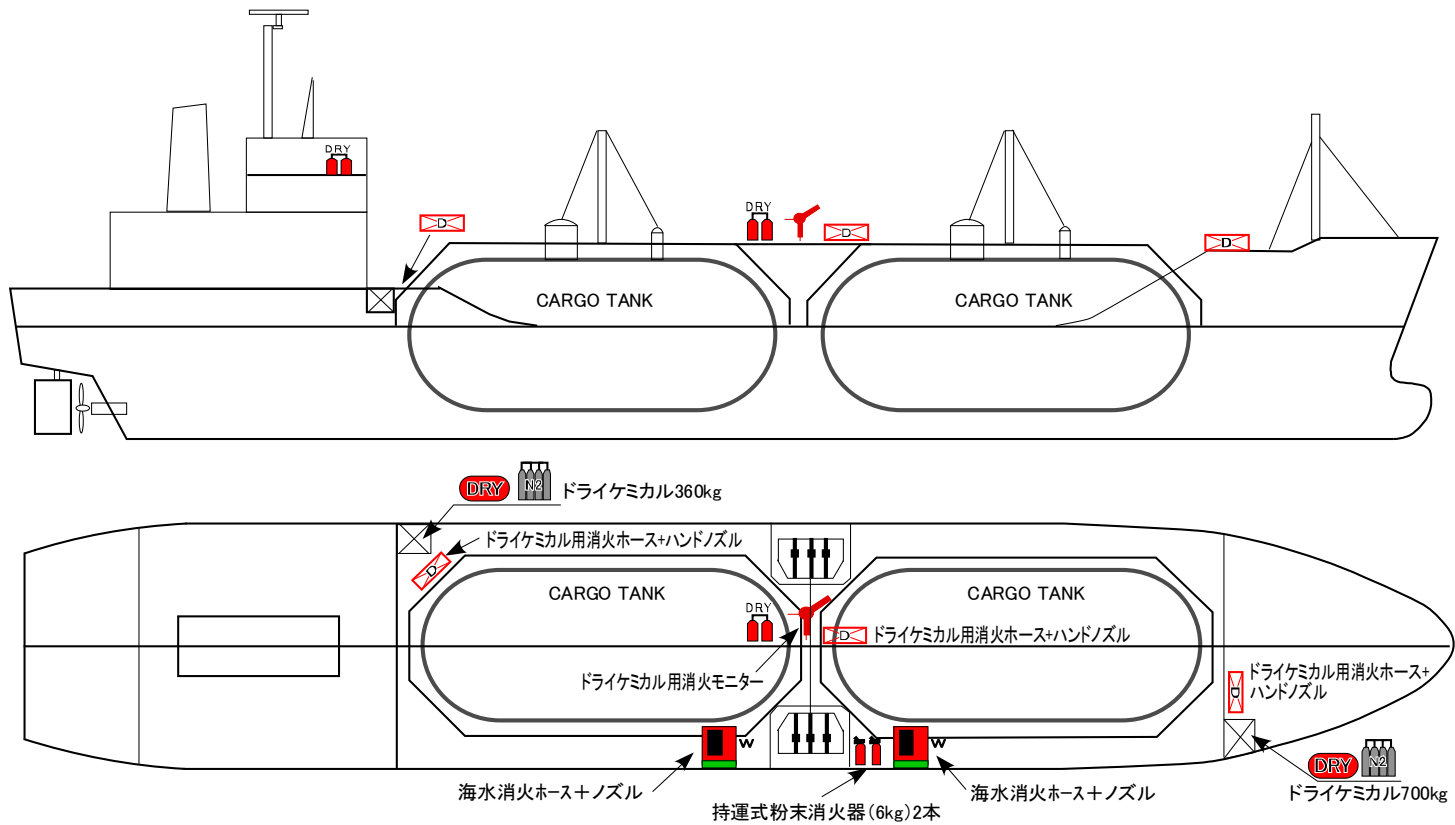
LNG バンカー船については、船舶安全法、危険物船舶運送及び貯蔵規則が適用されるものであり、既に就航している内航 LNG タンカーと同様の消火設備が設置されることになるものと思料する。

また、平成 23 年及び平成 24 年の冬季に苫小牧東港で行われた外航 LNG タンカーと内航 LNG タンカーの間における StS 実施時の消火体制は、マニホールド付近において、海水消火栓から 2 条のホースを展張し、固定式粉末消火モニター及び粉末消火装置用ハンドノズル 1 個を直ちに使用できるようにしておくとともに、持ち運び式粉末消火器 2 本を準備しておくというものであった。

LNG バンカー船の LNG 移送作業中の消防体制については、既に実績のある苫小牧 StS を参考とすべきと考える。苫小牧 StS 実施の際の内航 LNG タンカーの消火設備のスタンバイの例を図 ⑤-1.6 に示す。

【苫小牧 StS を参考とした LNG 移送作業中の LNG バンカー船の消防体制】

- a) LNG バンカー船のマニホールド付近において定期的にガス検知を実施する。
- b) LNG バンカー船のマニホールド付近に持ち運び式粉末消火器 (6kg 入×2 本) を直ちに使用できるように準備する。
- c) LNG バンカー船のマニホールド付近の海水消火栓からホースを展張し、2 条の射水を直ちに使用できるように準備する。
- d) LNG バンカー船の固定式粉末消火装置用モニター 1 台のカバーを取り外し、マニホールドに向け直ちに使用できるように準備する。
- e) LNG バンカー船の粉末消火装置用ハンドノズル 1 個を直ちに使用できるように準備する。



記号	名称	数量	設置場所	記号	名称	数量	設置場所
DRY 🔥	ドライケミカルスターター	1	操 舵 室	DRY	ドライケミカルタンク	1	船首ドライケミカルタンク室
		1	船楼甲板間歩路(中央)			1	船尾ドライケミカルタンク室
🔥	ドライケミカル用消火モニター	1	船楼甲板間歩路(中央)	N2 🔥	N2ボトル (ドライケミカルスターター用)	-	船首ドライケミカルタンク室
🔥	ドライケミカル用消火ホース+ハンドノズル	3	必要設置場所			-	船尾ドライケミカルタンク室
🔥 w	海水消火ホース+ノズル	2	上甲板	🔥	持運式粉末消火器(6kg)	2	上甲板

図 ⑤-1.6 苫小牧 StS の際に内航 LNG タンカーがスタンバイした消火設備

(2) 天然ガス燃料船の消火設備・消防体制







天然ガス燃料船の消火設備については、現在、IMO で議論されている IGF コードで定められた設備を基に、LNG の移送作業中においては適切な消防体制がとられるべきものとする。

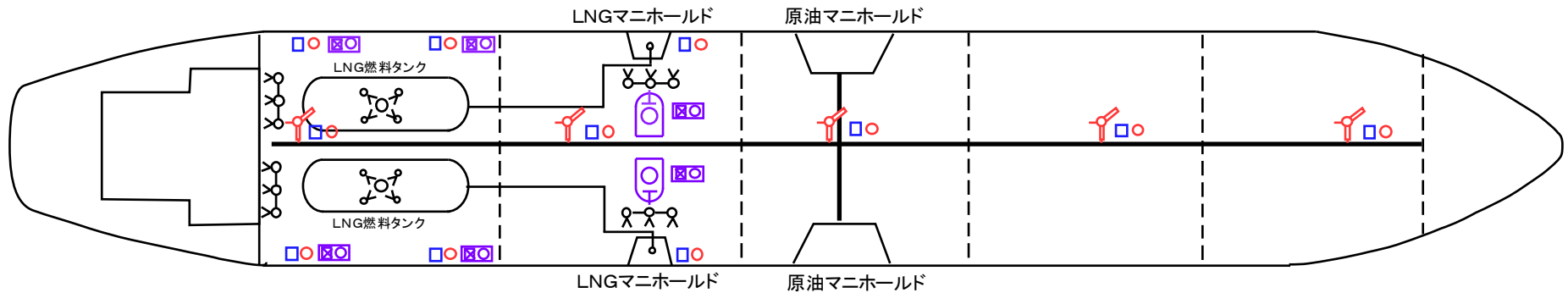
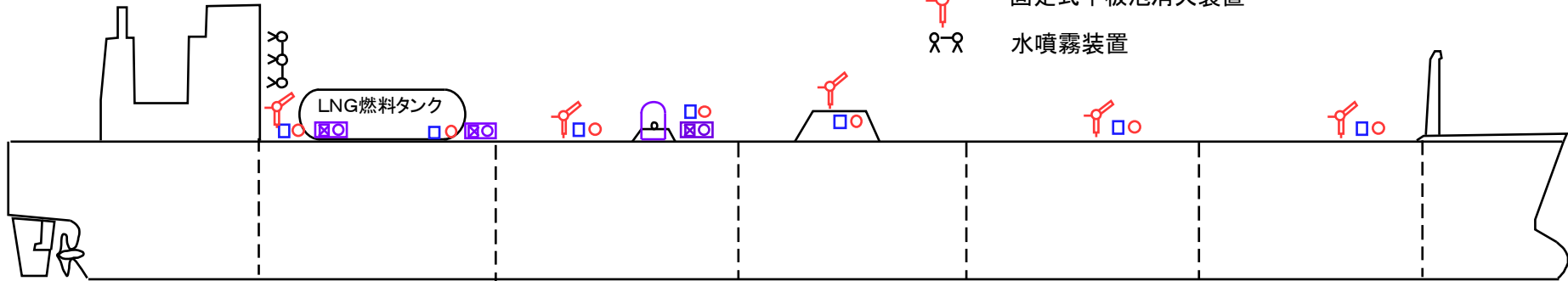
LNG 移送作業中の消防体制としては、少なくとも LNG を受入れる燃料マニホールド付近においては、バンカーステーションで LNG の漏洩可能性があるエリアに粉末消火システムを設置し、更に持ち運び式粉末消火器を直ちに使用できるよう準備することが必要とする。

天然ガス燃料船(VLCC)の消火設備の配置例を図 ⑤-1.7 に、天然ガス燃料船 (PCC) の消火設備の配置例を図 ⑤-1.8 に示す。

【LNG 移送作業中の天然ガス燃料船の消防体制】

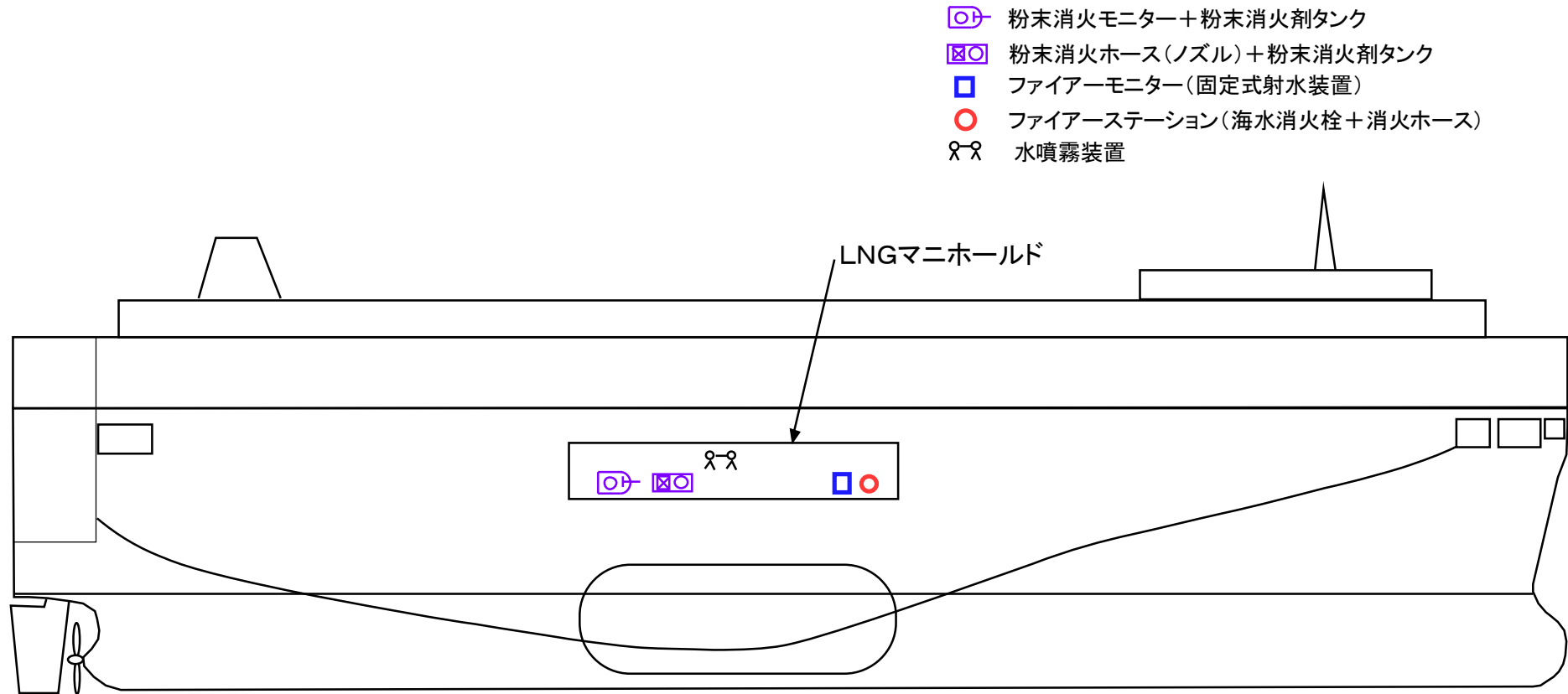
- a) 天然ガス燃料船のマニホールド付近において定期的にガス検知を実施する。
- b) 海水消火栓を直ちに使用できるように準備する。
- c) 天然ガス燃料船のバンカーステーション付近に固定式の粉末消火システムを設置するとともに、マニホールド付近に持ち運び式粉末消火器 (5kg 入×1 本) を直ちに使用できるように準備する。

-  粉末消火モニター+粉末消火剤タンク
-  粉末消火ホース(ノズル)+粉末消火剤タンク
-  ファイアモニター(固定式射水装置)
-  ファイアステーション(海水消火栓+消火ホース)
-  固定式甲板泡消火装置
-  水噴霧装置



- LNG搭載時にスタンバイしておくべき消火設備
- (1) 粉末消火モニター1台(LNGマニホールド付近)
 - (2) 粉末消火ホース(ハンドノズル1個)(LNGマニホールド付近)
 - (3) 海水消火ホース2本(LNGマニホールド付近)
 - (4) 持ち運び式粉末消火器1本(LNGマニホールド付近)

図 ⑤-1.7 天然ガス燃料船 (VLCC) 消火設備配置 (例)



LNG搭載時にスタンバイしておくべき消火設備

- (1) 粉末消火モニター1台(LNGマニホールド付近)
- (2) 粉末消火ホース(ハンドル1個)(LNGマニホールド付近)
- (3) 海水消火ホース2本(LNGマニホールド付近)
- (4) 持ち運び式粉末消火器1本(LNGマニホールド付近)

図 ⑤-1.8 天然ガス燃料船(PCC) 消火設備配置(例)

1.6 習熟訓練

天然ガス燃料船及び LNG バンカー船の LNG 移送作業にかかわる全ての乗組員に対し、LNG 移送作業並びに災害の発生及び拡大を防止するために必要な技術知識、技能を修得させるための習熟訓練を実施する必要がある。

習熟訓練は、最初の LNG 移送作業の開始日前までに全ての項目を終了させ、両船船長は、習熟訓練における安全対策の履行状況を確認し、不足、不具合な点があれば、LNG 移送作業開始前までに修正・改善し、実際の作業における安全対策の確実な実施に万全を期さなければならない。

習熟訓練の項目・内容（例）を表 ⑤-1.1 に示す。

表 ⑤-1.1 LNG 移送作業訓練計画表 (例)

	訓練項目	内容
防災訓練	移送管理組織 防災組織への移行	LNG 移送安全管理体制図、 防災組織への移行、防火部署の発動、事故発生時の連絡体制
	通報・連絡 無線機の取扱い	事故発生時の通報要領、連絡先の確認 両船間の通信ケーブルの接続、トランシーバーの取扱い等
	消火設備の取扱い	粉末消火器、粉末ハンドノズル、粉末モニター、 固定式射水装置 (ファイアーモニター)、 消火栓・消火ホース、水噴霧装置 (ウォータースプレー) の取扱い等
	防消火	LNG 火災の消火法 (LNG の流出想定、液面拡大、ガス拡散及びプール火災解析結果、粉末 消火剤の風上からの放射、水霧による輻射熱の防御、放水による LNG の蒸発促進)
	ESD 及び ERC の 操作	ESD の作動原理 (自動発動、マニュアルスイッチ) ERC の作動原理 (自動発動、マニュアルスイッチ) ESD/ERC 電気ケーブルの接続
移送作業訓練	①接舷前作業	移送のためのライン形成、ラインクールダウン、マニホールドにおける 移送設備/資機材等の準備、接舷・係留の準備
	②接舷作業	係留索の準備・繰り出し (LNG バンカー船)、ビット取り (天然ガス燃 料船)
	③係船作業	係留索の巻き締め、主機関停止後インターロック、舷梯取り付け
	④移送準備作業	通信ケーブル、ESD/ERC 電気ケーブルの繰り出し・受け取り・接続作 業 両船間の通信テスト、結果の記録 移送前ミーティング、舷梯取り外し 移送ホースの受け渡し、クレーン操作、アーム繰り出し、 フランジ接続 ERC 作動テスト 移送ホース/アーム内の O ₂ パージ、フランジ部のガスリークチェック 前尺 ESD テスト (ホット状態) LNG バンカー船のタンク落圧 ウォーターカーテン作動
	⑤クールダウン	LNG バンカー船のスプレーポンプ起動、移送ホース及び天然ガス燃料船 の移送ラインのクールダウン ESD テスト (コールド状態) 天然ガス燃料船のタンククールダウン
	⑥LNG 移送	LNG バンカー船のスプレーポンプ起動、リークチェック レートアップ、移送ポンプ起動、スプレーポンプ停止 定常レート、タンクレベル及びタンク圧の監視、BOG 返送 レートダウン、移送ポンプ吐出弁調整、天然ガス燃料船タンク切換 積み切り、移送ポンプ停止
	⑦移送後手仕舞い	液パージ、天然ガス燃料船から N ₂ 供給、 メタンパージ、ホース/アーム内 N ₂ 置換 後尺 移送ホース/アーム取り外し、フランジ切離し、クレーン操作、ホース/ アーム収納 ウォーターカーテン停止 ERC 作動停止 手仕舞い、通信ケーブル、ESD/ERC 電気ケーブル切離し収納
	⑧離舷	主機関テスト、係留索解らん、離舷/出港

1.7 地震・津波対策

地震・津波情報は、気象庁から発表され次第、海上保安庁を通じて NAVTEX（気象・航行・救難などの海上安全のための情報を放送し、これを船舶で自動受信するシステム、日本沿岸約 300 海里以内がサービスエリア、船舶設備規程）で受信され、記録紙に自動的にプリントされる。船では受信をアラームで知らせる設定をすることも可能である。

また、地震・津波情報は、NHK テレビ等の放送で速報されるので、地震を感じたら直ちに地震・津波情報の収集に努める。

津波注意報あるいは警報を入手した場合には、移送中止基準、係留中止基準に従い移送を中止し、必要と判断した場合には、緊急離舷する。

(1) 地震対策

海上にあっては自船では地震を感知できない場合もあり、また、デジタル放送 TV の不感海域では地震情報を入手できない場合も想定されるので、NAVTEX に加えて、天然ガス燃料船にあっては船舶代理店から、LNG バンカー船にあっては運航会社から地震・津波情報を直ちに受信できる体制を構築しておくことが必要である（例えば、運航会社で「衛星携帯電話」を購入するなど）。なお、船舶電話については、1996 年 3 月末から NTT により衛星船舶電話のサービスが開始されており、沿岸 200 海里以内の海域をカバーしている。

また、どちらかの船が地震・津波情報を受信した場合には、直ちに両船間で情報交換を行うようにしておく。

津波警報又は注意報が発表された場合は、両船船長は、協議の上、LNG 移送中止基準に従い LNG 移送作業を中止する。さらに、移送ホース又はアームの切り離し、緊急離舷の可否を判断する。

(2) 津波対策

① 作業時間を常に念頭に入れる

日頃から、LNG 移送状態からの移送ポンプ停止、アーム/ホース及びラインパーズ、バルブ閉止及びアーム/ホース切り離し等の作業を迅速かつ安全に行えるよう訓練しておくとともに、一連の作業に要する時間を把握しておく。緊急時にアーム/ホースの切り離しを行うことを判断した場合には、直ちに切り離し作業を両船乗組員に命ずる。

また、状況によっては ESD 又は ERC を作動させ、アーム/ホースを切り離す事態も想定されることから、これらによる切り離し訓練を平素から行い、それらを使用した場合の切り離しに要する手順、時間を確認しておく。

② 切り離し訓練の実施、熟練

LNG バンカー船及び天然ガス燃料船の船長は、通常の切り離し、あるいは、ESD 及び ERC を使うことを想定した訓練を実施して自船乗組員の練熟度を高めておく。特に、LNG バンカー船は LNG 移送の作業頻度が高いことから天然ガス燃料船に対して的確な指示が出せるようにしておくことが必要である。

1.8 LNG 漏洩等緊急時の措置

天然ガス燃料船及び LNG バンカー船の乗組員は、LNG 移送作業中に両船若しくはどちらかの船に重大な影響を及ぼすような LNG の漏洩、火災、他船の接触、その他の事故が発生した場合には、直ちに必要な措置を講ずるとともに、お互いに協力して被害を最小限にとどめるようにしなければならない。

(1) LNG が漏洩した場合にとるべき措置

- ① LNG の漏洩を発見した第一発見者は、直ちに船長に状況を伝達する。
- ② 船長は、直ちに ESD（緊急遮断システム）を作動させ、移送作業を中止する。
- ③ 汽笛を鳴らし、緊急事態の発生を両船乗組員及びその他周囲の者に知らせる。
- ④ 両船は、指定の非常配置をとり、上甲板又は LNG 受入マニホールドへ通ずる扉の閉止、換気ファンを停止し、船内にガスが進入しないようにするとともに、火気管理を再度徹底する。
- ⑤ 両船は、火災発生に備えて防火部署に人員を配置する。
- ⑥ 海上保安部、消防署、警察署、港湾管理者等の関係行政機関へ通報する。
- ⑦ 無線、船外スピーカー等によって他船の接近を防止する。

(2) 火災発生時にとるべき措置

- ① 火災の発生を発見した第一発見者は、直ちに船長に状況を伝達する。
- ② 船長は、直ちに ESD（緊急遮断システム）を作動させ、移送作業を中止する。
- ③ 汽笛を鳴らし、緊急事態の発生を両船乗組員及びその他周囲の者に知らせる。
- ④ 両船は、上甲板又は LNG 受入マニホールドへ通ずる扉の閉止、換気ファンを停止し、船内にガスが進入しないように各種開口部を閉鎖するとともに、火気管理を再度徹底する。
- ⑤ 両船は、直ちに防火部署配置をとり、消火活動を開始する。
- ⑥ 必要に応じてウォータースプレーを作動させる。
- ⑦ 海上保安部、消防署、警察署、港湾管理者等の関係行政機関へ通報する。
- ⑧ 無線、船外スピーカー等によって他船の接近を防止する。

1.9 LNG 移送作業に係る防災対策のまとめ

LNG 移送作業に係る防災対策のまとめを表 ⑤-1.2 に示す。

表 ⑤-1.2 LNG 移送作業に係る防災対策のまとめ

苫小牧における LNG の StS の例		LNG 燃料移送	
外航 LNG タンカー (送出側)	内航 LNG タンカー (受側)	LNG バンカー船 (送出側)	天然ガス燃料船 (受側)
<p><u>LNG 移送設備</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・移送ホース (外航船側で吊り下げ) ・ホース支持サドル ・マニホールドクレーン (ホースの場合) ・水幕設備 (ウォーターカーテン) ・夜間照明 (マニホールド部の照度確保) <p><u>両船間の通信設備</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・通信ケーブル (ホットホ:両船 CCR 間) ・ESD 電気ケーブル ・ERC (両船間に離間検知ワイヤ設置) ・トランシーバ <p><u>安全設備</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ESD ・ERC <p><u>船員の資格要件</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・甲種危険物等取扱責任者 (液化ガス) の乗組の義務付け (船員法第 117 条の 3) 液化ガスタンカーの船長、一等航海士又は運航士 (4 号職務)、機関長及び一等機関士又は運航士 (5 号職務)、その他液化ガスタンカーに積載される危険物又は有害物の取扱いに関し責任を有する者 	<p><u>LNG 移送設備</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・内航船ではホース受取り、接続 同左 ・内航船側は設置なし 同左 ・夜間照明 (マニホールド部の照度確保) <p><u>両船間の通信設備</u></p> <ul style="list-style-type: none"> 同左 同左 ・ERC 駆動油圧システムは内航船側に設置 同左 <p><u>安全設備</u></p> <ul style="list-style-type: none"> 同左 同左 <p><u>船員の資格要件</u></p> <ul style="list-style-type: none"> 同左 	<p><u>LNG 移送設備</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・移送ホース/アーム ・ホース支持サドル (ホースの場合) ・マニホールドクレーン (ホースの場合) ・水幕設備 (ウォーターカーテン) ・夜間照明 (マニホールド部等の照度確保) <p><u>両船間の通信設備</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・通信ケーブル (ホットホ等:両船間) ・ESD/ERC 電気ケーブル ・ERC 駆動油圧システムはバンカー船側に設置 ・トランシーバ <p><u>安全設備</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ESD ・ERC、BAC (Break Away Couplings) <p><u>船員の資格要件</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・甲種危険物等取扱責任者 (液化ガス) の乗組の義務付け (船員法第 117 条の 3) 液化ガスタンカーの船長、一等航海士又は運航士 (4 号職務)、機関長及び一等機関士又は運航士 (5 号職務)、その他液化ガスタンカーに積載される危険物又は有害物の取扱いに関し責任を有する者 	<p><u>LNG 移送設備</u></p> <ul style="list-style-type: none"> 同左 同左 ・VLCC の場合必要 同左 同左 <p><u>両船間の通信設備</u></p> <ul style="list-style-type: none"> 同左 同左 同左 同左 <p><u>安全設備</u></p> <ul style="list-style-type: none"> 同左 同左 <p><u>船員の資格要件</u></p> <p>次の国際的な動向を注視する</p> <ul style="list-style-type: none"> ・IGF コード (国際ガス燃料船規則) の検討 ・IMO の STW 委員会 (訓練当直基準委員会) の検討

<p><u>LNG 移送習熟訓練</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・全乗組員を対象に LNG 移送作業開始前までに LNG 移送訓練を実施（ESD/ERC の作動、消火設備の取扱を含む） <p><u>LNG 移送安全管理体制</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・LNG 移送作業中、船長、一等航海士、乗組員による安全管理体制を維持する。 <p><u>LNG 移送作業中の防災体制</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・消火設備のスタンバイ（燃料マニホールド付近）粉末消火設備（モニター、ハンドノズル）、海水消火ホース・ノズル、持運式粉末消火器 ・粉末消火剤搭載のタグボート 1 隻の配備（その他 1 隻の待機） ・事業所にて海上災害防止センターとの防災契約を締結 <p><u>地震・津波対策</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・地震・津波情報の入手体制を確立 ・アーム/ホース切離し訓練の実施（ESD/ERC を使用した切離しを含む） ・アーム/ホース切離しに要する時間の把握 	<p><u>LNG 移送習熟訓練</u></p> <p>同左</p> <p><u>LNG 移送安全管理体制</u></p> <p>同左</p> <p><u>LNG 移送作業中の防災体制</u></p> <p>同左</p> <p>同左</p> <p><u>地震・津波対策</u></p> <p>同左</p> <p>同左</p> <p>同左</p>	<p><u>LNG 移送習熟訓練</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・全乗組員を対象に LNG 移送作業開始前までに LNG 移送訓練を実施（ESD/ERC の作動、消火設備の取扱を含む） <p><u>LNG 移送安全管理体制</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・LNG 移送作業中、船長、機関長、一等航海士、乗組員による安全管理体制を維持する。 <p><u>LNG 移送作業中の防災体制</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・消火設備のスタンバイ（燃料マニホールド付近）粉末消火設備（モニター、ハンドノズル）、海水消火ホース・ノズル、持運式粉末消火器 ・海上防災組織との連携体制など <p><u>地震・津波対策</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・地震・津波情報の入手体制の確立（衛星携帯電話の導入など） ・アーム/ホース切離し訓練の実施（ESD/ERC を使用した切離しを含む） ・アーム/ホース切離しに要する時間の把握 	<p><u>LNG 移送習熟訓練</u></p> <p>同左</p> <p><u>LNG 移送安全管理体制</u></p> <p>同左</p> <p><u>LNG 移送作業中の防災体制</u></p> <p>同左</p> <p>同左</p> <p><u>地震・津波対策</u></p> <p>同左</p> <p>同左</p> <p>同左</p>
--	--	--	--

検討結果⑥

天然ガス燃料船の入渠等に係る要件

天然ガス燃料船の入渠等に係る要件

1 検査に向けた要件

天然ガス燃料船が検査のために入渠する際には、船内関連機器設備をガスフリーすることが基本となる。ただし、検査内容§が LNG 燃料タンク及び関係機器設備に及ばない場合にあっては、この限りでない。

LNG 燃料タンクをガスフリーせずに入渠する場合については、入渠までのタンク内の状態を記録したログと外観の目視検査により、タンクの健全性が確認可能なことが前提となる。併せて、入渠前に入渠期間中（入渠日から出渠日まで）に上昇し得る燃料タンク内の圧力を推算し、当該タンクの設計圧力を下回ることが確認できるとともに、入渠期間が危急対応のため延長されることを想定し、適切な余裕日数を見込むことが必要である。それらを確認することができれば、LNG 燃料タンクのマスターバルブから機関に至るまでの配管をガスフリーすることにより、当該タンク内に LNG を保持したまま入渠することが可能となる。

その場合にあっては、以下に示す十分な管理体制を整備することが必要となる。

- (1) 予め燃料タンク周辺及び作業実施空間のガス濃度計測を実施し、安全を確認する。
- (2) 燃料タンク付近は、ガス検知、アラーム機能を含め、常時監視状態とし、2 回／日以上ガス検を実施する。
- (3) 消火設備を常時使用可能な状態とする。
- (4) 緊急時に備え、予め脱出経路を確保・周知する。

なお、船舶検査の具体的な項目及び関連する作業に係る安全対策については、IGF コードの内容が確定し、また、天然ガス燃料船の計画が具体化した時点において、検討するものとする。

2 修繕に向けた要件

天然ガス燃料船が修繕のために入渠する際には、船内関連機器設備をガスフリーすることが基本となり、LNG 燃料タンクの健全性の確認等の一定の条件を満たすことができれば、当該タンク内に LNG を保持したまま、入渠することが可能となる。ただし、修繕作業においてホットワーク**を実施する場合にあっては、その実施場所と当該タンクとの位置関係によっては、当該タンクのガスフリーが必要となる。その場合にあっては、LNG 燃料タンクが、より安全性が高い真空防熱型 Type C タンクの場合には、以下に示す十分な管理体制を整備することにより、当該タンク内に LNG を保持したまま入渠することが可能となる。

§ LNG 運搬船の場合、貨物タンク内の LNG 払出用ポンプは 5 年毎の定期検査時に開放点検を実施。

** ホットワークとは、引火要因となり得る火気工事（例えばバーナーの使用など）や火花が散る可能性のある作業（例えばグラインダーの使用など）を意味する。

- (1) 予め燃料タンク周辺及び作業実施空間のガス濃度計測を実施し、安全を確認する。
- (2) 燃料タンク付近で監視業務に従事可能な適当数の監視員を配置する。
- (3) 消火設備を常時使用可能な状態とする。
- (4) 緊急時に備え、予め脱出経路を確保・周知する。

3 入渠に向けた要件

天然ガス燃料船が入渠する際の最も重要な要件は、港外から入渠地まで安全に航行可能なことである。この点については、天然ガス燃料船の燃料タンクから機関に至るまでの配管等関連機器のガスフリー作業をどこで実施するかが重要である。

ここでは、機関の種類により、以下のように整理した。

① 二元燃料(DF: Dual Fuel)機関の場合

天然ガス燃料船が DF 機関を搭載している場合、当該船舶はガスフリー作業を LNG 運搬船と同様に他船に影響のない安全な海域^{††}にて実施する場合であっても、ガスフリー後、燃料を重油に切り替えることにより、自力航行することで入渠可能である。ただし、0.1%又は0.5%の SO_x 規制に対しては、重油燃料による自力航行時には低硫黄燃料の使用か、スクラバーの設置が必要となる。

② ガス専焼機関の場合

天然ガス燃料船がガス専焼機関を搭載し、LNG 運搬船と同様に他船に影響のない安全な海域にてガスフリー作業を実施した場合、バックアップ用ディーゼル機関を搭載していれば、DF 機関搭載船と同様に燃料を重油に切り替え、自航により入渠可能である。バックアップ用ディーゼル機関を利用する方法については、ノルウェーでも実施されている方法であり、現在まで事故の報告もなく、安全に入渠作業が行われている。ただし、小型フェリーや OSV に限定される点には留意を要する。バックアップ用ディーゼル機関の能力によっては、外洋、船舶の輻輳海域、そして港内などの航行環境や、航行海域の気象・海象等、外力条件を考慮した上で安全に航行可能であるか否かを慎重に検討する必要がある。

一方、バックアップ用ディーゼル機関を搭載していない場合については、燃料タンク又は配管のガスフリーに伴い自航能力が失われ、所謂デッドシップの状態となる。当該船舶がデッドシップとなった場合、ガスフリー実施海域から入渠地までは、曳船等の他船の援助を受けることが必要となる。

^{††} LNG 運搬船のガスフリー作業については、海上保安庁行政指導指針「大型タンカー及び大型タンカーバースの安全防災対策基準」において、船舶交通の輻輳する海域での実施を避け、事前に作業実施海域や実施期間等に関する書類を提出することが求められている。

ガスフリーの実施については、他船に影響のない安全な作業海域で実施する外、船内に適切な規模のボイラ等焼却設備を有する場合にあっては、通常通り、入渠地まで LNG を燃料として自航した後、着岸後に配管等をガスフリーすることも可能である。

また、現在のところ、国内においては天然ガス燃料船が就航していないこともあり、天然ガスを燃焼処理可能な陸上処理施設は整備されていない。しかし、今後、我が国へ寄港する外航船及び国内を航行する内航船のうち、相当数の船舶が燃料として天然ガスを使用することが予想されることから、そのような陸上処理施設の需要は急速に高まるものと思料される。

従って、近い将来、陸上、例えば造船所内に LNG 処理施設が整備された場合にあっては、作業中に必要な電源は陸上から供給を受けることが可能であることを条件に、港内の当該施設においてガスフリーすることも可能となる。

以上より、天然ガス燃料船が入渠する際の運用作業フローについては、図 ⑥-1.1 のように取りまとめることができる。

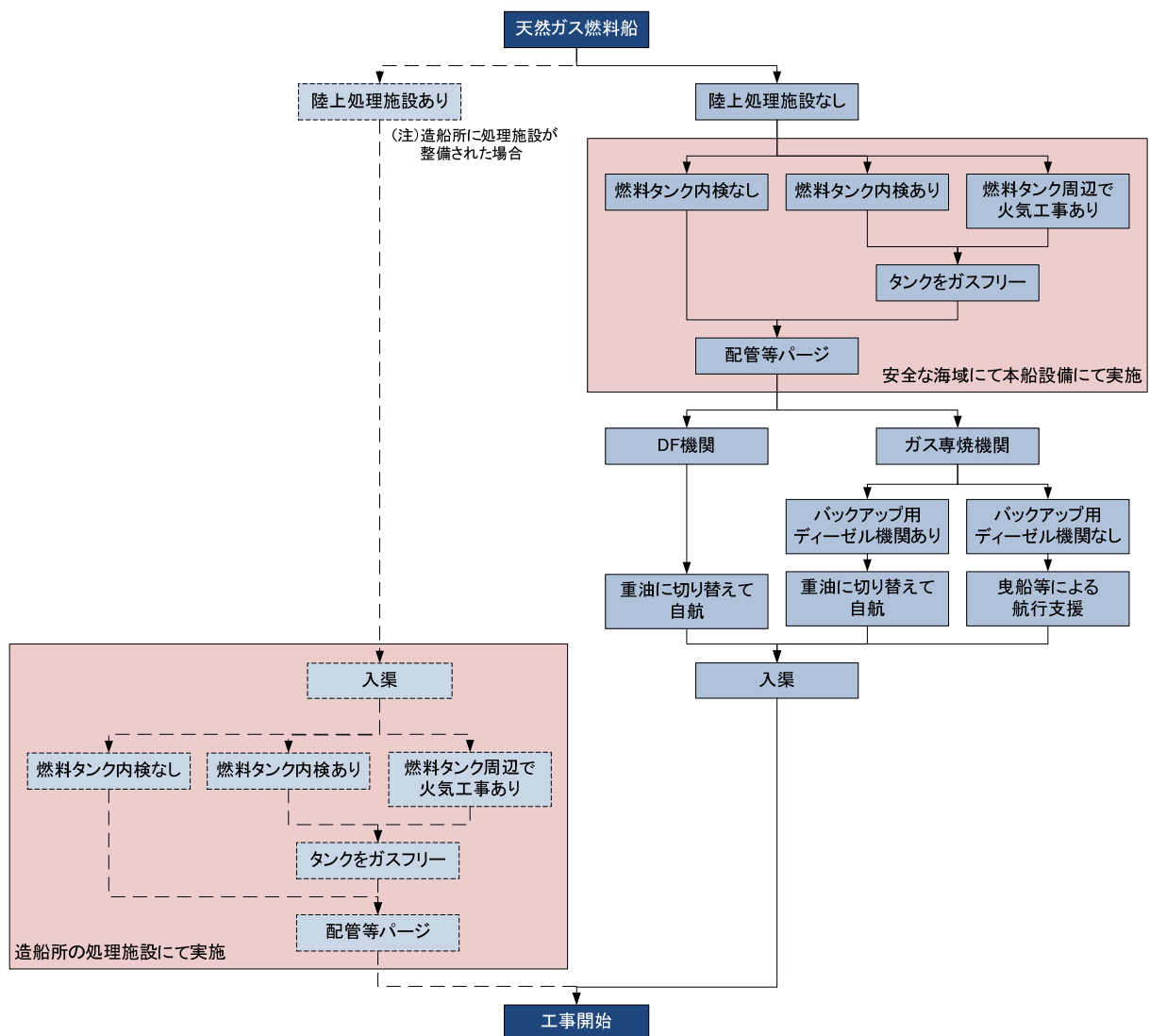


図 ⑥-1.1 天然ガス燃料船の入渠に向けた運用作業フロー

4 まとめ

入渠前のガスフリーの要否については表 ⑥-4.1 に、LNG 燃料タンクをガスフリーせずに入渠する際の安全対策については表 ⑥-4.2 にそれぞれ取りまとめた。

表 ⑥-4.1 入渠前ガスフリーの要否

	内 容	ガスフリーの要否
1	入渠前ガスフリー作業	入渠前ガスフリー作業は基本
2	燃料タンク関連配管	燃料タンクのガスフリー如何に関わらず、関連配管は常にガスフリー（要）
3	大修繕が予定される場合	ガスフリー実施（要）
4	燃料タンクの関連工事あり	ガスフリー実施（要）
5	燃料タンクの関連配管工事あり	ガスフリー実施（要）
6	小修繕で燃料タンク、関連配管の工事無し	ガスフリー（否）
7	燃料タンク外のポンプ／バルブの開放整備	次の 2 点を満足すること 1. 燃料タンク側のバルブが健全で、2 個以上のバルブでブロックされていること 2. ポンプ／バルブ取外し後、フランジ両端部はブラインドプレートを装着すること（緊急時に備え、直ちに対応できる体制を確保する）

表 ⑥-4.2 LNG 燃料タンクをガスフリーせずに入渠する際の安全対策

	内 容	安全対策
1	燃料タンク管理	攪拌作業など、人為的な操作を要しないことを前提とする
2	燃料タンク蓄圧可能日数	入渠期間（入渠日及び出渠日を含む）に上昇し得る燃料タンク内の圧力が、その設計圧力を下回るとともに、余裕日数を事前に確認し、当該期間中は燃料タンク内の圧力を常時確認可能とすること
3	遠隔監視装置、現場計測器	ガス検知、アラーム機能を含め、常時監視状態とすること。該当箇所は、2 回／日以上ガス検を実施すること
4	ホットワーク、コールドワーク	造船所が合意した燃料タンク付近の工事では、ガス検実施の上、適当な人数の専任監視員を配置する。必要に応じ、燃料タンク散水設備を使用する
5	緊急時対応 (LNG 燃料タンクが蓄圧限界の上限に近づきつつある場合の対応)	最終手段である大気放出以外に下記のうちから 1 方法を確保できること 1. 発電機・主機関での運転処理 2. 焼却処理設備（GCU やボイラなど） 3. 他の LNG 燃料タンクへの移送（複数タンクがある場合） 4. CNG タンクへの移送 5. LNG ローリーの手配（燃料タンクの容量・状況により複数台必要）

