

LNG バンカリングガイドライン改訂に向けた
検討委員会

第2回委員会資料

海外の LNG バンカリング事業に関する調査につ
いて

【3月23日事前説明資料(差替え版)】

令和5年3月24日

株式会社 日本海洋科学
一般財団法人 日本海事協会
公益社団法人 日本海難防止協会

1 海外の LNG バンカリング事業に関する調査

本調査では、国内と海外における LNG 燃料船の現状及び普及傾向、Ship to Ship 方式による LNG バンカリング拠点に関する動向を調査する。また、海外における Ship to Ship 方式の LNG バンカリングオペレーションの実態を把握するため、AIS データに基づくバンカリング行動分析を行う。さらに、海外における事業実施にかかる適用ルール・安全性の検証方法についてもヒアリング調査を行う。

1.1 国内外における LNG 燃料船の動向

国際的な問題である気候変動問題に対しては、海運社会においても取り組むべき課題となっている。とりわけ海運社会においては、船舶からの温室効果ガス（以下、GHG）排出量を削減することが求められている。第 21 回国連気候変動枠組条約締約国会議（COP21）において、パリ協定が採択され、2016 年に発効した。また IMO においては、GHG 削減戦略が 2018 年に採択され、国際海運からの GHG 排出ゼロを目指す目標が立てられた。このような状況下において、船舶からの GHG 排出削減を目指すべく、既存燃料からの転換として LNG 燃料が普及しつつある。ここでは、LNG 燃料船の普及状況及び今後の予測についての調査を実施した。

1.1.1 調査方法

LNG 燃料船の調査には、DNV-GL が提供している独立データプラットフォームである「Veracity」において、代替燃料に関する情報を取りまとめている「Alternative Fuels Insight (AFI)」を使用した。AFI のデータにおいて、Ship Owner が国内船主とみられる LNG 燃料船を国内と分類し、世界と国内の傾向を比較した。国内に分類した Ship Owner 9 社を表 1.1 に示す。

表 1.1 国内の Ship Owner

番号	Ship Owner (アルファベット順、表記は AFI データ ママ)
1	K Line
2	Mitsui OSK Lines Ltd (MOL)
3	Nisshin Shipping
4	NS United Naiko Kaiun
5	NYK
6	NYK Cruises
7	NYK Line
8	Santoku Senpaku
9	Toyofuji Shipping

1.1.2 調査結果

AFI データによると、2023 年 3 月 6 日時点において、国内を含む世界全体の LNG 燃料船の就航隻数は 368 隻であり、発注済みの LNG 燃料船は 518 隻である。国内も含めた世界の LNG 燃料船の推移及び今後の予測を図 1.1 に示し、国内の LNG 燃料船の推移及び今後の予測を図 1.2 に示す。

世界の LNG 燃料船の 2016 年～2022 年にかけての年平均成長率（CAGR：Compound Average Growth Rate）は約 27.6%であり、2030 年には約 2500 隻の LNG 燃料船の就航が予測される。また、国内の LNG 燃料船の 2016 年～2022 年にかけての年平均成長率は約 51.3%であり、2030 年には約 330 隻の LNG 燃料船の就航が予測される。

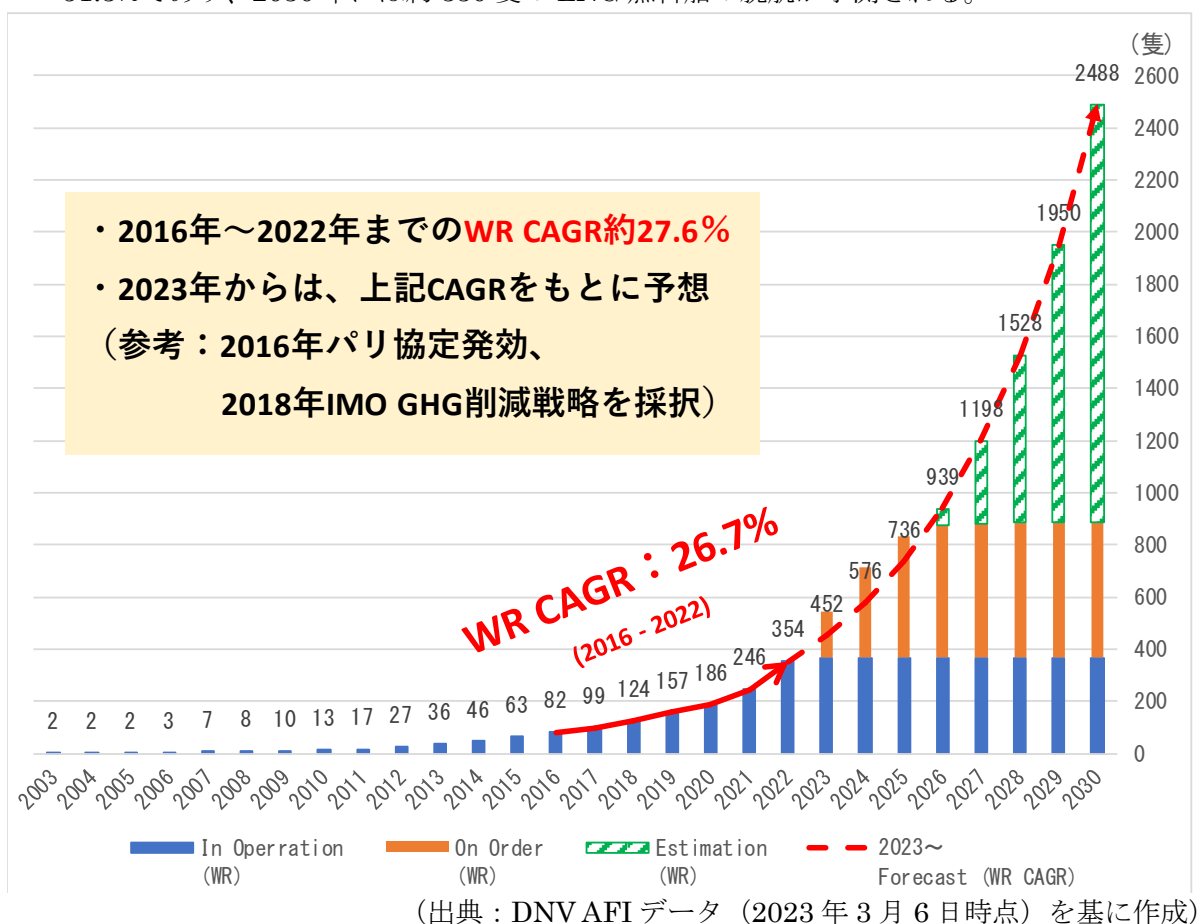
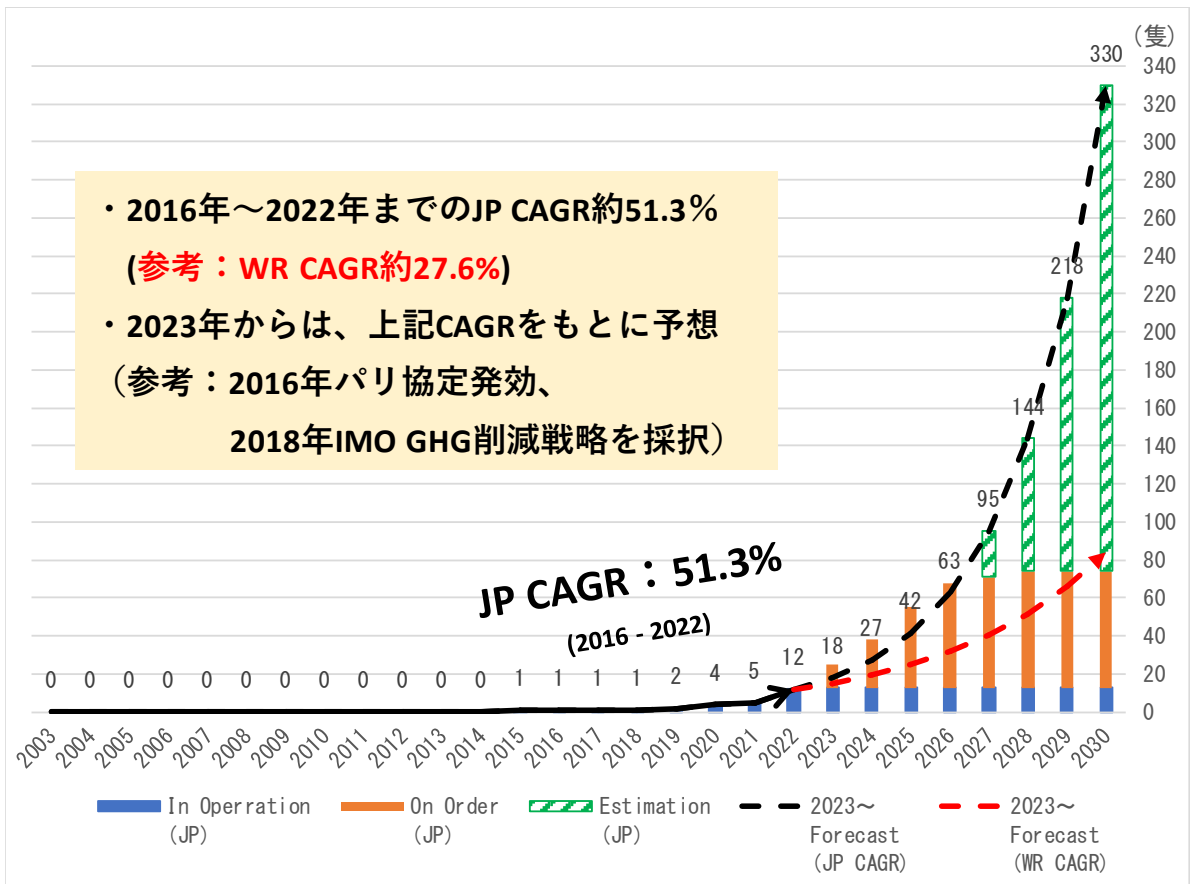


図 1.1 世界の LNG 燃料船の推移と今後の予測



(出典：DNV AFI データ (2023年3月6日時点) を基に作成)

図 1.2 国内の LNG 燃料船の推移と今後の予測

1.1.3 世界と国内の LNG 燃料船の普及傾向の比較

世界と国内ともに、2016年～2022年にかけての CAGR 以上の発注が 2026 年まで見込まれており、それ以上の成長速度で LNG 燃料船が普及していく可能性もある。また、国内の LNG 燃料船の CAGR は、世界のそれよりも倍近い値を示しており、国内船主の GHG 排出削減に取り組む強い意志を窺い知ることができる。そのような状況を後押ししていくためにも、LNG バンカリング拠点の形成や事業者参入のための手引きといった環境の整備が重要になってくると考える。

1.2 国内外における Ship to Ship 方式の LNG バンカリング拠点の動向

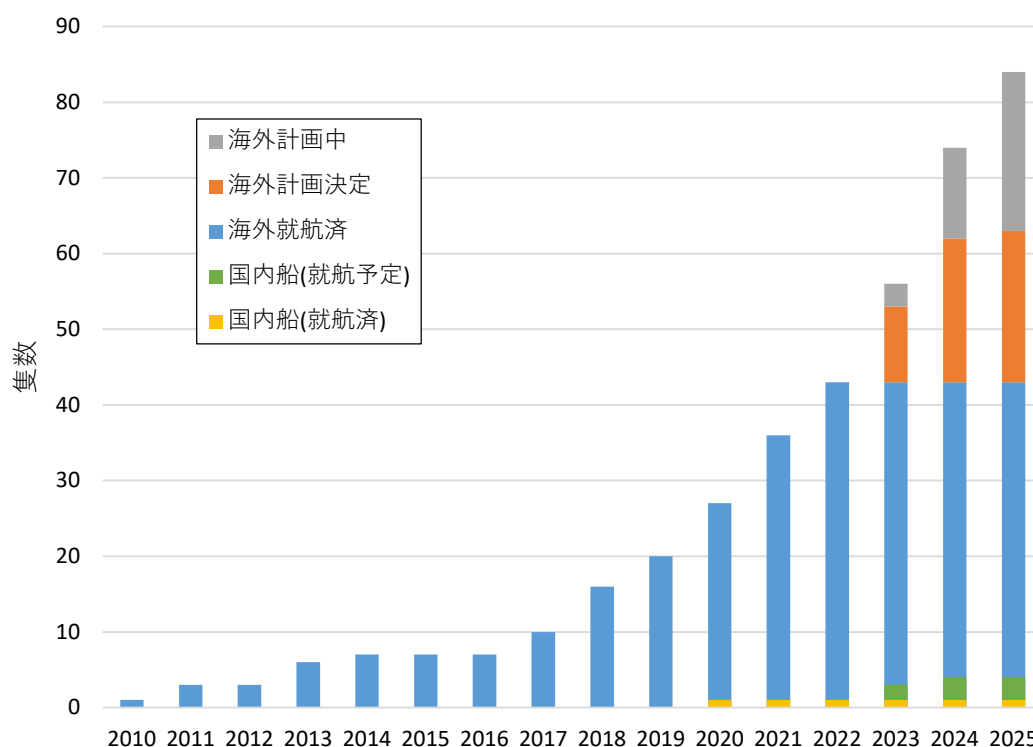
1.2.1 調査方法

Ship to Ship 方式の LNG バンカリング拠点を調査するに当たり、AFI にある Bunkering infrastructure に登録されているデータにおいて、Ship to Ship 方式に該当する「Bunker Vessel」を抽出して整理を行い、「Region of operation」データを用いて拠点エリアを整理した。

1.2.2 調査結果

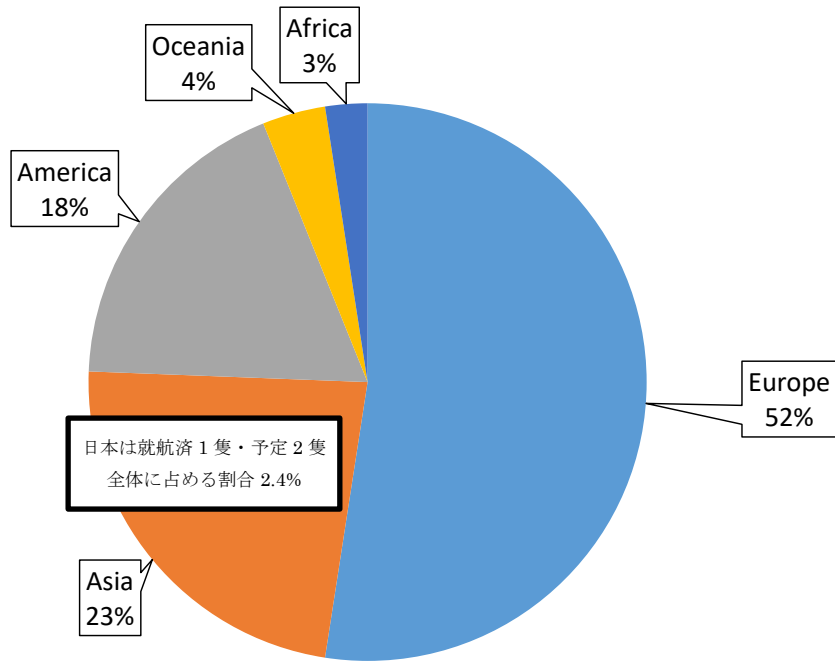
2023 年 3 月時点の AFI データによると、LNG バンカー船は現在 43 隻が就航しており、2023 年及び 2024 年にはそれぞれ 10 隻ずつの建造計画が決定している。LNG バンカー船の年別の推移を図 1.3 に示す。

また、Ship to Ship 方式の LNG バンカリング拠点（予定地含む）の地域別割合を図 1.4 に示し、LNG バンカリング拠点の主な 3 地域（東アジア・北米・ヨーロッパ）を図 1.5～図 1.7 に示す。



(出典：DNV AFI データ（2023 年 3 月時点）を基に作成)

図 1.3 LNG バンカー船の年別の推移



(出典：DNV AFI データ (2023年3月時点) を基に作成)

図 1.4 Ship to Ship 方式の LNG バンカリング拠点の地域別割合



(引用：DNV AFI データ (2023年3月時点))

図 1.5 Ship to Ship 方式の LNG バンカリング拠点 (東アジア)



(引用：DNV AFI データ (2023年3月時点))

図 1.6 Ship to Ship 方式の LNG バンカリング拠点 (ヨーロッパ)



(引用：DNV AFI データ (2023年3月時点))

図 1.7 Ship to Ship 方式の LNG バンカリング拠点 (北米)

1.2.3 世界と国内の Ship to Ship 方式の LNG バンカリング拠点の普及傾向の比較

世界で見ると Ship to Ship 方式の LNG バンカリング拠点は潜在的な需要とともに増加傾向にあるものの、一方で、日本の Ship to Ship 方式の LNG バンカリング拠点は伸びていないことが分かる。LNG 燃料船の普及がさらに見込まれる中、国内の LNG バンカリング拠点の整備は重要な課題である。

1.3 AISによる Ship to Ship 方式の LNG バンカリング実態調査

海外におけるバンカリング船の運航状況及び Ship to Ship 方式のバンカリングに関する実態を調査するため、以下に示す手順で AIS データを解析することで、海外における Ship to Ship 方式によるバンカリングの実施回数、時間帯、場所等の調査を行った。

本調査は、AFI データに収録されている LNG バンカリング船及び LNG 燃料船のデータをもとにしており、海外の Ship to Ship 方式による LNG バンカリングを定量的に把握するための基礎情報となるものである。

1.3.1 調査方法

(1) AIS データの入手

2022 年の 1 年間の AIS データを Lloyd's List Intelligence 社から入手した。

データは NMEA 形式であり船種、船名、MMSI 番号などの静的情報と、位置、針路、速力などの動的情報を含む。

(2) LNG バンカリング船及び LNG 燃料船のデータ入手

DNV の AFI データにより、LNG バンカリング船及び LNG 燃料船のデータを入手した。

(3) AIS データからバンカリング状況の抽出方法

AIS データには、バンカリング船側、LNG 燃料船側のいずれにもバンカリング状態を示す情報が含まれないため、対象 2 船の動静、位置情報等によってバンカリング状態にあるものと判断することとした¹。

LNG バンカリング船と LNG 燃料船が 150m 以内の距離で停止状態になった Local Time で、2 船が接舷しバンカリング状態にあるものとみなすこととした。接舷位置の緯度経度から日出没時刻を算出し、日中／夜間の判定を行った。

抽出のプロセスを概略以下に示す。

- ① LNG 燃料船の停泊データの軌跡を作成する。
- ② 停泊開始時刻と終了時刻に合わせ、軌跡から 200m 以内の領域に位置する LNG バンカリング船を抽出する。
- ③ 停泊データに含まれる各点とバンカー船の各点を時空間的にマッチングする。各タイムステップについて、距離が 150m 以下のものを抽出する。

¹ AIS によるバンカリング分析は、重油バンカリングを含め解析手法の開発途上にある。調査実施にあたっては、東京大学大学院工学系研究科附属レジリエンス工学研究センター柴崎隆一研究室（グローバル・ロジスティクス・システム）の協力を得た。

参考文献：渡邊英介・柴崎隆一，AIS データに基づくバンカリング・オペレーションの推計と国際比較，日本船舶海洋工学会講演会論文集，34，69-77 (2022S-OS2-3)，2022.5.

(4) 留意事項と対応

本調査に適用した AIS 解析手法は、対象とする 2 船が近接して停泊状態にあることをもって、接舷しバンカリング状態にあるとみなしていることから、LNG バンカリング実施ケースを抽出する上で留意すべきケースが生じた。主な例を以下に示す。

- ① LNG バンカリング船が、バンカリングを実施していないケース
DNV の AFI データベースでバンカリング船リストに含まれているものの、バンカリングに従事していない場合も想定される。個別に判断をすることを要する。
- ② AIS データの欠落、位置情報のずれ等から、同一マッチングが短時間に複数回発生するケース
対象船の動静から個別に判断をすることを要する。
- ③ コンテナターミナルなど LNG 燃料船が複数隻停泊している状況において、複数の LNG 燃料船とのマッチングが同時発生するケース
対象港における動静や対象船の動静等から、個別に判断をすることを要する。

こうした事例への対応は、実態調査を踏まえて、アルゴリズムの改良やデータ蓄積等により改善する余地がある。本調査は、開発途上の手法を適用した基礎的な分析であり、対象エリアを絞って、適宜個別の判定を加味することとした。

(5) 日中／夜間、時間帯の判定

本調査で抽出したデータは、緯度経度から Local Time での日没時刻を算出しており、日中／夜間の判定をしている。日没には薄明時間があるため、外部で作業ができる程度の明るさとして航海薄明は日中に区分することとした。そこで、接舷開始時刻については、航海薄明時間を考慮し昼夜を判定した。航海薄明とは太陽天頂距離 96° ～ 102° であるが、天候等に左右されることから、航海薄明時間は 40 分と設定した。

接舷時の時間帯については、航海薄明時間を考慮し、日中を「日出前薄明中—Noon」と「Noon—日没後薄明中」に分け、夜間を「日没後薄明後—Midnight」と「Midnight—日出前薄明前」に分けて整理した。

(6) 対象港

- ① ロッテルダム港：LNG 燃料コンテナ船が入港する主要港湾
- ② ゼーブルージュ港：世界に先駆けた Ship to Ship 方式実施実績
- ③ シンガポール港：錨地における LNG バンカリング実施
- ④ 米国フロリダ州（ジャクソンビル港、ポート・カナベラル港・マイアミ港）：大型 LNG 燃料船に対するバンカリングを頻繁に実施

1.3.2 AIS 解析による LNG バンカリング実態調査結果

(1) ロッテルダム港コンテナターミナル（オランダ）

① 選定理由

海上コンテナ輸送の欧州における主要港であり、LNG 燃料コンテナ船向けのバンカリング事業が実施されており、また、冬季の日照時間が短いコンテナターミナルでの荷役中の実施状況等について基礎的な情報を収集するため、ロッテルダム港を調査対象とした。

② 対象 LNG バンカリング船

- Gas Agility（LNG 燃料タンク容量 18,600 m³）
- New Frontier 1（LNG 燃料タンク容量 6,500 m³）

③ AIS 解析

2022 年の 1 年間に、LNG バンカリング船 Gas Agility は、ロッテルダム港のコンテナターミナルにおいて、コンテナ船に対して 30 回の Ship to Ship 方式によるバンカリングを実施したものと推定される。

AIS 解析によって推定したロッテルダム港コンテナターミナルにおける LNG バンカリング実施位置を図 1.8 に、実施概要を整理し表 1.2 に示す。接舷時間の 3 分の 2 は日中、3 分の 1 は夜間であった。夜間接舷時の時間帯別では、Midnight までとそれ以降では半々であった。



【凡例】黄色：日出～日没、紫：日没～日出

図 1.8 ロッテルダム港コンテナターミナルにおける
LNG バンカリング実施状況（AIS 解析による推定）

表 1.2 ロッテルダム港コンテナターミナルにおける LNG バンカリング実施ケース
(AIS 解析による推定)

区 分		バンカリング回数	備 考
実施回数 (全体)		30 回	留意事項より一部除外
接舷時の 日中・夜間別	日中	20 回 (67%)	航海簿明を含む
	夜間	10 回 (33%)	
接舷時 の時間 帯別	日中	日出前薄明中—Noon	7 回 (23%)
		Noon—日没後薄明中	13 回 (43%)
	夜間	日没後薄明後—Midnight	5 回 (17%)
		Midnight—日出前薄明前	5 回 (17%)

(※時間帯範囲：以上—未満)

ケース	バンカリング船	対象船種	船長 (m)	接舷時間 (h)	実施日	時刻	日/夜	接舷時の時間帯
1	Gas Agility	コンテナ船	399.9	16.25	1/1	17:15	日中	Noon—日没後薄明中
2	Gas Agility	コンテナ船	399.9	28.83	1/21	13:00	日中	Noon—日没後薄明中
3	Gas Agility	コンテナ船	399.9	25.58	1/27	19:10	夜間	日没後薄明後—Midnight
4	Gas Agility	コンテナ船	399.92	47.42	2/5	14:55	日中	Noon—日没後薄明中
5	Gas Agility	コンテナ船	399.9	18.17	2/13	15:00	日中	Noon—日没後薄明中
6	Gas Agility	コンテナ船	399.9	20.92	2/22	16:55	日中	Noon—日没後薄明中
7	Gas Agility	コンテナ船	399.9	1.58	3/19	3:10	夜間	Midnight—日出前薄明前
8	Gas Agility	コンテナ船	399.9	19.17	3/25	5:10	夜間	Midnight—日出前薄明前
9	Gas Agility	コンテナ船	399.9	42.83	4/6	21:15	夜間	日没後薄明後—Midnight
10	Gas Agility	コンテナ船	399.9	22.08	4/22	4:20	夜間	Midnight—日出前薄明前
11	Gas Agility	コンテナ船	399.9	19.25	4/29	8:40	日中	日出前薄明中—Noon
12	Gas Agility	コンテナ船	399.92	21.25	5/13	23:20	夜間	日没後薄明後—Midnight
13	Gas Agility	コンテナ船	399.9	0.67	5/19	8:40	日中	日出前薄明中—Noon
14	Gas Agility	コンテナ船	399.9	20.92	5/26	11:05	日中	日出前薄明中—Noon
15	Gas Agility	コンテナ船	399.9	20.08	6/12	10:55	日中	日出前薄明中—Noon
16	Gas Agility	コンテナ船	399.9	2.92	6/19	15:30	日中	Noon—日没後薄明中
17	Gas Agility	コンテナ船	399.9	43.5	6/30	21:15	日中	Noon—日没後薄明中
18	Gas Agility	コンテナ船	399.9	25.92	7/15	4:40	夜間	Midnight—日出前薄明前
19	Gas Agility	コンテナ船	399.92	21.25	8/5	21:45	日中	Noon—日没後薄明中
20	Gas Agility	コンテナ船	399.9	20.92	8/7	20:30	日中	Noon—日没後薄明中
21	Gas Agility	コンテナ船	399.9	19.92	8/13	15:55	日中	Noon—日没後薄明中
22	Gas Agility	コンテナ船	399.9	20.67	8/31	12:10	日中	Noon—日没後薄明中
23	Gas Agility	コンテナ船	399.9	23.25	9/6	10:55	日中	日出前薄明中—Noon
24	Gas Agility	コンテナ船	399.9	19.33	9/19	18:15	日中	Noon—日没後薄明中
25	Gas Agility	コンテナ船	399.9	18.5	9/24	13:15	日中	Noon—日没後薄明中
26	Gas Agility	コンテナ船	399.9	19.92	9/26	7:50	日中	日出前薄明中—Noon
27	New Frontier1	コンテナ船	368.52	17.92	10/25	23:20	夜間	日没後薄明後—Midnight
28	Gas Agility	コンテナ船	399.9	24.83	11/17	2:15	夜間	Midnight—日出前薄明前
29	Gas Agility	コンテナ船	399.9	27.33	12/8	10:15	日中	日出前薄明中—Noon
30	Gas Agility	コンテナ船	399.92	21.33	12/23	20:10	夜間	日没後薄明後—Midnight

(2) ゼーブブルーージュ港（ベルギー）

① 選定理由

大型 LNG 燃料船に対応した Ship to Ship 方式による LNG バンカリング体制を世界で先駆けて整備した実績を有する。

具体的には、日本郵船（株）、三菱商事（株）、ENGIE SA（フランスのガス事業者）、FLUXYS SA（ベルギーの LNG ターミナルオペレータ）が同港において、世界初となる新造の LNG バンカリング船「ENGIE Zeebrugge」（現 Green Zeebrugge）を就航させ、LNG 燃料自動車運搬船を LNG 燃料供給船として 2017 年に事業を開始した（図 1.9）。



（出典：日本郵船）

図 1.9 ゼーブブルーージュ港における Shore to Ship 方式バンカリング（2017 年）

② 対象 LNG バンカリング船

- Green Zeebrugge (IMO No. 9750024) LNG タンク容量 5,200 m³

③ AIS 解析

2022 年の 1 年間に、LNG バンカリング船 Green Zeebrugge は、ゼーブブルーージュ港において 14 回の Ship to Ship 方式によるバンカリングを実施したものと推定される。

AIS 解析によって推定したゼーブブルーージュ港における LNG バンカリング実施位置を図 1.10 に、実施概要を整理し表 1.3 に示す。ゼーブブルーージュ港で実施された Ship to Ship 方式によるバンカリングの対象船は、ほぼ自動車運搬船に限られる。接舷時間は、日中約 4 割、夜間約 6 割であった。接舷時の時間帯を考慮すると、Noon から日没後薄明中に接舷することは 1 回のみと少ない。



【凡例】黄色：日出～日没、紫：日没～日出

図 1.10 ゼーブルージュ港における Green Zeebrugge による LNG バンカリング実施状況
(AIS 解析による推定)

表 1.3 ゼーブブルージュ港における LNG バンカリング実施ケース (AIS 解析による推定)

区 分		バンカリング回数	備 考
実施回数 (全体)		14 回	留意事項より一部除外
接舷時の 日中・夜間別	日中	6 回 (43%)	航海薄明を含む
	夜間	8 回 (57%)	
接舷時 の時間 帯別	日中	日出前薄明中—Noon	5 回 (36%)
		Noon—日没後薄明中	1 回 (7%)
	夜間	日没後薄明後—Midnight	3 回 (21%)
		Midnight—日出前薄明前	5 回 (36%)

(※時間帯範囲：以上—未満)

ケース	バンカリング船	対象船種	船長(m)	接舷時間(h)	実施日	時刻	日/夜	接舷時の時間帯
1	Green Zeebrugge	Ro-Ro船	216.47	47.67	4/17	7:30	日中	日出前薄明中—Noon
2		自動車運搬船	181	7.92	6/20	3:35	夜間	Midnight—日出前薄明前
3		自動車運搬船	181	7.67	6/25	7:55	日中	日出前薄明中—Noon
4		自動車運搬船	169	8.08	6/27	8:55	日中	日出前薄明中—Noon
5		自動車運搬船	181	30.83	10/24	13:40	日中	Noon—日没後薄明中
6		自動車運搬船	169	43.17	10/25	20:25	夜間	日没後薄明後—Midnight
7		自動車運搬船	181	19.17	10/31	8:55	日中	日出前薄明中—Noon
8		自動車運搬船	169	10.33	11/4	19:05	夜間	日没後薄明後—Midnight
9		自動車運搬船	169	15.42	11/5	5:40	夜間	Midnight—日出前薄明前
10		自動車運搬船	169	34.75	11/21	4:15	夜間	Midnight—日出前薄明前
11		自動車運搬船	169	10.58	11/25	9:20	日中	日出前薄明中—Noon
12		自動車運搬船	181	7.33	11/25	20:10	夜間	日没後薄明後—Midnight
13		自動車運搬船	181	8.42	12/7	4:50	夜間	Midnight—日出前薄明前
14		自動車運搬船	169	7.33	12/14	6:05	夜間	Midnight—日出前薄明前

(3) シンガポール港 (錨地)

① 選定理由

シンガポール港においては、LNG バンカリングは指定錨地において実施することを基本としていることを踏まえて、同港錨地における LNG バンカリングの実態を調査することとした。

② 対象 LNG バンカリング船

➤ FueLNG Bellina (LNG タンク容量 7,500 m³)

③ AIS 解析

2022 年の 1 年間に、バンカリング船 FueLNG Bellina は、シンガポール港の錨地において 16 回の Ship to Ship 方式によるバンカリングを実施したものと推定される。なお、コンテナ船については、コンテナターミナルにおいてバンカリングが実施されたことが、AIS 解析により推定される。

AIS 解析によって推定したシンガポール港の錨地における LNG バンカリング実施位

置を図 1.11 に、実施概要を整理し表 1.4 に示す。接舷時は、約 8 割は日中であった。日中の接舷時の時間帯では、Noon までに接舷することが約半数を占めていた。



【凡例】黄色：日出～日没、紫：日没～日出

図 1.11 シンガポール港（錨地）における LNG バンカリング実施状況
(AIS 解析による推定)

表 1.4 シンガポール港（錨地）における LNG バンカリング実施ケース
（AIS 解析による推定）

区分		バンカリング回数	備考
実施回数（全体）		16 回	留意事項より一部除外
接舷時の 日中・夜間別	日中	13 回（81%）	航海薄明を含む
	夜間	3 回（19%）	
接舷時 の時間 帯別	日中	日出前薄明中—Noon	9 回（56%）
		Noon—日没後薄明中	4 回（25%）
	夜間	日没後薄明後—Midnight	2 回（13%）
		Midnight—日出前薄明前	1 回（6%）

（※時間帯範囲：以上—未満）

ケース	バンカリング船	対象船種	船長(m)	接舷時間(h)	実施日	時刻	日/夜	接舷時の時間帯
1	FuelLNG Bellina	バルクキャリア	299.88	28.92	2/7	18:20	日中	Noon—日没後薄明中
2		バンカリングタンカー	102.84	0.17	2/12	8:05	日中	日出前薄明中—Noon
3		自航式浚渫船	137.6	6.42	3/3	15:00	日中	Noon—日没後薄明中
4		バンカリングタンカー	102.84	2.5	3/23	23:35	夜間	日没後薄明後—Midnight
5		自航式浚渫船	137.6	15	4/24	9:15	日中	日出前薄明中—Noon
6		バルクキャリア	299.68	20.75	5/31	18:30	日中	Noon—日没後薄明中
7		バンカリングタンカー	102.84	4.83	6/2	10:00	日中	日出前薄明中—Noon
8		バンカリングタンカー	102.84	10.25	7/2	0:30	夜間	Midnight—日出前薄明前
9		バンカリングタンカー	102.84	5.75	7/12	11:45	日中	日出前薄明中—Noon
10		バルクキャリア	299.88	13.75	7/22	22:35	夜間	日没後薄明後—Midnight
11		自航式浚渫船	137.5	32.25	10/15	14:10	日中	Noon—日没後薄明中
12		バンカリングタンカー	102.84	12.33	10/20	7:35	日中	日出前薄明中—Noon
13		バルクキャリア	299.95	19.42	10/21	10:35	日中	日出前薄明中—Noon
14		バルクキャリア	299.95	14.67	11/12	10:45	日中	日出前薄明中—Noon
15		バルクキャリア	299.95	9.83	11/25	7:40	日中	日出前薄明中—Noon
16		バルクキャリア	299.88	18.42	12/27	8:50	日中	日出前薄明中—Noon

(4) 米国フロリダ州

① 選定理由

米国フロリダ州においては、大型 LNG 燃料クルーズ船に対するバンカリングが頻繁に実施されていることを踏まえて、その実態を調査することとした。対象港は、ジャクソンビル港、ポート・カナベラル港、マイアミ港である。

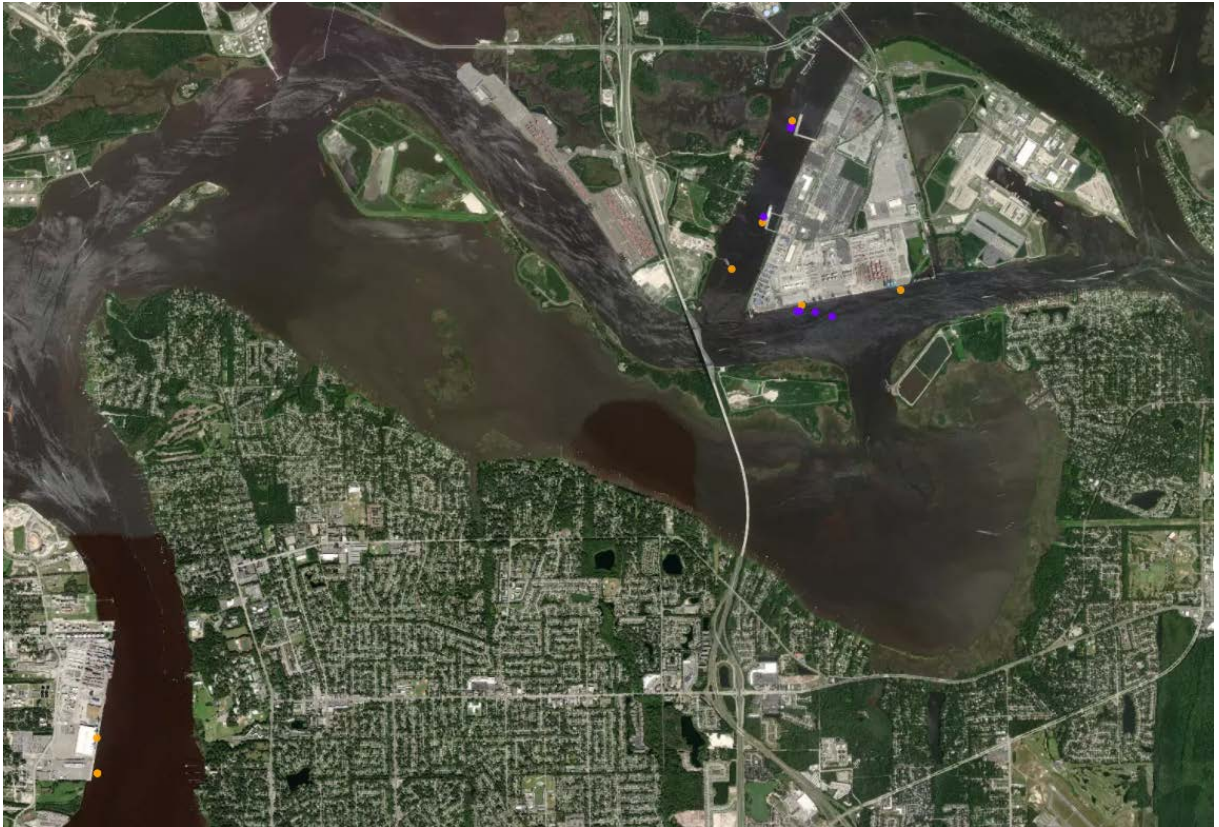
② 対象 LNG バンカリング船（バージ）

米国フロリダ州のジャクソンビル港およびポート・カナベラル港には、以下に示す 3 隻の LNG バンカリング船が就航している。ただし、いずれもバージ（Articulated tug barges）であり AIS を搭載していない。本調査では、プッシャー（タグ）側の AIS が確認できたものについて、LNG 燃料船の動静とマッチングを行った。

- Clean Canaveral（LNG タンク容量 5,400 m³）
- Clean Jacksonville（LNG タンク容量 2,200 m³）
- Q-LNG 4000（LNG タンク容量 4,000 m³）

③ AIS 解析

本調査の AIS 解析によって推定したジャクソンビル港、ポート・カナベラル港及びマイアミ港における LNG バンカリング実施位置について、各港での実施位置を図 1.12～図 1.14 に示す。



【凡例】黄色：日出～日没、紫：日没～日出

図 1.12 ジャクソンビル港における LNG バンカリング実施状況 (AIS 解析による推定)



【凡例】黄色：日出～日没、紫：日没～日出

図 1.13 ポート・カナベラル港における LNG バンカリング実施状況 (AIS 解析による推定)



【凡例】黄色：日出～日没、紫：日没～日出

図 1.14 マイアミ港における LNG バンカリング実施状況（AIS 解析による推定）

a) ジャクソンビル港（自動車運搬船）

2022 年の 1 年間に、LNG バンカリング・バージ Q-LNG 4000 および Clean Canaveral によって、ジャクソンビル港において 7 回の Ship to Ship 方式によるバンカリングが自動車運搬船に対して実施されたことが、AIS 解析により推定される。

実施概要を整理し表 1.5 に示す。概ね接舷時は日中に実施されていたが、7 ケース中 1 ケースは Midnight に近い接舷であった。

表 1.5 ジャクソンビル港における自動車運搬船に対する LNG バンカリング実施ケース
(AIS 解析による推定)

区 分		バンカリング回数	備 考
実施回数 (全体)		7 回	留意事項より一部除外
接舷時の 日中・夜間別		日中 6 回 (86%)	航海薄明を含む
		夜間 1 回 (14%)	
接舷時 の時間 帯別	日中	日出前薄明中—Noon	3 回 (43%)
		Noon—日没後薄明中	3 回 (43%)
	夜間	日没後薄明後—Midnight	1 回 (14%)
		Midnight—日出前薄明前	0 回 (0%)

(※時間帯範囲：以上—未満)

ケース	バンカリング船	対象船種	船長 (m)	接舷時間 (h)	実施日	時刻	日/夜	接舷時の時間帯
1	Q-LNG 4000	自動車運搬船	199.9	3.08	1/10	15:20	日中	Noon—日没後薄明中
2	Q-LNG 4000	自動車運搬船	199.9	11	2/3	23:00	夜間	日没後薄明後—Midnight
3	Clean Canaveral	自動車運搬船	199.9	9.17	3/30	7:40	日中	日出前薄明中—Noon
4	Clean Canaveral	自動車運搬船	199.9	7.92	4/24	17:20	日中	Noon—日没後薄明中
5	Clean Canaveral	自動車運搬船	199.9	9.08	5/19	9:05	日中	日出前薄明中—Noon
6	Clean Canaveral	自動車運搬船	199.96	14.67	10/4	7:45	日中	日出前薄明中—Noon
7	Clean Canaveral	自動車運搬船	199.96	0.92	12/11	16:40	日中	Noon—日没後薄明中

b) ポート・カナベラル港 (クルーズ船)

2022 年の 1 年間に、LNG バンカリング・バージ Q-LNG 4000 および Clean Canaveral によって、ポート・カナベラル港において 61 回の Ship to Ship 方式によるバンカリングがクルーズ船に対して実施されたことが、AIS 解析により推定される。

実施概要を整理し表 1.6 に示す。接舷時間は、92%が日中であった。接舷時の時間帯を考慮すると、日中でも Noon 以降に接舷したのは 1 回のみであった。クルーズ船の入港中の時間帯に合わせ、入港から出港する夕方までにバンカリングが実施されているものと考えられる。

表 1.6 ポート・カナベラル港におけるクルーズ船に対する LNG バンカリング実施ケース
(AIS 解析による推定)

区 分		バンカリング回数	備 考
実施回数 (全体)		61 回	留意事項より一部除外
接舷時の 日中・夜間別	日中	56 回 (92%)	航海薄明を含む
	夜間	5 回 (8%)	
接舷時 の時間 帯別	日中	日出前薄明中—Noon	55 回 (90%)
		Noon—日没後薄明中	1 回 (2%)
	夜間	日没後薄明後—Midnight	0 回 (0%)
		Midnight—日出前薄明前	5 回 (8%)

(※時間帯範囲：以上—未満)

ケース	バンカリング船	対象船種	船長 (m)	接舷時間 (h)	実施日	時刻	日/夜	接舷時の時間帯
1	Q-LNG 4000	クルーズ船	344.46	6.58	1/2	7:25	夜間	Midnight—日出前薄明前
2	Q-LNG 4000	クルーズ船	344.46	14.25	1/15	7:25	夜間	Midnight—日出前薄明前
3	Q-LNG 4000	クルーズ船	344.46	9.33	1/22	7:55	日中	日出前薄明中—Noon
4	Q-LNG 4000	クルーズ船	344.46	8.5	2/5	8:00	日中	日出前薄明中—Noon
5	Q-LNG 4000	クルーズ船	344.46	8.25	2/12	7:45	日中	日出前薄明中—Noon
6	Q-LNG 4000	クルーズ船	344.46	8.17	2/19	7:40	日中	日出前薄明中—Noon
7	Q-LNG 4000	クルーズ船	344.46	7.5	2/26	7:45	日中	日出前薄明中—Noon
8	Q-LNG 4000	クルーズ船	344.46	7	3/5	7:55	日中	日出前薄明中—Noon
9	Q-LNG 4000	クルーズ船	344.46	6.08	3/12	8:25	日中	日出前薄明中—Noon
10	Q-LNG 4000	クルーズ船	344.46	8.08	3/19	6:35	夜間	Midnight—日出前薄明前
11	Q-LNG 4000	クルーズ船	344.46	6.58	3/26	6:40	日中	日出前薄明中—Noon
12	Q-LNG 4000	クルーズ船	344.46	8.17	4/2	6:40	日中	日出前薄明中—Noon
13	Q-LNG 4000	クルーズ船	344.46	7.75	4/9	7:15	日中	日出前薄明中—Noon
14	Q-LNG 4000	クルーズ船	344.46	5.92	4/16	8:00	日中	日出前薄明中—Noon
15	Q-LNG 4000	クルーズ船	344.46	7.67	4/23	7:05	日中	日出前薄明中—Noon
16	Q-LNG 4000	クルーズ船	344.46	7.75	4/30	6:55	日中	日出前薄明中—Noon
17	Q-LNG 4000	クルーズ船	344.46	6.75	5/14	7:45	日中	日出前薄明中—Noon
18	Q-LNG 4000	クルーズ船	344.46	8.25	5/21	6:35	日中	日出前薄明中—Noon
19	Q-LNG 4000	クルーズ船	344.46	8.83	6/4	2:40	夜間	Midnight—日出前薄明前
20	Q-LNG 4000	クルーズ船	344.46	7.67	6/11	6:40	日中	日出前薄明中—Noon
21	Clean Canaveral	クルーズ船	340.89	10.75	6/20	8:50	日中	日出前薄明中—Noon
22	Q-LNG 4000	クルーズ船	344.46	9.25	6/25	6:40	日中	日出前薄明中—Noon
23	Clean Canaveral	クルーズ船	340.89	7.17	6/27	12:00	日中	Noon—日没後薄明中
24	Q-LNG 4000	クルーズ船	344.46	7	7/2	6:40	日中	日出前薄明中—Noon
25	Clean Canaveral	クルーズ船	340.89	6.25	7/6	8:45	日中	日出前薄明中—Noon
26	Clean Canaveral	クルーズ船	340.89	6.17	7/13	8:40	日中	日出前薄明中—Noon
27	Q-LNG 4000	クルーズ船	344.46	6.17	7/16	11:25	日中	日出前薄明中—Noon
28	Clean Canaveral	クルーズ船	340.89	5.83	7/22	8:05	日中	日出前薄明中—Noon
29	Q-LNG 4000	クルーズ船	344.46	8.17	7/23	6:45	日中	日出前薄明中—Noon
30	Clean Canaveral	クルーズ船	340.89	5.5	7/29	8:40	日中	日出前薄明中—Noon

31	Q-LNG 4000	クルーズ船	344.46	8.75	8/6	7:00	日中	日出前薄明中—Noon
32	Clean Canaveral	クルーズ船	340.89	7.5	8/8	8:00	日中	日出前薄明中—Noon
33	Clean Canaveral	クルーズ船	340.89	6.42	8/19	7:50	日中	日出前薄明中—Noon
34	Q-LNG 4000	クルーズ船	344.46	7.92	8/20	7:00	日中	日出前薄明中—Noon
35	Clean Canaveral	クルーズ船	340.89	5.92	8/26	7:40	日中	日出前薄明中—Noon
36	Q-LNG 4000	クルーズ船	344.46	5.17	8/27	11:35	日中	日出前薄明中—Noon
37	Q-LNG 4000	クルーズ船	344.46	5	9/3	11:45	日中	日出前薄明中—Noon
38	Clean Canaveral	クルーズ船	340.89	5.42	9/5	8:45	日中	日出前薄明中—Noon
39	Q-LNG 4000	クルーズ船	344.46	5.33	9/10	7:20	日中	日出前薄明中—Noon
40	Clean Canaveral	クルーズ船	340.89	5.92	9/16	7:50	日中	日出前薄明中—Noon
41	Q-LNG 4000	クルーズ船	344.46	8.33	9/17	7:10	日中	日出前薄明中—Noon
42	Q-LNG 4000	クルーズ船	344.46	6.5	9/24	6:55	日中	日出前薄明中—Noon
43	Clean Canaveral	クルーズ船	340.89	6.42	9/26	8:35	日中	日出前薄明中—Noon
44	Q-LNG 4000	クルーズ船	344.46	7.25	10/1	7:20	日中	日出前薄明中—Noon
45	Clean Canaveral	クルーズ船	340.89	7.17	10/7	7:15	日中	日出前薄明中—Noon
46	Q-LNG 4000	クルーズ船	344.46	5.25	10/8	11:35	日中	日出前薄明中—Noon
47	Q-LNG 4000	クルーズ船	344.46	0.17	10/15	7:00	日中	日出前薄明中—Noon
48	Q-LNG 4000	クルーズ船	344.46	2.75	10/15	10:50	日中	日出前薄明中—Noon
49	Clean Canaveral	クルーズ船	340.89	7.08	10/17	7:35	日中	日出前薄明中—Noon
50	Q-LNG 4000	クルーズ船	344.46	3.25	10/22	9:00	日中	日出前薄明中—Noon
51	Clean Canaveral	クルーズ船	340.89	6.42	10/28	7:35	日中	日出前薄明中—Noon
52	Q-LNG 4000	クルーズ船	344.46	0.58	11/5	6:35	夜間	Midnight—日出前薄明前
53	Clean Canaveral	クルーズ船	340.89	6.75	11/7	9:20	日中	日出前薄明中—Noon
54	Q-LNG 4000	クルーズ船	344.46	6.33	11/26	7:30	日中	日出前薄明中—Noon
55	Q-LNG 4000	クルーズ船	344.46	6.58	12/3	9:10	日中	日出前薄明中—Noon
56	Clean Canaveral	クルーズ船	340.89	1.08	12/5	9:50	日中	日出前薄明中—Noon
57	Q-LNG 4000	クルーズ船	344.46	1.33	12/10	10:55	日中	日出前薄明中—Noon
58	Clean Canaveral	クルーズ船	340.89	6.08	12/16	8:50	日中	日出前薄明中—Noon
59	Q-LNG 4000	クルーズ船	344.46	7.25	12/24	8:05	日中	日出前薄明中—Noon
60	Clean Canaveral	クルーズ船	340.89	5.67	12/26	9:00	日中	日出前薄明中—Noon
61	Q-LNG 4000	クルーズ船	344.46	4.75	12/31	7:45	日中	日出前薄明中—Noon

e) マイアミ港（クルーズ船）

2022年の1年間に、LNGバンカリング・バージQ-LNG 4000によって、マイアミ港において6回のShip to Ship方式によるバンカリングがクルーズ船に対して実施されたことが、AIS解析により推定される。

実施概要を整理し表1.7に示す。接舷時間は、100%が日中であった。接舷時の時間帯を考慮すると、日中でもNoon以降に接舷した回数は0回であった。

表 1.7 マイアミ港におけるクルーズ船に対する LNG バンカリング実施ケース
(AIS 解析による推定)

区 分		バンカリング回数	備 考
実施回数 (全体)		6 回	留意事項より一部除外
接舷時の 日中・夜間別	日中	6 回 (100%)	航海簿明を含む
	夜間	0 回 (0%)	
接舷時 の時間 帯別	日中	日出前簿明中—Noon	6 回 (100%)
		Noon—日没後簿明中	0 回 (0%)
	夜間	日没後簿明後—Midnight	0 回 (0%)
		Midnight—日出前簿明前	0 回 (0%)

(※時間帯範囲：以上—未満)

ケース	バンカリング船	対象船種	船長(m)	接舷時間(h)	実施日	時刻	日/夜	接舷時の時間帯
1	Q-LNG 4000	クルーズ船	344.46	7.17	11/21	8:10	日中	日出前簿明中—Noon
2	Q-LNG 4000	クルーズ船	344.46	5.83	11/27	11:15	日中	日出前簿明中—Noon
3	Q-LNG 4000	クルーズ船	344.46	5.83	12/5	9:55	日中	日出前簿明中—Noon
4	Q-LNG 4000	クルーズ船	344.46	6.58	12/11	9:05	日中	日出前簿明中—Noon
5	Q-LNG 4000	クルーズ船	344.46	7	12/19	8:05	日中	日出前簿明中—Noon
6	Q-LNG 4000	クルーズ船	344.46	5.83	12/27	8:20	日中	日出前簿明中—Noon

1.3.3 考察

ロッテルダム、ゼーブルージュ、シンガポール、米国に設定した港湾における、LNG バンカリング船と LNG 燃料船の AIS 動静解析により、Ship to Ship 方式によるバンカリング実施状況を推定し、その傾向を示した。

(1) 結果

AIS 解析から推定される結果を以下に示す。

① ロッテルダム港 (コンテナターミナル)

- コンテナターミナルにおいて年間 30 回の LNG バンカリング実施された
- LNG 燃料コンテナ船に対するバンカリング所用時間は、概ね 18~25 時間程度である
- 接舷時刻は日中が多いが、幅広い時間帯での接舷が確認できる

② ゼーブルージュ港

- 自動車運搬船を主対象とする年間 14 回の LNG バンカリングが実施された
- 自動車運搬船に対するバンカリング時間は、概ね 7 時間~11 時間程度である
- 接舷時刻は、日中/夜間おおよそ 5 割ずつであるが、接舷した時間帯を考慮すると、日出簿明前から 9 時までには接舷を開始していることが多い

③ シンガポール港（錨地）

- 錨地における年間 16 回の LNG バンカリングが実施された
- 船長 300m 級のバルクキャリアに対するバンカリング時間は、12 時間を超え 20 時間近く要する場合がある
- 接舷時刻は 8 割程度日中に実施されているが、夜間接舷した時刻で見ると、22 時～0 時台で接舷している

④ ジャクソンビル港（自動車運搬船）

- AIS 解析では一部のバンカリング・バージの動静のみ対象としたが、年間 7 回のバンカリングが、自動車運搬船に対して実施された
- バンカリング時間は、8 時間以上は要する
- 接舷時刻は、9 割程度日中に実施されている

⑤ ポート・カナベラル港（クルーズ船）

- AIS 解析では一部のバンカリング・バージの動静のみ対象としたが、年間 61 回のバンカリングが、クルーズ船に対して実施された
- クルーズ船に対するバンカリングは 6～9 時間程度で実施されている
- 早朝に入港し、夕方に出港するクルーズ船の運航形態に合わせたバンカリング体制が整備されている

⑥ マイアミ港（クルーズ船）

- AIS 解析では一部のバンカリング・バージの動静のみ対象としたが、年間 6 回のバンカリングが、クルーズ船に対して実施された
- クルーズ船に対するバンカリングは 5～7 時間程度で実施されている

(2) AIS 解析の制約、国際標準化への提案

AIS 解析においては、AIS 情報には、バンカリング船側、LNG 燃料船側双方に、自船がバンカリング状態にあることを示すデータは含まれないことが制約となる。

そこで、本調査では AIS の位置情報に基づいて、LNG 燃料船と LNG バンカリング船をマッチングする手法を採用し、両船が近接して停泊状態にある状況を抽出することとした。解析手法は開発途上であり、個別に考慮するデータの精査を必要とした。例えば、今後 LNG 燃料コンテナ船が増加すれば、コンテナターミナルにおいて、どの LNG 燃料船に対して Ship to Ship 方式のバンカリングを実施したか判定することが困難となることが想定される。本手法を適用するのであれば、アルゴリズムの高度化、分析の精緻化が望まれる。

他方、AIS からバンカリング状況の解析が困難なように、周囲航行船が実際の現場付近で他船がバンカリング中である状況を確認する手段は限られる。今後、LNG 燃料のみならず低引火点燃料が普及していくことを考慮すれば、安全対策上の観点からも AIS にバンカ

リング中を示す **Status** が国際標準化されることが推奨される。それによりさらなる安全基準を策定していくことも可能であると考え。

(3) 考察

ここで実施した AIS 解析の結果は、LNG バンカリングの実施状況を船舶の動静データから推定したにとどまるものであり、その精緻化は今後の課題であるものの、諸外国の港湾における実施基準、安全対策、ニーズ等の更なる情報収集と検討を実施していくうえで、定量的な傾向が示された。

諸外国の港湾において、昼夜問わずまた錨地でバンカリングが実施できるような仕組みの整備、安全対策、ニーズ等について、更なる情報収集に取り組むことが必要とされる。

国内では、現状、早朝と日中に LNG バンカリングが実施されており、海外の動向に係る調査を踏まえて、有効な安全対策講じ、LNG 燃料船の普及に資する体制を整備していく必要がある。

1.4 海外における LNG バンカリングの事前検討及び運用状況

欧州域における、一般的な LNG バンカリングの事前検討方法や運用状況等について、Zeebrugge（ベルギー）、Rotterdam（オランダ）、Marseille（フランス）等々で LNG バンカリングに係るコンサルティング業務の実績がある、Gazocean 社にヒアリングを行った。

また、LNG 燃料船（自動車船）を運航し、Jacksonville（米国）で Ship to Ship 方式の LNG バンカリング実績があり、さらにシンガポールにおいても、同方式のバンカリングの事前検討を行った日本郵船(株)及び現地法人である NYK GROUP AMEIRCAS 社にヒアリングを行った。

1.4.1 欧州域における LNG バンカリング

(1) 欧州域における事前検討方法

事前検討では、法規制及び業界ガイドラインを参考に、LNG バンカリング関係者間で HAZID 等のリスクアセスメントが実施される。

リスクアセスメントでは、IAPH 発行のガイドラインやチェックリストが主に使われるとの事であった。

表 1.8 に欧州域で用いられる法規制及び代表的なガイドラインを、表 1.9 にリスクアセスメント関係者を示す。

表 1.8 法規制及代表的なガイドライン名（欧州域）

法規制及びガイドライン名	発行者
IGF コード	IMO
Revised Guidelines For Formal Safety Assessment (FSA) For use in the IMO-Rule-Making Process	IMO
IAPH 発行の各種ガイドラインチェックリスト等	IAPH
ISO 31010:2019 Risk Management – Risk Assessment Guidelines	ISO
ISO 20519:2017 Ship and maritime technology – Specification for bunkering of liquefied natural gas fueled vessels	ISO
IAT-LNG audit tool	WPSP
No.142 LNG bunkering guidelines	IACS

表 1.9 リスクアセスメント関係者

リスクアセスメント関係者
港湾当局
水先人
供給事業者（バンカリングオペレータ）
需要事業者（LNG 燃料船）
LNG 重要機器メーカー（タンク、移送、サプライチェーン等）

(2) 欧州域における事前検討内容

欧州域での事前検討の範囲は、LNG 燃料船の入港／アプローチ、出港までであり、バンカリング船の接舷や LNG トレーラの横づけ等バンカリングオペレーションも含まれる。事前検討は大きく 4 つのステップに分かれて行われる。

- ① リスクアセスメント（HAZID 等）3 日間
- ② ガス拡散検討
- ③ 整合性検討
- ④ 緊急事態の検討

(3) 欧州域における運用基準

欧州域での一般的な LNG バンカリングの運用基準については、各港で異なるが、おおよそ次の通りであった。

① 運用基準（気象条件）

- 風速：35 ノット（欧州の冬場などは、風が強いことも考慮されていると考える）
- 波高：港内は定め無し（囲われているため）
- 錨地は一般的に 1.0m
- 視程：25m

航走波の基準については触れられていなかった。

② 夜間バンカリング

● 実施基準

昼間、夜間とも同じ実施基準（気象条件等）が適用される。
また、十分な照明が整っていること。

● ホース接続

初めて夜間バンカリングを行うときは、少なくとも 1 回は昼間でのバンカリングを行い、ホース接続に慣れる必要がある。また、バンカリング船の全乗組員が初めてバンカリングを行う場合は、ホース接続に時間がかかるため、2～3 回ほど昼間にホース接続を行うことで接続時間を短縮することが推奨された。

● LNG 移送

夜間 LNG 移送の制限はない。

大型 LNG コンテナ船の場合、LNG 燃料タンクの容量が 18,000m³ 程度ある。LNG 燃料の補給にはタンククールダウンに 1 日、LNG の補給に 1 日と最長 2 日かかる事情があった。

③ 錨地バンカリング

昼夜の別等、岸壁での運用基準（気象条件等）と同じであるとの回答であった。

但し、LNG 燃料船の運航者は、錨地ではなく着岸荷役中にバンカリングを実施することで、時間を節約する意向があり、錨地でのバンカリング実績は略無いとの事であった。

1.4.2 Jacksonville（米国）における LNG バンカリング

(1) Jacksonville（米国）における事前検討方法

表 1.10 に示す代表的な文書をもとに事前検討が行われる。リスクアセスメント関係者は、LNG 燃料供給事業者（バージ業者、LNG 基地）、需要事業者（LNG 燃料船）、米国沿岸警備隊である。

表 1.10 法規制及び代表的なガイドライン名（Jacksonville）

法規制及びガイドライン名	発行者
LNG Bunker Checklist Ship to Ship Part A: Planning Stage Checklist	IAPH
RECOMMENDED PROCESS FOR ANALYZING RISK OF SIMULTANEOUS OPERATIONS(SIMOPS) DURING NATURAL GAS(LNG)BUNKERING	USCG 文書
LNG BUNKERING JOB AID FOR FACILITY TO VESSEL OPERATIONS	USCG 文書
GUIDANCE RELATED TO VESSELS AND WATERFRONT FACILITIES CONDUCTING LIQUEFIDE NATUAL GAS(LNG) MARINE FUEL TRANSFER(BUNKERING)OPERATIONS	USCG 文書
その他、CFR、ISO	

(2) Jacksonville（米国）における事前検討内容

供給事業者が用意した HAZID の内容を確認する形でリスクアセスメントが進められる（3 回程度の打合せ）。

需要事業者は緊急対応、LNG 漏洩リスク、整合性の HAZID を実施する。但し、接舷状態については供給事業者で実施される。

(3) Jacksonville（米国）における運用基準

① 運用基準（気象条件）

- 入港接舷：波高 0.5m 以下、風速 15 ノット以下
- 移送限界：波高 0.5m 以下、風速 20 ノット以下
- ホース切り離し：波高 0.5m 以下、風速 25 ノット以下

航走波に関する基準については触れられていない。

② 夜間バンカリング

昼間、夜間とも同じ運用基準（気象条件等）が適用される。

③ 錨地バンカリング

河川港のため、錨地での検討は行っていない。

1.4.3 Singapore における LNG バンカリング

(1) Singapore における事前検討方法

事前検討は、SGMF のガイドライン、IGC/IGF コードを参考に供給事業者主体で需要事業者と共に実施される。検討結果は港湾局（MPA）に報告される。

(2) Singapore における事前検討内容

HAZID、SIMOPS によるリスクアセスメントの実施、係留力（限界）計算プログラム（OCIMF 刊行物 “Mooring Equipment Guidelines, 4th Edition 2018（MEG 4）” に準拠）、整合性確認を実施する。

(3) Singapore における運用基準

① 運用基準（気象条件）

- 入港接舷：波高 1.5m 以下、風速 19 ノット以下、視程 1,000m 以上
 - 移送限界：波高 1.5m 以下、風速 25 ノット以下、潮流 3.5 ノット以下
- 航走波に関する基準については触れられていない。

② 夜間バンカリング

昼間、夜間とも同じ運用基準（気象条件等）が適用される。

③ 錨地バンカリング

主に錨泊中に LNG バンカリングが実施される前提で、ターミナルも含めて事前検討を実施している。運用条件は錨地、ターミナルとも同じである。また昼間、夜間とも同じ運用基準（気象条件等）が適用される。

シンガポールでは、錨地をその用途ごとに分けて配置しており、LNG バンカリングは指定された錨地で実施される。基本的に指定錨地には LNG 燃料船、バンカリング船、パイロットボート以外の船舶の進入が禁止されている。また、5 ノットの速力制限があり、航走波の影響を抑えるマネジメントが実施されている。ただし、航走波に関する基準は触れられていない。