

LNG 燃料の夜間・錨泊中のバンカリング実施 に向けた検討委員会

第 1 回委員会資料

検討課題の整理及び検討基本方針について（案）

令和 5 年 12 月 20 日

株式会社 日本海洋科学
公益社団法人 日本海難防止協会

目 次

1	検討課題の整理及び検討基本方針.....	1
1.1	平成 24・25 年度実施の Ship to Ship 方式の安全対策検討の概要	2
1.1.1	離接舷操船の安全性評価のための操船シミュレータ実験	2
1.1.2	2 船間係留の安全性評価のための模型水槽試験及び数値シミュレーション	9
1.1.3	LNG バンカリングに係る総合リスク評価	14
1.2	令和 4 年度までの検討結果と課題の整理.....	22
1.2.1	夜間における Ship to Ship 方式による LNG バンカリングの実施可否の検討....	22
1.2.2	錨泊中における Ship to Ship 方式による LNG バンカリングの実施可否の検討	24
1.2.3	緊急時対応手順の指針に関する検討	26
1.3	各課題に対する検討の進め方	28
1.3.1	夜間における Ship to Ship 方式による LNG バンカリングの実施可否の検討....	28
1.3.2	錨泊中における Ship to Ship 方式による LNG バンカリングの実施可否の検討	28
1.3.3	緊急時対応手順の指針に関する検討	30

1 検討課題の整理及び検討基本方針

LNG 燃料の供給は、船舶から行う Ship to Ship 方式、タンクローリーから行う Truck to Ship 方式、陸上施設から行う Shore to Ship 方式の 3 方式があり、平成 24 年度から平成 25 年度に各方式のバンカリング時における安全対策の検討が実施された「天然ガス燃料船に関する総合対策報告書（以下「総合対策報告書」という。）」に基づき、同年 6 月に各方式の LNG バンカリングガイドラインが策定・公表された。

策定・公表から約 10 年が経過し、その間に国際安全基準である IGF コードが発行・改正されたこと、国内での LNG バンカリング実績が蓄積されたことから、令和 4 年度に関係事業者へのヒアリングや「LNG バンカリングガイドライン改訂に向けた検討委員会」における有識者による安全性の検討が行われ、令和 5 年 6 月に同ガイドラインの第 1 回改訂が行われたところである。

同検討委員会においては、夜間における燃料供給の実施に向けた照明等の必要な設備や風速・波高等の条件等について引き続き検討すべきとされた。

具体的な今後の課題としては、以下 3 点が示されている。

- (1) 夜間における Ship to Ship 方式での LNG バンカリングの実施可否の検討
- (2) 錨泊中における Ship to Ship 方式での LNG バンカリングの実施可否の検討
- (3) 緊急時対応の手順の指針に関する検討

上記課題の(1)及び(2)については、平成 24・25 年度の「総合対策報告書」において操船シミュレータ実験によって岸壁係留中及び錨泊中の LNG 燃料船への昼夜間での LNG バンカー船の離接舷操船の安全性が検討され、模型水槽試験及び数値シミュレーションにより、係留中及び錨泊中の 2 船間係留の安全性が検討されている。また、上記(3)については、HAZID (Hazard Identification Study) 手法によるリスク評価分析が行われ、LNG バンカリング中の総合的な安全対策が検討されている。

ここでは、平成 24・25 年度「総合対策報告書」での検討結果を示した上で、今年度における検討の進め方を整理する。

1.1 平成 24・25 年度実施の Ship to Ship 方式の安全対策検討の概要

平成 24・25 年度実施の「総合対策報告書」では、操船シミュレータ実験が実施され、岸壁係留中もしくは錨泊中の LNG 燃料船に対する昼夜間での LNG バンカー船の離接舷操船の安全性検討が行われた。係留中については、模型水槽試験及び数値シミュレーションが実施され、岸壁係留中もしくは錨泊中における LNG 燃料船と LNG バンカー船の 2 船間係留中の船体動揺量等の解析が行われ、2 船間係留の安全性検討が行われた。

また、LNG の移送に関して、移送機器等船舶設備、移送手段、緊急時手順等に関する情報を基にハード面、ソフト面からの総合的なリスク評価（HAZID）が実施され、必要な安全対策の検討が行われた。

「総合対策報告書」によるこれら検討結果の概要を以下に示す。

1.1.1 離接舷操船の安全性評価のための操船シミュレータ実験

(1) 検討条件

① 対象船舶

LNG 燃料船は、いずれもタンク容量 5,000m³を有する垂線間長 320m の VLCC と垂線間長 192m の PCC（自動車運搬船）が想定（表 1.1 参照）された。

LNG バンカー船は、垂線間長 111m の 5,000m³積バンカー専用設計船（2 軸 2 舵 CPP）と 2,500m³積内航 LNG 相当船（1 軸 1 舵 CPP）が想定（表 1.2 参照）された。

表 1.1 LNG 燃料船（VLCC 及び PCC）の主要目

	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

表 1.2 LNG バンカー船（バンカー専用設計船及び内航 LNG 相当船）の主要目

	LNG 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	シリリング
バウスラスター (t)	10	5
スタンスラスター想定 (t) (船尾に Tug を配置)	9	4.4

② 海域条件

特定の海域ではなく一般的な湾内海域が想定され、港湾施設も特定の岸壁はなく一般的な岸壁・栈橋が設定された。

③ 載貨状態

LNG 燃料船については、錨泊時の場合、風圧影響の大きなバラスト状態を設定し、係留時の場合においても、錨泊時と同様にバラスト状態とした。

バンカー船については、接舷時、燃料（LNG）供給前の想定であることから満載状態を設定し、離舷時は LNG 燃料を全量移送したのものとしてバラスト状態を設定した。

④ 外力条件

a) 風及び波浪

風向と波向は同一方向として設定し、係留形態を考慮して相対的に操船を難しくする方向を設定した。

具体的には、

- 錨泊中については、錨泊中の LNG 燃料船は船首が風に立つ（風圧影響により船首方位は風上を向く）ことから、波向は船首方向を基本とし、風による振れ回りを考慮して、初期船首方位（000 度）に対して風向 000 度と 315 度を設定するケースを対象とした。
 - 係留中については、岸壁側から波が起こることは想定し得ないこと、また、LNG 燃料船の風下側であればバンカー船が受ける風の影響は少ないことから、岸壁と反対側の波向・風向を基本とした（相対的に操船が難しくなる風向を想定）。
- また、LNG バンカー船の操船上、船尾側から外力影響を受けることはより操船を困難なものとするため、LNG 燃料船の船体後方の 180 度及び 225 度についても検討対象とした。

b) 潮流

LNG 燃料船が岸壁係留中の条件では、特定のバースを想定することとはせず、潮流は設定しないこととした。

錨泊中の場合、潮流があると LNG 燃料船は風圧力と流圧力との合力が均衡した状態で姿勢が定まることから、LNG 燃料船の初期船首方位（000 度）に対して左舷正横方向（流向 090 度）の潮流を設定した。その場合、接舷操船中のバンカー船も LNG 燃料船側に圧流される方向となる。

c) 水深

水深は浅水影響を考慮し、LNG 燃料船（満載）の喫水の 10%を余裕水深とした。

⑤ 操船シミュレータ実験の実施ケース

表 1.3 及び表 1.4 に示すケースが実施された。

夜間の実験では、照明条件の変化に伴う操船影響の把握を行うため、LNG 燃料船上の照明を以下のように変更し検証した。

- 昼間：1 パターン（照明無し）
- 夜間：3 パターン（デッキ上の照明+舷側照明 1 か所（照明具合：暗め）
デッキ上の照明+舷側照明 1 か所（照明具合：通常）
デッキ上の照明+舷側照明 4 か所（照明具合：通常））

昼間及び夜間の各照明条件における LNG 燃料船の外景を図 1.1～図 1.4 に示す。

表 1.3 岸壁係留中の LNG 燃料船に対する離接舷操船実施ケース

操船 (接舷/ 離舷)	LNG 燃料船	バンカー船		相対風向条件		波条件			潮流条件		船尾 タグ (t)	昼夜間	
	船型	船型	回頭 有無	風向 (deg)	風速 (m/sec)	波高 (m)	波向 (deg)	周期 (s)	流向 (deg)	流速 (kt)			
接舷	VLCC/ PCC	LNG バンカー船	無	Calm ^{※1}		0.5	180	4	Slack ^{※2}		なし		
	VLCC	LNG バンカー船/ 内航 LNG 船		225	8	1.5	225	10					
	VLCC	LNG バンカー船		270	8	1.5	270	10					
	VLCC/ PCC	LNG バンカー船		180	10	1.5	180	10					
	VLCC	内航 LNG 船		180	10	1.5	180	10					
	PCC	LNG バンカー船/ 内航 LNG 船	有	225	10	1.5	225	10					9/ 4.4
	VLCC	LNG バンカー船/ 内航 LNG 船	無	225	10	1.5	225	10					
	VLCC/ PCC	LNG バンカー船/ 内航 LNG 船		270	10	1.5	270	10					
	VLCC	LNG バンカー船	有	270	10	1.5	270	10					なし
	VLCC	LNG バンカー船		225	12	1.5	225	10					
離舷	VLCC/ PCC	LNG バンカー船/ 内航 LNG 船	有	225	10	1.5	225	10		なし			
	VLCC	LNG バンカー船/ 内航 LNG 船	無	225	10	1.5	225	10					
	PCC	LNG バンカー船/ 内航 LNG 船	有	225	10	1.5	225	10				9/ 4.4	
	VLCC/ PCC	LNG バンカー船		225	12	1.5	225	10					
	VLCC	内航 LNG 船		225	12	1.5	225	10					
	VLCC	LNG バンカー船/ 内航 LNG 船	無	225	12	1.5	225	10				なし	
	VLCC	LNG バンカー船		225	15	2.0	225	12					
PCC	LNG バンカー船	有	225	15	2.0	225	12						

※1 静穏

※2 転流時

表 1.4 錨泊中の LNG 燃料船に対する離接舷操船実施ケース

操船 (接舷/ 離舷)	LNG 燃料船	バンカー船		相対風向条件		波条件			潮流条件		船尾 タグ (t)	昼夜間
	船型	船型	回頭 有無	風向 (deg)	風速 (m/sec)	波高 (m)	波向 (deg)	周期 (s)	流向 (deg)	流速 (kt)		
接舷	VLCC/ PCC	LNG バンカー船	無	Calm ^{※1}		0.5	000	4	Slack ^{※2}		なし	昼間
	VLCC	内航 LNG 船		Calm ^{※1}		0.5	000	4	Slack ^{※2}			
	VLCC/ PCC	LNG バンカー船		000	10	1.5	000	10	90	0.3		
	VLCC	内航 LNG 船		000	10	1.5	000	10	90	0.3		
	VLCC	LNG バンカー船		000	10	1.5	000	10	90	0.3		
	VLCC/ PCC	LNG バンカー船/ 内航 LNG 船		315	10	1.5	315	10	90	0.3		
	VLCC	LNG バンカー船		315	12	1.5	315	10	90	0.3		
離舷	VLCC/ PCC	LNG バンカー船	無	Calm ^{※1}		0.5	000	4	Slack ^{※2}		なし	昼間
	VLCC	内航 LNG 船		Calm ^{※1}		0.5	000	4	Slack ^{※2}			
	VLCC/ PCC	LNG バンカー船		000	10	1.5	000	10	90	0.3		
	VLCC	内航 LNG 船		000	10	1.5	000	10	90	0.3		
	VLCC/ PCC	LNG バンカー船/ 内航 LNG 船		315	10	1.5	000	10	90	0.3		
	VLCC/ PCC	LNG バンカー船		315	12	1.5	315	10	90	0.3		
	VLCC	内航 LNG 船		315	12	1.5	315	10	90	0.3		
	VLCC/ PCC	LNG バンカー船		315	15	2.0	315	12	90	0.3		

※1 静穏

※2 転流時

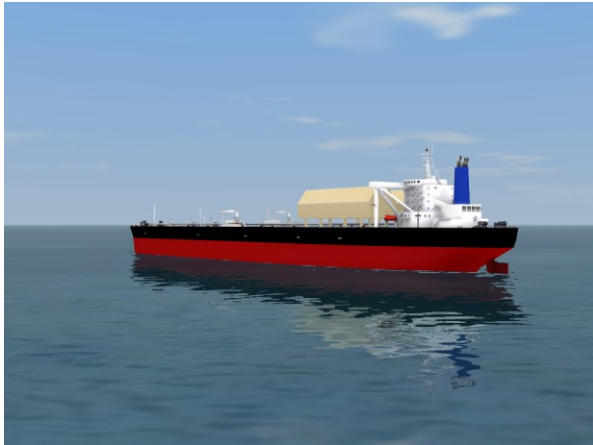


図 1.1 外景（昼間）



図 1.2 外景（夜間）
デッキ上の照明＋舷側照明 1 か所
（照明具合：暗め）



図 1.3 外景（夜間）
デッキ上の照明＋舷側照明 1 か所
（照明具合：通常）



図 1.4 外景（夜間）
デッキ上の照明＋舷側照明 4 か所
（照明具合：通常）

(2) 検討結果

操船シミュレータ実験の結果を踏まえた安全対策は、以下のとおり整理された。

① 運用基準の目安

- 接舷条件：風速 10m/sec 程度
 - ・ 操船者が習熟するまでの間、風を船首から受ける方向に制限することが望ましい。
 - ・ 風速 10m/sec 程度の条件下で、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、船尾スラスタ等を追加装備し、横移動操船における制御機能を、横方向の制御系（バウスラスタ、船尾スラスタ等）と前後方向の制御系（推進器）に分離すること、または横移動操船においてジョイスティックを用いた適切な自動制御システムを導入することが望ましい。
- 離舷条件：風速 12m/sec 程度

② 緊急離舷の目安

- 岸壁係留船から自力で安全に離舷できるのは風速 12m/sec が目安になる。
- 錨泊船からの自力離舷は風速 15m/sec が目安になる。

③ 夜間接舷の可否

【公開実験結果】

- 公開実験（予備実験）において夜間接舷の 1 ケースを実施した。
- この実験では、LNG バンカー船が前後移動を行うアプローチ操船と横移動を行う横移動操船により LNG 燃料船への接舷を実施した。横移動操船では LNG バンカー船の接舷速度を 10cm/sec 以下まで制御できることを確認して終了となった。公開実験のケースについて、アプローチ操船、横移動操船では、本船舷側の接舷位置付近の照明を十分に行い、舷側付近の明るさを確保しておけば、夜間であるが故の問題点は特になかった。
- 視覚情報に関する夜間特性が影響する可能性があるため、夜間での接舷操船を行うに先立ち、昼間において実績を積むことが望ましい。
- 視覚情報に関する夜間特性が影響する可能性があるため、夜間接舷に係る追加実験を実施することとなった。

【夜間追加実験の結果】

- 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。また、夜間は視覚的情報が不足しがちであることから、支援装置をはじめ動的情報提供装置の活用も考慮する。

- 今回の操船シミュレータ実験については、錨泊船は振れ回りがおさまった状態で、LNG バンカー船はスタンスラスターを装備しているものとして実施したが、実際の運用にあたっては、振れ回りへの対応やスタンスラスターの装備の有無を考慮して、安全対策を検討する必要がある。

1.1.2 2 船間係留の安全性評価のための模型水槽試験及び数値シミュレーション

(1) 模型水槽試験

① 対象船舶

LNG バンカー船と LNG 燃料船 2 隻 (VLCC 及び PCC) を対象とし、水槽試験のために縮尺 1/80 の模型船が製作された。また、LNG 燃料船の沖合錨泊中における 2 船体動揺計測に加えて、VLCC が沖合棧橋に係船された場合の計測も行うため、沖合棧橋を模擬した棧橋模型が製作された。

模型船の喫水設定は、LNG バンカリング中であることを考慮して、LNG バンカー船は半載喫水 (搭載する 2 基の LNG タンク半載で、Trim 調整まで考慮した場合の喫水)、VLCC 及び PCC は、波による船体動揺が増すバラスト喫水とした。

各模型船の諸元並びにウエイト等の積み付け後に実施した傾斜試験による GM の計測結果、自由動揺試験による Roll 固有周期の計測結果は、表 1.5 に示すとおりである。

表 1.5 対象船舶の諸元及び設定値

項目	LNG 燃料船		バンカー船
	VLCC	PCC	LNG バンカー船
垂線間長 L_{pp} (m)	320.0	192.0	111
型幅 B (m)	58.0	32.3	19
型深さ D (m)	29.0	35.0	10
喫水 d (m)	10.0	7.6	5
GM (m)	23.0	3.7	2.9
GM_L (m)	676.5	298.7	219.8
K_{xx}/B	0.33	0.40	0.43
K_{yy}/L_{pp}	0.23	0.29	0.31
Roll 固有周期 (sec)	10.6	13.8	9.5
排水量 (ton)	143,551.2	24,770.8	6,573

② 沖合錨泊時のセッティング

特定の海域は設定せず、一般的に沖合錨泊あるいは沖合バースに係船している状態が想定された。

沖合錨泊の場合、図 1.5 に示すように方位角抑制治具を用いて LNG 燃料船の船首尾をばね定数の小さなつる巻きばねとワイヤーで漂流しないように係留し、波による船体動揺を許容した。

セットアップの様子は図 1.6 に示すとおりである。

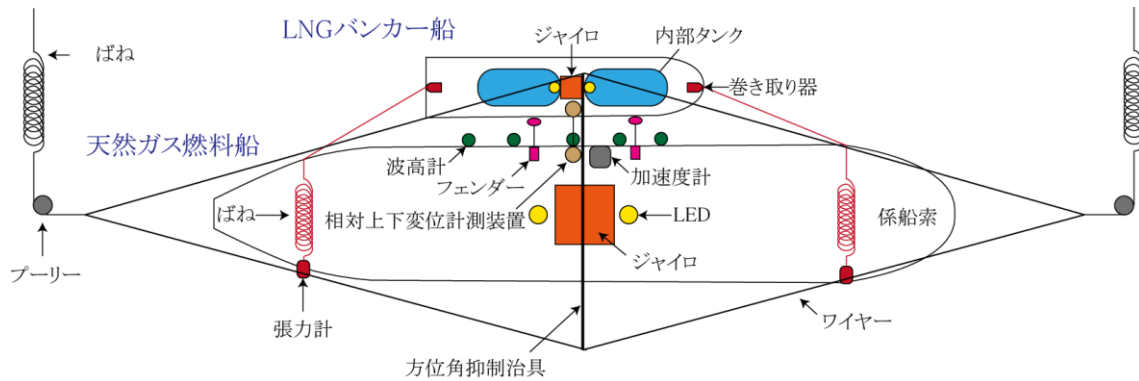


図 1.5 沖合錨泊時のセットアップ

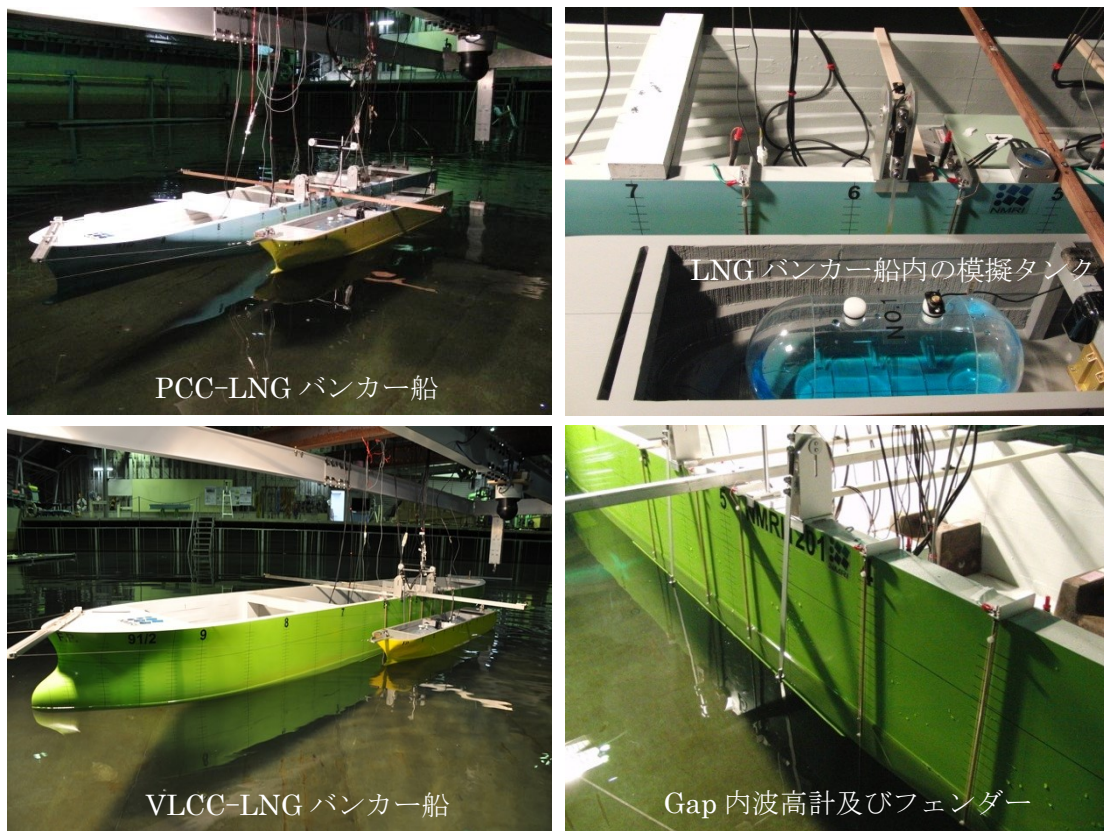


図 1.6 セットアップの様子 (沖合錨泊時)

③ 試験条件

表 1.6 は、試験条件を示している。

水槽の水深は 1m（実機で 80m 相当）とし、波周期 6, 8, 10, 12sec の 4 種類の規則波を造波した。波の入射角は、沖合錨泊中の計測では 0 度及び 315 度の 2 方向、棧橋係留中の計測では 180 度、225 度、270 度の 3 方向とした。波向き 0 度が向かい波、180 度が追い波、270 度が左舷方向からの横波となる。

表 1.6 試験条件

LNG 燃料船			LNG バンカー船			海象条件		
船型	載貨状態	係留形態	船型	載貨状態	タンク内流動影響	波高 (m)	波向き (deg)	周期 (sec)
PCC	バラスト	沖合錨泊	LNG バンカー船	半載	有	2.0	0	6, 8, 10, 12
							315	
VLCC	バラスト	沖合錨泊				1.4	0	
							315	
		棧橋係留				1.2	180	
							225	
	270							

(2) 数値シミュレーション

① 対象船舶

表 1.7 は、計算対象船の諸元を示している。

LNG バンカー船あるいは内航 LNG 船のタンク内 LNG の比重は 0.46 として計算を行った。また、係留動揺シミュレーションでは、PCC の岸壁係留時の検討も行った。

表 1.7 対象船舶の諸元

項目	LNG 燃料船		バンカー船	
	VLCC	PCC	LNG バンカー船	内航 LNG 船
垂線間長 L_{pp} (m)	320.0	192.0	111	80
型幅 B (m)	58.0	32.3	19	13
型深さ D (m)	29.0	35.0	10	7
喫水 d (m)	10.0	7.6	5	3
GM (m)	20.0	3.3	1.1	2.0
GM_L (m)	673.0	292.8	217.0	156.3
K_{xx}/B	0.4	0.35	0.35	0.42
K_{yy}/L_{pp}	0.25	0.25	0.25	0.26
載貨状態	バラスト	バラスト	半載	半載
排水量 (ton)	143,551.2	24,770.8	6,573	2,450
タンク容量 (m^3)	—	—	5,000	2,500
LNG 比重	—	—	0.46	0.46
正面投影面積 A_T (m^2)	2,100.0	890.0	330.0	172.0
側面投影面積 A_L (m^2)	8,600.0	6,300.0	1,400.0	685.0

② 外力条件

係留動揺シミュレーションの計算条件は表 1.8 に示すとおりである。

水深は、LNG 燃料船の喫水の 10% 余裕水深とし、LNG 燃料船のうち最も喫水の大きな VLCC に基づき 22.9m とした。また、表中の風向と波向きは、LNG 燃料船に対する相対角度を表す。

表 1.8 係留動揺シミュレーション条件

LNG 燃料船			バンカー船			気象		海象		
船型	載貨状態	係留形態	船型	載貨状態	タンク内流動影響	風向 (deg)	風速 (m/sec)	波高 (m)	波向 (deg)	周期 (sec)
VLCC/ PCC	バラスト	錨泊中	LNG バンカー船/ 内航 LNG 船	半載	有	0	0	0.5	0	4
							12	1.2		6
							12	1.2		8
							12	1.5		8
							10	1.5		10
							12	1.5		10
		15				2.0	12			
		315				12	1.0	315	6	
						12	1.2		6	
						12	1.2		8	
						12	1.5		8	
						10	1.5		10	
	12		1.5	10						
	180	0	0.5	180	4					
		12	1.2		6					
		12	1.2		8					
		12	1.5		8					
		10	1.5		10					
		12	1.5		10					
	225	12	1.0	225	6					
		12	1.2		6					
		12	1.2		8					
		12	1.5		8					
		10	1.5		10					
12		1.5	10							
270	12	1.0	270	5						
	12	1.0		6						
	12	1.2		6						
	12	1.2		8						
	12	1.5		8						
	10	1.5		10						
	12	1.5		10						
	12	1.5		10						
係留中										

(3) 検討結果

水槽試験・解析（シミュレーション）を用いた検討結果より、表 1.9 に示す LNG バンカーの限界条件が整理された。

ただし、錨泊中の試験は、船体振れ回り運動は小さいものとして、ばね定数の小さなつる巻きばねとワイヤーで船体方位角の変化を抑制したもので、錨による単錨泊中の船体振れ回り運動は再現されていない。

表 1.9 LNG 移送の限界条件

バンカー船	係留状態	限界波高	限界波周期	風速
LNG バンカー船	錨泊中	1.2m	8.0sec	12m/sec
	係留中	1.0m	5.0sec	12m/sec
内航 LNG 船	錨泊中	1.0m	6.0sec	12m/sec
	係留中	1.0m	5.0sec	12m/sec

1.1.3 LNGバンカリングに係る総合リスク評価

(1) 検討内容

① 検討方法

Ship to Ship 方式による LNG バンカリングについては、欧州規格 EN1474 「液化天然ガス設備機器－海上移送システムの設計と試験」の Part3 「海上移送システム」(EN1474-3) に基づいて検討を行った。

② 検討フロー

EN1474-3 では、図 1.7 のように、図中(1)①～⑦の項目についてオペレーション・フェーズごとに妥当性を確認するため、図中(3)を考慮して、図中(2)のようなハザード(潜在的な危険要素)を特定(HAZID)した。HAZID 手法としては、HAZOP 等ではなく、ハザードを柔軟かつ効率的に分析することができる SWIFT (Structured What If Technique) 手法を採用した。

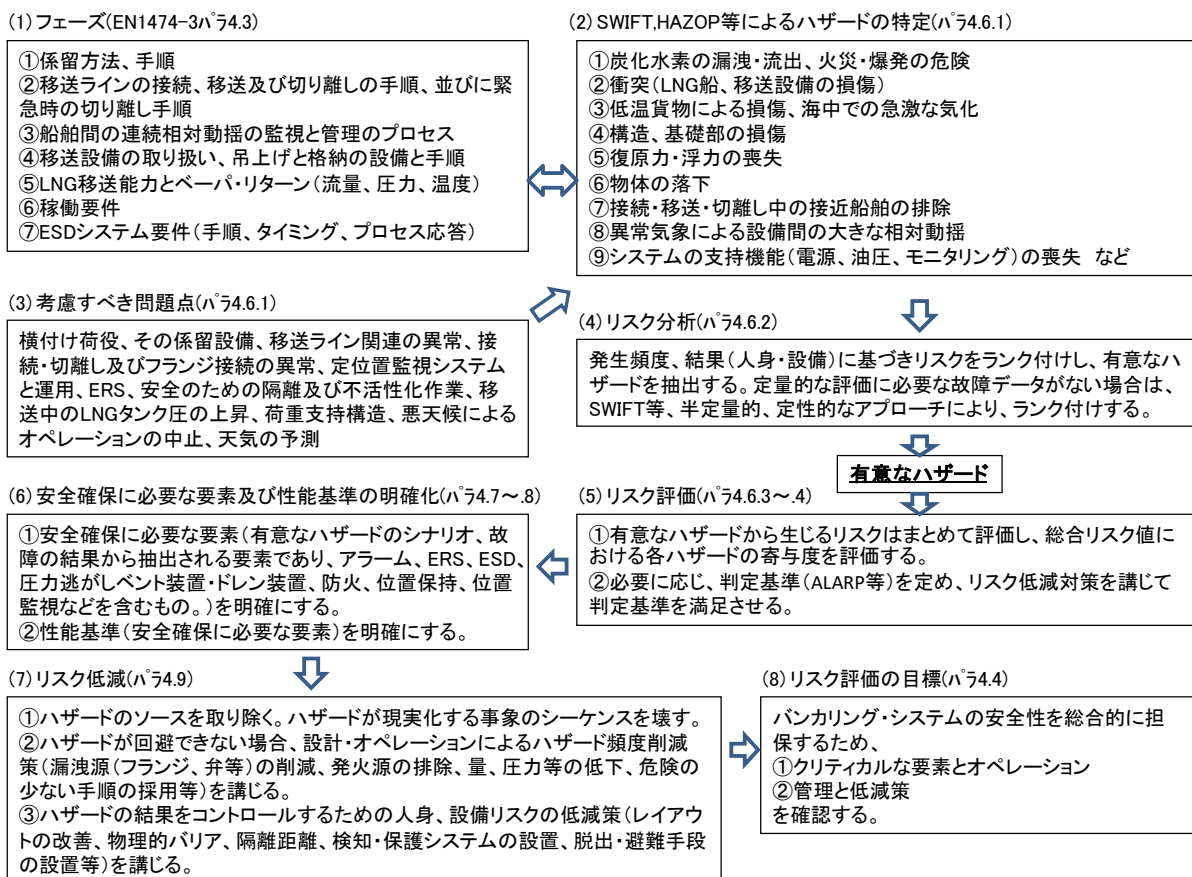


図 1.7 EN1474-3 の検討フロー

③ SWIFT 手法

SWIFT 手法を用いて、ハザードを洗い出し、表 1.10 のように整理した。

表 1.10 SWIFT ワークシート

ハザードID	(番号を記入)		
ハザードの定義	(ハザードの概略を簡潔に記入)		
原因	<ul style="list-style-type: none"> •(考え得る原因を箇条書きで全て記入) • 		
結果	<ul style="list-style-type: none"> •(考え得る結果を箇条書きで全て記入) • 		
予定されている防御手段	<ul style="list-style-type: none"> •(現在のシステムで講じられている予防措置等を記入) • 		
勧告	<ul style="list-style-type: none"> •(ハザード防御のために講じることが望ましい措置等を記入) • 		
リスク情報	SI (深刻度を指数で記入)	FI (頻度を指数で記入)	RI (SI+FI)
備考			

(2) ハザードの洗い出し

TEN-T 資料等を参考に、図 1.8 のハザードを洗い出した。

図中(1)及び(3)は確認作業が主であることから、関連するハザードの対策として検討することとし、具体的なハザードが存在するのは、多くは(4)であり、(2)及び(5)については、共に、アーム・ホースの着脱の失敗や物体・作業員の落下をハザードとして洗い出した。

(4)のフェーズでは、少量 LNG 漏洩（ホース欠陥、ERC 内）、中量 LNG 漏洩（ホース容積分、大量 LNG 漏洩（手動停止まで移送量分）、荷役・乗船中/夜間の LNG 漏洩、LNG 過積載、急激な気化・生ガスベント・タンク圧上昇（ロールオーバーや不適切なクールダウン等）、係船索破断（摩耗・海象変化・津波・曳波）、落雷による着火、バンカー船・LNG 燃料船の火災、第 3 船との衝突、電源・油圧機能喪失、サージ圧発生（急激な移送停止等）、及び、レーダーの使用をハザードとした。

なお、LNG 漏洩に関連するハザードの結果として、酸欠（人）、凍傷（人）、低温脆性破壊（船舶）、燃焼（人・船舶）、Rapid Phase Transition（船舶）等を想定している。

バンカリング作業ステップ(フェーズ)	検討するモード:通常時・非常時	想定されるハザード
(1)バンカリング前作業(海象、タンク・係船装置・アーム等の確認、連絡等)及び係船作業(ESDケーブル接続)	通常時(非常時は作業中止)	(関連するハザードの対策として検討)
(2)アーム・ホース接続作業	通常時(非常時は作業中止)	・接続失敗(少量LNG漏洩として検討) ・物体・作業員の落下
(3)安全確認作業及び移送前チェック	通常時(非常時は作業中止)	(関連するハザードの対策として検討)
(4)移送中作業(ガスリターン、クールダウン等)及びバンカリング(スタート、ポンプストップ等)	通常時及び非常時	・少量LNG漏洩(ホース欠陥、ERC内) ・中量LNG漏洩(ホース容積分) ・大量LNG漏洩(手動停止まで移送量分) ・荷役・乗船中/夜間のLNG漏洩 ・LNG過積載 ・急激な気化・生ガスベント・タンク圧上昇(ロールオーバーや不適切なクールダウン等) ・係船索破断(摩耗・海象変化・津波・曳波) ・落雷による着火 ・バンカー船・LNG燃料船の火災 ・第3船との衝突 ・電源・油圧機能喪失 ・サージ圧発生(急激な移送停止等) ・レーダーの使用
(5)バンカリング後作業(パージ、取り外し、係船解除)	通常時及び非常時	・取り外し・パージ失敗(少量LNG漏洩として検討) ・物体・作業員の落下(前述)

図 1.8 ハザードの洗い出し

(3) ワークシートの作成

① ワークシートの構成

ハザードを、表 1.11 のように 13 のワークシートに整理した。

特定されたハザードに関するワークシートを作成することにより、有意なハザードを抽出した。

表 1.11 ワークシートにおけるハザードの整理

第1回燃料移送等検討委員会で提示したハザード	作成したワークシートのハザード
<p><アーム・ホース接続作業及びバンカリング後作業></p> <ul style="list-style-type: none"> ○ アーム・ホースの着脱の失敗（右記③の原因として整理） ○ 物体・作業員の落下 	<ul style="list-style-type: none"> ① 物体の落下 ② 作業員の落下
<p><移送中作業></p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 少量 LNG 漏洩（ホース欠陥、ERC 内） ○ 中量 LNG 漏洩（ホース容積分） ○ 大量 LNG 漏洩（手動停止まで移送量分） ○ 荷役・夜間の LNG 漏洩 ○ LNG 過積載 ○ 急激な気化・生ガスベント・タンク圧上昇（ロールオーバーや不適切なクールダウン等）（ロールオーバーを独立のハザード右記⑨として整理） ○ 係船索破断（摩耗・海象変化・津波・曳波）（右記④の原因として整理） ○ 落雷による着火 ○ バンカー船・LNG 燃料船の火災 ○ 第3船との衝突 ○ 電源・油圧機能喪失 ○ サージ圧発生（急激な移送停止等）（右記③及び④の原因として整理） ○ レーダーの使用（右記⑫の対策として整理） 	<ul style="list-style-type: none"> ③ 少量 LNG 漏洩 ④ 中量 LNG 漏洩 ⑤ 大量 LNG 漏洩 ⑥ 荷役・夜間の LNG 漏洩 ⑦ LNG 過積載 ⑧ タンク圧上昇 ⑨ ロールオーバー ⑩ 落雷による着火 ⑪ バンカー船・LNG 燃料船の火災 ⑫ 第3船との衝突 ⑬ 電源・油圧機能喪失

② ハザードのランク付け

ワークシートのリスク情報をリスクマトリクス上にまとめると、表 1.12 のようになる。

なお、⑧タンク圧上昇については、LNG 運搬船の事故統計上は広く許容される領域（L）にあることが確認されたが、LNG 燃料船では頻度が高くなることが懸念されるため、表 1.12 に記載していない。また、⑥荷役・夜間の LNG 漏洩は、ランク付けを目的とするものではないので、同様に記載していない。

表 1.12 リスクマトリクス

		深刻度 SI				
		1	2	3	4	5
		無視してよい Negligible	小さい Minor	中程度 Midium	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 ③少量LNG漏洩	M	H	H
	2 起こりうる Possible	L ⑩落雷による着火 ⑫第3船との衝突 (小型船(FRP船)) ⑬電源・油圧機能喪失	L ①物体の落下 ⑫第3船との衝突 (大型船)	M ④中量LNG漏洩(燃 焼等せず)	M	H
	1 起こりそ うにない Unlikely	L	L ⑦LNG過積 ⑨ロールオーバー	L ②作業員の落下 ⑪バンカー船・LNG 燃料船の火災	M ④中量LNG漏洩(燃 焼等発生)	M ⑤大量LNG漏洩

注) Mは、ALARP 領域 (As Low As Reasonably Practicable) であり、許容されない領域 (H)と広く許容される領域 (L) の狭間を言い、合理的に実行可能な限りリスクを低減することが求められる。

(4) 総合リスク評価のまとめ

有意なハザードについて、事故シナリオに基づき、安全確保に必要な要素、性能基準等を明らかにし、安全対策（リスク低減策）を検討した結果、以下の安全対策の必要性が確認された。

① LNG 漏洩シナリオに備えた安全対策

➤ ハードウェア

- ・ 十分な強度等を持つアーム（加速度、追従性）を採用する。（EN1474-1 を準拠、表 D.15 で動揺加速を考慮）
- ・ ホース寿命（使用期間/回数）を管理する。（EN1474-1 を準拠、寿命を考慮）
- ・ 適切な ESD・ERS 作動の設定（ISO28460、EN1474-1、SIGTTO の ESD arrangements & linked ship/shore systems for liquefied gas carriers、IGF コード及び IGC コードの関連規定を準拠）
- ・ ドリップトレイ（十分な容量・範囲）による船体保護を確保する。
- ・ ウォーターカーテンによる船体保護を確保する。
- ・ 適切なフェンダーを設置する。（Ship to Ship Transfer (Petroleum) ICS OCIMF 及び ISO 17357 を準拠）
- ・ 係船力計算又は艀装数を踏まえた適切な係留設備を使用する。
- ・ 推進力が不用意に働かない措置を講じる。

➤ ソフトウェア

- ・ 適切な作業開始・中止条件の設定（水槽試験・シミュレーションを踏まえた航行安全検討委員会で設定されたものをベースとする。）
- ・ 任意 ISM（バンカー船）及び ISM（LNG 燃料船）において、STS 移送の統括指揮者（バンカー船船長）を明記して、以下の手順を確保する。
- ・ ホース・アーム ESD・ERS 点検整備（疲労亀裂等異常の発見）
- ・ 移送前の ESD 作動及び ERS 信号テスト
- ・ 移送前リークテスト
- ・ ホース、アームの状態監視（マニホールド間が見渡せるところから蒸気流の確認）
- ・ 漏洩時は移送を中止する。
- ・ その他に、1つのフェンダー損傷時、ホース変形時、係船索 1 本破断時に手動で ESD を作動する。
- ・ 作業員は LNG 燃料船マニホールド付近から風上に離れる。（中大量漏洩時は船側から離れる。）
- ・ あらかじめ消火設備を準備して、火災発生時に所定の体制で消火活動を行う。
- ・ 緊急時に、速やかに係船解除を行う。

② 荷役中・夜間の LNG 漏洩に備えた安全対策

➤ 荷役中の LNG 漏洩

IGC・IGF コード上のガス危険区画（準ずる移送設備周り及び ERC が取り付けられている位置から半径 9m の球形の範囲（図 1.9、図 1.10 参照）を含む）から着火源が排除され、荷役貨物の落下等から移送設備が保護され、LNG 漏洩又は ESD 作動時に貨物荷役を中止することが確保されることを条件に、貨物荷役中の LNG 移送が可能となる。旅客についてはガス危険区画以外でも移送中は原則として禁煙とする。

➤ 夜間の LNG 漏洩

マニホールド間のホース・アームの監視等を確保する 70lx 以上の照明が確保され、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休息時間等に配慮することを条件に、夜間の LNG 移送は容認される。

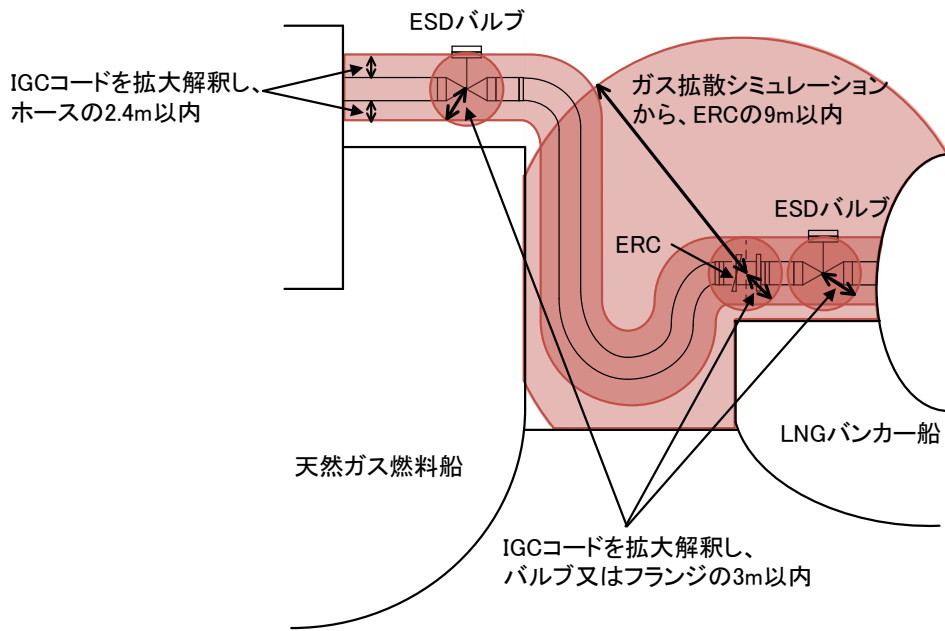


図 1.9 IGC コードを拡大解釈及びガス拡散シミュレーション結果を考慮したホース上の危険区域 (例)

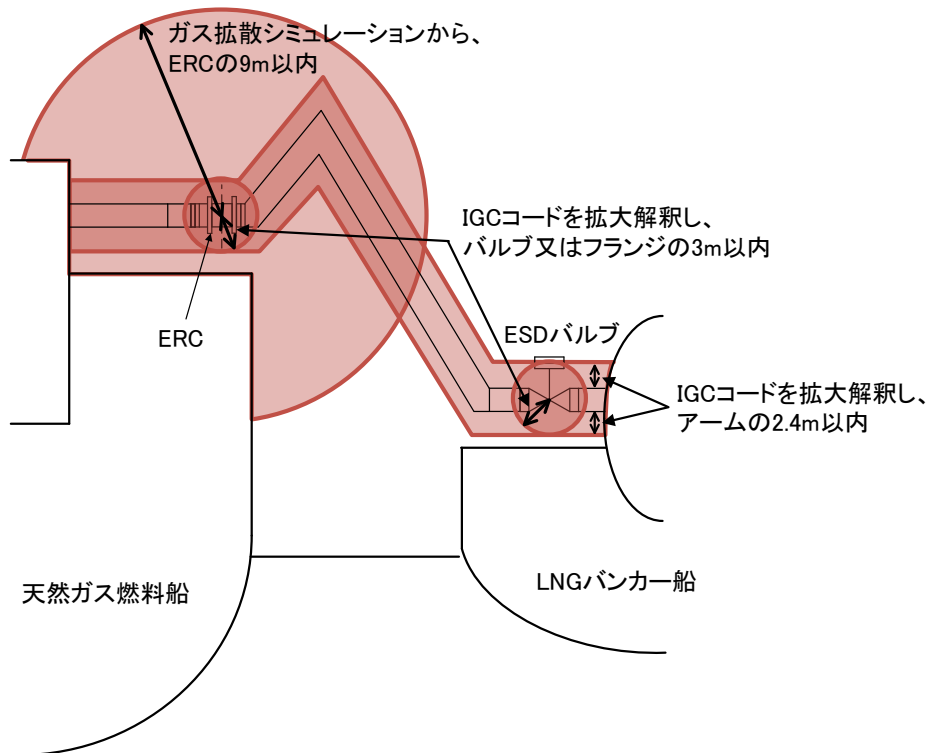


図 1.10 IGC コードを拡大解釈及びガス拡散シミュレーション結果を考慮したアーム上の危険区域 (例)

③ 残存 LNG の高温化・重質化に備えた安全対策

▶ ハードウェア

- ・ LNG 液温度モニタリング
- ・ LNG 液密度又は液組成モニタリング
- ・ 矩形タンク底部の LNG 供給分配管
- ・ 必要に応じた推奨事項として、気液平衡計算ツール（化学プロセスシミュレーター等）をバンカー船に装備

▶ ソフトウェア

- ・ 事前に、液温度及び液密度を確認
- ・ 事前に、Top Fill/Bottom Fill を確認
- ・ 事前に、LNG 燃料船のタンク圧をできるだけ下げ、双方のタンク圧を確認
- ・ タンク液温度差が 20℃程度ある場合、リターンガス処理容量に応じ、残存液/タンクの冷却進行、圧力推移を確認しながら、移送初期のレートを制御
- ・ 移送終了から 24 時間経過ごろ、LNG 燃料船のタンク上下の密度分布を確認し、必要な攪拌作業を実施（ただし、十分な耐圧性能を有したタンクである場合はこの限りではない）
- ・ 必要に応じた推奨事項として、複数の燃料タンクの同時燃料消費

1.2 令和 4 年度までの検討結果と課題の整理

平成 24・25 年度「総合対策報告書」の検討当時は、国内において Ship to Ship 方式による LNG バンカリングは未実施であった。その後、国際安全基準である IGF コードが発行・改正されたことに加え、令和 2 年より、伊勢三河湾内において、タンク容量 3,500m³ の LNG バンカー船による LNG 燃料船に対する Ship to Ship 方式での LNG 燃料供給が開始され、バンカリング実績が蓄積されたことから、令和 4 年度にガイドラインの見直しに係る検討が行われ、令和 5 年 6 月に同ガイドラインの第 1 回改訂が行われた。

現在、実施されている LNG バンカリング事業は、策定されたガイドラインに基づいて安全対策が実施されているが、Ship to Ship 方式でのバンカリングは、岸壁係留中の LNG 燃料船に限って行われ、日没後の接舷及び LNG 燃料の移送開始は行われていない。令和 4 年度の検討委員会においても、夜間における燃料供給の実施に向けた照明等の必要な設備や風速・波高等の条件等、引き続き検討すべきとされている。

平成 24・25 年度の「総合対策報告書」及び令和 4 年度の検討会での議論を踏まえ、今年度実施すべき課題として示されて以下 3 点について、これまでの検討結果と課題を整理する。

1.2.1 夜間における Ship to Ship 方式による LNG バンカリングの実施可否の検討

【これまでの検討結果のまとめ】

平成 24・25 年度の「総合対策報告書」では、操船シミュレータ実験結果と模型水槽試験及び数値シミュレーションによる係留動揺解析の結果を踏まえ、LNG 燃料船への LNG バンカー船の運用条件として、

- 接舷条件：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

とされている。

夜間の接舷シミュレーションの実施回数は昼間に比較しはるかに少なかったため、離接舷にかかる十分な検証は行えていないが、夜間における離接舷の安全対策として以下が示されている。

- LNG 燃料船はデッキライト等で船側を水線まで照明すること
- 横移動局面においては、LNG バンカー船の作業灯を照明すること

また、国内で Ship to Ship 方式での LNG バンカリング実績がない状況下であったため、

- バンカリングは原則として昼間に実施し、夜間は乗組員が熟練している場合のみ実施することが望ましい。

とされた。

【今後の検討項目】

現在、Ship to Ship 方式での LNG バンカリングでは、岸壁係留中の LNG 燃料船への接舷及びバンカリングは昼間に実施されている。

LNG 夜間接舷の可否については、実績を踏まえた再検証の実施が必要な状況下にあり、Ship to Ship 方式での LNG バンカリング実績を踏まえ、十分に行えていなかった夜間離接舷の安全性をさらに検証し、現在昼間の岸壁係留中の状態のみで運用されている上記基準を夜間に適用しても安全に支障ないかの確認を行う必要がある。

以上のことから、LNG の岸壁係留時における夜間の接舷を安全に実施するために必要となる条件やバンカリングに係る運用条件等の検討を行う。

具体的には、以下の内容について、操船シミュレータや事業者・関係行政機関等へのヒアリングをそれぞれ行い、調査結果をまとめる。

(1) 離接舷条件の策定

夜間の LNG バンカリングを実施できるような離接舷条件（風速・波高等の閾値）を策定する。なお、策定に向けた検討にあたり、操船シミュレータを用いた離接舷シミュレーションを実施するとともに、バンカリング事業者、関係行政機関等へのヒアリング等を行い、照明の明るさや照明設置位置を検討する。

(2) バンカリングにかかる運用条件

バンカリングにかかる運用条件として、風速（m/sec）と波高（m）、視程（m）、潮流（m/sec）の閾値を設定する。設定にあたっては、(1)で実施した離接舷条件を用いるとともに、LNG バンカリング事業を実施している事業者を含むバンカリング事業者、関係行政機関等へのヒアリングを行い、それらのヒアリング結果をまとめる。

(3) 昼間との違いに基づく夜間での実施要件の検討

昼間との違いに基づく夜間での実施要件として、少なくとも次に掲げる 9 点について検討の上、要件を示す。検討にあたっては、(1)の検討結果を用いるとともに、LNG バンカリング事業者、関係行政機関等へのヒアリングを行い、それらのヒアリング結果をまとめた上で中止基準を含めた要件を示す。

- ① 照明設備を設置する場所
- ② 照明を必要とする場所
- ③ 照明設備に求められる明るさの要件
- ④ 航行支援装置等の要件
- ⑤ 夜間の実施に向けたトライアルの実施可否および手法の検討
- ⑥ 船間保安距離の確保
- ⑦ 周囲を航行する船舶への注意喚起方法
- ⑧ 乗務員の安全運航体制（燃料搭載および離接舷時の乗組員配置も含む）
- ⑨ 夜間荷役実施に係る必要な研修・訓練

1.2.2 錨泊中における Ship to Ship 方式による LNG バンカリングの実施可否の検討

【これまでの検討結果のまとめ】

平成 24・25 年度の「総合対策報告書」では、操船シミュレータ実験結果と模型水槽試験及び数値シミュレーションによる係留動揺解析の結果を踏まえ、錨泊中の LNG 燃料船への LNG バンカー船の運用条件についても、

- 接舷条件：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 以上とされている。

錨泊中の接舷シミュレーションの実施回数は昼間の係留中に比較しはるかに少なかったため十分な検証は行えていないが、錨泊船への離接舷の安全対策や留意点として以下が示されている。

- 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。
- 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¹の活用などの措置を講じることが望ましい。
- 接舷に際しては、本船の設備を含む操船性や、風浪の影響などを考慮する。特に風浪の向きと潮流の向きが大きく異なる場合、LNG バンカー船の操船は困難となることから、注意を要する。
- 両船の大きさが異なる場合、両船は異なる船体運動特性を示す。そのため、接舷時には、自船の船体が錨泊する LNG 燃料船の船体に接触することがないように注意する。

また、LNG 燃料船側の対策として以下が示されている。

- 錨鎖の長さを決める際には、通常考慮すべき要素（水深、底質、風、潮流、余裕水深）に加え、自船と接舷する LNG バンカー船の 2 船を 1 つの錨で安全に係止することを考慮する。
- 水深の深い海域で錨泊したり、錨鎖の伸出量を伸ばしたりする際は、ウィンドラスの能力（揚錨限界）に留意する。
- LNG バンカー船が接舷する反対舷の錨を用い、投錨して位置を仮決定する。LNG 燃料船は把駐力を確認後、風、波や潮の影響に伴う錨泊船の振れ回りが収まっていることを確認後、LNG バンカー船の接舷を受け入れる。
- 振れ回りについては、船首方位を注意深く監視し、LNG バンカー船の接舷操船中に潮流の向きが変わることが予想される場合、または、その傾向が認められる場合には、直ちに LNG バンカー船にその旨を連絡し、接舷作業を中止・延期する。

¹ AIS 情報、GPS 情報、船舶の計器の情報等を基に、本船及び接舷相手船の位置関係を視覚的に表現し、併せて接舷速度、回頭角測度等の情報を画面上に表示する装置。

【今後の検討項目】

平成 24・25 年度は岸壁係留中や沖合錨泊中の状況下で 2 船の間を係留（以下、2 船間係留）した模型水槽試験及び数値シミュレーションによる動揺解析が実施されているものの、錨を使用した単錨泊振れ回り中の LNG 燃料船を対象とした 2 船間係留の安全性検討は行われていない。また、操船シミュレータ実験による、単錨泊中の LNG 燃料船への離接舷操船の検証についても、LNG 燃料船の単錨泊中の振れ回り現象が再現されていない。

以上のことから、追加の検証を行い、錨泊中の運用基準や 2 船間係留が行える錨地の選定方法等についての検討が必要となっている。

今年度の検討においては、錨泊中における LNG バンカリングの実施が可能となる離接舷条件やバンカリングに係る運用条件等の検討を行うため、具体的に以下の内容について、操船シミュレータを用いた離接舷シミュレーション、2 船間の係留動揺シミュレーション、水槽試験を用いた 2 船間の係留に係る安全性評価、事業者・行政機関等へのヒアリングをそれぞれ行い、調査結果をまとめる。

(1) 離接舷条件の策定

錨泊中に LNG バンカリングを実施できるような離接舷条件（風速・波高等の閾値）を策定する。なお、策定に向けた検討にあたり、操船シミュレータを用いた離接舷シミュレーションを行い、LNG 燃料船が錨泊中に振れ回っている際の離接舷可否条件及び安全な離接舷方法を検討するとともに、バンカリング事業者、関係行政機関等へのヒアリングを行う。

(2) 2 船間係留時の安全対策

平成 24・25 年度には検討されていない単錨泊振れ回り中の LNG 燃料船と LNG バンカー船との 2 船間係留時の安全対策を検討する。なお、検討にあたり模型水槽試験及び数値シミュレーションを用いた 2 船間係留に係る安全性評価を実施の上、岸壁係留時との動揺量の差を検証するとともに、LNG バンカリング事業を実施している事業者を含むバンカリング事業者、関係行政機関等へのヒアリングを行い、それらのヒアリング結果をまとめた上で安全対策を示す。

(3) バンカリングにかかる運用条件

バンカリングにかかる運用条件として、風速（m/sec）・波高（m）・航走波（m）・他船との離隔距離（m）の閾値を設定する。設定にあたっては、(1)で実施した離接舷条件を用いるとともに、LNG バンカリング事業を実施している事業者を含むバンカリング事業者、関係行政機関等へのヒアリングを行い、それらのヒアリング結果をまとめる。

(4) LNG バンカリング錨地の選定方法に関する検討

(1)、(2)、(3)の検討結果を満足する錨地の条件や選定方法について、諸外国での規則、

取組みや国内の規則を含め検討し考察する。また、どのような機関がどのような役割を果たすのが望ましいか検討し考察する。考察にあたっては、関係行政機関へのヒアリングを行い、ヒアリング結果をまとめる。

1.2.3 緊急時対応手順の指針に関する検討

【これまでの検討結果のまとめ】

平成 24・25 年度の「総合対策報告書」では、LNG バンカリングに関するハード面、ソフト面からの総合的なリスク評価（HAZID）が実施され、その結果、

- Truck to Ship 方式、Shore to Ship 方式については、陸側の消火体制が期待できるということで、LNG 燃料船と陸側の消火体制に基づく防火体制を構築する。
- Ship to Ship 方式については、LNG 燃料船と LNG バンカー船の消火体制のみでは、火災がある程度の規模より大きくなると船員の対応のみでは厳しいということで、両船のみならず地域を含めた防災組織として、海上災害防止センターや消防船を所有する船会社等の海上防災組織を加えることにより防火体制を構築する。
- 漏洩した LNG のガス拡散シミュレーションを行い、シミュレーション結果をもとにガス危険区域（9m）を設定する。

こととなった。

【今後の検討項目】

平成 24・25 年度のリスク評価（HAZID）においては、次に示す 13 のハザードについて分析が行われ、LNG バンカリング中の総合的な安全対策が検討されている。

- ① 物体の落下
- ② 作業員の落下
- ③ LNG 少量漏洩
- ④ LNG 中量漏洩
- ⑤ LNG 大量漏洩
- ⑥ 荷役中・夜間の LNG 漏洩
- ⑦ LNG 過積載
- ⑧ タンク圧上昇
- ⑨ ロールオーバー
- ⑩ 落雷による着火
- ⑪ バンカー船・LNG 燃料船の火災
- ⑫ 第 3 船との衝突
- ⑬ 電源・油圧機能喪失

その検討から約 10 年が経過し、LNG の供給実績も蓄積されてきたことを踏まえて、今般そのリスク評価の検討内容について見直しを実施する。その上で、緊急時対応にかかる体制・緊急時対応手順に盛り込む要素をそれぞれ検討する。検討にあたっては、少なくとも

も以下の内容を含める。

- 想定される事故は、平成 24・25 年度のリスク評価（HAZID）におけるハザードのみで良いかどうか検討し、追加の有無にかかわらず根拠とともに検討結果を示す。
- 想定される事故における被害想定の見積もり、リスクとリスクに応じた対策を検討する。
- 必要な海上防災対策の構築。
- 対象とする海域における消防船の配備状況の把握といった、ガイドラインに記載されている海上防災組織との連携内容を具体化する。
- 防災対策に係る緊急対応手順書の策定に関する指針を検討する。

なお、検討にあたり、LNG バンカリング事業を実施している事業者を含むバンカリング事業者、関係行政機関、その他必要と考えられる機関へのヒアリングを行い、それらのヒアリング結果をまとめる。

1.3 各課題に対する検討の進め方

1.3.1 夜間における Ship to Ship 方式による LNG バンカリングの実施可否の検討

(1) 操船シミュレータ実験と離接舷条件の検討

岸壁係留中の LNG 燃料船への夜間接舷操船の安全性を評価するため、「総合対策報告書」の検討手法を参考とし、以下の基本条件にて操船シミュレータ実験を実施する。

- 対象船舶は、国内での Ship to Ship 方式での LNG バンカリング実績を踏まえ、LNG バンカー船は、タンク容量 3,500m³ の LNG バンカー船をモデルとし、LNG 燃料船は、7,000 台積自動車運搬船とする。
- LNG 燃料船が係留する岸壁は、地形的特性の影響を排除するため、一般的な平行岸壁を想定する。
- 夜間の外力条件は、昼間の条件より厳しい条件と緩和した条件を設定し、昼夜間の違いを比較する。

(2) 事業者等へのヒアリング実施と運用条件（風速・波高等の閾値）の設定

現ガイドラインにおいて設定されている Ship to Ship 方式でのバンカリング運用条件は、

- 接舷条件：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
- とされている。

(1)で検討する操船シミュレータ実験結果及び LNG バンカリング事業者等へのヒアリング結果等を踏まえ、岸壁係留中の LNG 燃料船への夜間接舷 Ship to Ship 方式でのバンカリング運用条件について検討する。

(3) 事業者等へのヒアリング実施と昼間との違いに基づく夜間での実施要件の検討

(1)で検討する操船シミュレータ実験結果及び LNG バンカリング事業者へのヒアリング結果等を踏まえ、昼間との違いに基づく夜間での実施要件（照明設備の設置場所や明るさ、運航体制、研修・訓練等）について検討する。

1.3.2 錨泊中における Ship to Ship 方式による LNG バンカリングの実施可否の検討

(1) 操船シミュレータ実験の実施と離接舷条件の検討

単錨泊中の LNG 燃料船への離接舷操船の安全性を評価するため、「総合対策報告書」の検討手法を参考とし、以下の基本条件にて操船シミュレータ実験を実施する。

- 操船シミュレータ実験の対象船舶については、国内での Ship to Ship 方式での LNG バンカリング実績を踏まえ、LNG バンカー船は、タンク容量 3,500m³ の LNG バンカー船をモデルとし、LNG 燃料船は、7,000 台積自動車運搬船とする。

- LNG 燃料船の錨泊は、地形的特性の影響を排除するため、錨泊に適した水深で十分な広さを有する広い海域を想定する。

(2) 模型水槽試験及び数値シミュレーションによる 2 船間係留時の安全性検討

単錨泊振れ回り中の LNG 燃料船に対し LNG バンカー船が Ship to Ship 方式でバンカリングを実施するために係留接舷するときの安全性を検討するため、「総合対策報告書」の検討手法を参考とし、模型水槽試験及び数値シミュレーションによる 2 船間の動揺解析を実施する。

模型水槽試験及び数値シミュレーションの対象船舶については、国内での Ship to Ship 方式での LNG バンカリング実績を踏まえ、LNG バンカー船は、タンク容量 3,500m³ の LNG バンカー船をモデルとし、LNG 燃料船は、7,000 台積自動車運搬船とする。

(3) 事業者等へのヒアリング実施と運用条件（風速・波高等の閾値）の設定

現ガイドラインにおいて設定されている Ship to Ship 方式でのバンカリング運用条件は、

- 接舷条件：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

とされている。

(1)で検討する操船シミュレータ実験結果、(2)で検討する模型水槽試験及び数値シミュレーションの結果、並びに LNG バンカリング事業等へのヒアリング結果を踏まえ、錨地における Ship to Ship 方式での LNG バンカリング運用条件について検討する。

(4) 関係機関へのヒアリング実施等と LNG バンカリング錨地の選定方法に関する検討

(1)で検討する操船シミュレータ実験結果、(2)で実施する模型水槽試験及び数値シミュレーション結果、並びに関係機関へのヒアリング結果等を踏まえ、Ship to Ship 方式での LNG バンカリングが行える錨地の選定条件・方法について検討する。

1.3.3 緊急時対応手順の指針に関する検討

(1) 事故想定

想定される事故は平成 24・25 年度のリスク評価（HAZID）におけるハザードのみで良いかどうか、平成 24・25 年度検討を確認するとともに事業者ヒアリングを行って検討する。

(2) 被害想定・リスク対策

事業者ヒアリング及び HAZID 会議を実施し、想定される事故における被害想定の見積もり、リスクとリスクに応じた対策を検討する。

(3) 必要な海上防災対策の構築

(1)、(2)の検討結果に基づき、必要な海上防災対策について検討する。

(4) 海上防災組織との連携内容の具体化

対象とする海域における消防船の配備状況の把握といった、ガイドラインに記載されている海上防災組織との連携内容を具体化する。

(5) 緊急対応手順書の策定の指針検討

防災対策に係る緊急対応手順書の策定に関する指針について検討する。

