

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 2 回委員会資料

緊急時対応の検討に係る  
リスク評価結果

令和 6 年 3 月 8 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	はじめに.....	1
2	検討内容.....	1
3	リスク評価会議.....	2
4	会議の検討内容.....	3
4.1	平成 24・25 年度のリスク評価の見直し.....	3
4.2	追加のハザードに対するリスク評価.....	3
5	検討結果.....	4
5.1	リスク評価の結果.....	4
5.2	平成 24・25 年度のリスク評価の見直しの結果.....	5
5.3	追加のハザードに対するリスク評価の結果.....	7
6	バンカリングガイドラインの改訂についての検討.....	9
7	まとめ.....	9
	巻末資料 ワークシート.....	10

## 1 はじめに

緊急時対応に関するリスク評価は、平成 24・25 年度のガイドライン策定時にも実施されているが、ガイドライン策定から約 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、リスク評価の検討内容について見直しを実施した。

## 2 検討内容

第 1 回検討会終了後、第 1 回検討会で示したリスク評価の見直し結果を基に、ハザード、原因、影響・結果、安全対策等をワークシートの形に整理した。

各ハザードがどのオペレーション時に関連するかを示すため、A（着船、開始前準備）、B（ホース接続、各種テスト）、C（移送作業）、D（後処理、ホース切り離し）、E（離船）の 5 モードに分割した。また、それぞれのモードにおいて実施される主なオペレーション内容を Sub-phase として記載した（表 2-1 参照）。

表 2-1 オペレーションモード

モード	オペレーションモード	Sub-phase
A	着船、開始前準備	バンカリング機器の準備
		着船、係船作業
		作業員の移乗
B	ホース接続、各種テスト	ホース接続
		O2 パージ
		リークテスト
		常温時 ESDS 作動テスト
C	移送作業	クールダウン
		低温時 ESDS 作動テスト
		移送開始
		各部点検（タンク圧制御、レベル監視、流入量計測、ホース状態監視）
		移送終了
D	後処理、ホース切り離し	液押し
		メタンパージ（リキッド）
		メタンパージ（ベーパー）
		ホース切り離し
E	離船	作業員の移乗
		バンカリング機器の収納
		離船

### 3 リスク評価会議

ワークシートの内容を踏まえ、バンカリングにおいて想定される事故や、その想定事故での被害想定の見積り等に関する検討を行うべく、リスク評価会議を実施した。リスク評価会議は、2024年1月25～26日に、神奈川県川崎市幸区堀川町580番地のソリッドスクエア西館1階貸会議室3にて開催された。

本会議は、日本海事協会 松本知哉氏を会議進行役として、以下の出席者名簿に記す参加者の下で実施された。

表 3-1 参加者名簿

氏名	所属	備考
<b>【委員】</b>		
高崎 講二	九州大学 名誉教授	
西藤 浩一	一般財団法人 日本海事協会 技術本部 技術部 次長	
木村 新太	国立研究開発法人 海上・港湾・航空技術研究所 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 主任研究員	
中園 敦	一般社団法人 日本船主協会 (日本郵船株式会社 海務グループ 海務新規事業サポートチーム 課長代理)	
林 伸久	一般社団法人 日本船主協会 (株式会社商船三井 海上安全部 副部長)	
神原 健太	一般社団法人 日本船主協会 (ケイラインマリンソリューションズ株式会社 エネルギー船安全輸送グループ 海務監督)	二日目 WEB 参加
逸見 幸利 (日高委員代理)	日本内航海運組合総連合会 海務部長	
<b>【関係官庁】</b>		
岡田 裕樹	海上保安庁警備救難部 環境防災課 専門官	WEB 参加
上領 直人	海上保安庁警備救難部 環境防災課 調整係長	WEB 参加
<b>【関係者】</b>		
栗崎 慎士	セントラル LNG シッピング株式会社 COO 兼船舶管理部長	二日目 WEB 参加
長田 康豊	セントラル LNG シッピング株式会社 船舶管理課長	
濱田 誠一	一般財団法人 海上災害防止センター 調査研究室長	二日目のみ
北原 政和	一般財団法人 海上災害防止センター 調査研究室 室長代理	
金子 真弥	一般財団法人 海上災害防止センター 調査研究室 調査研究員	
濱嶋 徹三	日本内航海運組合総連合会 (上野トランステック株式会社 環境安全部 課長)	

氏名	所属	備考
<b>【委託者・事務局】</b>		
齊藤 詠子	国土交通省海事局 海洋・環境政策課	一日目のみ WEB 参加
藤枝 華織	国土交通省海事局 海洋・環境政策課	
松本 知哉	一般財団法人 日本海事協会	
内山 順史	一般財団法人 日本海事協会	
栗田 真紀	公益社団法人 日本海難防止協会	WEB 参加
原 大地	株式会社日本海洋科学 コンサルタントグループ グループ長	
岡野 匡	株式会社日本海洋科学 コンサルタントグループ グループ長代理	
増田 憲司	株式会社日本海洋科学 コンサルタントグループ コンサルタント	
南部 裕之	株式会社日本海洋科学 コンサルタントグループ コンサルタント	

## 4 会議の検討内容

### 4.1 平成 24・25 年度のリスク評価の見直し

平成 24・25 年度のガイドライン策定時において検討されていた、次に示す 13 のハザードに対して、リスク評価内容の見直しを実施した。

- 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 漏えい
- 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・天然ガス燃料船の火災
- ⑫ 第 3 船との衝突
- ⑬ 電源・油圧機能喪失

### 4.2 追加のハザードに対するリスク評価

今回改めてリスク評価の実施が必要として検討された、次に示す 12 の追加のハザードに対して、リスク評価を実施した。

1. 意図しない配管(N2 配管)への逆流 (LNG/NG)
2. 配管装置からの漏洩、パージ作業時の窒息 (N2)
3. LNG 燃料系統への異物混入
4. LNG/天然ガス配管の過圧 (液封)
5. 船船間の通信不良
6. 水分の残留、氷結
7. 過大な熱応力、熱衝撃
8. バンカリングホースの接触
9. ERC システム発動時の負傷災害の発生 (Emergency Release Coupling)
10. ERS 作動によるバンカーホースの緊急切り離し (Emergency Release System)
11. 係船索損傷、切断
12. 初バンカリング時特有のハザード

## 5 検討結果

### 5.1 リスク評価の結果

本リスク評価会議では、LNG のバンカリング時における潜在的なハザード及びそれらのリスクに関連する安全対策が洗い出され、平成 24・25 年度の見直しも含めて、合計 25 個のハザードが同定され、それらに対する安全対策が検討された。各リスクランキングの個数を図 5.1-1 に示す。リスクランキングが、許容出来ない領域に分類されるリスクは 0 件、ALARP 領域に分類されるリスクは 6 件、広く許容される領域に分類されるリスクは 16 件、及びリスクランキングの評価対象外となったリスクは 3 件であった。

各ハザードに対するリスク評価会議での検討内容は「巻末資料 ワークシート」を参照する。

図 5.1-1 リスクランキングの個数

			深刻度 SI				
			1	2	3	4	5
			無視して良い Negligible	小さい Minor	中程度 Medium	大きな Major/sig nificant	壊滅的な Catastrop hic/major
頻度 FI	5	頻繁 Frequent	M [0 個]	H [0 個]	H [0 個]	H [0 個]	H [0 個]
	4	良くありそうな,時々 Very likely	M [0 個]	M [0 個]	H [0 個]	H [0 個]	H [0 個]
	3	ありそうな Likely	L [0 個]	M [0 個]	M [0 個]	H [0 個]	H [0 個]
	2	起こりうる Possible	L [2 個]	L [2 個]	M [0 個]	M [0 個]	H [0 個]
	1	起こりそうにない Unlikely	L [2 個]	L [6 個]	L [4 個]	M [5 個]	M [1 個]

## 5.2 平成 24・25 年度のリスク評価の見直しの結果

- 協議の結果、次のハザードにおけるリスクランキングについて再検討が実施された。
  - ② 作業員の落下
 

作業員の死傷もあり得ると想定し、深刻度 S が 3⇒4 へ見直され、それに伴いリスクが L⇒M へ変更となった。
  - ③ LNG 少量漏洩
 

LNG の少量漏洩から船体損傷や作業員の負傷に至るシナリオに対して、これまでの事故事例の経験を踏まえて検討した結果、頻度 F が 3⇒1 へ見直され、それに伴いリスクが M⇒L へ変更となった。
  - ④ LNG 中量漏洩
 

作業員の死傷もあり得ると想定し、深刻度 S が 3⇒4 へ見直された。また、これまでの事故事例の経験を踏まえて検討した結果、頻度 F は 2⇒1 へ見直された。リスクは M のままで変わらなかった。
  - ⑩ 落雷による着火
 

落雷して火災まで至るシナリオに対して検討した結果、頻度 F が 2⇒1 へ見直された。
  - ⑫ 第 3 船との衝突
 

小型船に限らない衝突を考慮し、深刻度 S が 1⇒4 へ見直された。また、頻度 F については 2⇒1 へ見直された。それに伴いリスクが L⇒M へ変更となった。
- 「⑥ 荷役中・夜間の LNG 漏えい」については、検討内容が③④⑤のものと重複していたため、他の関連する項目に荷役中・夜間特有の事象に組み込む形で修正し、当該項目については削除して整理することとなった。
- 次の表 5.2-1 に示す安全対策について、追加もしくは修正・削除の検討が実施された。

表 5.2-1 平成 24・25 年度のリスク評価の安全対策の見直し

対象項目	安全対策
General	人間起因による原因が考えられるハザードに対して、「船員のトレーニング」を追加する
	不適切な保守管理や経年劣化による原因が考えられるハザードに対して、「定期的な点検・メンテナンス」「機器の保守点検」「計画的な整備」などを追加する。
① 物体の落下	「十分な照明を用意する」を追加する
② 作業員の落下	「移乗の際は、落下制止器具の使用」を追加する
	「舷梯を適切に使用し、縄ばしごの使用は禁止。（落下リスク低下）」の標記を削除する。
	「移乗に際しては、状況に応じて適切な手段を用いる。（落下リスク低下）」を追加する。
	「夜間の移乗に際しては、十分な照明を用意する」を追加する。

③ LNG 少量漏洩	「動揺、繰り返し荷重に耐えうる十分な設計強度を持つバンカーホース・アーム採用（ホース・アーム損傷頻度低減）。（漏洩リスク低下）」の標記を削除する。
	「水槽試験結果等を鑑み Operational Weather Criteria の設定」を追加する。
	「定期的なトルクチェック」を追加する。
	「適切な保護具の着用」を追加する。
④ LNG 中量漏洩	「主機の起動インターロック。（誤発進による漏洩リスク防止）」を追加する。
	「フェンダー増設（2 船間の接近・衝突防止）。（係船索破断リスク低下）」の標記を削除する。
	「事前の Optimoor Study（代表的なケースのみ）の徹底、Operational Criteria 設定」を追加する。
⑦ LNG 過積載	「天然ガス燃料船とバンカー船とのバンカー前ミーティングによる数量の最終確認」を追加する。
	「両船間のコミュニケーションツールの冗長化。（直通電話とトランシーバーやトランシーバーの二重化など）」を追加する。
	「溢出制御システム（TPS）の搭載」を追加する。
	「警報システムの踏査」を追加する。
	「荷役監視装置(レベルゲージ)の搭載」を追加する。
⑧ タンク圧上昇	「その後、バンカー船は残液性状から物性計算ソフトウェアで組成を確認し、リターンガス量とフィリング・レイトの関係を把握し、移送計画を立てる」の標記を削除する。
	「発生する BOG の処理方法の取り決めの徹底。（天然ガス燃料船側かバンカー船側か）特に初期搭載時などのタンククールダウンを伴う場合は、ガスアップ後なのか、N2 雰囲気なのかなどで処理方法が異なると考えられる」を追加する。
⑨ ロールオーバー	「（軽質 LNG はタンク下部、重質は上部より注入）」の標記を削除する
	「各深さにおいて密度を確認」を「各深さにおいて温度を監視」に変更する。
	「必要に応じて、スプレーポンプによる攪拌を実施。（バンカリング作業後）」を追加する。
	「安全弁の容量拡大」の標記を削除する。
⑩ 落雷による着火	「雷雲発生時には天然ガス燃料船とバンカー船にて、中断するか否かの協議を行う」を追加する。
⑪ バンカー船・天然ガス燃料船の火災	「夜間は主な消火作業範囲に照明が必要（漏洩監視用の照明と兼用可能）」の標記を削除する。



⑫ 第3船との衝突	「他船の接近に対する警告として移送船の周囲に浮標灯を設置する」の標記を削除する。
	「付近を航行する船舶が多い場合は移送エリアに警戒船を配備」の標記を削除する。

### 5.3 追加のハザードに対するリスク評価の結果

- 「12. 初バンカリング時特有のハザード」については、検討内容が6や7のものと重複していたため、他の関連する項目に初バンカリング時の特有の事象に組み込む形で修正し、当該項目については削除して整理することとなった。
- 各ハザードに対して、次の表5.3-1に示す検討が実施された。

表 5.3-1 追加のハザードに対するの安全対策の検討

対象項目	検討内容
1. 意図しない配管(N2配管)への逆流(LNG/NG)	「バンカリング中は、N2配管を接続しない状態でオペレーションされる」ことが前提条件として検討された。
	「船によってはN2配管が取り外しできる構造となっているとは限らないが、当該弁は逆止弁または二連弁となっているため、逆流防止の冗長性ありと考えられる」ことが前提条件として検討された。
	「接続時においても、圧力差から、逆流は起こり得ない」ことが前提条件として検討された。
	「仮にN2圧力が低下して逆流が生じても、その先にはN2が充満している状態のため、危険度は低い。また、逆流する範囲も短く、N2 Gen Roomまでは至らず、バンカーステーション付近までと考えられる」ことが前提条件として検討された。
	安全対策として「逆止弁の装備」が提言された。
2. 配管装置からの漏洩、パージ作業時の窒息(N2)	安全対策として「区画周辺の機器へのアクセス経路確保」が提言された。
	安全対策として「振動の恐れがある機器に対する防振、バンカリングステーション及び配管露出部へのカバーの設置」が提言された。
	安全対策として「サンプリング弁の開放端にプラグ付blankフランジを取付」が提言された。
3. LNG燃料系統への異物混入	安全対策として「ボルト類(バタフライ弁のディスク取付ボルト等)に対する緩み止め実施」が提言された。
	安全対策として「燃料入口にフィルター装備」が提言された。
	安全対策として「バンカーラインヘストレーナーを設置する場合には、設置するストレーナーの事前の状態確認及び、設置の徹底」が提言された。

4. LNG/天然ガス配管の過圧（液封）	安全対策として「安全弁の設置」が提言された。
	安全対策として「液封防止のオペレーション（弁の手動開放）」が提言された。
	安全対策として「圧力計の設置」が提言された。
5. 船船間の通信不良	安全対策として「複数の通信手段を設ける。トランシーバー（複数台）、電話（ホットライン）/VHF、無線電話など」が提言された。
6. 水分の残留、氷結	安全対策として「空気とメタンを一緒にしないようなオペレーションの実施」が提言された。
	安全対策として「オペレーションマニュアルに基づいた適切な操作及びメンテナンスの実施」が提言された。
	安全対策として「N2によるパージの実施」が提言された。
	「各種センサーにより、N2 ジェネレータの故障は検知可能」であることが前提条件として検討された。
	安全対策として「O2、露点チェックの実施、確認する数値の明示化」が提言された。
	安全対策として「パージ実施後の O2 濃度測定」が提言された。
	安全対策として「バンカリングホースの保守・管理及び、事前にホース内を <b>Purge</b> しておくことにより水分除去を行う」が提言された。
	安全対策として「新造船またはドック出し後など初めて天然ガス燃料を搭載する際は、事前に配管内、タンク雰囲気露点温度の計測を実施する」が提言された。
7. 過大な熱応力、熱衝撃	安全対策として「適切なバンカリング手順を記したオペレーションマニュアルの作成」が提言された。
	安全対策として「適切なホース・配管サポート、揚貨装置の使用」が提言された。
	安全対策として「オペレーションマニュアルの遵守」が提言された。
	安全対策として「チェックリストに従ったオペレーションの実施（ヒューマンエラーの防止）」が提言された。
8. バンカリングホースの接触	安全対策として「バンカリングホースの適切な選定（長さなど）」が提言された。
	安全対策として「バンカリングホースの適切な保持」が提言された。
	安全対策として「ホースサドルの使用や、サドルがない場合は <b>Hose Bun</b> と <b>Chain Block</b> で <b>Hose Rest</b> や鋭利な部分に接触しないようにする」が提言された。
	安全対策として「バンカリング作業中における継続的な監視」が提言された。
	安全対策として「供給船と受入船の整合性を事前に確認する」が提言された。
	安全対策として「ホース接触の恐れがある場合は、一時作業停止の上、ホース保持の取り直し」が提言された。

9. ERC システム発動時の負傷災害の発生 (Emergency Release Coupling)	安全対策として「監視員はバンカーマニホールドからある一定の距離を保つ」が提言された。
	安全対策として「ERC システム発動前に、ESD システムが作動する。ESD システムのアラームが発報したら、監視員は直ちにホースから離れる」が提言された。
	安全対策として「作動時に大きな衝撃が発生するシステムの場合には、バンカリングステーション近傍に注意銘板の設置」が提言された。
10. ERS 作動によるバンカーホースの緊急切り離し (Emergency Release System)	安全対策として「Ship to Ship で LNG バンカーを実施する際 ERS が作動してもバンカーホースがフリーとならないようフォールアレスターもしくはクレーン等による十分な固縛を実施する」が提言された。
	安全対策として「緊急時、離船を遠隔で実施できるよう固縛用ロープは少し離れた場所からでもリリースできるようにする」が提言された。
11. 係船索損傷、切断	安全対策として「両船の整合性確認」が提言された。
	安全対策として「係船索の状態を連続的に監視」が提言された。
	安全対策として「気象状態の確認、両船責任者による事前打合せ・荷役停止基準の明確化」が提言された。

## 6 バンカリングガイドラインの改訂についての検討

リスク評価によって新たに得られた検討結果の中から、海上防災対策や緊急時対応手順に関連する内容や、ガイドラインの改訂が必要と考えられる部分を洗い出した。本内容については、資料 2-7 を参照する。

## 7 まとめ

第 1 回検討会で示したリスク評価の見直し結果を基に、ハザード、原因、影響・結果、安全対策等をワークシートの形に整理した。ワークシートの内容を踏まえ、バンカリングにおいて想定される事故や被害想定の見積り等に関する検討を行うべく、リスク評価会議を実施した。リスク評価会議では、今回改めてリスク評価の実施が必要として検討された追加のハザードを中心にリスク評価を実施し、バンカリングの現場で実施可能な安全対策が提言された。これらのリスク評価によって得られた検討結果の中から、海上防災対策や緊急時対応手順に関する内容や、ガイドラインの改訂が必要と考えられる部分を洗い出した。この部分については資料 2-7 を参照する。

巻末資料 ワークシート

プロジェクト 対象		安全対策の検討事項の見直し パンカリングオペレーション		平成24・25年度の検討項目 今回の見直しで追加した項目		モード *) "Y": ハザードが関連するオペレーションモード					リスクランキング			追加の安全対策・提言	備考
ID	ハザード (意図しない危険因子)	原因	A	B	C	D	E	影響・結果	安全対策 (発生原因及びハザード影響の低減)	S	F	R			
01	<p>物体の落下 (ホース、アームに付着した氷、工具、天然ガス燃料船のサドル等)</p> <p>ホースの落下等はホースの受け渡し作業中に起こることが考えられるため、その蓋然性により、考慮の対象とする。ホース使用時はホースの落下等を想定。</p> <p>ローディングアームを使用する場合アームの落下はないが、アームに付着した氷が落下するリスクがあるため、アーム使用時は「氷の落下」を想定。</p>	<p>ハード起因</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>天然ガス燃料船とパンカー船の甲板の高低差</li> <li>ホースハンドリングクレーンの不備、誤作動</li> <li>ワイヤー若しくはホースJCN異常変形によるホースの落下</li> </ul> <p>人間起因</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>訓練、経験不足</li> <li>作業ミス</li> <li>コミュニケーションエラー</li> </ul> <p>外的要因</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>錨泊中は着舷中より動揺の影響を受ける。</li> <li>付近航行船の引き波</li> <li>天候悪化 (動揺)</li> <li>夜間 (照度)</li> <li>荷役中の場合、コンテナ・ばら積み貨物などの積み荷の落下</li> </ul>						<p>作業員、装置、構造物への落下物直撃 →作業員の負傷、船体の損傷</p> <p>・ホース落下によるホースの損傷 ・ホース落下による作業員の負傷</p>	<p>移送作業は原則として主要航路から500m以上離れた海域で行う。(付近航行船引き波の影響低下)</p> <p>・船員のトレーニング</p>	2	2	L	<p>追加の対策は必要でないが、以下の安全対策を講ずることにより、さらに、リスクを下げるができる。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>サドルへのアシストロープによる仮固定 (ホース支持の二重化)。(ホース落下リスク低下)</li> <li>クイックリリース・クイックカップリングの採用。(工具の落下リスク低下)</li> <li>アームに付着した氷を水噴射で落とす (作業員への氷直撃リスク低下)</li> <li>夜間は主な作業範囲に照明が必要 (漏洩監視用の照明と兼用可能) 移送ホースの垂下部など照明が届きにくい場所の作業に際しては、充分な照明を用意することが有効。</li> </ul>	『Hose TransferにおけるHose落下はあり得るが、当該項目はSIMOPSにおけるコンテナ落下などを考慮したものとして考える方が良いのではないかと。錨地においては荷役があるわけではないので、錨地限定のRA項目としてはProbabilityはゼロに近い。Tool、Saddle落下のパンカー船への影響も限りなくゼロに近いとの意見があった。』 ⇒ ガイドライン上で、荷役貨物の落下については別途対策する旨が記載されていることを踏まえて、当該ハザードは荷役貨物の落下は考慮しない形で評価する。	
02	<p>作業員の落下</p> <p>フェンダーの直径が3.7mあるので、天然ガス燃料船・パンカー船から作業員が落下した場合は海中に落ちることが想定される。</p> <p>ローディングアームの着脱作業については、パンカー船の熟練作業員が天然ガス燃料船に移動して目視確認をしながらリモコン操作を行うことを前提とする。</p> <p>パンカー船の作業員が天然ガス燃料船に移動してホース接続作業などを行う場合も考慮する。</p>	<p>ハード起因</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>ハンドレールのないところからの落下 (ハンドレールのないところは少ない)</li> <li>舷梯からの落下</li> </ul> <p>人間起因</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>訓練、経験不足</li> <li>ホース受け渡し作業等ミス</li> <li>係船作業ミス</li> </ul> <p>外的要因</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>錨泊中は着舷中より動揺の影響を受ける。</li> <li>付近航行船の引き波</li> <li>天候悪化 (動揺)</li> <li>凍結した甲板、雨等による濡れた足場等で滑る</li> <li>夜間</li> </ul>						<p>作業員の負傷死傷</p>	<p>移送作業は原則として主要航路から500m以上離れた海域で行う。(付近航行船引き波の影響低下)</p> <p>・移乗の際は、落下制止用具の使用</p> <p>・船員のトレーニング</p>	4	1	M	<p>追加の対策は必要でないが、以下の安全対策を講ずることにより、さらに、リスクを下げるができる。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>舷梯を適切に使用し、縄かごの使用は禁止。(落下リスク低下)</li> <li>移乗に際しては、状況に応じて適切な手段を用いる。(落下リスク低下)</li> <li>人員配置 (甲板、マニホールド) (ハンドレールのある個所で作業を行う。ない個所で長時間作業を行う場合は落下防止ベルトの使用、ロープをはる。)(落下リスク低下)</li> <li>夜間は主な作業範囲に照明が必要 (漏洩監視用の照明と兼用可能)、夜間の移乗に際しては、充分な照明を用意することが有効。</li> <li>作業員の落水時を想定し、事前に救助方法を検討する。</li> </ul>	『パンカー船乗組員が天然ガス燃料船で作業することが前提となっているが、この前提は見直した方がよい。昨年度のパンカリングガイドライン改訂で「人の移乗」については削除されているので評価の見直しも必要との意見があった。』 ⇒ 前提を見直し、「移乗する場合も考慮する」といった表記に修正。	
03	<p>LNG少量漏洩 (漏洩量1.8kg (0.004m3) 程度を想定)</p> <p>ケース1 : 劣化等の原因によりアーム、ホース、フランジ、バルブの小さな欠陥等から漏洩する。また、ホット状態からコールド状態に移行した際のボルトのトルク不足による漏洩する。</p> <p>ケース2 : ESD及びERSが作動し、カップリング内のLNGが漏洩する。</p>	<p>ハード起因</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>製造上、輸送時、保管時等に発生する潜在的な欠陥</li> <li>ERSの作動</li> <li>不適切なホース長さ</li> </ul> <p>人間起因</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>不適切な装置検査試験、保守管理</li> <li>ミスオペレーションによる適正でない高圧の発生</li> <li>接続不完全 (締め付けトルク不十分)</li> <li>不適切なバルブ閉鎖によるサージ圧発生</li> <li>移送後作業、取り外し・バージ失敗 (手順からの逸脱)</li> </ul> <p>外的要因</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>錨泊中は着舷中より動揺の影響を受ける。</li> <li>天候悪化、波浪による激しい動揺</li> </ul>						<p>アーム、ホース、フランジ、バルブ破損部、及びボルトのトルク不足箇所からのLNG少量漏洩→軽微な船体損傷、作業員の負傷</p> <p>ERC分離部分からのLNG少量漏洩→軽微な船体損傷、作業員の負傷</p> <p>(想定される漏洩量を考慮すると、LNGは直ぐに気化すると考えられるため、作業員の死傷までは起こり得ないと思われる。作業員の負傷は起こり得るが、適切な保護具の着用でリスクは十分低減できると思われる)</p>	<p>動揺、繰り返し荷重に耐える十分な設計強度を持つパンカーホース・アーム採用 (ホース・アーム損傷頻度低減) (漏洩リスク低下)</p> <p>・ホース・アームの状態監視 (目視・カメラ)。(漏洩被害の軽減)</p> <p>・ドリフトトレイ。設置場所と容量確認。(漏洩時の低温脆性被害拡大防止)</p> <p>・ホース・アームの保守点検整備徹底。(漏洩リスク低下)</p> <p>・機器の保守点検・計画的な整備項目の策定</p> <p>・水槽試験結果等を鑑みOperational Weather Criteriaの設定</p> <p>・アーム・ホースの着脱手順、バルブ開閉手順の順守。(漏洩リスク低下)</p> <p>・マニホールド、フランジ、バルブ等の定期的なガス検査。(必要ならばキャノピーを使用) (被害拡大の低減)</p> <p>・定期的なトルクチェック</p> <p>・船員のトレーニング</p> <p>・適切な保護具の着用</p>	2	1	L	<p>『作業員の死傷が考えられるような場合の深刻度ID03、04は「3」、ID15は「4」、ID20は「2」となっている。深刻度の釣り合いについて、検討が必要』</p> <p>『漏洩箇所に着火した場合、中量漏洩と同じく作業員の死傷に繋がる恐れがあるのではないだろうか。以降、少量と中量、大量で影響・結果の表記に差異があるので整えた方が良くと思います』との意見があった。</p> <p>⇒ 検討の結果、頻度について、LNG漏洩から船体損傷や作業員の負傷に至るまでを考慮すると、F=3は高いと思われる。船社殿のこれまでの事故事例の経験を踏まえF=1へ修正することになった。</p>		

04	<p>LNG中量漏洩（漏洩量0.6トン（1.327m3）を想定）</p> <p>ケース1：船体の動揺によりホースが2船に挟まれホースが損傷  ケース2：船体の不測の動揺等により係船索が破断し2船間の距離が離れアーム・ホースが破断損傷（ESDが作動するもののERSがバルブの固着などの作動不良によりアーム・ホース内LNGのほぼ全量（0.6トン強）が漏洩）  ケース3：ESD・ERSの作動後に液封が発生。その後の復旧不良により、液封部分のホースが損傷し、そこからLNG漏洩。</p>	<p>ハード起因</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>係留設備の異常（係船索異常消耗など）、係船力の喪失</li> <li>不十分な係船設備（本数不足等）</li> <li>船同士の衝突（フェンダーがつぶれる）</li> <li>不適切なホース長さ</li> <li>ERSの作動不良</li> <li>主機の誤発進</li> </ul> <p>人間起因</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>ERS及び係船設備の不適切な装置検査試験、保守管理</li> <li>ミスオペレーションによる適正でない高圧の発生</li> <li>不適切な係船</li> <li>不適切なバルブ閉鎖</li> </ul> <p>外的要因</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>錨泊中は着棧中より動揺の影響を受ける。</li> <li>天候悪化、波浪による激しい動揺</li> <li>長周期波</li> <li>津波</li> </ul>	Y	Y	<p>移送ホース破断損傷→LNG漏洩→船体損傷、着火等すれば作業員の死傷</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>動揺と繰り返し荷重に耐える十分な設計強度を持つバンカーホース採用（ホース損傷頻度低減）。（漏洩リスク低下）</li> <li>着火源排除（着火防止）。（着火リスク低下）</li> <li>適切な消火体制（火災発生後の適切な対応）（火災被害拡大の防止）</li> <li>ホース・アームの状態監視（目視・カメラ）。フェンダー1個破損時の対応（予備フェンダーの設置、LNG移送中止等）。ホースの変形の際は手動でLNG移送中止。（漏洩被害の軽減）</li> <li>主機の起動インターロック。（誤発進による漏洩リスク防止）</li> </ul> <p>&lt;以下、係船システムに関する安全対策&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>適切な係留設備の選択（積装数に基づく本数・フェンダーの選定）。（係船索破断リスク低下）</li> <li>係船力計算（モデルケース）。（係船索破断リスク低下）</li> <li>係船索張力監視（目視・カメラ）。（係船索破断リスク低下）</li> <li>フェンダー増設（2船間の接近・衝突防止）。（係船索破断リスク低下）</li> <li>係留設備の保守管理徹底。（係船索破断リスク低下）</li> <li>クローズド・フェアリーダー。（係船索破断リスク低下）</li> <li>長周期波発生予測。（係船索破断リスク低下）</li> <li>水槽試験・シミュレーションの実施。（係船索破断リスク低下）</li> <li>緊急時手順（1本切れた時の対応：放置、もう1度係船、ESDを作動等）（被害拡大の防止）</li> <li>機器（ERSを含む）の保守点検・計画的な整備</li> <li>事前のOptimoor Study（代表的なケースのみ）の徹底、Operational Criteria設定</li> <li>船員のトレーニング</li> </ul>	4	1	M	<p>燃焼等が発生しなかった場合：S=3, F=2  燃焼等が発生した場合：S=4, F=1  リスクマトリクスはどちらの場合も M  ・海上防災組織を作った対応する必要があるハザード</p> <p>『作業員の死傷が考えられるような場合の深刻度ID03, 04は「3」、ID15は「4」、ID20は「2」となっている。深刻度の釣り合いについて、検討が必要』  『全体的に、作動すべき機器の作動不良が多く記載されており、そうなる、液位計故障、TRV不動作等々際限がなくなるため、基本それらは作動するものとして冗長性を確保したりすることに視点をおき、シート中によく見られるESD and ERS作動失敗は取り除く方が良いのでは。』  機器の保守点検・計画的な整備にて機器の作動は十分確保できるものと考えられる』  『結果として作業員の死傷が考えられる場合、深刻度を4とされるためリスク評価の再検討が必要』との意見があった。  ⇒ 検討の結果、作業員の死傷を想定し、深刻度を4へ変更。また、死傷まで至る頻度を考慮すると、ID03と同様にこれまでの実績を踏まえてF=1へ変更された。</p> <p>『Hoseの前提が引きちぎられることになっているので、ここは再検討の必要あり。機器の作動不良には機器の保守点検・計画的な整備項目の策定が大切である。事前のOptimoor Study（代表的なケースのみ）の徹底、Operational Criteria設定を記載すべき。』  フェンダー増設には反対、OCIMF STS Guidelに従ったサイズ・個数を備え付けていることを確保することで十分ではないか。』との意見があった。  ⇒ 検討の結果、関連する箇所の標記が修正された。</p>
05	<p>LNG大量漏洩（手でポンプを停止させるまでの30秒間の移送量である漏洩量5.7トン程度を想定）</p> <p>中量漏洩の想定に加え、ESD・ERSの作動失敗（ポンプの自動停止失敗等）の複合要因により大量漏洩に至る。  漏れたLNGは海上に行きつくと想定。</p> <p>（大規模漏洩については、単一の不具合だけでは発生しないと考えられるが、検証のため例外的に複合要因も含めて検討する）</p>	<p>ID.04の中量漏洩が生じたことに加えて、以下の要因が重なったことを原因として検討する。</p> <p>ハード起因</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>疲労による強度の低下</li> <li>係船索の破断後のESD・ERSの作動失敗（バルブの不具合や設計不良等：フェイルセーフで設計されているので、電源喪失時にもESDが作動する側の動作になる。そのため作動失敗が起こる要因は、バルブの固着などの不具合や設計不良を想定する）</li> </ul> <p>人間起因</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>不適切な装置検査試験、保守管理</li> <li>不適切な係船作業（本数不足等）</li> </ul> <p>外的要因</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>錨泊中は着棧中より動揺の影響を受ける。</li> <li>船舶同士が離れる、船舶が近づきすぎてホースをつぶす</li> <li>天候悪化、波浪による激しい動揺</li> <li>荷役中の貨物の落下</li> <li>該当無し</li> </ul>	Y	Y	<p>ホース破損部からのLNG大量漏洩→船体損傷、作業員の死傷  本プロジェクトでは、アームの場合、8m/sで移送する想定なので、この速度で移送し、30秒後に手でポンプ停止の対応がとれるものとする、5.7トン程度のLNGが漏洩する計算となる。</p>	<p>ID.04の中量漏洩の安全対策に加えて、以下の安全対策を実施する</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>動揺、繰り返し過重に耐える十分な設計強度を持つバンカーホース・アーム採用（ホース・アーム損傷頻度低減）。（漏洩リスク低下）</li> <li>着火源排除（着火防止）。（着火リスク低下）</li> <li>適切な消火体制（火災発生後の適切な対応）。（被害拡大の防止）</li> <li>ホース・アームの状態監視（目視・カメラ）。（漏洩被害の軽減）</li> <li>主機の起動インターロック。（誤発進による漏洩リスク防止）</li> <li>緊急時手順（手でポンプ停止、2船によるLNG移送作業を統括して責任を持つ者（おそらくバンカー船乗組員）の明確化。）（被害拡大の防止）</li> <li>ESD・ERS関連機器の保守点検・計画的な整備</li> <li>船員のトレーニング</li> </ul>	5	1	M	<p>・海上防災組織を作った対応する必要があるハザード</p> <p>『全体的に、作動すべき機器の作動不良が多く記載されており、そうなる、液位計故障、TRV不動作等々際限がなくなるため、基本それらは作動するものとして冗長性を確保したりすることに視点をおき、シート中によく見られるESD and ERS作動失敗は取り除く方が良いのでは。』  機器の保守点検・計画的な整備にて機器の作動は十分確保できるものと考えられる。』</p> <p>『Hoseの前提が引きちぎられることになっているので、ここは再検討の必要あり。機器の作動不良には機器の保守点検・計画的な整備項目の策定が大切である。事前のOptimoor Study（代表的なケースのみ）の徹底、Operational Criteria設定を記載すべき。』</p> <p>『大量漏洩のハザードとして、中量漏洩の想定に加え、ESD/ERSの作動失敗とされている為、原因は中量漏洩に加え、ESD/ERSが作動しない原因を追究した方が整理されるかと思えます。安全対策に関しても同様の整理を実施した方が良いかと思われます。』との意見があった。  ⇒ 検討の結果、関連する箇所の標記が修正された。</p>
06	<p>荷役中・夜間のLNG漏えい</p> <p>着火源としては車両走行、喫煙、コンテナ同士のメタルタッチ、静電気、携帯電話等が考えられる。  落下としてはコンテナ・ばら積み貨物・重量物運搬船の貨物等が考えられる。  ESD作動時（LNG漏洩時を含む）の荷役の中止について検討する必要がある。  照度不足等による作業・監視・避難等への支障。</p>	<p>ハード起因</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>少量・中量・大量漏えいのハード起因すべて</li> </ul> <p>人間起因</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>少量・中量・大量漏えいの人間起因すべて</li> </ul> <p>外的要因</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>少量・中量・大量漏えいの外的要因すべて</li> </ul>	Y	Y	<p>少量・中量・大量漏えいで起こる結果すべて</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>少量・中量・大量LNG漏えいで必要とされるすべての対策</li> <li>IGC1.3.17に定められている「危険区域」での貨物の荷役を避け、旅客は立ち入り禁止とする。（着火リスク低下）</li> <li>緊急時に荷役及び移送中止手順の策定（IGFコード8.5.8）（被害拡大の防止）</li> <li>暴露甲板上のタンクを落下物から保護（IGFコード5.3.2）（被害拡大の防止）</li> <li>暴露甲板上の配管を落下物から保護（IGFコード5.7.3）（被害拡大の防止）</li> <li>ガス安全区画からベントポットの隔離距離（IGFコード6.7.2.8）（着火リスク低下）</li> <li>夜間照明の使用（防塵照明）（作業・監視（特にホース垂下部）・避難に必要な照度の確保）</li> </ul>				<p>平成24・25年にランク付けしていない理由：  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、記載していない。</p> <p>『漏えいに関する結果を見ると、昼間、夜間問わず発生することが記載されており、夜間に関していうのなら、例えば夜間荷役 == &gt; LNG漏えい発見遅れ == &gt; 船体損傷、火災・爆発 == &gt; 安全対策「ガス検知器、CCTV、Manifold Watch」== &gt; 軽減措置「照明の確保」となると思われるのでこちらも検討が必要。』との意見があった。</p> <p>&lt;対応メモ&gt;  検討内容がID03, 04,05のものと重複していたため、他の関連する項目に荷役中・夜間特有の事象に組み込む形で修正し、当該項目については削除することとなった。</p>
07	<p>LNG過積載</p>	<p>ハード起因</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>溢制御システム（TPS）の不具合（ESD不具合）</li> <li>警報システムの不具合</li> <li>該当無し</li> </ul> <p>人間起因</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>訓練、経験不足</li> <li>不適切な装置試験検査、保守管理</li> <li>ミスオペレーション（警報の無視）</li> <li>天然ガス燃料船とバンカー船のコミュニケーションエラー</li> </ul> <p>外的要因</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>該当無し</li> </ul>	Y		<p>TPSトラブル→少量漏えい→タンクカバーの損傷やデッキの破砕</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>適切な装置試験検査、保守管理。（過積載リスクの低下）</li> <li>天然ガス燃料船とバンカー船とのバンカー前ミーティングによる数量の最終確認。</li> <li>両船間のコミュニケーションツールの冗長化。（直通電話とトランシーバーやトランシーバーの二重化など）</li> <li>船員のトレーニング</li> <li>溢制御システム（TPS）の搭載</li> <li>警報システムの踏査</li> <li>荷役監視装置（レベルゲージ）の搭載</li> </ul>	2	1	L	



08	タンク圧上昇 (バンカー船及び天然ガス燃料船のタンク圧制御不能による)	ハード起因 ・バンカー船及び天然ガス燃料船のBOG処理システム故障（蓄圧式以外の場合） 人間起因 ・減圧、クールダウンの作業ミス（バンカー船及び天然ガス燃料船） ・高温の重質残留液（メタンが減少し、エタン・プロパンの割合が多い）に軽質・低温のLNGを移送 外的要因 -該当無し ・天候悪化により積載貨物が動揺することによるタンク圧上昇			Y				タンク圧上昇→ベントによる可燃性ガスの周辺大気への漏洩 (タンクタイプの違い等により、バンカー船のタンク圧が高い場合は、コンプレッサーを設置し、これによりターンガスをバンカー船に移送する必要がある。このような状況で移送中にコンプレッサーが作動しなくなった場合、燃料船のタンク圧が上昇するが、手動または自動でESDが作動して移送が止まることから、設定タンク圧以上の上昇は生じない。)	・タンク圧監視・警報。(タンク圧上昇リスク低下) ・残液の性状確認(圧力、温度、タンク容量、残液量)(タンク圧上昇リスク低下)その後バンカー船は残液性状から物性計算ソフトウェアで組成を確認し、バスターガス量とバスターレートの関係把握し、移送計画を立案する。 ・残液が高温・重質化した場合のオペレーションの検討 例えば：Hで高圧力警報(ポンプストップのリクエスト)→HHでESDの起動(ポンプストップ) ・BOG処理機器の定期的な点検及び、計画的な整備による予防保全。 ・発生するBOGの処理方法の取り決めの徹底。(天然ガス燃料船側がバンカー船側)特に初期搭載時などのタンククールダウンを伴う場合は、ガスアップ後なのか、N2雰囲気なのかなどで処理方法が異なると考えられる ・船員のトレーニング					平成24・25年にランク付けしていない理由： 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、天然ガス燃料船では頻度が高くなる懸念されるため、記載していない。  『組成確認には、ガスクロマトグラフィー等の機器が必要かと思うのですが、残液性状のデータ(圧力、温度、タンク容量、残液量)から計算ソフトウェアで確認ができるものなのでしょうか。』との意見があった。 ⇒ 検討の結果、実際は残液性状のデータからは確認できないことがわかり、実情と合致しないため、当該標記を削除することとなった。
09	ロールオーバー 急激な酸化	ハード起因 ・層状化(比重差) 人間起因 ・LNGの誤ったタンク注入方式の選択 ・ミキシングの不実施 外的要因 ・ベた皿			Y	Y	Y	Y	可燃性ガスの周辺大気への漏洩 産地違い(組成違い)、同じ産地でも放置したことによる組成の変化などから層状化し、ロールオーバーに至る可能性がある。	以下のロールオーバー対策を実施。(ロールオーバーリスク低下) ・LNG燃料タンクへ適切な方法で移送(軽質LNGはタンク下部、重質は上部より注入) ・層状化の検知(各深さにおいて密度を確認)(各深さにおいて温度を監視) ・タンク内燃料ポンプにより、液を下層から上層へ循環攪拌するオペレーション ・必要に応じて、スプレーポンプによる攪拌を実施。(バンカリング作業後) -安全弁の容量拡大 ・船員のトレーニング	2	1	L		『各深さにおける密度の確認とは、どのような方法を想定されているのでしょうか。』との意見があった。 ⇒ 検討の結果、密度は直接確認できないことがわかり、「各深さにおいて温度を監視」に標記を修正した。
10	落雷による着火(ベントポスト) 安全弁から発生する微量ガスフローへの着火を対象とする。 (タンク圧がMARVSを超えてタンク安全弁が噴出し、かつ、同時に落雷を受ける確率は0に近いので、考慮しない。)	ハード起因 ・該当無し 人間起因 ・該当無し 外的要因 ・落雷			Y	Y	Y	Y	微量ガスフロー→落雷→ベントポストへの着火→小火災	・フリュームアレスター(内部への引火防止)の点検。(被害拡大の防止) ・若干の着火が見られた場合はN2ガスによるブローオフ消火。(被害拡大の防止) ・棧橋には避雷針や落雷防止装置設置。(着火リスク低下) ・雷雲発生時には天然ガス燃料船とバンカー船にて、中断するか否かの協議を行う。 ・安全弁及びその他ガス雰囲気は漏れ出る可能性がある弁又は機器の定期的な点検及び、計画的な整備による予防保全の実施。	1	1	L		『リスク評価の頻度が高すぎるため再検討が必要と考える。現状、1～10年に1回の頻度となっているが、10年に一回よりも少ないと思慮。』との意見があった。 ⇒ 検討の結果、落雷して火災まで至るシナリオの発生頻度を考慮し、F=1に変更された。
11	バンカー船・天然ガス燃料船の火災(相手船への延焼)	ハード起因 ・機関室、貨物室、居住区等から火災が発生 人間起因 ・喫煙、調理 外的要因 -該当無し ・荷役中の場合、次のような着火源が起因となる可能性がある。 コンテナ同士のメタルタッチ(燃料船側が起因) 静電気、携帯電話(バンカー船・燃料船の双方が起因) 走行車両等(第三者やその他要因)  (錨泊中は陸上からの消火支援が受けられない。)			Y	Y	Y	Y	火災→相手船への延焼 機関室で火災発生した場合は同時に電源喪失となる可能性がある。 機関室火災による電源喪失の対応はワークシート④電源・油圧機能喪失で検討する。	・火災発生後の対応(被害拡大の防止) 火災を感知・発見したらESD起動(移送中断(荷役中は荷役作業中止))→消火活動→係船索の解らん(クイックリリースまたは洋による切断) ・適切な消火体制。(被害拡大の防止) ・被害を想定し、訓練徹底、マニュアル化 ・移送中は緊急時にはすぐ消火作業に入れるよう消火器具をあらかじめ準備し、人員の配置も考慮する。例えば、両船マニホールド付近の定期的なガス検知、同付近に持ち運び式粉末消火器の準備、2条の射水の準備、固定式ドライケミカル粉末消火装置の準備などを具体的に決めておく。 ・火災報知警報がESDの自動起動にリンクしていない場合、手動でESDの操作を行う必要があり、そのための訓練が必要。 ・ファイヤーワイヤーの準備。 -夜間は主な消火作業範囲に照明が必要(漏洩監視用の照明と兼用可能)- ・船員のトレーニング	3	1	L		
12	第3船との衝突 漁場等が近くにあれば小型船の航行が考えられ、居眠り・漁労中に目見張り不十分から衝突する可能性がある。 錨船も付近を航行する可能性があるが、バース、岸壁付近及び泊地では船速は遅いと考えられる。その他、エンジン、舵トラブから来る衝突の可能性もある。	ハード起因 ・該当無し 人間起因 ・見張り不十分 外的要因 ・夜間 ・濃霧等視界制限状態			Y	Y	Y	Y	見張り不十分・相手船の居眠り等→衝突→船舶の損傷→燃料タンクの損傷・人の負傷→LNGの漏洩→船舶火災及び人の死傷	・第3船の見張り。(衝突リスク低下) ・レーダー等による見張り。なお、レーダーの使用は一定の制限がかかっている(潮取り作業手引書(石油編)2005年第4版3.5.5、6より)ため、Xバンドレーダーを使用する。Sバンドは10mまでの範囲で船舶の構造の各部においてアーチ放電が誘発される可能性があるため、使用しないこと。錨泊中は船舶サイズを考慮すると移送船からの監視は天然ガス燃料船が障害となるため、天然ガス燃料船が主として第3船の監視を行う。 ・夜間・濃霧発生時に作業を行う場合は第3船の見落としに特に注意が必要である。 ・移送作業の周知。(衝突リスク低下) ・AISを常時使用し(3分に1回発信)、本船の存在を示す。 ・LNG移送中には船側外板に「LNG移送中」等と記した垂れ幕を掲げる。 -他船の接近に対する警告として移送船の周囲に浮標灯を設置する。 ・移送作業を行っていることを事前に関係官庁に周知する。 -付近を航行する船舶が多い場合は移送エリアに警戒船を配備 ・船員のトレーニング	4	1	M		『警戒船や灯浮標は有効かと思うが、規制や追加費用となり、望ましくないがRisk Matrixに従い判断の必要あり。』 『錨泊地によっては、錨船の船速も速いことがあるのではないのでしょうか。』 『錨泊中では、振れ回りもあるので浮標灯の設置は困難かと思われます』 『LNGバンカリング用の錨地を指定し、海上保安庁より注意喚起することで警戒船や灯浮標は不要と考える』との意見があった。  ⇒ HAZID会議で協議した結果、平成24・25年度に安全対策として検討されていた警戒船や灯浮標についての要件は、過剰であるという意見が多数であった。 HAZID会議後に追加検討した結果、「LNGバンカリング用の錨地を指定し、海上保安庁より注意喚起する」ことは、現段階では錨地でのLNGバンカリングが実施できるかどうか検討しているところであり、錨地での実施ありきでの内容のため、対応はできかねるとのことであった。 ただし、警戒船や灯浮標については、現行のLNGバンカリングガイドライン「3.3 周囲航行船舶への注意喚起」によれば、実施主体であるLNGバンカー船が周囲航行船舶への注意喚起を行うこととなり、錨地でのLNGバンカリング実施時も同様であると思われることから、今回の見直しで安全対策から削除されることとなった。  リスクランギングについて、再検討された結果、小型船に限らない衝突を考慮し、深刻度を1⇒4に変更。頻度については、2⇒1へ変更された。

13	電源・油圧機能喪失 上記を除く、機関室の火災の結果・予防措置は、ワークシート①火災で検討。	ハード起因 ・発電機故障、配電盤等電気システム系統故障 人間起因 一該当無し ・操作ミスによる発電機トリップ、誤停止 外的要因 ・該当無し					電源・油圧機能喪失→ESD作動→移送停止→漏洩せず	夜間（特に錨泊中）、パンカーのうち非常発電機能が要求されない船（500総トン未満または沿海区域のみを航行するもの）において、夜間に電源機能が喪失した場合、甲板上の照明は消え、移送中止作業等に影響を与えるため、当該船舶については以下の安全対策を講ずる必要がある。 ・移送中止作業等を安全に行うのに必要な照明用として、パンカー船側に非常発電機能又はバッテリーを備える。 既に、リスクマトリクス上の広（許容される領域「L」にあるため、追加の対策は必要でないが、以下の安全対策を講ずることにより、さらに、被害拡大を防止することができる。 ・定期メンテナンス（部品交換等） ・船員のトレーニング	1	2	L	『不意のESD作動による液封で、LNGホース及び配管の損傷や漏洩に繋がるのではないだろうか。』 『電源・油圧機能喪失のみで、損傷や漏洩まで至るのか？』との意見があった。 ⇒ 液封が生じたとしても、安全弁や圧力を逃すオペレーションを取ることで、ホースや配管の損傷は防げることから、「漏洩」まで至るシナリオはダブルエラーと思われる。そのため、本ハザードの影響・結果の漏洩せずの想定は、変更なし。 液封自体の影響については、ID.17で検討する形となった。
14	意図しない配管(N2配管)への逆流 (LNG/NG)	ハード起因 ・弁の損傷・不具合 経年劣化（ボルトの緩み、シール部の劣化、振動、温度収縮） 外的要因による損傷 人間起因 ・ミスオペレーション 外的要因 ・該当無し			Y	Y	・N2配管への逆流 ・配管装置、橋装品の損傷 ・船体構造、橋装品の低温脆性破壊 ※主にLNG漏洩の場合  (逆流のシナリオでは、人員の酸欠・死傷までは起こり得ないと想定) (想定される逆流の範囲として、N2 Gen Roomなどの発火源のある場所までは逆流しないと考慮し、火災までは想定しないものとする)	・パンカリング中は、N2配管を接続しない状態でオペレーションされる。 ・船によってはN2配管が取り外しできる構造となっている（限らないが、当該弁は逆止弁または二連弁となっているため、逆流防止の冗長性ありと考えられる。 ・接続時においても、圧力差から、逆流は起こり得ない。 ・仮にN2圧力が低下して逆流が生じて、その先にはN2が充填している状態のため、危険度は低い。また、逆流する範囲も短く、N2 Gen Roomまでは至らず、パンカーステーション付近までと考えられる。 ・定期的な点検・メンテナンス ・船員のトレーニング ・逆止弁の装備	1	1	L	
15	配管装置からの漏洩、バージ作業時の窒息 (N2)	ハード起因 ・配管や弁の損傷・不具合 経年劣化（ボルトの緩み、シール部の劣化、配管腐食、振動、温度収縮） 外的要因による損傷 人間起因 ・ミスオペレーション（サンプリング弁の解放時に接近など） 外的要因 ・該当無し	Y	Y	Y	Y	・人員の酸欠・死傷 ・本船のオペレーション（プラントの維持）への悪影響	・定期的な点検・メンテナンス ・区画周辺の機器へのアクセス経路確保 ・振動の恐れがある機器に対する防振、パンカリングステーション及び配管露出部へのカバーの設置 ・船員のトレーニング ・サンプリング弁の開放端にプラグ付ブランクフランジを取付 ・配管損傷の場合のN2 漏洩であれば、現場での漏洩音、N2 圧力低下のアラーム等で知ることが出来る。	3	1	L	『作業員の死傷が考えられるような場合の深刻度ID03、04は「3」、ID15は「4」、ID20は「2」となっている。深刻度の釣り合いについて、検討が必要』との意見があった。 ⇒ 検討の結果、死傷の想定を外したことで、深刻度を4⇒3へ変更された。
16	LNG燃料系統への異物混入	ハード起因 ・脱落部品の混入 人間起因 一該当無し ・LNGホースを取り付けの際の、マニホールド接続部分の確認不足 外的要因 ・LNG内の異物	Y	Y	Y	Y	・計装配管の閉塞（圧力計等の誤検知） ・バルブの噛み込み、作動不良 ・機器の故障によるLNG吹き不能 ・DF機関へのガス燃料供給の停止（BOG処理不能）	・ボルト類（バタフライ弁のディスク取付ボルト等）に対する緩み止め実施 ・燃料入口にフィルター装備 ・船員のトレーニング ・パンカーラインストレーナーを設置する場合には、設置するストレーナーの事前の状態確認及び、設置の徹底	2	2	L	
17	LNG/天然ガス配管の過圧（液封）	ハード起因 ・ESD作動による液封の発生 人間起因 ・ミスオペレーション（低温時ESDS作動テスト後の復旧不良など） 外的要因 ・該当無し			Y	Y	・パンカリングラインの過圧損傷 (主にホース部分、ESDとバルブの間が考えられる) ・損傷に伴うLNGの漏洩 (LNG漏洩の影響・結果についてはID.04と同様)	・安全弁の設置と、定期的な点検・メンテナンス ・液封防止のオペレーション（弁の手動開放） ・船員のトレーニング ・圧力計の設置。	3	1	L	
18	船陸間 船陸間の通信不良	ハード起因 ・機器の故障 人間起因 一ミスコミュニケーション ・ミスオペレーション（通信機器の操作ミスなど） 外的要因 ・該当無し			Y	Y	・通信不良によるパンカリング作業の中断・遅延 *タンク過積載まで至った場合の影響・結果についてはID.07を参照。	・複数の通信手段を設ける トランシーバー（複数台）、電話（ホットライン）など ・船員のトレーニング	1	2	L	『通信不良のハザードは荷役中のみ限定したものでしょうか。ホースの接続や切離し等も含めると更に範囲が広がるかと思われます。』との意見があった。 ⇒ 検討の結果、離着岸時は対象に含めないこととした。  影響・結果については、通信不良が生じた場合は、直ちに作業中止とするため機器の損傷までには基本的に至らないと判断し、S=1とし、頻度については、通信不良による作業の中断・遅延に対するものと考え、F=1 ⇒ 2 とすることとなった。
			Y			Y	・通信不良による離着岸作業の中断・遅延 ・複数の通信手段を設ける VHF、無線電話など ・船員のトレーニング	1	2	L		
19	水分の残留、氷結	ハード起因 ・空気溜りに水分を含んだ空気の残留 ・N2ジェネレータの故障により、N2以外が供給 ・新造船時又はドック出し後に初パンカリングを行う場合、タンククールダウンを伴うなど、通常と処理方法が異なる 人間起因 ・バージ不良 外的要因 一該当無し ・雨天時のパンカリングホース取付時に雨水の混入の恐れ	Y	Y	Y		・タンク・配管の損傷、関連機器の損傷 ・パンカーライン閉塞によるパンカリング作業の遅延	・空気とメタンを一緒にしないようなオペレーションの実施。 ・オペレーションマニュアルに基づいた適切な操作及びメンテナンスの実施 ・N2によるバージの実施 ・各種センサーにより、N2ジェネレータの故障は検知可能。 ・O2、露点チェックの実施、確認する数値の明示化 ・船員のトレーニング ・バージ実施後のO2濃度測定 ・パンカリングホースの保守・管理及び、事前にホース内をPurgeしておくことにより水分除去を行う。 ・新造船またはドック出し後など初めて天然ガス燃料を搭載する際は、事前に配管内、タンク雰囲気露点温度の計測を実施する。	2	1	L	
20	過大な熱応力、熱衝撃	ハード起因 一サポート等を介した液配管との熱的接触 ・送液量の調整用バルブの故障 装置の損傷に関連するとは考えられないため削除 ・新造船時又はドック出し後に初パンカリングを行う場合、タンククールダウンを伴うなど、通常と処理方法が異なる 人間起因 ・パンカリング作業手順の誤り ・配管系統の不十分なクールダウン 外的要因 一該当無し ・火災	Y	Y			・膨張率の違いに伴うインシユレーションの破損 ・過大な熱応力によるタンク・配管装置の損傷 ・LNG/天然ガス漏洩 ・船体損傷・着火等すれば作業員の死傷  * LNG/天然ガス漏洩の影響・結果については、ID.03,04を参照。 * タンク圧の上昇の影響・結果については、ID.08を参照。	・定期的な点検・メンテナンス ・適切なパンカリング手順を記したオペレーションマニュアルの作成 ・船員のトレーニング・保護具の着用 ・適切なホース・配管サポート、揚貨装置の使用 ・オペレーションマニュアルの遵守。 ・チェックリストに従ったオペレーションの実施（ヒューマンエラーの防止）	4	1	M	『着火等すれば作業員の死傷』に関しては、ID.11と重複するため、着火は除外した。  『作業員の死傷が考えられるような場合の深刻度ID03、04は「3」、ID15は「4」、ID20は「2」となっている。深刻度の釣り合いについて、検討が必要』 『死傷まで想定されるので、リスクランキングは上昇するのではないだろうか』との意見があった。 ⇒ 検討の結果、パンカリング配管、タンクの損傷の影響を考慮し、深刻度は2 ⇒ 4へ変更となった。

21	バンカリングホースの接触	<p>ハード起因</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>ホース長さが不適切</li> <li>ホースの保持の不備</li> <li>バンカリングポジションの不備（2船間の位置が不適切、保持装置の作動範囲に収まっていない等）</li> </ul> <p>人間起因</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>見張り不十分</li> <li>ホースの保持位置の設定の不備</li> <li>オペレーションミスに伴うホースの脈動</li> </ul> <p>外的要因</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>2船間の高さの変化（荷役作業や、バンカリングの進行に伴う、喫水の変化）</li> <li>船体動揺による短時間の接触</li> <li>送液開始前後のホース形状の変化</li> </ul>					<p>バンカリングホース接触 → 船体損傷（低温）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>LNGの漏洩に対しては、ドリフトレイアウトカーテン等により直接極低温が触れないような対策がなされているが、極低温のバンカリングホース自体が船体と接触することでも、温度に関してはLNGが漏洩した場合と同レベルの影響があると思われる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>バンカリングホースの適切な選定（長さなど）</li> <li>バンカリングホースの適切な保持。</li> <li>ホースサドルの使用や、サドルがない場合はHose BunとChain BlockでHose Restや鋭利な部分に接触しないようにする。</li> <li>バンカリング作業中における適切な継続的な監視。</li> <li>供給船と受入船の整合性を事前に確認する</li> <li>船員のトレーニング</li> <li>ホース接触の恐れがある場合は、一時作業停止の上、ホース保持の取り直し。</li> </ul>	3	1	L	<p>『安全対策記載事項からすれば荷役中と受取るが、低温のホースが船体に当たって損傷は基本的に発生しないシナリオ。ホースメーカーからのホース取扱いは、ホースの擦れは発生させないこととされているため、その取扱いに従えば船体に接触し続ける、もしくはバンカリングの最中に接触することはないと考えられるため頻度は1と考える。』</p> <p>『ホースと船体の長時間の接触による影響を検討しているのであれば含まれないかもしれませんが、ホースの接触という意味で検討するのであれば、船体動揺による短時間の接触もあるかと思いますが、どういった検討になっていますでしょうか。』との意見があった。</p> <p>⇒ 検討の結果、関連する箇所の標記が修正された。</p>
22	PERCシステム発動時の負傷災害の発生 (Powered Emergency Release Coupling)	<p>ハード起因</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>PERCシステム発動時に外れたホースにより、大きな衝撃が加わる場合があるため、近くにいる監視員がその衝撃により負傷等を負う可能性がある。</li> </ul> <p>人間起因</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>該当無し</li> </ul> <p>外的要因</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>該当無し</li> </ul>					<ul style="list-style-type: none"> <li>作業員の負傷</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>PERCシステム採用船において監視員はバンカーマニホールドから一定の距離を保つ。</li> <li>ERCシステム発動前に、ESDシステムが作動する。ESDシステムのアラームが発報したら、監視員は直ちにホースから離れる。</li> <li>作動時に大きな衝撃が発生するシステムの場合には、バンカリングステーション近傍に注意銘板の設置。</li> <li>点検をする際は、前室と締密に連絡をとり緊急的にPERCシステムを起動させる際は、点検中であることを念頭に現場に連絡をしてからシステムの起動を実施する。</li> </ul>	2	1	L	<p>頻度は、ERCシステム発動の頻度（点検を含む）がベースになり、そこから作業員の負傷が生じる頻度となる。FI=2と想定していた。</p> <p>⇒ 会議の場で協議した結果、点検を対象から省いたため、FI=1に変更された。</p> <p>深刻度については、人命への影響として「1～3人への治療」を想定し、S=2とした。</p>
23	ERS作動によるバンカーホースの緊急切り離し (Emergency Release System)	<p>ハード起因</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>ERSが作動しバンカーホースを緊急に切り離す際、その衝撃でホースのラッシングロープが外れる。それによりバンカーホースがフリーとなる。</li> </ul> <p>人間起因</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>該当無し</li> </ul> <p>外的要因</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>該当無し</li> </ul>					<ul style="list-style-type: none"> <li>フリーとなったバンカーホースエンドが船体にあたり船体への損傷を生じさせる可能性がある。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ship to ShipでLNG/バンカーを実施する際ERSが作動してもバンカーホースがフリーとならないようフォールアラームもしくはクレーン等による十分な固縛を実施する。</li> <li>緊急時、離船を遠隔で実施できるような固縛用ロープは少し離れた場所からでもリリースできるようにする。</li> </ul>	2	1	L	<p>頻度は、ERS作動の頻度がベースになり、そこから船体に損傷が生じる頻度として、FI=2と想定していた。</p> <p>⇒ ID.22と同様に、FI=1に変更することとなった。</p> <p>深刻度については、船舶への影響として「局所的な損傷」を想定し、S=2とした。</p>
24	係船索損傷、切断	<p>ハード起因</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>係船索不具合</li> <li>係船配置の不良、過度な張力</li> </ul> <p>人間起因</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>該当無し</li> </ul> <p>外的要因</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>天候の悪化</li> <li>ドラフトの変化</li> <li>付近を大型船が通過した場合など、波の影響</li> </ul>					<ul style="list-style-type: none"> <li>船体の接触、損傷</li> <li>バンカーホース損傷、LNG漏洩</li> <li>乗組員の怪我</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>両船の整合性確認。</li> <li>テンションモニターなど係船索の状態を継続的に監視。</li> <li>ERSの機能確認。</li> <li>気象状態の確認、両船責任者による事前打合せ・荷役停止基準の明確化。</li> <li>船員のトレーニング</li> </ul>	4	1	M	<p>係船索損傷の破断の頻度については、沿岸技術センターの苫小牧東港における破断統計では1985年～1994年の10年間で24件報告されている。その中で、係船索が3本以上破断しているものは8件あったため、バンカリングオペレーションに影響を及ぼすような大規模な係船索損傷の破断の頻度として、FI=3と見積もった。</p> <p>⇒ 苫小牧東港は、条件が厳しい(長周期波が発生)ことを考慮して、FI=2へ変更された。</p> <p>深刻度については、船舶への影響として「深刻ではない船舶への影響」を想定し、S=3と見積もった。</p> <p>⇒ 検討の結果、フェンダーの設置などの安全対策により、船体への損傷は軽減されると思われるため、S=2とされた。</p> <p>船体側の被害としては、S=2、F=2、リスクランキングはL</p> <p>一方で、切れた係船索が作業員に衝突した場合、人的被害はS=4相当になる。ただし、その発生頻度は、F=1と思われる。</p> <p>人的被害としては、S=4、F=1、リスクランキングはM</p> <p>左の表には、リスクランキングが高い方を記載する。</p>
25	初バンカリング時特有のハザード	<p>ハード起因</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>水分を含んだ空気又はイナートガスの残留</li> <li>新造船時又はドック出し後に初バンカリングを行う場合、タンククールダウンを伴うなど、通常と処理方法が異なる</li> </ul> <p>人間起因</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>クールダウンの作業ミス</li> <li>ミスオペレーション</li> </ul> <p>外的要因</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>該当無し</li> </ul>					<ul style="list-style-type: none"> <li>水分の残留、氷結による配管装置の損傷（ID.19と同様）</li> <li>過大な熱応力による配管装置の損傷（ID.20と同様）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>オペレーションマニュアルに基づいた適切な操作の実施</li> <li>事前に配管内、タンク雰囲気露点温度の計測を実施する</li> <li>船員のトレーニング</li> </ul>	2	1	L	<p>&lt;対応メモ&gt;</p> <p>検討内容がD19や20のものと重複していたため、他の関連する項目に初バンカリング時の特有の事象を組み込む形で修正し、当該項目については削除することとなった。</p>