

中部電力(株)上越火力発電所LNG栈橋
大型LNG船の航行安全等に関する調査

報 告 書

平成 22 年 5 月

社団法人 日本海海難防止協会

目 次

第1章 調査検討の概要.....	1
1 目的.....	1
2 調査内容.....	1
3 調査方法等.....	2
4 調査検討結果.....	3
第2章 上越火力発電所LNG栈橋計画の概要.....	5
1 上越火力発電所の概要.....	5
1.1 開発の経緯.....	5
1.2 上越火力発電所計画の概要.....	6
2 LNG栈橋計画の概要.....	8
2.1 LNG船の変遷.....	8
2.2 栈橋計画の変更.....	8
2.3 対象船型.....	8
2.4 栈橋の位置及び泊地計画.....	9
2.5 施設等の概要.....	11
2.5.1 施設配置.....	11
2.5.2 構造・規模及び設備等.....	13
2.5.3 設計条件.....	14
2.5.4 係留設備.....	14
2.5.5 荷役設備.....	17
2.5.6 附属設備.....	19
第3章 直江津港の現況.....	20
1 概 要.....	20
2 港湾施設.....	20
2.1 水域施設.....	20
2.2 外郭施設.....	20
2.3 係留施設.....	20
3 港湾統計.....	22
3.1 入港船舶.....	22
3.2 取扱貨物量.....	23
4 港湾計画.....	24

4.1	基本方針.....	24
4.2	港湾計画の概要.....	25
4.3	港内静穏度.....	29
4.3.1	静穏度の目標.....	30
4.3.2	波浪条件.....	30
4.3.3	静穏度計算結果及び稼働率の算定.....	32
第4章 周辺の航行環境.....		35
1	位置.....	35
2	自然環境.....	36
2.1	気象.....	36
2.1.1	風況.....	37
2.1.2	霧.....	40
2.1.3	台風.....	41
2.2	海象.....	43
2.2.1	海流・沿岸流.....	43
2.2.2	潮流.....	43
2.2.3	潮位.....	51
2.2.4	波浪.....	52
3	水域及び援助施設.....	58
3.1	操船・航行水域.....	58
3.2	航行援助施設.....	60
3.3	その他.....	61
4	発生した主な海難.....	65
第5章 操船及び係留の安全性.....		66
1	検討フロー.....	66
2	検討船型.....	67
3	操船の安全性.....	73
3.1	航路及び泊地.....	73
3.2	シミュレーションによる検討.....	73
3.2.1	操船局面別シミュレーション結果.....	73
3.2.2	操船シミュレータ実験.....	76
3.2.3	実験における航跡.....	79
3.2.4	入港着棧操船.....	82
3.2.5	離棧出港操船.....	83
3.2.6	入出港操船例.....	83
4	着棧時の安全性.....	86

4.1	着棧エネルギー計算方法及び条件.....	86
4.2	防舷材仕様及び評価条件.....	86
4.3	計算結果及び評価.....	88
5	係留の安全性.....	89
5.1	係留施設.....	89
5.1.1	係留設備.....	89
5.1.2	係留索.....	90
5.1.3	係留計画.....	91
5.1.4	係留施設配置.....	94
5.1.5	検討結果.....	95
5.2	係留限界風速の算出.....	98
5.2.1	外乱条件の設定.....	98
5.2.2	風圧力及び流圧力の算出式.....	99
5.2.3	係留限界風速.....	100
5.3	係留施設の安全性.....	106
5.4	係留中の船体動揺等.....	106
5.4.1	外力条件.....	106
5.4.2	シミュレーション・ケース.....	107
5.4.3	係留状態の評価.....	109
5.4.4	係留中の船体動揺シミュレーションの結果.....	111
5.5	係留索配置型.....	111
6	入出港船舶の時間調整.....	112
第6章 航行安全対策.....		113
1	安全管理体制の整備.....	113
1.1	安全管理設備.....	113
1.2	連絡体制の確立.....	113
1.3	入出港安全管理体制の確立.....	113
1.4	荷役安全管理体制の確立.....	113
1.5	各種マニュアル等.....	113
1.6	情報の把握と周知.....	114
2	入出港調整.....	114
3	入出港時の対策.....	114
3.1	着離棧時の安全対策.....	114
3.2	余裕水深.....	115
3.3	水先.....	115
3.4	係留索配置.....	115
3.5	その他.....	115

3.5.1	操船援助機器等の整備.....	115
3.5.2	操船支援システムの導入.....	115
3.5.3	入港待機対策.....	115
3.5.4	警戒船の配備.....	116
4	係留中・荷役中の安全対策.....	116
4.1	異常気象・海象時の安全対策.....	116
4.1.1	荷役の中止等.....	116
4.1.2	荒天時の対策.....	117
4.1.3	その他.....	117
4.2	消防・警戒船の配備.....	117
4.3	その他.....	117
4.3.1	長周期波等.....	117
4.3.2	津波等への対策.....	117
第7章	防災設備と海上防災対策.....	118
1	上越火力発電所LNG栈橋の防災設備及び体制の概要.....	118
1.1	防災設備構成施設.....	118
1.2	荷役設備等.....	120
1.3	荷役安全設備.....	123
1.4	照明設備.....	125
1.5	気象・海象観測装置.....	126
1.6	防災設備.....	127
1.7	海上防災体制.....	130
1.8	荷役防災体制.....	130
1.8.1	防災組織.....	130
1.8.2	緊急通報体制.....	131
1.8.3	応援協力依頼.....	132
1.9	荷役安全体制.....	135
1.10	緊急事態発生時の措置.....	135
1.11	災害想定.....	137
2	海上防災対策（上越火力LNG栈橋）.....	139
委員会等の開催状況及び議事概要.....		141
1	第1回委員会.....	141
1.1	開催状況等.....	141
1.2	議事概要.....	143
2	第1回作業部会.....	154
3	第2回委員会.....	156

3.1	開催状況等.....	156
3.2	議事概要.....	157
4	ビジュアル操船シミュレータ実験.....	168
5	第2回作業部会.....	170
6	第3回委員会.....	172
6.1	開催状況等.....	172
6.2	議事概要.....	174

第1章 調査検討の概要

1 目的

中部電力株式会社では、上越火力発電所LNG栈橋について、平成7年に13.7万 m^3 級LNG船を対象とした調査検討を行って建設計画を進め、平成19年に、LNGマーケットのグローバル化を考慮して、将来の大型LNG船受入れに支障なく対応可能な栈橋とすべく、栈橋計画変更を行うための係留の安全性を調査検討したところであるが、その後、同社においては、栈橋供用開始時から大型LNG船を安全に受入れできるような対策を講ずることとなった。

この度の調査検討においては、大型LNG船（26万 m^3 級まで）の入出港着離栈操船及び係留中の安全性を検証のうえ、航行安全対策等を調査検討することとした。

2 調査内容

(1) 上越火力発電所LNG栈橋計画の概要

上越火力発電所LNG栈橋計画、対象船型の概要について整理した。

なお、対象船型は、21万 m^3 級、26万 m^3 級メムブレ型及び17万 m^3 級モス型とした。

(2) 直江津港の現況

直江津港の港湾施設、港湾統計、港湾計画等について調査整理した。

イ 港湾施設

ロ 港湾統計（入港船舶、取扱貨物量）

ハ 港湾計画の概要（基本方針、港内静穏度）

(3) 周辺の航行環境

直江津港周辺の自然環境、航行水域等の航行環境について調査整理した。

イ 自然環境（気象、海象）

ロ 水域及び援助施設等

ハ 海難

(4) 対象LNG船の入出港着離栈操船の安全性

シミュレーションを実施して着離栈操船の安全性を検討した。

イ 操船水域（航路、泊地）の安全性の検討

ロ 操船シミュレーションの実施及び評価

ハ 着離栈の安全性の検討

(5) 対象LNG船の係留の安全性

OCIMFの指針に基づく係留限界風速の算出及び船体動揺シミュレーションの実施から、係留施設の配置及び係留計画の安全性を検討した。

イ OCIMFの指針に基づく係留限界風速計算の結果確認

- ロ 船体動揺シミュレーションの実施及び評価
 - ハ 係留施設の配置及び係留計画の安全性の確認
- (6) 対象LNG船の航行安全対策
- 係留及び操船の安全性の検討結果を踏まえ、操船及び係留に係る航行安全対策を検討した。
- イ 入港着岸可否の判断基準・手順
 - ロ 着離岸の気象条件
 - ハ 標準的操船方法
 - ニ 係留の対策
 - ホ 荒天時の対策
- (7) 海上防災対策の検討等
- 上越火力発電所LNG積橋計画における海上防災対策について調査検討し、大型LNG船受入れに当たっての海上防災対策を確認した。

3 調査方法等

LNG船の航行安全に関して専門的な知見を有する学識経験者及び直江津港を利用する船舶の管理・運航を行う主な海事関係者等を委員とし、当該港を管理あるいは管轄する関係官公庁の指導を受ける「中部電力(株)上越火力発電所LNG積橋大型LNG船の航行安全等に関する調査委員会」を設置して、収集した資料及び対象船のシミュレーション結果を検討・審議資料とし、調査・検討した。

委員会の構成は、次のとおり。

委員会の構成

(順不同・敬称略)

【委員】

委員長	大津 皓平	東京海洋大学 名誉教授
副委員長	高橋 勝	海上保安大学校 海上安全学講座 教授
	山崎 祐介	富山商船高等専門学校 名誉教授
	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
	山崎 龍生	社団法人日本船長協会 副会長
	塚原 政和	新潟水先区水先人会 会長
	布施 貴紀	直江津港船舶代理店会事務局 (直江津海陸運送(株)業務部業務グループ 課長)
	伊藤 則彦	日本海曳船株式会社 取締役海務部長

【関係官公庁】

第九管区海上保安本部
新潟海上保安部

上越海上保安署
北陸地方整備局 新潟港湾・空港整備事務所
新潟地方気象台
新潟県交通政策局 港湾整備課
新潟県上越地域振興局 直江津港湾事務所
上越市産業観光部 直江津港振興課

4 調査検討結果

中部電力株式会社上越火力発電所LNG棧橋計画を基に、26万 m^3 級までの大型LNG船の入出港着離棧操船及び係留中の安全性並びに防災設備について、数値シミュレーションの実施、操船シミュレータ実験及び係留シミュレーションを実施する等して調査・検討するとともに、必要な航行安全対策及び海上防災対策を取りまとめた。

その概要は次のとおりであり、第5章、第6章及び第7章に詳細を記載する。

- ① 数値シミュレーションの実施、操船シミュレータ実験から風速 12m/sec、風向 NW、SE 及び N において、3,200 馬力 2 隻及び 4,000 馬力 2 隻の計 4 隻のタグボートを使用することにより、入港着棧可能であることを確認し、また、離棧に対し抗風となる NW の風速 15m/sec において、3,200 馬力 2 隻及び 4,000 馬力 2 隻の計 4 隻のタグボートを使用することにより、離棧出港可能であることを確認した。
- ② 荷役限界については、係留索を 17 万級 16 本、26 万級 20 本とし、係留索配置（船首側及び船尾側それぞれのメインライン、ブレストライン、スプリングラインの本数）（以下同じ）を 17 万級 2、4、2、26 万級 3、5、2、として実施した係留中の船体動揺シミュレーションにおいて、船体動揺量は、全ケースとも評価基準内であり、風速 15m/sec までは荷役が可能であることを確認した。
- ③ 係留限界については、離岸風を含む全ての風向において風速 20m/sec まで、係留索張力及び防舷材の歪みは、評価基準内であることを確認した。
- ④ 安全対策の要点は、次のとおりとした。
 - イ LNG 船の安全管理に係る事項について、協議・調整等を行うための体制を、関係者間において整備する必要がある。
 - ロ 入港着棧の風速基準を 12m/sec とし、着棧中に風速 15m/sec 以上が予想されないことを条件とする。
 - ハ 安全に離棧出港できる風速基準を 15m/sec とし、出港に当ってはこれを厳守すること。

ニ 着離棧においては、水先人を乗船させることとし、使用する曳船については、原則 3,200 馬力以上 2 隻、4,000 馬力以上 2 隻の計 4 隻とする。

ホ 着棧中は気象情報の把握に努め、風速 1m/sec 以上が予想された場合にあつては、荷役中止時期、離棧条件、出港調整等を検討し、安全に離棧可能な風速条件下において、離棧出港できるようにする。

ヘ LNG 船の入出港に関して、船舶代理店及び船舶運航者、危険物岸壁関係者等からなる体制により、直江津港の入出港船舶について自主調整することが望ましい。

- ⑤ 対象船型（17 万級 m^3 及び 21 万 m^3 級、26 万 m^3 級 LNG 船）に係る上越火力 LNG 棧橋の海上防災対策は、現在整備、構築が進められている防災対策（平成 20 年海上災害防止センター報告書による）で対応できることを確認した。

なお、本報告書に詳述した諸安全対策は、その基本的事項を示したものであり、LNG 船受入れにあたっては、関係者間で十分協議を行い、関係官公庁の指導を受けて直江津港の実情に即した具体的な社内規則等を定め、安全確保に万全を期す必要がある。

第2章から第5章省略

第6章 航行安全対策

検討対象としたメンブレン方式26万級LNG船を最大船舶(モス方式にあっては17万級)(以下「LNG船」という。)とする航行安全対策は以下のとおり。

1 安全管理体制の整備

LNG船の安全管理に係る事項について、協議・調整等を行うための体制を、関係者間において整備する必要がある。

1.1 安全管理設備

LNG船に関し、次の事項を一元的に円滑かつ確実に実施するための管理施設を整備する必要がある。

- イ 各種の情報収集
- ロ LNG船との連絡・通報
- ハ 関係官公庁への通報、報告
- ニ LNG船の入出港及び荷役作業の管理
- ホ 緊急時の対応指令

1.2 連絡体制の確立

船・陸間及び関係官公庁、海事防災関係者等の間において、それぞれの責任者を窓口とした緊急時にも対応可能な通信連絡体制を確立して、入出港、荷役作業の適切な運用及び緊急時の迅速な対応を図る必要がある。

1.3 入出港安全管理体制の確立

LNG船の着離棧に係る事項に係る安全管理体制を確立し、海技知識に精通したバースマスター(仮称)を含めた関係者が、事前に協議・調整等を行い、安全な入出港を確保する必要がある。

1.4 荷役安全管理体制の確立

船側及び陸側は、それぞれ荷役安全管理体制を確立し、各作業時の関係者間における責任関係を明確化するとともに、適正に人員を配置し、相互の連携を密にすることにより、荷役の安全を管理する必要がある。

1.5 各種マニュアル等

上越火力発電所LNG棧橋の管理者は、入出港着離棧基準や入出港・荷役作業の手順等を記載した荷役諸規定及び各種マニュアル、チェックリストを整備し、十分な安全管理・

防災体制を整備する必要がある。

1.6 情報の把握と周知

LNG船の入出港に関し、気象・海象等の自然条件、船舶航行の障害となる事象、直江津港在泊船舶、入出港船舶の状況、漁船の操業状況等の情報の収集に努めるとともに、必要な情報については、速やかに本船側に通報し、安全な入出港に資する必要がある。

また、本船の入出港情報について、直江津港における船舶代理店及び他の危険物岸壁関係者、その他の船舶運航者等に情報提供し、LNG船の入出港の安全確保に協力を求めるなどの対応を図る必要がある。

2 入出港調整

LNG船の入出港については、港口部及び防波堤内において他船舶との競合を回避する必要があり、直江津港の入出港船舶について総合的な入出港調整が必要である。

入出港調整については、船舶代理店及び船舶運航者、危険物岸壁関係者等からなる体制を整備して自主調整することが望ましい。同体制の整備にあたっては、港長及び港湾管理者と十分調整のうえ、関係者が協力して積極的に進展させる必要がある。

3 入出港時の対策

3.1 着離棧時の安全対策

次に示す事項を着離棧の条件とする。

着離棧の基準は、表 3-1 に示すとおり。

表 3-1 着離棧の基準

項目	基準
着離棧の時間帯	原則日出から日没までの間
気象・海象条件による 着棧基準	風速:12m/sec 以下 視程:1.5 海里以上
着離棧時の 使用タグボート	3,200 馬力以上 × 2 隻 4,000 馬力以上 × 2 隻 合計 4 隻
着棧速度	10cm/sec 以下 (設計条件:15cm/sec)

風速は 10 分間平均風速を示す。

LNG船の着棧後、出港予定までの停泊時間以内において風速 15m/sec 以上が

予想されないこと。

なお、気象条件検討にあたっては、2時間程度の余裕を加味した時間とすること。

LNG船が安全に離棧できるのは風速15m/secまでであり、出港にあたっては、これを厳守すること。

3.2 余裕水深

LNG船の入港にあたっては、既往最低潮位(LLWL)及び航行時の浅水影響や船体動揺に起因する船体沈下、気象・海象による水深の変化等を考慮して、喫水の10%以上の余裕水深が確保できる喫水とする必要がある。

3.3 水先

LNG船の入港着棧及び離棧出港においては、水先人を乗船させる(原則として入港時2名、出港時1名とする。)必要がある。

入港にあたっての水先人の乗船位置は、操船を行うに十分余裕がある位置で、かつ気象・海象の状況を勘案して水先人が安全に乗船可能な場所とする。

乗船位置決定に当たっては、現地事情に精通する水先人の意見を尊重すること。

3.4 係留索配置

LNG船の係留に当たっては、直江津港の地域特性及び気象・海象特性に十分配慮し、当時の気象・海象及び水先人、対象船舶の船長の意見並びに係留索配置型毎の効果等を考慮に入れて、係留索配置を決定することが望ましい。

3.5 その他

3.5.1 操船援助機器等の整備

LNG船に係る安全対策の遵守にあたり、次の機器を整備する必要がある。

イ 接岸速度計

(操船者が接岸速度を確認できるように設置すること。)

ロ 風向風速計

ハ 波高計

3.5.2 操船支援システムの導入

LNG船が大型であり、狭隘な港内における操船において、操船状況をモニター画面で確認できる操船支援システムは、入出港着離棧橋操船の安全性を高める上で大きな効果が期待できる。これを導入して航行安全に努めることが望ましい。

3.5.3 入港待機対策

LNG船の入港は、係留・荷役が継続可能であることを条件としており、入港待機の

必要が生じた場合には、次の事項に留意する必要がある。

直江津港周辺海域は気象・海象の影響を受けやすく、同港沖合での入港待機は短時間に限ること。

荒天等により入港待機が長期化する場合、気象・海象状況を勘案し、佐渡島周辺海域で漂ちゅう(lie to)、またはちちゅう(heave to)することが望ましい。

なお、佐渡島沿岸及び港湾には、多くの漁網が設置され、錨泊に適した海域も狭隘であり、大型船舶の錨泊には適さない。

参考 社団法人日本海海難防止協会が平成 14 年 3 月に発行した「日本海中部海域における避泊地及び錨泊方法等に関する調査研究報告書」は、本海域における避泊又は錨泊にあたっての好参考資料である。

3.5.4 警戒船の配備

L N G 船が防波堤先端付近の港内航行中は、進路警戒のための警戒船を配備する必要がある。

なお、配備する警戒船は、入出港に配備する曳船を兼務させることができる。

4 係留中・荷役中の安全対策

4.1 異常気象・海象時の安全対策

4.1.1 荷役の中止等

異常気象・海象時における荷役中止等の対策基準は、表 4-1 のとおりとする。

表 4-1 異常気象・海象時の対策基準

項目	対策基準
荷役中止基準	風速 15m/sec、波高 1.5m
アーム切離し基準	風速 15m/sec、波高 1.5m

風速は 10 分間平均風速、波高は有義波高を示す。

次の事項に該当する場合には、原則として、直ちに荷役を中止してローディングアームを切離すこと。

なお、ローディングアームの切離しに当っては、荷役中止後の安全性、気象・海象、船体動揺、アーム等の状況を勘案して、実施すること。

- イ 異常気象・海象時の対策基準に達した場合
- ロ 計画棧橋付近に火災が発生した場合
- ハ 漏洩事故が発生した場合
- ニ その他荷役続行が危険な場合
- ホ 港長の指示があった場合（直ちに荷役中止、ローディングアーム切離し）

4.1.2 荒天時の対策

台風及び低気圧等の影響により風速 20m/sec 以上が予想される時は、十分早めに安全な海域に L N G 船を避泊させる必要がある。

なお、L N G 船の着棧中は、気象情報の把握に努め、風速 15m/sec 以上が予想された場合にあっては、荷役中止時期、離棧条件、出港調整等を検討し、安全に離棧可能な風速条件下において、離棧出港できるようにすること。

また、次の事項に該当する場合には、原則として離棧し、安全な海域に避難すること。

- イ 津波警報が発令された場合（直ちに荷役中止、離棧）
- ロ 船長が離棧する必要があると判断した場合
- ハ その他係留の続行が危険な場合
- ニ 港長の指示があった場合（直ちに荷役中止、離棧）

4.1.3 その他

L N G 船が係留する付近に火災が発生した場合は、L N G 船を離棧させ、安全な海域に避難させること。

4.2 消防・警戒船の配備

L N G 船の港内航行中及び係留・停泊中は、第 7 章の防災設備と海上防災対策 1.6 防災設備の項において記載する消防設備船を警戒船として配備し、発災に備える必要がある。

4.3 その他

4.3.1 長周期波等

船体動揺に影響すると思料される長周期波について、今後データ等を収集するとともにその影響を十分調査のうえ、必要に応じ対策を講ずるものとする。

4.3.2 津波等への対策

直江津港における津波や流出油等の対策について、情報を収集・整理し、対策マニュアルを作成するなどして、安全対策に資することが望ましい。

第7章、委員会の開催状況及び議事の概要省略