

能代火力発電所石炭灰船積設備 設置に係る船舶安全対策調査

報 告 書

平成 20 年 5 月

社団法人 日本海海難防止協会

目 次

第1章 調査の概要	1
1 目的	1
2 調査期間	1
3 調査・検討内容	1
4 調査・検討方法等	2
4.1 委員会の構成	2
4.2 調査・検討の方法	2
4.3 調査・検討の工程	3
5 調査・検討結果	4
第2章 能代火力発電所石炭灰船積設備設置等の計画概要	6
1 石炭灰船積設備設置の経緯	6
2 石炭灰船積設備の計画概要	6
2.1 棧橋計画	11
2.2 泊地計画	15
2.3 係留船舶	16
第3章 能代港の概要	19
1 沿革	19
2 自然環境	21
2.1 風況	22
2.2 台風	29
2.3 波浪	30
2.3.1 港外波浪	30
2.3.2 港内波浪	32
2.4 潮位	33
2.5 潮流	34
3 港湾施設	36
3.1 係留施設	36
3.2 外郭施設	36
3.3 水域施設	37
3.4 錨地	41
3.5 港内静穏度	41

3.5.1	静穏度の目標	41
3.5.2	波浪条件	42
3.5.3	静穏度	44
4	港湾の利用状況	49
4.1	入港船舶数	49
4.2	港湾取扱貨物数	52
5	航行援助施設等	54
5.1	航行援助施設	54
5.2	曳船	59
5.3	水先	59
6	海難の発生状況	60
第4章	着離棧操船及び係留の安全性の検討	63
1	操船水域	63
1.1	航路	63
1.2	回頭水域	63
2	シミュレーションによる検討	63
2.1	対象バース及び対象船舶等	63
2.1.1	対象バース	63
2.1.2	対象船舶等	65
2.2	操船シミュレーション(鳥瞰図)	69
2.2.1	シミュレーションの実施	69
2.2.2	シミュレーションデータ	69
2.2.3	操船シミュレーション結果	71
2.3	船体動揺シミュレーション	73
2.3.1	シミュレーションの方法	73
2.3.2	設定条件	73
2.3.3	シミュレーションのケース	75
2.3.4	評価基準等	76
2.3.5	船体動揺シミュレーション結果	77
第5章	安全対策	83
1	安全管理体制の整備	83
2	着離棧時の安全対策	83
2.1	着離棧の時間帯	83
2.2	気象・海象条件による着離棧基準	83

2.3	その他	84
2.4	操船に係る留意事項	84
2.4.1	入港着棧操船	84
2.4.2	離棧出港操船	85
3	係留・荷役の事故防止対策	90
3.1	荷役開始前打合せ	90
3.2	船体動揺対策	90
3.3	異常気象・海象対策	90
3.3.1	荒天による荷役の中止	90
3.3.2	台風及び低気圧等	90
3.3.3	津波対策	91
4	事故即応体制	91
5	その他	91
5.1	能代港航行安全連絡協議会との関係	91
5.2	長周期波に対する留意事項	91
委員会等の開催状況及び議事概要		93
資料		
	操船シミュレーション（鳥瞰図）の実施状況	117
	船体動揺シミュレーションの実施状況	201
	長周期波船体動揺シミュレーションの実施状況	237
	能代港航行安全連絡協議会会則	251
	能代港船舶津波対策実施要領	255
	荒天予想時の海難防止指導について	261
【参考データ】		
	船体動揺シミュレーション 時系列グラフ	267
	長周期波船体動揺シミュレーション 時系列グラフ	321

第1章 調査の概要

1 目的

東北電力株式会社能代火力発電所石炭灰船積設備設置に係る石炭灰運搬船の棧橋が、既設の能代火力 5,000 トン棧橋を使用することから、同棧橋の対象船舶を 5,000DWT 級から 7,000DWT 級^(注)に大型化することに伴う着離棧及び係留の安全性について検討し、船舶航行の安全対策に資することを目的とした。

(注) 本報告書では、7,000DWT から 7,999DWT までの船舶を 7,000DWT 級と称する。

2 調査期間

平成 19 年 11 月 26 日～平成 20 年 5 月 31 日

3 調査・検討内容

調査・検討の内容は、概ね以下のとおりとした。

(1) 能代港の概要

- イ 沿革
- ロ 自然条件の特質(風況、波浪、天候、潮位、潮流)
- ハ 港湾施設
- ニ 入出港船舶等
- ホ 航行援助施設等

(2) 対象船舶(7,000 DWT 級)の着離棧及び係留の安全性

- イ 操船シミュレーション(鳥瞰図)の実施及び評価
能代火力 60,000 トン棧橋に石炭船が着棧している状況における入出港着離棧について実施
- ロ 着離棧の安全性の検討
船回し場の適否
着離棧操船方法及び運用基準の検討
- ハ 船体動揺シミュレーションの実施及び評価
- ニ 係留の安全性の検討
船体動揺量、防舷材圧縮歪、係留策張力

(3) 対象船舶(7,000 DWT 級)に係る安全対策

- イ 入出港の基準
- ロ 入出港時間調整

- ハ 余裕水深の確保
- ニ 標準的操船例
- ホ 係留・荷役の事故防止対策(係留限界、荷役中止、離棧避難等)
- ヘ 事故即応体制等
- ト その他

4 調査・検討方法等

学識経験者及び船舶交通の専門知識を有する者等を委員とし、能代港を管理・監督する関係官公庁から指導を受ける委員会を設置して検討した。

委員会の名称は、「能代火力発電所石炭灰船積設備設置に係る船舶安全対策調査委員会」とした。

4.1 委員会の構成

委員会の構成は次のとおりとした。

委員 (順不同・敬称略)

委員長 津金 正典 東海大学海洋学部航海学科航海専攻 教授
山崎 龍生 社団法人 日本船長協会 副会長
佐伯 優 秋田船川水先区水先人会 会長
與語 忠道 能代運輸株式会社 取締役社長

関係官公庁

第二管区海上保安本部交通部
秋田海上保安部
東北地方整備局 秋田港湾事務所 能代事務所
秋田地方气象台
秋田県建設交通部 港湾空港課
秋田県建設交通部 能代港湾事務所

4.2 調査・検討の方法

委託者から提示された能代火力発電所石炭灰船積設備設置等の計画概要を基に、能代港に関する資料及び対象船の船体動揺及び操船(鳥瞰図)のシミュレーションを実施した結果を委員会の審議資料として調査・検討した。

なお、シミュレーションの結果に基づく評価及び安全対策については、作業部会において整理・検討のうえ委員会資料とした。

4.3 調査・検討の工程

調査・検討の工程は、図 4-1 のとおり。

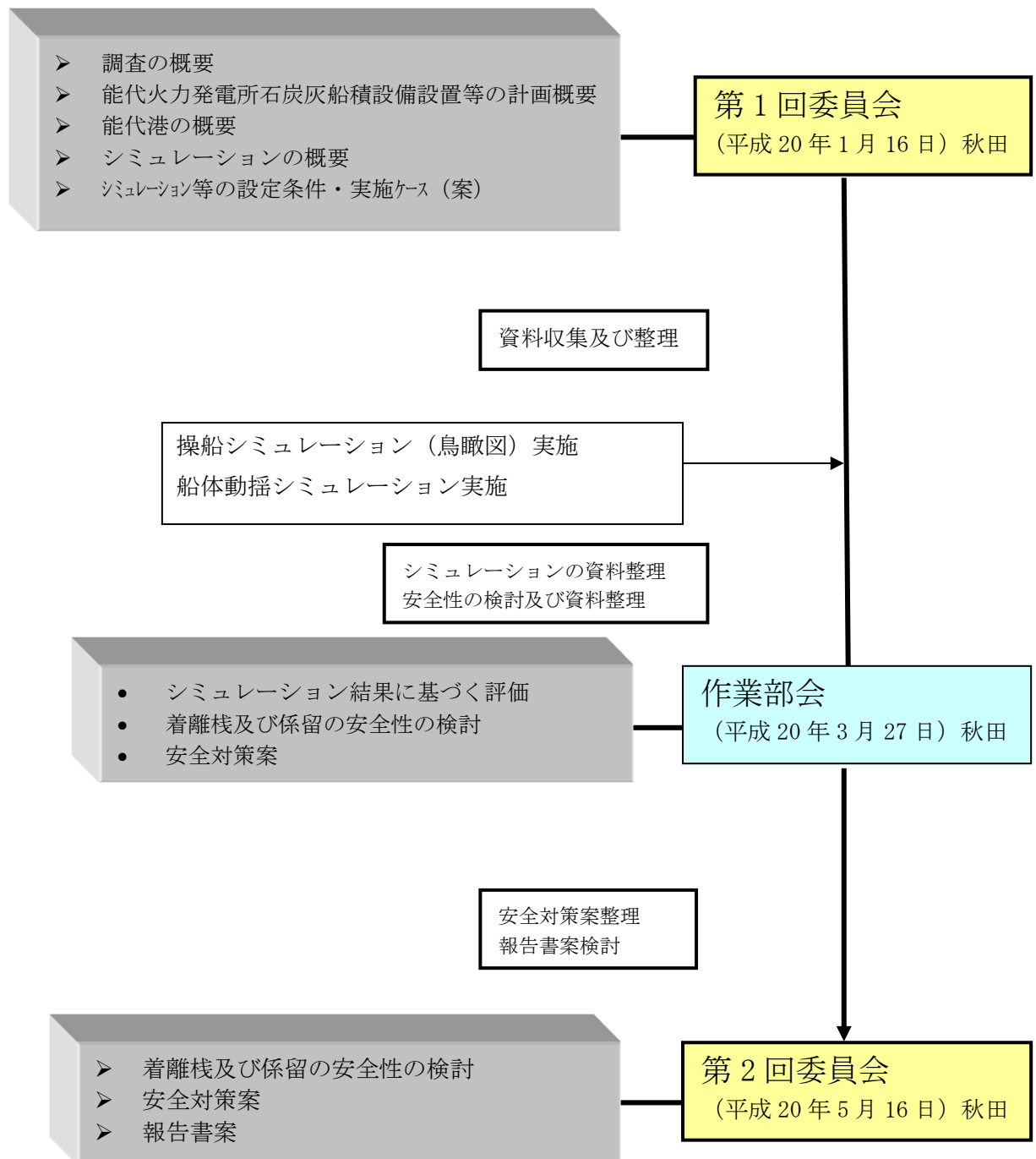


図 4-1 調査・検討の工程フロー

5 調査・検討結果

東北電力株式会社能代火力発電所が計画する能代火力発電所石炭灰船積設備設置等の計画概要を基に、能代港の現況を踏まえ 7,000DWT 級石炭灰運搬船について、操船シミュレーション（鳥瞰図）及び船体動揺シミュレーションを実施して、その航行の安全性及び必要な安全対策を調査・検討した。

その概要は次のとおりであり、第4章及び第5章に詳細を記載する。

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、石炭灰船積設備運用開始にあたっては、能代港航行安全連絡協議会と連絡を密にして、関係者間で十分協議を行い、関係官公庁の指導を受けて安全確保に万全を期す必要があるものと思料する。

(イ) 操船シミュレーション（鳥瞰図）から風速 12m/sec 以下^{注1}、波高 0.5m 以下の外力条件のもとで左舷付け及び右舷付けのいずれにおいても入出港可能であることを確認した。

ただし、左舷付けの風向 ENE、風速 12m/sec、右舷付けの風向 W、風速 12m/sec においては、風下への船体圧流に十分留意して操船する必要がある。

(ロ) 船体動揺シミュレーションにおいて、風向 SSW では風速 10m/sec、その他の風向では荷役限界の評価目安とした風速 15m/sec まで、荷役用蛇腹シュートの許容動揺値の範囲内であることを確認した。

(ハ) 船体動揺シミュレーションにおいて、風速 20m/sec までの離岸風を含む全ての風向において、係留索張力及び防舷材反力・歪みは、許容値以下であることを確認した。

(ニ) 安全対策の要点は、次のとおりとした。

- ① 安全管理体制を確立し、石炭灰船積設備運用開始前までに入出港基準や着離棧、荷役作業の手順等を記載したマニュアル等を石炭灰船積設備運用開始前に作成し、関係者に事前に周知・徹底すること。
- ② 入港着棧の基準は、風速 12m/sec 以下とし、入港着棧の可否を判断するにあたっては、気象・海象情報の把握に努め、係留荷役中、離棧避難を要する事態の虞のない条件下において入港着棧する必要がある。
- ③ 入港着棧は日出から日没までの間に行うものとし、出港の時間帯については特に規定しないものの、日没後の出港にあたっては、十分な照明設備があることを条件とする。
- ④ 荷役中止の気象・海象条件を 15m/sec (SSW にあつては 12m/sec) とし、台風及び低気圧等により係留・荷役中に風速 20m/sec 以上が予想されるときに

は、荷役の中止時期、離棧出港条件等を考慮して、安全に離棧出港できる風速条件下において離棧させ、安全な海域に避難させること。

(ホ) 参考的に実施した一様スペクトルの設定^{注2}による長周期波船体動揺シミュレーションによると、波高2cmで荷役限界に達し、係留については、波高10cm程度まで係留可能であった。

石炭灰運搬船の入出港にあたっては、係留中、長周期波の影響による動揺に十分注意するとともに、必要に応じ、今後、長周期波の影響を認めた場合の即応要領を整備することが望ましい。

注1：本報告書において記載する風速は、平均風速、波高は、有義波高を示す。

注2：実際に観測される周期特性を有する長周期波を設定した場合より、大きな船体動揺となる可能性がある。

第 2 章から第 4 章省略

第5章 安全対策

1 安全管理体制の整備

棧橋の管理者は、石炭灰運搬船に係る入出港及び係留・荷役の管理責任者、作業責任者等の安全管理に関する体制を確立して責任分担を明確にする必要がある。

また、入出港基準や入出港、荷役作業の手順等を記載した諸規定（石炭灰荷役諸規定、着離棧、荷役作業及び事故即応等のマニュアル、チェックリスト等）を石炭灰船積設備運用開始前に作成し、関係者に事前に周知・徹底すること。

2 着離棧時の安全対策

2.1 着離棧の時間帯

入港着棧は日出から日没までの間に行うものとする。

なお、出港の時間帯については特に規定しないものとするが、日没後の出港にあたっては、十分な照明設備があることを条件とする。

2.2 気象・海象条件による着離棧基準

入出港においては、表 2-1 の気象・海象条件を遵守する必要がある。ただし、表 2-2 の気象条件においては、曳船による支援が望ましい。

また、入港着棧の決定にあつたては、風向風速を十分考慮のうえ着棧舷を決定するなど総合的に対策を決定すること。

表 2-1 気象・海象条件による着離棧基準

風速	12m/sec 以下
波高（棧橋付近）	0.5m 以下
視界	1,000m 以上

表 2-2 曳船の支援が望ましい気象条件

着棧舷	入出港の別	風向	風速
左舷付け	入出港	E N E	12m/sec
右舷付け	入港	W	12m/sec

2.3 その他

- (イ) 入港着棧の可否を判断するにあたっては、気象・海象情報の把握に努め、係留荷役中、離棧避難を要する事態発生のない条件下において入港着棧する必要がある。
- (ロ) 外港航路及び能代火力 60,000 トン棧橋前面の外港泊地において、対象船舶が他の入出港船舶と競合しないように、必要に応じて入出港時間の調整を図るものとする。
- (ハ) 棧橋前面の泊地水深が-7.5mであることから、対象船舶の入出港時の喫水は、10%以上の余裕水深を確保し、6.81m以下とすること。
- (ニ) スラスターを装備しない船舶及びスラスターが故障している船舶の入出港にあたっては、操縦性能及び気象・海象を十分検討して必要に応じ曳船の支援をうけることが望ましい。

2.4 操船に係る留意事項

入出港操船における留意事項を以下に示すと共に、標準的な操船例図を図 2-1～図 2-4 に示す。

2.4.1 入港着棧操船

- 入港時は空船状態であることから、風の影響を受けやすく、船体姿勢の制御が難しくなることに留意する。
特に、風が強い場合は船体が風下側に圧流されるため、隣接する棧橋、停泊船及び泊地の境界に留意して操船する必要がある。
- 外港航路航行時において、舵効を得るために大きな前進機関を使用する場合は、過大な速力にならないように注意する。
- 外港泊地に向けて大角度変針する場合は、船首の風上への切り上がりに注意して、変針の時機、舵角を調整する必要がある。
- 着棧操船における錨の使用については、出港時の気象・海象条件を検討し、離棧時の操船も考慮して決定する。
- 東からの強風の場合の左舷付け及び西からの強風の場合の右舷付けでは、着棧体勢に入った際に船尾からの強風を受けることとなり、船体姿勢の制御及び前後位置の調整等に細心の注意を要する。特に、舵がシリングラダーの船において、舵効を得るために主機を前進とする場合には、船体の前方への進出に十分注意する必要がある。
- 能代火力 60,000 トン棧橋に石炭船が停泊している場合は、風による船体

の圧流に注意する。

- 向岸風時の着岸操船において、シリングラダーで着岸速度を制御する場合には、船体バランスの乱れ及び風圧による速度の増大に留意する必要がある。
- 棧橋の防舷材の性能から許容される最大接岸速度は表 2-3 のとおりであるが、通常の運用における接岸速度は、15cm/sec 以下とすることが望ましい。

表 2-3 棧橋の許容最大接岸速度

係留施設名	最大接岸速度
能代火力 5,000 トン棧橋	37.6cm/sec

2.4.2 離棧出港操船

- 風が強い場合は船体が風下側に圧流されるため、隣接する棧橋、停泊船及び泊地の境界に留意して操船する。
特に、能代火力 60,000 トン棧橋に石炭船が停泊している状況下における北から北東風の場合には、船体の圧流に注意を要する。
- 北東から東の強風の場合の左舷付けからの出港では、離棧後右舷船尾から風を受けることとなり船体が石炭船の方に流されることから、船体姿勢の制御及び石炭船との離隔距離確保に注意を要する。
- 外港泊地から外港航路に向けての大角度変針にあたっては、自船の速力と風・波浪の影響を考慮して、変針の時機、舵角を調整する必要がある。

<標準的な入港操船例図：左舷付け>

- ① 防波堤入口に入るまでに回転数一定制御に切り換え、船速を10ノット程度(港内 Full Ahead) とする。
- ② 速力を8ノット程度 (Half Ahead) に減速する。
- ③ 徐々に右回頭を始め、 101.5° の Leading Lights の線上に乗るよう変針する。
- ④ 101.5° に変針終了。船速を6ノット程度 (Slow Ahead) とする。
- ⑤ 速力を4ノット程度 (Dead Slow Ahead) に減速する。
- ⑥ 栈橋に向け、右回頭を始める。速力を2ノット程度まで減速しておく。
- ⑦ 栈橋西端の沖100m程度の地点に船首が来たとき、右舷錨を投下する。
- ⑧ 舵、機関、錨鎖の張力を利用し右回頭し、出船方向に栈橋と平行にする。
- ⑨ 左舷着栈。

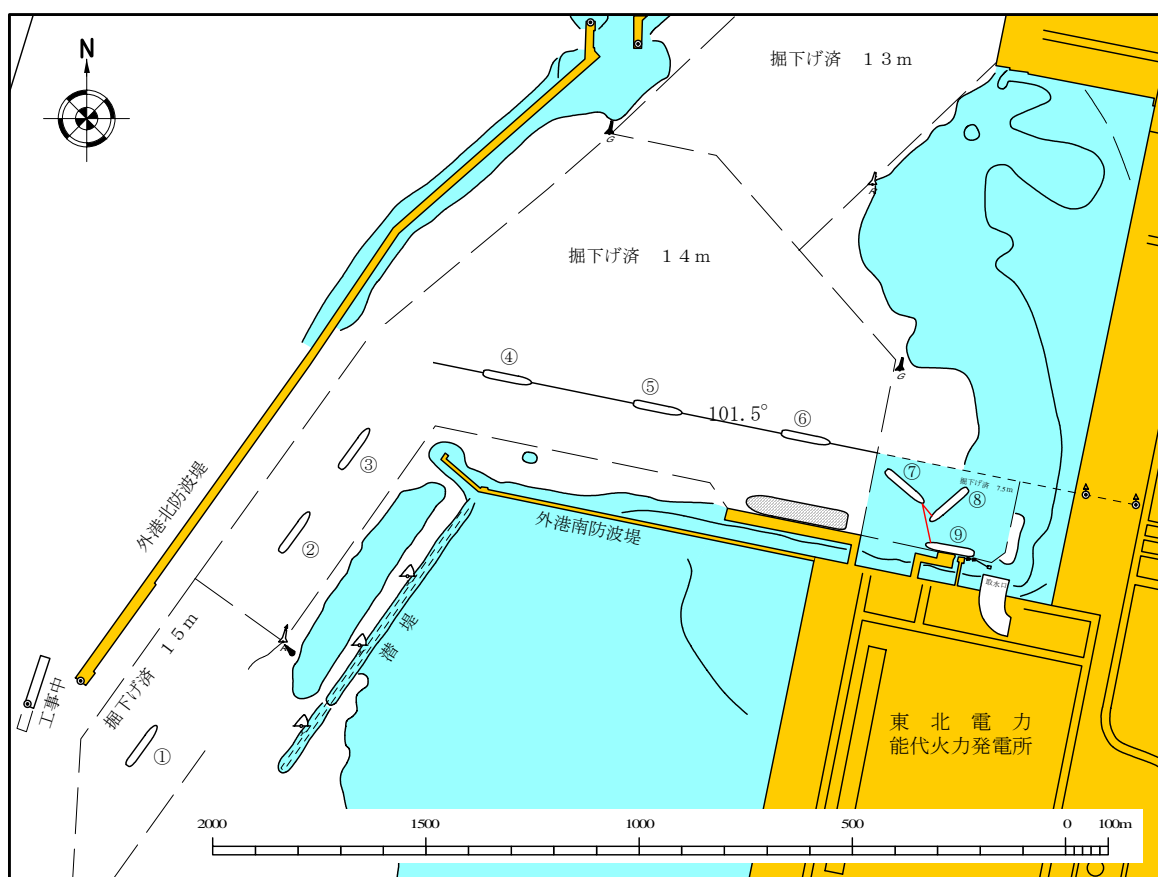


図 2-1 入港操船例図 (左舷付け)

<標準的な入港操船例図：右舷付け>

- ① 防波堤入口に入るまでに回転数一定制御に切り換え、船速を10ノット程度(港内 Full Ahead) とする。
- ② 速力を8ノット程度 (Half Ahead) に減速する。
- ③ 徐々に右回頭を始め、 101.5° の Leading Lights の線上に乗るよう変針する。
- ④ 101.5° に変針終了。船速を6ノット程度 (Slow Ahead) とする。
- ⑤ 速力を4ノット程度 (Dead Slow Ahead) に減速する。
- ⑥ 栈橋に向け、右回頭を始める。速力を2ノット程度まで減速する。
- ⑦ 着栈位置の 1/2L 程度手前の沖 100m 程度の地点に船首が来たとき、左舷錨を投下する。
- ⑧ 錨鎖を弛めながら、機関・舵を使用し、栈橋と平行にする。
- ⑨ 右舷着栈。

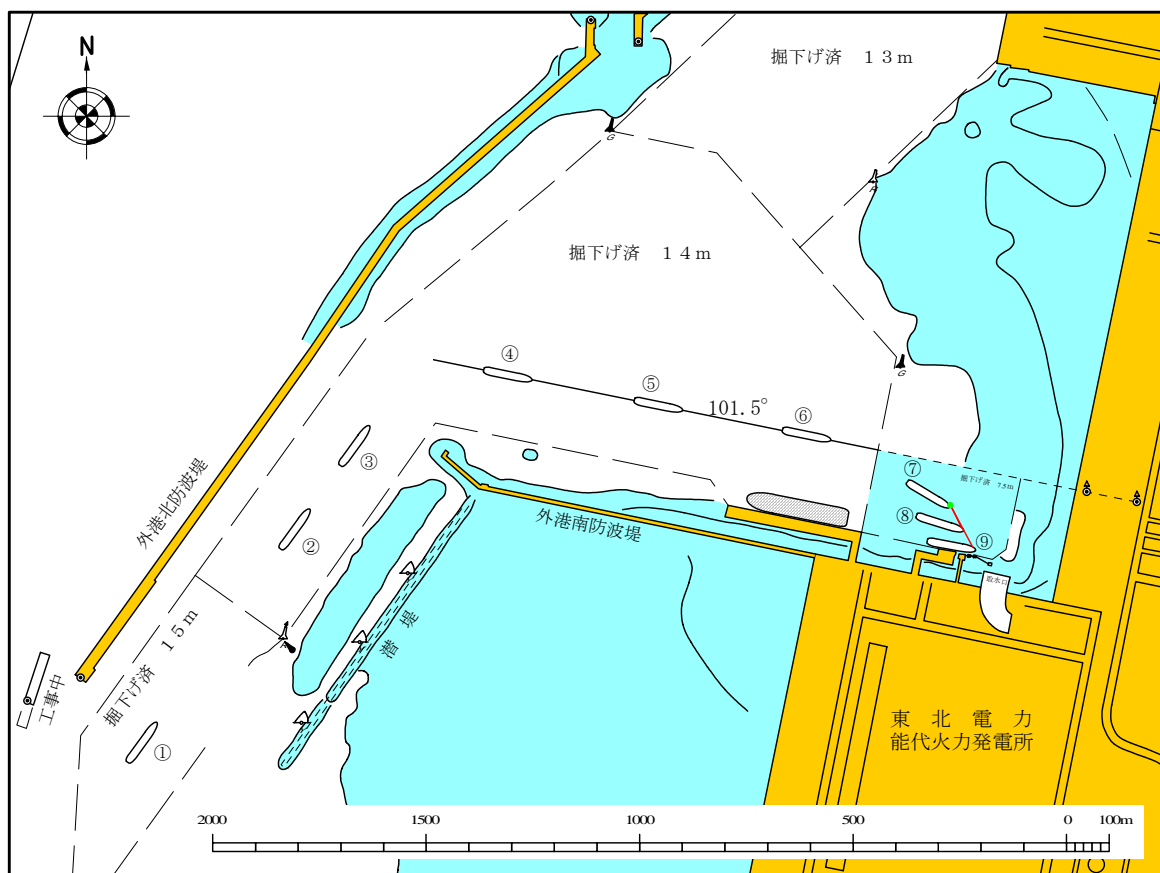


図 2-2 入港操船例図 (右舷付け)

<標準的な出港操船例図：左舷付けから>

- ① 係留索を離し、離棧を開始する。
- ② 右舷錨鎖を巻き込むとともにバウスラスタを右舷にとり、舵を左一杯（70°）としたのち主機を前進とし、やや前方に移動しながら出来る限り棧橋と平行に離棧する。
- ③ 右舷錨を揚錨し、徐々に右回頭を始めるとともに増速し、281.5°のLeading Lightsの線上に乗るよう操船する。
- ④ 281.5°に定針終了。2ノット程度。
- ⑤ さらに増速し、4ノット程度。
- ⑥ 6ノット程度。港口に向け、左回頭を始める。
- ⑦ 左回頭終了。問題なければ、さらに順次増速する。
- ⑧ 8ノット程度。
- ⑨ 港口に至り、操船を終了する。

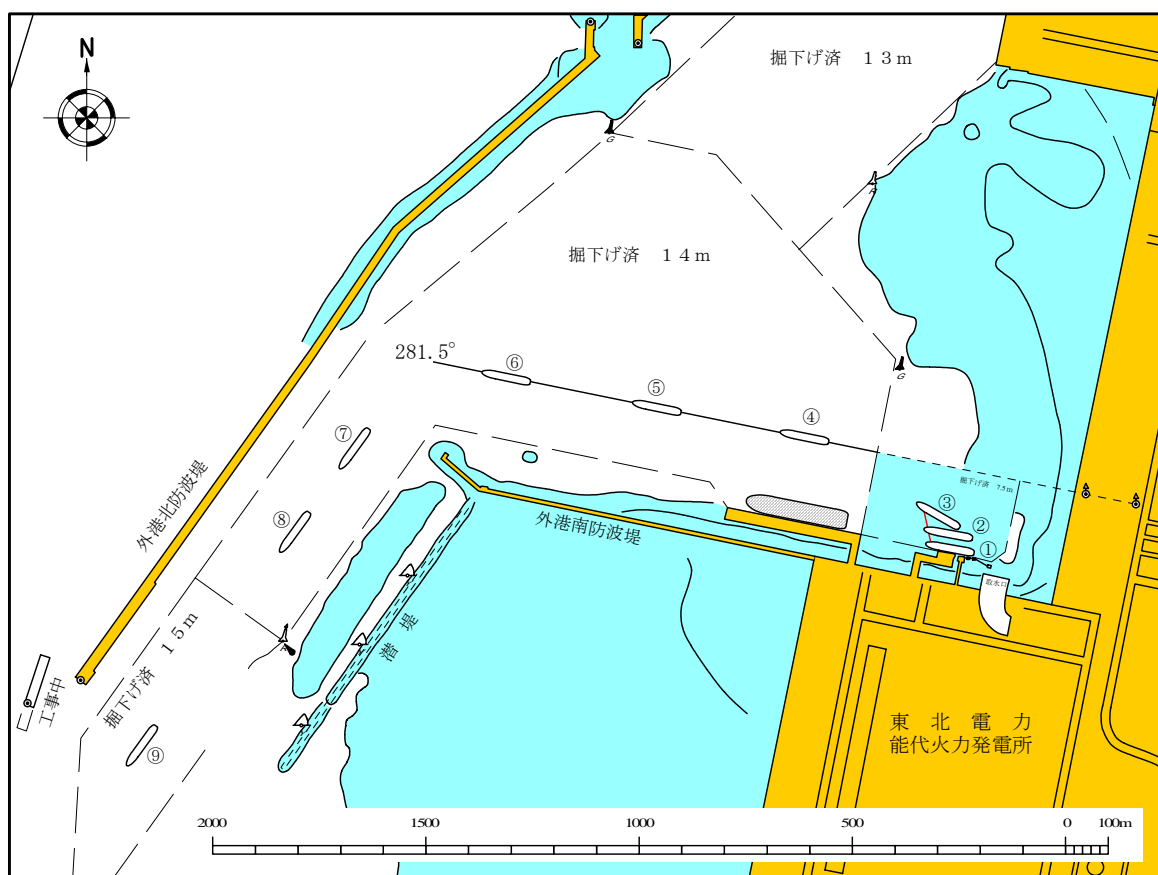


図 2-3 出港操船例図（左舷付けから）

<標準的な出港操船例図：右舷付けから>

- ① 係留索を離し、離棧を開始する。左舷錨鎖を巻き込み張力を掛けるとともに、舵を右一杯（ 70° ）とした後主機を前進とし、出来る限り棧橋と平行に離棧する。
- ② 船尾の棧橋との距離を確保しつつ、左舷錨を揚錨し、舵を左一杯（ 70° ）のうえ主機を前進に使用するとともに、スラスタを併用し、左回頭を行う。
- ③ 石炭船との距離に注意しつつ、徐々に定針する。
- ④ 281.5° に定針終了。2ノット程度。
- ⑤ さらに増速し、4ノット程度。
- ⑥ 6ノット程度。港口に向け、左回頭を始める。
- ⑦ 左回頭終了。問題なければ、さらに順次増速する。
- ⑧ 8ノット程度。
- ⑨ 港口に至り、操船を終了する。

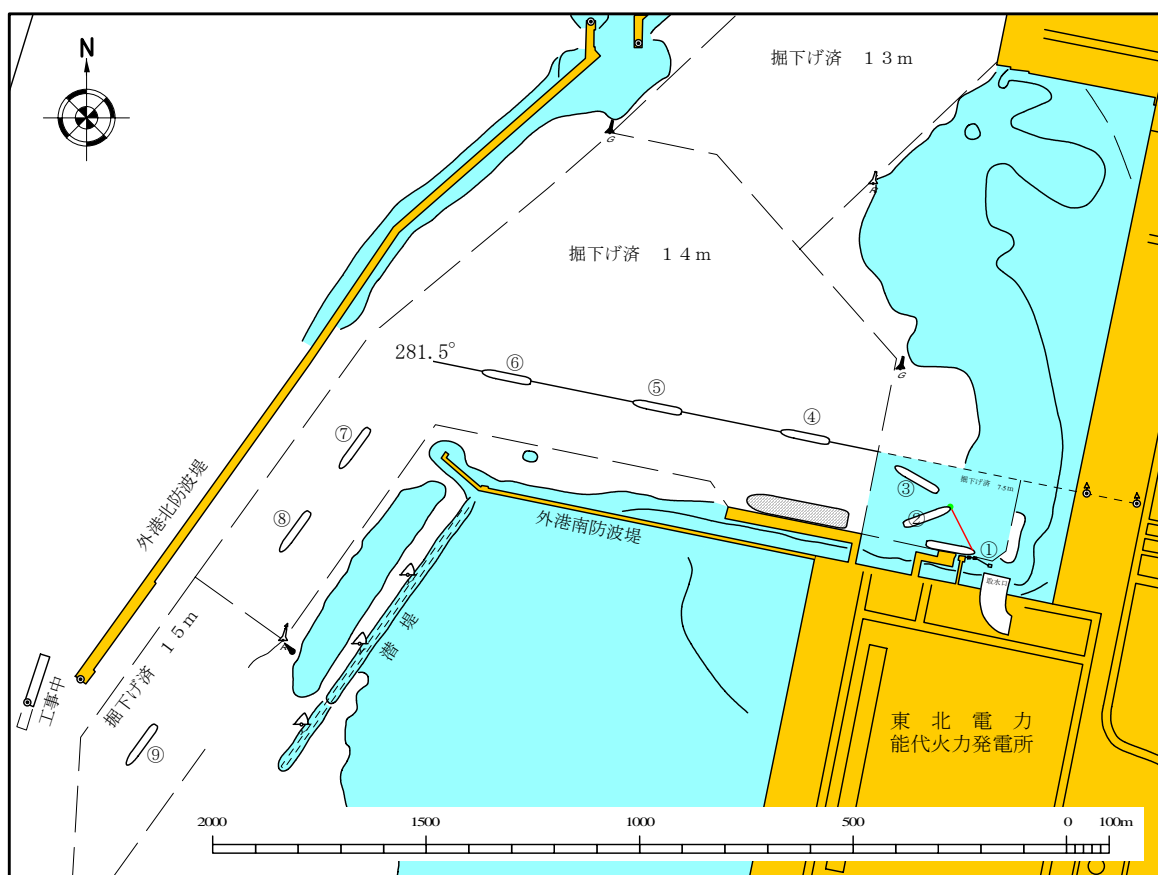


図 2-4 出港操船例図（右舷付けから）

3 係留・荷役の事故防止対策

3.1 荷役開始前打合せ

船舶と陸上の責任者は、荷役開始前に次の事項について十分な打合せを行い、その内容を荷役関係者に周知・徹底すること。

- (イ) 荷役作業に関する事項
- (ロ) 荷役時の事故防止対策
- (ハ) 緊急時の連絡方法
- (ニ) 事故時の緊急対応

3.2 船体動揺対策

次により、船体動揺による事故防止を図ること。

- (イ) 気象情報の把握に努め、必要に応じて係留索を増し取りする。
- (ロ) 定期的に係留索の状況をチェックし、できる限り係留索を均等に張り合わせる。
- (ハ) 係留索の張り合わせ張力を強めることは、船体動揺量の軽減に効果があるので、気象・海象状況に応じて考慮する。

3.3 異常気象・海象対策

3.3.1 荒天による荷役の中止

気象・海象条件が、表 3-1 の基準の何れかに達したときには、荷役を中止して荷役用蛇腹シュートを切り離すこと。

表 3-1 気象・海象条件による荷役中止基準

風	風 向	風 速
	S S W	12m/sec
	上記以外	15m/sec
波	波高 (棧橋付近)	
	0.5m	

3.3.2 台風及び低気圧等

台風及び低気圧等により係留・荷役中に風速 20m/sec 以上が予想されるときには、荷役の中止時期、離棧出港条件等を考慮して、安全に離棧出港できる風速条件下において離棧させ、安全な海域に避難させること。

3.3.3 津波対策

(1) 津波注意報

秋田県に津波注意報発令の情報を入手したときは、荷役を中止し、係留強化又は港外避難させる。

(2) 津波警報

秋田県に津波警報発令の情報を入手したときは、直ちに荷役を中止し安全な場所に避難させる。

ただし、津波来襲までの時間的余裕がないときは、係留強化等必要な措置を行ったうえで乗組員等を陸上の安全な場所に避難させる。

4 事故即応体制等

栈橋の管理者は、着栈船舶を含む関係者相互間の緊急連絡体制の確立を図ると共に、事故が発生した場合の要員、資機材の体制整備を確立すること。

また、事故発生した場合に、速やかに適切な措置が講じられるようマニュアルを作成するとともに、定期的に訓練を実施することが望ましい。

5 その他

5.1 能代港航行安全連絡協議会との関係

石炭灰運搬船の入出港にあたっては、能代港航行安全連絡協議会を有効に活用して安全対策の履行に努めるものとする。

また、台風等の異常気象及び地震津波に備えるため、着栈船船長及び代理店と密接に連絡をとり、「能代港航行安全連絡協議会」が策定した「能代港船舶津波対策実施要領」及び秋田海上保安部から通達されている「荒天予想時の海難防止指導について」を遵守するものとする。

なお、「能代港航行安全連絡協議会」の規約及び「能代港船舶津波対策実施要領」並びに秋田海上保安部から通達されている「荒天予想時の海難防止指導について」を、報告書資料として添付する。

5.2 長周期波に対する留意事項

船体動揺を励起する長周期波については、必要に応じて長周期波の観測データを収集し、係留船舶に与える影響を十分に調査の上、必要な対策を講じる必要がある。

長周期波による動揺は、要因となる気象条件、地域における特性等によって異なることが予想されるが、参考的に実施した一様スペクトルの設定^注による長周期波船体動揺シミュレーションでは、波高 2 cm で荷役限界に達し、係留については、波高 10cm

程度まで係留可能であった。

石炭灰運搬船の入出港にあたっては、係留中、長周期波の影響による動揺に十分注意するとともに、必要に応じ、今後、長周期波の影響を認めた場合の即応要領を整備することが望ましい。

注： 実際に観測される周期特性を有する長周期波を設定した場合より、大きな船体動揺となる可能性がある。

委員会等の開催状況及び議事概要、〈資料〉、【参考データ】省略