

富山新港火力発電所 LNGバースの建設工事と運用実績

2018年10月26日

北陸電力株式会社
富山新港火力発電所建設所
谷川 清正



弊社の供給設備概要

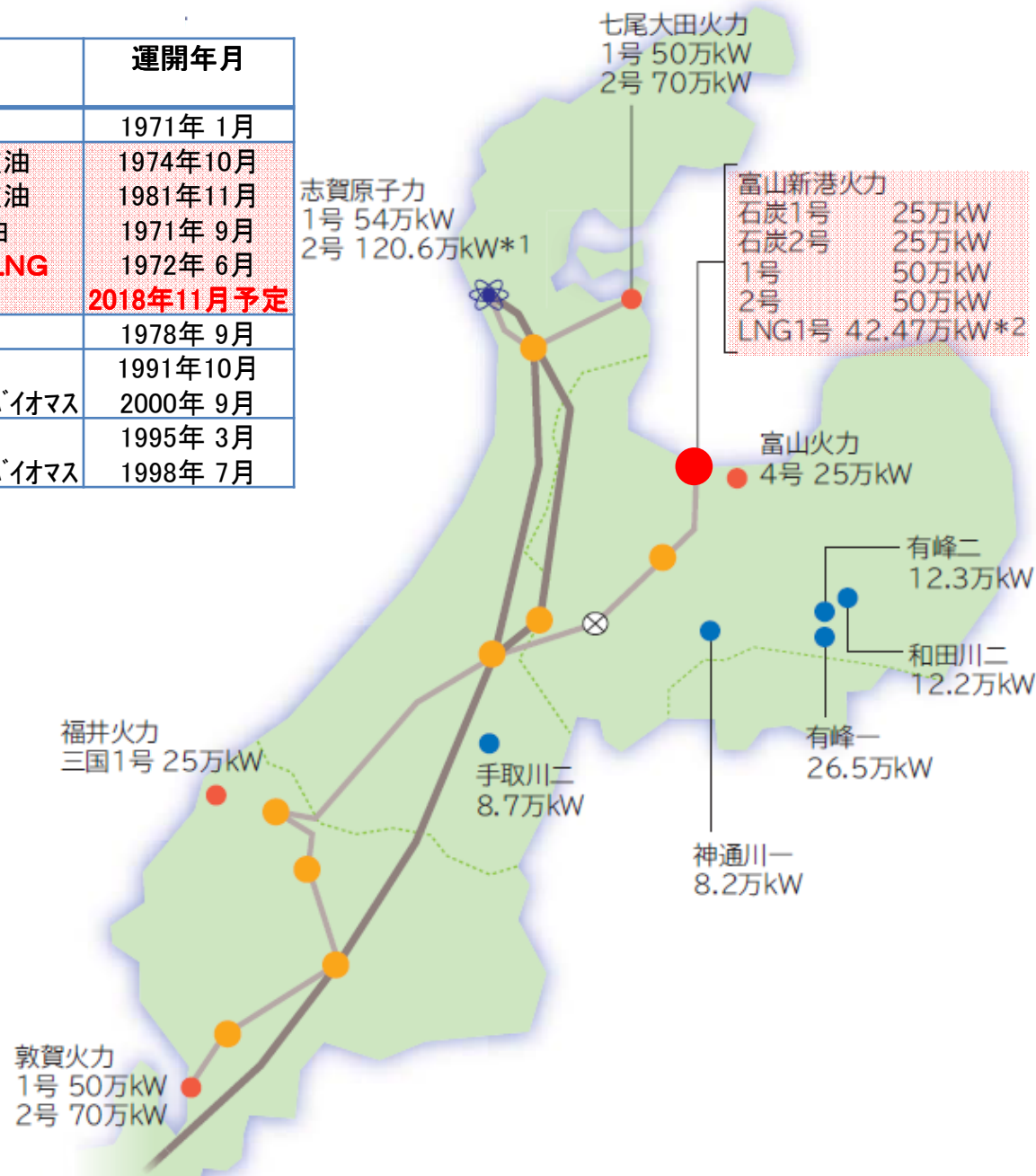
| 発電所 | ユニット名 | 出力 (万kW) | 燃料 | 運開年月 |
|----------|--------|-------------|------------|------------|
| 1 富山火力 | 4号機 | 25 | 石油 | 1971年 1月 |
| 2 富山新港火力 | 石炭1号機 | 25 | 石炭・重油 | 1974年10月 |
| | 石炭2号機 | 25 | 石炭・重油 | 1981年11月 |
| | 1号機 | 50 | 重原油 | 1971年 9月 |
| | 2号機 | 50 | 重原油・LNG | 1972年 6月 |
| | LNG1号機 | 42.47 | LNG | 2018年11月予定 |
| 3 福井火力 | 三国1号機 | 25 | 石油 | 1978年 9月 |
| 4 敦賀火力 | 1号機 | 50 | 石炭 | 1991年10月 |
| | 2号機 | 70 | 石炭・木質バイオマス | 2000年 9月 |
| 5 七尾大田火力 | 1号機 | 50 | 石炭 | 1995年 3月 |
| | 2号機 | 70 | 石炭・木質バイオマス | 1998年 7月 |

■ 供給設備の概要 (2018年3月31日現在)

- 主な水力発電所 (8万kW以上)
- 主な火力発電所 (25万kW以上)
- ☄ 原子力発電所
- 主な送電線 (500kV)
- 主な送電線 (275kV)
- 主な変電所
- ⊗ 主な開閉所

*1 整流板を設置して運転の場合

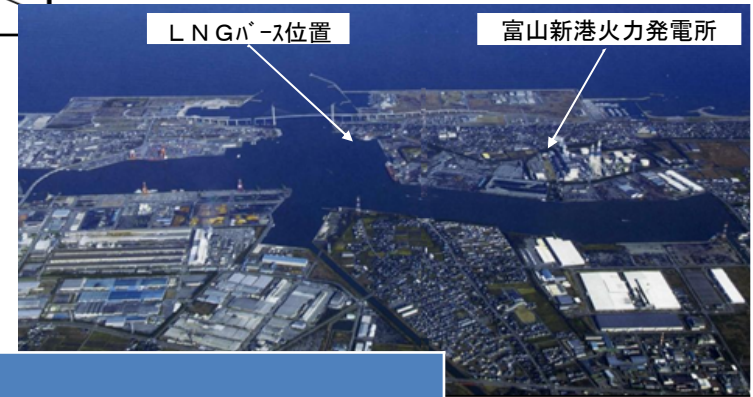
*2 建設中 (2018年11月運転開始予定)



富山新港火力発電所のおゆみ



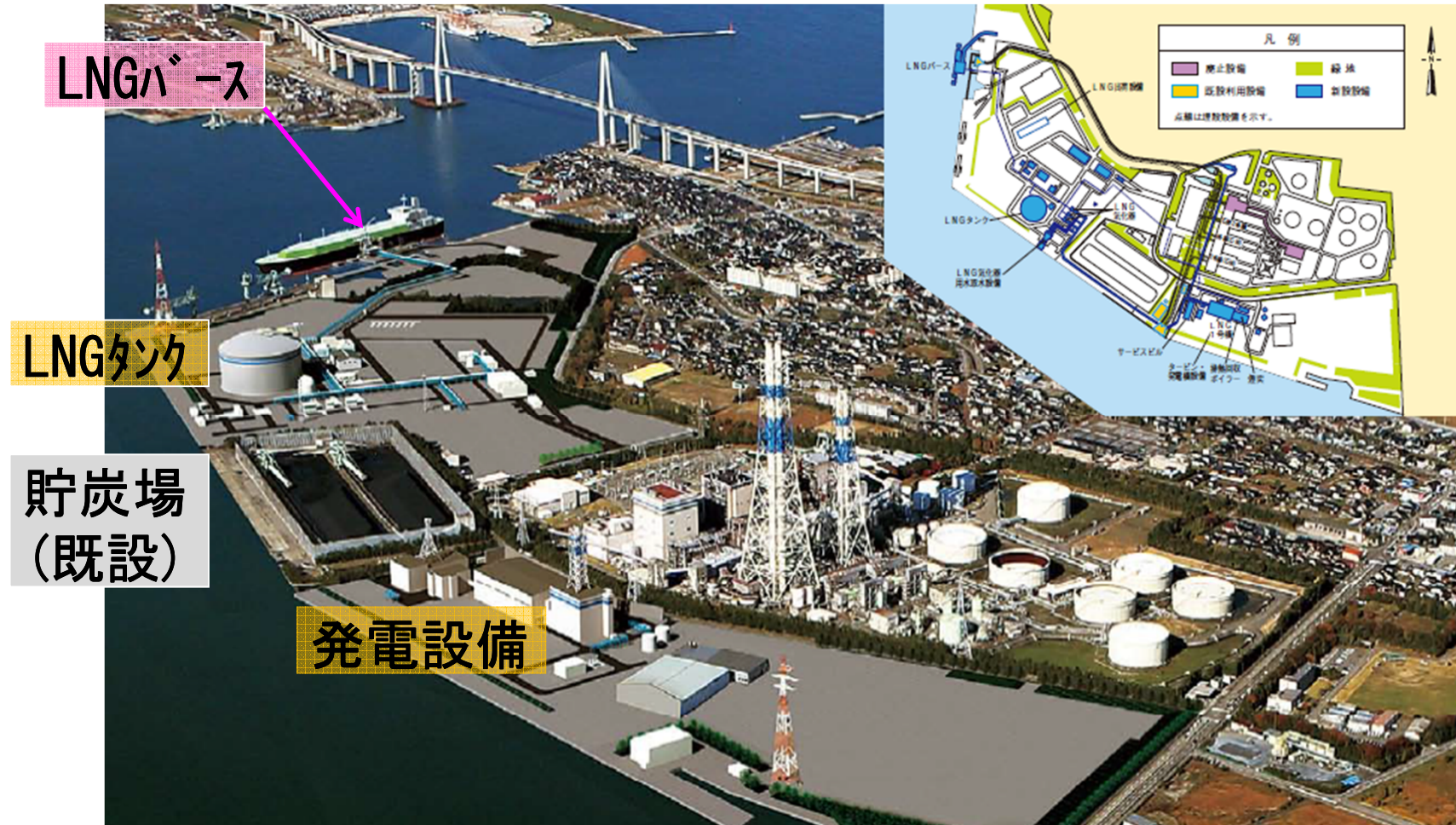
1. 所在地 富山県射水市堀江千石1番
2. 従業員 約170名
3. あゆみ



| 年月 | あゆみ |
|--------------|--|
| 1968(S43)11月 | 北陸電力(株)と住友化学工業(株)が共同出資し、富山共同火力発電(株)を設立 |
| 1971(S46) 9月 | 富山新港共同火力発電所1号機 運開(25万kW,重油) |
| 1972(S47) 2月 | 富山新港共同火力発電所2号機 運開(25万kW,重油) |
| 1974(S49)10月 | 富山新港火力発電所1号機 運開(50万kW,重・原油) |
| 1981(S56)11月 | 富山新港火力発電所 2号機 運開(50万kW,重・原油) |
| 1976(S51) 8月 | 富山新港パイプライン使用開始 |
| 1984(S59) | 富山新港共同火力1・2号機の石炭へ燃料転換 |
| 2004(H16) 4月 | 富山共同火力発電(株)を合併 |
| 2015(H27) 3月 | LNG1号機 本格工事着手(本年11月運転開始予定) |
| 2018(H30) 8月 | LNGローリー出荷設備運開 |

富山新港火力発電所 LNG1号機の建設

- 弊社で一番古い石炭火力でかつ、燃料転換を経た改造ボイラーで負荷追従性が遅いなど運用性に劣る石炭1号機を、LNGを燃料とする高効率で環境負荷の少ないコンバインドサイクル発電設備にリプレース（原油調達環境の悪化による供給力確保の観点から、廃止時期を延期）
- これにより、一層の電源多様化による安定供給の確保と、更なるCO2排出量削減による低炭素社会の実現に貢献



LNGバースの計画（建設地点）



富山新港の航空写真
(資料: 伏木富山港湾事務所HPより)



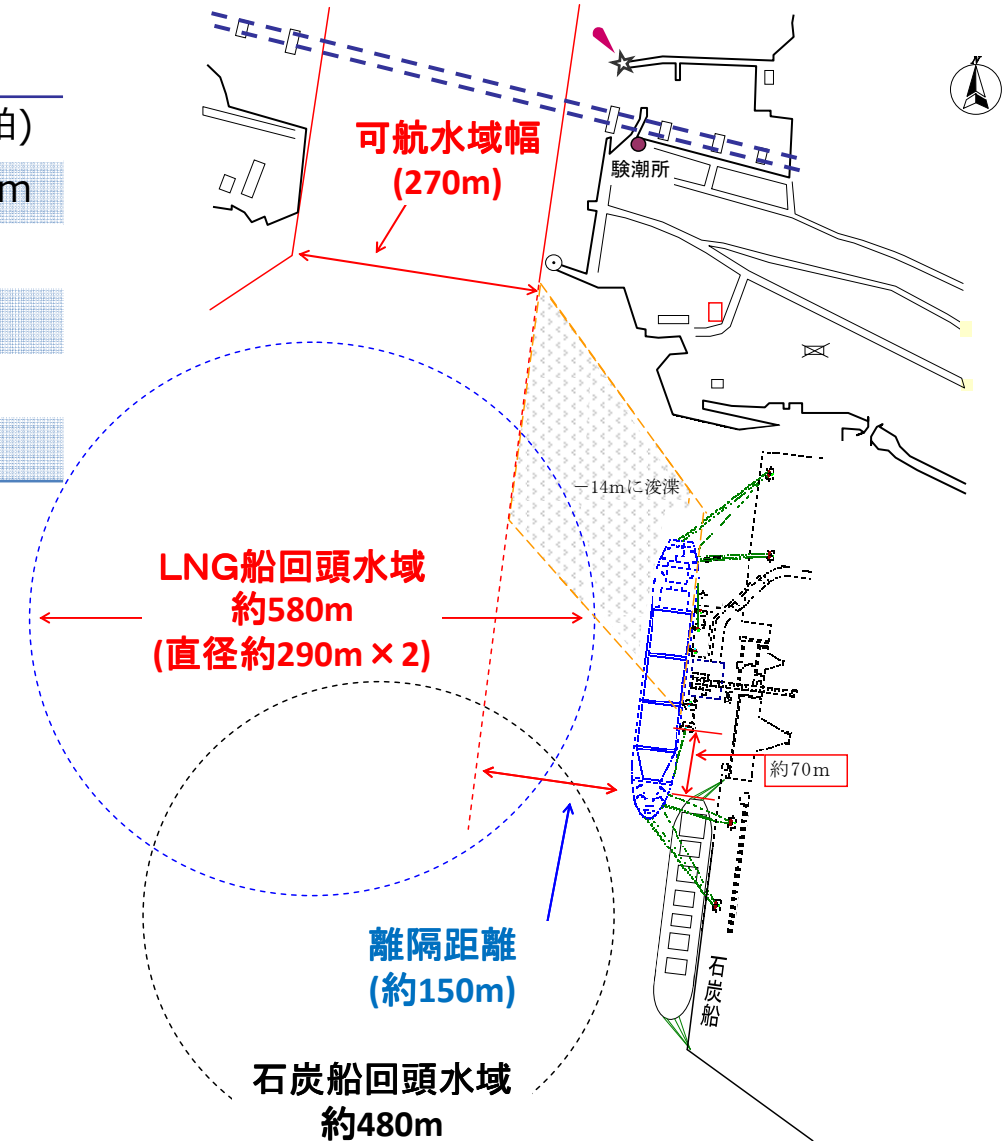
富山新港港湾計画図

LNGバース計画（設備配置と設備仕様）

- ・LNG船の係留施設を設置
- ・LNGを荷揚げするためのアンローディングアーム等の荷役設備を設置

<バース計画>

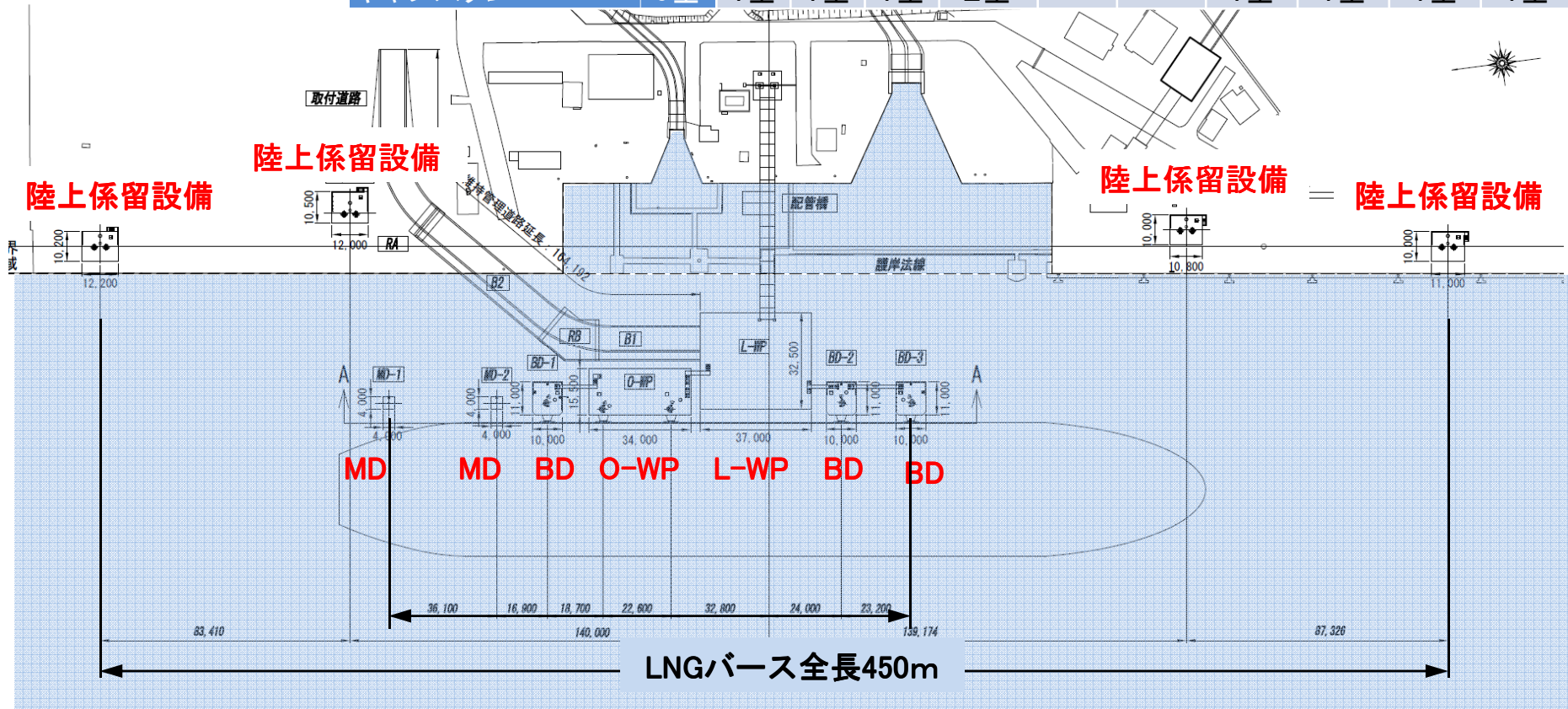
| | |
|-----------|---------------------|
| LNG船規模 | 15万 m^3 級（最大対象船舶） |
| LNG船寸法 | 全長約290m、幅約45m |
| バース前面海域水深 | -14m |
| 回頭水域 | 直径580m以上 |
| バース型式 | 杭式栈橋 |
| バース長さ | 全長450m |



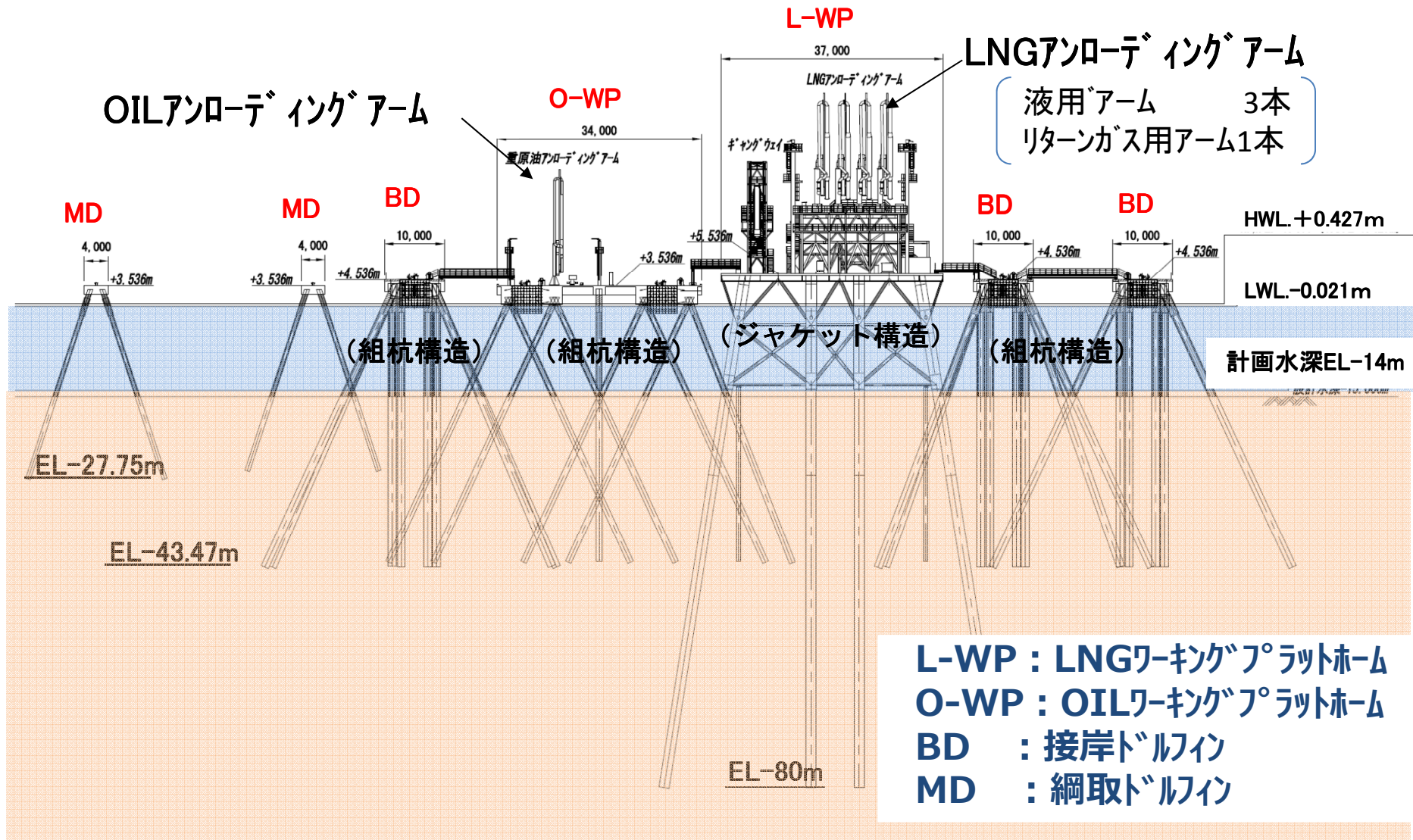
LNGバースの計画（平面図）

係留設備の仕様

| | | 計 | 接岸ドルフィン | | | | 綱取ドルフィン | | 陸上係船設備 | | | |
|-------------------------|---------|-------|---------|-----|-----|------|---------|-----|--------|-----|-----|-----|
| | | | BD1 | BD2 | BD3 | O-WP | MD1 | MD2 | 陸上1 | 陸上2 | 陸上3 | 陸上4 |
| 防舷材 | | 5基 | 1基 | 1基 | 1基 | 2基 | — | — | — | — | — | — |
| クイックリリースフック (100t2連) | | 13基 | 1基 | 1基 | 1基 | 2基 | — | — | 2基 | 2基 | 2基 | 2基 |
| 係船柱 | 直柱 | 300 t | 4基 | — | — | — | — | — | 1基 | 1基 | 1基 | 1基 |
| | | 50 t | 2基 | — | — | — | 1基 | 1基 | — | — | — | — |
| | 曲柱200 t | 5基 | 1基 | 1基 | 1基 | 2基 | — | — | — | — | — | — |
| キャプスタン | | 9基 | 1基 | 1基 | 1基 | 2基 | — | — | 1基 | 1基 | 1基 | 1基 |



LNGバースの計画（立面図）



LNGバースの設計（設計条件と準拠した基準）

○「港湾の施設の技術上の基準・同解説」及び「火力発電所の耐震設計規程」に準拠し設計

| 項目 | | 内容 | | | | | | |
|------|-------------------------|---|---------------|-----------|-------------|-----------|-----------|----------------|
| 自然条件 | 潮位※1) | 既往最高潮位(H.H.W.L.) : +1.010 m(平成16年8月20日) 朔望平均満潮位(H.W.L.) : +0.427 m 朔望平均干潮位(L.W.L.) : -0.021 m | | | | | | |
| | 設計波浪 棧橋前面 | H _{1/3} (有義波高)=0.60 m、 T _{1/3} (有義周期)=12.0 sec、波向NNE | | | | | | |
| | 設計水深 | -15.0 m(計画水深14m+1m(余掘り)) | | | | | | |
| | 土質条件 (L-WP地点) | 支持層 N値≥50相当 | | | | | | |
| | 設計震度 | 「港湾の施設の技術上の基準・同解説」及び「火力発電所の耐震設計規程」に基づく | | | | | | |
| | 風速※2) | 最大 30 m/sec | | | | | | |
| 接岸条件 | 接岸速度 | 15 cm/sec | | | | | | |
| | 偏心量 | ±15 m | | | | | | |
| | 接岸角度 | 0° ~6° | | | | | | |
| 船舶条件 | 主要目 | タンク容量 (m ³) | 載貨重量ト (MT) | 全長 (m) | 垂線間長 (m) | 型幅 (m) | 型深 (m) | 満載喫水※3) (m) |
| | 15万m ³ 級LNG船 | 154,982 | 79,556 | 289.93 | 276.50 | 44.70 | 26.00 | 12.07 |
| 荷重条件 | 設備荷重 | ローディングアーム架台基礎荷重、配管橋、ギャングウェイ、係留設備及び施設間連絡橋反力等の荷重を考慮 | | | | | | |
| | 雪荷重 | 4.5 kN/m ² | | | | | | |

※1) 潮位は、「国土交通省北陸地方整備局伏木富山港湾事務所 伏木富山港新湊地区潮位観測資料(1982年1月~2008年12月)」による。

※2) 風速は10分間平均風速を表す。平均風速の最大値。

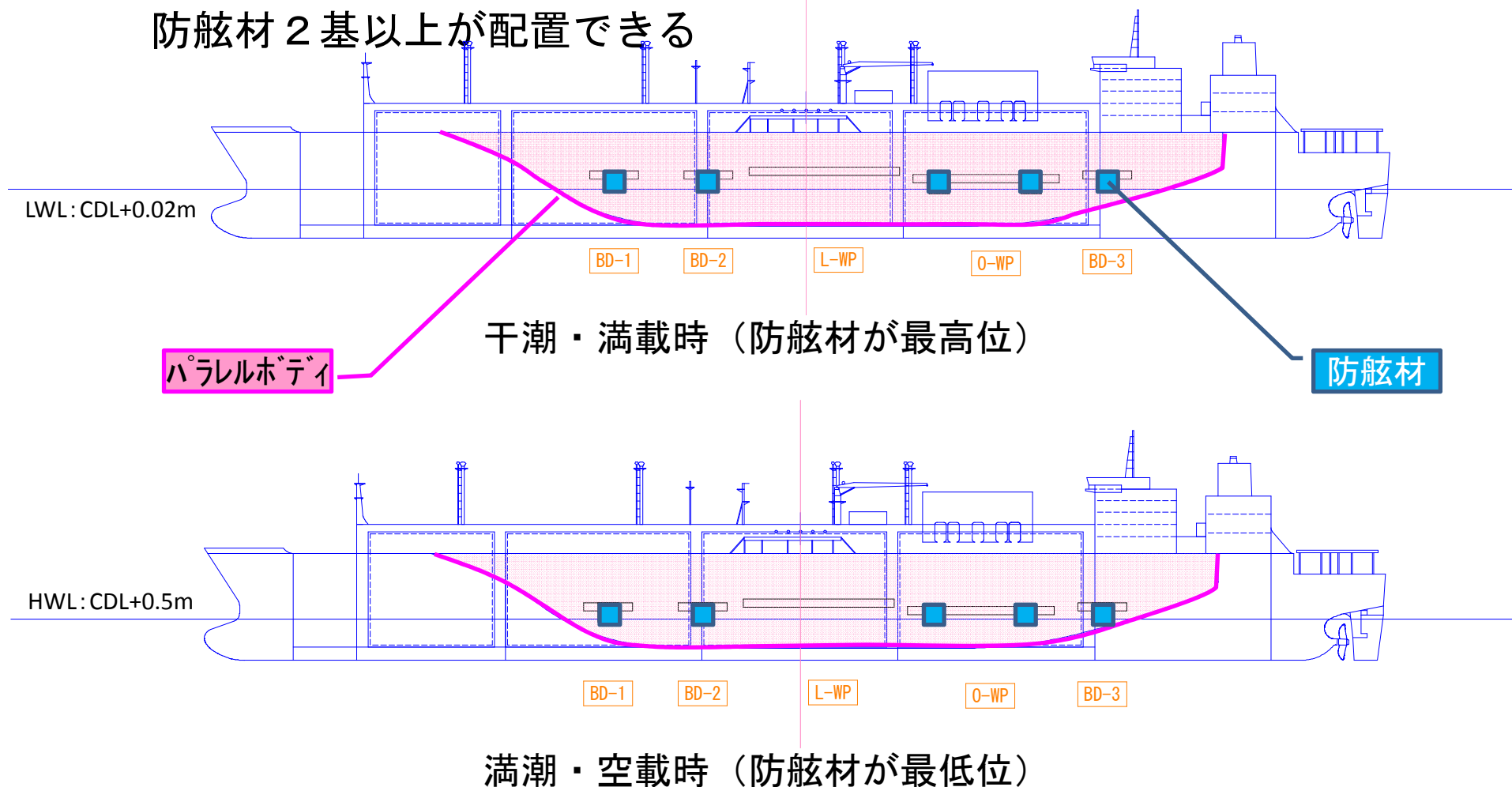
※3) 夏季満載喫水値。

LNGバースの設計（防舷材）

①係留設備配置の確認

a. 防舷材の配置検証

- ・「干潮・満載時」と「満潮・空載時」で船体の平行ボディに対し防舷材2基以上が配置できる



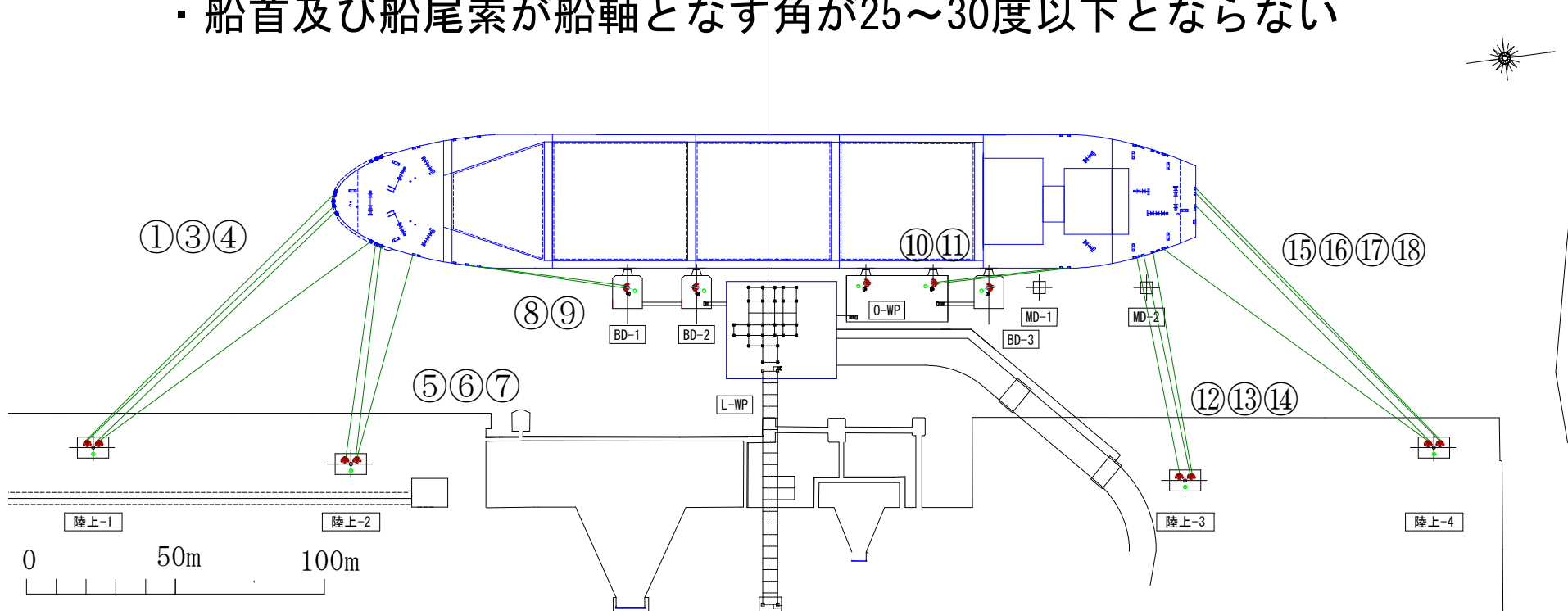
LNGバースの設計（スプリングライン、船首・船尾索）

b. スプリングラインを考慮した係留設備の配置検証

- ・ 船首と船尾のスプリングラインの索長の差は小さい
- ・ 船首側と船尾側のそれぞれのラインはバランスが取れている

c. 船首・船尾索の係留角を考慮した係留設備の配置検証

- ・ 陸上係留設備等に取り船首・船尾係留索の索長の差は小さい
- ・ 船首及び船尾索が船軸となす角が25～30度以下とならない

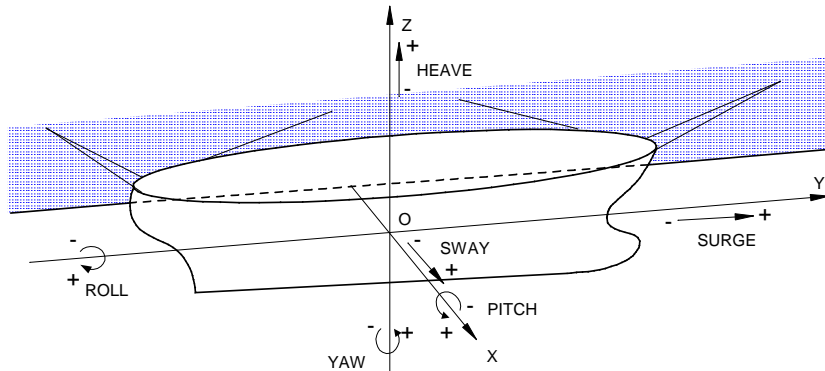


LNGバースの設計（係留動揺シミュレーション）

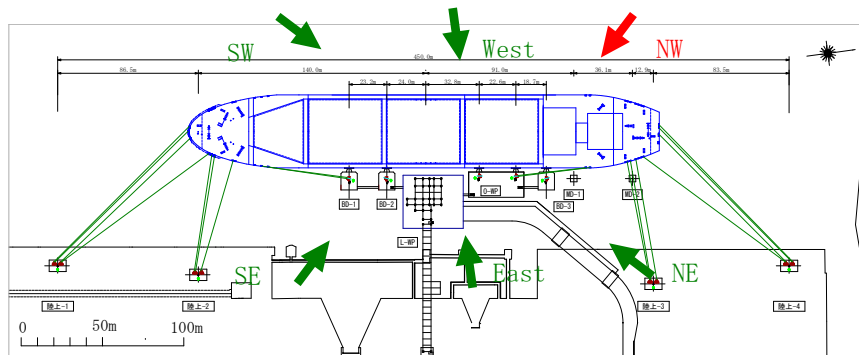
②係留動揺シミュレーション

- ・ 波や風の力による船体動揺量を解析し、荷役と係留安全性を評価
 - a. 荷役設備（アンローディングアーム）可動限界
 - b. 係留索張力の係留限界
 - c. 防舷材圧縮歪の許容値内での運用可否

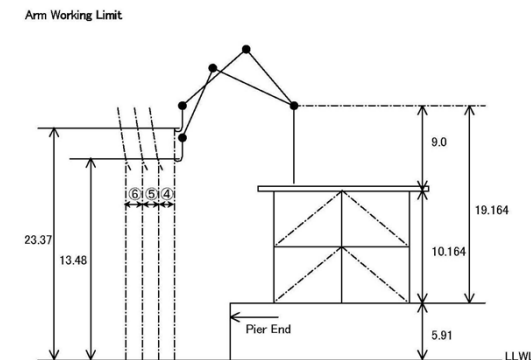
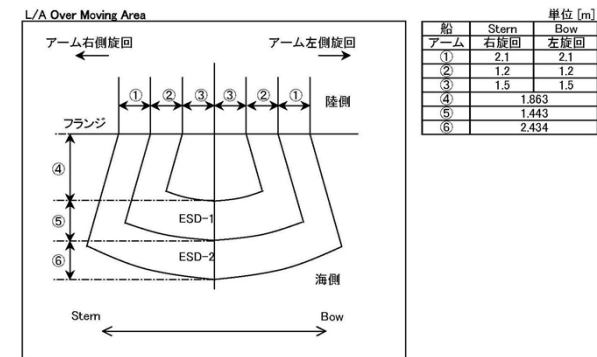
波による船体動揺のイメージ



風による船体動揺のイメージ



アンローディングアームの可動限界のイメージ



LNGバースの設計（係留動揺シミュレーション評価：荷役安全性）

a. 荷役安全性の評価

〔評価条件〕

| 想定条件 | 設定条件 | | |
|------|------|----------------------------|--|
| 荷役運用 | 風 | 6風向 <small>(向・離岸風)</small> | 2風速(12、15m/s) |
| | 波 | 1波向(NW) | 波高0.9m周期8秒 波高1.5m周期8秒 波高1.5m周期10秒 波高0.5m周期14秒 |
| | 積載状態 | バラスト状態 | |

〔評価結果〕

- ・ 船体動揺量は風速15m/sで、全ケースで荷役設備可動限界内
- ・ 係留索張力は風速15m/sで、波高1.5m周期8秒までは許容値以下
- ・ 防舷材圧縮歪は風速15m/sで、波高1.5m周期10秒までは許容値以下

まとめ：風速15m/s及び波高1.5m周期8秒までは荷役可能

LNGバースの設計（係留動揺シミュレーション評価：係留安全性）

b. 係留安全性の評価

〔評価条件〕

| 想定条件 | 設定条件 | | |
|------|------|-------------|--|
| 係留限界 | 風 | 3風向(離岸風) | 3風速(18、20、25m/s) |
| | 波 | 1波向(NW) | 波高0.9m周期8秒 波高1.5m周期8秒 波高1.5m周期10秒 波高0.5m周期14秒 |
| | 積載状態 | 満載状態、バラスト状態 | |

〔評価結果〕

- ・ 係留索張力は風速20m/sで、波高1.5m周期8秒まで許容値以下
- ・ 防舷材圧縮歪は風速20m/sで、全ケースで許容値以下

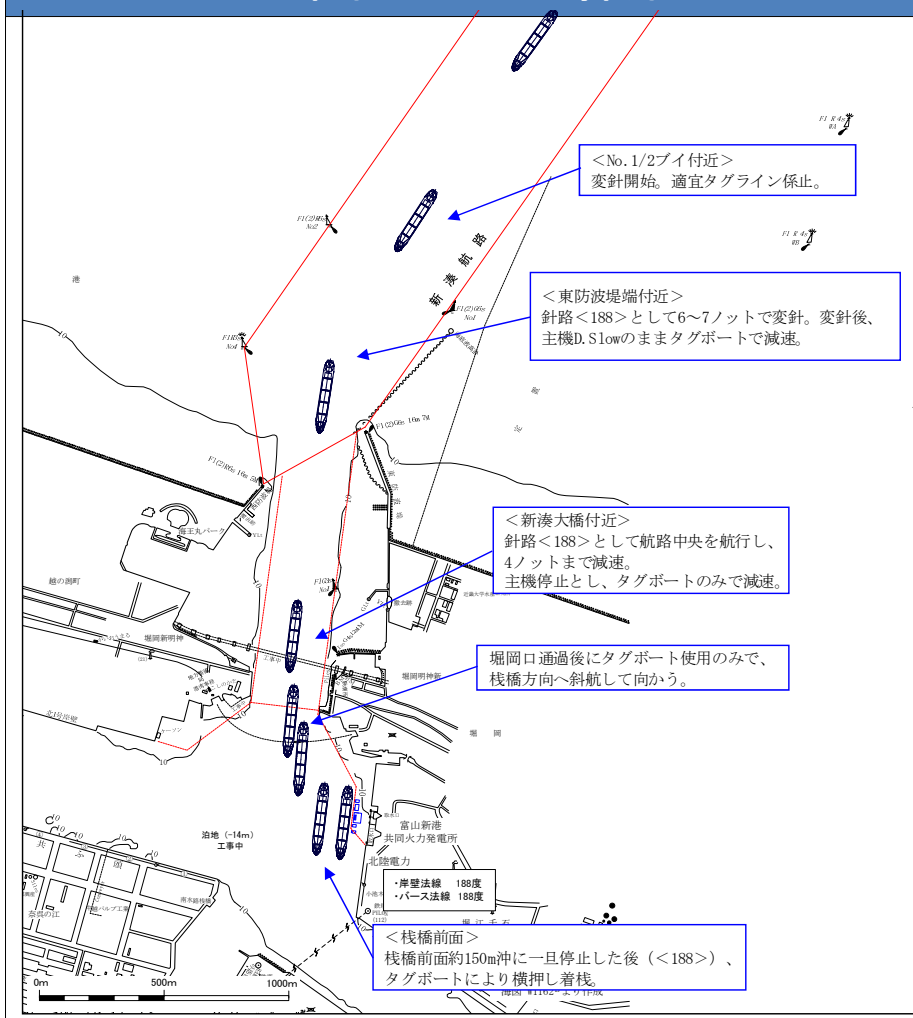
まとめ：風速20m/s及び波高1.5m周期8秒までは係留可能

LNGバースの設計 (操船シミュレーション)

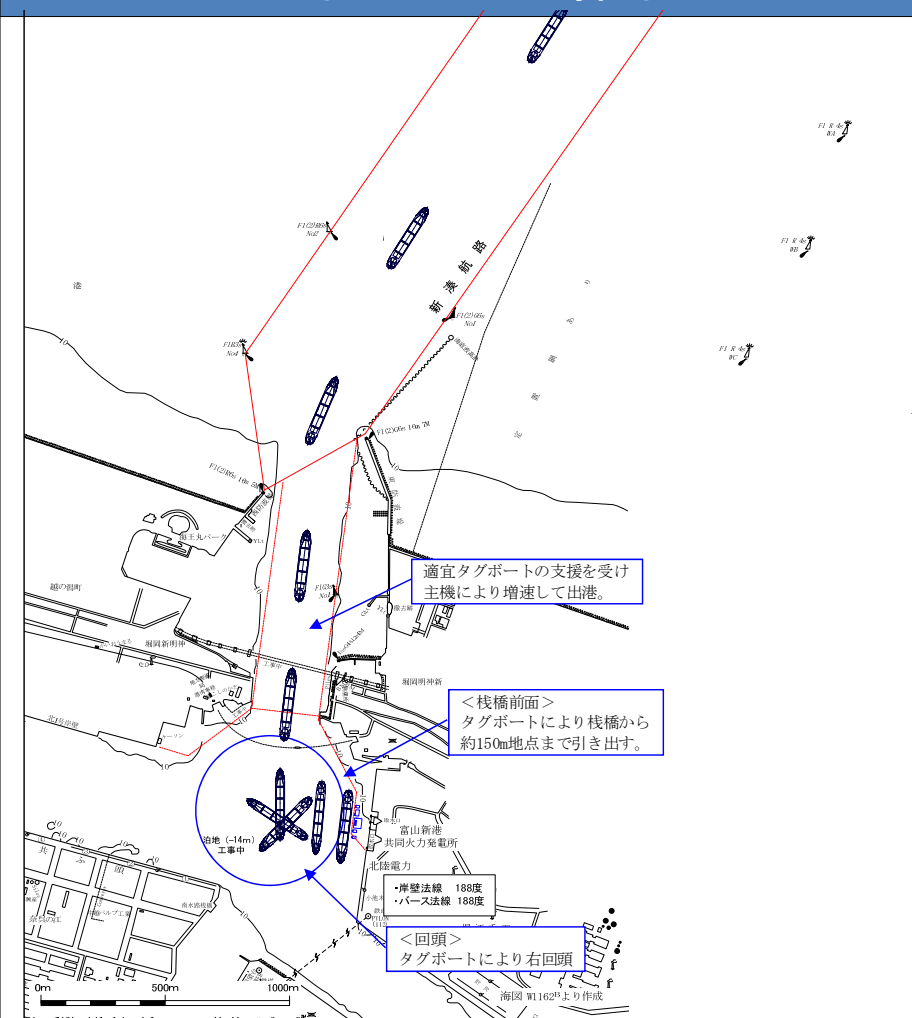
③ 操船シミュレーションによる検討

- ・ビジュアル操船シミュレータを用いて、15万m³級LNG船の入港 (アプローチ, 減速, 回頭, 着棧) と出港 (離棧, 回頭, 増速) の操船局面について分析・評価した。

入港・着棧ケースの操船方法



出港・離棧のケース (操船方法)



LNGバースの設計（操船シミュレーション評価結果）

- ・ 操船シミュレーション結果、
3,000馬力2隻及び3,500馬力2隻の計4隻のタグボートを使用することにより、入船左舷着、出船右舷着の何れの着棧形態でも
 - ①風速12m/secまで入港着棧可能
 - ②風速15m/secまでの離棧出港が可能

| 状態 | | 着棧形態 | タグ船数 | 風速 | 評価 |
|------|--------------|------|-----------|-------|----|
| 入港着棧 | LNG積載 & バラスト | 入船 | 3000馬力×2台 | 12m/s | ○ |
| 離棧出港 | | &出船 | 3500馬力×2台 | 15m/s | ○ |



LNGバースの建設（土木工事 その1）

グラブ浚渫

（水深確保EL-14m, 浚渫土量約10万m³）



グラブ浚渫船(バケット容量5m³)

LNGワーキングプラットフォーム用
ジャケット据付



1800ton吊り全旋回起重機船
（船体長さ106m, 幅43m）

LNGバースの建設（土木工事 その2）

L-WP基礎鋼管杭打設
(杭径1.7m, 長さ約90m, 12本)



維持管理道路橋据付



LNGバースの建設（機械工事 その1）

LNG受入配管橋据付



LNGアンローディングアーム据付



LNGバースの建設（棧橋廻り工事完了）



LNG船の入港実績

| 船数 | 入出港時期 | 停泊期間 | 船 | 備考 |
|----|---------------------------|-------|---|--------------|
| 1 | 平成30年3月17日 ～平成30年3月26日 | 9泊10日 | セリ・アマナ(マレーシア) 14.55万m ³ 、全長283m | 基地 クールダウン |
| 2 | 平成30年7月17日 ～平成30年7月18日 | 1泊2日 | 同上 | |
| 3 | 平成30年10月3日 ～平成30年10月4日 | 1泊2日 | セリ・アラム(マレーシア) 14.55万m ³ 、全長283m | |



弊社の着離棧の安全基準（着離棧の基本条件）

- 航行安全に関する調査結果を反映した荷役諸規定の着離棧等の基準を以下に示す。

| | |
|-------|-------------------------------------|
| 着離棧時間 | 原則、日出～日没まで |
| 着棧方法 | 入船左舷着棧 |
| 風速 | 着棧12m/s以下 離棧15m/s以下※（荷役は15m/s以下） |
| 波高 | 1.2m以下（荷役は1.5m以下） |
| 視程 | 1.0海里以上 |
| 接岸速度 | 10cm/s以下 |
| タグ船数 | 3000馬力2隻、3500馬力2隻 |
| その他 | 津波注意報等の発令なし 寄り廻り波の襲来予想なし |

※風速15m/s以上が予想された場合には、早期に離棧基準の範囲内において離棧する

おわりに

- LNGバース建設にあたりLNG船の航行安全の調査結果を設計・運用に反映し、これまでに3隻のLNG船受入を行った。
- 今後も安全な運行・荷役に努めていきたい。

