

港湾における水素・アンモニアの受入環境整備 に係るガイドライン(案) 概要

令和7年12月12日
国土交通省港湾局

港湾における水素・アンモニアの受入環境整備に係るガイドライン(案) 概要

※赤字は中間とりまとめからの変更点

1. ガイドラインの位置付け

- ✓ 2050年カーボンニュートラル実現に向け、今後、港湾において低炭素水素等を輸入するための受入拠点の整備等が促進されることが見込まれる。
- ✓ 一方、限られた港湾空間において、将来求められる物流等の港湾機能等とも調和させながら整備する必要があり、港湾計画との整合や既存ストックの有効活用への配慮も求められている。
- ✓ 本ガイドラインは、港湾管理者や民間事業者が港湾における低炭素水素等の受入拠点形成に向けて、港湾計画の変更や実際の施設整備を行うにあたっての一助とすることを目的に、可能な限り多くの場合に参考となるよう一般化し、安全かつ効率的な施設配置や運用等を検討する際の留意点を整理するもの。

2. 港湾における水素等の受入環境整備の安全対策に関する法令等

- (1) 水素等の受入環境整備に特に確認を要する法令等※タンカーバース通達改正を反映、二酸化炭素に係る規定等を追記
- ・水素等の受入拠点に係る港湾施設の配置、運営等の検討に関わる以下の法令等について、主な規制、水素等に係る規定等を整理。

※港則法、危険物船舶運送及び貯蔵規則(危規則)、港湾法、大型タンカー及び大型タンカーバースの安全防災対策基準(行政指導指針)、高圧ガス保安法、脱炭素成長型経済構造への円滑な移行のための低炭素水素等の供給及び利用の促進に関する法律、電気事業法、ガス事業法、石油コンビナート等災害防止法、労働安全衛生法、毒物及び劇物取締法(アンモニア)、悪臭防止法(アンモニア)、消防法

- (2) 特に留意が必要な法令等

- ・上記のうち、岸壁等の施設配置や運用等の検討に際して特に留意が必要なものを詳細に整理。※タンカーバース通達改正を反映

3. 水素等の特性とリスクマネジメントの考え方※新たに追加

- ✓ 水素等の荷役を安全に実施するための安全対策で考慮すべき、水素・アンモニアの物質的特性や漏洩した場合の特性について整理
- ✓ 荷役手順等を踏まえた事故要因を洗い出した上で、リスク評価を行い、事故シナリオや災害規模の想定を行う。

4. 水素等の受入拠点において想定される港湾の利用方法

- ✓ 限られた港湾空間・施設を効率的に活用していく水素等の受入拠点を形成する観点から、以下の利用方法を想定。
 - 隔離された岸壁等を他の岸壁利用と重複せず利用する場合
 - 一般貨物等の取扱岸壁等と隣接した岸壁等を利用する場合
 - 同一岸壁を他の利用と重複して利用する場合
- ✓ 各港湾脱炭素化推進協議会等を通じて港湾管理者と各関係者が調整し、地域の実情に沿った受入拠点の整備・運営方法の検討が必要。

5. 施設配置と安全管理・運用に関する留意点

- | | |
|------------------------------------|-------------------------|
| (1) 需要の把握 | (5) 適切なパイプラインの設置の検討 |
| (2) 船舶の係留・荷役に係る岸壁等の検討 | (6) 周辺の土地への対応の検討 |
| (3) ヒト・車両等の輸送動線の検討 (平面的な観点での検討) | (7) 将来的な水素等の需要増大への対応の検討 |
| (4) <u>安全管理・運用に係る留意点</u> | (8) 自然災害への対策の検討 |

1. ガイドラインの位置付け

- ガイドラインは、港湾における水素、アンモニアの受入を対象として整理する。
- 主に、係留施設や係留施設上に配置される荷役設備、導管等の配置や運用等に焦点を当てる。
- 現状の安全基準等（令和7年度末時点）に基づきとりまとめるものであるが、今後、それらの見直しや取組状況を踏まえて必要に応じて修正する。

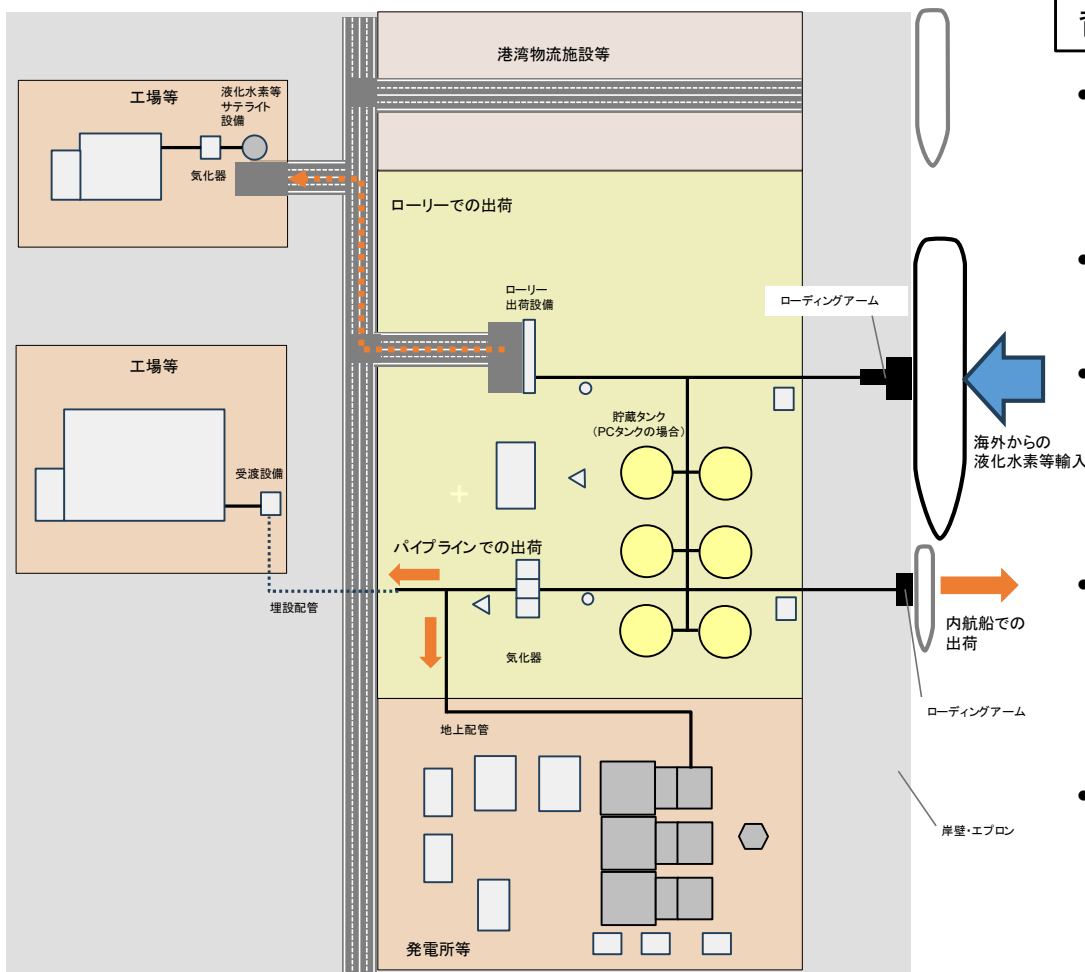


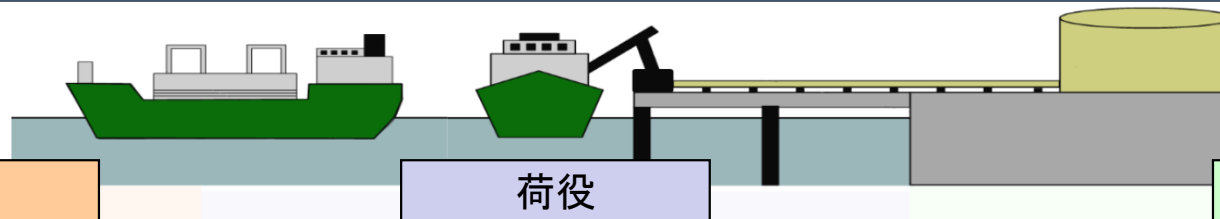
図 港湾における水素等の受入拠点のイメージ

背景と目的

- 2050年カーボンニュートラル実現に向け、今後、低炭素水素等を輸入するため、港湾においてその受入拠点の整備等が促進されることが見込まれる。
- 限られた港湾空間において、将来求められる物流等の港湾機能とも調和させながらその整備を行う必要がある。
- 例えば、石炭等の既存の貨物と水素等を同一の係留施設にて取扱うことや、公共の係留施設を利用する必要がある場合には、他の一般貨物と水素等を同一、または、隣接する係留施設にて取扱うことも想定し得る。
- 係留施設背後の空間に一定の制約が生じることや、種類によっては加圧状態や物性への配慮が必要であることから、これらを踏まえて適切に安全性を確保しつつ、効率的に港湾空間を活用することが求められる。
- 港湾管理者や民間事業者が港湾における水素等の受入拠点形成に向けて港湾計画の変更や実際の施設整備を行うにあたっての一助とすることを目的に、本ガイドラインは、安全かつ効率的な施設配置や運用等を検討する際の留意点を整理するもの。

2. 港湾における水素等の受入環境整備の安全対策に関する法令等

○水素等の海上輸送、荷役、貯蔵に関し、特に確認すべき法令等は以下のとおり。



<凡例>
 □ : 法令
 □ : 基準等

輸送

荷役

貯蔵

港則法 ※港内の船舶の運航や、危険物の荷役に関する規制

- ・船舶の運航や係留等に関する規制
- ・航行の障害となるおそれのある行為の規制
- ・船舶の標識の規制
- ・災害を防止するための火気の取扱い、危険物の荷役等の規制

危険物専用岸壁(D岸壁)の基準等(港則法第20条～第22条)

- ・危険物専用岸壁の基準
 - 立地条件
 - 電気、照明設備の基準
 - 消防・防火設備等
- ・危険物専用岸壁(D岸壁)承認願、審査基準

石油コンビナート等災害防止法

全国74カ所の石油コンビナート等特別防災区域について、消防法、高圧ガス保安法等と相まって総合的な防災対策を実施。コンビナート防災計画の策定、所管官庁による立入検査。レイアウト規制等。

労働安全衛生法(危険物:可燃性のガス)

- ・爆発又は火災を防止するための通風、換気等の措置

毒物及び劇物取締法

(アンモニアのみ適用)

- ・保健衛生上の観点から取締。
- ・貯蔵に関する構造・設備等に係る技術基準

悪臭防止法

(アンモニアのみ適用)

- ・事業場における悪臭について規制
- ・気体排出口の高さを規制

危険物船舶運送及び貯蔵規則(危規則)(船舶安全法関連)

- ・容器の強度、表示、積載方法、船舶の構造、設備等(国際海事機関が定めた国際的な安全基準に基づく)
- ・立入検査による、安全基準の適合性確認

大型タンカー及び大型タンカーバースの安全防災対策基準(行政指導指針)

※2万5千トン以上の液化ガスタンカー及び同タンカーの荷役の用に供されるバースにかかる安全対策

- ・バースの設備(緊急離脱装置等)
 - ・離着岸時の安全対策
- ・荷役時の事故防止対策
 - ・事故即応体制

消防法 ※ソフト面の防火対策

- ・建築物の消防用設備の設置に関する規制
- ・火災予防・消防活動に関する規定

高圧ガス保安法 ※電気・ガス事業を除く高圧ガスの製造、貯蔵等に関する規制

コンビナート等保安規則 ※コンビナート地域内や処理能力の大きい特定製造事業所の保安規則 /

- 一般高圧ガス保安規則 ※コンビナート等保安規則に規定する特定製造事業所以外での高圧ガスに関する保安規則
- ・高圧ガスの製造にかかる施設や導管等技術上の基準等

脱炭素成長型経済構造への円滑な移行のための低炭素水素等の供給及び利用の促進に関する法律

- ・高圧ガス保安法の保安確保のための許可や検査等の特例
- ・港湾法の許可・届出に係る特例
- ・道路占用の特例

電気事業法 電気事業の用に供する施設

ガス事業法 ガス事業の用に供する施設

港湾法(第56条の2の2 関係)

- 水域施設(航路、泊地)
- ・船舶回頭円の規定

係留施設

- ・引火性の危険物の荷役を行うバース…30m以上であることが必要(P.1065)

荷さばき施設

- ・危険物を取り扱う荷さばき施設については、消防法、高圧ガス保安法またはこれらに基づく命令・基準を適用。
- ・ERS(緊急離脱装置)に関する規定

保管施設 危険物置場及び貯油施設

- ・空地等の幅は危険物の規則に関する政令などを参考に決定
- ・危険物貯蔵タンク、貯油施設の基盤及び地盤は危険物の規則に関する規則で規定

※赤字はアンモニアにのみ適用

※遵守すべき法令等は他にも多岐にわたるが、水素等の海上輸送、荷役、貯蔵に関して特に確認を要するものを記載。

2. 港湾における水素等の受入環境整備の安全対策に関する法令等

※赤字は中間とりまとめからの変更点

○水素等の受入環境整備にあたり、特に留意が必要な法令等について、検討項目毎に規定等を整理。

| 項目 | 参照法令・基準 | 主な内容 |
|-----------------------------|--|--|
| 水素等の荷役場所(係留場所)の立地条件 | ①危険物専用岸壁(D岸壁)の基準等 ②大型タンカー及び大型タンカーバースの安全防災対策基準(行政指導指針) | <ul style="list-style-type: none"> ・港則法に基づき、一定量以上の危険物を積載した船舶の係留場所については、荷役に係る安全対策等を確認する必要があるが、事前に危険物専用岸壁承認を受けることで、都度の確認を円滑に行うことが出来る。 ・その際の判断基準として、海上保安庁より①等が示されており、水素については、荷役船舶等から他の船舶との距離(30m以上等)や停泊位置からの作業場等や火気等からの距離(30m以上等)等が規定されている。 ※アンモニアは引火性危険物には分類されないが、危険物であるため、立入禁止措置等について引火性危険物に準じた措置を講ずることとされている。 ②においては、緊急時における離棧の安全性や迅速性、通常時における離着棧時の安全性や操船の難易性等の操船環境も含めた総合的な検討が求められている。 |
| 同一岸壁等での水素等運搬船と他の船舶等との係留について | ・危険物専用岸壁(D岸壁)の基準等 | ・上記の基準等によると、他船舶が係留する岸壁等の隣接岸壁に水素等運搬船が係留することや、水素等運搬船と他船舶が同一岸壁を利用することについての制限は記載されていない。 |
| 荷役設備に係る基準等 | ・高圧ガス保安法 ・電気事業法 ・ガス事業法 | ・荷役設備であるローディングアームの材料や構造について、各省令や告示等に規定されている。 |
| | ・港湾の施設の技術上の基準 | ・同基準の解説書において、荷役設備の据付位置(岸壁等の法線からの距離、アームの長さ、防舷材の高さ等を勘案した設定方法)についての検討が求められている。 |
| | ①危険物専用岸壁(D岸壁)の基準等 ②大型タンカー及び大型タンカーバースの安全防災対策基準(行政指導指針) | ・主に②の基準において、荷役設備への緊急時の荷役停止・離棧に係る設備(緊急遮断装置や緊急離脱装置、クイックリリースフック等の設置及びそれらの遠隔操作化等)、電気・照明設備の防爆性能、 消防設備・除害設備等(消火設備・除害設備や消防船の配備、避難所等の設置、ガス拡散防止のための器具・装置、設定した区域への荷役関連作業者向けの消火設備等) 、緊急警報装置等の設置等についての検討が求められている。 |

2. 港湾における水素等の受入環境整備の安全対策に関する法令等

| 項目 | 参照法令・基準 | 主な内容 |
|-------------------|--|---|
| 導管（パイプライン）に係る基準等 | <ul style="list-style-type: none"> ・高圧ガス保安法 ・電気事業法 ・ガス事業法 | （事業毎に適用される法令ごとの違いについて整理） |
| | <ul style="list-style-type: none"> ・一般高圧ガス保安規則 ・コンビナート等保安規則 ・製造施設の位置、構造及び設備並びに製造の方法等に関する技術基準の細目を定める告示 | <ul style="list-style-type: none"> ・「コンビナート製造事業所間の導管」とそれ以外の導管に係るレイアウト上の基準等について規定されている。 ・コンビナート製造事業所間の導管については、導管の強度、他工作物等との水平距離や空地の確保、地盤面下に埋設する埋設深さ等について規定されている（コンビナート等保安規則第10条第1号～39号等）。 ・それ以外の導管については、導管の強度、地盤面下に埋設する埋設深さ等について規定されている（コンビナート等保安規則第9条、一般高圧ガス保安規則第6条）。 ・なお、高架上に設置された導管下、または、埋設された導管上のヒト・車両の通行については、（導管の強度等への影響が無い場合、）制限されていない。 |
| 施設レイアウト、周辺の土地への対応 | <ul style="list-style-type: none"> ・一般高圧ガス保安規則 ・コンビナート等保安規則 ・毒物及び劇物の貯蔵に関する構造・設備等基準 | <ul style="list-style-type: none"> ・敷地境界までの距離、保安物件までの距離、設備間距離、保安区画、火気との離隔について規定されている。 |
| | <ul style="list-style-type: none"> ・石油コンビナート等災害防止法 | <ul style="list-style-type: none"> ・石油コンビナート等特別防災区域における新設事業所等の施設地区の配置（施設地区毎の面積上限や外周道路の条件等のレイアウト規制）について規定されている。 |
| 安全管理・運用 | <ul style="list-style-type: none"> ・大型タンカー及び大型タンカーバースの安全防災対策基準（行政指導指針） ・危険物専用岸壁（D岸壁）の基準等 | <ul style="list-style-type: none"> ・荷役安全管理体制や荷役監督要領等、作成が必要な要領・マニュアル等について規定されている。 |

3. 水素等の特性とリスクマネジメントの考え方 ※新たに追加

○水素等の受入拠点において、安全に水素等を取り扱うためには、水素等の特性を考慮した上で安全対策を検討することが必要。特に、水素等の荷役での安全対策を考える上では、液体および気体の両形態での漏洩時の挙動の把握が必要。

水素が漏洩した際の特性

(水素の漏洩)

- 液化水素が船上のドリップパン又は海上に流出した場合、構造物又は海水からの伝導熱、空気との対流熱及び太陽からの放射熱を受けて蒸発する。
- ローディングアームやプラットフォーム上配管などの真空二重配管に溶接の不具合等によるピンホールが発生した場合、内管から外管に至るまでに外部からの入熱により蒸発するため、ガスとして流出する。
- 配管の接続部となるフランジは、真空二重断熱を確保するために、真空二重配管のオス管を他方に挿入する形式であり、オス管の先端及びフランジ部で気密性を確保している。そのため、先端部で漏洩した液化水素は、フランジ部に移動するまでの間に蒸発するため、ガスとして流出する。

(ガスの拡散)

- 温度が -251.05°C に達するまでの間は、水素ガスは空気よりも密度が重く、浮上せず海面付近等に滞留する。
- -251.05°C 以上になると、空気より軽くなり、大気中を上昇するため、短時間で拡散する。気化した冷たい水素ガスによって周囲の大気中の水分が凝結し、白色の蒸気雲が生じ、周囲は霧が立ちこめたようになり、液化水素から生じた水素ガスの存在を視認できる。
- 気化した水素は低風速の条件下においては上方へ拡散するものの、風速が高まるにつれ、風下側へ流される傾向がある。

(引火の危険性)

- 白色の蒸気雲の中は、可燃性雰囲気になり、白色の蒸気雲に火種を近づければ引火する。
- 水素が燃焼したときの炎は無色である。このため、水素の漏洩箇所などで水素が燃焼しても、炎の周囲に不純物が無ければ炎は無色のまま“かげろう”のようにしか見えず、視認することは極めて困難である。
- 液水素から出る火炎を粉末消火剤で消火するのは困難であり、通常の消火器を使用した消火はほぼ不可能である。消火には、火炎を囲いこむように、大量の粉末消火剤を短時間内に放出する必要がある。

(再引火の危険性)

- 水素ガスに着火した場合、強制的に消火を行うと、残留する未燃水素ガスに再着火する危険性がある。

3. 水素等の特性とリスクマネジメントの考え方 ※新たに追加

○水素等の受入拠点において、安全に水素等を取り扱うためには、水素等の特性を考慮した上で安全対策を検討することが必要。特に、水素等の荷役での安全対策を考える上では、液体および気体の両形態での漏洩時の挙動の把握が必要。

アンモニアが漏洩した際の特性

(アンモニアの漏洩)

- 液化アンモニアが大量に漏洩した場合、液体として残留しやすく気化速度が極めて遅いため、大きな水たまりのようにプール状に溜まる。液化アンモニアからはアンモニアガスが発生しており、液化アンモニアと気化したアンモニアガスの双方が存在する状況となる。その際、プール状に液化アンモニアが溜まった場所に足を踏み入れると、靴が破損し、足を低温かつ強アルカリの液化アンモニアにより負傷してしまう可能性がある。
- 海上に液化アンモニアが漏洩した場合、漏洩状況によるが、液化アンモニアが海水に溶解するのは一部であり、多くのアンモニアガスが発生する。漏洩した液化アンモニアの一部は、濃いアンモニアとなるが、アンモニア水は海水より比重が小さいため海面付近に分布する。その際、海水中の塩化マグネシウム及び硫酸マグネシウムと反応し、不溶性の水酸化マグネシウムを生成し、海面付近に白濁した物質として漂うため、アンモニアが漏洩している水面は白く濁った場所として視認できる。

(ガスの拡散)

- アンモニア気体そのものは空気よりも軽いガスであるが、液化アンモニアから発生したアンモニアガスは低温であるため空気中の水分を凝結させ、水分とアンモニアガスが結合した重たいエアロゾルとなり、浮上することなく地を這うように拡散する。
- アンモニアがガスとして漏洩し、ガスの温度が高い場合は、空気中の水分が凝結しにくいいため、アンモニアガスは水分と結合することなく白い蒸気雲となり、地面近くから浮上し拡散する。

3. 水素等の特性とリスクマネジメントの考え方 ※新たに追加

- 水素等の安全対策は、想定される漏洩量や拡散範囲、周辺環境に応じて適切に検討することが求められており、漏洩の事故シナリオを想定しその特性を踏まえた海上防災対策の検討が必要。
- その際、一般的には、(1)前提条件となる周辺海域の自然環境・荷役設備・荷役手順の整理を行い、(2)荷役手順における事故要因の洗い出し、(3)リスク評価を行い、事故シナリオ・災害規模の想定を行う。それら結果に基づき消防設備・除害設備等や安全管理体制・防火体制を検討する。

(1)前提条件の整理

①周辺海域の自然環境の整理

- ・岸壁の概要及び周辺の自然環境(気象・海象条件、潮位・潮流等)

②荷役設備等の整理

- ・ローディングアームの径、本数
- ・水素等運搬船の諸元
- ・荷役設備に設置する安全設備(緊急遮断システム、緊急切り離しシステム) 等

③荷役手順の整理

- ・入港・着栈してから離栈・出港までの流れ(荷役前の準備、荷役、手仕舞い)

水素等の荷役手順の例(液化ガスの揚荷役)

| | 荷役手順の例 | 手順の概要 |
|------|--|--|
| | | 入港・着栈・着岸 |
| 準備 | 液/ターナガスアーム接続 パージ作業 気密確認(リークチェック) | ・水素等運搬船のマニホールドにローディングアームの端部をフランジ接続 ・配管内の水分の固形化、酸素と可燃性ガスの混合を避けるため、窒素ガスで酸素をパージ ※液化水素は、酸素パージ後に常温の水素ガスで窒素をパージ ・(並行して)窒素ガス(液化水素の場合は水素ガスも含む)による気密確認 |
| | 荷役前検尺 | ・受入前の検量 |
| | 緊急遮断(ESDS)テスト | ・緊急遮断(ESDS)が正常に作動するかテスト |
| | アーム/ラインのクールダウン | ・ローディングアームと運搬船の貨物配管のクールダウン |
| 液移送 | 荷役開始 | ・ポンプを起動し、液移送を開始 |
| | レートアップ | ・ポンプ吐出弁開度調整により、定常レートまで徐々にレートアップ |
| | 定常移送 | ・液移送中は随時リークチェックを実施 |
| | レートダウン | ・タンク液位が所定のレベルに達したら、ポンプ吐出弁開度調整により徐々にレートダウン |
| 手仕舞い | 荷役終了 | ・ポンプを停止し、マニホールドでの液流れの停止を確認 |
| | ライン残液処理 パージ作業 | ・水素等の気体ガスにより、貨物配管内の残液を運搬船のタンク内に押し込み ・窒素により、配管内の水素等のガスをパージ ※液化水素の場合、パージ前に配管を自然入熱・水素ガスの供給により昇温。 また、水素ガス混じりの窒素ガスは受入拠点のベントスタックから処理。 |
| | 荷役後検尺 | ・移送後の検量 |
| | アーム切り離し | ・水素等運搬船のマニホールドにローディングアームの端部を切り離し |
| | | 離栈・離岸・出港 |

資料: (株)日本海洋科学「液化水素用ローディングシステム開発とルール整備: 運用上の安全再作の策定、安全確保に向けた基準規則の整備」SIP終了報告書を基に作成

(2) 事故要因の洗い出し

・ 整理した前提条件を踏まえ、水素等の荷役手順で想定される事故を洗い出す。

＜荷役で想定される事故要因＞

| 作業フェーズ | 想定される事故等 | 原因 | 想定される結果 |
|---|---------------------|--|--|
| 航行 | 他船の衝突 | 他船の進入 見張り不十分 他船とのコミュニケーション不足 | 船体損傷 オペレーションに遅れ |
| | 航行不能 | 停電 | オペレーションの中止 |
| 着積準備 | 荒天 | 天候の急変 | オペレーションの中止 |
| | 通信の途絶 | 通信機器の劣化・故障 | オペレーションに遅れ |
| | 着積システムの故障(陸) | 劣化・故障 | オペレーションに遅れ |
| 着積 | 接岸操作の失敗 | 操舵装置・機関の故障 出船着積の経験不足 | 船体損傷 オペレーションの中止 |
| ギャングウェイ設置 | ギャングウェイの故障 | 経年劣化 | オペレーションの中止 |
| 通信接続 | ニューマチックラインの 接続不良 | 船体動揺 コネクタの劣化・故障 | オペレーションの中止 |
| 通信テスト | 機器の故障 | 経年劣化 | オペレーションの中止 |
| アーム接続 | 接続不良 | スィベルの故障・劣化 フランジの故障・劣化 カップリングの故障・劣化 ヒューマンエラー 船体動揺 パッキン・シールの劣化・不良 フランジ面接触による損傷 | オペレーションの遅れ オペレーションの中止 |
| | | | |
| リークテスト(GN2供給) | 配管の過圧 | ヒューマンエラー 圧力計の故障 陸側設備の故障 | 配管損傷 |
| O ₂ パージ(N ₂ 置換) | 配管の過圧 | ヒューマンエラー 圧力計の故障 陸側設備の故障 | 配管損傷 |
| | パージ不足 | ヒューマンエラー 陸側設備の故障 | 空気の残留 常温GH ₂ 供給による可燃性 混合ガスの形成 |
| N ₂ パージ(常温H ₂ 置換) | 配管の過圧 | ヒューマンエラー 圧力サージ 陸側設備の故障 圧力計の故障 | 配管損傷 GH ₂ 漏えい |
| 水幕開始 | 装置の不具合 | 経年劣化 配管等の損傷 | オペレーションの中止 |
| ESDテスト(ホット時) | ESDの失敗 | 劣化・故障 | オペレーションの中止 |
| タンク内槽圧力減圧 | 減圧失敗 | カーゴコンプレッサの故障 ヒューマンエラー 圧力計の故障 ラインアップ (バルブ操作)の失敗 | タンク過圧 オペレーションの遅れ |
| アーム/ライン冷却 | 供給速度の異常による 熱応力 | ヒューマンエラー カーゴコンプレッサの故障 バルブの故障 スプレーポンプの故障 | 配管損傷 GH ₂ 漏えい LH ₂ の小規模漏えい |
| ESDテスト(コールド時) | ESDの失敗 | 劣化・故障 | オペレーションの中止 |

| 作業フェーズ | 想定される事故等 | 原因 | 想定される結果 |
|---|----------------------|---|--|
| 移送 | 天候の急変 | | 船体動揺 ESDの実施 オペレーションの中止 |
| | バラスト水の放出停止 | ポンプ等設備の故障 | 船体動揺 オペレーションの中止 |
| | ベーパーラインの閉塞 | 陸側プラントのトラブル | タンク内過圧 |
| | リキッドラインの閉塞 | 異物混入 | ポンプの損傷 |
| | 陸側圧送システムの 停止(積荷時) | 劣化・故障 停電 | 荷役停止 荷役停止 |
| | カーゴポンプの停止 (揚荷時) | 劣化・故障 停電 | 荷役停止 荷役停止 |
| | 外部火災 | 居住区火災 陸側プラント火災 | 居住区損傷(ESDの実施) プラントの損傷(ESDの実施) |
| | ESDの失敗 | 劣化・故障 | 船側タンクの過充填 タンクの過圧 ベーパーラインへのLH ₂ 流入 |
| | ERSの失敗 | 劣化・故障 | ローディングアームの損傷 中規模漏えい |
| | 陸側BOG処理システム故障 | 劣化・故障 | オペレーションの中止 |
| | 他船の進入・衝突 | 漂流船 見張り不十分 他船とのコミュニケーション不足 | 船体損傷 ローディングアームの損傷 中規模漏えい タンク損傷の場合大規模漏えい |
| | | | |
| H ₂ パージ(常温H ₂ 置換) | 配管の過圧 | ヒューマンエラー 圧力計の故障 陸側設備の故障 | 配管の損傷 GH ₂ 漏えい |
| H ₂ パージ(N ₂ 置換) | 配管の過圧 | ヒューマンエラー 圧力計の故障 陸側設備の故障 | 配管の損傷 H ₂ を含むGN ₂ 漏えい |
| アーム切り離し | 切り離しに失敗 | カップリングの故障 アームの可動性の喪失 荒天 フランジ面接触による損傷 | オペレーションに遅れ |
| 水幕停止 | 停止しない | 設備の劣化・故障 | オペレーションに遅れ |
| ギャングウェイ撤去 | 切り離しに失敗 | 設備の劣化・故障 荒天 | オペレーションに遅れ |
| ケーブル切り離し | 切り離しに失敗 | 接続部の故障 荒天 | オペレーションに遅れ |
| 離積 | 離積失敗 | 荒天 機関故障 | 船体損傷 積橋損傷 オペレーションに遅れ |

3. 水素等の特性とリスクマネジメントの考え方 ※新たに追加

(3) 事故シナリオの検討

・洗い出した事故要因についてどのような影響が起こりうるかリスク評価を行った上で、安全対策が必要な水素等の漏洩など事故に至る事象を抽出し、事故シナリオを検討する。

【荷役設備から貯蔵施設への配管や、貯蔵施設に関連する事故要因】

・高圧ガス保安法等の各法令に基づく対応が必要。

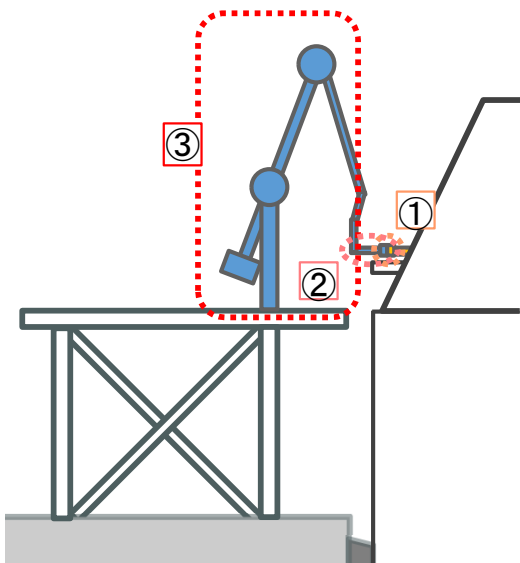
【他船の衝突や、地震津波等の大規模災害に関連する事故要因】

・タンカーバース通達に基づき、警戒船の配備等の対策が必要。

・受入拠点のみで対応可能な範囲を超える大規模漏洩については、各地域において災害対策基本法に基づく「地域防災計画」等により大規模災害を回避するための対策が検討されている場合があり、これらの把握とともに、現場での初動対応や関係機関との連絡体制の確認等を行うことが重要。

・岸壁等周辺に消防設備・除害設備等を設置すること等により対応すべき事故要因について想定される事故シナリオに対し、ガス拡散シミュレーション等により災害規模の想定を行った上で、具体的な対策を検討する。

岸壁等周辺に消防設備・除害設備等を設置すること等により対応すべき事故シナリオの例



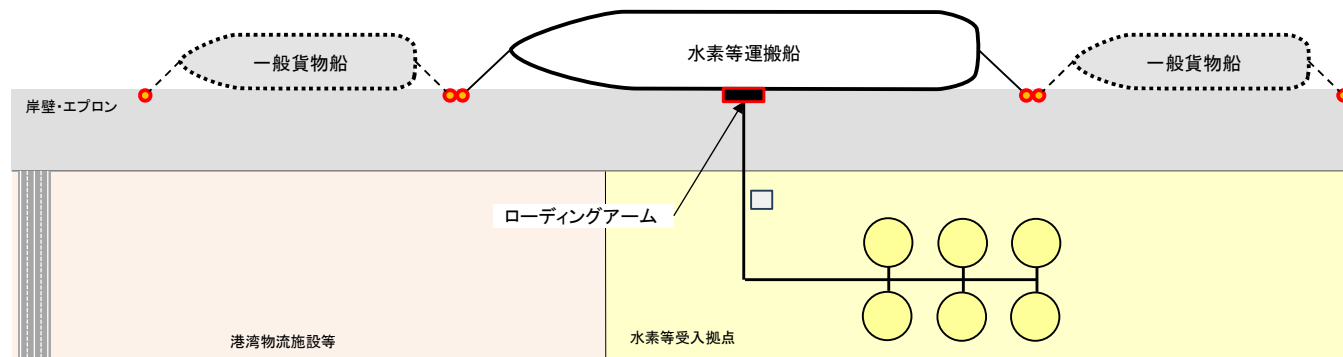
| | 事故シナリオ例 | 漏洩量 | 対応例 |
|-----|--|--------------------------------------|--|
| ① | ・LA 接続部のフランジギャップからのガス漏洩 ・スィベルジョイントのシール破損によるガス漏洩 ・ピンホール等の配管小規模損傷によるガス漏洩 | ガス少規模漏洩 数百mL程度の 継続流出又は 瞬間流出 | ・作業員の安全を確保した上で、漏洩停止（バルブの締め直し、ピンホールを塞ぐ等） |
| ② | ・緊急離脱装置（ERS）作動時の緊急離脱カップラー（ERC）が正常に作動せず、 <u>カップラー内の液化ガスの漏洩</u> | 液化ガス 中規模漏洩 数L～数十L程度 | ・放水による発火源除去のための希釈、攪拌（水素） ・漏洩に備え、事前放水の実施、漏洩時の放水による希釈・除害（アンモニア） |
| ③ | ・災害時等に緊急離脱装置（ERS）が正常に作動しないことなどにより、ローディングアームが損傷しローディングアーム内の液化ガスの漏洩 | 液化ガス 大規模漏洩 数百～数千L程度 | |
| その他 | ・真空二重配管の断熱構造破壊による液化酸素・液化空気の発生（液化水素の場合） | | ・漏洩箇所の隔離・供給停止 ・蒸発の促進 |

4. 水素等の受入拠点において想定される港湾施設の利用方法

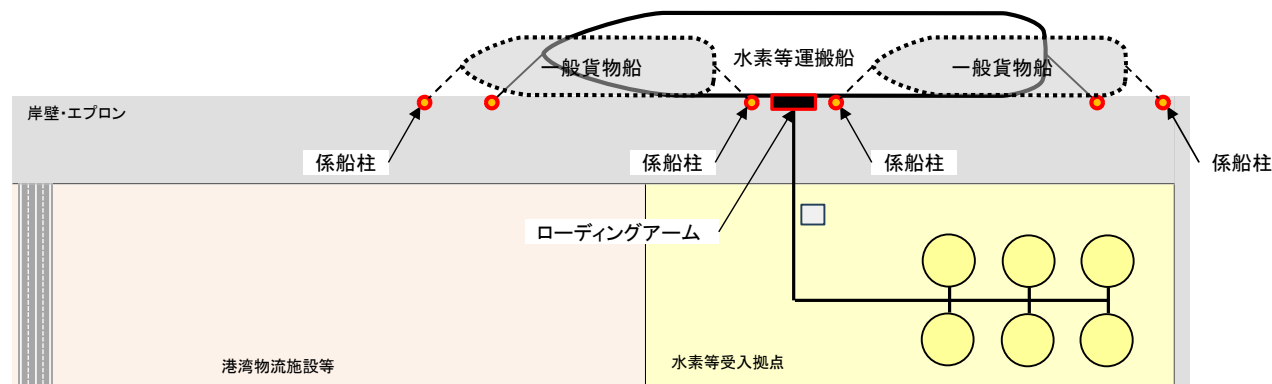
○限られた港湾空間・施設を効率的に活用していく水素等の受入拠点を形成する必要があり、想定される以下の利用方法のうち、②及び③については特に安全基準等に係る留意が必要。

- ① 隔離された岸壁等を他の岸壁利用と重複せず利用する場合
- ② 一般貨物等の取扱岸壁等と隣接した岸壁等を利用する場合
- ③ 同一岸壁を他の利用と重複して利用する場合

○各港湾脱炭素化推進協議会等を通じて港湾管理者と各関係者が調整し、地域の実情に沿った受入拠点の整備・運営方法の検討が必要。



一般貨物等の取扱岸壁等と隣接した岸壁等を他と重複せず利用する場合



同一岸壁を他の岸壁利用と重複して利用する場合

5. 施設配置と安全管理・運用に係る留意点

(1) 需要の把握

- ・水素等の年間の取扱量、輸送船舶の船型(船長、船幅、喫水等)、寄港頻度、1寄港当たりの着岸日数の把握が必要。
- ・貯蔵場所の確保や供給先の観点も踏まえ、受入の適地の検討が必要。
- ・同一、もしくは、隣接する岸壁等を他の船舶が利用する場合、上記と同様の検討が必要。

(2) 船舶の係留・荷役に係る岸壁等の検討

(水素等運搬船と他船舶と同一岸壁を利用する場合)

- ・同時に着岸しないよう調整が可能か確認が必要。
- ・ローディングアームが他船舶の荷役に支障を来さないことの確認が必要(他船舶用の荷役機械が水素等の荷役に支障を来さないことも確認が必要)。
- ・支障を来す場合、係留位置をずらす等の対応が必要となるが、係留綱が荷役機械(周囲に設置するフェンス等を含む)と干渉しない係船柱の配置が可能か確認が必要。

(水素等運搬船と他船舶と隣接する岸壁を利用する場合)

- ・水素等の運搬船については他船舶の離隔を30m(条件によっては15m程度まで低減)以上離すことのみならず、他船舶用の係船柱が水素等運搬船付近の立入り禁止エリアに含まれないことの確認が必要であり、その上で係船柱の配置は、水素等の運搬船の係留索と隣接する他船舶の係留索が干渉しないよう確認が必要。
- ・上記に留意し係船柱を配置した際に、岸壁が牽引力に対応できるかの確認が必要。

(その他の留意点)

- ・総トン数が2万5千トン以上の場合、水素等運搬船の係船柱はクイックリリース型が望ましいとされており、他船舶の係留が可能か確認が必要。

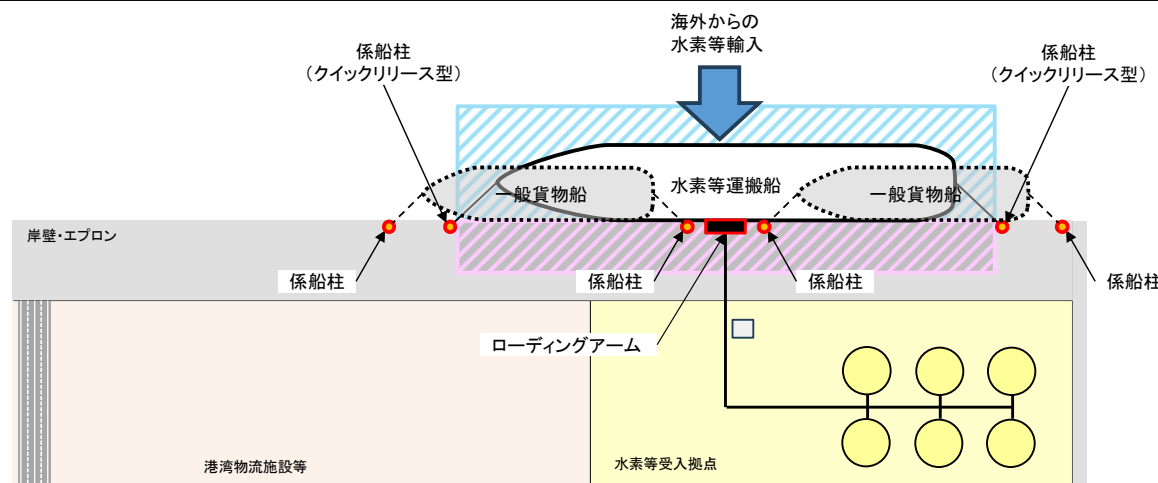


図 同一岸壁等を水素運搬船と他船舶が利用する場合の施設配置イメージ

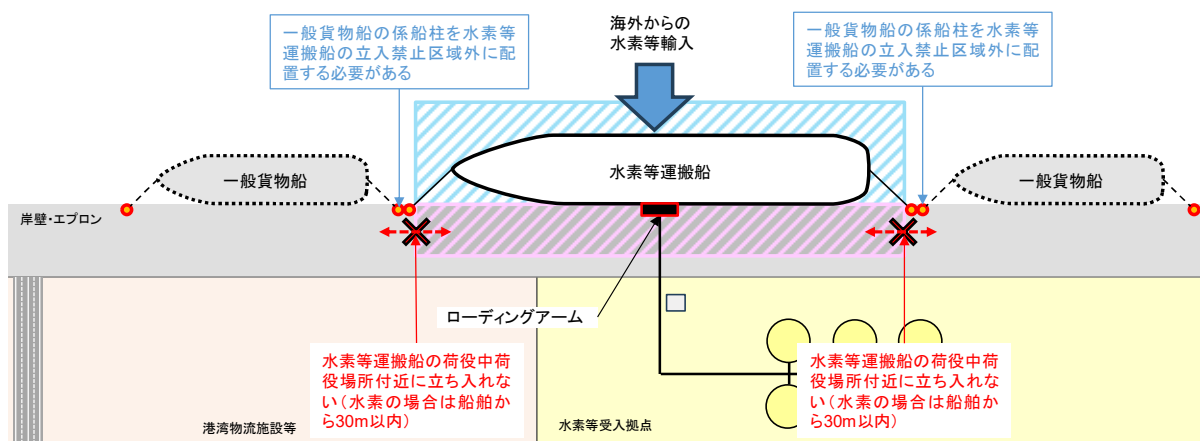


図 隣接した岸壁等を水素運搬船と他船舶が利用する場合の施設配置イメージ

5. 施設配置と安全管理・運用に係る留意点

(3) ヒト・車両等の輸送導線の検討(平面的な観点での検討)

(平面的な観点)

※岸壁等を横断するように水素等の導管が配置されることに留意が必要。

- ・石炭等をベルトコンベアで輸送する場合、水素等の導管と必要間隔が確保できる配置の検討が必要。
- ・水素等の荷役時に他船舶が着岸する場合、立入り禁止エリアを避けて、係船作業(綱取り)の要員・車両の移動、貨物輸送車両の通行ができるよう、通路の確保が可能か確認が必要。
- ・立入り禁止エリアの直背後に通路の確保が困難な場合、別途、迂回路の確保が可能か確認が必要。
- ・通路、迂回路のいずれも確保が困難な場合、水素等運搬船と他船舶の着岸場所を入れ替える等についても検討が必要。

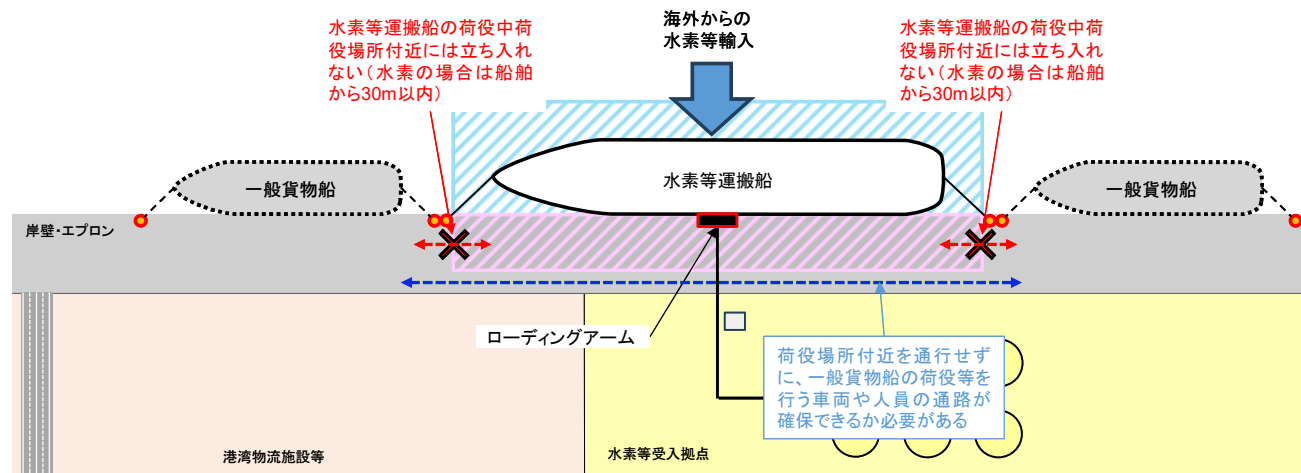


図 他船舶の係留、荷役に係るヒトや車両の通路の確保のイメージ

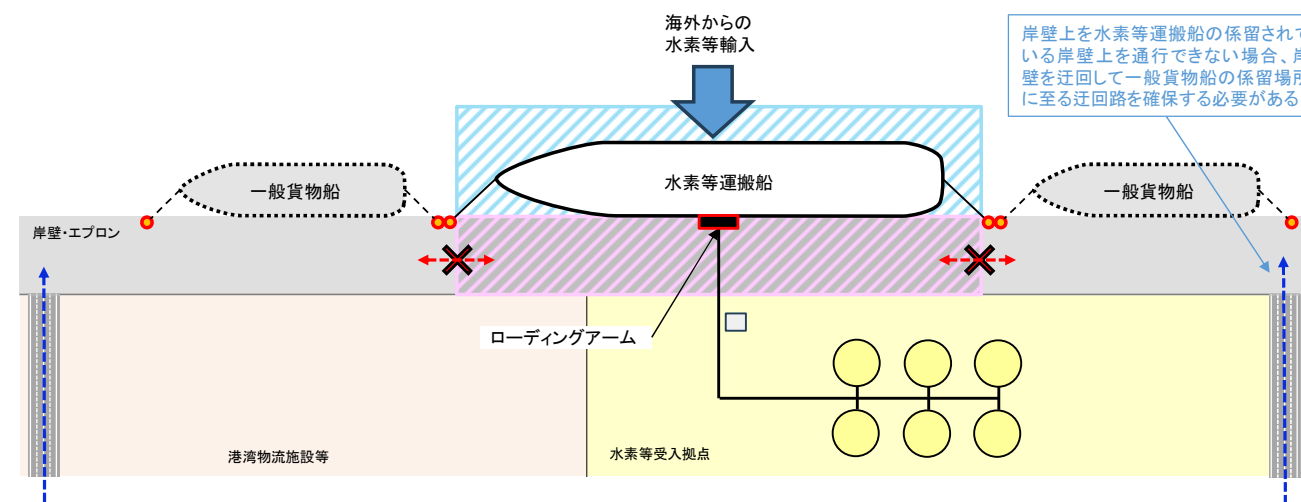


図 他船舶の係留、荷役に係るヒトや車両の迂回路の確保のイメージ

5. 施設配置と安全管理・運用に係る留意点 ※新たに追加

(4) 安全管理・運用に係る留意点

(荷役設備の一般的な構造と留意点)

- ・荷役設備は、岸壁等に直接設置される場合と、架台上に設置される場合が想定される。
- ・これら荷役設備の構造を決定する際は、受入が想定される水素等運搬船のマニホールド部分の高さ、ローディングアームの可動限界、船体動揺量等を踏まえる必要がある。
- ・架台上に荷役設備を設置する場合は、消防設備・除外設備等を含む必要な設備の設置有無を踏まえ、架台の規模の検討が必要。

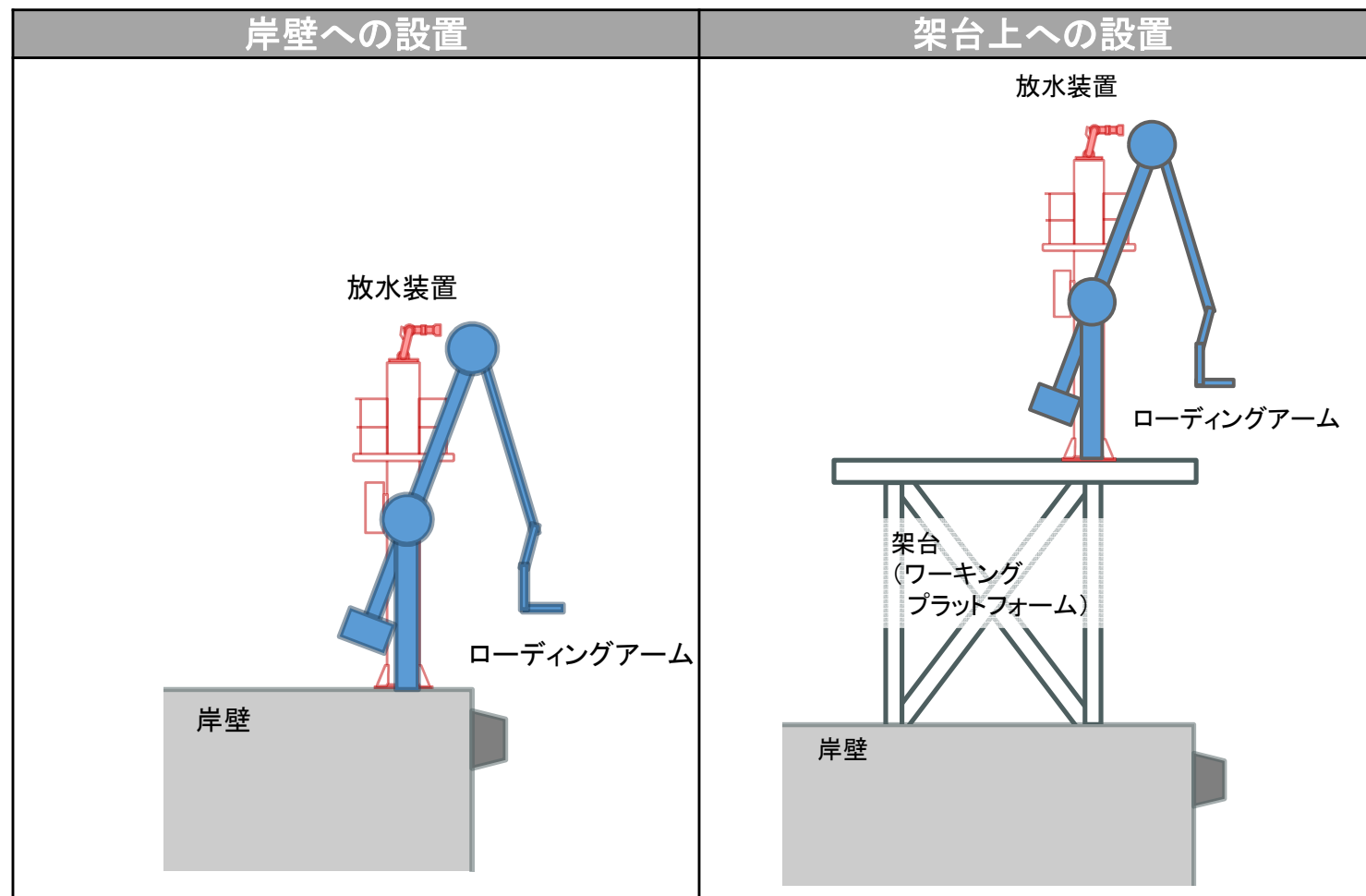


図 荷役設備の構造例

5. 施設配置と安全管理・運用に係る留意点 ※新たに追加

(4) 安全管理・運用に係る留意点

(消防設備・除害設備等の配置と留意点)

＜液化水素＞

本図はあくまで一例であり、実際に検討する際は各種事故シナリオの想定を踏まえた総合的な検討が必要である。

- ・液化水素が漏洩した場合、気化した水素に引火したとしても広範囲の火災に及ばないように制御するため、水霧等による封じ込めが考えられる。また、強制的に消火を行うと、残留する未燃性ガスに再引火する危険性があることから、燃やし尽くすことが考えられる。事故シナリオや拡散シミュレーションの結果を踏まえ、十分な量の水霧を広範囲に放水できる放水銃等の装置や放水機能を有する消防船の配備の検討が必要となる。
- ・適切な消火活動を行うためには、水素の燃焼範囲を把握できるようにすることが望ましく、海水をかけ炎色反応させ把握すること等が考えられる。その際には、その方法を考慮した消火設備への配水計画が必要。
- ・荷役場所の危険区域を設定し、消防設備・除害設備等の防爆性能の有無を踏まえた設置場所の検討が必要となる。

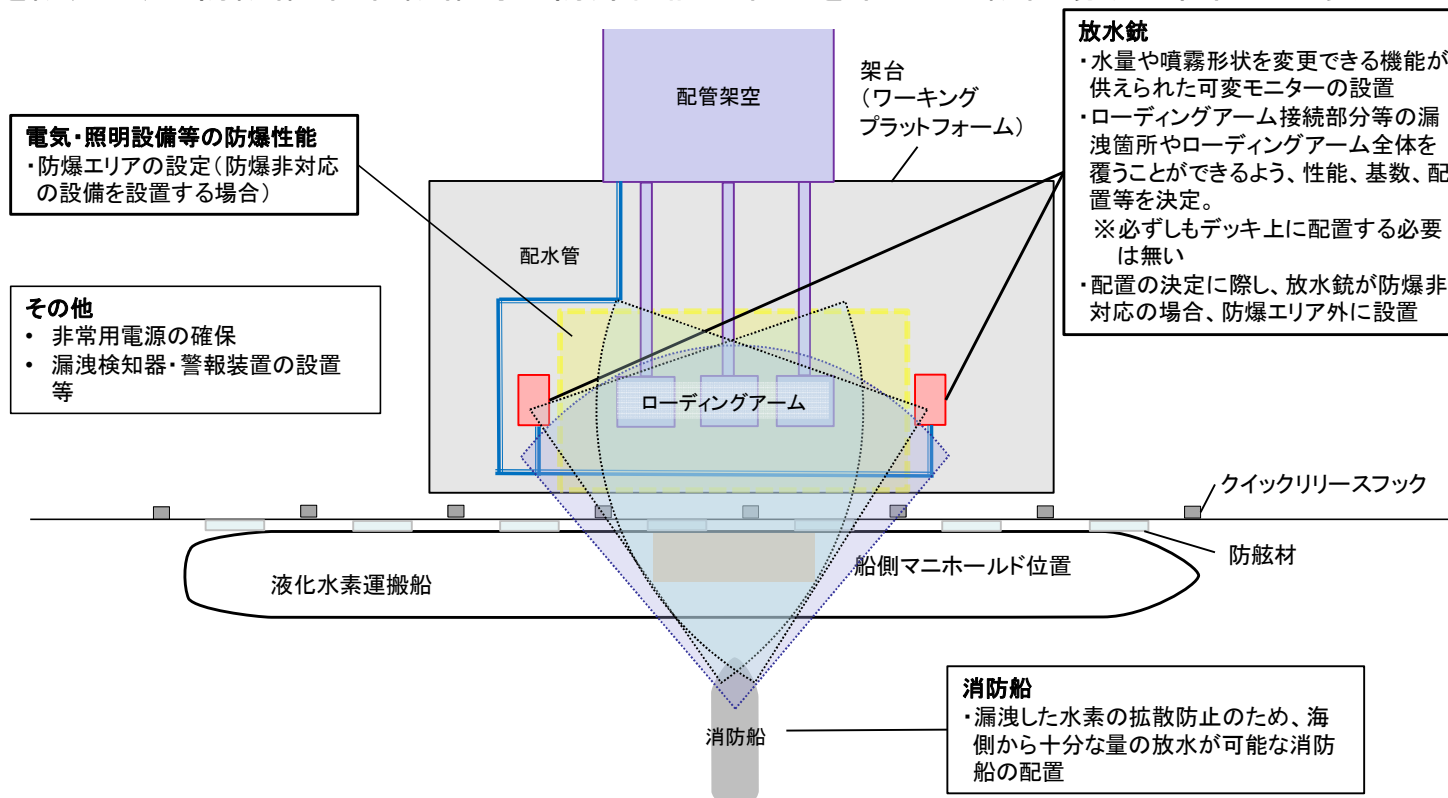


図 液化水素の荷役設備における消火設備の配置例

5. 施設配置と安全管理・運用に係る留意点 ※新たに追加

(4) 安全管理・運用に係る留意点

(消防設備・除害設備等の配置と留意点)

<液化アンモニア>

本図はあくまで一例であり、実際に検討する際は各種事故シナリオの想定を踏まえた総合的な検討が必要である。

●漏洩状態に応じた除外対応

・液化アンモニアがドリフトレイなど閉鎖的な容器内にたまっている場合は、直接放水するとガスの蒸発気化を急激に促進させ、かえって危険な状態を招く可能性があり、表面を防水シートで覆うなどで拡散を防ぐことが考えられ、ガス拡散防止のための器具・装置の設備の検討が必要。

●除害や拡散防止のための施設配置

・大量のアンモニアが漏洩した場合は、アンモニアガスの周辺への拡散を防ぐため、アーム又はホースの接合部付近を覆うことができるよう、2方向以上から広角で放水できる放水銃の設置、海側に十分な放水能力を有する消防船の配備の検討が必要。

・背後圏や隣接する事業所等の地域特性を踏まえ、どのくらいの濃度に抑え込むかなど適切な除害の検討が必要。

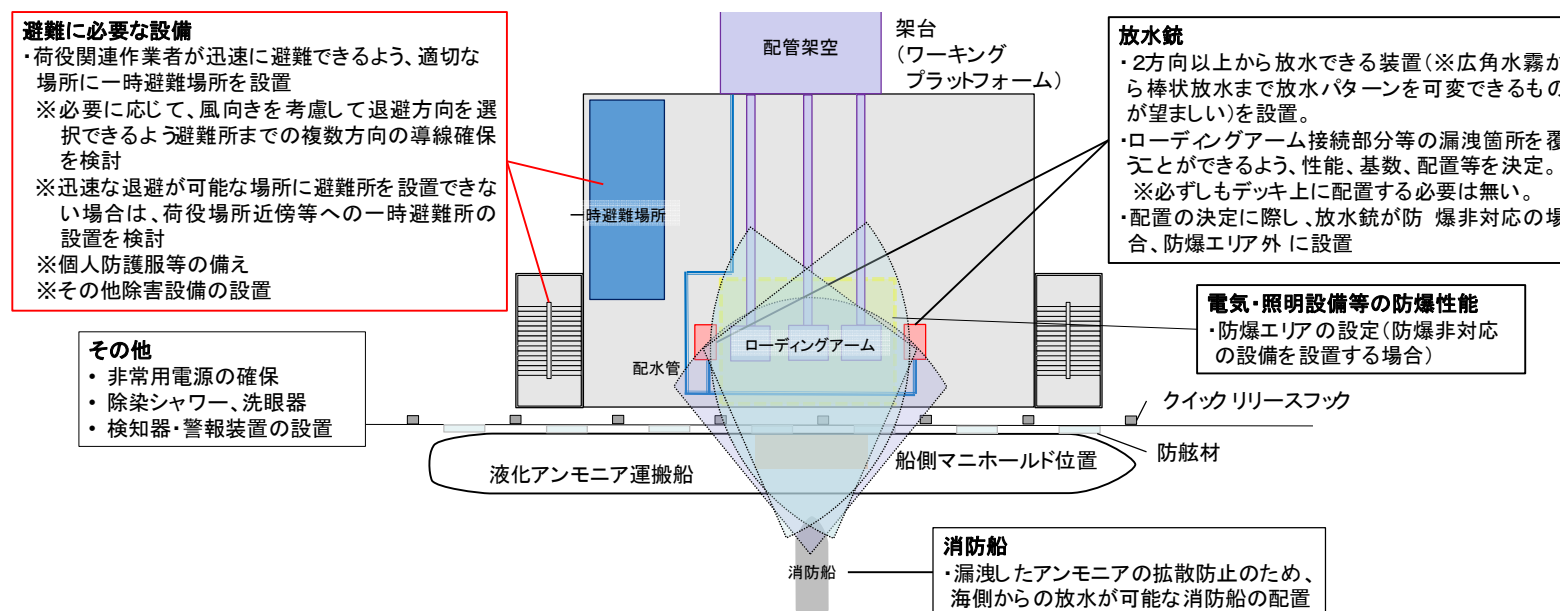


図 液化アンモニアの荷役設備における除害設備等の配置例

5. 施設配置と安全管理・運用に係る留意点

※新たに追加

(4) 安全管理・運用に係る留意点

(消防設備・除害設備等の配置と留意点)

＜液化アンモニア＞

●避難所の設置・避難導線の確保

- 事故シナリオや被害想定を踏まえ、荷役関連作業者が迅速に避難できるよう、適切な場所に一時避難場所の設置が必要。その際、必要に応じて風向きを考慮して退避方向を選択できるよう避難所までの導線を複数方向確保することが考えられる。また、迅速な退避が可能な場所に避難所を設置できない場合は、荷役場所近傍等への設置の検討も考えられる。

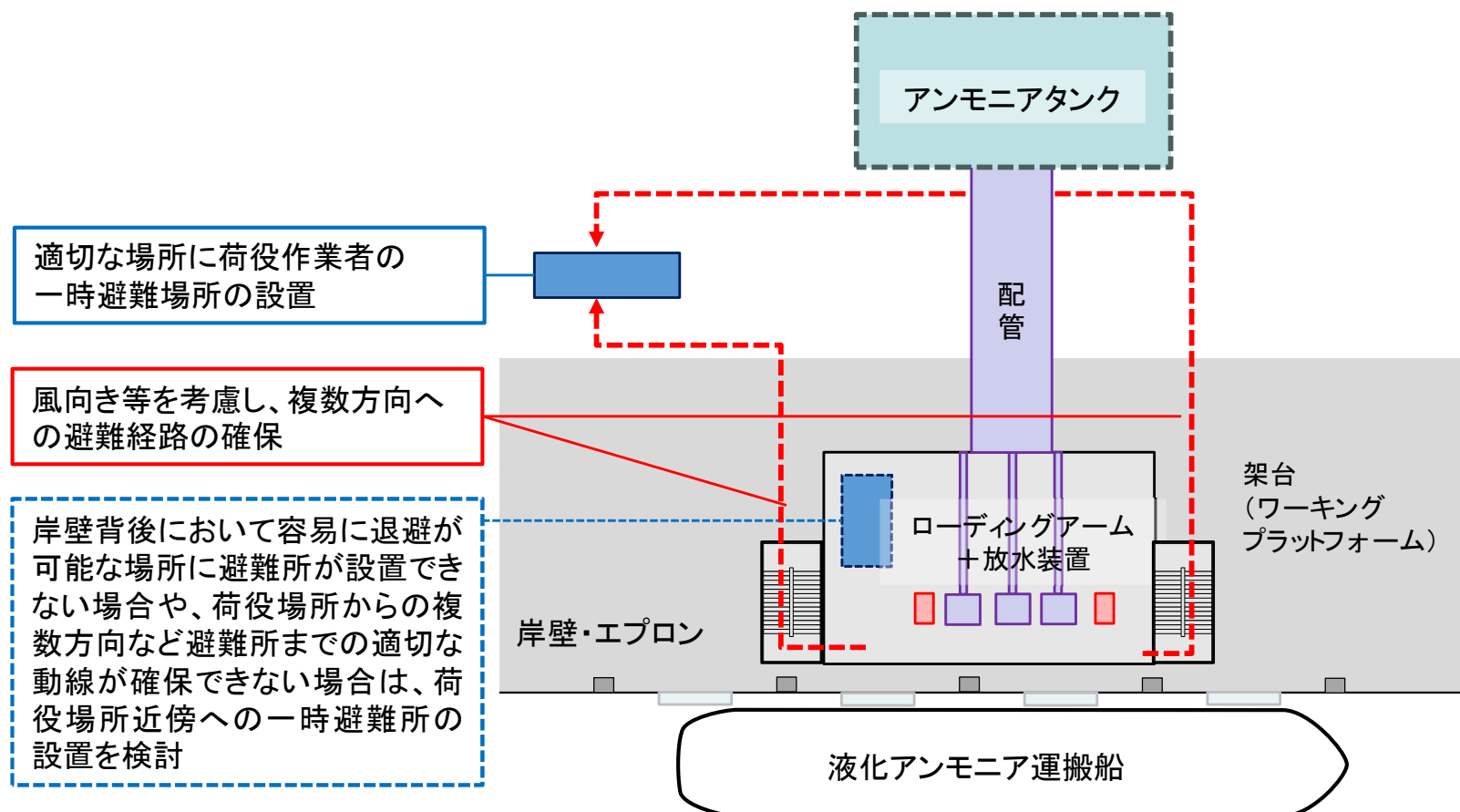


図 避難所の設置イメージ

(岸壁等から受入拠点間)

- ・受入拠点が高圧ガス保安法、電気事業法、ガス事業法のどの法律の適用施設かによってパイプラインの扱いが異なることに留意が必要。
- ・ヒト・車両の通行に支障が無い高さにパイプラインを設置することが可能か検討が必要。
- ・埋設することも可能であるが、特に高圧ガス保安法が適用される場合は、0.6m以上地盤面から下にパイプラインを埋設する必要があることに留意が必要。
- ・ソーラスフェンスを横断する場合は、パイプラインをヒトが伝ってフェンスを乗り越えられるといったことのないよう、埋設するか、架設する場合にはヒトが昇り降りできない構造にする必要があることに留意が必要。

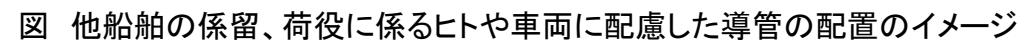
(受入拠点と需要家間)

- ・受入拠点および需要家に適用される法令さらに設置場所(工業専用地域内または外)によって、パイプラインに係る基準が異なることに留意が必要。
- ・対象とするパイプラインの地盤面上へ設置可否や、橋梁への添架の可否を確認することが必要。

【高圧ガス保安法が適用される場合の基準例】

※導管は、地震、風圧、地盤沈下、温度変化による伸縮等に対し安全な構造の支持物により支持し、地盤面から離して設置する必要がある。

※車両等の衝突により導管又は導管の支持物が損傷を受けるおそれのある場合は、適切な防護措置の検討が必要。



5. 施設配置と安全管理・運用に係る留意点

(6) 周辺の土地への対応の検討

- ・将来的な拡張可能性を含め、整備が計画されている水素等の取扱施設の離隔距離が周辺の土地にも及ぶ場合は、将来的な水素等の取扱施設の整備に影響がないよう、離隔距離を保つべき工作物等が周辺の土地に建設されないよう対策を講じることが必要。

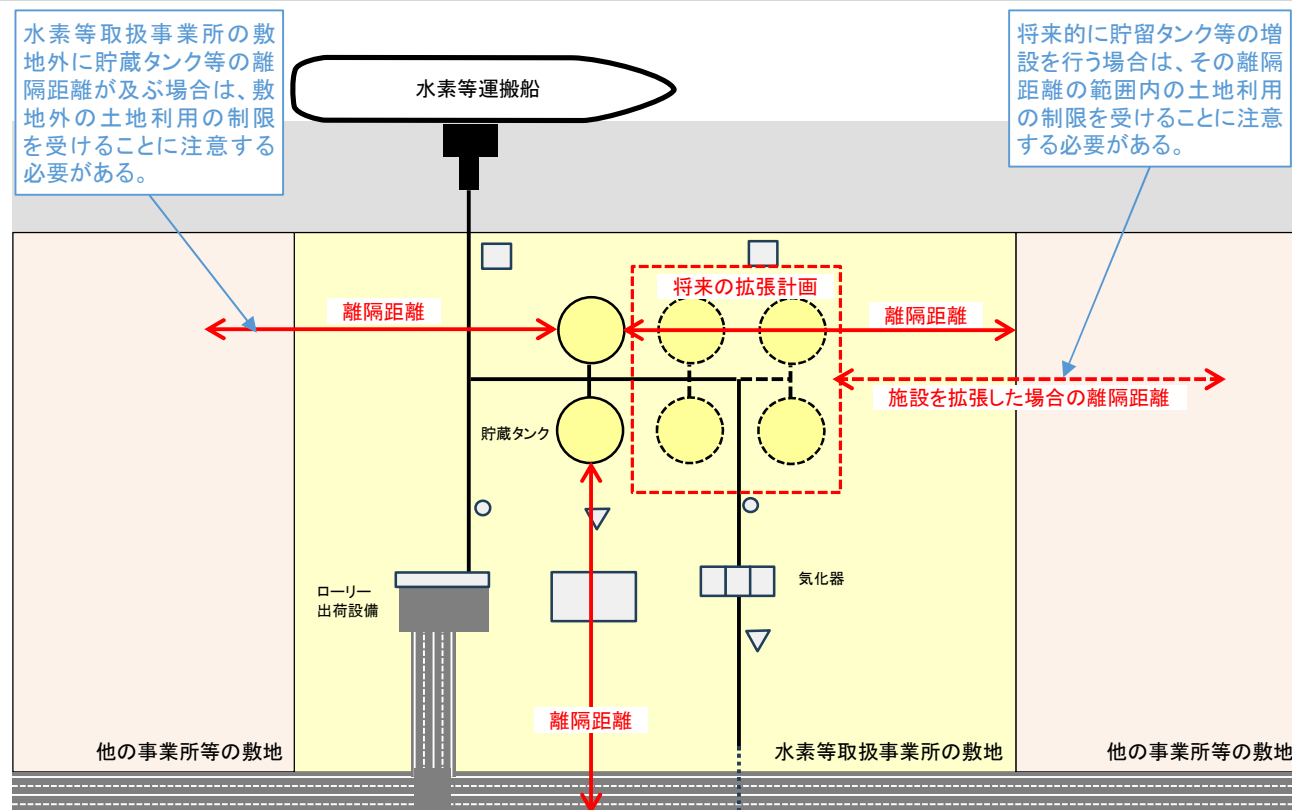


図 離隔距離の範囲内の土地利用が水素等の受入拠点に影響を及ぼす場合のイメージ

(7) 将来的な水素等の需要増大への対応の検討

- ・水素等の需要量が将来的に増加した場合に対応し、水素等運搬船の使用回数の増加や大型化が必要になった場合に、係留施設の延伸や増深、背後用地の確保が可能か検討が必要。

(8) 自然災害への対策の検討

- ・水素等の取扱岸壁等において、気候変動に伴う潮位上昇等への対策について検討が必要である。