

第5章 送油設備（ポンプ・配管）の設計

5.1 ポンプ設備

5.1.1 計画地に対して

計画地は沿岸部に位置するため、厳しい腐食環境が懸念される。そのため配管材の選定や塗装には十分注意する必要がある。

本計画では、巡視船岸壁 A,B,C から給油できるように給油設備を設置する。ただし、一岸壁の No.1 バース及び No.2 バースでの同時給油は無いものとする。A 重油を送油（給油）するためのポンプは、各岸壁に対して1台（計3台）設けるが、ポンプのメンテナンスおよび故障を考慮して、各ポンプが互いに他ポンプのスペアとして運転できるように配管を敷設し、バルブの開閉により配管系統を切り替えることができるようにする（巡視船係留後のバースシフトが困難なため、ポンプ故障時は配管系統を切り替えることで給油する）。

巡視船岸壁 B,C については、岸壁中央に給油口を設置し、ゴムホースの接続向きを変えることにより、No.1 バース及び No.2 バースの両バースで給油できるようにする。

5.1.2 ポンプ能力の検討

タンクから巡視船へ送油するためのポンプは、同様の設備で用いられる渦巻きポンプを採用する。給油時の流量（≒ポンプの吐出能力）については、暫定的に 250kL/h と設定した（現状のバンカー船による給油では、およそ 100kL/h の給油作業であったため、約 2 倍の流量で給油作業が可能となるように設定した）。ポンプ能力の算定に用いた A 重油の物性を下表に示す。この値は、弊社で直近に計画した給油設備の設計に用いた A 重油スペックである。

表 5.1.2.1 物性表

流体名	A重油
密度[kg/m ³]	882.8 (@15°C)
粘度[cP]	4.86 (@20°C)

上表の物性データを用い、配管サイズ及びポンプに必要な揚程を検討する。配管サイズの検討は、現在計画されている配管ルート図及び想定される配管雑品を含めた上で、配管圧力損失と流速を考慮し、最適と思われる選定を行った。なお本検討において、配管の肉厚は全てのサイズで Sch40 と設定した。

配管圧力損失は、一般的な单相流の円管内の圧力損失計算に採用されるダルシー・ワイズバッハの式（Darcy-Weisbach Equation）を用いて算出した。

$$dP = \lambda \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{\rho V^2}{2}$$

$$\lambda = \frac{64}{Re}$$

$$Re = \frac{VD}{\nu}$$

dP : 摩擦圧力損失[kPa]

λ : 摩擦損失係数

L : 配管相当長[m]

D : 配管内径[mm]

ρ : 流体密度[kg/m³]

V : 流速[m/s] (= 流量 / 配管断面積)

Re : レイノルズ数

ν : 動粘度[m²/s] (= 粘度 / 密度)

【計算結果】

1) [受入配管のサイジング]

A重油のタンカーによる受入は、2船同時受入は無いものとして計算した。

受入時の流量は、タンカーに搭載されているポンプ能力によるが、本計算では、2,000DWT級タンカーに搭載されているポンプ能力700kL/h*¹とした。(2,000DWT級タンカーによる給油は、給油基地の燃料総保有容量6,000kLに対して、想定される1回の燃料受入量となる)。

*1) 次ページに参考として2,000DWT級タンカーの船舶証明書を示す。荷役設備の主ポンプ能力750KL/Hより実稼働時を700kL/hと想定した。

表 5.1.2 計算結果①

A重油受入		流量	700	kL/h
サイズ	A	200	250	300
Sch	-	40	40	40
内径	mm	199.9	248.8	297.9
流速	m/s	6.20	4.00	2.79
dP/100m	kPa	144.2	49.0	20.6

計算結果より、A重油受入は250Aが最適と判断する。

(可燃性液体の流速は、3~5m/sが望ましい。)*²

*2) A重油は、引火点が40℃を超える（A重油の設計引火点60℃）
 不気化性の非常電石油製品であり静電気対策は不要とされている。
 そのため消防法で定められている流速制限（1m/s）に該当
 せず通常の3~5m/s 運転とした。

船 舶 明 細 書

船 名			
<船舶要目>			
積荷油種	船長氏名	荷役責任者氏名	
運航形態	船舶番号	信号符号	
船 質	乗組員数	航行区域	
内航許可番号	竣工年月日	船 級	
建造所	進水年月日	船舶電話	
MO資格	総 務 港	ファクシミリ	
運航会社			
船舶所有者	総トン数	載貨重量トン数	
緊急連絡先	紀の種類	バウスラスター	
納入者	推進機の種類	スターンスラスター	
主要寸法 m	航海速力	船 底 構 造	
喫 水	満船 空船	バラストタンク容量	
主機関	補 機	船首	
メーカー・馬力	メーカー・馬力	二重底	
KW X 台数	KW X 台数	船尾	
PI 加入額	TVP加入有無	船主団体	
		全日本海員組合	
<航海安全機器等>			
居眠り防止援助装置	自動操舵と居眠り防止電流変動		
レーダー機種	ARPA 機能	GPS	
	ARPA 機能	GPSプロッター	
コンパス	船橋航海当直椅子	オートパイロット	
<荷役関連設備等>			
マニホールド	主ポンプ	積荷最大受入能力	
左舷	メーカー	アレーシホール	
右舷	型式	ビープホール	
マニホールド位置 (船体中央より)	能力	ブリザーバルブ	
甲板よりマニホールド 中心までの高さ(トラック上)	残油ポンプ	メーカー	
マニホールドより 舷側までの距離	メーカー	型式	
パラレルポディーの 長さ(m)	能力	吸排気圧	
(船体中央より)	残油回収ポンプ	安全工具	
メインラインサイズ	メーカー	防煙型携帯電灯	
ドロップライン	型式	人体除電方法	
末端形状	液 面 計	ポンプストレナー	
サイズ	メーカー	デッキストレナー	
アースの有無	高精度計	槽内コーティング	
ライン先端が浸かる数量	捕捉荷役中運転	塗装	
タンク隔壁の貫通バルブ	揚荷ライン方式	防構造・ランシーバー	
防油板の高さ	ベント管方式	集中制御装置	
係船兼用エアークン	系 統	バルブ	
作業マニュアル	主管サイズ	液面計	
クリーニングマシン	枝管サイズ	積込方法	
ボート (隻)	油槽内加熱装置	密閉荷役	
	加熱方式	二油種同時揚	
	能力	二油種同時積	
	加熱管の高さ	荷役ホース	
<その他の機器等>			
油水分離装置	燃料タンク容量	ボイラー	
廃油焼却炉	槽内換気構造		
火の粉非出防止装置	ガスフリー装置		
オイルフェンス	メーカー		
油吸着材	型 式		
油処理剤	容 量		
自動ガス警報装置	消 火 器		
	持運式		
携帯用検知器	その他の消火設備		
	及び器具		
	火災警報装置		

2) [給油配管のサイジング]

i) タンク～ポンプ吸込み側

タンク～共通配管部分

※共通配管部分の流量は2船同時給油を想定した。

$$\text{流量} : 250\text{kL/h} \times 2 = 500\text{kL/h}$$

表 5.1.3 計算結果②

A重油出荷(共通部)		流量	500	kL/h
サイズ	A	200	250	300
Sch	-	40	40	40
内径	mm	199.9	248.8	297.9
流速	m/s	4.43	2.86	1.99
dP/100m	kPa	77.5	26.5	10.8

計算結果より、A重油給油配管の共通部分は、250Aが最適と判断した。

ii) 分岐点～ポンプ吸込み口

※流量：250kL/h

表 5.1.4 計算結果③

A重油給油		流量	250	kL/h
サイズ	A	150	200	250
Sch	-	40	40	40
内径	mm	151	199.9	248.8
流速	m/s	3.88	2.21	1.43
dP/100m	kPa	85.3	21.6	7.8

計算結果より、A重油給油配管の各ポンプへの分岐点～ポンプ吸込み口間の配管サイズは、250Aが最適と判断する（ポンプ吸込み部分は、キャビテーションの発生防止を考慮して、流速1m/s程度が望ましい）。

Ⅲ) ポンプ吐出口～B 岸壁給油口（最遠点）

※流量：250kL/h

表 5.1.5 計算結果④

A重油給油		流量 250 kL/h		
サイズ	A	150	200	250
Sch	-	40	40	40
内径	mm	151	199.9	248.8
流速	m/s	3.88	2.21	1.43
dP/100m	kPa	85.3	21.6	7.8

計算結果より、A 重油給油配管のポンプ吐出側の配管は、送り先までの距離が長いため、200A を最適と判断した。

3) [必要揚程の推定]

表 5.1.6 計算結果⑤

			送油ポンプ	受入ポンプ
ポンプ吸込	配管相当長	m	65	-
	配管径	A	250	-
ポンプ吐出	配管相当長	m	1404	1056
	配管径	A	200	250
流量		kL/h	250	700
必要差圧		kPa	581	718
必要揚程		m	67.1	82.9

給油配管については、配管サイズを 200A とした場合、70m 程度の揚程が必要となる。

受入配管については、巡視船岸壁 A の受入口からタンク満液状態まで圧送するために 83m 程度の揚程が必要になる。（タンカーに搭載されているポンプ能力に依る。）

5.1.3 配管材の選定

配管材は、危告示第5条に基づき選定する。ポンプは屋外タンク貯蔵所の付属配管として消防申請することで「危政令第11条（屋外タンク貯蔵所）」の基準を適用するものとし、告示に基づき、一般的な配管材である配管用炭素鋼鋼管（SGP、JIS G 3452）とする。

5.1.4 検査及び試験について

非破壊検査（目視検査、浸透探傷検査、放射線透過試験）を下記の要領で行う。

「屋外タンク貯蔵所」、の配管については、外観目視検査は新規配管溶接線全線を対象とし、浸透探傷検査は外面全溶接線長の20%以上を対象とする。検査合格基準は危規則第28条の27第1項による。

5.1.5 その他

配管等へのレタリング（配管系統を表す文字書き）は別途とする。

5.2 配管設備

5.2.1 計画地に対して

計画地は沿岸部に位置するため、厳しい腐食環境が懸念される。そのため配管材や塗装、敷設方法には十分注意する必要がある。また、当該計画地では他の計画が進行しているため、当計画を考慮した上での配管設備を配置することになる。

道路横断部については、トレンチ内に配管を敷設する計画とし、車両通行を考慮し、かつ目視点検可能なグレーチング上蓋とする。トレンチ内には雨水等が流入することが考えられるので、油水分離槽を介して海へ放流する排水設備を設ける。

巡視船岸壁 B,C 上の配管については、ジェット燃料補給用ローリー車や4tトラック（糧食積込車両）の通行を考慮して、トレンチ内に敷設する計画とする。また、巡視船岸壁 B,C の上部工は無筋コンクリート（ $t=1.8\text{m}$ ）

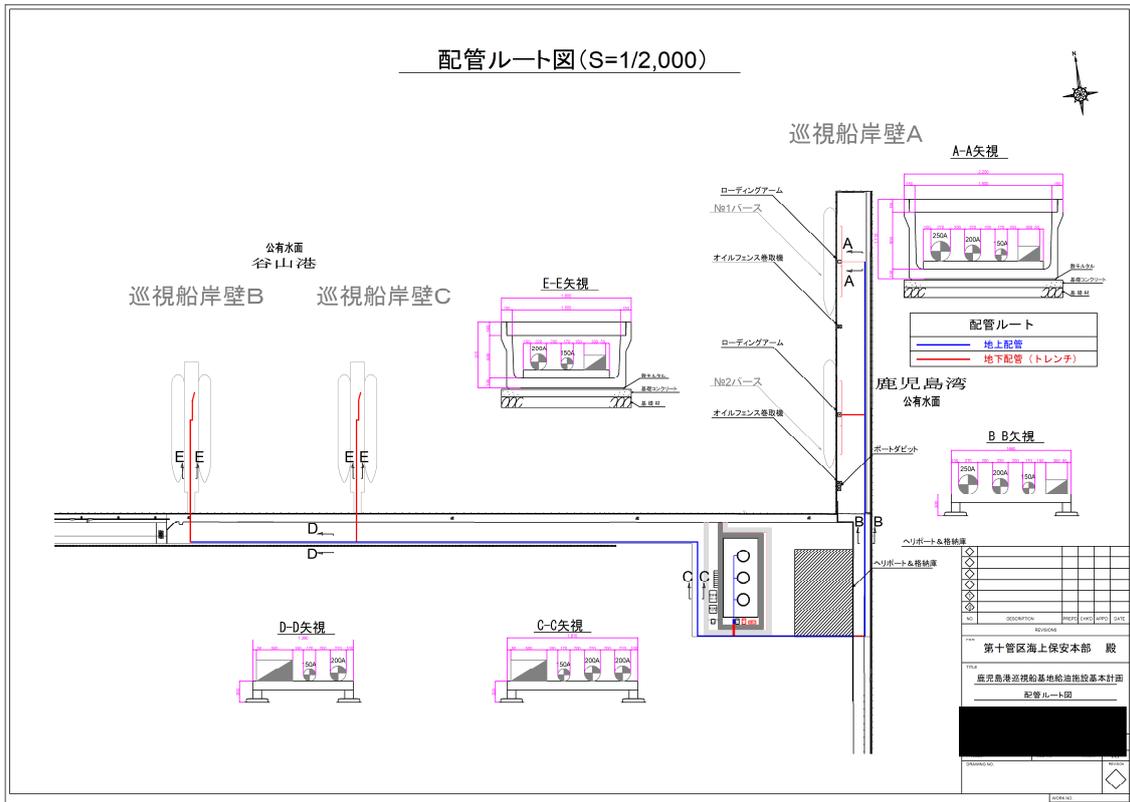


図 5.2.2 構外配管ルート図（A 栈橋）

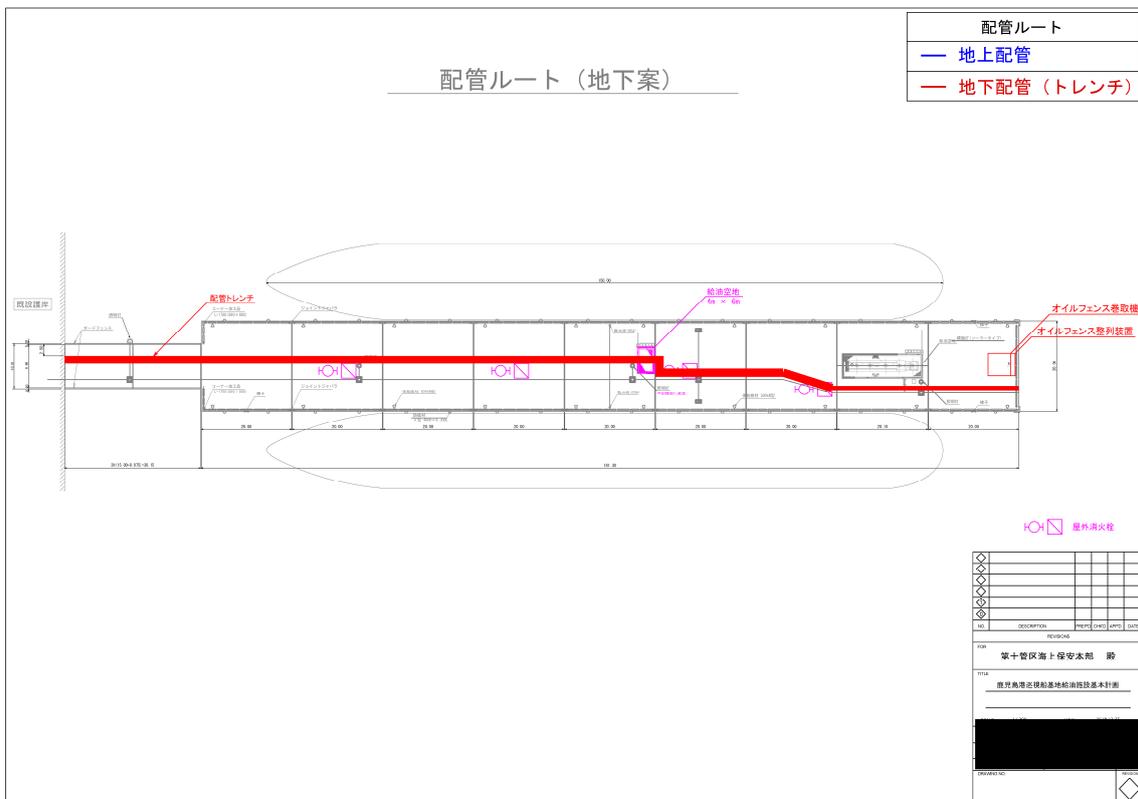


図 5.2.3 構外配管ルート図（B・C 栈橋）地下案

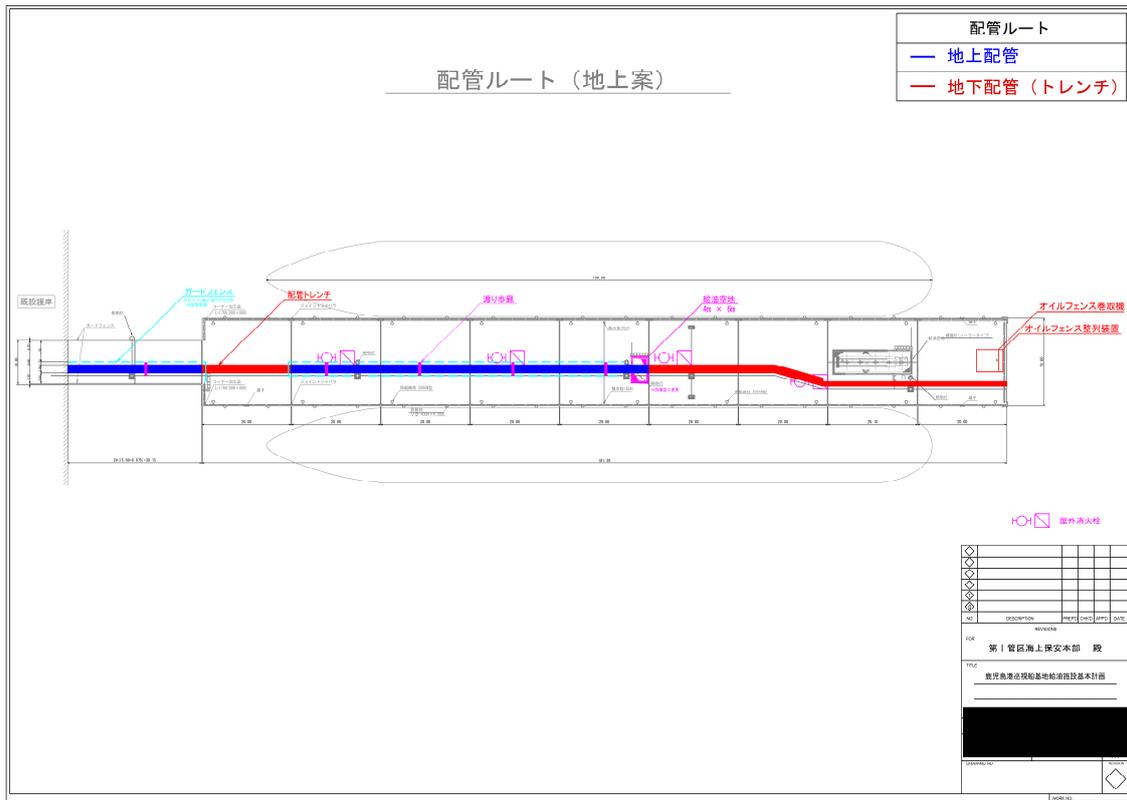


図 5.2.4 構外配管ルート図（B・C 栈橋）地上案

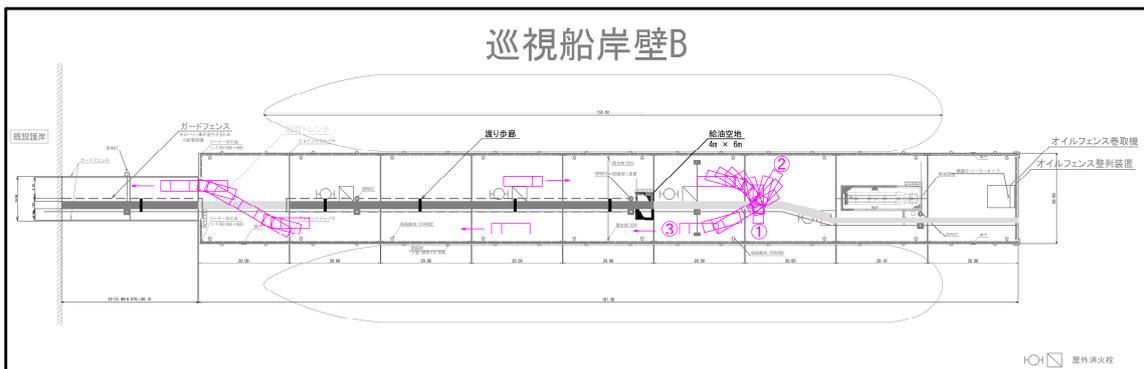


図 5.2.5 4 t トラック軌跡図（B・C 栈橋）地上案

本事業では、栈橋への配管は地下配管とし、
 B・C 栈橋に幅 1 m、深さ 80 c m の側溝を敷設する計画としている。
 詳細については、参考資料 5-1～参考資料 5-4 を参照のこと。

5.2.2 配管材の選定

配管材は、危告示第5条に基づき選定する。本計画に係る配管設備は部分ごとに「危政令第11条（屋外タンク貯蔵所）」、「危政令第18条の2（移送取扱所）」、「危政令第17条（給油取扱所）」の基準が適用されるが、中でも「移送取扱所」の配管設備には厳しい基準が設けられている。

告示に基づき、屋外タンク貯蔵所の付属配管は一般的な配管材である配管用炭素鋼鋼管（SGP、JIS G 3452）とし、移送取扱所及び給油取扱所の配管は圧力配管用炭素鋼鋼管（STPG370 Sch40、JIS G 3454）とする。

5.2.3 配管の接合

配管等の接合方法は、適用基準に基づき決定する。「屋外タンク貯蔵所」、「給油取扱所」の基準が適用される箇所についてはフランジ接合とし、「移送取扱所」の基準が適用される箇所については危規則第28条の7に基づき溶接接合とする。

5.2.4 配管架台基礎

配管架台基礎は、6m毎に設けることとして、数量を計上した。

5.2.5 防錆処置の検討

配管の防錆処置については、腐食環境の厳しい海上部においてアルミナイズ加工と防食テープ巻きの2通りが考えられる。

当該検討位置では次ページの資料に基づき将来のメンテナンスに有利でライフサイクルコスト（L.C.C）を鑑みたアルミナイズ加工を採用する。次頁にアルミナイズ処理の資料（抜粋）を掲載する。

この時、サポート架台接触部の配管（80A以上）には、防食パッドを取り付ける事とする。

アルミナイズ処理（溶融アルミめっき） の海洋環境下に於ける適用事例と L.C.C.について

1

はじめに

- 日本における腐食コストは、1997年で5兆円以上という試算を日本防錆技術協会が発表している。
- 海洋環境下における防食対策の鋼材としては一般的に溶融亜鉛めっきによる方法がとられている
- 海洋環境では、海水飛沫や海塩粒子が鋼材に影響する腐食環境として、非常に厳しい場所である
- 亜鉛めっきによる防食では4～5年程度で鋼材まで腐食が進み、交換や補修が必要となり、腐食損失を考えると非常に不経済である
- そこで塩害損失を低減するため、耐海水性の良い溶融アルミめっきに着目し、検討を進めている

2

溶融アルミニウムめっき工程写真

前処理

↓ 材料の汚れを、脱脂・酸洗にて落とします

アルミナイズ処理

↓ 99%以上の純アルミにて、めっき加工実施

後処理

↓ めっきの汚れを洗浄し、アルミ本来の艶を出します

仕上

↓ アルミタレを除去致します

検査・梱包出荷

製品の最終確認を専門の検査員が検査します

前処理工程



めっき工程



飯岡海岸大気暴露試験結果①



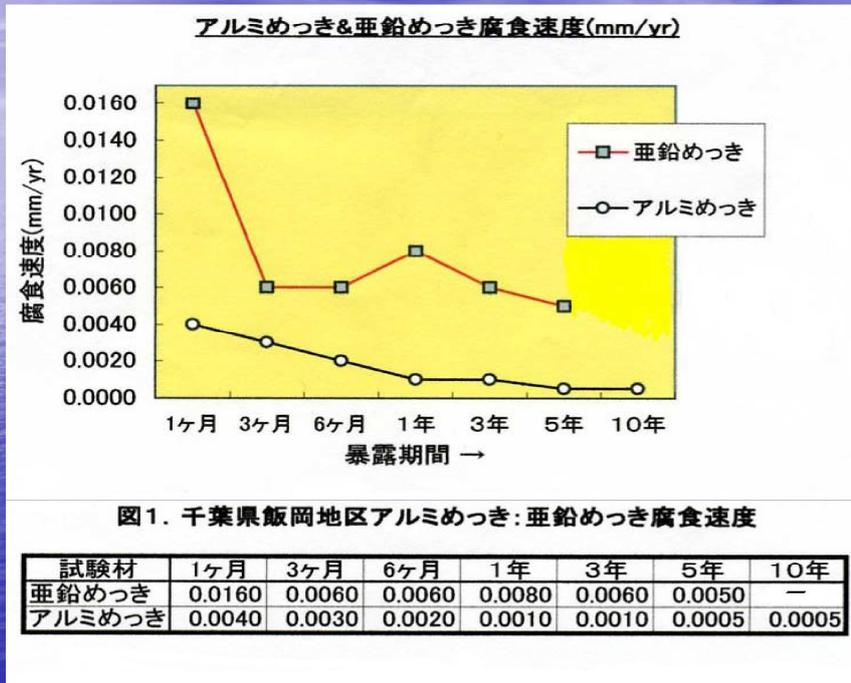
溶融亜鉛めっき



溶融アルミニウムめっき

15年経過 外観状況

飯岡海岸大気暴露試験結果②



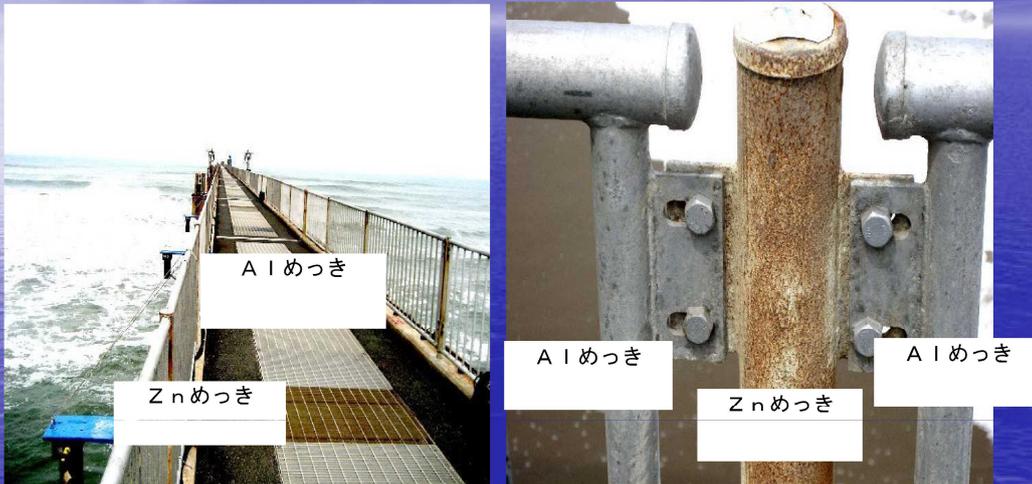
7

飯岡海岸大気暴露試験結果③

- 溶融亜鉛めっき鋼の腐食速度は、約5～8 $\mu\text{m}/\text{yr}$ であり、10年間で素地腐食が確認された。又、15年経過時では腐食により表面凹凸がかなり進行している。
- 溶融アルミめっき鋼材の腐食速度は、約1 $\mu\text{m}/\text{yr}$ であった。海塩粒子等の飛来が多い本試験下での寿命は、約120年～150年程度と推定される。

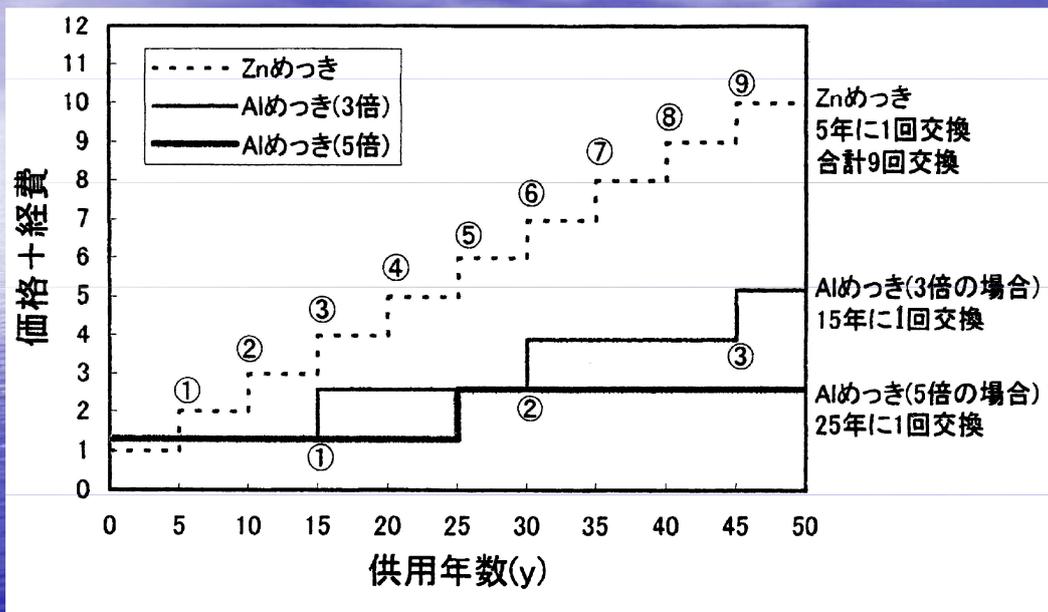
8

7年経過後の設置状況



波崎観測棧橋グレーチングとフェンス

波崎棧橋等の環境下でのライフサイクルコスト



アルミめっきと亜鉛めっきのLCC比較例

L.C.Cの費用算出例

1000万円施工総費用（亜鉛めっき）での場合、アルミめっきの初期コストは約30%高くなるが、50年で換算するとかなりのコストメリットが生まれる。

$$\text{亜鉛めっき} = 1000\text{万} + 1000\text{万} \times 10\text{回} = 11000\text{万}$$

$$\text{アルミめっき} = 1300\text{万} + 1300\text{万} \times 2\text{回} = 3900\text{万}$$

その差 7100万円

21

ま と め

- 海洋環境下ではアルミめっき鋼は亜鉛めっき鋼の3倍～20倍の耐食性がある物と推定される
- L.C.Cや腐食損失を少しでも低減するには、その環境に適した防食材料を採用することが望ましい（適材適所）
- 塩害地域にアルミめっきを採用することで、L.C.C削減だけでなく、CO2削減や省資源化対策として有効であり、環境負荷物質を含有しない為、環境汚染対策にも活用が期待できる

29

5.2.6 検査及び試験について

(1)非破壊検査（目視検査、浸透探傷検査、放射線透過試験）

「屋外タンク貯蔵所」、「移送取扱所」及び「給油取扱所」の配管については、外観目視検査は新規配管溶接線全線を対象とし、浸透探傷検査は外面全溶接線長の20%以上を対象とする。

「移送取扱所」配管については、上記に加え、放射線透過試験を全溶接線長の20%以上について適用する。放射線の線源は、X-Ray とガンマ線の併用とする。

非破壊検査の合格基準は危規則第28条の27第1項による。

(2)耐圧試験

圧縮空気及び窒素で配管常用圧力の1.5倍に加圧し溶接線、フランジに石鹼水をかけ気泡の発生の無いことを確認する。また配管全体に変形等の異常の無いことを確認する。

※移送取扱所配管は、水圧にて24時間放置により漏れ、変形の無い事を確認する。（危告示第42条）

5.2.7 その他

配管等へのレタリング（配管系統を表す文字書き）は別途とする。

5.3 その他

5.3.1 マリンローディングアーム

マリンローディングアームとは、ゴムホースによる荷役と比較して、より安全・確実・迅速に行うことを目的として製作された全金属製の流体荷役装置である。ゴムホースによる荷役と比較した場合、過酷な荷役条件のもとでも経済的、かつ能率的に荷役を行うことが可能である。

本計画では、タンカー船からタンクへの燃料受け入れ作業時のみ、マリンローディングアームを用いることとする。巡視船への給油作業については、巡視船の給油口位置及び周辺の設備がローディングアーム接続の障害となることが懸念されるため、従来通りのゴムホース接続とする。

以下に比較表を示し、ローディングアームの必要性について整理する。

表 5.3.1 ホースとローディングアーム比較表

項目	ホース（油用）	マリンローディングアーム	備考
基本構造	ゴム/複合材	鋼製	
	吊り設備（クレーン等）必要 荷役中保持管理必要	自立・完全バランス フリー（波や風、船舶揺動に追随）	
操作性	可	良	
作業性	① ホース先端フランジ部を、マニホールドに対し水平に合わせる作業が必要となる。	先端フランジ部が水平にバランスしているため、ボルト接続時のフランジ芯合わせ作業が容易。	
	② 吊り機構とフレキシブルホースの可とう性の影響から、容易にフランジの接続・切り離し作業を行うことができる作業範囲が狭く、マニホールドポジションに影響を受ける。	アームアッセンブリーがどの位置でもバランスされる為、作業・操作がやり易い。油圧駆動方式の場合は、無線/有線装置、または油圧操作盤によりローディング操作が可能。	
リスク （漏洩時の影響）	亀裂やピンホール、傷、破断により大量漏洩に繋がる可能性大(*1)。	パッキン部（シール部）からの漏洩に限定されるので漏れは微量に限定される。	(*1)従来より大量漏洩による環境汚染へのリスクはローディングアームが低いと評価されている。
緊急時対応 （地震・津波、火災等）	困難（ホース内の残液バージ、フランジのボルト外し作業、ホース格納作業など時間がかかる）。	ホースより短時間で切り離し可能。アームにERS(緊急離脱装置)が装備されている場合は、1～2分で切り離し可能。	
安全性	肉厚が薄く、割れ・ピンホール等の経年劣化の影響が溶接部に発生しやすい。また振じり外力、衝撃等に弱く、疲労破壊等強度上の影響を受け易い。	ローディングアームの肉厚は、パイプ、スィベルジョイント共にSch40以上を有しており、十分な強度及び対候性を有している(*3)。	(*3)日本においては安全性の面から6B以上の荷役は殆どローディングアームで実施されている。
健全性確認の容易性	フレキシブルホースの外表面がブレード等で覆われている為、外観からの漏洩の有無、打痕、傷の有無等健全性の点検を行う事が容易でない。	スィングジョイント回転摺動部やパイプ肉厚等、全体の目視点検、気密テスト等の健全性の確認を容易に実施できる。	
メンテナンス管理	割れ、ピンホール等漏洩につながる不具合の発生を予測することは困難であり、定量的なメンテナンス管理を行う事ができない為、常に1～2本の予備品を確保しておくことが必要となる。	傾向管理で全体を定量的に把握する事が可能であり、（分解整備）点検を定期的実施する事で、予防保全等の確なメンテナンス管理を行うことができる。	
寿命	短い（ホースは、使用頻度・操作性状況・設置環境等（*4）により、左右され数年に一回の定期的な交換が必要と考えられる）。	長い（定期的な消耗部品交換と適切なメンテナンスの実施により、長年使用可能）。	(*4)ホースは使用時、格納時、共に曲げ・振じりの外力が働くので経年劣化が進行する。
価格	小	大	

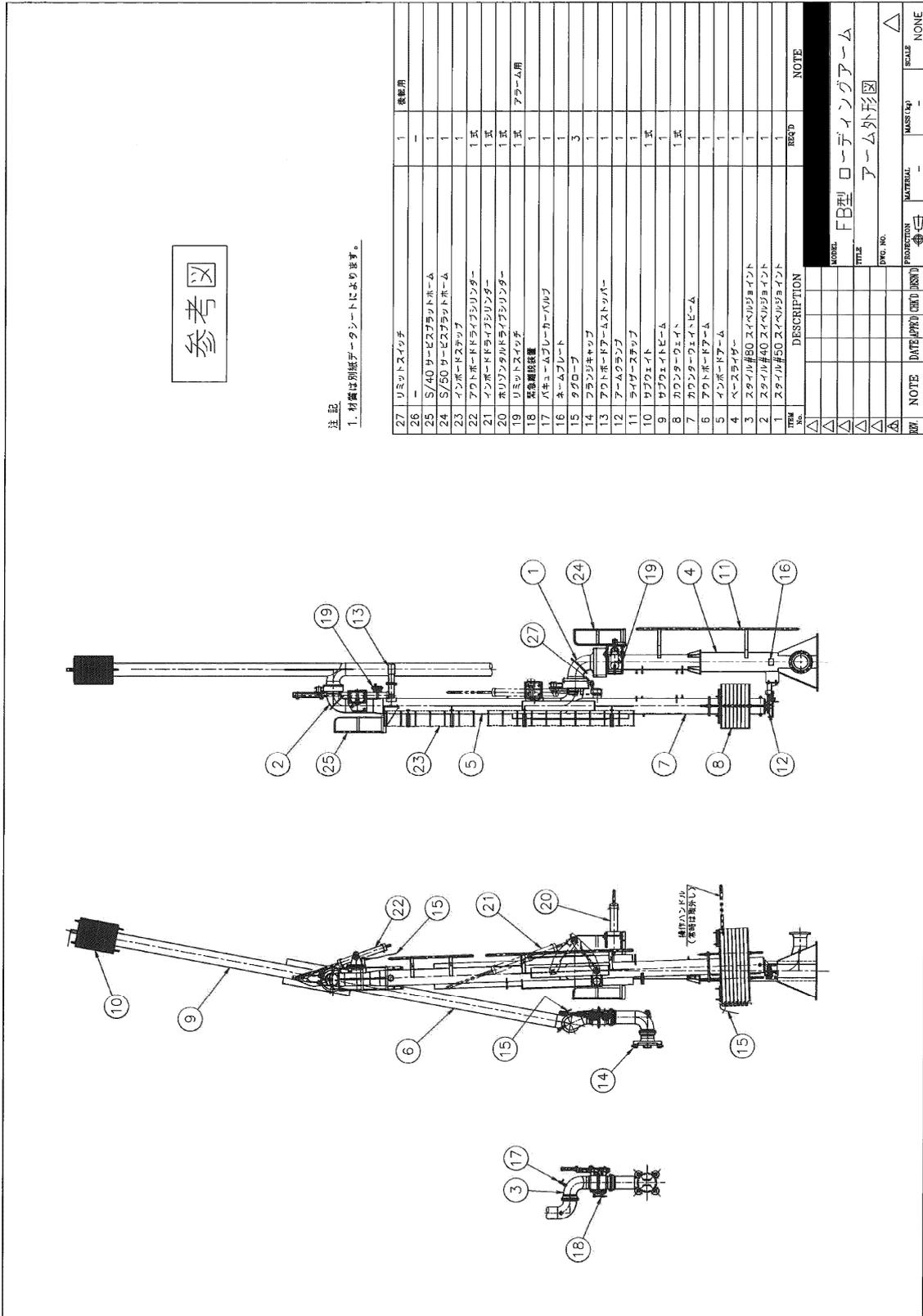


図 5.3.1 マリンローディングアーム図(参考)