

2.15 放射線管理関係設備等

2.15.1 基本設計

2.15.1.1 設置の目的

福島第一原子力発電所1～4号機から環境に放出される気体廃棄物を抑制するために設けられた設備の健全性を把握すること、ならびに当該設備を経由して放出される放射性物質の放出量を把握することを目的とする。また、万が一、安全に関する機能が一時的に喪失した場合でも、一般公衆ならびに放射線業務従事者を放射線から防護するため、周辺環境における放射線量率等の状況を把握することを目的とする。

2.15.1.2 要求される機能

福島第一原子力発電所1～4号機から放出される気体廃棄物中の放射性物質、ならびに周辺監視区域周辺の空間放射線量率を監視できること。

2.15.1.3 設計方針

(1) 1～4号機から放出される気体廃棄物の監視設備

原子炉格納容器ガス管理設備、原子炉建屋カバー換気設備、原子炉建屋換気設備のダスト放射線モニタにより、建屋から放出される気体廃棄物中の放射性物質の濃度を監視できる設計とする。

(2) 周辺監視区域周辺の監視設備

モニタリングポストは、1～6号機その他、附帯設備を含めた発電所全体からの影響を把握するため、周辺監視区域境界付近8箇所の空間放射線量率を監視できる設計とする。

(3) 供用期間中に確認する項目

福島第一原子力発電所1～4号機から放出される気体廃棄物中の放射性物質、ならびに周辺監視区域周辺の空間放射線量率を適切に監視できること。

2.15.1.4 主要な機器

a. ダスト放射線モニタ

ダスト放射線モニタは、2チャンネル設置し、免震重要棟において遠隔監視ならびに記録可能な設備とする。

b. モニタリングポスト

モニタリングポストは、周辺監視区域境界付近8箇所に設置し、空間放射線量率を連続的に測定可能な設備とし、免震重要棟において遠隔監視ならびに記録可能な設

備とする。

2.15.1.5 設計上の考慮すべき事項

ダスト放射線モニタ及びモニタリングポストは、『特定原子力施設への指定に際し東京電力株式会社福島第一原子力発電所に対して求める措置を講ずべき事項について』に示される“14. 設計上の考慮”を踏まえた設計とすることを基本方針として、特に次の事項に考慮する。

(1) 準拠規格及び基準

一般的な放射線計測器や一般構造物と同様の構造強度を有する設計とし、耐震性についても一般構造物と同等なものとして設計する。

(2) 自然現象に対する設計上の考慮

仮設防潮堤を設置したことでアウターライズ津波の影響がないと想定される1～4号機の標高以上のエリアに設置する。(Ⅲ.3.1.3 参照)

(3) 信頼性に対する設計上の考慮

ダスト放射線モニタは、所内高圧母線からの受電の他、外部電源喪失の場合に備えて、非常用所内電源からも受電できる構成とする。

モニタリングポストにおいては、異なる2系統の所内高圧母線から受電できる構成とし、外部電源喪失の場合に備えて、非常用所内電源ならびに蓄電池から受電できる構成とする。

2.15.2 基本仕様

2.15.2.1 主要仕様

(1) 1号機

ダスト放射線モニタ (大型カバー換気設備出口)

検出器の種類	シンチレーション検出器
計測範囲	$10^0 \sim 10^4 \text{ s}^{-1}$
チャンネル数	2

ダスト放射線モニタ (原子炉格納容器ガス管理設備出口)

検出器の種類	シンチレーション検出器
計測範囲	$10^{-1} \sim 10^6 \text{ s}^{-1}$
チャンネル数	2

(2) 2号機

ダスト放射線モニタ（原子炉建屋オペレーティングフロア及び燃料取り出し用構台換気設備出口）

検出器の種類	シンチレーション検出器
計測範囲	$10^{-1} \sim 10^5 \text{ s}^{-1}$
チャンネル数	2

ダスト放射線モニタ（原子炉格納容器ガス管理設備出口）

検出器の種類	シンチレーション検出器
計測範囲	$10^{-1} \sim 10^5 \text{ s}^{-1}$
チャンネル数	2

(3) 3号機

ダスト放射線モニタ（原子炉格納容器ガス管理設備出口）

検出器の種類	シンチレーション検出器
計測範囲	$10^{-1} \sim 10^5 \text{ s}^{-1}$
チャンネル数	2

ダスト放射線モニタ（燃料取り出し用カバー換気設備出口）

検出器の種類	シンチレーション検出器
計測範囲	$10^{-1} \sim 10^5 \text{ s}^{-1}$
チャンネル数	2

(4) 4号機

ダスト放射線モニタ（燃料取り出し用カバー換気設備出口）

検出器の種類	シンチレーション検出器
計測範囲	$10^0 \sim 10^4 \text{ s}^{-1}$
チャンネル数	2

(5) モニタリングポスト

検出器の種類	電離箱検出器
測定範囲	$10 \sim 10^8 \text{ nGy/h}$
台数	8

(6) エリア放射線モニタ

エリア放射線モニタについては、以下の各章に記載している。

- ・ II.2.11 使用済燃料プールからの燃料取り出し設備
- ・ II.2.12 使用済燃料共用プール設備
- ・ II.2.13 使用済燃料乾式キャスク仮保管設備
- ・ II.2.34 5・6号機 計測制御設備

(7) 換気設備

換気設備については、以下の各章に記載している。

- ・ 1号機大型カバー換気設備（II.2.11 使用済燃料プールからの燃料取り出し設備）
- ・ 2号機原子炉建屋オペレーティングフロア及び燃料取り出し用構台換気設備（II.2.11 使用済燃料プールからの燃料取り出し設備）
- ・ 3号機燃料取り出し用カバー換気設備（II.2.11 使用済燃料プールからの燃料取り出し設備）
- ・ 4号機燃料取り出し用カバー換気設備（II.2.11 使用済燃料プールからの燃料取り出し設備）
- ・ 原子炉格納容器ガス管理設備（II.2.8 原子炉格納容器ガス管理設備）
- ・ 雑固体廃棄物焼却設備（II.2.17 放射性固体廃棄物等の管理施設及び関連施設（雑固体廃棄物焼却設備））

2.15.3 添付資料

添付資料—1 ダスト放射線モニタ系統概略図

添付資料—2 モニタリングポストの配置図

ダスト放射線モニタ系統概略図

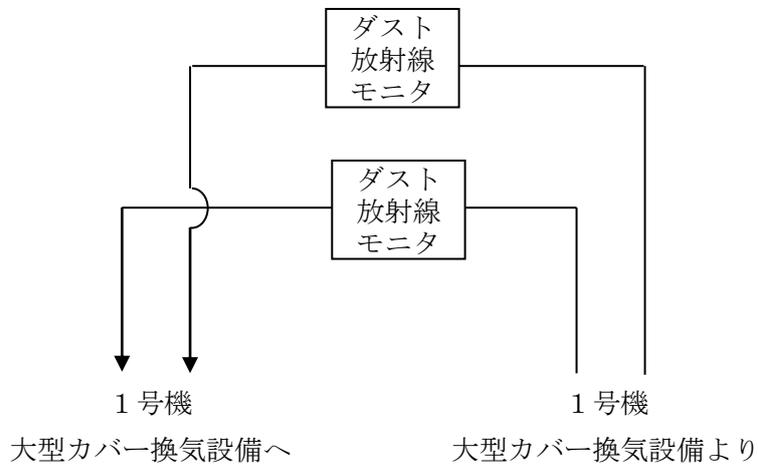


図 2. 15-1 1号機 ダスト放射線モニタ検出器 系統概略図
(大型カバー換気設備出口)

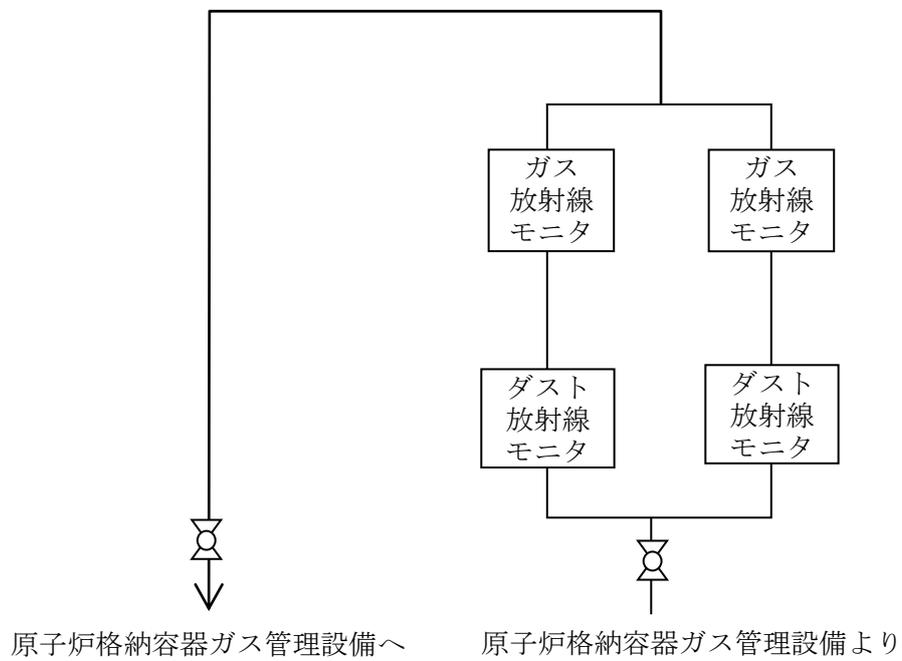


図 2. 15-2 1号機 ダスト放射線モニタ, ガス放射線モニタ検出器 系統概略図
(原子炉格納容器ガス管理設備出口)

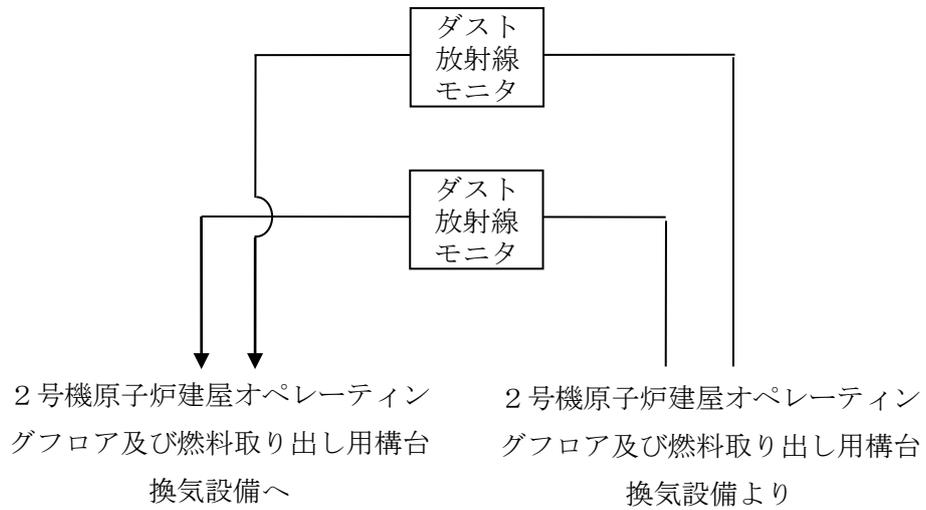


図 2. 15-3 2号機 ダスト放射線モニタ検出器 系統概略図
(原子炉建屋オペレーティングフロア及び燃料取り出し用構台換気設備出口)

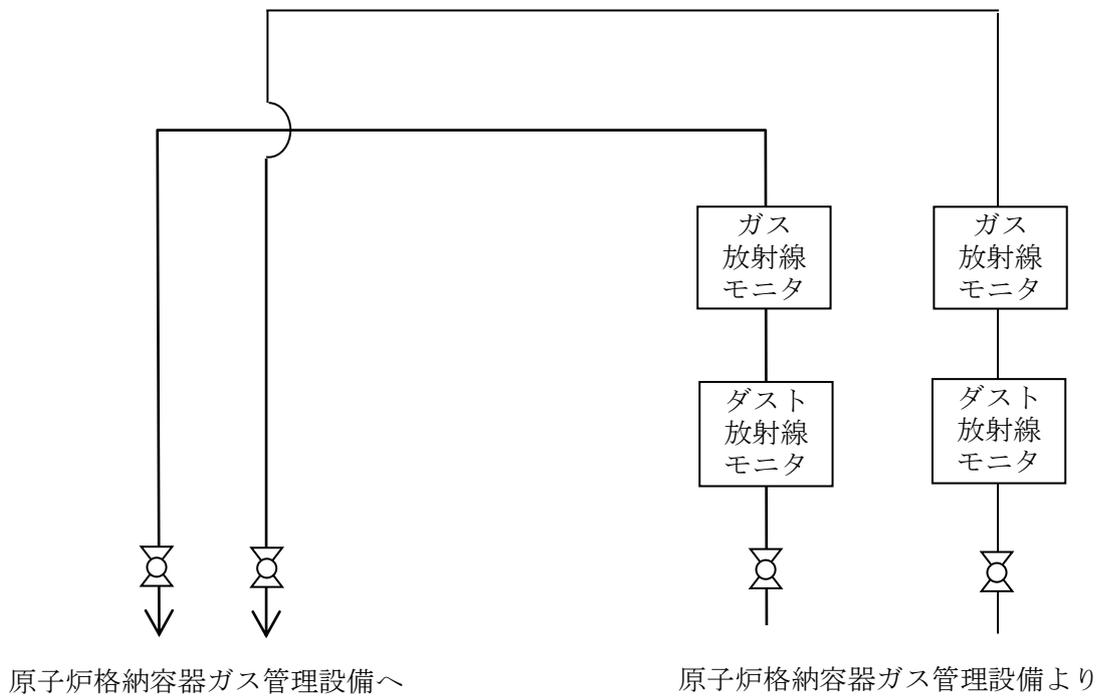


図 2. 15-4 2号機 ダスト放射線モニタ, ガス放射線モニタ検出器 系統概略図
(原子炉格納容器ガス管理設備出口)

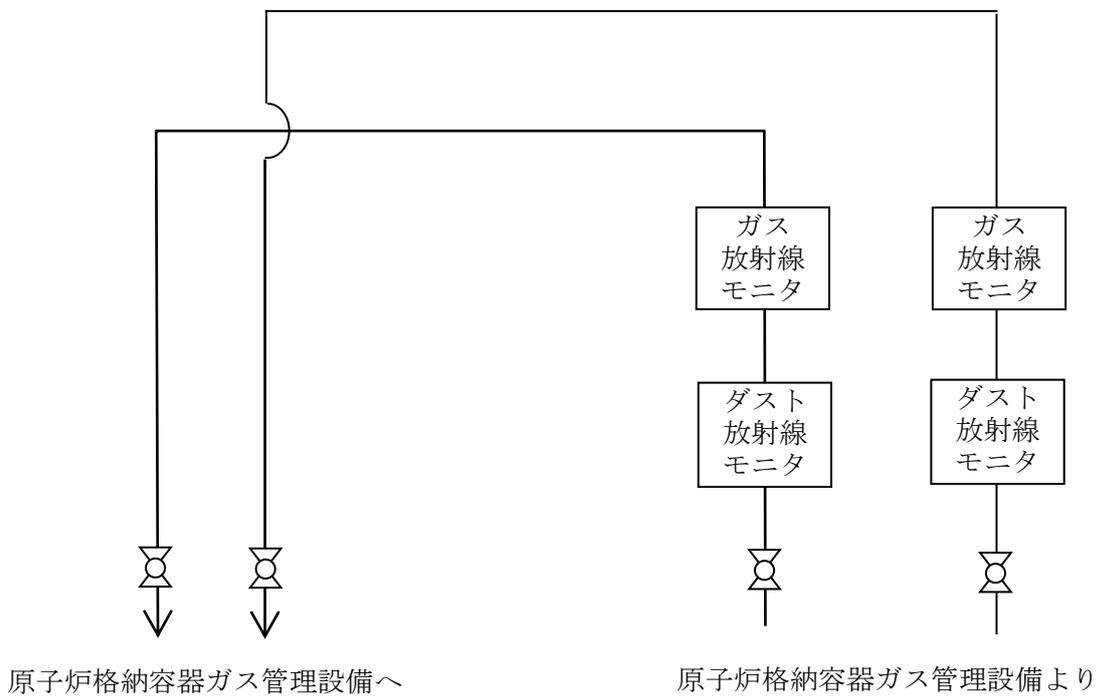


図2. 15-5 3号機 ダスト放射線モニタ，ガス放射線モニタ検出器 系統概略図
(原子炉格納容器ガス管理設備出口)

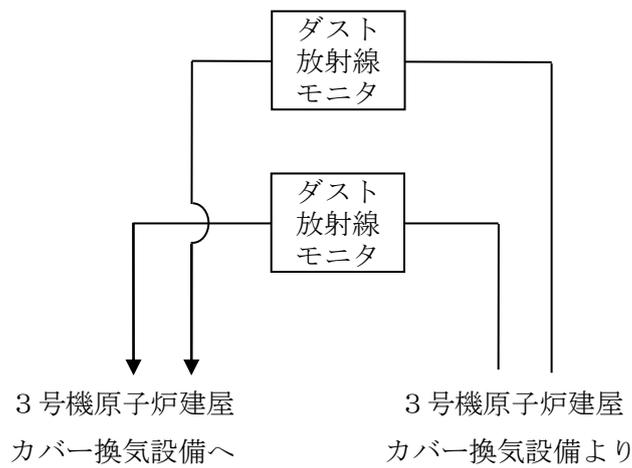


図2. 15-6 3号機 ダスト放射線モニタ検出器 系統概略図
(燃料取り出し用カバー換気設備出口)

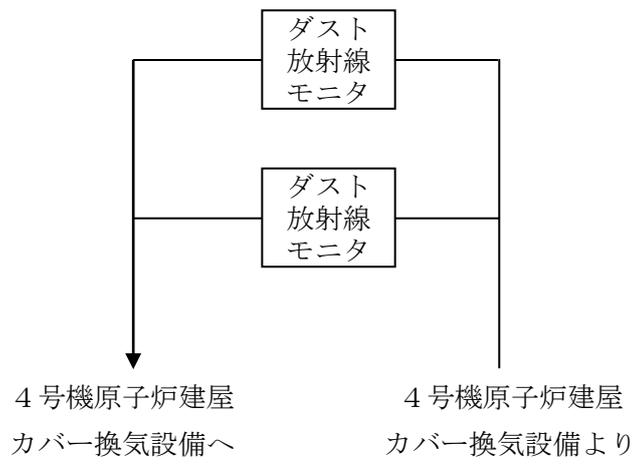


図2. 15-7 4号機 ダスト放射線モニタ検出器 系統概略図
(燃料取り出し用カバー換気設備出口)

モニタリングポストの配置図

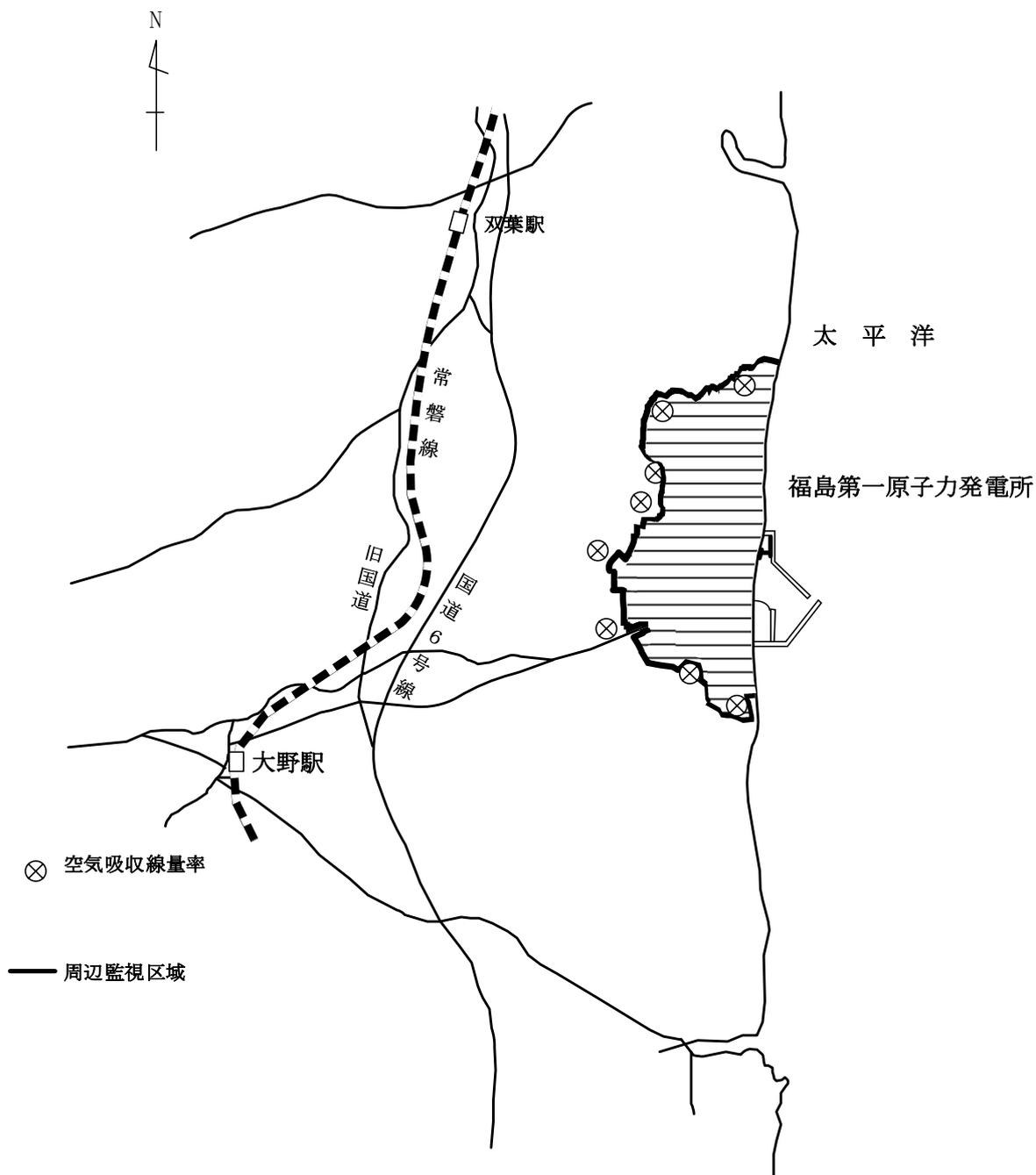


図2.15-8 モニタリングポスト配置図

2.33 5・6号機 放射性液体廃棄物処理系

2.33.1 5・6号機 既設設備

2.33.1.1 系統の概要

放射性液体廃棄物処理系は、機器ドレン系、床ドレン系等で構成し、原子炉施設で発生する放射性廃液及び潜在的に放射性物質による汚染の可能性のある廃液を、その性状により分離収集し、処理する。

[系統の現況]

5・6号機タービン建屋等には津波により流入した大量の海水と地下水が、震災前から建屋内で管理されていた低濃度の放射性物質と共に滞留した。（以下、これを「滞留水」という）

地下水については止水処置を実施しているが、流入を完全に抑制できないことから建屋内水位が上昇した場合、使用済燃料プールに貯蔵されている燃料の冷却の維持に必要な設備への影響が懸念される。

滞留水の発生抑制については、地下水の水位を低下させることが必要であるが、地下水を汲み上げて水位を下げる設備として建屋周辺に設置されているサブドレン設備は、震災により被災したことから、設備の浄化等を行いサブドレン設備の使用に向けた準備を実施する。

放射性液体廃棄物処理系については、一部未復旧の設備があるが、5・6号機で発生する廃液については、5号機にてろ過器、脱塩器による処理後、復水貯蔵タンクに回収することができる。しかし、大量の滞留水を処理することができないため、サブドレン設備及び放射性液体廃棄物処理系が復旧するまで、仮設の滞留水貯留設備にて処理している。（添付資料－1，2，3 参照）

2.33.1.2 要求される機能

放射性液体廃棄物処理系は、原子炉施設で発生する廃液を、その性状により分離収集し、処理する機能を有すること。

2.33.1.3 主要な機器

系統概要図 添付資料－4に示す。

(1) 5号機

a. 機器ドレン系

(a) 廃液収集タンク

廃液収集タンクについては、以下の工事計画認可申請書により確認している。
工事計画認可申請書(57資庁第13908号 昭和57年11月9日認可)

(b) 廃液収集ポンプ

廃液収集ポンプについては、以下の工事計画認可申請書により確認している。
建設時第3回工事計画認可申請書(47公第11378号 昭和48年2月19日認可)

(c) 廃液ろ過器

廃液ろ過器については、以下の工事計画認可申請書により確認している。

工事計画認可申請書(62資庁第10732号 昭和62年12月4日認可)

(d) 廃液脱塩器

廃液脱塩器については、以下の工事計画認可申請書により確認している。

建設時第3回工事計画認可申請書(47公第11378号 昭和48年2月19日認可)

(e) 廃液サンプルタンク

廃液サンプルタンクについては、以下の工事計画認可申請書等により確認している。

建設時第3回工事計画認可申請書(47公第11378号 昭和48年2月19日認可)

建設時第9回工事計画変更認可申請書(49資庁第15900号 昭和50年3月10日認可)

(f) 廃液サンプルポンプ

廃液サンプルポンプについては、以下の工事計画認可申請書により確認している。

建設時第3回工事計画認可申請書(47公第11378号 昭和48年2月19日認可)

(g) 廃液サージタンク

廃液サージタンクについては、以下の工事計画認可申請書等により確認している。

建設時第3回工事計画認可申請書(47公第11378号 昭和48年2月19日認可)

建設時第9回工事計画変更認可申請書(49資庁第15900号 昭和50年3月10日認可)

(h) 廃液サージポンプ

廃液サージポンプについては、以下の工事計画認可申請書により確認している。

建設時第3回工事計画認可申請書(47公第11378号 昭和48年2月19日認可)

b. 床ドレン系

(a) 床ドレン収集タンク

床ドレン収集タンクについては、以下の工事計画認可申請書により確認している。

工事計画認可申請書(57資庁第13908号 昭和57年11月9日認可)

(b) 床ドレン収集ポンプ

床ドレン収集ポンプについては、以下の工事計画認可申請書により確認している。

建設時第3回工事計画認可申請書(47公第11378号 昭和48年2月19日認可)

(c)床ドレンろ過器

床ドレンろ過器については、以下の工事計画変更認可申請書により確認している。

建設時第9回工事計画変更認可申請書(49資庁第15900号 昭和50年3月10日認可)

(d)床ドレンサージタンク

床ドレンサージタンクについては、以下の工事計画認可申請書により確認している。

建設時第3回工事計画認可申請書(47公第11378号 昭和48年2月19日認可)

(e)床ドレン濃縮器給液ポンプ

床ドレン濃縮器給液ポンプについては、以下の工事計画認可申請書により確認している。

工事計画認可申請書(61資庁第13609号 昭和62年2月5日認可)

(f)床ドレン濃縮器

床ドレン濃縮器については、以下の工事計画届出書により確認している。

工事計画届出書(総文発官57第685号 昭和57年9月25日届出)

(g)床ドレン濃縮器復水器

床ドレン濃縮器復水器については、以下の工事計画認可申請書等により確認している。

建設時第3回工事計画認可申請書(47公第11378号 昭和48年2月19日認可)

建設時第5回工事計画変更認可申請書(49資庁第1067号 昭和49年4月26日認可)

(h)凝縮水貯蔵タンク

凝縮水貯蔵タンクについては、以下の工事計画軽微変更届出書により確認している。

建設時第8回工事計画軽微変更届出書(総官第534号 昭和49年7月29日届出)

(i)凝縮水移送ポンプ

凝縮水移送ポンプについては、以下の工事計画認可申請書等により確認している。

建設時第3回工事計画認可申請書(47公第11378号 昭和48年2月19日認可)

建設時第3回工事計画軽微変更届出書(総官第923号 昭和48年10月30日届出)

(j)床ドレン脱塩器

床ドレン脱塩器については、以下の工事計画認可申請書により確認している。

建設時第3回工事計画認可申請書(47公第11378号 昭和48年2月19日認可)

(k) 床ドレンサンプルタンク

床ドレンサンプルタンクについては、以下の工事計画変更認可申請書により確認している。

建設時第9回工事計画変更認可申請書(49資庁第15900号 昭和50年3月10日認可)

(l) 床ドレンサンプルポンプ

床ドレンサンプルポンプについては、以下の工事計画認可申請書により確認している。

建設時第3回工事計画認可申請書(47公第11378号 昭和48年2月19日認可)

c. 再生廃液系

(a) 廃液中和タンク

廃液中和タンクについては、以下の工事計画認可申請書により確認している。
工事計画認可申請書(57資庁第13908号 昭和57年11月9日認可)

(b) 廃液中和ポンプ

廃液中和ポンプについては、以下の工事計画認可申請書等により確認している。
建設時第3回工事計画認可申請書(47公第11378号 昭和48年2月19日認可)
建設時第9回工事計画変更認可申請書(49資庁第15900号 昭和50年3月10日認可)

(c) 廃液濃縮器給液ポンプ

廃液濃縮器給液ポンプについては、以下の工事計画認可申請書により確認している。

工事計画認可申請書(63資庁第13号 昭和63年5月31日認可)

(d) 廃液濃縮器

廃液濃縮器については、以下の工事計画認可申請書により確認している。

工事計画認可申請書(59資庁第10414号 昭和59年9月28日認可)

工事計画認可申請書(元資庁第4474号 平成元年6月15日認可)

(e) 廃液濃縮器復水器

廃液濃縮器復水器については、以下の工事計画認可申請書等により確認している。

工事計画認可申請書(63資庁第14698号 平成元年2月23日認可)

工事計画認可申請書(元資庁第4474号 平成元年6月15日認可)

建設時第5回工事計画変更認可申請書(49資庁第1067号 昭和49年4月26日認可)

d. 主配管

主配管については、以下の工事計画認可申請書等により確認している。

工事計画認可申請書(56資庁第3240号 昭和56年8月19日認可)

工事計画認可申請書(57資庁第13908号 昭和57年11月9日認可)

工事計画認可申請書(61資庁第13609号 昭和62年2月5日認可)

工事計画認可申請書(62資庁第10732号 昭和62年12月4日認可)

工事計画認可申請書(63資庁第13号 昭和63年5月31日認可)

工事計画認可申請書(平成12・03・28資第17号 平成12年4月26日認可)

工事計画認可申請書(平成14・05・24原第9号 平成14年6月11日認可)

建設時第5回工事計画変更認可申請書(49資庁第1067号 昭和49年4月26日認可)

建設時第9回工事計画変更認可申請書(49資庁第15900号 昭和50年3月10日認可)

建設時第2・3回工事計画変更認可申請書(52資庁第519号 昭和52年3月1日認可)

工事計画変更認可申請書(56資庁第15242号 昭和57年1月16日認可)

建設時第1・3回工事計画軽微変更届出書(総官第237号 昭和50年6月20日届出)

建設時第2・8回工事計画軽微変更届出書(総官第303号 昭和52年5月30日届出)

(2) 6号機

a. 機器ドレン系

(a) 機器ドレン収集タンク

機器ドレン収集タンクについては、以下の工事計画変更認可申請書により確認している。

建設時第7回工事計画変更認可申請書(51資庁第9100号 昭和51年10月8日認可)

(b) 機器ドレン混合ポンプ

機器ドレン混合ポンプについては、以下の工事計画変更認可申請書により確認している。

建設時第2・6回工事計画変更認可申請書(53資庁第14829号 昭和53年12月9日認可)

(c) ろ過器給液ポンプ

ろ過器給液ポンプについては、以下の工事計画変更認可申請書により確認している。

建設時第2・6回工事計画変更認可申請書(53資庁第14829号 昭和53年12月9日認可)

(d) 機器ドレンろ過器

機器ドレンろ過器については、以下の工事計画軽微変更届出書により確認している。

建設時第1・6回工事計画軽微変更届出書(総官第704号 昭和52年8月15日届出)

(e) 機器ドレンろ過水タンク

機器ドレンろ過水タンクについては、以下の工事計画認可申請書により確認している。

建設時第4回工事計画認可申請書(49資庁第21657号 昭和50年2月5日認可)

(f) 機器ドレンろ過水ポンプ

機器ドレンろ過水ポンプについては、以下の工事計画変更認可申請書により確認している。

建設時第26回工事計画変更認可申請書(53資庁第14829号 昭和53年12月9日認可)

(g) 機器ドレン補助ろ過器ポンプ

機器ドレン補助ろ過器ポンプについては、以下の工事計画認可申請書により確認している。

工事計画認可申請書(60資庁第8681号 昭和60年7月24日認可)

(h) 機器ドレン補助ろ過器

機器ドレン補助ろ過器については、以下の工事計画認可申請書により確認している。

工事計画認可申請書(60資庁第8681号 昭和60年7月24日認可)

(i) 機器ドレン脱塩器

機器ドレン脱塩器については、以下の工事計画認可申請書等により確認している。

建設時第4回工事計画認可申請書(49資庁第21657号 昭和50年2月5日認可)

建設時第16回工事計画軽微変更届出書(総官第704号 昭和52年8月15日届出)

(j) 廃液サンプルタンク

廃液サンプルタンクについては、以下の工事計画認可申請書等により確認している。

建設時第4回工事計画認可申請書(49資庁第21657号 昭和50年2月5日認可)

建設時第25回工事計画軽微変更届出書(総文発官第636号 昭和53年8月31日届出)

(k) 廃液サンプルポンプ

廃液サンプルポンプについては、工事計画認可申請書等により確認している。

建設時第4回工事計画認可申請書(49資庁第21657号 昭和50年2月5日認可)

建設時第26回工事計画変更認可申請書(53資庁第14829号 昭和53年12月9日認可)

b. 床ドレン化学廃液系

(a) 床ドレン化学廃液収集タンク

床ドレン化学廃液収集タンクについては、以下の工事計画軽微変更届出書により確認している。

建設時第25回工事計画軽微変更届出書(総文発官第636号 昭和53年8月31日届出)

(b) 床ドレン化学廃液混合ポンプ

床ドレン化学廃液混合ポンプについては、以下の工事計画認可申請書により確認している。

建設時第4回工事計画認可申請書(49資庁第21657号 昭和50年2月5日認可)

(c) 床ドレン化学廃液ろ過器

床ドレン化学廃液ろ過器については、以下の工事計画軽微変更届出書により確認している。

建設時第16回工事計画軽微変更届出書(総官第704号 昭和52年8月15日届出)

(d) 床ドレン化学廃液ろ過水タンク

床ドレン化学廃液ろ過水タンクについては、以下の工事計画軽微変更届出書により確認している。

建設時第25回工事計画軽微変更届出書(総文発官第636号 昭和53年8月31日届出)

(e) 床ドレン化学廃液ろ過水ポンプ

床ドレン化学廃液ろ過水ポンプについては、以下の工事計画変更認可申請書により確認している。

建設時第7回工事計画変更認可申請書(51資庁第9100号 昭和51年10月8日認可)

(f) 蒸発濃縮器給液ポンプ

蒸発濃縮器給液ポンプについては、以下の工事計画届出書により確認している。
工事計画届出書(総文発官6第1066号 平成7年2月17日届出)

(g) 蒸発濃縮器

蒸発濃縮器については、以下の工事計画認可申請書等により確認している。

工事計画認可申請書(59資庁第10413号 昭和59年9月21日認可)

工事計画届出書(総文発官57第470号 昭和57年7月20日届出)

(h) 蒸発濃縮器復水器

蒸発濃縮器復水器については、以下の工事計画軽微変更届出書により確認している。

建設時第16回工事計画軽微変更届出書(総官第704号 昭和52年8月15日届出)

(i) 蒸留水タンク

蒸留水タンクについては、以下の工事計画軽微変更届出書により確認している。
建設時第25回工事計画軽微変更届出書(総文発官第636号 昭和53年8月31日届出)

(j) 蒸留水ポンプ

蒸留水ポンプについては、以下の工事計画認可申請書により確認している。
建設時第4回工事計画認可申請書(49資庁第21657号 昭和50年2月5日認可)

(k) 蒸留水脱塩器

蒸留水脱塩器については、以下の工事計画認可申請書等により確認している。
建設時第4回工事計画認可申請書(49資庁第21657号 昭和50年2月5日認可)
建設時第16回工事計画軽微変更届出書(総官第704号 昭和52年8月15日届出)

(l) 蒸留水サンプルタンク

蒸留水サンプルタンクについては、以下の工事計画認可申請書により確認している。
建設時第4回工事計画認可申請書(49資庁第21657号 昭和50年2月5日認可)

(m) 蒸留水サンプルポンプ

蒸留水サンプルポンプについては、以下の工事計画認可申請書等により確認している。
建設時第4回工事計画認可申請書(49資庁第21657号 昭和50年2月5日認可)
建設時第7回工事計画変更認可申請書(51資庁第9100号 昭和51年10月8日認可)

(n) 蒸発濃縮器循環ポンプ

蒸発濃縮器循環ポンプについては、以下の工事計画認可申請書等により確認している。
建設時第4回工事計画認可申請書(49資庁第21657号 昭和50年2月5日認可)
工事計画届出書(総文発官59第928号 昭和59年11月19日届出)

c. 洗浄廃液系

(a) 洗浄廃液収集タンク

洗浄廃液収集タンクについては、以下の工事計画認可申請書等により確認している。
建設時第4回工事計画認可申請書(49資庁第21657号 昭和50年2月5日認可)
建設時第16回工事計画軽微変更届出書(総官第704号 昭和52年8月15日届出)

(b) 洗浄廃液ポンプ

洗浄廃液ポンプについては、以下の工事計画変更認可申請書により確認している。

建設時第7回工事計画変更認可申請書(51資庁第9100号 昭和51年10月8日認可)

(c) 洗浄廃液ろ過器

洗浄廃液ろ過器については、以下の工事計画変更認可申請書等により確認している。

建設時第7回工事計画変更認可申請書(51資庁第9100号 昭和51年10月8日認可)

建設時第16回工事計画軽微変更届出書(総官第704号 昭和52年8月15日届出)

d. 主配管

主配管については、以下の工事計画認可申請書等により確認している。

建設時第4回工事計画認可申請書(49資庁第21657号 昭和50年2月5日認可)

工事計画認可申請書(58資庁第2841号 昭和58年3月28日認可)

工事計画認可申請書(60資庁第8681号 昭和60年7月24日認可)

工事計画認可申請書(61資庁第8632号 昭和61年7月11日認可)

建設時第4回工事計画軽微変更届出書(総官第1193号 昭和50年2月26日届出)

建設時第16回工事計画軽微変更届出書(総官第704号 昭和52年8月15日届出)

建設時第19回工事計画軽微変更届出書(総官第1268号 昭和52年12月12日届出)

建設時第25回工事計画軽微変更届出書(総文発官第636号 昭和53年8月31日届出)

(3) 5・6号機共用

a. シャワードレン系

(a) シャワードレン受タンク

シャワードレン受タンクについては、以下の工事計画変更認可申請書により確認している。

5号機：建設時第9回工事計画変更認可申請書(49資庁第15900号 昭和50年3月10日認可)

(b) シャワードレン移送ポンプ

シャワードレン移送ポンプについては、以下の工事計画変更認可申請書により確認している。

5号機：建設時第9回工事計画変更認可申請書(49資庁第15900号 昭和50年3月10日認可)

(c) シャワードレンタンク

シャワードレンタンクについては、以下の工事計画変更認可申請書により確認している。

5号機：建設時第9回工事計画変更認可申請書(49資庁第15900号 昭和50年3月10日認可)

(d) シャワードレンポンプ

シャワードレンポンプについては、以下の工事計画変更認可申請書により確認している。

5号機：建設時第9回工事計画変更認可申請書(49資庁第15900号 昭和50年3月10日認可)

b. サプレッションプール水サージタンク

サプレッションプール水サージタンクについては、以下の工事計画変更認可申請書及び工事計画認可申請書により確認している。

5号機：建設時第9回工事計画変更認可申請書(49資庁第15900号 昭和50年3月10日認可)

6号機：建設時第4回工事計画認可申請書(49資庁第21657号 昭和50年2月5日認可)

6号機：建設時第7回工事計画変更認可申請書(51資庁第9100号 昭和51年10月8日認可)

2.33.1.4 構造強度及び耐震性

構造強度及び耐震性については、以下の工事計画認可申請書等により確認している。

(1) 5号機

建設時第3回工事計画認可申請書(47公第11378号 昭和48年2月19日認可)

工事計画認可申請書(59資庁第10414号 昭和59年9月28日認可)

工事計画認可申請書(61資庁第13609号 昭和62年2月5日認可)

工事計画認可申請書(62資庁第10732号 昭和62年12月4日認可)

工事計画認可申請書(63資庁第13号 昭和63年5月31日認可)

工事計画認可申請書(63資庁第14698号 平成元年2月23日認可)

工事計画認可申請書(元資庁第4474号 平成元年6月15日認可)

建設時第5回工事計画変更認可申請書(49資庁第1067号 昭和49年4月26日認可)

建設時第9回工事計画変更認可申請書(49資庁第15900号 昭和50年3月10日認可)

建設時第2、3回工事計画変更認可申請書(52資庁第519号 昭和52年3月1日認可)

建設時第4回工事計画軽微変更届出書(総官第1375号 昭和49年1月30日届出)

(2) 6号機

建設時第4回工事計画認可申請書(49資庁第21657号 昭和50年2月5日認可)

工事計画認可申請書(59資庁第10413号 昭和59年9月21日認可)

工事計画認可申請書(60資庁第8681号 昭和60年7月24日認可)

建設時第7回工事計画変更認可申請書(51資庁第9100号 昭和51年10月8日認可)

建設時第26回工事計画変更認可申請書(53資庁第14829号 昭和53年12月9日認可)

建設時第16回工事計画軽微変更届出書(総官第704号 昭和52年8月15日届出)

建設時第25回工事計画軽微変更届出書(総文発官第636号 昭和53年8月31日届出)

(3) 5・6号機共用

1号機：工事計画認可申請書(48公第657号 昭和48年3月3日認可)

5号機：建設時第3回工事計画認可申請書(47公第11378号 昭和48年2月19日認可)

5号機：建設時第9回工事計画変更認可申請書(49資庁第15900号 昭和50年3月10日認可)

5号機：建設時第23回工事計画変更認可申請書(52資庁第519号 昭和52年3月1日認可)

2.33.2 5・6号機 仮設設備（滞留水貯留設備）

2.33.2.1 基本設計

2.33.2.1.1 設置の目的

5・6号機タービン建屋等の大量の滞留水については、一部未復旧の設備がある既設放射性液体廃棄物処理系では処理できないことから、サブドレン設備復旧等による滞留水の発生量抑制及び放射性液体廃棄物処理系の復旧による滞留水の処理ができる時期（サブドレン設備復旧後3年を目途）まで、屋外に滞留水貯留設備を仮設にて設置し処理を行う。

2.33.2.1.2 要求される機能

滞留水を貯留し、放射性物質を閉じ込める機能を有すること。

2.33.2.1.3 設計方針

(1) 処理能力

地下水の流入により増加する滞留水に対して、十分対処できる貯留容量とすると共に、散水可能な放射能濃度を満足する性能を有するものとする。

(2) 規格・基準等

機器の設計、材料の選定、製作及び検査については、原則として適切と認められる規格及び基準によるものとする。

(3) 滞留水の漏えい防止及び管理されない放出の防止

滞留水の漏えい及び所外への管理されない放出を防止し、信頼性を確保するため、次の各項を考慮した設計とする。

- a. 漏えいを防止するため、滞留水貯留設備は、設置環境や滞留水の性状に応じた適切な材料を使用すると共に、タンク水位の検出器を設ける。
- b. 異常のないことを巡視点検等により容易に確認できる設備とし、漏えいを停止するための適切な処置ができるようにする。
- c. タンクは漏えい水の拡大を抑制するための堰を設ける。堰の高さは、想定最大漏えい量を確保できる高さとする。
- d. 鋼材もしくはポリエチレンの移送配管継手部は、可能な限り溶接構造もしくは融着構造とする。また、屋外でフランジ構造となる移送配管継手部は、漏えい拡大防止のため堰内に設置するか、堰内に漏えい水が導かれるよう受けを設置する。
- e. タンク水位は、6号機中央操作室に表示し、異常を確実に運転員に伝え適切な措置をとれるようにする。

f. 堰内に溜まった雨水のうち、その放射能濃度が排水基準（詳細は「Ⅲ 第3編 2.1.2 放射性液体廃棄物等の管理」を参照）を上回るものに対して、適切に処置できる設備とする。

(4) 遮へいに関する考慮

遮へいについては、内包する滞留水の線量が低いため設置は考慮しない。

(5) 監視

漏えいの検知及び貯留状況の確認に必要な水位を監視できる設計とする。また、設備の異常を検知できる設計とする。

(6) 設備の確認

滞留水貯留設備については、設備の健全性及び能力を確認できる設計とする。

(7) 検査可能性に対する設計上の考慮

5・6号機仮設設備（滞留水貯留設備）は、滞留水を移送できること及び処理量ならびに放射能濃度を低減できることを確認するための検査が可能な設計とする。

2.33.2.1.4 供用期間中に確認する項目

滞留水貯留設備からの有意な漏えいがないこと。

2.33.2.1.5 主要な機器

系統概要図 添付資料-4に示す。

滞留水は、6号機タービン建屋から移送設備により貯留設備に移送され、貯留する。

貯留設備に貯留された滞留水の一部は、浄化装置、浄化ユニット及び淡水化装置により放射性核種を除去した後、構内散水に使用し、滞留水を低減する。

滞留水は、これまでの実績より地下水の流入により約30m³/日で増加しており、構内散水により約25m³/日（実績）で増加を抑制している。なお、2012年11月末現在、貯留タンクの設備容量約10,000m³に対し約70%貯留している。今後、滞留水は平衡状態にあるものの、地下水流入量の変動が予想されるため、貯留タンク全体の空き容量*約2,000m³を目安に、貯留能力増強について計画する。

滞留水漏えい時の汚染拡大を防止し信頼性向上を図るため、受入タンク・油分分離装置エリア、受入タンクエリア、貯留タンクエリアの各エリアについて、堰（地面の防水処置含む）を設置する。（添付資料-5 参照）

震災以降緊急対応的に（2013年8月14日より前に）設置した淡水化装置（以下、旧淡水化装置）については、新たに浄化ユニットを設置することに伴い廃止する。

*：空き容量は、水位警報設定値の水位高までの容量とする。

(1) 貯留設備

a. タンク（受入タンク、貯留タンク及び中間タンク）

タンクは、屋外に設置された受入タンク、貯留タンク及び中間タンクで構成され、5・6号機の滞留水を貯留する。

受入タンクは、建屋からの滞留水を受け入れる。

貯留タンクは、受入タンクから必要に応じて油分除去した滞留水を受け入れた後、浄化装置又は浄化ユニットにより放射性核種を除去し、貯留する。また、淡水化装置の戻り水を貯留する。

中間タンクは、建屋からの滞留水及び浄化ユニットにより放射性核種を除去した処理水を一時的に貯留する。

(2) 移送設備

移送設備は、滞留水を貯留設備へ移送することを目的に、移送ポンプ、耐圧ホース、鋼管及びポリエチレン管で構成する。

移送ポンプは、地下水の流入により増加する滞留水に対して十分対処可能な設備容量を確保する。滞留水の移送は、移送元のタービン建屋の水位や移送先となる貯留設備の水位の状況に応じて、移送ポンプの起動時間を適宜選定して実施する。

耐圧ホース、鋼管及びポリエチレン管は、使用環境を考慮した材料を選定し、必要に応じて保温等を設置する。また、屋外で耐圧ホースを使用する箇所は、汚染拡大防止のため、継手部に抜け防止治具の取付けを実施し、継手が外れない処置をする。

(3) 油分分離装置

油分分離装置は、滞留水に含まれる油分を活性炭により除去する。

(4) 浄化装置

浄化装置は、内部に充填されたキレート樹脂及びゼオライトにより、滞留水に含まれる放射性核種を除去する。

浄化装置の使用済キレート樹脂及びゼオライトは水抜きした後、固体廃棄物貯蔵庫に貯蔵する。

(5) 淡水化装置

淡水化装置は、逆浸透膜の性質を利用して滞留水に含まれる放射性核種を散水可能な放射能濃度（詳細は「Ⅲ 第3編 2.1.2 放射性液体廃棄物等の管理」参照）まで除去する。

また、淡水化後は散水し滞留水の低減を実施する。

淡水化装置の使用済逆浸透膜及びフィルタ類は水抜きした後、固体廃棄物貯蔵庫に貯蔵する。

(6) 監視装置

滞留水貯留設備には、設備の状態を正確かつ迅速に把握できるように警報装置及び監視カメラを設置する。

警報装置は、タンク水位高・低及び移送ポンプ用電動機の過負荷を検知し、5・6号機の中央制御室に警報を発する。

(7) 電源設備

電源設備については、Ⅱ.2.32 参照。

(8) 浄化ユニット

浄化ユニットは、前置フィルタ、吸着塔タイプ1、吸着塔タイプ2、出口フィルタ、移送ポンプ、鋼管、耐圧ホースにて構成される。前置フィルタは、後に続く吸着塔の吸着性能に影響が出ないように、あらかじめ大きめの不純物を取り除き、吸着塔タイプ1に充填された活性炭により浮遊物質やコロイド状物質という比較的分子量の大きい物質を除去する。さらに、その後段の吸着塔タイプ2に充填されたセシウム/ストロンチウム同時吸着材により、滞留水に含まれる放射性核種を散水可能な放射能濃度（詳細は「Ⅲ 第3編 2.1.2 放射性液体廃棄物等の管理」参照）まで除去する。なお、出口フィルタは、前段までの吸着材が下流に流出することを防ぐために設置する。（添付資料－8 参照）

浄化ユニットの使用済セシウム/ストロンチウム同時吸着塔は水抜きした後、使用済セシウム吸着塔一時保管施設に一時的に貯蔵する。

2.33.2.1.6 自然災害対策等

(1) 津波

受入タンク、貯留タンク、中間タンク、浄化装置、淡水化装置、浄化ユニットは、アウターライズ津波が到達しないと考えられる5・6号機の標高より高台に設置する。

（Ⅲ.3.1.3 参照）

なお、アウターライズ津波を上回る津波の襲来に備え、大津波警報が出た際は装置の運転を停止し、隔離弁を閉止することで、滞留水の流失を防止する。

また、メガフロートについても、アウターライズ津波の影響は小さいが、港湾内構造物に衝突する可能性は否定できないため、被害が最小限になるような場所に係留する。（添付資料－6 参照）

(2) 台風・豪雨・竜巻

滞留水貯留設備は、大雨警報、暴風警報、竜巻警報、特別警報により台風・豪雨・竜巻の発生の可能性が予見される場合には、汚染水の漏えい防止を図るため、滞留水貯留設備の停止等を行い、設備損傷による影響が最小限になるよう対策を図る。

さらに、放射性物質を吸着する浄化ユニット吸着塔は、ジャバラハウス内に収納しており、直接、雨水、強風の影響を受けない構造としている。

(3) 外部人為事象

外部人為事象に対する設計上の考慮については、Ⅱ.1.14 参照。

(4) 火災

火災発生防止の観点から基本的に不燃性又は難燃性の材料を使用し、装置周辺から可能な限り可燃物を排除する。また、浄化ユニット及び電源設備の近傍に消火器を設置することで、万一火災が発生しても早急に初期消火できるよう備える。さらに火災の検知の観点から、巡視点検、監視カメラによる監視を行う。

(5) 環境条件

滞留水貯留設備については、屋外に設置されているため、紫外線による劣化及び凍結による破損が懸念されるが、貯留設備、油分分離装置、浄化装置及び淡水化装置は、主に鋼製の材料を使用していることから、問題ないと考える。また、耐圧ホース及びポリエチレン管については、紫外線による劣化及び凍結による破損が懸念されるため、保温材を取り付ける。

また、添付資料－8 別添－4に示す増設及び取替範囲に該当する設備の環境条件対策については以下に示す。

① 腐食対策

海水による炭素鋼の腐食速度は、「材料環境学入門」（腐食防食協会編、丸善株式会社）より、0.1mm/年程度と評価される。炭素鋼を使用している配管・機器は、必要肉厚に対して十分な肉厚があり腐食代を有していることを確認している。また、炭素鋼を使用している配管及び浄化ユニット構成機器の内面に対して、ゴムライニング又はポリエチレンライニングを施す。

その他については、耐食性を有するステンレス材、ポリエチレン管等を使用する。

② 紫外線対策

屋外に設置する移送ポンプ（水中ポンプを除く）はテントハウスに、浄化ユニットはジャバラハウスに設置することにより紫外線劣化を防止する。なお、ジャバラハウス及びテントハウスの素材は紫外線に強い素材を使用する。また、屋外に設置する配管は保温材を適切に設けることにより紫外線劣化を防止する。

③ 凍結防止対策

屋外に設置する移送ポンプ（水中ポンプを除く）はテントハウスに、浄化ユニットはジャバラハウスに設置し、ヒータで加温することにより凍結を防止する。また、屋外に設置する配管には保温材等を適切に設けることにより凍結を防止する。

2.33.2.1.7 構造強度

滞留水貯留設備を構成する機器は、発電用原子力設備に関する技術基準を定める省令上、廃棄物処理設備に相当するクラス3 機器と位置付けられる。この適用規格は、「JSME SNC-1 発電用原子力設備規格 設計・建設規格」（以下、「設計・建設規格」という。）で規定されるものであるが、各機器については、以下のとおり個別に評価する。

(1) 貯留設備

- a. 震災以降緊急対応的に設置又は既に（2013年8月14日より前に）設計に着手したタンクは、「設計・建設規格」におけるクラス3 機器の要求を満足するものではないが、漏えい試験を行い、有意な漏えいがないことを確認する。

また、これらは全て大気開放のため、水頭圧以上の内圧が作用することはない。

以上のことから、震災以降緊急対応的に設置又は既に（2013年8月14日より前に）設計に着手したタンクは、必要な構造強度を有するものと評価する。（添付資料－7 参照）

- b. 2013年8月14日以降に設計するタンク

2013年8月14日以降に設計するタンクは、「実用発電用原子炉及びその付属設備の技術基準に関する規則」において、廃棄物処理設備に相当するクラス3 機器の規定を適用することを基本とする。クラス3機器の適用規格は、「設計・建設規格」で規定される。

以上のことから、2013年8月14日以降に設計するタンクは、必要な構造強度を有するものと評価する。（添付資料－7 参照）

(2) 移送設備

- a. 移送ポンプ

移送ポンプについては、「設計・建設規格」におけるクラス3 機器の要求を満足するものではないが、系統の温度（常温）、圧力（約0.25MPa）を考慮して仕様を選定した上で、試運転を行い有意な漏えい、運転状態に異常がないことを確認する。

以上のことから、移送ポンプは、必要な構造強度を有するものと評価する。

- b. 耐圧ホース

「設計・建設規格」上のクラス 3 機器に対する規定を満足する材料ではないが、系統の温度（常温）、圧力（約 0.25MPa）を考慮して仕様を選定した上で、漏えい試験を行い、有意な漏えいがないことを確認する。従って、耐圧ホースは、必要な構造強度を有していると評価する。

- c. ポリエチレン管

「設計・建設規格」上のクラス 3 機器に対する規定を満足する材料ではないが、系統の温度（常温）、圧力（約 0.25MPa）を考慮して仕様を選定している。また、ポリエチレン管は、一般に耐食性、電気特性（耐電気腐食）、耐薬品性を有しており、鋼管と同等の信頼性を有している。また、以下により高い信頼性を確保している。

- ・ 日本水道協会規格（JWWA 規格）、ISO 規格に適合したポリエチレン管を採用。
- ・ 継手は可能な限り融着構造とする。
- ・ 敷設時には漏えい試験を行い、有意な漏えいがないことを確認する。

以上のことから、ポリエチレン管は、必要な構造強度を有するものと評価する。

(3) 油分分離装置及び浄化装置

油分分離装置及び浄化装置は、「設計・建設規格」におけるクラス3 機器の要求を満足するものではないが、系統の温度（常温）、圧力（約0.25MPa）を考慮して仕様を選定した上で、漏えい試験を行い、有意な漏えいがないことを確認する。

以上のことから、油分分離装置及び浄化装置は、必要な構造強度を有するものと評価する。

(4) 淡水化装置

淡水化装置は、「設計・建設規格」におけるクラス3 機器の要求を満足するものではないが、系統の温度（常温）、圧力（約0.25MPa）を考慮して仕様を選定した上で、試運転を行い、有意な漏えいがないこと及び運転状態に異常がないことを確認する。

以上のことから、淡水化装置は、必要な構造強度を有するものと評価する。

(5) 浄化ユニット

浄化ユニットは、「実用発電用原子炉及びその付属設備の技術基準に関する規則」において、廃棄物処理設備に相当するクラス3 機器に準ずるものと位置付けられる。浄化ユニットについては、「設計・建設規格」、日本産業規格（JIS 規格）等の国内外の民間規格に適合した工業製品の採用、JIS 規格またはこれらと同等の技術的妥当性を有する規格での設計・製作・検査を行う。

また、「設計・建設規格」で規定される材料の JIS 規格年度指定は、技術的妥当性の範囲において材料調達性の観点から考慮しない場合もある。

さらに、「設計・建設規格」に記載のない非金属材料（耐圧ホース）については、現場の作業環境等から採用を継続する必要があるが、非金属材料については、JIS 規格、製品の試験データ等を用いて設計を行う。

以上のことから、浄化ユニットは、必要な構造強度を有するものと評価する。

2.33.2.1.8 耐震性

滞留水貯留設備を構成する機器のうち放射性物質を内包するものは、「JEAC4601 原子力発電所耐震設計技術規程」上の B クラス相当の設備と位置付けられる。

耐震性を評価するにあたっては、「JEAC4601 原子力発電所耐震設計技術指針」等に準拠して構造強度評価を行うことを基本とするが、評価手法、評価基準について実態に合わせたものを採用する場合もある。

支持部材がない等の理由によって、耐震性に関する評価ができない設備を設置する場合においては、可撓性を有する材料の使用等により、耐震性を確保する。（添付資料－7 参照）

2.33.2.1.9 機器の故障への対応

(1) 移送ポンプの故障

移送ポンプが故障した場合は、ポンプの修理または交換を行い、1 週間程度で機能を回復する。

(2) 電源喪失

移送ポンプの電源が喪失した場合は、仮設発電機を使用することで、1週間程度で機能を回復する。

(3) 受入タンク・貯留タンク等からの漏えい

受入タンク・貯留タンク等から滞留水の漏えいが発生した場合は、タンク等の修理を行い、1ヶ月程度で機能を回復する。ただし、漏えいに伴い堰内に溜まった雨水の放射能濃度が排水基準を上回った場合、その雨水*1を処理することになるが1ヶ月以内*2で処理可能であることからタンク等の修理と合わせて2ヶ月以内で機能を回復する。

*1：発電所周辺の年間降雨量 1,500mm が降雨したと仮定した場合、推定される堰内に溜まる雨量は、最も広い面積を有する貯留タンクエリアで約 1,500m³程度である。

*2：滞留水貯留設備は1ヶ月間で最大 3,000m³の処理が可能である。

(4) 異常時の評価

滞留水貯留設備への移送が長期に停止した場合、地下水の流入により建屋内の水位が上昇し、使用済燃料プールに貯蔵されている燃料の冷却の維持に必要な設備に電力を供給している所内高圧母線が被水する可能性がある。

移送停止後、建屋内水位が使用済燃料プールに貯蔵されている燃料の冷却の維持に必要な設備に電力を供給している所内高圧母線が被水する可能性がある水位に達するまでの水量の余裕は、約 4,500m³と想定しているため、地下水が約 30m³/日で流入することを考慮しても約 5ヶ月の余裕がある。

したがって、滞留水貯留設備の機器が故障した場合、長くても2ヶ月程度で機能を回復（受入タンク・貯留タンク等からの漏えい時）できるため、建屋内水位が電源設備に影響するまでの期間内（約 5ヶ月）に十分復旧可能である。

2.33.2.2 基本仕様

(1) 貯留設備

a. 受入タンク（完成品）

合計容量	2, 102 m ³
基数	23 基
容量	35 m ³ /基 × 6 基
	42 m ³ /基 × 6 基
	110 m ³ /基 × 4 基
	160 m ³ /基 × 5 基
	200 m ³ /基 × 2 基

b-1. 貯留タンク

合計容量 16,101 m³
 基数 34 基
 容量 50 m³/基×4 基 (完成品)
 90 m³/基×4 基 (完成品)
 299 m³/基×3 基 (完成品)
 508 m³/基×18 基 (完成品)
 1,100 m³/基×5 基

(追 設)

b-2. 中間タンク

合計容量 5,800 m³
 基数 5 基
 容量 1,160 m³/基×5 基

タンク型式		—	溶接型
タンク容量		m ³	1,160
主要寸法	内 径	mm	11,000
	胴板厚さ	mm	12.0
	底板厚さ	mm	12.0
	高 さ	mm	13,000
管台厚さ	100A	mm	6.0
	200A	mm	8.2
	650A	mm	12.0
材 料	胴板・底板	—	SM400C
	管台	—	STPG370, SM400C

c. (廃止) メガフロート (完成品)

d. 水位警報

(a) 受入タンク (35 m³, 42 m³)

設定値 水位高：底部より 1,835 mm 以下
 水位低：底部より 205 mm 以上

(b) 受入タンク (110 m³)

設定値 水位高：底部より 2,051 mm 以下
 水位低：底部より 206 mm 以上

(c) 受入タンク (160 m³, 200 m³)

設定値 水位高：底部より 4,100 mm 以下
 水位低：底部より 600 mm 以上

(d) 貯留タンク (50 m³)

設定値 水位高：底部より 2,200 mm 以下
 水位低：底部より 100 mm 以上

(e)貯留タンク (90 m³)

設定値 水位高：底部より 2,500 mm 以下
水位低：底部より 100 mm 以上

(f)貯留タンク (299 m³, 508 m³)

設定値 水位高：底部より 8,242 mm 以下
水位低：底部より 600 mm 以上

(g)貯留タンク (1,100 m³)

設定値 水位高：底部より 8,800 mm 以下
水位低：底部より 1,500 mm 以上

(追 設)

(h)中間タンク (1,160 m³)

設定値 水位高：底部より 12,060 mm 以下
水位低：底部より 1,150 mm 以上

(2)移送設備

a. 移送ポンプ (完成品)

台 数	16 台	
容量 揚程 台数	13.8 m ³ /h	20 m×3 台
	20 m ³ /h	33 m×2 台
	20 m ³ /h	54.4 m×5 台
	20 m ³ /h	65 m×1 台

(追 設)

容量 揚程 台数	13.8 m ³ /h	20 m×1 台
	24.2 m ³ /h	65 m×1 台
	20 m ³ /h	65 m×1 台
	13.8 m ³ /h	13 m×1 台
	35 m ³ /h	43.2 m×1 台

(廃 止)

容量 揚程 台数	20 m ³ /h	35 m×1 台
	12.5 m ³ /h	35 m×3 台

b. 耐圧ホース (完成品)

呼び径 75 A相当, 100 A相当, 200 A相当
材質 ポリ塩化ビニル
最高使用圧力 0.98 MPa
最高使用温度 50 °C

c. ポリエチレン管 (完成品)

呼び径 50 A相当, 75 A相当, 100 A相当
材質 ポリエチレン
最高使用圧力 0.98 MPa
最高使用温度 40 °C

(追 設)

名 称	仕 様	
6号機タービン建屋内移送ポンプ出口合流から6号機タービン建屋出口まで (ポリエチレン管)	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	75 A相当 ポリエチレン 0.98 MPa 40 °C
6号機タービン建屋出口配管分岐から受入タンクまで (ポリエチレン管)	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	75 A相当 ポリエチレン 0.98 MPa 40 °C
受入タンク出口配管分岐から中間タンク入口まで (ポリエチレン管)	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	50 A相当, 75 A相当, 100 A相当 ポリエチレン 0.98 MPa 40 °C
中間タンク出口から浄化ユニット入口まで (ポリエチレン管)	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	50 A相当, 75 A相当 ポリエチレン 0.98 MPa 40 °C
貯留タンク出口から浄化ユニット入口配管合流まで (ポリエチレン管)	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	75 A相当 ポリエチレン 0.98 MPa 40 °C
浄化ユニット出口から中間タンク入口まで (ポリエチレン管)	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	50 A相当, 100 A相当 ポリエチレン 0.98 MPa 40 °C
中間タンク出口から移送ポンプ(65m)入口まで (ポリエチレン管)	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	100 A相当 ポリエチレン 0.98 MPa 40 °C
(鋼管)	呼び径/厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度	100 A / S c h 40 STPG370 +ポリエチレンライニング 0.98 MPa 40 °C

名 称	仕 様	
移送ポンプ（65m）出口から中間タンク入口まで （鋼管）	呼び径／厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度	100A／Sch40 STPG370 +ポリエチレンライニング 0.98 MPa 40℃
（ポリエチレン管）	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	100A相当 ポリエチレン 0.98 MPa 40℃
移送ポンプ（65m）出口配管分岐から貯留タンク入口配管合流まで （ポリエチレン管）	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	50A相当，75A相当， 100A相当 ポリエチレン 0.98 MPa 40℃
中間タンク出口から移送ポンプ（43.2m）入口まで （ポリエチレン管）	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	50A相当，100A相当 ポリエチレン 0.98 MPa 40℃
（鋼管）	呼び径／厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度	50A／Sch40 65A／Sch40 STPG370 +ポリエチレンライニング 0.98 MPa 40℃
移送ポンプ（43.2m）出口から配管末端まで （鋼管）	呼び径／厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度	50A／Sch40 STPG370 +ポリエチレンライニング 0.98 MPa 40℃
（ポリエチレン管）	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	50A相当 ポリエチレン 0.98 MPa 40℃

名 称	仕 様	
中間タンク出口から移送ポンプ（13m）入口まで （ポリエチレン管）	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	50A相当，75A相当 ポリエチレン 0.98 MPa 40℃
（鋼管）	呼び径／厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度	50A／Sch40 STPG370 +ポリエチレンライニング 0.98 MPa 40℃
移送ポンプ（13m）出口から淡水化装置入口配管合流まで （鋼管）	呼び径／厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度	40A／Sch40 50A／Sch40 STPG370 +ポリエチレンライニング 0.98 MPa 40℃
（ポリエチレン管）	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	50A相当，75A相当 ポリエチレン 0.98 MPa 40℃
移送ポンプ（20m）（水中ポンプ）から貯留タンク出口まで （耐圧ホース）	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	75A相当 ポリ塩化ビニル 0.98 MPa 50℃
貯留タンク出口から淡水化装置入口配管合流まで （ポリエチレン管）	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	75A相当 ポリエチレン 0.98 MPa 40℃

（廃 止）

名 称	仕 様	
6号機タービン建屋内移送ポンプ出口合流から6号機タービン建屋出口まで （耐圧ホース）	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	75A相当 ポリ塩化ビニル 0.98 MPa 50℃
貯留タンク内の旧淡水化装置用移送ポンプ（35m）（水中ポンプ）から貯留タンク出口まで （耐圧ホース）	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	75A相当 ポリ塩化ビニル 0.98 MPa 50℃

a. 前置フィルタ

名 称		前置フィルタ	
種 類	—	たて置円筒形	
容 量	m ³ /h/個	4.2	
最高使用圧力	MPa	0.98	
最高使用温度	℃	40	
主要寸法	胴 内 径	mm	339.8
	胴 板 厚 さ	mm	7.9
	上部鏡板厚さ	mm	8.0
	下部鏡板厚さ	mm	8.0
	高 さ	mm	1380.0
材 料	胴 板	—	SGP+ゴムライニング
	鏡 板	—	SS400+ゴムライニング
個 数	個/系列	1	
系 列 数	系列	4	

b. 吸着塔タイプ1

名 称		吸着塔タイプ1	
種 類	—	たて置円筒形	
容 量	m ³ /h/個	4.2	
最高使用圧力	MPa	0.98	
最高使用温度	℃	40	
主要寸法	胴 外 径	mm	508.0
	胴 板 厚 さ	mm	9.53
	上部, 下部平板厚さ	mm	50.0
	高 さ	mm	2286.0
材 料	胴 板	—	ASTM A106Gr. B +ゴムライニング
	上部, 下部平板	—	SS400+ゴムライニング
個 数	個/系列	1	
系 列 数	系列	4	

c. 吸着塔タイプ2

名 称		吸着塔タイプ2	
種 類	—	たて置円筒形	
容 量	m ³ /h/個	4.2	
最高使用圧力	MPa	0.98	
最高使用温度	℃	40	
主 要 寸 法	胴 内 径	mm	700.0
	胴 板 厚 さ	mm	8.0
	上部鏡板厚さ	mm	8.0
	下部鏡板厚さ	mm	8.0
	高 さ	mm	1500.0 1550.0
材 料	胴 板	—	SUS316L
	鏡 板	—	SUS316L
個 数	個/系列	3	
系 列 数	系列	4	

d. 移送ポンプ（完成品）

台 数	1 台/系列
容 量	100 m ³ /日/台
揚 程	91 m

e. 出口フィルタ（完成品）

名 称		出口フィルタ	
種 類	—	たて置円筒形	
容 量	m ³ /h/個	4.2	
最高使用圧力	MPa	0.98	
最高使用温度	℃	40	
主 要 寸 法	胴 外 径	mm	219.0
	胴 板 厚 さ	mm	3.0
	上部鏡板厚さ	mm	3.0
	下部鏡板厚さ	mm	3.0
	高 さ	mm	1308.0
材 料	胴 板	—	GB S31603
	鏡 板	—	GB S31603
個 数	個/系列	1	
系 列 数	系列	4	

f. 主要配管仕様

名 称	仕 様	
浄化ユニット入口から 移送ポンプまで (鋼管)	呼び径/厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度	50A/Sch40 40A/Sch40 STPG370 +ポリエチレンライニング 0.98MPa 40℃
移送ポンプから 前置フィルタまで (鋼管)	呼び径/厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度	40A/Sch40 32A/Sch40 STPG370 +ポリエチレンライニング 0.98MPa 40℃
前置フィルタから 出口フィルタまで (鋼管)	呼び径/厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度	40A/Sch40 STPG370 +ポリエチレンライニング 0.98MPa 40℃
(耐圧ホース)	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	40A相当 EPDM(合成ゴム) 0.98MPa 40℃
出口フィルタから 浄化ユニット出口まで (鋼管)	呼び径/厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度	50A/Sch40 40A/Sch40 STPG370 +ポリエチレンライニング 0.98MPa 40℃

(7) 堰

受入タンク・油分分離装置エリア

高 さ 510mm以上*

受入タンクエリア

高 さ 560mm以上*

貯留タンクエリア

高 さ 520mm以上*

*：高さは、以下の各エリア毎に想定最大量及び堰内の面積から算出。

受入タンク・油分分離装置エリア 想定最大量 408 m³ 堰内の面積 814 m²

受入タンクエリア 想定最大量 1,043 m³ 堰内の面積 1,865 m²

貯留タンクエリア 想定最大量 3,301 m³ 堰内の面積 6,392 m²

2.33.3 添付資料

- 添付資料－1 建屋内の滞留水による影響について
- 添付資料－2 6号機 放射性液体廃棄物処理系の未復旧期間における廃液の処理について
- 添付資料－3 6号機 原子炉建屋付属棟の一部没水機器について
- 添付資料－4 系統概要図及び全体概要図
- 添付資料－5 滞留水貯留設備の増設について
- 添付資料－6 メガフロート係留場所の津波に対する考慮について
- 添付資料－7 タンク等の構造強度及び耐震性に関する評価結果について
- 添付資料－8 滞留水貯留設備の増設及び廃止について
- 添付資料－9 浄化ユニット用ジャバラハウスの耐震評価について
- 添付資料－10 浄化ユニット吸着塔，貯留タンク及び中間タンクからの敷地境界線量評価
- 添付資料－11 廃棄物発生量に関する評価
- 添付資料－12 メガフロート津波等リスク低減対策工事について

建屋内の滞留水による影響について

滞留水は 5 号機タービン建屋地下階・ 6 号機タービン建屋地下階及び 6 号機原子炉建屋付属棟地下階の 3 箇所に滞留しており、使用済燃料プールに貯蔵されている燃料の冷却の維持に必要な設備への影響及び建屋外への漏えいを考慮し、定期的に水位の計測を実施している。(Ⅲ. 3. 1. 5 参照)

* : 2013 年 7 月 1 日時点で、各建屋内滞留水の水量の合計は約 5, 600m³、放射能濃度は Cs-134 が約 0. 02Bq/cm³、Cs-137 が約 0. 08Bq/cm³である。

1. 使用済燃料プールに貯蔵されている燃料の冷却の維持に必要な設備への影響

前述の各建屋に隣接するコントロール建屋等（使用済燃料プールに貯蔵されている燃料の冷却の維持に必要な設備の電源室）へ滞留水が流入する可能性のある水位は、各建屋の床面から約 2m であるが、仮設の滞留水貯留設備による処理により、水位はその半分以下で推移しているため、問題ないと考える。

2. 建屋外への漏えい

5・6号機の各建屋内滞留水は、床面＋約 2m 以下で管理しており、現状のサブドレン水位は低い場所でも、5号機は床面＋約 2.3m 上、6号機は床面＋約 4m 上であることから、建屋外への漏えいはないと考える。

６号機 放射性液体廃棄物処理系の未復旧期間における廃液の処理について

５・６号機の廃液については、現状６号機の放射性液体廃棄物処理系が未復旧であることから、５号機の機器ドレン系にて全量処理後、５・６号機の復水貯蔵タンクに回収し、その全量を再使用している。

廃液の発生量は、設備の点検時に約 50m³程度（月 1 回以内）であり、仮に、５・６号機の点検が同時期になっても廃液発生量は約 100m³/月となり、処理能力 45m³/h を有する５号機の機器ドレン系にて、十分処理可能である。

また、復水貯蔵タンクの容量（５号機：2,500m³、６号機：3,194m³）に対して、震災以降、５・６号機共に概ねタンクの半分程度の保管量で推移しており、廃液の回収には十分な余裕がある。

なお、廃液の貯留を目的に設置されている、サプレッションプール水サージタンクは、津波による損傷が著しく使用できない状態にあるが、上記のとおり復水貯蔵タンクに回収できることから廃液の処理は問題ないと考える。

6号機 原子炉建屋付属棟の一部没水機器について

原子炉建屋付属棟の地下階は、大量の滞留水により没水している。

滞留水により没水している設備*¹のうち、放射性廃液を貯蔵しているタンクは、機器ドレン収集タンク、廃液サンプルタンク、床ドレン化学廃液収集タンク、蒸留水サンプルタンク、蒸留水タンクがある。また、タンクの付属配管についても一部没水している。

タンク及び付属配管の材質は、ステンレス鋼または炭素鋼である。

*1：放射性固体廃棄物処理系のうち、機器ドレンフィルタスラッジ貯蔵タンク、原子炉浄化系フィルタスラッジ貯蔵タンク、使用済樹脂貯蔵タンク、濃縮廃液貯蔵タンク及び各付属配管（使用済樹脂貯蔵タンクを除く）についても一部没水している。（Ⅱ.2.10参照）

1. ステンレス鋼製タンク及び付属配管

文献*²によれば、通常の水環境において、ステンレス鋼の表面には保護皮膜が形成されるため、腐食速度は無視できるほど小さいが、環境中に濃度の高い塩化物イオンがあると、保護皮膜が局部的に破壊されて、腐食進展速度の大きい局部腐食が生じる場合がある。ステンレス鋼に局部腐食が発生し得る塩化物イオン濃度は、常温で500ppm程度とされているが、現状、設備外面が接する滞留水の塩化物イオン濃度は200ppm程度（水温約20℃）で推移しており、外面から腐食が発生する可能性は小さいと考えられる。なお、滞留水の増加要因は、主に地下水の流入であり、塩化物イオン濃度が増加する可能性は小さいが、引き続き、滞留水中の塩化物イオン濃度を確認する。

一方、設備内面が接する水環境は震災前と変わらないことから、内面からの腐食が発生する可能性も小さいと考えられる。

一部没水しているステンレス鋼製のタンク及び付属配管を表－1に示す。

*2：宮坂松甫他、「ポンプの高信頼性と材料」、ターボ機械 第36巻 第9号、2008年9月

表－1 ステンレス鋼製タンク及び付属配管

機 器 名	材 質
床ドレン化学廃液収集タンク	SUS304（エポキシライニング）
機器ドレンフィルタスラッジ貯蔵タンク	SUS304
原子炉浄化系フィルタスラッジ貯蔵タンク	SUS304
使用済樹脂貯蔵タンク	SUS304
床ドレン化学廃液収集タンク付属配管	SUS316TP
濃縮廃液貯蔵タンク付属配管	SUS316LTP
廃液サンプルタンク付属配管	SUS304TP
蒸留水サンプルタンク付属配管	SUS304TP

2. 炭素鋼製タンク及び付属配管

タンク及び付属配管は、腐食防止のために表面塗装が施されており、塗装が健全であれば外面腐食を防止できる。しかしながら現状、滞留水が溜まっていることから、塗装がはく離し腐食している可能性がある。なお、タンク及び付属配管の内面は腐食がないものとし、ここでは、外面からの腐食について評価する。

(1) 炭素鋼製タンク

これまででは、計画的な点検により表面状態を確認し、必要に応じて補修塗装を実施し健全性を維持している。

しかしながら、タンクが滞留水に一部没水しているため外面からの腐食が進む可能性がある。そのため、必要肉厚を下回るのにどの程度の時間的余裕があるか評価した。

ここで、塗装のはく離及び飛沫帯がある状態を想定する。腐食防食データブック*³によれば、海水中では腐食速度は 0.1mm/年、飛沫帯では 0.3mm/年と報告されているため、水面からの飛沫があると仮定し腐食速度は 0.3mm/年とする。

その結果、必要肉厚に到達するまでの時間的余裕は約 10 年以上となると予測される。

一部没水している炭素鋼製タンクの評価結果を表-2に示す。

* 3 : 腐食防食協会編；腐食防食データブック，丸善，p. 49 (1995)。

表-2 炭素鋼製タンクの評価結果

機器名	材質	肉厚 (mm)	必要肉厚 (mm)	必要肉厚 までの時間	備考
機器ドレン収集タンク	SM41 (エポキシライニング)	10.8	6.73	約 13 年	* 4
濃縮廃液貯蔵タンク	SM41A (エポキシライニング)	16.2	3.75	約 41 年	* 5
廃液サンプルタンク	SM41A (エポキシライニング)	6.96	3.81	約 10 年	
蒸留水サンプルタンク	SM41A (エポキシライニング)	9.96	3.81	約 10 年	
蒸留水タンク	SM41A (エポキシライニング)	7.1	3	約 13 年	

* 4 : 建設時第 4 回工事計画認可申請書(49資庁第21657号 昭和50年2月5日認可)

* 5 : 建設時第 7 回工事計画変更認可申請書(51資庁第9100号 昭和51年10月8日認可)

(2) 炭素鋼製タンク付属配管

付属配管の外表面は防食塗装が施工されているため、急速な腐食の進展は少ないと考えられるが、タンク同様に外表面よりの腐食速度を0.3mm/年とした結果、必要肉厚に到達するまでの時間的余裕は約6年以上となると予測される。

付属配管の内面については、内部流体が常時停滞しており温度も低い等の使用環境から減肉の可能性は低いが、定期的に肉厚の測定を実施し、減肉評価を実施する。(初回は、2013年度に実施している)

一部没水している炭素鋼製タンク付属配管の評価結果を表-3に示す。

表-3 炭素鋼製タンク付属配管の評価結果

機器名	口径	材質	肉厚 (mm)	必要肉厚 (mm)	必要肉厚 までの時間	備考
機器ドレン収集タンク付属配管	100A	STPT42	5.2	3.4	6年	*6
	80A	STPT42	4.8	3.0	6年	*6
	40A	PT42	4.4	2.2	7年	*7
原子炉浄化系フィルタスラッジ貯蔵タンク付属配管	100A	STPT42	5.2	3.4	6年	*6
	80A	STPT42	4.8	3.0	6年	*6
	40A	PT42	4.4	2.2	7年	*7
機器ドレンフィルタスラッジ貯蔵タンク付属配管	100A	STPT42	5.2	3.4	6年	*6
	80A	STPT42	4.8	3.0	6年	*6
	40A	PT42	4.4	2.2	7年	*7
蒸留水タンク付属配管	80A	STPT42	4.8	3.0	6年	*6
	25A	PT42	3.9	1.7	7年	*7

*6：建設時第16回工事計画軽微変更届出書(総文発官第704号 昭和52年8月15日届出)

*7：建設時第25回工事計画軽微変更届出書(総文発官第636号 昭和53年8月31日届出)

系統概要図及び全体概要図

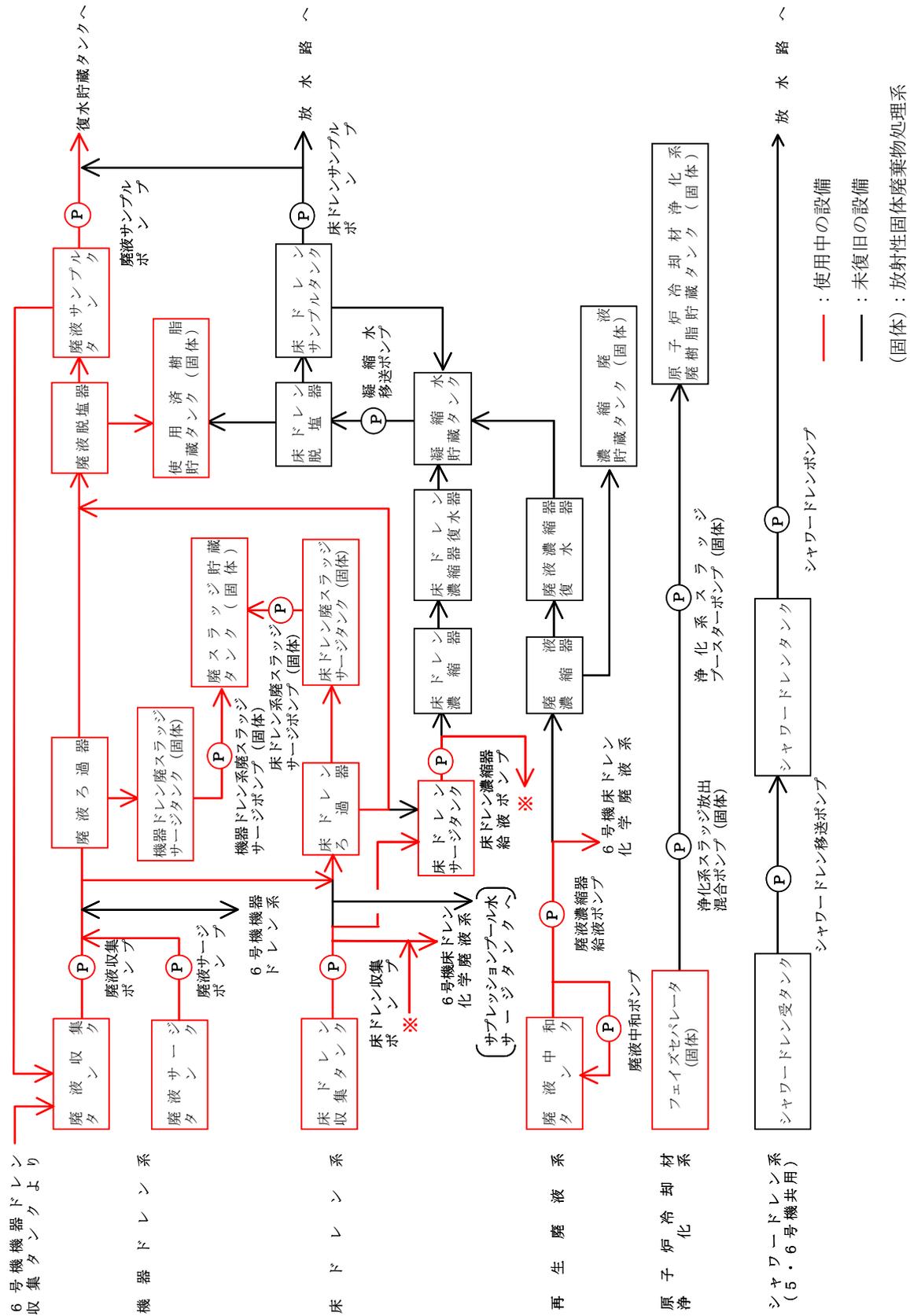


図-1 5号機 放射性液体廃棄物処理系 系統概要図

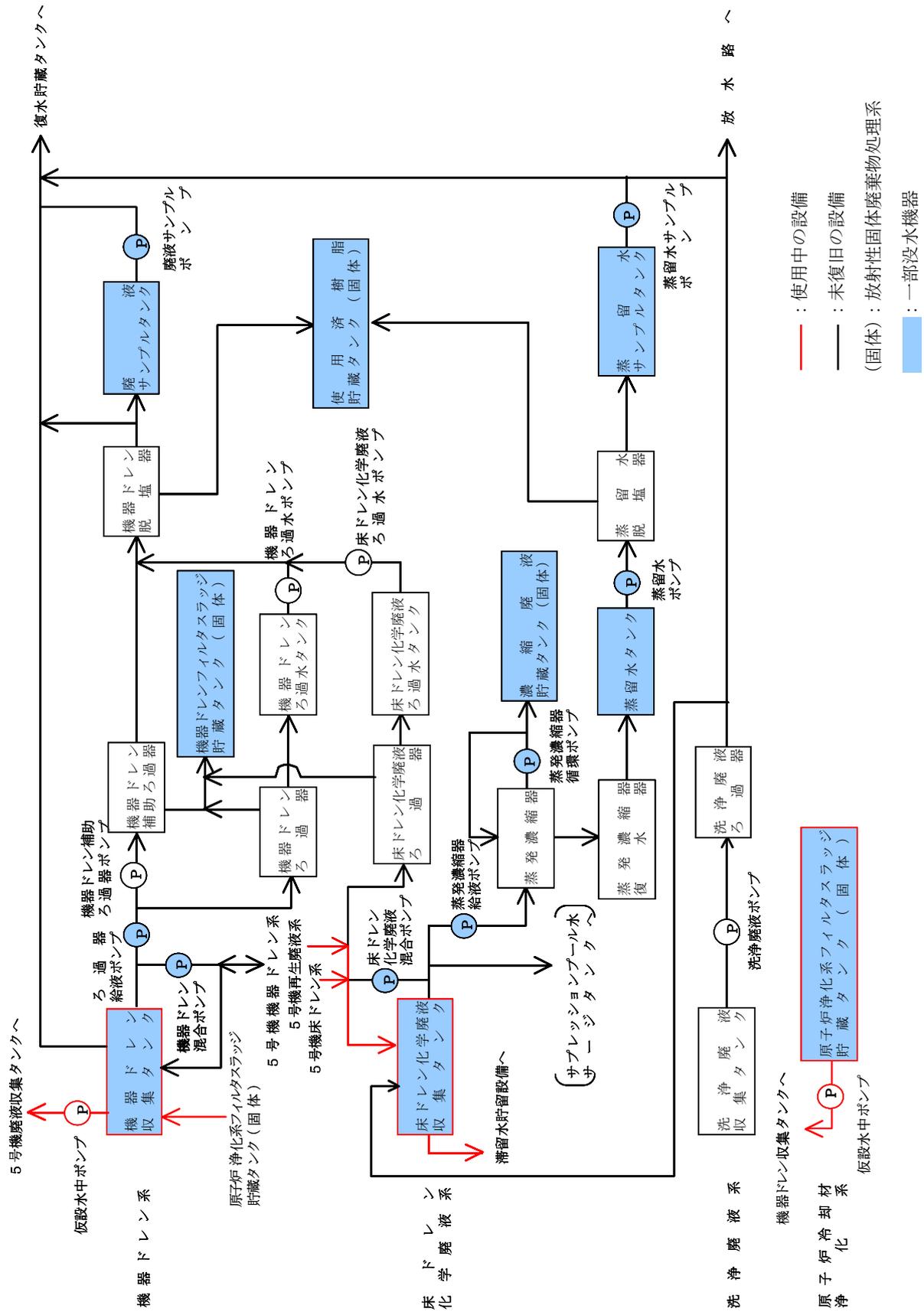


図-2 6号機 放射性液体廃棄物処理系 系統概要図

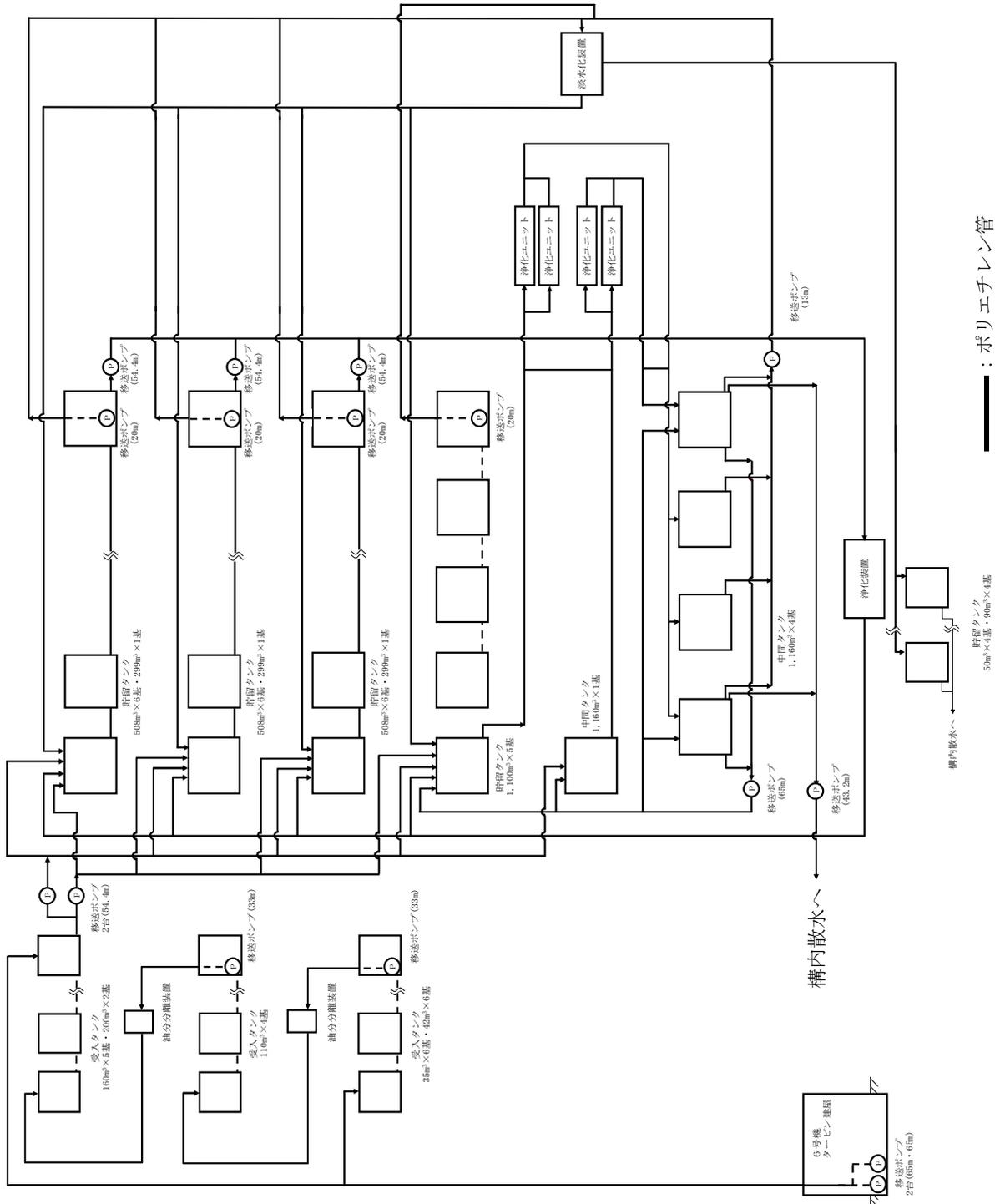
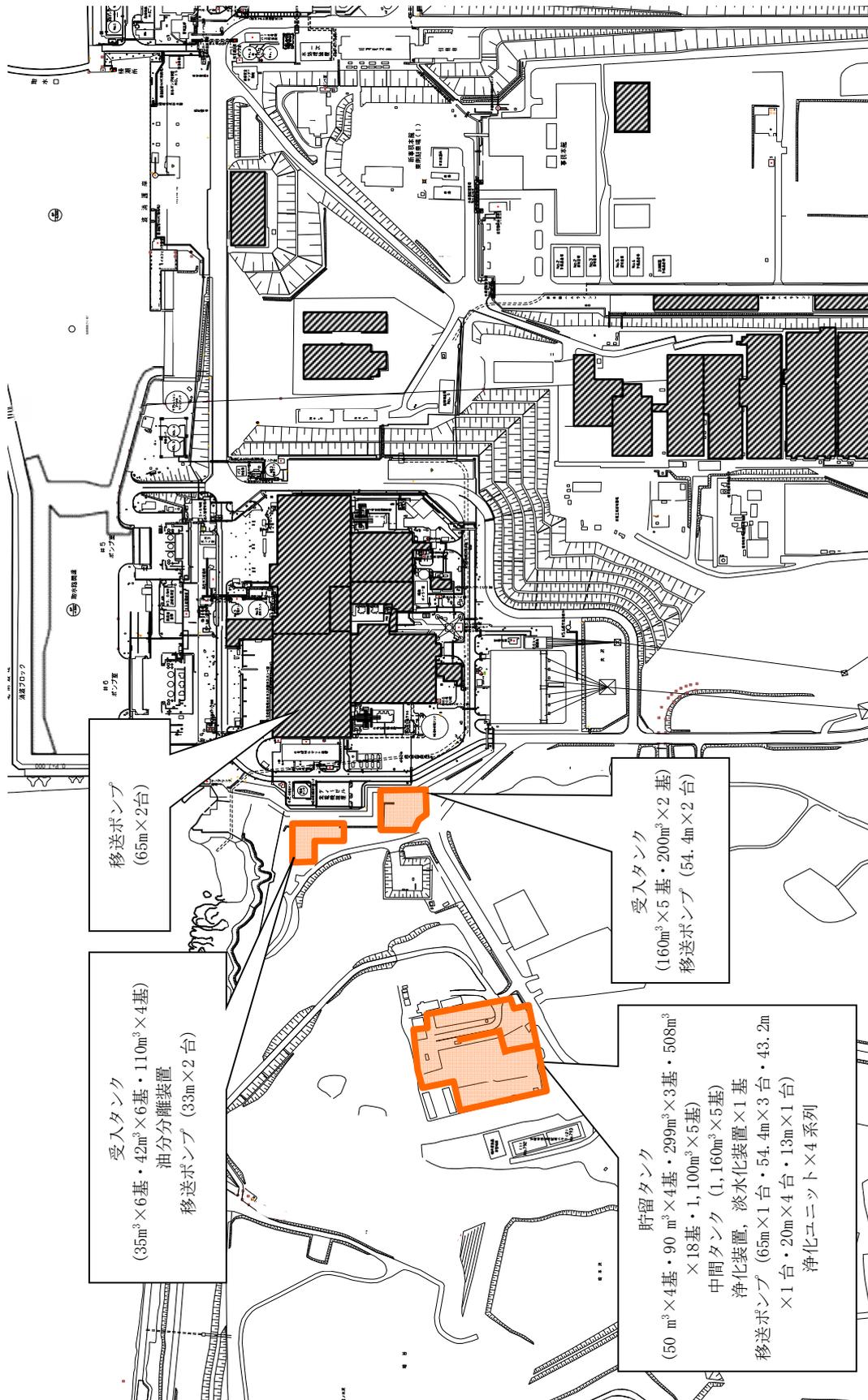


図-3 5・6号機 滞留水貯留設備 系統概要図



滞留水貯留設備の増設について

滞留水貯留設備は、貯留能力増強及び信頼性向上を目的とした以下の工事について計画し実施する。

1. 工事概要

(1) 貯留タンク増設

貯留設備の貯留能力増強を図るため、貯留タンクを増設する。増設計画は別添－ 1 に示す。

(2) 移送ポンプ増設

淡水化装置の増設に伴い、移送ポンプの増設を行う。

(3) 淡水化装置設置

淡水化装置の信頼性向上を図るため、増設を行う。

(4) 堰の設置

滞留水漏えい時の汚染拡大を防止し信頼性向上を図るため、受入タンク・油分分離装置エリア、受入タンクエリア、貯留タンクエリアの各エリアについて堰（地面の防水処置含む）の設置を行う。

2. 設備概要

淡水化装置概要図 別添－ 2 に示す。

3. 工 程

年度	2013				2014				
	6~12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月
移送ポンプ*1							増設		
淡水化装置*1						増設			
堰				設置					

*1：各設備付属配管の増設を含む。

図-1 工事工程

4. 確認事項

表-1 移送ポンプ（水中ポンプ）

確認事項	確認項目	確認内容	判定
構造強度 ・耐震性	外観確認	各部の外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。
性能	運転確認	ポンプの運転確認を行う。	実施計画に記載の容量，揚程を満足すること。

表-2 淡水化装置

確認事項	確認項目	確認内容	判定
構造強度 ・耐震性	材料確認	納品書等に添付されている図面等により使用材料を確認する。	ろ過器：FRP 取水槽：FRP 前置ろ過器：SS400（FRPライニング） ろ過水槽：FRP チェックフィルタ：FRP ①耐衝撃性硬質ポリ塩化ビニル管：ポリ塩化ビニル* ②ナイロンコーティング管：SUS316LTP（ナイロンコーティング）* ③ナイロンコーティング管：STPG370（ナイロンコーティング）* と相違ないこと。
	外観確認	各部の外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。
	据付確認	淡水化装置の据付位置、据付状態について確認する。	実施計画の通りに据付されていること。
	耐圧・漏えい確認	運転状態にて、運転圧に耐え、かつ、漏えいのないことを確認する。	耐圧部から漏えいがないこと。
性能	性能確認	淡水化装置の性能確認を行う。	実施計画に記載の処理量を満足すること。また、淡水化後の水質が構内散水可能な放射能濃度を満足すること。

*：別添-4 図-1 5・6号機 淡水化装置概要図 参照

表－3 各設備付属配管

確認事項	確認項目	確認内容	判定
構造強度 ・耐震性	材料確認	納品書等に添付されている図面，カタログ等により使用材料を確認する。	④耐圧ホース（完成品）：ポリ塩化ビニル* ⑤ポリエチレン管（完成品）：ポリエチレン* と相違ないこと。
	寸法確認	納品書等に添付されている図面，カタログ等により確認する。	確認書類に示される寸法が，実施計画の通りであること。 ④耐圧ホース（完成品）：75A相当 ⑤ポリエチレン管（完成品）：75A相当
	外観確認	各部の外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。
	耐圧・漏えい確認	運転状態にて，運転圧に耐え，かつ，漏えいのないことを確認する。	耐圧部から漏えいがないこと。

*：別添－4 図－1 5・6号機 淡水化装置概要図 参照

表－4 堰

確認事項	確認項目	確認内容	判定
性能	外観確認	各部の外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。
	寸法確認	高さを確認する。	実施計画に記載の通りであること。
	据付確認	堰の据付位置，据付状態について確認する。	実施計画の通り据付されていること。

5. 別添

別添－1 滞留水貯留設備の貯留タンク増設計画について

別添－2 淡水化装置概要図

滞留水貯留設備の貯留タンク増設計画について

5・6号機の滞留水貯留設備は、貯留能力増強のため600m³タンク9基（フランジ型）の移設を計画していたが、1～4号機汚染水処理設備で発生したフランジ型タンクの漏えい事象に鑑み、移設するタンクが同型であったことからタンクの移設を中止した。

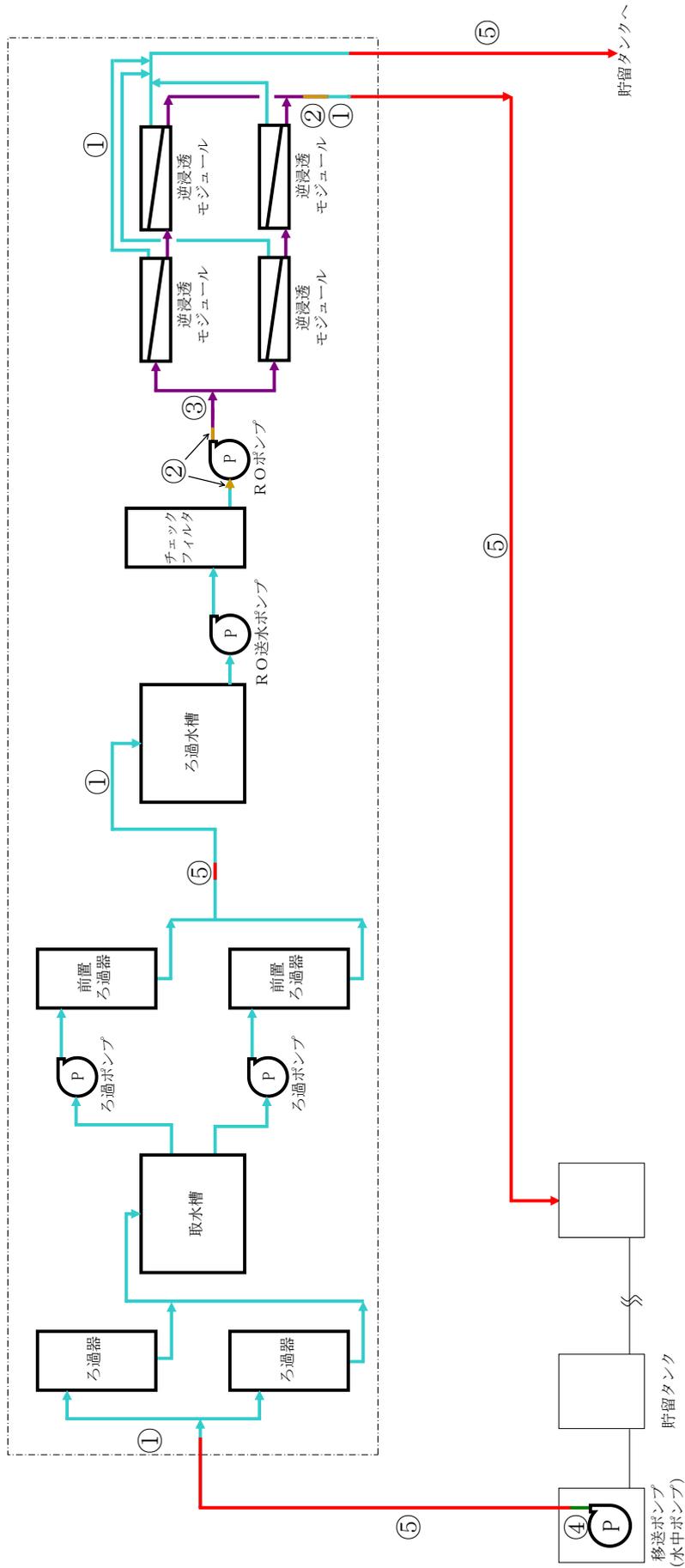
このため、貯留タンクの仕様をフランジ型から溶接型へ見直すと共に、1～4号機汚染水処理設備のタンク増設計画に影響を与えない範囲でタンクの増設を計画する。併せて、更なる信頼性向上を目的とした基礎外周堰の設置を計画する。

貯留タンク増設の方針は、以下のとおり。

- (1) 貯留タンク 溶接型
- (2) 適合規格 JSME S NC-1 発電用原子力設備規格 設計・建設規格
- (3) 工 程 2018年7月より実施

なお、実績から建屋内への地下水流入量（約30m³/日）と構内散水量は平衡状態にあり、2018年10月現在、貯留タンクの設備容量約16,000 m³に対し約1,000 m³の余裕があるため、当面、地下水の流入による使用済燃料プールに貯蔵されている燃料の冷却の維持に必要な設備への影響はない。

淡水化装置



- ① : 耐衝撃性硬質ポリ塩化ビニル管
- ② : ナイロンコーティング管 (SUS316LTP)
- ③ : ナイロンコーティング管 (STPG370)
- ④ : 耐圧ホース
- ⑤ : ポリエチレン管

別添—2

図—1 5・6号機 淡水化装置概要図

メガフロート係留場所の津波に対する考慮について

本資料では、メガフロート津波等リスク低減対策工事（添付資料－1 2 参照）を実施するまでの期間、メガフロートを5・6号機側港湾に係留した理由について記載する。

アウターライズで発生する津波は周期が長く（10分以上）、メガフロートは津波の潮位変動に応じた上下動を繰り返すと推測される。

アウターライズ津波による引波時には、メガフロート周辺の潮位の減少により、船底が沈下することが推定されるが、最も水深の浅い場所でも船底から約0.4mのクリアランスが残る。

同様に、アウターライズ津波による押波時には、メガフロート周辺における潮位上昇量は約3.3m程度と考えられるが、押波の場合は、吃水や潮位上昇量の関係からメガフロートが陸上へ乗り上げる可能性は小さい。

なお、アウターライズの引波の水流や波浪による水平方向の動揺や、押波時の垂直方向への上昇に伴う係留設備の破損で水平方向拘束が緩み、港湾内構造物に衝突する可能性は否定できないため、その可能性を最小限にするため、水深の確保及び海底の障害物の有無を考慮し、港湾内で比較的静穏な場所をメガフロートの係留場所に選定した。

タンク等の構造強度及び耐震性に関する評価結果について

1. 構造強度及び耐震性

滞留水貯留設備を構成する機器の構造強度及び耐震性についての評価を行う。

2. 構造強度

(1) 震災以降緊急対応的に設置又は既に（2013年8月14日より前に）設計に着手したタンク

円筒形タンクの板厚評価を実施した結果、水頭圧に耐えられることを確認した。

(表－1 参照)

$$t = \frac{DiH\rho}{0.204S\eta}$$

t : 胴の必要板厚

Di : 胴の内径

H : 水頭

ρ : 液体の比重

S : 最高使用温度における材料（SS400）
の許容引張応力

η : 長手継手の効率

表-1 板厚評価結果

機器名称	評価部位	必要板厚[mm]	板厚[mm]
受入タンク (容量：160m ³)	胴板	1.5	4.5
受入タンク (容量：200m ³)	胴板	1.9	6.0
貯留タンク (容量：50m ³)	胴板	0.5	8.0
貯留タンク (容量：90m ³)	胴板	0.9	21.0
貯留タンク (容量：299m ³)	胴板	3.1	9.0
貯留タンク (容量：508m ³)	胴板	4.0	9.0
貯留タンク (容量：1,100m ³)	胴板	9.6	12.0

(2) 2013年8月14日以降に設計するタンク

a. 中間タンクの胴の厚さ評価

設計・建設規格に準拠し、板厚評価を実施した。評価の結果、水頭圧に耐えられることを確認した。(表-2-1 参照)

$$t = \frac{DiH\rho}{0.204S\eta}$$

- t : 胴の計算上必要な厚さ
- Di : 胴の内径
- H : 水頭
- ρ : 液体の比重
- S : 最高使用温度における材料の許容引張応力
- η : 長手継手の効率

ただし、 t の値は炭素鋼、低合金鋼の場合は $t=3$ [mm]以上、その他の金属の場合は $t=1.5$ [mm]以上とする。また、内径の区分に応じた必要厚さを考慮する。

表-2-1 中間タンクの胴の板厚評価結果

機器名称	評価部位	必要板厚[mm]	板厚[mm]
中間タンク (容量: 1,160m ³)	胴板	11.7	12.0

b. 中間タンクの底板の厚さ評価

設計・建設規格に準拠し、底板の厚さについて評価を実施した。評価の結果、必要板厚を確保していることを確認した。(表-2-2 参照)

表-2-2 中間タンクの底板の板厚評価結果

機器名称	評価部位	必要板厚[mm]	板厚[mm]
中間タンク (容量: 1,160m ³)	底板	3.0 ^{※1}	11.2

※1 地面、基礎等に直接接触するものについては、3mm (設計・建設規格)

c. 中間タンクの管台の厚さ評価

設計・建設規格に準拠し、管台の板厚評価を実施した。評価の結果、水頭圧に耐えられることを確認した。(表-2-3 参照)

$$t = \frac{DiH\rho}{0.204S\eta}$$

t : 管台の計算上必要な厚さ

Di : 管台の内径

H : 水頭

ρ : 液体の比重

S : 最高使用温度における
材料の許容引張応力

η : 長手継手の効率

ただし、管台の外径の区分に応じた必要厚さを考慮する。

表-2-3 中間タンクの管台の板厚評価結果

機器名称	管台口径	評価部位	必要板厚[mm]	板厚[mm]
中間タンク (容量：1,160m ³)	100A	管台板厚	3.5 ^{※2}	5.25
	200A		3.5 ^{※2}	7.18
	650A		3.5 ^{※2}	11.2

※2 管台の外径：82mm以上のものについては3.5mm（設計・建設規格）

d. 中間タンクの胴の穴の補強評価

設計・建設規格に準拠し、胴の穴の補強について評価を実施した。評価の結果、補強に有効な面積が補強に必要な面積より大きいため、補強は十分であることを確認した。(表-2-4 参照)

$$A_0 = A_1 + A_2 + A_3 + A_4$$

$$A_1 = (\eta t_s - Ft_{sr})(X - d)$$

$$- 2(1 - \frac{S_n}{S_s})(\eta t_s - Ft_{sr})t_n$$

$$X = X_1 + X_2$$

$$X_1 = X_2 = \text{Max}(d, \frac{d}{2} + t_s + t_n)$$

$$A_2 = 2((t_{n1} - t_{nr})Y_1 + t_{n2}Y_2)S_n / S_s$$

$$t_{nr} = \frac{PDi}{2S_n - 1.2P}$$

$$Y_1 = \text{Min}(2.5t_s, 2.5t_{n1} + Te)$$

$$Y_2 = \text{Min}(2.5t_s, 2.5t_{n2}, h)$$

$$A_3 = L_1L_1 + L_2L_2 + L_3L_3$$

$$A_4 = (W - Wi) \times Te$$

$$W = \text{Min}(X, De)$$

$$Ar = dt_{sr}F + 2(1 - \frac{S_n}{S_s})t_{sr}Ft_n$$

A_0 : 補強に有効な総面積

A_1 : 胴、鏡板又は平板部分の補強に有効な面積

A_2 : 管台部分の補強に有効な面積

A_3 : すみ肉溶接部の補強に有効な面積

A_4 : 強め材の補強に有効な面積

η : PVC-3161.2 に規定する効率

t_s : 胴の最小厚さ

t_{sr} : 継ぎ目のない胴の計算上必要な厚さ (PVC-3122(1)において $\eta = 1$ としたものの)

t_n : 管台最小厚さ

t_{n1} : 胴板より外側の管台最小厚さ

t_{n2} : 胴板より内側の管台最小厚さ

t_{nr} : 管台の計算上必要な厚さ

P : 最高使用圧力(水頭)=9.80665×10³H ρ

S_s : 胴板材料の最高使用温度における許容引張応力

S_n : 管台材料の最高使用温度における許容引張応力

Di : 管台の内径

X : 胴面に沿った補強に有効な範囲

X_1 : 補強に有効な範囲

X_2 : 補強に有効な範囲

Y_1 : 胴面に垂直な補強の有効な範囲 (胴より外側)

Y_2 : 胴面に垂直な補強の有効な範囲 (胴より内側)

h : 管台突出し高さ (胴より内側)

L_1 : 溶接の脚長

L_2 : 溶接の脚長

L_3 : 溶接の脚長

Ar : 補強に必要な面積

d : 胴の断面に現れる穴の径

F : 係数 (図 PVC-3161.2-1 から求めた値)

Te : 強め材厚さ

W : 強め材の有効範囲

Wi : 開先を含めた管台直径

De : 強め材外径

表-2-4 中間タンクの胴の穴の補強評価結果

機器名称	管台口径	評価部位	Ar [mm ²]	A ₀ [mm ²]
中間タンク (容量 : 1,160m ³)	100A	管台	732	1,505
	200A		1,421	2,979
	650A		4,466	7,608

e. 強め材の取付け強さ

設計・建設規格に準拠し、強め材の取り付け強さについて評価を実施した。評価の結果、溶接部の強度が十分であることを確認した。(表-2-5 参照)

$$F_1 = \frac{\pi}{2} d_o L_1 S \eta_1$$

$$F_2 = \frac{\pi}{2} d t_n S_n \eta_3$$

$$F_3 = \frac{\pi}{2} d'_o t_s S \eta_2$$

$$F_4 = \frac{\pi}{2} d_o L_2 S \eta_1$$

$$F_5 = \frac{\pi}{2} W_o L_3 S \eta_1$$

$$F_6 = \frac{\pi}{2} d'_o t_s S \eta_2$$

$$W = d'_o t_{sr} S - (t_s - F t_{sr}) (X - d'_o) S$$

$$W_1 = F_1 + F_2$$

$$W_2 = F_1 + F_6 + F_4$$

$$W_3 = F_5 + F_2$$

$$W_4 = F_5 + F_3$$

$$W_5 = F_1 + F_3$$

$$W_6 = F_5 + F_6 + F_4$$

F_1 : 断面 (管台外側のすみ肉溶接部) におけるせん断強さ

F_2 : 断面 (管台内側の管台壁) におけるせん断強さ

F_3 : 断面 (突合せ溶接部) におけるせん断強さ

F_4 : 断面 (管台内側のすみ肉溶接部) におけるせん断強さ

F_5 : 断面 (強め材のすみ肉溶接部) におけるせん断強さ

F_6 : 断面 (突合せ溶接部) におけるせん断強さ

d_o : 管台外径

d : 管台内径

d_o' : 胴の穴の径

W_o : 強め材の外径

S : 胴板材料の最高使用温度における許容引張応力

S_n : 管台材料の最高使用温度における許容引張応力

L_1 : すみ肉溶接部の脚長 (管台取付部 (胴より外側))

L_2 : すみ肉溶接部の脚長 (管台取付部 (胴より内側))

L_3 : 溶接部の脚長 (強め材)

η_1 : 強め材の取付け強さ (すみ肉溶接部のせん断)

η_2 : 強め材の取付け強さ (突合せ溶接部の引張)

η_3 : 強め材の取付け強さ (管台壁のせん断)

※表 PVC-3169-1 の値より

W : 溶接部の負うべき荷重

t_{sr} : 継目のない胴の計算上必要な厚さ
(PVC-3122(1)において $\eta = 1$ としたもの)

F : 管台の取付角度より求まる係数
(図 PVC-3161.2-1 から求まる値)

X : 補強に有効な範囲

W_1 : 予想される破断箇所の強さ

W_2 : 予想される破断箇所の強さ

W_3 : 予想される破断箇所の強さ

W_4 : 予想される破断箇所の強さ

W_5 : 予想される破断箇所の強さ

W_6 : 予想される破断箇所の強さ

表-2-5 中間タンクの強め材の取付け強さ

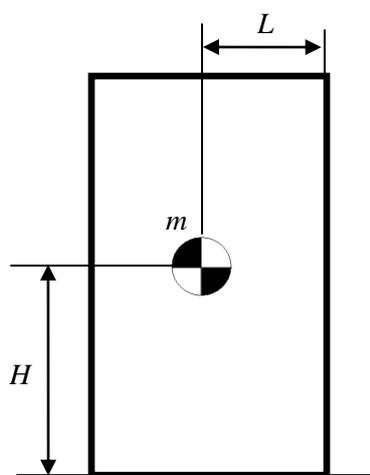
機器名称	管台 口径	溶接部の負 うべき荷重	予想される破断箇所の強さ					
		W [N]	W ₁ [N]	W ₂ [N]	W ₃ [N]	W ₄ [N]	W ₅ [N]	W ₆ [N]
中間タンク (容量:1,160m ³)	100A	35,520	105,278	249,921	117,143	214,608	202,743	261,786
	200A	61,220	288,929	566,723	291,336	432,427	430,020	569,130
	650A	163,240	1,160,164	1,873,460	1,491,562	1,641,871	1,310,473	2,204,858

3. 耐震性

(1) 震災以降緊急対応的に設置又は既に（2013年8月14日より前に）設計に着手したタンク

a. 転倒評価

地震時の水平荷重による転倒モーメントと自重による安定モーメントを算出し、それらを比較することにより転倒評価を行った。評価の結果、「①地震時の水平荷重による転倒モーメント<②自重による安定モーメント」となることから、転倒しないことを確認した。（表-3, 4 参照）



C_H : 水平方向設計震度 (0.36)

m : 機器質量

g : 重力加速度

H : 据付面からの重心までの距離

L : 転倒支点から機器重心までの距離

①地震時の水平荷重による転倒モーメント： $M_1 = C_H \times m \times g \times H$

②自重による安定モーメント： $M_2 = m \times g \times L$

b. 滑動評価

地震時の水平荷重によるすべり力と接地面の摩擦力を比較することにより、滑動評価を行った。評価の結果、「①地震時の水平荷重によるすべり力<②接地面の摩擦力」となることから、滑動しないことを確認した。（表-3, 4 参照）

①地震時の水平荷重によるすべり力： $F_L = C_H \times m \times g$

②接地面の摩擦力： $F_\mu = \mu \times m \times g$

C_H : 水平方向設計震度 (0.36)

m : 機器質量

g : 重力加速度

μ : 摩擦係数

(コンクリート上：0.4,

敷鉄板上：0.52)

c. 支持力評価

タンクの鉛直荷重と極限支持力を比較して、地震時の支持力に対する評価を行った。支持力の算定式は「社団法人日本道路協会（2002）：道路橋示方書・同解説IV下部構造編」に基づき次式を用いた。評価の結果、「①タンクの鉛直荷重<②タンク基礎底面地盤の極限支持力」となり、安全性を有していることを確認した。（表-3，4 参照）

$$\textcircled{1} \text{タンクの鉛直荷重} : W = m \times g$$

$$\textcircled{2} \text{タンク基礎底面地盤の極限支持力} : Q_u = A_e \left(\alpha k c N_c S_c + k q N_q S_q + \frac{1}{2} \gamma_1 \beta B_e N_r S_r \right)$$

m : 機器質量

g : 重力加速度

A_e : 有効載荷面積

α, β : 基礎の形状係数

k : 根入れ効果に対する割増し係数

c : 地盤の粘着力 ($c=39\text{kN/m}^2$)

N_c, N_q, N_r : 荷重の傾斜を考慮した支持力係数

S_c, S_q, S_r : 支持力係数の寸法効果に関する補正係数

q : 上載荷重 ($q=\gamma_2 D_f$)

γ_1, γ_2 : 支持地盤及び根入れ地盤の単位重量 ($\gamma_1, \gamma_2=15.9\text{kN/m}^3$)

D_f : 基礎の有効根入れ深さ

B_e : 荷重の偏心を考慮した基礎の有効載荷幅 ($B_e=B-2e_B$)

B : 基礎幅

e_B : 荷重の偏心量

表-3 機器質量及び基礎幅一覧

機器名称	m^* (t)	B (m)
受入タンク (容量: 35m ³)	43.3	2.0
受入タンク (容量: 42m ³)	51.0	2.3
受入タンク (容量: 110m ³)	127.6	4.7
受入タンク (容量: 160m ³)	169.7	6.9
受入タンク (容量: 200m ³)	211.9	6.9
貯留タンク (容量: 50m ³)	93.5	3.1
貯留タンク (容量: 90m ³)	133.5	3.1
貯留タンク (容量: 299m ³)	329.3	6.9
貯留タンク (容量: 508m ³)	553.7	9.0
貯留タンク (容量: 1,100m ³)	1,165.0	12.2
移送ポンプ(横置き型ポンプ)	0.2	0.7
油分分離装置	108.7	4.4
浄化装置	17.0	1.3
淡水化装置 (コンテナ)	17.2	12.2

* : タンク及び油分分離装置は水の質量も含む。

表-4 評価結果

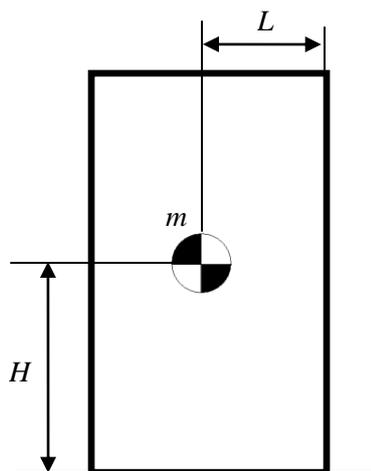
機器名称	評価部位	評価項目	水平震度	①	②	単位
受入タンク (容量：35m ³)	本体	転倒	0.36	172	428	kN・m
		滑動		153	220	kN
	地盤	支持力		425	3,164	kN
受入タンク (容量：42m ³)	本体	転倒	0.36	203	579	kN・m
		滑動		181	260	kN
	地盤	支持力		501	3,937	kN
受入タンク (容量：110m ³)	本体	転倒	0.36	577	2,940	kN・m
		滑動		451	650	kN
	地盤	支持力		1,252	11,210	kN
受入タンク (容量：160m ³)	本体	転倒	0.36	1,348	5,658	kN・m
		滑動		600	865	kN
	地盤	支持力		1,665	10,048	kN
受入タンク (容量：200m ³)	本体	転倒	0.36	2,058	7,065	kN・m
		滑動		749	1,080	kN
	地盤	支持力		2,079	9,241	kN
貯留タンク (容量：50m ³)	本体	転倒	0.36	718	1,420	kN・m
		滑動		330	476	kN
	地盤	支持力		917	5,693	kN
貯留タンク (容量：90m ³)	本体	転倒	0.36	1,025	2,028	kN・m
		滑動		472	680	kN
	地盤	支持力		1,309	4,960	kN
貯留タンク (容量：299m ³)	本体	転倒	0.36	5,326	10,937	kN・m
		滑動		1,163	1,679	kN
	地盤	支持力		3,230	7,195	kN
貯留タンク (容量：508m ³)	本体	転倒	0.36	9,026	23,989	kN・m
		滑動		1,955	2,823	kN
	地盤	支持力		5,430	14,926	kN

機器名称	評価部位	評価項目	水平震度	①	②	単位
貯留タンク (容量：1,100m ³)	本体	転倒	0.36	21,645	68,548	kN・m
		滑動		4,113	4,569	kN
	地盤	支持力		11,425	29,867	kN
移送ポンプ (横置き型ポンプ)	本体	転倒	0.36	0.14	0.34	kN・m
		滑動		0.71	0.78	kN
	地盤	支持力		1.97	192	kN
油分分離装置	本体	転倒	0.36	471	2,337	kN・m
		滑動		384	554	kN
	地盤	支持力		1,066	9,949	kN
浄化装置	本体	転倒	0.36	62	110	kN・m
		滑動		60	66	kN
	地盤	支持力		167	188	kN
淡水化装置 (コンテナ)	本体	転倒	0.36	124	201	kN・m
		滑動		61	87	kN
	地盤	支持力		169	3,342	kN

(2) 2013年8月14日以降に設計するタンク

a. 転倒評価

地震時の水平荷重による転倒モーメントと自重による安定モーメントを算出し、それらを比較することにより転倒評価を行った。評価の結果、「①地震時の水平荷重による転倒モーメント<②自重による安定モーメント」となることから、転倒しないことを確認した。(表-5, 6 参照)



C_H : 水平方向設計震度 (0.36)

m : タンク空質量+内包液体質量 (満水時)

m_1 : タンク胴+内包液体質量 (満水時)

m_2 : 屋根板質量

g : 重力加速度

H_1 : 据付面からの胴部重心までの距離

H_2 : 据付面からの天板重心までの距離

L : 転倒支点から機器重心までの距離

①地震時の水平荷重による転倒モーメント : $M_1 = (m_1 \times H_1 + m_2 \times H_2) \times g \times C_H$

②自重による安定モーメント : $M_2 = m \times g \times L$

b. 滑動評価

地震時の水平荷重によるすべり力と接地面の摩擦力を比較することにより、滑動評価を行った。評価の結果、「①地震時の水平荷重によるすべり力<②接地面の摩擦力」となることから、滑動しないことを確認した。(表-5, 6 参照)

①地震時の水平荷重によるすべり力 : $F_L = C_H \times m \times g$

②接地面の摩擦力 : $F_\mu = \mu \times m \times g$

C_H : 水平方向設計震度 (0.36)

m : 機器質量

g : 重力加速度

μ : 摩擦係数

(コンクリート上 : 0.4)

表-5 機器質量及び基礎幅一覧

機器名称	m^* (t)	B (m)
中間タンク (容量: 1,160m ³)	1,305.0	11.1

*: 水の質量も含む。

表-6 評価結果

機器名称	評価部位	評価項目	水平震度	①	②	単位
中間タンク (容量: 1,160m ³)	本体	転倒	0.36	3.1×10^4	7.1×10^4	kN・m
		滑動		4,608	5,119	kN

c. タンク基礎の支持力評価

(a) 評価方法

タンクの鉛直荷重と極限支持力を比較して評価を行う。支持力の算定式は「社団法人日本道路協会（2002）：道路橋示方書・同解説IV下部構造編」に基づき次式を用いる。計算した結果、①タンクの鉛直荷重<②タンク基礎底面地盤の極限支持力であり、安全性を有していることを確認する。

$$\textcircled{1}\text{タンクの鉛直荷重：} W = m \times g$$

$$\textcircled{2}\text{タンク基礎底面地盤の極限支持力：} Q_u = A_e \left(\alpha k c N_c S_c + k q N_q S_q + \frac{1}{2} \gamma_1 \beta B_e N_r S_r \right)$$

m : 機器質量

g : 重力加速度

A_e : 有効載荷面積

α, β : 基礎の形状係数

k : 根入れ効果に対する割増し係数

c : 地盤の粘着力

N_c, N_q, N_r : 荷重の傾斜を考慮した支持力係数

S_c, S_q, S_r : 支持力係数の寸法効果に関する補正係数

q : 上載荷重 ($q = \gamma_2 D_f$)

γ_1, γ_2 : 支持地盤及び根入れ地盤の単位重量 ($\gamma_1, \gamma_2 = 15.9 \text{ kN/m}^2$)

D_f : 基礎の有効根入れ深さ

B_e : 荷重の偏心を考慮した基礎の有効載荷幅 ($B_e = B - 2e_B$)

B : 基礎幅

e_B : 荷重の偏心量

(b) 管理

地盤改良後、簡易支持力測定器（キャスポル）*により地盤の強度を測定し、上記式により必要な極限支持力を有していることを確認する。

※ ランマー（重鎮）を一定の高さから地盤に自由落下させたときに生ずる衝撃加速度の最大値と地盤強度特性値と相関させる衝撃加速度法を基本原理とした簡易な測定器。

d. タンク基礎の不陸

(a) 評価方法

タンクの設置高さが、設計高さに対して許容値以内*であることを確認する。

※ 設計高さ±30mm（社内基準値）

(b) 管理

タンク基礎高さ（レベル）を測量し、当該高さが設計高さに対して±30mm以内であることを確認する。

e. 応力評価及び座屈評価

中間タンクについては、以下の通り貯留機能維持について評価する。

『JEAC4601-2008 原子力発電所耐震設計技術規程』に基づき、タンク胴板の応力評価及び座屈評価により、発生する応力が許容値を超えないことを確認した。(表-7, 8 参照)

(a) 評価

1. 胴の応力評価

イ. 組合せ応力が胴の最高使用温度における許容応力 S_a 以下であること。

応力の種類	許容応力 S_a
一次一般膜応力	設計降伏点 S_y と設計引張強さ S_u の0.6倍のいずれか小さい方の値

一次応力の評価は算出応力が一次一般膜応力と同じ値であるので省略する。

応力計算において、静的地震力を用いる場合は、絶対値和を用いる。

(1) 静水頭及び鉛直方向地震による応力

$$\sigma_{\phi 1} = \frac{\rho' g H D_i}{2t}$$

$$\sigma_{\phi 2} = \frac{\rho' g H D_i C_v}{2t}$$

$$\sigma_{x1} = 0$$

(2) 運転時質量及び鉛直方向地震による応力

胴がベースプレートと接合する点には、胴自身の質量による圧縮応力と鉛直方向地震による軸方向応力が生じる。

$$\sigma_{x2} = \frac{m_e g}{\pi(D_i + t)t}$$

$$\sigma_{x3} = \frac{m_e g C_v}{\pi(D_i + t)t}$$

(3) 水平方向地震による応力

水平方向の地震力により胴はベースプレート接合部で最大となる曲げモーメントを受ける。この曲げモーメントによる軸方向応力と地震力によるせん断応力は次のように求める。

$$\sigma_{x4} = \frac{4C_n m_o g \ell_g}{\pi(D_i + t)^2 t}$$

$$\tau = \frac{2C_n m_o g}{\pi(D_i + t) t}$$

(4) 組合せ応力

(1)～(3)によって求めた胴の応力は以下のように組み合わせる。

a. 一次一般膜応力

(a) 組合せ引張応力

$$\sigma_{\phi} = \sigma_{\phi 1} + \sigma_{\phi 2}$$

$$\sigma_{xt} = \sigma_{x1} - \sigma_{x2} + \sigma_{x3} + \sigma_{x4}$$

$$\sigma_{ot} = \frac{1}{2} \left\{ \sigma_{\phi} + \sigma_{xt} + \sqrt{(\sigma_{\phi} - \sigma_{xt})^2 + 4\tau^2} \right\}$$

(b) 組合せ圧縮応力

σ_{xc} が正の値（圧縮側）のとき、次の組合せ圧縮応力を求める。

$$\sigma_{\phi} = -\sigma_{\phi 1} - \sigma_{\phi 2}$$

$$\sigma_{xc} = -\sigma_{x1} + \sigma_{x2} + \sigma_{x3} + \sigma_{x4}$$

$$\sigma_{oc} = \frac{1}{2} \left\{ \sigma_{\phi} + \sigma_{xc} + \sqrt{(\sigma_{\phi} - \sigma_{xc})^2 + 4\tau^2} \right\}$$

したがって、胴の組合せ一次一般膜応力の最大値は、

$$\sigma_o = \text{Max} \left\{ \text{組合せ引張応力} (\sigma_{ot}), \text{組合せ圧縮応力} (\sigma_{oc}) \right\}$$

となる。一次応力は一次一般膜応力と同じになるので省略する。

表-7 中間タンク応力評価結果

機器名称	部材	材料	水平方向 設計震度	応力	算出応力 [MPa]	許容応力 [MPa]
中間タンク (容量：1,160m ³)	胴板	SM400C	0.36	一次一般膜	70	138

ロ. 圧縮膜応力（圧縮応力と曲げによる圧縮側応力の組合せ）は次式を満足すること。
 （座屈の評価）

$$\frac{\alpha(\sigma_{x2} + \sigma_{x3})}{f_c} + \frac{\alpha\sigma_{x4}}{f_b} \leq 1$$

ここで、 f_c は次による。

$$\frac{Di+t}{2t} \leq \frac{1200g}{F} \text{ のとき,}$$

$$f_c = F$$

$$\frac{1200g}{F} < \frac{Di+t}{2t} < \frac{8000g}{F} \text{ のとき,}$$

$$f_c = F \left[1 - \frac{1}{6800g} \left\{ F - \phi_1 \left(\frac{8000g}{F} \right) \right\} \left(\frac{Di+t}{2t} - \frac{1200g}{F} \right) \right]$$

$$\frac{8000g}{F} \leq \frac{Di+t}{2t} \leq 800 \text{ のとき,}$$

$$f_c = \phi_1 \left(\frac{Di+t}{2t} \right)$$

ただし、 $\phi_1(x)$ は次の関数とする。

$$\phi_1(x) = 0.6 \frac{E}{x} \left[1 - 0.901 \left\{ 1 - \exp \left(-\frac{1}{16} \sqrt{x} \right) \right\} \right]$$

また、 f_b は次による。

$$\frac{Di+t}{2t} \leq \frac{1200g}{F} \text{ のとき,}$$

$$f_b = F$$

$$\frac{1200g}{F} < \frac{Di+t}{2t} < \frac{9600g}{F} \text{ のとき,}$$

$$f_b = F \left[1 - \frac{1}{8400g} \left\{ F - \phi_2 \left(\frac{9600g}{F} \right) \right\} \left(\frac{Di+t}{2t} - \frac{1200g}{F} \right) \right]$$

$$\frac{9600g}{F} \leq \frac{Di+t}{2t} \leq 800 \text{ のとき,}$$

$$f_b = \phi_2 \left(\frac{Di+t}{2t} \right)$$

ただし、 $\phi_2(x)$ は次の関数とする。

$$\phi_2(x) = 0.6 \frac{E}{x} \left[1 - 0.73 \left\{ 1 - \exp \left(-\frac{1}{16} \sqrt{x} \right) \right\} \right]$$

α は安全率で次による。

$$\frac{Di+t}{2t} \leq \frac{1200g}{F} \text{ のとき,}$$

$$\alpha = 1$$

$$\frac{1200g}{F} < \frac{Di+t}{2t} < \frac{8000g}{F} \text{ のとき,}$$

$$\alpha = 1 + \frac{F}{13600g} \left(\frac{Di+t}{2t} - \frac{1200g}{F} \right)$$

$$\frac{8000g}{F} \leq \frac{Di+t}{2t} \text{ のとき,}$$

$$\alpha = 1.5$$

表-8 中間タンク座屈評価

機器名称	部材	材料	水平方向 設計震度	座屈評価結果
中間タンク (容量：1,160m ³)	胴板	SM400C	0.36	0.36 < 1

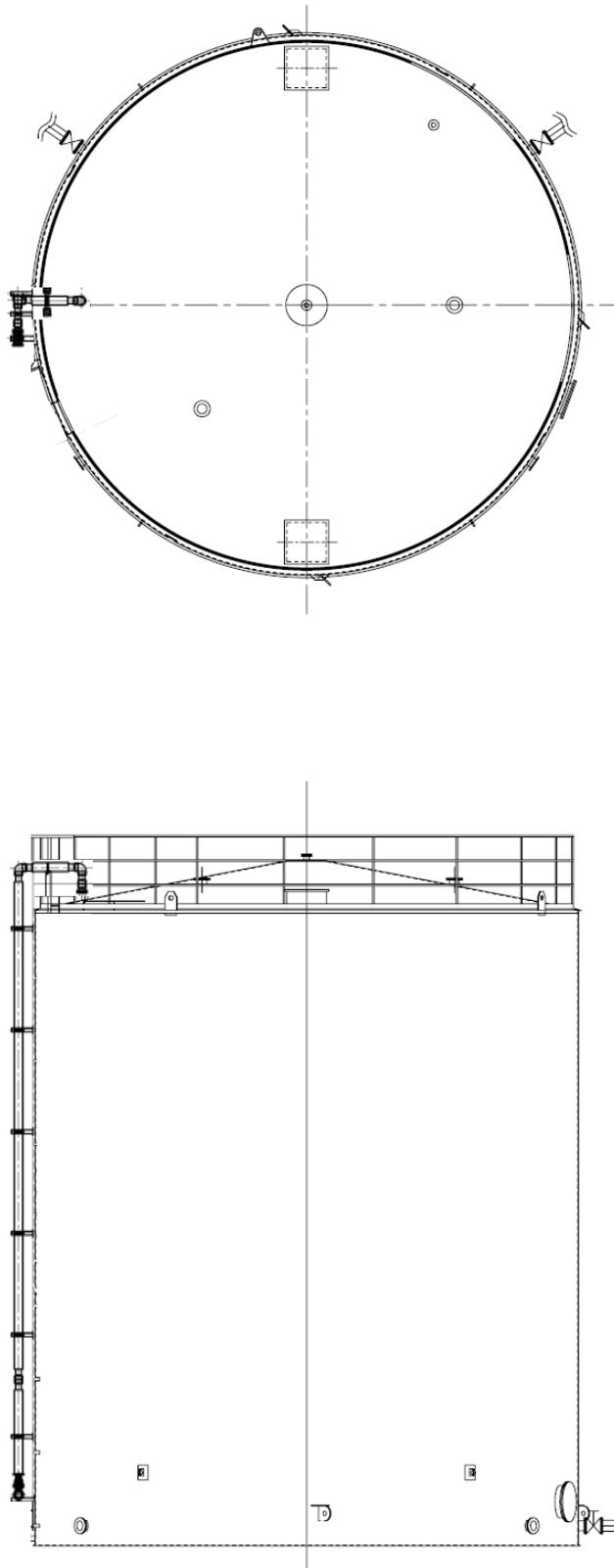
記号の説明

記号	記号の説明	単位
C_H	水平方向設計震度	—
C_V	鉛直方向設計震度	—
D_i	胴の内径	mm
E	胴の縦弾性係数	MPa
F	設計・建設規格 SSB-3121.1又はSSB-3131に定める値	MPa
f_b	曲げモーメントに対する許容座屈応力	MPa
f_c	軸圧縮荷重に対する許容座屈応力	MPa
g	重力加速度 (=9.80665)	m/s ²
H	水頭	mm
l_g	基礎から容器重心までの距離	mm
m_o	容器の運転時質量	kg
m_e	容器の空質量	kg
S	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表5に定める値	MPa
S_a	胴の許容応力	MPa
S_u	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表9に定める値	MPa
S_y	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める値	MPa
t	胴板の厚さ	Mm
α	座屈応力に対する安全率	—
π	円周率	—
ρ'	液体の密度 (=比重×10 ⁻⁶)	kg/mm ³
σ_o	胴の一次一般膜応力の最大値	MPa
σ_{oc}	胴の組合せ圧縮応力	MPa
σ_{ot}	胴の組合せ引張応力	MPa
$\sigma_{x1}, \sigma_{\phi1}$	静水頭により胴に生じる軸方向及び周方向応力	MPa
σ_{x2}	胴の空質量による軸方向圧縮応力	MPa
σ_{x3}	胴の鉛直方向地震による軸方向応力	MPa
σ_{x4}	胴の水平方向地震による軸方向応力	MPa
σ_{xc}	胴の軸方向応力の和 (圧縮側)	MPa
σ_{xt}	胴の軸方向応力の和 (引張側)	MPa
σ_{ϕ}	胴の周方向応力の和	MPa
$\sigma_{\phi2}$	静水頭に鉛直方向地震が加わり胴に生じる周方向応力	MPa
τ	地震により胴に生じるせん断応力	MPa
$\phi_1(x)$	圧縮荷重に対する許容座屈応力の関数	MPa
$\phi_2(x)$	曲げモーメントに対する許容座屈応力の関数	MPa

4. 別添

別添－1 中間タンク概略図

別添－2 滞留水貯留設備の中間タンクに対するスロッシング評価



中間タンク概略図

II-2-33-添7-22

滞留水貯留設備の中間タンクに対するスロッシング評価

滞留水貯留設備の中間タンクについて地震発生時のタンク内包水のスロッシング評価を実施した。速度ポテンシャル理論に基づきスロッシング波高の評価を行った結果、スロッシング時のタンク内の液位がタンク天板に到達しないことを確認した。

スロッシング評価の流れは下記の通り。

- ・ 速度ポテンシャル理論に基づき、スロッシング固有周期（水面の一次固有周期）を算出する。
- ・ タンク設置エリアの地表面における基準地震動：Ss-1, 2, 3 に対する速度応答スペクトルから、スロッシング固有周期に応じた速度応答値を求める。
- ・ 速度ポテンシャル理論に基づき、速度応答値からスロッシング波高を算出する。
- ・ スロッシング波高がタンク高さを超えないことを確認する。

$$T_s = 2\pi \sqrt{\frac{D}{3.68g} \coth\left(\frac{3.68H}{D}\right)}$$

$$\eta = 0.837 \left(\frac{D}{2g}\right) \left(\frac{2\pi}{T_s}\right) S_v$$

D : タンク内径 [m]

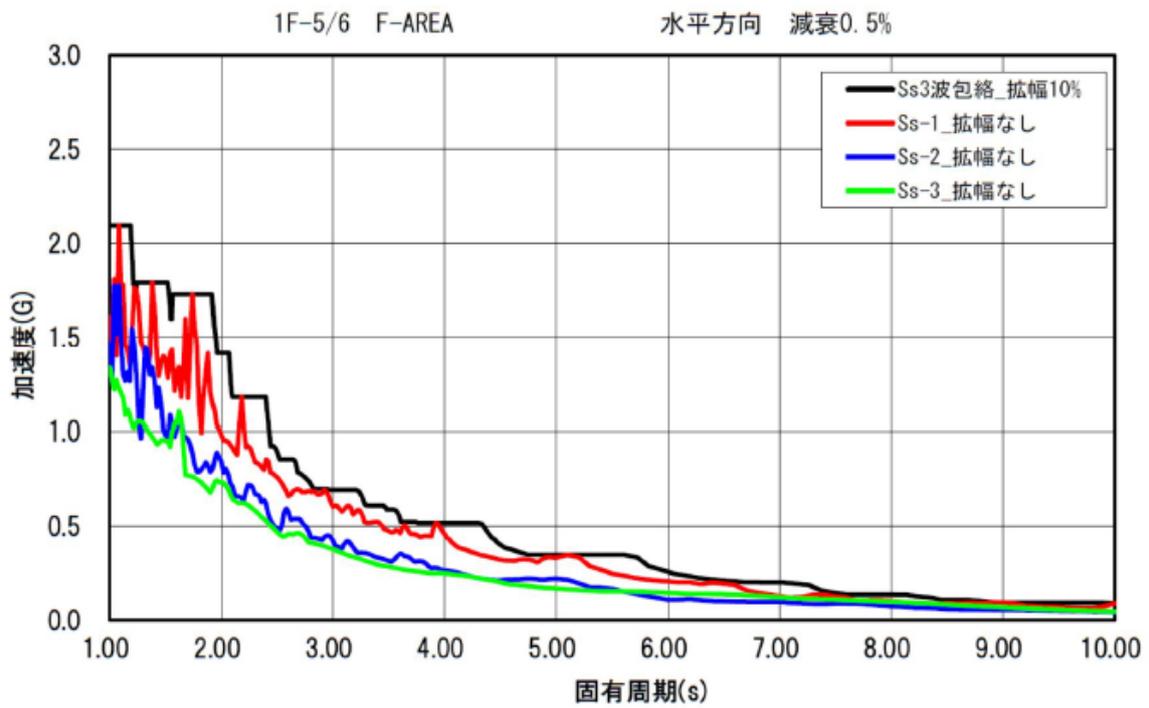
H : タンク液位 [m]

g : 重力加速度 [m/s²]

T_s : スロッシング固有周期 [s]

S_v : 速度応答値 [m/s]

η : スロッシング波高 [m]



スロッシング床応答スペクトル

中間タンクのスロッシング評価結果

機器名称	スロッシング波高 [mm]	スロッシング時液位 [mm]	タンク高さ [mm]
中間タンク (容量: 1,160m ³)	693	12,899	13,000

滞留水貯留設備の増設及び廃止について

1. 工事概要

滞留水貯留設備について、中間タンク及び移送ポンプの増設、浄化ユニットの設置、堰の増設を実施する。

尚、堰設置にあたり、既設堰の一部を撤去する必要があるが、当該貯留タンクエリアには既に使用中の貯留タンクが設置されており、タンクから漏えいが発生した場合においても、常に堰外への漏えいを防ぐ必要がある。このため、既設堰の一部を撤去する前に仮堰(鉄板堰)を取付け、既設堰と仮堰(高さ 520 mm～594mm 以上*)により、常に堰内に想定最大漏えい量を貯留できるよう計画する。

また、旧淡水化装置及びその移送設備並びに付属配管を廃止する。

※工事の各工程により異なる

2. 設備概要

工事概要図 別添－ 2 に示す。

系統概要図 (廃止範囲) 別添－ 3 に示す。

系統概要図 (増設及び取替範囲) 別添－ 4 に示す。

付属配管概要図 (増設及び取替範囲) 別添－ 5 に示す。

浄化ユニット概要図 別添－ 6 に示す。

全体概要図 (増設及び廃止後) 別添－ 7 に示す。

3. 工 程

図-1 工事工程

年度	2017	2018								2019			
	1~12月	1~3月	4~6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月
中間タンク*1				設置									
移送ポンプ*1				増設									
浄化ユニット*1				設置									
堰				設置									
旧淡水化装置 移送ポンプ 付属配管			廃止										

* 1 : 各設備付属配管の設置を含む。

4. 確認事項

表－1 中間タンク

確認事項	確認項目	確認内容	判定	
構造強度 ・耐震性	材料確認	実施計画に記載した主な材料について材料証明書により確認する。	実施計画に記載の材料が使用されていること。	
	寸法確認	主要寸法（板厚，内径，高さ）を確認する。	実施計画に記載の通りであること。	
	外観確認	タンク本体（塗装状態含む）の外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。	
	据付確認		据付状態を確認する。	据付状態に異常がないこと。
			タンク基礎の不陸について確認する。	異常な不陸がないこと。
	耐圧・漏えい確認	設計・建設規格に基づき耐圧・漏えい試験を行う。	各部からの有意な漏えいおよび水位の低下がないこと。	
地盤支持力確認	支持力試験にてタンク基礎の地盤支持力を確認する。	必要な支持力を有していること。		
機能 ・性能	監視確認	水位計について，6号機中央操作室にタンク水位が表示できることを確認する。	6号機中央操作室にタンク水位が表示できること。	
	貯留機能	漏えいなく貯留できることを確認する。	タンク及び付属設備（マンホール，ドレン弁）に漏えいがないこと。	

表－2－1 移送ポンプ（水中ポンプ）

確認事項	確認項目	確認内容	判定
構造強度 ・耐震性	外観確認	各部の外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。
性能	運転確認	ポンプの運転確認を行う。	必要な流量を有していること。

表－2－2 移送ポンプ（横置きポンプ）

確認事項	確認項目	確認内容	判定
構造強度 ・耐震性	外観確認	各部の外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。
性能	運転確認	ポンプの運転確認を行う。	必要な流量を有していること。

表－3 浄化ユニット*

確認事項	確認項目	確認内容	判定
構造強度 ・耐震性	材料確認	実施計画に記載した主な材料について材料証明書により確認する。	実施計画の通りであること。
	寸法確認	実施計画に記載した主要寸法について確認する。	寸法が許容範囲内であること。
	外観確認	各部の外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。
	据付確認	浄化ユニットの据付位置、据付状態について確認する。	実施計画の通りに据付されていること。
	耐圧・漏えい確認	確認圧力で保持した後、確認圧力に耐えていること及び耐圧部から漏えいがないことについて記録を確認する。	確認圧力に耐え、かつ構造物の変形等がないこと。 また、耐圧部から著しい漏えいがないこと。
	運転時漏えい確認	運転時に漏えいの有無を確認する。	耐圧部から漏えいがないこと。
性能	性能確認	浄化ユニットの性能確認を行う。	実施計画に記載の処理量を満足すること。また、系統出口水の放射能濃度が入口放射能濃度より低減されていること。
	除去性能	浄化ユニット処理水に含まれる放射性核種について放射能濃度を確認する。	「Ⅲ 第3編 2.1.2.3(4)②浄化ユニットにより浄化処理した水」に示す内容を満足すること。

*：別添－6 図－1 5・6号機 浄化ユニット概要図 参照

表－4 漏えい検知器，警報装置

確認事項	確認項目	確認内容	判定
構造強度	外観確認	各部の外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。
	据付確認	装置の据付位置、据付状態について確認する。	実施計画の通り、施工・据付されていること。
機能	漏えい警報確認	漏えい信号により、警報が作動することを確認する。	警報が作動すること。

表－5 各設備付属配管*

確認事項	確認項目	確認内容	判定
構造強度 ・耐震性	材料確認	実施計画に記載した主な材料について材料証明書により確認する。	実施計画の通りであること。
	寸法確認	主要寸法について記録を確認する。	実施計画の通りであること。
	外観確認	各部の外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。
	運転時 漏えい確認	運転時に漏えいの有無を確認する。	耐圧部から漏えいがないこと。

*：別添－5 図－1 5・6号機 付属配管概要図（増設及び取替範囲） 参照

表－6 堰

確認事項	確認項目	確認内容	判定
性能	外観確認	各部の外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。
	寸法確認	堰の高さを確認する。	実施計画に記載の通りであること。

表－7 淡水化装置，移送ポンプ，付属配管

確認事項	確認項目	確認内容	判定
機能	機能確認	淡水化装置，移送ポンプ，付属配管の廃止状態について確認する。	実施計画の通り廃止されていること。

5. 補足事項

- ・許容範囲について

表－8 許容範囲一覧

名称		寸法(mm)	許容範囲 (mm)	根拠
堰の高さ	貯留タンクエリア	520 以上	520 以上* ²	自主管理値* ¹

*¹：想定最大量（水位警報設定値の水位高での容量）が漏えいしても堰外への汚染拡大を防止する。

*²：高さは、以下の各エリア毎に想定最大量及び堰内の面積から算出。

貯留タンクエリア 想定最大量 3,301 m³ 堰内の面積 6,392 m²

・浄化ユニット，中間タンク，移送配管で使用する主要材料については，以下の規格・基準類に準拠する。

- (1) 発電用原子力設備規格 設計・建設規格（JSME S NC1-2005/2007）
- (2) 原子力発電所耐震設計技術規程（JEAC-4601(2008)）
- (3) 石油学会規格 縦形容器用レグ（JPI-7R-71-96）
- (4) 日本産業規格（JIS 規格）
- (5) ASTM インターナショナル（ASTM 規格）
- (6) 中華人民共和国国家標準（GB 規格）
- (7) 国際標準化機構規格（ISO 規格）
- (8) 日本水道協会規格（JWWA 規格）

6. 別添

- 別添－1 浄化ユニット等の構造強度及び耐震性に関する評価結果について
- 別添－2 工事概要図
- 別添－3 系統概要図（廃止範囲）
- 別添－4 系統概要図（増設及び取替範囲）
- 別添－5 付属配管概要図（増設及び取替範囲）
- 別添－6 浄化ユニット概要図
- 別添－7 全体概要図（増設及び廃止後）
- 別添－8 浄化ユニット等の安全確保策
- 別添－9 旧淡水化装置の撤去方法について
- 別添－10 浄化ユニット基礎に関する説明書
- 別添－11 貯留タンクエリアの基礎外周堰の堰内容量に関する説明書

浄化ユニット等の構造強度及び耐震性に関する評価結果について

1.1 基本方針

1.1.1 構造強度評価の基本方針

浄化ユニット等を構成する機器は、「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則（平成25年6月28日原子力規制委員会規則第6号）」において、廃棄物処理設備に相当するクラス3機器に準ずるものと位置付けられる。

浄化ユニット等を構成する機器については、「JSME S NC-1 発電用原子力設備規格 設計・建設規格（JSME 規格）」（以下、「JSME 規格」という。）、日本産業規格（JIS 規格）等の国内外の民間規格に適合した工業用品の採用、またはこれらと同等の技術的妥当性を有する規格での設計・製作・検査を行う。

また、JSME 規格で規定される材料の日本産業規格（JIS）年度指定は、技術的妥当性の範囲において材料調達性の観点から考慮しない場合もある。

さらに、JSME 規格に記載のない非金属材料（耐圧ホース、ポリエチレン管等）については、現場の作業環境等から採用を継続する必要があるが、これらの機器等については、日本産業規格（JIS）や日本水道協会規格（JWWA 規格）、製品の試験データ等を用いて設計を行う。

1.1.2 耐震性評価の基本方針

浄化ユニット等を構成する機器のうち放射性物質を内包するものは、「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」のBクラス相当の設備と位置づけられる。耐震性を評価するにあたっては、「JEAC4601 原子力発電所耐震設計技術規程」等に準拠して構造強度評価を行うことを基本とするが、評価手法、評価基準について実態にあわせたものを採用する。浄化ユニットについては、構成する機器は架台に据え付けられ、架台は基礎に据え付けることから、機器単体と浄化ユニット全体に対し、それぞれ耐震性評価を行う。

ポンプ（水中ポンプを除く）については、スキッドに据え付け、スキッドは基礎に据え付けることから、ポンプ単体とポンプスキッド全体に対し、それぞれ耐震性評価を行う。

支持部材がない等の理由によって、耐震性に関する評価ができない設備を設置する場合においては、可撓性を有する材料の使用等により、耐震性を確保する。

1.2 評価結果

1.2.1 構造強度評価

(1) 前置フィルタ, 吸着塔タイプ1, 吸着塔タイプ2及び出口フィルタ板厚の強度評価

設計・建設規格に準拠し, 板厚評価を行った。評価の結果, 最高使用圧力に対して十分な厚さを有することを確認した。(表-1 参照)

a. 胴について, 以下の計算式により必要な厚さを計算した。

(a) 前置フィルタ, 吸着塔タイプ1, 吸着塔タイプ2及び出口フィルタ

$$t = \frac{P \cdot Di}{2 \cdot S \cdot \eta - 1.2 \cdot P}$$

ここで,

t : 胴の計算上必要な厚さ

P : 最高使用圧力

Di : 胴の内径

S : 最高使用温度における材料の許容引張応力

η : 長手継手の効率

b. 鏡板について, 以下の計算式により必要な厚さを計算した。

(a) 前置フィルタ, 出口フィルタ

以下の i, ii で計算した値のうちいずれか大きい値

i.

$$t = \frac{P \cdot Di}{2 \cdot S \cdot \eta - 1.2 \cdot P}$$

ここで,

t : 鏡板の計算上必要な厚さ

P : 最高使用圧力

Di : 胴の内径

S : 最高使用温度における材料の許容引張応力

η : 長手継手の効率

ii.

$$t = \frac{P \cdot D \cdot K}{2 \cdot S \cdot \eta - 0.2 \cdot P}$$

ここで、

t : 鏡板の計算上必要な厚さ

D : 鏡板の内面における長径

K : 半だ円形鏡板の形状による係数で、以下の計算式により計算した値

$$K = \frac{1}{6} \left\{ 2 + \left(\frac{D}{2h} \right)^2 \right\}$$

h : 鏡板の内面における短径の 1/2

P : 最高使用圧力

S : 最高使用温度における材料の許容引張応力

η : 鏡板を継ぎ合せて作る場合の当該継手の効率

(b) 吸着塔タイプ 1

$$t = d \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot K \cdot P}{S}}$$

$$K = 0.20 + \frac{1.0 \cdot F \cdot hg}{W \cdot d}$$

ここで、

t : 平板の計算上必要な厚さ

d : 平板の径

P : 最高使用圧力

S : 最高使用温度における材料の許容引張応力

K : 平板の取付方法による係数

F : 全体のボルトに作用する力

hg : ボルトのピッチ円の直径と d との差の 1/2

W : パッキンの外径又は平板の接触面の外径内の面積に作用する全圧力

(c) 吸着塔タイプ2

$$t = \frac{P \cdot R \cdot W}{2 \cdot S \cdot \eta - 0.2 \cdot P}$$

ここで,

t : 鏡板の計算上必要な厚さ

P : 最高使用圧力

R : 鏡板の中央部の内半径

W : さら形鏡板の形状による係数で, 以下の計算式により計算した値

$$W = \frac{1}{4} \left(3 + \sqrt{\frac{R}{r}} \right)$$

r : さら形鏡板のすみの丸みの内半径

η : 鏡板を継ぎ合せて作る場合の当該継手の効率

S : 最高使用温度における材料の許容引張応力

表ー1 前置フィルタ, 吸着塔タイプ1, 吸着塔タイプ2, 出口フィルタの強度評価

機器名称	評価部位	必要板厚 [mm]	板厚 [mm]
前置フィルタ	胴板	3.26	6.91
	鏡板	1.68	6.80
吸着塔タイプ1	胴板	3.00	7.43
	平板	41.78	49.00
吸着塔タイプ2	胴板	4.45	5.51
	鏡板	4.77	5.20
出口フィルタ	胴板	1.50	2.50
	鏡板	0.95	2.10

(2) 配管 (鋼管) の強度評価

設計・建設規格に準拠し, 板厚評価を行った。評価の結果, 最高使用圧力に対して十分な厚さを有することを確認した。(表ー2 参照)

内面に圧力を受ける配管について, 以下の計算式により計算した値及び設計・建設規格 表 PPD-3411-1 に定める値のいずれか大きい方の値以上であること。

$$t = \frac{P \cdot D_o}{2 \cdot S \cdot \eta + 0.8 \cdot P}$$

ここで、

t : 管の計算上必要な厚さ

P : 最高使用圧力

D_o : 管の外径

S : 最高使用温度における材料の許容引張応力

η : 長手継手の効率

表-2 配管（鋼管）の板厚評価結果

機器名称	口径	スケジュール	材質	最高使用温度 (°C)	必要板厚 (mm)	設計板厚 (mm)
配管	32A	40	STPG370	40	1.9	3.10
配管	40A	40	STPG370	40	2.2	3.20
配管	50A	40	STPG370	40	2.4	3.40
配管	65A	40	STPG370	40	2.7	4.55
配管	100A	40	STPG370	40	3.4	5.25

(3) 配管（ポリエチレン管）の強度評価

配管（ポリエチレン管）は鋼材ではなく、一般産業品であるため、設計・建設規格の要求に適合するものではない。しかしながら、配管（ポリエチレン管）は、一般に耐食性、電気特性（耐電気腐食）、耐薬品性を有しており、鋼管と同等の信頼性を有している。また、以下により高い信頼性を確保する。

- ・日本水道協会規格及び ISO 規格に適合したポリエチレン管を採用する。
- ・継手は、可能な限り融着構造とする。

また、配管（ポリエチレン管）には保温材を取付け凍結防止対策を施す。なお、本対策は、配管（ポリエチレン管）の紫外線劣化対策を兼ねる。

(4) 配管（耐圧ホース）の強度評価

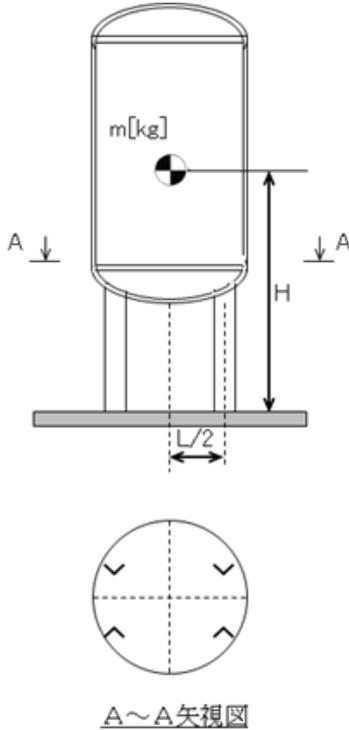
配管（耐圧ホース）は鋼材ではなく、一般産業品であるため、設計・建設規格の要求に適合するものではない。しかしながら、以下により高い信頼性を確保する。

- ・継手金属と樹脂の結合部（カシメ部）の外れ防止対策として、結合部に外れ防止金具を装着する。
- ・通水等による漏えい確認を行う。

1.2.2 耐震評価

(1) 前置フィルタの耐震評価

耐震設計技術規程並びに「JPI-7R-71-96 石油学会規格 縦形容器レグ」の強度評価方法に準拠し、下記式にて評価を実施した。評価の結果、前置フィルタの胴板、脚及び取付ボルトの強度が確保されていることを確認した。(表-1 参照)



L : 脚断面の図心の描く円の直径

m : 機器重量

g : 重力加速度

H : 据付面から重心までの距離

A_b : 取付ボルトの軸断面積

C_H : 水平方向設計震度

C_V : 鉛直方向設計震度

σ_b : 脚に生じる曲げ応力

σ_c : 脚に生じる圧縮応力

τ : 脚に生じるせん断応力

f_b : 脚の許容曲げ応力

f_c : 脚の許容圧縮応力

$\sigma_{\phi 1}$: 内圧による周方向応力

$\sigma_{x 1}$: 内圧による軸方向応力

$\sigma_{x 2}$: 運転時質量による軸方向応力

$\sigma_{x 5}$: 地震力により生じる転倒モーメントによる軸方向応力

$\sigma_{x 7}$: 胴の鉛直方向地震による軸方向応力

a. 取付ボルトの耐震評価

$$\text{取付ボルトの引張応力} : \sigma_{bt} = \frac{1}{A_b} \left\{ \frac{m \times g \times C_H \times H}{L} - \frac{m \times g \times (1 - C_V)}{4} \right\}$$

$$\text{取付ボルトのせん断応力} : \tau_b = \frac{1}{4 \times A_b} \{ m \times g \times C_H - 0.1 \times m \times g \times (1 - C_V) \}$$

b. 脚の耐震評価

$$\text{脚の組合せ応力} : \sigma_s = \sqrt{(\sigma_b + \sigma_c)^2 + 3 \times \tau^2}$$

$$\text{脚の座屈評価} : \frac{\sigma_b}{f_b} + \frac{\sigma_c}{f_c} \leq 1$$

c. 胴板の耐震評価

$$\text{胴板の一次一般膜応力} : \sigma_0 = \text{Max} \{ \sigma_{0\phi}, \sigma_{0x} \}$$

$$\text{胴板の一次一般膜応力 (周方向)} : \sigma_{0\phi} = \sigma_{\phi 1} + \sigma_{\phi 7}$$

$$\text{胴板の一次一般膜応力 (軸方向)} : \sigma_{0x} = \sigma_{x 1} + \sigma_{x 2} + \sigma_{x 5} + \sigma_{x 7}$$

d. 条件

機器名称	耐震設計上の 重要度分類	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	周囲環境温度 (°C)
前置フィルタ	耐震Bクラス 相当	0.36	—	0.98	40	40

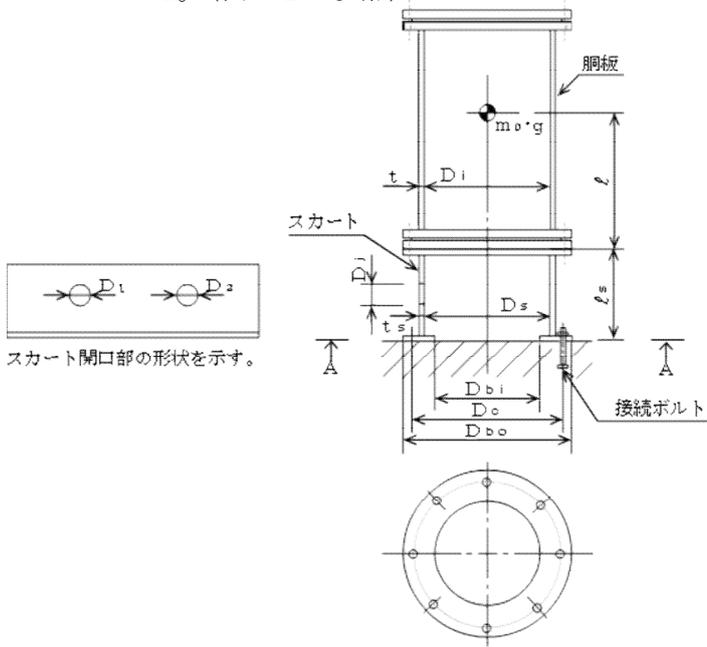
表-1 前置フィルタ耐震評価結果

部材	材料	応力	算出応力 (MPa)	許容応力 (MPa)
胴板	SGP	一次一般膜	$\sigma_o=22$	147
脚	SS400	組合せ	$\sigma_s=25$	245
		座屈	0.11 (無次元)	1 (無次元)
取付ボルト	SS400	引張	$\sigma_{bt}=10$	176
		せん断	$\tau_b=1$	135

すべて許容応力以下である。

(2) 吸着塔タイプ1の耐震評価

耐震設計技術規程の強度評価方法に準拠し、下記式にて評価を実施した。評価の結果、吸着塔タイプ1の胴板、スカート及び取付ボルトの強度が確保されていることを確認した。(表-2 参照)



A~A矢視図

a. 取付ボルトの耐震評価

$$\text{取付ボルトの引張応力: } \sigma_b = \frac{2 \times Ft}{t_1 \times D_c \times C_t}$$

$$\text{取付ボルトのせん断応力: } \tau_b = \frac{C_H \times m_0 \times g}{n \times A_b}$$

b. スカートの耐震評価

$$\text{スカートの組合せ応力: } \sigma_s = \sqrt{(\sigma_{S1} + \sigma_{S2} + \sigma_{S3})^2 + 3 \times \tau_s^2}$$

$$\text{スカートの座屈評価: } \frac{\eta \times (\sigma_{S1} + \sigma_{S3})}{f_c} + \frac{\eta \times \sigma_{S2}}{f_b} \leq 1$$

c. 胴板の耐震評価

$$\text{胴板の組合せ応力: } \sigma_0 = \text{Max}\{\sigma_{0t}, \sigma_{0c}\}$$

$$\text{胴板の組合せ引張応力: } \sigma_{0t} = \frac{1}{2} \times \left\{ \sigma_\phi + \sigma_{xt} + \sqrt{(\sigma_\phi - \sigma_{xt})^2 + 4 \times \tau^2} \right\}$$

$$\text{胴板の組合せ圧縮応力: } \sigma_{0c} = \frac{1}{2} \times \left\{ \sigma_\phi + \sigma_{xc} + \sqrt{(\sigma_\phi - \sigma_{xc})^2 + 4 \times \tau^2} \right\}$$

m_0 : 容器の運転時質量

g : 重力加速度

C_t : 取付ボルト計算における係数

D_c : 取付ボルトのピッチ円直径

t_1 : 取付ボルト計算における中立軸から荷重作用点までの距離

n : 取付ボルトの本数

A_b : 取付ボルトの軸断面積

C_H : 水平方向設計震度

F_t : 取付ボルトに作用する引張力

σ_{S1} : スカートの運転時質量による軸方向応力

σ_{S2} : スカートの曲げモーメントによる軸方向応力

σ_{S3} : スカートの鉛直方向地震力による軸方向応力

τ_s : 地震によりスカートに生じるせん断力

η : 座屈応力に対する安全率

f_b : 曲げモーメントに対する許容座屈応力

f_c : 軸圧縮荷重に対する許容座屈応力

σ_ϕ : 胴の周方向応力の和

σ_{xt} : 胴の軸方向応力の和 (引張側)

σ_{xc} : 胴の軸方向応力の和 (圧縮側)

τ : 地震により胴に生じるせん断力

d. 条件

機器名称	耐震設計上の 重要度分類	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	周囲環境温度 (°C)
吸着塔タイプ1	耐震Bクラス 相当	0.36	—	0.98	40	40

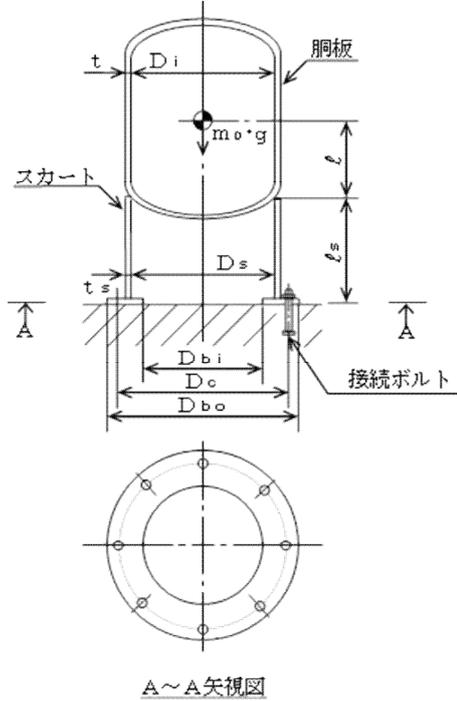
表-2 吸着塔タイプ1 耐震評価結果

部材	材料	応力	算出応力 (MPa)	許容応力 (MPa)
胴板	ASTM A106 Gr. B	組合せ	$\sigma_o=26$	245
スカート	ASTM A106 Gr. B	組合せ	$\sigma_s=7$	245
		座屈	0.03 (無次元)	1 (無次元)
取付ボルト	SS400	引張	$\sigma_b=6$	176
		せん断	$\tau_b=3$	135

すべて許容応力以下である。

(3) 吸着塔タイプ2の耐震評価

耐震設計技術規程の強度評価方法に準拠し、下記式にて評価を実施した。評価の結果、吸着塔タイプ2の胴板、スカート及び取付ボルトの強度が確保されていることを確認した。(表-3 参照)



- m_0 : 容器の運転時質量
- g : 重力加速度
- C_t : 取付ボルト計算における係数
- D_c : 取付ボルトのピッチ円直径
- t_l : 取付ボルト計算における中立軸から荷重作用点までの距離
- n : 取付ボルトの本数
- A_b : 取付ボルトの軸断面積
- C_H : 水平方向設計震度
- F_t : 取付ボルトに作用する引張力
- σ_{S1} : スカートの運転時質量による軸方向応力
- σ_{S2} : スカートの曲げモーメントによる軸方向応力
- σ_{S3} : スカートの鉛直方向地震力による軸方向応力
- τ_s : 地震によりスカートに生じるせん断力
- η : 座屈応力に対する安全率
- f_b : 曲げモーメントに対する許容座屈応力
- f_c : 軸圧縮荷重に対する許容座屈応力
- σ_ϕ : 胴の周方向応力の和
- σ_{xt} : 胴の軸方向応力の和 (引張側)
- σ_{xc} : 胴の軸方向応力の和 (圧縮側)
- τ : 地震により胴に生じるせん断力

a. 取付ボルトの耐震評価

$$\text{取付ボルトの引張応力} : \sigma_b = \frac{2 \times F_t}{t_l \times D_c \times C_t}$$

$$\text{取付ボルトのせん断応力} : \tau_b = \frac{C_H \times m_0 \times g}{n \times A_b}$$

b. スカートの耐震評価

$$\text{スカートの組合せ応力} : \sigma_s = \sqrt{(\sigma_{S1} + \sigma_{S2} + \sigma_{S3})^2 + 3 \times \tau_s^2}$$

$$\text{スカートの座屈評価} : \frac{\eta \times (\sigma_{S1} + \sigma_{S3})}{f_c} + \frac{\eta \times \sigma_{S2}}{f_b} \leq 1$$

c. 胴板の耐震評価

$$\text{胴板の組合せ応力} : \sigma_0 = \text{Max}\{\sigma_{0t}, \sigma_{0c}\}$$

$$\text{胴板の組合せ引張応力} : \sigma_{0t} = \frac{1}{2} \times \left\{ \sigma_\phi + \sigma_{xt} + \sqrt{(\sigma_\phi - \sigma_{xt})^2 + 4 \times \tau^2} \right\}$$

$$\text{胴板の組合せ圧縮応力} : \sigma_{0c} = \frac{1}{2} \times \left\{ \sigma_\phi + \sigma_{xc} + \sqrt{(\sigma_\phi - \sigma_{xc})^2 + 4 \times \tau^2} \right\}$$

d. 条件

機器名称	耐震設計上の 重要度分類	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	周囲環境温度 (°C)
吸着塔タイプ2	耐震Bクラス 相当	0.36	—	0.98	40	40

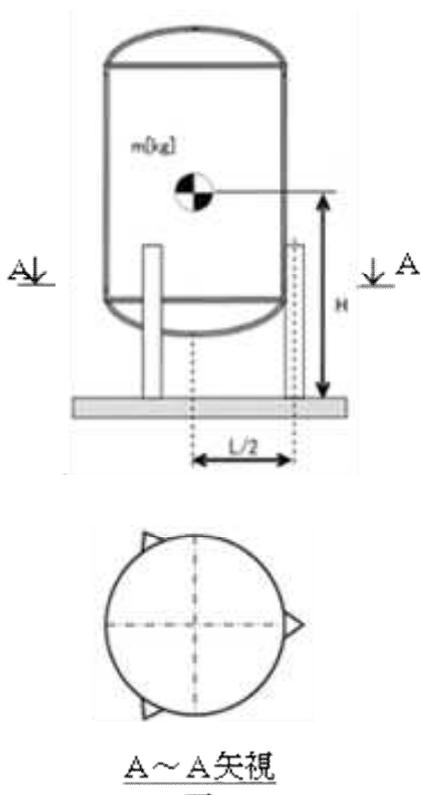
表-3 吸着塔タイプ2耐震評価結果

部材	材料	応力	算出応力 (MPa)	許容応力 (MPa)
胴板	SUS316L	組合せ	$\sigma_o=44$	175
スカート	SUS316L	組合せ	$\sigma_s=2$	175
		座屈	0.01 (無次元)	1 (無次元)
取付ボルト	SS400	引張	$\sigma_b=1$	161
		せん断	$\tau_b=2$	124

すべて許容応力以下である。

(4) 出口フィルタの耐震評価

耐震設計技術規程並びに「JPI-7R-71-96 石油学会規格 豎形容器レグ」の強度評価方法に準拠し、下記式にて評価を実施した。評価の結果、出口フィルタの胴板、脚、取付ボルトの強度が確保されていることを確認した。(表-4 参照)



- L : 脚断面の図心の描く円の直径
- m : 機器質量
- g : 重力加速度
- H : 据付面から重心までの距離
- A_b : 取付ボルトの軸断面積
- C_H : 水平方向設計震度
- C_V : 鉛直方向設計震度
- σ_b : 脚に生じる曲げ応力
- σ_c : 脚に生じる圧縮応力
- τ : 脚に生じるせん断応力
- f_b : 脚の許容曲げ応力
- f_c : 脚の許容圧縮応力
- $\sigma_{\phi 1}$: 内圧による周方向応力
- $\sigma_{\phi 7}$: 鉛直方向地震による胴の周方向応力
- $\sigma_{x 1}$: 内圧による軸方向応力
- $\sigma_{x 2}$: 運転時質量による軸方向応力
- $\sigma_{x 5}$: 地震力により生じる転倒モーメントによる軸方向応力
- $\sigma_{x 7}$: 胴の鉛直方向地震による軸方向応力

a. 取付ボルトの耐震評価

$$\text{取付ボルトの引張応力} : \sigma_{bt} = \frac{1}{3 \times A_b} \left\{ \frac{4 \times m \times g \times C_H \times H}{L} - m \times g \times (1 - C_V) \right\}$$

$$\text{取付ボルトのせん断応力} : \tau_b = \frac{1}{3 \times A_b} \{ m \times g \times C_H - 0.1 \times m \times g \times (1 - C_V) \}$$

b. 脚の耐震評価

$$\text{脚の組合せ応力} : \sigma_s = \sqrt{(\sigma_b + \sigma_c)^2 + 3 \times \tau^2}$$

$$\text{脚の座屈評価} : \frac{\sigma_b}{f_b} + \frac{\sigma_c}{f_c} \leq 1$$

c. 胴板の耐震評価

$$\text{胴板の一次一般膜応力} : \sigma_0 = \text{Max} \{ \sigma_{0\phi}, \sigma_{0x} \}$$

$$\text{胴板の一次一般膜応力 (周方向)} : \sigma_{0\phi} = \sigma_{\phi 1} + \sigma_{\phi 7}$$

$$\text{胴板の一次一般膜応力 (軸方向)} : \sigma_{0x} = \sigma_{x 1} + \sigma_{x 2} + \sigma_{x 5} + \sigma_{x 7}$$

d. 条件

機器名称	耐震設計上の 重要度分類	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	周囲環境温度 (°C)
出口フィルタ	耐震Bクラス 相当	0.36	—	0.98	40	40

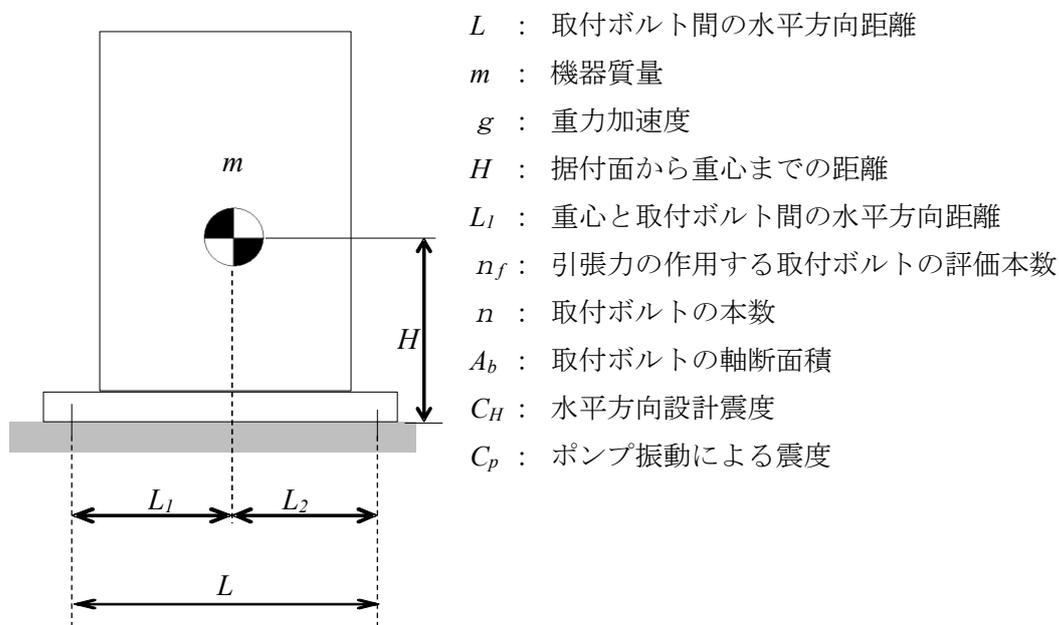
表-4 出口フィルタ耐震評価結果

部材	材料	応力	算出応力 (MPa)	許容応力 (MPa)
胴板	GB S31603	一次一般膜	$\sigma_o=36$	175
脚	AISI 304	組合せ	$\sigma_s=51$	205
		座屈	0.27 (無次元)	1 (無次元)
取付ボルト	SS400	引張	$\sigma_{bt}=34$	183
		せん断	$\tau_b=2$	141

すべて許容応力以下である。

(5) 移送ポンプ取付ボルトの耐震評価

耐震設計技術規程の強度評価方法に準拠し、下記式にて評価を実施した。評価の結果、取付ボルトの強度が確保されていることを確認した。(表-5 参照)



- L : 取付ボルト間の水平方向距離
- m : 機器質量
- g : 重力加速度
- H : 据付面から重心までの距離
- L_1 : 重心と取付ボルト間の水平方向距離
- n_f : 引張力の作用する取付ボルトの評価本数
- n : 取付ボルトの本数
- A_b : 取付ボルトの軸断面積
- C_H : 水平方向設計震度
- C_p : ポンプ振動による震度

$$\text{取付ボルトに作用する引張力} : F_b = \frac{1}{L} (m \times g \times (C_H + C_p) \times H - m \times g \times L_1)$$

$$\text{取付ボルトの引張応力} : \sigma_b = \frac{F_b}{n_f \times A_b}$$

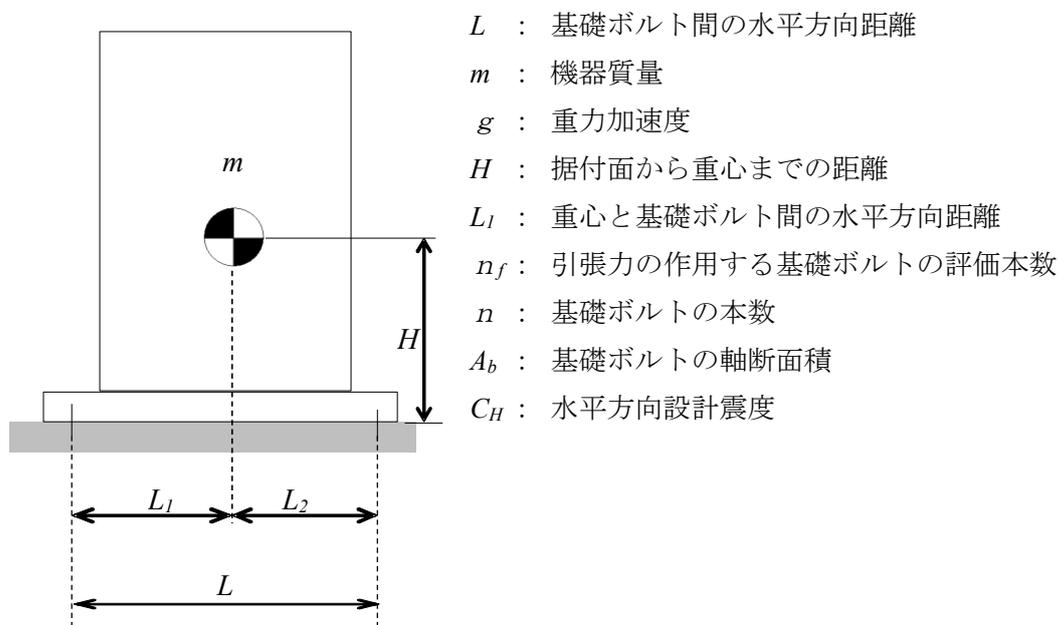
$$\text{取付ボルトのせん断応力} : \tau_b = \frac{m \times g \times (C_H + C_p)}{n \times A_b}$$

表-5 移送ポンプ耐震評価結果

機器名称	評価部位	評価項目	水平震度	算出値	許容値	単位
移送ポンプ	取付ボルト	引張	0.36	—	153	MPa
		せん断	0.36	3	118	MPa

(6) 浄化ユニット基礎ボルトの耐震評価

耐震設計技術規程の強度評価方法に準拠し、下記式にて評価を実施した。評価の結果、基礎ボルトの強度が確保されていることを確認した。(表-6 参照)



- L : 基礎ボルト間の水平方向距離
- m : 機器質量
- g : 重力加速度
- H : 据付面から重心までの距離
- L_1 : 重心と基礎ボルト間の水平方向距離
- n_f : 引張力の作用する基礎ボルトの評価本数
- n : 基礎ボルトの本数
- A_b : 基礎ボルトの軸断面積
- C_H : 水平方向設計震度

$$\text{基礎ボルトに作用する引張力} : F_b = \frac{1}{L} (m \times g \times C_H \times H - m \times g \times L_1)$$

$$\text{基礎ボルトの引張応力} : \sigma_b = \frac{F_b}{n_f \times A_b}$$

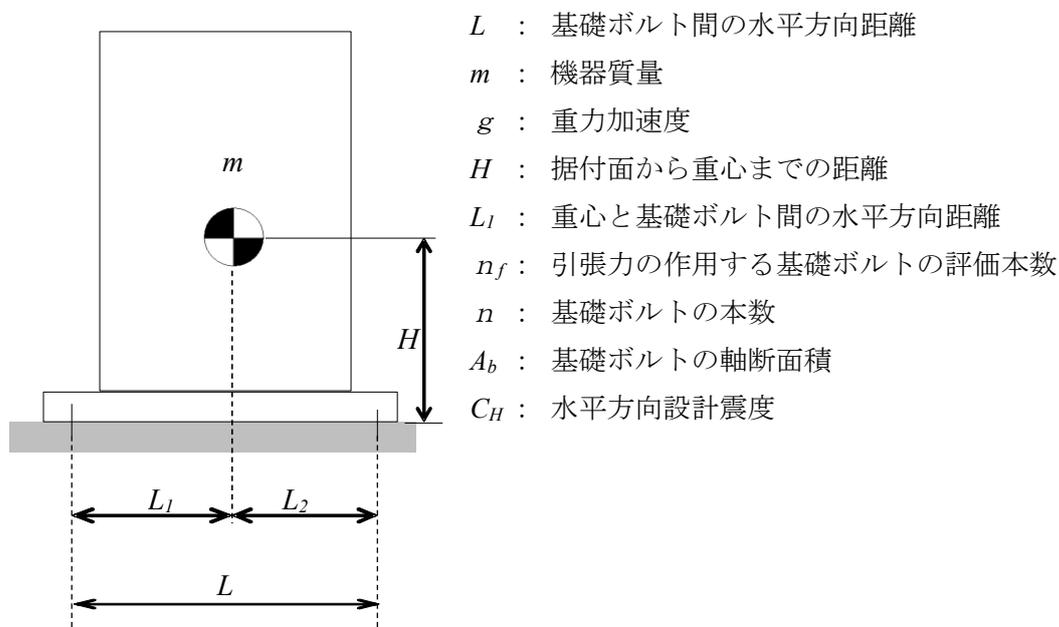
$$\text{基礎ボルトのせん断応力} : \tau_b = \frac{m \times g \times C_H}{n \times A_b}$$

表-6 浄化ユニット耐震評価結果

機器名称	評価部位	評価項目	水平震度	算出値	許容値	単位
浄化ユニットA	基礎ボルト	引張	0.36	—	27	MPa
		せん断	0.36	18	38	MPa
浄化ユニットB	基礎ボルト	引張	0.36	—	27	MPa
		せん断	0.36	16	38	MPa
浄化ユニットC	基礎ボルト	引張	0.36	—	27	MPa
		せん断	0.36	17	38	MPa
浄化ユニットD	基礎ボルト	引張	0.36	—	27	MPa
		せん断	0.36	16	38	MPa

(7) 移送ポンプスキッド基礎ボルトの耐震評価

耐震設計技術規程の強度評価方法に準拠し、下記式にて評価を実施した。評価の結果、基礎ボルトの強度が確保されていることを確認した。(表-7 参照)



- L : 基礎ボルト間の水平方向距離
- m : 機器質量
- g : 重力加速度
- H : 据付面から重心までの距離
- L_1 : 重心と基礎ボルト間の水平方向距離
- n_f : 引張力の作用する基礎ボルトの評価本数
- n : 基礎ボルトの本数
- A_b : 基礎ボルトの軸断面積
- C_H : 水平方向設計震度

$$\text{基礎ボルトに作用する引張力} : F_b = \frac{I}{L} (m \times g \times C_H \times H - m \times g \times L_1)$$

$$\text{基礎ボルトの引張応力} : \sigma_b = \frac{F_b}{n_f \times A_b}$$

$$\text{基礎ボルトのせん断応力} : \tau_b = \frac{m \times g \times C_H}{n \times A_b}$$

表-7 移送ポンプスキッド耐震評価結果

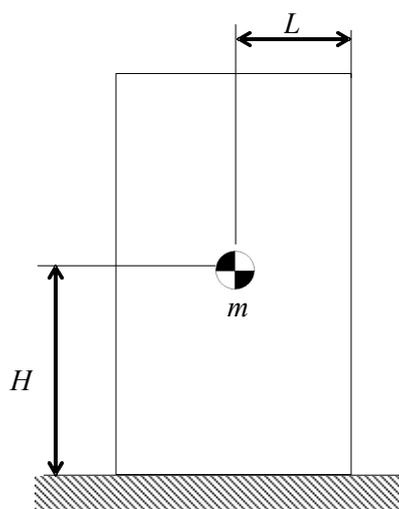
機器名称	評価部位	評価項目	水平震度	算出値	許容値	単位
移送ポンプ (6.5 m) スキッド	基礎ボルト	引張	0.36	—	27	MPa
		せん断	0.36	9	38	MPa
移送ポンプ (4.3. 2 m) スキッド	基礎ボルト	引張	0.36	—	27	MPa
		せん断	0.36	11	38	MPa
移送ポンプ (1.3 m) スキッド	基礎ボルト	引張	0.36	—	27	MPa
		せん断	0.36	5	38	MPa

注1) : 移送ポンプ (2.0 m) については、水中ポンプであり、タンク内へ吊り下げて設置するため耐震評価は行わない。

(8) 浄化ユニットの耐震評価

a. 転倒評価

地震時の水平荷重による転倒モーメントと自重による安定モーメントを算出し、それらと比較することにより転倒評価を行った。評価の結果、「①地震時の水平荷重による転倒モーメント<②自重による安定モーメント」となることから、転倒しないことを確認した。(表-8 参照)



- C_H : 水平方向設計震度
- m : 浄化ユニットの合計質量
- g : 重力加速度
- H : 地面から重心までの距離
- L : 転倒支点から重心までの距離

①地震による転倒モーメント : $M_1 = m \times g \times C_H \times H$

②自重による安定モーメント : $M_2 = m \times g \times (1-C_V) \times L$

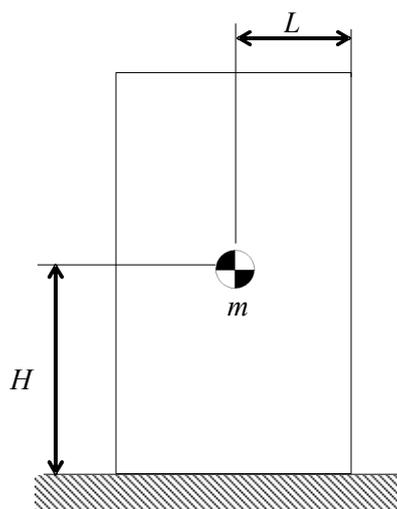
表-8 浄化ユニット耐震評価結果

機器名称	評価部位	評価項目	水平震度	①	②	単位
浄化ユニットA	本体	転倒	0.36	110	304	kN・m
浄化ユニットB	本体	転倒	0.36	99	269	kN・m
浄化ユニットC	本体	転倒	0.36	99	280	kN・m
浄化ユニットD	本体	転倒	0.36	100	255	kN・m

(9) 移送ポンプスキッドの耐震評価

a. 転倒評価

地震時の水平荷重による転倒モーメントと自重による安定モーメントを算出し、それらを比較することにより転倒評価を行った。評価の結果、「①地震時の水平荷重による転倒モーメント<②自重による安定モーメント」となることから、転倒しないことを確認した。(表-9 参照)



- C_H : 水平方向設計震度
- m : 移送ポンプスキッドの合計質量
- g : 重力加速度
- H : 地面から重心までの距離
- L : 転倒支点から重心までの距離

①地震による転倒モーメント : $M_1 = m \times g \times C_H \times H$
 ②自重による安定モーメント : $M_2 = m \times g \times (1-C_V) \times L$

表-9 移送ポンプスキッド耐震評価結果

機器名称	評価部位	評価項目	水平震度	①	②	単位
移送ポンプ (6.5 m) スキッド	本体	転倒	0.36	8	26	kN・m
移送ポンプ (4.3.2 m) スキッド	本体	転倒	0.36	8	21	kN・m
移送ポンプ (1.3 m) スキッド	本体	転倒	0.36	4	6	kN・m

注1) : 移送ポンプ (2.0 m) については、水中ポンプであり、タンク内へ吊り下げて設置するため耐震評価は行わない。

(10) 配管の耐震評価

a. 配管（鋼管）

配管（鋼管）は、定ピッチスパン法に基づき定められた間隔で支持する。

b. 配管（ポリエチレン管）

配管（ポリエチレン管）は、可撓性を有しており、地震変位による有意な応力は発生しないと考える。

c. 配管（耐圧ホース）

配管（耐圧ホース）は、可撓性を有しており地震により有意な応力は発生しない。

以上

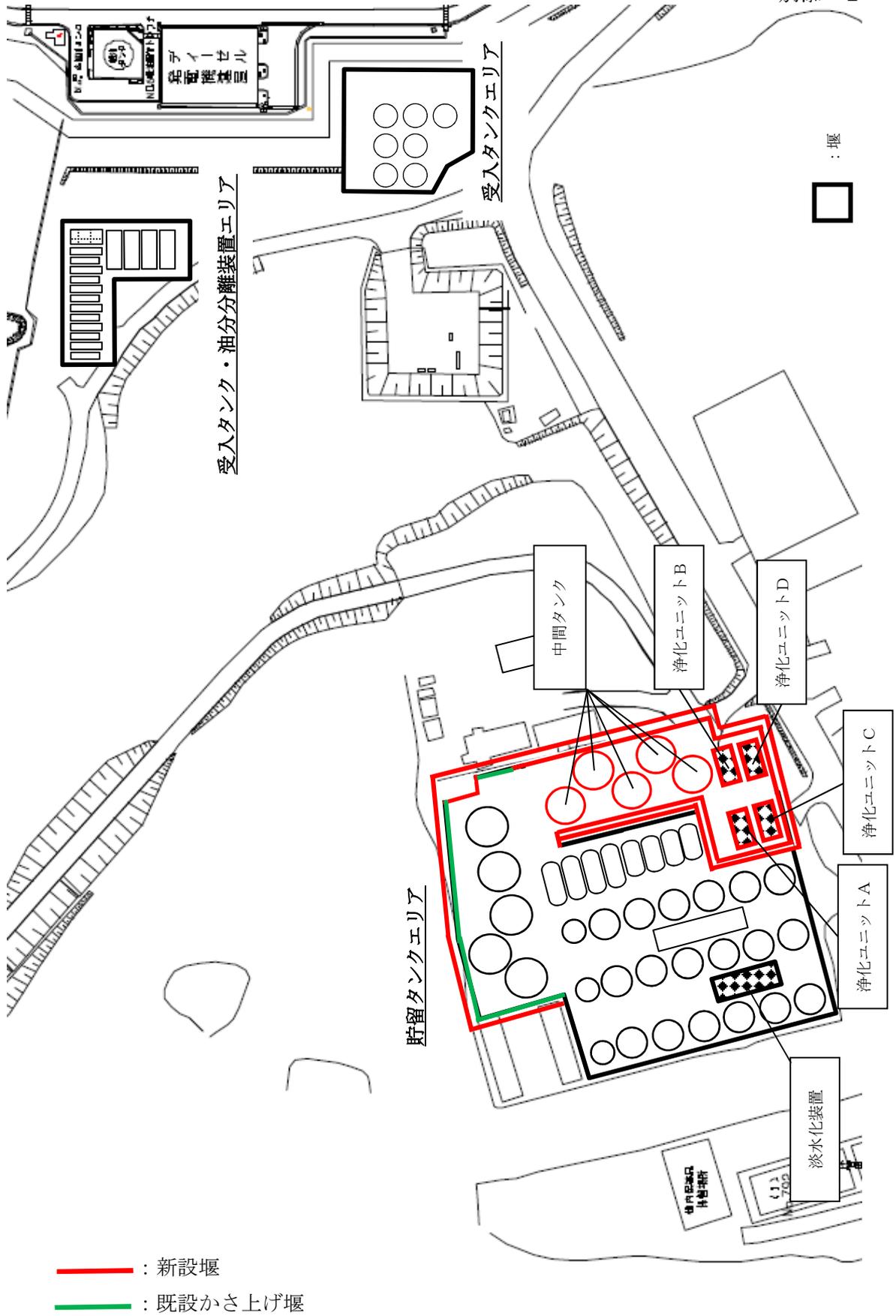
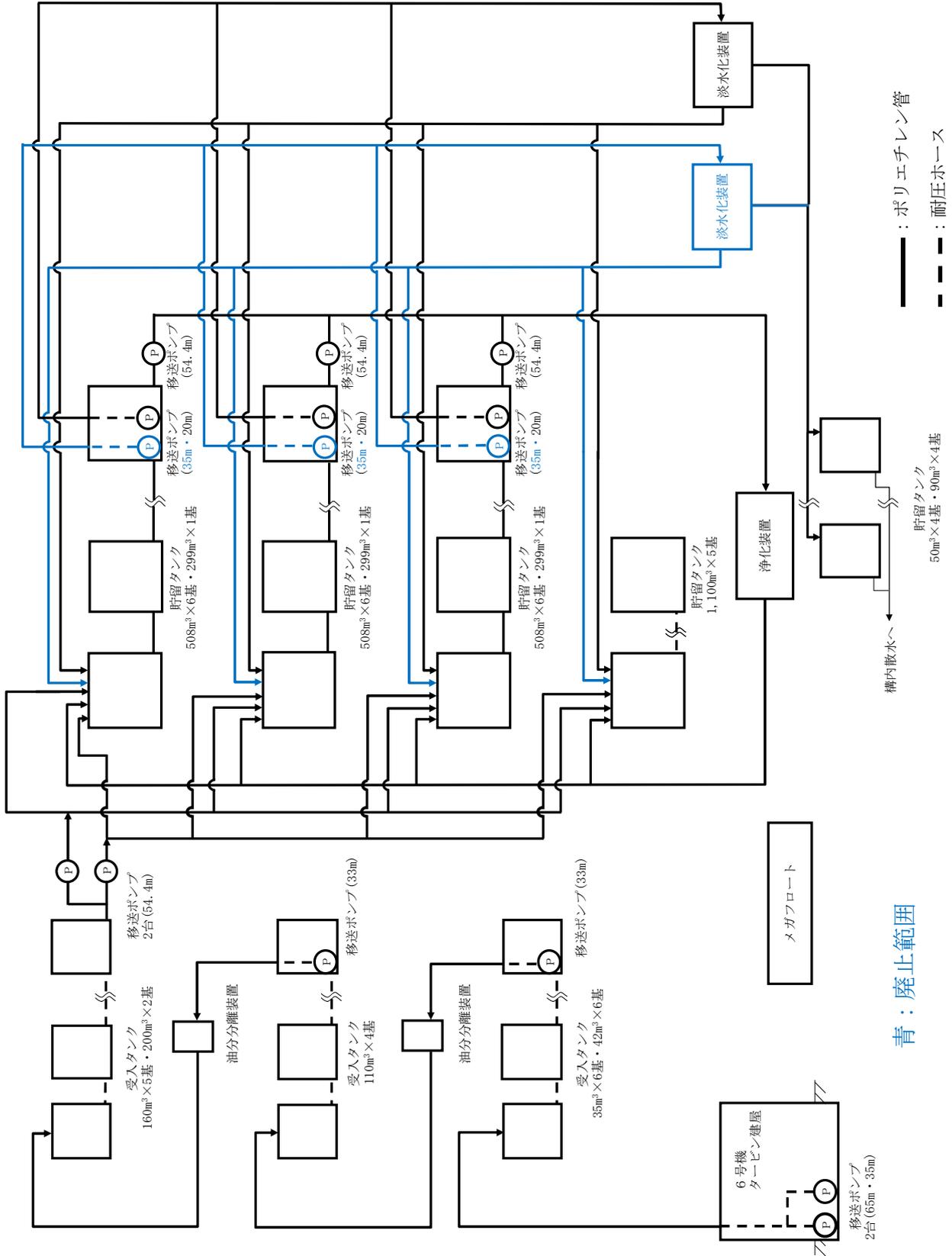


図-1 5・6号機 滞留水貯留設備 工事概要図



青：廃止範囲

図-1 5・6号機 滞留水貯留設備 系統概要図 (廃止範囲)

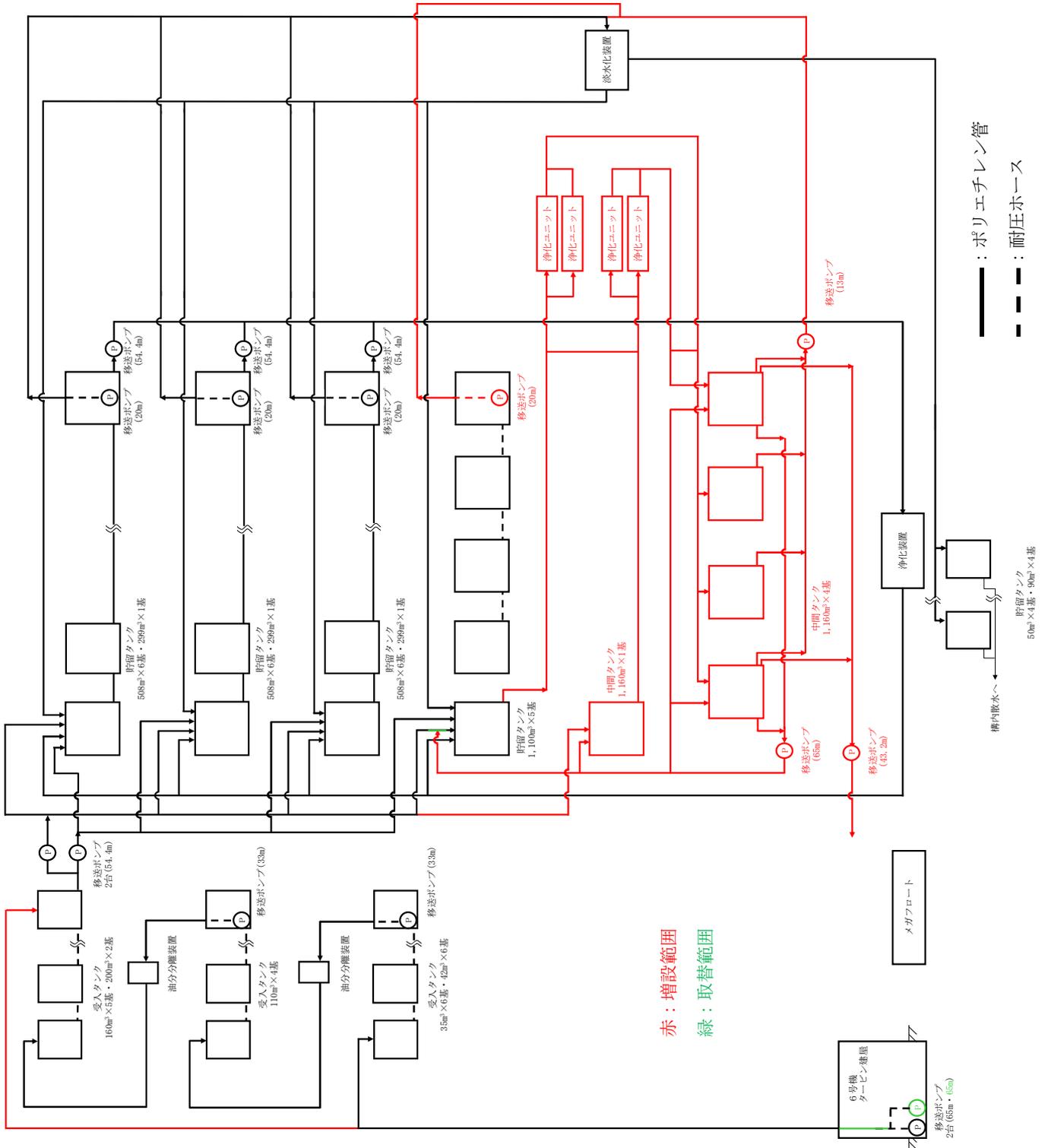
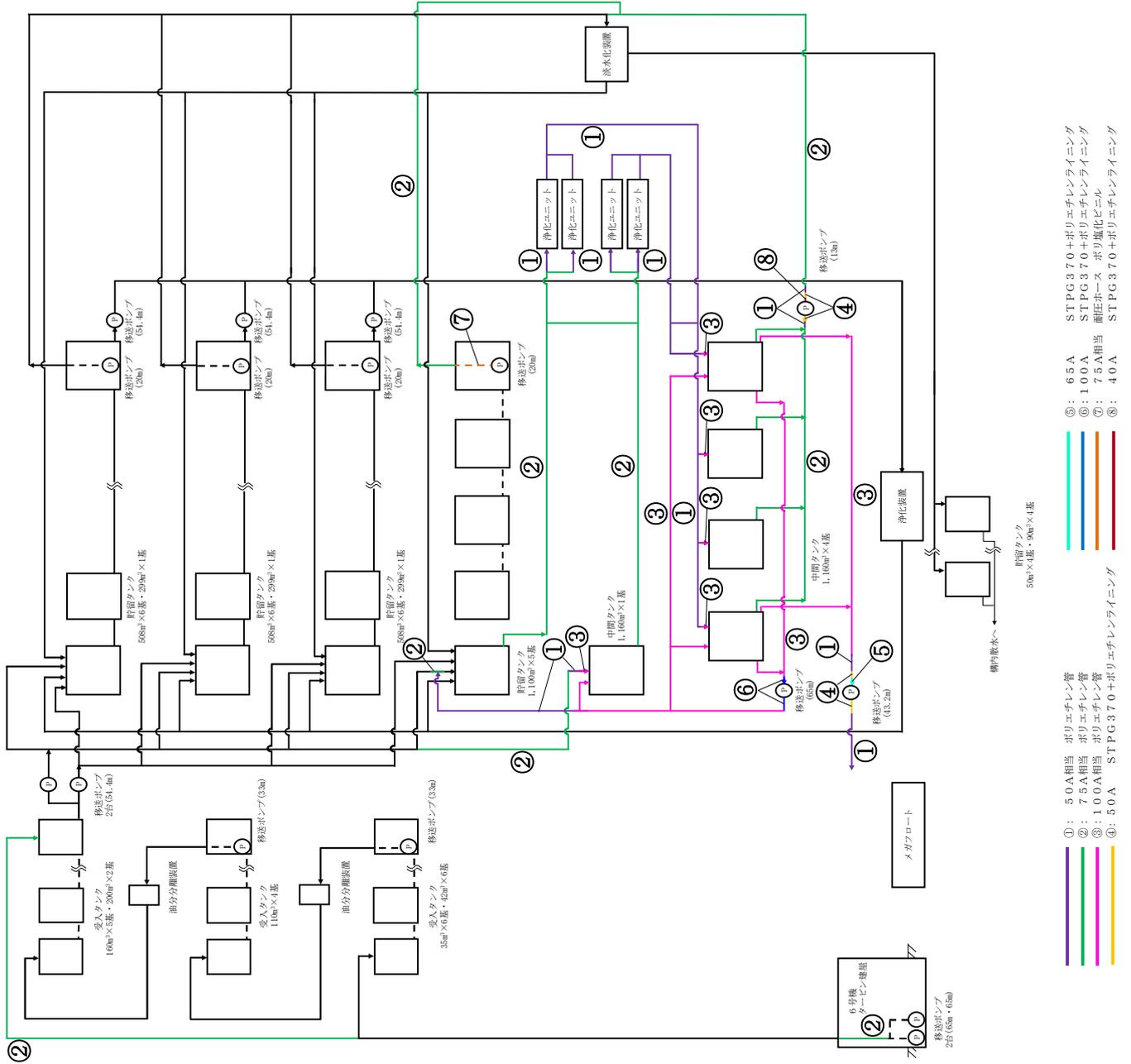
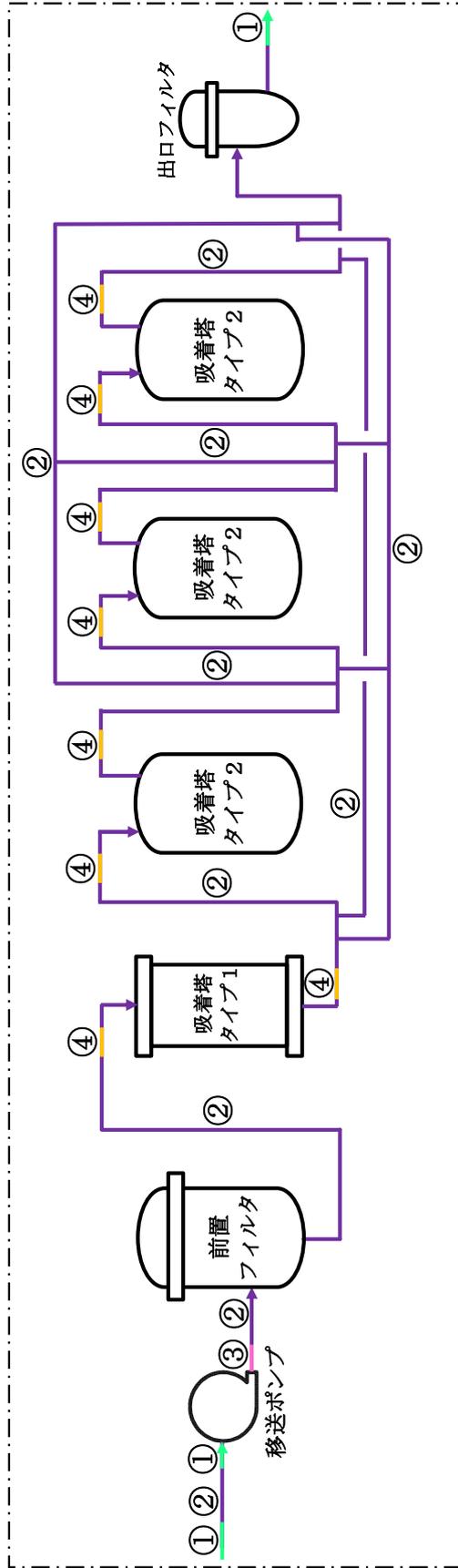


図-1 5・6号機 滯留水貯留設備 系統概要図 (増設及び取替範囲)



図一1 5・6号機 滞留水貯留設備 付属配管概要図 (増設及び取替範囲)

浄化ユニット



- ①: 50A STPG370+ポリエチレンライニング
- ②: 40A STPG370+ポリエチレンライニング
- ③: 32A STPG370+ポリエチレンライニング
- ④: 40A相当 EPDM (合成ゴム)

図-1 5・6号機 浄化ユニット概要図

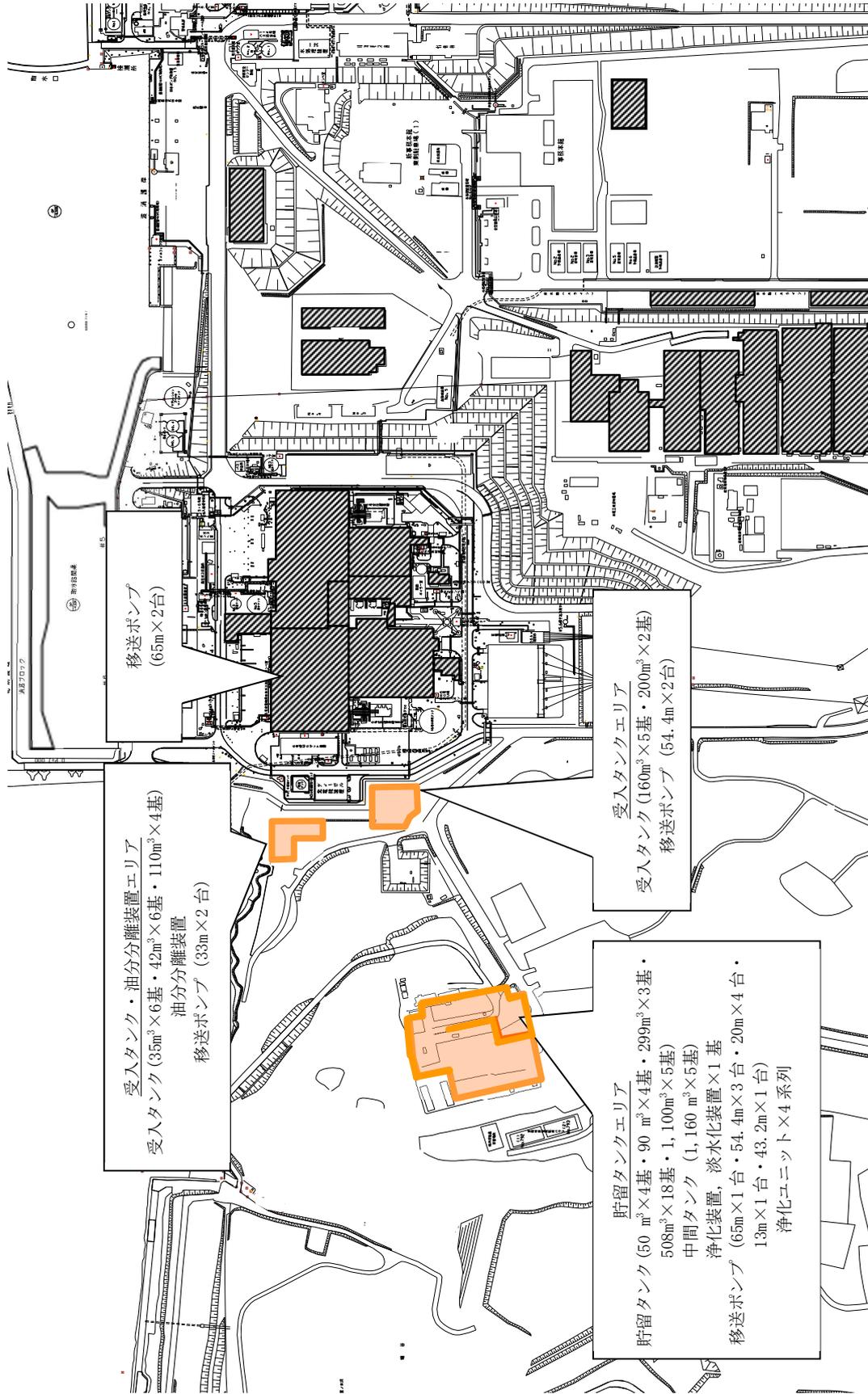


図-1 5・6号機 滯留水貯留設備 全体概要図 (増設及び廃止後)

浄化ユニット等の安全確保策

浄化ユニット等^{※1}における漏えい防止対策，放射線遮へい・被ばく低減，崩壊熱除去，可燃性ガス滞留防止，使用済吸着塔の貯蔵について，2.33.2.1.3 に記載した事項の他，追加的な安全確保策を以下の通り定め実施する。

※1：別添－４に示す増設・取替範囲に該当する設備

1. 放射性物質漏えい防止等に対する考慮

(1) 漏えい発生防止

処理対象水及び処理済水の移送配管は，耐食性を有するポリエチレン管を基本とする。また，浄化ユニット内の配管は，耐食性を有するよう炭素鋼に内面ポリエチレンライニングを施し，前置フィルタ及び吸着塔タイプ1は炭素鋼に内面ゴムライニング，吸着塔タイプ2及び出口フィルタは，耐食性を有するステンレス鋼とする。

浄化ユニット内の配管のうち可撓性を要する部分は，耐食性を有する合成ゴム（EPDM）製耐圧ホースとする。なお，福島第一原子力発電所で発生した耐圧ホースと継手金属との結合部（カシメ部）の外れ事象に鑑み，耐圧ホースと継手金属の結合部（カシメ部）は外れを防止する設計とする。

タンク溢水による放射性物質の漏えいを防止するため，タンク水位の検出器，インターロック回路を設ける。また，浄化ユニット運転中は6号機中央操作室にて移送先タンクの水位を監視する。

(2) 漏えい検知・漏えい拡大防止

浄化ユニット等の漏えい検知・漏えい拡大防止として下記を実施する。

- a. 浄化ユニット，中間タンクは堰で囲まれている貯留タンクエリア内に設置する（添付資料－８ 別添－２参照）。これにより浄化ユニット，中間タンク及び堰内の移送配管から漏えいが発生した場合の漏えい拡大を防止する。
- b. 漏えいの早期検知として，浄化ユニット毎に漏えいパンを設けるとともに，漏えい検知器を設ける（図－1）。浄化ユニットの機器の取合点は，漏えいパン内に設置し，漏えい水は漏えいパンに受ける設計とする。
- c. 上記漏えいを検知した場合には，6号機中央操作室に警報を発するとともに，浄化ユニットの移送ポンプが自動停止し，装置内の隔離弁が自動閉止する。運転操作員は，移送ポンプの停止確認や漏えい拡大防止等の必要な措置を講ずる。
- d. 浄化ユニットは，運転開始までに漏えい確認等を実施し，施工不良，装置の初期欠陥等による大規模な漏えいの発生を防止する。また，浄化ユニット内包水が漏えい

した場合でも浄化ユニット内の漏えいパン内に収まることから、系外へ漏えいが拡大することはない。(表-1)

- e. 移送配管は、運転開始までに漏えい確認等を実施し、施工不良、装置の初期欠陥等による大規模な漏えいの発生を防止する。また、移送配管は定期的なパトロールを実施して、漏えい検知を図る。屋外でフランジ構造となる移送配管継手部は、漏えい拡大防止のため堰内に設置するか、堰内に漏えい水が導かれるよう受けを設置する。タンク等との接合部、装置との接合部はフランジ接合とするが、タンク堰内や浄化ユニット内に設置することで漏えい拡大を防止する。移送配管は、サポートにより地表面から離すことにより、漏えい検知を容易にする。

浄化ユニットは定期的なパトロール及び運転中の流量常時監視により、漏えい検知を図る。タンクは定期的なパトロール及び定期的な水位確認により、漏えい検知を図る。異常の場合は速やかに現場の状況を確認し、タンク止め弁の閉操作等適切な対応を取る。

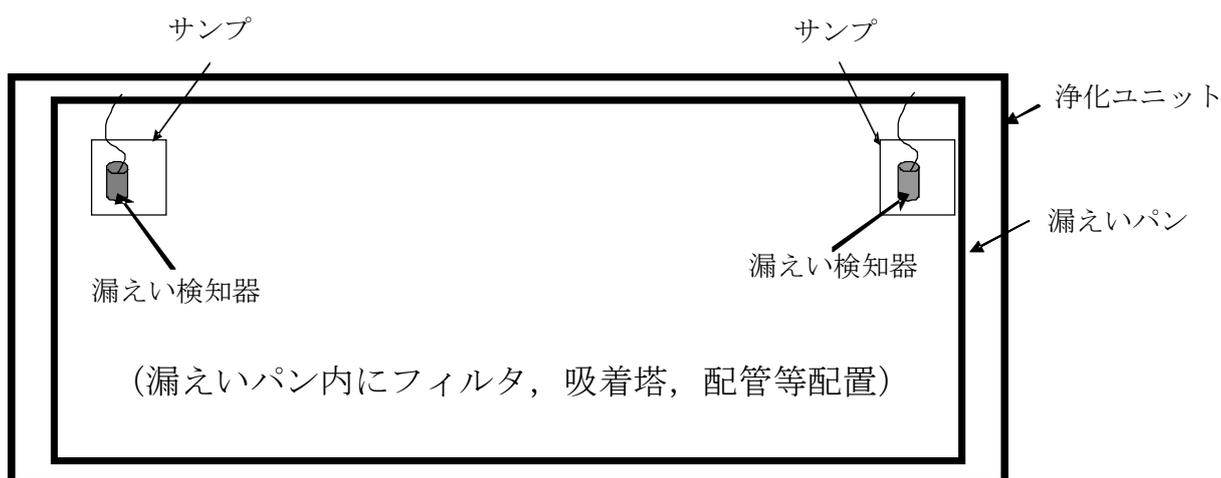


図-1 漏えいパンの概念図

表-1 浄化ユニットの漏えいパン仕様

対象設備	縦幅 (m)	横幅 (m)	高さ (m)	容積※1 (m ³)	容器単体の 最大容量 (m ³)
浄化ユニットA	12.198	2.288	0.3	6.69	3.04
浄化ユニットB	9.988	2.288	0.3	5.48	3.04
浄化ユニットC	11.488	2.288	0.3	6.30	3.04
浄化ユニットD	10.188	2.288	0.2	3.72	3.04

※1：漏えいパン容積のうち20%を機器の一部、サポートが占めると評価した値

2. 放射線遮へい・被ばく低減に対する考慮

浄化ユニットの処理対象水は放射性物質濃度が比較的低いことから、吸着塔を対象に放射線遮へい・被ばく低減を検討する。滞留水を処理した使用済吸着塔表面の吸着材中心高さにおける 1cm 線量当量率を評価した。評価の結果、1mSv/h 以下であり、作業員が過剰被ばくすることはないが、被ばく低減の観点から、浄化ユニットを設置するジャバラハウスの入口には吸着塔付近の線量表示、関係者以外立ち入りを禁止する表示を行い、作業員が不用意に近づくことを防止する。

なお、放射線遮へいの必要が生じた場合には、状況に応じて適切な放射線遮へいを行う。

3. 崩壊熱除去

滞留水を処理した使用済吸着塔内の吸着材中心温度を評価した。評価の結果、温度上昇は 1℃であり、吸着塔及び吸着材の健全性を損なうものではない。

4. 可燃性ガスの滞留防止

- a. 浄化ユニットでは、吸着塔で水の放射線分解により発生する可能性のある可燃性ガス（水素ガス）は、通水時は処理水とともに排出される。通水停止後は、吸着塔上部に設けたベント弁を開放し吸着塔外に排出する。
- b. 浄化ユニットにて発生する使用済吸着塔は、可燃性ガスの発生抑制のため、エアブローにより内部の水抜きを実施する。
- c. 使用済吸着塔一時保管施設においては、接続配管を開放した状態で保管することにより、可燃性ガスを大気に放出する。

1) 評価概要

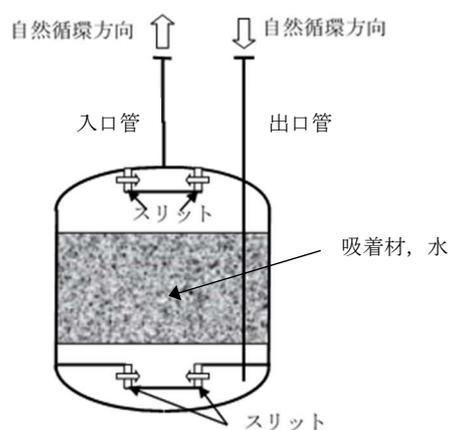
使用済吸着塔は、可燃性ガスの発生抑制のため、内部の水抜き後に使用済セシウム吸着塔一時保管施設に一時的に貯蔵するが、放射性物質を内包しており、内部に残留する湿分の放射線分解により、可燃性ガスが発生する恐れがあることから、使用済吸着塔内部の可燃性ガスの濃度を評価し、その濃度が 4%未満であることを確認する。

本評価では、吸着塔内部の温度変化による影響は小さいため 25 度の常温を代表点とし、吸着塔内部の湿分についても、吸着材領域は水で満たされているものとして評価した。（実際は、使用済吸着塔は水抜き後に保管される。）

2) 評価方法

吸着塔内の吸着材充填領域から発生した可燃性ガスは、吸着塔上部の空間部に排出され、空気との混合気体となる。吸着塔は、保管時に入口管と出口管を開放し、上部空間の混合気体は空気との密度差により上昇し入口管から排出される。また、排出

された混合気体の体積に応じて、出口管から空気が流入する（図－1 参照）。このときの混合気体の排出と空気の流入量を算出し、吸着塔内の水素濃度を評価した。



図－1 使用済吸着塔 保管時の概念図

3) 水素発生量

水素は、吸着した核種の崩壊エネルギーが容器内に残留する水に吸収され発生する。水素発生速度 H (mol/s) は次式により求めた。

$$H = G \times E \div A$$

H : 水素発生速度 (mol/s)

G : 水が 100eV のエネルギーを吸収した際に発生する水素分子の個数, 0.45

E : 水が吸収するエネルギー : 約 2.75×10^{13} (MeV/s)

A : アボガドロ数 (6.02×10^{23} 個/mol)

評価の結果、爆発下限界 4% 未満であることを確認した。なお、吸着塔上部にはベント配管を設けてあり、常時開運用とすることで水素の滞留を防止する。

5. 耐放射線性

浄化ユニットの処理対象水は放射性物質濃度が比較的低いことから、機器への放射線照射による劣化の影響は小さい。

6. 使用済吸着塔の貯蔵

a. 使用済吸着塔の発生量

使用済吸着塔は、淡水置換し、水抜きした後、使用済セシウム吸着塔一時保管施設（第1施設、第3施設、第4施設）（Ⅱ2.5.2.1.2 参照）のコンクリート製ボックスカルバート内に保管する。

使用済吸着塔の発生量は、最大でも年間4基程度、ボックスカルバートの使用数では最大でも年間2基程度と想定される。

なお、必要に応じて使用済セシウム吸着塔一時保管施設を増設する。

使用済吸着塔の貯蔵による敷地境界への直接線・スカイシャイン線による寄与は、使用済セシウム吸着塔一時保管施設に貯蔵される他の廃棄物と同程度であり、同施設の敷地境界線量の評価結果に包絡される。

旧淡水化装置の撤去方法について

旧淡水化装置の廃止に伴い、放射性物質に汚染されている可能性のある旧淡水化装置、移送ポンプ、配管等の撤去作業について定める。

1. 旧淡水化装置等

旧淡水化装置、移送ポンプ、配管等は貯留タンクエリア堰内で内部水抜き、残水回収後に汚染拡大防止を図った上で機器を取外し後、Fタンクエリア内の作業エリアへ運搬し、切断して減容を行い、切断した減容片は、表面線量率に応じて定められた一時保管エリアにて一時保管する。継続使用する設備との切り離しはフランジ部とし、開放部を閉止する。

1.1 作業内容と汚染拡大防止策

1.1.1 内部水抜き、残水回収作業時の汚染拡大防止策

旧淡水化装置、移送ポンプ、配管等に残る残水の回収処理作業では、仮設ホース、仮設ポンプ、仮設タンク等を使用し回収する。回収した残水は淡水化装置等を用いて処理する。

当該作業を行う際の漏えい防止策及び漏えい拡大防止策は以下の通り。

- a. 汚染水を内包している配管及びポンプ等の取外し作業は、隔離処置及び水抜き後に実施する。
- b. 仮設ホースの継手部がレバーロック式カプラの場合、継手部を固縛し外れ防止を行う。
- c. 漏えい拡大防止策として、仮設ホースの接続部を袋養生することにより、漏えい時に汚染水を受けられるようにすると共に、仮設ポンプ等の設置エリアには仮設の堰を設ける。また、残水移送中は作業員による常時監視を行う。

1.1.2 取外、運搬作業時の汚染拡大防止策

- a. 取外し作業時は、開口部からの放射性物質の飛散により、周辺に汚染を拡大させないように養生等を実施する。
- b. 取外された旧淡水化装置を減容場所まで運搬する際は、養生等に破損がないことを確認したうえで運搬する。

1.1.3 減容作業・保管時の汚染拡大防止策

- a. 減容作業は汚染拡大防止のためフィルター付局所排風機を設置した仮設ハウス内で作業を行う。破損の恐れの高い作業床は、足場板及び防炎シートで二重養生する。入口付近には、立入制限及び線量の表示を行う。また、切断にはバンドソー等を使用し、下方に溜まる切断屑は、適宜回収することにより汚染の拡大防止とする。
- b. 減容作業中は、作業エリアの空気中の放射性物質濃度を定期的に確認する。なお、測定値に異常が確認された場合には、速やかに作業を中断し、集塵の強化等の対策を実施し、測定値が通常時に戻ったことを確認してから再開する。
- c. 集塵の強化等の対策を実施しても測定値が通常時に戻らない場合には、作業を中止する。その後、原因を調査し、必要に応じて対策を施したうえで再開する。
- d. 旧淡水化装置、移送ポンプ、配管等を切断した減容片は、表面線量率に応じて定められた一時保管エリアにて一時保管する。

1.2 作業員の被ばく低減

旧淡水化装置、移送ポンプ、配管等の表面線量は約 0.015mSv/h 以下であり、撤去作業で作業員が過剰被ばくすることはないが、被ばく低減の観点から、作業エリアを区画することにより、作業員が容易に近付くことを防止する。また、線量当量率を測定し、作業員への注意喚起のために測定結果を表示する。

1.3 瓦礫類発生量

旧淡水化装置、移送ポンプ、配管等の撤去に伴い、約 200m³の瓦礫類が発生する見込みである。瓦礫類の表面線量率は 0.015mSv/h 以下であり、瓦礫類は、表面線量率に応じて定められた瓦礫類の一時保管エリア（C, F2, J, O, P1, V）にて一時保管する。

浄化ユニット基礎に関する説明書

1. 浄化ユニット基礎の支持力

(1) 評価方法

浄化ユニットの鉛直荷重と極限支持力を比較し評価を行う。支持力の算定式は「社団法人日本道路協会（2002）：道路橋示方書・同解説IV下部構造編」に基づき次式を用いる。計算した結果、①浄化ユニットの鉛直荷重<②浄化ユニット基礎底面地盤の極限支持力であり、安全性を有していることを確認する。

$$\textcircled{1} \text{ タンクの鉛直荷重： } W = m \times g$$

$$\textcircled{2} \text{ タンク基礎底面地盤の極限支持力： } Q_u = A_e \left(\alpha k c N_c S_c + k q N_q S_q + \frac{1}{2} \gamma_1 \beta B_e N_r S_r \right)$$

m : 機器質量

g : 重力加速度

A_e : 有効載荷面積

α, β : 基礎の形状係数

k : 根入れ効果に対する割増し係数

c : 地盤の粘着力

N_c, N_q, N_r : 荷重の傾斜を考慮した支持力係数

S_o, S_q, S_r : 支持力係数の寸法効果に関する補正係数

q : 上載荷重 ($q = \gamma_2 D_f$)

γ_1, γ_2 : 支持地盤及び根入れ地盤の単位重量 ($\gamma_1, \gamma_2 = 15.9 \text{ kN/m}^2$)

D_f : 基礎の有効根入れ深さ

B_e : 荷重の偏心を考慮した基礎の有効載荷幅 ($B_e = B - 2e_B$)

B : 基礎幅

e_B : 荷重の偏心量

(2) 管理

地盤改良後、簡易支持力測定器（キャスポル）※により地盤の強度を測定し、上記式により必要な極限支持力を有していることを確認する。

※ ランマー（重鎮）を一定の高さから地盤に自由落下させたときに生ずる衝撃加速度の最大値と地盤強度特性値と相関させる衝撃加速度法を基本原理とした簡易な測定器。

2. 浄化ユニット基礎の不陸

(1) 評価方法

浄化ユニットの設置高さが、設計高さに対して許容値以内^{*}であることを確認する。

※ 設計高さ±30mm (社内基準値)

(2) 管理

浄化ユニット基礎高さ (レベル) を測量し、当該高さが設計高さに対して±30mm 以内であることを確認する。

貯留タンクエリアの基礎外周堰の堰内容量に関する説明書

貯留タンクエリアは、中間タンク設置後も既設貯留タンクを残置するため、既設分を含めた堰内貯留量及び堰高を計算する。想定漏えい容量は貯留タンクエリア想定最大量の3,301m³とする。堰内はタンク以外に浄化ユニット等も含まれるため、それらの機器占有面積を削除し計算する。

なお、浄化ユニットの占有面積はジャバラハウスの面積とする。

貯留タンクエリアの基礎外周堰の高さ、堰内容量を表-1に示す。

表-1 貯留タンクエリアの基礎外周堰の堰内容量

想定最大漏えい量 (m ³)	貯留可能面積 (m ²)
3,301	6,392

$$\begin{aligned}
 \text{必要最低堰高 (m)} &= \text{想定最大漏えい量 (m}^3\text{)} \div \text{貯留可能面積 (m}^2\text{)} \\
 &= 3,301 \div 6,392 \\
 &= 0.52
 \end{aligned}$$

よって、貯留タンクエリアの堰高は0.52m以上とする。

なお、貯留タンクエリアの堰高は0.58m以上で管理されている。

浄化ユニット用ジャバラハウスの耐震評価について

1. 評価方針

浄化ユニットの上屋であるジャバラハウスは耐震Bクラス相当として設計する。

浄化ユニット用ジャバラハウスは、鉄骨造の地上1階建てで、全4棟の内、最大寸法は平面が約15m（NS）×約4.6m（EW）の建物で、地上高さは約5mである。

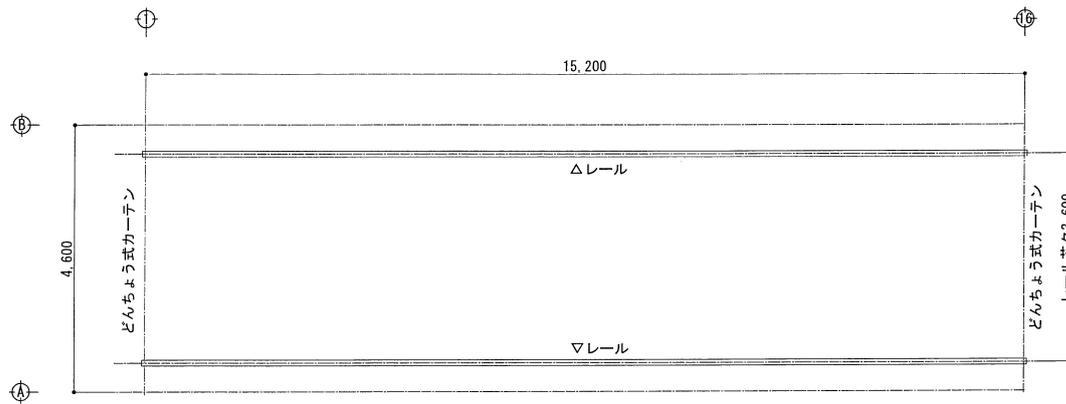
最大のジャバラハウスの平面図及び断面図を図－1に示す。

上屋に加わる地震時の水平力を、NS方向は柱・梁ともトラス形式のフレーム、EW方向はブレースで負担する。

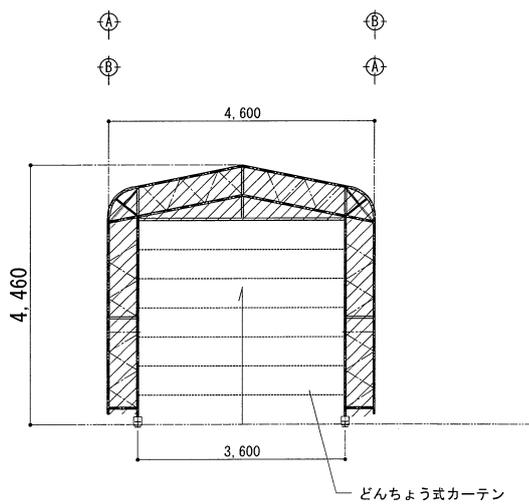
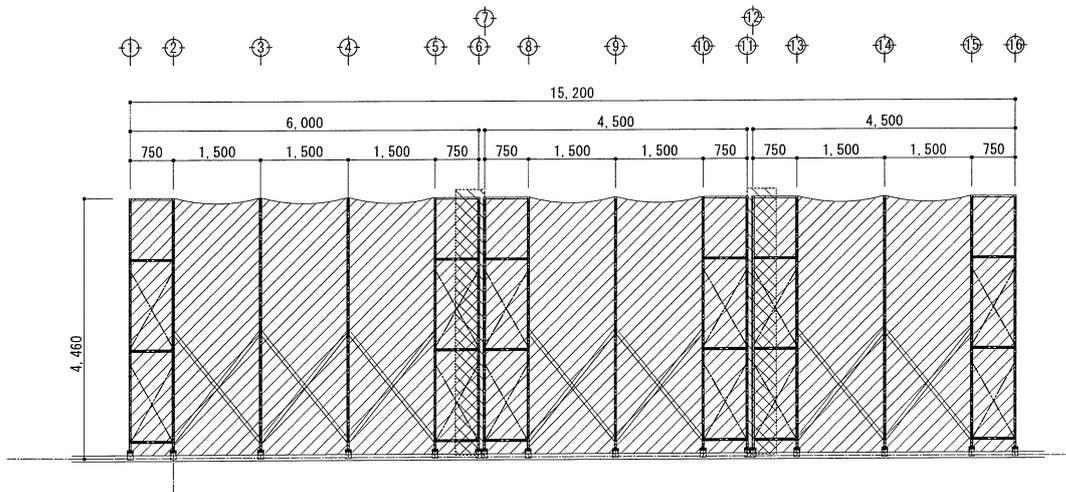
耐震性の評価は、地上1階の地震層せん断力係数として $1.5 \cdot C_i$ を採用した場合の当該部位の応力に対して行う。

浄化ユニット用ジャバラハウスからの基礎への荷重算出手順を図－2に示す。

また、ジャバラハウスの設計は、建築基準法に準拠し、積雪荷重及び風荷重についても評価する。



平面図 S=1/100



妻面立面図 S=1/100

図一 1 ジャバラハウス

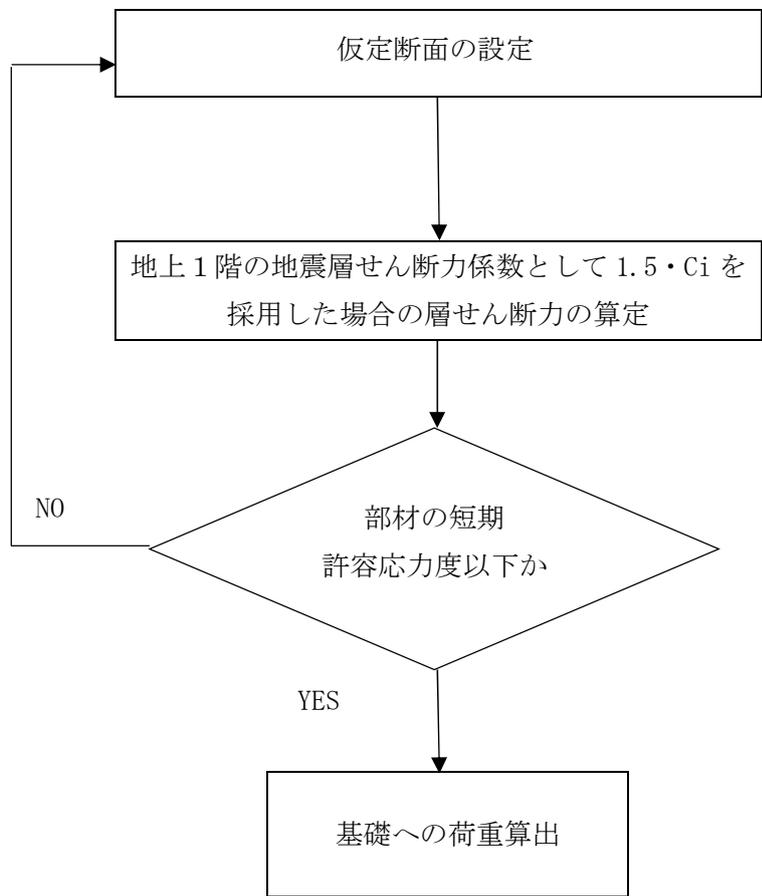


図-2 ジャバラハウスからの基礎への荷重算出手順

2. 評価条件

2. 1 使用材料並びに材料の許容応力度

浄化ユニット用ジャバラハウスの上屋に用いる鋼材及び膜材の許容応力度を表-1, 2に示す。

表-1 構造用鋼材の許容応力度

(単位：N/mm²)

	板厚	材料	基準強度 F	許容応力度
構造用鋼材	t ≤ 40 mm	STK400	235	「鋼構造設計規準」に従って左記 F の値により求める。

注：日本建築学会「鋼構造設計規準・同解説」による。

表-2 膜材の許容応力度

(単位：N/cm, N/mm²)

	方向	基準強度 (Fm)	長期 (Fm/60 t)	短期 (Fm/30 t)
膜材	縦	866	27.23	54.47
	横	891	28.02	56.04

2. 2 荷重及び荷重の組合せ

(1) 荷重

設計で考慮する荷重を以下に示す。

1) 鉛直荷重 (V L)

鉛直荷重は、固定荷重とする。

2) 積雪荷重 (S N L)

積雪荷重は、建築基準法施行令及び福島県建築基準法施行規則細則に準拠し以下の条件とする。

積雪量：30 cm, 単位荷重：20N/m²/cm

3) 風荷重 (S W L)

建築基準法施行令第 87 条，建設省告示第 1454 号に基づく速度圧及び風力係数を用いて算定する。

- ・ 基準風速：30m/s
- ・ 地表面粗度区分：Ⅲ

4) 地震荷重 (S E L)

水平地震力は下式による算定する。

地震層せん断力係数及び設計用地震力を表-3 に示す。

$$Q_i = n \cdot C_i \cdot W_i$$

$$C_i = Z \cdot R_t \cdot A_i \cdot C_o$$

ここで、

Q_i : 水平地震力 (kN)

n : 施設の重要度分類に応じた係数 ($n=1.5$)

C_i : 地震層せん断力係数

W_i : 当該層以上の重量 (kN)

Z : 地震地域係数 ($Z=1.0$)

R_t : 振動特性係数 ($R_t=1.0$)

A_i : 地震層せん断力係数の高さ方向の分布係数

C_o : 標準せん断力係数 ($C_o=0.2$)

表－3 水平地震力の算定結果

建物高さ (m)	Wi (kN)	地震層せん断力係数 1.5・Ci		設計用地震力 (kN)	
		NS	EW	NS	EW
5	0.92	0.30		0.3	

(2) 荷重の組合せ

荷重の組合せについて表－4に示す。

表－4 荷重の組合せ

荷重状態	荷重ケース	荷重の組合せ	許容応力度
常時	A	VL	長期
積雪時	B	VL+SNL	短期
暴風時	W1	VL+SWL(S→N方向)	
	W2	VL+SWL(W→E方向)	
地震時	C1	VL+SEL(S→N方向)	
	C2	VL+SEL(W→E方向)	

注：「建築基準法施行令第82条」による。

3. 評価結果

3. 1 浄化ユニット用ジャバラハウスの評価結果

解析モデルは、全ての部材を線材置換した平面モデルで、柱脚は半固定とする。

検討により得られた部材対応の内、検定比が最大となる鉄骨部材の断面検討結果を表一5に示す。また、外装材の検定比が最大となる膜材の断面検討結果を表一6に示す。

これより、鉄骨部材の応力度および外装材は、許容応力度以下であることを確認した。

表一5 鉄骨部材の応力度と短期許容応力度

部位	荷重条件	応力度 (kN/cm ²)		許容応力度 (kN/cm ²)		検定比 $\sigma_b / f_b + \sigma_c / f_c$
		曲げ: σ_b	圧縮: σ_c	曲げ: f_b	圧縮: f_c	
主フレームトラス梁 (STK400)	風荷重	7.08	0.43	12.16	12.16	$0.62 \leq 1.0$

表一6 外装材の応力度と短期許容応力度

部位	荷重条件	応力度 (N/mm) 引張: T	許容応力度 (N/mm) 引張: Ft	検定比 T/Ft
膜材	風荷重	3.61	28.87※1	$0.13 \leq 1.0$

※1: 膜材の短期許容引張応力度 Ft = 短期許容応力度 × 厚み 28.87 (N/mm)

※上表の通り主フレームの断面算定は風荷重にて行っているが、他荷重については下記のように風荷重に対して十分小さいことを確認している。

表一7 主フレームの最大応力

	荷重の組合せ	せん断力 Q (kN)
長期 (常時)	鉛直荷重 (VL)	0.53
短期	積雪荷重 (VL+SNL)	2.6
	風荷重 (VL+SWL)	4.1
	地震荷重 (VL+SEL)	1.5

3. 2 浄化ユニット用ジャバラハウス固定部の評価

浄化ユニット用ジャバラハウスアンカの強度評価を、浄化ユニット用ジャバラハウスの主フレームからの基礎への荷重により行った。浄化ユニット用ジャバラハウスの主フレームからの基礎への荷重を表-8に示す。

なお、浄化ユニット用ジャバラハウスの固定部はM16メカニカルアンカを使用する。

これより、浄化ユニット用ジャバラハウスの主フレームからの基礎への荷重算出値はM16メカニカルアンカの許容値以下であることを確認した。(表-9 参照)

表-8 主フレームからの基礎への荷重

	軸力 (kN)	せん断力 (kN)	曲げ モーメント (kN・m)
長期	1.04	0.00	0.00
短期(雪)	3.15	0.00	0.00
短期(風)	2.51	4.10	0.00
短期(地震)	0.58	0.60	0.00

表-9 ジャバラハウス固定部評価結果

機器名称	評価 部位	荷重 条件	評価 項目	算出値 (kN)	許容値 (kN)
ジャバラ ハウス	M16 メカニカル アンカ	風荷重	引張	1.26	5.50
			せん断	2.05	7.29

浄化ユニット吸着塔，貯留タンク及び中間タンクからの敷地境界線量評価

浄化ユニット吸着塔，貯留タンク及び中間タンク起因の敷地境界に対する直接線・スカイシャイン線の寄与を評価する。

1. 評価概要

1. 1 評価手法

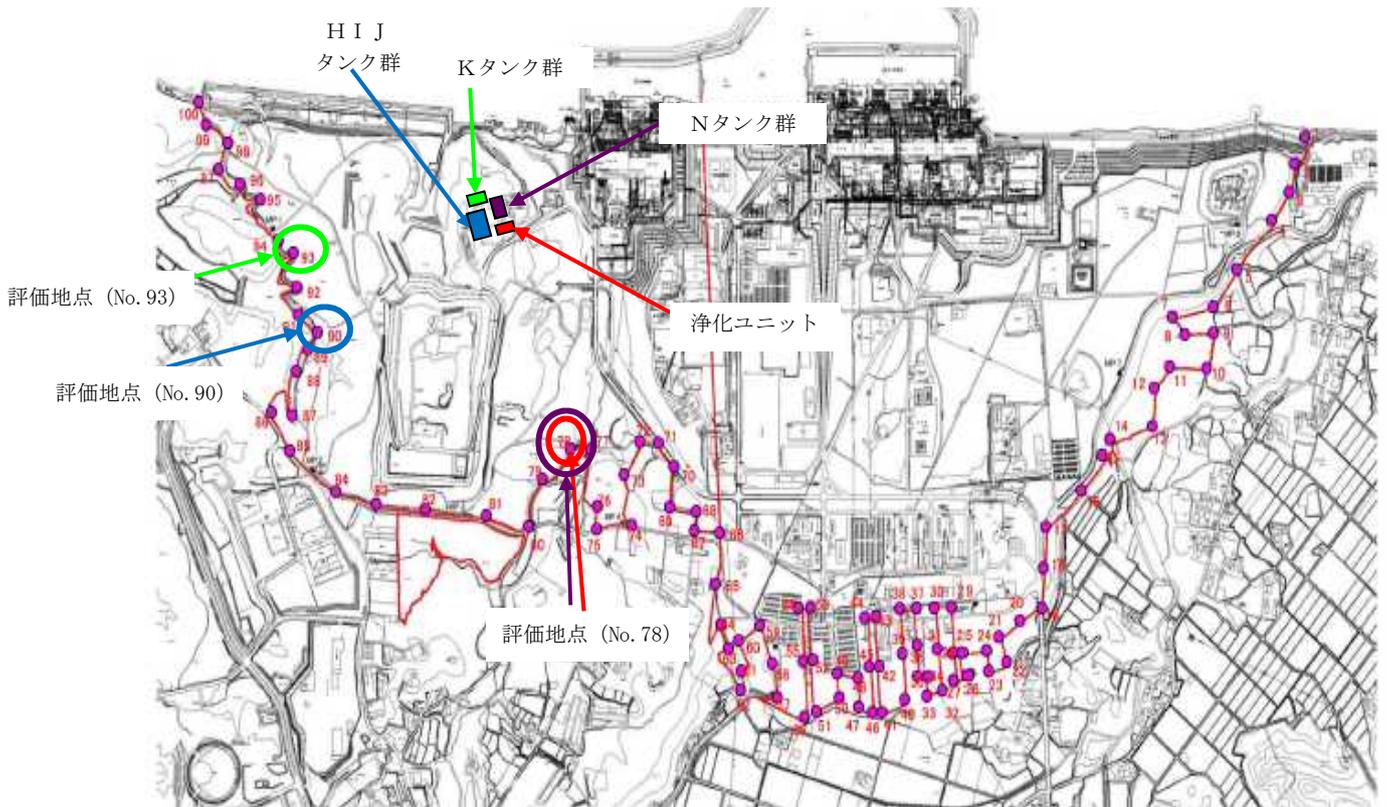
- ・ 解析コード MCNP を用いて評価

1. 1. 1 浄化ユニット吸着塔の評価条件

- ・ 浄化ユニットから最寄りの敷地境界評価地点（敷地境界評価地点 No. 78，距離約 620m）を評価した（図－1）。
- ・ 評価上考慮する吸着塔は，浄化ユニットでは1 2基（3基×4系列）とした。
- ・ 吸着塔は遮へい鉄 8mm で評価した。
- ・ 評価点における直接線・スカイシャイン線の評価値は，吸着塔1基あたりの評価値を基数倍して算出した。

1. 1. 2 貯留タンク及び中間タンクの評価条件

- ・ 貯留タンク（H I J タンク群）から最寄りの敷地境界評価地点（敷地境界評価地点 No. 90，距離約 610m），貯留タンク（Kタンク群）から最寄りの敷地境界評価地点（敷地境界評価地点 No. 93，距離約 650m），中間タンク（Nタンク群）から最寄りの敷地境界評価地点（敷地境界評価地点 No. 78，距離約 640m）を評価した（図－1）。
- ・ 評価上考慮する貯留タンク及び中間タンクは，H I J タンク群（小型3基，大型18基），Kタンク群（5基），Nタンク群（5基）とした。
- ・ 遮へいは，貯留タンク（H I J タンク群）鉄 9mm，貯留タンク（Kタンク群）鉄 12mm，中間タンク（Nタンク群）鉄 12mm で評価した。
- ・ 評価点における直接線・スカイシャイン線の評価値は，同板厚，同高さのタンク群を等価面積の大型円柱としてモデル化（H I J タンク群：半径 19.6m，水位 7.7m，Kタンク群：半径 13.4m，水位 8.3m，Nタンク群：半径 12.3m，水位 12.2m）して算出した。
- ・ 各タンク群保有水の放射能濃度は，貯留タンク（H I J タンク群）の分析結果（2017/1～2017/2）を基に淡水化装置による濃縮率を考慮して設定した。



- : 浄化ユニット設置位置とその評価地点
- : 貯留タンク（H I Jタンク群）設置位置と評価地点
- : 貯留タンク（Kタンク群）設置位置と評価地点
- : 中間タンク（Nタンク群）設置位置と評価地点

図ー1 浄化ユニット，貯留タンク及び中間タンクと評価点の位置関係

表ー1 浄化ユニット吸着塔の線源条件

機器名称	核種	線源強度 (Bq/塔)
吸着塔	Cs-134	2.45E+08
	Cs-137	8.27E+08
	Ba-137m	8.27E+08
	Sr-90	1.41E+09
	Y-90	1.41E+09

表－２ 貯留タンク及び中間タンクの線源条件

機器名称	核種	線源強度 (Bq/L)
貯留タンク 及び 中間タンク	Mn-54	3.434E+00
	Co-60	8.312E+00
	Sr-90	7.780E+03
	Ru-106	1.605E+01
	Sb-125	7.280E+00
	Cs-134	5.356E+01
	Cs-137	1.696E+02

2. 評価結果

上記条件により、評価を行った結果、各評価地点における直接線・スカイシャイン線の寄与は表－３、４の通りとなった。

表－３ 浄化ユニットの敷地境界線量評価結果

敷地境界評価地点	浄化ユニット評価値 (mSv/年)
No. 78	約 5.1×10^{-4}

表－４ 貯留タンク及び中間タンクの敷地境界線量評価結果

貯留タンク 及び 中間タンク	敷地境界評価地点	貯留タンク及び中間タンク評価値 (mSv/年)
H I J タンク群	No. 90	1.0×10^{-4} 未満
K タンク群	No. 93	1.0×10^{-4} 未満
N タンク群	No. 78	1.0×10^{-4} 未満

最寄りの線量評価点 (No. 78, 90, 93) における直接線・スカイシャイン線の評価結果は、浄化ユニットが約 5.1×10^{-4} mSv/年、H I J・K・N タンク群が 1.0×10^{-4} mSv/年未満であり、敷地境界線量に及ぼす影響は小さい。また、敷地境界線上の最大線量評価点 (No. 70) (2018年4月現在) における直接線・スカイシャイン線の評価結果は、浄化ユニットが 1.0×10^{-4} mSv/年未満、H I J タンク群が 1.0×10^{-4} mSv/年未満、K タンク群が 1.0×10^{-4} mSv/年未満、N タンク群が 1.0×10^{-4} mSv/年未満であり、敷地境界線量に及ぼす影響は小さい。

廃棄物発生量に関する評価

5・6号機仮設設備（滞留水貯留設備）の運用に伴い、浄化装置、淡水化装置及び浄化ユニットから、廃棄物が発生する。5・6号機仮設設備（滞留水貯留設備）を運用した場合の廃棄物発生量について評価を行った。

1. 計算条件

計算条件は以下の通りとする。

- ・浄化装置は、定格処理量（ $26\text{m}^3/\text{h}$ ）とする。
- ・淡水化装置は、定格処理量（ $100\text{m}^3/\text{日}$ ）とする。
- ・浄化ユニットは、定格処理量（ $200\text{m}^3/\text{日}$ ）とする。

2. 評価結果

2.1. 浄化装置

浄化装置のキレート樹脂及びゼオライトは3～4か月を目途に取替を実施する。年間の廃棄物発生量は約 34m^3 程度となる。

2.2. 淡水化装置

a. 逆浸透膜

淡水化装置の逆浸透膜は膜差圧又は装置下流の導電率に応じて取替を実施する。交換頻度は、滞留水の水質により変動するが、30～40日に1回程度と想定する。年間の廃棄物発生量は約 4m^3 程度となる。

b. フィルタ類

淡水化装置のフィルタ類はフィルタ容器圧力又はポンプ吐出流量に応じて取替を実施する。交換頻度は、滞留水の水質により変動するが、2ヶ月に1回程度と想定する。年間の廃棄物発生量は約 5m^3 程度となる。

2.3. 浄化ユニット

浄化ユニットのセシウム／ストロンチウム同時吸着塔は吸着塔差圧又は装置下流サンプリング水の測定結果に応じて取替を実施する。交換頻度は、滞留水の水質により変動するが、最大1年に4塔程度と想定する。年間の廃棄物発生量は約 4m^3 程度となる。

3. 貯蔵計画

5・6号機仮設設備（滞留水貯留設備）で発生する固体廃棄物については、容器に収納し、表面の線量率を測定した上で、キレート樹脂及びゼオライト並びに逆浸透膜及びフィルタ類は固体廃棄物貯蔵庫、セシウム／ストロンチウム同時吸着塔は使用済セシウム吸着

塔一時保管施設に貯蔵する。処理対象の放射性物質濃度が低く、固体廃棄物への遮へいは不要である。

メガフロート津波等リスク低減対策工事について

貯留設備のうちメガフロートについては、震災当初5・6号機の建屋内の滞留水を移送し、貯留するために使用していたが、2012年12月より貯留水の置換を行い、バラスト水としてろ過水を貯留している。

メガフロートは津波により港湾内構造物に衝突する恐れがあることから、メガフロート津波等リスク低減対策工事を実施する。また、本工事によりメガフロートは貯留機能が無くなることから、貯留設備のうちメガフロートについては廃止する。

以下に、メガフロート津波等リスク低減対策工事の作業方法について定める。

1. 工事概要

- ・メガフロート津波等リスク低減対策工事は1～4号機開渠内で実施するため、海側遮水壁への損傷防止対策として防衝盛土の施工を事前に実施する。
- ・メガフロート上部の付属機器（電動ウインチ、ボラード等）は取外後に減容を行い、表面線量率に応じて定められた一時保管エリアにて一時保管する。
- ・メガフロートを1～4号機開渠内へ移動し仮係留を行う。
- ・内部のバラスト水については、タンクローリー車等で5・6号機滞留水貯留設備受入タンクまたは貯留タンクまで移送する。
- ・5・6号機滞留水貯留設備受入タンクまたは貯留タンクに移送したバラスト水は、5・6号機淡水化装置を用いて処理する。
- ・バラスト水移送後に、メガフロート内部の除染を行う。
- ・1～4号機開渠内にメガフロート着底用のマウンドを造成し、メガフロートをマウンド上に移動し、海水を用いて仮着底を行う。
- ・メガフロート内部にモルタルを充填しマウンド上に着底させる。なお、仮着底時に使用した海水は港湾内に排水する。
- ・モルタル充填後のメガフロートについては、盛土工事等の整備工事を行い、本実施計画変更申請に基づき港湾設備の護岸及び物揚場の一部として有効活用する。

1.1 作業内容と汚染拡大防止策

1.1.1 内部水抜き、タンクローリー車等移送作業時の汚染拡大防止対策

メガフロート内部の水処理作業は仮設ホース、仮設ポンプ等を使用してタンクローリー車等に移送を行う。移送後、タンクローリー車等にて5・6号機滞留水貯留設備受入タンクまたは貯留タンクまで移送を行い、5・6号機淡水化装置を用いて処理する。

当該作業を行う際の漏えい防止策及び漏えい拡大防止策は以下の通り。

- a. 仮設ホースの継手部がレバーロック式カプラの場合、継手部を固縛し外れ防止を行う。フランジ継手部の場合、締付確認を行う。
- b. 漏えい拡大防止策として、仮設ホースの継手部は全て袋養生することにより、漏えい時に汚染水を受けられるようにすると共に、仮設ポンプ、タンクローリー受水エリアには仮設の堰を設ける。また、移送中は作業員による常時監視を行う。

1.1.2 除染作業時の汚染拡大防止策

メガフロート内部は水圧洗浄による除染を行う。水圧洗浄はバラスト水を水源として実施する。そのため、メガフロート内部水抜きは作業しやすい水位まで低下させて中断し、水圧洗浄実施後に再開する。水圧洗浄に使用した水は仮設プールへ回収し、フィルタを通過させスラッジを捕集し、再度水圧洗浄に使用する。スラッジを捕集したフィルタは脱水後、一時保管エリアに保管する。水圧洗浄水は5・6号機淡水化装置を用いて処理を行う（移送及び処理時の漏えい防止及び漏えい拡大防止は、1.1.1にて実施）。

1.2 作業員の被ばく低減

メガフロート内部等の空間線量率は約0.002mSv/h以下であり、作業員が過剰被ばくすることはないが、被ばく低減の観点から、作業エリアを区画することにより、作業員が容易に近付くことを防止する。また、線量当量率を測定し、作業員への注意喚起のために測定結果を表示する。

1.3 瓦礫類発生量

メガフロート津波等リスク低減対策工事に伴い、メガフロート上部の付属機器（電動ウインチ、ボラード等）が瓦礫類として約600 m³発生する見込みである。瓦礫類の表面線量率は約0.002mSv/h以下であり、表面線量率に応じて定められた瓦礫類の一時保管エリア（J, O, P1, V）にて一時保管する。

2.50 ALPS 処理水希釈放出設備及び関連施設

2.50.1 基本設計

2.50.1.1 ALPS 処理水希釈放出設備

2.50.1.1.1 設置の目的

福島第一原子力発電所構内のタンク※には、多核種除去設備にて汚染水から放射性核種（トリチウムを除く。）を十分に低い濃度になるまで除去した水（以下「ALPS 処理水等」という。）を貯留している。

本設備は、ALPS 処理水等がトリチウムを除く放射性核種の告示濃度比総和 1 未満を満足している ALPS 処理水であることを確認した上で、海水にて希釈し海洋へ放出することを目的とする。

※：RO 濃縮水貯槽、多核種処理水貯槽、Sr 処理水貯槽

RO 濃縮水貯槽は、当初、逆浸透膜装置の濃縮水を貯留していたが、濃縮水の処理完了後は、ALPS 処理水等を貯留している。Sr 処理水貯槽は、当初、RO 濃縮水処理設備（廃止）の処理水を貯留していたが、処理水の処理完了後は、ALPS 処理水等を貯留している。

2.50.1.1.2 要求される機能

- (1) 海洋への放出量は、発生する汚染水の量（地下水、雨水の流入による増量分）を上回る能力を有すること。
- (2) 希釈放出前の水が ALPS 処理水であることを確認するため、測定・確認用のタンク内およびタンク群の放射性物質濃度の均質化および試料採取ができること。
- (3) ALPS 処理水を海水で希釈し、放水設備へ排水できること。
- (4) 異常が発生した場合、速やかに ALPS 処理水の海洋への放出を停止できる機能を有すること。
- (5) ALPS 処理水を 100 倍以上及び海水希釈後のトリチウム濃度を 1,500Bq/L 未満となるまで希釈する能力を有すること。

2.50.1.1.3 設計方針

(1) 放射性液体廃棄物の処理等

ALPS 処理水希釈放出設備は、主に測定・確認用設備、移送設備、希釈設備により構成する。

測定・確認用設備では、タンク内およびタンク群の放射性物質濃度を均質にした後、試料採取・分析を行い、ALPS 処理水に含まれる、トリチウムを除く放射性核種の告示濃度比総和が1未満であること及びトリチウム濃度を確認する。

その後、移送設備により ALPS 処理水を希釈設備まで移送し、海水で希釈した上で、放水設備へ排水する。

a. 海洋放出前のタンク内 ALPS 処理水の放射能濃度の均質化

測定・確認用設備では、代表となる試料が得られるよう、採取する前にタンク群の水を循環ポンプにより循環することでタンク群の放射性物質の濃度をほぼ均質にする。また、各タンクに攪拌機器を設置し、均質化の促進を図る設計とする。

b. ALPS 処理水の海水への混合希釈率の調整及び監視

敷地境界における実効線量を達成できる限り低減するために、ALPS 処理水を海水で希釈した後に放出する水（以下「放出水」という。）中に含まれるトリチウムの濃度が運用の上限値である 1,500Bq/L 未満、海水による希釈倍率が 100 倍以上になるよう、希釈処理が可能な設計とする。なお、ALPS 処理水希釈放出設備における混合希釈状態について、解析コードを用いて評価を行う。

また、放出水中に含まれるトリチウムの濃度が運用の上限値である 1,500Bq/L 未満となるよう、混合希釈率の調整及び監視が実施可能な設計とする。

c. 異常の検出と ALPS 処理水の海洋放出の停止

供用期間中に想定される機器の故障等の異常により、「意図しない形での ALPS 処理水の海洋放出」に至るおそれのある事象（以下「異常事象」という。）等が発生した場合に備え、移送設備には緊急遮断弁を設置し、正常な運転状態を逸脱すると判断される場合においてはインターロックにより閉動作させるとともに、必要に応じて運転員の操作により ALPS 処理水の海洋放出を停止することが可能な設計とする。

d. 放射性物質の漏えい防止及び管理されない放出の防止

ALPS 処理水希釈放出設備は、放射性液体廃棄物として ALPS 処理水を取り扱うことから、その漏えい発生防止・汚染拡大防止等のため、次の各項を考慮した設計とする。ただし、当該設備のうち、放水立坑（上流水槽）については、通常時において放出水のみを取り扱うことから、放水設備以外への著しい流出が発生しないよう水密性を確保した設計とする。

- (a) 漏えいの発生を防止するため、機器等には設置環境や内部流体の性状に応じた適切な材料を使用する。
- (b) 液体状の放射性物質が漏えいした場合は、漏えいの早期検出を可能にするとともに、漏えい液体の除去を容易に行えるようにする。
- (c) 漏えい検知等の警報については、免震重要棟集中監視室に表示し、異常を確実に運転員に伝え適切な措置をとれるようにする。

e. 被ばく低減

ALPS 処理水希釈放出設備は、取り扱う放射性液体廃棄物の性状に応じて、機器等の設計において遮へい機能を考慮した設計とする。

(2) 準拠規格及び基準

ALPS 処理水希釈放出設備を構成する構築物、系統及び機器の設計、材料の選定、製作及び検査については、発電用原子力設備規格 設計・建設規格（JSME）、（公社）土木学会等の技術基準（規準）、日本産業規格（JIS）等を適用することにより信頼性を確保する。

(3) 自然現象に対する設計上の考慮

a. 地震に対する設計上の考慮

ALPS 処理水希釈放出設備を構成する構築物、系統及び機器は、その安全機能の重要度、地震によって機能の喪失を起こした場合の安全上の影響（公衆被ばく影響）や廃炉活動への影響等を考慮した上で、核燃料物質を非密封で扱う燃料加工施設や使用施設等における耐震クラス分類を参考にして耐震設計上の区分を行うとともに、適切と考えられる設計用地震力に耐えられる設計とする。

なお、主要な機器の耐震性を評価するにあたっては、原子力発電所耐震設計技術規程（JEAC4601）等に準拠することを基本とするが、評価手法、評価基準について実態に合わせたものを採用する。

ポリエチレン管、耐圧ホース等は、材料の可撓性により耐震性を確保する。

b. 地震以外に想定される自然現象（津波、豪雨、台風、竜巻等）に対する設計上の考慮
ALPS 処理水希釈放出設備は、地震以外の想定される自然現象（津波、豪雨、台風、竜巻等）によって、施設の安全性が損なわれないよう設計する。

(4) 外部人為事象に対する設計上の考慮

ALPS 処理水希釈放出設備は、想定される外部人為事象によって、施設の安全性を損なうことのない設計とする。また、第三者の不法な接近等に対し、これを防御するため、適切な措置を講じた設計とする。

(5) 火災に対する設計上の考慮

ALPS 処理水希釈放出設備は、火災の発生を防止し、火災の検知及び消火を行い、並びに火災の影響を軽減するための対策を適切に組み合わせることにより、火災により施設の安全性を損なうことのない設計とする。

(6) 環境条件に対する設計上の考慮

ALPS 処理水希釈放出設備の構築物、系統及び機器は、経年事象を含む想定されるすべての環境条件に適合できる設計とする。

(7) 運転操作に対する設計上の考慮

ALPS 処理水希釈放出設備は、運転員による誤操作を防止できる設計とするとともに、異常事象や設備の運転に影響を及ぼしうる自然現象等が発生した状況下においても、運転員がこれらの事象に対処するために必要な設備を容易に操作できる設計とする。

(8) 信頼性に対する設計上の考慮

ALPS 処理水希釈放出設備は、ヒューマンエラーや機器の故障による「意図しない形での ALPS 処理水の海洋放出」が発生しないよう、高い信頼性を確保した設計とする。また、万が一、「意図しない形での ALPS 処理水の海洋放出」が発生したとしても、その量が極めて小さくなる設計とする。

(9) 検査可能性に対する設計上の考慮

ALPS 処理水希釈放出設備を構成する構築物、系統及び機器は、それらの健全性及び能力を確認するために、適切な方法によりその機能を検査できる設計とする。

(10) その他の設計上の考慮

a. 健全性に対する考慮

ALPS 処理水希釈放出設備は、機器の重要度に応じた有効な保全が可能な設計とする。

b. 監視・操作に対する考慮

ALPS 処理水希釈放出設備は、免震重要棟集中監視室の監視・制御装置により、遠隔操作及び運転状況の監視が可能な設計とする。

c. 長期停止に対する考慮

ALPS 処理水希釈放出設備のうち、動的機器及び異常発生時に ALPS 処理水の海洋放出を速やかに停止する機器については、故障により設備が長期停止することがないように 2 系列設置する。また、電源は異なる 2 系統の所内高圧母線から受電可能な設計とする。

2.50.1.1.4 主要な機器

ALPS 処理水希釈放出設備は、測定・確認用設備、移送設備、希釈設備により構成する。

(1) 測定・確認用設備

測定・確認用設備は、ALPS 処理水に含まれる放射性物質濃度の均質化および放出前の試料採取を目的に、測定・確認用タンク、攪拌機器、循環ポンプ、循環配管、受入配管により構成する。

測定・確認用タンクは、現状の汚染水発生量と ALPS 処理水に含まれる放射性物質濃度の測定・評価に要する時間を踏まえ、ALPS 処理水の海洋放出までには、少なくとも約 1 万 m³分の容量が必要であることから、「II 2.5 汚染水処理設備等」の多核種処理水貯槽に示す K4 エリアタンクのうち、10 基をタンク 1 群として 3 群 (30 基) を兼用して、それぞれのタンク群を ALPS 処理水の受入工程、測定・確認工程及び放出工程に振り分けて運用する。

攪拌機器は、測定・確認用タンクに 1 台ずつ設置し、タンク内の攪拌を行う。

循環ポンプは、2 台設置し、タンク 1 群 (10 基) の内部の水の循環攪拌を行う。

なお、循環ポンプ、攪拌機器ともに K4 エリアタンク内の放射性物質濃度の均質化に十分な処理容量を確保する。

(2) 移送設備

移送設備は、測定・確認用設備にて ALPS 処理水であることを確認した水を希釈設備へ移送するため、ALPS 処理水移送ポンプおよび移送配管により構成する。

ALPS 処理水移送ポンプは、運転号機と予備機の 2 台構成とし、ALPS 処理水を希釈設備まで移送する。

また、異常発生時に、速やかに移送停止ができるよう、緊急遮断弁-2 を海水配管ヘッダ手前に、津波対策として緊急遮断弁-1 を防潮堤内にそれぞれ 1 箇所設ける。

(3) 希釈設備

希釈設備は、ALPS 処理水を海水で希釈し、放水立坑（上流水槽）まで移送し、放水設備へ排水することを目的に、海水移送ポンプ、海水配管（海水配管ヘッドを含む）、放水立坑（上流水槽）により構成する。

海水移送ポンプは、5号機の取水路から放水立坑まで海水の移送を行う。

なお、移送設備により移送する ALPS 処理水のトリチウム濃度が 1,500Bq/L 未満となるよう、ALPS 処理水を 100 倍以上に希釈する流量を確保する。

2.50.1.1.5 供用期間中に確認する項目

ALPS 処理水希釈放出設備は、移送設備により ALPS 処理水を希釈設備まで移送し、海水で希釈した上で、放水設備へ排水できること。

また、異常が発生した場合に速やかに ALPS 処理水の海洋放出を停止できること。

2.50.1.2 放水設備

2.50.1.2.1 設置の目的

放水設備は、ALPS 処理水希釈放出設備の排水（海水で希釈して、トリチウムを含む全ての放射性核種の告示濃度比総和が 1 を下回った水）を、放水立坑（下流水槽）と海面との水頭差により、沿岸から約 1km 離れた海洋から放出することを目的とする。

2.50.1.2.2 要求される機能

ALPS 処理水希釈放出設備の排水（海水で希釈して、トリチウムを含む全ての放射性核種の告示濃度比総和が 1 を下回った水）を、沿岸から約 1km 離れた海洋から放出できること。

2.50.1.2.3 設計方針

「措置を講ずべき事項」に準じて、以下の通り設計を行う。

(1) 準拠規格及び基準

放水設備を構成する各設備の設計、材料の選定、製作について、(公社)土木学会等の技術基準（規準）や日本産業規格（JIS）等の国内外の民間規格を適用することにより信頼性を確保する。

(2) 自然現象に対する設計上の考慮

a. 地震に対する設計上の考慮

放水設備を構成する設備は、ALPS 処理水希釈放出設備の排水（海水で希釈して、トリチウムを含む全ての放射性核種の告示濃度比総和が 1 を下回った水）を取り扱うことを踏まえ、耐震設計上の区分を行うとともに、適切と考えられる設計用地震力に耐えられる設計とする。

b. 地震以外に想定される自然現象（津波、豪雨、台風、竜巻等）に対する設計上の考慮

放水設備は、地震以外の想定される自然現象（津波、台風）によって施設の安全性が損なわれない設計とする。

(3) 火災に対する設計上の考慮

放水設備は、火災発生を防止するため、実用上可能な限り不燃性又は難燃性材料を使用する。

なお、設備内部に海水が充水されていることから、火災のおそれは非常に低い。

(4) 環境条件に対する設計上の考慮

放水設備を構成する設備は、経年事象を含む想定されるすべての環境条件に適合できる設計とする。

(5) 検査可能性に対する設計上の考慮

放水設備は、要求される機能を確認することができる設計とする。

(6) その他の設計上の考慮

a. 水理設計

放水立坑（下流水槽）内の水を放水立坑（下流水槽）と海面との水頭差により、約 1km 離れた放水口まで移送する設計とする。また、放水立坑（下流水槽）の壁高は、放水設備における水理損失およびサージングによる水位上昇等を考慮した設計とする。

b. 構造

放水設備を岩盤に設置することで、地震の影響を受けにくい構造とする。また、放水トンネルについては、岩盤内部に設置することとし、海底部の掘進における施工時の安全性や供用期間中の耐久性を考慮し、シールド工法を採用する。さらに、放水トンネルを構成する鉄筋コンクリート製の覆工板にシール材を設けることで止水性を確保する。

c. 健全性に対する考慮

長期荷重および短期荷重に対して、許容応力度以内であることを確認し、構造を設定している。また、構造物の浮き上がりが生じないことを確認している。さらに、鉄筋コンクリート製の躯体に生じるひび割れ幅および塩害の照査を実施し、適切な鉄筋かぶりを設定し、供用期間中の耐久性が確保されることを確認している。

また、一般土木構造物と同様に、点検長期計画に基づき維持管理する。

2.50.1.2.4 主要な設備

放水設備は、放水立坑（上流水槽）から放水立坑内の堰を越流し、放水立坑（下流水槽）へ流入した水を、沿岸から約 1km 離れた海洋から放出することを目的に、放水立坑（下流水槽）、放水トンネル、放水口により構成する。

2.50.1.2.5 供用期間中に確認する項目

海水移送ポンプを起動して、放水立坑（下流水槽）と海面との水頭差により、放水トンネル、放水口を通じて海洋へ放出できること。

2.50.2 基本仕様

2.50.2.1 ALPS 処理水希釈放出設備の主要仕様

2.50.2.1.1 測定・確認用設備

(1) 循環ポンプ（完成品）

台 数	2 台
容 量	160m ³ /h（1 台あたり）

(2) 攪拌機器（完成品）

台 数	30 台
-----	------

(3) 測定・確認用タンク※

合計容量（公称）	30,000m ³
基 数	30 基
容量（単基）	1,000m ³ ／基
材 料	SS400
板厚（側板）	15mm

※：「Ⅱ 2.5 汚染水処理設備等」の多核種処理水貯槽のうち、K4 エリアタンクの一部を兼用する。なお、公称容量を運用水位上限とする。

(4) 配管

主要配管仕様 (1 / 3)

名 称	仕 様	
測定・確認用タンク出口から 循環ポンプ入口まで (鋼管)	呼び径／厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度	200A/Sch. 20S SUS316LTP 0.49MPa 40℃
(ポリエチレン管)	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	200A 相当 ポリエチレン 0.49MPa 40℃
(耐圧ホース)	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	200A 相当 合成ゴム 0.49MPa 40℃
(伸縮継手)	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	200A 相当 合成ゴム 0.49MPa 40℃
循環ポンプ出口から 測定・確認用タンク入口まで (鋼管)	呼び径／厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度	125A/Sch. 20S 150A/Sch. 20S 200A/Sch. 20S SUS316LTP 0.98MPa 40℃
(ポリエチレン管)	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	150A 相当 ポリエチレン 0.98MPa 40℃
(伸縮継手)	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	125A 相当 合成ゴム 0.98MPa 40℃

主要配管仕様（2 / 3）

名 称	仕 様	
多核種除去設備出口から 処理済水貯留用タンク・槽類 ^{※1} まで ^{※2} (ポリエチレン管)	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	100A 相当 ポリエチレン 0.98MPa 40℃
(鋼管)	呼び径／厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度	100A/Sch. 20S SUS316LTP 0.98MPa 40℃
(耐圧ホース)	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	100A 相当 合成ゴム 0.98MPa 40℃
サンプルタンク出口から 多核種処理水貯槽，RO 濃縮水貯槽または Sr 処理水貯槽まで ^{※2} [増設多核種除去設備] (鋼管)	呼び径／厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度	100A/Sch. 20S SUS316LTP 0.98MPa 40℃
(ポリエチレン管)	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	100A 相当 ポリエチレン 0.98MPa 40℃
(耐圧ホース)	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	100A 相当 合成ゴム 0.98MPa 40℃

※1：多核種処理水貯槽，RO 濃縮水貯槽または Sr 処理水貯槽

※2：測定・確認用タンク（多核種処理水貯槽と兼用）への配管のうち上記仕様の配管は，「Ⅱ 2.16.1 多核種除去設備」，「Ⅱ 2.16.2 増設多核種除去設備」と兼用する。

主要配管仕様（3 / 3）

名 称	仕 様	
サンプルタンク出口から 多核種処理水貯槽，RO 濃縮水貯槽また は Sr 処理水貯槽まで※3 〔高性能多核種除去設備〕 (鋼管)	呼び径／厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度	100A/Sch. 20S SUS316LTP 0.98MPa 40℃
(ポリエチレン管)	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	100A 相当 ポリエチレン 0.98MPa 40℃
(耐圧ホース)	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	100A 相当 合成ゴム 0.98MPa 40℃

※3：測定・確認用タンク（多核種処理水貯槽と兼用）への配管のうち上記仕様の配管は、「II 2.16.3
高性能多核種除去設備」と兼用する。

2.50.2.1.2 移送設備

(1) ALPS 処理水移送ポンプ (完成品)

台 数	2 台 (うち予備 1 台)
容 量	30m ³ /h (1 台あたり)

(2) ALPS 処理水流量計

個 数	4 個 (うち予備 2 個) ※
計測方式	差圧式
計測範囲	0 ~ 40m ³ /h

(3) 放射線モニタ

個 数	2 個 (うち予備 1 個)
種 類	シンチレーション検出器
計測範囲	10 ⁻¹ ~10 ⁵ s ⁻¹

(4) 緊急遮断弁-1 (完成品)

台 数	2 台 (うち予備 1 台)
-----	----------------

(5) 緊急遮断弁-2 (完成品)

台 数	2 台 (うち予備 1 台)
-----	----------------

(6) ALPS 処理水流量調整弁 (完成品)

台 数	2 台 (うち予備 1 台)
-----	----------------

※：差圧伝送器の個数を示す。

(7) 配管

主要配管仕様 (1 / 2)

名 称	仕 様	
測定・確認用タンク間 (鋼管)	呼び径／厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度	200A/Sch. 20S SUS316LTP 0.49MPa 40℃
(ポリエチレン管)	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	200A 相当 ポリエチレン 0.49MPa 40℃
(耐圧ホース)	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	200A 相当 合成ゴム 0.49MPa 40℃
測定・確認用タンク出口から ALPS 処理水移送ポンプ入口まで (鋼管)	呼び径／厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度	80A/Sch. 20S 150A/Sch. 20S SUS316LTP 0.49MPa 40℃
(ポリエチレン管)	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	100A 相当 150A 相当 ポリエチレン 0.49MPa 40℃
(伸縮継手)	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	100A 相当 80A 相当 合成ゴム 0.49MPa 40℃

主要配管仕様 (2 / 2)

名 称	仕 様	
ALPS 処理水移送ポンプ出口から 緊急遮断弁-1 まで (鋼管)	呼び径／厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度	40A/Sch. 20S 100A/Sch. 20S 150A/Sch. 20S SUS316LTP 0.98MPa 40℃
(ポリエチレン管)	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	100A 相当 ポリエチレン 0.98MPa 40℃
(伸縮継手)	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	40A 相当 合成ゴム 0.98MPa 40℃
緊急遮断弁-1 から 海水配管ヘッダ入口取合まで (鋼管)	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	100A/Sch. 20S SUS316LTP 0.60MPa 40℃
(ポリエチレン管)	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	100A 相当 ポリエチレン 0.60MPa 40℃
(伸縮継手)	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	100A 相当 合成ゴム 0.60MPa 40℃

2.50.2.1.3 希釈設備

(1) 海水移送ポンプ（完成品）

台 数	3 台（うち予備 1 台）
容 量	7,086m ³ /h（1 台あたり）

(2) 海水流量計

個 数	3 個（うち予備 1 個）
計測方式	差圧式
計測範囲	0 ～ 10,000m ³ /h

(3) 放水立坑（上流水槽）

基 数	1 基
主要寸法	たて 34,500mm × よこ 16,900mm × 高さ 6,000mm（内空）
構 造	鉄筋コンクリート造 （コンクリート：40N/mm ² ，鉄筋：SD345）

(4) 配管

主要配管仕様 (1 / 2)

名 称	仕 様	
海水移送ポンプ出口から 海水配管ヘッド入口取合まで (鋼管)	呼び径／厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度	800A／12.7mm 900A／12.7mm STPY400 0.60MPa 40℃
(鋼管)	呼び径／厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度	900A／13mm SUS329J4L 0.60MPa 40℃
(鋼管)	呼び径／厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度	900A／14mm SUS329J4LTPY 0.60MPa 40℃
(伸縮継手)	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	800A 相当 900A 相当 合成ゴム 0.60MPa 40℃
海水配管ヘッド (鋼管)	呼び径／厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度	900A／16mm 1800A／16mm 2200A／16mm SM400B 0.60MPa 40℃
(鋼管)	呼び径／厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度	100A／Sch. 40 STPG370 0.60MPa 40℃

主要配管仕様（2 / 2）

名 称	仕 様	
海水配管ヘッダ出口から 放水立坑（上流水槽）まで （鋼管）	呼び径／厚さ	1800A／16mm
	材質	SM400B
	最高使用圧力	0.60MPa
	最高使用温度	40℃
(伸縮継手)	呼び径	1800A 相当
	材質	合成ゴム
	最高使用圧力	0.60MPa
	最高使用温度	40℃

2.50.2.2 放水設備の主要仕様

(1) 放水立坑（下流水槽）

基 数	1 基
主要寸法	たて 4,600mm × よこ 10,000mm × 高さ 17,200mm（内空）
構 造	鉄筋コンクリート造 （コンクリート：24N/mm ² ，鉄筋：SD345）

(2) 放水トンネル

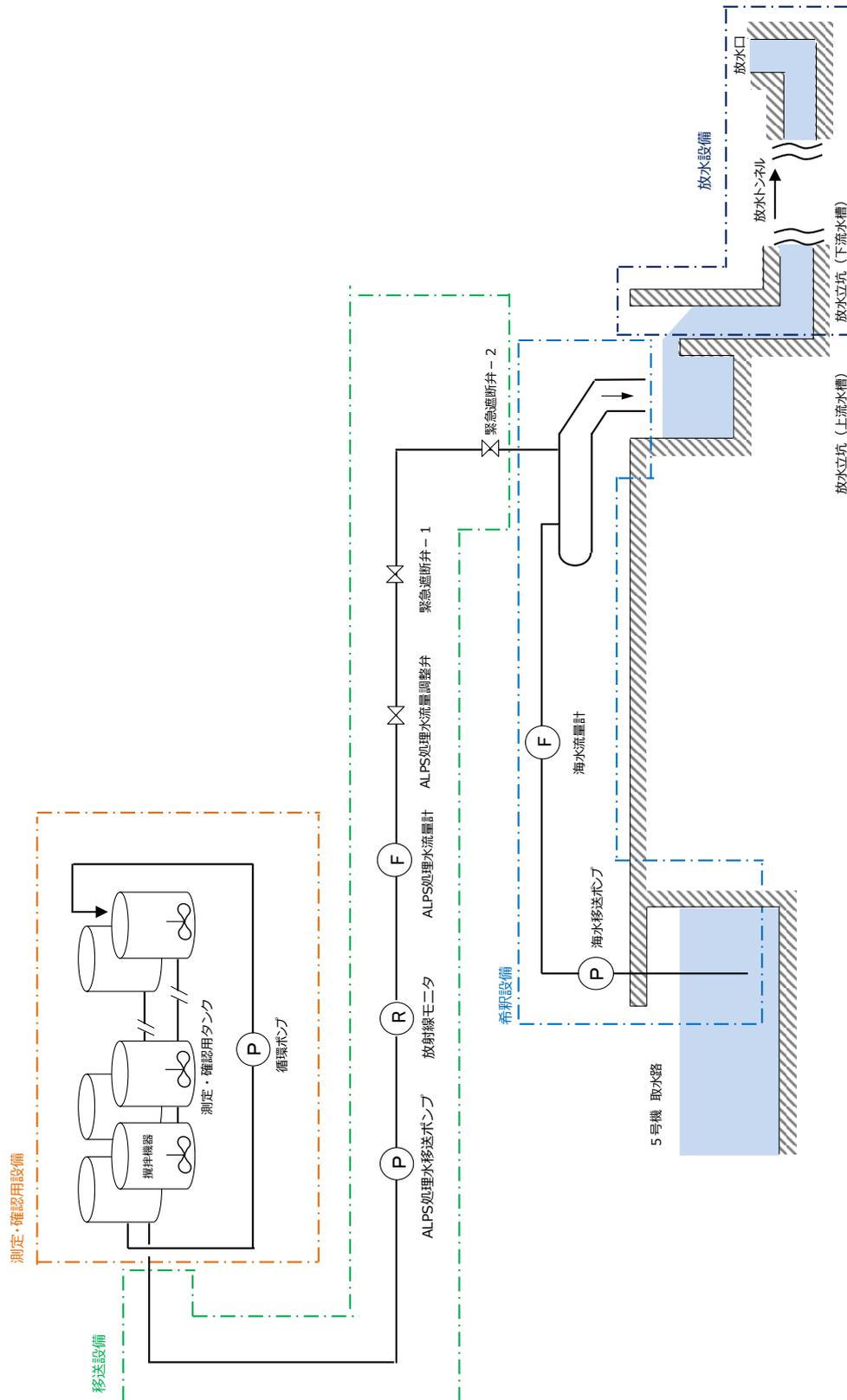
基 数	1 式
主要寸法	延長 1,034m 内径 2,590mm
構 造	鉄筋コンクリート造 （コンクリート：42N/mm ² ，鉄筋：SD345）

(3) 放水口

基 数	1 基
主要寸法	たて 8,000mm × よこ 11,000mm × 高さ 8,300mm（内空）
構 造	鉄筋コンクリート造 （コンクリート：30N/mm ² ，鉄筋：SD345）

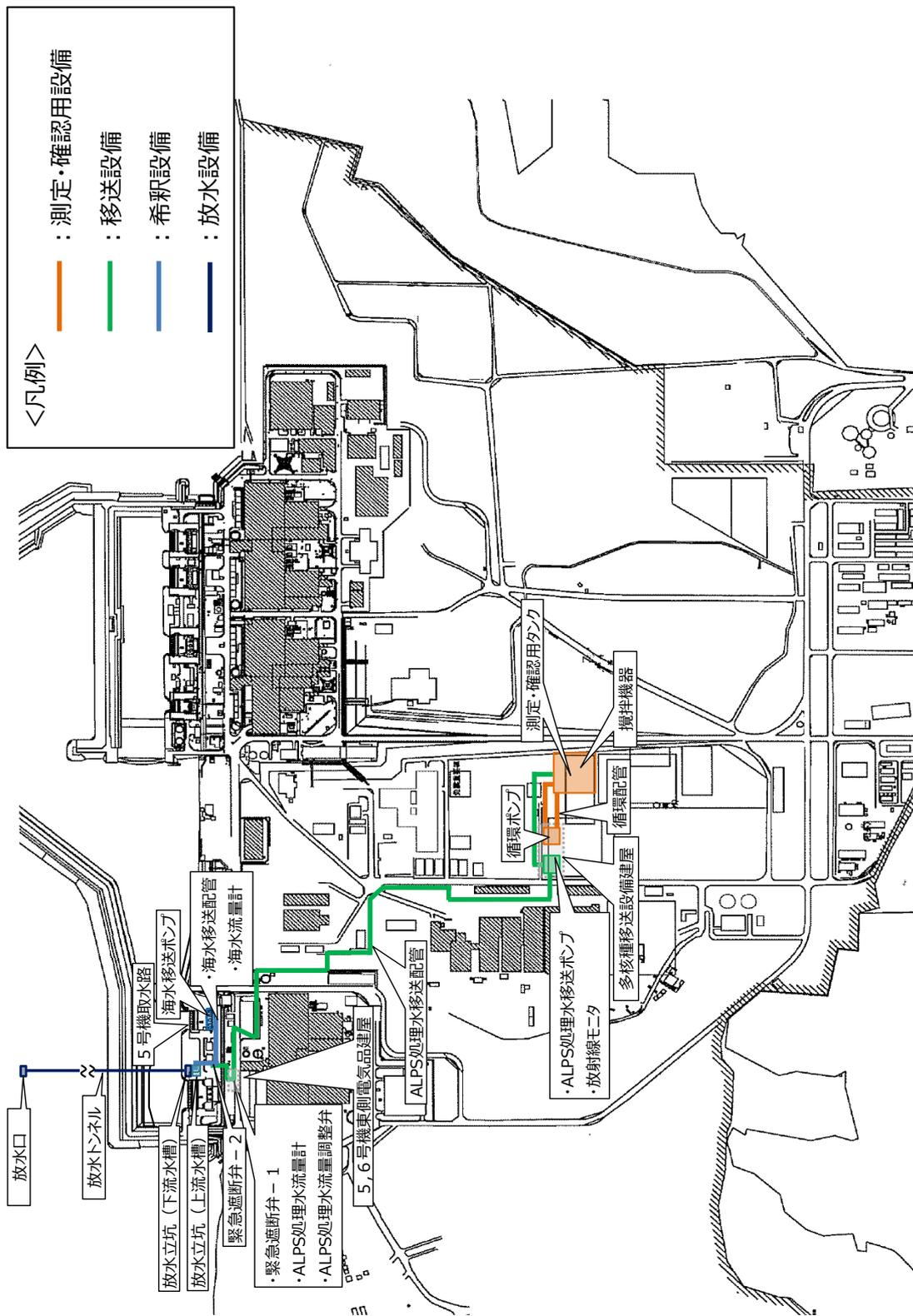
2.50.3 添付資料

- 添付資料－1 : 全体概要図及び系統構成図
- 添付資料－2 : ALPS 処理水希釈放出設備及び関連施設の具体的な安全確保策等
- 添付資料－3 : ALPS 処理水希釈放出設備の構造強度及び耐震性に関する説明書
- 添付資料－4 : ALPS 処理水希釈放出設備及び関連施設に係る確認事項
- 添付資料－5 : 放水立坑（上流水槽）および放水設備の設計に関する説明書
- 添付資料－6 : 工事工程表
- 添付資料－7 : 検査可能性に関する考慮事項



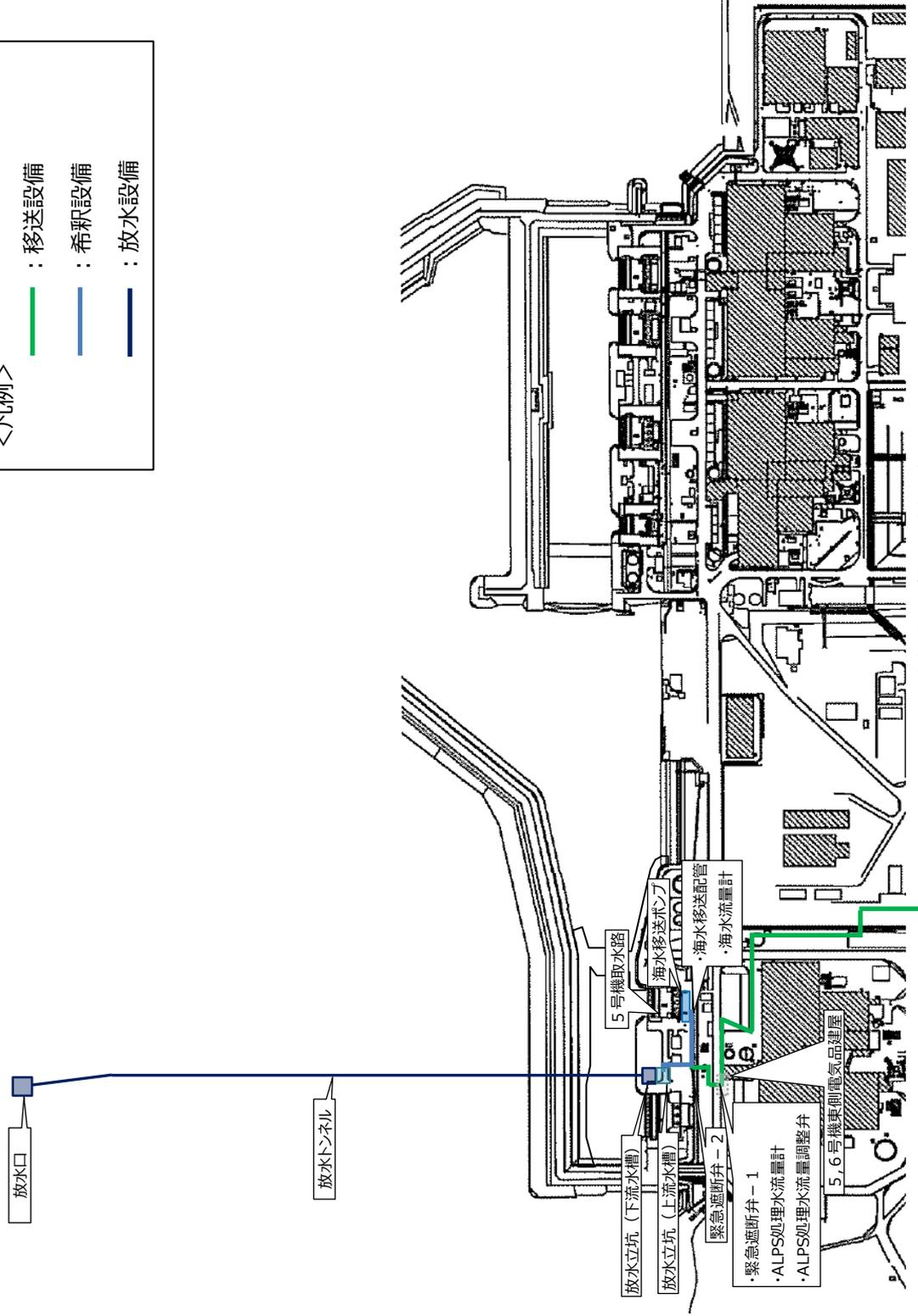
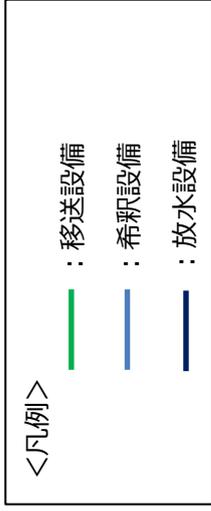
(a) 系統概要

図-1 ALPS 処理水希釈放出設備及び関連施設の全体概要図 (1 / 3)



(b) 配置概要 (全体)

図-1 ALPS 処理水希釈放出設備及び関連施設の全体概要図 (2 / 3)



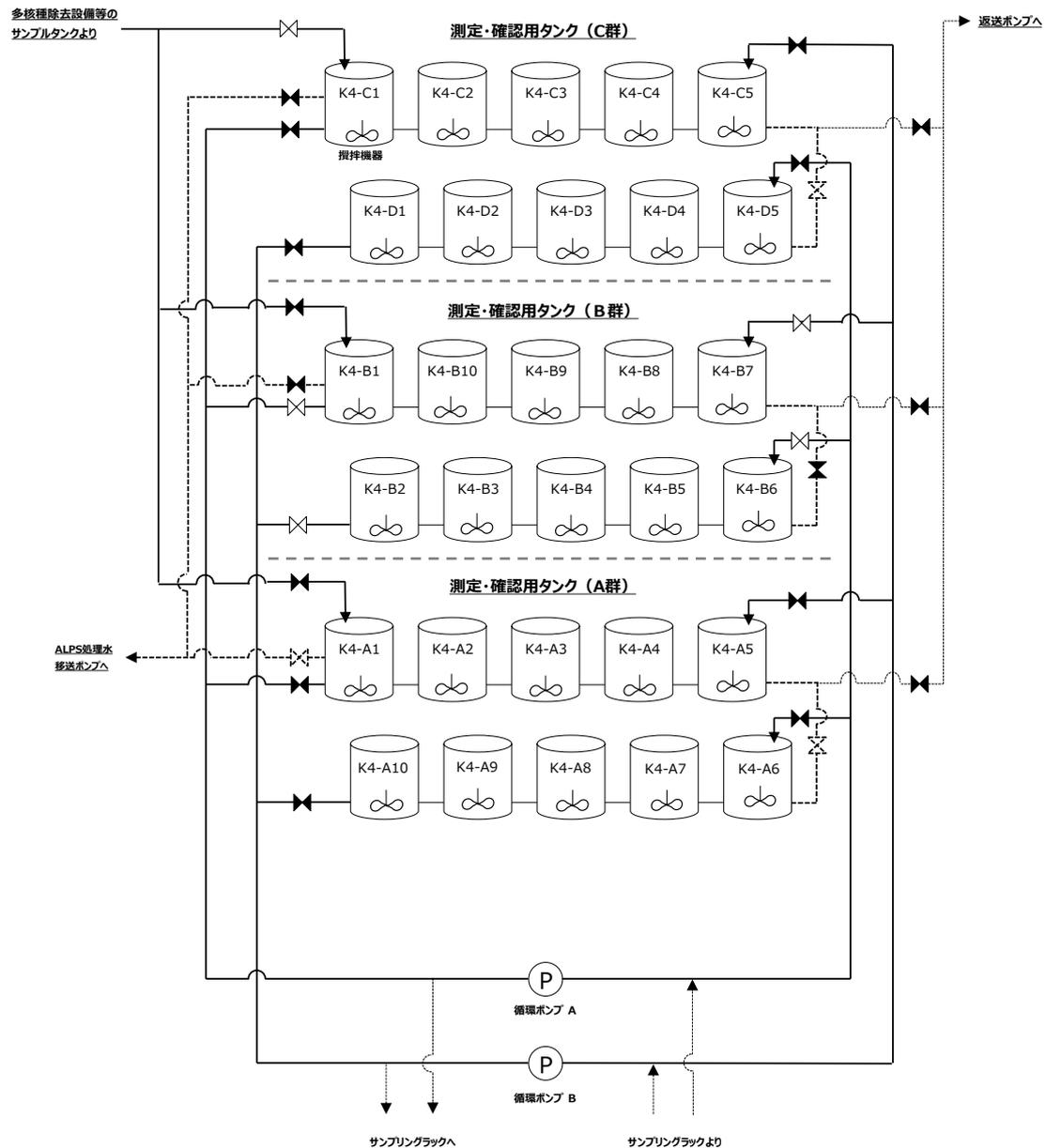
(c) 配置概要 (海側)

図-1 ALPS 処理水希釈放水設備及び関連施設の全体概要図 (3 / 3)

測定・確認用タンクをA群／B群／C群に分け、各群が①受入工程、②測定・確認工程、③放出工程を繰り返す。

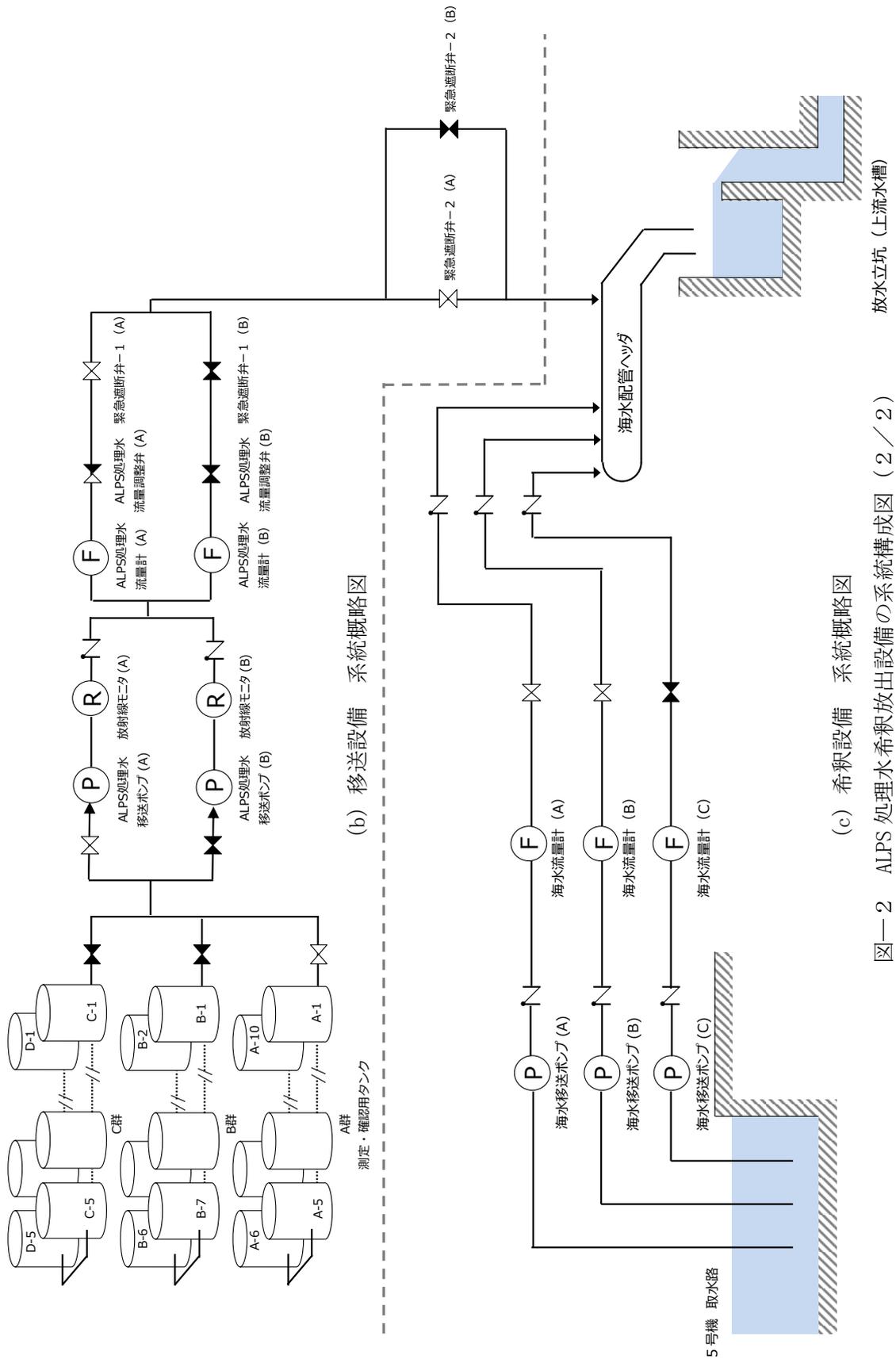
図の状況は、A群（放出工程）、B群（測定・確認工程）、C群（受入工程）を示す。

受入工程、放出工程は、測定・確認用タンク(5基間)の連結弁を開にして受入、移送を行う。

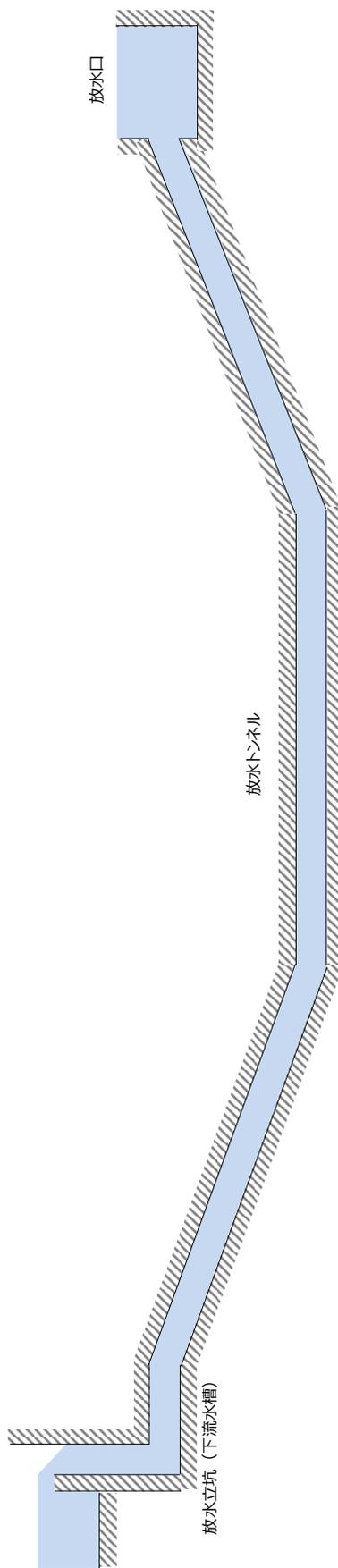


(a) 測定・確認用設備 系統概略図

図一 2 ALPS 処理水希釈放出設備の系統構成図 (1 / 2)



図一2 ALPS 処理水希釈放出設備の系統構成図 (2 / 2)



図—3 放水設備の系統構成図

ALPS 処理水希釈放出設備及び関連施設の具体的な安全確保策等

ALPS 処理水希釈放出設備で扱う液体は ALPS 処理水であるものの、放射性物質を含むことから、同設備については、関連する措置を講ずべき事項等の規制基準を満たすために必要な対策を講じる。特に、測定・確認用設備による放射性物質濃度の均質化、ALPS 処理水の海水による混合希釈、「意図しない形での ALPS 処理水の海洋放出」の防止、漏えい発生防止、漏えい検知・漏えい拡大防止、運転員操作に対する設計上の考慮等について具体的な安全確保策を定め、実施する。

1. 放射性固体廃棄物の処理・保管・管理

ALPS 処理水希釈放出設備及び関連施設の設置に伴い発生する固体廃棄物の取扱いについては、発電所全体の放射性固体廃棄物の処理・保管・管理の対応に従う。（「Ⅱ 1.8 放射性固体廃棄物の処理・保管・管理」参照。）

2. 放射性液体廃棄物の処理・保管・管理

2.1 海洋放出前のタンク内 ALPS 処理水の放射能濃度の均質化

受入工程で、測定・確認用タンクに受け入れた ALPS 処理水に含まれる放射性物質の濃度は、移送元の貯蔵タンクごとにばらつきがあることから、ALPS 処理水の海洋放出前の測定・確認工程においては、当該工程にあるタンク群の 10 基全てのタンクを連結し、循環ポンプ、攪拌機器等により均質化した上で試料採取を行い、当該タンク群内の ALPS 処理水に含まれる放射性物質の濃度を分析・評価する。

また、均質化に要する循環攪拌時間については、第三リン酸ナトリウムを試薬として用いた循環攪拌実証試験により、適切に設定する。

さらに、ALPS 処理水を均質化した後の分析では、トリチウム及びトリチウム以外の放射性核種の分析・評価を行い、同処理水中のトリチウム濃度を確認するとともに、トリチウム以外の放射性核種の告示濃度限度比総和が 1 未満であることを確認した上で、ALPS 処理水の放出可否を判断する。

2.2 ALPS 処理水の海水への混合希釈率の調整及び監視

ALPS 処理水の希釈は、希釈海水が流れる海水配管ヘッダ内に ALPS 処理水を注入することで行う。注入した ALPS 処理水は海水配管内で流下しつつ、周囲の海水と混合して放射性物質濃度を減少させる。

(1) 混合希釈率の調整

敷地境界における実効線量を達成できる限り低減するために、放出水中に含まれるトリチウムの濃度が運用の上限値である 1,500Bq/L 未満、海水による希釈倍率が 100 倍以上となるように以下の希釈処理及び評価を行う。

(2) ALPS 処理水の希釈に必要な海水量

測定・確認工程で測定したトリチウム濃度に応じて、ALPS 処理水移送ポンプ、ALPS 処理水流量調整弁、ALPS 処理水流量計等により、ALPS 処理水の流量を最大 500m³/日の範囲で設定する。

また、放出水中に含まれるトリチウム濃度を運用の上限値である 1,500Bq/L 未満かつ希釈倍率を 100 倍以上とするため、容量 17 万 m³/日の海水移送ポンプを 3 台設置した上で、ALPS 処理水の流量に応じて、海水移送ポンプを常時 2 台以上運転することにより、必要な海水量を確保する。さらに、通常運転時においては、ALPS 処理水流量を 500m³/日と設定し、海水移送ポンプの運転台数を 2 台とする場合が、希釈倍率の観点で最も厳しい運転条件であることから、当該条件下において、放出水中のトリチウム濃度を運用の上限値である 1,500Bq/L 未満とするために、海洋放出する ALPS 処理水のトリチウム濃度の上限値を 100 万 Bq/L にする。

(3) 解析コードによる ALPS 処理水の混合希釈状態の評価

ALPS 処理水については、海水配管ヘッダ及び海水配管で希釈用の海水により混合希釈した後、放出水として海洋へ放出する。

また、海水配管ヘッダ及び海水配管における ALPS 処理水の混合希釈状態を確認するため、解析コードを用いた数値シミュレーションにより、混合希釈効果を評価する。(解析の詳細は別紙-1 参照。)

a. 評価手法

(a) 評価の考え方

海水配管ヘッダ及び海水配管において、ALPS 処理水が十分に混合希釈されることを確認するため、希釈用の海水中に移流・拡散した ALPS 処理水の質量割合の分布を評価する。

(b) 解析コード

混合希釈状態の評価においては、流体挙動についての基本式(質量保存式、運動量保存式、

エネルギー保存式)を解くことにより、3次元空間における流体の運動(流速、圧力)や温度を解析評価することができ、乱流実験等により検証されている STAR-CCM+コードを用いる。

なお、当該解析コードは、流体の流れ(流速、圧力、温度)を3次元の数値流体計算で求める機能に加え、流体の移流・拡散解析機能を有することから、希釈用の海水中に注入される ALPS 処理水が混合・拡散される状況の解析評価が可能である。

(c) 評価条件

通常運転時に想定される運転条件のうち、ALPS 処理水流量を計画最大流量である $500\text{m}^3/\text{日}$ とし、海水流量を最低限の流量である $34\text{万}\text{m}^3/\text{日}$ とする。

ALPS 処理水の海水配管ヘッダ及び海水配管内での拡散については、乱流による拡散を考慮する。また、解析における乱流拡散挙動については、実験的に決定される乱流拡散係数(乱流シュミット数)が支配的であることから、文献調査等により、乱流拡散挙動の影響が小さくなる乱流シュミット数を設定する。

(d) 判断基準

海水配管出口における ALPS 処理水の最大質量割合が 1.0% 以下(希釈倍率が 100 倍以上)となること。

(e) 評価結果

ALPS 処理水の注入位置から海水配管立上り部終端における ALPS 処理水の最大質量割合が 0.28% であり、海水配管内で 100 倍以上の希釈倍率は実現可能であることから、海水配管出口における判断基準を満足する。

一方、海水配管中では単純希釈で想定した希釈倍率の $1/2$ 程度となる箇所が一部存在することから、当該箇所を含めてトリチウム濃度の運用上限値 $1,500\text{Bq/L}$ 未満を満足させるため、後述する混合希釈率の調整及び監視を実施する。

(4) 混合希釈率の調整及び監視

放出水中に含まれるトリチウムの濃度が運用の上限値である 1,500Bq/L 未満となるよう、以下の方法で混合希釈率の調整及び監視を実施する。

a. 混合希釈率の調整

ALPS 処理水の海水への混合希釈率の調整は、海水移送ポンプを定格運転するため、ALPS 処理水流量を制御する設計とする。

具体的には、放出操作の際に、予め測定・確認した ALPS 処理水のトリチウム濃度を監視・制御装置へ登録し、当該トリチウム濃度と希釈後のトリチウム濃度の運用値を踏まえて、所定の混合希釈率になるよう、ALPS 処理水流量調整弁の開度を自動調整する設計とする。

・ALPS 処理水流量（運用値）算出式

$$\text{ALPS 処理水流量(運用値)} = \frac{\text{海水流量} \times \text{海水希釈後のトリチウム濃度(運用値)}}{\text{ALPS 処理水のトリチウム濃度} - \text{海水希釈後のトリチウム濃度(運用値)}}$$

b. 混合希釈率の監視

海水希釈後のトリチウム濃度は、ALPS 処理水流量と海水流量を監視することで実施する設計とする。

・トリチウム濃度評価式

$$\text{海水希釈後のトリチウム濃度} = \frac{\text{ALPS 処理水トリチウム濃度} \times \text{ALPS 処理水流量}}{\text{ALPS 処理水流量} + \text{海水流量}}$$

なお、海水希釈後のトリチウム濃度が 1,500Bq/L となる条件を、ALPS 処理水流量の上限とし、上限に達した場合には警報を発報させると共に、緊急遮断弁を閉動作させる設計とすることで、トリチウム濃度が 1,500Bq/L を上回った状態での海洋放出を防止する設計とする。

・ALPS 処理水流量（上限値）算出式

$$\text{ALPS 処理水流量(上限値)} = \frac{\text{海水流量} \times \text{海水希釈後のトリチウム濃度(1,500Bq/L)}}{\text{ALPS 処理水のトリチウム濃度} - \text{海水希釈後のトリチウム濃度(1,500Bq/L)}}$$

2.3 異常の検出と ALPS 処理水の海洋放出の停止方法

供用期間中に想定される機器の故障等の異常により、「意図しない形での ALPS 処理水の海洋放出」に至るおそれのある事象等が発生した場合に備え、移送設備には緊急遮断弁を設置し、正常な運転状態を逸脱すると判断される場合においてはインターロックにより閉動作させるとともに、必要に応じて運転員の操作により ALPS 処理水の海洋放出を停止させる。

(1) インターロック

以下の条件に合致する場合、緊急遮断弁を動作させ ALPS 処理水の海洋への放出を停止させる。

- a. ALPS 処理水の放出には、希釈設備の海水流量及び ALPS 処理水の移送流量を定めた上で行うが、定めた海水流量が確保できない場合又は定めた ALPS 処理水移送流量を超えた場合に備え緊急遮断弁閉のインターロックを設ける。
- b. ALPS 処理水移送ラインに設置した放射線モニタ[※]で異常を検出した場合に備え、緊急遮断弁閉のインターロックを設ける。

※：測定・確認用設備において、放射性核種（トリチウムを除く。）の告示濃度比総和 1 未満を確認するものの、万が一に備え移送設備に放射線モニタを設置する。

(2) 運転員の操作による停止

ALPS 処理水希釈放出設備及び関連施設に影響を及ぼしうる自然現象等が発生した場合、海域モニタリングで異常値が検出された場合又はその他当直長が必要と認める場合には ALPS 処理水の海洋放出を手動で停止させる。

(3) 設備構成

緊急遮断弁を確実に動作させるため、ALPS 処理水の移送経路に対し直列に 2 台配置する。直列配置した緊急遮断弁は、故障により設備が長期停止することがないように各々並列配置した予備系を備える。

(4) 配置

緊急遮断弁は上記のインターロックが動作した際に、ALPS 処理水を早期に放出停止できるよう配置する。そのため、直列に 2 台配置した緊急遮断弁のうち下流側の緊急遮断弁-2 は、弁動作時の ALPS 処理水放出量を最小化させるため、海水配管ヘッダ手前に設ける。また、上流側の緊急遮断弁-1 は、津波による設備損傷のおそれを考慮して防潮堤内に設ける。

2.4 放射性物質の漏えい防止及び漏えい拡大防止

(1) 漏えい発生防止

- a. 循環ポンプ及びALPS処理水移送ポンプは、耐腐食性に優れた二相ステンレス鋼等を使用するとともに、軸封部は漏えいの発生し難いメカニカルシール構造とする。
- b. ALPS処理水の移送配管は、耐腐食性を有するポリエチレン管、耐圧ホース、十分な肉厚を有する炭素鋼鋼管またはステンレス鋼鋼管とする。主要配管の炭素鋼材料の内面には、耐腐食性を有する塗装を施す。また、可撓性を要する部分は耐腐食性を有する合成ゴム製伸縮継手とする。
- c. 屋外に敷設される移送配管のうち、ポリエチレン管とポリエチレン管の接合部は漏えい発生の防止のため融着構造とする。

(2) 漏えい検知・漏えい拡大防止

- a. 循環ポンプ、ALPS処理水移送ポンプ及び緊急遮断弁等は、以下の対応を行う。
 - ・漏えいの早期検知及び漏えいの拡大防止として、機器の周囲に堰を設けるとともに、堰内に漏えい検知器を設置する。また、設備運転中は巡視点検により、漏えいの早期検知を図る。
 - ・漏えい検知の警報は、免震重要棟集中監視室に表示し、運転員が流量等の運転監視パラメータの状況を確認し、ポンプ運転・停止等の適切な対応がとれるようにする。
- b. ALPS処理水移送配管等は、以下の対応を行う。
 - ・屋外に敷設される移送配管について、鋼管と鋼管、ポリエチレン管と鋼管との取合い等でフランジ接続となる箇所については、堰を設置し、漏えい拡大防止を図る。
 - ・移送配管は、万が一、漏えいしても排水路を通じて環境に放出することがないように、排水路から可能な限り離隔するとともに、移送配管に使用するポリエチレン管は、管の外側に外装管（接合部は防水カバー）を取り付けることで漏えい拡大を防止する施工を行う。
 - ・設備運転中は巡視点検により、移送配管からの漏えいの早期検知を図る。
 - ・移送配管に設置するベント弁の周辺には、鋼製のカバーを設置し、各フランジ部に漏えい検知器を設置する。漏えい検知の警報は、免震重要棟集中監視室に表示し、運転員により流量等の運転監視パラメータの状況を確認し、ポンプ運転・停止等の適切な対応がとれるようにする。

2.5 被ばく低減

ALPS処理水はトリチウムを除く放射性核種を告示濃度比総和1未満としており、1,000m³/基のタンクに貯蔵しても、これを線源としたタンクエリアの空間線量当量率は最大1μSv/h以下と評価されることから、機器等の設計において遮へい機能を考慮する必要はない。

3. 放射性物質の放出抑制等による敷地周辺の放射線防護等

ALPS 処理水希釈放出設備による放射性液体廃棄物の排水による線量評価については、「Ⅲ 第3編 2.2.3 放射性液体廃棄物等による線量評価」に記載の通り。

4. 作業員の被ばく線量の管理等

ALPS 処理水希釈放出設備及び関連施設に対する作業員の被ばく線量の管理等は、発電所全体の作業員の被ばく線量の管理等に従う。（「Ⅱ 1.12 作業員の被ばく線量の管理等」を参照。）

5. 緊急時対策

ALPS 処理水希釈放出設備及び関連施設に対する緊急時対策は、発電所全体の緊急時対策に従う。（「Ⅱ 1.13 緊急時対策」を参照。）

6. 設計上の考慮

6.1 準拠規格及び基準

ALPS 処理水希釈放出設備及び関連施設を構成する構築物、系統及び機器は、「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則」において、廃棄物処理設備等に相当するものと位置づけられることから、その設計、材料の選定、製作及び検査において、それらが果たすべき安全機能の重要度を考慮して、ALPS 処理水を内包する容器及び鋼管については、発電用原子力設備規格 設計・建設規格（JSME S NC1）のクラス3機器の規定を適用することとし、これら以外の機器等については、必要に応じて日本産業規格（JIS）、（公社）土木学会等の技術基準（規準）等の国内外の民間規格も適用する。また、JSME 規格で規定される材料の日本産業規格（JIS）年度指定は、技術的妥当性の範囲において材料調達性の観点から考慮しない場合もある。

具体的な規格及び基準は以下のとおり。

- ・ JIS G 3454 圧力配管用炭素鋼鋼管
- ・ JIS G 3457 配管用アーク溶接炭素鋼鋼管
- ・ JIS G 3459 配管用ステンレス鋼鋼管
- ・ JIS G 3468 配管用溶接大径ステンレス鋼鋼管
- ・ JWWA K 144 水道配水用ポリエチレン管
- ・ コンクリート標準示方書（設計編；2017年制定）（公社）土木学会
- ・ コンクリート標準示方書（設計編；2012年制定）（公社）土木学会
- ・ コンクリート標準示方書（構造性能照査編；2002年制定）（公社）土木学会
- ・ 道路橋示方書・同解説Ⅰ共通編 平成24年（公社）日本道路協会
- ・ 道路橋示方書・同解説Ⅳ下部構造編 平成24年（公社）日本道路協会
- ・ 道路橋示方書・同解説Ⅴ耐震設計編 平成24年（公社）日本道路協会

- ・共同溝設計指針 1986 年（公社）日本道路協会
- ・水理公式集 2018 年（公社）土木学会
- ・プレキャスト式雨水地下貯留施設技術マニュアル（改訂版；2020 年）（公財）日本下水道新技術機構
- ・エポキシ樹脂塗装鉄筋を用いる鉄筋コンクリートの設計施工指針（改訂版；2013 年）（公社）土木学会
- ・火力・原子力発電所土木構造物の設計（増補改訂版）（一社）電力土木技術協会
- ・トンネル標準示方書〔共通編〕・同解説/〔シールド工法編〕・同解説（2016 年制定）（公社）土木学会
- ・トンネル標準示方書〔開削工法〕・同解説（2016 年制定）（公社）土木学会
- ・港湾の施設の技術上の基準・同解説 2018 年（公社）日本港湾協会
- ・内水圧が作用するトンネル覆工構造設計の手引き（1999 年制定）（財団法人）先端建設技術センター
- ・シールド工事用標準セグメント 土木学会・日本下水道協会共編（2001 年制定）
- ・土木研究所資料 大規模地下構造物の耐震設計法・ガイドライン（案）-平成 4 年 3 月」建設省土木研究所・地震防災部耐震研究所
- ・下水道施設の耐震対策指針と解説-2014 年版（公社）日本下水道協会
- ・下水道施設耐震計算例 処理場・ポンプ場編-2015 年版（公社）日本下水道協会
- ・下水道施設耐震計算例-管路施設編-2015 年版（公社）日本下水道協会

6.2 自然現象に対する設計上の考慮

(1) 地震に対する設計上の考慮

ALPS 処理水希釈放出設備及び関連施設の地震に対する設計上の考慮は、「添付資料－3 ALPS 処理水希釈放出設備の構造強度及び耐震性に関する説明書」、「添付資料－5 放水立坑（上流水槽）および放水設備の設計に関する説明書」に記載の通り。

(2) 地震以外に想定される自然現象（津波、豪雨、台風、竜巻等）に対する設計上の考慮

ALPS 処理水希釈放出設備及び関連施設に対する地震以外に想定される自然現象に対する設計上の考慮は以下の通り。

a. 津波

ALPS 処理水希釈放出設備のうち、希釈設備を除く、測定・確認用設備及び移送設備の一部については津波が到達しないと考えられる T.P. 約 33.5m 以上の場所に設置する。

また、津波注意報等が出た際は、津波による設備損傷のおそれを考慮して移送設備、希釈設備を運転員が手動により免震重要棟集中監視室から停止できる設計とする。なお、緊急遮断弁-1 については、津波による影響を緩和する観点から、T.P. 約 11.5m のエリアに施設する日本海溝津波防潮堤（天端高さ T.P. 約 13.5m）の内側に設置する。

放水設備は、津波に対する浸水は不可避であることから、復旧性に応じて、耐波圧性を有する設計とする。

b. 豪雨

ALPS 処理水希釈放出設備のうち、循環ポンプ、ALPS 処理水移送ポンプ、緊急遮断弁-1、制御盤等の電気品は、豪雨による影響を受けにくい屋内に設置する。

c. 積雪

多核種移送設備建屋及び5,6号機東側電気品建屋は、積雪による設備の損傷を防止するため、建築基準法施行令及び福島県建築基準法施工細則に基づく積雪荷重に対して設計する。

d. 落雷

ALPS 処理水希釈放出設備のうち多核種移送設備建屋及び5,6号機東側電気品建屋に設置する電気設備に対して、避雷針の設置、機器接地等により落雷による損傷を防止する設計とする。

e. 台風（強風，高潮）

ALPS 処理水希釈放出設備のうち、循環ポンプ、ALPS 処理水移送ポンプ、制御盤等の電気品は台風（強風）による設備損傷の可能性が低い多核種移送設備建屋又は5,6号機東側電気品建屋内に設置する。その他、屋外に設置する移送配管等の機械品においては基礎ボルト等により固定することで転倒しない設計とする。

なお、放水立坑（上流水槽）及び放水設備は、台風（高潮）で海面が上昇することによる影響についても考慮した設計とするとともに、高潮警報が発生した場合には、沿岸から1km離れた海洋へ放出ができないおそれがあるため、運転員が手動により免震重要棟集中監視室から海洋放出を停止できる設計とする。

f. 竜巻

ALPS 処理水希釈放出設備は、竜巻注意情報が発生された場合、竜巻による設備損傷のおそれを考慮して、運転員が手動により免震重要棟集中監視室から設備を停止できる設計とする。

g. 凍結

ALPS 処理水希釈放出設備は、水の移送を停止した場合、屋外敷設のポリエチレン管は凍結による破損が懸念される。そのため、屋外敷設のポリエチレン管に保温材を取り付け、凍結防止を図る。

なお、保温材は高い気密性と断熱性を有する硬質ポリウレタン等を使用し、凍結しない十分な厚さを確保する。

h. 紫外線

ALPS 処理水希釈放出設備のうち屋外敷設箇所のポリエチレン管は、紫外線による劣化を防ぐため、紫外線劣化防止効果のあるカーボンブラックを添加した保温材を取り付ける。もしくは、カーボンブラックを添加していない保温材を使用する場合は、カーボンブラックを添加した被覆材または紫外線による劣化のし難い材料（鋼板等）を取り付ける。

i. 高温

ALPS 処理水希釈放出設備の材質として使用するポリエチレンは、ALPS 処理水の温度がほぼ常温のため、熱による材料の劣化の可能性は十分低い。

j. 生物学的事象

ALPS 処理水希釈放出設備は、海生生物（くらげ等）の襲来等や、建屋貫通孔等からの小動物の侵入が想定されるため、前者は 5,6 号機取水路開渠の北防波堤や仕切堤等により侵入を防止する設計とし、後者は建屋貫通孔や電路端部等に対してシーリング材を施工することにより、侵入を防止する設計とすることで対策を行う。

k. その他

ALPS 処理水希釈放出設備は、上記の自然現象の他、火山、森林火災等により設備損傷のおそれがある場合は、運転員が手動により免震重要棟集中監視室から設備を停止できる設計とする。

6.3 外部人為事象に対する設計上の考慮

ALPS 処理水希釈放出設備に対する主な外部人為事象は、発電所全体の外部人為事象に対する設計上の考慮に従う。（「II 1.14 設計上の考慮」参照）。

また、海洋放出の操作については、電気通信回線を介して行うことから、以下の外部人為事象についても設計上考慮する。

(1) 電磁的障害

ALPS 処理水希釈放出設備は、電磁的障害による擾乱に対して、制御盤へ入線する電源受電部へのラインフィルタや絶縁回路の設置、外部からの信号入出力部へのラインフィルタや絶縁回路の設置、通信ラインにおける光ケーブルの適用等により、影響を受けない設計とする。

(2) 不正アクセス行為（サイバーテロを含む）

不正アクセス行為（サイバーテロを含む）を未然に防止するため、ALPS 処理水希釈放出設備の操作に係る監視・制御装置が、電気通信回線を通じて不正アクセス行為（サイバーテロを含む）を受けることがないように、外部からの不正アクセスを遮断する設計とする。

6.4 火災に対する設計上の考慮

ALPS 処理水希釈放出設備及び関連施設は、火災の発生を防止し、火災の検知及び消火を行い、並びに火災の影響を軽減するため、以下の対策を講じることにより、施設の安全性を損なうことのない設計とする。なお、放水立坑（上流水槽）及び放水設備は、鉄筋コンクリート造であり、火災のおそれは非常に低い。

- ・火災の発生を防止し、火災の影響を軽減するため、実用上可能な限り不燃性又は難燃性材料を使用する※とともに、設備周辺には可能な限り可燃物を排除し、海洋放出時において常時2系列の動作が必要となる機器については、火災によりその機能が同時に損なわれないよう、可能な限り機器間の離隔距離を確保する。
- ・本設備では巡視点検を実施し火災の早期検知に努めるとともに、屋内に設置する循環ポンプ、ALPS 処理水移送ポンプ及び電気品周辺については火災検知器による、火災の検知が可能な設計とする。また、各設備の近傍に消火器を設置し、初期消火の対応を可能にし、消火活動の円滑化を図る。さらに、多核種移送設備建屋及び5,6号機東側電気品建屋内には避難時における誘導用のために誘導表示を設置する。

※：配管の一部に使用する可燃性材料を不燃性又は難燃性材料で養生することを含む。

6.5 環境条件に対する設計上の考慮

ALPS 処理水希釈放出設備及び関連施設において使用する材料等に対して、環境条件に対する設計上の考慮は以下の通り。

(1) 圧力及び温度

ALPS 処理水希釈放出設備は通常運転時及び異常事象発生時に想定される圧力・温度を踏まえて、適切な最高使用圧力・最高使用温度を有する機器等を選定する。

(2) 腐食に対する考慮

ALPS 処理水希釈放出設備のうち、ALPS 処理水を貯蔵又は通水する機器等については、耐腐食性に優れた二相ステンレス鋼、耐腐食性を有するステンレス鋼、ポリエチレン、合成ゴム、十分な肉厚を有する炭素鋼等を使用する。また、海水を貯蔵又は通水する機器等については、耐腐食性に優れた二相ステンレス鋼、耐腐食性を有する塗装を施した炭素鋼等を使用する。

(3) 放射線

ALPS 処理水希釈放出設備の材質として使用するポリエチレン等については、放射線による材料特性に有意な変化がない期間を評価した上で、当該期間を超えて使用する場合には、あらかじめ交換等を行う。

(4) ひび割れ・塩害

放水立坑（上流水槽）および放水設備は、鉄筋コンクリート製の躯体に生じるひび割れ幅および塩害の照査を実施し、適切な鉄筋かぶりを設定し、供用期間中の耐久性が確保されることを確認している。

6.6 運転員操作に対する設計上の考慮

ALPS 処理水希釈放出設備の運転員操作に対する設計上の考慮は以下の通り。

(1) ALPS 処理水の海洋放出のために必要な情報を集約した監視・操作端末等は、機器の状態表示や操作方法に統一性（色、形状等の視覚的要素での識別）を持たせることで、運転員の誤操作を防止するとともに、容易に操作ができる設計とする。

(2) 誤操作・誤判断を防止するため、放出・移送、工程停止等の重要な操作に関してはダブルアクションを要する設計とする。なお、放出許可に係る操作についてはダブルアクションに加えキースイッチによる操作を要する設計とする。

(3) 測定・確認工程で確認したトリチウムの分析結果を、監視・制御装置に登録する際には、スキャナ等の機械的読み取りを行うことで、人手による計算や転記ミスを防ぐ設計とする。

る。また、監視・制御装置に登録されたトリチウム濃度、稼働中の海水移送ポンプの流量より、海水希釈後のトリチウム濃度が1,500Bq/Lを満足できない場合には、次工程に進めないインターロックを設けることにより、排水濃度1,500Bq/L未満を満足させる設計とする。

(4) ALPS 処理水の受入工程、測定・確認工程及び放出工程においては、3つのタンク群で構成する測定・確認用タンク群のうち、それぞれの工程で適切なタンク群を選択していないと、次工程に進めないインターロックを設けることにより、測定・確認前のALPS処理水を放出することがない設計とする。

(5) ALPS 処理水希釈放出設備では、通常運転から逸脱するような異常を検知した場合に、海洋放出を停止させる機能を持つ緊急遮断弁を設置するとともに、当該弁を閉とするインターロックを設けることで、運転員が操作することなく、ただちに海洋放出の停止が可能な設計とする。

6.7 信頼性に対する設計上の考慮

ALPS 処理水希釈放出設備の信頼性に対する設計上の考慮は以下の通り。

- ・3つのタンク群で構成する測定・確認用タンクについては、タンク群間の混水を防止するため、タンクのバウンダリとなる弁を直列二重化する。
- ・ALPS 処理水流量計については、ALPS 処理水の海水への混合希釈が設定値内で行われているか否かを確認するため、差圧伝送器、伝送系を二重化する。
- ・緊急遮断弁については、電動駆動の緊急遮断弁-1及び空気作動の緊急遮断弁-2を設置し、遮断機構に対して多重性、駆動源に対して多様性を備えるとともに、外部電源喪失時等においても確実に放出を停止できるようフェイルクローズ設計とする。

6.8 検査可能性に対する設計上の考慮

ALPS 処理水希釈放出設備及び関連施設の検査可能性に対する設計上の考慮は、「添付資料－7 検査可能性に関する考慮事項」に記載の通り。

7. 別紙

別紙－1 : ALPS 処理水の混合希釈倍率に関する説明書

以上

ALPS 処理水の混合希釈倍率に関する説明書

ALPS 処理水の混合希釈については、ALPS 処理水流量が 1 日当たり最大 500m³ であるのに対して、海水により 100 倍以上に希釈を行うが、この混合希釈の挙動について確認した結果について説明する。

1. 解析コードや条件について

混合希釈挙動に関しては、表－1 の解析コード・解析条件により、図－1 に示す解析モデルにて想定される希釈効果について評価した。

表－1 解析コード・解析条件等一覧

条件	内容
1. 解析コード・解析モデル	
(1) 解析コード	STAR-CCM+ (ver. 11)
(2) 基礎式	非圧縮性質量保存式，運動量保存式 (レイノルズ平均ナビエ・ストークス (RANS) 式)
(3) 乱流モデル	Realizable k-ε モデル
(4) 壁面近傍の扱い	壁関数モデル
(5) 離散化手法	有限体積法
(6) 物質移流・拡散モデル	化学種移流拡散モデル
2. 境界条件	
(1) 希釈海水入口	170,000m ³ /日，運転中海水配管入口本数：2 本
(2) ALPS 処理水入口	500m ³ /日
(3) 海水配管出口	圧力境界 (大気圧)
3. 流体物性	
(1) 温度	20℃
(2) 海水	密度：1025 kg/m ³ ，粘度：1.080×10 ⁻³ Pa・s
(3) ALPS 処理水 (純水)	密度：998.2 kg/m ³ ，粘度：1.002×10 ⁻³ Pa・s

ALPS 処理水の混合希釈解析では乱流モデルの適用が必要であり、数値流体解析 (CFD) で一般的なものとなっているレイノルズ平均ナビエ・ストークス (RANS) 式を基礎式として採用した。

RANS 式における乱流モデルは、CFD 解析で使用実績の多い渦粘性モデルを使用することとし、中でも適用実績が多い $k-\epsilon$ 系の乱流モデルとした。

解析においては、実験的に決定される乱流拡散係数 (乱流シュミット数) に支配される乱流拡散挙動が注入純水濃度に対する影響が大きい。

このため、乱流シュミット数を諸文献^{※1, ※2, ※3} 調査から、乱流拡散が小さくなる (注入純水の局所的な濃度が高くなる) ように、諸文献提示値のうち上限に近い乱流シュミット数を設定し、解析を実施した。

また、ALPS 処理水 (純水)・海水の密度・粘度は以下に基づき設定した。

(密度) : 純水 日本機械学会蒸気表 (1999) CD-ROM 版

海水 海水の状態方程式 UNESCO (1981)

(粘度) : 純水 日本機械学会蒸気表 (1999) CD-ROM 版

海水 中村, 船舶流体力学関係の標準記号および水の密度, 動粘性係数, 造船協会誌 429 号 (昭和 40 年)

※1 : Gualtieri, G., et al., Fluids, 2, 17 (2017)

※2 : Tominaga, Y., et al., Atmospheric Environment, 42, 37 (2007)

※3 : Flesch, T. K., et al., Agricultural and Forest Meteorology, 111 (2002)

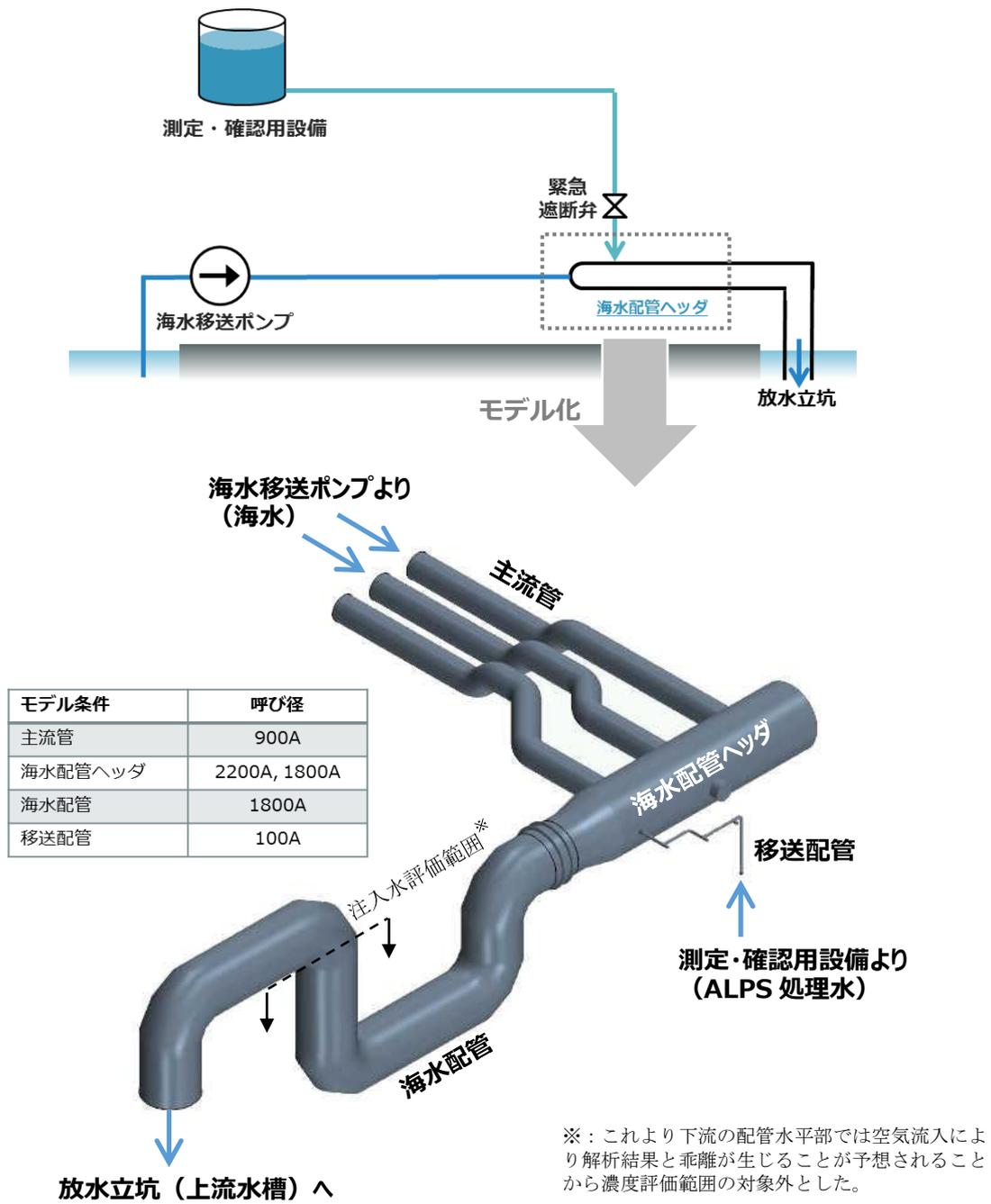


図-1 解析形状モデル (1 / 2)

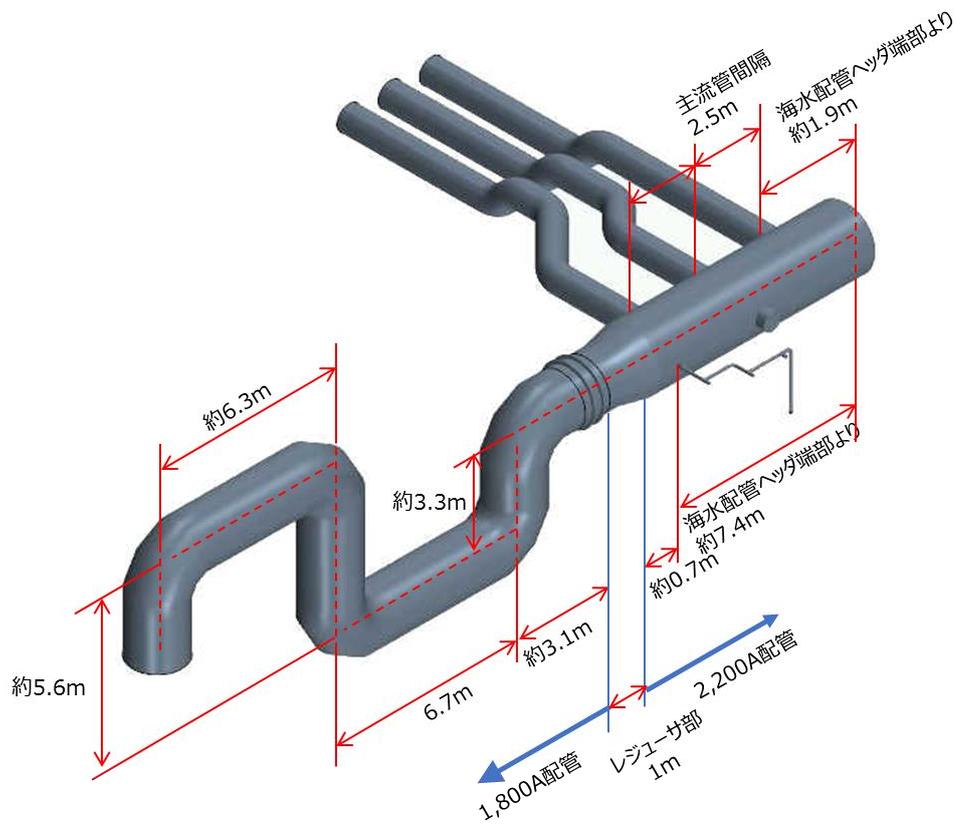


図-1 解析形状モデル (2 / 2)

2. 海水配管内の混合希釈の結果

海水配管内の混合希釈に関する解析結果を図-2～6 および表-2 に示す。

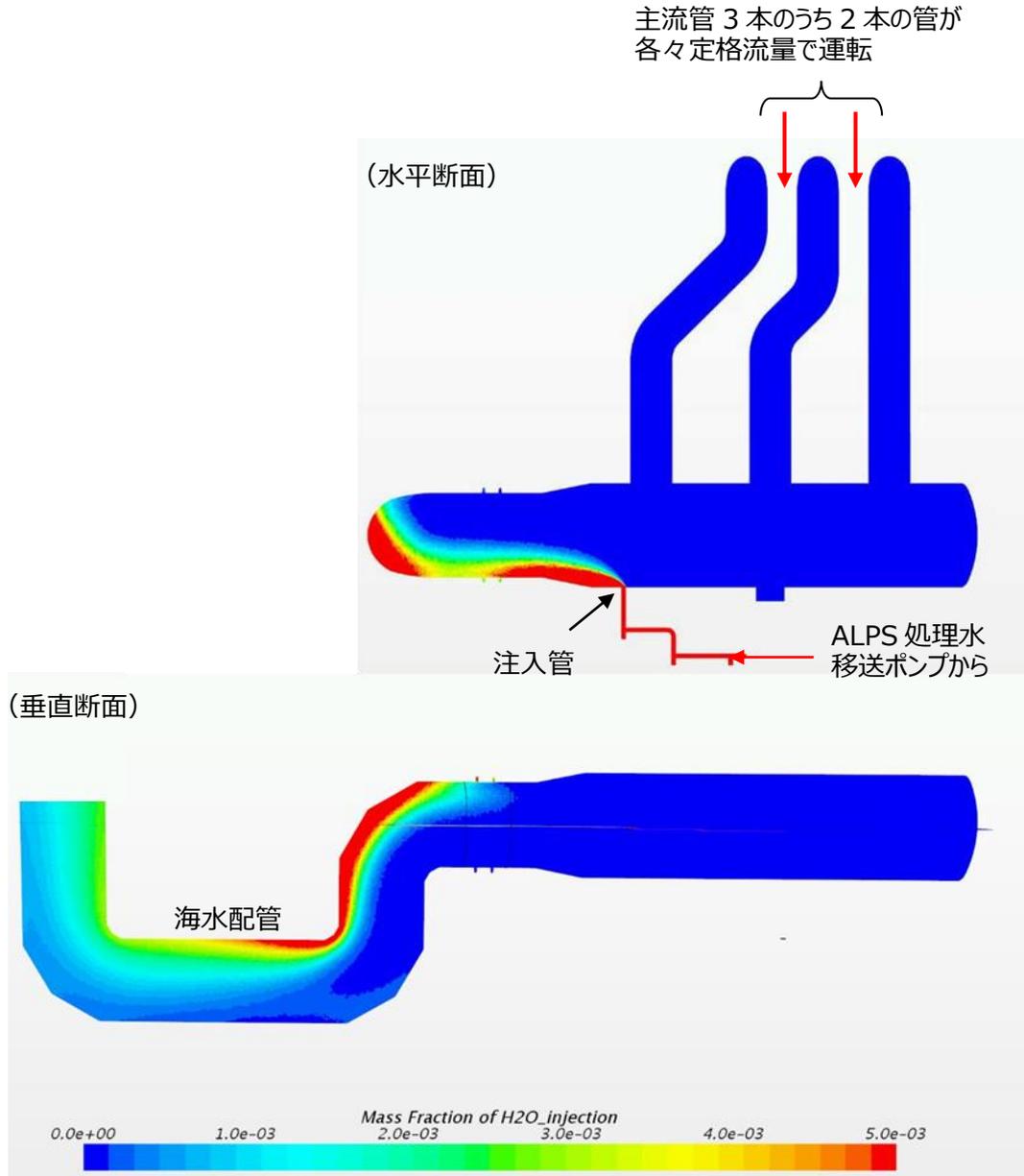


図-2 海水配管内の混合希釈の計算結果

図-2では、ALPS 処理水移送配管から海水配管ヘッドに注入した注入水（ALPS 処理水）が海水配管内で流下しつつ、周辺の海水と混合している様子が確認できた。

解析結果の状況をより詳細に見るために、図-3のように海水配管の横断面方向に評価断面を設定し、各評価断面における注入水（ALPS 処理水）の質量濃度を評価した。（図-4 および図-5 参照）

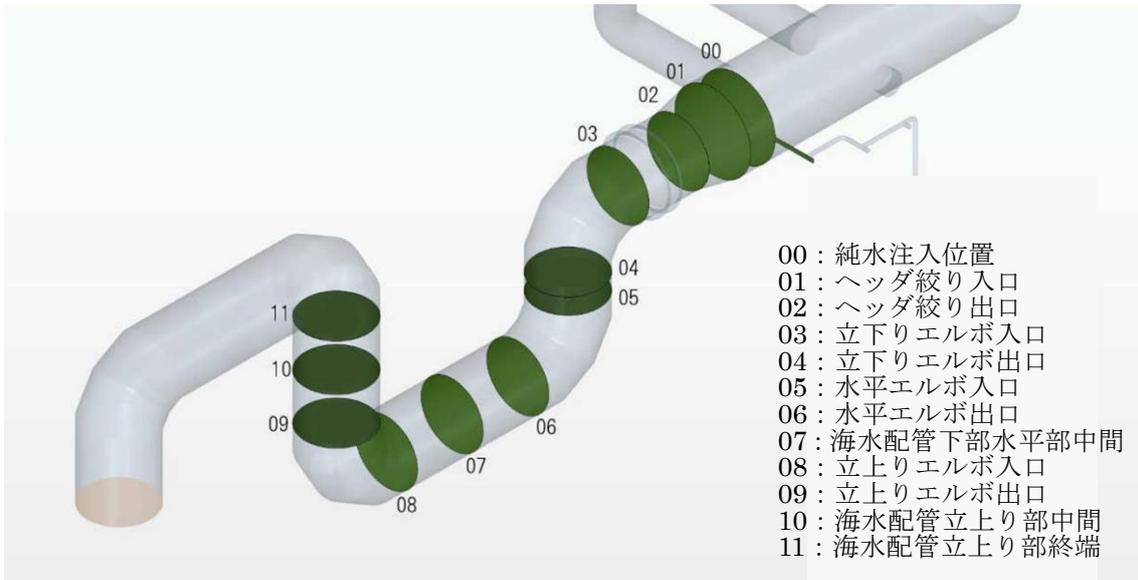


図-3 評価断面の位置および名称

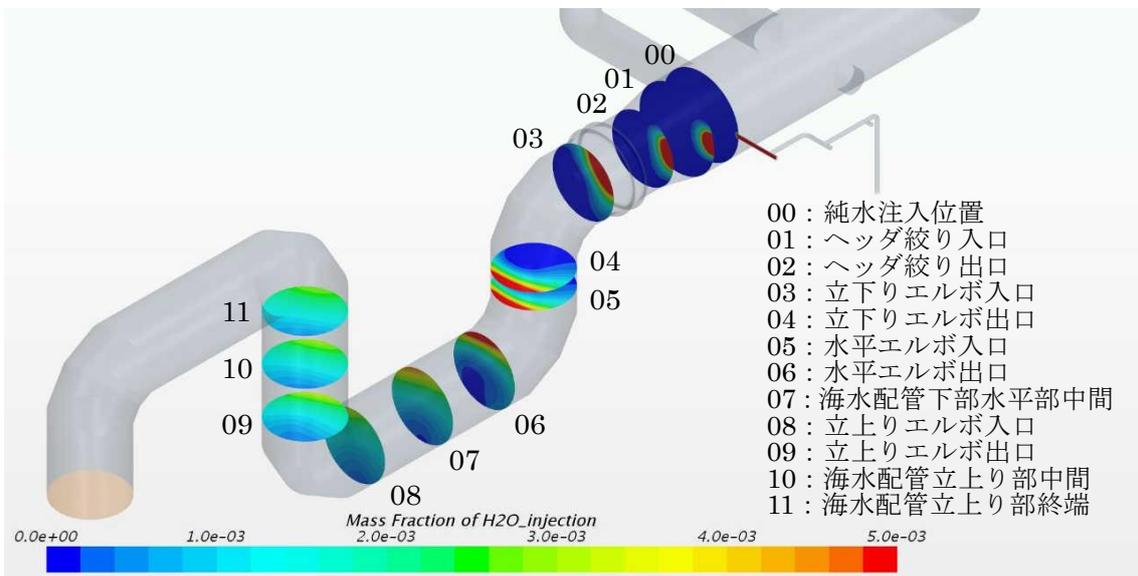
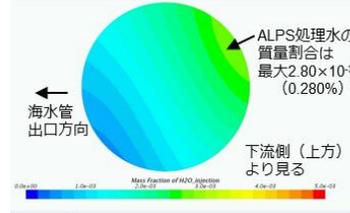
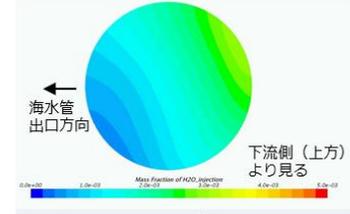


図-4 評価断面の質量分布

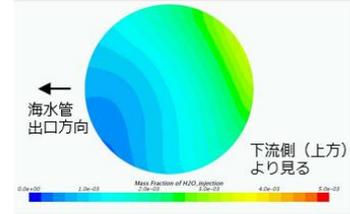
11: 海水配管立上り部終端



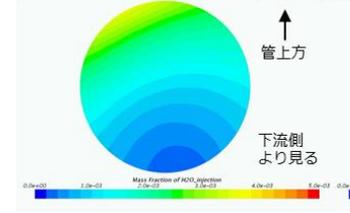
10: 海水配管立上り部中間



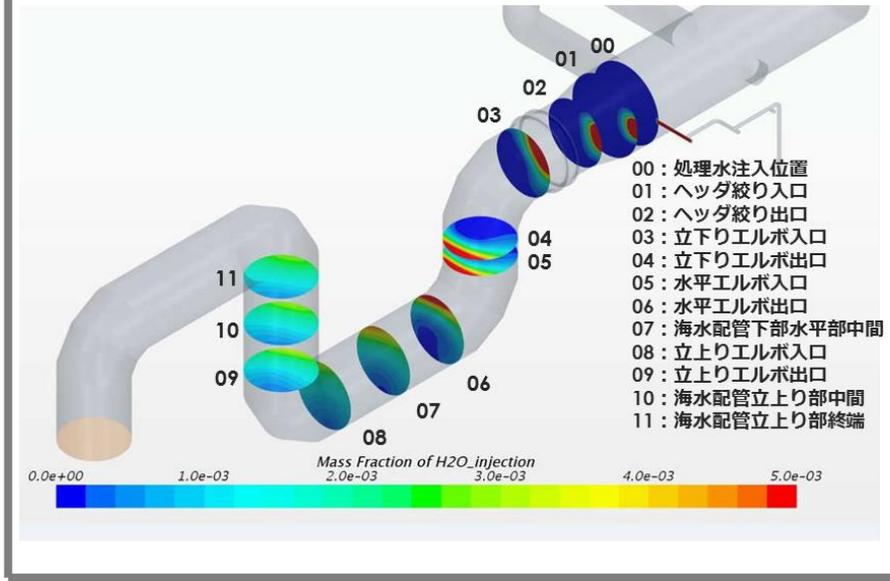
09: 立上りエルボ出口



08: 立上りエルボ入口

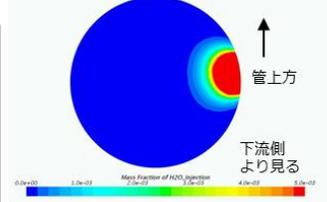


下流

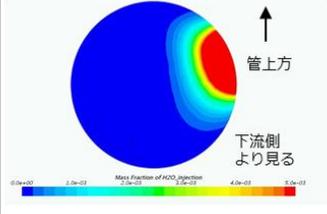


上流

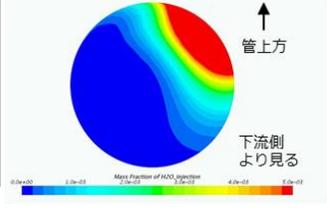
01: ヘッダ絞り入口



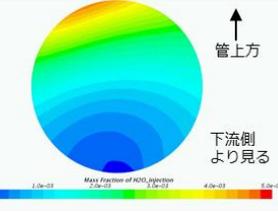
02: ヘッダ絞り出口



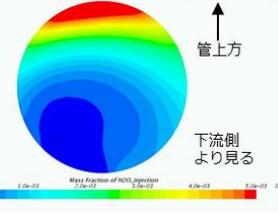
03: 立下りエルボ入口



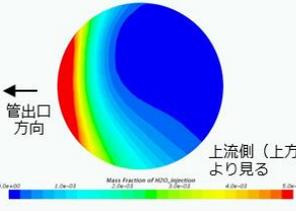
07: 海水配管下部水平部中間



06: 水平エルボ出口



05: 水平エルボ入口



04: 立下りエルボ出口

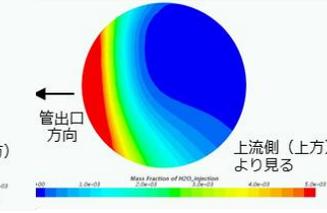


図-5 海水配管での混合希釈の評価結果

図-5の各評価断面における質量濃度の最大値を表-2に、また各値の推移を図-6に示す。

表-2 注入水の断面濃度最大値

名称	断面濃度最大値 (%)
00: 処理水注入位置	100
01: ヘッド絞り入口	14.26
02: ヘッド絞り出口	4.16
03: 立下りエルボ入口	1.79
04: 立下りエルボ出口	0.90
05: 水平エルボ入口	0.84
06: 水平エルボ出口	0.71
07: 海水配管下部水平部中間	0.46
08: 立上りエルボ入口	0.37
09: 立上りエルボ出口	0.33
10: 海水配管立上り部中間	0.30
11: 海水配管立上り部終端	0.28

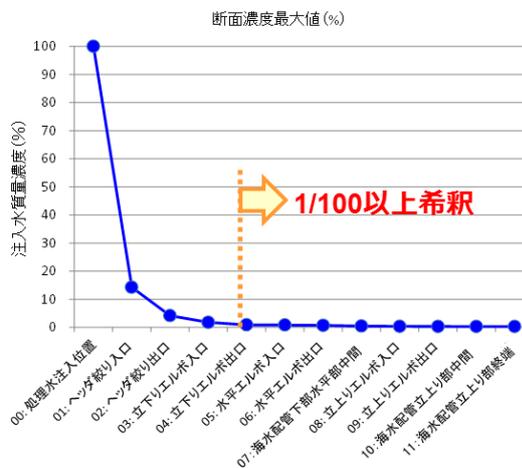


図-6 注入水質量濃度の推移

この結果から、注入水は放水立坑（上流水槽）に向かう海水配管内で最大濃度部において、 $100/0.280 \approx 357$ 倍薄められているという結論を得ると共に、04: 立下りエルボ出口で、本設備で目標としている、100 倍以上の希釈効果が得られることを確認した。

また、評価断面の最も下流 11: 海水管立上り部終端における最大濃度は 0.28% であり、理論平均値 0.14% の 2 倍であることを確認した。

3. まとめ

ALPS 処理水の混合希釈について、CFD 解析を用いて海水配管内におけるその挙動を確認した。結果、ALPS 処理水流量の最大値 $500\text{m}^3/\text{日}$ において、配管終端部の最大濃度部においても平均値の 2 倍程度に留まるものの、海水配管内で 100 倍以上の希釈効果が得られることが分かった。

以上

ALPS 処理水希釈放出設備の構造強度及び耐震性に関する説明書

ALPS 処理水希釈放出設備を構成する設備について、構造強度評価及び耐震性の基本方針に基づき、構造強度及び耐震性の評価を行う。

1. 基本方針

1.1 構造強度評価の基本方針

ALPS 処理水希釈放出設備及び関連施設を構成する構築物、系統及び機器は、「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則」において、廃棄物処理設備等に相当するものと位置づけられることから、その設計、材料の選定、製作及び検査において、それらが果たすべき安全機能の重要度を考慮して、ALPS 処理水を内包する容器及び鋼管については、発電用原子力設備規格 設計・建設規格 (JSME S NC1) のクラス 3 機器の規定を適用して評価を行う。なお、海水のみを内包する鋼管についても、クラス 3 機器に準じて評価を行う。

ポリエチレン管は ISO 規格または JWWA 規格に準拠したものを、適用範囲内で使用することで、構造強度を有すると評価する。また、耐圧ホース、伸縮継手については、製造者仕様範囲内の圧力及び温度で使用することで構造強度を有すると評価する。なお、ALPS 処理水希釈放出設備におけるポリエチレン管、耐圧ホース及び伸縮継手の環境条件（最高使用温度・最高使用圧力）は以下のとおりであり、当該条件を満足する管を選定する。

表－ 1 ポリエチレン管、耐圧ホース及び伸縮継手の環境条件

管の種類	使用箇所	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)
ポリエチレン管	受入配管	0.98	40
	循環配管	0.49/0.98	40
	移送配管	0.49/0.60/0.98	40
耐圧ホース	受入配管	0.98	40
	循環配管	0.49	40
	移送配管	0.49	40
伸縮継手	循環配管	0.49/0.98	40
	移送配管	0.49/0.60/0.98	40
	海水配管	0.60	40

1.2 耐震性の基本方針

ALPS 処理水希釈放出設備は、2021 年 9 月 8 日の原子力規制委員会で示された耐震設計の考え方を踏まえ、その安全機能が喪失した場合における公衆への放射線影響を評価した結果、直接線・スカイシャイン線による外部被ばく線量と、漏えいした ALPS 処理水の一部が蒸発して大気中に移行した場合の内部被ばく線量を合わせたとしても、その実効線量は $1\mu\text{Sv}$ 未満と評価されることから、耐震 C クラスと位置付けられる。

ALPS 処理水希釈放出設備及び関連施設は、耐震 C クラスの設備に要求される地震動に対して必要な強度を確保する。耐震性の評価においては、表-2 のとおり、原則、構築物（間接支持構造物含む）は 1.0Ci、機器は 1.2Ci の水平方向設計震度を適用する。また、主要な機器及び鋼管の耐震性を評価するにあたっては、原子力発電所耐震設計技術規程（JEAC4601）等に準拠して構造強度評価を行うことを基本とするが、評価手法、評価基準について実態に合わせたものを採用する。なお、ALPS 処理水希釈放出設備に使用する耐圧ホース、ポリエチレン管等については、材料の可撓性により耐震性を確保する。

表-2 設備重要度による耐震クラス分類

設備	耐震クラス
	C
(1) 測定・確認用設備	測定・確認用タンク 基礎外周堰 ^{※1} 循環ポンプ 主配管 ^{※2}
(2) 移送設備	ALPS 処理水移送ポンプ 主配管 ^{※2}
(3) 希釈設備	海水移送ポンプ 海水配管ヘッド 主配管 ^{※2} 放水立坑（上流水槽） ^{※3}
(4) 放水設備 ^{※3}	放水立坑（下流水槽） 放水トンネル 放水口

※1：B クラスの構築物に要求される水平方向設計震度に対して評価を実施する

※2：鋼管（弁含む）について定ピッチスパン法で評価されるサポート間隔とする

※3：詳細は、添付資料-5 放水立坑（上流水槽）および放水設備の設計に関する説明書を参照

2. 構造強度評価の方法・結果

2.1 主配管（海水配管ヘッダ除く鋼管）

構造評価箇所を図-1～図-5に示す。

記号凡例

PE：ポリエチレン管
ホース

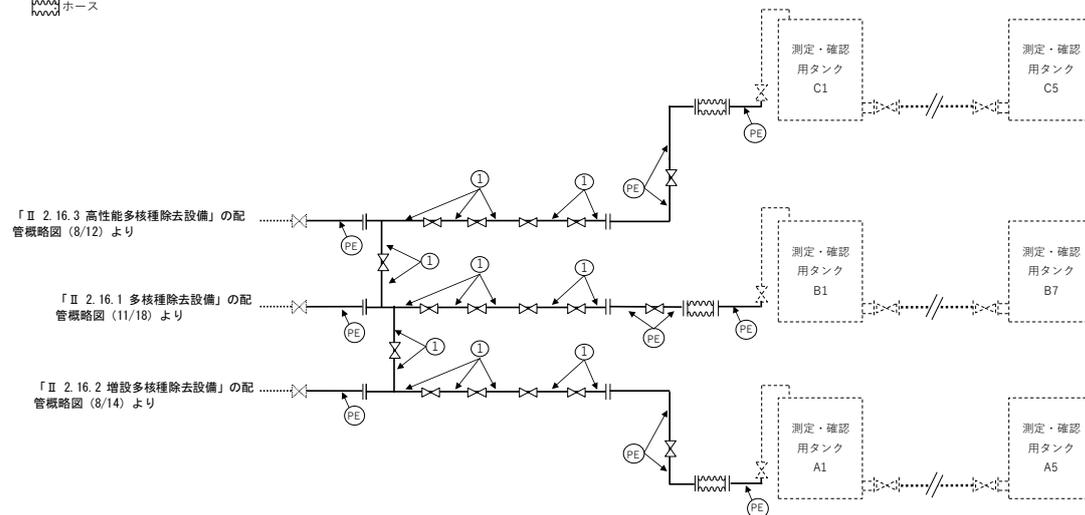


図-1 配管概略図 (1 / 5)

(測定・確認用設備)

記号凡例

- PE : ポリエチレン管
- E : 伸縮継手
- F : 流量計
- ホース

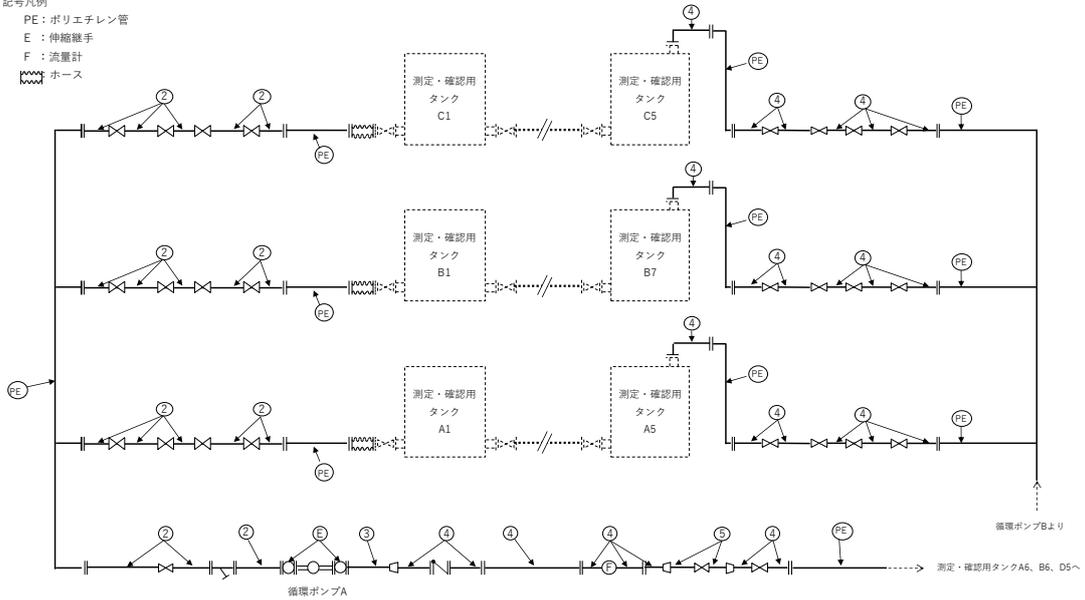


図-2 配管概略図 (2 / 5)
(測定・確認用設備)

記号凡例

- PE : ポリエチレン管
- E : 伸縮継手
- F : 流量計
- ホース

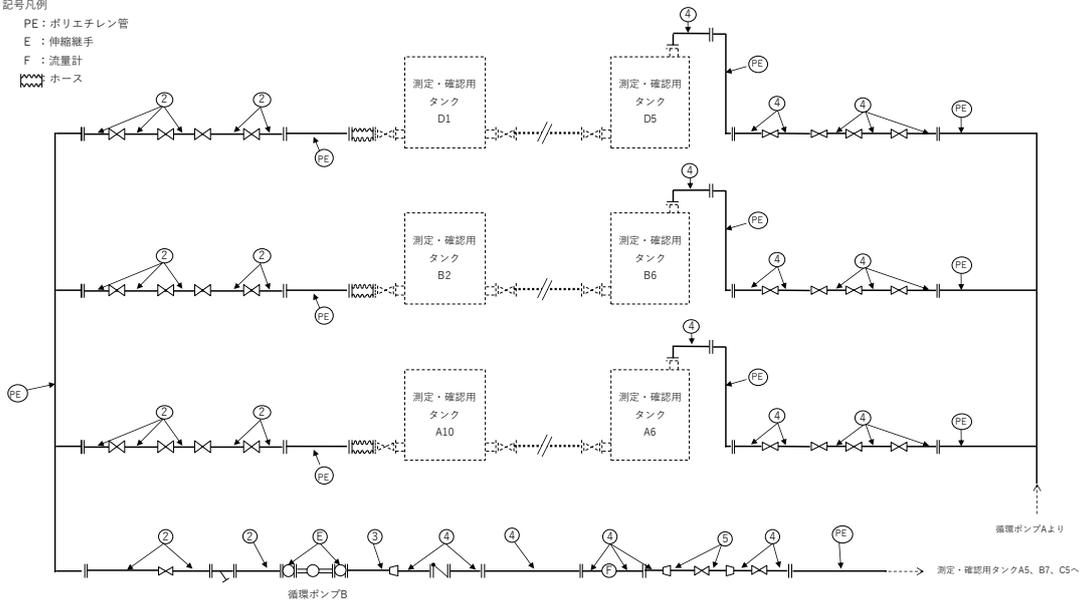


図-3 配管概略図 (3 / 5)
(測定・確認用設備)

記号凡例
 PE : ポリエチレン管
 E : 伸縮継手
 F : 流量計
 R : 放射線モニタ
 : ホース

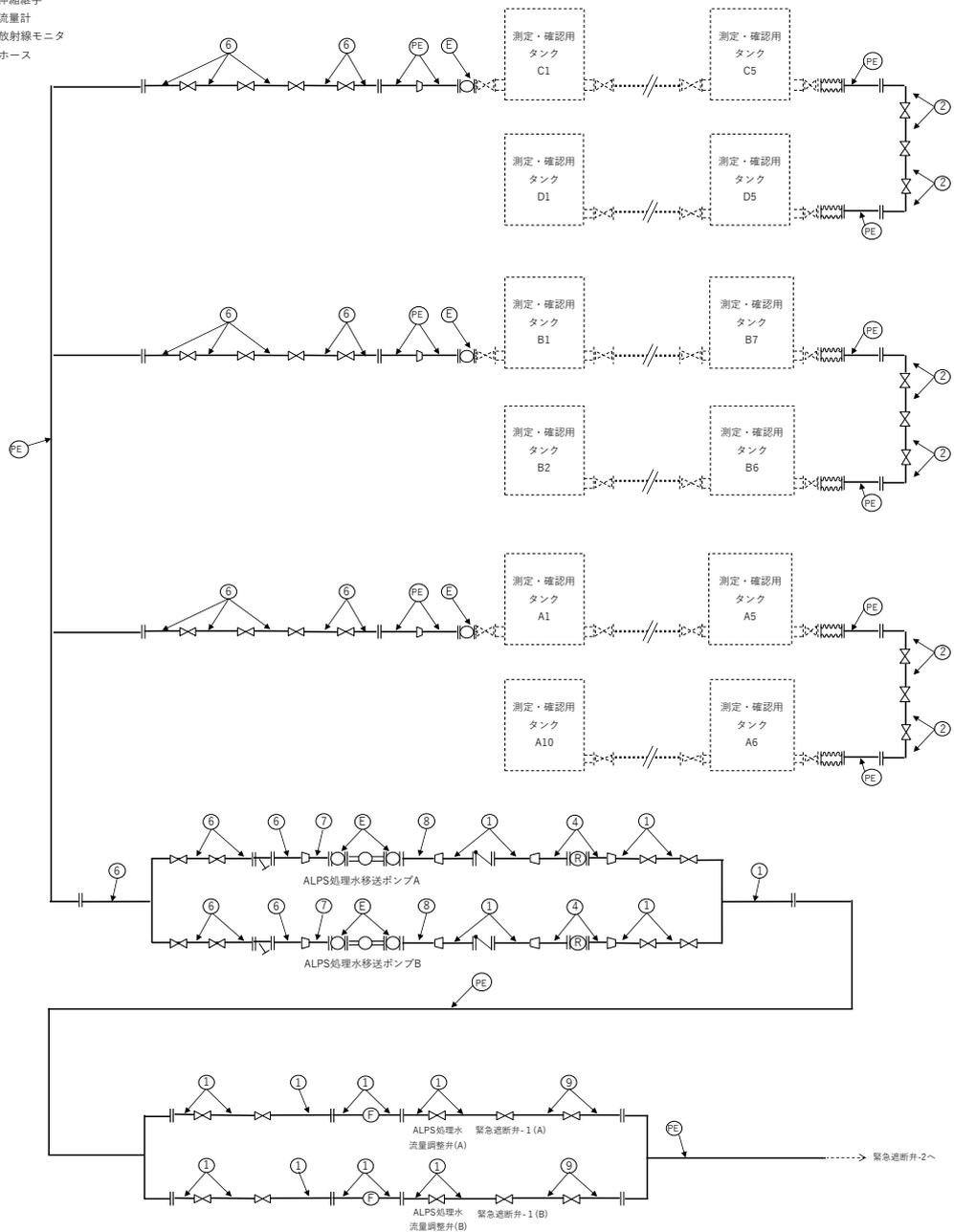


図-4 配管概略図 (4 / 5)
 (移送設備)

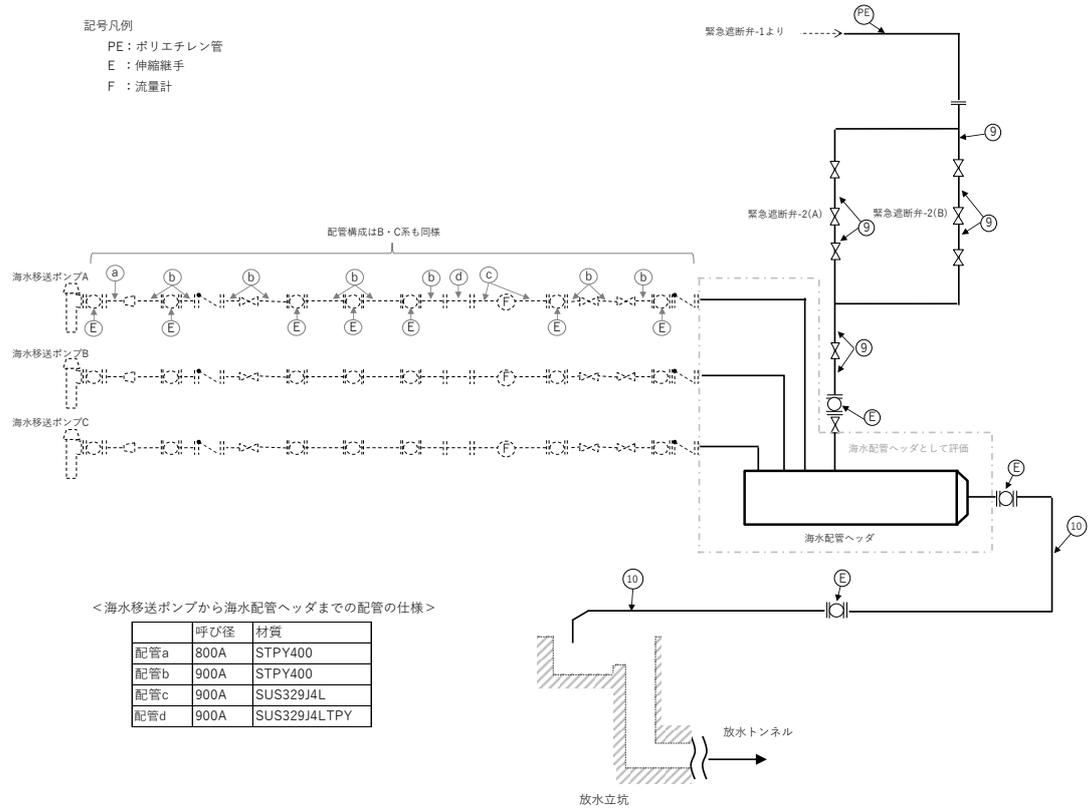


図-5 配管概略図 (5 / 5)
(移送設備, 希釈設備)

2.2 評価方法

鋼管の最小厚さが設計・建設規格 PPD-3411 式 (PPD-1.3) または設計・建設規格 PPD-3411 (3) の表 PPD-3411-1 によって求められる必要厚さを満足することを確認する。

管の必要厚さは次に掲げる値のいずれか大きい方の値とする。

a. 内面に圧力を受ける管

$$\text{管の計算上必要な厚さ} : t = \frac{PD_0}{2S\eta + 0.8P}$$

P : 最高使用圧力 (MPa)

D_0 : 管の外径 (mm)

S : 最高使用温度における材料の許容引張応力 (MPa)

η : 長手継手の効率

b. 炭素鋼鋼管の設計・建設規格上必要な最小必要厚さ : t_r

設計・建設規格 PPD-3411 (3) の表 PPD-3411-1 より求めた値

2.3 評価結果

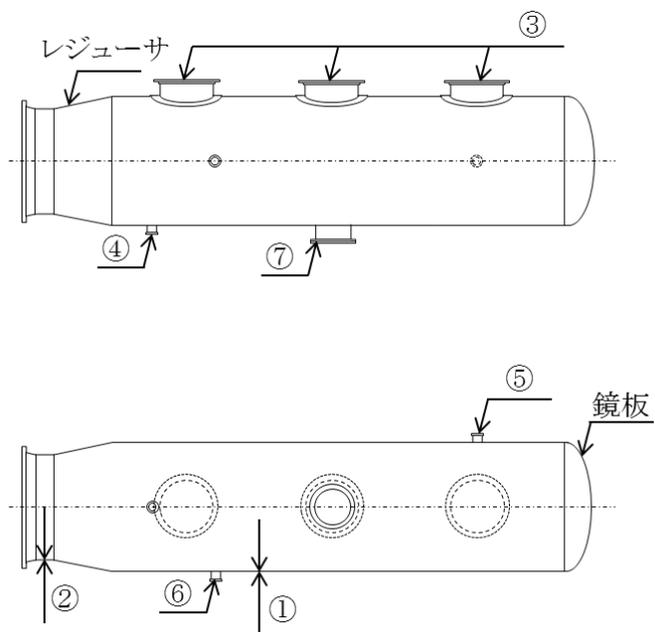
評価結果を表-3に示す。必要厚さを満足しており、十分な構造強度を有していると評価している。

表-3 主配管（海水配管ヘッド除く鋼管）の構造強度評価結果

評価機器	外径 (mm)	材質	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	必要厚さ (mm)	最小厚さ (mm)
配管①	114.3	SUS316LTP	0.98	40	0.48	3.50
配管②	216.3	SUS316LTP	0.49	40	0.46	5.68
配管③	139.8	SUS316LTP	0.98	40	0.59	4.37
配管④	165.2	SUS316LTP	0.98	40	0.69	4.37
配管⑤	216.3	SUS316LTP	0.98	40	0.91	5.68
配管⑥	165.2	SUS316LTP	0.49	40	0.35	4.37
配管⑦	89.1	SUS316LTP	0.49	40	0.19	3.50
配管⑧	48.6	SUS316LTP	0.98	40	0.21	2.50
配管⑨	114.3	SUS316LTP	0.60	40	0.30	3.50
配管⑩	1828.8	SM400B	0.60	40	9.11	14.20

3. 主配管（海水配管ヘッド）

構造強度評価箇所を図－6 に示す。



図－6 海水配管ヘッドの構造強度評価箇所

3.1 直管部

3.1.1 構造強度評価方法

鋼管の最小厚さが設計・建設規格 PPD-3411 式(PPD-1.3)または設計・建設規格 PPD-3411(3)の表 PPD-3411-1 によって求められる必要厚さを満足することを確認する。

管の必要厚さは次に掲げる値のいずれか大きい方の値とする。

a. 内面に圧力を受ける管

$$\text{管の計算上必要な厚さ} : t = \frac{PD_0}{2S\eta + 0.8P}$$

P : 最高使用圧力(MPa)

D_0 : 管の外径(mm)

S : 最高使用温度における材料の許容引張応力(MPa)

η : 長手継手の効率

b. 炭素鋼鋼管の設計・建設規格上必要な最小必要厚さ : t_r

設計・建設規格 PPD-3411(3)の表 PPD-3411-1 より求めた値

3.1.2 構造強度評価結果

評価結果を表-4に示す。必要厚さを満足しており、十分な構造強度を有していると評価している。

表-4 海水配管ヘッダの直管部の構造強度評価結果

評価部位	外径(mm)	材質	最高使用圧力(MPa)	最高使用温度(°C)	必要厚さ(mm)	最小厚さ(mm)
①主管	2235.2	SM400B	0.60	40	11.14	14.20
②出口管	1828.8	SM400B	0.60	40	9.11	14.20
③海水ノズル管	914.4	SM400B	0.60	40	4.56	14.20
④ALPS処理水注入管	114.3	STPG370	0.60	40	3.40	5.25
⑤ベント管	114.3	STPG370	0.60	40	3.40	5.25
⑥ドレン管	114.3	STPG370	0.60	40	3.40	5.25
⑦点検用マンホール	609.6	SM400B	0.60	40	3.80	14.20

3.2 レジューサ

3.2.1 構造強度評価方法

レジューサの最小厚さが設計・建設規格 PPD-3415.1 式(PPD-1.8 および PPD-1.9)によって求められる必要厚さを満足することを確認する。

レジューサの必要厚さは次に掲げる値のいずれか大きい方の値とする。

a. 円すいの部分

$$\text{計算上必要な厚さ: } t = \frac{PD_i}{2\cos\theta(S\eta - 0.6P)}$$

P : 最高使用圧力 (MPa)

D_i : 円すいの部分がすその丸みの部分に接続する部分の軸に垂直な断面の内径 (mm)

θ : 円すいの頂角の 2 分の 1 (度)

S : 最高使用温度における材料の許容引張応力 (MPa)

η : 長手継手の効率

b. すその丸みの部分

$$\text{計算上必要な厚さ: } t = \frac{PD_iW}{4\cos\theta(S\eta - 0.1P)}$$

$$\text{ただし, } W = \frac{1}{4} \left(3 + \sqrt{\frac{D_i}{2r\cos\theta}} \right)$$

D_i : 円すいの部分がすその丸みの部分に接続する部分の軸に垂直な断面の内径 (mm)

θ : 円すいの頂角の 2 分の 1 (度)

S : 最高使用温度における材料の許容引張応力 (MPa)

η : 長手継手の効率

r : 円すいのすその丸みの部分の内半径 (mm)

3.2.2 構造強度評価結果

評価結果を表－5に示す。必要厚さを満足しており、十分な構造強度を有していると評価している。

表－5 レジューサの構造強度評価結果

評価 機器	評価 部位	材質	最高使用 圧力(MPa)	最高使用 温度(°C)	必要厚さ (mm)	最小厚さ (mm)
海水配管 ヘッド	レジューサ	SM400B	0.60	40	11.31	14.20

3.3 鏡板

海水配管ヘッドの鏡板の形状は設計・建設規格 PPD-3415.2(1)の条件より、さら形鏡板である。

3.3.1 構造強度評価方法

海水配管ヘッドの鏡板の最小厚さが設計・建設規格 PPD-3415.2 式(PPD-1.12)によって求められる必要厚さを満足することを確認する。

鏡板の必要厚さは次に掲げる値とする。

$$\text{計算上必要な厚さ: } t = \frac{PRW}{2S\eta - 0.2P}$$

$$\text{ただし, } W = \frac{1}{4} \left(3 + \sqrt{\frac{R}{r}} \right)$$

P : 最高使用圧力(MPa)

R : 鏡板の中央部の内半径 (mm)

S : 最高使用温度における材料の許容引張応力(MPa)

η : 長手継手の効率

r : さら形鏡板のすみの丸みの内半径 (mm)

3.3.2 構造強度評価結果

評価結果を表－6に示す。必要厚さを満足しており、十分な構造強度を有していると評価している。

表－6 鏡板の構造強度評価結果

評価 機器	評価 部位	材質	最高使用 圧力(MPa)	最高使用 温度(°C)	必要厚さ (mm)	最小厚さ (mm)
海水配管ヘッド	鏡板	SM400B	0.60	40	10.19	13.40

3.4 穴の補強

3.4.1 構造強度評価方法

海水配管ヘッドに設ける穴の補強の要否を設計・建設規格 PPD-3422 により評価し、穴の補強が必要な場合は、設計・建設規格 PPD-3424(1)によって求められる必要面積を満足することを確認する。

海水配管ヘッドに設ける穴は、設計・建設規格 PPD-3422 によって求められるいずれの穴径を超えるため、穴の補強計算を実施する。

- (1) 穴の径が 64mm 以下で、かつ、管の内径の 1/4 以下の穴径
- (2) (1)に掲げるものを除き、穴の径が 200mm 以下で、かつ、図 PPD-3422-1 および図 PPD-3422-2 により求めた d の値以下の穴径

補強が必要となった穴に関して補強に必要な面積に対して、補強に有効な総面積が満足していることを確認する。

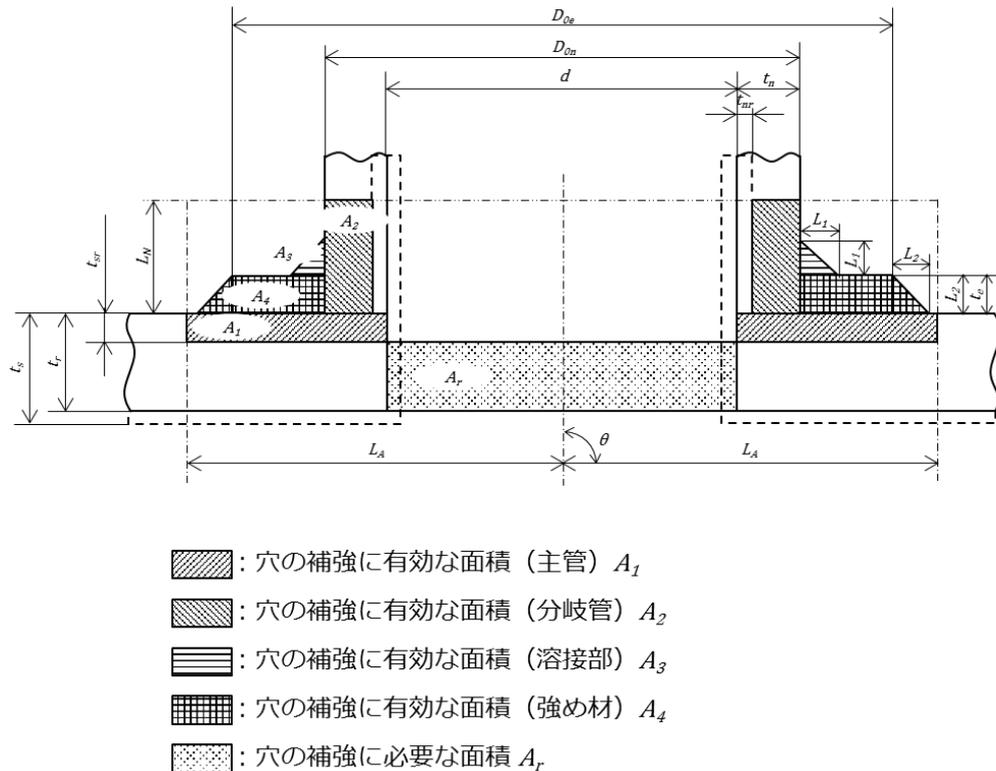


図-7 管台の取り付け形式

穴の補強に必要な面積： $A_r = 1.07 \cdot d \cdot t_{r3} \cdot (2 - \sin\theta)$

d : 穴の径 (mm)

t_{r3} : PPD-3411 の規定により必要とされる厚さ (mm)

θ : 分岐管の中心線と主管の中心線との交角 (度)

穴の補強に有効な総面積： $A_0 = A_1 + A_2 + A_3 + A_4$

穴の補強に有効な主管部の面積： $A_1 = (\eta \cdot t_s - F \cdot t_{sr}) \cdot (2 \cdot L_A - d)$

穴の補強に有効な管台部の面積： $A_2 = 2 \cdot (t_n - t_{nr}) \cdot \operatorname{cosec}\theta \cdot L_N \cdot \frac{S_n}{S_s}$

穴の補強に有効なすみ肉部の面積： $A_3 = (L_1)^2 \cdot \sin\theta \cdot \frac{S_e}{S_s}$

穴の補強に有効な強め材の面積： $A_4 = (D_{0e} - D_{0n} \cdot \operatorname{cosec}\theta) \cdot t_e \cdot \frac{S_e}{S_s} + (L_2)^2 \cdot \frac{S_e}{S_s}$

η : 継手の効率

t_s : 主管の厚さ (mm)

t_{sr} : 主管の計算上必要な厚さ (mm)

t_n : 管台の厚さ (mm)

t_{nr} : 管台の計算上必要な厚さ (mm)

t_e : 強め材の最小厚さ (mm)

L_A : 穴の中心線に平行な直線で区切られる補強に有効な範囲 (mm)

L_N : 主管の面に平行な線に区切られる補強に有効な範囲 (mm)

S_n : 管台の材料の最高使用温度における許容引張応力 (MPa)

S_s : 主管の材料の最高使用温度における許容引張応力 (MPa)

S_e : 強め材の材料の最高使用温度における許容引張応力 (MPa)

L_1 : 管台のすみ肉部の脚長又は管台補強部の短辺長さ (mm)

L_2 : 強め材のすみ肉部の脚長 (mm)

D_{0n} : 管台の外径 (mm)

D_{0e} : 強め材の外径 (mm)

d : 断面に現れる穴の径 (mm)

θ : 分岐管の中心線と主管の中心線との交角 (度)

F : 図 PPD-3424-1 により求めた値

3.4.2 構造強度評価結果

評価結果を表-7に示す。補強に有効な総面積が必要な面積を満足しており、十分な構造強度を有していると評価している。

表-7 穴の補強の構造強度評価結果

評価 機器	評価 部位	管台口径	評価部位	Ar (mm ²)	A ₀ (mm ²)
海水配管 ヘッド	③海水ノズル管	900A	管台	6.35×10^3	1.33×10^4
	④ALPS 処理水注入管	100A	管台	7.44×10^2	2.47×10^3
	⑤ベント管	100A	管台	7.44×10^2	2.47×10^3
	⑥ドレン管	100A	管台	7.44×10^2	2.47×10^3
	⑦点検用マンホール	600A	管台	4.17×10^3	8.35×10^3

3.5 強め材の取り付け強さ

3.5.1 構造強度評価方法

設計・建設規格 PPD-3424(8)によって求めた溶接部の負うべき荷重を評価し、溶接部の強度が十分であることを確認する。

$$\text{溶接部の負うべき荷重} : W = d \cdot t_{sr} \cdot S_s - (\eta \cdot t_s - F \cdot t_{sr}) \cdot (2 \cdot L_A - d) \cdot S_s$$

d : 断面に現れる穴の径 (mm)

t_s : 主管の厚さ (mm)

t_{sr} : 主管の計算上必要な厚さ (mm)

S_s : 主管の材料の最高使用温度における許容引張応力 (MPa)

η : 継手の効率

F : 図 PPD-3424-1 により求めた値

L_A : 穴の中心線に平行な直線で区切られる補強に有効な範囲 (mm)

3.5.2 構造強度評価結果

評価結果を表-8に示す。溶接部の負うべき荷重が0以下であることから、溶接部の強度は十分であると評価している。

表-8 強め材の取り付け強さの構造強度評価結果

評価機器	評価部位	管台口径	評価部位	W (N)
海水配管 ヘッダ	③海水ノズル管	900A	管台	-7.26×10^4
	④ALPS 処理水注入管	100A	管台	-8.51×10^3
	⑤ベント管	100A	管台	-8.51×10^3
	⑥ドレン管	100A	管台	-8.51×10^3
	⑦点検用マンホール	600A	管台	-4.76×10^4

4. 耐震クラス分類に関する考え方

ALPS 処理水希釈放出設備は、その安全機能が喪失した場合における公衆への放射線影響を評価した結果、直接線・スカイシャイン線による外部被ばく線量と、漏えいした ALPS 処理水の一部が蒸発して大気中に移行した場合の内部被ばく線量を合わせたとしても、その実効線量は $1\mu\text{Sv}$ 未満であることから、耐震 C クラスと位置付けられる。

4.1 機能喪失による公衆への放射線影響の程度について

ALPS 処理水希釈放出設備の測定・確認用タンクについて、機能喪失による公衆への放射線影響を確認するため、線量評価を実施した。評価条件については、「II 2.5 汚染水処理設備等」添付資料-12 別紙-7 に記載の評価条件に準じ、多核種処理済水の分析結果（平成 25 年 7 月）をタンク内保有水の放射能濃度として設定する*。

※：測定・確認用タンクにトリチウム以外の放射性核種の告示濃度比総和 1 以上の水が混水することを防止するために、以下の設計、運用上の対策を行う。

- ・測定・確認用タンクへの移送に使用する配管は、多核種除去設備等の移送配管であり、配管構成上、Sr 処理水等が混水する可能性はない。
- ・多核種除去設備等の移送配管を使用し、至近に移送を行った G1 エリアタンクの放射能濃度は、トリチウム以外の放射性核種*の告示濃度比総和が 1 未満であることを確認している。
- ・ALPS 処理水希釈放出設備の測定・確認用タンクには、多核種除去設備等のサンプルタンク、または多核種処理水貯槽にてトリチウム以外の放射性核種*の告示濃度比総和が 1 未満であることを確認または評価した水の移送を行う。

※：Cs-134, Cs-137, Sr-90, Co-60, Sb-125, Ru-106, I-129 の 7 核種

4.1.1 漏えい水の直接線・スカイシャイン線による被ばく評価

地震によるタンクの滑動等により連結管等が損傷し、測定・確認用タンクの貯留水全てがタンク外に漏えいしたことを想定する。タンク群と体積・高さが同じとなる 1 つの大型円柱形上で存在し続けると仮定した場合、最寄りの線量評価点 (No. 70) における直接線・スカイシャイン線による被ばく量は $1\mu\text{Sv/y}$ 未満であり、公衆への放射線影響は殆ど無い。

4.1.2 漏えい水の気中移行による被ばく評価

地震によるタンクの滑動等により連結管等が損傷し、測定・確認用タンクの基礎外周堰の貯留可能面積全域に漏えい水が広がり、トリチウムを含む漏えい水から蒸発した水蒸気が拡散したことを想定する。漏えい水の回収に 2 週間を要したと仮定した場合の、最寄り線量評価点 (No. 70) に居住する住民が呼吸により摂取したトリチウムによる内部被ばく量は $1\mu\text{Sv}$ 未満であり、公衆への放射線影響は殆ど無い。

4.2 機動的対応等の影響を緩和する措置について

ALPS 処理水希釈放出設備の測定・確認用タンクは、可撓性のある連結管にてタンク間を連結し、連結弁は基本的に開として運用を行う。地震により ALPS 処理水希釈放出設備から ALPS 処理水が漏えいするおそれがある場合又は漏えいした場合を想定し、漏えいの拡大による敷地外への影響を防止又は緩和するため、以下の対策を講じる。

- ・震度 5 弱以上の地震発生時、免震重要棟集中監視室からの遠隔操作により海洋放出を停止するとともに、測定・確認用設備の出口側電動弁を閉とし、タンク水位による漏えい確認を実施するとともに、屋外の ALPS 処理水移送配管を含む全ての設備の重点パトロールを行い、設備の異常の有無を確認する。
- ・地震により耐震 C クラスのタンク等が損傷し、貯留水が敷地外へ著しく漏えいすることを防止するために基礎外周堰を設置する。当該堰については、B クラスの構築物に要求される水平方向設計震度に対して、必要な強度を確保する。
- ・貯留水が漏えいし、基礎外周堰内に滞った場合には、仮設ポンプ、高圧吸引車等にて漏えい水の回収を行う。回収した漏えい水は、健全なタンク、建屋に排水を行う。
- ・ALPS 処理水の移送配管については、排水路から可能な限り離隔するとともに、移送配管に使用するポリエチレン管は、ポリエチレン管の外側に外装管（接合部は防水カバー）を取り付けることで、漏えい拡大を防止する施工を行う。

以上

ALPS 処理水希釈放出設備及び関連施設に係る確認事項

ALPS 処理水希釈放出設備及び関連施設に係る主要な確認事項を表－ 1 ～ 7 に示す。

表－ 1 確認事項（循環ポンプ，ALPS 処理水移送ポンプ，攪拌機器，海水移送ポンプ）

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
構造強度 ・耐震性	外観確認	各部の外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。
	据付確認	機器の据付状態について確認する。	実施計画のとおり施工・据付けられていること。
	漏えい確認 ^{※1}	運転圧力で耐圧部分からの漏えいの有無を確認する。	耐圧部から著しい漏えいがないこと。

※1：攪拌機器については，測定・確認用タンクの水中に設置されるプロペラ羽の回転機器であり，漏えい確認部位が無いことから対象外とする。

海水移送ポンプについては，現地では実施可能な範囲とし，必要に応じて品質記録を確認する。

表-2-1 確認事項（主配管（鋼管））

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
構造強度 ・耐震性	材料確認	実施計画に記載した主な材料について記録を確認する。	実施計画のとおりであること。
	寸法確認	実施計画に記載した外径、厚さについて記録を確認する。	実施計画のとおりであること。
	外観確認 ^{※1}	各部の外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。
	据付確認 ^{※1}	配管の据付状態について確認する。	実施計画のとおり施工・据付けられていること。
	耐圧・漏えい確認 ^{※1}	最高使用圧力の 1.25 倍で一定時間保持後、同圧力に耐えていること、また、耐圧部からの漏えいがないことを確認する。	最高使用圧力の 1.25 倍に耐え、かつ異常のないこと。また、耐圧部から漏えいがないこと。

※1：現地では実施可能な範囲とし、必要に応じて品質記録を確認する。

表-2-2 確認事項（主配管（ポリエチレン管））

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
構造強度 ・耐震性	材料確認	実施計画に記載した主な材料について記録を確認する。	実施計画のとおりであること。
	寸法確認	実施計画に記載した外径について記録を確認する。	実施計画のとおりであること。
	外観確認※1	各部の外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。
	据付確認※1	配管の据付状態について確認する。	実施計画のとおり施工・据付けられていること。
	耐圧・漏えい確認※1	製品の最高使用圧力以上で一定時間保持後、同圧力に耐えていること、また、耐圧部からの漏えいがないことを確認する。	製品の最高使用圧力に耐え、かつ異常のないこと。また、耐圧部から漏えいがないこと。

※1：現地では実施可能な範囲とし、必要に応じて品質記録を確認する。

表-2-3 確認事項（主配管（耐圧ホース））

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
構造強度 ・耐震性	材料確認	実施計画に記載した主な材料について記録を確認する。	実施計画のとおりであること。
	寸法確認	実施計画に記載した外径について記録を確認する。	実施計画のとおりであること。
	外観確認 ^{※1}	各部の外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。
	据付確認 ^{※1}	配管の据付状態について確認する。	実施計画のとおり施工・据付けられていること。
	耐圧・漏えい確認 ^{※1}	最高使用圧力の 1.25 倍で一定時間保持後、同圧力に耐えていること、耐圧確認終了後、耐圧部分からの漏えいの有無も確認する。	最高使用圧力の 1.25 倍に耐え、かつ異常のないこと。また、耐圧部から漏えいがないこと。

※1：現地では実施可能な範囲とし、必要に応じて品質記録を確認する。

表-2-4 確認事項（主配管（伸縮継手））

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
構造強度 ・耐震性	材料確認	実施計画に記載した主な材料について記録を確認する。	実施計画のとおりであること。
	寸法確認	実施計画に記載した外径について記録を確認する。	実施計画のとおりであること。
	外観確認※1	各部の外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。
	据付確認※1	配管の据付状態について確認する。	実施計画のとおり施工・据付けられていること。
	耐圧・漏えい確認※1	最高使用圧力の 1.25 倍で一定時間保持後、同圧力に耐えていること、また、耐圧部からの漏えいがないことを確認する。	最高使用圧力の 1.25 倍に耐え、かつ異常のないこと。また、耐圧部から漏えいがないこと。

※1：現地では実施可能な範囲とし、必要に応じて品質記録を確認する。

表-3-1 確認事項（漏えい検出装置及び警報装置）

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
構造強度	外観確認	各部の外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。
	据付確認	装置の据付位置，据付状態について確認する。	実施計画のとおり施工・据付けられていること。
機能	漏えい警報確認	漏えいの信号により警報が発生することを確認する。	漏えいの信号により警報が発生すること。

表-3-2 確認事項（ALPS 処理水流量計，海水流量計）

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
構造強度	外観確認	各部の外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。
	据付確認	装置の据付位置，据付状態について確認する。	実施計画のとおり施工・据付けられていること。
性能	性能校正確認	基準入力に対して流量計の指示値が正しいことを確認する。	流量計指示値が許容範囲内であること。

表-3-3 確認事項（放射線モニタ）

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
構造強度	外観確認	各部の外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。
	据付確認	装置の据付位置, 据付状態について確認する。	実施計画のとおり施工・据付けられていること。
機能	警報確認	レベル「高」※1の信号により警報が発生することを確認する。	レベル「高」※1の信号により警報が発生すること。
性能	線源校正確認	標準線源を用いて基準計数率を測定する。	基準計数率に対する測定値が許容範囲内であること。
	校正確認	基準入力に対して放射線モニタの指示値が正しいことを確認する。	放射線モニタ指示値が許容範囲内であること。

※1：放射線モニタにより信号名称は異なる。

表-4-1 確認事項（測定・確認用タンク）※1

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
構造強度・耐震性	材料確認	使用材料を材料証明書により確認する。連結管・連結弁については、納品記録、製品仕様にて確認する。	実施計画に記載の材料が使用されていること。連結管及び連結弁は製品仕様（最高使用圧力）がタンクの水頭圧以上であること。
	寸法確認	主要寸法（板厚，内径，高さ）を確認する。	実施計画の記載とおりのこと。
	外観確認	タンク本体（塗装状態含む），連結管・連結弁の外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。
	据付確認	組立状態及び据付状態を確認する。	組立状態及び据付状態に異常がないこと。
		タンク基礎の不陸について確認する。	異常な不陸がないこと。
	耐圧・漏えい確認	設計・建設規格に基づき耐圧・漏えい試験を行う。	各部からの有意な漏えいおよび水位の低下がないこと。
	地盤支持力確認	支持力試験にてタンク基礎の地盤支持力を確認する。	必要な支持力を有していること。
機能・性能	警報確認	液位「高高」側※2の信号により警報が発生することを確認する。	液位「高高」側※2の信号により警報が発生すること。
	寸法確認※3	基礎外周堰の堰内容量を確認する。	必要容量に相当する堰内容量があること。
	外観確認	基礎外周堰の外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。
	貯留機能	漏えいなく貯留できることを確認する。	タンク及び附属設備（連結管，連結弁，マンホール，ドレン弁）に漏えいがないこと。

※1：「Ⅱ 2.5 汚染水処理設備等」（使用前検査終了済み）と兼用するため，過去の記録を確認する。

※2：タンクにより信号名称は異なる。

※3：「Ⅱ 2.5 添付資料-12 別紙-6 表-2」の設置場所：K4に記載の堰内容量を確認する。

表-4-2 確認事項（測定・確認用タンク入口配管（鋼管））※¹

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
構造強度 ・耐震性	材料確認	実施計画に記載した主な材料について、材料証明書または納品書により確認する。	実施計画の記載とおりにあること。
	寸法確認	実施計画に記載した主要寸法について、材料証明書または納品書により確認する。	実施計画の記載とおりにあること。
	外観確認	各部の外観について、立会いまたは記録により確認する。	有意な欠陥がないこと。
	据付確認	機器が図面のおりに据付していることを立会いまたは記録により確認する。	図面のおりに施工・据付していること。
	耐圧・ 漏えい確認 <small>注1</small>		①最高使用圧力の1.5倍で一定時間保持後、同圧力に耐えていること、また、耐圧部からの漏えいがないことを立会いまたは記録により確認する。
②運転圧力で耐圧部からの漏えいがないことを立会いまたは記録により確認する。 ※ ²			耐圧部から漏えいがないこと。
機能・性能	通水確認	通水ができることを確認する。	通水ができること。

※¹：「II 2.5 汚染水処理設備等」（使用前検査終了済み）と兼用するため、過去の記録を確認する。

※²：運転圧力による耐圧部の漏えい検査が実施できない配管フランジ部については、トルク確認等の代替検査を実施する。

注1：耐圧漏えい確認は、①②のいずれかとする。

表－5 確認事項（放水立坑（上流水槽））

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
構造強度 ・耐震性	材料確認	実施計画に記載した材料について、材料証明書または納品書により確認する。	実施計画のとおりであること。
	寸法確認	実施計画に記載した主要寸法（内空）を確認し、必要容積を確保していることを確認する。	実施計画のとおりであること。
	外観確認※1	外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。
	据付・組立確認	部材が図面のとおり据付・組立られていることを立会いまたは記録により確認する。	図面のとおり据付・組立られていること。
	耐圧確認	水槽内の水位を一定時間保持後、圧力に耐えていること、また、耐圧部からの漏えいがないことを立会いまたは記録により確認する。	水圧に耐え、かつ構造物の変形がないこと。また、耐圧部から漏えいがないこと。

※1：現地では実施可能な範囲とし、必要に応じて品質記録を確認する。

表－6 確認事項（放水立坑（下流水槽）、放水トンネル、放水口）

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
構造強度 ・耐震性	材料確認	実施計画に記載した材料について、材料証明書または納品書により確認する。	実施計画のとおりであること。
	寸法確認	実施計画に記載した部材の寸法および主要寸法（内空）を確認する。	実施計画のとおりであること。
	外観確認※1	外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。
	据付・組立確認※2	部材が図面のとおり据付・組立られていることを立会いまたは記録により確認する。	図面のとおり据付・組立られていること。

※1：現地では実施可能な範囲とし、必要に応じて品質記録を確認する。

また、施工途中に放水トンネル内部に海水を充水することから、現地では実施可能な範囲とする。

※2：放水口は、沿岸から1kmの地点に据え付けられていることを記録（位置情報）により確認する。

表－7－1 確認事項（測定・確認用設備）

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
機能・性能	攪拌運転確認	攪拌機器を起動し、タンク内を攪拌していることを確認する。	攪拌機器運転時にタンク水面に水流が発生していること。 電流値が適正範囲内であること。
機能・性能	通水・流量確認 ^{※1}	循環ポンプを起動し、通水できることを確認する。	ポンプについては、140m ³ /h ^{※2} 以上であること。また、異音、異臭、異常振動等がないこと。 配管については、通水できること。

※1：受入配管は、単品での通水確認、据付前の配管内の異物確認並びに締結部のトルク確認にて異常がないことを確認する。

※2：循環攪拌実証試験の実績より設定。

表－7－2 確認事項（移送設備）

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
機能・性能	緊急遮断確認	入力信号に対して緊急遮断弁が動作することを確認する。	動作信号により、緊急遮断弁が動作すること。
機能・性能	通水・流量確認 ^{※1}	ALPS 処理水移送ポンプを起動し、流量調整弁を動作させ、通水できることを確認する。	設定した流量 ^{※2} で制御出来ていること。 ポンプについては、異音、異臭、異常振動等がないこと。 配管については、通水できること。

※1：ALPS 処理水移送ポンプの運転時に通水が確認できない配管は、単品での通水確認、据付前の配管内の異物確認並びに締結部のトルク確認にて異常がないことを確認する。

※2：ALPS 処理水流量は可変であるため、最大19m³/h以内で設定する。

表-7-3 確認事項（希釈設備，放水設備）

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
機能・性能	通水・流量確認	海水移送ポンプを起動し，通水できることを確認する。	ポンプについては，実施計画に記載した容量以上であること。また，異音，異臭，異常振動等がないこと。 配管，放水立坑（上流水槽），放水設備については，通水できること。

別紙-1 測定・確認用タンクの基本仕様

別紙-2 ALPS 処理水希釈放出設備の漏えい検出装置の設置位置

以上

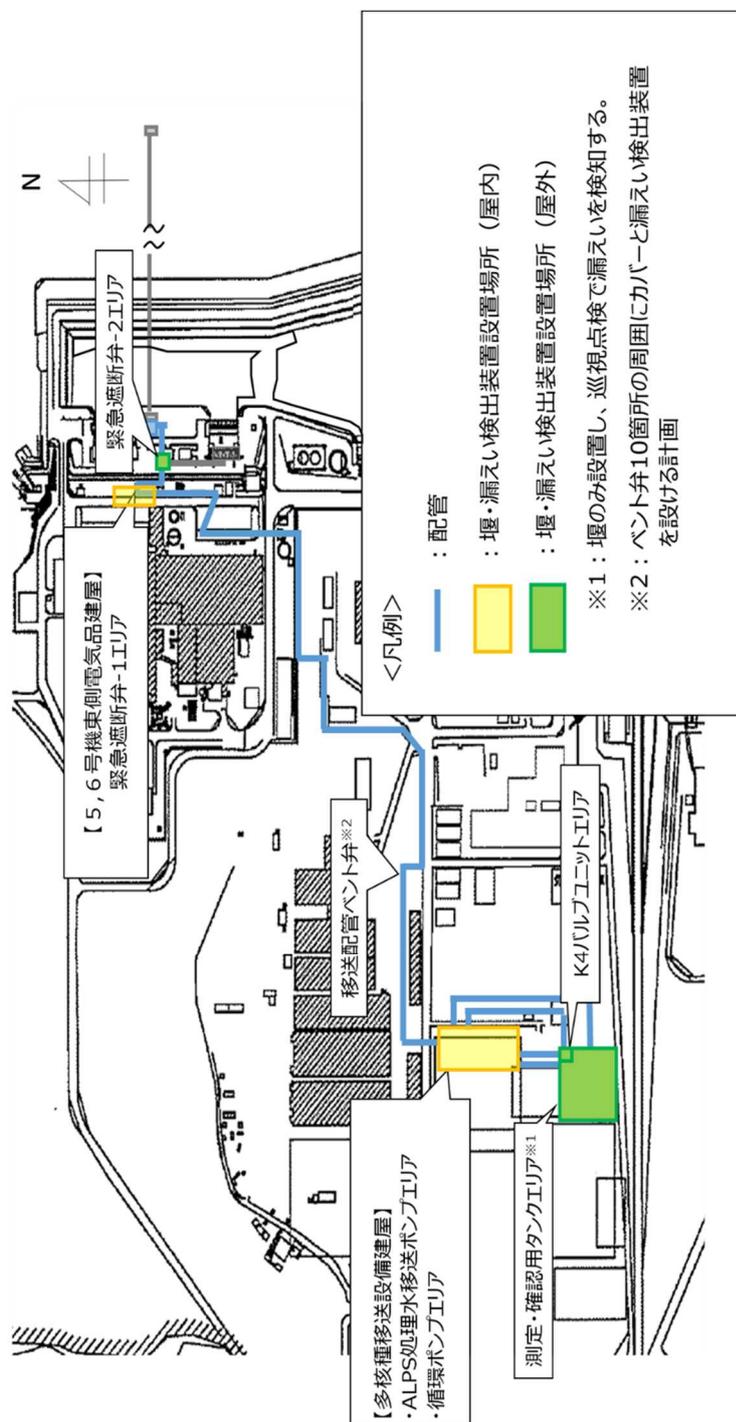
測定・確認用タンクの基本仕様

測定・確認用タンク

タンク容量		m ³	1,000
主要寸法	内 径	mm	10,000
	胴板厚さ	mm	15
	底板厚さ	mm	25
	高 さ	mm	14,565
管台厚さ	100A	mm	8.6
	200A	mm	12.7
	600A	mm	16.0
材料	胴板・底板	—	SS400
	管台	—	STPT410, SS400

	連結管 (耐圧ホース (完成品))	連結弁 (完成品)
呼 び 径	200A 相当	200A 相当
材 質	EPDM 合成ゴム	FCD450-10
最高使用圧力	1.0MPa	1.0MPa
最高使用温度	50℃	50℃

	入口配管 (鋼管)
厚 さ	8.6mm (100A)
材 質	STPT410
最高使用圧力	1.0MPa
最高使用温度	50℃



ALPS 処理水希釈放出設備の漏えい検出装置の設置位置

放水立坑（上流水槽）および放水設備の設計に関する説明書

放水立坑（上流水槽）および放水設備（放水立坑（下流水槽）、放水トンネル、放水口）について、評価を行う。

1. 設計内容

1.1 設計の基本方針

放水立坑（上流水槽）および放水設備は、下記に準拠して評価を行う。

- ・コンクリート標準示方書（設計編；2017 年制定）（公社）土木学会
- ・コンクリート標準示方書（設計編；2012 年制定）（公社）土木学会
- ・コンクリート標準示方書（構造性能照査編；2002 年制定）（公社）土木学会
- ・道路橋示方書・同解説 I 共通編 平成 24 年（公社）日本道路協会
- ・道路橋示方書・同解説 IV 下部構造編 平成 24 年（公社）日本道路協会
- ・道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編 平成 24 年（公社）日本道路協会
- ・共同溝設計指針 1986 年（公社）日本道路協会
- ・水理公式集 2018 年（公社）土木学会
- ・プレキャスト式雨水地下貯留施設技術マニュアル（改訂版；2020 年）（公財）日本下水道新技術機構
- ・エポキシ樹脂塗装鉄筋を用いる鉄筋コンクリートの設計施工指針（改訂版；2013 年）（公社）土木学会
- ・火力・原子力発電所土木構造物の設計（増補改訂版）（一社）電力土木技術協会
- ・トンネル標準示方書〔共通編〕・同解説/〔シールド工法編〕・同解説（2016 年制定）（公社）土木学会
- ・トンネル標準示方書〔開削工法〕・同解説（2016 年制定）（公社）土木学会
- ・港湾の施設の技術上の基準・同解説 2018 年（公社）日本港湾協会
- ・内水圧が作用するトンネル覆工構造設計の手引き（1999 年制定）（財団法人）先端建設技術センター
- ・シールド工事用標準セグメント 土木学会・日本下水道協会共編（2001 年制定）
- ・土木研究所資料 大規模地下構造物の耐震設計法・ガイドライン（案）-平成 4 年 3 月」建設省土木研究所・地震防災部耐震研究所
- ・下水道施設の耐震対策指針と解説-2014 年版（公社）日本下水道協会
- ・下水道施設耐震計算例 処理場・ポンプ場編-2015 年版（公社）日本下水道協会
- ・下水道施設耐震計算例 管路施設編-2015 年版（公社）日本下水道協会

1.2 耐震性の基本方針

放水設備は、ALPS 処理水希釈放出設備の排水（海水で希釈して、トリチウムを含む全ての放射性核種の告示濃度比総和が 1 を下回った水）を取り扱うことを踏まえ、設備等の機能喪失による公衆への放射線影響の程度により、耐震 C クラスと位置付けられる。そのため、耐震 C クラスの設備に要求される地震力に耐えられる設計とする。

2. 設計の方法

2.1 評価条件

2.1.1 使用材料の許容応力度

放水設備に用いる材料のうち、コンクリートは普通コンクリートとし、設計基準強度は24N/mm²、30N/mm²、40N/mm²、42N/mm²とする。鉄筋はSD345とする。

各使用材料の許容応力度を表－1～2に示す。

表－1 コンクリートの許容応力度

設計基準強度	長期		短期	
	圧縮 (N/mm ²)	せん断 (N/mm ²)	圧縮 (N/mm ²)	せん断 (N/mm ²)
24	9.0	0.45	13.5	0.675
30	11.0	0.50	16.5	0.750
40	14.0	0.55	21.0	0.825
42	16.0	0.73	24.0	1.095

表－2 鉄筋の許容応力度

使用材料	長期	短期
	圧縮・引張 (N/mm ²)	圧縮・引張 (N/mm ²)
SD345	200	300

2.1.2 土質定数

設計に用いた土質定数を表－3に示す。

表－3 土質定数

層数	土質	単位体積重量 γ (kN/m ³)	粘着力 C (kN/m ²)	内部摩擦角 ϕ (°)	変形係数 E0 (kN/m ²)
1	盛土	18.0	0	30.0	17,700
2	砂岩	18.4	0	38.6	94,400
3	泥岩	17.1	1,500	0	506,000

2.1.3 地下水位

T. P. +2.5m

2.1.4 単位体積重量

設計に用いた材料の単位体積重量を表-4に示す。

表-4 単位体積重量

材料	単位体積重量 (kN/m ³)
鉄筋コンクリート	24.5
鋼	77.0
地盤	表-3 参照

2.1.5 構造物の環境条件

構造物の環境条件は腐食性環境条件とし、ひび割れ幅の限界値は、構造物に応じて0.035c～0.005c (mm) で設定する。ただし、cは純かぶりを示す。

2.1.6 荷重

設計では、長期および短期荷重を考慮する。

躯体に作用する地震力は、原則として震度法により計算する。

$$P=K \cdot W$$

P：地震力

K：設計水平震度

W：躯体重量

2.2 評価方法

表－5の照査を行うことで、供用期間中の健全性が確保されることを確認している。なお、照査項目は、構造物の使用目的に適合するための要求性能を踏まえて設定している。

表－5 放水立坑（上流水槽）および放水設備の照査項目

照査項目		放水立坑 (上流水槽)	放水立坑 (下流水槽)	放水 トンネル	放水口	照査内容
長期	構造	○	○	○	○	許容応力度以内であること
	構造 (波浪)	-	-	○	○	許容応力度以内であること
	ひび割れ	○	○	○	○	ひび割れ幅が許容ひび割れ幅以下であること
	塩害	○	○	○	○	鋼材位置の塩化物イオン濃度が鋼材腐食発生限界に達しないこと
	浮上がり	○	○	-	○	浮上がりが生じないこと
短期	○	○	○	○	地震に対して許容応力度以内であること	

2.3 評価結果

2.3.1 放水立坑（上流水槽）

放水立坑（上流水槽）の作用応力を許容応力と比較し、作用応力/許容応力の比が最大となる部位の照査結果を表－6に示す。

長期荷重および短期荷重に対して、許容応力度以内であることを確認し、構造を設定している。また、構造物の浮上がりが生じないことを確認している。さらに、鉄筋コンクリート製の躯体に生じるひび割れ幅および塩害の照査を実施し、供用期間中の耐久性が確保されることを確認している。

また、一般土木構造物と同様に、点検長期計画に基づき維持管理する。

表-6 放水立坑（上流水槽）の照査結果

検討部位	荷重 ケース	対象材料	応力	作用応力 (N/mm ²)	許容応力 (N/mm ²)	作用応力/ 許容応力
底版	短期	鉄筋	曲げモーメント	108	300	0.36
側壁	短期	鉄筋	曲げモーメント	117	300	0.39
隔壁	短期	鉄筋	曲げモーメント	177	300	0.59
頂版	長期	コンクリート	せん断力	0.14	0.55	0.26

2.3.2 放水立坑（下流水槽）

放水立坑（下流水槽）の作用応力を許容応力と比較し、作用応力/許容応力の比が最大となる部位の照査結果を表-7に示す。

長期荷重および短期荷重に対して、許容応力度以内であることを確認し、構造を設定している。また、構造物の浮上がりが生じないことを確認している。さらに、鉄筋コンクリート製の躯体に生じるひび割れ幅および塩害の照査を実施し、供用期間中の耐久性が確保されることを確認している。

また、一般土木構造物と同様に、点検長期計画に基づき維持管理する。

表-7 放水立坑（下流水槽）の照査結果

検討部位	荷重 ケース	対象材料	応力	作用応力 (N/mm ²)	許容応力 (N/mm ²)	作用応力/ 許容応力
底版	長期	鉄筋	曲げモーメント	98	200	0.49
側壁	長期	鉄筋	曲げモーメント	148	200	0.74

2.3.3 放水トンネル

放水トンネルの作用応力を許容応力と比較し、作用応力/許容応力の比が最大となる部位の照査結果を表-8に示す。

長期荷重および短期荷重に対して、許容応力度以内であることを確認し、構造を設定している。また、鉄筋コンクリート製の覆工板に生じるひび割れ幅および塩害の照査を実施し、供用期間中の耐久性が確保されることを確認している。

また、一般土木構造物と同様に、点検長期計画に基づき維持管理する。

表-8 放水トンネルの照査結果

検討部位	荷重 ケース	対象材料	応力	作用応力 (N/mm ²)	許容応力 (N/mm ²)	作用応力/ 許容応力
覆工板 (発進部)	長期	鉄筋	曲げモーメント	78	200	0.39
覆工板 (最深部)	長期	鉄筋	曲げモーメント	91	200	0.46

2.3.4 放水口

放水口の作用応力を許容応力と比較し、作用応力/許容応力の比が最大となる部位の照査結果を表-9に示す。

長期荷重および短期荷重に対して、許容応力度以内であることを確認し、構造を設定している。また、構造物の浮上がりが生じないことを確認している。さらに、鉄筋コンクリート製の躯体に生じるひび割れ幅および塩害の照査を実施し、供用期間中の耐久性が確保されることを確認している。

また、一般土木構造物と同様に、点検長期計画に基づき維持管理する。

表-9 放水口の照査結果

検討部位	荷重 ケース	対象材料	応力	作用応力 (N/mm ²)	許容応力 (N/mm ²)	作用応力/ 許容応力
底版	長期	コンクリート	せん断力	0.23	0.50	0.46
側壁	長期	コンクリート	せん断力	0.24	0.50	0.48

別紙-1 耐久性照査に関する説明書

別紙-2 浮上がり照査に関する説明書

別紙-3 放水立坑（上流水槽）および放水設備（放水立坑（下流水槽）、放水トンネル、放水口）に関する概略図

以上

耐久性照査に関する説明書

放水立坑（上流水槽）および放水設備（放水立坑（下流水槽）、放水トンネル、放水口）について、耐久性照査に関する方法および照査結果を示す。

1. 照査方法

1.1 ひび割れ幅

ひび割れに対する照査は、発生曲げひび割れ幅 w が許容曲げひび割れ幅 w_a 以下であることを確認する。照査式を下記に示す。

$$w / w_a \leq 1.0$$

算定式を以下に示す。

$$w = 1.1k_1k_2k_3 \{4c + 0.7(c_s - \phi)\} \left[\frac{\sigma_{se}}{E_s} \left(\text{または} \frac{\sigma_{pe}}{E_p} \right) + \varepsilon'_{csd} \right]$$

w : 曲げひび割れ幅 (mm)

k_1 : 鉄筋の表面形状がひび割れ幅に及ぼす影響を表す係数 (=1.0)

放水立坑（上流水槽）においては、エポキシ樹脂塗装鉄筋を採用するため 1.1

k_2 : コンクリートの品質がひび割れ幅に及ぼす影響を表す係数

$$k_2 = 15 / (f'c + 20) + 0.7$$

$f'c$: コンクリートの圧縮強度 (N/mm²)

k_3 : 引張鉄筋の段数の影響を表す係数

$$k_3 = 5(n+2) / (7n+8)$$

n : 引張鉄筋の段数

c : かぶり (mm) 主鉄筋までのかぶりとする

c_s : 鉄筋の中心間隔 (mm)

ϕ : 引張鉄筋径で、鉄筋の公称径 (mm)

ε'_{csd} : コンクリートの収縮及びクリープ等によるひび割れ幅の増加を考慮するための数値

(鋼材の腐食に対する照査を行う場合、 ε'_{csd} の値は 150×10^{-6} 程度)

σ_{se} : 表面に近い位置にある鉄筋応力度の増加量 (N/mm²)

E_s : 鉄筋のヤング係数 (N/mm²)

1.2 塩害

簡易設計方法により、耐久性の照査を行うこととし、照査の基本的な考え方を以下に示す。

- 与えられた環境条件のもと、塩害の照査を満足するために、かぶりの設計値 C_d と塩化物イオンに対する設計拡散係数 D_d の組合せを適切に設定する。
- 設定した設計拡散係数 D_d 満足させるために、曲げひび割れ幅 w とコンクリートの水セメント比 W/C の組合せを適切に設定する。

なお、準拠基準については、表-1の通りとする。

表-1 設備別準拠基準

設備	準拠基準	備考
放水立坑 (上流水槽)	コンクリート標準示方書（構造性能照査編；2002年制定）	エポキシ樹脂塗装鉄筋を使用するため
放水立坑 (下流水槽)	コンクリート標準示方書（設計編；2017年制定）	
放水トンネル	コンクリート標準示方書（設計編；2017年制定）	
放水口	港湾の施設の技術上の基準・同解説 2018年	

鉄筋位置の塩化物イオン濃度の設計値 C_d を算定し、それが鋼材腐食発生限界濃度 C_{lim} に達していないことを確認する。照査式を下記に示す。

$$\gamma_i \cdot C_d / C_{lim} \leq 1.0$$

γ_i : 構造物係数 (=1.0 とする)

C_d : 鉄筋位置における塩化物イオン濃度の設計用値 (kg/m^3)

C_{lim} : 鉄筋腐食発生限界濃度 (kg/m^3)

塩化物イオン濃度 C_d は次式により算定する。

- 放水立坑（上流水槽）

$$C_d = \gamma_{cl} \cdot \left\{ 1 - \operatorname{erf} \left(0.1 / 2\sqrt{t} \left(c / \sqrt{D_d} + c_{ep} / \sqrt{D_{epd}} \right) \right) \right\}$$

γ_{cl} : C_d のばらつきを考慮した安全係数

D_d : 設計拡散係数

C_{ep} : エポキシ樹脂塗膜厚さの期待値 (mm)

D_{epd} : エポキシ樹脂塗膜内への塩化物イオンの侵入を拡散現象とみなした場合の塩化物イオンに対する見かけの拡散係数の設計用値 ($\text{cm}^2/\text{年}$)。一般に $2.0 \times 10^{-6} \text{cm}^2/\text{年}$ 。

- ・放水立坑（下流水槽），放水トンネル，放水口

$$C_d = \gamma_{cl} \cdot C_0 \cdot \left\{ 1 - \operatorname{erf} \left(\frac{0.1 \cdot C_d}{2 \cdot \sqrt{D_d \cdot t}} \right) \right\} + C_i$$

- γ_{cl} : Cd のばらつきを考慮した安全係数
- C_0 : コンクリート表面における塩化物イオン濃度 (kg/m³)
- D_d : 設計拡散係数

設計拡散係数 D_d は次式で算定する。

- ・放水立坑（上流水槽）

$$D_d = \gamma_c \cdot D_k + \left(\frac{w}{l} \right) \cdot \left(\frac{w}{w_a} \right)^2 \cdot D_0$$

- γ_c : コンクリートの材料係数 (=1.0)
- D_k : コンクリートの塩化物イオンに対する拡散係数特性値 (cm²/年)
- D_0 : コンクリート中の塩化物イオンの移動に及ぼすひび割れの影響を表す係数 (cm²/年) (=200cm²/年)
- w/l : ひび割れ幅とひび割れ間隔の比
- w : ひび割れ幅 (mm)
- w_a : 鋼材の腐食に対するひび割れ幅の限界値 (mm)

- ・放水立坑（下流水槽），放水トンネル，放水口

$$D_d = \gamma_c \cdot D_k + \lambda \cdot \left(\frac{w}{l} \right) \cdot D_0$$

- γ_c : コンクリートの材料係数 (=1.0)
 - D_k : コンクリートの塩化物イオンに対する拡散係数特性値 (cm²/年)
 - D_0 : コンクリート中の塩化物イオンの移動に及ぼすひび割れの影響を表す係数 (cm²/年) (=400cm²/年)
 - w/l : ひび割れ幅とひび割れ間隔の比
 - λ : ひび割れの存在が拡散係数に及ぼすひび割れの影響を表す係数
- かぶりの設計値 c_d は，施工誤差 Δc_e を予め考慮して次式で求める。

$$c_d = c - \Delta c_e$$

- c : 設計図面上のかぶり

コンクリート表面における塩化物イオン濃度 C_0 は、表-2に示す「コンクリート標準示方書」の地域区分と海岸からの距離に基づき設定する。

表-2 コンクリート表面における塩化物イオン濃度 C_0

	飛沫帯	海岸からの距離 (km)					
		汀線付近	0.1	0.25	0.5	1.0	
飛来塩分が多い地域	北海道, 東北, 北陸, 沖縄	13.0	9.0	4.5	3.0	2.0	1.5
飛来塩分が少ない地域	関東, 東海, 近畿, 中国, 四国, 九州		4.5	2.5	2.0	1.5	1.0

放水口については、「港湾の施設の技術上の基準・同解説」の下式に基づき設定する。

$$C_0 = -6.0x + 15.1$$

C_0 : 表面塩化物イオン量 (kg/m^3) で $6.0\text{kg}/\text{m}^3$ を下回らないものとする。

x : 海水面 (H. W. L) から部材下面までの距離 (m)

放水口は、水面下に設置することから、 $C_0 = 15.1 \text{ kg}/\text{m}^3$ とする。

鋼材腐食発生限界濃度 C_{lim} は、水セメント比およびセメントの種類に応じて設定する。普通ポルトランドセメントおよび高炉セメント B 種を適用し、 C_{lim} は下式により求める。

- ・普通ポルトランドセメント

放水立坑 (上流水槽) $C_{lim} = 1.2$

放水立坑 (下流水槽) $C_{lim} = -3.0(W/C) + 3.4$

- ・高炉セメント B 種 (放水トンネル)

$$C_{lim} = -2.6(W/C) + 3.1$$

放水口は、「港湾の施設の技術上の基準・同解説」に基づき、 $C_{lim} = 2.0\text{kg}/\text{m}^3$ とする。

コンクリートの塩化物イオンに対する拡散係数 D_k は、水セメント比およびセメントの種類に応じて見かけの拡散係数との予測式より求める。普通ポルトランドセメントおよび高炉セメント B 種を適用し、 D_k は下式により求める。

- ・普通ポルトランドセメント

放水立坑 (上流水槽) $\log_{10} D_k = -3.9(W/C)^2 + 7.2(W/C) - 2.5$

放水立坑 (下流水槽) $\log_{10} D_k = 3.0(W/C) - 1.8$

- ・高炉セメント B 種

$$\log_{10} D_k = 2.5(W/C) - 1.8$$

耐久性照査に用いる設計条件は表－3の値を用いる。

表－3 耐久性照査に用いる設計条件

		放水立坑 (上流水槽)	放水立坑 (下流水槽)	放水 トンネル	放水口
耐用年数	(年)	30			
セメント種類	-	普通ポルトラン セメント	普通ポルトラン セメント	高炉セメン トB種	高炉セメ ントB種
表面 塩化物イオン	C_0 (kg/m ³)	13.0	13.0	9.0	15.1
腐食発生限界 濃度	C_{lim} (kg/m ³)	1.20	1.84	2.19	2.00
拡散係数	D_k (cm ² /年)	0.69	0.58	0.05	0.28
水セメント比	W/C	0.42	0.52	0.35	0.50

2. 照査結果

2.1 ひび割れ幅

2.1.1 放水立坑（上流水槽）

放水立坑（上流水槽）の発生曲げひび割れ幅を許容曲げひび割れ幅と比較し、発生曲げひび割れ幅/許容曲げひび割れ幅の比が最大となる部位の照査結果を表－4に示す。

表－4 放水立坑（上流水槽）の照査結果

検討部位	発生曲げひび割れ幅 (mm)	許容曲げひび割れ幅 (mm)	発生曲げひび割れ幅/ 許容曲げひび割れ幅
底版	0.19	0.27	0.70
側壁	0.20	0.27	0.74
隔壁	0.06	0.27	0.22
頂版	0.04	0.15	0.27

2.1.2 放水立坑（下流水槽）

放水立坑（下流水槽）の発生曲げひび割れ幅を許容曲げひび割れ幅と比較し、発生曲げひび割れ幅/許容曲げひび割れ幅の比が最大となる部位の照査結果を表－5に示す。

表－5 放水立坑（下流水槽）の照査結果

検討部位	発生曲げひび割れ幅 (mm)	許容曲げひび割れ幅 (mm)	発生曲げひび割れ幅/ 許容曲げひび割れ幅
底版	0.34	0.50	0.68
側壁	0.39	0.50	0.78

2.1.3 放水トンネル

放水トンネルの発生曲げひび割れ幅を許容曲げひび割れ幅と比較し、発生曲げひび割れ幅/許容曲げひび割れ幅の比が最大となる部位の照査結果を表－6に示す。

表－6 放水トンネルの照査結果

検討部位	発生曲げひび割れ幅 (mm)	許容曲げひび割れ幅 (mm)	発生曲げひび割れ幅/ 許容曲げひび割れ幅
覆工板 (発進部)	0.14	0.18	0.76
覆工板 (最深部)	0.15	0.18	0.84

2.1.4 放水口

放水口の発生曲げひび割れ幅を許容曲げひび割れ幅と比較し、発生曲げひび割れ幅/許容曲げひび割れ幅の比が最大となる部位の照査結果を表－7に示す。

表－7 放水口の照査結果

検討部位	発生曲げひび割れ幅 (mm)	許容曲げひび割れ幅 (mm)	発生曲げひび割れ幅/ 許容曲げひび割れ幅
底版	0.26	0.40	0.66
側壁	0.30	0.40	0.76

2.2 塩害

2.2.1 放水立坑（上流水槽）

放水立坑（上流水槽）の鉄筋位置における塩化物イオン濃度を鉄筋腐食発生限界濃度と比較し、鉄筋位置における塩化物イオン濃度/鉄筋腐食発生限界濃度の比が最大となる部位の照査結果を表－8に示す。

表－8 放水立坑（上流水槽）の照査結果

検討部位	鉄筋位置における塩化物イオン濃度 (kg/m ³)	鉄筋腐食発生限界濃度 (kg/m ³)	鉄筋位置における塩化物イオン濃度/鉄筋腐食発生限界濃度
底版	0.06	1.20	0.05
側壁	0.06	1.20	0.05
隔壁	0.04	1.20	0.03
頂版	0.16	1.20	0.13

2.2.2 放水立坑（下流水槽）

放水立坑（下流水槽）の鉄筋位置における塩化物イオン濃度を鉄筋腐食発生限界濃度と比較し、鉄筋位置における塩化物イオン濃度/鉄筋腐食発生限界濃度の比が最大となる部位の照査結果を表－9に示す。

表－9 放水立坑（下流水槽）の照査結果

検討部位	鉄筋位置における塩化物イオン濃度 (kg/m ³)	鉄筋腐食発生限界濃度 (kg/m ³)	鉄筋位置における塩化物イオン濃度/鉄筋腐食発生限界濃度
底版	0.94	1.84	0.51
側壁	1.66	1.84	0.90

2.2.3 放水トンネル

検討により求められた放水トンネルにおける塩化物イオン濃度を鉄筋腐食発生限界濃度と比較し、鉄筋位置における塩化物イオン濃度/鉄筋腐食発生限界濃度の比が最大となる部位の照査結果を表-10に示す。

表-10 放水トンネルの照査結果

検討部位	鉄筋位置における塩化物イオン濃度 (kg/m ³)	鉄筋腐食発生限界濃度 (kg/m ³)	鉄筋位置における塩化物イオン濃度/鉄筋腐食発生限界濃度
覆工板 (放水立坑部)	1.81	2.19	0.83
覆工板 (最深部)	2.02	2.19	0.92

2.2.4 放水口

検討により求められた放水口における塩化物イオン濃度を鉄筋腐食発生限界濃度と比較し、鉄筋位置における塩化物イオン濃度/鉄筋腐食発生限界濃度の比が最大となる部位の照査結果を表-11に示す。

表-11 放水口の照査結果

検討部位	鉄筋位置における塩化物イオン濃度 (kg/m ³)	鉄筋腐食発生限界濃度 (kg/m ³)	鉄筋位置における塩化物イオン濃度/鉄筋腐食発生限界濃度
底版	1.93	2.00	0.97
側壁	1.95	2.00	0.98

以上

浮上がり照査に関する説明書

放水立坑（上流水槽）および放水設備（放水立坑（下流水槽）、放水口）について、浮上がり照査に関する方法および照査結果を示す。

1. 照査方法

1.1 算定式

浮上がりの検討について、以下の式にて行う。

$$F_s = W/U$$

$$U = V_w \cdot \gamma_w$$

U : 浮力 (kN)

W : 鉛直荷重 (kN)

V_w : 地下水位以下の容積 (m³)

γ_w : 水(海水) の単位体積重量 (kN/m³)

1.2 検討条件

浮上がりに対する安全率を表－１に示す。

表－１ 浮上がりに対する安全率

水槽内荷重条件 (海水荷重)	供用時
浮上がり安全率	1.20

2. 照査結果

2.1 放水立坑（上流水槽）

放水立坑（上流水槽）の浮上りの照査結果について、計算値がより厳しい条件での照査結果を表－2に示す。

表－2 放水立坑（上流水槽）の浮上りに対する照査結果

	常時
計算値	1.48
浮上り安全率	1.20

2.2 放水立坑（下流水槽）

放水立坑（下流水槽）の浮上りの照査結果について、計算値がより厳しい条件での照査結果を表－3に示す。

表－3 放水立坑（下流水槽）の浮上りに対する照査結果

	常時
計算値	1.68
浮上り安全率	1.20

2.3 放水口

放水口の浮上りの照査結果について、計算値がより厳しい条件での照査結果を表－4に示す。

表－4 放水口の浮上りに対する照査結果

	波浪時
計算値	1.99
浮上り安全率	1.20

以上

放水立坑（上流水槽）および放水設備（放水立坑（下流水槽），放水トンネル，放水口）
に関する概略図

放水立坑（上流水槽）および放水設備（放水立坑（下流水槽），放水トンネル，放水口）
に関する概略図を示す。

1. 放水立坑（上流水槽）

放水立坑（上流水槽）の寸法，据付・組立に関する概略図を図-1～3に示す。

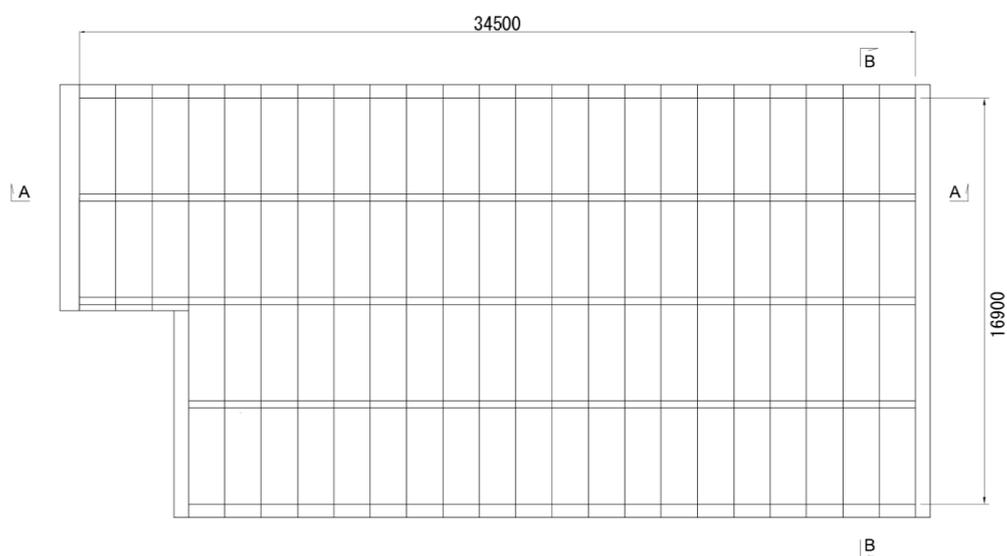


図-1 放水立坑（上流水槽）平面図

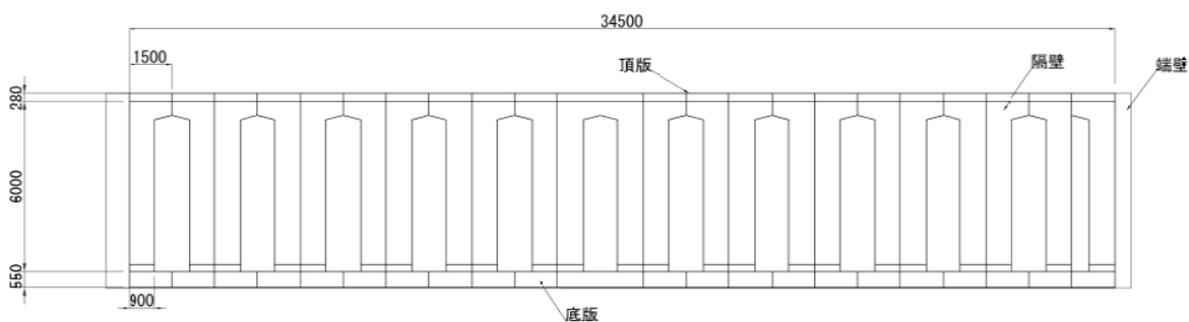
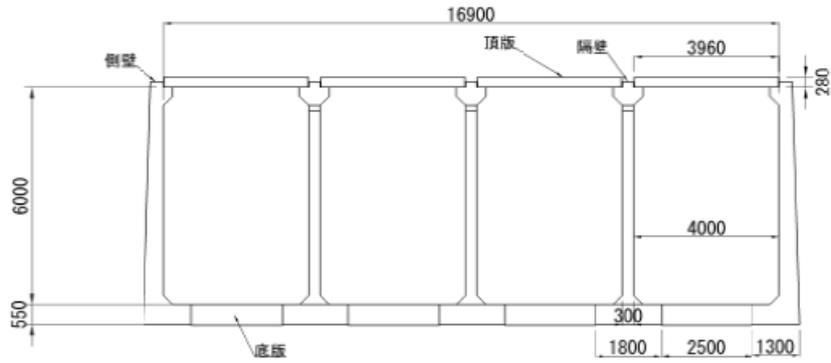


図-2 A-A 断面図

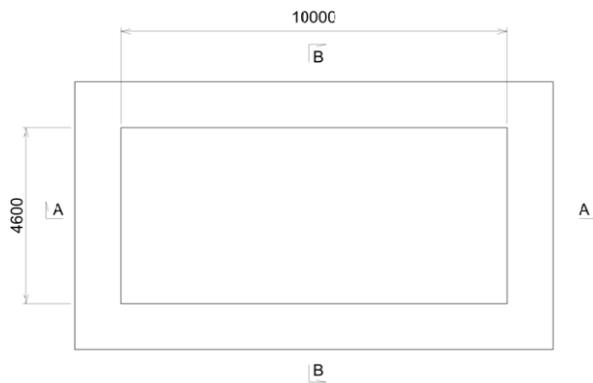


図－3 B-B 断面図

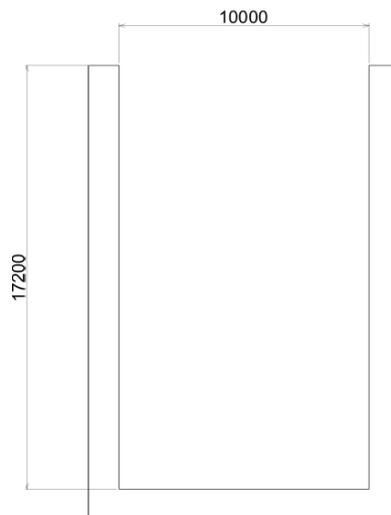
2. 放水設備

2.1 放水立坑（下流水槽）

放水立坑（下流水槽）の寸法に関する概略図を図－4～6に示す。



図－4 放水立坑（下流水槽）平面図



図－5 A-A 断面図

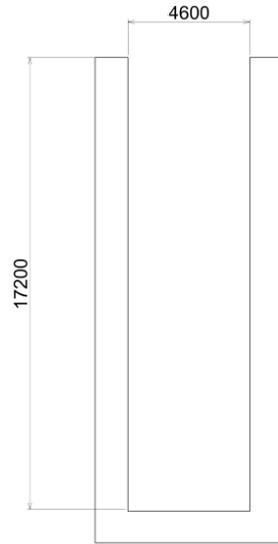


図-6 B-B断面図

2.2 放水トンネル

放水トンネルの寸法，据付・組立に関する概略図を図-7～9に示す。

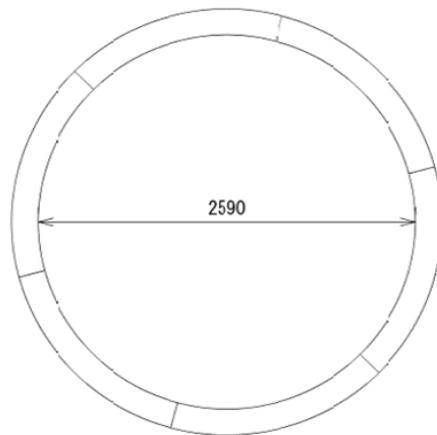


図-7 放水トンネル断面図

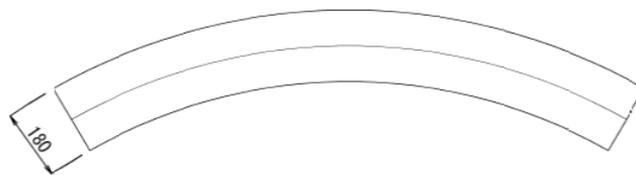


図-8 セグメント標準断面図（円周方向）

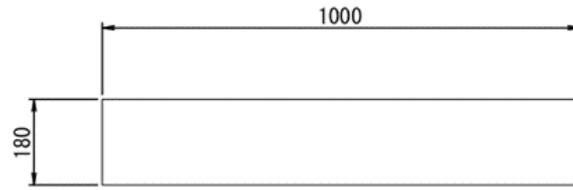


図-9 セグメント標準断面図（延長方向）

2.3 放水口

放水口の寸法に関する概略図を図-10～12に示す。

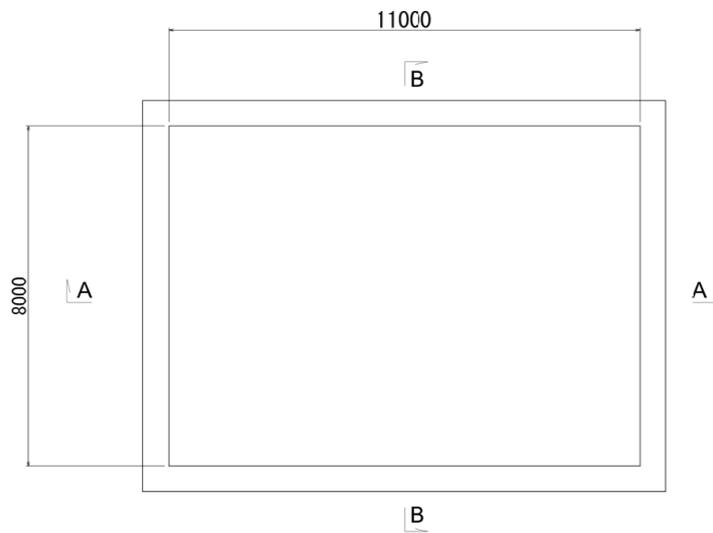


図-10 放水口平面図

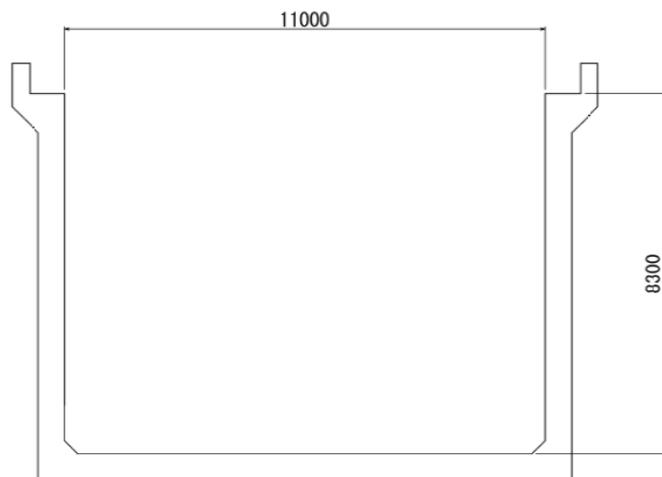


図-11 A-A断面図

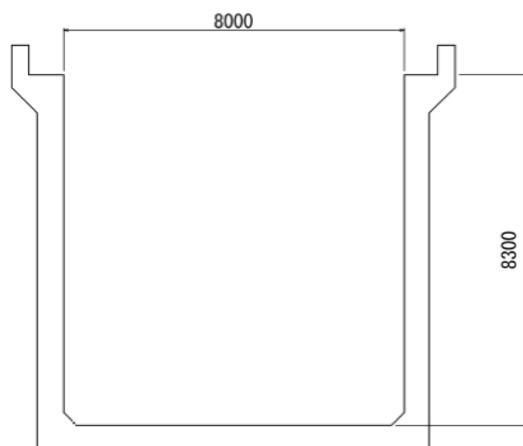


图-12 B-B 断面图

以上

検査可能性に関する考慮事項

設備の設置にあたっては、今後の保全を考慮した設計とする。設備保全の管理については、点検長期計画を作成し、点検計画に基づき、点検を実施していく。

今回設置する機器は使用前検査対象に合わせて、代表的な機器の点検に対する考慮は以下の通りとなる。

(1) ALPS 処理水希釈放出設備

a. タンク

- ・ 外観・内部点検

点検のために、タンクの天板および側面部に点検口を設置しており内部の点検が実施可能な設計とする。

b. 配管

- ・ 外観・フランジ点検

フランジ（シール）部のガスケット交換等の点検が実施可能な設計とする。

c. 流量計

- ・ 性能校正確認

基準入力値に対して出力値を確認し、計器誤差を逸脱しないよう校正が実施可能な設計とする。

d. 緊急遮断弁（ロジック回路含む）

- ・ 緊急遮断確認

入力信号に対して緊急遮断弁の動作信号が作動することの確認が可能な設計とする。

- ・ 取替・作動点検

弁本体を取替可能な設計とする。

e. 海水配管ヘッダ

- ・ 点検用のマンホールを設置することで、内部の点検が実施可能な設計とする。

f. ポンプ，弁

- ・ 外観・分解点検，取替，機能確認

分解点検や，取替が可能な設計とする。

g. 放水立坑（上流水槽）

- ・ 外観・内部点検

放水立坑（上流水槽）に点検口を設置し、内部の点検が実施可能な設計とする。

なお、下記条件に該当する海水移送ポンプ、オリフィス型流量計等の機器について予備品を確保する。

- ・ 日本海溝津波により浸水する配管を除く機器
- ・ 予備系列/予備機を持たない機器のうち、本設備の運転に必須であるもの
- ・ 納期が半年以上かかるもの

(2) 放水設備

a. 放水立坑（下流水槽）、放水トンネル、放水口

- ・ 外観・内部点検

放水立坑（下流水槽）または放水口から内部の点検が実施可能な設計とする。

- ・ 要求機能確認

放水立坑（下流水槽）、放水トンネル、放水口は一体の構造物として海水で充水され、外洋の潮位と連動する構造を採用している。これらを踏まえ、放水立坑（下流水槽）において、有意な水位変動がないことを確認し、要求される機能を満足することを確認できる設計とする。

以上

3 放射線管理に係る補足説明

3.1 放射線防護及び管理

3.1.1 放射線防護

3.1.1.1 概要

地震、津波、水素爆発に伴い、1～4号機原子炉建屋、タービン建屋、廃棄物処理建屋、廃棄物集中処理建屋及び使用済燃料輸送容器保管建屋については管理区域境界であった建屋の壁が損壊した。5、6号機原子炉建屋、タービン建屋、廃棄物処理建屋及び運用補助共用施設については、損壊の程度は少ないものの、管理区域出入口などが損壊状態にある。また、大規模な放射性物質の放出による放射線レベルの上昇により、従来、放射性物質によって汚染された物の表面の放射性物質の密度及び空気中の放射性物質濃度が管理区域に係る値を超えるおそれのない区域であった固体廃棄物貯蔵庫を含め、周辺監視区域全体が、外部放射線に係る線量、空気中の放射性物質濃度、又は放射性物質によって汚染された物の表面の放射性物質密度について、管理区域に係る値を超えている。これらのことから、現状、周辺監視区域全体を管理区域と同等の管理を要するエリアとして管理対象区域に設定する。このため、従来の区域を限定して遮へい設備や換気空調系を用いて行ってきた放射線防護を同様に行うことは難しい状況となっている。また、これら発電所敷地に飛散した放射性物質については、作業環境の改善及びさらなる汚染拡大防止のため収集・保管を進めているところである。

免震重要棟においては、放射線業務従事者等が常時滞在することを考慮し、遮へい設備を設置する等して線量を低減し、また換気空調系を設置する等により、非管理区域又は放射性物質によって汚染された物の放射性物質の密度及び空気中の放射性物質濃度が法令に定める管理区域に係る値を超えるおそれのない区域として管理する。なお、飲食及び喫煙を可能とするために設ける区域においても換気空調系を設置する等により、放射性物質によって汚染された物の放射性物質の密度及び空気中の放射性物質濃度が法令に定める管理区域に係る値を超えるおそれのない区域として管理する。

以上を踏まえて、発電所周辺の一般公衆及び放射線業務従事者等の線量を低減すべく以下のとおり放射線防護の措置を行う。

発電所敷地に飛散した放射性物質については、さらなる汚染の拡大を防止すべく継続して放射性物質に汚染された瓦礫等の収集・保管を行うとともに、それらの線源に対して適切な遮へい設備の設置を検討していく。

また、現状の管理対象区域について、放射線業務従事者の滞在時間等を考慮して、エリアの区画や換気空調系の設置により、放射性物質によって汚染された物の放射性物質の密度及び空気中の放射性物質濃度が法令に定める管理区域に係る値を超えるおそれのない区域等とするよう措置を行う。

3.1.1.2 基本方針

放射線防護は、以下の基本方針に基づき措置する。

- ①遮へい設備，換気空調系等により発電所周辺の一般公衆及び放射線業務従事者等の線量を低減すること
- ②今後の復旧作業において異常時も含め放射線業務従事者が所要の対応を行えること

3.1.1.3 具体的方法

(1) 全般

a. 周辺の放射線防護

原子炉施設からの直接線及びスカイシャイン線による空気カーマについては、敷地境界で原子炉施設からの放射性物質の追加放出による線量と合算した線量が年間 1mSv を上回っている。よって、上記の線量が年間 1mSv を下回るようにするべく、遮へい設備等の措置を行う。

b. 放射線業務従事者等の放射線防護

発電所の事故対応等の業務において放射線防護設備は、放射線業務従事者が受ける線量等が「東京電力株式会社福島第一原子力発電所原子炉施設の保安及び特定核燃料物質の防護に関して必要な事項を定める告示」に定められた限度を超えないようにすることはもちろん、放射線業務従事者等の立入場所における線量を合理的に達成できる限り低くするように、放射線業務従事者等の作業性等を考慮して、遮へい，機器の配置，遠隔操作，放射性物質の漏えい防止，換気等，所要の放射線防護上の措置を講じる。

c. 異常時の放射線業務従事者の放射線防護

異常時においても放射線業務従事者が必要な操作を行うことができるように、放射線防護上の措置を講じる。

(2) 中央制御室及び免震重要棟

1～4 号機の中央制御室については、水素爆発等の影響により汚染し、また線量が比較的高く常時滞在することが好ましくない状況であることから、現在は必要最小限のパラメータの監視を行うべく、一定の頻度で立入している状況である。代わってプラント状態の監視等の作業を免震重要棟で行う。

よって、免震重要棟では放射線業務従事者等が常時滞在していることから、被ばく低減のため、免震重要棟に遮へい等の措置を講じる。

なお、5 号及び 6 号機の中央制御室については、既設の遮へい設計は維持されているものとするが、換気については、放射性物質によって汚染された物の放射性物質の密度及び空気中の放射性物質濃度が法令に定める管理区域に係る値を超えるおそれのない区域とし

て設定できるよう、既設の換気空調設備に加え、「3.1.2.3 発電所における放射線管理」に示す汚染のおそれのない管理対象区域としての措置を行う。

(3) 遮へい設備

遮へい設備については従前より設置している原子炉遮へい壁等のうち1号、3号及び4号機について水素爆発の影響により二次遮へい壁が損壊する等、既存設備の機能の一部が喪失している。今後、建屋内線源からの線量を低減すべく、機能確認・復旧を行うが、これらの遮へい壁が設置されている箇所雰囲気線量が高いこと等から、作業エリアの線量率及び滞在時間を考慮し、必要に応じて一時的遮へいを用いる。また、事故対応等の業務において稼働している高レベル放射性汚染水処理設備及び全域が汚染した発電所敷地内から収集・保管された瓦礫等を貯蔵する施設からの線量が比較的高い状況となっている。さらに、1号、3号及び4号機の使用済燃料の取扱設備については、水素爆発等により設備が損傷していると考えられる。

なお、2号、5号及び6号機の設備や固体廃棄物貯蔵庫等の共用設備については、従前の遮へい設計が維持されているものと考えている。

以上を踏まえ、既存設備、高レベル放射性汚染水処理設備及び瓦礫等を貯蔵する施設からの発電所周辺の一般公衆及び放射線業務従事者等の線量を低減すべく、必要に応じて既存の遮へい設備を復旧するか新たに設置する。

また、遮へい設備の有無に関わらず、管理対象区域内の管理として、放射線レベルの高い場所や放射線レベルが確認されていない場所については、放射線業務従事者に当該場所を周知し、特に放射線レベルが高い場所においては、必要に応じてロープ等により人の立入制限の措置を行う。また、作業管理として、放射線業務従事者の線量を合理的に達成できる限り低減すべく、必要に応じて一時的遮へいを用い、作業環境の改善に努める。1号、3号及び4号機の二次遮へい壁の損壊箇所についても、当面の復旧が困難であるため同様の措置を行う。

なお、免震重要棟においては、放射線業務従事者等が常時滞在していることから、被ばく低減のため、遮へいを行う。

(4) 換気空調系

既設建屋内の換気空調系は現在機能していないが、建屋内への入域の頻度及びエリアが限られていることから、現状は、換気空調系であらかじめ建屋内の空気中の放射性物質濃度を低減する代わりに放射線防護具装備を活用することにより、建屋内の空気中に浮遊している放射性物質の取り込みや壁面に付着している放射性物質の身体への付着を低減する。また、地震発生以降で新たに設置する建屋内についても同様の措置を講じる。

なお、5,6号機の原子炉建屋及びサービス建屋と共用プール建屋については、建屋換気系が運転しており、換気が行われている状況にある。

今後、既設建屋及び地震発生以降に新たに設置する建屋においては、建屋内への入域の頻度の多さ、入域するエリアの拡大度合い及び建屋内の放射性物質によって汚染された物の放射性物質の密度及び空気中の放射性物質濃度の状況を考慮して、必要に応じて上記の管理的手段から換気空調系による屋内雰囲気管理に移行できるよう検討をすすめる。

また、今後設置する建屋についても、既設建屋と同様に入域の頻度の多さ等を考慮し、上記の管理的手段もしくは換気空調系による屋内雰囲気管理を行う設計とする。

なお、既存の換気空調系の復旧を行う場合は、ベント時に系統内に付着するなどした放射性物質の新たな放出を低減する措置を講じる。

免震重要棟並びに飲食及び喫煙を可能とするために設ける区域においては、換気空調により、放射性物質によって汚染された物の放射性物質の密度及び空気中の放射性物質濃度が法令に定める管理区域に係る値を超えるおそれのない区域として設定できるよう措置を行う。

なお、各換気空調系のフィルタは、点検及び交換することができる設計とする。

(5) その他の放射線防護措置

a. 機器の配置

放射線レベルの高い区域は、原則として区画するとともにその入口には迷路又は遮へい扉を設ける。なお、これらの措置を行うことが難しい場合は、当該区域を周知する等により不要に近づかないような措置を講じる。

また、操作頻度の高い制御盤等は、低放射線区域に配置する。

b. 遠隔操作

地震発生以降、発電所敷地全域で通常時に比べ高い放射線レベルが測定されているが、その中でも特に放射線レベルの高い1～3号機の原子炉建屋周辺等については、特に不必要な被ばくを防止する必要がある。よって、そのような放射線レベルが高い区域での作業に当たっては、必要に応じて放射線源の低減に努めることはもちろんのことロボットの活用、操作等の遠隔化により不必要な放射線被ばくを防止する措置を講じる。

c. 放射性物質の漏えい防止

現状、原子炉冷却材が原子炉圧力容器から漏えいしており、原子炉建屋等に滞留している状況であるが、これらの汚染水を処理するとともに原子炉注水する系統においては系外へ漏えいしにくくなるよう措置を講じる。

今後、その他の既存設備の復旧、若しくは新規設備の設置にあたっては放射性物質の漏えいを防止する設計とする。

d. 汚染拡大の防止

地震発生以降，発電所敷地は外部放射線に係る線量，空気中の放射性物質濃度，又は放射性物質によって汚染された物の表面の放射性物質密度について，管理区域に係る値を超えており，そのうち免震重要棟並びに飲食及び喫煙を可能とするために設ける区域といった放射性物質によって汚染された物の放射性物質の密度及び空気中の放射性物質濃度が法令に定める管理区域に係る値を超えるおそれのない区域については，立ち入り者の身体及び衣服，履物等身体に着用している物並びにその持ち出そうとする物品（その物品を容器に入れ又は包装した場合には，その容器又は包装）の表面の放射性物質の密度について表面汚染測定等により測定場所のバックグラウンド値を超えないようにしている。

今後とも，放射性物質によって汚染された物の放射性物質の密度及び空気中の放射性物質濃度が法令に定める管理区域に係る値を超えるおそれのない区域については，上記の通りスクリーニングを行うことで，汚染拡大防止の措置を講じる。

また，発電所敷地に飛散した放射性物質については，作業環境の改善及びさらなる汚染拡大防止のため収集・保管を進めているところである。

これら発電所敷地に飛散した放射性物質については，さらなる汚染の拡大を防止するべく継続して放射性物質に汚染された瓦礫等の収集・保管の措置を講じる。

3.1.2 放射線管理

3.1.2.1 概要

地震、津波、水素爆発に伴い、1～4号機原子炉建屋、タービン建屋、廃棄物処理建屋、廃棄物集中処理建屋及び使用済燃料輸送容器保管建屋については管理区域境界であった建屋の壁が損壊した。5、6号機原子炉建屋、タービン建屋、廃棄物処理建屋及び運用補助共用施設については、損壊の程度は少ないものの、管理区域出入口などが損壊状態にある。このため、これらの管理区域境界については、区画物による区画・放射線等の危険性に応じた立入制限等が行うことができない状況にある。

また、大規模な放射性物質の放出による放射線レベルの上昇により、従来、放射性物質によって汚染された物の表面の放射性物質の密度及び空気中の放射性物質濃度が管理区域に係る値を超えるおそれのない区域であった固体廃棄物貯蔵庫を含め、周辺監視区域全体が、外部線量に係る線量、空気中放射性物質の濃度、又は放射性物質によって汚染された物の表面の放射性物質の密度について、管理区域に係る値を超えている。このため、管理区域から人が退去し、又は物品を持ち出そうとする場合に、その者の身体及び衣服、履物等身体に着用している物並びにその持ち出そうとする物品（その物品を容器に入れ又は包装した場合には、その容器又は包装）の表面の放射性物質の密度が管理区域に係る値を超えていないことの確認ができない状況にある。

これらのことから、現状、周辺監視区域全体を管理区域と同等の管理を要するエリアとして管理対象区域を設定している。管理対象区域では、周辺監視区域と同一のさく等の区画物によって区画するほか周辺監視区域と同一の標識を設けることによって明らかに他の場所と区別し、かつ、放射線等の危険性の程度に応じて、人の立入制限等の措置を講じている。また、管理対象区域から人が退去し、又は物品を持ち出そうとする場合の表面汚染検査は、管理対象区域の境界に出入管理設備を設けて、原子力災害対策本部が定める警戒区域からのスクリーニングレベル（平成23年9月16日付・原子力非常災害対策本部長通知及び最新の通知、以下「スクリーニングレベル」という。具体的には40Bq/cm²（13,000cpm相当）である。）を超えないことを確認している。なお、管理対象区域に立ち入る者は放射線業務従事者と一時立入者とする。個人被ばく管理については、放射線業務従事者が管理対象区域で作業を行う場合には、放射線測定器を着用させ、外部被ばくによる線量当量の評価を行っている。また、内部被ばくについては、原則としてホールボディカウンタによる体外計測法などで定期的及び必要の都度、評価を行っている。

管理対象区域のうち管理区域については、現状の放射線レベルに応じて再区分するとともに、今後、立入制限等必要な措置を順次講じていく。管理対象区域のうち管理区域を除く区域については、放射線レベルを低下していくためには、長い期間を要することから、今後、管理対象区域内の除染等を検討し、実施する。詳細は、「3.1.3 敷地内に飛散した放射性物質の拡散防止及び除染」参照。

3.1.2.2 基本方針

- ① 現存被ばく状況において、放射線被ばくを合理的に達成できる限り低減する方針で、今後、新たに設備を設置する場合には、遮へい設備、換気空調設備、放射線管理設備及び放射性廃棄物廃棄施設を設計し、運用する。また、事故後、設置した設備においても、放射線被ばくを合理的に達成できる限り低減する方針で、必要な設備の改良を図る。
- ② 放射線被ばくを合理的に達成できる限り低くするために、周辺監視区域全体を管理対象区域として設定して、立入りの制限を行い、外部放射線に係る線量、空気中もしくは水中の放射性物質の濃度及び床等の表面の放射性物質の密度を監視して、その結果を管理対象区域内の諸管理に反映するとともに必要な情報を免震重要棟や出入管理箇所等で確認できるようにし、作業環境の整備に努める。
- ③ 放射線業務に限らず業務上管理対象区域に立ち入る作業者を放射線業務従事者とし、被ばく歴を把握し、常に線量を測定評価し、線量の低減に努める。また、放射線業務従事者を除く者であって、放射線業務従事者の随行により管理対象区域に立ち入る者等を一時立入者とする。
さらに、各個人については、定期的に健康診断を行って常に身体的状態を把握する。
- ④ 周辺監視区域を設定して、この区域内に人の居住を禁止し、境界に柵または標識を設ける等の方法によって人の立入を制限する。
- ⑤ 原子炉施設の保全のために、管理区域を除く場所であって特に管理を必要とする区域を保全区域に設定して、立入りの制限等を行う。
- ⑥ 核燃料物質によって汚染された物の運搬にあたっては、放射線業務従事者の防護及び発電所敷地外への汚染拡大抑制に努める。

3.1.2.3 発電所における放射線管理

(1) 管理対象区域、管理区域、保全区域及び周辺監視区域

a. 管理対象区域

周辺監視区域全体が外部線量に係る線量、空気中放射性物質の濃度、又は放射性物質によって汚染された物の表面の放射性物質の密度について、管理区域に係る値を超えるか、又は、そのおそれがあるため、管理区域と同等の管理を要するエリアとして管理対象区域を設定する。管理対象区域は、管理区域と管理区域を除く区域に分けられる。

管理対象区域のうち管理区域を除く区域については、外部線量に係る線量、空気中放射性物質の濃度、又は放射性物質によって汚染された物の表面の放射性物質の密度について、管理区域に係る値を下回るよう、必要の都度、遮へいにより線量当量率を下げ、又は除染により線量当量率及び表面汚染密度を下げていく。

b. 管理区域

外部線量に係る線量，空气中放射性物質の濃度，又は放射性物質によって汚染された物の表面の放射性物質の密度について，管理区域に係る値を超えるか，又は，そのおそれのある区域である。

管理区域境界の大物搬出入口などが開放状態にあることや管理区域境界においても放射線レベルが高いことから，管理区域に求められる管理区域内の管理，物品の出入管理ができていないが，今後，順次，修復し，管理区域に求められる要件を満足するようにする。また，管理対象区域のうち管理区域を除く場所において，除染等を行っても管理区域に係る値を下回るようにすることが困難な場合には，管理区域に求められる措置を適切に講じた上で管理区域を設定する。

c. 保全区域

「実用発電用原子炉の設置，運転等に関する規則」（第1条）に基づき，原子炉施設の保全のために特に管理を必要とする区域であって，管理区域を除く区域を保全区域とする。

d. 周辺監視区域

外部放射線に係る線量，空気中もしくは水中の放射性物質濃度が，「核原料物質又は核燃料物質の製錬の事業に関する規則等の規定に基づく線量限度等を定める告示」，「東京電力株式会社福島第一原子力発電所原子炉施設の保安及び特定核燃料物質の防護に関して必要な事項を定める告示」に定められた値を超えるおそれのある区域が周辺監視区域であるが，放出により沈着した放射性物質が広域に広がってしまっており，周辺監視区域を線量限度に基づき設定することが困難であるため，管理上の便宜も考慮して図3. 1-1に示すように周辺監視区域を設定する。

(2) 管理対象区域内の管理

管理対象区域については，次の措置を講じる。

- ① 管理対象区域は当面の間，周辺監視区域と同一にすることにより，さく等の区画物によって区画するほか周辺監視区域と同一の標識等を設けることによって明らかに他の場所と区別し，かつ，放射線等の危険性の程度に応じて，人の立入制限等を行う。

管理対象区域内の線量測定結果を放射線業務従事者の見やすい場所に掲示する等の方法によって，管理対象区域に立ち入る放射線業務従事者に放射線レベルの高い場所や放射線レベルが確認されていない場所を周知する。特に放射線レベルが高い場所においては，必要に応じてロープ等により人の立入制限を行う。

- ② 放射性物質を経口摂取するおそれのある場所での飲食及び喫煙を禁止する。ただし，

飲食及び喫煙を可能とするために、放射性物質によって汚染された物の表面の放射性物質の密度及び空気中の放射性物質濃度が、法令に定める管理区域に係る値を超えるおそれのない区域を設ける。なお、設定後は、定期的な測定を行い、この区域内において、法令に定める管理区域に係る値を超えるような予期しない汚染を床又は壁等に発見した場合等、汚染拡大防止のための放射線防護上必要な措置等を行うことにより、放射性物質の経口摂取を防止する。

- ③ 管理対象区域全体にわたって放射線のレベル及び作業内容に応じた保護衣類や放射線防護具類を着用させる。
- ④ 管理対象区域から人が退去し、又は物品を持ち出そうとする場合には、その者の身体及び衣服、履物等身体に着用している物並びにその持ち出そうとする物品（その物品を容器に入れ又は包装した場合には、その容器又は包装）の表面の放射性物質の密度についてスクリーニングレベルを超えないようにする。管理対象区域内において汚染された物の放射性物質の密度及び空気中の放射性物質濃度が法令に定める管理区域に係る値を超えるおそれのない区域に人が立ち入り、又は物品を持ち込もうとする場合は、その者の身体及び衣服、履物等身体に着用している物並びにその持ち出そうとする物品（その物品を容器に入れ又は包装した場合には、その容器又は包装）の表面の放射性物質の密度について表面汚染測定等により測定場所のバックグラウンド値を超えないようにする。
- ⑤ 管理対象区域内においては、除染や遮へい、換気を実施することにより外部線量に係る線量、空気中放射性物質の濃度、及び放射性物質によって汚染された物の表面の放射性物質密度について、管理区域に係る値を超えるおそれのない場合は、人の出入管理及び物品の出入管理に必要な措置を講じた上で、管理対象区域として扱わないこととする。

また、管理対象区域内は、場所により外部放射線に係る線量当量率、放射線業務従事者等の立入頻度等に差異があるので、これらのことを考慮して適切な管理を行う。

管理対象区域のうち管理区域については、地震、津波、水素爆発に伴い、1～4号機原子炉建屋、タービン建屋、廃棄物処理建屋、廃棄物集中処理建屋及び使用済燃料輸送容器保管建屋については管理区域境界であった建屋の壁が損壊した。5、6号機原子炉建屋、タービン建屋、廃棄物処理建屋及び運用補助共用施設については、損壊の程度は少ないものの、管理区域出入口などが損壊状態にある。このため、他の場所との区別・放射線等の危険性の程度に応じた人の立制限等の措置は、管理対象区域で講ずる措置と同一とする。

a. 線量等の測定

放射線業務従事者等の線量の管理が、容易かつ確実に行えるようにするため放射

線測定器により、管理対象区域における放射線レベル等の状況を把握する。

(a) 外部放射線に係る線量当量の測定

① エリア放射線モニタによる測定

管理対象区域内で運転操作、監視、点検等のために人が駐在する場所に、エリア放射線モニタを設置し、放射線環境の状況の把握と放射線防護への情報提供の観点から放射線レベルの連続監視を行う必要があるが、既設建屋内のエリア放射線モニタは、津波による水没や爆発による故障、建屋内の線量が高いためエリア放射線モニタの健全性を確認していない。

放射線環境の状況の把握と放射線防護への情報提供の観点から、放射線業務従事者の立入頻度を考慮し、放射線レベルの連続監視を行う必要性を踏まえ、エリア放射線モニタによる管理に移行できるよう検討を行う。

② サーベイメータによる測定

管理対象区域内において放射線業務従事者が特に頻繁に立ち入る箇所については、定期的あるいは必要の都度サーベイメータによる外部放射線に係る線量率の測定を行う。

測定した結果は、測定点、測定日時、測定結果を記入したサーベイマップを作成し、放射線業務従事者の、見やすい場所に掲示する等の方法によって、管理対象区域内に立ち入る放射線業務従事者に放射線レベルの高い場所や放射線レベルが確認されていない場所を周知する。

(b) 空気中の放射性物質の濃度及び表面の放射性物質の密度の測定

管理対象区域内において、放射線業務従事者が特に頻繁に立ち入る箇所については、定期的あるいは必要の都度空気中の放射性物質の濃度及び床等の表面の放射性物質の密度を測定する。

① 排気モニタによる測定

排気モニタにより建屋内の空気中の放射性物質の濃度を監視する。放射能レベルがあらかじめ設定された値を超えた場合は、免震重要棟又は中央制御室（5，6号機）において警報を出し、適切な処置がなされるよう運転員の注意を喚起する。

② サンプルングによる測定

管理対象区域内において放射線業務従事者が特に頻繁に立ち入る箇所について、サンプルングにより空気中の放射性物質の濃度及び床等の表面の放射性物質の密度の測定を定期的及び必要の都度行う。

(c) 系統内の放射能測定

施設が正常に運転されていることを確認するため、系統内の気体及び液体の放射性物質の濃度を測定する。

① プロセス放射線モニタによる測定

プロセス放射線モニタは、空気中又は水中の放射性物質の濃度を監視し、放射能レベルが、あらかじめ設定された値を超えた場合は、免震重要棟又は中央制御室（5, 6 号機）において警報を出し、適切な処置がなされるよう運転員の注意を喚起する。なお、警報は異常の早期発見が可能な値を定める。

② サンプルングによる測定

主な系統については、定期的及び必要の都度サンプルングにより放射性物質の濃度を測定する。

b. 人の出入管理

(a) 管理対象区域（管理区域を含む）への立入制限

管理対象区域（管理区域を含む）への立入りは、あらかじめ指定された者で、かつ必要な場合に限るものとする。なお、管理対象区域（管理区域を含む）への立入制限は、出入管理箇所において行う。

(b) 出入管理の原則

管理対象区域（管理区域を含む）の出入管理の原則は次のとおりとする。

- ① 管理対象区域（管理区域を含む）の出入りは、出入管理箇所を経由して行う。
- ② 管理対象区域（管理区域を含む）に立ち入る者には、出入管理箇所です定の保護衣類を配備して着用させる。また、出入管理箇所または免震重要棟において所定の放射線測定器を配備して着用させる。
- ③ 管理対象区域及び管理対象区域のうち管理区域から退出した者には、サーベイメータ等によって表面汚染検査を行わせる。
管理対象区域内のうち、汚染された物の表面の放射性物質の密度及び空気中の放射性物質濃度が法令に定める管理区域に係る値を超えるおそれのない区域に立ち入る者には、その出入口においてサーベイメータ等によって表面汚染検査（予め管理区域に係る値を超えないことを確認した場合は除く）を行わせる。
- ④ 出入管理箇所では、管理対象区域（管理区域を含む）の人の出入りを監視する。

(c) 管理対象区域（管理区域を含む）内での遵守事項

- ① 指定された場所以外では、飲食及び喫煙を禁止する。
- ② 異常事態の発生又はそのおそれがある事象を発見した場合は、直ちに必要箇所へ連絡させ、その指示に従わせる。

c. 物品の出入管理

管理対象区域への物品の持込み及び持出しは、出入管理箇所を経由して行う。な

お、管理対象区域のうち管理区域内への物品の出入管理は、管理対象区域における物品の出入管理で実施している管理と同一である。

管理対象区域から物品を持ち出す場合には、スクリーニングレベルを超えないことを確認する。

なお、当社が貸与する下着類及び構内で使用した作業服のうち再使用可能なものについては、これまで福島第一原子力発電所の管理区域に設置する洗濯設備で洗浄し再使用する運用としていたが、震災により当該設備が使用できない状況にあるため、当社福島第二原子力発電所の管理区域に設置する同等の洗濯設備で洗浄して福島第一原子力発電所で再使用することとし、この場合における管理対象区域からの下着類及び構内で使用した作業服の持出しにあたってはスクリーニングレベルを超えないことを確認する。当該運用にあたっては、福島第二原子力発電所で発生する使用済保護衣類の処理に支障を来さない範囲で行うとともに、洗濯廃液系の取り扱いにおいては福島第二原子力発電所の保安規定を遵守する。

d. 管理対象区域内の区分

管理対象区域は、管理区域と管理区域を除く区域に区分する。

管理対象区域のうち管理区域は、放射性物質によって汚染された物の表面の放射性物質の密度及び空気中の放射性物質濃度が法令に定める管理区域に係る値を超えるおそれのない区域と、表面の放射性物質の密度又は空気中の放射性物質濃度が、法令に定める管理区域に係る値を超えるか又は超えるおそれのある区域とに区分する。なお、放射線レベルが高く、区域区分に係る条件を満足できない場合は、管理対象区域のうち管理区域を除く区域の区域区分と同一とする。

管理対象区域のうち管理区域を除く区域については汚染された物の表面の放射性物質の密度又は空気中の放射性物質濃度が法令に定める管理区域に係る値を超えるまたは超えるおそれのある区域と汚染された物の表面の放射性物質の密度及び空気中の放射性物質濃度が法令に定める管理区域に係る値を超えるおそれのない区域とに区分する。

e. 作業管理

管理対象区域での作業は、放射線業務従事者の線量を合理的に達成できる限り低減することを旨として原則として次のように行う。

- ① 事前に作業環境に応じて放射線防護具類の着用、作業人数、時間制限等必要な条件を定め、放射線業務従事者の個人被ばく歴を考慮して合理的な作業計画を立てる。また、上記の作業計画において必要な条件を定めるために、事前に作業訓練やロボットの活用を行うことも考慮する。
- ② 作業前及び作業中には、必要に応じ、外部放射線に係る線量当量率及び空気中の

放射性物質の濃度を測定し、高線量作業を識別した上で作業を行うとともに、事故後初めて立ち入る場合等必要な場合には、一時的遮へいの使用、除染等を行い、作業環境の改善に努める。

- ③ 請負業者の作業管理については、労働安全衛生法及び電離放射線障害防止規則に基づき各請負業者に実施義務があるが、東京電力の放射線業務従事者に準じて行う。具体的には、請負業者が作成する作業計画の内容を確認し、適切なものとなるよう指導する、作業計画の周知を図るよう指導する、作業現場を巡視するなどの指導または援助を行う。

f. 事業所内運搬

核燃料物質によって汚染された物（資機材、瓦礫等）を運搬する際は、汚染を広げないように養生等による汚染拡大抑制を図るとともに、必要に応じて遮へい等による被ばく低減に努める。なお、これら汚染拡大抑制対策に関する措置について適宜確認して適正化を図る。

(3) 保全区域内の管理

保全区域は、「実用発電用原子炉設置、運転等に関する規則」（第 8 条）の規定に基づき、標識を設ける等の方法によって明らかに他の場所と区別し、かつ、管理の必要性に応じて人の立入制限等の措置を講じる。

(4) 周辺監視区域内の管理

「実用発電用原子炉の設置、運転等に関する規則」（第 8 条）の規定に基づき、周辺監視区域は人の居住を禁止し、境界にさく又は標識を設ける等の方法によって周辺監視区域に業務上立ち入る者を除く者の立入りを制限する。

周辺監視区域内は、全域を管理対象区域とし、その管理については、「3.1.2.3(2)管理対象区域内の管理」で述べる。

(5) 個人被ばく管理

管理対象区域（管理区域を含む）に立ち入る者の個人被ばく管理は、線量を常に測定するとともに定期的及び必要に応じて健康診断を実施し、身体的状態を把握することによって行う。

なお、請負業者の放射線業務従事者の個人被ばく管理については、法令に定められるものについて、東京電力の放射線業務従事者に準じて扱う。

a. 管理対象区域（管理区域を含む）立入前の措置

放射線業務に限らず業務上管理対象区域に立ち入る作業者を放射線業務従事者とする。

また、放射線業務従事者に対しては、あらかじめ次のような措置を講じる。

- ①放射線防護に関する教育、訓練を行う。
- ②被ばく歴及び健康診断結果を調査する。

b. 放射線業務従事者の線量限度

放射線業務従事者の線量は、「東京電力株式会社福島第一原子力発電所原子炉施設の保安及び特定核燃料物質の防護に関して必要な事項を定める告示」、及び最新の告示に定める線量限度を超えないようにする。

放射線業務従事者の5年間の線量のうち平成23年3月11日の東日本大震災以降から平成23年3月31日までの線量については、「福島第一原子力発電所で従事する労働者の被ばく線量管理等の徹底について 基発0428第3号・平成23年4月28日」に基づき平成23年度を含む定められた5年間の線量として線量限度を超えないようにする。

平成23年3月11日の東日本大震災以降から平成23年3月31日までの線量に係る「1年間の線量が20ミリシーベルトを超えた放射線業務従事者の当該1年間を含む定められた5年間の線量」は平成23年度を含む定められた5年間の線量とし、「放射線業務従事者が業務に就く日の属する年度における当該日以前の放射線被ばくの経歴及び定められた5年間における当該年度の前年度までの放射線被ばくの経歴」については、平成23年3月11日以降の経歴として記録する。

c. 線量の管理

放射線業務従事者の線量が、線量限度を超えないよう被ばく管理上必要な措置を講じる。

(a) 外部被ばくによる線量の評価

外部被ばくによる線量の測定は、原則として次のように行う。

- ① 管理対象区域（管理区域を含む）に立ち入る場合には、受動形個人線量計を着用させ、外部被ばくによる線量を測定する。
- ② 特殊な作業に従事する者に対しては、その作業に応じて被ばくする線源や作業姿勢を考慮し適切な放射線測定器、例えば中性子線源取扱作業やβ線被ばく作業などに関しては中性子線用固体飛跡検出器やβ線測定用線量計等を、体幹部以外にも局所的に被ばくする箇所がある場合は当該末端部に着用させ、その都度線量の測定を行う。

(b) 内部被ばくによる線量の評価

内部被ばくによる線量の測定は、原則として次のように行う。

- ① 放射線業務従事者の内部被ばくによる線量の評価は、ホールボディカウンタ

による体外計測法又は作業環境の空気中の放射性物質の濃度を測定することにより行う。

- ② ホールボディカウンタによる測定は、発電所退所時（放射線業務従事者として勤務を解除する時）並びに定期的及び必要に応じて行う。
- ③ 放射性物質の体内摂取が考えられる場合には、必要に応じてバイオアッセイを行う。

(c) 放射線業務従事者の線量の評価結果は、本人に通知する。

(d) 個人の線量の測定結果は、定期的に評価、記録するとともに線量限度を超えていないことを確認し、以後の放射線管理及び健康管理に反映させる。

(e) 日々の作業における線量管理を目的として、管理対象区域（管理区域を含む）に立ち入る場合には電子式個人線量計を着用させ、日々の線量を確認する。

なお、視察等管理対象区域（管理区域を含む）に一時的に立ち入る者については、その都度電子式個人線量計等を着用させ、外部被ばくによる線量の測定を行うほか、必要に応じて内部被ばくによる線量の評価を行う。

d. 健康管理

- ① 「労働安全衛生規則」（第 44 条及び第 45 条）による健康診断のほか「電離放射線障害防止規則」（第 56 条）、「東京電力福島第一原子力発電所における被ばく管理の徹底について 基安発 1030 号第 1 号・平成 24 年 10 月 30 日」及び最新の通知に基づき放射線業務従事者について健康診断を実施し、常にその健康状態を把握する。
- ② 健康診断結果及び線量の評価結果による医師の勧告等を考慮し、必要ある場合は、保健指導及び就業上の措置を講じる。
- ③ 発電所内において放射線障害が発生した場合又はそのおそれがある場合は必要な応急措置をとる。

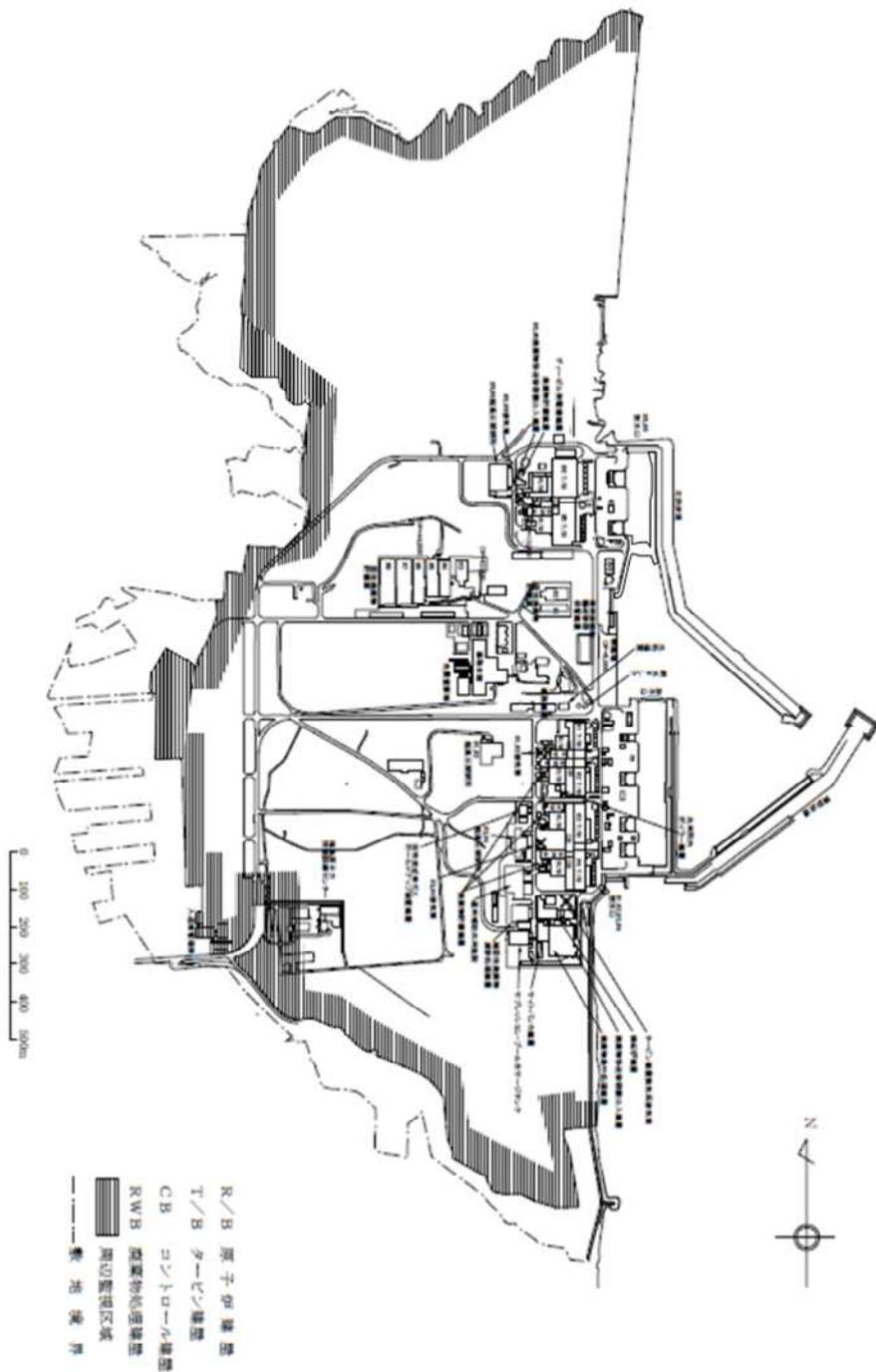


図3. 1-1 周辺監視区域図

3.1.2.4 周辺監視区域境界及び周辺地域の放射線監視

気体廃棄物の環境中への放出にあたっては各建屋で放出監視を行い、液体廃棄物の環境中への放出にあたっては放出毎に測定を行うことにより、厳重に管理するが、更に異常がないことを確認するため、周辺監視区域境界付近及び周辺地域において空間放射線量率及び環境試料の放射能の監視を行う。

(1) 空間放射線量等の監視

空間放射線量は、周辺監視区域境界付近及び周辺地域に設けるモニタリングポイントに蛍光ガラス線量計を配置し、これを定期的に回収して線量を読み取ることで測定する。

空間放射線量率は、周辺監視区域境界付近にほぼ等間隔に8箇所設置されているモニタリングポストにより測定し、連続監視を行う。

空气中放射性物質濃度は、周辺監視区域境界付近までダストが飛散するおそれがある作業（原子炉建屋カバー解体やオペレーティングフロア上のガレキ撤去等）に関して、モニタリングポスト付近で、ダストモニタによる監視又はダストサンプラ等を用いて測定する。

モニタリングポストは、事故時に放出された放射性物質の影響により設置場所の線量率が上昇しているため、モニタリングポストの設置場所周辺からの空間線量率の影響を低減するために必要な範囲について森林の伐採、表土の除去を行う。線量率が高い一部の設置場所については、放射性物質の異常な放出の検知を目的として検出器周りに遮へい壁を設置するが、設置場所周辺の空間線量率の変動を監視するためにサーベイメータ等により測定を行う。

(2) 環境試料の放射能監視

周辺環境の陸域及び海域における放射性物質濃度を比較的長寿命核種に重点を置き測定する。

陸域、海域について、それぞれ以下のモニタリングを実施し、事故時に放出された放射性物質の環境への影響及び追加の異常な放出が無いことを監視する。

①陸域

測定対象：空間線量率，放射性物質濃度

測定点：原子炉建屋周辺，敷地周辺

②海域

測定対象：海水，海底土

測定点：発電所前面海域，沿岸海域

なお、事故後に関係機関と連携して実施しているモニタリングについては、国の「総合モニタリング計画」に基づき引き続き実施する。

(3) 異常時における測定

放射性物質を取り扱う各施設において、放射線量率の上昇や放射性物質の漏えいが生じた場合は、確認、測定の頻度を増やして放射線監視を強化する等、適切な措置を講じる。

今後各施設において想定される異常事象に備え、異常な放出が想定された場合、陸側では、モニタリングポストによる監視に加え、γ線サーベイメータ、ダストサンプラ等を搭載したモニタリングカーにより気象データに基づき風下側において敷地周辺の空間放射線量率、空气中放射性物質濃度の測定を行い、環境への影響の範囲、程度などの推定を敏速かつ確実に行う。海側では、海水の測定頻度を増やす等して、環境への影響の範囲、程度などの推定を敏速かつ確実に行う。

3.1.2.5 放射線管理に用いる測定機器等

(1) 主要設備

a. 出入管理関係設備

出入管理、汚染管理のため、以下の設備を設ける。

(a) 出入管理設備

管理対象区域（管理区域を含む）への立入りは、出入管理箇所を通る設計とする。

出入管理箇所では人員、物品等の出入管理を行い、保護衣類及び放射線測定器の配備を行う出入管理設備を設ける。

(b) 汚染管理設備

人の出入りに伴う汚染の管理は、更衣所、退出モニタ等を設置し、汚染サーベイメータ、汚染除去用器材を備えた箇所において、管理対象区域から退出する前に表面汚染検査を行う。

b. 試料分析関係設備

各系統の試料等の化学分析及び放射能測定を行うために、津波・地震等による被害が比較的軽微であった5、6号機及び環境管理棟の設備を使用する。なお、化学分析設備の分析スペース及び放射能測定設備が足りず試料の適時処理ができない、放射能測定設備のバックグラウンドが高く低放射能濃度試料の測定ができない状況のため、化学分析棟を設置するとともに発電所構外でも試料分析を実施している。

(a) 化学分析設備

放射線レベルの低減、空調設備の復旧及び分析設備の健全性確認を行い、既存の化学分析設備を使用する。なお、放射線レベルが震災前の値に戻っていないこと、分析スペースも足りないことから、新たな化学分析設備も設置する。

(b) 放射能測定設備

放射能測定設備のうち、 γ 核種・全 α 核種・全 β 核種・トリチウム・ストロンチウムの測定設備を使用する。なお、放射線レベルのバックグラウンドが震災前の値に戻っていないこと、放射能測定設備が足りず試料の適時処理ができないことから、新たな放射能測定設備も設置する。

c. 個人管理用測定機器

個人の線量管理のため、外部放射線に係る線量当量を測定する受動形個人線量計、電子式個人線量計を、内部被ばくによる線量を評価するためホールボディカウンタ等を備えるとともに、必要に応じてバイオアッセイを実施する。

d. 放射線計測器の校正設備

放射線監視設備及び機器を定期的に校正し計測器の信頼度を維持するために、校正設備を設けている。本校正設備が健全であることを確認したため、今後も放射線監視設備及び機器は校正設備を用いて校正する。また、一部の放射線監視設備及び機器については、他施設に持ち込み放射線源による校正を行う。

e. 放射線監視

放射線監視設備は、エリア放射線モニタリング設備及び放射線サーベイ機器等からなり、次の機能を持つ。

エリア放射線モニタリング設備は、放射線レベルが設定値を超えたときは、警報を発する。

(a) エリア放射線モニタリング設備

既設建屋内のエリア放射線モニタが機能していない箇所については、建屋内への入域の頻度・エリアが限られていることから、入域の際に放射線業務従事者自らが周辺の放射線レベルを計測するという管理的手段により、異常の検知に努めている。

今後は、建屋内について入域の頻度の多さ、エリアの拡大を考慮して、必要に応じて上記の管理的手段から従来のエリア放射線モニタによる管理に移行できるよう検討をすすめていく。屋外については、敷地全域が汚染していることから、除染を行う等して放射線リスクの低減に努める。(詳細は、「3.1.3 敷地内に飛散した放射性物質の拡散防止及び除染による線量低減」を参照)

(b) プロセス放射線モニタリング設備

放出監視のための放射線モニタについて、使用済燃料共用プール排気口及び 5、

6号機の建屋換気排気に係るものを除いて現在機能していない状況である。放射性廃棄物の放出や建屋換気排気に係るモニタについては、機能を復旧させる必要があるが、当面、以下の設備により気体廃棄物の放出監視を行い、免震重要棟に表示する。

- ・1, 2, 3号機原子炉格納容器ガス管理設備
- ・1号機大型カバー換気設備
- ・2号機原子炉建屋オペレーティングフロア及び燃料取り出し用構台換気設備
- ・3号機燃料取り出し用カバー換気設備
- ・4号機燃料取り出し用カバー換気設備

使用済燃料共用プール排気口のモニタについては共用プール建屋内監視操作室で、5, 6号機主排気筒のモニタについては5, 6号機中央制御室で、表示している。

(c) 環境モニタリング設備

以下の環境モニタリング設備により発電所敷地周辺の放射線監視を行う。

① 固定モニタリング設備

敷地境界付近に設置されているモニタリングポスト 8 基により、連続的に空間放射線量率を測定し、免震重要棟で指示及び記録を行い、放射線レベル基準設定値を超えたときは警報を出す。また、空間放射線量測定のため適切な間隔でモニタリングポイントを設定し、蛍光ガラス線量計を配置する。

② 環境試料測定設備

周辺監視区域境界付近で、モニタリングポストが設置されている 2 箇所についてダスト放射線モニタ 2 基により、空気中の粒子状放射性物質を捕集・測定する。敷地内で、ダストサンプラにより、空気中の粒子状放射性物質を捕集する。

③ モニタリングカー

γ 線サーベイメータ、ダストサンプラ等を搭載した無線通話装置付のモニタリングカーにより、発電所敷地周辺の空間放射線量率、空気中の放射性物質濃度を迅速に測定する。

④ 気象観測設備

発電所周辺の一般公衆の線量評価に資するため、敷地内で、各種気象観測設備により、風向、風速、日射量、放射収支量などを連続的に測定する。

(d) 放射線サーベイ機器

発電所内外の必要箇所、特に放射線業務従事者等が頻繁に立ち入る箇所については、外部放射線に係る線量当量率、空気中及び水中の放射性物質濃度並びに表

面汚染密度のうち、必要なものを定期的及び必要の都度測定する。

測定は、外部放射線に係る線量当量率については、携帯用の各種サーベイメータにより、空气中及び水中の放射性物質濃度については、サンプリングによる放射能測定により、また、表面汚染密度については、サーベイメータ又はスミヤ法による放射能測定によって行う。

放射線サーベイ関係主要測定器及び器具は、以下のとおりである。

- ・GM管サーベイメータ
- ・電離箱サーベイメータ
- ・シンチレーションサーベイメータ
- ・中性子線用サーベイメータ
- ・ダストサンプラ
- ・ダストモニタ

また、以下の機器により、万が一汚染水がタンク等から漏えいし排水路へ流入した場合の検知を行い、免震重要棟に表示する。

- ・側溝放射線モニタ（C排水路）
- ・簡易放射線検知器（A排水路，物揚場排水路，K排水路）：今後、設置予定

(2) 主要仕様

放射線管理設備および機器の主要仕様を以下に示す。

出入管理関係設備	1 式
・更衣所	
・退出モニタ	
試料分析関係設備	1 式
・Ge 半導体 γ 線スペクトロメータ	
個人管理用測定機器	1 式
・ホールボディカウンタ	
・電子式個人線量計	
・受動形個人線量計	
放射線監視設備	1 式
・モニタリングポスト	
・ダスト放射線モニタ（敷地境界付近）	
・モニタリングカー	
・気象観測設備	

(3) 点検・校正

出入管理関係設備，試料分析関係設備，放射線監視設備等は，定期的に点検・校正を行うことによりその機能の健全性を確認する。

3.1.3 敷地内に飛散した放射性物質の拡散防止及び除染による線量低減

3.1.3.1 現状及び中期的見通し

事故で環境中に放出した放射性物質の影響により、敷地内の線量当量率が上昇した。敷地内に沈着した放射性物質に対して、建屋表面や地表面への飛散防止剤の散布、建屋周辺及び建屋上部の瓦礫の撤去、原子炉建屋カバーの設置等で、飛散（再浮遊）を抑制することにより、敷地境界付近の空气中的放射性物質濃度は事故後ピーク時の約千分の1程度まで低下し、告示の濃度限度に対しても約百分の1程度となっている。

作業員が常時滞在する免震重要棟内の線量当量率も高い状態であったが、除染、遮へいを行うことによって線量低減を図り、法令に定める管理区域に係る値を下回ったエリアを執務エリアとして運用している。また、入退域管理施設も、法令に定める管理区域に係る値を下回るよう伐採、表土除去等による線量低減を図り、福島第一原子力発電所の出入拠点として運用している。

敷地内の線量当量率は、1～4号機周辺を除き数 μ Sv～数十 μ Sv/時であったが、多くの作業員が作業をしている敷地南側エリア（瓦礫等の一時保管エリアや固体廃棄物貯蔵庫を除く）について、伐採、表土除去、天地返し、遮へい等による線量低減対策を実施した結果、1～4号機周辺を除き平均5 μ Sv/時※に低減した（図3.1-2 線量低減範囲）。1～4号機周辺については、作業に支障となる瓦礫撤去や作業エリアの除染・遮へいによる線量低減を行っているが、プラントからの散乱線の影響が大きく、高線量の設備もあることから、原子炉建屋上部の瓦礫撤去や高線量設備の撤去等の工程を決定し、それに基づき線量低減を進める。

※線量限度5年100mSvを超えないために設定した目標線量率（年間2000時間作業した時の被ばく線量が、線量限度5年100mSvとなる1時間値[10 μ Sv/h]の半分）。なお、プラントからの散乱線等の影響がある場所については、線量低減効果を確認するために、地表面（地表面から1cm程度）をコリメートして測定した線量当量率による評価も併用。

3.1.3.2 基本的対応方針及び中期的計画

福島第一原子力発電所の敷地内全体に広がっているフォールアウト汚染やプラントからの散乱線等の影響を実測により把握した上で、伐採、表土除去、天地返し、遮へい等による線量低減を進め、福島第一原子力発電所の作業環境を改善し、長期に亘る事故炉の安全収束・廃炉を進めていくための基盤を整備する。放射線業務従事者の被ばく線量が告示に定める線量限度を超えないことはもちろん、合理的に達成できる限り低減させていくために、多くの作業員が作業を行っているエリア、作業干渉が少ないエリアから順次線量低減を行い、その効果を確認する。目標線量当量率は段階的に下げていき、最終的には事故前の状態に近づけていく。

除染による線量低減では、主に以下の方法を用いるが、国内外の知見や技術開発の動向にも注視し、効果的な方法を検討して進める。また、除染により発生した伐採木や土壌等は、放射性物質濃度、性状等に応じて処理し、保管管理を行う。

- ① 土壌の除染
表土の剥ぎ取り，天地返し
- ② 森林の除染
樹木の伐採や落葉の回収
- ③ アスファルト・コンクリート等の除染
舗装面の超高压水切削や集塵・清掃，構築物の撤去等
- ④ その他の除染
建物や設備等の高压水洗浄等

なお、1～4号機周辺については、地表面等に残存した線源からの直接線成分と建屋からの散乱線成分が存在するため、直接線・散乱線の種類，線源方向を勘案して、有効な線量低減対策を選択して被ばく低減を図る。

- ① 地表面等に残存した線源からの直接線成分に対しては汚染源の除去，建屋からの散乱線成分に対しては建屋への遮へいによる線量低減が有効。
- ② 建屋周辺の作業エリアにおいては，建屋からの散乱線の寄与が大きいため，建屋方向と上方の遮へい（ボックスカルバートや衝立遮へい等）が有効。
- ③ 低エネルギーである散乱線成分は，セシウム等の直接線成分よりも大きな遮へい効果が見込まれるため，合理的な遮へい（過剰な厚みよりも移動式の遮へい等）を検討する。



図3. 1-2 線量低減範囲（図中青色，2015年度末時点）

3.1.4 港湾内の海水，海底土，地下水及び排水路の放射性物質の低減

3.1.4.1 現状

港湾外への放射性物質の拡散防止を図るために，シルトフェンスによる取水路開渠内からの汚染拡大の抑制を維持するとともに，地下水による海洋汚染拡大を防止するために，護岸付近の地盤改良，トレンチ内汚染水の処理・移送，トレンチの閉塞，海側遮水壁（1～4号機の既設護岸の前面）の設置を実施している。さらに，海底土の巻き上がり等に伴う拡散の影響を低減するため，港湾内の海底土の被覆を実施している（図1参照）。また，雨水による港湾外への放射性物質の拡散防止を図るために，排水路の排出先を港湾外から港湾内へ付け替えを実施した。さらに，地表面の除染，排水路等の汚染した土砂回収や浄化材の設置などを継続している。

現在，1～4号機取水路開渠内のシルトフェンスで仕切られた内側エリア（1～4号機取水口内南側）では，海水中の放射性物質濃度がCs-137で8Bq/L程度，Sr-90で0.7Bq/L程度となっているが，降雨時にはCs-137，Sr-90の濃度に一時的な上昇が見られている（2020年3月～2021年2月末）。

排水路では，発災時のフォールアウトの影響等により，降雨時にCs-137の一時的な濃度上昇（～200Bq/L程度）が見られており，港湾の濃度上昇の主原因と考えられる（2020年3月～2021年2月末）。

3.1.4.2 基本的対応方針

港湾内の海水については，放射性物質濃度が低下している。地下水については，タービン建屋東側の護岸付近において放射性物質が一定のレベルで検出されている。これらの状況を把握，監視するため，港湾内外の海水及び地下水についてモニタリングを継続する。

排水路については，排水路からの放射性物質の排出を抑制する措置を講じるとともに，各排水路の排水についてモニタリングを継続する。

3.1.4.3 低減対策の基本的考え方

(1) 今後の検討

1～4号機前の取水路開渠内では海水中の放射性物質濃度が低下してきており，取水路開渠外や港湾外の濃度はより低いレベルで推移し外洋への影響は小さくなっているものと考えられるが，港湾内外の海水中の放射性物質のモニタリングを継続し，港湾外への影響がないことを確認する。海水，地下水及び排水路のモニタリング結果について総合的な評価を行うとともに，社外専門家の協力も得て変動要因の解明や低減対策の効果等の評価・検討を行う。

排水路については，放射性物質濃度のモニタリング結果を踏まえ，必要に応じて低減対策の見直しを行う。

(2) モニタリング

地下水の水位等のデータの分析結果より汚染された地下水が海水に漏えいしているものと推定したこと、及び排水路から海洋へ流出している放射性物質を適切に抑制する必要があることから、状況把握や変動要因及び低減対策の効果等の評価のために必要となるデータの採取を目的として、港湾内外の海水、地下水及び排水路のモニタリングを以下の考え方により実施する。

【港湾内外の海水及び地下水のモニタリングの考え方】

対象エリア及びサンプリング箇所

汚染や漏えいの状況に応じて、エリア・箇所を選定する。

海水 ・1～4号機取水路開渠内： 当該エリアの海水中放射性物質濃度及び港湾内への影響を監視する。

・港湾内： 港湾内の濃度分布を監視する。

・港湾外： 海洋への影響を監視する。

地下水 ・1～4号機タービン建屋東側： 汚染が確認又は想定される箇所及びその近傍、ウェルポイント等の地下水汲み上げ箇所、護岸部地盤改良体の海側等において地下水の汚染状況を監視する。

基本的な分析項目及び頻度

各項目について、1回/週（Sr-90については1回/月）を原則として実施する。

γ線：1回/週

H-3：1回/週

全β：1回/週

Sr-90：1回/月

【排水路の放射性物質の濃度及び流量の継続的測定】

サンプリング箇所

排水路（A，B・C，K，物揚場排水路）下流側においてサンプリングを行い、推移を把握する。

基本的な分析項目及びサンプリング頻度

各項目について、毎日（H-3については1回/週）を原則として実施する。

γ線：毎日

H-3：1回/週

全β：毎日

また、サンプリング箇所近傍にて流量を原則として毎日計測し、放出放射エネルギーを把握する。

具体的なモニタリング計画については、サンプリング箇所について図2，図3，分析項目及び頻度について表1に示す。濃度推移・現場状況等により、適宜計画の見直しを行う。

(3) 排水路の水の放射性物質濃度の低減対策

排水路（A，B・C，K，物揚場）については、上流部の現状調査を行うとともに流入する放射性物質の性状を確認し、放射性物質濃度を低減するため、敷地の計画的な除染（詳細は、「Ⅲ 特定原子力施設の保安 第3編 3.1.3 敷地内に飛散した放射性物質の拡散防止及び除染による線量低減」を参照）、排水路等の継続的な汚染した土砂回収、さらに、排水路の水の浄化対策として浄化材等の設置を行う。（排水路における濃度低減対策の考え方を下記に記す）

低減対策の実施にあたっては、港湾内外の海水及び排水路のモニタリング結果等から対策の効果の評価を行う。

【排水路における濃度低減対策の考え方】

a. 上流部の現状調査

各排水路において、上流部に流入する水（枝排水路，建屋屋上等）をサンプリングし、放射性物質の濃度及び性状（粒子状，イオン状）について分析する。また，分析結果を踏まえ，敷地の除染（遮へい等），排水路等の汚染した土砂回収及び性状を踏まえた浄化対策等を実施する。

2016年度以降については，K排水路の上流部の重点箇所（建屋屋上等）について追加調査を継続しており，必要に応じて対策を検討し実施する。

b. 粒子状放射性物質に対する対策

排水中の粒子状放射性物質を低減させるため以下の対策を実施する。

(a) 敷地の除染

作業員の線量低減のために敷地の除染を実施しており（詳細は「Ⅲ 特定原子力施設の保安 第3編 3.1.3 敷地内に飛散した放射性物質の拡散防止及び除染による線量低減」を参照），その結果，除染（遮へい等）により土砂発生が抑制される。

(b) 排水路等の汚染した土砂回収

排水路内の汚染した土砂を低減させるため，排水路等の汚染した土砂堆積状況を調査して土砂回収計画を立案し，排水路等の汚染した土砂回収を実施する。また，異常気象等により汚染した土砂が著しく堆積した場合や定期的な放射性物質濃度分析で高濃度の

状況が確認された場合には、臨時調査を実施し、必要に応じて排水路等の汚染した土砂回収を行う。

(c) 浄化対策①

排水中の粒子状放射性物質を低減させるために排水路等へ設置したフィルター等について、設置状況を確認し、モニタリング結果等も踏まえ、必要に応じて交換、追加、移設等を行う。

c. イオン状放射性物質に対する対策（浄化対策②）

排水中のイオン状放射性物質を低減させるために排水路等へ設置したゼオライト等の浄化材について、設置状況やモニタリング結果等を踏まえ、必要に応じて交換、追加、移設等を行う。

(4) ALPS 処理水希釈放出設備及び関連施設における海水取水の放射性物質濃度の低減対策

海水取水設備の概念図を図4に示す。取水方法は、5,6号機取水路開渠を仕切堤（捨石傾斜堤＋シート）にて1～4号機取水路開渠側の発電所港湾から仕切るとともに、北防波堤透過防止工北側の一部を改造（一部撤去）し、5,6号機放水口北側の発電所港湾外から希釈用の海水を取水する。仕切堤を構築することで、1～4号機取水路開渠側からの比較的放射性物質濃度の高い海水の流入を抑制する。

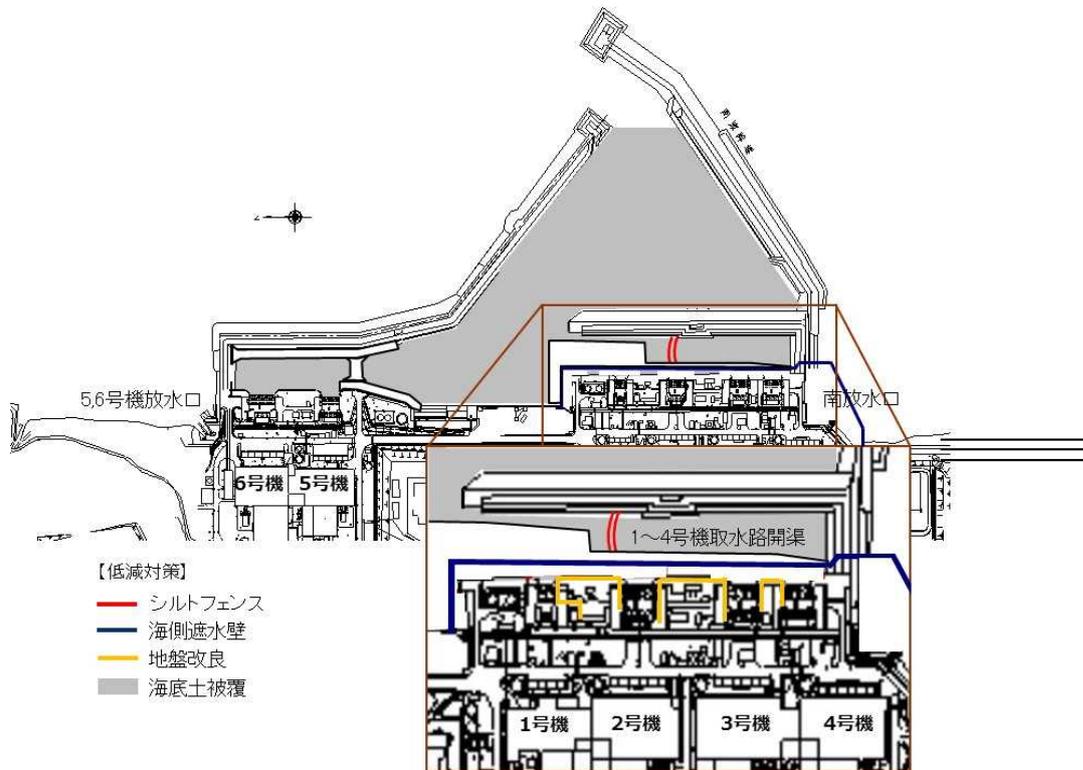


図1 港湾内の海水，海底土及び地下水の放射性物質の低減対策

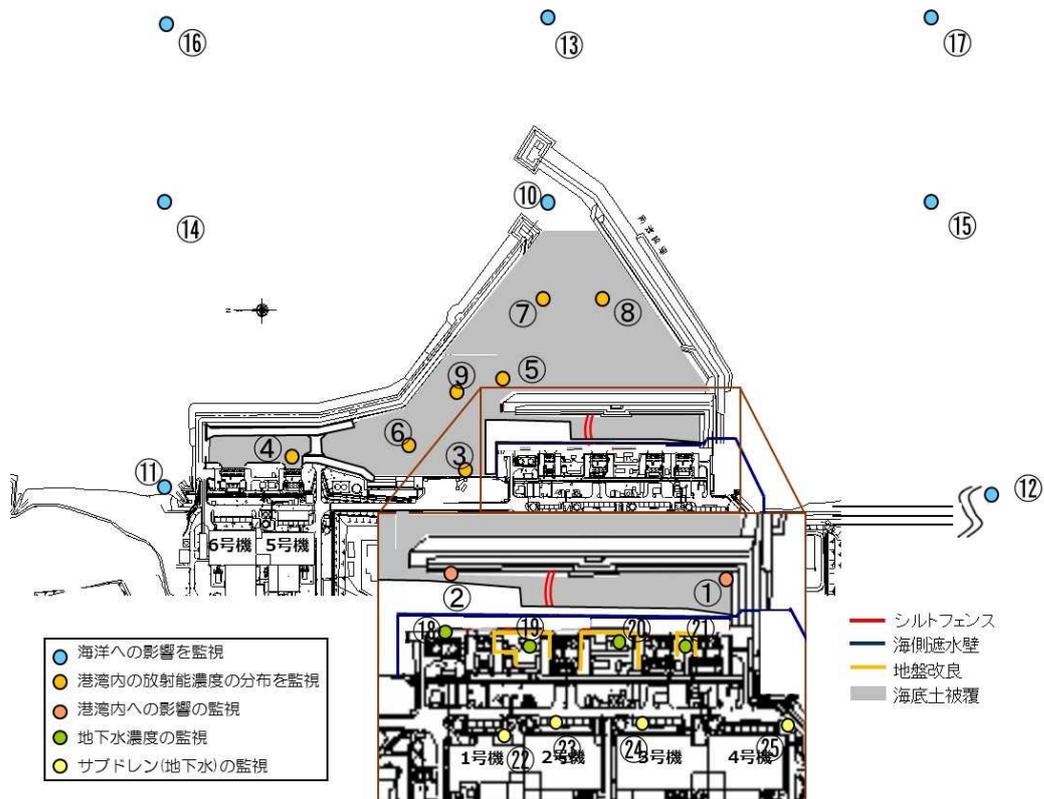


図2 港湾内外海水及び地下水のモニタリング計画（サンプリング箇所）

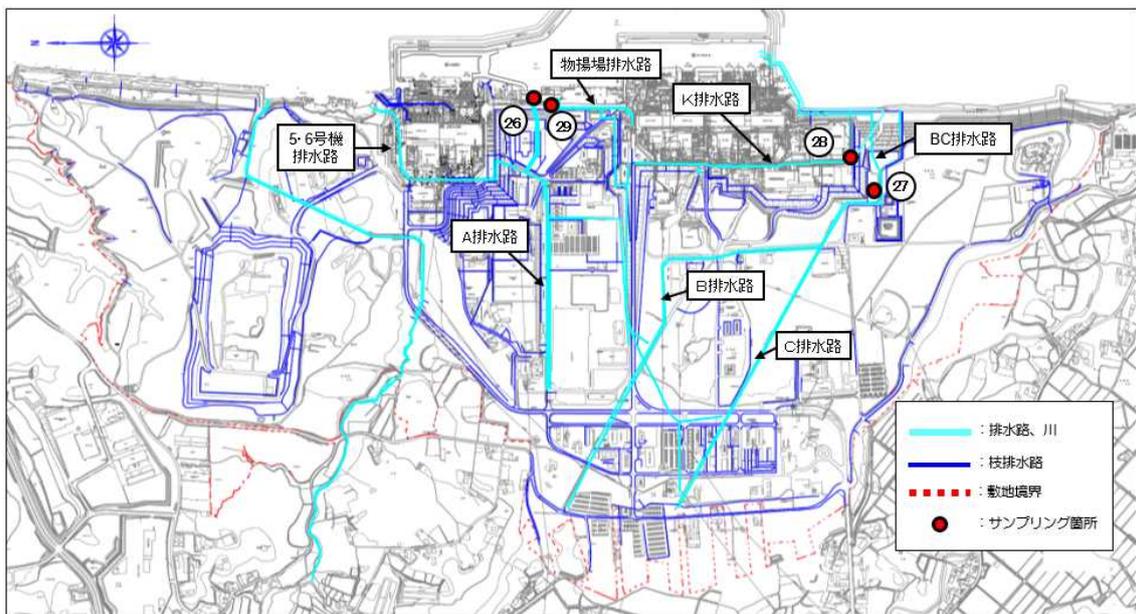


図3 排水路のモニタリング計画（サンプリング箇所）

表1 港湾内外海水，地下水及び排水路のモニタリング計画（分析項目，頻度）

エリア	サンプリング箇所		分析項目，頻度			
			γ線	H-3	全β	Sr-90
1～4号機 取水路 開渠内	①	1～4号機取水口内南側(遮水 壁前) ※1	毎日	1回/週	毎日	1回/週
	②	1～4号機取水口内北側(東波 除堤北側) ※1	毎日	1回/週	毎日	1回/週
港湾内	③	物揚場※1	毎日	1回/週	毎日	1回/週
	④	5号機取水口前※1	毎日	1回/週	毎日	—
	⑤	港湾中央※1	毎日	1回/週	毎日	1回/週
	⑥	港湾内北側※1	毎日	1回/週	毎日	1回/週
	⑦	港湾内東側※1	毎日	1回/週	毎日	—
	⑧	港湾内南側※1	毎日	1回/週	毎日	—
	⑨	港湾内西側※1	毎日	1回/週	毎日	—
港湾外	⑩	港湾口※1	毎日	1回/週	毎日	1回/週
	⑪	5,6号機放水口北側※2	毎日	1回/週	1回/週	1回/月
	⑫	南放水口付近※2	毎日	1回/週	毎日	1回/月
	⑬	港湾口東側	1回/週	1回/週	1回/週	—
	⑭	北防波堤北側				
	⑮	南防波堤南側				
	⑯	港湾口北東側				
⑰	港湾口南東側					
陸域 (1～4号機 タービン 建屋海側)	⑱	地下水観測孔 No. 0-1 (追加ボーリング含む)	1回/週※3	1回/週※3	1回/週※3	1回/月※3
	⑲	地下水観測孔 No. 1 (追加ボーリング含む)	2回/週※3※4	2回/週※3※4	2回/週※3※4	1回/月※3
	⑳	地下水観測孔 No. 2 (追加ボーリング含む)	2回/週※3※4	2回/週※3※4	2回/週※3※4	1回/月※3
	㉑	地下水観測孔 No. 3 (追加ボーリング含む)	1回/週※3	1回/週※3	1回/週※3	1回/月※3
	㉒	1号機サブドレン	3回/週	2回/年	2回/年	2回/年
	㉓	2号機サブドレン	3回/週	1回/月	1回/月	1回/月
	㉔	3号機サブドレン	3回/週	2回/年	2回/年	2回/年
	㉕	4号機サブドレン				
排水路	㉖	A排水路出口付近	毎日	1回/週	毎日	—
	㉗	B・C排水路出口付近				

	㊸	K排水路出口付近			
	㊹	物揚場排水路出口付近			

天候により採取できない場合あり。

- ※1 1～4号機取水路開渠内及び港湾内の全てのサンプリング箇所で海水中の放射性物質濃度が一定のレベルとなった時点で、1～4号機取水路開渠内及び港湾内の全てのサンプリング箇所について同時に γ 線、全 β の分析頻度を1回/週とする。一定のレベルとは、Cs-134, Cs-137, H-3 及び Sr-90 濃度について、告示に定める周辺監視区域外の水中の濃度限度を目安として、各放射性物質濃度とそれらの濃度限度との比の総和が3ヶ月平均で1以下となる濃度とする。(Sr-90 は分析値若しくは全 β での評価値とする。)
- ※2 記載の分析項目及び頻度に加え、Pu-238, Pu-239+Pu-240 を年2回分析する。
- ※3 監視を継続する観測孔について実施する (Sr-90 は、初回採取分のみとする場合あり)。
- ※4 3回/週, 1回/週, 1回/月とする場合あり。

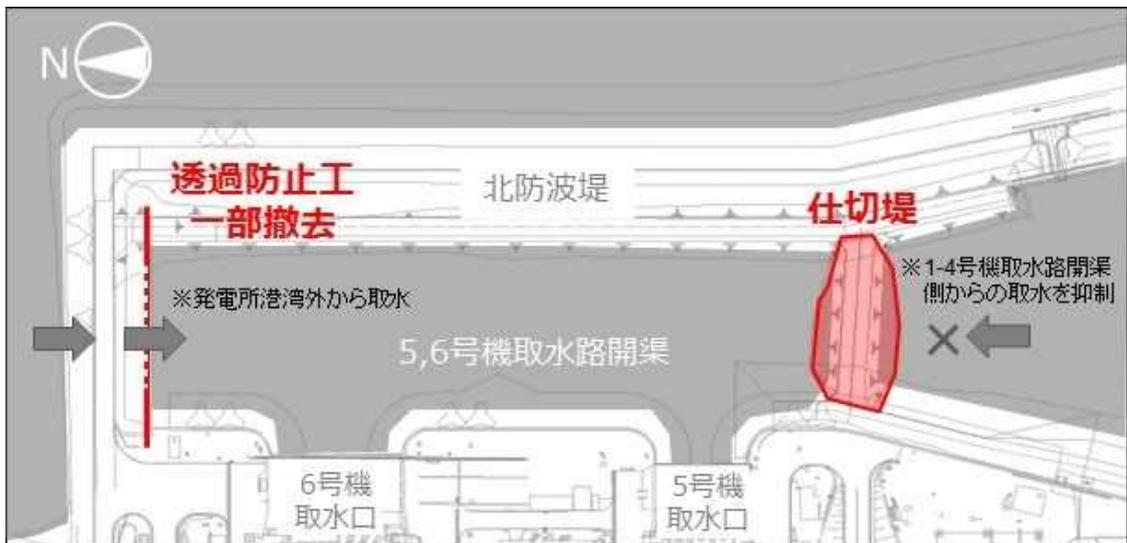


図4 海水取水設備概念図