

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 未満を満足した水（以下、「ALPS 処理水」という）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。

なお、ALPS 処理水等は貯留時期によって告示濃度比総和にばらつきがあることから、告示濃度比総和 1 以上の水（以下、「処理途上水」という）は、多核種除去設備又は、本設備とは別に設置する二次処理設備にて二次処理を行い、告示濃度比総和 1 未満を満足するまで放射性核種（トリチウムを除く）の低減を行う。

※：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。

（Ⅱ 2.5 汚染水処理設備等における中低濃度タンクは、本章では ALPS 処理水等貯留タンクと記す）

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、タンク内およびタンク群の放射性物質濃度の均一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) 海水希釈後のトリチウム濃度が告示濃度限度（60,000Bq/L）を十分下回る水準となるよう、ALPS 処理水を 100 倍以上に希釈する能力を有すること。

2.50.1.1.3 設計方針

(1) 処理能力

- a. ALPS 処理水希釈放出設備は、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設計とする。
- b. ALPS 処理水希釈放出設備は、海水希釈後のトリチウム濃度が告示濃度限度（60,000Bq/L）を十分下回る水準となるよう、ALPS 処理水を 100 倍以上に希釈できる容量を有する設計とする。

(2) 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、ALPS 処理水を取り扱うことから、液体状の放射性物質の漏えい防止及び敷地外への管理されない放出を防止するため、次の各項を考慮した設計とする。

- 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等に表示し、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。
- d. ALPS 処理水を内包する機器は、周辺に堰を設けた区画内に設け、漏えいの拡大を防止する。また、ALPS 処理水を内包する配管は可能な限り排水路から離隔するとともに、排水路を跨ぐ箇所はボックス鋼内等に敷設する。
- e. ALPS 処理水の放出は、希釈放出前に放射性物質濃度の測定・確認を行い、ALPS 処理水に含まれる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し、希釈設備の流量に対し、ALPS 処理水を 100 倍以上に希釈できることを確認した上で行う（詳細は「Ⅲ 2.1.2 放射性液体廃棄物等の管理」参照）。また、運転員の誤操作等により、測定・確認前の水を放出することがない設計とする。

(3) 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。

(4) 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は、ALPS 処理水を放水設備に排水することを確認するための検査が可能な設計とする。

(5) 誤操作防止に対する考慮

ALPS 処理水希釈放出設備は、誤操作・誤判断を防止するため、放出・移送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。

(6) 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。

(7) 腐食に対する考慮

ALPS 処理水希釈放出設備の内、ALPS 処理水を内包するポンプについては、耐腐食性に優れた二相ステンレス鋼等を使用する。また、ALPS 処理水を内包する配管については、耐腐食性を有するステンレス鋼鋼管、ポリエチレン管、合成ゴム、及び耐腐食性を有する内面塗装を施した炭素鋼鋼管を使用する。

(8) 長期停止に対する考慮

ALPS 処理水希釈放出設備の内、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。

(9) 規格・基準等

設計、材料の選定、製作及び検査について、発電用原子力設備規格 設計・建設規格 (JSME)、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。

※：「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」

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。

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一にした後、試料採取・分析を行い、ALPS 処理水に含まれる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希釈設備により海水で希釈した後、放水立坑（上流水槽）まで移送し、放水設備へ排水する。

(1) 測定・確認用設備

測定・確認用設備は、ALPS 処理水の放射性物質濃度の均一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、循環配管により構成する。

測定・確認用タンクは「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）を転用する。

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一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を行う。

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を海水配管ヘッダ手前及び、津波対策として防潮堤内のそれぞれ 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、放水ガイド、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告示濃度限度（60,000Bq/L）を十分下回る水準となるよう、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 処理水を測定・確認用設備から放水立坑（上流水槽）まで移送し、放水設備へ排水できること。

2.50.1.1.6 自然災害対策等

(1) 火災

ALPS 処理水希釈放出設備は、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。

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、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、建物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。

(2) 津波

ALPS 処理水希釈放出設備の内、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、大津波警報が出た際は、津波による設備損傷リスクを考慮して移送設備、希釈設備を停止する運用とする。

(3) 台風（強風）

ALPS 処理水希釈放出設備の内、循環ポンプ、ALPS 処理水移送ポンプは台風（強風）による設備損傷の可能性が低い鉄骨造の多核種移送設備建屋内に設置する。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。

ALPS 処理水希釈放出設備の内、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軽量鉄骨造の ALPS 電気品室内に設置する。

(4) 積雪

積雪による設備の損傷を防止するため、建屋は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。

(5) 落雷

動的機器及び電気設備は、機器接地により落雷による損傷を防止する。

(6) 竜巻

竜巻の発生の可能性が予見される場合は、竜巻による設備損傷リスクを考慮して設備を停止する運用とする。

2.50.1.1.7 構造強度および耐震性

(1) 構造強度

ALPS処理水希釈放出設備を構成する各設備のうち、ALPS処理水を内包する主要な機器は、「発電用原子力設備に関する技術基準を定める省令」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づけられる。鋼管については、「JSME S NC1-2012 発電用原子力設備規格 設計・建設規格（以下、「設計・建設規格）」のクラス3機器の規定を適用することとし、必要に応じて日本産業規格(JIS)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。

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。

(2) 耐震性

ALPS処理水希釈放出設備を構成する機器は、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、主要な機器及び鋼管の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合わせたものを採用する。

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を使用するなどして、耐震性を確保する。

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

- (1) 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

(1) 水理設計

放水立坑内の水を放水立坑（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。

(2) 構造

放水設備を岩盤に着底することで、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リスク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。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。

(3) 健全性に対する考慮

常時荷重、波浪荷重および地震時荷重に対して、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。

なお、供用期間中は、鉄筋コンクリート製の躯体に対する設計上の考慮により、保全は不要とする。

(4) 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。

(5) 規格・基準等

設計，材料の選定，製作について，下記に準拠して評価を行う。

- ・ 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
- ・ コンクリート標準示方書（設計編；2017年制定）（公社）土木学会
- ・ 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
- ・ 道路橋示方書・同解説 I 共通編 2017年（公社）日本道路協会
- ・ 道路橋示方書・同解説 IV 下部構造編 2017年（公社）日本道路協会
- ・ 共同溝設計指針 1986年 日本道路協会

2.50.1.2.4 主要な設備

放水設備は，放水立坑（上流水槽）から放水立坑内の隔壁を越流し，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 自然災害対策等

(1) 火災

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，火災のリスクは非常に低い。

(2) 津波

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，耐波圧性を有する仕様とする。

(3) 台風（高潮）

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。

2.50.1.2.6 構造強度および耐震性

(1) 構造強度

放水設備を構成する各設備について、日本産業規格（JIS）等の国内外の民間規格を適用する。

(2) 耐震性

放水設備を構成する設備は、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。

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転用する。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（1／2）

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	200A/Sch. 20S
	材質	SUS316LTP
	最高使用圧力	0.49MPa
	最高使用温度	40℃
(ポリエチレン管)	呼び径	200A 相当
	材質	ポリエチレン
	最高使用圧力	0.49MPa
	最高使用温度	40℃

主要配管仕様（2 / 2）

名 称	仕 様	
(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℃

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
 容 量 30m³/h (1 台あたり)

(2) 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	100A/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 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 海水配管ヘッダ入口取合まで (鋼管)	呼び径／厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度	100A/Sch. 40 STPG370 0.98MPa 40℃
(鋼管)	呼び径／厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度	65A/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	65A 相当 100A 相当 合成ゴム 0.98MPa 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
容 量	7,086m ³ /h（1 台あたり）

(2) 放水ガイド

基 数	1 基
主要寸法	たて2,100mm × よこ2,100mm × 高さ7,096mm（上流側） たて2,140mm × よこ2,140mm × 高さ11,144mm（下流側）
材 質	SUS316L

(3) 放水立坑（上流水槽）

基 数	1 基
構 造	鉄筋コンクリート造

(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	800A／12.7mm
		900A／12.7mm
	材質	STPY400
	最高使用圧力	0.60MPa
	最高使用温度	40℃
(鋼管)	呼び径／厚さ	900A/Sch. 20S
	材質	SUS329J4LTP
	最高使用圧力	0.60MPa
	最高使用温度	40℃
(伸縮継手)	呼び径	800A 相当
		900A 相当
	材質	合成ゴム
	最高使用圧力	0.60MPa
	最高使用温度	40℃

主要配管仕様（2 / 2）

名 称	仕 様	
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	1800A／13mm 2200A／16mm SM400B 0.6MPa 40℃
海水配管ヘッド出口から 放水ガイドまで (鋼管)	呼び径／厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度	1800A／13mm SM400B 0.6MPa 40℃
(伸縮継手)	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	1800A 相当 合成ゴム 0.6MPa 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
構 造	鉄筋コンクリート造

(2) 放水トンネル

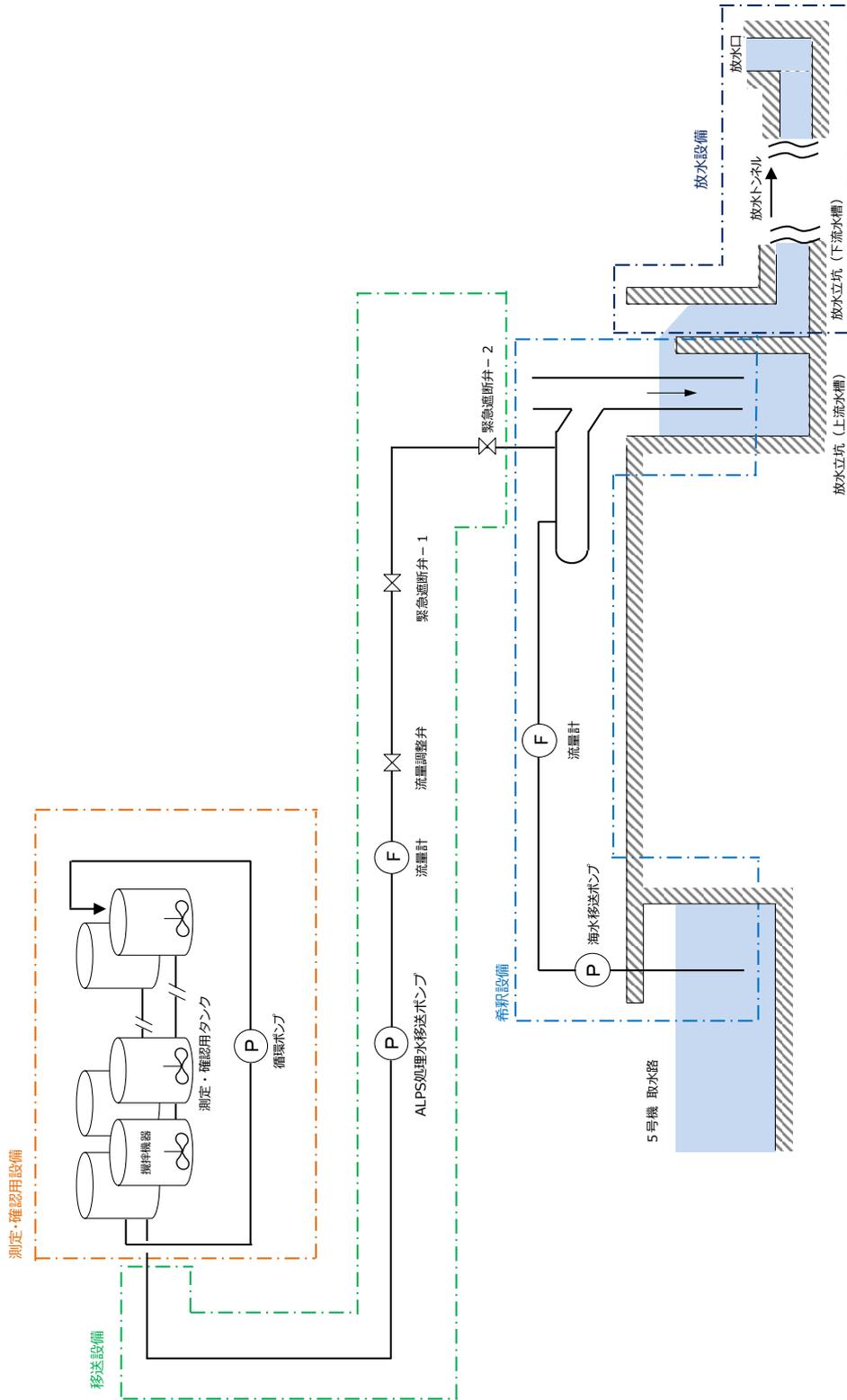
基 数	1 式
構 造	鉄筋コンクリート造

(3) 放水口

基 数	1 基
構 造	鉄筋コンクリート造

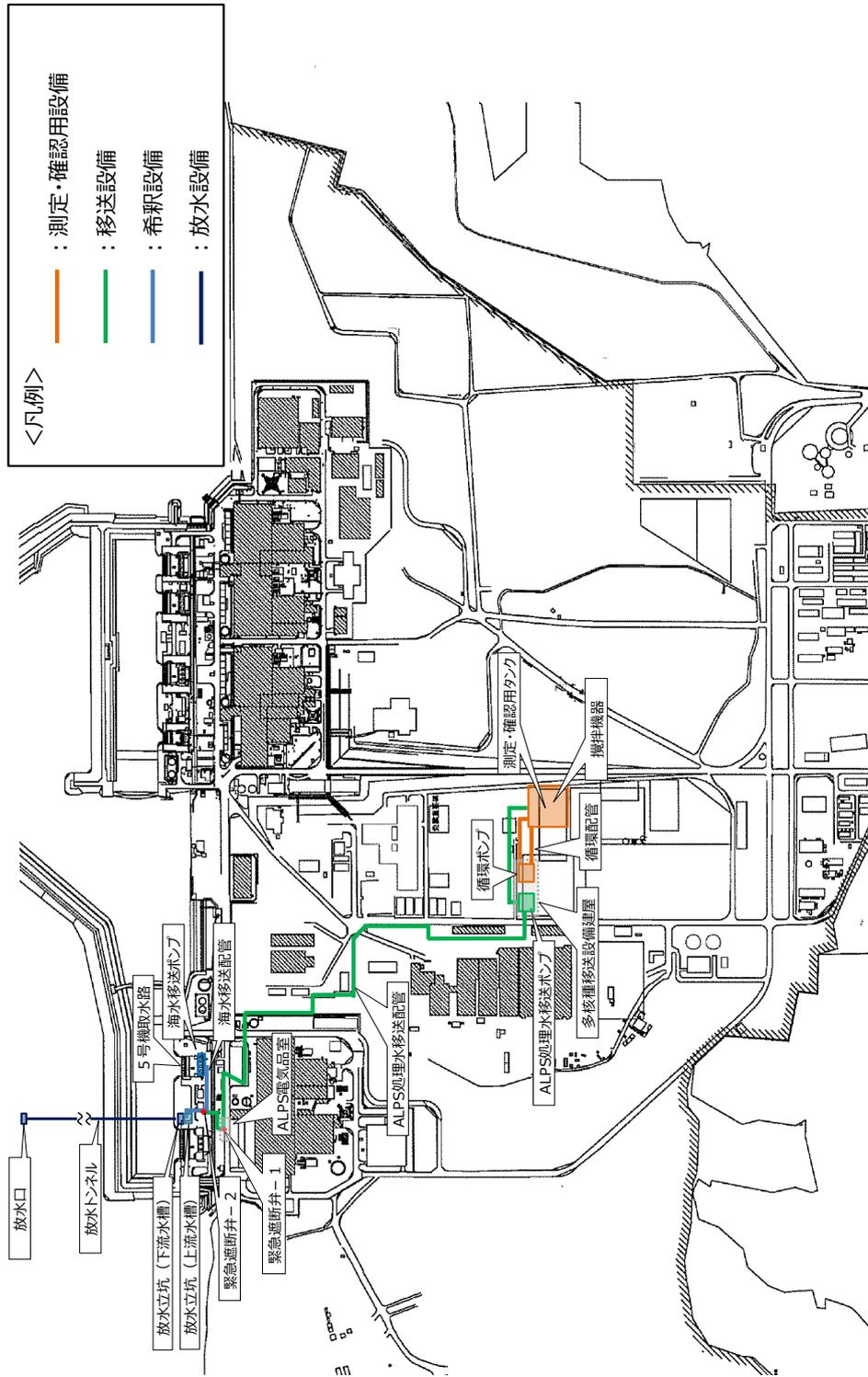
2.50.3 添付資料

- 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 : 放水設備の設計に関する説明書
- 添付資料－6 : 工事工程表



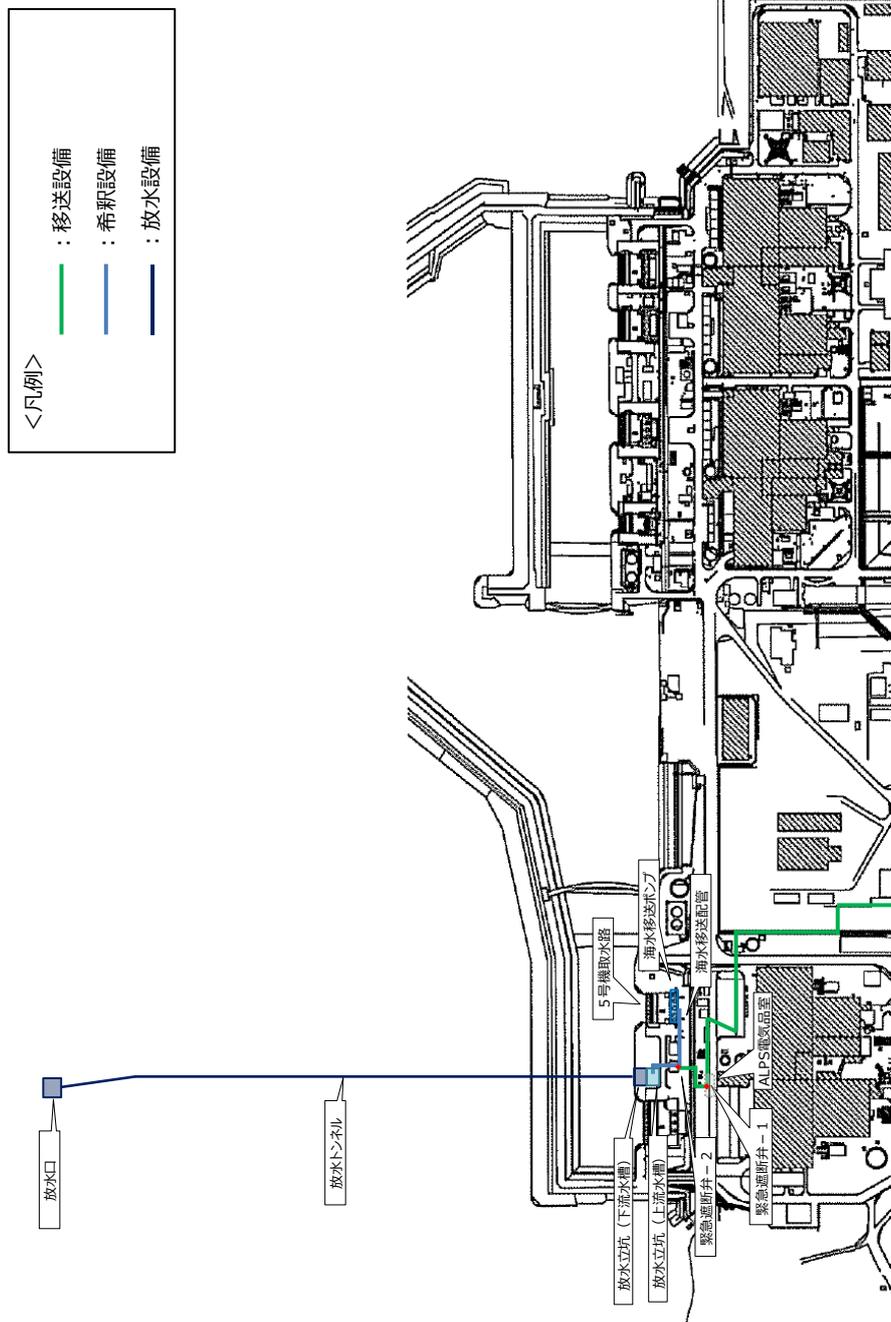
(a) 系統概要

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)

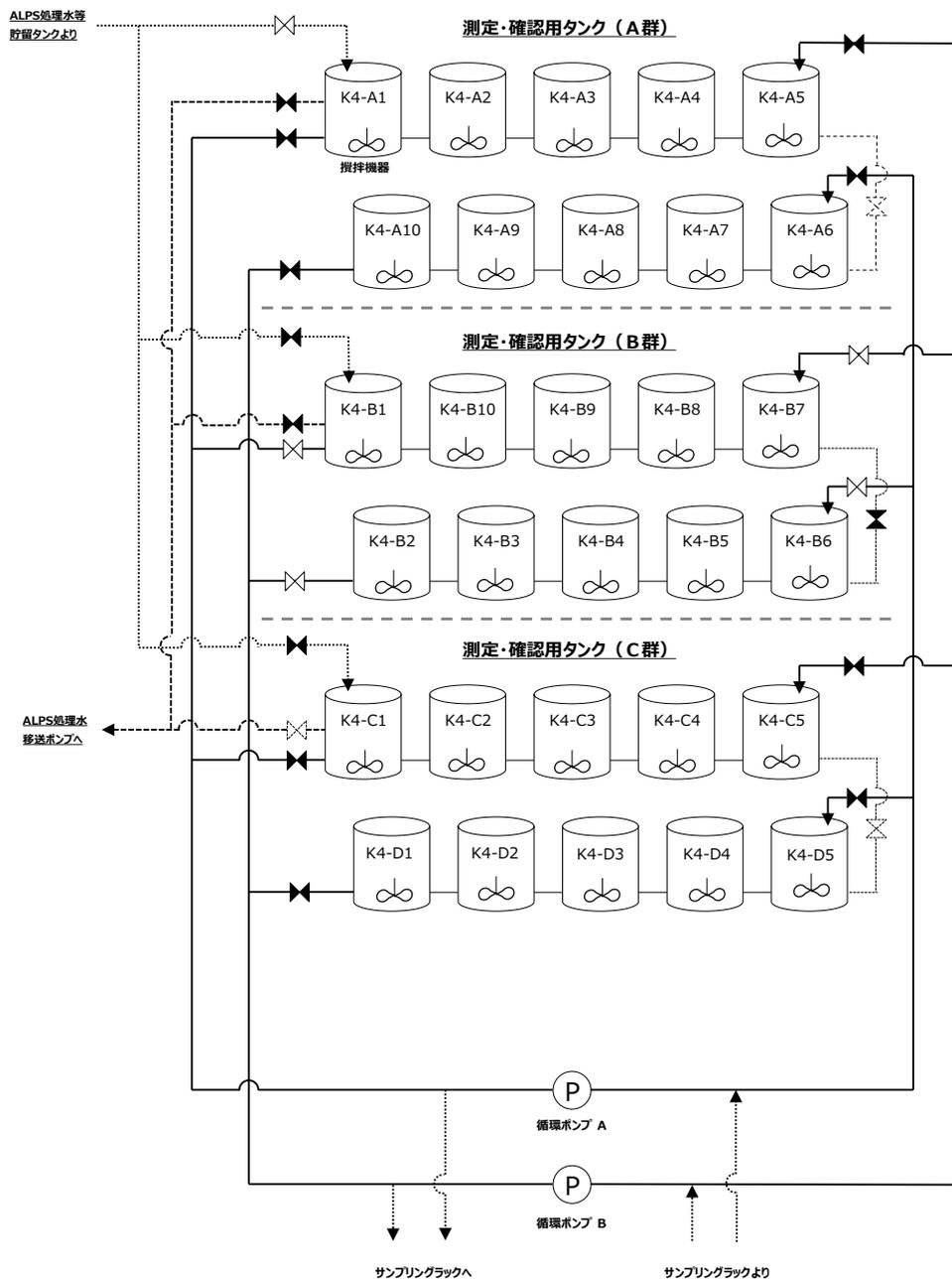
図一1 ALPS 処理水希釈放出設備及び関連施設の全体概要図 (2 / 3)



(c) 配置概要 (海側)

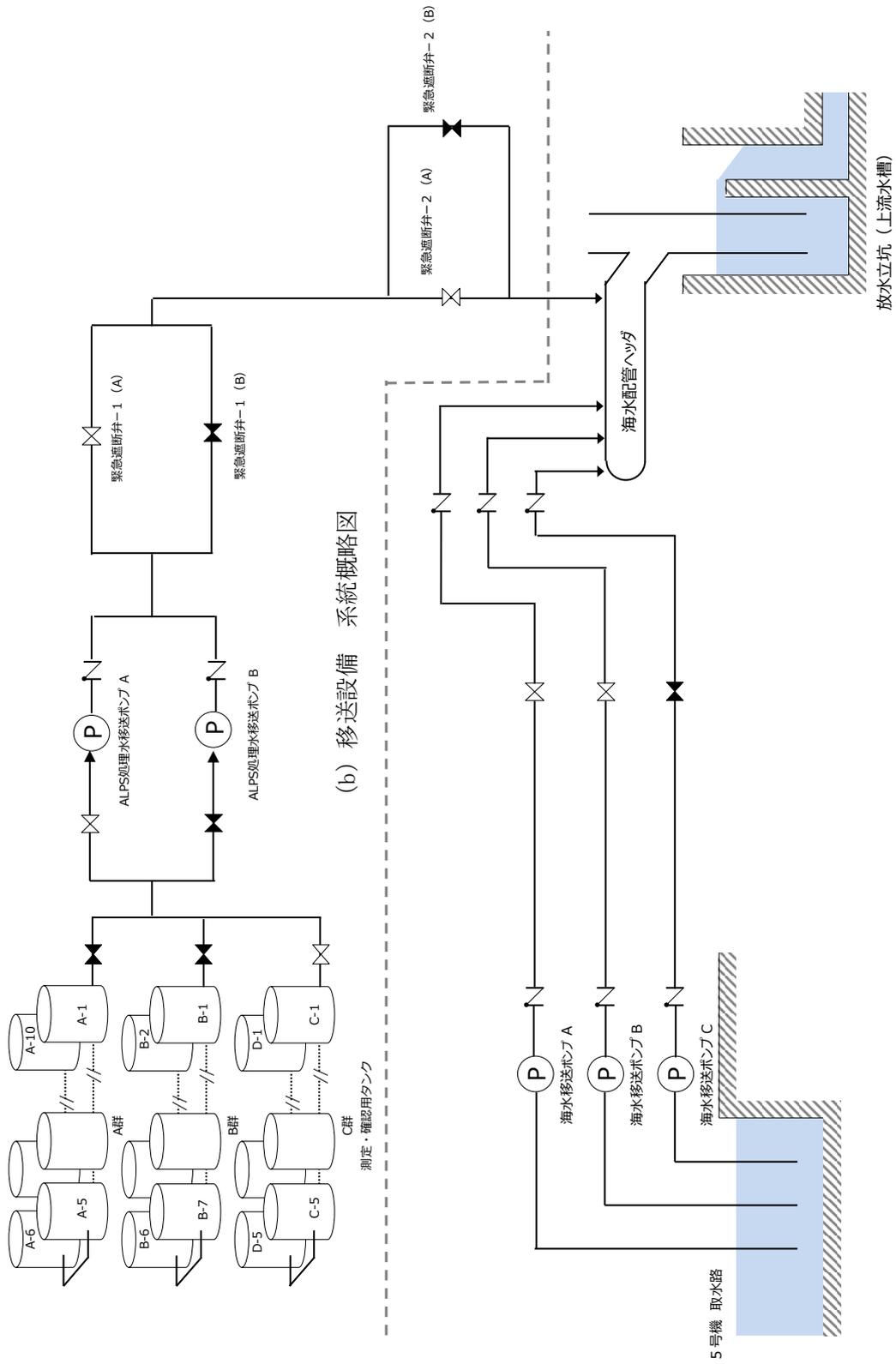
図一 1 ALPS 処理水希釈放出設備及び関連施設の全体概要図 (3 / 3)

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

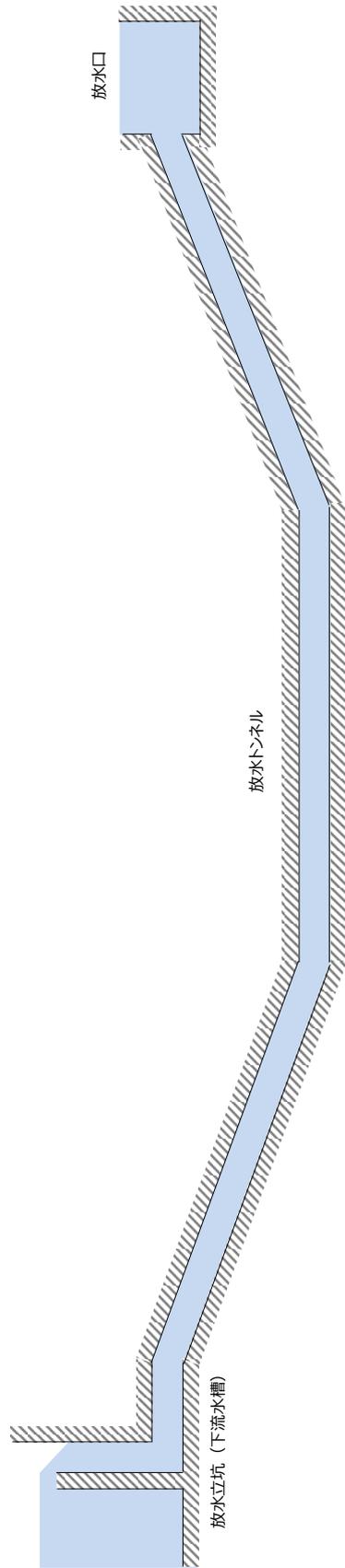


(a) 測定・確認用設備 系統概略図

図-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)



図一 3 放水設備の系統構成図

ALPS 処理水希釈放出設備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、漏えい発生防止、漏えい検知・漏えい拡大防止、管理されない ALPS 処理水の放出防止、環境条件対策、測定・確認用設備による放射性物質濃度の均一化、ALPS 処理水の海水による希釈混合について具体的な安全確保策を以下の通り定め、実施する。

1. 放射性物質の漏えい防止等に対する考慮

(1) 漏えい発生防止

- a. 循環ポンプ及び ALPS 処理水移送ポンプについては、耐腐食性に優れた二相ステンレス鋼等を使用する。
- 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. 循環ポンプ及び ALPS 処理水移送ポンプの軸封部は、漏えいの発生し難いメカニカルシール構造とする。

(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は、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。
- b. 漏えい検知の警報は、免震重要棟集中監視室等に表示し、運転操作員により流量等の運転監視パラメータ等の状況を確認し、ポンプ運転・停止等の適切な対応がとれるようにする。
- c. ALPS 処理水移送配管について、以下の対応を行う。
 - ・ 屋外に敷設される移送配管について、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防止のため融着構造とし、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養生を行い、漏えい拡大防止を図る。
 - ・ 移送配管は、万一、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、排水路を跨ぐ箇所はボックス鋼内等に配管を敷設する。また、ボックス鋼端部から排水路に漏えい水が直接流入しないように土のうを設ける。
 - ・ 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。

2. 管理されない ALPS 処理水の放出防止

ALPS 処理水が管理されない状態で海洋へ放出されることを防止するため、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閉動作させる。

緊急遮断弁のインターロック、設備構成及び配置は、以下の通りとする。

(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、希釈設備の流量及び ALPS 処理水の移送量を定めた上で行うが、万一定めた流量が確保できない場合、または定めた移送量を超えた場合に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、万一に備え移送設備に放射線モニタを設置する。

なお、海域モニタリングで異常値が検出された場合は、任意に緊急遮断弁の閉操作を行い、ALPS 処理水の海洋放出を緊急停止する。

(2) 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。

(3) 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、緊急遮断弁は直列に 2 台配置した緊急遮断弁のうち下流側の弁は、弁動作時の ALPS 処理水放出量を最少化させるため、海水配管ヘッダ手前に設け、上流側の弁は、津波による設備損傷リスクを考慮して防潮堤内に設ける。

3. 環境条件対策

(1) 凍結

水を移送している過程では、凍結の恐れはない。

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。

保温材厚さの設定の際には、「建設設備の凍結防止（空気調和・衛生工学会）」に基づき、震災以降に凍結事象が発生した外気温 -8°C 、内部流体の初期温度 5°C 、保温材厚さ 21.4mm

の条件において、内部流体が 25%^{*}凍結するまでに十分な時間（50 時間程度）があることを確認した。なお、震災以降の実測データから、外気温-8℃が半日程度継続することはない。

※：「JIS A 9501 保温保冷工事施工標準」において管内水の凍結割合を 25%以下と推奨

(2) 紫外線

屋外敷設箇所のポリエチレン管には、紫外線による劣化を防止するため、紫外線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である鋼板等を取り付ける。

(3) 熱による劣化

ポリエチレン管は熱による劣化が懸念されるが、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。

4. 測定・確認用設備による放射性物質濃度の均一化

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一にする。循環は、「発電用軽水型原子炉施設における放出放射性物質の測定に関する指針」に基づきタンク群の容量分以上を確保する。また、各タンクに攪拌機器を設置し、均一化の促進を図る。

5. ALPS 処理水の海水による希釈混合

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。

6. 参考資料

参考資料－1 : ALPS 処理水の希釈混合に関する説明書

以上

ALPS 処理水の希釈混合に関する説明書

1. 概要

ALPS 処理水はそのトリチウム濃度に応じた希釈倍率で海水による希釈を行い、海洋へ放出する。希釈は ALPS 処理水を海水配管ヘッダ内に注入し混合することで行うため、ALPS 処理水の海水配管内における混合挙動を解析により求め、想定される希釈効果について評価した。

2. 解析条件

(1) 解析対象

解析においては、ALPS 処理水を純水とみなし、海水中における純水の移流・拡散状況を評価する。

なお、解析における物性値は以下の通り。

表－ 1 トリチウム水の物性値

物性	値	備考
温度	20 °C	常温に設定
密度※ ¹	純水：998.2 kg/m ³ 海水：1025 kg/m ³	20°Cの純水・海水の密度
粘度※ ²	純水：1.002×10 ⁻³ Pa・s 海水：1.080×10 ⁻³ Pa・s	20°Cの純水・海水の粘度

なお、トリチウム水の主流管内での拡散については、乱流による拡散を考慮することとし、乱流拡散に関する無次元数である乱流シュミット数を与えることによって拡散の程度を計算する。(詳細は(3)で後述)

※1：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)

※2：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）

(2) 評価モデル

海水移送ポンプ吐出からの主流管 3 本が合流する海水配管ヘッド内に純水を注入した場合に、注入水の海水配管ヘッドおよび海水配管内における混合状況を解析し、海水配管ヘッドおよび海水配管内の各部における濃度を求める。

主流管（海水移送配管）、純水注入管、海水配管ヘッド、放水立坑に向かう海水配管を図-1 の様にモデル化した。

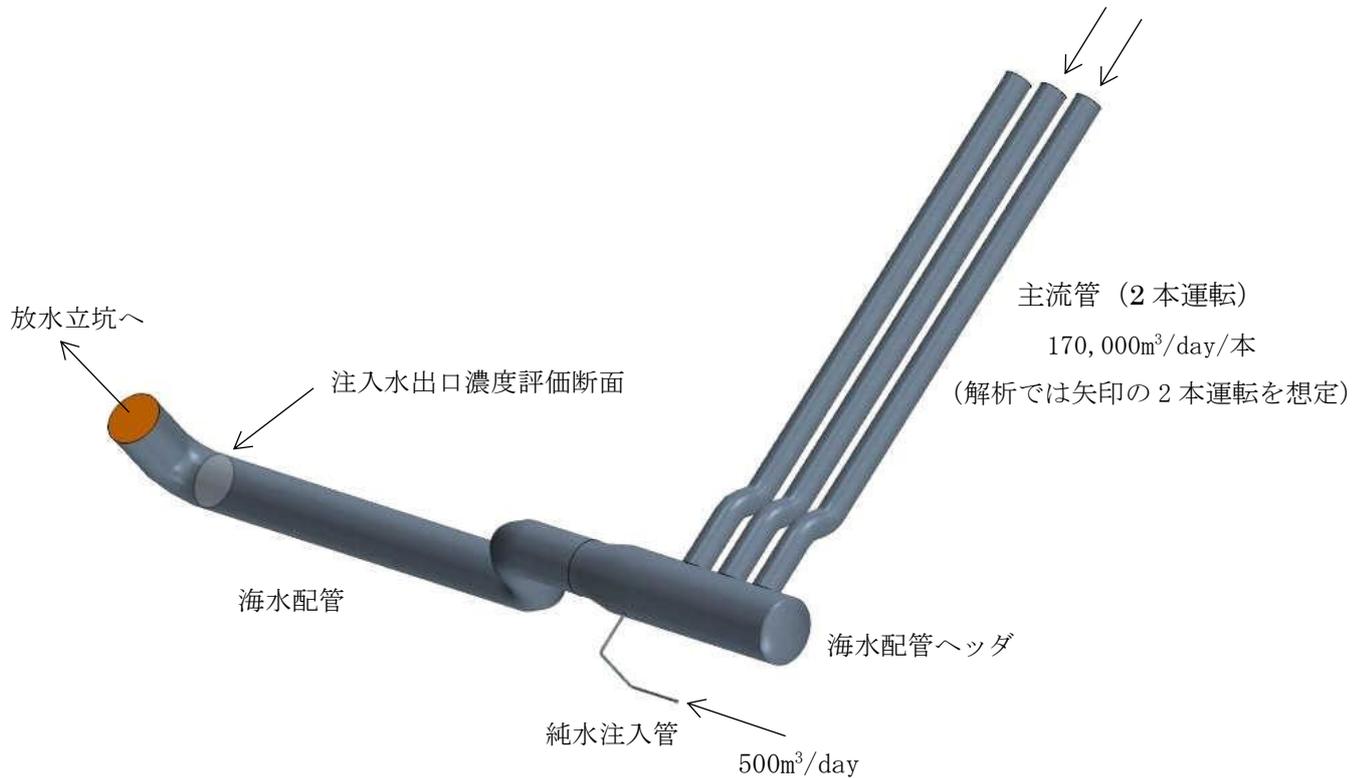


図-1 解析形状モデル

解析は、3次元詳細解析（CFD）コード STAR-CCM+（ver. 11）にて行った。主要なモデルを以下に示す。

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）

乱流モデル：RNG $k-\epsilon$ モデル（感度解析においては標準 $k-\epsilon$ モデルも使用）

壁面近傍の扱い：壁関数モデル

離散化手法：有限体積法

物質移流・拡散モデル：化学種移流拡散モデル

(3) 解析ケース

主流管（海水移送配管）、純水注入管における流量は各々定格流量で行った。

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。

※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)

3. 解析結果

流速および注入純水の濃度分布のコンター図を以下に示す。

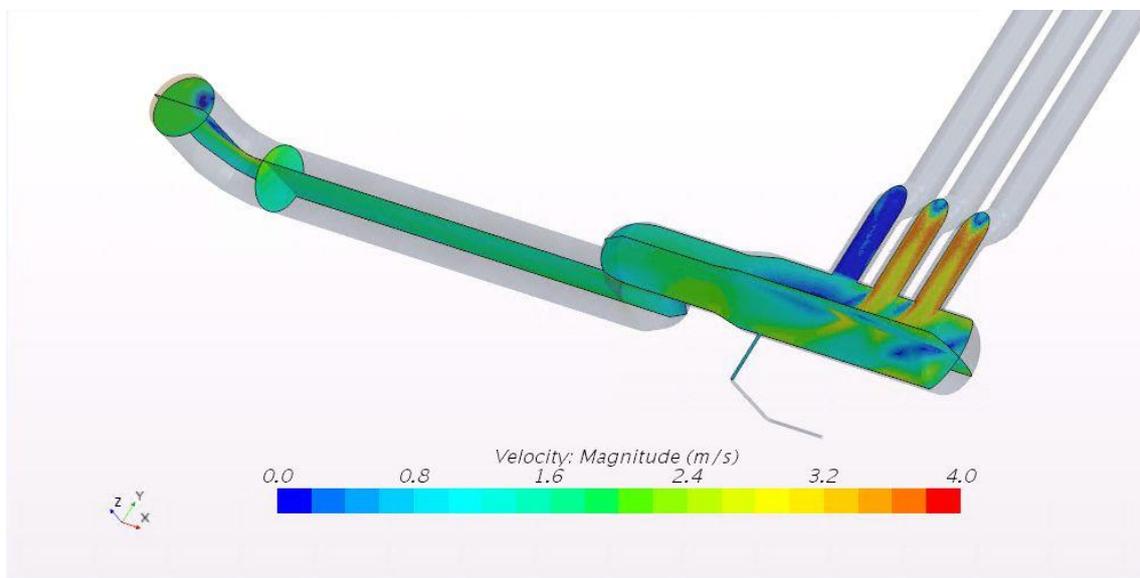


図-2 流速

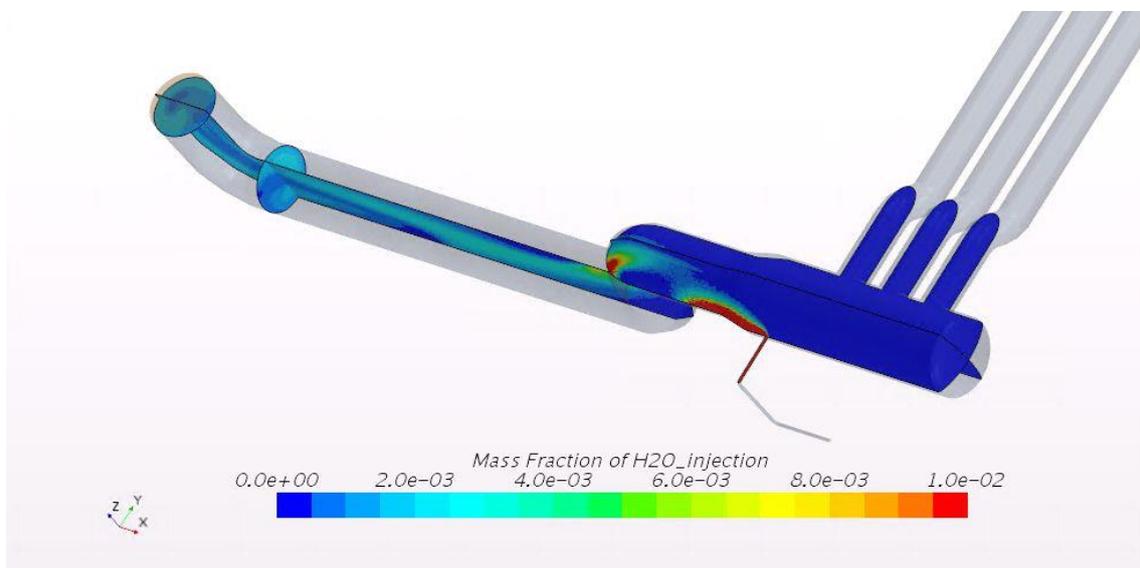


図-3 質量濃度分布

質量濃度分布は、注入した純水が海水配管ヘッダ～海水配管間に分布する状況を示し、以下の式で算出される。

$$\text{注入純水質量濃度} = \text{注入純水質量} / (\text{注入純水質量} + \text{主流管注入海水質量})$$

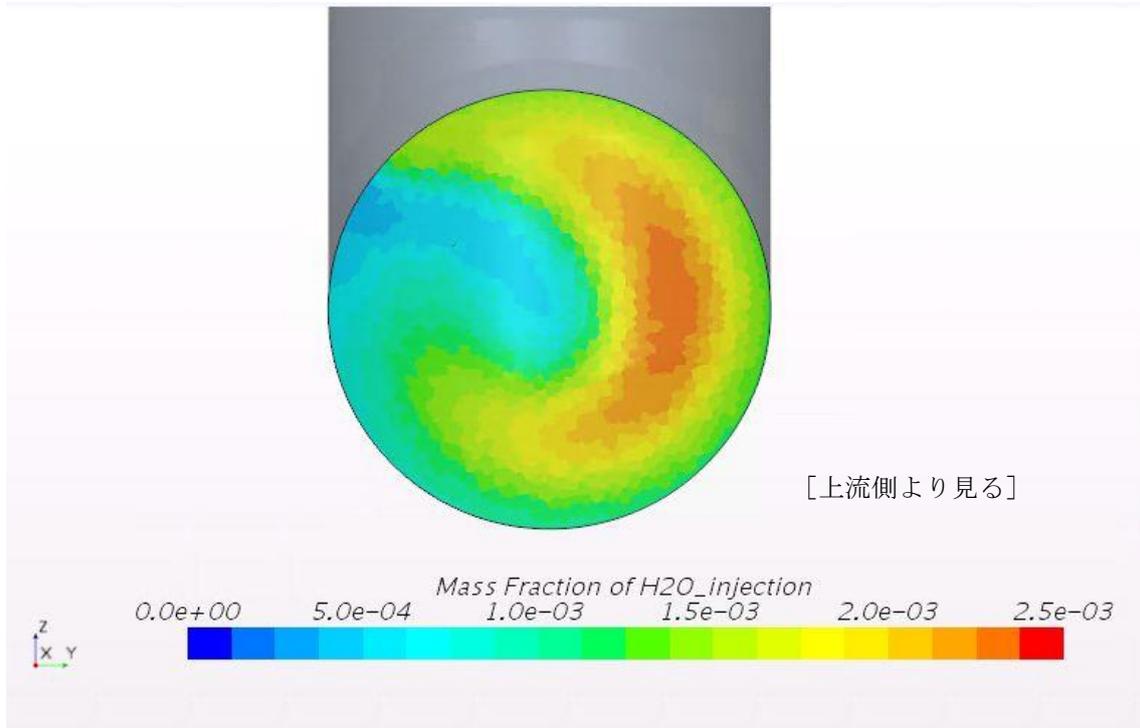


図-4 質量濃度分布 注入水出口濃度評価断面

放水立坑に向かう海水配管端部における最大濃度は約 0.00231 (0.231%) となった。

4. まとめ

注入水出口濃度評価断面における注入水の平均濃度および最大濃度は以下の通り。

表-2 解析結果

	平均質量濃度 (%)	最大質量濃度 (%)
乱流シュミット数: 1.3 RNG k-ε モデル 代表メッシュサイズ 0.05m	0.141	0.231

混合の程度が小さくなると考えられるシュミット数を設定し解析した結果、注入水出口濃度評価断面における最大質量濃度は0.231%と算定された。

この結果から、注入水は放水立坑に向かう海水配管内で最大濃度部においても、 $100/0.231 \approx 430$ 倍薄められているという結論を得た。

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の鋼管のうち、ALPS 処理水を内包する配管については、「JSME S NC1-2012 発電用原子力設備規格 設計・建設規格」のクラス 3 機器に準拠して評価を行う。

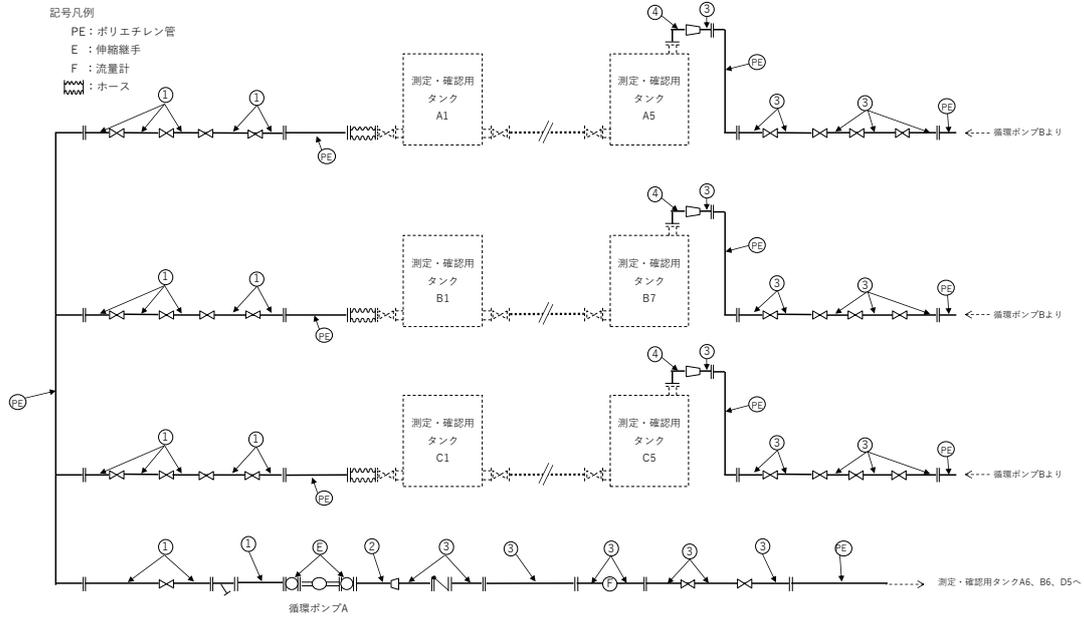
1.2 耐震性の基本方針

ALPS 処理水希釈放出設備は、トリチウム以外の放射性核種を告示濃度比総和 1 未満となるまで浄化処理した ALPS 処理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、及び機動的対応等の影響を緩和する措置により、耐震 C クラスと位置付けられる。

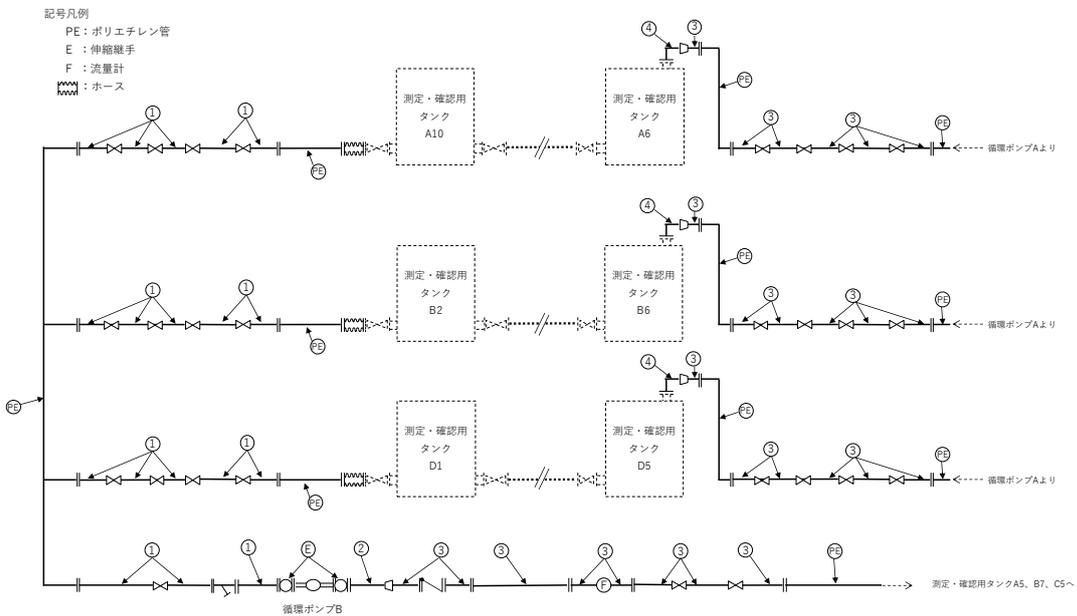
2. 構造強度評価の方法・結果

2.1 主配管（鋼管）

構造評価箇所を図－1～図－4に示す。



図－1 配管概略図（1／4）
（測定・確認用設備）



図－2 配管概略図（2／4）
（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

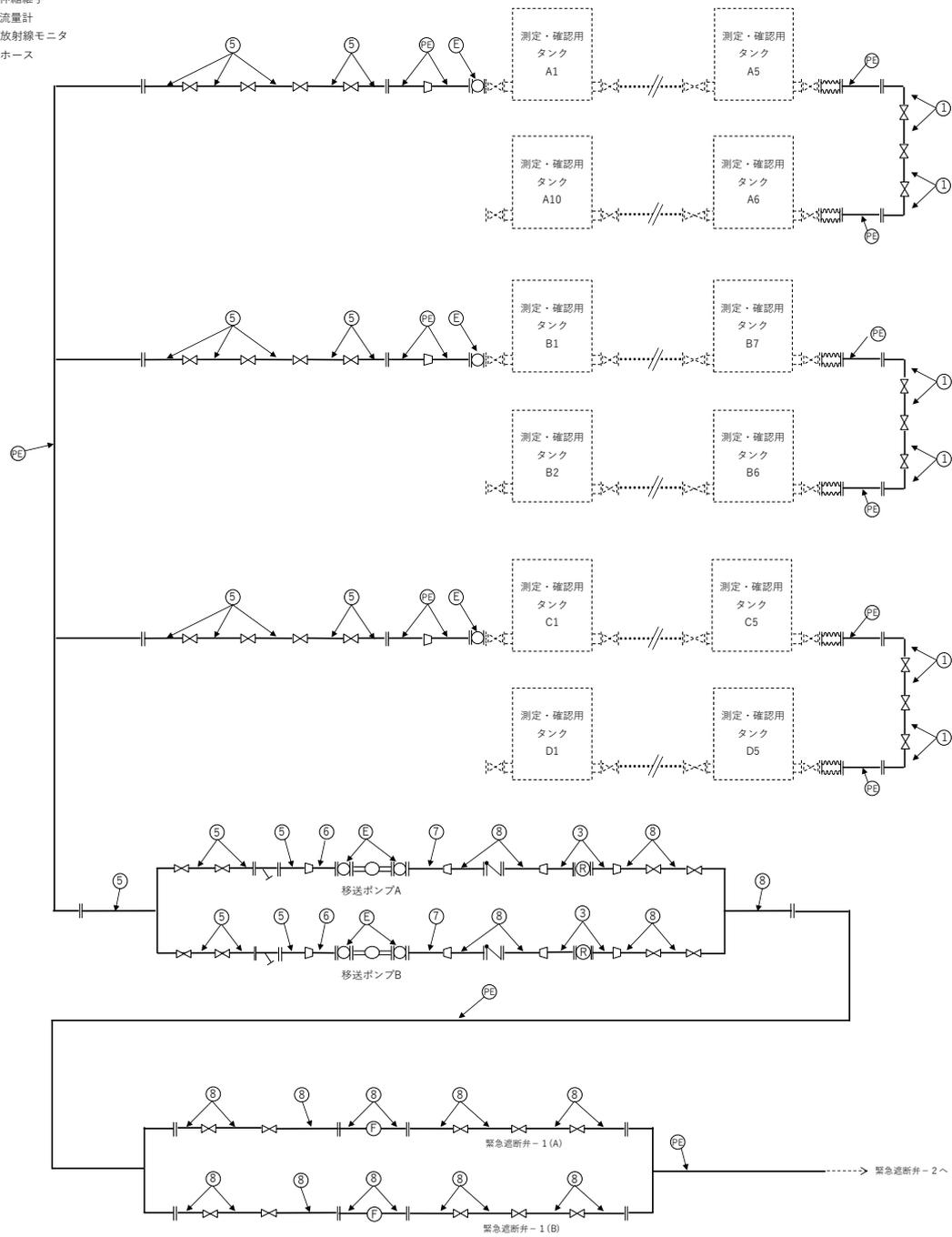


図-3 配管概略図 (3/4)
(移送設備)

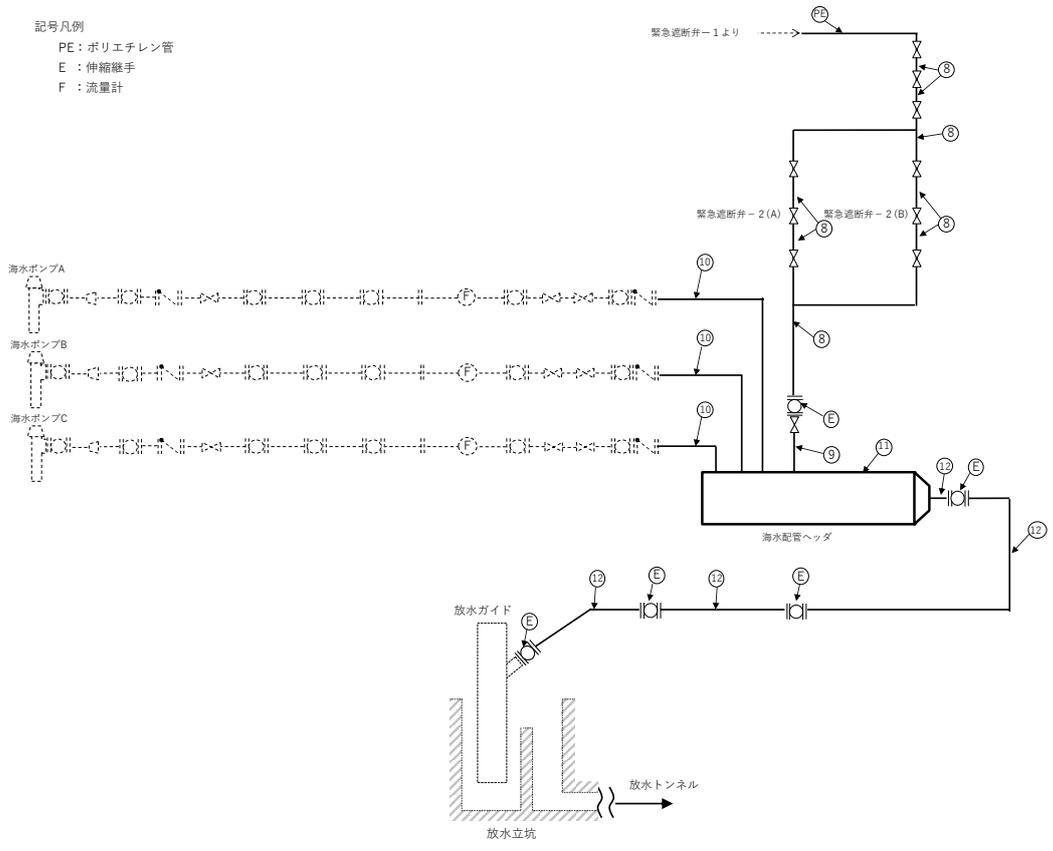


図-4 配管概略図 (4 / 4)
(移送設備, 希積設備)

2.2 評価方法

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-1 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-1 主配管（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	216.3	SUS316LTP	0.49	40	0.46	5.68
配管②	139.8	SUS316LTP	0.98	40	0.59	4.37
配管③	165.2	SUS316LTP	0.98	40	0.69	4.37
配管④	216.3	SUS316LTP	0.98	40	0.91	5.68
配管⑤	165.2	SUS316LTP	0.49	40	0.35	4.37
配管⑥	114.3	SUS316LTP	0.49	40	0.24	3.50
配管⑦	76.3	SUS316LTP	0.98	40	0.32	3.00
配管⑧	114.3	SUS316LTP	0.98	40	0.48	3.50
配管⑨	114.3	STPG370	0.98	40	3.40	5.25
配管⑩	914.4	STPY400	0.60	40	4.56	11.43
配管⑪	2235.2	SM400B	0.60	40	11.14	15.00
配管⑫	1828.8	SM400B	0.60	40	9.11	12.00

3. 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、下記に示す対策、評価及び緩和措置により、耐震 C クラスと位置付けられる。

3.1 測定・確認用タンクへの混水の可能性について

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のみであり、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 ALPS 処理水等貯留タンク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

3.2 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。

3.2.1 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。

3.2.2 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 $50 \mu\text{Sv}$ という C クラスの基準に対して十分に低く、公衆への放射線影響は殆ど無い。

3.3 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、タンクへ移送を行う際には連結弁を開として運用を行う。地震による機能喪失を考慮し、以下機動的対応等の影響を緩和する措置を行う。

- ・震度 5 弱以上の地震発生時、優先的に現場確認を行い、漏えいが確認された場合は速やかに連結弁を閉とする。
- ・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洩することを防止するために基礎外周堰を設置する。当該堰については耐震 B クラスとし、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。

3.4 測定・確認用タンクの構造健全性評価について

耐震 C クラスとしての耐震性評価については、II 2.5 汚染水処理設備等 添付資料-12 別紙-2 の耐震 B クラスの評価をもって包括されている。

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。
性能	運転性能確認 ^{※1}	ポンプの運転確認を行う。	実施計画に記載した容量を満足すること。また、異音，発煙，異常振動等がないこと。

※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。また、運転性能確認における異音，発煙，異常振動等の確認が困難であることから、電流測定等にて動作することの確認を行う。

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。
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：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。
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：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。
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：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。
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：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 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	設定通りに警報が作動することを確認する。	許容範囲以内で警報が作動すること。

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であること。
	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）からの転用のため，使用前検査成績書による確認を基本とするが，必要に応じて立会いまたは品質記録を確認する。

※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 注1		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の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）からの転用のため、使用前検査成績書による確認を基本とするが、必要に応じて立会いまたは品質記録を確認する。

※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（放水ガイド）

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主要寸法を確認する。	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	機器の据付状態を確認する。	実施計画のとおり施工・据付けられていること。
機能・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：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（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	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。
	漏えい確認※1	設計・建設規格に準じて漏えい試験を行う。	有意な漏えいおよび水位の低下がないこと。

※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－7 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	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。
機能・性能	通水確認	通水していることを確認する。	放水立坑(下流水槽)において、有意な水位変動がないこと。

※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。

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。

別紙－1 測定・確認用タンクの基本仕様

別紙－2 放水ガイドの概略図

以上

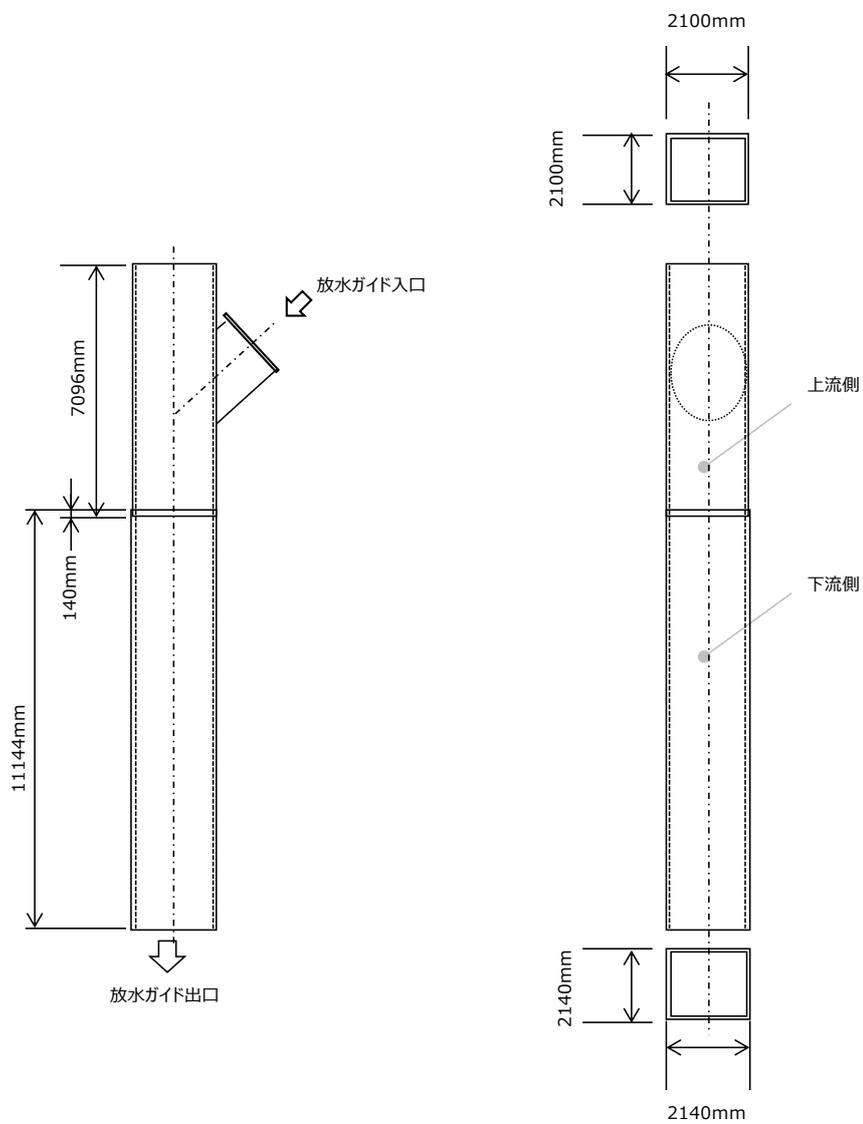
測定・確認用タンクの基本仕様

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℃



放水ガイドの概略図

放水設備の設計に関する説明書

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

放水設備は、下記に準拠して評価を行う。

- ・ 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
- ・ コンクリート標準示方書（設計編；2017年制定）（公社）土木学会
- ・ 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
- ・ 道路橋示方書・同解説 I 共通編 2017年（公社）日本道路協会
- ・ 道路橋示方書・同解説 IV 下部構造編 2017年（公社）日本道路協会

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。

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/mm^2 、 30N/mm^2 、 42N/mm^2 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	0.75
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^2)	水中単位体積重量 γ' (kN/m^2)	粘着力 C (kN/m^2)	内部摩擦角 ϕ ($^\circ$)	変形係数 E0 (kN/m^2)
1	盛土	18.0	8.0	0	30.0	17.70
2	砂岩	18.4	8.4	0	38.6	94.40
3	泥岩	17.1	7.1	1500	0	506.00

2.1.3 地下水位

T. P. +1.0m (GL-1.5m) とする。

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
水 (海水)	10.1

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 0.004c (mm) とする。
ただし、c は純かぶりを示す。

2.1.6 荷重

設計では、常時および地震荷重を考慮する。

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

照査項目を表－5に示す。

表－5 放水設備の照査項目

照査項目		放水立坑 (下流水槽)	放水 トンネル	放水口	照査内容
常 時	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
	浮き上がり	○		○	浮き上がりが生じない こと
地震時		○	○	○	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（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－6に示す。

常時荷重および地震時荷重に対して、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、供用期間中の耐久性が確保されることを確認している。

なお、供用期間中は、鉄筋コンクリート製の躯体に対する設計上の考慮により、保全は不要とする。

表－6 放水立坑（下流水槽）の照査結果

検討部位	荷重 ケース	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	常時	曲げモーメント	179	200	0.90
側壁 第2リフト	常時	曲げモーメント	184	200	0.92

2.3.2 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－7に示す。

常時荷重および地震時荷重に対して、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。

なお、供用期間中は、鉄筋コンクリート製の躯体に対する設計上の考慮により、保全は不要とする。

表－7 放水トンネルの照査結果

検討部位	荷重 ケース	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)	常時	曲げモーメント	79	200	0.40
覆工板 (最深部)	常時	曲げモーメント	93	200	0.47

2.3.3 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-8に示す。

常時波浪および地震時荷重に対して、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、供用期間中の耐久性が確保されることを確認している。

なお、供用期間中は、鉄筋コンクリート製の躯体に対する設計上の考慮により、保全は不要とする。

表-8 放水口の照査結果

検討部位	荷重 ケース	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	常時 (波浪)	せん断力	0.23	0.50	0.46
側壁	常時 (波浪)	せん断力	0.24	0.50	0.48

別紙-1 耐久性照査

別紙-2 浮き上がり照査

以上

耐久性照査に関する説明書

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)

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、最小鉄筋の公称径 (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

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

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)

耐久性照査に用いる設計条件は表-1 の値を用いる。

表-1 耐久性照査に用いる設計条件

		放水立坑 (下流水槽)	放水トンネル	放水口
耐用年数	(年)	30		
表面 塩化物イオン	C_0 (kg/m ³)	13.0	9.0	15.1
腐食発生限界 濃度	C_{lim} (kg/m ³)	1.80	2.19	2.00
拡散係数	D_k (cm/年)	0.16	0.05	0.28

「コンクリート標準示方書」の簡易設計方法により、耐久性の照査を行う。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。

かぶりの設計値 c_d は、施工誤差 Δc_e (=5mm とする) 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

設計拡散係数 D_d は次式で算定する。

$$D_d = \gamma_c \cdot D_k + \left(\frac{w}{l}\right) \cdot \left(\frac{w}{w_a}\right)^2 \cdot D_0$$

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の特性値

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定数 (=400)

2. 照査結果

2.1 ひび割れ幅

2.1.1 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－2に示す。

表－2 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	0.284	0.590	0.48
側壁	0.293	0.602	0.49

2.1.2 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－3に示す。

表－3 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 (放水立坑部)	0.133	0.177	0.75
覆工板 (最深部)	0.148	0.177	0.84

2.1.3 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-4に示す。

表-4 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	0.262	0.400	0.66
側壁	0.302	0.400	0.76

2.2 塩害

2.2.1 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-5に示す。

表-5 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	1.77	1.80	0.98
側壁	1.79	1.80	0.99

2.2.2 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-6に示す。

表-6 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)	1.97	2.19	0.90
覆工板 (最深部)	2.16	2.19	0.98

2.2.3 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-7に示す。

表-7 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

浮き上がり照査に関する説明書

放水設備（放水立坑（下流水槽）、放水口）について、浮き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

浮き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

放水立坑（下流水槽）の浮き上がりに対する安全率を表－1に示す。

表－1 浮き上がりに対する安全率

水槽内荷重条件 (海水荷重)	供用時	
	常時および波浪時	地震時
適用条件		
浮上り安全率	1.20	

2. 照査結果

2.1 放水立坑（下流水槽）

放水立坑（下流水槽）の浮き上が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（下流水槽）の浮き上がりに対する照査結果

	常時
計算値	1.59
浮上り安全率	1.20

2.2 放水口

放水口の浮き上が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 放水口の浮き上がりに対する照査結果

	波浪時
計算値	1.22
浮上り安全率	1.20

以上

