

福島第一原子力発電所
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
等への適合性について（案）
（ALPS 処理水希釈放出設備及び関連施設
の設置等について）

令和4年4月

東京電力ホールディングス株式会社

本資料においては、福島第一原子力発電所の ALPS 処理水希釈放出設備及び関連施設に関連する「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」（平成 24 年 11 月 7 日原子力規制委員会決定。以下「措置を講ずべき事項」という。）への適合方針を説明する。

目 次

- 2. 特定原子力施設の設計，設備
 - 2.2 特定原子力施設の構造及び設計，工事の計画
 - 2.2.3 ALPS 処理水希釈設備及び関連設備
 - 添付資料-5：放水設備の設計に関する説明書

2.2.3 ALPS 処理水希釈放出設備及び関連施設

2.2.3.1 基本設計

2.2.3.1.1 ALPS 処理水希釈放出設備

2.2.3.1.1.1 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）

2.2.3.1.1.2 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。

2.2.3.1.1.3 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、**使用する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。**
- 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

監視・操作端末は ALPS 処理水の海洋放出のために必要な情報を集約し、機器の状態表示や操作方法は統一性（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。

ALPS 処理水希釈放出設備はまた、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

青字：変更案

ALPS 処理水希釈放出設備を構成する系統及び機器の設計、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」

また、放水立坑（上流水槽）の設計、材料の選定、製作について、下記に準拠して信頼性を確保する。

- ・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
- ・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（構造性能照査編；2002 年制定）（公社）土木学会
- ・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

- ・道路橋示方書・同解説Ⅰ共通編 2012年（公社）日本道路協会
- ・道路橋示方書・同解説Ⅳ下部構造編 2012年（公社）日本道路協会
- ・道路橋示方書・同解説Ⅴ耐震設計編 2012年（公社）日本道路協会
- ・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
- ・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

2.2.3.1.1.4 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、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、**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量の測定・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）を兼用して使用する。**

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。

青字：変更案

(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、放水設備により構成する。

青字：変更案

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。

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

2.2.3.1.1.6 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^{※1}とともに、設備周辺には可能な限り可燃物を排除することで火災の発生を防止する。

また、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、多核種移送設備建屋内に設置する循環ポンプ、ALPS 処理水移送ポンプ及び、ALPS 電気品室に設置する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ALPS 電気品室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。

なお、放水立坑（上流水槽）は、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。

※1：配管に使用する一部の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。

(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のおそれを考慮して移送設備、希釈設備を停止する運用とする。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の内側に設置する。

(3) 豪雨（設備の周囲の排水口確認予定）

ALPS 処理水希釈放出設備の内、循環ポンプ及び ALPS 処理水移送ポンプ又は制御盤等の電気品は、豪雨による影響を受けにくい多核種移送設備建屋内または ALPS 電気品室内に設置する。

(4) 台風（強風，高潮）

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。

なお，放水立坑（上流水槽）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，後段の放水設備は高潮警報が発生した場合には，設計通りに海洋放出が出来ないリスクがあるため，海洋放出を停止させる運用とする。

(5) 積雪

積雪による設備の損傷を防止するため，多核種移送設備建屋及び ALPS 電気品室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。

(6) 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。

(7) 竜巻

竜巻注意報が発生した場合は，竜巻による設備損傷のおそれを考慮して設備を停止する運用とする。

2.2.3.1.1.7 外部人為事象に対する設計上の考慮

(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 処理水を放出

するために必要な設備又は装置の操作に係る情報システムが、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、当該情報システムに対する外部からの不正アクセスを遮断する設計とする。

2.2.3.1.1.8 環境条件に対する設計上の考慮

(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) 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、あらかじめ予備品への交換等を行う。

青字：変更案

2.2.3.1.1.9 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。

ALPS 処理水希釈放出設備における具体的な設計上の考慮事項は以下の通り。

- ・ 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、タンクからの漏えいや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、流量計、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ことで、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。

2.2.3.1.1.10 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」~~ **「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」という。）」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、**耐圧ホース、ポリエチレン配管等**の可撓性を有する材料を使用するなどし、耐震性を確保する。

2.2.3.1.2 放水設備

2.2.3.1.2.1 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。

2.2.3.1.2.2 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。

2.2.3.1.2.3 設計方針

青字：変更案

(1) 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。

(2) 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

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。

なお、供用期間中は、鉄筋コンクリート製の躯体に対して、保全を不要とするまでの保守的な設計とする。（一般土木構造物と同様に、長期点検計画に基づき維持管理する。）

(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
- ・ **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（設計編；2007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**
- ・ 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
- ・ **道路橋示方書・同解説 I 共通編 2012年（公社）日本道路協会**
- ・ **道路橋示方書・同解説 IV 下部構造編 2012年（公社）日本道路協会**
- ・ 共同溝設計指針 1986年 日本道路協会
- ・ **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-管路施設編-2015年版（公社）日本下水道協会
- ・ 水理公式集 2018年（公社）土木学会

2.2.3.1.2.4 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。

2.2.3.1.2.5 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。

2.2.3.1.2.6 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**おそれ**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。

2.2.3.1.2.7 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。

2.2.3.2 基本仕様

2.2.3.2.1 ALPS 処理水希釈放出設備の主要仕様

2.2.3.2.1.1 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

青字：変更案

※：「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と兼用する。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 / ~~2~~ 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	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 (2/23)

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℃
既設 ALPS 処理水移送配管取合から 受入弁ユニットまで (ポリエチレン管)	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	100A 相当 ポリエチレン 0.98MPa 40℃
増設 ALPS 処理水移送配管取合から 受入弁ユニットまで (ポリエチレン管)	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	100A 相当 ポリエチレン 0.98MPa 40℃
高性能 ALPS 処理水移送配管取合から 受入弁ユニットまで (ポリエチレン管)	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	100A 相当 ポリエチレン 0.98MPa 40℃

主要配管仕様 (3 / 3)

名 称	仕 様	
受入弁ユニット (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℃
受入弁ユニットから 測定・確認用タンク (A 群) 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	100A 相当 ポリエチレン 0.98MPa 40℃
受入弁ユニットから 測定・確認用タンク (B 群) 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	100A 相当 ポリエチレン 0.98MPa 40℃
受入弁ユニットから 測定・確認用タンク (C 群) 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	100A 相当 ポリエチレン 0.98MPa 40℃

2.2.3.2.1.2 移送設備

(1) ALPS 処理水移送ポンプ（完成品）

台 数	2 台
容 量	30m ³ /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℃

青字：変更案

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 海水配管ヘッド入口取合 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	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℃
緊急遮断弁-1 から 海水配管ヘッド入口取合まで (鋼管)	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	100A/Sch.20S SUS316LTP 0.6MPa 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 0.6MPa 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 0.6MPa 40℃

2.2.3.2.1.3 希釈設備

(1) 海水移送ポンプ（完成品）

台 数 3 台
容 量 7,086m³/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
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

(4) 配管

青字：変更案

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
(鋼管)	呼び径／厚さ	900A/ Sch.20S 13mm
	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)

青字：変更案

名 称	仕 様	
海水配管ヘッダ (鋼管)	呼び径／厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度	1800A／ 136 mm 2200A／16mm SM400B 0.60MPa 40℃
海水配管ヘッダ出口から 放水ガイド 放水立坑 (上流水槽) まで (鋼管)	呼び径／厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度	1800A／ 136 mm SM400B 0.60MPa 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 0.60MPa 40℃

青字：変更案

2.2.3.2.2 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

(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

(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

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－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	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。	実施計画の記載とおりにあること。
	外観確認※1	外観を確認する。	有意な欠陥※2がないこと。
	据付・組立確認	部材が図面のとおり据付・組立していることを立会いまたは記録により確認する。	図面のとおり据付・組立していること。

※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。

※2：有意な漏えいが懸念される0.1mm以上のひび割れが無いことを確認する。

高い水密性を確保する場合のひび割れ幅の設計限界値について、コンクリート標準示方書2017設計4編4章の水密性に対する照査（P248,249）に記載され、ひび割れ幅が0.1mm以下のとき、漏水量はきわめて小さいことが示されている。

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	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。	実施計画の記載とおりであること。
	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。	実施計画の記載とおりであること。
	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。	図面のとおり据付・組立していること。

※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、沖合 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。

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。

- ・ 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
- ・ **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（設計編；2007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**
- ・ 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
- ・ **道路橋示方書・同解説 I 共通編 2012年（公社）日本道路協会**
- ・ **道路橋示方書・同解説 IV 下部構造編 2012年（公社）日本道路協会**
- ・ 共同溝設計指針 1986年 日本道路協会
- ・ **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**
- ・ **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-管路施設編-2015年版（公社）日本下水道協会
- ・ 水理公式集 2018年（公社）土木学会

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、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. 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 、 **40N/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
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^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	9.0	0	30.0	17,700
2	砂岩	18.4	9.4	0	38.6	94,400
3	泥岩	17.1	8.1	1,500	0	506,000

2.1.3 地下水位

T.P.+2.5m (GLP.+2.)

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)	放水立坑 (上流水槽, 下流水槽), 放水トンネル : 10.3 放水口 : 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、**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、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
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
	浮上がり	○	○	-	○	浮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（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。

なお、供用期間中は、鉄筋コンクリート製の躯体に対して、保全を不要とするまでの保守的な設計とする。（一般土木構造物と同様に、長期点検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	0.144	0.55	0.26

2.3.3 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して、保全を不要とするまでの保守的な設計とする。（一般土木構造物と同様に、長期点検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	148.3	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。

なお、供用期間中は、鉄筋コンクリート製の躯体に対して、保全を不要とするまでの保守的な設計とする。（一般土木構造物と同様に、長期点検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。

なお、供用期間中は、鉄筋コンクリート製の躯体に対して、保全を不要とするまでの保守的な設計とする。(一般土木構造物と同様に、長期点検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

別紙－2 浮上がり照査

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 (度) : 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）

$$C_d = \gamma_{cl} \cdot \left\{ 1 - \operatorname{erf} \left(\frac{0.1}{2\sqrt{t}} \left(\frac{c}{\sqrt{D_d}} + \frac{c_{ep}}{\sqrt{D_{epd}}} \right) \right) \right\}$$

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 cd は，施工誤差 Δ ，施を予め考慮して次式で求める。

$$cd = c - \Delta c_e$$

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 6.0kg/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、 $C_0 = 15.1 \text{ kg/m}^3$ 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、 $C_{lim} = 2.0\text{kg/m}^3$ 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	0.06	0.27	0.22

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 (放水立坑部)	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	0.04	1.20	0.03

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	
	常時および波浪時	地震時
適用条件		
浮上がり安全率	1.20	

2. 照査結果

後の審査会合に合わせて、設備毎に詳細を記述する。

2.1 放水立坑（上流水槽）

放水立坑（上流水槽）の浮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（上流水槽）の浮上がりに対する照査結果

	常時
計算値	1.48
浮上がり安全率	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 放水立坑（下流水槽）の浮上がりに対する照査結果

	常時
計算値	1.68
浮上がり安全率	1.20

2.3 放水口

放水口の浮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-4に示す。

表-4 放水口の浮上がりに対する照査結果

	波浪時
計算値	1.99
浮上がり安全率	1.20

以上