

福島第一原子力発電所

ALPS 処理水希釈放出関連施設の設置工事の概要

荒川 大樹・神田 誠・古川園 健朗

東京電力福島第一原子力発電所における多核種除去設備等処理水について、政府の基本方針が決定されて以降、安全性の確保を大前提に多核種除去設備等処理水希釈放出設備の設計を進めてきた。現地では、2021年12月より設備設置の準備段階となる環境整備を開始し、原子力規制委員会の認可および地元の了解が得られた2022年8月より本格的に設備設置工事を開始した。本稿では、土木設備に関する設計および工事の概要を紹介する。

キーワード：福島第一原子力発電所、廃炉、ALPS 処理水、海洋放出、設置工事

1. はじめに

2021年4月13日に政府の廃炉・汚染水・処理水対策関係閣僚会議にて、「東京ホールディングス(株)福島第一原子力発電所における多核種除去設備等処理水の処分に関する基本方針」が決定されて以降、当社では安全性の確保を前提に、風評被害を最大限抑制するための対応を徹底するべく、多核種除去設備等処理水(以下、ALPS 処理水)希釈放出設備の設計や運用等の具体化を進めてきた。

ALPS 処理水希釈放出設備においては、多核種除去設備で放射性核種を十分低い濃度になるまで除去した水が、トリチウムを除く放射性核種の告示濃度比総和1未満を満足することを確認し、海水にて希釈して海

洋に放出する(図-1)。

設備は、測定・確認用タンク内およびタンク群の放射性核種の濃度を均一にした後、試料採取・分析を行い、「測定・確認用設備」、ALPS 処理水移送する「移送設備」、5号取水路より海水移送ポンプで取水した海水と混合し希釈する「希釈設備」、混合希釈後の水を海洋へ放出する「放水設備」で構成される。

現地では、2021年12月より設備設置の準備段階となる環境整備を開始し、原子力規制委員会の認可および地元の了解が得られた2022年8月より本格的に設置工事を開始した。

本稿では、ALPS 処理水希釈放出設備の土木設備のうち、原子力規制庁の審査対象となった設備を中心とした設計および工事の概要を紹介する。

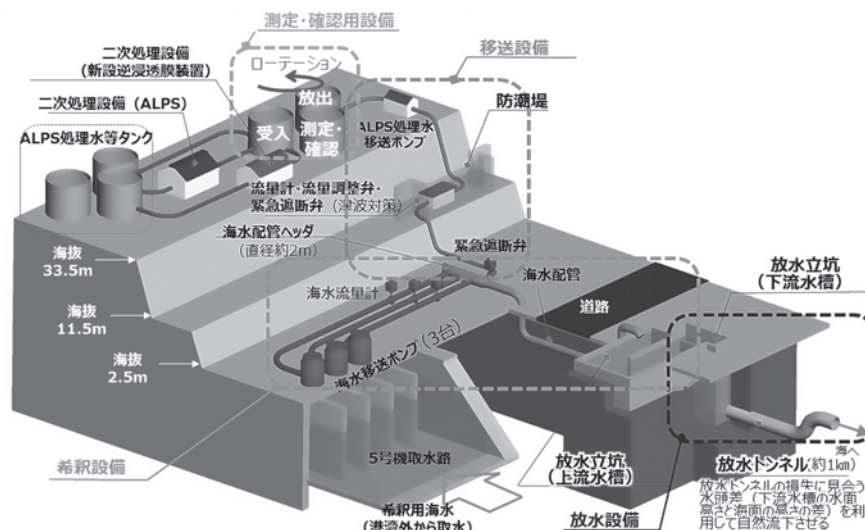


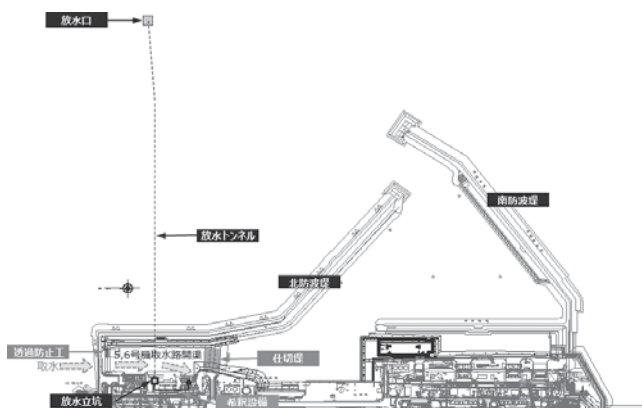
図-1 ALPS 処理水希釈放出設備全体イメージ

2. 土木設備の概要および設計方針

(1) 土木設備の概要

土木設備は、希釈設備に属する放水立坑（上流水槽）および放水設備等が該当する。放水立坑（上流水槽）に流入した ALPS 処理水の希釈後の水（以下、希釈水）は、放水立坑（下流水槽）、放水トンネル、放水口を通して、外洋へ放出される。なお、希釈用の海水については、北防波堤の一部を改造することで、発電所港湾外から取水する（図一2）。

放水立坑は、堰により上流側と下流側が隔てられ、希釈水は堰を越流することで下流側へ流入する構造としている。放水トンネルは、耐震性を考慮し岩盤内に



図一2 取水・放水概念図



図一3 放水設備概念図

所定の土被りを設けることで安全性を確保している。放水口の位置は、放出した水の再循環を抑制するために沿岸から約1km離れた場所且つ岩盤露頭域を選定している。希釈水を外洋へ放出する方法については、放水設備を外洋潮位と連動する構造とし、動力を必要とすることなくエネルギー損失により自然に水が流れる設計としている（図一3）。土木設備の諸元を表一1に示す。

(2) 土木設備の設計方針

ALPS 処理水希釈放出設備は、特定原子力施設として、原子力規制庁による審査を受けており、福島第一原子力発電所に設置される原子炉施設に対する「措置を講ずべき事項」に準じた設計としている。以下に概要を記す。

(a) 自然現象（地震）に対する設計上の考慮

ALPS 処理水希釈放出設備において、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。設備の安全機能が喪失した場合の公衆への放射線影響を評価した結果、実効線量は1μSv未満であることから、耐震Cクラス（kh=0.2）と位置付けられ、要求される地震力に耐えられる設計とする。

表一1 土木設備の諸元

設備	諸元
放水立坑（上流水槽）	鉄筋コンクリート構造（プレキャスト製品+現場打設） 躯体寸法：L35.7 m, B18.0 m, H6.6 m
放水立坑（下流水槽）	鉄筋コンクリート構造 躯体寸法：L12.4 m, B7.0 m, H18.4 m
放水トンネル	シールドトンネル構造 全長：1,031 m 内径：2.59 m 設計最大流量：6.0 m ³ /s ※ RC 製セグメント採用, 内水圧対応トンネル
放水口	ケーソン方式（鉄筋コンクリート構造） ケーソン躯体寸法：L12.2 m, B9.2 m, H9.6 m 上蓋躯体寸法：L12.2 m, B9.2 m, H0.7 m

(b) 自然現象（津波，台風等）に対する設計上の考慮

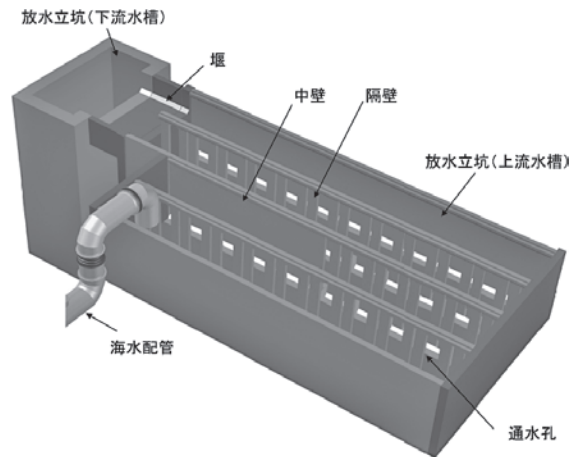
津波に対する浸水は不可避であることから，復旧性に応じて，耐波圧性を有する設計とする。また，台風（高潮）で海面が上昇することによる影響を考慮した設計としている。

(c) その他の設計上の考慮

放水立坑（下流水槽）内の水を約 1 km 離れた放水口まで移送し，放水立坑（下流水槽）は，放水設備の水理損失やサージングによる水位上昇等を考慮した設計とする。放水トンネルは，施工時の安全性や供用期間中の耐久性を考慮し，シールド工法により止水性を確保する。

(d) 評価方法

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，表—2 の通りに設定している。構造照査において，長期・短期荷重（地震力は震度法による）を考慮し，曲げおよびせん断が許容応力度以内であることを確認している。また，躯体に生じるひび割れ幅および塩害の照査により供用期間中の耐久性が確保されること，構造物の浮上がりが生じないことを確認している。



図—4 放水立坑イメージ



写真—1 上流水槽の構築作業

3. 土木設備の基本構造および施工概要

(1) 放水立坑（上流水槽）

放水立坑（上流水槽）は，保守性を考慮して広く浅い水槽（L35.7 m，B18.0 m，H6.6 m）とし，作業省力化を目的として，プレキャスト製品を採用している。内部に多数の隔壁が存在するが，水槽内に滞留することなく下流水槽へ導水するため，中壁および通水孔を設置している（図—4）。

N 値 30 程度の中粒砂岩層を地盤改良し，プレキャスト製ブロックの組立および底版部他の現場打設を行う（写真—1）。また，躯体内外面において，ポリウレタ吹付による防水塗装を施す。

(2) 放水立坑（下流水槽）

放水立坑（下流水槽）は，放水トンネルの発進立坑（L20.4 m，B10.2 m，H16.9 m）を兼ね，N 値 50 以上の岩盤に構築する。底版の設置レベルは原地盤から深さ 16 m 程度であり，放水トンネルの縦断線形および発進位置に基づき設定している。放水立坑（下流水槽）の寸法（L12.4 m，B7.0 m，H18.4 m）は，水理設計に基づき必要最低限の容積から設定している。

SMW 工法により壁体を構築し，その内側に躯体を構築する。現地での作業省力化を目的にプレハブ鉄筋を採用し，鉛直方向に躯体を 8 分割して構築を行った（写真—2）。

表—2 照査項目

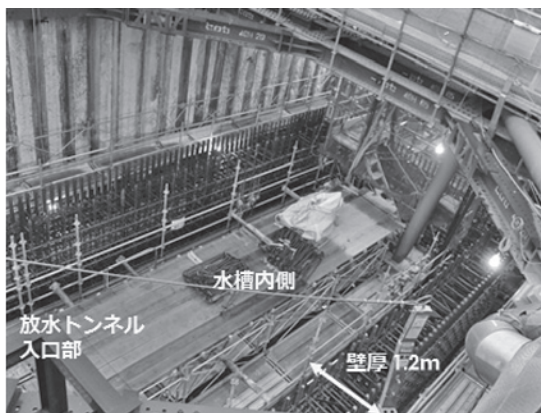
照査項目		放水立坑 (上流水槽)	放水立坑 (下流水槽)	放水 トンネル	放水口	照査内容
長期	構造	○	○	○	○	許容応力度以内であること
	ひび割れ	○	○	○	○	ひび割れ幅が許容ひび割れ幅以下であること
	塩害	○	○	○	○	鋼材位置の塩化物イオン濃度が鋼材腐食発生限界に達しないこと
	浮上がり	○	○	—	○	浮上がりが生じないこと
短期		○	○	○	○	地震に対して許容応力度以内であること

(3) 放水トンネル

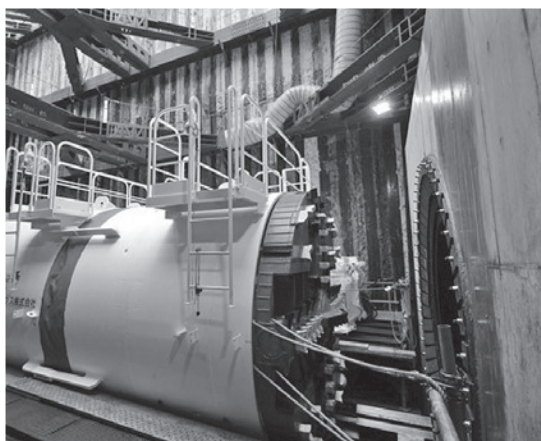
放水トンネルは、シールド工法（泥水式）により構築する。トンネル内径 2,590 mm は、日最大約 51 万 m³ の希釈水を放出する条件で設定している。また、設計施工にあたり、「シールドトンネル施工技術安全向上協議会報告書(国土交通省)」等の指針を確認している。

セグメントの幅（1,000 mm）および厚さ（180 mm）について、シールドトンネルの外径に対するセグメント厚さの比率は約 6%（一般的に 4% 程度）となり比較的大きな設定としている。また、セグメントのシール材は水膨張シール材（材質：クロロプレン合成ゴム系）を採用した。セグメント外面側シール材 1 段を基本とし、内水圧の作用を考慮して同性能のシール材を内面側にも配置（トンネル円周方向および延長方向（全周）に 2 段配置）し、止水性能を確保している。

トンネル掘進工事は、福島第一原子力発電所特有の管理区域内において作業時間に制約のある中で、作業従事者および資機材の放射線管理を確実にしながら 3 交代で進めている（写真—3, 4）。掘進速度としては 10～15 m/日程度である。



写真—2 下流水槽の構築作業



写真—3 シールドマシン

(4) 放水口

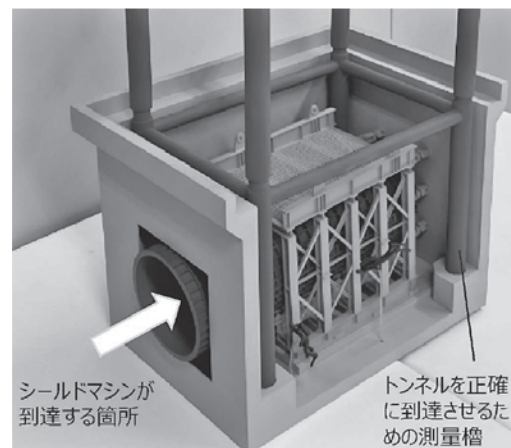
放水口はケーソン方式とし、放水トンネルの到達立坑を兼ね、内部にシールドマシンが到達する鋼製の到達管を設置している。そのため、シールドマシンを格納する到達管の形状および撤去時の必要クリアランスを考慮し、ケーソンの寸法（L12.2 m, B9.2 m, H9.6 m）を設定している（図—5）。

海上工事は、発電所港湾外で行うため、放水口を囲む範囲を工事区域として設定し、公衆船舶の航行安全に配慮している。また、工事中の濁りや放射性物質濃度のモニタリングを行い、データを公開しながら工事を実施している。

放水口は、海底面を掘り込んで設置することから、グラブ浚渫船を使用して海底掘削を行った（写真—5）。次に、陸上で製作したケーソンを発電所沖合まで運搬し、1,600 t 吊全旋回式起重機船にてケーソンの据付を行った（写真—6）。ケーソンの据付は、非常に厳しい作業条件（有義波高 0.6 m 以下且つ有義周期 7 秒以下）において、気象海象条件が整うまで 3 ヶ月程度の待機期間を経て行った。その後、コンクリートプラント船によりケーソン周囲の埋戻しを行った（写真—7）。今後、シールドマシンがケーソンに到達



写真—4 トンネル内部



図—5 放水口イメージ



写真—5 海底掘削作業



写真—6 ケーソン据付作業



写真—7 ケーソン埋戻し作業

した後、海上から到達管を回収し、ケーソン上部に上蓋 (L12.2 m, B9.2 m, H0.7 m) を設置して完了となる。

4. おわりに

ALPS 処理水希釈放出設備設置工事は、2023 年春頃の完了に向け、福島第一原子力発電所 5, 6 号機の手側を中心に土木工事を実施しており、工事が輻輳する中で安全最優先に工事を進めている。

最後に、ALPS 希釈放出設備設置工事を通じて、工事遂行への多大なるご指導、ご協力をいただいている皆様へ、ここに感謝の意を表します。

JCMA

【筆者紹介】



荒川 大樹 (あらかわ ひろき)
東京電力ホールディングス(株)
福島第一原子力発電所 ALPS 処理水プログラム部
処理水土木設備設置 PJ グループ
チームリーダー



神田 誠 (こうだ まこと)
東京電力ホールディングス(株)
福島第一原子力発電所 ALPS 処理水プログラム部
処理水土木設備設置 PJ グループ
チームリーダー



古川 健朗 (ふるかわ けんろう)
東京電力ホールディングス(株)
福島第一原子力発電所 ALPS 処理水プログラム部
処理水土木設備設置 PJ グループ
マネージャー