

第4回技術検討会 追加質問

No	設備分類	カテゴリ	内容	回答
1	移送設備	希釈・放出管理	移送流量／混合希釈率の設定・制御の手順において、①ALPS処理水トリチウム濃度を登録、②海水移送ポンプ運転台数・流量設定後に、③混合希釈後の濃度（放出希釈濃度）を設定して、④混合希釈率を評価して、⑤ALPS処理水移送ポンプ起動、⑥ALPS処理水流量を所定の混合希釈率に制御する手順になると想定される。然るに③の手順が（資料2の10頁、11頁に）記載されていないので、③（監視制御装置への混合希釈率の入力管理(HE防止)を含む）を追加して、全体の移送流量／混合希釈率の設定・制御の手順を見直したものを説明すること。	希釈後のトリチウム濃度の設定については、あらかじめ流量計の誤差、分析の誤差等を考慮して上限値を事前にシステムに登録する。この上限値については、放出の都度変更するものではないため手順に記載をしていない。なお、上限値のシステム登録時には、ダブルチェック等により確認する。
2	希釈設備	希釈・放出管理	ALPS処理水トリチウム濃度を登録、海水移送ポンプ運転台数・流量設定後の混合希釈後の濃度（放出希釈濃度）に設定（この手順が資料4の14頁に抜けている）して混合希釈率を評価し、ALPS処理水移送ポンプ起動、ALPS処理水流量を制御して所定の混合希釈率に制御する仕組みについて次回説明要。監視制御装置への混合希釈率の入力管理(HE防止)が必要。	希釈後のトリチウム濃度の設定については、あらかじめ流量計の誤差、分析の誤差等を考慮して上限値を事前にシステムに登録する。この上限値については、放出の都度変更するものではないため、資料4の14ページのフローには記載していない。なお、上限値のシステム登録時にダブルチェック等により確認する。
3	その他	全体方針	ALPS処理水希釈放出によるタンク容量低減⇒タンク解体⇒タンク跡地整地の計画と燃料デブリ保管施設等跡地利用予定の施設の設置計画の整合性について、スケジュールを含めた全体計画について説明のこと。燃料デブリ等の取出しが計画的に進められることを説明のこと。	今後の敷地利用の見通しについては、2021年3月に作成・公表した廃炉中長期実行プラン2021の達成を目標に、燃料デブリ関連施設等の建設に必要な時期も想定し、第4回技術検討会資料1スライド4に必要時期等を整理したもの。 燃料デブリの取り出し工程については、格納容器内の状況把握、取り出し技術や現場環境整備が限定的であり、確度を持って時期をお示しできる状況ではない。まずは、内部調査、研究開発とその成果を現場適用するためのエンジニアリング、現場環境改善を進め、2号機の取り出しを通じて得られる知見なども踏まえ、今後、デブリ関連施設等の建設の事前了解手続きの際などに、工程について説明してまいりたい。
4	移送設備 希釈設備	自然災害への対応	資料1の10頁、外部事象、地震・津波等自然事象への防護等については、異常事象の抽出では考慮しないとしているが、海洋放出設備は全て耐震Cクラス設計としており、Bクラス以上の地震で、設備は損傷、機能喪失すると想定される。緊急遮断弁、ポンプ、配管、電源設備等のBクラス以上の地震での耐震性（構造強度、機能維持）を評価して、その結果から影響を置ける設備の損傷、機能喪失を考慮して異常事象の抽出、対策の妥当性を説明のこと。	原子力規制委員会（2021年7月7日）にて「耐震設計の考え方」が示されたことを受け、「設備等の機能喪失による公衆への放射線影響の程度」を評価した結果、タンクや配管の機能喪失時の施設周辺の公衆被ばく線量が50μSv未満であること、機動的対応を取ることとして、耐震Cクラスとしている。機動的対応としては、以下を想定している。 ・震度5弱以上の地震発生時、連結弁が開状態となっているタンクについて、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、基礎外周堰内に溜った場合には、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。 以上より、外部事象、地震・津波等自然現象に対しては異常事象の抽出から除外している。 なお、異常事象の抽出は、過渡事象レベルの発生頻度のものを対象としている。
5	移送設備	設計詳細	資料4の20頁～27頁、頂上事象として「意図しない形でのALPS処理水の海洋放出」を配置してMLDを用いた異常事象の抽出をしているが、地震によるタンク、ポンプ、移送配管の損傷等や誤操作によるALPS処理水（ALPS未処理水含む）の大量地上への放出や漏洩が発生した場合の環境影響についても、異常事象として抽出し対策の妥当性を説明のこと。	No.4の回答に同じ
6	移送設備 希釈設備	設計詳細	資料4の21頁～27頁、MLDを用いた分析結果について、レベル6において影響あり（（防止）となっていない）のもの（23頁最下段1項目（外電喪失）、24頁、上段2項目（海水移送ポンプ2台運転中1台故障、同3台運転中1台故障）、26頁最上段1項目（タンク3群全壊、移送配管破断）については影響評価結果を資料に追加し説明のこと。	レベル6において影響ありとしたものの影響評価は、資料4のP28に示しており、緊急遮断弁-2が動作せず、緊急遮断弁-1が動作するまでに放出される量は約1.1m3であり、現在計画しているALPS処理水放出量（～500m3/日）と比較すると十分少ない量である。 また、タンク群や移送配管破断の影響については、資料3に示しており、破損したとしてもその影響は50μSv未満となる。（No.4参照）
7	移送設備	設計詳細	資料4 23頁最下段1項目（外電喪失）緊急遮断弁MO弁、AO弁共に自動閉としているが電源喪失時にはAO弁のみ自動閉し、MO弁は動作せず開維持するのではないか。	緊急遮断弁はMO弁式及びAO弁式を採用しているが、ともに電源喪失により自動閉するものを採用している。
8	希釈設備	設計詳細	海水ポンプは、電源系や制御系の異常等で全台停止する場合も考慮すべきでないか。	外部電源喪失時は、海水移送ポンプが全台停止することになるが、本件についてもMLDで考慮している。

9	移送設備 稀釈設備	設計詳細	資料4の28頁、29頁、緊急遮断弁の単一故障の評価について、海水移送ポンプ全台停止、緊急遮断弁はAO弁単一故障で開維持、MO弁自動閉せずで開維持（一定時間後に手動で閉操作可）として、評価すべき。その場合には放出量は1.1m3より多量となり保守的な評価となる。また、放出された場合の海域濃度への影響、人（漁業者等）への環境影響を評価して評価と対策について説明のこと。	異常事象の評価は、供用期間中に発生しうる事象として、機器の単一故障、単一誤操作を考慮して評価しており、機器の多重故障までは考慮していない。 なお、実施計画Ⅲに添付した「ALPS処理水の海洋放出に係る放射線影響評価報告書（設計段階）」において、希釈用の海水ポンプが停止し、緊急遮断弁が動作しない場合を想定し、潜在被ばくの評価を行っている。その結果、海面からの外部被ばくの実効線量は7.3E-05mSvとなり事故時の判断基準5mSvと比べて非常に小さい値となる。
10	放水設備	設計詳細	同資料5の標準貫入試験の実施数は一般的な深度1mごとの試験になっておらず、N値50以上であるかどうかの定量的な判断ができないので、ボーリングコアを用いた室内試験結果を示すこと。	今回は、放水トンネル工事を安全最優先に施工する目的で調査を実施したものであり、当社、施工会社と綿密に協議した上で調査内容を決定しております。その上で均質な岩盤であることを確認し、N値50以上であることを確認できた後は、調査地点の下端のN値を計測することとしています。一般的にトンネル工事の調査では、コアの採取を優先し、標準貫入試験は最低限しか実施しないことが多く、コアをみて施工方法の判断に活用します（今回は加泥材やカッタービットの選定等）。一般的な深度1mごとの標準貫入試験は建物の構築や基礎の構築の際に実施するものであり、当社もその場合には1mピッチ毎に実施しています。なお、設備設置位置近傍のコアで一軸圧縮試験を実施しており、3,000kN/m2以上（原子炉設置許可申請書の解析用物性値以上）確認しております。
11	放水設備	設計詳細	土木学会（2006）が出した「トンネル標準示方書[シールド工法]・同解説」では、「地形および地盤条件は、シールド工法の設計並びに施工の難易を大きく左右するので、その調査は入念に行う必要がある」としている。その中で、ボーリング調査は「一般に200m間隔程度で行われることが多い」と記述している。今回のボーリング調査地点は300m間隔（海岸から400m地点までは400m）となっており、重要な放水設備である放水トンネルの調査数量としては少ないのではないかと？	土木学会の指針は都市土木工事での埋設物が非常に多く、支障物が多いトンネル工事を背景に記載されたものであり、今回のような均質な地層が連続する場合や支障物がない場合にはその限りではございません。そのため、特に施工者が安全最優先に施工することが、安全安心な放水トンネルになることから、当社、施工会社と綿密に協議した上で調査内容を決定しており、調査内容は十分であると考えております。（弊社も海底トンネル工事は東京湾で経験しており、その経験も生かした上で、調査規模の検討を進めております。）
12	放水設備	設計詳細	土木学会（2006）では、地形に関する調査も重要であるとしている。放水トンネル施工予定範囲の詳細な海底地形図を示すこと。また、放水トンネルの出口付近を北側に20mほど曲げた理由も、具体的に説明すること。	資料1-1に示す地層断面図に海底地形図も含まれておりますのでご確認ください。 既往の地質データや海域調査データ等を基に、安定した岩盤露頭に放水口を設置することを前提に平面線形を検討した上で、放水立坑と放水口ができる限り直線になるように放水トンネルの平面線形を検討し、放水トンネルは一部、曲線区間（R=500m）を設ける線形とし、結果として、放水口は、放水立坑から約20m北側に配置することになっております。
13	放水設備	設計詳細	土木学会（2006）では、土質についても、地盤の工学的な諸性質の把握が必要としている。各土層ごとの土の湿潤密度、強度定数、地盤反力係数等およびシールド工法の設計のために必要な粒度分布や礫の形状、寸法、含有率および硬さ、透水係数等を示すこと。	今回は、放水トンネル工事を安全最優先に施工する目的で調査を実施するものであり、当社、施工会社と綿密に協議した上で調査内容を決定しております。今回は泥水式シールド工法を採用する計画であり、ポンプ輸送で排出される掘削土砂の量を密度計と流量計で連続的に計測して、排泥量の管理を確実行うことで周辺地盤の安定を確保する観点で必要なデータやカッタービットの性能を確認することが土質の諸性質の把握で重要となります。 今回把握したデータは以下の通りです。粒度試験 礫分<0%> 砂分0.075~2mm<泥岩28.8~40.6% 砂岩85.1~92%> シルト・粘土分0.075mm未満<泥岩59.4~71.2% 砂岩8~14.9%> 土粒子の密度<2.554~2.691Mg/m3> 湿潤密度<1.572~1.616Mg/m3> 一軸圧縮強度<3520~4325kN/m2>、ガス分析異常無しであり、施工者が安全最優先に、安全安心な放水トンネルを構築する上で十分なデータを得ております。
14	放水設備	設計詳細	土木学会（2006）によると、シールド工法の設計のためには、地下水位および被圧水頭の調査や地下水の水質の調査が重要であるとしている。とくに、各帯水層についてそれぞれの間隙水圧を測定しておくことが必要としているので、それらのデータを示し結果を説明すること。	今回は、放水トンネル工事を安全最優先に施工する目的で調査を実施するものであり、施工者と綿密に協議した上で調査内容を決めたものです。地下水位および被圧水頭の調査も、現場透水試験で平衡水位を確認し<T.P.約0.0~3.0m>、ほぼ海面と判断し、特殊な被圧層はないと判断しております。一方で、トンネルの設計では内水圧仕様で設計し、台風での高波浪、高潮位時等の水位上昇（T.P.9.0m程度）がトンネル内部に作用してもトンネルの構造の安全性をより保守的に設計をすすめております。
15	放水設備	設計詳細	土木学会（2006）によると、シールド工法における地形および地盤調査は、予備調査、基本調査、詳細調査の3段階に区分される。第4回福島県原子力発電所安全確保技術検討会【資料5】で提示した結果は、3段階の内、どの段階のものか？また、今後の調査予定も説明すること。	今回は、放水トンネル工事を安全最優先に施工する目的で調査を実施するものであり、当社、施工会社と綿密に協議した上で調査内容を決めたもので、詳細調査にあたります。現時点では、施工者が安全最優先に、安全安心な放水トンネルを構築する上で十分なデータを得ており、追加の調査予定はございません。
16	放水設備	設計詳細	放水トンネルの設計のためには、放水立坑から放水トンネル放出口に至る地質断面図が必要である。海底地形や地質・岩相境界、地盤強度および被圧水頭の分布、放水トンネル位置を載せた詳細な地質断面図を提示すること。 【資料1】PPTにも回答を記載	【資料1】に示す地層断面図に、海底地形、地質想定、トンネル位置を記載しておりますのでご確認ください。地盤強度は一軸圧縮強度<約3500~4300kN/m2>であり、原子炉設置許可申請書の解析用物性値（3,000kN/m2）以上を確認しております。平衡水位は<T.P.約0.0~3.0m>を確認し、ほぼ海面と判断しており、特殊な被圧層はないと判断しております。また、トンネルの設計では内水圧仕様で設計しており、台風での高波浪、高潮位時等の水位上昇（T.P.9.0m程度）がトンネル内部に作用してもトンネルの構造の安全性を確認しております。

17	移送設備 希釈設備	設計詳細 【資料1】PPTにも回答を記載	ALPS処理水移送ポンプを設置する海拔33.5mの地盤から海拔11.5mに設置する緊急遮断弁、海拔2.5mに設置する緊急遮断弁、そして放水立坑に至る地盤状況がわかる地質断面図を示すこと。その際、地山を構成する地層や岩石の分布状況とともに、盛土や埋土の性状や強度がわかるボーリング柱状図等も示すこと。	【資料1】多核種除去設備処理水希釈放出設備に関する質問コメントへのご回答の資料に、海拔2.5mに設置する緊急遮断弁、放水立坑近傍の56号機側のボーリングデータを代表箇所として示しております。また海拔33.5mから海拔11.5mの地盤構成も、【資料1】の敷地内の地質層序をご確認ください。ボーリングデータから直接設計するのだけではなく、原子炉設置許可申請書に記載されている物性値を使用して設計を実施しておりますし、耐震Cクラスである点も踏まえて検討しております。
18	移送設備 希釈設備	設計詳細	ALPS処理水移送配管沿いの地盤の状態や強度、斜面の安定性を示す資料を示すこと。そして、地震による地盤の液化化や地盤変形、斜面崩壊等のリスクへの対応を説明すること。	耐震Cクラスで設計しており、耐震Cクラス相当では斜面の安定性、液化化、地盤の変形等のリスクは小さいと判断しております。また3.11地震でも斜面の安定性、液化化、地盤の変形がない箇所に設備は構築することで上記のリスクにも対応していると考えております。
19	移送設備	設計詳細	移送設備建屋内に設置される放射線検出器のスペックを教えてください。粒子状の放射性物質を検知するためと説明がありましたが、どの核種をどれぐらいの濃度で検知できるか定量的に説明をしてください。 トリチウムやα核種は測定できないのは承知しておりますが、その他の核種について具体的に数値でお示しください。	放射線検出器は、NaI (TI)シンチレーション検出器であり、検出感度は2.0E-2Bq/cm3 (Cs-137) である。
19	移送設備	設計詳細	移送設備建屋内に設置される放射線検出器のスペックを教えてください。粒子状の放射性物質を検知するためと説明がありましたが、どの核種をどれぐらいの濃度で検知できるか定量的に説明をしてください。 トリチウムやα核種は測定できないのは承知しておりますが、その他の核種について具体的に数値でお示しください。	放射線検出器は、NaI (TI)シンチレーション検出器であり、検出感度は2.0E-2Bq/cm3 (Cs-137) である。
20	その他	体制・QMS	協力企業を含めた処理水放出設備運営に係る体制（分析・設備の運転を含む）について説明のこと。また、処理水放出設備運営に携わる作業員の技術研修・教育、ヒューマンエラー対策、PDCA、緊急事態対策など保安上のQMSについて概要を説明していただきたい。	【運転部門】 ALPS処理水希釈放出設備の運転は、当社の運転部門で実施する。当該設備設置完了までに運転マニュアル等の整備を行うとともに、設備図書の受領、設置部門からの引継ぎを受ける。 また、当社は、体系的な教育訓練アプローチを導入しており、運転部門についても各設備に対する技術教育や、ヒューマンエラー対策、緊急事態対策等の教育を受ける。また、教育の結果についても年度ごとに評価を行い、技術力向上に向けた新たな教育計画を毎年策定する。 【分析部門回答】 分析に携わる分析員はOJT等を通じて分析技能を取得し、H-3やCsの分析にかかる技能試験を通じて力量把握を行っている。また、化学管理システムの強化によりスマートグラスなどを採用した品質管理体制を構築し、HE対策を講じている。分析作業において発生した不適合やカイゼンを行うべき点は適宜作業管理に取り組むとともに、次年度の作業計画へ反映している。緊急事態対応にあたっては昼夜を問わず分析作業が実施できるよう分析員を24時間配置するなど、必要なリソースを確保することとしている。