

スラリー安定化処理設備に関する審査上の論点

令和4年9月7日

原子力規制庁

東京電力福島第一原子力発電所事故対策室

以下に、現時点におけるスラリー安定化処理設備に関する審査上の論点について、原子力規制庁の考え方を示す。スラリー安定化処理設備については、原子力規制委員会が今年3月に了承したリスクマップ¹上で、2022年度に設置工事開始としており、以下の論点に対する東京電力の考え方を聴取した上で、リスクマップ上の扱いを含め今後の審査方針を別途示すこととする。

(論点)

1. スラリーの安定化処理の実現性
2. HIC 保管容量のひっ迫
3. 耐震クラス分類
4. 放射線業務従事者の被ばく管理

1. スラリーの安定化処理の実現性

- 東京電力は、スラリー安定化処理設備の目的を「スラリーを脱水して漏えいリスク・水素放出リスクを低減する」としているところ、差し迫った漏えいリスクに対しては高線量 HIC の移し替えで対応中、水素リスクは HIC のベント機構により対応済みと認識している。
- また、原子力規制庁としてはリスクマップに記載している通り、中期的に見て、ゼオライト、廃スラッジ及び ALPS スラリーは脱水処理等により、より安定な状態（漏えい・放出リスクが低い状態）へ移行して保管することが必要と考える。
- 東京電力は、スラリー安定化処理設備の検討の段階で、スラリー抜出試験、脱水確認試験、HIC 洗浄確認試験を行い、その検討の結果を反映して設計を行ったとしているが、現在実施中の抜き出しポンプによる HIC 内スラリーの移替作業において、下部スラリーは物理的に移し替えができておらず、移し替え先との表面線量当量率の比較からも Sr-90 の大部分が下部スラリーに残存している可能性が高い。
- このことから、スラリー安定化処理設備の設置目的が確実に達成できるかを確認す

¹ 「東京電力福島第一原子力発電所の中期的リスクの低減目標マップ(2022年3月版)」令和4年3月9日原子力規制委員会了承

る観点から、HIC 内スラリー移替作業から得た情報を整理・検討した上で、

- (1) スラリーの抜き出しの実現性（下部スラリーが抜け出せない場合洗浄による抜き出しの実現性含む）
- (2) 上澄み水と下部スラリーに分離している場合のフィルタプレス機による脱水の実現性

について説明を求める。

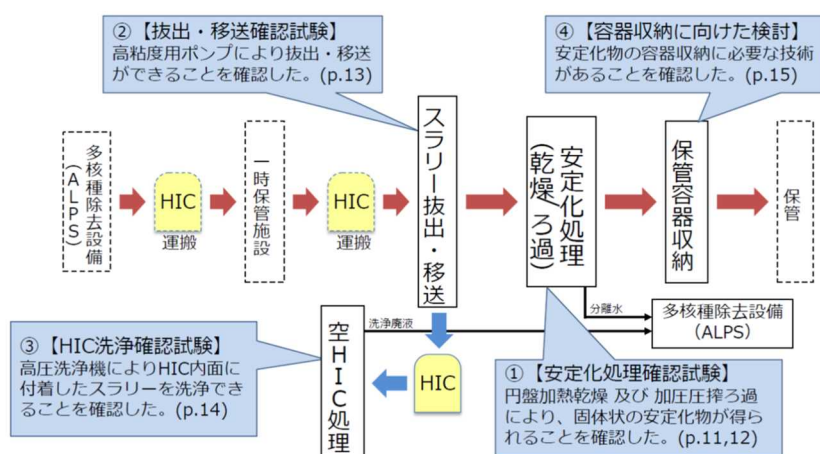


図1：安定化処理の技術開発状況（概要）

(2017年7月25日東京電力資料「スラリー、スラッジの安定化処理に向けた検討状況」から引用)

参考：フィルタプレス方式による脱水前後における模擬スラリー



図2：模擬スラリー（2022年7月27日東京電力面談資料より引用）

(12基/2022年度中45基目標 : 2022/8/22現在)

	移替え作業 実施日 ※東電資料に 基づく(複数 日記載の場合 は後の日付の み)	一時保管施設へ の格納年月日	保管施設 格納時 表面最大 線量当量率 (mSv/h)	収納時 ⁹⁰ Sr濃度 (Bq/cm ³)		移替え前	移替え後		移替え元先の 線量当量率の 割合 (先/元+先, %)	残った スラリーの量	スラリーの 性状		
						線量当量率 (mSv/h)	移替え元	移替え先					
							上段	中断				下段	
低線量 1基目	2021/9/15	2014/10/14	0.00323	4.23E+04		上段	0.00031	0.00218	0.00018	7.6	2cm程度	流動性あり	
						中断	0.00059	0.00213	0.00021				9.0
						下段	0.00222	0.00505	0.00018				3.4
低線量 2基目	2021/12/10	2016/2/2	0.574	4.04E+06		上段	0.00251	0.134	0.00598	4.3	8cm程度 ※カメラで内 部確認	残スラリー をSEDSで 移送できる か不明	
						中断	0.332	0.275	0.02512				8.4
						下段	0.908	0.547	0.509				48
高線量 1基目	2022/2/22	2014/11/5	7.32	5.15E+07		上段	0.0848	1.676	0.01002	0.59	HIC底部 2~37cmの間	不明	
						中断	0.979	3.227	0.04803				1.5
						下段	10.02	9.451	0.975				9.4
2基目	2022/4/18	2015/2/21	9.50	6.68E+07		上段	0.11	1.19	0.018	1.5	HIC底部 2~37cmの間	不明	
						中断	1.57	2.33	0.096				4.0
						下段	8.27	7.12	1.52				18
3基目	2022/5/10	2014/11/4	11.10	7.80E+07		上段	0.25	1.83	0.08	4.2	HIC底部 2~37cmの間	不明	
						中断	4.21	3.44	0.54				14
						下段	16.7	10.22	5.31				34
4基目	2022/5/19	2014/11/1	13.24	9.31E+07		上段	0.29	3.03	0.063	2.0	HIC底部 2~37cmの間	不明	
						中断	6.68	5.76	0.36				5.9
						下段	15.49	14.73	4.74				24
5基目	2022/6/9	2014/10/31	12.80	9.00E+07		上段	0.61	3.22	0.04	1.2	HIC底部 2~37cmの間	不明	
						中断	8.54	6.36	0.15				2.3
						下段	14.42	14.26	3.30				19
6基目	2022/6/20	2015/2/11	8.61	6.06E+07		上段	0.11	0.90	0.01	1.1	HIC底部 2~37cmの間	不明	
						中断	1.35	1.72	0.13				7.0
						下段	7.61	6.23	1.91				23
7基目	2022/6/27	2015/2/20	8.91	6.26E+07		上段	0.08	1.19	0.01	0.83	HIC底部 2~37cmの間	不明	
						中断	1.05	2.34	0.03				1.3
						下段	8.22	7.96	0.47				5.6
8基目	2022/7/5	2015/2/21	8.94	6.29E+07		上段	0.09	0.96	0.01	1.0	HIC底部 2~37cmの間	不明	
						中断	1.04	1.84	0.05				2.6
						下段	8.20	6.63	1.09				14
9基目	2022/7/15	2014/11/2	12.37	8.70E+07		上段	0.57	2.91	0.16	5.2	HIC底部 2~37cmの間	不明	
						中断	8.26	5.64	1.21				17.7
						下段	17.32	12.7	5.88				32
10基目	2022/7/25	2014/11/3	11.35	7.98E+07		上段	0.56	3.27	0.02	0.6	HIC底部 37~75cmの 間	不明	
						中断	6.16	6.17	0.06				1.0
						下段	14.64	14.79	0.72				5
11基目	2022/8/4	2014/11/4	11.10	7.80E+07		上段	0.64	3.03	0.05	1.6	HIC底部 2~37cmの間	不明	
						中断	8.04	5.89	0.18				3.0
						下段	13.93	14.59	2.34				14
12基目	2022/8/22					上段	まだデータが届いてない				不明	不明	
						下段							

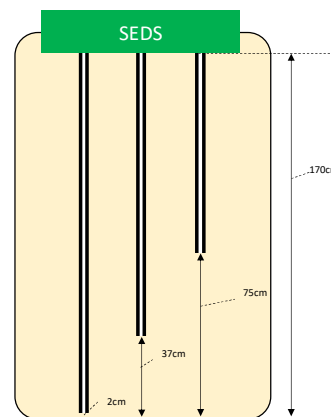


図3：HIC内スラリー移し替えの状況（東京電力の面談資料に基づき規制庁において作成）

2. HIC保管容量のひっ迫

- 東京電力より本年 8 月 19 日の面談において、ALPS 処理による HIC 発生の実績と HIC 移し替えを考慮して予測したところ、発生量の低減及び第三施設におけるボックスカルバートの増設等の対策を取ったとしても HIC の保管容量が 3 年以内（2025 年 6 月）にひっ迫する予測が示された。
- この予測の中で、2025 年 3 月にスラリー安定化処理設備の運用を開始し保管量を低減していく想定をしているが、現時点で審査上の個別課題に対する説明を含む全体説明スケジュール及び補正申請の時期が示されておらず、東京電力が見込んでいる 2023 年 3 月までに審査を終了できるかは不透明である。また下述するセルもしくはグローブボックス設置の要求により、更に工程に時間がかかることが予想される。
- 上記を考慮すれば、HIC の保管場所を一時的に増設する必要があることから、早急に保管場所の増設等について検討することを求める。当面の第三施設のボックスカルバートの増設等においては、一時的な保管であるとの前提のもと、供用期間等施設の位置づけを明確にした上で、従前のボックスカルバート（耐震 B クラスの施設に適用される静的地震力による評価のみ）と同様の設置方法を認めることとする。なお、去年と今年の比較的規模の大きい地震に対しても、カルバートの滑動やずれ、HIC が破損した実績はなかった。
- 一方、スラリー安定化処理設備が稼働し HIC 保管量が減少した後にも継続的に使用するボックスカルバートについては、HIC に内包されるインベントリや HIC の保管本数等を踏まえてより堅牢な保管方法を検討すべきであり、時期を定めて、Ss900 に対する影響を加振試験等により確認し、必要に応じて、補強策を含めより耐震性を確保するための保管方法を検討し説明することを求める。

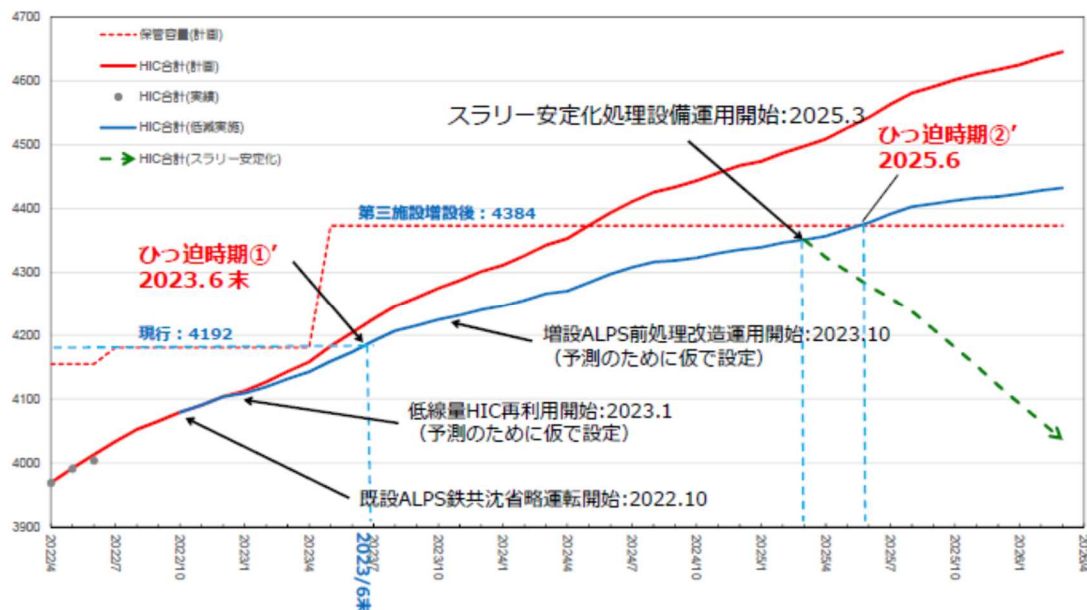


図4：HIC 保管容量ひっ迫予測（低減実施）（2022年6月時点）、2022年8月19日定例会面談東京電力資料より抜粋）

3. 耐震クラス分類

※本論点は、他審査中案件及び今後の新規設備にも共通のものである。

- 「耐震設計における地震動とその適用の考え方」において示した耐震クラス分類を判断する流れは、現在の1Fにおいて建設される施設の特徴に鑑み、通常の実用発電用原子炉の耐震クラス分類ではなく、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、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ってクラス分類を行うという考えに基づき設定された。
- 上記の耐震クラスを設定する上での放射線影響は、施設の保有するインベントリに応じ安全機能（閉じ込め、遮蔽等）が喪失した状態で評価されるものであり、緩和対策等様々な条件を設定して評価されるものではない。当該評価に当たっては、安全機能の喪失が継続する期間として現実的な期間（例えば7日間）を設定して線量評価を行い、耐震クラス分類を決定する基準（5mSv 又は 50 μ Sv）と比較することが必要である。
- この評価によりSクラスと仮設定された場合であっても、耐震クラス分類を判断する流れの②において、廃炉活動への影響、供用期間、設計の進捗状況、実際の地震により機能が喪失した場合の影響緩和策等を勘案した上で最終的に適用する設計用地震力を設定することとなる。その際には、
 - (a)②において考慮した内容（廃炉活動への影響、供用期間、設計の進捗状

- 況、実際の地震により機能が喪失した場合の影響緩和策等)
- (b) 影響緩和策及び遮蔽・閉じ込め機能のある程度の維持 (Ss900 に対する耐震評価から維持の程度を想定する) を考慮した線量評価
- (c) (b) で評価した線量に基づく適用する設計用地震力の設定を説明することを求める。

4. 放射線業務従事者の被ばく管理

- スラリーを脱水するフィルタープレス機周辺のダスト取扱エリア (セル等の気密設備に相当するエリア) に、メンテナンスのため高い頻度で放射線業務従事者が入室するとしている (清掃週 1 回、ろ布交換 3 ヶ月に 1 回) ことについて、東京電力が現在想定しているダスト飛散及び換気による濃度低下のシナリオとは別に、スラリーの系統・機器・床壁面への付着及びそれに伴う立ち入りによるダストの舞い上がりを考慮する必要がある。現在実施している HIC 移し替えにおいて 12 基中 6 基でダスト濃度高警報が発報、その後床面等の汚染上昇が確認されており、原因としてダストの付着が考えられる。このことから、HIC の蓋解放時以外は開放系の作業でない HIC 移し替えと比較すると開放系の作業であるフィルタープレス機による脱水について、周辺ダスト取扱エリア (特に飛散防止カバー内) のスラリーの飛散及び付着を考慮することは必須である。
- フィルタープレス機で一日に取り扱う Sr-90 の量はテラベクレルオーダー ($6.2 \times 10^{13} \text{Bq}^{\ast 1}$) であることから、その一部が付着・蓄積し、作業員が立ち上がった際の舞い上がりによる空气中濃度が東京電力が設定する全面マスク着用上限濃度 ($7.0 \times 10^{-3} \text{Bq}/\text{cm}^3^{\ast 2}$) を超える可能性は高く、その場合は作業員による作業は不可能となる。また、スラリーの付着及び舞い上がりを精緻に評価することは難しく、放射線業務従事者が入室して作業できることを評価により示すことはできない。
- 以上のことから、フィルタープレス機周辺のダスト取扱エリアは、遠隔操作により除染作業及び頻度の高いメンテナンス作業を行うことができるセルもしくはグローブボックスとすることを求める^{※3}。

※1 : スラリー安定化作業における一日の Sr 取扱量を申請書等の情報から計算すると、 $2.21 \text{m}^3/\text{基} \times \text{HIC2 基} \times \text{Sr-90 濃度 } 1.4 \times 10^7 \text{Bq}/\text{cm}^3 = 6.2 \times 10^{13} \text{Bq}$ となる。なお、IAEA の関連する文書 (IAEA Safety Series No. 30 Manual on Safety Aspects of the Design and Equipment of Hot laboratories, 1981) によると、グローブボックスで扱うべき Sr-90 の量は、湿式で簡単な操作の場合は $3.7 \times 10^{10} \text{Bq}$ 以上であり、乾式の場合、簡単な操作において $3.7 \times 10^8 \text{Bq}$ 以上、粉末の出る操作において $3.7 \times 10^7 \text{Bq}$ 以上である。

※2：線量告示別表第一 第四欄 放射線業務従事者の呼吸する濃度限度：Sr-90 7×10^{-4} Bq/cm³
東京電力の設定する全面マスク着用上限濃度：Sr-90 7×10^{-3} Bq/cm³

※3：IAEA Safety Series No. 30 には、セル、グローブボックス等ゾーン4内への通常運転時の作業員の立ち入りは禁止されるとされており、スラリー安定化処理設備のダスト取扱エリアはゾーン4に該当する。

ALPS 処理水の海洋放出関連設備の設置等に係る御意見に対する考え方への対応状況

令和 4 年 9 月 7 日

原子力規制庁

東京電力福島第一原子力発電所事故対策室

科学的・技術的な御意見に対する考え方* (今後の検査において確認するとしていること)	原子力規制庁の確認状況
放水設備の設置工事については、東京電力が実施計画「Ⅲ 特定原子力施設の保安」の「第 1 編 第 2 章 品質保証」などにに基づき工事の安全性も考慮して実施することになります。規制委員会は、当該設備の設置工事が適切に実施されているかについて、日々の検査等において確認します。	規制事務所の検査官が、日々の巡視等において工事状況を確認するとともに、東京電力から 1 回／週程度の頻度で工事の進捗状況等を聴取している。 今後の保安検査において、工事が実施計画「Ⅲ 特定原子力施設の保安」の「第 1 編 第 2 章 品質保証」などにに基づき適切に実施されているか確認していく。また、放水トンネルの設置工事などが適切に実施されているかについても確認していく。 【主に保安検査で確認】
放水トンネルの設置工事が適切に実施されているかについては、保安検査の中で確認します。	同上 【主に保安検査で確認】
海水移送ポンプについては、今後使用前検査において、実施計画に記載した容量以上（1 台当たり 7,086 m ³ /h 以上）であること等を確認します。	現時点で使用前検査申請はなされていない。 今後、使用前検査申請がなされれば、順次設備の仕様等について検査していく。 【主に使用前検査で確認】
ALPS 処理水希釈放出設備では、フランジ部等の機器同士の接続部	東京電力は工事に着手したところであり、現時点で配管等の設置は

<p>が存在する箇所に設置されることとなりますが、漏えい検知器の種類や個数については、実際の機器の配置や接続状況等に応じて選定される必要があることから、それらの適切性については、今後の検査等の中で確認します。</p>	<p>終了していない。 今後、工事が進捗し、実際の配管等の配置や接続状況等が確認できるようになった段階で、漏えい検知器の設置状況の適切性について検査していく。 【主に保安検査で確認】</p>
<p>設計内容が満たされているかどうかは、設備の設置後に実施する使用前検査において確認します。</p>	<p>現時点で使用前検査申請はなされていない。 今後、使用前検査申請がなされれば、順次設備の仕様等について検査していく。 【主に使用前検査で確認】</p>
<p>資機材（仮設ポンプ、高圧吸引車等）の具体的な保管場所、アクセス経路等については、海洋放出設備の設置状況等に応じて柔軟に設定される必要があることから、その適切性については、今後の検査等の中で確認します。</p>	<p>東京電力は工事に着手したところであり、現時点で海洋放出設備の設置は終了していない。 今後、工事が進捗し、実際の設備の配置状況等が確認できるようになった段階で、資機材を用いた地震時のタンク漏えいに対する影響低減策の適切性について検査していく。 【主に保安検査で確認】</p>
<p>規制委員会は、東京電力によるALPS処理水の核種分析が適切に行われるか監視を行います。</p>	<p>東京電力は、測定・確認用設備の準備が終了した後にALPS処理水の核種分析を行う予定としている。なお、現時点で使用前検査申請はなされていない。 東京電力による核種分析が実施計画「Ⅲ 特定原子力施設の保安」の「第1編 第2章 品質保証」などにに基づき適切に実施されているかを保安検査で確認するとともに、規制庁が独自で実施する核種分析の結果とも比較検証していく。 【主に保安検査で確認】</p>

※令和4年度第25回原子力規制委員会臨時会議（令和4年7月22日開催）資料1の別紙1を基に作成

東京電力福島第一原子力発電所の廃炉等に必要分析体制の強化について

令和 4 年 9 月 7 日

東京電力福島第一原子力発電所事故対策室

1. 現状認識

- 廃炉を安全かつ着実に進めるためには、日々採取される液体等の分析のほか、高線量廃棄物の性状把握や ALPS 処理水等に対する検出性能を高めた分析を行うことの重要性が増してきており、今後、分析が必要となる試料の種類及び数量はさらに増加していくことが明らかである。原子力規制委員会は、これら分析を担う人材の育成を含め早急に分析体制の強化に着手する必要があると判断し、本年 3 月に改定したリスクマップ¹において、今年度の目標として「分析計画（施設・人材を含む）の策定」を新たに設定した。
- リスクマップで示した Cs-137 の所在状況に関して、滞留水の値以外の値は、ごく少数の試料の分析結果からの推定値や分析結果がなく収支から計算した評価値である。また、現在の固体廃棄物の保管管理計画は、一般的な放射性廃棄物の処分上の区分である放射能濃度による区分ではなく、表面線量による区分となっている。これらのことから、現時点で既に、放射性物質の種類や量を正確に把握する上で必要な分析が不十分であるとともに、廃棄物の安定化処理設備等の設計や保管管理の方法、さらには最終的な固化体等の検討に向けた分析も相当程度不足していることは明らかである。
- なお、第 98 回特定原子力施設監視・評価検討会において東京電力より提出された資料²によると、固体廃棄物の性状把握のために採取した試料についても、現時点で約半数程度しか分析出来ていない。

2. 課題

- 今後の分析需要を定量的に評価することは困難であるが、少なくとも高線量廃棄物のより安定かつ安全な保管・管理に向けた分析や ALPS 処理水の放出のための分析（希釈された ALPS 処理水の分析を含む）、燃料デブリの取出や保管・管理に向けた分析など、各種分析の需要が更に高くなることは明らかである（別紙参照）。【多様かつ大量の分析ニーズ】
- 上記分析は、通常の原子力発電所の廃棄物の分析と異なり、放射能濃度が非常に高いものや測定が困難な核種が含まれるもの、検出性能を通常より高める必要があるものなど高度な分析施設・能力が必要である。また、技術開発要素も多く含まれる。【高

¹ 「東京電力福島第一原子力発電所の中期的リスクの低減目標マップ(2022年3月版)」令和4年3月9日原子力規制委員会了承

² 第98回特定原子力施設監視・評価検討会（2022年3月14日開催）資料3-2

度な技術と特殊性】

- 一方、国内の分析施設や分析のための人材には限りがあり、かつ、事故発災プラントである福島第一原子力発電所の廃炉等のための分析という特殊性を踏まえると、市場原理に基づく自然発生的な分析供給能力の強化は考えにくい。
- また、上述したような高度な分析を行う中核人材の育成や裾野を広げるための人材の育成、さらには高度な分析施設の導入などは数年程度の期間で実施できるものではない。
- よって、分析体制の不十分さにより、廃炉作業が遅れ、特定原子力施設全体のリスクが高止まりすることがないように、中長期の分析需要等を見据えた分析体制の強化に早急に着手する必要がある。

3. 課題解決に向けた取り組み

東京電力は事故を起こした当事者として自らの責任において必要な分析体制を確保することは当然である。一方で、上述したように市場原理に基づく自然発生的な分析供給能力の強化が考えにくい状況のため、東京電力はこれまで以上に最大限の取り組みを行うべきことは言うまでもないが、分析体制の強化が着実に進むよう、政策サイド（資源エネルギー庁）による課題解決に向けた取り組みが必要である。また、その取り組みにおいては、ALPS 処理水の政府としての第3者分析や規制機関の独立した分析等も考慮されるべきである。

これらのことから、東京電力が福島第一原子力発電所の廃炉等に必要な分析体制を確実に構築できるよう、原子力損害賠償・廃炉等支援機構（NDF）、日本原子力研究開発機構（JAEA）、他の電気事業者及び規制機関を含めた国などを巻き込んだオールジャパンとしての取り組みが急務であると考えます。

政策サイド（資源エネルギー庁）や東京電力においては、上述した現状認識や課題に対する見解を示して頂きたい。また、見解に相違等がない場合は、早急に課題解決に向けた取り組みを検討し、その検討状況等について、今後、示して頂きたい。

福島第一原子力発電所において必要とされる分析能力

	福島第一原子力発電所	(参考) 通常の原子力発電所
分析の種類	<p>【多様】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ デブリ、炉内構造物、PCV、建屋、ガレキ、土壌、処理済水、スラッジ、スラリー、吸着塔など様々な形状、汚染状況、化学形態の汚染物（力学特性や pH など物理的・化学的特性の分析も必要） ・ α核種やβ核種を多く含む汚染物 ・ 高線量な汚染物 <p>【高度・特殊】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 測定が困難な核種を含む汚染物 ・ ALPS 処理水のような高精度の分析が必要な汚染物 ・ 作業環境などにより試料採取の機会が限定される汚染物 ・ 技術開発要素がある汚染物 	<ul style="list-style-type: none"> ・ PCV 内や SFP 等を除き建屋内外の大部分は一般の廃棄物として扱える。また、その形状や汚染状況、化学形態も一般的な分類が可能 ・ 燃料体を除き、その他の放射性廃棄物はγ線核種が大部分。高線量廃棄物は主に圧力容器内の設備等に限られる ・ 通常の廃止措置における分析手法は確立しており、高度な技術開発は不要
分析の量	<p>【大量】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ デブリ、炉内構造物、PCV、建屋、ガレキ、土壌、処理済水、スラッジ、スラリー、吸着塔などがそれぞれ膨大な量あるとともに、均質性がないため網羅性・代表性の確認も含めた相当量が必要 ・ 通常炉の廃止措置では全体の廃棄物のうち数%が放射性廃棄物だが、1F の場合、おおよそ全てが放射性廃棄物になる。さらに、1F 事故により汚染された森林や土壌、1F 事故後に設置等した施設・設備も多数存在することから、全体の放射性廃棄物量は数百倍になる可能性があり、その分析量は相当量となる ・ 上記以外にも事故分析のためや安心のための分析なども一定数存在 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 全体の廃棄物のうち数%が放射性廃棄物であり、その汚染状況等も類型化することが可能であり、分析量はそれほど多くならない ・ 数十年にわたり、タービン建屋の解体、原子炉建屋の解体、PCV や圧力容器の解体等と順次進めるため分析量の平均化をしやすいとともに、プラント毎に大きな相違もないことから前例の情報が有効に活用できる