

第76 福島問題研究会議事録

2023.9.6 伊達記

1. 開催日時 2023/8/1 14:00～16:50
2. 出席者（敬称略）：中尾、横堀、橋本、戸井田、松田、牛尾、伊達
元 NDF) 沼田（オブザーバー）
小林、郷（欠席）

3. 議題：

- (1) トリチウム処理技術の現状
- (2) 廃炉の中期的リスク低減
- (3) 廃炉プロジェクトのリーダーシップ（誰がリーダーシップ取っているのか？）
- (4) 関連情報

今回（第76回研究会）は、オブザーバーとして元 NDF) 沼田氏をお招きして
議題（1）～（3）についての情報交換、討議を行った。

(1) トリチウム処理技術の現状

1) トリチウム分離に関する技術及び技術実証事業の概要

- ・実証期間：2014年10月または2015年3月～2016年3月末
（大規模試験では、この期間に設備導入・建設して実証する必要があり突貫工事のレベル）
- ・公開資料（トリチウム分離技術検証試験事業 総括及び評価、（2016年4月19日 廃炉・汚染水
対策事業事務局））を基に沼田氏から概要について解説頂いた。
- ・実証事業の採択事業者と技術の概要は以下の通り。
 - カテゴリー A（大規模）Kurion, Inc.：水-水素同位体交換法（CECE 法）
 - RosRAO（露）：水蒸留と CECE 法の組み合わせ
 - ササクラ：触媒機能を有した低温真空蒸留法
 - * CECE（Combined Electrolysis Catalytic Exchange）
 - カテゴリー B（実験室レベル）創イノベーション：二段階ガスハイドレート法
 - 東芝：多段式晶析法
 - ネクスタイド：多連電解槽式電解法
 - 北大：燃料電池を用いた電解再結合法

2) カテゴリA (大規模試験) の技術内容と実証結果概要 (大規模試験)

Kurion

・技術：プロセスフローの概略は以下の通り

- ① 水電解槽でトリチウム水を水素 (H_2 と HT) と酸素 (O_2) に分解し酸素を除く。 H_2 + HT は同位体交換塔 (LPCE カラム) へ。
- ② H_2 は同位体交換塔中を上昇してトリチウム濃度の希薄になった水素が製造される。
他方、HT は同位体交換塔の上から供給される純水に移行して活物質の金属表面で H と T の交換反応が起こり $H_2O + HTO$ が収集タンクに溜まる (濃縮)。
- ③ 入口水タンクから低濃度水を収集タンクに供給して、高濃度トリチウム水を除去・保管。
- ④ 保管されたトリチウムは、別途同位体除去装置を用いて乾燥金属吸着剤に捕獲。

・実施と結果：小規模試験、1/10 スケールの設備を構築→実プラントの分離性能検証・コスト見積り等。
得られたデータから低濃度のトリチウムを除去できることを実証。なお、カナダにある重水炉では重水中からトリチウムの分離が CECE 法で行われている。

サクラ

・技術：低温真空蒸発と吸着機能充填物 (ゼオライト担持ラシリング) によるトリチウム分離係数向上とヒートポンプ導入による省エネルギー化

・実施と結果：第 1 期：基礎試験→第 2・第 3 期：重水分離→第 4 期：トリチウム分離の試験を行い、前処理充填物の種類に応じて蒸留塔の分離係数が異なることが示されたが、短期間の実証であり良いデータは得られなかった。

RosRAO

・技術：プロセスフローの概略は以下の通り。

- ① WD (水蒸留) プロセス：エネルギー消費小、大容量でトリチウム分離
- ② CECE プロセス：トリチウム濃縮率高、エネルギー消費大で少量高濃縮に向く Kurion の技術参照
- ③ 水素化ユニットでチタンに固定化
最初に WD でトリチウムを含む水を分離濃縮し、WD からのトリチウム濃縮水を CECE プロセスに供給し、さらにトリチウム含有水を分離濃縮する。CECE プロセスで生じる高濃度トリチウム水を電解し、水素トリチウム (HT) をチタンに固定する。

・実施と結果：実規模レベルの設備構築、得られたデータ→実プラントの分離性能検証・コスト見積り等。
Kurion 同様、低濃度のトリチウムを除去できることを実証。

WD プロセスのトリチウム除去係数 = 483 ($5 \times 10^6 \text{Bq/L} \rightarrow 1.0 \times 10^4 \text{Bq/L}$)

CECE プロセス減容係数 = 6511

トリチウムの固定化：TiT2 3kg, $1.0 \times 10^4 \text{Bq/L}$

3) カテゴリー B (実験室レベル)

・今回は大規模試験の技術について議論をしたため省略 (公開資料参照)

4) 今回の研究会での大規模試験に関する意見交換内容

①純粋な技術の観点で、Kurion、RosRAO の技術は基本的に十分使える技術だと思われる。設備費用の見積りが不十分 (耐震設計が考慮されていないなど)、大きな設備となるため場所、時間がかかる等の問題はあるが、化学工学的にも、既存のプロセスの組み合わせ技術でありスケールアップは難しい話ではない。

②多額の予算を使った中、可能性のあるこれらの技術がお蔵入りの状況のようであるが、それでよいのか？

また、その後、東電が現在もトリチウム分離技術の公募は行われているが状況は？

→IAEA からのリコメンデーション「トリチウム分離技術については、継続して、広く調査すべき」に基づき、国及び東電は継続して調査を行っているものと思われる。その後の東電の公募の状況は参考情報参照。

→長期に及ぶ海洋放出を行う一方で、トリチウムの分離技術が必要となる可能性はある (バックアップの技術を含めて)。

→企業、団体がコンソーシアムを組んで検討、実証→導入を進めていくべき。化学工学としても、連携してやるべきこと、貢献できることはある。

③現在 ALPS 水は海洋放出が決定されているが、トリチウム水処理の考え方はこれでよいのか？タンクによりトリチウムの濃い・薄いあるので、薄いものについては海洋放出、濃いものについてはこうするの案 (Kurion、RosRAO の技術導入等) を示すべきではないか。

④当初の ALPS 処理水の 5 つの処理方法 (地層注入、海洋放出、水蒸気放出、水素放出、地下埋設)の中で、コストが一番安い (34 億円) 海洋放出が採用された。漁業者、地元の了解の上で放出するという約束に対して、見切り発車ではないか。

→令和 3 年 4 月の 2 年程度後を目途に海洋放出を行う方針を決定以降、関係省庁等による説明会・意見交換等はなされてきた (基本方針の実行と今後の取組、行動計画 (案) 参照)。

→漁業関係者についてはかなり理解されてきているが、過去の約束を破ったという不信感が残っていることが大きな問題。また、今まで、国は何回にもわたって説明をしてきている。しかし、そのことが報道されていない。

<実施された説明会の事例、風評影響対応> : 行動計画 (案) 令和 5 年 8 月参照>

○農林漁業者等の生産者に対して、内閣府、経済産業省、農林水産省等による説明会・意見交換を実施。(R5.8 までに約 330 回)

○加工・流通・小売の各段階の事業者等に対して、経済産業省による説明会・意見交換を実施 (R5.8 までに約 180 回)。

* 内容 : ALPS 処理水の安全性、基本方針決定の背景・検討経緯、行動計画の内容、具体的な

<支援策>

- 海洋放出に伴う影響を乗り越えるための漁業者支援の 500 億円の基金を措置、国内消費拡大や海外市場開拓のための支援のための 300 億円の需要対策基金を活用した支援。
- 風評影響対応についてかかわる社会学者が少ない（あまり見えてこない）、データを取るなどの実務を行う人が少ないのではないか。どの流通が問題でどんな被害が発生などの素データを取るなど、社会科学的な研究をもっと行うべきではないか。
- ALPS 処理水の海洋放出により漁業等への影響は当然予想される（特に海外輸出）が、外交の手段とされる懸念も十二分にある。
- “嫌なものは嫌だ”という発言も聞かれる。国民一人一人が、サイエンスリテラシーを持つての理解、協力が必要。

⑤漁業再開（底引き網漁業を 9 月再開など）する今頃になって海洋放出となったが、海洋放出は予想されたことであり、やるのであれば早い時期に決定できたのではないか。タンクに貯め続けて、海洋放出の決定が先送りになったことも大きな問題。

◇多核種除去設備等処理水の取扱いに関する小委員会 報告書（2020 年 2 月 10 日）

https://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/osensuitaisaku/committee/takakusyu/pdf/018_00_01.pdf

◇ALPS 処理水の処分に関する基本方針の実行と今後の取組について（令和 5 年 8 月 2 2 日）

<https://www.meti.go.jp/press/2023/08/20230822004/20230822004-1.pdf>

◇ALPS 処理水の処分に関する基本方針の着実な実行に向けた行動計画（案）令和 5 年 8 月

<https://www.meti.go.jp/press/2023/08/20230822004/20230822004-3.pdf>

(2) 廃炉の中期的リスクの低減

1) 固形状放射性廃棄物

- ・中期的リスクの低減目標マップの 2023 年度版で優先して取り組むべき分野の位置づけ。
- ・本研究会でも議論してきたプロセス主建屋等ゼオライト土嚢の処理については、粛々と進められている。

参考：特定原子力施設監視・評価検討会（第 108 回）資料 3-1-1

◇ステップ①集積作業

- ・集積作業用 ROV を地下階に投入し、ゼオライト を吸引し、集積場所に移送

◇ステップ②容器封入作業

- ・集積されたゼオライトを容器封入作業 ROV で地上階に移送→脱水・容器封入ユニットで脱塩・脱水・金属製の保管容器→一次保管施設まで運搬

2) 放射性セシウム Cs の分布マップはあるが、トリチウム T のマップはあるか？

→なし。トリチウムの総量とその内訳については想定データあり。

4 トリチウムの総量

■福島第一原子力発電所(1～4号機)における、トリチウムの量は以下と推測される。

2016.3.24時点(2016.3.24で半減期補正)

推定箇所	トリチウムの量		備考	
	[Bq]	[g]※1		
総量	約 2.6×10^{15}	T:約 7.2	※2	
[内訳]	・タンク貯留水	約 7.6×10^{14}	T:約 2.1 (THO:約14.0)	※3
	・建屋滞留水	約 2.7×10^{13}	T:約 0.1 (THO:約0.5)	※4
	・海水配管トレンチ内水	-	-	※5
	・その他	約 1.8×10^{15}	T:約 5.0	※6

※1:トリチウム原子の重量(括弧内は「THO」の形態に相当する量を示す)

※2:事故時の炉内トリチウムインベントリーをORIGEN2を使用し評価

※3:淡水化装置出口濃度データとタンク貯留水量より推測

※4:淡水化装置出口濃度データ(2016.3)と建屋滞留水量(約79,800m³)より推測

※5:2,3,4号機海水配管トレンチ内の水は2015.12までに全量移送完了

※6:総量からタンク貯留水・建屋滞留水・トレンチ内水のトリチウム量を差し引いて算出
(事故時に環境に放出されたものを含むが、主に燃料デブリ内などに存在するものと想定される)

©Tokyo Electric Power Company Holdings, Inc. All Rights Reserved.

無断複製・転載禁止 東京電力ホールディングス株式会社

TEPCO

→内訳の内、その他については、事故時に環境に放出されたものを含み、主に燃料デブリ内などに存在する(ジルコニアの水素化/T化物)か、または、事故時に放出されたか未確認であり、今後問題となる可能性がある。今後、さらに発生する場合を想定し、オプション(バックアップ)の技術としてトリチウムの分離技術は必要と思われる。ALPS等処理水総量処理を想定した処理容量の1/10の設備であっても、万一の時に使えるはず。

3) 原子炉注水停止に向けた取組

- ・中期的リスクの低減目標マップにおいて継続的な実施を行うものとされている。
- ・原子炉注水については、水漬けにすれば水で放射線の遮蔽ができるが水の漏洩が課題、乾燥(ドライアップ)すると外部への粉体放射性物質の飛散が課題(HEPAフィルター等による除去必要)となる。
- ・本研究会において、東電の過去の公開データをもとにシミュレーションを行い、注水停止は可能と推定した。
→今後は、多量にあるデータから必要データを再度抽出して、AIを用いての解析を試みたい。
- ・最近の東電の検討:3号機で原子炉注水停止試験を計画(昨年6月～9月の90日間の予定)していたが、3月の地震の影響によりPCVからの漏洩量が多くなり水位が低下したため、5日間で試験を中止。

面談結果 URL: <https://www2.nra.go.jp/data/000402123.pdf>

→その後は、試験を実施していない模様。

(3) 廃炉プロジェクト(PJ)のリーダーシップ

- ①廃炉を推進する東電の廃炉カンパニーがリーダーシップをとるべき。
- ②PJの遂行体制は確立され、動かしているか?

◇中長期ロードマップ（廃炉・汚染水対策関係閣僚等会議）、中期的リスクの低減マップ（規制庁）
指導・監督・助言は NDF→実施者は東電→現場 GM（権限）→現場責任者

◇東電の実務：発電所は発電するための組織・体制である。1F は廃炉を実行するに当たり、プロジェクトマネジメント方式による組織運営を導入した。そして、WBS（Work Breakdown Structure、必要な成果物ごとに作業を整理するプロジェクト管理方法）等による）を運用し始めている。

③東電、NDF、関係各省庁を含めて、廃炉の（廃炉に向けて引っ張っていく）PJリーダーがいらないのでは（見えない）？

→1F 廃炉は EPC プロジェクトではないので、PJリーダーは見えにくい。

◇東電 会議体等資料（中長期ロードマップの進捗状況など）

<https://www.tepco.co.jp/decommission/information/committee/index-j.html>

◇中長期ロードマップ、政府の会議資料（廃止措置に向けた取組）経産省 HP：

<https://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/decommissioning.html>

・原子力規制庁：1F の中期的リスクの低減目標マップの作製。これに基づき東電が廃炉を進める。
リスクの低減目標マップに基づきやるべきことを決定し、特定原子力施設監視評価検討会（1 回/2 ヶ月、現在第 108 回）等の会合でフォロー。

◇原子力規制庁 原子力の規制に係る会議

URL：https://www.nra.go.jp/NuclearRegulation/kiseikaigi_index.html

東京電力福島第一原発事故対策等に関するもの

▶ 特定原子力施設監視・評価検討会

▶ 東京電力福島第一原子力発電所 多核種除去設備等処理水の処分に係る実施計画に関する審査会合

▶ 東京電力福島第一原子力発電所における事故の分析に係る検討会

▶ 福島第一原子力発電所廃炉・事故調査に係る連絡・調整会議

▶ 特定原子力施設の実施計画の審査等に係る技術会合

◇中長期リスクの低減目標マップ（規制庁 HP 東京電力福島第一発電所関連）、その他資料

https://www.nra.go.jp/disclosure/committee/kettei/04/04_01.html

・NDF：1F 廃止措置等に向けた中長期ロードマップに基づく技術戦略プランの作成、東電の指導

◇NDF1F 廃炉のための技術戦略プラン：<https://www.dd.ndf.go.jp/strategic-plan/>

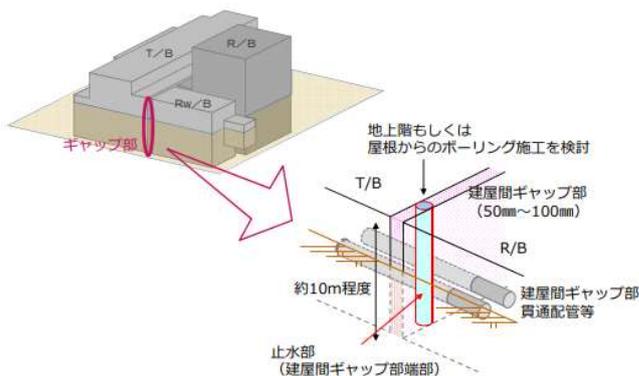
(4) 関連情報

1) 汚染水対策：止水（第 108 回特定原子力施設監視・評価検討会 R5.7.24 資料より）

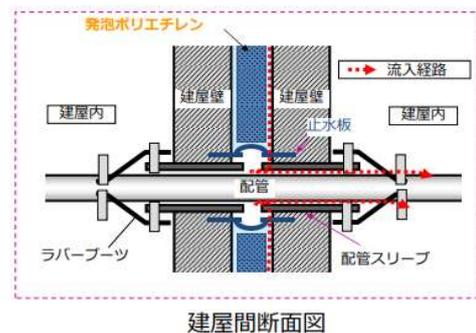
- ・汚染水発生量：490m³/日(2015 年度)→140(2020 年度)→130(2021 年度)→90(2022 年度)フェーシング等による建屋流入水抑制の効果 <目標値> 100m³/日
- ・敷地内の雨水→地下水→建屋流入水の割合が多い。
- ・2025 年度まで計画通り+以降のフェーシング想定範囲(今後計画具体化)と局所的建屋止水の実施により約 50~70m³/日の見通し(2028 年度)。
- ・局所的建屋止水と並行して建屋外壁止水を検討して、2028 年度までに中長期的な汚染水抑制対策（建屋外壁止水）の進め方を具体化予定。

<局所建屋止水：建屋間ギャップ部端部止水>

- ・建屋間ギャップ：原子炉建屋周辺の建屋同士を隣接して建設する際に生じる外壁間の 50~100 mmのスキマで発泡ポリエチレンを設置。地下水が地盤側から建屋間ギャップ部に浸入すると配管等貫通部から建屋内に地下水が流入する可能性がある。
- ・建屋間ギャップには概ね底部に止水板が設置されており、外壁端部の範囲をボーリングで削孔し、削孔箇所にモルタル等で止水部を構築する工法を検討



建屋間ギャップ部端部止水イメージ

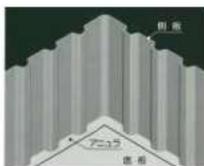


建屋間断面図

<建屋外壁止水>

検討する止水工法グループ(各手法のイメージを例示したもの。)

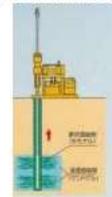
鋼構造止水壁 (SUS鋼板等)



地盤改良 (セメント改良土等)



地盤注入 (薬液等)



2) 陸側遮水壁の維持管理（第 108 回特定原子力施設監視・評価検討会 R5.7.24 資料より）

- ・冷凍機 30 台の稼働率：現在 40～60%程度。全ての冷凍機が利用可能。
 - ・中長期的な運用について（今後の使用について）：陸側遮水壁設備は、想定した使用期間以降もメンテナンス・リプレイスをすることで機能維持が可能な施設として工法選定のうえ、当初設計を行っていることから、直ちに使用不可となる設備では無く、今後も適切な保全を行うことで使用継続は可能。
 - ・陸側遮水壁なしの解析的な試算結果から、陸側遮水壁の設置により、日々の汲み上げ等に必要な地下水の量を約 1/3 に低減していると評価。
- * 沼田氏が 7/25 に視察された。

3) 東電の ALPS 処理水等からトリチウムを分離する技術の公募

- ・ALPS 処理水に関する 2021 年決定の政府方針を踏まえた対応を徹底すべく、新たな技術動向について継続注視→東電委託の外部機関が技術の公募を実施。
- ・第 1 回募集～第 5 回募集：2021 年～2022 年（委託機関：ナインシグマ）
- ・検討状況は以下の通り。
 - ◇ 第 1 ～第 5 回募集総数：12 件→一次評価（委託機関）通過数：14 件→二次評価（東電）通過数：14 件（国内/海外：5/9）→FS への参加意向確認：10 件→FS の前の NDA 締結準備を進める。
 - ◇ 第 1 回募集の二次評価通過提案者の内 7 件（国内/海外：2/5）について NDA 締結済み。
 - ◇ 上記 7 件は 5/22 より順次 FS を開始。

[フィージビリティスタディ参加者リスト（第1回募集分）]

代表者名称	代表者所在国	代表者以外の構成者（*は署名者以外）
株式会社イメージワン	日本	創イノベーション株式会社 慶応義塾大学
株式会社本田技術研究所	日本	*北海道大学
China Nuclear Power Engineering CO., Ltd. (中広核工程有限公司)	中国	(なし)
EQUIPOS NUCLEARES S.A., S.M.E	スペイン	ENWESA S.A., S.M.E. NUCLEANTECH S.L. NATURGY Ingenieria Nuclear S.L. SEYS Medioambiente
Kinectrics Inc.	カナダ	Laker TRF Ltd.
Suzhou Sicui Isotope Technology Research Institute Co., Ltd. (蘇州思萃同位素技術研究所有限公司)	中国	Soochow University (蘇州大学) C Force Co., Ltd. 京都大学
Tyne Engineering Inc.	カナダ	(なし)

詳細は以下の URL より

https://www.tepco.co.jp/decommission/information/newsrelease/reference/pdf/2023/1h/rf_20230309_2.pdf

- ◇ 第 2、3 回募集の二次評価通過提案者の内 3 件（国内/海外：1/2）について NDA 締結。

[フィージビリティスタディ参加者リスト (第2回、第3回募集分)]

代表者名称	募集回	代表者所在国	代表者以外の構成者 (*は署名者以外)
Lancaster University	第2回	英国	なし
Veolia Nuclear Solutions, Inc.	第2回	米国	なし
東洋アルミニウム株式会社	第3回	日本	*東京大学

詳細は以下の URL より

https://www.tepco.co.jp/decommission/information/newsrelease/reference/pdf/2023/1h/rf_20230529_1.pdf

・第6回募集から委託機関は三菱総研

◇第6回募集：2023年7月～12月末（委託機関：三菱総研）

2024年1月以降も半期ごとに公募を行う予定

三菱総研の募集の URL：https://pubpjt.mri.co.jp/publicoffer/20230630_2.html

三菱総研→サービス・ソリューション→エネルギー→廃炉マネジメント等 URL：

<https://www.mri.co.jp/service/energy/index.html>

以上