

## 多核種除去設備等処理水の取扱いに関する小委員会 これまでの議論の整理(詳細版)

2019年11月18日

多核種除去設備等処理水の取扱いに関する小委員会 事務局

## 1. 検討の経緯

## (1)トリチウム水タスクフォースでの検討について

平成25年12月10日、汚染水処理対策委員会において、「東京電力(株)福島第一原子力発電所における予防的・重層的な汚染水処理対策～総合的リスクマネジメントの徹底を通じて～」が取りまとめられた。その中で、「汚染源を取り除く」、「汚染源に水を近づけない」、「汚染水を漏らさない」という各種の対策を講じたとしても、最終的に、多核種除去設備等で処理した水(以下「ALPS 処理水」という。)の貯蔵に関するリスクが残存することが明確化された。

また、平成25年12月4日に、IAEA(国際原子力機関)調査団から、ALPS 処理水の取扱いについて「あらゆる選択肢を検証するべき」との助言があった。

これらを受け、平成25年12月20日に原子力災害対策本部が決定した「東京電力(株)福島第一原子力発電所における廃炉・汚染水問題に対する追加対策」においても、「追加対策を講じた後になお大量貯蔵に伴うリスクが残存するトリチウム水の取扱いについては、あらゆる選択肢について、総合的な評価を早急を実施し、対策を検討する。」と位置づけられた。

このため、ALPS 処理水の取扱いについて、様々な選択肢について評価することを目的に、汚染水処理対策委員会の下にトリチウム水タスクフォース(以下、「タスクフォース」という)を設置することとし、平成25年12月25日より検討を開始し、平成28年6月3日に報告書を取りまとめた。

タスクフォースでは、東京電力ホールディングス(株)福島第一原子力発電所(以下「福島第一原発」という。)におけるALPS 処理水の長期的取扱いを決定するための基礎資料として、トリチウムに関する科学的な情報の整理を行うとともに、地層注入、海洋放出、水蒸気放出、水素放出、地下埋設(以下「5つの処分方法」という)について検討を行い、基本要件(規制成立性・技術成立性)や、制約となりうる条件(期間・コスト・規模・二次廃棄物・作業被ばく等)について検討を行った。

表1 基本要件

処分方法	地層注入	海洋放出	水蒸気放出	水素放出	地下埋設
技術的 成立性	<ul style="list-style-type: none"> <li>適切な地層を見つけない場合には処分開始できない。</li> <li>適切なモニタリング手法が確立されていない。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>原子力施設におけるトリチウムを含む放射性液体廃棄物の海洋放出の事例あり。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ボイラーで蒸発させる方式はTMI-2の事例あり。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>実処理水を対象とした場合、前処理やスケール拡大等について、技術開発が必要な可能性あり。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>コンクリートピット処分、遮断型処分場の実績あり。</li> </ul>
規制 成立性	<ul style="list-style-type: none"> <li>処分濃度によっては、新たな規制・基準の策定が必要</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>現状で規制・基準あり</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>現状で規制・基準あり</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>現状で規制・基準あり</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>新たな基準の策定が必要な可能性あり。</li> </ul>

表2 制約となりうる条件

処分方法	地層注入	海洋放出	水蒸気放出	水素放出	地下埋設
期間	104+20nヶ月 912ヶ月(監視)	91ヶ月	120ヶ月	106ヶ月	98ヶ月 912ヶ月(監視)
コスト	180+6.5n億円+監視	34億円	349億円	1,000億円	2,431億円
規模	380m <sup>2</sup>	400m <sup>2</sup>	2000m <sup>2</sup>	2,000m <sup>2</sup>	285,000m <sup>2</sup>
2次 廃棄物	特になし	特になし	処理水の成分によっては、焼却灰が発生する可能性あり。	2次廃棄物として残渣が発生する可能性あり。	特になし
作業員 被ばく	特段の留意事項なし	特段の留意事項なし	排気筒高さを十分にとるため、特段の留意事項はない。	排気筒高さを十分にとるため、特段の留意事項はない。	埋設時にカバー等の設置による作業員の被ばく抑制が必要。
その他	適切な土地が見つからない場合、調査期間・費用が増加。	取水ピットと放流口の間を岸壁等で間仕切る場合には費用が増加。	降水条件によっては放出の停止の可能性があり、多少期間が伸びる可能性あり。	降水条件によっては放出の停止の可能性があり、多少期間が伸びる可能性あり。	多くのコンクリート、ベントナイトが必要。残土が発生する。

※1 期間、コスト、規模については、濃度 420 万 Bq/L、50 万 Bq/L のトリチウム水をそれぞれ 40 万 m<sup>3</sup>(合計 80 万 m<sup>3</sup>) 処分する場合の数値を示した。また、n は地層調査の実施回数を表す。

なお、タスクフォースのとりまとめでは、「風評に大きな影響を与えうることから、今後の検討にあたっては、成立性、経済性、期間などの技術的な観点に加えて、風評被害などの社会的な観点も含めて、総合的に検討を進めていただきたい」と、その後の検討について付言された。

## (2) 多核種除去設備等処理水の取扱いに関する小委員会における検討状況

平成 28 年 9 月 27 日、汚染水処理対策委員会において、タスクフォース報告書で取りまとめた知見を踏まえつつ、ALPS 処理水の取扱いについて、風評被害など社会的な観点等も含めて、総合的な検討を行うことを目的とし、多核種除去設備等処理水の取扱いに関する小委員会(以下「ALPS 小委員会」という)を設置することが決定され、同年 11 月 11 日に第 1 回委員会が開催された。

ALPS 小委員会では、風評被害のメカニズム、風評被害の実態、国・県等による風評被害対策等についてヒアリングを実施した。加えて、風評被害の問題については、福島県内で完結するものではなく、広く国民の皆様がこの問題をどう認識し、どのような懸念をお持ちかをお聴きした上で、今後の検討を進めていくことが必要と考え、ALPS 処理水の処分方法や処分した際の懸念等に関するご意見をお伺いするための説明・公聴会を実施した。

説明・公聴会は、平成 30 年 8 月 30 日に福島県富岡町、同 31 日に福島県郡山市、東京都千代田区で行われ、延べ 44 名の方に御意見をお伺いした。また、書面での意見募集も併せて実施し、135 名の方から御意見をお伺いした。

その後の ALPS 小委員会では、この説明・公聴会でいただいた論点(以下、参照)について、順次、議論を行っているところである。

### 【説明・公聴会でいただいた論点】

- (1) 処分方法について
  - ・ 処理水の処分濃度、総量規制、処分場所について 等
- (2) 貯蔵継続について
  - ・ 処理水の長期保管の検討、処理水の保管方法について 等
- (3) トリチウムの生物影響について
  - ・ トリチウムの危険性(特に有機結合型トリチウム)について 等
- (4) トリチウム以外の核種の取扱いについて
  - ・ ALPS 処理水の性状・保管実態(特にトリチウム以外)について
  - ・ 処理水に含まれるトリチウム以外の核種の処理・処分について 等
- (5) モニタリング等の在り方について
  - ・ トリチウムのモニタリング方法や難しさ、妥当性について 等
- (6) 風評被害対策について
  - ・ 風評被害への懸念について 等
- (7) 合意形成の在り方について
  - ・ 国民への丁寧な情報発信が必要 等

## 2. 現状の共有

### (1) トリチウムの科学的性質について

トリチウムとは、日本語で「三重水素」と呼ばれる水素の放射性同位体で、弱い放射線を出す。自然界では宇宙線等により生成される。水分子を構成する水素として存在するものが多く、大気中の水蒸気、雨水、海水、水道水にも含まれており、人体の中にも数十ベクレル含まれている。

トリチウムは、原子力発電所を運転することに伴い発生するもので、国内外の原子力発電所で発生している。国内外の原子力発電所で発生したトリチウムの多くは、原子炉内に閉じ込められているが、そのうちの一部が燃料交換などのメンテナンスに伴い炉外に持ち出されているが、核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律(以下「原子炉等規制法」という。)の規制に従って、海や大気に放出されてきている。

トリチウムによる生物影響について、説明・公聴会では、有機結合型トリチウムは体内で濃縮する、その他の放射性物質と比較してもなお危険である、といった意見が寄せられた。こういった意見の中には、必ずしも科学的な情報に基づかない説明もあることから、再現性のあるデータに基づいた研究論文、適正な査読システムを有する学術論文誌に掲載されている情報を元に、以下のとおり整理した。

### (放射線の生体影響)

●シーベルト(Sv)は放射線被ばくがヒトに与える影響の目安。

→物理的な放射線量を元に、「同じ影響が同じ数字になる」ように計算した数値。

●放射線の生体影響の有無や程度は、被ばく線量及び線量率に依存して決まる。

●確定的影響は、一定の線量(しきい値)以下では誘発されない。

(最も低いしきい値の例:胎児奇形 100mSv、白内障 50mSv)

●確率的影響(発がんや遺伝的影響)は線量の増大につれて発生確率が増すが、100mSvを下回ると統計的に有意な増加は見られなくなる(自然発生頻度の変動の範囲内となる)。

(原爆被爆者の疫学調査では、固形腫瘍で 150mSv 未満、白血病で 200mSv 未満の場合には統計的に有意な増加が確認できないことが報告されている。)

●放射線は DNA に損傷を与えるが、細胞には DNA 損傷を修復する仕組みが備わっている。

●DNA には普段から様々な原因で損傷が入っていて、その大半は速やかに修復されている。

→放射線の損傷がごくわずかであれば自然の事象との違いは見えない。

### (トリチウムの生体影響)

●トリチウムは弱いβ線だけを出すので、影響が出る被ばく形態は内部被ばく。

●預託実効線量(大人 50 年間、子ども 70 歳までの被ばく)

トリチウム水(HTO): 1Bq あたり 0.000000019mSv※1

有機結合型トリチウム(OBT): 1Bq あたり 0.000000042mSv※2, 3

※1 体内に取り込まれたトリチウム水のうち約5～6%がOBTに移行するがその影響も考慮した数値。

※2 OBTの多生体内の半減期は、40日もしくは1年程度の2タイプがある。それも考慮した上でトリチウム水と比較して2～5倍程度の影響。

※3 トリチウム化合物からの内部被ばく量は、類似した体内分布を示す水溶性の放射性セシウム(セシウム137)と比較して300分の1以下となる。

●これまでの動物実験や疫学研究から、「トリチウムが他の放射線や核種と比べて生体影響が大きい」という事実は認められていない。

・マウス発がん実験では、線量率が3.6mGy/日(飲み水のHTO濃度:約1億4千万Bq/L程度)以下で頻度、質ともに自然発生と同程度となっている。

・原子力関連施設の作業従事者におけるガン致死は、原爆被爆者からの評価値と同程度。

・トリチウムを排出している原子力関連施設周辺で共通にみられるトリチウムが原因と考えられる影響の例は見つかっていない。

## (2) 多核種除去設備等処理水の性状について

ALPS処理水の約8割には、2019年6月30日時点でトリチウム以外の放射性物質が告示濃度限度<sup>\*</sup>比総和1以上含まれている。これは、ALPSでの処理を、告示濃度限度未満を目指すのではなく、タンクからの空間線量を低減することにより、原子力規制委員会から課されている規制である、敷地境界1mSv/年未満を早期達成することを目的として運用したためである。こうした中で、ALPS処理水の濃度は、処理前の水質やALPSの運用(吸着材の交換頻度等)により幅があり、特に、運用初期の頃は、ALPSの性能向上前であったため、ALPS処理水の濃度は高い。

こうした状況を踏まえ、ALPS処理水に含まれるトリチウム以外の放射性物質については、ALPS処理水を環境中に放出する場合には、希釈を行う前に二次処理を行い、告示濃度限度比総和1未満を満たすことを前提に議論を行うこととしている。

※原子炉等規制法に基づく告示に定められた、環境中へ放出する際の基準。

## (3) ALPS処理水のタンクでの保管状況について

タンクでの貯水を始めた当初は、一定の広さを確保可能な土地を活用し、タンクを設置してきた。しかしながら、さらなるタンクの設置が必要になったことから、敷地南側の森林エリアの木を伐採し造成した土地を利用して増設した。さらに、タンク増設にあたっては、より効率的に貯蔵を行うため、タンクの大型化、蜂の巣状に配置するなどの工夫を行っている。しかしながら、現在の計画である、2020年末までに約137万m<sup>3</sup>の増設計画の範囲内では、2022年夏ごろにはタンクが満杯になり、現行計画以上のタンク増設は限定的である。

また、ALPSが稼働した当初は、ALPS処理水に加え、高濃度の汚染水についてもタンクでの貯蔵を行っていた。当時のタンクは、フランジ型タンクと呼ばれるボルト締めタンクで貯蔵を行っていたが、高濃度汚染水の漏洩事象等もあり、より、漏洩リスクの少ない溶接型タンクへ

の移設を行い、平成 31 年 4 月以降、溶接型タンクでの貯蔵を行っている。さらに、万が一、漏洩した場合に外部環境への流出が行われないよう、タンクエリアの周囲に二重の堰を設置し、また、常時タンク内の水位監視を行う、タンクからの漏洩の有無を目視で確認するパトロールを行っている。

なお、大容量タンクでの保管や、地中タンク、洋上タンクでの保管についても検討を行ったが、様々な課題があり、現実的ではないことが分かった。具体的には、大容量タンクと標準タンクの面積あたりの容量効率は大差なく、保管容量は増えないことに加え、設置や漏洩検査等に要する期間が長期化する、万が一破損した場合の漏えい量が膨大になる。地中タンクも、面積あたりの容量効率は大幅に向上せず保管容量は増えないなど、大容量タンクと同様の課題に加えて、地下埋設のため、漏洩の迅速な検知が難しい。洋上タンクは、石油備蓄基地で採用されている洋上タンクの大きさでは、福島第一原発港湾内への入港・設置が困難なことに加え、津波が発生した場合、漂流物となって沿岸に漂着し被害を及ぼす可能性や、タンク外へ漏えいした場合、漏えい水の回収が困難である。これらのことから、福島第一原発への設置を行うことは現実的ではない。

#### (4) 汚染水対策の進捗と ALPS 処理水の発生状況について

サブドレンを稼働し、浄化設備の増強や既存ピットの強化など様々な信頼性向上対策を行ったことに加え、凍土方式の陸側遮水壁の造成が完了するなど、重層的な対策を行った結果、汚染水発生量は 540m<sup>3</sup>/日(2014 年 5 月)から 170m<sup>3</sup>/日(2018 年度平均)まで低減した。

今後、中長期ロードマップにおいて、2020 年以内に 150m<sup>3</sup>/日程度まで低減させることとしており、更なる汚染水発生量の低減に向けて、東京電力にはより一層の努力を期待したい。

#### (5) 敷地外への移送・保管及び敷地の拡大について

敷地外への搬出は、移送ルートとなる自治体のご理解を得る必要がある他、法令に準拠した移送設備が必要となる。具体的には、移送する際には、配管(パイプライン)で移送する場合、配管のほか、当該配管を囲む核物質防護施設(フェンス等)の設置が必要である。また、車両や船舶で移送する場合、最大 4m<sup>3</sup>の L 型輸送容器を車両や船舶に積載し運搬することになり、所外運搬手続き等を要することになる。なお、処理水を希釈して輸送する場合には、膨大な量を移送することになるため、実現可能な手段がない。

また、福島第一の敷地外に処理水を保管する場合、保管施設を設置する自治体等のご理解が必要であるほか、放射性廃棄物保管施設として、設置許可が必要である。

敷地の利用について、福島第一原発の外側に位置する中間貯蔵施設予定地については、国が地元(県・立地2町)に説明の上、福島復興のため受け入れていただき、用地を取得し、整備を進めている。その上で、地権者の皆様にも、中間貯蔵施設のために利用させていただくため、土地の提供(地上権の設定を含む)をお願いしている。現在、福島県内の除去土壌等の搬

入・処理・中間貯蔵のための用地取得と施設整備を進めているところであるが、特定復興拠点区域で発生する除去土壌等も含めて確実に貯蔵ができるように、今後も用地取得・施設整備を進めていく必要がある。このため、福島第一原発の敷地の外側を、中間貯蔵施設以外の用途で使用し、敷地を拡大することは難しい。

東京電力によると、今後、廃炉作業を進めていくためには、ALPS 処理水を貯蔵するためのタンク、使用済燃料や燃料デブリの一時保管施設、その他、様々な試料の分析用施設や燃料デブリ取り出し資機材保管施設、燃料デブリ取り出しモックアップ施設、燃料デブリ取り出し訓練施設、廃棄物リサイクル施設等の廃炉事業に必要と考えられる施設が必要となる。敷地内において、貯留水タンクエリアの効率化(フランジタンク解体跡地の活用)、廃棄物処理作業の進捗等により、空き地ができる可能性があるが、タンクを含め、こうした施設の全てを賄うには更なる敷地が必要となるため、敷地全体の利用について検討が必要である。

廃炉・汚染水対策は、継続的なリスク低減活動であり、既存の敷地内で廃炉を進めることが大前提であることに加えて、敷地外への放射性廃棄物の持ち出し、敷地の周辺拡大については、現実的には課題が多い。敷地全体の利用については、様々な制約はあるものの、多少のタンクの増設も含めて検討の余地があること、敷地外の利用については、課題が大きいことも踏まえ、タンクの増設も含めた敷地の有効活用を徹底的に進めるべきである。

#### (6)トリチウムの分離技術について

トリチウムの分離技術については、平成 27 年度にトリチウム分離技術検証試験事業を実施し、「(ALPS 処理水の量、濃度を対象とした場合)ただちに実用化できる段階にある技術は確認されなかった」と評価されており、タスクフォースの報告書にも同様の記載がある。現時点においても、ただちに実用化できる段階にある技術は確認されていないことから、トリチウムの分離は行わないことを前提に議論を行うが、一方で、新たな技術の研究が進められていることから、引き続き、技術動向を注視すべきである。

#### (7)国内外でのトリチウムを含む放射性廃棄物の処分の状況について

原子力施設において発生する廃棄物は、気体放射性廃棄物、液体放射性廃棄物及び固体放射性廃棄物に区別されるが、気体及び液体放射性廃棄物については、ろ過、吸着、放射能の時間による減衰、多量の水又は空気による希釈等によって放射性物質の濃度をできるだけ低下させ、規制基準を満足する形で施設から環境中に管理放出することが可能である。

トリチウムを含む放射性廃棄物については、国内の原子力発電所から1サイトあたり、数千億 Bq から百兆 Bq 程度、海洋に放出しており、PWRを有するサイトの平成 22 年度の実績は1サイトあたり約 18 兆～87 兆 Bq/年、BWRを有するサイトの平成 22 年度の実績は1サイトあたり約 220 億～2.2 兆 Bq/年、国内の原子力発電所全体では、事故前5年平均で年間約 380 兆 Bq 放出している。また、使用済燃料プールからは、自然に蒸発した水蒸気等に含まれ

るトリチウムが、換気に伴い、大気に排出されている。なお、国内の再処理施設においては、最大で年間 1300 兆 Bq(2007 年度)の放出実績もある。

福島第一原発では、事故前に年間約 2 兆 Bq の海洋放出、約 1.5 兆 Bq の大気放出の実績がある。また、福島第一原発から海洋に放出するにあたっての放出管理目標値は年間 22 兆 Bq、福島第二原発から海洋に放出するにあたっての放出管理目標値は年間 14 兆 Bq である。

海外においても国内と同様に原子力施設からの海洋放出がある。再処理施設からは年間 1 京 Bq 以上放出するサイトがあるほか、重水炉を有するサイトでは年間数百兆 Bq 放出しているところもある。

大気への放出は、原子力施設内の換気による意図しない放出が行われているほか、アメリカのスリーマイル島原子力発電所事故の際には、水蒸気放出が行われた。そのトリチウム量は約 24 兆 Bq であり、水量は約 8700m<sup>3</sup>、放出には 2 年以上要した。



### 3. 処分方法の検討について

#### (1) ALPS 処理水の処分に向けた考え方について

ALPS 処理水については、科学的に安全なのは大前提だが、科学的な観点のみならず、風評などの社会的な影響も踏まえた判断を行うべきである。

ALPS 処理水の処分は廃炉作業の一環であり、廃止措置終了までに処分を終える必要があるが、復興をないがしろにすることなく、復興を進めながら廃炉を進捗させるため、風評への影響に配慮した処分を検討する必要がある。

従って、必要に応じて貯蔵を行うことも含め、処理水による影響を抑えることを十分に踏まえて、処理水の在り方を検討すべきである。

#### (2) 風評対策の方向性について

風評対策においては、情報を正確に伝えるためのリスクコミュニケーション対策、風評被害防止・抑制・補てんのための経済対策が考えられる。

処分に伴う様々な不安が風評被害を誘発する可能性があり、海外への影響も含めた、生産・流通・消費段階のそれぞれの階層ごとに、適切な対策の検討が必要である。

事故直後と異なり、処分の決定から実施までに対策をとる時間がある。安全性について問題ないということ意識して発信すべきであり、県内でトリチウムについての共通理解を進めていく必要がある。また、地域で対話の機会が作られ始めているので、こういう既存の場を活用して、トリチウムの理解促進を図ることも重要である。海外からの不安も多く、特に近郊国向けには誤解を解くようなメッセージを出すことも一案である。

また、風評被害は継続することにより、短期的な課題から構造的問題に発展している。生産段階から構造的問題を解決する支援策が必要であり、補償だけではなく、地域が自立できる支援が必要である。

このため、事故以降8年超に渡る風評被害対策の経験を生かしながら、質・量の観点で、より効果のある対策を講じていくべきである。

#### (3) モニタリングの徹底

処分した際の安全の確保と安心の追求のため、周辺環境等の放射性物質の確認(モニタリング)を徹底すべき。

例えば、処分時の規制基準を満足しているか、という処分に伴う安全性を確認するとともに、周辺環境の濃度が十分に低い水準を保っているか、という周辺環境の安全性を確認も実施すべきである。

具体的には、処分開始前、処分開始後に、トリチウムに関するモニタリングを強化(測定箇所、測定頻度の拡充)すべき。

- 処分直前の原水濃度を測定(処分に伴う安全性の確認)
- 処分直後の排気/排水濃度を測定(処分に伴う安全性の確認)
- 周辺環境、農林水産物等の濃度を測定(周辺環境の安全性の確認)

また、トリチウムは分析に前処理が必要であることも踏まえつつ、国際的なトリチウムに関する飲料水等の基準値(〈例〉EU:100Bq/L<sup>※1</sup>、WHO:1万Bq/L<sup>※2</sup>)も踏まえ、測定目標値を適切に設定し、測定を実施すべき。

※1 追加調査の要否を判断するスクリーニング値

※2 線量低減措置の介入の要否を判断するガイダンスレベル

第三者による測定や測定を公開すること等により、モニタリングの妥当性・透明性を高める。

処分に対する不安を払しょくし、安心を追求するために、こうした測定結果を活用し、わかりやすく丁寧な情報発信を行うべきである。

#### (4) 処分決定の際の留意点のまとめ

小委員会では専門的な見地からの検討を実施するものであり、関係者間の意見調整を行うものではない。

小委員会の提言の取りまとめ後に、政府としての方針を喫緊に決定することを期待。

その際には、有識者の議論の場である本小委員会の提言に加えて、地元を始めとした幅広い関係者との調整も踏まえ、透明性のあるプロセスで決定を行うべき。

方針の決定後も、国民理解の醸成に向けて、透明性のある情報発信や双方向のコミュニケーションに長期的に取り組むべき。