

東京電力福島第一原子力発電所多核種除去設備（A系） のホット試験開始に関する評価について（案）

平成 25 年 3 月 19 日
原子力規制委員会

1. まえがき

東京電力株式会社（以下「東京電力」という。）は、核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律第 64 条の 2 第 2 項の規定に基づき平成 24 年 12 月 7 日に「福島第一原子力発電所 特定原子力施設に係る実施計画」（以下「実施計画」という。）を提出した。実施計画では、福島第一原子力発電所に多核種除去設備（以下「ALPS（Advanced Liquid Processing System）」という。）を設置して汚染水を処理するとしている。

本評価は、ALPS の A 系において、汚染水を用いた性能確認試験（ホット試験）を開始するに当たり、安全確保を図る上での要件を整理し、試験開始の妥当性について特定原子力施設監視・評価検討会の結果を踏まえ、評価をとりまとめたものである。（ホット試験及びホット試験終了後の計画を図-1 に示す。）

2. ALPS による汚染水処理の必要性について

ALPS を運転する場合としない場合で、管理対象となる放射性物質による汚染水等の濃度・量・性状の比較（表-1 参照）を行い、運転の必要性について検討した。

現在、福島第一原子力発電所には、全 β 核種濃度 10^5Bq/cm^3 オーダーの約 $230,000 \text{m}^3$ の汚染水が保管されている。さらに地下水の流入により、汚染水量は日量約 400m^3 増加している。ALPS を運転しない場合は、これを今後とも敷地内に保管していくこととなり、放射線量の高い汚染水を敷地内に大量に貯蔵し続けることには、汚染水の漏えいによる環境への高いリスクが伴う。

これまでの実証試験の結果をもとに実施計画では、ALPS の運転によって汚染水からトリチウム以外の放射性物質を検出限界以下まで除去できるとしている。また、ALPS の運転によってトリチウム以外の放射性物質を吸着・沈殿させた廃棄物は、放射性物質濃度が $10^6 \sim 10^7 \text{Bq/cm}^3$ と高くなるものの、その性状はスラリーや固形物となって安定化するとともに、その発生量は上記約 $230,000 \text{m}^3$ の汚染水を処理した場合、約 $2,900 \text{m}^3$ になるとしている。

ALPS の運転により、汚染水は上記廃棄物と処理した水に分離される。この廃棄物は、処理前の汚染水に比べて約 100 分の 1 の体積となっており、集中的な管理が可能となるとともに、流動性が低下しており、汚染水に比べて漏えい時の汚染範囲が小さくなると考えられる。また、ALPS の運転により処理した水は引き続き管理が必要となるが、処理前と比べ放射性物質濃度が約 100 分の 1 に低減され、漏えいした場合の環境への影響が相対的にははるかに小さくなる。

これらのことを踏まえると、放射性物質の漏えいが環境に及ぼすリスクは ALPS の運転によって著しく低減されることから、その運転の必要性が認められる。

3. ALPS (A系) のホット試験の実施について

ALPS (A系) のホット試験の開始に当たっては、ALPS の運転に伴い発生する放射性物質濃度の高い廃棄物を適切に管理する観点から、1) 高性能容器 (以下「HIC (High Integrity Container)」という。) の落下による破損や漏えいの防止、2) HIC 破損時の漏えいへの対処体制の整備、3) その他の個別課題への対応が必要である。

これらの要件に関する東京電力の対応について以下のとおり確認を行い、それぞれ適切なものと評価した。

1) HIC 落下時の破損防止及び漏えい防止対策

東京電力は HIC の移送状態を考慮した落下試験や落下時の解析結果をもとに、HIC 本体については補強体及び緩衝材の追加、設備側については緩衝材や傾斜落下防止架台等の追設、クレーンの移動可能範囲の制限により、落下及び落下に伴う破損への対策を行った。

これらの対策を施した上で、東京電力は、①高さ 4.5m から緩衝材上への垂直落下、②高さ 2.6m から角棒 (1 辺 100mm、緩衝材あり) 上への落下の 2 ケースについてそれぞれ 2 回ずつ試験を実施し、想定される HIC の使用条件下で HIC の健全性に問題がないことを確認している。

これらの対策及び落下試験の結果から、HIC 落下時の破損防止及び漏えい防止対策は適切なものと評価する。

2) HIC 破損時の漏えいへの対処体制の整備

東京電力は、HIC が万一破損した場合の漏えい物の回収について、作業手順の整備、作業員の被ばく線量の評価、回収作業の訓練を実施している。

漏えい物の回収手順においては、漏えい事象の想定、回収作業に必要な資機材の準備及び作業人員の手配等が定められており、概ね適切なものと評価する。

但し、漏えい物の回収作業の訓練で得られた課題や成果を反映し、継続的な改善が必要である。また、作業員の回収作業に伴う被ばく線量については、引き続き低減していく必要がある。

さらに、トレーラヤードにおける放射性物質の飛散・漏えいを防止するため、既にトレーラヤードの閉止が行われているが、更に引き続きトレーラヤード全体を覆う対策を実施する必要がある。

3) その他の個別課題

以下の(1)から(9)に示す個別課題について東京電力の対応が適切であることを原子力保安検査官が現地において確認した。

(1)ホット試験は必要最小限の実働期間 (121 日)、設備範囲内 (A系のみ) での実施であること。東京電力は A 系のホット試験の結果を検証し、発見された不適合事象について改善措置を講じた後に B 系及び C 系のホット試験を開始する計画としていること。

(2)コールド試験 (*) において発見された不適合事象について、適切な処置がなされていること。

(*) コールド試験:ホット試験に先立って実施した (平成 24 年 8 月 24 日~同年 10 月 1 日) 放射性物質を用いない試験

- (3) 運転時における作業員の被ばく低減対策（遠隔操作や遮へい体の設置等）がなされていること。
- (4) 汚染水の漏えい発生時等に他系統に悪影響を及ぼさないよう、漏えい拡大防止堰等の設置が完了していること。
- (5) 降雨時に漏えいの検知が困難となることから、上屋根及び壁面膜材の設置工事が完了するまでは降雨時に運転を停止する運用であること。
- (6) ALPS からの漏えいを早期に検知可能な漏えい検知器が設置されていること。
- (7) ALPS 本体からの漏えい時の回収体制や必要な資機材が準備されていること。
- (8) 漏えい等のトラブルが発生した際の、発電所内従業員や地方自治体等の関係機関への通報・連絡体制が整備されていること。また、これらの訓練・検証体制が整備されていること。
- (9) トラブル等により発生した負傷者の除染、応急の措置、緊急搬送等の体制が整備されていること。また、これらの訓練体制が整備されていること。

4. まとめ

東京電力は実施計画において ALPS を設置して汚染水を処理するとしている。

本評価においては、ALPS の A 系においてホット試験を開始するにあたり、安全確保を図る上での要件を整理し、試験開始の妥当性について評価をとりまとめたものである。

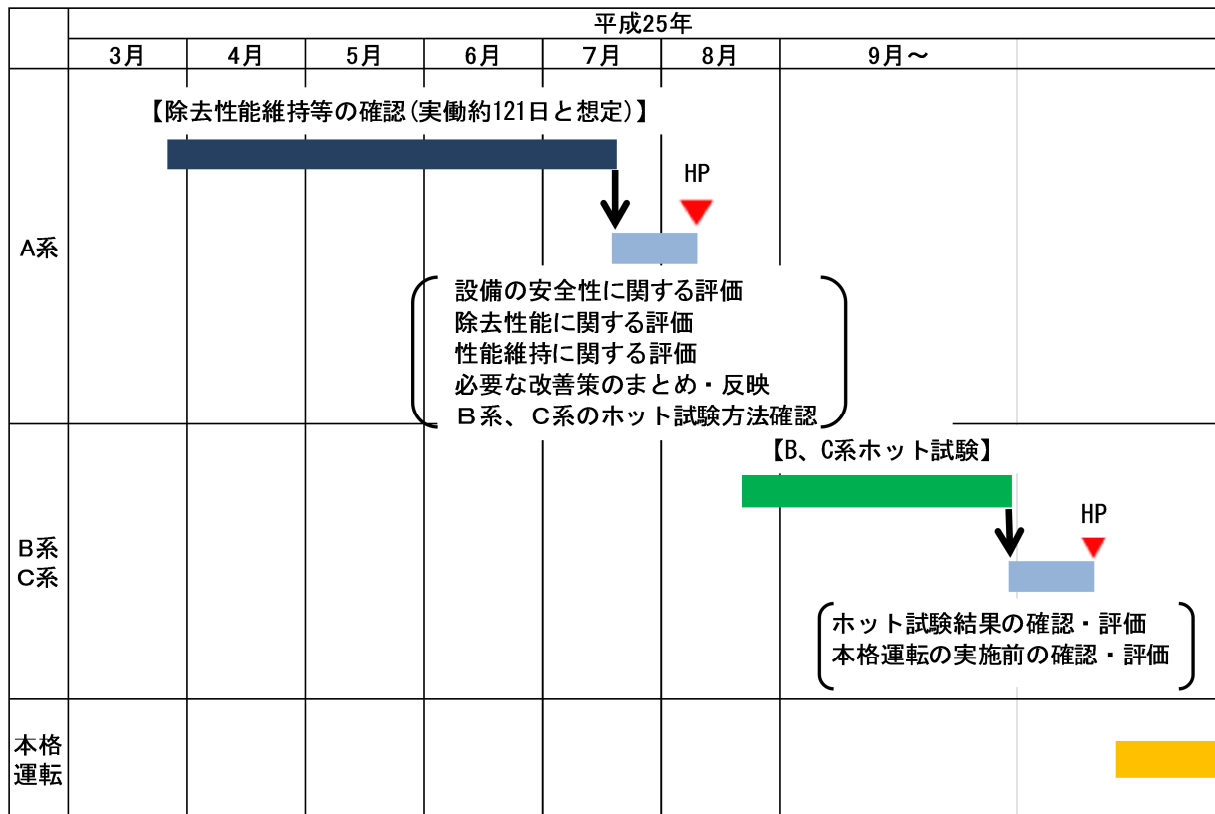
ALPS の運転により、汚染水は放射性物質を吸着・沈殿した廃棄物と処理した水に分離される。この廃棄物は処理前の汚染水と比べて集中的な管理が可能となるとともに、性状が安定化していることから、処理前の汚染水に比べて漏えいした場合の汚染範囲が小さくなる。また、処理した水は引き続き管理が必要となるが、トリチウム以外の放射性物質が検出限界値以下まで除去されることから、漏えいした場合の環境への影響が相対的にははるかに小さくなる。これらのことを踏まえると、ALPS の運転によって、放射性物質の漏えいが環境に及ぼすリスクは著しく低減されることから、その運転の必要性が認められる。

ALPS (A 系) のホット試験の開始に当たっては、HIC 落下時の破損防止対策、漏えい時の対処体制、トレーラヤードの閉止、その他の個別課題について現地の原子力保安検査官の確認が終了したことから、当該ホット試験の開始は認められる。

今後、A 系を用いたホット試験の開始後、その結果を検証し、必要な改善策の確認を行った上で、B 系及び C 系を用いたホット試験の方法等について確認を行っていく。

なお、ホット試験終了後に予定される本格運転に向けた課題については、別紙に整理した。

以上



(HP: ホールドポイント)

図-1 ALPS のホット試験スケジュール

表-1 ALPS の運転の有無による放射性物質の性状変化

ALPS を運転しない場合	ALPS を運転する場合
<p>汚染水の総量約 230,000m³</p>	<p>処理済水の総量約 227,000m³</p>
<p>放射性物質濃度 ¹³⁴Cs: 10¹Bq/cm³ オーダー ¹³⁷Cs: 10¹Bq/cm³ オーダー 全β: 10⁵Bq/cm³ オーダー ³H: 10³Bq/cm³ オーダー</p>	<p>放射性物質濃度 ¹³⁴Cs: 検出限界値以下 (<0.27Bq/cm³) ¹³⁷Cs: 検出限界値以下 (<0.32Bq/cm³) β核種:³H を除き検出限界値以下 ³H: 10³Bq/cm³ オーダー</p>
<p>放射性物質総量 約 5 × 10¹⁶Bq (主な核種:⁸⁹Sr、⁹⁰Sr、⁹⁰Y、¹³⁴Cs、¹³⁷Cs、³H)</p>	<p>放射性物質総量 10¹⁴Bq オーダー (主な核種:³H)</p>
	<p>ALPS の運転で発生する廃棄物の総量: 約 2,900m³</p> <p>スラリー (鉄共沈処理): 約 530m³ (約 2 × 10¹⁶Bq (約 4 × 10⁷Bq/cm³)) (主な核種:⁸⁹Sr、⁹⁰Sr、⁹⁰Y、³H)</p> <p>スラリー (炭酸塩沈殿処理): 約 2,300m³ (約 3 × 10¹⁶Bq (約 1 × 10⁷Bq/cm³)) (主な核種:⁸⁹Sr、⁹⁰Sr、⁹⁰Y、³H)</p> <p>使用済吸着材 2 (主に Sr を吸着): 約 23m³ (約 1 × 10¹⁵Bq (約 4 × 10⁷Bq/cm³)) (主な核種:⁸⁹Sr、⁹⁰Sr、⁹⁰Y)</p> <p>使用済吸着材 3 (主に Cs を吸着): 約 14m³ (約 3 × 10¹³Bq (約 2 × 10⁶Bq/cm³)) (主な核種:¹³⁴Cs、¹³⁷Cs)</p>
【参考】	
<p>敷地境界線量 西エリア: 0.31mSv/年 南エリア: 0.35mSv/年</p>	<p>敷地境界線量 西エリア (ALPS 由来): 0.47mSv/年 (0.16mSv/年増加) 南エリア (HIC 由来): 0.72mSv/年 (0.37mSv/年増加) →今後の追加的な遮へい対策により低減可能</p>

本格運転に向けた課題の整理

1. 本格運転の実施について

ALPS の A 系に引き続き B 系及び C 系のホット試験が終了した後、設備の安全性、放射性物質の除去性能及び不具合に関する改善措置について確認・評価するとともに、以下の点について確認を行い、本格運転の開始について判断を行うものとする。

なお、ALPS の放射性物質の除去性能の確認・評価に当たっては、処理済水の放射性物質濃度（トリチウムを除く）が炉規則告示濃度限度を満足しているかを確認する。

1) 作業員の被ばく線量低減

作業員が頻繁に接近する可能性のあるエリアについては、十分な遮へいの設置による線量低減措置が概ね講じられている。これ以外に作業員が接近する可能性のあるエリアのうち 1mSv/時程度となることが予想される一部のエリア・箇所については、ホット試験中の測定値を踏まえ、本格運転前までに、遮へい、作業方法、作業時間等を検討し、作業員の更なる被ばく線量低減を図る必要がある。

2) 追加的放出による敷地境界線量の低減

東京電力は、ALPS 設置エリアにおいて、線量寄与の大きい循環タンク、スラリ一移送配管、クロスフローフィルタ及び吸着塔に追加遮へいを設置することにより、敷地境界における実効線量を 0.43mSv/年から 0.16mSv/年未満へ低減できると評価している。

また、一時保管施設からの敷地境界における実効線量は、最大貯蔵時（概算値）で計 0.37mSv/年と評価している。

ALPS の A 系のホット試験開始後は、一時保管施設からの影響も含めて敷地境界における線量が高くなることが想定されることから、ALPS 本体及びボックスカルバート近傍の線量を計測し、更なる遮へい等の追加対策を実施し、一層の線量の低減を図ることが必要である。

3) ALPS 処理済水も含めた汚染水の保管容量の確保

ALPS の処理済水に含まれるトリチウムは、告示濃度限度（60Bq/cm³）を大きく超える濃度（約 1,800Bq/cm³）となっており、そのまま放出すれば法令違反となる。このため、適切な保管管理が必要である。現在、東京電力が確保しているタンク容量約 310,000m³に加え、整備中のものも含め約 700,000m³の計画となっているが、約 2 年半後にはタンク容量が不足する見込みである。汚染水及び処理済水の全量を貯蔵できる容量を継続して確保できるよう、東京電力はタンクの増設期間や耐用年数を十分考慮した計画的な対応が必要である。

2. 本格運転後の課題

ALPS の本格運転後における技術的課題として、1) HIC の強度の劣化に伴う健全性の確認、2) 長期間の保管における漏えい対策、3) 処理済水のトリチウム対策、4) 地下水の流入抑制対策について対応していくことが必要である。

1) HIC の強度の劣化

放射線による HIC の強度の劣化について、東京電力は、米国における照射試験データに基づき、貯蔵期間 20 年における照射劣化は軽微であるとしている。しかし、米国の照射試験はその実施時期が古く、また、HIC の強度の劣化は始まると急激に進展することから、改めて照射後の試料を用いた材料強度試験等を実施し、再評価することが必要である。

また、紫外線による HIC の強度の劣化について、東京電力は米国での試験結果に保守性を加味して、HIC の寿命を 1 年未満としているが、紫外線による経年劣化に関するデータの蓄積が少ないため、新たに紫外線による劣化試験を実施し、その健全性を評価していくことが必要である。

長期間使用する HIC の健全性の維持及び管理する方法については、上記健全性評価の結果を踏まえ、早期取替も念頭に入れた管理計画を検討する必要がある。その際には、HIC の取替（内容物の詰替）方法や、HIC 以外の保管方法（金属製容器、移送配管・廃棄物保管タンク設置等）についても検討していく必要がある。

2) 一時保管施設の漏えい

東京電力は、ALPS で発生する廃棄物を収容した HIC は、一時保管施設へ輸送し、ボックスカルバート内に貯蔵することとしている。しかし、HIC をボックスカルバートに 20 年間貯蔵する計画となっていることから、ボックスカルバートからの漏えいを早期に検知可能な検出器が必要である。しかし、ボックスカルバートは屋外に設置されており、雨水の影響排除が困難なことから、ボックスカルバートからの漏えいを検出するための漏えい検知器は設置されていない。

今後、ボックスカルバートの設置エリアにおける漏えいの拡大防止及び外部飛散防止を確実にするため、設置エリアを覆う建屋の設置、上屋根を踏まえたより良い堰の設置、漏えい検出器の設置を検討する必要がある。

3) 処理済水中のトリチウム

処理済水には、告示濃度限度を超えるトリチウムが含まれることから、この水の処理・処分や環境への影響評価について検討する必要がある。

4) 地下水の流入量低減

滞留水増加の原因は、原子炉建屋等地下階への地下水の流入によるものであることから、東京電力は、地下水バイパスの運転（平成 25 年 4 月運転開始予定）により、滞留水の水位を下回らないよう監視しつつ地下水の水位を下げ、地下水の流入量を減らすこととしている。

しかしながら、この対策を講じても、地下水の流れが抜本的に減少するわけではない。このため、地下水流入の抜本的な対応策として、建屋、トレンチ、ダクト等の止水工事や、原子炉格納容器から滞留水を汲上げて原子炉内に注水する循環型の小ループ注水、タービン建屋地下階のコンクリート埋設等の流入防止策を検討する必要がある。

3. 今後の対応

今後、ALPS の本格運転の実施前には、ホット試験結果の確認・評価、作業員の被ばく線量や敷地境界線量低減、処理済水等の保管容量の確保について、東京電力の

対策の妥当性を確認していく。さらに、適切な対応が必要な HIC の長期保管に伴う技術的課題やトリチウムの処理・処分対策等についても、その検討状況や妥当性について確認していく。

以上