

福島第一原子力発電所
多核種除去設備（ALPS）の概要等

平成25年3月29日

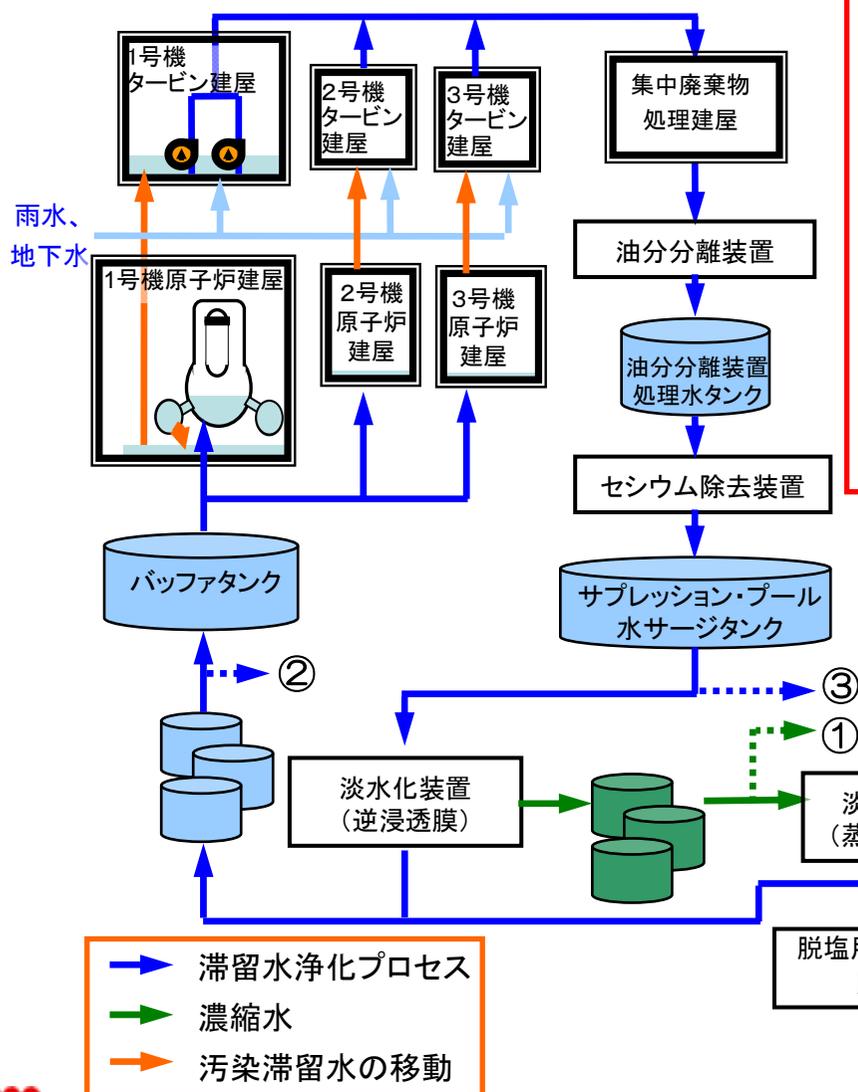
東京電力株式会社



東京電力

多核種除去設備設置の目的

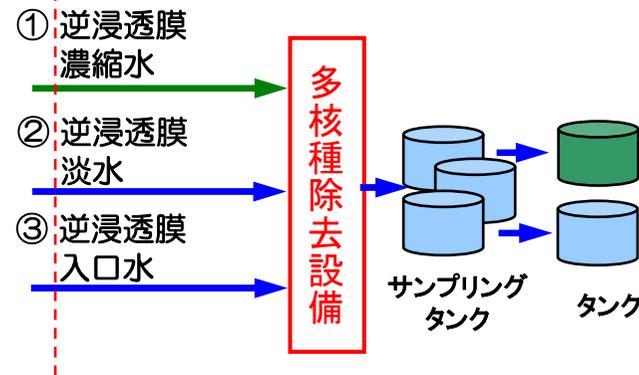
「多核種除去設備」設置の背景



目的 既設水処理設備は主にセシウムを除去するが、処理水の放射性物質の濃度をより一層低く管理するため、**その他の核種についても告示濃度限度以下を目標として除去する必要がある。**

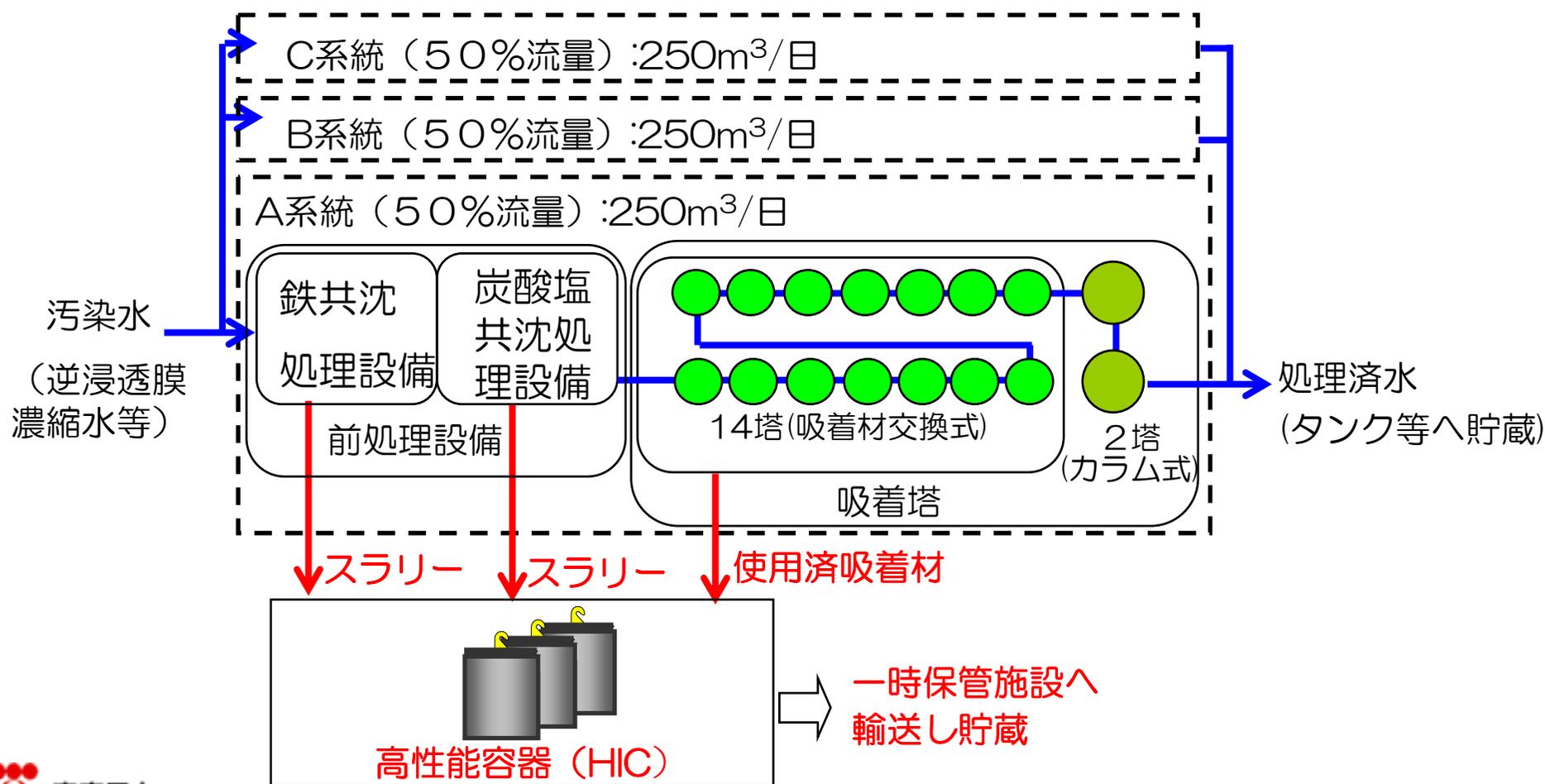
「多核種除去設備」を導入

新規設置範囲



多核種除去設備の概要

- 前処理設備・吸着塔に汚染水を通水し、放射性物質を除去。
- 廃棄物（スラリー、使用済吸着材）は高性能容器（HIC）に移送、廃棄物を規定の量受入れたHICは、一時保管施設へ輸送し貯蔵する。



現地の状況（1 / 2）

多核種除去設備 建屋設置状況
平成25年3月27日撮影



南側より撮影



北東側より撮影



北側より撮影

現地の状況 (2 / 2)

多核種除去設備 機器の設置状況
平成24年9月16日撮影



吸着塔 (処理カラム)
平成25年3月27日撮影



制御盤 平成25年3月27日撮影



ホット試験とは

- ・ホット試験においては、多核種除去設備の性能に関し、放射性物質の”除去性能”及び運転の間”除去性能が維持されること”を確認する。
- ・NISA（当時）より提示された『所定の性能確認が出来る必要最小限の期間、設備範囲内（A系のみ）の試験とすること』に関する対応として、まずA系で行う。

<除去性能の確認>

- ✓除去対象とする62核種に対して、告示濃度限度を満足することを確認。
- ✓確認は、1系列あたり約1000~2000m³処理する期間にて実施。

<除去性能が維持されることの確認>

- ✓吸着材の交換までの間、除去性能が維持されることを確認する。
- ✓確認は、交換周期が最も長い吸着材7の交換周期が121日（処理流量換算で約30,000m³）であることから、1系列あたり約30,000m³を処理する期間にて実施。

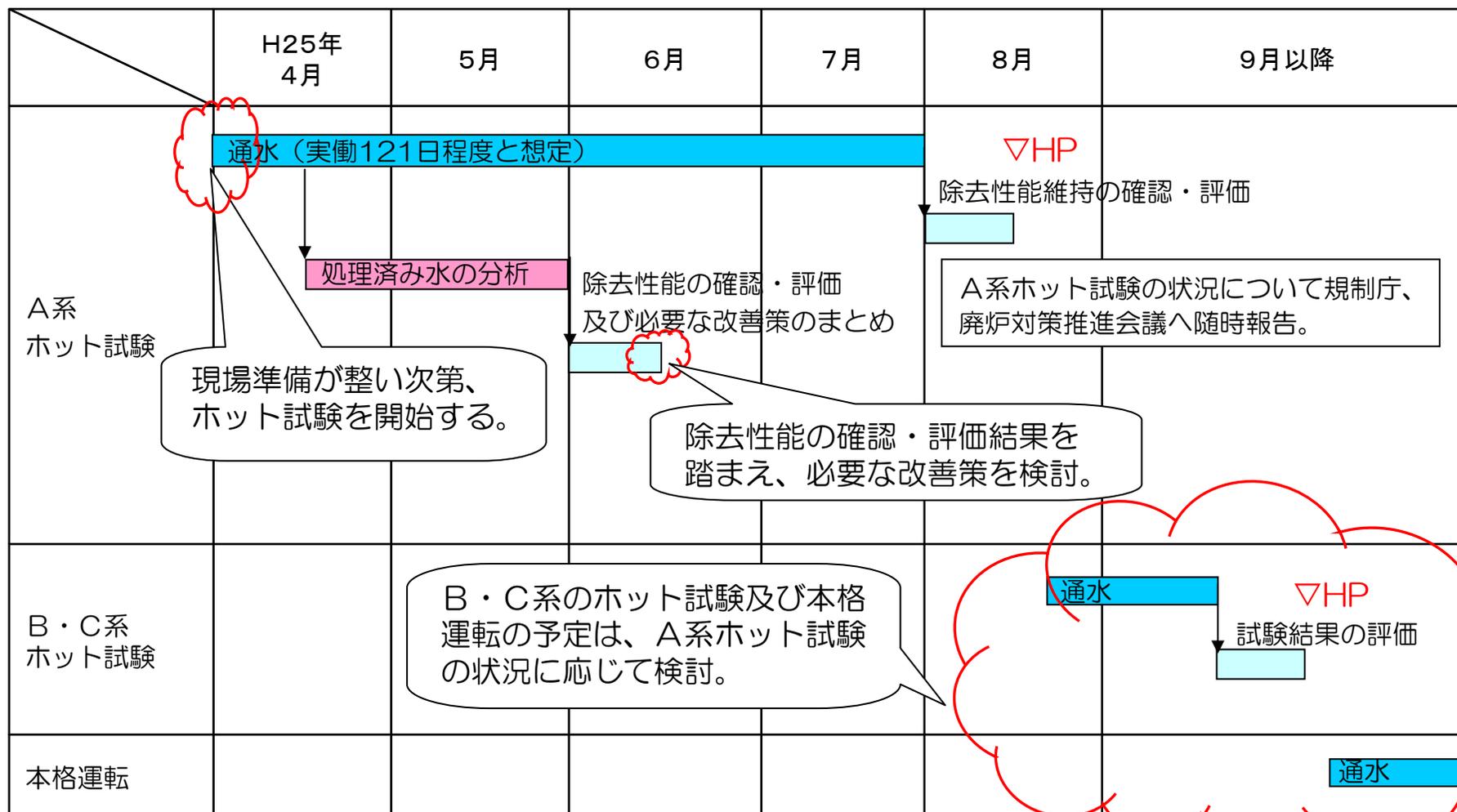
ホット試験及び本格運転スケジュール（1 / 2）

■ ホット試験及び本格運転スケジュール

- 3月19日 A系ホット試験開始について、原子力規制委員会の了解
3月25日 ホット試験運用についての原子炉施設保安規定変更認可
- ホット試験は、A系から実施するものとし、**除去性能の確認**及び**除去性能がホット試験の間、維持**されることを確認する。
- A系のホット試験の状況は、規制庁及び廃炉対策推進会議へ随時ご報告する。
- B・C系のホット試験および本格運転の予定は、A系のホット試験の状況に応じ、検討する。

ホット試験及び本格運転スケジュール（2/2）

■ ホット試験及び本格運転スケジュール（案）



HP：ホールドポイント

多核種除去設備の運転に伴うリスクへの対応（1 / 4）

多核種除去設備を運転するにあたり、漏えい・作業員被ばくに関するリスクに対して適切な対策を講じている。

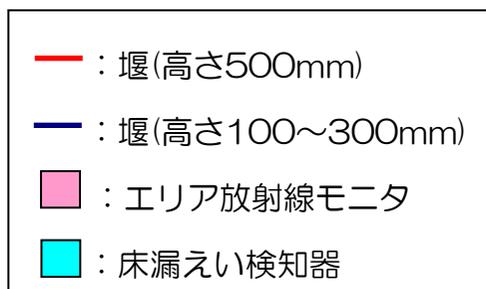
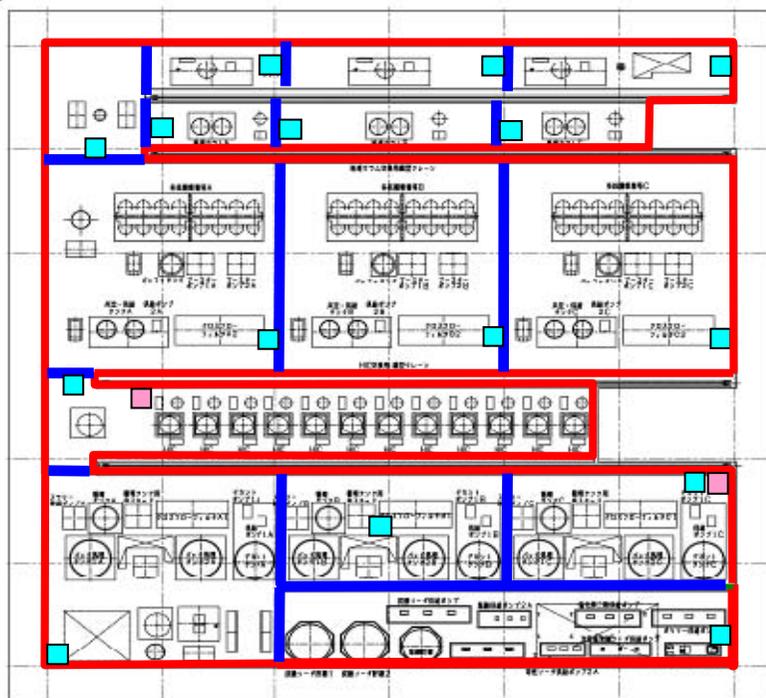
■漏えいリスクに対する対策

| リスク | | 対策 |
|----------|----------|---|
| 内部 事象 | 経年劣化 | <ul style="list-style-type: none"> 適切な運転・保守管理の実施。 配管には被覆材（保温材含む）等、ポリエチレン製配管には紫外線対策カバーを取付 HICは、貯蔵期間（20年間）に対する長期健全性の確認 |
| | 偶発事象 | <ul style="list-style-type: none"> 適切な運転・保守管理の実施。 高性能容器（HIC）取扱時に想定される落下を考慮し、補強等により健全性を有する構造とする。また、落下防止対策等を講じる。 |
| | ヒューマンエラー | <ul style="list-style-type: none"> 手順書の作成、教育・訓練等、ヒューマンエラー対策を実施。 |
| 外部 事象 | 凍結 | <ul style="list-style-type: none"> 配管・ポンプ類は、保温材の取付、水抜き等を実施 |
| | 地震 | <ul style="list-style-type: none"> 堰、土堰提等による系外放出防止、巡視点検による監視を実施。 漏えいのリスクが低いポリエチレン管、ステンレス鋼管等を採用。 |
| | 津波 | <ul style="list-style-type: none"> 設備を高台に設置済 |
| | 火災 | <ul style="list-style-type: none"> 発電所全体として、早期検知に努めるとともに、消火設備を設ける。 発電所構内について毎日パトロールを実施し、火災等異常の早期発見に努める。 |
| | 台風・竜巻 | <ul style="list-style-type: none"> 堰、土堰提等による系外放出防止、巡視点検による監視を実施。 漏えいのリスクが低いポリエチレン管、ステンレス鋼管等を採用。 |
| | 人為事象 | <ul style="list-style-type: none"> 堰、土堰提等による系外放出防止、巡視点検による監視を実施。 漏えいのリスクが低いポリエチレン管、ステンレス鋼管等を採用。 |

多核種除去設備の運転に伴うリスクへの対応（2/4）

■漏えい拡大防止対策（多核種除去設備）

- ✓設備を構成する各機器スキッドに、漏えい受けパンと漏えい検知器を設置
- ✓設置エリア外への漏えい拡大防止のため、系統分離堰（高さ100mm～300mm）及び外周堰（高さ500mm）を設置
- ✓スキッド外で漏えいが発生した際の検知性を確保するため、堰で区画されたエリア毎に床漏えい検知器を設置
- ✓カメラ及びエリア放射線モニタによる監視を実施



漏えい検知器

漏えい受けパン

多核種除去設備の運転に伴うリスクへの対応（3 / 4）

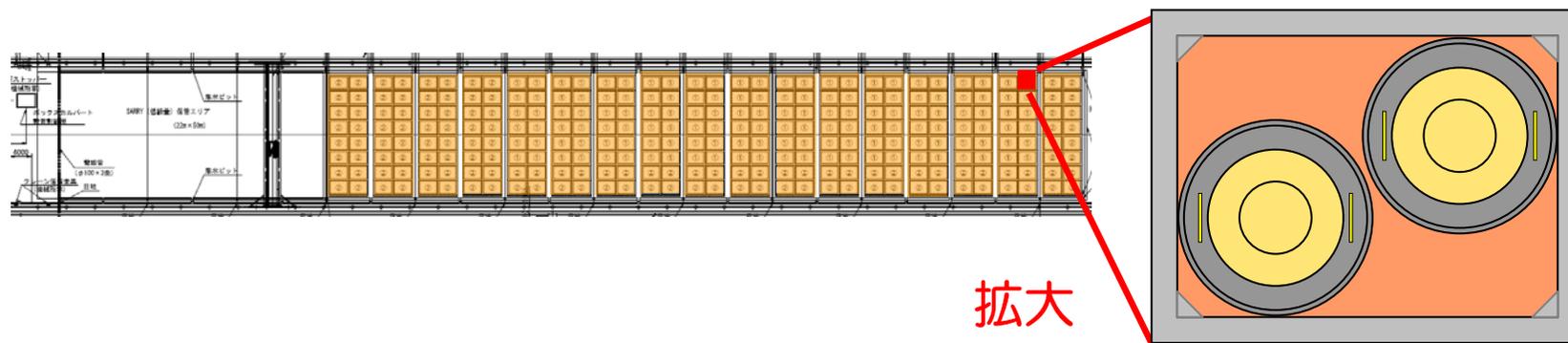
■漏えい拡大防止対策（一時保管施設）

多核種除去設備で発生する廃棄物を収容した高性能容器（HIC）は、使用済セシウム吸着塔一時保管施設（第二施設）「以降、一時保管施設という」へ輸送し、ボックスカルバート内に貯蔵する（下図参照）。

HICは、長期間の貯蔵における耐食性、耐放射線性等について健全性を有しており、コンクリート製のボックスカルバート内に静置することで**安定的に貯蔵可能**であるが、さらに以下の対応を実施。

- ✓ボックスカルバートの上蓋を開け、内部のHICに漏えいがないことを定期的に確認。なお、万一、HICから漏えいが発生した場合においても、漏えい物はボックスカルバート内に留まる（下図参照）。

※確認対象は、作業員の被ばく低減の観点から、最も高線量となるスラリー（鉄共沈処理）を収容したHICのうち一時保管施設に最初に保管する1基を代表とする。



一時保管施設におけるHIC貯蔵概要

多核種除去設備の運転に伴うリスクへの対応（4 / 4）

■作業員被ばくリスクに対する対策

<設計上の考慮>

- ✓ 多核種除去設備の機器は、各機器から1mの距離において1mSv/h以下となるよう設計
- ✓ 主な運転及び監視操作は、制御室からの遠隔操作にて実施可能
- ✓ 制御室は、多核種除去設備設置エリアより約900m離れた位置に設置しており、設備の運転に伴う制御室の線量増加は3 μ Sv/年程度
- ✓ 機器メンテナンス時の線量低減のため、フラッシングラインを設置

<放射線防護対策>

- ✓ 運転操作等に係る放射線業務従事者以外の者が不要に近づくことがないように、当該区域を周知すると共に標識等を設ける。
- ✓ 放射線レベルの高い区域は標識を設け、運転操作等に係る放射線業務従事者の被ばく低減を図る。

<個人被ばく管理>

- ✓ 処理水中に多量に含まれている β 核種の影響により、 β 線線量率の高い作業環境となることが想定されるため、下記の線量管理を実施する。
 - ・作業に応じて被ばくする線源や作業姿勢を考慮し適切な放射線測定器（例えば、 β 線被ばく作業においては、 β 線測定用線量計、リングバッチ等）を着用させ、その都度線量の測定を行う。

(参考) 運転により見込まれる放射性物質の除去効果 (1 / 5)

■ 汚染水及び多核種除去設備処理済み水中の放射性物質の濃度及び告示濃度限度比*

| | 核種 (半減期) | ①炉規則告示濃度限度 (別表第2第六欄 周辺監視区域外の 水中の濃度限度) [Bq/cm ³] | 汚染水 (RO濃縮水) | | 多核種除去設備 処理済み水 | |
|----|---------------------|---|------------------------------------|----------------|------------------------------------|----------------|
| | | | ②放射性物質の濃度 [Bq/cm ³] | 告示濃度限度比 ②/① | ③放射性物質の濃度 [Bq/cm ³] | 告示濃度限度比 ③/① |
| 1 | Rb-86 (約19日) | 4E-01 | N.D. < 6.1E+00 | 1.5E+01 | N.D. < 1.3E-03 | 3.3E-03 |
| 2 | Sr-89 (約51日) | 3E-01 | 1.2E+04 | 4.0E+04 | N.D. < 2.8E-04 | 9.3E-04 |
| 3 | Sr-90 (約29年) | 3E-02 | 1.1E+05 | 3.7E+06 | N.D. < 9.7E-05 | 3.2E-03 |
| 4 | Y-90 (約64時間) | 3E-01 | 1.1E+05 | 3.7E+05 | N.D. < 9.7E-05 | 3.2E-04 |
| 5 | Y-91 (約59日) | 3E-01 | N.D. < 1.6E+02 | 5.3E+02 | N.D. < 4.5E-02 | 1.5E-01 |
| 6 | Nb-95 (約35日) | 1E+00 | N.D. < 7.2E-01 | 7.2E-01 | N.D. < 1.3E-04 | 1.3E-04 |
| 7 | Tc-99 (約210000年) | 1E+00 | 6.8E-02 | 6.8E-02 | N.D. < 5.4E-05 | 5.4E-05 |
| 8 | Ru-103 (約40日) | 1E+00 | N.D. < 1.1E+00 | 1.1E+00 | N.D. < 1.5E-04 | 1.5E-04 |
| 9 | Ru-106 (約370日) | 1E-01 | 3.0E+01 | 3.0E+02 | N.D. < 1.2E-03 | 1.2E-02 |
| 10 | Rh-103m (約56分) | 2E+02 | 7.7E-01 | 3.9E-03 | N.D. < 3.1E-05 | 1.5E-07 |
| 11 | Rh-106 (約30秒) | 3E+02 | 3.0E+01 | 1.0E-01 | N.D. < 1.2E-03 | 4.0E-06 |
| 12 | Ag-110m (約250日) | 3E-01 | N.D. < 8.8E-01 | 2.9E+00 | N.D. < 1.2E-04 | 4.0E-04 |
| 13 | Cd-113m (約15年) | 4E-02 | N.D. < 3.3E-02 | 8.2E-01 | N.D. < 4.5E-06 | 1.1E-04 |

*検出限界値未滿 (N.D.) の核種は、検出限界値から告示濃度限度比を算出

(参考) 運転により見込まれる放射性物質の除去効果 (2/5)

■ 汚染水及び多核種除去設備処理済み水中の放射性物質の濃度及び告示濃度限度比*

| | 核種 (半減期) | ①炉規則告示濃度限度 (別表第2第六欄 周辺監視区域外の 水中の濃度限度) [Bq/cm ³] | 汚染水 (RO濃縮水) | | 多核種除去設備 処理済み水 | |
|----|-----------------------|---|------------------------------------|----------------|------------------------------------|----------------|
| | | | ②放射性物質の濃度 [Bq/cm ³] | 告示濃度限度比 ②/① | ③放射性物質の濃度 [Bq/cm ³] | 告示濃度限度比 ③/① |
| 14 | Cd-115m (約45日) | 3E-01 | N.D. < 3.5E+01 | 1.2E+02 | N.D. < 7.8E-03 | 2.6E-02 |
| 15 | Sn-119m (約290日) | 2E+00 | N.D. < 1.2E+01 | 6.0E+00 | N.D. < 2.8E-03 | 1.4E-03 |
| 16 | Sn-123 (約130日) | 4E-01 | N.D. < 9.1E+01 | 2.3E+02 | N.D. < 2.1E-02 | 5.3E-02 |
| 17 | Sn-126 (約100000年) | 2E-01 | N.D. < 1.1E-01 | 5.5E-01 | N.D. < 2.4E-05 | 1.2E-04 |
| 18 | Sb-124 (約60日) | 3E-01 | N.D. < 5.7E-01 | 1.9E+00 | N.D. < 2.1E-04 | 7.0E-04 |
| 19 | Sb-125 (約3年) | 8E-01 | 1.0E+02 | 1.3E+02 | N.D. < 4.0E-04 | 5.0E-04 |
| 20 | Te-123m (約120日) | 6E-01 | N.D. < 2.0E+00 | 3.3E+00 | N.D. < 1.2E-04 | 2.0E-04 |
| 21 | Te-125m (約58日) | 9E-01 | N.D. < 1.5E+02 | 1.7E+02 | N.D. < 2.4E-02 | 2.7E-02 |
| 22 | Te-127 (約9時間) | 5E+00 | N.D. < 1.1E+02 | 2.2E+01 | N.D. < 1.7E-02 | 3.4E-03 |
| 23 | Te-127m (約110日) | 3E-01 | N.D. < 1.1E+02 | 3.7E+02 | N.D. < 2.4E-02 | 8.0E-02 |
| 24 | Te-129 (約70分) | 1E+01 | N.D. < 1.8E+01 | 1.8E+00 | N.D. < 1.1E-02 | 1.1E-03 |
| 25 | Te-129m (約34日) | 3E-01 | N.D. < 2.5E+01 | 8.3E+01 | N.D. < 3.8E-03 | 1.3E-02 |
| 26 | I-129 (約16000000年) | 9E-03 | 5.3E-01 | 5.9E+01 | N.D. < 9.8E-04 | 1.1E-01 |

*検出限界値未満 (N.D.) の核種は、検出限界値から告示濃度限度比を算出

(参考) 運転により見込まれる放射性物質の除去効果 (3/5)

■ 汚染水及び多核種除去設備処理済み水中の放射性物質の濃度及び告示濃度限度比*

| | 核種 (半減期) | ①炉規則告示濃度限度 (別表第2第六欄 周辺監視区域外の 水中の濃度限度) [Bq/cm ³] | 汚染水 (RO濃縮水) | | 多核種除去設備 処理済み水 | |
|----|-----------------------|---|------------------------------------|----------------|------------------------------------|----------------|
| | | | ②放射性物質の濃度 [Bq/cm ³] | 告示濃度限度比 ②/① | ③放射性物質の濃度 [Bq/cm ³] | 告示濃度限度比 ③/① |
| 27 | Cs-134 (約2年) | 6E-02 | 1.5E+01 | 2.5E+02 | N.D. < 2.9E-04 | 4.8E-03 |
| 28 | Cs-135 (約3000000年) | 6E-01 | N.D. < 5.5E+01 | 9.2E+01 | N.D. < 9.7E-03 | 1.6E-02 |
| 29 | Cs-136 (約13日) | 3E-01 | N.D. < 6.2E-01 | 2.1E+00 | N.D. < 1.1E-04 | 3.7E-04 |
| 30 | Cs-137 (約30年) | 9E-02 | 2.0E+01 | 2.2E+02 | N.D. < 3.6E-04 | 4.0E-03 |
| 31 | Ba-137m (約3分) | 8E+02 | 2.0E+01 | 2.5E-02 | N.D. < 3.6E-04 | 4.5E-07 |
| 32 | Ba-140 (約13日) | 3E-01 | N.D. < 3.7E+00 | 1.2E+01 | N.D. < 5.0E-04 | 1.7E-03 |
| 33 | Ce-141 (約32日) | 1E+00 | N.D. < 3.5E+00 | 3.5E+00 | N.D. < 3.0E-04 | 3.0E-04 |
| 34 | Ce-144 (約280日) | 2E-01 | N.D. < 1.6E+01 | 8.0E+01 | N.D. < 9.2E-04 | 4.6E-03 |
| 35 | Pr-144 (約17分) | 2E+01 | N.D. < 1.2E+02 | 6.0E+00 | N.D. < 2.0E-01 | 1.0E-02 |
| 36 | Pr-144m (約7分) | 4E+01 | N.D. < 1.4E+00 | 3.5E-02 | N.D. < 2.4E-03 | 6.0E-05 |
| 37 | Pm-146 (約6年) | 9E-01 | N.D. < 1.5E+00 | 1.7E+00 | N.D. < 1.8E-04 | 2.0E-04 |
| 38 | Pm-147 (約3年) | 3E+00 | N.D. < 8.5E+02 | 2.8E+02 | N.D. < 6.9E-02 | 2.3E-02 |
| 39 | Pm-148 (約5日) | 3E-01 | N.D. < 1.7E+00 | 5.7E+00 | N.D. < 5.2E-04 | 1.7E-03 |

*検出限界値未滿 (N.D.) の核種は、検出限界値から告示濃度限度比を算出

(参考) 運転により見込まれる放射性物質の除去効果 (4/5)

■ 汚染水及び多核種除去設備処理済み水中の放射性物質の濃度及び告示濃度限度比*

| | 核種 (半減期) | ①炉規則告示濃度限度 (別表第2第六欄 周辺監視区域外の 水中の濃度限度) [Bq/cm ³] | 汚染水 (RO濃縮水) | | 多核種除去設備 処理済み水 | |
|----|---------------------|---|------------------------------------|----------------|------------------------------------|----------------|
| | | | ②放射性物質の濃度 [Bq/cm ³] | 告示濃度限度比 ②/① | ③放射性物質の濃度 [Bq/cm ³] | 告示濃度限度比 ③/① |
| 40 | Pm-148m (約41日) | 5E-01 | N.D. < 1.6E+00 | 3.2E+00 | N.D. < 1.3E-04 | 2.6E-04 |
| 41 | Sm-151 (約87年) | 8E+00 | N.D. < 8.9E-02 | 1.1E-02 | N.D. < 2.4E-05 | 3.0E-06 |
| 42 | Eu-152 (約13年) | 6E-01 | N.D. < 7.0E+00 | 1.2E+01 | N.D. < 5.1E-04 | 8.5E-04 |
| 43 | Eu-154 (約9年) | 4E-01 | N.D. < 1.2E+00 | 3.0E+00 | N.D. < 3.2E-04 | 8.0E-04 |
| 44 | Eu-155 (約5年) | 3E+00 | N.D. < 8.7E-01 | 2.9E-01 | N.D. < 2.3E-04 | 7.7E-05 |
| 45 | Gd-153 (約240日) | 3E+00 | N.D. < 2.6E-01 | 8.7E-02 | N.D. < 2.2E-07 | 7.4E-08 |
| 46 | Tb-160 (約72日) | 5E-01 | N.D. < 2.0E+00 | 4.0E+00 | N.D. < 3.7E-04 | 7.4E-04 |
| 47 | Pu-238 (約88年) | 4E-03 | 2.2E-03 | 5.5E-01 | N.D. < 6.6E-05 | 1.7E-02 |
| 48 | Pu-239 (約24000年) | 4E-03 | 2.2E-03 | 5.5E-01 | N.D. < 6.6E-05 | 1.7E-02 |
| 49 | Pu-240 (約6600年) | 4E-03 | 2.2E-03 | 5.5E-01 | N.D. < 6.6E-05 | 1.7E-02 |
| 50 | Pu-241 (約14年) | 2E-01 | 9.7E-02 | 4.9E-01 | N.D. < 2.9E-03 | 1.5E-02 |
| 51 | Am-241 (約430年) | 5E-03 | 2.2E-03 | 4.4E-01 | N.D. < 6.6E-05 | 1.3E-02 |
| 52 | Am-242m (約150年) | 5E-03 | 2.2E-03 | 4.4E-01 | N.D. < 6.6E-05 | 1.3E-02 |

*検出限界値未滿 (N.D.) の核種は、検出限界値から告示濃度限度比を算出

(参考) 運転により見込まれる放射性物質の除去効果 (5/5)

■ 汚染水及び多核種除去設備処理済み水中の放射性物質の濃度及び告示濃度限度比*

| | 核種 (半減期) | ①炉規則告示濃度限度 (別表第2第六欄 周辺監視区域外の 水中の濃度限度) [Bq/cm ³] | 汚染水 (RO濃縮水) | | 多核種除去設備 処理済み水 | |
|----|--------------------|---|------------------------------------|----------------|------------------------------------|----------------|
| | | | ②放射性物質の濃度 [Bq/cm ³] | 告示濃度限度比 ②/① | ③放射性物質の濃度 [Bq/cm ³] | 告示濃度限度比 ③/① |
| 53 | Am-243 (約7400年) | 5E-03 | 2.2E-03 | 4.4E-01 | N.D. < 6.6E-05 | 1.3E-02 |
| 54 | Cm-242 (約160日) | 6E-02 | 2.2E-03 | 3.7E-02 | N.D. < 6.6E-05 | 1.1E-03 |
| 55 | Cm-243 (約29年) | 6E-03 | 2.2E-03 | 3.7E-01 | N.D. < 6.6E-05 | 1.1E-02 |
| 56 | Cm-244 (約18年) | 7E-03 | 2.2E-03 | 3.1E-01 | N.D. < 6.6E-05 | 9.5E-03 |
| 57 | Mn-54 (約310日) | 1E+00 | 1.1E+00 | 1.1E+00 | N.D. < 1.1E-04 | 1.1E-04 |
| 58 | Fe-59 (約45日) | 4E-01 | N.D. < 9.1E-01 | 2.3E+00 | N.D. < 2.1E-04 | 5.3E-04 |
| 59 | Co-58 (約71日) | 1E+00 | N.D. < 7.0E-01 | 7.0E-01 | N.D. < 1.2E-04 | 1.2E-04 |
| 60 | Co-60 (約5年) | 2E-02 | 8.6E-01 | 4.3E+01 | N.D. < 1.8E-04 | 9.0E-03 |
| 61 | Ni-63 (約100年) | 6E+00 | 4.3E+00 | 7.2E-01 | N.D. < 1.2E-02 | 2.0E-03 |
| 62 | Zn-65 (約240日) | 2E-01 | N.D. < 1.0E+00 | 5.0E+00 | N.D. < 2.6E-04 | 1.3E-03 |

告示濃度限度比
総和 (62核種) : 4.1E+06

告示濃度限度比
総和 (62核種) : 6.9E-01

*検出限界値未滿 (N.D.) の核種は、検出限界値から告示濃度限度比を算出