

平成30年度福島研究開発部門 成果報告会

廃棄物の分析から分かってきた 放射性核種による汚染

平成31年2月20日

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構
福島研究開発部門 福島研究開発拠点
廃炉国際共同研究センター

高畠 容子

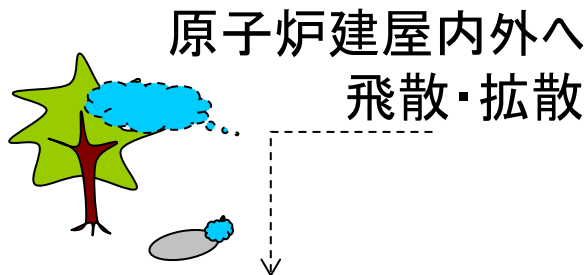
- ◆ 福島第一原子力発電所 (1F) で発生する廃棄物の処理・処分
のための研究開発
 - 1F で発生する廃棄物の特徴と、現行の放射性廃棄物との違い
 - 研究開発の目的

- ◆ 瓦礫の分析データからわかる建屋内の汚染の違い
 - 1号機原子炉建屋の汚染に関する検討

- ◆ 滞留水の分析データからわかる建屋の汚染
 - 1号機タービン建屋地階の特徴的な汚染に関する検討

- ◆ まとめ

- ◆ 事故により管理できない状態で発生
- ◆ 1-3号機の炉心燃料を起源とした汚染
- ◆ 廃止措置作業が状況に応じて変化するため、発生量の想定が困難
- ◆ 汚染範囲が広く、高線量率の箇所もあるため、廃棄物の情報が非常に限定的

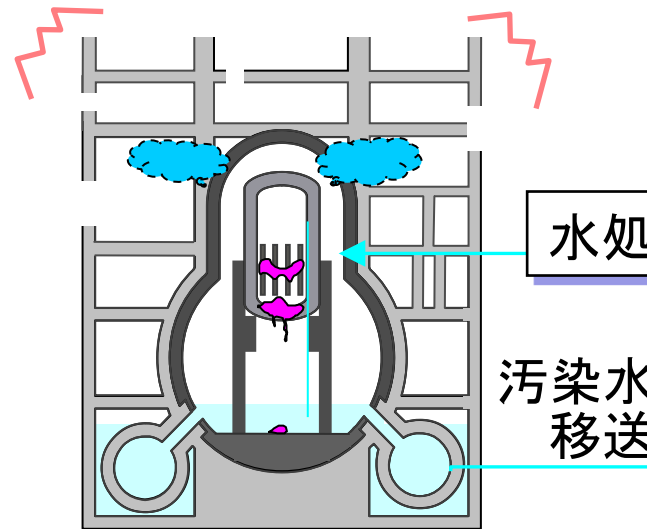


原子炉建屋内外へ
飛散・拡散

瓦礫／伐採木等

- 瓦礫
- 伐採木
- 土壌

- 物量が多く、広範囲に分布
- 飛散・拡散による表面汚染が主で、一部が水や空気による浸透汚染



水処理装置

汚染水移送

デブリ取出しにより発生する廃棄物等

- 高線量物が多い
- 現状、廃棄物の採取が困難なものもある

水処理に伴う廃棄物

- スラリー・吸着材
- 配管・貯槽

- 処理・処分実績が乏しい
- 装置の特徴に応じて発生量や核種量の一部推定が可能

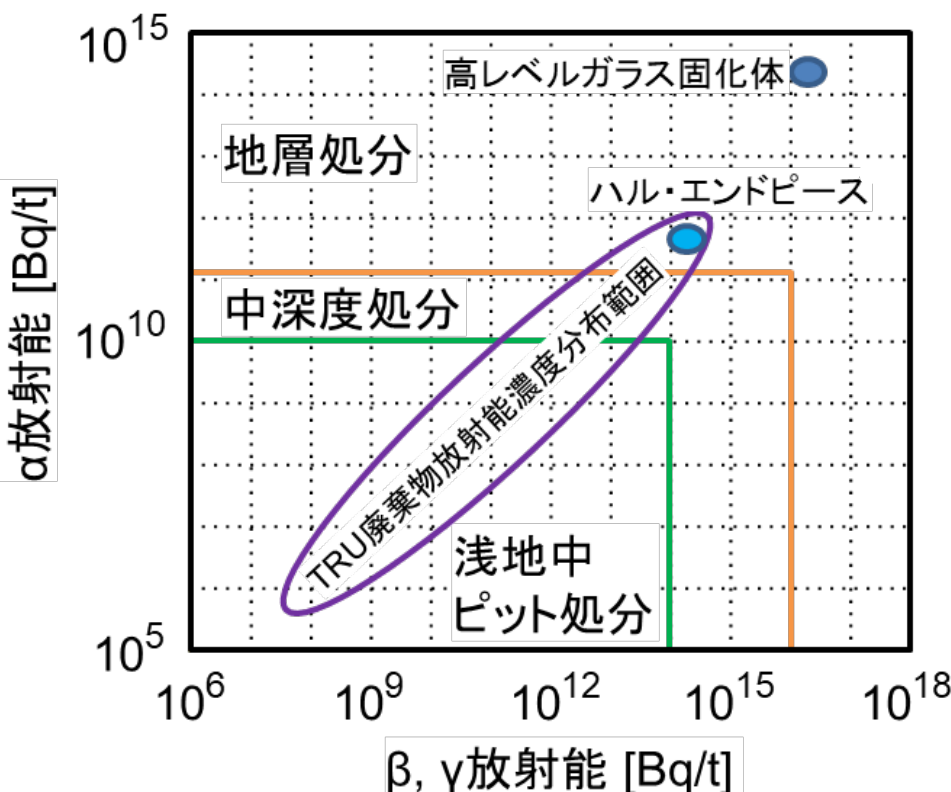


図1 放射性固体廃棄物の放射能レベルによる区分の概念*1

※α放射能濃度、β・γ放射能濃度は放射性核種ごとに決まるので、区分は目安である。

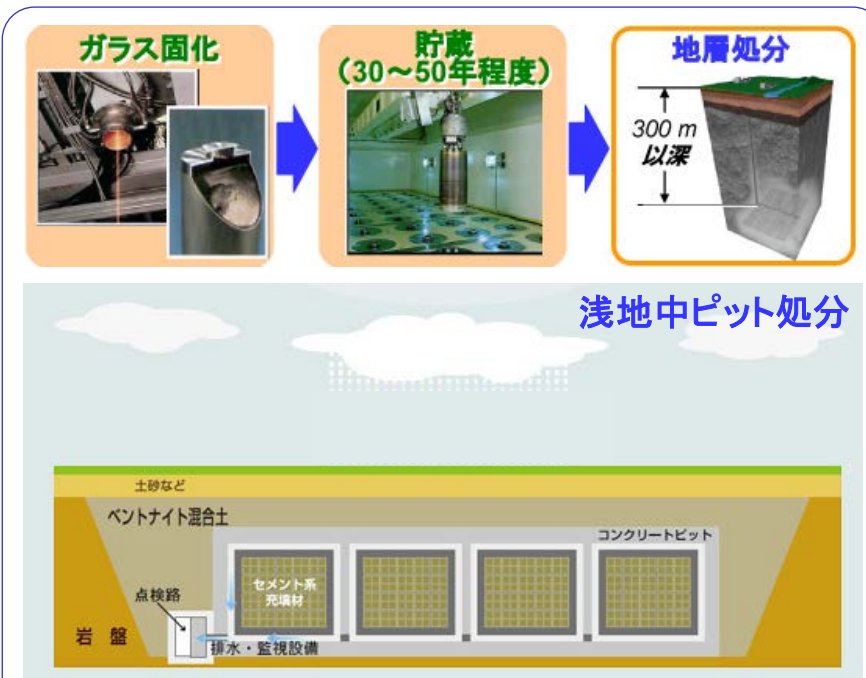


図2 現行の処理・処分方法の例*2

- ◆ 原子炉運転廃棄物
廃棄物の履歴が明確、不明点は分析や統計学で補完
 → 廃棄物に含まれる放射性核種の種類や量を精度良く求められる

*1 朽山, 放射性廃棄物処分の原則と基礎, ERC出版 (2016). *2 JAEAホームページ

廃棄物の処理・処分における課題

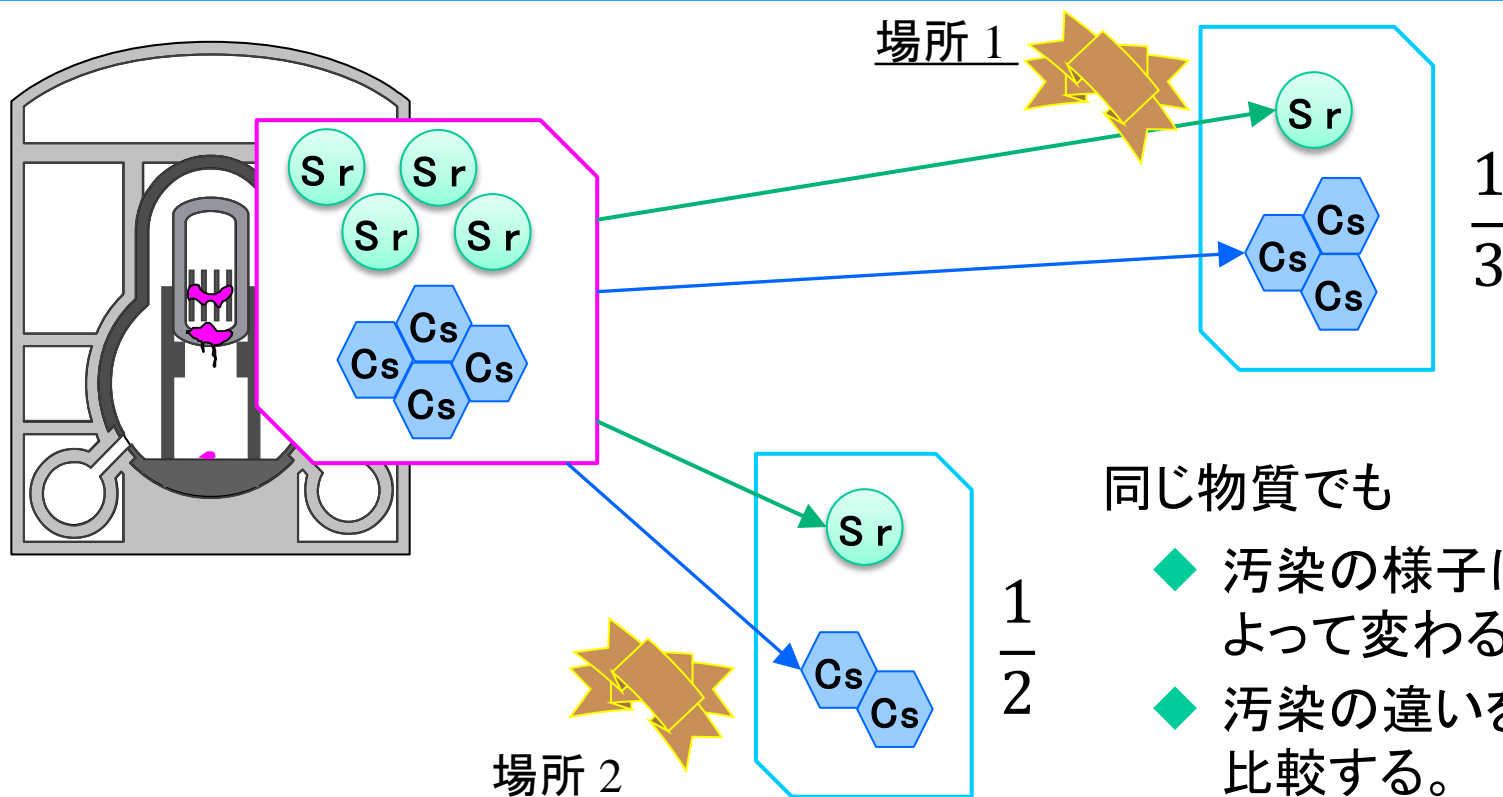
- 安全な処理・処分のためには、廃棄物の物理的、化学的性質や含まれる放射性核種の種類や量に関する情報が必要
- 処分の観点から、半減期が長い核種の情報的重要
- 1Fでは、これまでとは異なる状況で廃棄物が発生しているため、廃棄物に含まれる放射性核種の種類や量に関する情報は不確か

課題解決の方法

- 1Fサイト内にて、様々な試料の採取を行い、放射性核種濃度等を分析
- 分析データを整理し、放射性核種による汚染の状況を推定
- 推定結果から、それぞれの廃棄物に含まれる放射性核種の種類や量を評価

研究開発の成果

- 廃棄物の処理・処分方策に関する検討のために、放射性核種の汚染の情報を取りまとめて提供



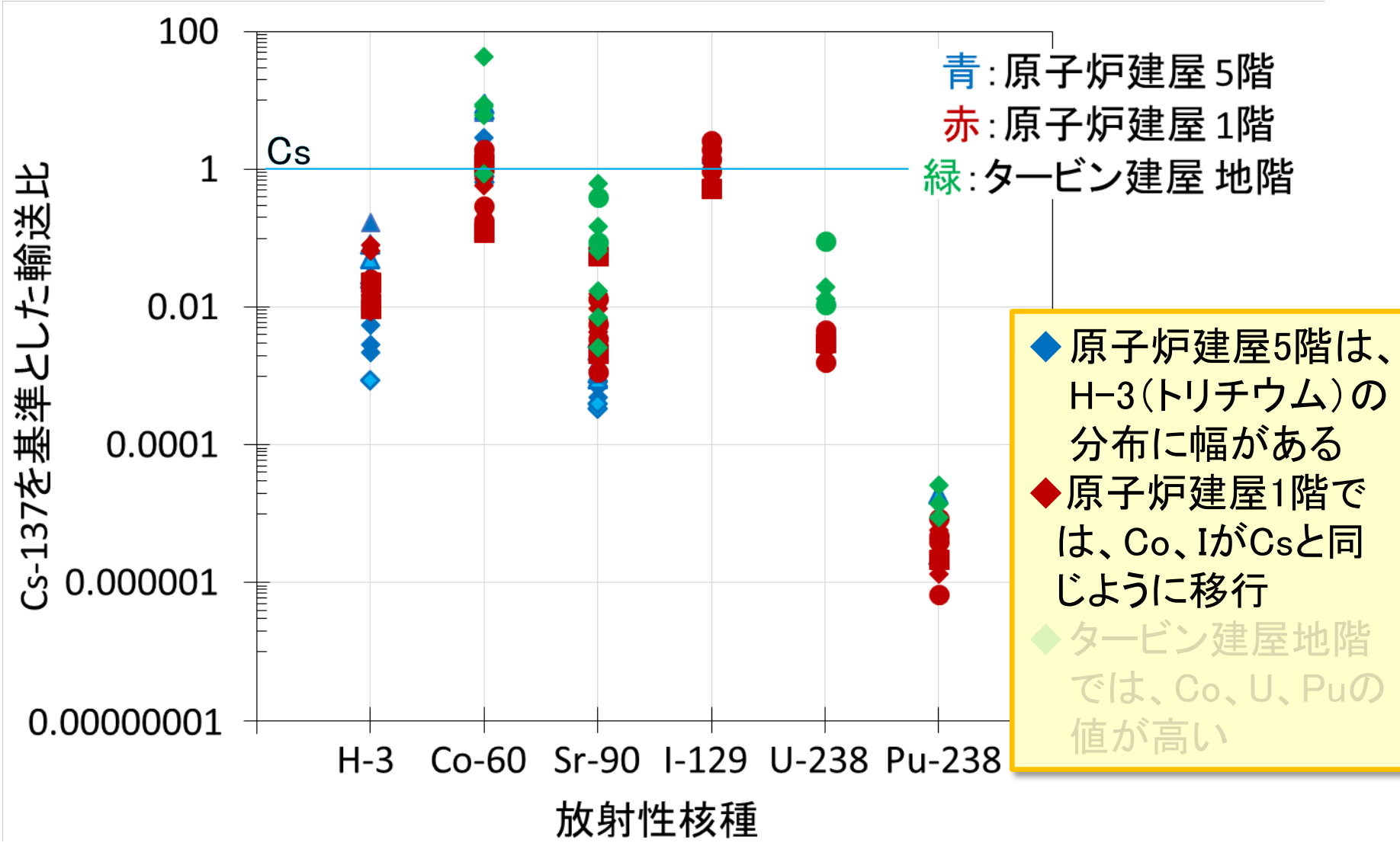
同じ物質でも

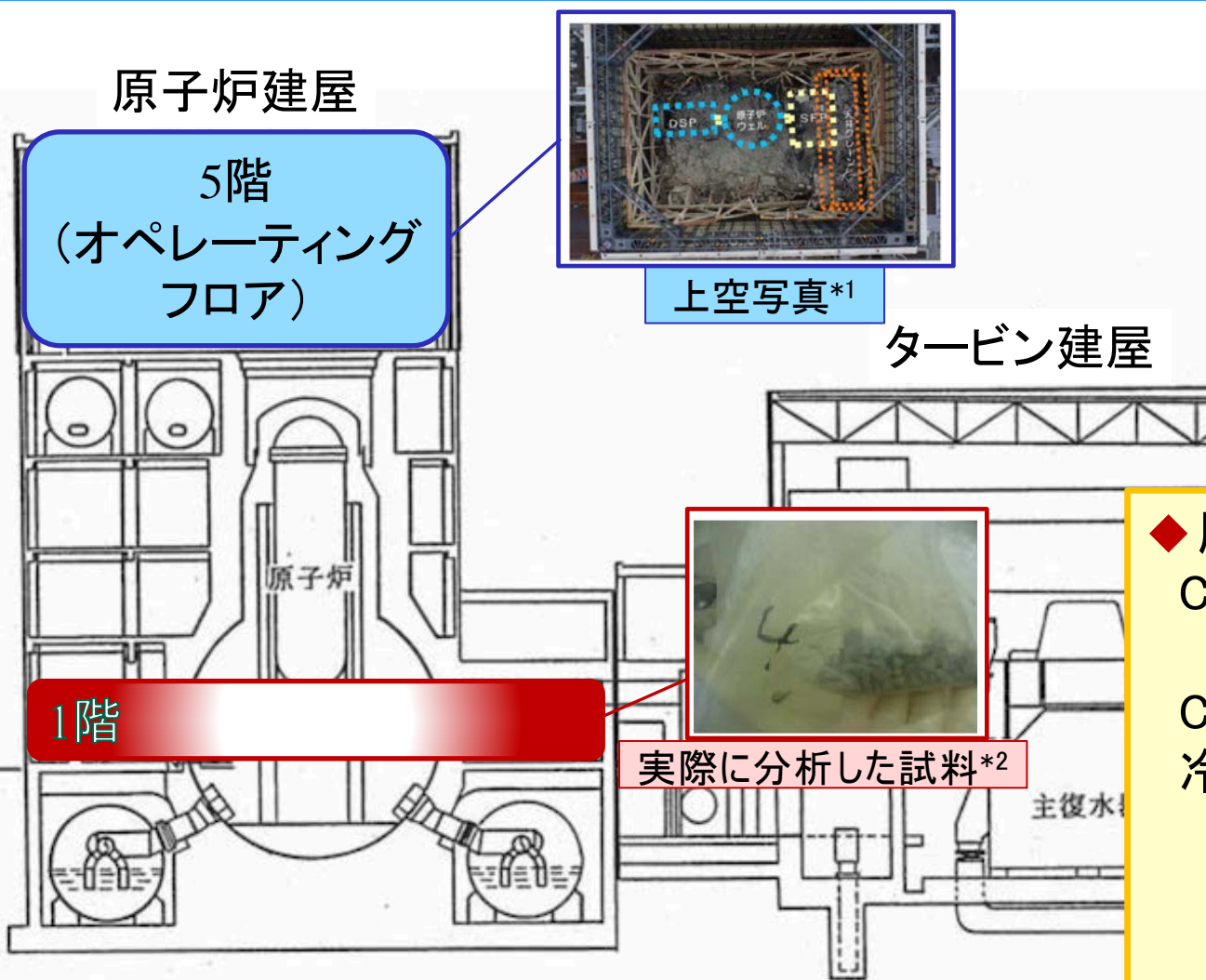
- ◆ 汚染の様子は場所によって変わる。
- ◆ 汚染の違いを数字で比較する。

放射性核種が、汚染源から対象物(分析試料)へ移行した割合を用いる。
セシウムを基準とした割合(輸送比)を、分析値の放射能濃度から計算した。

$$\text{輸送比} = \frac{\text{目的の核種が汚染源から分析試料へ移動した割合}}{\text{セシウムが汚染源から分析試料へ移動した割合}}$$

<1号機 原子炉建屋、タービン建屋で採取した瓦礫の場合>



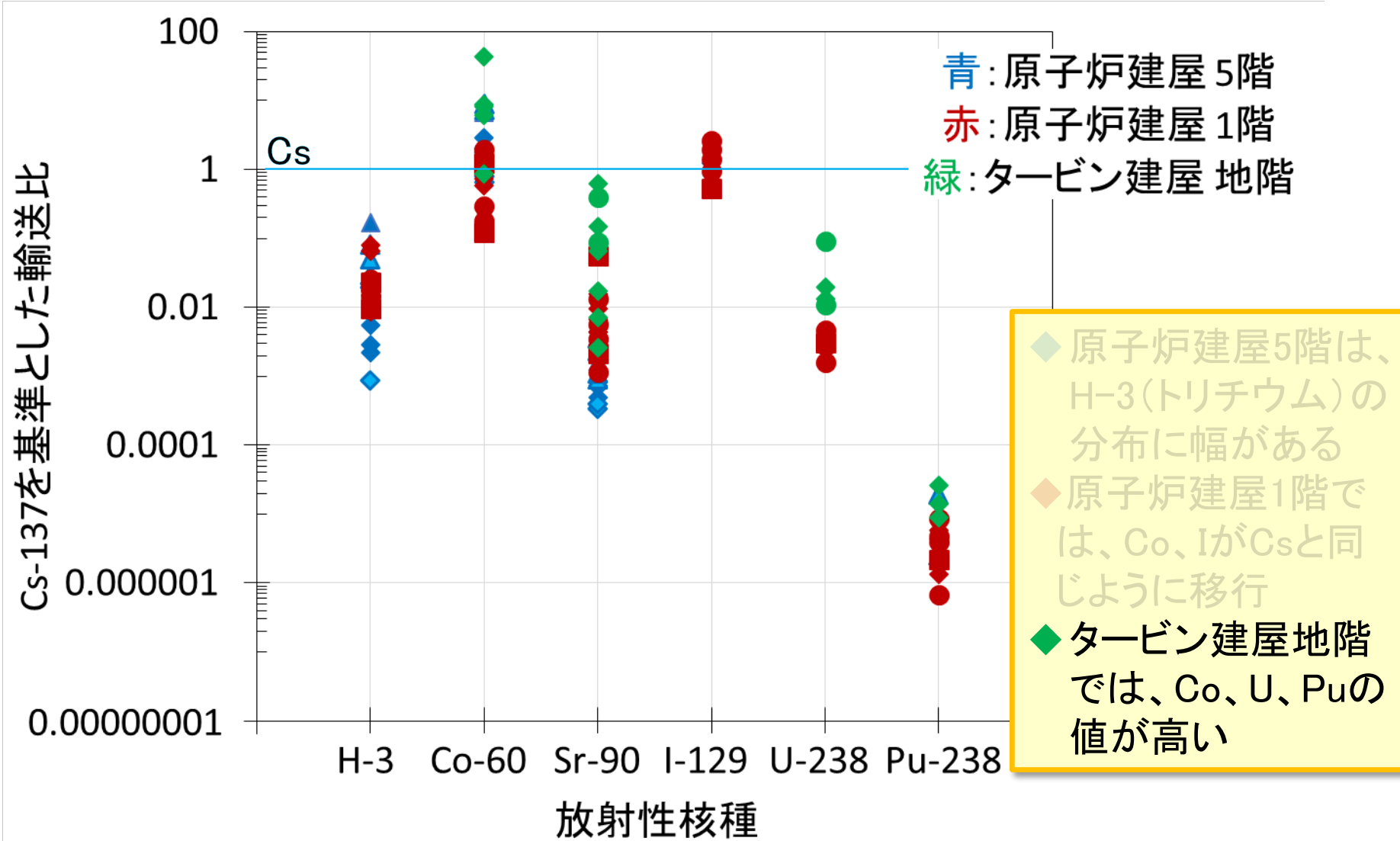


◆ 原子炉建屋5階
 事故時に水蒸気が
 充満したとみられる。
 ↓
 トリチウムによる汚
 染のバラつきが、1
 階に比べ大きい

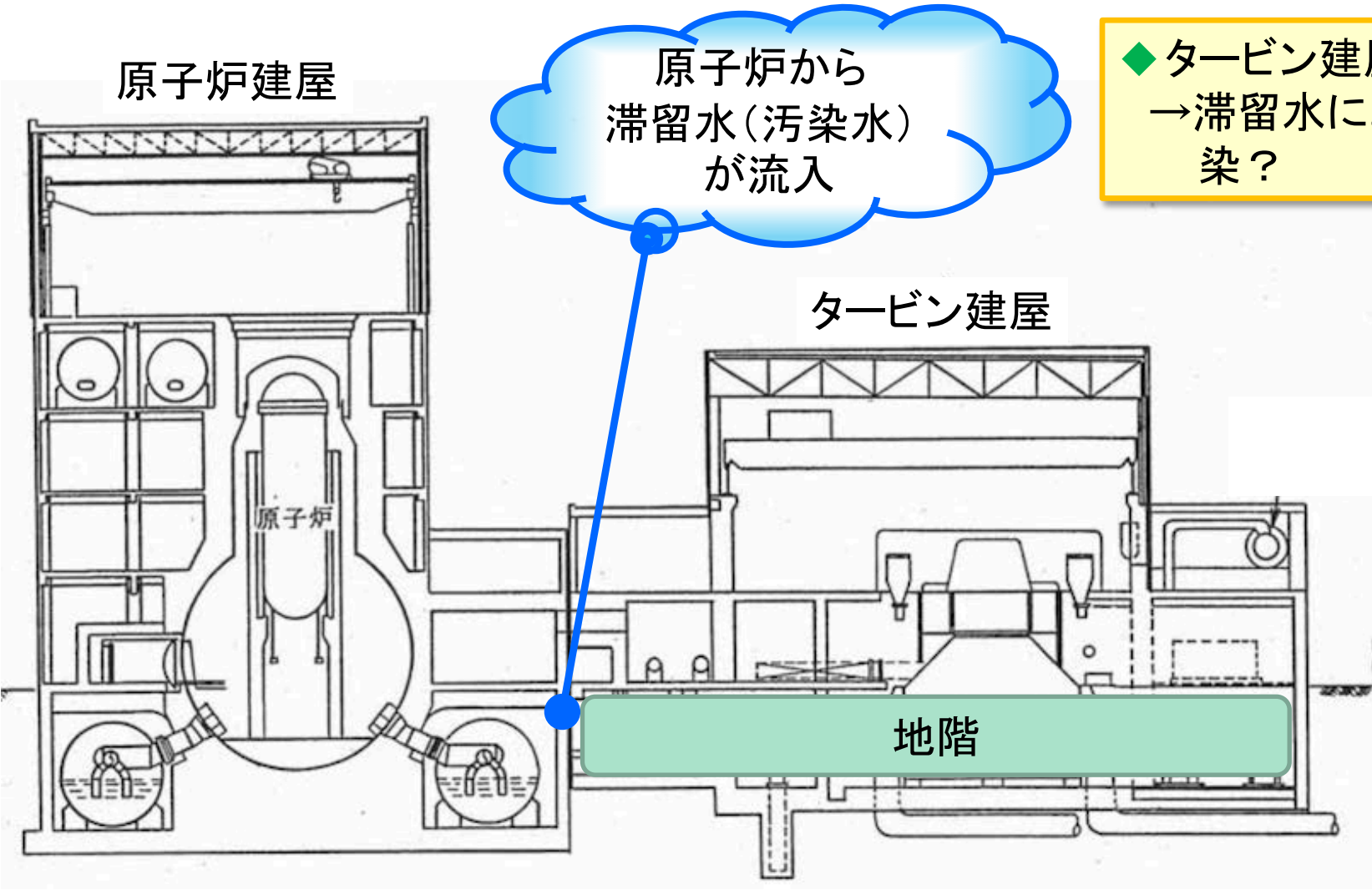
◆ 原子炉建屋1階
 CoがCsと同じように移行
 ↓
 Coは燃料ではなく、
 冷却水に含まれる。
 ↓
 燃料プール水がCo
 の発生元とすると
 ↓
 汚染は上から下へ
 広がった。

図の出典：東京電力福島原子力発電所における事故調査・検証委
 *1 廃炉・汚染水対策チーム会合／事務局会議（第34回），IRID/JAEA
 水対策チーム会合／事務局会議（第16回），IRID/JAEA，平成27年3月26日。

<1号機 原子炉建屋、タービン建屋で採取した瓦礫の場合>



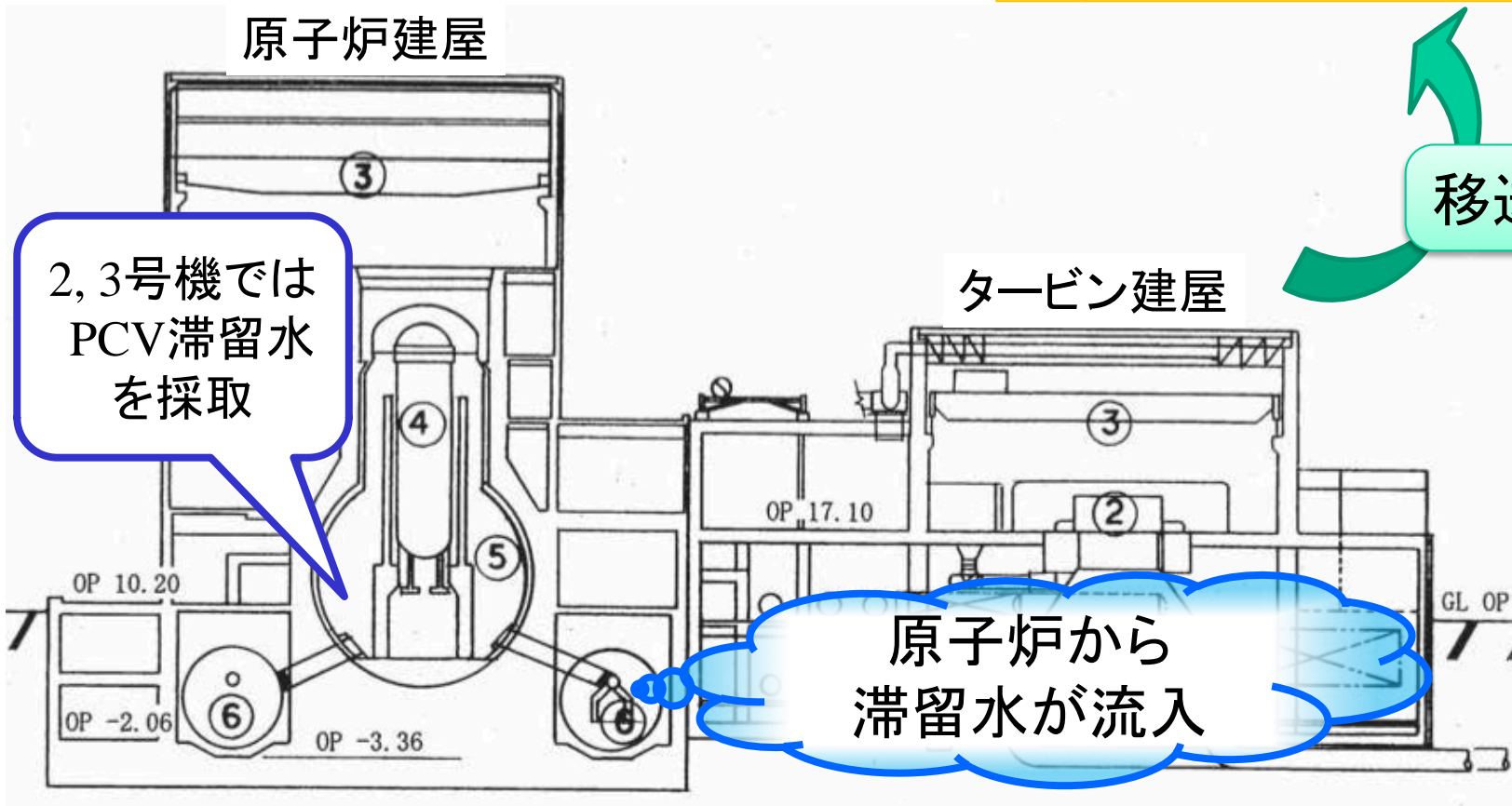
◆タービン建屋地階
→滞留水による汚
染？



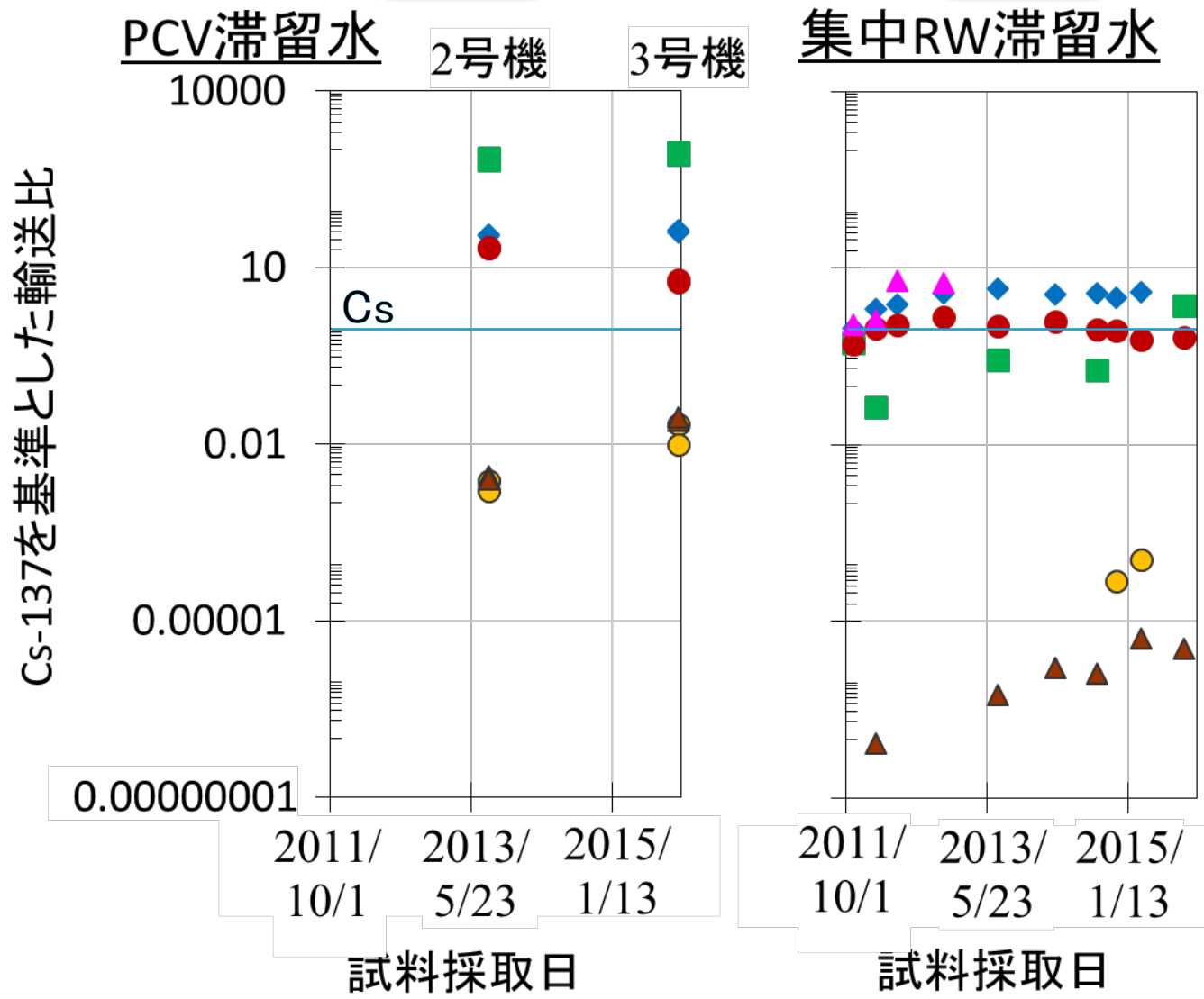
図の出典：東京電力福島原子力発電所における事故調査・検証委員会，中間報告，2011年12月26日．

滞留水を継続的に採取

集中廃棄物処理建屋
(集中RW)



図の出典: 東京電力福島原子力発電所における事故調査・検証委員会, 中間報告, 2011年12月26日.



Co、U、Puの輸送比は、集中RW滞留水で低下
↓
沈殿などとして建屋内に残留と予想される

廃棄物の安全な処理・処分に向けての検討

- 1Fサイト内にて様々な試料の採取を行い、分析施設に輸送し、放射性核種濃度等を分析
- 試料情報とデータを整理し、放射性核種による汚染の状況を推定

現在までに推定された事項の一例

1号機建屋内の汚染分布の特徴

- 原子炉建屋5階
事故進展時に発生していた水蒸気の影響を強く受けたため、トリチウムによる汚染のバラつきが、1階に比べ大きい
- 原子炉建屋1階
Co、Iによる汚染は、Csと同じように移行
- タービン建屋地階
滞留水による汚染があったため、Co、U、Puによる汚染が強い



滞留水による汚染がある箇所の建屋構造物の処理・処分の検討は、個別に行う必要があるだろう

今後の計画

(1) 試料の分析

- 水処理装置の各工程出口水(濃度)
- 水処理に伴う廃棄物のうち吸着材(濃度)
- ▶ 4号機原子炉建屋全域で採取したボーリングコア(濃度)
- 建屋内外、覆土式一時保管施設で採取した瓦礫類(濃度、汚染分布)

(2) 放射性核種による汚染の状況の推定、種類や量の評価

- 水処理に伴う廃棄物中の放射性核種量を計算
- ▶ 原子炉建屋内外の汚染分布
- 瓦礫等に含まれる放射性核種量の計算
- 瓦礫等における材質による汚染

成果の活用

燃料デブリ取り出しや解体等の作業計画の立案

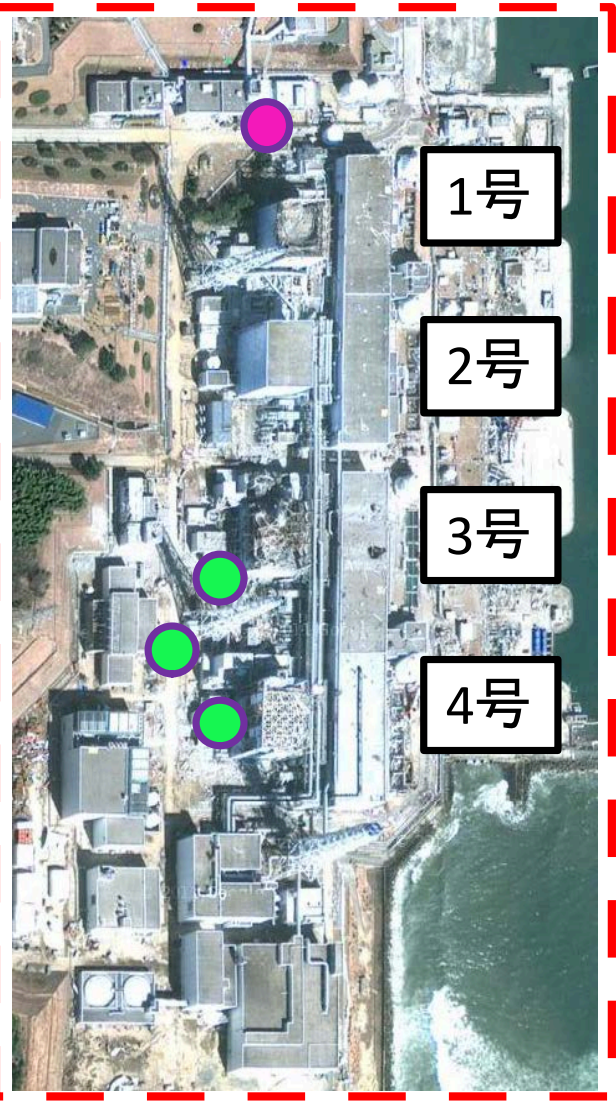
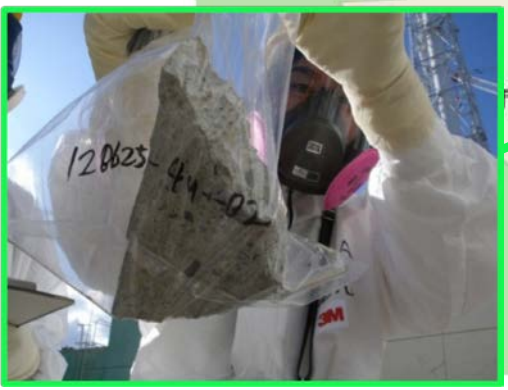
廃棄物の安定化・処分方法の検討

安定化した廃棄物が含有する放射エネルギーを実測する方法の検討

本研究は、平成28年度補正予算「廃炉・汚染水対策事業費補助金(固体廃棄物の処理・処分に関する研究開発)」等で、原子力機構が技術研究組合国際廃炉研究開発機構(IRID)の組合員として実施した成果を含みます。

ご清聴ありがとうございました。

以下、参考資料



出典:「福島第一原子力発電所構内で採取した瓦礫、伐採木の放射能分析」, 廃炉・汚染水対策チーム会合/事務局会議(第2回), IRID/JAEA, 平成26年1月30日.

| 分類 | 種類 | 試料 |
|-----------|---------|-------------------|
| 瓦礫類 | ボーリングコア | 原子炉建屋 |
| | 瓦礫類 | コンクリート、保温材、砂礫、焼却灰 |
| | 金属 | 金属片 |
| 解体 | 瓦礫類 | 2号機建屋 |
| | スラッジ | 建屋スラッジ |
| 汚染水 | 滞留水 | 建屋、PCV |
| | 処理水 | Cs吸着塔出口、ALPS各工程出口 |
| 水処理に伴う廃棄物 | スラリー | 鉄共沈、炭酸塩沈殿 |
| | 吸着材 | 酸化セリウムなど数種類 |
| | スラッジ | 除染装置 |

福島第一原子力発電所

分析試料



分析施設

原子力機構
 (原子力科学研究所、
 核燃料サイクル工学研究所、
 大洗研究所)、
 他 民間施設

放射能の分析

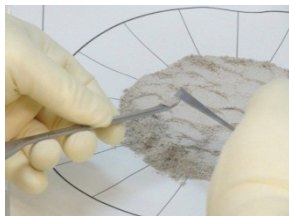
- ◆ 研究施設等廃棄物の放射能分析に関する体系的な分析フローを適用し、試料中の放射性核種の濃度を分析している。



コンクリート
試料



粉碎



均一に混合

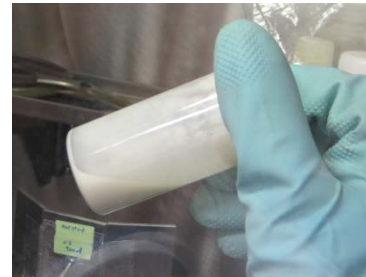


γ線を放出する
放射性核種濃
度の測定*

*α線、β線を放出する
放射性核種濃度も
測定している。

物性の分析(粒度の例)

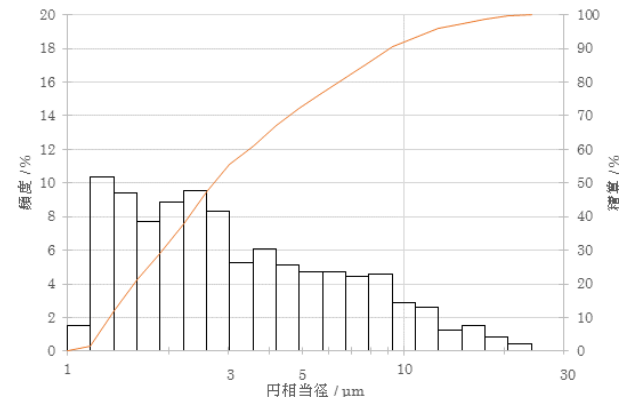
- ◆ 比較的高線量な試料の放射能濃度の分析や、水処理に伴う廃棄物の溶液化方法の検討、実際の廃棄物の分析を行っている。



炭酸塩沈殿スラリー



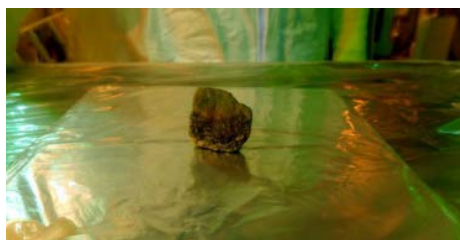
拡大した画像



体積を基準とした粒度分布

汚染分布の分析

- ◆ イメージングプレート (IP) 法により、汚染の形態(汚染が飛散・拡散による表面汚染や、水や空気による浸透汚染)や、汚染の深さを調べる。

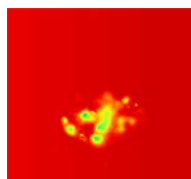


IP撮影

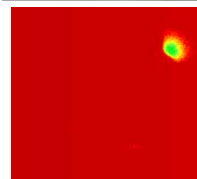
繰り返し



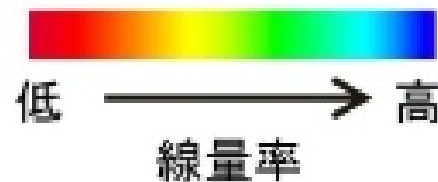
試料の研削作業



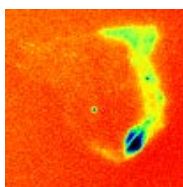
表面



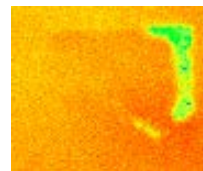
付着物除去後



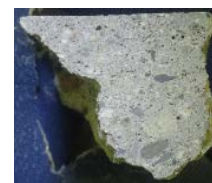
低 → 高
線量率



研削前



約1mm
研削後



約3mm
研削後

- ◆ 原子炉格納容器(PCV)内部調査(2号機平成25年8月、3号機平成27年10月)にて採取された滞留水を手に入れた。
- ◆ 処分の安全に重要な、長半減期の核種を含め、放射能を分析した。

【分析核種と半減期】

^3H 12 年, ^{60}Co 12 年, ^{90}Sr 29 年,
 ^{94}Nb 2万年, ^{106}Ru 1 年, ^{137}Cs 30 年,
 ^{144}Ce 0.8 年, ^{152}Eu 14 年, ^{154}Eu 9 年,
 ^{238}Pu 88 年,
 $^{239+240}\text{Pu}$ 2万4000年; 6600 年,
 ^{241}Am 430 年, ^{242}Cm 0.5 年,
 ^{244}Cm 18 年

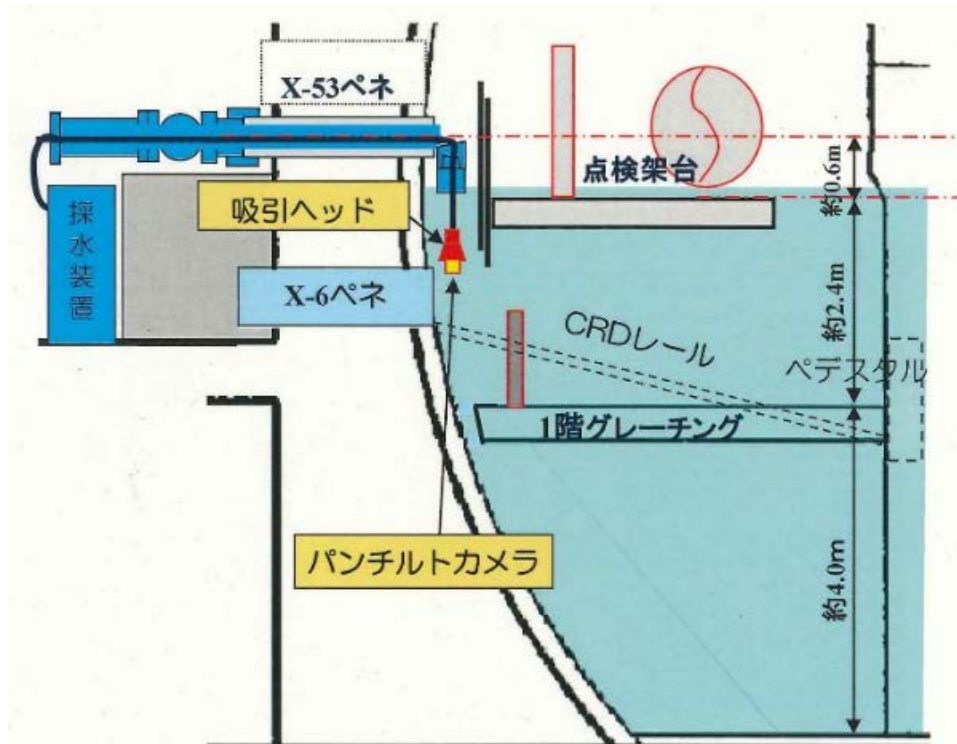


図 3号機原子炉格納容器 (PCV) からの滞留水試料の採取方法

※試料は、水面近傍(約0.1 m下)と水面下約0.7 m から採取された。

出典：「2号機及び3号機原子炉格納容器 (PCV)内滞留水の分析結果」, 廃炉・汚染水対策チーム会合／事務局会議(第36回), IRID/JAEA, 平成28年11月24日。

<1号機 原子炉建屋、タービン建屋で採取した瓦礫の場合>

