

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

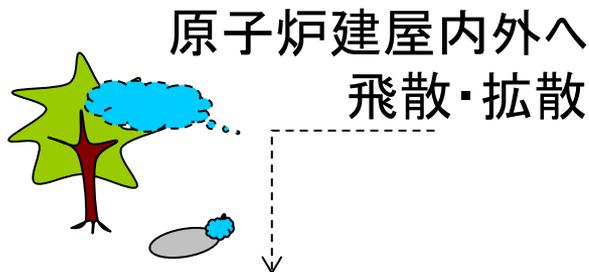
- ◆ 福島第一原子力発電所 (1F) で発生する廃棄物の処理・処分
のための研究開発
 - 1F で発生する廃棄物の特徴と、現行の放射性廃棄物との違い
 - 研究開発の目的

- ◆ 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

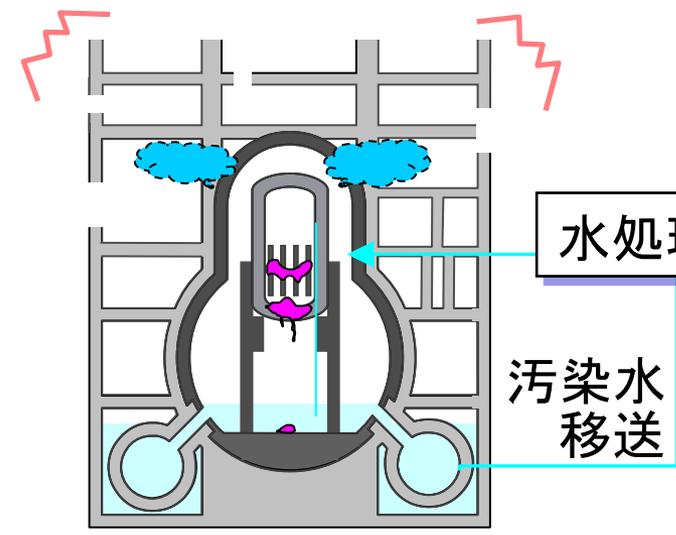
- ◆ 事故により管理できない状態で発生
- ◆ 1-3号機の炉心燃料を起源とした汚染
- ◆ 廃止措置作業が状況に応じて変化するため、発生量の想定が困難
- ◆ 汚染範囲が広く、高線量率の箇所もあるため、廃棄物の情報が非常に限定的



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



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

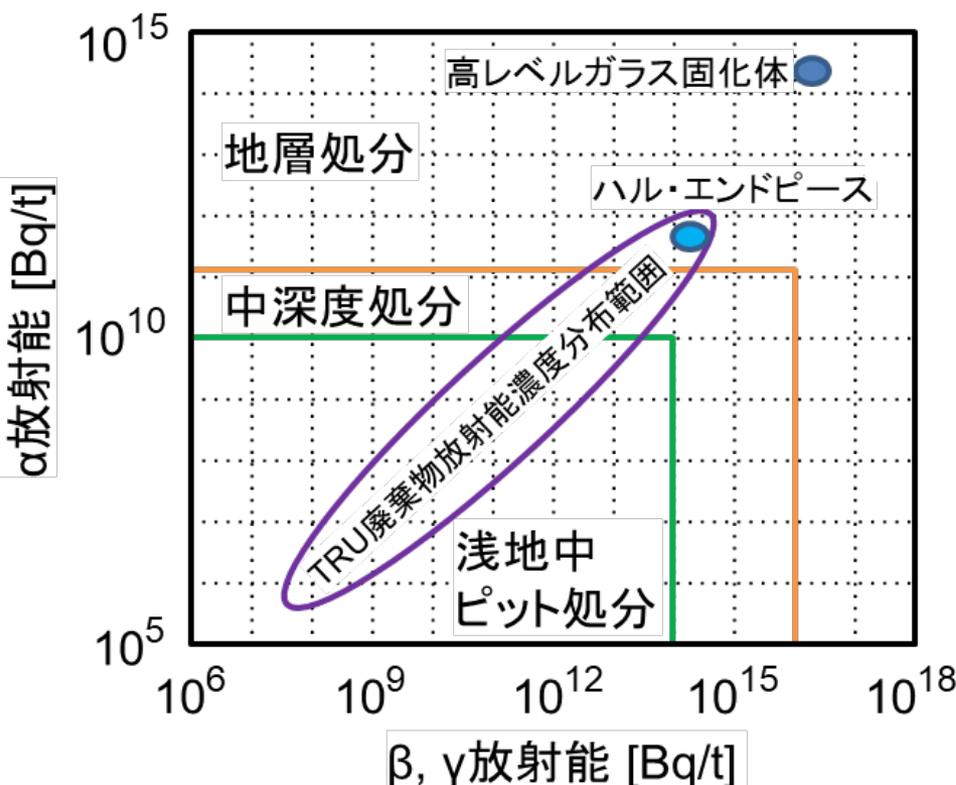


図1 放射性固体廃棄物の放射能レベルによる区分の概念*1

※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。

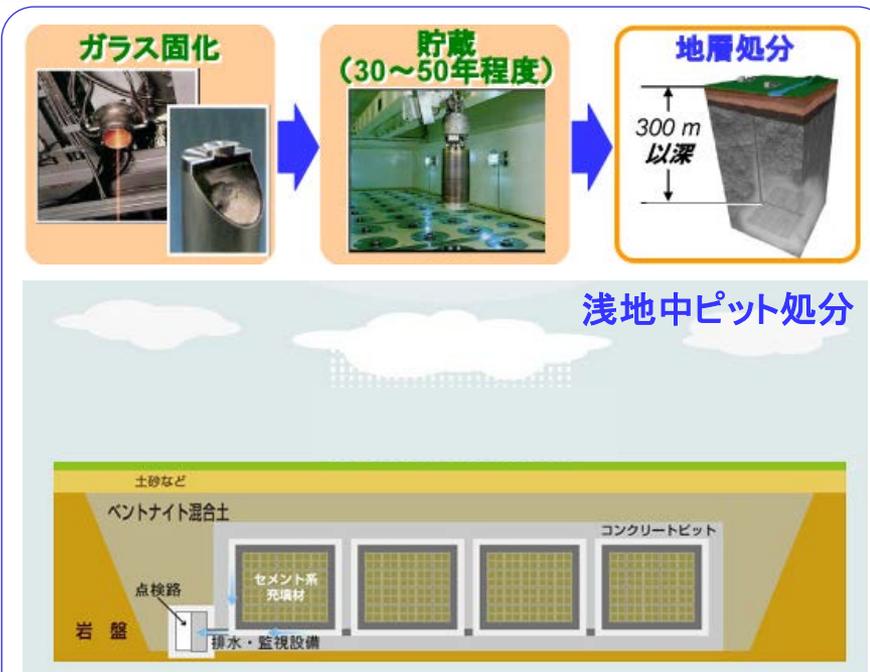


図2 現行の処理・処分方法の例*2

- ◆ 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

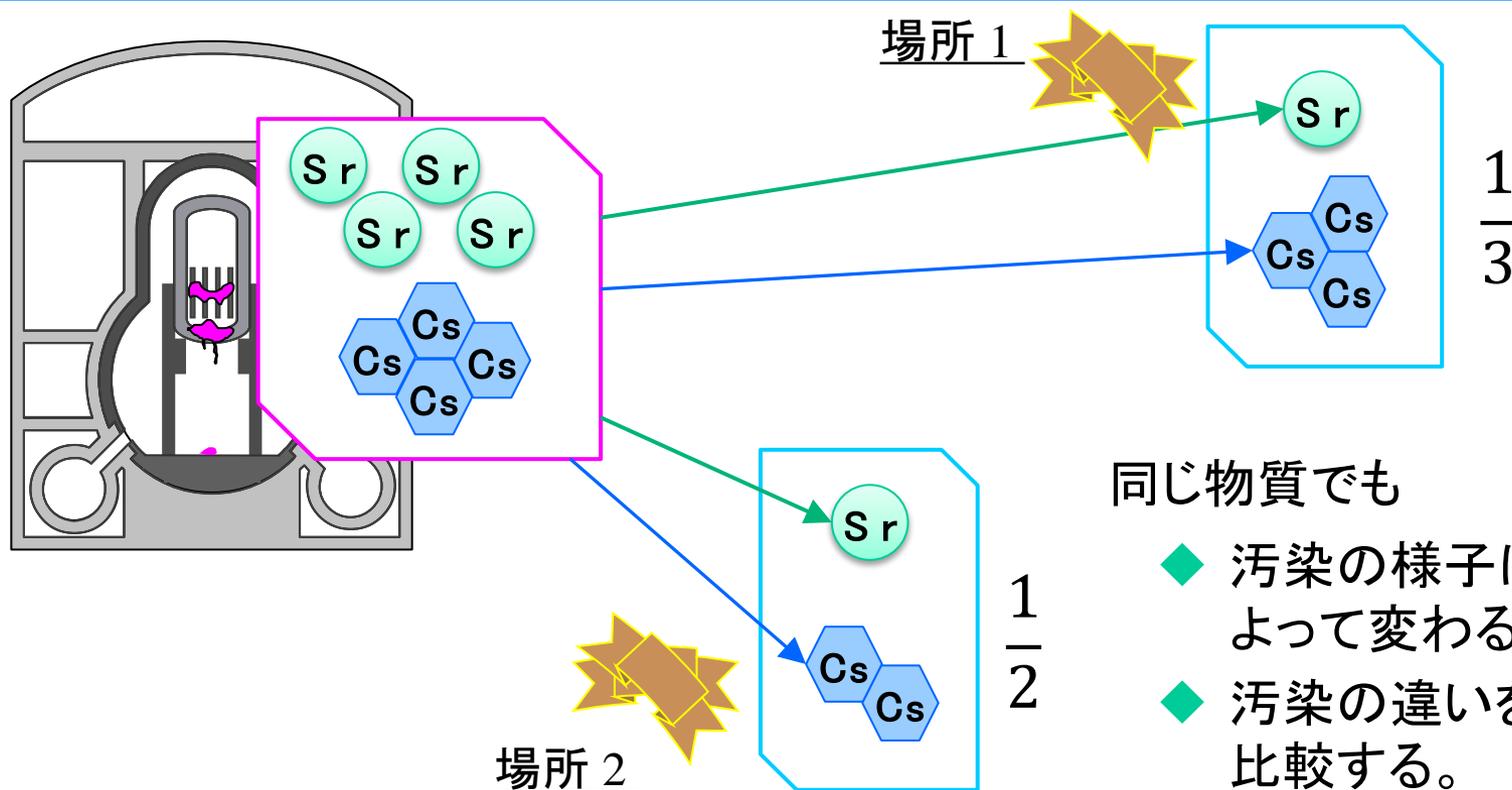
- 安全な処理・処分のためには、廃棄物の物理的、化学的性質や含まれる放射性核種の種類や量に関する情報が必要
- 処分の観点から、半減期が長い核種の情報的重要
- 1Fでは、これまでとは異なる状況で廃棄物が発生しているため、廃棄物に含まれる放射性核種の種類や量に関する情報は不確か

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



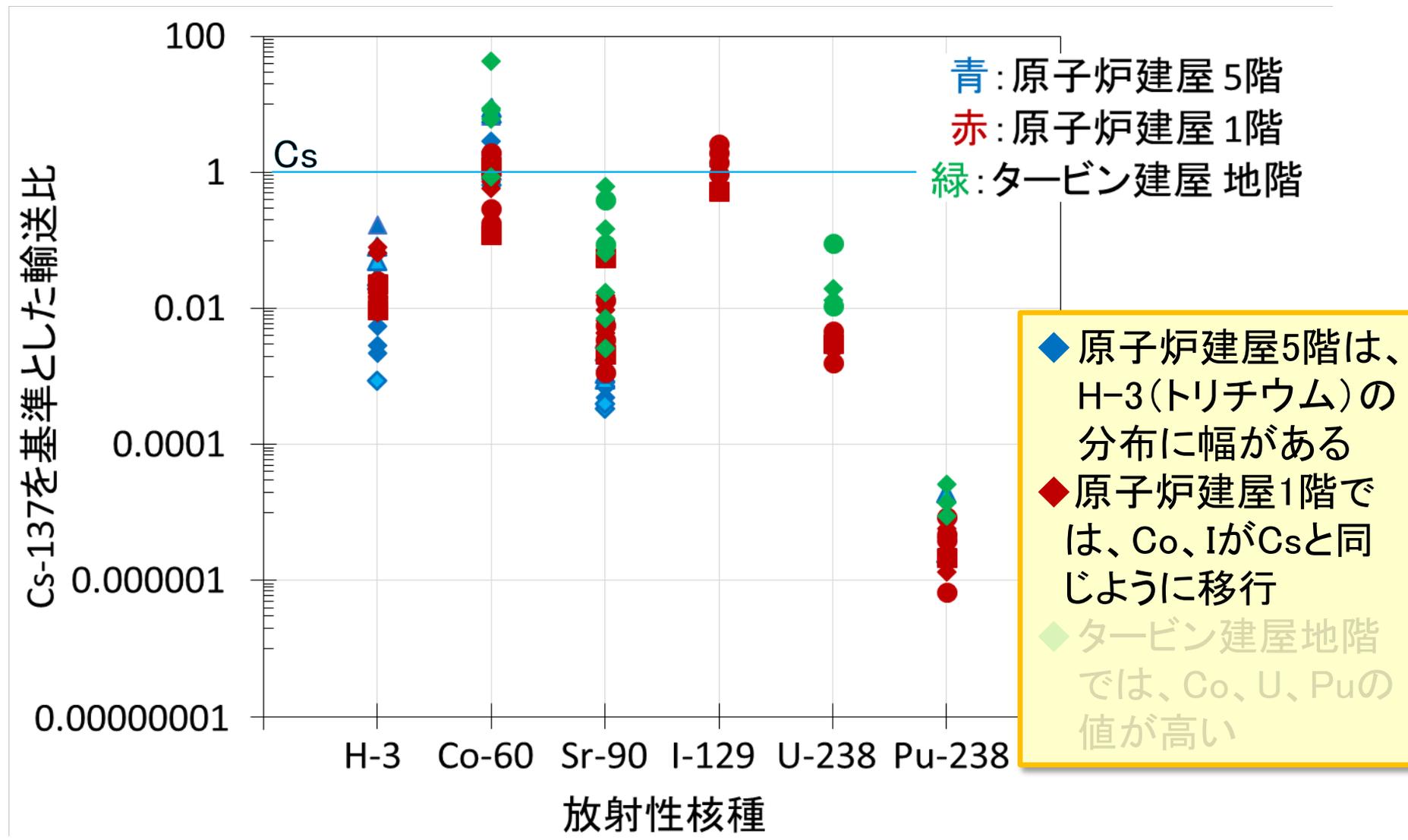
同じ物質でも

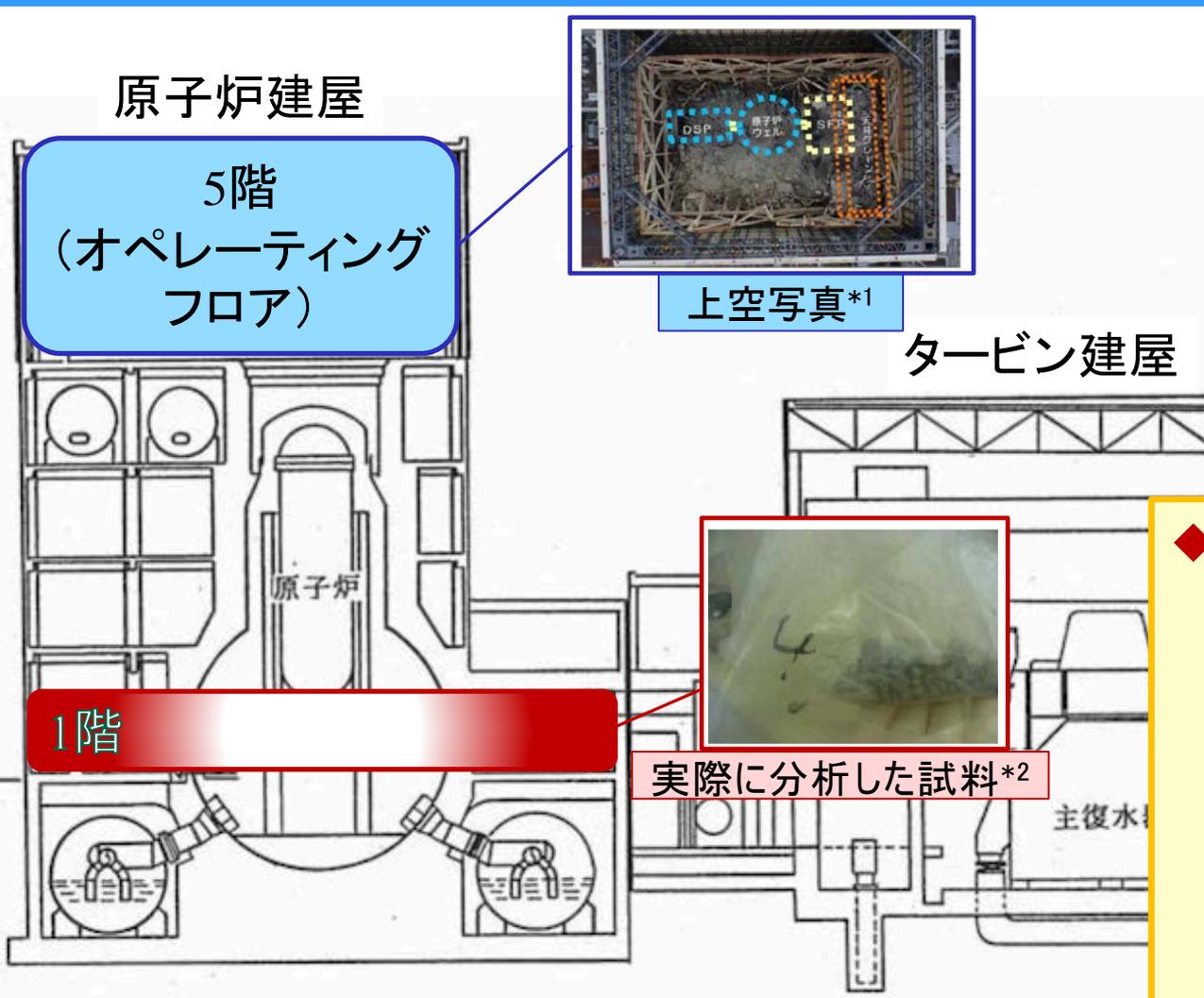
- ◆ 汚染の様子は場所によって変わる。
- ◆ 汚染の違いを数字で比較する。

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>



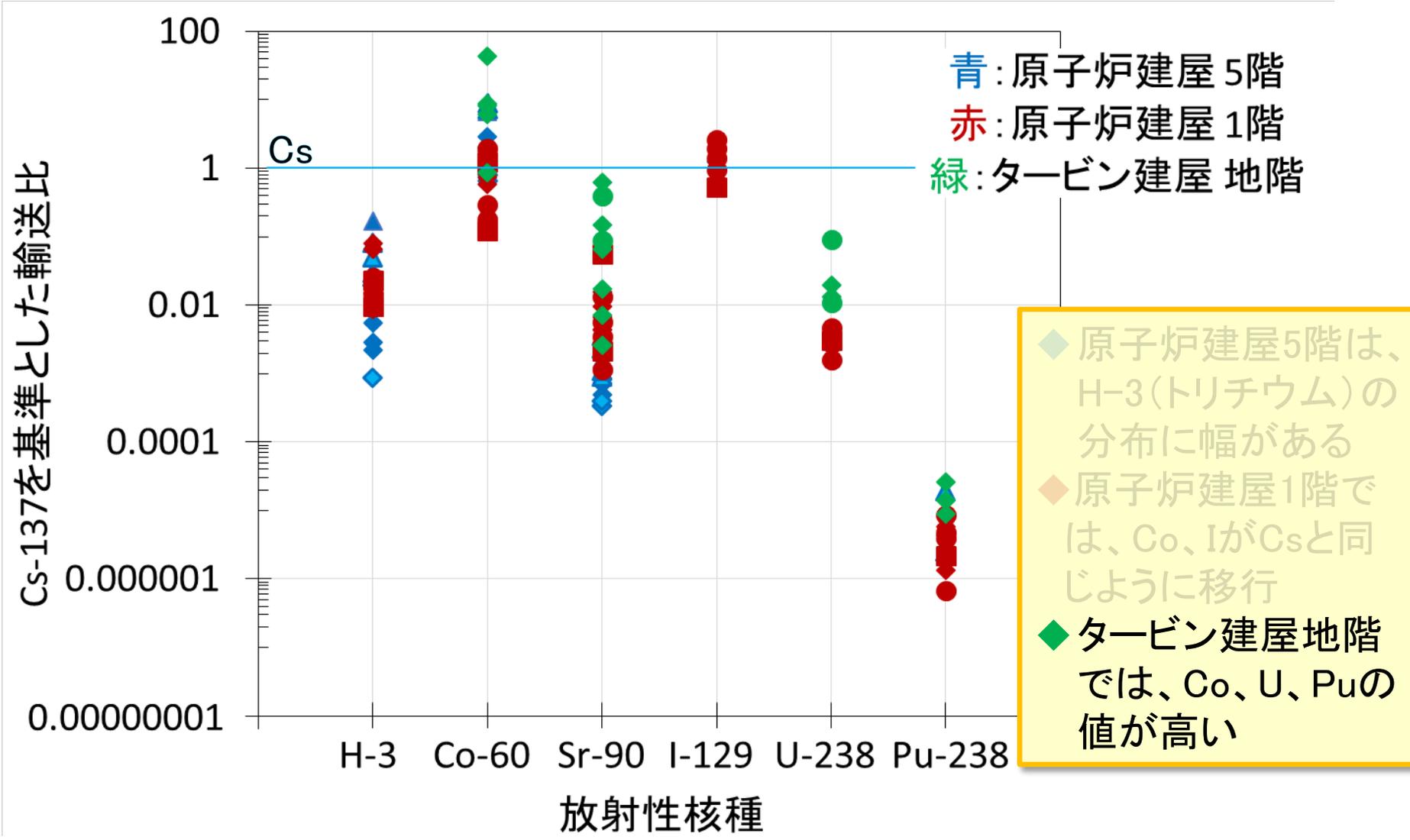


◆ 原子炉建屋5階
事故時に水蒸気が
充満したとみられる。
↓
トリチウムによる汚
染のバラつきが、1
階に比べ大きい

◆ 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。

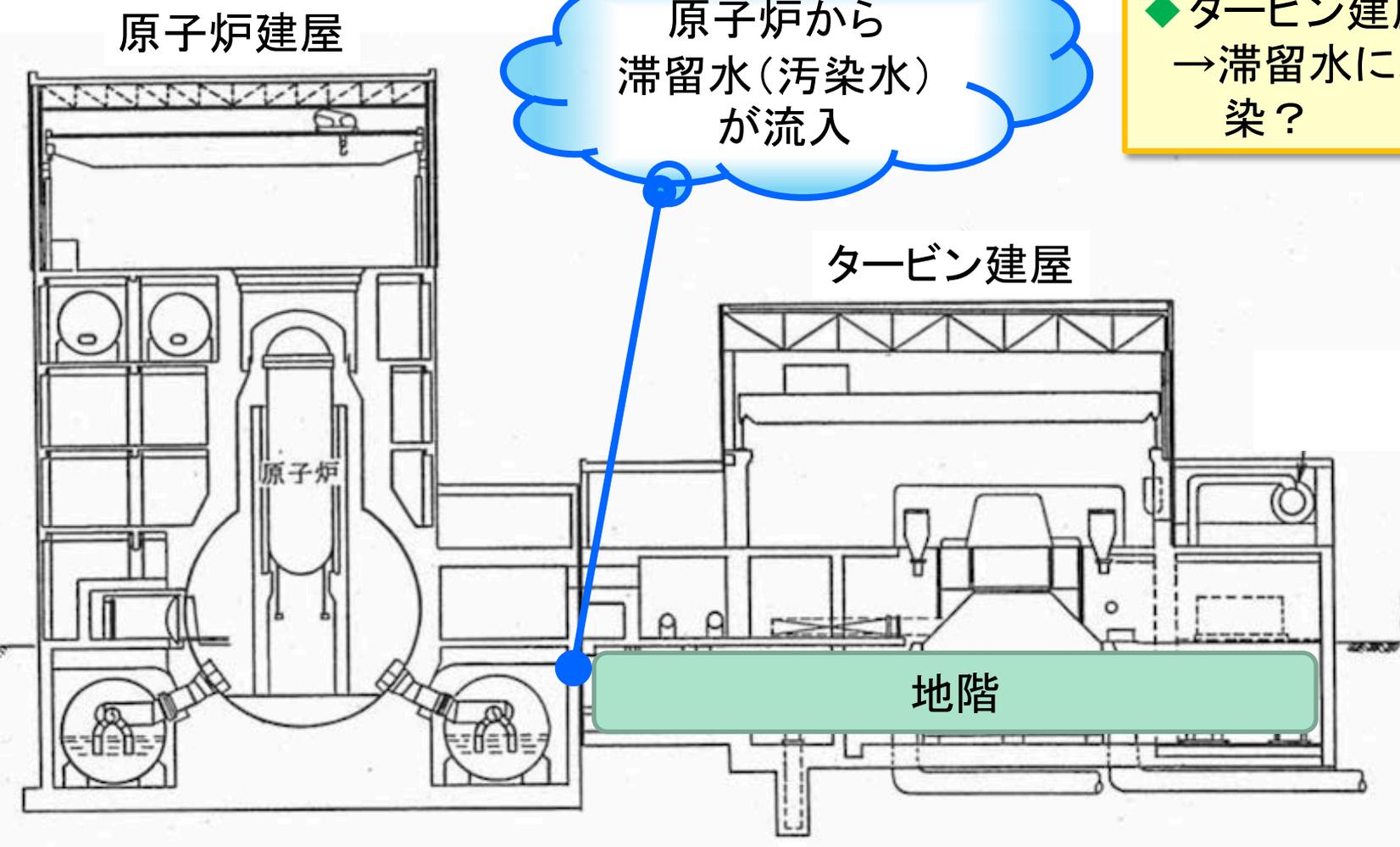
図の出典: 東京電力福島原子力発電所における事故調査・検証委
*1 廃炉・汚染水対策チーム会合／事務局会議(第34回), IRID/JAEA
水対策チーム会合／事務局会議(第16回), IRID/JAEA, 平成27年3月26日。

<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？

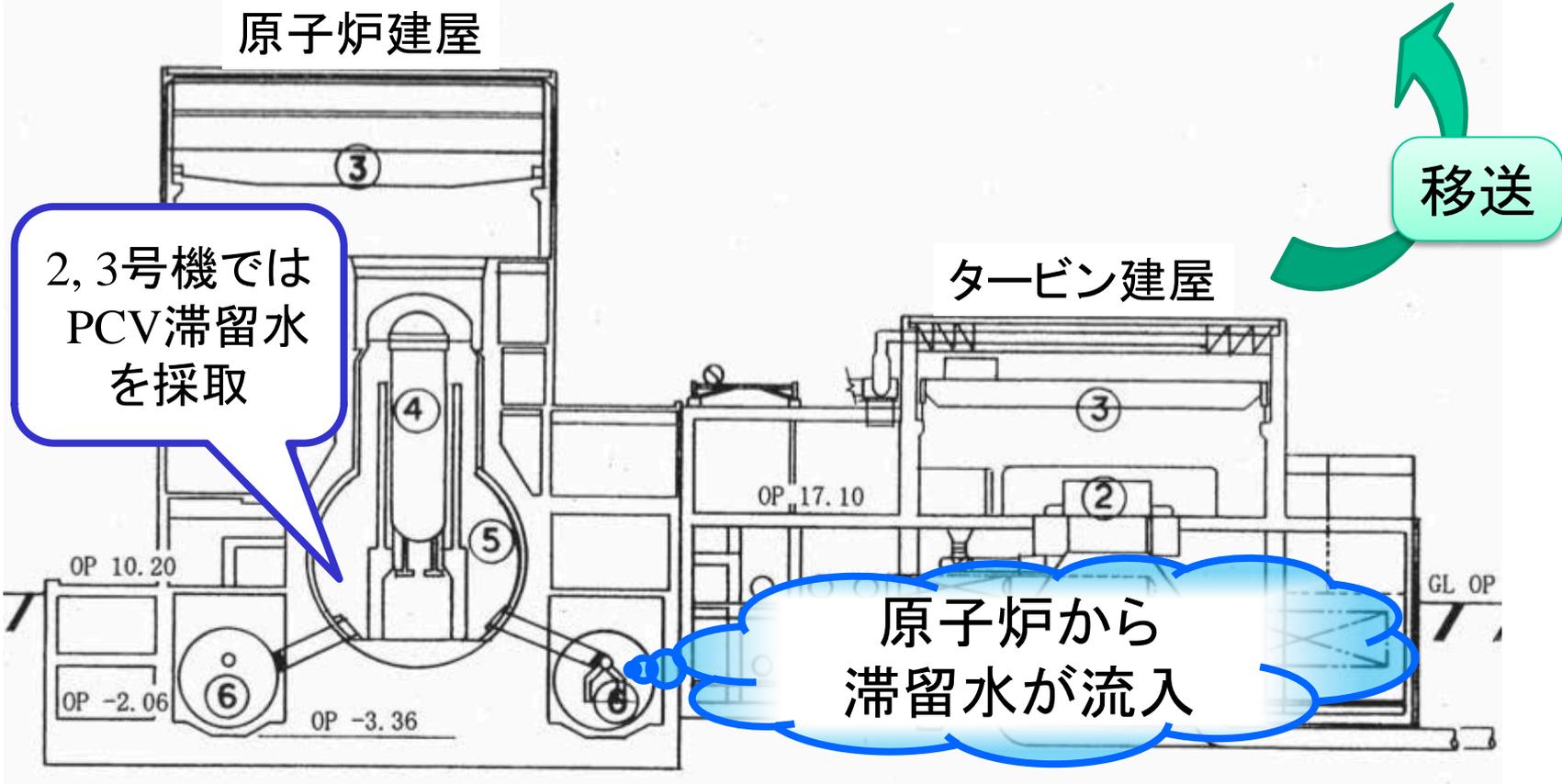
原子炉から
滞留水(汚染水)
が流入



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)



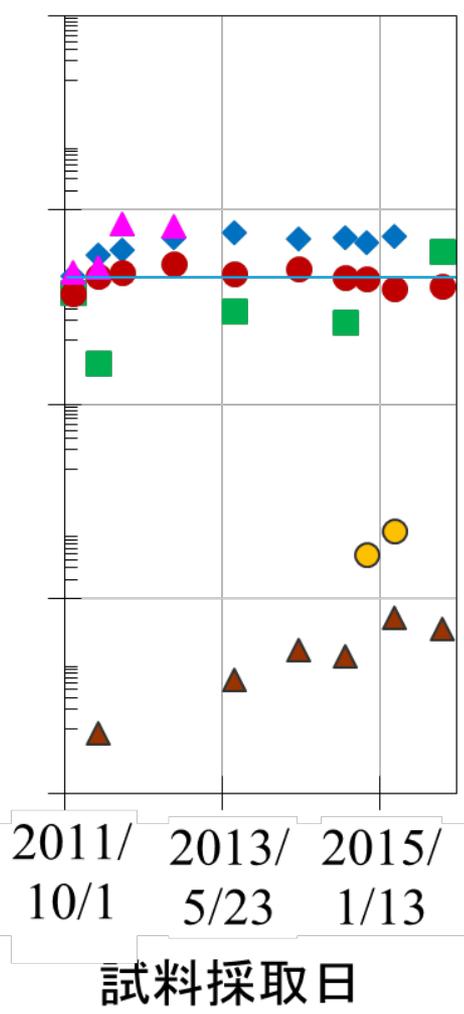
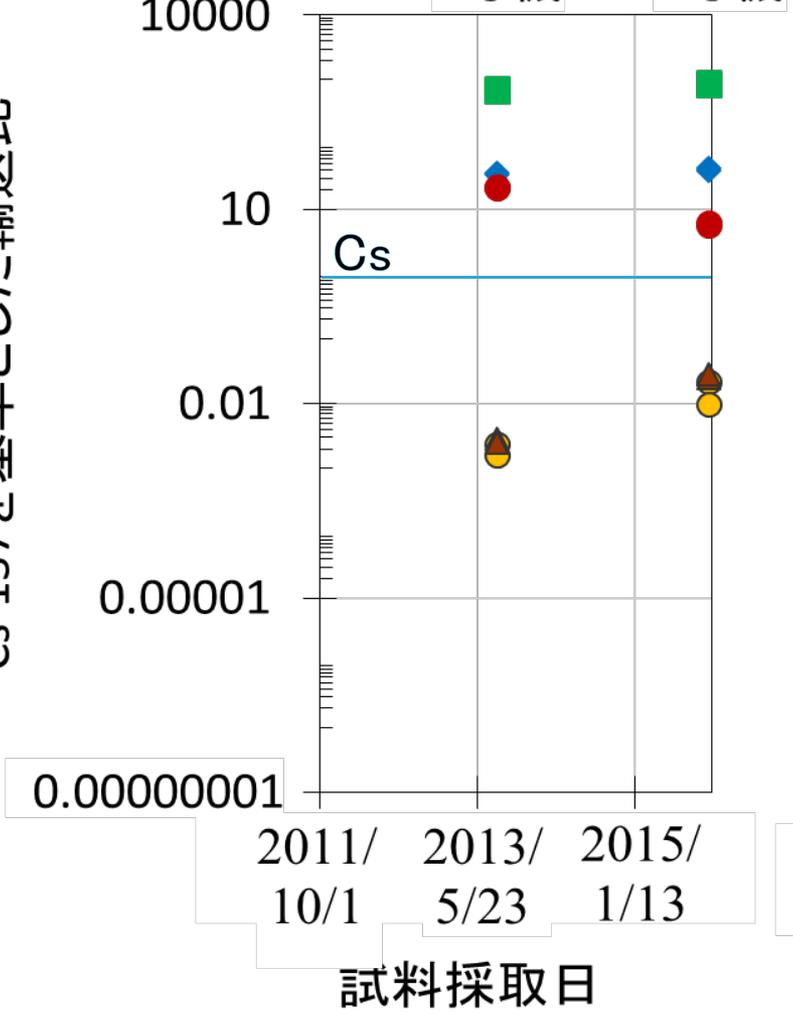
図の出典: 東京電力福島原子力発電所における事故調査・検証委員会, 中間報告, 2011年12月26日.



PCV滞留水 2号機 3号機

集中RW滞留水

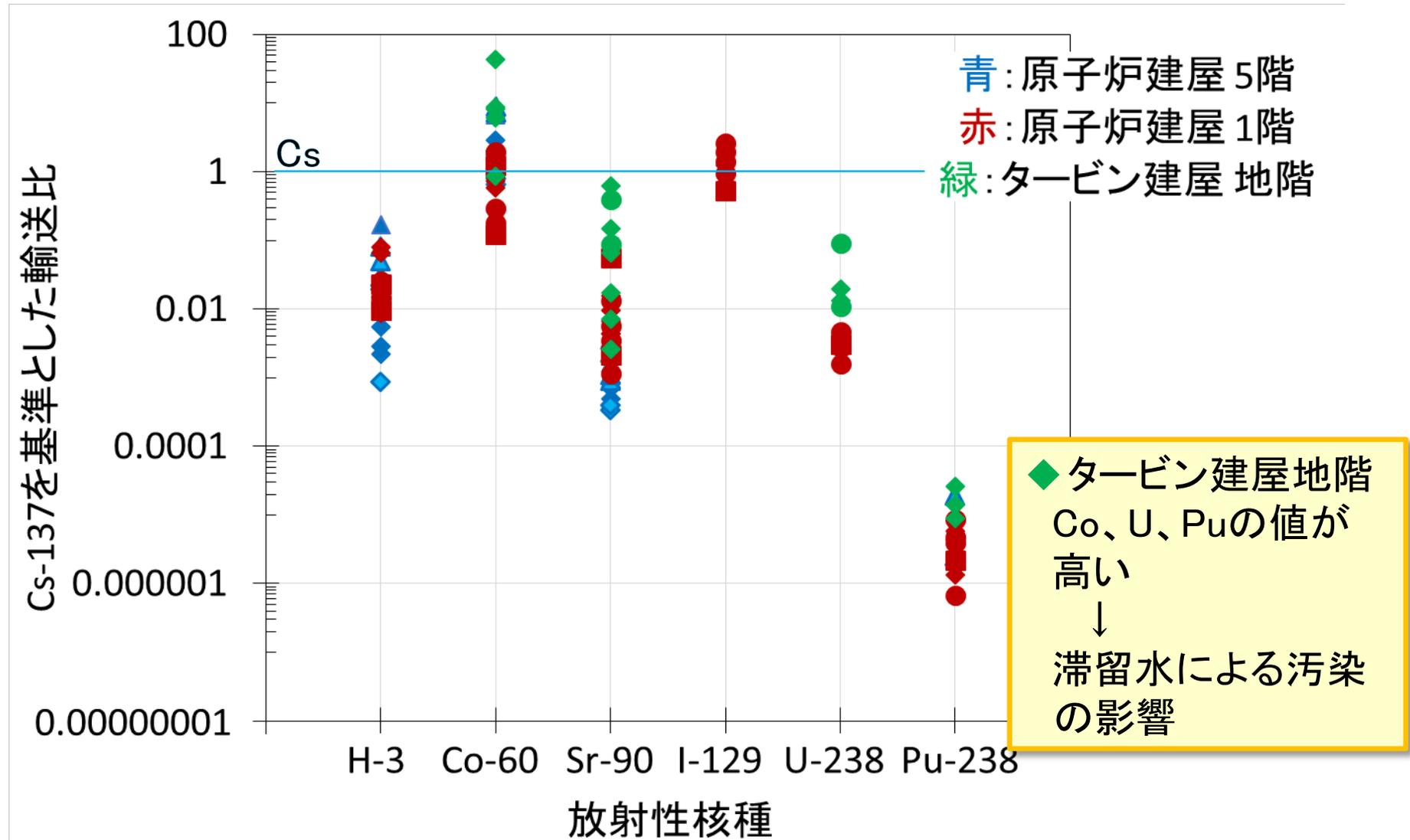
Cs-137を基準とした輸送比



- ◆ H-3
- Co-60
- Sr-90
- ▲ I-129
- U-238
- ▲ Pu-238

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

<1号機 原子炉建屋、タービン建屋で採取した瓦礫の場合>



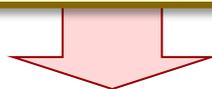
廃棄物の安全な処理・処分に向けての検討

- 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

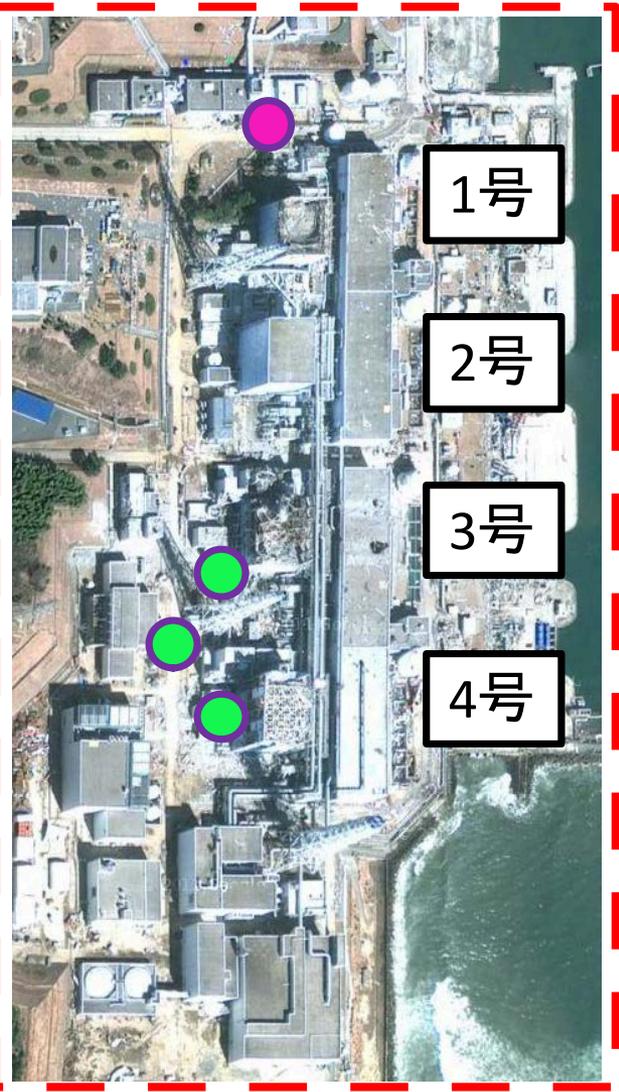
廃棄物の安定化・処分方法の検討

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



γ線を放出する
放射性核種濃
度の測定*



均一に混合

*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)

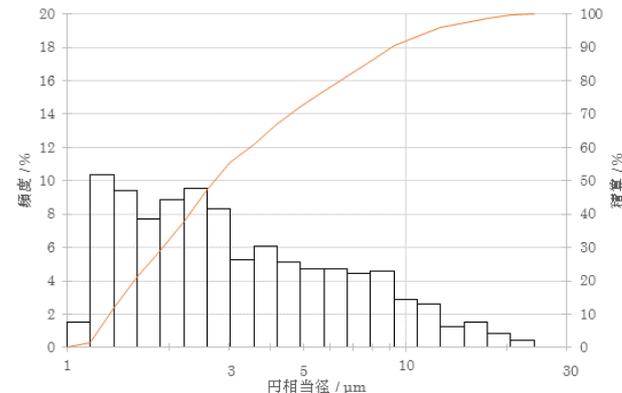
- ◆ 比較的高線量な試料の放射能濃度の分析や、水処理に伴う廃棄物の溶液化方法の検討、実際の廃棄物の分析を行っている。



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。

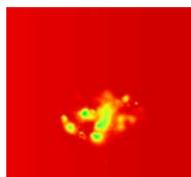


IP撮影

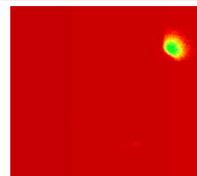
繰り返し



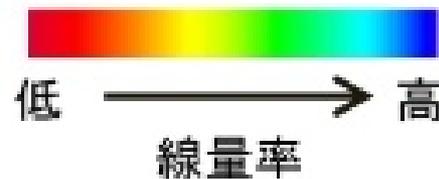
試料の研削作業



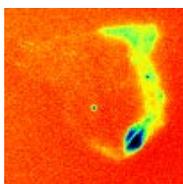
表面



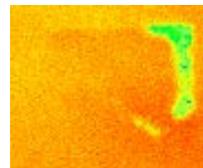
付着物除去後



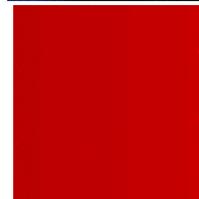
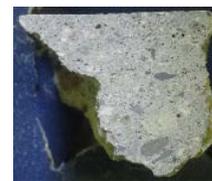
低 → 高
線量率



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

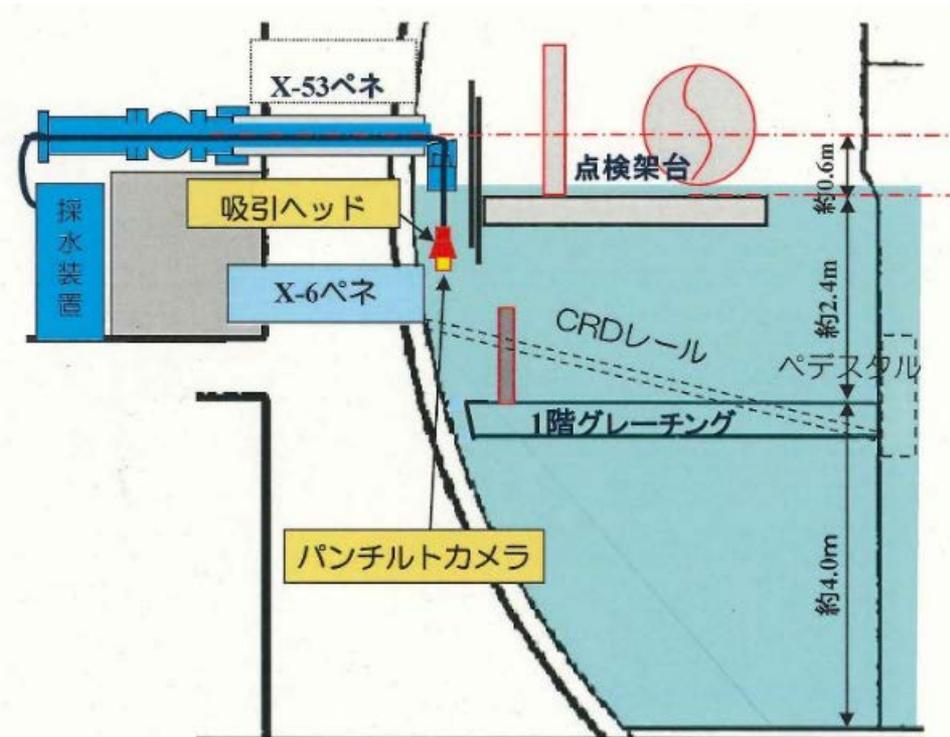


図 3号機原子炉格納容器 (PCV) からの滞留水試料の採取方法

※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>

