

2021年6月11日

高速増殖原型炉もんじゅ原子炉施設の廃止措置に関する面談について

日時：2021年6月11日（金）13：30～

場所：原子力規制庁 会議室（WEB会議）

敦賀廃止措置実証本部

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構側出席者

敦賀廃止措置実証本部

- ・池田 真輝典（部門長技術補佐）
- ・竹内 則彦（副本部長）
- ・長沖 吉弘（廃止措置推進室長）
- ・加瀬 宏樹（廃止措置推進室 計画・調整グループリーダー）
- ・藤村 智史（廃止措置推進室 技術グループリーダー）
- ・山田 文昭（廃止措置推進室 計画・調整グループ）
- ・澤崎 浩昌（廃止措置推進室 計画・調整グループ 技術副主幹）
- ・松井 一晃（廃止措置推進室 技術グループ 技術副主幹）

高速増殖原型炉もんじゅ

- ・城 隆久（廃止措置部 廃止措置計画課 課長）
- ・加藤 優子（安全・品質保証部 安全管理課 技術副主幹）

説明資料

<資料1> 汚染の分布に関する評価（全体）

- ・進捗報告

以上

方針：工事等を安全・確実にやり、プラントの安全を確保

【目的】

- 施設に残存する放射性物質の種類、放射能及び分布を把握し、以下の2つに反映
 - ① 作業員及び周辺公衆の被ばくを低減するため、適切な解体撤去工法・手順の策定を行う
 - ② 廃止措置に伴い発生する放射性廃棄物の発生量を放射能レベル区分ごとに把握し、放射性廃棄物の管理を適切に行う

【現在の状況・計画】

- 施設の汚染には放射化汚染※1と二次的な汚染※2があり、それぞれに対して汚染の分布を把握する必要がある
- 汚染の分布の評価結果は、原子炉周辺設備の解体撤去工法等や放射性固体廃棄物の推定発生量に反映するため、図1の計画に沿って作業を進めているところ
- 第1段階の間に解析や現場測定を概ね終了し、第2段階では主に原子炉周辺の試料採取（サンプリング）を実施して解析の妥当性を確認した上で、原子炉周辺設備の解体撤去を実施する第3段階に着手するまでに、廃止措置計画に反映して変更認可を受ける

※1 放射化汚染：運転中の中性子照射により炉心部等の構造材が放射化
 ※2 二次的な汚染：主として炉心構成材料の中性子放射化反応により生成され、ナトリウム腐食により冷却材中に放出され、機器や配管内部等に沈着

| 年度 | 第1段階 | | | | | 第2段階 |
|---|------|------|------|------|------|-------|
| | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023- |
| (1)放射化汚染の分布評価 ・計算手法、調査範囲等の検討 ・元素組成分析、分布計算 ・サンプリング準備、測定 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| (2)二次的な汚染の分布評価 ・評価範囲検討、放射線測定等 | | ■ | ■ | ■ | ■ | |
| (3)放射性廃棄物量調査 | | ■ | ■ | ■ | ■ | |
| (4)放射性固体廃棄物発生量評価 ・放射化汚染 ・二次的な汚染 | | | | | ■ | |

図1 汚染の分布に関する評価に係る計画

計画は作業の進捗状況により必要に応じて見直す

(1)放射化汚染の分布評価（参考資料1参照）

- もんじゅは部分出力かつ運転期間が短いこと、過去の性能試験時に生体しゃへい壁の外側にある1次主冷却系室で中性子がほとんど検出されなかった実績も踏まえ、評価対象範囲（図2）を設定。この範囲で解析を実施し、サンプリングによって妥当性を確認する

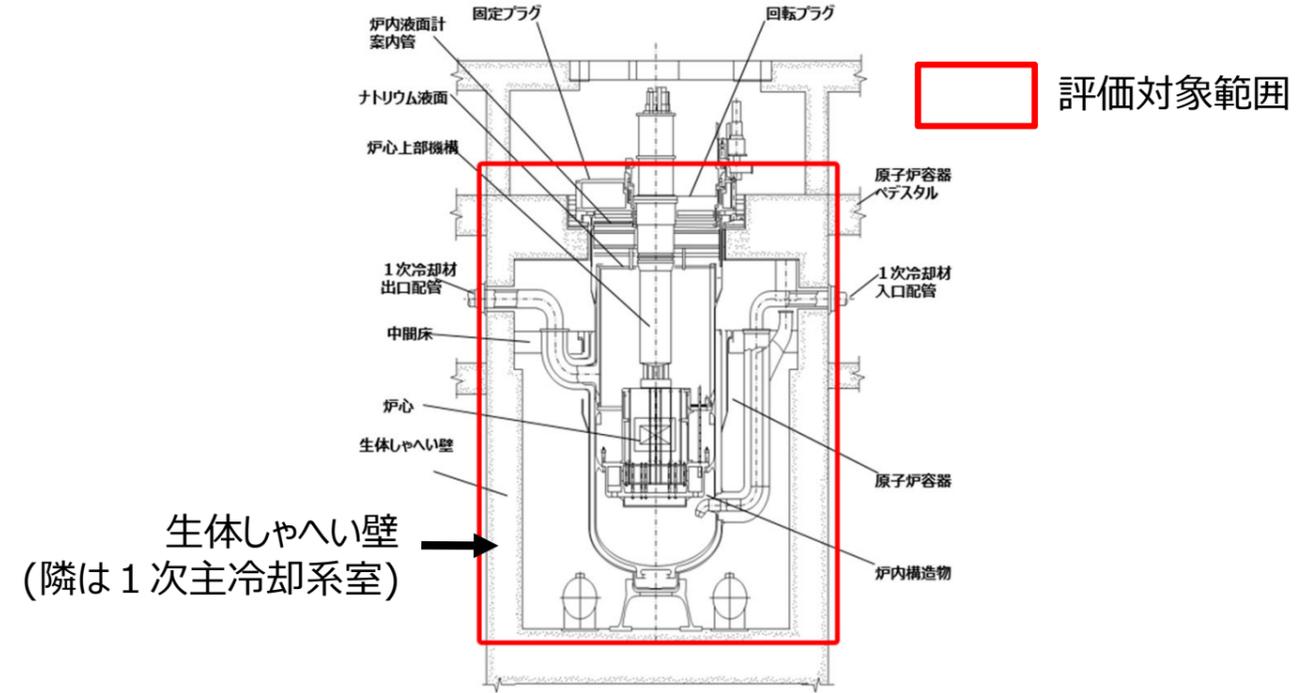


図2 放射化汚染の評価対象範囲

(2)二次的な汚染の分布評価（参考資料2参照）

- もんじゅの二次的な汚染源となる放射性物質は、主に原子炉内で放射化したものが、1次主冷却系や1次アルゴンガス系等を経て下流の系統に拡散する。この放射性物質の生成・移行の過程を基に評価対象系統を選定し、実際に現場の機器・配管等の測定を行い、その測定結果を用いて評価を進める

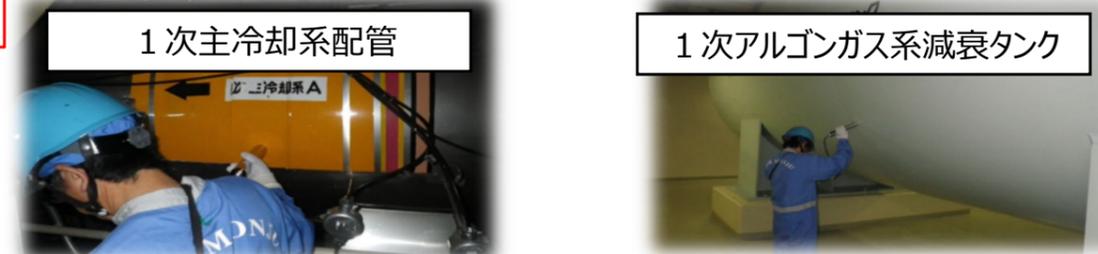


図3 2020年度に実施した測定の様子

ポイント

- 解析のインプット（中性子照射履歴や元素組成データ）を適切に行い、最適な被ばく管理や放射性廃棄物の管理につなげる必要がある
- もんじゅにおける評価に適した計算コードの選定を行う必要がある
- 試料を採取・分析し、解析値の妥当性確認を行う必要がある。目的に照らしたサンプリング対象を選定し、サンプリング作業を安全に実施する必要がある

①解析のインプット

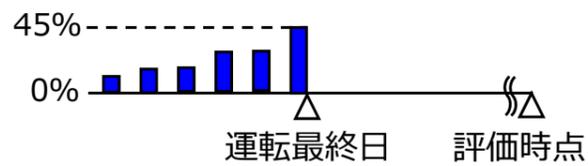
【中性子照射履歴】

- もんじゅは原子炉出力0%～45%で原子炉を250日運転した実績を踏まえ、評価を簡易的かつ保守的にできるように設定する
- 実際の運転履歴のように、低出力で起動停止を繰り返す長期運転では、初期の運転で生成された放射能は時間と共に減衰するため、最大出力での連続運転とする方が保守的
- このため、経験した最大出力である45%で運転日数を換算した約89日運転を中性子照射履歴として設定（図1）

【元素組成データの整備】

- 将来のクリアランスまで見据えて、微量元素を含む元素組成データを整備中

実際の運転履歴



45%出力換算

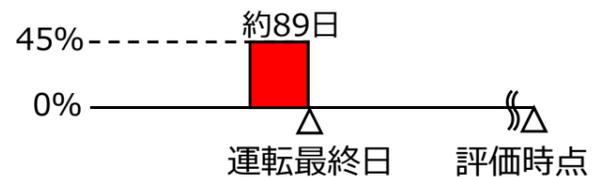


図1 中性子照射履歴

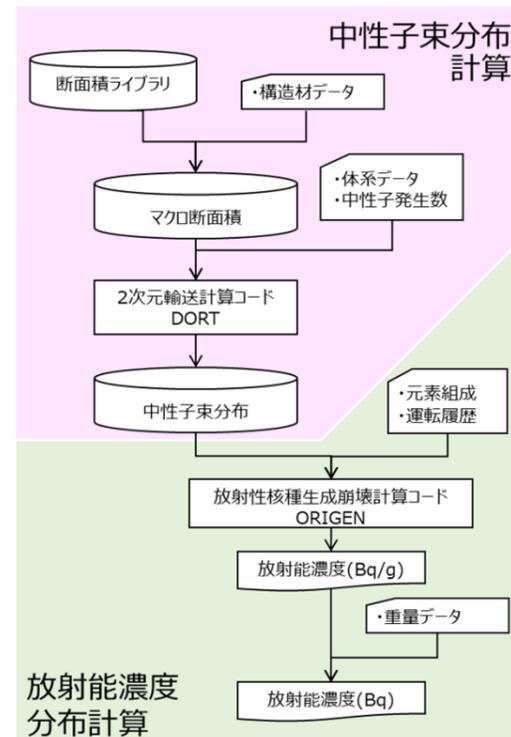


図2 放射化汚染の評価フロー

②計算コード等の選定

- 一般的に、高速炉の中性子エネルギーは軽水炉に比べて高いため、高速炉用の炉心核計算コードや断面積ライブラリは高エネルギー領域で重要となる共鳴反応断面積を精度良く扱えるという特徴がある
- 一方、高速炉であっても炉心外は中性子エネルギーが低下するため、遮蔽計算用コード及びライブラリについては、高速炉に特化する必要はない
- もんじゅの放射化汚染の分布評価の対象の大部分は炉心外であることから、今回の放射化汚染の分布評価に使用する計算コードは、軽水炉でも使用実績のあるものを用い、断面積ライブラリは計算コードで使用可能な最新核定数に基づくものを使用する

③サンプリング

【目的】

- 放射化汚染の解析値の妥当性の確認
- 放射化汚染の影響範囲の確認

【サンプリング対象選定の考え方】

- 中性子束比が大きく変化する箇所で評価精度を確認する必要があり、原子炉内が該当するが、直接サンプリングは困難。そこで、第2段階で原子炉内から燃料池に貯蔵する中性子しゃへい体に着目。今後、サンプリングの概念（場所、工法、安全性等）を検討
- 評価対象範囲で最も炉心から遠い生体しゃへい壁に着目。ただし、第2段階におけるもんじゅの生体しゃへい壁周辺の環境（原子炉容器にナトリウムを保有など）を考慮するとコアサンプリングに適した環境とは言い難い。そこで、代替案として生体しゃへい壁の外表面を直接測定して汚染がないことを確認することで、放射化汚染の影響範囲を確定する

今後の予定

- 策定した放射化汚染の評価フロー（図2）に従い評価を進める
- 生体しゃへい壁の外表面の測定を行い、放射化汚染の影響範囲を確定する
- 中性子しゃへい体のサンプリングに向けた検討を進める

ポイント

- 現在も稼働中の設備が多くサンプリングは困難。代替手法として外部からの線量測定で施設内の汚染分布を網羅的に把握する必要がある
- もんじゅの運転実績から施設の大部分は放射能レベルが低いと予想できるためまずはそれを証明する。さらにクリアランスレベル以下であることを証明したいが、クリアランスレベル付近の測定は難しい

測定結果及び考察

- NaIシンチレーションサーベイメータを用いて測定した結果、当初の予想どおり、測定した箇所的大部分で汚染の程度が極めて低いことを確認（図2）。ただし、クリアランスレベル以下であることを証明するためには、内面の代表核種の特特定まで含めたより精緻な測定が必要※
- 有意な汚染があると判断された箇所に対しても、汚染の由来核種を特定することによって、今後適切な除染方法を選択することができる

※ NaIシンチレーションサーベイメータでは検出された線量の核種までは特定できない

評価対象と測定箇所

- 図1を基に二次的な汚染が想定される設備を整理

評価対象

- 1次主冷却系設備
- 1次ナトリウム補助設備
- 1次メンテナンス冷却設備
- 1次アルゴンガス系設備
- 燃料取扱及び貯蔵設備
- 気体廃棄物処理設備
- 液体廃棄物処理設備
- 固体廃棄物処理設備
- 共通保修設備
- 換気空調設備

- 各システムにおける測定対象は、放射能を減衰・除去する機能がある（汚染が比較的高くなる）機器やシステムの代表的なタンク・配管等とした
- 機器前後の配管等の汚染の評価も考慮して原則次の3点を測定
 - ・機器本体
 - ・入口配管
 - ・出口配管

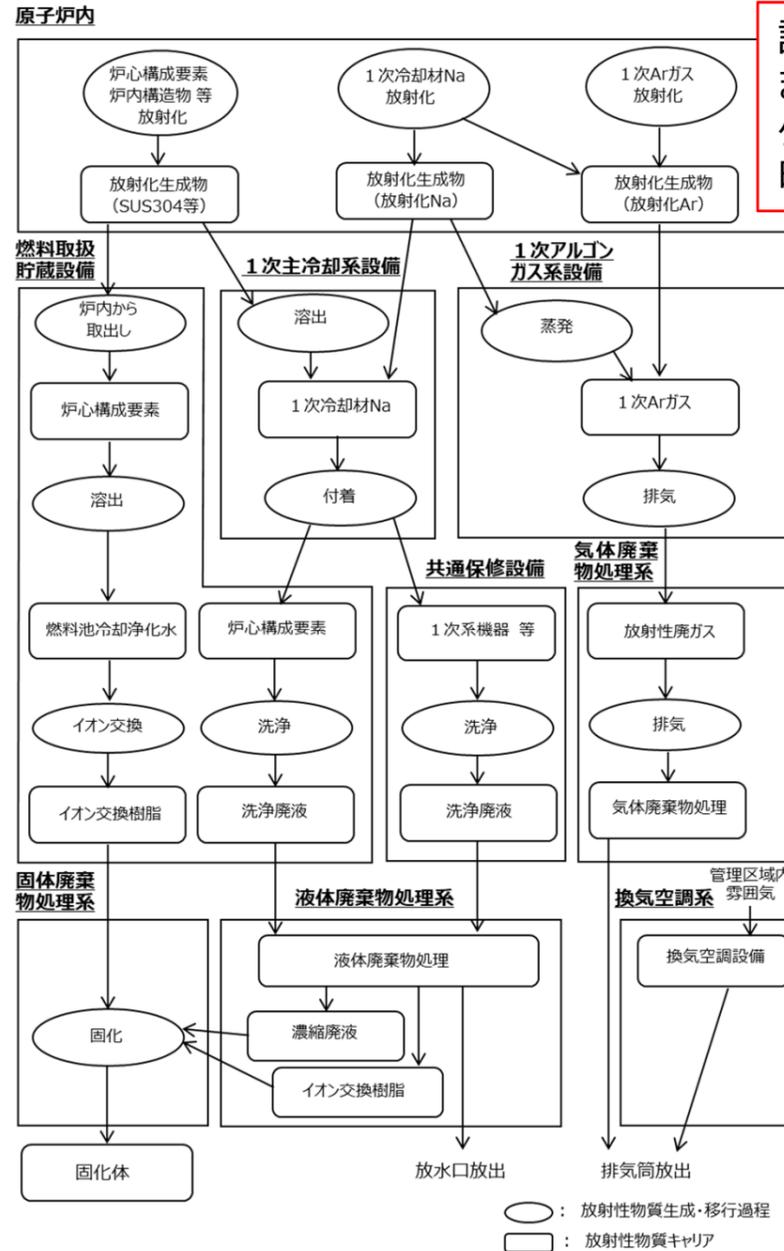


図1 放射性物質の生成・移行の過程の概要

計測器のバックグラウンドの変動に含まれ、汚染の程度は極めて低いが、クリアランスレベル以下であることを証明には至らない

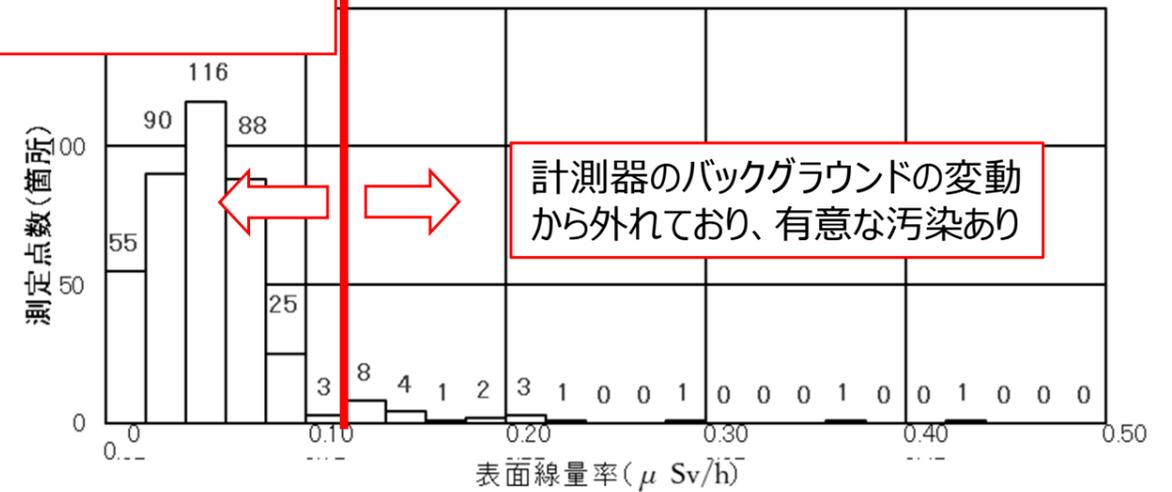


図2 NaIシンチレーションサーベイメータによる表面線量率の測定結果の度数分布（全399点）

今後の予定

- 可搬型Ge半導体検出器を用いてγ線スペクトル測定を行い、内面の代表核種を特定する
- 測定対象がクリアランスレベルか否かの判別に資するため、可能な限り長時間測定を行い、検出限界値を小さくすることを試みる
- 策定した二次的な汚染の評価フロー（図3）に従い評価を進める

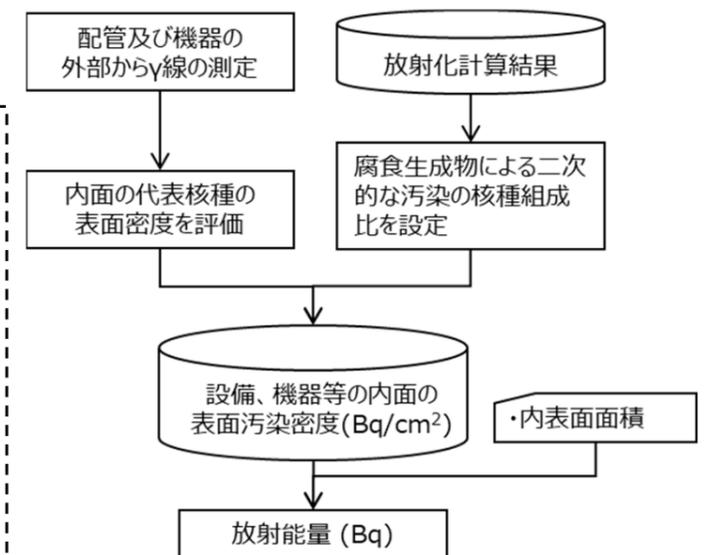
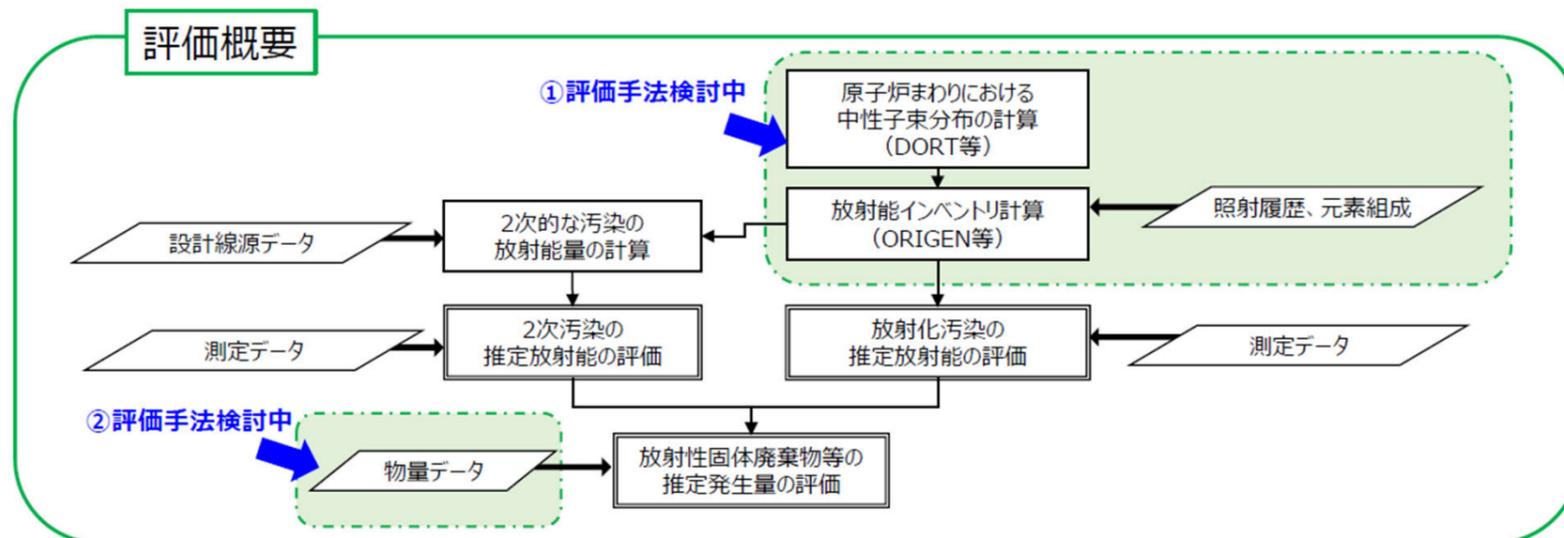


図3 二次的な汚染の評価フロー

汚染の分布に関する評価（概要）



第17回もんじゅ廃止措置
安全監視チーム会合
<資料1>より抜粋

①放射化汚染の分布評価手法の検討

中性子束分布の計算は「DORT」、放射能インベントリの計算は「ORIGEN」等の解析コードを用いる。解析コードの選定、計算体系及びライブラリを整備中。今後、放射化汚染の調査範囲、評価対象核種及び測定箇所について検討する。

②放射性廃棄物の物量評価手法の検討

放射性廃棄物となる金属、コンクリートについて図面などを基に、対象の機器ごとに内表面積、重量データを収集するための事前検討を実施中。

汚染の分布に関する評価（検討／実施スケジュール）

| 年度 | 第1段階 | | | | | 第2段階 |
|-----------------------------|------|------|------|------|------|-------|
| | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023- |
| (1) 放射化汚染の分布評価 | | | | | | |
| ①評価手法の検討 | ■ | | | | | |
| ②調査範囲及び測定個所の検討 | | ■ | | | | |
| ③放射化汚染の分布計算 | | | ■ | ■ | | |
| ④放射能濃度測定準備 | | | | | ■ | |
| ⑤放射能濃度測定 | | | | | | ■ |
| (2) 二次的な汚染の分布評価 | | | | | | |
| ①評価範囲及び手法の検討 | | ■ | | | | |
| ②放射線測定準備 | | | ■ | | | |
| ③放射線測定 | | | | ■ | | |
| (3) 放射性廃棄物量調査 | | | | | | |
| ①調査範囲、手法の検討 | ■ | | | | | |
| ②物量調査 | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| (4) 放射性固体廃棄物の推定発生量評価 | | | | | | |
| ①放射化汚染 | | | | ■ | | |
| ②二次的な汚染 | | | | | | ■ |