

～平成23年度3次補正予算調査～

<目的>

- 下水道における放射性物質対策に活用しうる技術を広く募集し、実証試験等により実用性を評価して対策の促進を図る。

<実施概要>

- 対象：下水汚泥等の放射性セシウムの低減化・安全な処理処分、施設の安全な維持管理・解体撤去技術
- 実施件数：5件
- 実施期間：平成23年12月～24年3月
- 金額：1件あたり約6千万円～2億円

技術分野	内容	実施主体
下水汚泥等の放射性セシウムの低減化・安全な処理処分技術	回転式昇華装置を用いたセシウム除去対策	日揮・日本下水道事業団共同提案体
	焼却灰の湿式洗浄によるセシウム除去対策	(株)東芝 (独)産業技術総合研究所
	中小規模下水処理場におけるセシウムを含んだ脱水汚泥の処理対策	共和化工(株)
施設の安全な維持管理・解体撤去技術	下水汚泥処理施設の解体方法・維持管理対策	(独)日本原子力研究開発機構

回転式昇華装置を用いたセシウム除去対策

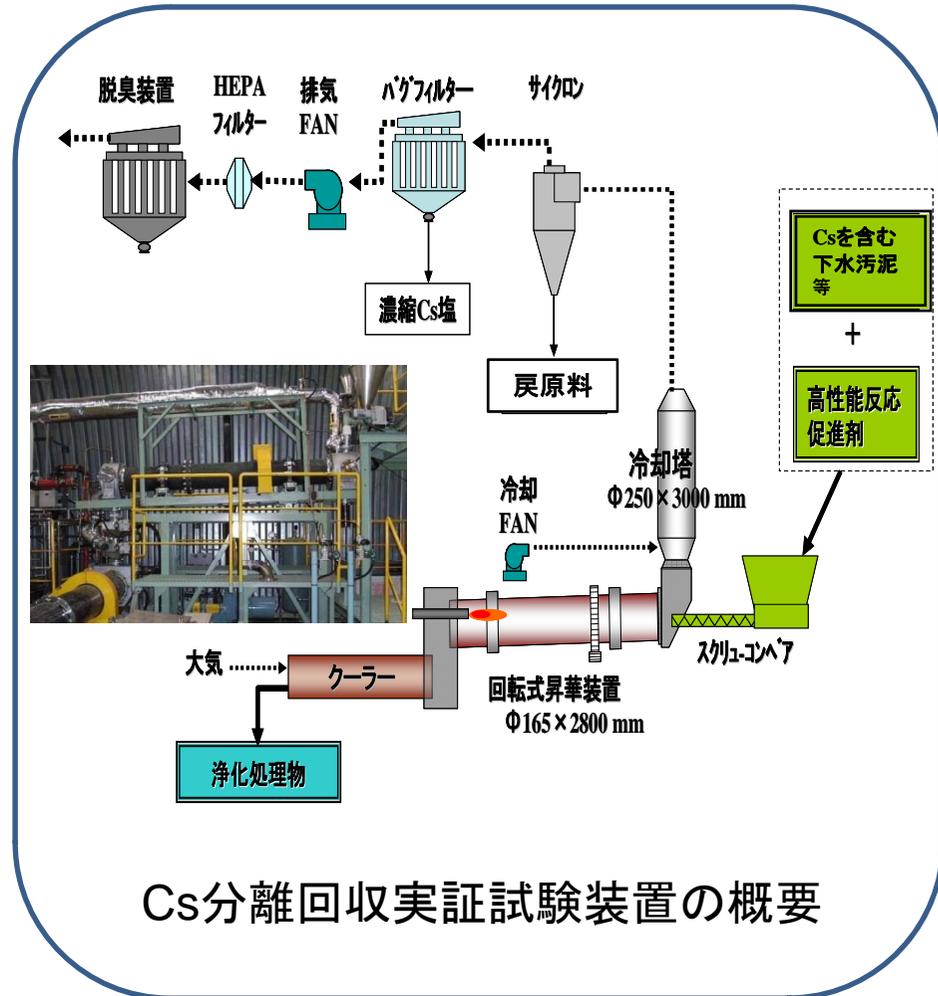
実施主体：日揮・日本下水道事業団共同提案体

概要

放射性セシウム（以下Csという。）を含有する下水汚泥等から、Csを昇華させて分離回収実証試験を実施

内容

- 需要把握調査
- 昇華条件の設定（電気炉試験）
- 除去能力の実証（フィールド試験）
 - 下水汚泥等（下水汚泥焼却灰）に高性能反応促進剤を混合し、回転式昇華装置で1300℃前後に加熱。Cs化合物等が昇華することにより、浄化処理物と濃縮Cs塩として分離回収されることを実証
- 放射性廃棄物処理検討
- 除染した下水汚泥等の再利用検討



成果

2

投入した下水汚泥等(Cs濃度＝約5万Bq/kg)が浄化処理により、検出限界値以下(Cs濃度<25Bq/kg)の浄化処理物と、濃縮Cs塩(Cs濃度＝約35～49万Bq/kg)に分離された。

浄化処理物の溶出性は環境庁告示13号・46号の基準を満たしていた。

排気中の放射性物質は環境省ガイドラインの検出下限値未満※であった。



浄化処理物はクリアランスレベル以下

- ・Cs濃度: 検出限界値 (25Bq/kg) 以下
- ・クリアランスレベル以下に安定的に処理可能
- ・除染係数1,000を達成

$$\text{除染係数} = \frac{\text{投入下水汚泥等} 53,170}{\text{浄化処理物} 25} \doteq 2,100$$



濃縮Cs塩で大幅に減容化

- ・Cs濃度: 35～49万Bq/kg
- ・高度に濃縮したCs塩の回収に成功
- ・保管・処分量の大幅な減容可能

留意事項

時間的制約、設備的制約や分析に関する制約により、一連のプロセスにおける物質収支や高性能促進剤の適正な配合等について、得られた実証データに限りがあるため、実用化に向けては予備試験等による補足が必要である。

※環境省廃棄物関係ガイドライン・第五部「放射能濃度等測定方法ガイドライン」に掲載の検出下限値は2Bq/m³。排気ガス吸引流量約7～10m³にて測定。

焼却灰の湿式洗浄によるセシウム除去対策(1)

実施主体:株式会社 東芝

概要

【原理】(図1)

- ① 下水汚泥焼却灰からシュウ酸溶液を用いて、セシウムを溶かし出す
- ② 溶かし出したセシウムは、吸着材(ゼオライト等)に回収する
- ③ シュウ酸は繰り返し再利用する。除去能力が落ちたものは処理後排水する

【調査研究の概要】

ラボスケール実験

各プロセスの最適条件を見出す

プラントスケール実証実験

工学的規模でセシウム除去性能、セシウム収支、経済性を評価する

内容

①セシウム収支

焼却灰のセシウム総量と、除染後焼却灰と吸着塔入口シュウ酸のセシウム総量は、各実験とも概ね90~100%程度になっており、セシウム移行確認は良好であった。(図2)

②セシウム除去率(時間)

10minは58%程度のCs除去率。30min・60minではCs除去率が70%程度に向上した。(図3)

③セシウム除去率(繰り返し)

シュウ酸で繰り返し溶離することで、セシウム除去率は63%から84%に向上することが確認された。(図4)

$$\text{セシウム除去率} = (\text{焼却灰のCs総量[Bq]} - \text{除染後焼却灰のCs総量[Bq]}) \div \text{焼却灰のCs総量[Bq]} \times 100$$

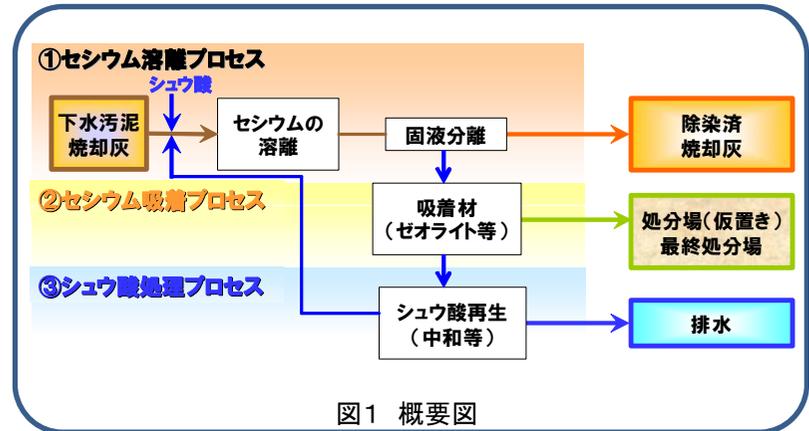


図1 概要図

試験条件(RUN 1)		焼却灰		除染後の焼却灰	
溶離時間	60 min	Cs総量	20,313 Bq	Cs総量	5,416 Bq
液固比	20 mL/g	比率	100 %	比率	27 %

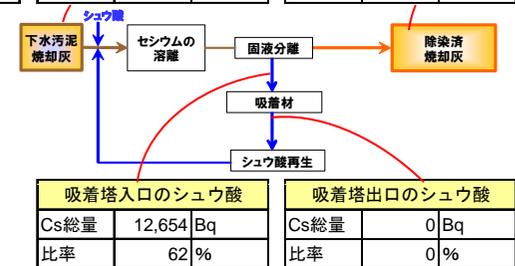


図2 セシウム収支

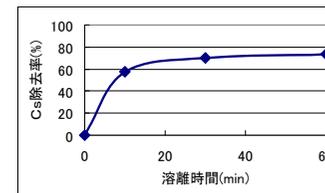


図3 Cs除去率(時間)

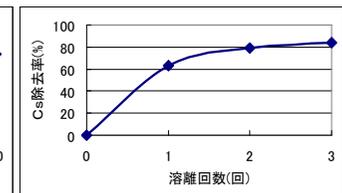


図4 Cs除去率(繰り返し)

成果

2

【セシウム除去性能】

- ①10～60分程度の溶離時間で50～70%程度のセシウム除去率が得られた(600～11,000Bq/kgの範囲で確認)
- ②溶離操作を繰り返すことで、ラボスケールでは最大90%(6回)、プラントスケール実証実験では最大84%(3回)のセシウム除去率が得られた

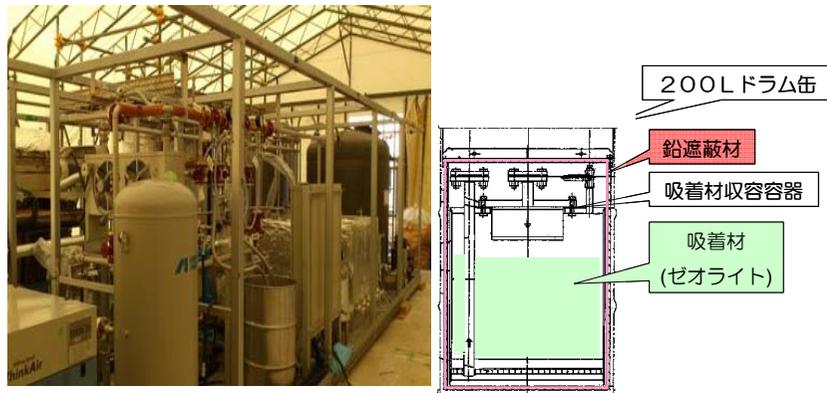
【セシウム濃縮物】

- ①セシウム濃度は100,000Bq/kg～4,000,000Bq/kg程度に制御できる
- ②1/10～1/300程度に減容化できるので、処分場(仮置き)の容積を小さくできる
- ③吸着塔の荷姿はドラム缶であり、処分場(仮置き)から最終処分場への輸送が容易

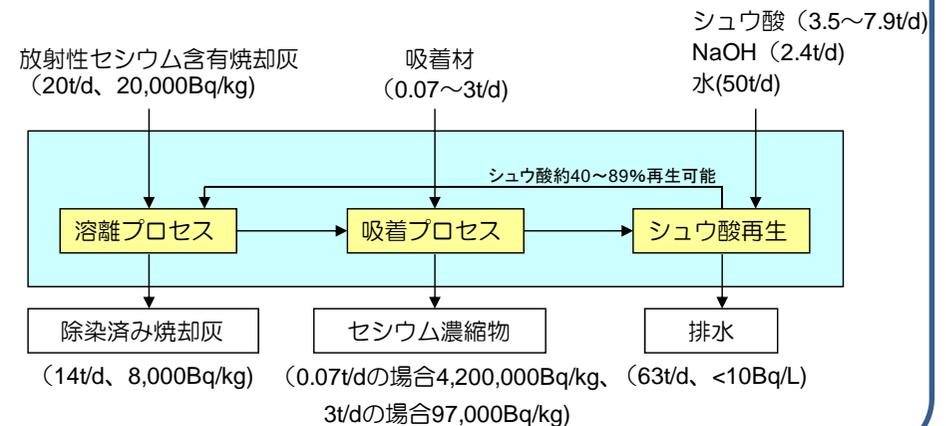
【除染済み焼却灰】

- ①焼却灰のリン等がシュウ酸に移行するので、除染済み焼却灰が約3割減量する
- ②簡易圧縮固化技術(ペレット固化)が適用でき減容化も可能。また除染済み焼却灰に含まれるセシウムは水にほとんど溶出しない

【プラントスケール実証実験装置】 【セシウム吸着塔】



放射性セシウム含有焼却灰の適用検討例 (焼却灰のセシウム濃度20,000Bq/kg、溶離率※60%、除去率72%とする)



留意事項

時間的制約、設備的制約や分析に関する制約により、一連のプロセスにおける物質収支やシュウ酸の再生効率等について、得られた実証データに限りがあるため、実用化に向けては予備試験等による補足が必要である。

焼却灰の湿式洗浄によるセシウム除去対策(2)

実施主体: 独立行政法人産業技術総合研究所

概要

放射性セシウムの酸抽出とプルシアンブルー吸着材による除染・放射性廃棄物減容化技術を、下水汚泥焼却灰に適用し、小型プラントによる実証試験等を行い、汚泥焼却灰の除染・減容化技術としての実効性の検証を行った。その結果、硝酸抽出により汚泥焼却灰中放射性セシウムを80%以上(最大91%)を除去できた。小型プラントの抽出・吸着試験結果は、ラボ試験とほぼ同等であり、本技術が、スケールアップによる実用化が可能であることを確認した。

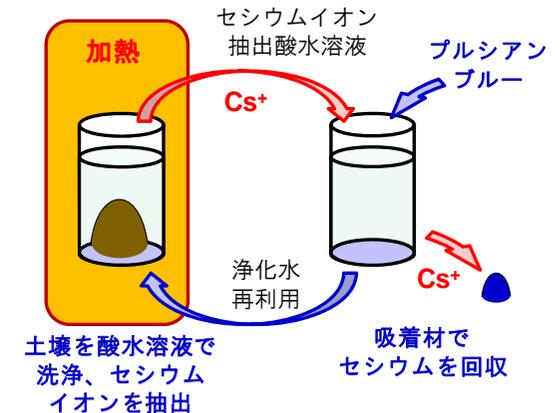


図1. 酸抽出・プルシアンブルー吸着材による除染技術の概要

内容

技術開発項目は次の通り。

- ① 予備試験による各種処理条件の検討
- ② スケールアップ可能な小型プラントによる実証試験
小型プラント(20L抽出槽装備)の設計、製作、およびそれを用いた抽出、吸着試験
- ③ 除染後の下水汚泥焼却灰並びに溶液に関する再利用、処理、処分の検討



図2. 設計・作製した焼却灰除染小型プラントの外観図

成果

- ・汚泥焼却灰を硝酸処理した結果、放射性および非放射性セシウムの80%以上(最大91%)を抽出できた。
- ・プルシアンブルーナノ粒子は、ゼオライトと比較し、酸条件および低セシウム濃度での高吸着能が特徴であることがわかった。
- ・小型プラントの設計、製作を行い、抽出および吸着試験を実施した。得られた結果は、予備試験と矛盾せず、当該技術がスケールアップ可能であることがわかった。
- ・除染処理により発生する酸抽出焼却灰残渣には、流出有害物質はなく、埋め立て処理が可能である。セメント材料として利用できる可能性も示唆された。

2

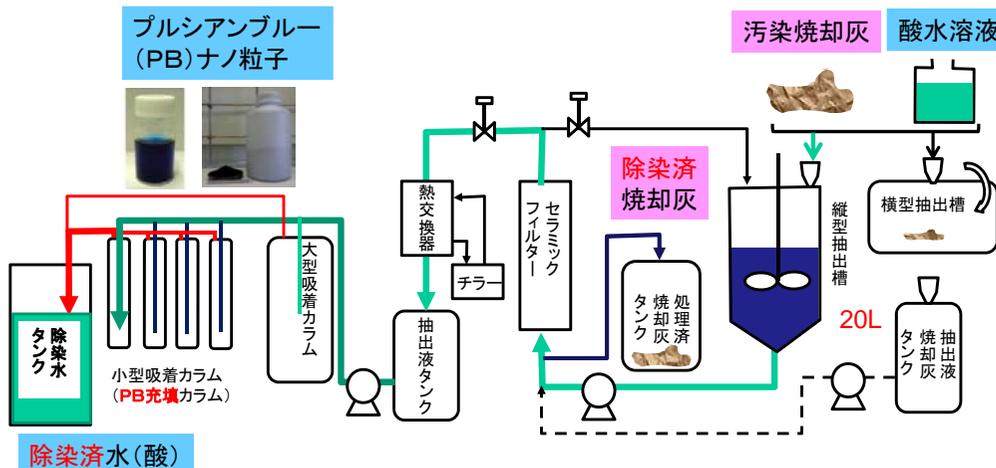


図3. 焼却灰除染小型プラントの模式図

表1 各地の汚泥焼却灰からのセシウム抽出率

産地 温度	関東 98℃	九州A 98℃	九州B 80℃
Cs種類 / 濃度	放射性 7130Bq/kg	非放射性 2.74ppm	非放射性 0.91ppm
超純水	—	1%	1.3%
0.5M硝酸	82%	—	49%
1.0M硝酸	—	—	52%
2.0M硝酸	91%	48%	55%
3.0M硝酸	—	49%	—

(抽出時間 3h)

表2. 焼却灰残渣の溶出試験結果の一例

分析の対象	分析結果 [mg/L]	埋立判定基 準 [mg/L]
カドミウム又はその化合物	0.02	0.3 以下
砒素又はその化合物	0.05	0.3 以下
セレン又はその化合物	0.02	0.3 以下

留意事項

時間的制約、設備的制約や分析に関する制約により、一連のプロセスにおける物質収支や産地への依存が見られた酸抽出効果等について、得られた実証データに限りがあるため、実用化に向けては予備試験等による補足が必要である。

中小規模下水処理場におけるセシウムを含んだ 脱水汚泥の処理対策

実施主体：共和化工株式会社

1

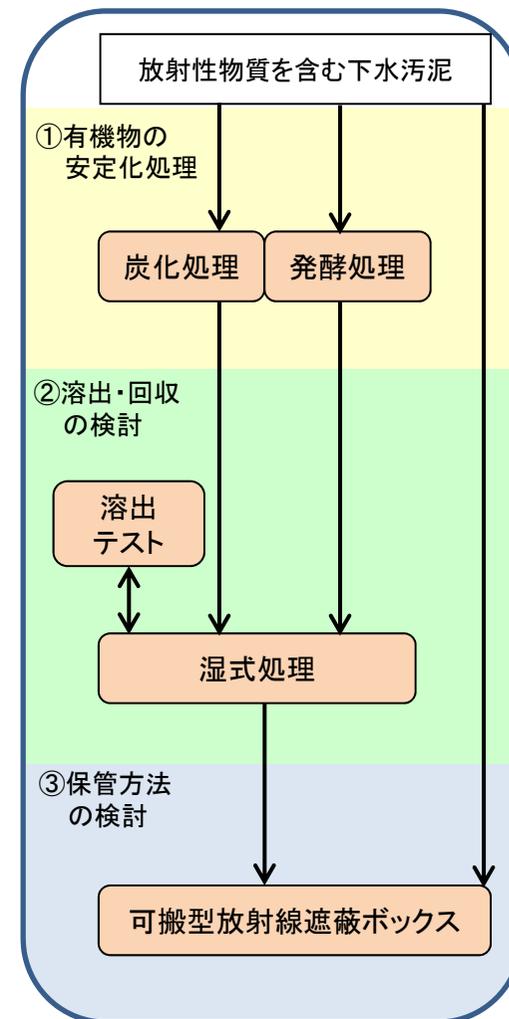
概要

腐敗しやすい放射性物質を含む下水汚泥を以下の3つのステップにより処理する方法を実証した

- ①有機物の安定化処理
- ②湿式処理
- ③保管

内容

- ①有機物の安定化処理
炭化と発酵による減量化の測定
各処理の排気中に含まれる放射性物質を測定
- ②湿式処理
湿式対策による放射性物質の溶出・回収の検討
- ③保管
鉄分を含むコンクリートの遮蔽能とコストの実証検討



有機物の安定化処理

炭化・発酵ともに排気ガスからのセシウムは、検出下限値未満※であったため、安全に安定化を図りつつ、減量化ができた。

湿式処理

下水汚泥にセシウムは強く吸着しており、炭化物・発酵物から水による溶出は不検出。7.5%硫酸を利用した実証でセシウム除去率32%を確認した。

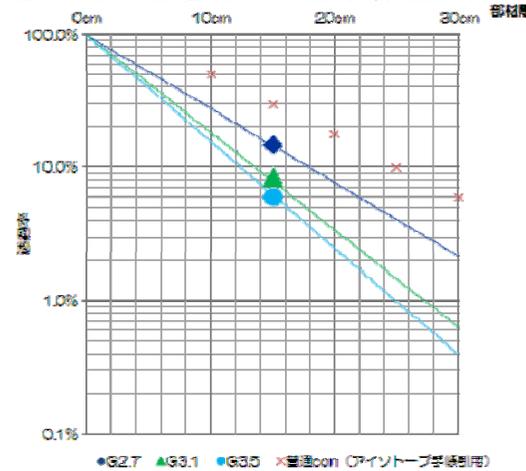
保管

放射性物質の濃度の高い廃棄物の一時保管のための可搬性ボックスとして、鉄含有コンクリートボックスのコスト優位性が示された(図3)。

図1 装置写真

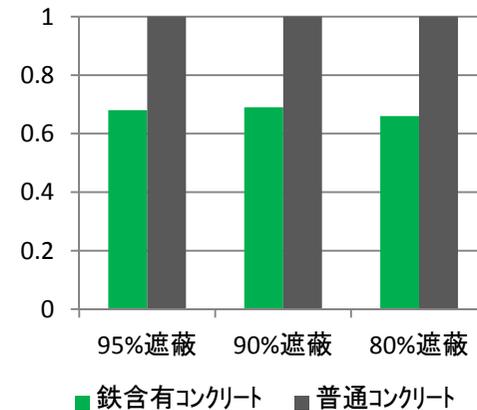


図2 比重(鉄含有)別の放射線透過率



鉄含有量が多いほど放射線遮蔽能が高い
よって、薄い厚みで高い遮蔽能が確保できる

図3 普通コン=1とした時のコスト比較



外寸=1.5m×1.5m×1.0mの可搬ボックス

- ①部材厚が薄くなることによる必要材料の減少
- ②部材厚が薄くて済むことによる内容積の増大

留意事項

時間的制約、設備的制約や分析に関する制約により、一連のプロセスにおける物質収支や酸抽出効果等について、得られた実証データに限りがあるため、実用化に向けては予備試験等による補足が必要である。

※環境省廃棄物関係ガイドライン・第五部「放射能濃度等測定方法ガイドライン」に準拠して測定した。検出下限値は2Bq/m³。排気ガス吸引流量約2m³/にて測定

下水汚泥処理施設の解体方法・維持管理対策

実施主体:(独)日本原子力研究開発機構

概要

下水汚泥処理施設における放射性物質による汚染状況等を調査し、下水汚泥処理施設の廃止解体方法及び維持管理方策の検討を行った。

内容

- ✓ 下水汚泥焼却・溶融施設の廃止解体方法及び維持管理方策に関する検討
- ・ シミュレーションによる安全かつ合理的な解体方法の検討(図1)
- ・ 日常運転作業及び定期点検作業における運転員の被ばく防止等の維持管理方策の検討

① 物量データベース作成



② 機器等の放射能インベントリ調査



③ ①と②の結果より施設放射能インベントリデータベース作成

原子力施設の解体作業に際しての手順、廃棄物量、被ばく線量等を総合的に評価(シミュレーション)し、これを参考に、放射性Csで汚染された下水汚泥処理施設を安全かつ合理的に解体する方法を検討

【具体例】

①物量データベース作成

設計図書を基に、設置場所、材質等を調査

②機器等の放射能インベントリ調査

例) 機器内部の汚染評価: 機器内部からの試料採取、放射能濃度測定(Cs)



試料: 機器内部の
付着物
↓
放射能濃度測定
(Bq/kg)

③放射能インベントリデータベース作成

例) 機器インベントリ調査結果(Bq/kg)
× 物量データベース(附着物量)
= 機器インベントリ(機器内部)

図1 解体方法の検討フロー

✓安全かつ合理的な解体方法の提案(図2)

✓汚染状況の調査、日常運転・定期点検の状況調査等を実施し、安全対策をまとめた

安全対策の検討結果例:

- ① 安全対策の策定には、正確な測定が重要(例:表面線量率が高い個所を把握した上で、点検時等の安全対策を検討)
- ② 開口する機器については、内部の付着物が飛散しないような工夫が必要(例:グリーンハウスの設置(図3))
- ③ 点検の頻度の削減(総被ばくの低減)、人員の増員(個人被ばくの低減)
点検については、運転・安全上最低限の点検に留めること

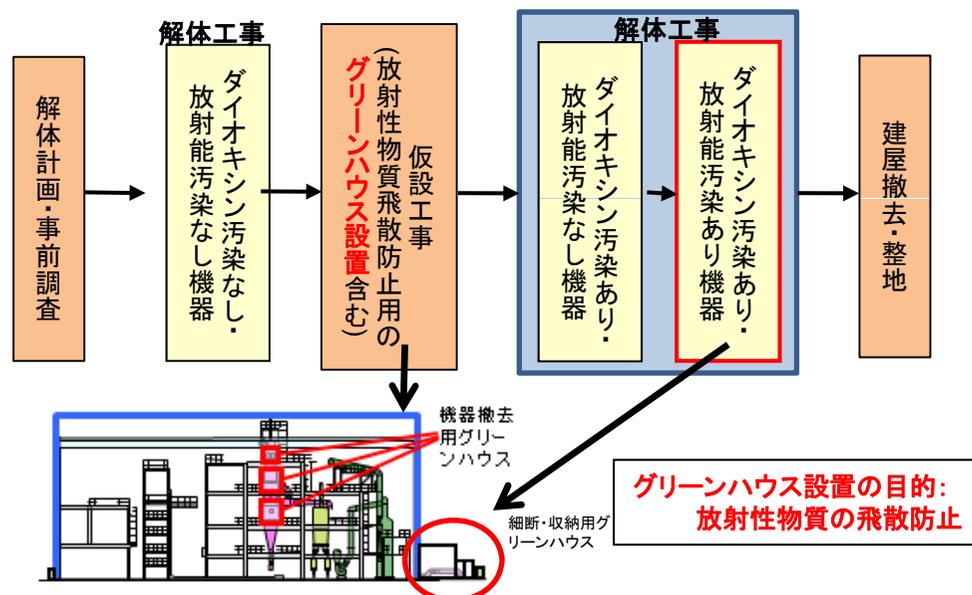


図2 解体方法概要(検討結果概要)



維持管理における安全対策の検討結果

○ 開口部の安全対策

図3 グリーンハウス