

放射性物質分析・研究施設第2棟に係る
実施計画の変更認可申請について
(燃料デブリ等フローについて)

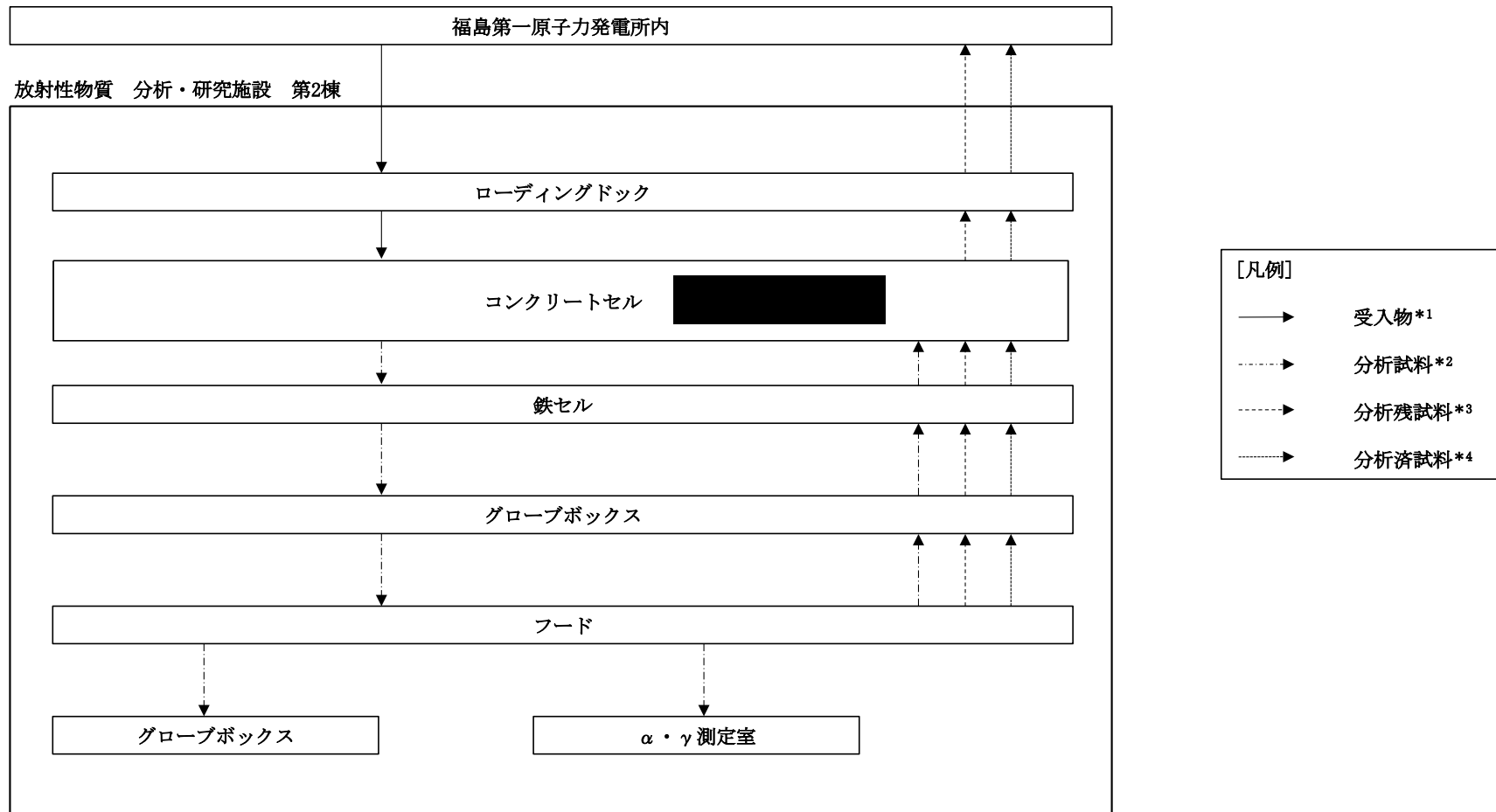
6月24日面談資料改訂版

2020年6月30日

東京電力ホールディングス株式会社
国立研究開発法人日本原子力研究開発機構



1. 燃料デブリ等のフロー



- *1: 分析・試験を行うために福島第一原子力発電所から第2棟に搬入される燃料デブリ等
- *2: 切断, 研磨, 粉碎, 溶解等の試料調製を行い, 分析・試験が可能な状態に処理したもの
- *3: 受入物から採取した試料の一部, 試料採取時に発生した小片等
- *4: 分析・試験後の試料

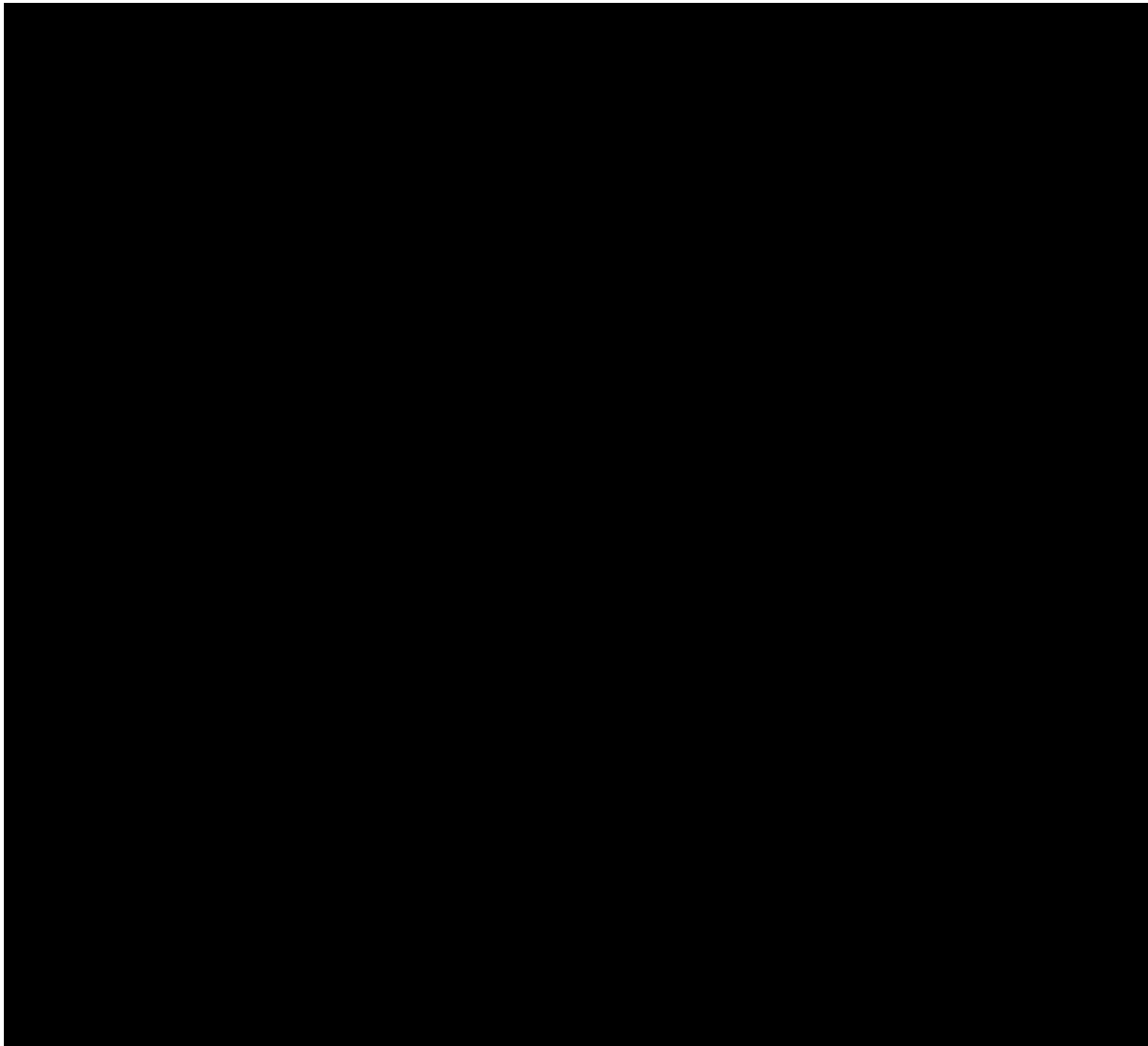
(実施計画「2.48放射性物質分析・研究施設第2棟」より記載)

2. 燃料デブリ等の受入 及び一時的な保管に係るフロー (1/2)

- ① 1Fからのキャスクをローディングドックへ搬入
- ② ローディングドックからサービスエリア(1)へキャスク架台含めて移送
- ③ サービスエリア(1)にてキャスク本体のみ吊上げ、地上2階サービスエリア(2)のコンクリートセルNo.1天井又はサービスエリア(1)のコンクリートセルNo.1背面に接続
- ④ キャスクからコンクリートセルNo.1に容器を搬入
- ⑤ コンクリートセルNo.1からセル間ポート等を通じてコンクリートセルNo.2→No.3→No.4→鉄セル→グローブボックスNo.1→フードNo.1の順に移送
- ⑥ 一時的に保管する場合には、 XXXXXXXXXX
XXXXXXXXXX 試料ピットに収納する。
- ⑦ フードNo.1からフードアウトし、気密及び遮へいを考慮した容器にてグローブボックスNo.2、No.3、No.4、フードNo.2、 α ・ γ 測定室へ移送

2. 燃料デブリ等の受入 及び一時的な保管に係るフロー (2/2)

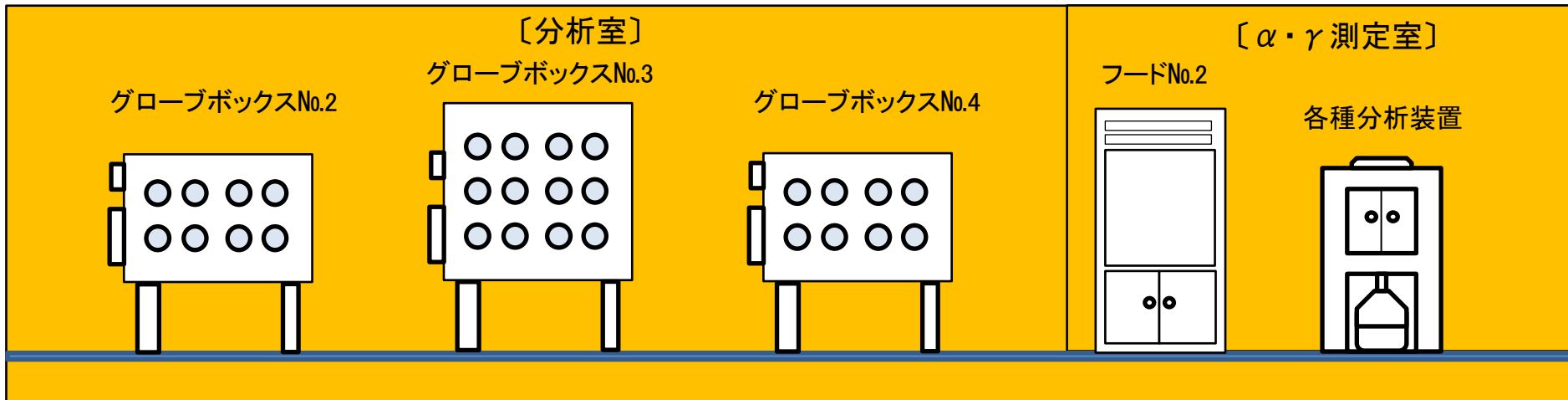
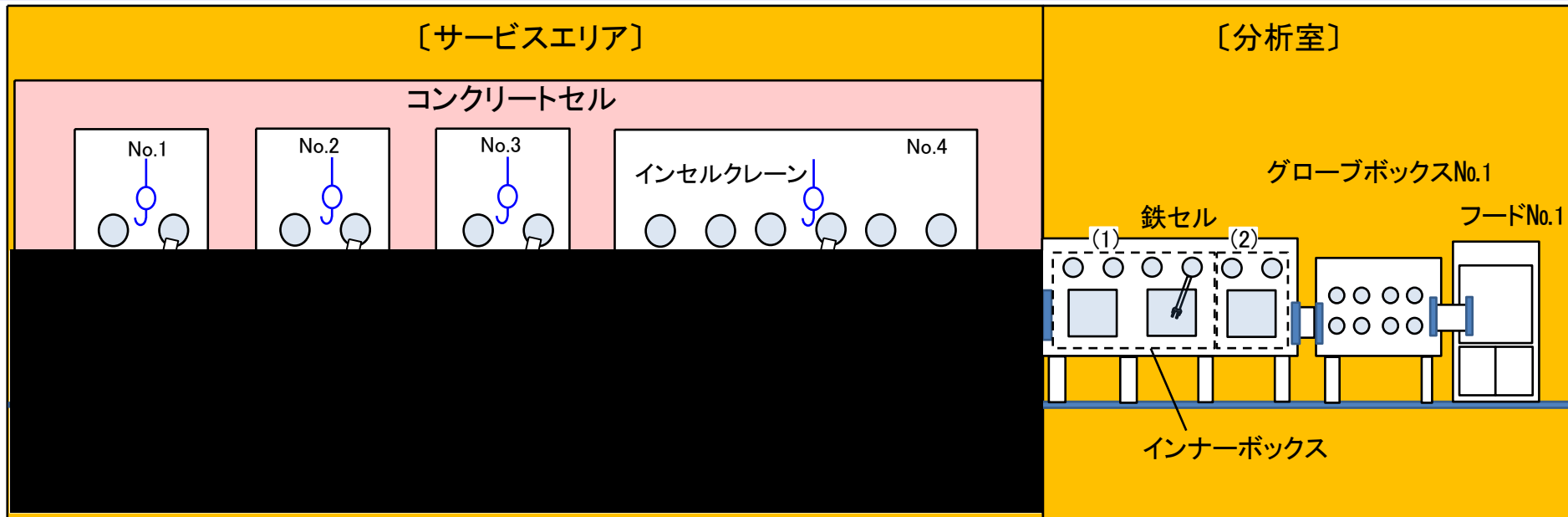
一部改訂



- ② 地上1階ローディングドックから地上1階サービスエリア(1)へキャスク架台含めて移送
- ③ 地上1階サービスエリア(1)にてキャスク本体のみ吊上げ、サービスエリア(2)のコンクリートセルNo.1天井又は地上1階サービスエリア(1)のコンクリートセルNo.1背面に接続

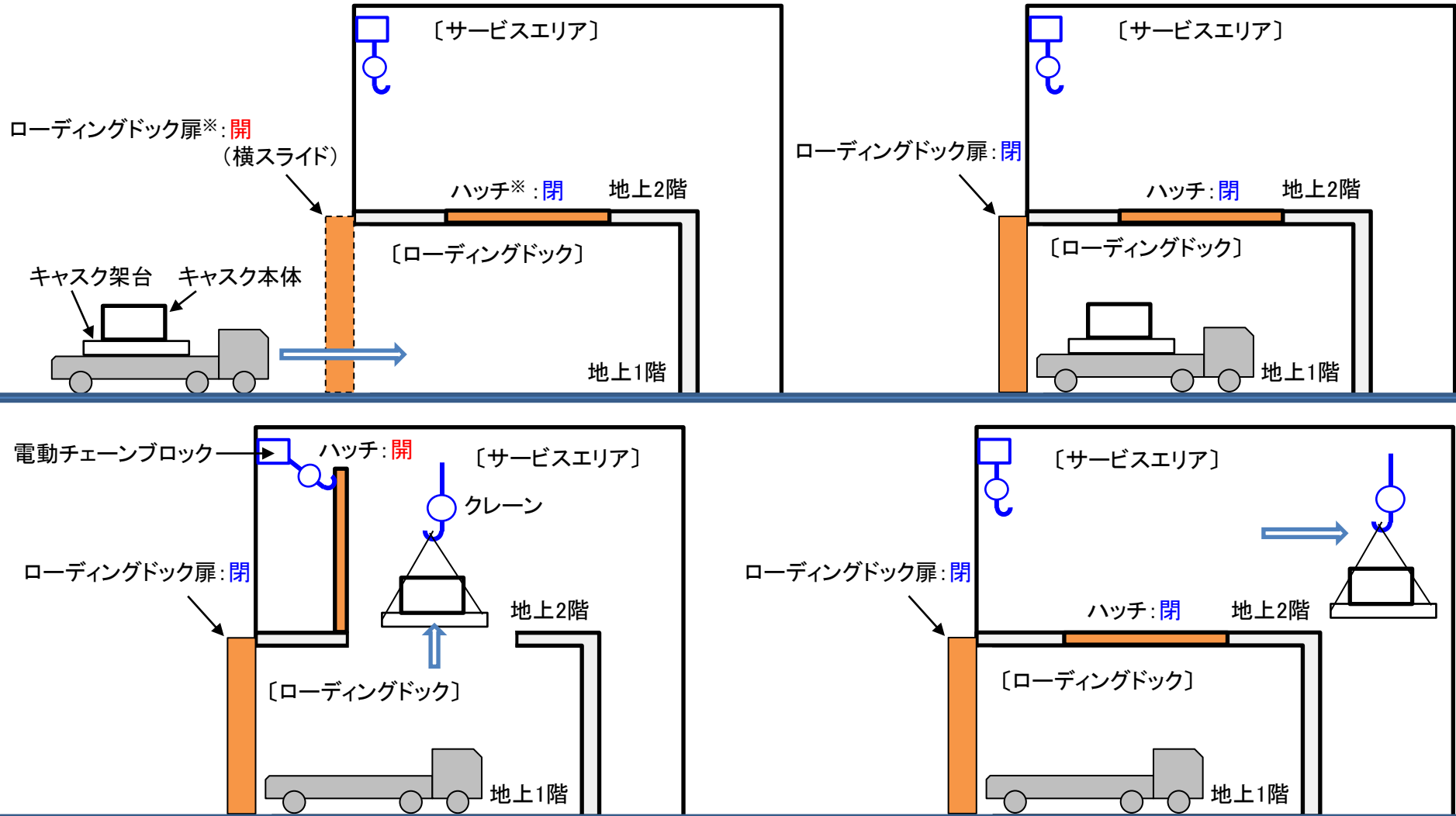
第2棟の機器配置図 地上2階

3. 燃料デブリ等の取り扱い主要設備



4. 燃料デブリ等の移送方法(1/11)

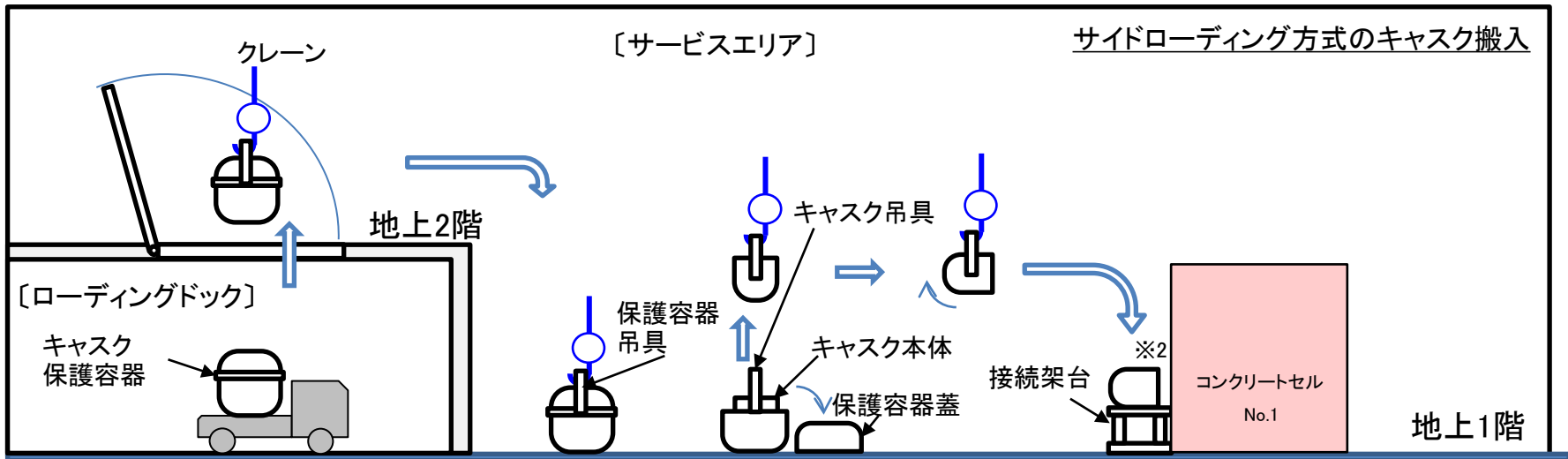
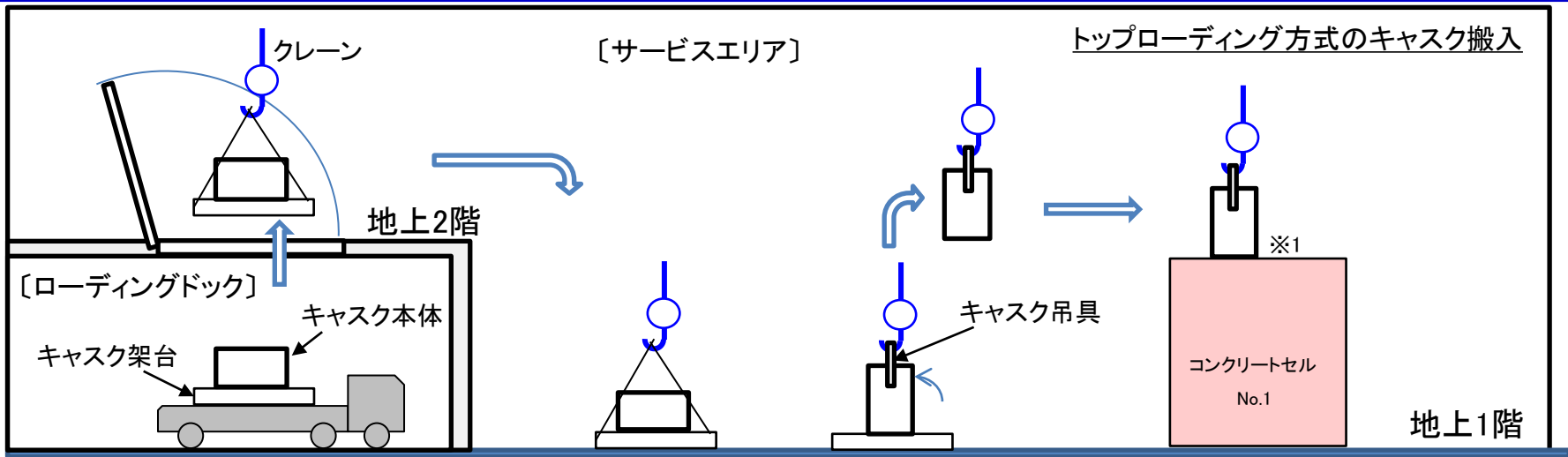
追加説明



※: ローディングドック扉とハッチにインターロックを設置し、同時開放できない設計としている。

ローディングドック扉、ハッチ開閉動作

4. 燃料デブリ等の移送方法(2/11)



キャスクの搬入方法

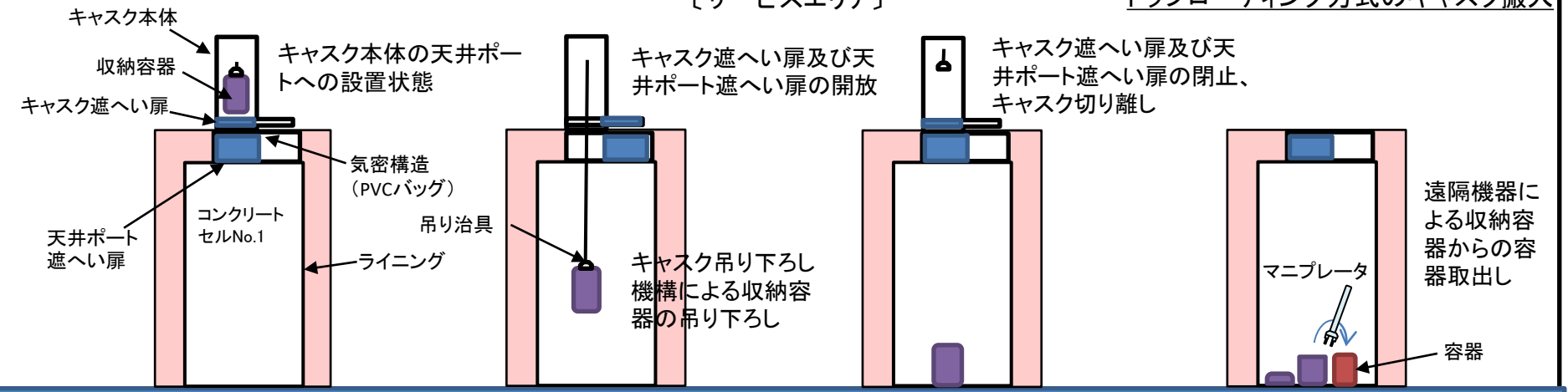
※1: コンクリートセルNo.1の天井に接続
 ※2: コンクリートセルNo.1の背面に接続

4. 燃料デブリ等の移送方法(3/11)

一部改訂

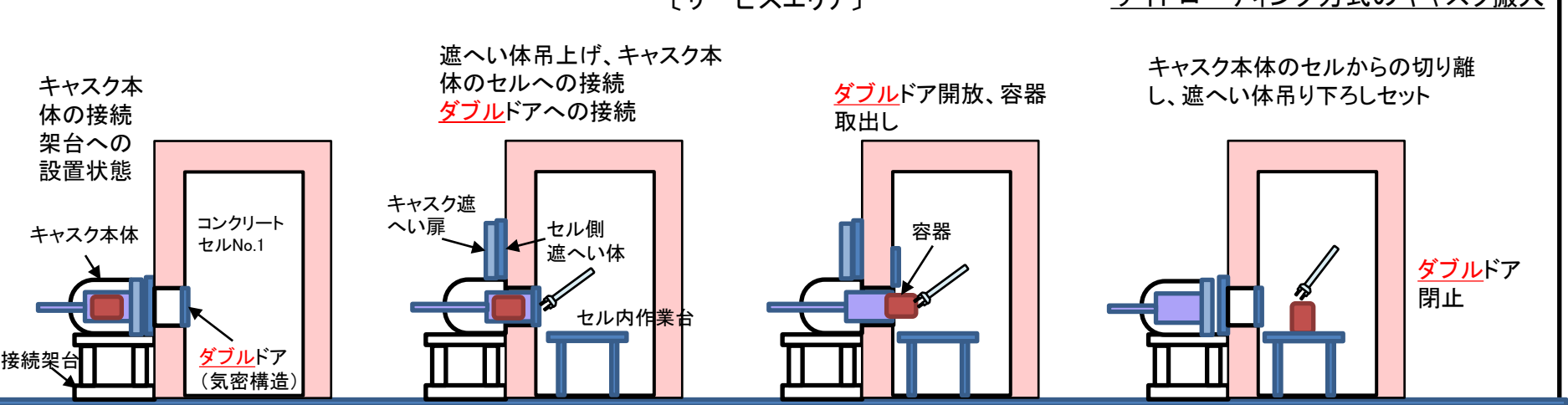
[サービスエリア]

トップローディング方式のキャスク搬入



[サービスエリア]

サイドローディング方式のキャスク搬入

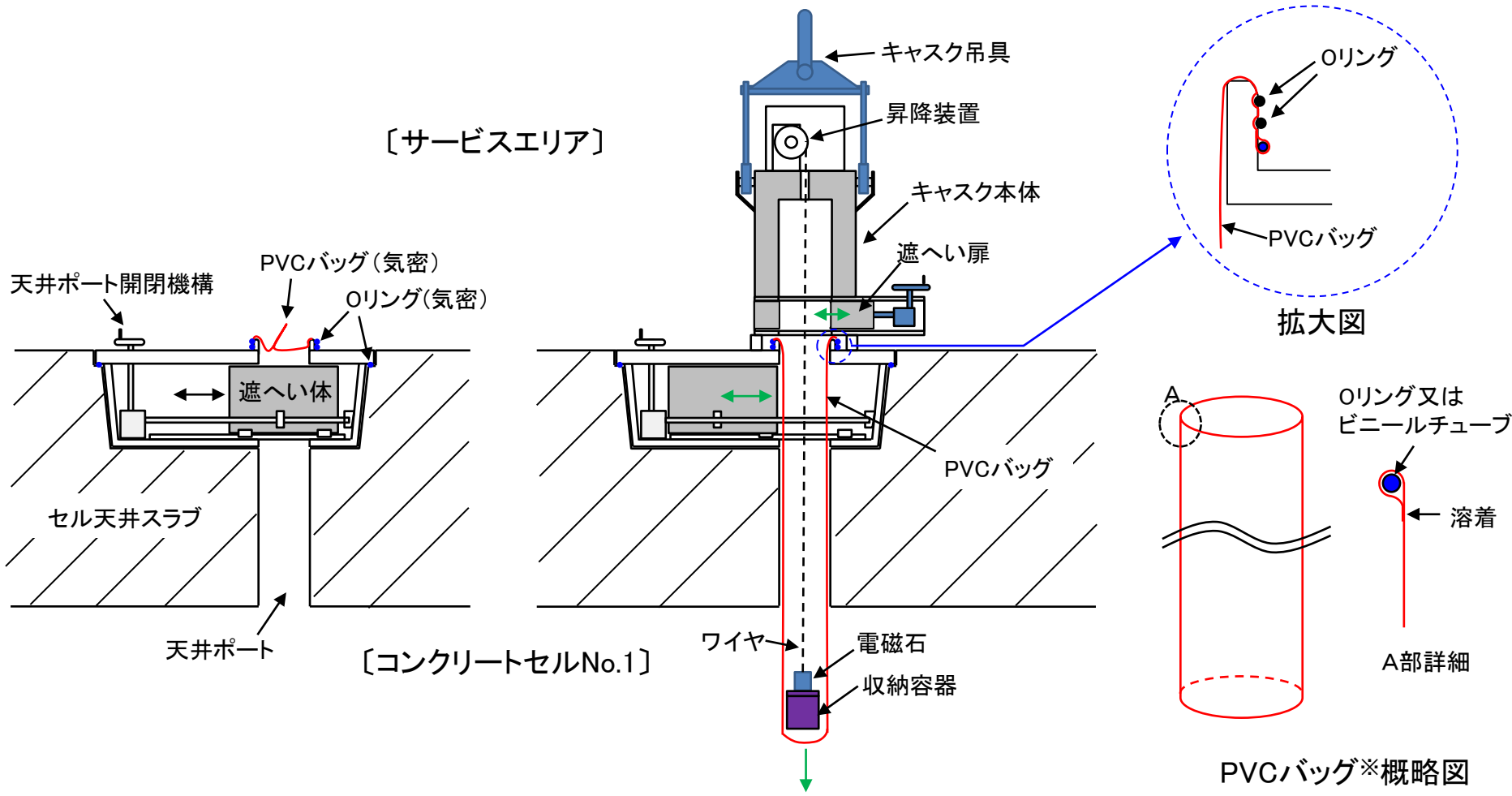


コンクリートセルNo.1への搬入



4. 燃料デブリ等の移送方法(4/11)

追加説明

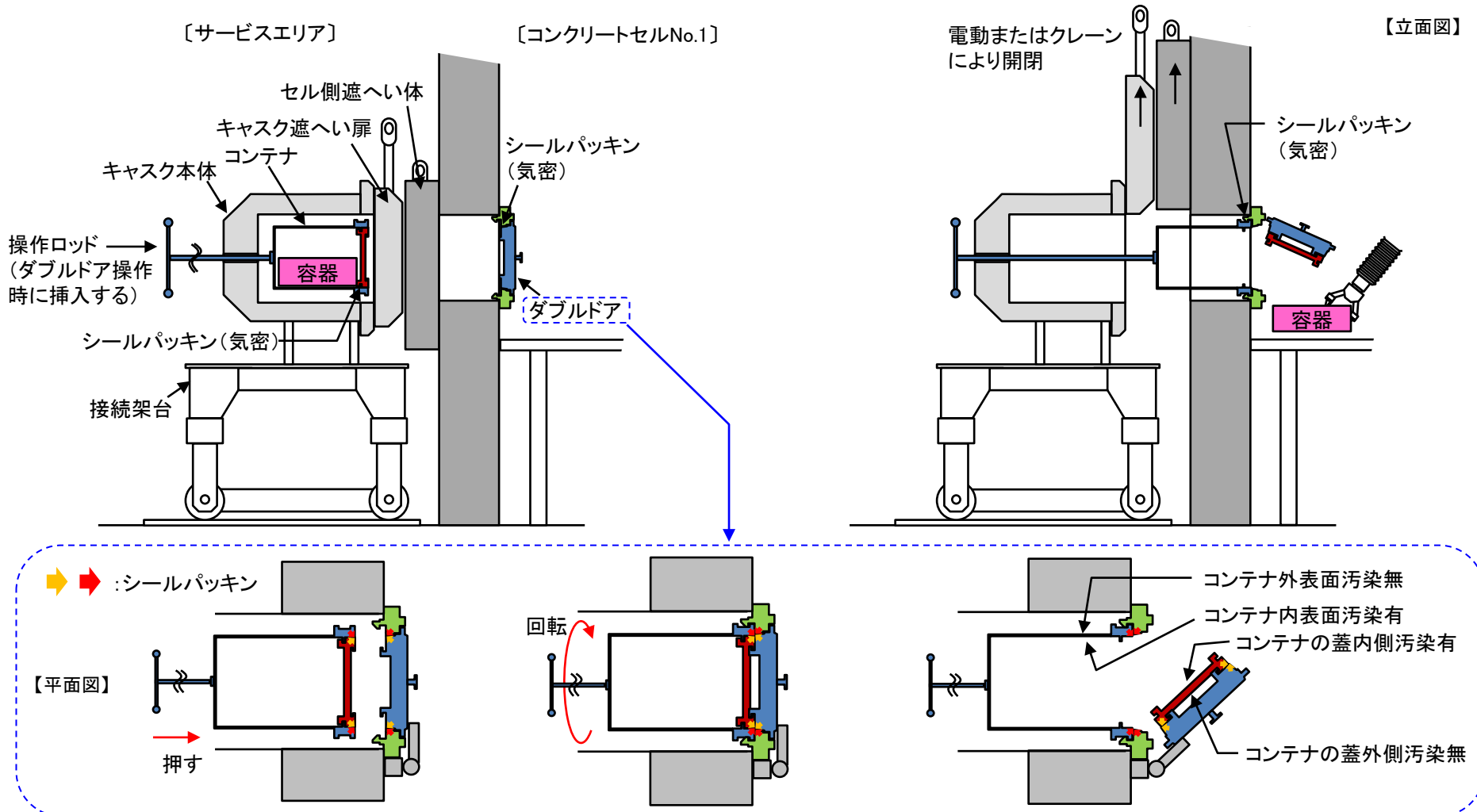


※:PVC(難燃性のポリ塩化ビニール)を筒状に加工したもの。

トッローディング方式によるセル内搬入方法例

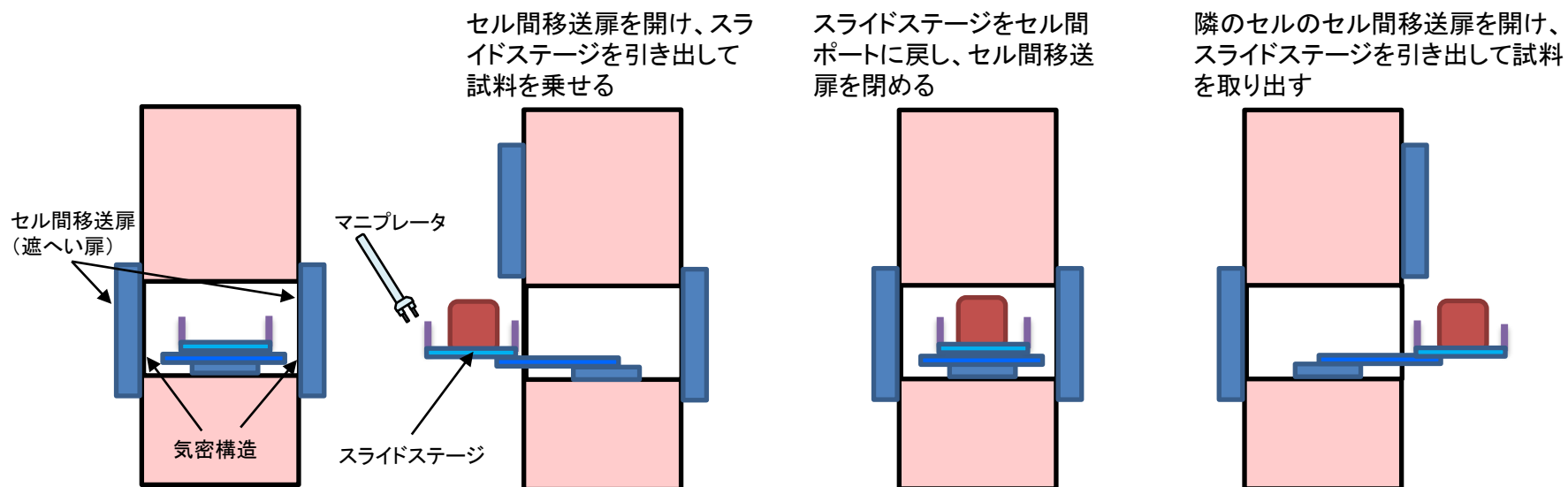
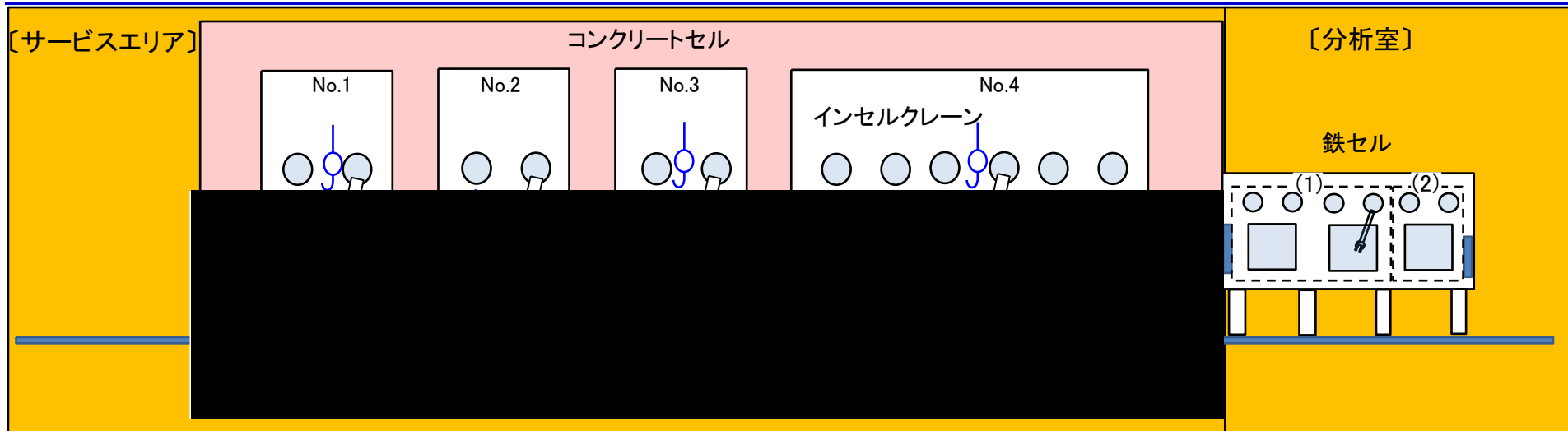
4. 燃料デブリ等の移送方法(5/11)

追加説明



サイドローディング方式によるセル内搬入方法例


4. 燃料デブリ等の移送方法(6/11)

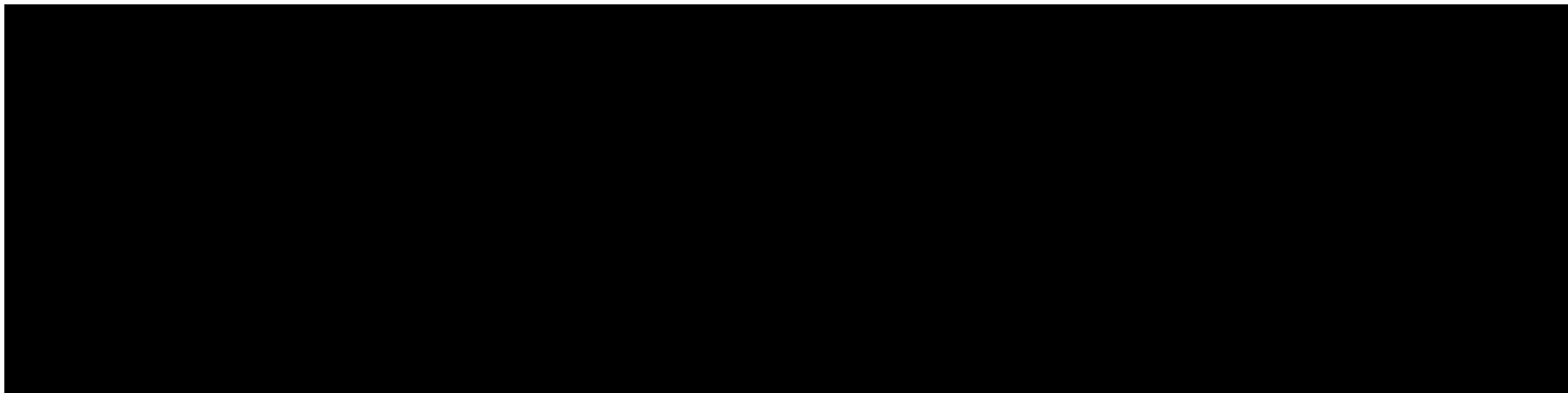



コンクリートセル間の試料の移動方法


4. 燃料デブリ等の移送方法(7/11)

追加説明

試料ピットの最下部に収納された容器を取り出す際には、を空にする。



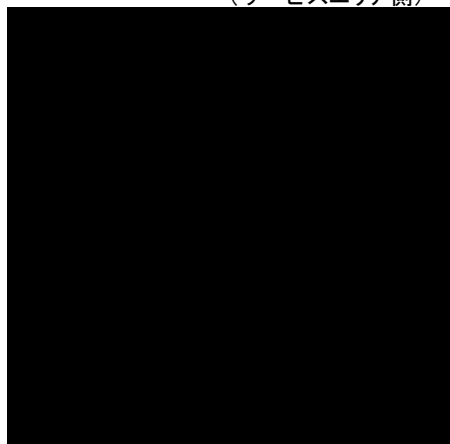
① の遮へい蓋をインセルクレーンにて取り外す。



② 容器をインセルクレーンにて吊上げ、空の へ収納する。

③ 目的の容器を取り出す。

(サービスエリア側)

【平面図】

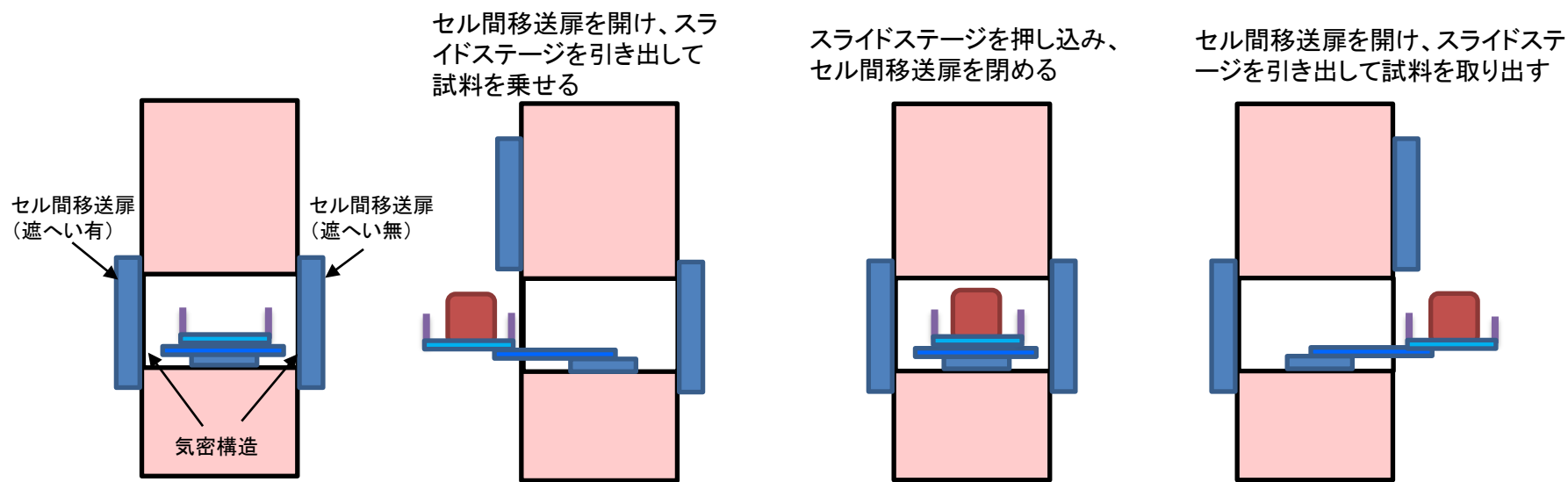
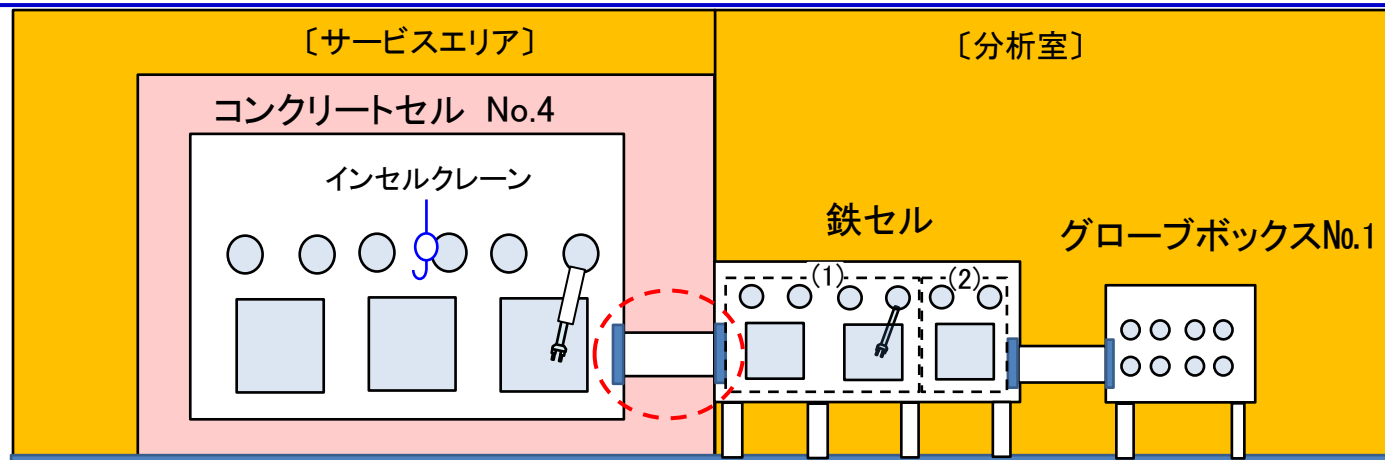


○ : 容器取出しを考慮し、を空にする
○ : 容器を収納する 

(オペレーションエリア側)

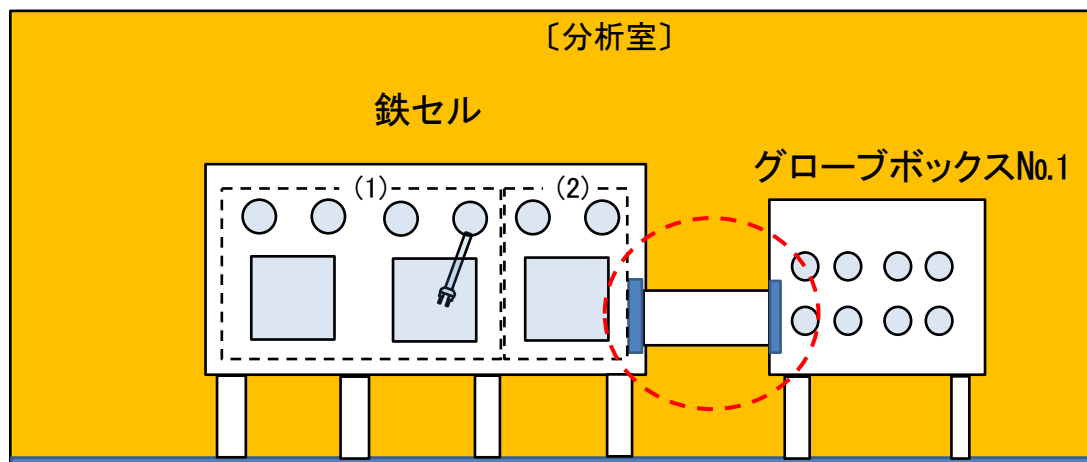
 試料ピットからの容器取出方法例

4. 燃料デブリ等の移送方法(8/11)



コンクリートセル、鉄セル間の試料の移動方法

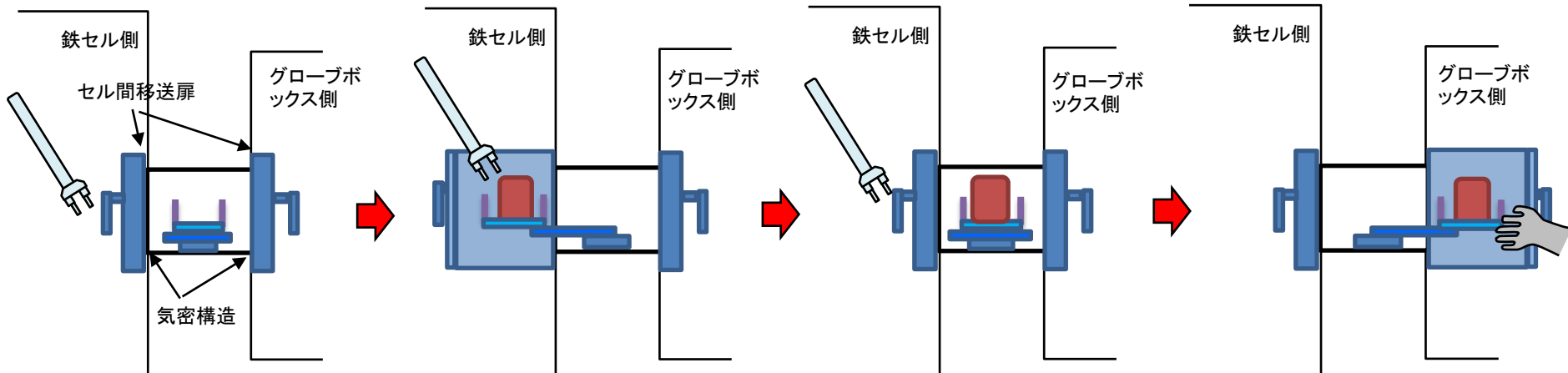
4. 燃料デブリ等の移送方法(9/11)



セル間移送扉を開け、スライドステージを引き出して試料を乗せる

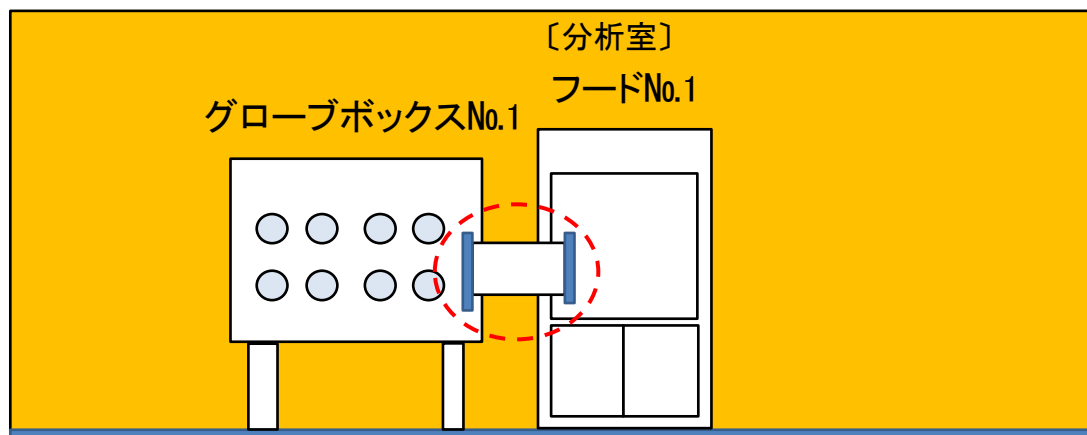
スライドステージを押し込み、セル間移送扉を閉める

セル間移送扉を開け、スライドステージを引き出して試料を取り出す



鉄セル、グローブボックス間の試料の移動方法

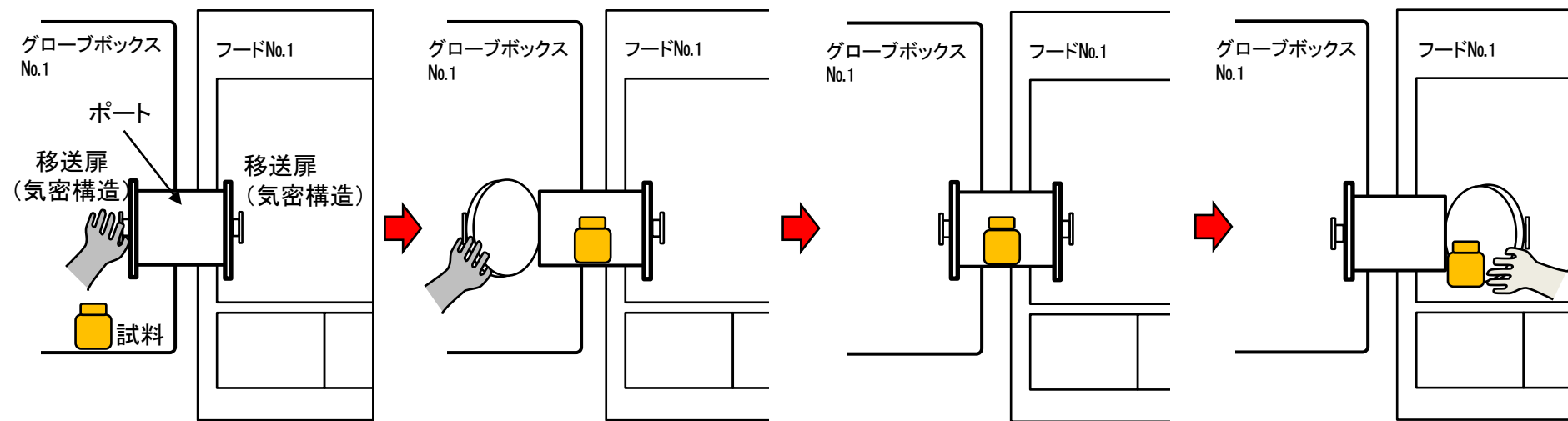
4. 燃料デブリ等の移送方法(10/11)



移送扉を開け、ポート内に
試料を移送する

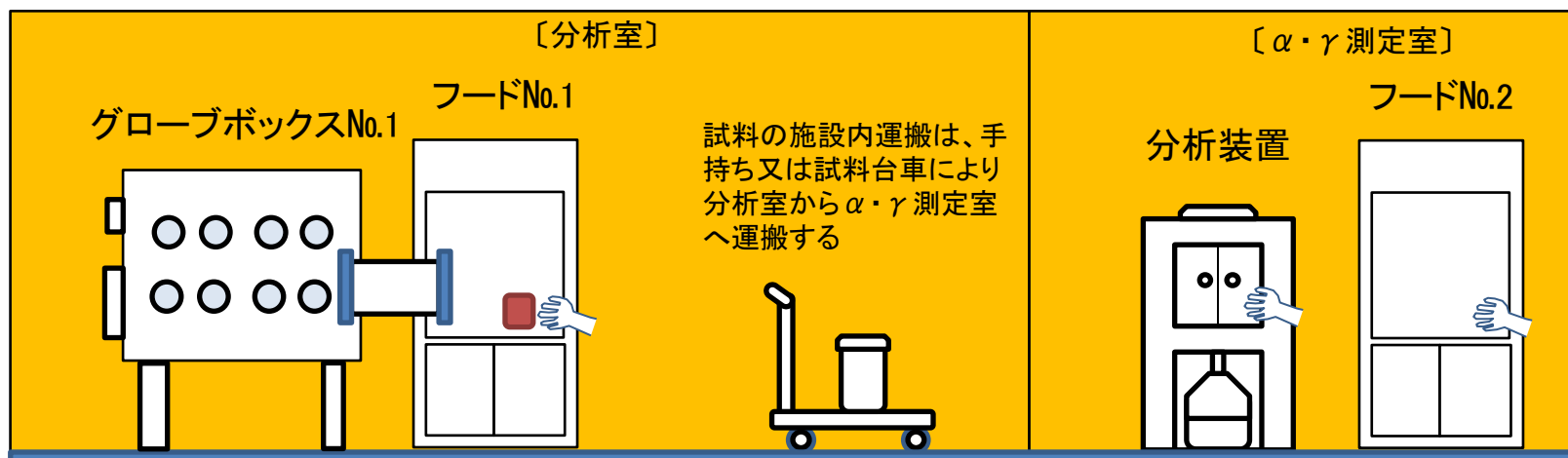
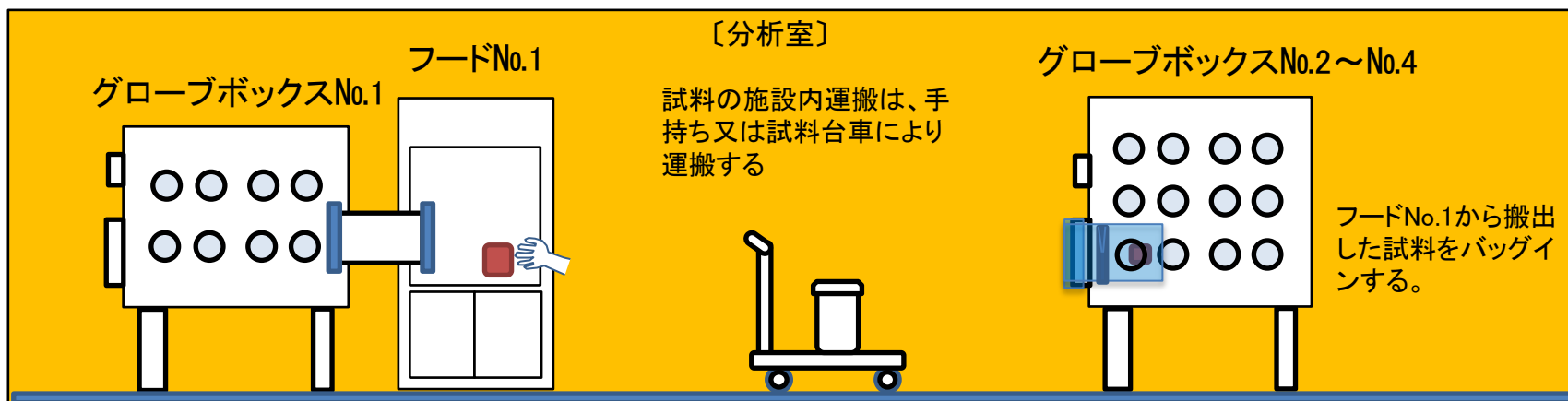
移送扉を閉める

移送扉を開け、試料を取り出す



グローブボックスNo.1、フードNo.1間の試料の移動方法

4. 燃料デブリ等の移送方法(11/11)



施設内での試料取出し及び運搬方法

5. コンクリートセル等における作業内容等(1/10)

一部改訂

	コンクリートセルNo.1	No.2	No.3	No.4		
主な作業内容	1) 燃料受入 2) 収納容器外観確認 3) 収納容器ID確認	1) 収納容器重量測定 2) 容器取出し 3) 容器表面除染 4) 容器ID確認 5) 容器重量測定 ■■■■■	1) XRF測定 2) 線量測定	1) 容器から試料取出 2) 外観確認 3) 寸法測定 4) 重量測定 5) 線量測定	6) 切断 7) 樹脂埋め 8) 研磨 9) 粉砕 10) ふるい分け	11) アルカリ融解 12) H3,C14,I129分析前処理 13) 塩素抽出 14) 水素ガス捕集 15) 分析廃液固化
主な形態	1)～3): 固体	1)～6): 固体	1)2): 固体	1)～5): 固体	6)8)9): 固体、粉体※ ₁ 7) 固体、10) 粉体※ ₂	11): 粉体※ ₂ 、液体、気体 12)～13): 固体、液体、気体 14): 固体、気体 15): 液体、固体
最大取扱量	■■■■■					
想定取扱量	1)～3): 最大■■■■■	1)～6): 最大■■■■■	1)2): 数■■■■ オーダ～ 最大■■■■■	1)～5): 最大■■■■■	6): ■■■ (数■■■■ オーダ※ ₁) 7)8): 数■■■■ オーダ 9)10): 数■■■■ オーダ	11): 数■■■■ オーダ 12)13): 数■■■■ オーダ 14): 数■■■■ オーダ 15): 数■■■■ オーダ

※1: 切断等に伴い発生する切断粉 ※2: 粉砕にて作製した試料

5. コンクリートセル等における作業内容等(2/10)

一部改訂

	鉄セル(1)		鉄セル(2)	グローブボックスNo.1	フードNo.1
主な作業内容	1)蒸着(導電処理) 2)EPMA分析 3)イオンエッチング 4)光学顕微鏡観察 5)硬さ、じん性測定	6)水分量測定 7)全有機炭素測定	1)核種分離 ・イオン交換 ・沈殿、共沈 ・濃縮、蒸発乾固 ・希釈、定容	1)核種分離 ・イオン交換 ・沈殿、共沈 ・濃縮、蒸発乾固 ・希釈、定容 2)試料焼付	1)グローブボックスへの試料等の搬出入
主な形態	1)～5): 固体(樹脂埋め試料)	6): 固体、液体、気体 7): 固体、気体	1): 固体、液体、気体	1): 固体、液体、気体 2): 液体、固体	1): 固体、液体
最大取扱量	■			■※1	
想定取扱量	1)～5): 数■オーダー	6)7): 数■オーダー	1): 数■オーダー	1): 数■オーダー	1): 数■オーダー
	グローブボックスNo.2	グローブボックスNo.3	グローブボックスNo.4	フードNo.2	α・γ測定室
主な作業内容	1)イオンクロマトグラフ測定 2)ガスクロマトグラフ測定	1)ICP-MS測定	1)ICP-AES測定	1)マイラー処理 2)液体シンチレーションカウンタ分析前処理	1)αスペクトロメータ測定 2)ガスフローカウンタ測定 3)Ge半導体検出器測定 4)液体シンチレーションカウンタ測定
主な形態	1): 液体 2): 気体	1): 液体、気体	1): 液体、気体	1): 固体 2): 液体	1)2): 固体 3): 固体、液体 4): 液体
最大取扱量	■※1				
想定取扱量	1): 数■オーダー 2): -	1): 数■オーダー	1): 数■オーダー	1): 数■オーダー 2): 数■オーダー	1): 数■オーダー 2): 数■オーダー 3): 数■オーダー 4): 数■オーダー

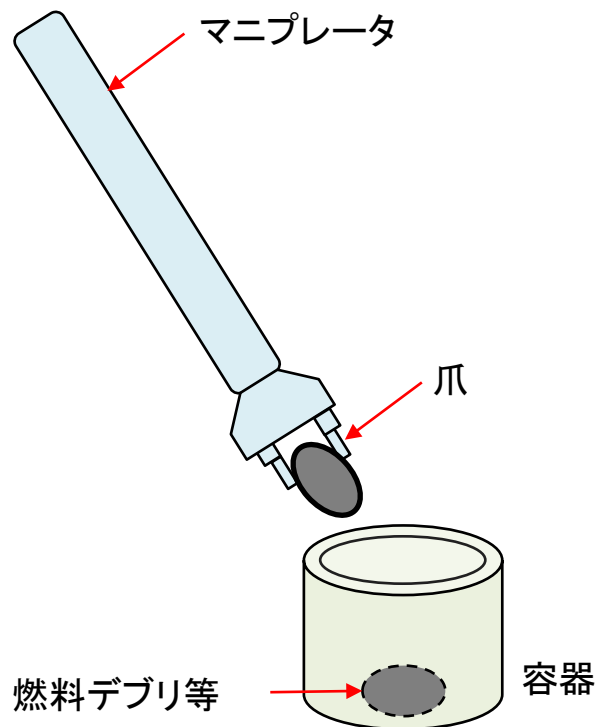
※1: グローブボックスNo.1～4、フードNo.1～2、α・γ測定室の合計

5. コンクリートセル等における作業内容等(3/10)

追加説明

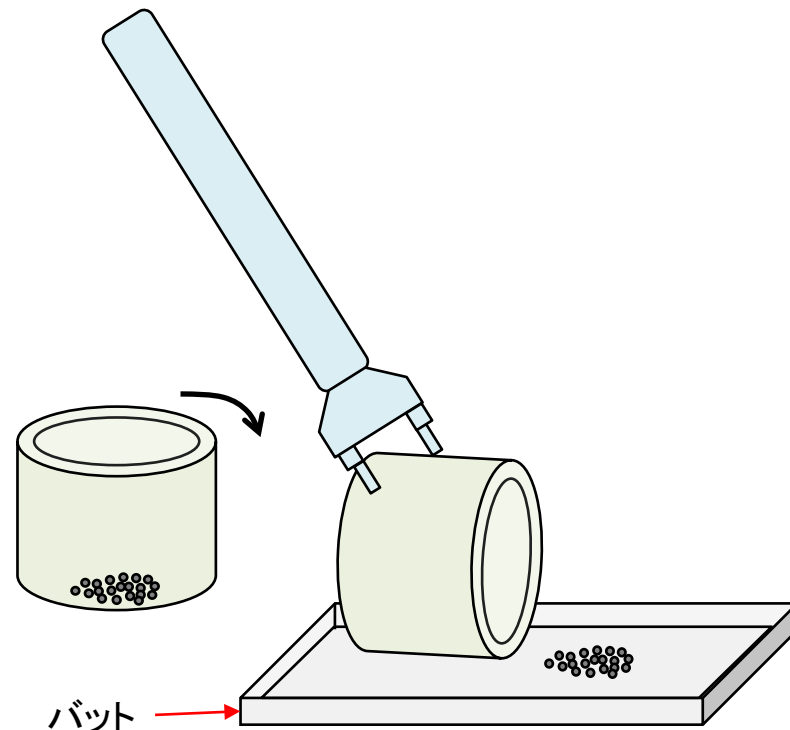
〔コンクリートセルNo.4: 容器から試料取出し作業例〕

- ① マニプレータの爪で塊状の燃料デブリ等を把持して取り出す※



※: 必要に応じて、専用治具を使用する。

- ② マニプレータの爪で取り出せない細かい粒状のものは容器を傾けて取出し、バット上に回収する



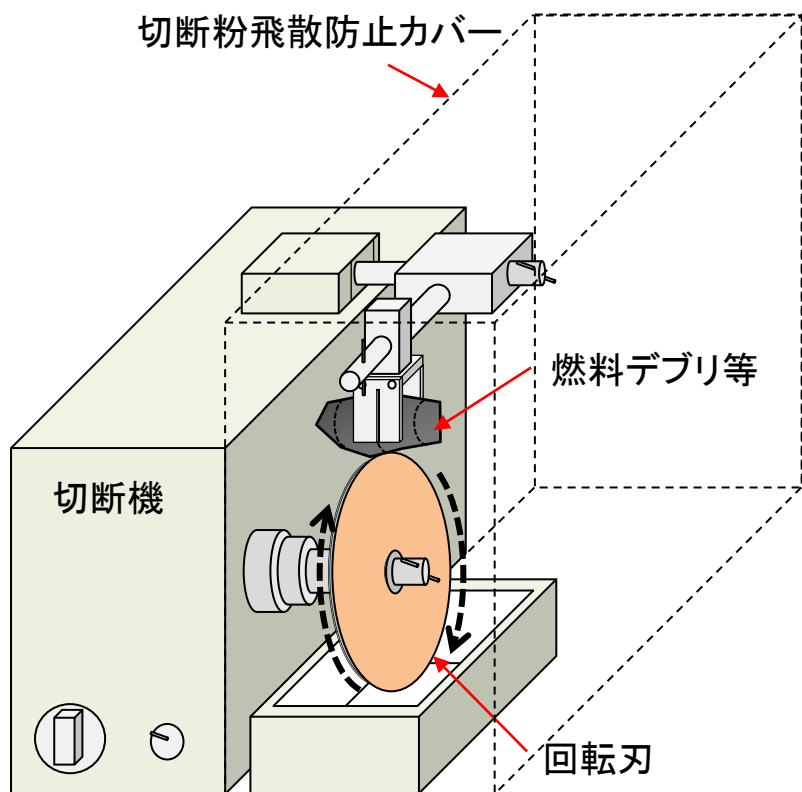
5. コンクリートセル等における作業内容等(4/10)

追加説明

〔コンクリートセルNo.4:切断、研磨作業例〕

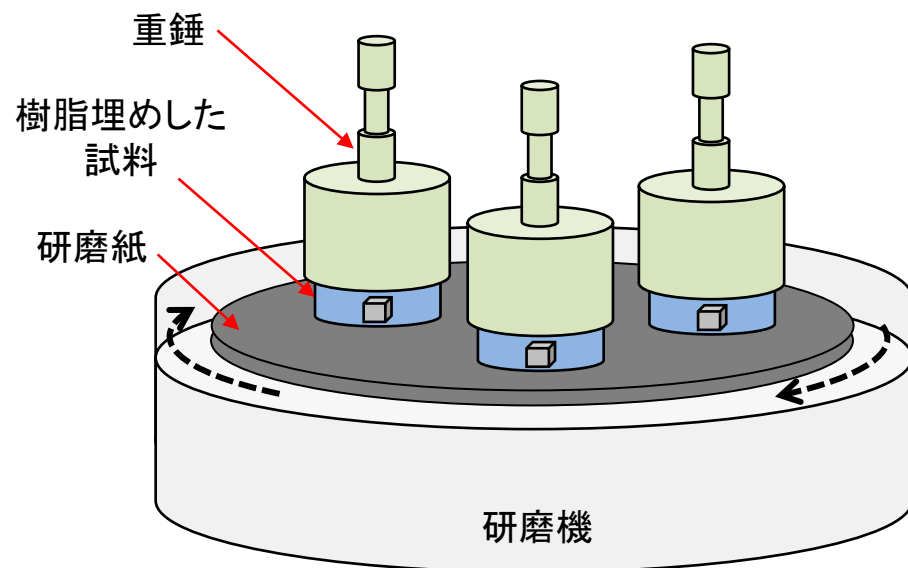
切断方法

回転刃を回転させて、燃料デブリ等を切断する



研磨方法

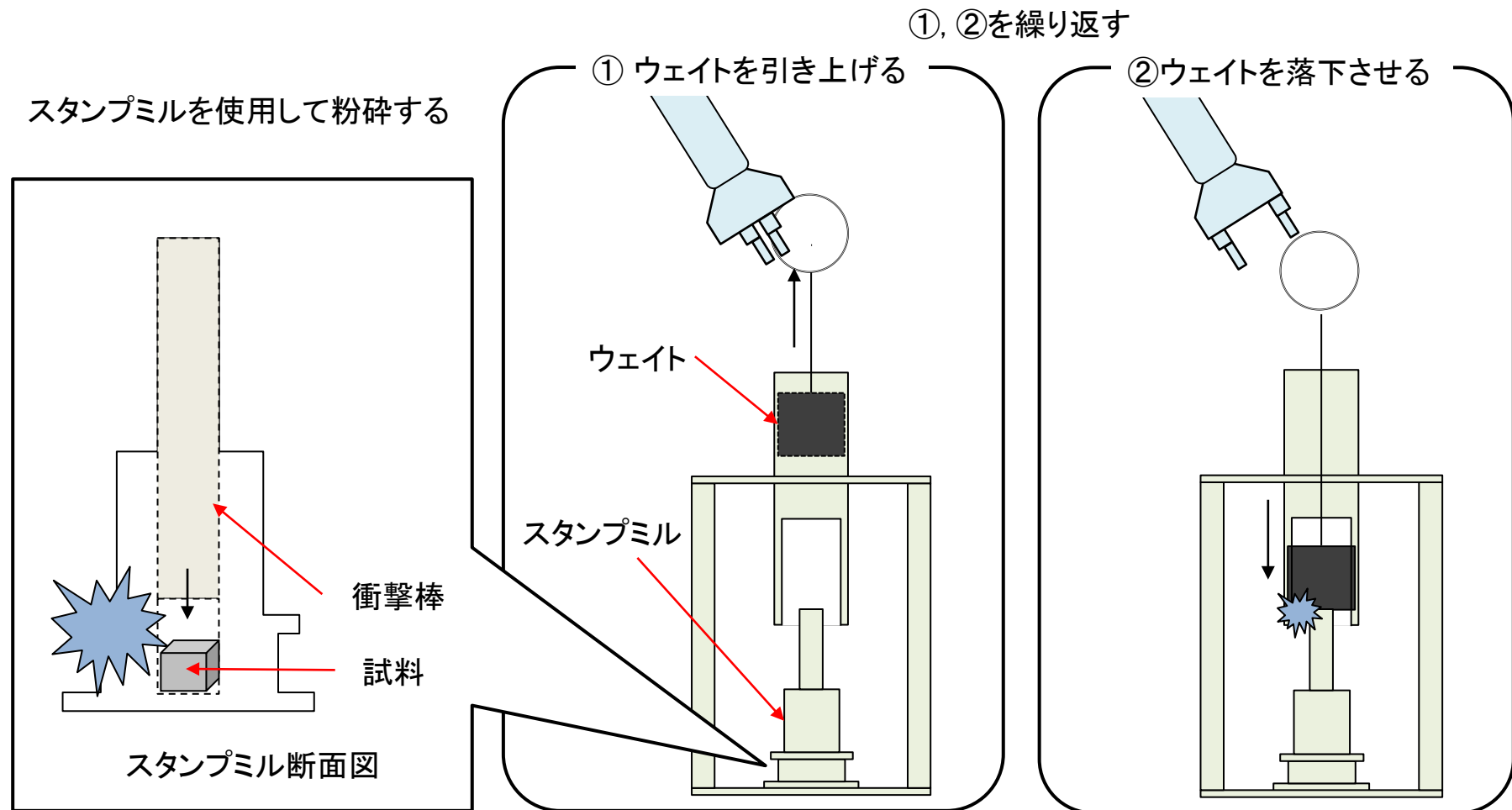
樹脂埋めした燃料デブリ等を研磨機により研磨する



5. コンクリートセル等における作業内容等(5/10)

追加説明

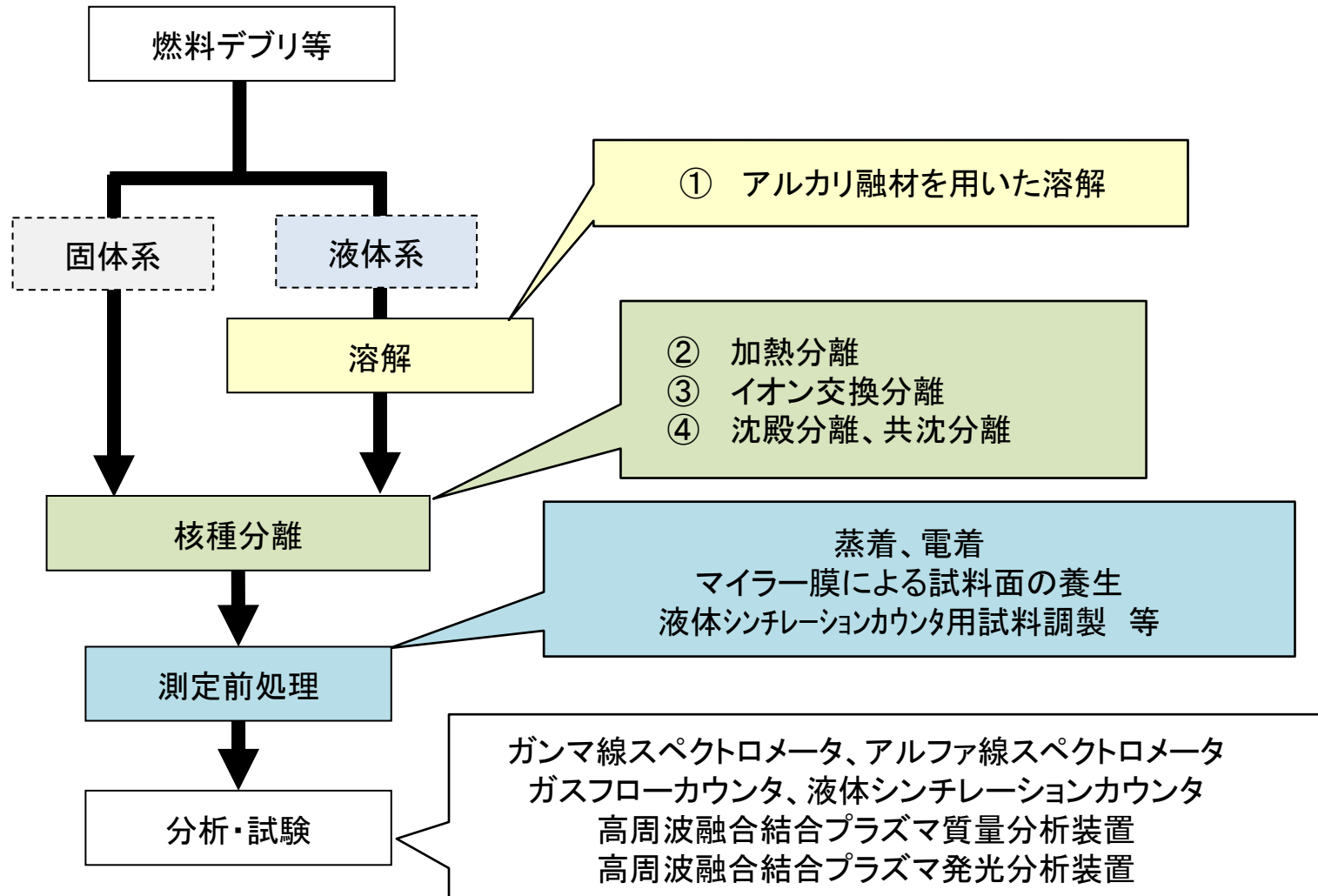
〔コンクリートセルNo.4: 粉砕作業例〕



5. コンクリートセル等における作業内容等(6/10)

追加説明

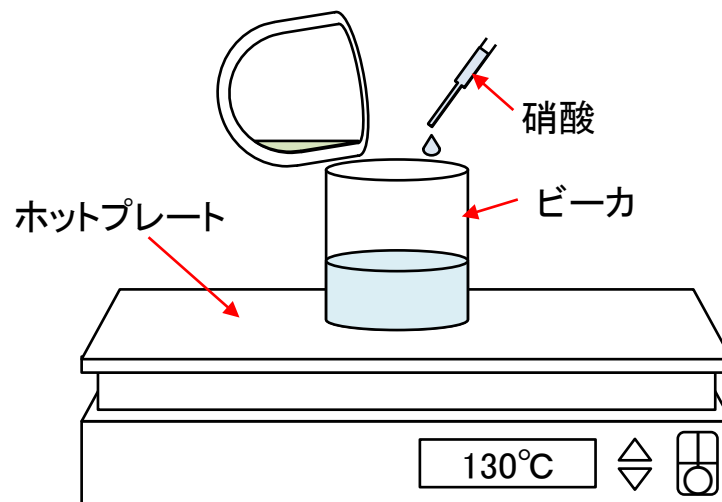
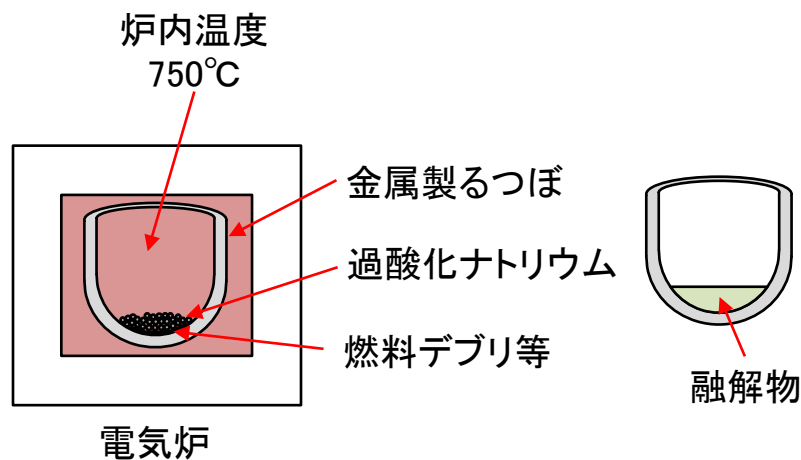
核種分離を伴う分析・試験の作業フローを以下に示す。



5. コンクリートセル等における作業内容等(7/10)

追加説明

〔コンクリートセルNo.4:アルカリ融解作業例〕



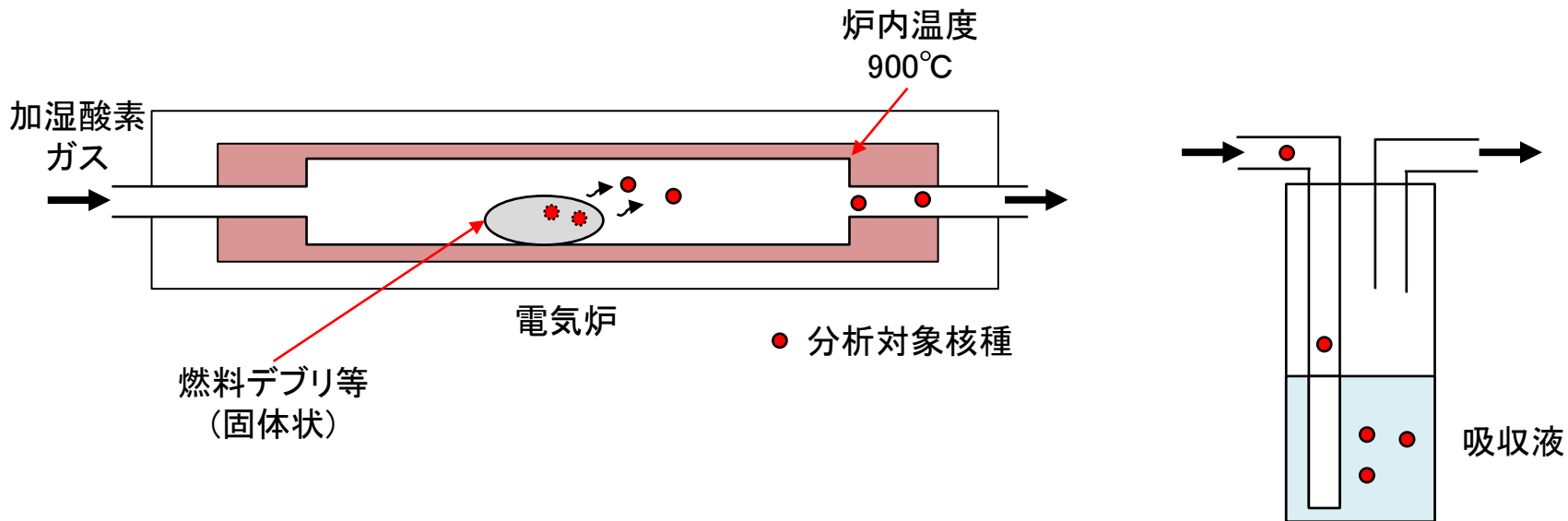
① 過酸化ナトリウムと燃料デブリ等を金属製のつぼに入れ、750°Cに加熱して融解物とする。

② 融解物をビーカに移し替え、硝酸を加えて加熱して溶液化する。

5. コンクリートセル等における作業内容等(8/10)

追加説明

[コンクリートセルNo.4:H3,C14,I129分析前処理作業例]

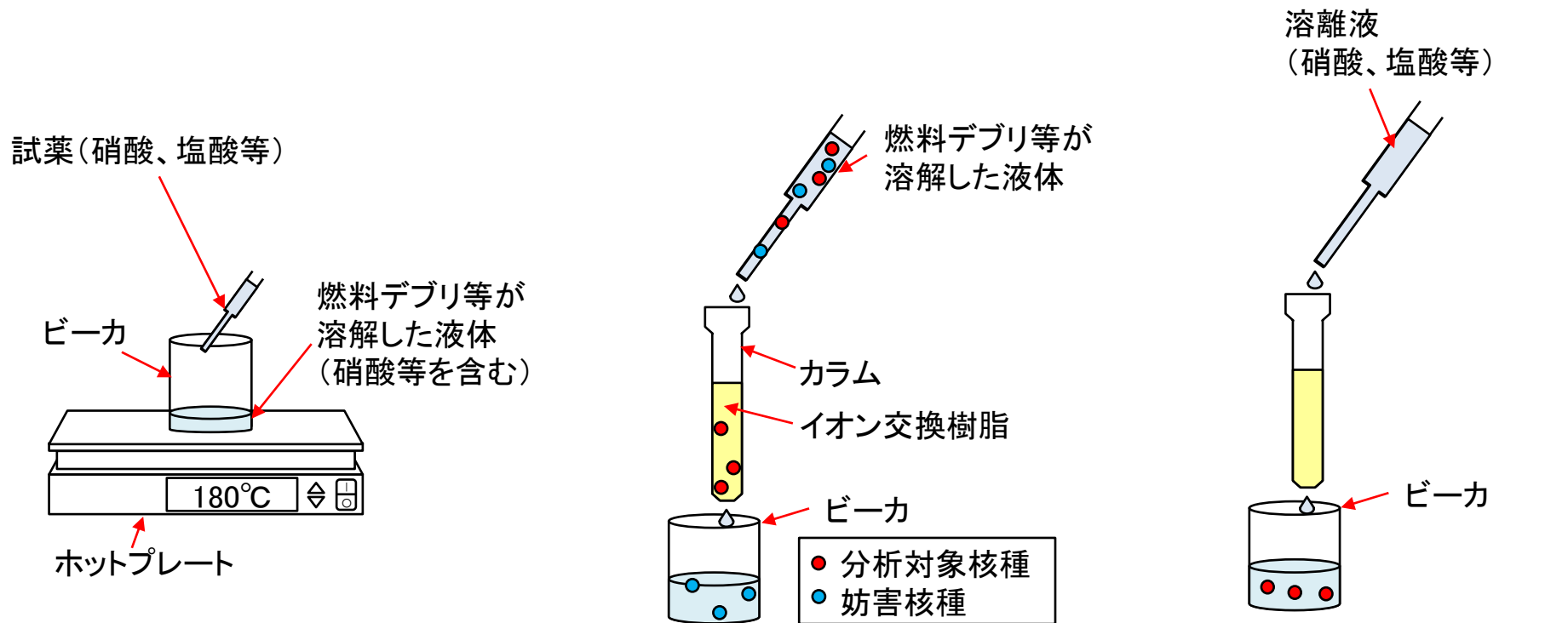


- ① 燃料デブリ等を加熱し、分析対象核種を気化させて分離する。
- ② 気化した分析対象核種を吸収液に回収する。吸収液は、p.10～p.15の方法にてグローブボックスNo.3又は α ・ γ 測定室へ移送する。

5. コンクリートセル等における作業内容等(9/10)

追加説明

〔鉄セル(2)、グローブボックスNo.1:核種分離(イオン分離)作業例〕



① 分析対象核種をイオン交換樹脂に吸着しやすい化学形に変換するため、試薬を加えて加熱する※。

② 燃料デブリ等が溶解した試料を、イオン交換樹脂の入ったカラムの上部から添加し、分析対象核種をイオン交換樹脂に吸着させて分離する。

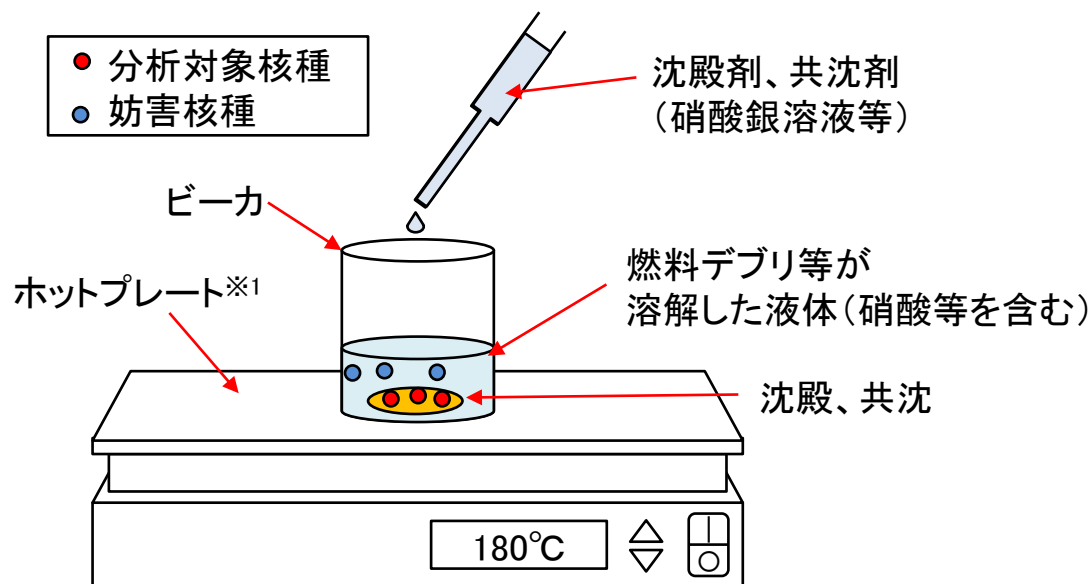
③ 吸着した分析対象核種を溶離液で溶出させ、回収する。

※:分析対象核種によっては①を行わない場合もある。

5. コンクリートセル等における作業内容等(10/10)

追加説明

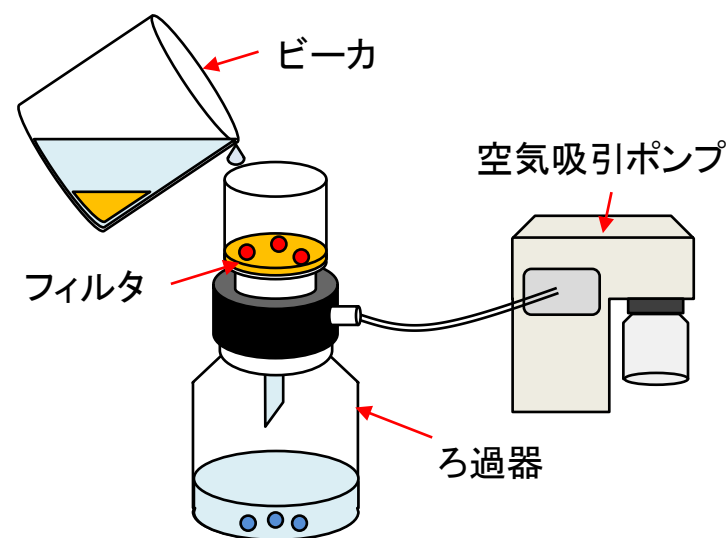
〔鉄セル(2)、グローブボックスNo.1:核種分離(沈殿、共沈)作業例〕



- ① 燃料デブリ等が溶解した試料に沈殿剤、共沈剤を添加し、加熱して分析対象核種を沈殿、共沈させる※2。

※1:分析対象核種によっては加熱しない場合もある。

※2:妨害核種を沈殿、共沈させ、分析対象核種を溶液側に残す場合もある。



- ② ろ過により分析対象核種を分離してフィルタ上に回収する。

6. 分析残試料等の扱いについて

追加説明

- コンクリートセルNo.4にて発生する固体状の分析残試料(切断片、切断粉等)は、容器に収納して■■■■の試料ピットにて一時的に保管する。
- コンクリートセルNo.3、No.4及び鉄セル(1)にて発生する固体状の分析済試料は、容器に収納して■■■■の試料ピットにて一時的に保管する。
- コンクリートセルNo.4、鉄セル(2)、グローブボックスNo.1及びフードNo.1にて発生する放射能濃度の高い液体状の分析残試料は、固化した後に容器に収納して■■■■の試料ピットに一時的に保管する。
- 鉄セル(1)にて発生する放射能濃度の高い液体状の分析済試料は、固化した後に容器に収納して■■■■の試料ピットに一時的に保管する。

7. 燃料デブリ等の搬出及び一時的な保管に係るフロー (1/3)

一部改訂

【燃料デブリ等の搬出】



「1. 燃料デブリ等のフロー」中の分析試料等は、「2. 燃料デブリ等の受入及び一時的な保管に係るフロー」に記載のローディングドックからフードNo.1までのフローの逆順序にて移送し、1Fへ払い出す。

【放射性廃棄物の搬出】

「資料-2 放射性廃棄物の考慮について」にて説明する。

7. 燃料デブリ等の搬出及び一時的な保管に係るフロー (2/3)

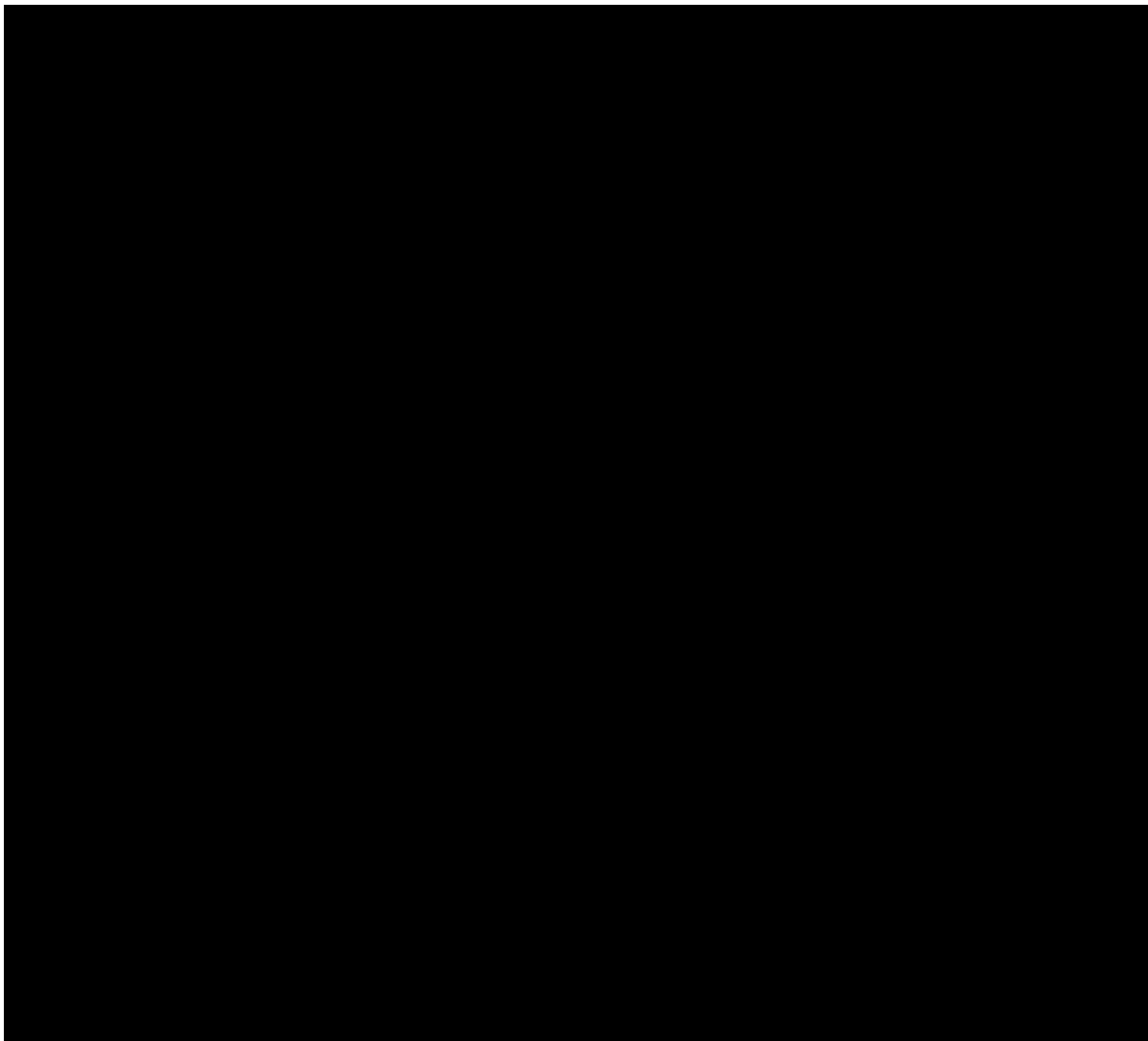
追加説明

- ① フードNo.1、グローブボックスNo.1、鉄セル、コンクリートセルにて発生した分析済試料等をセル間移送ポート等を介して移送
- ② 一時的に保管する場合には、
試料ピットに収納
- ③ コンクリートセルNo.1まで移送された分析済試料等を、キャスクへ収納する。
- ④ 地上2階のコンクリートセルNo.1天井又はサービスエリア(1)のコンクリートセルNo.1背面からキャスクを切り離し、キャスクをサービスエリア(1)にてキャスク架台に設置
- ⑤ サービスエリア(1)からローディングドックへキャスク架台含めて移送
- ⑥ ローディングドックにてトラックに積載して第2棟より搬出

第2棟の機器配置図 地上1階

7. 燃料デブリ等の搬出及び一時的な保管に係るフロー (3/3)

追加説明



- ④ コンクリートセルNo.1天井又は地上1階サービスエリア(1)のコンクリートセルNo.1背面からキャスクを切り離し、キャスクを地上1階サービスエリア(1)にてキャスク架台に設置
- ⑤ 地上1階サービスエリア(1)から地上1階ローディングドックへキャスク架台含めて移送

第2棟の機器配置図 地上2階

放射性物質分析・研究施設第2棟に係る
実施計画の変更認可申請について
(臨界管理の方法について)

6月4日面談資料改訂版

2020年6月30日

東京電力ホールディングス株式会社
国立研究開発法人日本原子力研究開発機構



1. 臨界管理の方法(2/2)

追加説明

第2棟における臨界管理の方法として、受け入れる燃料デブリ等に含まれる核燃料物質の量を定量し管理することが困難であることから、燃料デブリ等のすべてを核燃料物質とみなし、測定可能な燃料デブリ等の重量をもって管理する。

第2棟における臨界管理の方法は以下のように実施する。

(燃料デブリ等の取扱場所における管理)

コンクリートセル、鉄セル並びに分析室及び α ・ γ 測定室において、燃料デブリ等を取り扱う作業を実施する場合、各取扱場所における最大取扱量を超えないことを確認する(質量管理)。

(試料ピットにおける管理)

燃料デブリ等は、コンクリートセルNo.4において重量測定し、 \blacksquare 以下であることを確認(質量管理)した上で容器に収納する。その後、 \blacksquare の試料ピットに一時的に保管する(形状管理)。

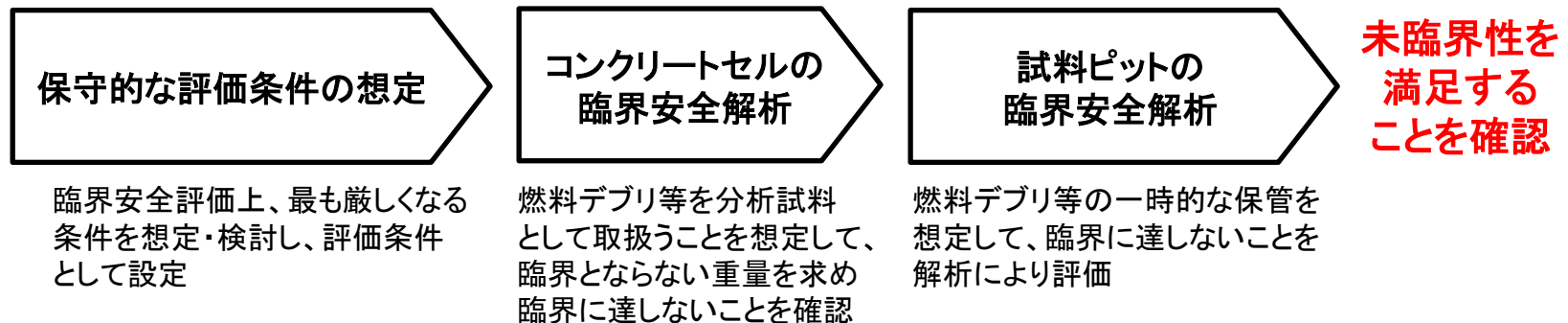
具体的には、燃料デブリ等の受入れ及び施設内の移送の都度、計算機又は伝票を用いて臨界管理上安全であること(受入れ、移送に伴う各取扱場所での存在量が最大取扱量を超えないこと)を確認する。さらに、実際の受入れ及び移送にあたっては、作業を担当する者以外の第三者(例:計量管理担当者)による立会いを行い、移送物及び伝票等の内容に相違のないことを確認する。

2. 臨界安全評価の基本方針

第2棟で想定する燃料デブリ等の最大取扱量及び臨界管理方法を下表に示す。

取扱場所	最大取扱量	臨界管理方法
コンクリートセルNo.1~4: 合計	■	質量管理
試料ピット ■	■	質量管理及び形状管理

また、以下のフローに基づき、未臨界性を満足することを確認する。なお、未臨界性の判断基準は、中性子実効増倍率(k_{eff})に標準偏差の3倍(3σ)を加えた値が0.95以下※¹ となることとする。



※1: 『臨界安全ハンドブック第2版』, 日本原子力研究所, (1999)

3. 保守的な評価条件の想定

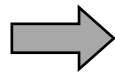
- 燃料デブリ等のすべてが核燃料で構成されていると想定する。
- 酸化物と比較して核分裂性物質の重量割合が高くなる金属を想定する。
- 燃焼した燃料より核分裂性物質を多く含む、未照射燃料を想定する。

さらに、1F 1及び2号機、並びに3号機の UO_2 燃料及びMOX燃料について比較・検討を行い、臨界安全評価上、厳しいもので評価を行うこととした。

4. 比較に用いる燃料組成の検討(1/2)－UO₂燃料－

1F 1～3号機に装荷されたUO₂燃料(未照射)の²³⁵U濃縮度に基づき、UO₂燃料の燃料組成を核分裂性物質の重量割合が高くなるように設定した。

	実績値[wt%]
²³⁵ U濃縮度	■



	評価値[wt%]
	■

核分裂性物質である²³⁵Uの濃縮度を保守的に ■ とした。

$$^{235}\text{U濃縮度} = \frac{^{235}\text{U}}{\text{U}} \times 100$$

4. 比較に用いる燃料組成の検討(2/2) - MOX燃料 -

1F 3号機に装荷されたMOX燃料(未照射)のPu含有率等に基づき、MOX燃料の燃料組成を核分裂性物質の重量割合が高くなるように設定した。

	実績値[wt%]		評価値[wt%]
Pu含有率	■	→	■
²³⁵ U濃縮度	■		■*

- ① Pu + ²⁴¹Amの含有率を ■ とした。
- ② ²³⁵Uの濃縮度を ■* とした

※ $^{235}\text{U}/\text{U} \times 100 = \text{■}$ は
 $^{235}\text{U}/(\text{U} + \text{Pu} + ^{241}\text{Am}) \times 100 = \text{■}$ に相当

$$\text{Pu含有率} = (\text{Pu} + ^{241}\text{Am}) / (\text{U} + \text{Pu} + ^{241}\text{Am}) \times 100$$

$$^{235}\text{U濃縮度} = ^{235}\text{U} / \text{U} \times 100$$

・ Pu同位体組成等

核種	実績値[wt%]		評価値[wt%]
[Redacted Data]			

中性子を吸収する核種である ■ の存在比 (■) を ■ に加えた。また、■ の存在比を小数点以下で切捨て、その分 (■) を ■ に加えた。

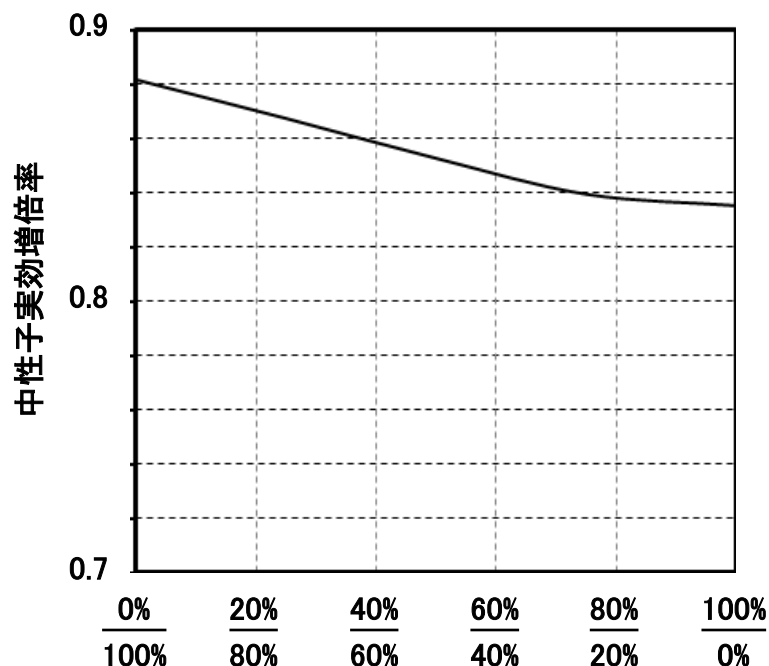
$$\text{組成} = \text{核種} / (\text{Pu} + ^{241}\text{Am}) \times 100$$

5. UO_2 燃料とMOX燃料の比較検討

UO_2 燃料とMOX燃料を比較した場合、MOX燃料の方が臨界安全評価上、厳しい評価となる。

また、1F 3号機には、 UO_2 燃料及びMOX燃料が装荷された。これらの核燃料については、溶けて混ざり合っていることが想定されるため、「4. 比較に用いる燃料組成の検討」の検討結果を用い、 UO_2 燃料とMOX燃料の割合をパラメータとして、臨界安全評価上、最も厳しい評価（中性子実効増倍率が最大）となる条件を検討した。

その結果、**燃料デブリ等をMOX燃料とした場合が厳しい条件**となる。



UO_2 燃料とMOX燃料の割合(上段が UO_2 燃料、下段がMOX燃料の割合を示す)

6. 臨界安全評価における燃料デブリ等の組成

これまでの想定・検討結果を踏まえ、以下の条件で臨界安全解析を行う。

	評価値[wt%]
Pu含有率	■
²³⁵ U濃縮度	■

※ $^{235}\text{U}/\text{U} \times 100 = \text{■}$ は
 $^{235}\text{U}/(\text{U} + \text{Pu} + ^{241}\text{Am}) \times 100 = \text{■}$ に相当

$$\text{Pu含有率} = (\text{Pu} + ^{241}\text{Am}) / (\text{U} + \text{Pu} + ^{241}\text{Am}) \times 100$$

$$^{235}\text{U濃縮度} = ^{235}\text{U}/\text{U} \times 100$$

・ Pu同位体組成等

核種	評価値[wt%]
■	

$$\text{組成} = \text{核種} / (\text{Pu} + ^{241}\text{Am}) \times 100$$

7. コンクリートセルの臨界安全解析(1/3)

コンクリートセルにおいて、臨界に達しない重量を評価した。

コンクリートセルでは、燃料デブリ等の受入、外観確認、切断、溶解等を行うため、固体、粉体及び液体の形態が想定される。このうち溶解処理中において、Pu濃度の高い残渣・沈殿が発生する場合を考慮して、臨界安全評価上、最も厳しいPuと水の混合物(非均質性)で臨界に達しない重量を評価した。

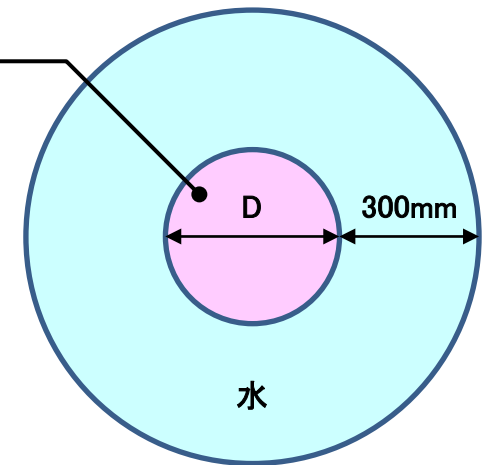
① 解析条件

(1) 解析コード : MVP2.0
(連続エネルギーモンテカルロコード)

(2) 解析モデル

- 表面積が小さく、中性子の漏れの少ない球とする。
- 燃料デブリ等はPuと水の混合物とする。
また、Puは非均質性を考慮して粒子状とする。
- Puと水の混合物の直径(D)は、Puの粒径及び粒子間距離から求められ、保守的な結果となるように設定する。
- 十分な中性子の反射効果が得られる厚さ(300mm)の水反射と仮定する。

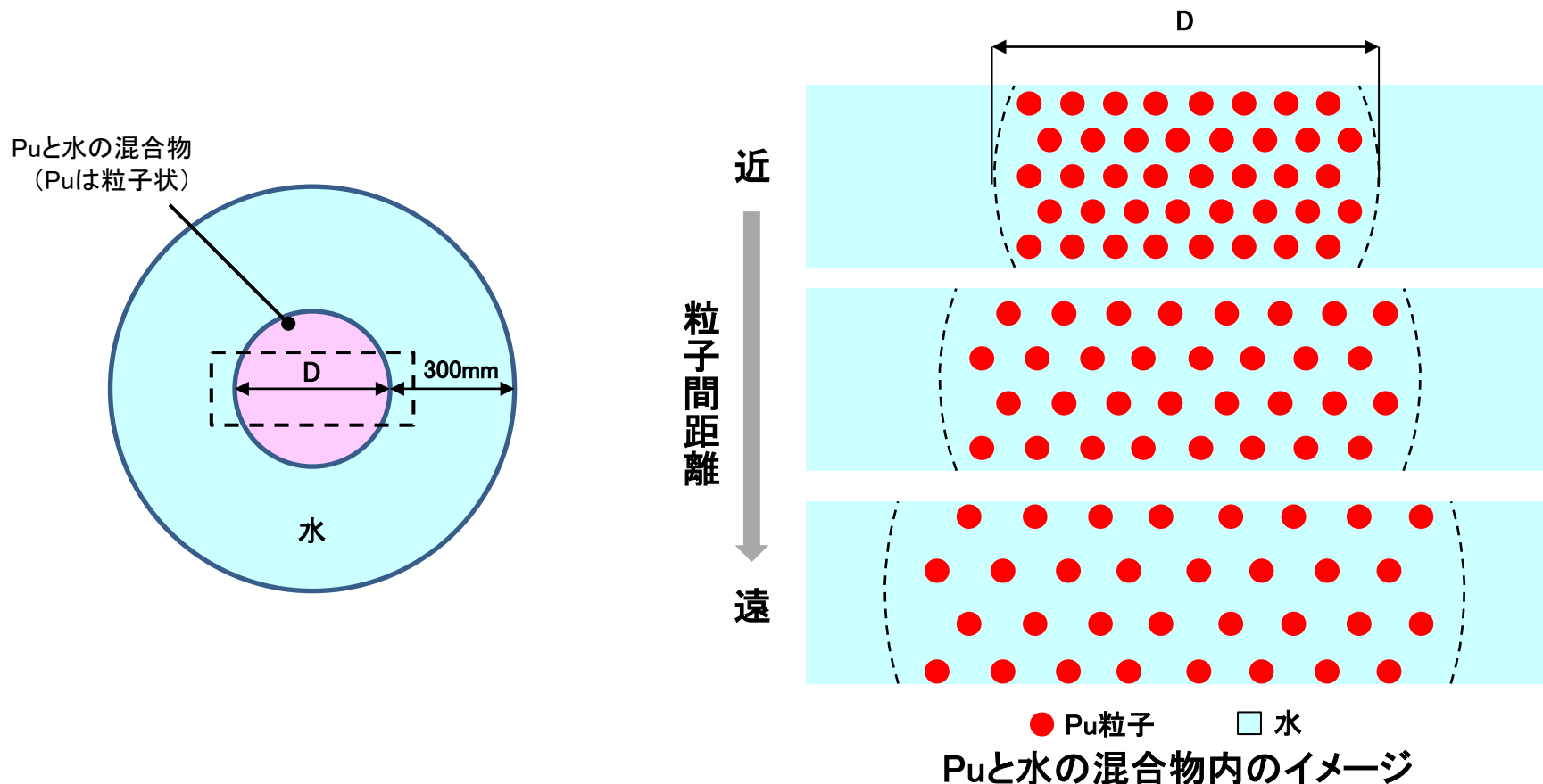
Puと水の混合物
(Puは粒子状)



解析モデル

7. コンクリートセルの臨界安全解析(2/3)

コンクリートセルの臨界安全解析では、Puと水の混合物の直径(D)を臨界安全評価上、最も厳しい評価(中性子実効増倍率が最大)となるように設定した。なお、直径(D)は、粒子状のPuの粒径と粒子間の距離により変化させた。

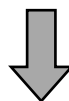


7. コンクリートセルの臨界安全解析(3/3)

② 解析結果

(1) 臨界に達しないPuの重量: [REDACTED]
 (keff + 3σ が 0.95※1 となる時の重量)

(2) 二重装荷を考慮しても臨界に達しないPuの重量: [REDACTED]
 (上記(1)に二重装荷を考慮した安全係数 0.43※2 を乗じる)



燃料デブリ等 [REDACTED] に含まれるPuの重量は [REDACTED] であり、さらに²³⁵Uを加えた重量は [REDACTED] であり、二重装荷を考慮しても臨界に達しないPuの重量 [REDACTED] を下回り、**臨界に達することはない。**

Pu : [REDACTED]

²³⁵U : [REDACTED]

[REDACTED]

(「6. 臨界安全評価における燃料デブリ等の組成」に示す燃料組成で評価した重量)

※1: 『臨界安全ハンドブック第2版』, 日本原子力研究所, (1999)

※2: 『Guide de Criticité』, CEA-R3114, COMMISSARIAT A L'ÉNERGIE ATOMIQUE (1967)

8. 試料ピットの臨界安全解析(1/4)

試料ピットにおいて、中性子実効増倍率を解析によって求め、臨界に達しないことを評価した。

試料ピット内に最大取扱量である■■■■の燃料デブリ等が保管されている状態を想定した。また、解析モデルには試料ピットの■■■■の径・深さ、各■■■■の間隔を考慮した。

加えて、燃料デブリ等を収納した容器を試料ピットから取り出す際を考慮し、最大取扱量■■■■と保守的に仮定して評価した。

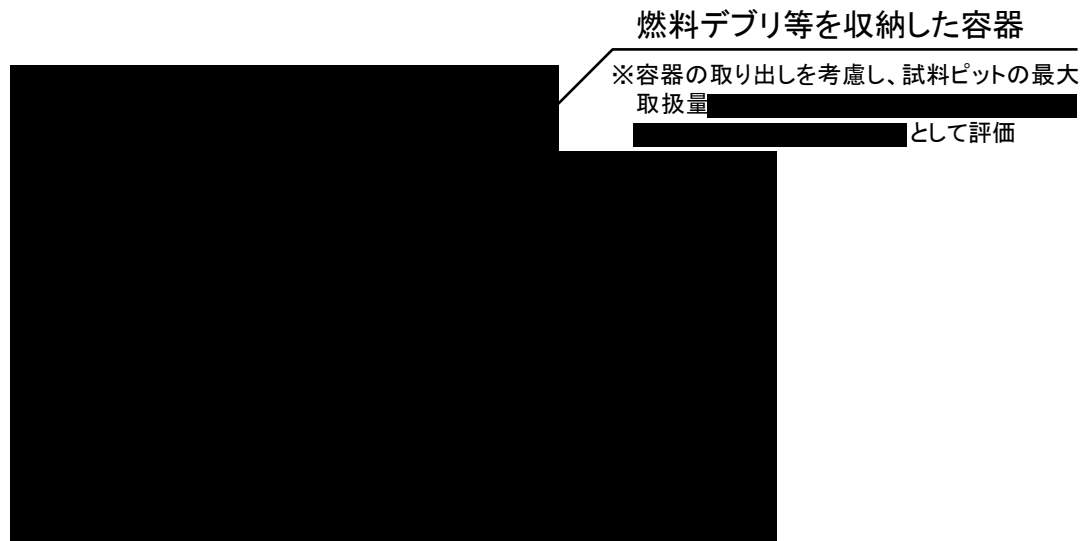
① 解析条件

- (1) 解析コード : MVP2.0(連続エネルギーモンテカルロ計算コード)
- (2) 解析上の燃料デブリ等の量: 最大取扱量■■■■

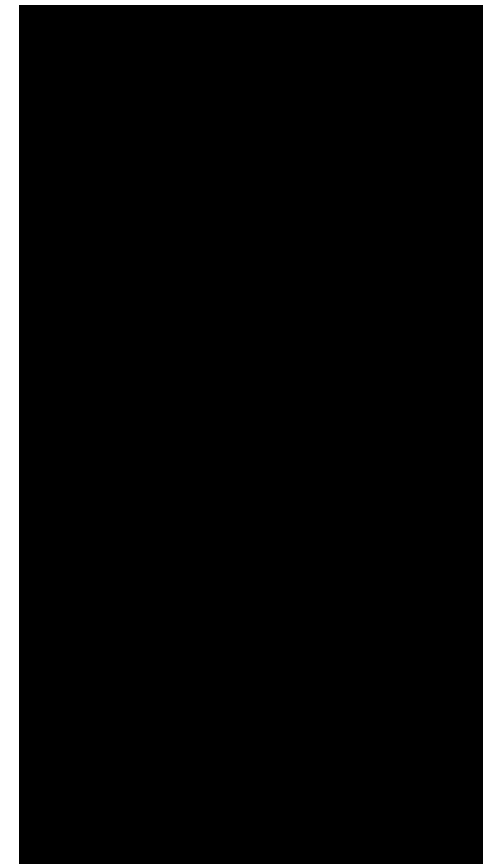
8. 試料ピットの臨界安全解析(2/4)

(3) 解析モデル

- 容器内の燃料デブリ等は、粒子状のMOX燃料と水の混合物とする。
- 粒子状のMOX燃料の粒径及び粒子間距離は、保守的な結果となるように設定する。
- 容器中の燃料デブリ等の中性子相互作用を保守的に考慮するように、燃料デブリ等を収納している容器及び試料ピットの蓋を解析上、考慮しないものとする。
- ██████████の雰囲気は空気であるが、試料ピット上部を十分な中性子の反射効果が得られる厚さ(300mm)の水反射と仮定する。



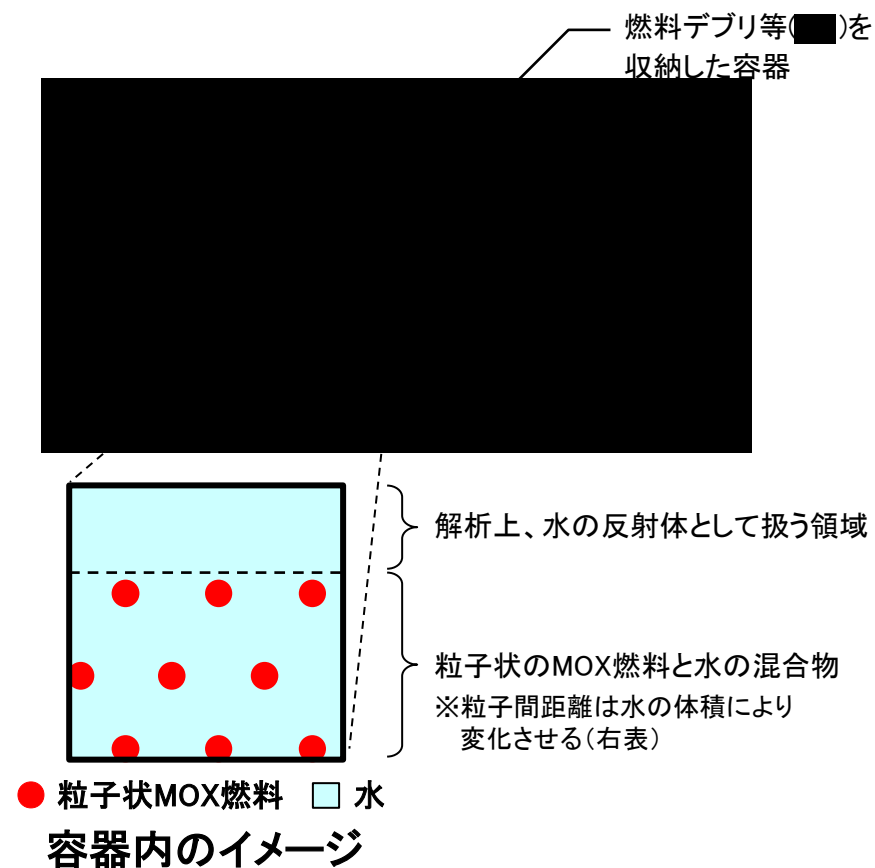
A-A断面図 (単位:mm)



平面図 (単位:mm)

8. 試料ピットの臨界安全解析(3/4)

試料ピットの臨界安全解析では、粒子状のMOX燃料の粒径と粒子間の距離を変化させ、臨界安全評価上、最も厳しい評価(中性子実効増倍率が最大)となる条件を検討した。なお、粒子間の距離は、粒子状のMOX燃料と水の混合物中の水の体積により変化させた。



		粒径		
		小	→	大
粒子間距離	近			
	↓			
	遠			

The table illustrates the relationship between particle size and particle spacing. The columns represent particle size (small, medium, large) and the rows represent particle spacing (close, medium, wide). The diagrams show that as particle size increases, the spacing between particles also increases, and as particle spacing increases, the number of particles in a given volume decreases.

8. 試料ピットの臨界安全解析(4/4)

② 解析結果

試料ピットにおいて、容器に収納された燃料デブリ等の一時的な保管を想定した場合の中性子実効増倍率は0.92である。これは、未臨界性の判断基準である 0.95※ を下回り、**臨界に達することはない。**

※1: 『臨界安全ハンドブック第2版』, 日本原子力研究所, (1999)

9. 第2棟における臨界管理

第2棟では、燃料デブリ等を取扱量及び形状を制限することで、燃料デブリ等に含まれる核燃料物質が臨界に達しない設計とする。

- コンクリートセルでは、燃料デブリ等の最大取扱量を■■■とする**質量管理**を行う。
- 試料ピットでは、**質量管理及び形状管理**を行う。試料ピットは、■■■■から成り、各■■■■に燃料デブリ等(■■■以下)を収納した容器を■■■まで積み上げて保管する。最大容量は■■■■、■■■■である。
また、■■■■、■■■■及び各■■■■の間隔■■■■で形状を制限する。

以上の設計にて、臨界安全評価を行い、**臨界に達しないことを確認**した。

放射性物質分析・研究施設第2棟に係る
実施計画の変更認可申請について
(遮へい・線量評価について)

6月16日面談資料改訂版

2020年6月30日

東京電力ホールディングス株式会社
国立研究開発法人日本原子力研究開発機構



1. 遮へい・線量評価に係る事項

2.48.1.3 設計方針

2.48.1.3.8 被ばく低減

第2棟は、放射線業務従事者等の立入場所における線量を合理的に達成できる限り低減できるように、**遮へい**、**機器の配置**、放射性物質の漏えい防止、換気等の所要の放射線防護上の措置を講じた設計とする。

また、地周辺の線量を達成できる限り低減するため、**遮へい**等の所要の放射線防護上の措置を講じた設計とする。

2.48.1.5 主要な機器

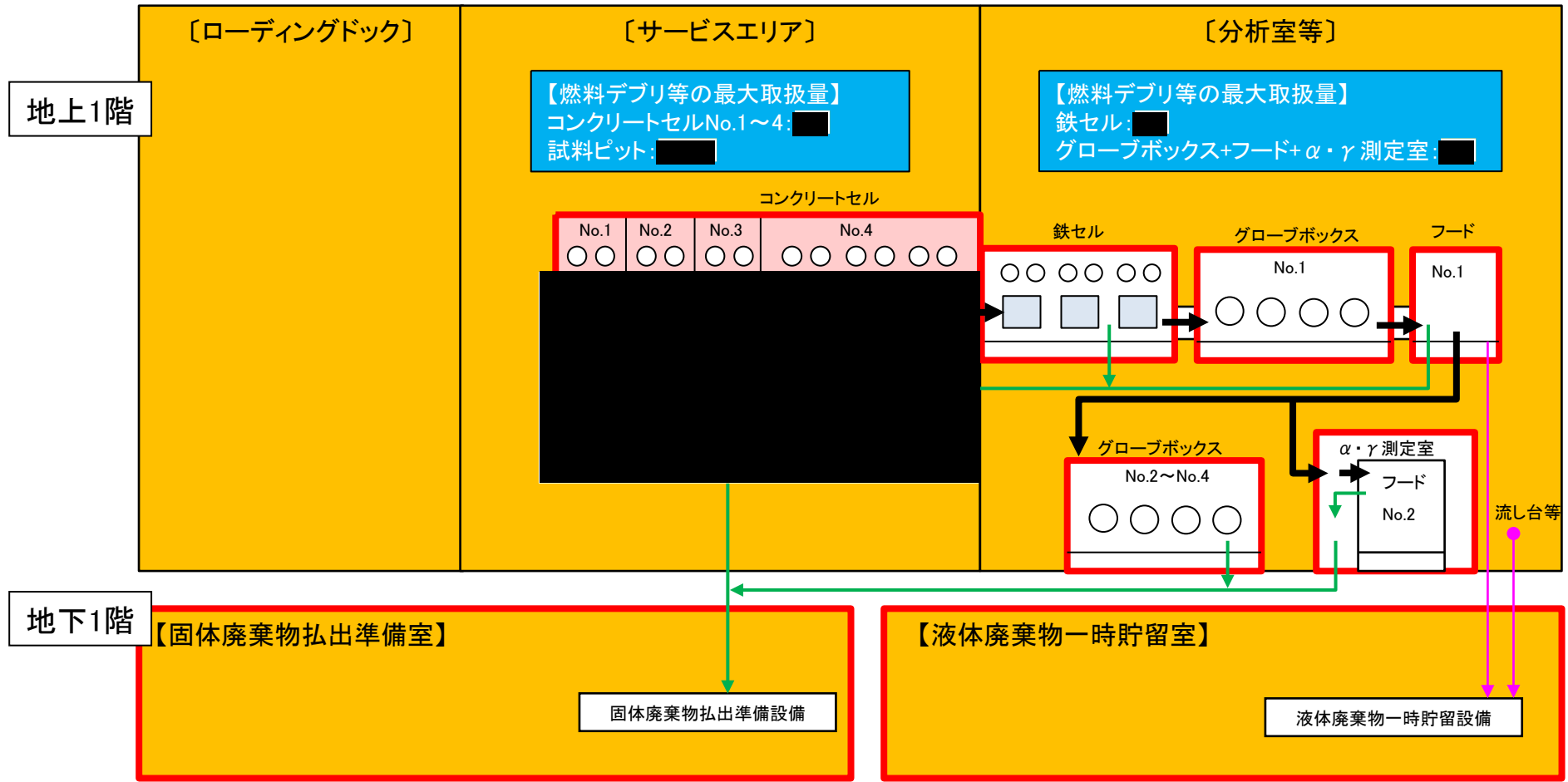
2.48.1.5.6 遮へい壁

燃料デブリ等、固体廃棄物払出準備設備、液体廃棄物一時貯留設備からの放射線に対して、放射線業務従事者等を保護するため、必要に応じてコンクリート等の壁・天井による**遮へい**を行う。

また、敷地周辺の線量を達成できる限り低減するために、燃料デブリ等、固体廃棄物払出準備設備、液体廃棄物一時貯留設備からの放射線について、コンクリートの壁・天井による**遮へい**を行う。

(実施計画 「2.48放射性物質分析・研究施設第2棟」より記載)

2. 第2棟内の各エリアにおける想定作業 ー燃料デブリ等の取扱い及び遮へいを考慮する箇所についてー



→ : 放射性的な液体廃棄物
→ : 放射性的な固体廃棄物(低線量)

[] : 管理区域

→ : 燃料デブリ等

[] : 今回説明する遮へいに係る設備

3. 第2棟の遮へいの考え方(1/4)

第2棟では、燃料デブリ等、固体廃棄物払出準備設備、液体廃棄物一時貯留設備からの放射線に対して、放射線業務従事者等を保護するため、必要に応じてコンクリート等の壁・天井による遮へいを行う。

(1) 非管理区域について

非管理区域においては、外部放射線に係る線量が1.3mSv/3月を超えないことが求められる。このために必要な遮へいを設置する。遮へい厚さは、3ヶ月あたりの線量で定められる非管理区域の線量を超えないように定めた外部放射線に係る設計基準線量率 2.6×10^{-3} mSv/h以下となるように設定する。

(2) 管理区域について

管理区域においては、放射線作業従事者等の被ばくに関して、線量限度※が定められている他、合理的に達成できる限り低減することが求められる。

このことを踏まえ、作業エリアを区域区分し、その区域区分に応じた外部放射線に係る設計基準線量率を設定し、必要な遮へいを設置する。

※東京電力株式会社福島第一原子力発電所原子炉施設の保安及び特定核燃料物質の防護に関して必要な事項を定める告示
(平成25年4月12日原子力規制委員会告示第3号)

3. 第2棟の遮へいの考え方(2/4)

追加説明

第2棟における外部放射線に係る設計基準線量率は、福島第一原子力発電所と同じ区分で設定する。なお、管理区域内の各エリアにおける線量率区分については、作業内容に応じて割当てた。

	区分	外部放射線に係る設計基準線量率	第2棟での線量率区分の考え方
管理区域外	A	0.0026mSv/h以下	—
管理区域	B	0.01mSv/h未満	人が常時作業を行うエリア。
	C	0.05mSv/h未満	人の立ち入り頻度が比較的少ないエリア。ただし、分析室等のグローブボックス、フードを設置する室については、作業頻度が比較的多いものの、グローブボックス、フード表面での線量率が高くなることから、C区分としている(作業者の放射線防護装備、時間管理等により被ばく線量を管理する)。
	D	0.25mSv/h未満	特定の業務(例:設備の点検・保守や廃棄物の搬出入等)でのみ立ち入るエリア(人の立ち入り頻度、立ち入り時間が少ない)。
	E	1mSv/h未満	—
	F	1mSv/h以上	燃料デブリ等を取り扱うため線量率は高いが、マニプレータ等を用いて遠隔で取扱うため、原則として人が立ち入らないエリア。

3. 第2棟の遮へいの考え方(3/4)

追加説明

なお、JAEAの既存施設では下記の基準としている。

原子力科学研究所 バックエンド研究施設(BECKY)

管理 区域	区域Ⅰ	人が常時立ち入る場所で1週間あたり1mSv以下とする区域
	区域Ⅱ	区域Ⅰ以外の区域

原子力科学研究所 廃棄物安全試験施設(WASTEF)

管理 区域	人が常時立ち入る区域で汚染の生じる恐れはほとんどなく、最大 $20 \mu\text{Sv/h}$ の線量当量率の可能性がある区域	
	人が一時的に立ち入る区域で作業により一時的に汚染の恐れがあり、 $20 \sim 200 \mu\text{Sv/h}$ の線量当量率の可能性がある区域	
	汚染の封じ込めと被ばく防止のため、人が立ち入らないことを原則とする区域であり、 $200 \mu\text{Sv/h}$ 以上の線量当量率の可能性がある区域	

原子力科学研究所 燃料試験施設(RFEF)

管理 区域	人の常時立ち入る場所におけるしゃへい設計値 $25 \mu\text{Sv/h}$ (線量限度週当たり1mSvに相当し、1週間の作業時間を40時間以下とする。)	
	人の常時立ち入らない場所についての設計値 $100 \mu\text{Sv/h}$ (線量限度週当たり1mSvに相当し、1週間の作業時間を10時間以下とする。)	

核燃料サイクル工学研究所 高レベル放射性物質研究施設(CPF)

管理 区域	グリーン	放射線業務従事者等が常時立ち入る区域で汚染の生じるおそれのほとんどない区域	$12.5 \mu\text{Sv/h}$ 以下
	アンバー	放射線業務従事者等が一時的に立ち入る区域で、作業により一時的に汚染のおそれのある区域	$200 \mu\text{Sv/h}$ 以下
	レッド	放射線業務従事者等が原則として立ち入らず、放射線源のある区域又は汚染のある区域	$200 \mu\text{Sv/h}$ を超える

3. 第2棟の遮への考え方(4/4)

追加説明

大洗研究所 照射燃料集合体試験施設 (FMF)、照射燃料試験施設 (AGF)

管理区域	放射線業務従事者が常時立入る区域	20 μ Sv/h以下
	放射線業務従事者が一時的に立入る区域	200 μ Sv/h以下

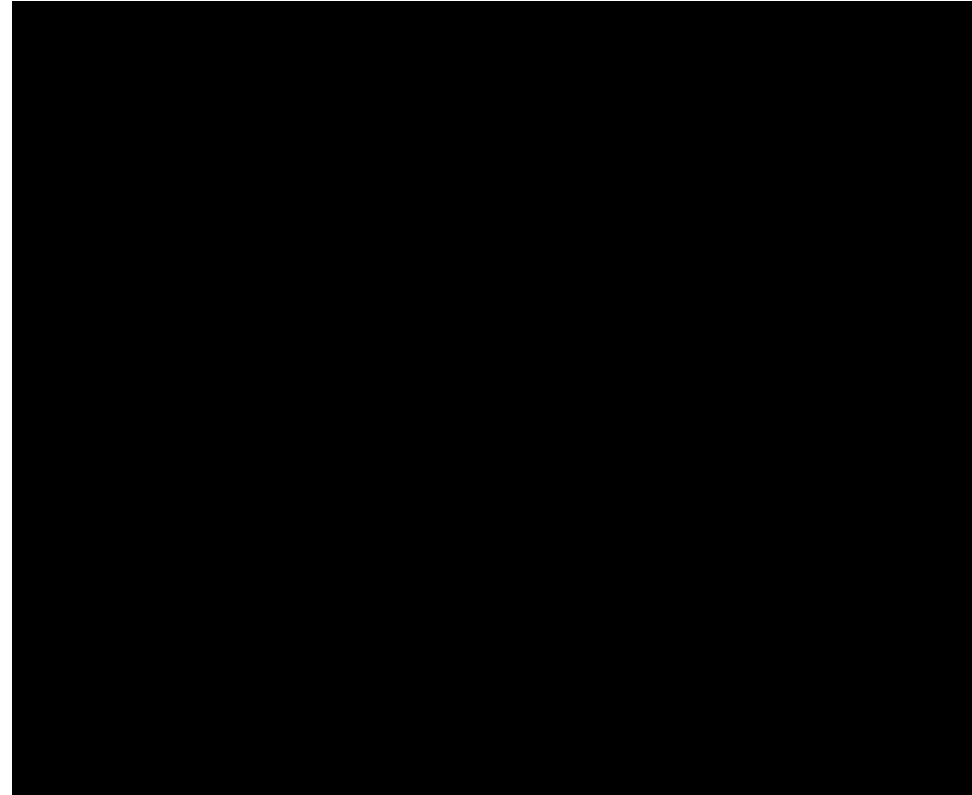
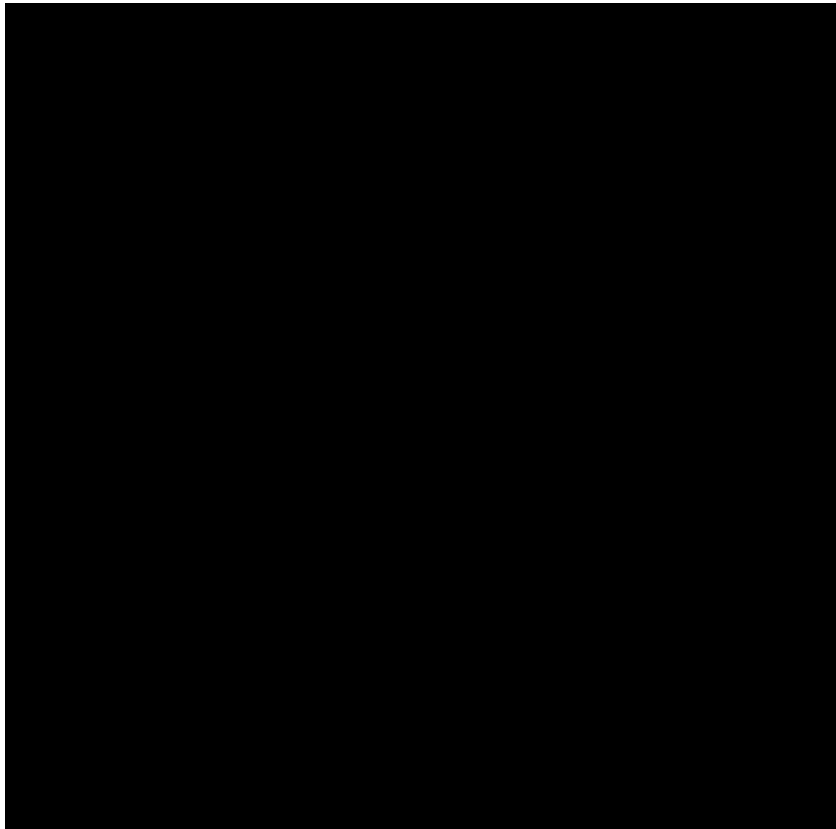
第2棟では、管理区域のうち人が立ち入るエリアであるB、C区分について、0.01～0.05mSv/h (10～50 μ Sv/h) に設定している。JAEAの多くの既存施設では、人が常時立ち入る区域の線量率を12.5～25 μ Sv/hとしている。

また、第2棟では、管理区域のうち特定の業務でのみ立ち入るエリアであるD区分について、0.25mSv/h (250 μ Sv/h) に設定している。JAEAの多くの既存施設では、一時的に立ち入るエリアを200 μ Sv/h以下としている。

4. 第2棟の遮へい(1/2)

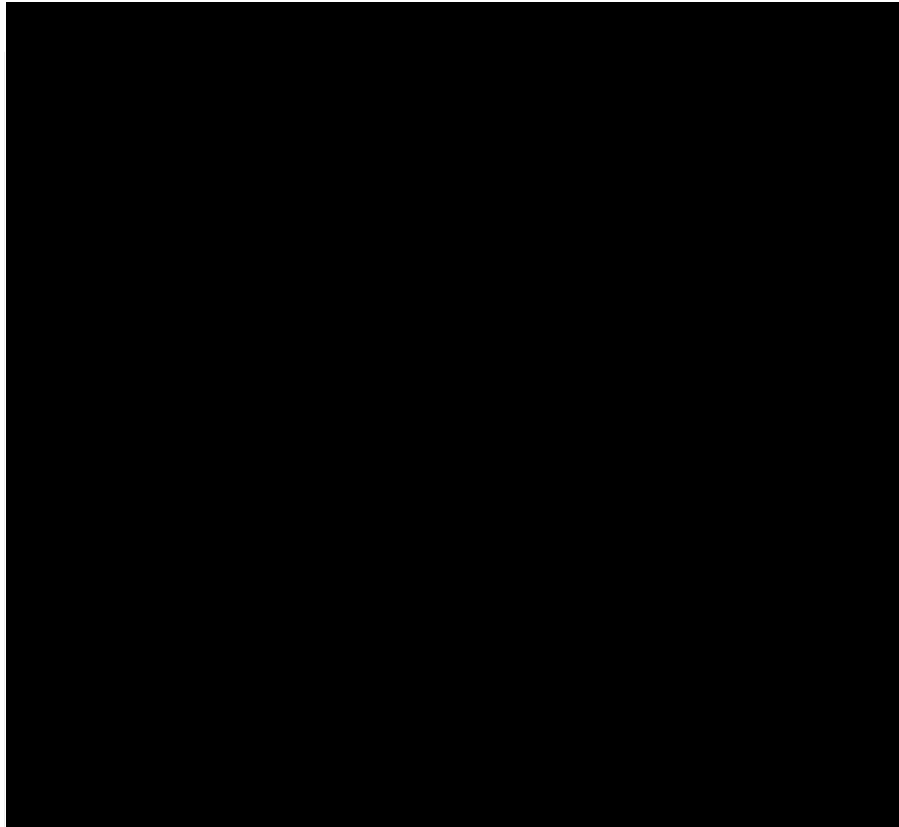
線源に対し、距離だけでは外部放射線に係る設計基準線量率を満足できない場所について、遮へい体(壁、床)を設定している。

区分		外部放射線に係る設計基準線量率
管理区域外	A	0.0026mSv/h以下
管理区域	B	0.01mSv/h未満
	C	0.05mSv/h未満
	D	0.25mSv/h未満
	E	1mSv/h未満
	F	1mSv/h以上



: 管理区域
 : 遮へい(壁)
 : 遮へい(床)

4. 第2棟の遮へい(2/2)



: 管理区域
 : 遮へい(壁)
 : 遮へい(床)

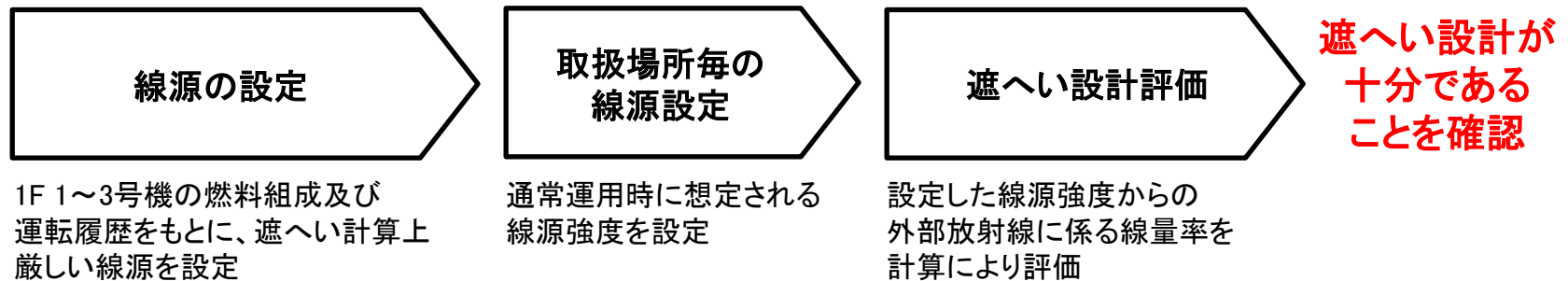
区分		外部放射線に係る設計基準線量率
管理区域外	A	0.0026mSv/h以下
管理区域	B	0.01mSv/h未満
	C	0.05mSv/h未満
	D	0.25mSv/h未満
	E	1mSv/h未満
	F	1mSv/h以上

5. 第2棟の遮へい評価について

実施計画では、非管理区域について設計基準線量率を超えないことを記載している。

非管理区域においては、3ヶ月あたりで定められる線量(1.3mSv/3月)を超えないように定めた外部放射線に係る設計基準線量率 2.6×10^{-3} mSv/h以下となることを、以下のフローに基づき確認する。

なお、建屋外壁においても、第2棟の外部放射線のみでは 2.6×10^{-3} mSv/hを超えないことを確認する。



6. 線源の設定(1/4)

—燃料の比較①—

1F 1～3号機に装荷された燃料の燃料組成及び運転履歴に基づき、放射能、ガンマ線発生数及び中性子発生数を求めた。なお、 UO_2 燃料の ^{235}U 濃縮度及びMOX燃料のPu富化度をパラメータとして、どのような燃料が遮へい計算上、厳しい評価となるのかを検討した。

燃料仕様等

	1号機	2号機	3号機	
種類	UO_2 燃料	UO_2 燃料	UO_2 燃料	MOX燃料
^{235}U 濃縮度又はPu富化度 [wt%]	[Redacted]			
ペレット最大燃焼度[GWd/t]	54.7	56.7	57.0	8.5

① 評価条件

上表の燃料仕様等に基づき、評価条件を設定した。

(1) 計算コード : ORIGEN2.2-UPJ※

(2) UO_2 燃料 : ^{235}U 濃縮度 [Redacted] 燃焼度 60GWd/t

MOX燃料 : Pu富化度 [Redacted] 燃焼度 10GWd/t

(3) 冷却期間 : 12年間

※使用済燃料等の核種生成量並びに中性子及びガンマ線の線源強度の評価が可能な計算コード

6. 線源の設定(2/4)

—燃料の比較②—

一部改訂

② 評価結果

1F 1～3号機における放射能、ガンマ線発生数及び中性子発生数の評価結果を下表に示す。

1gあたりの放射能、ガンマ線発生数及び中性子発生数

	1号機	2号機	3号機	
種類	UO ₂ 燃料	UO ₂ 燃料	UO ₂ 燃料	MOX燃料
放射能 [Bq]				
ガンマ線発生数 [photons/s]	1.0 × 10 ¹⁰	1.1 × 10 ¹⁰	1.1 × 10 ¹⁰	2.1 × 10 ⁹
中性子発生数 [neutrons/s]	3.8 × 10 ³	4.2 × 10 ³	3.8 × 10 ³	6.3 × 10 ²

ガンマ線発生数は燃焼度の違いによる影響を大きく受ける。本評価では、1～3号機の燃焼度を同じ60GWd/tとしているため、ガンマ線発生数に大きな違いは見られない。また、中性子発生数について、1～3号機の燃焼度は同じであるが、2号機は1、3号機に比べて燃焼期間が短い。このため、中性子吸収反応で生成される主要な中性子源である²⁴⁴Cmの生成量が増え、2号機が高くなっている。

評価の結果、UO₂燃料、²³⁵U濃縮度■■■■及び2号機の運転履歴に基づき評価したとき、放射能、ガンマ線発生数及び中性子発生数が最大となった。

ここまで1F 1～3号機に装荷された燃料の比較を行った。一方、燃料デブリ等には、燃料のほか放射化した炉内の構造材が含まれる可能性がある。次頁では、燃料デブリ等に含まれる可能性の高い被覆管及び炉内の構造材のうち放射化量の多い炉心シュラウド※について評価し、UO₂燃料の評価結果と比較する。

※出典：H.D.Oak, et al., "Technology, Safety and Costs of Decommissioning a Reference Boiling Water Reactor Power Station", NUREC/CR-0672-Vol.2 (1980).

6. 線源の設定(3/4)

—燃料と構造材との比較—

一部改訂

被覆管及び炉心シュラウドについて、放射能及びガンマ線発生数を求め、 UO_2 燃料の評価結果と比較した。なお、被覆管の評価には、 UO_2 燃料と同じく2号機の運転履歴を適用した。また、炉心シュラウドは中性子照射期間が長い3号機の炉心シュラウドを想定した。

① 評価条件

- (1) 計算コード : ORIGEN2.2-UPJ
- (2) 被覆管 : ジルカロイ-2
炉心シュラウド : SUS316L
- (3) 冷却期間 : 12年間

② 評価結果

被覆管及び炉心シュラウドの評価結果を下表に示す。また、比較のため2号機の運転履歴で評価した UO_2 燃料の結果を示す。

1gあたりの放射能、ガンマ線発生数及び中性子発生数

種類	被覆管	炉心シュラウド	UO_2 燃料
放射能[Bq]	5.7×10^7	8.8×10^8	
ガンマ線発生数[photons/s]	9.3×10^7	4.5×10^8	1.1×10^{10}
中性子発生数[neutrons/s]	—	—	4.2×10^3

検討の結果、燃料デブリ等のすべてが UO_2 燃料(^{235}U 濃縮度:)で構成され、また、2号機の運転履歴で評価した場合が、放射能、ガンマ線発生数及び中性子発生数が最大となり、遮へい評価上、最も厳しい条件となる。

6. 線源の設定(4/4)

追加説明

遮へい計算で使用する1gあたりの放射能、ガンマ線発生数及び中性子発生数を下表に示す。

1gあたりの放射能、ガンマ線発生数及び中性子発生数

放射能 [Bq]	ガンマ線発生数 [photons/s]	中性子発生数 [neutrons/s]
	1.1×10^{10}	4.2×10^3

また、上記の線源について、主要なガンマ線及び中性子線放出核種を下表に示す。

ガンマ線		中性子線	
放出核種	寄与割合	放出核種	寄与割合
^{137}Cs ※	57.3%	^{244}Cm	95.5%
^{90}Sr ※	29.0%	^{246}Cm	3.0%
^{134}Cs	6.0%	^{252}Cf	0.9%
^{154}Eu	3.5%	その他(上記以外の核種)	0.6%
^{244}Cm	1.4%	合計	100%
^{241}Am	0.8%		
^{125}Sb ※	0.5%		
^{238}Pu	0.4%		
^{155}Eu	0.4%		
その他(上記以外の核種)	0.7%		
合計	100%		

※放射平衡中の娘核種を含む

7. 遮へい計算(1/13)

遮へい計算では、「6. 線源の設定」の検討結果をもとに、各取扱場所に応じた線源強度及び線源形状を設定する。また、線源や遮へい体をモデル化し、外部放射線に係る設計基準線量率 $2.6 \times 10^{-3} \text{mSv/h}$ を超えないことを計算コードを用いて確認する。

【計算条件】

計算コード : MCNP(連続エネルギーモンテカルロ計算コード)
 密度 : 普通コンクリート 2.1g/cm^3 、鉄 7.8g/cm^3

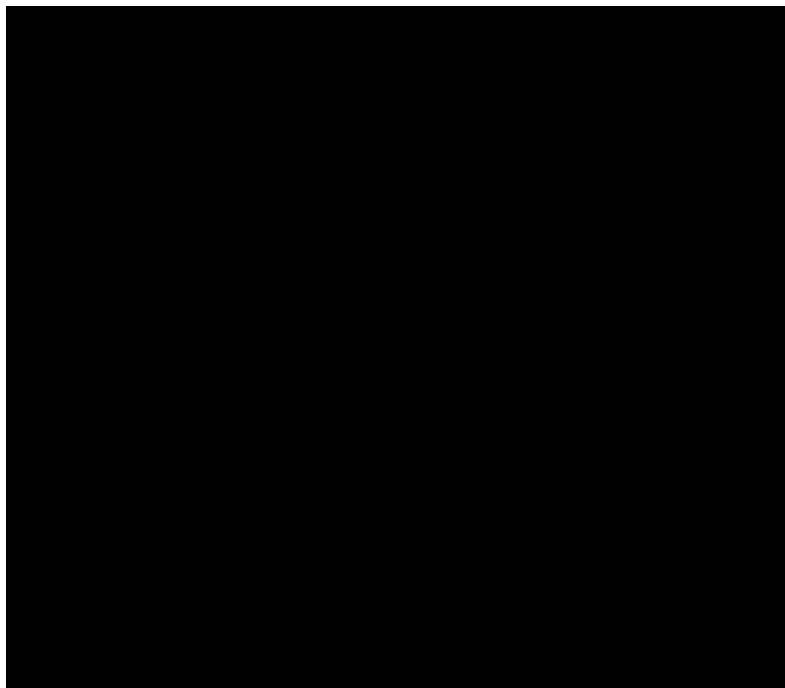
各取扱場所での線源強度及び形状を下表に示す。なお、固体廃棄物払出準備室及び液体廃棄物一時貯留室においては、想定する線量率及び放射能濃度から線源強度を設定する。

取扱場所	取扱量	線源強度[Bq]	線源形状
コンクリートセルNo.1~4	燃料デブリ等: ■■■	1.2×10^{14}	点線源
試料ピット	燃料デブリ等: ■■■■	3.1×10^{15}	点線源
鉄セル	燃料デブリ等: ■■■	2.3×10^{11}	点線源
分析室、 $\alpha \cdot \gamma$ 測定室	燃料デブリ等: ■■■	2.3×10^7	点線源
固体廃棄物払出準備室	固体廃棄物が収納された角型容器 最大17個 容器表面の線量率 0.1mSv/h 未滿	2.3×10^{10}	直方体線源
液体廃棄物一時貯留室	分析廃液受槽(容量 3m^3 /基) 2基分 放射能濃度 37Bq/cm^3	2.4×10^8	円柱線源

7. 遮へい計算(2/13)

— 評価点①(非管理区域:換気空調設備室(2))の計算モデル—

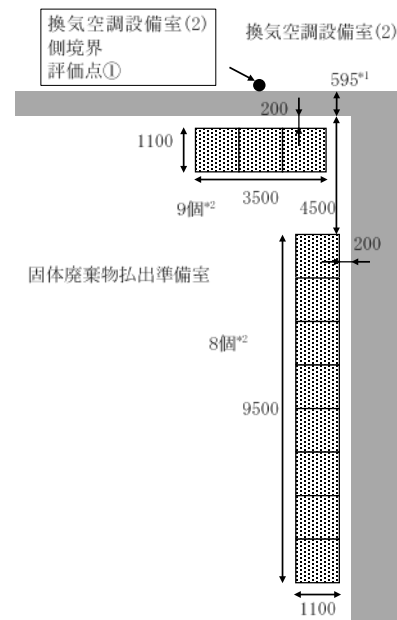
線源形状 : 直方体線源
 計算モデル : 角型容器17個分の放射能を
 固体廃棄物払出準備室に配置
 遮へいは、固体廃棄物払出準備室北壁(厚さ595mm)を考慮



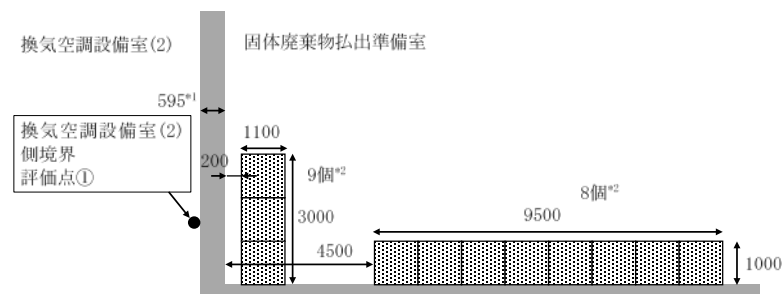
管理区域 (orange square) 遮へい(壁) (green square)

地下1階の評価点①

[平面図]



[立面図]



注記 *1: 遮へい厚さを示す。

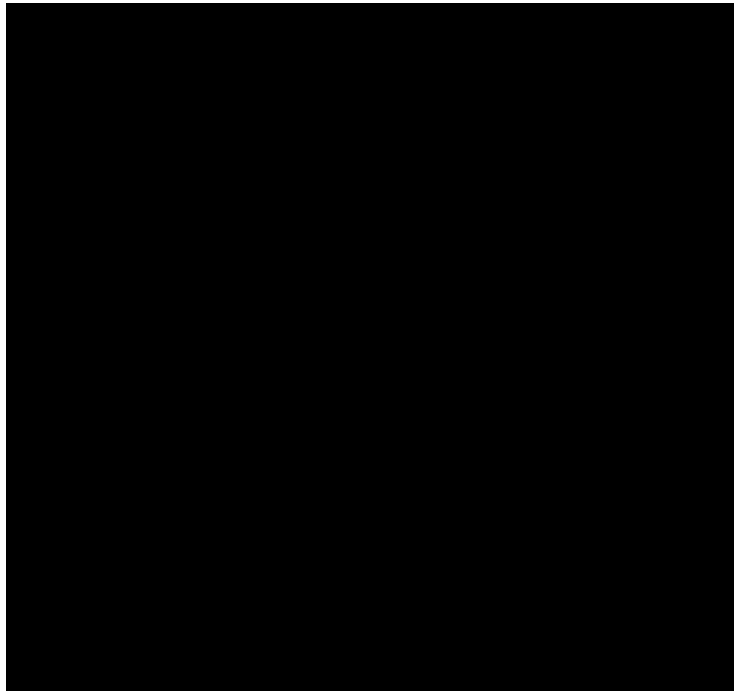
*2: 直方体線源。計算モデルは3列3段積み(9個)と8列1段積み(8個)が固体廃棄物払出準備室に全配置された状態を仮定。

(単位: mm)

7. 遮へい計算(3/13)

一評価点②(非管理区域:換気空調設備室(2))の計算モデル

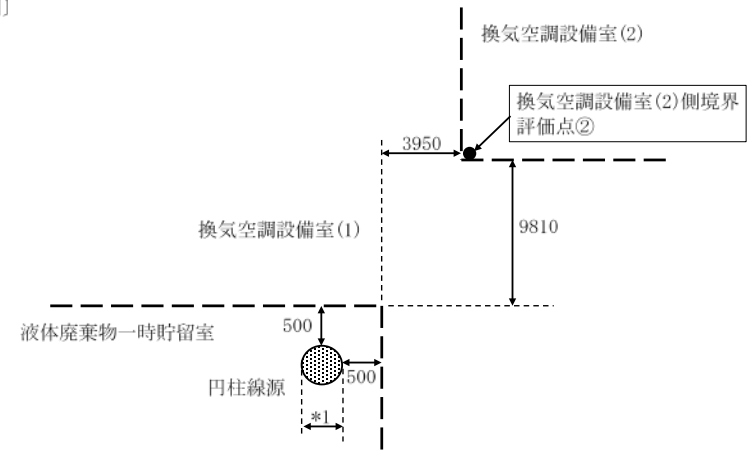
線源形状 : 円柱線源
 計算モデル : 分析廃液受槽2基分の放射能を
 液体廃棄物一時貯留室に配置
 遮へいは考慮しない



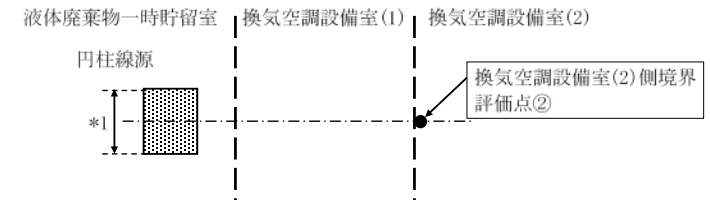
管理区域 (Management Area) 遮へい(壁) (Shielding Wall)

地下1階の評価点② (Evaluation Point ② on the 1st basement floor)

[平面図] (Plan View)



[立面図] (Elevation View)



*1 分析廃液受槽: 直径1500mm×高さ1698mm

(単位: mm)

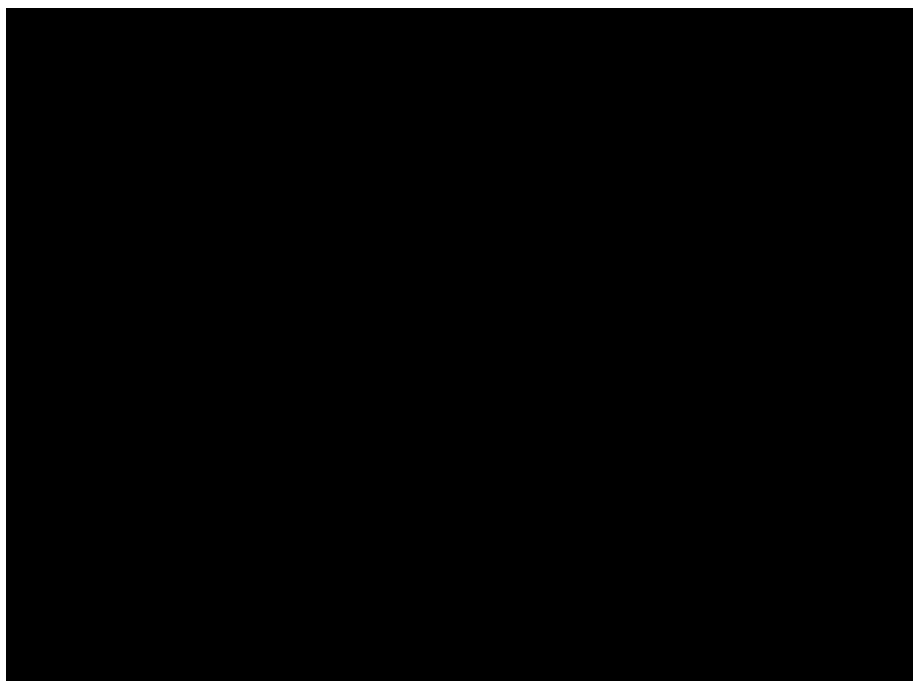
7. 遮へい計算(4/13)

— 評価点③(1階東側外壁)の計算モデル —

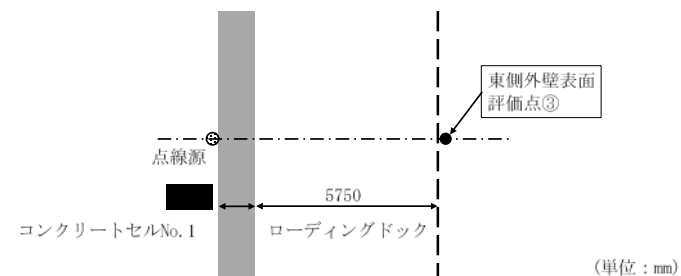
線源形状 : 点線源

計算モデル : 燃料デブリ等 分の放射能を
コンクリートセルNo.1に配置

遮へいは、コンクリートセルNo.1東壁(厚さ)を考慮



[平面図]



注記 *1: 遮へい厚さを示す。

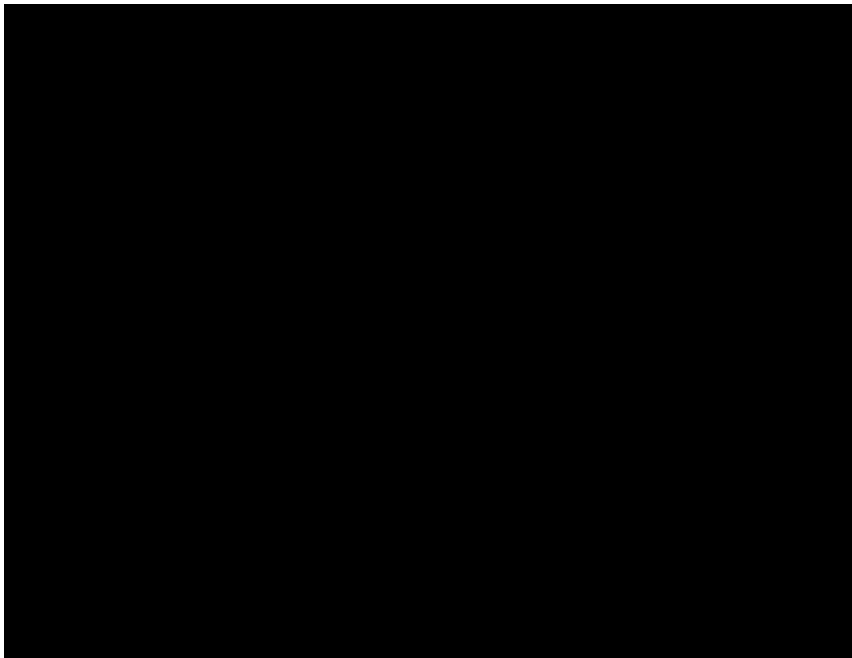
: 管理区域 : 遮へい(壁) : 遮へい(床)

1階の評価点③

7. 遮へい計算(5/13)

一評価点④(非管理区域:電気設備室(1))の計算モデル

線源形状 : 点線源
 計算モデル : (a)燃料デブリ等■■■分の放射能を
 コンクリートセルNo.2に配置
 (b)燃料デブリ等■■■分の放射能を
 試料ピットに配置
 遮へいは、コンクリートセルNo.2北壁(厚さ■■■)を考慮

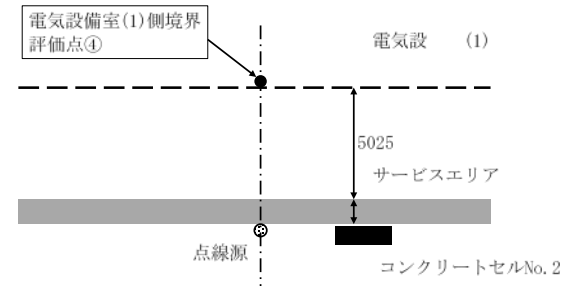


■■■ : 管理区域 ■■■ : 遮へい(壁) ■■■ : 遮へい(床)

1階の評価点④

(a)コンクリートセルNo.2

[平面図]

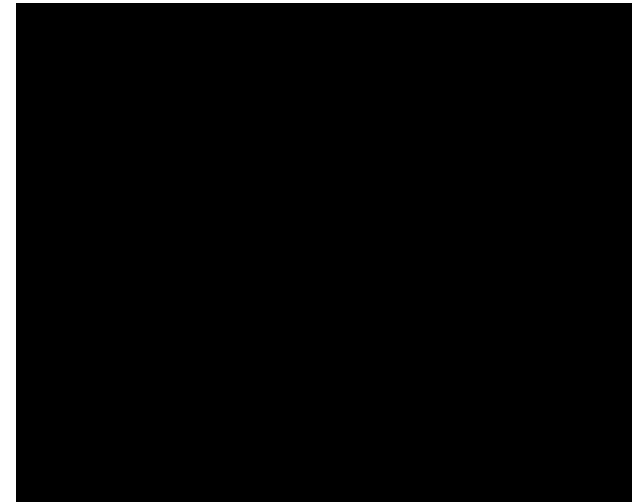


注記 * : 遮へい厚さを示す。

(単位: mm)

(b)試料ピット(■■■)

[平面図]



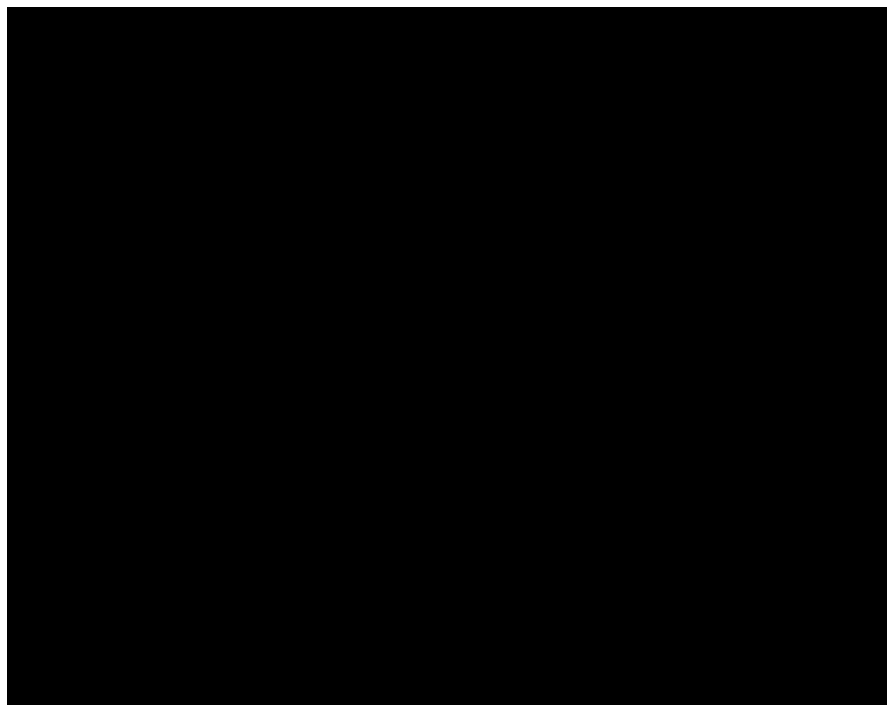
注記 * 1 : 遮へい厚さを示す。

(単位: mm)

7. 遮へい計算(6/13)

— 評価点⑤(1階南側外壁)の計算モデル —

線源形状 : 点線源
 計算モデル : (a)燃料デブリ等 [] 分の放射能を
 コンクリートセルNo.2に配置
 (b)燃料デブリ等 [] 分の放射能を
 試料ピットに配置
 遮へいは、コンクリートセルNo.2南壁(厚さ [])を考慮

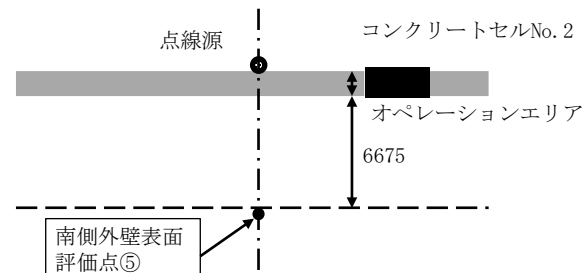


[] : 管理区域 [] : 遮へい(壁) [] : 遮へい(床)

1階の評価点⑤

(a)コンクリートセルNo.2

[平面図]

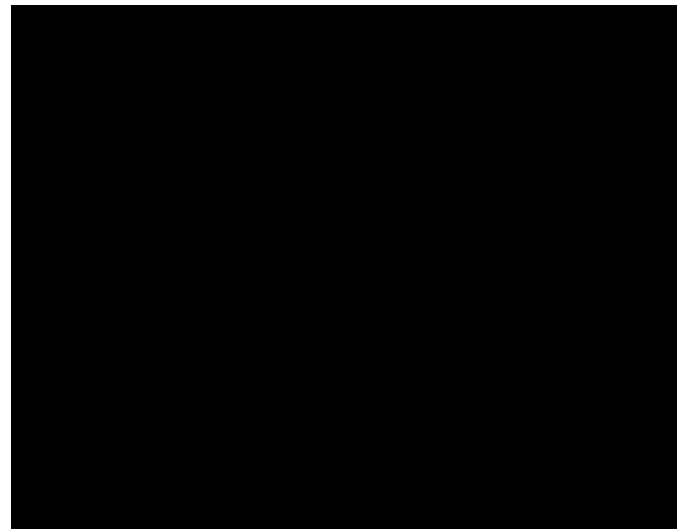


注記 *1: 遮へい厚さを示す。

(単位: mm)

(b)試料ピット([])

[平面図]



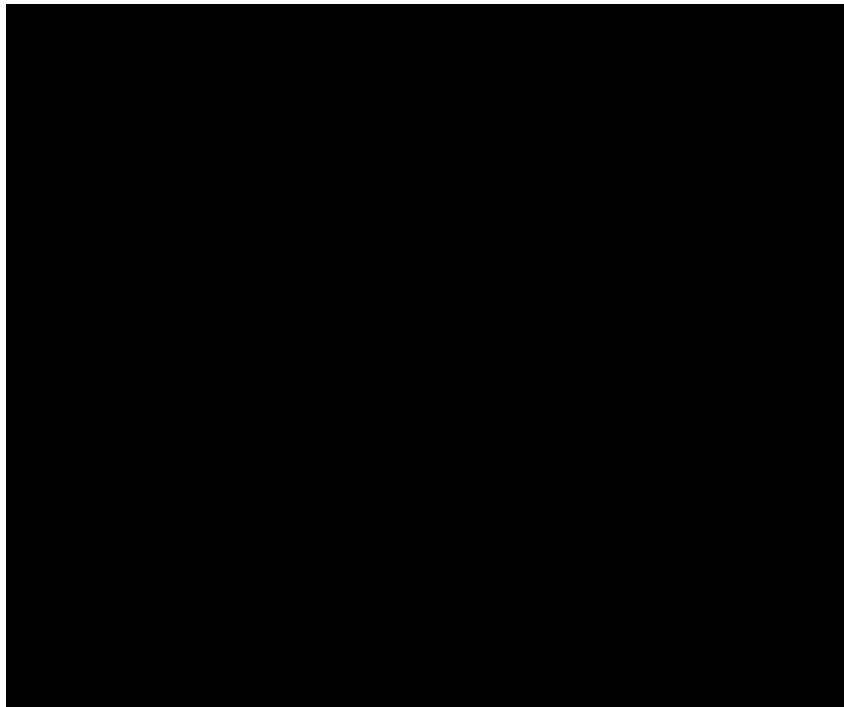
注記 *1: 遮へい厚さを示す。

(単位: mm)

7. 遮へい計算(7/13)

－評価点⑥(屋上表面)の計算モデル－

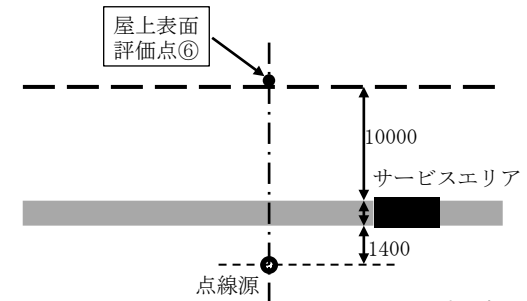
- 線源形状 : 点線源
 計算モデル : (a)燃料デブリ等■■■分の放射能を
 コンクリートセルNo.4に配置
 (b)燃料デブリ等■■■分の放射能を
 試料ピットに配置
 遮へいは、(a)コンクリートセルNo.4天井(厚さ■■■)と
 (b)コンクリートセルNo.2天井(厚さ■■■)を考慮



屋上階の評価点⑥

(a)コンクリートセルNo.4

[立面図]

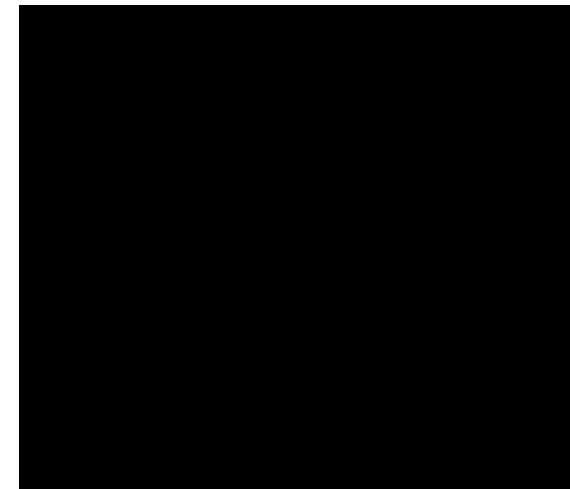


注記*1: 遮へい厚さを示す。

コンクリートセルNo.4単位: mm)

(b)試料ピット(■■■)

[立面図]



(単位: mm)

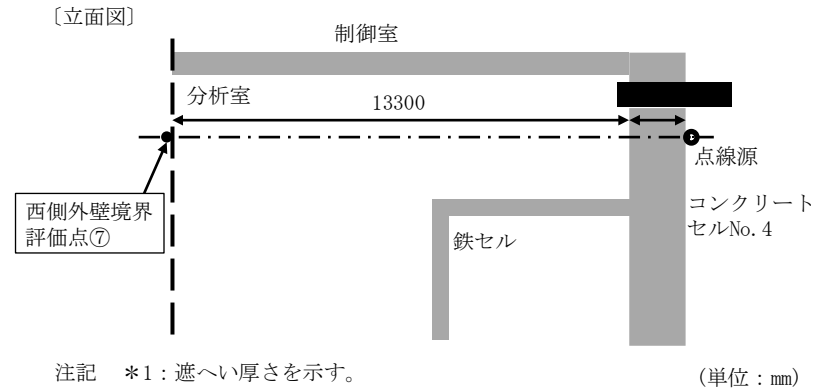
注記*1: 壁面の遮へい厚さを示す。

7. 遮へい計算(8/13)

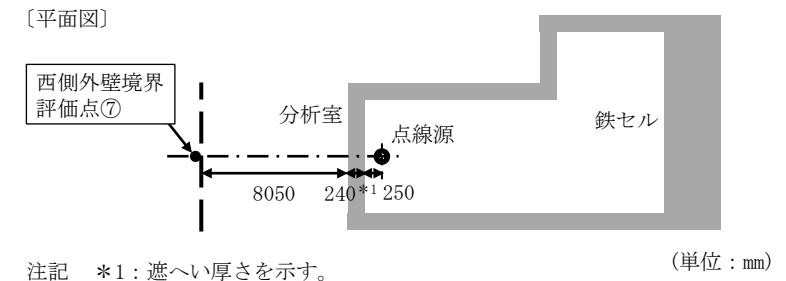
— 評価点⑦(1階西側外壁)の計算モデル —

- 線源形状 : 点線源
 計算モデル : (a)燃料デブリ等 分の放射能を
 コンクリートセルNo.4に配置
 (b)燃料デブリ等 分の放射能を鉄セルに配置
 (c)燃料デブリ等 分の放射能を分析室に配置
 遮へいは、(a)コンクリートセルNo.4西壁(厚さ)と
 (b)鉄セル遮へい体(厚さ240mm)を考慮

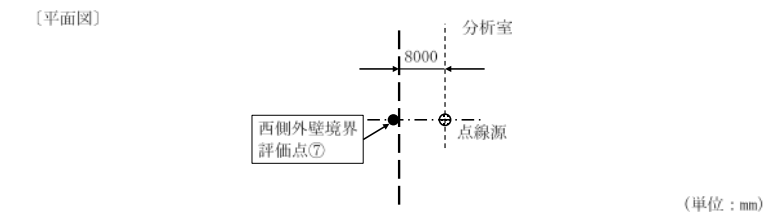
(a)コンクリートセルNo.4



(b)鉄セル



(c)分析室



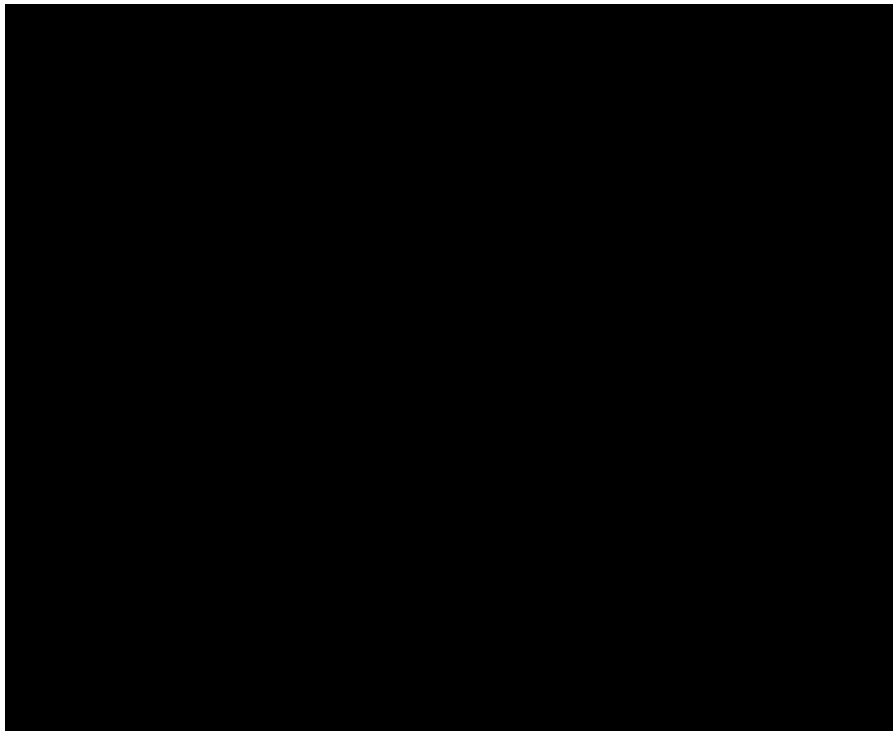
: 管理区域 : 遮へい(壁) : 遮へい(床)

1階の評価点⑦

7. 遮へい計算(9/13)

— 評価点⑧(1階北側外壁)の計算モデル —

- 線源形状 : 点線源
 計算モデル : (a)燃料デブリ等 10%分の放射能を鉄セルに配置
 (b)燃料デブリ等 10%分の放射能を
 $\alpha \cdot \gamma$ 測定室に配置
 遮へいは、(a)鉄セル遮へい体(厚さ160mm)を考慮

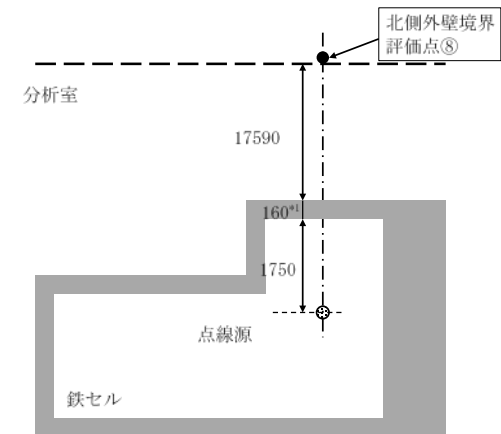


■ : 管理区域 ■ : 遮へい(壁) □ : 遮へい(床)

1階の評価点⑧

(a) 鉄セル

[平面図]

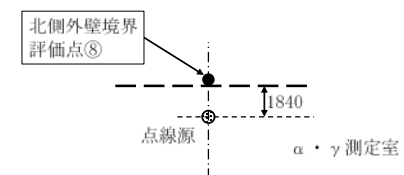


注記 *1: 遮へい厚さを示す。

(単位: mm)

(b) $\alpha \cdot \gamma$ 測定室

[平面図]



(単位: mm)

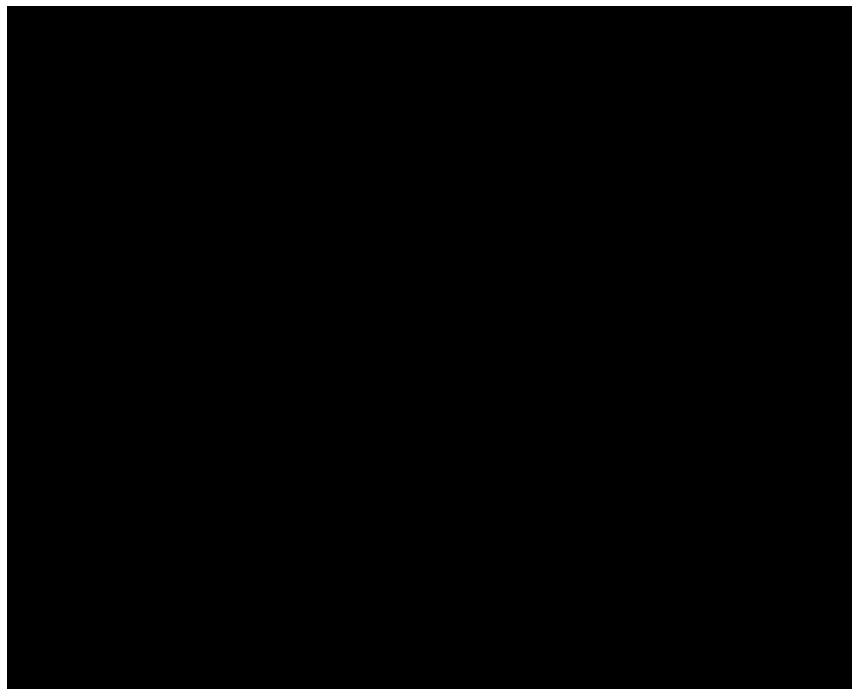
7. 遮へい計算(10/13)

— 評価点⑨(非管理区域:制御室)の計算モデル —

線源形状 : 点線源

計算モデル : (a)燃料デブリ等■分の放射能を鉄セルに配置
(b)燃料デブリ等■分の放射能を分析室に配置

遮へいは、(a)鉄セル遮へい体(厚さ240mm)を考慮

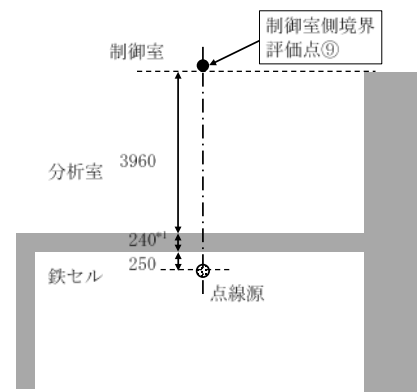


■ : 管理区域 □ : 遮へい(床)

2階の評価点⑨

(a) 鉄セル

[立面図]

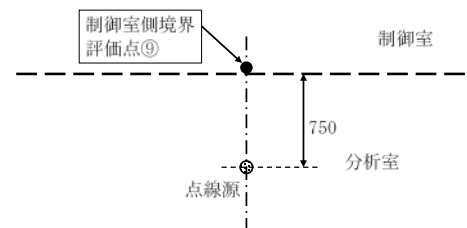


注記 *1: 遮へい厚さを示す。

(単位: mm)

(b) 分析室

[立面図]

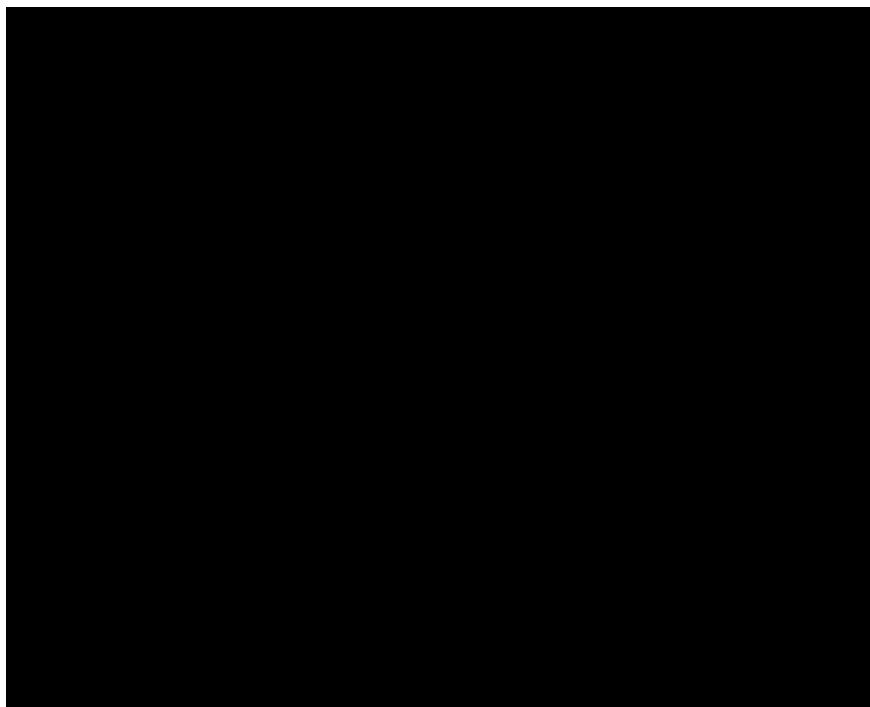


(単位: mm)

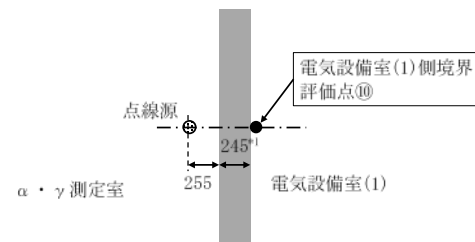
7. 遮へい計算(11/13)

－評価点⑩(非管理区域:電気設備室(1))の計算モデル－

線源形状 : 点線源
 計算モデル : 燃料デブリ等■分の放射能を
 $\alpha \cdot \gamma$ 測定室に配置
 遮へいは、 $\alpha \cdot \gamma$ 測定室東壁(厚さ245mm)を考慮



[平面図]



注記 *1: 遮へい厚さを示す。

(単位: mm)

■ : 管理区域 ■ : 遮へい(壁) □ : 遮へい(床)

1階の評価点⑩

7. 遮へい計算(12/13)

一部改訂

【計算結果】

第2棟の非管理区域及び建屋外壁における線量率は、いずれも外部放射線に係る設計基準線量率 2.6×10^{-3} mSv/h以下を満足することを確認した。

評価点	評価場所	線源部屋	線源強度 [Bq]	線量率 [mSv/h]
①	換気空調設備室(2)	固体廃棄物払出準備室	2.3×10^{10}	3.1×10^{-5}
②	換気空調設備室(2)	液体廃棄物一時貯留室	2.4×10^8	1.1×10^{-5}
③	東側外壁	コンクリートセルNo.1	1.2×10^{14}	2.1×10^{-5}
④	電気設備室(1)	試料ピット	3.1×10^{15}	5.4×10^{-5}
		コンクリートセルNo.2	1.2×10^{14}	3.9×10^{-5}
⑤	南側外壁	試料ピット	3.1×10^{15}	1.6×10^{-5}
		コンクリートセルNo.2	1.2×10^{14}	1.6×10^{-5}
⑥	屋上	試料ピット	3.1×10^{15}	9.2×10^{-6}
		コンクリートセルNo.4	1.2×10^{14}	9.8×10^{-6}
⑦	西側外壁	コンクリートセルNo.4	1.2×10^{14}	5.4×10^{-6}
		鉄セル	2.3×10^{11}	7.0×10^{-6}
		分析室	2.3×10^7	1.1×10^{-5}
⑧	北側外壁	鉄セル	2.3×10^{11}	1.3×10^{-5}
		$\alpha \cdot \gamma$ 測定室	2.3×10^7	1.8×10^{-4}
⑨	制御室	鉄セル	2.3×10^{11}	2.4×10^{-5}
		分析室	2.3×10^7	9.8×10^{-4}
⑩	電気設備室(1)	$\alpha \cdot \gamma$ 測定室	2.3×10^7	2.1×10^{-4}

7. 遮へい計算(13/13)

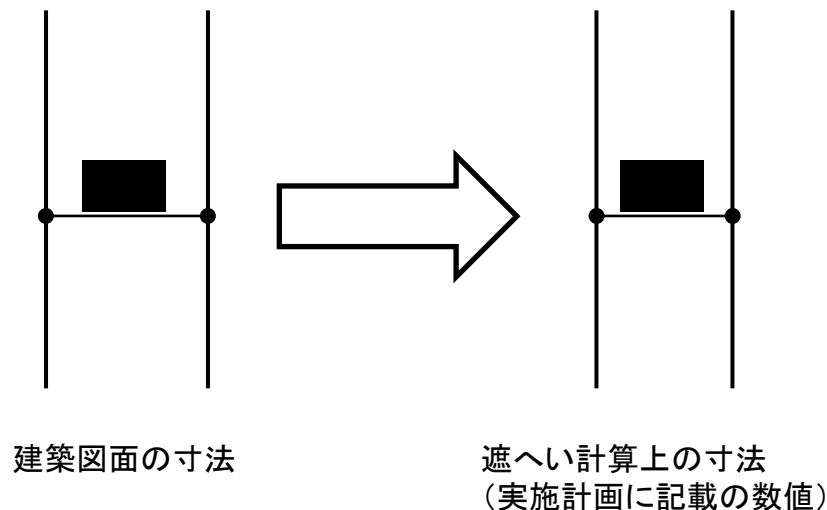
— 遮へい計算における遮へい厚の考え方について —

追加説明

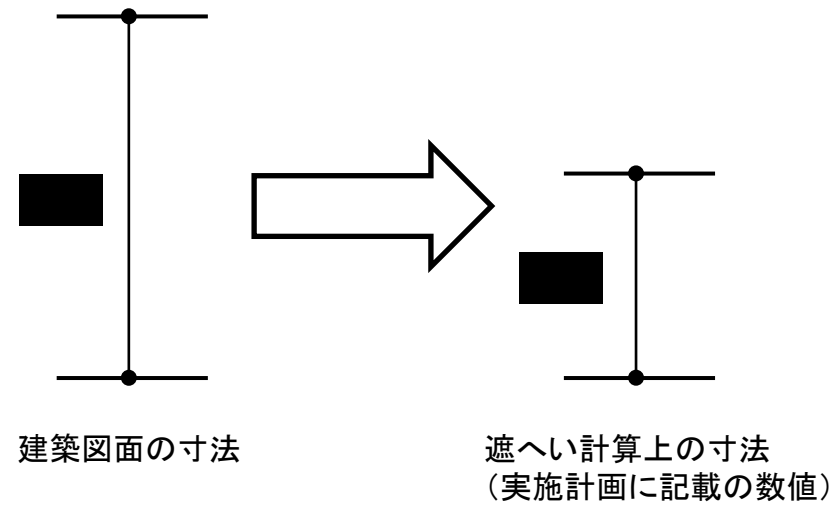
コンクリート壁、床は、遮へい厚さ以上で施工することとしている。

壁については、「建築工事標準仕様書・同解説 JASS5N 原子力発電所施設における鉄筋コンクリート工事」に定められているマイナス側の許容差5mmを考慮した厚さで評価している。

また、コンクリートセルNo.1～4の天井については、施工上の厚さに対し十分な余裕をもった遮へい厚さで評価している。



コンクリート壁・床の遮へい厚さの考え方の例



コンクリートセル天井の遮へい厚の考え方の例

第2棟のコンクリートセル、鉄セル、グローブボックス、フードにおける線量率は、非管理区域の遮へい計算と同様に、各取扱場所に応じた線源強度及び線源形状を設定する。また、線源や遮へい体をモデル化して、線量率区分を満足することを計算コードを用いて確認する。

【計算条件】

計算コード : MCNP(連続エネルギーモンテカルロ計算コード)
 密度 : 普通コンクリート 2.1g/cm³、鉄 7.8g/cm³

各取扱場所での線源強度及び形状を下表に示す。

取扱場所	取扱量	線源強度[Bq]	線源形状
コンクリートセルNo.1~4	燃料デブリ等: ■■■	1.2×10^{14}	点線源
試料ピット	燃料デブリ等: ■■■■	3.1×10^{15}	点線源
鉄セル	燃料デブリ等: ■■■	2.3×10^{11}	点線源
グローブボックス、フード	燃料デブリ等: ■■■	2.3×10^7	点線源

ーコンクリートセル正面ー

追加説明

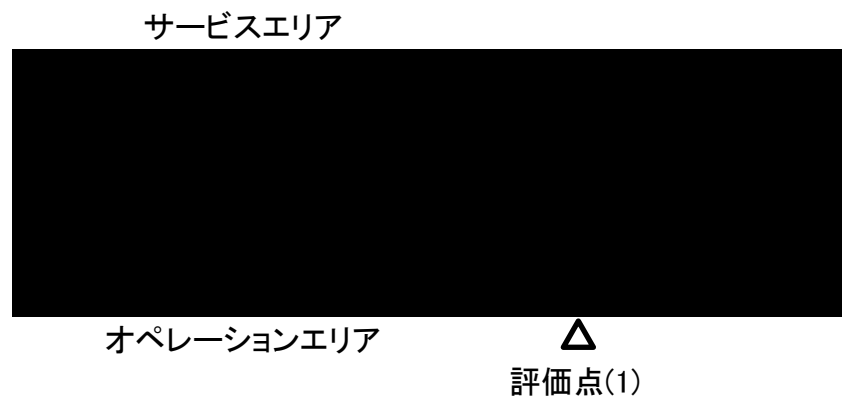
線源形状：点線源

計算モデル

(a) 燃料デブリ等■■■分の放射能をコンクリートセルNo.2に配置

(b) 燃料デブリ等■■■分の放射能を試料ピットに配置

遮へいは、コンクリートセルNo.2南壁(厚さ■■■)を考慮



ーコンクリートセル背面ー

追加説明

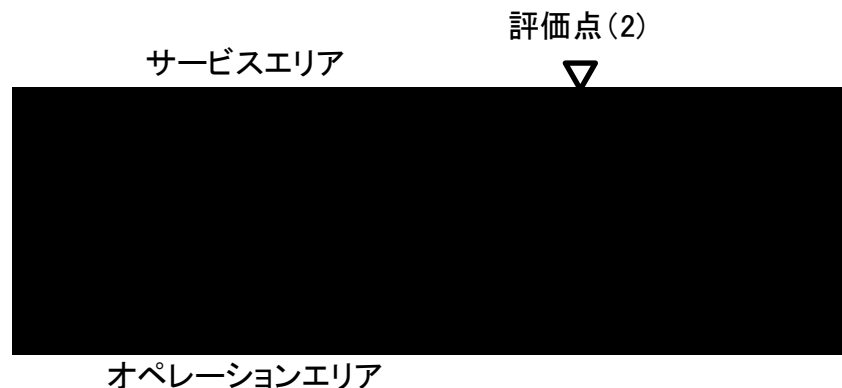
線源形状：点線源

計算モデル

(a) 燃料デブリ等■■■分の放射能をコンクリートセルNo.2に配置

(b) 燃料デブリ等■■■分の放射能を試料ピットに配置

遮へいは、コンクリートセルNo.2北壁(厚さ■■■)を考慮



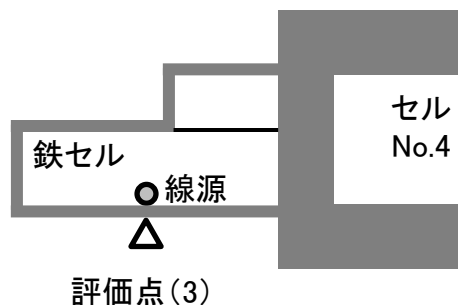
—鉄セル正面—

追加説明

線源形状：点線源

計算モデル

(a) 燃料デブリ等■分の放射能を鉄セルに配置
遮へいは、鉄セル遮へい体(厚さ300mm)を考慮



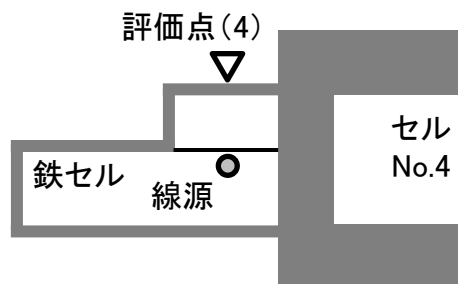
—鉄セル背面—

追加説明

線源形状：点線源

計算モデル

(a) 燃料デブリ等■分の放射能を鉄セルに配置
遮へいは、鉄セル遮へい体(厚さ160mm)を考慮



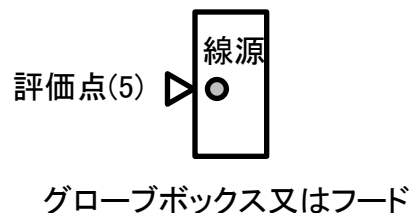
ーグローブボックス、フード正面ー

追加説明

線源形状：点線源

計算モデル

(a) 燃料デブリ等■■■分の放射能をグローブボックスに配置
遮へいは考慮しない



第2棟のコンクリートセル、鉄セル、グローブボックス、フードにおける線量率を下表に示す。
いずれも各室の設計基準線量率を満足することを確認した。

評価点	評価場所	線源位置	線量率 [mSv/h]	区分	基準線量率
(1)	コンクリートセル正面 (オペレーションエリア)	コンクリートセルNo.2	1.8×10^{-3}	B	0.01mSv/h未満
(2)	コンクリートセル背面 (サービスエリア)	コンクリートセルNo.2	2.9×10^{-3}	C	0.05mSv/h未満
(3)	鉄セル正面 (オペレーションエリア)	鉄セル	6.1×10^{-4}	B	0.01mSv/h未満
(4)	鉄セル背面 (分析室)	鉄セル	2.2×10^{-3}	C	0.05mSv/h未満
(5)	グローブボックス、フード正面 (分析室、 $\alpha \cdot \gamma$ 測定室)	グローブボックス、フード	8.1×10^{-3}	C	0.05mSv/h未満

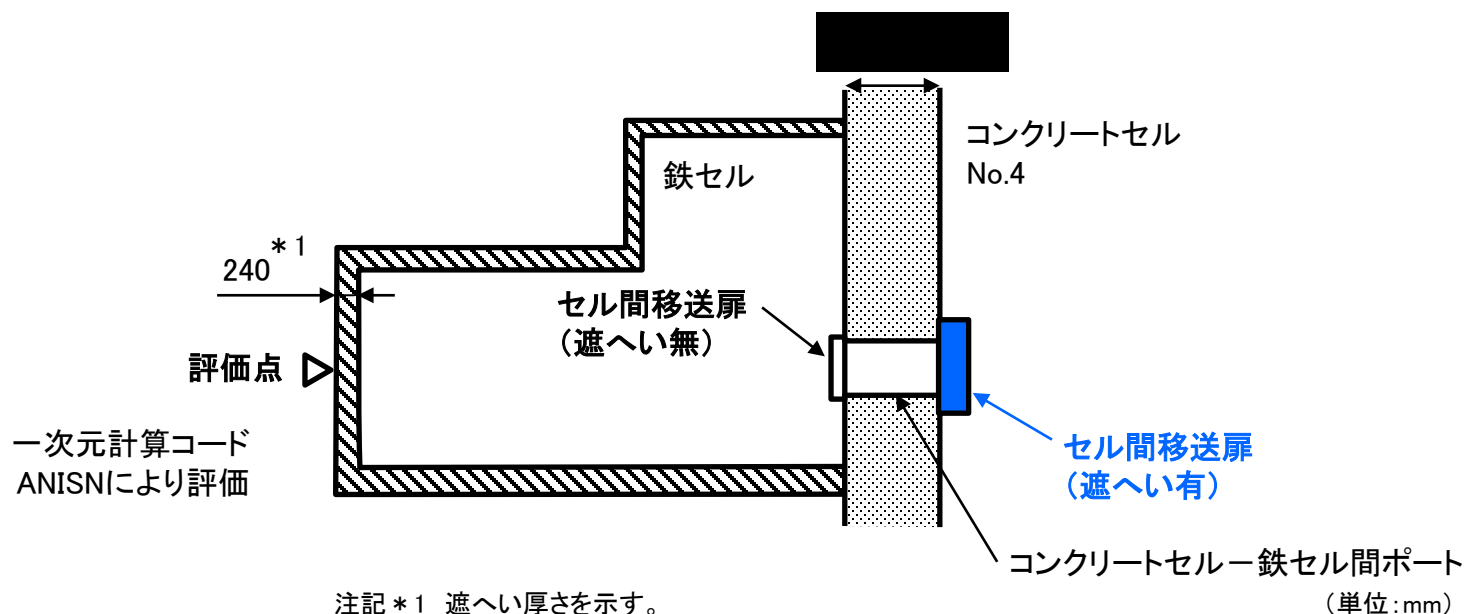
8. コンクリートセル、鉄セル、グローブボックス、フードにおける線量率(8/8)

ーコンクリートセルー鉄セル間ポートのセル間移送扉についてー

追加説明

コンクリートセルNo.4と鉄セルとの間には、分析試料等を移送するためのポートを設置する。ポートの設置により、コンクリートセル壁に貫通部が生じるため、コンクリートセル壁相当の遮へい機能を持つセル間移送扉を設置する。

なお、燃料デブリ等 \blacksquare をコンクリートセルNo.4内に配置し、セル間移送扉が開いた状態を想定して、鉄セル表面での線量率を評価した結果、約0.02mSv/hであり、鉄セルの設置している分析室の設計基準線量率0.05mSv/h未満を満足することを確認した。



注記*1 遮へい厚さを示す。

(単位:mm)

9. 放射線作業従事者の被ばく管理

追加説明

作業に先立ち、作業エリアの線量率を測定し、これに基づく作業計画(放射線防護装備、作業時間)の策定を行い、管理することで可能な限り作業者の被ばく低減を図る。

また、グローブボックスやフードの作業では、試料から手部までの距離が短いため、手部の被ばく線量が高くなると考えられる。このため、試料を扱う際には作業用の器具等を用いて試料からの距離を取るようにする。また、必要に応じて、含鉛グローブ等を用いた遮へい対策及び指リング線量計を用いた手部被ばく線量を測定し管理を行う。

10. 敷地境界における線量の評価(1/3)

「6. 線源の設定」で設定した線源並びに線源形状及び取扱場所での線源配置に基づき、敷地境界における線量を確認する。

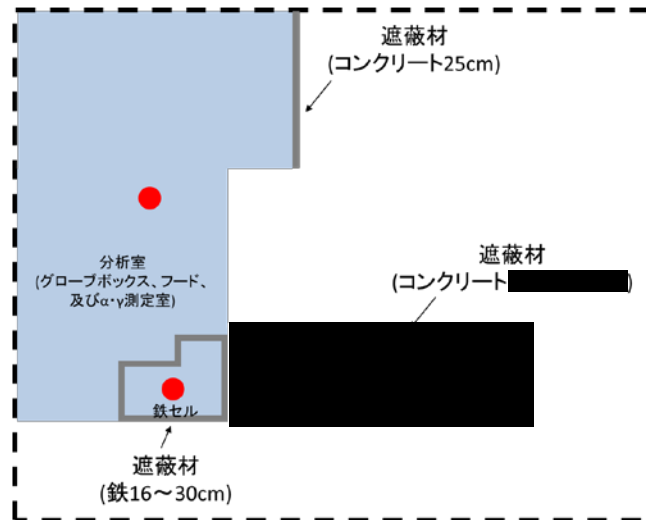
【計算条件】

計算コード : MCNP(連続エネルギーモンテカルロ計算コード)
線源強度 : 「7. 遮へい計算(1/12)」に記載の線源強度
密度 : 普通コンクリート 2.1g/cm³
鉄 7.8g/cm³

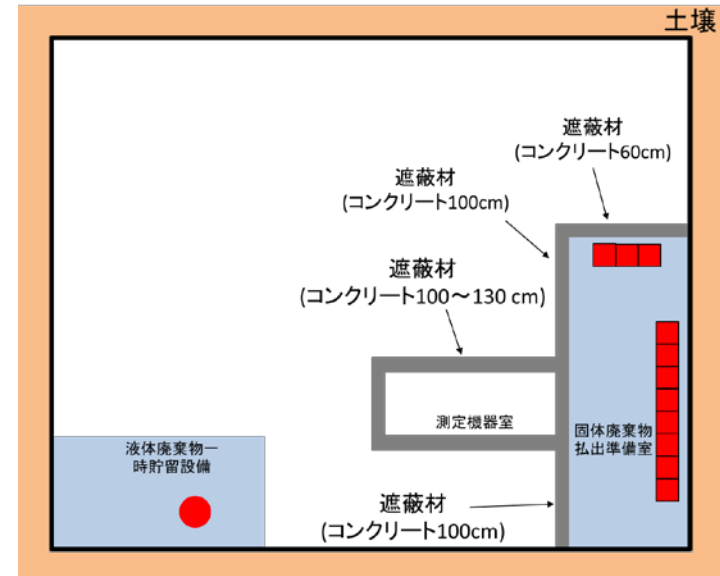
10. 敷地境界における線量の評価(2/3)

コンクリートセル、鉄セル等の設備で最大量の線源(燃料デブリ等重量相当)を同時に取り扱う等の安全側の条件を想定し、直接線及びスカイシャイン線※の敷地境界線量を評価した。

※天井を通過した後施設上方の空気中で反射され、建物から離れた地上付近に降り注ぐ放射線



1階平面図



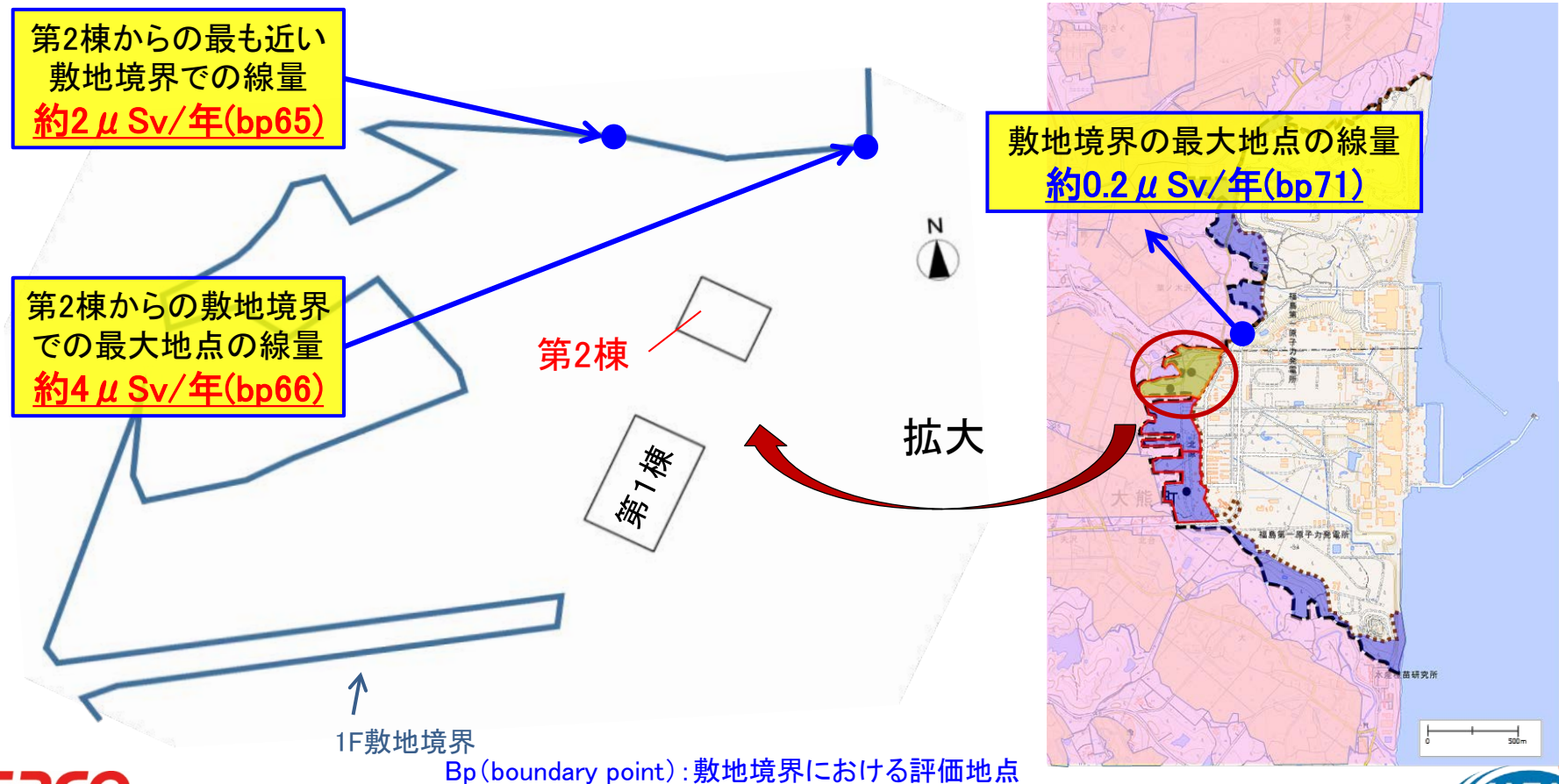
地下1階平面図 ※土壌はコンクリートで模擬

● ■ ▨ : 線源位置

10. 敷地境界における線量の評価(3/3)

第2棟からの敷地境界での最大地点の線量を計算した結果、約 $4\mu\text{Sv}/\text{年}$ となった。

現行の1F敷地境界のうち最大となる地点(bp71)における第2棟からの実効線量は、約 $0.2\mu\text{Sv}/\text{年}$ 。これを合算した値(1F各施設からの実効線量の合算値)は $0.92\text{mSv}/\text{年}$ であり、 $1\text{mSv}/\text{年}$ を下回る。なお、第2棟からの実効線量が最大となる地点(bp66)での1F各施設からの実効線量の合算値は $0.87\text{mSv}/\text{年}$ である。



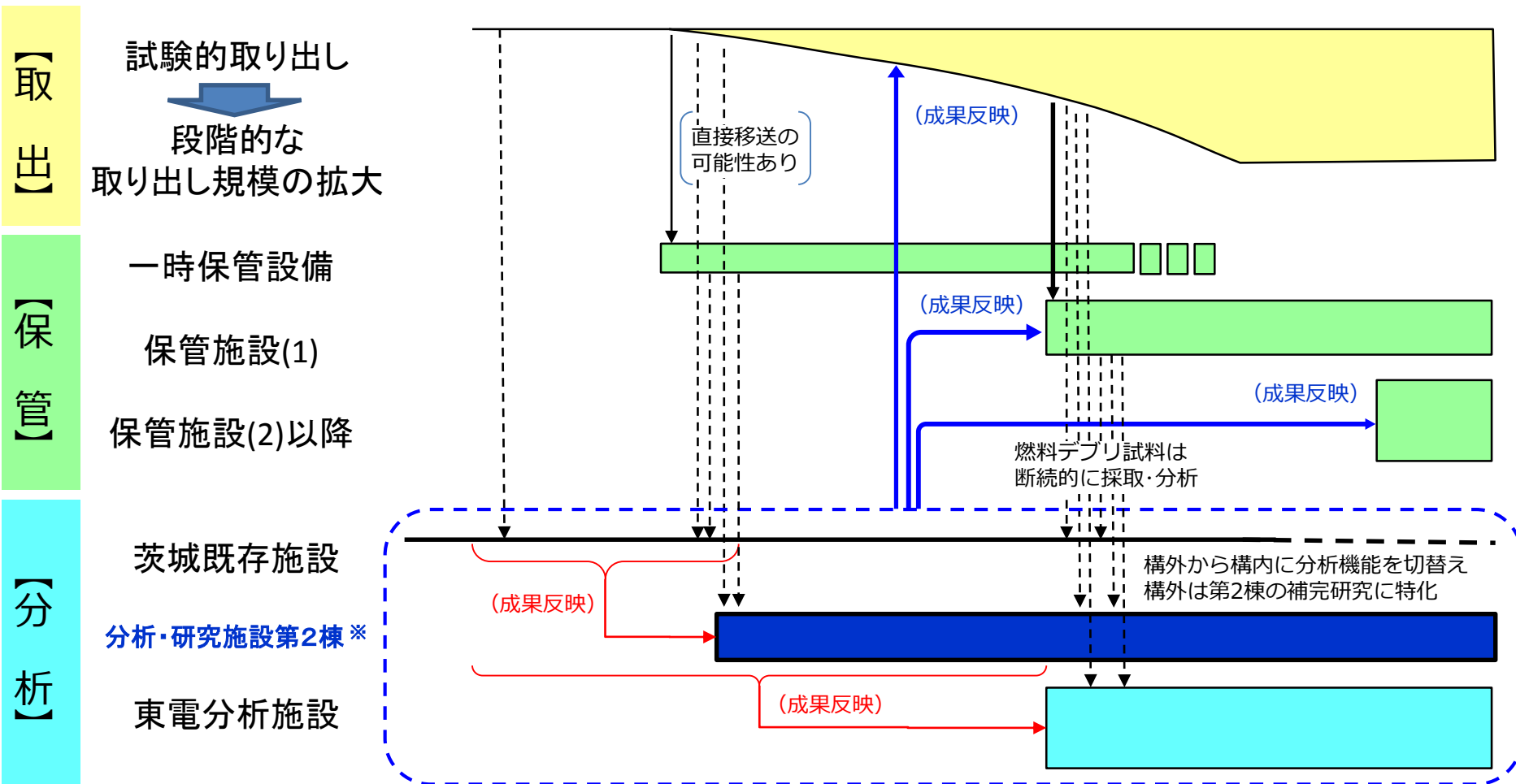
放射性物質分析・研究施設第2棟に係る
実施計画の変更認可申請について
(第2棟分析成果の反映について)

2020年6月30日

東京電力ホールディングス株式会社
国立研究開発法人日本原子力研究開発機構

第2棟分析成果の反映

---> 燃料デブリ試料
 —> 燃料デブリ



- ・既存分析施設で検証された分析手法等は、後続の分析施設設計にその成果を反映。
- ・取り出し規模の拡大以降の分析成果は、取り出し設備の見直しや燃料デブリ保管施設の設計に反映。
- ・また、これら分析成果は将来の処理・処分方策の検討に供する。

※ 取り出し規模の拡大と第2棟の運用開始時期は逆転の可能性あり