

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 (実施計画に係る補足説明資料)

2021年6月9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. はじめに

東京電力株式会社福島第一原子力発電所における実施計画の変更認可申請(放射性物質分析・研究施設第2棟の設置)に対する補足説明資料をまとめた。

2. 目次(1／3)

I. 概要

- i. 全体概要(2021.4.15面談) : p.7
- ii. Ⅱ特定原子力施設の設計、設備に係る補足説明(2021.4.15面談) : p.13
- iii. 第2棟分析成果の反映について(2021.3.18面談) : p.38
- iv. 分析・試験項目に係る設備の申請範囲について(2020.6.16面談) : p.47
- v. Ⅲ特定原子力施設の保安及び敷地境界線量に係る補足説明(2020.5.25面談) : p.52

II. 燃料デブリ等の分析・試験及び放射性廃棄物の考慮

- i. 燃料デブリ等について(2021.4.15面談) : p.60
- ii. 燃料デブリ等フローについて(2021.4.15面談) : p.72
- iii. 標準試料について(2020.11.20面談) : p.105
- iv. 塩酸腐食に対する考慮について(2020.11.20面談) : p.120
- v. 放射性廃棄物等の処理・保管について(2021.4.15面談) : p.126
- vi. 放射性廃棄物の考慮について(2021.4.15面談) : p.133

2. 目次(2／3)

III. 耐震性及び構造強度

- i. 耐震性評価について(2021.4.15面談) : p.178
- ii. 建屋の構造強度及び耐震性に関する検討結果(2020.10.15面談) : p.195
- iii. 設備の構造強度に関する検討結果(2020.10.15面談) : p.213
- iv. 設備の耐震性に関する検討結果(2021.4.15面談) : p.223
- v. 日本海溝・千島海溝沿いの地震について(2020.10.29面談) : p.256

IV. 火災防護

- i. 火災防護について(2020.9.4面談) : p.260
- ii. 建屋の火災防護について(2020.12.11面談) : p.265
- iii. 分析・試験設備の火災防護について(2020.12.11面談) : p.276
- iv. セル内火災に対する考慮について(2020.10.29面談) : p.319

V. 自然災害対策について

- i. 自然災害対策等について(2020.6.16面談) : p.324

VI. 被ばく低減

- i. 遮へい・線量評価について(2021.1.5面談) : p.328

2. 目次(3／3)

VII.	閉じ込め機能	
VIII.	閉じ込め機能について(2020.6.16面談)	: p.373
IX.	セル・グローブボックスの閉じ込めに係る整理について (2021.4.15面談)	: p.392
VIII.	臨界防止	
i.	臨界管理の方法について(2021.2.3面談)	: p.424
IX.	措置を講ずべき事項等への対応	
i.	措置を講ずべき事項の対応について(2020.9.30面談)	: p.490
ii.	使用許可基準規則の考慮について(2020.9.16面談)	: p.500
X.	確認事項	
i.	第2棟に係る確認事項(2020.11.11面談)	: p.562
XI.	保安体制について	
i.	保安体制について(2021.1.18面談)	: p.582
XII.	その他	
i.	マニュアルの整備について(2021.2.18面談)	: p.594

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 (I . 概要)



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
(I . i . 全体概要)
5月25日面談資料改訂版

2021年4月15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



放射性物質分析・研究施設について

放射性物質分析・研究施設(以下「分析・研究施設」という。)に関しては、次の3棟を整備する。

○施設管理棟

⇒ 分析作業員居室、事務室等から構成
(申請対象外/福島第一原子力発電所サイト外)

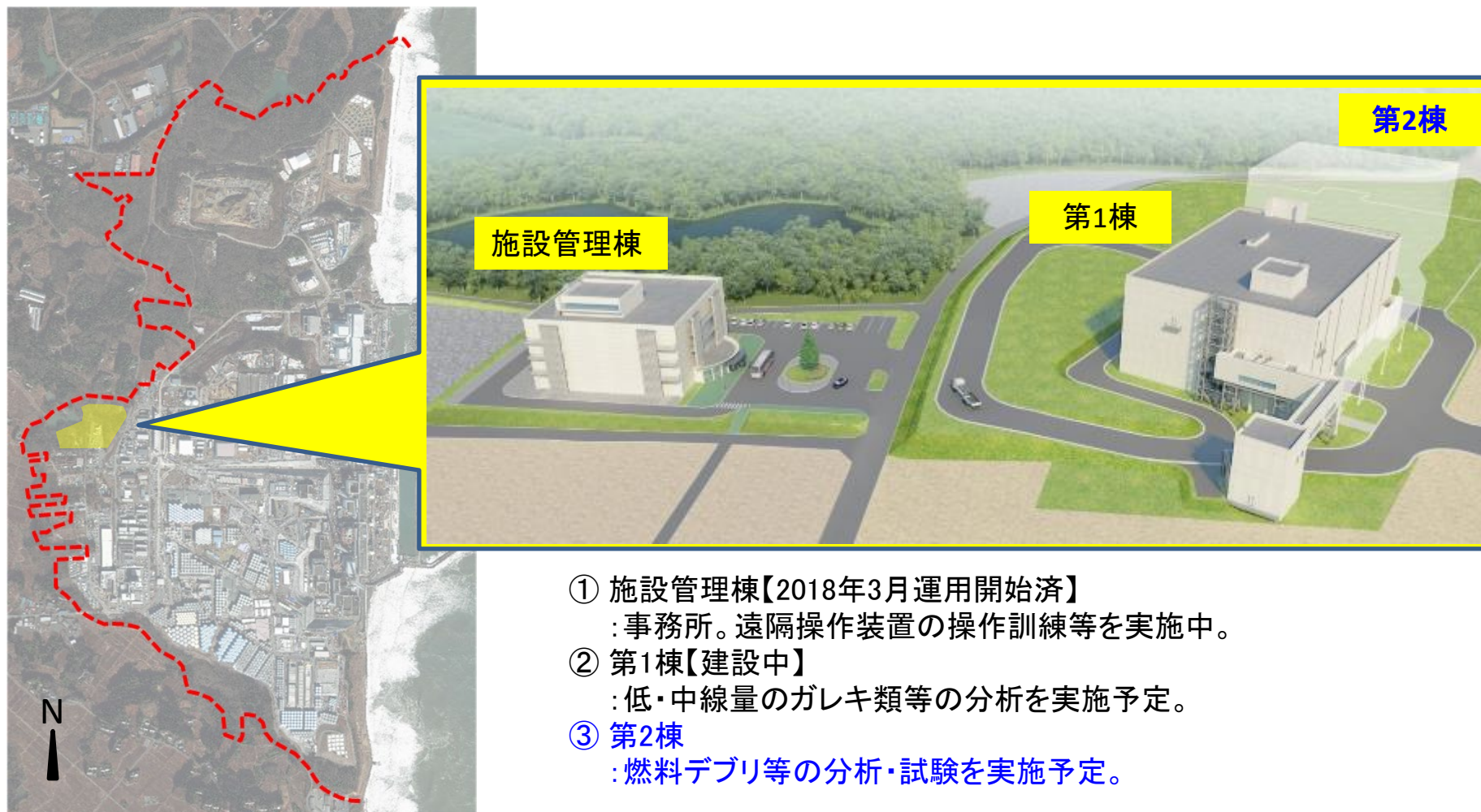
○分析・研究施設第1棟(建設中)

⇒ 主に低・中線量のガレキ類、焼却灰、水処理二次廃棄物等を分析するためのフード、グローブボックス及び鉄セルから構成

○分析・研究施設第2棟(今回申請対象)

⇒ 主に燃料デブリ等を分析・試験するためのホットセル(コンクリートセル、鉄セル)等から構成








各施設配置イメージ



- ① 施設管理棟【2018年3月運用開始済】
: 事務所。遠隔操作装置の操作訓練等を実施中。
- ② 第1棟【建設中】
: 低・中線量のガレキ類等の分析を実施予定。
- ③ 第2棟
: 燃料デブリ等の分析・試験を実施予定。

提供: 日本スペースイメージング(株)、(C)DigitalGlobe

分析・研究施設に関する整備計画(案)

項目	2018年度		2019年度		2020年度		2021年度		2022年度		2023年度		2024年度			
	上期	下期	上期	下期	上期	下期	上期	下期	上期	下期	上期	下期	上期	下期		
第1棟 (ガレキ類等を分析する施設)	 建築工事						 運用									
第2棟 (燃料デブリ等を分析する施設)	 詳細設計						 申請		 実施計画変更認可申請に係る審査		 準備工事(山留～) 建築工事				 運用	

分析・研究施設第2棟新設に係る 「実施計画」変更箇所及び内容(1/2)

Ⅱ 特定原子力施設の設計、設備

2.48 放射性物質分析・研究施設第2棟

本項目について新規記載

- ・ 本文 **第2棟の基本設計、基本仕様**
- ・ 添付資料 **第2棟の全体概要図、機器配置図、燃料デブリ等フロー図 他**

Ⅲ 特定原子力施設の保安

第1編及び第2編

第3章 体制及び評価

第1節 保安管理体制

(保安に関する職務)

第5条

分析・研究施設第2棟における保安に関する業務のとりまとめを職務として追加

第1編

第6章 放射性廃棄物の管理

(放射性気体廃棄物の管理)

第42条の2

分析・研究施設第2棟から放出される放射性気体廃棄物の管理を追加

分析・研究施設第2棟新設に係る 「実施計画」変更箇所及び内容(2/2)

第3編

2 放射性廃棄物等の管理に係る補足説明

2.2 線量評価

2.2.2 敷地内各施設からの直接線並びにスカイシャイン線による実効線量

2.2.2.1 線量の評価方法

(1) 線量評価点

分析・研究施設第2棟の新設に伴う同施設の位置の追加

2.2.2.2 各施設における線量評価

2.2.2.2.19 放射性物質分析・研究施設第2棟

本項目について新規記載

2.2.2.4 添付資料

添付資料－4

敷地境界における直接線・スカイシャイン線の評価結果の変更

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

(I . ii . II 特定原子力施設の設計、設備に係る補足説明)

5月25日面談資料改訂版

2021年4月15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.放射性物質分析・研究施設第2棟の設置について

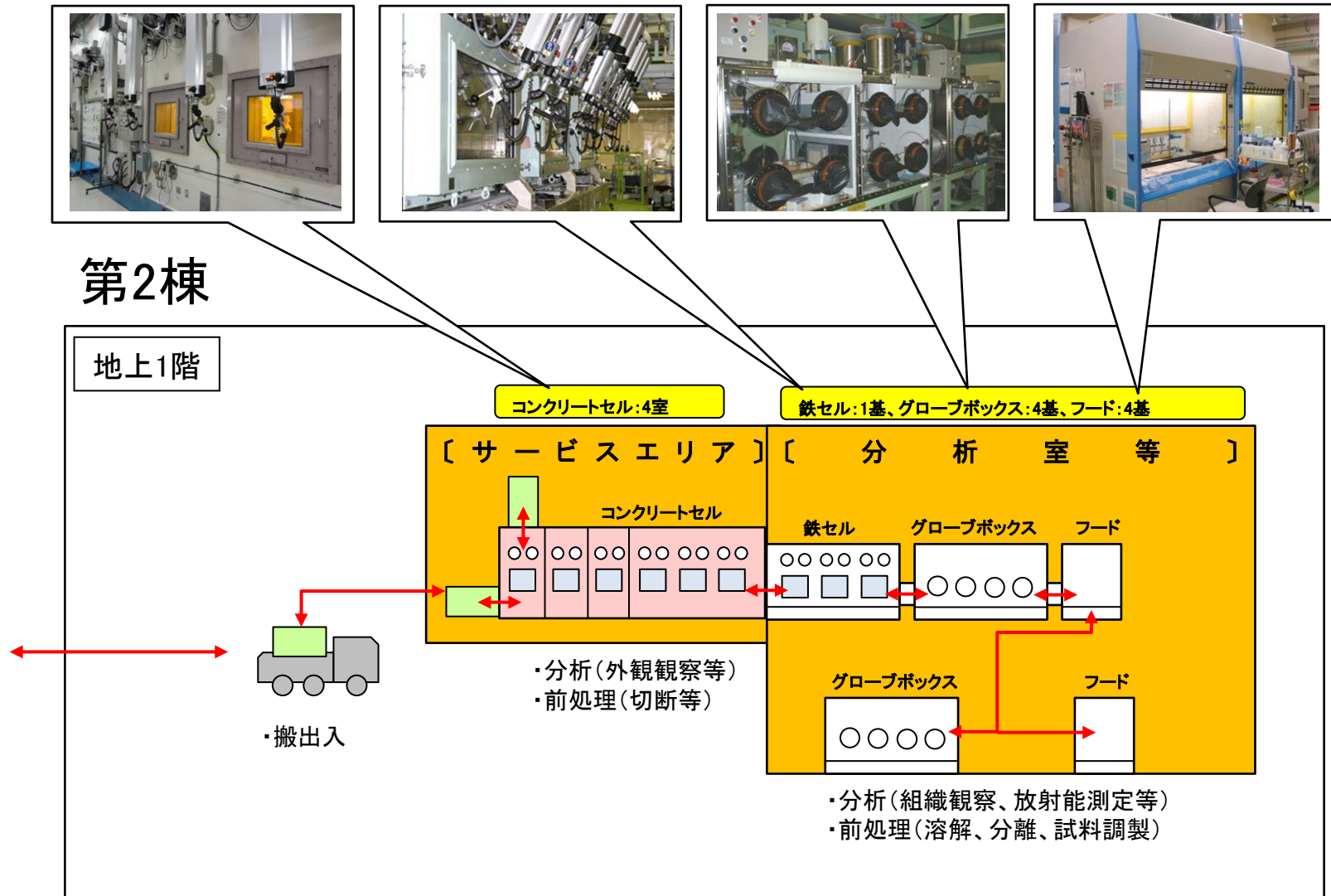
■ 目的

放射性物質分析・研究施設第2棟(以下「第2棟」という。)は、福島第一原子力発電所で発生した燃料デブリ等の性状を把握することにより、その安全な取り出し等の作業の推進に資する情報を取得するため、分析・試験を行うことを目的とする。

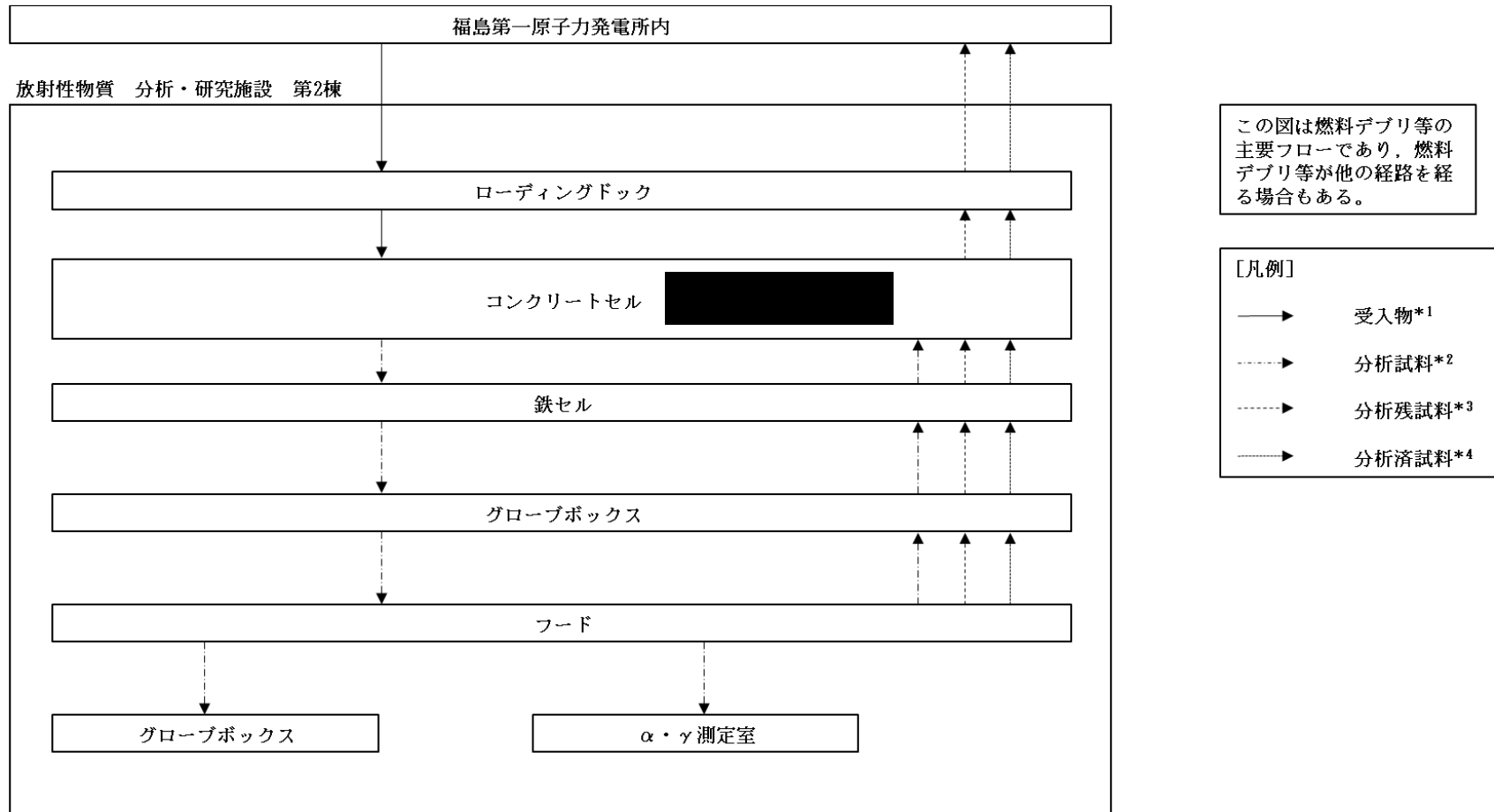
■ 分析対象物(受入物)

- ・分析対象物:燃料デブリ等(燃料デブリ、炉構造材、解体廃棄物)
- ・受入量:1回当たり■以下
- ・受入回数:最大12回/年
- ・最大取扱量:135kg

2.分析対象物の受入から払出しまでの流れ

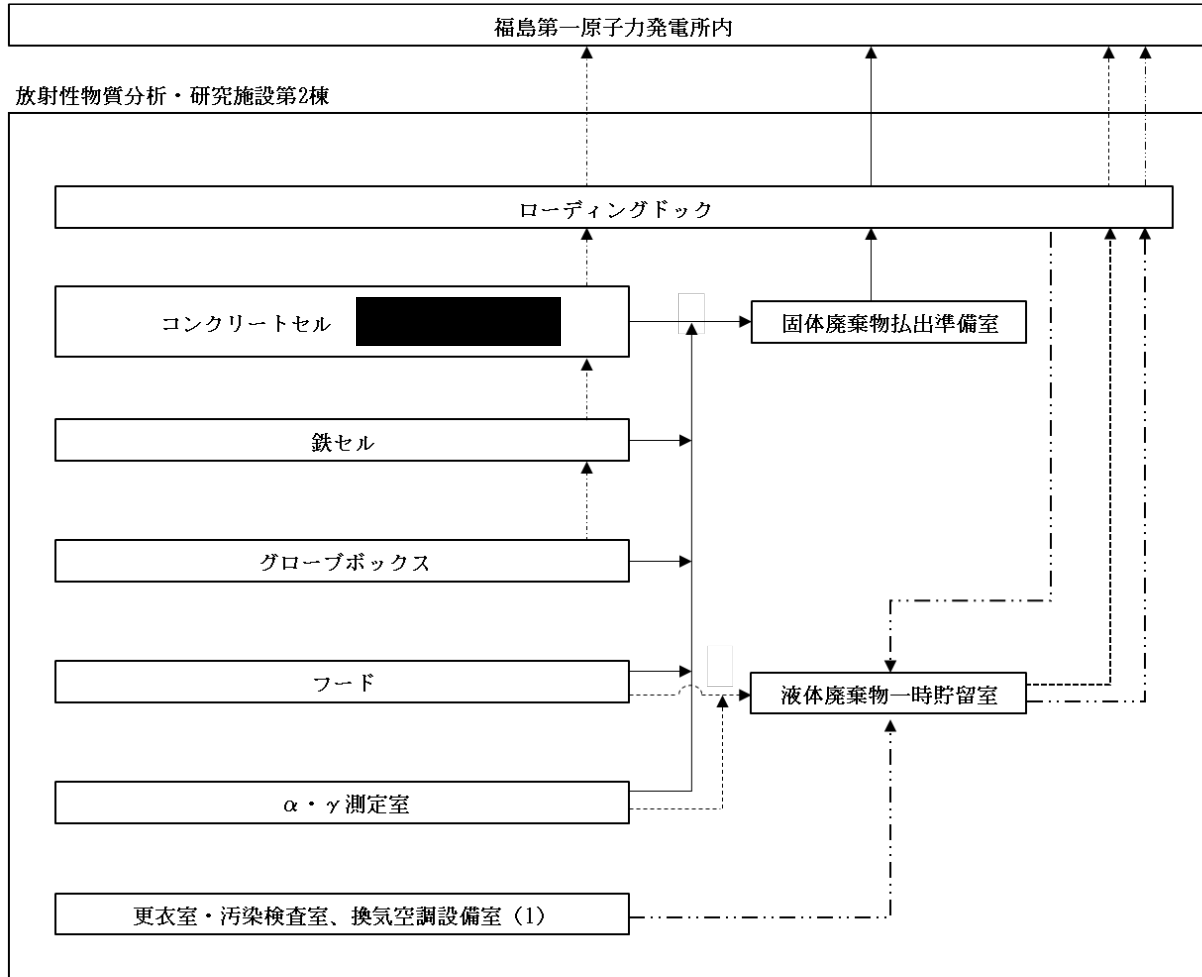


3.第2棟の燃料デブリ等・放射性廃棄物フロー(1/2)



- *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

3.第2棟の燃料デブリ等・放射性廃棄物フロー(2/2)



この図は分析作業などに伴い発生する廃棄物(分析済試料も含む)の主要フローである。

[凡例]

- ▶ 第2棟固体廃棄物(高線量)
- ▶ 第2棟固体廃棄物(低線量)
- ▶ 第2棟液体廃棄物(分析廃液*1, *2)
- ▶ 第2棟液体廃棄物(設備管理廃液)

*1: 中和, 希釈, 固化処理等の安定化処理を行う。

*2: 液体シンチレータ等の液体廃棄物(塩酸含有廃液又は有機廃液)は, 金属製の容器に収納し, 液体廃棄物一時貯留室にて一時的に保管する。

4.設計基本方針(1/8)

(1)燃料デブリ等の分析・試験

燃料デブリ等に対する一連の分析・試験を行うため、第2棟には、コンクリートセル、鉄セル、グローブボックス、フード、分析室及び α ・ γ 測定室等を設置する。また、放射能分析、化学分析、物性測定等の分析・試験を行うことができるようにする。

(2)放射性の固体廃棄物の考慮

第2棟で発生する放射性の固体廃棄物(以下「第2棟固体廃棄物」という。)については、低線量の第2棟固体廃棄物は、可燃物、難燃物及び不燃物に分別し、固体廃棄物払出準備室にて一時的に保管する。また、高線量の第2棟固体廃棄物は、第2棟内のコンクリートセル又は試料ピットにて一時的に保管する。

4.設計基本方針(2/8)

(3)放射性の液体廃棄物の考慮

第2棟では、放射性の液体廃棄物(以下「第2棟液体廃棄物」という。)として、分析廃液、設備管理廃液、塩酸含有廃液及び有機廃液が発生する。第2棟で発生する第2棟液体廃棄物については、性状に応じて適切に処理し、受槽及び保管ラックにて一時的に保管ができるようにする。第2棟液体廃棄物を一時的に保管するための設備については、次の各項を考慮した設計とする。

- ① 機器、配管等には環境や内部流体の性状に応じた適切な材料を使用するとともに、受槽には液位計を設置する。
- ② 液体廃棄物一時貯留設備は、万一、液体状の放射性物質が漏えいした場合の拡大を防止するため、堰を設置する。堰は、堰内に設置する受槽及び保管ラックの漏えい廃液を全量保持できる容量とする。また、堰内は液体が浸透しにくく、腐食しにくいエポキシ樹脂にて塗装する。第2棟液体廃棄物が堰内に漏えいした場合は、堰内に設置した漏えい検知器により検知する。
- ③ 液位計、漏えい検知等の警報は、制御室で発報し、運転員に確実に伝え適切な措置をとれるようにする。
- ④ 液体廃棄物一時貯留設備は、敷地周辺の線量を達成できる限り低減するため、地下1階に設置する。

なお、コンクリートセル、鉄セル及びグローブボックス(以下「セル等」という。)にて発生した放射能濃度の高い第2棟液体廃棄物は、コンクリートセル及びグローブボックスにて固化処理後に第2棟固体廃棄物として払い出す。

4.設計基本方針(3/8)

(4)放射性気体廃棄物の考慮

換気空調設備については、コンクリートセル、鉄セル、グローブボックス、フード等の排気を、高性能フィルタにより、放射性物質を十分低い濃度になるまで除去した後、第2棟の排気口から放出する設計としており、放出された放射性物質の濃度は、試料放射能測定装置により、「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」(平成二十五年四月十二日原子力規制委員会告示第三号)に定める濃度限度を下回ることを確認する。

(5)構造強度

「JSME S NC-1 発電用原子力設備規格 設計・建設規格」(以下「設計・建設規格」という。)に従うことを基本方針とし、必要に応じて日本産業規格や製品規格に従った設計とする。

(6)耐震性

第2棟の建屋及び設備の耐震設計は、「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」(平成18年9月19日)における耐震設計上の重要度分類に基づき、地震により発生する可能性のある公衆への放射線による影響の観点から、建屋、コンクリートセル、鉄セル、グローブボックス等を耐震Bクラスとして設計する。

地震による機能喪失を想定した場合の影響を評価し、耐震設計審査指針に基づき定めた耐震クラスが「使用許可基準規則」を考慮した設計であることを確認する。

4.設計基本方針(4/8)

(7)火災防護

①火災一般

第2棟は、火災により安全性が損なわれることを防止するために、火災の発生防止対策、火災の検知及び消火対策並びに火災の影響の軽減対策を適切に組み合わせた措置を講ずる。

②火災防護

第2棟の建屋は、建築基準法及び関係法令に基づく耐火建築物とし、可能な限り不燃性材料又は難燃性材料を使用する。また、防火区画を設置し、消防設備と組み合わせることにより、火災の影響を軽減する設計とする。主要構造部の外壁は、延焼を防止するために必要な耐火性能を有する設計とする。

放射性物質を取り扱うコンクリートセル、鉄セル、グローブボックス及びフードは、可能な限り不燃性材料又は難燃性材料を使用する設計とする。可燃物は、金属製の容器に収納して使用時に取り出すこととし、分析・試験では少量の可燃物しか取り扱わないようにする。

放射性の固体廃棄物は、金属製の容器に収納する。また、放射性の液体廃棄物を一時的に保管する設備は、静電気等の放電のため接地する。

4.設計基本方針(5/8)

③火災検知・消火

建屋内に設置する火災検知器及び消火設備(屋内消火栓設備及び消火器)は、早期消火を行えるよう消防法、消防法施行令及び消防法施行規則に基づいた設計とする。

セル等に対しては、温度計及び窒素ガス消火設備を設置し、火災の早期検知、消火活動の円滑化を図る。窒素ガス消火設備は、再着火防止を考慮した設計とし、設備の故障等を考慮して複数設置する。

④分析・試験における火災防護

燃料デブリ等の分析・試験により発生する切断粉等は、金属製の容器に収納する。

引火性の試薬等を使用する際は、周辺に着火源を置かないようにし、加熱する際は、防爆仕様の機器を用いる。さらに、防爆仕様の機器を使用する際は、周辺に可燃物を置かないなどの火災防護上の措置を講ずる。

分析・試験に伴い危険物が発生するおそれがある場合には、中和、希釈等の安定化処理を行い、水の放射線分解による水素発生と水素ガス使用機器からの漏えいに対しては、換気による希釈と帯電防止対策を行う。

4.設計基本方針(6/8)

(8)被ばく低減

第2棟は、作業内容に応じて建屋内を区分し、区分ごとに外部放射線に係る設計基準線量率を設定する。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、敷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。

(9)閉じ込め機能

放射性物質を取り扱う設備は、放射性物質の漏えいを防止する設計とする。万一、放射性物質が漏えいした場合には、その漏えいを検知する機能を設ける。

セル等は換気空調設備にて内部を負圧に維持することで放射性物質を閉じ込める設計とする。負圧維持ができない場合は、セル等の構造(セル等、給気管、排気管、弁、給排気系のフィルタ)で放射性物質を閉じ込める設計とする。

セル等の負圧維持機能を有する換気空調設備は2式設置し、外部電源も2系統確保する。さらに、万一、外部電源が喪失した場合でも負圧維持が継続できるように、予備電源設備を設置する。

通常運転時等の閉じ込めに関する考え方は以下のとおりとする。

① 通常運転時

換気空調設備にてセル等の内部を負圧に維持することにより、放射性物質を閉じ込める。

4.設計基本方針(7/8)

② 外部電源喪失時

外部電源は2系統より受電しており、片系統のみの停電では第2棟の電源喪失は起きないため、セル等の内部を負圧に維持することにより放射性物質を閉じ込める。2系統ともに喪失した場合、予備電源設備へ切り替えて給電し、セル等の内部を負圧に維持することにより放射性物質を閉じ込める。

③ 火災発生時

換気空調設備にてセル等の内部を負圧維持することにより放射性物質を閉じ込める。

窒素ガス消火設備による消火時においても、同様に負圧を維持することにより放射性物質を閉じ込める。

④ 負圧維持に必要な設備の機能喪失時

負圧維持に必要な設備の機能喪失時においては、給気フィルタと排気フィルタ間で放射性物質を閉じ込める。さらに、フィルタからの放射性物質の放出を低減するために、セル等の直近の給排気系に弁を設置し、閉止できる設計とする。

なお、負圧維持に必要な設備の機能喪失後に火災が発生した場合についても同様にセル等の構造により放射性物質を閉じ込める。

放射性物質の逆流による漏えいを防止するため、セル・グローブボックス用排風機、フード用排風機、管理区域用排風機、管理区域用送風機の順に起動する設計とする。

放射性物質を取り扱うフードの開口部については、一定の風速を満たす設計とする。

放射性物質を取り扱う室の壁、床等で汚染のおそれのある部分の表面は平滑で、気体又は液体が浸透しにくく、腐食しにくいエポキシ樹脂等で塗装する。

4.設計基本方針(8/8)

(10)臨界防止

第2棟は、核燃料物質を含む燃料デブリ等を取り扱うため、臨界防止のための方策を講ずる。第2棟では、燃料デブリ等の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、燃料デブリ等を分析・試験で取り扱う際、形状等が変化する前処理を行うため、コンクリートセル全体の燃料デブリ等について、規定の重量以下とする質量管理を行う。試料ピットでは、規定の重量以下であることを確認した上で、臨界防止を考慮した形状の試料ピットに一時的に保管することで質量管理及び形状管理を行う。

臨界安全評価においては、想定される燃料デブリ等の組成を保守的に設定するとともに、前処理中にプルトニウム濃度の高い残さ又は沈殿が発生する可能性を考慮し、均質体系に加えてプルトニウムが粒子状に存在する非均質体系についてプルトニウム濃度等が不均一な状態の評価を行い、臨界に達しないことを確認する。

なお、鉄セル並びに分析室及び α ・ γ 測定室においては取り扱う燃料デブリ等が少量であるため、臨界に至らない。

また、万一、臨界が発生した場合は、 γ 線エリアモニタ、中性子線エリアモニタによって臨界及びその継続性を検知することができる設計とする。

5. 第2棟の建築概要

■ 建築概要

延床面積	約2,940m ² ※
階数	地下1階、地上2階
建物地上高さ	約17m
主要構造	構造：鉄筋コンクリート造 基礎：直接基礎
建物用途等	放射性物質の分析・研究施設
耐震クラス	Bクラス

※) 東西×南北×階数による概算値であり、詳細値とは異なる。

6. 分析・試験設備(1/5)

■ 主な分析・設備

コンクリートセル:4室、鉄セル:1基、グローブボックス:4基、フード:4基

■ 主な分析装置

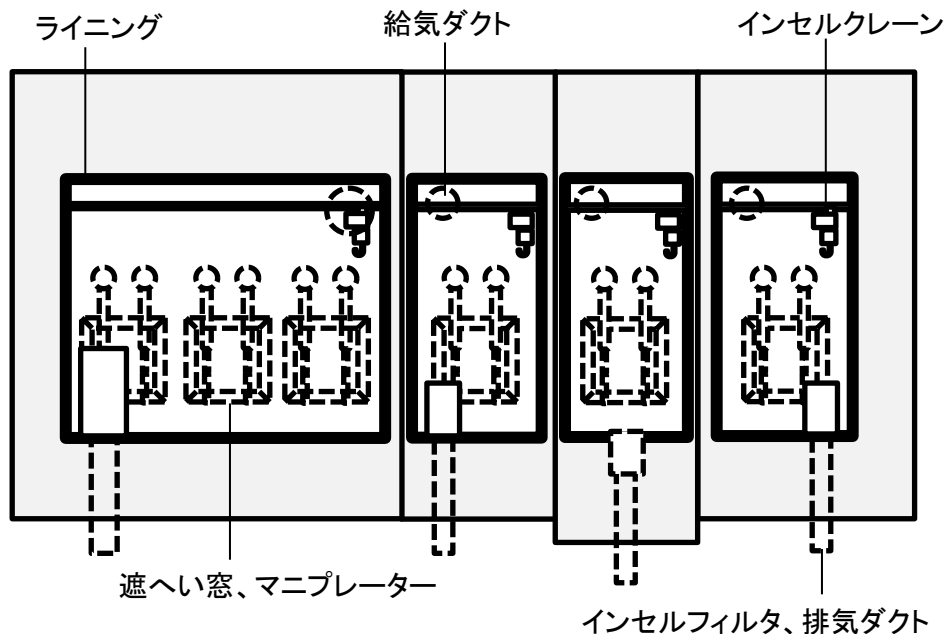
- 蛍光X線分析装置(XRF)
- 光学顕微鏡
- 硬さ試験機
- 電子線マイクロアナライザ
- ガスクロマトグラフ
- イオンクロマトグラフ
- 高周波誘導結合プラズマ質量分析装置
- 高周波誘導結合プラズマ発光分析装置
- アルファ線スペクトロメータ
- ガンマ線スペクトロメータ
- 液体シンチレーションカウンタ
- ガスフローカウンタ 等

6. 分析・試験設備(2/5):コンクリートセル

【コンクリートセル概要】

高線量の燃料デブリ等が収納された容器から燃料デブリ等を取り出して外観確認等を実施し、切断、研磨、粉碎、溶解等の試料調製を行い、分析・試験に必要な量を採取する。

- 数量 4室 ○耐震クラス Bクラス
- 主要材料 普通コンクリート ○ライニング ステンレス鋼(SUS304)



コンクリートセル概要図(立面面)



コンクリートセルイメージ*

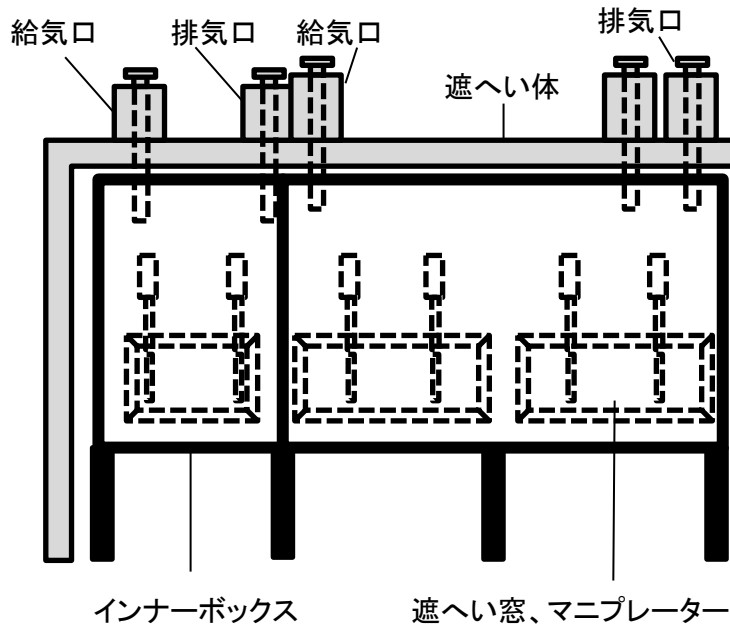
*: 日本原子力研究開発機構原子力科学研究所HPより
https://www.jaea.go.jp/04/ntokai/hot/hot_04.html

6. 分析・試験設備(3/5): 鉄セル

【鉄セル概要】

コンクリートセルにて採取された試料に対して、各種装置による分析・試験又は核種分離などの前処理を行い、分析に必要な量を採取する。

- | | | | |
|-----------|----------------|--------|-----------|
| ○数量 | 1基 | ○耐震クラス | Bクラス |
| ○インナーボックス | ステンレス鋼(SUS304) | ○遮へい体 | 鋼材(SS400) |



鉄セルイメージ*

* : 日本原子力研究開発機構原子力科学研究所HPより
https://www.jaea.go.jp/04/ntokai/hot/hot_04.html

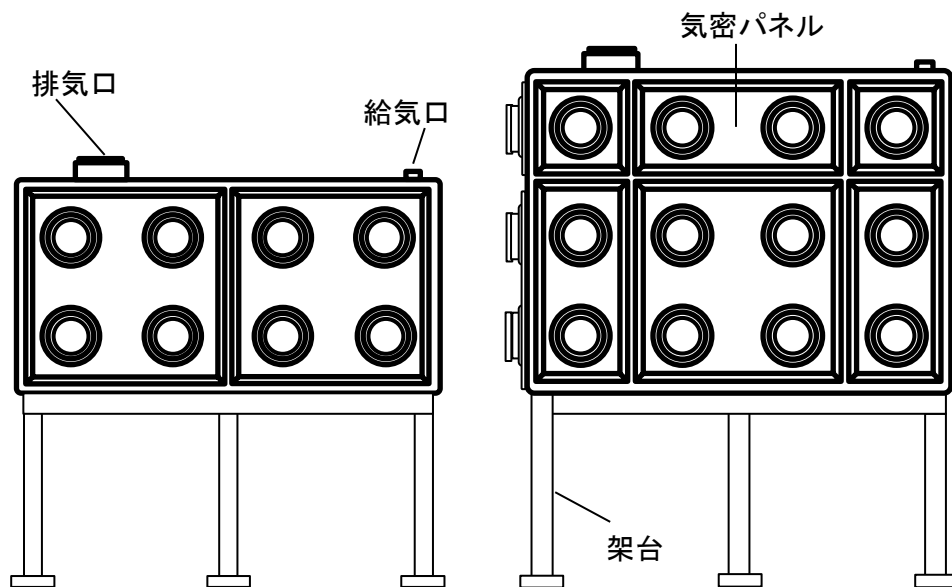
鉄セル概要図(立面図)

6. 分析・試験設備(4/5): グローブボックス

【グローブボックス概要】

鉄セルにて採取された試料に対して核種分離などの前処理を行い、分析に必要な量を採取する。
また、試料調製後の試料に対して、各種分析装置にて分析を行う。

- 数量 4基
- 耐震クラス Bクラス
- 構造 本体+気密パネル
- 主要材料 ステンレス鋼(SUS304)



グローブボックスイメージ*

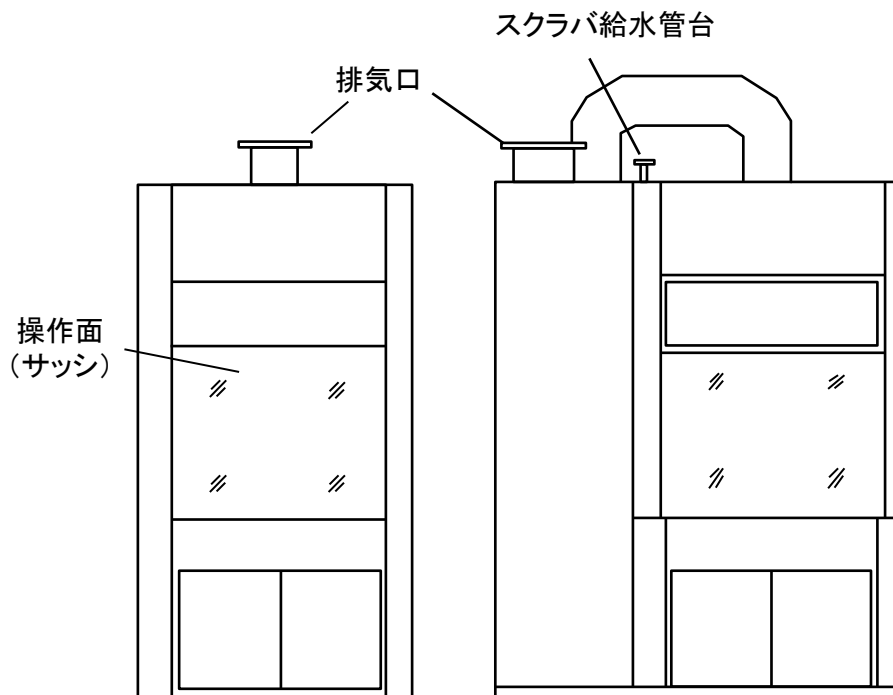
* : 日本原子力研究開発機構原子力科学研究所HPより
https://www.jaea.go.jp/04/ntokai/hot/hot_01.html

6. 分析・試験設備(5/5): フード

【フード概要】

グローブボックスにて採取された試料の搬出及びマイラー処理などの試料調製を行う。

- 数量 4 基
- 耐震クラス Cクラス
- 主要材料 ステンレス鋼(SUS304)

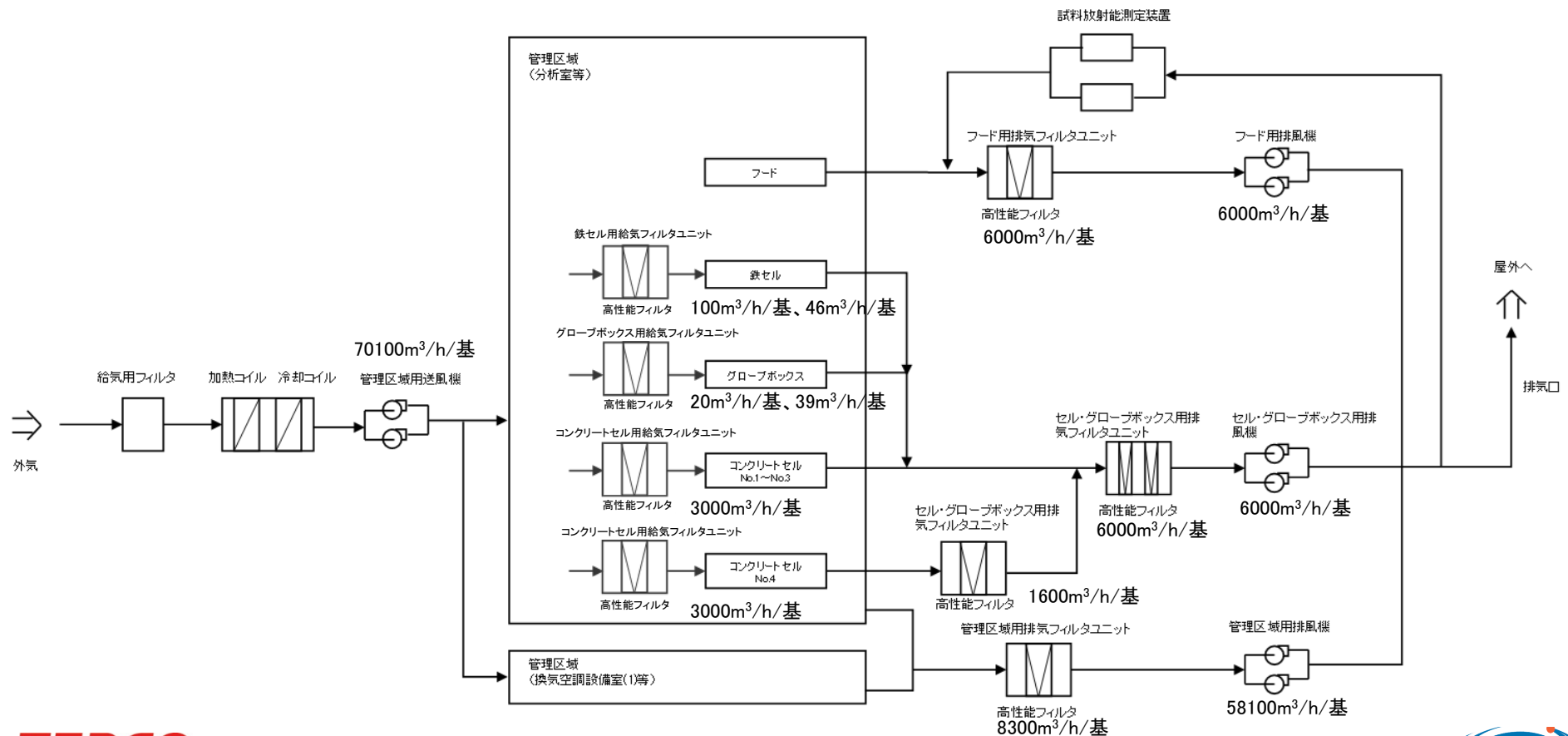


フードイメージ*

* : 日本原子力研究開発機構原子力科学研究所HPより
https://www.jaea.go.jp/04/ntokai/hot/hot_06.html

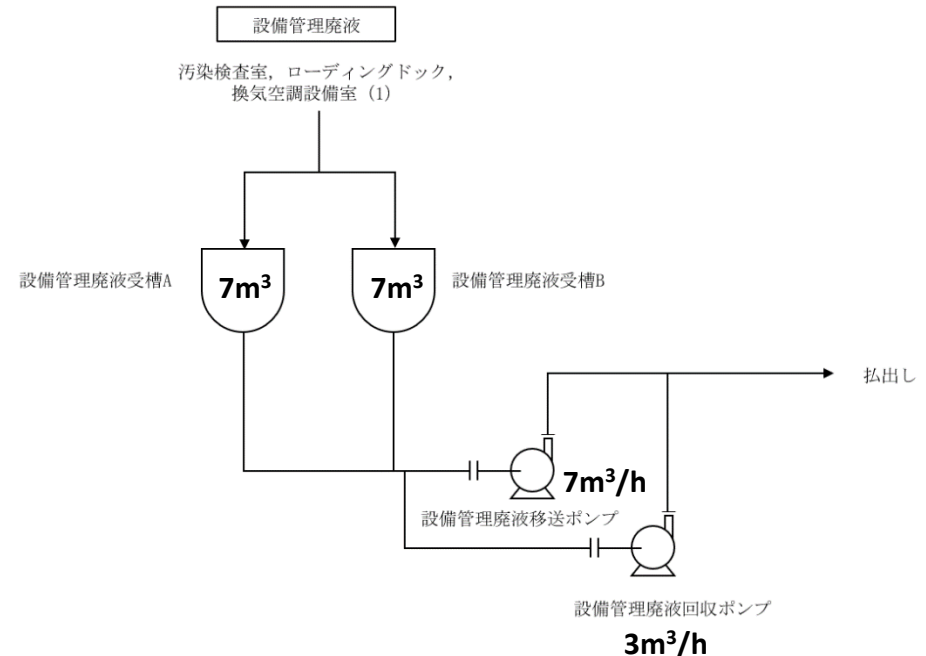
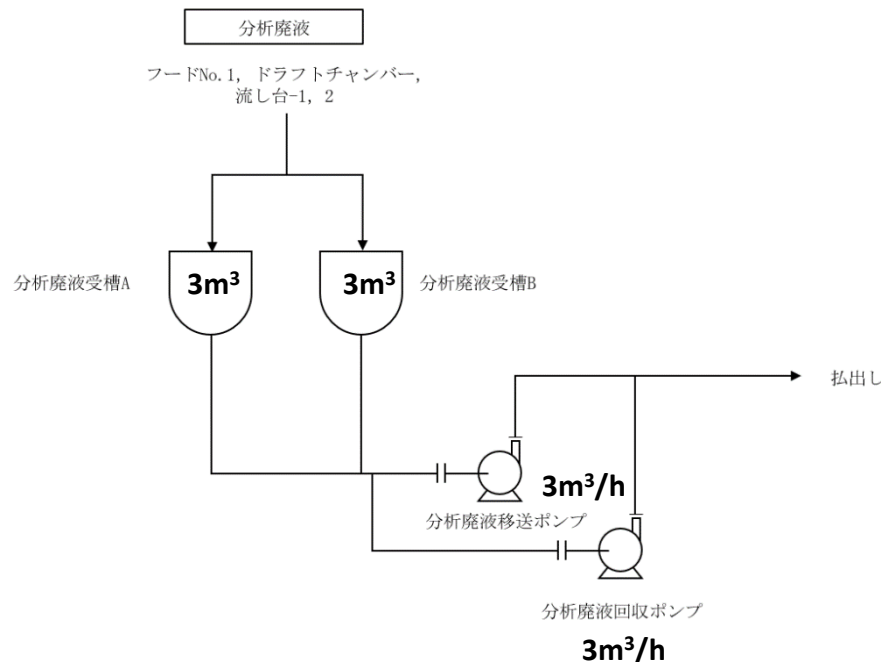
7.換気空調設備

管理区域用送風機、管理区域用排風機、セル・グローブボックス用排風機、フード用排風機、各排気フィルタユニット等で構成し、建屋、コンクリートセル、鉄セル、グローブボックスを負圧管理し、フードの開口部の風速を維持する。空気は、高性能フィルタを通した後、排風機により第2棟の排気口から大気に放出する。



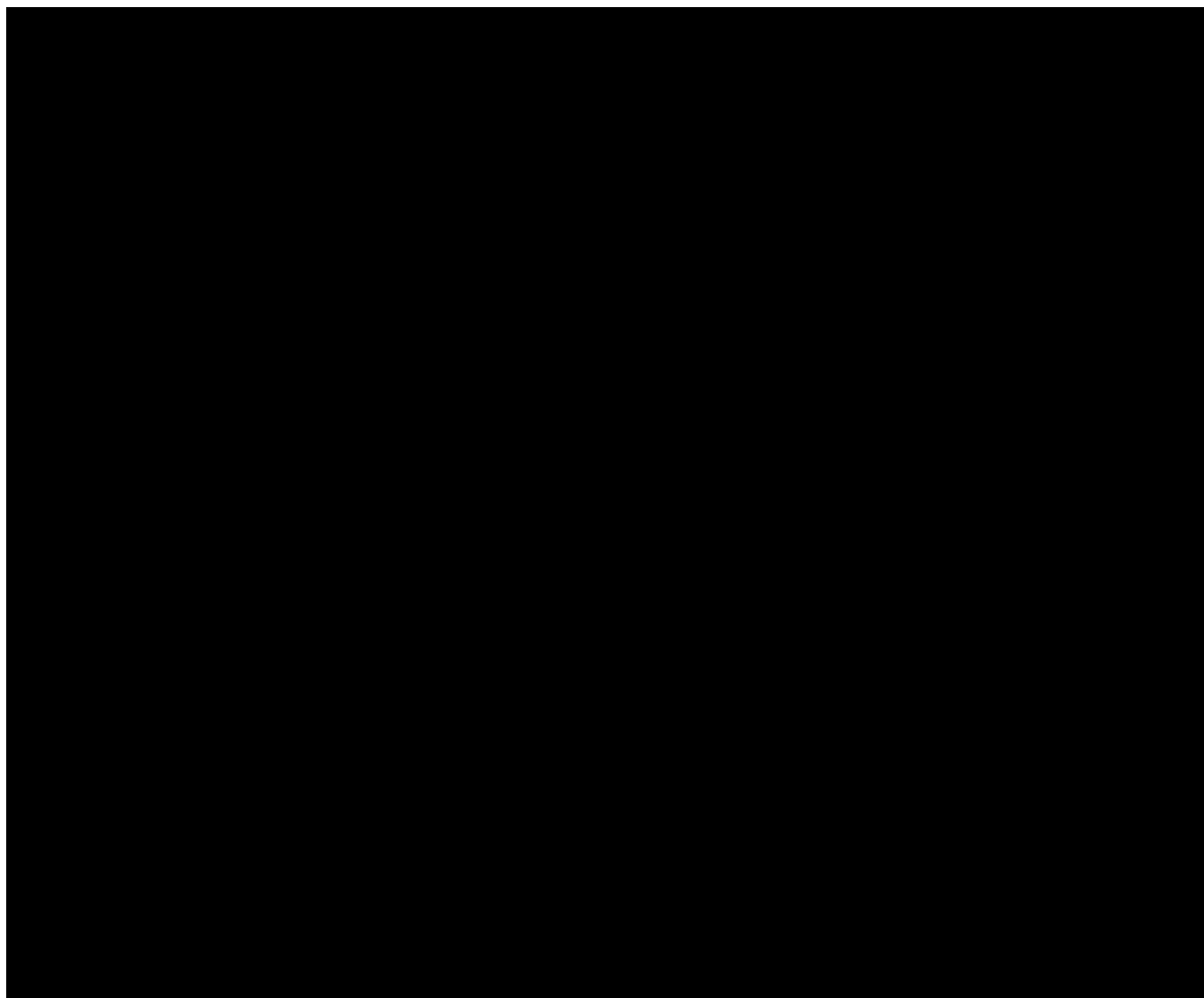
8.液体廃棄物一時貯留設備

廃液の受槽、配管、廃液の移送を行うポンプ等で構成し、第2棟内で発生する放射性液体廃棄物を受け入れ、一時的に保管ができるようにする。放射性液体廃棄物は、中和したものを福島第一原子力発電所内の放射性液体廃棄物関連施設に払い出す。

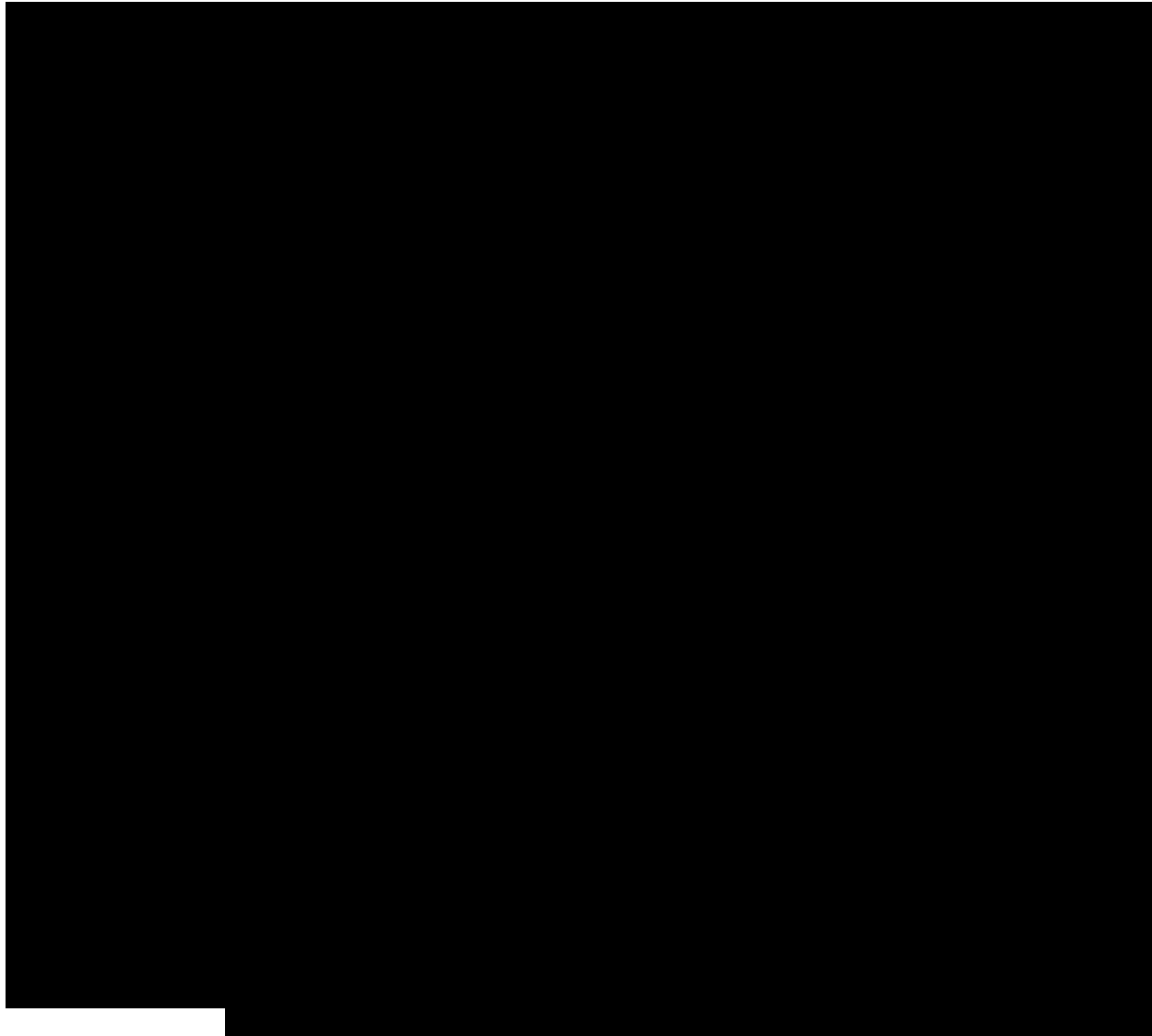


9.建屋内レイアウト及び機器配置図(1/4)

:地下1階

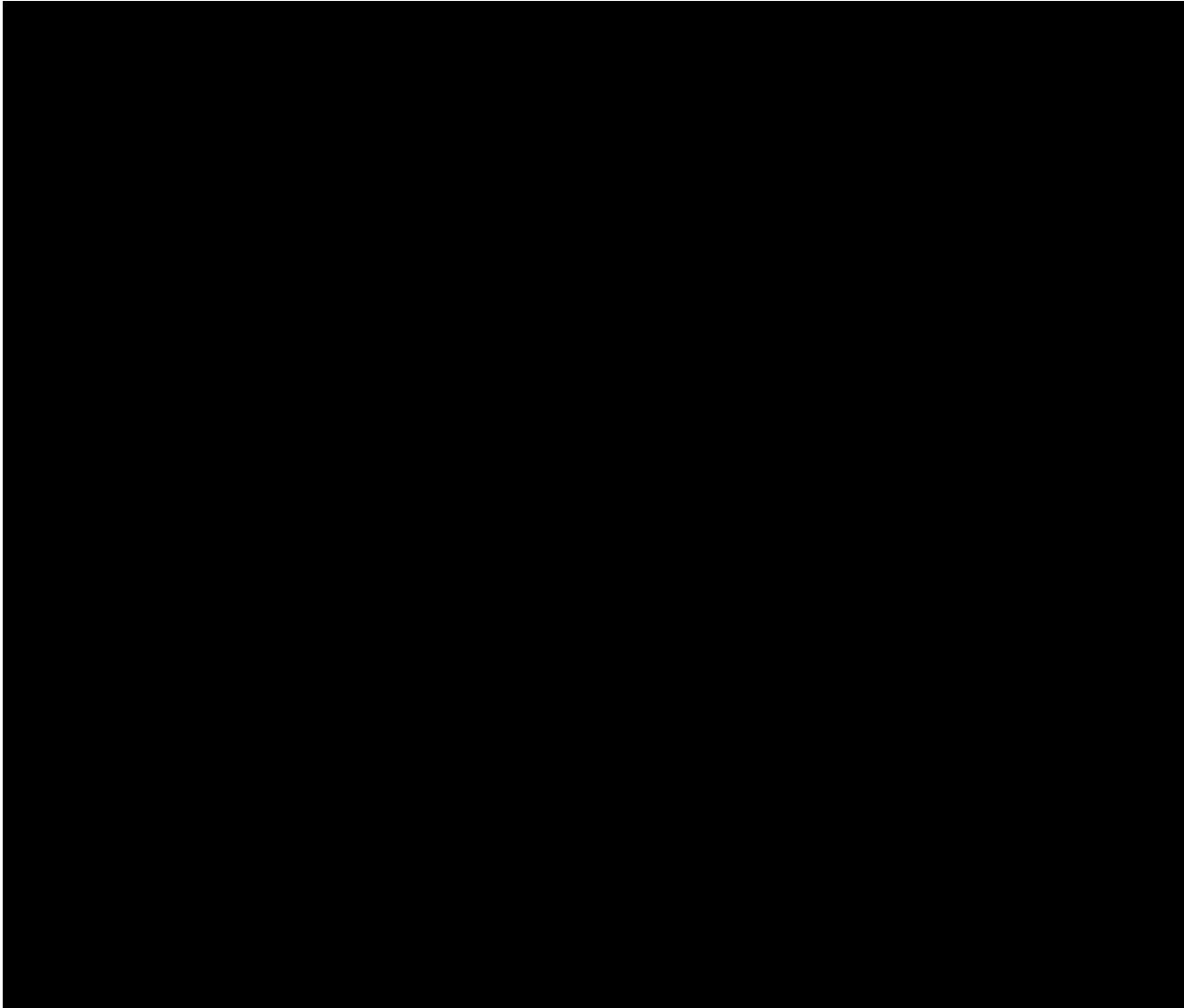


9. 建屋内レイアウト及び機器配置図(2/4) : 地上1階

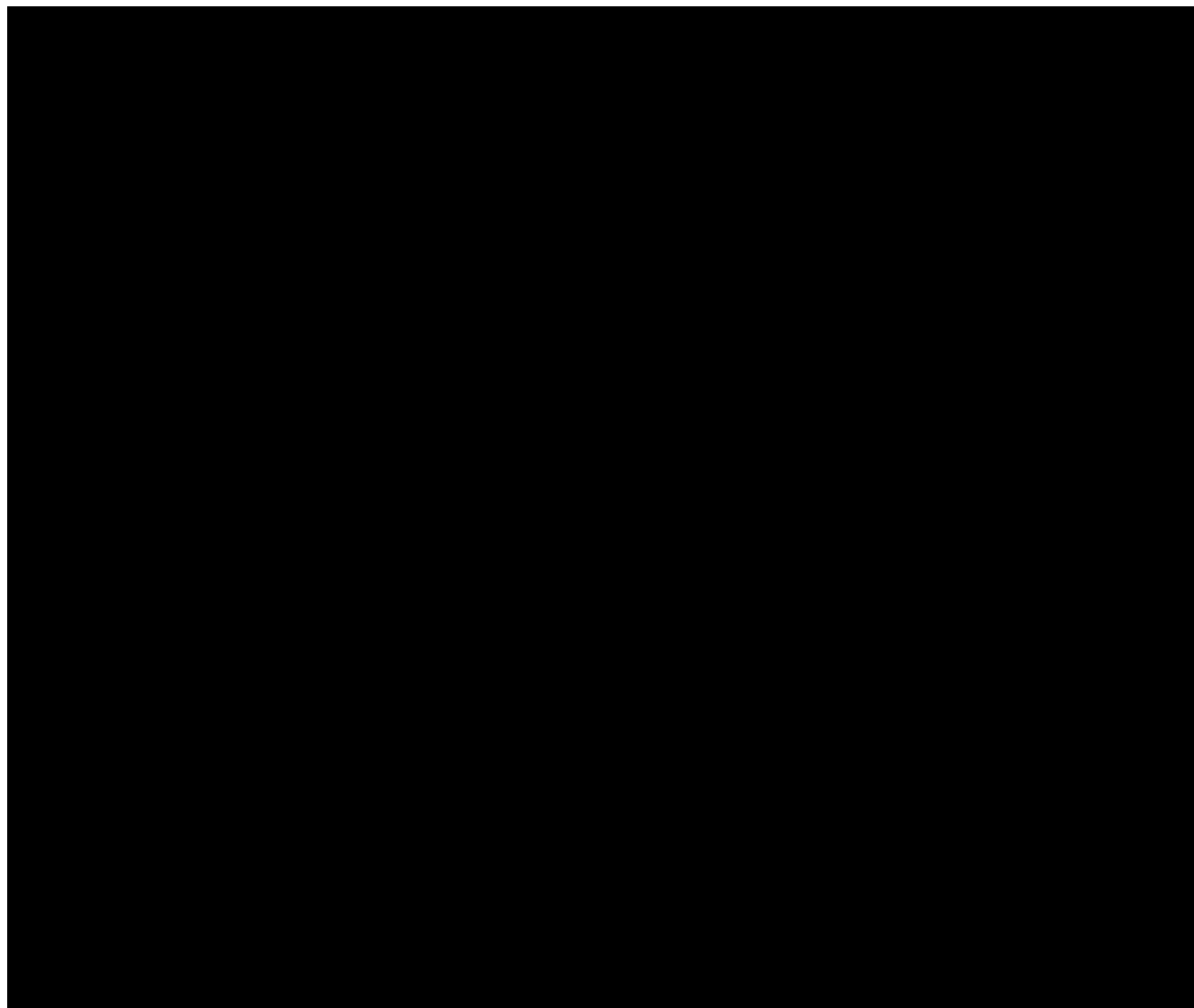


鉄セル用給気フィルタユニット及びグローブボックス用給気フィルタユニットは、それぞれ鉄セル及びグローブボックスの上部に設置する。

9. 建屋内レイアウト及び機器配置図(3/4) : 地上2階



9. 建屋内レイアウト及び機器配置図(4/4) : 屋上階



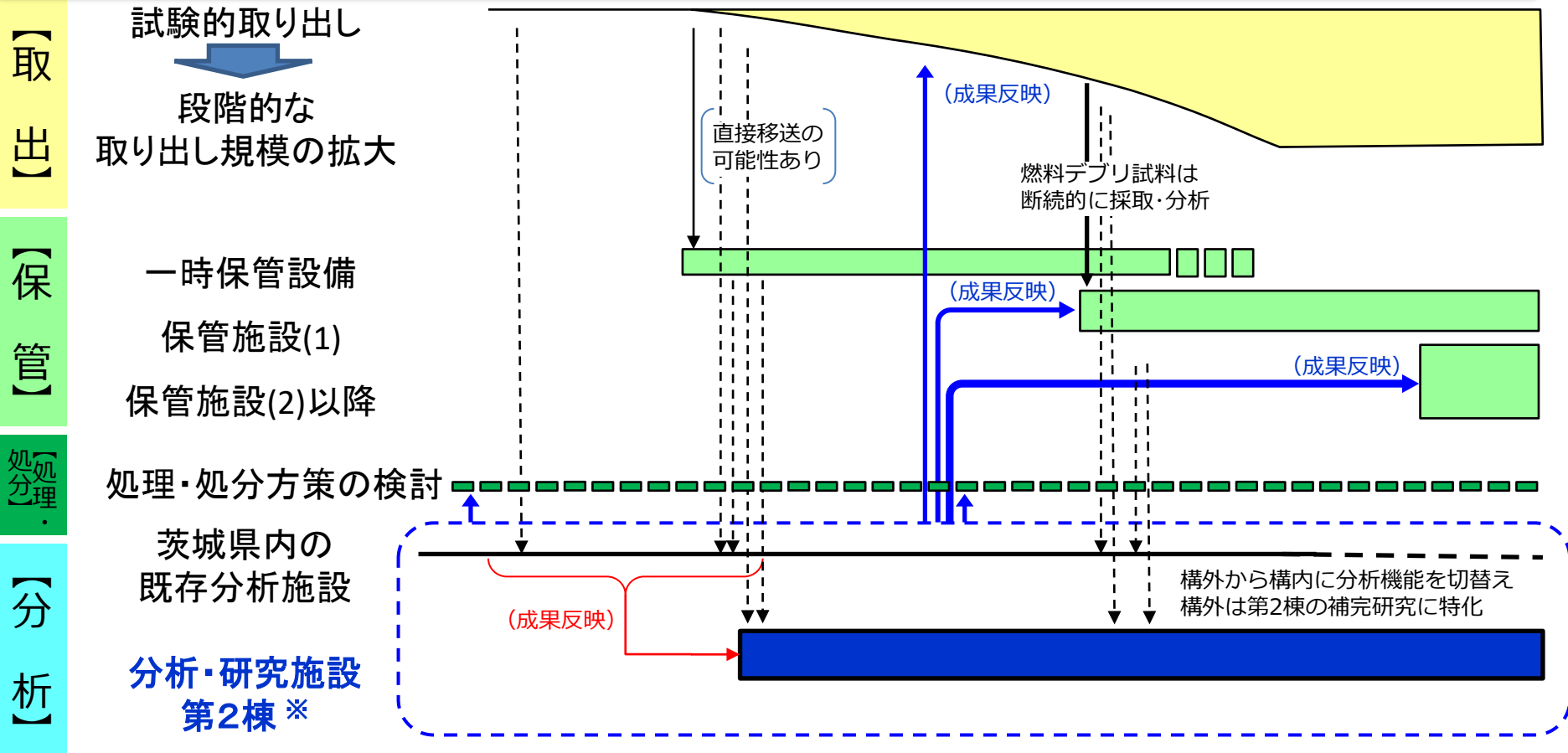
放射性物質分析・研究施設第2棟に係る
実施計画の変更認可申請について
(I . iii . 第2棟分析成果の反映について)

2021年3月18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. 概要

○既存分析施設の分析成果反映、ならびに第2棟分析成果の反映の概要を以下に示す。



- ・既存分析施設で検証された分析手法等は、分析・研究施設第2棟の設計等にその成果を反映。
- ・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。

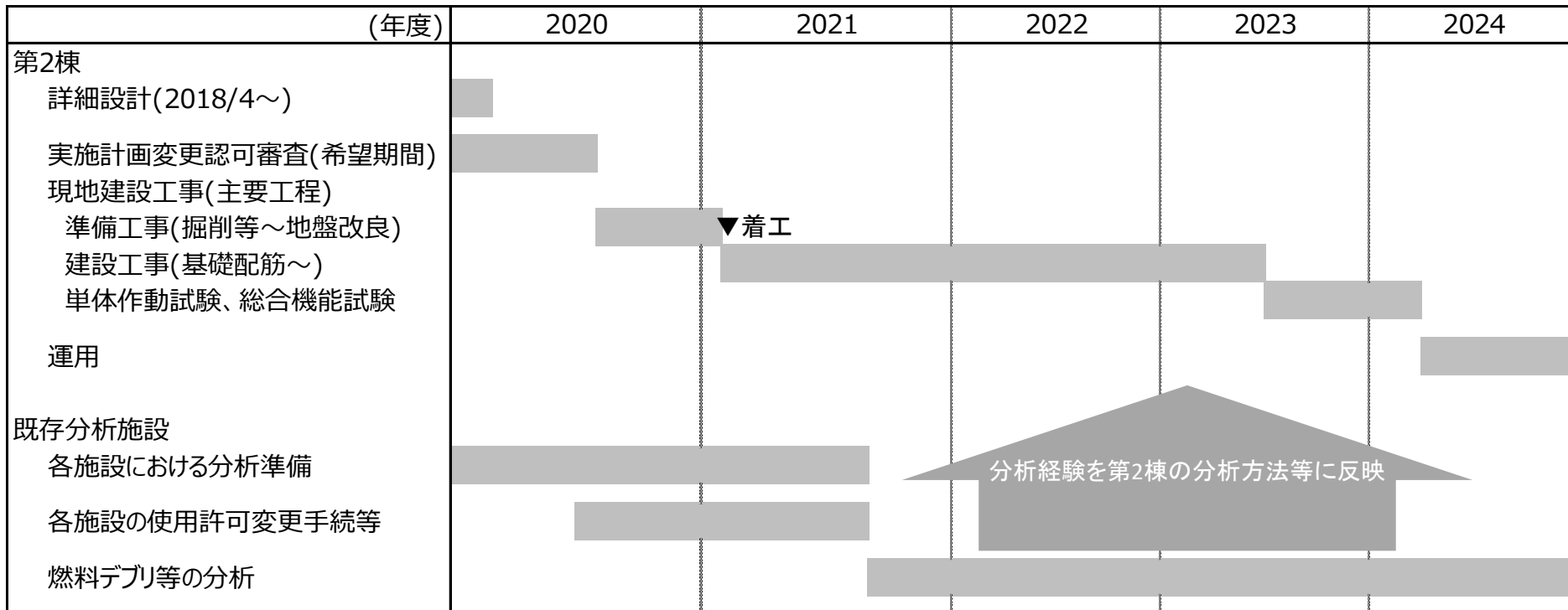
---> 燃料デブリ試料
—> 燃料デブリ

※ 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

2. 既存分析施設における成果の第2棟への反映

(1) 既存分析施設における分析と第2棟への反映スケジュール

- 2021年内に燃料デブリ取り出しが開始された後は、まずは**既存分析施設で分析に着手**。
- 中長期的な燃料デブリ分析能力の確保**の観点から整備する第2棟は、2024年を目途に運用を開始する予定。
- 第2棟の設計には、既にこれまでのIRID/JAEAによる燃料デブリ分析方法の検討を反映しているが、更に今後実施予定の既存分析施設での分析経験を第2棟の分析方法等に反映の上運用を開始する**予定。



※工程は今後の精査により変更の可能性がある

2. 既存分析施設における成果の第2棟への反映

(2) 燃料デブリの分析に係る課題例について

- 過去の知見から、燃料デブリの分析においては、その前処理として必須の操作である溶解が難しい（燃料デブリは非常に溶けにくい）という課題があることが分かっている。
- この課題については、IRID/JAEAにおける模擬物質等を用いた研究によりアルカリ融解技術※1の適用で解決できそうな見通しが得られている。ただし、福島第一事故の特殊性を考慮すると、不確実性が残る。
- 一方、少量の試験取り出しの準備が進んでいるほか、既存施設においては、アルカリ融解試験についても試験装置の準備の見通しが得られた。

- ↓
- 先行して既存施設にて実施する燃料デブリ試料の分析において溶解試験を行うこととした。またその際に残さの発生その他の課題が見いだされた場合、その対応策を検討し、第2棟の分析方法等に反映することとした。

TMI-2における溶解に係る知見：

- 燃料デブリは、Zr (被覆管等の材料)と反応したこと等により、硝酸 或いは硝酸+フッ酸等に溶けにくい。

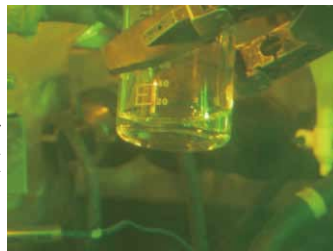


TMI-2デブリの例

これまでの研究結果：

- TMI-2デブリ(の一部)や1Fの特殊性を考慮した模擬デブリを用いた試験により、アルカリ融解法が有効であることを確認。

模擬デブリを用いたホットセルでのアルカリ融解試験で溶解した例



1Fデブリの溶解試験：

- これまでに内部調査により堆積物の状況を確認。
- 少量を試験的に取り出す技術開発を実施中。



少量回収装置の例(極細線金ブラシ方式)

⇒ 既存施設でアルカリ融解試験を含む各種分析方法の適用性を確認

※1) 難溶性の物質について、固体のアルカリと混合し加熱することで反応させ、溶けやすい物質にする操作。

2. 既存分析施設における成果の第2棟への反映

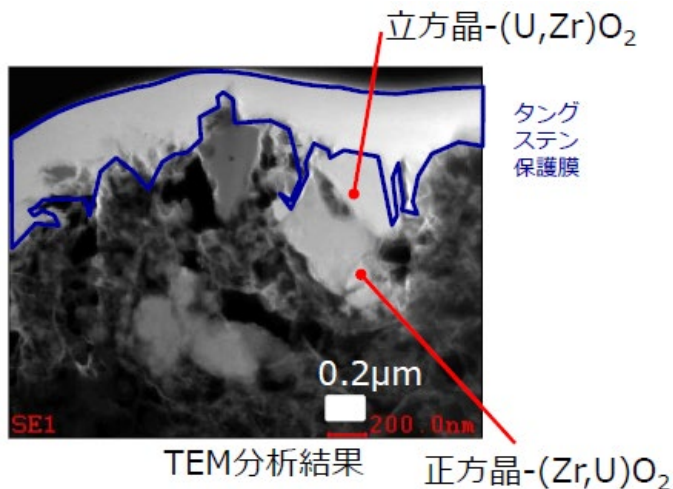
(3) 第2棟運用開始前の燃料デブリ分析について

○これまで、PCV内部調査で採取された堆積物試料について、構外の既存分析施設に輸送し分析を実施してきている※1。

○この実績を踏まえ、ウランやプルトニウムを多く含む可能性のある堆積物について、既存分析施設に輸送し分析する計画を進めてきており、そのための輸送の方法や、分析項目についても検討が進んでいる※2。

評価項目例【分析装置・手段例】	分析結果の活用例
・ウランとジルコニウム混合 酸化物の組成 ・Gd含有率 ・鉄の酸化状態、ホウ素含有率 【SEM-EDS、TEM-EDS、ICP-MS】	・微細構造(どのような成分がどのように混ざっているか)の情報から、事故がどのように進展したかの推察ができる。 ⇒この情報はさらに炉内のデブリの分布(どのようなデブリがどれくらいどの範囲に広がっているか)等の推定に繋がる。 ⇒取出しの計画の立案や、取り出したデブリの収納・保管設備等の設計に役に立つ。 ・中性子を吸収するガドリニウムやホウ素の含有率は、未臨界管理上重要な情報になる。
FP分布(セシウム、ストロンチウム濃度等) 【放射線分析、ICP-MS、TIMS】	・一部のFP量等の分析から、その場所の核物質がどの程度核分裂したか(燃焼度)が推定可能。 ⇒燃焼度からFPの初期生成量を推定し、FPの残存率を評価可能。 ⇒FP残存率は収納・保管設備等の設計に重要な情報になる。
線量率 【放射線分析】	・燃料デブリの放射線の強さ等は、取り扱い時の被ばく低減方策の検討に役に立つ。
切断性(硬さ、じん性) 【ビッカース硬度計】	・燃料デブリの切断性の情報は、切断治具の設計等に反映、活用できる。

サンプル分析の目的(※2をベースに解説)



1号機PCV底部堆積物のTEM分析結果※1
 (立方晶、正方晶は結晶構造の分類の名称)

※1) 廃炉・汚染水対策チーム会合/事務局会議(第56回)資料3-3より「1～3号機原子炉格納容器内部調査関連サンプル等の分析結果」 2018/7/26

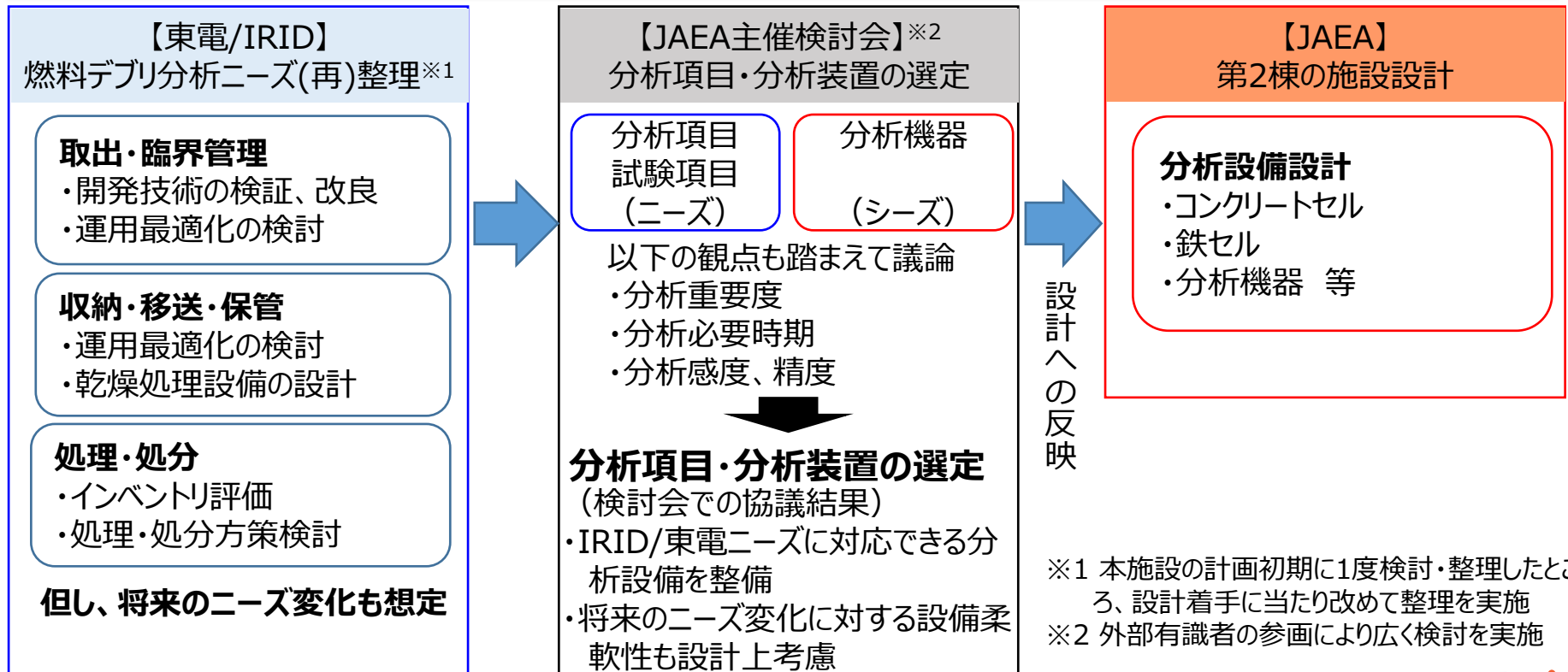
※2) 廃炉・汚染水対策チーム会合/事務局会議(第56回)資料3-3より「原子炉格納容器内部調査、サンプリング及び分析の検討状況について」 2018/7/26

分析装置略称: TEM:透過型電子顕微鏡、SEM:走査型電子顕微鏡、EDS:エネルギー分散型X線分析、ICP-MS:融合結合プラズマ質量分析計、TIMS:表面電離型質量分析計

3. 廃炉への分析成果の反映

(1) 第2棟における分析項目の選定について（概要）

- ① 廃炉に直接貢献する分析の観点で、技術研究組合廃炉国際研究開発機構(以下「IRID」)、東電にて、取扱量 [] 等の条件を設定の上、廃止措置の各工程(取り出し、収納・移送・保管、処理・処分)においてどのような分析ニーズ(分析項目と対応する装置)があるのかを議論した。
- ② 上記を踏まえ、JAEA主催の検討会にて項目と装置の対応や各項目の重要性と優先度について関係機関を含む有識者を交えて整理した。
- ③ 上記を受け、JAEAと原子力損害賠償・廃炉等支援機構、東電間で協議のうえ、改めて廃炉作業上の必要性や構外の既存分析施設の利用も考慮して導入する設備を検討した。



3. 廃炉への分析成果の反映

(2) IRID/東京電力による燃料デブリ分析ニーズ再整理

- 燃料デブリの取り出し、取出し中の臨界管理、収納・移送・保管、処理・処分の廃炉作業実施にあたり必要となる分析項目を検討。
- 目的／分析項目概要／分析項目詳細を整理、総合的な優先度を設定。分析項目詳細においては、装置レベルでの検討を実施。
- なお研究開発の進捗及び燃料デブリ取り出し工程の具体化等に伴ってニーズは変動しうることを前提に整理。
 - ・ 分析目的の検討例：
 - － 取出しに係る目的①：運用改善
 - ・ （概要）取出し工法の検討や装置の設計に用いた設計条件との差異を確認し、フィードバックが必要な場合には装置改良等を実施。
 - － フィルタを用いた粒子状燃料デブリの回収時に粒径等を把握し、フィルタ種類の妥当性確認、改良可能性の検討に貢献。

・ 分析項目詳細の検討例：

大項目	小項目	分析技術/装置	取得する分析データの内容	取出	臨界	保管	処理・処分	必要分析点数の考え方
I. 基礎物性	02. 寸法 (粒径)	湿式レーザー回折装置 ふるい分け装置	粉体の粒度分布	○ △	× △	× △	× ×	サンプル毎
II. 機械的特性	01. 硬さ	マイクロビッカース	燃料デブリの硬度の測定	○	×	×	×	サンプルに含まれるマクロな構造毎、各層毎適宜

3. 廃炉への分析成果の反映

(3) JAEA検討会における検討内容：検討結果の概要

	分析ニーズ（分析データの反映先）	分析・試験項目
初期(燃料デブリの取出開始から10年程度)	燃料デブリを構成する物質の由来等の推定への反映等	組成-U/Pu含有率 組成-Zr,Fe,Cr,Ni等含有率（SUS等由来） 組成-U同位体組成 組成-FP、CP、アクチニドの核種毎の含有率
	取出等の技術開発に当たり想定した条件の妥当性の確認、インベントリ管理への反映等	線量率
	取出等の技術開発に当たり想定した条件の妥当性の確認等	形状（粉/粒/塊）、化学形態、表面状態 硬さ、じん性 寸法（粒径）
	燃料デブリの取出し工程への反映等	
	粒子状の燃料デブリの取出し工程への反映等	組成-B含有率（B ₄ C等由来） 組成-Gd含有率
	臨界管理への反映等	密度-空隙率（気孔率） 組成-塩分濃度等
	粒子状の燃料デブリの取出し工程への反映、重量評価への反映等	密度-真密度
	保管における腐食に係る評価への反映等	含水率
	保管に係る燃料デブリの物質同定への反映等	有機物含有率
	保管時における水素発生量評価への反映等	水素発生量
水素発生源としての有機物量の考慮への反映等	熱挙動	
中期(燃料デブリ取出開始後5～20年程度、当初計画範囲)	保管における安全評価への反映等	発熱量
	保管における燃料デブリの安定性評価への反映等	熱伝導率
処理・処分の検討における安全評価への反映等	加熱時FP放出挙動	
処理・処分の検討における安全評価への反映等		
後期燃料デブリ取出開始後10年～)	保管における安全評価への反映等	

赤字：最重要項目、青字：重要項目、緑字：やや重要な項目

3. 廃炉への分析成果の反映

(4) 選定した分析項目

- 第2棟と構外の既存分析施設で廃炉作業に必要な分析項目を実施できる体制を構築する。
- なお、事故進展の研究に必要な分析項目も、概ね網羅されていることを確認した。現行分析項目で読めない燃焼度等についても、ICP-MSでのNd-148の分析可否等の検討を進める。
- 分析ニーズは設計・建設・運用中にも変わりうるとの認識のもと、柔軟な対応を目指す。
- 燃料デブリの1輸送当りの[]は、設計着手までに、分析における必要量、受入試料からの分析試料採取における調整/サンプリングにおける対応の容易性（想定）、或いは量が増えることに伴う輸送や施設における核物質管理の難しさ等のバランスを鑑みての関係者の議論により決定したが、その後の設計において、第2棟で想定する全ての分析に必要な量を十分満たしていることや、臨界安全管理上等、施設の安全設計においても問題の無いことを確認している。また本施設で使用する燃料デブリは、取出しから保管に至るデブリの一部を用いるもので、[]との制限はデブリ取出しに影響を与えるものではない。

【成果の反映先】	⑤	④	③	②	①
① 取出し時の臨界安全の確認					
② 取出し作業時の線量、ガス挙動の把握					
③ 取出し工法へのフィードバック					
④ 収納・移送・保管にあたっての安全確認・評価					
⑤ 処理・処分方策の検討					
【第2棟の分析項目 [※] 】					
線量率			○	○	
核種インベントリ、組成	○	○		○	○
形状、化学形態、表面状態			○		
寸法（粒径）			○		
密度（空隙率）		○			
硬さ、じん性			○		
熱伝導率、熱拡散率	○				
組成（塩分濃度、SUS等含有率）	○	○	○		
有機物含有量	○	○			
含水率		○			○
水素発生量		○			
加熱時FP放出挙動	○	○		○	

※) 一部は将来設置を想定。

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
(I . iv . 分析・試験項目に係る設備の申請範囲について)

2020年6月16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. 第2棟における分析・試験項目

- 放射線物質分析・研究施設第2棟で想定している分析・試験項目は以下の通り。

【成果の反映先】	⑤	④	③	②	①
① 取出し時の臨界安全の確認					
② 取出し作業時の線量、ガス挙動の把握					
③ 取出し工法へのフィードバック					
④ 収納・移送・保管にあたっての安全確認・評価					
⑤ 処理・処分方策の検討					
【第2棟の分析項目※】					
線量率			○	○	
核種インベントリ、組成	○	○		○	○
形状、化学形態、表面状態			○		
寸法（粒径）			○		
密度（空隙率）		○			
硬さ、じん性			○		
熱伝導率、熱拡散率	○				
組成（塩分濃度、SUS等含有率）	○	○	○		
有機物含有量	○	○			
含水率		○			○
水素発生量		○			
加熱時FP放出挙動	○	○		○	

※)一部は装置の将来設置を想定

放射性物質分析施設の設置について(特定原子力施設監視・評価検討会 第79回)

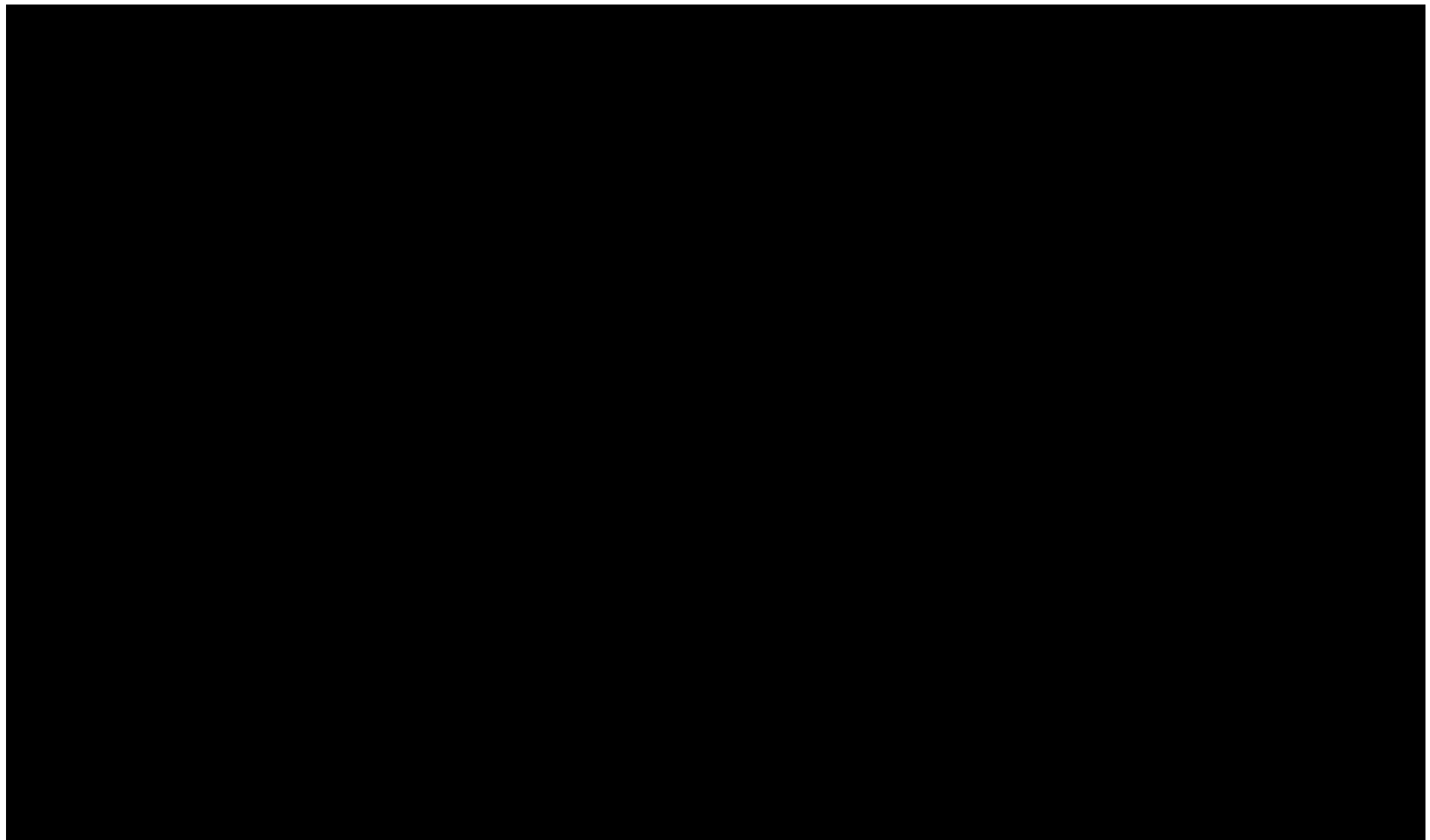
2. 今回の申請範囲

- 熱伝導率・熱拡散率及び加熱時FP放出挙動を実施する鉄セル又はグローブボックスは将来増設することとし、今回の申請範囲外である。増設する時期は燃料デブリ等の取出し状況を踏まえて適切に設定する。
- 密度(空隙率)測定装置を将来設置する設備(測定機器室)については、その壁等が遮へいを考慮した建屋躯体であるため今回の申請範囲に含む。

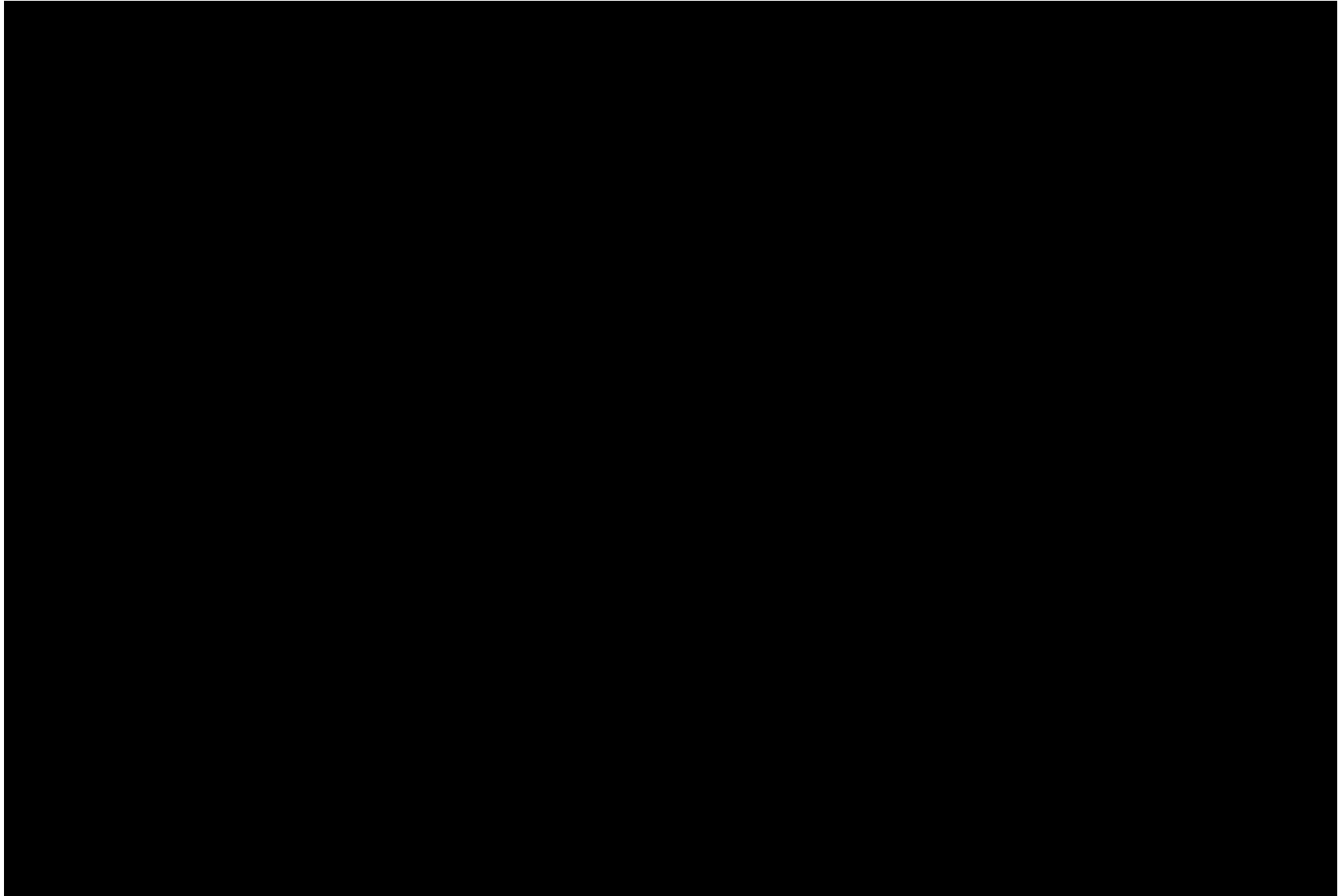
	【第2棟の分析・試験項目】	申請設備
当初設置する装置にて実施する項目と申請設備	線量率	コンクリートセル
	核種インベントリ、組成	コンクリートセル、鉄セル、グローブボックス、 α ・ γ 測定室
	形状、化学形態、表面状態	鉄セル
	寸法(粒径)	コンクリートセル、鉄セル
	硬さ、じん性	鉄セル
	組成(塩分濃度・SUS等含有率)	コンクリートセル、グローブボックス
	有機物含有量	鉄セル
	含水率	鉄セル
	水素発生量	グローブボックス
将来設置する装置にて実施する項目と申請設備	密度(空隙率)	測定機器室
	熱伝導率・熱拡散率	鉄セル又はグローブボックス
	加熱時FP放出挙動	鉄セル又はグローブボックス

□ : 今回の申請範囲

3. 参考：分析・試験を実施する場所（1/2）



3. 参考：分析・試験を実施する場所(2/2)



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

(I . v . Ⅲ 特定原子力施設の保安及び敷地境界線量に係る
補足説明)

2020年5月25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



実施計画(第Ⅲ章)の変更内容

■概要

放射性物質分析・研究施設第2棟(以下、第2棟という)の設置に関する実施計画(第Ⅲ章保安及び敷地境界線量)の変更箇所は以下のとおり。

<変更箇所>

本文	Ⅲ章	第1、2編	第5条 (保安に関する職務)
		第1編	第42条の2 (放射性気体排気物の管理)
		第3編	2. 2. 2 (敷地内各施設からの直接線ならびに スカイシャイン線による実効線量)

なお、本施設に関連する実施計画の変更事項のうち、周辺監視区域、管理区域図及び管理対象区域図の変更に係る事項は現在検討中であり、内容が確定次第申請する。

実施計画(第Ⅲ章保安)の変更内容

■【変更比較表】

変更前	変更後
<p>(保安に関する職務) 第5条 (中略)</p> <p>2. 保安に関する職務のうち、発電所組織の職務は次のとおり。 (中略)</p> <p>(8) 廃棄物対策プログラム部は、その他安全確保設備等のうち、放射性固体廃棄物等の管理施設及び関連施設並びに放射性物質分析・研究施設第1棟のプロジェクトの計画及び管理に関する業務を行う。 (中略)</p> <p>(36) 水処理計装設備グループは、1～4号炉に係る安全確保設備等のうち、(中略)放射性固体廃棄物等の管理施設及び関連施設、放射性物質分析・研究施設第1棟並びに大型機器除染設備に係る計装設備の建設・設置及び保守管理に関する業務を行う。</p> <p>(44) 分析評価グループは、分析施設の運用、放射能・化学分析機器の管理並びに放射性物質分析・研究施設第1棟の運用及び保守管理、分析・データ評価に関する業務を行う。 (以下、省略)</p>	<p>(保安に関する職務) 第5条 (中略)</p> <p>2. 保安に関する職務のうち、発電所組織の職務は次のとおり。 (中略)</p> <p>(8) 廃棄物対策プログラム部は、その他安全確保設備等のうち、放射性固体廃棄物等の管理施設及び関連施設、放射性物質分析・研究施設第1棟並びに第2棟のプロジェクトの計画及び管理に関する業務を行う。 (中略)</p> <p>(36) 水処理計装設備グループは、1～4号炉に係る安全確保設備等のうち、(中略)放射性固体廃棄物等の管理施設及び関連施設、放射性物質分析・研究施設第1棟及び第2棟並びに大型機器除染設備に係る計装設備の建設・設置及び保守管理に関する業務を行う。</p> <p>(44) 分析評価グループは、分析施設の運用、放射能・化学分析機器の管理、放射性物質分析・研究施設第1棟並びに第2棟の運用及び保守管理、分析・データ評価に関する業務を行う。 (以下、省略)</p>

- 分析・研究施設第2棟における保安に関する業務のとりまとめを職務として追加。

実施計画(第Ⅲ章保安)の変更内容

■【変更比較表】

変更前	変更後																																																						
<p>(放射性気体廃棄物の管理) 第42条の2 分析評価GMは、表42の2-1に定める項目について、同表に定める頻度で測定し、測定した結果を放出・環境モニタリングGMに通知する。また、放出・環境モニタリングGMは、次の事項を管理するとともに、その結果を放出実施GMに通知する。 (中略)</p> <p>表42の2-1</p> <table border="1" data-bbox="175 705 840 1009"> <thead> <tr> <th>放出箇所</th> <th>測定項目</th> <th>計測器種類</th> <th>測定頻度</th> <th>放出実施GM</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>(中略)</td> <td>(中略)</td> <td>(中略)</td> <td>(中略)</td> <td>(中略)</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">分析・研究施設第1棟排気口</td> <td>粒子状物質濃度 (主要ガンマ線放出核種, 全アルファ放射能, 全ベータ放射能)</td> <td>試料放射能測定装置</td> <td>1週間に1回 (建屋換気空調系運転時)</td> <td rowspan="2">分析評価GM</td> </tr> <tr> <td>ストロンチウム90濃度</td> <td>試料放射能測定装置</td> <td>3ヶ月に1回 (建屋換気空調系運転時)</td> </tr> <tr> <td>(省略)</td> <td>(省略)</td> <td>(省略)</td> <td>(省略)</td> <td>(省略)</td> </tr> </tbody> </table>	放出箇所	測定項目	計測器種類	測定頻度	放出実施GM	(中略)	(中略)	(中略)	(中略)	(中略)	分析・研究施設第1棟排気口	粒子状物質濃度 (主要ガンマ線放出核種, 全アルファ放射能, 全ベータ放射能)	試料放射能測定装置	1週間に1回 (建屋換気空調系運転時)	分析評価GM	ストロンチウム90濃度	試料放射能測定装置	3ヶ月に1回 (建屋換気空調系運転時)	(省略)	(省略)	(省略)	(省略)	(省略)	<p>(放射性気体廃棄物の管理) 第42条の2 分析評価GMは、表42の2-1に定める項目について、同表に定める頻度で測定し、測定した結果を放出・環境モニタリングGMに通知する。また、放出・環境モニタリングGMは、次の事項を管理するとともに、その結果を放出実施GMに通知する。 (中略)</p> <p>表42の2-1</p> <table border="1" data-bbox="1093 705 1752 1242"> <thead> <tr> <th>放出箇所</th> <th>測定項目</th> <th>計測器種類</th> <th>測定頻度</th> <th>放出実施GM</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>(中略)</td> <td>(中略)</td> <td>(中略)</td> <td>(中略)</td> <td>(中略)</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">分析・研究施設第1棟排気口</td> <td>粒子状物質濃度 (主要ガンマ線放出核種, 全アルファ放射能, 全ベータ放射能)</td> <td>試料放射能測定装置</td> <td>1週間に1回 (建屋換気空調系運転時)</td> <td rowspan="2">分析評価GM</td> </tr> <tr> <td>ストロンチウム90濃度</td> <td>試料放射能測定装置</td> <td>3ヶ月に1回 (建屋換気空調系運転時)</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">分析・研究施設第2棟排気口</td> <td>粒子状物質濃度 (主要ガンマ線放出核種, 全アルファ放射能, 全ベータ放射能)</td> <td>試料放射能測定装置</td> <td>1週間に1回 (建屋換気空調系運転時)</td> <td rowspan="2">分析評価GM</td> </tr> <tr> <td>ストロンチウム90濃度</td> <td>試料放射能測定装置</td> <td>3ヶ月に1回 (建屋換気空調系運転時)</td> </tr> <tr> <td>(省略)</td> <td>(省略)</td> <td>(省略)</td> <td>(省略)</td> <td>(省略)</td> </tr> </tbody> </table>	放出箇所	測定項目	計測器種類	測定頻度	放出実施GM	(中略)	(中略)	(中略)	(中略)	(中略)	分析・研究施設第1棟排気口	粒子状物質濃度 (主要ガンマ線放出核種, 全アルファ放射能, 全ベータ放射能)	試料放射能測定装置	1週間に1回 (建屋換気空調系運転時)	分析評価GM	ストロンチウム90濃度	試料放射能測定装置	3ヶ月に1回 (建屋換気空調系運転時)	分析・研究施設第2棟排気口	粒子状物質濃度 (主要ガンマ線放出核種, 全アルファ放射能, 全ベータ放射能)	試料放射能測定装置	1週間に1回 (建屋換気空調系運転時)	分析評価GM	ストロンチウム90濃度	試料放射能測定装置	3ヶ月に1回 (建屋換気空調系運転時)	(省略)	(省略)	(省略)	(省略)	(省略)
放出箇所	測定項目	計測器種類	測定頻度	放出実施GM																																																			
(中略)	(中略)	(中略)	(中略)	(中略)																																																			
分析・研究施設第1棟排気口	粒子状物質濃度 (主要ガンマ線放出核種, 全アルファ放射能, 全ベータ放射能)	試料放射能測定装置	1週間に1回 (建屋換気空調系運転時)	分析評価GM																																																			
	ストロンチウム90濃度	試料放射能測定装置	3ヶ月に1回 (建屋換気空調系運転時)																																																				
(省略)	(省略)	(省略)	(省略)	(省略)																																																			
放出箇所	測定項目	計測器種類	測定頻度	放出実施GM																																																			
(中略)	(中略)	(中略)	(中略)	(中略)																																																			
分析・研究施設第1棟排気口	粒子状物質濃度 (主要ガンマ線放出核種, 全アルファ放射能, 全ベータ放射能)	試料放射能測定装置	1週間に1回 (建屋換気空調系運転時)	分析評価GM																																																			
	ストロンチウム90濃度	試料放射能測定装置	3ヶ月に1回 (建屋換気空調系運転時)																																																				
分析・研究施設第2棟排気口	粒子状物質濃度 (主要ガンマ線放出核種, 全アルファ放射能, 全ベータ放射能)	試料放射能測定装置	1週間に1回 (建屋換気空調系運転時)	分析評価GM																																																			
	ストロンチウム90濃度	試料放射能測定装置	3ヶ月に1回 (建屋換気空調系運転時)																																																				
(省略)	(省略)	(省略)	(省略)	(省略)																																																			

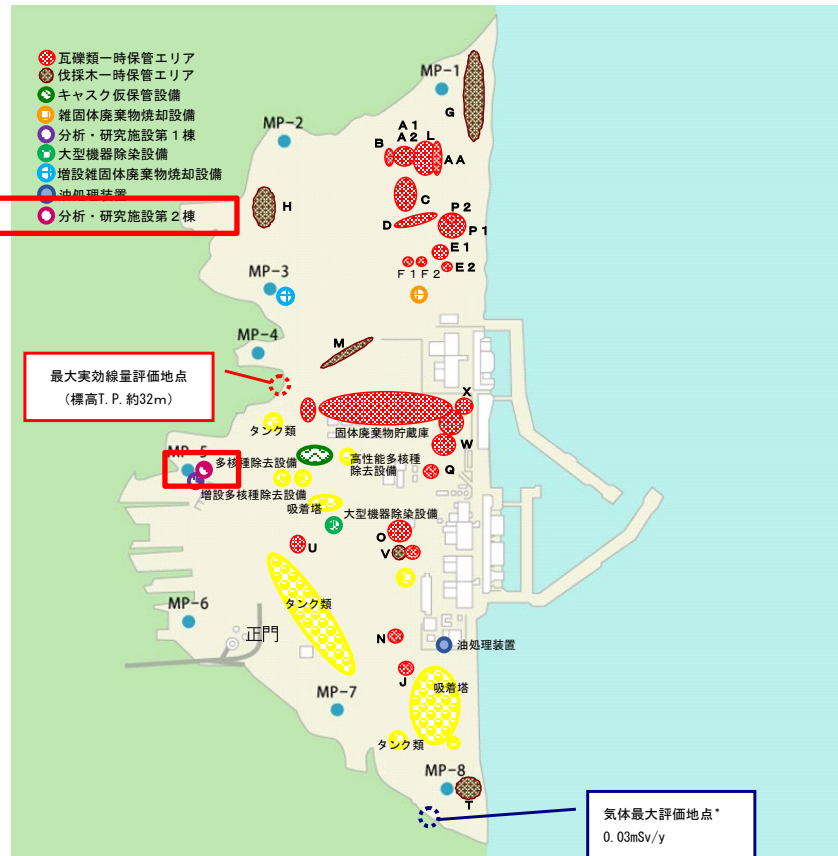
- 分析・研究施設第2棟から放出される放射性気体廃棄物の管理を追加。

実施計画(第三章敷地境界線量)の変更内容

■【変更内容】

変更後

変更点



分析・研究施設第2棟位置を追加。

(最大実効線量評価地点に変更なし)

(気体最大評価地点に変更なし)

図2. 2. 2-2 敷地境界線上の最大実効線量評価地点

実施計画(第Ⅲ章敷地境界線量)の変更内容

■【変更内容】

変更後	変更点
<p>2.2.2.2.19 放射性物質分析・研究施設第2棟</p> <p>放射性物質分析・研究施設第2棟については、燃料デブリ等として福島第一原子力発電所1号機～3号機で燃焼した燃料を想定し、燃焼度を60GWd/t、原子炉停止から12年経過したときの線源の放射能強度を核種生成減衰計算コードORIGEN2により求め、3次元モンテカルロ計算コードMCNPIにより敷地境界における実効線量を評価した。</p> <p>放射能強度 : コンクリートセル 1.2×10^{14} Bq 試料ピット 3.1×10^{15} Bq 鉄セル 2.3×10^{11} Bq 分析室及び$\alpha \cdot \gamma$測定室 2.3×10^7 Bq 固体廃棄物払出準備室 2.3×10^{10} Bq 液体廃棄物一時貯留室 2.4×10^8 Bq</p> <p>遮蔽 : 建屋天井及び壁 コンクリート 厚さ 約250mm～約1400mm, 密度 約2.1g/cm³ 鉄セル 鉄 厚さ 約160mm～約300mm, 密度 約7.8g/cm³</p> <p>評価点までの距離 : 約440m 線源の標高 : T.P.約40m 線源の形状 : 直方体, 円柱, 点 評価結果 : 約1.28×10^{-4}mSv/年</p>	<p>分析・研究施設第2棟設置からの直接線ならびにスカイシャイン線による実効線量評価を追加。</p>

実施計画(第三章敷地境界線量)の変更内容

■【変更内容】

変更後

変更点

添付資料-4

敷地境界における直接線・スカイシャイン線の評価結果

敷地境界 評価地点	評価地点 の標高 「m」	敷地内各施設からの 直接線・スカイシャイン線 「単位:mSv/年」
No.1	T.P.約4	0.06
No.2	T.P.約18	0.11
No.3	T.P.約18	0.10
No.4	T.P.約19	0.18
No.5	T.P.約16	0.29
No.6	T.P.約16	0.29
No.7	T.P.約21	0.53
No.8	T.P.約16	0.31
No.9	T.P.約14	0.17
No.10	T.P.約15	0.09
No.11	T.P.約17	0.18
No.12	T.P.約17	0.14
No.13	T.P.約16	0.14
No.14	T.P.約18	0.14
No.15	T.P.約21	0.12
No.16	T.P.約26	0.11
No.17	T.P.約34	0.16
No.18	T.P.約37	0.09
No.19	T.P.約33	0.03
No.20	T.P.約37	0.04
No.21	T.P.約38	0.03

(以下、省略)

敷地境界 評価地点	評価地点 の標高 「m」	敷地内各施設からの 直接線・スカイシャイン線 「単位:mSv/年」
No.51	T.P.約32	0.02
No.52	T.P.約39	0.03
No.53	T.P.約39	0.16
No.54	T.P.約39	0.17
No.55	T.P.約39	0.04
No.56	T.P.約33	0.01
No.57	T.P.約39	0.02
No.58	T.P.約39	0.04
No.59	T.P.約39	0.09
No.60	T.P.約41	0.05
No.61	T.P.約42	0.02
No.62	T.P.約38	0.02
No.63	T.P.約44	0.04
No.64	T.P.約44	0.07
No.65	T.P.約41	0.14
No.66	T.P.約40	0.54
No.67	T.P.約39	0.31
No.68	T.P.約37	0.43
No.69	T.P.約36	0.27
No.70	T.P.約35	0.58
No.71	T.P.約32	0.58

敷地内各施設からの直接線・スカイシャイン線
評価結果における、評価地点No.54の値を変更。
(0.16mSv/年→0.17mSv/年)

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

(Ⅱ. 燃料デブリ等の分析・試験及び放射性廃棄物の考慮)



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
(Ⅱ. i. 燃料デブリ等について)
6月4日面談資料改訂版

2021年4月15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. 第2棟に受け入れる燃料デブリ等について

第2棟における燃料デブリ等とは、燃料デブリ、炉構造材及び解体廃棄物を想定

【燃料デブリ】

燃料と被覆管等が溶融し再固化したもの^{※1}。第2棟では以下を想定している。

- 酸化物:(U、Zr)O₂、(U、Pu、Zr)O₂
- 合金:U-Zr-Fe、U-Pu-Zr-Fe
- 炉心溶融物-コンクリート混合物 など

【炉構造材及び解体廃棄物】

高線量(1Sv/h^{※2}以上)の廃棄物及び燃料成分が付着している廃棄物^{※3}。第2棟では以下を想定している。

- 原子炉圧力容器(RPV)
- 原子炉格納容器(PCV)
- RPVペDESTAL構造材
- コンクリート
- 機器類 など

※1:東京電力(株)福島第一原子力発電所1~4号機の廃止措置等に向けた中長期ロードマップ(平成23年12月21日)

※2:放射性物質分析施設の設置について(特定原子力施設監視・評価検討会 第79回)

※3:東京電力ホールディングス(株)福島第一原子力発電所の廃炉のための技術戦略プラン2019(原子力損害賠償・廃炉等支援機構2019年9月9日)

2. 第2棟の設置の目的、要求される機能

■設置の目的(2.48.1.1)

放射性物質分析・研究施設第2棟(以下「第2棟」という。)は、福島第一原子力発電所で発生した燃料デブリ等の性状を把握することにより、その安全な取り出し等の作業の推進に資する情報を取得するため、分析・試験を行うことを目的とする。

■要求される機能(2.48.1.2)

第2棟においては、燃料デブリ等について、搬入、分析・試験(切断、研磨、粉碎、溶解等の試料調製を含む。)、一時的な保管及び搬出を行えること。また、第2棟で発生する放射性廃棄物の一時的な保管及び搬出を行えること。

第2棟内で取り扱う放射性物質については、必要に応じて遮へいや漏えい防止・汚染拡大防止等を行うことにより、敷地周辺の線量を達成できる限り低減すること。

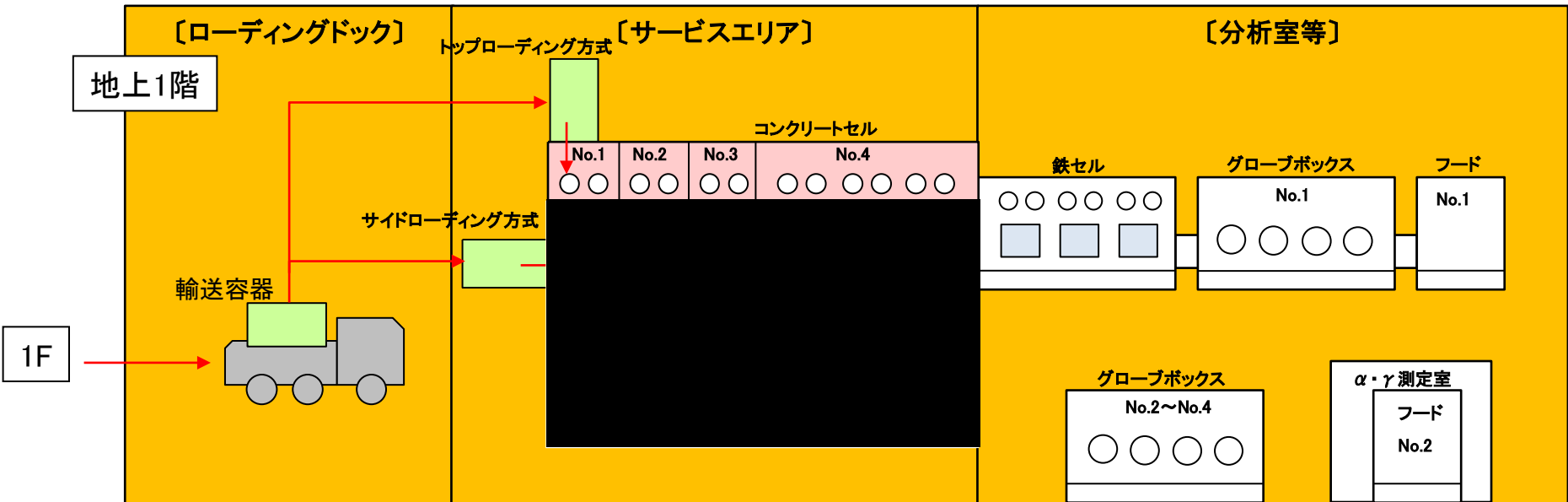
【成果の反映先】	⑤	④	③	②	①
① 取出し時の臨界安全の確認					
② 取出し作業時の線量、ガス挙動の把握					
③ 取出し工法へのフィードバック					
④ 収納・移送・保管にあたっての安全確認・評価					
⑤ 処理・処分方策の検討					
【第2棟の分析項目※】					
線量率			○	○	
核種インベントリ、組成	○	○		○	○
形状、化学形態、表面状態			○		
寸法(粒径)			○		
密度(空隙率)		○			
硬さ、じん性			○		
熱伝導率、熱拡散率	○				
組成(塩分濃度、SUS等含有率)	○	○	○		
有機物含有量	○	○			
含水率		○			○
水素発生量		○			
加熱時FP放出挙動	○	○		○	

※)一部は装置の将来設置を想定

第2棟で実施する分析※1

※1:放射性物質分析施設の設置について
(特定原子力施設監視・評価検討会 第79回)

3. 第2棟内の燃料デブリ等の取扱フロー(1/3) - 1Fから第2棟への受入 -



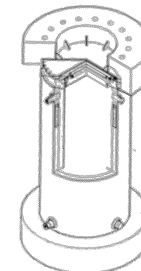
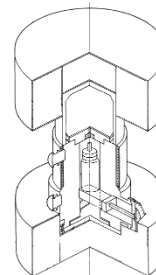
→: 燃料デブリ等の流れ

【ローディングドック】

- 高線量放射性物質の運搬実績のある輸送容器を用いてローディングドックに受け入れる。
- コンクリートセルの側面ポート又は天井ポートに輸送容器を接続して、燃料デブリ等が収納された容器(以下「収納容器」という。)をコンクリート内に受け入れる。輸送容器は既存の容器を使用することを想定し、設計条件に反映している。

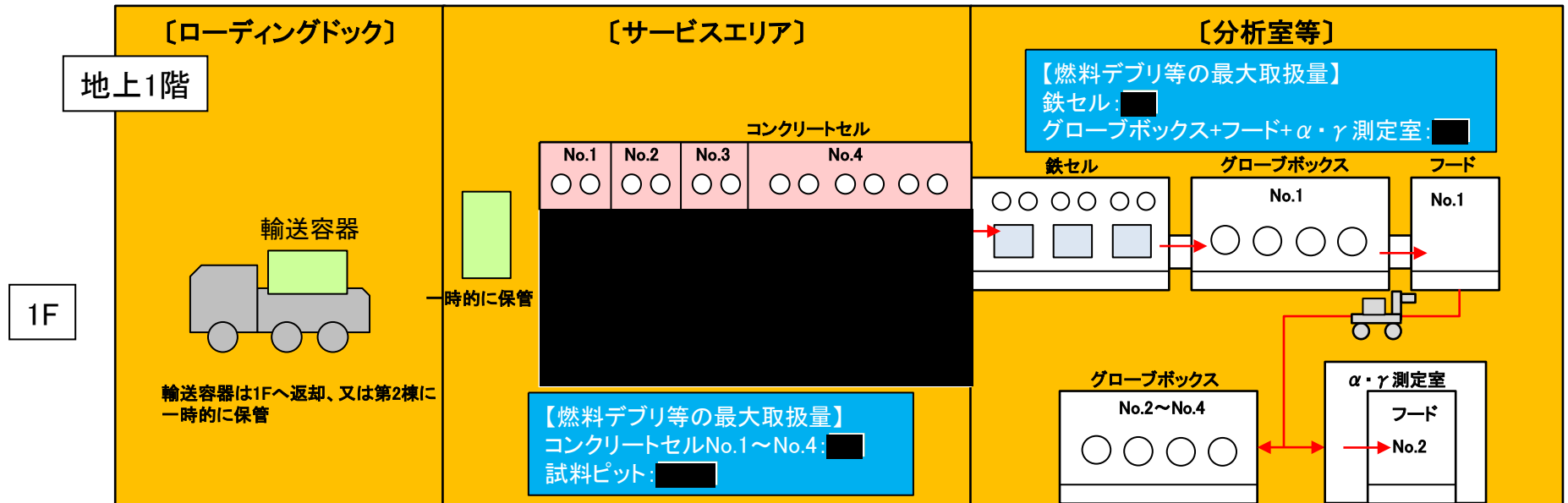


サイドローディング方式(想定:RD-20)



トップローディング方式(想定:P-3S 12T、TN6-4)

3. 第2棟内の燃料デブリ等の取扱フロー(2/3) —分析・試験の流れ—



各エリアにおける主な作業、燃料デブリ等の形態及び移送方法を以下に示す。

→: 燃料デブリ等の流れ

【コンクリートセルNo.1】

- 燃料デブリ等の受入

【コンクリートセルNo.2】

- 重量測定(収納容器ごと)

【コンクリートセルNo.3】

- 表面分析: 固体

【コンクリートセルNo.4】

- 外観確認、試料調製(切断、溶解等)等: 固体、粉体、液体

【鉄セル】

- 物性測定、前処理(核種分離、溶解等): 固体、液体、気体

【グローブボックス】

- 前処理(核種分離等)、化学分析: 固体(乾固)、液体、気体

【フード】

- 試料の搬出、試料調製(マイラー処理等): 固体(乾固)、液体

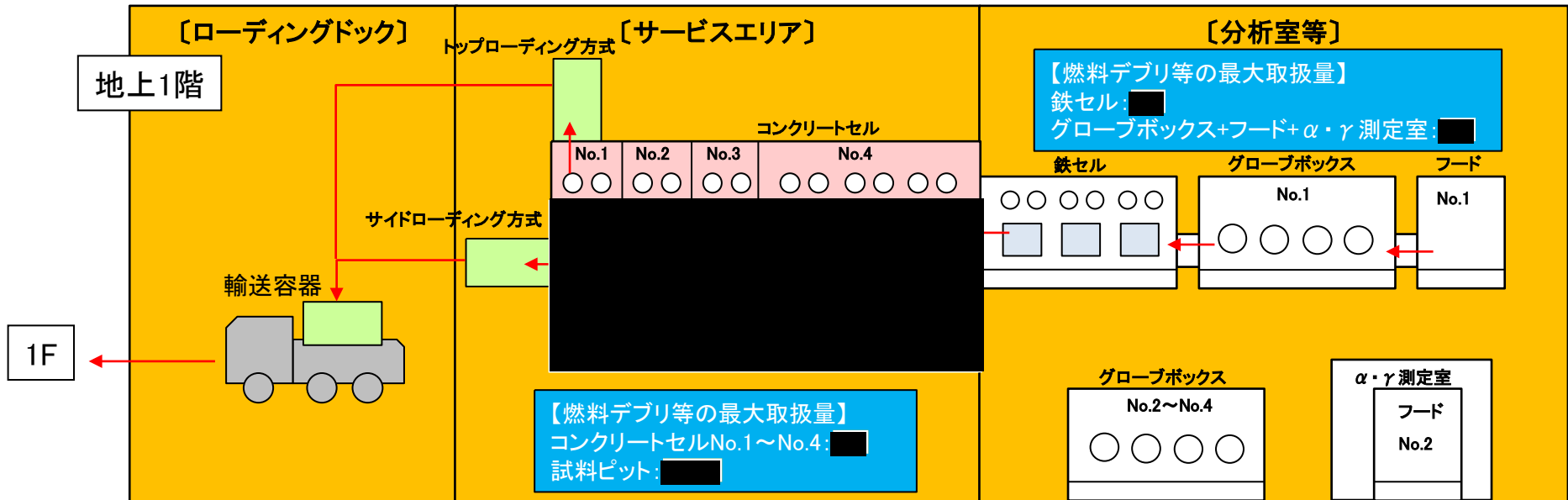
【 $\alpha \cdot \gamma$ 測定室】

- 化学分析、放射能測定: 固体(乾固)、液体
- 試料調製: 固体(乾固)、液体

【燃料デブリ等の移送】

- コンクリートセル~フードNo.1までは、接続するポートを利用して収納容器等を用いて移送
- フードNo.1以降は遮へい及び漏えいを考慮した容器を用いて移送

3. 第2棟内の燃料デブリ等の取扱フロー(3/3) — 一時的な保管、1Fへの払出 —



【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No.4、コンクリートセルNo.3】

→: 燃料デブリ等の流れ

- 分析試料(試料調製等により分析可能な状態にした試料)、分析残試料(試料調製等により発生した残材)、分析済試料(分析後の試料)

【コンクリートセルNo.2】

- [redacted] 分析試料、分析済試料、分析残試料を [redacted]
- コンクリートセルNo.1へ移送

【コンクリートセルNo.1】

- 収納容器を輸送容器へ収納し、ローディングドックへ移送

【ローディングドック】

- 輸送容器を第2棟から1Fへ払出

【燃料デブリ等の移送】

- コンクリートセルNo.1～フードNo.1間は、ポートを利用して収納容器等を用いて移送

4. 第2棟に必要な設備(1/4)

【要求される機能と必要な設備】

① 燃料デブリ等(核燃料物質)の取扱い

要求機能	閉じ込め
必要な設備	<ul style="list-style-type: none"> • コンクリートセル(SUS製ライニング) • 鉄セル(SUS製インナーボックス) • グローブボックス • フード • 給気フィルタユニット • セル・グローブボックス用排風機 • フード用排風機 • セル・グローブボックス用排気フィルタユニット • フード用排気フィルタユニット

要求機能	臨界防止
必要な設備	<ul style="list-style-type: none"> • コンクリートセル • 試料ピット

4. 第2棟に必要な設備(2/4)

② 高線量の試料の取扱い

要求機能	遮へい
必要な設備	<ul style="list-style-type: none"> ・ コンクリート壁、床、天井(建屋、コンクリートセル) ・ 鉄遮へい体

③ 放射性の固体廃棄物の発生

要求機能	廃棄物の一時的な保管
必要な設備	<ul style="list-style-type: none"> ・ 固体廃棄物払出準備設備

4. 第2棟に必要な設備(3/4)

④ 放射性の液体廃棄物の発生

要求機能	廃棄物の一時的な保管 漏えい・拡大防止
必要な設備	<ul style="list-style-type: none"> • 分析廃液受槽 • 設備管理廃液受槽 • 分析廃液移送・回収ポンプ • 設備管理廃液移送・回収ポンプ • 液位計 • 堰 • 漏えい検知器 • 塩酸含有廃液保管ラック、有機廃液保管ラック

4. 第2棟に必要な設備(4/4)

⑤ 放射性気体廃棄物の発生

要求機能	放射性物質の十分に低い濃度までの除去 放射性物質濃度の確認
必要な設備	<ul style="list-style-type: none"> • セル・グローブボックス用排風機 • フード用排風機 • セル・グローブボックス用排気フィルタユニット • フード用排気フィルタユニット • 放射線管理設備(モニタリング設備)

5. 設計に用いる燃料デブリ等の仕様(1/2)

- 第2棟において受け入れる燃料デブリ等は、受入れ前にその核物質質量等を確定することができない。このため、保守的な想定による燃料デブリ等の核物質質量等の仕様を設定し、同設定に基づき安全設計を行っている。
- 安全設計において重要な仕様は、臨界設計に用いる燃料デブリ重量当たりの核物質質量(臨界寄与成分)と、遮へい設計等に用いる重量当たりの放射エネルギー/放射線量である。これらが最も保守的となる条件は同時には発生しないことから、個別に想定する。

5. 設計に用いる燃料デブリ等の仕様(2/2)

【燃料デブリ重量当たりの臨界に寄与する核物質質量】

- 臨界に寄与する核物質質量は、Pu富化度/ ^{235}U 濃縮度の高い新燃料で多く、炉内における燃焼により減少する。
- 燃料デブリ等は、炉内における燃焼に加え、構造材等の混在が予想されることから、重量当たりの臨界に寄与する核物質質量は、新燃料よりも低下している。
- 以上を踏まえ、保守的な燃料デブリ等の仕様として、1～3号機の新燃料のうち、臨界に寄与する核物質質量が最も多い3号機のMOX燃料のみで構成されていると想定した場合を設定する。

【遮へい設計等に用いる燃料デブリ重量当たりの放射エネルギー/放射線量】

- 燃料の放射エネルギー/放射線量は、燃焼度と運転履歴により変化する。
- 燃料デブリ等は、構造材等の混在が予想されることから、重量当たりの放射エネルギー/放射線量は、燃料よりも低下している。
- 以上を踏まえ、保守的な燃料デブリ等の仕様として、1～3号機の燃料のうち、燃焼度と運転履歴に基づき放射エネルギー/放射線量が最も高い2号機の燃料のみで構成されていると想定した場合を設定する。

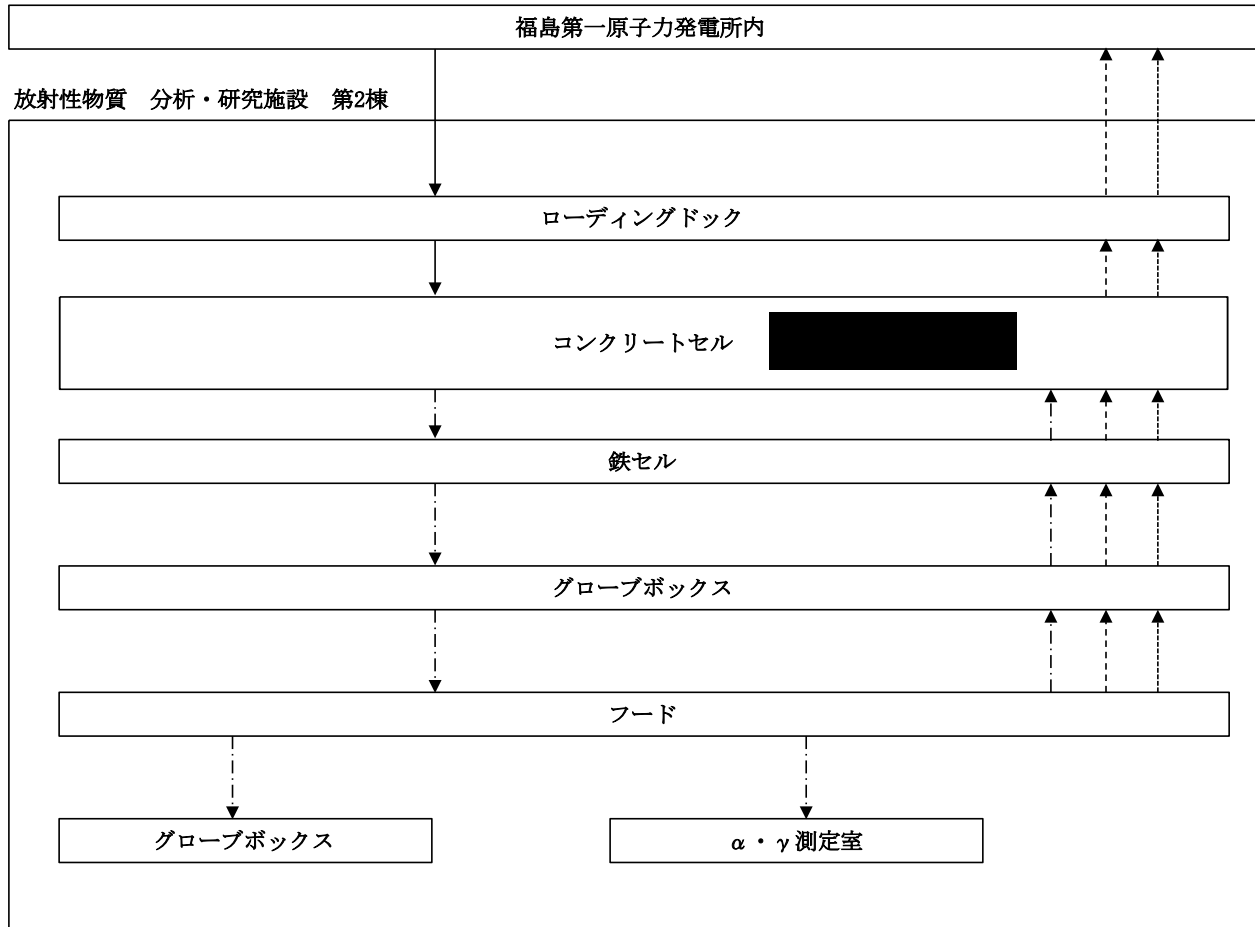
放射性物質分析・研究施設第2棟に係る
実施計画の変更認可申請について
(Ⅱ. ii. 燃料デブリ等フローについて)
4月15日面談資料改訂版

2021年6月9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(1/2)



この図は燃料デブリ等の主要フローであり、燃料デブリ等が他の経路を経る場合もある。

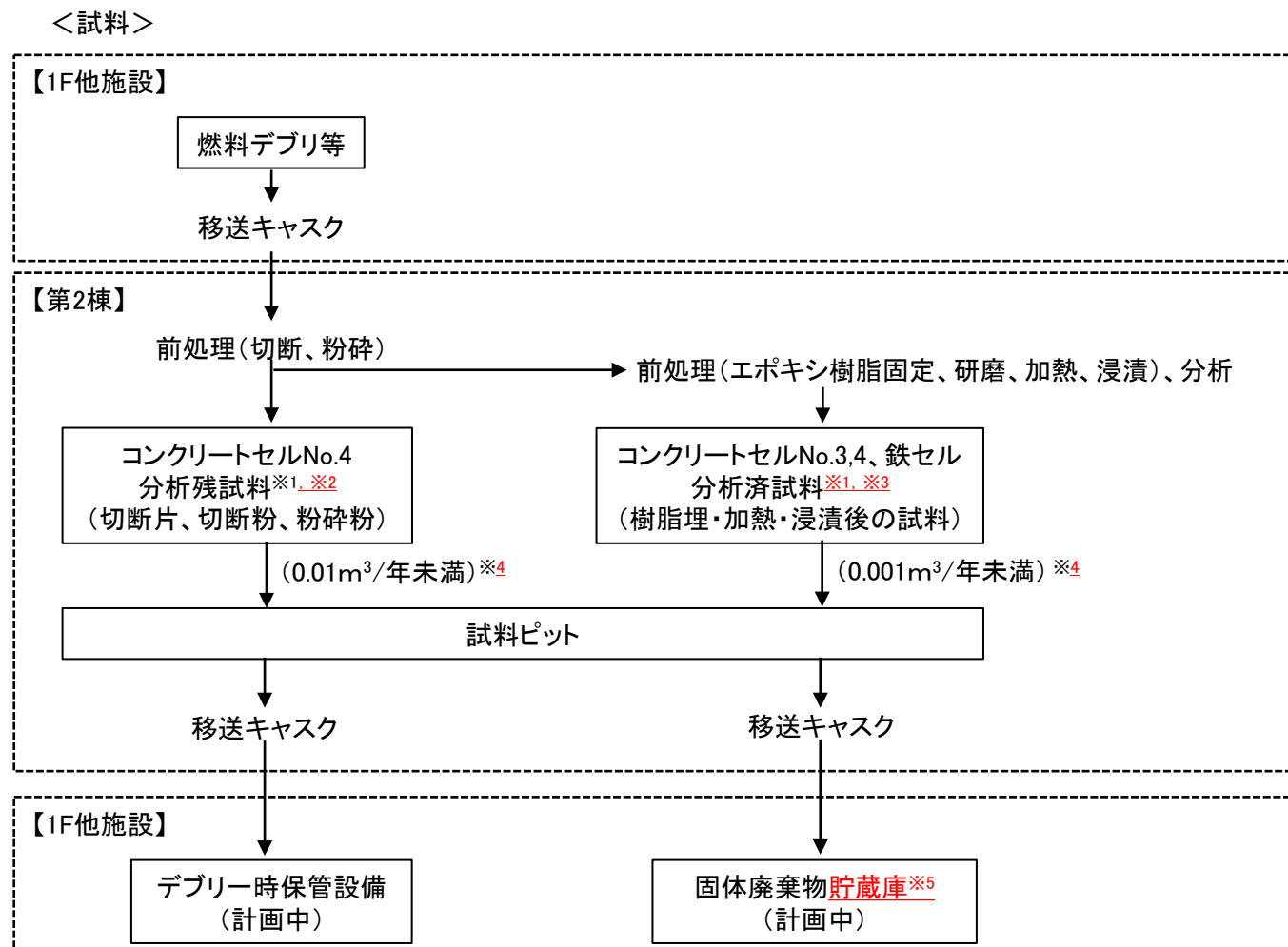
[凡例]

- ▶ 受入物*1
- - - -▶ 分析試料*2
- - - -▶ 分析残試料*3
- - - -▶ 分析済試料*4

- *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)

1. 燃料デブリ等のフロー(2/2)



※1: 燃料デブリ等は全て核燃料物質として管理する。第2棟では、核燃料物質のうち、受入物、分析試料、分析残試料及び分析済試料を「試料」として分類する。

※2: 化学的処理等なし

※3: 一部化学的処理等あり

※4: 現在想定している発生量

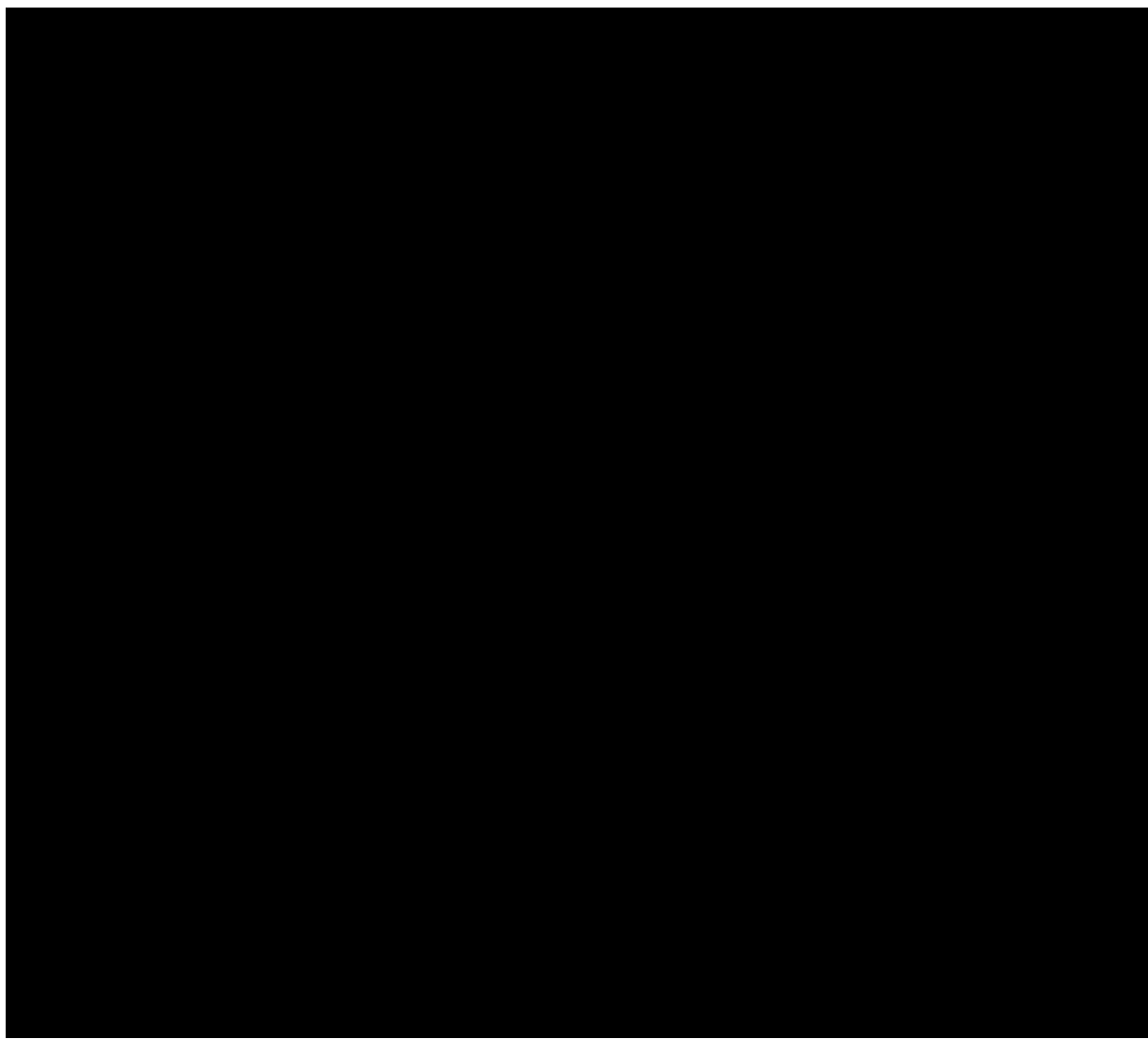
※5: 分析済試料として受け取る。状況に応じて高線量の固体廃棄物として管理する

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

第2棟の機器配置図 地上1階

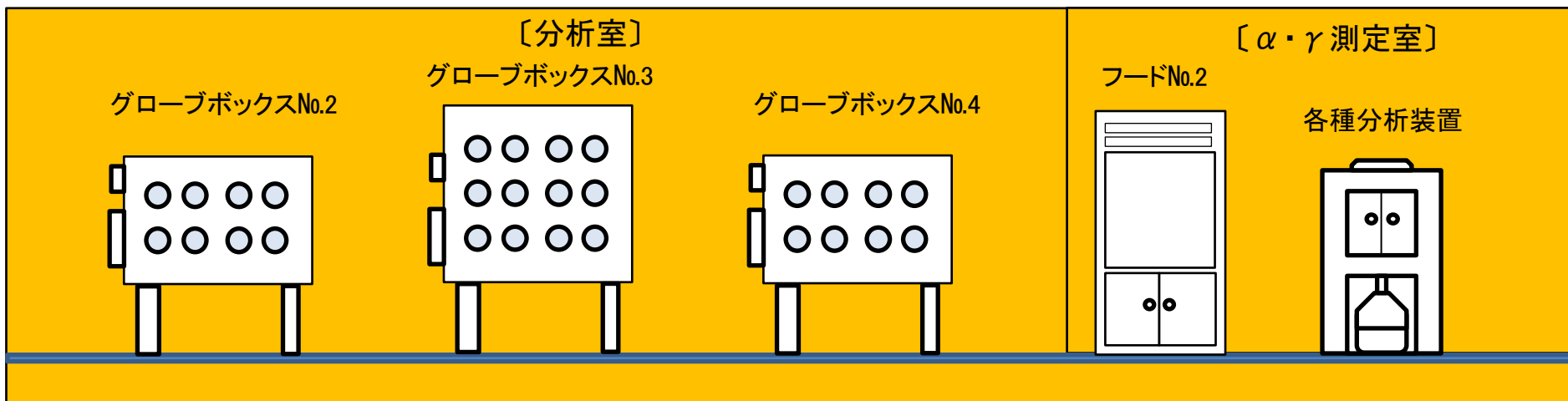
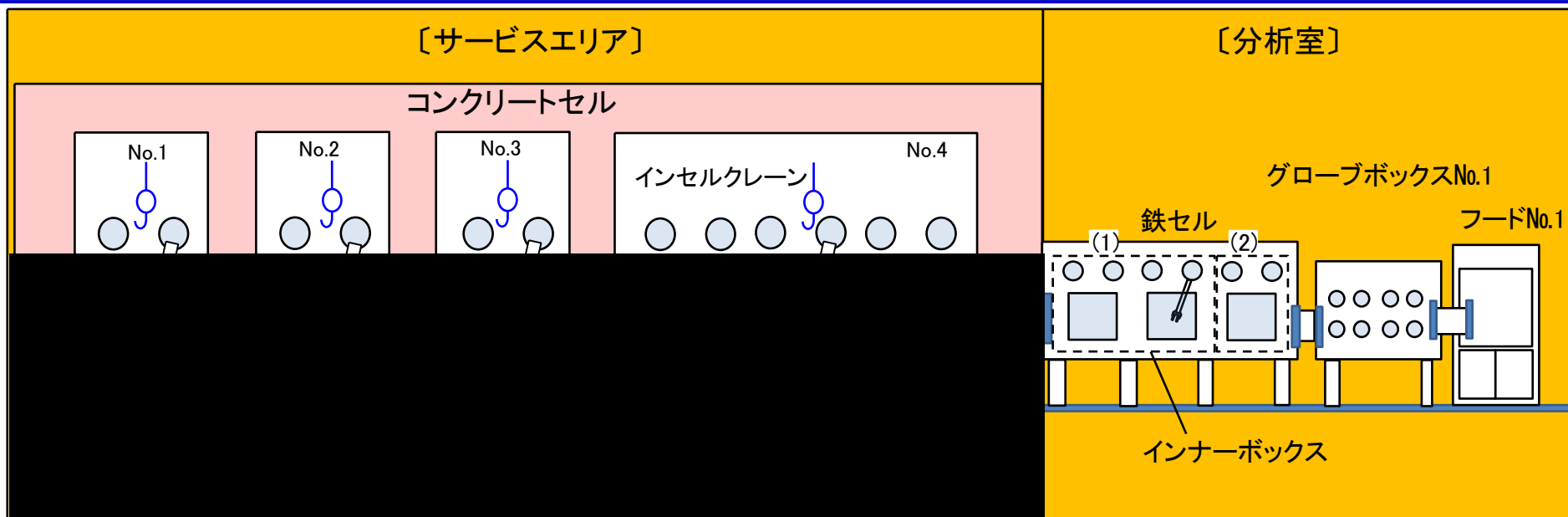
2. 燃料デブリ等の受入及び一時的な保管に係るフロー(2/2)



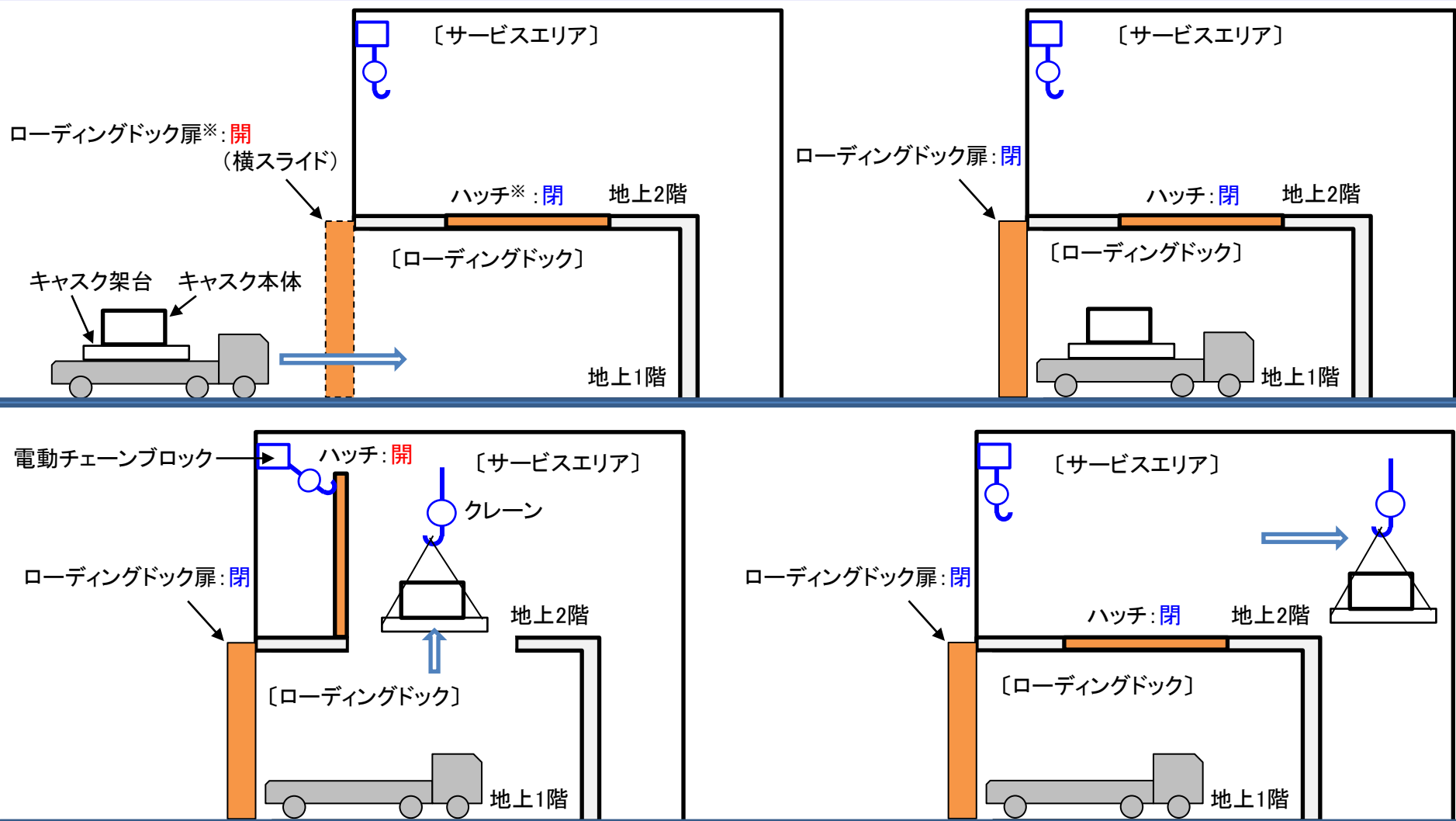
- ② 地上1階ローディングドックから地上1階サービスエリア(1)へキャスク架台含めて移送
- ③ 地上1階サービスエリア(1)にてキャスク本体のみ吊上げ、サービスエリア(2)のコンクリートセルNo.1天井又は地上1階サービスエリア(1)のコンクリートセルNo.1背面に接続

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



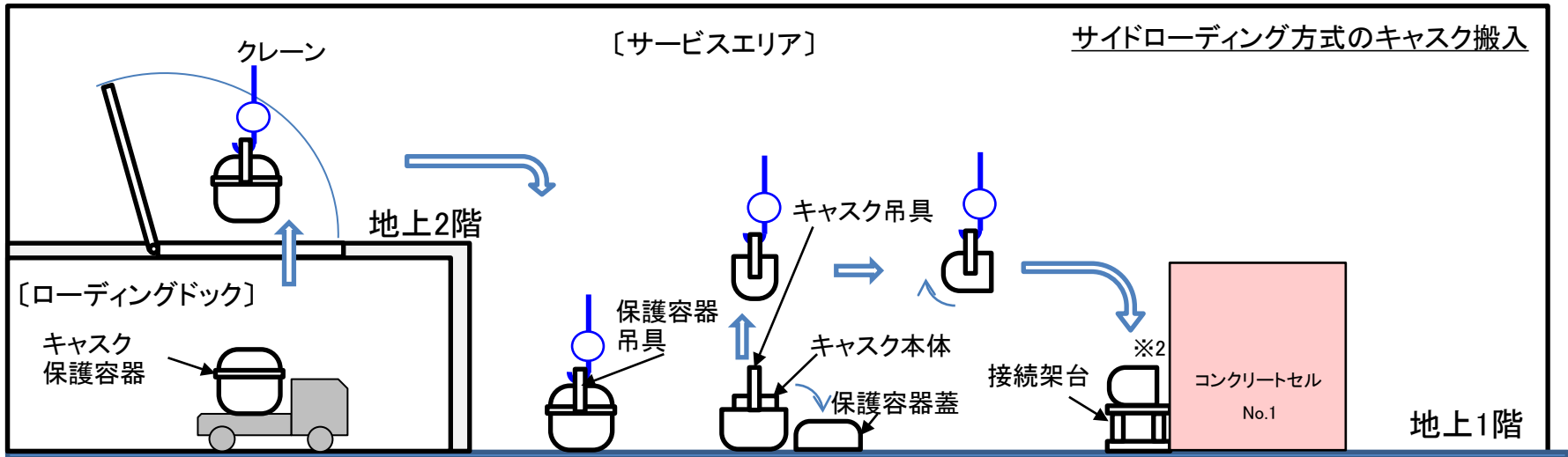
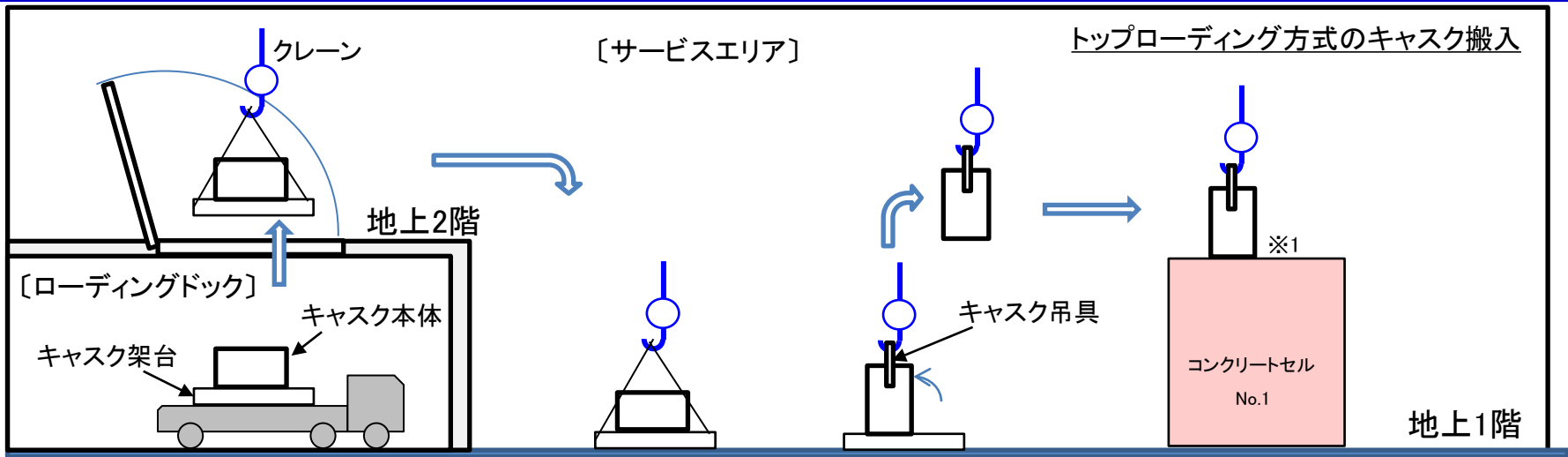
4. 燃料デブリ等の移送方法(1/13)



※: ロード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。

ロードディングドック扉、ハッチ開閉動作

4. 燃料デブリ等の移送方法(2/13)



キャスクの搬入方法

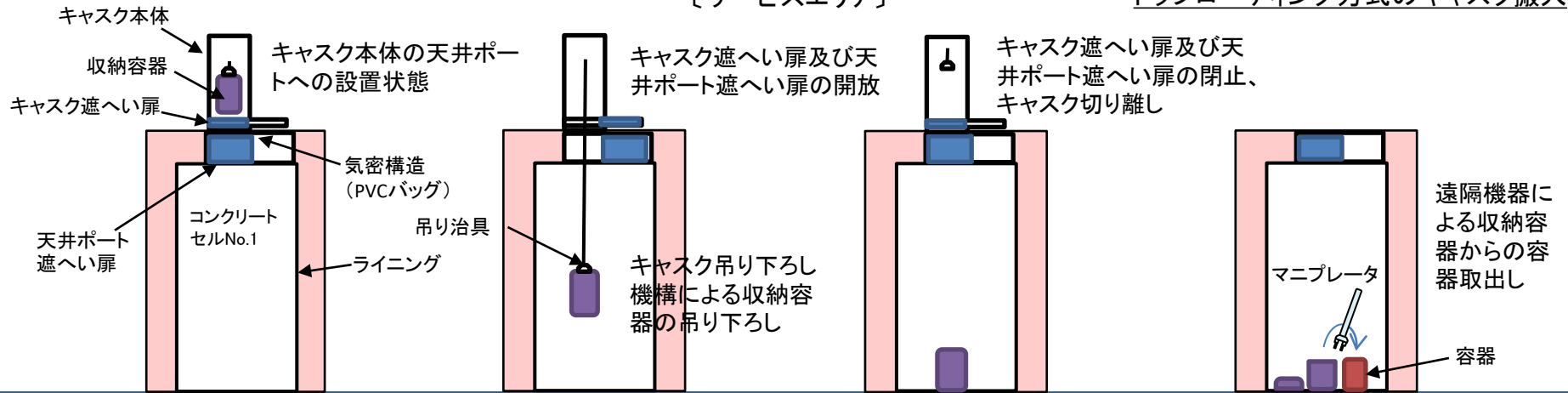
※1: コンクリートセルNo.1の天井に接続

※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(3/13)

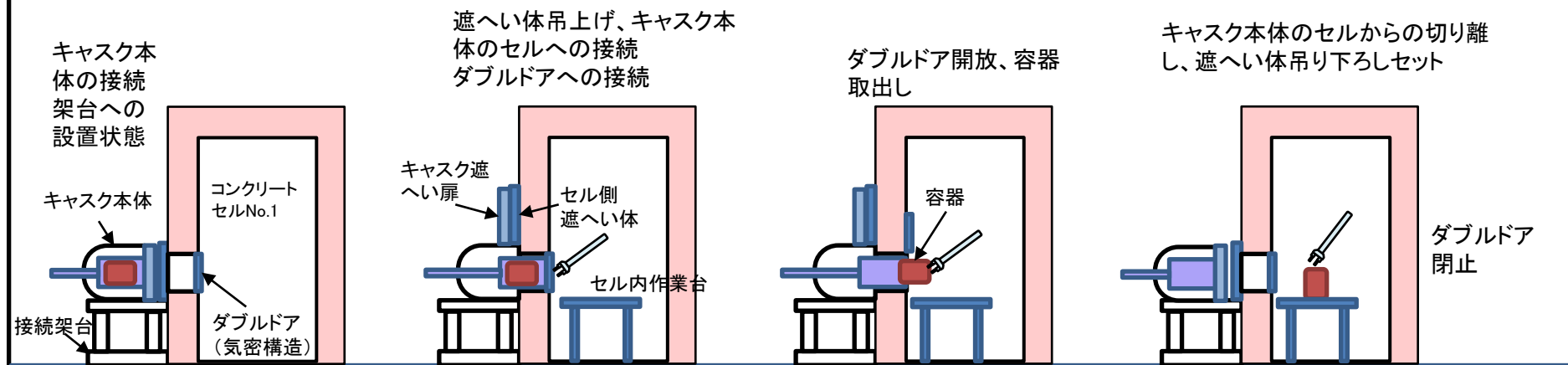
[サービスエリア]

トップローディング方式のキャスク搬入



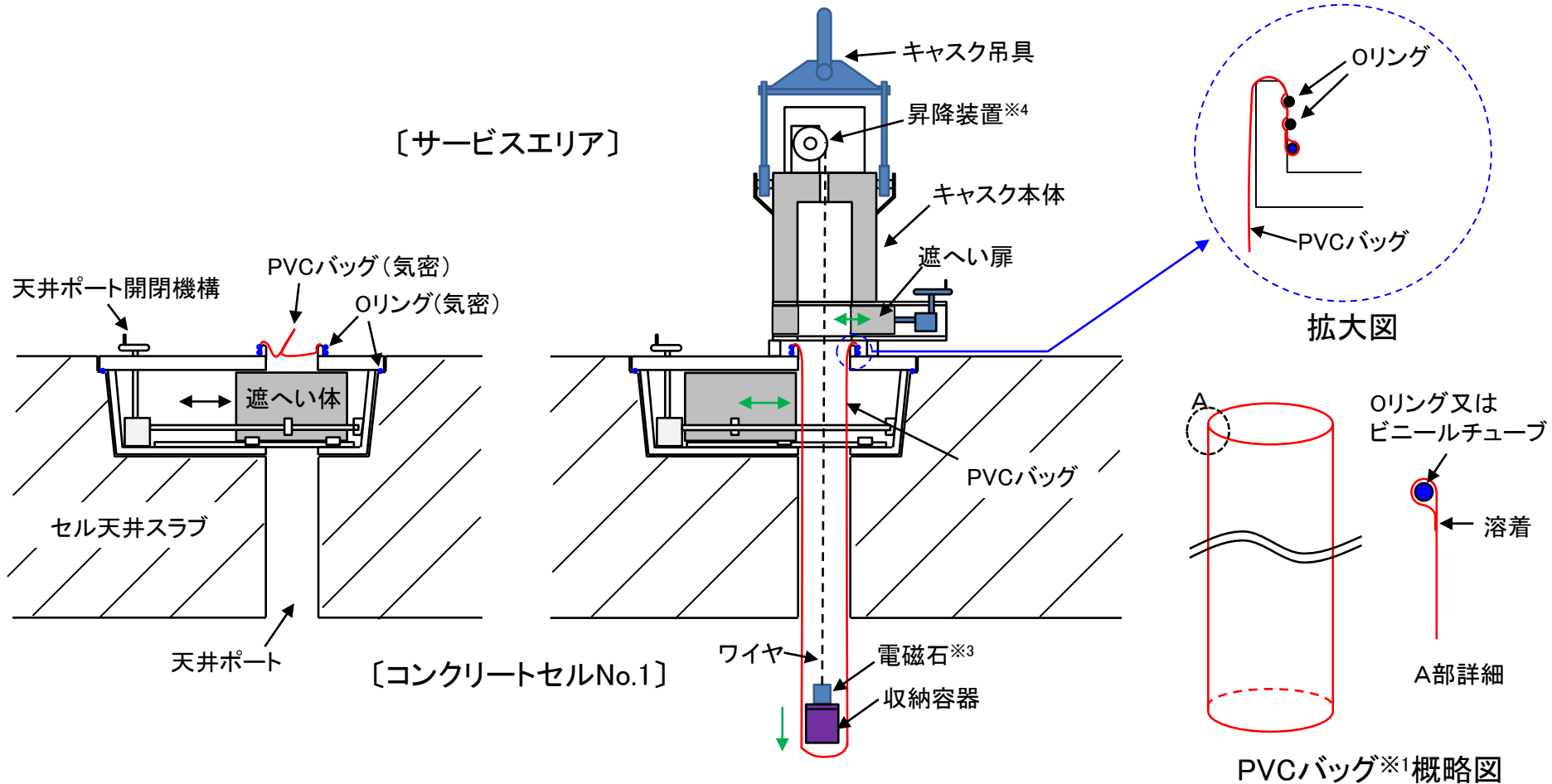
[サービスエリア]

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(4/13)



トップローディング方式※2によるセル内搬入方法例(1/2)

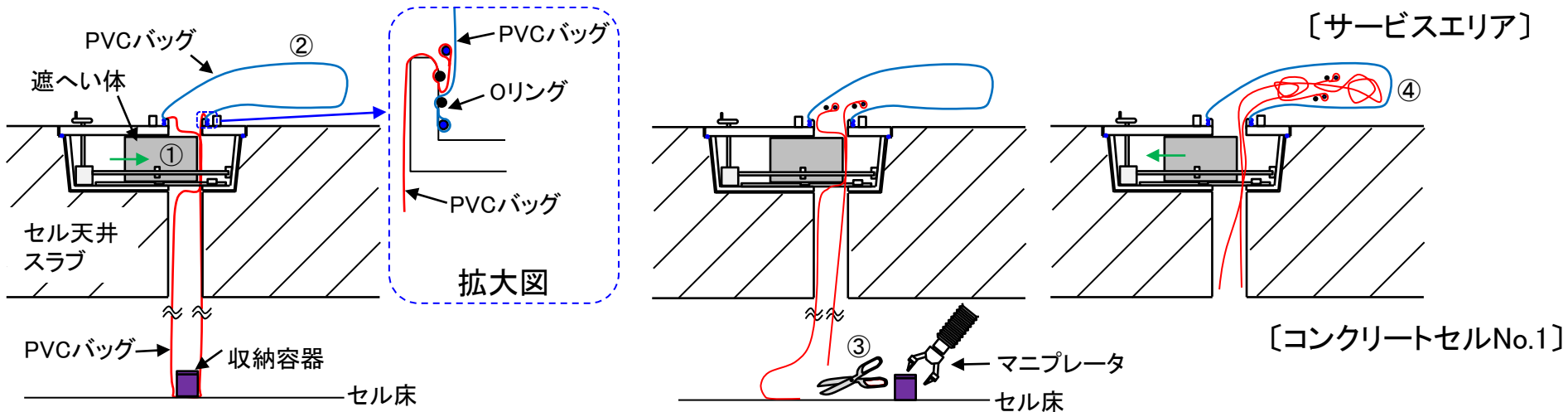
※1: PVC(難燃性のポリ塩化ビニール)を筒状に加工したもの。

※2: JAEA茨城地区において、照射済燃料集合体等の移送に使用している。

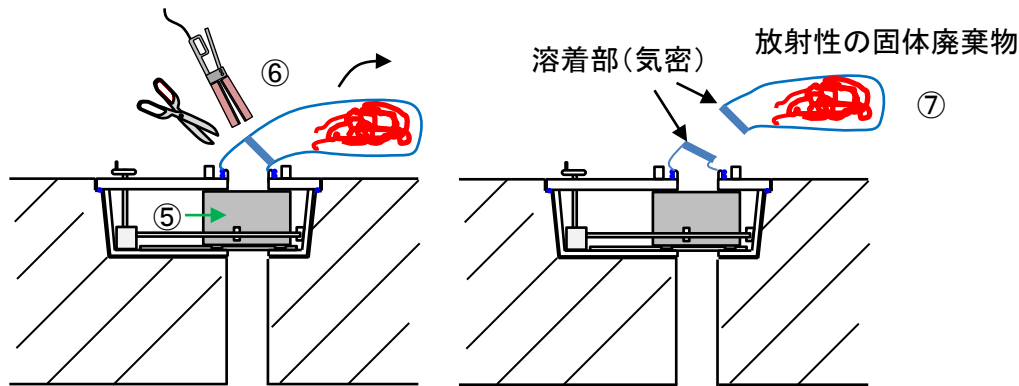
※3: 電磁石は、通電によって着磁、脱磁を繰り返すことから、停電時の場合でも着磁の状態が維持され落下しない。

※4: カスクの一部又は別の(使用時にカスクに取り付ける)装置である。

4. 燃料デブリ等の移送方法(5/13)



[サービスエリア]

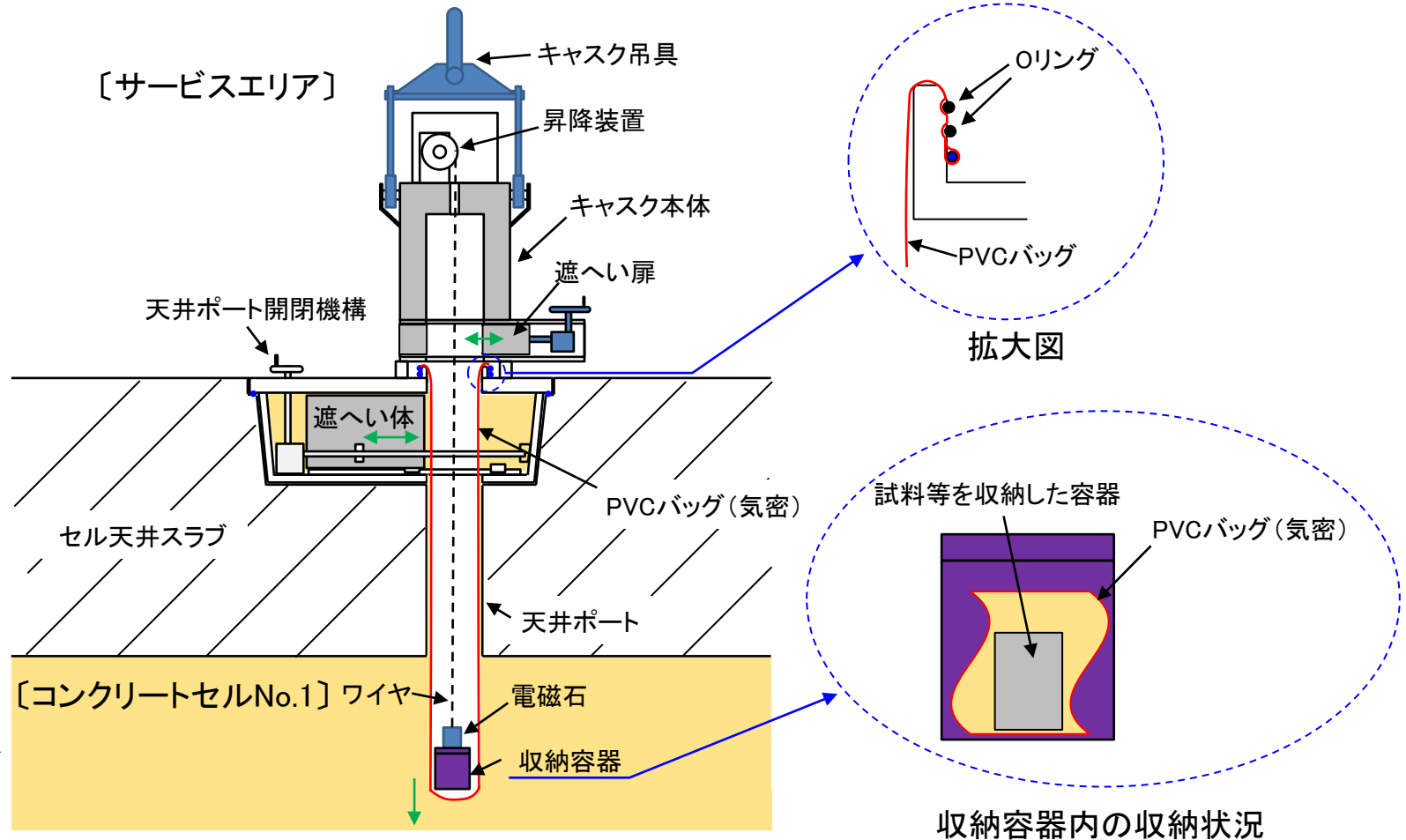


[コンクリートセルNo.1]

- ① 収納容器がセル床に着地後、遮へい体を閉める。
- ② PVCバッグ(赤)からの収納容器取出しに伴う気密維持等のため、PVC(赤)の上から新しいPVCバッグ(青)をポートに装着する。PVCバッグ(青)装着後、ポートからPVCバッグ(赤)を取り外す(Oリング含め)。なお、PVC(青)は使用前に、破損有無等の健全性を確認後に使用する。
- ③ マニプレータ等を用いてPVCバッグ(赤)から収納容器を取り出す。
- ④ PVCバッグ(赤)を引き上げPVCバッグ(青)内に収納する。
- ⑤ ポートを遮へい体で完全に閉じる。
- ⑥ PVCバッグ(青)を溶着し、溶着部中央を切断する。
- ⑦ 切断したPVC(青+赤)を容器等に収納し、固体廃棄物払出準備室へ移送する。

トッローディング方式によるセル内搬入方法例(2/2)

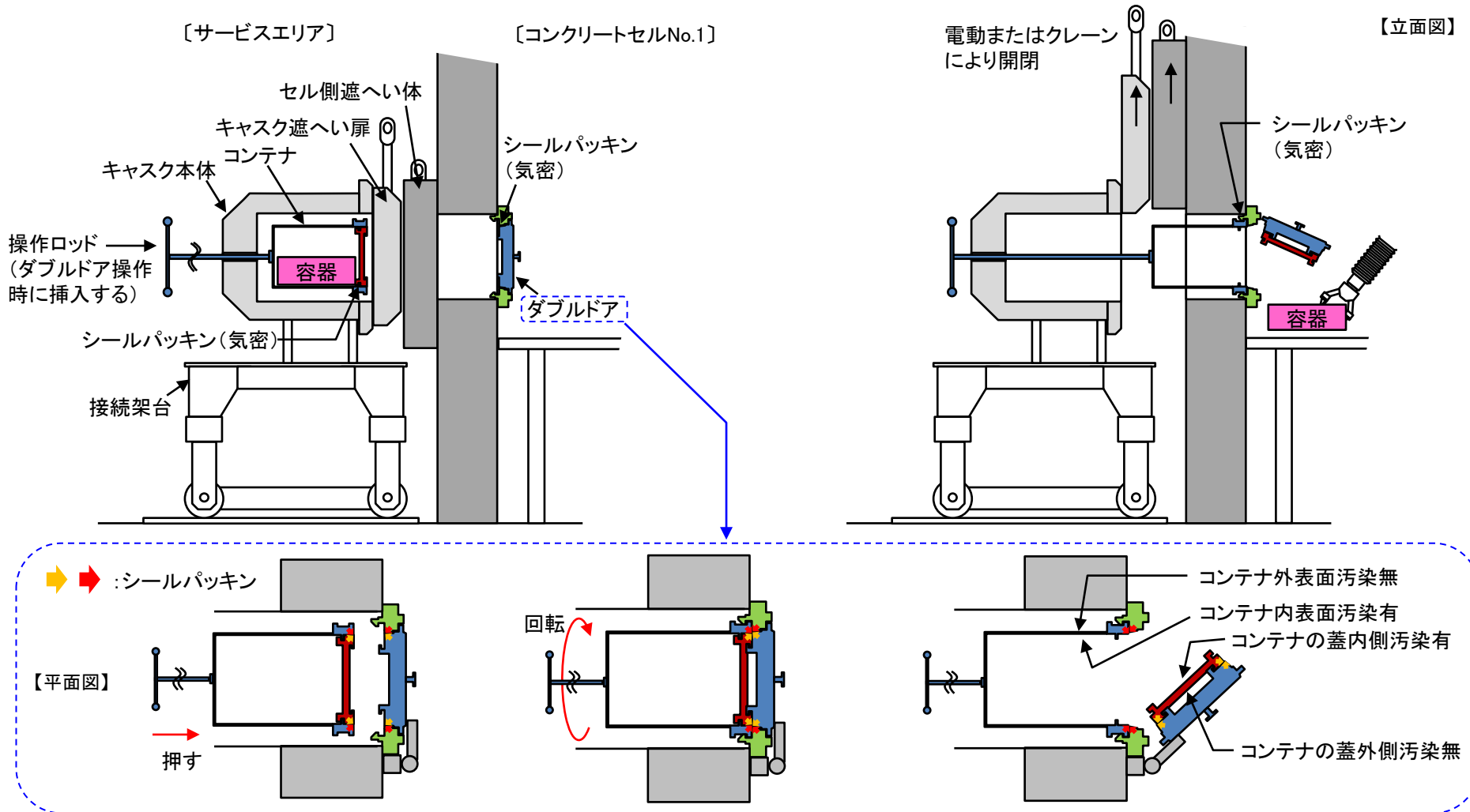
4. 燃料デブリ等の移送方法(6/13)



トップローディング方式によるセル内搬入に係る気密確保※について

※: 万一、PVCバッグが破損した場合には、周辺の汚染確認、必要に応じて除染を行い、新しいPVCバッグに交換する。

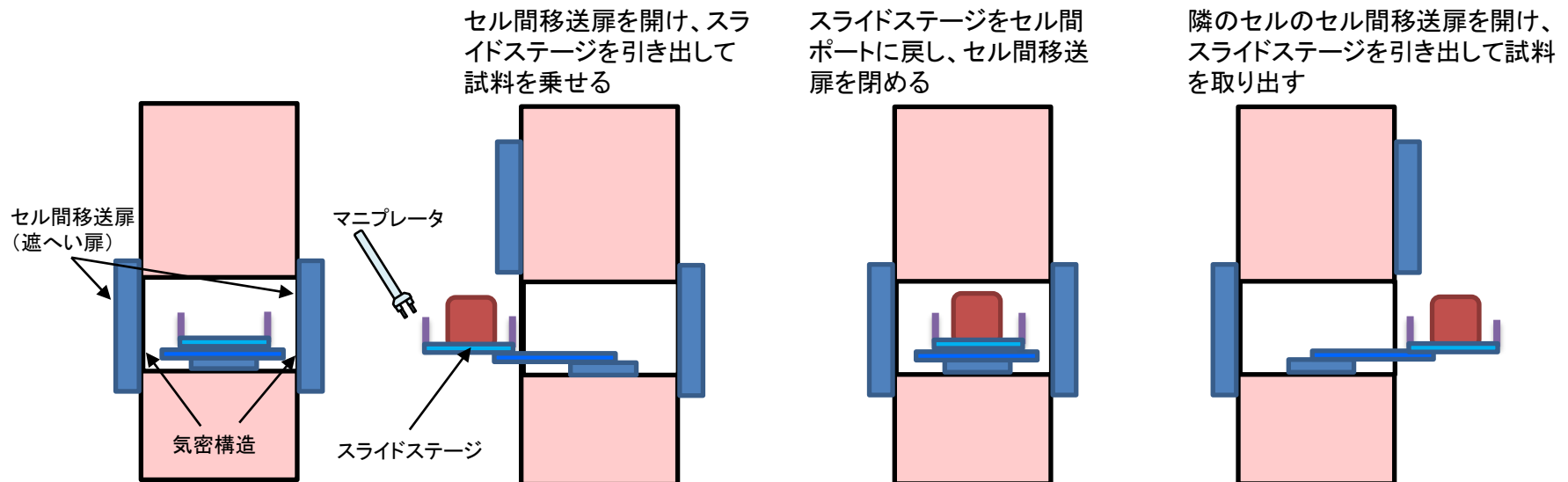
4. 燃料デブリ等の移送方法(7/13)



サイドローディング方式※1によるセル内搬入方法例


※1: JAEA茨城地区(東海)において、燃料棒切断等により作成した試料の移送に使用している。

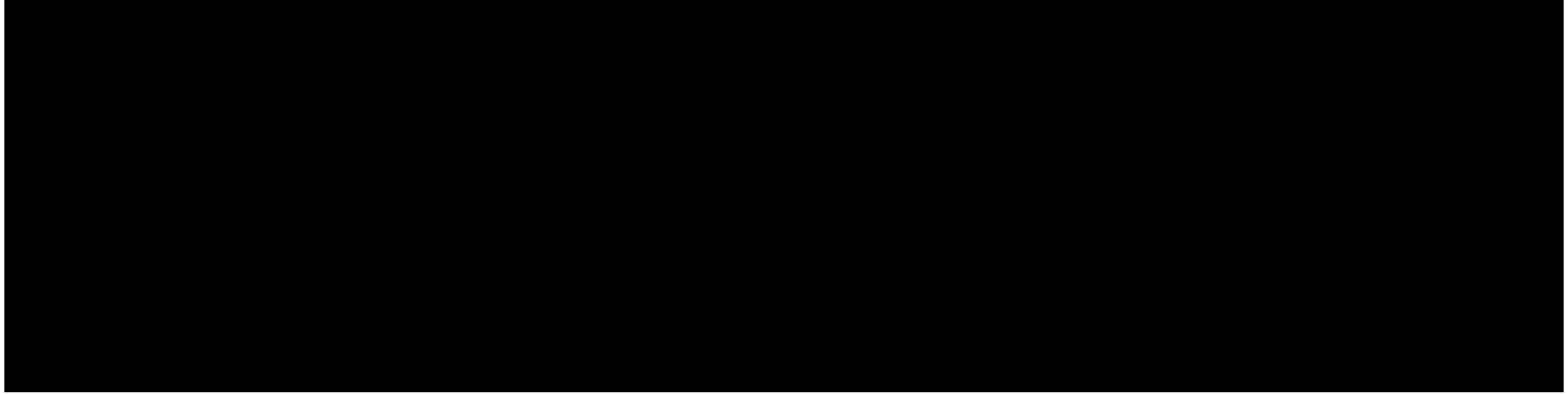
4. 燃料デブリ等の移送方法(8/13)





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(9/13)

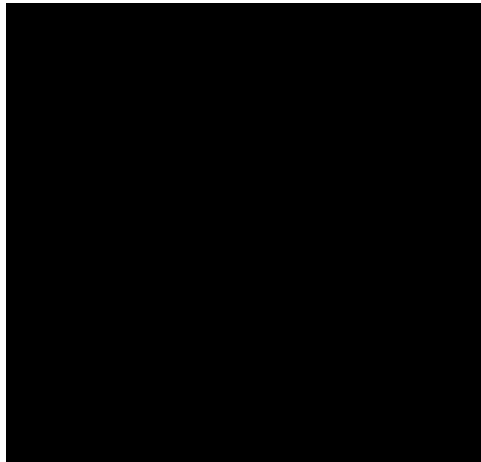
試料ピットの最下部に収納された容器を取り出す際には、を空にする。





- 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。

※1: 遮へい蓋は、鉛(上部)とポリエチレン(下部)で構成

※2: 燃料デブリ等は自然冷却する設計



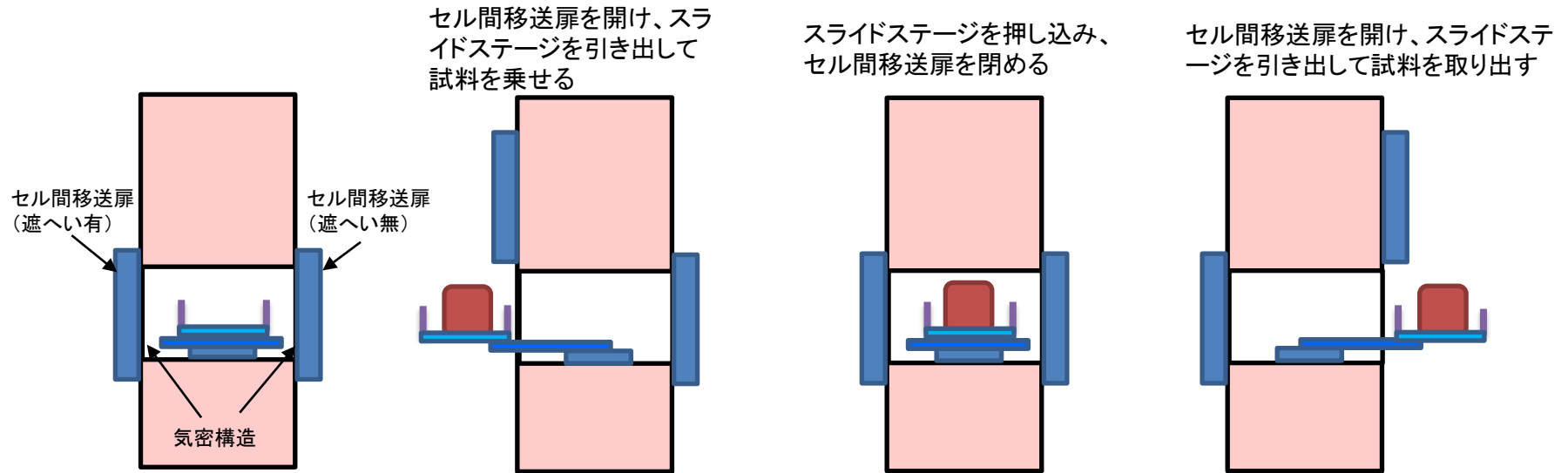
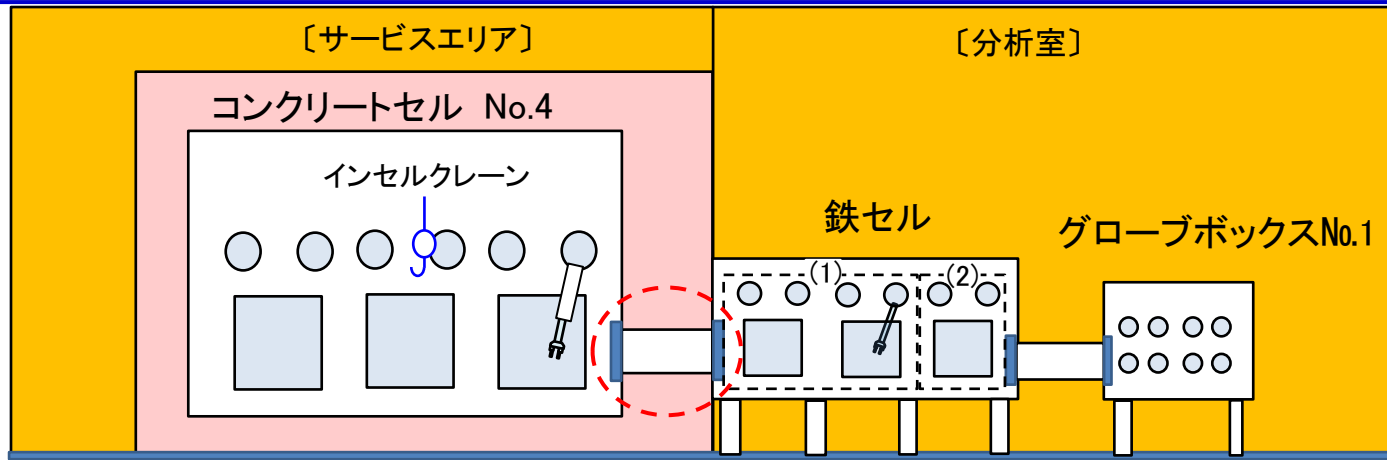
【平面図】

- : 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)

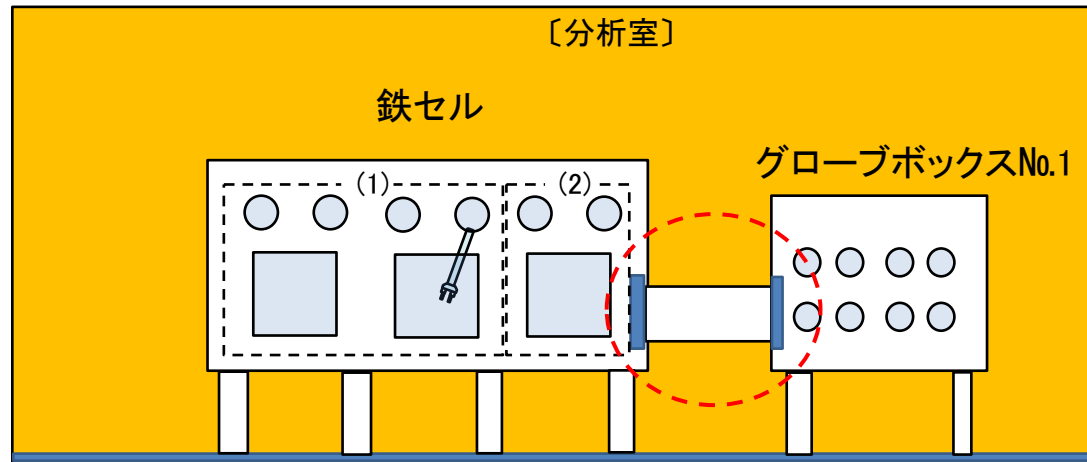
 試料ピットからの容器取出方法例

4. 燃料デブリ等の移送方法(10/13)



コンクリートセル、鉄セル間の試料の移動方法

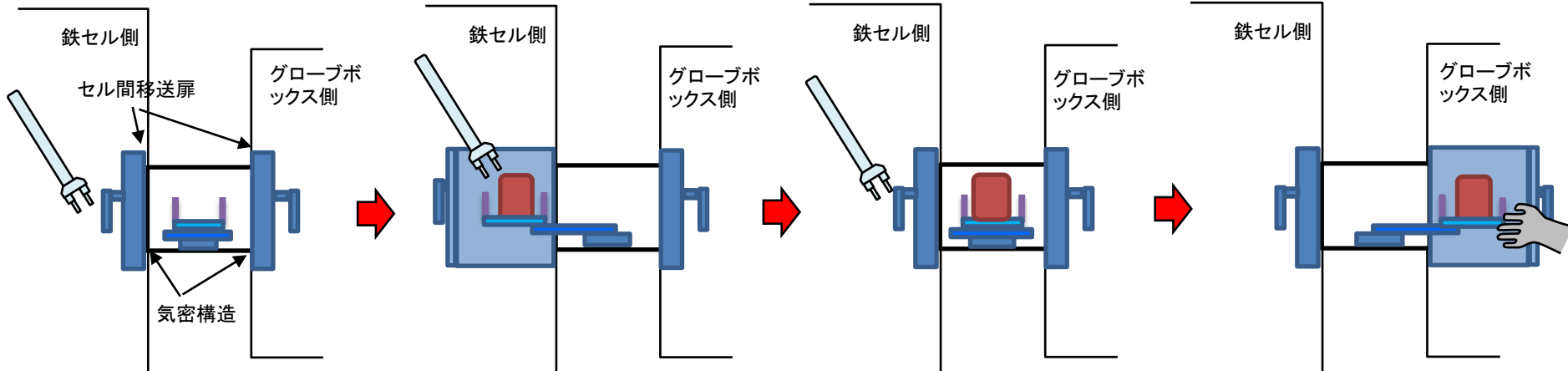
4. 燃料デブリ等の移送方法(11/13)



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

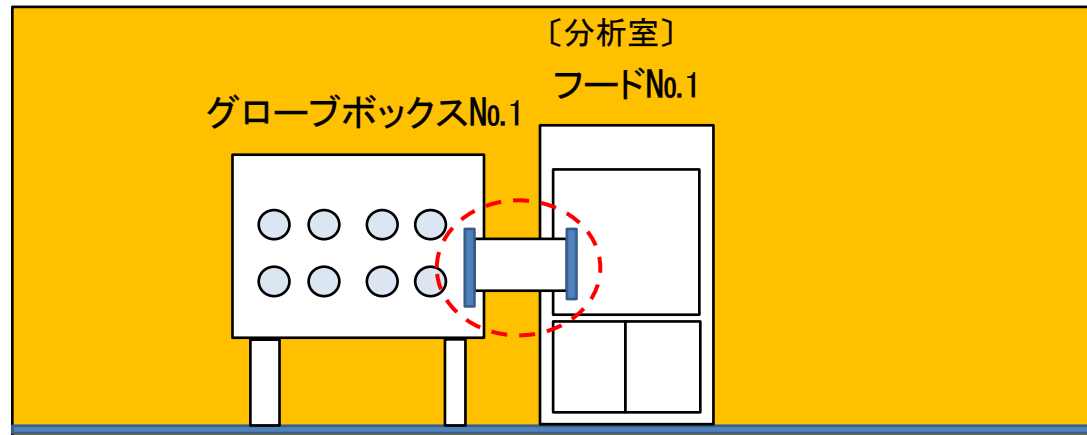
スライドステージを押し込み、セル間移送扉を閉める

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

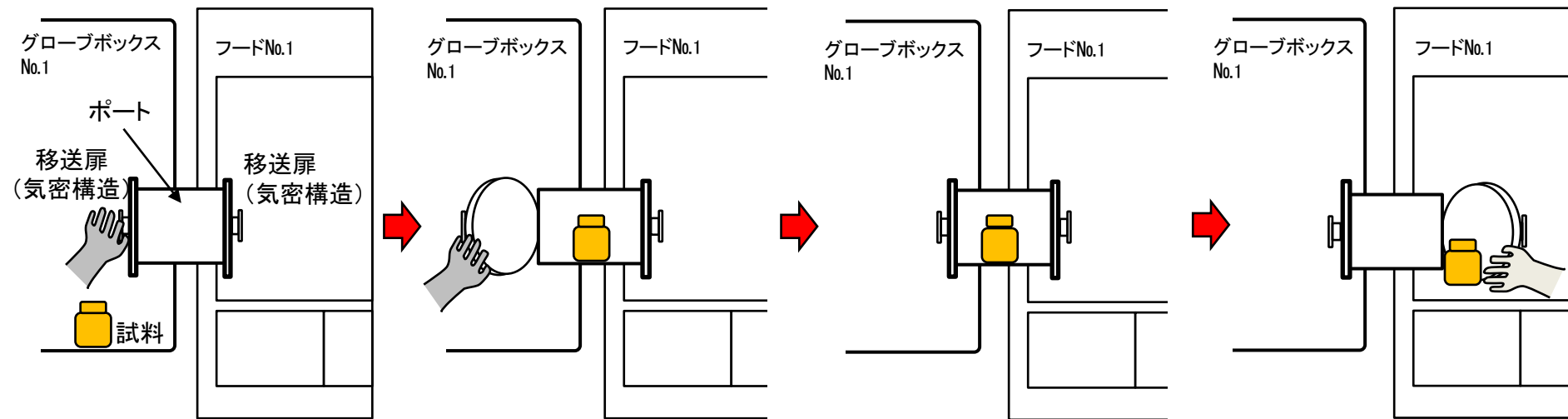
4. 燃料デブリ等の移送方法(12/13)



移送扉を開け、ポート内に
試料を移送する

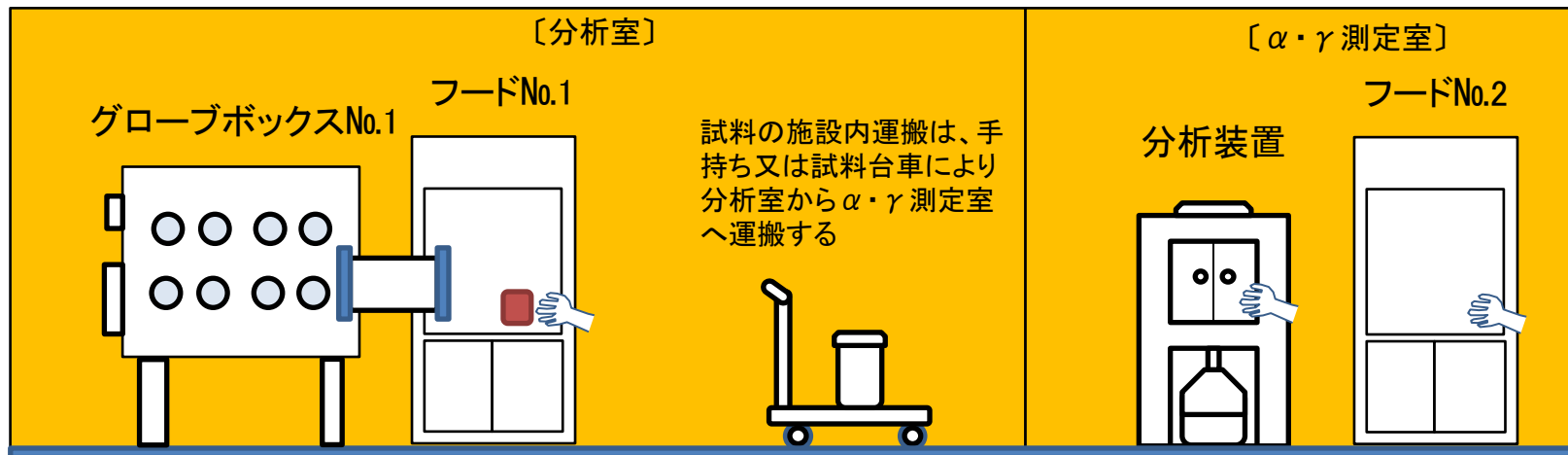
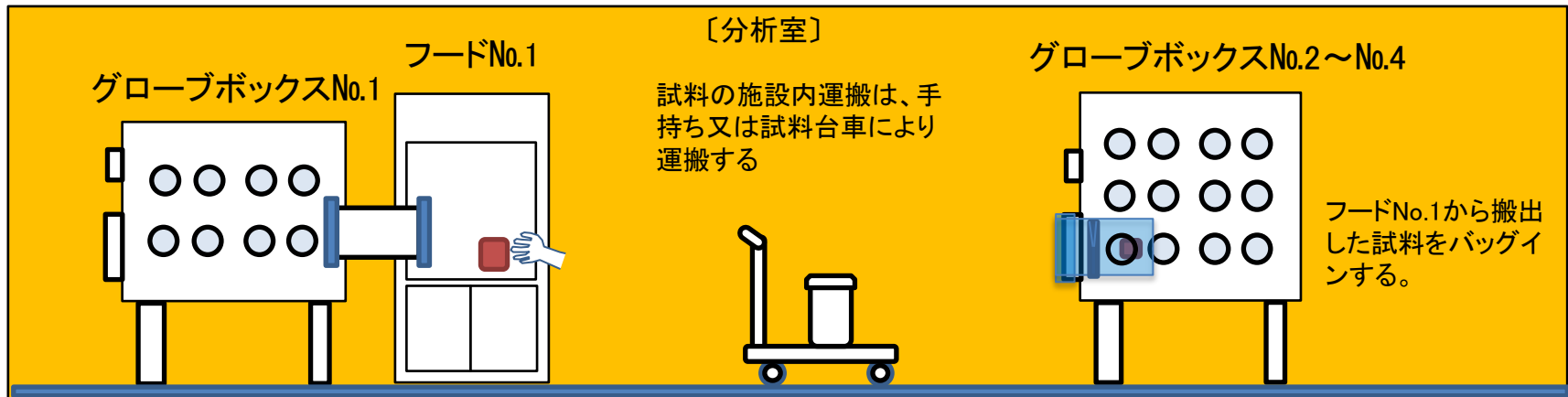
移送扉を閉める

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(13/13)



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)

	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) H-3, C-14, I-129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■オーダー～最大■	1)～5): 最大■	6): ■ (数■オーダー※ ₁) 7)8): 数■オーダー 9)10): 数■オーダー	11): 数■オーダー 12)13): 数■オーダー 14): 数■オーダー 15): 数■オーダー

※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)

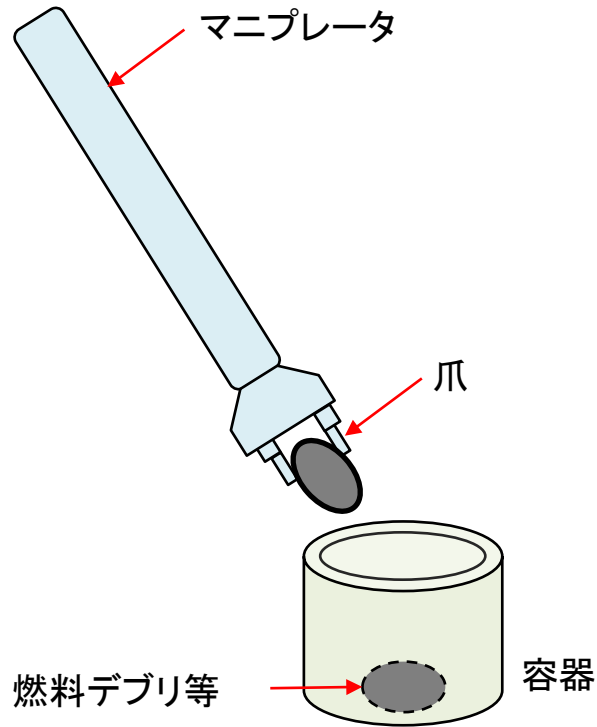
	鉄セル(1)		鉄セル(2)	グローブボックスNo.1	フードNo.1
主な作業内容	1)蒸着(導電処理) 2)EPMA分析 3)イオンエッチング 4)光学顕微鏡観察 5)硬さ、じん性測定	6)水分量測定 7)全有機炭素測定	1)核種分離 ・イオン交換 ・沈殿、共沈 ・濃縮、蒸発乾固 ・希釈、定容	1)核種分離 ・イオン交換 ・沈殿、共沈 ・濃縮、蒸発乾固 ・希釈、定容 2)試料焼付	1)グローブボックスへの試料等の搬出入
主な形態	1)～5): 固体(樹脂埋め試料)	6): 固体、液体、気体 7): 固体、気体	1): 固体、液体、気体	1): 固体、液体、気体 2): 液体、固体	1): 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)

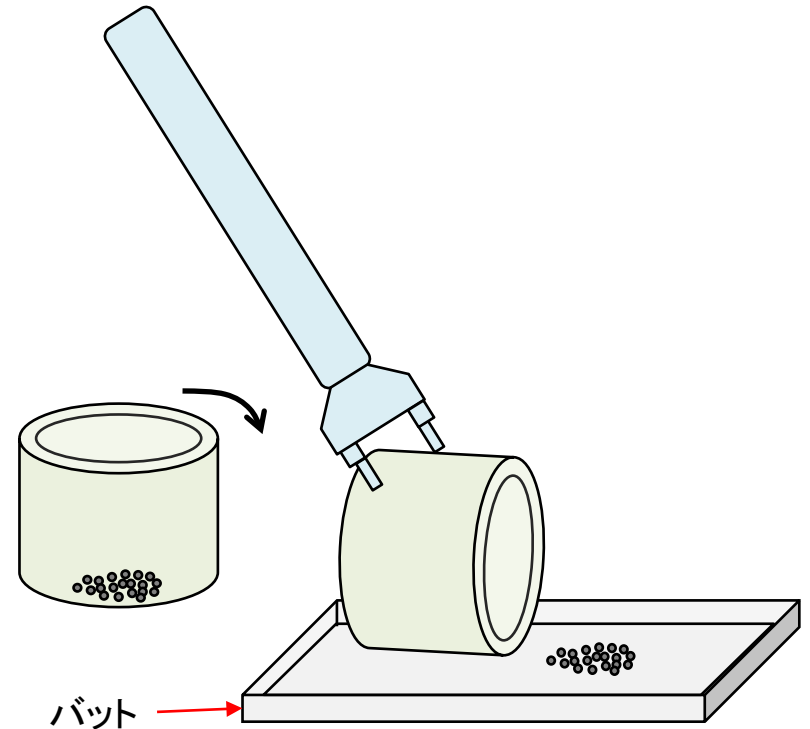
〔コンクリートセルNo.4: 容器から試料取出し作業例〕

- 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

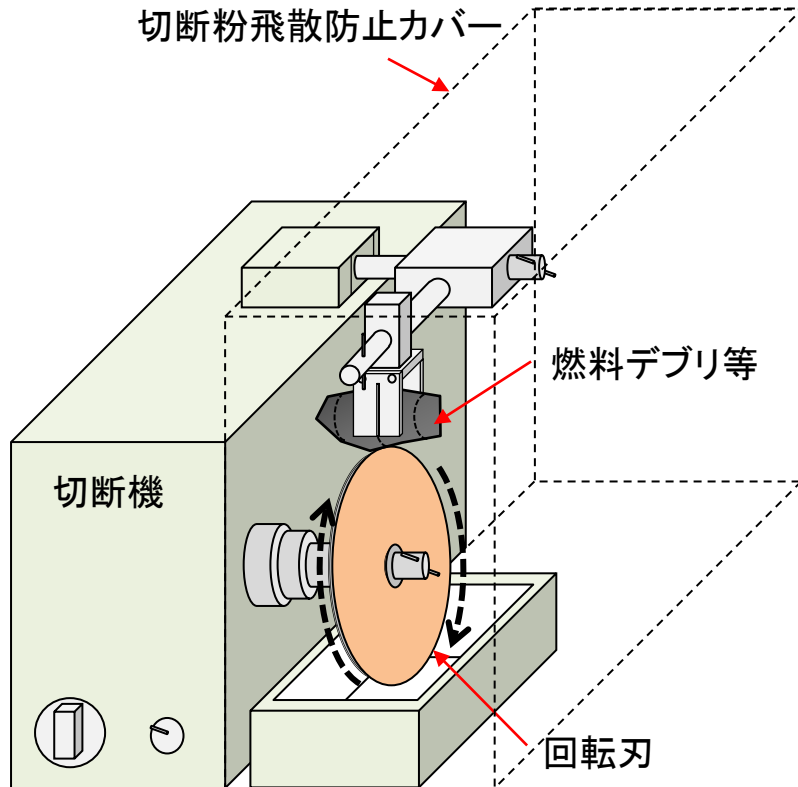


5. コンクリートセル等における作業内容等(4/10)

〔コンクリートセルNo.4:切断、研磨作業例〕

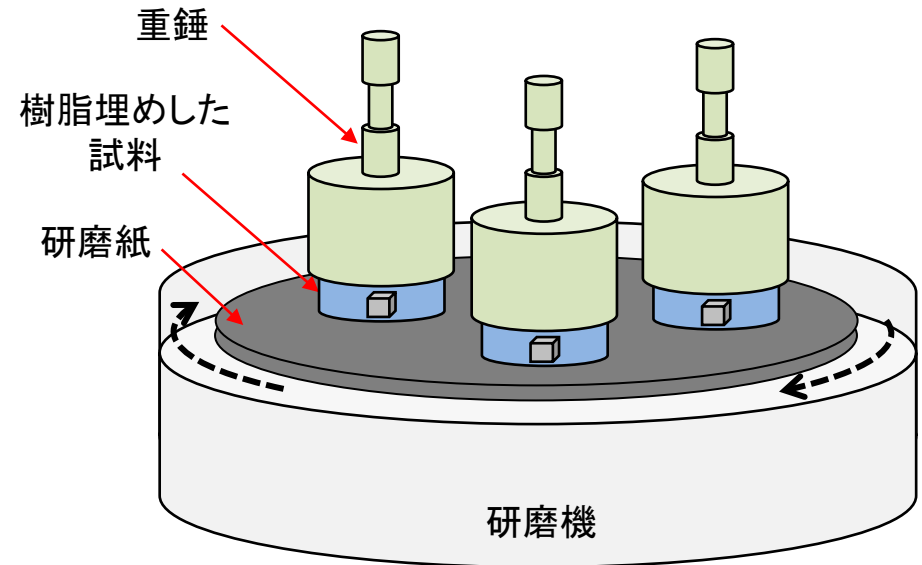
切断方法

回転刃を回転させて、燃料デブリ等を切断する



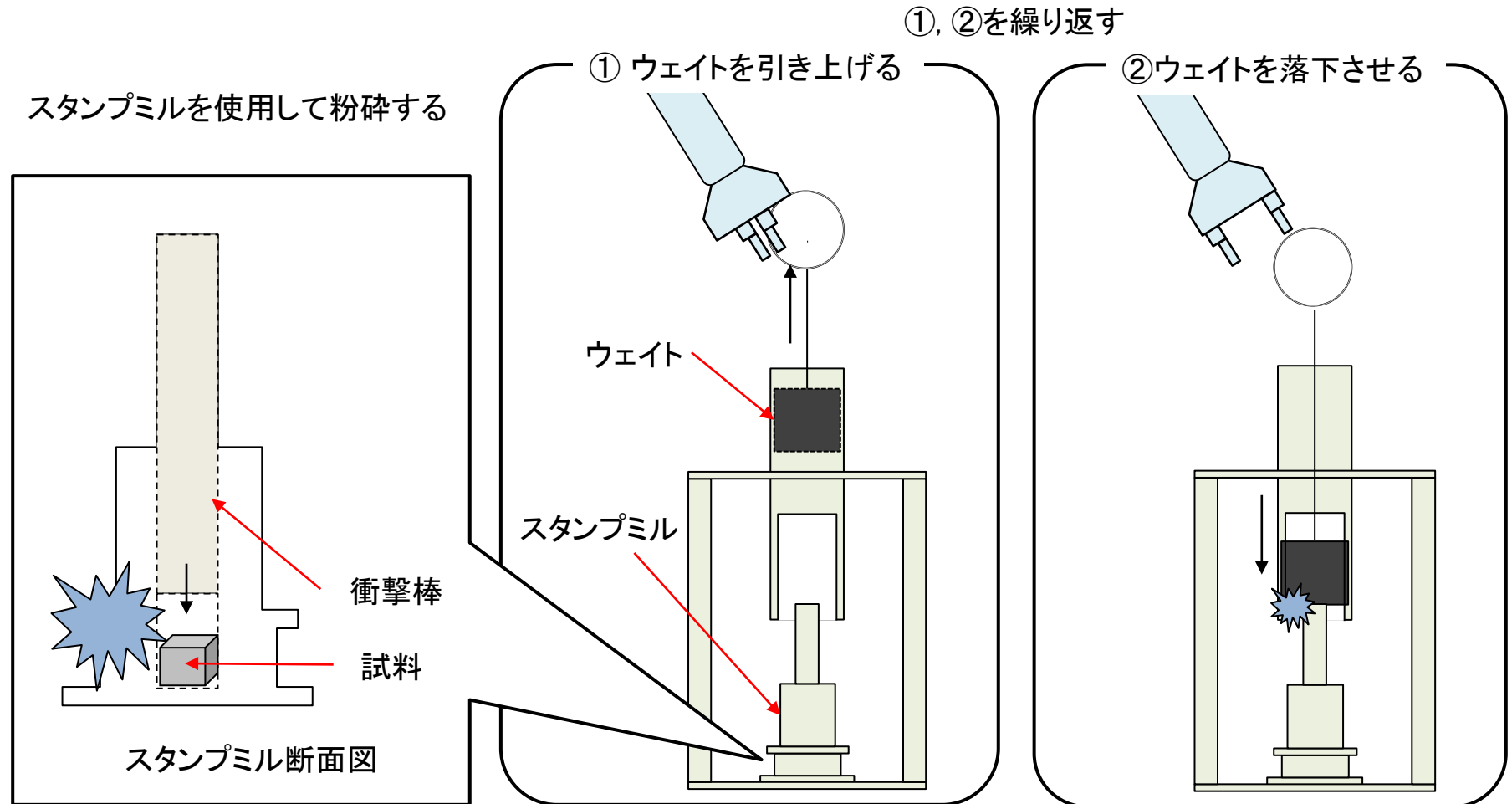
研磨方法

樹脂埋めした燃料デブリ等を研磨機により研磨する



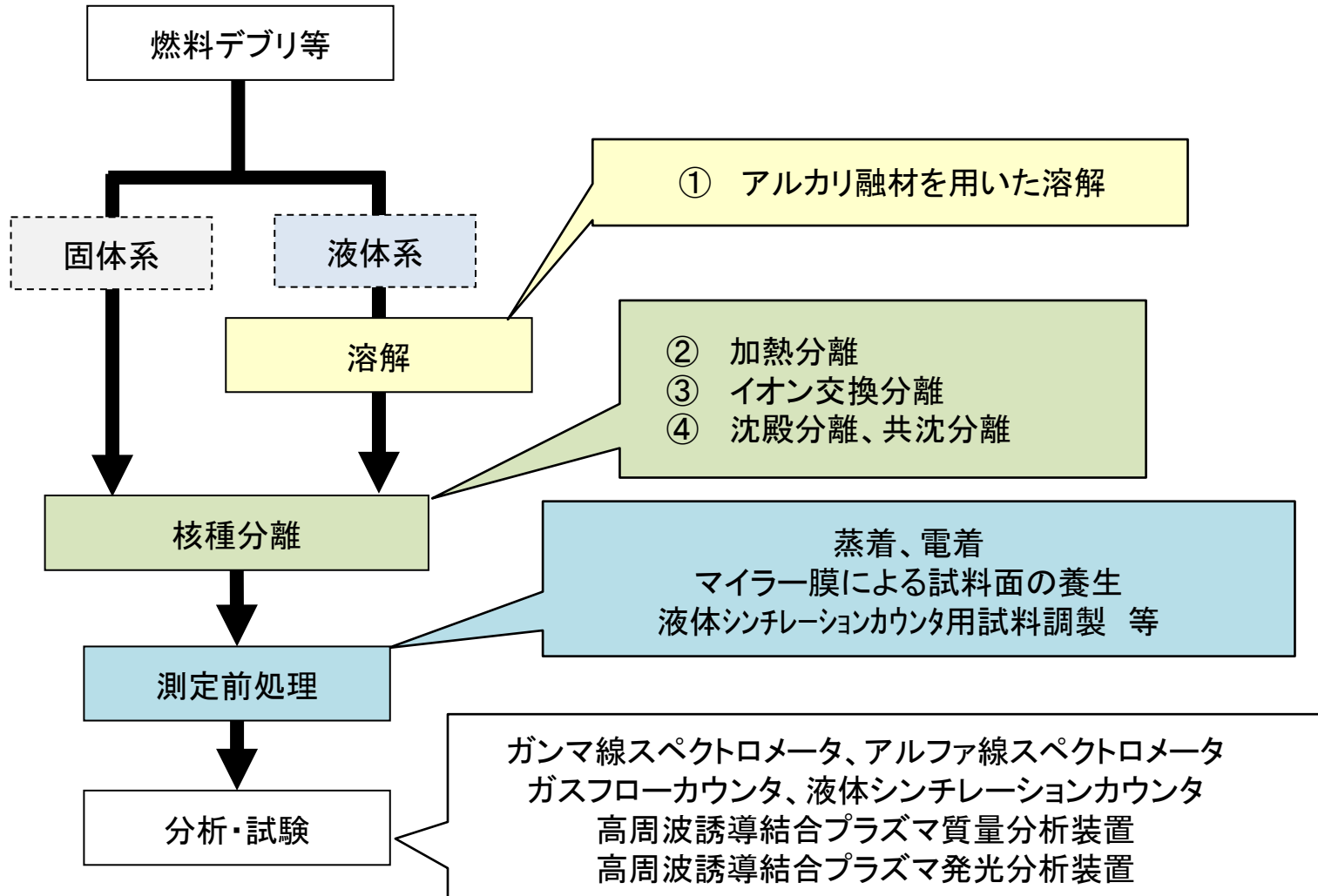
5. コンクリートセル等における作業内容等(5/10)

〔コンクリートセルNo.4: 粉砕作業例〕



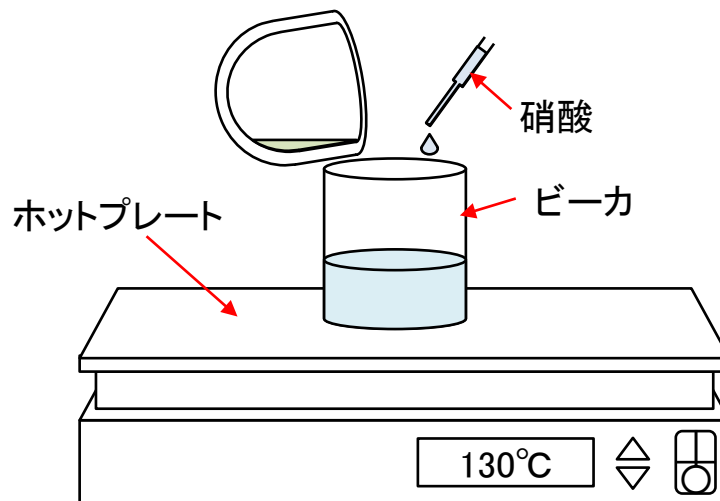
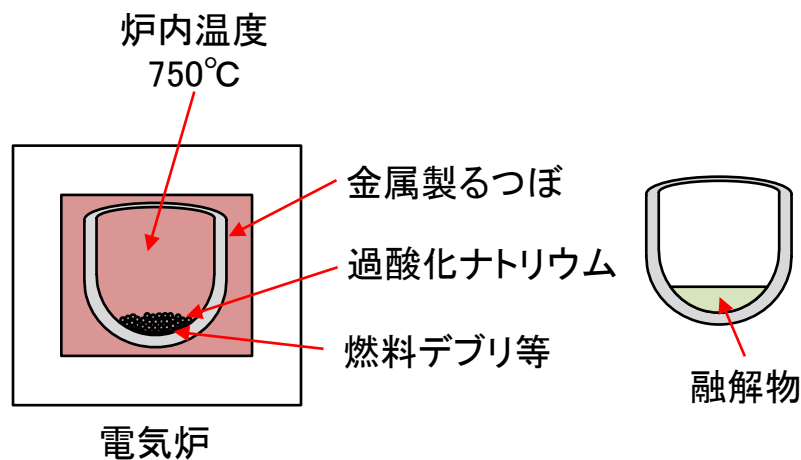
5. コンクリートセル等における作業内容等(6/10)

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)

〔コンクリートセルNo.4: アルカリ融解作業例〕



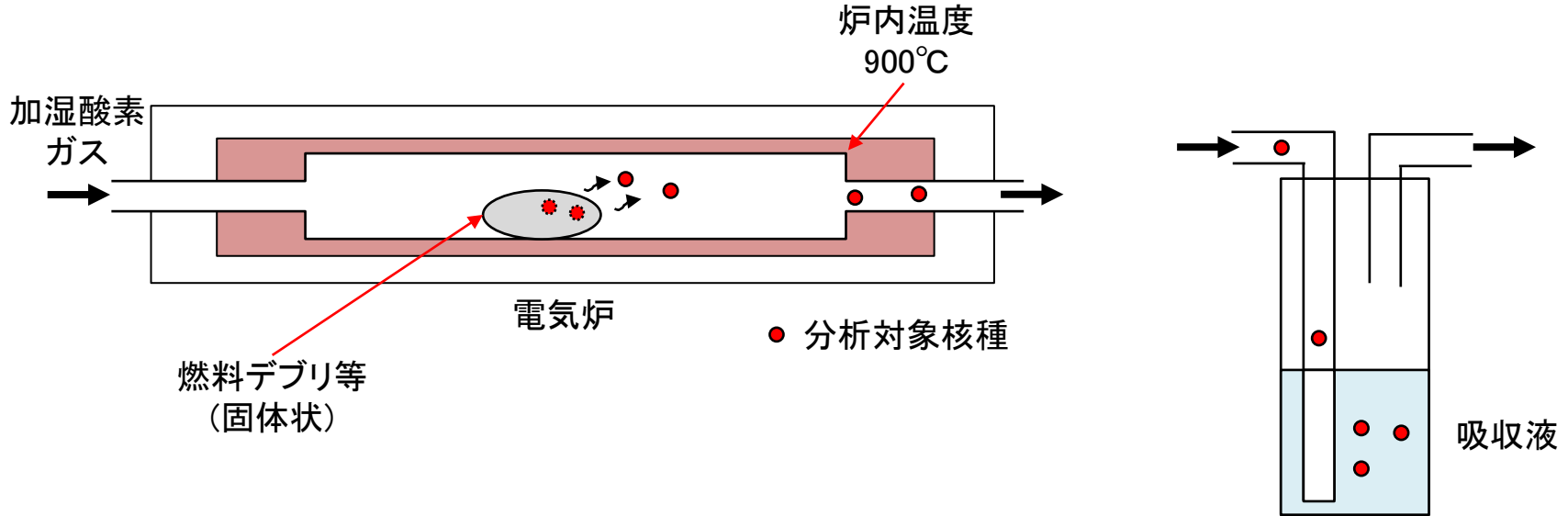
① 過酸化ナトリウムと燃料デブリ等を金属製るつぼに入れ、750°Cに加熱して融解物とする。

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)

一部改訂

[コンクリートセルNo.4:H3,C14,I129分析前処理作業例]

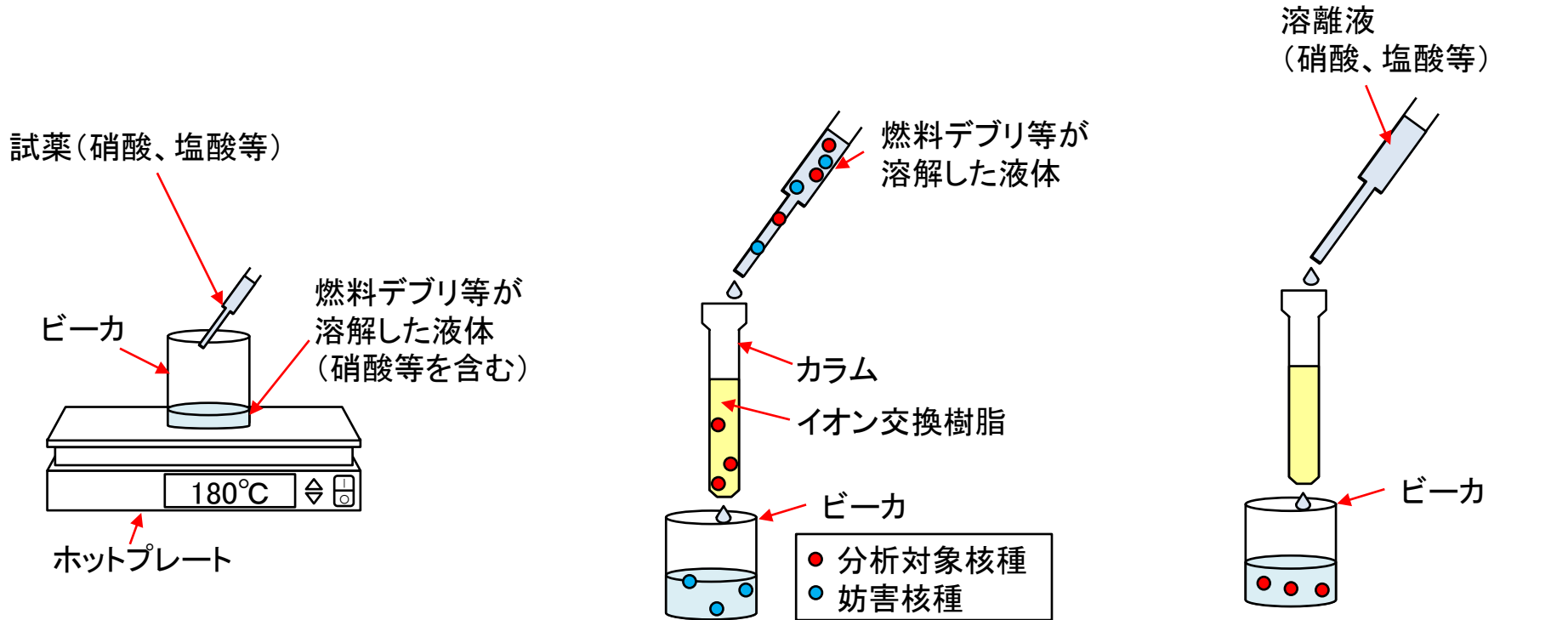


① 燃料デブリ等を加熱し、分析対象核種を気化させて分離する。

② 気化した分析対象核種を吸収液に回収する。吸収液は、燃料デブリ等の移送方法(8/13)～(13/13)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)

〔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※。

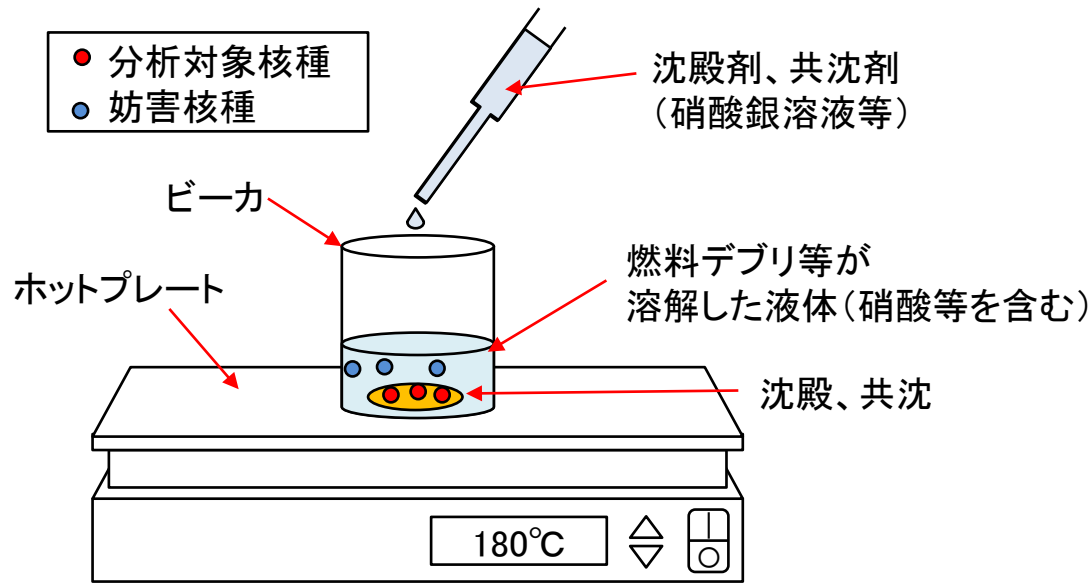
② 燃料デブリ等が溶解した試料を、イオン交換樹脂の入ったカラムの上部から添加し、分析対象核種をイオン交換樹脂に吸着させて分離する。

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)

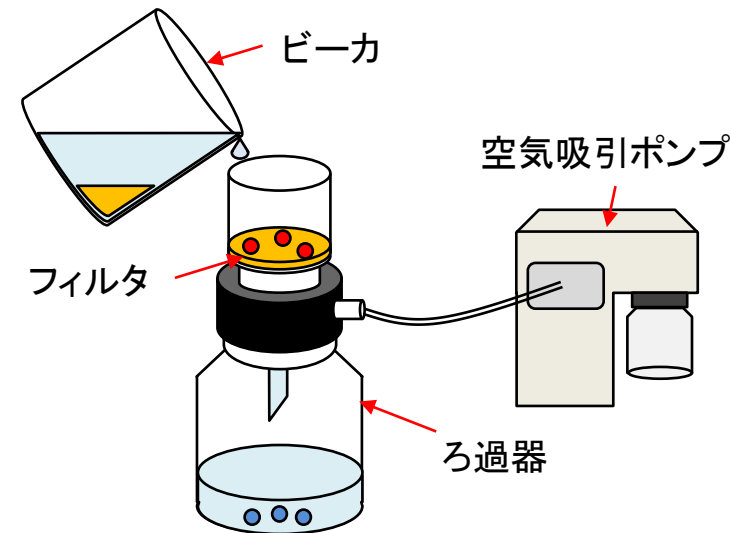
〔鉄セル(2)、グローブボックスNo.1:核種分離(沈殿、共沈)作業例〕



- 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※¹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

- 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[REDACTED]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[REDACTED]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[REDACTED]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[REDACTED]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)

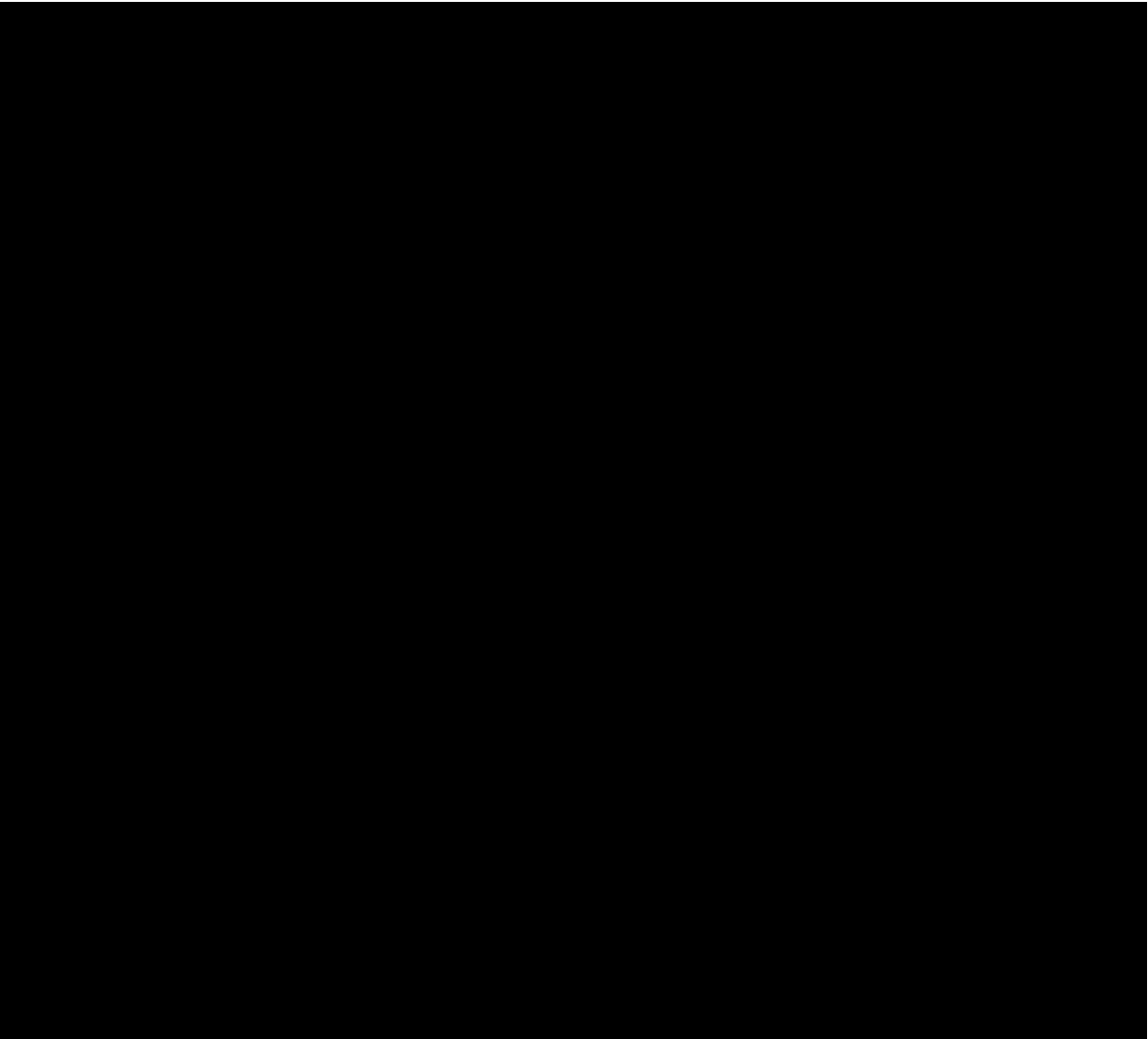


【燃料デブリ等の搬出】

「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】

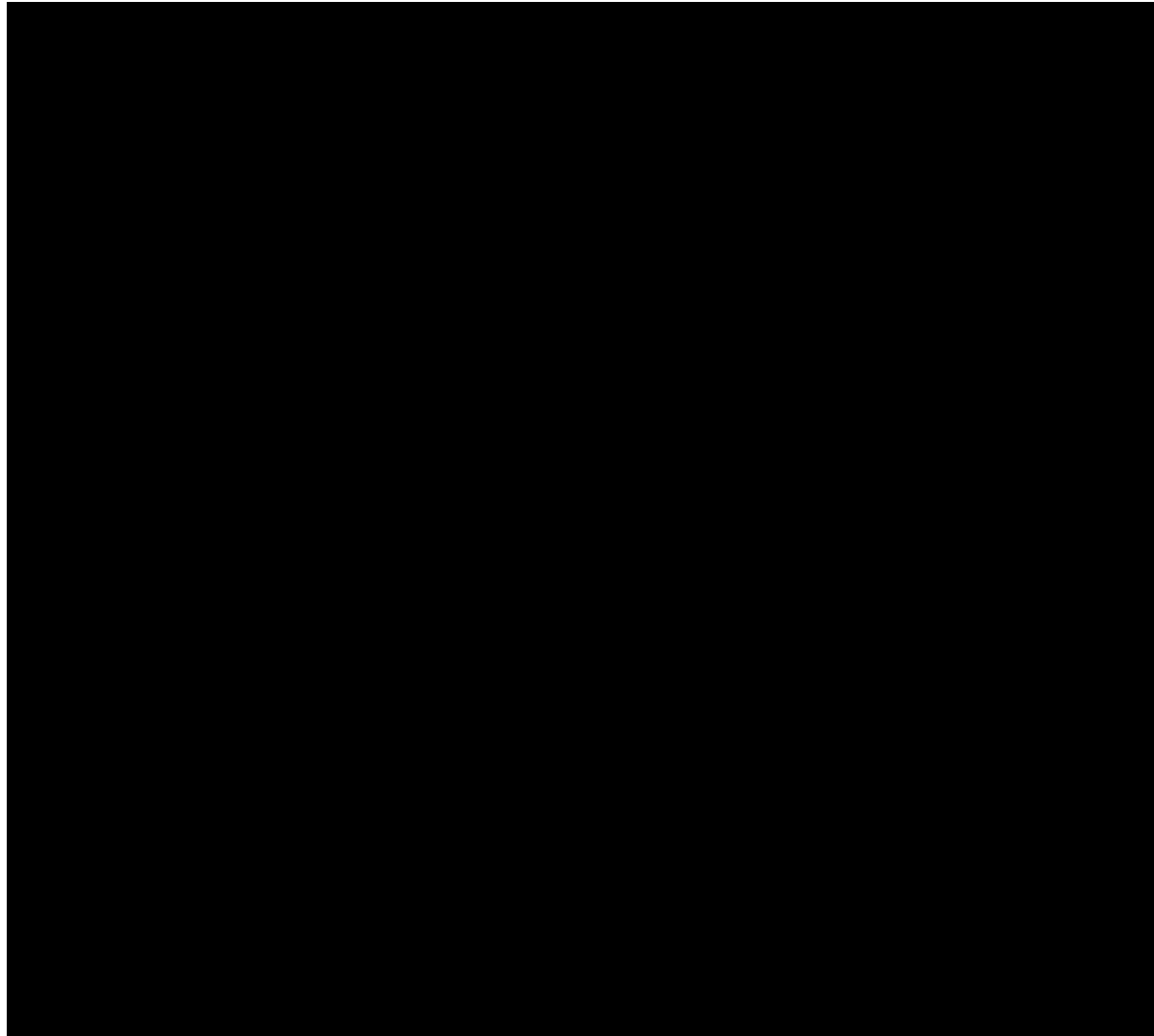
「Ⅱ. vi. 放射性廃棄物の考慮について」にて説明する。

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)

- 
- 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)



- 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
(Ⅱ. iii. 標準試料について)
11月6日面談資料改訂版

2020年11月20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. 概要

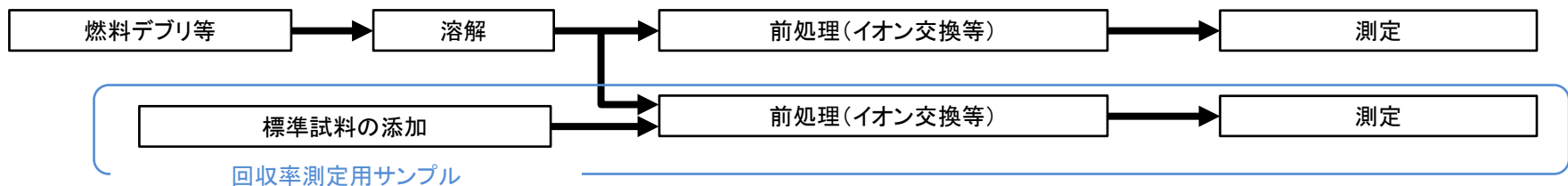
- 第2棟では、燃料デブリ等の分析・試験において、分析装置の校正等の目的で核燃料物質に該当する少量の標準試料の使用を想定している。
【使用を想定している標準試料】
 - U-233標準試料
 - 天然ウラン標準試料
 - Pu-242標準試料
 - ペレット等の濃度既知の未照射燃料(以下「未照射燃料」という。)
- 上記標準試料は燃料デブリ等の分析・試験に必要不可欠であることから、その取扱いは実施計画の認可の範囲内である必要がある。しかしながら、現状の実施計画ではその内容が明確でない。
- 以上を踏まえ、現状想定している標準試料の種類と取扱いについてご説明する。

2. 標準試料の種類と取扱場所等①

① U-233標準試料【最大取扱量：1mg】

用途	主な取扱場所	取扱いの方法
分析装置の校正	<ul style="list-style-type: none"> ・グローブボックスNo.1 ・フードNo.2 ・α・γ測定室 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 試料調製 グローブボックスNo.1で固体の標準試料を溶液とする。数μgオーダー分取し、焼付け等を行った後、フードNo.2でマイラー処理を行う。 2. 分析装置(アルファ線スペクトロメータ)の校正 調製した標準試料を測定することでアルファ線スペクトロメータの校正を行う。
回収率※測定	<ul style="list-style-type: none"> ・鉄セル ・グローブボックスNo.1 ・フードNo.2 ・α・γ測定室 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 試料調製 グローブボックスNo.1で固体の標準試料を溶液とする。数μgオーダー分取し、溶解した燃料デブリ等に添加した後、鉄セル、グローブボックスNo.1でイオン交換等の前処理を行う。その後、フードNo.2でマイラー処理を行う。 2. 回収率測定 調製した試料をアルファ線スペクトロメータにより測定を行う。
保管場所	α・γ測定室(保管庫)	
保管時の性状	固体(粉末)	
保管の方法	金属容器に収納した状態でPVCバッグに封入	

※ 回収率：サンプルに添加した標準試料の量のうち、測定された量の割合



2. 標準試料の種類と取扱場所等②

② 天然ウラン標準試料【最大取扱量：100mg】

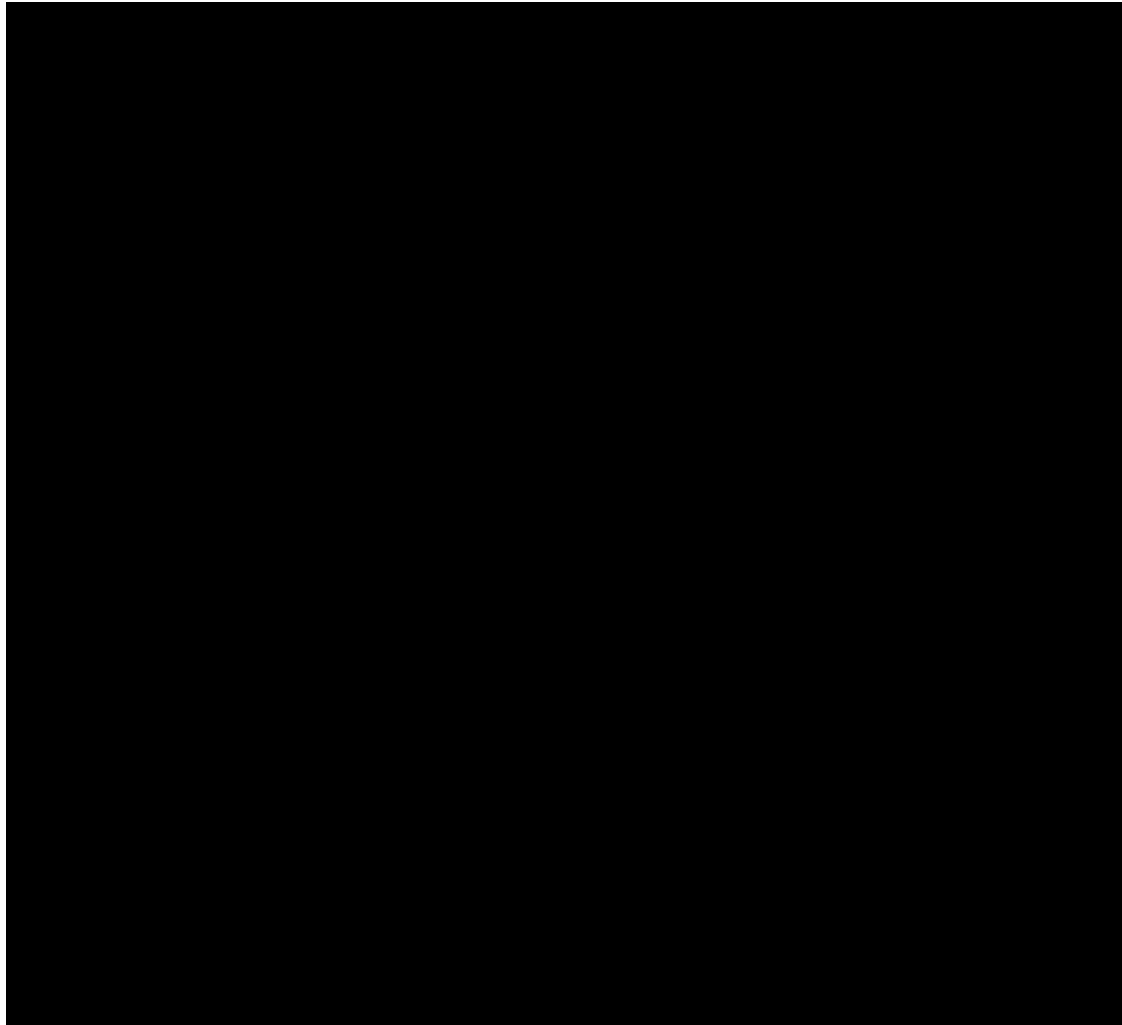
用途	主な取扱場所	取扱いの方法
分析装置の校正	<ul style="list-style-type: none"> ・グローブボックスNo.3 ・α・γ測定室 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 試料調製 グローブボックスNo.3で液体の標準試料を数10μgオーダ分取し、希釈・定容を行う。 2. 分析装置(高周波誘導結合プラズマ質量分析装置)の校正 調製した標準試料を測定することでグローブボックスNo.3の高周波誘導結合プラズマ質量分析装置の校正を行う。
保管場所	α ・ γ 測定室(保管庫)	
保管時の性状	液体	
保管の方法	金属容器に収納	

2. 標準試料の種類と取扱場所等③

③ Pu-242標準試料【最大取扱量:1mg】

用途	主な取扱場所	取扱いの方法
分析装置の校正	<ul style="list-style-type: none"> ・グローブボックスNo.1 ・グローブボックスNo.3 ・フードNo.2 ・α・γ測定室 	1. 試料調製 グローブボックスNo.1で固体の標準試料を溶液とする。数 μ gオーダ分取し、焼付け等を行った後、フードNo.2でマイラー処理を行う。 2. 分析装置(アルファ線スペクトロメータ)の校正 調製した標準試料を測定することでアルファ線スペクトロメータの校正を行う。
		1. 試料調製 グローブボックスNo.1で固体の標準試料を溶液とする。数 μ gオーダ分取し、希釈・定容を行う。 2. 分析装置(高周波誘導結合プラズマ質量分析装置)の校正 調製した標準試料を測定することでグローブボックスNo.3の高周波誘導結合プラズマ質量分析装置の校正を行う。
回収率測定	<ul style="list-style-type: none"> ・鉄セル ・グローブボックスNo.1 ・グローブボックスNo.3 ・フードNo.2 ・α・γ測定室 	1. 試料調製 グローブボックスNo.1で固体の標準試料を溶液とする。数 μ gオーダ分取し、溶解した燃料デブリ等に添加した後、鉄セル及びグローブボックスNo.1でイオン交換等の前処理を行う。その後、フードNo.2でマイラー処理を行う。 2. 回収率測定 調製した試料をアルファ線スペクトロメータにより測定を行う(高周波誘導結合プラズマ質量分析装置により測定を行う場合もある)。
保管場所	α ・ γ 測定室(保管庫)	
保管時の性状	固体(粉末)	
保管の方法	金属容器に収納した状態でPVCバッグに封入	

3. 現在想定している標準試料の保管場所



- ① 保管庫 (α ・ γ 測定室)
 - U-233標準試料
 - 天然ウラン標準試料
 - Pu-242標準試料

- ② 試料ピット ()
 - 未照射燃料

第2棟 地上1階平面図

4. 臨界に対する考慮

① コンクリートセル及び試料ピット

コンクリートセル及び試料ピットにおける未照射燃料の取扱量は、天然ウラン、濃縮ウラン(濃縮度20%未満)、プルトニウム及びこれらの化合物の合計で■以下とする。

燃料デブリ等と未照射燃料を同時に取り扱う場合、未照射燃料の取扱量及び組成に基づき、未照射燃料と燃料デブリ等における $^{235}\text{U}+\text{Pu}$ の合計重量を評価し、その重量が■の燃料デブリ等中の $^{235}\text{U}+\text{Pu}$ の重量を超えないよう管理する。

未照射燃料を試料ピットへ一時的に保管する場合は、燃料デブリ等と同様の容器へ収納する。その際、同じ容器に燃料デブリ等と未照射燃料を混在させないように管理する。

② 鉄セル、分析室及び $\alpha \cdot \gamma$ 測定室

鉄セル、分析室及び $\alpha \cdot \gamma$ 測定室においては、燃料デブリ等及び標準試料の取扱量が少量であり、臨界に達することはない。

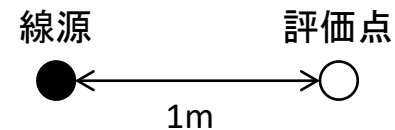
5. 遮へいに対する考慮(1/3)

ー コンクリートセル、試料ピット ー

- コンクリートセル及び試料ピットでは、標準試料として未照射燃料を取り扱う。未照射燃料の取扱量は、天然ウラン、濃縮ウラン(濃縮度20%未満)、プルトニウム及びこれらの化合物の合計で \blacksquare 以下とする。
- 燃料デブリ等と標準試料の線源から1m離れた位置における線量率は下表のとおり。

1gあたりの線量率

線源の種類	線量率 [$\mu\text{Sv/h}$]
燃料デブリ等(UO_2 燃料)	6.0×10^2
未照射燃料(Am-241)	5.7×10^2



線量率の計算モデル

一次元輸送計算コードANISN及び
点減衰核計算コードQADにより評価

- 燃料デブリ等の線源は、第2棟の遮へい計算に用いた2号機の照射済 UO_2 燃料である。
- 未照射燃料は、線量率が最も厳しい条件となるAm-241(Pu-241の娘核種)とした。
- 未照射燃料が全てAm-241から構成される保守的な条件では、同量の燃料デブリ等の線量率とほぼ等しくなる。よって、コンクリートセル及び試料ピットで未照射燃料を取り扱う場合は、燃料デブリ等の最大取扱量(\blacksquare)の内数として管理する。
- 上記の管理に加えて、臨界防止の観点から、取り扱う燃料デブリ等と未照射燃料に含まれる $^{235}\text{U}+\text{Pu}$ の合計重量が \blacksquare 中の燃料デブリ等の $^{235}\text{U}+\text{Pu}$ の重量を超えないことを合わせて管理する。

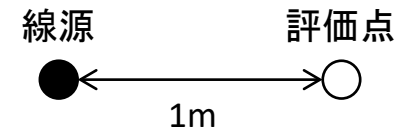
5. 遮へいに対する考慮(2/3)

－ 鉄セル －

- 鉄セルでは、標準試料として未照射燃料、U-233標準試料及びPu-242標準試料を取り扱う。未照射燃料の取扱量は、天然ウラン、濃縮ウラン(濃縮度20%未満)、プルトニウム及びこれらの化合物の合計で \blacksquare 以下とする。また、U-233標準試料及びPu-242標準試料の取扱量は各1mg以下とする。
- 燃料デブリ等と標準試料の線源から1m離れた位置における線量率は下表のとおり。

1gあたりの線量率

線源の種類	線量率 [$\mu\text{Sv/h}$]
燃料デブリ等(UO ₂ 燃料)	6.0×10^2
未照射燃料(Am-241)	5.7×10^2
U-233標準試料	4.5×10^{-2}
Pu-242標準試料	4.3×10^{-2}



線量率の計算モデル

一次元輸送計算コードANISN及び
点減衰核計算コードQADにより評価

- 燃料デブリ等の線源は、第2棟の遮へい計算に用いた2号機の照射済UO₂燃料である。
- 未照射燃料は、線量率が最も厳しい条件となるAm-241(Pu-241の娘核種)とした。
- 未照射燃料が全てAm-241から構成される保守的な条件では、同量の燃料デブリ等の線量率とほぼ等しくなる。よって、鉄セルで未照射燃料を取り扱う場合は、燃料デブリ等の最大取扱量(\blacksquare)の内数として管理する。
- U-233標準試料及びPu-242標準試料の線量率は、同量の燃料デブリ等に比べ十分小さく、かつ、取扱量が少量であり、その影響は無視できるため、燃料デブリ等(\blacksquare 以下)と標準試料(U-233標準試料及びPu-242標準試料:各1mg以下)を同時に取り扱う。

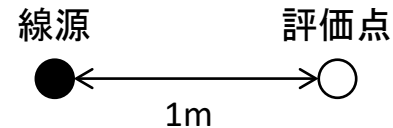
5. 遮へいに対する考慮(3/3)

－ 分析室及び $\alpha \cdot \gamma$ 測定室 －

- 分析室及び $\alpha \cdot \gamma$ 測定室では、標準試料としてU-233標準試料、Pu-242標準試料及び天然ウラン標準試料を取り扱う。取扱量は、U-233標準試料及びPu-242標準試料が各1mg以下並びに天然ウラン標準試料が100mg以下とする。
- 燃料デブリ等と標準試料の線源から1m離れた位置における線量率は下表のとおり。

1gあたりの線量率

線源の種類	線量率 [$\mu\text{Sv/h}$]
燃料デブリ等(UO ₂ 燃料)	6.0×10^2
U-233標準試料	4.5×10^{-2}
Pu-242標準試料	4.3×10^{-2}
天然ウラン標準試料	1.7×10^{-5}



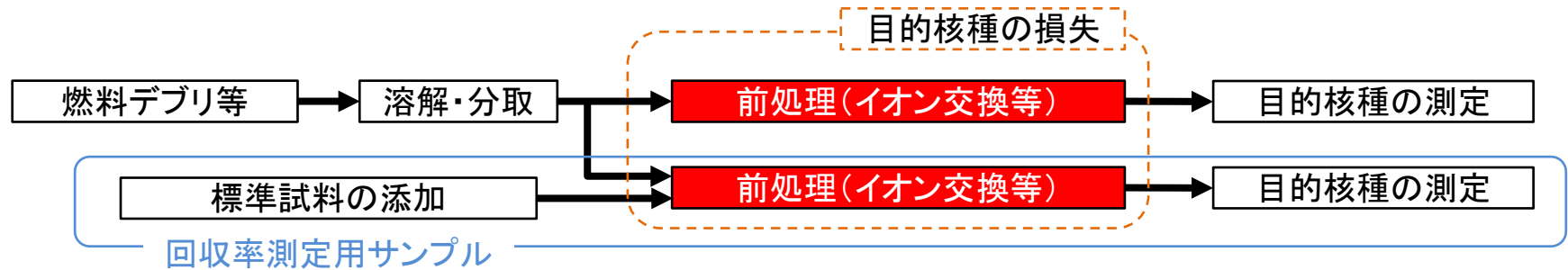
線量率の計算モデル

一次元輸送計算コードANISN及び
点減衰核計算コードQADIにより評価

- 燃料デブリ等の線源は、第2棟の遮へい計算に用いた2号機の照射済UO₂燃料である。
- U-233標準試料、Pu-242標準試料及び天然ウラン標準試料の線量率は、同量の燃料デブリ等に比べ十分小さく、かつ、取扱量が少量であり、その影響が無視できるため、燃料デブリ等(■以下)と標準試料(U-233標準試料及びPu-242標準試料:各1mg以下、天然ウラン標準試料:100mg以下)を同時に取り扱う。

6. U-233、Pu-242標準試料の選択理由①

① 回収率測定



イオン交換等の前処理を行う場合、その過程での損失により、100%の収率を最終段階まで確保することは困難である。従って、試料中の目的核種の真の量を求める際には、測定値に対して前処理の過程で損失した量の補正をしなければならない。補正のためには、目的核種と同じ化学的挙動をとる標準試料^{※1}をトレーサーとしてあらかじめ試料に既知量添加し、その回収率を求める測定が必要となる。

$$\text{目的核種の真の量} = \text{目的核種の測定値} \div \text{回収率} \times \text{回収率以外の補正項}^{\ast 2}$$

$$\text{回収率} = \frac{\text{測定された標準試料の量}}{\text{添加した標準試料の量}}$$

※1: 「目的核種の同位体が、目的核種と同一の化学的性質を持つ」という前提のもと、目的核種の同位体を回収率測定用の標準試料として用いる

※2: 測定器の検出効率等

6. U-233、Pu-242標準試料の選択理由②

回収率測定にU-233、Pu-242を選択している技術的な理由を以下に示す。

試料中に含まれる量が少ない同位体を標準試料として使用することにより、分析データの解析が容易となり、高精度の回収率測定が可能となる。

第2棟におけるU、Pu回収率測定においては、燃料デブリ等に含まれる量が少ないと想定されるU-233、Pu-242を選択している。U-233、Pu-242を使用した回収率測定の例※1, 2, 3を参考に、回収率測定を実施する。

※1: ASTM E321-96 Standard Test Method for Atom Percent Fission in Uranium and Plutonium Fuel (Neodymium-148 Method)

※2: 文部科学省, プルトニウム分析法, 放射能測定法シリーズ12, 1990

※3: 飛田 実, 原賀 智子, 佐々木 誉幸, 関 晃太郎, 大森 弘幸, 河内山 真美, 下村 祐介, 石森 健一郎, 亀尾 裕, JRR-2、JRR-3 及びホットラボから発生した放射性廃棄物に対する放射化学分析, JAEA-Data/Code 2019-016, 2020

6. U-233、Pu-242標準試料の選択理由③

② 分析装置の校正

物質の濃度を測定する場合には、濃度既知の標準試料であらかじめ装置を校正してから未知試料の測定を行う。核燃料物質由来の試料を測定する場合は、U、Pu標準試料が必須である。

第2棟で α 線スペクトロメータ及び高周波誘導結合プラズマ質量分析装置の校正にU-233、Pu-242標準試料を選択している技術的な理由を以下に示す。

【 α 線スペクトロメータ校正用の標準試料について】

測定対象核種の α 線エネルギー範囲(4MeV～6MeV程度)をカバーする複数の α 線放出核種が必須である。

➤ U-233とPu-242標準試料は回収率測定に使用することから、これらを用いて校正を行う。

【高周波誘導結合プラズマ質量分析装置校正用の標準試料について】

U、Pu分析の場合、これらの元素を使用して校正を行う^{※1,2}。

➤ Uについては、U-233標準試料より取扱いが容易な天然ウラン標準試料で校正を行う。

➤ Puについては、Pu-242標準試料を回収率測定に使用することから、これを用いて校正を行う。

※1: 文部科学省, ウラン分析法, 放射能測定法シリーズ14, 2002

※2: 文部科学省, 環境試料中プルトニウム迅速分析法, 放射能測定法シリーズ28, 2002

7. 現状想定しているRI標準試料の種類と使用量

第2棟では、燃料デブリ等の分析・試験において、分析装置の校正等に以下のRI標準試料の使用を想定している。

① 非密封RI標準試料(液体状)

核種	想定使用量
H-3	4.5kBq
C-14	4.3kBq
Ni-63	4.3kBq
Sr-90	4.5kBq
Tc-99	4.5kBq
Sm-151	4.3kBq
Cl-36	4.5kBq

核種	想定使用量
Fe-55	860kBq
I-129	43kBq
Am-241	4.3kBq
Np-237	450Bq
Am-243	4.3kBq
Cm-244	430kBq

② 密封RI標準試料(固体状)

核種 / 使用量	想定使用量
混合核種 (Cd-109, Co-57, Ce-139, Cr-51, Sr-85, Cs-137, Mn-54, Y-88, Co-60)	合計127kBq
Cs-137	1.3kBq

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
(Ⅱ. iv. 塩酸腐食に対する考慮について)
11月6日面談資料改訂版

2020年11月20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



塩酸腐食に対する考慮(1/5)

【塩酸取扱時の腐食に対する考慮】

鉄セル、グローブボックスの内部では、塩酸を使用した化学処理を実施する。塩酸はステンレス製の鉄セル、グローブボックスの内壁や排気配管を腐食するため、塩酸の取扱いはバット上で少量取り扱うように限定する。室温で塩酸試薬を取り扱う場合(塩酸が入った栓をしていない容器を鉄セル、グローブボックス内に静置)に蒸発する塩化水素ガスによる腐食量について検討した。

【評価条件】

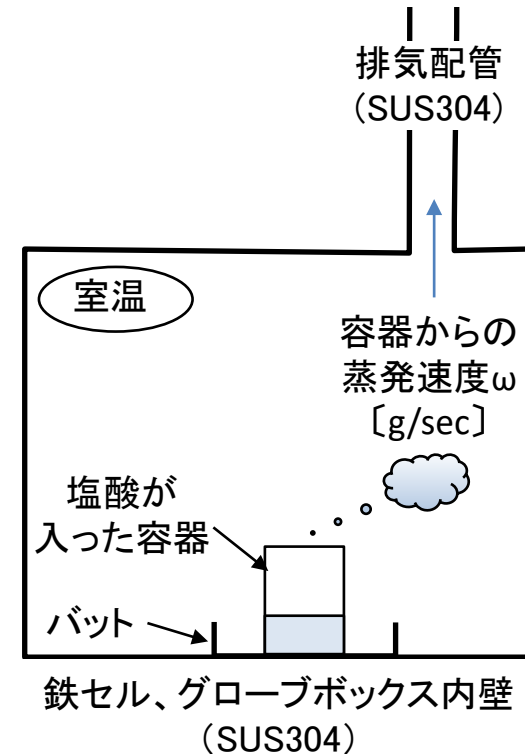
- 評価場所は、塩酸を取り扱う設備の内、容積が最も小さいグローブボックスNo.1とした。また、温度は保守的に40°Cとした※1。
- 塩化水素ガスの蒸発速度は、次式※2により求めた。

$$\omega = 0.033 \left(\frac{P}{P_0} \right) \rho_0 Vxy \left(\frac{v}{V_x} \right)^{0.2}$$

ω : 塩化水素ガスの蒸発速度[g/sec]		
P : 塩酸の飽和蒸気圧[mmHg]	322mmHg	40°C, 35wt%塩酸を想定
P_0 : 大気圧[mmHg]	760mmHg	標準気圧を想定
ρ_0 : 塩化水素ガスの密度[g/cm ³]	1.639×10^{-3} g/cm ³	標準状態の塩化水素ガスを想定
V : グローブボックス内の風速[cm/sec]	50cm/sec	グローブポート開口時の風速を想定
x : 風方向の容器長[cm]	5cm	塩酸が入った容器の直径
y : 風に直角方向の容器長[cm]	5cm	塩酸が入った容器の直径
ν : 空気の動粘性係数[cm ² /sec]	1.69×10^{-1} cm ² /sec	40°Cを想定

※1: 設備内の通常時の温度は常温(20±5°C程度)だが、保守的に設計上の運転最高温度(40°C)としている。

※2: 佐藤公雄, “揮発性液体の風による蒸発”, 安全工学, 18(2), 77-81 (1979)



塩酸取扱いイメージ

塩酸腐食に対する考慮(2/5)

- 塩化水素ガスの濃度は、環境省の有害大気汚染物質測定方法^{※1}を参考に次式により求めた。

$$X = \frac{\omega \times 1000 \times 3600}{Q} \times \frac{22.4}{M} \times \frac{273 + T}{273}$$

X	: グローブボックス内に放出される塩化水素ガスの濃度[ppm]	
ω	: 塩化水素ガスの蒸発速度[g/sec]	
Q	: グローブボックスNo.1の換気風量[m ³ /h]	80 m ³ /h
M	: 塩化水素の分子量[g/mol]	36.46 g/mol
T	: 設備内の温度[°C]	40 °C

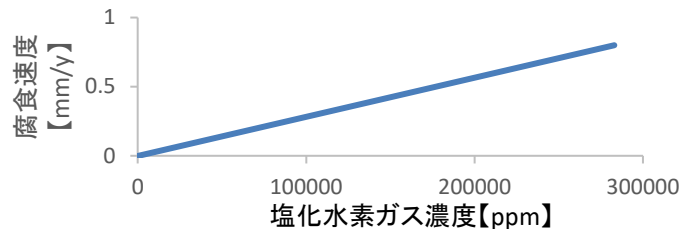
塩酸試薬を取り扱う時間は1日あたり最大でも5時間程度だが、保守的に上式にて算出した濃度の塩化水素ガスが設備内に常に存在することを想定した。

※1: 環境省 水・大気環境局 大気環境課, 有害大気汚染物質等測定方法マニュアル, 平成31年 3月

- 塩化水素ガス曝露条件下におけるステンレス鋼の腐食速度の文献値^{※2}を参考に、当該操作における腐食速度を求めた。

腐食速度	: 0.8mm/y	}	塩化水素ガス濃度	: 約283000ppm	鋼種	: SUS304L
			曝露時間	: 5日間	塩化水素ガス温度	: 230°C

※2: 松田宏康, 田仲良雄, 小森一夫, 高妻泰久, "HClを含む高温湿潤ガス環境におけるステンレス鋼およびNi基合金の腐食に及ぼす酸化物および塩化物の影響", 材料と環境, 52, 525-533 (2003)



塩化水素ガス濃度と腐食速度が左図のような直線的な比例関係であると想定して腐食速度を求めた。なお、SUS304系のステンレス鋼は高濃度塩酸に対しての耐食性は期待できない^{※3}ため、SUS304とSUS304Lの腐食速度の差は小さいものと考えられるが、塩水噴霧試験における腐食挙動を参考に、SUS304Lから算出した腐食速度に安全係数2^{※4}を乗じることでSUS304の腐食速度とした。

※3: 「ステンレスの耐食性の比較」(<https://www.susjis.info/faq/taishoku.html>)

※4: 「梶川俊二, 伊藤智子, 磯部保明, 興戸正純, “自動車塩害模擬環境での各種ステンレス鋼の腐食評価”, 日本金属学会誌, 75(2), 131-140 (2011)」より、塩水噴霧試験結果から想定されるSUS304Lの推定腐食寿命はSUS304の1.5倍程度であることから、保守的に安全係数を2としている。

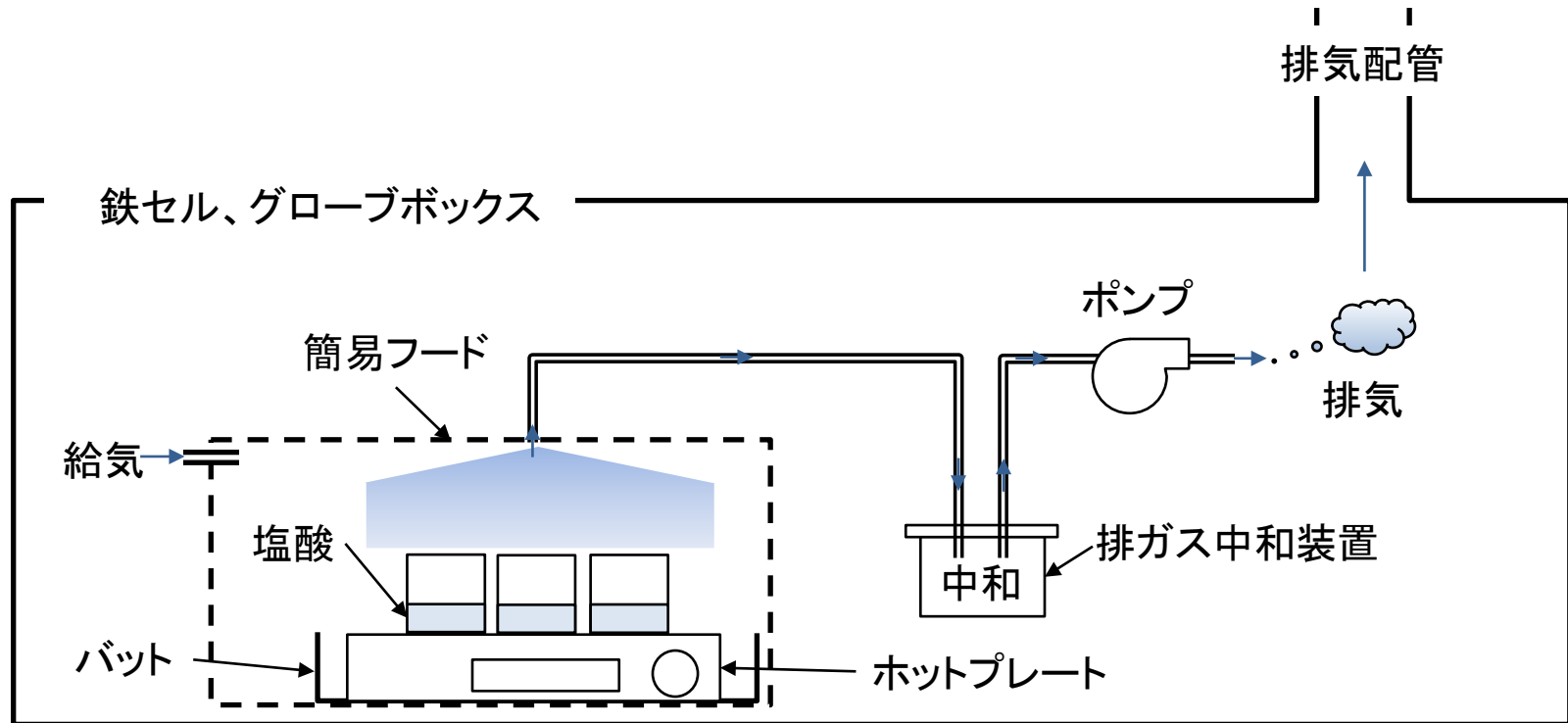
【評価結果】

塩酸試薬を室温で取り扱う場合、保守的な条件においても塩化水素ガス濃度は約211ppm、腐食速度は約 1.19×10^{-3} mm/yと極微量であり、構造強度に影響を及ぼすことはない。

塩酸腐食に対する考慮(3/5)

【塩酸試薬加熱時の腐食に対する考慮】

塩酸試薬を加熱する際は、排ガス中和装置を備えた難燃性の簡易フードを設置し、加熱中の塩酸の取扱いは簡易フード内のバット上で少量取り扱うように限定することで、腐食の影響を極力低減する。塩酸試薬を加熱する場合に蒸発する塩化水素ガスによる腐食量について検討した。



加熱時の塩酸取扱いイメージ

塩酸腐食に対する考慮(4/5)

【評価条件】

- 簡易フード内で燃料デブリ等を含有する塩酸試薬60mlを0.5時間で全量蒸発乾固することを想定した。
- 評価場所は、塩酸を取り扱う設備の内、容積が最も小さいグローブボックスNo.1とした。
- ポンプからの塩化水素ガス放出速度[g/h]は、単位時間[h]あたりに蒸発乾固する塩酸試薬量[ml]に密度[g/ml]と濃度[wt%]をかけて塩化水素の重量[g]に換算し、排ガス中和装置による塩酸除去効率で補正を行うことにより求めた。

$$\omega = \frac{V_s}{T_h} \times \rho \times \frac{N}{100} \times \frac{1-R}{1}$$

ω : 塩化水素ガスの放出速度[g/h]

V_s : 塩酸試薬量[ml]

60 ml

T_h : 加熱時間[h]

0.5 h

ρ : 塩酸試薬の密度[g/cm³]

1.18 g/ml

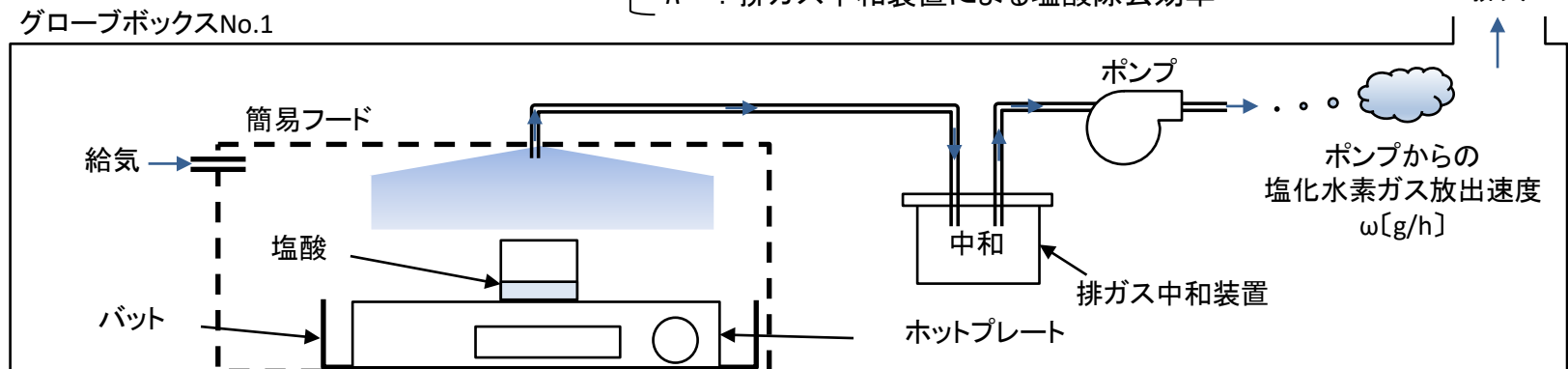
N : 塩酸試薬の塩化水素濃度[wt%]

35 wt%

R : 排ガス中和装置による塩酸除去効率

0.5*

排気



※:一般的な排ガス処理装置の塩酸除去効率は0.9程度だが、保守的に0.5としている。

塩酸腐食に対する考慮(5/5)

➤ 塩化水素ガスの濃度は、環境省の有害大気汚染物質測定方法※1を参考に、次式により求めた。

$$X = \frac{\omega \times 1000}{Q} \times \frac{22.4}{M} \times \frac{273 + T}{273}$$

X	: グローブボックス内に放出される塩化水素ガスの濃度[ppm]	
ω	: 塩化水素ガスの放出速度[g/h]	
Q	: グローブボックスNo.1の換気風量[m ³ /h]	80 m ³ /h
M	: 塩化水素の分子量[g/mol]	36.46 g/mol
T	: 設備内の温度[°C]	40 °C

塩酸試薬を加熱する時間は1日あたり0.5時間程度だが、保守的に上式にて算出した濃度の塩化水素ガスが設備内に常に存在することを想定した。

※1: 環境省 水・大気環境局 大気環境課, 有害大気汚染物質等測定方法マニュアル, 平成31年 3月

【評価結果】

塩酸試薬を簡易フード内で蒸発乾固した場合、保守的な条件においても塩化水素ガス濃度は約218ppm、腐食速度は約 1.23×10^{-3} mm/yと極微量であり、構造強度に影響を及ぼすことはない。

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

(Ⅱ. v. 第2棟放射性廃棄物等の処理・保管について)

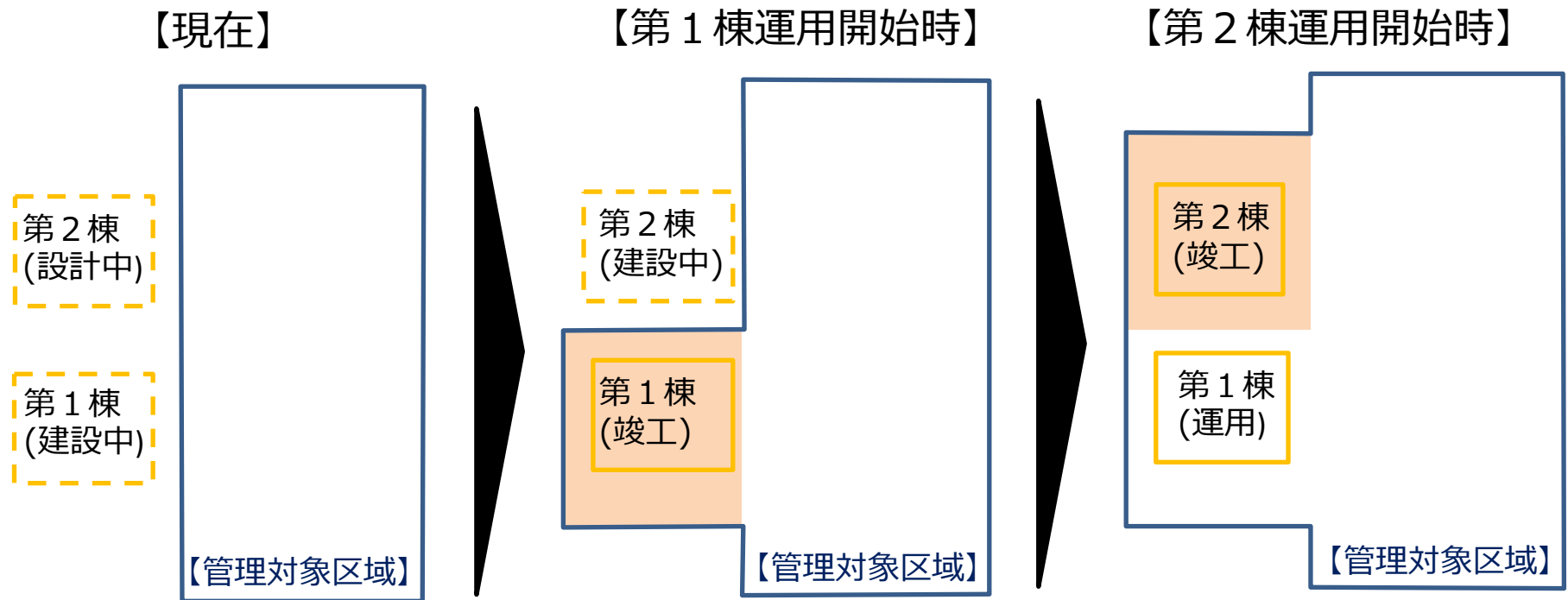
4月15日面談資料改訂版

2021年6月9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. はじめに

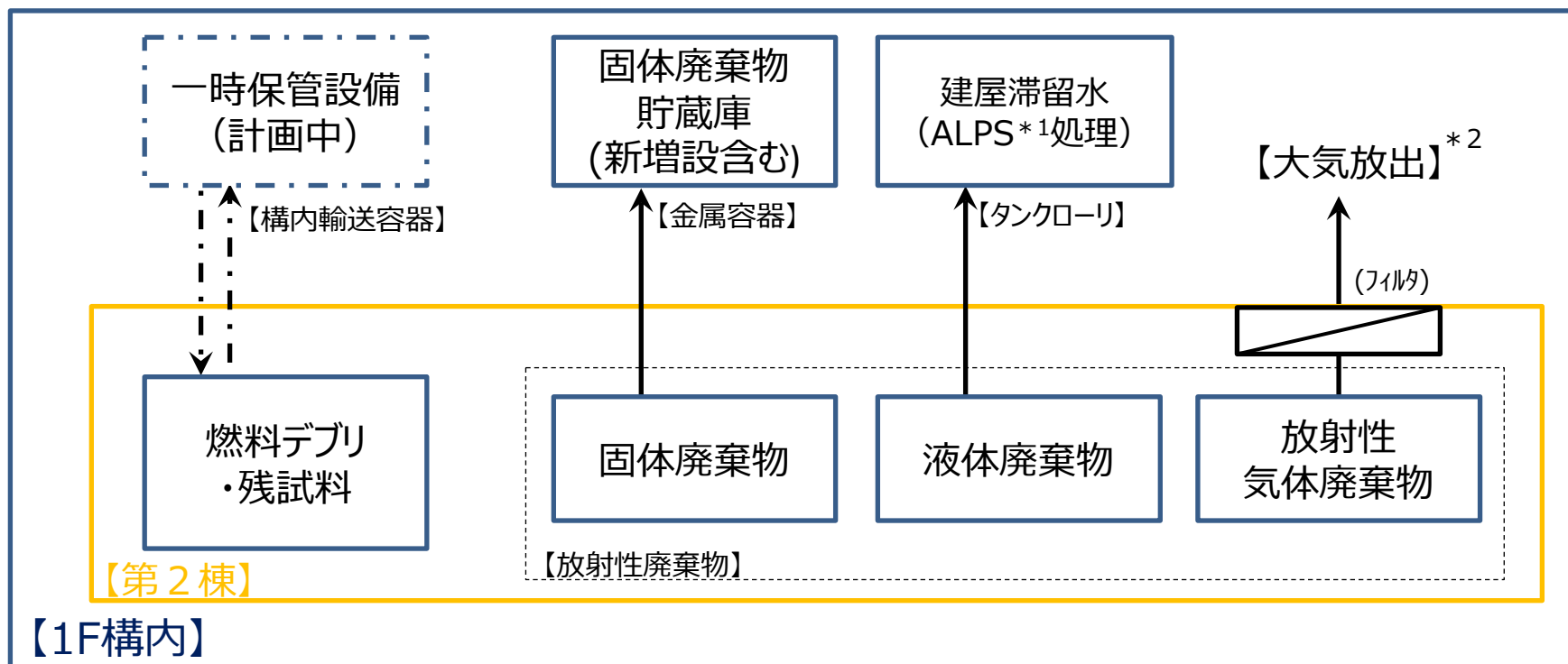
- 1F管理対象区域は、第1棟及び第2棟の運用開始にあわせ順次拡大する。これにより、従来の1F構内と第2棟間の輸送は構内輸送となる。



2. 第2棟で発生する放射性廃棄物等の処理・保管

(1) 概要

- 第2棟で発生する放射性廃棄物等は下図に示すように、各々処理・保管を行う。



*1：多核種除去設備

*2：放射性物質の濃度が告示「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」（平成二十五年四月十二日原子力規制委員会告示第三号）を下回ることを確認

2. 第2棟で発生する放射性廃棄物等の処理・保管

(2) 残試料

【残試料】

- 燃料デブリからサンプルを取得した後の残試料やその際の加工くず等は、一時保管設備に回収・保管する。
- 移送については、「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する規則」第14条の2に規定された工場又は事業所において行われる運搬に従って輸送する。
なお、本条の第3項「**第一項第二号から第四号まで及び第七号から第十号までの規定は、管理区域内において行われる運搬については、適用しない。**」とあるため、従来の1F構内と第2棟間の輸送にも適用されない。
- 一方で、第2棟では作業員の被ばく線量低減の観点から、燃料デブリ等を収納、受け入れる際は輸送容器を用いて行い、この線量率についてはB型輸送物並み（同等）の値以下（表面2mSv/h以下、1m離れた場所で100 μ Sv/h以下）にて運用する。

2. 第2棟で発生する放射性廃棄物等の処理・保管

(3) 固体廃棄物

【固体廃棄物】

- 通常の実施に伴い発生する可燃固体廃棄物（紙・ウエス類、プラスチック・ポリ・ビニール類、その他）、難燃物（ゴム類、その他）及び不燃固体廃棄物（金属ガラ、塩化ビニール類、その他）、ならびにデブリ加工治具類や後述する α 核種含有廃液を固形化したものは、既存の固体廃棄物貯蔵庫または今後新增設する固体廃棄物貯蔵庫にて保管管理する。

2. 第2棟で発生する放射性廃棄物等の処理・保管

(4) 液体廃棄物

一部改訂

【液体廃棄物】

- 事故によって機能喪失した1～4号機、プロセス建屋の分析施設で発生していた分析廃液は、建屋サンプに集水されていたため、滞留水中には既に化学薬品を含む分析廃液が混在している。更に、事故後の構内既存分析施設 (5,6号ホットラボ, 化学分析棟) から発生する分析廃液は、RO処理水、サブドレンなど、構内で採取した試料を分析し発生したものであり、これに前処理などで発生する僅かな化学薬品を含有したものであることから、滞留水に混在処理している。
- 既存分析施設同様に水処理設備の受け入れ基準を満たす液体廃棄物については、滞留水に混在処理^{※1}を行う計画としている。なお、第2棟ではα核種が主な放射線源になる廃液も発生するが、これは固形化等により廃液として払い出さない。
- 将来的に滞留水の貯蔵量が減少する際は、構内既存分析施設と合わせて運用を見直す。

※1：プロセス建屋の貯蔵量（約5590m³, 10⁷Bq/Lオーダー（2021/5/27現在））に対して、JAEA第2棟の廃液（約6～10m³/回, 10⁴Bq/Lオーダー）は少量のため滞留水への影響はない。

2. 第2棟で発生する放射性廃棄物等の処理・保管

(5) 気体廃棄物

【気体廃棄物】

- 第2棟において高性能フィルタにて放射性物質を除去し、排風機を介して第2棟の排気口より大気放出する。
- 第2棟の排気口から放出される放射性物質の濃度は、試料放射能測定装置にて告示※¹に定める濃度限度を下回ることを確認する。

※1: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(平成二十五年四月十二日原子力規制委員会告示第三号)

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
(Ⅱ. vi. 放射性廃棄物の考慮について)
4月15日面談資料改訂版

2021年6月9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. 放射性の固体廃棄物に係る考慮

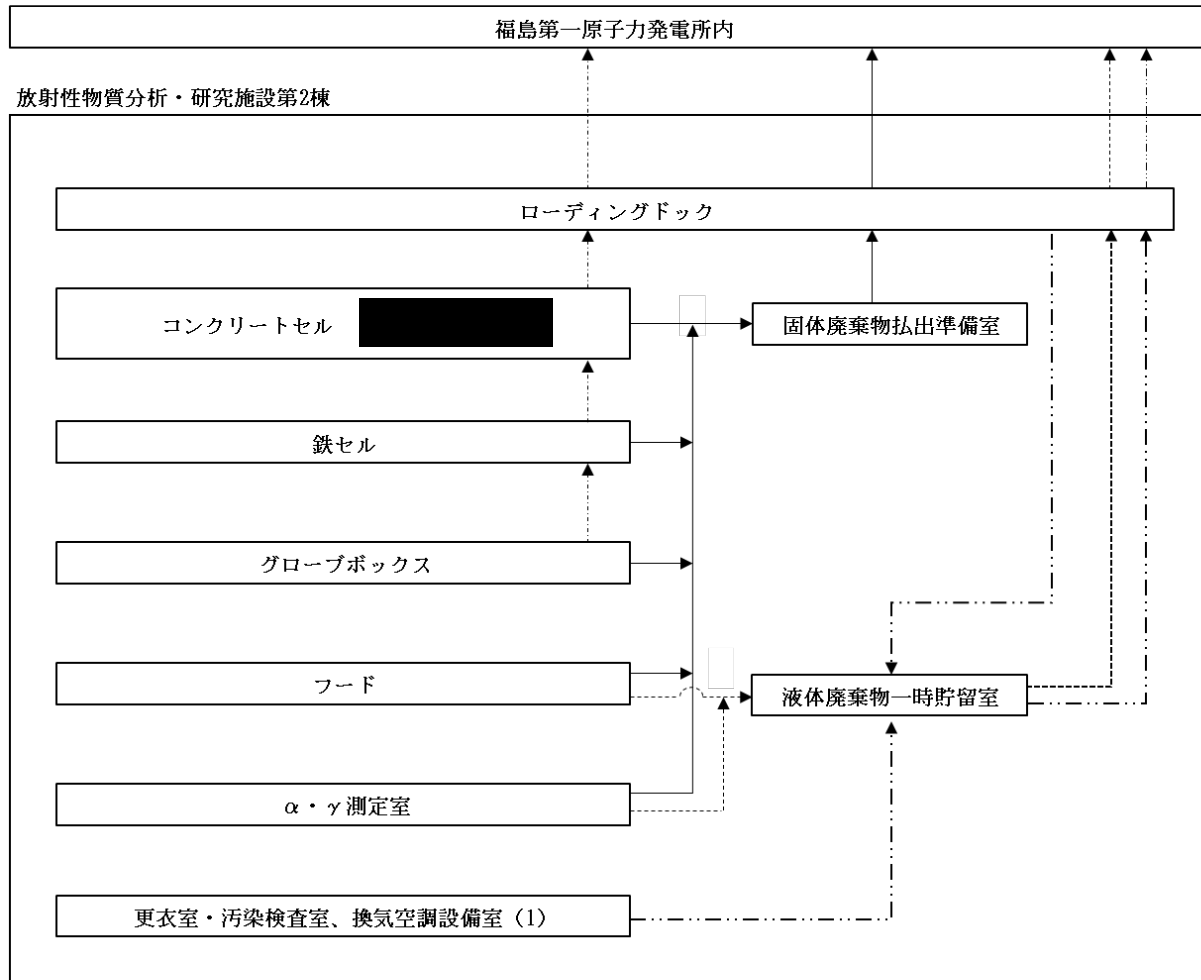
一部改訂

- 低線量の放射性の固体廃棄物(以下「低線量固体廃棄物」という。)は、1F内の他施設に払い出すまで、第2棟内の固体廃棄物払出準備室にて一時的に保管できるように、固体廃棄物払出準備設備を設置する。
- 固体廃棄物払出準備室と隣接する部屋間の壁は、線量率区分に基づき遮へいを考慮する(壁厚を確保する)。
- 低線量固体廃棄物は、可燃物、難燃物及び不燃物に分類し、8個の専用容器(以下「角型容器」という。)に収納する。分別の一例を以下に示す。
 - 可燃物 : 紙・ウエス類、プラスチック・ポリ・ビニール類(塩ビを除く)、その他
 - 難燃物 : ゴム類、その他
 - 不燃物 : 金属ガラ、塩化ビニール類(PVCバッグ等)、その他
- 高線量の放射性の固体廃棄物(以下「高線量固体廃棄物」という。)は、1Fに払い出すまで、第2棟内のコンクリートセルNo.4又は██████████試料ピットにて一時的に保管する。
- 除染資材等に付着した燃料デブリ等の切断粉等は核燃料物質として管理する。なお、除染資材等に付着した核燃料物質は分離して回収できないため、固体廃棄物に分類する。

1. 放射性の固体廃棄物に係る考慮

- 高線量固体廃棄物は、遮へい容器を利用して搬出する。
- 第2棟内の汚染管理、漏えい検知等を考慮し、各エリアに放射線を監視する設備を設置する。
- 想定する高線量固体廃棄物の発生量は約 2.1m^3 /年、低線量固体廃棄物の発生量は可燃物で約 8.7m^3 /年、難燃物で約 1.4m^3 /年及び不燃物で約 10m^3 /年である。

2. 放射性の固体廃棄物に係る概略フロー(1/8)



この図は分析作業などに伴い発生する廃棄物（分析済試料も含む）の主要フローである。

[凡例]

- > 第2棟固体廃棄物（高線量）
- > 第2棟固体廃棄物（低線量）
- > 第2棟液体廃棄物（分析廃液*1, 2）
- > 第2棟液体廃棄物（設備管理廃液）

*1：中和，希釈，固化処理等の安定化処理を行う。

*2：液体シンチレータ等の液体廃棄物（塩酸含有廃液又は有機廃液）は，金属製の容器に収納し，液体廃棄物一時貯留室にて一時的に保管する。

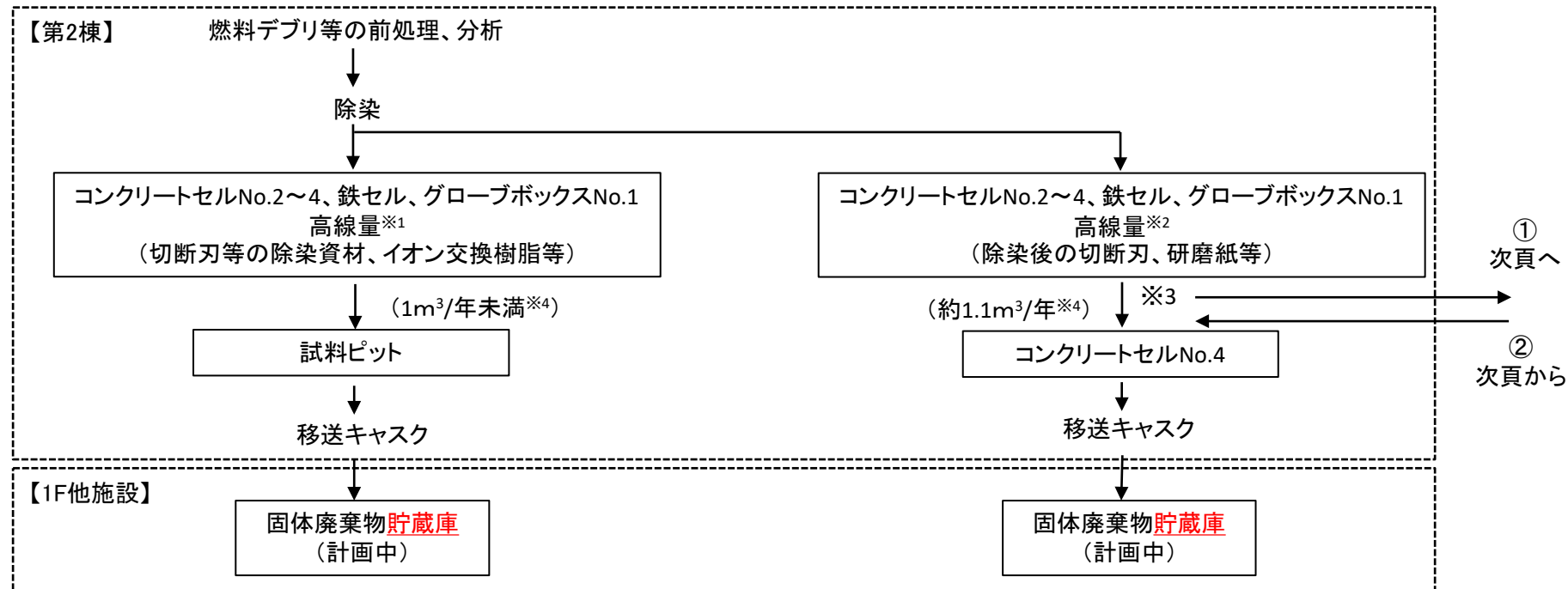
(実施計画「2.48放射性物質分析・研究施設第2棟」より記載)

2. 放射性の固体廃棄物に係る概略フロー(2/8)

一部改訂

- ・核燃料物質が含まれる高線量の固体廃棄物の保管方法について、保障措置に関する検討等を踏まえて決定する
- ・第2棟の固体廃棄物発生量については今後保管管理計画及び実施計画に織り込む
- ・第2棟から発生する固体廃棄物の核種組成等の分析については今後具体化する

<放射性の固体廃棄物>



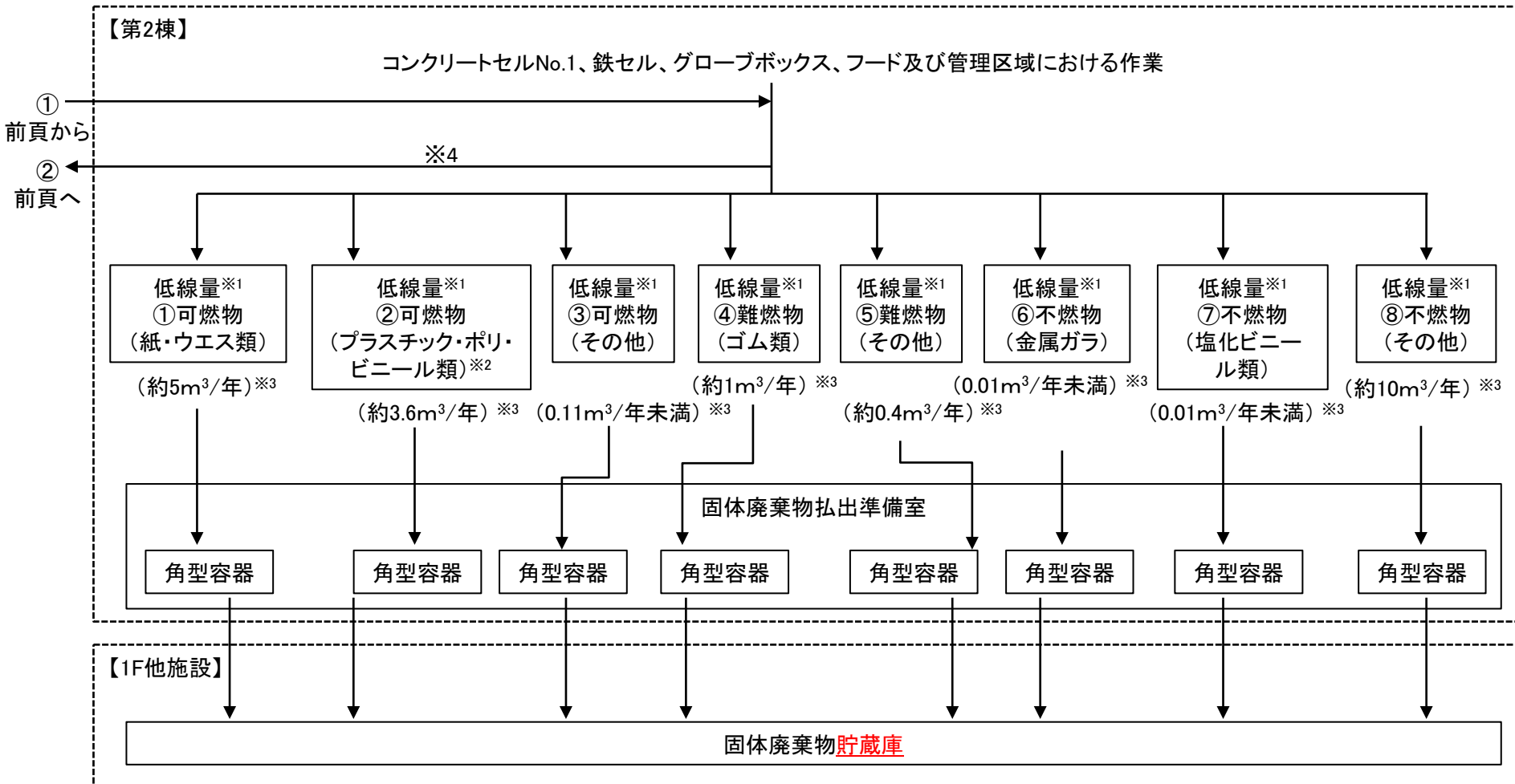
※1: 除染資材等と分離できない核燃料物質が含まれるもの、かつ線量が高いもの
 ※3: セル等での使用状況、線量測定結果によって、一部低線量固体廃棄物として取り扱う

※2: 核燃料物質が含まれないもの、かつ線量が高いもの
 ※4: 現在想定している廃棄物の発生量

2. 放射性の固体廃棄物に係る概略フロー(3/8)

一部改訂

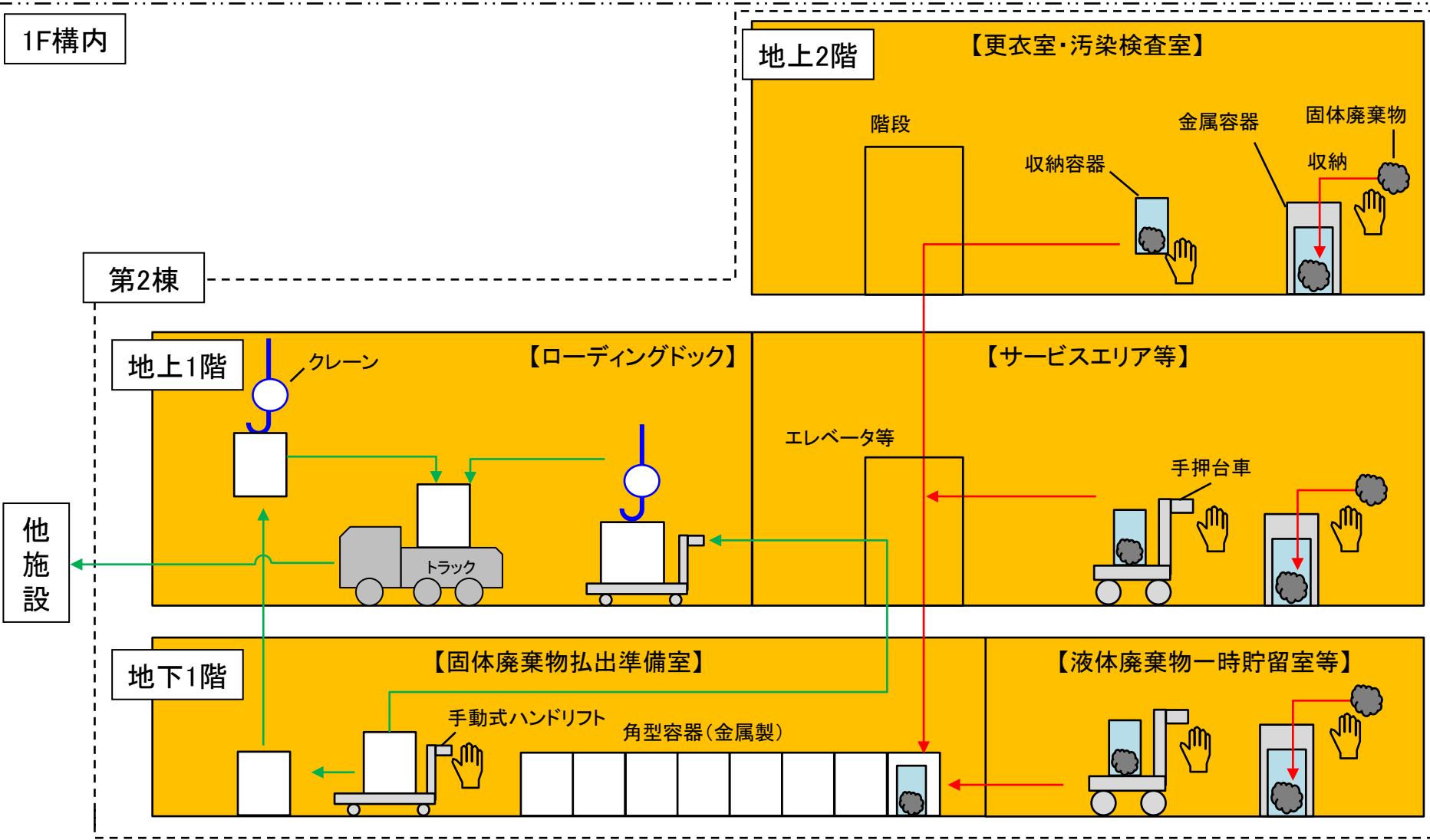
<放射性の固体廃棄物>



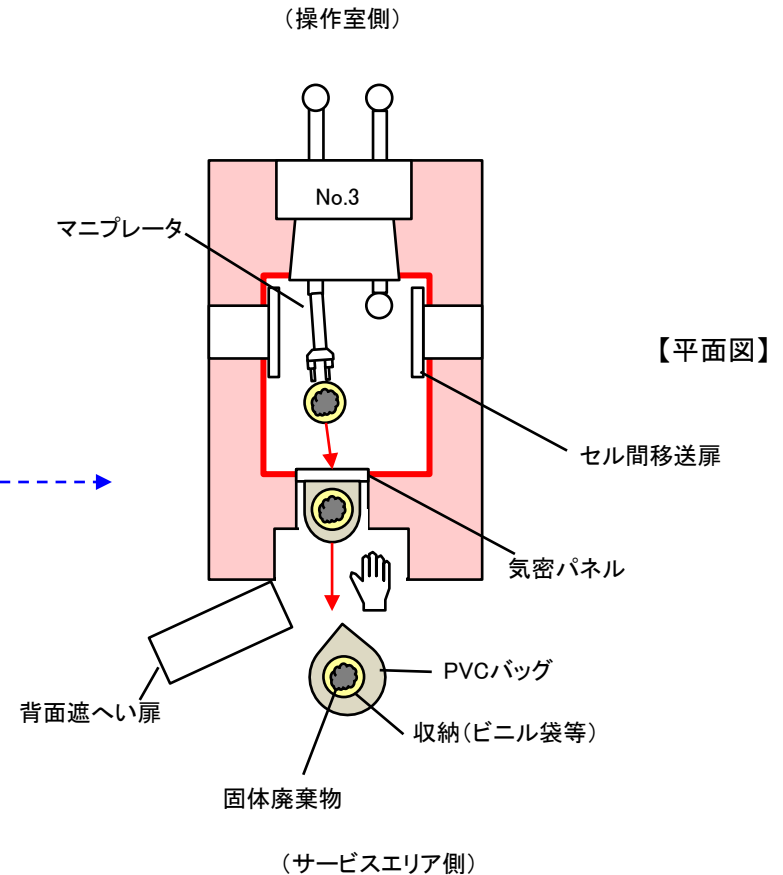
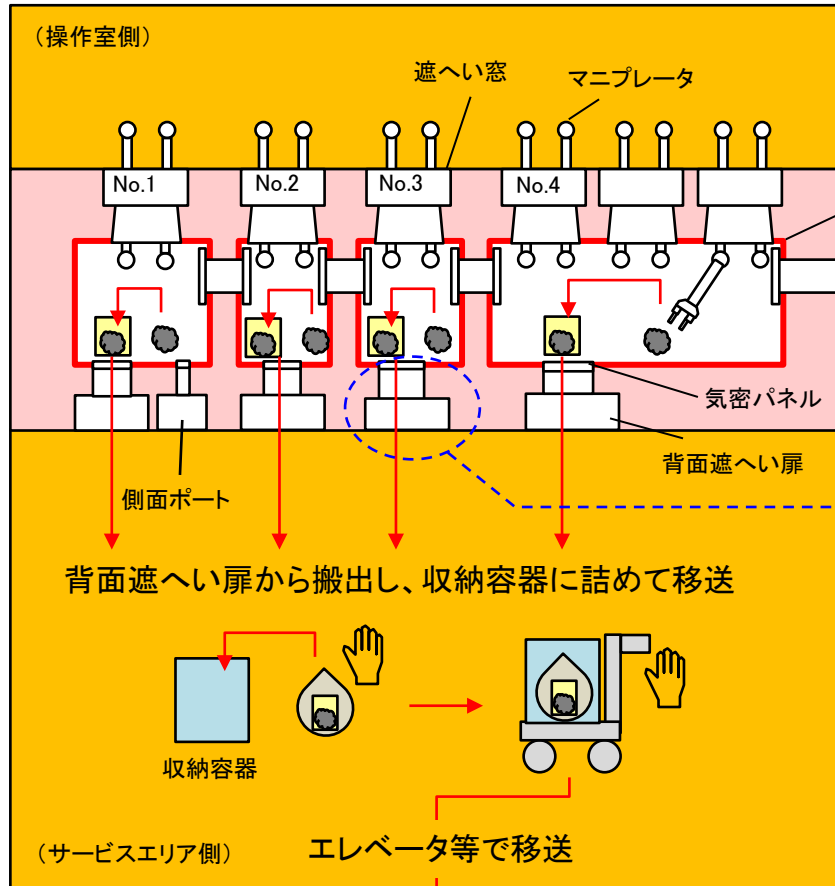
※1: 核燃料物質が含まれないもの、かつ線量が低いもの
 ※2: ポリ、ポリビン、酢ビ含む、塩ビ除く

※3: 現在想定している廃棄物の発生量
 ※4: 線量測定結果によって、一部高線量固体廃棄物として取り扱う

2. 放射性の固体廃棄物に係る概略フロー(4/8) — 低線量固体廃棄物(管理区域室内) —



2. 放射性の固体廃棄物に係る概略フロー(5/8) — 低線量固体廃棄物(コンクリートセル) —



コンクリートセルNo.3からの搬出方法例※2

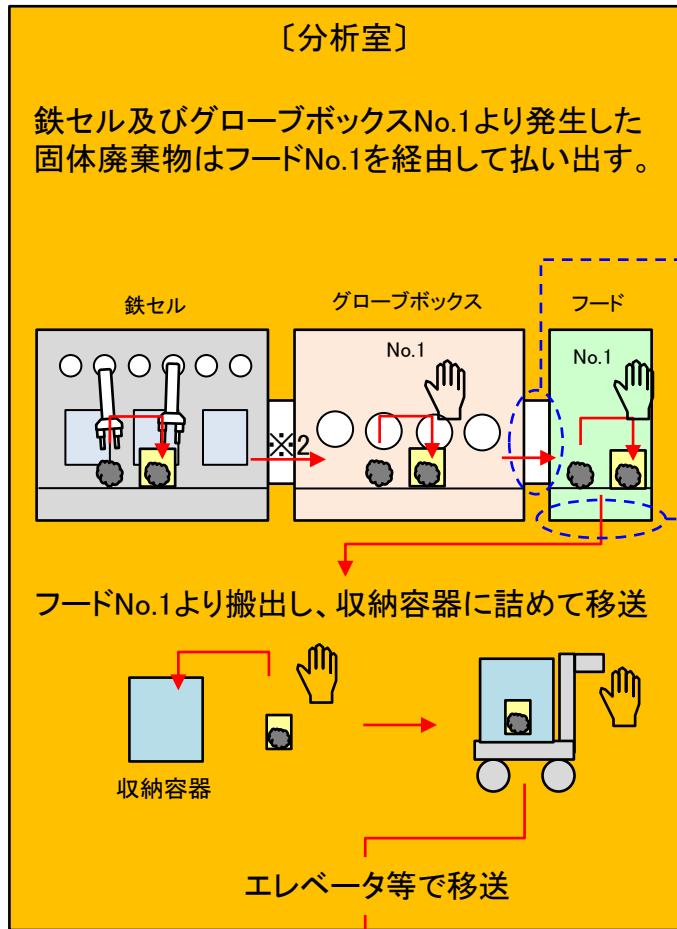
固体廃棄物払出準備室にて一時的に保管※1

ローディングドックを経由して1Fへ払い出す※1

※1: 固体廃棄物払出準備室及び1Fへの払出ルート等は、フロー(4/8)と同様

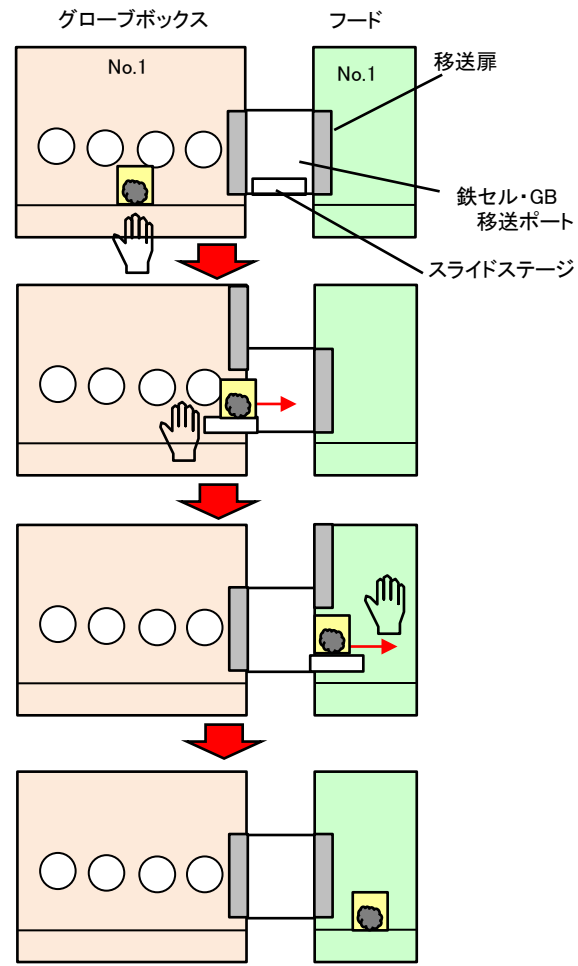
※2: セルNo.1,2,4も同様。なお、セルNo.1の背面遮へい扉は引き抜き型

2. 放射性の固体廃棄物に係る概略フロー(6/8) —低線量固体廃棄物(鉄セル~フードNo.1)—



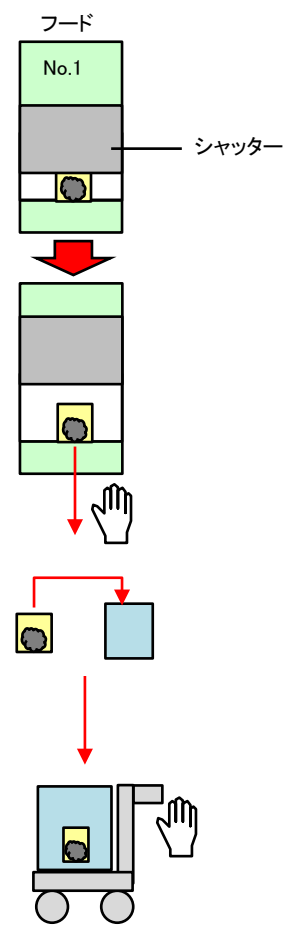
固体廃棄物払出準備室にて一時的に保管※1

ローディングドックを経由して1Fへ払い出す※1



フードNo.1への移送方法※2

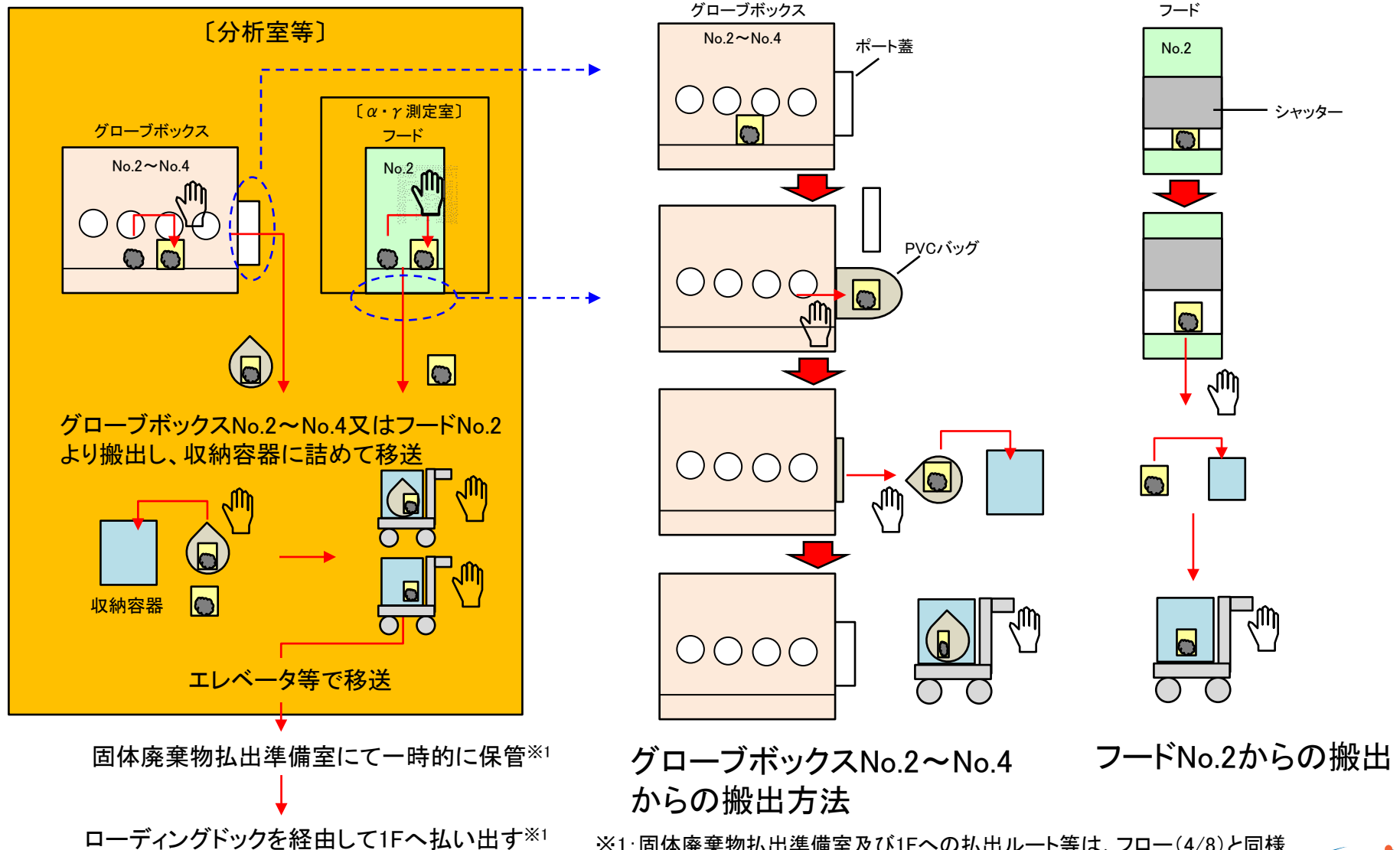
※1: 固体廃棄物払出準備室及び1Fへの払出ルート等は、フロー(4/8)と同様
 ※2: 鉄セルからグローブボックスNo.1への移送も同様(マニプレータにて操作)



フードNo.1からの搬出

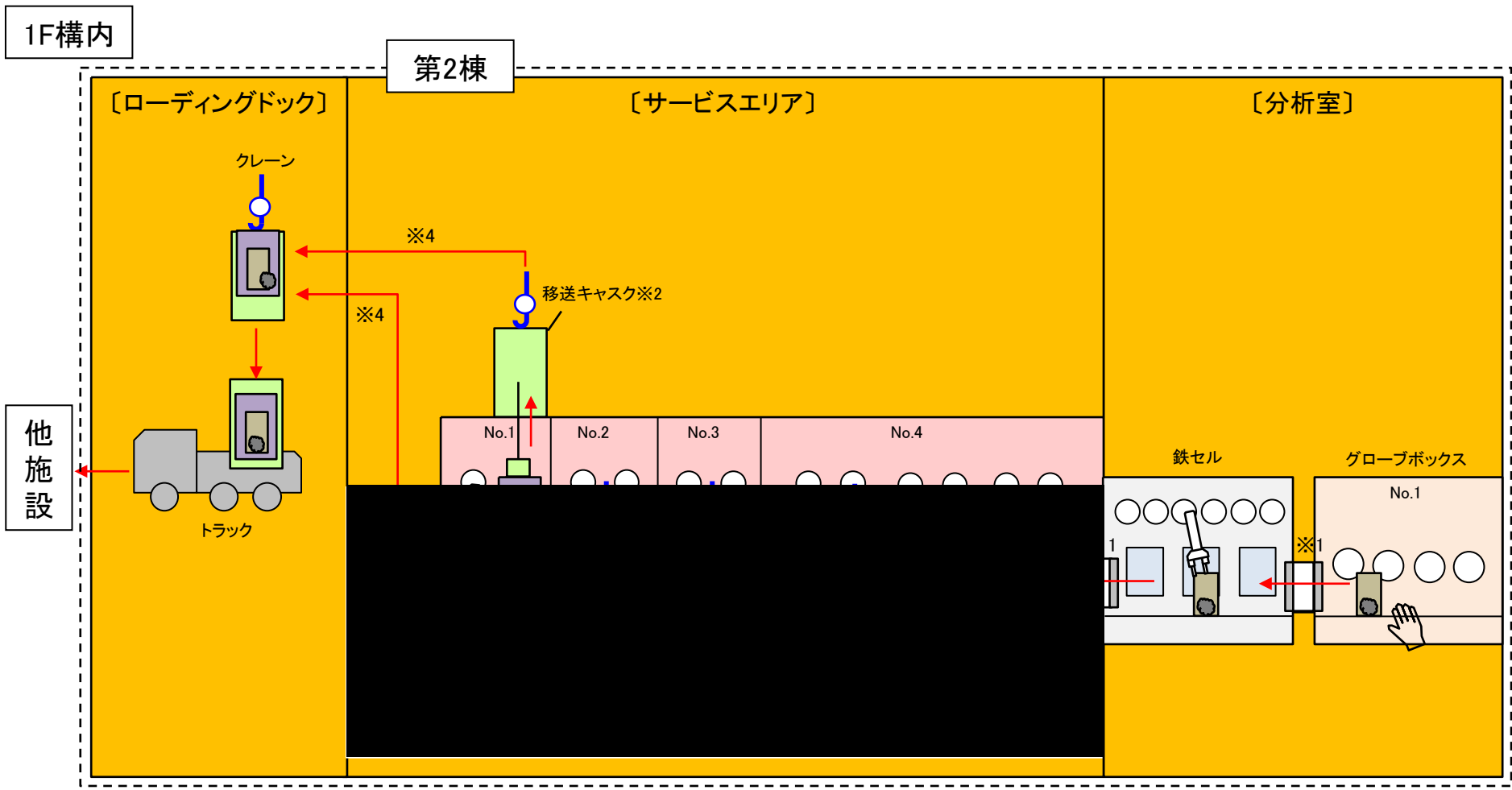
2. 放射性の固体廃棄物に係る概略フロー(7/8)

— 低線量固体廃棄物(グローブボックスNo.2～フードNo.2) —



2. 放射性の固体廃棄物に係る概略フロー(8/8)

－高線量固体廃棄物(コンクリートセル～グローブボックスNo.1)－



※1: グローブボックスNo.1～コンクリートセルNo.1までの移送については、「Ⅱ. ii. 燃料デブリ等のフローについて」を参照

※2: トップローディング方式のキャスク(想定: P-3S, TN6-4)をコンクリートセルNo.1天井に接続

※3: サイドローディング方式のキャスク(想定: RD-20)をコンクリートセルNo.1背面に接続

※4: キャスクのサービスエリア～ローディングドックの移送については、「Ⅱ. ii. 燃料デブリ等のフローについて」を参照

3. 固体廃棄物払出準備設備に係る主要設備、仕様

【固体廃棄物払出準備設備】

- 重量計 : ひょう量1500kg
- 線量計(表面線量) : 電離箱式サーベイメータ(表面線量)
- 線量計(表面汚染) : GM式サーベイメータ(β 、 γ)、シンチレーションサーベイメータ(α)
- 手動式ハンドリフト : 最大荷重800kg
- 低線量固体廃棄物収納容器 : 鋼板製1m³の角型容器(約600kg/個を想定、合計17個)
 - ・ 8個(材質ごとに分類し一時的に保管)
 - ・ 9個(1Fへ搬出する前の状態)
- 固体廃棄物払出準備室 : 測定機器室、MSM保守/保管室、換気空調設備室(2)との壁及びローディングドックの床に対して遮へいを考慮



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

■ : 遮へい(壁)

□ : 遮へい(床)

4. 放射性の液体廃棄物に係る考慮(1/2)

一部改訂

- 放射性の液体廃棄物(以下「液体廃棄物」という。)は、1F内の他施設に払い出すまで、第2棟内にて一時的に保管できるように、液体廃棄物一時貯留設備を設置する。
- 機器、配管等には耐食性等を考慮して適切な材料を使用する。
- 受槽には、漏えい等を考慮して液位計を設置する。
- 受槽から漏えいした場合の拡大防止のため、堰及び漏えい検知器を設置する。
- コンクリートセル等から発生する放射能濃度の高い(α :0.01Bq/cm³を超える又は β γ :37Bq/cm³以上)液体廃棄物は、コンクリートセル等にて固化処理後に高線量固体廃棄物として1Fへ払い出す。
- 液体シンチレータ等の液体廃棄物(塩酸含有廃液又は有機廃液)は、ポリ容器※1等に入れた後、SUS製※2の容器に収納し、1Fへ払い出すまで液体廃棄物一時貯留室にて一時的に保管する。
- 液体廃棄物のうち分析廃液、塩酸含有廃液及び有機廃液については、安定化処理(中和、希釈、固化処理等)する。

※1:液体シンチレータ等の廃液の漏洩を防止するため、ポリ容器を使用して一時的に保管することを想定している。

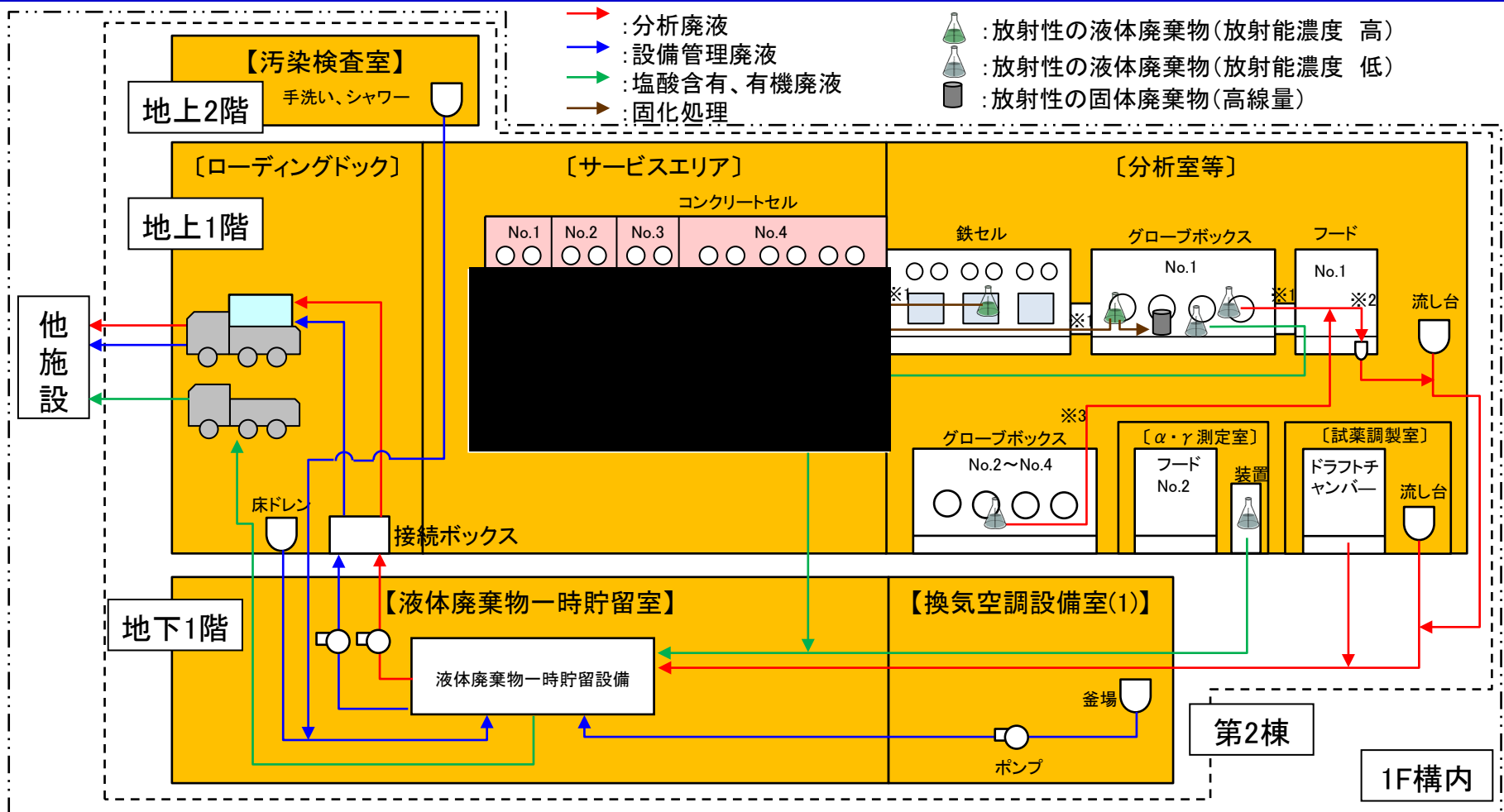
※2:火災防護の観点から金属容器に収納する。現行の設計では、SUS304を想定している。

4. 放射性の液体廃棄物に係る考慮(2/2)

- 第2棟内の汚染管理、漏えい検知等を考慮し、各エリアに放射線を監視する設備を設置する。
- 分析・試験にて発生する分析廃液、塩酸含有廃液及び有機廃液の発生量は約 3.4m^3 /年を想定している。このうち、固化処理分は約 1.2m^3 /年、受槽又は保管ラックにて一時的に保管する量は、分析廃液は約 2.1m^3 /年、塩酸含有廃液は約 0.1m^3 /年、有機廃液は約 0.01m^3 /年である。また、設備管理廃液の発生量は約 68m^3 /年を想定している。

5. 放射性の液体廃棄物に係る概略フロー(1/5)

一部改訂



※1: グローブボックスNo.1~コンクリートセルNo.4までの移送については、「Ⅱ. ii. 燃料デブリ等のフローについて」を参照

※2: 受槽への排出前に、放射能(β γ : 0.37Bq/cm³※4以上, 37Bq/cm³※4未満, α : 0.01Bq/cm³※5以下)を評価

※3: グローブボックスNo.2~No.4からの搬出は、「Ⅱ. ii. 燃料デブリ等のフローについて」を参照

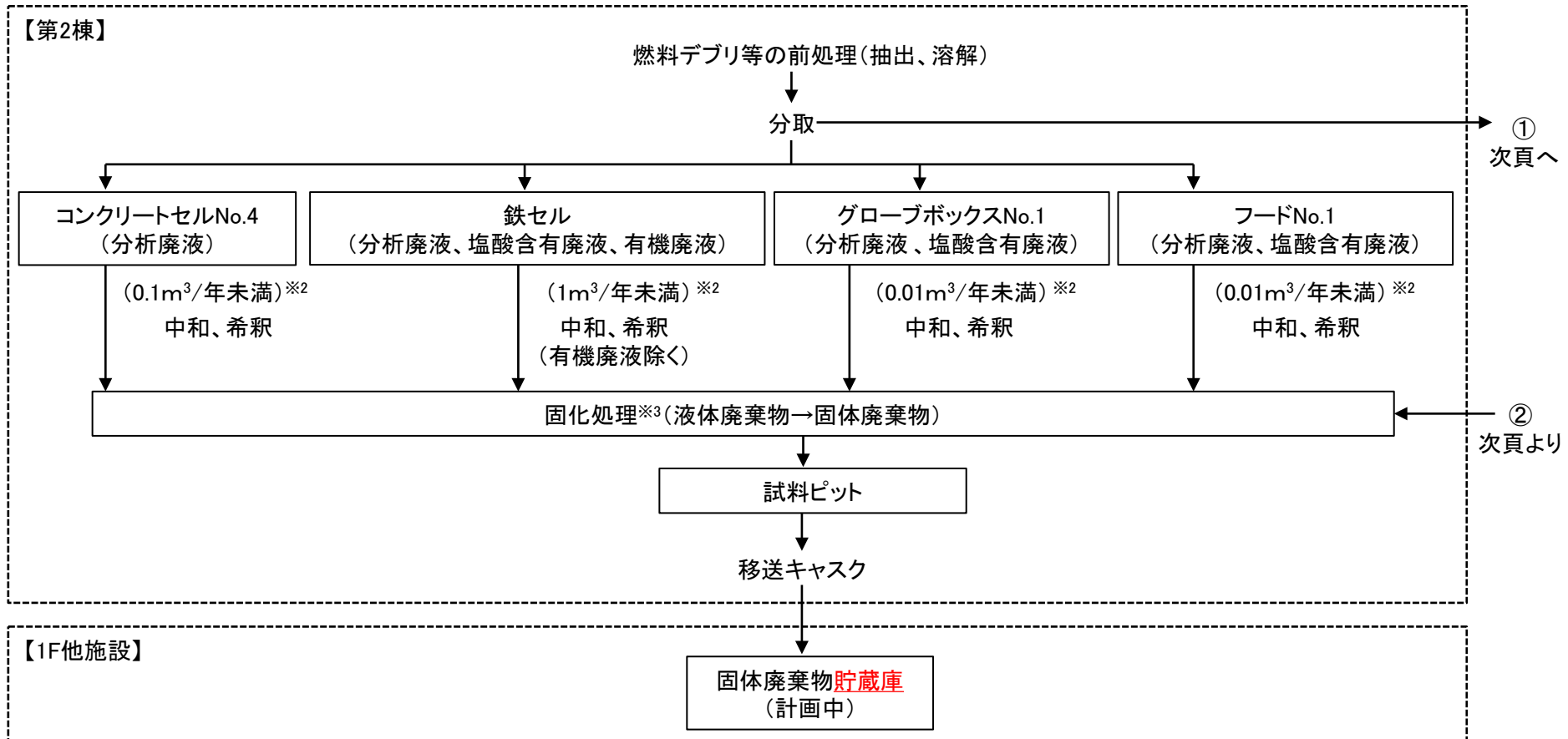
※4: JAEA既存施設(原科研)における液体廃棄物の分類

※5: 東電他施設の受入れ基準

5. 放射性の液体廃棄物に係る概略フロー(2/5)

一部改訂

<放射性の液体廃棄物(分析廃液、塩酸含有廃液、有機廃液)^{※1}>



※1: 放射能濃度 α : 0.01Bq/cm³を超える又は β γ : 37Bq/cm³以上のもの

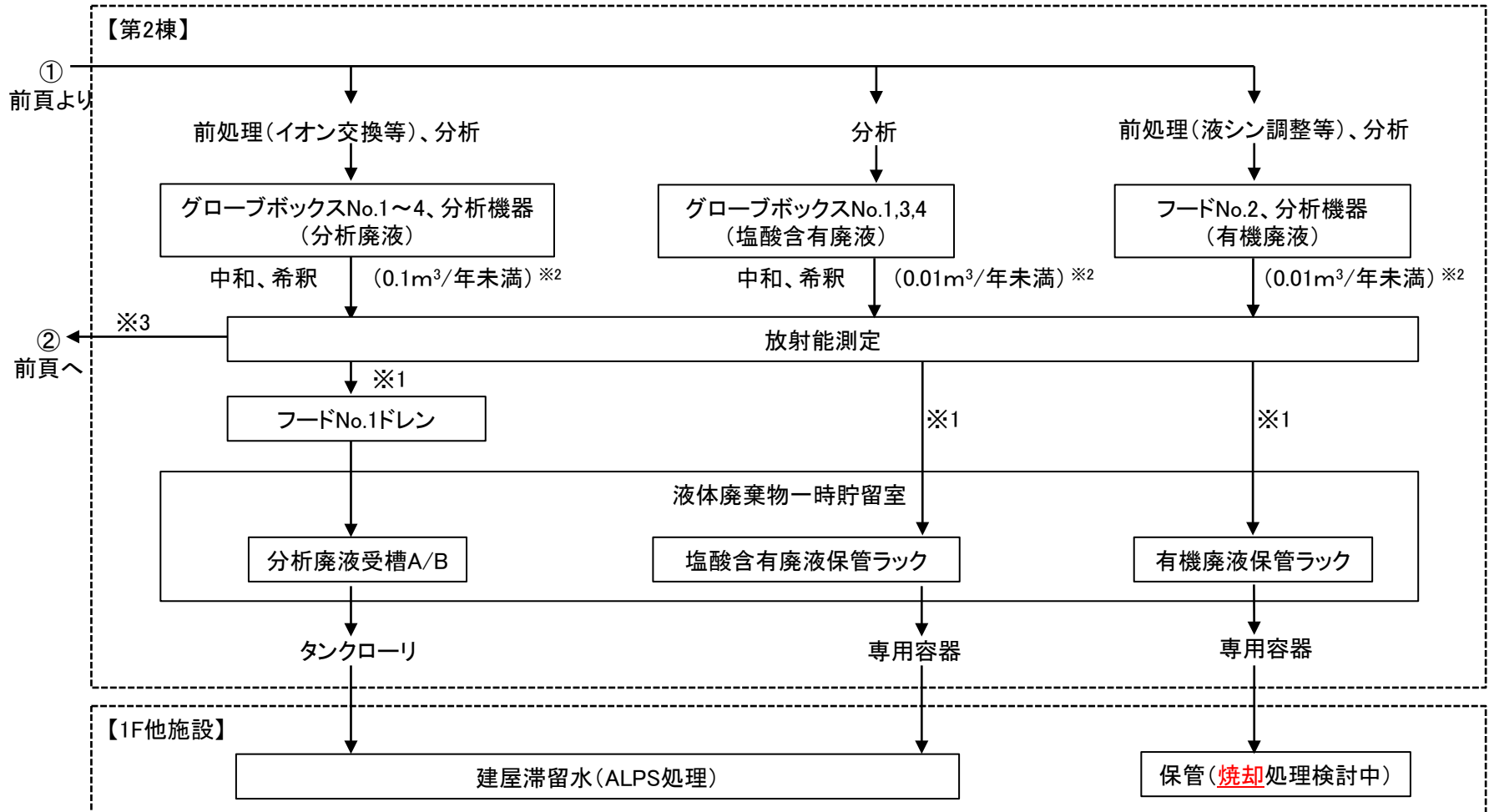
※2: 現在想定している安定化処理後の廃棄物の発生量

※3: 固化剤(セメント材又は石膏材を想定)を混ぜて固化する

5. 放射性の液体廃棄物に係る概略フロー(3/5)

一部改訂

<放射性の液体廃棄物(分析廃液、塩酸含有廃液、有機廃液)※1>

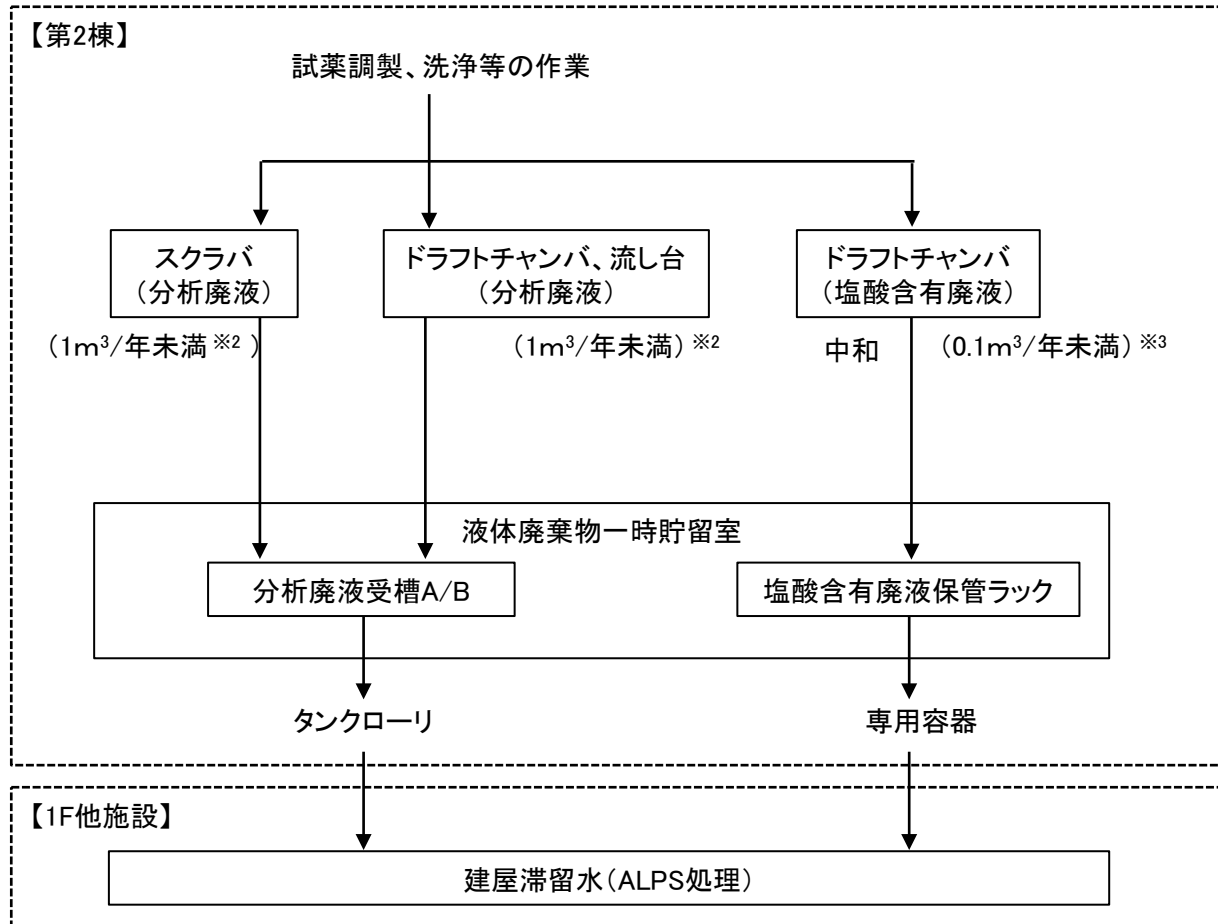


※1:放射能濃度 α : 0.01Bq/cm³以下及び β γ : 37Bq/cm³未満のもの
 ※2: 現在想定している安定化処理後の廃棄物の発生量

※3: ※1の条件を満足しないもの

5. 放射性の液体廃棄物に係る概略フロー(4/5)

<放射性の液体廃棄物(分析廃液、塩酸含有廃液)※1>

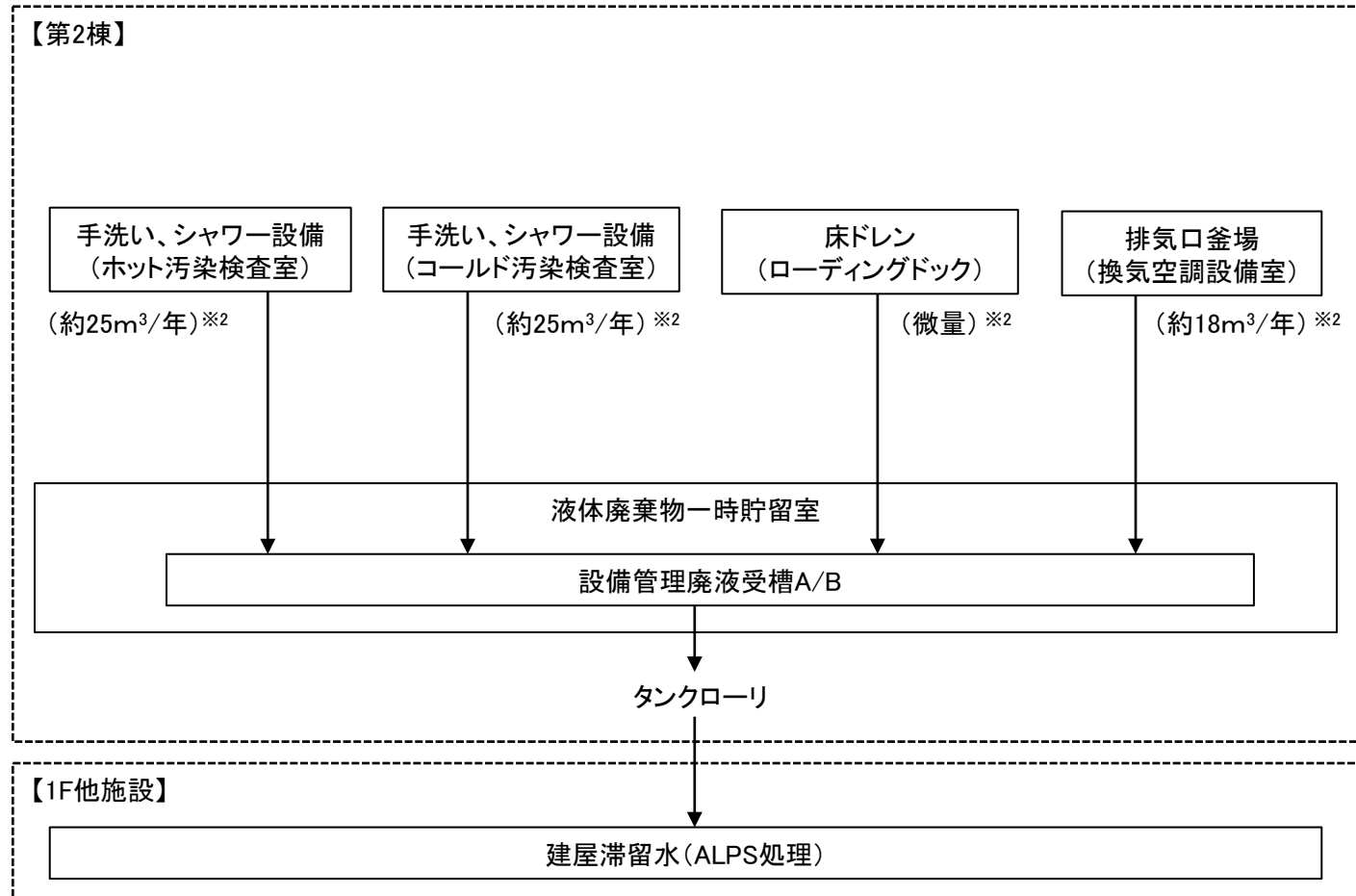


※1:放射能濃度 α :0.01Bq/cm³以下及び β γ :37Bq/cm³未満のもの
 ※2:現在想定している廃棄物の発生量

※3:現在想定している安定化処理後の廃棄物の発生量

5. 放射性の液体廃棄物に係る概略フロー(5/5)

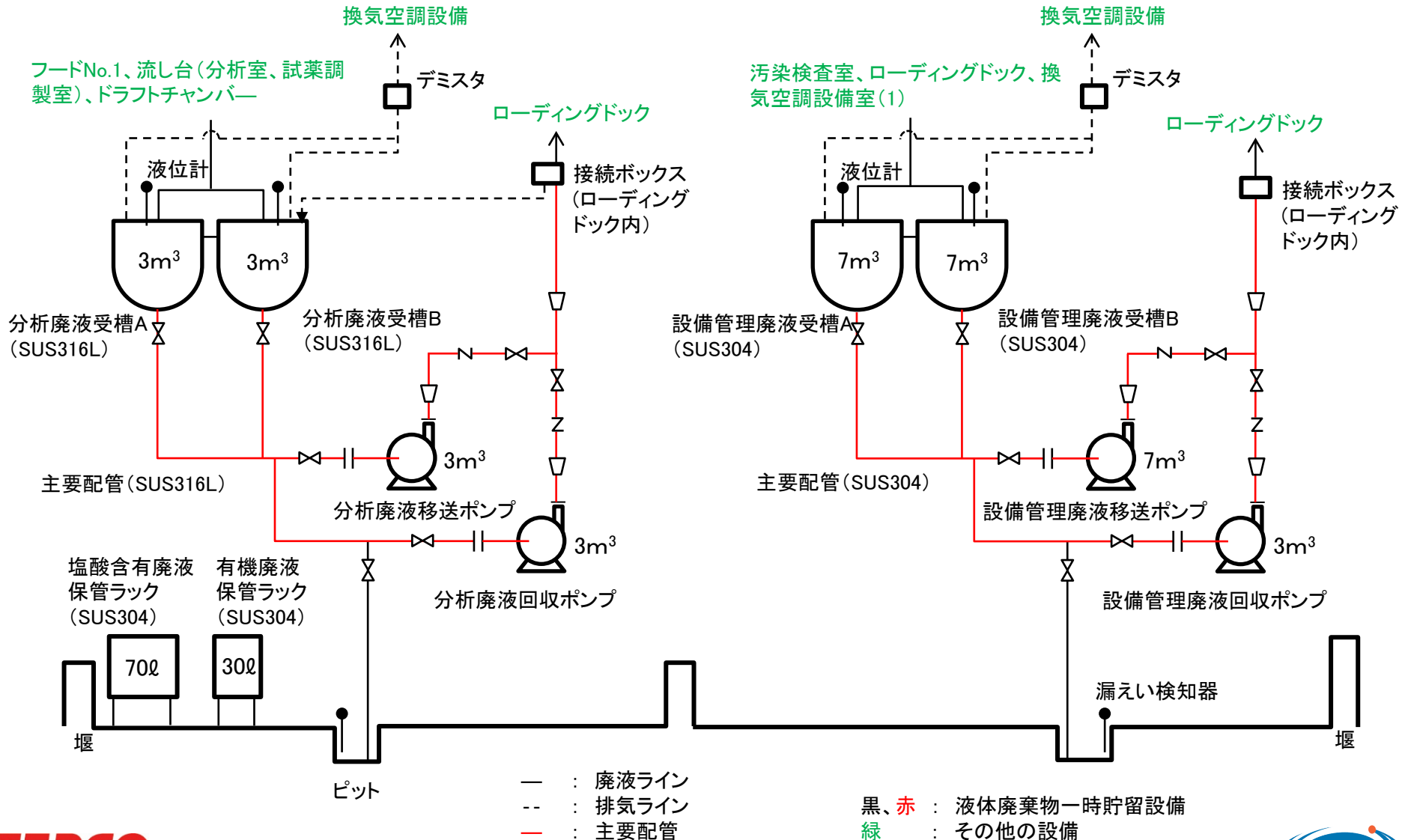
<放射性の液体廃棄物(設備管理廃液※1)>



※1: 放射能濃度 α : 0.01Bq/cm³以下及び β γ : 0.37Bq/cm³未満のもの

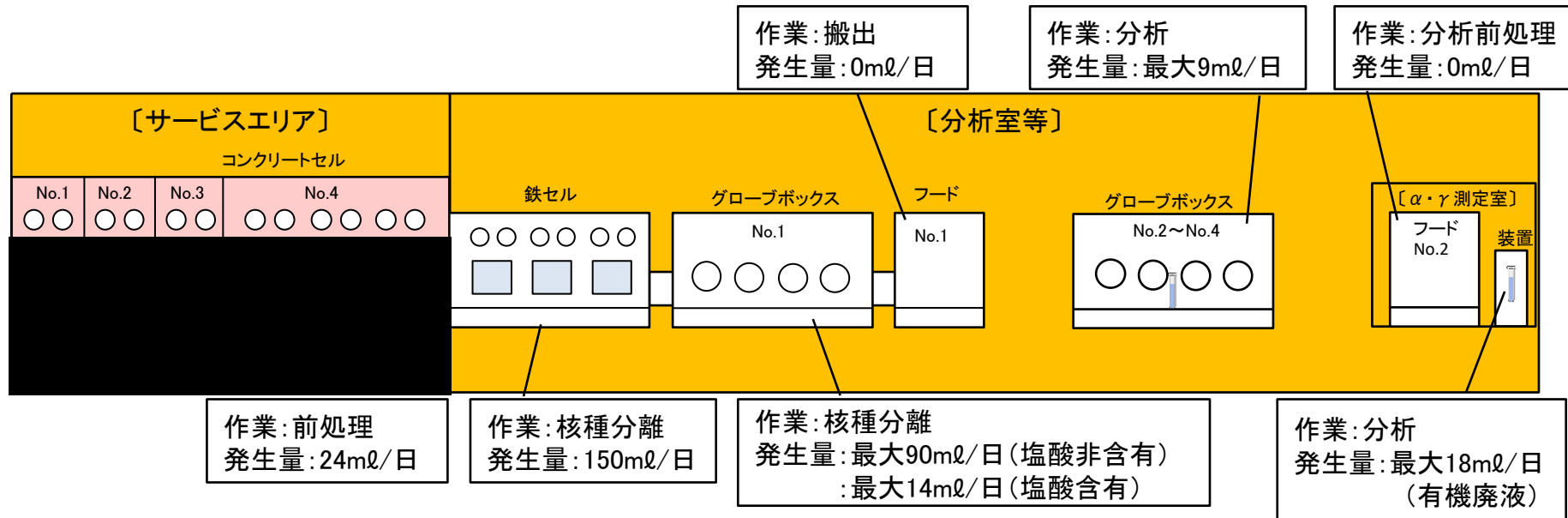
※2: 現在想定している廃棄物の発生量

6. 液体廃棄物一時貯留設備の主要設備、仕様



7. 分析・試験設備に使用する材料

コンクリートセル、鉄セル及びグローブボックスでは、分析作業において硝酸、アルカリ等による溶解、分離等に伴い放射性の液体廃棄物が発生する。1分析作業当たりが発生する放射性の液体廃棄物は各エリアにおいて少量であることから、ステンレス製バットの使用等、耐食性を考慮した材料の容器等を使用する。



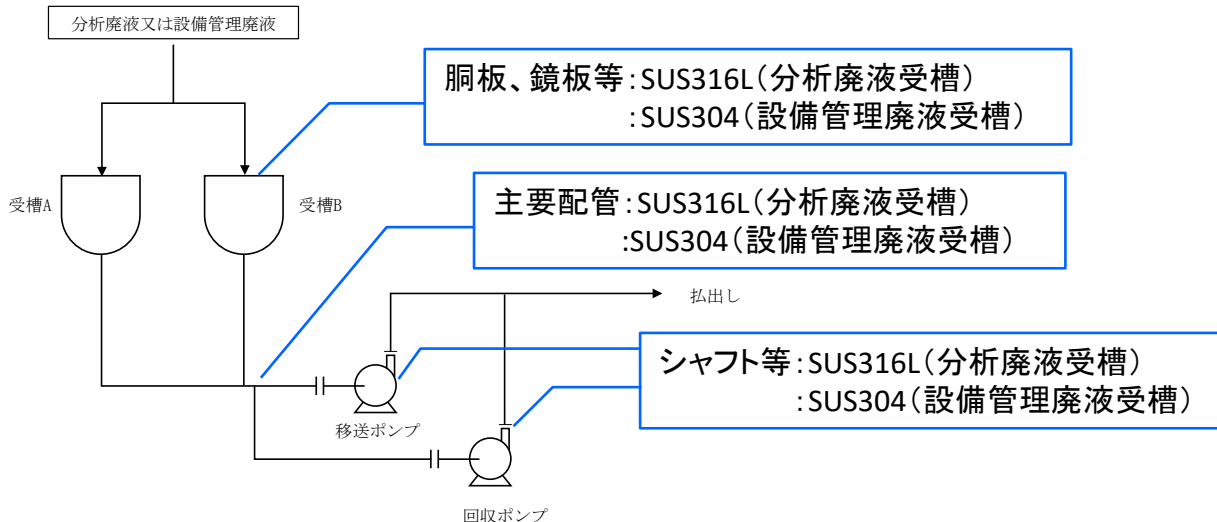
分析・試験設備における放射性の液体廃棄物の発生量(予測値)

8. 液体廃棄物一時貯留設備に使用する材料と液位計の設置

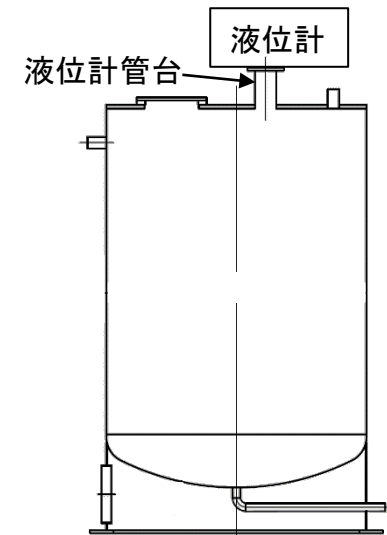
分析廃液受槽にて一時的に保管する放射性の液体廃棄物は、分析作業において硝酸、アルカリ等による溶解、分離等に伴い発生する廃液や試薬調製に係る洗浄等によって発生する分析廃液である。そのため、分析廃液受槽及び主要配管等については、主に硝酸に対する耐食性を考慮する必要があることから、硝酸に対する耐食性に優れ、かつ構造強度を考慮してSUS316Lを使用する。

設備管理廃液受槽にて一時的に保管する放射性の液体廃棄物は、結露水等の分析廃液以外の管理区域から発生する設備管理廃液であることから、構造強度を考慮してSUS304を使用する。

分析廃液受槽及び設備管理廃液受槽には、漏えい等を考慮して液位計を設置する。



第2棟の液体廃棄物一時貯留設備の主な材料

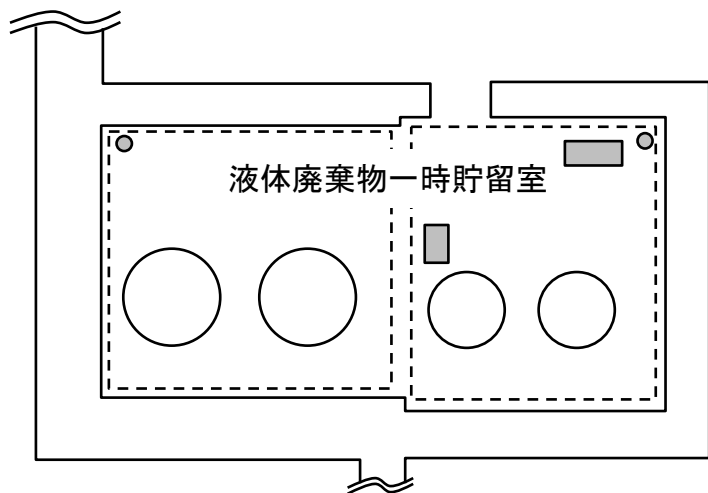


液位計設置位置

9. 液体廃棄物一時貯留設備に係る漏えい拡大防止

液体廃棄物一時貯留設備において、放射性の液体廃棄物を一時的に保管する受槽は、漏えい拡大防止のための堰内に設置する。堰は、堰内に設置する槽の漏えい廃液を全量保持できる容量とする。また、堰内は液体が浸透しにくく、腐食しにくいエポキシ樹脂にて塗装する。

万一、放射性の液体廃棄物が堰内に漏えいした場合は、堰内に設置した漏えい検知器により検知する。



- : 堰の範囲
- : 漏えい検知器
- : 受槽
- : 塩酸含有廃液保管ラック、有機廃液保管ラック

液体廃棄物一時貯留設備 堰を明示した図

【液体廃棄物一時貯留設備 漏えい防止堰】

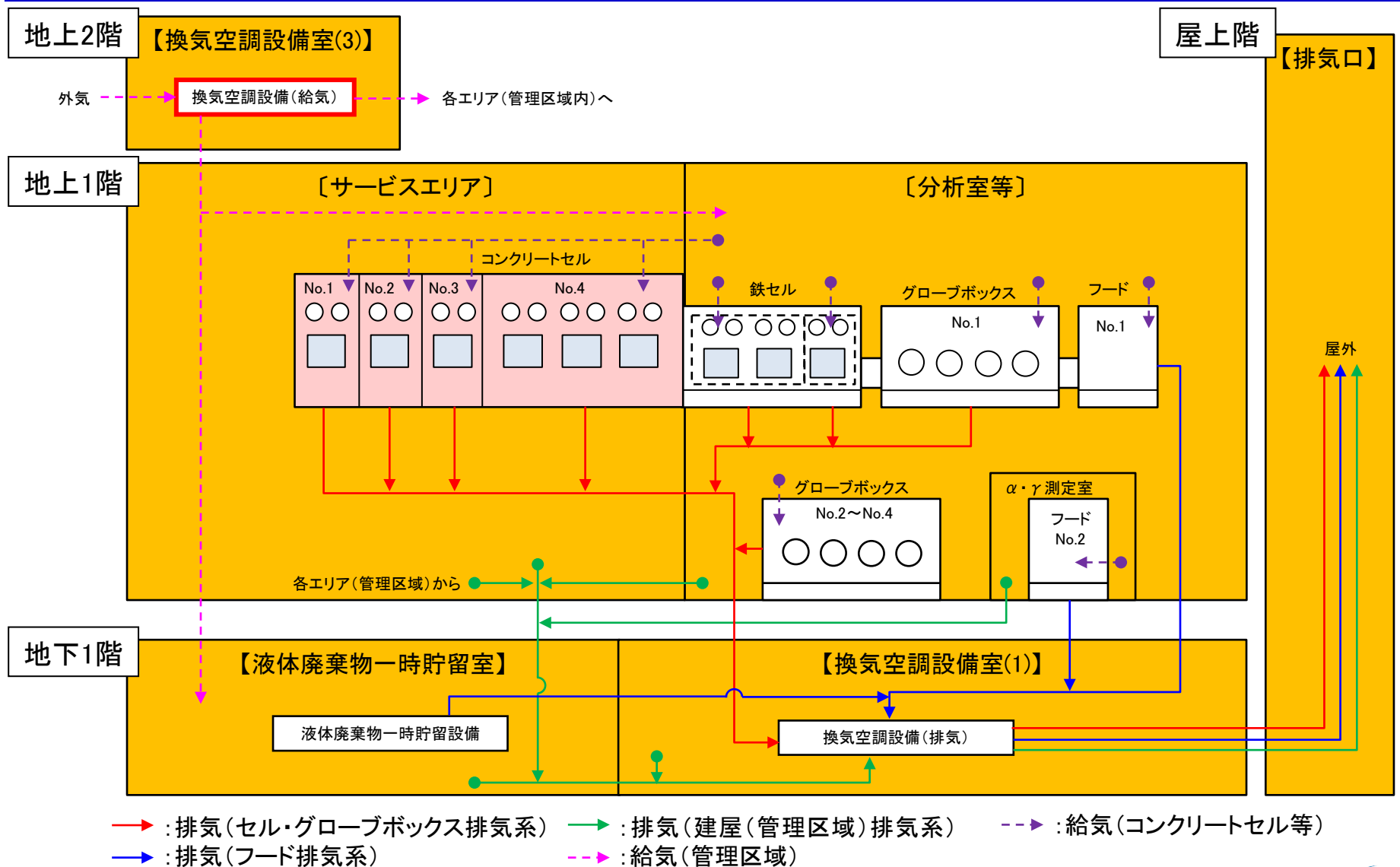
- 想定する最大漏えい量 : 6m³(分析廃液受槽A,B)
: 14m³(設備管理廃液受槽A,B)
- 堰の高さ : 40cm以上(分析廃液受槽A,B)
: 60cm以上(設備管理廃液受槽A,B)
- 材料 : 鉄筋コンクリート
- 塗装 : エポキシ樹脂(床面及び堰の高さ以上までの壁面)

10. 放射性気体廃棄物に係る考慮

- コンクリートセル等の排気は、高性能フィルタにて放射性物質を除去し、排風機を介して第2棟の排気口より大気放出する。
- コンクリートセル、鉄セル及びグローブボックスは、排風機停止等に伴う漏えいを考慮し、給気系統に高性能フィルタを設置する。
- コンクリートセルNo.4の切断等に伴う放射性物質のセル内空気中への移行を考慮し、高性能フィルタを1段多く設置する。
- 排風機は、1基故障時又はメンテナンス時でも他の1基で機能維持可能とするように複数台(2基)設置する。
- コンクリートセル、鉄セル及びグローブボックスは、サービスエリア又は分析室に対して負圧を低く設定する。
- 第2棟の外部電源は2系統より受電する設計とし、1系統からの受電が停止した場合でも給電できる構成とする。
- 第2棟の排気口から放出される放射性物質の濃度は、試料放射能測定装置にて告示※に定める濃度限度を下回ることを確認する。
- 試料放射能測定装置は、1チャンネル故障時でも他の1チャンネルで測定可能とするように複数台(2チャンネル)設置する。
- 第2棟内の汚染管理、漏えい検知等を考慮し、各エリアに放射線を監視する設備を設置する。

※：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
(平成二十五年四月十二日原子力規制委員会告示第三号)

11. 放射性気体廃棄物に係る概略フロー



12. 換気空調設備の主な仕様(1/8)

— 排風機及び送風機 —

【セル・グローブボックス用排風機】

- 主要寸法：高さ1160mm、幅900mm、奥行1700mm
- 材料：SS400(ケーシング)
- 容量：6000m³/h/基
- 基数：2基

【管理区域用排風機】

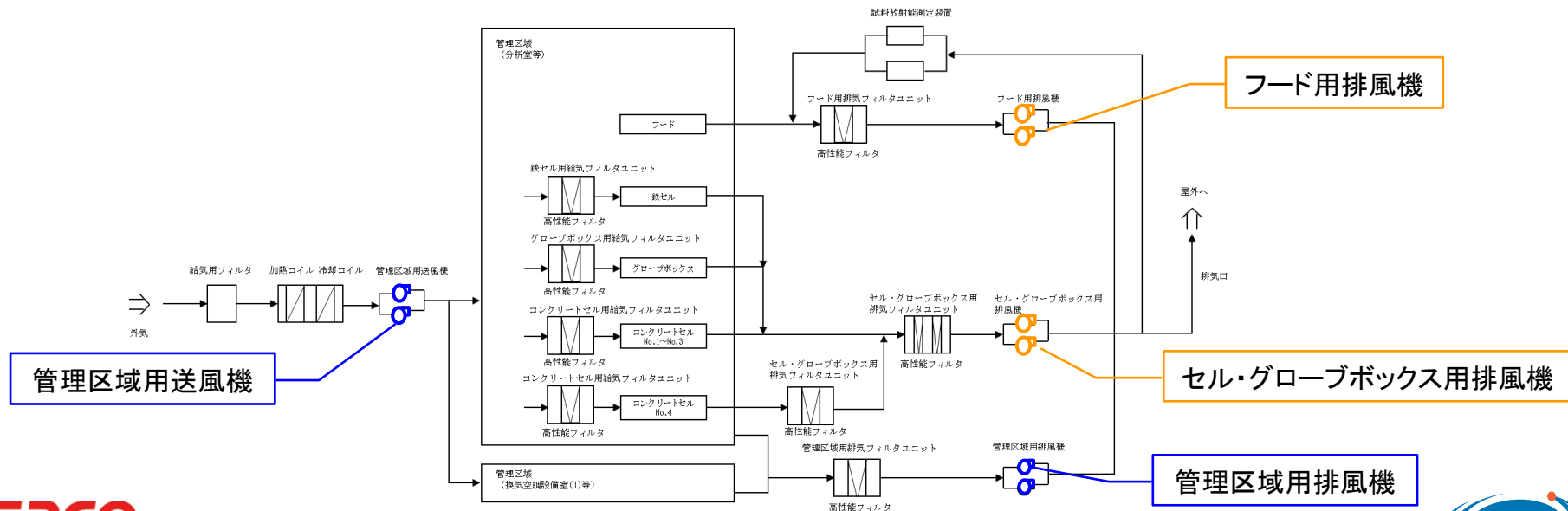
- 容量：58100m³/h/基
- 基数：2基

【フード用排風機】

- 容量：6000m³/h/基
- 基数：2基

【管理区域用送風機】

- 容量：70100m³/h/基
- 基数：2基



12. 換気空調設備の主な仕様(2/8) ー排風機容量の設定根拠①ー

追加説明

【セル・グローブボックス用排風機】

No.	設備	必要排風量(m ³ /h)
1	コンクリートセルNo.1	600
2	コンクリートセルNo.2	420
3	コンクリートセルNo.3	680
4	コンクリートセルNo.4	1500
5	鉄セル	540
6	GB-No.1	90
7	GB-No.2	90
8	GB-No.3	180
9	GB-No.4	90
合計		4190

セル・グローブボックス用排風機の容量は、コンクリートセル等に必要な排風量の合計に鉄セル等の将来設置に係る余裕分を考慮して6000m³/hに設定した。

12. 換気空調設備の主な仕様(3/8) — 排風機容量の設定根拠② —

追加説明

【フード用排風機容量の設定根拠】

No.	設備	必要排風量(m ³ /h)	必要排風量に対するフード開口部 (1/2開口状態)の風速(m/s)
1	フード	1300 (放射線測定室)	0.9
2	フード	1100 (分析室)	0.8
3	フード	1100 (α ・ γ 測定室)	0.8
4	フード	1150 (試薬調製室)	0.9
合計		4650	

フード用排風機の容量は、フード等に必要な排風量の合計に分析装置等の設置に係る余裕分を考慮して6000m³/hに設定した。また、各フードの必要排風量を確保することで、1/2開口状態で面速0.5m/s以上の風速を確保できる。

12. 換気空調設備の主な仕様(4/8) — 排風機容量の設定根拠③ —

追加説明

【管理区域用排風機の設定根拠】

No.	エリア等	必要排風量(m ³ /h)
1	換気空調設備室(1)	9315
2	液体廃棄物一時貯留室	1399
3	固体廃棄物払出準備室	1120
4	液体廃棄物一時貯留設備電気品室	6000
5	MSM保守/保管室他	1090
6	分析室	10312
7	サービスエリア(1)・(2)	4290
8	オペレーションエリア他	7960
9	放射線測定室	1994
10	α・γ測定室	2530
11	ローディングドック	5240
12	更衣室・汚染検査室	2890
13	階段室他	3960
合計		58100

管理区域用排風機の容量は、エリア毎に必要な排風量の合計58100m³/hとした。

12. 換気空調設備の主な仕様(5/8)

ーフィルタユニットー

【セル・グローブボックス用排気フィルタユニットA,B】

- 主要寸法：高さ2550mm、幅2000mm、奥行1000mm
- 材料：SUS304(ケーシング)
- 容量：6000m³/h/基
- フィルタ：高性能フィルタ2段
- 基数：2基

【フード用排気フィルタユニット】

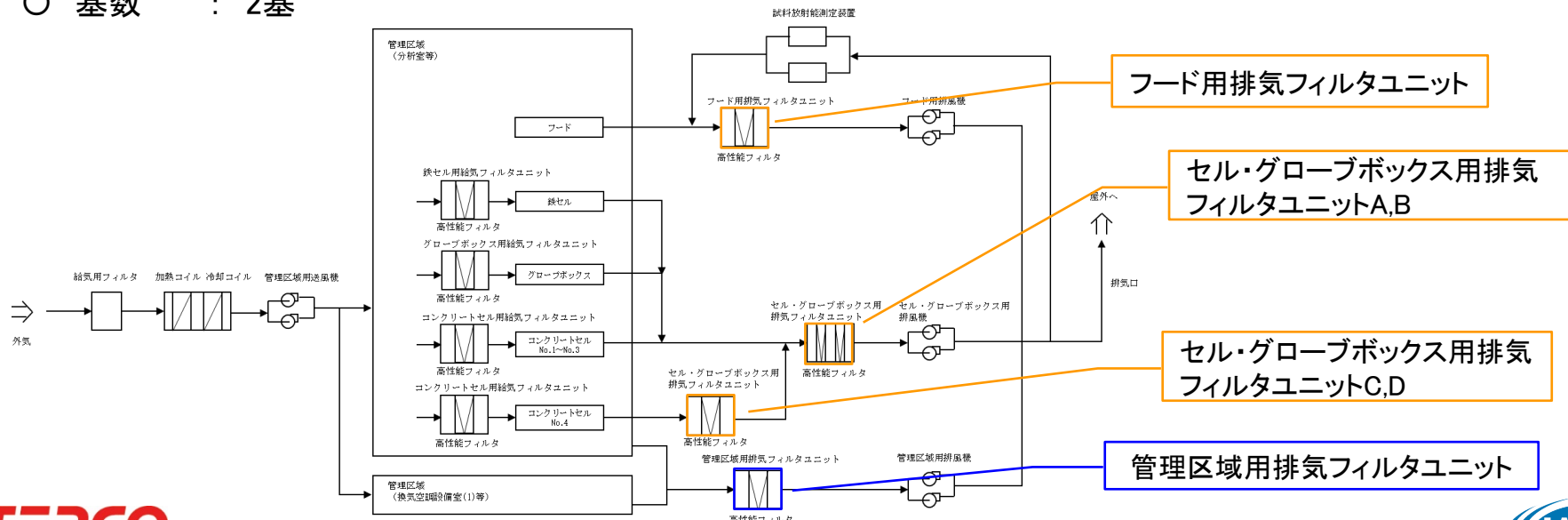
- 容量：6000m³/h/基
- 基数：2基

【セル・グローブボックス用排気フィルタユニットC,D】

- 主要寸法：高さ2600mm、幅1000mm、奥行1000mm
- 材料：SUS304(ケーシング)
- 容量：1600m³/h/基
- フィルタ：高性能フィルタ1段
- 基数：2基

【管理区域用排気フィルタユニット】

- 容量：8300m³/h/基
- 基数：8基



12. 換気空調設備の主な仕様(6/8)

ーフィルタユニットー

【コンクリートセル用給気フィルタユニットA,B】

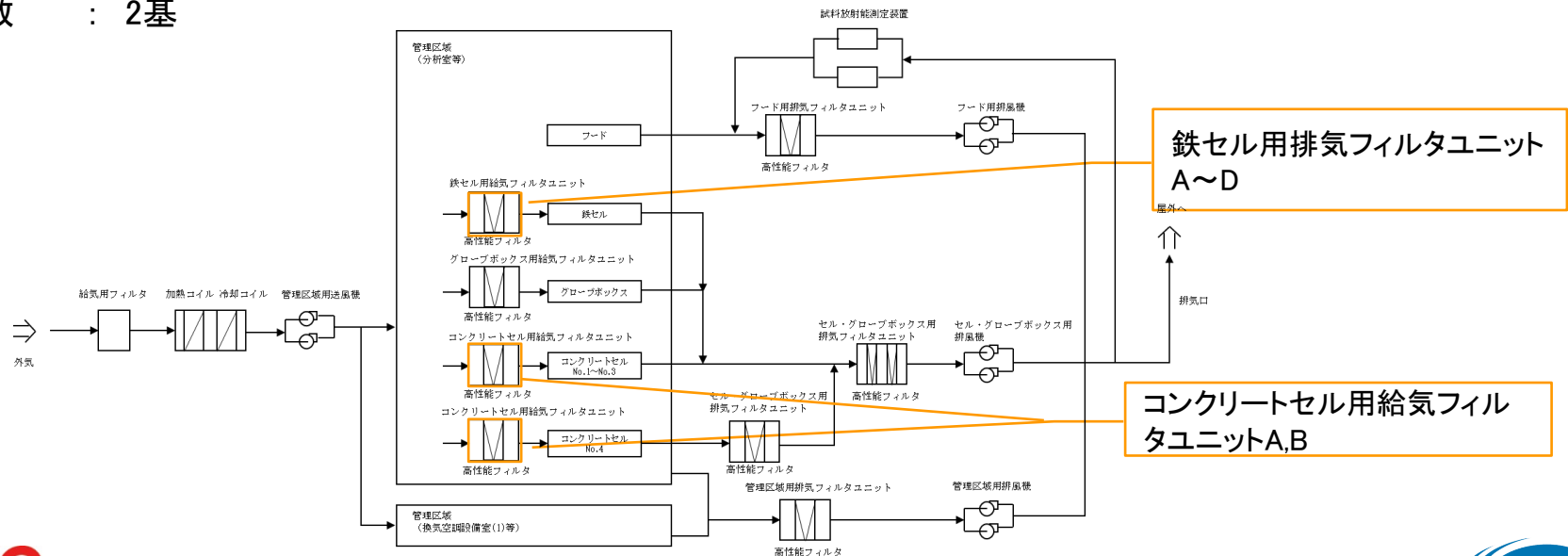
- 主要寸法：高さ775mm、幅700mm、奥行850mm
- 材料：SUS304(ケーシング)
- 容量：3000m³/h/基
- フィルタ：高性能フィルタ1段
- 基数：2基

【鉄セル用給気フィルタユニットC,D】

- 主要寸法：高さ410mm、幅230mm、奥行300mm
- 材料：SUS304(ケーシング)
- 容量：46m³/h/基
- フィルタ：高性能フィルタ1段
- 基数：2基

【鉄セル用給気フィルタユニットA,B】

- 主要寸法：高さ510mm、幅370mm、奥行300mm
- 材料：SUS304(ケーシング)
- 容量：100m³/h/基
- フィルタ：高性能フィルタ1段
- 基数：2基



12. 換気空調設備の主な仕様(7/8)

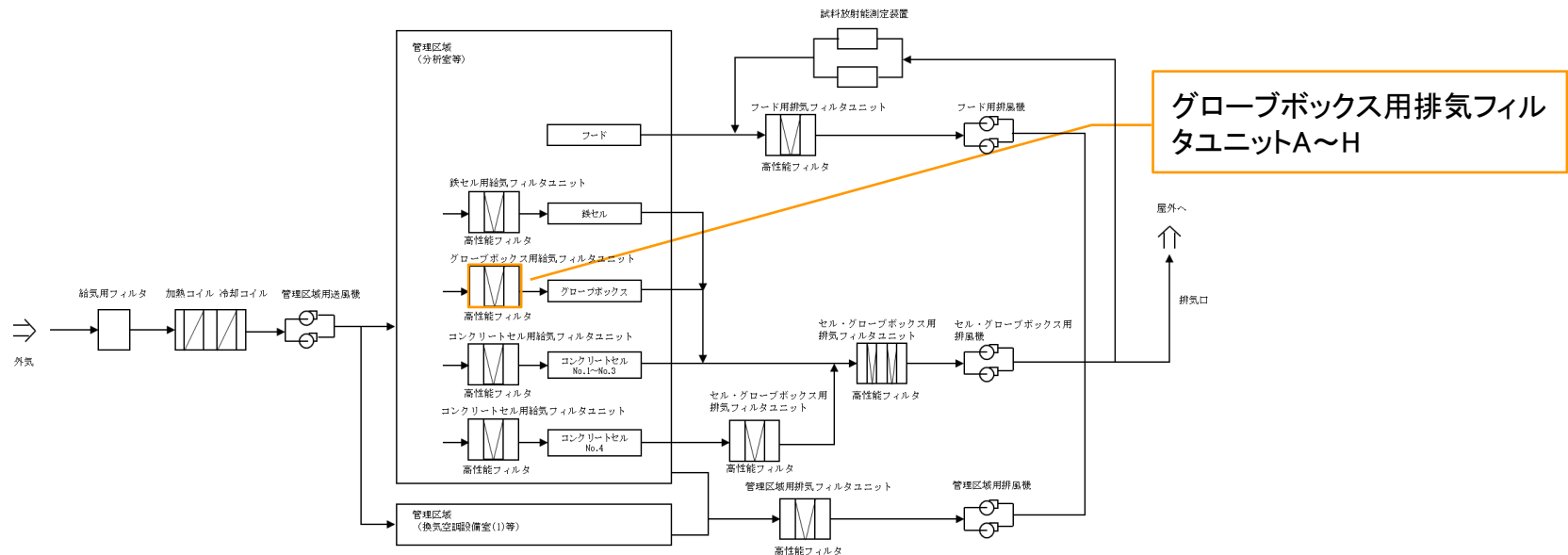
ーフィルタユニットー

【グローブボックス用給気フィルタユニットA~F】

- 主要寸法：高さ410mm、幅230mm、奥行300mm
- 材料：SUS304(ケーシング)
- 容量：20m³/h/基
- フィルタ：高性能フィルタ1段
- 基数：6基

【グローブボックス用給気フィルタユニットG,H】

- 主要寸法：高さ410mm、幅230mm、奥行300mm
- 材料：SUS304(ケーシング)
- 容量：39m³/h/基
- フィルタ：高性能フィルタ1段
- 基数：2基



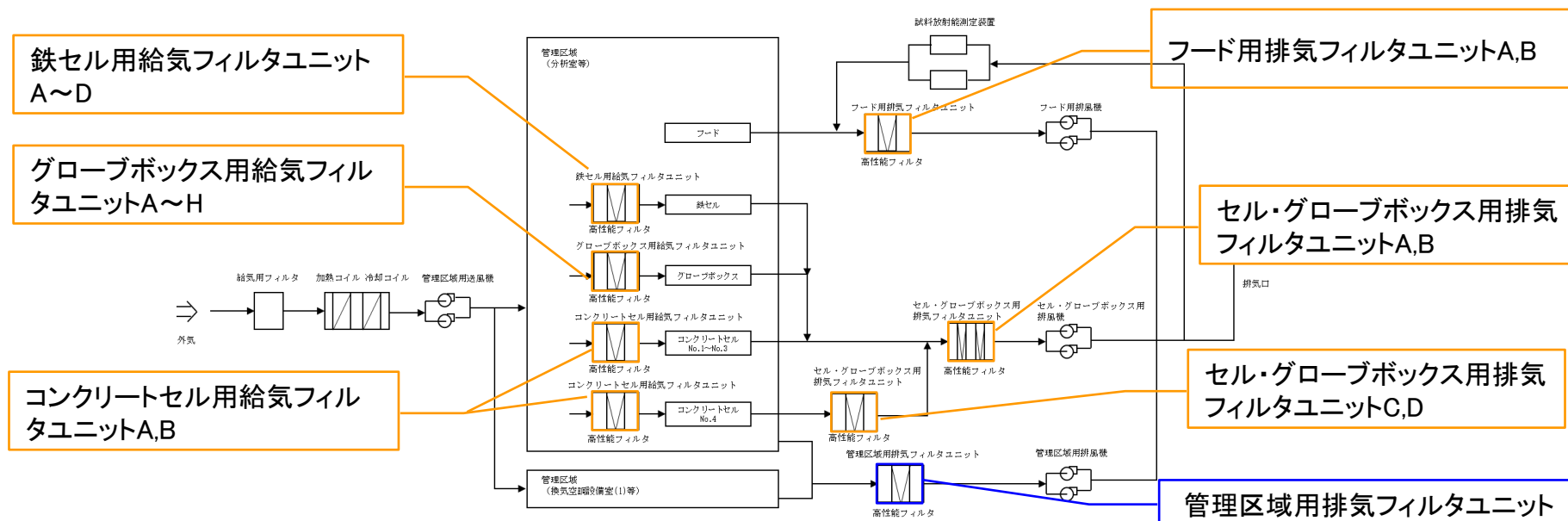
グローブボックス用排気フィルタユニットA~H

屋外へ
↑
排気口

12. 換気空調設備の主な仕様(8/8)

—フィルタ除去効率—

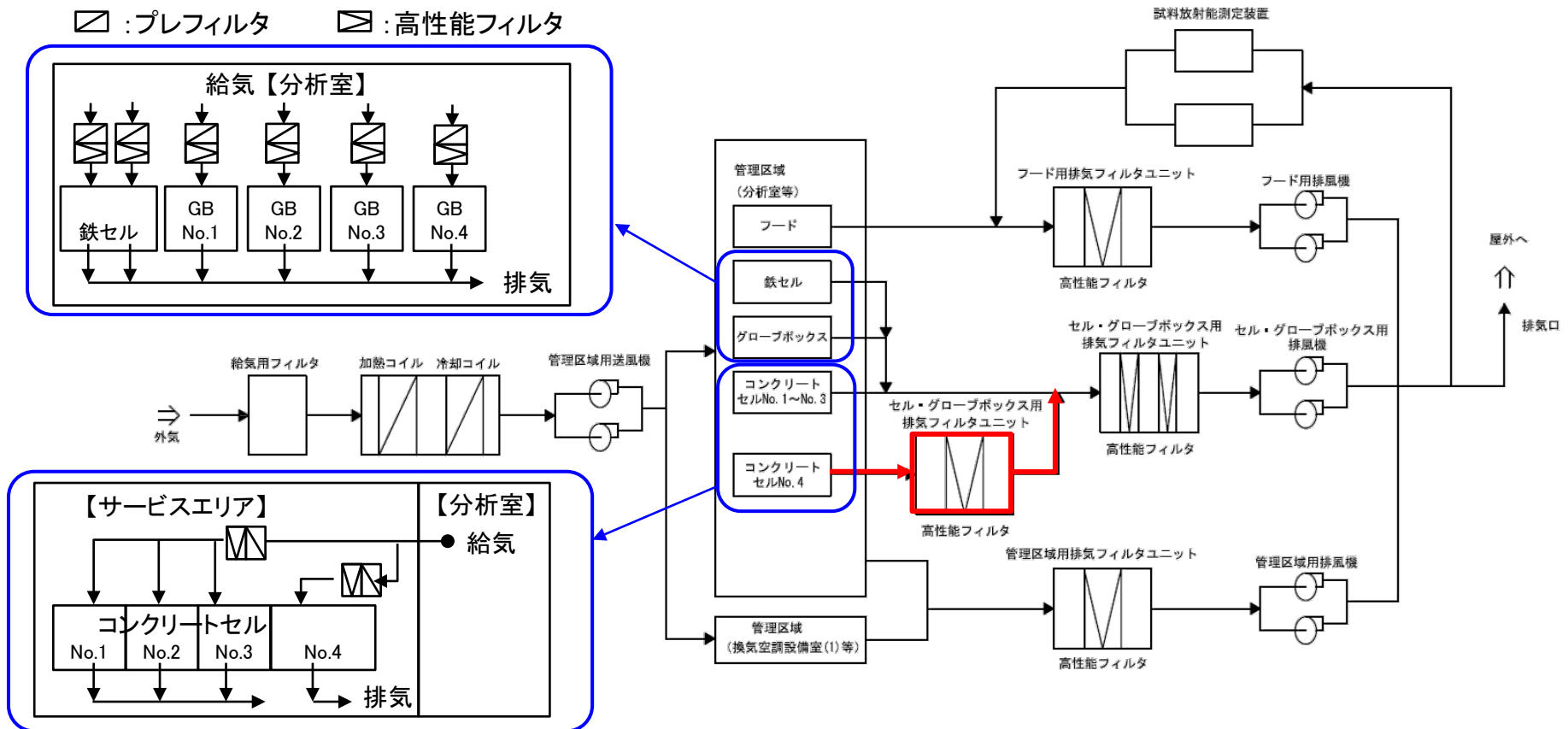
給排気系フィルタユニットのうち、セル・グローブボックス用排気フィルタユニット、コンクリートセル用給気フィルタユニット、鉄セル用給気フィルタユニット及びグローブボックス用給気フィルタユニットは、高性能フィルタにて構成しており、フード用排気フィルタユニット及び管理区域用排気フィルタユニットは、プレフィルタ及び高性能フィルタの各1段で構成している。各高性能フィルタは、基準粒子径 $0.15\mu\text{m}$ 以上に対して粒子捕集率99.97%以上のJIS規格品を使用する設計としている。



13. 給気ライン及びコンクリートセルNo.4排気ラインへの高性能フィルタの設置

コンクリートセル、鉄セル及びグローブボックスは、管理区域内(分析室)から給気ラインに設置したフィルタを通してコンクリートセル等に給気している(図中の青線箇所)。

コンクリートセルNo.4は、燃料デブリ等の切断による粉体発生等によりセル内の放射能濃度が高くなることを想定し、高性能フィルタの段数を増やしている(図中の赤線箇所)。

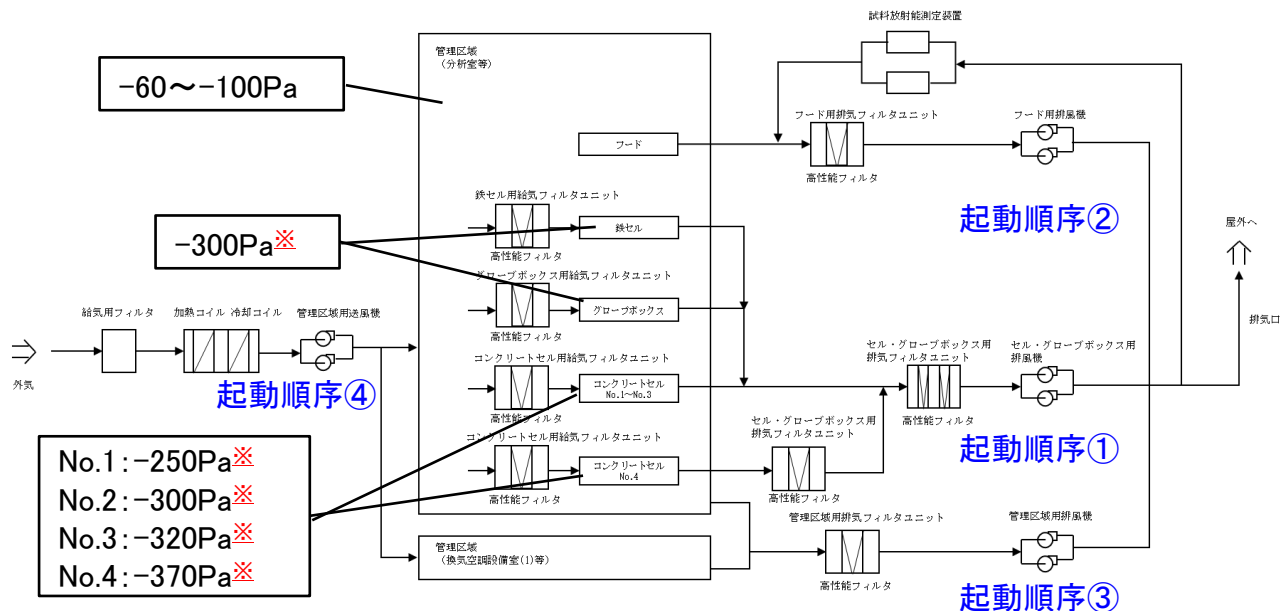


14. 分析・試験設備等の負圧設定

一部改訂

サービスエリア、分析室等からコンクリートセル等まで順次大気圧より負圧を深め、空気の逆流を防止する。このための処置として、セル・グローブボックス排気系統のうち、コンクリートセル、鉄セル及びグローブボックスからの排気はその内部圧力がサービスエリア及び分析室との差圧として $-150 \sim -500 \text{Pa}$ となるように、排気風量を制御する。コンクリートセル等の負圧異常時には、制御室にて警報を発報する。

各エリアの差圧が逆転しないよう、**排風機及び送風機を①～④の順に起動し、コンクリートセル等が所要の負圧に到達することを差圧計で確認**する。また、汚染度の高い系統の排風機が運転していないと、その次の排風機が起動できないようにインターロックを設けている。

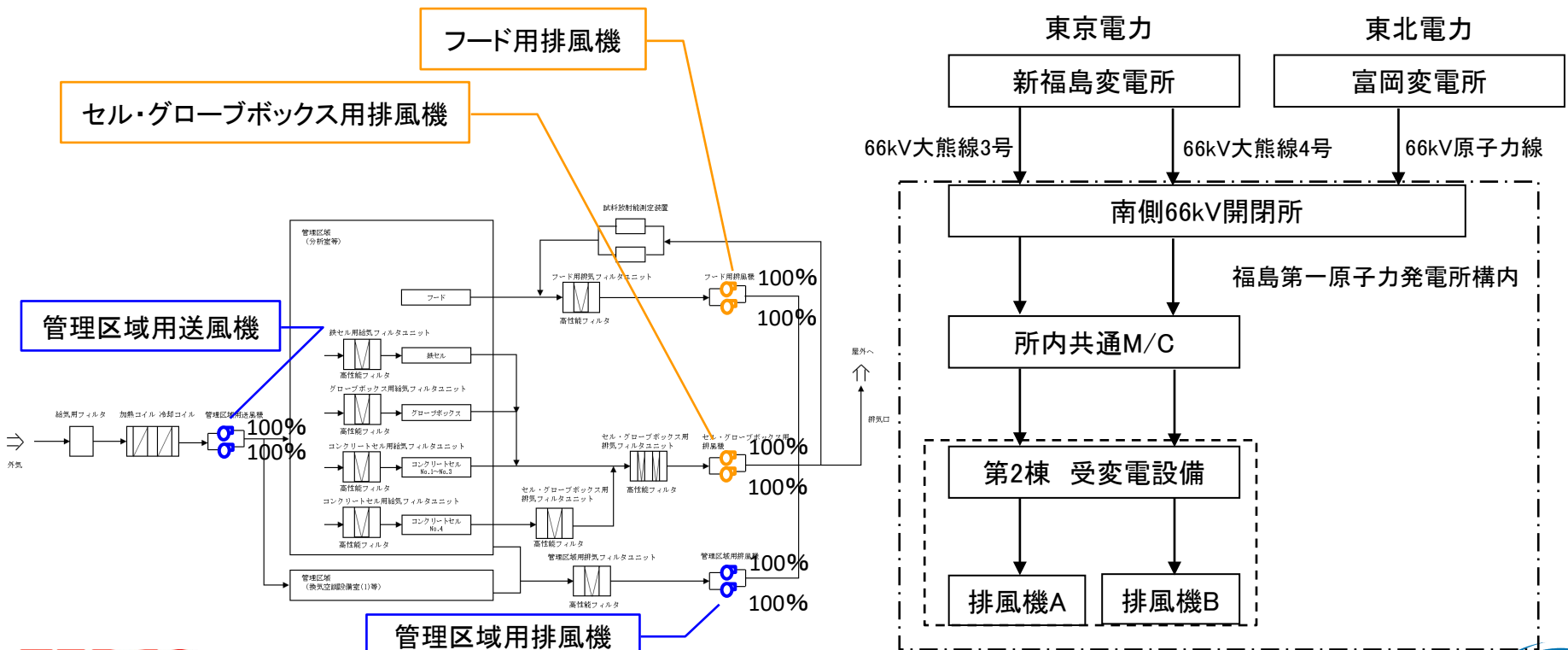


※:セル・グローブボックス用排風機の現行の設計仕様(6000m³/h)で、コンクリートセル等で必要な負圧を確保することができる。

15. 機器の故障への対応

第2棟の負圧維持機能を有する動的機器は、複数基(100%2基の内1基は予備)設置し1基が故障した場合でも待機している予備基にて負圧を維持する設計としている。

第2棟の電源は、新福島変電所から福島第一原子力発電所 南側66kV開閉所に2系統供給されるとともに、東北電力 富岡変電所からも給電できる構成となっている。このため、1系統が停止した場合においても、もう1系統で給電できる系統が確保されている。

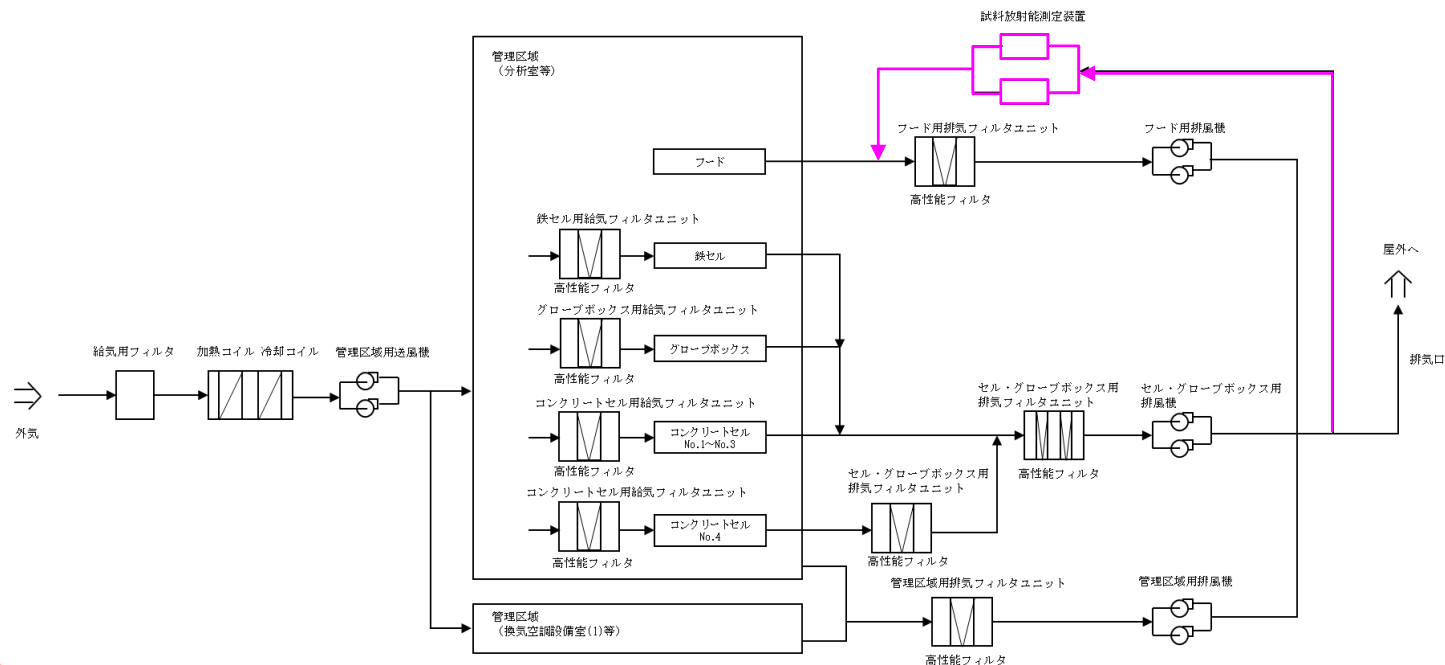


16. 第2棟排気口からの放射性物質濃度の確認

【試料放射能測定装置】

名称	検出器の種類	測定範囲	取付箇所
ダスト放射線モニタ※ (α 線、 β 線)	シンチレーション	$10^{-1} \sim 10^4 \text{ s}^{-1}$	換気空調設備室 (1) 合計2チャンネル (監視・記録は放射線監視室)
ガス放射線モニタ※ (β (γ)線)	シンチレーション	$10^{-1} \sim 10^4 \text{ s}^{-1}$	換気空調設備室(1) 合計2チャンネル (監視・記録は放射線監視室)

※:連続測定で常時監視



17. 第2棟内の放射線を監視する設備、汚染検査設備 (1/6)

- 管理区域の作業環境管理、作業員の被ばく管理を適切に実施するため、管理区域内にエリアモニタ等を設置する。
- γ 線エリアモニタは、作業員が立ち入る可能性のあるエリア、比較的線量が高い線源が存在する可能性を考慮して管理区域内の各エリアに設置する。
- 中性子線エリアモニタは、核燃料物質を含む線源のローディングドックからコンクリートセルへの移動及び隣接するセルでの取扱いを考慮して、管理区域内のサービスエリア及びオペレーションエリアに設置する。

第2棟の臨界安全評価の結果、保守的な条件下においても臨界に達することはない。なお、万が一臨界が発生した場合には、 γ 線及び中性子線のエリアモニタにおいて、臨界に伴う線量率の上昇を検知し、警報を発する。

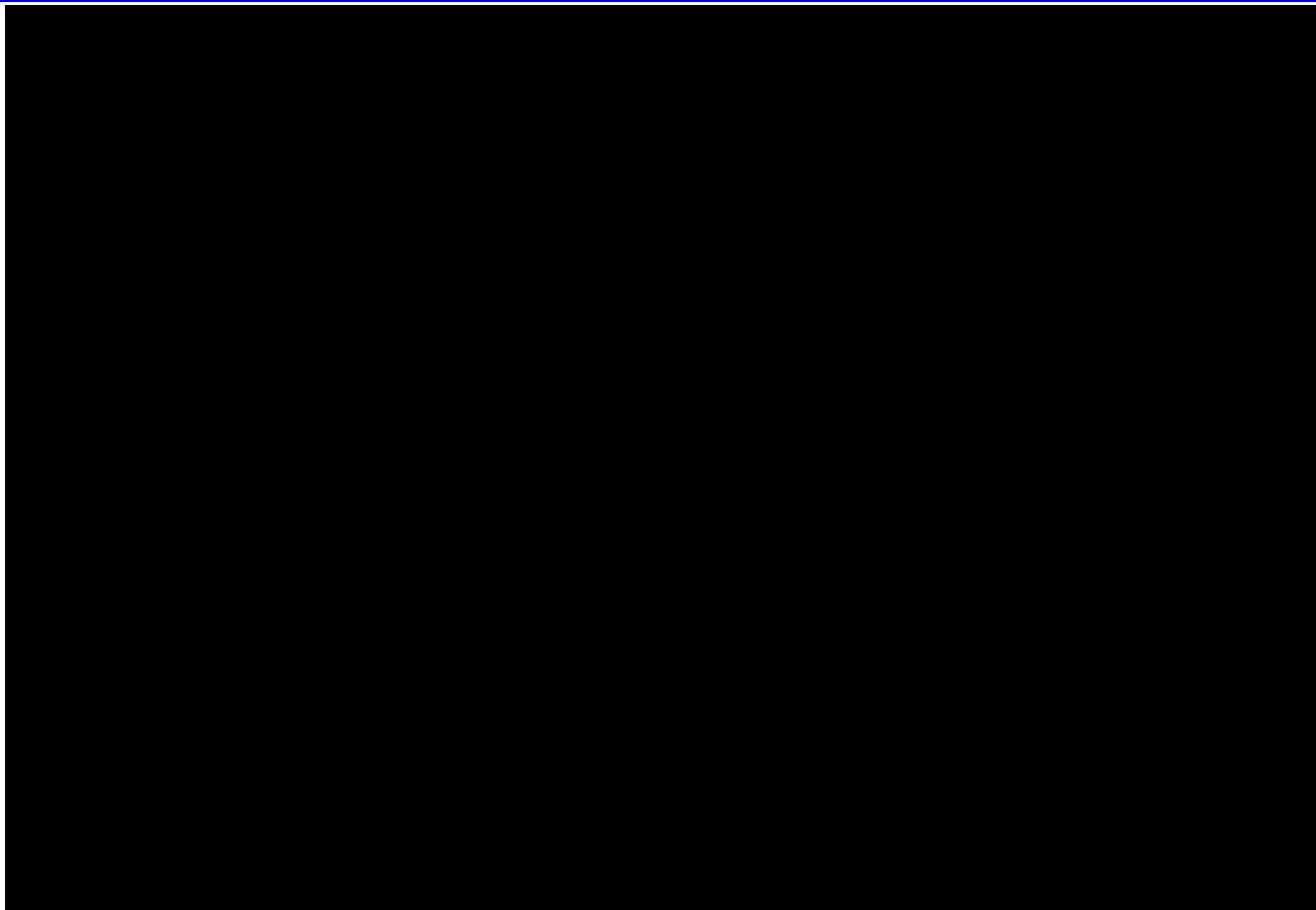
- β 線ダストモニタは、廃液貯槽から廃液をサンプリングする作業に伴い、廃液から空気中への放射性物質の拡散の可能性を考慮して管理区域内の液体廃棄物一時貯留室に設置する。
- α/β 線ダストモニタは、核燃料物質を含む高汚染物の受入・払出作業、分析試料及び固体廃棄物を取扱う定常作業に伴い、キャスク、分析試料もしくは固体廃棄物から空気中への放射性物質の拡散の可能性を考慮して管理区域内のサービスエリア、分析室及び固体廃棄物払出準備室に設置する。
- エアスニファは、作業員が立ち入る可能性のあるエリアに対して、汚染がないことを定期的に確認するために管理区域内の各エリアに設置する。

17. 第2棟内の放射線を監視する設備、汚染検査設備 (2/6)

追加説明

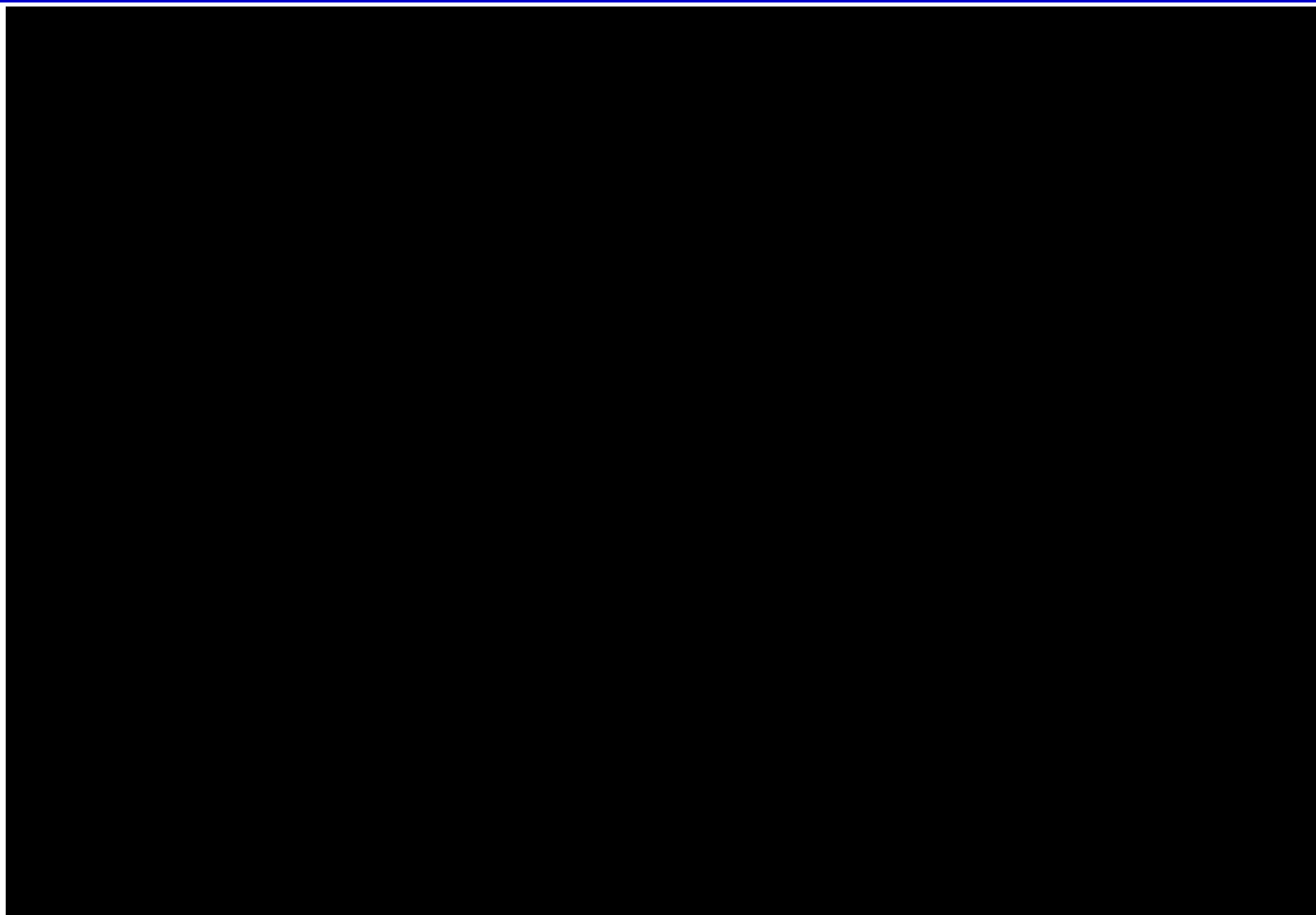
- 第2棟建屋に入域する場合に、手足、着衣の汚染検査を行うため第2棟出入口付近（連絡通路側）にハンドフットクロスモニタを設置する。
- 管理区域から退域する場合に、手足、着衣の汚染検査を行うため更衣室・汚染検査室にハンドフットクロスモニタを設置する。

17. 第2棟内の放射線を監視する設備、汚染検査設備 (3/6)



第2棟の機器配置図 地下1階

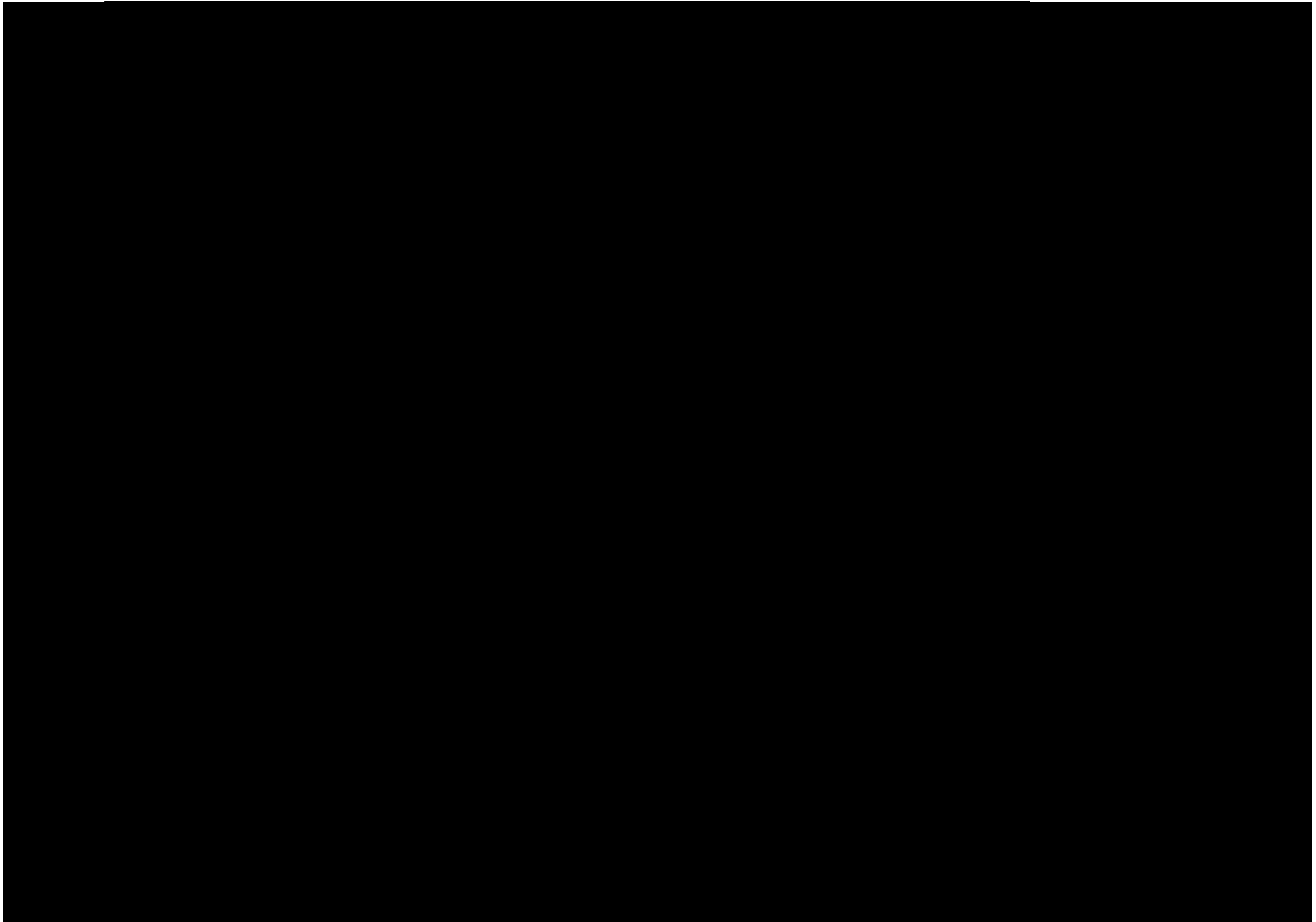
17. 第2棟内の放射線を監視する設備、汚染検査設備 (4/6)



第2棟の機器配置図 地上1階

17. 第2棟内の放射線を監視する設備、汚染検査設備 (5/6)

一部改訂



第2棟の機器配置図 地上2階

17. 第2棟内の放射線を監視する設備、汚染検査設備 (6/6)

一部改訂

【 γ 線エリアモニタ】

- 検出器種別 : 半導体検出器
- 測定線種 : γ 線
- 数量 : 9 台

【中性子線エリアモニタ】

- 検出器種別 : ^3He 計数管検出器
- 測定線種 : 中性子線
- 数量 : 2 台

【 α/β 線ダストモニタ】

- 検出器種別 : ZnS プラスチックシンチレーション検出器
- 測定線種 : α β 線
- 数量 : 3 台

【 β 線ダストモニタ】

- 検出器種別 : 半導体検出器
- 測定線種 : β 線
- 数量 : 1 台

【エアスニファ】

a) エアスニファ

- 集じん方式 : 固定ろ紙集じん方式
- 数量 : 26 台

b) サンプリングポンプ

- 数量 : 2 台

【ハンドフットクロスモニタ】

- 検出器種別 : ZnS プラスチックシンチレーション検出器
- 測定線種 : α β (γ) 線
- 数量 : 4 台 (第2棟内3台、連絡通路1台)

18. 第2棟の入退域動線

追加説明

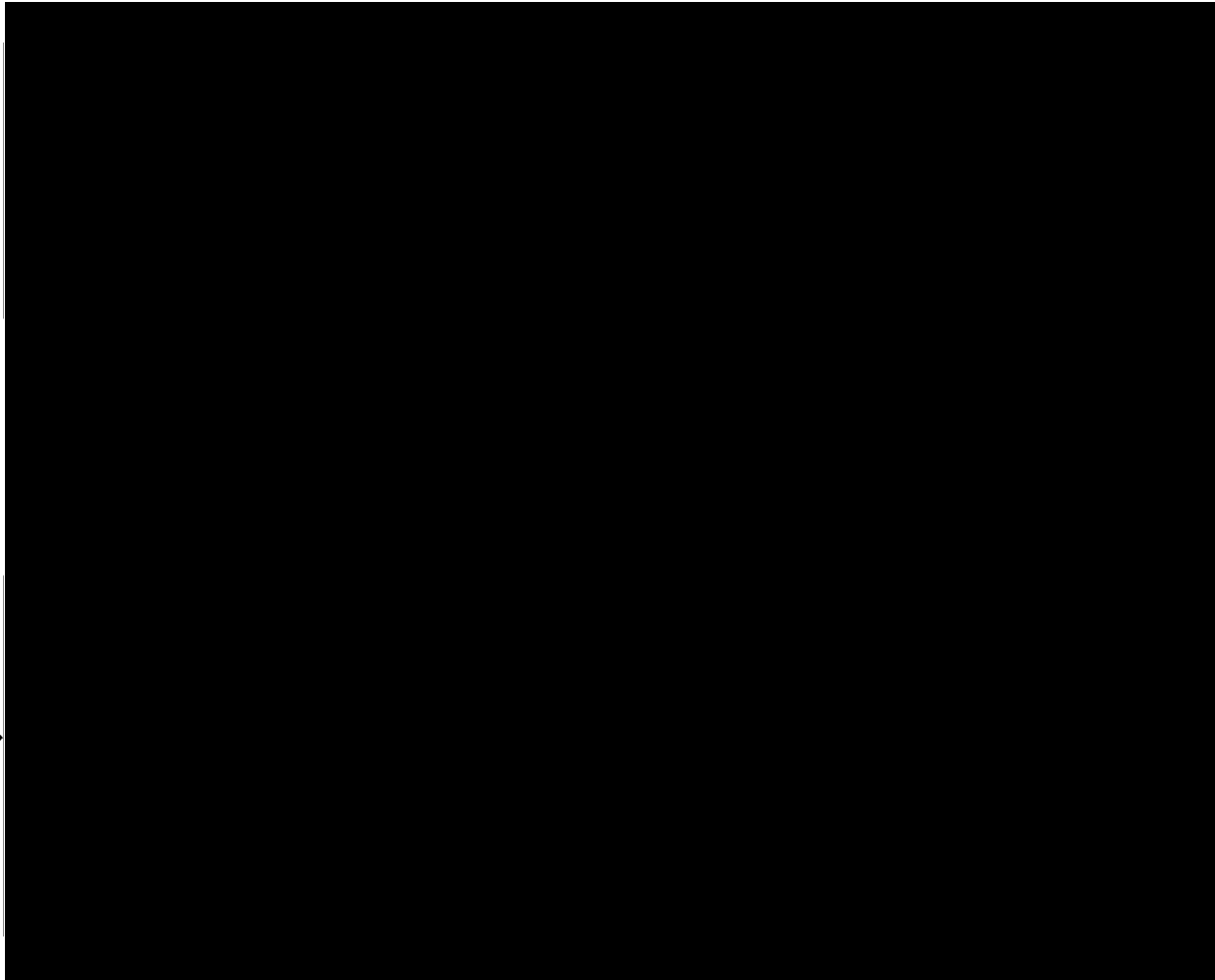
【入域手順】

- ①連絡通路で汚染検査を実施
- ②第2棟へ入域
- ③更衣室で保護具等を着用し管理区域に入域

【退域手順】

- ①管理区域退域前に更衣室・汚染検査室で汚染検査を実施
- ②更衣室で保護具等を脱ぎ管理区域から退域
- ③第2棟から退域

※グローブボックス、サービスエリア等での作業後に汚染検査を実施し退域に係る汚染検査を①で実施する。



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 (Ⅲ. 耐震性及び構造強度)



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
(Ⅲ. i. 耐震性評価について)

11月20日面談資料改訂版

2021年4月15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. 耐震性評価の基本方針

◆耐震性評価の基本方針

- 第2棟の建屋及び設備の耐震設計は、「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針(平成18年9月19日)」(以下「耐震指針」という。)における耐震設計上の重要度分類に基づき、地震により発生する可能性のある公衆への放射線による影響の観点から、建屋、コンクリートセル、鉄セル、グローブボックス等を耐震Bクラスとして設計する。
- 地震による機能喪失を想定した場合の影響を評価し、耐震指針に基づき定めた耐震クラスが「使用許可基準規則」を考慮した設計であることを確認する。
- 耐震性の評価は、具体的な評価方法が示されている「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」等に基づき実施する。

2. 耐震指針に基づく耐震重要度分類の考え方(1/4)

◆設備の重要度による耐震クラス別分類

第2棟の建屋及び設備の耐震重要度分類は、耐震指針に基づき行う。

【耐震Sクラス】

耐震重要度分類及び定義	クラス別分類
Sクラス 自ら放射性物質を内蔵しているか又は内蔵している施設に直接関係しており、その機能喪失により放射性物質を外部に放散する可能性のあるもの、及びこれらの事態を防止するために必要なもの、並びにこれらの事故発生の際に外部に放散される放射性物質による影響を低減させるために必要なものであって、その影響の大きいもの	i)「原子炉冷却材圧力バウンダリ」を構成する配管・機器系
	ii) 使用済燃料を貯蔵するための施設
	iii) 原子炉の緊急停止のために急激に負の反応度を付加するための施設、及び原子炉の停止状態を維持するための施設
	iv) 原子炉停止後、炉心から崩壊熱を除去するための施設
	v) 原子炉冷却材圧力バウンダリ破損事故後、炉心から崩壊熱を除去するための施設
	vi) 原子炉冷却材圧力バウンダリ破損事故の際、圧力障壁となり放射性物質の放散を直接防ぐための施設
	vii) 放射性物質の放出を伴うような事故の際に、その外部放散を抑制するための設備で上記 vi 以外の施設



耐震指針では、上記のように原子炉冷却材バウンダリ、使用済燃料の貯蔵施設、原子炉の緊急停止のための施設等をSクラスの施設としており、**第2棟にはSクラスの施設に該当する設備はない。**

なお、第2棟で取り扱う放射性物質の量は発電用原子炉施設に比べ十分少ないことから、試料ピットはii)項に該当しない。

2. 耐震指針に基づく耐震重要度分類の考え方(2/4)

【耐震Bクラス】

耐震重要度分類及び定義	クラス別分類
Bクラス Sクラスの定義において、影響が比較的小さいもの	i) 原子炉冷却材圧力バウンダリに直接接続されていて、一次冷却材を内蔵しているか又は内蔵しうる施設
	ii) 放射性廃棄物を内蔵している施設。 ただし、内蔵量が少ないか又は貯蔵方式により、その破損によって公衆に与える放射線の影響が周辺監視区域外における年間の線量限度に比べ十分小さいものは除く。
	iii) 放射性廃棄物以外の放射性物質に関連した施設で、その破損により、公衆及び従業員に過大な放射線被ばくを与える可能性のある施設
	iv) 使用済燃料を冷却するための施設
	v) 放射性物質の放出を伴うような場合に、その外部放散を抑制するための施設で、Sクラスに属さない施設



第2棟には、Bクラスの施設のiii)に該当する設備を有しており、その破損により公衆に影響を与える可能性の大きい設備はBクラスに分類している。一方、地震によって破損しても、公衆に影響を与える可能性が十分小さい設備は耐震Cクラスに分類している。

なお、上位の分類に属する設備は、下位の分類に属する設備の破損によって波及的影響が生じないように設計する。

2. 耐震指針に基づく耐震重要度分類の考え方(3/4)

◆第2棟 建屋及び設備の耐震重要度分類(1/2)

		耐震Bクラス	耐震Cクラス
建屋		・第2棟建屋(コンクリートセル含む)	・電気設備棟 ・消火用ガスボンベ庫
設備	(1)分析設備	・鉄セル ・グローブボックス	・フード
	(2)液体廃棄物 一時貯留設備	—	・分析廃液受槽A、B ・設備管理廃液受槽A、B ・分析廃液移送ポンプ ・分析廃液回収ポンプ ・設備管理廃液移送ポンプ ・設備管理廃液回収ポンプ ・主要配管* ² (鋼管)
	(3)換気空調設備	・セル・グローブボックス用排風機A、B ・セル・グローブボックス用排気フィルタユニットA、B、C、D ・コンクリートセル用給気フィルタユニットA、B ・鉄セル用給気フィルタユニットA、B、C、D ・グローブボックス用給気フィルタユニットA～H ・主要排気管(鋼管、ダクト)* ¹ ・主要給気管(鋼管)* ³	・フード用排風機 ・管理区域用排風機 ・管理区域用送風機 ・フード用排気フィルタユニット ・管理区域用排気フィルタユニット
	(4)その他設備	—	・電気設備 ・消火設備

2. 耐震指針に基づく耐震重要度分類の考え方(4/4)

◆第2棟 建屋及び設備の耐震重要度分類(2/2)

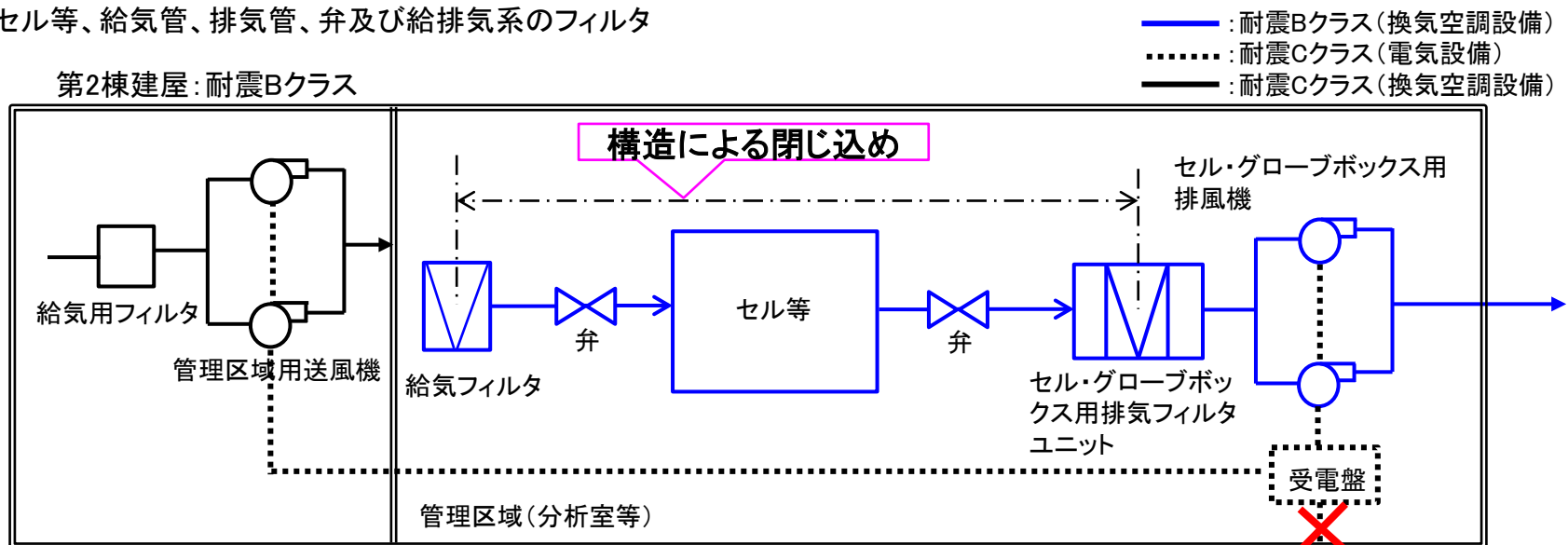
- * 1: コンクリートセル排気口から排気母管まで
鉄セル排気口から排気母管まで
グローブボックス排気口から排気母管まで
排気母管
排気母管からセル・グローブボックス用排気フィルタユニット入口まで
セル・グローブボックス用排気フィルタユニット出口から第2棟の排気口入口まで
- * 2: 分析廃液受槽出口から分析廃液移送ポンプ入口まで
分析廃液移送ポンプ出口から分析廃液払出口まで
分析廃液受槽出口から分析廃液回収ポンプ入口まで
分析廃液回収ポンプ出口から分析廃液払出口まで
設備管理廃液受槽出口から設備管理廃液移送ポンプ入口まで
設備管理廃液移送ポンプ出口から設備管理廃液払出口まで
設備管理廃液受槽出口から設備管理廃液回収ポンプ入口まで
設備管理廃液回収ポンプ出口から設備管理廃液払出口まで
- * 3: コンクリートセル用給気フィルタユニットからコンクリートセル給気口まで
鉄セル用給気フィルタユニットから鉄セル給気口まで
グローブボックス用給気フィルタユニットからグローブボックス給気口まで

3. セル等の放射性物質閉じ込めの考え方、耐震クラス

◆Bクラス地震が発生して電源喪失した場合の対応

- 構造※1による閉じ込めとして、給気フィルタと排気フィルタの間で放射性物質を閉じ込める。
- その際、フィルタから放出される放射性物質による影響は十分に小さい。(別紙1)
- フィルタからの放射性物質の放出をさらに低減するため、セル等の直近の給排気ラインに弁を設置し、閉止できる設計とする。
- 弁の閉止が速やかに出来るよう操作性・アクセス性を考慮する。
- 排風機が停止した場合の弁の操作を含めマニュアル化する。

※1:セル等、給気管、排気管、弁及び給排気系のフィルタ



◆耐震Bクラスの換気空調設備

放射性物質の拡散防止(バウンダリの確保)及び電源復帰後に速やかに負圧を回復できるよう耐震Bクラスとしている。

✗ :電源の喪失を示す



4. 使用許可基準規則を考慮した耐震重要度分類(1/3)

「使用施設等の位置、構造及び設備の基準に関する規則」(その解釈含む。以下「使用許可基準規則」という。)の第九条(地震による損傷の防止)では、**破損(機能喪失)による公衆への放射線影響の程度でクラス分類**を行うよう求めている。

- ・Sクラス:5mSvを超える場合
- ・Bクラス:5mSvを超えない場合。50 μ Sv以下の場合にはCクラスに分類できる。

放射性物質を内蔵している設備について、機能喪失を想定した場合の影響を評価した。

【「使用許可基準規則」より抜粋】

第9条(地震による損傷の防止)

一 耐震クラス分類 I

② Bクラス

機能喪失した場合の影響がSクラス施設と比べ小さい施設をいい、例えば、次の施設が挙げられる。

a) 核燃料物質を取り扱う設備・機器又は核燃料物質を非密封で取り扱う設備・機器を収納するセル又はグローブボックス及びこれらと同等の閉じ込め機能を必要とする設備・機器であって、その破損による公衆への放射線の影響が比較的小さいもの。(ただし、核燃料物質が少ないか又は収納方式によりその破損による公衆への放射線の影響が十分小さいものは除く。)

b) 放射性物質の外部への放散を抑制するための設備・機器であってSクラス以外の設備・機器

なお、Sクラスに属する施設を有しない使用施設等のうち、安全機能を喪失した場合に敷地周辺の公衆が被ばくする線量が十分に低いものは、Cクラスに分類することができる。この場合において、上記の「敷地周辺の公衆が被ばくする線量が十分に低い」とは、「発電用軽水型原子炉施設周辺の線量目標値に関する指針」(昭和50年5月13日原子力委員会決定)を参考に、実効線量が発生事故当たり50マイクロシーベルト以下であることをいう。

4. 使用許可基準規則を考慮した耐震重要度分類(2/3)

◆機能喪失を想定した場合の影響を評価（詳細は別紙2を参照）

設備	想定事象	線量評価の概要	線量の評価値
第2棟建屋 (コンクリートセル 含む)	閉じ込め 機能喪失	コンクリートセル内の試料調製時に発生する燃料デブリからの粉体の発生量を安全側に見積もり、粉体中の放射性物質がセル内の気相に移行 ^{※1} し、排気系統を通じてではなく、直接、セル周辺の室に放出され、さらに建屋から外部へ放出 ^{※2} され地上放出によって敷地境界に達したと想定	1.1mSv < 5mSv
鉄セル	閉じ込め 機能喪失	鉄セル内の燃料デブリ中の放射性物質の一部がセル内の気相に移行 ^{※3} し、排気系統を通じてではなく、直接、セル周辺の室に放出され、さらに建屋から外部へ放出 ^{※2} され地上放出によって敷地境界に達したと想定	0.3mSv < 5mSv
グローブボックス、 フード	閉じ込め 機能喪失	グローブボックス内の燃料デブリ中の放射性物質の一部がセル内の気相に移行 ^{※3} し、排気系統を通じてではなく、直接、グローブボックス周辺の室に放出され、さらに建屋から外部へ放出 ^{※2} され地上放出によって敷地境界に達したと想定	0.03 μSv < 50 μSv
廃液受槽 (分析廃液受槽)	閉じ込め 機能喪失	分析廃液受槽が破損し、内蔵している放射性の液体廃棄物が堰内に漏えいし、漏えいに伴い、液体廃棄物中の放射性物質の一部が室内の気相に移行 ^{※4} し、排気系統を通じてではなく、直接、建屋から外部へ放出 ^{※2} され地上放出によって敷地境界に達したと想定	0.008 μSv < 50 μSv
消火設備	消火機能喪失 (火災)	コンクリートセル内の試料調製時に発生する燃料デブリからの粉体の発生量を安全側に見積もり、粉体中の放射性物質が切断時に飛散 ^{※1} することに加えて、火災に伴ってセル内の気相に移行 ^{※5} するものとし、これらが排気系統を通じて、排気口から火災によって放出され敷地境界に達したと想定	0.001 μSv < 50 μSv

- ※1 燃料デブリ切断時の粉体から気相への放射性物質の移行率1% (日本原子力学会「ホットラボの設計と管理」)。Kr等の気体状の放射性物質は100%移行。
 ※2 コンクリートセル、建屋の除染係数として気体状の放射性物質を除き、各々10を考慮。鉄セル、グローブボックス、フード、廃液受槽については建屋の除染係数のみ考慮
 Elizabeth M.Flew, et al. "Assessment of the Potential Release of Radioactivity from Installations at AERE, Harwell. Implications for Emergency Planning".
 Handling of Radiation Accidents. International Atomic Energy Agency. Vienna, 1969, IAEA-SM-119/7
 ※3 鉄セル、グローブボックス、フードでは、燃料デブリの切断は行わないが、取り扱う燃料デブリ全量が粉体化するものとし、※1の移行率を用いた。
 ※4 液体状の放射性物質の漏えい時の気相への移行率0.02% ("Nuclear Fuel Cycle Facility Accident Analysis Handbook", NUREG/CR-6410)
 ※5 火災に伴う粉体から気相への放射性物質の移行率0.6% ("Nuclear Fuel Cycle Facility Accident Analysis Handbook", NUREG/CR-6410)

4. 使用許可基準規則を考慮した耐震重要度分類(3/3)

機能喪失時の評価結果から、

- ・コンクリートセル、鉄セルは、機能喪失を想定しても5mSv以下であり、Bクラスとなる。
 - ・グローブボックスについては、機能喪失を想定しても50 μ Sv以下でありCクラスともできるが、将来の機能拡張を考慮し、Bクラスとしている。
 - ・フード、廃液受槽は、機能喪失を想定しても50 μ Sv以下であり、Cクラスとなる。
 - ・消火設備は、火災を想定しても50 μ Sv以下であり、Cクラスとなる。
- ・また、セル等に関連した換気空調設備については、「使用許可基準規則」(その解釈)に基づき、セル等と同等の閉じ込め機能を求めるものとし、同一の耐震クラスとしている。



以上のように、第2棟の耐震クラスは「使用許可基準規則」にも則したものとなっている。

別紙1 電源喪失から弁閉止までの間の線量評価について (負圧維持機能喪失)

◆想定事象

- ・地震により電気設備が損傷し、負圧維持機能が喪失することを想定。

◆放射性物質の放出経路

- ・コンクリートセルにて、切断時に発生する粉体(約 7×10^{12} Bq)の1%(トリチウム、希ガス、ヨウ素は100%)が気相に移行(既存使用施設で同様な評価に用いている移行率※1)。
- ・コンクリートセルから、給気フィルタを通じて、セル周辺の室に放出され、さらに建屋から外部へ放出され地上放出によって敷地境界に達したと想定。

◆除染係数

- ・給気フィルタについては、高性能フィルタの1段の除染係数(DF)として 10^3 を考慮する。
- ・建屋については、除染係数(DF)として10を考慮する※2。
- ・なお、ガス状の放射性物質については、除染係数を考慮しない。

◆放出された放射能

- ・建屋外に放出された放射能 → 3.5×10^9 Bqと評価。

◆放射性物質の大気拡散

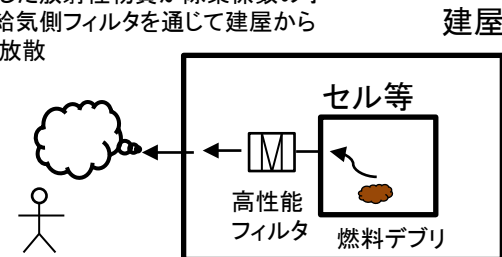
- ・「発電用原子炉施設の安全解析に関する気象指針」に従い、地上放出によって敷地境界に達する場合の相対濃度 → 3.2×10^{-7} h/m³と評価。



◆線量評価結果

- ・「発電用軽水型原子炉施設の安全評価に関する審査指針」を参考に求めた呼吸摂取による内部被ばく線量 → 約 11μ Sv

地震により、負圧維持機能が喪失し、燃料デブリの切断に伴ってセル内に飛散した放射性物質が除染係数の小さい給気側フィルタを通じて建屋から地上放出



建屋外への放出量

核種	放出量 [Bq]
Pu-238	4.7×10^5
Pu-239	3.4×10^4
Pu-240	6.1×10^4
Pu-241	4.7×10^6
Am-241	2.5×10^5
Am-242m	8.5×10^3
Cm-244	6.4×10^4
その他	3.5×10^9
合計	3.5×10^9

「その他」以外の核種が全体の実効線量のうち約99%を占める。

「その他」の主な核種

核種	放出量 [Bq]
Kr-85	3.2×10^9
H-3	3.3×10^8

※1 燃料デブリ切断時の粉体から気相への放射性物質の移行率1%(日本原子力学会「ホットラボの設計と管理」)

※2 建屋の除染係数として10を考慮。

Elizabeth M.Flew, et al."Assessment of the Potential Release of Radioactivity from Installations at AERE, Harwell. Implications for Emergency Planning". Handling of Radiation Accidents. International Atomic Energy Agency. Vienna, 1969, IAEA-SM-119/7

別紙1 電源喪失から弁閉止までの間の線量評価について (負圧維持機能喪失+火災発生)

◆想定事象

- 地震により電気設備及び消火設備が損傷し、負圧維持機能及び消火機能が喪失することを想定。

◆放射性物質の放出経路

- コンクリートセルNo.4における燃料デブリ等の切断時に地震が発生し、その後火災が発生したことを想定。
- 切断時に発生する粉体(約 7×10^{12} Bq)について、切断時の飛散1%(既存使用施設で同様な評価に用いている移行率^{※1})と火災に伴う飛散0.6%^{※2}を合わせた1.6%(トリチウム、希ガス、ヨウ素は100%)が気相に移行。
- コンクリートセルから、給気フィルタを通じて、セル周辺の室に放出され、さらに建屋から外部へ放出され地上放出によって敷地境界に達したと想定。

◆除染係数

- 給気フィルタについては、高性能フィルタの1段の除染係数(DF)として 10^3 を考慮する。
- 建屋については、除染係数(DF)として10を考慮する^{※3}。
- なお、ガス状の放射性物質については、除染係数を考慮しない。

◆放出された放射能

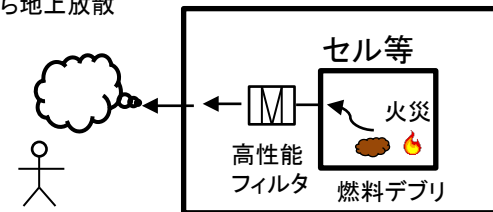
- 建屋外に放出された放射能 → 3.5×10^9 Bqと評価。

◆放射性物質の大気拡散

- 「発電用原子炉施設の安全解析に関する気象指針」に従い、地上放出によって敷地境界に達する場合の相対濃度 → 3.2×10^{-7} h/m³と評価。

地震後に火災が発生したと想定。負圧維持機能が喪失し、燃料デブリの切断及び火災に伴ってセル内に飛散した放射性物質が除去係数の小さい給気側フィルタを通じて建屋から地上放出

建屋



建屋外への放出量

核種	放出量 [Bq]
Pu-238	7.5×10^5
Pu-239	5.4×10^4
Pu-240	9.7×10^4
Pu-241	7.5×10^6
Am-241	4.0×10^5
Am-242m	1.4×10^4
Cm-244	1.0×10^5
その他	3.5×10^9
合計	3.5×10^9

「その他」以外の核種が全体の実効線量のうち約99%を占める。

「その他」の主な核種

核種	放出量 [Bq]
Kr-85	3.2×10^9
H-3	3.3×10^8

◆線量評価結果

- 「発電用軽水型原子炉施設の安全評価に関する審査指針」を参考に求めた呼吸摂取による内部被ばく線量 → 約 18μ Sv

※1 燃料デブリ切断時の粉体から気相への放射性物質の移行率1%(日本原子力学会「ホットラボの設計と管理」)

※2 火災に伴う粉体から気相への放射性物質の移行率0.6%(“Nuclear Fuel Cycle Facility Accident Analysis Handbook”, NUREG/CR-6410)

※3 建屋の除染係数として10を考慮。

Elizabeth M.Flew, et al.”Assessment of the Potential Release of Radioactivity from Installations at AERE, Harwell. Implications for Emergency Planning“. Handling of Radiation Accidents. International Atomic Energy Agency, Vienna, 1969, IAEA-SM-119/7

別紙2 機能喪失時の線量評価について(1/5)

①第2棟建屋(コンクリートセル含む)

◆想定事象

- ・地震によりコンクリートセル、建屋が損傷し、閉じ込め機能が喪失することを想定。

◆放射性物質の放出経路

- ・コンクリートセルにて、切断時に発生する粉体(約 7×10^{12} Bq)の1%(トリチウム、希ガス、ヨウ素は100%)が気相に移行(既存使用施設で同様な評価に用いている移行率※1)。
- ・コンクリートセルから、排気系統を通じてではなく、直接、セル周辺の室に放出され、さらに建屋から外部へ放出され地上放出によって敷地境界に達したと想定。

◆除染係数

- ・コンクリートセル、建屋については、損傷した場合の除染係数(DF)をIAEAの文献※2から引用。→コンクリートセル、建屋ともDF:10を考慮する。
- ・なお、ガス状の放射性物質については、除染係数を考慮しない。

◆放出された放射能

- ・建屋外に放出された放射能 → 4.2×10^9 Bqと評価。

◆放射性物質の大気拡散

- ・「発電用原子炉施設の安全解析に関する気象指針」に従い、地上放出によって敷地境界に達する場合の相対濃度 → 3.2×10^{-7} h/m³と評価。



◆線量評価結果

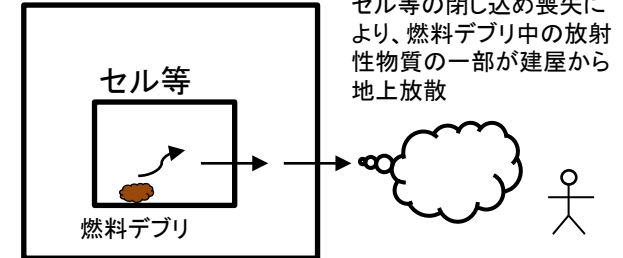
- ・「発電用軽水型原子炉施設の安全評価に関する審査指針」を参考に求めた呼吸摂取による内部被ばく線量 → 約1.1mSv

※1 燃料デブリ切断時の粉体から気相への放射性物質の移行率1%(日本原子力学会「ホットラボの設計と管理」)

※2 コンクリートセル、建屋の除染係数として各々10を考慮。

Elizabeth M.Flew, et al."Assessment of the Potential Release of Radioactivity from Installations at AERE, Harwell. Implications for Emergency Planning". Handling of Radiation Accidents. International Atomic Energy Agency. Vienna, 1969, IAEA-SM-119/7

建屋



想定事象①における建屋外への放出量

核種	放出量 [Bq]
Pu-238	4.7×10^7
Pu-239	3.4×10^6
Pu-240	6.1×10^6
Pu-241	4.7×10^8
Am-241	2.5×10^7
Am-242m	8.5×10^5
Cm-244	6.4×10^6
その他	3.6×10^9
合計	4.2×10^9

「その他」以外の核種が全体の実効線量のうち約99%を占める。

「その他」の主な核種

核種	放出量 [Bq]
Kr-85	3.2×10^9
H-3	3.3×10^8

別紙2 機能喪失時の線量評価について(2/5)

②鉄セル

◆想定事象

- ・地震により鉄セル、建屋が損傷し、閉じ込め機能が喪失することを想定。

◆放射性物質の放出経路

- ・鉄セルでは燃料デブリの切断は行わないが、取り扱う燃料デブリのすべてが粉体化(約 2×10^{11} Bq)しているものとし、その1%(トリチウム、希ガス、ヨウ素は100%)が気相に移行^{※1}。
- ・鉄セルから、排気系統を通じてではなく、直接、セル周辺の室に放出され、さらに建屋から外部へ放出され地上放出によって敷地境界に達したと想定。

◆除染係数

- ・鉄セルの除染係数は考慮せず、建屋については、除染係数(DF)として10を考慮する^{※2}。
- ・なお、ガス状の放射性物質については、除染係数を考慮しない。

◆放出された放射能

- ・建屋外に放出された放射能 → 2.6×10^8 Bqと評価。

◆放射性物質の大気拡散

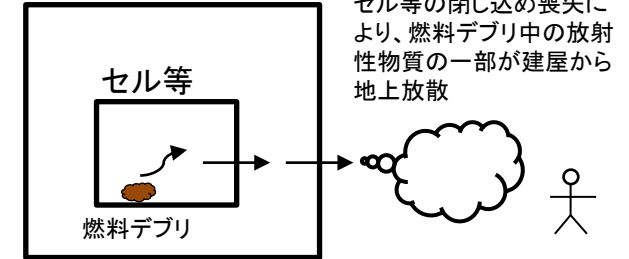
- ・「発電用原子炉施設の安全解析に関する気象指針」に従い、地上放出によって敷地境界に達する場合の相対濃度 → 3.2×10^{-7} h/m³と評価。



◆線量評価結果

- ・「発電用軽水型原子炉施設の安全評価に関する審査指針」を参考に求めた呼吸摂取による内部被ばく線量 → 約0.3mSv

建屋



想定事象②における建屋外への放出量

核種	放出量 [Bq]
Pu-238	1.2×10^7
Pu-239	8.4×10^5
Pu-240	1.5×10^6
Pu-241	1.2×10^8
Am-241	6.2×10^6
Am-242m	2.1×10^5
Cm-244	1.6×10^6
その他	1.2×10^8
合計	2.6×10^8

「その他」以外の核種が全体の実効線量のうち約99%を占める。

「その他」の主な核種

核種	放出量 [Bq]
Kr-85	8.0×10^7
Cs-137	9.4×10^6
Ba-137m	8.9×10^6
H-3	8.3×10^6

※1 燃料デブリ切断時の粉体から気相への放射性物質の移行率1%(日本原子力学会「ホットラボの設計と管理」)

※2 建屋の除染係数として10を考慮。

Elizabeth M.Flew, et al."Assessment of the Potential Release of Radioactivity from Installations at AERE, Harwell. Implications for Emergency Planning". Handling of Radiation Accidents. International Atomic Energy Agency. Vienna, 1969, IAEA-SM-119/7

別紙2 機能喪失時の線量評価について(3/5)

③グローブボックス(フードも同一)

◆想定事象

・地震によりグローブボックス、建屋が損傷し、閉じ込め機能が喪失することを想定。

◆放射性物質の放出経路

- ・グローブボックスでは燃料デブリの切断は行わないが、取り扱う燃料デブリのすべてが粉体化(約 2×10^7 Bq)しているものとし、その1%(トリチウム、希ガス、ヨウ素は100%)が気相に移行^{※1}。
- ・グローブボックスから、排気系統を通じてではなく、直接、グローブボックス周辺の室に放出され、さらに建屋から外部へ放出され地上放出によって敷地境界に達したと想定。

◆除染係数

- ・グローブボックスの除染係数は考慮せず、建屋については、除染係数(DF)として10を考慮する^{※2}。
- ・なお、ガス状の放射性物質については、除染係数を考慮しない。

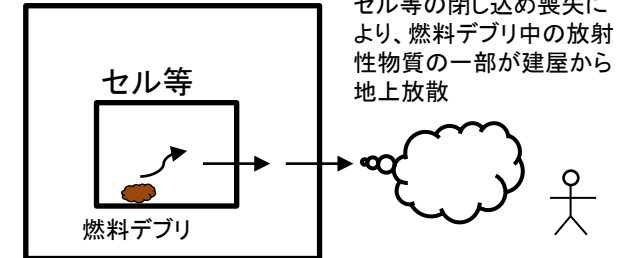
◆放出された放射能

・建屋外に放出された放射能 → 2.6×10^4 Bqと評価。

◆放射性物質の大気拡散

- ・「発電用原子炉施設の安全解析に関する気象指針」に従い、地上放出によって敷地境界に達する場合の相対濃度 → 3.2×10^{-7} h/m³と評価。

建屋



想定事象③における建屋外への放出量

核種	放出量 [Bq]
Pu-238	1.2×10^3
Pu-239	8.4×10^1
Pu-240	1.5×10^2
Pu-241	1.2×10^4
Am-241	6.2×10^2
Am-242m	2.1×10^1
Cm-244	1.6×10^2
その他	1.2×10^4
合計	2.6×10^4

「その他」以外の核種が全体の実効線量のうち約99%を占める。

「その他」の主な核種

核種	放出量 [Bq]
Kr-85	8.0×10^3
Cs-137	9.4×10^2
Ba-137m	8.9×10^2
H-3	8.3×10^2

◆線量評価結果

- ・「発電用軽水型原子炉施設の安全評価に関する審査指針」を参考に求めた呼吸摂取による内部被ばく線量 → 約 0.03μ Sv

※1 燃料デブリ切断時の粉体から気相への放射性物質の移行率1%(日本原子力学会「ホットラボの設計と管理」)

※2 建屋の除染係数として10を考慮。

Elizabeth M.Flew, et al."Assessment of the Potential Release of Radioactivity from Installations at AERE, Harwell. Implications for Emergency Planning". Handling of Radiation Accidents. International Atomic Energy Agency. Vienna, 1969, IAEA-SM-119/7

別紙2 機能喪失時の線量評価について(4/5)

④ 廃液受槽

◆ 想定事象

- ・地震により廃液受槽(分析廃液受槽)、建屋が損傷し、閉じ込め機能が喪失することを想定。

◆ 放射性物質の放出経路

- ・分析廃液受槽が破損し、内蔵している放射性の液体廃棄物全量(約 2×10^8 Bq)が堰内に漏えいし、漏えいに伴い、液体廃棄物中の放射性物質の一部が室内の気相に移行。
- ・排気系統を通じてではなく、直接、建屋から外部へ放出され地上放出によって敷地境界に達したと想定。
- ・漏えいした溶液の気相への移行率は0.02%(放射性物質が漏えいし、液滴が落下することによる移行率^{※1)}とした。

◆ 除染係数

- ・建屋については、除染係数(DF)として10を考慮する^{※2)}。
- ・なお、ガス状の放射性物質については、除染係数を考慮しない。

◆ 放出された放射能

- ・建屋外に放出された放射能 → 1.5×10^4 Bqと評価。

◆ 放射性物質の大気拡散

- ・「発電用原子炉施設の安全解析に関する気象指針」に従い、地上放出によって敷地境界に達する場合の相対濃度 → 3.2×10^{-7} h/m³と評価。



◆ 線量評価結果

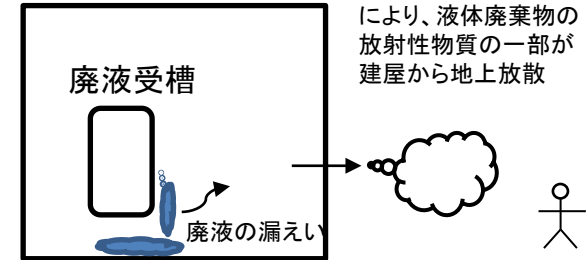
- ・「発電用軽水型原子炉施設の安全評価に関する審査指針」を参考に求めた呼吸摂取による内部被ばく線量 → 約0.008 μSv

※1 液体状の放射性物質の漏えい時の気相への移行率0.02%("Nuclear Fuel Cycle Facility Accident Analysis Handbook", NUREG/CR-6410)

※2 建屋の除染係数として10を考慮。

Elizabeth M.Flew, et al."Assessment of the Potential Release of Radioactivity from Installations at AERE, Harwell. Implications for Emergency Planning". Handling of Radiation Accidents. International Atomic Energy Agency. Vienna, 1969, IAEA-SM-119/7

建屋



想定事象④における建屋外への放出量

核種	放出量 [Bq]
Pu-238	3.1×10^2
Pu-239	2.2×10^1
Pu-240	4.0×10^1
Pu-241	3.1×10^3
Am-241	1.7×10^2
Am-242m	5.6×10^0
Cm-244	4.3×10^1
その他	1.2×10^4
合計	1.5×10^4

「その他」以外の核種が全体の実効線量のうち約99%を占める。

「その他」の主な核種

核種	放出量 [Bq]
H-3	1.1×10^4

別紙2 機能喪失時の線量評価について(5/5)

⑤消火設備

◆想定事象

- ・地震により消火設備が損傷し、消火機能が喪失することを想定。

◆放射性物質の放出経路

- ・コンクリートセルNo.4における燃料デブリ等の切断時に火災が発生したことを想定。
- ・切断時に発生する粉体(約 7×10^{12} Bq)について、切断時の飛散1%(既存使用施設で同様な評価に用いている移行率^{※1})と火災に伴う飛散0.6%^{※2}を合わせた1.6%(トリチウム、希ガス、ヨウ素は100%)が気相に移行。
- ・コンクリートセルから、排気系統を通じて、排気口から放出され敷地境界に達したと想定。

◆除染係数

- ・排気系統については、高性能フィルタの3段の除染係数(DF)として 10^7 を考慮する。

◆放出された放射能

- ・建屋外に放出された放射能 → 3.5×10^9 Bqと評価。

◆放射性物質の大気拡散

- ・「発電用原子炉施設の安全解析に関する気象指針」に従い、排気口から放出され敷地境界に達する場合の相対濃度 → 1.2×10^{-8} h/m³と評価。



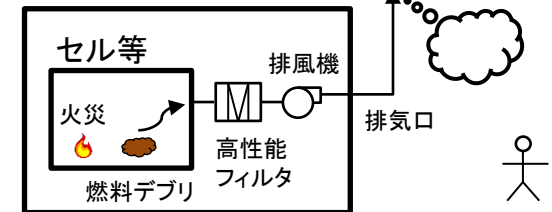
◆線量評価結果

- ・「発電用軽水型原子炉施設の安全評価に関する審査指針」を参考に求めた呼吸摂取による内部被ばく線量 → 約 0.001μ Sv

※1 燃料デブリ切断時の粉体から気相への放射性物質の移行率1%(日本原子力学会「ホットラボの設計と管理」)

※2 火災に伴う粉体から気相への放射性物質の移行率0.6%(“Nuclear Fuel Cycle Facility Accident Analysis Handbook”, NUREG/CR-6410)

建屋 火災により、燃料デブリ中の放射性物質の一部が排気系統を通じて排気口から大気放出



想定事象⑤における建屋外への放出量

核種	放出量 [Bq]
H-3	3.3×10^8
Kr-85	3.2×10^9
I-129	1.9×10^5
Pu-238	7.5×10^2
Pu-239	5.4×10^1
Pu-240	9.7×10^1
Pu-241	7.5×10^3
Am-241	4.0×10^2
Cm-244	1.0×10^2
その他	1.8×10^3
合計	3.5×10^9

「その他」以外の核種が全体の実効線量のうち約99%を占める。

「その他」の主な核種

核種	放出量 [Bq]
Cs-137	6.0×10^2
Ba-137m	5.7×10^2
Y-90	2.1×10^2
Sr-90	2.1×10^2
Pm-147	9.7×10^1

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

(Ⅲ. ii. 建屋の構造強度及び耐震性に関する検討結果)

10月15日面談資料改訂版

2021年4月15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



建屋の構造強度及び耐震性評価の基本方針

◆ 構造強度及び耐震性

➤ 構造強度の基本方針

第2棟の建屋の構造強度は「原子力施設鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説」（日本建築学会 平成25年8月）に従った設計とする。

➤ 耐震性評価の基本方針

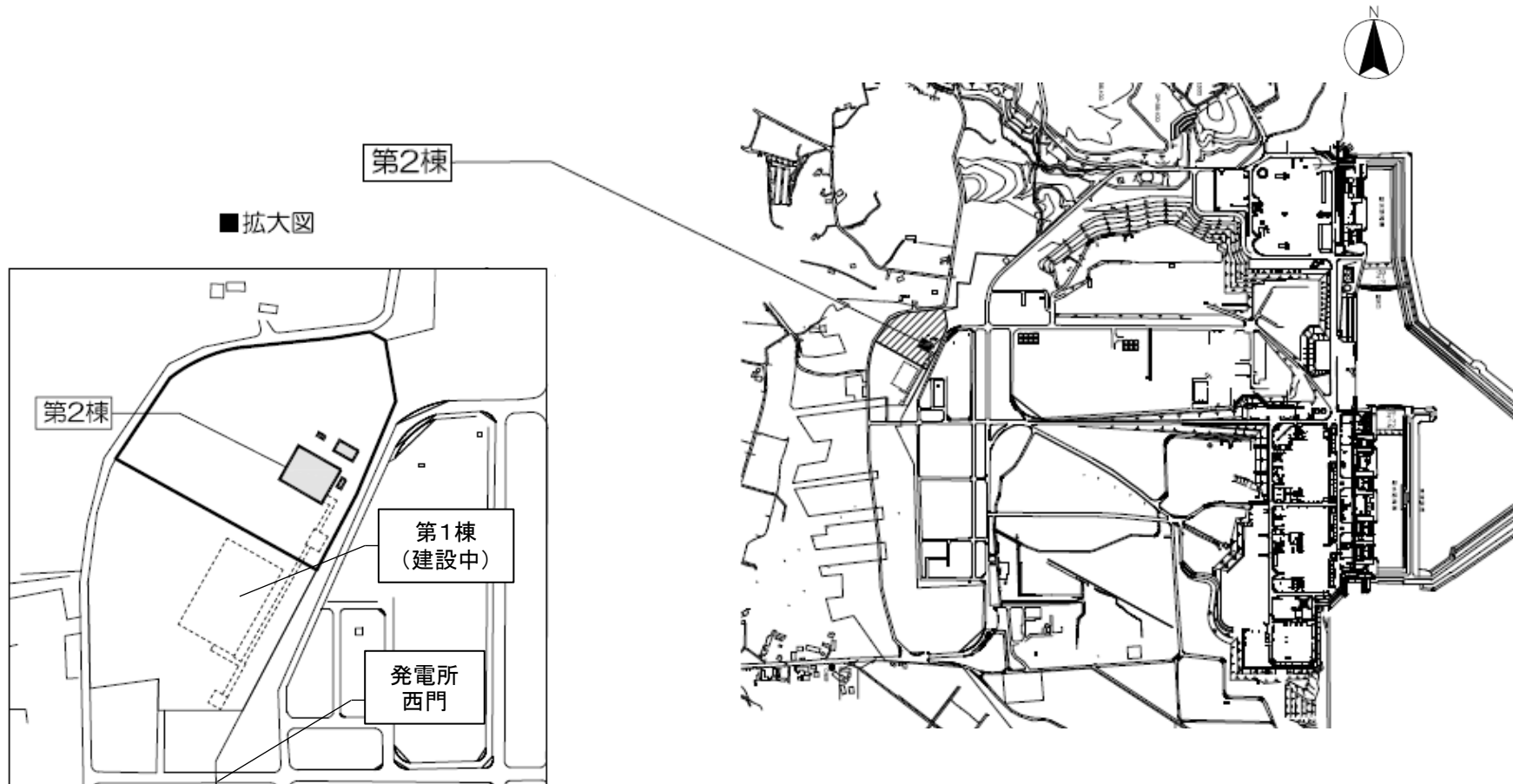
第2棟の建屋の耐震設計は、「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」（平成18年9月19日）における耐震設計上の重要度分類に基づき、地震により発生する可能性のある公衆への放射線による影響の観点から、建屋、コンクリートセル、鉄セル、グローブボックス等を耐震Bクラスとして設計する。

また、その耐震性を評価するに当たっては、「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」を準用する。

建屋の配置

◆ 第2棟建屋の配置

- 第2棟建屋は、発電所西門北側の第1棟に隣接して配置する。
- 敷地の地盤高さはT. P. +約40mの場所に設置する。



建屋の構造等(1)

◆ 第2棟建屋の構造等

- 鉄筋コンクリート造, 地上2階, 地下1階, 平面寸法35.0m (EW方向) × 28.0m (NS方向), 地上高さ17.3m
- 基礎は直接基礎で人工岩盤を介して富岡層に支持
- 人工岩盤はコンクリート ($F_c=18\text{N/mm}^2$), 平面寸法約40.0m (EW方向) × 約37.6m (NS方向), 厚さ約5.4m

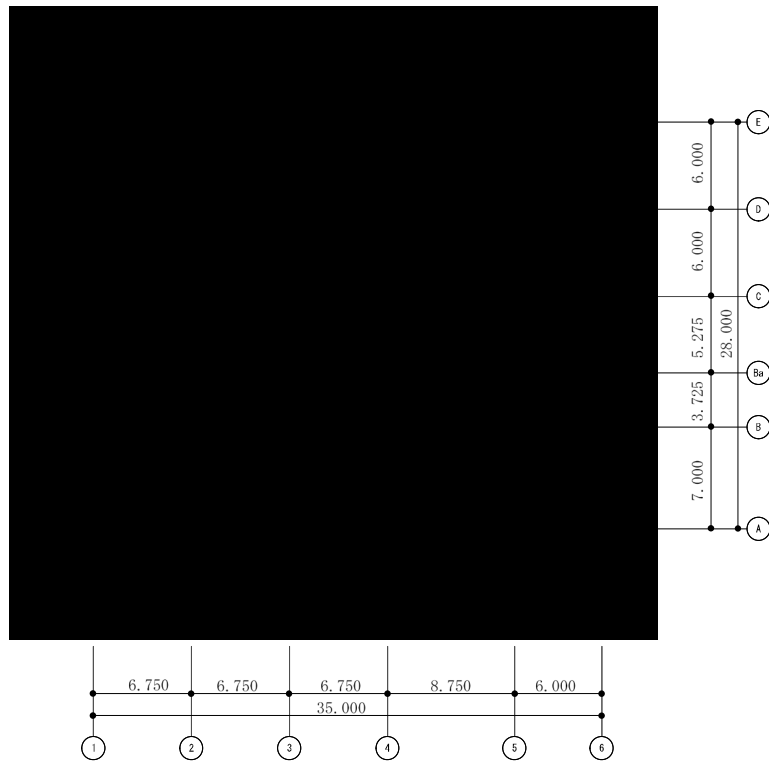


図-1 地下1階平面図
(G.L.-7.2) (単位:m)

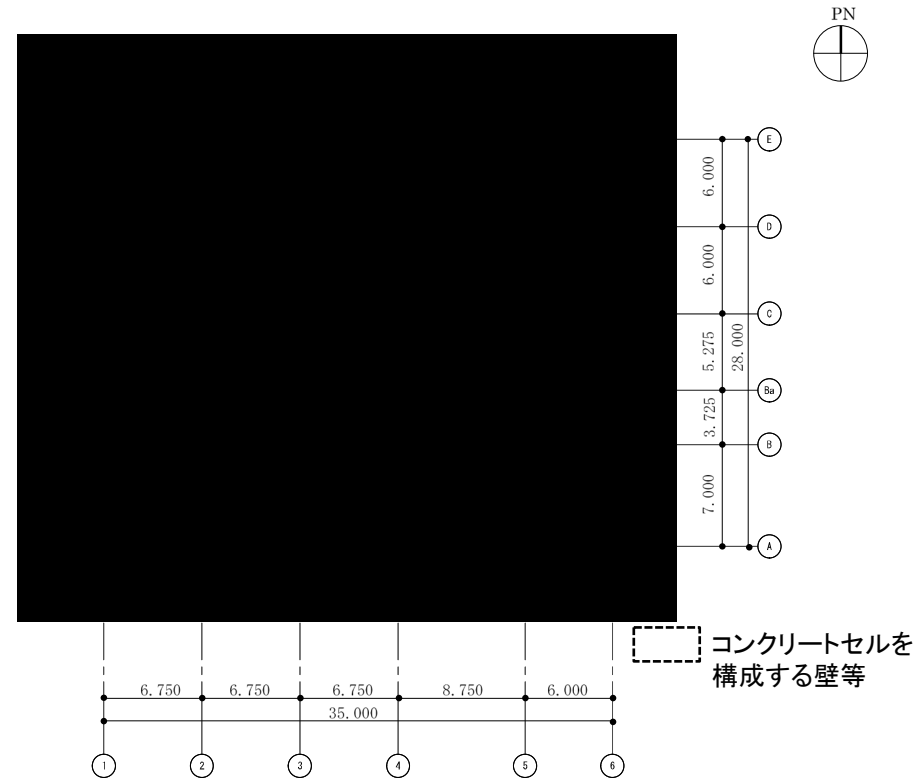
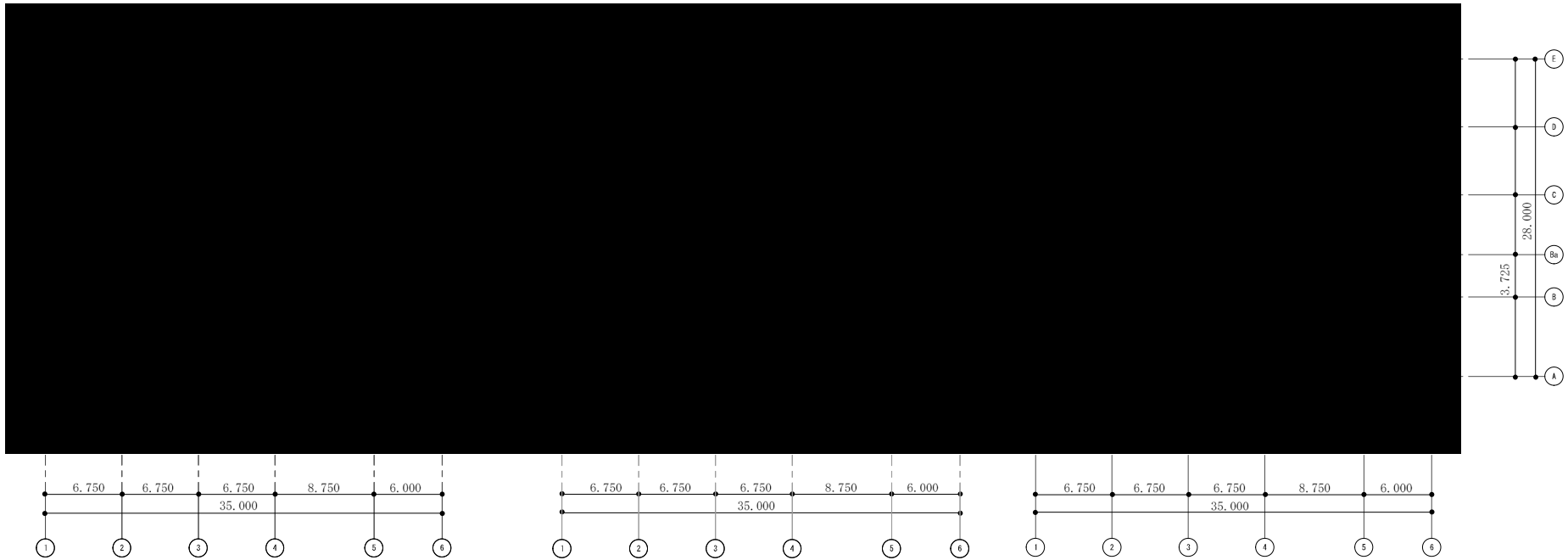


図-2 1階平面図
(G.L.+0.3) (単位:m)

建屋の構造等(2)



コンクリートセルを
構成する壁等

図-3 2階平面図
(G.L.+7.3) (単位:m)

図-4 屋上階平面図
(G.L.+13.3, +14.8) (単位:m)

図-5 屋根平面図
(G.L.+17.3) (単位:m)

建屋の構造等(3)

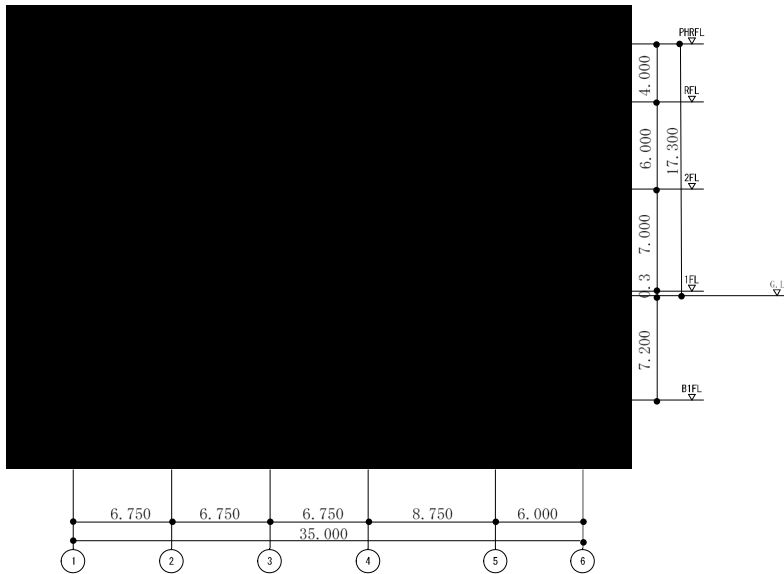


図-6 A-A断面図
(EW方向)(単位:m)

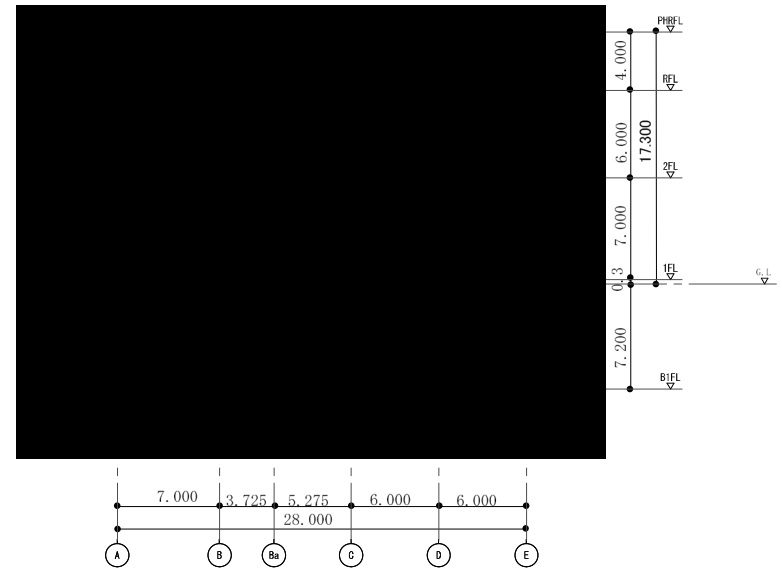
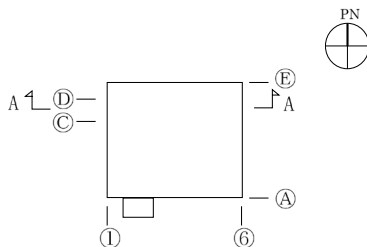
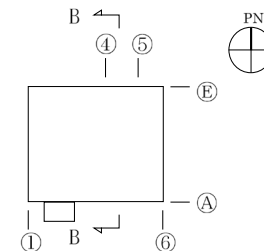


図-7 B-B断面図
(NS方向)(単位:m)



コンクリートセルを構成する壁等

建屋の耐震設計について(1)

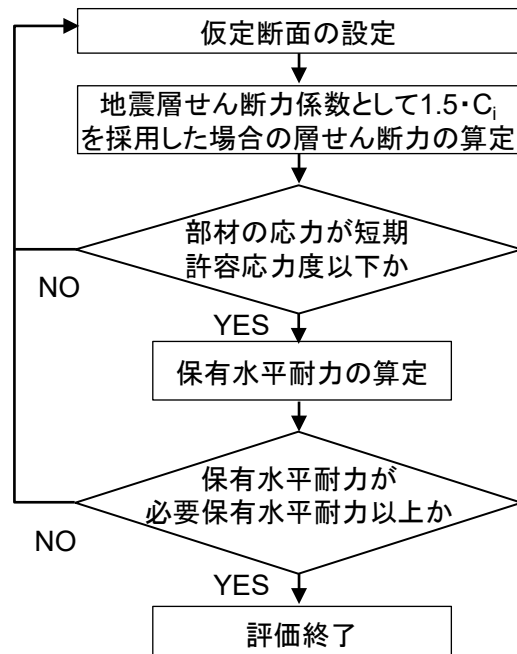
◆ 建屋の耐震設計について

○ 第2棟建屋は、耐震設計審査指針上の「Bクラス」の建物としての評価を実施する。

- 水平地震力は、地震層せん断力係数(C_i)に、耐震重要度分類に応じた係数『1.5』を乗じ、当該層以上の部分の重量を乗じて算定するものとする。
なお C_i は、標準せん断力係数(C_0)を0.2とし、建物の振動特性、地盤の種類等を考慮して求められる値とする。
- 地震時の水平力は、主に外周部及び建物内部に設けた耐震壁にて負担するものとする。

◆ 建屋の耐震性評価について

○ Bクラス施設としての建屋の耐震安全性評価



→ 第2棟建屋の構造耐力上主要な部分の検定比が最大となる部位について、作用応力が許容応力以下であることを確認する。

→ 第2棟建屋の各層の保有水平耐力が必要保有水平耐力以上を有していることを確認する。

建屋の耐震設計について(2)

◆ 第2棟建屋に用いる材料

- コンクリートは普通コンクリートを用い、コンクリートの設計基準強度 F_c は 36 N/mm^2 (現場打ちコンクリート)、 60 N/mm^2 (プレキャストコンクリート)とする。
- 鉄筋はSD295A(D16以下)、SD345(D19~D25)及びSD390(D29~D38)とする。
- 各使用材料の許容応力度は、「原子力施設鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説」(日本建築学会 平成25年8月)による。

◆ 荷重及び荷重の組合せ

- 鉛直荷重(VL)
固定荷重, 積載荷重(機器荷重を含む。)及び仕上荷重(配管荷重を含む。)とする。
- 積雪荷重(SNL)
建築基準法施行令第86条及び福島県建築基準法施行細則第19条に準拠し以下の条件とする。
 - ・積雪量: 30cm
 - ・単位荷重: $20 \text{ N/m}^2/\text{cm}$
- 風荷重(WL)
建築基準法施行令第87条, 建設省告示第1454号に基づく速度圧及び風力係数を用いて算定する。
 - ・基準風速: 30m/s
 - ・地表面粗度区分: III

荷重の組合せ

荷重状態	荷重ケース	荷重の組合せ	許容応力度
常時	A	VL	長期
積雪時	B	VL+SNL	短期
地震時※	C1	VL+SEL(W→E方向)	
	C2	VL+SEL(E→W方向)	
	C3	VL+SEL(S→N方向)	
	C4	VL+SEL(N→S方向)	
暴風時	D1	VL+WL(W→E方向)	
	D2	VL+WL(E→W方向)	
	D3	VL+WL(S→N方向)	
	D4	VL+WL(N→S方向)	

※: 建築基準法施行令第86条第2項による多雪区域に該当しないことから積雪荷重は組合せない。

建屋の耐震設計について(3)

◆ 荷重及び荷重の組合せ

➤ 地震荷重(SEL)

地震力を算定する際の基準面は、地上面として、建屋の高さに応じた当該部分に作用する全体の地震力を算定する。水平地震力は下式により算定する。

$$Q_i = n \cdot C_i \cdot W_i$$

$$C_i = Z \cdot R_t \cdot A_i \cdot C_0$$

Q_i : 水平地震力 (kN)

n : 施設の重要度分類に応じた係数 ($n=1.5$)

C_i : 地震層せん断力係数

W_i : 当該層以上の重量 (kN)

Z : 地震地域係数 ($Z=1.0$)

R_t : 振動特性係数 ($R_t=1.0$)

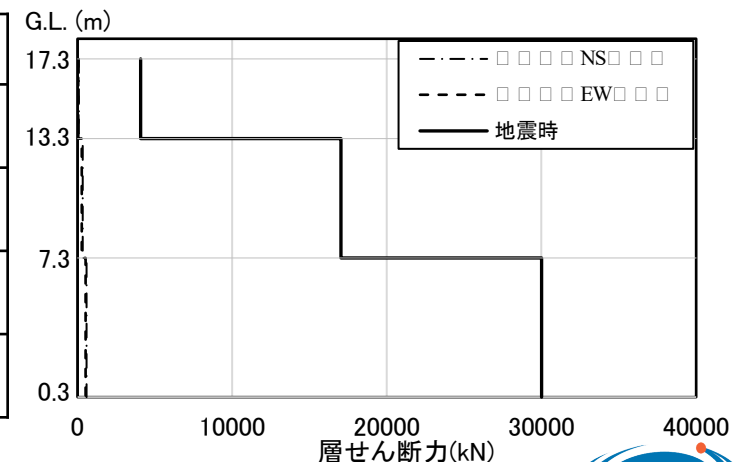
A_i : 地震層せん断力係数の高さ方向の分布係数

C_0 : 標準せん断力係数 ($C_0=0.2$)

< 水平地震力の算定結果 >

G.L. (m)	当該層以上の重量 W_i (kN)	地震層せん断力係数 $1.5 \cdot C_i$	設計用地震力(層せん断力) (kN)
+17.30	5660	0.723	4089
+13.30	35104	0.418	17043
+7.30	59280	0.300	30013
+0.30	84932	0.300	55493
-7.20			

< 暴風時と地震時の層せん断力の比較結果 >



建屋の構造強度及び耐震性評価結果(1)

◆ 評価

上部構造の応力解析は、大ばり及び柱を線材置換したフレームに、耐震壁を壁エレメント置換して組み込んだ立体ラーメンモデルにより行う。基礎スラブの応力解析は、フラットスラブとして板材を線材置換して評価する。

◆ 耐震壁の評価結果

検討により求められた耐震壁への作用応力を許容応力と比較し、検定比が最大となる部位の耐震壁への作用応力は、許容応力以下であることを確認した。

部位	断面	荷重 ケース	作用応力 (kN)	許容応力 (kN)	検定比
B1階6通り C~D通り間	壁厚1100mm ($F_c=36$) タテ筋 D25@200 ダブル ヨコ筋 D25@200 ダブル	地震時 C3	5231.1	8731.7	$0.60 \leq 1.0$

建屋の構造強度及び耐震性評価結果(2)

◆ 大ばりの評価結果

検討により求められた大ばりへの作用応力を許容応力と比較し、検定比が最大となる部位の大ばりへの作用応力は、許容応力以下であることを確認した。

検討箇所	断面	荷重ケース	応力	作用応力 〔曲げモーメント:kN・m せん断力:kN〕	許容応力 〔曲げモーメント:kN・m せん断力:kN〕	検定比
R階 3通り +2200 A~B 通り間	B×D =1000×1000 ($F_c=36$) 上端筋7-D35 下端筋5-D35 あばら筋 3-D13@150 (端部)	常時 A	曲げモーメント	790.7	842.9	$0.94 \leq 1.0$
			せん断力	427.6	765.2	$0.56 \leq 1.0$
1階 5通り Ba~C 通り間	B×D =1000×1200 ($F_c=36$) 上端筋8-D38 下端筋6-D38 あばら筋 4-D13@200 (端部)	地震時 C4	曲げモーメント	1978.5	2843.3	$0.66 \leq 1.0$
			せん断力	1286.9	1585.0	$0.81 \leq 1.0$

建屋の構造強度及び耐震性評価結果(3)

◆ 柱の評価結果

検討により求められた柱への作用応力を許容応力と比較し、検定比が最大となる部位の柱への作用応力は、許容応力以下であることを確認した。

検討箇所	断面	荷重ケース	応力	作用応力 〔曲げモーメント:kN・m〕 せん断力:kN〕	許容応力 〔曲げモーメント:kN・m〕 せん断力:kN〕	検定比
B1階 C/2通り	B×D =1000×1000 ($F_c=60$) 主筋8-D38 帯筋 3-3-D13@100 (柱頭)	常時 A	曲げモーメント	31.9	85.4 (軸力 5763.6 kN 作用時注)	$0.37 \leq 1.0$
			せん断力	69.1	842.3	$0.08 \leq 1.0$
1階 A/6通り	B×D =1000×1000 ($F_c=60$) 主筋8-D38 帯筋 2-2-D13@100 (柱頭)	地震時 C2	曲げモーメント	755.0	1298.3 (軸力 548.9kN 作用時注)	$0.58 \leq 1.0$
			せん断力	323.3	1327.1	$0.24 \leq 1.0$

注:圧縮を正とする。

建屋の構造強度及び耐震性評価結果(4)

◆ 基礎スラブの評価結果

検討により求められた基礎スラブへの作用応力を許容応力と比較し、検定比が最大となる部位の基礎スラブへの作用応力は、許容応力以下であることを確認した。

検討箇所	断面	荷重 ケース	応力	作用応力 〔曲げモーメント:kN・m せん断力:kN〕	許容応力 〔曲げモーメント:kN・m せん断力:kN〕	検定比
A~B/4~5 通り間	基礎スラブ厚 2000mm ($F_c=36$) 上端筋 D32@200 下端筋 D32@200	常時 A	曲げモーメント	800.8	1239.4	$0.65 \leq 1.0$
			せん断力	950.1	1360.8	$0.70 \leq 1.0$
E/4~5 通り間	基礎スラブ厚 2000mm ($F_c=36$) 上端筋 D32@200 下端筋 D32@200	地震時 C3	曲げモーメント	2715.0	4790.4	$0.57 \leq 1.0$
			せん断力	1392.3	1964.6	$0.71 \leq 1.0$

建屋の構造強度及び耐震性評価結果(5)

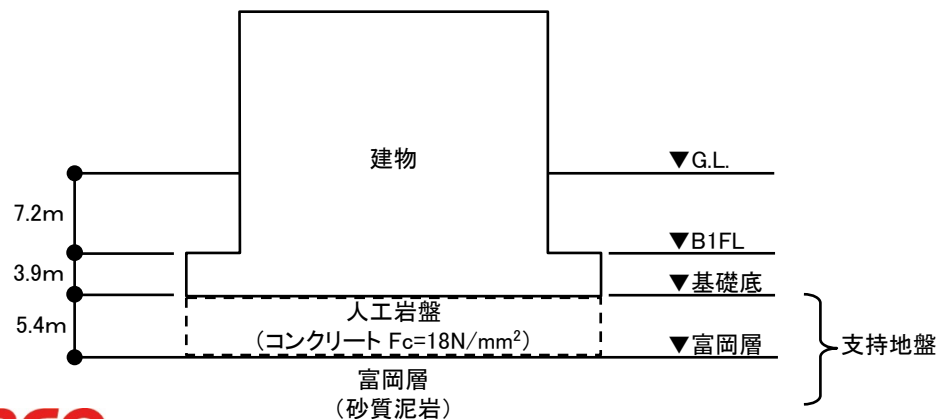
◆ 地盤の評価結果

検討により求められた地盤への接地圧を許容応力度と比較し、検定比が最大となる部位の地盤への接地圧は、許容応力度以下であることを確認した。

また、富岡層(砂質泥岩)への接地圧と許容応力度の比較について、参考値を記載する。

項目	地盤	検討位置	荷重 ケース	接地圧 (kN/m ²)	許容応力度 (kN/m ²)	検定比
実施計画 記載値	人工岩盤	A/2通り	常時	443	1000	0.44 ≤ 1.0
		A/2通り	地震時	588	2000	0.29 ≤ 1.0
参考値	富岡層 (砂質泥岩)	A/2通り	常時	707	1000	0.71 ≤ 1.0
		A/2通り	地震時	853	2000	0.43 ≤ 1.0

< 支持地盤イメージ図 >



※参考値

- ・第2棟における人工岩盤(コンクリート $F_c=18\text{N/mm}^2$)の許容応力度
(常時) 許容応力度 $= F_c(\text{設計基準強度}) \times 1/3$
 $= 6000(\text{kN/m}^2) \Rightarrow 1000(\text{kN/m}^2)$
(地震時) 許容応力度 $= F_c(\text{設計基準強度}) \times 2/3$
 $= 12000(\text{kN/m}^2) \Rightarrow 2000(\text{kN/m}^2)$

- ・1～6号機原子炉建屋における許容応力度
短期: $400\text{t/m}^2(3920\text{kN/m}^2) \Rightarrow$ 工事計画認可申請書
添付書類、原子炉格納施設の基礎に関する説明書
(1～6号機)

許容応力度においては、人工岩盤及び各号機原子炉建屋の値より十分下回っており余裕のある値となっている。

建屋の構造強度及び耐震性評価結果(6)

◆ 地盤における許容応力度の算出根拠について

実施計画に記載している地盤の許容応力度は、建設地にて実施したボーリング調査結果より得た富岡層の値を用いて、建築基準法施行令第93条及び国土交通省告示第1113号に基づき保守的な値として算出している。

(算定式) 長期許容応力度

$$q_a = 1/3 (i_c \cdot \alpha \cdot C \cdot N_c + i_r \cdot \beta \cdot r_1 \cdot B \cdot N_r + i_q \cdot r_2 \cdot D_f \cdot N_q)$$

$$= 6595 \rightarrow 1000 \text{ kN/m}^2$$

短期許容応力度

$$q_a = 2/3 (i_c \cdot \alpha \cdot C \cdot N_c + i_r \cdot \beta \cdot r_1 \cdot B \cdot N_r + i_q \cdot r_2 \cdot D_f \cdot N_q)$$

$$= 13190 \rightarrow 2000 \text{ kN/m}^2$$

i_c : 荷重の傾斜による補正係数=1.0

α : 基礎荷重面の形状による補正係数=1.19

C : 地盤の粘着力=0kN/m²

N_c : 地盤の内部摩擦力に応じた支持力係数=75.3

i_r : 荷重の傾斜による補正係数=1.0

β : 基礎荷重面の形状による補正係数=0.312

r_1 : 地盤の単位体積重量=18kN/m³

B : 基礎荷重面の短辺又は短径=37.6m

N_r : 地盤の内部摩擦力に応じた支持力係数=93.7

i_q : 荷重の傾斜による補正係数=1.0

r_2 : 基礎荷重面より上方にある地盤の平均単位体積重量=18kN/m³

D_f : 基礎に近接した最低地盤面から基礎荷重面までの深さ=0m

N_q : 地盤の内部摩擦力に応じた支持力係数=64.2

建屋の構造強度及び耐震性評価結果(7)

◆ 保有水平耐力の評価結果

- 保有水平耐力(Q_u)が必要保有水平耐力(Q_{un})以上であることを確認する。
- 各層の保有水平耐力は、建築基準法施行令第82条の3及び平成19年国土交通省告示第594号に基づき算出する。

⇒ 各層の必要保有水平耐力と保有水平耐力の算定結果、第2棟建屋は必要保有水平耐力以上(3.45倍以上)の保有水平耐力を有していることを確認した。

< 必要保有水平耐力と保有水平耐力の比較 >

(1) EW 方向(長辺)

G.L. (m)	必要保有水平耐力 Q_{un} (kN)	保有水平耐力 Q_u (kN)	$\frac{Q_u}{Q_{un}}$
+13.30 ~ +17.30	7497	27262	3.64
+7.30 ~ +13.30	31245	113617	3.64
+0.30 ~ +7.30	55024	200089	3.64
-7.20 ~ +0.30	101737	369953	3.64

(2) NS 方向(短辺)

G.L. (m)	必要保有水平耐力 Q_{un} (kN)	保有水平耐力 Q_u (kN)	$\frac{Q_u}{Q_{un}}$
+13.30 ~ +17.30	7497	25899	3.45
+7.30 ~ +13.30	31245	107936	3.45
+0.30 ~ +7.30	55024	190084	3.45
-7.20 ~ +0.30	101737	351456	3.45

以上のことから、第2棟建屋の耐震安全性は確保されているものと評価した。

建屋の構造強度及び耐震性評価結果(8)

- ◆ 第2棟のBクラス設備は剛構造であって共振のおそれはないが、第2棟建屋の1/2弾性設計用地震動Sdによる評価については、以下の観点より増設雑固体廃棄物焼却設備建屋設計時の地盤応答解析に用いた1/2弾性設計用地震動Sdの値より簡易的に評価を行うこととした。
 - 第2棟の支持地盤である富岡層は南北方向に水平成層であり、東西方向は増設雑固体廃棄物焼却設備建屋と同様な位置である。
 - 第2棟の基礎レベル(T.P.+約29m)と増設雑固体廃棄物焼却設備建屋の基礎レベル(T.P.+約31m)は同様な高さである。

- 増設雑固体廃棄物焼却設備建屋における設計地震動

設計用地震動	地震動名	最大加速度(Gal)
	1/2Sd-1	112.5
	1/2Sd-2	150.0
	1/2Sd-3	112.5

- 第2棟の1/2Sdによる簡易的評価結果

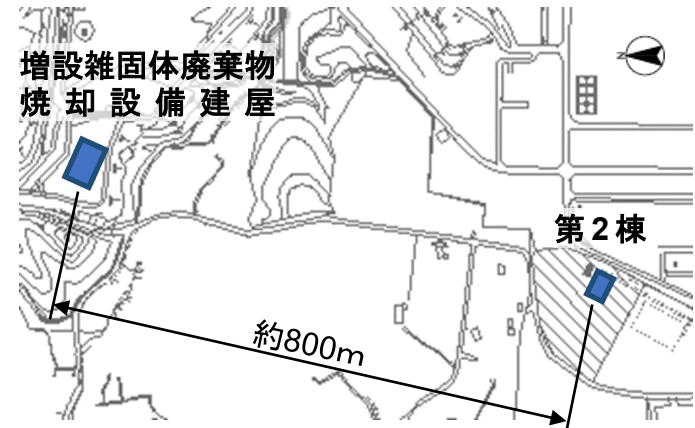
増設雑固体廃棄物焼却設備建屋における1/2Sdに対する地表面の最大加速度は、概ね200Gal以下であり水平震度にすると0.2以下となる。

第2棟建屋の支持層(富岡層T.P.+約24m)から上部の地盤は人工岩盤(コンクリート $F_c=18\text{N/mm}^2$)^{※1}としており、増設雑固体廃棄物焼却設備建屋における富岡層から上部の地盤の深層混合処理^{※2}よりも地盤剛性を高くしているため、表層部分における地震動の増幅は小さくなると考える。

よって、第2棟は、1.5Ci(水平震度0.3)で設計を行っているため、1/2Sdの動的解析を実施しても構造的に問題ないと評価できる。

※1: 地震時における許容支持力度 = 2000kN/m^2

※2: 地震時における許容支持力度 = 1000kN/m^2



建屋に要求される機能の整理

◆ 建屋に要求される機能

- 第2棟建屋の要求機能は、Bクラス設備(機器・配管等)の間接支持構造物であり1.5Ciに対して耐えること。
- コンクリートセル、固体廃棄物払出準備室等からの放射線に対して、放射線業務従事者等の保護及び敷地周辺の線量を達成できる限り低減するために、建屋内の壁・天井に用いるコンクリートで遮へいする。

◆ 確認結果

- 第2棟建屋の耐震壁、大ばり、柱及び基礎スラブについては、1.5Ciに対して許容応力(許容応力度)以下となり、Bクラス施設の間接支持構造物として耐震性を有していることを確認した。
- コンクリートセルを設置する層の層間変形角については、1.5Ciに対して約1/7000となり、コンクリートセルを構成する壁・天井については概ね弾性範囲内であり、遮へい機能に問題ないことを確認した。また、コンクリートセルを構成するライニングにて閉じ込め機能に問題ないことを確認している。

< 建屋に要求される性能の整理表 >

機能要求	建物の部位	耐震クラス	地震力	許容限界	確認結果
支持機能(間接)	建屋	Bクラス	1.5Ci	許容応力 (許容応力度)以下	耐震壁、大ばり、柱及び 基礎スラブは許容応力 (許容応力度)以下
遮へい機能	建屋内の壁・天井 (コンクリートセル等)	Bクラス	1.5Ci	<参考値> 1/500※1	約1/7000※2

※1: Sクラスの建屋において要求されるせん断ひずみ度(2.0×10^{-3})より算出

※2: コンクリートセルを設置する層の層間変形角

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
(Ⅲ. iii. 設備の構造強度に関する検討結果)
7月2日面談資料改訂版

2020年7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. 強度評価の方針

(適用基準、クラス3機器・配管の対象設備)(1/2)

- 設備(機器、配管等)のうち、「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則」において、クラス3に位置付けられる機器、配管等については、「JSME S NC-1 発電用原子力設備規格 設計・建設規格」(以下「設計・建設規格」という。)に従った設計とする。
- クラス3に該当しない機器、配管等については、必要に応じて日本産業規格や製品規格に従った設計とする。
- 第2棟の機器・配管等のうち、以下をクラス3とする。

【クラス3機器】

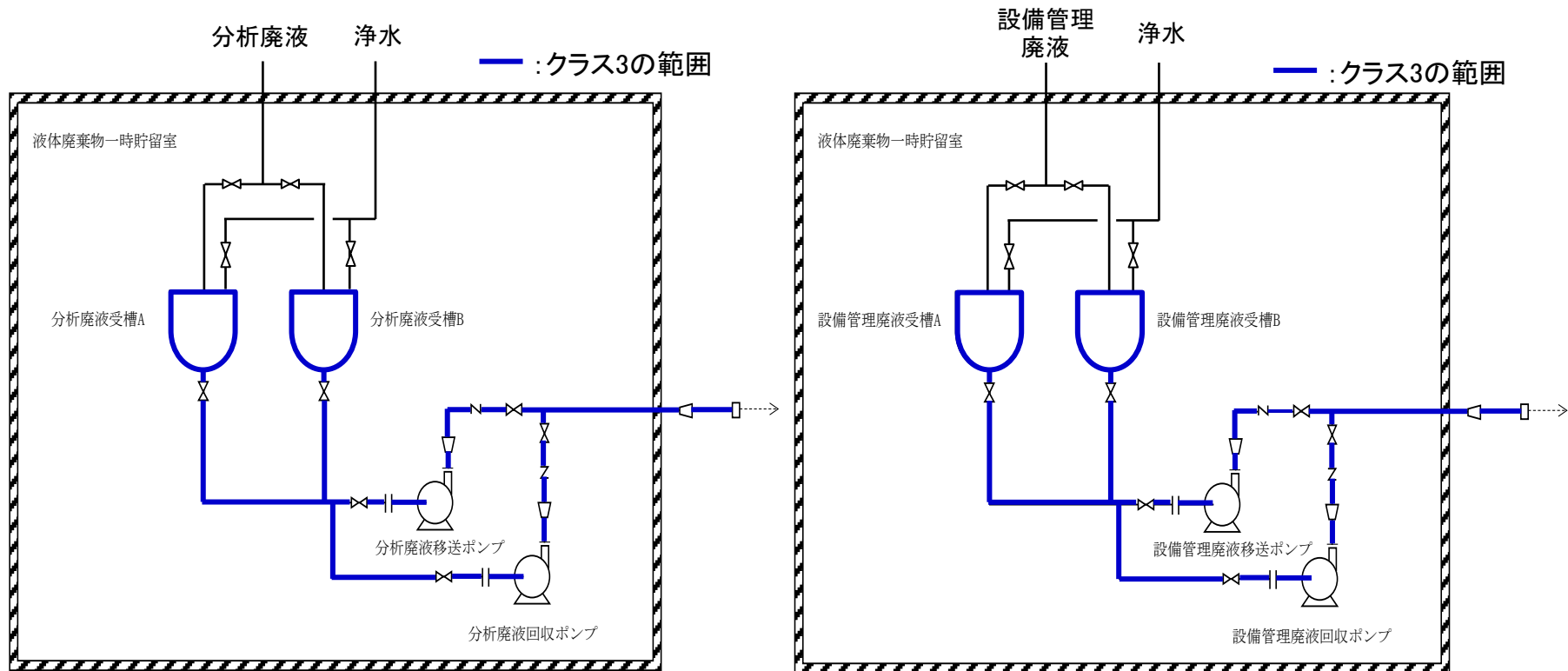
- ・分析廃液受槽A, B
- ・設備管理廃液受槽A, B

【クラス3配管】

- ・分析廃液受槽出口から分析廃液移送ポンプ入口まで
- ・分析廃液移送ポンプ出口から分析廃液払出口まで
- ・分析廃液受槽出口から分析廃液回収ポンプ入口まで
- ・分析廃液回収ポンプ出口から分析廃液払出口まで
- ・設備管理廃液受槽出口から設備管理廃液移送ポンプ入口まで
- ・設備管理廃液移送ポンプ出口から設備管理廃液払出口まで
- ・設備管理廃液受槽出口から設備管理廃液回収ポンプ入口まで
- ・設備管理廃液回収ポンプ出口から設備管理廃液払出口まで

1. 強度評価の方針 (適用基準、クラス3機器・配管の対象設備)(2/2)

◆液体廃棄物一時貯留設備 クラス3の範囲



2. 評価方法(1/3)

◆評価方法:受槽

分析廃液受槽A, B及び設備管理廃液受槽A, Bについては、設計・建設規格に基づき評価を行う。

(1) 胴の厚さの評価(設計・建設規格 PVC-3920)

胴に必要な厚さは、次に掲げる値のうちいずれか大きい値とする。

1) 胴の規格上必要な最小厚さ: t_1

炭素鋼鋼板又は低合金鋼鋼板で作られたもの場合は3mm、その他の材料で作られたもの場合は1.5mmとする。

2) 胴の計算上必要な厚さ: t_2

$$t_2 = \frac{D_i \cdot H \cdot \rho}{0.204 \cdot S \cdot \eta}$$

D_i : 胴の内径(mm) S : 許容引張応力(MPa)
 H : 水頭(mm) η : 継手効率(-)
 ρ : 液体の比重(-)

(2) 底板の厚さの評価(設計・建設規格 PVC-3122、3221)

底板に必要な厚さは、次に掲げる値のうちいずれか大きい値とする。

1) 鏡板のフランジ部の計算上必要な厚さ: t_1

$$t_1 = \frac{P \cdot D_i}{2 \cdot S \cdot \eta - 1.2 \cdot P}$$

P : 最高使用圧力(MPa)
 D_i : 胴の内径(mm)
 S : 許容引張応力(MPa)
 η : 継手効率(-)

2) 鏡板の計算上必要な厚さ: t_2

$$t_2 = \frac{P \cdot R \cdot W}{2 \cdot S \cdot \eta - 0.2 \cdot P}$$

R : 鏡板の中央部における内面の半径(mm)
 W : さら形鏡板の形状による係数(-)
 r : さら形鏡板のすみの丸みの内半径(mm)

$$\text{ただし、} W = \frac{1}{4} \left(3 + \sqrt{\frac{R}{r}} \right)$$

2. 評価方法(2/3)

(3)管台の厚さの評価(①, ②) (設計・建設規格 PVC-3920)

管台に必要な厚さは、次に掲げる値のうちいずれか大きい値とする。

- 1) 管台の計算上必要な厚さ: t_1

$$t_1 = \frac{D_i \cdot H \cdot \rho}{0.204 \cdot S \cdot \eta}$$

D_i : 管台の内径 (mm)
 H : 水頭 (mm)
 ρ : 液体の比重 (-)
 S : 許容引張応力 (MPa)
 η : 継手効率 (-)

- 2) 管台の規格上必要な最小厚さ: t_2

管台の外径に応じ、設計・建設規格 表PVC-3980-1により求めた管台の厚さとする。

表PVC-3980-1 管台の必要厚さ

管台の外径 (mm)	管台の厚さ (mm)
25未満	1.4
25以上38未満	1.7
38以上45未満	1.9
45以上57未満	2.2
57以上64未満	2.4
64以上82未満	2.7
82以上	3.5

(4)開放タンクの穴の補強計算(①, ②) (設計・建設規格 PVD-3512、3212)

管台の内径(穴の径)の設計条件を以下表に示す。

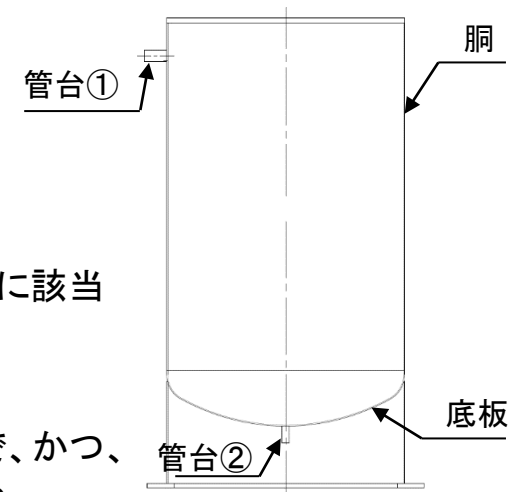
	分析廃液受槽	設備管理廃液受槽
管台①の内径(胴)	53.5mm	78.1mm
管台②の内径(底板)	42.6mm	53.5mm

- 1) 胴の穴の補強計算

設計・建設規格の規定により、補強を要しない条件(穴の径が85mm以下)に該当するため補強計算は不要である。

- 2) 鏡板の穴の補強計算

設計・建設規格の規定により、補強を要しない条件(穴の径が64mm以下で、かつ、鏡板のフランジ部の内径の1/4以下)に該当するため補強計算は不要である。



2. 評価方法(3/3)

◆評価方法: 主要配管(鋼管)

主要配管(鋼管)については、設計・建設規格に基づき評価を行う。

(1) 管の厚さの評価(設計・建設規格 PPD-3411)

管の必要な厚さは、次に掲げる値以上とする。

1) 内面に圧力を受ける管の計算上必要な厚さ:t

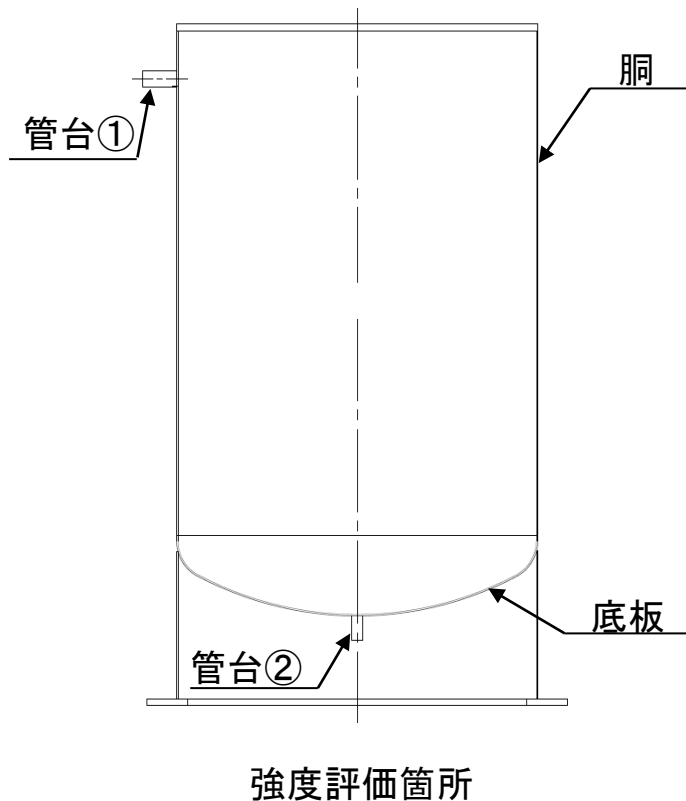
$$t = \frac{P \cdot D_o}{2 \cdot S \cdot \eta + 0.8 \cdot P}$$

P : 最高使用圧力 (MPa)
 D_o : 管の外径 (mm)
 S : 許容引張応力 (MPa)
 η : 継手効率 (-)

3. 評価結果(1/4)

◆評価結果

(1)分析廃液受槽A, B



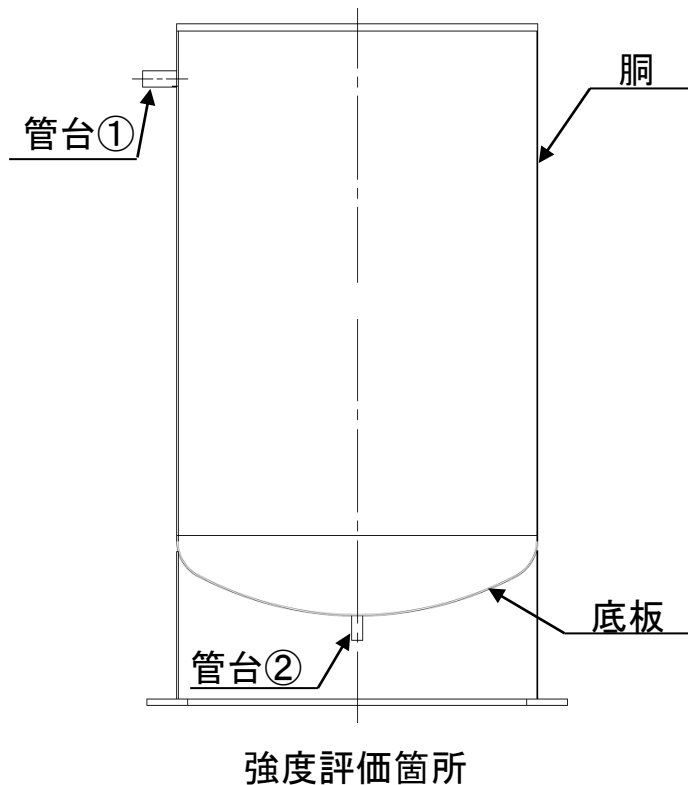
機器名称	評価部位	必要厚さ(mm)		最小厚さ(mm)
		T_1	T_2	
分析廃液受槽 A, B	胴の厚さ	$T_1=1.50$	1.50	4.60
		$T_2=0.23$		
	底板の厚さ	$T_1=0.16$	0.25	4.60
		$T_2=0.25$		
	管台①の厚さ	$T_1=0.01$	2.40	3.00
		$T_2=2.40$		
	管台②の厚さ	$T_1=0.01$	2.20	2.50
		$T_2=2.20$		

⇒ 施工時の「最小厚さ」が設計上の「必要厚さ」の条件を満足しており、十分な構造強度を有していることを確認した。

3. 評価結果(2/4)

◆評価結果

(2)設備管理廃液受槽A, B



機器名称	評価部位	必要厚さ(mm)		最小厚さ(mm)
		T_1	T_2	
設備管理廃液受槽A, B	胴の厚さ	$T_1=1.50$	1.50	4.60
		$T_2=0.30$		
	底板の厚さ	$T_1=0.21$	0.32	4.60
		$T_2=0.32$		
	管台①の厚さ	$T_1=0.01$	3.50	4.81
		$T_2=3.50$		
	管台②の厚さ	$T_1=0.01$	2.40	3.00
		$T_2=2.40$		

⇒ 施工時の「最小厚さ」が設計上の「必要厚さ」の条件を満足しており、十分な構造強度を有していることを確認した。

3. 評価結果(3/4)

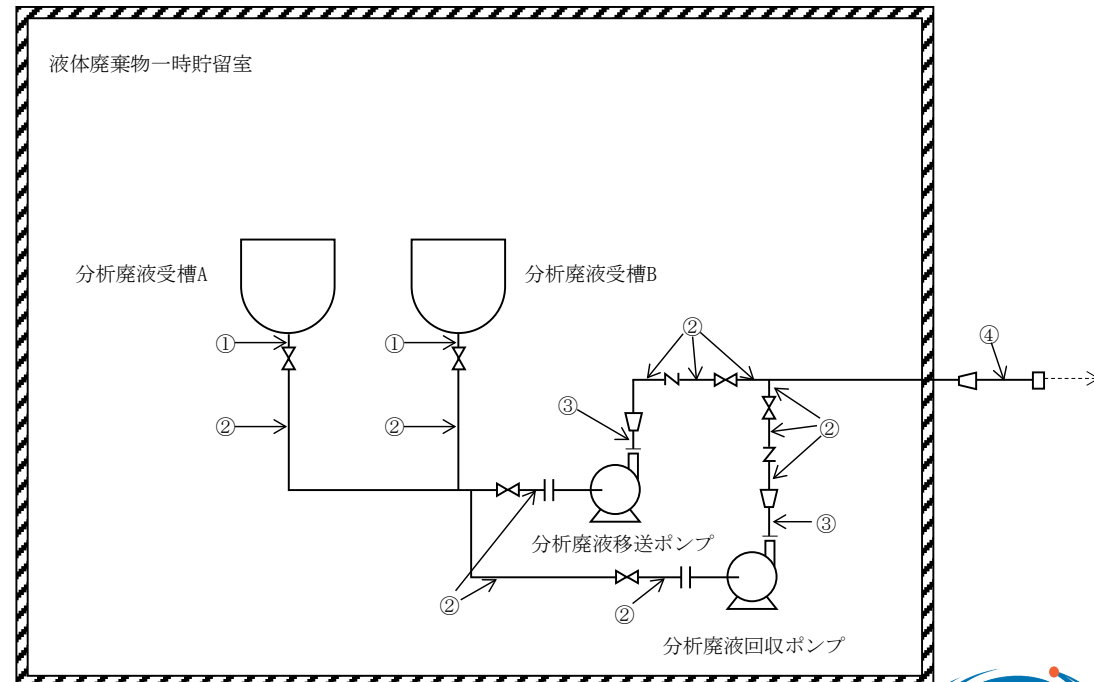
(3) 主要配管(鋼管) [①~④: 分析廃液関係]

No.	外径D。 (mm)	公称厚さ (mm)	材料	最高使用圧力P (MPa)	最高使用温度 (°C)*1	必要厚さ (mm)	最小厚さ (mm)
①	48.6	3.0	SUS316L	静水頭	60	—*2	2.50
②	48.6	3.0	SUS316L	0.4	60	0.09	2.50
③	34.0	3.0	SUS316L	0.4	60	0.07	2.50
④	60.5	3.5	SUS316L	0.4	60	0.12	3.00

* 1: JAEA「配管類設計基準」(運転温度(40°C)+20°C)に基づき設定。

* 2: 最高使用圧力が「静水頭」であることから、必要厚さは算出してない。

⇒ 施工時の「最小厚さ」が設計上の「必要厚さ」の条件を満足しており、十分な構造強度を有していることを確認した。



液体廃棄物一時貯留設備 主要配管
(鋼管)強度評価箇所

3. 評価結果(4/4)

(4) 主要配管(鋼管) [⑤~⑧]: 設備管理廃液関係]

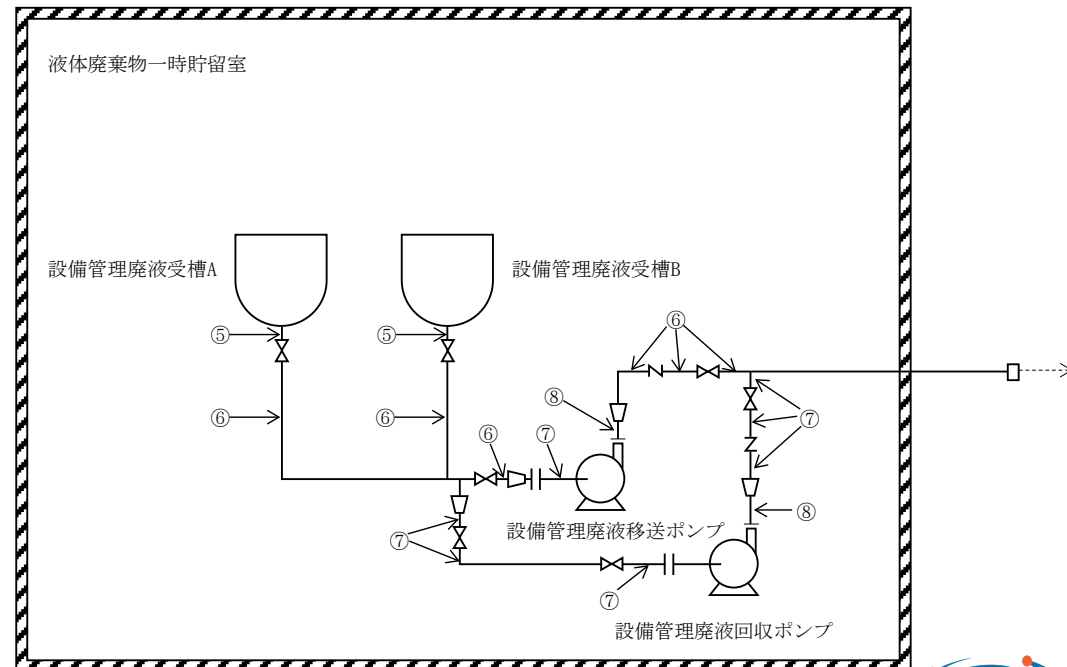
No.	外径D。 (mm)	公称厚さ (mm)	材料	最高使用圧力P (MPa)	最高使用温度 (°C)*1	必要厚さ (mm)	最小厚さ (mm)
⑤	60.5	3.5	SUS304	静水頭	60	—*2	3.00
⑥	60.5	3.5	SUS304	0.5	60	0.12	3.00
⑦	48.6	3.0	SUS304	0.5	60	0.10	2.50
⑧	34.0	3.0	SUS304	0.5	60	0.07	2.50

* 1: JAEA「配管類設計基準」(運転温度(40°C)+20°C)に基づき設定。

* 2: 最高使用圧力が「静水頭」であることから、必要厚さは算出してない。

⇒ 施工時の「最小厚さ」が設計上の「必要厚さ」の条件を満足しており、十分な構造強度を有していることを確認した。

液体廃棄物一時貯留設備 主要配管
(鋼管)強度評価箇所



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
(Ⅲ. iv. 設備の耐震性に関する検討結果)
10月15日面談資料改訂版

2021年4月15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. 耐震性評価条件

◆基本方針

○耐震Bクラスの各設備は、剛構造(固有周期:0.05s以下*)とし、建屋との共振を避ける設計とする。

* : JEAC4601-2008「第4章 4.1.4 用語と略称」において、「固有振動数が20Hz以上(固有周期:0.05s以下)の場合は剛構造と見なして差し支えない」と記載されている。

◆評価部位

○地震力による応力が集中する「基礎ボルト」を評価対象とする。

○基礎ボルトの評価はJEAC4601-2008に基づき、せん断応力と引張応力について実施する。

○アンカー部についても、基礎ボルトの引張荷重に対し健全であることを確認する。


◆設計用地震力

○各設備は剛構造であり、建屋との共振のおそれがない。

よって、設計用地震力は静的震度を考慮する。

項目	耐震クラス	運用する地震動等		設計用地震力
		水平	鉛直	
機器・配管系	B	静的震度 $1.8 \cdot C_i^*$	—	設計用地震力は静的地震力とする。

* : C_i は、標準せん断力係数を0.2とし、建屋の振動特性、地盤の種類等を考慮して求められる値とする。



設計用震度 : $1.8C_i$	
水平方向	0.36
鉛直方向	—

2. 評価方法及び評価結果(1/30)

(1) 鉄セル(遮へい体、インナーボックス)

1) 評価方法

算出応力と許容応力の比較により、基礎ボルトを評価する。

○応力計算モデルは1質点系とし、重心位置に地震荷重が作用する。

→ 遮へい体、インナーボックス各々を別の応答計算モデルとする。

○基礎ボルトに対する引張力は、片側の列のボルトを支点とする転倒を考え、これを他方の列のボルトで受けるものとして計算する。

○基礎ボルトに対するせん断力は、基礎ボルト全本数で受けるものとして計算する。

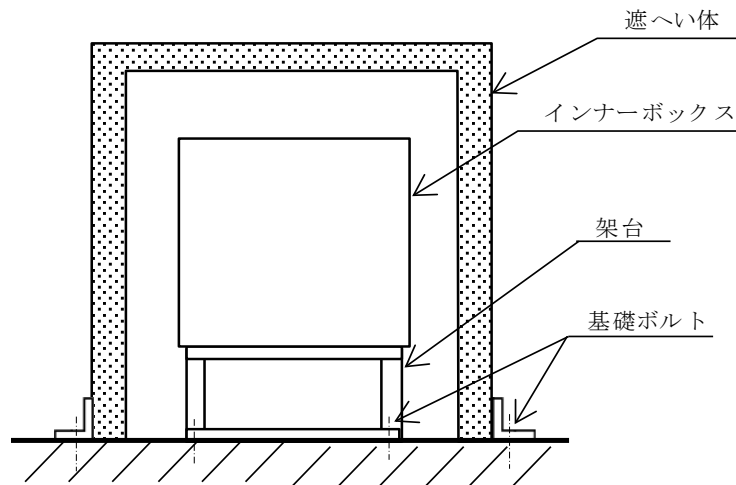


図-1 概略構造図

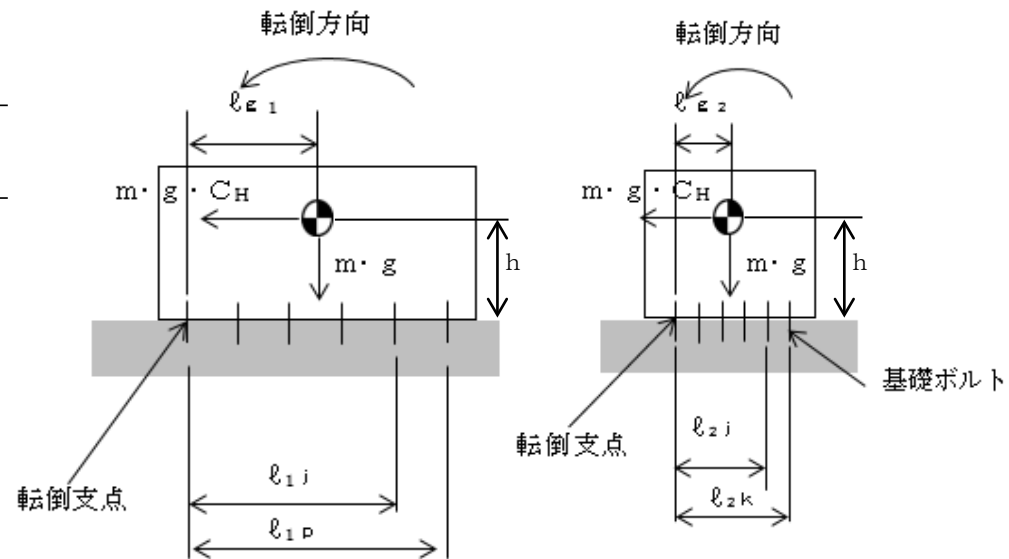


図-2 応力計算モデル

2. 評価方法及び評価結果(2/30)

2) 評価式

a. 引張応力

① 引張力

$$F_{b1} = \frac{\{m \cdot g \cdot C_H \cdot h - m \cdot g \cdot \ell_{g1}\} \cdot \ell_{1p}}{\sum_{i=1}^p n_{f1i} \cdot \ell_{1i}^2}$$

$$F_{b2} = \frac{\{m \cdot g \cdot C_H \cdot h - m \cdot g \cdot \ell_{g2}\} \cdot \ell_{2k}}{\sum_{j=1}^k n_{f2j} \cdot \ell_{2j}^2}$$

$$F_b = \max(F_{b1}, F_{b2})$$

② 引張応力

$$\sigma_b = \frac{F_b}{A_b} \quad \text{[ボルトの断面積]}$$

$$A_b = \frac{\pi}{4} \cdot d^2$$

b. せん断応力

① せん断力

$$Q_b = m \cdot g \cdot C_H$$

② せん断応力

$$\tau_b = \frac{Q_b}{A_b \cdot n}$$

記号	記号の説明	単位
A_b	基礎ボルトの軸断面積	mm ²
C_H	水平方向設計震度	—
d	基礎ボルトの呼び径	mm
F	設計・建設規格 SSB-3133に定める値	MPa
F_b	基礎ボルトに作用する引張力(1本当たり)	N
F_{b1}	基礎ボルトに作用する引張力(1本当たり)(長辺方向)	N
F_{b2}	基礎ボルトに作用する引張力(1本当たり)(短辺方向)	N
f_{sb}	せん断力のみを受ける基礎ボルトの許容せん断応力	MPa
f_{to}	引張力のみを受ける基礎ボルトの許容引張応力	MPa
f_{ts}	引張力とせん断力を同時に受ける基礎ボルトの許容引張応力	MPa
g	重力加速度(=9.80665)	m/s ²
h	据付面から重心までの距離	mm
ℓ_{g1}	重心と転倒支点間の距離(長辺方向)	mm
ℓ_{g2}	重心と転倒支点間の距離(短辺方向)	mm
ℓ_{1j}	転倒支点と各基礎ボルトとの距離(長辺方向)	mm
ℓ_{2j}	転倒支点と各基礎ボルトとの距離(短辺方向)	mm
ℓ_{1p}	支点としている基礎ボルトより最大引張応力がかかる基礎ボルトまでの距離(長辺方向)	mm
ℓ_{2k}	支点としている基礎ボルトより最大引張応力がかかる基礎ボルトまでの距離(短辺方向)	mm
m	機器の質量	kg
n	基礎ボルトの全本数	—
n_{f1j}	転倒支点から ℓ_{1j} の距離にある基礎ボルトの本数(長辺方向)	—
n_{f2j}	転倒支点から ℓ_{2j} の距離にある基礎ボルトの本数(短辺方向)	—
Q_b	基礎ボルトに作用するせん断力	N
π	円周率	—
σ_b	基礎ボルトに生じる引張応力	MPa
τ_b	基礎ボルトに生じるせん断応力	MPa

2. 評価方法及び評価結果(3/30)

3) 基礎ボルトの応力評価

基礎ボルトの引張応力 σ_b は、次式より求めた許容引張応力 f_{ts} 以下であること。ただし、 f_{to} は右表による。

$$f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \tau_b, f_{to}]$$

せん断応力 τ_b は、せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力 f_{sb} 以下であること。ただし、 f_{sb} は右表による。

	許容引張応力 f_{to}	許容せん断応力 f_{sb}
計算式	$\left[\frac{F}{Z} \right] 1.5$	$\left[\frac{F}{1.5\sqrt{3}} \right] 1.5$

4) 評価条件

機器名称	耐震設計上の重要度分類	固有周期(s)		据付場所	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度
		水平方向	鉛直方向			
鉄セル (遮へい体・インナーボックス)	B	0.048	—	地上 1階	$C_H=0.36$	—

⇒ 固有周期は0.05s以下であり、遮へい体、インナーボックスとも剛構造である。

5) 評価結果

(単位:MPa)

	部材	材料	応力	算出応力	許容応力
遮へい体	基礎ボルト	SS400	引張	$\sigma_b = \text{—注}$	$f_{ts} = 175$
			せん断	$\tau_b = 86$	$f_{sb} = 135$
インナーボックス	基礎ボルト	SS400	引張	$\sigma_b = \text{—注}$	$f_{ts} = 183$
			せん断	$\tau_b = 5$	$f_{sb} = 141$

注: 引張応力は作用しない。

⇒ すべての算出応力が許容応力以下であり、十分な構造強度を有していることを確認した。

2. 評価方法及び評価結果(4/30)

(2) グローブボックス(GB-No.1, 2, 3, 4)

1) 評価方法

算出応力と許容応力の比較により、基礎ボルトを評価する。

- 応力計算モデルは1質点系とし、グローブボックスの重心位置に地震荷重が作用する。
- 基礎ボルトに対する引張力は、片側の列のボルトを支点とする転倒を考え、これを他方の列のボルトで受けるものとして計算する。
- 基礎ボルトに対するせん断力は、基礎ボルト全本数で受けるものとして計算する。

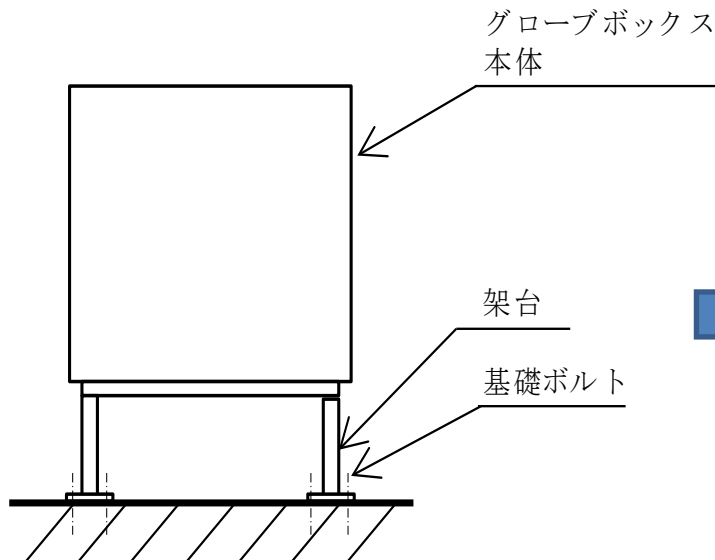


図-3 概略構造図

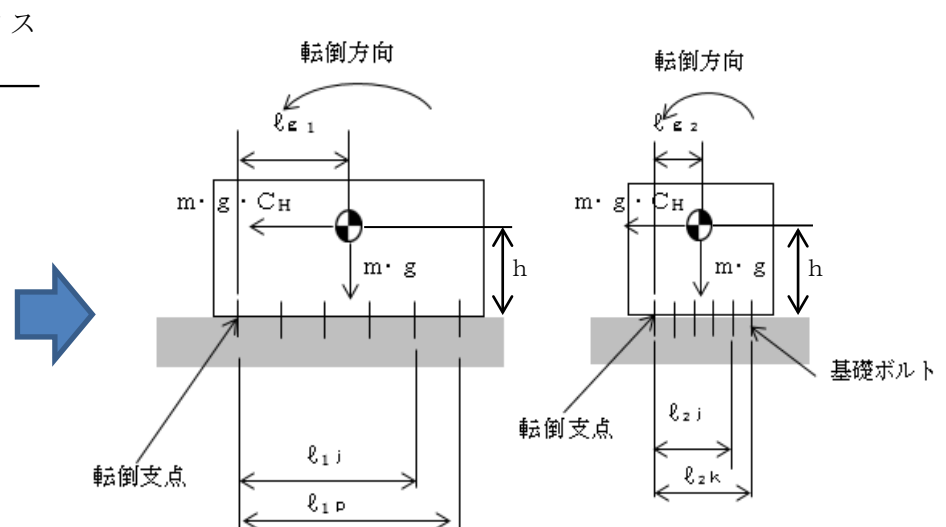


図-4 応力計算モデル

2. 評価方法及び評価結果(5/30)

2) 評価式

a. 引張応力

① 引張力

$$F_{b1} = \frac{\{m \cdot g \cdot C_H \cdot h - m \cdot g \cdot \ell_{g1}\} \cdot \ell_{1p}}{\sum_{j=1}^p n_{f1j} \cdot \ell_{1j}^2}$$

$$F_{b2} = \frac{\{m \cdot g \cdot C_H \cdot h - m \cdot g \cdot \ell_{g2}\} \cdot \ell_{2k}}{\sum_{j=1}^k n_{f2j} \cdot \ell_{2j}^2}$$

$$F_b = \max(F_{b1}, F_{b2})$$

② 引張応力

$$\sigma_b = \frac{F_b}{A_b}$$

[ボルトの断面積]

$$A_b = \frac{\pi}{4} \cdot d^2$$

b. せん断応力

① せん断力

$$Q_b = m \cdot g \cdot C_H$$

② せん断応力

$$\tau_b = \frac{Q_b}{A_b \cdot n}$$

記号	記号の説明	単位
A_b	基礎ボルトの軸断面積	mm ²
C_H	水平方向設計震度	—
d	基礎ボルトの呼び径	mm
F	設計・建設規格 SSB-3133に定める値	MPa
F_b	基礎ボルトに作用する引張力(1本当たり)	N
F_{b1}	基礎ボルトに作用する引張力(1本当たり)(長辺方向)	N
F_{b2}	基礎ボルトに作用する引張力(1本当たり)(短辺方向)	N
f_{sb}	せん断力のみを受ける基礎ボルトの許容せん断応力	MPa
f_{to}	引張力のみを受ける基礎ボルトの許容引張応力	MPa
f_{ts}	引張力とせん断力を同時に受ける基礎ボルトの許容引張応力	MPa
g	重力加速度(=9.80665)	m/s ²
h	据付面から重心までの距離	mm
ℓ_{g1}	重心と転倒支点間の距離(長辺方向)	mm
ℓ_{g2}	重心と転倒支点間の距離(短辺方向)	mm
ℓ_{1j}	転倒支点と各基礎ボルトとの距離(長辺方向)	mm
ℓ_{2j}	転倒支点と各基礎ボルトとの距離(短辺方向)	mm
ℓ_{1p}	支点としている基礎ボルトより最大引張応力がかかる基礎ボルトまでの距離(長辺方向)	mm
ℓ_{2k}	支点としている基礎ボルトより最大引張応力がかかる基礎ボルトまでの距離(短辺方向)	mm
m	機器の質量	kg
n	基礎ボルトの全本数	—
n_{f1j}	転倒支点から ℓ_{1j} の距離にある基礎ボルトの本数(長辺方向)	—
n_{f2j}	転倒支点から ℓ_{2j} の距離にある基礎ボルトの本数(短辺方向)	—
Q_b	ボルトに作用するせん断力	N
π	円周率	—
σ_b	基礎ボルトに生じる引張応力	MPa
τ_b	基礎ボルトに生じるせん断応力	MPa

2. 評価方法及び評価結果(6/30)

3) 基礎ボルトの応力評価

基礎ボルトの引張応力 σ_b は、次式より求めた許容引張応力 f_{ts} 以下であること。ただし、 f_{to} は右表による。

$$f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \tau_b, f_{to}]$$

せん断応力 τ_b は、せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力 f_{sb} 以下であること。ただし、 f_{sb} は右表による。

	許容引張応力 f_{to}	許容せん断応力 f_{sb}
計算式	$\left[\frac{F}{Z} \right] 1.5$	$\left[\frac{F}{1.5\sqrt{3}} \right] 1.5$

4) 評価条件

機器名称		耐震設計上の重要度分類	固有周期(s)		据付場所	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度
			水平方向	鉛直方向			
グローブボックス	GB-No.1, 2, 4	B	0.046	—	地上 1階	$C_H=0.36$	—
	GB-No.3	B	0.048				

⇒ 固有周期は0.05s以下であり、グローブボックスは剛構造である。

5) 評価結果

(単位:MPa)

機器名称	部材	材料	応力	算出応力	許容応力
グローブボックス (GB-No.1, 2, 4)	基礎ボルト	SS400	引張	$\sigma_b = \text{—注}$	$f_{ts} = 183$
			せん断	$\tau_b = 1$	$f_{sb} = 141$
グローブボックス (GB-No.3)	基礎ボルト	SS400	引張	$\sigma_b = \text{—注}$	$f_{ts} = 183$
			せん断	$\tau_b = 2$	$f_{sb} = 141$

注: 引張応力は作用しない。

⇒ すべての算出応力が許容応力以下であり、十分な構造強度を有していることを確認した。

2. 評価方法及び評価結果(7/30)

(3)セル・グローブボックス用排風機

1) 評価方法

算出応力と許容応力の比較により、基礎ボルトを評価する。

- ブローア及び内容物の質量は重心に集中するものとする。なお、全体的に一つの剛体とみなす。
- ボルトの応力は地震による震度、ブローア振動による震度及びブローア回転により作用するモーメントによって生じる引張力とせん断力について計算する。
- ボルトに対する引張力は最外列のボルトを支点とする転倒を考え、これを片側の最外列のボルトで受けるものとして計算する。
- ボルトに対するせん断力は、ボルト全本数で受けるものとして計算する。

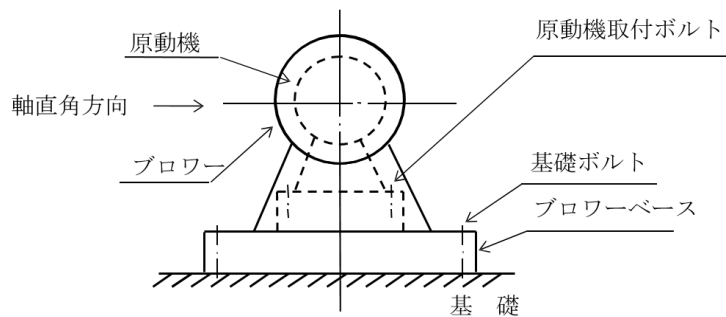


図-5 概略構造図

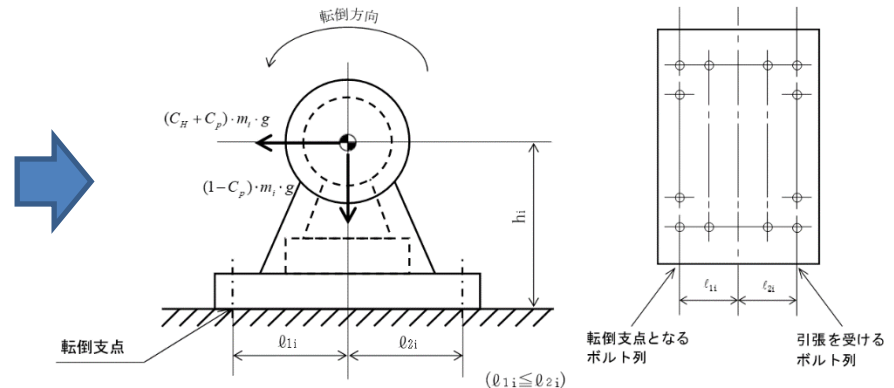


図-6 応力計算モデル

2. 評価方法及び評価結果(8/30)

2) 評価式

a. 引張応力

① 引張力

$$F_{bi} = \frac{(C_H + C_p) \cdot m_i \cdot g \cdot h_i + M_p - (1 - C_p) \cdot m_i \cdot g \cdot l_{1i}}{n_{fi} \cdot (l_{1i} + l_{2i})}$$

・ブロー回転により作用するモーメント $C_p = \frac{1}{2} \frac{H_p}{1000} \cdot \left(2 \cdot \pi \cdot \frac{N_p}{60} \right)^2$

・ブロー振動による震度 $M_p = \left(\frac{60}{2 \cdot \pi \cdot N_p} \right) \cdot 10^6 \cdot P$

② 引張応力

$$\sigma_{bi} = \frac{F_{bi}}{A_{bi}} \quad [\text{ボルトの断面積}]$$

$$A_{bi} = \frac{\pi \cdot d_i^2}{4}$$

b. せん断応力

① せん断力

$$Q_{bi} = (C_H + C_p) \cdot m_i \cdot g$$

② せん断応力

$$\tau_{bi} = \frac{Q_{bi}}{n_i \cdot A_{bi}}$$

記号	記号の説明	単位
A_{bi}	ボルトの軸断面積	mm ²
C_H	水平方向設計震度	—
C_p	ブロー振動による震度	—
d_i	ボルトの呼び径	mm
F_i	設計・建設規格 SSB-3131 に定める値	MPa
F_{bi}	ボルトに作用する引張力(1本あたり)	N
f_{sbi}	せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力	MPa
f_{toi}	引張力のみを受けるボルトの許容引張応力	MPa
f_{tsi}	引張力とせん断力を同時に受けるボルトの許容引張応力	MPa
g	重力加速度(=9.80665)	m/s ²
H_p	ブロー予想最大両振幅	μm
h_i	据付面又は取付面から重心までの距離	mm
l_{1i}	重心とボルト間の水平方向距離*	mm
l_{2i}	重心とボルト間の水平方向距離*	mm
M_p	ブロー回転により作用するモーメント	N・mm
m_i	運転時質量	kg
N_p	ブロー回転速度	min ⁻¹
n_i	ボルトの本数	—
n_{fi}	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数	—
P	原動機出力	kW
Q_{bi}	ボルトに作用するせん断力	N
π	円周率	—
σ_{bi}	ボルトに生じる引張応力	MPa
τ_{bi}	ボルトに生じるせん断応力	MPa

2. 評価方法及び評価結果(9/30)

3) 基礎ボルトの応力評価

基礎ボルトの引張応力 σ_{b1} は、次式より求めた許容引張応力 f_{ts1} 以下であること。ただし、 f_{toi} は右表による。

$$f_{ts1} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \tau_{b1}, f_{toi}]$$

せん断応力 τ_{b1} は、せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力 f_{sb1} 以下であること。ただし、 f_{sb1} は右表による。

	許容引張応力 f_{toi}	許容せん断応力 f_{sb1}
計算式	$\left[\frac{F1}{2} \right] 1.5$	$\left[\frac{F1}{1.5\sqrt{3}} \right] 1.5$

4) 評価条件

機器名称	耐震設計上の重要度分類	固有周期(s)		据付場所	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度
		水平方向	鉛直方向			
グローブボックス用排風機	B	—	—	地下 1階	$C_H=0.36$	—

⇒ 排風機(ブロー含む)の本体は、十分に剛であるため固有周期の算定は省略できる。
(JEAG4601-1987に基づく)

5) 評価結果

(単位:MPa)

部材	材料	応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SS400	引張	$\sigma_{b1} = \text{—注}$	$f_{ts1} = 170$
		せん断	$\tau_{b1} = 4$	$f_{sb1} = 131$

注:引張応力は作用しない。

⇒ すべての算出応力が許容応力以下であり、十分な構造強度を有していることを確認した。

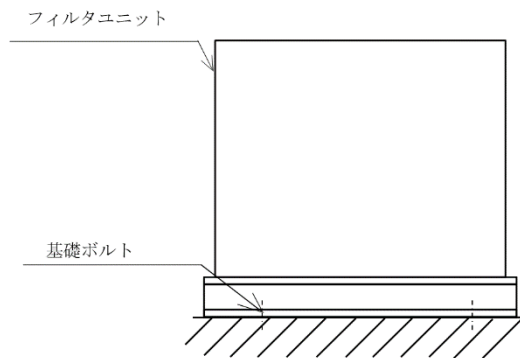
2. 評価方法及び評価結果(10/30)

(4)セル・グローブボックス用排気フィルタユニットA, B, C, D

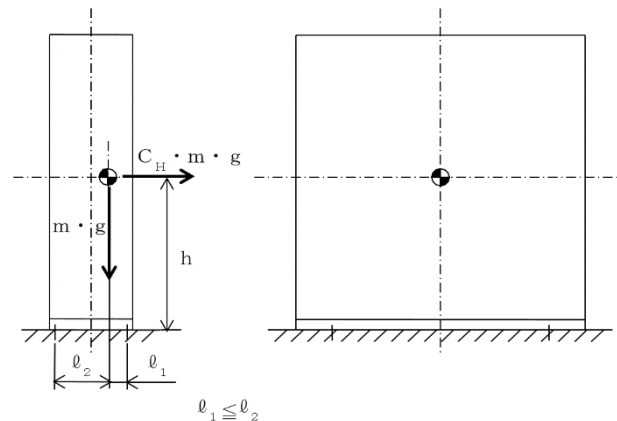
1) 評価方法

算出応力と許容応力の比較により、基礎ボルトを評価する。

- セル・グローブボックス用排気フィルタユニット及び内容物の質量は重心に集中するものとする。
- 基礎ボルトに対する引張力は、基礎ボルトを支点とする転倒を考え、これを片側のボルトで受けるものとして計算する。
- 基礎ボルトに対するせん断力は、基礎ボルト全本数で受けるものとして計算する。



図一7 概略構造図



図一8 応力計算モデル

2. 評価方法及び評価結果(11/30)

2) 評価式

a. 引張応力

① 引張力

$$F_b = \frac{mg C_H h - mg \ell_1}{n_t (\ell_1 + \ell_2)}$$

② 引張応力

$$\sigma_b = \frac{F_b}{A_b} \quad \text{[ボルトの断面積]}$$

$$A_b = \frac{\pi}{4} \cdot d^2$$

b. せん断応力

① せん断力

$$Q_b = m \cdot C_H \cdot g$$

② せん断応力

$$\tau_b = \frac{Q_b}{A_b n}$$

記号	表示内容	単位
A_b	基礎ボルト軸断面積	mm ²
C_H	水平方向設計震度	—
d	基礎ボルトの呼び径	mm
F	設計・建設規格 SSB-3121.1(1)に定める値	MPa
F_b	基礎ボルトに作用する引張力(1本当たり)	N
f_{sb}	せん断力のみを受ける基礎ボルトの許容せん断応力	MPa
f_{to}	引張力のみを受ける基礎ボルトの許容引張応力	MPa
f_{ts}	引張力とせん断力を同時に受ける基礎ボルトの許容引張応力	MPa
g	重力加速度(=9.80665)	m/s ²
h	据付面から重心までの距離	mm
ℓ_1	重心と転倒支点間の距離	mm
ℓ_2	重心と転倒支点間の距離($\ell_1 \leq \ell_2$)	mm
n	基礎ボルトの本数	—
n_t	引張力を受ける側の基礎ボルトの評価本数	—
Q_b	基礎ボルトに作用するせん断力	N
m	機器の質量	kg
π	円周率	—
σ_b	基礎ボルトに生じる引張応力	MPa
τ_b	基礎ボルトに生じるせん断応力	MPa

2. 評価方法及び評価結果(12/30)

3) 基礎ボルトの応力評価

基礎ボルトの引張応力 σ_b は、次式より求めた許容引張応力 f_{ts} 以下であること。ただし、 f_{to} は右表による。

$$f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \tau_b, f_{to}]$$

せん断応力 τ_b は、せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力 f_{sb} 以下であること。ただし、 f_{sb} は右表による。

	許容引張応力 f_{to}	許容せん断応力 f_{sb}
計算式	$\left[\frac{F}{Z} \right] 1.5$	$\left[\frac{F}{1.5\sqrt{3}} \right] 1.5$

4) 評価条件

機器名称	耐震設計上の 重要度分類	固有周期(s)		据付場所	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
		水平方向	鉛直方向			
セル・グローブボックス用 排気フィルタユニット	A, B	B	0.014	地下 1階	$C_H=0.36$	—
	C, D	B	0.013			

⇒ 固有周期は0.05s以下であり、セル・グローブボックス用排気フィルタユニットは剛構造である。

5) 評価結果

(単位:MPa)

機器名称	部材	材料	応力	算出応力	許容応力
セル・グローブボックス用排 気フィルタユニットA, B	基礎 ボルト	SS400	引張	$\sigma_b=1$	$f_{ts}=170$
			せん断	$\tau_b=6$	$f_{sb}=131$
セル・グローブボックス用排 気フィルタユニットC, D	基礎 ボルト	SS400	引張	$\sigma_b=3$	$f_{ts}=170$
			せん断	$\tau_b=6$	$f_{sb}=131$

⇒ すべての算出応力が許容応力以下であり、十分な構造強度を有していることを確認した。

2. 評価方法及び評価結果(13/30)

(5)コンクリートセル用給気フィルタユニットA, B

1) 評価方法

算出応力と許容応力の比較により、基礎ボルトを評価する。

- コンクリートセル用給気フィルタユニット及び内容物の質量は重心に集中するものとする。
- 基礎ボルトに対する引張力は、基礎ボルトを支点とする転倒を考え、これを片側のボルトで受けるものとして計算する。
- 基礎ボルトに対するせん断力は、基礎ボルト全本数で受けるものとして計算する。

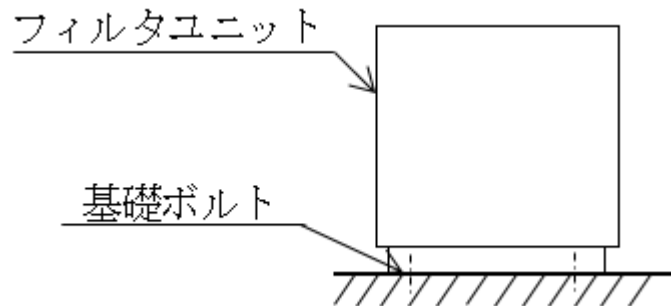


図-9 概略構造図

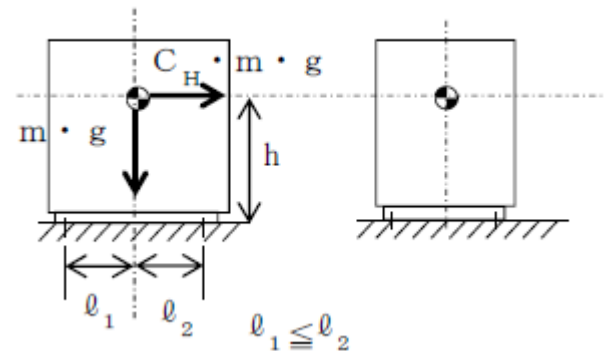


図-10 応力計算モデル

2. 評価方法及び評価結果(14/30)

2) 評価式

a. 引張応力

① 引張力

$$F_b = \frac{mg C_H h - mg \ell_1}{n_t (\ell_1 + \ell_2)}$$

② 引張応力

$$\sigma_b = \frac{F_b}{A_b} \quad \text{[ボルトの断面積]}$$

$$A_b = \frac{\pi}{4} \cdot d^2$$

b. せん断応力

① せん断力

$$Q_b = m \cdot C_H \cdot g$$

② せん断応力

$$\tau_b = \frac{Q_b}{A_b n}$$

記号	表示内容	単位
A_b	基礎ボルト軸断面積	mm ²
C_H	水平方向設計震度	—
d	基礎ボルトの呼び径	mm
F	設計・建設規格 SSB-3121.1(1)に定める値	MPa
F_b	基礎ボルトに作用する引張力(1本当たり)	N
f_{sb}	せん断力のみを受ける基礎ボルトの許容せん断応力	MPa
f_{to}	引張力のみを受ける基礎ボルトの許容引張応力	MPa
f_{ts}	引張力とせん断力を同時に受ける基礎ボルトの許容引張応力	MPa
g	重力加速度(=9.80665)	m/s ²
h	据付面から重心までの距離	mm
ℓ_1	重心と転倒支点間の距離	mm
ℓ_2	重心と転倒支点間の距離($\ell_1 \leq \ell_2$)	mm
n	基礎ボルトの本数	—
n_t	引張力を受ける側の基礎ボルトの評価本数	—
Q_b	基礎ボルトに作用するせん断力	N
m	機器の質量	kg
π	円周率	—
σ_b	基礎ボルトに生じる引張応力	MPa
τ_b	基礎ボルトに生じるせん断応力	MPa

2. 評価方法及び評価結果(15/30)

3) 基礎ボルトの応力評価

基礎ボルトの引張応力 σ_b は、次式より求めた許容引張応力 f_{ts} 以下であること。ただし、 f_{to} は右表による。

$$f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \tau_b, f_{to}]$$

せん断応力 τ_b は、せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力 f_{sb} 以下であること。ただし、 f_{sb} は右表による。

	許容引張応力 f_{to}	許容せん断応力 f_{sb}
計算式	$\left[\frac{F}{Z} \right] 1.5$	$\left[\frac{F}{1.5\sqrt{3}} \right] 1.5$

4) 評価条件

機器名称	耐震設計上の重要度分類	固有周期(s)		据付場所	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度
		水平方向	鉛直方向			
コンクリートセル用 給気フィルタユニットA, B	B	0.008	—	2階	$C_H=0.36$	—

⇒ 固有周期は0.05s以下であり、コンクリートセル用給気フィルタユニットは剛構造である。

5) 評価結果

(単位:MPa)

機器名称	部材	材料	応力	算出応力	許容応力
コンクリートセル用 給気フィルタユニットA, B	基礎ボルト	SS400	引張	$\sigma_{b1} = \text{—注}$	$f_{ts} = 170$
			せん断	$\tau_{b1} = 2$	$f_{sb} = 131$

注: 引張応力は作用しない。

⇒ すべての算出応力が許容応力以下であり、十分な構造強度を有していることを確認した。

2. 評価方法及び評価結果(16/30)

(6) 鉄セル用給気フィルタユニットA～D

1) 評価方法

算出応力と許容応力の比較により、基礎ボルトを評価する。

- 鉄セル用給気フィルタユニット及び内容物の質量は重心に集中するものとする。
- 基礎ボルトに対する引張力は、基礎ボルトを支点とする転倒を考え、これを片側のボルトで受けるものとして計算する。
- 基礎ボルトに対するせん断力は、基礎ボルト全本数で受けるものとして計算する。

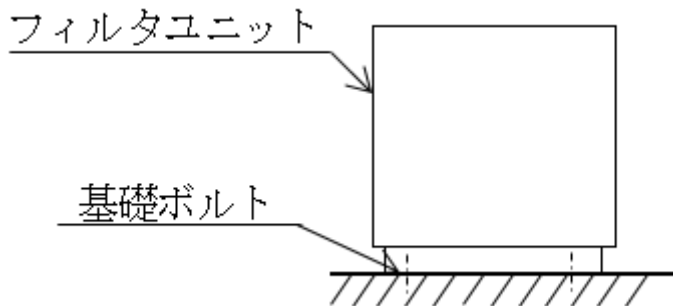


図-11 概略構造図

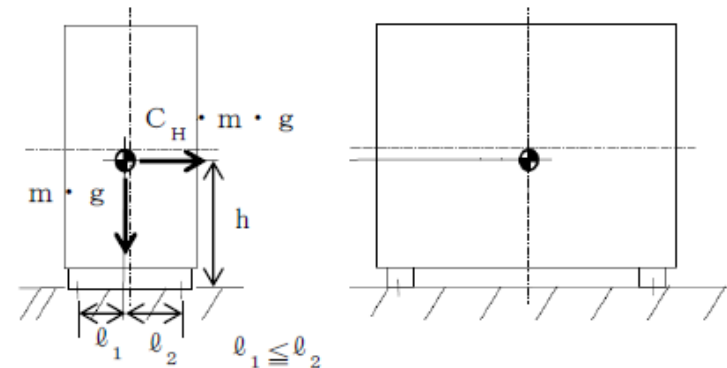


図-12 応力計算モデル

2. 評価方法及び評価結果(17/30)

2) 評価式

a. 引張応力

① 引張力

$$F_b = \frac{mg C_H h - mg \ell_1}{n_t (\ell_1 + \ell_2)}$$

② 引張応力

$$\sigma_b = \frac{F_b}{A_b} \quad \text{[ボルトの断面積]}$$

$$A_b = \frac{\pi}{4} \cdot d^2$$

b. せん断応力

① せん断力

$$Q_b = m \cdot C_H \cdot g$$

② せん断応力

$$\tau_b = \frac{Q_b}{A_b n}$$

記号	表示内容	単位
A_b	基礎ボルト軸断面積	mm ²
C_H	水平方向設計震度	—
d	基礎ボルトの呼び径	mm
F	設計・建設規格 SSB-3121.1(1)に定める値	MPa
F_b	基礎ボルトに作用する引張力(1本当たり)	N
f_{sb}	せん断力のみを受ける基礎ボルトの許容せん断応力	MPa
f_{to}	引張力のみを受ける基礎ボルトの許容引張応力	MPa
f_{ts}	引張力とせん断力を同時に受ける基礎ボルトの許容引張応力	MPa
g	重力加速度(=9.80665)	m/s ²
h	据付面から重心までの距離	mm
ℓ_1	重心と転倒支点間の距離	mm
ℓ_2	重心と転倒支点間の距離($\ell_1 \leq \ell_2$)	mm
n	基礎ボルトの本数	—
n_t	引張力を受ける側の基礎ボルトの評価本数	—
Q_b	基礎ボルトに作用するせん断力	N
m	機器の質量	kg
π	円周率	—
σ_b	基礎ボルトに生じる引張応力	MPa
τ_b	基礎ボルトに生じるせん断応力	MPa

2. 評価方法及び評価結果(18/30)

3) 基礎ボルトの応力評価

基礎ボルトの引張応力 σ_b は、次式より求めた許容引張応力 f_{ts} 以下であること。ただし、 f_{to} は右表による。

$$f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \tau_b, f_{to}]$$

せん断応力 τ_b は、せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力 f_{sb} 以下であること。ただし、 f_{sb} は右表による。

	許容引張応力 f_{to}	許容せん断応力 f_{sb}
計算式	$\left[\frac{F}{2} \right]^{1.5}$	$\left[\frac{F}{1.5\sqrt{3}} \right]^{1.5}$

4) 評価条件

機器名称		耐震設計上の 重要度分類	固有周期(s)		据付場所	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
			水平方向	鉛直方向			
鉄セル用 給気フィルタユニット	A, B	B	0.003	—	1階*	$C_H=0.36$	—
	C, D	B	0.002				

* : 鉄セル上部に設置する。

⇒ 固有周期は0.05s以下であり、鉄セル用給気フィルタユニットは剛構造である。

5) 評価結果

(単位: MPa)

機器名称	部材	材料	応力	算出応力	許容応力
鉄セル用 給気フィルタユニットA, B	基礎 ボルト	SUS316	引張	$\sigma_b=1$	$f_{ts}=153$
			せん断	$\tau_b=1$	$f_{sb}=118$
鉄セル用 給気フィルタユニットC, D	基礎 ボルト	SUS316	引張	$\sigma_b=1$	$f_{ts}=153$
			せん断	$\tau_b=1$	$f_{sb}=118$

⇒ すべての算出応力が許容応力以下であり、十分な構造強度を有していることを確認した。

2. 評価方法及び評価結果(19/30)

(7) グローブボックス用給気フィルタユニットA～H

1) 評価方法

算出応力と許容応力の比較により、基礎ボルトを評価する。

- グローブボックス用給気フィルタユニット及び内容物の質量は重心に集中するものとする。
- 基礎ボルトに対する引張力は、基礎ボルトを支点とする転倒を考え、これを片側のボルトで受けるものとして計算する。
- 基礎ボルトに対するせん断力は、基礎ボルト全本数で受けるものとして計算する。

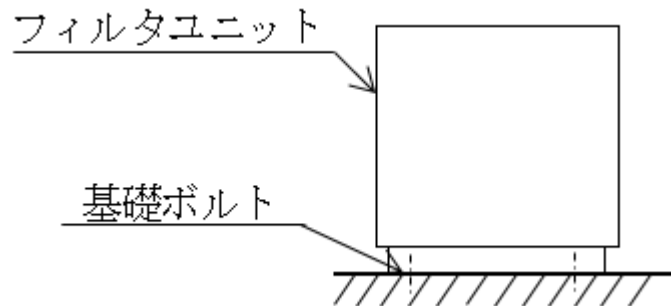


図-13 概略構造図

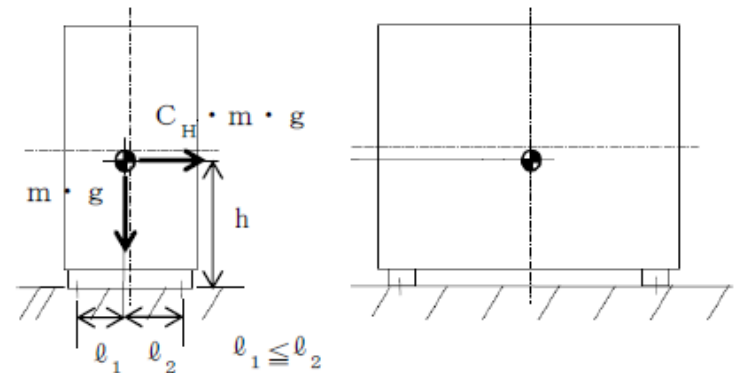


図-14 応力計算モデル

2. 評価方法及び評価結果(20/30)

2) 評価式

a. 引張応力

① 引張力

$$F_b = \frac{mg C_H h - mg \ell_1}{n_t (\ell_1 + \ell_2)}$$

② 引張応力

$$\sigma_b = \frac{F_b}{A_b} \quad \text{[ボルトの断面積]}$$

$$A_b = \frac{\pi}{4} \cdot d^2$$

b. せん断応力

① せん断力

$$Q_b = m \cdot C_H \cdot g$$

② せん断応力

$$\tau_b = \frac{Q_b}{A_b n}$$

記号	表示内容	単位
A_b	基礎ボルト軸断面積	mm ²
C_H	水平方向設計震度	—
d	基礎ボルトの呼び径	mm
F	設計・建設規格 SSB-3121.1(1)に定める値	MPa
F_b	基礎ボルトに作用する引張力(1本当たり)	N
f_{sb}	せん断力のみを受ける基礎ボルトの許容せん断応力	MPa
f_{to}	引張力のみを受ける基礎ボルトの許容引張応力	MPa
f_{ts}	引張力とせん断力を同時に受ける基礎ボルトの許容引張応力	MPa
g	重力加速度(=9.80665)	m/s ²
h	据付面から重心までの距離	mm
ℓ_1	重心と転倒支点間の距離	mm
ℓ_2	重心と転倒支点間の距離($\ell_1 \leq \ell_2$)	mm
n	基礎ボルトの本数	—
n_t	引張力を受ける側の基礎ボルトの評価本数	—
Q_b	基礎ボルトに作用するせん断力	N
m	機器の質量	kg
π	円周率	—
σ_b	基礎ボルトに生じる引張応力	MPa
τ_b	基礎ボルトに生じるせん断応力	MPa

2. 評価方法及び評価結果(21/30)

3) 基礎ボルトの応力評価

基礎ボルトの引張応力 σ_b は、次式より求めた許容引張応力 f_{ts} 以下であること。ただし、 f_{to} は右表による。

$$f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \tau_b, f_{to}]$$

せん断応力 τ_b は、せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力 f_{sb} 以下であること。ただし、 f_{sb} は右表による。

	許容引張応力 f_{to}	許容せん断応力 f_{sb}
計算式	$\left[\frac{F}{2} \right]^{1.5}$	$\left[\frac{F}{1.5\sqrt{3}} \right]^{1.5}$

4) 評価条件

機器名称		耐震設計上の 重要度分類	固有周期(s)		据付場所	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
			水平方向	鉛直方向			
グローブボックス用 給気フィルタユニット	A~F	B	0.002	—	1階*	$C_H=0.36$	—
	G, H	B	0.002				

* : グローブボックス上部に設置する。

⇒ 固有周期は0.05s以下であり、グローブボックス用給気フィルタユニットは剛構造である。

5) 評価結果

(単位: MPa)

機器名称	部材	材料	応力	算出応力	許容応力
グローブボックス用 給気フィルタユニットA~F	基礎 ボルト	SUS316	引張	$\sigma_b=1$	$f_{ts}=153$
			せん断	$\tau_b=1$	$f_{sb}=118$
グローブボックス用 給気フィルタユニットG, H	基礎 ボルト	SUS316	引張	$\sigma_b=1$	$f_{ts}=153$
			せん断	$\tau_b=1$	$f_{sb}=118$

⇒ すべての算出応力が許容応力以下であり、十分な構造強度を有していることを確認した。

2. 評価方法及び評価結果(22/30)

(8) 主要排気管(鋼管)

1) 計算条件

評価対象としているBクラス主要排気管(鋼管)の耐震性評価はJEAC4601-2008に基づき、配管標準支持間隔評価(定ピッチスパン法)により評価する。

定ピッチスパン法は、配管/排気管の設計において、固有振動数がある一定の値以上になるようにサポートの間隔(配管支持間隔)を定める方法である。主要排気管においては、建屋との共振を避けるため20Hz以上(剛構造)になるよう設計している。

この方法においては、排気管(鋼管)に対する軸直角2方向拘束サポートにて支持される「等分布荷重両端単純支持はりモデル」において、機械力学に基づくはりの振動方程式より排気管の支持間隔を求める。

主要排気管(鋼管)の応力評価については、排気管(鋼管)に対して、定ピッチスパン法により求めた支持間隔とした場合の内圧、自重、地震による発生応力を求める。内圧、自重、地震による発生応力が、JEAC4601-2008に基づく供用状態Csにおける一次応力許容値を超えないことを確認する。

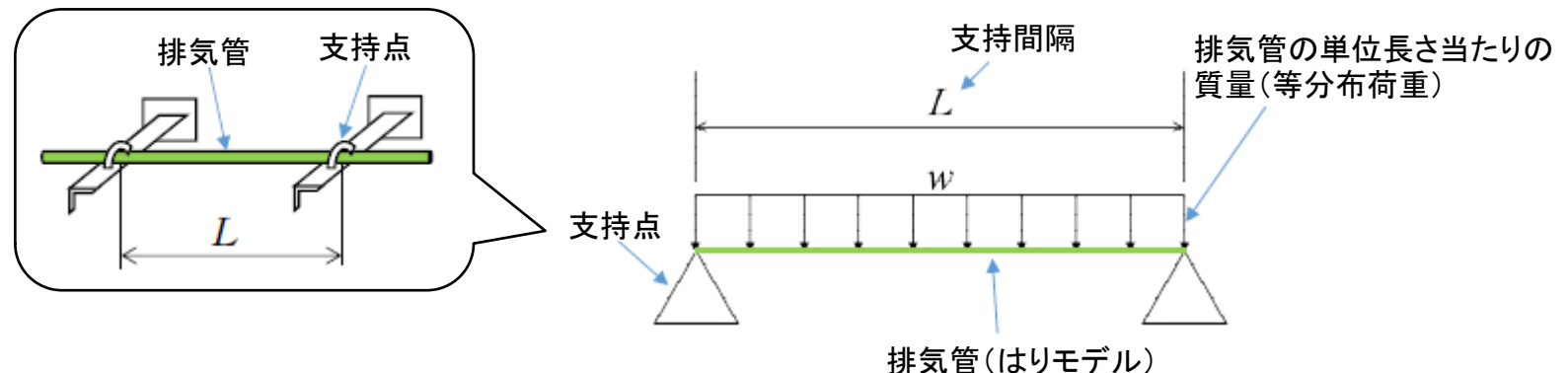


図-15 等分布荷重 両端単純支持はりモデル

2. 評価方法及び評価結果(23/30)

2) Bクラス主要排気管(鋼管)の支持間隔

主要排気管(鋼管)支持間隔は下式にて計算する。

$$L = \sqrt{\frac{\pi}{2 \cdot f_d} \sqrt{\frac{E \cdot I \cdot 10000}{w}}}$$

L : 支持間隔 [mm]

f_d : 固有振動数 [Hz]

E : 縦弾性係数 [N/mm²]

I : 断面2次モーメント [mm⁴]

w : 主要排気管(鋼管)の単位長さ当たりの質量 [kg/mm]

π : 円周率

表-1 主要排気管(鋼管)の各種条件及び支持間隔の計算結果

配管分類	主要排気管(鋼管)							
耐震クラス	Bクラス							
設計温度 [°C]	60							
配管材料	SUS304							
配管口径	100A	125A	150A	200A	250A	350A	450A	600A
Sch	10S					40		
設計圧力 [MPa]	0.0095							
配管支持間隔 [m]	3.9	4.3	4.7	5.3	6.0	6.8	7.7	8.9

2. 評価方法及び評価結果(24/30)

3) 評価方法

対象の主要排気管(鋼管)は、クラス4配管の規定を準用する。

応力算定式については下式で表される。

また、許容制限についてはJEAC4601-2008より、クラス4配管は「地震時に機能が保たれるよう支持間隔を確保することとする」とあるため、弾性範囲の設計として許容応力を $1.0S_y$ (S_y :降伏応力)にて算出する。

$$S = \frac{PD_0}{4t} + \frac{M_a + M_b}{Z}$$

$$M_a : \text{自重によるモーメント} \quad M_a = \frac{w \cdot g \cdot L^2}{8}$$

$$M_b : \text{地震によるモーメント} \quad M_b = \frac{C_h \cdot w \cdot g \cdot L^2}{8}$$

S : 発生応力 [MPa]

P : 設計圧力 [MPa]

D_0 : 外径 [mm]

t : 板厚 [mm]

Z : 断面係数 [mm³]

C_h : 水平震度 -

L : 支持間隔 [mm]

w : 主要排気管(鋼管)の単位長さ当たりの質量 [kg/mm]

g : 重力加速度(=9.80665) [m/s²]

4) 評価結果

表-2 主要排気管(鋼管)の応力評価結果

配管分類	主要排気管(鋼管)							
	配管材料	SUS304						
配管口径	100A	125A	150A	200A	250A	350A	450A	600A
Sch	10S					40		
設計圧力 [MPa]	0.0095							
内圧, 自重, 地震による発生応力 S [MPa]	8	8	8	8	8	8	8	8
供用状態 C_s における一次応力 許容値 [MPa]	1.0 S_y =153							

⇒ 各配管口径での発生応力が許容値以下であり、十分な構造強度を有していることを確認した。

2. 評価方法及び評価結果(25/30)

(9) 主要排気管(ダクト)

評価対象としているBクラス主要排気管(ダクト)の耐震性評価はJEAC4601-2008に基づき、固有振動数又は許容座屈限界モーメントから定まる支持間隔を算定する。

支持間隔は、以下のいずれか小さい方の値以下として算定する。

- ①ダクト系の固有振動数が20Hz以上として定まる支持間隔
- ②地震時の座屈による大変形を防ぐため、ダクトに生じる曲げモーメントを許容座屈曲げモーメント以下とする支持間隔(許容座屈曲げモーメントから定まる支持間隔)

1) 計算条件

- ・ダクトの計算モデルは、両端単純支持はりモデルとする。
- ・ダクトの重量は、フランジ重量も含めて等分布荷重として扱う。
- ・丸ダクトについては、矩形ダクトと比べて十分な剛性を有していることから評価は矩形ダクトで代表する。

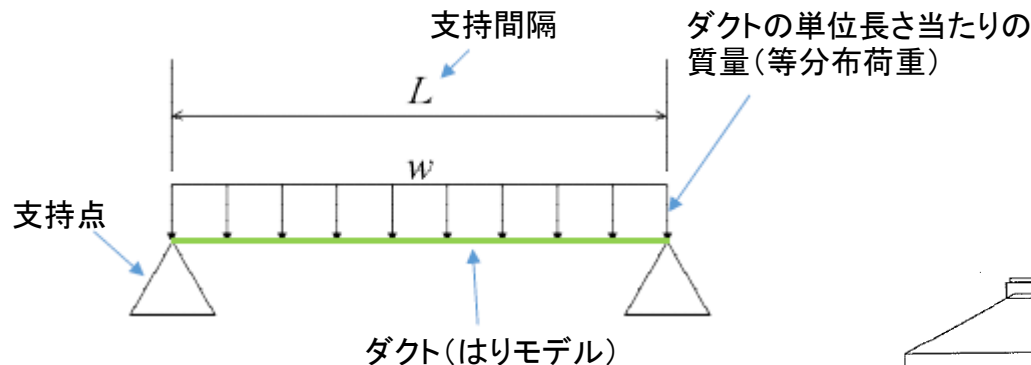


図-16 等分布荷重 両端単純支持はりモデル

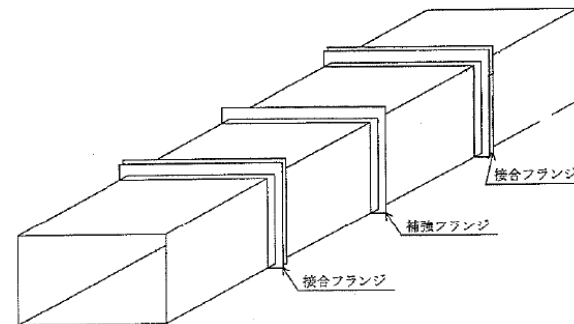


図-17 ダクト構造例: JEAC4601-2008より

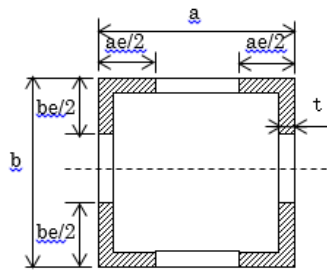
2. 評価方法及び評価結果(26/30)

2) 評価式

①ダクトの固有振動数から定まる支持間隔 : L_{R1}

$$L_{R1} = \sqrt{\frac{\pi}{2 \cdot f_d}} \sqrt{\frac{E \cdot I \cdot 1000}{w}}$$

$$I = \beta \cdot \left(\frac{t \cdot b e^3}{6} + a e \cdot t \cdot \frac{b e^2}{2} \right)$$



f_d	: 固有振動数	(Hz)
π	: 円周率	(-)
L_{R1}	: 両端単純支持間隔	(mm)
E	: 縦弾性係数	(N/mm ²)
I	: 断面二次モーメント	(mm ⁴)
w	: ダクト単位長さ質量	(kg/mm)
β	: 断面二次モーメントの安全係数	0.6

a	: ダクト長辺寸法	(mm)
b	: ダクト短辺寸法	(mm)
ae	: ダクトフランジの有効幅	(mm)
be	: ダクトウェブの有効幅	(mm)
t	: ダクト板厚	(mm)

②許容座屈曲げモーメントから定まる支持間隔 : L_{R2}

$$L_{R2} = \sqrt{\frac{8 \cdot M}{w \cdot g \cdot \alpha}}$$

○許容座屈曲げモーメント : M

$$M = S \cdot M_t$$

$$M_t = \lambda \cdot \frac{\pi \cdot t \cdot I}{\sqrt{1 - \nu^2} \cdot b^2} \cdot \sqrt{E \cdot \sigma_y \cdot \gamma}$$

$$I = \frac{t \cdot b^3}{6} + a e \cdot t \cdot \frac{b^2}{2}$$

L_{R2}	: 許容座屈曲げモーメントから定まる支持間隔	(mm)
M	: 許容座屈曲げモーメント	(N・mm)
w	: ダクト単位長さ質量	(kg/mm)
g	: 重力加速度 (=9.80665)	(m/s ²)
α	: 設計震度	(-)
S	: 許容座屈曲げモーメントの安全係数	0.7
M_t	: 座屈限界曲げモーメント	(N・mm)
λ	: 座屈限界曲げモーメントの補正係数	(-)
π	: 円周率	(-)
t	: ダクト板厚	(mm)
b	: ダクト短辺寸法	(mm)
I	: 断面二次モーメント	(mm ⁴)
E	: 縦弾性係数	(N/mm ²)
ae	: ダクトフランジの有効幅	(mm)
γ	: 座屈限界曲げモーメントの安全係数	0.6
ν	: ポアソン比	0.3
σ_y	: 降伏点	(N/mm ²)

2. 評価方法及び評価結果(27/30)

3) 評価結果

表-3 主要排気管(ダクト)における各種条件及び支持間隔の計算結果

評価部材	主要排気管(ダクト)		
耐震クラス	Bクラス		
材料	SS400		
設計温度[°C]	60		
寸法[mm]	559.0×559.0	659.0×659.0	706.4*
板厚[mm]	4.5	4.5	3.2
①ダクトの固有振動数より定まる支持間隔[m]	6.6	7.1	7.0
②許容座屈曲げモーメントから定まる支持間隔[m]	57.8	55.3	42.2
耐震支持間隔(=Min[①, ②])[m]	6.6	7.1	7.0

* : 寸法706.4mm×706.4mm、板厚3.2mmの矩形ダクトとして代表した支持間隔を示す。

⇒ 耐震Bクラスの条件を満足する主要排気管(ダクト)の耐震支持間隔を算出した。

2. 評価方法及び評価結果(28/30)

(10) 主要給気管

1) 計算条件

評価対象としているBクラス主要給気管の耐震性評価はJEAC4601-2008に基づき、配管標準支持間隔評価(定ピッチスパン法)により評価する。

定ピッチスパン法は、配管／給気管の設計において、固有振動数がある一定の値以上になるようにサポートの間隔(配管支持間隔)を定める方法である。主要給気管においては、建屋との共振を避けるため20Hz以上(剛構造)になるよう設計している。

この方法においては、給気管に対する軸直角2方向拘束サポートにて支持される「等分布荷重両端単純支持はりモデル」において、機械力学に基づくはりの振動方程式より給気管の支持間隔を求める。

主要給気管の応力評価については、給気管に対して、定ピッチスパン法により求めた支持間隔とした場合の内圧、自重、地震による発生応力を求める。内圧、自重、地震による発生応力が、JEAC4601-2008に基づく供用状態Csにおける一次応力許容値を超えないことを確認する。

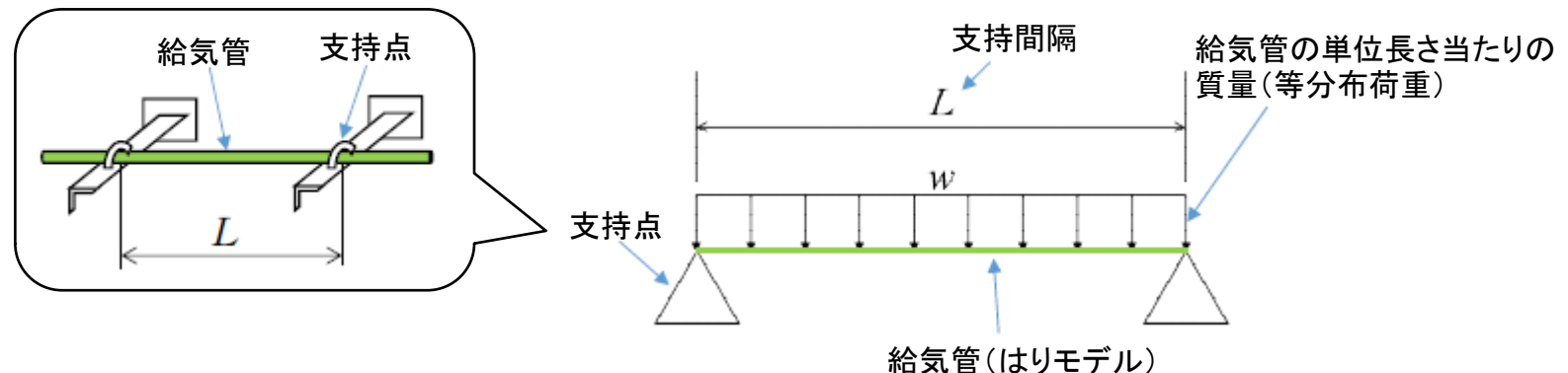


図-18 等分布荷重 両端単純支持はりモデル

2. 評価方法及び評価結果(29/30)

2) Bクラス主要給気管の支持間隔

主要給気管支持間隔は下式にて計算する。

$$L = \sqrt{\frac{\pi}{2 \cdot f d} \sqrt{\frac{E \cdot I \cdot 10000}{w}}}$$

L : 支持間隔 [mm]
 fd : 固有振動数 [Hz]
 E : 縦弾性係数 [N/mm²]
 I : 断面2次モーメント [mm⁴]
 w : 主要給気管の単位長さ当たりの質量 [kg/mm]
 π : 円周率

表-4 主要給気管の各種条件及び支持間隔の計算結果

配管分類	主要給気管				
耐震クラス	Bクラス				
設計温度 [°C]	60				
配管材料	SUS304				
配管口径	80A	150A	200A	250A	300A
Sch	20S			10S	
設計圧力 [MPa]	0.001			0.0005	
配管支持間隔 [m]	3.4	4.6	5.3	6.0	6.5

2. 評価方法及び評価結果(30/30)

3) 評価方法

対象の主要給気管は、クラス4配管の規定を準用する。

応力算定式については下式で表される。

また、許容制限についてはJEAC4601-2008より、クラス4配管は「地震時に機能が保たれるよう支持間隔を確保することとする」とあるため、弾性範囲の設計として許容応力を $1.0S_y$ (S_y :降伏応力)にて算出する。

$$S = \frac{PD_0}{4t} + \frac{M_a + M_b}{Z}$$

$$M_a : \text{自重によるモーメント} \quad M_a = \frac{w \cdot g \cdot L^2}{8}$$

$$M_b : \text{地震によるモーメント} \quad M_b = \frac{C_h w \cdot g \cdot L^2}{8}$$

S : 発生応力 [MPa]

P : 設計圧力 [MPa]

D_0 : 外径 [mm]

t : 板厚 [mm]

Z : 断面係数 [mm³]

C_h : 水平震度 -

L : 支持間隔 [mm]

w : 主要給気管の単位長さ当たりの質量 [kg/mm]

g : 重力加速度 (=9.80665) [m/s²]

4) 評価結果

表-5 主要給気管の応力評価結果

配管分類	主要給気管				
	配管材料	SUS304			
配管口径	80A	150A	200A	250A	300A
Sch	20S			10S	
設計圧力 [MPa]	0.001			0.0005	
内圧, 自重, 地震による発生応力 S [MPa]	8	8	8	8	8
供用状態Csにおける一次応力許容値 [MPa]	1.0Sy = 153				

⇒ 各配管口径での発生応力が許容値以下であり、十分な構造強度を有していることを確認した。

3. アンカー一部評価

1) 評価方法

JEAC4601-2008「4.3.9章 支持構造物及びアンカー一部の強度評価」及び「4.2.3章(9) アンカー一部の許容応力」に基づき評価を実施する。

2) 評価式

基礎ボルトが引張荷重を受ける場合のコンクリートの評価

・コンクリートにせん断補強筋が無い場合

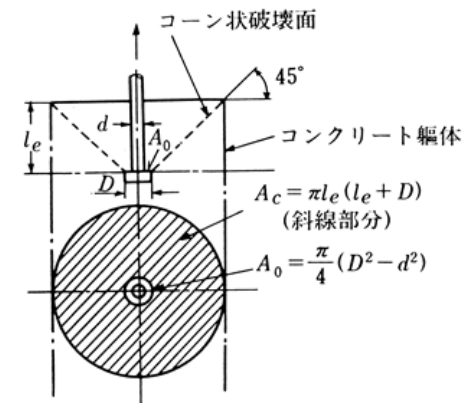
荷重の算定で得られた基礎ボルトの引張荷重は、以下に示すコンクリート部の引張荷重に対する許容値以下となるようにする。

$$p \leq p_a = \text{Min}[p_{a1}, p_{a2}]$$

$$p_{a1} = 0.31K_1 A_c \sqrt{F_c}$$

$$p_{a2} = K_2 \alpha_c A_0 F_c$$

- p : 基礎ボルト1本当りの引張荷重 (N)
- p_a : 基礎ボルト1本当りのコンクリート部の許容引張荷重(N)
- p_{a1} : コンクリート躯体がコーン状破壊する場合の基礎ボルト1本当りの許容引張荷重(N)
- p_{a2} : 基礎ボルト頭部に接するコンクリート部が支圧破壊する場合の基礎ボルト1本当りの許容引張荷重(N)
- K_1 : コーン状破壊する場合の引張耐力の低減係数
- K_2 : 支圧破壊する場合の引張耐力の低減係数
- F_c : コンクリートの設計基準強度(N/mm²)
- A_c : コンクリートのコーン状破壊面の有効投影面積(mm²)
- α_c : 支圧面積と有効投影面積から定まる係数、 $=\sqrt{A_c/A_0}$ かつ10以下
- A_0 : 支圧面積(mm²)
- l_e : 基礎ボルトのコンクリート内への埋込み長さ(mm)
- D : 基礎ボルト頭部の直径(mm)
- d : 基礎ボルトの公称径(mm)



⇒ すべての引張荷重が許容引張荷重以下であることを確認した。

3) 評価結果

機器名称		引張荷重 (N)	コンクリート部の許容引張荷重(N)
鉄セル	遮へい体	— 注	—
	インナーボックス	— 注	—
グローブボックス(GB-No.1, 2, 3, 4)		— 注	—
セル・グローブボックス用排風機		— 注	—
セル・グローブボックス用排気フィルタユニット	A, B	115	138300
	C, D	531	138300

注: 引張荷重は発生しない。

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
(Ⅲ. v. 日本海溝・千島海溝沿いの地震について)

2020年10月29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



内閣府「日本海溝・千島海溝沿いの巨大地震モデルの検討について（概要報告）」について

「内閣府「日本海溝・千島海溝沿いの巨大地震モデルの検討について（概要報告）」（令和2年4月21日）」で示された地震については、公表された地震の震源域が発電所敷地から十分に遠方に位置しており、また、震度が5弱未満であることから、第2棟の耐震安全性に影響はないと判断する。

第2棟建屋の耐震設計は、発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針上のBクラスの建物としての評価を実施している。この評価において、水平地震力は建築基準法に基づく地震層せん断力係数(Ci)に耐震重要度分類に応じた係数『1.5』を乗じ当該層以上の部分の重量を乗じて算定し、構造部材への作用応力は許容応力以下であることを確認している。また、大規模地震（震度6強～7に達する程度）に対して耐震安全性を検証する保有水平耐力計算を行っており、必要保有水平耐力に対して十分な耐震性が確保($Q_u/Q_{un} \geq 3.45$)されていることを確認している。

第2棟の主要設備の耐震設計についても、建屋と同様に耐震設計審査指針に基づきBクラス設備に対する水平地震力は建屋の地震層せん断力係数の値を20%増しとした水平震度より求まる地震力（最小水平震度＝0.36）で評価を実施し、評価対象部位の発生応力が許容応力以下であることを確認している。また、同評価では、各設備とも十分な耐震裕度（1.5倍以上）を有していることから、震度5弱未満と予想される地震に対しても十分耐震性が確保されていると判断している。

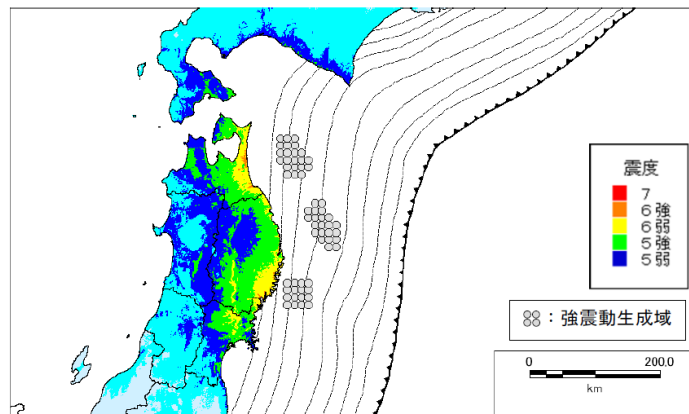
参考資料

内閣府「日本海溝・千島海溝沿いの巨大地震モデルの検討について(概要報告)」参考図表集より抜粋

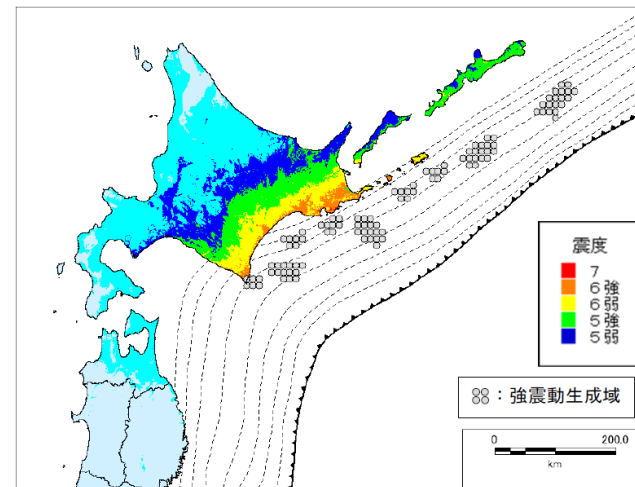
強震断層モデルの強震動生成域の分布と震度分布

津波断層モデルの検討で得られた震源域において、過去の地震や地震活動の状況を参考に、強い揺れの発生源（強震動生成域）を配置し、震度分布を計算

【①日本海溝（三陸・日高沖）モデル】



【②千島海溝（十勝・根室沖）モデル】



・プレート境界の地震としては最大クラスの地震動であるが、プレート内部や地殻内の浅い場所（活断層）で発生した地震の方が揺れの影響としては大きくなる場合があることに留意する必要がある。

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 (Ⅳ. 火災防護)



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
(IV. i. 火災防護について)
9月4日面談資料改訂版

2021年4月15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棟における火災防護について

(1) 基本方針

- ① 他の特定原子力施設の設計を参考にしつつ、「特定原子力施設への指定に際し東京電力株式会社福島第一原子力発電所に対して求める措置を講ずべき事項について」(以下「措置を講ずべき事項」という。)を満たした設計とする。
- ② 既存の核燃料物質等の使用施設を参考にしつつ、合理的に対応可能な範囲で、「使用施設等の位置、構造及び設備の基準に関する規則」(その解釈を含む)(以下「使用許可基準規則」という。)に則した設計とする。

第2棟における火災防護について

(2) 措置を講ずべき事項について

14. 設計上の考慮

④火災に対する設計上の考慮

火災発生防止、火災検知及び消火並びに火災の影響の軽減の方策を適切に組み合わせて、火災により施設の安全性を損なうことのない設計であること。

(3) 使用許可基準規則について

(火災等による損傷の防止)

第四条 使用施設等は、火災又は爆発によりその安全性が損なわれないよう、火災及び爆発の発生を防止することができ、かつ、火災及び爆発の影響を軽減する機能を有するものでなければならない。

2 使用前検査対象施設には、火災又は爆発によりその安全性が損なわれないよう、前項に定めるもののほか、消火を行う設備(以下「消火設備」という。)及び早期に火災発生を感知する設備を設けなければならない。

3 消火設備は、破損、誤作動又は誤操作が起きた場合においても安全上重要な施設の安全機能を損なわないものでなければならない。

第2棟における火災防護について

(4) 第2棟における火災防護について

「措置を講ずべき事項」「使用許可基準規則」を踏まえ、第2棟における火災防護の考え方を下記に示す。

(1) 火災一般

第2棟は、火災により安全性が損なわれることを防止するために、火災の発生防止対策、火災の検知及び消火対策並びに火災の影響の軽減対策を適切に組み合わせた措置を講ずる。

(2) 火災防護

第2棟の建屋は、建築基準法及び関係法令に基づく耐火建築物とし、可能な限り不燃性材料又は難燃性材料を使用する。また、防火区画を設置し、消防設備と組み合わせることにより、火災の影響を軽減する設計とする。主要構造部の外壁は、延焼を防止するために必要な耐火性能を有する設計とする。

放射性物質を取り扱うコンクリートセル、鉄セル、グローブボックス及びフードは、可能な限り不燃性材料又は難燃性材料を使用する設計とする。可燃物は、金属製の容器に収納して使用時に取り出すこととし、分析・試験では少量の可燃物しか取り扱わないようにする。

放射性の固体廃棄物は、金属製の容器に収納する。また、放射性の液体廃棄物を一時的に保管する設備は、静電気等の放電のため接地する。

第2棟における火災防護について

(3) 火災検知・消火

建屋内に設置する火災検知器及び消火設備(屋内消火栓設備及び消火器)は、早期消火を行えるよう消防法及び関係法令に基づいた設計とする。

セル等に対しては、温度計及び窒素ガス消火設備を設置し、火災の早期検知、消火活動の円滑化を図る。窒素ガス消火設備は、再着火防止を考慮した設計とし、設備の故障等を考慮して複数設置する。

(4) 分析・試験における火災防護

燃料デブリ等の分析・試験により発生する切断粉等は、金属製の容器に収納する。

引火性の試薬等を使用する際は、周辺に着火源を置かないようにし、加熱する際は、防爆仕様の機器を用いる。さらに、防爆仕様の機器を使用する際は、周辺に可燃物を置かないなどの火災防護上の措置を講ずる。

分析・試験に伴い危険物が発生するおそれがある場合には、中和、希釈等の安定化処理を行い、水の放射線分解による水素発生と水素ガス使用機器からの漏えいに対しては、換気による希釈と帯電防止対策を行う。

上記を踏まえた、セル、グローブボックス等の火災防護を「IV. iii 分析・試験設備の火災防護について」に、建屋の火災防護を「IV. ii 建屋の火災防護について」に示す。

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
(IV. ii. 建屋の火災防護について)
11月27日面談資料改訂版

2020年12月11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. 第2棟建屋の火災防護について(1/5)

第2棟は、火災により安全性が損なわれることを防止するために、火災の発生防止対策、火災の検知及び消火対策、火災の影響の軽減対策の3方策を適切に組み合わせた措置を講ずる。

1.火災の発生防止

(1) 不燃性材料, 難燃性材料の使用

第2棟は、主要構造部である壁, 柱, 床, はり, 屋根及び階段は、不燃性材料を使用する。間仕切り壁, 天井及び仕上げは、建築基準法, 建築基準法施行令及び建設省告示に基づく他、可能な限り不燃性材料又は難燃性材料を使用する。

建屋内の機器, 配管, 排気管, 排気ダクト, トレイ, 電線路及び盤の筐体の主要構造体並びにこれらの支持構造物は、不燃性材料とする。また、幹線ケーブル, 動力ケーブル及び制御ケーブルは難燃ケーブルを使用する他、消防設備用のケーブルは消防法, 消防法施行令, 消防法施行規則及び消防庁告示に基づき耐火ケーブル及び耐熱ケーブルを使用する。

(2) 自然現象による火災発生防止

第2棟の建屋, 系統及び機器は、落雷, 地震等の自然現象により火災が生じることがないように防護した設計とし、建築基準法, 建築基準法施行令及び建設省告示に基づき避雷設備を設置する。

第2棟の建屋は、「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」(平成18年9月19日)に基づき設計を行い、破壊又は倒壊を防ぐことにより、火災発生を防止する。

(3) 過電流保護, 漏電遮断器の使用

第2棟の分電盤等には、過電流保護機能を有する漏電遮断器や配線用遮断器を適切に設置する。

1. 第2棟建屋の火災防護について(2/5)

2. 火災の検知及び消火

(1) 火災検知器及び消火設備

第2棟の建屋に設置する火災検知器及び消火設備は、早期消火を行えるよう消防法、消防法施行令及び消防法施行規則に基づいた設計とする。

① 火災検知器

放射線、取付面高さ、温度、湿度、空気流等の環境条件や予想される火災の性質を考慮して検知器の型式(熱・煙)を選定する。なお、火災検知時は、受信器より常時人のいる建屋内制御室及び免震重要棟に代表警報を発報する設計とする。

② 消火設備

消火設備は、屋内消火栓設備及び粉末消火器で構成する。屋内消火栓は、各階に半径25mの範囲に放水できるように配置し、消火器は歩行距離20mの範囲内となるように設置する。

屋内消火栓設備の消火水槽の容量(貯水量)は約 16m^3 * (水槽容積:約 26m^3)とする。これは、東電自衛消防隊が第2棟に到着する時間(約60分を想定)までの初期消火が可能な放水量に相当する設計としている。さらに、屋外には「消防水利の基準」(平成二十六年十月三十一日消防庁告示第二十九号)に基づき地下埋設型の消防水利の容量(貯水量)約 40m^3 (水槽容積:約 41m^3)を設置し、第2棟屋外での消火活動を行うことができる。

(2) 自然現象に対する消火設備の性能維持

消火設備は、凍結防止、風水害対策等の措置を講じた設計とする。

※消防法施行令第11条により、ノズルの放水量 $130\text{L}/\text{分}$ から算出した容量: $130\text{L}/\text{分} \times 60\text{分} \times 2\text{口} = 15600\text{L} \div 1000 \approx 16\text{m}^3$

1. 第2棟建屋の火災防護について(3/5)

3. 火災の影響の軽減

第2棟の建屋は、建築基準法及び建築基準法施行令に基づき防火区画を設置し、消防設備と組み合わせることにより、火災の影響を軽減する設計とする。なお、主要構造部の外壁(鉄筋コンクリート造)は、延焼を防止するために必要な耐火性能を有する設計とする。

4. 外部火災について

外部火災に対しては、建屋内設備は建屋で防護し、屋外設備は消火活動により防護する。消火活動が可能なように、消防水利を「消防水利の基準」(平成二十六年十月三十一日消防庁告示第二十九号)に基づき設置する。

第2棟周囲の森林から第2棟建屋までは20m以上確保する。

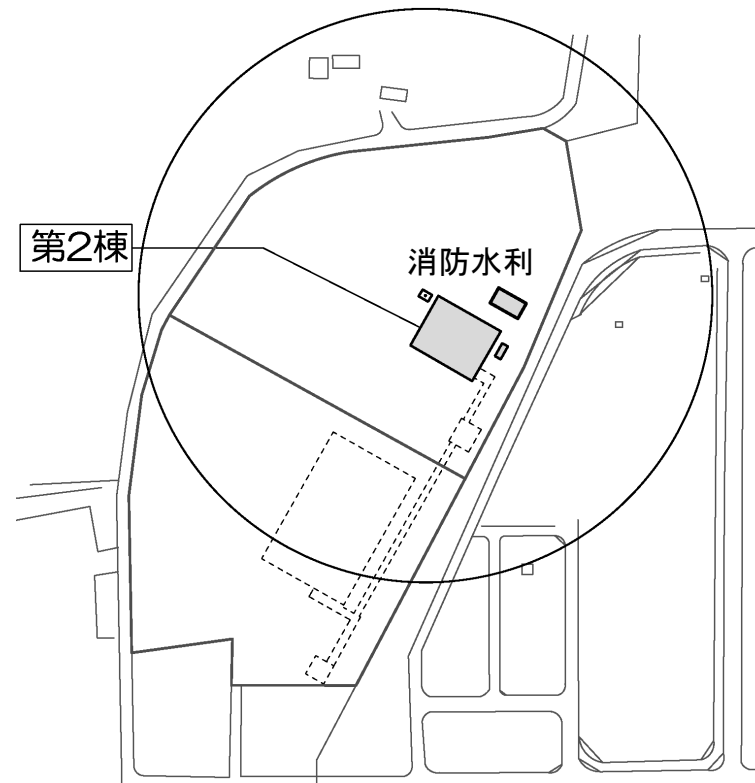
1. 第2棟建屋の火災防護について(4/5)

消火設備の取付箇所を以下に示す。



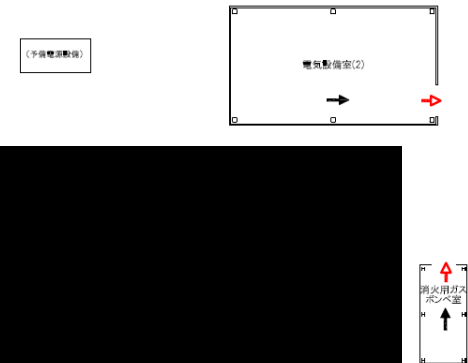
1. 第2棟建屋の火災防護について(5/5)

消防水利の位置

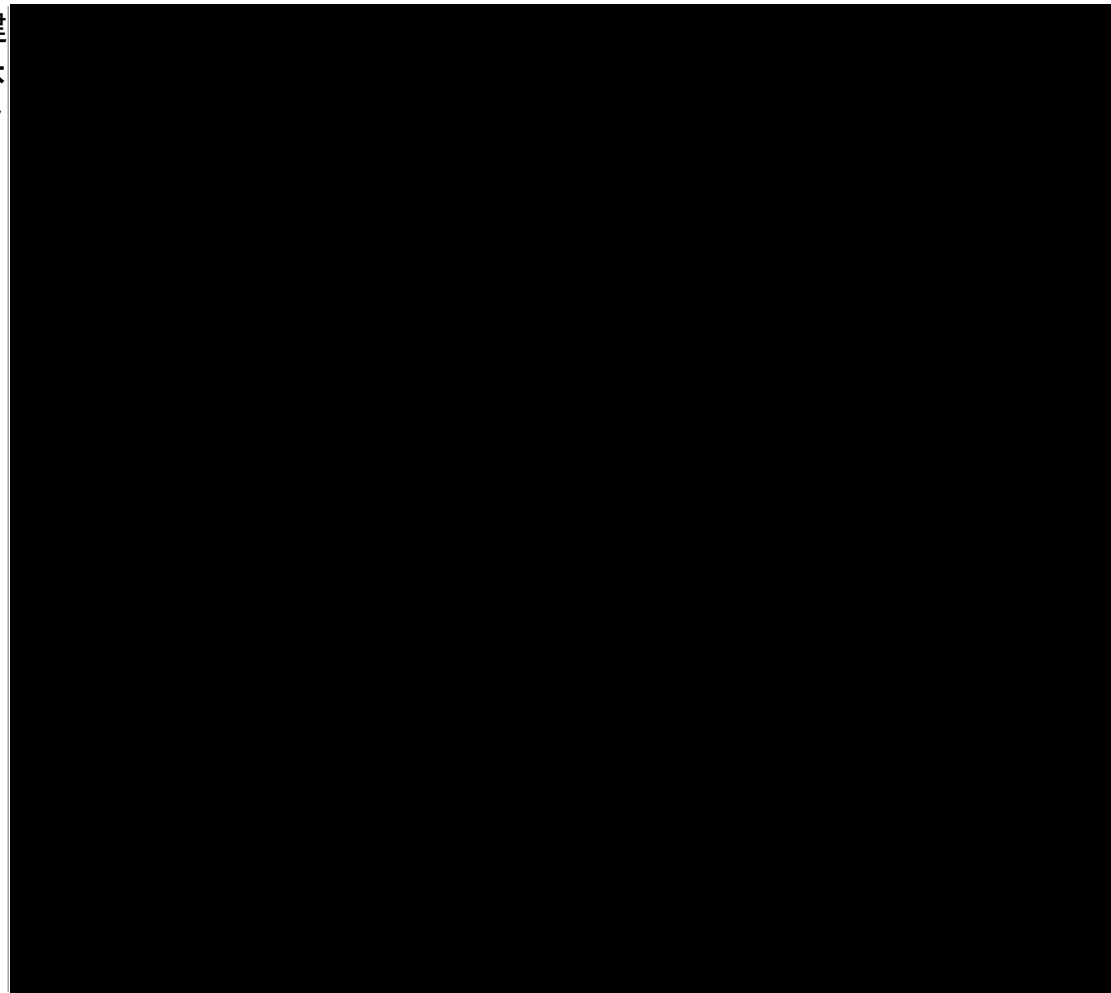


2. 第2棟の安全避難通路について

第2棟の建屋には、分析・試験、定期的な放射線測定、建物及び建屋内の巡視点検のための出入りを行うことから、建築基準法、建築基準法施行令及び建設省告示並びに消防法及び消防法施行令に基づき安全避難通路を設定する。避難通路を右図に示す。



凡例	
	非常口
	避難経路



3. 第2棟の非常用照明について

第2棟には、分析・試験、定期的な放射線測定、建物及び建屋内の巡視点検のための出入りを行うことから、建築基準法、建築基準法施行令及び建設省告示に基づく非常用照明並びに消防法及び消防法施行令に基づく誘導灯を設置する。また、所轄消防の指導により、地下1階 換気空調設備室(2)の屋内消火栓ポンプ操作面及び経路に供する非常用照明を設置する。

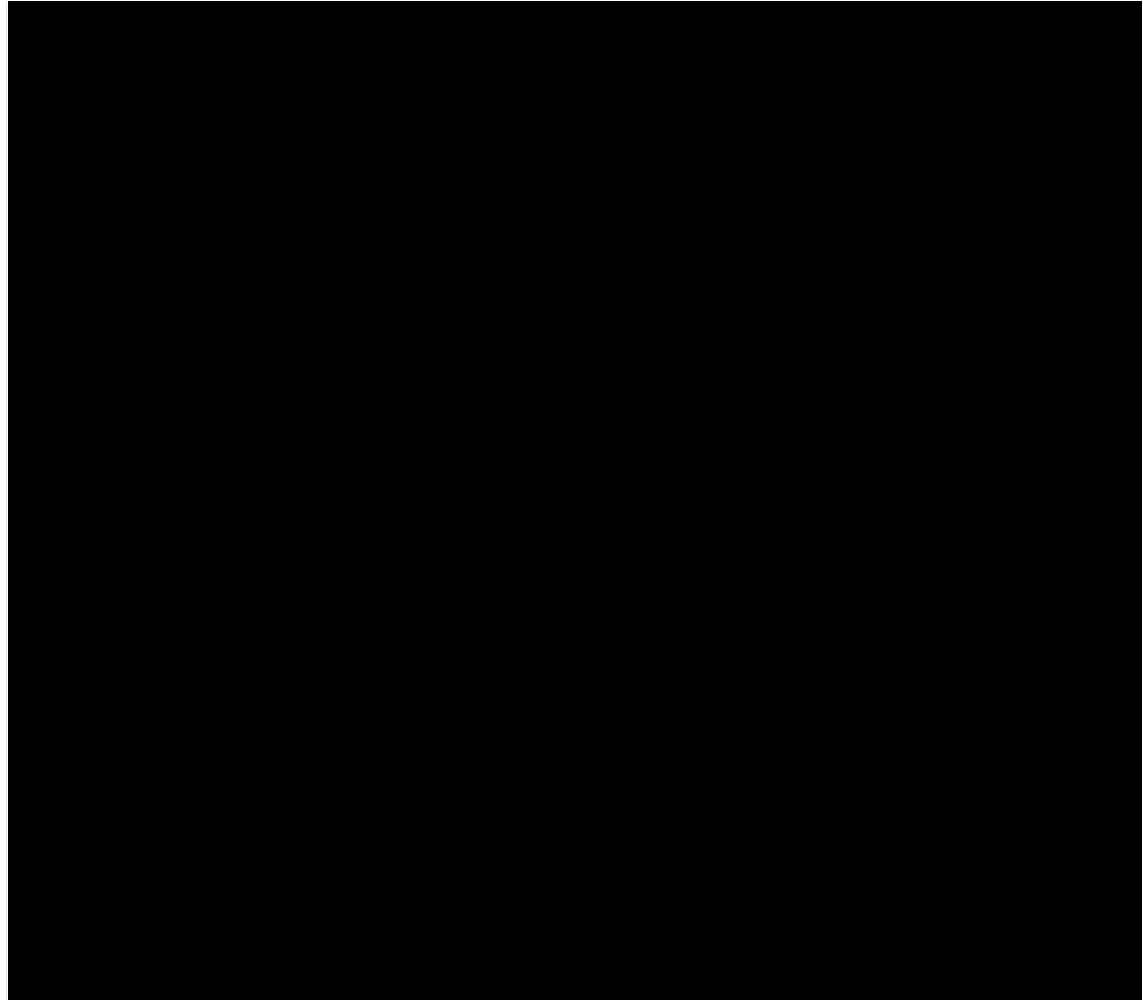
非常用照明及び誘導灯の取付箇所を右図に示す。

(予備電源設備)



消火栓ポンプ操作面

凡例	
	避難口誘導灯（電池内蔵型）
	通路誘導灯（電池内蔵型）
	非常照明器具（電池内蔵型）
	階段通路誘導灯（電池内蔵型）



4. 第2棟建屋の火災防護に係る適用法令について(1/2)

建屋の火災防護に係る建築基準法、消防法等に関連する対応を下記に示す。

No.	項目	法規	適用及び規制の内容	対応
1	2以上の直通階段	建築基準法施行令第121条	避難階以外の階における「居室」の床面積の合計が避難階の直上階にあっては200㎡を、その他の階にあっては100㎡を超えるものは2以上の直通階段を設ける。	2階が対象 地下1階は非居室のため対象外
2	非常用照明	建築基準法施行令第126条の4	延べ面積が1000㎡を超える建築物の居室及びこれらの居室から地上に通ずる廊下、階段その他の通路(採光上有効に直接外気に開放された通路を除く。)並びにこれらに類する建築物の部分で照明装置の設置を通常要する部分には、非常用照明を設けなければならない。	1,2階が対象 地下1階は消防指導により設置
3	誘導灯	消防法施行令第26条	地階、無窓階の部分。	各階に設置
4	不燃材料	建築基準法 第2条 建設省告示第1400号	建築材料のうち、不燃性能に関して政令で定める技術的基準に適合するもので、国土交通大臣が定めたもの又は国土交通大臣の認定を受けたもの。	建屋の主要構造部(壁、柱、床、はり、屋根及び階段)に使用
5	難燃材料	建築基準法施行令第1条 建設省告示第1402号	建築材料のうち、通常の火災による加熱が加えられた場合に、加熱開始後5分間第108条の2号(不燃性能及びその技術的基準)に掲げる要件をみたしているものとして、国土交通大臣が認めたもの又は国土交通大臣の認定を受けたもの。	間仕切り壁、仕上材等に使用
6	機器、配管等の不燃性材料*	实用発電用原子炉及びその附属施設の火災防護に係る審査基準2.1.2(1)	機器、配管、排気管、排気ダクト、トレイ、電線路、盤の筐体、及びこれらの支持構造物のうち、主要な構造材は不燃性材料を使用すること。	機器、配管、排気管、排気ダクト、トレイ、電線路、盤の筐体の主要構造体並びに支持構造物に使用
7	難燃ケーブル*	实用発電用原子炉及びその附属施設の火災防護に係る審査基準2.1.2(3)	難燃ケーブルを使用すること。	幹線・動力・制御ケーブルに使用
8	耐火ケーブル	消防庁告示第10号	JISで定める加熱条件において性能を30分間確保できるもの。	消火ポンプ用動力ケーブルに使用
9	耐熱ケーブル	消防庁告示第11号	JISで定める加熱条件において性能を15分間確保できるもの。	屋内消火栓等の制御ケーブルに使用

4. 第2棟建屋の火災防護に係る適用法令について(2/2)

No.	項目	法規	適用及び規制の内容	対応
10	耐火性能	建築基準法施行令第107条	通常の火災による火熱を壁、柱、床及びはりは1時間、屋根及び階段は30分間加えた場合に、構造耐力上支障のある変形、溶融、破壊その他の損傷を生じないものであること。	外壁等
11	防火区画	建築基準法施行令第112条	床面積の合計1500㎡以内ごとに区画する。	各階に設置
12	避雷設備	建築基準法 第33条 建築基準法施行令第129条の14	高さ20mをこえる建築物には、有効に避雷設備を設けなければならない。 建築物の高さ20mをこえる部分を雷撃から保護するように設ける。	屋上に避雷針等を設置
13	火災検知器	消防法施行令 第21条	延べ面積が1000㎡以上のもの。	各階に設置
14	粉末消火器	消防法施行令 第10条 消防法施行規則 第6条	延べ面積が300㎡以上のもの。 消火器具は、それぞれ一の消火器具に至る歩行距離が20m以下となるように配置しなければならない。	各階に20m以下となるように設置
15	屋内消火栓設備	消防法施行令 第11条	延べ面積が2000㎡以上のもの。 屋内消火栓は、防火対象物の階ごとに、その階の各部分から一のホース接続口までの水平距離が25m以下となるように設けること。 ノズル放水量は130ℓ/分以上であること。 水源は5.2㎡以上とすること。	各階に25m以下となるように設置 130 ℓ/分のノズル放水量を有する機器を設置 5.2㎡以上(約16㎡)の水源を確保
16	消防水利*	平成二十六年十月三十一日消防庁告示第二十九号 消防水利の基準 第3条	貯水量が40㎡以上のもの	40㎡の地下埋設型消防水利を設置

注記 *: 設計上の配慮事項

5. 第2棟の緊急時対策について

福島第一原子力発電所の緊急時対策については、実施計画書「Ⅱ.1.13 緊急時対策」のとおりである。これに基づき、第2棟としての具体的な対策を以下に示す。

1. 緊急時において必要な施設及び資機材

- ① 安全避難経路の設定
- ② 火災検知器, 消火設備, 及び防火区画の設置
- ③ 非常用照明, 誘導灯の設置
- ④ 緊急時の資機材としての担架, 除染用具, 線量計の整備

2. 緊急時の警報系及び通信連絡設備

- ① 火災検知警報
- ② 通信連絡設備

第2棟内の人に対する指示は、放送設備、ページング、電話回線を用いて行う。第2棟から免震重要棟に対しては電話回線、LAN回線を用いて連絡する。また、免震重要棟から第2棟に対しても、同設備を用いて連絡する。特定原子力施設内の全ての人に対する指示が必要な場合には免震重要棟を介して行う。

第2棟から福島第一原子力発電所(免震重要棟)及び関係箇所(構外)への連絡設備は、固定電話、携帯電話、FAX及びインターネット回線を用いることで多重性を確保している。

さらに、第2棟と免震重要棟間には、ホットライン(専用電話)及び専用LANを敷設するとともに、構外への連絡手段として衛星電話を設置することで多様性を確保している。

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
(IV. iii. 分析・試験設備の火災防護について)
4月15日面談資料改訂版

2021年6月9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. 第2棟における火災防護の考慮(1/2)

【火災防護の考慮】

- コンクリートセル、鉄セル、グローブボックス及びフードは、可能な限り不燃性材料又は難燃性材料を使用する。
- 火災の早期検知、初期消火を可能にする火災検知器(温度計)、窒素ガス消火設備を設置する。
- コンクリートセル、鉄セル及びグローブボックスの火災に対する消火剤は不活性ガス(窒素ガス)とする※1。
- フード内の火災に対しては、フード近傍に設置した消火器により消火する。
- 消火設備を起動した場合においても、コンクリートセル、鉄セル及びグローブボックスの負圧を維持する。
- コンクリートセル、鉄セル及びグローブボックスの消火設備は、再着火防止を考慮した設備とする。
- コンクリートセル、鉄セル及びグローブボックスの消火設備は、設備の故障等を考慮して複数設置する。

※1: JAEA茨城地区においては、セル等の消火設備としてハロゲン化物消火設備を設置している。

1. 第2棟における火災防護の考慮(2/2)

【火災防護の考慮】

- 燃料デブリ等の前処理により発生する、切断片等は金属製の容器に収納する。
- 放射性の固体廃棄物は、金属製の容器に収納する。
- 放射性の液体廃棄物を一時的に保管する設備は、静電気等の放電のため接地を施す。
- コンクリートセル等の内部には、自主的に粉末消火薬剤^{※1}を設置する。粉末消火薬剤にて消火することができない試薬を使用する場合には、乾燥砂を準備する。
- 火災防止及び火災発生時に係る作業手順、注意事項等についてマニュアル化する。

※1: 粉末(ABC)消火器にて使用される薬剤

【切断粉の火災防護の考慮】

燃料デブリ等は化学的に不活性な酸化物が主成分であると推定されるが、化学的に活性である可能性を考慮し、切断粉は金属等の不燃又は難燃性材料製の容器内で取り扱う。万一酸素との反応に起因して発火したとしても延焼を防ぐように、燃料デブリ等の切断時は周囲に可燃物を置かないこととし、切断粉発生の都度、切断粉を金属製の容器内に収納する。

2. コンクリートセル等に使用する材料

コンクリートセルでは、遮へい体に普通コンクリート、ライニングにステンレス鋼、遮へい窓枠にステンレス鋼、遮へい窓に鉛ガラス等の不燃性材料又は難燃性材料を使用する。

鉄セルでは、遮へい体に鉄、インナーボックスにステンレス鋼、遮へい窓枠にステンレス鋼、遮へい窓に鉛ガラス等の不燃性材料又は難燃性材料を使用する。

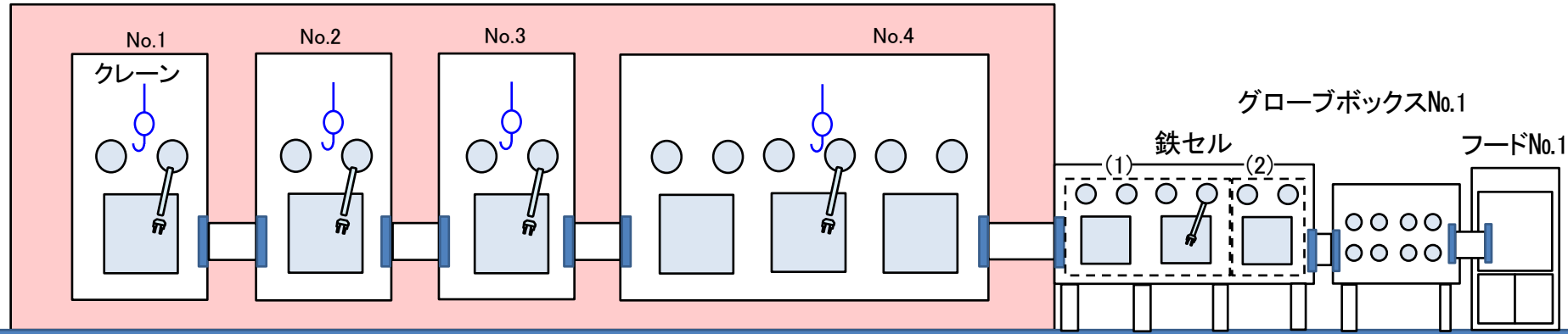
グローブボックスは、本体にステンレス鋼、気密パネルにポリカーボネート樹脂等の不燃性材料又は難燃性材料を使用する。

フードは、本体にステンレス鋼、前面シャッターに強化ガラスの不燃性材料又は難燃性材料を使用する。

コンクリートセル等に付属するダクト、フィルタ及びケーブルは、鋼材、グラスファイバー、難燃性塩化ビニル等の不燃性材料又は難燃性材料を使用する。

3. 分析・試験設備において使用を想定している試薬(1/3)

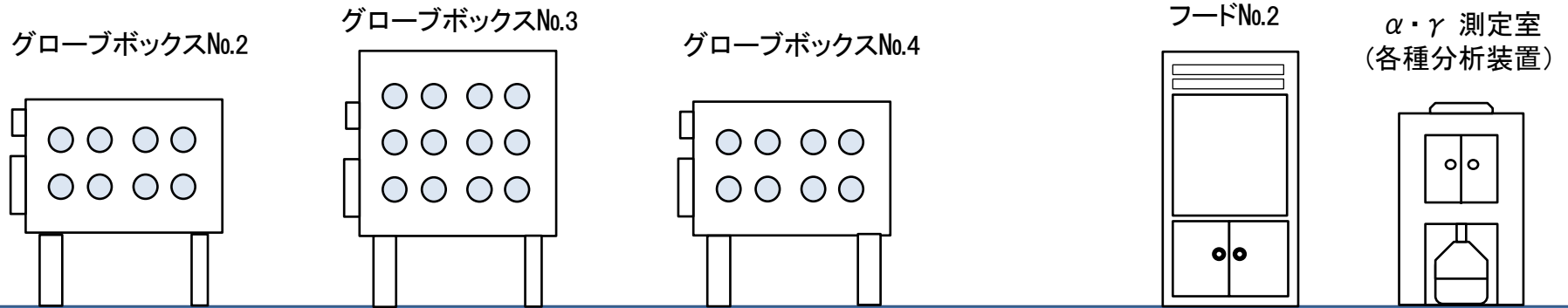
コンクリートセル



使用場所	消防法による危険物の分類 (用途)	想定使用量
コンクリートセルNo.1	第4類(除染)	数100mlオーダー
コンクリートセルNo.2	第4類(除染)	数100mlオーダー
コンクリートセルNo.3	第4類(除染)	数100mlオーダー
コンクリートセルNo.4	第1類(分析・試験) 第4類(分析・除染)	数gオーダー 数100mlオーダー

使用場所	消防法による危険物の分類 (用途)	想定使用量
鉄セル(1)	第4類(分析・試験、除染)	数100mlオーダー
鉄セル(2)	第4類(除染) 第5類(分析・試験) 第6類(分析・試験)	数100mlオーダー 数100mlオーダー 数100mlオーダー
グローブボックスNo.1	第4類(分析・試験、除染) 第5類(分析・試験) 第6類(分析・試験)	数100mlオーダー 数100mlオーダー 数100mlオーダー
フードNo.1	第4類(除染)	数100mlオーダー

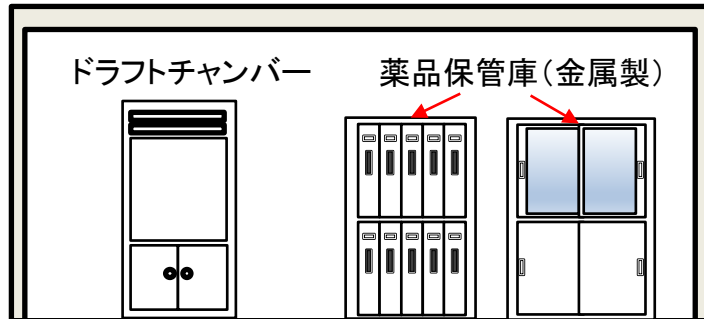
3. 分析・試験設備において使用を想定している試薬(2/3)



使用場所	消防法による危険物の分類 (用途)	想定使用量
グローブボックスNo.2	第4類(除染)	数100mlオーダー
グローブボックスNo.3	第4類(除染)	数100mlオーダー
グローブボックスNo.4	第4類(除染)	数100mlオーダー
フードNo.2	第4類(分析・試験、除染)	数100mlオーダー 数100mlオーダー
α・γ 測定室 (各種分析装置)	第4類(分析・試験)	数100mlオーダー

3. 分析・試験設備において使用を想定している試薬(3/3)

試薬調製室



- 使用を想定している試薬は、試薬調製室の金属製の薬品保管庫に保管する。
- 消防法により混載禁止とされている危険物は分けて保管する。
- 試薬調製室にて分析・試験で使用する試薬の調製(分取、希釈、固体状の試薬の溶解、混合等)を行う。
- 試薬の調製では、加熱処理は行わない。

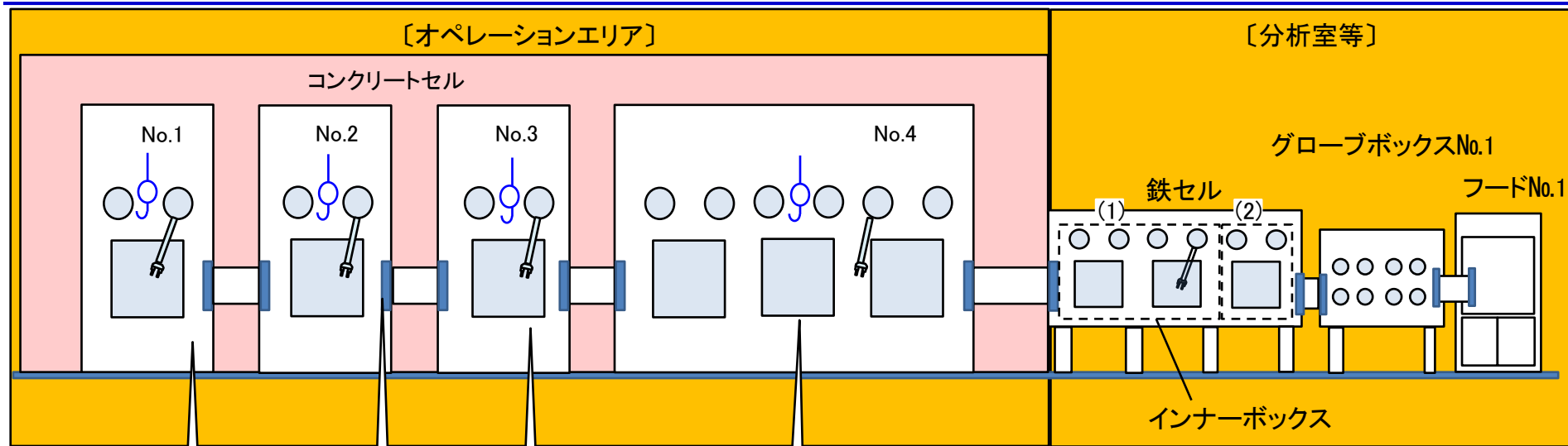
分析・試験設備において使用を想定している試薬の想定保管量は、危険物の規制に関する政令で定める指定数量より十分低く、少量危険物の貯蔵取扱所に該当しない。

消防法による危険物の分類	使用を想定している試薬名	想定保管量	適用する消火器
第1類	硝酸銀	数10gオーダー	粉末消火器 ※1:一部の試薬については乾燥砂を適用する。
	過酸化ナトリウム※ ¹	数100gオーダー	
	亜硝酸ナトリウム	数10gオーダー	
第4類	アクアライトRS-A	数ℓオーダー	
	アクアライトCN	数10mlオーダー	
	メタノール	数100mlオーダー	
	エタノール	数ℓオーダー	
	Hionic-Fluor	数ℓオーダー	
	Permafluor E+	数ℓオーダー	
	ラッピングオイル	数ℓオーダー	
	アセトン	数100mlオーダー	
	Carbo-Sorb E	数ℓオーダー	
	Ultima Gold LLT	数ℓオーダー	
	ギ酸	数100mlオーダー	
	酢酸	数100mlオーダー	
	テトラエチレングリコール	数10mlオーダー	
第5類	ヒドロキシルアミン溶液※ ¹	数100gオーダー	
第6類	過酸化水素水	数100gオーダー	

試薬の調製に伴い発生の可能性のある主な危険物

消防法による危険物の分類	化合物	適用する消火器
第1類	硝酸ナトリウム	粉末消火器

4. コンクリートセル等において想定している試薬の使用 (1/8)



コンクリートセルNo.1～3

消防法による危険物の分類	使用を想定している試薬名	想定使用量
第4類	エタノール(除染用)	数100mlオーダー

コンクリートセルNo.4

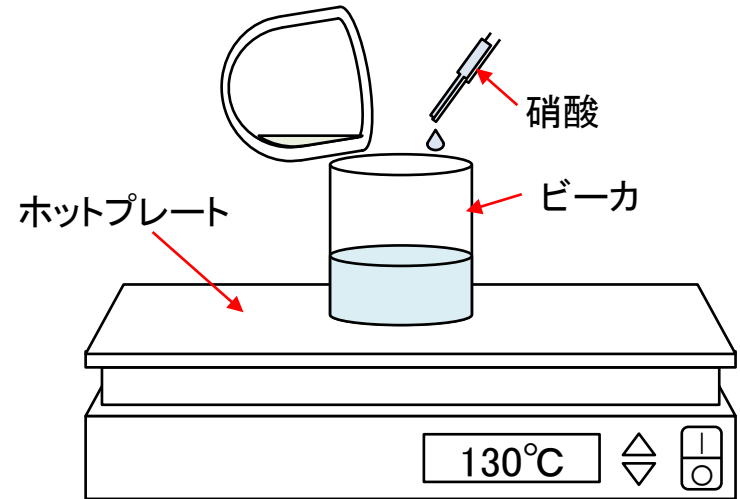
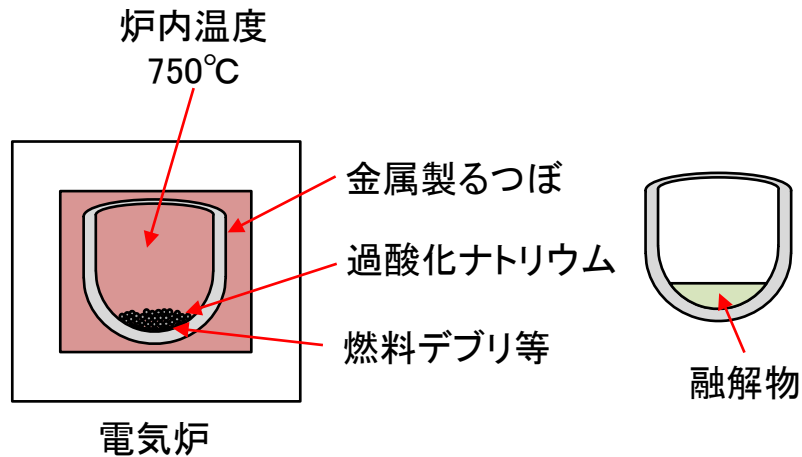
消防法による危険物の分類	使用を想定している試薬名	想定使用量
第1類	過酸化ナトリウム	数gオーダー
第4類	ラッピングオイル	数100mlオーダー
第4類	アセトン	数100mlオーダー
第4類	エタノール(除染用)	数100mlオーダー

前処理等に伴い発生の可能性のある主な危険物

消防法による危険物の分類	化合物
第1類	硝酸ナトリウム

4. コンクリートセル等において想定している試薬の使用(2/8)

〔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。

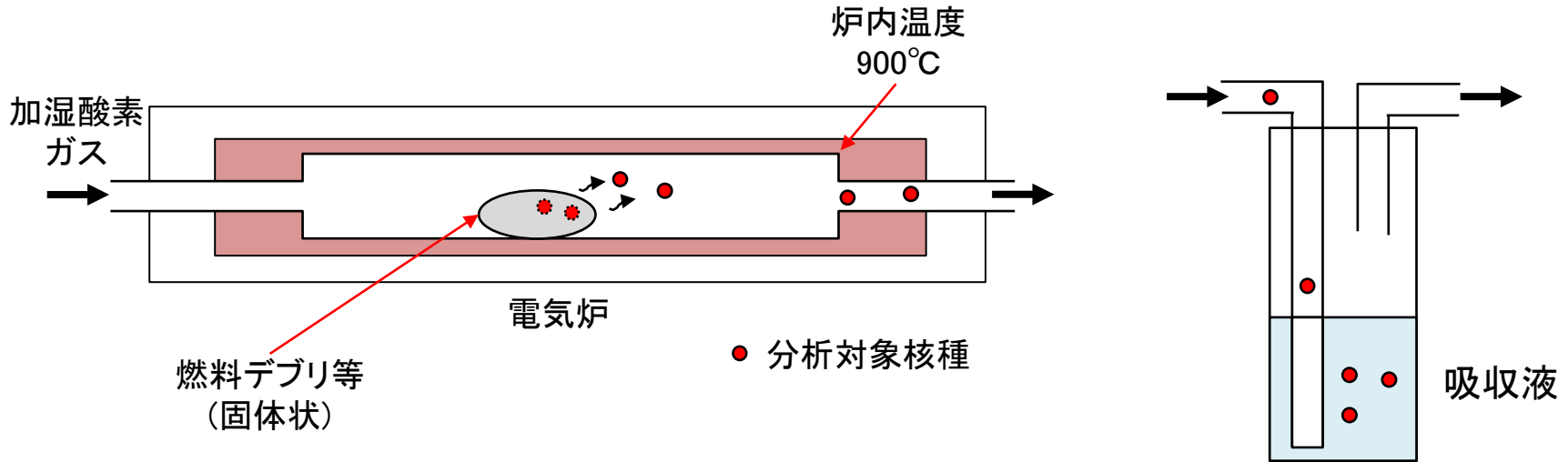
② 融解物をビーカに移し替え、硝酸を加えて加熱して溶液化する。

【当該作業における火災防護への配慮】

- 過酸化ナトリウムは可燃物の存在下で水分との接触により発火する危険性があるため、取扱う際は近傍に可燃物、水分を置かない。
- 電気炉、ホットプレートを使用する際は、周辺に可燃物を置かない。
- 可燃物は金属製の容器に収納し、使用時に取り出す。使用後の可燃物は、別の金属製の容器に収納する。
- 電気炉、ホットプレートの使用中は常時監視する。

4. コンクリートセル等において想定している試薬の使用(3/8)

〔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は吸収液に回収する。

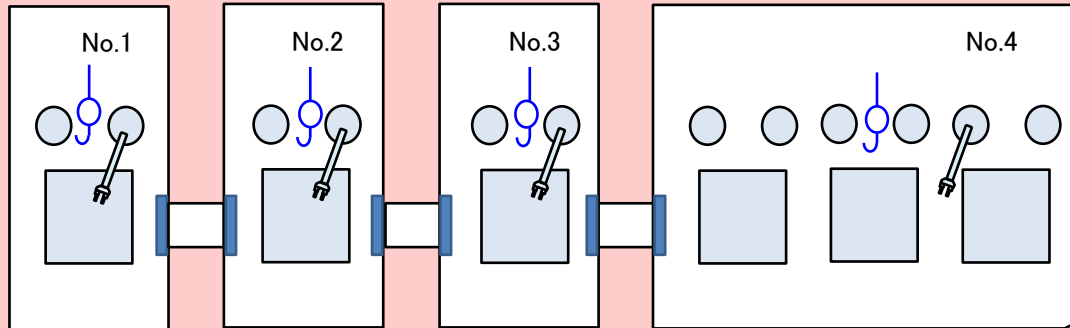
【当該作業における火災防護への配慮】

- 電気炉を使用する際は、周辺に可燃物を置かない。
- 可燃物は金属製の容器に収納し、使用時に取り出す。使用後の可燃物は、別の金属製の容器に収納する。
- 電気炉の使用中は常時監視する。

4. コンクリートセル等において想定している試薬の使用(4/8)

〔オペレーションエリア〕

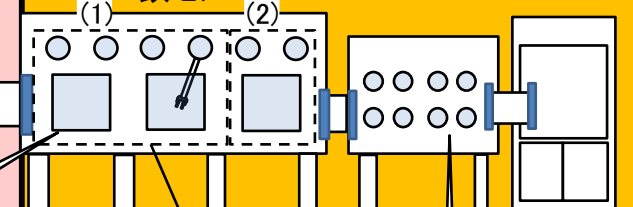
コンクリートセル



フードNo.1 〔分析室等〕

消防法による危険物の分類	使用を想定している試薬名	想定使用量
第4類	エタノール(除染用)	数100mlオーダ

鉄セル グローブボックスNo.1 フードNo.1



インナーボックス

鉄セル(1)

消防法による危険物の分類	使用を想定している試薬名	想定使用量
第4類	アクアライト RS-A	数100mlオーダ
	アクアライト CN	数10mlオーダ
	エタノール(除染用)	数100mlオーダ

鉄セル(2)

消防法による危険物の分類	使用を想定している試薬名	想定使用量
第4類	エタノール(除染用)	数100mlオーダ
第5類	ヒドロキシルアミン溶液	数100mlオーダ
第6類	過酸化水素水	数100mlオーダ

前処理等に伴い発生の可能性のある主な危険物

消防法による危険物の分類	化合物
第1類	硝酸ナトリウム

グローブボックスNo.1

消防法による危険物の分類	使用を想定している試薬名	想定使用量
第4類	Carbo-Sorb E	数10mlオーダ
	テトラエチレングリコール	数10mlオーダ
	酢酸	数100mlオーダ
	メタノール	数100mlオーダ
	ギ酸	数10mlオーダ
	エタノール(除染用)	数100mlオーダ
第5類	ヒドロキシルアミン溶液	数100mlオーダ
第6類	過酸化水素水	数100mlオーダ

前処理等に伴い発生の可能性のある主な危険物

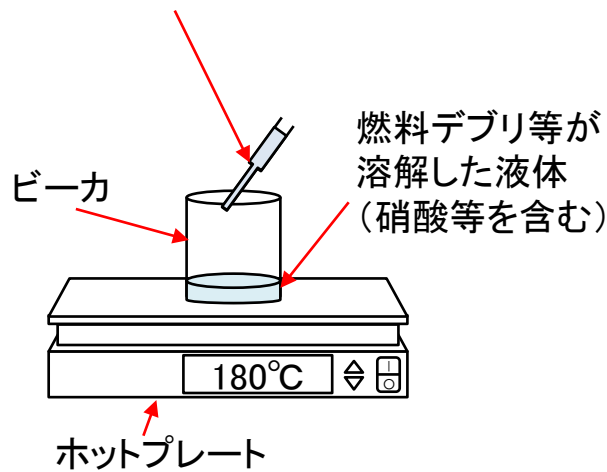
消防法による危険物の分類	化合物
第1類	硝酸ナトリウム

※: 粉じん爆発のおそれのない粒径(500 μ m超過)のものを使用する。
なお、150 μ mを超える粒径の金属粉は危険物に該当しない。

4. コンクリートセル等において想定している試薬の使用(5/8)

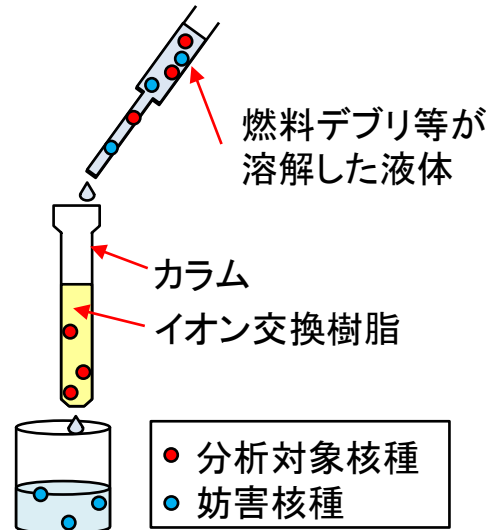
〔鉄セル(2)、グローブボックスNo.1:核種分離(イオン交換分離)作業例〕

試薬(硝酸、塩酸等)

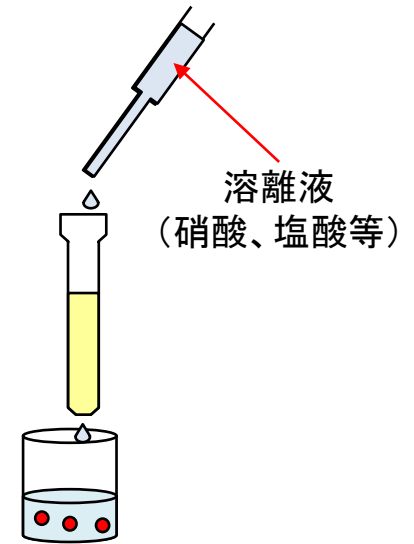


① 分析対象核種をイオン交換樹脂に吸着しやすい化学形に変換するため、試薬を加えて加熱する※。

② 燃料デブリ等が溶解した液体を、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。

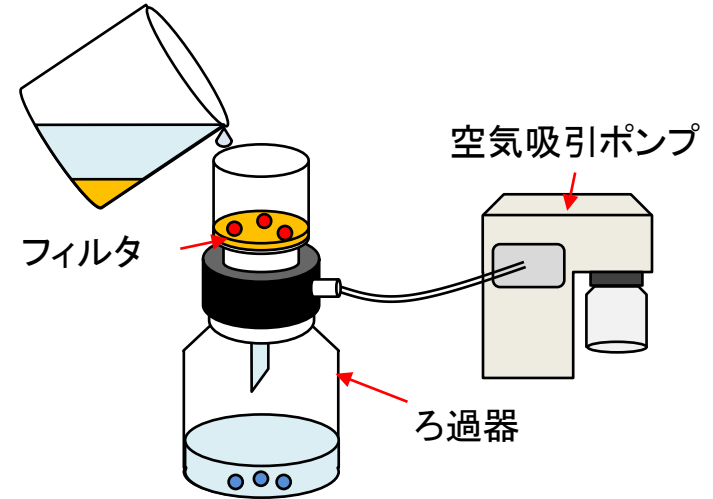
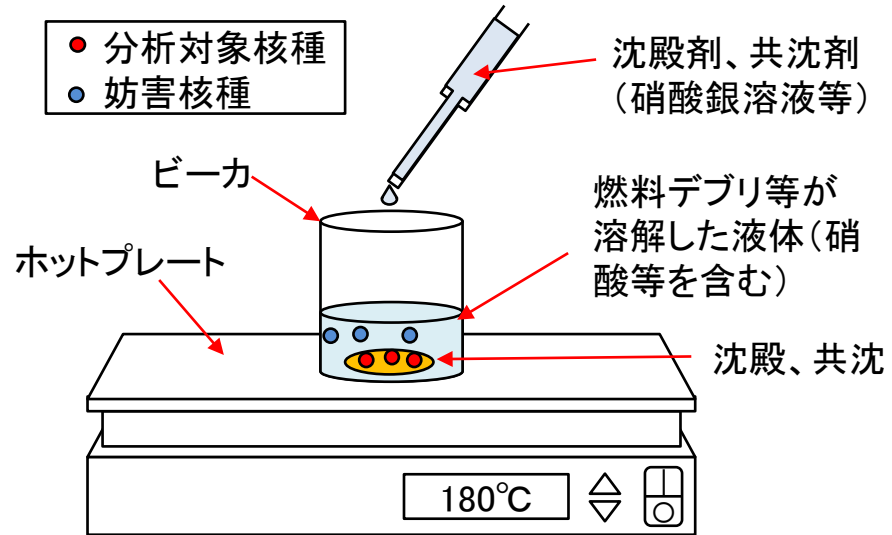


【当該作業における火災防護への配慮】

- ホットプレートを使用する際は、周辺に可燃物を置かない。
- ホットプレート使用中は常時監視する。
- 溶離液に危険物を含む場合があるため、近傍に着火源、可燃物を置かない。
- 可燃物は金属製の容器に収納し、使用時に取り出す。使用後の可燃物は、別の金属製の容器に収納する。
- 防爆仕様のホットプレートを使用する。
- 混合することにより発火する可能性のある危険物は、同一の場所で使用しない。

4. コンクリートセル等において想定している試薬の使用(6/8)

〔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液体に沈殿剤、共沈剤を添加し、加熱して※1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。

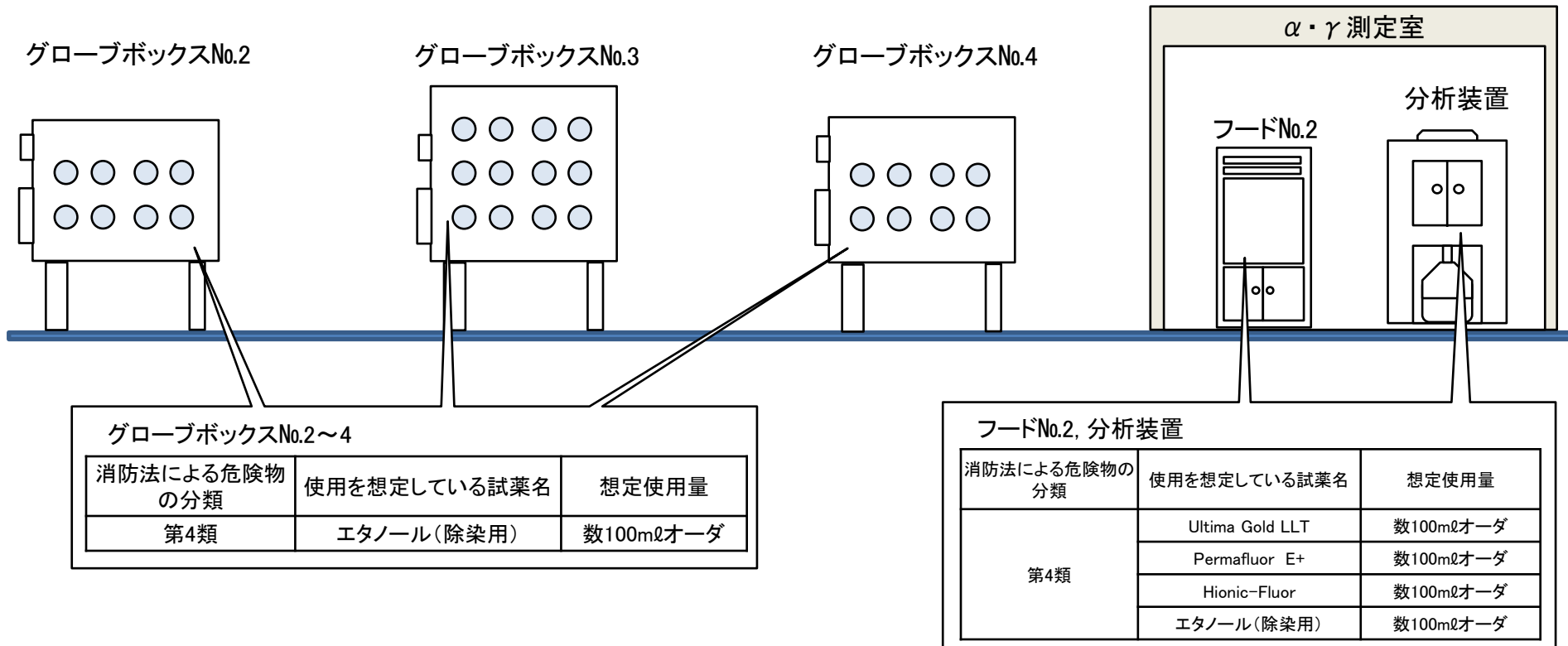
※2:妨害核種を沈殿、共沈させ、分析対象核種を溶液側に残す場合もある。

- 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。

【当該作業における火災防護への配慮】

- ホットプレートを使用する際は、周辺に可燃物を置かない。
- 可燃物は金属製の容器に収納し、使用時に取り出す。使用後の可燃物は、別の金属製の容器に収納する。
- ホットプレートの使用中は常時監視する。
- 防爆仕様のホットプレートを使用する。
- 混合することにより発火する可能性のある危険物は、同一の場所で使用しない。

4. コンクリートセル等において想定している試薬の使用(7/8)



4. コンクリートセル等において想定している試薬の使用 (8/8)

【試薬使用時の火災防護への配慮】

- 使用を想定している試薬は、試薬調製室の薬品保管庫(金属製)に保管する。
- 消防法により混載禁止とされている危険物は、薬品保管庫を分けて保管する。
- 混合することにより発火する可能性のある危険物は、同一の場所で使用しない。
- 電気炉、ホットプレートを使用する際は、周辺に可燃物を置かない。
- 可燃物は金属製の容器に収納し、使用時に取り出す。使用後の可燃物は、別の金属製の容器に収納する。
- 鉄セル、グローブボックスでは引火性の液体を加熱するため、防爆仕様のホットプレートを使用する。
- 電気炉、ホットプレートの使用中は常時監視する。
- 引火性の試薬を取扱う際は、近傍に着火源を置かない。
- 分析装置は接地する。
- 粉末状の金属試薬は、粉塵爆発のおそれのない粒径(500 μ m超過※1)のものを使用する。

上記の対応を行い、火災発生の要因を極力排除することで、火災の発生を防止する。

※1独立行政法人労働者健康安全機構,労働安全衛生総合研究所技術指針JNIOOSH-TR-46-1:2015,工場電気設備防爆指針(国際整合技術指針 2015)

5. 中和後の廃液の火災防護(1/6)

【中和後の廃液の火災防護への配慮】

分析・試験に伴い発生した廃液は、中和、希釈等の安定化処理を行った上で、各設備に払い出す。中和対象の廃液には以下の溶液が含まれており、中和試薬との化学反応(中和反応)により、新たに化合物が生成する可能性がある。

- ① 分析・試験に使用した試薬
- ② 燃料デブリ等が溶解した溶液

生成する可能性のある化合物の中には、性状又は濃度によっては消防法上の危険物に該当する化合物がある。これらの化合物に対する火災防護への配慮について以降に示す。

5. 中和後の廃液の火災防護(2/6)

① 分析・試験に使用した試薬

中和反応で生成する可能性のある化合物のうち、硝酸塩類及びヒドロキシルアミン塩類は性状又は濃度によっては危険物に該当する。

生成する可能性のある硝酸塩類及びヒドロキシルアミン塩類を以下に示す。

分析・試験に使用する試薬	中和反応により生成する可能性のある危険物
硝酸	硝酸ナトリウム
水酸化ナトリウム	硝酸ナトリウム
アンモニア	硝酸アンモニウム
ヒドロキシルアミン	塩酸ヒドロキシルアミン

それぞれに対する火災防護への配慮を次ページに示す。

5. 中和後の廃液の火災防護(3/6)

【硝酸塩類の火災防護への配慮】

中和反応により硝酸ナトリウム、硝酸アンモニウムが生成する可能性がある。固体状の硝酸塩類は危険物に該当する。中和後に希釈することで、固体が析出しない濃度とした後に各設備に払い出す。硝酸塩類の水への溶解度は大きいいため、固体として析出する可能性は低いが、安全を考慮して希釈する^{※1}。

中和により生成する可能性がある硝酸塩類	消防法による危険物の分類	水(20℃)への溶解度 ^{※2}
硝酸ナトリウム	第1類	46.8 ^{※3}
硝酸アンモニウム	第1類	65.5 ^{※3}

【ヒドロキシルアミン塩類の火災防護への配慮】

中和反応により塩酸ヒドロキシルアミンが生成する可能性がある。塩酸ヒドロキシルアミンを含む水溶液は濃度によっては危険物に該当する。中和後に希釈することで、消防法上の危険物から除外される濃度とした後に各設備に払い出す。前処理の過程で希釈され、危険物とならない濃度になるが、安全を考慮して中和後に希釈する^{※1}。

中和により生成する可能性があるヒドロキシルアミン塩類	消防法による危険物の分類	消防法上危険物とならない濃度
塩酸ヒドロキシルアミン	第5類	35wt%以下 ^{※4}

上記のように中和後に希釈を行うため、消防法上の危険物に該当するものは発生しない。上記対応に係る作業手順、注意事項についてはマニュアル化する。

※1 各設備で一時的に保管する際に蒸発して濃縮されることを考慮し、希釈率を保守的に設定する。

※2 質量百分率、無次元(飽和溶液100g中の化合物の質量)

※3 日本分析化学会編、改訂五版 分析化学便覧 基礎編、丸善出版株式会社、2004

※4 独立行政法人産業安全研究所、産業安全研究所ガイド、ヒドロキシルアミン等の爆発危険性と安全な取扱いについて、NIIS-SG-No.1 (2001)

5. 中和後の廃液の火災防護(4/6)

② 燃料デブリ等が溶解した溶液

中和反応で生成する可能性のある化合物のうち、硝酸塩類は性状又は濃度によっては危険物に該当する。なお、硝酸塩類以外の危険物が生成する可能性はない。燃料デブリ等が溶解した溶液に含まれる化合物の中で、硝酸塩類を生成する可能性のある主な化合物を以下に示す。

燃料デブリ等が溶解した溶液に含まれる主な化合物	中和反応により生成する可能性のある硝酸塩類	水への溶解度※1
ナトリウム化合物	硝酸ナトリウム	46.8※2
ウラン化合物	硝酸ウラニル	54.4※3

固体状の硝酸塩類は危険物に該当するため、中和後の希釈により固体状の硝酸塩類が析出しない濃度とした後に各設備に払い出す※4。

溶液に含まれる燃料デブリ等の量は1g未満を想定しており、仮に燃料デブリ等の全量が硝酸塩類となったとしても、その量は1g未満と少量である。硝酸塩類の水への溶解度は大きいいため、前処理の過程で十分希釈され、中和後に固体状の硝酸塩類として析出する可能性は低いが、安全を考慮して中和後に希釈する。

※1 質量百分率、無次元（飽和溶液100g中の化合物の質量）

※2 日本分析化学会編、改訂五版 分析化学便覧 基礎編、丸善出版株式会社、2004

※3 IUPAC Solubility Data Series, Vol.55., p.11, OXFORD UNIVERSITY PRESS, 1994

※4 各設備で一時的に保管する際に蒸発して濃縮されることを考慮し、希釈率を保守的に設定する。

5. 中和後の廃液の火災防護(5/6)

燃料デブリ等を含有する量が最も多い溶液の中和を対象とし、硝酸塩類析出の可能性について検討した。

【評価条件】

対象溶液：燃料デブリ等 約0.15gを含む100mlの4M^{※1}硝酸溶液
 （前処理で添加する過酸化ナトリウム 1.5gを含む）

中和試薬：12.5M 水酸化ナトリウム 32ml

中和後の液量：132ml (132g^{※2}) 保守的な評価として、中和後の希釈は考慮していない

評価対象の硝酸塩類：① 硝酸ウラニル^{※3}
 ② 硝酸ナトリウム^{※4}

【評価結果】

100gの溶液に含まれる質量は①硝酸ウラニル 約0.17g(水への溶解度：54.4g)、②硝酸ナトリウム 約28g(水への溶解度：46.8g)となる。いずれも水への溶解度に比べ十分少ないため、固体として析出する可能性は低い。

※1 M = モル濃度、単位は mol / l (1lの溶液中に含まれる溶質の物質量)

※2 溶液の密度を1g/mlと想定

※3 燃料デブリ等の組成が全て酸化ウランと想定し、保守的に酸化ウランの全てが硝酸ウラニルとなることを想定する。

※4 保守的に前処理で使用した過酸化ナトリウムと中和で使用した水酸化ナトリウムの全てが硝酸ナトリウムとなることを想定する。

5. 中和後の廃液の火災防護(6/6)

【難溶解性の硝酸塩類の火災防護への配慮】

燃料デブリ等にはウラン、ナトリウム以外に様々な物質が共存しているため、複塩※¹状の硝酸塩類を生成する可能性がある。一般的に硝酸塩類の溶解度は大きい※²が、複塩の中には難溶解性のものが含まれる可能性がある。

万が一、難溶解性の沈殿が生成した場合は、ろ過により溶液から沈殿を分離した後、金属製の容器に一時的に保管する。その後、加熱処理等により沈殿を安定な酸化物※³とした後、放射性の固体廃棄物として各設備に払い出す。

上記のような対策を講ずるため、消防法上の危険物に該当するものは発生しない。上記対応に係る作業手順、注意事項についてはマニュアル化する。

※¹ 2種以上の塩が結合した形式で表すことのできる化合物のうち、それぞれの成分イオンがそのまま存在するものを複塩という。

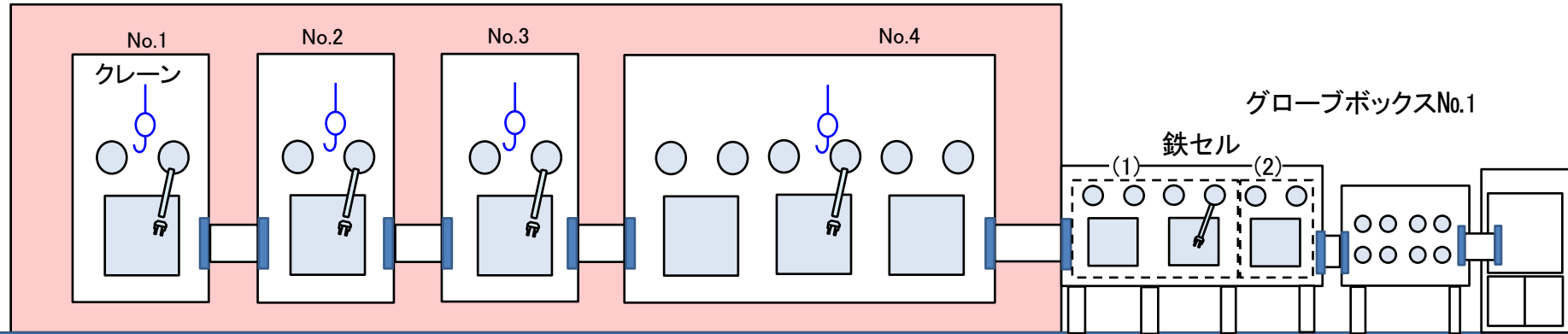
硝酸塩類の複塩の例： $\text{Cs}_2\text{U}(\text{NO}_3)_6$ 、 $\text{Cs}_2\text{UO}_2(\text{NO}_3)_4$ 、 $\text{Cs}_2\text{Pu}(\text{NO}_3)_6$ 出典：柴田淳広ら，“先進湿式法再処理の硝石工程におけるCs挙動把握のための模擬溶解液を用いた基礎試験”，日本原子力学会和文論文誌，Vol.8，No.3，p.245-253（2009）

※² 「日本化学会編，五版 実験化学講座，丸善出版株式会社，1995」

※³ 「日本化学会編，五版 化学便覧 応用化学編，丸善出版株式会社，1995」、「田川博章，“硝酸塩の熱分解”，横浜国大環境研紀要，Vol.12，p41-57（1987）」

6. コンクリートセル等において想定している主な可燃物 (1/2)

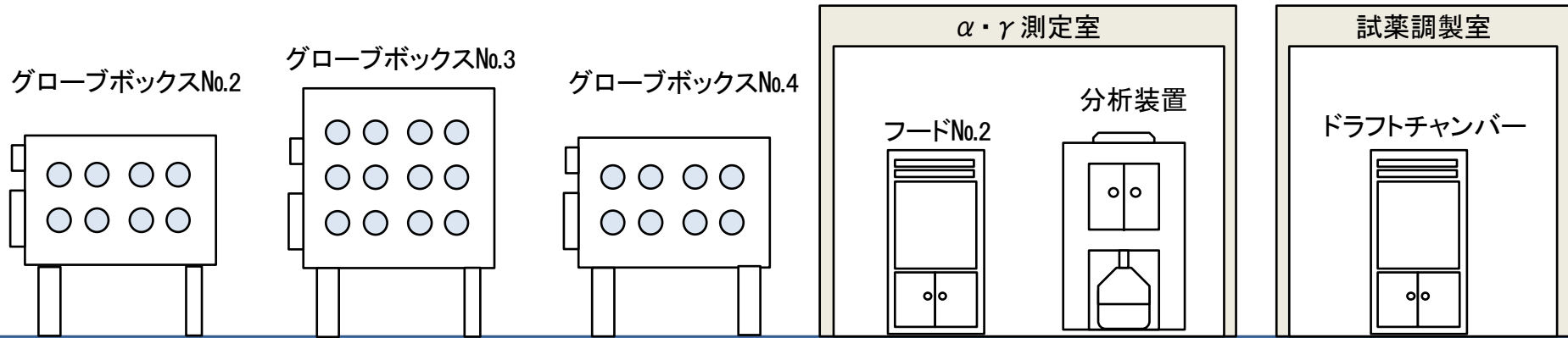
コンクリートセル



使用場所	品名	想定使用量
コンクリートセルNo.1	紙ウェス	数100gオーダー
コンクリートセルNo.2	紙ウェス	数100gオーダー
コンクリートセルNo.3	紙ウェス	数100gオーダー
コンクリートセルNo.4	紙ウェス	数100gオーダー
	ポリ容器等	数100gオーダー

使用場所	品名	想定使用量
鉄セル(1)	紙ウェス	数100gオーダー
鉄セル(2)	紙ウェス	数100gオーダー
	ポリ容器等	数100gオーダー
グローブボックスNo.1	紙ウェス	数100gオーダー
	ポリ容器等	数100gオーダー
フードNo.1	紙ウェス	数100gオーダー

6. コンクリートセル等において想定している主な可燃物 (2/2)



使用場所	品名	想定使用量
グローブボックスNo.2	紙ウエス	数100gオーダー
グローブボックスNo.3	紙ウエス	数100gオーダー
グローブボックスNo.4	紙ウエス	数100gオーダー

使用場所	品名	想定使用量
フードNo.2	紙ウエス	数100gオーダー
α・γ 測定室 (各種分析装置)	紙ウエス	数100gオーダー
	ポリ容器等	数100gオーダー
試薬調製室	紙ウエス	数100gオーダー
	ポリ容器等	数100gオーダー

7. コンクリートセル等に設置する加熱装置

設置場所	現状設置を想定している加熱装置	数量
コンクリートセル No.1	-	-
コンクリートセル No.2	-	-
コンクリートセル No.3	-	-
コンクリートセル No.4	<ul style="list-style-type: none"> ・ ホットプレート ・ 電気炉(アルカリ融解用) ・ 電気炉(H-3, C-14, I-129前処理用) 	2 個 1 個 1 個
鉄セル (1)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 電気炉(全有機体炭素測定用) ・ 電気炉(水分測定用) ・ 電気炉(蒸着装置) 	1 個 1 個 1 個
鉄セル (2)	<ul style="list-style-type: none"> ・ ホットプレート 	2 個
グローブボックス No.1	<ul style="list-style-type: none"> ・ ホットプレート 	2 個
グローブボックス No.2	<ul style="list-style-type: none"> ・ 電気炉(ガスクロマトグラフ用) 	1 個
グローブボックス No.3	<ul style="list-style-type: none"> ・ 高周波誘導結合プラズマ質量分析装置 	1 個
グローブボックス No.4	<ul style="list-style-type: none"> ・ 高周波誘導結合プラズマ発光分析装置 	1 個

8. コンクリートセル等消火設備の設置に係る考え方

第2棟では、消火設備(消火器及び屋内消火栓設備)を設置することで消防法上の要求を満足している。これらの消火設備は、コンクリートセル等の消火にも対応できる位置に配置している。

上記の消防法に基づく消火設備に加えて、燃料デブリ等を取り扱うコンクリートセル等に対して、自主的に窒素ガス消火設備を設置した。

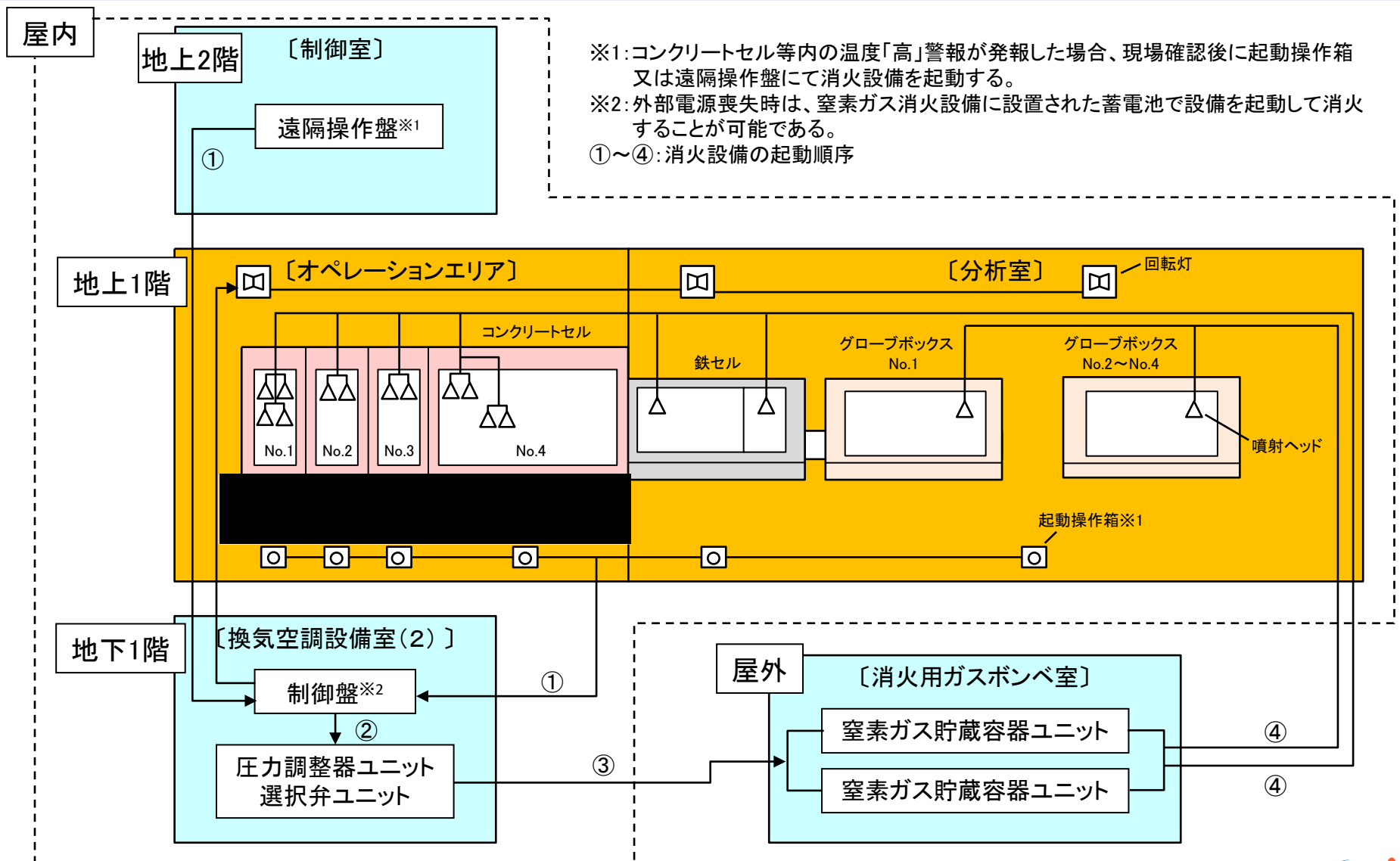
屋内消火栓設備

 :コンクリートセル等

消火器

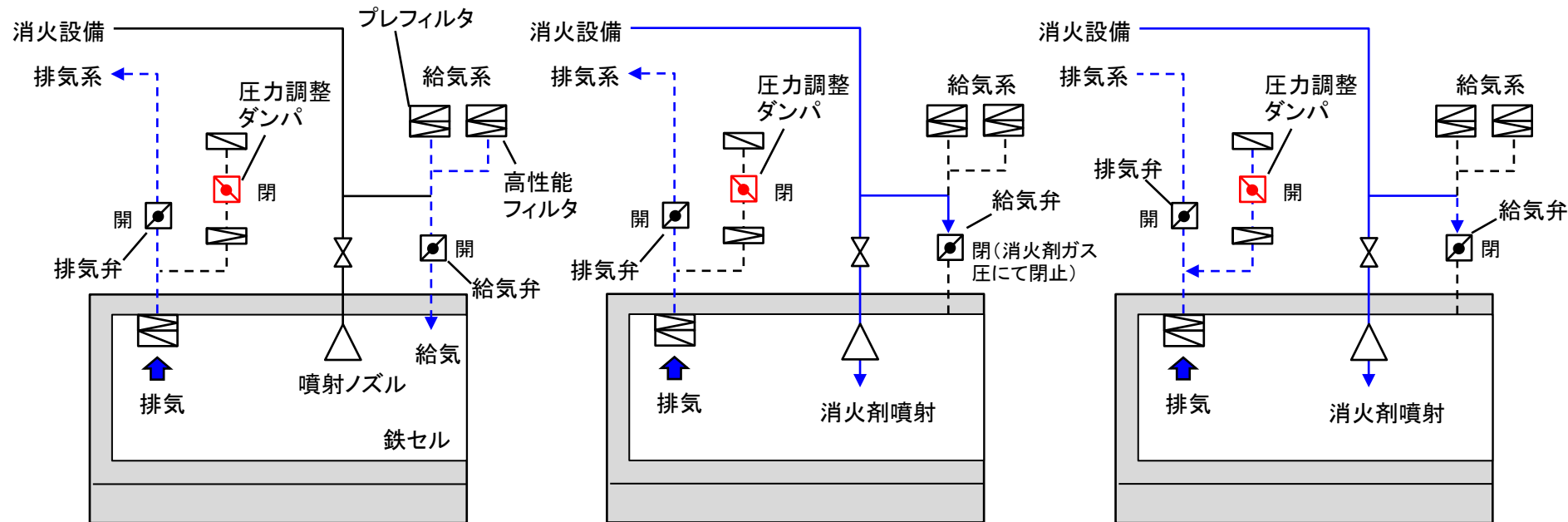
※1: 消防法施行令第11条第3項1号 ※2: 消防法施行規則第6条第6項

9. コンクリートセル等の消火設備概略系統図



10. コンクリートセル等の消火設備起動時の給排気

コンクリートセル等の消火のため不活性ガス(窒素ガス)を噴射後、消火に必要となる消火剤濃度を維持するため、給気ラインに設置している給気弁は消火剤ガス圧にて閉止する。排気ラインは、コンクリートセル等の負圧を維持するため閉止しない。なお、給気ライン閉止に伴うコンクリートセル等の過負圧を考慮し、過負圧防止ダンパ(圧力調整ダンパ)を設置する。



通常時の給排気

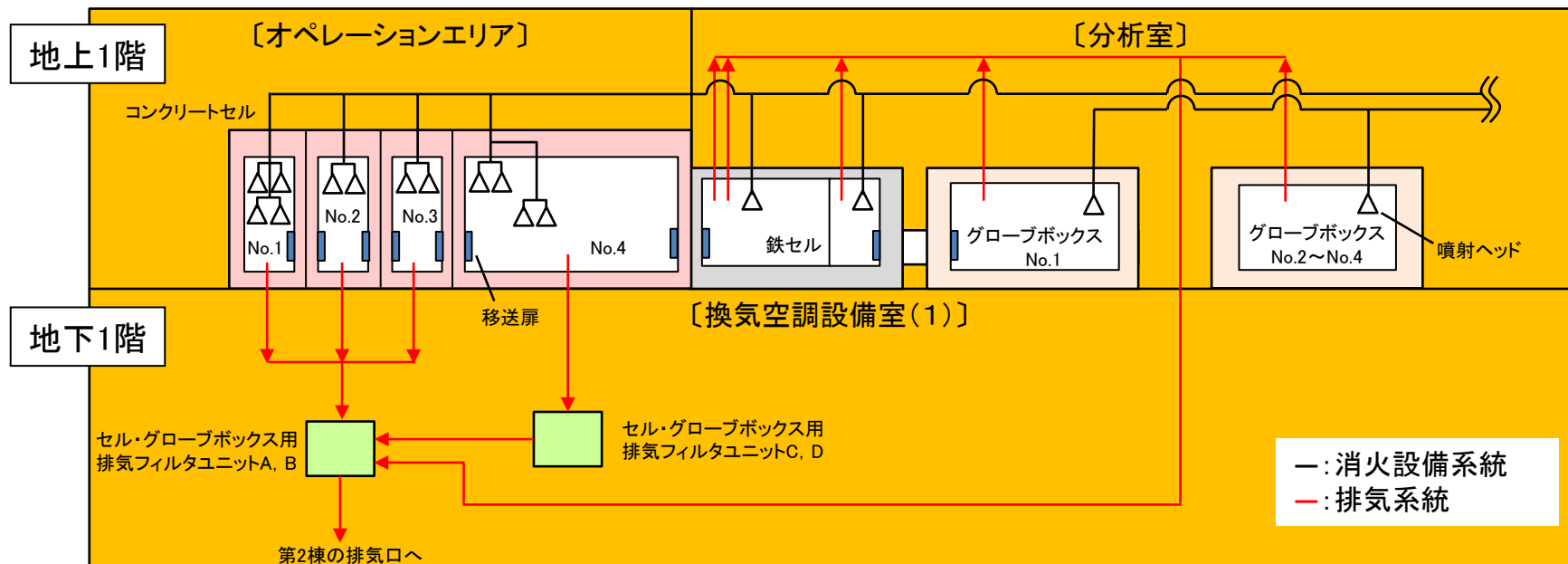
消火設備起動時の給排気

過負圧時の給排気

11. 隣接するセル等への火災の延焼の可能性について

コンクリートセルNo.1～No.4、鉄セル及びグローブボックスNo.1～No.4間の火災の延焼は、下記の設備設計としていることから発生しない。

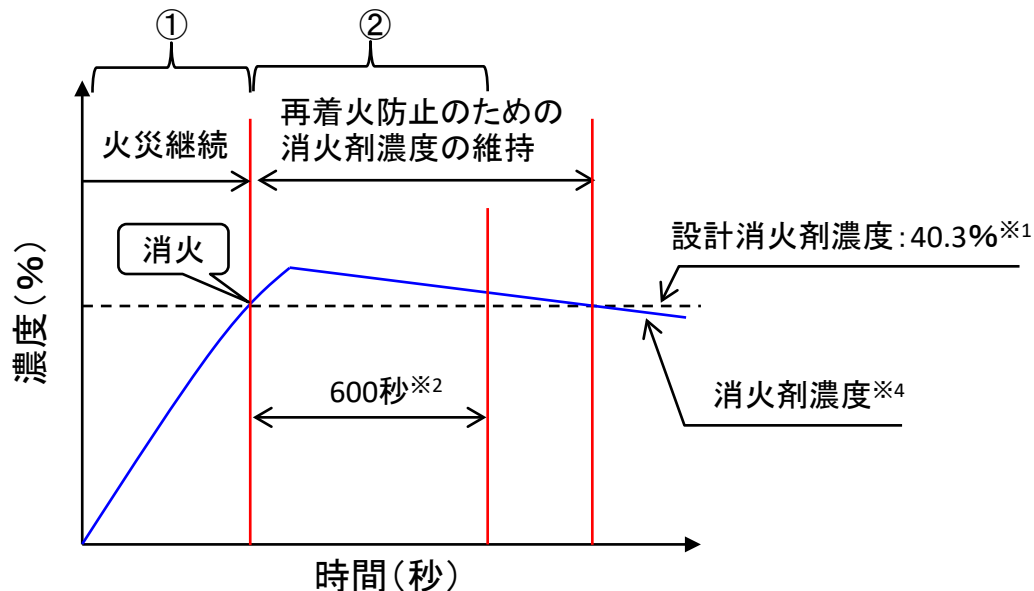
- ① コンクリートセル等に設置する排気管は独立している。
- ② コンクリートセル等から各排気管が合流するまで数mの距離がある。
- ③ 消火設備起動時も排気は継続しており、コンクリートセル等の負圧は維持している。
- ④ 隣接するセル等にはSUS製の気密を考慮したセル間移送扉等を設置している。
- ⑤ フィルタは、ろ材にグラスファイバーを用いる等の不燃・難燃材料を使用する。



12. 消火に必要な窒素ガス貯蔵容器の本数(1/3)

コンクリートセル等の消火に必要な消火剤量の算出は、コンクリートセル等の容積、設計換気量、設計消火剤濃度、給気弁からの漏えい及び再着火防止のための消火剤濃度の維持時間を考慮して算出した。

消火に必要な窒素ガス貯蔵容器(ボンベ)本数は、コンクリートセル等の各エリアにおいて設計消火剤濃度に到達するまでに必要な消火剤量から算出した窒素ガス貯蔵容器本数に、再着火防止を考慮して設計消火剤濃度到達時点から、その濃度を600秒間維持するために必要な窒素ガス貯蔵容器本数を加えたものとした。(算出方法を参考に示す)。



- <容積の最も大きいコンクリートセルNo.4の場合>
- ① 設計消火剤濃度に到達するまでに必要な消火剤量
→窒素ガス貯蔵容器本数:10本
 - ② 設計消火剤濃度到達後に再着火防止のための消火剤濃度を維持するために①に追加に必要な消火剤量
→窒素ガス貯蔵容器本数:1本

【消火に必要な窒素ガス貯蔵容器本数】

$$\text{①} + \text{②} = 11\text{本}$$

【第2棟に設置する窒素ガス貯蔵容器本数】

$$11\text{本} \times 2\text{セット}^{\ast 3} = 22\text{本}$$

※1: 消防法施行規則第十九条第4項第一号ロ及び(一社)日本消火装置工業会 不活性ガス消火設備 設計・工事基準書に基づき算出した。

※2: 消火剤放出後の維持時間についてはNFPA2001: Standard on Clean Agent Fire Extinguishing Systemに準拠した。

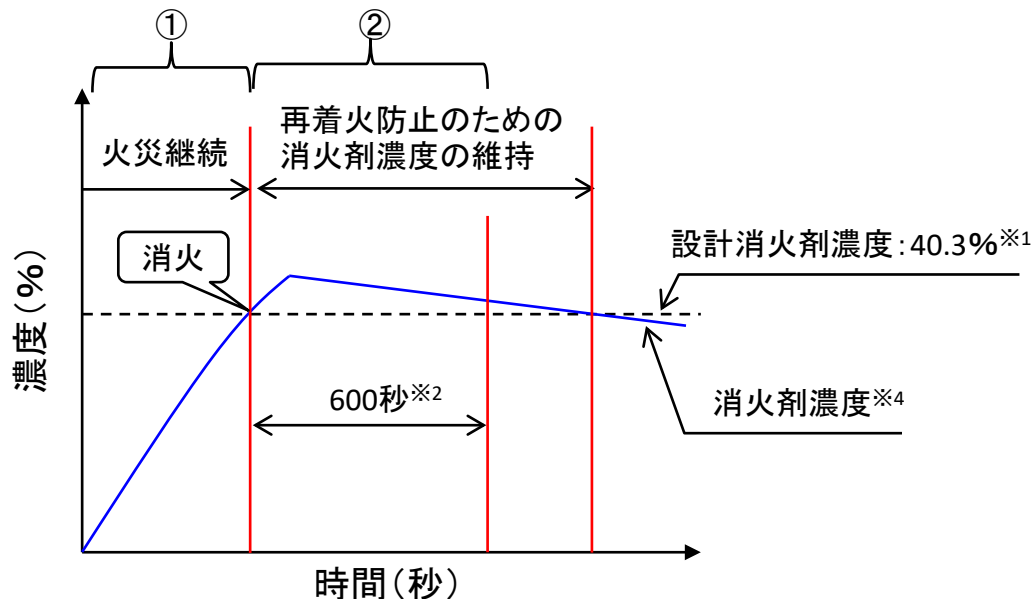
※3: 設備の故障等を考慮して複数台設置した。

※4: 火災が発生しているコンクリートセル等内に不活性ガス(窒素ガス)を噴出し、セル等内を低酸素状態にすることで窒息消火させる。

12. 消火に必要な窒素ガス貯蔵容器の本数(2/3)

コンクリートセル等の消火に必要な消火剤量の算出は、コンクリートセル等の容積、設計換気量、設計消火剤濃度、給気弁からの漏えい及び再着火防止のための消火剤濃度の維持時間を考慮して算出した。

消火に必要な窒素ガス貯蔵容器(ボンベ)本数は、コンクリートセル等の各エリアにおいて設計消火剤濃度に到達するまでに必要な消火剤量から算出した窒素ガス貯蔵容器本数に、再着火防止を考慮して設計消火剤濃度到達時点から、その濃度を600秒間維持するために必要な窒素ガス貯蔵容器本数を加えたものとした。



セル等	設計消火剤濃度に達するまでの時間(秒)
コンクリートセルNo.1	169
コンクリートセルNo.2	181
コンクリートセルNo.3	112
コンクリートセルNo.4	143
鉄セル	76
グローブボックスNo.1～No.4	56

※1: 消防法施行規則第十九条第4項第一号ロ及び(一社)日本消火装置工業会 不活性ガス消火設備 設計・工事基準書に基づき算出した。

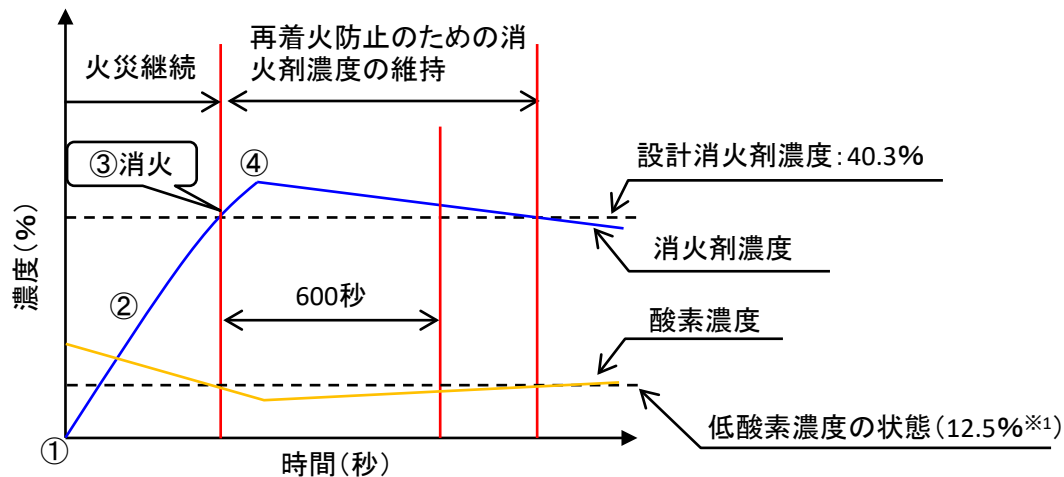
※2: 消火剤放出後の維持時間についてはNFPA2001: Standard on Clean Agent Fire Extinguishing Systemに準拠した。

※3: 設備の故障等を考慮して複数台設置した。

※4: 火災が発生しているコンクリートセル等内に不活性ガス(窒素ガス)を噴出し、セル等内を低酸素状態にすることで窒息消火させる。

12. 消火に必要な窒素ガス貯蔵容器の本数(3/3)

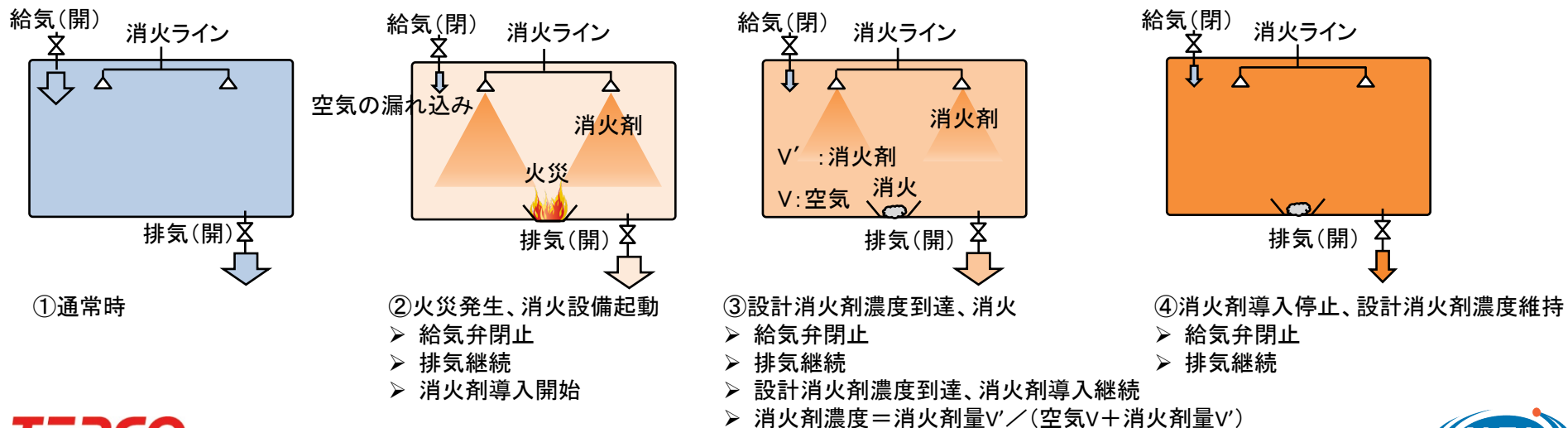
窒素ガス消火設備にてセル等内に消火剤を導入し、低酸素濃度の状態を維持することでセル等内の火災を窒息消火させる。



機器名称	設計消火剤濃度到達時の酸素濃度 (算出方法を参考に示す)
コンクリートセルNo.1	11.99%
コンクリートセルNo.2	11.99%
コンクリートセルNo.3	11.98%
コンクリートセルNo.4	11.99%
鉄セル	11.95%
グローブボックス No.1～No.4	11.82%～11.96%

※1: 燃焼が継続できない酸素濃度(15%※2付近)を考慮して設定

※2: 消防科学研究所報22号(東京消防庁)、日本化学学会誌1975年No.10等を参考



13. 分析・試験設備の火災防護(まとめ:1/5)

第2棟では以下の措置を講ずるとともに、セル等内での分析・試験時の火災対策についてマニュアル化することにより、セル等内での火災の発生を防止する。

- コンクリートセル、鉄セル、グローブボックス及びフードは、可能な限り不燃性材料又は難燃性材料を使用する。
- 防爆仕様ホットプレートの使用により試薬等への引火を防止する。
- ホットプレート等の加熱機器は、表面温度が可燃物の発火温度(紙:約350°C、ポリエチレン:約450°C)^{※1}以下で使用する。
- 紙ウエス、ポリビン等は、金属容器に収納し、使用時のみ必要数を取り出す。
- 周囲にその他の可燃物を置かない。

※1:国土交通省自動車交通局, エンジンルーム内の可燃物置き忘れなどに関する調査結果(平成22年4月)

13. 分析・試験設備の火災防護(まとめ:2/5)

仮に火災が発生したとしても以下の理由により、火災は限られた範囲内で発生し、延焼の恐れはない。

- 想定される可燃物は紙ウエス10枚程度及びポリビン等5個程度である。
- 試薬等は金属製のバット内の限られた範囲内で使用する。
- 隣接セルとの気密扉のシールパッキン(難燃材料)は、気密扉(不燃材料)とセル壁(不燃材料)間に設置するため、火災により損傷しないことから隣接セル等への火災の影響はない。
- セル等からフィルタまで約20m以上の距離が離れていることからフィルタに炎が到達することはない。
- 仮にフィルタまで炎が達したとしても、フィルタは難燃材料のろ材、不燃材料のケーシングで構成されているため、フィルタが損傷して延焼する恐れはない。

セル等内で想定される火災が、限られた範囲内での火災であり、その拡大、延焼の恐れはないことから、窒素ガス消火設備を起動し、設計消火剤濃度に達するまでの間も、火災による影響はない。

13. 分析・試験設備の火災防護(まとめ:3/5)

第2棟におけるセル等の消火に係る設備の仕様は以下のとおりである。

- 窒素ガス消火設備起動時に自動で給気弁を閉止する(酸素の供給を停止)。
- セル等の負圧維持を維持するため排気を継続する。
- 設計消火剤濃度(40.3%)までセル等内に消火剤を導入し、酸素濃度を低い状態(12.5%以下)にすることで窒息消火させる。その際、排気継続に伴う換気量(流出分)、給気弁からの空気(酸素)の漏れ込み量等を考慮したうえで設計消火剤濃度まで到達するように十分な量の消火剤をセル等内へ導入できる。
- 消火後、再着火を防止するため、排気継続に伴う換気量(流出分)等を考慮したうえで設計消火剤濃度を600秒間維持するために必要な十分な量の消火剤をセル等内へ導入できる。
- なお、JAEA他施設においても、給気弁を閉止し、負圧維持のため排気を継続して消火設備を起動する構成となっている。

他施設	消火設備	給排弁
JAEA大洗地区	ハロゲン化物消火設備	給気弁:閉止 負圧維持のため排気継続
JAEA東海地区	二酸化炭素消火設備 ハロゲン化物消火設備	給気弁:閉止 負圧維持のため排気継続

13. 分析・試験設備の火災防護(まとめ:4/5)

燃料デブリ等を取り扱うコンクリートセル等に対して自主的に設置している窒素ガス消火設備の以下の機器等については、消防法上の不活性ガス消火設備に対する法令等の要求事項(以下「法令等の要求事項」という。)を準用している。

機器	第2棟の設計	法令等要求	
貯蔵容器の充填圧力	10.6MPa	30.0MPa以下	規則第十九条第5項第五号
管継手	貯蔵容器～選択弁:SUS304(防腐処理)	配管の基準による。 配管は、選択弁設置の場合、貯蔵容器から選択弁まで銅管又は鋼管(防腐処理)	規則第十九条第5項第七号
設計消火剤濃度	40.3%以上	40.3%以上	消防予第102号 平成13年3月30日

一方、以下の機器等に対しては、法令等の要求事項を準用していないが、前頁までに示したように、セル等内で想定される火災に限られた範囲内であり、拡大・延焼の恐れがないこと、さらに窒息消火が可能となる酸素濃度まで低下させ、その状態を600秒間維持することが可能であることから、本窒素ガス消火設備にてセル等内で発生した火災の消火、再着火防止が可能である。

機器	第2棟の設計	法令等要求	
噴射ヘッド	0.5MPa以上	1.9MPa以上	規則第十九条第2項第二号
消火剤放射時間	最大3分	1分以内	規則第十九条第3項
自動閉鎖装置	給気弁閉止、排気弁開	開口部に自動閉鎖装置を設置	規則第十九条第5項第四号

13. 分析・試験設備の火災防護(まとめ:5/5)

コンクリートセル等内にて火災が発生した場合、窒素ガス消火設備にて消火することを基本とする。

万一、窒素ガス消火設備の損傷等によりその機能が喪失し、かつコンクリートセル等内の火災による影響が拡大する恐れのある場合には、屋内消火栓設備又は消火器を用いて消火を行う。

14. 水素に対する考慮(1/3)

燃料デブリ等からの放射線により、水が放射線分解し水素が発生することを考慮して、水素濃度を評価し、爆発の可能性について検討した。

【評価条件】

- 評価場所は、水素が最も発生する可能性のある(燃料デブリ等の取扱量が多い)コンクリートセルとした。
- 放射線の発生源である燃料デブリ等は、すべて UO_2 燃料であり、2号機の運転履歴に基づいた燃焼度の線源とした。
- 水素濃度は、JIS A 1406「屋内換気量測定方法(炭酸ガス)」を基に次式により求めた。

$$C_t = \frac{M + C_0 Q}{Q} \times 100$$

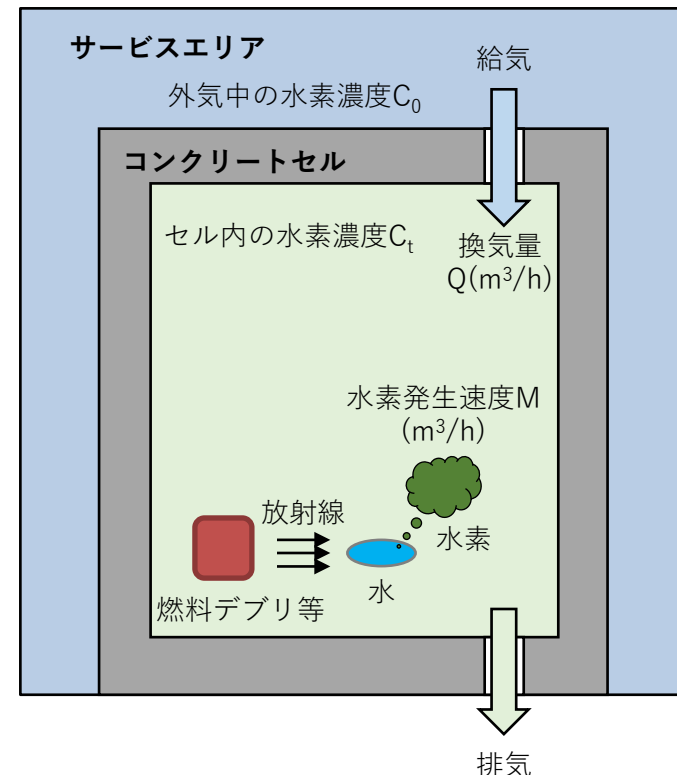
C_t : セル内の水素濃度[vol%]

C_0 : 外気中の水素濃度[-]($= 5 \times 10^{-7}$)※1

M : 水素発生速度[m³/h]

Q : 換気量[m³/h]

- 換気量は、コンクリートセルで最も小さい値(設計値: 380m³/h)を用いた。
- 水素の発生源となる水が常にコンクリートセル内に存在すると仮定した(燃料デブリが水没しているような状態)。



水素濃度の評価イメージ

※1 U.S. Standard Atmosphere, 1976, U.S. Government Printing Office, Washington, D.C., (1976).

14. 水素に対する考慮(2/3)

一部改訂

- 水素発生速度は、TMI-2燃料デブリ移送時に使用された評価式^{※1}を基に次式により算出した。

$$M = w \times F \times \frac{1}{1.6 \times 10^{-19}} \times \frac{G}{100} \times \frac{22.4}{6.0 \times 10^{23}} \times \frac{3600}{1000}$$

- M : 水素発生速度 [m³/(h・g)] (燃料デブリ等■の場合: 1.1 × 10⁻⁴、■の場合: 3.0 × 10⁻³)
 w : 燃料デブリ等1gあたりの発熱量 [W/g]
 (燃料デブリ等1gあたりの発熱量は、計算コードORIGEN2.2-UPJを用いて算出)
 F : エネルギー吸収率 [-] (本評価では、全エネルギーが水に吸収されるとし保守的に1とした)
 G : 放射線のエネルギー100eVあたりに生成される分子数 [分子/100eV]
 (β線・γ線: 0.44、α線: 1.40)^{※2}

【評価結果】

燃料デブリ等■の場合、コンクリートセルの水素濃度C_iは約8 × 10⁻⁵vol%となり、爆発限界である4vol%^{※3}を下回るため、爆発は起こらない。燃料デブリ等■(■の最大取扱量)の場合、コンクリートセルの水素濃度C_iは約9 × 10⁻⁴vol%となり、爆発限界である4vol%を下回るため、爆発は起こらない。

なお、鉄セル等については、燃料デブリ等の取扱量が少量であるため水素発生量が少なく、また、鉄セル等内が常に換気されていることから発生する水素は速やかに希釈される。このため、鉄セル等内の水素濃度は十分低い濃度であり、爆発は起こらない。

グローブボックスNo.3には、水素ガス使用機器として高周波誘導結合プラズマ質量分析装置(ICP-MS)を設置する。本装置には測定時のみ水素ガスが供給され、その排気をグローブボックス内に放出する設計としている。また、グローブボックス内は換気されており、放出された水素は速やかに希釈される。ICP-MSへの水素ガス供給量が約10mL/min、グローブボックスNo.3の換気量が156m³/hのとき、グローブボックスNo.3内の水素濃度は約5 × 10⁻⁴vol%となり、爆発限界である4vol%を下回るため、爆発は起こらない。

なお、水素ガス使用機器は接地し、静電気によるスパークを防止する。

※1 J.O.Henrie and J.N.Appel, Evaluation of Special Safety Issues Associated with Handling the Three Mile Island Unit 2 Core Debris, GEND-051, (1985).

※2 H. Christensen, Fundamental Aspects of Water Coolant Radiolysis, SKI Report 2006:16, Swedish Nuclear Power Inspectorate, (2006).

※3 独立行政法人産業安全研究所, 産業安全研究所技術指針NIIS-TR-No.39 (2006), 工場電気設備防爆指針(ガス蒸気防爆2006)

14. 水素に対する考慮(3/3)

(負圧維持に必要な設備の機能喪失時の水素濃度について)

負圧維持に必要な設備の機能が喪失し、給排気系の弁を閉止した後、コンクリートセル内の水素濃度が爆発限界である4vol%に到達する時間について検討した。

なお、本検討では以下の保守的な条件を想定した。

- 線源となる燃料デブリ等の組成は、発熱量が最も高くなる組成とする。この組成は UO_2 燃料 (^{235}U 濃縮度■■■■)に対して、1F 2号機の運転履歴に基づく燃焼度60GWd/t、原子炉停止から12年冷却の条件にてORIGEN2.2-UPJを用いて算出したものである。
- 燃料デブリ等から放出される放射線エネルギーのすべてが水素発生に寄与するものとする。
- 水素の発生源となる水が常にコンクリートセル内に存在すると仮定する。
- 発生した水素は、コンクリートセル内の同量の空気と置き換わるものとする(圧力一定とする)。

検討の結果、給排気弁の閉止後にコンクリートセル内の水素濃度が爆発限界である4vol%に到達するまでには10日以上余裕があることを確認した。

実際には、水素濃度の増加に伴いコンクリートセルの内圧が上昇する(水素濃度4vol%到達時点で約4kPaの増加)。万一、負圧維持に必要な設備の機能が喪失して給排気系の弁を閉止した際、セル等の内圧が上昇して水素濃度増加の恐れが生じた場合には、給排気系の弁を開放することで水素濃度を低減させる。

参考 消火に必要な窒素ガス貯蔵容器の本数の算出①

消火に必要な窒素ガス貯蔵容器(ボンベ)本数は、コンクリートセル等の各エリアにおいて設計消火剤濃度に到達するまでに必要な消火剤量から算出した窒素ガス貯蔵容器本数に、再着火防止を考慮して設計消火剤濃度到達時点から、その濃度を600秒間維持するために必要な窒素ガス貯蔵容器本数を加えたものとした。

1. 設計消火剤濃度に到達させるために必要な窒素ガス貯蔵容器(N)

$$N=W/8.2$$

$$W=t_0 \times Q \times K$$

$$t_0 = -(V/E/3600) \times \ln\{1 - (C \times E/3600) / (100 \times Q)\}$$

$$Q = 0.8 \times E / 3600$$

- N : 窒素ガス貯蔵容器本数(本)
 W : 必要消火剤量(m³)
 8.2 : 窒素ガス貯蔵容器(m³/本)
 t₀ : 設計消火剤濃度到達時間(s)
 Q : 消火剤放出流量(m³/s)
 K : 係数(配管内圧力の変化に伴う補正)
 V : コンクリートセル等の内容積(m³)
 E : 換気量(m³/h)
 C : 設計消火剤濃度(=40.3%)

名称	V (m ³)	K	E (m ³ /h)	N (本)
コンクリートセルNo.1	40	■	600	6
コンクリートセルNo.2	30		420	5
コンクリートセルNo.3	30		680	5
コンクリートセルNo.4	85		1500	10
鉄セル1-1	11.4		380	4
鉄セル1-2	4.8		160	
グローブボックスNo.1	2		90	3
グローブボックスNo.2	2		90	
グローブボックスNo.3	3.9		180	
グローブボックスNo.4	2		90	

※上記算出式は、國川明輝「建築技術者の知っておきたい 消火設備」理工図書を参考に算出

参考 消火に必要な窒素ガス貯蔵容器の本数の算出②

2. 1.の設計消火剤濃度到達までに必要な窒素ガス貯蔵容器本数に、再着火防止を考慮して設計消火剤濃度到達時点から、その濃度を600秒間維持するために必要な本数を追加した窒素ガス貯蔵容器本数(N')

$$C1 = \exp\{- (E1/60/V) \times t1 + A\}$$

$$A = \ln(C2) + E1/60 / V \times t2$$

$$C2 = (100 \times Q / E / 3600) \times \{1 - \exp(-E / 3600 \times t2 / V)\}$$

$$Q = 0.8 \times E / 3600$$

$$t2 = 8.2 \times N' / K / Q$$

C1 : 設計消火剤濃度到達時間に600秒加算した時間における消火剤濃度(≥40.3%)

E1 : 給気弁からの流入量(m³/min)

V : コンクリートセル等の内容積(m³)

t1 : 設計消火剤濃度到達時間t0に600秒加算した時間(s)

A : 消火剤放出終了時の定数

C2 : 任意の窒素ガス貯蔵容器の消火剤放出終了時の消火剤濃度(%)

t2 : 任意の窒素ガス貯蔵容器の消火剤放出終了時間(s)

Q : 消火剤放出流量(m³/s)

E : 換気量(m³/h)

8.2 : 窒素ガス貯蔵容器(m³/本)

N' : 任意の窒素ガス貯蔵容器本数(本)

K : 係数(配管内圧力の変化に伴う補正)

窒素ガス貯蔵容器本数N'を任意に設定することで設計消火剤濃度到達時点から600秒後の消火剤濃度C1を算出し、C1が40.3%を超えた時のN'を必要な窒素ガス貯蔵容器本数とする。

名称	V (m ³)	K	E (m ³ /h)	E1 (m ³ /min)	N' (本)
コンクリートセルNo.1	40	■	600	0.29	7
コンクリートセルNo.2	30		420	0.29	6
コンクリートセルNo.3	30		680	0.29	6
コンクリートセルNo.4	85		1500	0.40	11
鉄セル1-1	11.4		380	0.19	4
鉄セル1-2	4.8		160	0.11	
グローブボックスNo.1	2		90	0.04	3
グローブボックスNo.2	2		90	0.04	
グローブボックスNo.3	3.9		180	0.04	
グローブボックスNo.4	2		90	0.04	

※上記算出式は、國川明輝「建築技術者の知っておきたい 消火設備」理工図書を参考に算出

参考 消火に必要な窒素ガス貯蔵容器の本数の算出③

【容積の最も大きいコンクリートセルNo.4の場合】

1. 設計消火剤濃度に到達させるために必要な窒素ガス貯蔵容器(N)

$$Q = 0.8 \times 1500 / 3600 = 0.333 (\text{m}^3/\text{s})$$

$$t_0 = - (85 / 1500 / 3600) \times \ln \{ 1 - (40.3 \times 1500 / 3600) / (100 \times 0.333) \} = 143 (\text{s})$$

$$W = 143 \times 0.333 \times \blacksquare = \blacksquare (\text{m}^3)$$

$$N = \blacksquare / 8.2 = \blacksquare \doteq 10 \text{本}$$

2. 1.の設計消火剤濃度到達までに必要な窒素ガス貯蔵容器本数に、再着火防止を考慮して設計消火剤濃度を600秒間維持するために必要な本数を追加した窒素ガス貯蔵容器本数(N')

- ① N' = 10本(上記1.で算出した窒素ガス貯蔵容器本数)の場合

$$t_2 = 8.2 \times 10 / \blacksquare / 0.333 = \blacksquare$$

$$C_2 = (100 \times 0.333 / 1500 / 3600) \times \{ 1 - \exp(-1500 / 3600 \times \blacksquare / 85) \} = \blacksquare (\%)$$

$$A = \ln(\blacksquare) + 0.40 / 60 / 85 \times \blacksquare = 3.7$$

$$C_1 = \exp \{ - (0.40 / 60 / 85) \times 743 + 3.7 \} = 39.1 (\%)$$

設計消火剤濃度に到達するまでに必要な窒素ガス貯蔵容器本数10本では、設計消火剤濃度到達時点から、その濃度を600秒間維持することができない。

- ② ①に1本追加したN' = 11本の場合

$$t_2 = 8.2 \times 11 / \blacksquare / 0.333 = \blacksquare$$

$$C_2 = (100 \times 0.333 / 1500 / 3600) \times \{ 1 - \exp(-1500 / 3600 \times \blacksquare / 85) \} = \blacksquare (\%)$$

$$A = \ln(\blacksquare) + 0.40 / 60 / 85 \times \blacksquare = 3.8$$

$$C_1 = \exp \{ - (0.40 / 60 / 85) \times 743 + 3.8 \} = 41.7 (\%)$$

設計消火剤濃度に到達するまでに必要な窒素ガス貯蔵容器本数10本に1本追加した合計11本では、設計消火剤濃度到達時点から、その濃度を600秒間維持することができる。

以上の結果より、コンクリートセルNo.4内の火災を消火し、再着火を防止するために必要な窒素ガス貯蔵容器本数は11本である。

参考 設計消火剤濃度到達後の酸素濃度

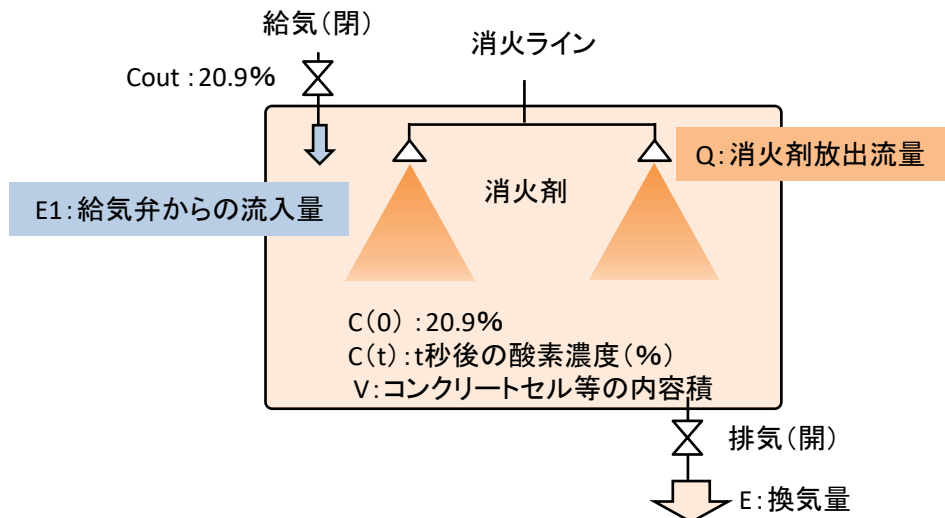
設計消火剤濃度到達後の酸素濃度の算出式を以下に示す。

$$C(t) = ((C(t-1) \times V + C_{out} \times E1 / 60 \times t) / (V + (Q + E1 / 60) \times t)) \times 100$$

$$Q = 0.8 \times E / 3600$$

- $C(t)$: t秒後のコンクリートセル等の酸素濃度(%)
 $C(t-1)$: t-1秒後のコンクリートセル等の酸素濃度(%)
 V : コンクリートセル等の内容積(m³)
 C_{out} : 外気中の酸素濃度(=20.9%)
 $E1$: 給気弁からの流入量(m³/min)
 t : 消火剤放出開始後の任意の経過時間(s)
 Q : 消火剤放出流量(m³/s)
 E : 換気量(m³/h)

名称	V (m ³)	E (m ³ /h)	E1 (m ³ /min)
コンクリートセルNo.1	40	600	0.29
コンクリートセルNo.2	30	420	0.29
コンクリートセルNo.3	30	680	0.29
コンクリートセルNo.4	85	1500	0.40
鉄セル1-1	11.4	380	0.19
鉄セル1-2	4.8	160	0.11
グローブボックスNo.1	2	90	0.04
グローブボックスNo.2	2	90	0.04
グローブボックスNo.3	3.9	180	0.04
グローブボックスNo.4	2	90	0.04



※上記算出式は、國川明輝「建築技術者の知っておきたい 消火設備」理工図書を参考に算出

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
(IV. iv. セル内火災に対する考慮について)
10月15日面談資料改訂版

2020年10月29日

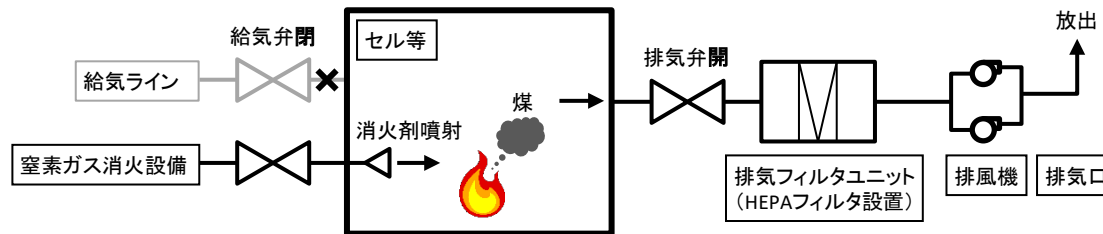
東京電力ホールディングス株式会社
国立研究開発法人日本原子力研究開発機構



1. セル内火災に対する考慮(1/3)

第2棟では、コンクリートセル等で火災が発生した場合、不活性ガス(窒素ガス)を噴射し、セル内を消火に必要な消火剤濃度に維持することで消火する。このとき、セル内の負圧を維持するため及び効率よくセル内の空気を消火剤に置換するため、排気弁は閉止しない。また、排風機も停止しない。

セル内火災を想定し、セル内の可燃物が燃焼することで発生する煤が、換気空調設備の排気系に流入したとして、排気フィルタユニットに設置されている高性能フィルタへの影響を評価した。



1. セル内火災に対する考慮(2/3)

【想定事象】

- セル内の可燃物として、紙ウェス、ポリ容器がある。通常、可燃物は必要の都度、必要な量だけをセル内に持ち込んで使用し、また、使用しない場合は金属製容器に収納する等、火災発生の要因を極力排除する措置を講ずる。評価では、紙ウェス500g、ポリ容器200gがセル内に存在すると仮定した。
- 紙ウェス、ポリ容器の全てが燃焼し、このとき発生する煤が換気空調設備の排気系に移行し、高性能フィルタに捕集されるものとした。なお、煤の発生量については、紙ウェスの重量の1%※¹(5g)、ポリ容器の重量の9%※¹(18g)とし、保守的に合計25gとした。

【評価結果】

高性能フィルタについて、初期圧力損失の2倍が交換時期の目安とされている。IAEAの報告書※²では、第2棟に設置する高性能フィルタとサイズ(610mm×610mm×292mm)及びろ材の種類(グラスファイバー)が同じフィルタについて、初期圧力損失の2倍の圧力に相当する工業用の煤(カーボンブラック)の保持量が約200gと示されている。

第2棟のセル内火災で想定される煤の発生量は25gであり、高性能フィルタに対する保持量200gを下回ることから、セル内火災時に発生が想定される量の煤を捕集しても高性能フィルタは破損しない。また、負圧維持に必要な排気風量も維持できることから、セル内の負圧は維持できる。

※¹ “Characteristics of Combustion Products: A Review of Literature” NUREG/CR-2658, (1983) から、燃焼物の初期重量に対する煤の発生割合について、紙の材料である木材では0.2～0.4%、ポリ容器の材料であるポリエチレンでは8.3%である。以上より、煤の発生量について、紙ウェスを1%、ポリ容器を9%とした。

※² TECHNICAL REPORTS SERIES No.325 IAEA, VIENNA, (1991) p.32 FIG. 18に、高性能フィルタの粉塵保持量(Dust load)に対する圧力損失(Pressure drop)の変化が示されており、工業用の煤(カーボンブラック, Carbon Black)を高性能フィルタに捕集させた場合、試験開始時の圧力損失(初期圧力損失)に対して2倍の圧力損失を示すときの粉塵保持量は約200gである。

1. セル内火災に対する考慮(3/3)

燃料デブリ等の取扱場所(試料ピットを含む)において、燃料デブリ等が金属製の容器に収納されている場合、火災による公衆への放射線被ばくの影響はない。一方、コンクリートセルNo.4では、燃料デブリ等を容器から取り出して切断等を行うため他の取扱場所に比べ、セル内に飛散する放射性物質の量が多く、また、切断等により飛散しやすい粉体状の放射性物質が発生する。このため、コンクリートセルNo.4における燃料デブリ等の切断時に火災が発生した場合を想定し、火災に伴う放射性物質の飛散を考慮して、このときの公衆の実効線量を評価した。

【評価条件】

- 燃料デブリ等がすべてMOX燃料で構成されているとした(MOX燃料の燃焼度等の条件で各核種の放射エネルギーをORIGEN2.2-UPJコードで求めたもの)。
- 1回の受入物(燃料デブリ等)に対して、切断等により粉体が発生する。粉体は適宜、回収し保管するが、評価では、この粉体の全てがセル内に存在するものとした保守的な仮定とした。この粉体に対し、切断時の飛散(1%※1)と火災に伴う飛散(0.6%※2)を合わせて1.6%の放射性物質が排気中に移行するものとした。なお、トリチウム、よう素及び希ガスについては、粉体中の全量が排気中に移行するものとした。
- コンクリートセルNo.4から排気口までに設置する高性能フィルタ(3段)の除染係数を 10^7 ※3とした。なお、トリチウム、よう素及び希ガスについては、除染係数を考慮しないものとした。

【評価結果】

敷地境界外の実効線量の評価は、「発電用原子炉施設の安全解析に関する気象指針」等を参考とし、呼吸摂取による内部被ばく線量を求めた。

その結果、本事象に係る公衆の実効線量は、約 $1.2 \times 10^{-3} \mu\text{Sv}$ であり、公衆への放射線影響は十分に小さい。

※1「ホットラボの設計と管理」、ホットラボ研究専門委員会、日本原子力学会(1976)

※2“Nuclear Fuel Cycle Facility Accident Analysis Handbook”, NUREG/CR-6410

※3 高性能フィルタは、基準粒子径 $0.15 \mu\text{m}$ 以上に対して粒子捕集率99.97%以上のJIS規格品を使用する設計としている。
第2棟では、フィルタ1段目の除染係数を 10^3 とし、2段目以降は1段あたりの除染係数を 10^2 として評価する。

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 (V. 自然災害対策について)



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
(V. i. 自然災害対策等について)
6月16日面談資料改訂版

2021年4月15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



自然災害に対する設計上の考慮(1/2)

2.48.1.6 自然災害対策等

2.48.1.6.1 津波

第2棟は、アウターライズ津波が到達しないと考えられるT.P.+約40mの場所に設置するため、津波の影響は受けない。

2.48.1.6.3 その他の自然災害(台風, 積雪等)

台風など暴風時に係る建屋の設計は、建築基準法及び関係法令に基づく風圧力に対して耐えられるように設計する。

なお、その風圧力は、その地方における観測記録に基づくものとする。豪雨に対しては、構造設計上考慮することはないが、屋根面の排水等、適切な排水を行うものとする。

その他自然現象としては、積雪時に係る建屋の設計は、建築基準法及び関係法令、福島県建築基準法施行細則第19条に基づく積雪荷重に耐えられる設計とする。

なお、その積雪荷重は、その地方における垂直積雪量を考慮したものとする。

(実施計画「2.48放射性物質分析・研究施設第2棟」より記載)

自然災害に対する設計上の考慮(2/2)

➤ 津波

第2棟は、アウターライズ津波(T.P.+12.7m)より高いT.P.+約40mの場所に設置するため、津波の影響は受けない。

➤ 豪雨

豪雨に対しては、構造設計上考慮することはない※が、屋根面の排水等、適切な排水を行えるように、屋根面に傾斜をつけ、屋根の端部に排水側溝を設けると共に、竖樋(屋根面からの雨水を地面に下ろすための排水管)を設け、屋根面に溜まることなく排水できる設計としている。

➤ 台風

建築基準法及び関係法令に基づき、基準風速30m/sの風圧力に耐えられるように設計する。

➤ 積雪

建築基準法及び関係法令、福島県建築基準法施行細則に基づき、積雪量30cm、単位荷重20N/m²/cmの積雪荷重に耐えられるように設計する。

※:原子力施設鉄筋コンクリート構造計算基準・同解説では、構造設計上考慮すべき荷重及び外力のうち、自然災害に起因するものとして、積雪荷重、風荷重及び地震荷重のみ規定している。

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 (VI. 被ばく低減)



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
(VI. i. 遮へい・線量評価について)
1月5日面談資料改訂版

2021年4月15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

2.48.1.3.9 被ばく低減

第2棟は、作業内容に応じて建屋内を区分し、区分ごとに外部放射線に係る設計基準線量率を設定する。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、敷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

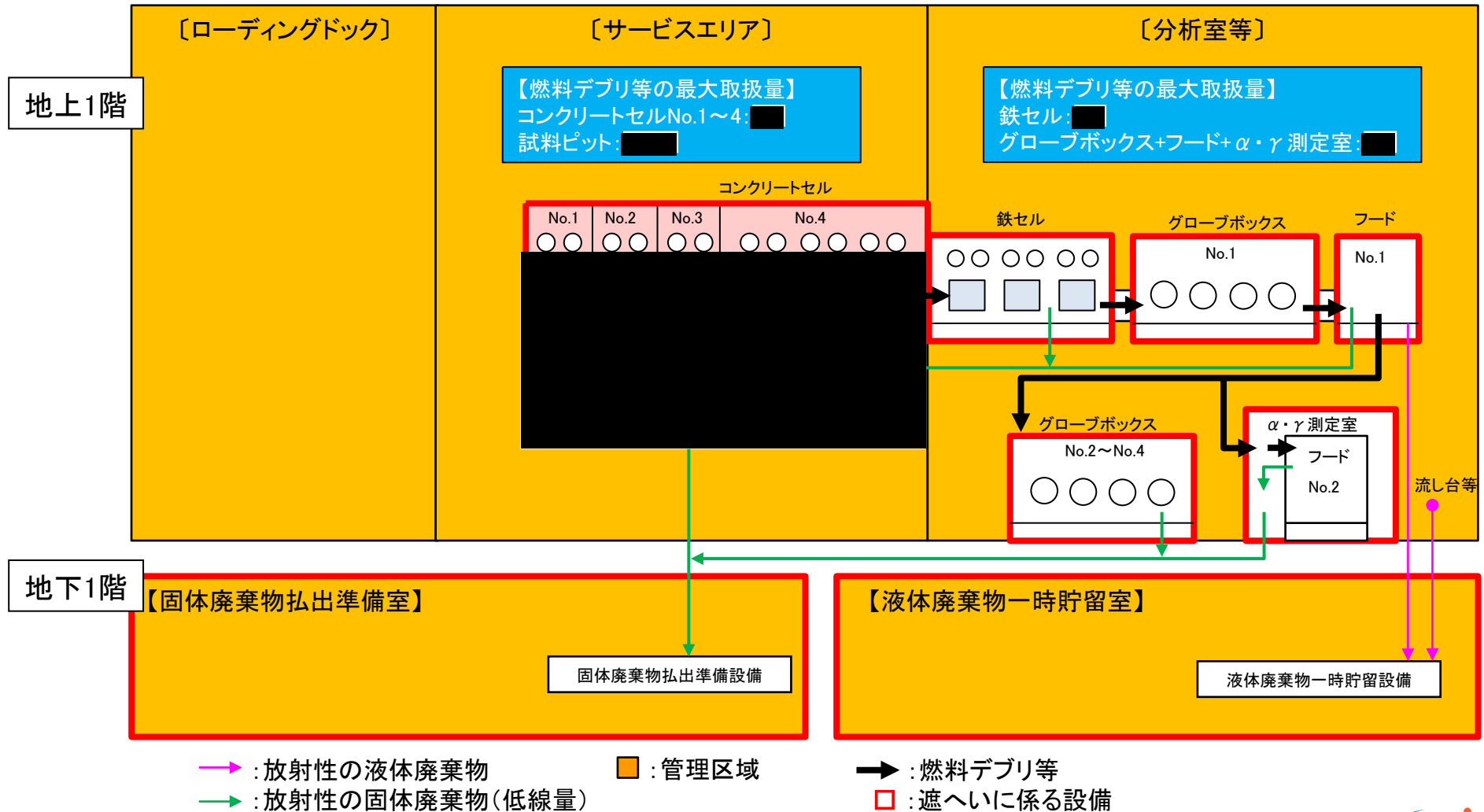
燃料デブリ等、固体廃棄物払出準備設備、液体廃棄物一時貯留設備からの放射線に対して、放射線業務従事者等を保護するため、必要に応じてコンクリート等の壁・天井による遮へいを行う。

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、コンクリート等の壁・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

－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－



3. 第2棟の遮への考え方(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棟の遮への考え方(2/4)

第2棟における外部放射線に係る設計基準線量率は、JEAC4615(原子力発電所放射線遮へい設計規程)に基づき設定する。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	人の立入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が、グローブボックス及びフード表面での線量率が高くなるため、区分Cとする(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	設備の点検・保守等の特定の業務でのみ立ち入るエリア(人の立入頻度、立入時間が短い。)
	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り扱うため、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)

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 μ 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、20～200 μ 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 μ 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 μ 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 μ 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 μ 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 μ 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 μ Sv/hを超える

3. 第2棟の遮への考え方(4/4)

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。

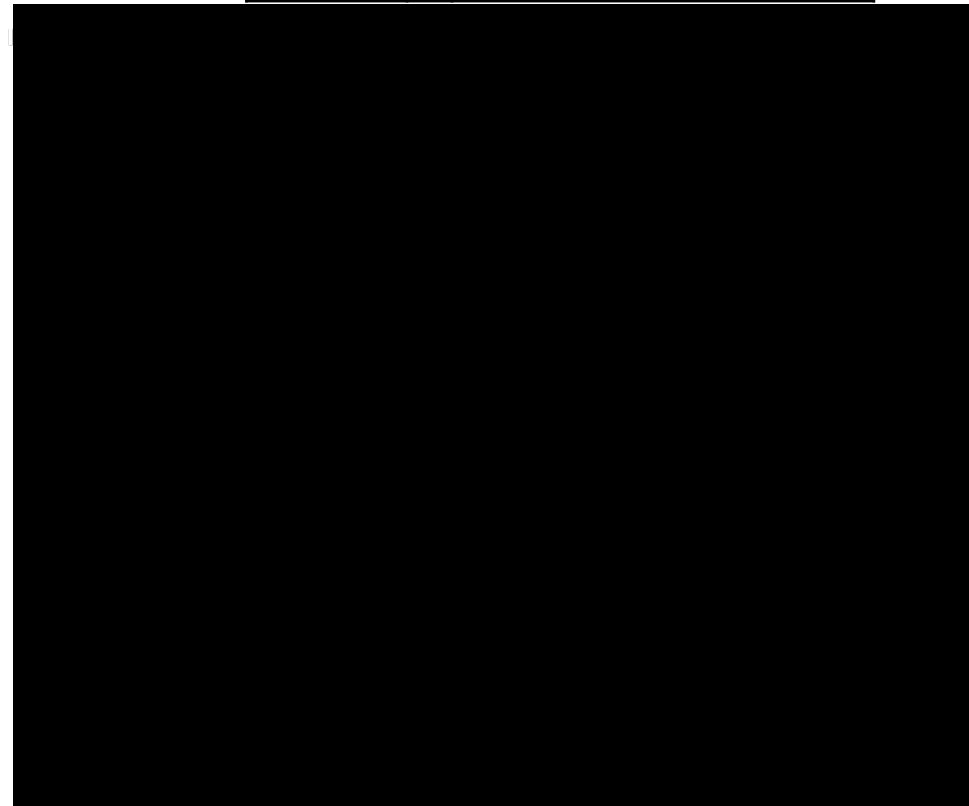
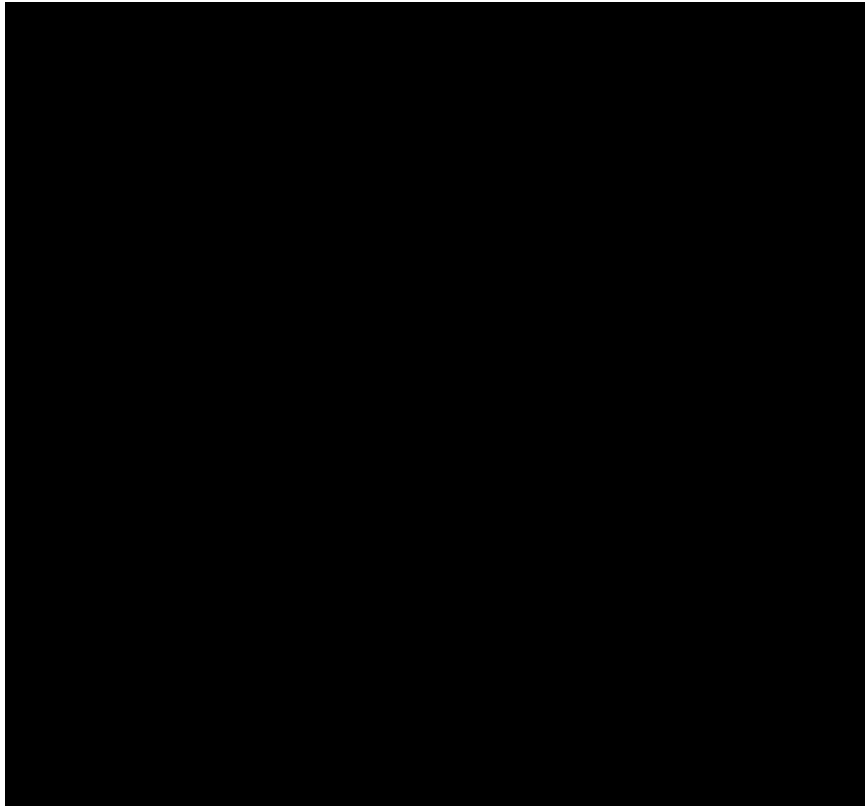
また、第2棟では、管理区域のうち特定の業務でのみ立ち入るエリアであるD区分について、0.25mSv/h(250 μ Sv/h)に設定している。JAEAの多くの既存施設では、一時的に立ち入るエリアを200 μ Sv/h以下としている。

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。

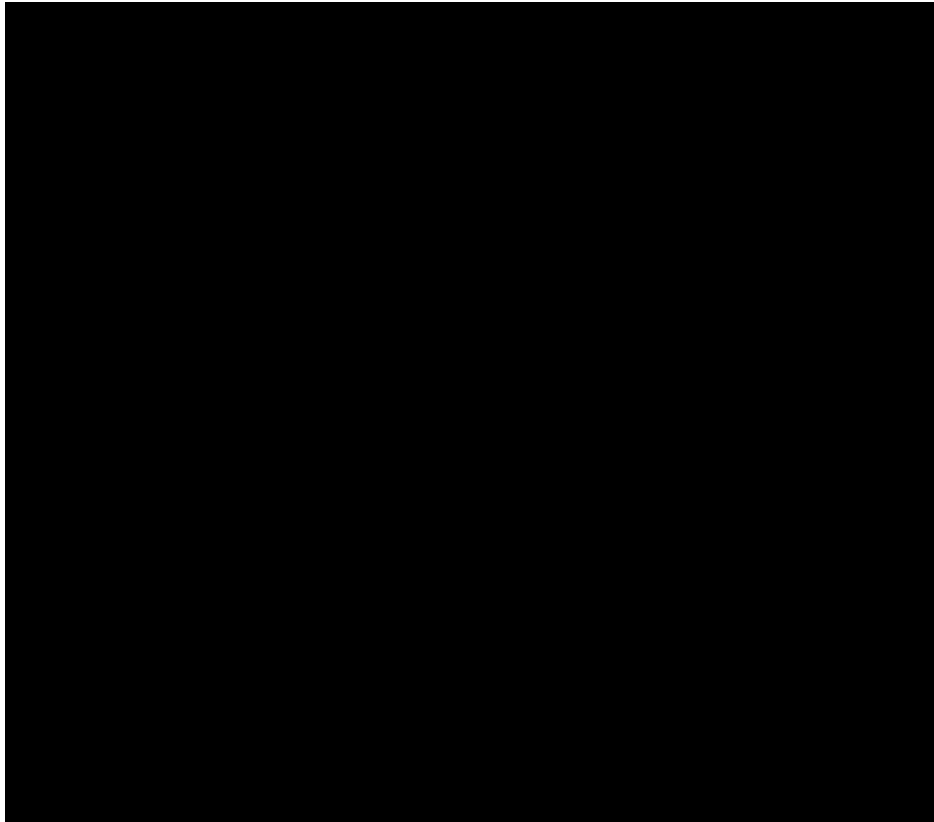
なお、建屋外壁には、遮へい能力を要求しない設計としている。

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)

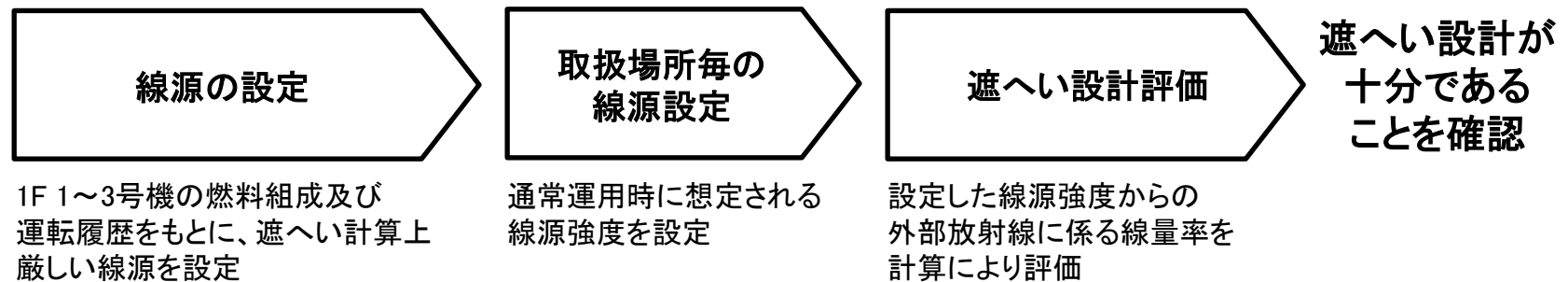
区分		外部放射線に係る設計基準線量率
管理区域外	A	0.0026mSv/h以下
管理区域	B	0.01mSv/h未満
	C	0.05mSv/h未満
	D	0.25mSv/h未満
	E	1mSv/h未満
	F	1mSv/h以上

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%]				
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 燃焼度 60GWd/t

MOX燃料 : Pu富化度 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—

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]	[REDACTED]			
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 [REDACTED] 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—

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)

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

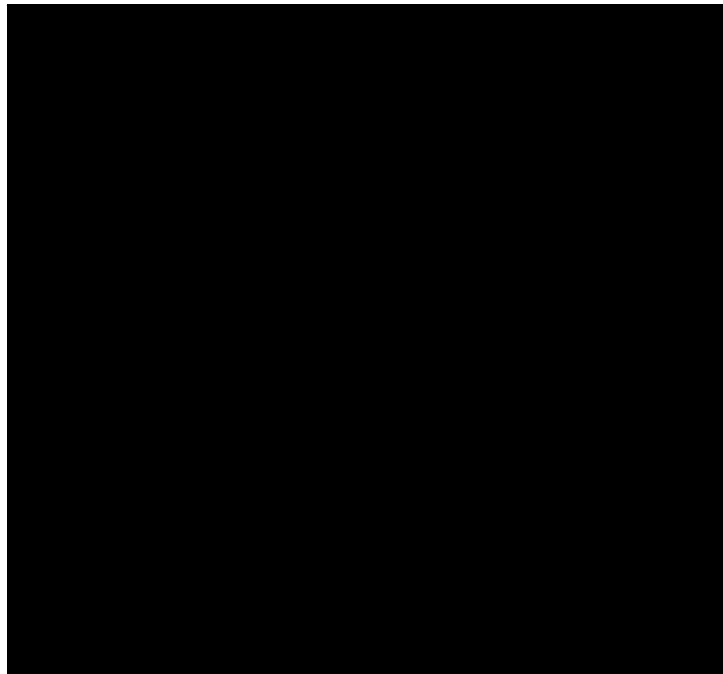
各取扱場所での線源強度及び形状を下表に示す。なお、固体廃棄物払出準備室及び液体廃棄物一時貯留室においては、想定する線量率及び放射能濃度から線源強度を設定する。

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)

一評価点①(非管理区域:換気空調設備室(2))の計算モデル

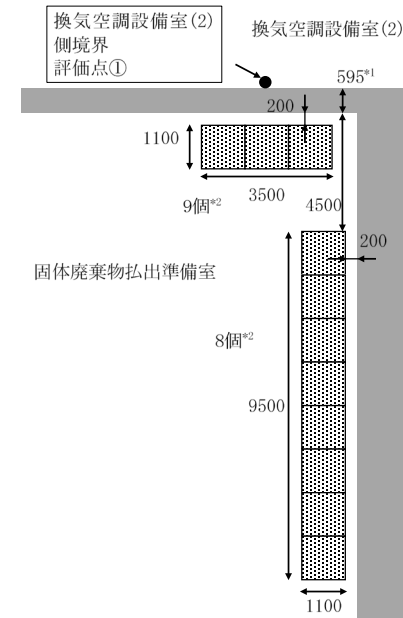
線源形状 : 直方体線源
 計算モデル : 角型容器17個分の放射能を
 固体廃棄物払出準備室に配置
 遮へいは、固体廃棄物払出準備室北壁(厚さ595mm)を考慮



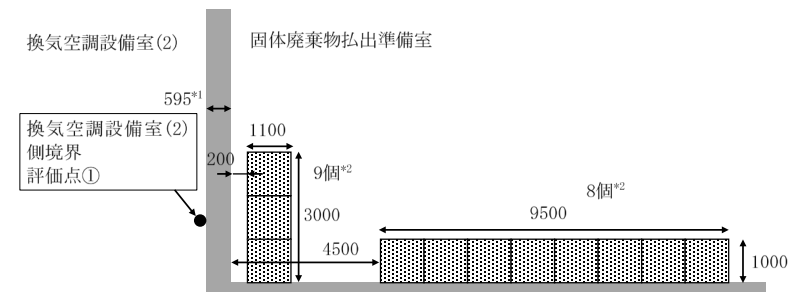
管理区域 (orange square) 遮へい(壁) (green square)

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。

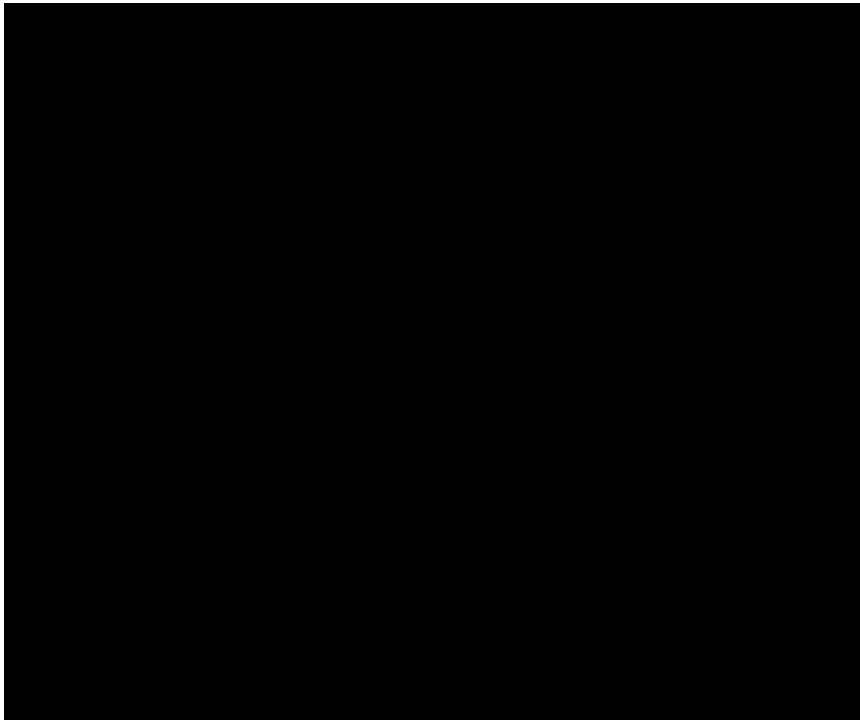
*2: 直方体線源。計算モデルは3列3段積み(9個)と8列1段積み(8個)が固体廃棄物払出準備室に全配置された状態を仮定。

(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

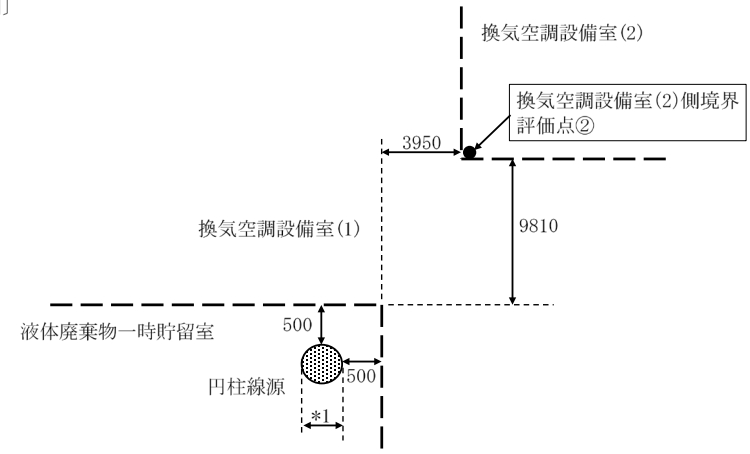
線源形状 : 円柱線源
 計算モデル : 分析廃液受槽2基分の放射能を
 液体廃棄物一時貯留室に配置
 遮へいは考慮しない



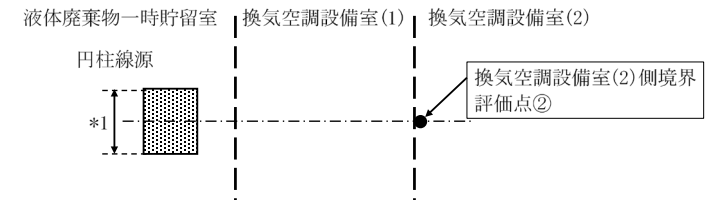
管理区域 (Management Area) 遮へい(壁) (Shielding Wall)

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

[平面図]



[立面図]



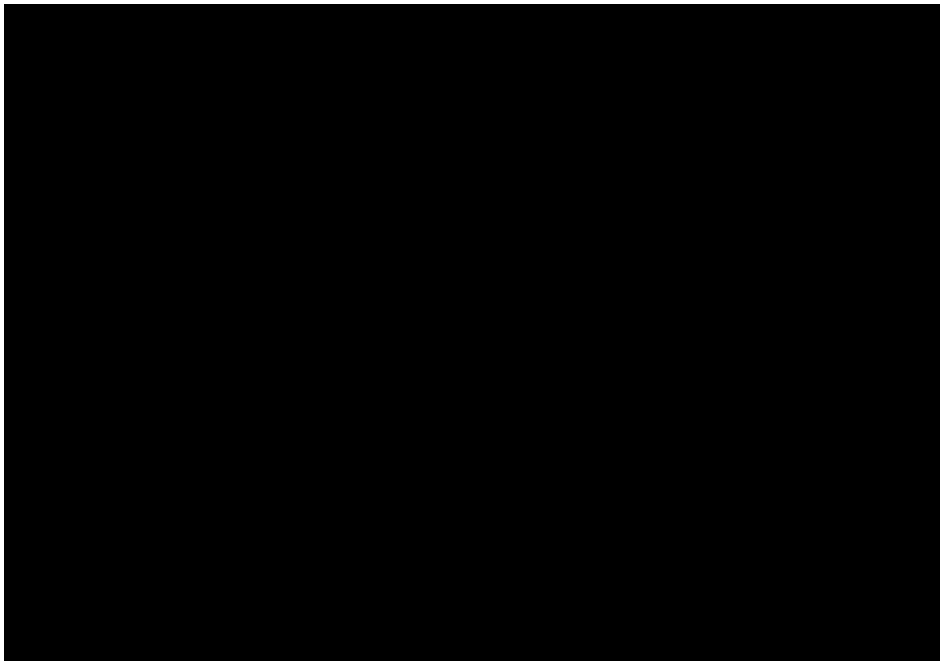
*1 分析廃液受槽：直径1500mm×高さ1698mm

(単位：mm)

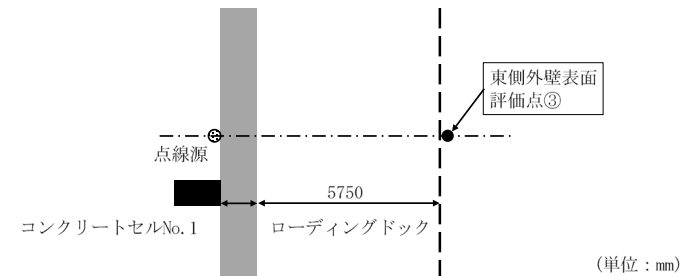
7. 遮へい計算(4/13)

— 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。

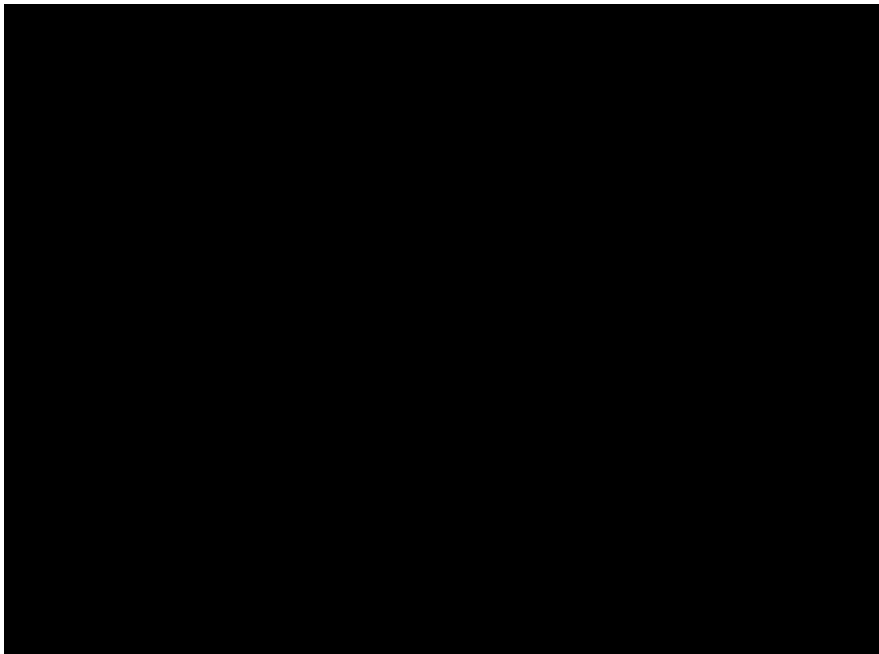
■ : 管理区域 ■ : 遮へい(壁) □ : 遮へい(床)

1階の評価点③

7. 遮へい計算(5/13)

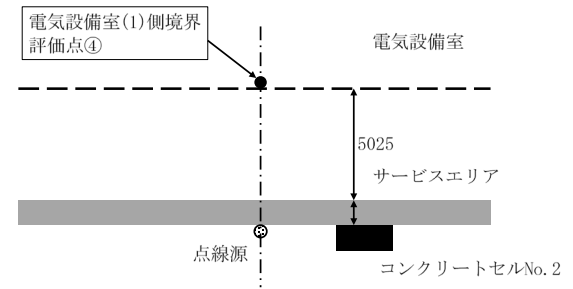
一評価点④(非管理区域:電気設備室(1))の計算モデル

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



(a)コンクリートセルNo.2

[平面図]

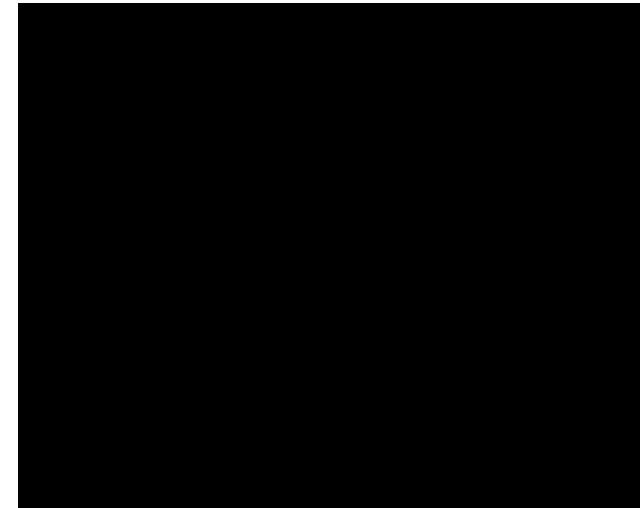


注記 *1: 遮へい厚さを示す。

(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)

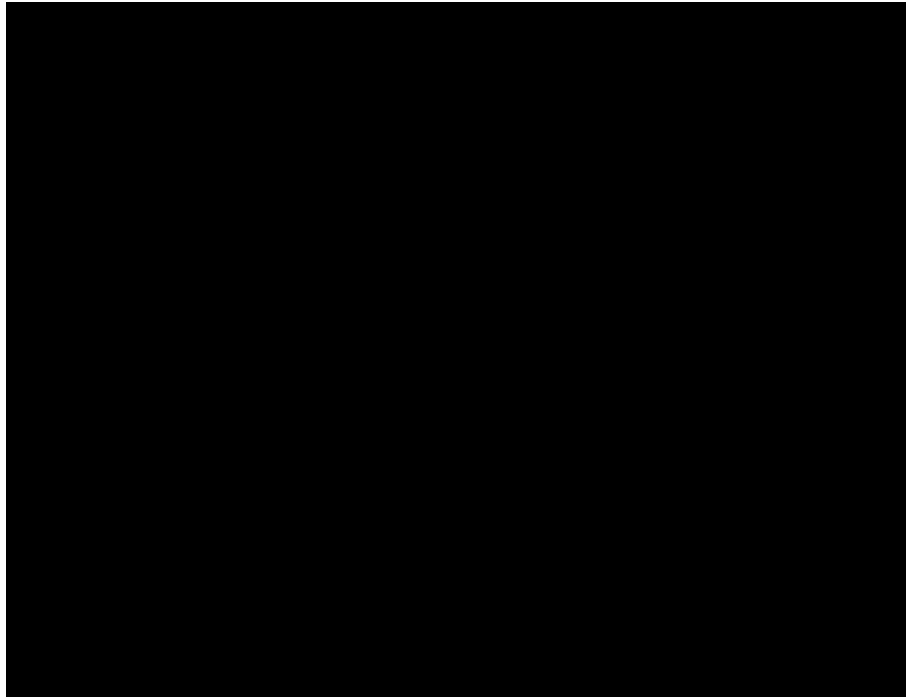
■ : 管理区域 ■ : 遮へい(壁) □ : 遮へい(床)

1階の評価点④

7. 遮へい計算(6/13)

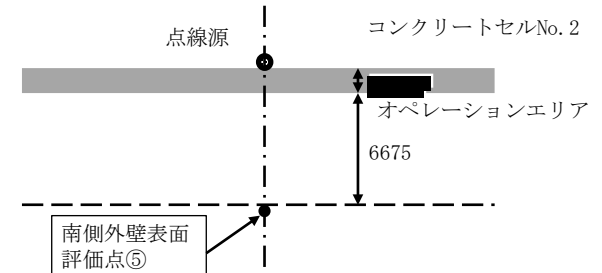
— 評価点⑤(1階南側外壁)の計算モデル —

- 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



(a)コンクリートセルNo.2

[平面図]

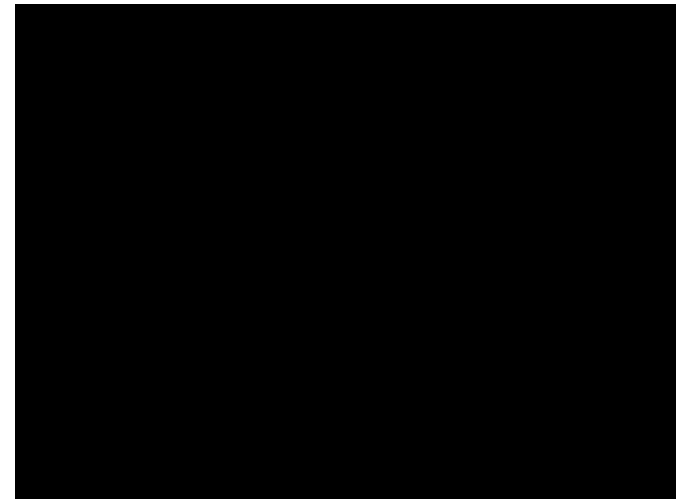


注記 *1: 遮へい厚さを示す。

(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)

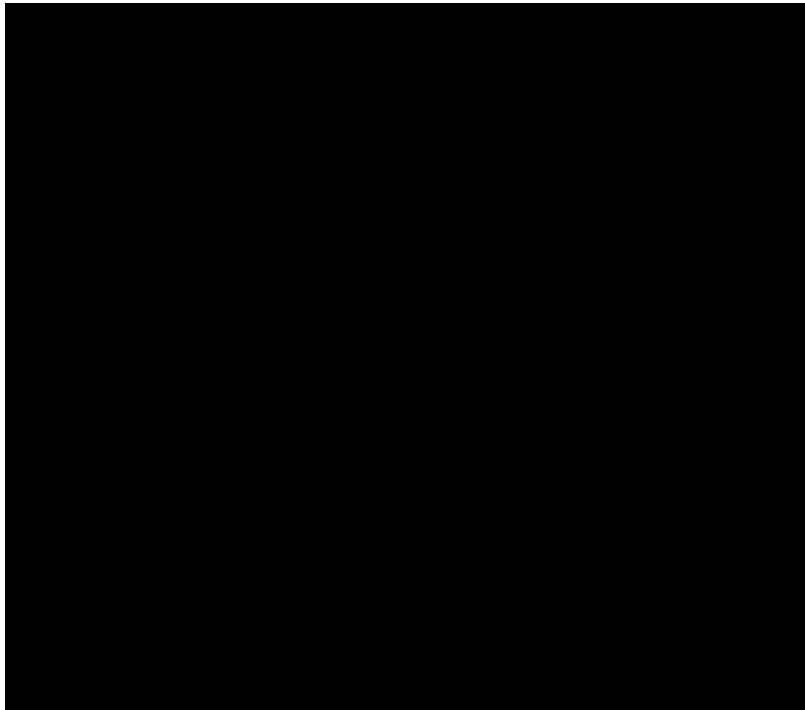
[] : 管理区域 [] : 遮へい(壁) [] : 遮へい(床)

1階の評価点⑤

7. 遮へい計算(7/13)

一評価点⑥(屋上表面)の計算モデル

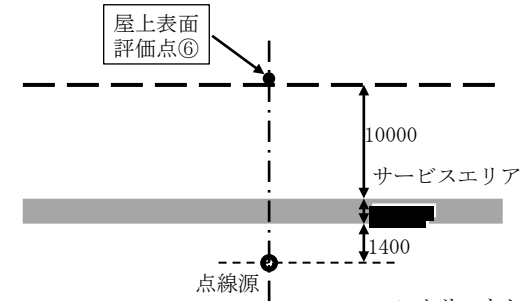
- 線源形状 : 点線源
 計算モデル : (a)燃料デブリ等■■■■分の放射能を
 コンクリートセルNo.4に配置
 (b)燃料デブリ等■■■■分の放射能を
 試料ピットに配置
 遮へいは、(a)コンクリートセルNo.4天井(厚さ■■■■)と
 (b)コンクリートセルNo.2天井(厚さ■■■■)を考慮



屋上階の評価点⑥

(a)コンクリートセルNo.4

[立面図]

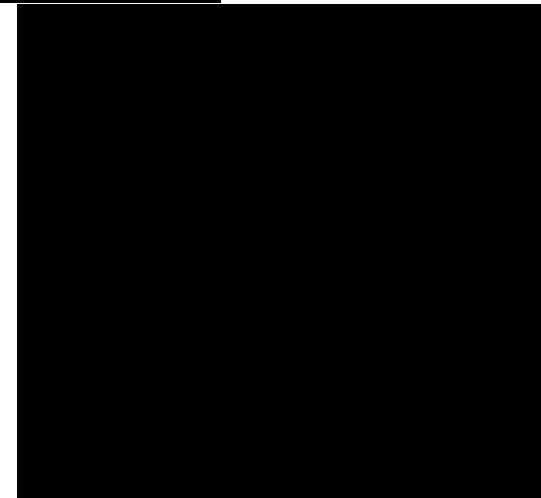


注記*1: 遮へい厚さを示す。

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)

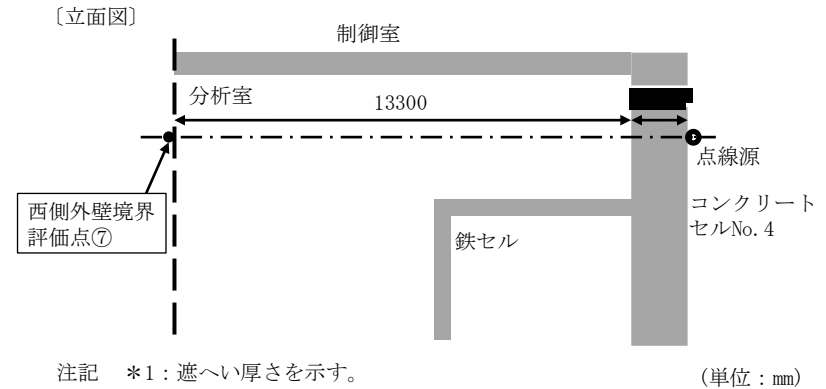
注記*1: 壁面の遮へい厚さを示す。

7. 遮へい計算(8/13)

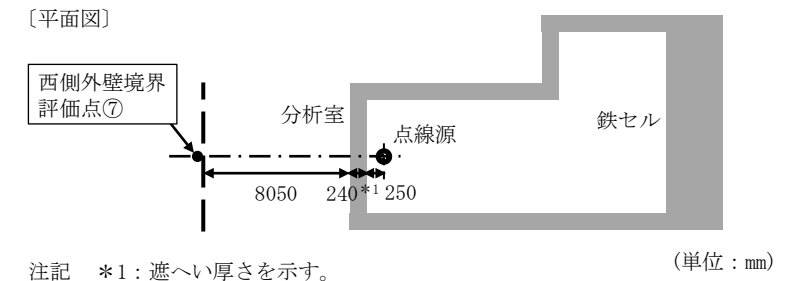
— 評価点⑦(1階西側外壁)の計算モデル —

- 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

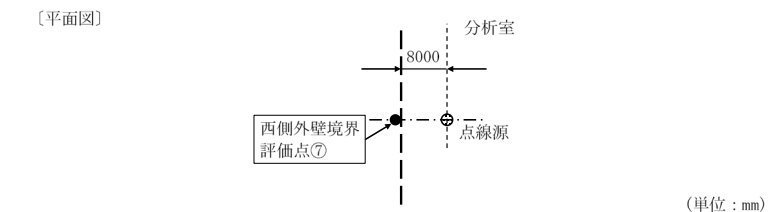
(a)コンクリートセルNo.4



(b)鉄セル



(c)分析室



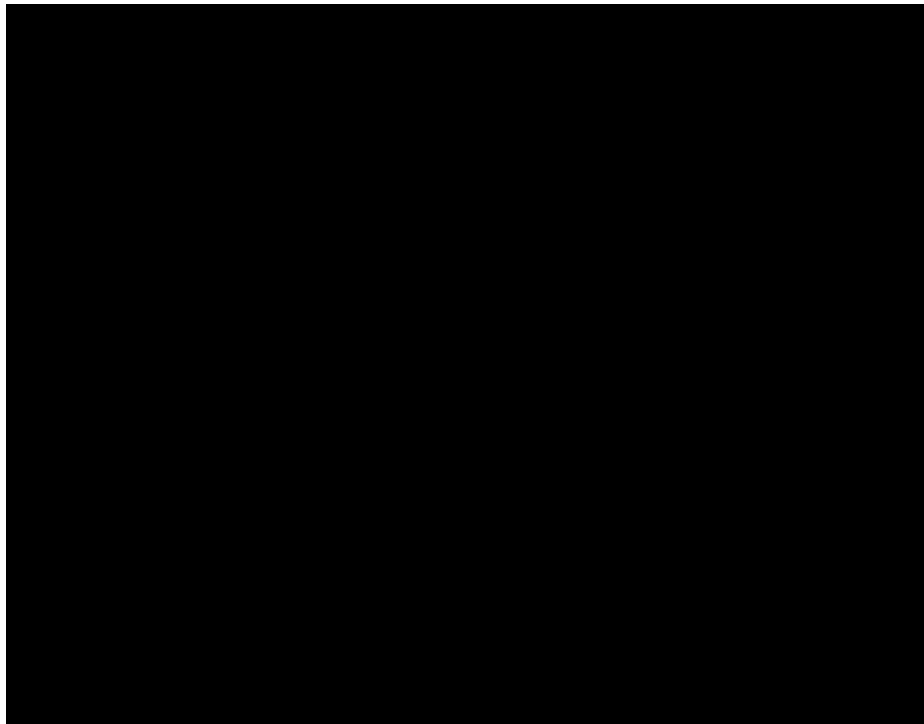
: 管理区域 : 遮へい(壁) : 遮へい(床)

1階の評価点⑦

7. 遮へい計算(9/13)

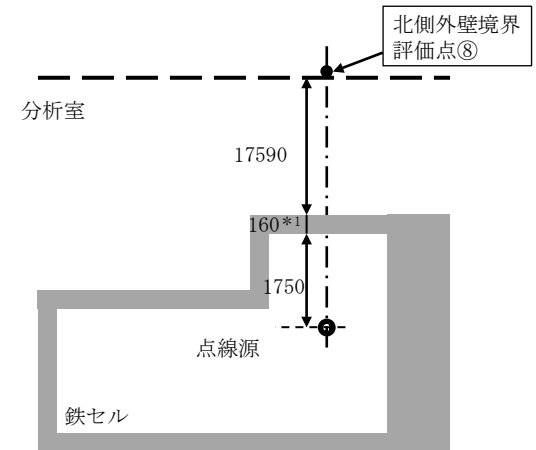
— 評価点⑧(1階北側外壁)の計算モデル —

- 線源形状 : 点線源
 計算モデル : (a)燃料デブリ等■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
 $\alpha \cdot \gamma$ 測定室に配置
 遮へいは、(a)鉄セル遮へい体(厚さ160mm)を考慮



(a) 鉄セル

[平面図]

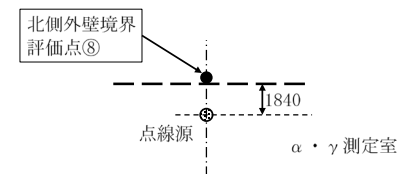


注記 *1: 遮へい厚さを示す。

(単位: mm)

(b) $\alpha \cdot \gamma$ 測定室

[平面図]



(単位: mm)

■ : 管理区域 ■ : 遮へい(壁) □ : 遮へい(床)

1階の評価点⑧

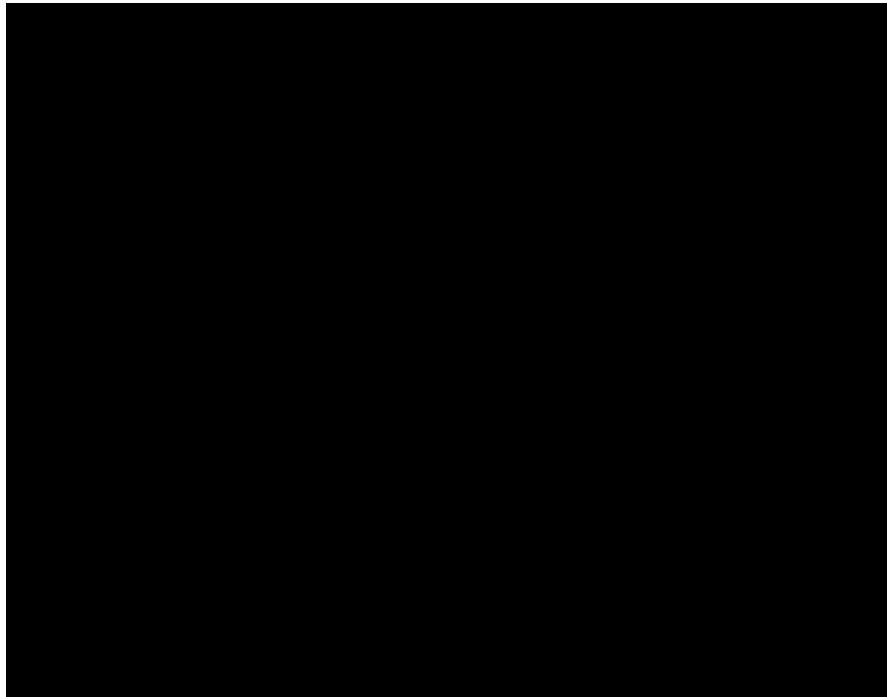
7. 遮へい計算(10/13)

— 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 $\frac{1}{10}$ 分の放射能を鉄セルに配置
 (b)燃料デブリ等 $\frac{1}{10}$ 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

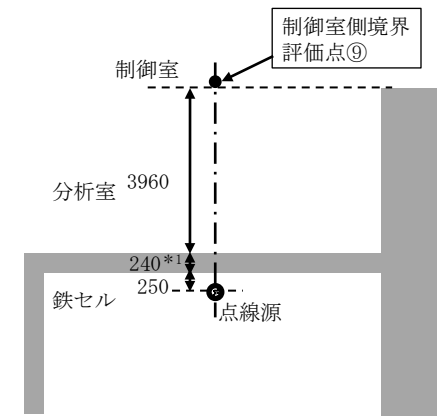


■ : 管理区域 □ (点線) : 遮へい(床)

2階の評価点⑨

(a) 鉄セル

[立面図]

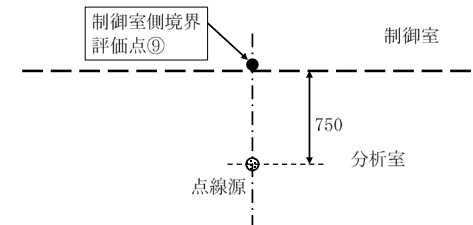


注記 *1: 遮へい厚さを示す。

(単位: mm)

(b) 分析室

[立面図]

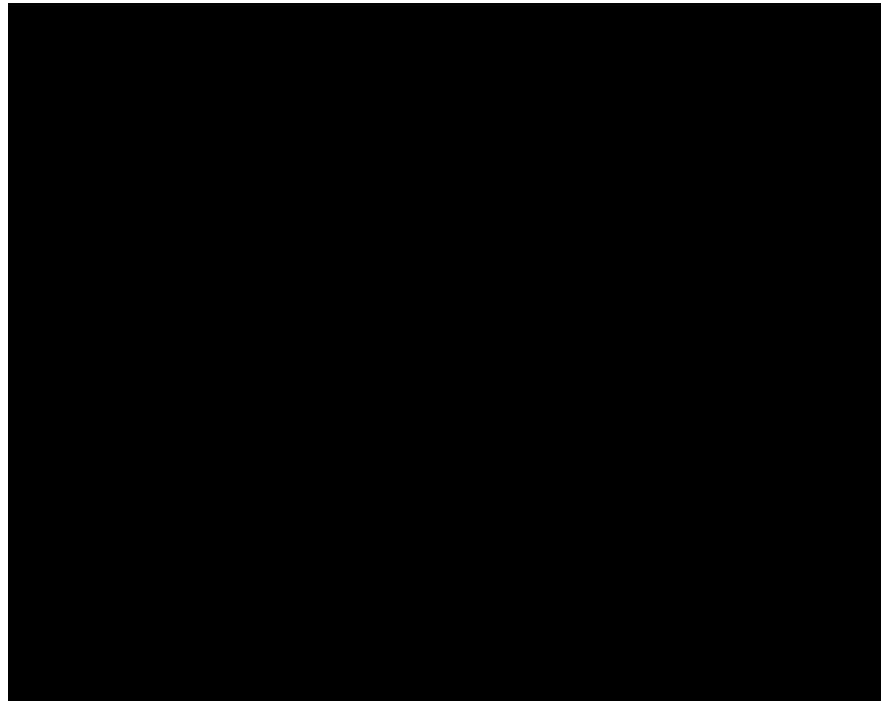


(単位: mm)

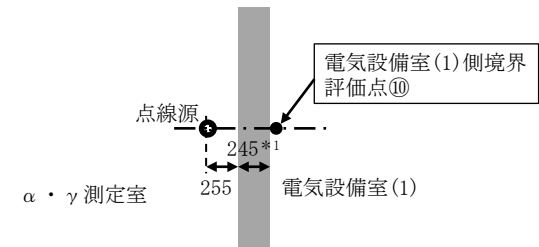
7. 遮へい計算(11/13)

— 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)

【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}

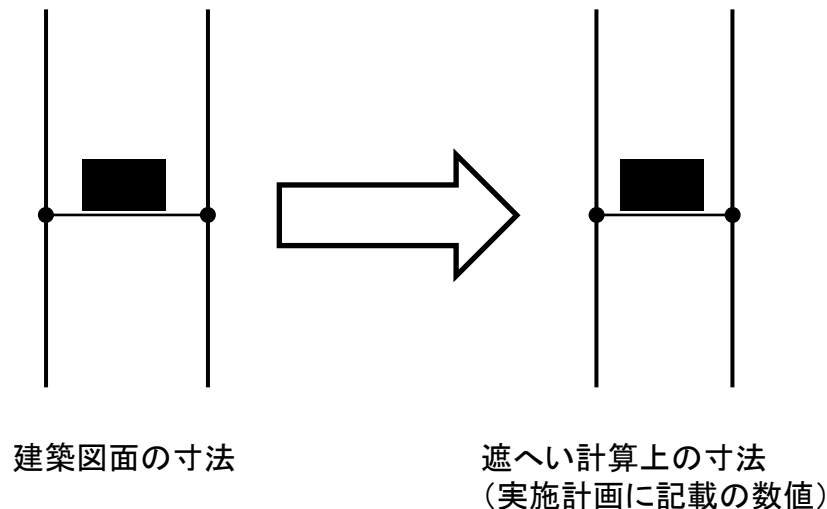
7. 遮へい計算(13/13)

－遮へい計算における遮へい厚の考え方について－

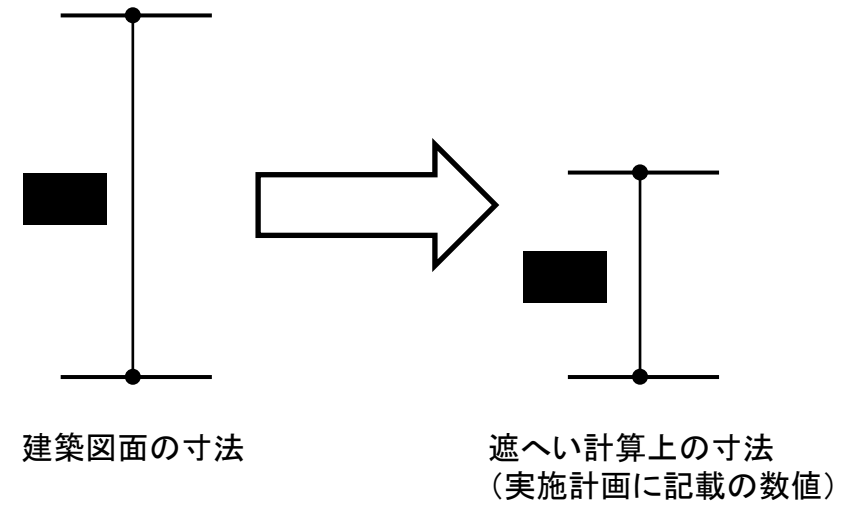
コンクリート壁、床は、遮へい厚さ以上で施工することとしている。

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

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(2/8) ーコンクリートセル正面ー

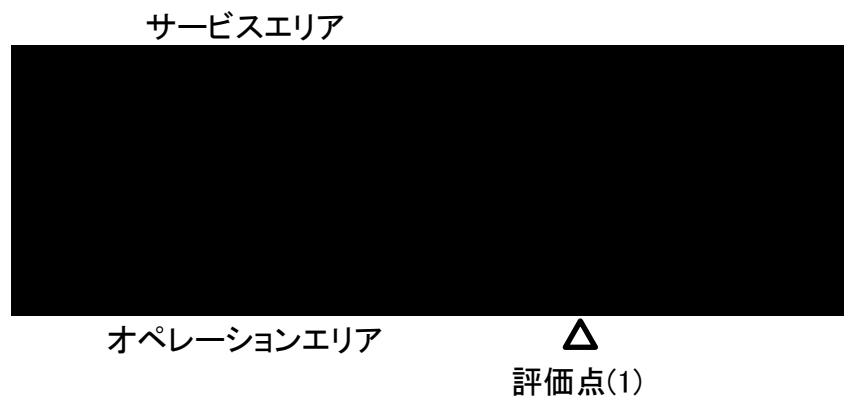
線源形状：点線源

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



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(3/8) ーコンクリートセル背面ー

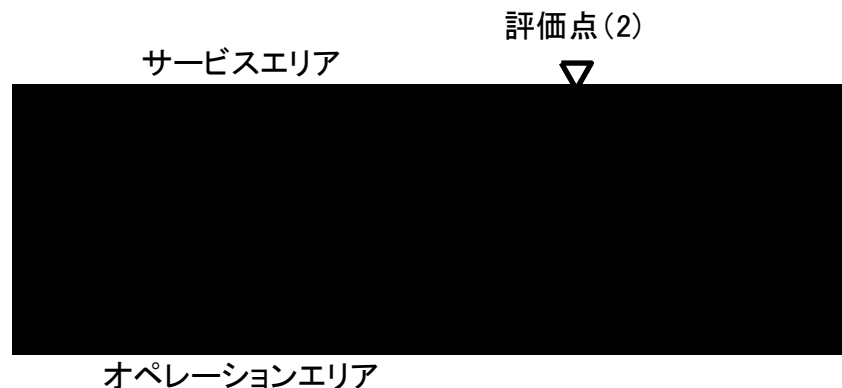
線源形状：点線源

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

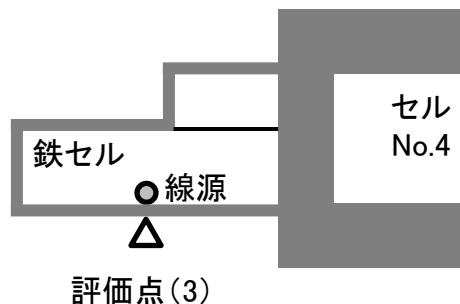


8. コンクリートセル、鉄セル、グローブボックス、フードにおける線量率(4/8) —鉄セル正面—

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

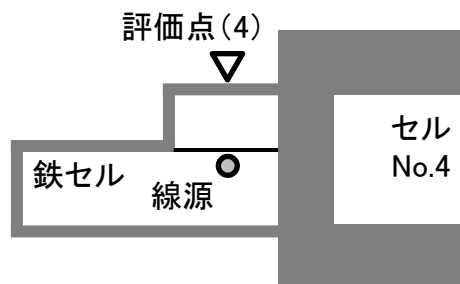


8. コンクリートセル、鉄セル、グローブボックス、フードにおける線量率(5/8) —鉄セル背面—

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



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(6/8) ーグローブボックス、フード正面ー

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



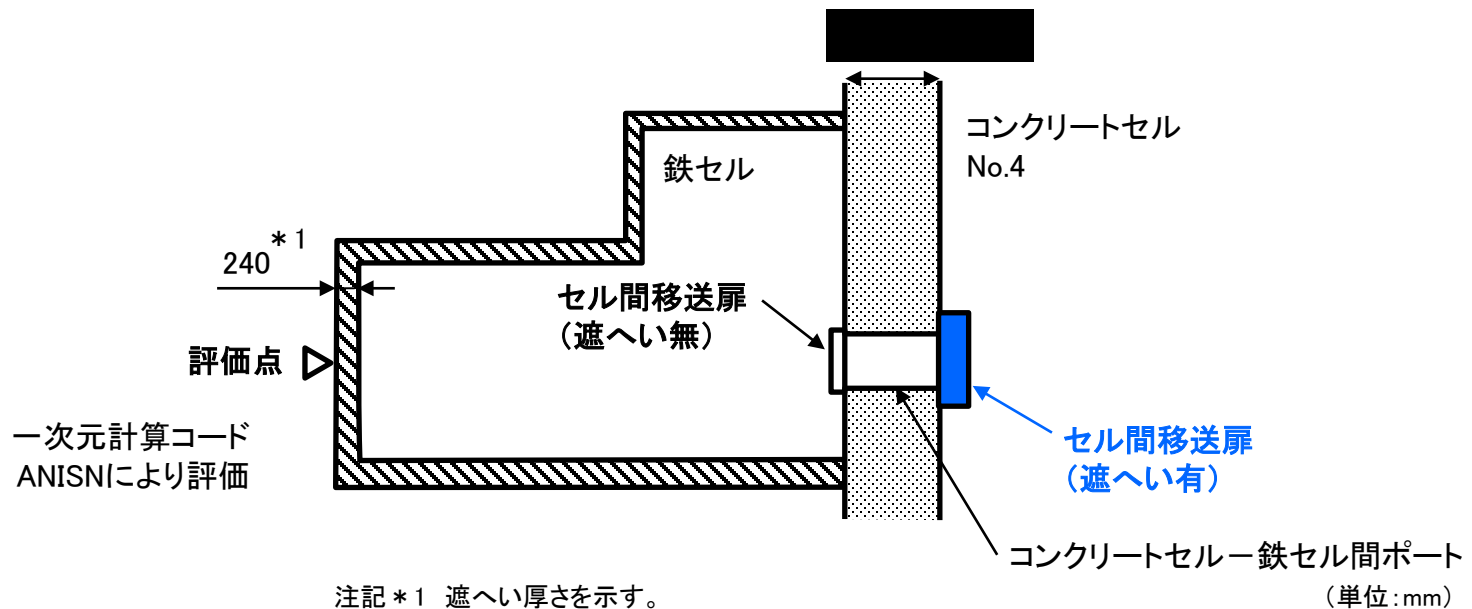
第2棟のコンクリートセル、鉄セル、グローブボックス、フードにおける線量率を下表に示す。
いずれも各室の設計基準線量率を満足することを確認した。

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

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。



9. 放射線作業従事者の被ばく管理

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。

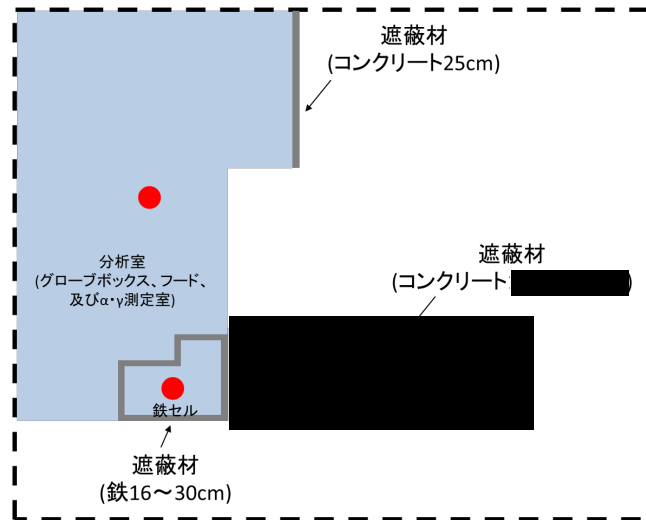
【計算条件】

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(1/13)」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

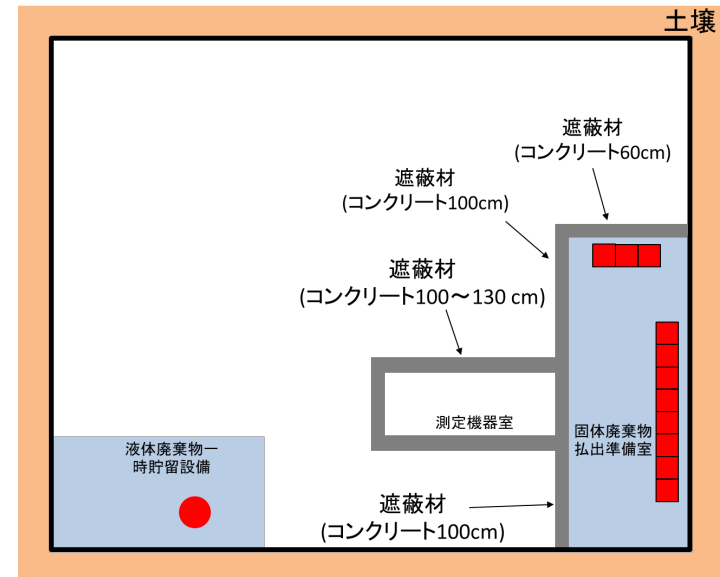
10. 敷地境界における線量の評価(2/3)

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



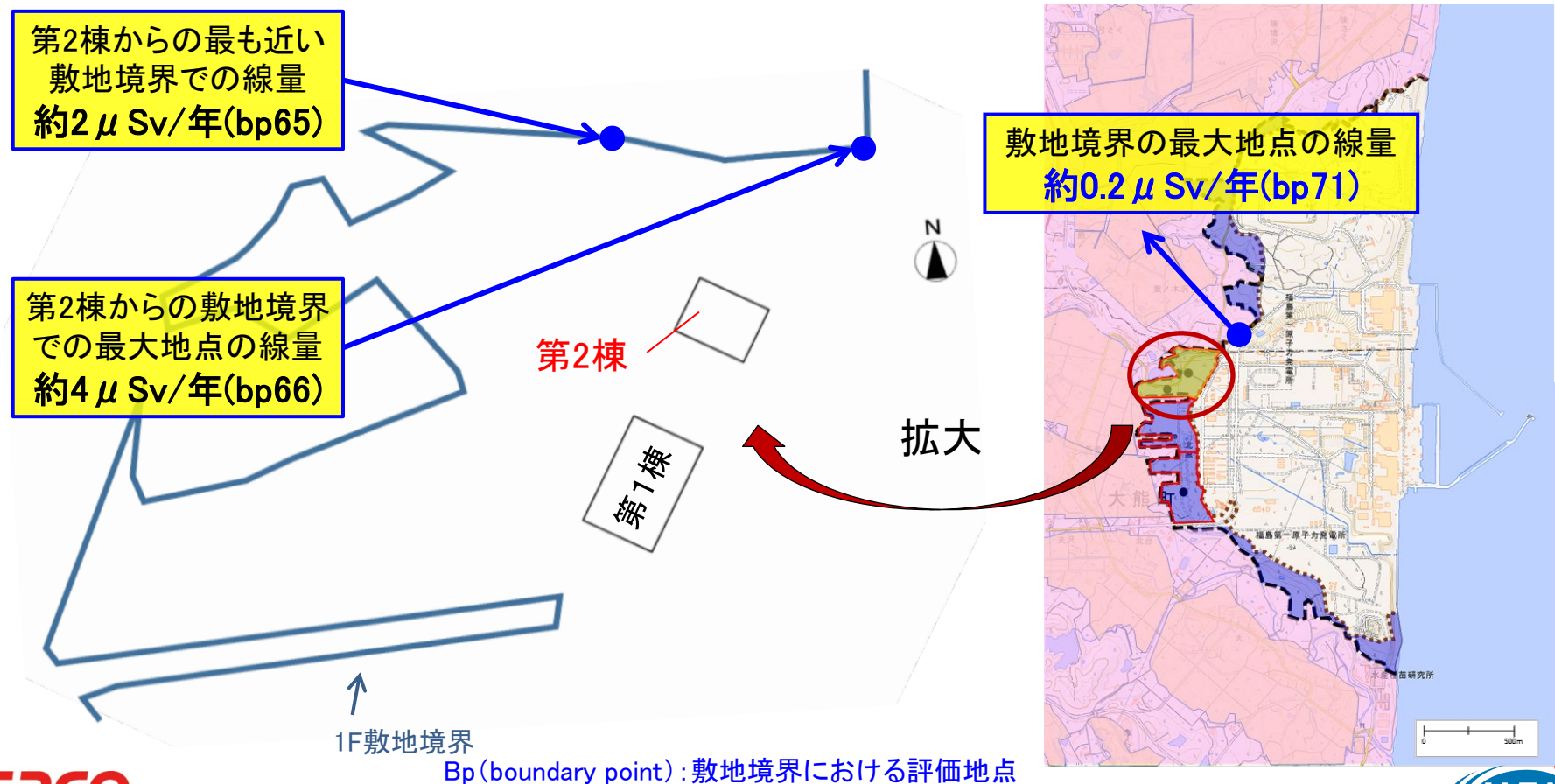
地下1階平面図 ※土壌はコンクリートで模擬

● ■ ▨ : 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。

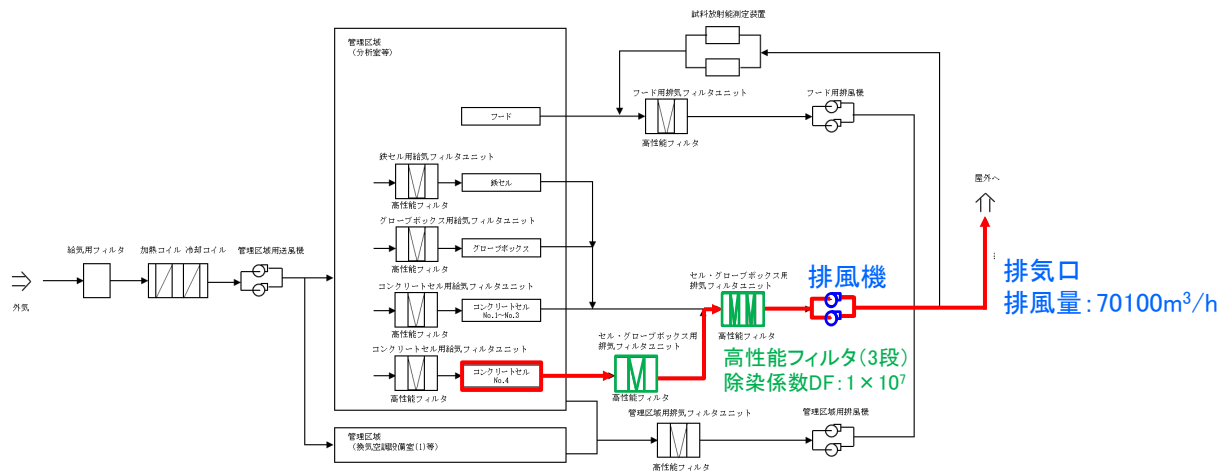


1.1. 放射性物質の放出に伴う濃度及び実効線量の評価(1/5)

第2棟の排気中に含まれる放射性物質は、主にコンクリートセルNo.4で行う燃料デブリ等の切断、粉砕により発生するガス状及び粒子状の放射性物質が排気中に移行したものである。排気中に含まれる放射性物質が、換気空調設備の高性能フィルタ、排風機を介して排気口から大気放出されるものとして、このときの排気口における放射性物質濃度及び敷地境界外における実効線量を評価した。

評価では、燃料デブリ等が全てMOX燃料で構成されているとした(「6.線源の設定」にて記したMOX燃料の燃焼度等の条件で各核種の放射エネルギーをORIGEN2.2-UPJコードで求めたもの)。また、1回の受入物(■の燃料デブリ等)から30個程度の試料を採取するために切断等を行うが、その切断代の全てが粉体となると仮定し、その1%※1の放射性物質が排気中に移行するものとした。なお、トリチウム、よう素及び希ガスの移行率は100%とした。また、年間の受入れ回数は12回とした。

コンクリートセルNo.4から排気口までに設置する高性能フィルタ(3段)については、除染係数を 10^7 ※2とした。なお、トリチウム、よう素及び希ガスに対しては、除染係数を考慮しないものとした。



※1「ホットラボの設計と管理」, ホットラボ研究専門委員会, 日本原子力学会 (1976)

※2 高性能フィルタは、基準粒子径 $0.15 \mu\text{m}$ 以上に対して粒子捕集率99.97%以上のJIS規格品を使用する設計としている。
第2棟では、フィルタ1段目の除染係数を 10^3 とし、2段目以降は1段あたりの除染係数を 10^2 として評価する。

11. 放射性物質の放出に伴う濃度及び実効線量の評価(2/5)

－排気口の放射性物質濃度の評価－

第2棟の排気口の放射性物質濃度の評価結果を下表に示す。各核種の放射能濃度は告示に定める周辺区域外の濃度限度を下回り、また、各核種の濃度限度に対する割合の和は1未満である。さらに、排気口からの大気拡散効果を考慮すると、周辺監視区域外においては、この濃度はさらに低下することから告示に定める濃度限度を十分に下回る。

排気口出口における放射性物質濃度

	核種	排気口出口 放射能濃度 [Bq/cm ³]	空气中 濃度限度 [Bq/cm ³]	空气中濃度 限度との比
1	H-3	7.9E-06	3.0E-03	2.6E-03
2	Kr-85	7.6E-05	1.0E-01	7.6E-04
3	I-129	4.6E-09	1.0E-06	4.6E-03
4	Pu-238	1.1E-11	3.0E-09	3.7E-03
5	Pu-239	8.0E-13	3.0E-09	2.7E-04
6	Pu-240	1.4E-12	3.0E-09	4.8E-04
7	Pu-241	1.1E-10	2.0E-07	5.6E-04
8	Am-241	5.9E-12	3.0E-09	2.0E-03
9	Am-242m	2.0E-13	4.0E-09	5.0E-05
10	Am-243	3.5E-14	3.0E-09	1.2E-05
11	Cm-243	1.1E-13	4.0E-09	2.8E-05
12	Cm-244	1.5E-12	5.0E-09	3.1E-04
13	その他 ^{※1}	1.7E-13	－	1.5E-05
			(合計)	1.6E-02

※1 上記1～12以外の核種

11. 放射性物質の放出に伴う濃度及び実効線量の評価(3/5) — 敷地境界外における実効線量の評価 —

敷地境界外の実効線量の評価は、「発電用原子炉施設の安全解析に関する気象指針」、「発電用軽水型原子炉施設周辺の線量目標値に対する評価指針」を参考として行った。

また、外部被ばく及び内部被ばくによる実効線量の評価は、敷地境界外でそれぞれ最大の被ばくを与える地点とし、以下の被ばく経路について評価した。

外部被ばく

- ①放射性雲からのガンマ線による外部被ばく
- ②地表に沈着した放射性物質による外部被ばく

内部被ばく

- ③吸入摂取による内部被ばく

11. 放射性物質の放出に伴う濃度及び実効線量の評価(4/5)

— 敷地境界外における実効線量の評価結果 —

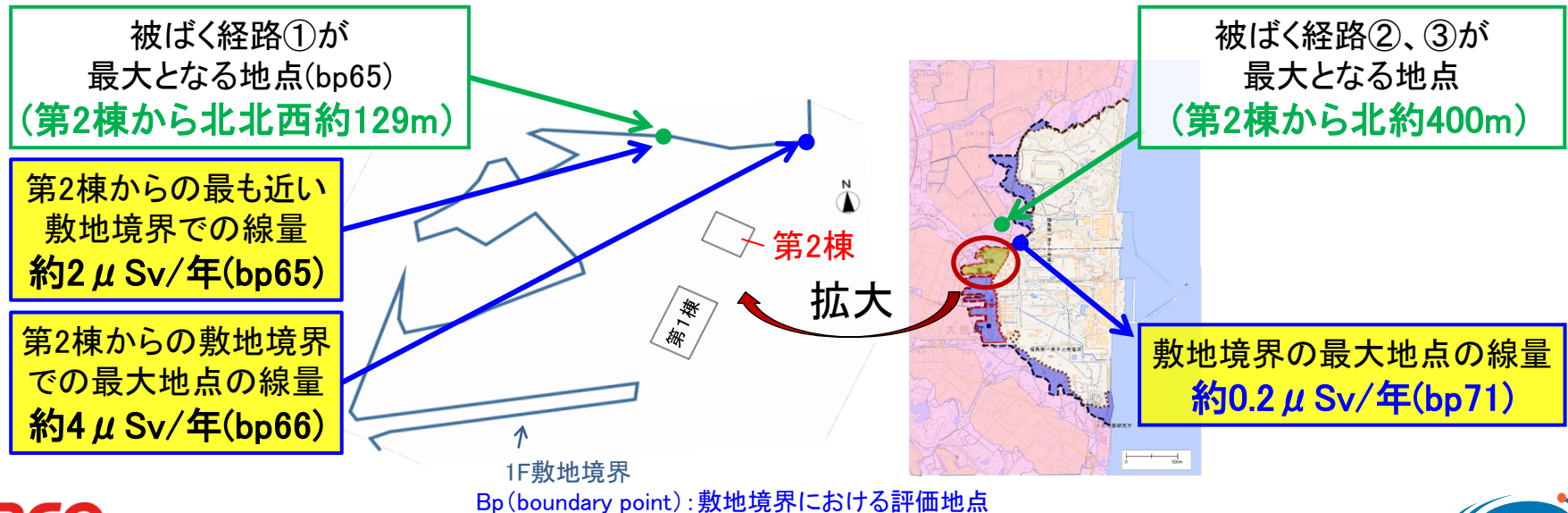
放射性物質の放出に伴う、各経路における実効線量は以下のとおり。

- ①放射性雲からのガンマ線による被ばく : 1.9×10^{-8} mSv/年 (bp65の地点で最大)
- ②地表に沈着した放射性物質による被ばく : 2.1×10^{-8} mSv/年 (第2棟から北約400m地点で最大)
- ③吸入摂取による被ばく : 3.8×10^{-7} mSv/年 (第2棟から北約400m地点で最大)

各被ばく経路において、最大の線量となる地点は異なるが、同時に被ばくするものとして、これを合算した値は、約 4.2×10^{-7} mSv/年 (約 4.2×10^{-4} μ Sv/年)。

放射性物質の放出に伴う実効線量は、合計で約 4.2×10^{-4} μ Sv/年であり、直接線・スカイシャイン線による実効線量に比べ、その影響は小さい。

「10. 敷地境界における線量の評価」で示した直接線・スカイシャイン線による実効線量の評価結果及び放射性物質の放出に伴う実効線量が最大となる地点



11. 放射性物質の放出に伴う濃度及び実効線量の評価(5/5)

－セル内火災に係る実効線量の評価結果との差について－

敷地境界外における年間の実効線量は約 4.2×10^{-4} μSv 、セル内火災に係る実効線量は約 1.2×10^{-3} μSv ^{※1}である。この評価結果の差は、主に第2棟から放出される放射エネルギーと大気中における拡散希釈の程度を表す相対濃度の差によるもので、その差を下表に示す。

なお、相対濃度については、「発電用原子炉施設の安全解析に関する気象指針」に従い、敷地境界外における年間の実効線量の評価では、年間の気象データを基に平均的な濃度を採用し、セル内火災時の評価では、平均的な気象条件ではなく出現頻度からみて遭遇する可能性が低い厳しい気象条件を用いた濃度を採用した。

		敷地境界外における 年間の実効線量(A)	セル内火災に係る 実効線量(B)	比 (A/B)
移行率	トリチウム、よう素及び希ガス	100%	100%	—
	上記以外	1%	1%+0.6%	—
第2棟から放出される放射エネルギー [Bq]		約 4×10^{10} 年間12回の 受入れを考慮	約 4×10^9	10
相対濃度 [h/m ³]		約 4×10^{-10}	約 1×10^{-8}	0.04

セル内火災時の評価に対し、敷地境界外における年間の実効線量の評価では放射エネルギーが10倍、相対濃度が0.04倍の差があり、この積は0.4である。この比は、セル内火災時の実効線量と敷地境界外における年間の実効線量との比と概ね一致する。

※1 セル内火災に係る実効線量についての詳細は、「IV.iv セル内火災に対する考慮について」を参照

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 (Ⅶ. 閉じ込め機能)



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
(Ⅶ. i. 閉じ込め機能について)

6月16日面談資料改訂版

2021年4月15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. 第2棟における閉じ込め機能(1/2)

2.48.1.3.9 閉じ込め機能

放射性物質を取り扱う設備は、放射性物質の漏えいを防止する設計とする。万一、放射性物質が漏えいした場合には、その漏えいを検知する機能を設ける。

セル等は換気空調設備にて内部を負圧に維持することで放射性物質を閉じ込める設計とする。負圧維持ができない場合は、セル等の構造(セル等, 給気管, 排気管, 弁, 給排気系のフィルタ)で放射性物質を閉じ込める設計とする。

セル等の負圧維持機能を有する換気空調設備は2式設置し、外部電源も2系統確保する。さらに、万一、外部電源が喪失した場合でも負圧維持が継続できるように、予備電源設備を設置する。

通常運転時等の閉じ込めに関する考え方は以下のとおりとする。

① 通常運転時

換気空調設備にてセル等の内部を負圧に維持することにより、放射性物質を閉じ込める。

② 外部電源喪失時

外部電源は2系統より受電しており、片系統のみの停電では第2棟の電源喪失は起きないため、セル等の内部を負圧に維持することにより放射性物質を閉じ込める。2系統ともに喪失した場合、予備電源設備へ切り替えて給電し、セル等の内部を負圧に維持することにより放射性物質を閉じ込める。

1. 第2棟における閉じ込め機能(2/2)

③ 火災発生時

換気空調設備にてセル等の内部を負圧維持することにより放射性物質を閉じ込める。

窒素ガス消火設備による消火時においても、同様に負圧を維持することにより放射性物質を閉じ込める。

④ 負圧維持に必要な設備の機能喪失時

負圧維持に必要な設備の機能喪失時においては、給気フィルタと排気フィルタ間で放射性物質を閉じ込める。さらに、フィルタからの放射性物質の放出を低減するために、セル等の直近の給排気系に弁を設置し、閉止できる設計とする。

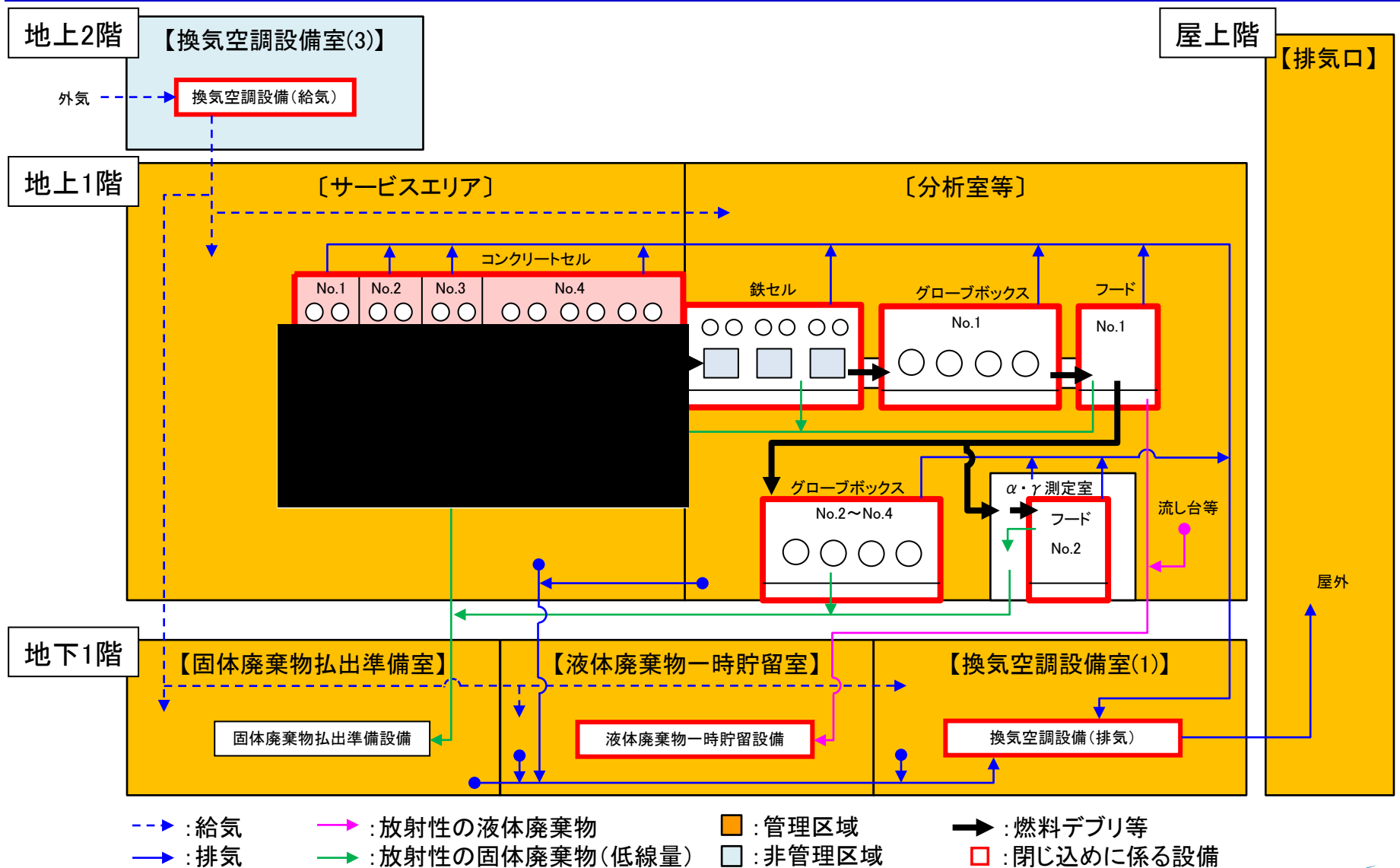
なお、負圧維持に必要な設備の機能喪失後に火災が発生した場合についても同様にセル等の構造により放射性物質を閉じ込める。

放射性物質の逆流による漏えいを防止するため、セル・グローブボックス用排風機、フード用排風機、管理区域用排風機、管理区域用送風機の順に起動する設計とする。

放射性物質を取り扱うフードの開口部については、一定の風速を満たす設計とする。放射性物質を取り扱う室の壁、床等で汚染のおそれのある部分の表面は平滑で、気体又は液体が浸透しにくく、腐食しにくいエポキシ樹脂等で塗装する。

(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棟内の閉じ込めに係る概略系統図



3. 閉じ込めに係る設備(1/4) ーコンクリートセルー

【取り扱う燃料デブリ等】

- コンクリートセルでは、固体、粉体及び液体の状態で燃料デブリ等を取り扱う。また、切断、溶解等で発生する気体も考慮する。

【構造】

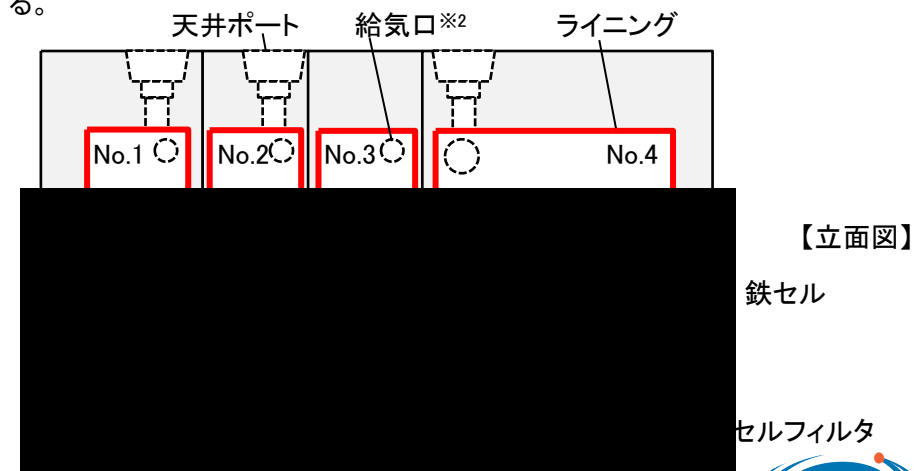
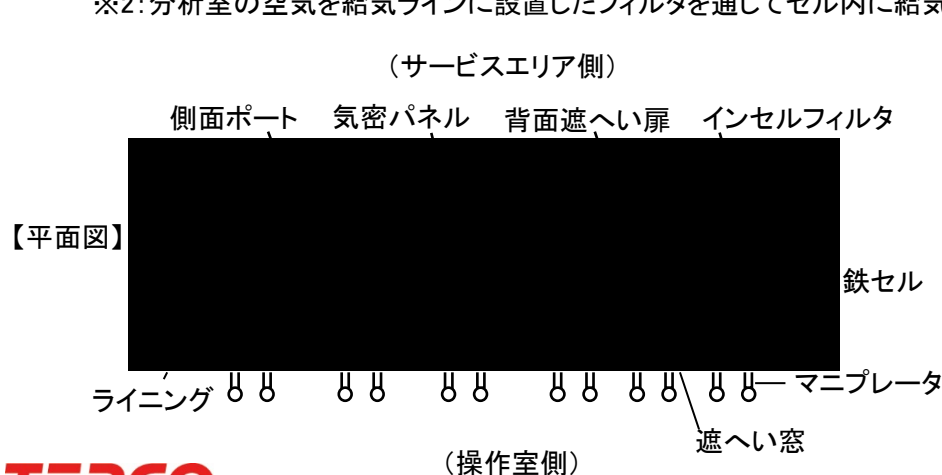
- 普通コンクリート壁等の内面にステンレス鋼(SUS304)のライニングを設置する。
- 搬出入に係る天井ポート、側面ポート、背面遮へい扉、セル間ポート等の開口部は、セル間移送扉、気密パネル等を設置する。

【閉じ込め機能】

- 固体及び気体状の放射性物質に対しては、ライニング等の設置、セル内の負圧維持^{※1}及び給排気ラインへのフィルタ設置により閉じ込めを行う。
- 液体状の放射性物質に対しては、取扱量が少量であるため作業上で考慮する。

※1: サービスエリアに対して-370Pa(セルNo.4)~-250Pa(セルNo.1)程度に設定することを想定している。実際の設定値は、給排気系のバランス調整を実施後に設定する。

※2: 分析室の空気を給気ラインに設置したフィルタを通してセル内に給気する。



3. 閉じ込めに係る設備(2/4) —鉄セル—

【取り扱う燃料デブリ等】

- 鉄セルでは、固体及び液体の状態での燃料デブリ等を取り扱う。また、溶解等で発生する気体も考慮する。

【構造】

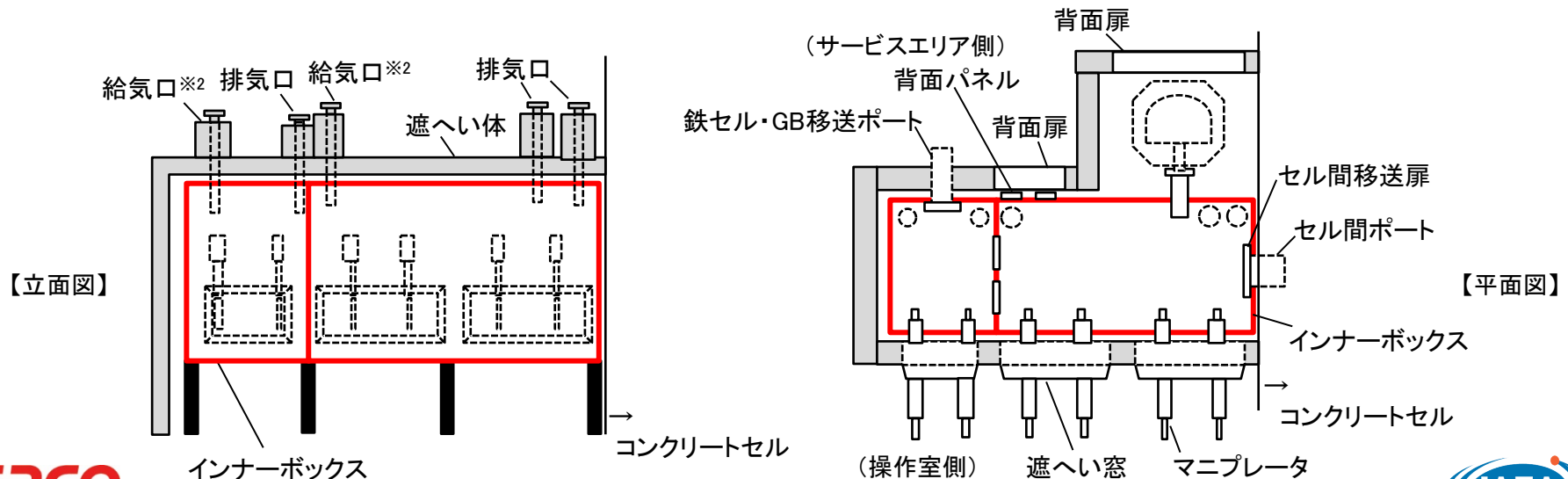
- 鉄セルは、ステンレス鋼(SUS304)のインナーボックスの外側に鉄(SS400)遮へい体を設置する。
- 鉄セル・GB移送ポート等の開口部は、気密構造のセル間移送扉等を設置する。

【閉じ込め機能】

- 固体及び気体状の放射性物質に対しては、インナーボックス等の設置、セル内の負圧維持^{※1}及び給排気ラインへのフィルタ設置により閉じ込めを行う。
- 液体状の放射性物質に対しては、取扱量が少量であるため作業上で考慮する。

※1: サービスエリアに対して-300Pa程度に設定することを想定している。実際の設定値は、給排気系のバランス調整を実施後に設定する。

※2: 分析室の空気を給気ラインに設置したフィルタを通してセル内に給気する。



3. 閉じ込めに係る設備(3/4) ーグローブボックスー

【取り扱う燃料デブリ等】

- グローブボックスでは、固体及び液体の状態での燃料デブリ等を取り扱う。また、溶解等にて発生する気体も考慮する。

【構造】

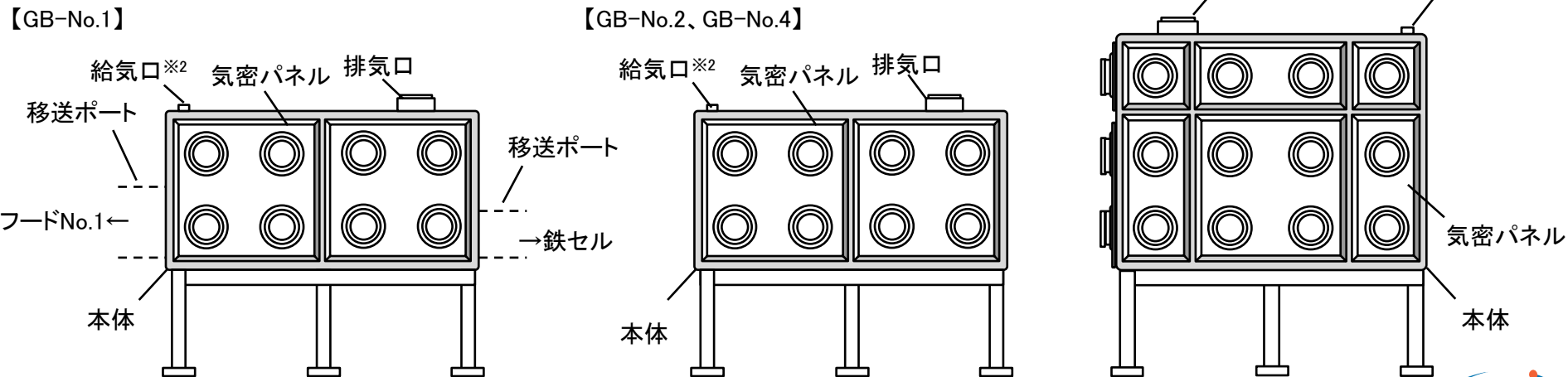
- ステンレス鋼(SUS304)の本体に、ポリカーボネート樹脂の気密パネルを設置する。
- 移送ポート等の開口部は、気密構造の移送扉等を設置する。

【閉じ込め機能】

- 固体及び気体状の放射性物質に対しては、移送扉等の設置、グローブボックス内の負圧維持^{※1}及び給排気ラインへのフィルタ設置により閉じ込めを行う。
- 液体状の放射性物質に対しては、取扱量が少量であるため作業上で考慮する。

※1: サービスエリアに対して-300Pa程度に設定することを想定している。実際の設定値は、給排気系のバランス調整を実施後に設定する。

※2: 分析室の空気を給気ラインに設置したフィルタを通してグローブボックス内に給気する。



3. 閉じ込めに係る設備(4/4)

ーフードー

【取り扱う燃料デブリ等】

- フードでは、固体及び液体の状態での燃料デブリ等を取り扱う。また、試料調製中に発生する気体も考慮する。

【構造】

- 本体はステンレス鋼板等で箱型であり、前面にスライド式の透明な扉を設置する。

【閉じ込め機能】

- 固体及び気体状の放射性物質に対しては、シャッターを1/2開口状態にて面速0.5m/s以上※1の吸引能力を持つ設計とし、放射性物質がフード外へ漏れ出すことを防止する。
- 液体状の放射性物質に対しては、取扱量が少量であるため作業上で考慮する。

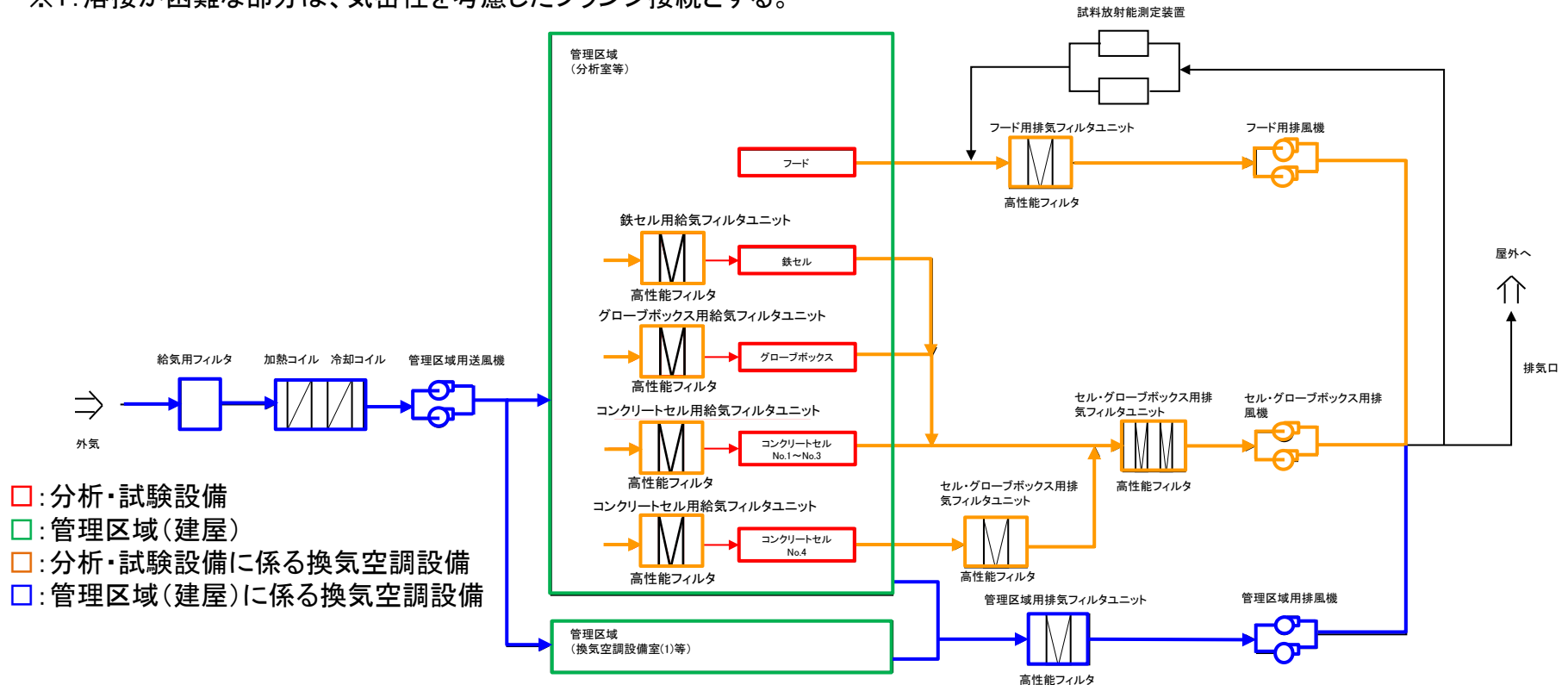
※1:「高放射性物質取扱施設設計マニュアル」(1985年日本原子力学会)では、「扉を1/3程度開放して使用する例が多く、開口部の流入風速(面速)は、一般に30m/min(0.5m/s)以上」と記載されている。第2棟では、燃料デブリ等を取り扱うことを考慮して保守的に1/2開口状態を設計条件とした。

4. 閉じ込めに係る換気空調設備の概略系統図(1/2)

【換気空調設備の閉じ込め】

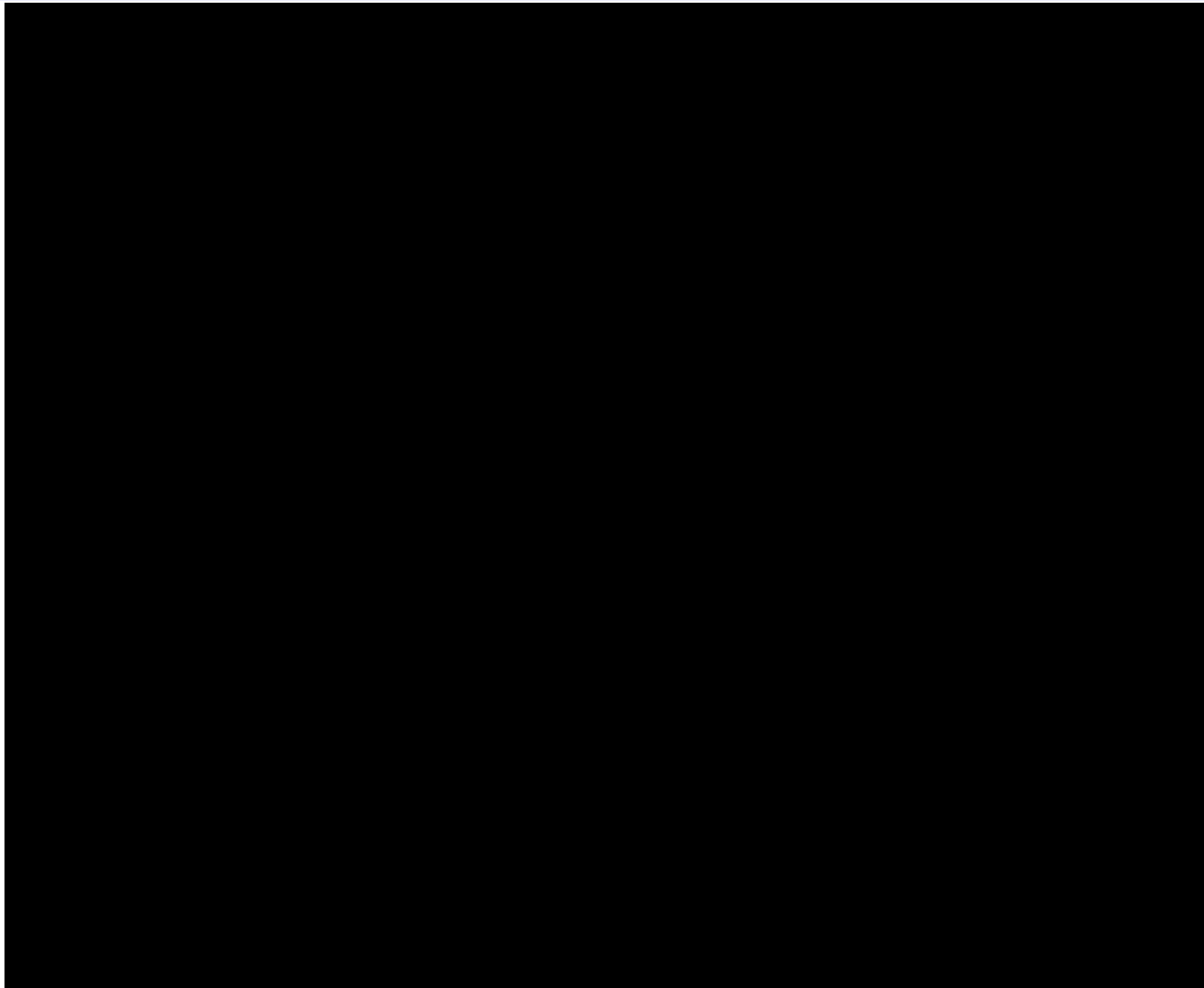
- セル・グローブボックス用排風機等にてコンクリートセル等を負圧に維持し、閉じ込めを行う。
- 管理区域用排風機にて建屋内(管理区域)を負圧に維持し、閉じ込めを行う。
- コンクリートセル等からセル・グローブボックス用排気フィルタユニット間の主要排気管は、基本溶接構造※¹とし、主要排気管内を負圧維持して閉じ込めを行う。

※1: 溶接が困難な部分は、気密性を考慮したフランジ接続とする。



第2棟の換気空調設備概略系統図

4. 閉じ込めに係る換気空調設備の概略系統図(2/2)



第2棟 地上2階

5. 閉じ込めに係る設備(1/3)

— 排風機及び送風機 —

【セル・グローブボックス用排風機】

- 主要寸法：高さ1160mm、幅900mm、奥行1700mm
- 材料：SS400(ケーシング)
- 容量：6000m³/h/基
- 基数：2基

【管理区域用排風機】

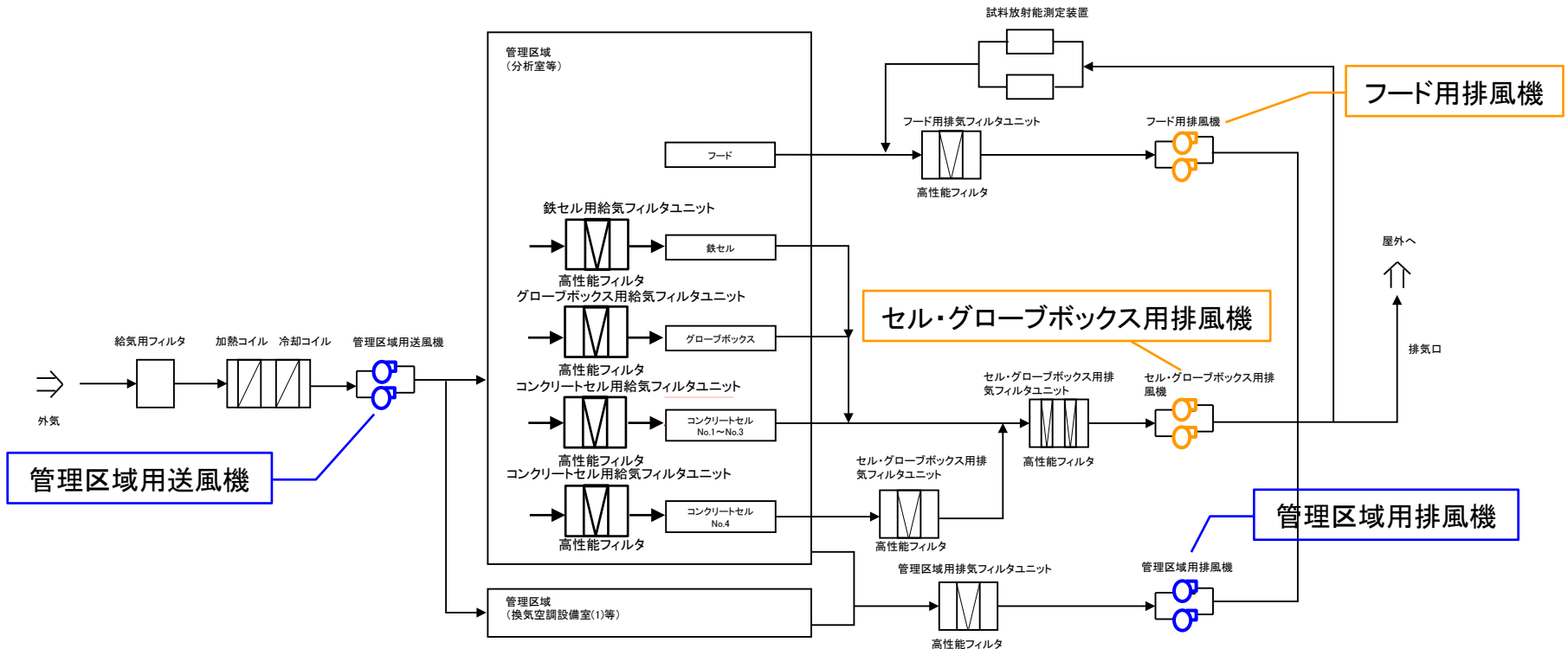
- 容量：58100m³/h/基
- 基数：2基

【フード用排風機】

- 容量：6000m³/h/基
- 基数：2基

【管理区域用送風機】

- 容量：70100m³/h/基
- 基数：2基



5. 閉じ込めに係る設備(2/3)

ーフィルタユニットー

【セル・グローブボックス用排気フィルタユニットA,B】

- 主要寸法：高さ2550mm、幅2000mm、奥行1000mm
- 材料：SUS304(ケーシング)
- 容量：6000m³/h/基
- フィルタ：高性能フィルタ2段
- 基数：2基

【フード用排気フィルタユニット】

- 容量：6000m³/h/基
- 基数：2基

【セル・グローブボックス用排気フィルタユニットC,D※1】

- 主要寸法：高さ2600mm、幅1000mm、奥行1000mm
- 材料：SUS304(ケーシング)
- 容量：1600m³/h/基
- フィルタ：高性能フィルタ1段
- 基数：2基

【管理区域用排気フィルタユニット】

- 容量：8300m³/h/基
- 基数：8基

【コンクリートセル用給気フィルタユニットA,B】

- 主要寸法：高さ775mm、幅700mm、奥行850mm
- 材料：SUS304(ケーシング)
- 容量：3000m³/h/基
- フィルタ：高性能フィルタ1段
- 基数：2基

【鉄セル用給気フィルタユニットC,D】

- 主要寸法：高さ410mm、幅230mm、奥行300mm
- 材料：SUS304(ケーシング)
- 容量：46m³/h/基
- フィルタ：高性能フィルタ1段
- 基数：2基

【グローブボックス用給気フィルタユニットG,H】

- 主要寸法：高さ410mm、幅230mm、奥行300mm
- 材料：SUS304(ケーシング)
- 容量：39m³/h/基
- フィルタ：高性能フィルタ1段
- 基数：2基

【鉄セル用給気フィルタユニットA,B】

- 主要寸法：高さ510mm、幅370mm、奥行300mm
- 材料：SUS304(ケーシング)
- 容量：100m³/h/基
- フィルタ：高性能フィルタ1段
- 基数：2基

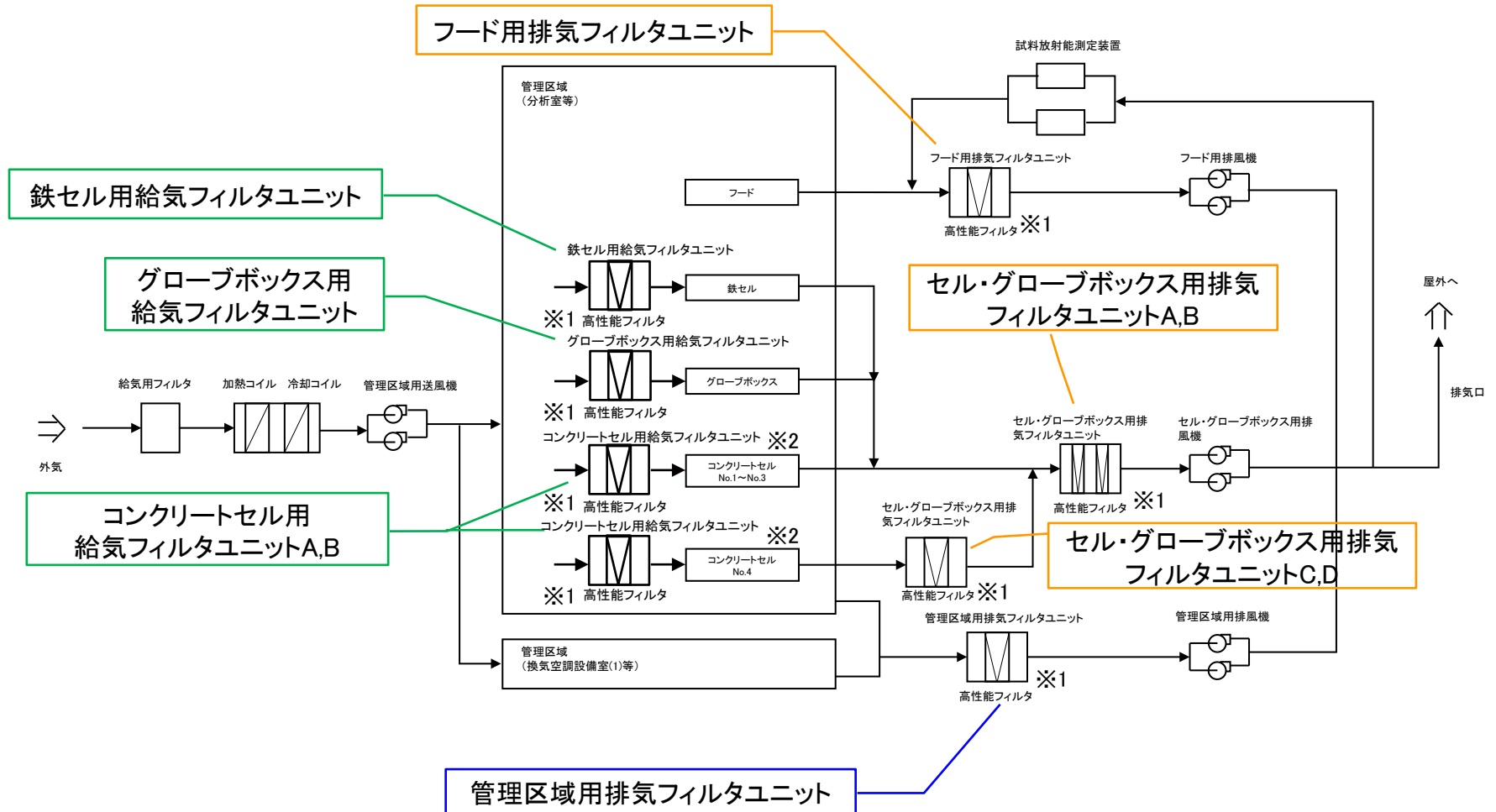
【グローブボックス用給気フィルタユニットA～F】

- 主要寸法：高さ410mm、幅230mm、奥行300mm
- 材料：SUS304(ケーシング)
- 容量：20m³/h/基
- フィルタ：高性能フィルタ1段
- 基数：6基

※1:コンクリートセルNo.4は、燃料デブリ等の切断による粉体発生等によりセル内の放射能濃度が高くなることを想定し、高性能フィルタの段数を増やしている。

5. 閉じ込めに係る設備(3/3)

ーフィルタユニットー



※1: 高性能フィルタ(HEPAフィルタ)は、 $0.15 \mu\text{m}$ の粒子に対して99.97%以上 (JIS Z4812)の除去効率を持つJIS規格品の仕様を想定している。
 ※2: セル内に高性能フィルタ(インセルフィルタ)を設置している。

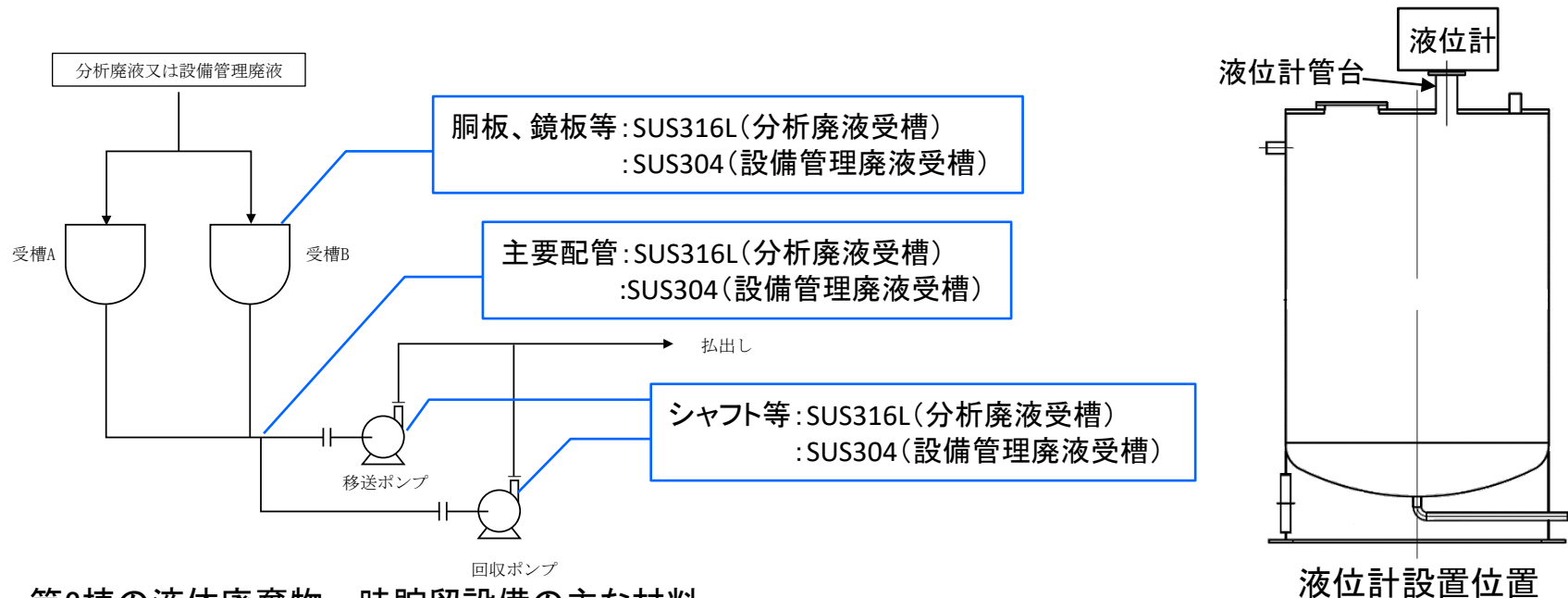
6. 液体廃棄物一時貯留設備の閉じ込めに係る機能(1/3)

【液体廃棄物一時貯留設備の漏えい防止】

第2棟の液体廃棄物一時貯留設備において取り扱う放射性の液体廃棄物には、分析作業において硝酸、アルカリ等による溶解、分離等の作業に伴い発生する分析廃液とその他管理区域から発生する設備管理廃液がある。

分析廃液を一時的に保管する分析廃液受槽及び主要配管等については、耐食性を考慮してSUS316Lを使用する。また、設備管理廃液を一時的に保管する設備管理廃液受槽及び主要配管等については、SUS304を使用する。

分析廃液受槽及び設備管理廃液受槽には、液位計を設置して槽水位を検知する。



第2棟の液体廃棄物一時貯留設備の主な材料

6. 液体廃棄物一時貯留設備の閉じ込めに係る機能(2/3)

【液体廃棄物一時貯留設備の漏えい拡大防止】

液体廃棄物一時貯留設備において、放射性の液体廃棄物を一時的に保管する受槽は、漏えい拡大防止のための堰内に設置する。堰は、堰内に設置する槽の漏えい廃液を全量保持できる容量(表-1参照)とする。また、堰内は液体が浸透しにくく、腐食しにくいエポキシ樹脂にて塗装する。

万一、放射性の液体廃棄物が堰内に漏えいした場合は、堰内に設置した漏えい検知器により検知する。

表-1 漏えい防止能力の評価

堰 ^{*1}	名称	容量[?]	想定する最大の漏えい量[?]	堰の床面積[m ²]	見込み高さ ^{*2} [cm]	必要な堰の高さ[cm]	堰の高さ[cm]	評価
			A	B	C	D=A/B×100+C	E	
(1)	分析廃液受槽A	3	6.1	37	13	29	40以上	堰の高さは想定する最大量の漏えい廃液を保持するのに必要な高さを満足しており、施設外への漏えいを防止できる。
	分析廃液受槽B	3						
	塩酸含有廃液保管ラック	0.07						
	有機廃液保管ラック	0.03						
(2)	設備管理廃液受槽A	7	14	39	14	50	60以上	
	設備管理廃液受槽B	7						

*1 図-1の番号に対応

*2 基礎体積による高さ増加分(基礎体積÷受槽及び保管ラックを設置する堰の床面積)

表-2 堰の主な仕様

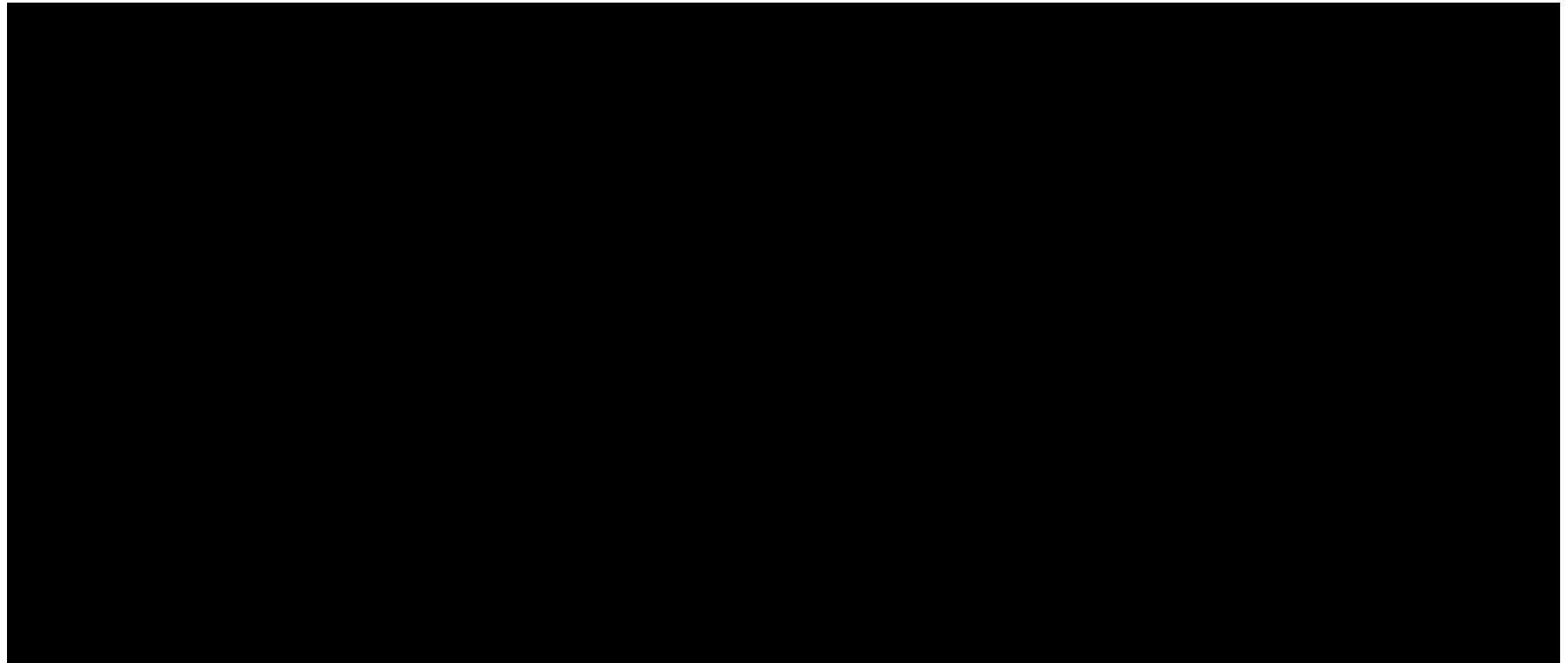
名称		液体廃棄物一時貯留設備 漏えい防止堰
主要寸法	堰の高さ	(1) 40cm以上 (2) 60cm以上
	床・壁の塗装	床面及び床面から堰高さ以上までの壁面
材料	堰	鉄筋コンクリート
	床・壁の塗装	エポキシ樹脂

液体廃棄物一時貯留設備 堰を明示した図

6. 液体廃棄物一時貯留設備の閉じ込めに係る機能(3/3)

【液体廃棄物一時貯留設備に関する警報】

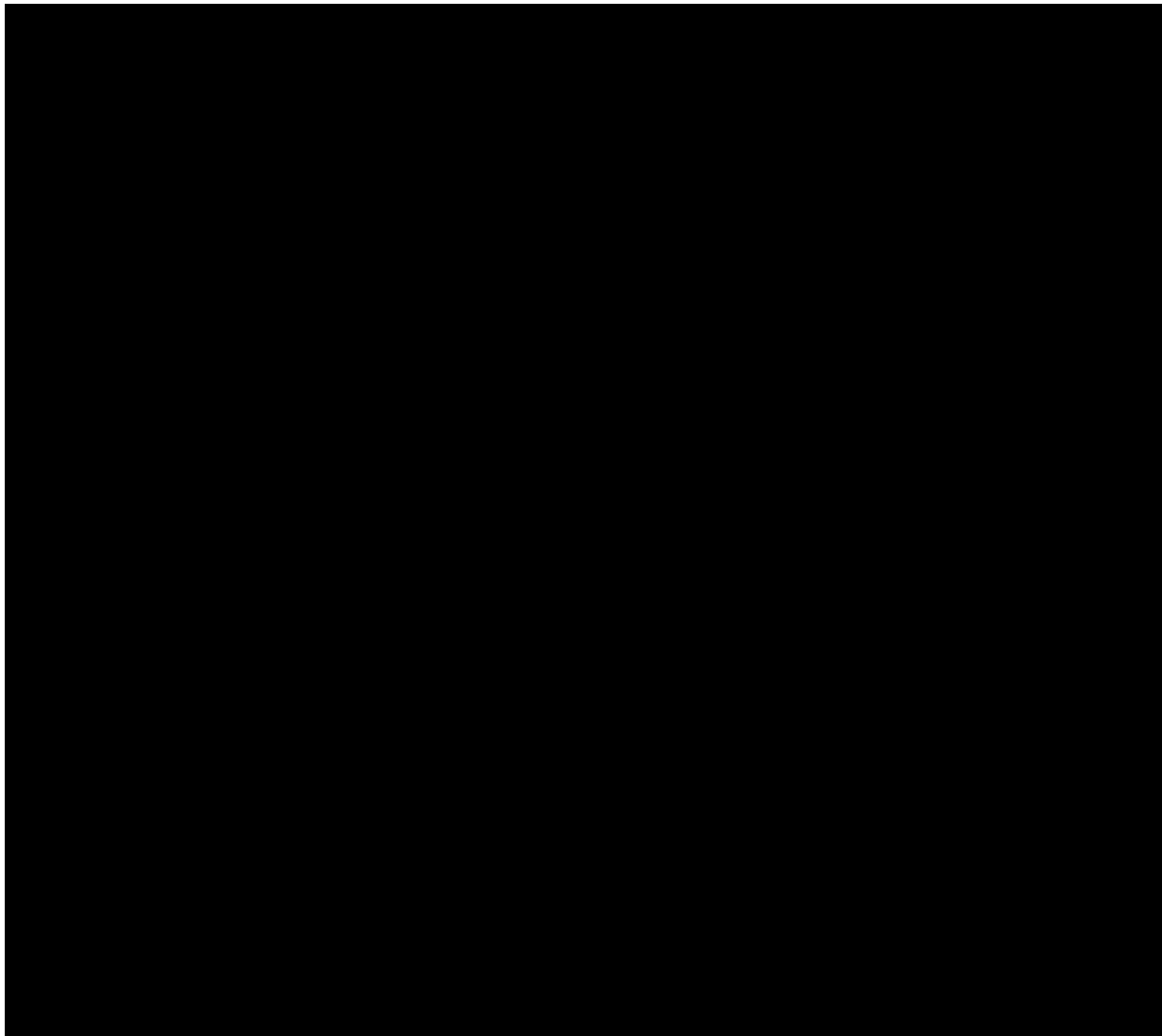
異常の発生を確実に運転員に伝え、適切な措置をとれるようにするため、液位計及び漏えい検知器が異常を検知した際の警報を液体廃棄物一時貯留設備電気品室及び制御室において監視できるようにする。



第2棟 地下1階

第2棟 地上2階

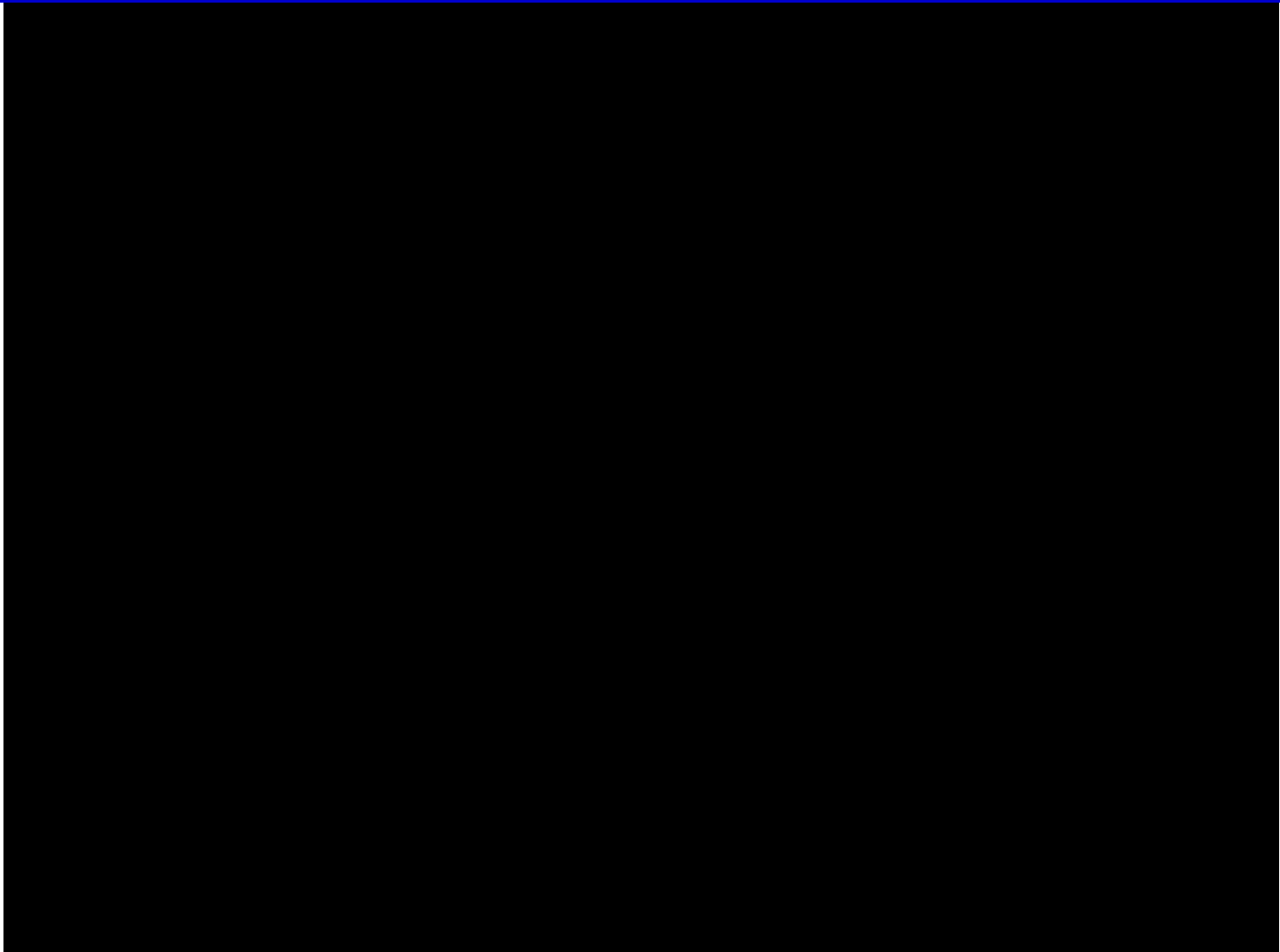
7. 閉じ込めに係る設備の配置図(1/3)



鉄セル用給気フィルタユニット及びグローブボックス用給気フィルタユニットは、それぞれ鉄セル及びグローブボックスの上部に設置する。

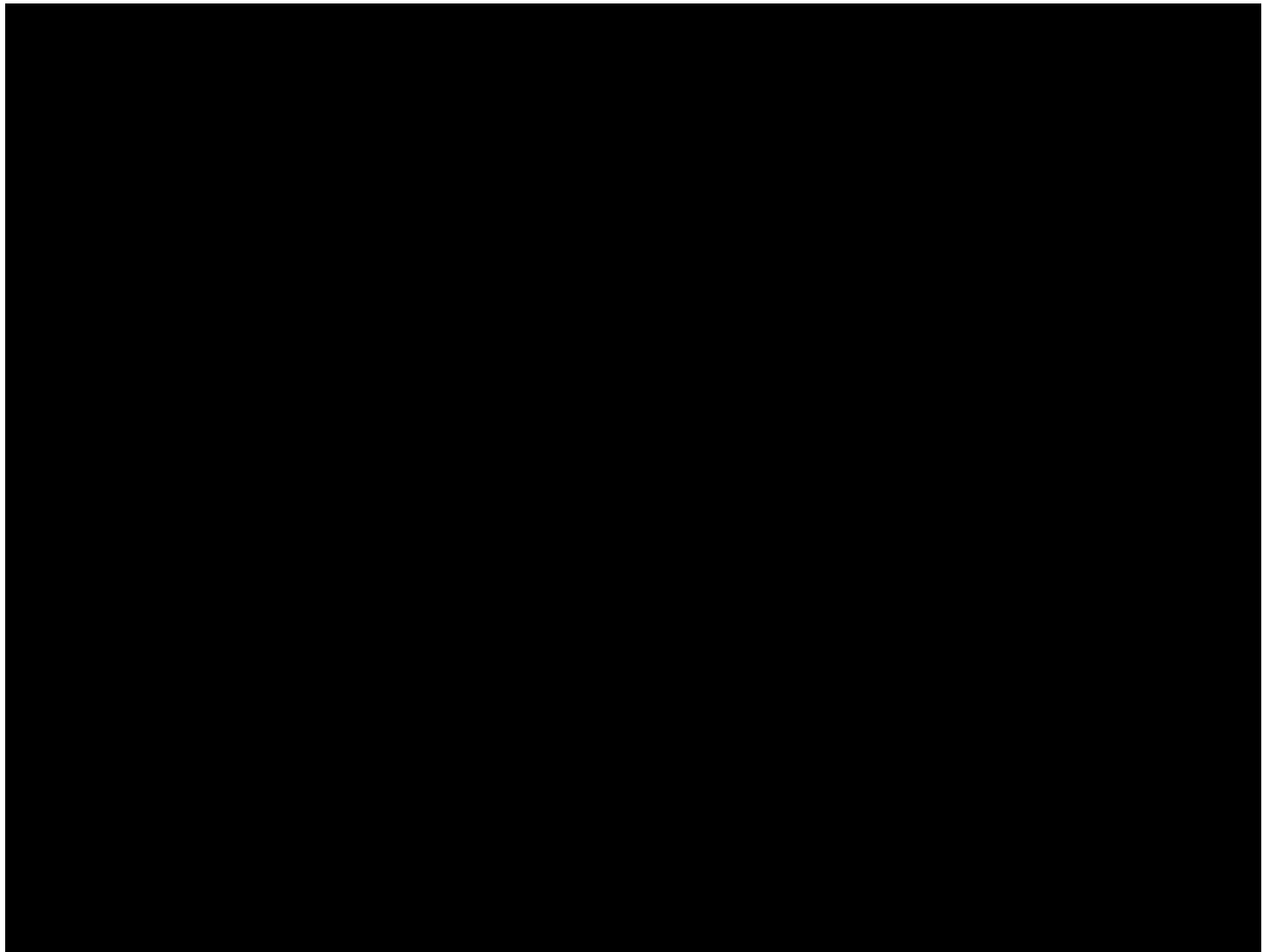
第2棟 地上1階

7. 閉じ込めに係る設備の配置図(2/3)



第2棟 地下1階

7. 閉じ込めに係る設備の配置図(3/3)



第2棟 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

(VII. ii. セル・グローブボックスの閉じ込めに係る整理
について)

4月15日面談資料改訂版

2021年6月9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. セル等の放射性物質の閉じ込め(1/8)

◆基本的な考え方

- 換気空調設備にてセル等内を負圧にすることで、放射性物質を閉じ込めることを基本とする。
 - 負圧維持による閉じ込め(参考1)
- 負圧維持が出来ない場合は、構造*1により放射性物質を閉じ込める。
 - 構造による閉じ込め(参考1)

*1:セル等、給気管、排気管、弁及び給排気系のフィルタ(参考2)

◆想定される事象に対する閉じ込めの考え方

	負圧維持による閉じ込め	構造による閉じ込め
①通常時	○	—
②外部電源喪失時	○	—
③火災発生時	○	—
④負圧維持に必要な設備の機能喪失時*2	—	○
⑤負圧維持に必要な設備の機能喪失+火災発生時*3	—	○

*2: 電源喪失時、Bクラス地震によるCクラス設備の損傷時等、排風機が機能しない場合

*3: 負圧に必要な設備の機能喪失時に、万一、さらに火災が発生した場合の対応について示すものである。

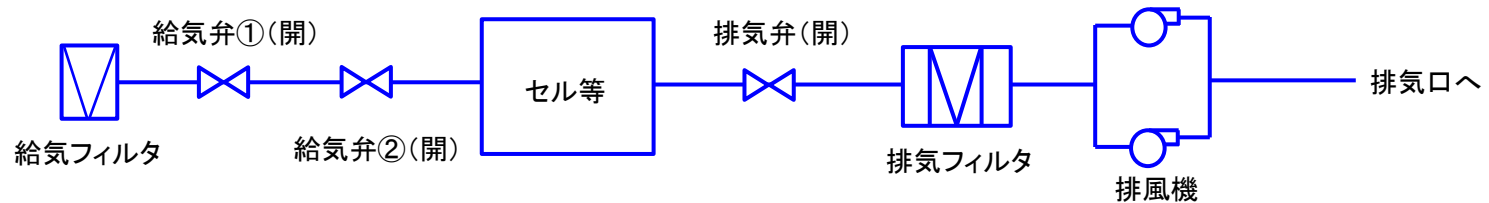
1. セル等の放射性物質の閉じ込め(2/8)

①通常時

➤ 換気空調設備にてセル等内を負圧維持することにより、放射性物質を閉じ込める。

- セル等の給気弁①及び排気弁(以下「給排気弁」という。)は開の状態を負圧を維持する。
- 給気弁②※は通常時、開の状態である。

※:窒素ガス消火設備起動時に消火剤ガス圧にて自動で閉止する弁



通常時の弁の状態イメージ図

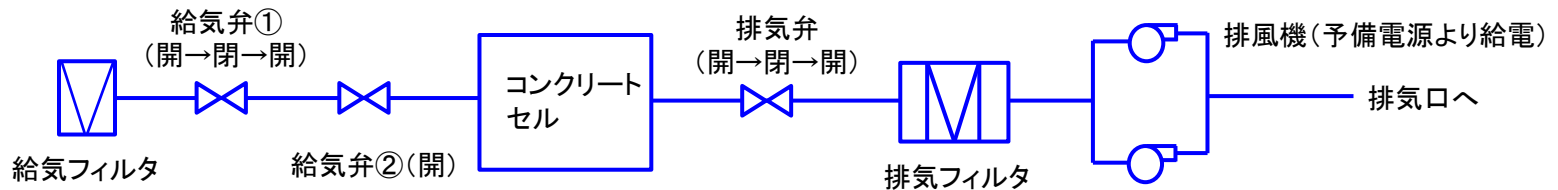
1. セル等の放射性物質の閉じ込め(3/8)

②外部電源喪失時(参考3)

- 大熊線3, 4号より給電しており、3号又は4号のみの停電では第2棟の電源喪失は起きないため、セル等内を負圧維持することにより放射性物質を閉じ込める。
- 大熊線3, 4号ともに停電した場合、予備電源へ切り替えて給電しセル等内を負圧維持することにより放射性物質を閉じ込める。

【コンクリートセル】

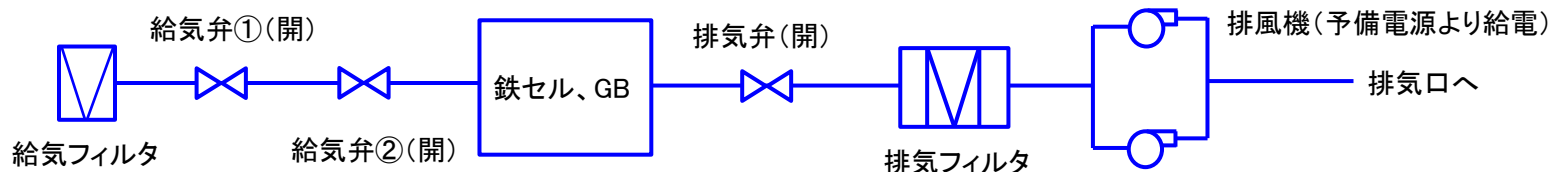
- 外部電源喪失により、コンクリートセルの給排気弁は自動で閉止する。
- 予備電源による給電後、給排気弁を開とし負圧を維持する。



外部電源喪失時の弁の状態イメージ図(コンクリートセル)

【鉄セル、グローブボックス】

- 鉄セル及びグローブボックスの給排気弁は開の状態であり、予備電源による給電後負圧を維持する。



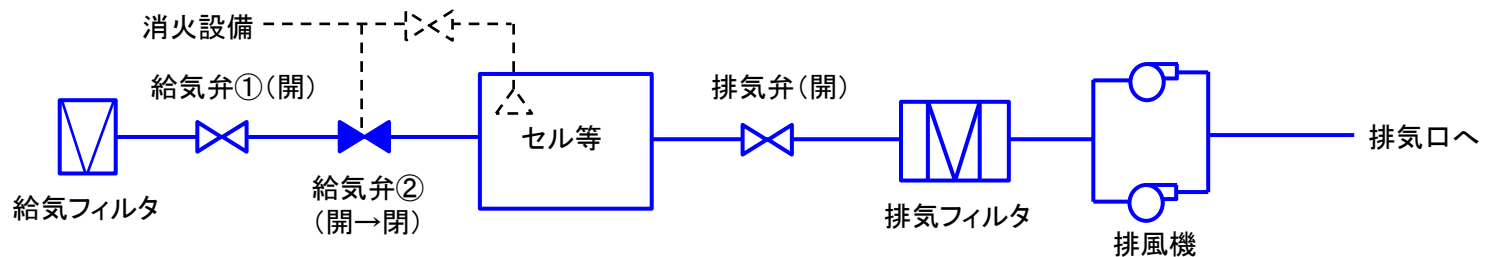
外部電源喪失時の弁の状態イメージ図(鉄セル及びグローブボックス)

1. セル等の放射性物質の閉じ込め(4/8)

③火災発生時

- 換気空調設備にてセル等内を負圧維持することにより放射性物質を閉じ込める。
- 窒素ガス消火設備による消火時においても、管理区域(分析室等)等への放射性物質の汚染拡大防止として負圧を維持する。

- 給気弁②は、窒素ガス消火設備起動時に消火剤ガス圧にて自動で閉止する。
→ セル等の排気弁は開の状態を負圧を維持する。



火災発生時の弁の状態イメージ図

1. セル等の放射性物質の閉じ込め(5/8)

④負圧維持に必要な設備の機能喪失時*¹(1/2)

- 構造による閉じ込めとして、給気フィルタと排気フィルタの間で放射性物質を閉じ込める。
- その際、フィルタから放出される放射性物質による影響は、 $50 \mu\text{Sv}^*2$ に比べ十分に小さい。(参考4)
- フィルタからの放射性物質の放出をさらに低減するため、セル等の直近の給排気ラインに弁を設置し、閉止できる設計とする。
- 弁の閉止が速やかに出来るよう操作性・アクセス性を考慮する。
- 排風機が停止した場合の弁の開閉操作はマニュアル化する。

* 1: 電源喪失時、Bクラス地震によるCクラス設備の損傷時等、排風機が機能しない場合

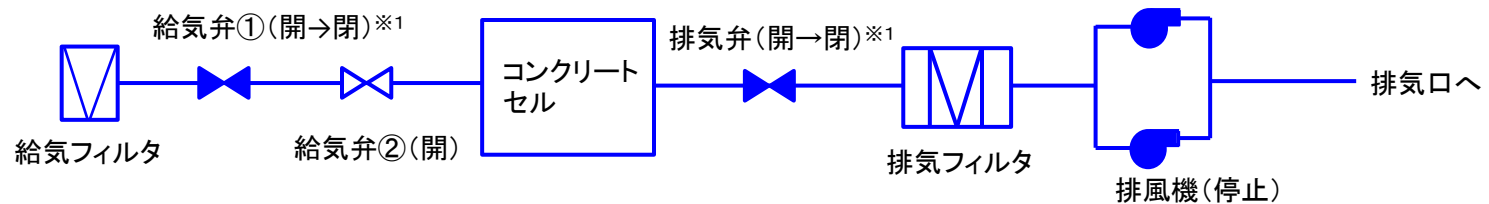
* 2: 発電用軽水型原子炉施設周辺の線量目標値に関する指針における周辺監視境界外の線量目標値

1. セル等の放射性物質の閉じ込め(6/8)

④ 負圧維持に必要な設備の機能喪失時(2/2)

- 電源喪失により、コンクリートセルの給排気弁は自動で閉止する。

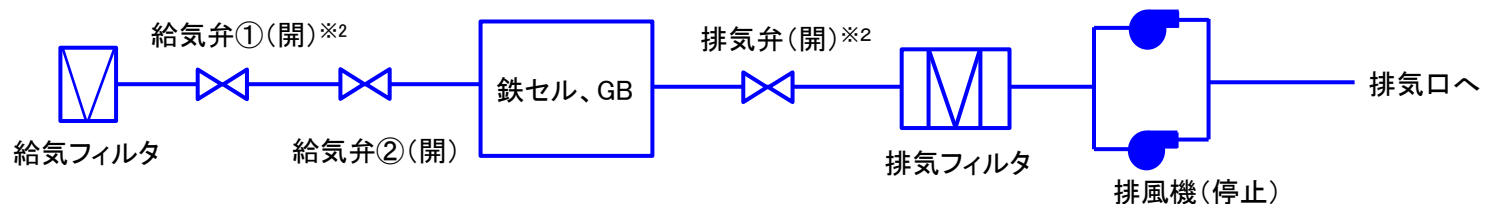
※1: 自動閉止後、手動での開閉操作が可能(参考5)



負圧維持に必要な設備の機能喪失時の弁の状態イメージ図(コンクリートセル)

- 鉄セル及びグローブボックスの給排気弁は開の状態である。

※2: 手動での開閉操作が可能(参考5)



負圧維持に必要な設備の機能喪失時の弁の状態イメージ図(鉄セル及びグローブボックス)

1. セル等の放射性物質の閉じ込め(7/8)

⑤ 負圧維持に必要な設備の機能喪失＋火災発生時(1/2)

- 火災によるフィルタ損傷の恐れがないことから、火災発生時においても、給気フィルタと排気フィルタの間で放射性物質を閉じ込める。
- その際、フィルタから放出される放射性物質による影響は、 $50 \mu\text{Sv}^*1$ に比べ十分に小さい(参考4)。
- ④と同様、フィルタからの放射性物質の放出をさらに低減するため、セル等の直近の給排気ラインに弁を設置し、閉止できる設計とする。
- 火災発生時の弁の開閉操作については、火災による内圧の上昇の可能性も考慮してマニュアル化する。

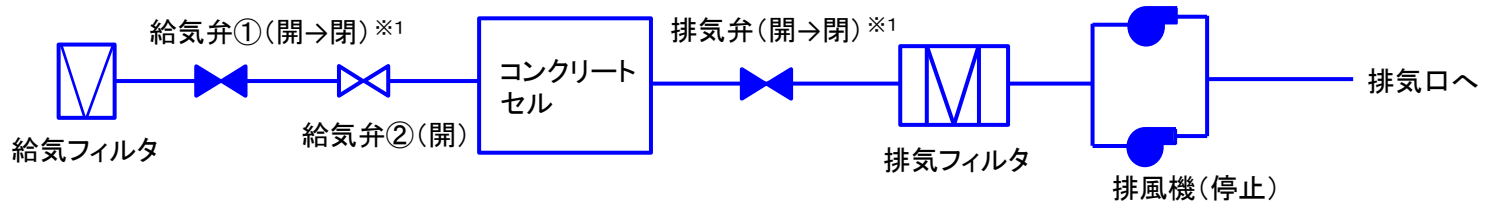
*1: 発電用軽水型原子炉施設周辺の線量目標値に関する指針における周辺監視境界外の線量目標値

1. セル等の放射性物質の閉じ込め(8/8)

⑤ 負圧維持に必要な設備の機能喪失＋火災発生時(2/2)

- 電源喪失により、コンクリートセルの給排気弁は自動で閉止する。

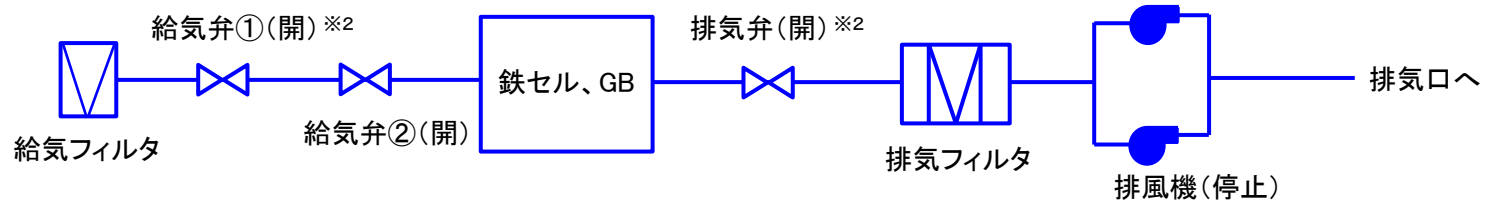
※1: 自動閉止後、手動での開閉操作が可能(参考5)



負圧維持に必要な設備の機能喪失＋火災発生時の弁の状態イメージ図(コンクリートセル)

- 鉄セル及びグローブボックスの給排気弁は開の状態である。

※2: 手動での開閉操作が可能(参考5)



負圧維持に必要な設備の機能喪失＋火災発生時の弁の状態イメージ図(鉄セル及びグローブボックス)

参考1 セル等の放射性物質の閉じ込め

: 使用許可基準規則との対応

○負圧維持による閉じ込め → 第2条 2項四に該当

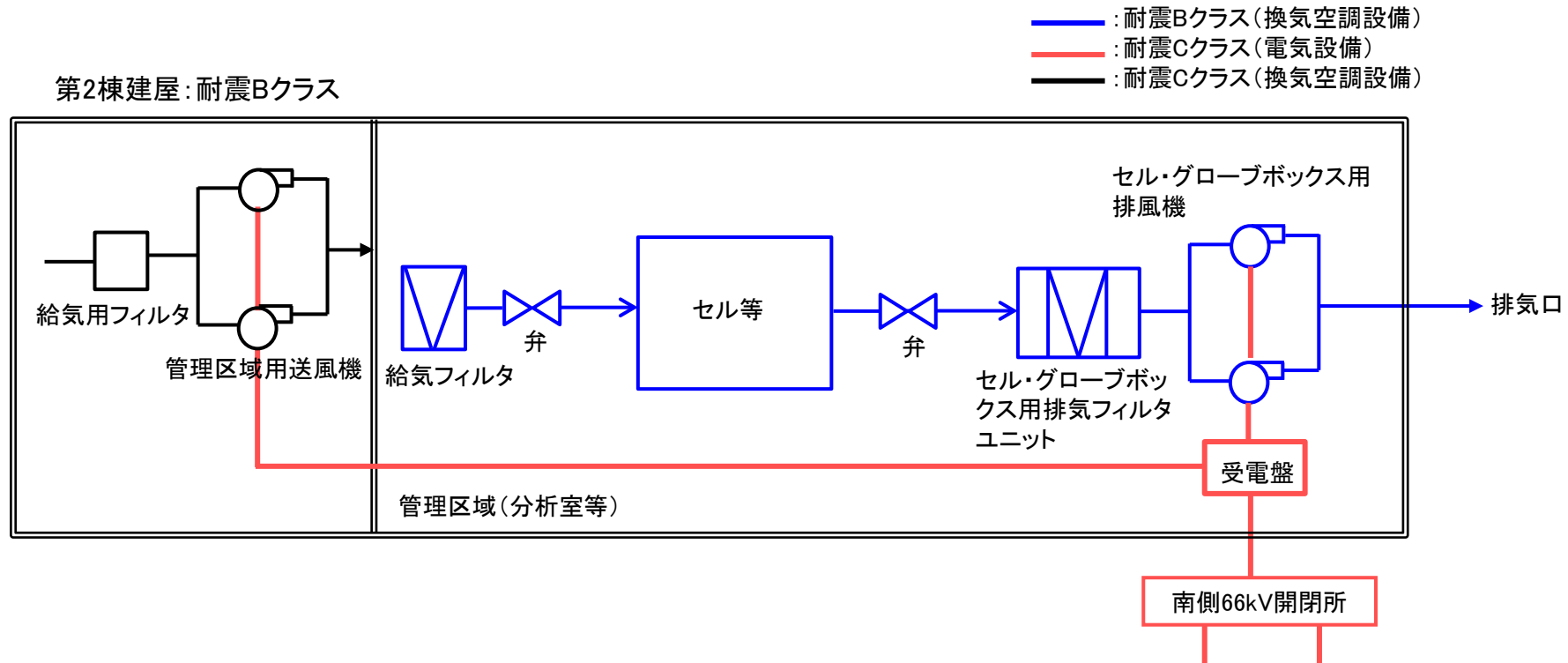
○構造による閉じ込め → 第2条 2項一に該当

【使用施設等の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈】

第2条 閉じ込めの機能

- 1 第2条に規定する「限定された区域に適切に閉じ込める」とは、放射性物質を系統又は機器に閉じ込めること、又は放射性物質が漏えいした場合においても、フード、セル等若しくは構築物の管理区域内に保持することをいう。
上記の「セル等」とは、セル、グローブボックスその他の気密設備のことをいう。
- 2 使用施設等について、第2条に規定する「閉じ込めることができるもの」とは、以下の各号に掲げるものをいう。
 - 一 放射性物質を収納する系統又は機器は、放射性物質の漏えいを防止できる設計であること。また、内包する物質の種類に応じて適切な腐食対策が講じられていること。
 - 二 放射性物質が漏えいした場合に、その漏えいを確認することができること。また、漏えいが確認された場合、その拡大を防止することができること。
 - 三 放射性物質を気体又は液体で扱う系統及び機器は、放射性物質の逆流により、放射性物質が拡散しない設計であること。換気空調設備においても同様とする。
 - 四 セル等の内部を負圧状態に保つ必要がある場合、当該セル等の内部は常時負圧に保たれていること。
 - 五 フードは、局所排気設備により開口部の風速を維持できるものであること。

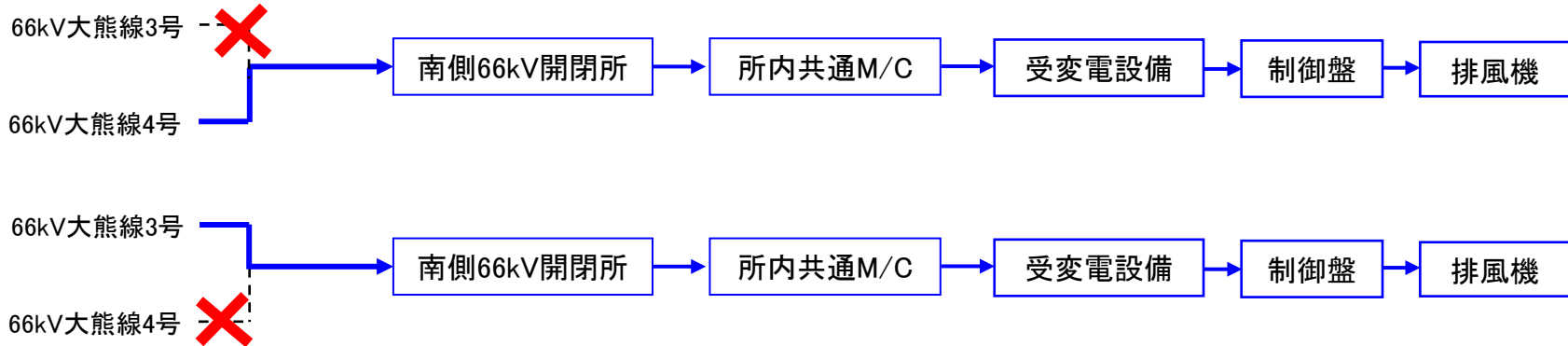
参考2 設備構成



参考3 外部電源喪失時の対応

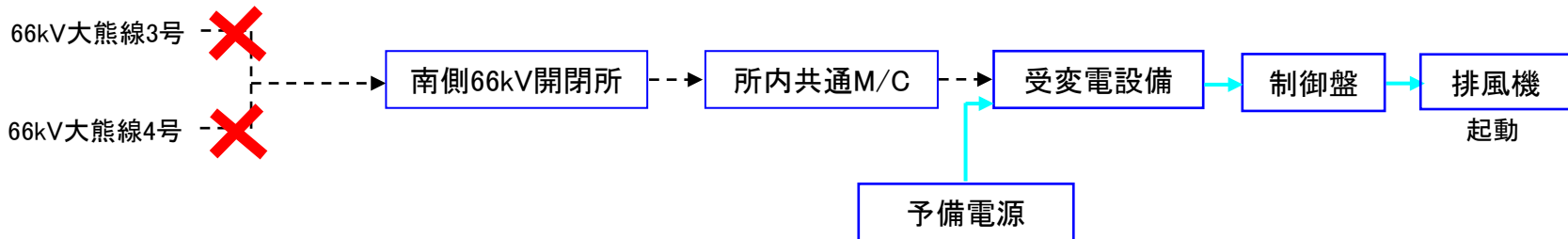
片系統のみ停電

→ 大熊線3, 4号より給電しており、3号若しくは4号のみの停電では、第2棟の電源喪失は起きない。



両系統停電

→ 3, 4号ともに停電した場合、予備電源へ切替わる。
大熊線からの給電喪失から数秒後に予備電源へ切替え送電開始。



大熊線 → 予備電源
: 自動切替

参考4 負圧維持機能喪失を想定した場合の線量評価(1/12)

設備	想定事象	線量評価の概要	線量の評価値
コンクリートセル	① 負圧維持機能喪失	コンクリートセル内の試料調製時に発生する燃料デブリ等からの粉体の発生量を安全側に見積もり、粉体中の放射性物質がセル内の気相に移行するものとし、これらが除染係数の小さい給気側フィルタを通じて、セル周辺の室へ放出され、さらに建屋から外部へ放出され地上放出によって敷地境界に達したと想定	$1.1 \times 10^1 \mu\text{Sv}$
	② 負圧維持機能喪失+火災発生	コンクリートセル内の試料調製時に発生する燃料デブリ等からの粉体の発生量を安全側に見積もり、粉体中の放射性物質が切断時に飛散することに加えて、火災に伴ってセル内の気相に移行するものとし、これらが除染係数の小さい給気側フィルタを通じて、セル周辺の室へ放出され、さらに建屋から外部へ放出され地上放出によって敷地境界に達したと想定	$1.8 \times 10^1 \mu\text{Sv}$
鉄セル	③ 負圧維持機能喪失	鉄セルでは燃料デブリ等の切断は行わないが、取り扱う燃料デブリ等の全てを粉体と見なし、粉体中の放射性物質が切断時の飛散率でセル内の気相に移行するものとし、これらが除染係数の小さい給気側フィルタを通じて、セル周辺の室へ放出され、さらに建屋から外部へ放出され地上放出によって敷地境界に達したと想定	$2.7 \times 10^{-1} \mu\text{Sv}$
	④ 負圧維持機能喪失+火災発生	鉄セルでは燃料デブリ等の切断は行わないが、取り扱う燃料デブリ等の全てを粉体と見なし、粉体中の放射性物質が切断時に飛散することに加えて、火災に伴ってセル内の気相に移行するものとし、これらが除染係数の小さい給気側フィルタを通じて、セル周辺の室へ放出され、さらに建屋から外部へ放出され地上放出によって敷地境界に達したと想定	$4.4 \times 10^{-1} \mu\text{Sv}$
グローブボックス	⑤ 負圧維持機能喪失	グローブボックスでは燃料デブリ等の切断は行わないが、取り扱う燃料デブリ等の全てを粉体と見なし、粉体中の放射性物質が切断時の飛散率でグローブボックス内の気相に移行するものとし、これらが除染係数の小さい給気側フィルタを通じて、グローブボックス外へ放出され、さらに建屋から外部へ放出され地上放出によって敷地境界に達したと想定	$2.7 \times 10^{-5} \mu\text{Sv}$
	⑥ 負圧維持機能喪失+火災発生	グローブボックスでは燃料デブリ等の切断は行わないが、取り扱う燃料デブリ等の全てを粉体と見なし、粉体中の放射性物質が切断時に飛散することに加えて、火災に伴ってセル内の気相に移行するものとし、これらが除染係数の小さい給気側フィルタを通じて、グローブボックス外へ放出され、さらに建屋から外部へ放出され地上放出によって敷地境界に達したと想定	$4.4 \times 10^{-5} \mu\text{Sv}$

本評価は、燃焼したMOX燃料が原子炉停止から12年経過した時の組成を線源に用いたものである。

なお、通常時の評価として、放射性物質の放出に伴う敷地境界外における年間の実効線量は約 $4.2 \times 10^{-4} \mu\text{Sv}$ である。

参考4 負圧維持機能喪失を想定した場合の線量評価(2/12)

— 想定事象①: コンクリートセル(負圧維持機能喪失) —

◆ 想定事象①

- ・ Bクラス地震により電気設備が損傷し、負圧維持機能が喪失することを想定。

◆ 放射性物質の放出経路

- ・ コンクリートセルにて、燃料デブリ等(最大 10^{12} Bq)の切断時に発生する粉体(約 7×10^{12} Bq)の1%(トリチウム、希ガス、ヨウ素は100%)が気相に移行(既存使用施設で同様な評価に用いている移行率 $\times 1$)。
- ・ コンクリートセルから、給気フィルタを通じて、セル周辺の室に放出され、さらに建屋から外部へ放出され地上放出によって敷地境界に達したと想定。

◆ 除染係数

- ・ 給気フィルタについては、高性能フィルタの1段の除染係数(DF)として 10^3 を考慮する。
- ・ 建屋については、除染係数(DF)として10を考慮する $\times 2$ 。
- ・ なお、ガス状の放射性物質については、除染係数を考慮しない。

◆ 放出された放射能

- ・ 建屋外に放出された放射能 $\rightarrow 3.5 \times 10^9$ Bqと評価。

◆ 放射性物質の大気拡散

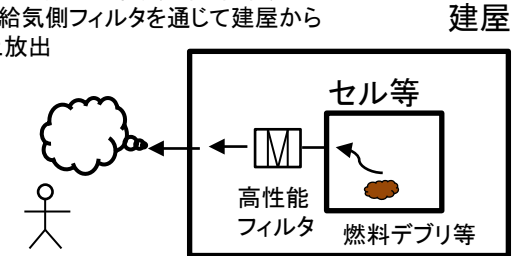
- ・ 「発電用原子炉施設の安全解析に関する気象指針」に従い、地上放出によって敷地境界に達する場合の相対濃度 $\rightarrow 3.2 \times 10^{-7}$ h/m 3 と評価。



◆ 線量評価結果

- ・ 「発電用軽水型原子炉施設の安全評価に関する審査指針」を参考に求めた呼吸摂取による内部被ばく線量 \rightarrow 約 $1.1 \times 10^1 \mu$ Sv

地震により、負圧維持機能が喪失し、燃料デブリ等の切断に伴ってセル内に飛散した放射性物質が除染係数の小さい給気側フィルタを通じて建屋から地上放出



建屋外への放出量

核種	放出量 [Bq]
Pu-238	4.7×10^5
Pu-239	3.4×10^4
Pu-240	6.1×10^4
Pu-241	4.7×10^6
Am-241	2.5×10^5
Am-242m	8.5×10^3
Cm-244	6.4×10^4
その他	3.5×10^9
合計	3.5×10^9

「その他」以外の核種が全体の実効線量のうち約99%を占める。

「その他」の主な核種

核種	放出量 [Bq]
Kr-85	3.2×10^9
H-3	3.3×10^8

※1 燃料デブリ等切断時の粉体から気相への放射性物質の移行率1%(日本原子力学会「ホットラボの設計と管理」)

※2 建屋の除染係数として10を考慮。

Elizabeth M.Flew, et al."Assessment of the Potential Release of Radioactivity from Installations at AERE, Harwell. Implications for Emergency Planning". Handling of Radiation Accidents. International Atomic Energy Agency. Vienna, 1969, IAEA-SM-119/7

参考4 負圧維持機能喪失を想定した場合の線量評価(3/12)

— 想定事象②:コンクリートセル(負圧維持機能喪失+火災発生) —

◆ 想定事象②

- ・Bクラス地震により電気設備及び消火設備が損傷し、負圧維持機能及び消火機能が喪失することを想定。

◆ 放射性物質の放出経路

- ・コンクリートセルNo.4における燃料デブリ等(最大■)の切断時に地震が発生し、その後火災が発生したことを想定。
- ・切断時に発生する粉体(約 7×10^{12} Bq)について、切断時の飛散1%(既存使用施設で同様な評価に用いている移行率※1)と火災に伴う飛散0.6%※2を合わせた1.6%(トリチウム、希ガス、ヨウ素は100%)が気相に移行。
- ・コンクリートセルから、給気フィルタを通じて、セル周辺の室に放出され、さらに建屋から外部へ放出され地上放出によって敷地境界に達したと想定。

◆ 除染係数

- ・給気フィルタについては、高性能フィルタの1段の除染係数(DF)として 10^3 を考慮する。
- ・建屋については、除染係数(DF)として10を考慮する※3。
- ・なお、ガス状の放射性物質については、除染係数を考慮しない。

◆ 放出された放射能

- ・建屋外に放出された放射能 → 3.5×10^9 Bqと評価。

◆ 放射性物質の大気拡散

- ・「発電用原子炉施設の安全解析に関する気象指針」に従い、地上放出によって敷地境界に達する場合の相対濃度 → 3.2×10^{-7} h/m³と評価。

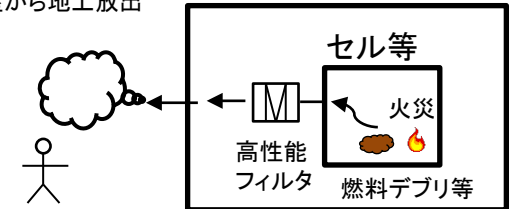


◆ 線量評価結果

- ・「発電用軽水型原子炉施設の安全評価に関する審査指針」を参考に求めた呼吸摂取による内部被ばく線量 → 約 $1.8 \times 10^1 \mu$ Sv

地震後に火災が発生したと想定。負圧維持機能が喪失し、燃料デブリ等の切断及び火災に伴ってセル内に飛散した放射性物質が除去係数の小さい給気側フィルタを通じて建屋から地上放出

建屋



建屋外への放出量

核種	放出量 [Bq]
Pu-238	7.5×10^5
Pu-239	5.4×10^4
Pu-240	9.7×10^4
Pu-241	7.5×10^6
Am-241	4.0×10^5
Am-242m	1.4×10^4
Cm-244	1.0×10^5
その他	3.5×10^9
合計	3.5×10^9

「その他」以外の核種が全体の実効線量のうち約99%を占める。

「その他」の主な核種

核種	放出量 [Bq]
Kr-85	3.2×10^9
H-3	3.3×10^8

※1 燃料デブリ等切断時の粉体から気相への放射性物質の移行率1%(日本原子力学会「ホットラボの設計と管理」)

※2 火災に伴う粉体から気相への放射性物質の移行率0.6%("Nuclear Fuel Cycle Facility Accident Analysis Handbook", NUREG/CR-6410)

※3 建屋の除染係数として10を考慮。

Elizabeth M.Flew, et al."Assessment of the Potential Release of Radioactivity from Installations at AERE, Harwell. Implications for Emergency Planning". Handling of Radiation Accidents. International Atomic Energy Agency. Vienna, 1969, IAEA-SM-119/7

参考4 負圧維持機能喪失を想定した場合の線量評価(4/12)

— 想定事象①及び②における建屋外に放出される放射能 —

建屋外に放出される放射能Qは、五因子法※1により計算する。

$$Q = MAR \times DR \times ARF \times RF \times LPF$$

		想定事象① (負圧維持機能喪失)	想定事象② (負圧維持機能喪失+火災発生)
MAR	切断時に発生する粉体の放射能	気体状の放射性物質(トリチウム、希ガス、ヨウ素): 3.5×10^9 Bq 粒子状の放射性物質: 6.7×10^{12} Bq	
DR	MARのうち影響を受ける割合	1 (切断時に発生する粉体の全てが影響を受けるものとする保守的な条件を設定)	
ARF	気相への移行割合	気体状の放射性物質: 100% 粒子状の放射性物質(切断時): 1%※2	気体状の放射性物質: 100% 粒子状の放射性物質(切断時): 1%※2 (火災時): 0.6%※1
RF	吸入摂取に寄与する割合	1 (気相に移行した放射性物質が全て吸入摂取されるものとする保守的な条件を設定)	
LPF	放出経路での低減割合 (除染係数DFの逆数。LPF=1/DF)	気体状の放射性物質に対する除染係数(DF): 1 (気体状の放射性物質については除染係数を考慮しない) 粒子状の放射性物質に対する除染係数(DF): 10^4 (給気側フィルタ(高性能フィルタ1段)の除染係数 10^3 と建屋の除染係数 10 ※3を考慮する)	
Q	建屋外に放出される放射能	気体状の放射性物質: 3.5×10^9 Bq 粒子状の放射性物質: 6.7×10^6 Bq	気体状の放射性物質: 3.5×10^9 Bq 粒子状の放射性物質: 1.1×10^7 Bq

※1 Nuclear Fuel Cycle Facility Accident Analysis Handbook, NUREG/CR-6410

※2 日本原子力学会「ホットラボの設計と管理」

※3 Elizabeth M.Flew, et al. "Assessment of the Potential Release of Radioactivity from Installations at AERE, Harwell. Implications for Emergency Planning". Handling of Radiation Accidents. International Atomic Energy Agency. Vienna, 1969, IAEA-SM-119/7

参考4 負圧維持機能喪失を想定した場合の線量評価(5/12)

— 想定事象①及び②における核種別の放出量 —

核種別の放出量 Q_i は下表のとおり。

	核種	核種 i の放出量 Q_i [Bq]	
		想定事象① (負圧維持機能喪失)	想定事象② (負圧維持機能喪失+火災発生)
気体状の 放射性物質	H-3	3.3×10^8	3.3×10^8
	Kr-85	3.2×10^9	3.2×10^9
	I-129	1.9×10^5	1.9×10^5
	合計	3.5×10^9	3.5×10^9
粒子状の 放射性物質	Pu-238	4.7×10^5	7.5×10^5
	Pu-239	3.4×10^4	5.4×10^4
	Pu-240	6.1×10^4	9.7×10^4
	Pu-241	4.7×10^6	7.5×10^6
	Am-241	2.5×10^5	4.0×10^5
	Am-242m	8.5×10^3	1.4×10^4
	Cm-244	6.4×10^4	1.0×10^5
	その他	1.1×10^6	1.8×10^6
	合計	6.7×10^6	1.1×10^7

参考4 負圧維持機能喪失を想定した場合の線量評価(6/12)

－被ばく線量の評価方法－

吸入摂取による内部被ばく線量 H_I は、次式により計算する。

$$H_I = \sum K_{Ii} \times M \times Q_i \times (\chi/Q)$$

- K_{Ii} : 核種 i の吸入摂取による実効線量係数 [mSv/Bq]
 ▶ 「核原料物質又は核燃料物質の製錬の事業に関する規則等の規定に基づく線量限度等を定める告示」別表第1 第2欄より核種に応じた値を用いた。なお、化学形等が複数ある核種については、最も厳しい化学形等の実効線量係数を用いた。
- M : 呼吸率 [m³/h]
 ▶ 「発電用軽水型原子炉施設の安全評価に関する審査指針」より、成人の呼吸率1.2m³/hを用いた。
- Q_i : 核種 i の放出量 [Bq]
- χ/Q : 相対濃度 [h/m³]
 ▶ 「発電用原子炉施設の安全解析に関する気象指針」に従い、地上放出によって敷地境界に達する場合の相対濃度を評価した。その結果、約 3.2×10^{-7} h/m³である。

参考4 負圧維持機能喪失を想定した場合の線量評価(7/12)

— 想定事象①の被ばく線量評価結果 —

想定事象①(負圧維持機能喪失)の内部被ばく線量の評価結果は下表のとおり。

	核種	吸入摂取した場合の 実効線量係数 [mSv/Bq]	呼吸率 [m ³ /h]	核種iの放出量 [Bq]	相対濃度 [h/m ³]	被ばく線量 [mSv]	全体の被 ばく線量 に対する 寄与割合
		K_{fi}	M	Q_i	χ/Q	H_i	
粒子状の 放射性物質	Pu-238	3.0×10^{-2}	1.2	4.7×10^5	3.2×10^{-7}	5.4×10^{-3}	>99%
	Pu-239	3.2×10^{-2}		3.4×10^4		4.2×10^{-4}	
	Pu-240	3.2×10^{-2}		6.1×10^4		7.5×10^{-4}	
	Pu-241	5.8×10^{-4}		4.7×10^6		1.0×10^{-3}	
	Am-241	2.7×10^{-2}		2.5×10^5		2.6×10^{-3}	
	Am-242m	2.4×10^{-2}		8.5×10^3		7.9×10^{-5}	
	Cm-244	1.7×10^{-2}		6.4×10^4		4.2×10^{-4}	
	その他	—		1.1×10^6		7.1×10^{-5}	1%未満
気体状の放射性物質	—	3.5×10^9	1.4×10^{-5}				
合計						1.08×10^{-2}	

→ $1.1 \times 10^1 \mu\text{Sv}$

参考4 負圧維持機能喪失を想定した場合の線量評価(8/12)

— 想定事象②の被ばく線量評価結果 —

想定事象②(負圧維持機能喪失+火災発生)の内部被ばく線量の評価結果は下表のとおり。

	核種	吸入摂取した場合の 実効線量係数 [mSv/Bq]	呼吸率 [m ³ /h]	核種iの放出量 [Bq]	相対濃度 [h/m ³]	被ばく線量 [mSv]	全体の被 ばく線量 に対する 寄与割合
		K_{fi}	M	Q_i	χ/Q	H_i	
粒子状の 放射性物質	Pu-238	3.0×10^{-2}	1.2	7.5×10^5	3.2×10^{-7}	8.6×10^{-3}	>99%
	Pu-239	3.2×10^{-2}		5.4×10^4		6.7×10^{-4}	
	Pu-240	3.2×10^{-2}		9.7×10^4		1.2×10^{-3}	
	Pu-241	5.8×10^{-4}		7.5×10^6		1.7×10^{-3}	
	Am-241	2.7×10^{-2}		4.0×10^5		4.2×10^{-3}	
	Am-242m	2.4×10^{-2}		1.4×10^4		1.3×10^{-4}	
	Cm-244	1.7×10^{-2}		1.0×10^5		6.7×10^{-4}	
	その他	—		1.8×10^6		1.1×10^{-4}	1%未満
気体状の放射性物質	—	3.5×10^9	1.4×10^{-5}				
合計						1.73×10^{-2}	

→ $1.8 \times 10^1 \mu\text{Sv}$

参考4 負圧維持機能喪失を想定した場合の線量評価(9/12)

— 想定事象③: 鉄セル(負圧維持機能喪失) —

◆ 想定事象③

- ・ Bクラス地震により電気設備が損傷し、負圧維持機能が喪失することを想定。

◆ 放射性物質の放出経路

- ・ 鉄セルでは燃料デブリ等の切断は行わないが、取り扱う燃料デブリ等(■)のすべてが粉体で存在するものと想定。
- ・ 鉄セル内に存在する粉体(約 2×10^{11} Bq)について、切断時の飛散1%(トリチウム、希ガス、ヨウ素は100%)が気相に移行^{※1}。
- ・ 鉄セルから、給気フィルタを通じて、セル周辺の室に放出され、さらに建屋から外部へ放出され地上放出によって敷地境界に達したと想定。

◆ 除染係数

- ・ 給気フィルタについては、高性能フィルタの1段の除染係数(DF)として 10^3 を考慮する。
- ・ 建屋については、除染係数(DF)として10を考慮する^{※2}。
- ・ なお、ガス状の放射性物質については、除染係数を考慮しない。

◆ 放出された放射能

- ・ 建屋外に放出された放射能 → 8.8×10^7 Bqと評価。

◆ 放射性物質の大気拡散

- ・ 「発電用原子炉施設の安全解析に関する気象指針」に従い、地上放出によって敷地境界に達する場合の相対濃度 → 3.2×10^{-7} h/m³と評価。



◆ 線量評価結果

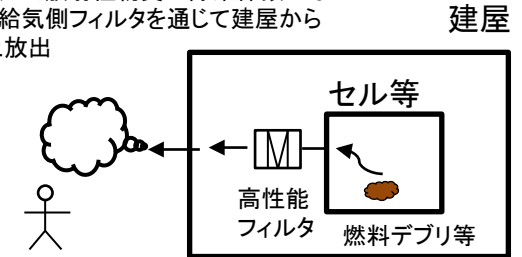
- ・ 「発電用軽水型原子炉施設の安全評価に関する審査指針」を参考に求めた呼吸摂取による内部被ばく線量 → 約 2.7×10^{-1} μSv

※1 燃料デブリ等切断時の粉体から気相への放射性物質の移行率1%(日本原子力学会「ホットラボの設計と管理」)

※2 建屋の除染係数として10を考慮。

Elizabeth M.Flew, et al."Assessment of the Potential Release of Radioactivity from Installations at AERE, Harwell. Implications for Emergency Planning". Handling of Radiation Accidents. International Atomic Energy Agency. Vienna, 1969, IAEA-SM-119/7

地震により、負圧維持機能が喪失し、燃料デブリ等の切断に伴ってセル内に飛散した放射性物質が除染係数の小さい給気側フィルタを通じて建屋から地上放出



建屋外への放出量

核種	放出量 [Bq]
Pu-238	1.2×10^4
Pu-239	8.4×10^2
Pu-240	1.5×10^3
Pu-241	1.2×10^5
Am-241	6.2×10^3
Am-242m	2.1×10^2
Cm-244	1.6×10^3
その他	8.8×10^7
合計	8.8×10^7

「その他」以外の核種が全体の実効線量のうち約99%を占める。

「その他」の主な核種

核種	放出量 [Bq]
Kr-85	8.0×10^7
H-3	8.3×10^6

参考4 負圧維持機能喪失を想定した場合の線量評価(10/12)

— 想定事象④: 鉄セル(負圧維持機能喪失+火災発生) —

◆ 想定事象④

- ・ Bクラス地震により電気設備及び消火設備が損傷し、負圧維持機能及び消火機能が喪失することを想定。

◆ 放射性物質の放出経路

- ・ 鉄セルでは燃料デブリ等の切断は行わないが、取り扱う燃料デブリ等(■)のすべてが粉体で存在するものとし、地震後に火災が発生したことを想定。
- ・ 鉄セル内に存在する粉体(約 2×10^{11} Bq)について、切断時の飛散1%(既存使用施設で同様な評価に用いている移行率※1)と火災に伴う飛散0.6%※2を合わせた1.6%(トリチウム、希ガス、ヨウ素は100%)が気相に移行。
- ・ 鉄セルから、給気フィルタを通じて、セル周辺の室に放出され、さらに建屋から外部へ放出され地上放出によって敷地境界に達したと想定。

◆ 除染係数

- ・ 給気フィルタについては、高性能フィルタの1段の除染係数(DF)として 10^3 を考慮する。
- ・ 建屋については、除染係数(DF)として10を考慮する※3。
- ・ なお、ガス状の放射性物質については、除染係数を考慮しない。

◆ 放出された放射能

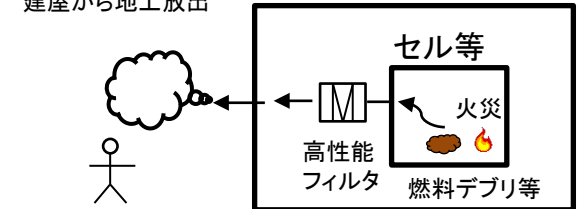
- ・ 建屋外に放出された放射能 → 8.8×10^7 Bqと評価。

◆ 放射性物質の大気拡散

- ・ 「発電用原子炉施設の安全解析に関する気象指針」に従い、地上放出によって敷地境界に達する場合の相対濃度 → 3.2×10^{-7} h/m³と評価。

地震後に火災が発生したと想定。負圧維持機能が喪失し、燃料デブリ等の切断及び火災に伴ってセル内に飛散した放射性物質が除去係数の小さい給気側フィルタを通じて

建屋



建屋外への放出量

核種	放出量 [Bq]
Pu-238	1.9×10^4
Pu-239	1.4×10^3
Pu-240	2.4×10^3
Pu-241	1.9×10^5
Am-241	1.0×10^4
Am-242m	3.4×10^2
Cm-244	2.6×10^3
その他	8.8×10^7
合計	8.8×10^7

「その他」以外の核種が全体の実効線量のうち約99%を占める。

「その他」の主な核種

核種	放出量 [Bq]
Kr-85	8.0×10^7
H-3	8.3×10^6

◆ 線量評価結果

- ・ 「発電用軽水型原子炉施設の安全評価に関する審査指針」を参考に求めた呼吸摂取による内部被ばく線量 → 約 4.4×10^{-1} μSv

※1 燃料デブリ等切断時の粉体から気相への放射性物質の移行率1%(日本原子力学会「ホットラボの設計と管理」)

※2 火災に伴う粉体から気相への放射性物質の移行率0.6%(“Nuclear Fuel Cycle Facility Accident Analysis Handbook”, NUREG/CR-6410)

※3 建屋の除染係数として10を考慮。

Elizabeth M.Flew, et al.”Assessment of the Potential Release of Radioactivity from Installations at AERE, Harwell. Implications for Emergency Planning“. Handling of Radiation Accidents. International Atomic Energy Agency. Vienna, 1969, IAEA-SM-119/7

参考4 負圧維持機能喪失を想定した場合の線量評価(11/12)

— 想定事象⑤: グローブボックス(負圧維持機能喪失) —

◆ 想定事象⑤

・ Bクラス地震により電気設備が損傷し、負圧維持機能が喪失することを想定。

◆ 放射性物質の放出経路

- ・ グローブボックスでは燃料デブリ等の切断は行わないが、取り扱う燃料デブリ等(■)のすべてが粉体で存在するものと想定。
- ・ グローブボックス内に存在する粉体(約 2×10^7 Bq)について、切断時の飛散1%(トリチウム、希ガス、ヨウ素は100%)が気相に移行^{※1}。
- ・ グローブボックスから、給気フィルタを通じて、セル周辺の室に放出され、さらに建屋から外部へ放出され地上放出によって敷地境界に達したと想定。

◆ 除染係数

- ・ 給気フィルタについては、高性能フィルタの1段の除染係数(DF)として 10^3 を考慮する。
- ・ 建屋については、除染係数(DF)として10を考慮する^{※2}。
- ・ なお、ガス状の放射性物質については、除染係数を考慮しない。

◆ 放出された放射能

・ 建屋外に放出された放射能 → 8.8×10^3 Bqと評価。

◆ 放射性物質の大気拡散

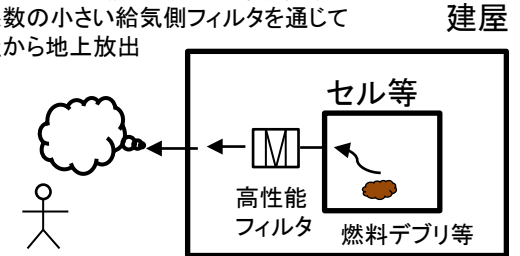
・ 「発電用原子炉施設の安全解析に関する気象指針」に従い、地上放出によって敷地境界に達する場合の相対濃度 → 3.2×10^{-7} h/m³と評価。



◆ 線量評価結果

・ 「発電用軽水型原子炉施設の安全評価に関する審査指針」を参考に求めた呼吸摂取による内部被ばく線量 → 約 2.7×10^{-5} μSv

地震により、負圧維持機能が喪失し、燃料デブリ等の切断に伴ってグローブボックス内に飛散した放射性物質が除染係数の小さい給気側フィルタを通じて建屋から地上放出



建屋外への放出量

核種	放出量 [Bq]
Pu-238	1.2×10^0
Pu-239	8.4×10^{-2}
Pu-240	1.5×10^{-1}
Pu-241	1.2×10^1
Am-241	6.2×10^{-1}
Am-242m	2.1×10^{-2}
Cm-244	1.6×10^{-1}
その他	8.8×10^3
合計	8.8×10^3

「その他」以外の核種が全体の実効線量のうち約99%を占める。

「その他」の主な核種

核種	放出量 [Bq]
Kr-85	8.0×10^3
H-3	8.3×10^2

※1 燃料デブリ等切断時の粉体から気相への放射性物質の移行率1%(日本原子力学会「ホットラボの設計と管理」)

※2 建屋の除染係数として10を考慮。

Elizabeth M.Flew, et al."Assessment of the Potential Release of Radioactivity from Installations at AERE, Harwell. Implications for Emergency Planning". Handling of Radiation Accidents. International Atomic Energy Agency. Vienna, 1969, IAEA-SM-119/7

参考4 負圧維持機能喪失を想定した場合の線量評価(12/12)

—想定事象⑥:グローブボックス(負圧維持機能喪失+火災発生)—

◆想定事象⑥

- ・Bクラス地震により電気設備及び消火設備が損傷し、負圧維持機能及び消火機能が喪失することを想定。

◆放射性物質の放出経路

- ・グローブボックスでは燃料デブリ等の切断は行わないが、取り扱う燃料デブリ等(■)のすべてが粉体で存在するものとし、地震後に火災が発生したことを想定。
- ・グローブボックス内に存在する粉体(約 2×10^7 Bq)について、切断時の飛散1%(既存使用施設で同様な評価に用いている移行率※¹)と火災に伴う飛散0.6%※²を合わせた1.6%(トリチウム、希ガス、ヨウ素は100%)が気相に移行。
- ・グローブボックスから、給気フィルタを通じて、セル周辺の室に放出され、さらに建屋から外部へ放出され地上放出によって敷地境界に達したと想定。

◆除染係数

- ・給気フィルタについては、高性能フィルタの1段の除染係数(DF)として 10^3 を考慮する。
- ・建屋については、除染係数(DF)として10を考慮する※³。
- ・なお、ガス状の放射性物質については、除染係数を考慮しない。

◆放出された放射能

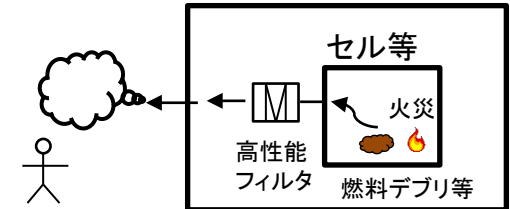
- ・建屋外に放出された放射能 → 8.8×10^3 Bqと評価。

◆放射性物質の大気拡散

- ・「発電用原子炉施設の安全解析に関する気象指針」に従い、地上放出によって敷地境界に達する場合の相対濃度 → 3.2×10^{-7} h/m³と評価。

地震後に火災が発生したと想定。負圧維持機能が喪失し、燃料デブリ等の切断及び火災に伴ってグローブボックス内に飛散した放射性物質が除去係数の小さい給気側フィルタを通じて建屋から地上放出

建屋



建屋外への放出量

核種	放出量 [Bq]
Pu-238	1.9×10^0
Pu-239	1.4×10^{-1}
Pu-240	2.4×10^{-1}
Pu-241	1.9×10^1
Am-241	1.0×10^0
Am-242m	3.4×10^{-2}
Cm-244	2.6×10^{-1}
その他	8.8×10^3
合計	8.8×10^3

「その他」以外の核種が全体の実効線量のうち約99%を占める。

「その他」の主な核種

核種	放出量 [Bq]
Kr-85	8.0×10^3
H-3	8.3×10^2

◆線量評価結果

- ・「発電用軽水型原子炉施設の安全評価に関する審査指針」を参考に求めた呼吸摂取による内部被ばく線量 → 約 4.4×10^{-5} μSv

※1 燃料デブリ等切断時の粉体から気相への放射性物質の移行率1%(日本原子力学会「ホットラボの設計と管理」)

※2 火災に伴う粉体から気相への放射性物質の移行率0.6%(“Nuclear Fuel Cycle Facility Accident Analysis Handbook”, NUREG/CR-6410)

※3 建屋の除染係数として10を考慮。

Elizabeth M.Flew, et al.”Assessment of the Potential Release of Radioactivity from Installations at AERE, Harwell. Implications for Emergency Planning“. Handling of Radiation Accidents. International Atomic Energy Agency. Vienna, 1969, IAEA-SM-119/7

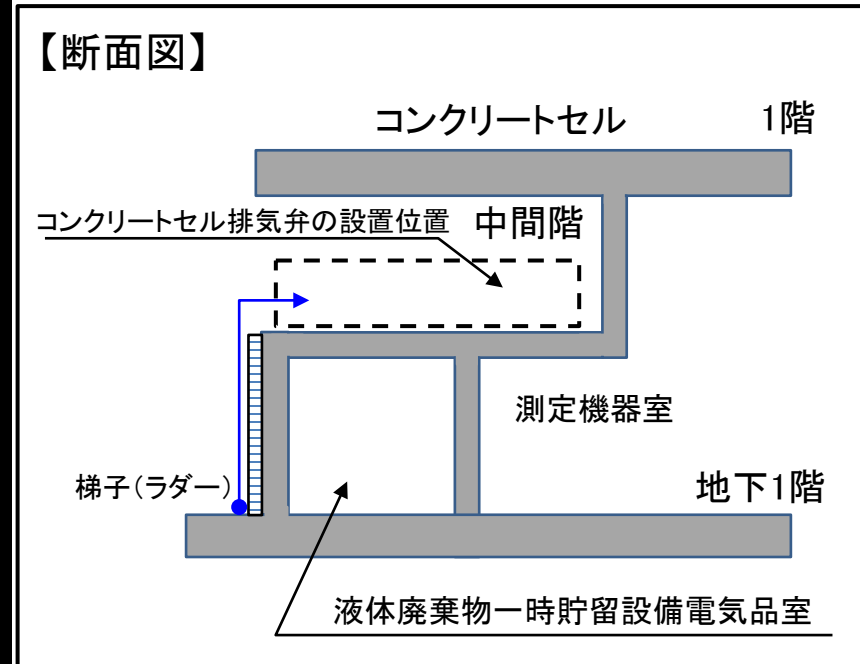
参考5 給排気用フィルタユニット及び弁の配置①

◆セル・グローブボックス用フィルタユニット、コンクリートセルの排気弁の設置位置

- ・換気空調設備室(1)に、セル・グローブボックス用排気フィルタユニットを設置する。
- ・測定機器室等の上部階(中間階)に、コンクリートセルの排気弁※1を設置する。
- ・中間階には、梯子(ラダー)にてアクセスする。

※1: 停電時に自動で閉止する弁

●→ : アクセスルート



第2棟 地下1階 平面図

参考5 給排気用フィルタユニット及び弁の配置②

◆コンクリートセルの給気フィルタユニット、給気弁の設置位置

- ・ サービスエリア(2) (コンクリートセル上部)に、給気フィルタユニット、給気弁※1を設置する。
- ・ 1階サービスエリア北側の階段（下右図）から、サービスエリア2階東側（ローディングドッグの天井面：下左図）に上がり、ここを經由してサービスエリア2階西側（コンクリートセルNo. 4天井面）の弁設置箇所アクセスする。

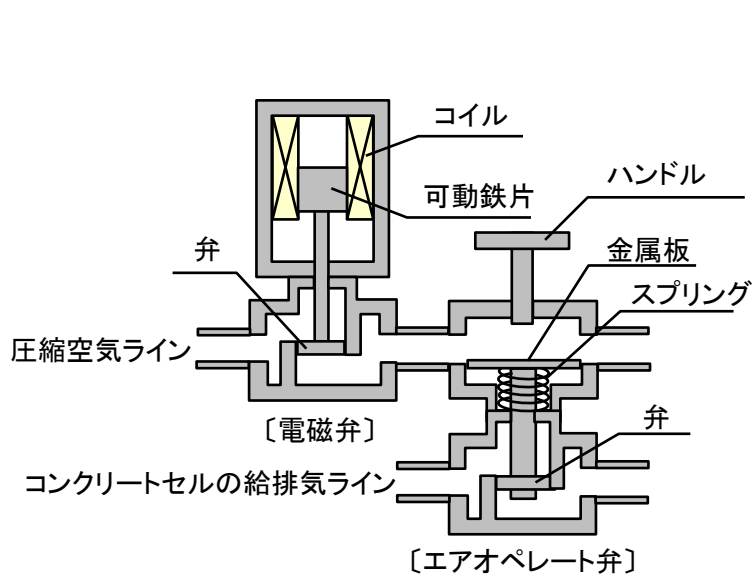
※1: 停電時に自動で閉止する弁

第2棟 2階平面図

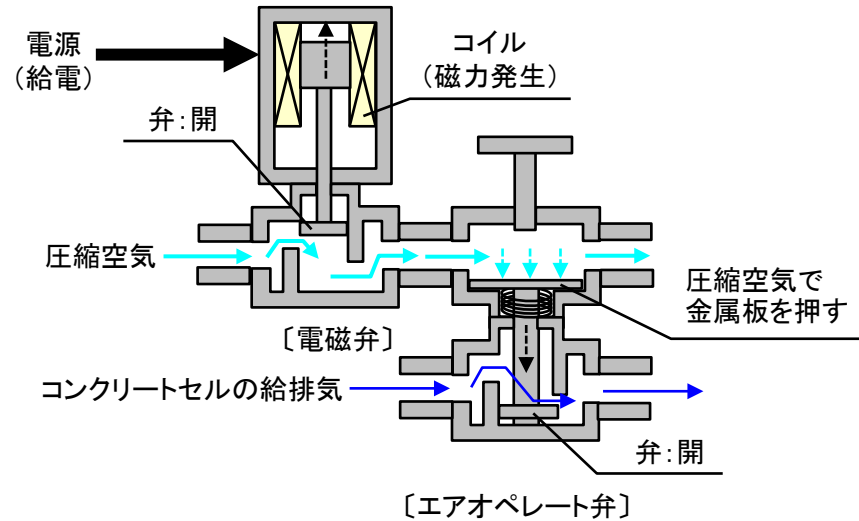
第2棟 1階平面図

参考5 給排気用フィルタユニット及び弁の配置③ — 停電時に自動で閉止する弁の動作について —

停電時に自動で閉止する弁として、弁駆動部の制御に圧縮空気を用いている弁※1、2を設置する。



弁のイメージ図※3



【通常時】

- 電磁弁のコイルに給電
- 磁力発生に伴い鉄片が可動して弁を開ける
- 圧縮空気をエアオペレート弁に供給
- 圧縮空気にて金属板が押され弁を開ける
- 給排気の制御を行う

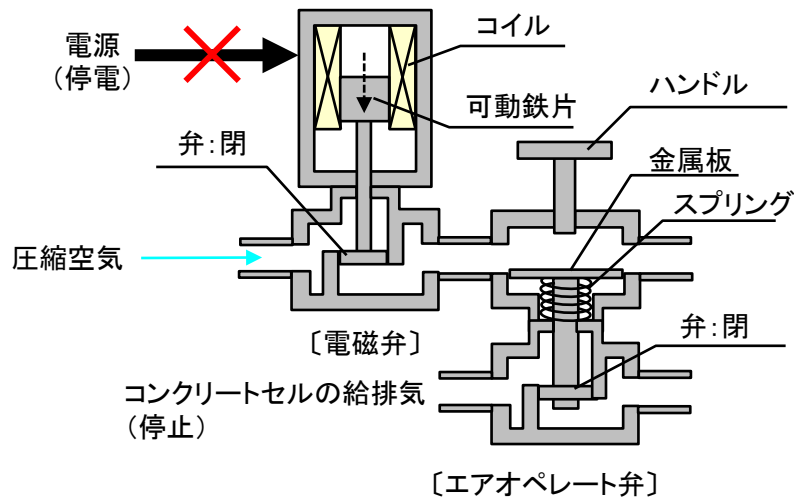
弁動作のイメージ図※3

※1: 原子力発電所のSクラス設備として用いられている弁であり、構造強度・動作については十分信頼性がある。

※2: 給電時は、制御室より開閉操作が可能である。

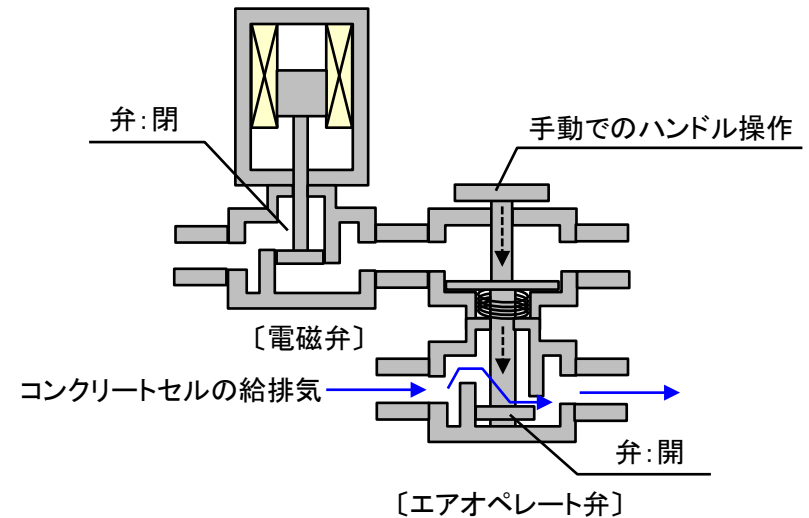
※3: 本図はイメージ図であり、実際の弁構造を示すものではない。

参考5 給排気用フィルタユニット及び弁の配置④ — 停電時に自動で閉止する弁の動作について —



【電源喪失時】

- 電磁弁のコイルへの給電が停止
- 磁力がなくなり鉄片が可動して弁を閉める
- 圧縮空気のエアオペレート弁への供給が停止
- 金属板がスプリングの力で元に戻り弁が閉まる
- 給排気を停止する



【手動操作】

- エアオペレート弁のハンドルを操作して手動で弁の開閉を行う

弁の動作イメージ図※1

弁が自動で閉止した場合、コンクリートセルは構造により放射性物質を閉じ込める。

また、弁が自動で閉止した後、コンクリートセル内で火災が発生するなど、内圧※2が上昇する可能性が生じた場合には、手動操作にて排気側の弁を開けることで、コンクリートセルの内部が正圧になることによる放射性物質の漏えいを防ぐ。

※1: 本図はイメージ図であり、実際の弁構造を示すものではない。

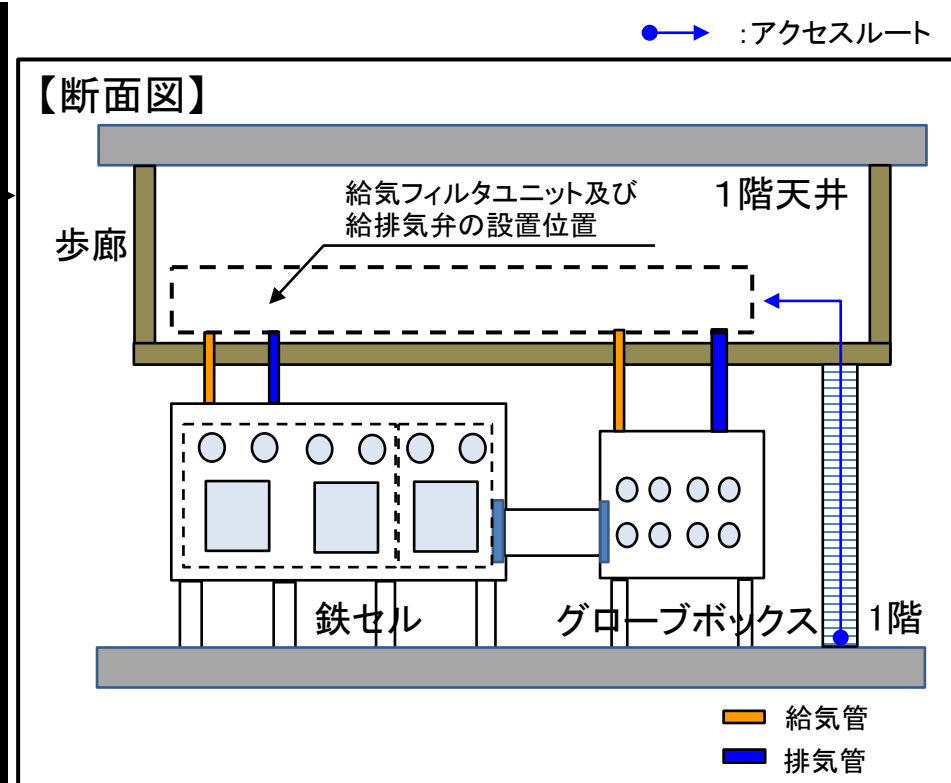
※2: コンクリートセルNo.1、No.2、No.3及びNo.4に設置する差圧指示計にて内圧を計測する。

参考5 給排気用フィルタユニット及び弁の配置⑤

◆鉄セル、グローブボックスの給気フィルタユニット及び給排気弁の設置位置

- ・鉄セル、グローブボックス上部の架台に給気フィルタユニット、給排気弁(手動※¹)を設置する。
- ・架台へは、梯子にてアクセスする。

※1: 給気フィルタ及び排気フィルタから放出される放射性物質による影響は、 $50 \mu\text{Sv}$ に比べ十分に小さい($1 \mu\text{Sv}$ 未満: 参考4)ことから手動弁とする。



第2棟 1階平面図

参考6 給排気弁開閉作業に伴う放射線防護の考え方

一部改訂

- 汚染があることを想定し、全面マスク、タイベックスーツ、ゴム手袋等の保護具や防護具の装備を基本とし、線量や汚染の状況に応じて装備を選定する。
なお、通常時の設備の保守等においても、汚染レベルが高いと想定される作業を行う場合は、上記と同様の対応を行う。
- 緊急時の対応に係る装備等についてマニュアル化する。

参考7 JAEA既存施設の給排気弁開閉状態

JAEA既存施設における弁の開閉状態を以下に整理した。

他施設	弁の開閉状態		
	火災時	外部電源喪失時	負圧維持機能喪失時
第2棟	給気弁：閉、排気弁：開※ ¹	給排気弁：開※ ²	給排気弁：閉(自動、手動)※ ³
原子力科学研究所	給気弁：閉、排気弁：開※ ¹	給排気弁：開※ ²	給排気弁：閉(自動)※ ³
核燃料サイクル研究所	給気弁：閉、排気弁：開※ ¹	給排気弁：開※ ²	給排気弁：閉(自動)※ ³
大洗研究所	給気弁：閉、排気弁：開※ ¹	給排気弁：開※ ²	給排気弁：閉(自動)※ ³

※1: 不活性ガスを用いた消火時の弁の状態を示す。

※2: 予備電源又は非常用電源にて負圧を維持する。

※3: セル等の構造により閉じ込める(放射性物質の拡散を防止する)。

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 (Ⅷ. 臨界防止)



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
(Ⅷ. i. 臨界管理の方法について)
4月15日面談資料改訂版

2021年6月9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. 想定される燃料デブリ等の性状

燃料デブリ等は、燃料と被覆管等が溶融・固化した状態（酸化物、合金、炉心溶融物－コンクリート混合物など）が想定される。

- 燃料と被覆管等が混ざり合うことで、同量の燃料と比べて核分裂性物質は少なくなる。
- 1F 1～3号機にはガドリニア (Gd_2O_3) を添加した燃料が装荷されており、燃料デブリ等中に中性子吸収効果の高いガドリニウムが含まれている可能性がある。
- 燃料の燃焼度は、原子炉内で使用された期間や炉心内の燃料配置等により異なる。
燃料デブリ等は、高い燃焼度の燃料と低い燃焼度の燃料が混在している可能性があり、燃焼することで核分裂性物質が減少している。
- 燃料デブリ等の性状は原子炉内で均一でなく、採取する号機やその位置により異なる。

2. 臨界管理の方法

第2棟は、核燃料物質を含む燃料デブリ等を取り扱うため、臨界防止のための方策を講ずる。第2棟では、燃料デブリ等の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、燃料デブリ等を分析試料として取り扱う際、形状等が変化する前処理を行うため質量管理で臨界管理を行う。また、誤操作による二重装荷を考慮し、安全裕度を確保する。
- 試料ピットは、燃料デブリ等を一時的に保管する設備で、XXXXXXXXXXに設置する。XXXXXXXXXXがあり、各XXXXXXXXXXに燃料デブリ等（XXXX以下）を収納した容器をXXXXまで積み上げて保管する。最大容量はXXXXXXXXXX、XXXXXXXXXXである。試料ピットでは、質量管理及び形状管理※で臨界管理を行う。

※ 複数の燃料集合体を収納する場合には収納間隔を制限したラック、溶液状の核燃料物質を取扱う場合には厚さを制限した平板型、円環状の槽を用いるなど、核燃料物質を収納する容器等の形状や寸法を制限することで、臨界とならないよう管理することを一般的に形状管理という。

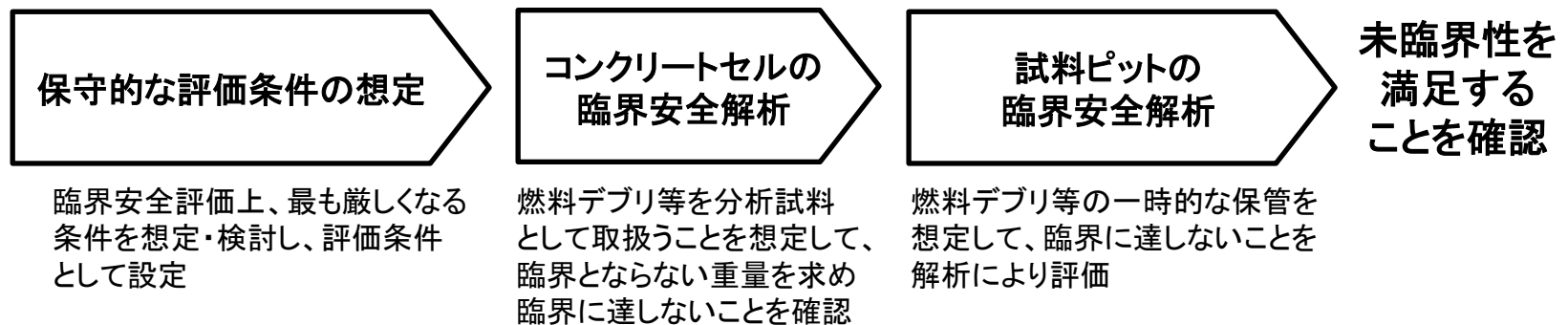
第2棟の形状管理では、燃料デブリ等を収納する試料ピットのXXXXXXXXXXの径、間隔等を制限することで、臨界とならないよう管理する。

3. 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)

4. 保守的な評価条件の想定

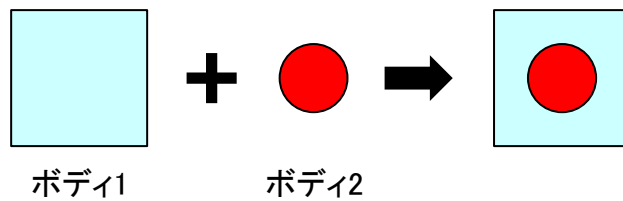
「1. 想定される燃料デブリ等の性状」に示した燃料デブリ等について、臨界安全評価上、以下の保守的な条件を想定した。

- 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。
- 燃焼した燃料より核分裂性物質を多く含む、新燃料を想定する。
- 中性子吸収効果を有するガドリニウムを考慮しない。
- 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。
- 燃料の組成は、ウランに比べ臨界性の高いプルトニウムを含む1F 3号機のMOX燃料とする(別紙1)。
- 中性子を吸収する核種である ^{241}Am をMOX燃料から除いた組成とする。
- 誤操作による二重装荷を考慮し、安全裕度を確保する。

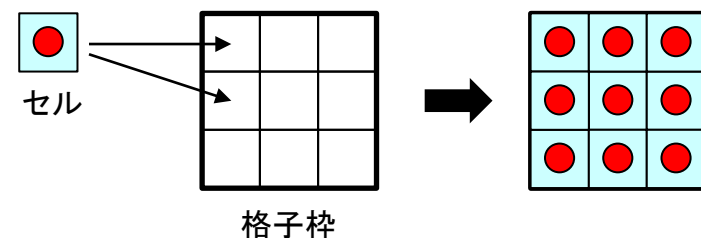
5. 解析コードの概要(1/4)

第2棟の臨界安全解析に使用する解析コードの概要を示す。

- ・コード名 : MVP(連続エネルギーモンテカルロコード)
- ・使用目的 : コンクリートセル、試料ピットの未臨界性評価
- ・開発機関 : 日本原子力研究開発機構
- ・解析コードの概要
 - 核燃料物質、構造材等の幾何形状等を入力とし、中性子の発生、飛行、衝突といった事象を追跡、これ进行处理することで中性子実効増倍率を求めるものである。
 - 球、円柱、直方体等の基本的な形状(ボディ)を組み合わせることで、三次元モデルを作成できる。これを「組合せ形状表現」という。
 - また、原子炉炉心のように同一形状の燃料集合体が並んで配置されるようなモデルを作成する場合、「組合せ形状表現」だけでモデルを作成すると入力データの量が膨大となることから、予め「組合せ形状表現」を用いて繰り返す形状(セル)を定義し、これを空間(格子枠)内に配置することができる。これを「格子形状機能」という。



組合せ形状表現



格子形状機能

5. 解析コードの概要(2/4)

- 第2棟の臨界安全評価では、均質体系と非均質体系での解析を実施する。両体系において、燃料領域及び体系全体は「組合せ形状表現」を用いて定義する。また、非均質体系については、燃料領域内において粒子状に存在する燃料を「格子形状機能」により定義する。
- 「格子形状機能」には、繰り返す形状(セル)ではないが、ある格子枠内について、一定の充填率を満たすよう球形モデルを確率的に配置するSTGM(確率論的幾何形状モデル)がある。本機能は、高温ガス炉などの燃料粒子が不規則に分布した燃料を用いる黒鉛を減速材とした体系を対象として開発、検証が行われてきた。
なお、第2棟の臨界安全評価にSTGMは使用していない。

5. 解析コードの概要(3/4)

・ 検証及び妥当性確認

解析コードと核データに起因する計算精度を検証するため、推定臨界下限増倍率^{※1}を算出した。

- JAEAの報告書^{※2}では、国際臨界安全ベンチマーク評価プロジェクト(ICSBE^{※3})ハンドブックに収録されている多種多様な臨界実験のうち約1000ケースについて、MVP2.0と核データライブラリJENDL-4.0を用いた解析が行われ、その結果(中性子実効増倍率)が報告されている。
- 第2棟の臨界安全評価では、燃料デブリ等の組成を考慮し、JAEAの報告書で解析が行われた約1000ケースから、ウラン系(ウラン-233を除く)、プルトニウム系及びウラン・プルトニウム系の約850ケースを抽出した。
- 約850ケースの解析結果(中性子実効増倍率)を対象に統計的手法^{※4}を用いて推定臨界下限増倍率を算出した。その結果は0.97となった。
よって、MVP2.0と核データライブラリJENDL-4.0の組み合わせにより得られる中性子実効増倍率が0.97以下であれば、計算誤差を考慮しても、その体系が未臨界であると判断できる。
- 第2棟の臨界安全評価における未臨界性の判断基準は0.95であり、MVP2.0と核データライブラリJENDL-4.0における推定臨界下限増倍率0.97を下回っている。

※1: 推定臨界下限増倍率: 臨界超過確率2.5%、信頼度97.5%として、これ以下ならば臨界にならないと判断される中性子実効増倍率の値

※2: 『JENDL-4.0に基づく連続エネルギーモンテカルロコードMVP用の中性子断面積ライブラリの作成とICSBEハンドブックの臨界性ベンチマーク解析への適用』, 日本原子力研究開発機構, JAEA-Data/Code 2011-010, (2011).

※3: 経済協力開発機構/原子力機関(OECD/NEA)の下での国際的な活動として、臨界実験データの鑑定、評価及び編集を行うプロジェクト

※4: 『臨界安全計算コードシステムJACSの計算誤差評価』, 日本原子力研究所, JAERI-M87-057, (1987).

5. 解析コードの概要(4/4)

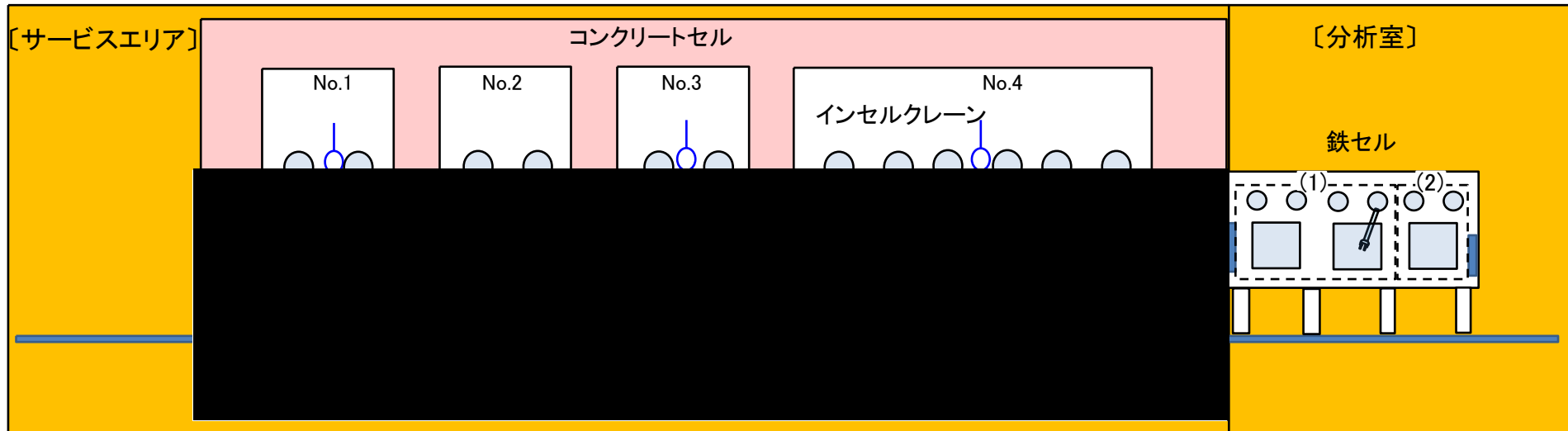
- ・ 許認可実績

- 国立研究開発法人日本原子力研究開発機構原子力科学研究所の原子炉設置変更[STACY(定常臨界実験装置)施設等の変更](令和2年8月21日許可)
- 国立研究開発法人日本原子力研究開発機構大洗研究所(南地区)における核燃料物質使用変更許可申請(令和2年9月30日許可)

7. コンクリートセルの臨界安全解析(1/13)

ーコンクリートセルにおける燃料デブリ等の取扱方法ー

コンクリートセルでは、燃料デブリ等の取扱量を■■■■以下に制限する質量制限にて臨界管理を行う。



燃料デブリ等の切断、粉砕、溶解処理等の前処理はコンクリートセルNo.4で行う。

コンクリートセルの臨界安全解析では、粉砕により粉体とした燃料デブリ等を溶解処理により溶液とする過程を想定する。

なお、溶解処理に使用する燃料デブリ等は1回当たり■■■■オーダであるが、コンクリートセルにおける最大取扱量が■■■■であることから、燃料デブリ等■■■■を全て溶解させたものとして、このとき臨界に達しないことを確認する。

7. コンクリートセルの臨界安全解析(2/13)

－非均質性の考慮について－

第2棟では、燃料デブリの分析の前処理として溶解を実施する。

- 溶解では、粉体状の燃料デブリ等を溶かすため、粉体(粒子)が溶液中に分散して存在する状態(非均質な状態)となる可能性がある。また、粉体が徐々に溶けていくため、粒子径は徐々に小さくなる。
- 過去の知見から燃料デブリの溶解は難しく、非常に溶けにくいいため、残さが発生する可能性がある。また、既存施設にて実施されたTMI-2燃料デブリ試料に対するアルカリ融解の適用確認のなかで、一部の試料の溶解時に沈殿物が発生することが確認されている。これら残さ、沈殿物が溶液中に分散することで非均質な状態となる可能性がある。

以上を踏まえ、均質体系での解析に加えて、Puが粒子状で存在する非均質体系についてPu濃度等が不均一な状態の解析を実施し、中性子実効増倍率が0.95となるPuの重量を評価した。

7. コンクリートセルの臨界安全解析(3/13)

－解析条件－

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。

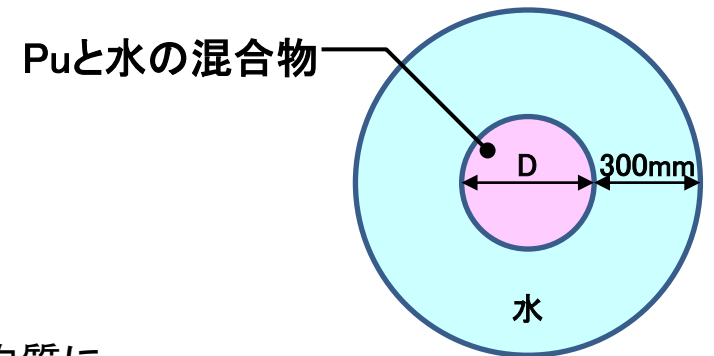
コンクリートセルでは、燃料デブリ等の受入、外観確認、切断、溶解等を行うため、固体、粉体及び液体の形態が想定される。このうち溶解処理を考慮し、減速系の解析モデルを用いて臨界に達しない重量を評価した。

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。
なお、Puと水の混合物は均質にモデル化した場合と非均質にモデル化した場合を考慮する。
- 均質体系での解析では、Puと水の混合物の直径(D)について、Puの濃度をパラメータとして保守的な結果が得られるよう設定する。
- 均質体系の不均一な状態として、燃料領域内でPu濃度に差がある場合を想定する。
- 非均質体系の解析では、Puが粒子状に存在するものとし、Puと水の混合物における直径(D)について、Puの粒径及び粒子間距離をパラメータとして保守的な結果となるように設定する。
- 非均質体系の不均一な状態として、燃料領域内でPu粒子の配列にばらつきがある場合を想定する
- 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。



減速系の解析モデル

7. コンクリートセルの臨界安全解析(4/13)

—均質体系の評価手順—

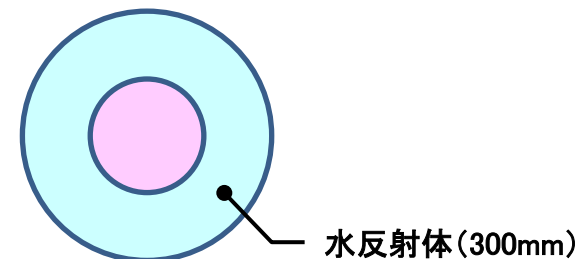
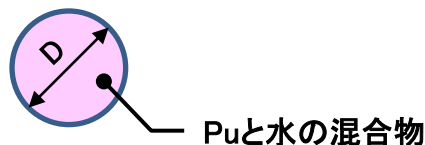
均質体系にて中性子実効増倍率が0.95となるPu重量を評価する。評価は以下の手順で実施した。

- ① Pu重量を仮定する [REDACTED]。
- ② 仮定したPu重量を基に、Puの濃度をパラメータとしてPuと水の混合物の直径を設定する。
なお、Puの濃度については水対燃料体積比(V_m/V_f)を30~40で変化させることで、約32~42g/Lで変化させた。ここで、 V_m は水の体積、 V_f は燃料の体積をいう。
- ③ Puと水の混合物の周囲に、十分な中性子の反射効果が得られる厚さ(300mm)を設定する。以上の条件で解析コードMVPを用いて中性子実効増倍率を求める。
- ④ 上記①から③を繰り返して、中性子実効増倍率が0.95となるPu重量を評価する。

- ①Pu重量を仮定
- ②Pu重量を基にPuと水の混合物中のPuの濃度をパラメータとして球の直径(D)を変化させる
→臨界になりやすい条件を設定



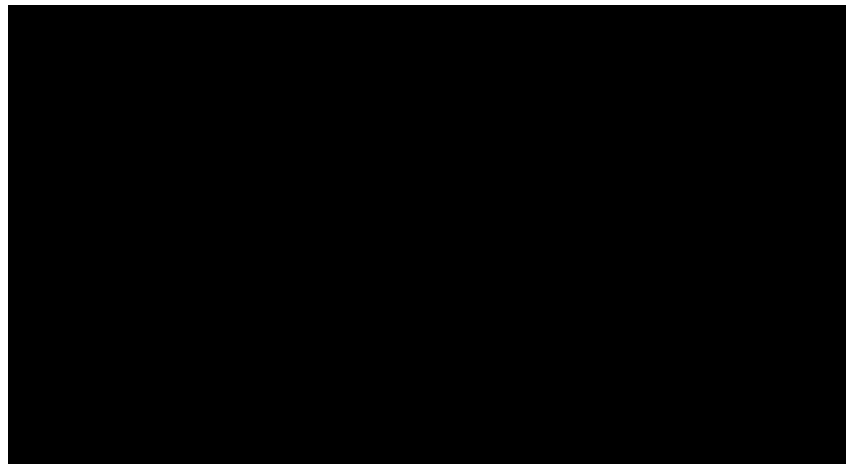
- ③Puと水の混合物の周囲に300mmの水反射体を設定
→臨界になりやすい条件を設定



7. コンクリートセルの臨界安全解析(5/13)

—均質／均一体系での解析結果—

中性子実効増倍率

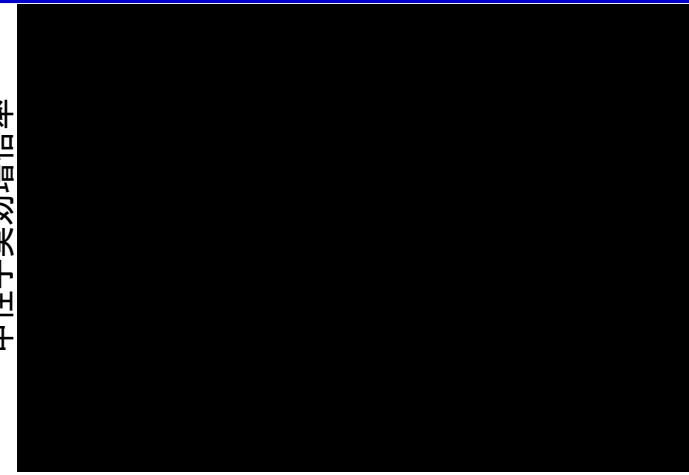
水対燃料体積比 (V_m/V_f)

水対燃料体積比による中性子実効増倍率の変化

Pu重量毎に最大の中性子実効増倍率をグラフ化

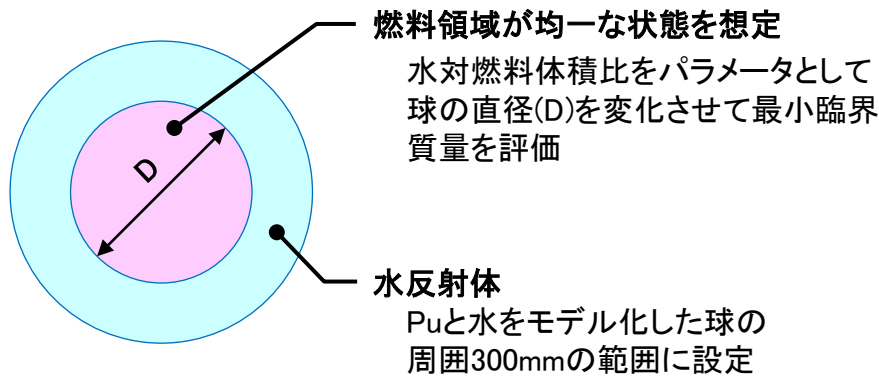


中性子実効増倍率



Pu重量 [kg]

Pu重量による中性子実効増倍率の変化



均質／均一体系の解析モデル

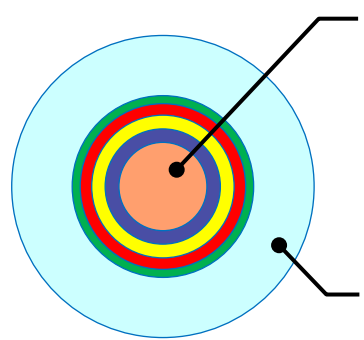
● : Pu+水の混合物 ● : 水

均質/均一体系において
中性子実効増倍率0.95となる
Puの重量



7. コンクリートセルの臨界安全解析(6/13)

—均質／不均一体系での解析結果—



燃料領域内の燃料濃度に差がある状態を想定

- 均質/均一体系の解析結果から得られた球の直径(D)に基づき燃料領域の体積を5等分
- 区分した燃料領域毎に、燃料と水の割合をパラメータとして燃料濃度を変化させることで燃料領域内に濃度差を設定

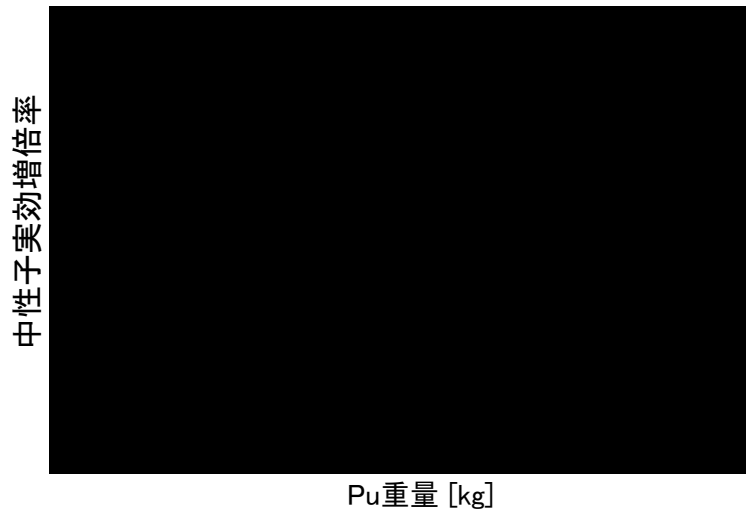
水反射体

Puと水をモデル化した球の周囲300mmの範囲に設定

均質／不均一体系の解析モデル

: Pu+水の混合物

 : 水



Pu重量による中性子実効増倍率の変化

均質/不均一体系において 中性子実効増倍率0.95となる Puの重量	
--	--



7. コンクリートセルの臨界安全解析(7/13)

—非均質体系の評価手順①—

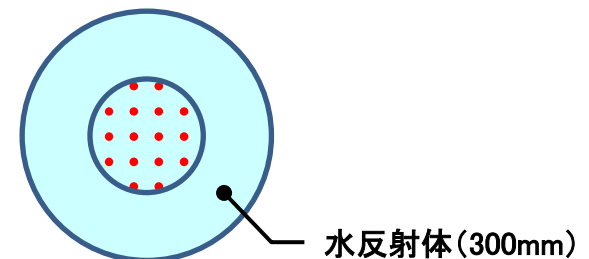
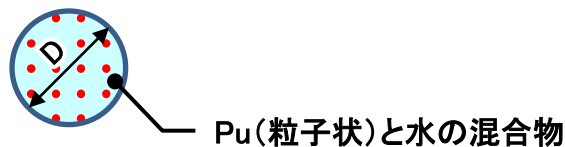
非均質体系にて中性子実効増倍率が0.95となるPu重量を評価する。評価は以下の手順で実施した。

- ① Pu重量を仮定する [REDACTED]。
- ② 仮定したPu重量を基に、Puと水の混合物中にPu粒子を正方格子状に配置し、その粒子径及び間隔をパラメータとしてPuと水の混合物の直径を設定する。なお、粒子径については0.025～0.15cm、Pu粒子の間隔については水対燃料体積比(V_m/V_f)を25～40で変化させることで、約0.06～0.40cmで変化させた。
- ③ Puと水の混合物の周囲に、十分な中性子の反射効果が得られる厚さ(300mm)を設定する。以上の条件で解析コードMVPを用いて中性子実効増倍率を求める。
- ④ 上記①から③を繰り返して、中性子実効増倍率が0.95となるPu重量を評価する。

- ①Pu重量を仮定
- ②Pu重量を基にPuと水の混合物中のPuの粒子径とその間隔をパラメータとして球の直径(D)を変化させる
→臨界になりやすい条件を設定



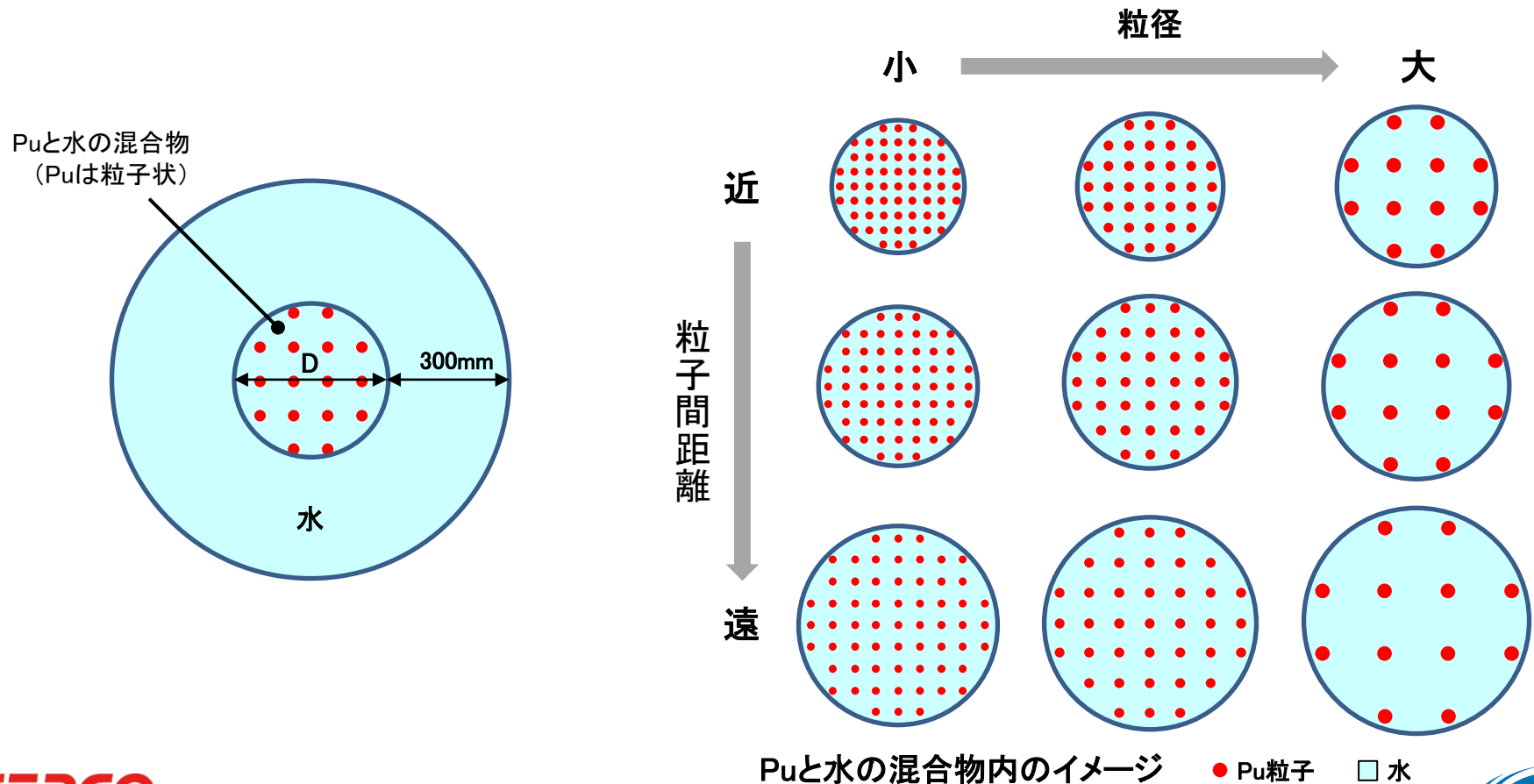
- ③Puと水の混合物の周囲に300mmの水反射体を設定
→臨界になりやすい条件を設定



7. コンクリートセルの臨界安全解析(8/13)

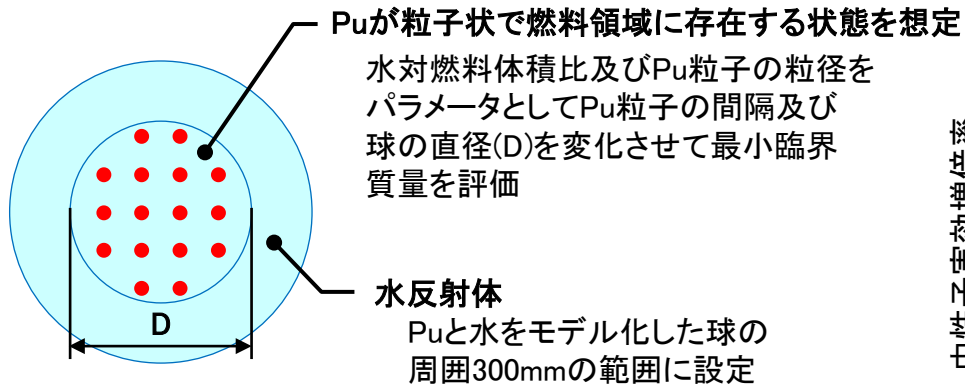
—非均質体系の評価手順②—

コンクリートセルの臨界安全解析では、既存核燃料サイクル施設の使用済燃料の溶解工程での臨界安全評価と同様にPuと水の混合物(非均質性)を想定し、粒子状のPuの粒径と粒子間の距離を変化させることで中性子実効増倍率が最大となるよう直径(D)を設定した。なお、混合物中のPu粒子間の距離については、Puに対する水の体積比を変化させることで変化した。



7. コンクリートセルの臨界安全解析(9/13)

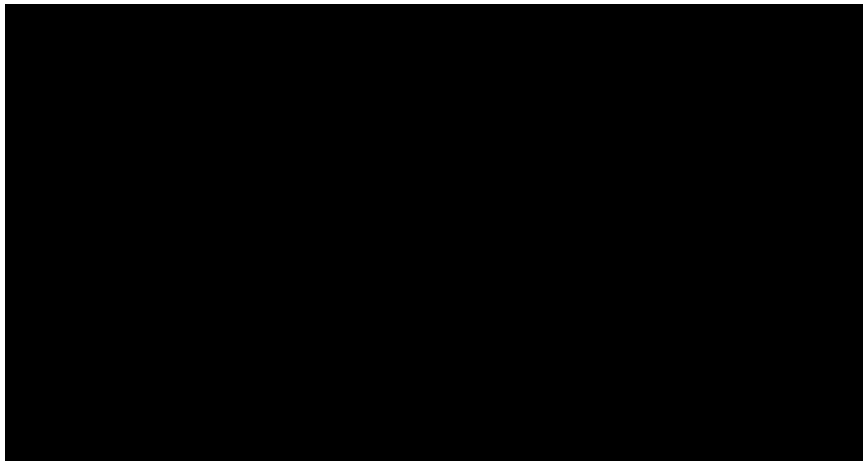
—非均質／均一体系での解析結果①—



非均質／均一体系の解析モデル

● : Pu粒子 ○ : 水

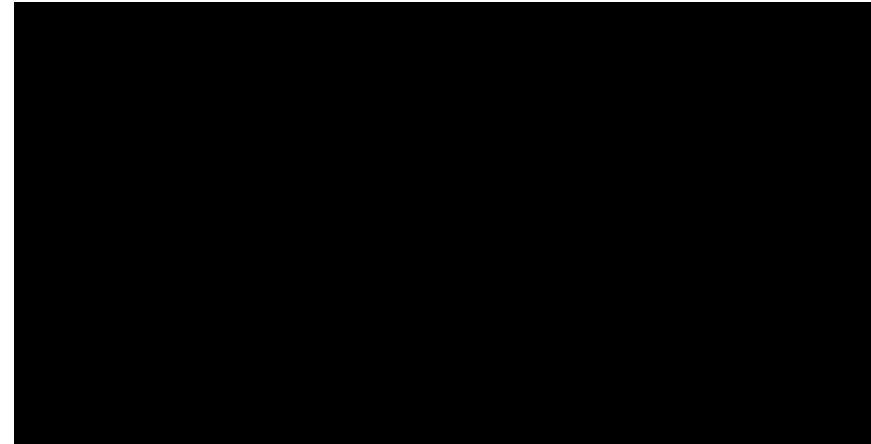
中性子実効増倍率



水対燃料体積比 (V_m/V_f)

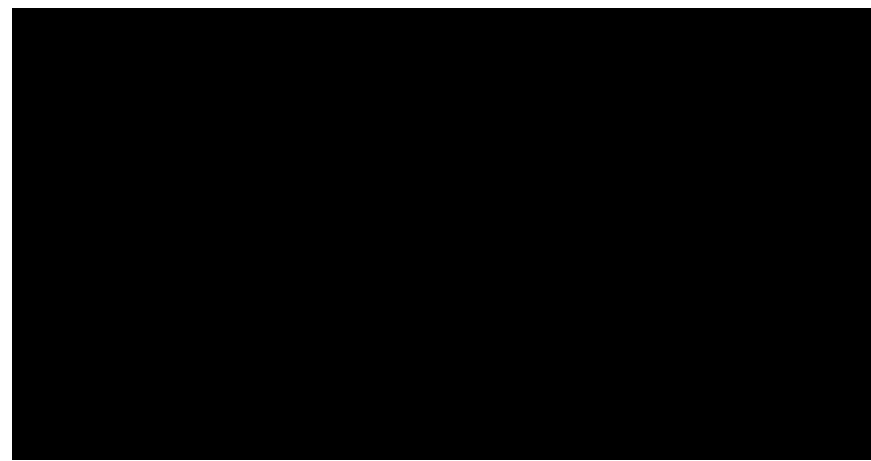
Pu重量別水対燃料体積比による中性子実効増倍率の変化

中性子実効増倍率



水対燃料体積比 (V_m/V_f)

中性子実効増倍率



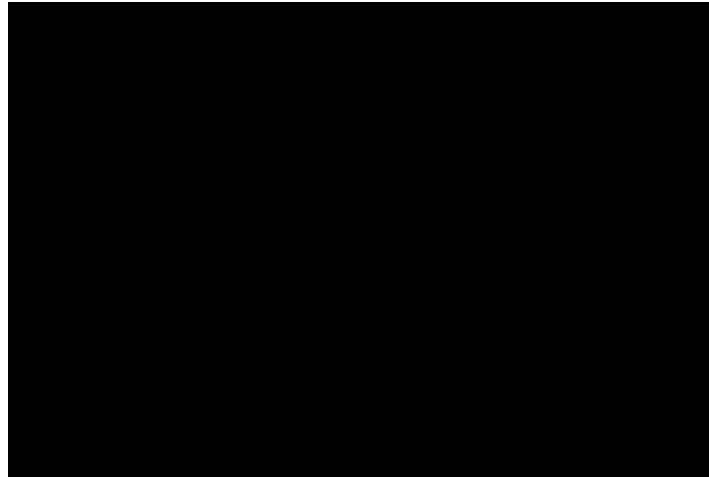
水対燃料体積比 (V_m/V_f)

⇒ Pu重量ごとの中性子実効増倍率の最大値(上図の赤丸)を用いて、Pu重量による中性子実効増倍率の変化を表すグラフとした

7. コンクリートセルの臨界安全解析(10/13)

—非均質／均一体系での解析結果②—

中性子実効増倍率



Pu重量 [kg]

Pu重量による中性子実効増倍率の変化

Pu重量毎のパラメータと中性子実効増倍率

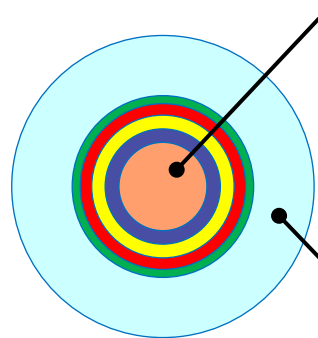
Pu重量 [kg]	水対燃料体積比 Vm/Vf	粒径 [cm]	中性子実効 増倍率
	30	0.100	0.91775
	30	0.050	0.94807
	30	0.100	0.97264

非均質/均一体系において
中性子実効増倍率0.95となる
Puの重量



7. コンクリートセルの臨界安全解析(11/13)

—非均質／不均一体系での解析結果—



Puが粒子状で存在し、燃料領域内で配列にばらつきがある状態を想定

- 非均質/均一体系の解析結果から得られた球の直径(D)に基づき燃料領域の体積を5等分
- 区分した燃料領域毎に、燃料と水の割合をパラメータとしてPu粒子の間隔を変化させることで燃料領域内でPu粒子の配列にばらつきを設定

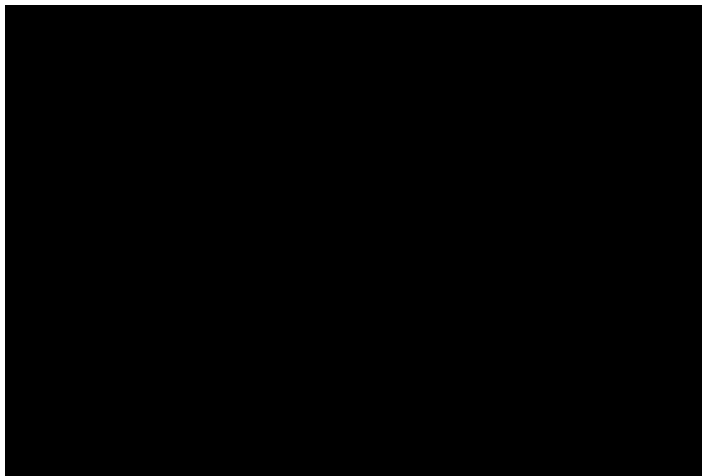
水反射体

Puと水をモデル化した球の周囲300mmの範囲に設定

非均質／不均一体系の解析モデル

: Pu+水の混合物 : 水

中性子実効増倍率



Pu重量 [kg]

Pu重量による中性子実効増倍率の変化

非均質/不均一体系において
中性子実効増倍率0.95となる
Puの重量



Pu重量毎のパラメータと中性子実効増倍率

Pu重量 [kg]	水対燃料体積比 V_m/V_f	粒径 [cm]	中性子実効 増倍率
	30	0.050	0.92121
	30	0.025	0.91927
	30	0.100	0.95411

7. コンクリートセルの臨界安全解析(12/13)

－解析結果の比較－

中性子実効増倍率が0.95となるPuの重量を評価した。

体系	臨界に達しないPu重量
均質 / 均一	[Redacted]
均質 / 不均一	
非均質 / 均一	
非均質 / 不均一	

解析の結果から、非均質 / 不均一体系の場合が厳しい結果となる。

以上から臨界に達しないPuの重量は、非均質 / 不均一体系の解析結果 [Redacted] を0.1kg未満で切り捨てた [Redacted] と評価する。

7. コンクリートセルの臨界安全解析(13/13)

— 評価結果 —

- (1) 臨界に達しないPuの重量: [REDACTED]
($k_{eff} + 3\sigma$ が 0.95^{*1} となる時の重量)
- (2) 誤操作による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)

第2棟では、コンクリートセルにおける燃料デブリ等の取扱量を [REDACTED] 以下に制限する。
また、被覆管等との混在が想定される燃料デブリ等について、全て核燃料と見なす。

このとき、燃料デブリ等 [REDACTED] に含まれるPuの重量は [REDACTED] であり、さらに ^{235}U を加えた重量は [REDACTED] *3 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。

※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)

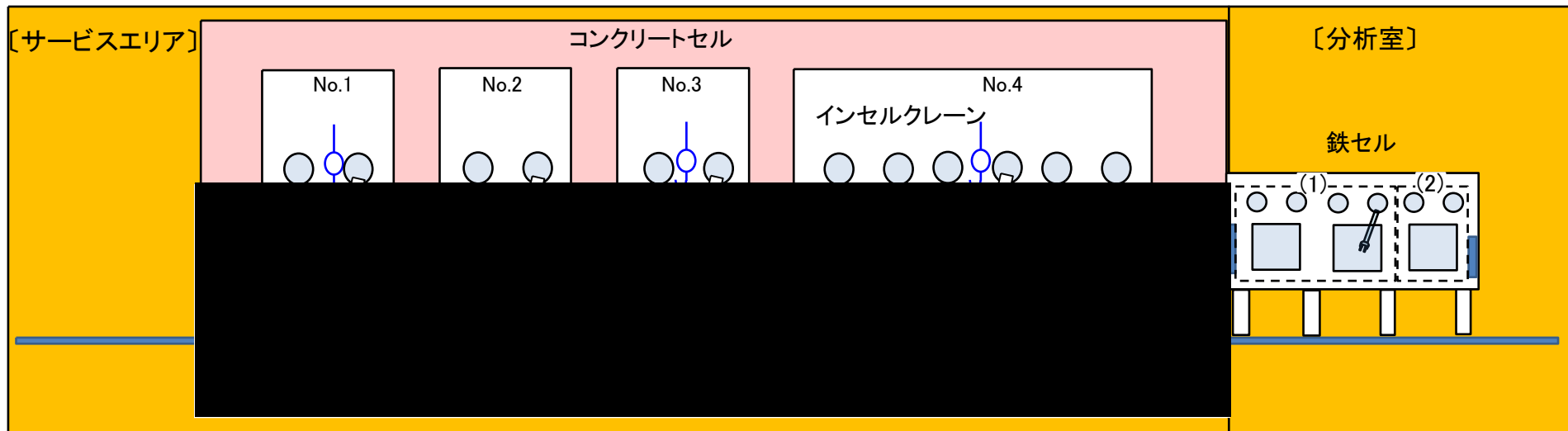
※3: 燃料デブリ等 [REDACTED] に含まれるPu+ ^{235}U の重量として、 [REDACTED] から算出した重量

8. 試料ピットの臨界安全解析(1/7)

－試料ピットにおける燃料デブリ等の保管方法－

試料ピットでは、以下の質量制限及び形状制限にて臨界管理を行う。

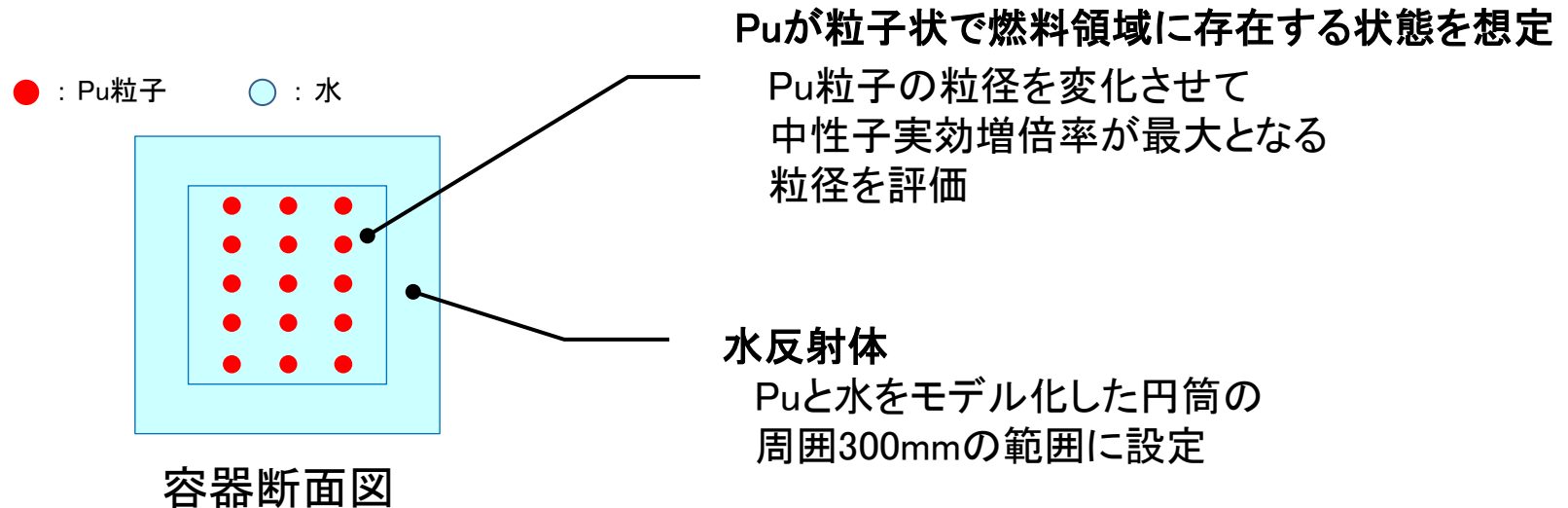
- 試料ピットは、 から成り、各 に燃料デブリ等(以下)を収納した容器を まで積み上げて保管する。最大容量は 、 である。
- 、 及び各 の間隔 で形状を制限する。



試料ピットの臨界安全解析では、下記を考慮する。

- 燃料デブリ等を収納した容器1つに対して、中性子実効増倍率が高くなる条件を検討し、この結果をもとに、試料ピットに容器を配置して試料ピット全体を評価する
- 燃料領域内でPu粒子の配列にばらつきがある不均一な状態を想定する。

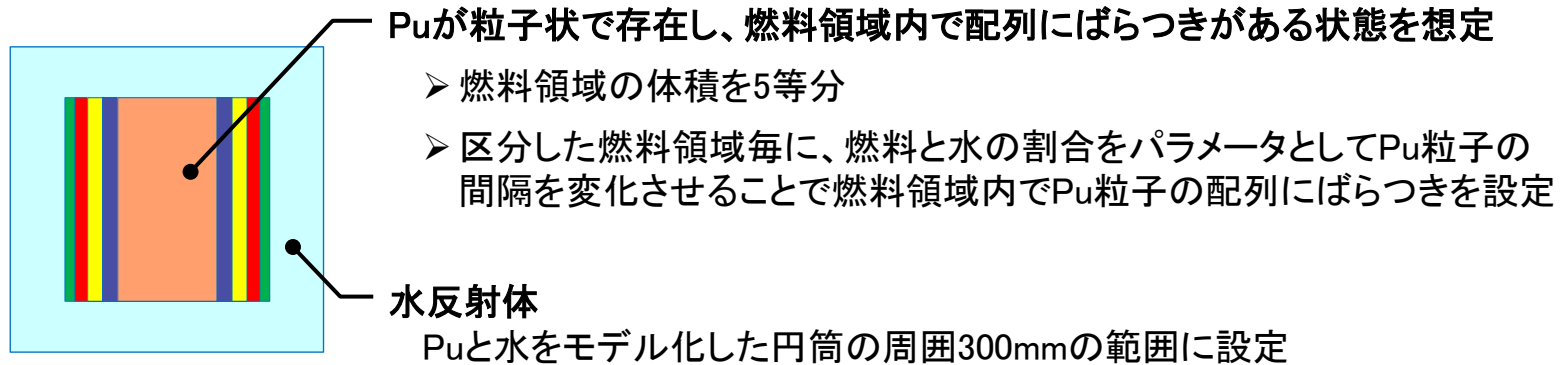
8. 試料ピットの臨界安全解析(2/7) —容器の非均質/均一体系での解析結果—



容器の非均質/均一体系の解析モデル

8. 試料ピットの臨界安全解析(3/7)

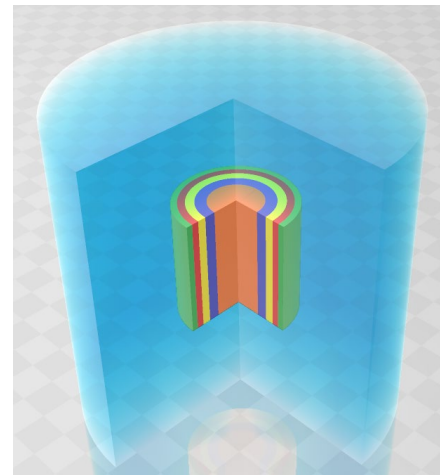
— 容器の非均質/不均一体系での解析結果 —



: Pu+水の混合物

 : 水

非均質/不均一体系の解析モデル



解析モデルのイメージ

8. 試料ピットの臨界安全解析(4/7) — 容器単体の解析結果 —

容器単体の解析結果

体系	Pu粒子の粒径	中性子実効増倍率
非均質／均一	0.05 cm	0.72000
非均質／不均一	0.06 cm	0.72233

8. 試料ピットの臨界安全解析(5/7)

－試料ピット全体の解析条件－

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。

解析条件

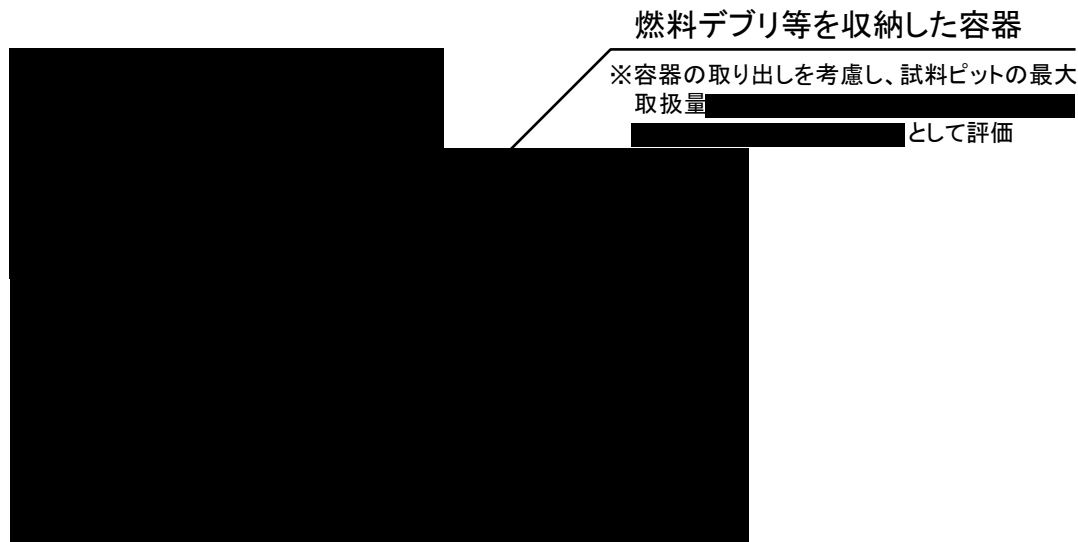
- (1) 解析コード : MVP2.0(連続エネルギーモンテカルロ計算コード)
- (2) 解析上の燃料デブリ等の量: 最大取扱量[]

8. 試料ピットの臨界安全解析(6/7)

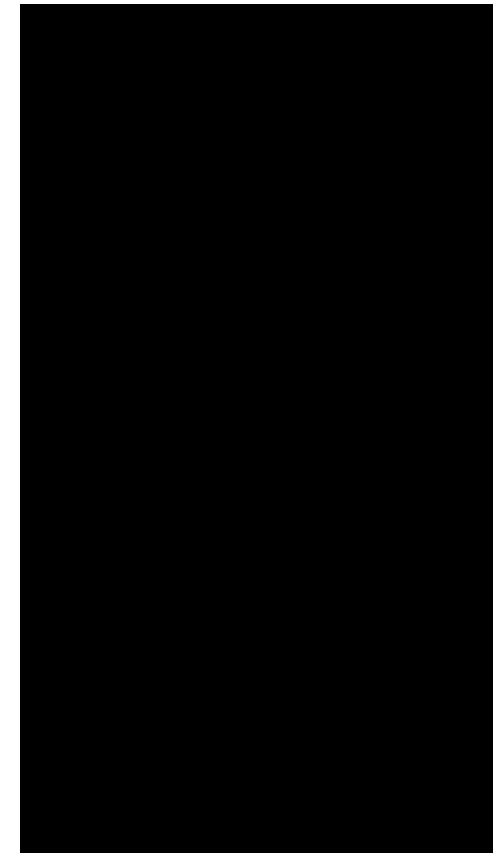
－試料ピット全体の解析モデル－

(3) 解析モデル

- 容器内の燃料デブリ等は、粒子状のPuと水の混合物とする。
- 粒子状のPu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。また、燃料領域内でPu粒子の配列にばらつきがある不均一な状態を想定する
- 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。
- XXXXXXXXXX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)

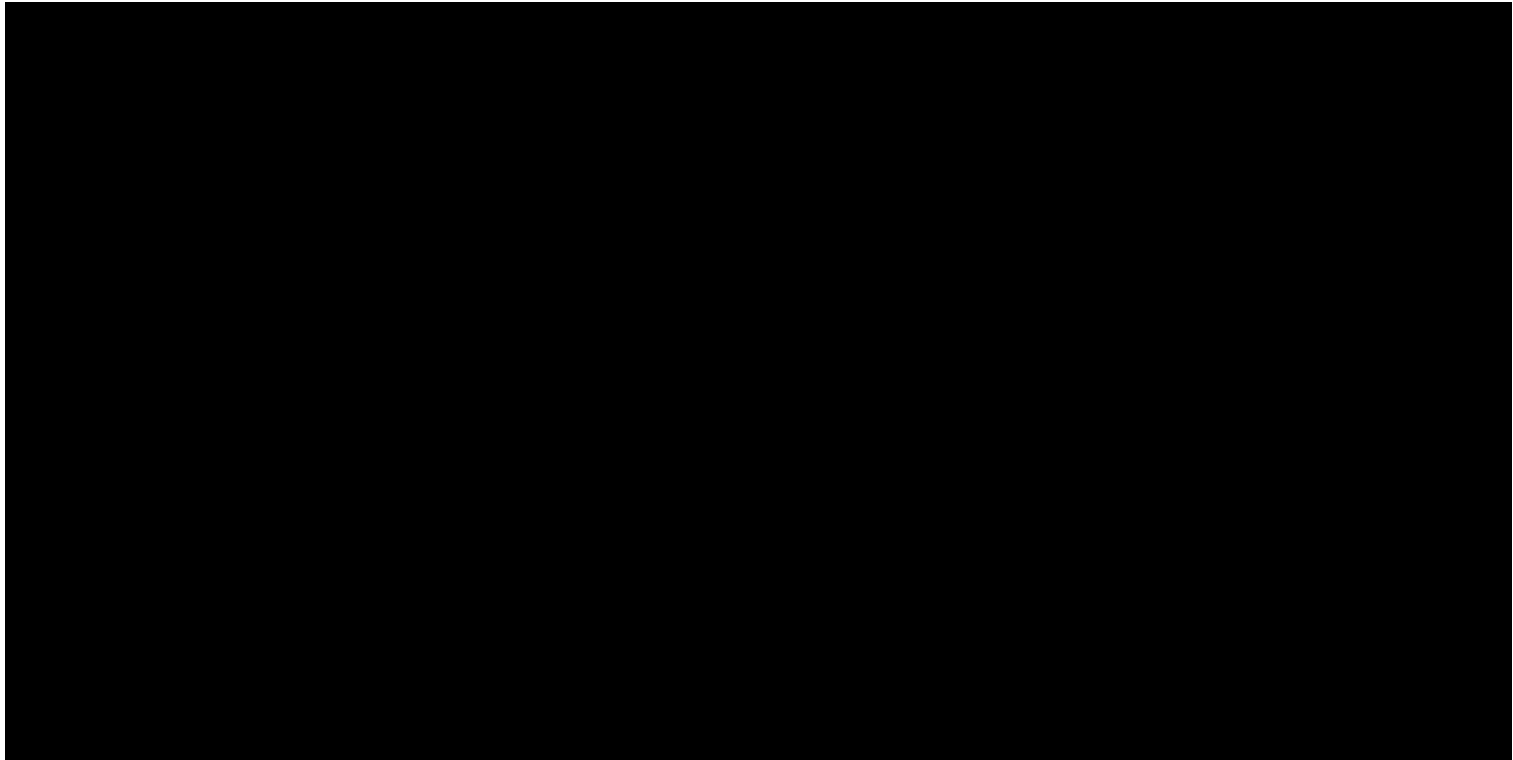


平面図 (単位:mm)

8. 試料ピットの臨界安全解析(7/7) — 試料ピット全体の解析結果 —

解析結果

試料ピットに、容器単体の解析結果に基づき、非均質／不均一とした容器を配置して中性子実効増倍率を計算した結果、0.91770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。

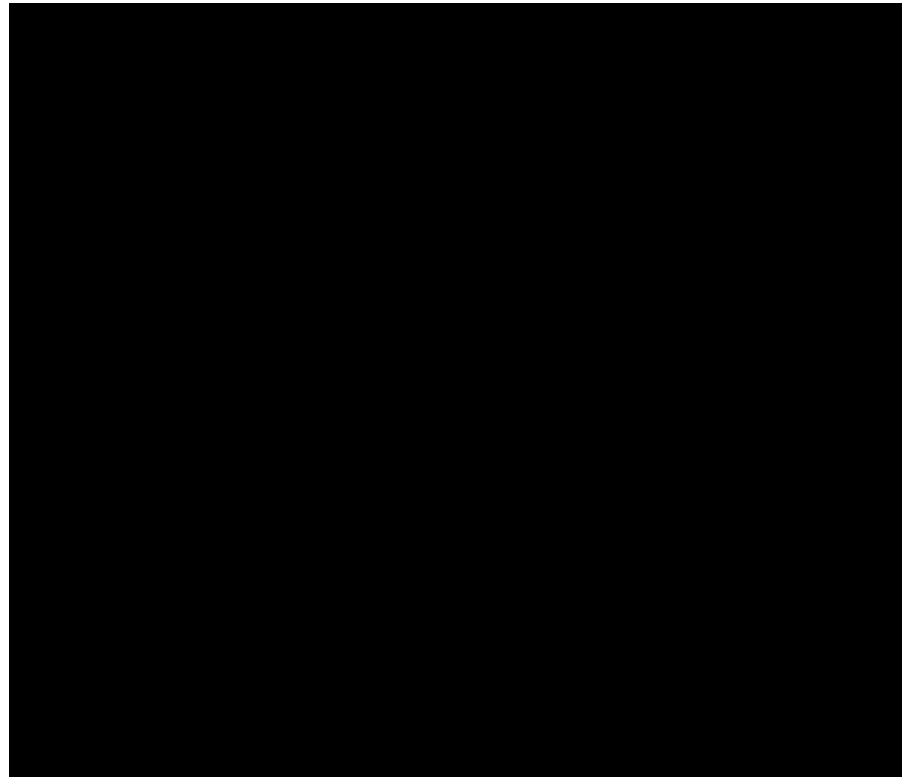


試料ピット断面図

9. 臨界管理の方法(2/5)

第2棟における臨界管理の方法のうち、質量管理ではコンクリートセルNo.2及びNo.4並びに鉄セルに重量測定器を設置し、燃料デブリ等の重量を測定する。

また、最大取扱量の異なる取扱場所へ燃料デブリ等を移動する時は、計算機又は伝票により移動先の取扱場所における存在量が最大取扱量以下であることを確認した後に移動を行うとともに、実際の移動にあたっては、作業を担当する者以外の者から立会者を指名し、立会わせることで移動状況の現場確認を行う。



第2棟の機器配置図 地上1階

9. 臨界管理の方法(3/5)

－燃料デブリ等の受入れ・払出しに伴う管理－

(燃料デブリ等の受入れ)

燃料デブリ等を受け入れる際は、コンクリートセルNo.1～4の燃料デブリ等の合計重量が最大取扱量である■以下となるよう管理する。現在想定している具体的な管理の方法は以下のとおり。

- ① 受入れに先立ち、容器ID並びに総重量(内容物+容器)及び容器重量の情報提供を受ける。
- ② 計算機又は伝票の記録により、コンクリートセルNo.1～4に存在する燃料デブリ等の量を確認し、受け入れる燃料デブリ等との合計が最大取扱量■以下であることを確認した後、燃料デブリ等を受け入れる。
- ③ 受入れ後、コンクリートセルNo.1にて容器IDの確認及びコンクリートセルNo.2にて総重量の測定を実施する。
- ④ コンクリートセルNo.4にて容器から燃料デブリ等を取り出し、内容物の重量を測定する。
- ⑤ 受入物ごとに、燃料デブリ等の重量、取扱場所等について、計算機又は伝票に記録し管理する。
なお、上記④の作業前に、受け入れた燃料デブリ等を試料ピットへ一時的に保管する場合は、総重量及び容器重量から内容物重量を評価して、計算機又は伝票に記録する。

(燃料デブリ等の払出し)

現在想定している燃料デブリ等を1F他施設へ払い出す際の具体的な管理の方法は以下のとおり。

- ① 払出しに先立ち、計算機又は伝票の記録により払い出す燃料デブリ等を収納した容器のID及び燃料デブリ等の重量を確認し、払出先の施設へ通知する。
- ② 容器を払い出す際は、容器IDを確認し、払い出す容器で間違いがないことを確認する。
- ③ 払い出した後、計算機又は伝票の情報を更新し管理する。

9. 臨界管理の方法(4/5)

－燃料デブリ等の一時的な保管に伴う管理－

(燃料デブリ等の一時的な保管)

燃料デブリ等を試料ピットへ一時的に保管する際は、試料ピットの燃料デブリ等の合計重量が最大取扱量である■以下となるよう管理する。現在想定している具体的な管理の方法は以下のとおり。

- ① 計算機又は伝票の記録により、試料ピットへ収納する容器内の燃料デブリ等が■以下であること及び試料ピットの保管量を確認し、それらの合計が最大取扱量■以下であることを確認した上で、試料ピットへ容器を収納する。
- ② 容器を試料ピットへ収納する際は、容器IDを確認し、収納する容器で間違いがないことを確認する。
- ③ 試料ピット内の保管場所については、計算機又は伝票に記録し管理する。

(試料ピットからの燃料デブリ等の取出し)

燃料デブリ等を試料ピットから取り出す際は、コンクリートセルNo.1～4の燃料デブリ等の合計重量が最大取扱量である■以下となるよう管理する。現在想定している具体的な管理の方法は以下のとおり。

- ① 計算機又は伝票の記録により、試料ピットから取り出す容器のID及び収納されている燃料デブリ等の量並びにコンクリートセルNo.1～4に存在する燃料デブリ等の量を確認し、その合計が最大取扱量■以下であることを確認した上で、試料ピットから容器を取り出す。
- ② 試料ピットから容器を取り出す際は、容器IDを確認し、取り出す容器で間違いがないことを確認する。
- ③ 燃料デブリ等の取扱場所については、計算機又は伝票の情報に記録し管理する。

9. 臨界管理の方法(5/5)

－コンクリートセル－鉄セル間の移送に伴う管理－

(コンクリートセルから鉄セルへの移送)

現在想定している燃料デブリ等をコンクリートセルから鉄セルへ移送する際の具体的な管理の方法は以下のとおり。

- ① 計算機又は伝票の記録により、鉄セルへ移送する容器のID及び重量並びに鉄セルに存在する燃料デブリ等の量を確認し、その合計が \blacksquare 以下であること確認した上で、コンクリートセルから鉄セルへ試料を移送する。
- ② 試料を移送する際は、容器IDを確認し、移送する対象に間違いがないことを確認する。
- ③ 試料の取扱場所については、計算機又は伝票に記録し管理する。

(鉄セルからコンクリートセルへの移送)

鉄セルからコンクリートセルへ移送する際は、コンクリートセルNo.1～4の燃料デブリ等の合計重量が最大取扱量である \blacksquare 以下となるよう管理する。現在想定している具体的な管理の方法は以下のとおり。

- ① 計算機又は伝票の記録により、コンクリートセルへ移送する容器のID及び重量並びにコンクリートセルNo.1～4に存在する燃料デブリ等の量を確認し、その合計が最大取扱量 \blacksquare 以下であることを確認した上で、鉄セルから移送する。
- ② 試料を移送する際は、容器IDを確認し、移送する対象に間違いがないことを確認する。
- ③ 試料の取扱場所については、計算機又は伝票に記録し管理する。

なお、実際に燃料デブリ等を移送する際、作業を担当する者以外の者から立会者を指名し、立会わせることで移送状況の現場確認を行う。また、燃料デブリ等の分析・試験で得られた $^{235}\text{U}+\text{Pu}$ 量が、臨界管理上、保守的な条件で評価した値を超えていないことの確認を含め、臨界管理の具体的な方法については、マニュアルを整備する。

10. 第2棟における臨界管理(1/2)

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。

また、評価に使用した解析モデルは、水没を考慮したモデルであるため、消火活動によりセル内に注水したとしても臨界に達することはない。

10. 第2棟における臨界管理(2/2)

第2棟における臨界安全評価の結果、保守的な条件下においても臨界に達することはなく、臨界事故は発生しない。

γ 線エリアモニタ及び中性子線エリアモニタは、仮に臨界が発生した場合にも、臨界に伴う線量率の上昇を検知できるとともに、警報発報が可能な設計としている。

第2棟の運用に当たっては、万が一臨界が発生した場合を想定して以下の項目を含むマニュアルを整備する。

- 建屋外への避難方法
- 通報連絡体制
- 放射線状況の確認方法 等

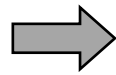
なお、マニュアルの整備にあたっては、東京電力HDとJAEAで調整し、1F他施設での対応と整合を図る。

別紙1 UO₂燃料とMOX燃料の比較検討(1/3)

—UO₂燃料の組成—

1F 1～3号機に装荷されたUO₂燃料(新燃料)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。

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

別紙1 UO₂燃料とMOX燃料の比較検討(2/3)

—MOX燃料の組成—

1F 3号機に装荷されたMOX燃料(新燃料)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	■		■*

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

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

- 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

・ Pu同位体組成等

核種	実績値[wt%]		評価値[wt%]
■	■	→	■
■	■		■
■	■		■

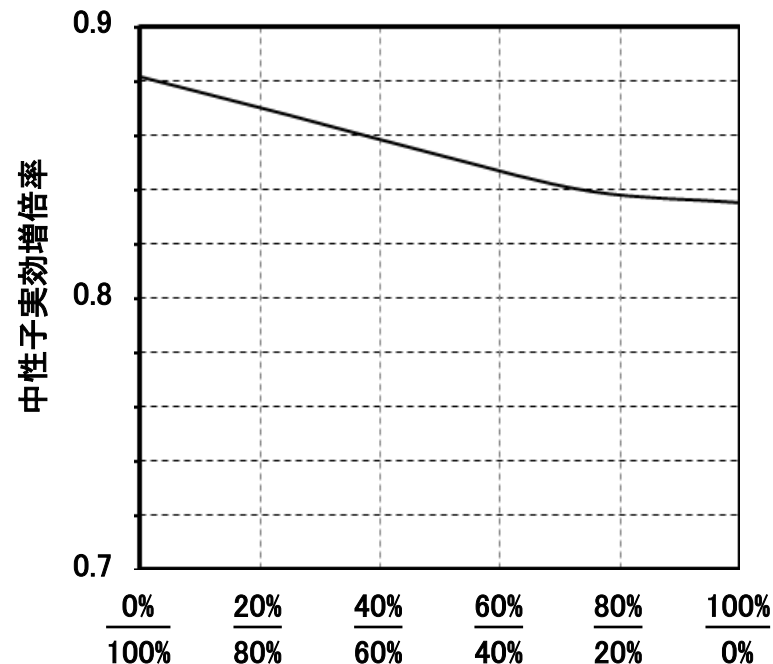
組成 = 核種 / (Pu + ²⁴¹Am) × 100

中性子を吸収する核種である²⁴¹Am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。

別紙1 UO₂燃料とMOX燃料の比較検討(3/3)

UO₂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、UO₂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、UO₂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。



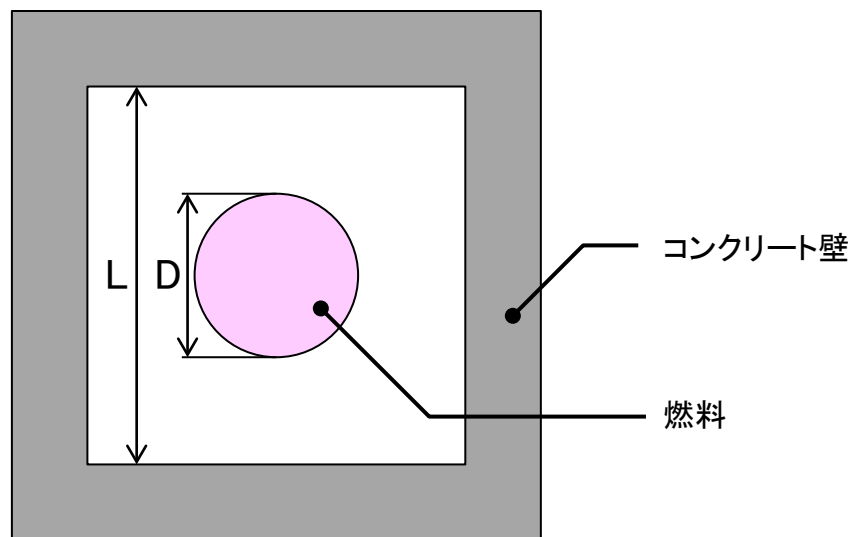
UO₂燃料とMOX燃料の割合(上段がUO₂燃料、下段がMOX燃料の割合を示す)

別紙2 コンクリートセルNo.4における溶解処理と解析モデル (1/3)

(解析モデルにおける反射体について)

臨界安全評価では、反射体として燃料の周囲に十分な厚さの水反射体を仮定してモデル化した方が高い中性子実効増倍率を示す場合が多い。一方で、コンクリートセルのようなコンクリートで囲われた室内で燃料を取り扱う場合、反射体としてコンクリート壁を設定した方が水反射体を仮定した場合に比べて高い中性子実効増倍率を示す場合がある。

JAEAの報告書※では、燃料の直径(D)に対するコンクリート壁の内面寸法(L)との比(L/D)が2以上であれば、コンクリート壁のかわりに十分な厚さの水反射体を仮定して臨界となる条件を求める方が厳しいと報告されている。

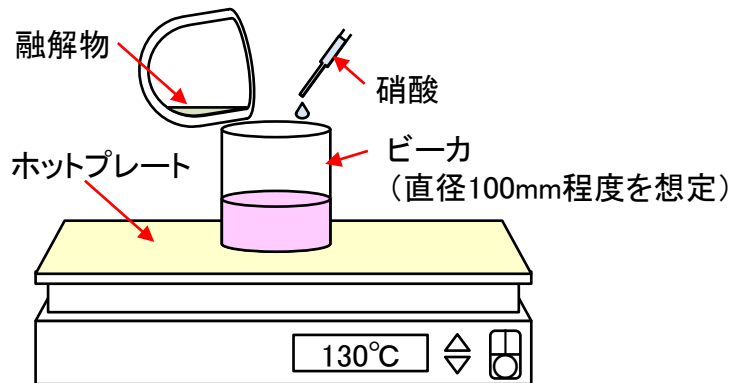


※『コンクリート反射体と円柱燃料の面間距離に対する中性子反応度の変化』, 日本原子力研究所, JAERI-M87-212, (1988).

別紙2 コンクリートセルNo.4における溶解処理と解析モデル (2/3)

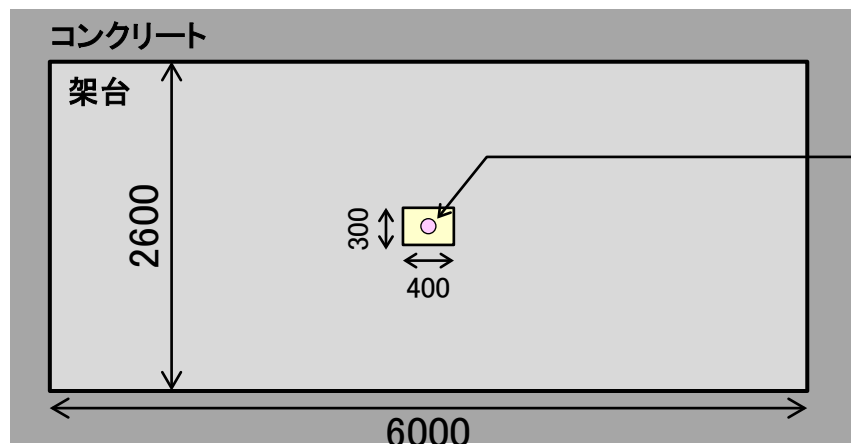
〔コンクリートセルNo.4: アルカリ融解作業例〕

燃料デブリ等と過酸化ナトリウムの融解物をビーカに移し替え、硝酸を加えて溶液化する。

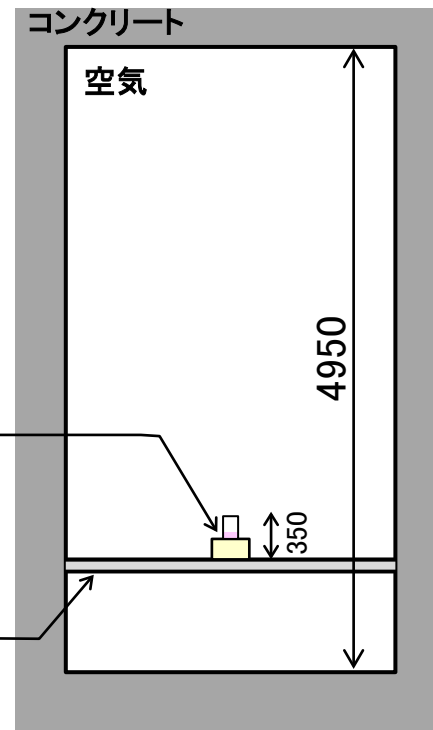


コンクリートセルNo.4における溶解処理では、直径100mm程度のビーカ内に溶液化した燃料デブリ等が存在する想定である。このとき、燃料領域の直径(D)に対するコンクリートセルNo.4の内面寸法(L)との比(L/D)は、2を十分上回る。

以上から、コンクリートセルの臨界安全解析における反射体について、十分な厚さの水反射体を仮定している。



(平面図)



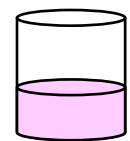
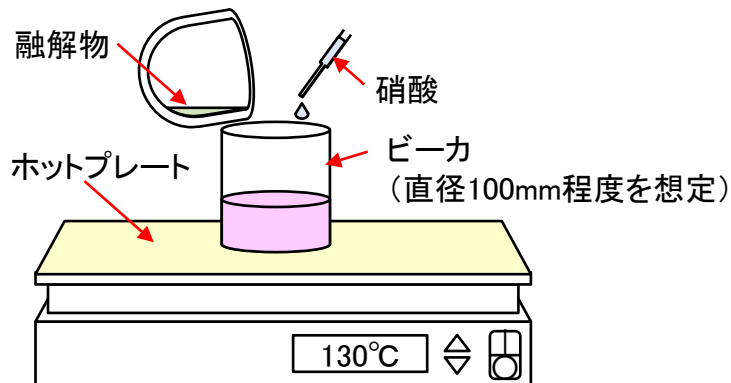
(断面図)

コンクリートセルNo.4と溶解処理関連機器(想定)の大きさの目安 単位:mm

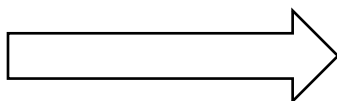
別紙2 コンクリートセルNo.4における溶解処理と解析モデル (3/3)

〔コンクリートセルNo.4: アルカリ融解作業例〕

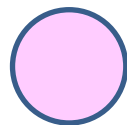
燃料デブリ等と過酸化ナトリウムの融解物をビーカに移し替え、硝酸を加えて溶液化する。



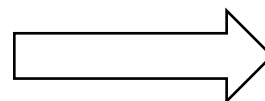
燃料領域
円柱形状



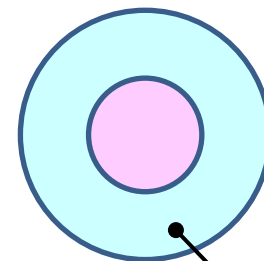
燃料領域を表面積が小さく、中性子の漏れが少ない球形状でモデル化



燃料領域
球形状



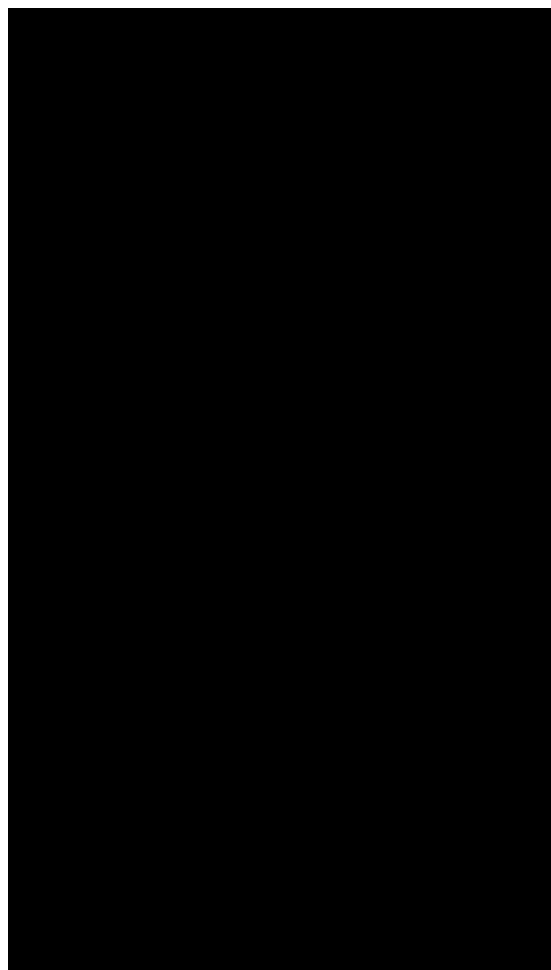
燃料領域の外側に十分な水反射体(300mm)をモデル化



水反射体(300mm)

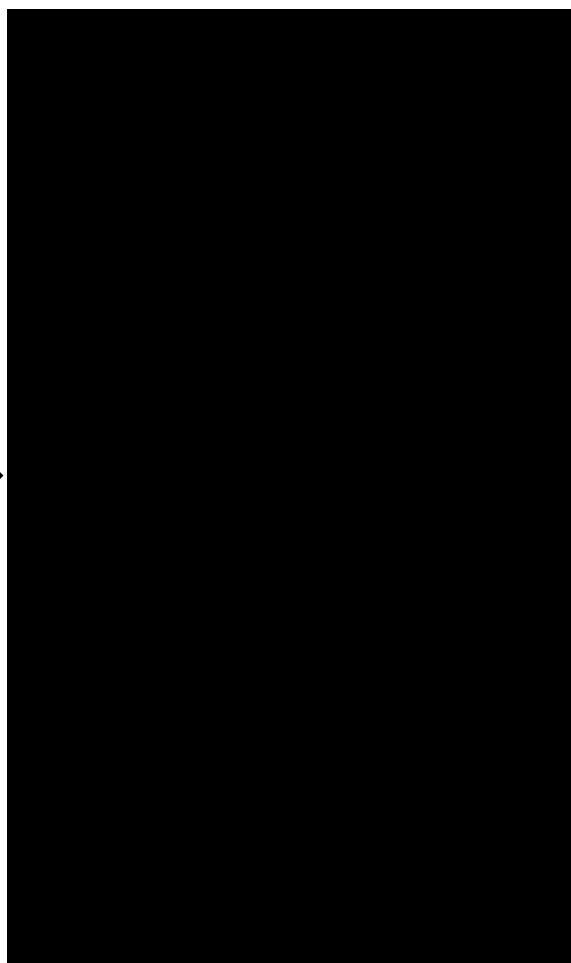
解析モデル

別紙3 試料ピットの構造及び解析モデル(1/2) (平面図)



単位:mm

試料ピットの構造

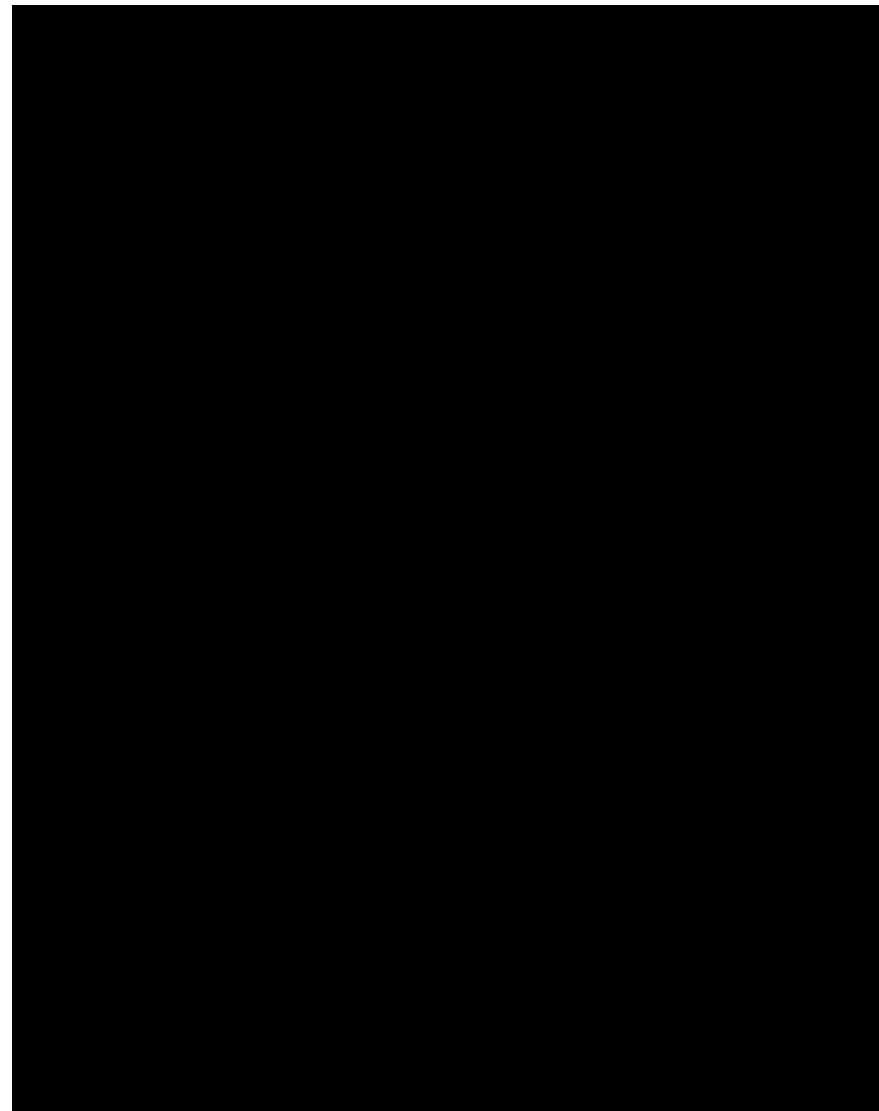


単位:mm

解析モデル

※解析モデルのホールの間隔については、
施工誤差を考慮し、安全側の評価となるよう
設計寸法からマイナス10mmとした。
(設計寸法 [REDACTED])

別紙3 試料ピットの構造及び解析モデル(2/2) (断面図)



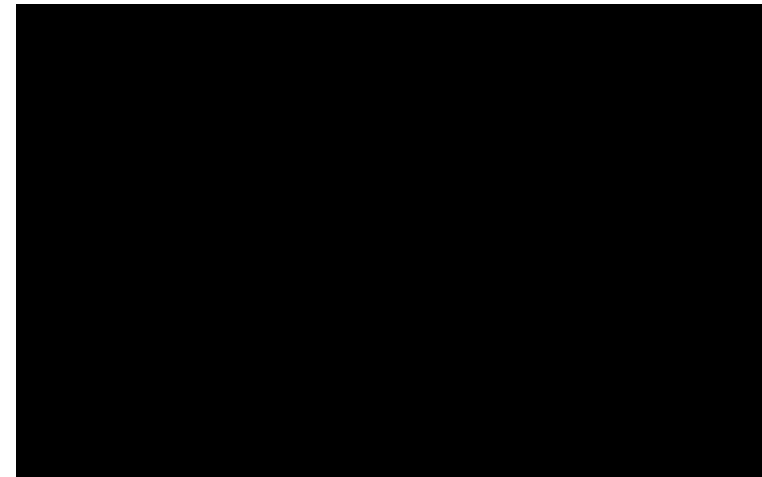
試料ピットの構造



試料ピット蓋

燃料デブリ等を
収納した容器

燃料デブリ等



解析モデル

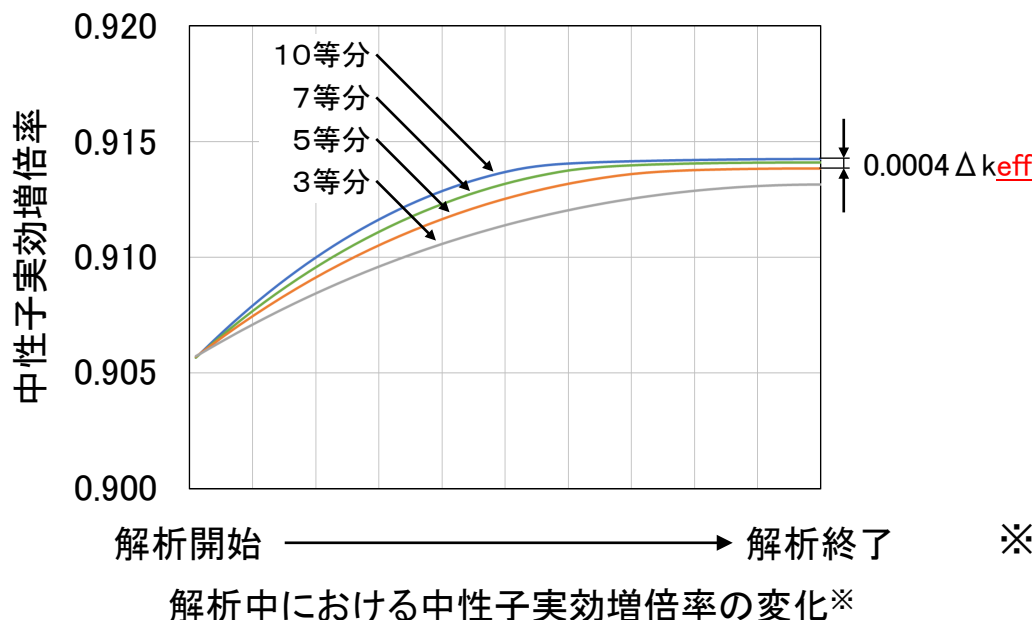
単位 : mm

別紙4 不均一体系における燃料領域の分割数について (1/2)

(燃料領域の分割数について)

不均一体系の臨界安全解析には、燃料領域の体積を5等分した解析モデルを用いている。これに対して、燃料領域の体積を3等分、7等分及び10等分した解析モデルを評価し、燃料領域の分割数による影響を検討する。

評価には、SCALE6.1 1次元臨界材質サーチ計算SMORESを用いて、燃料領域全体の燃料重量を一定とし、区分した各燃料領域の燃料と水の割合を変化させながら、中性子実効増倍率が最大値に収束するまで計算を行う(下図)。



計算の結果、燃料領域の分割数の増加に伴い、収束時の中性子実効増倍率の値が増加した。

その増加分について、3等分と5等分では比較的差があるものの、5等分以上の分割数における差はごく小さい。

解析終了時(左図中の右端)において、5等分と10等分との差は約0.0004 Δk_{eff} となった。

※区分した各燃料領域中の燃料と水の割合を微小変化させて繰り返し計算することで、中性子実効増倍率を最大値に収束させる。

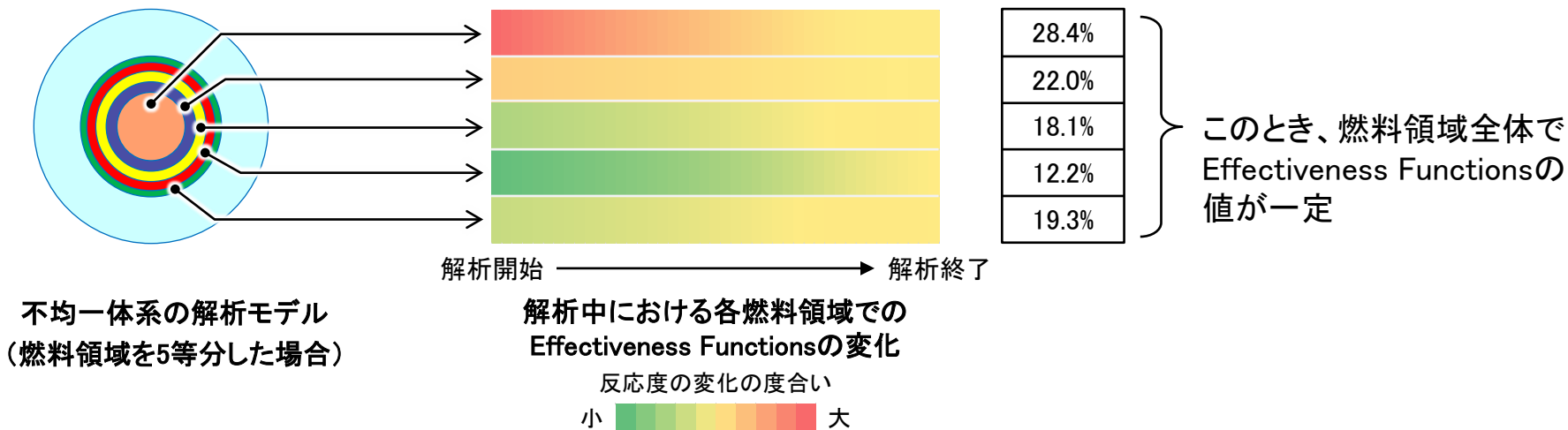
別紙4 不均一体系における燃料領域の分割数について (2/2)

(燃料インポートランスについて)

燃料インポートランスとは、ある領域に存在する燃料の濃度変化に対する実効増倍率への影響度を表し、ある空間に対して一定となる時に体系の反応度が最も大きくなる(燃料インポートランス平坦化原理)※。

SCALE6.1 1次元臨界材質サーチ計算SMORESでは、ある領域の燃料濃度を变化させた時の反応度の変化の度合い(Effectiveness Functions)を計算する。中性子実効増倍率が最大を示すとき(解析終了時)、反応度の変化の度合いを示すEffectiveness Functionsの値が燃料領域全体で一定であることを確認した(下図)。

Pu重量■■■■、水対燃料体積比35の場合の計算結果



※『OPT-TWO:2次元MOX燃料最適濃度分布計算コード』, 日本原子力研究開発機構, JAEA-Data/Code 2007-017, (2007).

別紙5 燃料組成の保守性について(1/6)

第2棟の臨界安全評価において、保守的に設定している以下の各条件について、中性子実効増倍率への影響を検討する。

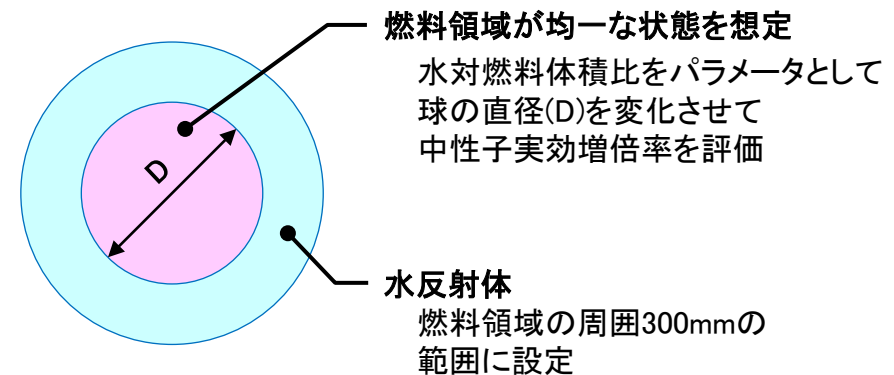
- 燃料デブリ等のすべてが核燃料で構成されていると想定する。
- 燃焼した燃料より核分裂性物質を多く含む、新燃料を想定する。
- 中性子吸収効果を有するガドリニウムを考慮しない。
- 中性子を吸収する核種である ^{241}Am をMOX燃料から除いた組成とする。

(検討条件)

検討に用いる燃料デブリ等の重量については、コンクリートセルにおける最大取扱量 \blacksquare を基に、二重装荷の安全係数0.43を考慮し、 $\blacksquare \div 0.43$ で求まる \blacksquare を1kg単位で切り上げた \blacksquare として影響を評価する。

また、解析モデルについては球形状の均質／均一体系とし、燃料領域の周囲に十分な中性子の反射効果が得られる水反射体(30cm)を設定する。

解析には、連続モンテカルロコードMVP2.0を使用する。



均質／均一体系の解析モデル


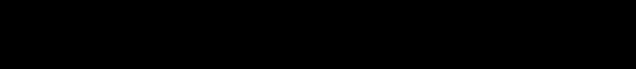
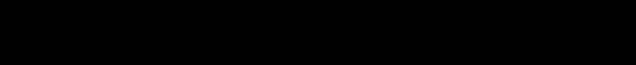
● : 燃料領域 ● : 水

別紙5 燃料組成の保守性について(2/6)

(燃料デブリ等のすべてが核燃料で構成されている)

MOX燃料と被覆管(ジルカロイ2)について、燃料集合体1体あたりの燃料重量と被覆管重量をもとに、MOX燃料の質量割合を80wt%、被覆管の質量割合を20wt%として中性子実効増倍率を評価する。

評価に用いるPu組成

	Pu含有率 [wt%] 
元素	Pu
核種	
組成 [wt%]	

評価に用いる被覆管(ジルカロイ2)の組成^{※1}

元素	Sn	Fe	Cr	Ni	Zr
組成 [wt%]	1.45	0.135	0.1	0.055	98.26

評価結果

質量割合 (MOX燃料 : 被覆管)	中性子実効増倍率 ($k_{eff}+3\sigma$)
100wt% : 0wt%	0.877
80wt% : 20wt%	0.836
差	0.041

※1 JIS H 4751:2016, ジルコニウム合金管.

別紙5 燃料組成の保守性について(3/6)

(燃焼した燃料より核分裂性物質を多く含む、新燃料を想定する)

MOX燃料について、新燃料と燃焼した燃料を用いて中性子実効増倍率を評価した。

なお、燃焼した燃料の組成には、1F 3号機の運転履歴に基づき燃焼度4.5GWd/t^{※1}、原子炉停止から12年冷却の条件にてORIGEN2.2-UPJを用いて算出し、中性子を吸収する核種である²⁴¹Amを除いた組成とした。

評価に用いるPu組成(新燃料)

	Pu含有率 [wt%] ■
元素	Pu
核種	
組成 [wt%]	

評価に用いるPu組成(燃焼した燃料)

	Pu含有率 [wt%] ■
元素	Pu
核種	
組成 [wt%]	

評価結果

種類	中性子実効増倍率 ($k_{eff}+3\sigma$)
新燃料	0.877
燃焼した燃料	0.858
差	0.019

※1 『福島第一原子力発電所の燃料組成評価』, 日本原子力研究開発機構, JAEA-Data/Code 2012-018, (2012).

別紙5 燃料組成の保守性について(4/6)

(中性子吸収効果を有するガドリニウムを考慮しない)

MOX燃料とガドリニウム(Gd)について、燃料集合体断面におけるGd含有率をもとに、MOX燃料の質量割合を99.75wt%、ガドニウムの質量割合を0.25wt%として中性子実効増倍率を評価する。

評価に用いるPu組成

	Pu含有率 [wt%]
元素	Pu
核種	
組成 [wt%]	

評価に用いるGd組成※1

元素	Gd						
核種	¹⁵² Gd	¹⁵⁴ Gd	¹⁵⁵ Gd	¹⁵⁶ Gd	¹⁵⁷ Gd	¹⁵⁸ Gd	¹⁶⁰ Gd
組成 [wt%]	0.2	2.18	14.8	20.47	15.65	24.84	21.86

評価結果

質量割合 (MOX燃料 : Gd)	中性子実効増倍率 ($k_{eff}+3\sigma$)
100wt% : 0wt%	0.877
99.75wt% : 0.25wt%	0.419
差	0.458

※1 『臨界安全ハンドブック・データ集第2版』, 日本原子力研究開発機構, JAEA-Data/Code 2009-010, (2009).

別紙5 燃料組成の保守性について(5/6)

(中性子を吸収する核種である ^{241}Am をMOX燃料から除いた組成とする)

MOX燃料について、 ^{241}Am を考慮した中性子実効増倍率を評価する。

MOX燃料中のPuのみ考慮した組成(^{241}Am を除いた組成)

	Pu含有率 [wt%] ■
元素	Pu
核種	
組成 [wt%]	

MOX燃料中の ^{241}Am を考慮した組成

	Pu含有率 [wt%] ■
元素	Pu+ ^{241}Am
核種	
組成 [wt%]	

評価結果

種類	中性子実効増倍率 ($k_{\text{eff}}+3\sigma$)
Puのみ	0.877
^{241}Am を考慮	0.853
差	0.024

別紙5 燃料組成の保守性について(6/6)

第2棟の臨界安全評価において、保守的に設定している燃料組成の各条件が中性子実効増倍率に与える影響について検討した。

	中性子実効増倍率 ($k_{eff}+3\sigma$)	差
臨界安全評価に用いている組成 ・核燃料(新燃料)のみで構成 ・ガドリニウム及び ^{241}Am を考慮しない	0.877	—
被覆管が含まれていた場合	0.836	0.041
燃焼した燃料で構成されていた場合	0.858	0.019
ガドリニウムを考慮した場合	0.419	0.458
^{241}Am を考慮した場合	0.853	0.024

検討の結果、いずれの条件においても中性子実効増倍率で0.019以上の裕度を得られることを確認した。

別紙6 解析モデルの形状による影響について(1/3)

(解析に球以外の解析モデルを使用する場合の検討)

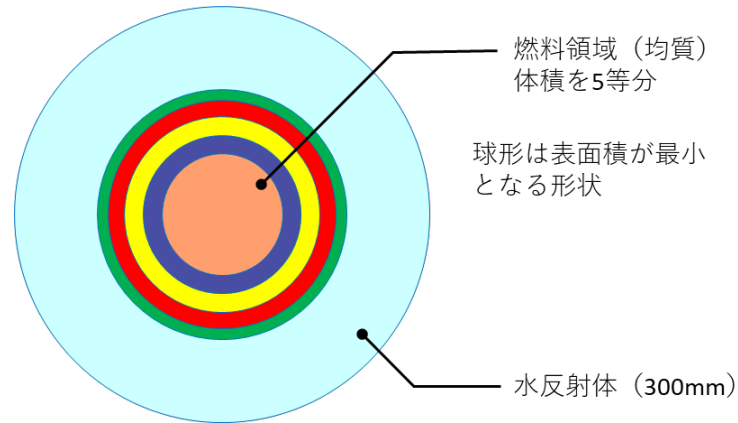
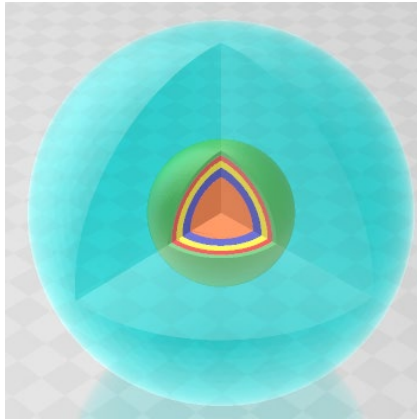
コンクリートセルの臨界安全解析には、球形状の解析モデルを用いている。これに対し、円筒及び平板の解析モデルにおける不均一効果について評価し、解析モデルの形状による影響を検討する。

- 均質体系の不均一な状態として、燃料領域内で燃料濃度に差がある場合を想定する。
- 検討に使用する燃料組成
[REDACTED]
- 燃料領域の水密度は $1\text{g}/\text{cm}^3$ とする。

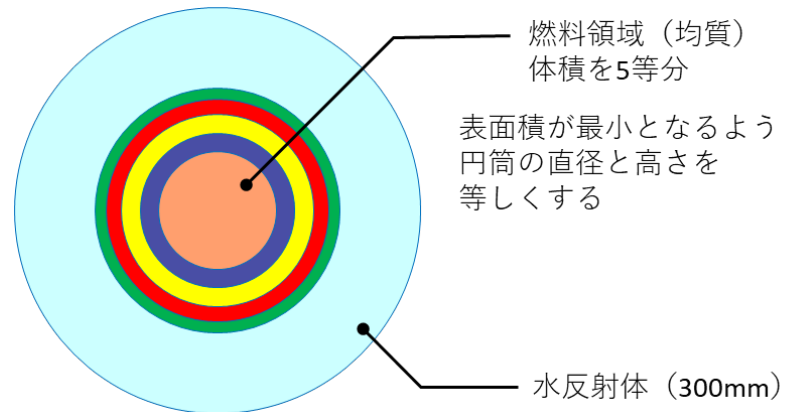
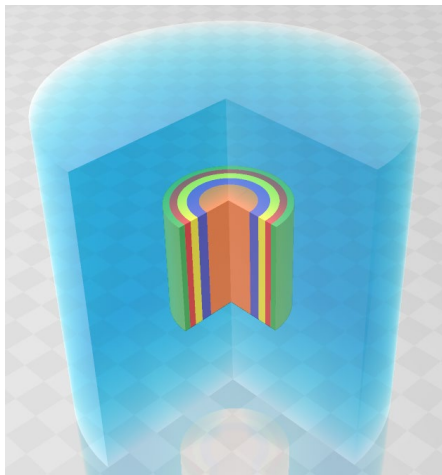
評価では、SCALE6.1 3次元モンテカルロ法臨界計算KENO-V.a(核データライブラリ: ENDF/B-VII 238群)を用いて、中性子実効増倍率($k_{\text{eff}}+3\sigma$)を評価する。

別紙6 解析モデルの形状による影響について(2/3)

球モデルのイメージ(均質/不均一体系)



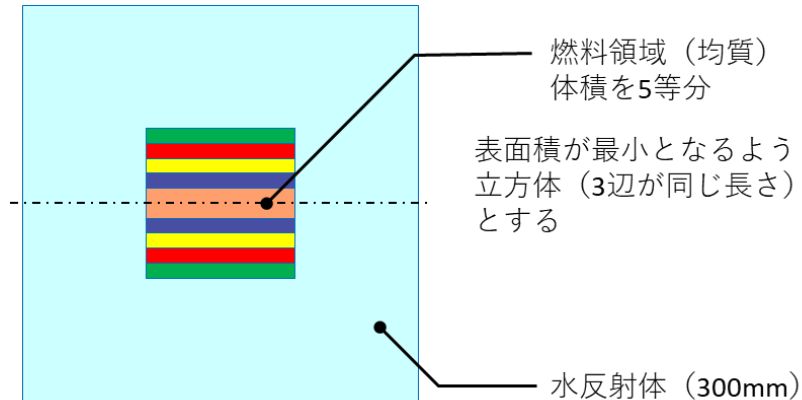
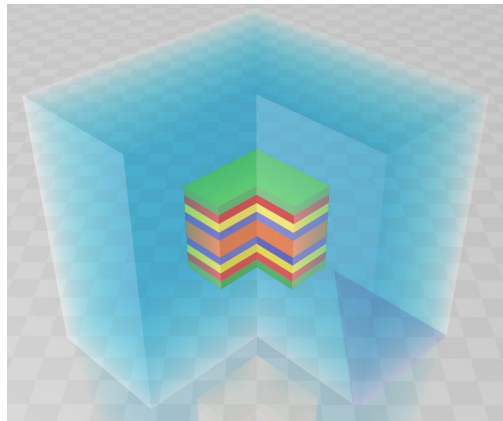
円筒モデルのイメージ(均質/不均一体系)



別紙6 解析モデルの形状による影響について(3/3)

一部改訂

平板モデルのイメージ(均質/不均一体系)



解析結果

		中性子実効増倍率 ($k_{eff}+3\sigma$)		
		球	円筒	平板
中性子 実効増倍率	均一体系	0.89013	0.88089	0.87574
	不均一体系	0.89754	0.88596	0.88013
差		0.00741	0.00507	0.00439

上記の解析結果では、球、円筒及び平板のいずれの形状においても不均一効果が確認された。その増加分は $0.01 \Delta k_{eff}$ 未満である。

別紙7 核燃料物質の種類による影響について

(燃料を UO_2 、MOX(PuO_2-UO_2)とした場合の検討)

JAEAの報告書※では、 UO_2 及び PuO_2-UO_2 の最小推定臨界下限値(質量)について報告している。

核燃料物質	燃料組成	最小推定臨界下限値(質量)
非均質 UO_2-H_2O	^{235}U 濃縮度:5wt%	U質量 : 27.7kg
非均質 $PuO_2-UO_2-H_2O$	^{235}U :0.711wt% PuO_2 富化度:10wt% (^{239}Pu :100%)	(U+Pu質量):10.0kg
均質 PuO_2-H_2O	^{239}Pu : ^{240}Pu : ^{241}Pu =71:17:12 wt%	Pu質量 : 0.76 kg

第2棟の臨界安全解析において、燃料組成に金属Puを用いて中性子実効増倍率が0.95となるPuの重量を評価した結果が下表のとおり。

核燃料物質	燃料組成	臨界に達しない重量 注:見直し前の燃料組成を用いた評価結果
$Pu-H_2O$	「別紙1 UO_2 燃料とMOX燃料の比較検討(2/3) -MOX燃料-」に示す燃料組成で評価した重量	均質体系: ■■■■■ 非均質体系: ■■■■■

UO_2 、MOX(PuO_2-UO_2)の最小推定臨界下限値(質量)は、 $Pu-H_2O$ における臨界に達しない重量を大きく上回っている。このことから、 UO_2 、MOX(PuO_2-UO_2)で不均一効果を考慮しても、 $Pu-H_2O$ での臨界に達しない重量より小さくなることはない。

同報告書での ^{239}Pu : ^{240}Pu : ^{241}Pu =71:17:12 wt%の場合の「均質 PuO_2-H_2O 」の最小推定臨界下限値については0.76kgであり、第2棟の臨界安全解析の結果である約■■■と同一オーダーとなっている。

なお、同報告書の値は、第2棟の臨界安全解析に用いている燃料組成と比べて、核分裂性物質である ^{239}Pu 及び ^{241}Pu の割合が高く、臨界になりやすい燃料組成であることから、0.76kgと小さい値となっている。

※『臨界安全ハンドブック・データ集第2版』, 日本原子力研究開発機構, JAEA-Data/Code 2009-010, (2009).

参考 均質体系及び非均質体系の不均一効果について —解析コードSCALEによる予備解析— (1/7)

球形状の解析モデルを用いて、均質体系及び非均質体系における不均一な状態の影響を検討する。

- 均質体系の不均一な状態として、燃料領域内で燃料濃度に差がある場合を想定する。
- 非均質体系の不均一な状態として、燃料領域内でPu粒子の粒径及び配列にばらつきがある場合を想定する。
- 不均一な状態の解析モデルについては、均一な状態の解析結果から得られた直径に基づき、燃料領域を体積が等しくなるように区分する。
- 検討に使用する燃料組成
[REDACTED]
- 燃料領域の水密度は $1\text{g}/\text{cm}^3$ とする。

評価では、SCALE6.1 3次元モンテカルロ法臨界計算KENO-V.a(核データライブラリ: ENDF/B-VII 238群)を用いて、中性子実効増倍率($k_{\text{eff}}+3\sigma$)を評価する。

また、燃料を UO_2 、MOX($\text{PuO}_2\text{-UO}_2$)とした場合及び球以外の解析モデルを使用する場合の影響について検討する。

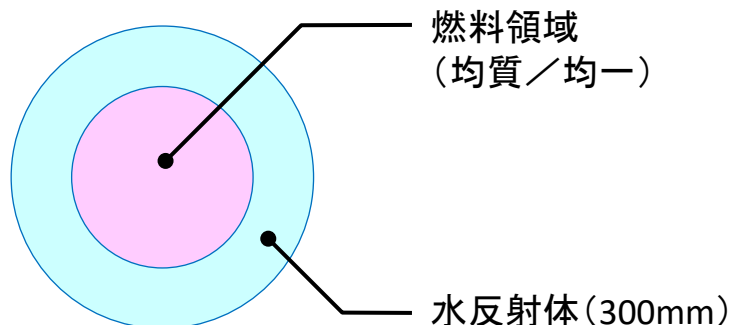
参考 均質体系及び非均質体系の不均一効果について — 解析コードSCALEによる予備解析 — (2/7)

(均質体系の不均一効果について)

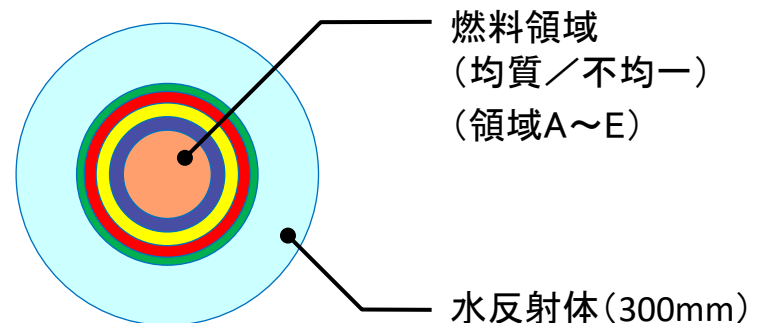
均質体系における不均一な状態として、燃料濃度に差が存在する場合を想定する。解析では、均質/均一体系の解析結果から得られた直径に基づき、燃料領域の体積を5等分するよう領域A～Eに区分し、各領域に燃料濃度を設定する。

なお、各領域の燃料濃度を設定する際に、SCALE6.1 1次元臨界材質サーチ計算SMORESを用いて、燃料領域全体の燃料重量を一定とし、領域A～Eの燃料と水の割合(燃料濃度)を変化させながら中性子実効増倍率が最大となる燃料濃度の分布を求める。

得られた燃料濃度の分布に基づき、中性子実効増倍率を評価する。



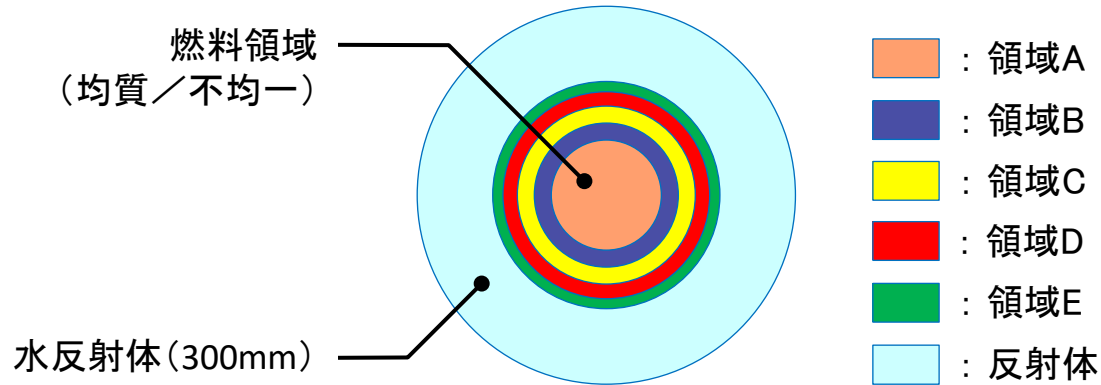
均質/均一体系の解析モデル



均質/不均一体系の解析モデル

参考 均質体系及び非均質体系の不均一効果について —解析コードSCALEによる予備解析— (3/7)

(均質/不均一体系の解析結果)



均質/不均一体系の解析モデル

解析条件・結果

	燃料濃度					中性子実効増倍率 ($k_{eff}+3\sigma$)
	領域A	領域B	領域C	領域D	領域E	
均質/均一体系	約38g/L					0.89013
均質/不均一体系	約52g/L	約41g/L	約34g/L	約24g/L	約38g/L	0.89754
	差					0.00741

解析の結果、燃料領域の中心(領域A)から外側に向かって燃料濃度が低くなり、反射体に接している領域Eが、領域C及びDに比べて高い燃料濃度になるような体系で、濃度差のない均一な場合よりも、中性子実効増倍率が0.00741高くなる。

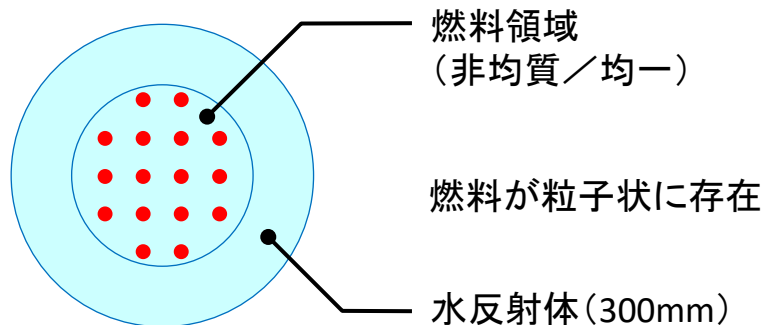
参考 均質体系及び非均質体系の不均一効果について — 解析コードSCALEによる予備解析 — (4/7)

(非均質体系の不均一効果について)

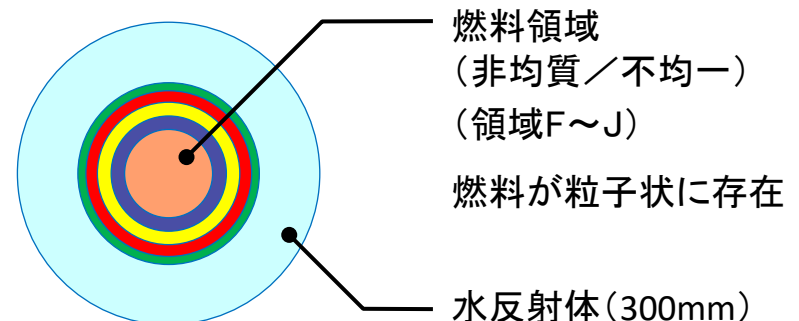
非均質体系における不均一な状態として、Pu粒子の粒径及び配列にばらつきがある場合を想定する。解析では、非均質/均体系の解析結果から得られた直径に基づき、燃料領域の体積を5等分するよう領域F~Jに区分し、各領域にPu粒子の粒径(0.025、0.05、0.1cm)及び粒子の中心間距離を設定する。

なお、Pu粒子の配列のばらつきの影響評価では、各領域のPu粒子の中心間距離の設定にあたり、燃料領域を均質/不均体系と見なし、SCALE6.1 1次元臨界材質サーチ計算SMORESを用いて、領域F~Jの燃料と水の割合を変化させながら中性子実効増倍率が最大となる燃料と水の割合を求める。得られた燃料と水の割合とPu粒子の粒径より、粒子の中心間距離を算出する。

Pu粒子の粒径及び粒子の中心間距離に基づき、中性子実効増倍率を評価する。



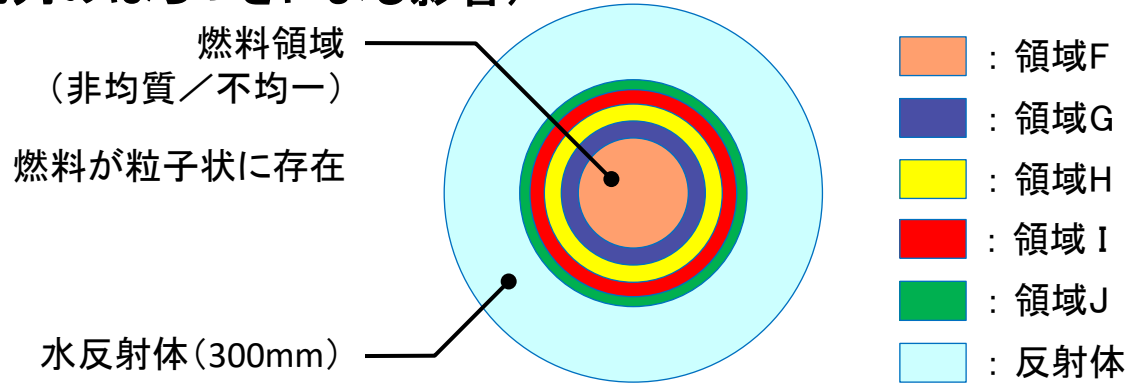
非均質/均体系の解析モデル



非均質/不均体系の解析モデル

参考 均質体系及び非均質体系の不均一効果について —解析コードSCALEによる予備解析— (5/7)

(Pu粒子の配列のばらつきによる影響)



非均質/不均一体系の解析モデル(Pu粒子の配列のばらつきを考慮)

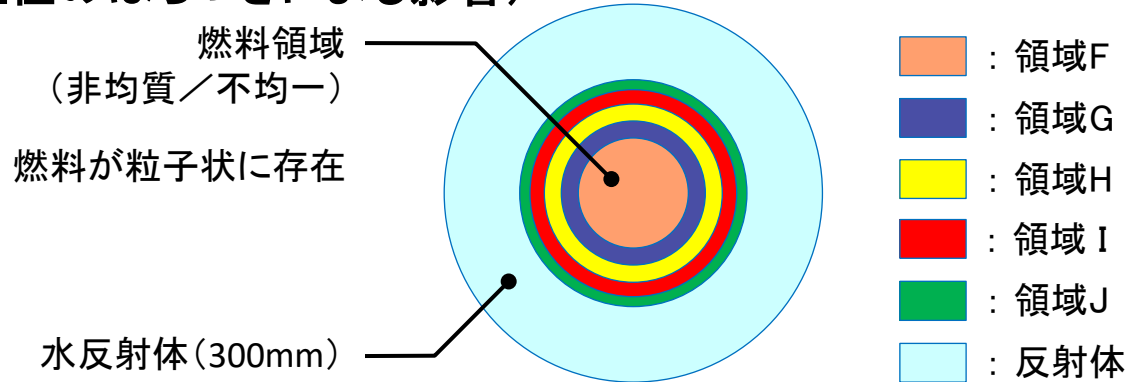
解析条件・結果

		領域F	領域G	領域H	領域I	領域J	中性子実効増倍率 ($k_{eff}+3\sigma$)
非均質/ 均体系	粒径	0.05cm					0.89046
	中心間距離	約0.13cm					
非均質/ 不均体系	粒径	0.05cm					0.89848
	中心間距離	約0.12cm	約0.13cm	約0.14cm	約0.16cm	約0.13cm	
差							0.00802

解析の結果、燃料領域の中心(領域F)から外側に向かって粒子の中心間距離が広くなり、反射体に接している領域Jにおいて、領域H及びIに比べて粒子の中心間距離が狭くなるような体系で、粒子が等間隔で配列された均一な場合よりも、中性子実効増倍率が0.00802高くなる。

参考 均質体系及び非均質体系の不均一効果について —解析コードSCALEによる予備解析— (6/7)

(Pu粒子の粒径のばらつきによる影響)



非均質/不均一体系の解析モデル(Pu粒子の粒径のばらつきを考慮)

解析条件・結果

		領域F	領域G	領域H	領域I	領域J	中性子実効増倍率 ($k_{eff}+3\sigma$)
非均質／ 均一体系	粒径	0.05cm					0.89046
	中心間距離	約0.13cm					
非均質／ 不均一体系	粒径	0.05cm	0.05cm	0.10cm	0.025cm	0.025cm	0.89084
	中心間距離	約0.13cm	約0.13cm	約0.27cm	約0.07cm	約0.07cm	
差							0.00038

解析の結果、Pu粒子の粒径にばらつきがある体系で、粒子の粒径が同じ均一な場合よりも、中性子実効増倍率が0.00038高くなる。

参考 均質体系及び非均質体系の不均一効果について —解析コードSCALEによる予備解析— (7/7)

一部改訂

解析の結果を下表にまとめる。

		中性子実効増倍率 ($k_{eff}+3\sigma$)		不均一効果 (Δk_{eff})
		均一	不均一	
均質体系		0.89013	0.89754	0.00741
非均質体系	Pu粒子の配列にばらつき	0.89046	0.89848	0.00802
	Pu粒子の粒径にばらつき		0.89084	0.00038

上記の解析結果では、不均一効果を考慮した場合、中性子実効増倍率の増加が見られ、その増加分は $0.01 \Delta k_{eff}$ 未満である。

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 (IX. 措置を講ずべき事項等への対応)



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
(Ⅸ. i. 措置を講ずべき事項の対応について)
9月30日面談資料改訂版

2021年4月15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



福島第一特定原子力施設の「措置を講ずべき事項」の対応について

第2棟は、福島第一特定原子力施設に対して求める「措置を講ずべき事項」に対して満たした設計とする。以下に、「措置を講ずべき事項」に対する第2棟における設計上の対応を示す。

措置を講ずべき事項	第2棟における設計上の対応
<p>1. 原子炉等の監視 原子炉圧力容器内・格納容器内及び使用済燃料貯蔵設備内の使用済燃料等の冷却温度、未臨界状態など主要パラメータ及び運転状況の監視を可能とすること。特に、異常時の状態を把握し、対策を講じるために必要なパラメータ及び運転状況については記録が可能であること。 緊急時の対応手順等を整備すること。 (1～4号機。5・6号機は現状を踏まえ、制御性等の措置。)</p>	<p>原子炉等の設備がないため、該当しない。</p>
<p>2. 残留熱の除去 原子炉圧力容器内・原子炉格納容器内の燃料デブリ等及び使用済燃料貯蔵設備内の燃料体の残留熱を適切に除去すること。 原子炉圧力容器底部の温度を100℃未満に維持すること。 (1～4号機。5・6号機は常設の炉心冷却系等を措置。)</p>	<p>原子炉等の設備がないため、該当しない。</p>
<p>3. 原子炉格納施設雰囲気等の監視等 原子炉格納容器内気体の抽気・ろ過等によって、環境へ放出される放射性物質の濃度及び量を監視するとともに、達成できる限り低減すること。 原子炉圧力容器内・原子炉格納容器内における未臨界状態を監視するとともに、臨界を防止すること。 (1～4号機。5・6号機は格納容器バウンダリ等を措置。)</p>	<p>原子炉等の設備がないため、該当しない。</p>
<p>4. 不活性雰囲気の維持 (1～4号機のみ) 原子炉圧力容器内・原子炉格納容器内等に滞留している水素ガス等の濃度を監視・抑制するとともに、水素爆発を予防するために、窒素その他のガスによる不活性雰囲気を維持すること。ただし、燃料取出し等特別な場合を除く。</p>	<p>原子炉等の設備がないため、該当しない。</p>

福島第一特定原子力施設の「措置を講ずべき事項」の対応について

措置を講ずべき事項	第2棟における設計上の対応
<p>5. 燃料取出し及び取り出した燃料の適切な貯蔵・管理 使用済燃料貯蔵設備からの燃料の取り出しにあたっては、確実に臨界未満に維持し、落下防止及び遮へいを行い、適切に冷却及び貯蔵を行うために必要な設備を健全な状態に維持・管理すること。</p>	<p>原子炉等の設備がないため、該当しない。</p>
<p>6. 電源の確保 重要度の特に高い安全機能を有する構築物、系統及び機器が、その機能を達成するために電力を必要とする場合においては、外部電源(電力系統)又は非常用所内電源のいずれからも電力の供給を受けられ、かつ、十分に高い信頼性を確保、維持し得ること。 外部電源系、非常用所内電源系、その他の関連する電気系統の機器の故障によって、必要とされる電力の供給が喪失することがないよう、異常を検知しその拡大及び伝播を防ぐこと。</p>	<p>外部電源は2系統より受電する設計とし、1系統からの受電が停止した場合でも全ての負荷に給電できる構成とする。 万が一、外部電源が喪失した場合でも、予備電源から必要な設備(セル・グローブボックス用排風機等)に給電できる構成とする。</p>
<p>7. 電源喪失に対する設計上の考慮 全交流電源喪失に対して、原子炉圧力容器内・原子炉格納容器及び使用済燃料貯蔵設備の冷却を確保し、かつ復旧できること。これを達成するために、電源車、ポンプ車を含む代替電源及び代替給水設備を備えること。</p>	<p>原子炉等の設備がないため、該当しない。</p>
<p>8. 放射性固体廃棄物の処理・保管・管理 施設内で発生する瓦礫等の放射性固体廃棄物の処理・貯蔵にあたっては、その廃棄物の性状に応じて、適切に処理し、十分な保管容量を確保し、遮へい等の適切な管理を行うことにより、敷地周辺の線量を達成できる限り低減すること。</p>	<p>第2棟で発生する放射性的の固体廃棄物(以下「第2棟固体廃棄物」という。)については、低線量の第2棟固体廃棄物は、可燃物、難燃物及び不燃物に分別し、固体廃棄物払出準備室にて一時的に保管する。一時的に保管した第2棟固体廃棄物は、発電所内の他施設に払い出す。 固体廃棄物払出準備設備は、数か月に1回程度の頻度で発電所内の他施設に払い出すことを想定し、$1\text{m}^3 \times 8$個(材質ごとに分類)$+1\text{m}^3 \times 9$個(払出前)の保管容量を確保する。 敷地周辺の線量を達成できる限り低減するために、固体廃棄物払出準備設備からの放射線について、コンクリートの壁・天井による遮蔽を行う。</p>

福島第一特定原子力施設の「措置を講ずべき事項」の対応について

措置を講ずべき事項	第2棟における設計上の対応
<p>9. 放射性液体廃棄物の処理・保管・管理</p> <p>施設内で発生する汚染水等の放射性液体廃棄物の処理・貯蔵にあたっては、その廃棄物の性状に応じて、当該廃棄物の発生量を抑制し、放射性物質濃度低減のための適切な処理、十分な保管容量確保、遮へいや漏えい防止・汚染拡大防止等を行うことにより、敷地周辺の線量を達成できる限り低減すること。また、処理・貯蔵施設は、十分な遮へい能力を有し、漏えい及び汚染拡大し難い構造物により地下水や漏水等によって放射性物質が環境中に放出しないようにすること。</p>	<p>第2棟で発生する放射性の液体廃棄物(以下「第2棟液体廃棄物」という。)については、第2棟内の液体廃棄物一時貯留設備で一時的に保管する。一時的に保管した第2棟液体廃棄物は、発電所内の他施設に払い出す。</p> <p>第2棟内の液体廃棄物一時貯留設備については、以下の設計とする。</p> <ol style="list-style-type: none"> ① 液体廃棄物一時貯留設備の機器、配管等は、環境や内部流体の性状に応じた適切な材料を使用するとともに、受槽には液位計を設置する。 ② 液体廃棄物一時貯留設備は、数か月に1回程度の頻度で発電所内の他施設に払い出すことを想定し、分析廃液受槽3m³×2基、設備管理廃液受槽7m³×2基、塩酸含有廃液70リットル、有機廃液30リットルの保管容量を確保する。 ③ 液体状の放射性物質が漏洩した場合の拡大を防ぐため、堰を設置し、漏洩検知器を堰内に設置する。堰は一時的に保管する容量の全てが漏洩しても、全量保持できる設計とする。 ④ 槽水位、漏洩検知等の警報は、制御室で発報し、運転員に確実に伝え、適切な措置をとれるようにする。 ⑤ 液体廃棄物一時貯留設備は、敷地周辺の線量を達成できる限り低減するため、地下1階に設置する。
<p>10. 放射性気体廃棄物の処理・保管・管理</p> <p>施設内で発生する放射性気体廃棄物の処理にあたっては、その廃棄物の性状に応じて、当該廃棄物の放出量を抑制し、適切に処理・管理を行うことにより、敷地周辺の線量を達成できる限り低減すること。</p>	<p>第2棟内で発生する放射性気体廃棄物の処理にあたっては、以下の設計とする。</p> <ol style="list-style-type: none"> ① コンクリートセル、鉄セル及びグローブボックスについては、換気空調設備によりその内部を負圧にする設計とする。フードの開口部については、一定の風速を満たす設計とする。 ② コンクリートセル、鉄セル、グローブボックス、フード等の排気は、高性能フィルタを有したフィルタユニットにて放射性物質濃度を十分に低い濃度になるまで除去した後、排風機を介して第2棟の排気口から放出する設計とする。また、放出する放射性物質濃度については、試料放射能測定装置により、「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年原子力規制委員会告示第3号)に定める濃度限度を下回ることを確認する。 ③ 負圧維持機能を有する動的機器を複数台設置し、故障した場合でも、待機している機器が起動することにより負圧を維持する設計とする。

福島第一特定原子力施設の「措置を講ずべき事項」の対応について

措置を講ずべき事項	第2棟における設計上の対応
<p>11. 放射性物質の放出抑制等による敷地周辺の放射線防護等 特定原子力施設から大気、海等の環境中へ放出される放射性物質の適切な抑制対策を実施することにより、敷地周辺の線量を達成できる限り低減すること。 特に、施設内に保管されている発災以降に発生した瓦礫や汚染水等による敷地境界における実効線量(施設全体からの放射性物質の追加的放出を含む実効線量の評価値)を、平成25年3月までに1mSv/年未満とすること。</p>	<p>第2棟を設置した場所の敷地境界における実効線量(評価値)について、東京電力福島第一原子力発電所内の他施設との合算を考慮しても最大となる地点において1mSv/年を下回る設計とする。</p>
<p>12. 作業員の被ばく線量の管理等 現存被ばく状況での放射線業務従事者の作業性等を考慮して、遮へい、機器の配置、遠隔操作、放射性物質の漏えい防止、換気、除染等、所要の放射線防護上の措置及び作業時における放射線被ばく管理措置を講じることにより、放射線業務従事者が立ち入る場所の線量及び作業に伴う被ばく線量を、達成できる限り低減すること。</p>	<p>コンクリートセル、鉄セル及びグローブボックスについては、換気空調設備によりその内部を負圧にする設計とするとともに、フードの開口部については、一定の風速を満たす設計とする等の所要の放射線防護上の措置を講ずる。 分析対象物、固体廃棄物払出準備施設、液体廃棄物一時貯留設備等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、コンクリートの壁・天井による遮蔽を行う。さらに、外部放射線に係る線量当量率及び空気中の放射性物質の濃度を測定し、作業時間の制限等を実施することで、「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年原子力規制委員会告示第3号)に定める線量限度を遵守する。</p>

福島第一特定原子力施設の「措置を講ずべき事項」の対応について

措置を講ずべき事項	第2棟における設計上の対応
<p>13. 緊急時対策 緊急時対策所、安全避難経路等事故時において必要な施設及び緊急時の資機材等を整備すること。 適切な警報系及び通信連絡設備を備え、事故時に特定原子力施設内に居るすべての人に対する指示ができるとともに、特定原子力施設と所外必要箇所との通信連絡設備は、多重性及び多様性を備えること。</p>	<p>建築基準法、消防法及び関係法令に基づき、以下の設計とする。</p> <ol style="list-style-type: none"> ①安全避難経路を設定する。 ②火災検知器、消火設備及び防火区画を設置する。 ③非常用照明及び誘導灯を設置する。 ④緊急時の資機材として、担架、除染用具及び線量計を整備する。 ⑤火災検知警報及び通信連絡設備を整備し、第2棟内の人に対する指示は、放送設備、ページング、電話回線を用いて行う。第2棟から免震重要棟に対しては電話回線、LAN回線を用いて連絡する。また、免震重要棟から第2棟に対しても、同設備を用いて連絡する。
<p>14. 設計上の考慮 施設の設計については、安全上の重要度を考慮して以下に掲げる事項を適切に考慮されたものであること。</p> <p>① 準拠規格及び基準 安全機能を有する構築物、系統及び機器は、設計、材料の選定、製作及び検査について、それらが果たすべき安全機能の重要度を考慮して適切と認められる規格及び基準によるものであること。</p>	<p>第2棟の建屋については、「原子力施設鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説（日本建築学会 平成25年8月）」に従った設計とする。</p> <p>第2棟を構成する機器、配管等のうち、「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則」においてクラス3に位置付けられる機器及び配管については、「発電用原子力設備規格 設計・建設規格 JSME S NC-1-2005（2007年追補版含む。）（日本機械学会 平成19年9月）」、クラス3に該当しない機器、配管等については日本産業規格や製品規格に従った設計とする。</p>

福島第一特定原子力施設の「措置を講ずべき事項」の対応について

措置を講ずべき事項	第2棟における設計上の対応
<p>② 自然現象に対する設計上の考慮</p> <ul style="list-style-type: none"> 安全機能を有する構築物、系統及び機器は、その安全機能の重要度及び地震によって機能の喪失を起こした場合の安全上の影響を考慮して、耐震設計上の区分がなされるときも、適切と考えられる設計用地震力に十分耐えられる設計であること。 安全機能を有する構築物、系統及び機器は、地震以外の想定される自然現象(津波、豪雨、台風、竜巻等)によって施設の安全性が損なわれない設計であること。重要度の特に高い安全機能を有する構築物、系統及び機器は、予想される自然現象のうち最も苛酷と考えられる条件、又は自然力に事故荷重を適切に組み合わせた場合を考慮した設計であること。 	<p>建屋及び設備は、「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」に基づき耐震クラス分類を実施するとともに、各耐震クラスに応じた地震力に対して、「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」等に基づき耐震評価を実施し、建屋及び設備は発生応力が許容応力を下回る設計とする。また、建屋の各層の保有水平耐力が必要保有水平耐力以上であることを確認する。</p> <p>主要配管(鋼管)及び主要排気管(鋼管、ダクト)は、原子力発電所の耐震設計に用いられている定ピッチスパン法により算出したサポート間隔で設計する。</p> <p>また、地盤への接地圧を許容応力度と比較し、接地圧が許容応力度以下であることを確認する。</p> <p>第2棟は、アウターライズ津波より高いT.P.+約40mの場所に設置する。</p> <p>台風など暴風時に係る建屋の設計は、建築基準法及び関係法令に基づく風圧力に対して耐えられるように設計する。</p> <p>なお、その風圧力は、その地方における観測記録に基づくものとする。豪雨に対しては、構造設計上考慮することはないが、屋根面の排水等、適切な排水を行うものとする。</p> <p>その他自然現象としては、積雪時に係る建屋の設計は、建築基準法及び関係法令、福島県建築基準法施行細則第19条に基づく積雪荷重に耐えられる設計とする。</p> <p>なお、その積雪荷重は、その地方における垂直積雪量を考慮したものである。</p>
<p>③ 外部人為事象に対する設計上の考慮</p> <ul style="list-style-type: none"> 安全機能を有する構築物、系統及び機器は、想定される外部人為事象によって、施設の安全性を損なうことのない設計であること。 安全機能を有する構築物、系統及び機器に対する第三者の不法な接近等に対し、これを防御するため、適切な措置を講じた設計であること。 	<p>第2棟は、福島第一原子力発電所の周辺監視区域内に防護区域を設け、その防護区域内に設置する。</p> <p>また、人がみだりに管理区域内に立ち入らないように壁、柵その他の区画物及び標識を設ける。</p>

福島第一特定原子力施設の「措置を講ずべき事項」の対応について

措置を講ずべき事項	第2棟における設計上の対応
<p>④ 火災に対する設計上の考慮 火災発生防止、火災検知及び消火並びに火災の影響の軽減の方策を適切に組み合わせて、火災により施設の安全性を損なうことのない設計であること。</p>	<p>火災防護にあたっては、以下の設計とする。</p> <p>(1) 火災一般 第2棟は、火災により安全性が損なわれることを防止するために、火災の発生防止対策、火災の検知及び消火対策並びに火災の影響の軽減対策を適切に組み合わせた措置を講ずる。</p> <p>(2) 火災防護 第2棟の建屋は、建築基準法及び関係法令に基づく耐火建築物とし、可能な限り不燃性材料又は難燃性材料を使用する。また、防火区画を設置し、消防設備と組み合わせることにより、火災の影響を軽減する設計とする。主要構造部の外壁は、延焼を防止するために必要な耐火性能を有する設計とする。 放射性物質を取り扱うコンクリートセル、鉄セル、グローブボックス及びフードは、可能な限り不燃性材料又は難燃性材料を使用する設計とする。可燃物は、金属製の容器に収納して使用時に取り出すこととし、分析・試験では少量の可燃物しか取り扱わないようにする。 放射性の固体廃棄物は、金属製の容器に収納する。また、放射性の液体廃棄物を一時的に保管する設備は、静電気等の放電のため接地する。</p> <p>(3) 火災検知・消火 建屋内に設置する火災検知器及び消火設備(屋内消火栓設備及び消火器)は、早期消火を行えるよう消防法及び関係法令に基づいた設計とする。 セル等に対しては、温度計及び窒素ガス消火設備を設置し、火災の早期検知、消火活動の円滑化を図る。窒素ガス消火設備は、再着火防止を考慮した設計とし、設備の故障等を考慮して複数設置する。</p> <p>(4) 分析・試験における火災防護 燃料デブリ等の分析・試験により発生する切断粉等は、金属製の容器に収納する。引火性の試薬等を使用する際は、周辺に着火源を置かないようにし、加熱する際は、防爆仕様の機器を用いる。さらに、防爆仕様の機器を使用する際は、周辺に可燃物を置かないなどの火災防護上の措置を講ずる。 分析・試験に伴い危険物が発生するおそれがある場合には、中和、希釈等の安定化処理を行い、水の放射線分解による水素発生と水素ガス使用機器からの漏えいに対しては、換気による希釈と帯電防止対策を行う。</p>

福島第一特定原子力施設の「措置を講ずべき事項」の対応について

措置を講ずべき事項	第2棟における設計上の対応
<p>⑤ 環境条件に対する設計上の考慮 安全機能を有する構築物、系統及び機器は、経年事象を含むすべての環境条件に適合できる設計であること。特に、事故や地震等により被災した構造物の健全性評価を十分に考慮した対策を講じること。</p>	<p>コンクリートセルライニング及びセル等の排気系統はSUS304を使用し、廃液系統は、耐食性を考慮してSUS316L又はSUS304を使用する等、環境や内部流体の性状に応じた適切な材料を使用する。 また、放射性物質を取り扱う区域の壁、床等で、汚染のおそれのある部分の表面は平滑にするとともにエポキシ樹脂等で塗装する。</p>
<p>⑥ 共用に対する設計上の考慮 安全機能を有する構築物、系統及び機器が複数の施設間で共用される場合には、十分な多重性、バックアップを備え、施設の安全性を損なうことのない設計であること。</p>	<p>設備の共用がないため、該当しない。</p>
<p>⑦ 運転員操作に対する設計上の考慮 運転員の誤操作を防止するための適切な措置を講じた設計であること。</p>	<p>盤の配置及び操作器具等の操作性、計器表示及び警報表示においては施設の状態が正確かつ迅速に把握できる配置となるように設計する。 液体廃棄物一時貯留設備では、廃液移送時に運転員が誤操作をしないようにするため、受槽内の液位を確認できる液位計を設置する。受け入れ側の受槽が液位計の設定値以上になった場合には、それ以上廃液を移送しないようにポンプが停止する設計とする。 受槽間の移送及びタンクローリへの移送時に、払い出し側の受槽が液位計の設定値以下になった場合には、それ以上廃液を移送しないようにポンプが停止する設計とする。また、液位計からの設定値以上又は以下の信号が入った状態が維持されている限り、ポンプは起動せず、移送を停止する設計とする。 セル・グローブボックス用排風機、フード用排風機及び管理区域用排風機の停止時には、管理区域用送風機を作動させることがないように、管理区域用排風機の停止信号により、管理区域用送風機が作動しない設計とし、運転員の誤操作を防止する。</p>

福島第一特定原子力施設の「措置を講ずべき事項」の対応について

措置を講ずべき事項	第2棟における設計上の対応
<p>⑧ 信頼性に対する設計上の考慮</p> <ul style="list-style-type: none"> 安全機能や監視機能を有する構築物、系統及び機器は、十分に高い信頼性を確保し、かつ、維持し得る設計であること。 重要度の特に高い安全機能を有するべき系統については、その系統の安全機能が達成できる設計であるとともに、その構造、動作原理、果たすべき安全機能の性質等を考慮して、多重性又は多様性及び独立性を備えた設計であること。 	<p>信頼性を十分に検討し、故障の少ないものを採用するとともに、万一、負圧維持機能を有する機器等の故障を考慮し、セル・グローブボックス用排風機、フード用排風機等を複数台設置する。</p>
<p>⑨ 検査可能性に対する設計上の考慮</p> <p>安全機能を有する構築物、系統及び機器は、それらの健全性及び能力を確認するために、適切な方法によりその機能を検査できる設計であること。</p>	<p>機器については、安全機能を確認するための検査及び試験並びに安全機能を維持するための保守及び修理ができる構造とする。</p>
<p>15. その他措置を講ずべき事項</p> <p>上記に加えて、災害の防止等のために必要であると認めるときは、措置を講じること。</p>	<p>第2棟では臨界安全上、質量管理又は形状管理にて燃料デブリ等を取り扱う設計とする。質量管理値は保守的な条件で設定しており、誤操作(二重装荷)が仮に生じても、臨界に達しないことを確認した。また、形状管理においても保守的な条件で形状を設定しており、臨界に達しない設計とする。</p> <p>また、第2棟ではガンマ線エリアモニタ及び中性子線エリアモニタにより臨界に伴う線量率の上昇を検知し、警報を発する設計となっており、万が一臨界が発生した場合でも、臨界及びその継続性を検知することができる設計とする。</p>

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
(Ⅸ. ii. 使用許可基準規則の考慮について)
4月15日面談資料改訂版

2021年6月9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



使用施設等の位置、構造及び設備の基準に関する規則及びその解説の考慮について（第一条（定義））（1/3）

第2棟は、特定原子力施設への要求に加え、核燃料物質等の使用施設と同等の要求に対してもこれを満たすべく、施設・設備に関して「使用施設等の位置、構造及び設備の基準に関する規則」（「その解釈」を含む。以下、「使用許可基準規則解釈」）を可能な限り考慮した、設計としている。

以下に、使用許可基準規則解釈の項目について、第2棟における設計上の考慮を示す。

第一条（定義）

この規則において使用する用語は、核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律（以下「法」という。）及び核燃料物質の使用等に関する規則（昭和三十二年総理府令第八十四号）において使用する用語の例による。

2 この規則において「施設検査対象施設」とは、使用施設等のうち、法第五十五条の二第一項の規定により検査を受けなければならないものをいう。

使用許可基準規則解釈	第2棟における設計上の考慮
<p>第1条（定義）</p> <p>1 本規程において使用する用語は、核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律（昭和32年法律第166号。以下「原子炉等規制法」という。）、核燃料物質の使用等に関する規則（昭和32年総理府令第84号）及び使用施設等の位置、構造及び設備の基準に関する規則（平成25年原子力規制委員会規則第34号）において使用する用語の例による。</p>	<p>1 定義のとおり</p>

使用施設等の位置、構造及び設備の基準に関する規則及びその解説の考慮について（第一条（定義））（2/3）

使用許可基準規則解釈	第2棟における設計上の考慮
<p>2 第1条第1項の規定により使用する用語のうち、核燃料物質の使用等に関する規則第1条第2項第8号に規定する「安全上重要な施設」については、「安全上重要な施設」が果たす安全機能の性質に応じて、次の2種類に分類すること。</p> <p>一 異常発生防止系（P S）：その機能の喪失により、施設検査対象施設を異常状態に陥れ、もって公衆ないし従事者に過度の放射線被ばくを及ぼすおそれのあるもの</p> <p>二 異常影響緩和系（M S）：施設検査対象施設の異常状態において、この拡大を防止し、又はこれを速やかに収束せしめ、もって公衆ないし従事者に及ぼすおそれのある過度の放射線被ばくを防止し、又は緩和する機能を有するもの</p> <p>3 上記2の「安全上重要な施設」とは、以下に掲げるものが含まれるものをいう。ただし、安全機能が喪失したとしても、公衆及び従事者に過度の放射線被ばくを及ぼすおそれのないことが明らかな場合は、この限りでない。</p> <p>一 プルトニウムを含む溶液又は粉末を内蔵する系統及び機器</p> <p>二 使用済燃料、高レベル放射性液体廃棄物を内蔵する系統及び機器</p> <p>三 上記一及び二の系統及び機器の排気系統</p> <p>四 上記一及び二の系統及び機器を収納するセル等</p> <p>五 上記四のセル等の排気系統</p> <p>六 上記四のセル等を収納する構築物及びその換気系統</p> <p>七 核燃料物質を非密封で大量に取り扱う系統及び機器の排気系統</p> <p>八 非常用所内電源系統及び安全上重要な施設の機能の確保に必要な圧縮空気等の主要な動力源</p>	<p>2 定義のとおり</p> <p>3 定義のとおり</p>

使用施設等の位置、構造及び設備の基準に関する規則及びその解説の考慮について（第一条（定義））（3/3）

使用許可基準規則解釈	第2棟における設計上の考慮
<p>九 熱的、化学的又は核的制限値を有する設備・機器並びに当該制限値を維持するための設備・機器</p> <p>十 臨界事故の発生を直ちに検知し、これを未臨界にするための設備・機器</p> <p>十一 使用済燃料を貯蔵するための施設</p> <p>十二 高レベル放射性固体廃棄物を保管廃棄するための施設</p> <p>十三 その他上記各系統・設備・機器等の安全機能を維持するために必要な系統・設備・機器等のうち、安全上重要なもの</p> <p>4 上記3に規定する「過度の放射線被ばくを及ぼすおそれ」とは、周辺監視区域周辺の公衆の実効線量の評価値が発生事故当たり5ミリシーベルトを超えることをいう。当該実効線量の評価方法としては、別記1のとおりとする。</p>	<p>4 定義のとおり</p>

使用施設等の位置、構造及び設備の基準に関する規則及びその解説の考慮について（第二条（閉じ込めの機能））（1/7）

第二条（閉じ込めの機能）※1

使用施設等は、放射性物質を限定された区域に適切に閉じ込めることができるものでなければならない。

使用許可基準規則解釈	第2棟における設計上の考慮
<p>第2条（閉じ込めの機能）</p> <p>1 第2条に規定する「限定された区域に適切に閉じ込める」とは、放射性物質を系統又は機器に閉じ込めること、又は放射性物質が漏えいした場合においても、フード、セル等若しくは構築物の管理区域内に保持することをいう。</p> <p>上記の「セル等」とは、セル、グローブボックスその他の気密設備のことをいう。</p>	<p>1 放射性物質は、主にコンクリートセル、鉄セル、グローブボックス、フード、給排気系統、廃液系統、建屋管理区域内にて閉じ込める設計としている。</p>

※1：「セル・グローブボックスの閉じ込めに係る整理について」は、VII. ii .を参照

使用施設等の位置、構造及び設備の基準に関する規則及びその解説の考慮について（第二条（閉じ込めの機能））（2/7）

使用許可基準規則解釈

2 使用施設等について、第2条に規定する「閉じ込めることができるもの」とは、以下の各号に掲げるものをいう。

一 放射性物質を収納する系統又は機器は、放射性物質の漏えいを防止できる設計であること。また、内包する物質の種類に応じて適切な腐食対策が講じられていること。

二 放射性物質が漏えいした場合に、その漏えいを確認することができること。また、漏えいが確認された場合、その拡大を防止することができること。

三 放射性物質を気体又は液体で扱う系統及び機器は、放射性物質の逆流により、放射性物質が拡散しない設計であること。換気設備においても同様とする。

四 セル等の内部を負圧状態に保つ必要がある場合、当該セル等の内部は常時負圧に保たれていること。

第2棟における設計上の考慮

一 放射性物質は、コンクリートセル、鉄セル、グローブボックス及び系統にて閉じ込める設計としている。また、セルライニング及びセル等の給排気系統は、SUS304を使用する。なお、廃液系統は、耐食性を考慮しSUS316L又はSUS304を使用する。

二 建屋内の必要な箇所には、定置式のガンマ線エリアモニタ、中性子線エリアモニタ、ダストモニタを設置し、放射性物質の漏えいを早期検知することで拡大防止を図る設計としている。また、分析廃液受槽、設備管理廃液受槽は、その溶液の全量を保持できる堰内に設置するとともに、漏えい検知器により早期発見と拡大防止を図る設計としている。

三 セル、グローブボックスは、負圧とすることで、逆流防止を図る設計としている。
放射性的の液体廃棄物は、2階汚染検査室等から重力流で地下1階の受槽へ配管を通して流す設計としており、逆流のおそれはない。

四 セル等の内部は、負圧に維持する。

使用施設等の位置、構造及び設備の基準に関する規則及びその解説の考慮について（第二条（閉じ込めの機能））（3/7）

使用許可基準規則解釈

五 フードは、局所排気設備により開口部の風速を維持できるものであること。

六 使用施設の内部の壁、床その他核燃料物質等によって汚染されるおそれのある部分は、平滑であり、突起物、くぼみ及び仕上材の目地等のすきまの少ない構造とすること。

七 使用施設の内部の壁、床その他核燃料物質等によって汚染されるおそれのある部分の表面は、気体又は液体が浸透しにくく、かつ、腐食しにくい材料で仕上げること。

第2棟における設計上の考慮

五 フード用排風機により、1/2開口状態にて面速0.5m/s以上確保する設計としている。

六 放射性物質を取り扱う部屋の内部の壁、床その他核燃料物質等によって汚染されるおそれのある部分は、平滑であり、突起物、くぼみ及び仕上材の目地等のすきまの少ない構造としている。

七 放射性物質を取り扱う部屋の内部の壁、床その他核燃料物質等によって汚染されるおそれのある部分の表面は、気体又は液体が浸透しにくく、かつ、腐食しにくい材料で仕上げる。

使用施設等の位置、構造及び設備の基準に関する規則及びその解説の考慮について（第二条（閉じ込めの機能））（4/7）

一部改訂

使用許可基準規則解釈

八 上記一から七までの規定に加え、プルトニウムを含む溶液又は粉末、使用済燃料、高レベル放射性廃棄物及び六ふっ化ウランを取り扱う使用施設においては、以下の各号に掲げる設計上の対策が講じられていること。

① プルトニウムを含む溶液又は粉末、使用済燃料及び高レベル放射性液体廃棄物を内蔵する系統及び機器は、原則として、セル等に収納されること。また、セル等は、放射性物質の取扱量や使用の方法に応じて、液体状の放射性物質が漏えいした場合に、その漏えいを検知し、漏えいの拡大を防止するとともに、漏えいした放射性物質を安全に回収・処理等を行うことができる設計であること。

② プルトニウムを含む溶液又は粉末、使用済燃料及び高レベル放射性液体廃棄物を内蔵する系統及び機器、核燃料物質を非密封で大量に取り扱う系統及び機器、セル等並びにこれらを収納する構築物は、以下の事項を満足する排気系統を有すること。

a) 排気系統は、放射性物質の漏えいを防止できる設計であり、かつ、逆流を防止できる設計であること。

b) プルトニウムを含む溶液又は粉末、使用済燃料及び高レベル放射性液体廃棄物を内蔵する系統及び機器、核燃料物質を非密封で大量に取り扱う系統及び機器、セル等並びにこれらを収納する構築物は、原則として、換気機能により常時負圧に保たれていること。また、それぞれの気圧は、原則として、構築物、セル等、系統及び機器の順に低くすること。

c) 排気系統には、フィルタ、洗浄塔等の放射性物質を除去するための系統及び機器が適切に設けられていること。

③ 六ふっ化ウランを取り扱う設備であって、六ふっ化ウランが著しく漏えいするおそれがあるものは、漏えいの拡大を適切に防止し得る構造であること。

第2棟における設計上の考慮

① 燃料デブリ等は、セル等で取り扱う。取り扱い時には、金属製のバット上で扱う等の漏えいに対する考慮を行う。

② 燃料デブリ等を取り扱うセル等は負圧に維持する。構築物、セル等の順に負圧を低くする。給排気系統には**高性能**フィルタを設ける。

③ 第2棟では、六ふっ化ウランは取り扱わない。

使用施設等の位置、構造及び設備の基準に関する規則及びその解説の考慮について（第二条（閉じ込めの機能））（5/7）

使用許可基準規則解釈	第2棟における設計上の考慮
<p>3 貯蔵施設について、第2条に規定する「閉じ込めることができるもの」とは、上記2のうち、当該貯蔵施設に該当するものに加えて、以下の各号に掲げるものをいう。</p> <p>一 容器の外における空気を汚染するおそれのある核燃料物質を入れる容器は、気密な構造とすること。ただし、セル等の気密設備の内部において貯蔵を行う場合その他核燃料物質が漏えいするおそれがない場合は、この限りでない。</p> <p>二 液体状の核燃料物質を入れる容器は、液体が漏れ又はこぼれにくい構造とし、かつ、液体が浸透しにくい材料を用いること。</p> <p>三 液体状又は固体状の核燃料物質を入れる容器であって、き裂、破損等の事故の生ずるおそれのあるものには、核燃料物質による汚染の広がりを防止するための器具を設けること。</p> <p>4 廃棄施設（保管廃棄施設を除く。）について、第2条に規定する「閉じ込めることができるもの」とは、上記2のうち、当該廃棄施設に該当するものに加えて、以下の各号に掲げるものをいう。</p> <p>一 使用施設に設けるフード、セル等の核燃料物質等の広がりを防止する装置は、排気設備に連結すること。</p> <p>二 焼却炉を設ける場合には、次の要件を満たすこと。</p> <p>① 焼却炉は、気体が漏れにくく、かつ、灰が飛散しにくい構造とすること。</p> <p>② 焼却炉は、排気設備に連結された構造とすること。</p>	<p>一 対象施設なし。なお、燃料デブリ等はコンクリートセル内の試料ピットにて一時的に保管する設計としている。</p> <p>二 対象施設なし</p> <p>三 対象施設なし</p> <p>一 コンクリートセル、鉄セル、グローブボックス及びフードを排気系統に連結する設計としている。</p> <p>二 対象施設なし</p>

使用施設等の位置、構造及び設備の基準に関する規則及びその解説の考慮について（第二条（閉じ込めの機能））（6/7）

一部改訂

使用許可基準規則解釈	第2棟における設計上の考慮
<p>三 粉碎装置、圧縮装置、混合装置、詰込装置等放射性物質をコンクリートその他の固型化材料により固型化する設備（以下「固型化設備」という。）を設ける場合には、次の要件を満たすこと。</p> <p>① 固型化設備は、放射性物質が漏れ又はこぼれにくく、かつ、粉じんが飛散しにくい構造とすること。</p> <p>② 固型化設備は、液体が浸透しにくく、かつ、腐食しにくい材料を用いること。</p>	<p>三 対象設備なし。なお、セル等で分析員による固化等の操作を行う際には金属製のバット上で行う等、漏えいに対する考慮を行う。</p>

使用施設等の位置、構造及び設備の基準に関する規則及びその解説の考慮について（第二条（閉じ込めの機能））（7/7）

使用許可基準規則解釈	第2棟における設計上の考慮
<p>5 保管廃棄施設について、第2条に規定する「閉じ込めることができるもの」とは、上記2のうち、当該保管廃棄施設に該当するものに加えて、以下の各号に掲げるものをいう。</p> <p>一 保管廃棄施設において、容器の外における空気を汚染するおそれのある核燃料物質等を入れる容器は、気密な構造とすること。</p> <p>二 液体状の核燃料物質等を入れる容器は、液体が漏れ又はこぼれにくい構造とし、かつ、液体が浸透しにくい材料を用いること。</p> <p>三 液体状又は固体状の核燃料物質等を入れる容器で、き裂、破損等の事故の生ずるおそれのあるものには、受皿、吸収材その他核燃料物質等による汚染の広がりを防止するための器具を設けること。</p> <p>6 第2条について、使用施設等は、設計評価事故時においても可能な限り前述の負圧維持、漏えい防止、逆流防止等の必要な機能が確保されるよう設計されており、設計評価事故時において、公衆に著しい放射線被ばくのリスクを与えないよう、事故に起因して環境に放出される放射性物質の量を低減させる機能を有する設計であること。</p>	<p>5 第2棟に保管廃棄施設はない。液体状、固体状の廃棄物は施設内に一時的に保管した後に払い出す。</p> <p>6 設計評価事故時においても可能な限り負圧維持、漏えい防止、逆流防止等の必要な機能が確保される設計としている。</p>

使用施設等の位置、構造及び設備の基準に関する規則及びその解説の考慮について（第三条（遮蔽））（1/2）

第三条（遮蔽）

使用施設等は、放射性物質からの放射線に対して適切な遮蔽能力を有するものでなければならない。

使用許可基準規則解釈	第2棟における設計上の考慮
<p>第3条（遮蔽）</p> <p>1 第3条に規定する「適切な遮蔽能力を有するもの」とは、「核原料物質又は核燃料物質の製錬の事業に関する規則等の規定に基づく線量限度等を定める告示（平成27年原子力規制委員会告示第8号）」（以下「線量告示」という。）で定める「管理区域に係る線量等」、「周辺監視区域外の線量限度」及び「放射線業務従事者に係る線量限度」を満足するために、必要に応じて、遮蔽壁その他の遮蔽物を設けることをいう。</p> <p>なお、同一の周辺監視区域内に複数の施設がある場合は、各施設からの線量も適切に考慮すること。</p> <p>2 上記1の「必要に応じて」とは、核燃料物質等の量、使用状況により、特に遮蔽物を設けない状態において、線量告示で定める各号を満足する場合には、遮蔽物を設けなくてもよいことを意味する。</p> <p>3 第3条に規定する「適切な遮蔽能力を有するもの」とは、例えば、放射線業務従事者の線量限度以下とするため、作業性等を考慮して、遮蔽、機器の配置、遠隔操作、放射性物質の漏えい防止等、所要の放射線防護上の措置を講じることという。</p>	<p>1 コンクリートセル、鉄セル、グローブボックス等の各設備で取り扱う線源強度に応じて、コンクリート、鉄等の遮蔽体を設置する。</p> <p>2 グローブボックス及びフードで使用する燃料デブリ等は取扱量が少ないため、遮蔽物を設けていない。</p> <p>3 作業性等を考慮して、遮蔽、機器の配置、遠隔操作、放射性物質の漏えい防止等、所要の放射線防護上の措置を講じる。</p>

使用施設等の位置、構造及び設備の基準に関する規則及びその解説の考慮について（第三条（遮蔽））（2/2）

使用許可基準規則解釈

4 上記3の「放射線業務従事者の線量限度以下とする」とは、例えば、放射線業務従事者が立ち入る場所については、遮蔽設計の基準となる線量率を施設内の区分に応じて適切に定めること及び開口部又は配管等の貫通部があるものに対しては、必要に応じ、放射線漏えい防止措置が講じられていることをいう。

5 上記4の「遮蔽設計」に当たっては、遮蔽計算に用いられる線源、遮蔽体の形状及び材質、計算誤差等を考慮し、十分な安全裕度を見込むこと。

第2棟における設計上の考慮

4 第2棟の放射線業務従事者が立ち入る場所については、遮蔽設計の基準となる線量率を施設内の区分に応じて定めているとともに、貫通部については、補助的な遮蔽、屈曲構造等の放射線漏えい防止措置を講じている。

5 遮蔽設計においては、取り扱う燃料デブリ等をすべて燃料と仮定し、さらに、1～3号機のうち、最も線源強度が高い2号機の燃料のみで構成されていると想定した線源を設定し、かつ、遮蔽計算においては、その線源形状を点線源とすること等により、十分な安全裕度を見込んでいる。

使用施設等の位置、構造及び設備の基準に関する規則及びその解説の考慮について（第四条（火災等による損傷の防止））（1/3）

一部改訂

第四条（火災等による損傷の防止）

使用施設等は、火災又は爆発によりその安全性が損なわれないよう、火災及び爆発の発生を防止することができ、かつ、火災及び爆発の影響を軽減する機能を有するものでなければならない。

2 施設検査対象施設には、火災又は爆発によりその安全性が損なわれないよう、前項に定めるもののほか、消火を行う設備（以下「消火設備」という。）及び早期に火災発生を感知する設備を設けなければならない。

3 消火設備は、破損、誤作動又は誤操作が起きた場合においても安全上重要な施設の安全機能を損なわないものでなければならない。

使用許可基準規則解釈	第2棟における設計上の考慮
<p>第4条（火災等による損傷の防止）</p> <p>1 第1項に規定する「火災及び爆発の発生を防止ことができ、かつ、火災及び爆発の影響を軽減する機能を有するもの」とは、例えば、以下の各号に掲げるもの等をいう。</p> <p>一 建物又は居室は、建築基準法等関係法令で定める耐火構造又は不燃性材料で造られたものであり、必要に応じて防火壁の設置その他の適切な防火措置を講じたものであること。</p> <p>二 核燃料物質等を取り扱うセル等の設備・機器は、可能な限り、不燃性材料又は難燃性材料を使用する設計とすること。</p> <p>三 水素ガス等を使用する設備・機器は、火災及び爆発の発生を防止するため、発火及び異常な温度上昇の防止対策、可燃性・爆発性の物質の漏えい防止対策、空気の混入防止対策等の適切な対策が講じられた設計であるとともに、適切な熱的及び化学的制限値が設けられていること。</p>	<p>一 建築基準法及び関係法令に基づく耐火建築物としている。</p> <p>二 セル等の主要な設備・機器の材料は、可能な限り不燃性材料又は難燃性材料を使用する設計としている。</p> <p>三 水素ガスを使用する機器（<u>高周波誘導結合プラズマ質量分析装置</u>）は、グローブボックス内に設置し、グローブボックス内は換気するとともに、機器を接地し、静電気によるスパークを防止する。</p>

使用施設等の位置、構造及び設備の基準に関する規則及びその解説の考慮について（第四条（火災等による損傷の防止））（2/3）

使用許可基準規則解釈

四 火災又は爆発により臨界管理設備、換気設備等の設備・機器の一部が、その機能を喪失しても、使用施設等全体として、公衆に対し過度の放射線被ばくを及ぼさないように、臨界防止、閉じ込め等の安全機能が確保されるものとする。

五 核燃料物質の貯蔵施設は、以下の要件を満たすものとする。

- ① 貯蔵箱又は容器を設置する場合には、耐火性の構造とすること。
- ② 貯蔵室を設置する場合には、その主要構造部等を耐火構造とし、その開口部には、原則として、建築基準法に定める特定防火設備に該当する防火戸を設けること。

六 放射性廃棄物を保管廃棄する場合には、耐火性の容器に封入すること。ただし、放射性廃棄物が大型機械等であってこれを容器に封入することが著しく困難な場合において、汚染の広がりを防止するための特別な措置を講ずるときは、この限りでない。

第2棟における設計上の考慮

四 上記1の一及び二の対策に加え、火災検知器及び消火設備（屋内消火栓設備及び消火器）を消防法及び関係法令に基づき適切に設置するとともに、コンクリートセル、鉄セル及びグローブボックスに対しては、温度計及び窒素ガス消火設備を設置することにより、火災拡大防止対策を講じている。

五 第2棟に貯蔵施設はない。

なお、燃料デブリ等を一時的に保管する試料ピットは、鉄筋コンクリート造のセル内に設ける。

六 放射性廃棄物は、払い出すまで第2棟において金属製容器にて一時的に保管する。

使用施設等の位置、構造及び設備の基準に関する規則及びその解説の考慮について（第四条（火災等による損傷の防止））（3/3）

使用許可基準規則解釈

2 第2項に規定する「前項に定めるもののほか、消火を行う設備（以下「消火設備」という。）及び早期に火災発生を感知する設備を設けなければならない。」とは、火災の拡大を防止するために、適切な消火設備並びに感知及び警報設備が設けられていることをいう。

3 第3項の規定については、消火設備の破損、誤作動又は誤操作が起きた場合のほか、火災感知設備の破損、誤作動又は誤操作が起きたことにより消火設備が作動した場合においても、安全上重要な施設の機能を損なわないもの（消火設備の誤動作によって核燃料物質等が浸水したとしても、当該施設の臨界防止機能を損なわないこと等）であることをいう。

第2棟における設計上の考慮

2 建屋は、消防法及び関係法令で定める消火設備及び火災検知、警報設備を設ける。また、コンクリートセル、鉄セル及びグローブボックスには温度計及び窒素ガス消火設備を設ける。

3 燃料デブリ等を取り扱うセル等は、窒素ガスを用いて消火する設計であることから、セル等が浸水するおそれはなく、臨界防止機能を損なわない。
なお、コンクリートセル内が水没した場合においても、臨界が発生しないことを確認している。

使用施設等の位置、構造及び設備の基準に関する規則及びその解説の考慮について（第五条（立ち入りの防止））

第五条（立ち入りの防止）

使用施設等には、人がみだりに管理区域内に立ち入らないように壁、柵その他の区画物及び標識を設けなければならない。

2 使用施設等には、業務上立ち入る者以外の者がみだりに周辺監視区域内に立ち入ることを制限するため、当該区域の境界に柵その他の人の侵入を防止するための設備又は標識を設けなければならない。ただし、当該区域に人が立ち入るおそれがないことが明らかな場合は、この限りでない。

使用許可基準規則解釈

第5条（立ち入りの防止）

1 第1項に規定する「標識を設けなければならない。」とは、管理区域の境界に標識を付すことをいい、標識には、産業標準化法（昭和24年法律第185号）第17条第1項の日本産業規格（以下「日本産業規格」という。）による放射能標識（以下「放射能標識」という。）に「管理区域（核燃料物質使用施設）」及び「（使用施設、貯蔵施設、廃棄施設）」（括弧内は該当する使用施設等を記載）を記載し、さらに、許可なくして立ち入りを禁ずる旨を記載等することとする。

2 第2項に規定する「標識を設けなければならない。」とは、周辺監視区域の境界に標識を付すことをいい、標識には「周辺監視区域」を記載し、さらに、許可なくして立ち入りを禁ずる旨を記載等することとする。

第2棟における設計上の考慮

1 第2棟には、人がみだりに管理区域内に立ち入らないように壁、柵その他の区画物及び標識を設ける。

2 第2棟は、福島第一原子力発電所の周辺監視区域内に設置する。

使用施設等の位置、構造及び設備の基準に関する規則及びその解説の考慮について（第六条（自然現象による影響の考慮））

第六条（自然現象による影響の考慮）

使用施設等（施設検査対象施設は除く。）は、想定される自然現象による当該使用施設等への影響を適切に考慮したものでなければならない。

使用許可基準規則解釈	第2棟における設計上の考慮
<p>第6条（自然現象による影響の考慮）</p> <p>1 第6条に規定する「想定される自然現象」とは、敷地の自然環境を基に、地震、津波、洪水、風（台風）等のうち、使用施設等（施設検査対象施設は除く。）の供用期間中に遭遇することが想定されるもので、核燃料物質等の使用方法等からみて安全確保上適用すべきものをいう。</p> <p>2 第6条に規定する「当該使用施設等への影響を適切に考慮したもの」とは、使用施設等の周辺地域の自然現象に関する知見を踏まえ、自然現象による施設への影響を適切に考慮した当該使用施設等の位置、構造等とすることをいう。</p> <p>3 本条の規定は、使用施設等に要求される、遮蔽、閉じ込め等の安全機能と相まって、使用施設等の安全性を損なわないものとしなければならない。</p>	<p>第2棟には施設検査対象施設相当のため、該当しない。</p>

使用施設等の位置、構造及び設備の基準に関する規則及びその解説の考慮について（第七条（核燃料物質の臨界防止））（1/5）

第七条（核燃料物質の臨界防止）

使用前検査対象施設は、核燃料物質が臨界に達するおそれがないようにするため、核的に安全な形状寸法にすることその他の適切な措置を講じたものでなければならない。

2 使用前検査対象施設には、臨界警報設備その他の臨界事故を防止するために必要な設備を設けなければならない。

使用許可基準規則解釈	第2棟における設計上の考慮
<p>第7条（核燃料物質の臨界防止）</p> <p>1 第1項に規定する「核燃料物質が臨界に達する」とは、通常時に予想される機械又は器具の単一の故障若しくはその誤作動又は使用者の単一の誤操作を想定した場合に、核燃料物質が臨界に達することをいう。</p>	<p>1 第2棟では臨界安全上、質量管理又は形状管理にて燃料デブリ等を取り扱う。質量管理値を保守的な条件で設定しており、誤操作（二重装荷）が仮に生じても、臨界に達することはない値としている。また、形状管理においても保守的な条件で形状を設定しており、臨界に達することはない。</p>

使用施設等の位置、構造及び設備の基準に関する規則及びその解説の考慮について（第七条（核燃料物質の臨界防止））（2/5）

一部改訂

使用許可基準規則解釈

2 第1項に規定する「核的に安全な形状寸法にすることその他の適切な措置」とは、核燃料物質の取扱い上の一つの単位（以下「単一ユニット」という。）について、以下の各号に掲げる措置又はこれらと同等以上の措置をいう。（核燃料物質の取扱量及び使用状況からみて、臨界にならないことが明らかな場合を除く。）

一 核燃料物質を収納する、単一ユニットとしての設備・機器のうち、その形状寸法を制限し得るものについては、その形状寸法について適切な核的制限値（臨界管理を行う体系の未臨界確保のために設定する値をいう。この値は、具体的な機器の設計及び運転条件の妥当性の判断を容易かつ確実にを行うために設定する計量可能な値であり、この値を超えた機器の製作並びに運転時及び停止時における運転条件の設定は許容されない。）が設けられていること。この場合、溶液状の核燃料物質を取り扱う設備・機器については、全ての濃度において臨界安全を維持できる形状を基本とすること。

二 上記一の形状寸法管理が困難な設備・機器及び単一ユニットとしてのグローブボックスについては、取り扱う核燃料物質自体の質量、プルトニウム富化度、溶液中の濃度等について適切な核的制限値が設けられていること。この場合、誤操作等を考慮しても工程内の核燃料物質が上記の制限値を超えないよう臨界安全が確保され、十分な対策が講じられていること。

三 核燃料物質の収納を考慮していない設備・機器のうち、核燃料物質が入るおそれのある設備・機器についても上記一及び二に規定する条件が満たされていること。

第2棟における設計上の考慮

一 燃料デブリ等を一時的に保管する試料ピットはホール（直径、間隔、深さ）を管理するとともに、1ホールあたりの燃料デブリ等重量を制限している。

二 形状寸法管理が困難なセル等については、燃料デブリ等の取り扱い量を制限する質量管理としており、その重量を制限している。

三 セルでは、質量管理を行っているので、核燃料物質の収納を考慮していない設備に、核燃料物質が入ったとしても臨界には達しない。

使用施設等の位置、構造及び設備の基準に関する規則及びその解説の考慮について（第七条（核燃料物質の臨界防止））（3/5）

使用許可基準規則解釈

四 核的制限値を設定するに当たっては、取り扱われる核燃料物質の化学的組成、プルトニウム富化度及び同位体組成、密度、幾何学的形状及び減速条件、中性子吸収材等を考慮し、最も厳しい結果を与えるよう、中性子の減速、吸収及び反射の各条件を仮定し、かつ、測定又は計算による誤差、誤操作等を考慮して十分な裕度を見込むこと。

五 核的制限値を定めるに当たって、参考とする手引書、文献等は、公表された信頼度の十分高いものであり、また、使用する臨界計算コード等は、実験値等との対比がなされ、信頼度が十分高いこと。

六 核的制限値の維持・管理については、起こるとは考えられない独立した二つ以上の異常が同時に起こらない限り臨界に達しないものであること。

第2棟における設計上の考慮

四 質量管理値、試料ピットの形状を定めるにあたっては、燃料デブリ等のプルトニウム富化度、同位体組成等を安全側の値とし、中性子の減速効果については最適な条件（最も安全側の条件）としており、十分な裕度を見込んでいる。また、計算にあたっては、臨界実験とのベンチマーク解析を行っている計算コードを使用している。さらに、質量管理値を定めるにあたっては誤操作（二重装荷）が仮に生じても臨界としない考慮を行っている。

五 参考とする手引書、文献等は、公表された信頼度の十分高いものを使用している。

使用した計算コードは、実験データとの検証が行われている計算コードである。

六 第2棟では臨界が発生しないことを確認している。

使用施設等の位置、構造及び設備の基準に関する規則及びその解説の考慮について（第七条（核燃料物質の臨界防止））（4/5）

使用許可基準規則解釈

3 第1項に規定する「核的に安全な形状寸法にすることその他の適切な措置」とは、2つ以上の単一ユニットが存在する場合について、以下の各号に掲げる措置又はこれらと同等以上の措置をいう。（核燃料物質の取扱量及び取扱使用状況からみて、臨界にならないことが明らかかな場合を除く。）

一 単一ユニット相互間が核的に安全な配置であることを確認すること。

二 核的に安全な配置を定めるに当たっては、最も厳しい結果を与えるよう、中性子の減速、吸収及び反射の各条件を仮定し、かつ、測定又は計算による誤差、誤操作等を考慮して十分な裕度を見込むこと。

三 核的に安全な配置を定めるに当たって、参考とする手引書、文献等は、公表された信頼度の十分高いものであり、また、使用する臨界計算コード等は、実験値等との対比がなされ、信頼度が十分高いこと。

四 核的に安全な配置の維持については、起こるとは考えられない独立した二つ以上の異常が同時に起こらない限り臨界に達しないものであること。

五 上記四の「核的に安全な配置の維持」とは、核燃料物質を収納する設備・機器の設置に当たって、十分な構造強度を持つ構造材を用いて固定することをいう。なお、固定することが困難な設備・機器の場合は、設備・機器の周囲にユニット相互間の間隔を維持するための剛構造物を取り付けるか又は設計上移動範囲を制限すること。

第2棟における設計上の考慮

一、二、三、四、五 第2棟は、試料ピットの評価においては、試料ピットに最大取扱量の燃料デブリ等が存在し、かつ、セル内で燃料デブリ等を取り扱っていることを仮定した保守的な評価を行っている。

使用施設等の位置、構造及び設備の基準に関する規則及びその解説の考慮について（第七条（核燃料物質の臨界防止））（5/5）

使用許可基準規則解釈

六 核燃料物質を不連続的に取り扱う（バッチ処理）施設においては、核燃料物質を次の工程に移動させようとしても、核的制限値等を満足する状態にならなければ、移動することができないものであること。

七 核燃料物質を搬送するための動力の供給が停止した場合に、核燃料物質を安全に保持しているものであること。

4 第2項に規定する「臨界事故を防止するために必要な設備」とは、以下の各号に掲げる設備又はこれらと同等以上の効果を有する措置を講じた設備をいう。（核燃料物質の取扱量及び取扱使用状況からみて、臨界にならないことが明らかな場合を除く。）

一 臨界警報装置等により臨界及びその継続性を検知することができる設計であること。

二 臨界事故の発生が想定される場合には、臨界事故が発生したとしても、これを未臨界にするための措置が講じられる設計であること。

第2棟における設計上の考慮

六 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。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、受入れ・移送に伴う取扱場所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・移送にあたっては、作業を担当する者以外の第三者による立会いを行い、移送物及び伝票等の内容を確認する。

七 クレーン等の動力の供給が停止した場合においても保持した状態は維持される設計としている。

一 第2棟ではガンマ線エリアモニタ及び中性子線エリアモニタにより臨界に伴う線量率の上昇を検知し、警報を発する設計となっており、臨界の継続性を検知することができる。

二 第2棟の臨界安全評価の結果、保守的な条件下においても臨界に達することはないことを確認していることから、臨界事故の発生は想定されない。

使用施設等の位置、構造及び設備の基準に関する規則及びその解説の考慮について（第八条（施設検査対象施設の地盤））（1/3）

第八条（施設検査対象施設の地盤）

施設検査対象施設は、次条第二項の規定により算定する地震力（安全機能を有する施設のうち、地震の発生によって生ずるおそれがあるその安全機能の喪失に起因する放射線による公衆への影響の程度が特に大きいもの（以下「耐震重要施設」という。）にあつては、同条第三項の地震力を含む。）が作用した場合においても当該施設検査対象施設を十分に支持することができる地盤に設けなければならない。

2 耐震重要施設は、変形した場合においてもその安全機能が損なわれるおそれがない地盤に設けなければならない。

3 耐震重要施設は、変位が生ずるおそれがない地盤に設けなければならない。

使用許可基準規則解釈

1 第8条第1項に規定する「当該施設検査対象施設を十分に支持することができる」とは、施設検査対象施設について、自重及び通常時の荷重等に加え、耐震重要度分類（本規程第9条2の「耐震重要度分類」をいう。以下同じ。）の各クラスに応じて算定する地震力（第8条第1項に規定する「耐震重要施設」（本規程第9条2のSクラスに属する施設をいう。以下同じ）にあつては、第9条第3項に規定する「その供用中に当該耐震重要施設に大きな影響を及ぼすおそれがある地震による加速度によって作用する地震力」（以下「基準地震動による地震力」という。）を含む。）が作用した場合においても、接地圧に対する十分な支持性能を有する設計であることをいう。
なお、耐震重要施設については、上記に加え、基準地震動による地震力が作用することによって弱面上のずれ等が発生しないことを含め、基準地震動による地震力に対する支持性能が確保されていることを確認することが含まれる。

第2棟における設計上の考慮

1 第2棟を支持する地盤は、基礎スラブ直下の地盤を南北方向に約37.6m、東西方向に約40.0m、人工岩盤＝厚さ約5.4m、 $F_c = 18\text{N/mm}^2$ を介して、T.P.+約24.0m（G.L.-約16.0m）の富岡層に支持する設計としている。
常時及びBクラス地震時における地盤に生じる最大接地圧と許容応力度を比較した結果、地盤に生じる最大応力が許容応力度以下であることを確認している。

使用施設等の位置、構造及び設備の基準に関する規則及びその解説の考慮について（第八条（施設検査対象施設の地盤））（2/3）

使用許可基準規則解釈

2 第8条第2項に規定する「変形」とは、地震発生に伴う地殻変動によって生じる支持地盤の傾斜及び撓み並びに地震発生に伴う建物・構築物間の不等沈下、液状化及び揺すり込み沈下等の周辺地盤の変状をいう。

このうち上記の「地震発生に伴う地殻変動によって生じる支持地盤の傾斜及び撓み」については、広域的な地盤の隆起又は沈降によって生じるもののほか、局所的なものを含む。これらのうち、上記の「局所的なもの」については、支持地盤の傾斜及び撓みの安全性への影響が大きいため、特に留意が必要である。

第2棟における設計上の考慮

2 第2棟の建屋はBクラスであり耐震重要施設ではないことから該当しない。

使用施設等の位置、構造及び設備の基準に関する規則及びその解説の考慮について（第八条（施設検査対象施設の地盤））（3/3）

使用許可基準規則解釈

3 第8条第3項に規定する「変位」とは、将来活動する可能性のある断層等が活動することにより、地盤に与えるずれをいう。

また、同項に規定する「変位が生ずるおそれがない地盤に設け」とは、耐震重要施設が将来活動する可能性のある断層等の露頭がある地盤に設置された場合、その断層等の活動によって安全機能に重大な影響を与えるおそれがあるため、当該施設を将来活動する可能性のある断層等の露頭が無いことを確認した地盤に設置することをいう。

なお、上記の「将来活動する可能性のある断層等」とは、後期更新世以降（約12～13万年前以降）の活動が否定できない断層等をいう。その認定に当たって、後期更新世（約12～13万年前）の地形面又は地層が欠如する等、後期更新世以降の活動性が明確に判断できない場合には、中期更新世以降（約40万年前以降）まで遡って地形、地質・地質構造及び応力場等を総合的に検討した上で活動性を評価すること。なお、活動性の評価に当たって、設置面での確認が困難な場合には、当該断層の延長部で確認される断層等の性状等により、安全側に判断すること。また、「将来活動する可能性のある断層等」には、震源として考慮する活断層のほか、地震活動に伴って永久変位が生じる断層に加え、支持地盤まで変位及び変形が及ぶ地すべり面を含む。

第2棟における設計上の考慮

3 第2棟の建屋はBクラスであり耐震重要施設ではないことから該当しない。

使用施設等の位置、構造及び設備の基準に関する規則及びその解説の考慮について（第九条（地震による損傷の防止））（1/5）

第九条（地震による損傷の防止）

施設検査対象施設は、地震力に十分に耐えることができるものでなければならない。

2 前項の地震力は、地震の発生によって生ずるおそれがある施設検査対象施設の安全機能の喪失に起因する放射線による公衆への影響の程度に応じて算定しなければならない。

3 耐震重要施設は、その供用中に当該耐震重要施設に大きな影響を及ぼすおそれがある地震による加速度によって作用する地震力に対して安全機能が損なわれるおそれがないものでなければならない。

4 耐震重要施設は、前項の地震の発生によって生ずるおそれがある斜面の崩壊に対して安全機能が損なわれるおそれがないものでなければならない。

使用許可基準規則解釈

第9条（地震による損傷の防止）

1 第9条第1項に規定する「地震力に十分に耐える」とは、ある地震力に対して施設全体としておおむね弾性範囲の設計がなされることをいう。この場合、上記の「弾性範囲の設計」とは、施設を弾性体とみなして応力解析を行い、施設各部の応力を許容限界以下に留めることをいう。また、この場合、上記の「許容限界」とは、必ずしも厳密な弾性限界ではなく、局部的に弾性限界を超える場合を容認しつつも施設全体としておおむね弾性範囲に留まり得ることをいう。

第2棟における設計上の考慮

1 耐震クラスに応じた地震力に対し、原子力発電所耐震設計技術規程（JEAC4601-2008）で規定された許容限界（許容応力）以下となるよう設計している。

使用施設等の位置、構造及び設備の基準に関する規則及びその解説の考慮について（第九条（地震による損傷の防止））（2/5）

使用許可基準規則解釈

2 第9条第2項に規定する「地震の発生によって生ずるおそれがある施設検査対象施設の安全機能の喪失に起因する放射線による公衆への影響の程度」とは、地震により発生するおそれがある施設検査対象施設の安全機能の喪失（地震に伴って発生するおそれがある津波及び周辺斜面の崩壊等による安全機能の喪失を含む。）及びそれに続く放射線による公衆への影響を防止する観点から、各施設の安全機能が喪失した場合の影響の相対的な程度（以下「耐震重要度」という。）をいう。施設検査対象施設は、耐震重要度に応じて、以下のクラスに分類するものとする。

一 耐震クラス分類 I

施設検査対象施設は、以下のクラスに分類するものとする。ただし、施設の特徴に応じて、合理的な理由がある場合は、二の耐震クラス分類 II によることができる。

① Sクラス

自ら放射性物質を内蔵している施設、当該施設に直接関係しており、その機能喪失により放射性物質を外部に放出する可能性のある施設、放射性物質を外部に放散する可能性のある事態を防止するために必要な施設及び放射性物質が外部に放散される事故発生の際に、外部に放散される放射性物質による影響を低減させるために必要な施設、並びに地震に伴って発生するおそれがある津波による安全機能の喪失を防止するために必要となる施設であって、環境への影響が大きいものをいい、例えば、次の施設が挙げられる。

第2棟における設計上の考慮

2 第2棟のコンクリートセル等は「耐震設計審査指針」に基づき耐震Bクラスとしている。

「核燃料物質の使用等に関する規則」、「使用施設等の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈」では、耐震クラスは、その破損による公衆への放射線の影響の程度によって分類することとしており、第2棟についても、一般公衆への影響を検討し、その影響がBクラスの範囲内※であることを確認している。

※セル内の試料調製時に発生する粉体の発生量を安全側に見積もり、粉体中の放射性物質がセル内の気相に移行し、通常の排気系統を通じてではなく、直接、セル周辺の室に放出され、さらに建屋から外部へ放出され地上放出によって敷地境界に達したと想定した場合の内部被ばく線量は5mSvを下回ることを確認している。

使用施設等の位置、構造及び設備の基準に関する規則及びその解説の考慮について（第九条（地震による損傷の防止））（3/5）

使用許可基準規則解釈

- a) 核燃料物質を非密封で取り扱う設備・機器を収納するセル又はグローブボックス及びこれらと同等の閉じ込め機能を必要とする設備・機器であって、その破損による公衆への放射線の影響が大きい施設。
- b) 上記 a) に関連する設備・機器で放射性物質の外部への放散を抑制するための設備・機器
- c) 上記 a) 及び b) の設備・機器の機能を確保するために必要な施設

上記に規定する「環境への影響が大きい」とは、周辺監視区域周辺の公衆の実効線量の評価値が発生事故当たり5mSv を超えることをいう。

② Bクラス

機能喪失した場合の影響がSクラス施設と比べ小さい施設をいい、例えば、次の施設が挙げられる。

- a) 核燃料物質を取り扱う設備・機器又は核燃料物質を非密封で取り扱う設備・機器を収納するセル又はグローブボックス及びこれらと同等の閉じ込め機能を必要とする設備・機器であって、その破損による公衆への放射線の影響が比較的小さいもの。（ただし、核燃料物質が少なく又は収納方式によりその破損による公衆への放射線の影響が十分小さいものは除く。）

- b) 放射性物質の外部への放散を抑制するための設備・機器であってSクラス以外の設備・機器

③ Cクラス

Sクラスに属する施設及びBクラスに属する施設以外の、一般産業施設又は公共施設と同等の安全性が要求される施設をいう。

第2棟における設計上の考慮

使用施設等の位置、構造及び設備の基準に関する規則及びその解説の考慮について（第九条（地震による損傷の防止））（4/5）

使用許可基準規則解釈

3 第9条第1項に規定する「地震力に十分に耐えること」を満たすために、耐震重要度分類の各クラスに属する施設検査対象施設の耐震設計に当たっては、以下の方針によること。

一 耐震クラス分類 I

① Sクラス（津波防護施設、浸水防止設備及び津波監視設備を除く。）

・弾性設計用地震動による地震力又は静的地震力のいずれか大きい方の地震力に対しておおむね弾性状態に留まる範囲で耐えること。

・建物・構築物については、通常時に作用している荷重と、弾性設計用地震動による地震力又は静的地震力を組み合わせ、その結果発生する応力に対して、建築基準法等の安全上適切と認められる規格及び基準による許容応力度を許容限界とすること。

・機器・配管系については、通常時及び事故時に生じるそれぞれの荷重と、弾性設計用地震動による地震力又は静的地震力を組み合わせた荷重条件に対して、応答が全体的におおむね弾性状態に留まること。なお、「事故時に生じる」荷重については、地震によって引き起こされるおそれのある事象によって作用する荷重及び地震によって引き起こされるおそれのない事象であっても、いったん事故が発生した場合、長時間継続する事象による荷重は、その事故事象の発生確率、継続時間及び地震動の超過確率の関係を踏まえ、適切な地震力と組み合わせで考慮すること。

第2棟における設計上の考慮

① 対象施設・設備なし

使用施設等の位置、構造及び設備の基準に関する規則及びその解説の考慮について（第九条（地震による損傷の防止））（5/5）

使用許可基準規則解釈	第2棟における設計上の考慮
<p>② Bクラス</p> <ul style="list-style-type: none"> 静的地震力に対しておおむね弾性状態に留まる範囲で耐えること。また、共振のおそれのある施設については、その影響についての検討を行うこと。その場合、検討に用いる地震動は、弾性設計用地震動に2分の1を乗じたものとする。 建物・構築物については、通常時に作用している荷重と静的地震力を組み合わせ、その結果発生する応力に対して、建築基準法等の安全上適切と認められる規格及び基準による許容応力度を許容限界とすること。 機器・配管系については、通常時の荷重と静的地震力を組み合わせ、その結果発生する応力に対して、応答が全体的におおむね弾性状態に留まること。 <p>③ Cクラス</p> <ul style="list-style-type: none"> 静的地震力に対しておおむね弾性状態に留まる範囲で耐えること。 建物・構築物については、通常時に作用している荷重と静的地震力を組み合わせ、その結果発生する応力に対して、建築基準法等の安全上適切と認められる規格及び基準による許容応力度を許容限界とすること。 	<p>②、③ 各耐震クラスに応じた地震力が作用した場合においても、原子力発電所耐震設計技術規程（JEAC4601-2008）に基づく評価で規定された許容限界以下となるよう設計している。なお、耐震Bクラス設備は、剛構造としており共振のおそれはない。</p> <p>建屋は通常時に作用している固定荷重、積載荷重（機器荷重を含む。）及び仕上荷重と静的地震力（1.5Ci）を組み合わせ、その結果発生する応力に対して、耐震壁、大はり、柱及び基礎スラブの部材が建築基準法による短期許容応力度以下となるよう設計している。</p> <p>機器・配管系については、通常時の荷重と静的地震力を組み合わせ、その結果発生する応力に対して、許容応力以下となるように設計している。</p>

使用施設等の位置、構造及び設備の基準に関する規則及びその解説の考慮について（第十条（津波による損傷の防止））（1/2）

第十条（津波による損傷の防止）

施設検査対象施設は、その供用中に当該施設検査対象施設に大きな影響を及ぼすおそれがある津波に対して安全機能が損なわれるおそれがないものでなければならない。

使用許可基準規則解釈	第2棟における設計上の考慮
<p>第10条(津波による損傷の防止)</p> <p>1 安全上重要な施設を有する施設検査対象施設にあつては、第10条の「大きな影響を及ぼすおそれがある津波」は、「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈」（原規技発第1306193号（平成25年6月19日原子力規制委員会決定）。以下「実用炉設置許可基準解釈」という。）第5条1及び2により策定すること。</p> <p>2 安全上重要な施設を有しない施設検査対象施設にあつては、第10条の「大きな影響を及ぼすおそれがある津波」は、敷地及びその周辺地域における過去の記録、現地調査の結果、行政機関等が実施したシミュレーションの結果、最新の科学的技術的知見等を踏まえ、影響が最も大きいものとする。</p>	<p>1、2 第2棟は、アウターライズ津波が到達しないと考えられるT.P.+約40mの場所に設置するため、津波の影響は受けない。</p>

使用施設等の位置、構造及び設備の基準に関する規則及びその解説の考慮について（第十条（津波による損傷の防止））（2/2）

使用許可基準規則解釈	第2棟における設計上の考慮
<p>3 第10条に規定する「安全機能が損なわれるおそれがないものでなければならない」とは、以下の方針によること。</p> <p>一 上記1及び2で定めた津波による遡上波が到達しない十分高い場所に設置すること。</p> <p>二 津波による遡上波が到達する高さにある場合には、遡上波によって臨界に至らないこと及び閉じ込め機能等の安全機能を損なうおそれがないこと。「安全機能を損なうおそれがないこと」とは、遡上波による安全機能への影響を評価し、施設の一部の機能が損なわれることがあっても、施設検査対象施設全体としては、臨界防止及び閉じ込め等の機能が確保されることを確認することをいう。なお、「安全機能を損なうおそれがないこと」には、防潮堤等の津波防護施設及び浸水防止設備を設置して、遡上波の到達又は流入を防止することを含む。</p>	<p>3 第2棟は津波の影響を受けない。</p>
<p>4 上記3において、遡上波の到達を検討するに当たっては、実用炉設置許可基準解釈第5条3の一の②の方針によること。</p>	<p>4 第2棟は津波の影響を受けない。</p>
<p>5 上記3の二の「津波防護施設及び浸水防止設備」を設置する場合には、実用炉設置許可基準解釈第5条3の二及び五から七までの方針によること。</p>	<p>5 第2棟は津波の影響を受けない。</p>

使用施設等の位置、構造及び設備の基準に関する規則及びその解説の考慮について（第十一条（外部からの衝撃による損傷の防止））（1/2）

第十一条（外部からの衝撃による損傷の防止）

施設検査対象施設は、想定される自然現象（地震及び津波を除く。次項において同じ。）が発生した場合においても安全機能を損なわないものでなければならない。

2 安全上重要な施設は、当該安全上重要な施設に大きな影響を及ぼすおそれがあると想定される自然現象により当該安全上重要な施設に作用する衝撃及び設計評価事故時に生ずる応力を適切に考慮したものでなければならない。

3 施設検査対象施設は、工場若しくは事業所（以下「工場等」という。）内又はその周辺において想定される当該施設検査対象施設の安全性を損なわせる原因となるおそれがある事象であって人為によるもの（故意によるものを除く。）に対して安全機能を損なわないものでなければならない。

使用許可基準規則解釈

第11条（外部からの衝撃による損傷の防止）

1 第1項に規定する「想定される自然現象」とは、敷地の自然環境を基に、洪水、風（台風）、竜巻、凍結、降水、積雪、落雷、地滑り、火山の影響、生物学的事象、森林火災等から適用されるもので、核燃料物質等の使用方法等から安全確保上適用すべきものをいう。

2 第1項に規定する「想定される自然現象（地震及び津波を除く。次項において同じ。）が発生した場合においても安全機能を損なわないもの」とは、設計上の考慮を要する自然現象又はその組合せに遭遇した場合において、自然事象そのものもたらす環境条件及びその結果として施設検査対象施設で生じ得る環境条件において、その設備が有する安全機能が達成されることをいう。

第2棟における設計上の考慮

1、2、3、4 台風など暴風時に係る建屋の設計は、建築基準法及び関係法令に基づく風圧力に対して耐えられるように設計している。なお、その風圧力は、その地方における観測記録に基づくものとしている。豪雨に対しては、構造設計上考慮することはないが、屋根面の排水等、適切な排水を行うものとしている。

積雪時に係る建屋の設計は、建築基準法及び関係法令、福島県建築基準法施行細則第19条に基づく積雪荷重に耐えられる設計としている。なお、その積雪荷重は、その地方における垂直積雪量を考慮したものである。

使用施設等の位置、構造及び設備の基準に関する規則及びその解説の考慮について（第十一条（外部からの衝撃による損傷の防止））（2/2）

使用許可基準規則解釈

3 第2項に規定する「大きな影響を及ぼすおそれがあると想定される自然現象」とは、対象となる自然現象に対応して、最新の科学的技術的知見を踏まえて適切に予想されるものをいう。なお、過去の記録、現地調査の結果、最新知見等を参考にして、必要のある場合には、異種の自然現象を重畳させるものとする。

4 第2項に規定する「適切に考慮したもの」とは、大きな影響を及ぼすおそれがあると想定される自然現象により安全上重要な施設に作用する衝撃及び設計評価事故が発生した場合に生じる応力を単純に加算することを必ずしも要求するものではなく、それぞれの因果関係及び時間的变化を考慮して適切に組合せた場合をいう。

5 第3項に規定する「当該施設検査対象施設の安全性を損なわせる原因となるおそれがある事象であって人為によるもの（故意によるものを除く。）」とは、敷地及び敷地周辺の状況を基に選択されるものであり、飛来物、ダムの崩壊、爆発、近隣工場等の火災、有毒ガス、船舶の衝突、電磁的障害等をいう。

第2棟における設計上の考慮

5 火災防護に関して、建築基準法及び関係法令に基づく耐火建築物するとともに、可能な限り不燃性材料又は難燃性材料を使用する設計としている。また、火災検知器及び消火設備（屋内消火栓設備及び消火器）を消防法及び関係法令に基づき適切に設置するとともに、セル等には、温度計及び窒素ガス消火設備を設置し、火災の早期検知、消火活動の円滑化を図る設計としている。

使用施設等の位置、構造及び設備の基準に関する規則及びその解説の考慮について（第十二条（施設検査対象施設への人の不法な侵入等の防止））

第十二条（施設検査対象施設への人の不法な侵入等の防止）

施設検査対象施設が設置される工場等には、施設検査対象施設への人の不法な侵入、施設検査対象施設に不正に爆発性又は易燃性を有する物件その他人に危害を与え、又は他の物件を損傷するおそれがある物件が持ち込まれることを防止するための設備を設けなければならない。

2 施設検査対象施設が設置される工場等には、必要に応じて、不正アクセス行為（不正アクセス行為の禁止等に関する法律（平成十一年法律第百二十八号）第二条第四項に規定する不正アクセス行為をいう。）を防止するための設備を設けなければならない。

使用許可基準規則解釈	第2棟における設計上の考慮
<p>第12条(施設検査対象施設への人の不法な侵入等の防止)</p> <p>1 第10条第1項に規定する「施設検査対象施設への人の不法な侵入、施設検査対象施設に不正に爆発性又は易燃性を有する物件その他人に危害を与え、又は他の物件を損傷するおそれがある物件が持ち込まれることを防止するための設備」とは、敷地内の人による核燃料物質等の不法な移動又は妨害破壊行為、郵便物等に敷地外からの爆発物又は有害物質の持ち込み等の対策のための設備をいう。</p> <p>2 第10条第2項に規定する「不正アクセス行為（不正アクセス行為の禁止等に関する法律（平成十一年法律第百二十八号）第二条第四項に規定する不正アクセス行為をいう。）を防止するための設備」とは、サイバーテロ等の対策のための設備をいう。</p>	<p>1 人の不法な侵入等の防止に必要な防護措置を講ずる。</p> <p>2 施設の運転管理に用いる計算機等は、外部の通信網に接続しない。</p>

使用施設等の位置、構造及び設備の基準に関する規則及びその解説の考慮について（第十三条（溢水による損傷の防止））

第十三条（溢水による損傷の防止）

施設検査対象施設は、その施設内における溢水が発生した場合においても安全機能を損なわないものでなければならない。

使用許可基準規則解釈	第2棟における設計上の考慮
<p>第13条（溢水による損傷の防止）</p> <p>1 第13条に規定する「その施設内における溢水」とは、施設検査対象施設内に設置された機器及び配管の破損（地震起因を含む。）、消火系統等の作動等により発生する溢水をいう。</p> <p>2 第13条に規定する「安全機能を損なわないもの」とは、施設検査対象施設内部で発生が想定される溢水により臨界管理設備、換気設備等の設備・機器の一部の機能を喪失しても、使用施設等全体として、公衆に対して過度の放射線被ばくを及ぼさないように、臨界防止、閉じ込め等の安全機能が適切に維持されていることをいう。</p>	<p>1 燃料デブリ等はセル等にて取り扱い、セル等は窒素ガスを用いて消火する設計であることから、セル等が浸水する恐れはない。</p> <p>2 仮にコンクリートセル内が水没した場合においても、臨界が発生しないことを評価している（最適減速条件で質量管理値等の評価を行っている）。</p>

使用施設等の位置、構造及び設備の基準に関する規則及びその解説の考慮について（第十四条（化学薬品の漏えいによる損傷の防止））

第十四条（化学薬品の漏えいによる損傷の防止）

施設検査対象施設は、その施設内における化学薬品の漏えいが発生した場合においても安全機能を損なわないものでなければならない。

使用許可基準規則解釈	第2棟における設計上の考慮
<p>第14条（化学薬品の漏えいによる損傷の防止）</p> <p>1 第14条に規定する「その施設内における化学薬品の漏えい」とは、施設検査対象施設内に設置された機器及び配管の破損（地震に起因するものを含む）により発生する化学薬品の漏えいをいう。</p> <p>2 第14条に規定する「安全機能を損なわない」とは、施設検査対象施設内部で発生が想定される化学薬品の漏えいに対し、冷却、水素掃気、火災・爆発の防止、臨界防止等の安全機能を損なわないこと、この施設の構成部材が腐食することによる閉じ込め機能等の安全機能の喪失を防止すること等をいう。</p>	<p>1 本施設では安全機能を損なうおそれのある多量の化学薬品の取扱いはない。</p> <p>2 少量ではあるが化学薬品使用時において以下の火災防護を考慮する。</p> <ul style="list-style-type: none"> • 使用を想定している試薬は、試薬調製室の薬品保管庫（金属製）に保管する。 • 消防法により混載禁止とされている危険物は、薬品保管庫を分けて保管する。 • 混合することにより発火する可能性のある危険物は、同一の場所で使用しない。

使用施設等の位置、構造及び設備の基準に関する規則及びその解説の考慮について（第十五条（飛散物による損傷の防止））

第十五条（飛散物による損傷の防止）

施設検査対象施設は、その施設内の機器又は配管の損壊に伴う飛散物により、安全機能を損なわないものでなければならない。

使用許可基準規則解釈

第15条（飛散物による損傷の防止）

1 第15条に規定する「その施設内の機器又は配管の損壊に伴う飛散物」とは、ガス爆発、重量機器の落下等によって発生する飛来物をいう。なお、二次的飛来物、火災、化学反応、電磁的損傷、配管の破損、機器の故障等の二次的影響も考慮するものとする。

2 第15条に規定する「安全機能を損なわないものでなければならない。」とは、施設検査対象施設の内部で発生が想定される前述の飛来物に対し、臨界防止、閉じ込め等の安全機能を損なわないよう、飛来物により臨界管理設備、換気設備等の設備・機器の一部の機能を喪失しても、使用施設等全体として、公衆に対して過度の放射線被ばくを及ぼさないように、臨界防止、閉じ込め等の安全機能が確保されていることをいう。

第2棟における設計上の考慮

1、2 本施設内の機器又は配管の損壊に伴う飛散物により、安全機能を損なわないものとする。爆発については、「第四条 火災等による損傷の防止」に記載したとおり、爆発事故を防止するように設計されている。また、クレーンその他の搬送機器については、搬送物の落下防止や搬送機器の逸走防止対策のほか、電源喪失時にも搬送物を安全に把持する構造とすることなどにより、飛散物が発生しないものとする。回転機器については、ケーシング、カバーを設けるなどの対策によって、飛散物によって安全機能を喪失しないものとする。

使用施設等の位置、構造及び設備の基準に関する規則及びその解説の考慮について（第十六条（重要度に応じた安全機能の確保））

第十六条（重要度に応じた安全機能の確保）

施設検査対象施設は、その安全機能の重要度に応じて、その機能が確保されたものでなければならない。

2 安全上重要な施設は、機械又は器具の単一故障（単一の原因によって一つの機械又は器具が所定の安全機能を失うこと（従属要因による多重故障を含む。）をいう。）が発生した場合においてもその機能を損なわないものでなければならない。

使用許可基準規則解釈

第16条（重要度に応じた安全機能の確保）

1 第2項に規定する「単一故障」とは、動的機器の単一故障をいう。動的機器とは、外部からの動力の供給を受けて、それを含む系統が本来の機能を果たす必要があるとき、機械的に動作する部分を有する機器をいう。

2 第2項について、単一故障があったとしても、その単一故障が安全上支障のない期間に除去又は修復できることが確実であれば、その単一故障を仮定しなくてよい。さらに、単一故障の発生の可能性が極めて小さいことが合理的に説明できる場合、あるいは、単一故障を仮定することで系統の機能が失われる場合であっても、他の系統を用いて、その機能を代替できることが安全解析等により確認できれば、当該機器に対する多重性の要求は適用しない。

第2棟における設計上の考慮

1、2 第2棟では、信頼性を十分に検討し、故障の少ないものを採用するとともに、万一、設備が故障したとしても、事故につながらないように、セル・グローブボックス用排風機、フード用排風機、管理区域用排風機は、それぞれ予備機を設ける。

使用施設等の位置、構造及び設備の基準に関する規則及びその解説の考慮について（第十七条（環境条件を考慮した設計））

第十七条（環境条件を考慮した設計）

施設検査対象施設は、通常時及び設計評価事故時に想定される全ての環境条件において、安全機能を発揮することができるものでなければならない。

使用許可基準規則解釈	第2棟における設計上の考慮
<p>第17条（環境条件を考慮した設計）</p> <p>1 第17条に規定する「全ての環境条件」とは、通常時及び設計評価事故時において、その安全機能が期待されている施設検査対象施設が、その間にさらされると考えられる全ての環境条件をいう。</p>	<p>1 想定される環境条件（温度等）において、安全機能を発揮できる設計とする。</p>

使用施設等の位置、構造及び設備の基準に関する規則及びその解説の考慮について（第十八条（検査等を考慮した設計））

第十八条（検査等を考慮した設計）

施設検査対象施設は、当該施設検査対象施設の安全機能を確認するための検査又は試験及び当該安全機能を健全に維持するための保守又は修理ができるものでなければならない。

使用許可基準規則解釈	第2棟における設計上の考慮
—	第2棟の設備、機器については、安全機能を確認するための検査及び試験並びに安全機能を維持するための保守及び修理ができるような構造とする。

使用施設等の位置、構造及び設備の基準に関する規則及びその解説の考慮について（第十九条（施設検査対象施設の共用））

第十九条（施設検査対象施設の共用）

施設検査対象施設は、他の原子力施設又は同一の工場等内の他の使用施設等と共用する場合には、施設検査対象施設の安全性を損なわないものでなければならない。

使用許可基準規則解釈	第2棟における設計上の考慮
<p>第19条（施設検査対象施設の共用）</p> <p>1 第19条に規定する「施設検査対象施設の安全性を損なわない」とは、施設検査対象施設のうち、当該施設検査対象施設以外の原子力施設との間で共用するもの、又は同一の工場等内の他の使用施設等と共用するものについては、その機能、構造等から判断して、共用によって、当該施設検査対象施設の安全性に支障を来さないことをいう。</p>	<p>1 第2棟は他の施設等と共用しない。</p>

使用施設等の位置、構造及び設備の基準に関する規則及びその解説の考慮について（第二十条（誤操作の防止））

第二十条（誤操作の防止）

施設検査対象施設は、誤操作を防止するための措置を講じたものでなければならない。

2 安全上重要な施設は、容易に操作することができるものでなければならない。

使用許可基準規則解釈

第20条(誤操作の防止)

1 第1項に規定する「誤操作を防止するための措置を講じたもの」とは、人間工学上の諸因子を考慮して、盤の配置及び操作器具等の操作性に留意すること、計器表示及び警報表示において施設検査対象施設の状態が正確かつ迅速に把握できるよう留意すること、保守点検において誤りを生じにくいよう留意すること等の措置を講じた設計であることをいう。

2 第2項に規定する「容易に操作することができるもの」とは、設計評価事故が発生した状況下（混乱した状態等）であっても、簡潔な手順によって必要な操作が行える等の使用者に与える負荷を小さくすることができるよう考慮された設計であることをいう。また、設計評価事故の発生後、一定期間は、使用者の操作を期待しなくても必要な安全機能が確保される設計であることをいう。

第2棟における設計上の考慮

1 盤の配置及び操作器具等の操作性、計器表示及び警報表示においては施設の状態が正確かつ迅速に把握できるよう配置となるよう設計する。

2 液体廃棄物一時貯留設備では、廃液移送時に運転員が誤操作をしないようにするため、受槽内の液位を確認できる液位計を設置する。受け入れ側の受槽が液位計の設定値以上になった場合には、それ以上廃液を移送しないようにポンプが停止する設計としている。受槽間の移送及びタンクローリへの移送時に、払い出し側の受槽が液位計の設定値以下になった場合には、それ以上廃液を移送しないようにポンプが停止する設計としている。液位計からの設定値以上又は以下の信号が入った状態が維持されている限り、ポンプは起動せず、移送を停止するよう設計している。セル・グローブボックス用排風機、フード用排風機及び管理区域用排風機の停止時には、管理区域用送風機を作動させることがないように、管理区域用排風機の停止信号により、管理区域用送風機が作動しないように設計していることから、運転員の誤操作が防止される。

使用施設等の位置、構造及び設備の基準に関する規則及びその解説の考慮について（第二十一条（安全避難経路等））

第二十一条（安全避難経路等）

施設検査対象施設には、次に掲げる設備を設けなければならない。

- 一 その位置を明確かつ恒久的に表示することにより容易に識別できる安全避難通路
- 二 照明用の電源が喪失した場合においても機能を損なわない避難用の照明
- 三 設計評価事故が発生した場合に用いる照明（前号の避難用の照明を除く。）及びその専用の電源

使用許可基準規則解釈	第2棟における設計上の考慮
<p>第21条(安全避難経路等)</p> <p>1 第2号に規定する「照明用の電源が喪失した場合においても機能を損なわない避難用の照明」とは、その電力が非常用電源から供給される照明装置、又は電源を内蔵した照明装置をいう。</p> <p>2 第3号に規定する「設計評価事故が発生した場合に用いる照明」とは、昼夜及び場所を問わず、施設検査対象施設内で事故対策のための作業が生じた場合に、作業が可能となる照明のことをいい、現場作業の緊急性に応じて、事故対策の作業に時間的猶予がある場合には、仮設照明（可搬型）による対応を含むものとする。</p>	<p>1、2 第2棟には、建築基準法、消防法及び関係法令に基づき安全避難通路、非常照明及び誘導灯を設定している。</p>

使用施設等の位置、構造及び設備の基準に関する規則及びその解説の考慮について（第二十二条（設計評価事故時の放射線障害の防止））（1/2）

第二十二条（設計評価事故時の放射線障害の防止）

使用前検査対象施設は、設計評価事故時において、周辺監視区域の外の公衆に放射線障害を及ぼさないものでなければならない。

使用許可基準規則解釈	第2棟における設計上の考慮
<p>第22条（設計評価事故時の放射線障害の防止）</p> <p>1 第22条に規定する「設計評価事故時において、周辺監視区域の外の公衆に放射線障害を及ぼさないもの」とは、設計評価事故の解析及び評価を行った結果、公衆に著しい放射線被ばくのリスクを与えないことが確認できることをいう。</p> <p>2 上記1の「著しい放射線被ばくのリスク」とは、周辺監視区域周辺の公衆の実効線量の評価値が発生事故当たり5mSvを超えることをいう。</p> <p>3 上記1の評価は、施設検査対象施設内に、機器等の破損、故障、誤動作あるいは使用者の誤操作によって放射性物質を外部に放出する可能性のある事象を想定し、その発生の可能性との関連において、各種の安全設計の妥当性を確認するという観点から評価することをいう。設計評価事故として評価すべき事例は以下に掲げるとおりとする。</p> <p>一 核燃料物質による臨界</p> <p>二 閉じ込め機能及び遮蔽機能の不全（火災・爆発及び重量物の落下によるものを含む。）</p>	<p>1、2 設計評価事故において周辺監視区域周辺の公衆の実効線量が5mSvを超えないことを確認している。</p> <p>3 想定事故の選定</p> <p>一 第2棟の臨界安全評価の結果、保守的な条件下においても臨界に達することはないことを確認していることから、臨界事故の発生は想定されない。</p> <p>二 十分な耐震設計を行っているため、公衆の放射線被ばくにつながるような遮蔽機能の不全は起こらない。</p> <p>なお、セル内火災を想定した場合については、周辺監視区域周辺の公衆の実効線量が十分に低いことを確認している。</p>

使用施設等の位置、構造及び設備の基準に関する規則及びその解説の考慮について（第二十二条（設計評価事故時の放射線障害の防止））（2/2）

使用許可基準規則解釈	第2棟における設計上の考慮
<p>4 上記1の放射性物質の放出量等の計算については、技術的に妥当な解析モデル及びパラメータを採用するほか、以下の各号に掲げる事項に関し、十分に検討し、安全裕度のある妥当な条件を設定すること。</p> <ul style="list-style-type: none"> 一 放射性物質の形態、性状及び存在量 二 放射線の種類及び線源強度 三 閉じ込めの機能（高性能エアフィルタ等の除去系の機能を除く。）の健全性 四 排気系への移行率 五 高性能エアフィルタ等の除去系の捕集効率 六 遮蔽機能の健全性 七 臨界の検出及び未臨界にするための措置 	<ul style="list-style-type: none"> 一 放射性物質の形態、性状及び存在量は、第2棟で想定している分析作業（試料調製、分析作業）等を踏まえ、保守的に設定している。 二 放射線の種類及び線源強度についても、保守的に設定している。 三 閉じ込め機能の健全性を考慮したうえで評価を行っている。 四 排気系への移行率は、公表された信頼度の十分高いパラメータを基に設定している。 五 高性能エアフィルタ除去系の捕集効率について安全側の値を用いている。 六 遮蔽機能の健全性を考慮したうえで評価を行っている 七 第2棟の臨界安全評価の結果、保守的な条件下においても臨界に達することはないことを確認している。なお、万が一臨界が発生した場合にはガンマ線エリアモニタ及び中性子線エリアモニタにより臨界に伴う線量率の上昇を検知し、警報を発する。

使用施設等の位置、構造及び設備の基準に関する規則及びその解説の考慮について（第二十三条（貯蔵施設））

第二十三条（貯蔵施設）

貯蔵施設には、次に掲げるところにより、核燃料物質を貯蔵するための施設又は設備を設けなければならない。

- 一 核燃料物質を貯蔵するために必要な容量を有するものであること。
- 二 核燃料物質を搬出入する場合その他特に必要がある場合を除き、施錠又は立入制限の措置を講じたものであること。
- 三 標識を設けるものであること。

2 貯蔵施設には、核燃料物質を冷却する必要がある場合には、冷却するために必要な設備を設けなければならない。

使用許可基準規則解釈	第2棟における設計上の考慮
<p>第23条（貯蔵施設）</p> <p>1 第1項第2号に規定する「立入制限の措置」とは、柵その他の人がみだりに立ち入らないようにするための措置のことをいう。</p> <p>2 第1項第3号に規定する「標識を設けるもの」とは、核燃料物質を貯蔵する室、箱等には、核燃料物質が存在することを明示するため、貯蔵するための室にあってはその出入口又はその付近、貯蔵するための箱等にあってはその表面に標識を付すものとし、併せて、「貯蔵室」、「貯蔵箱」等と記載し、さらに、許可なくして立入りを禁ずる又は許可なくして触れることを禁ずる旨を記載等することをいう。</p> <p>3 第2項に規定する「冷却するために必要な設備を設けなければならない。」とは、取り扱う核燃料物質（プルトニウム等）の崩壊熱等を考慮して、冷却機能を設けること等をいう。</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1 第2棟には貯蔵施設はない。 なお、燃料デブリ等を一時的に保管する試料ピットにセル内にあり、人がみだりに立ち入ることはできない。 2 第2棟には貯蔵施設はない。 なお、燃料デブリ等を一時的に保管する試料ピットに対して、必要な表示を行う。 3 事故発生から経過しており、崩壊熱は十分小さい。

使用施設等の位置、構造及び設備の基準に関する規則及びその解説の考慮について（第二十四条（廃棄施設））（1/6）

第二十四条（廃棄施設）

廃棄施設には、次に掲げるところにより、放射性廃棄物を処理するための施設又は設備を設けなければならない。

一 管理区域内の人が常時立ち入る場所及び周辺監視区域の外の空気中の放射性物質の濃度を低減できるよう、使用施設等において発生する放射性廃棄物を処理する能力を有するものであること。ただし、空气中に放射性物質が飛散するおそれのないときは、この限りでない。

二 周辺監視区域の境界における水中の放射性物質の濃度を低減できるよう、使用施設等において発生する放射性廃棄物を処理する能力を有するものであること。

2 廃棄施設には、放射性廃棄物を保管廃棄する場合は、次に掲げるところにより、保管廃棄施設を設けなければならない。

一 放射性廃棄物を保管廃棄するために必要な容量を有するものであること。

二 外部と区画されたものであること。

三 放射性廃棄物を冷却する必要がある場合には、冷却するために必要な設備を設けるものであること。

四 放射性廃棄物を搬出入する場合その他特に必要がある場合を除き、施錠又は立入制限の措置を講じたものであること。

3 放射性廃棄物を廃棄するための施設又は設備には、標識を設けなければならない。

使用施設等の位置、構造及び設備の基準に関する規則及びその解説の考慮について（第二十四条（廃棄施設））（2/6）

一部改訂

使用許可基準規則解釈	第2棟における設計上の考慮
<p>第24条(廃棄施設)</p> <p>1 第1項に規定する「処理するための施設又は設備」とは、例えば、次に掲げる施設又は設備のことをいう。</p> <p>一 気体状の放射性廃棄物の排気施設（排気浄化装置、排風機、排気管、排気口等気体状の放射性物質を浄化し、又は排気する設備を含む。）</p> <p>二 液体状の放射性廃棄物の排水施設（排液処理装置（濃縮機、分離機、イオン交換装置等の機械又は装置をいう。）、排水浄化槽（貯留槽、希釈槽、沈殿槽、ろ過槽等の構築物をいう。）、排水管、排水口等液体状の放射性物質を浄化し、又は排水する設備を含む。）</p>	<p>一 コンクリートセル、鉄セル、グローブボックス、フード及び管理区域の諸室の排気は、高性能フィルタを設置したフィルタユニットにて放射性物質濃度を十分に低減した後、排風機を介して排気口から大気放出する設計としている。</p> <p>二 液体状の放射性廃棄物は、受槽にて一時的に保管した後に東京電力福島第一原子力発電所内他施設へ払い出す。</p>

使用施設等の位置、構造及び設備の基準に関する規則及びその解説の考慮について（第二十四条（廃棄施設））（3/6）

使用許可基準規則解釈

2 第1項第1号に規定する「空気中の放射性物質の濃度を低減できるよう、使用施設等において発生する放射性廃棄物を処理する能力を有する」とは、排気設備が以下の要件を満たすことをいう。

一 排気口における排気中の放射性物質の濃度を原子力規制委員会が定める濃度限度以下とする能力を有すること又は排気監視設備を設けて排気中の放射性物質の濃度を監視することにより、周辺監視区域の外の空気中の放射性物質の濃度を原子力規制委員会が定める濃度限度以下とする能力を有すること。

二 排気設備は、排気口以外から気体が漏れにくい構造とし、かつ、腐食しにくい材料を用いること。

三 排気設備には、その故障が生じた場合において放射性物質によって汚染された空気の広がりを急速に防止することができる装置を設けること。

第2棟における設計上の考慮

一 換気空調設備については、コンクリートセル、鉄セル、グローブボックス、フード等の排気を、高性能フィルタにより、放射性物質を十分低い濃度になるまで除去した後、第2棟の排気口から放出する設計としており、放出された放射性物質の濃度は、「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」に定める濃度限度を下回ることを確認している。なお、排気に際しては、試料放射能測定装置により、放射性物質の濃度を監視する設計としている。

二 排気設備の配管等の接続は溶接構造又はフランジ構造とし、気体が漏れにくい構造としている。また、腐食しにくい材料を用いている。

三 第2棟の排気系統の排風機は、複数台設置する。排風機1基が故障した場合でも、予備機が起動することにより排気を継続する。

使用施設等の位置、構造及び設備の基準に関する規則及びその解説の考慮について（第二十四条（廃棄施設））（4/6）

使用許可基準規則解釈

3 第1項第2号に規定する「水中の放射性物質の濃度を低減できるように、使用施設等において発生する放射性廃棄物処理する能力を有する」とは、排水設備が以下の要件を満たすことをいう。

一 排水口における排液中の放射性物質の濃度を原子力規制委員会が定める濃度限度以下とする能力を有すること又は排水監視設備を設けて水中の放射性物質の濃度を監視することにより、周辺監視区域の境界における排水中の放射性物質の濃度を原子力規制委員会が定める濃度限度以下とする能力を有すること。

二 排水設備は、排液が漏れにくい構造とし、排液が浸透しにくく、かつ、腐食しにくい材料を用いること。

三 排水浄化槽は、排液を採取することができる構造又は排液中における放射性物質の濃度を測定することができる構造とし、その出口には、排液の流出を調節する装置を設け、かつ、その上部の開口部は、蓋のできる構造とし、その周囲に柵その他の人がみだりに立ち入らないようにするための施設を設けること。

第2棟における設計上の考慮

3 第2棟に液体状の廃棄物の廃棄施設はない。なお、液体状の放射性廃棄物は、受槽にて一時的に保管した後に払い出す。

使用施設等の位置、構造及び設備の基準に関する規則及びその解説の考慮について（第二十四条（廃棄施設））（5/6）

使用許可基準規則解釈

4 第1項第1号及び第2号の規定において、通常時の線量評価の条件は、以下のとおりであること。

一 排気中の放射性物質の3月間の平均濃度の評価に当たって、放射性物質の形態・性状及び取扱量、排気系への放射性物質の移行率並びに高性能エアフィルタ等除去系の捕集効率を考慮する場合には、適切な安全余裕を見込むこと。

二 排水中の放射性物質の濃度の3月間の平均濃度を評価するに当たっては、放射性物質の取扱量、排水系への放射性物質の混入率を適切に考慮すること。

三 周辺監視区域の境界における線量の評価は、使用施設等からの直接線及びスカイシャイン線による外部被ばくの評価と適切に合算し、原子力規制委員会が定める線量限度以下となることを確認すること。

5 第2項第3号に規定する「冷却するために必要な設備を設ける」とは、取り扱う核燃料物質（プルトニウム等）の崩壊熱等を考慮して、冷却機能を設けること等をいう。

6 第2項第4号に規定する「立入制限の措置」とは、柵その他の人がみだりに立ち入らないようにするための措置のことをいう。

第2棟における設計上の考慮

一 排気中の放射性物質の3月間の平均濃度の評価に当たっては、放射性物質の形態・性状及び取扱量について、第2棟で想定している分析作業（試料調製、分析作業）等を踏まえ、保守的に設定するとともに排気系への放射性物質の移行率、高性能エアフィルタ除去系の捕集効率について安全側の値を用いている。

二 第2棟に液体状の廃棄物の廃棄施設はない。なお、液体状の放射性廃棄物は、受槽にて一時的に保管した後に払い出す。

三 周辺監視区域の境界における線量は、東京電力福島第一原子力発電所内他施設との合算を考慮しても1mSv/年以下になることを確認している。

5 第2棟では冷却する必要がある放射性の廃棄物は発生しない。

6 第2棟に保管廃棄施設はない。なお、固体状及び液体状の放射性の廃棄物を一時的に保管する室には、人がみだりに立ち入らないようにする措置を行う。

使用施設等の位置、構造及び設備の基準に関する規則及びその解説の考慮について（第二十四条（廃棄施設））（6/6）

使用許可基準規則解釈	第2棟における設計上の考慮
<p>7 第3項に規定する「標識を設けなければならない。」とは、次の各号に掲げることをいう。</p> <p>一 保管廃棄施設には、放射能標識を保管廃棄施設の外部に通ずる部分又はその付近に付すものとし、「保管廃棄施設」と記載し、さらに、許可なくして立入りを禁ずる旨を記載等すること。</p> <p>二 排気設備には、放射能標識を排気口又はその付近及び排気浄化装置の表面に付すものとし、「排気設備」と記載し、さらに、許可なくして触れることを禁ずる旨を記載等すること。また、排気管に付す標識は、日本産業規格による放射能表示（以下「放射能表示」という。）とし、排気管の表面に付すこと。</p> <p>三 排水設備には、放射能標識を排水浄化槽の表面又はその付近及び排液処理装置の表面に付すものとし、「排水設備」と記載し、さらに、許可なくして立入りを禁ずる又は許可なくして触れることを禁ずる旨を記載等すること。また、排水管に付す標識は、放射能表示とし、排水管の表面に付すこと。</p>	<p>一 第2棟に保管廃棄施設はない。なお、放射性の廃棄物を一時的に保管する設備に対して、必要な表示を行う。</p> <p>二 排気系統は対して、必要な表示を行う。</p> <p>三 第2棟に液体状の廃棄物の廃棄施設はない。なお、放射性の廃棄物を一時的に保管する設備に対して、必要な表示を行う。</p>

使用施設等の位置、構造及び設備の基準に関する規則及びその解説の考慮について（第二十五条（汚染を検査するための設備））

第二十五条（汚染を検査するための設備）

密封されていない核燃料物質を使用する場合にあっては、使用施設等には、管理区域内の放射性物質により汚染されるおそれのある場所から退出する者の放射性物質による汚染を検査するために必要な設備を設けなければならない。

使用許可基準規則解釈	第2棟における設計上の考慮
<p>第25条(汚染を検査するための設備)</p> <p>1 第25条に規定する「汚染を検査するために必要な設備を設けなければならない」とは、例えば、以下の各号に掲げる要件を満たすことをいう。</p> <p>一 汚染検査は、人が通常出入りする使用施設の出入口の付近等放射性物質による汚染の検査を行うのに最も適した場所で行うこと。</p> <p>二 汚染検査を行う場所の内部の壁、床その他放射性物質によって汚染されるおそれのある部分は、汚染の広がりを防止できる構造とすること。</p> <p>三 汚染検査を行う場所には、必要に応じて、洗浄設備、更衣設備等を設け、汚染の検査のための放射線測定器及び汚染の除去に必要な器材を備えること。</p> <p>四 上記三に定める洗浄設備を設置する場合には、その排水管は、排水設備に連結すること。</p>	<p>一 汚染検査する設備は管理区域の出入り口付近に配置する設計としている。</p> <p>二 汚染検査を行う室の床等は放射性的の気体又は液体が浸透しにくく、腐食しにくいエポキシ樹脂等で塗装する。</p> <p>三 汚染検査を行う室には手洗い、シャワーなどの洗浄設備及び更衣設備を設け、汚染の検査のための放射線測定器及び汚染の除去に必要な器材を備える設計としている。</p> <p>四 洗浄設備の排水管は、液体状の廃棄物を一時的に保管する設備に連結する設計としている。</p>

使用施設等の位置、構造及び設備の基準に関する規則及びその解説の考慮について（第二十六条（監視設備））

第二十六条（監視設備）

施設検査対象施設には、必要に応じて、通常時及び設計評価事故時において、当該施設検査対象施設及びその境界付近における放射性物質の濃度及び線量を監視し、及び測定し、並びに設計評価事故時における迅速な対応のために必要な情報を適切な場所に表示できる設備を設けなければならない。

使用許可基準規則解釈	第2棟における設計上の考慮
<p>第26条(監視設備)</p> <p>1 第26条に規定する「放射性物質の濃度及び線量を監視し、及び測定し」とは、核燃料物質等の使用の形態に応じて、施設検査対象施設の周辺監視区域周辺において、サンプリングや放射線モニタ等により放射性物質の濃度及び空間線量率を測定及び監視し、かつ、設計評価事故時に迅速な対策が行えるように、必要に応じて、放射線源、放出点、施設検査対象施設周辺、予想される放射性物質の放出経路等の適切な場所を測定及び監視することをいう。</p> <p>2 第26条の規定において、通常時における環境に放出する気体・液体廃棄物の監視及び測定については、「発電用軽水型原子炉施設における放出放射性物質の測定に関する指針」（昭和53年9月29日原子力委員会決定）を参考とすること。</p> <p>3 第26条の規定において、設計評価事故時における監視及び測定については、「発電用軽水型原子炉施設における事故時の放射線計測に関する審査指針」（昭和56年7月23日原子力安全委員会決定）を参考とすること。</p> <p>4 第26条の規定において、モニタリングポストについては、核燃料物質の使用方法等に応じて、非常用所内電源系統（無停電電源を含む。）により外部電源系統の機能喪失から電源復旧までの期間、計測に必要な電源を確保できる設計であること。</p>	<p>1、2、3 第2棟内の線量及び放射性物質の濃度に対して、ガンマ線エリアモニタ、中性子線エリアモニタ、ダストモニタにより、監視する。また、第2棟の排気口において排気中の放射性物質濃度を試料放射能測定装置により確認する設計としている。</p> <p>4 第2棟専用のモニタリングポストはない。</p>

使用施設等の位置、構造及び設備の基準に関する規則及びその解説の考慮について（第二十七条（非常用電源設備））

第二十七条（非常用電源設備）

施設検査対象施設には、外部電源系統からの電気の供給が停止した場合において、監視設備その他当該施設検査対象施設の安全機能を確保するために必要な設備を使用することができるように、必要に応じて非常用電源設備を設けなければならない。

使用許可基準規則解釈	第2棟における設計上の考慮
<p>第27条（非常用電源設備）</p> <p>1 第27条に規定する「非常用電源設備」とは、非常用電源設備（非常用ディーゼル発電機、無停電電源等）及び安全機能を確保するために必要な施設への電力供給設備（ケーブル等）をいう。</p> <p>2 非常用電源系は、停電等の外部電源系統の機能喪失時における安全機能の確保のために必要な以下の設備のために、十分な容量、機能を有すること。</p> <ul style="list-style-type: none"> 一 放射線監視設備 二 管理区域の排気設備 三 火災等の警報設備、緊急通信・連絡設備、非常用照明灯 等 	<p>1、2 第2棟の外部電源は、2系統で受電する設計となっている。万が一、外部電源が喪失した場合でも必要な設備（換気空調設備の排風機等）に給電可能とするため、予備電源を設置する設計としている。</p>

使用施設等の位置、構造及び設備の基準に関する規則及びその解説の考慮について（第二十八条（通信連絡設備））

第二十八条（通信連絡設備）

施設検査対象施設が設置される工場等には、設計評価事故が発生した場合において工場等内の人に対し必要な指示ができるよう、警報装置及び通信連絡設備を設けなければならない。

2 施設検査対象施設が設置される工場等には、設計評価事故が発生した場合においてその施設外の通信連絡をする必要がある場所と通信連絡ができるよう、専用通信回線を設けなければならない。

3 専用通信回線は、必要に応じて多様性を確保するものでなければならない。

使用許可基準規則解釈	第2棟における設計上の考慮
<p>第28条(通信連絡設備)</p> <p>1 第1項に規定する「通信連絡設備」とは、工場等内の人に対し必要箇所への事故の発生等に係る連絡を音声により行うことができる設備をいう。</p> <p>2 第2項に規定する「専用通信回線」とは、衛星専用IP電話等、事業者が独自に構築する専用の通信回線又は電気通信事業者が提供する特定顧客専用の通信回線等、輻輳等による制限を受けることなく使用できる回線であることをいう。</p> <p>3 第3項に規定する「必要に応じて多様性を確保する」とは、例えば、発生頻度が設計評価事故より低い事故であって、当該施設から多量の放射性物質又は放射線が放出するおそれがある事故の発生に備えて、通信回線の多様性を確保することをいう。</p>	<p>1、2、3 第2棟内の人に対する指示は、放送設備、ページング、電話回線を用いて行う。第2棟から免震重要棟に対しては電話回線、LAN回線を用いて連絡する。また、免震重要棟から第2棟に対しても、同設備を用いて連絡する。特定原子力施設内の全ての人に対する指示が必要な場合には免震重要棟を介して行う設計としている。</p>

使用施設等の位置、構造及び設備の基準に関する規則及びその解説の考慮について (第二十九条 (多量の放射性物質等を放出する事故の拡大の防止))(1/3)

第二十九条 (多量の放射性物質等を放出する事故の拡大の防止)

施設検査対象施設は、発生頻度が設計評価事故より低い事故であって、当該施設検査対象施設から多量の放射性物質又は放射線を放出するおそれがあるものが発生した場合において、当該事故の拡大を防止するために必要な措置を講じたものでなければならない。

使用許可基準規則解釈

第29条 (多量の放射性物質等を放出する事故の拡大の防止)
1 第29条に規定する「発生頻度が設計評価事故より低い事故であって、当該施設検査対象施設から多量の放射性物質又は放射線を放出するおそれがあるもの」とは、設計評価事故を超える事故であって、周辺監視区域周辺の公衆の実効線量の評価値が発生事故当たり5 mSv を超えるものをいう。

第2棟における設計上の考慮

1、2、3、4 第2棟では、周辺公衆に5mSvを超える被ばくを及ぼす事故の発生のおそれはないことから、多量の放射性物質等を放出する事故は想定されない。

使用施設等の位置、構造及び設備の基準に関する規則及びその解説の考慮について (第二十九条 (多量の放射性物質等を放出する事故の拡大の防止))(2/3)

使用許可基準規則解釈	第2棟における設計上の考慮
<p>2 上記1の「設計評価事故を超える事故」を想定する際には、例えば、次に掲げる条件を含め、検討すること。</p> <p>一 事故発生条件</p> <p>想定される事故が単独で、同時に又は連鎖して発生することを想定するに当たっては、同一の室内にある等、同じ防護区画内（発生する事故により、他の設備及び機能に影響を及ぼしうる範囲）にある設備及び機器の機能喪失の同時発生の可能性について考慮することをいう。なお、関連性が認められない偶発的な同時発生の可能性を想定する必要はない。想定される事故としては、例えば次の各号が考えられる。</p> <ol style="list-style-type: none"> ① 臨界 ② 火災・爆発 ③ 閉じ込め機能の喪失 ④ 冷却機能の喪失 ⑤ 外的事象（地震・津波（地震随件事象を含む。）等） ⑥ その他施設の特性に応じた事故 <p>二 事象進展条件</p> <ol style="list-style-type: none"> ① 放射性物質の放出量は、事故の発生以降、事態が収束するまでの総放出量とする。 ② 設備及び機器から飛散又は漏えいする核燃料物質の量は、最大取扱量を基に設定する。 ③ 臨界事故の発生が想定される場合には、取り扱う核燃料物質の組成（富化度）及び量、減速材の量、臨界事故継続の可能性、及び最新の知見等を考慮し、適切な臨界事故の規模（核分裂数）が設定されていることを確認する。また、放射性物質、放射線の放出量についても、臨界事故の規模に応じて適切に設定されていることを確認する。 	

使用施設等の位置、構造及び設備の基準に関する規則及びその解説の考慮について (第二十九条 (多量の放射性物質等を放出する事故の拡大の防止))(3/3)

使用許可基準規則解釈	第2棟における設計上の考慮
<p>三 その他の条件 作業環境（線量、アクセス性等を含む。）、資機材、作業員、作業体制等を適切に考慮すること。</p> <p>3 第29条に規定する「当該事故の拡大を防止するために必要な措置」とは、例えば、次の各号に示す措置又はこれらと同等以上の効果を有する措置をいう。</p> <p>一 設計評価事故を超える事故の拡大を防止する設備等の配備。</p> <p>二 拡大を防止するための措置として、フィルタ等を設けた非常用排気設備等による、事故時の使用済燃料を取り扱う施設等からの放射性物質の流出を抑制又は緩和する設備の配備。また、現場の作業環境を適切に評価し、対策を実施する放射線業務従事者の作業安全（六ふっ化ウラン（U F 6）を取り扱う施設については、U F 6の漏えいに伴う作業環境（建物内外）への化学的影響に対する安全対策を含む。）を確保できるものであること。</p> <p>4 第29条の規定において、想定される事故に応じて、再処理施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則（原子力規制委員会規則第27号、平成25年12月18日制定）及び加工施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則（原子力規制委員会規則第17号、平成25年12月18日制定）の重大事故等の拡大の防止等を参考とすること。</p>	

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 (X. 確認事項)



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
(X. i. 第2棟に係る確認事項)

11月11日面談資料改訂版

2021年4月15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. 第2棟の建屋の工事に係る確認事項について

(1) 建屋

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
遮へい機能	材料確認	コンクリートの乾燥単位容積質量を確認する。	2.1g/cm ³ 以上であること。
	寸法確認	遮へい部材の断面寸法を確認する。	遮へい部材の断面寸法が、実施計画に記載されている寸法以上であること。
構造強度	基盤確認	支持地盤の高さ、地質の状況を確認する。	実施計画に記載されている高さ以下であること。 また、実施計画に記載の地質であること。
	材料確認	構造体コンクリートの圧縮強度を確認する。	構造体コンクリートの圧縮強度が、実施計画に記載されている設計基準強度に対して、JASS 5Nの基準を満足すること。
		人工岩盤の圧縮強度を確認する。	人工岩盤の圧縮強度が、実施計画に記載されている設計基準強度以上であること。
		鉄筋の材質、強度、化学成分を確認する。	JIS G 3112に適合すること。
	寸法確認	構造体コンクリート部材の断面寸法を確認する。	構造体コンクリート部材の断面寸法が、JASS 5Nの基準を満足すること。
	据付確認	鉄筋の本数又は間隔、径、継手、定着、かぶり厚さを確認する。	鉄筋の本数又は間隔、径、継手、定着、かぶり厚さが、JASS 5Nの基準を満足すること。
	外観確認	各部の外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。

2. 第2棟の設備の工事に係る確認事項について(1/15)

(1)コンクリートセル

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
漏えい防止	材料確認	実施計画に記載されているライニングの材料であることを、材料証明書等により確認する。	実施計画のとおりであること。
	耐圧・漏えい確認	試験圧力 ^{*1} で一定時間保持した後、試験圧力に耐えていることを確認する。また、耐圧部からの漏えいがないことを確認する。	圧力に耐え、かつ構造物の有意な変形がないこと。また耐圧部から漏えいがないこと。

* 1: 大気圧比較法による圧力

(2)鉄セル(遮へい体, インナーボックス)

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
遮へい機能 ^{*1}	材料確認	実施計画に記載されている主な材料であることを、材料証明書等により確認する。	実施計画のとおりであること。
	寸法確認	実施計画に記載されている遮へい体の厚さを確認する。	実施計画に記載されている遮へい体の厚さ以上であること。
構造強度・耐震性	材料確認	実施計画に記載されている主な材料であることを、材料証明書等により確認する。	実施計画のとおりであること。
	寸法確認	実施計画に記載されている主要寸法を確認する。	寸法が許容範囲内であること。
	外観確認	各部の外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。
	据付確認	機器の据付位置、据付状態について確認する。	実施計画のとおり施工・据付されていること。
	耐圧・漏えい確認 ^{*2}	試験圧力 ^{*3} で一定時間保持した後、試験圧力に耐えていることを確認する。また、耐圧部からの漏えいがないことを確認する。	圧力に耐え、かつ構造物の有意な変形がないこと。また、耐圧部から漏えいがないこと。

* 1: 遮へい体のみ実施

* 2: インナーボックスのみ実施

* 3: 大気圧比較法による圧力

2. 第2棟の設備の工事に係る確認事項について(2/15)

(3) グローブボックス(GB-No.1, 2, 3, 4)

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
構造強度・耐震性	材料確認	実施計画に記載されている主な材料であることを、材料証明書等により確認する。	実施計画のとおりであること。
	寸法確認	実施計画に記載されている主要寸法を確認する。	寸法が許容範囲内であること。
	外観確認	各部の外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。
	据付確認	機器の据付位置、据付状態について確認する。	実施計画のとおり施工・据付されていること。
	耐圧・漏えい確認	試験圧力*1で一定時間保持した後、試験圧力に耐えていることを確認する。また、耐圧部からの漏えいがないことを確認する。	圧力に耐え、かつ構造物の有意な変形がないこと。また、耐圧部から漏えいがないこと。

* 1: 大気圧比較法による圧力

(4) フード

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
構造強度	外観確認	各部の外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。
	据付確認	機器の据付位置、据付状態について確認する。	実施計画のとおり施工・据付されていること。
性能	運転性能確認	運転状態にて開口部(1/2開放状態)の面速を確認する。	実施計画に記載されている面速以上であること。

2. 第2棟の設備の工事に係る確認事項について(3/15)

(5)セル・グローブボックス用排風機A, B

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
構造強度・耐震性	材料確認	実施計画に記載されている主な材料であることを、材料証明書等により確認する。	実施計画のとおりであること。
	寸法確認	実施計画に記載されている主要寸法を確認する。	寸法が許容範囲内であること。
	外観確認	各部の外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。
	据付確認	機器の据付位置、据付状態について確認する。	実施計画のとおり施工・据付されていること。
性能	運転性能確認	運転を行い、実施計画に記載されている容量を満足することを確認する。また、異音、異臭、振動の異常がないことを確認する。	実施計画に記載されている容量を満足すること。また、異音、異臭、振動の異常がないこと。
		運転中のセル・グローブボックス用排風機が停止したときに、待機しているセル・グローブボックス用排風機が起動することを確認する。	待機しているセル・グローブボックス用排風機が起動すること。

(6)フード用排風機, 管理区域用排風機, 管理区域用送風機

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
構造強度	外観確認	各部の外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。
	据付確認	機器の据付位置、据付状態について確認する。	実施計画のとおり施工・据付されていること。
性能	運転性能確認	運転を行い、実施計画に記載されている容量を満足することを確認する。また、異音、異臭、振動の異常がないことを確認する。	実施計画に記載されている容量を満足すること。また、異音、異臭、振動の異常がないこと。
		運転中のフード用排風機、管理区域用排風機、管理区域用送風機が停止したときに、待機しているフード用排風機、管理区域用排風機、管理区域用送風機が起動することを確認する。	待機しているフード用排風機、管理区域用排風機、管理区域用送風機が起動すること。
		セル・グローブボックス用排風機、フード用排風機及び管理区域用排風機を停止させ、管理区域用送風機が起動しないことを確認する。	管理区域用送風機が起動しないこと。

2. 第2棟の設備の工事に係る確認事項について(4/15)

(7)セル・グローブボックス用排気フィルタユニットA, B, C, D

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
構造強度・耐震性	材料確認	実施計画に記載されている主な材料であることを、材料証明書等により確認する。	実施計画のとおりであること。
	寸法確認	実施計画に記載されている主要寸法を確認する。	寸法が許容範囲内であること。
	外観確認	各部の外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。
	据付確認	機器の据付位置、据付状態について確認する。	実施計画のとおり施工・据付されていること。
	耐圧・漏えい確認	最高使用圧力の1.25倍以上に加圧し、有意な変形がないことを確認する。また、漏えいがないことを確認する。	圧力に耐え、かつ構造物の変形がないこと。また、耐圧部から漏えいがないこと。
性能	運転性能確認	運転状態にてフィルタユニットの容量を確認する。また、異音、異臭、振動の異常がないことを確認する。	実施計画に記載されている容量を満足すること。また、異音、異臭、振動の異常がないこと。

2. 第2棟の設備の工事に係る確認事項について(5/15)

(8)コンクリートセル用給気フィルタユニットA, B

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
構造強度・耐震性	材料確認	実施計画に記載されている主な材料であることを、材料証明書等により確認する。	実施計画のとおりであること。
	寸法確認	実施計画に記載されている主要寸法を確認する。	寸法が許容範囲内であること。
	外観確認	各部の外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。
	据付確認	機器の据付位置、据付状態について確認する。	実施計画のとおり施工・据付されていること。
	耐圧・漏えい確認	最高使用圧力の1.25倍以上に加圧し、有意な変形がないことを確認する。また、漏えいがないことを確認する。	圧力に耐え、かつ構造物の変形がないこと。また、耐圧部から漏えいがないこと。
性能	運転性能確認	運転状態にてフィルタユニットの容量を確認する。また、異音、異臭、振動の異常がないことを確認する。	実施計画に記載されている容量を満足すること。また、異音、異臭、振動の異常がないこと。

2. 第2棟の設備の工事に係る確認事項について(6/15)

(9) 鉄セル用給気フィルタユニットA, B, C, D

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
構造強度・耐震性	材料確認	実施計画に記載されている主な材料であることを、材料証明書等により確認する。	実施計画のとおりであること。
	寸法確認	実施計画に記載されている主要寸法を確認する。	寸法が許容範囲内であること。
	外観確認	各部の外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。
	据付確認	機器の据付位置、据付状態について確認する。	実施計画のとおり施工・据付されていること。
	耐圧・漏えい確認	最高使用圧力の1.25倍以上に加圧し、有意な変形がないことを確認する。また、漏えいがないことを確認する。	圧力に耐え、かつ構造物の変形がないこと。また、耐圧部から漏えいがないこと。
性能	運転性能確認	運転状態にてフィルタユニットの容量を確認する。また、異音、異臭、振動の異常がないことを確認する。	実施計画に記載されている容量を満足すること。また、異音、異臭、振動の異常がないこと。

2. 第2棟の設備の工事に係る確認事項について(7/15)

(10) グローブボックス用給気フィルタA～H

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
構造強度・耐震性	材料確認	実施計画に記載されている主な材料であることを、材料証明書等により確認する。	実施計画のとおりであること。
	寸法確認	実施計画に記載されている主要寸法を確認する。	寸法が許容範囲内であること。
	外観確認	各部の外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。
	据付確認	機器の据付位置、据付状態について確認する。	実施計画のとおり施工・据付されていること。
	耐圧・漏えい確認	最高使用圧力の1.25倍以上に加圧し、有意な変形がないことを確認する。また、漏えいがないことを確認する。	圧力に耐え、かつ構造物の変形がないこと。また、耐圧部から漏えいがないこと。
性能	運転性能確認	運転状態にてフィルタユニットの容量を確認する。また、異音、異臭、振動の異常がないことを確認する。	実施計画に記載されている容量を満足すること。また、異音、異臭、振動の異常がないこと。

(11) フード用排気フィルタユニット、管理区域用排気フィルタユニット

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
構造強度	外観確認	各部の外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。
	据付確認	機器の据付位置、据付状態について確認する。	実施計画のとおり施工・据付されていること。
性能	運転性能確認	運転状態にてフィルタユニットの容量を確認する。また、異音、異臭、振動の異常がないことを確認する。	実施計画に記載されている容量を満足すること。また、異音、異臭、振動の異常がないこと。

2. 第2棟の設備の工事に係る確認事項について(8/15)

(12) 主要排気管, 主要給気管

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
構造強度・耐震性	材料確認	実施計画に記載されている主な材料であることを, 材料証明書等により確認する。	実施計画のとおりであること。
	寸法確認	実施計画に記載されている主要寸法を確認する。	寸法が許容範囲内であること。
	外観確認	各部の外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。
	据付確認	サポート支持間隔が定ピッチスパン法で算出した値以下であることを確認する。また, 機器の据付位置, 据付状態について確認する。	サポート支持間隔が定ピッチスパン法で算出した値以下であること。また, 実施計画のとおり施工・据付されていること。
	耐圧・漏えい確認	最高使用圧力の1.25倍以上に加圧し, 同圧力に耐え有意な変形がないことを確認する。また, 漏えいがないことを確認する。	圧力に耐え, かつ構造物の有意な変形がないこと。また, 耐圧部から漏えいがないこと。

2. 第2棟の設備の工事に係る確認事項について(9/15)

(13)分析廃液受槽A, B

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
構造強度	材料確認	実施計画に記載されている主な材料であることを, 材料証明書等により確認する。	実施計画のとおりであること。
	寸法確認	実施計画に記載されている主要寸法を確認する。	寸法が許容範囲内であること。
	外観確認	各部の外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。
	据付確認	機器の据付位置, 据付状態について確認する。	実施計画のとおり施工・据付されていること。
	耐圧・漏えい確認	静水頭圧力で保持した後, 同圧力に耐え有意な変形がないことを確認する。また, 耐圧部からの漏えいがないことを確認する。	圧力に耐え, かつ有意な変形がないこと。また, 耐圧部から漏えいがないこと。
機能	警報確認	液位「高高」側の信号により警報が発生することを確認する。	液位「高高」側の信号により警報が発生すること。

(14)分析廃液移送ポンプ, 分析廃液回収ポンプ, 設備管理廃液移送ポンプ, 設備管理廃液回収ポンプ

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
構造強度	外観確認	各部の外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。
	据付確認	機器の据付位置, 据付状態について確認する。	実施計画のとおり施工・据付されていること。
性能	運転性能確認	運転を行い, 実施計画に記載されている容量を満足することを確認する。また, 異音, 異臭, 振動の異常がないことを確認する。	実施計画に記載の容量を満足すること。また, 異音, 異臭, 振動の異常がないこと。

2. 第2棟の設備の工事に係る確認事項について(10/15)

(15)設備管理廃液受槽A, B

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
構造強度	材料確認	実施計画に記載されている主な材料であることを, 材料証明書等により確認する。	実施計画のとおりであること。
	寸法確認	実施計画に記載されている主要寸法を確認する。	寸法が許容範囲内であること。
	外観確認	各部の外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。
	据付確認	機器の据付位置, 据付状態について確認する。	実施計画のとおり施工・据付されていること。
	耐圧・漏えい確認	静水頭圧力で保持した後, 同圧力に耐え有意な変形がないことを確認する。また, 耐圧部からの漏えいがないことを確認する。	圧力に耐え, かつ有意な変形がないこと。また, 耐圧部から漏えいがないこと。
機能	警報確認	液位「高高」側の信号により警報が発生することを確認する。	液位「高高」側の信号により警報が発生すること。

2. 第2棟の設備の工事に係る確認事項について(11/15)

(16) 漏えい検出装置及び警報装置

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
構造強度	外観確認	各部の外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。
	据付確認	装置の据付位置, 据付状態について確認する。	実施計画のとおり施工・据付されていること。
機能	漏えい警報確認	漏えい信号により警報が作動することを確認する。	警報が作動すること。

(17) 液体廃棄物一時貯留設備の堰その他の設備

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
漏えい防止	材料確認	実施計画に記載されている主な材料であることを, 材料証明書等により確認する。	実施計画のとおりであること。
	寸法確認	実施計画に記載されている堰の高さ以上であることを確認する。また, 想定する最大の漏えい量が堰内に確保できることを確認する。	堰の高さが実施計画に記載されている高さ以上であること。また, 想定する最大の漏えい量が確保できること。
	外観確認	各部の外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。
	据付確認	堰その他の設備の据付位置, 据付状態について確認する。	実施計画のとおり施工・据付されていること。

2. 第2棟の設備の工事に係る確認事項について(12/15)

(18) 主要配管

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
構造強度・ 耐震性	材料確認	実施計画に記載されている主な材料であることを、材料証明書等により確認する。	実施計画のとおりであること。
	寸法確認	実施計画に記載されている主要寸法を確認する。	寸法が許容範囲内であること。
	外観確認	各部の外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。
	据付確認	サポート支持間隔が定ピッチスパン法で算出した値以下であることを確認する。また、据付位置、据付状態について確認する。	サポート支持間隔が定ピッチスパン法で算出した値以下であること。また、実施計画のとおり施工・据付されていること。
	耐圧・漏えい確認	最高使用圧力の1.5倍に加圧し、同圧力に耐え有意な変形がないことを確認する。また、耐圧部から漏えいがないことを確認する。 ^{*1}	圧力に耐え、かつ有意な変形がないこと。また、耐圧部から漏えいがないこと。
機能・ 性能	通水確認	通水ができることを確認する。	通水ができること。

*1: 最高使用圧力の1.5倍をかけることが困難な箇所については、放射線透過試験及び可能な限り高い圧力で耐圧試験を行い、耐圧部からの漏えいがないことを確認したのち、代替検査として非破壊検査(浸透探傷試験)で確認する。

2. 第2棟の設備の工事に係る確認事項について(13/15)

(19) 試料ピット

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
臨界管理	寸法確認	試料ピットの深さ, 中心間距離が, 実施計画に記載されている寸法以上であることを確認する。また, 試料ピットの径が, 実施計画に記載されている寸法以下であることを確認する。	試料ピットの深さ, 中心間距離が, 実施計画に記載されている寸法以上であることを。また, 試料ピットの径が実施計画に記載されている寸法以下であること。
	外観確認	各部の外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。

(20) ダスト放射線モニタ, ガス放射線モニタ

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
構造強度	外観確認	各部の外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。
	据付確認	装置の据付位置, 据付状態について確認する。	実施計画のとおり施工・据付されていること。
機能	警報確認	設定値通りに警報が作動することを確認する。	許容範囲内で警報が作動すること。
性能	線源校正確認	標準線源を用いて基準計数率を測定し, 各検出器の校正が正しいことを確認する。	基準計数率に対する測定値が許容範囲内であること。
	校正確認	校正点の基準入力を与え, 指示値を確認する。	指示値が許容範囲内であること。

2. 第2棟の設備の工事に係る確認事項について(14/15)

(21) γ 線エリアモニタ, 中性子線エリアモニタ

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
構造強度	外観確認	各部の外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。
	据付確認	装置の据付位置, 据付状態について確認する。	実施計画のとおり施工・据付されていること。
機能	警報確認	設定値通りに警報が作動することを確認する。	許容範囲内で警報が作動すること。
性能	線源校正確認	標準線源を用いて基準計数率を測定し, 各検出器の校正が正しいことを確認する。	基準計数率に対する測定値が許容範囲内であること。
	校正確認	校正点の基準入力を与え, 指示値を確認する。	指示値が許容範囲内であること。

(22) α/β 線ダストモニタ, β 線ダストモニタ

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
構造強度	外観確認	各部の外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。
	据付確認	装置の据付位置, 据付状態について確認する。	実施計画のとおり施工・据付されていること。
機能	警報確認	設定値通りに警報が作動することを確認する。	許容範囲内で警報が作動すること。
性能	線源校正確認	標準線源を用いて基準計数率を測定し, 各検出器の校正が正しいことを確認する。	基準計数率に対する測定値が許容範囲内であること。
	校正確認	校正点の基準入力を与え, 指示値を確認する。	指示値が許容範囲内であること。

2. 第2棟の設備の工事に係る確認事項について(15/15)

(23) エアスニファ

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
構造強度	外観確認	各部の外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。
	据付確認	装置の据付位置, 据付状態について確認する。	実施計画のとおり施工・据付されていること。

3. 第2棟の設備の溶接部に係る確認事項について

◆溶接検査

○コンクリートセルNo.4排気口からセル・グローブボックス用排気フィルタユニットC, D入口までの外径100mm以上の主要排気管

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
溶接検査	材料検査	使用する材料が、JIS規格等に適合するものであり、溶接施工法の母材の区分に適合することを材料証明書等により確認する。	使用する材料が、JIS規格等に適合するものであり、溶接施工法の母材の区分に適合するものであること。
	開先検査	開先面に溶接に悪影響を及ぼす欠陥等ないことを確認する。また、開先形状の管理が行われていることを確認する。	開先面に溶接に悪影響を及ぼす欠陥等ないこと。また、開先形状の管理が行われていること。
	溶接作業検査	あらかじめ決められた溶接施工法であることを確認する。また、溶接士が保有する資格範囲内で溶接されていることを確認する。	あらかじめ決められた溶接施工法であり、溶接士が保有する資格範囲内で溶接されていること。
	非破壊試験	溶接部について非破壊検査(浸透探傷検査)を行い、その試験方法及び結果が溶接規格に適合するものであることを確認する。	溶接部について非破壊検査(浸透探傷検査)を行い、その試験方法及び結果が溶接規格に適合するものであること。
	耐圧・漏えい検査	最高使用圧力の1.25倍以上の圧力で保持した後、同圧力に耐え有意な変形がないこと確認する。また、耐圧部から漏えいがないことを確認する。	圧力に耐え、かつ有意な変形がないこと。また、耐圧部から漏えいがないこと。
	外観確認	各部の外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。

別紙 主要排気管・主要配管の寸法計測について

◆管の寸法確認について

- ▶ 材料証明書等における寸法の確認記録は、JISに適合している旨の記載のみであることから、材料証明書等の確認とともに寸法についても計測による確認を実施する。
- ▶ 寸法確認は、実施計画に記載している各サイズごとに実施する。

◆管の寸法確認方法

○確認する寸法

- ・実施計画に記載している主要寸法(外径、厚さ)

○判断基準

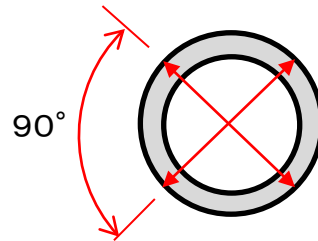
- ・実施計画の別冊に記載している許容範囲内であること。

○計測箇所

- ・外径 → 円周2方向(90° ピッチ)
- ・厚さ → 円周4点(90° ピッチ)

○計測器

- ・ノギス、鋼製巻尺、超音波厚さ計 等



◆主要配管の別冊における記載例

①分析廃液受槽出口から分析廃液移送ポンプ入口まで

主要寸法 (mm)		許容範囲	根拠
外径	48.6	48.6±0.5	JISによる材料公差
厚さ	3.0	3.0±0.5	同上

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 (Ⅺ. 保安体制について)



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
(XI. i. 保安体制について)
1月5日面談資料改訂版

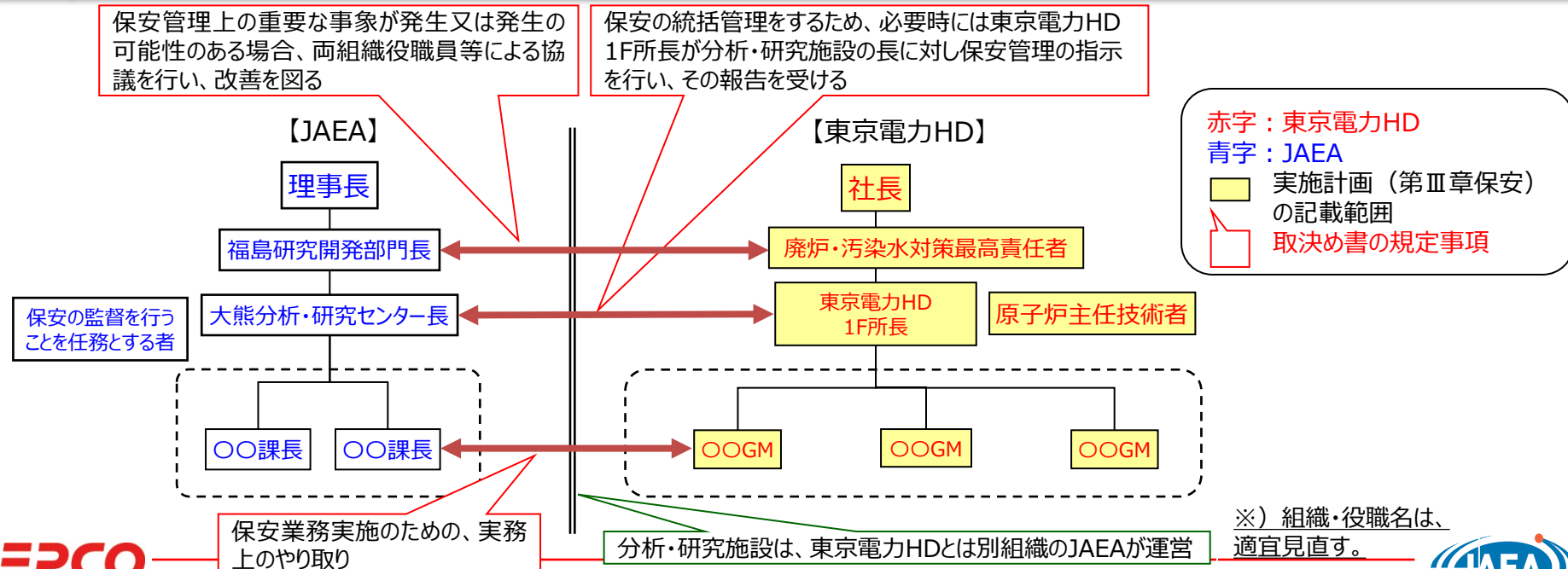
2021年1月18日

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. 放射性物質分析・研究施設の保安体制(覚書)

JAEAと東京電力HDは本施設の安全性並びに効率性を相互協力により確保するため覚書を交わし、放射性物質分析・研究施設に係る**両者の基本的な役割分担、権利義務**を以下の通り定めている。

- 放射性物質分析・研究施設は、1Fにおける特定原子力施設の一部として、**東京電力HDが保安に関する統括管理を行う**。
- 放射性物質分析・研究施設の**施設所有・運営**は、十分な技術力を有する**JAEAを主体**とすることで、本施設の有効活用を図る。
- 分析結果の第三者性の観点から、JAEAの運営組織は東京電力HDと別組織とする。
- 本施設についての保安管理を確実に実施するため、**両者の関係を取決め書**で規定する。
- 保安管理上の重要な事象が発生又は発生の可能性がある場合は、両組織の役員による協議を行い、改善を図る。
(東京電力HDの役員は実施計画上に位置づけがあり、対応するJAEA役員と協議を行う。)



2. 放射性物質分析・研究施設の保安体制（取決め）

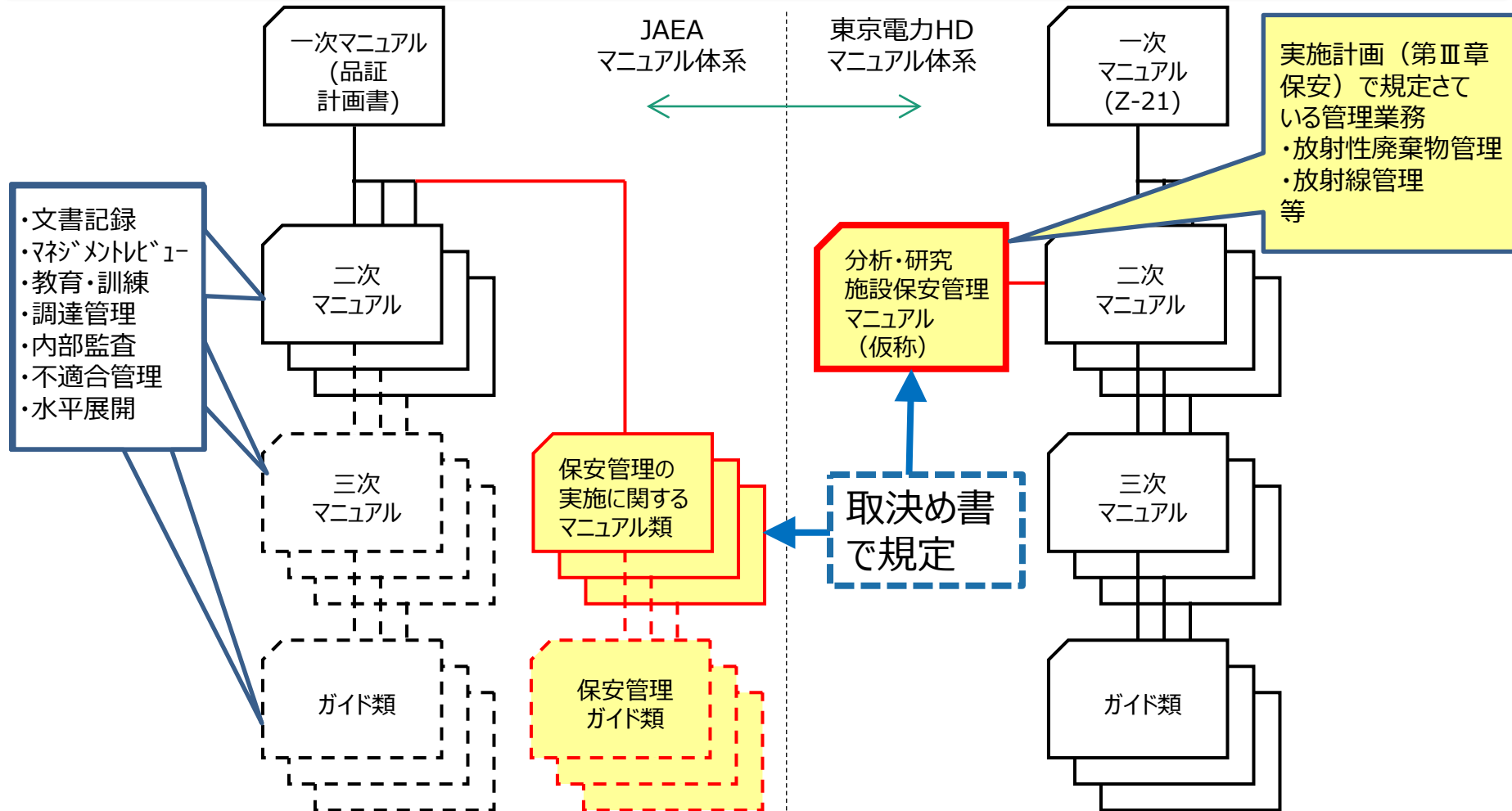
放射性物質分析・研究施設についての**保安管理を確実に実施するため、両者の関係を取決め書で規定**する。今後、第2棟に係る取決め書は、以下の第1棟の建設・運転保守における保安管理に関する取決め書に準じた内容とする予定である。

取決め書に定める両社の保安に係る具体的な役割分担

東京電力HD	JAEA
<p>本施設についても、他の実施計画の施設と同等の保安管理・保安活動を実施。</p>	<p>実施計画を遵守。 実施計画第三章の条文から直接的な要求がない場合でも、東電HDの施設と同水準の管理を行う。</p>
<p>特定原子力施設の設置者として、各職務に応じた保安管理を行う。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・JAEAのマニュアル・手順書及びそれらに沿った活動のエビデンスを定期的に確認。 ・運転保守段階では、定期的な現場巡視や保安管理に関する各種会議に参加する等により、当該施設の運用状況を把握。 ・保全計画が適切に管理されていることを定期的に確認。 ・保管管理に係るマニュアル・手順書等を制改訂する際は、JAEAに通知。 	<p>東電HDの保安管理の下、各職務に応じた保安活動を行う。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・東電HDがマネージメントレビューを実施する上で必要な情報やその他双方が必要と考える事項について報告。 ・保安管理上の改善が必要な場合は、改善を実施。 ・保安管理状況を日常的に報告。 ・全ての不適合事象を報告。 ・保安管理に係るマニュアル・手順書等を制改訂する際は、施行前に東電HDに確認を受ける。
<p>保安管理に関する具体的な要求事項をマニュアルとして定める。</p>	<p>左記マニュアルの要求事項に従い、その具体的な手順を示したマニュアル等を定める。</p>
<p>保安検査は東電HDが受検。</p>	<p>東電HDの統括管理の下、保安検査官への状況説明及び必要な対応を行う。</p>
<p>1F所長は、保安管理上の懸念があった際には、設備運用停止やその改善について指示できる。</p>	<p>左記指示に従う。</p>

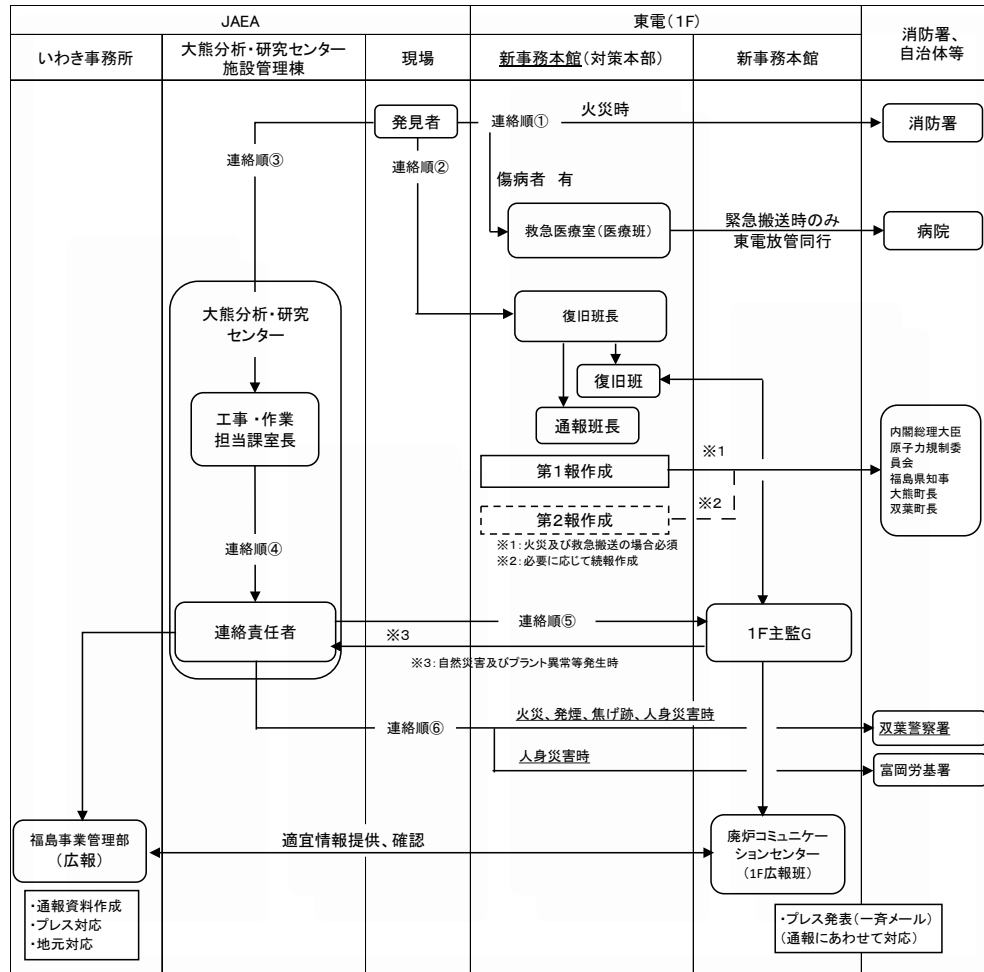
3. 放射性物質分析・研究施設の保安体制(QMS)

取決め書に基づき、東京電力HDは二次マニュアルに「保安管理上の要求事項」を定め、JAEAは三次マニュアルに「その要求事項に従い具体的な手順等」を定め、実務に適用する。



4. 放射性物質分析・研究施設の保安体制 (連絡通報体制案)

第2棟に係る連絡通報体制は、以下の建設工事及び、施設管理棟運用に係る事故時等の通報・連絡対応による。なお、本体制は必要に応じ改善を図って行く。



4. 放射性物質分析・研究施設の保安体制

緊急事態発生時の役割分担(1/2)

第2棟に係る緊急事態発生時の役割分担は、以下の第1棟役割分担に準じた内容とする予定である。

	No.	項目	区分		備考
			JAEA	東電	
火災	1	通報連絡			
		a) 消防(119番)通報、復旧班長への連絡	○(発見者)		
		b) 警察への連絡	○		
		c) 自治体への通報		○	
	2	消火活動			
		a) JAEA自衛消防組織	○	※	※: JAEAからの要請に応じて出勤し、JAEAの指揮下に入る
		b) 消火本部の設置	○		本部及び現地本部
		c) 消火本部用場所の確保	○	※	※: JAEAからの要請に応じて提供
		d) 発電所構内消火活動における便宜提供		○	JAEAからの要請に応じて提供(APD貸与、サーベイ、消火設備等)
		3 鎮火確認	○		東電への報告を含む
	4 原因究明及び再発防止	○	※	東電は報告を受け、必要に応じ指示、指導を行う	
傷病	1	通報連絡			
		a) 救急医療室、復旧班長への連絡	○(発見者)		
		b) 労基署・警察署への連絡・説明	○		
	2	救急医療		○	緊急医療室の用意、応急処置、緊急搬送判断、身体汚染確認及び証明書作成
	3	病院への同行及び説明			
		a) 事業主体としての対応	○		東電への必要な情報提供を含む
		b) 原子力災害現地対策本部の定める要領に基づく対応		○	東電保安班員が同行
	4	自治体への通報		○	
5	原因究明及び再発防止(けがのみ)	○	※	東電は報告を受け、必要に応じ指示、指導を行う	

4. 放射性物質分析・研究施設の保安体制

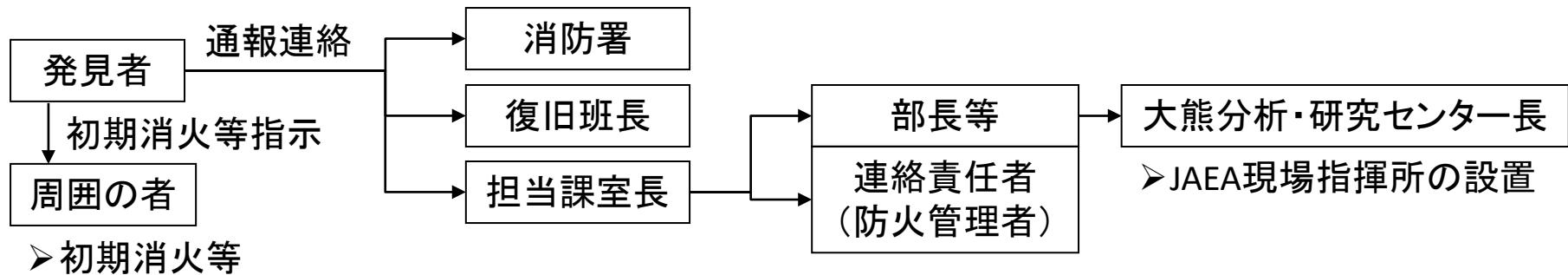
緊急事態発生時の役割分担(2/2)

	No.	項目	区分		備考
			JAEA	東電	
現場異常 トラブル	1	実施計画に記載の安全機能に係わる設備の故障			
	a)	通報連絡			
		①復旧班長への連絡	○(発見者)		
		②自治体への通報		○	事象の公表区分に応じて対応
	b)	原因究明及び再発防止	○	※	※：東電は報告を受け、必要に応じ指示、指導を行う
	2	上記以外の設備の故障			
	a)	通報連絡			
		①復旧班長への連絡	○(発見者)		
		②自治体への通報		○	事象の公表区分に応じて対応
	b)	原因究明及び再発防止	○	※	※：東電は報告を受け、必要に応じ指示、指導を行う
	3	油漏れの場合			
	a)	通報連絡			
		①消防、復旧班長への連絡	○(発見者)		
		③自治体への通報		○	
	b)	原因究明及び再発防止	○	※	※：東電は報告を受け、必要に応じ指示、指導を行う
	4	その他事象への対応			
a)	自治体への通報		○		
b)	自治体への通報以外の対応	○			

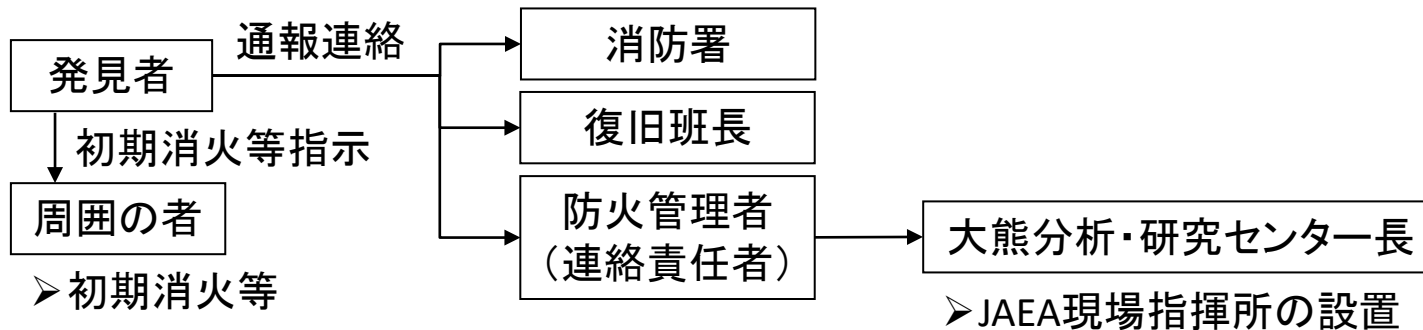
5. 火災時の対応①

第2棟は、以下の施設管理棟における連絡通報体制をもとに今後定めていく。

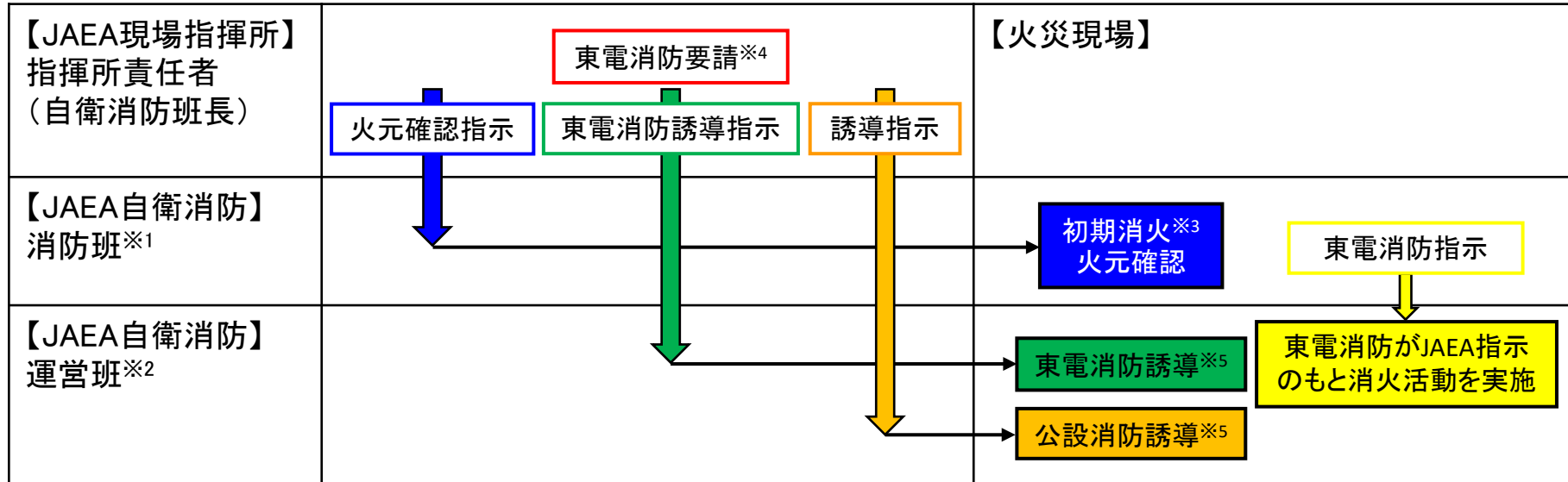
【昼間】



【夜間】



5. 火災時の対応②



※1: 初期消火、消火作業の指揮等を行うもの。

※2: 情報収集、消防機関の誘導等を行うもの。

※3: 消火器等にて初期消火を行う。

※4: 初期消火(JAEA対応)にて消火が困難である場合(防火衣等の装備が必要になる規模の火災の場合)、東電消防に要請する。

※5: 火災発生場所まで誘導する。なお、火災の状況によっては、誘導の代わりに火災発生場所までのルート、発生場所における作業内容等を建屋平面図等で説明する場合もある。

【JAEAにて準備する装備】

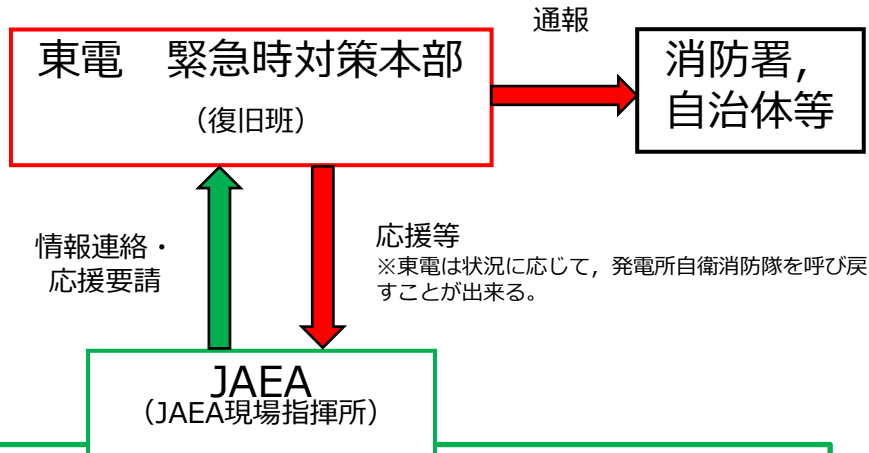
防火衣、防火帽、防火用長靴、防火手袋、タイベックスーツ、半面マスク、全面マスク、空気呼吸器等の装備を準備する。

(東電初期消火要員と同等の装備をJAEAにて準備する)

6. 統括管理について

【緊急時対応】

「1F運用時、事故等発生時の
通報基準・公表方法」に応じて
対応

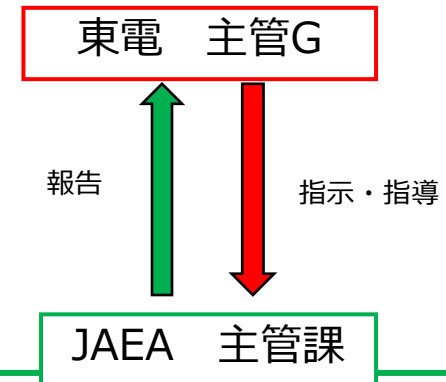


現場対応



- ◆ 施設はJAEA所有のため現場の対応についてはJAEAが責任を持って処置をする。

【事後対応】



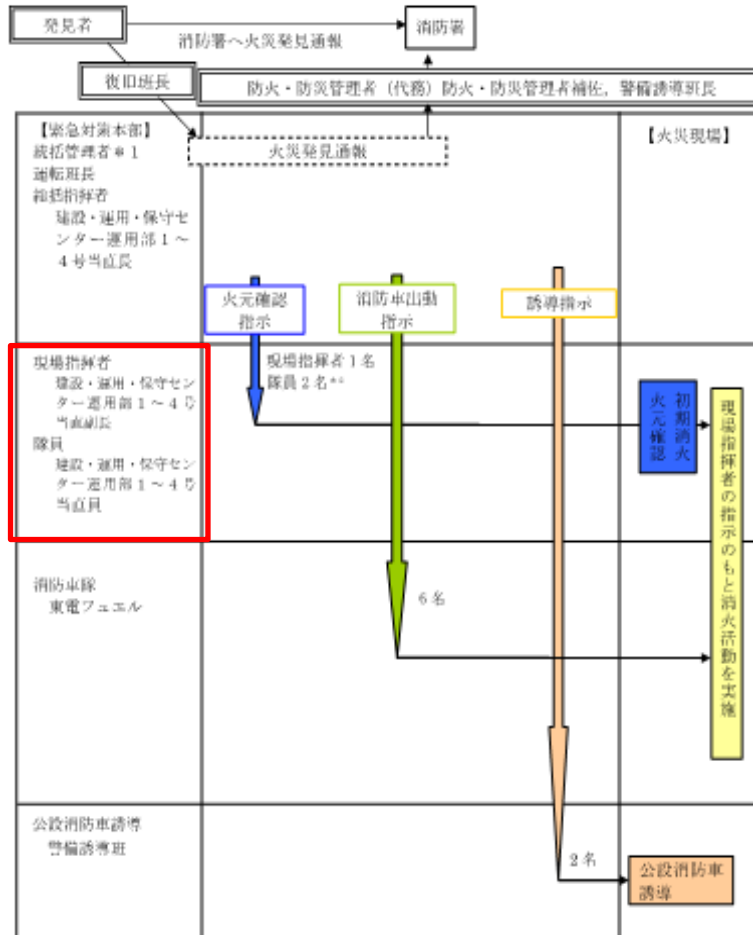
不適合処理

- ✓ 原因分析
- ✓ 設備対応
- ✓ 再発防止対策の検討

- ◆ 施設はJAEA所有のため原因分析等についてはJAEAが責任を持って対応する。東電においては、報告を受け必要に応じて指示・指導をし、1F他施設と同様に不適合処理を実施する。

【参考】火災時の対応（東電）

初期消火要員の参集に係わる通報連絡体制表
 【周辺監視区域内全域（5、6号エリアを除く）】



(注) *1: 統括管理者は予め任命されたセンター所長他
 *2: 原則とする人数

【1F他施設との相違点】

1F他施設では当直員が初期対応をするが、JAEA施設はJAEAが管理・運用しているので初期対応についてはJAEAが対応する。東電への応援要請以降は基本的に対応は同じ。

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 (Ⅻ. マニュアルの整備)



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
(XII. i. マニュアルの整備について)

2021年2月18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



マニュアルを整備する項目及び記載内容(1/2)

これまでの面談で説明した今後整備する主なマニュアルについて整理した。

①臨界管理(Ⅷ. i. 臨界管理の方法について)

- 燃料デブリ等の分析・試験で得られた $^{235}\text{U}+\text{Pu}$ 量が、臨界安全評価上の値を超えていないことの確認を含め、臨界管理の具体的な方法に係るマニュアル
- 臨界が発生した場合の対応に係るマニュアル
 - ・建屋外への避難方法
 - ・通報連絡体制
 - ・放射線状況の確認方法 等

②火災防護(Ⅳ. iii. 分析・試験設備の火災防護について)

- 分析・試験、中和後の廃液処理等における火災防止対策及び火災発生時の対応(手順、注意事項、装備等を含む。)に係るマニュアル

マニュアルを整備する項目及び記載内容(2/2)

③放射性物質の閉じ込め(Ⅶ. ii. セル・グローブボックスの閉じ込めに係る整理について)

- 負圧維持に必要な設備の機能喪失時(Bクラス地震時含む。)の対応に係るマニュアル
 - ・排風機が停止した場合のセル等の直近の給排気弁に対する開閉操作
 - ・負圧に必要な設備の機能喪失時に火災が発生した場合の対応
- 給排気弁の開閉作業の対応に係る装備等に係るマニュアル

その他のマニュアルも含め、第2棟の運用までに具体化して整備する。

なお、マニュアルの整備に当たっては、東京電力HDとJAEAで調整し、1F他施設と整合を図る。