

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
(建屋の構造強度及び耐震性に関する検討結果)
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



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)に従い設計するものとする。

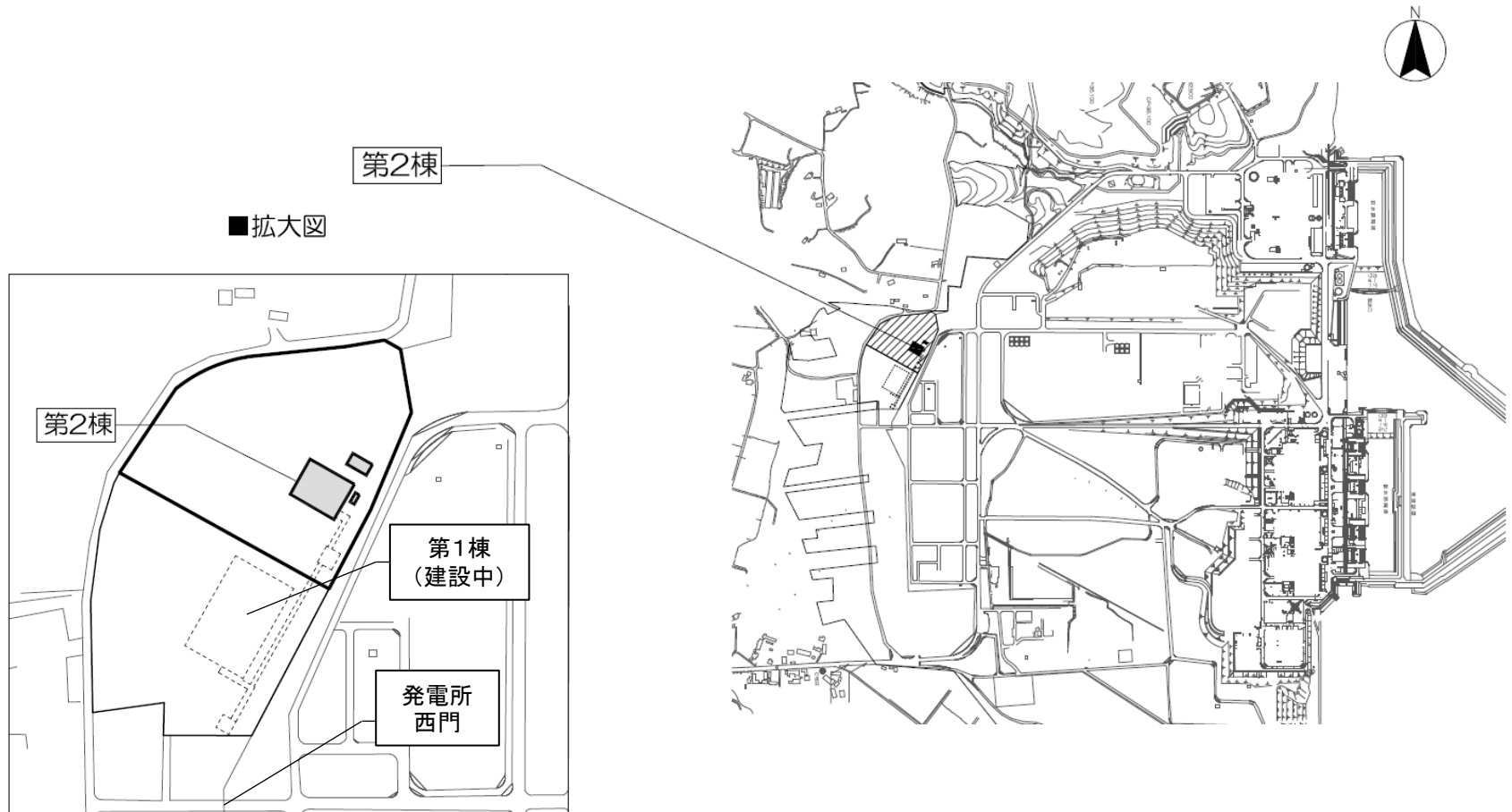
また、その耐震性を評価するに当たっては、「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」を準用する。

建屋の配置

追加説明

◆ 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。



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

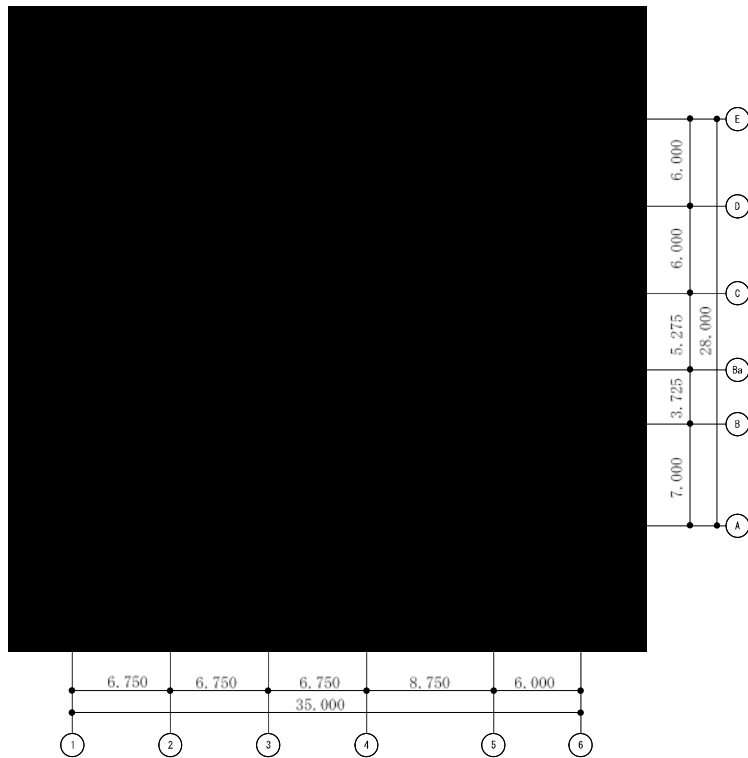


図-1 地下1階平面図
(G.L.-7.2) (単位:m)

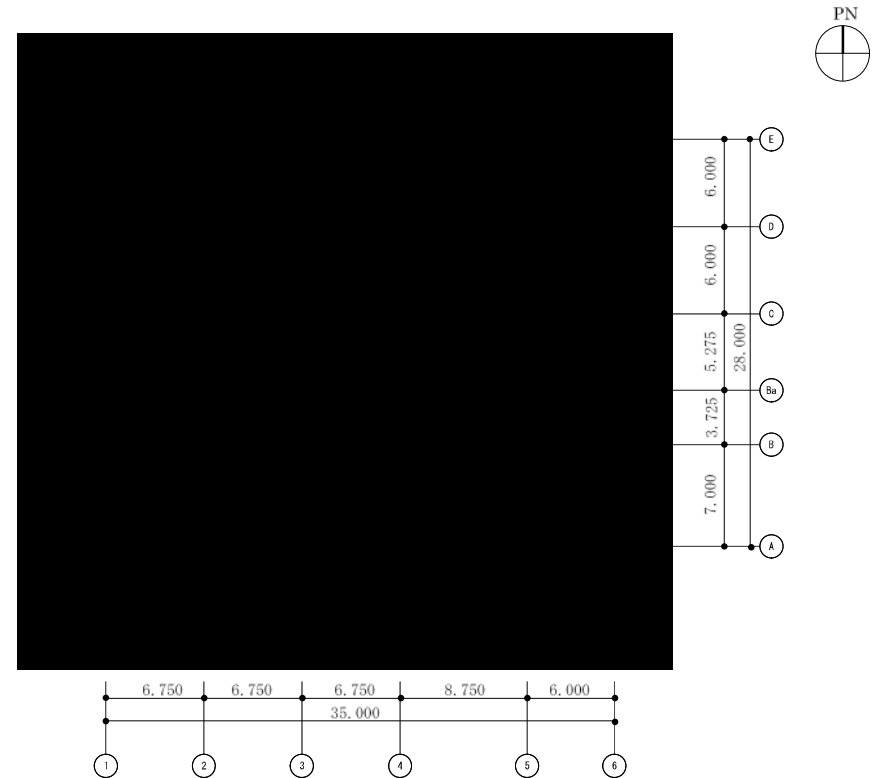


図-2 1階平面図
(G.L.+0.3) (単位:m)

建屋の構造等(2)

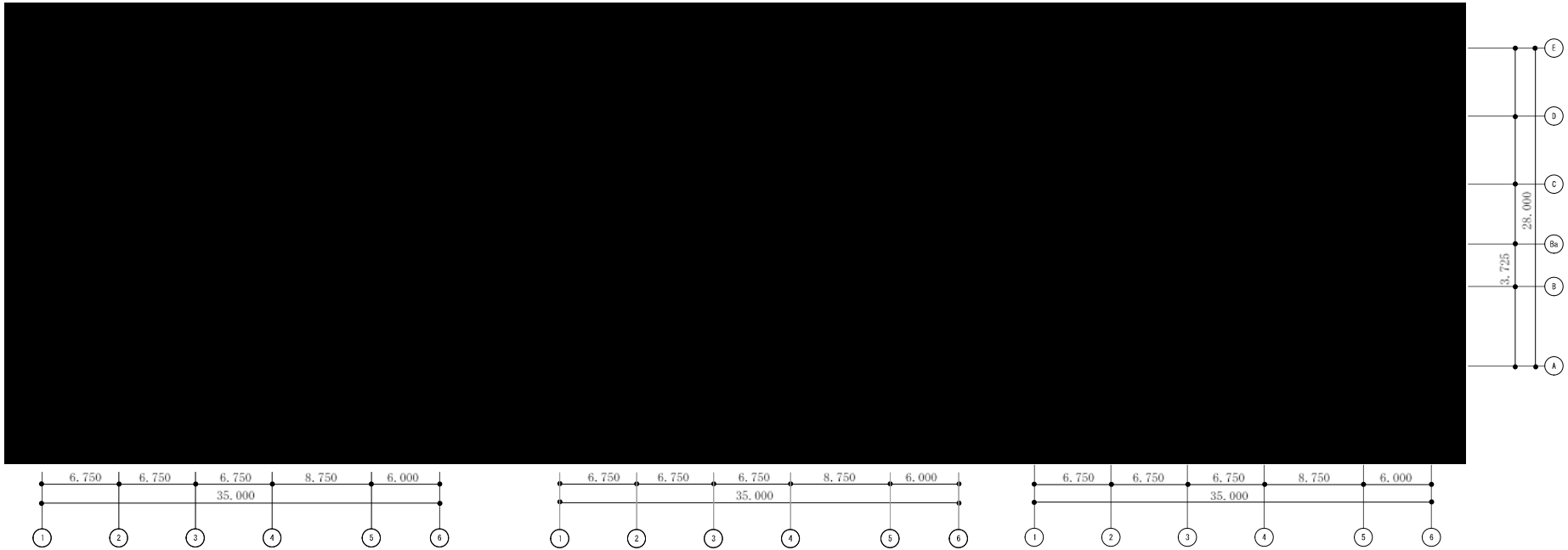


図-3 2階平面図
(G.L.+7.3)(単位:m)

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)

一部改訂

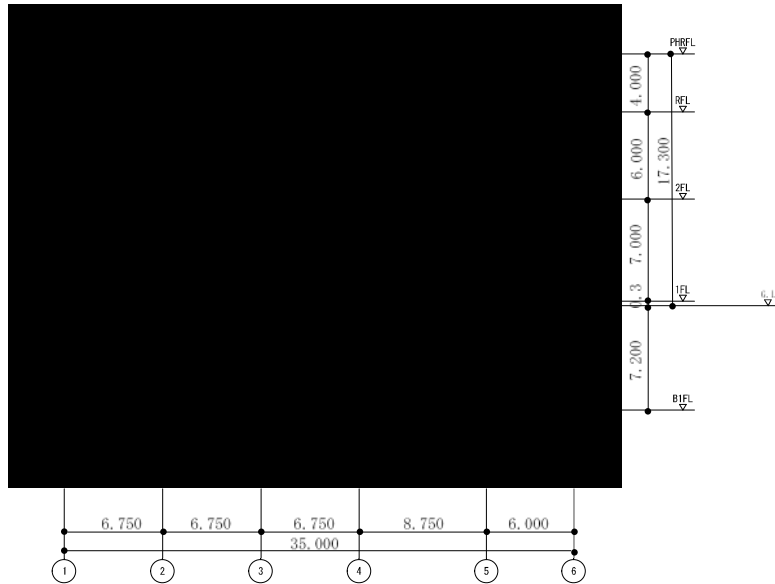


図-6 A-A断面図
(EW方向)(単位:m)

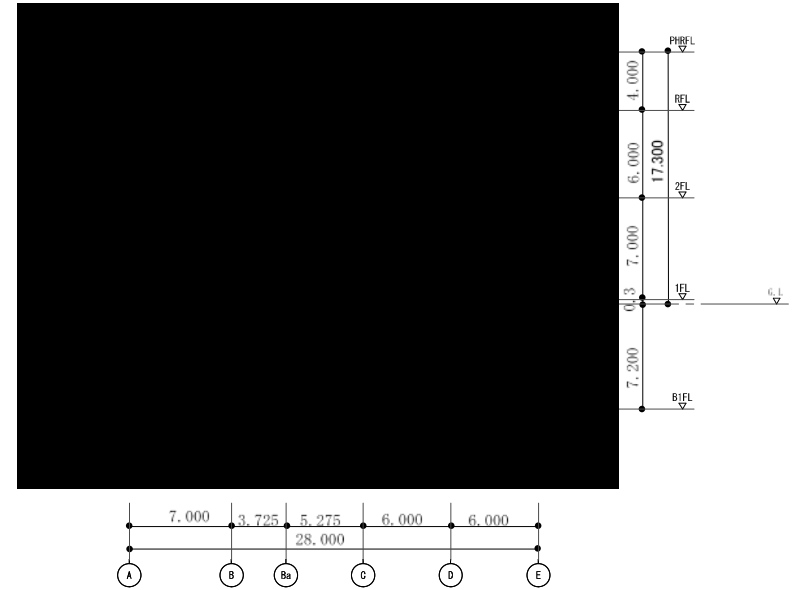
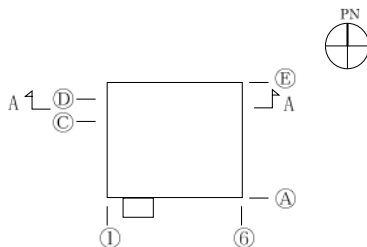
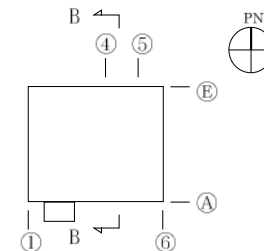


図-7 B-B断面図
(NS方向)(単位:m)



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)

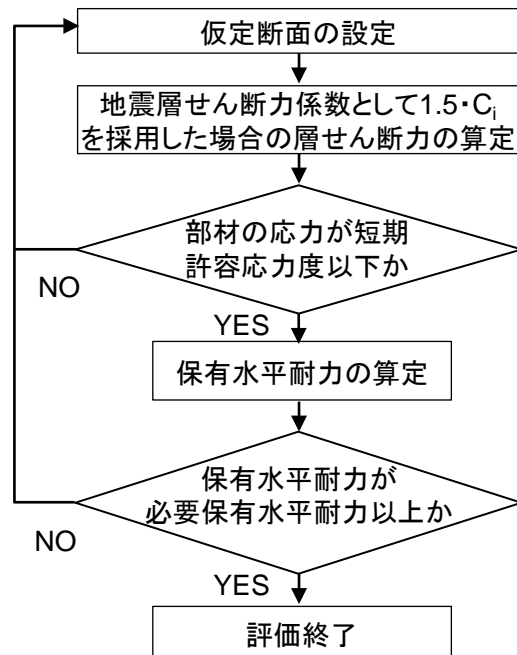
◆ 建屋の耐震設計について

○ 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)

一部改訂

◆ 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 ($R_t=1.0$)

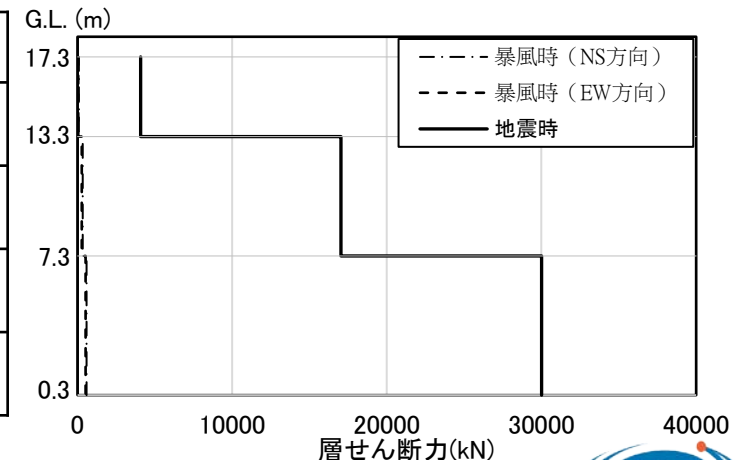
A_i : 地震層せん断力係数の高さ方向の分布係数

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)

一部改訂

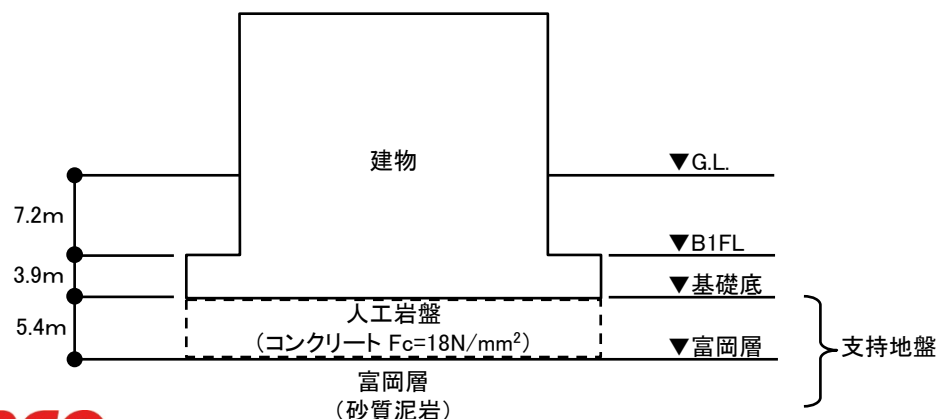
◆ 地盤の評価結果

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)

追加説明

◆ 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)

追加説明

- ◆ 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

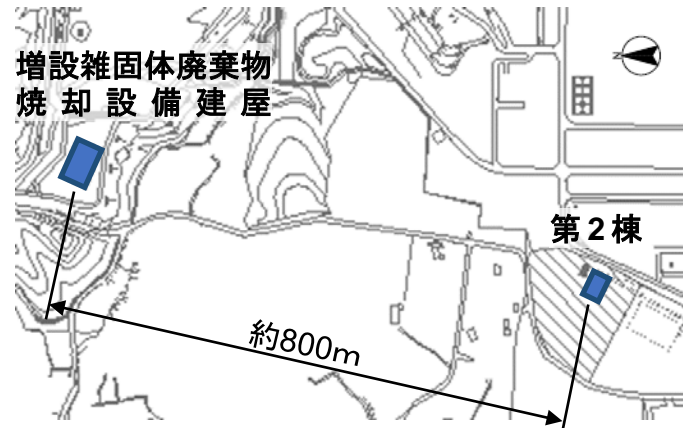
増設雑固体廃棄物焼却設備建屋における1/2Sdに対する地表面の最大加速度は、概ね200Gal以下であり水平震度にすると0.2以下となる。

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 $F_c=18\text{N}/\text{mm}^2$)^{※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 = $2000\text{kN}/\text{m}^2$

※2: 地震時における許容支持力度 = $1000\text{kN}/\text{m}^2$



建屋に要求される機能の整理

追加説明

◆ 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を確認する。
- 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，また，敷地周辺の線量を達成できる限り低減するために，コンクリート等の壁・天井による遮へいを行う。

< 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	建屋の壁・天井 (一部)	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
(設備の耐震性に関する検討結果)
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. 耐震性評価条件

一部改訂

◆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。

○引抜きによるアンカー一部評価については、基礎ボルトの算出応力に応じ施工段階で配慮する。


◆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(1/18)

(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。

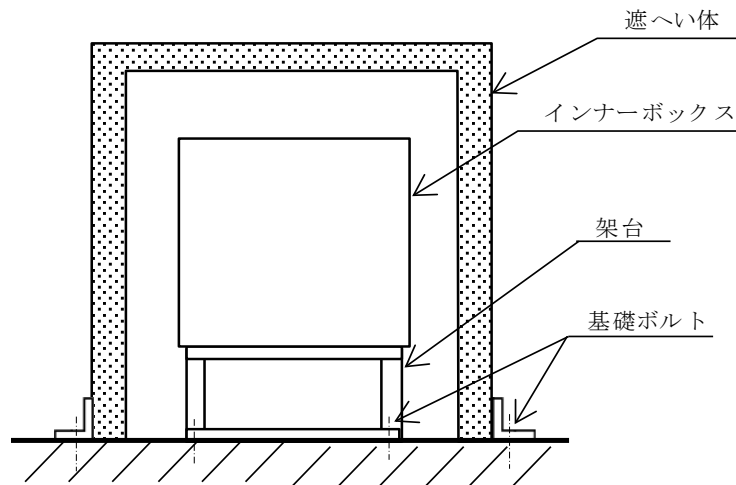


図-1 概略構造図

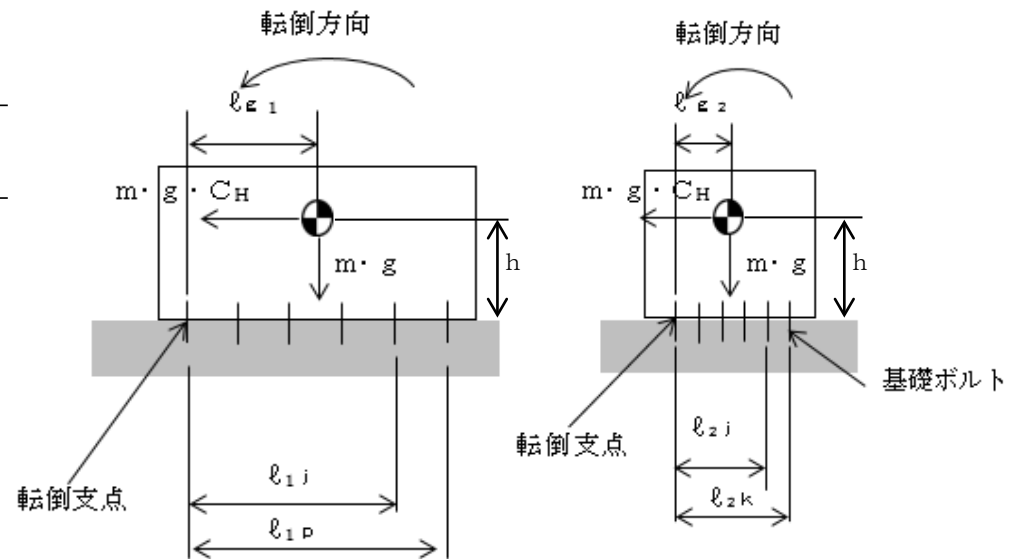


図-2 応力計算モデル

2. 評価方法及び評価結果(2/18)

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(3/18)

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 (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(4/18)

(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。

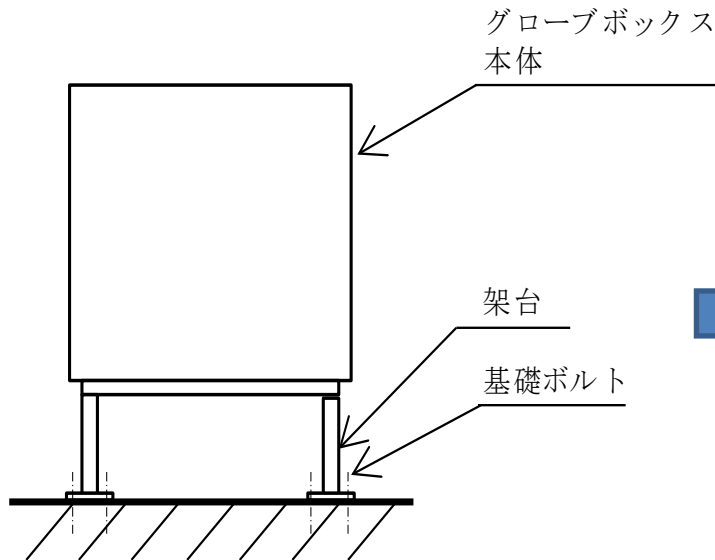


図-3 概略構造図

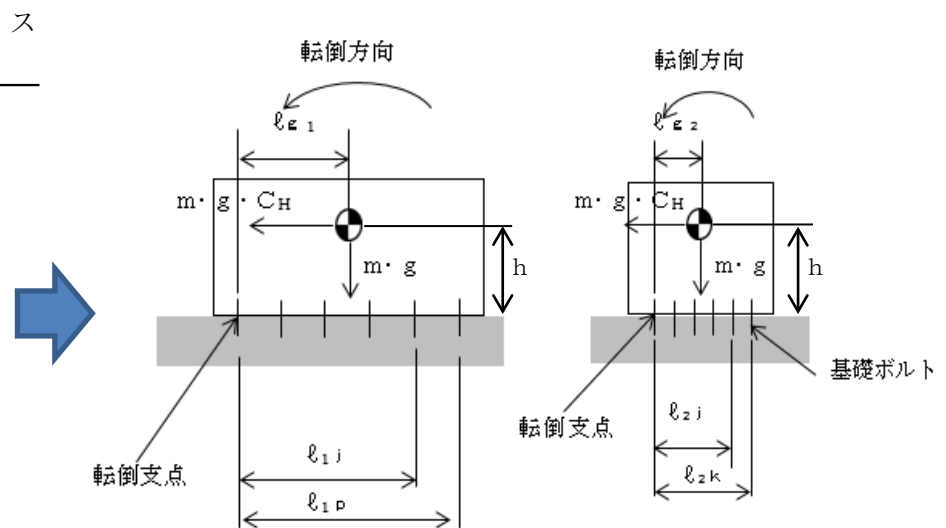


図-4 応力計算モデル

2. 評価方法及び評価結果(5/18)

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(6/18)

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(7/18)

(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。

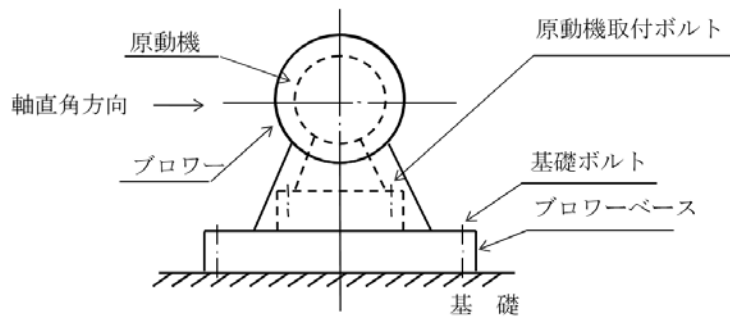


図-5 概略構造図

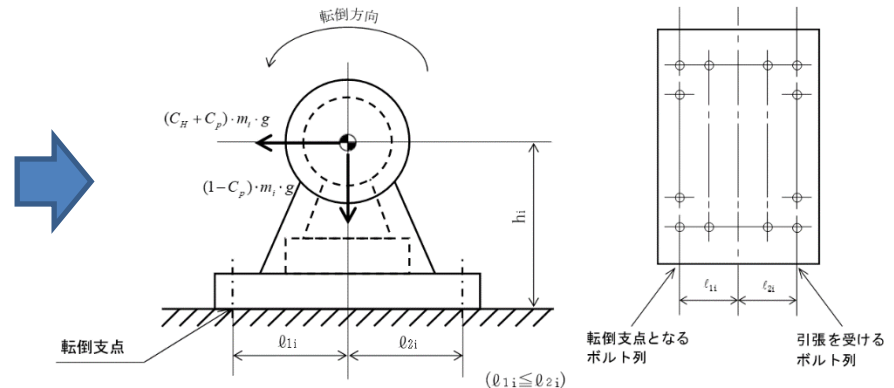


図-6 応力計算モデル

2. 評価方法及び評価結果(8/18)

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(9/18)

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。

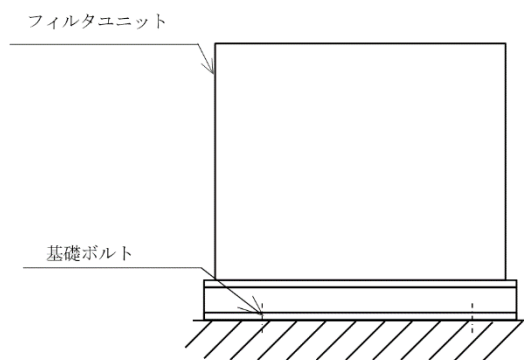
2. 評価方法及び評価結果(10/18)

(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

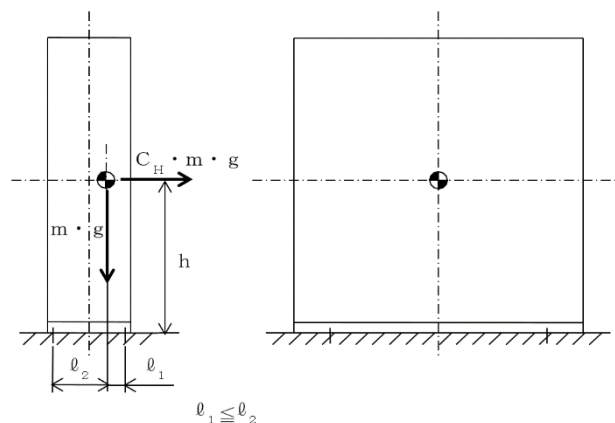
1) 評価方法

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(11/18)

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(12/18)

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(13/18)

一部改訂

(5) 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。

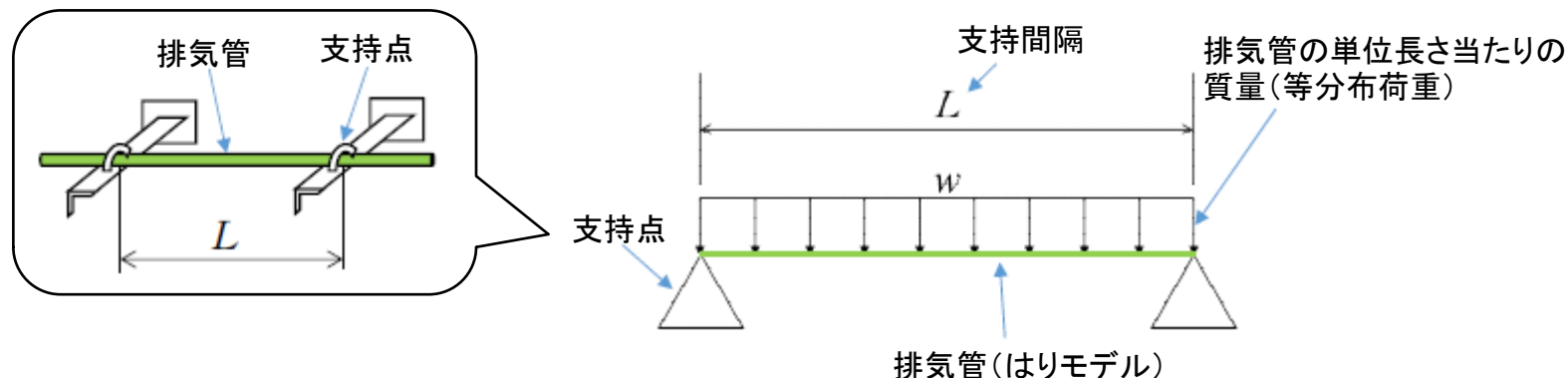


図-9 等分布荷重 両端単純支持はりモデル

2. 評価方法及び評価結果(14/18)

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]

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(15/18)

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(16/18)

一部改訂

(6) 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。

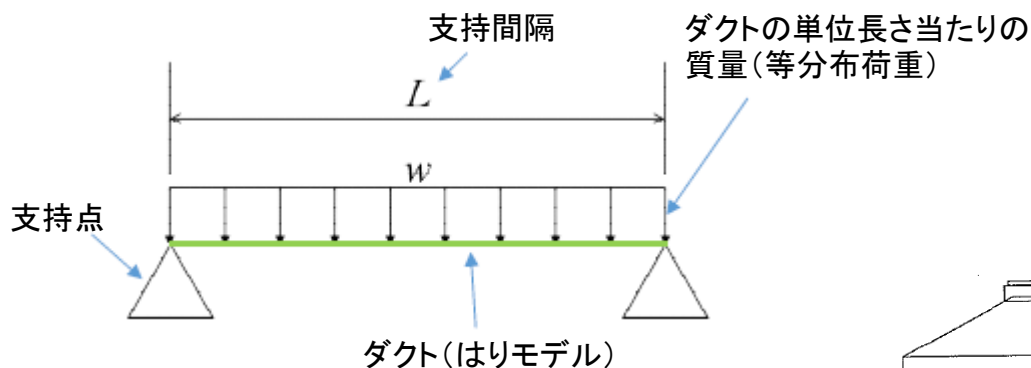


図-10 等分布荷重 両端単純支持はりモデル

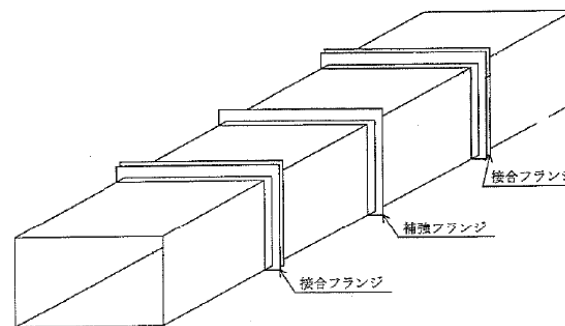


図-11 ダクト構造例: JEAC4601-2008より

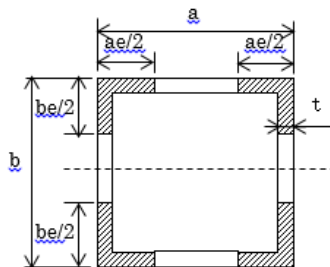
2. 評価方法及び評価結果(17/18)

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(18/18)

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。

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 (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】

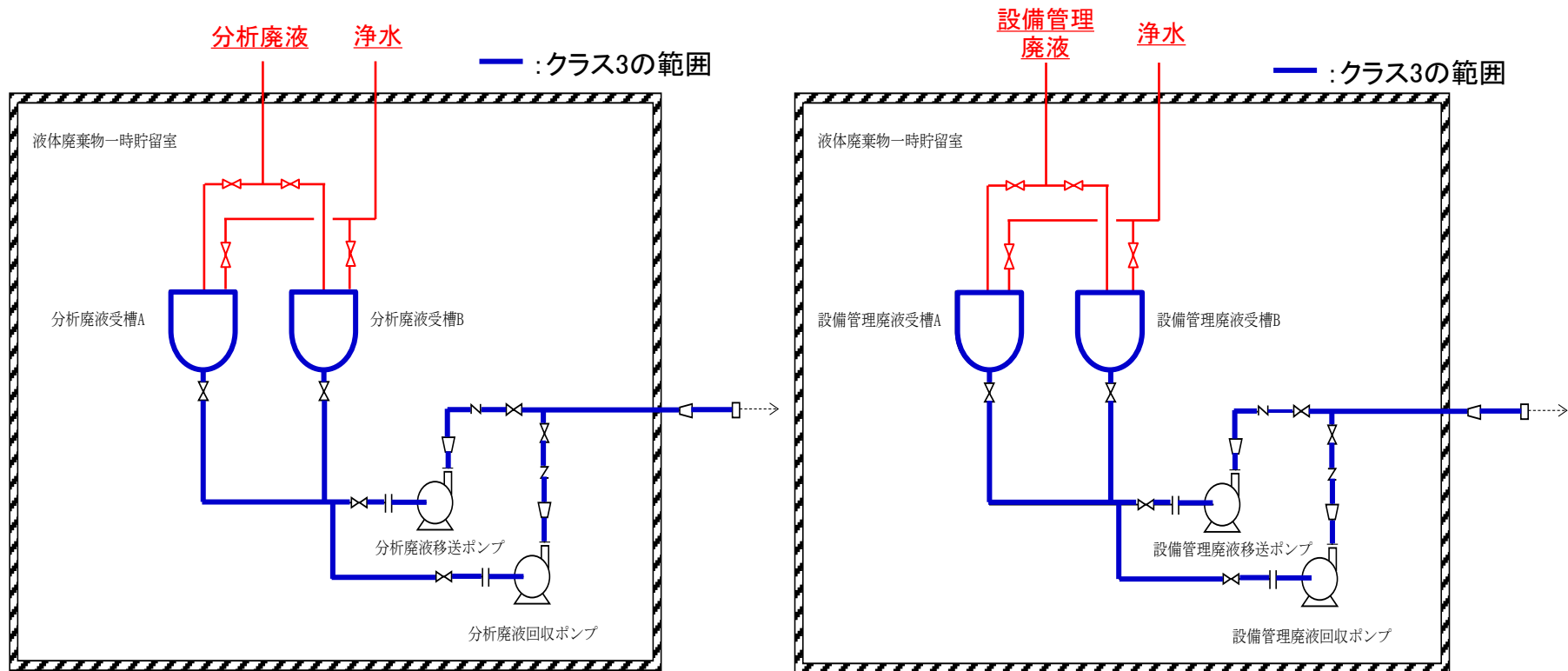
- ・分析廃液受槽出口から分析廃液移送ポンプ入口まで
- ・分析廃液移送ポンプ出口から分析廃液払出口まで
- ・分析廃液受槽出口から分析廃液回収ポンプ入口まで
- ・分析廃液回収ポンプ出口から分析廃液払出口まで
- ・設備管理廃液受槽出口から設備管理廃液移送ポンプ入口まで
- ・設備管理廃液移送ポンプ出口から設備管理廃液払出口まで
- ・設備管理廃液受槽出口から設備管理廃液回収ポンプ入口まで
- ・設備管理廃液回収ポンプ出口から設備管理廃液払出口まで

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)

一部改訂

◆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。

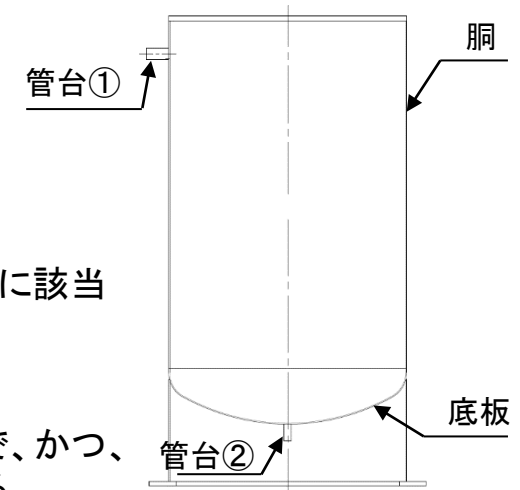
	分析廃液受槽	設備管理廃液受槽
管台①の内径(胴)	53.5mm	78.1mm
管台②の内径(底板)	42.6mm	53.5mm

- 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

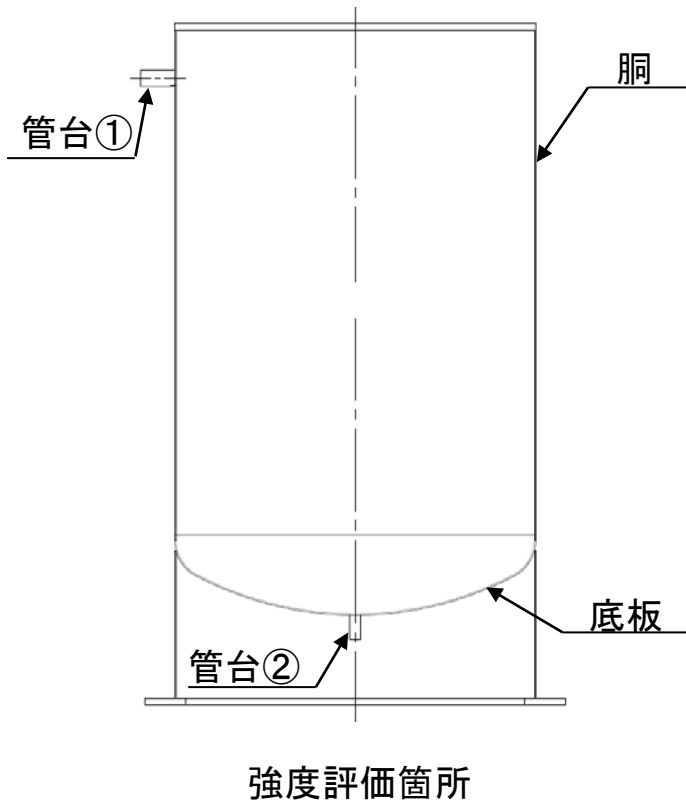
$$t = \frac{P \cdot D_o}{2 \cdot S \cdot \eta + 0.8 \cdot P}$$

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



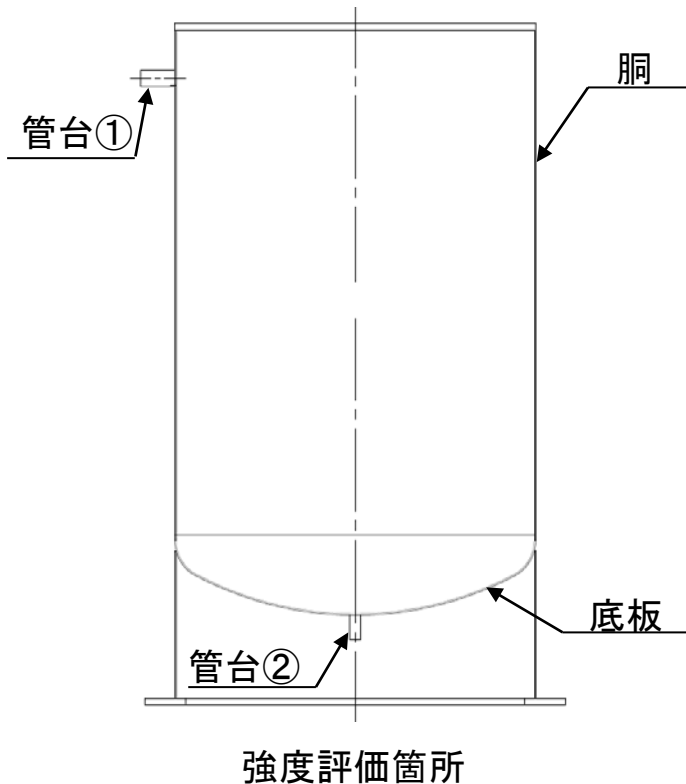
機器名称	評価部位	必要厚さ(mm)		最小厚さ(mm)
		T_1	T_2	
分析廃液受槽 A, B	胴の厚さ	$T_1=1.50$	1.50	4.60
		$T_2=0.23$		
	底板の厚さ	$T_1=0.16$	0.25	4.60
		$T_2=0.25$		
	管台①の厚さ	$T_1=0.01$	2.40	3.00
		$T_2=2.40$		
	管台②の厚さ	$T_1=0.01$	2.20	2.50
		$T_2=2.20$		

⇒ 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)

一部改訂

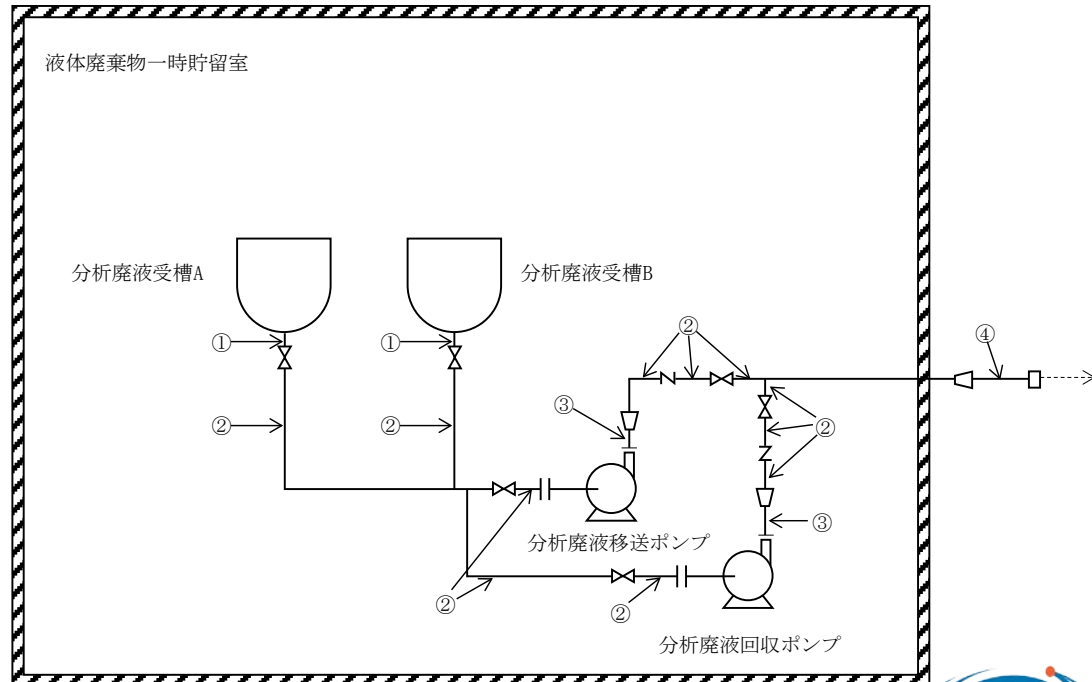
(3) 主要配管(鋼管) [①~④: 分析廃液関係]

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いない。

⇒ 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)

一部改訂

(4) 主要配管(鋼管) [⑤~⑧: 設備管理廃液関係]

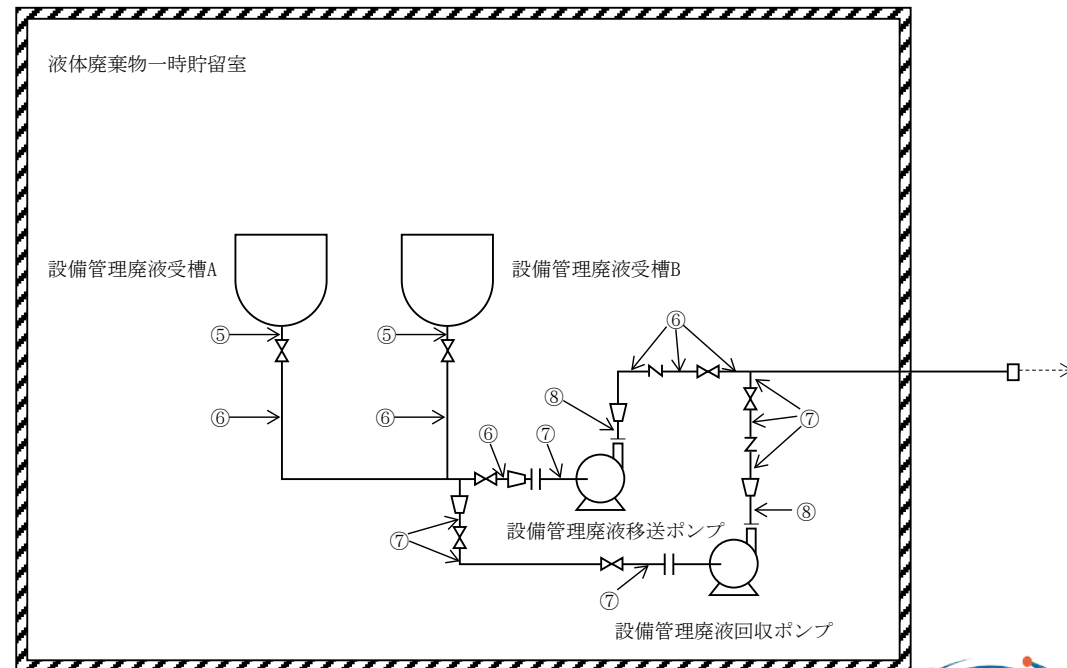
No.	外径D。 (mm)	公称厚さ (mm)	材料	最高使用圧力P (MPa)	最高使用温度 (°C)*1	必要厚さ (mm)	最小厚さ (mm)
⑤	60.5	3.5	SUS304	静水頭	60	—*2	3.00
⑥	60.5	3.5	SUS304	0.5	60	0.12	3.00
⑦	48.6	3.0	SUS304	0.5	60	0.10	2.50
⑧	34.0	3.0	SUS304	0.5	60	0.07	2.50

*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いない。

⇒ 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
(燃料デブリ等フローについて)

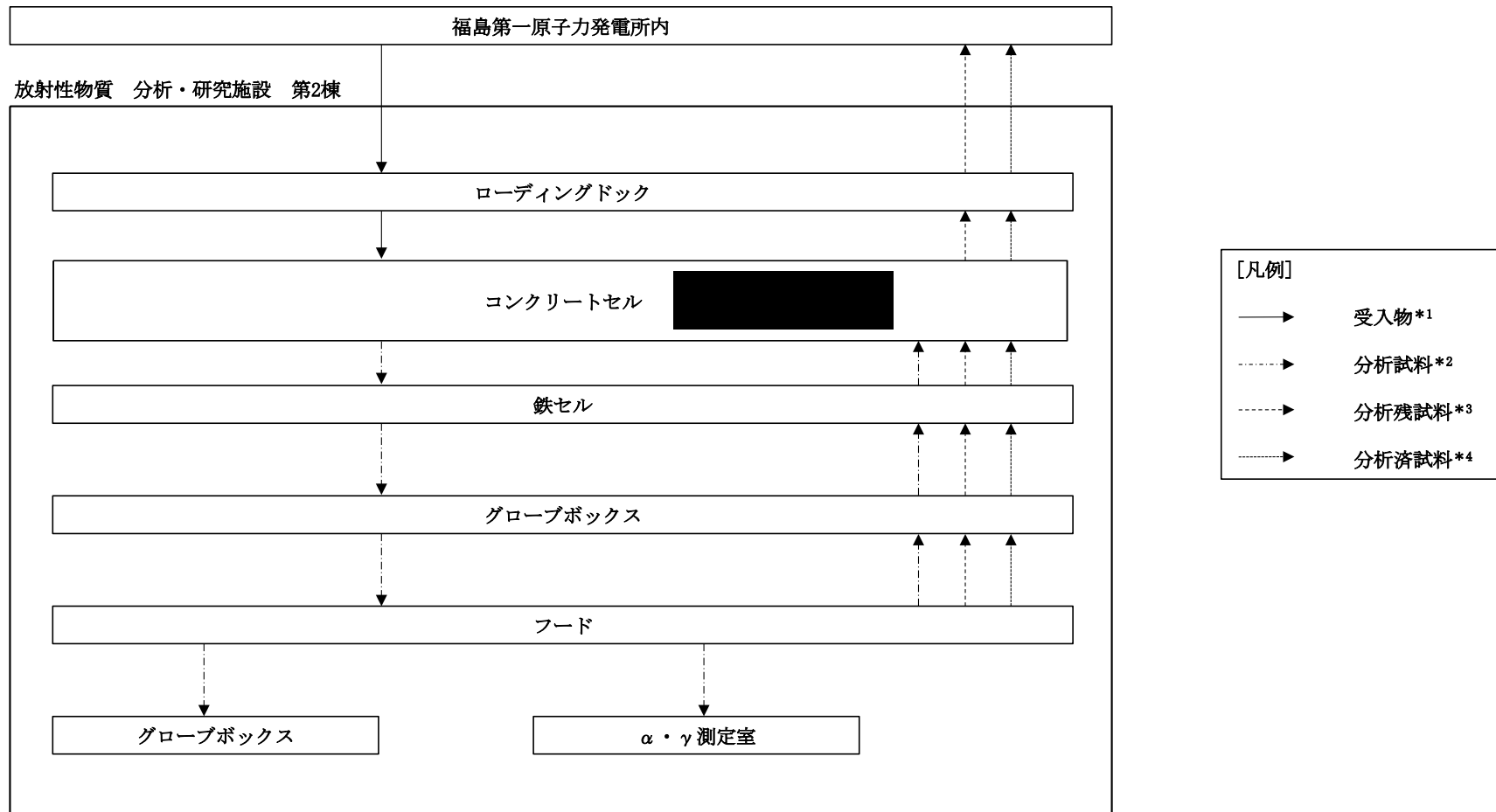
6月30日面談資料改訂版

2020年7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. 燃料デブリ等のフロー



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

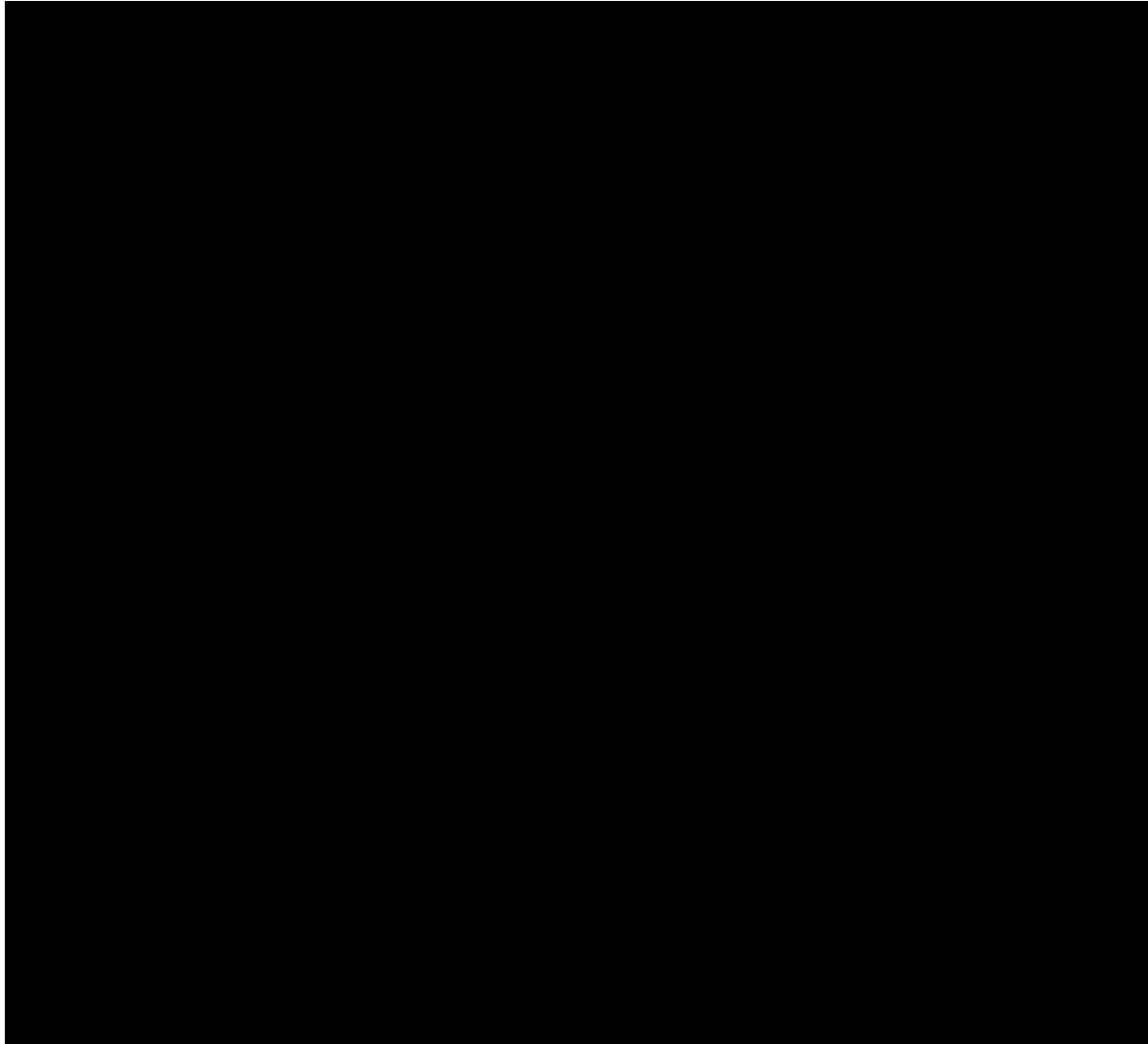
(実施計画「2.48放射性物質分析・研究施設第2棟」より記載)

2. 燃料デブリ等の受入及び一時的な保管に係るフロー(1/2)

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

第2棟の機器配置図 地上1階

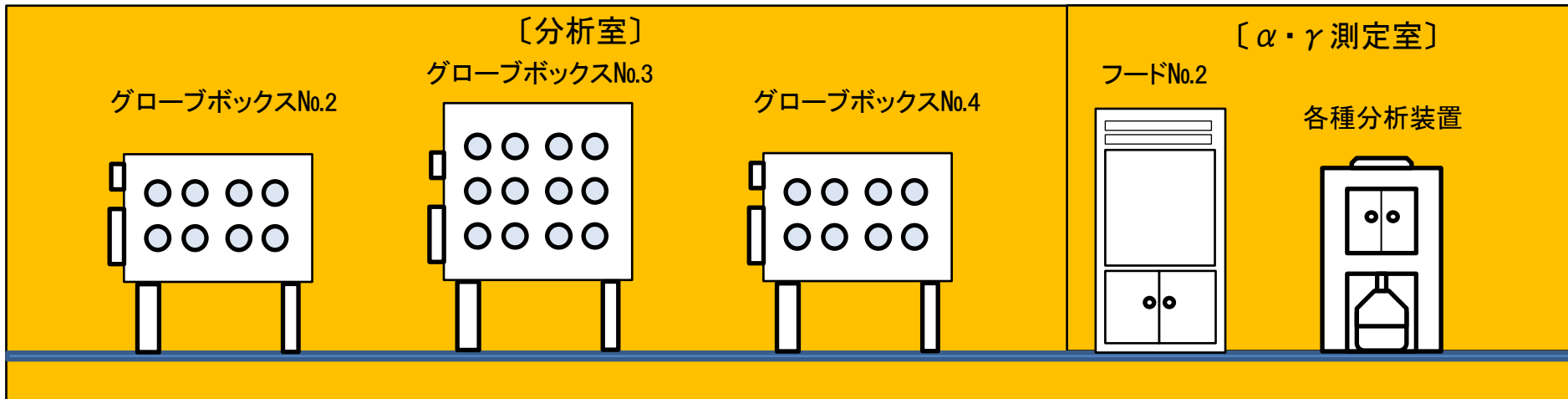
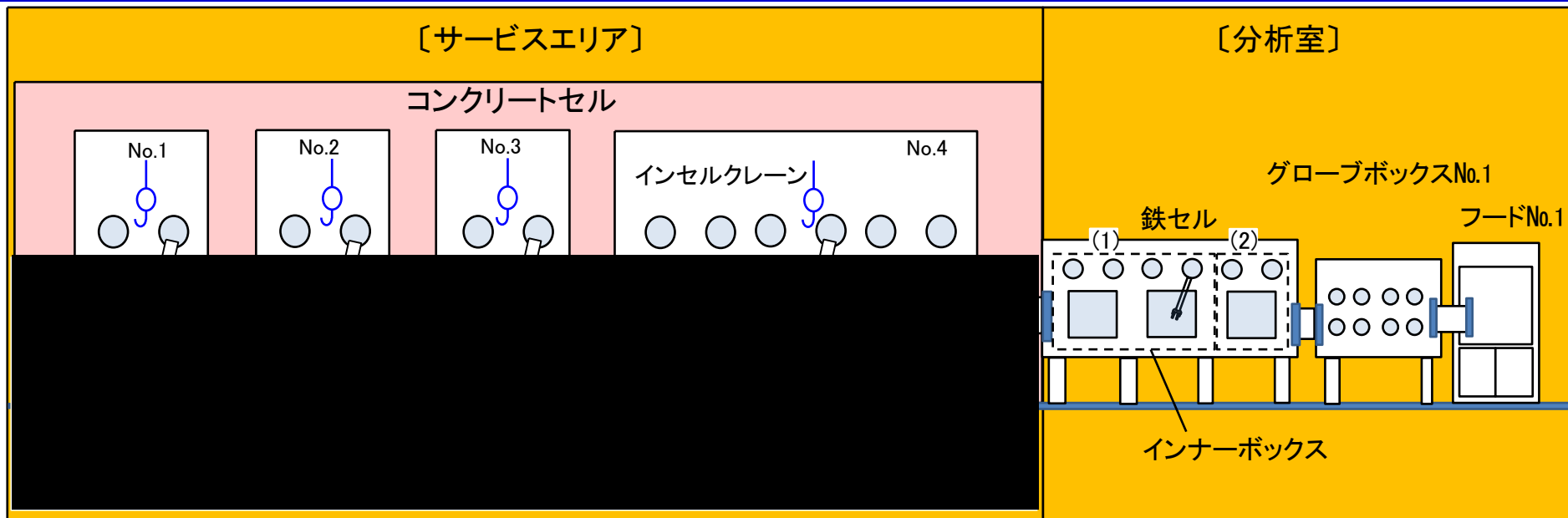
2. 燃料デブリ等の受入及び一時的な保管に係るフロー(2/2)



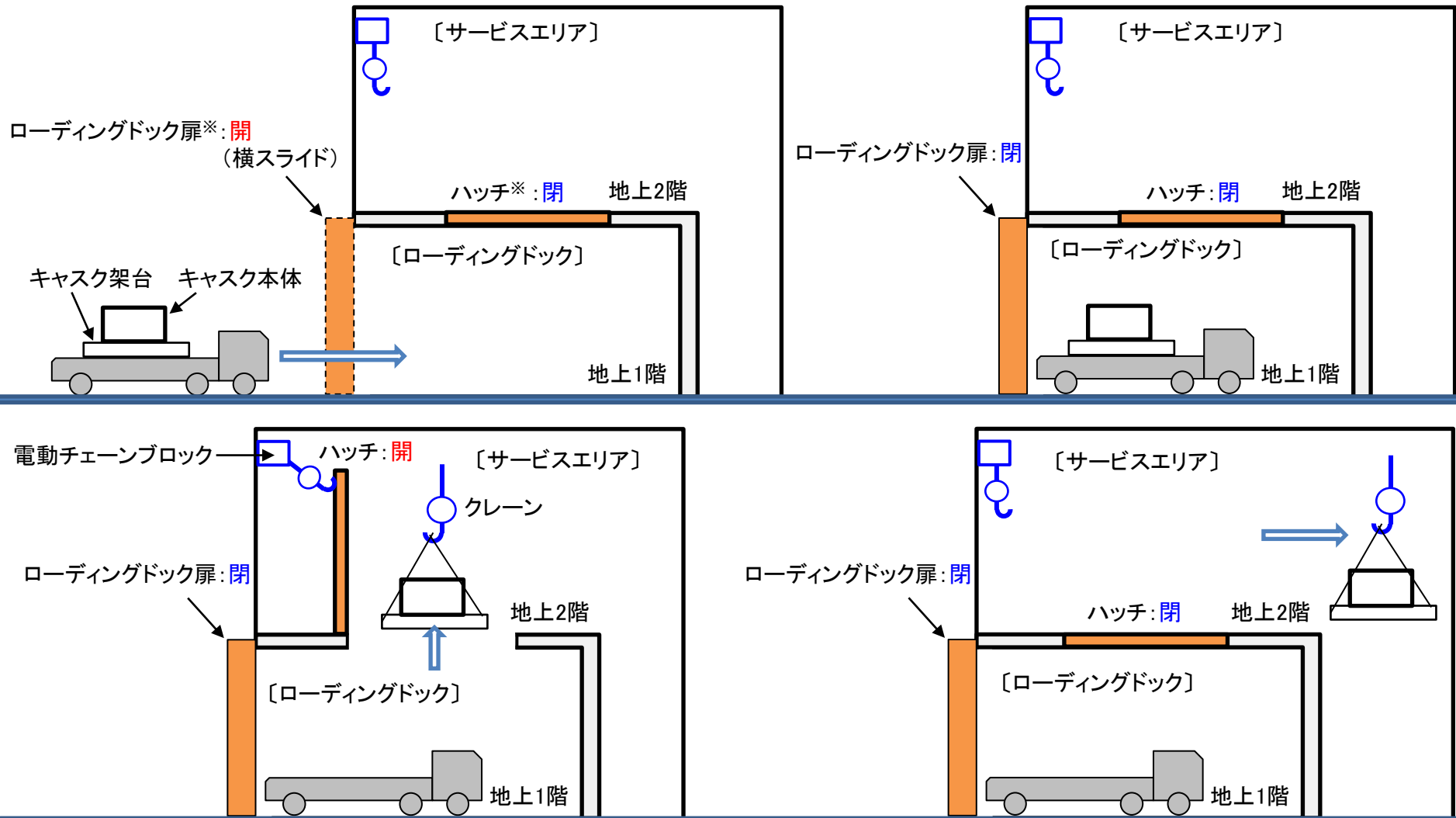
- ② 地上1階ローディングドックから地上1階サービスエリア(1)へキャスク架台含めて移送
- ③ 地上1階サービスエリア(1)にてキャスク本体のみ吊上げ、サービスエリア(2)のコンクリートセルNo.1天井又は地上1階サービスエリア(1)のコンクリートセルNo.1背面に接続

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



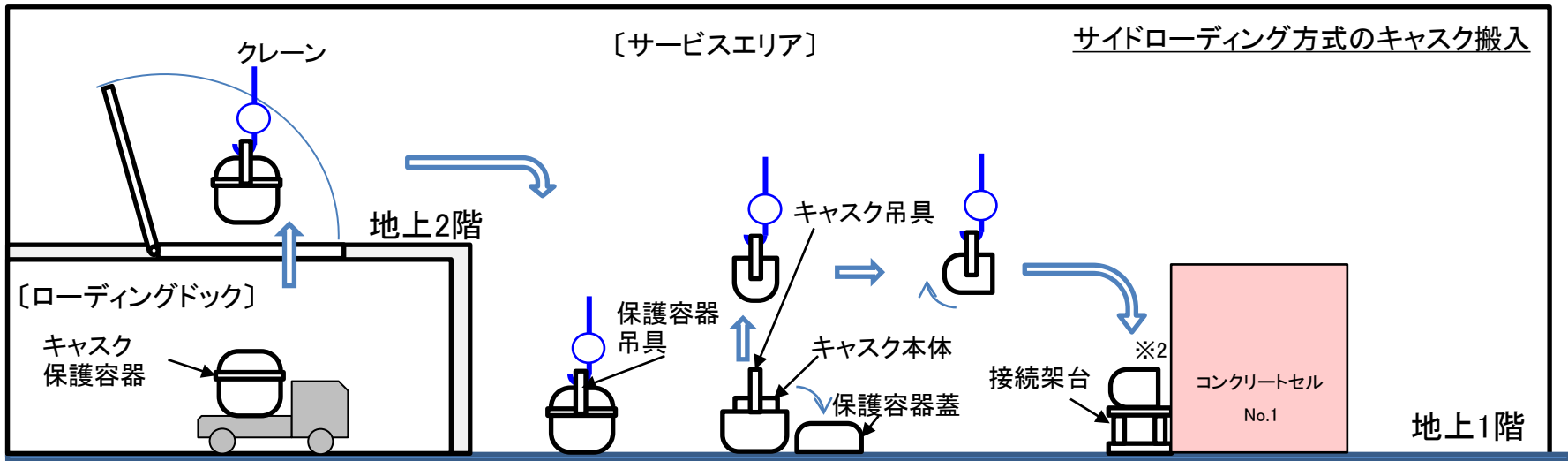
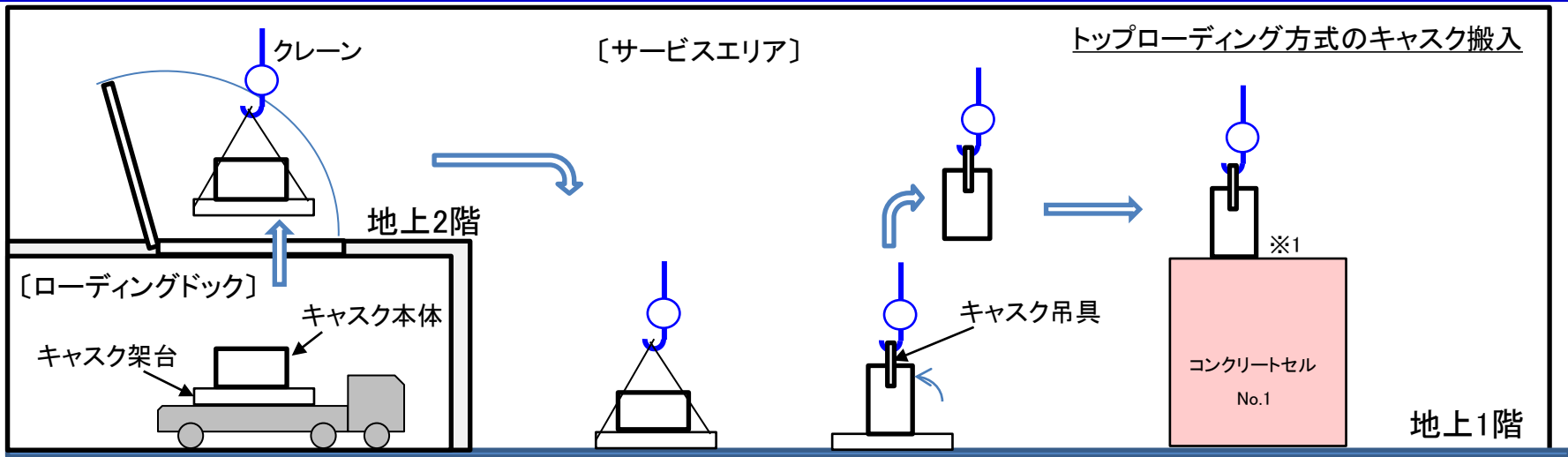
4. 燃料デブリ等の移送方法(1/12)



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

ローディングドック扉、ハッチ開閉動作

4. 燃料デブリ等の移送方法(2/12)



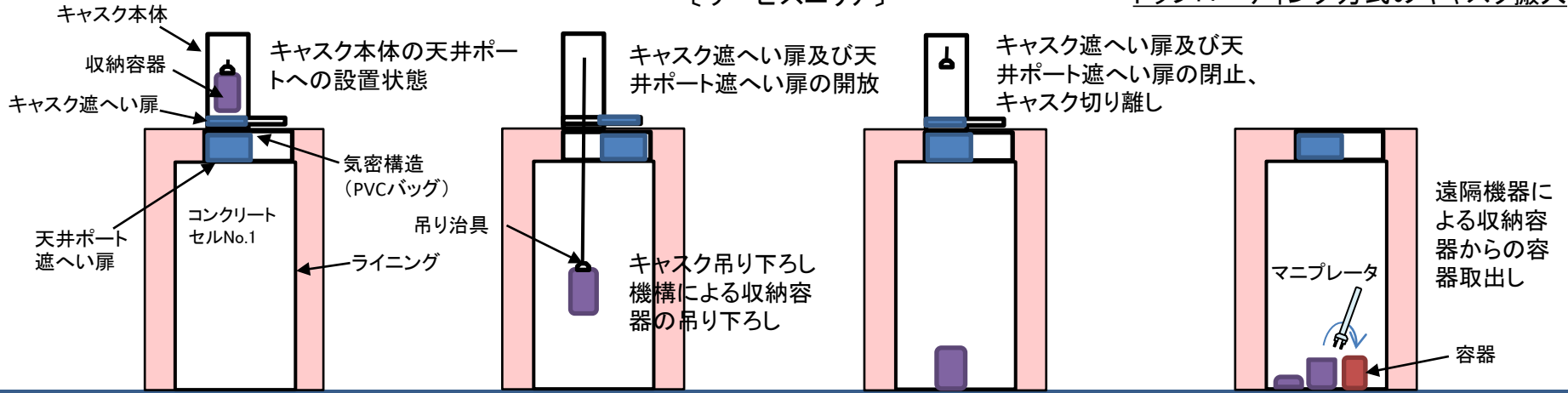
キャスクの搬入方法

※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(3/12)

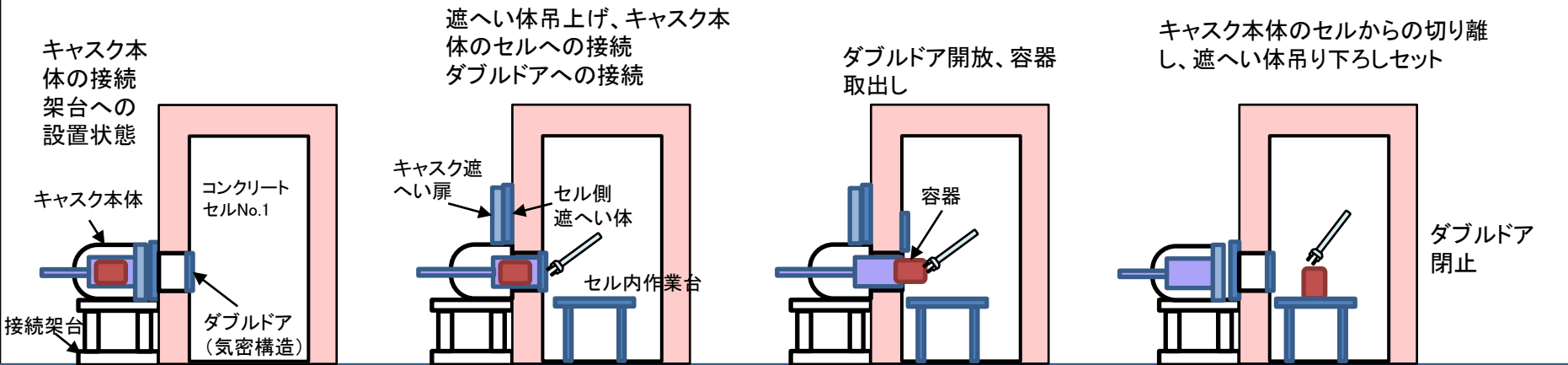
[サービスエリア]

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]

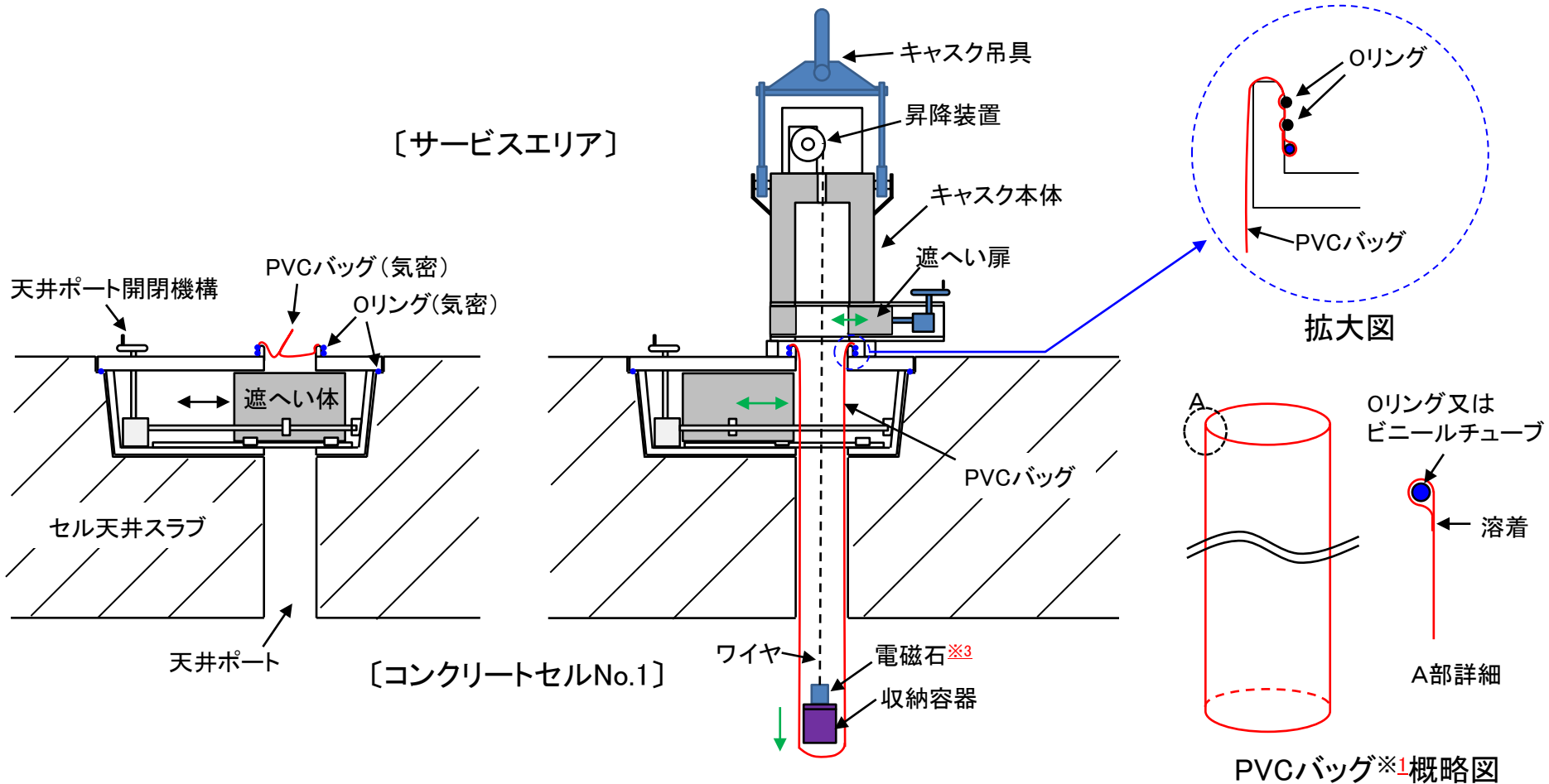
サイドローディング方式のキャスク搬入



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(4/12)

一部改訂



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)

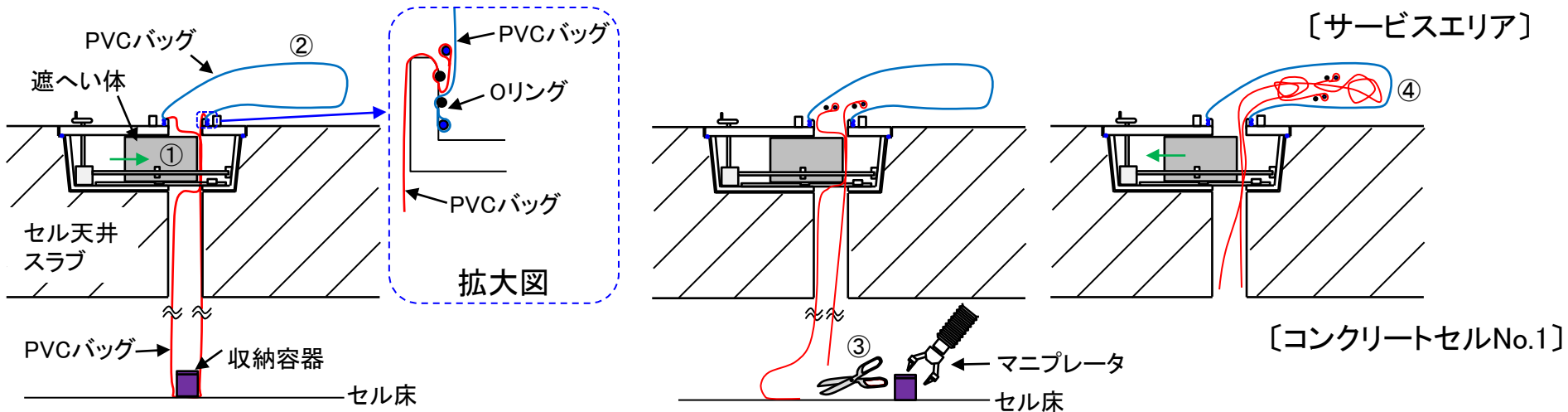
※1: PVC(難燃性のポリ塩化ビニール)を筒状に加工したもの。

※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。

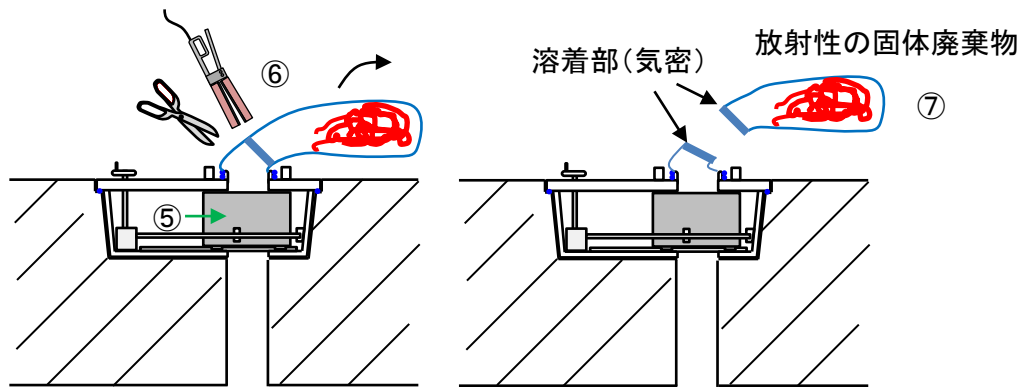
※3: 電磁石は、通電によって着磁、脱磁を繰り返すことから、停電時の場合でも着磁の状態が維持され落下しない。

4. 燃料デブリ等の移送方法(5/12)

追加説明



〔サービスエリア〕



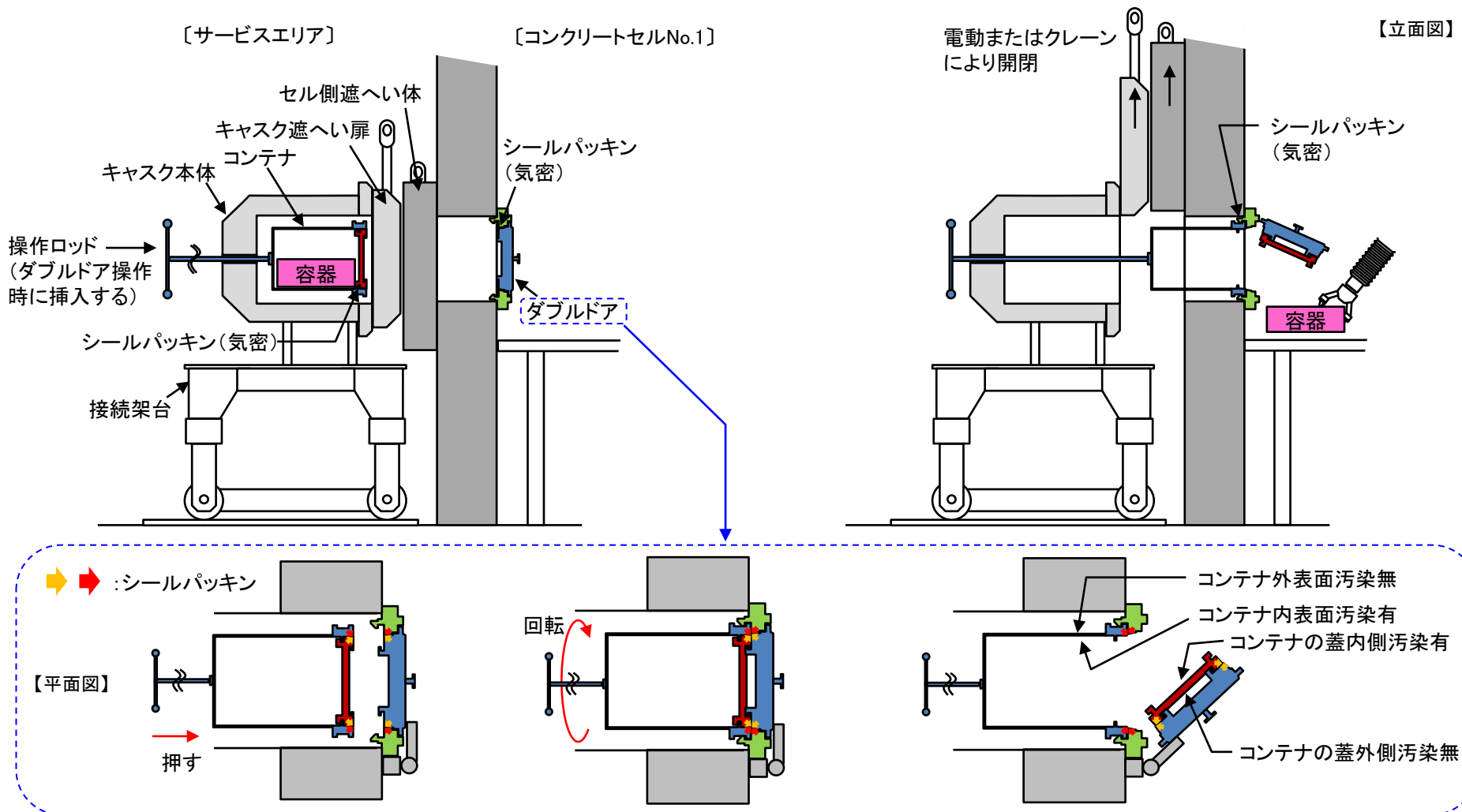
- ① 収納容器がセル床に着地後、遮へい体を閉める。
- ② PVCバッグ(赤)からの収納容器取出しに伴う気密維持等のため、PVC(赤)の上から新しいPVCバッグ(青)をポートに装着する。PVCバッグ(青)装着後、ポートからPVCバッグ(赤)を取り外す(Oリング含め)。
- ③ マニプレータ等を用いてPVCバッグ(赤)から収納容器を取り出す。
- ④ PVCバッグ(赤)を引き上げPVCバッグ(青)内に収納する。
- ⑤ ポートを遮へい体で完全に閉じる。
- ⑥ PVCバッグ(青)を溶着し、溶着部中央を切断する。
- ⑦ 切断したPVC(青+赤)を容器等に収納し、固体廃棄物払出準備室へ移送する。

〔コンクリートセルNo.1〕

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(6/12)

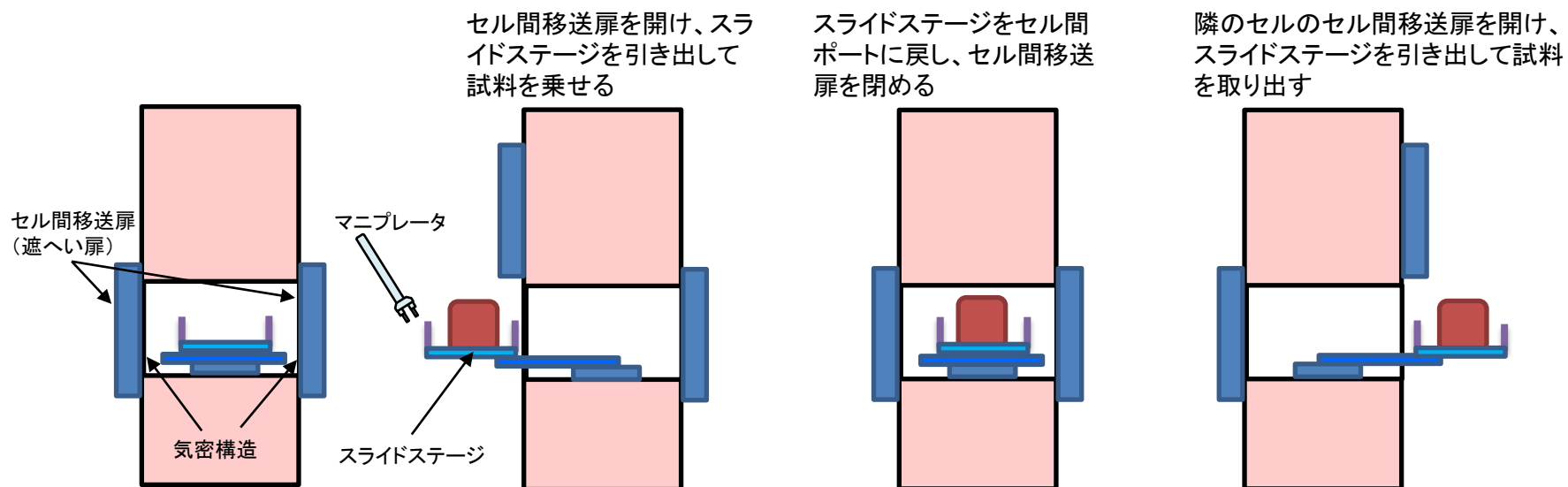
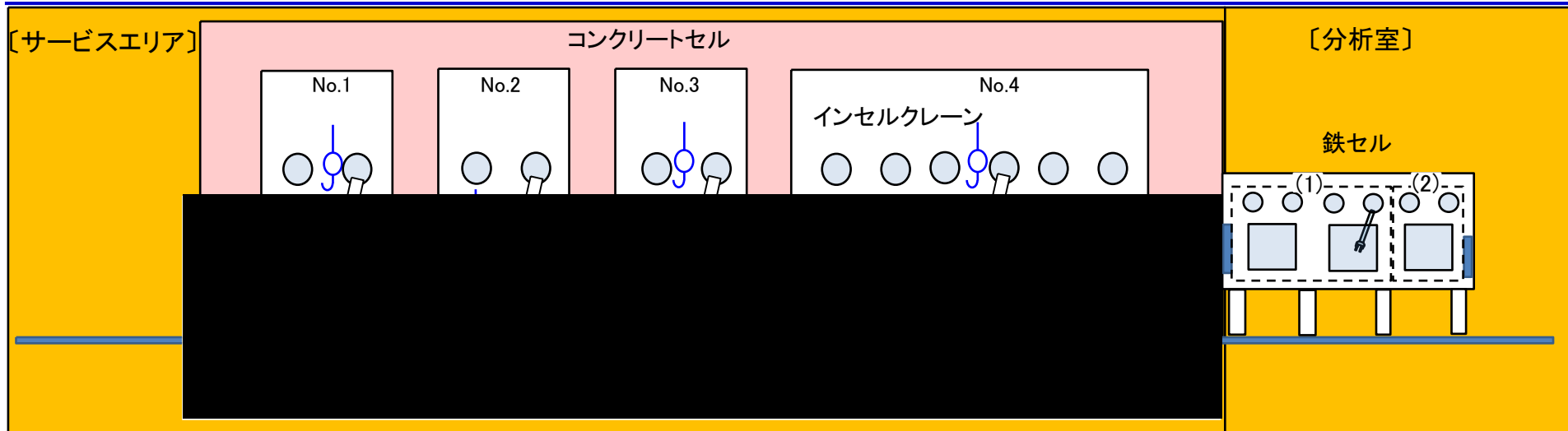
一部改訂



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(7/12)



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(8/12)

試料ピットの最下部に収納された容器を取り出す際には、を空にする。

- ① の遮へい蓋をインセルクレーンにて取り外す。
- ② 容器をインセルクレーンにて吊上げ、空の へ収納する。
- ③ 目的の容器を取り出す。

(サービスエリア側)

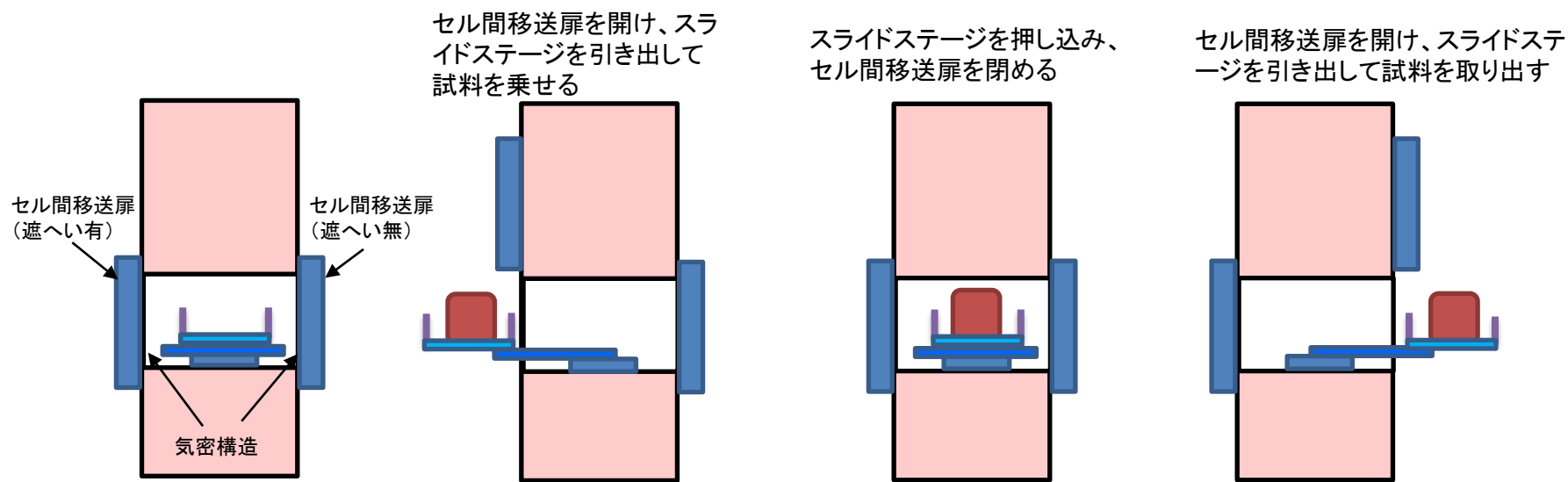
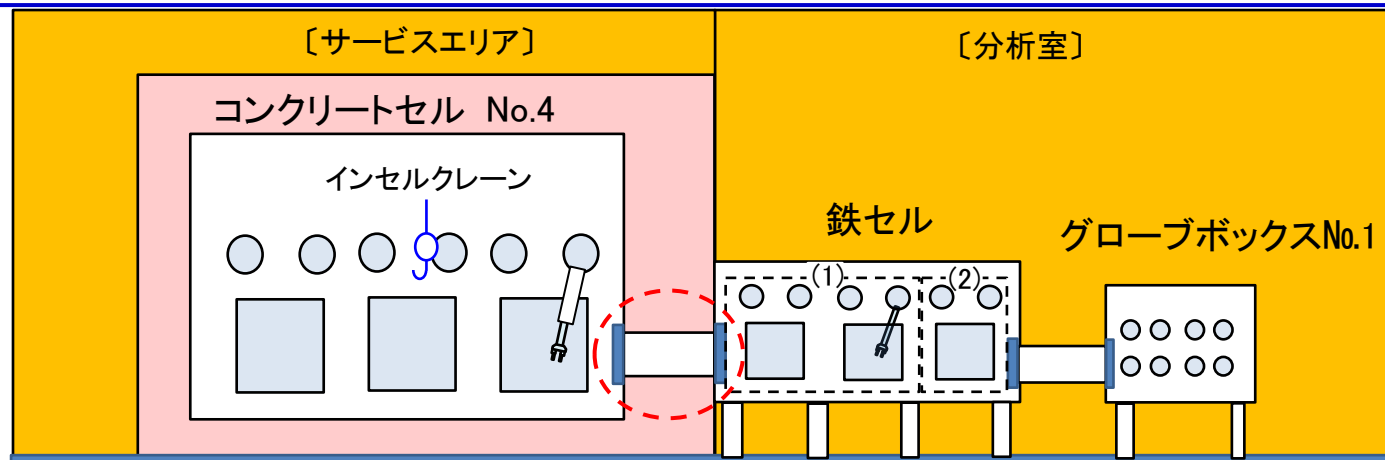
【平面図】

-  : 容器取出しを考慮し、を空にする
-  : 容器を収納する 

(オペレーションエリア側)

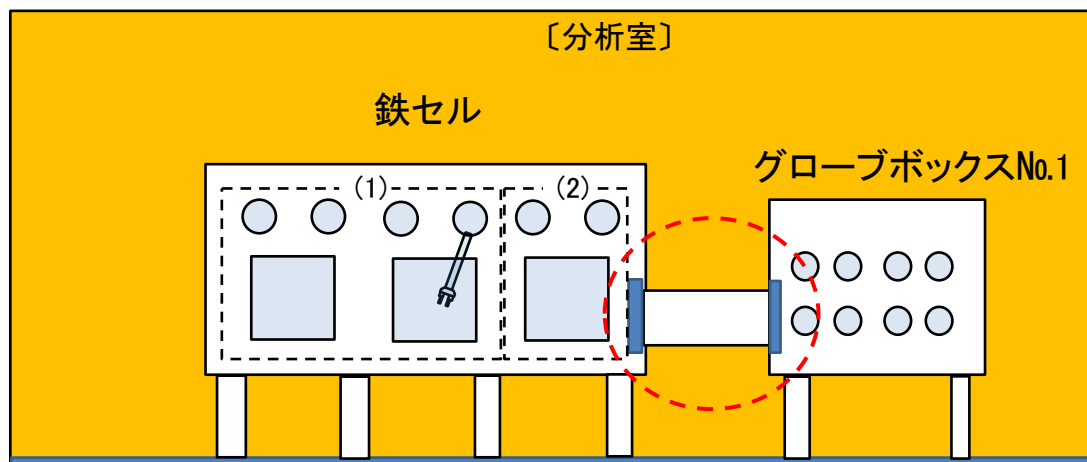
 試料ピットからの容器取出方法例

4. 燃料デブリ等の移送方法(9/12)



コンクリートセル、鉄セル間の試料の移動方法

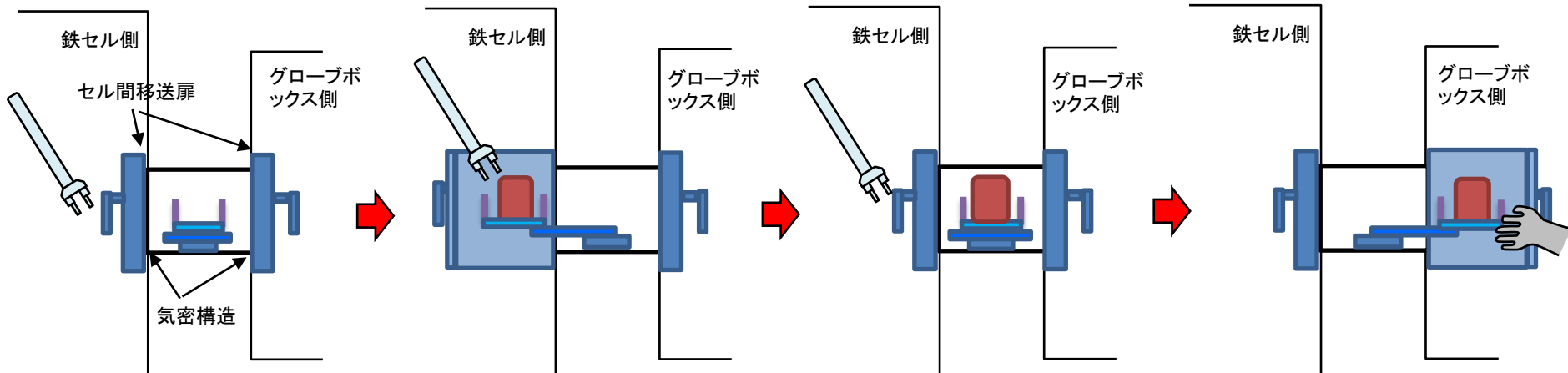
4. 燃料デブリ等の移送方法(10/12)



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

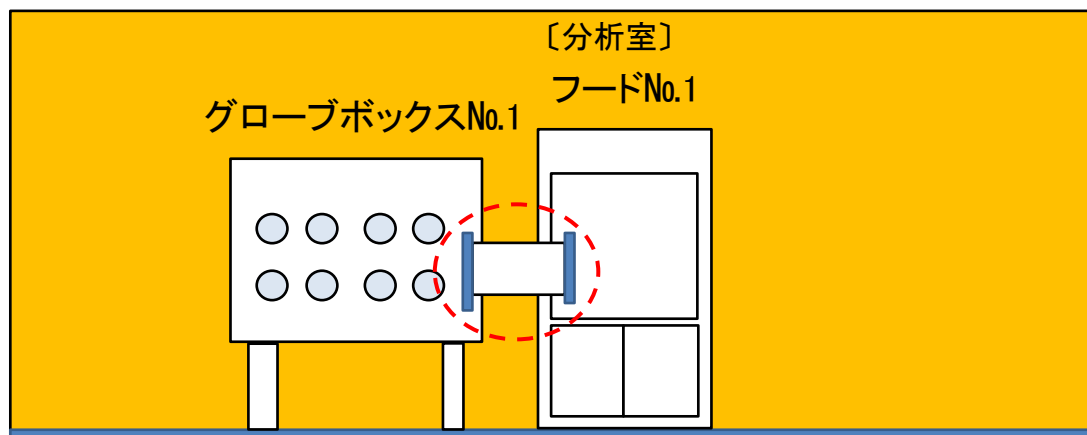
スライドステージを押し込み、セル間移送扉を閉める

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

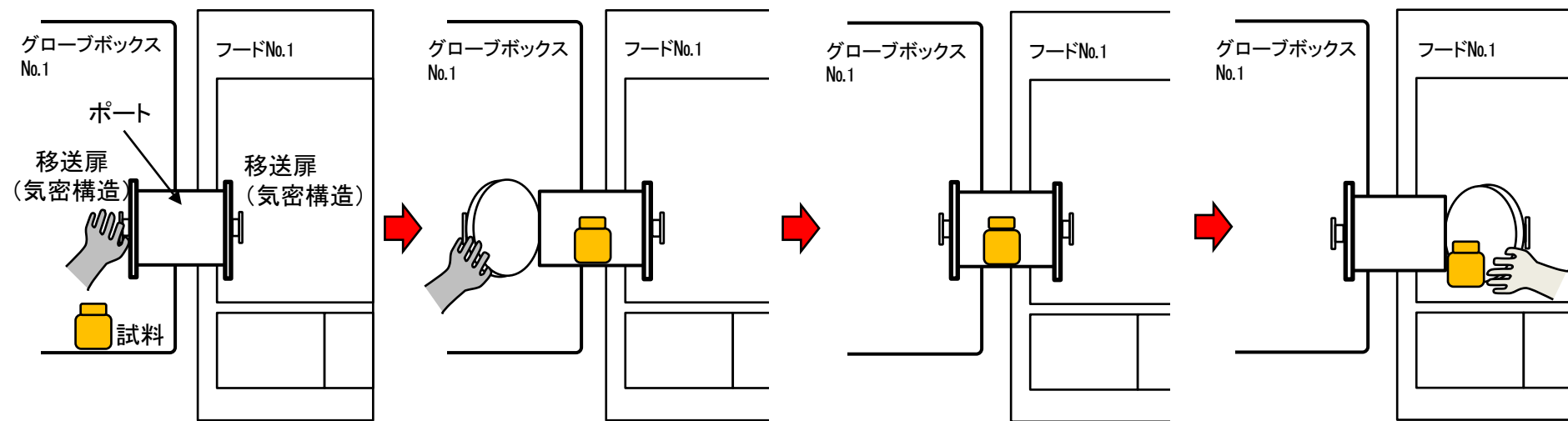
4. 燃料デブリ等の移送方法(11/12)



移送扉を開け、ポート内に
試料を移送する

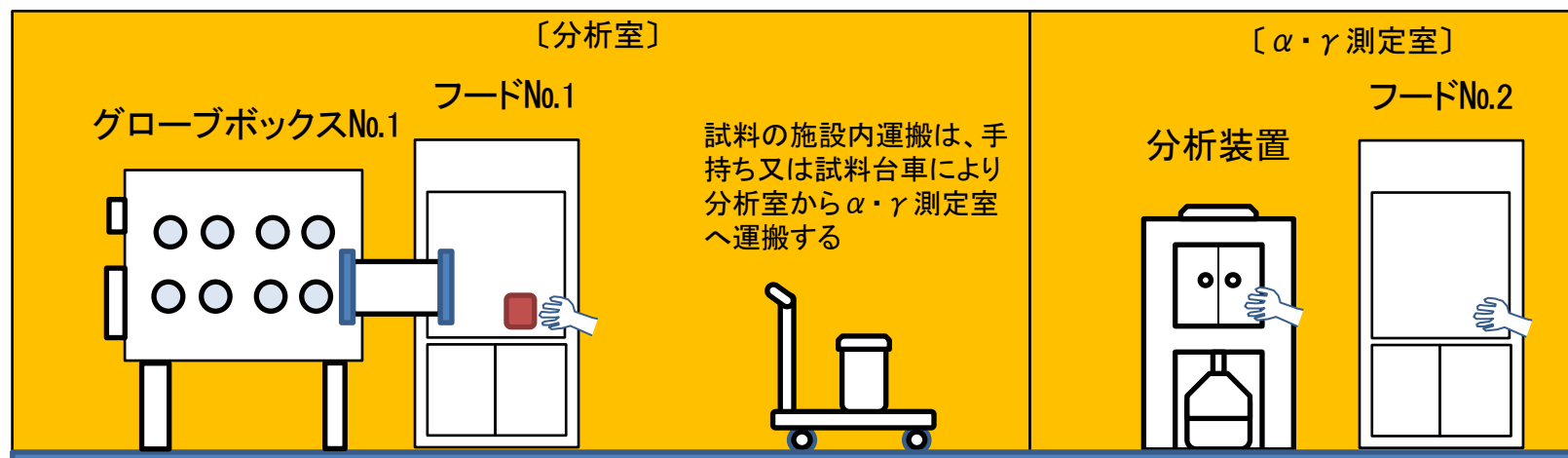
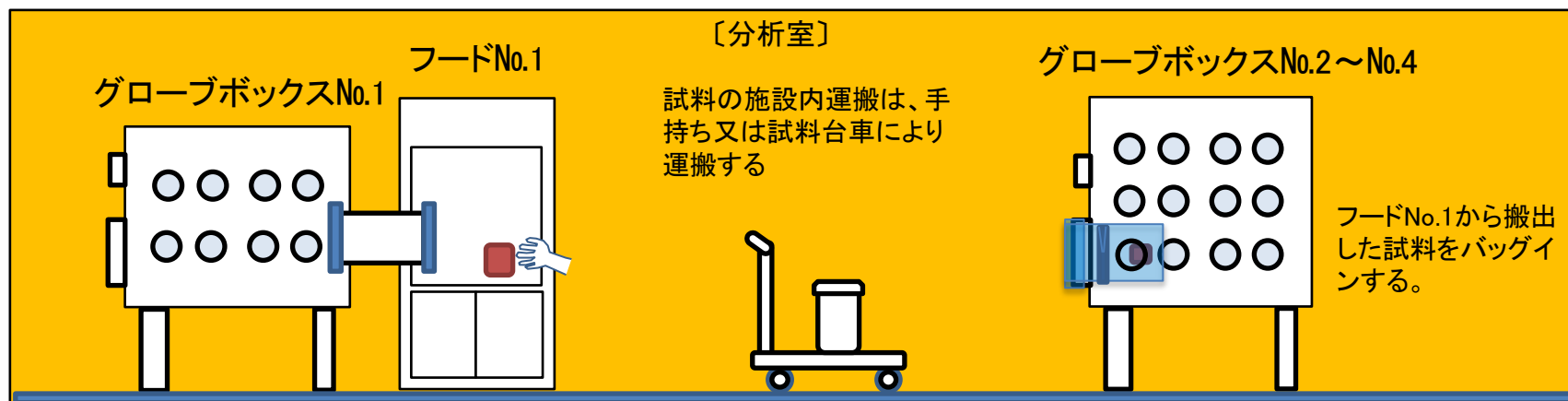
移送扉を閉める

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(12/12)



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) H3,C14,I129分析前処理 13) 塩素抽出 14) 水素ガス捕集 15) 分析廃液固化
主な形態	1)～3): 固体	1)～6): 固体	1)2): 固体	1)～5): 固体	6)8)9): 固体、粉体 ※1 7) 固体、10) 粉体※2	11): 粉体※2、液体、気体 12)～13): 固体、液体、 気体 14): 固体、気体 15): 液体、固体
最大取扱量	■■■■■					
想定取扱量	1)～3): 最大■■■■■	1)～6): 最大■■■■■	1)2): 数■■■■ オーダ～ 最大■■■■■	1)～5): 最大■■■■■	6): ■■■■ (数■■■■ オーダ※1) 7)8): 数■■■■ オーダ 9)10): 数■■■■ オーダ	11): 数■■■■ オーダ 12)13): 数■■■■ オーダ 14): 数■■■■ オーダ 15): 数■■■■ オーダ

※1: 切断等に伴い発生する切断粉 ※2: 粉砕にて作製した試料

5. コンクリートセル等における作業内容等(2/10)

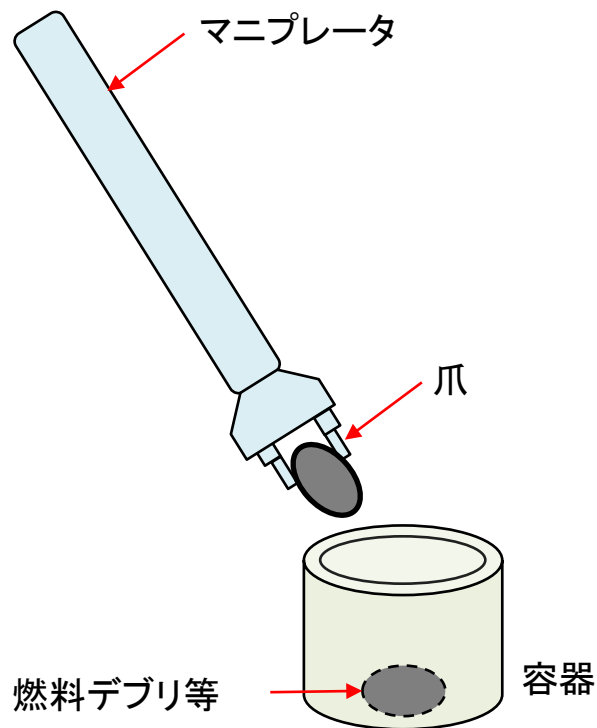
	鉄セル(1)		鉄セル(2)	グローブボックスNo.1	フードNo.1
主な作業内容	1)蒸着(導電処理) 2)EPMA分析 3)イオンエッチング 4)光学顕微鏡観察 5)硬さ、じん性測定	6)水分量測定 7)全有機炭素測定	1)核種分離 ・イオン交換 ・沈殿、共沈 ・濃縮、蒸発乾固 ・希釈、定容	1)核種分離 ・イオン交換 ・沈殿、共沈 ・濃縮、蒸発乾固 ・希釈、定容 2)試料焼付	1)グローブボックスへの試料等の搬出入
主な形態	1)～5): 固体(樹脂埋め試料)	6): 固体、液体、気体 7): 固体、気体	1): 固体、液体、気体	1): 固体、液体、気体 2): 液体、固体	1): 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

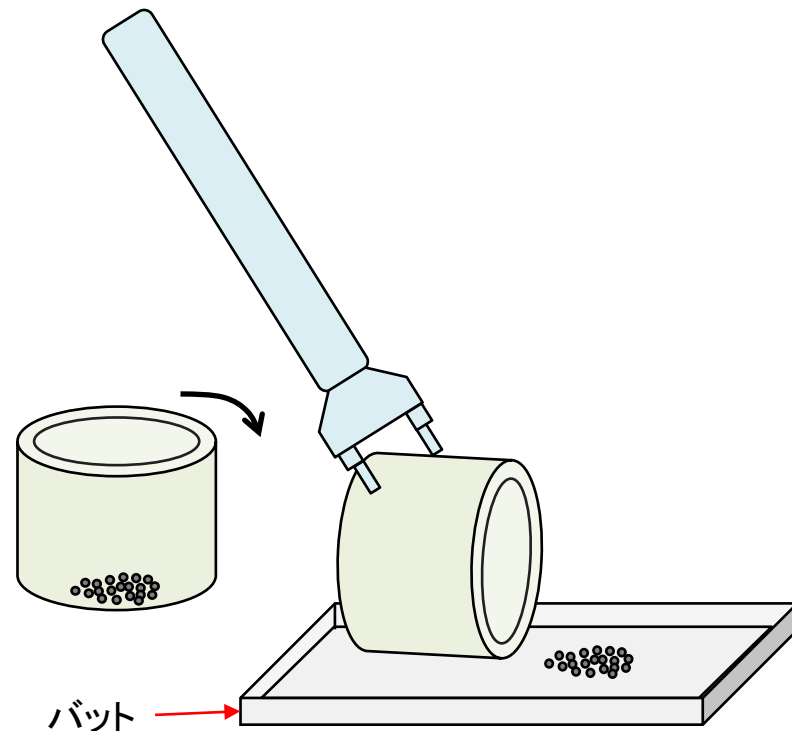
[コンクリートセルNo.4: 容器から試料取出し作業例]

- 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

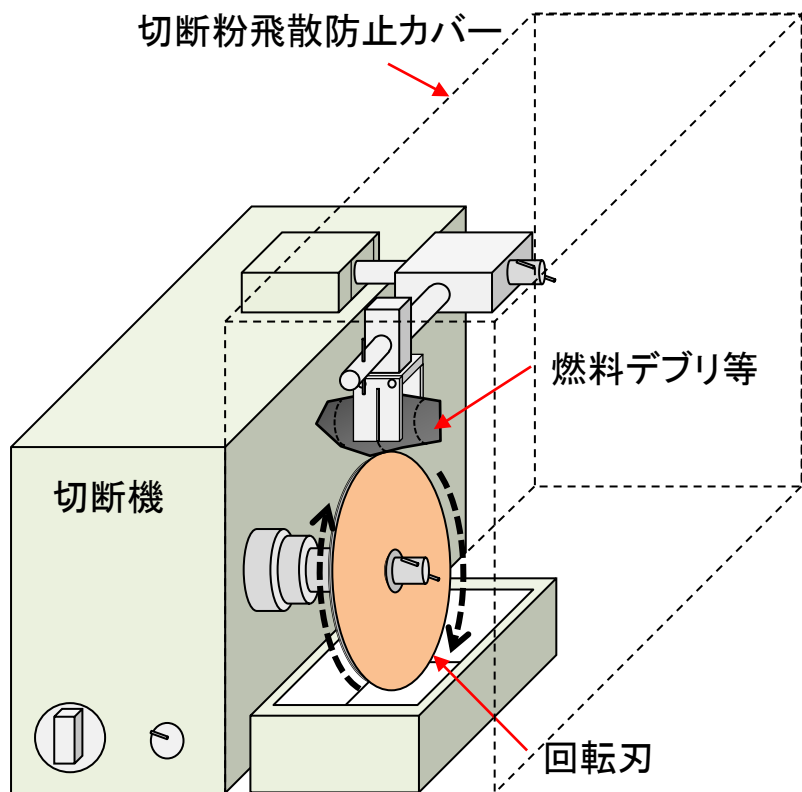


5. コンクリートセル等における作業内容等(4/10)

〔コンクリートセルNo.4:切断、研磨作業例〕

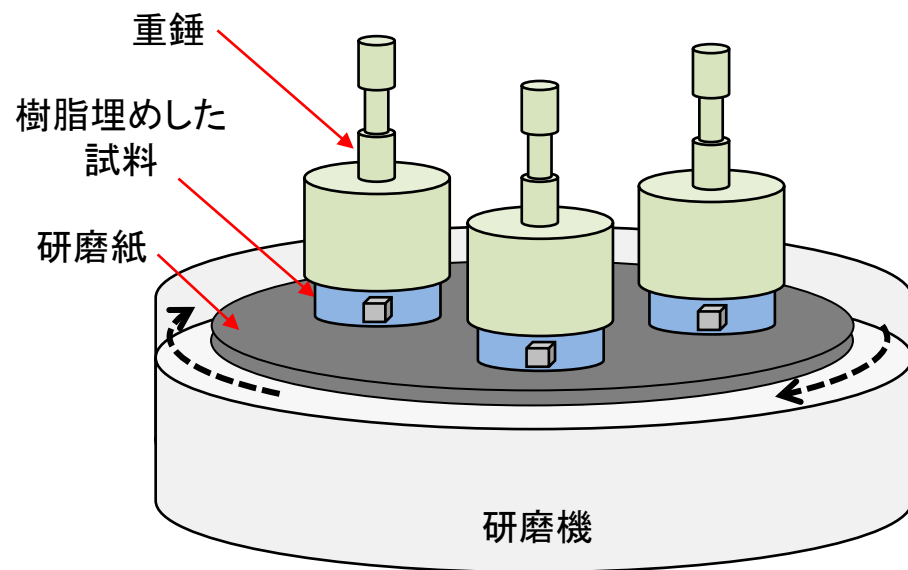
切断方法

回転刃を回転させて、燃料デブリ等を切断する



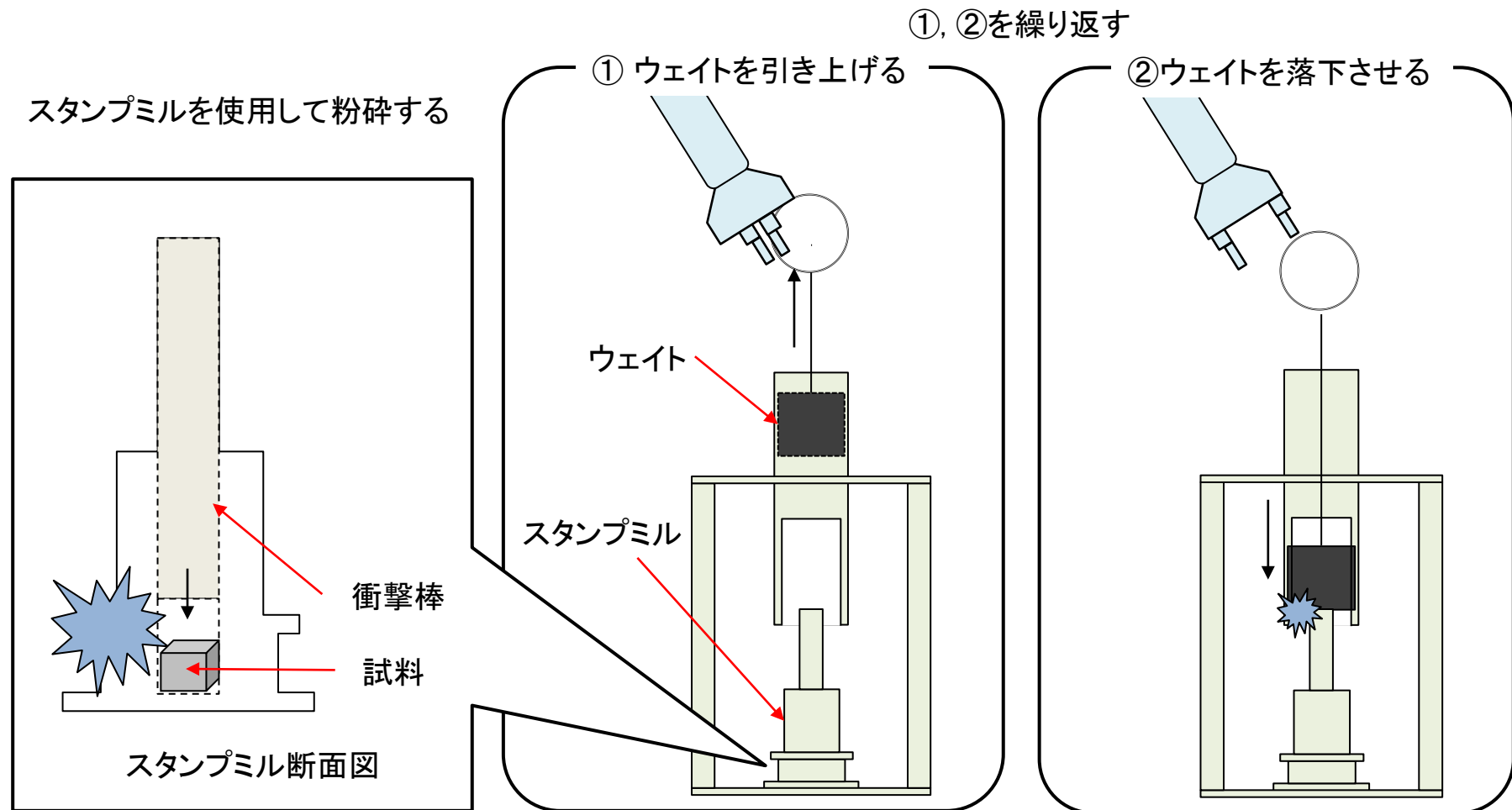
研磨方法

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)

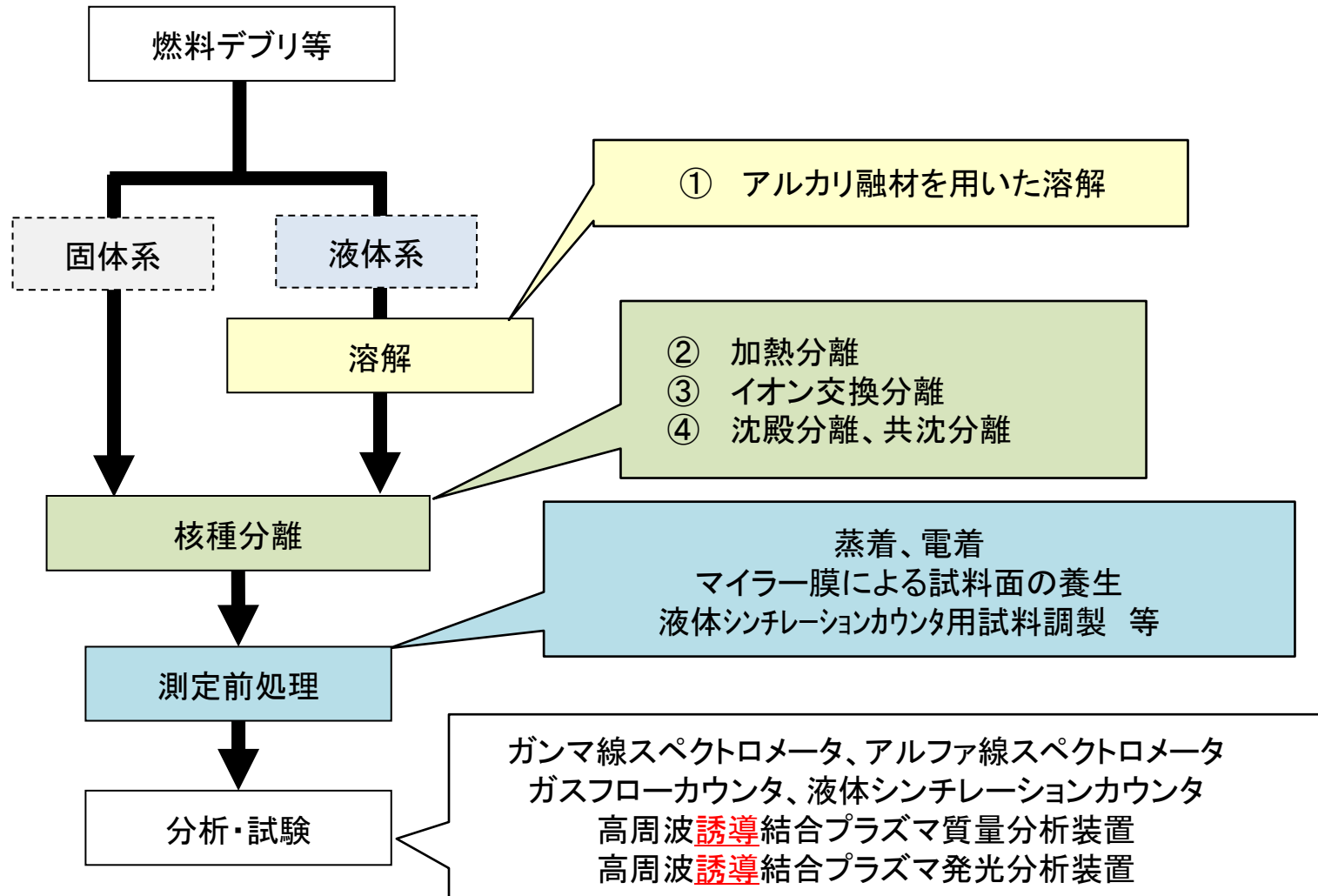
〔コンクリートセルNo.4: 粉砕作業例〕



5. コンクリートセル等における作業内容等(6/10)

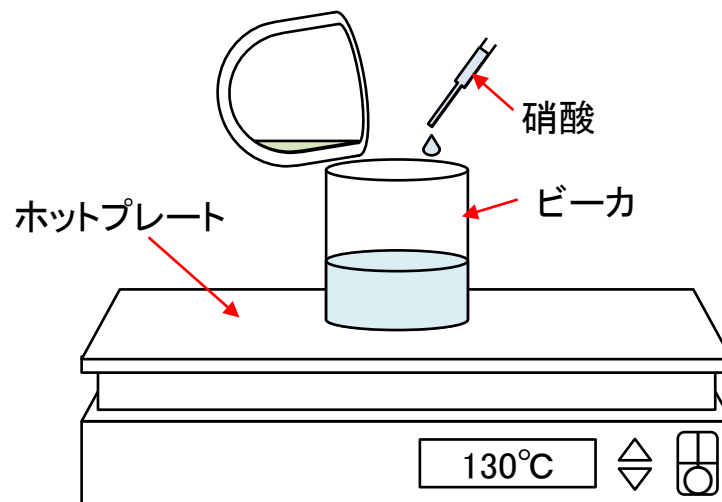
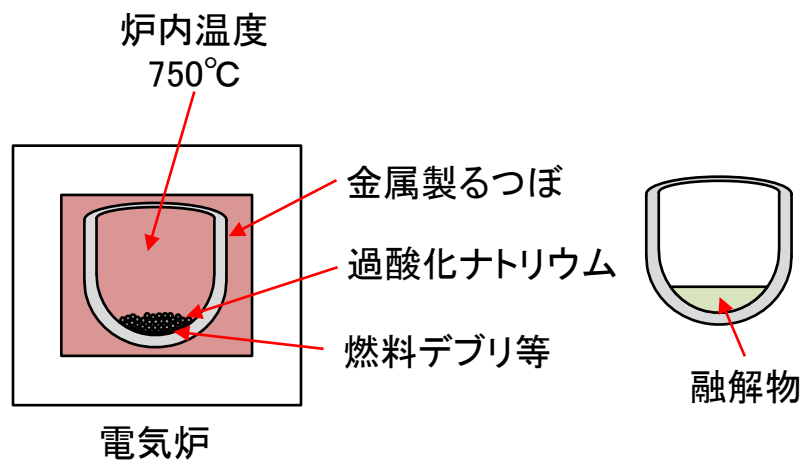
一部改訂

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]

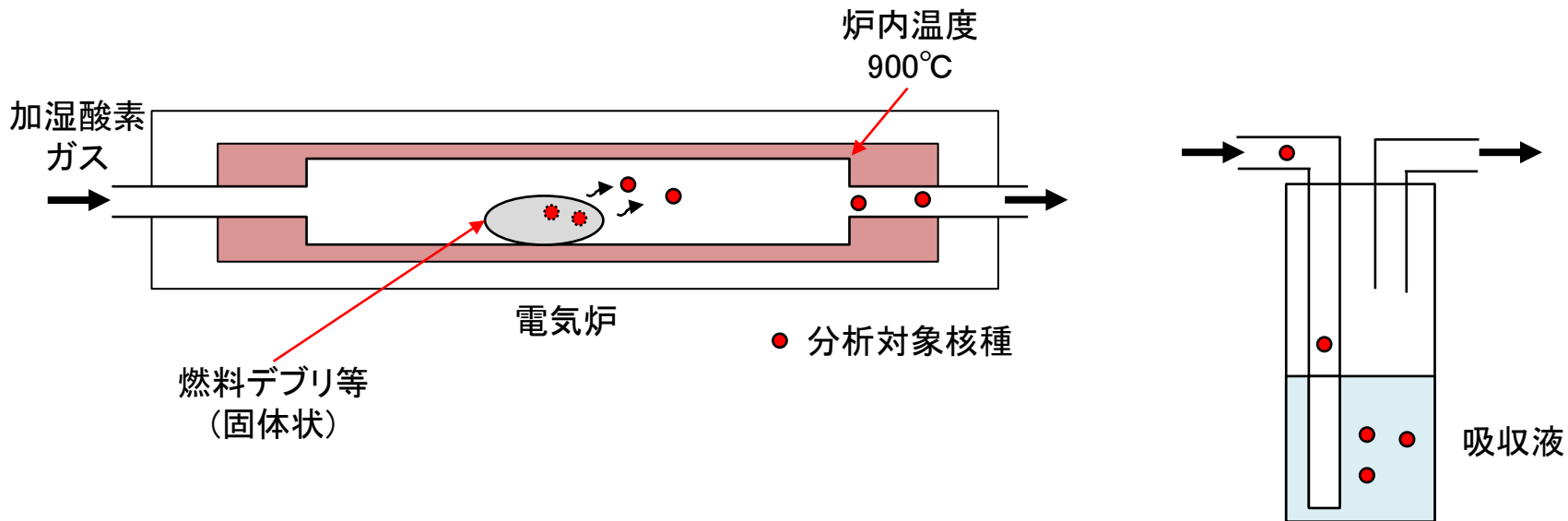


① 過酸化ナトリウムと燃料デブリ等を金属製のつぼに入れ、750°Cに加熱して融解物とする。

② 融解物をビーカに移し替え、硝酸を加えて加熱して溶液化する。

5. コンクリートセル等における作業内容等(8/10)

[コンクリートセルNo.4:H3,C14,I129分析前処理作業例]

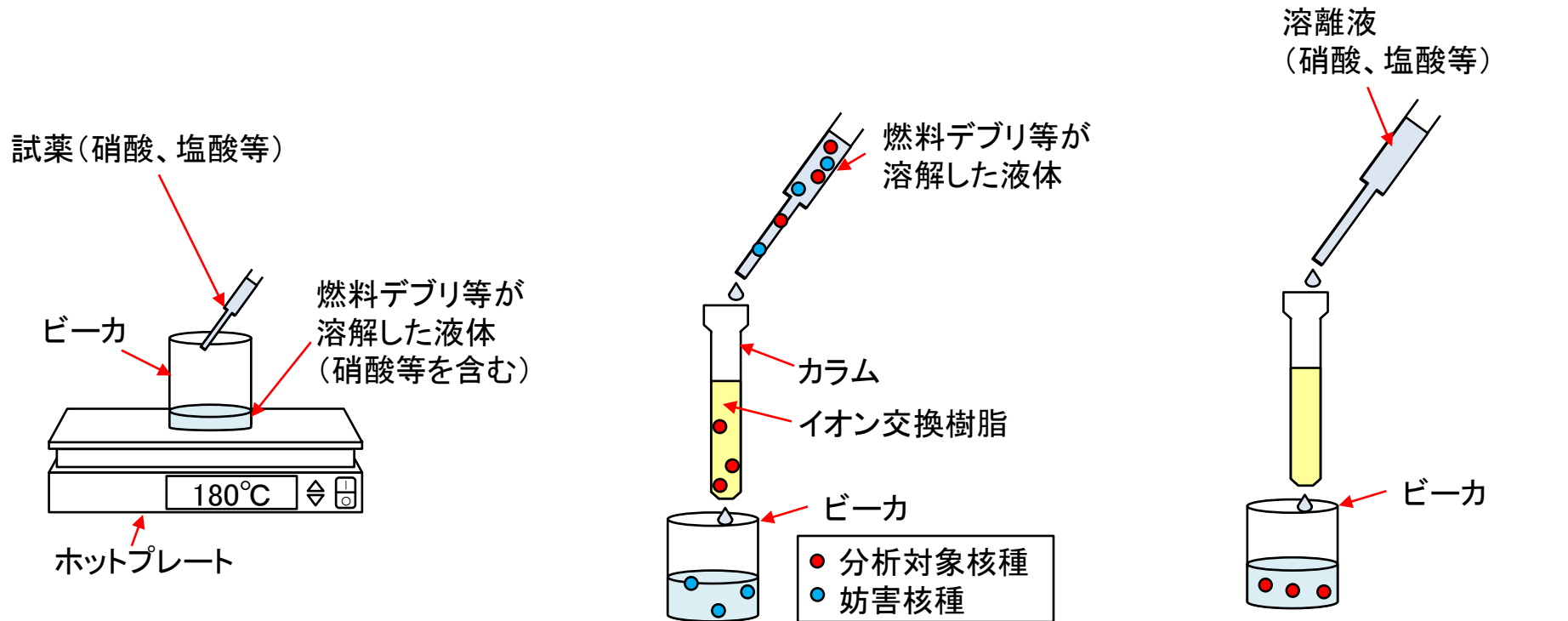


① 燃料デブリ等を加熱し、分析対象核種を気化させて分離する。

② 気化した分析対象核種を吸収液に回収する。吸収液は、p.10～p.15の方法にてグローブボックスNo.3又は α ・ γ 測定室へ移送する。

5. コンクリートセル等における作業内容等(9/10)

〔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※。

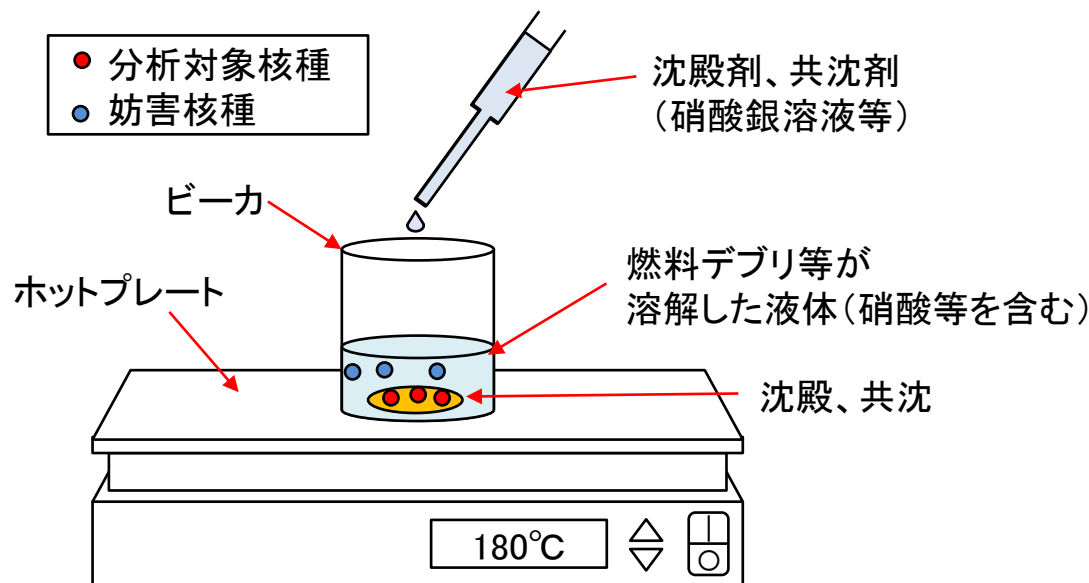
② 燃料デブリ等が溶解した試料を、イオン交換樹脂の入ったカラムの上部から添加し、分析対象核種をイオン交換樹脂に吸着させて分離する。

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)

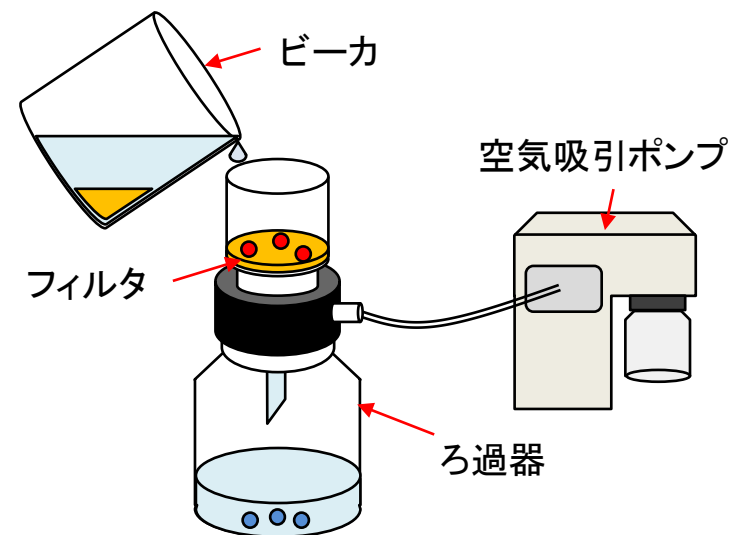
[鉄セル(2)、グローブボックスNo.1:核種分離(沈殿、共沈)作業例]



- 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)

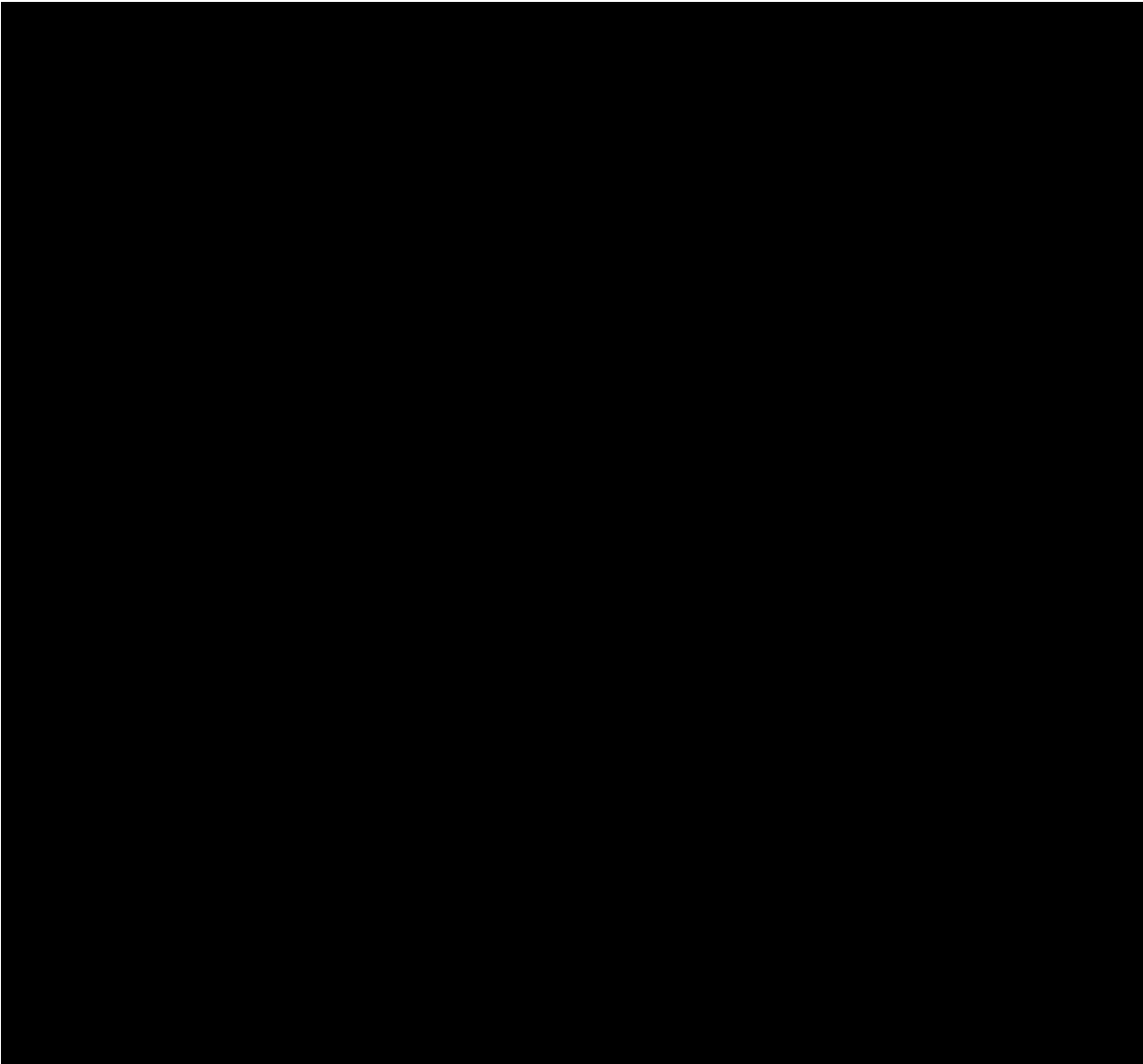


【燃料デブリ等の搬出】

「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】

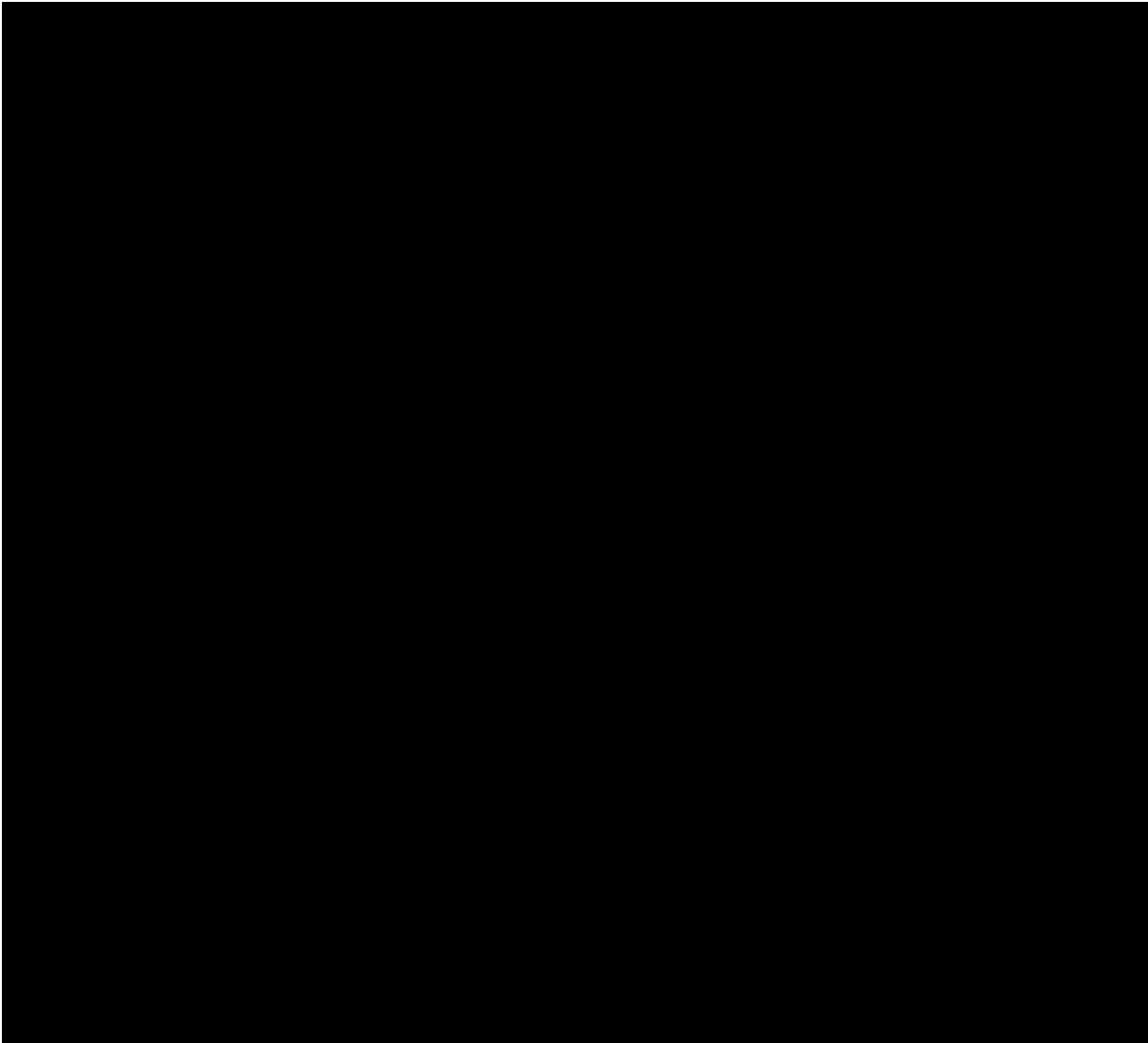
「放射性廃棄物の考慮について」にて説明する。

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
(放射性廃棄物の考慮について)

6月24日面談資料改訂版

2020年7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

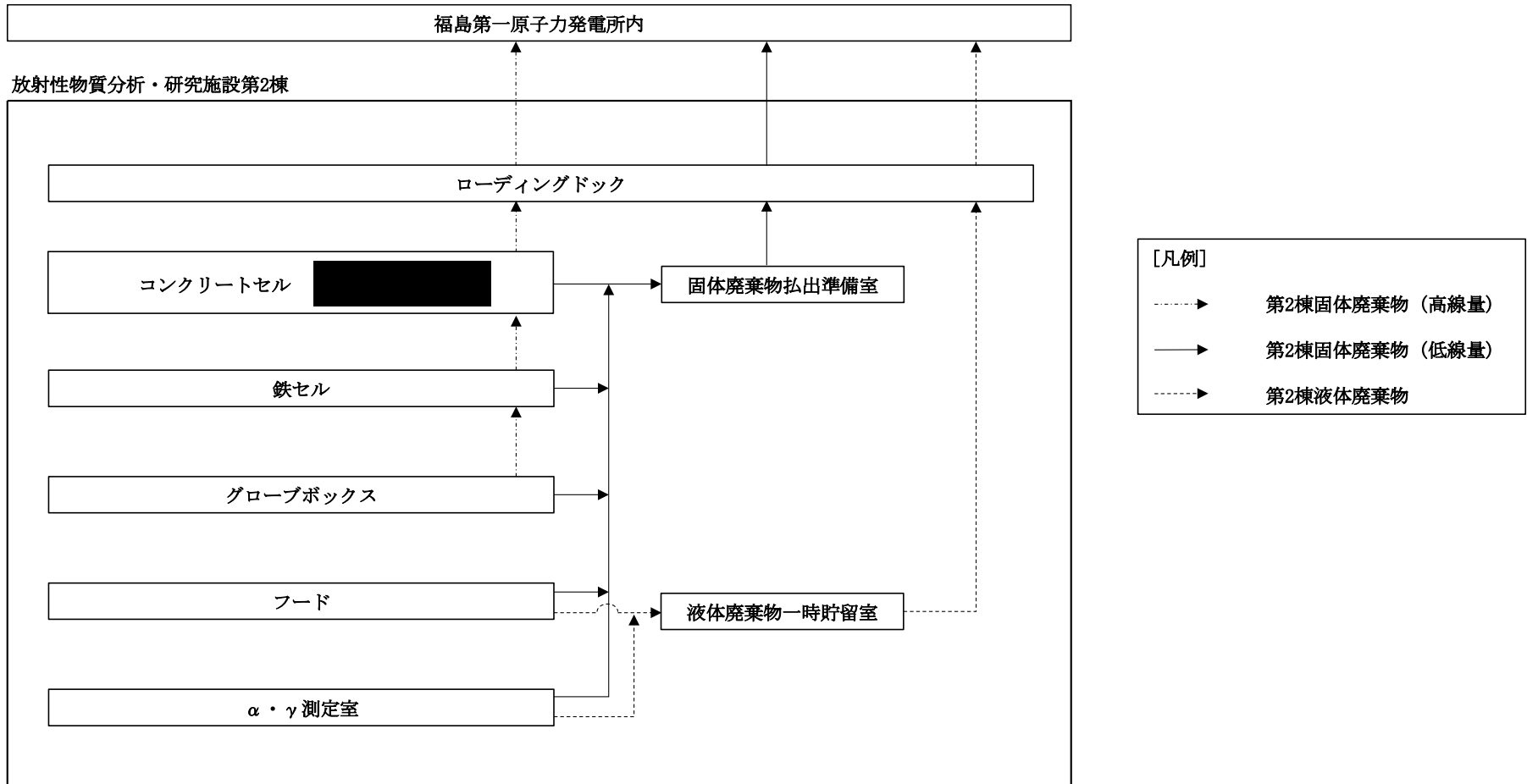


1. 放射性の固体廃棄物に係る考慮

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、材質に応じて8種類に分別し、各専用の容器(以下「角型容器」という。)に収納する。
 - 可燃物 : 紙類、木類、プラスチック類(塩ビを除く)、ゴム類
 - 不燃物 : 金属くず、塩ビ類、イオン交換樹脂、その他(アルミ材等)
- 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。
- 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。

2. 放射性の固体廃棄物に係る概略フロー(1/6)

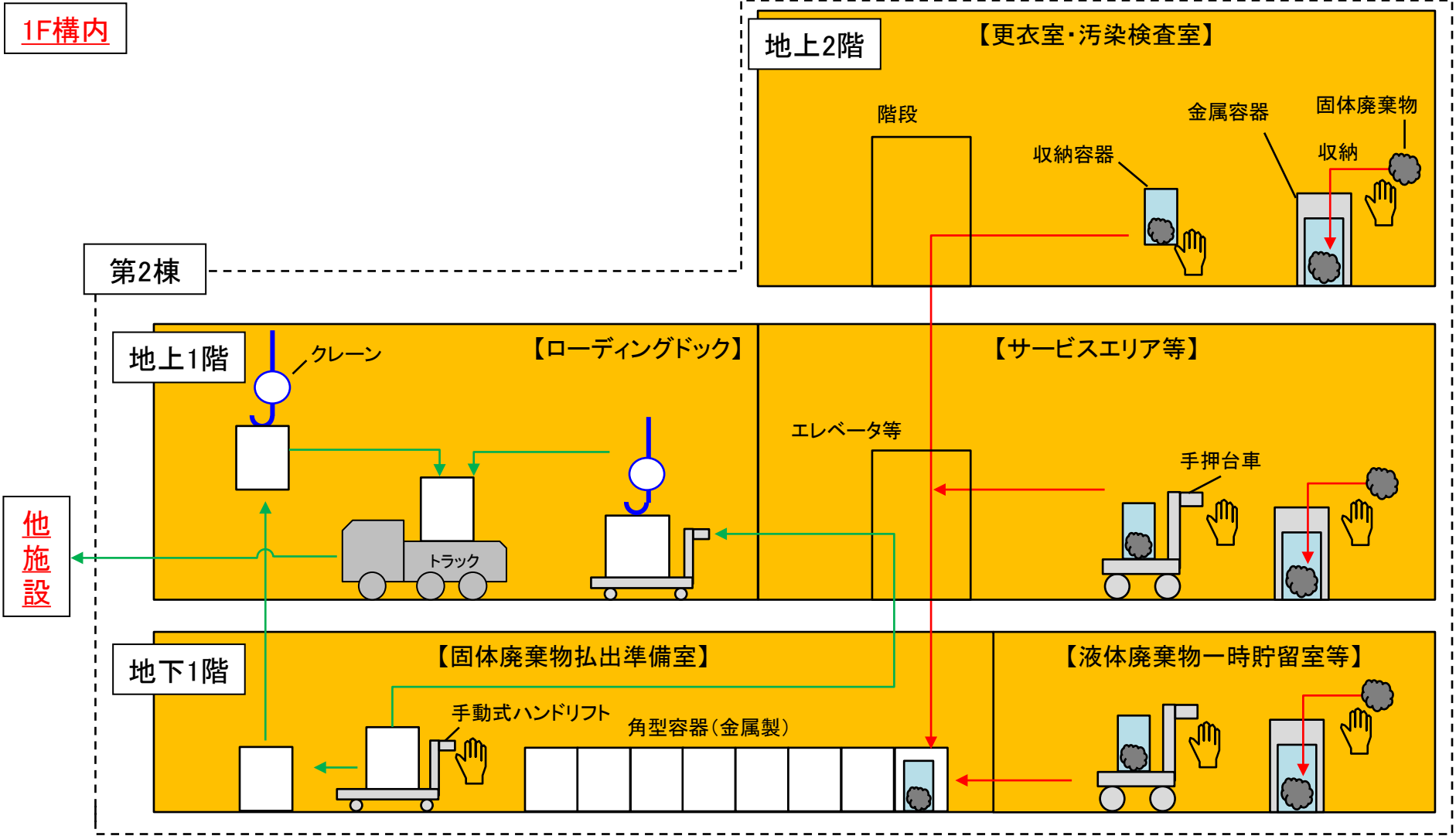


(実施計画「2.48放射性物質分析・研究施設第2棟」より記載)

2. 放射性の固体廃棄物に係る概略フロー(2/6)

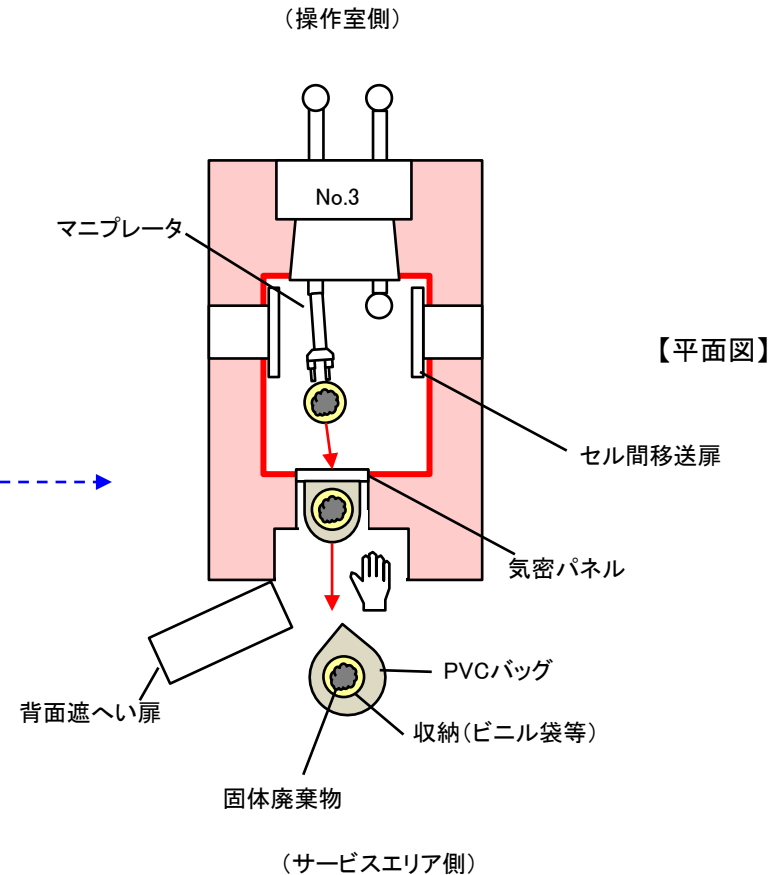
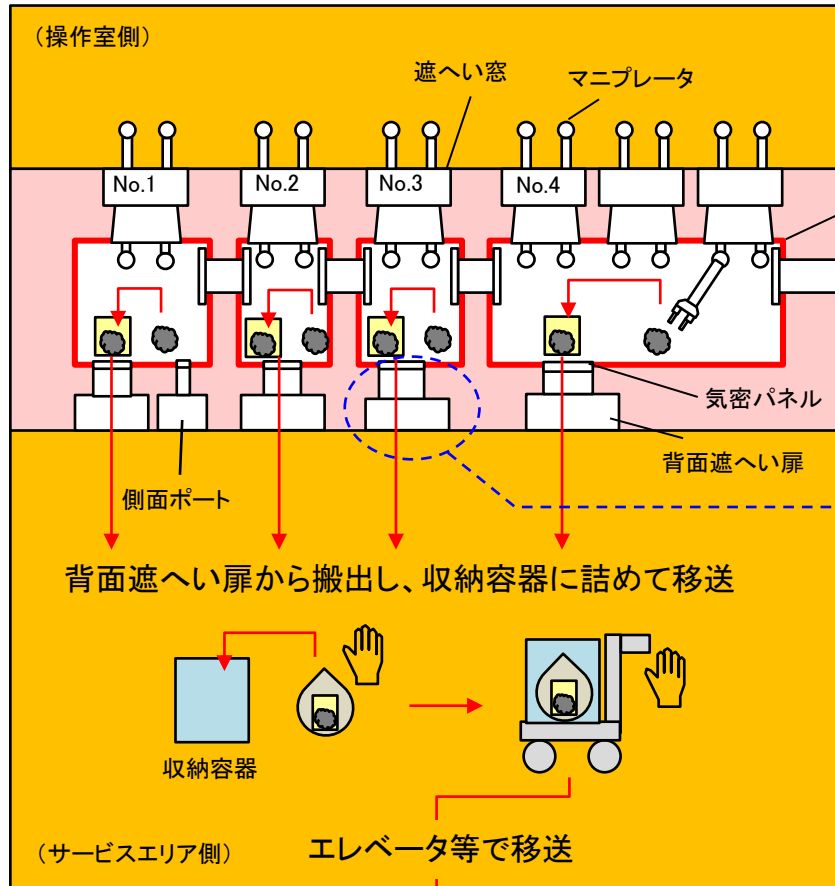
— 低線量固体廃棄物(管理区域室内) —

一部改訂



2. 放射性の固体廃棄物に係る概略フロー(3/6)

—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

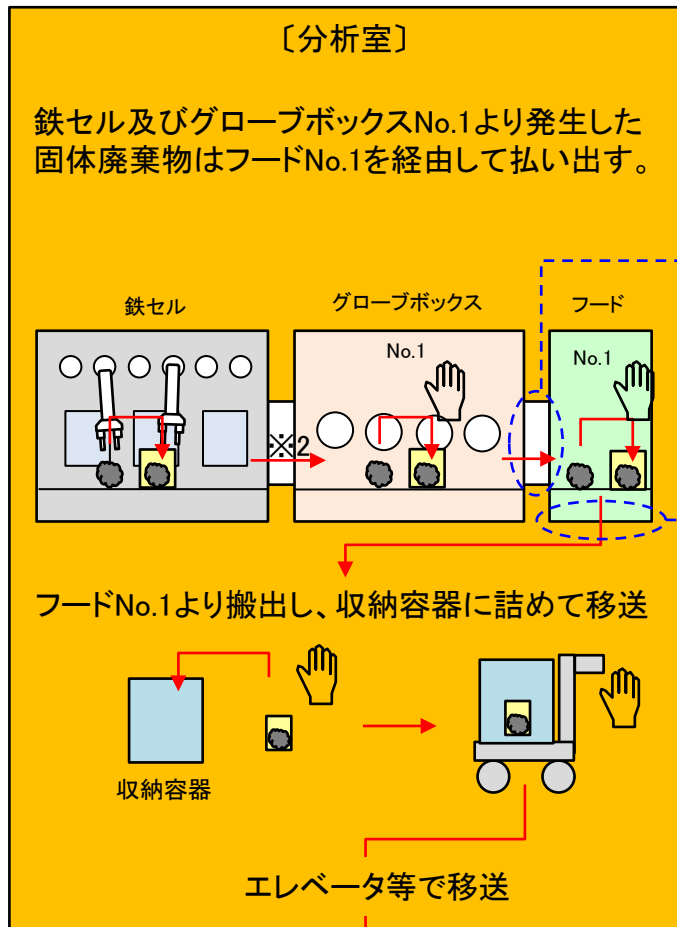
固体廃棄物払出準備室にて一時的に保管※1

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、スライドp.3のフローと同様

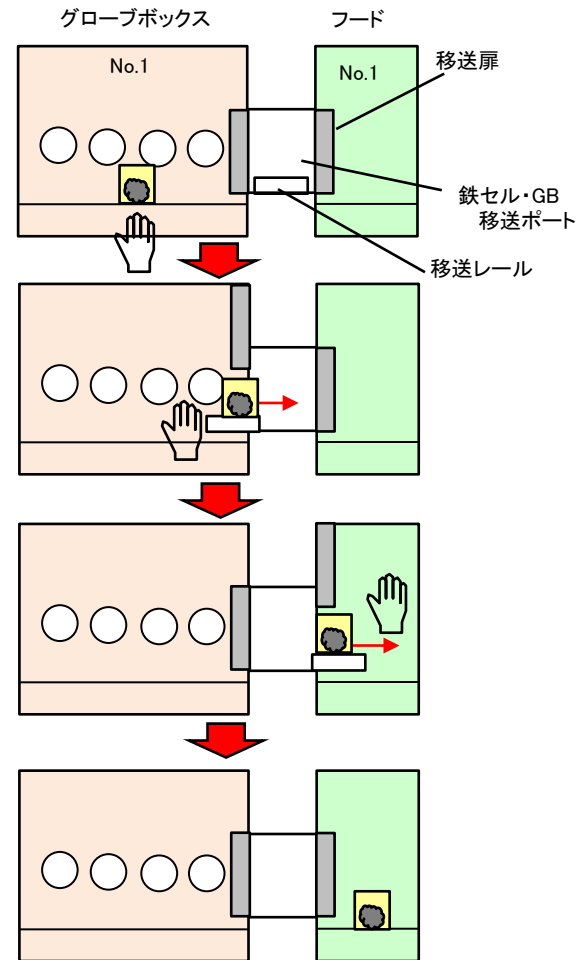
※2: セルNo.1,2,4も同様。なお、セルNo.1の背面遮へい扉は引き抜き型

2. 放射性の固体廃棄物に係る概略フロー(4/6) — 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



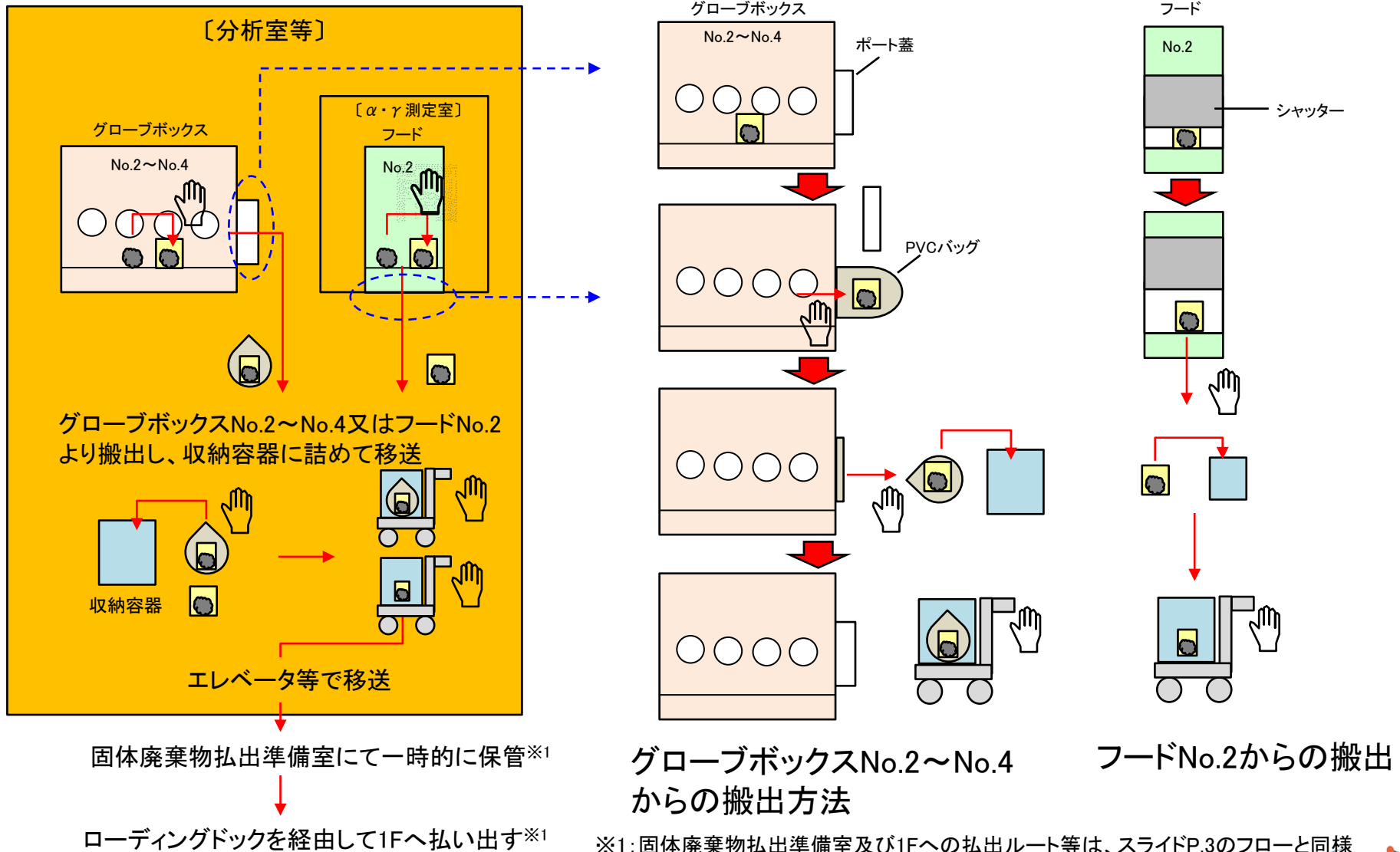
フードNo.1への移送方法※2

フードNo.1からの搬出

※1: 固体廃棄物払出準備室及び1Fへの払出ルート等は、スライドp.3のフローと同様
 ※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)

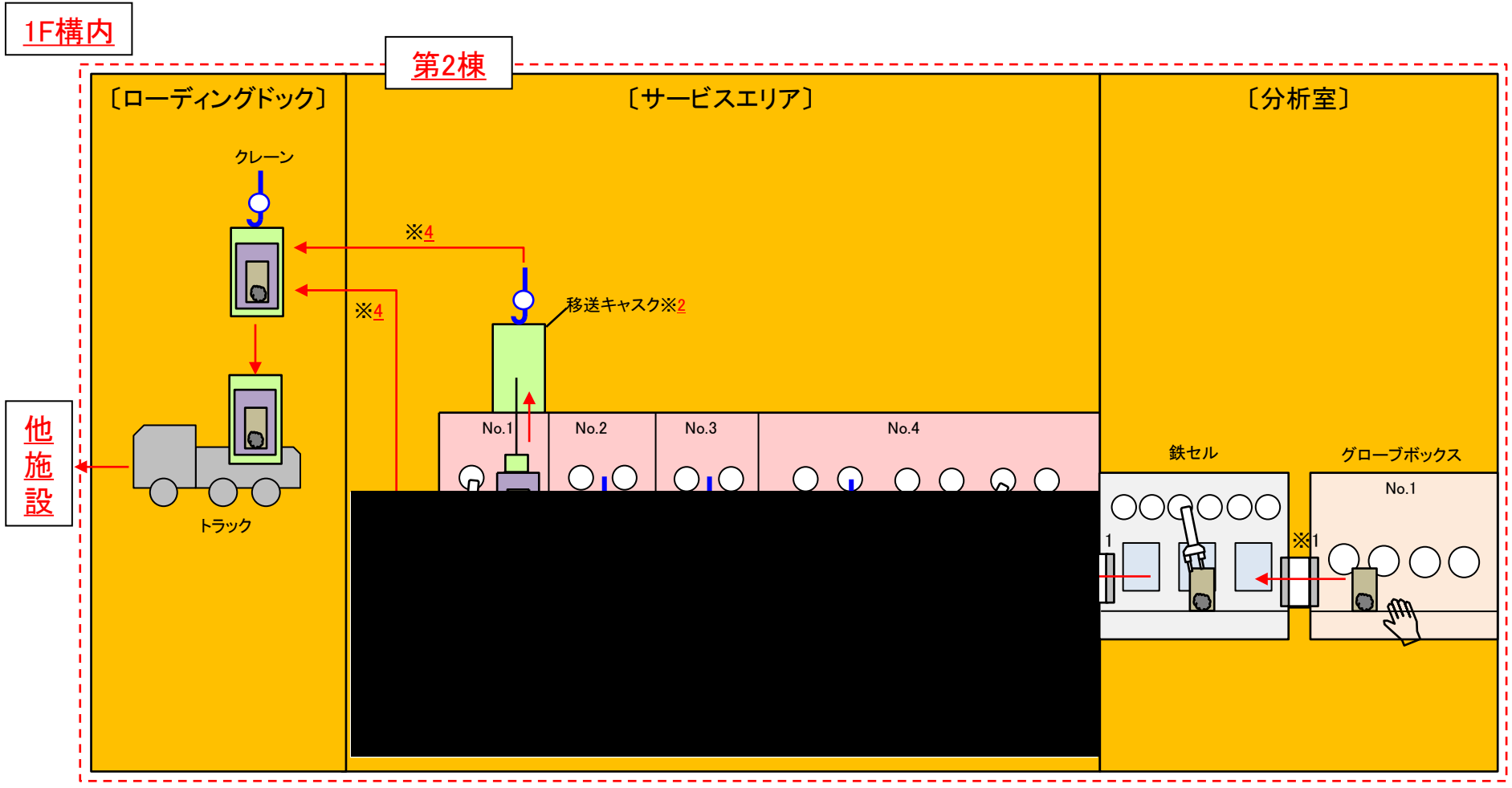
2. 放射性の固体廃棄物に係る概略フロー(5/6)

— 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(6/6)

ー高線量固体廃棄物(コンクリートセル～グローブボックスNo.1)ー

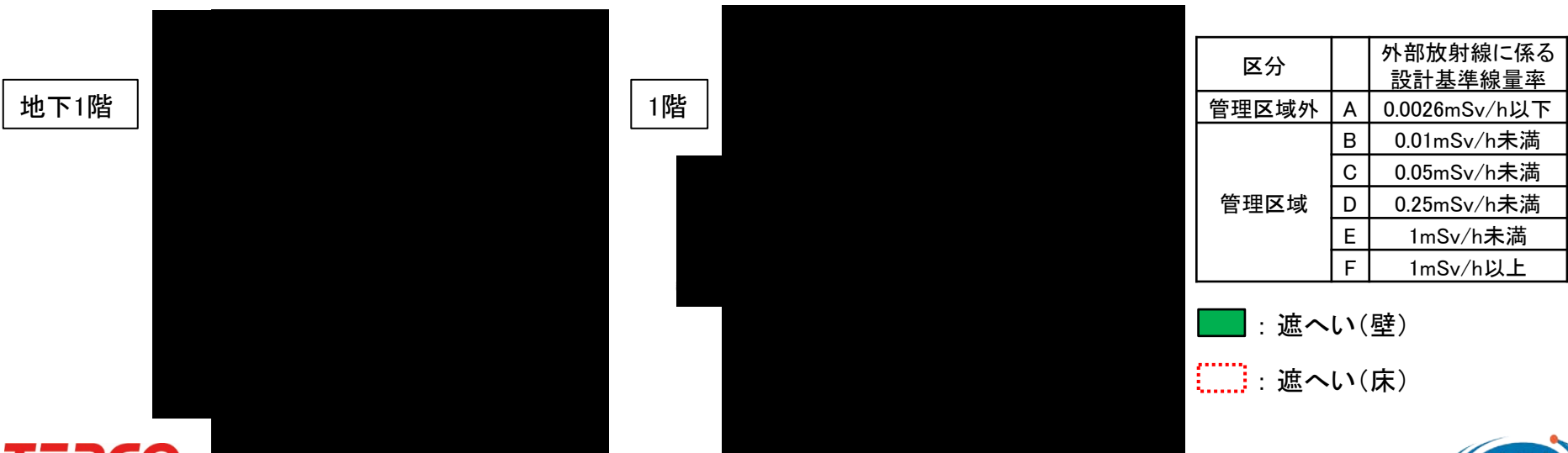


- ※1: グローブボックスNo.1～コンクリートセルNo.1までの移送については、資料-5「燃料デブリ等のフローについて」を参照
- ※2: トップローディング方式のキャスク(想定: P-3S, TN6-4)をコンクリートセルNo.1天井に接続
- ※3: サイドローディング方式のキャスク(想定: RD-20)をコンクリートセルNo.1背面に接続
- ※4: キャスクのサービスエリア～ローディングドックの移送については、資料-5「燃料デブリ等のフローについて」を参照

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(8種類の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)

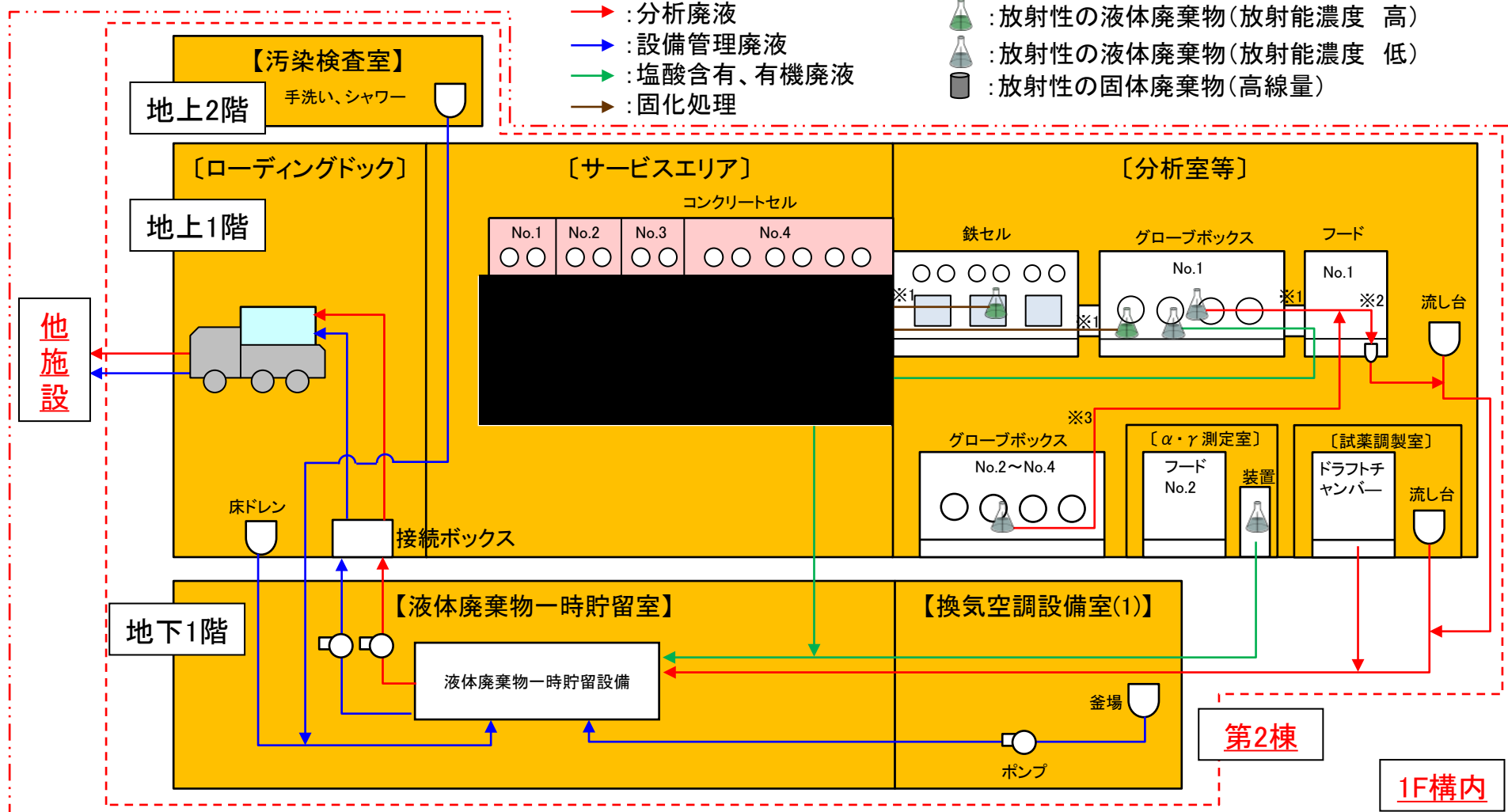
4. 放射性の液体廃棄物に係る考慮

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、金属製の容器に収納し、1Fへ払い出すまで液体廃棄物一時貯留設備にて一時的に保管する。
- 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。

5. 放射性の液体廃棄物に係る概略フロー

一部改訂

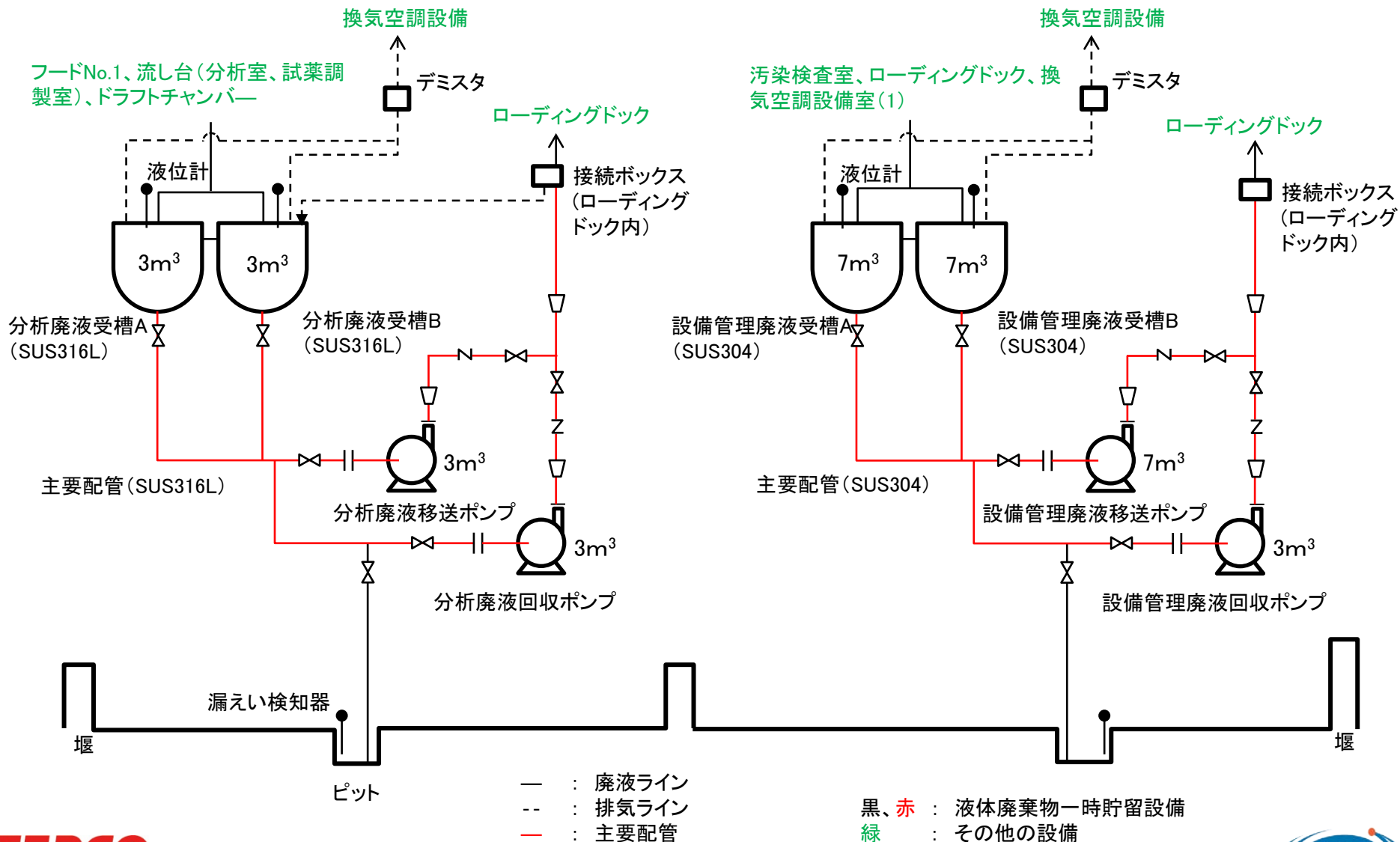


※1: グローブボックスNo.1~コンクリートセルNo.4までの移送については、資料-5「燃料デブリ等のフローについて」を参照

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

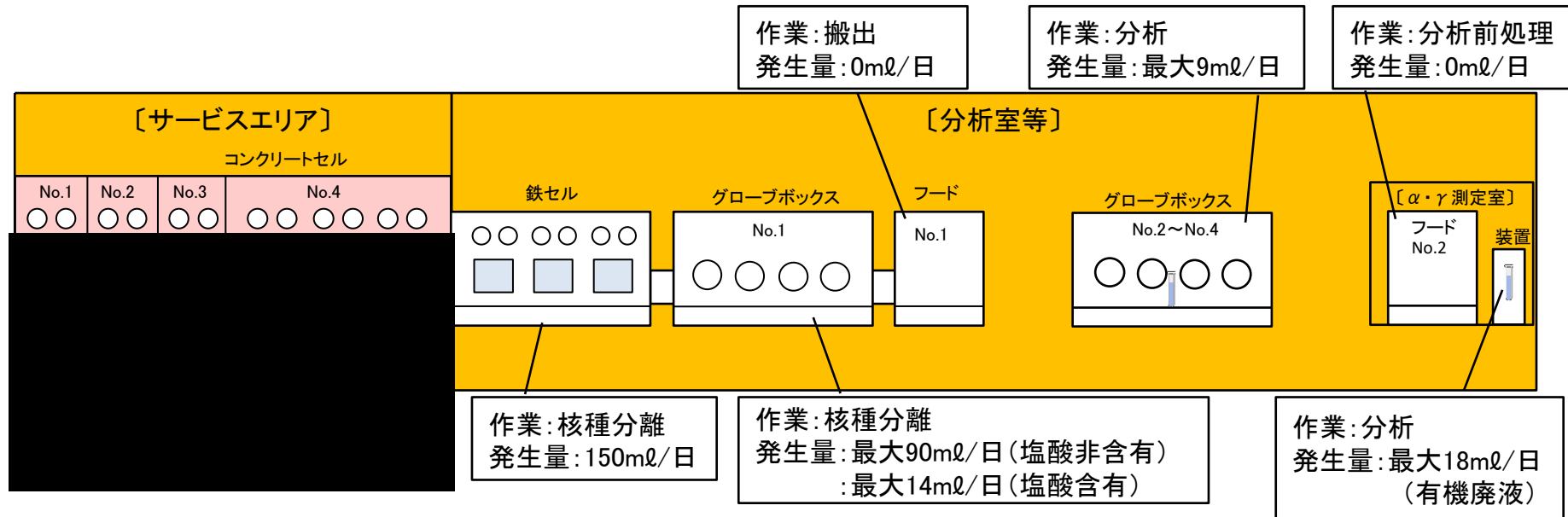
※3: グローブボックスNo.2~No.4からの搬出は、資料-5「燃料デブリ等のフローについて」を参照

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。



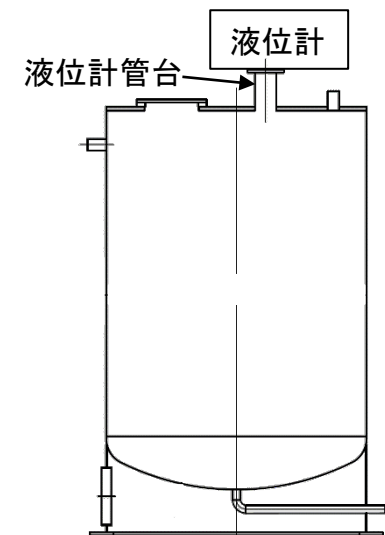
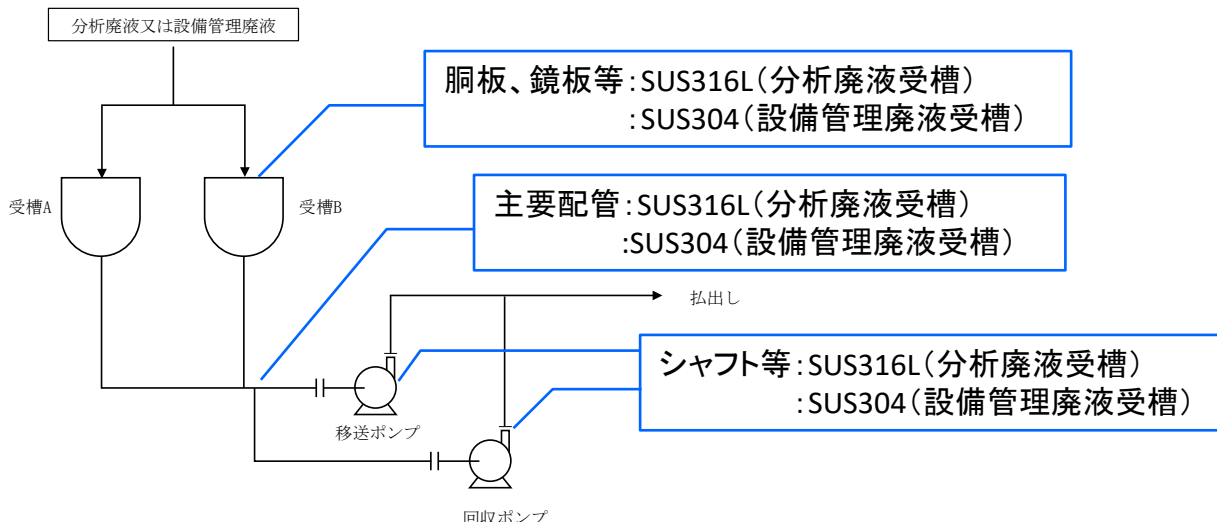
分析・試験設備における放射性の液体廃棄物の発生量(予測値)

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整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。



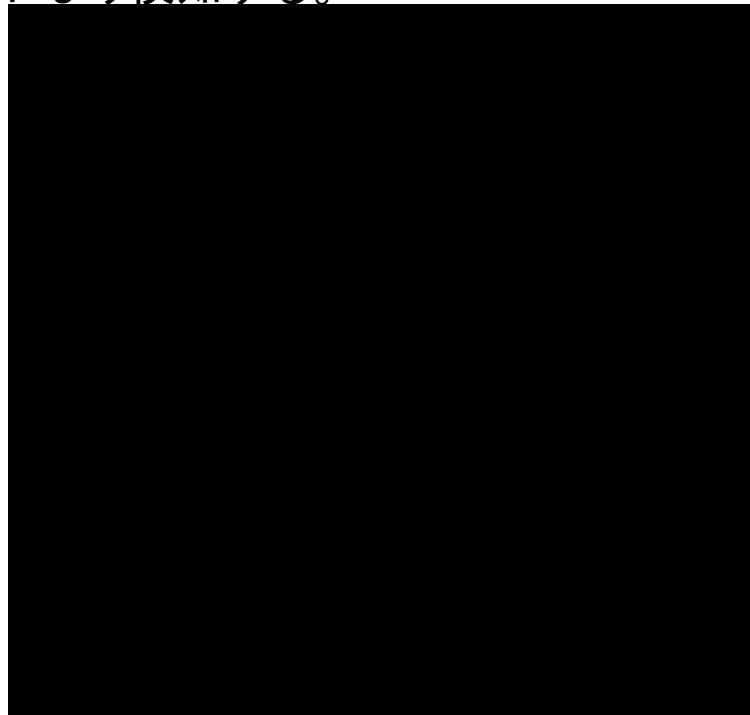
液位計設置位置

第2棟の液体廃棄物一時貯留設備の主な材料

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。



【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)

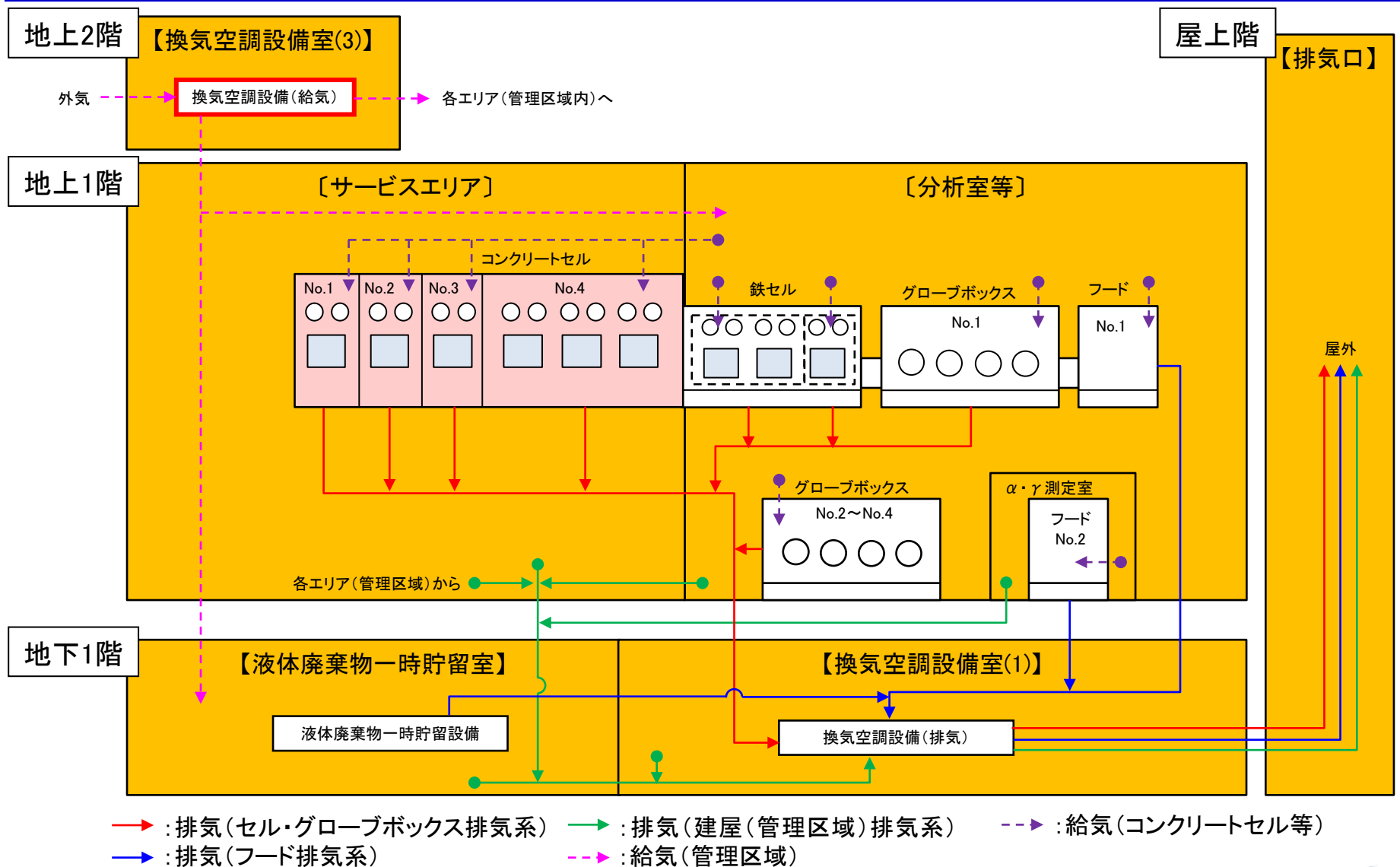
液体廃棄物一時貯留設備 堰を明示した図

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)

1.1. 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(1/3)

— 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】

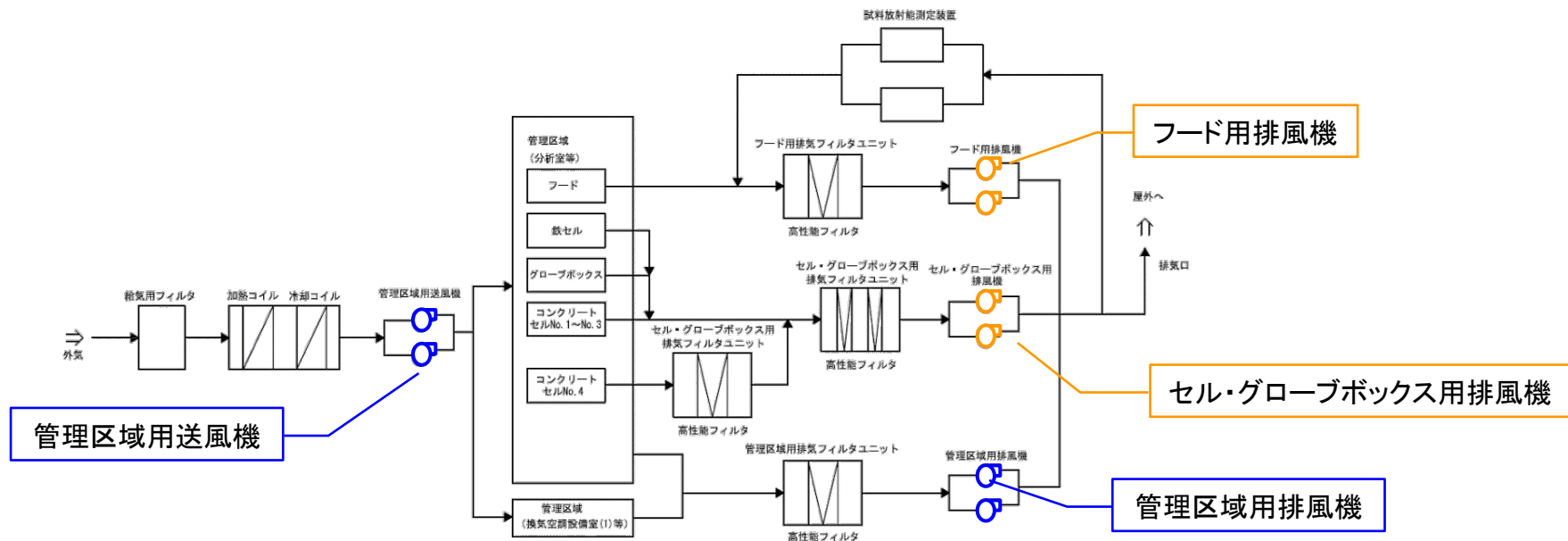
- 容量：58100m³/h/基
- 基数：2基

【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



12. 換気空調設備の主な仕様(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
- 基数：2基

【フード用排気フィルタユニット】

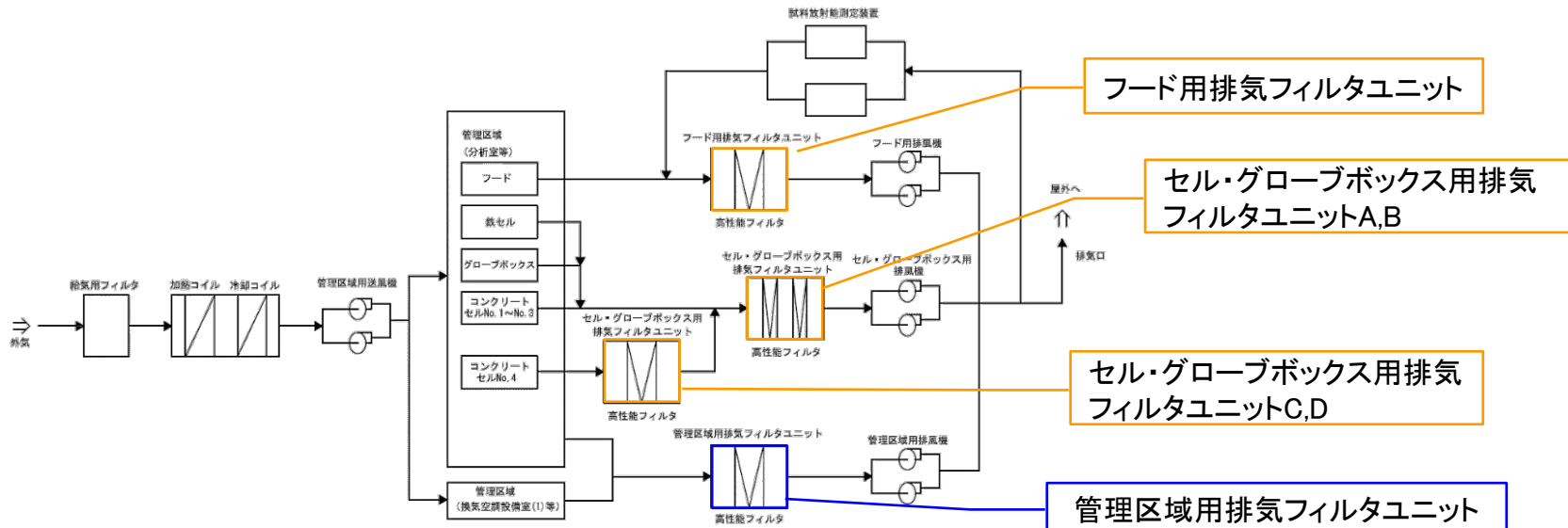
- 容量：6000m³/h/基
- 基数：2基

【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
- 基数：2基

【管理区域用排気フィルタユニット】

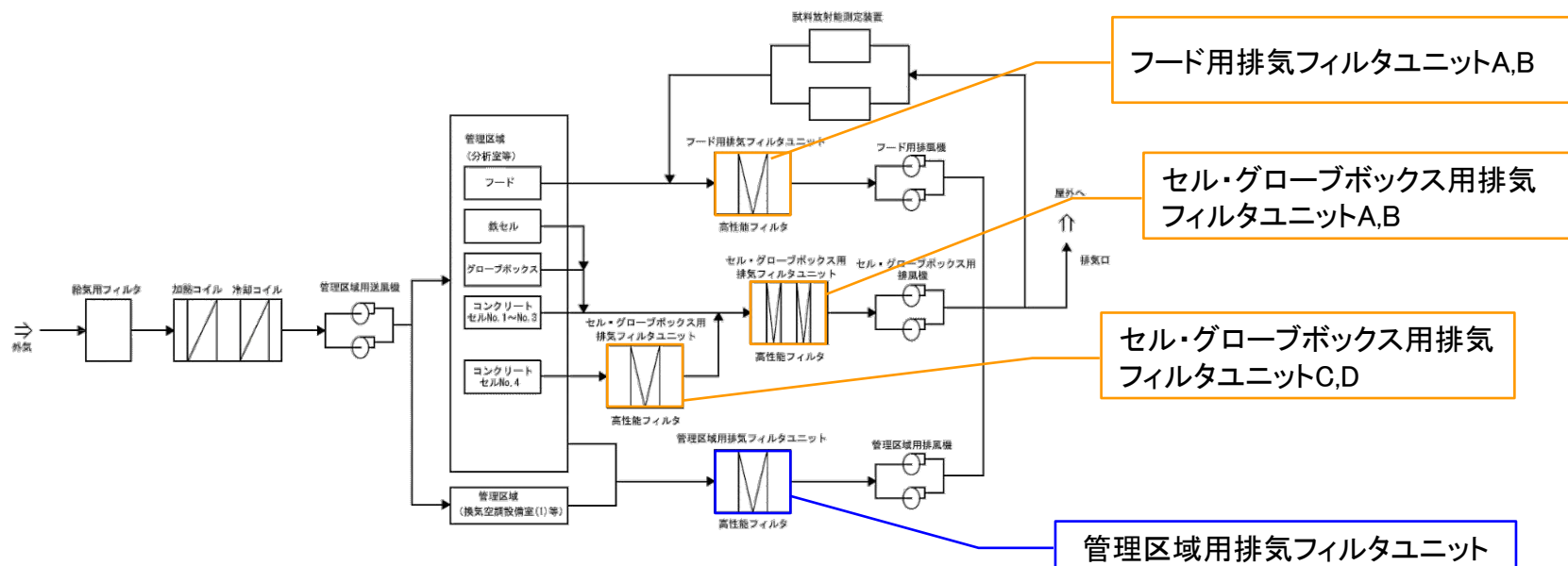
- 容量：8300m³/h/基
- 基数：8基



12. 換気空調設備の主な仕様(3/3)

ーフィルタ除去効率ー

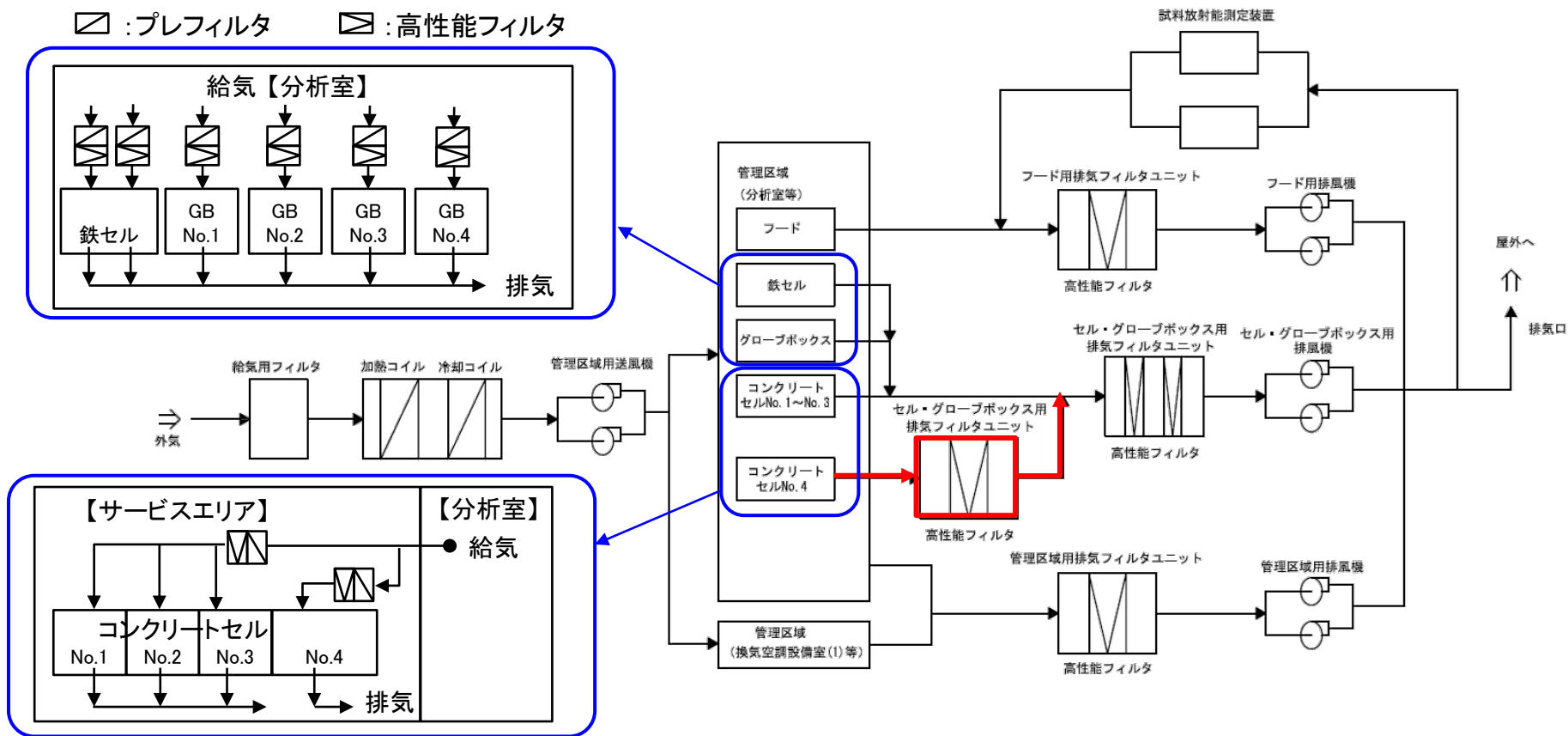
排気系フィルタユニットのうち、セル・グローブボックス用排気フィルタユニットA,B,C,Dは、高性能フィルタにて構成しており、フード用排気フィルタユニット及び管理区域用排気フィルタユニットは、プレフィルタ及び高性能フィルタの各1段で構成している。各高性能フィルタは、基準粒子径 $0.15\mu\text{m}$ 以上に対して粒子捕集率99.97%以上のJIS規格品を使用する設計としている。



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)。

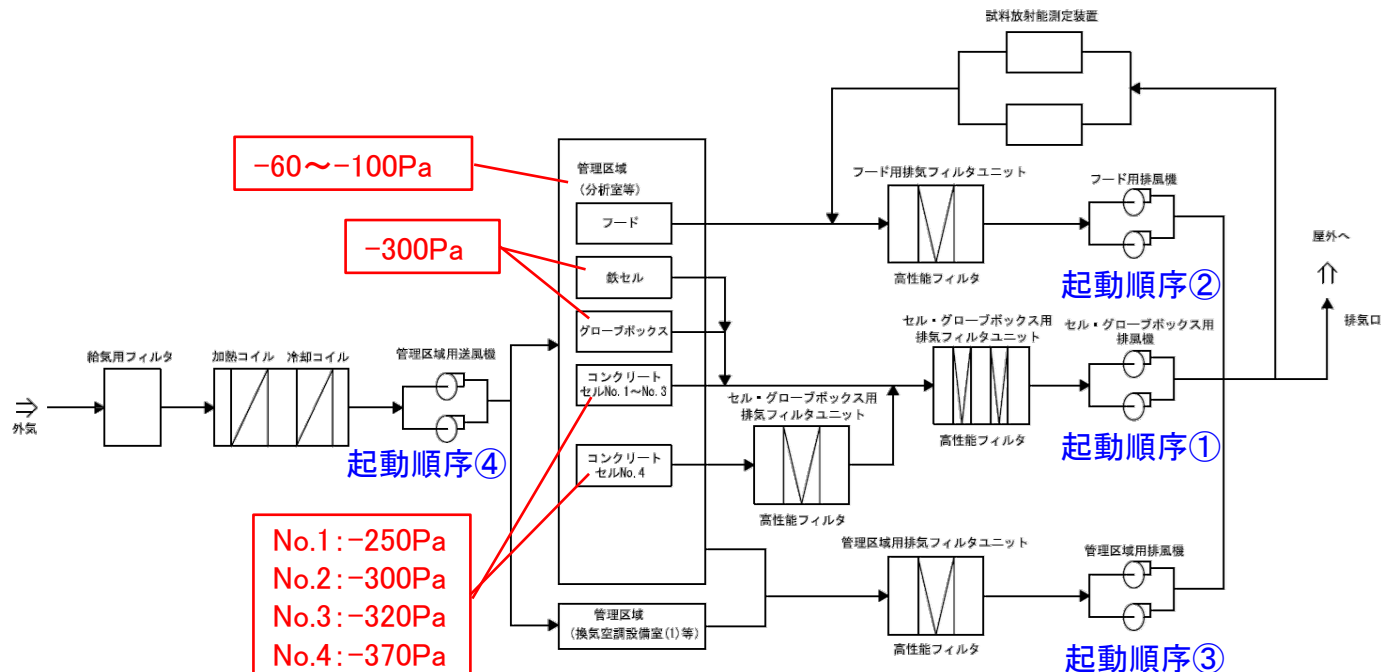
コンクリートセルNo.4は、燃料デブリ等の切断による粉体発生等によりセル内の放射能濃度が高くなることを想定し、高性能フィルタの段数を増やしている(図中の赤線箇所)。



14. 分析・試験設備等の負圧設定

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。

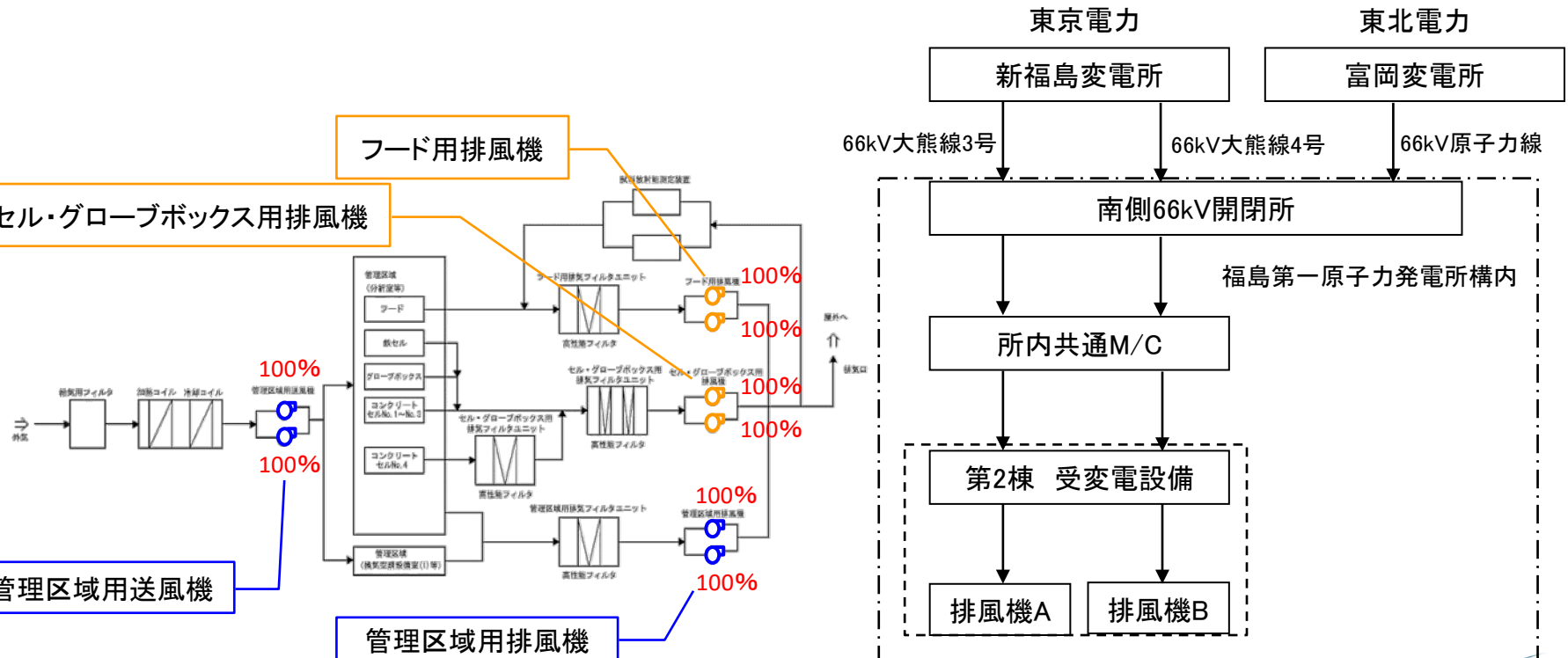
各エリアの差圧が逆転しないよう、①～④の順に起動する。また、汚染度の高い系統の排風機が運転していないと、その次の排風機が起動できないようにインターロックを設けている。



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。

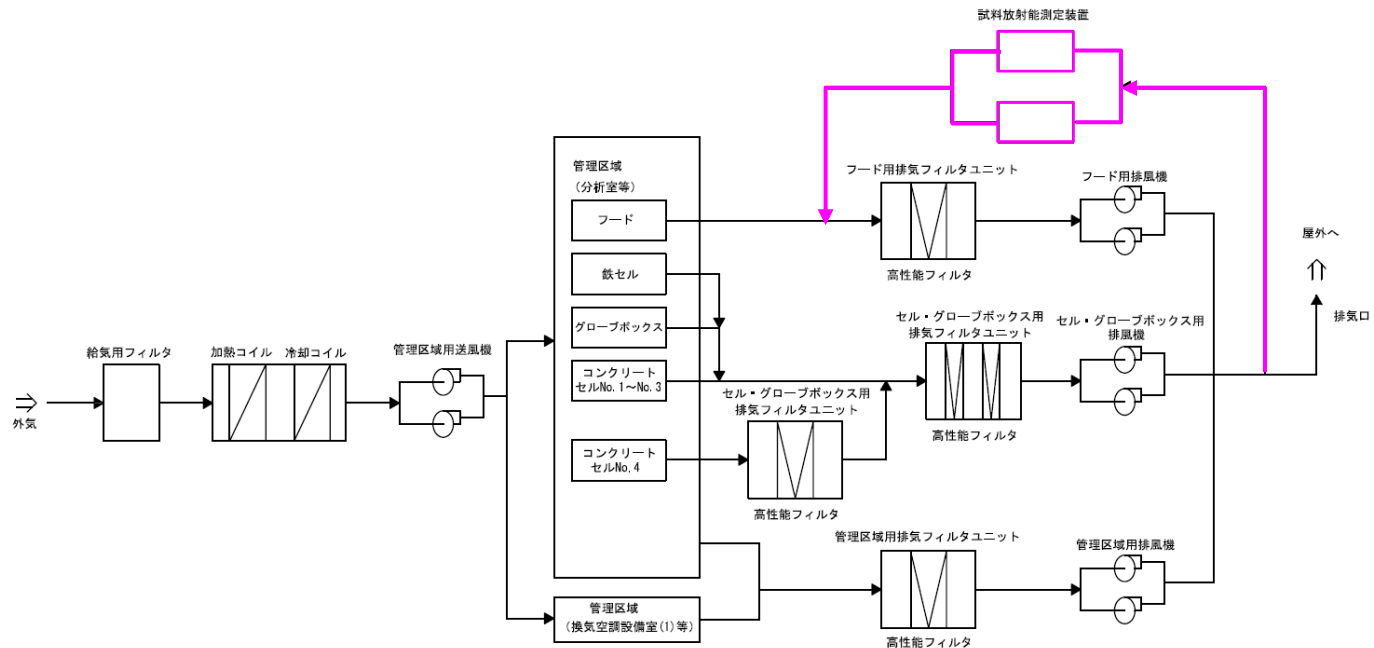
第2棟の電源は、新福島変電所から福島第一原子力発電所 南側66kV開閉所に2系統供給されるとともに、東北電力 富岡変電所からも給電できる構成となっている。このため、1系統が停止した場合においても、もう1系統で給電できる系統が確保されている。



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、 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)
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)



17. 第2棟内の放射線を監視する設備(1/5)

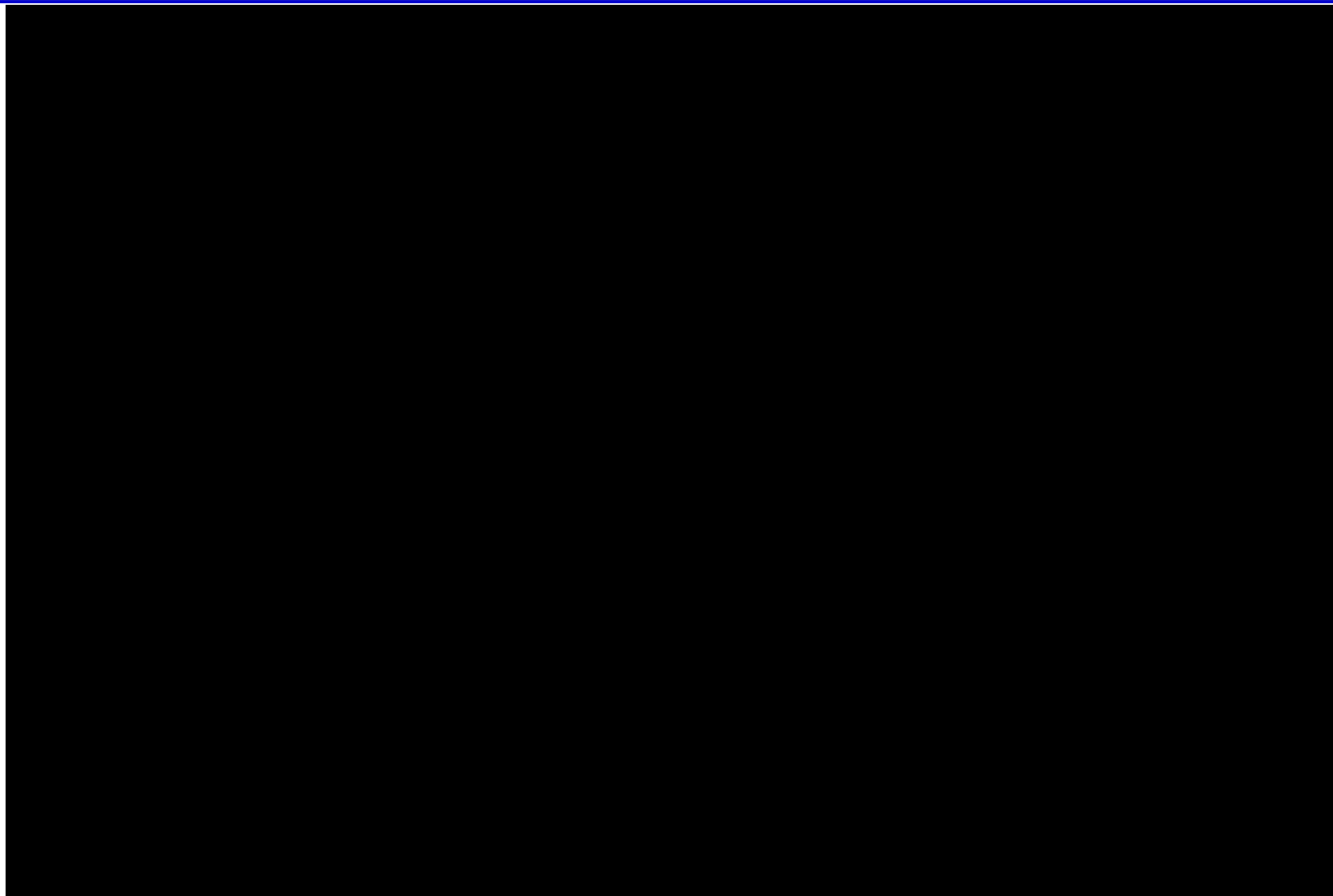
一部改訂

- 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。

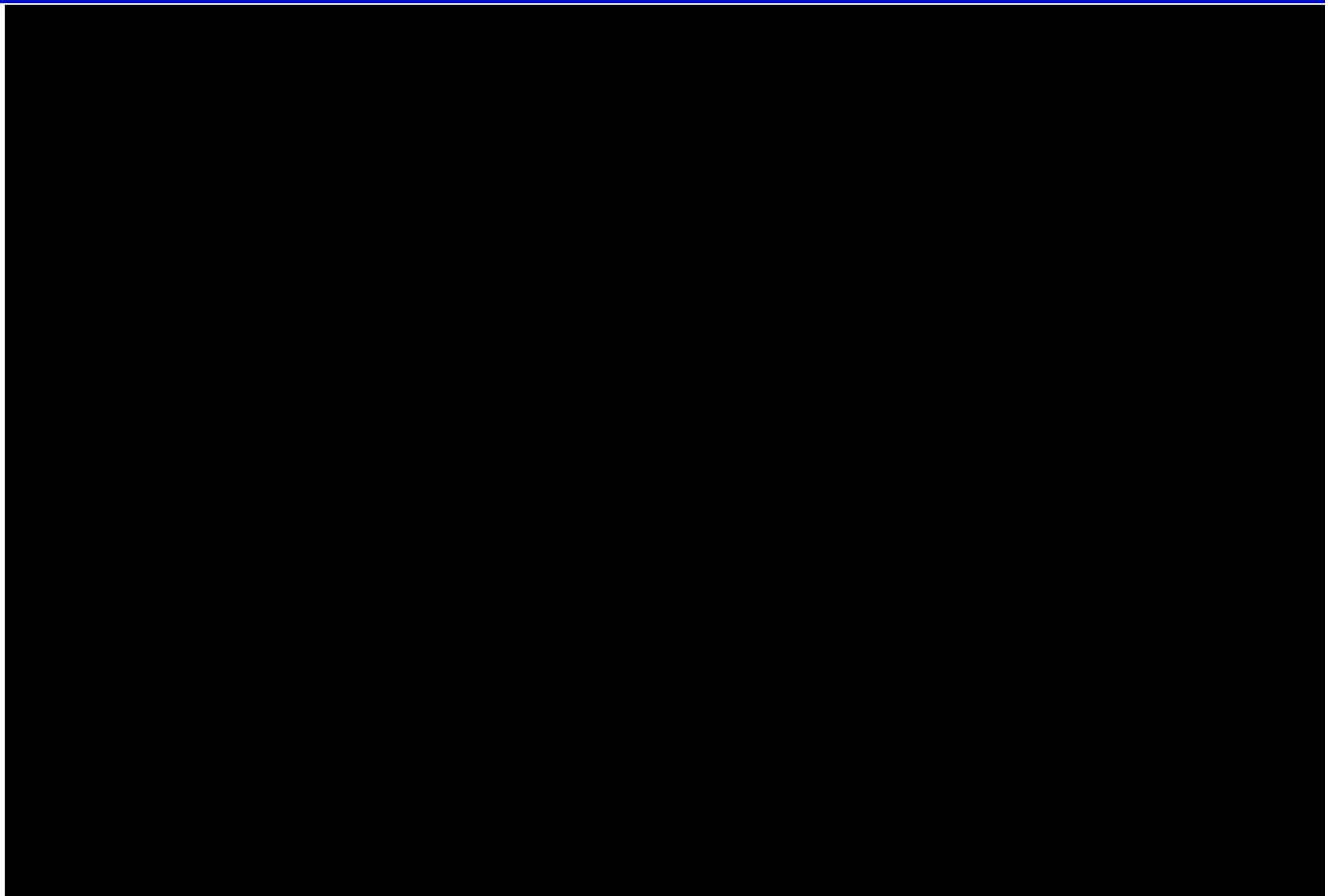
- β 線ダストモニタは、廃液貯槽から廃液をサンプリングする作業に伴い、廃液から空気中への放射性物質の拡散の可能性を考慮して管理区域内の液体廃棄物一時貯留室に設置する。
- α / β 線ダストモニタは、核燃料物質を含む高汚染物の受入・払出作業、分析試料及び固体廃棄物を取扱う定常作業に伴い、キャスク、分析試料もしくは固体廃棄物から空気中への放射性物質の拡散の可能性を考慮して管理区域内のサービスエリア、分析室及び固体廃棄物払出準備室に設置する。
- エアスニファは、作業員が立ち入る可能性のあるエリアに対して、汚染がないことを定期的に確認するために管理区域内の各エリアに設置する。

17. 第2棟内の放射線を監視する設備(2/5)



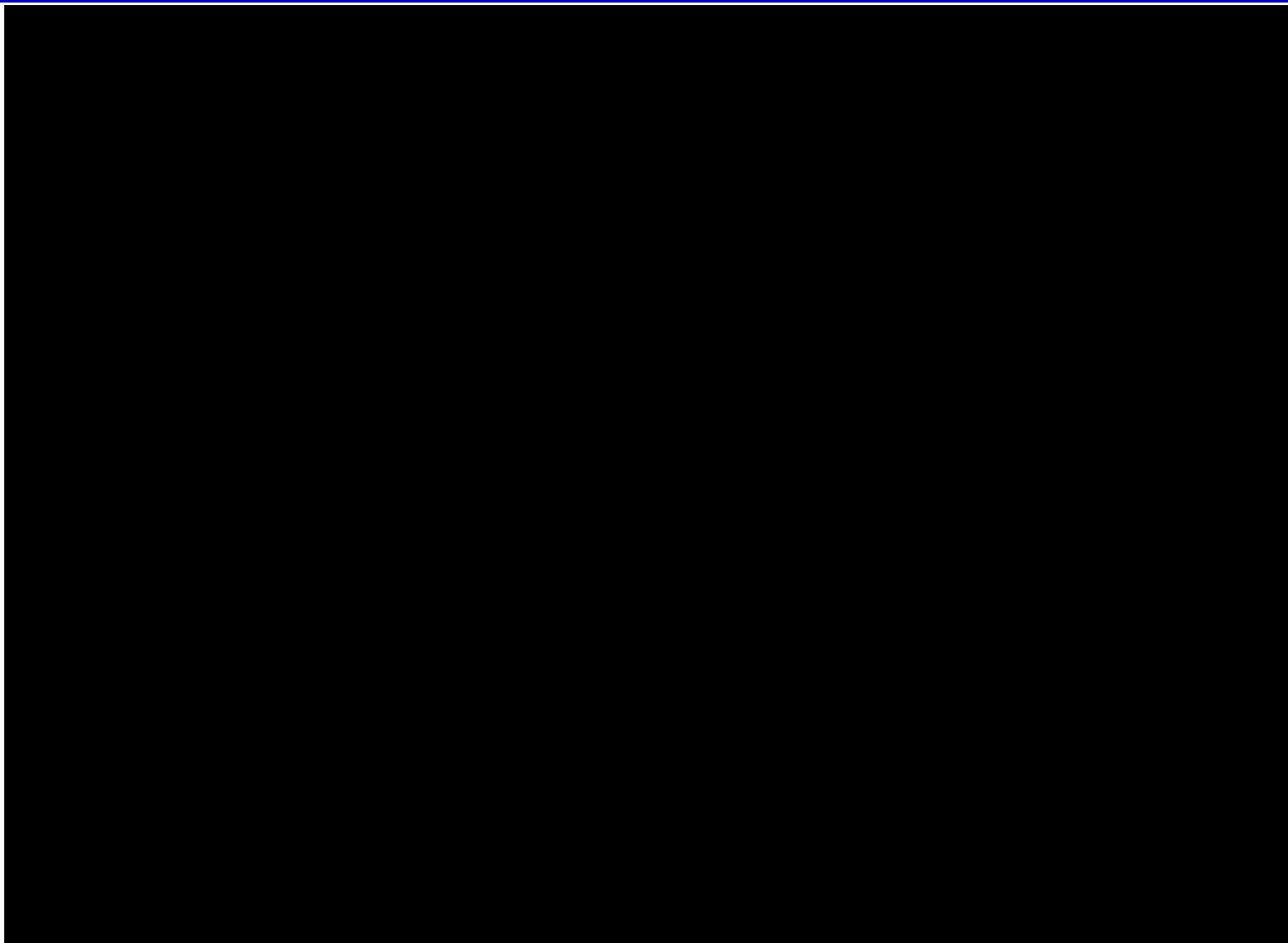
第2棟の機器配置図 地下1階

17. 第2棟内の放射線を監視する設備(3/5)



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(4/5)



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(5/5)

【 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