

日本原子力研究開発機構大洗研究所(南地区)の 核燃料物質使用変更許可申請等について

照射燃料集合体試験施設 (FMF) における
少量試料用の設備・分析装置の追加について

令和3年11月10日

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構
大洗研究所 燃料材料開発部

FMFの変更申請概要

【変更の目的①】

大洗研究所 燃料材料試験施設の試験機能集約化（AGF→FMF）の一環として、照射燃料集合体試験施設FMFにて高速炉燃料、1F燃料デブリ等の溶液試料調製及び質量分析を行うために、必要な設備及び分析装置を新たに設置する。

[追加設備・装置]

- ・設備：グローブボックス（AGF→FMFに移設済）

令和3年2月にAGFからFMFに移設したものであり、AGFの既許可と同様の使用方法で、少量の核燃料物質を取り扱う。

- ・装置：誘導結合プラズマ質量分析計（以下「ICP-MS」という）

AGFでの取扱方法や安全対策に従い使用する。

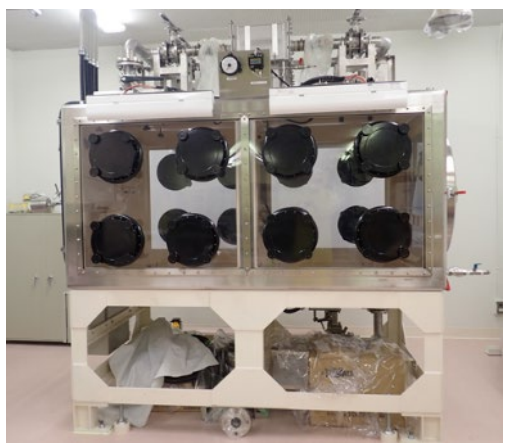
【変更の目的②】

今後核燃料物質の使用を行わない設備について、「使用施設の構造のうち、使用を終了した維持管理中の設備」に変更する。

本申請で追加する設備・分析装置

設備・装置	設備・装置概要	取得情報	分析対象	試料取扱重量 放射能量
実験室グローブボックス	分析装置を用いた溶液分析を行うための、少量の核燃料物質の試料調製作業（溶解、希釈、元素分離）を行う。	—	燃料集合体部材及び1F燃料デブリ由来の少量の核燃料物質	最大0.5 g (表面線量率 <200 μSv/h)
ICP-MS	溶液試料の質量分析を行う。	・組成 (定性、定量)		< 37 MBq ^{※1} ～0.032 mg (高速炉燃料集合体部材由来)、 ～2.6 mg (1F燃料デブリ由来)

※1 Ra,Pu,Amの場合



実験室グローブボックス
 ・気密構造（漏えい率0.1 Vol%/h以下）
 ・常時負圧約200 Pa）



ICP-MS
 ・質量分析部；真空構造
 ・試料導入部；洗浄操作⇒溶液回収

○本文

- 本文2項(使用の目的及び方法)に、グローブボックス及びICP-MSの設置に係る試料調製方法、安全対策等の記載を追加する。
- 本文3項(核燃料物質の種類)に、試料調製(溶解試験)により形成される核燃料物質の化合物の化学形等を追加する。また、物理的形態として液体を追加する。
- 本文7-3項(使用施設の設備)に、グローブボックスの仕様(表7-4)を追加する。
- 本文表2-1(場所別使用方法)に、グローブボックスの設置に伴い既存の使用場所(実験室)における使用方法(試料調製)を追加する。また、ICP-MSの設置に伴い使用場所(分析室)及び使用方法(質量分析)を追加する。
- 本文表2-2(最大取扱放射エネルギー)に、使用場所の追加に伴い最大取扱放射エネルギーを追加する。
- 本文表2-3(最大取扱核燃料物質重量)に、使用場所の追加に伴い最大取扱核燃料物質重量を追加する。
- 本文表7-4(グローブボックスの概要)を、グローブボックスの概略仕様等を記載した表として、新たに追加する。

○本文（続き）

- 本文図 2 - 1（試料の流れの概要）に、使用場所の追加に伴い試料の流れを追加する。
- 本文図 2 - 9（使用場所の配置図（実験室））に、グローブボックスの配置図を追加する。
- 本文図 2 - 10（使用場所の配置図（分析室））を、ICP-MSの配置場所を記載した図として、新たに追加する。
- 本文図 7 - 1（1階平面図）、図 7 - 7（放射線管理設備の配置（1階））、図 9 - 1（管理区域排気系統図（既施設設））及び図 9 - 5（放射性廃液配管系統図）の暗室を、分析室に名称変更する。

○添付書類1 変更後における核原料物質、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）第 53 条第 2 号に規定する使用施設等の位置、構造及び設備の基準に対する適合性に関する説明書（事故に関するものを除く。）

- 添付資料 1 の 2 項（遮蔽）に、使用場所の追加に伴い遮蔽対策（グローブボックス及び ICP-MS での試料取扱いに関する線量評価結果を含む）を追加する。また、表 2 - 1（最大取扱放射エネルギー）に、使用場所の追加に伴い最大取扱放射エネルギーを追加する。

○添付書類 1（続き）

- 添付書類 1 の 3 項（火災等による損傷の防止）に、グローブボックス及び I C P - M S 設置に係る火災対策を追加する。

○添付書類 2 変更後における使用施設等の操作上の過失、機械又は装置の故障、地震、火災、爆発等があった場合に発生すると想定される事故の種類及び程度並びにこれらの原因又は事故に依ずる災害防止の措置に関する説明書

- 添付資料 2 の 1 項（設計評価事故時の放射線障害の防止）に、グローブボックスを設置した場合においても公衆に放射線障害を及ぼさない旨の記載を追加する。

以降、1F燃料デブリ分析に係る「別添1」、「別添1-添付書類1」、「別添1-補足資料1」及び「別添1-補足資料2」については、「本文」、「添付資料1」及び「添付資料2」と同様の内容を記載する。

本文2項(使用の目的及び方法)

グローブボックス及びICP-MSの設置に係る試料調製方法、安全対策等の記載を追加する。

■ 使用の方法 (1-①)

(省略)

表2-1場所別使用方法のうち、電顕室における集束イオンビーム加工装置（以下「FIB」という。）及び透過型電子顕微鏡（以下「TEM」という。）を用いた加工及び観察・分析作業、実験室における二次イオン質量分析計（以下「SIMS」という。）を用いた分析作業、実験室における実験室グローブボックスを用いた試料調製、並びに分析室における誘導結合プラズマ質量分析計（以下「ICP-MS」という。）を用いた分析作業は、以下の使用の方法及び安全対策に従う。

(1) 試料移送

(省略)

実験室グローブボックスで使用する試料は、金相セルグローブポート（P-18）内において、その表面線量率が「一時的に人が立ち入る場所の線量率」に係るFMFの設計基準値（200 μ Sv/h）未満であることを放射線測定器を用いて確認した後、金相セルグローブポート（P-18）から気密状態を維持させたままバッグアウトにより搬出する。搬出物は金属容器に収納して実験室に移送し、実験室グローブボックス内へバッグインにより搬入する。

ICP-MSで使用する試料は、その全放射エネルギーが核燃料物質の使用等に関する規則第二条の十一の九の二のロで規定されるセル等の気密設備の使用を要しない放射エネルギー（37 MBq）未満であることを実験室グローブボックスの試料搬出ポートでGe半導体検出器等を用いて確認した後、試料搬出ポートから気密状態を維持させたままバッグアウトにより搬出する。搬出物は金属容器に収納して分析室に移送する。移送された試料は、ICP-MSの試料導入部が接続された試料交換用ボックスに搬入する。

(2) 試験
(省略)

③ 実験室における実験室グローブボックス内での試料調製作業及び分析室におけるICP-MSによる試料交換・分析

金相セルの調整ボックスにおいて、分析対象試料の試料調製（切断、研磨）を行った後、少量試料を分取する。分取した少量試料を金相セルからバッグアウトし、実験室グローブボックス内へバッグインにより搬入する。搬入した試料に対して、水溶液又は融剤とともに、ホットプレート、小型加熱炉等を用いて加熱溶解を行う。水溶液とともに加熱する場合は、硝酸又は塩酸を用いる。融剤とともに加熱した場合は、放冷後、融成物を純水、硝酸又は塩酸により溶解する。溶解した溶液試料を、イオン交換樹脂の入ったカラムの上部から添加することにより、PuやUをイオン交換樹脂に吸着させて分離する。その後、硝酸溶液の濃度を変えて通液することにより、PuやUを溶液として抽出・分離する。

抽出・分離を終了した溶液試料を移動する際は、密閉容器に収納の上、実験室グローブボックスからバッグアウトにより搬出した後、鋼製容器に収納した状態で移動し、分析室内のICP-MSに接続された試料交換用ボックス内へバッグインにより搬入する。分析室内のICP-MSに溶液試料を導入し、質量分析を行う。

なお、ICP-MSにおける試料交換の際に試料導入部に接続する試料交換用ボックス内では、PVCバッグ及び気密容器の開封、ICP-MSへの試料導入、分析済試料の回収並びに金属容器収納を行う。また、試料交換用ボックスを用いた作業は、汚染発生時の汚染の拡大を防止するため、グリーンハウス内で実施し、グリーンハウス内で金属容器（試料入り）のPVCバッグ収納を行う。

ICP-MS分析が終了した試料は、実験室グローブボックス内へバッグインし、ホットプレート等で加熱し、溶媒を蒸発させる。また、酸化物に転換するために、高温で加熱する。分析済試料が複数ある場合は、必要に応じてそれらをまとめることにより減容化する。減容化された分析済試料は、金相セル内へバッグインした後、気送管設備を介して試験セルに移送し、貯蔵する。

【安全対策】

①閉じ込め

プルトニウムを含む放射性物質を取り扱う実験室グローブボックスは、気密構造（漏えい率0.1 Vol%/h以下）とし、常時負圧に維持することにより内部の放射性物質の漏えいを防止する。グローブボックスへのバッグイン・バッグアウトによる試料の搬出入は、PVCバッグにより気密性を損なうことなく行う。

（中略）

ICP-MS装置は試料導入部（管）と質量分析部（チャンバ）で構成され、質量分析部に到達するまでの試料導入部において溶液試料が通過するが、通過した大部分の溶液試料は試料交換用ボックス内で回収される。分析後には洗浄操作を行うため、試料導入部に試料由来の放射性物質が留まることはない。また、わずかな溶液成分を分析する質量分析部は常に真空状態にあるため、装置周辺に試料由来の放射性物質が漏えいすることはない。

②火災

電顕室、実験室（実験室グローブボックスを除く）及び分析室において、使用する試料は極少量であるが、化学的活性である可能性を考慮し、酸素との反応に起因して発火した場合に備え、試料交換用ボックス内に粉末消火剤を備える。また、FIB、TEM、SIMS及びICP-MSは不燃性のステンレス鋼製、試料交換用ボックスは難燃性の樹脂製、グリーンハウスは金属製の枠組み及び難燃性の樹脂製シートから構成されている。さらに、電顕室、実験室（実験室グローブボックスを除く）及び分析室における試料交換・加工・観察・分析作業及びこれらの付帯作業において、火気の使用はない。

実験室グローブボックスは、ステンレス鋼であり、窓、フィルタ、グローブポート等も難燃性材料である。グローブボックス設備の中では、グローブが最も燃焼しやすい。したがって、火災防止のためにグローブボックス内は常によく整頓し、グローブボックス内への可燃性物質の持込みを最低限にし、さらに、それらの可燃性物質は金属製容器に入れる措置を講ずる。試料調製においては溶液を加熱するため、加熱作業中は人による常時監視及び万一の火災に備えた消火剤の配置を行う。以上のような対策にもかかわらず、グローブボックス内で火災が発生した場合は、グローブボックス内に配置されている粉末消火剤にて消火する。

添付資料1の3項（火災等による損傷の防止）にも②の内容を記載

本文図2-9、10(使用場所の配置図(実験室、分析室))

図2-9に実験室グローブボックスを追加する。
ICP-MSの配置図(図2-10)を追加する。



図 2 - 9 使用場所の配置図 (実験室)

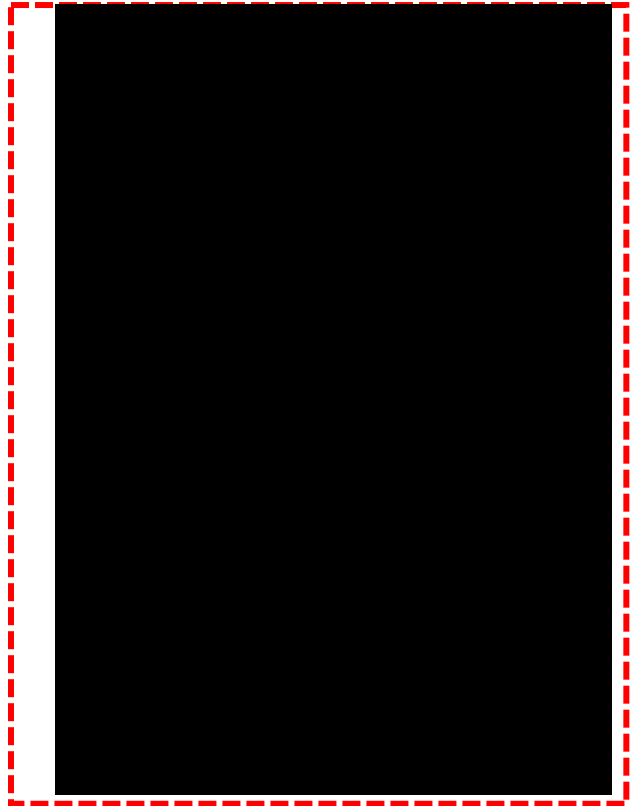
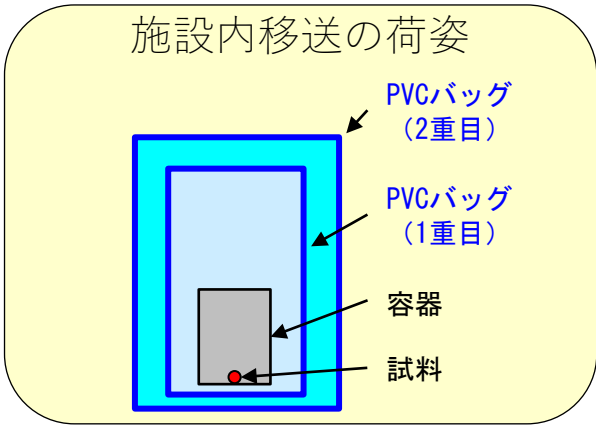


図 2 - 1 0 使用場所の配置図 (分析室)

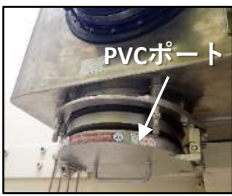
試料移送の方法(金相セル⇔実験室グローブボックス)



※移送の際は、無用な被ばくを避けるため、周囲の通行を制限する。

①試料取出し
 ▶ 試料（固体）を金相セル付属のグローブポート（α気密構造）内に移動し、バッグアウトする。

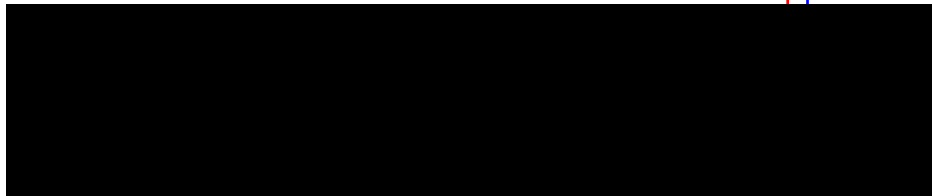
②実験室グローブボックスにおける試料調製
 ▶ 試料をグローブボックス付属の搬出入ポートからバッグインし、試料調製作業を行う。



金相セルグローブポート



3階へ



FMF1階

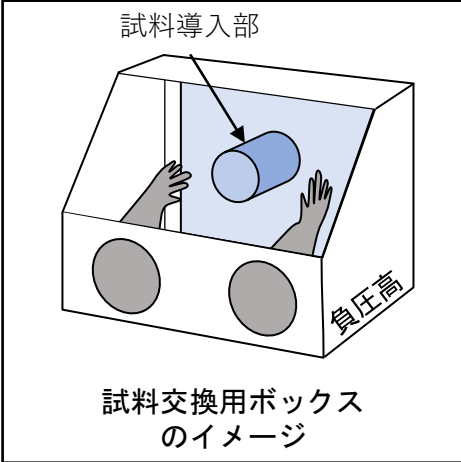
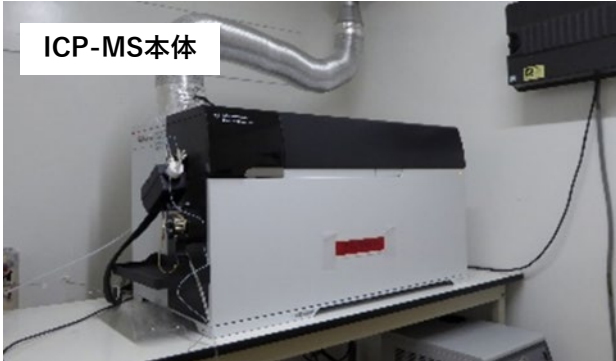
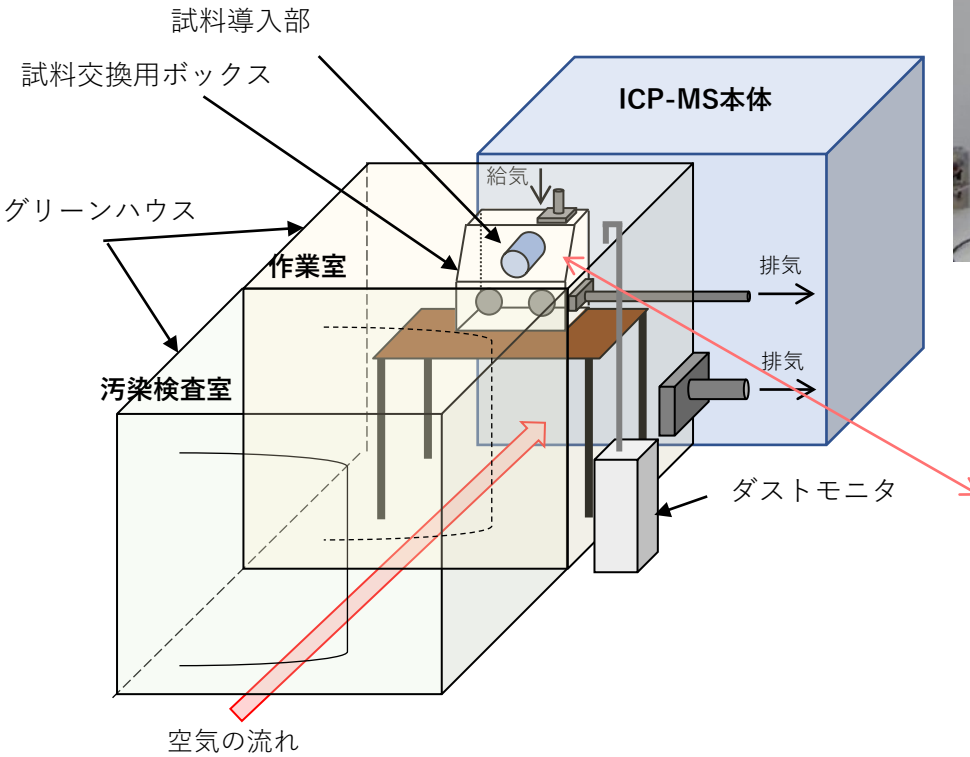


FMF3階

③ICP-MSによる分析

試料移送の方法(実験室グローブボックス⇔ICP-MS)

分析室（ICP-MS装置の設置室）に移送された試料は、ICP-MSの試料導入部が接続された試料交換用ボックスに搬入する。



グリーンハウス作業室内の試料導入部に試料交換用ボックスを設置することで、試料の閉じ込めを行う。

本文図2-1(試料の流れの概要)

使用場所の追加に伴い試料の流れを追加する。

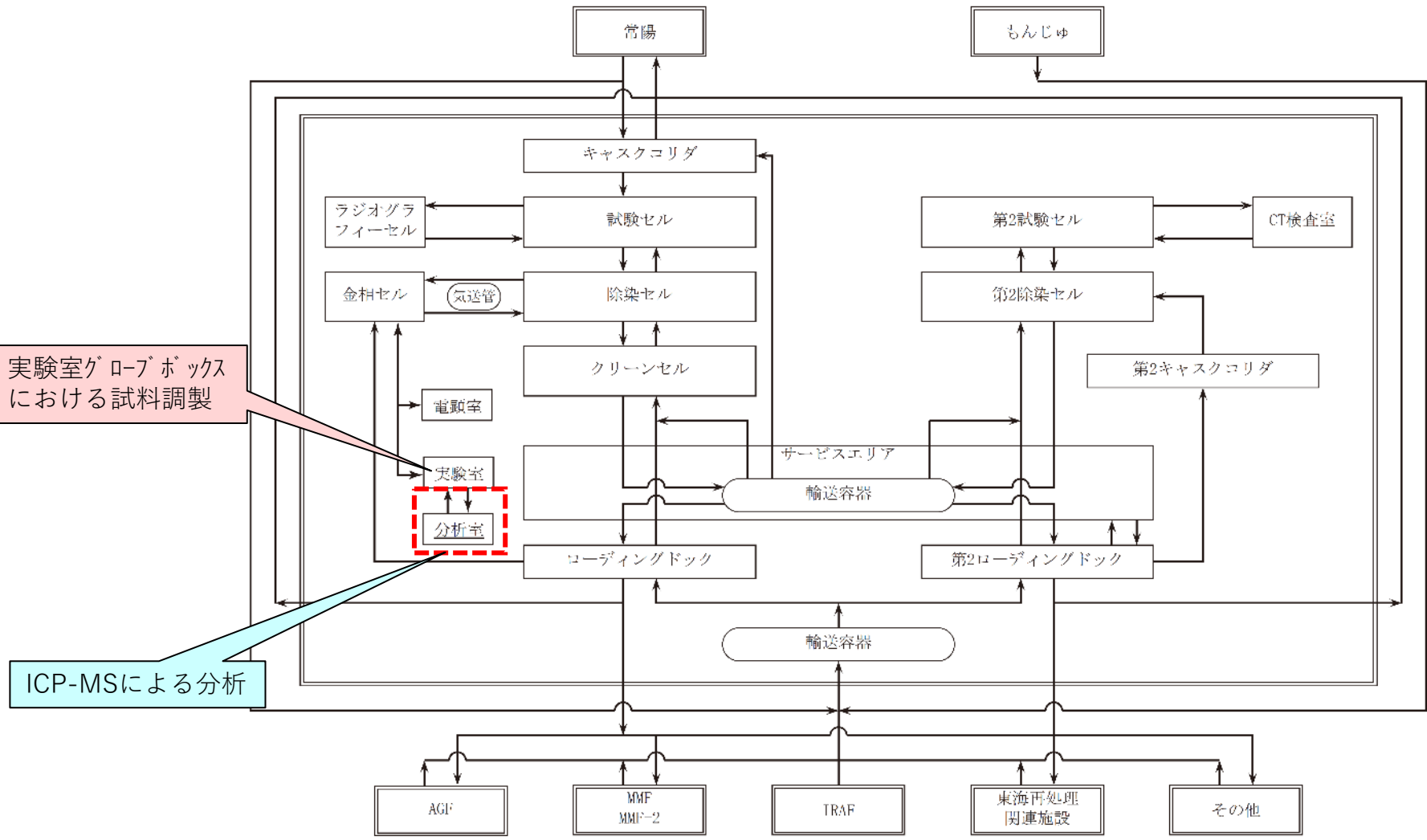


図 2 - 1 試料の流れの概要

試験の詳細

試料の融解方法及び分離方法(硝酸ウラニル等の取扱い)

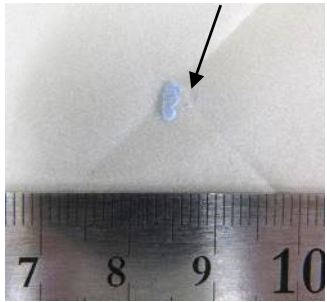
硝酸ウラニル等の取扱場所

- サーベイメータを用いた表面線量率確認 (<math>< 200 \mu\text{Sv/h}</math>)
- バッグアウト

金相セル

○試料取出し (酸化物固体)

少量試料 (粉末)

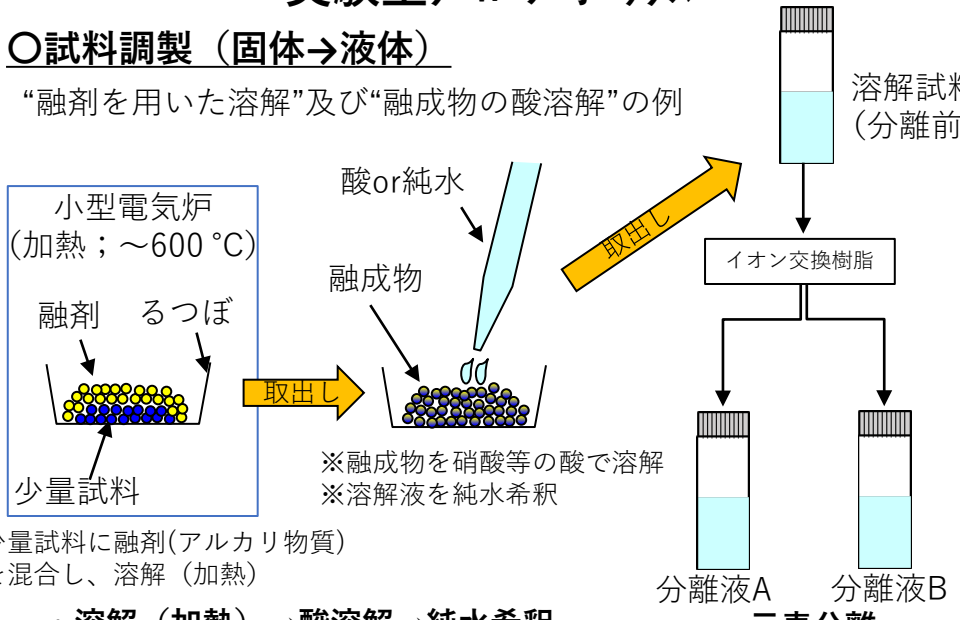


少量試料のイメージ

実験室グローボックス

○試料調製 (固体→液体)

“融剤を用いた溶解”及び“融成物の酸溶解”の例



小型電気炉 (加熱; ~600 °C)

融剤 るつぼ

少量試料

取出し

酸or純水

融成物

※融成物を硝酸等の酸で溶解
※溶解液を純水希釈

少量試料に融剤(アルカリ物質)を混合し、溶解(加熱)

・溶解(加熱) → 酸溶解 → 純水希釈

溶解試料 (分離前)

イオン交換樹脂

分離液A 分離液B

・元素分離

- γ 線測定による放射エネルギー確認 (<math>< 37 \text{ MBq}</math>)
- バッグアウト

ICP-MS

○ICP-MS分析 (液体 約10 ml)



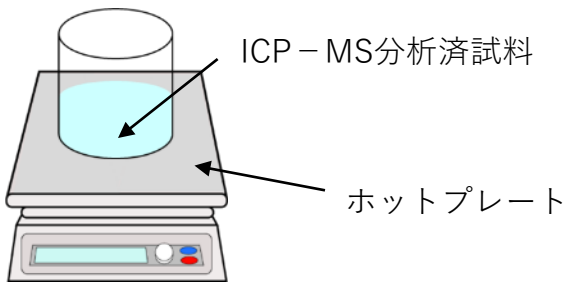
分離後溶液 (分離液A, B等)

分析後

実験室グローボックス

○分析済試料の減容化 (液体→固体)

“ホットプレート等を使用したICP-MS分析済試料の溶媒蒸発(加熱)”の例



ICP-MS分析済試料

ホットプレート

減容後

3. 核燃料物質の種類
の硝酸ウラニル等を酸化物に安定化します。

- バッグイン

- バッグイン

本文3項(核燃料物質の種類)

試料調製(溶解試験)により形成される核燃料物質の化合物の化学形等を追加する。
また、物理的形態として液体を追加する。

■ 3. 核燃料物質の種類

核燃料物質の種類 ^{注1}		化合物の名称	主な化学形	性状(物理的形態)
(1)天然ウラン及びその化合物		酸化ウラン	UO ₂	固体 ^{注2} 、粉体
		窒化ウラン	UN	
		炭化ウラン	UC	
		ウラン合金	U-Zr	
		<u>硝酸ウラニル</u>	<u>UO₂(NO₃)₂</u>	<u>固体、液体、粉体</u>
		<u>塩化ウラン</u>	<u>UCl₃</u>	
		ウラン(単体)	U	
(2)劣化ウラン及びその化合物		酸化ウラン	UO ₂	固体 ^{注2} 、粉体
		窒化ウラン	UN	
		炭化ウラン	UC	
		<u>硝酸ウラニル</u>	<u>UO₂(NO₃)₂</u>	
		<u>塩化ウラン</u>	<u>UCl₃</u>	
		ウラン(単体)	U	固体
		(3)濃縮ウラン及びその化合物	濃縮度20%未満	酸化ウラン
窒化ウラン	UN			
炭化ウラン	UC			
<u>硝酸ウラニル</u>	<u>UO₂(NO₃)₂</u>			<u>固体、液体、粉体</u>
<u>塩化ウラン</u>	<u>UCl₃</u>			
ウラン(単体)	U			
濃縮度20%以上	酸化ウラン			UO ₂
	窒化ウラン		UN	
	炭化ウラン		UC	
	<u>硝酸ウラニル</u>		<u>UO₂(NO₃)₂</u>	<u>固体、液体、粉体</u>
	<u>塩化ウラン</u>		<u>UCl₃</u>	
	ウラン(単体)		U	

核燃料物質の種類 ^{注1}	化合物の名称	主な化学形	性状（物理的形態）
(4)プルトニウム及びその化合物	酸化プルトニウム	PuO_2	固体 ^{注2} 、粉体
	窒化プルトニウム	PuN	
	炭化プルトニウム	PuC	
	<u>硝酸プルトニウム</u>	<u>$\text{Pu}(\text{NO}_3)_4$</u>	<u>固体、液体、粉体</u>
	<u>塩化プルトニウム</u>	<u>PuCl_3</u>	
	プルトニウム（単体）	Pu	固体
(5)上記物質(3)及び(4)を含む物質	プルトニウム・ウラン 混合酸化物	$(\text{Pu,U})\text{O}_2$	固体 ^{注2} 、粉体
	プルトニウム・ウラン 混合窒化物	$(\text{Pu,U})\text{N}$	
	プルトニウム・ウラン 混合炭化物	$(\text{Pu,U})\text{C}$	
	<u>プルトニウム・ウラン 混合硝酸塩</u>	<u>$\text{UO}_2(\text{NO}_3)_2$、 $\text{Pu}(\text{NO}_3)_4$</u>	<u>固体、液体、粉体</u>
	<u>プルトニウム・ウラン 混合塩化物</u>	<u>$(\text{U,Pu})\text{Cl}_3$</u>	
(6)トリウム及びその化合物	トリウム（単体）	Th	固体
	酸化トリウム	ThO_2	
	<u>硝酸トリウム</u>	<u>$\text{Th}(\text{NO}_3)_4$</u>	<u>固体、液体、粉体</u>
	<u>塩化トリウム</u>	<u>ThCl_4</u>	

本文7-3項(使用施設の設備)

グローブボックスの仕様(表7-4)を追加する。

■ 7-3 使用施設の設備

使用設備の名称		個 数	仕 様
内 装 設 備	セル付属設備	一式	セルの主要付属設備を表7-2に示す。
	主要試験機器	一式	主要試験機器を表7-3に示す。
	<u>グローブボックス</u>	<u>一式</u>	<u>グローブボックスの概要を表7-4に示す。</u>
	フード等	一式	フード等を表7-5に示す。
	特殊設備	一式	特殊設備を表7-6に示す。

本文表2-1(場所別使用方法)

グローブボックスの設置に伴い実験室における試料調製作業を追加する。また、ICP-MSの設置に伴い分析室における質量分析を追加する。

表 2-1 場所別使用方法 (3/6)

使用場所	使用の方法
実験室	1) SIMSによる観察及び分析 <u>2) 実験室グローブボックスにおける試料調製作業</u>
<u>分析室</u>	<u>ICP-MSによる質量分析</u>

本文表2-2(最大取扱放射能量)

使用場所の追加に伴い最大取扱放射能量を追加する。

表 2-2 最大取扱放射能量 (1/3)

セル等	試験セル	除染セル	クリーンセル	ラジオグラフィーセル	金相セル	電顕室	実験室	
							二次イオン質量分析計	実験室グローブボックス
γ線 ^{注1} (Bq)	1.14×10^{17}	2.64×10^{16}	2.64×10^{16}	1.32×10^{16}	2.08×10^{13}	3.70×10^7 ^{注12}	3.70×10^7 ^{注11}	5.65×10^{11}
中性子線 (中性子/s)	7.30×10^8	1.46×10^8	1.46×10^8	7.28×10^7	1.15×10^5			3.12×10^3
参考 最大放射能に相当する燃料集合体及び燃料ピンの数 〔上段 γ線 下段 中性子線〕	集合体 3体 ^{注2} + ピン 715本 ^{注6}	集合体 1体 ^{注2} + ピン 127本 ^{注6}	集合体 1体 ^{注2} + ピン 127本 ^{注6}	集合体 1体 ^{注2}	ピン 1/5本 ^{注6}	ピン ^{注6} 3.2×10^{-5} g	ピン ^{注6} 3.2×10^{-5} g	ピン ^{注6} 0.5g
	集合体 3体 ^{注3} + ピン 520本 ^{注7} + ピン 255本 ^{注9}	集合体 1体 ^{注3} + ピン 127本 ^{注7}	集合体 1体 ^{注3} + ピン 127本 ^{注7}	集合体 1体 ^{注3}	ピン 1/5本 ^{注7}			

表 2-2 最大取扱放射能量 (2/3)

セル等	分析室	キャスクカー	集合体キャスク	キャスク1	キャスク2	キャスク3	キャスク4	MMFキャスク	MMFキャスク2
γ線 ^{注1} (Bq)	3.70×10^7 ^{注12}	1.32×10^{16}	4.05×10^{15}	7.26×10^{14}	7.26×10^{14}	^{60}Co 9.25×10^{10}	^{60}Co 9.25×10^{10}	1.11×10^{13}	8.33×10^{13}
中性子線 (中性子/s)		7.28×10^7	3.46×10^7	4.19×10^6	4.19×10^6	8.52×10^4			8.12×10^4
参考 最大放射能に相当する燃料集合体及び燃料ピンの数 〔上段 γ線 下段 中性子線〕	ピン ^{注6} 3.2×10^{-5} g	集合体 1体 ^{注2}	集合体 1体 ^{注4}	ピン 7本 ^{注6}	ピン 7本 ^{注6}			ピン 0.2本 ^{注13}	ピン 1.5本 ^{注13}
		集合体 1体 ^{注3}	集合体 1体 ^{注5}	ピン 5本 ^{注9}	ピン 5本 ^{注9}	未照射ピン 4本			

本文表2-3(最大取扱核燃料物質重量)

使用場所の追加に伴い最大取扱核燃料物質重量を追加する。

表 2-3 最大取扱核燃料物質重量 (1/3)

セル等		試験セル	除染セル	クリーンセル	ラジオグラフィーセル	金相セル	電顕室	実験室	分析室
最大取扱核燃料物質重量	(1)天然ウラン及びその化合物	1 kg-U	1 kg-U	1 kg-U	1 kg-U	0.22 kg ^{注5}	0.22 kg ^{注5}	0.22 kg ^{注5}	<u>0.22 kg^{注5}</u>
	(2)劣化ウラン及びその化合物 ^{注1}	308 kg-U	75 kg-U	75 kg-U	35 kg-U				
	(3)濃縮ウラン及びその化合物 ^{注2}	80.04 kg-U	18.7 kg-U	18.7 kg-U	9.35 kg-U				
	(4)プルトニウム及びその化合物 ^{注3}	36.34 kg-Pu	9.0 kg-Pu	9.0 kg-Pu	3.22 kg-Pu				
	(5)上記物質(3)及び(4)を含む物質	116.38 kg-Pu・U	27.7 kg-Pu・U	27.7 kg-Pu・U	12.57 kg-Pu・U				
	(6)トリウム及びその化合物	0.05 kg-Th	0.05 kg-Th	0.05 kg-Th	0.05 kg-Th				
臨界管理	管理方法	質量管理	質量又は形状管理	質量又は形状管理	質量管理	質量管理	質量管理	質量管理	<u>質量管理</u>
	系区分	乾燥系	減速系	減速系	乾燥系	減速系	減速系	減速系	<u>減速系</u>
参考	(4)項に対する燃料集合体及び燃料ピンの数	集合体3体 ^{注2} +ピン520本 ^{注2} +ピン255本 ^{注4}	ピン ^{注4} 170本	ピン ^{注4} 170本	集合体1体 ^{注2}				

本文表7-4（グローブボックスの概要）

グローブボックスの概略仕様等を記載した表として、新たに追加する。

表7-4 グローブボックスの概要

グローブボックス名称	数量	概略仕様	設置場所
実験室グローブボックス	1 式	概略寸法 幅 200 cm×奥行 120 cm×高さ 100 cm 材 質 ステンレス鋼（内面塩化ビニルライニン グ）、一般構造用鋼及び塩化ビニル樹脂 気密度 0.1 vol%/h以下 負 圧 * 200 Pa（20 mmH ₂ O）以上	実験室

* 設置室を基準とし、「以上」は負圧の深い側を意味する。

本文図7-1（1階平面図）

暗室を分析室に名称変更する。

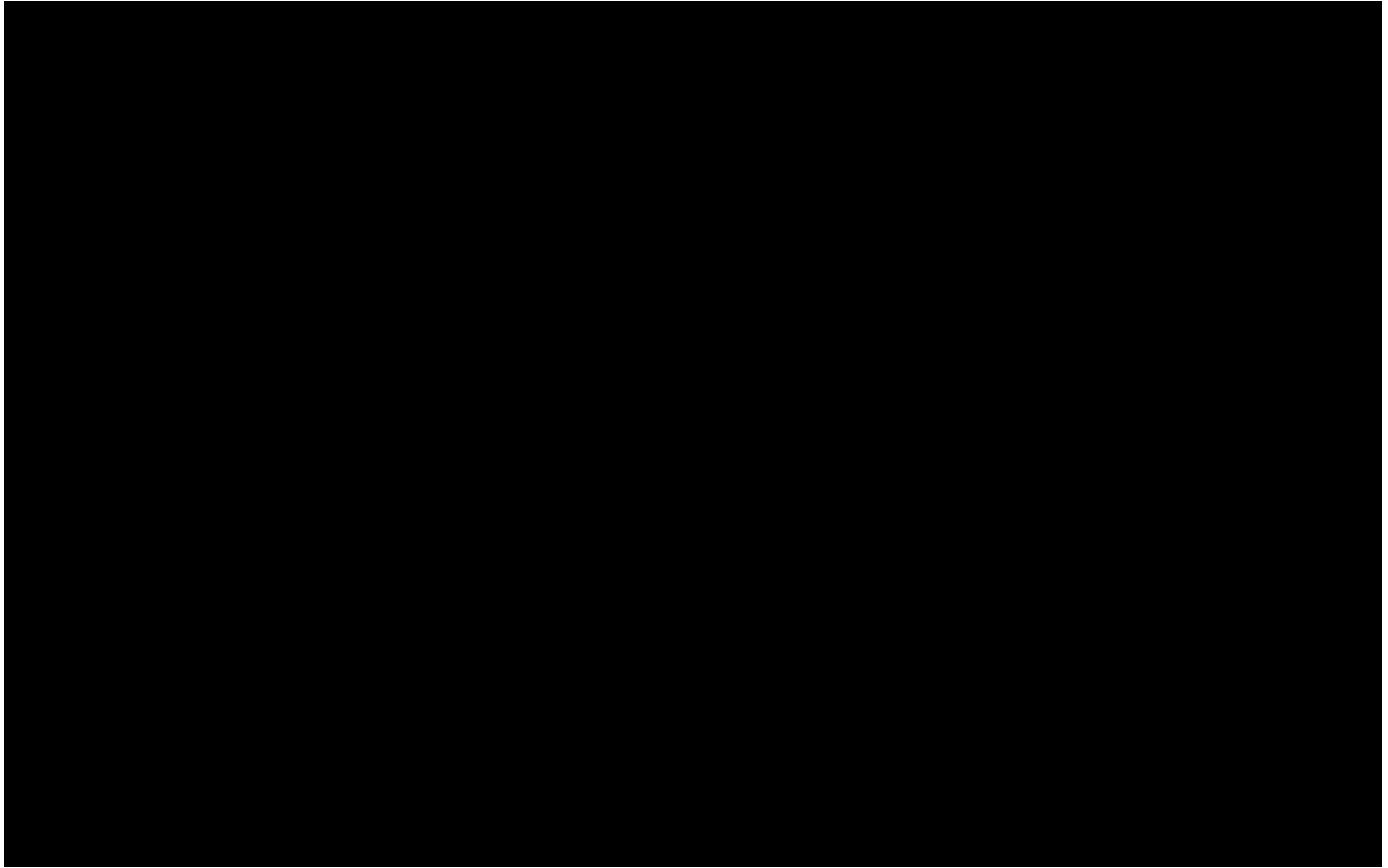


図 7 - 1 1 階平面図

本文図7-7（放射線管理設備の配置（1階））

暗室を分析室に名称変更する。

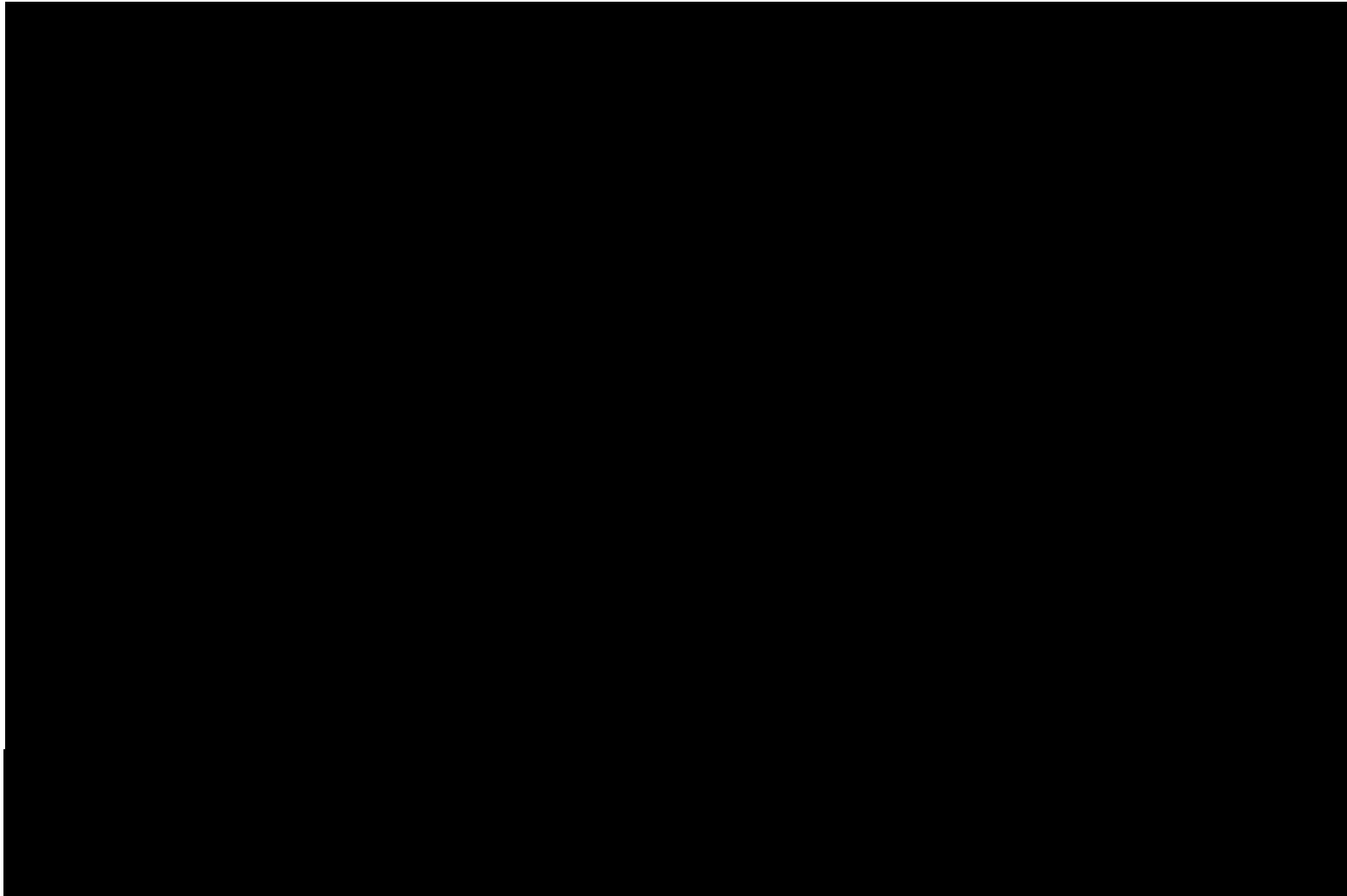


図 7 - 7 放射線管理設備の配置（1階）

本文図9-1 (管理区域排気系統図(既設施設))

暗室を分析室に名称変更する。

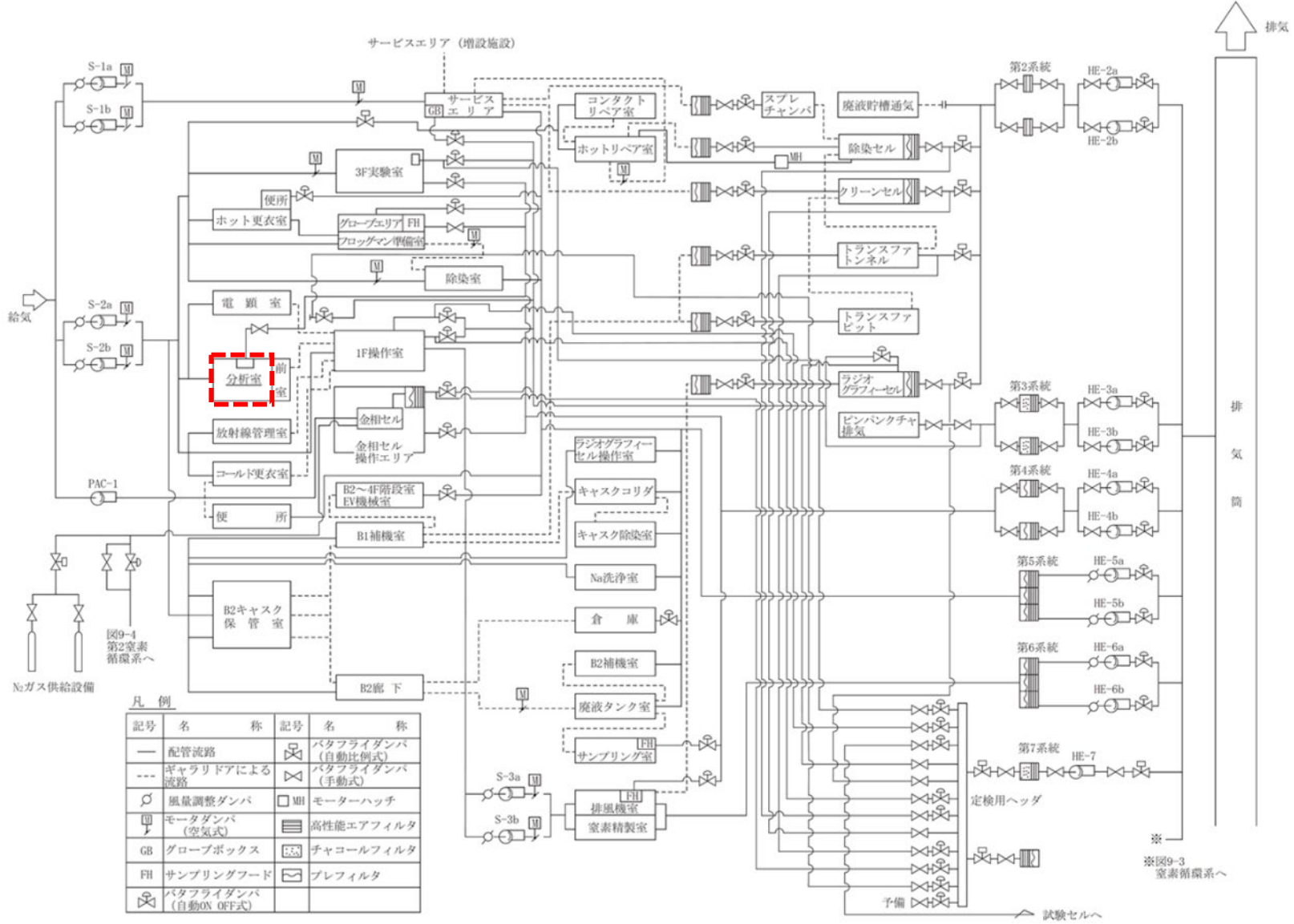


図9-1 管理区域排気系統図 (既設施設)

本文図9-5(放射性廃液配管系統図)

暗室を分析室に名称変更する。

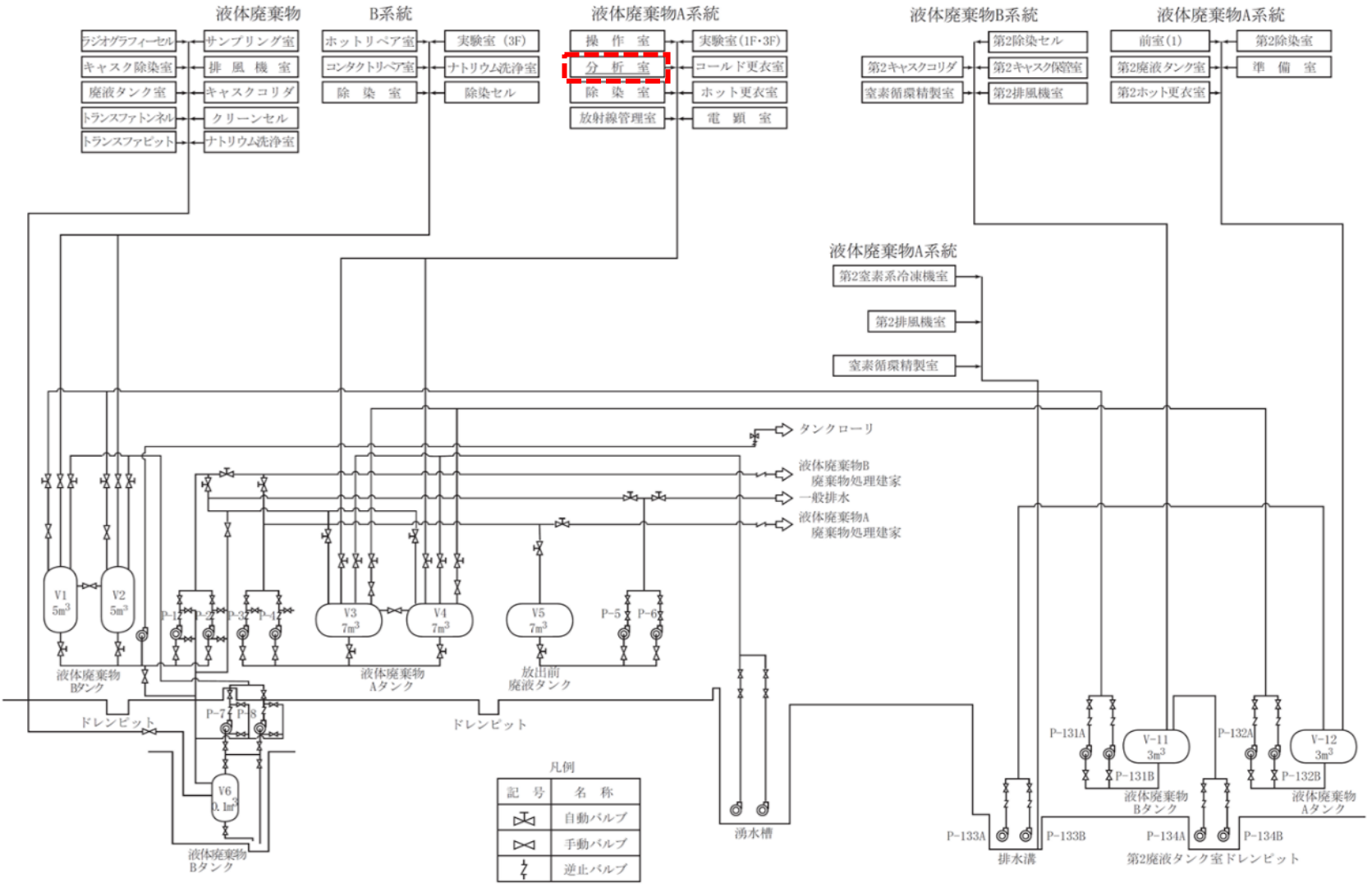


図 9-5 放射性廃液配管系統図

添付資料1の2項(遮蔽、線量評価)

使用場所の追加に伴い遮蔽対策(グローブボックス及びICP-MSでの試料取扱いに関する線量評価結果を含む)を追加する。

2. 遮蔽

2.1 γ 線及び中性子線に対する遮蔽能力

(1) セル、キャスク等の遮蔽能力

1) 計算条件

① 線源

既設施設の線源は高速実験炉(以下「常陽」という。)のMK-III内側炉心燃料を140 MW炉心で6サイクル照射し、80日間冷却した場合の線源を用いる。また、増設施設の線源は上記の「常陽」MK-III内側炉心燃料と高速増殖炉もんじゅ発電所(以下「もんじゅ」という。)の内側炉心燃料を714 MW炉心で5サイクル照射し、365日間冷却した場合の線源を用いる。セル、キャスク等の最大取扱放射能を表2-1に示す。線源の形状は、キャスク5以外は球状の均等方線源とし、キャスク5については柱状線源とする。

表2-1 最大取扱放射能量 (1/3)

セル等	実験室	
	二次イオン質量 分析計	実験室グローブボ ックス
光子放出率 (光子/s)	$3.70 \times 10^{7.7 \pm 0.3}$	5.65×10^{11}
中性子線放出率 (中性子/s)		3.12×10^9
放射能に相当する燃料 集合体及び燃料ピン数	ピン数2 $3.2 \times 10^{-3} \text{g}$	ピン数2 0.5g

表2-1 最大取扱放射能量 (2/3)

セル等	分析室
光子放出率 (光子/s)	$3.70 \times 10^{7.7 \pm 0.3}$
中性子線放出率 (中性子/s)	
放射能に相当する燃料 集合体及び燃料ピン数	ピン数2 $3.2 \times 10^{-3} \text{g}$

② 線源の配置 (省略)

電顕室 (FIB及びTEM)、実験室 (SIMS及び実験室グローブボックス) 及び分析室 (ICP-MS) については、装置構造材による遮蔽は考慮せず、距離による減衰のみで計算を行う。

③各取扱場所での線源条件、遮蔽及び評価条件を表2-2に示す。

表2-2 各取扱場所の線源条件、遮蔽体及び評価条件 (3/6)

取扱場所	評価場所	線源条件	線源位置		遮蔽体			線量率評価位置		設計基準値 (μ Sv/h)
			位置	遮蔽体内壁との距離 (cm)	材質	密度 ^{*1} (g/cm ³)	厚さ ^{*2} (cm)	位置	遮蔽体外壁との距離 (cm)	
実験室 (実験室グローブボックス)	実験室グローブボックス外側面	点線源	実験室グローブボックス内側面	0	ステンレス鋼	— ^{*1}	— ^{*1}	線源より 30cm	0	200
分析室 (ICP-MS)	ICP-MS外側面	点線源	ICP-MS内側面	0	ステンレス鋼	— ^{*1}	— ^{*1}	線源より 30cm 又は 100cm	0	200

※1 ステンレス鋼による遮蔽は考慮しない。

2)計算方法

(省略)

電顕室 (FIB及びTEM)、実験室 (SIMS及び実験室グローブボックス) 及び分析室 (ICP-MS) については、装置構造材による遮蔽は考慮せず、距離による減衰のみで計算を行う。

2. 遮蔽

2.1 γ 線及び中性子線に対する遮蔽能力

(1) セル、キャスク等の遮蔽能力

3) 計算結果

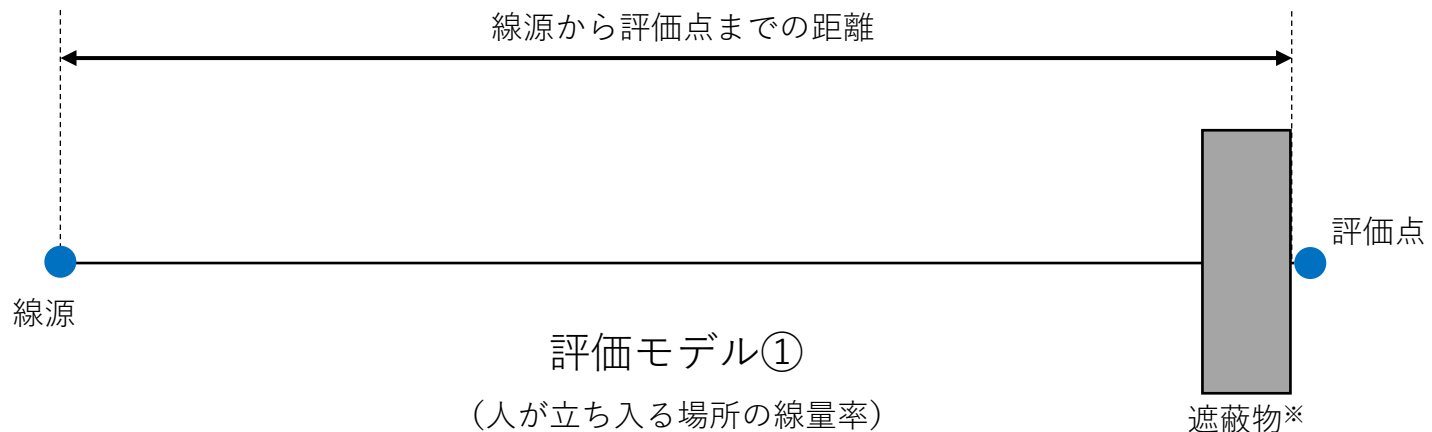
表2-3に計算の結果を示す。以下に電顕室及び実験室での作業における被ばく評価の詳細を示す。

①人が立ち入る場所の線量率

(省略)

実験室グローブボックス内での試料調製作業において、1サンプル (0.5 g) を取り扱う場合、一時的に人が立ち入る場所 (実験室) の最大線量率は27 $\mu\text{Sv/h}$ となり、設計基準値の200 $\mu\text{Sv/h}$ を超えない。また、年間被ばく線量については、1サンプル (0.5 g) に対して5時間 (5時間 \times 1日間) と見積もられ、年間最大18サンプルの取扱いを考慮した場合、最大でも約2.5 mSv/年となる。

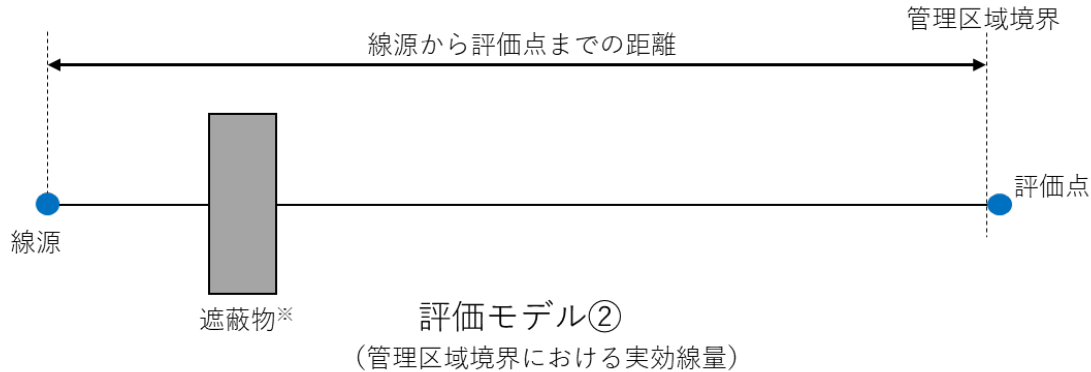
ICP-MSによる観察・分析作業において、1サンプル (3.2×10^{-5} g) を取り扱う場合、一時的に人が立ち入る場所 (実験室) の最大線量率は25 $\mu\text{Sv/h}$ となり、設計基準値の200 $\mu\text{Sv/h}$ を超えない。また、年間被ばく線量については、1サンプル (3.2×10^{-5} g) に対して35時間 (7時間 \times 5日間) と見積もられ、年間最大10サンプルの取扱いを考慮した場合、最大でも約8.8 mSv/年となる。



②管理区域境界における実効線量 (省略)

実験室グローブボックス内での試料調製作業において、1サンプル (0.5 g) を取り扱う場合、管理区域境界までの距離は1 mである。実効線量は、 1.3×10^{-2} mSv/3月となり、線量限度は (1.3 mSv/3月) を超えない。

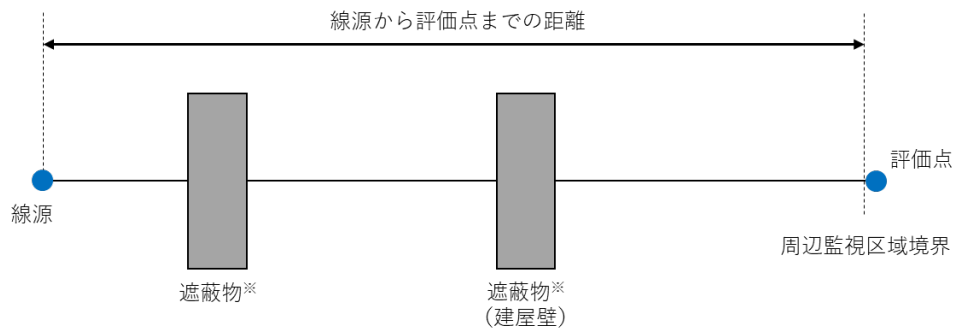
ICP-MSによる分析作業において、1サンプル (3.2×10^{-5} g) を取り扱う場合、管理区域境界までの距離は1 mである。実効線量は、 1.2×10^{-2} mSv/3月となり、線量限度は (1.3 mSv/3月) を超えない。



③周辺監視区域境界における実効線量 (省略)

実験室グローブボックス内での試料調製作業において、1サンプル (0.5 g) を取り扱う場合、周辺監視区域境界までの距離は232 mである。実効線量は 3.9×10^{-4} mSv/年となり、線量限度 (1.0 mSv/年) を超えない。

ICP-MSによる分析作業において、1サンプル (3.2×10^{-5} g) を取り扱う場合、周辺監視区域境界までの距離は232 mである。実効線量は 3.6×10^{-4} mSv/年となり、線量限度 (1.0 mSv/年) を超えない。



※装置遮蔽材 (ステンレス鋼) 及びコンクリートによる遮蔽は考慮しない。

添付資料2の1項(設計評価事故時の放射線障害の防止)

グローブボックスを設置した場合においても公衆に放射線障害を及ぼさない旨の記載を追加する。

FMFは、既述のとおり建家、セル、グローブボックス、内装設備及び機器について火災、爆発、臨界、停電、誤操作等によって、事故が起こらないように設計建設する。さらに保安規定等により安全対策を厳重に講ずるので、事故の発生の可能性は極めて少ない。しかし、万一これらの事故が発生し、建家外に放射性物質を放出した場合を想定し、一般公衆の放射線被ばくによる線量を評価する。

1.1 想定事故の選定

想定される事故のうち爆発事故を考慮すると、前述したとおり、燃料集合体のナトリウム洗浄によって発生する水素ガス濃度は爆発限界以下であり、また、セル内でのナトリウムの取扱いは窒素雰囲気で行われるので、爆発は起こらない。

臨界事故は、質量管理等を実施し取扱量を制限するので事故は起こらない。地震に対しても、十分な耐震設計を行っている。誤操作については、FMFでは一般公衆の放射線被ばくにつながるような事故は起こらない。放射性物質が放出される火災事故は、セル内及びグローブボックス内での事象が考えられるが、グローブボックス内での火災を想定した場合、グローブボックス内での取扱試料は試料調製用の試料であり、大部分が金属製の保管容器で保管され、1試験当たりの放射性物質は少量である。そのため、FMFで想定される事故のうち、一般公衆への影響があると考えられるのは、セル内の火災事故である。

以降、1F燃料デブリ分析に係る「別添1」、「別添1-添付書類1」、「別添1-補足資料1」及び「別添1-補足資料2」については、「本文」、「添付資料1」及び「添付資料2」と同様の内容を記載する。

FMFの変更申請概要

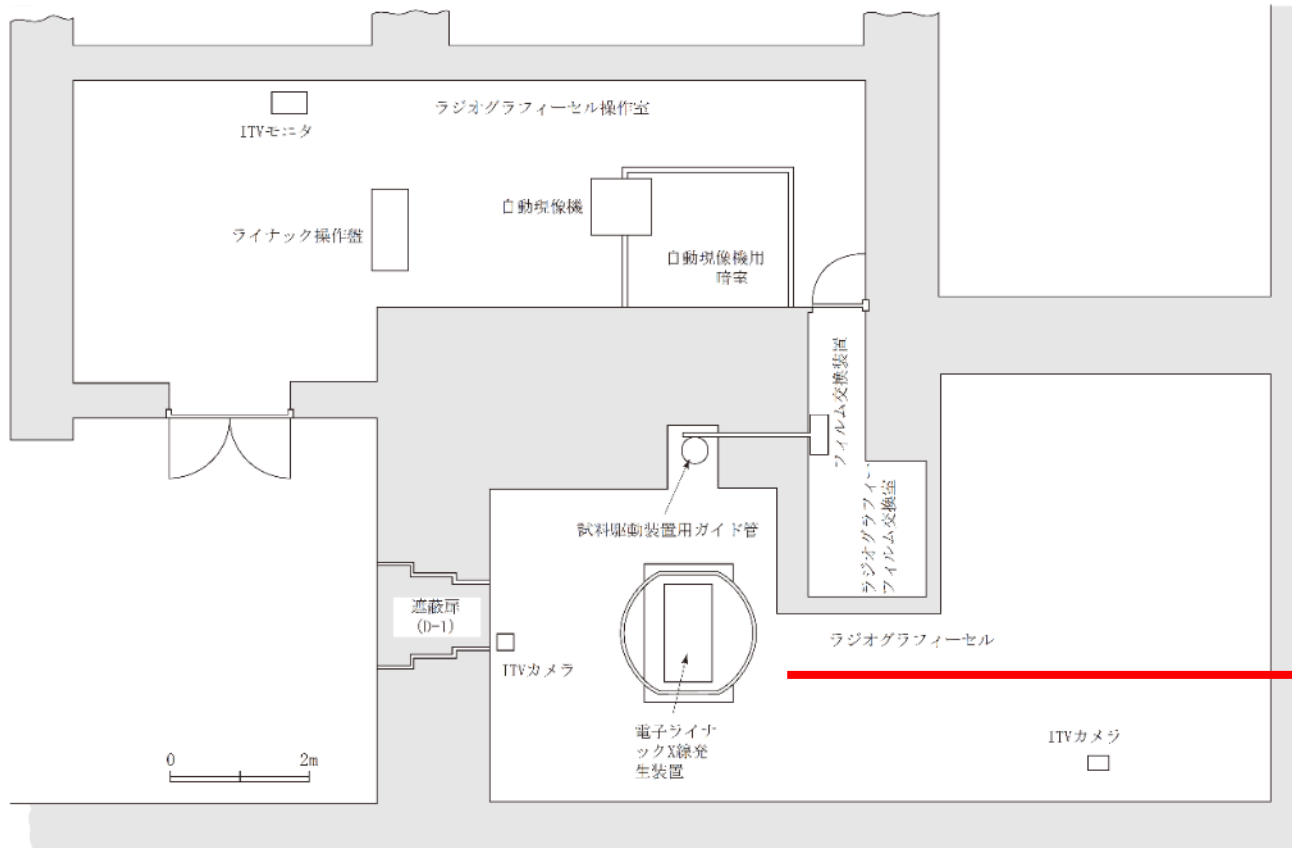
【変更の目的②】

今後核燃料物質の使用を行わない設備について、「使用施設の構造のうち、使用を終了した維持管理中の設備」に変更する。

セル、部屋の名称	主要試験機器	数量
ラジオグラフィーセル	①ラジオグラフィー装置	1式
金相セル	②低倍率光学顕微鏡	1式
	③走査型電子顕微鏡	1式
	④X線マイクロアナライザ	1式

今後核燃料物質の使用を行わない上記①～④の設備について、既存セルの気密バウンダリーとして機能している部分の撤去は行わず、電源遮断などの措置を行う。その他の電源盤・ケーブル等の不要部分については撤去を行う。

日常的な装置点検（外観のみ）は継続して実施する。



ラジオグラフィーセル及びラジオグラフィーセル操作室 (B2階)



ラジオグラフィー装置
(電子ライナックX線発生装置)



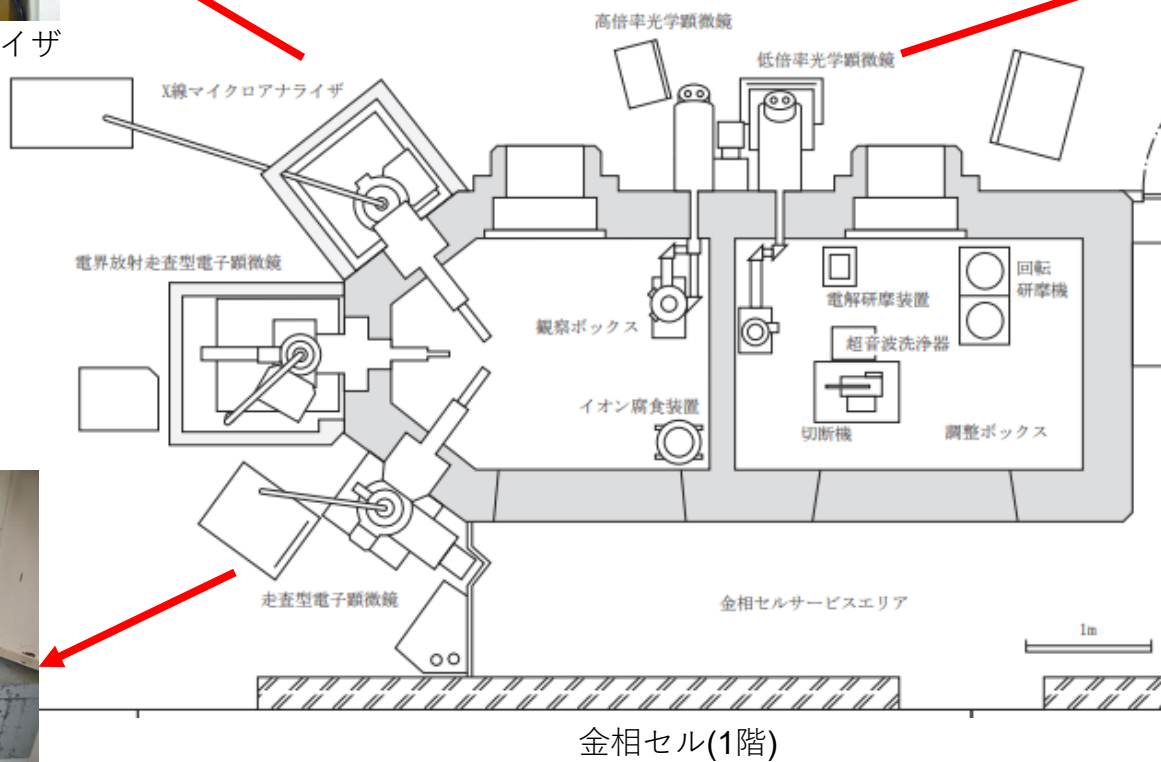
X線マイクロアナライザ



低倍率光学顕微鏡



走査型電子顕微鏡



各設備の配置及び写真（金相セル）

維持管理設備の部分撤去について

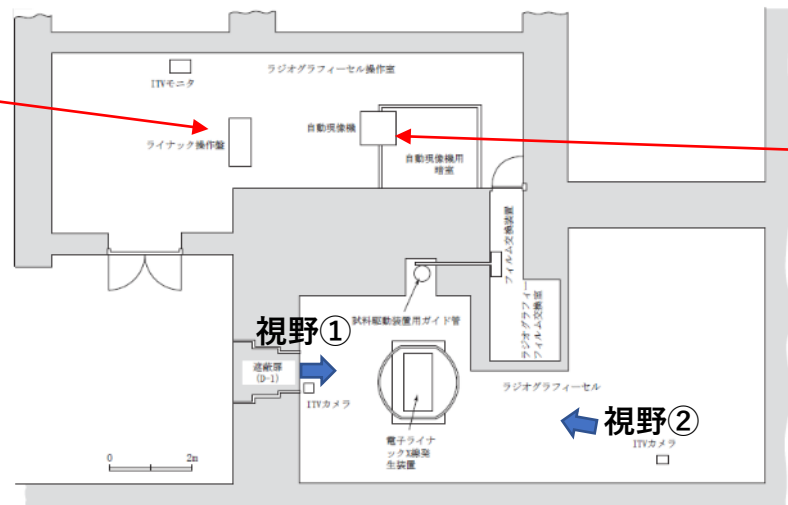
操作盤、電源盤、ケーブル等の不要部分について解体・撤去を行う。撤去対象物については、核燃料物質と直接接触させていないため、汚染はない。万が一、汚染が検出された場合は、除染を行い、固着性汚染部分のみ放射性固体廃棄物として廃棄する。

維持管理設備	撤去対象物
ラジオグラフィー装置	<ul style="list-style-type: none">・電子ライナックX線発生装置・冷却水ユニット・ライナック操作盤・自動現像機
低倍率光学顕微鏡	<ul style="list-style-type: none">・操作盤・ケーブル
走査型電子顕微鏡	<ul style="list-style-type: none">・操作盤（電源盤）・ケーブル
X線マイクロアナライザ	<ul style="list-style-type: none">・操作盤（電源盤）・ケーブル

ラジオグラフィー装置(撤去対象物)



ライナック操作盤 (撤去)



自動現像機 (撤去)

電子ライナックX線発生装置 (撤去)

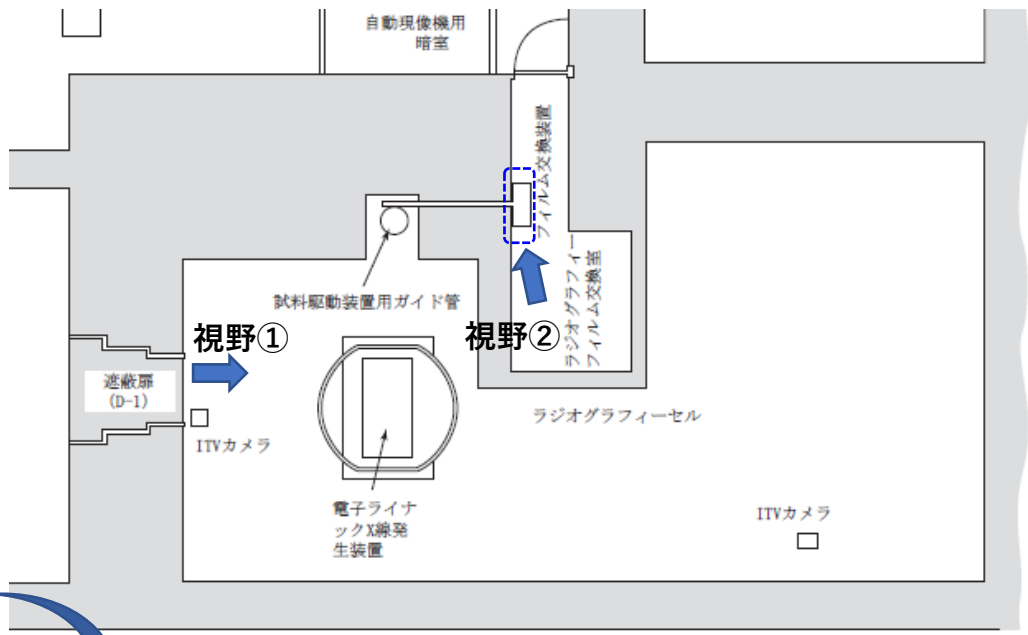


冷却水ユニット (撤去)

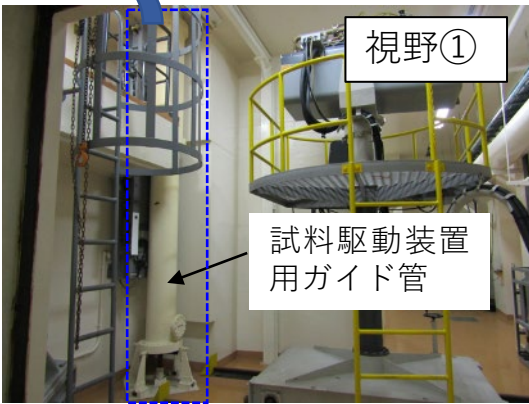
電子ライナックX線発生装置 (撤去)

電子ライナックX線発生装置は、放射線発生装置の使用廃止のRI変更許可を受けた後、解体・撤去を実施する。

ラジオグラフィー装置(維持管理設備)



フィルム交換装置



試料駆動装置用ガイド管
(ラジオグラフィースセル内)



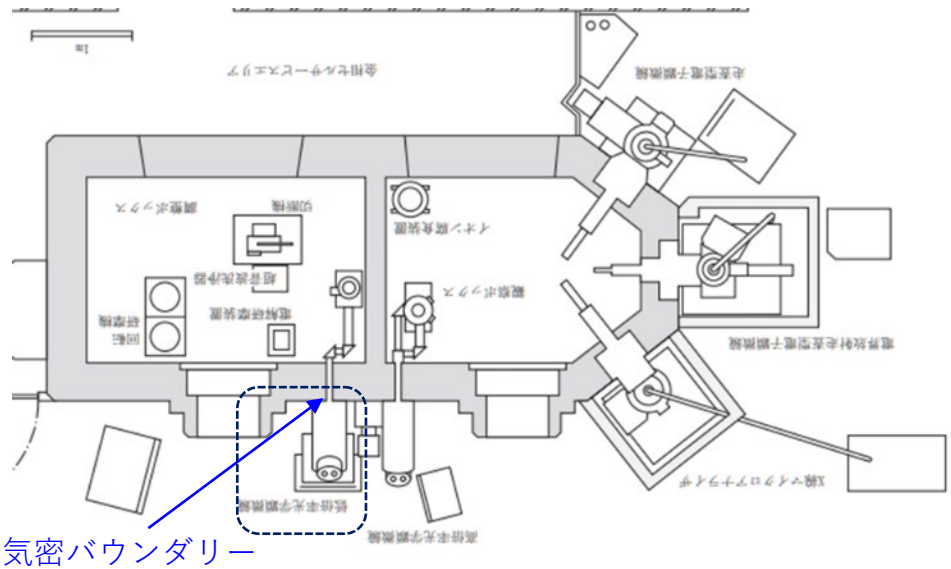
フィルム交換装置
(ラジオグラフィーフイルム交換室内)

試験セルとの気密バウンダリーのため、維持管理設備とする。

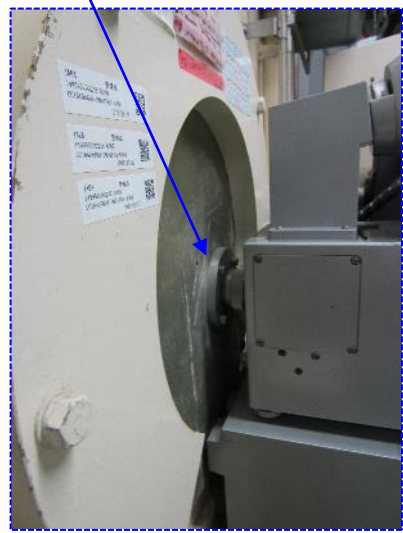
ラジオグラフィースセルとの気密バウンダリーのため、維持管理設備とする。

低倍率光学顕微鏡(撤去対象物、維持管理設備)

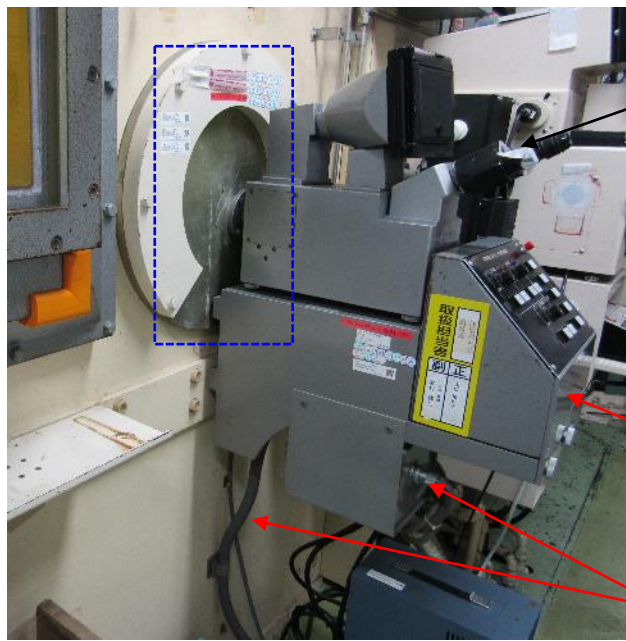
操作盤及びケーブルについて、撤去を行う。
 金相セルとの接続部である光学顕微鏡本体はセルとのバウンダリーとなるため維持管理設備とする。



気密バウンダリー



金相セルとの接続部



光学顕微鏡本体
(維持管理設備)

操作盤 (撤去)

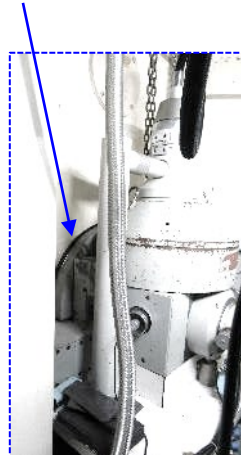
ケーブル (撤去)

低倍率光学顕微鏡の外観

走査型電子顕微鏡(撤去対象物、維持管理設備)

気密バウンダリー

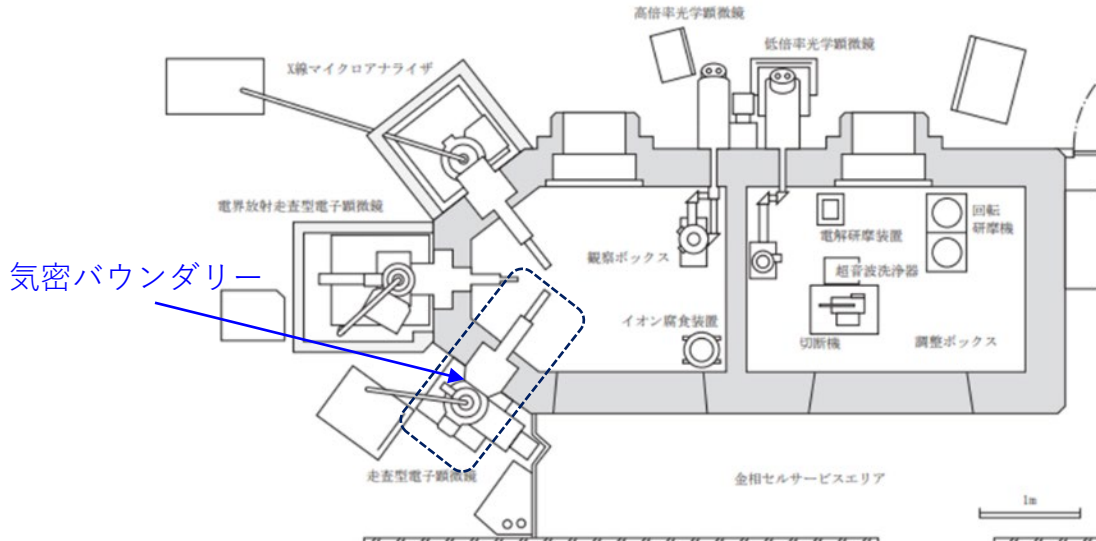
ケーブル (撤去)



金相セルとの接続部



走査型電子顕微鏡本体



操作盤 (電源盤)
(撤去)

走査型電子顕微鏡本体
(維持管理設備)



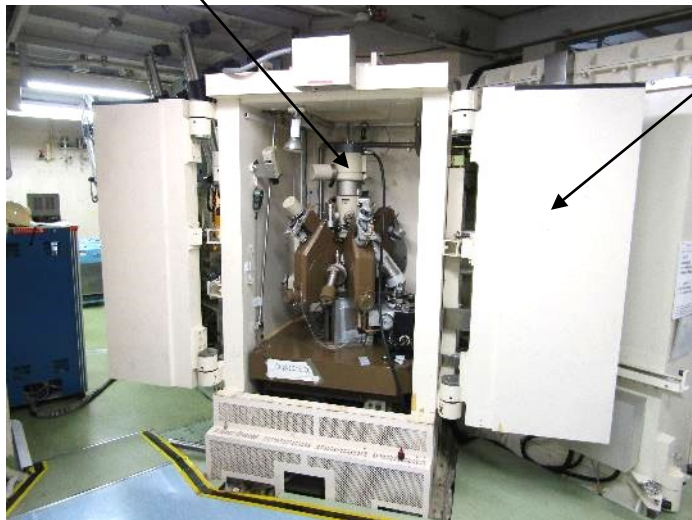
走査型電子顕微鏡の外観

ケーブル
(撤去)

操作盤 (電源盤) 及びケーブルについて、撤去を行う。
金相セルとの接続部である走査型電子顕微鏡本体はセルとのバウンダリーとなるため維持管理設備とする。

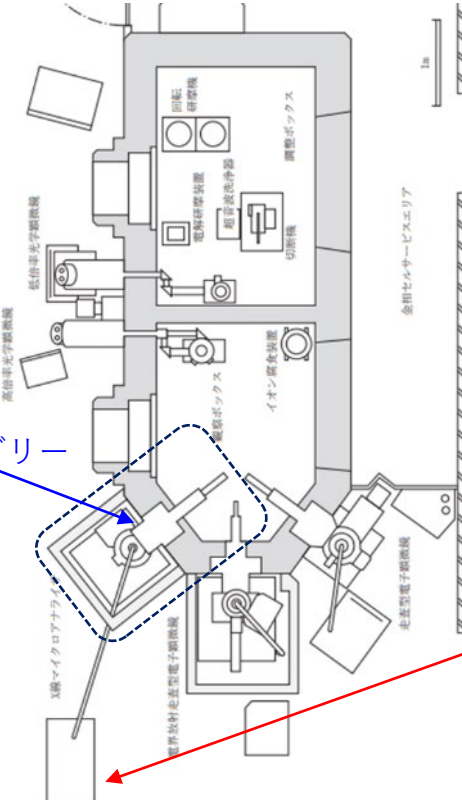
X線マイクロアナライザ(撤去対象物、維持管理設備)

X線マイクロアナライザ本体
(維持管理設備)



X線マイクロアナライザの外観

遮蔽体
(維持管理設備)



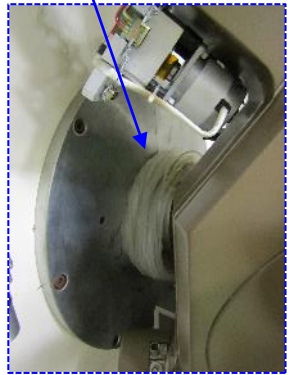
気密バウンダリー



操作盤 (電源盤)
(撤去)

ケーブル等(撤去)

気密バウンダリー



金相セルとの接続部



X線マイクロアナライザ本体

操作盤 (電源盤) 及びケーブル等について、撤去を行う。
金相セルとの接続部であるX線マイクロアナライザ本体はセルとのバウンダリーとなるため維持管理設備とする。

撤去に係る安全対策について

【撤去の方法】

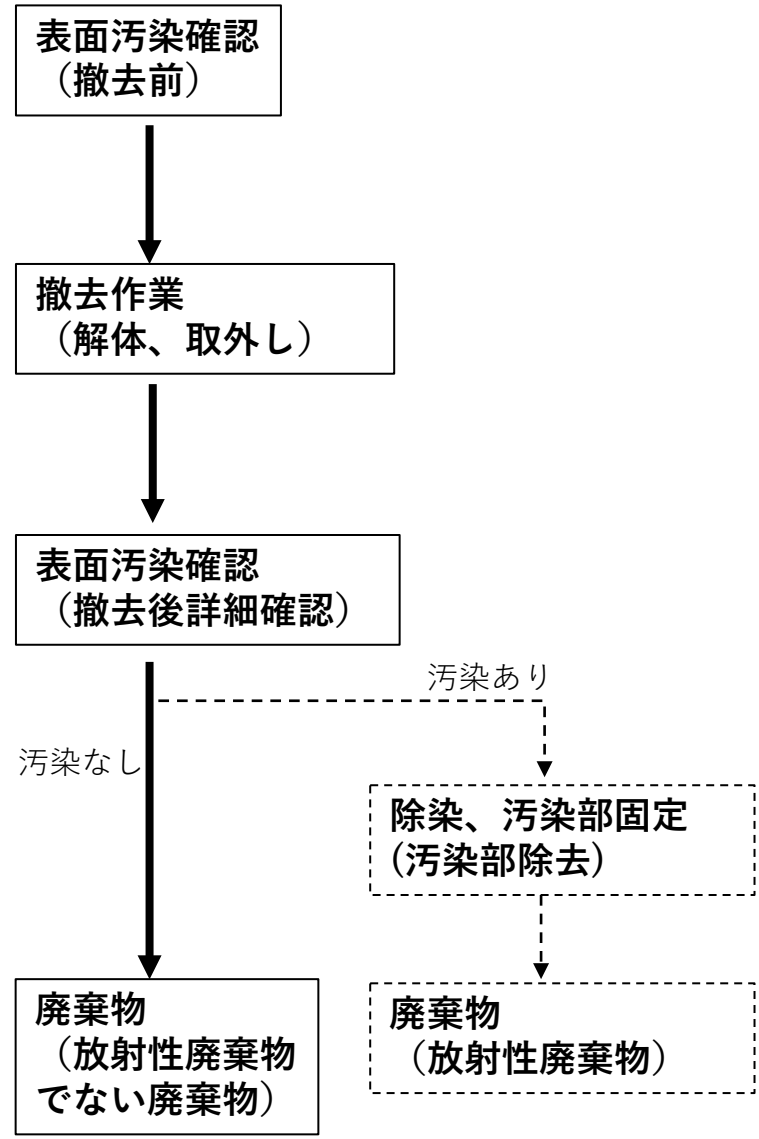
- 各装置の操作盤、電源盤、ケーブル等の不要部分は、核燃料物質との直接接触がないため汚染はないが、撤去前に汚染検査を行い、汚染がないことを確認する。
- 汚染確認後、撤去を行う。
- 撤去後、詳細に表面汚染確認を行い、汚染がないことを確認する。
- 放射性廃棄物でない廃棄物※1として持出しを行う。

※1『原子力施設における「放射性廃棄物でない廃棄物」の取扱いについて（平成20年経済産業省原子力安全・保安院（指示））』に従う。

【汚染が検出された場合の汚染除去方法】

汚染検査を行い汚染を検出した場合は、汚染箇所をアルコールによりふき取り除染を行う。ふき取り後に残留した固着性の汚染については、必要に応じて、粘着テープによる汚染の固定、または養生を施す。除染作業については、保安規定に基づき作業実施方法、放射線管理、放射性廃棄物管理、作業の安全管理、実施体制、非常時の対応等を記載した放射線作業計画書に基づき実施する。

【作業フロー】



維持管理設備への変更(変更の目的②)

○本文

- 本文7-4項(使用施設の設備のうち、使用を終了した維持管理中の設備)を、維持管理設備(ラジオグラフィー装置、低倍率光学顕微鏡、走査型電子顕微鏡及びX線マイクロアナライザ)の機器名称等を記載した項目として、新たに追加する。
- 本文表2-1(場所別使用方法)から、ラジオグラフィー装置に係る記載を削除する。
- 本文表7-3(セル内の主要試験機器)から、ラジオグラフィー装置、低倍率光学顕微鏡、走査型電子顕微鏡及びX線マイクロアナライザに係る記載を削除する。

本文7-4項(使用施設の設備のうち、使用を終了した維持管理中の設備)

維持管理設備(ラジオグラフィー装置、低倍率光学顕微鏡、走査型電子顕微鏡及びX線マイクロアナライザ)の機器名称等を記載した項目として、新たに追加する。

■ 7-4 使用施設の設備のうち、使用を終了した維持管理中の設備

<u>セル、部屋の名称</u>	<u>主要試験機器</u>	<u>数量</u>	<u>備考</u>
<u>ラジオグラフィーセル</u>	<u>ラジオグラフィー装置</u>	<u>1 式</u>	
<u>金相セル</u>	<u>低倍率光学顕微鏡</u>	<u>1 式</u>	
	<u>走査型電子顕微鏡</u>	<u>1 式</u>	
	<u>X線マイクロアナライザ</u>	<u>1 式</u>	

本文表2-1(場所別使用方法)

ラジオグラフィー装置に係る記載を削除する。

表2-1 場所別使用方法 (2/6)

<u>使用場所</u>	<u>使用の方法</u>
<u>ラジオグラフィーセル</u>	X線透過写真撮影
<u>ラジオグラフィーセル 操作室</u>	<u>セル内装置の操作</u>

本文表7-3(セル内の主要試験機器)

ラジオグラフィ装置、低倍率光学顕微鏡、走査型電子顕微鏡及びX線マイクロアナライザに係る記載を削除する。

表7-3 セル内の主要試験機器 (1/2)

設置場所	機器名称	数量
金相セル	1) 試料調整装置 (電解研磨装置等)	1 式
	2) 低倍率光学顕微鏡	1 式
	3) 高倍率光学顕微鏡	1 式
	4) 走査型電子顕微鏡	1 式
	5) X線マイクロアナライザ	1 式
	6) 電界放射走査型電子顕微鏡	1 式
ラジオグラフィセル	ラジオグラフィ装置	1 式

「大洗研究所(南地区)核燃料物質使用施設等保安規定」の改正

改正の概要は以下のとおり。

1. 取扱制限量の追加

- ① 分析装置の設置に伴い、分析室を核燃料物質の使用場所として追加するため、取扱制限量の追加を行う。(分析室)

2. 分析装置及び使用場所の追加に係る変更

- ① F M F (集束イオンビーム加工装置、透過型電子顕微鏡及び二次イオン質量分析計)において気密を保持した上で全放射エネルギーが3.7 MBq未満の核燃料物質を取り扱う場合に係る記載に、誘導結合プラズマ質量分析計を追加する。
- ② 実験室グローブボックスの設置に伴い、負圧設定値及び負圧警報設定値に係る記載を追加する。
- ③ 分析装置の設置に伴い、暗室の名称を分析室に変更する。

3. 放射性廃棄物でない廃棄物に係る記載の追加

1. 取扱制限量の追加

- ① 別表第40 核燃料物質取扱制限量（第73条）の（2）FMFに、分析室における取扱制限量を追加する。

取扱区域	制限量（グラム）
<u>分析室</u>	<u>220 - プルトニウム、ウラン-235の合計量</u>

2. 分析装置及び使用場所の追加に係る変更

- ① 第74条（核燃料物質の使用）に誘導結合プラズマ質量分析計に係る記載を追加する。

（核燃料物質の使用）
第74条 施設管理者（環境技術課長及び高速炉第1課長を除く。）は、セル等及びフード以外の場所で核燃料物質を使用してはならない。ただし、次の各号に掲げる核燃料物質を使用する場合、IRAFにおいてFPソース要素及び核燃料物質はくを使用する場合並びにFMF（集束イオンビーム加工装置、透過型電子顕微鏡、二次イオン質量分析計及び誘導結合プラズマ質量分析計）において気密を保持した上で全放射エネルギーが37MBq未満の核燃料物質を使用する場合は、この限りでない。

2. 分析装置及び使用場所の追加に係る変更

- ② 別表第36 負圧及び負圧警報設定値（第67条、第70条）の（2）FMFに実験室グローブボックスを追加する。

設備名等	負圧設定値	負圧警報設定値
<u>実験室グローブボックス</u>	<u>200 Pa以上</u> <u>(20 mmH₂O以上)</u> <u>(グローブボックスー設置室間)</u>	<u>50 Pa</u> <u>(5 mmH₂O)</u> <u>(グローブボックスー設置室間)</u>

注；負圧設定値の「以上」は負圧の深い側を意味する。

- ③ 別図第6 FMF管理区域図（第31条、第64条）の1階平面図の暗室を分析室に名称変更する。

ICP-MS本体の排気設備への接続について

ICP-MS本体は、装置内を真空にする際に流入した空気を既存の施設排気系統へ排気するため、既許可の排気設備に接続します（本申請 本-7「【安全対策】①閉じ込め」、別添1-6「【安全対策】①閉じ込め」参照）。

【安全対策】

①閉じ込め

試料交換の際は、装置に一時的に接続する試料交換用ボックスを用いる。試料交換用ボックスには、給排気口を設けて負圧に維持するとともに、試料交換用ボックス内の雰囲気（空気）を既存の施設排気系統へ排気し、放射性物質の漏えいを防止する。試料交換の際は、装置内を大気圧にするため、わずかに装置内に空気が流入するが、装置内を真空にする際に流入した空気を既存の施設排気系統へ排気する。試料交換用ボックスは、除染及び汚染検査を実施し、汚染がないこと（ α ; 0.4 Bq/cm² 未満、 $\beta \gamma$; 4 Bq/cm² 未満）を確認した後、装置から試料交換用ボックスを切り離す。さらに、試料交換用ボックスを用いた作業はグリーンハウス内で実施し、汚染発生時の汚染の拡大を防止する。

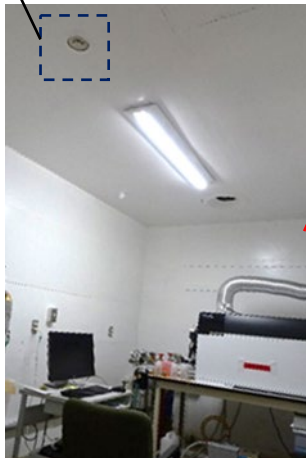
ICP-MSの排気口は、図9-1「管理区域排気系統図（既設施設）」（本申請 本-25参照）のとおり、既許可の第4系統の排気ラインに接続します。

分析室の火災報知設備等について

分析室内には、自動火災報知設備に接続された感知器が天井に設置されており、屋内消火栓設備は分析室入口に設けられております。消防法令の点検を実施しております。



感知器
(自動火災報知設備)



分析室の外観



屋内消火栓設備

ICP-MSの過加熱防止機能について

ICP-MSは不燃性のステンレス鋼製となっております（本申請 本-8「【安全対策】②火災、別添1-7「【安全対策】③火災」参照）。ICP-MSの安全機能については、メーカー製品仕様にある主に4つの過加熱防止の安全機能が備わっております。

- 装置の熱源となるプラズマ（高温）を発生させる部分にはアルゴンガスの圧力を監視するセンサーが付いており、アルゴンガス圧力が所定圧の範囲から逸脱する場合は、プラズマが自動消火して停止します。
- プラズマ発生部（高温部）周辺を冷却するための循環装置（センサー付き）の冷却水流量が低下した場合は、プラズマが自動消火して停止します。
- ICP-MS装置内部の温度を制限値以下に保つための冷却ファンが故障した場合は、プラズマが自動消火して停止します。
- その他ICP-MS装置の内部、真空排気口、冷却水入口等には温度センサーが装備されており、装置の部分的な過加熱状態が検知された場合、プラズマが自動消火して停止します。

ラジオグラフィーセルを維持管理設備としないことについて

表7-3「セル内の主要試験機器」は、主要な試験機器であるラジオグラフィー装置を維持管理設備とするため、本申請で削除いたします。

表7-1「セルの概要」及び表7-2「セルの主要付属設備」に係る記載の変更はなく、ラジオグラフィーセルは維持管理設備といたしません。

硝酸ウラニル等の実際の使用数量について

添1-3における最大の被ばく線量（＜表面線量率200 μ Sv/h）となる試料を取り扱う場合は、1サンプルあたり0.5gの評価結果としております。

分析室での最大核燃料物質重量は、被ばく線量を超えない条件（＜表面線量率200 μ Sv/h）においても最大取扱核燃料物質重量0.22kgで制限するため、臨界のおそれはありません。

実際には、照射済燃料の場合、数グラムに満たないため、臨界に達するおそれはありません。