

2.14.8 信頼性に対する設計上の考慮

措置を講ずべき事項

II. 設計, 設備について措置を講ずべき事項

1 4. 設計上の配慮

○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。

⑧信頼性に対する設計上の考慮

- ・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。

2. 14. 8. 1 措置を講ずべき事項への適合方針

(1) 第2棟における信頼性に対する設計上の考慮

第2棟の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, 維持し得るものとする。

第2棟の重要度の特に高い安全機能を有する系統は, 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とする。

(2) 使用許可基準規則における関連条文に対する方針

使用許可基準規則

(設計評価事故時の放射線障害の防止)

第二十二條 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。

第2棟は, 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設計とする。

(監視設備)

第二十六條 使用前検査対象施設には, 必要に応じて, 通常時及び設計評価事故時において, 当該使用前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。

第2棟は, 通常時及び設計評価事故時において, 当該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計とする。

(多量の放射性物質等を放出する事故の拡大の防止)

第二十九条 使用前検査対象施設は、発生頻度が設計評価事故より低い事故であって、当該使用前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。

第2棟は、発生頻度が設計評価事故より低い事故であって、当該使用前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設計とする。

2.14.8.2 対応方針

具体的な対応方針を以下に示す。

(1) 措置を講ずべき事項への対応方針

第2棟で重要度の特に高い安全機能は、コンクリートセルと試料ピットが該当する。また、燃料デブリ等を取り扱うことから、十分に高い信頼性を確保し、かつ維持しうる設計とする。

① 機器の単一故障

i) 負圧維持機能を有する動的機器の故障

第2棟の負圧維持機能を有する動的機器に関しては、2式設置する。負圧維持機能を有する動的機器が故障した場合でも、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。

ii) モニタリング設備の故障

試料放射能測定装置は、2チャンネルを有し、1チャンネル故障時でも他の1チャンネルで第2棟の排気口における放射性物質濃度を確認可能とする。

iii) 電源喪失

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全ての負荷に給電できる構成とする。外部電源が喪失した場合でも、必要な設備に給電する予備電源設備を設置する。

② 複数の設備が同時に機能喪失した場合

第2棟の換気空調設備の排風機が複数同時に機能喪失した場合は、速やかに分析作業等を中止する。

なお、排風機を作動することができず負圧にできない場合は、セル等の構造（セル等、給気管、排気管、弁及び給排気系のフィルタ）で放射性物質を閉じ込める。

(実施計画：II-2-48-8)

③ 閉じ込め

負圧を維持する機器を複数台設置し、1台故障した場合でも、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多重性を有する設計としている。

④ 監視機能

i) 臨界

第2棟では、 γ 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している。γ線及び中性子線のエリアモニタをそれぞれ複数台設置しており、多様性及び多重性を確保している。

ii) 放射線，水素及び火災

放射線，水素及び火災の監視機能の動力源・駆動源として第2棟の外部電源は，2系統で受電する設計とし，さらに，予備電源を設置する設計とすることで多重性及び多様性を確保している。

(2) 使用許可基準規則への具体的な対応方針

① 第二十二条（設計評価事故時の放射線障害の防止）に対する対応方針（別紙-1参照）

第2棟における設計評価事故の評価を行い，設備設計・運用上の対策を講じた上での公衆の被ばく線量が発生事故あたり 5mSv を超えないことを確認する。また，施設全体に影響を及ぼす起回事象（例：地震）により複数の設備に異常が発生する可能性がある場合は，その起回事象における公衆の被ばく線量を合算し，5mSv を超えないことを確認する。

② 安全上重要な施設の選定について（別紙-2 参照）

構築物，系統及び機器の安全機能喪失による公衆被ばく影響を評価し，発生事故あたり 5mSv を超えるものを第2棟における安全上重要な施設として選定する。また，設計評価事故の評価において，公衆の被ばく線量が 5mSv を超えないよう影響を緩和する機能を有する設備としたものを，第2棟における安全上重要な施設として選定する。

③ 第二十六条（監視設備）に対する対応方針

第2棟は，試料放射能測定装置，室内ダストモニタ及びエリアモニタを用いて，当該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，及び測定できる設計とする。

④ 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）に対する対応方針（別紙-3 参照）

第2棟における多量の放射性物質等を放出する事故の評価を行い，安全機能喪失による放射性物質の放出量が Cs-137 換算で 100TBq を十分下回り，事故の拡大を防止するために必要な措置を講じた設計であることを確認する。

第2棟における設計評価事故時の放射線障害の防止について

使用施設等の位置、構造及び設備の基準に関する規則第22条（設計評価事故時の放射線障害の防止）に基づき、第2棟における事故の解析及び評価を行い、公衆に著しい放射線被ばくのリスクを与えないことを確認する。解析及び評価を行うにあたっては、「安全機能喪失により公衆の被ばく線量が5mSvを超える放射性物質等の放出事象」を頂上事象と定義した上で、当該事象の具体的な事象を洗い出し、その事象に対する設備設計・運用上の対策の妥当性及び影響を確認する。

上記の評価を行い、設備設計・運用上の対策を講じた上での公衆の被ばく線量が発生事故あたり5mSvを超えないことを確認する。また、施設全体に影響を及ぼす起因事象（例：地震）により複数の設備に異常が発生する可能性がある場合は、その起因事象における公衆の被ばく線量を合算し、5mSvを超えないことを確認する。

1. 第2棟の安全機能と設備について

1.1 第2棟における燃料デブリ等及び廃棄物のフロー

安全上重要な施設の選定、設計評価事故及び多量の放射性物質等を放出する事故の評価を行うに当たって、第2棟の安全機能と設備を整理する。第2棟の安全機能は、各設備で取り扱う燃料デブリ等、廃棄物の取扱量から必要と考えられる機能（閉じ込め機能、遮蔽機能、臨界防止機能）を各設備に持たせている。第2棟における燃料デブリ等及び廃棄物のフローを図2.14.8.1-1に示す。

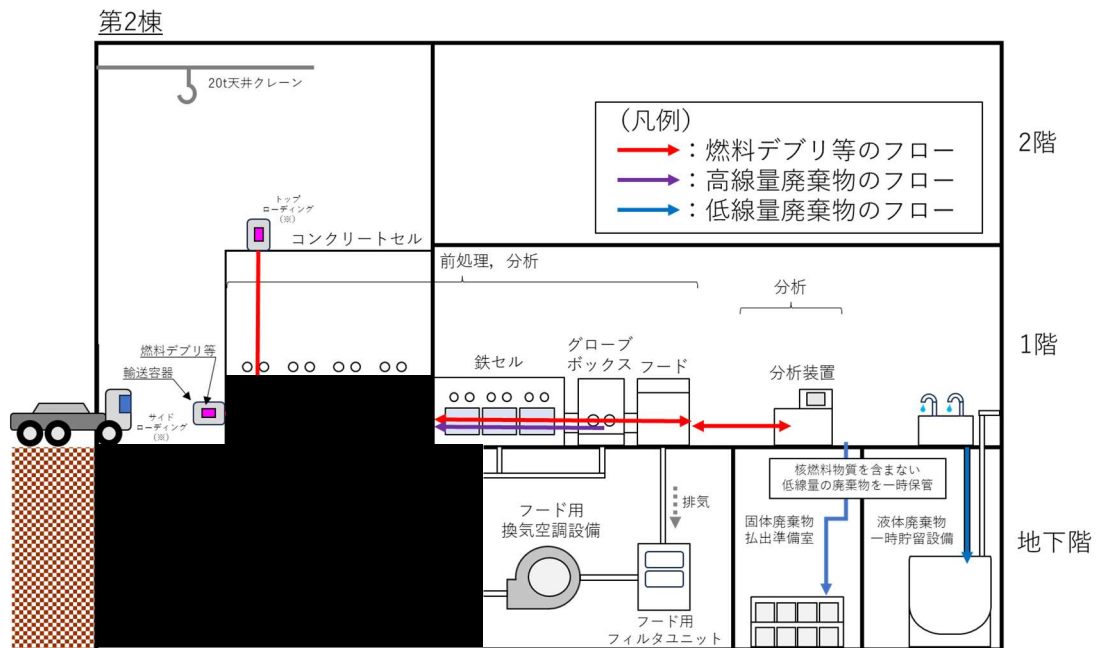


図 2.14.8.1-1 第2棟における燃料デブリ等及び廃棄物のフロー（イメージ）

※ トップローディング又はサイドローディングにより輸送容器とコンクリートセルを接続し、燃料デブリ等を受け入れる。

1.2 第2棟の安全機能と設備

第2棟における燃料デブリ等及び廃棄物のフローに基づき、第2棟の安全機能と設備を整理した結果を表2.14.8.1-1に示す。

表2.14.8.1-1 第2棟の安全機能と設備

No.	安全機能	設備名称	備考
1	閉じ込め機能	コンクリートセル	構造による閉じ込め 負圧維持による閉じ込め※1
		鉄セル	
		グローブボックス	風速維持による閉じ込め※2
		フード	
		液体廃棄物一時貯留設備	構造による閉じ込め
2	遮蔽機能	建屋	建屋躯体の遮蔽
		コンクリートセル	
		試料ピット	
		鉄セル	鉄セル遮蔽体の遮蔽
3	臨界防止機能	コンクリートセル	質量管理による臨界防止
		試料ピット	質量管理による臨界防止 形状管理による臨界防止

※1 セル・GB用換気空調設備の負圧維持による閉じ込め

※2 フード用換気空調設備の風速維持による閉じ込め

上記の安全機能と設備をもとに、設計評価事故の評価を行う。

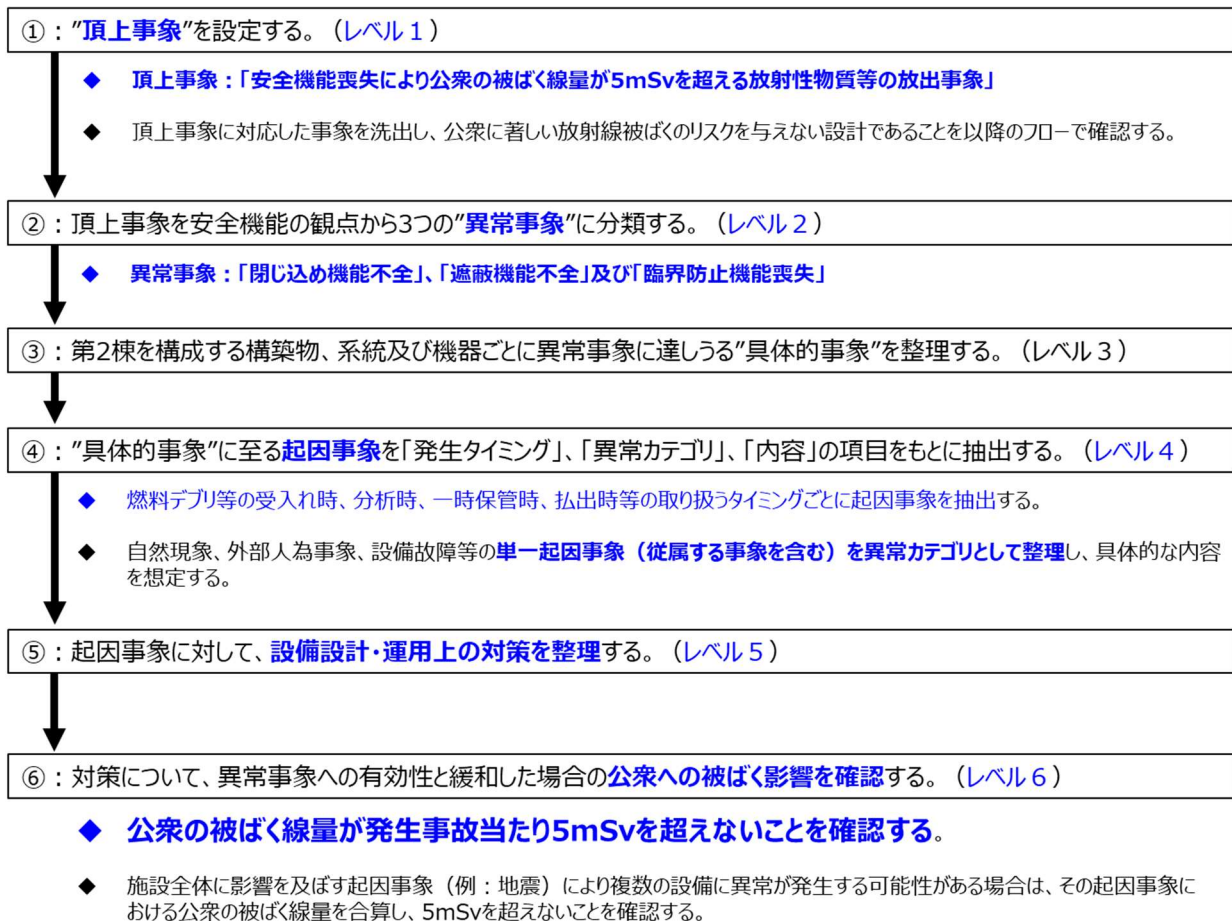
2. 設計評価事故の評価方法

2.1 マスターロジックダイアグラムを用いた評価フロー

第2棟の設計評価事故は、マスターロジックダイアグラム※（以下「MLD」という。）を用いて、表 2.14.8.1-2 に示す手順により評価を行う。

※ 頂上事象から起因事象を抽出するトップダウン型分析法であり、本手法により、異常事象へと至る起因事象や原因を明らかにする。

表 2.14.8.1-2 マスターロジックダイアグラムを用いた設計評価事故の評価手順



2.2 発生タイミングについて

図 2.14.8.1-1 に示す第 2 棟における燃料デブリ等及び廃棄物のフローをもとに，異常事象が発生するタイミングを整理する。図 2.14.8.1-2 に，第 2 棟の各設備における作業フローを示す。

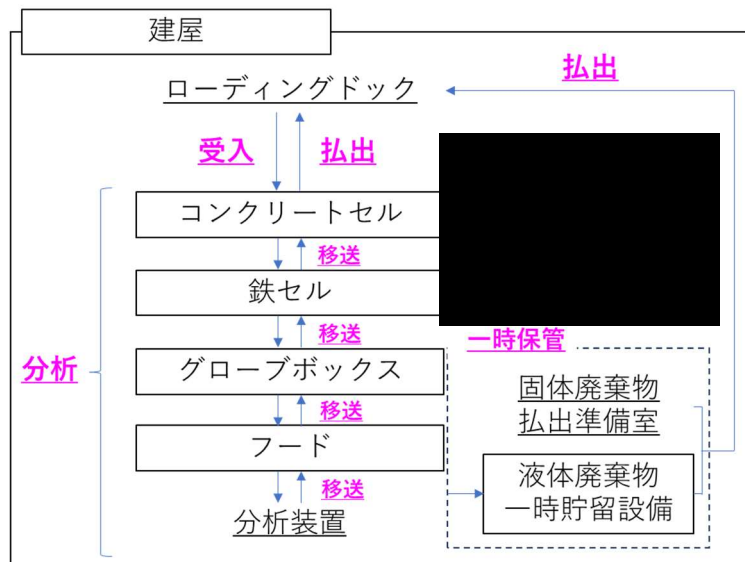


図 2.14.8.1-2 第 2 棟の各設備における作業フロー

※「移送」は，該当する設備から他設備へ移送するタイミングを指す。

上記に示したフローをもとに，各設備における発生タイミングごとの異常事象を想定する。

2.3 異常カテゴリについて

起因事象の異常カテゴリの項目は、自然現象、外部人為事象等の単一事象（従属する事象を含む）とする。なお、以下に示す事象は、設計評価事故の起因として想定しないものとする。

・ 確率的に発生することが想定しがたい事象

第2棟の立地、周辺環境等を考慮し、確率的に発生することが想定しがたい事象は、設計評価事故の起因事象では想定しない。

・ 第2棟周辺では起こり得ない事象

第2棟の立地、周辺環境等を考慮し、第2棟周辺では起こり得ないと判断される事象は、安全機能喪失に至らず設計評価事故に進展しないため、設計評価事故の起因事象として想定しない。

・ 事象の進展が緩慢で対策を講ずることができる事象

自然現象、外部人為事象のうち、安全機能が直ちに喪失するものでなく、運用面における対策で安全機能への影響を防止できると判断される事象は、安全機能喪失に至らず設計評価事故に進展しないため、設計評価事故の起因事象として想定しない。

・ 第2棟の安全機能に影響を及ぼさない事象

第2棟の設計上、安全機能に影響が生じないと評価された自然現象、外部人為事象は設計評価事故に進展しないため、設計評価事故の起因事象として想定しない。

設計評価事故の起因として考慮すべき事象の抽出結果を表 2.14.8.1-3 に示す。

表 2.14.8.1-3 設計評価事故の起因として考慮すべき事象の抽出結果 (1/2)

No.	起因事象	異常カテゴリ	設計評価事故の起因として想定しない事象				理由	設計評価事故の起因として想定するか
			確率的に発生することが想定したい事象	第2棟周辺では起こり得ない事象	事象の進展が緩慢で対策を講ずることができ得る事象	第2棟の安全機能に影響を及ぼさない事象		
1	自然現象	地震	—	—	—	—	地震により、第2棟の安全機能の喪失が想定されるため、設計評価事故の起因とする。	○
		津波	—	—	—	✓	第2棟は、津波が到達しないと考えられるT.P.+約40mの場所に設置することにより、津波の影響を受けないため、安全機能を損なうおそれはない。	×
		豪雨	—	—	—	✓	地下階に流入しないよう壁面に防水対策を施し、地下階に流入したとしても地下ピットへ流れ込む設計とするため、安全機能を損なうおそれはない。	×
		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第19条に基づく荷重に耐えられる設計とするため、安全機能を損なうおそれはない。	×
		落雷	—	—	—	✓	JIS A 4201 (建築物等の雷保護) に基づき、避雷針、接地等を設計とするため、安全機能を損なうおそれはない。	×
		台風 (強風, 高潮)	—	—	—	✓	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設計とするため、安全機能を損なうおそれはない。	×
		竜巻 (飛来物含む)	—	—	—	✓	第2棟は、竜巻及びその随伴事象等によって安全性を損なわない設計とするため、安全機能を損なうおそれはない。	×
		凍結	—	—	✓	—	第2棟は鉄筋コンクリート造であり、凍結により建屋が損傷するおそれはないため、安全機能を損なうおそれはない。	×
		紫外線	—	—	✓	—	第2棟は、建屋外壁への塗装等により、紫外線に対して安全性が損なわれない設計とするため、安全機能を損なうおそれはない。	×
		高温	—	—	✓	—	第2棟は、福島第一原子力発電所近傍の気象観測記録として過去に計測された最高気温を踏まえて、適切な材料、機器等を選定することにより、高温に対して、その安全性が損なわれない設計とするため、安全機能を損なうおそれはない。	×
		生物学的事象	—	—	—	✓	小動物等の襲来により、建屋貫通孔等からの小動物の侵入が想定されるため、建屋貫通孔や電路端部等に対してシール材を施工することにより、侵入を防止する設計とするため、安全機能を損なうおそれはない。	×
		地滑り	—	✓	—	—	第2棟は、斜面からの離隔を確保し、地滑りのおそれがない位置に設置する設計とするため、安全機能を損なうおそれはない。	×
		火山の影響	—	—	—	✓	火山の影響により、第2棟に火山灰が降下してきた場合は、屋上階の降灰を必要に応じて除去し、火山灰により建屋の給気フィルタに目詰まりが生じた場合は給気フィルタを交換し、目詰まりを解消するため、安全機能を損なうおそれはない。	×
外部火災	—	—	—	✓	第2棟は、周囲の森林から20m以上の離隔幅を確保し森林火災から防護する設計とし、また、航空機墜落による火災によって、建屋が損傷するおそれはないため、安全機能を損なうおそれはない。	×		

✓：該当する事象
—：該当しない事象

○：設計基準事故の起因として想定する事象
×：設計基準事故の起因として想定しない事象

2.14.8.1-6

表 2. 14. 8. 1-3 設計評価事故の起因として考慮すべき事象の抽出結果 (2/2)

No.	起因事象	異常カテゴリ	設計評価事故の起因として想定しない事象				理由	設計評価事故の起因として想定するか
			確率的に発生することが想定しがたい事象	第2棟周辺では起こり得ない事象	事象の進展が緩慢で対策を講ずることができる事象	第2棟の安全機能に影響を及ぼさない事象		
2	外部人為事象	電磁的障害	—	—	—	✓	第2棟は、電磁的障害による擾乱に対して、制御部、演算部は接地した鋼製の筐体に格納、高圧動力ケーブルは金属シールド付きとするともに、計装ケーブルとは別ケーブルトレイに設置、通信ラインにおける光ケーブルの適用等により、影響を受けない設計とするため、安全機能を損なうおそれはない。	×
		不正アクセス行為 (サイバーテロを含む)	—	—	—	✓	不正アクセス行為(サイバーテロを含む)を未然に防止するため、燃料デブリ等の閉じ込めに係る設備の操作に係る監視・制御装置を第2棟内の制御室に設置し、監視・制御装置は電気通信回線等を通じて外部と接続しない設計とするため、安全機能を損なうおそれはない。	×
		漂流船舶の衝突	—	✓	—	—	第2棟は、福島第一原子力発電所港湾から離れており、漂流船舶の衝突の恐れはなく、安全機能を損なうおそれはない。	×
		航空機落下	✓	—	—	—	第2棟への航空機の落下確率は、これまでの事故実績等をもとに、民間航空機、自衛隊機及び米軍機を対象として評価した結果、航空機落下は確率的に低く想定しがたいため、設計評価事故の起因としない。	×
		ダムの崩壊及び爆発	—	—	—	✓	ダムの崩壊により第2棟に影響を及ぼすような河川並びに爆発により第2棟の安全性を損なうような爆発物の製造及び貯蔵設備はないため、安全機能を損なうおそれはない。	×
		有毒ガス	—	—	—	✓	第2棟の安全機能の維持・確保は、運転員の操作を要するものではないため、有毒ガスにより安全機能を損なうおそれはない。	×
3	設備故障					設備故障により、第2棟の安全機能喪失が想定されるため、設計評価事故の起因とする。	○	
4	人的過誤					人的過誤により、第2棟の安全機能喪失が想定されるため、設計評価事故の起因とする。	○	

✓：該当する事象
—：該当しない事象

○：設計基準事故の起因として想定する事象
×：設計基準事故の起因として想定しない事象

2.4 評価結果

表 2.14.8.1-4 に、MLD を用いて設計評価事故を評価した結果を示す。また、施設全体に影響を及ぼす起因事象として地震が想定されるため、地震による異常時に関連する公衆被ばく線量を合算した結果を表 2.14.8.1-5 に示す。

3. 設計評価事故の評価結果について

MLD を用いて設計評価事故を評価した結果、設備設計・運用上の対策を講じた上での公衆の被ばく線量が発生事故あたり 5mSv を超えないことを確認した。また、施設全体に影響を及ぼす起因事象として地震が想定されるため、地震により複数の設備に異常が発生した場合における公衆の被ばく線量を合算し、5mSv を超えないことを確認した。

表2.14.8.1-4 MLDを用いた評価結果

レベル1	レベル2	レベル3	レベル4				レベル5	レベル6
頂上事象	異常事象の定義 (OR条件)	具体的事象 (OR条件)	起回事象				対策 (AND条件) 青字：設計面，緑字：運用面	影響
			発生 タイミング	異常 カテゴリ	No.	内容		
安全機能喪失により公衆の被ばく線量が5mSvを超える放射性物質等の放出事象	閉じ込め機能不全	コンクリートセルの閉じ込め機能不全	受入・払出時	地震	1	輸送容器を20t天井クレーンで吊り上げ中に、Sクラス相当の地震が発生した状況を想定する。地震により、外部電源を喪失した状態を想定する。	<ul style="list-style-type: none"> 輸送容器を20t天井クレーンで吊り上げ中にSクラス相当の地震が発生したとしても、20t天井クレーンがコンクリートセルに波及的影響を与えない設計とする。 輸送容器を20t天井クレーンで吊り上げ中に外部電源を喪失したとしても、20t天井クレーンはブレーキが働くことにより輸送容器を吊り上げた状態で保持することができ、コンクリートセルに波及的影響を与えない設計とする。 	(防止) →対策により、安全機能を喪失せず、設計評価事故に進展しない。
					2	輸送容器をコンクリートセルの天井ポート又はシールドドアに接続時、Sクラス相当の地震が発生した状況を想定する。地震により、セル・グローブボックス用換気空調設備、コンクリートセルの負圧維持機能、外部電源を喪失した状態を想定する。	<ul style="list-style-type: none"> Sクラス相当の地震に対して、コンクリートセルの輸送容器に係る付帯設備（天井ポート、シールドドア等）は耐震性を有し、安全機能を維持できる設計とする。 Sクラス相当の地震に対して、輸送容器接続時に地震が発生しても、コンクリートセルに波及的影響を与えず、構造による閉じ込め機能を維持できる設計とする。 	(防止) →対策により、安全機能を喪失せず、設計評価事故に進展しない。

2.14.8.1-9

レベル1	レベル2	レベル3	レベル4				レベル5	レベル6
頂上事象	異常事象の定義 (OR条件)	具体的事象 (OR条件)	起回事象				対策 (AND条件) 青字：設計面，緑字：運用面	影響
			発生 タイミング	異常 カテゴリ	No.	内容		
				設備故障	3	輸送容器を20t天井クレーンで吊り上げ中に20t天井クレーンの動力部が故障する状況を想定する。	・輸送容器を20t天井クレーンで吊り上げ中に20t天井クレーンの動力部が故障したとしても，20t天井クレーンはブレーキが働くことにより輸送容器を吊り上げた状態で保持することができ，コンクリートセルに波及的影響を与えない設計とする。	(防止) →対策により，安全機能を喪失せず，設計評価事故に進展しない。
					4	輸送容器を20t天井クレーンで吊り上げ中に，外部電源喪失が発生した状況を想定する。	・輸送容器を20t天井クレーンで吊り上げ中に20t天井クレーンの外部電源喪失が発生したとしても，20t天井クレーンはブレーキが働くことにより輸送容器を吊り上げた状態で保持することができ，コンクリートセルに波及的影響を与えない設計とする。	(防止) →対策により，安全機能を喪失せず，設計評価事故に進展しない。
				人的過誤	5	輸送容器を20t天井クレーンで吊り上げ中に，玉掛けの状態が不十分で，ワイヤロープが外れる状況を想定する。	<ul style="list-style-type: none"> ・有資格者が玉掛け作業を行った上で，確認者により玉掛けに用いる器具に取違え等の誤りがないこと，玉掛け作業が確実に行われていることを確認する。 ・フック，ワイヤロープ等の吊り上げに用いる機器，器具に劣化等の異常がないことを定期的な点検により確認する。 ・20t天井クレーンのフックに掛けたワイヤロープ 	(防止) →対策により，安全機能を喪失せず，設計評価事故に進展しない。

2. 14. 8. 1-10

レベル1	レベル2	レベル3	レベル4				レベル5	レベル6
頂上事象	異常事象の定義 (OR条件)	具体的事象 (OR条件)	起回事象				対策 (AND条件) 青字：設計面，緑字：運用面	影響
			発生 タイミング	異常 カテゴリ	No.	内容		
							が外れないよう、フックに外れ止めを設ける設計とする。	
					6	輸送容器を20t天井クレーンで吊り上げ中に、20t天井クレーンの操作を誤って、輸送容器をコンクリートセルに接触させる状況を想定する。	<ul style="list-style-type: none"> クレーンの操作者の他に確認者を設置し、作業を確認しながら実施する。 作業手順書で手順を定め、確実な作業を行えるよう管理する。 	<p>(防止)</p> <p>→対策により、安全機能を喪失せず、設計評価事故に進展しない。</p>
					7	輸送容器を天井ポートに接続し、燃料デブリ等を受け入れる際、PVCバッグの装着を誤る状況を想定する。	<ul style="list-style-type: none"> 作業者の他に確認者を設置し、作業を確認しながら実施する。 作業手順書で手順を定め、確実な作業を行えるよう管理する。 万一、PVCバッグの装着を誤り、PVCバッグが脱落したとしても、コンクリートセルの負圧維持による閉じ込め機能で放射性物質の閉じ込めが可能である。 	<p>(防止)</p> <p>→対策により、安全機能を喪失せず、設計評価事故に進展しない。</p>
			分析時	地震 (地震に伴う火災を含む)	8	加熱機器を使用している際に、Sクラス相当の地震が発生、さらに、地震に伴って可燃物が加熱機器に接触し、セル内で紙ウェスが燃える程度	<ul style="list-style-type: none"> コンクリートセル内で取り扱う可燃物の量を必要最低限にする等の管理を行う。 加熱機器を使用する間は、異常時に速やかな対応ができるよう、作業員が作業場所にて常時監視を行う。 	<p>(緩和)</p> <p>→給排気弁の閉止により構造による閉じ込めを行い、建屋、コンクリートセ</p>

2.14.8.1-11

レベル1	レベル2	レベル3	レベル4				レベル5	レベル6
頂上事象	異常事象の定義 (OR条件)	具体的事象 (OR条件)	起回事象				対策 (AND条件) 青字：設計面，緑字：運用面	影響
			発生 タイミング	異常 カテゴリ	No.	内容		
						<p>の火災が発生した状況を想定する。地震により，セル・グローブボックス用換気空調設備，圧縮空気設備，消火設備が損傷し，コンクリートセルの負圧維持機能，圧縮空気，外部電源及び消火機能が喪失した状態を想定する。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・コンクリートセルの給排気弁は，Sクラス相当の地震に対して耐震性を有する設計とし，セル・グローブボックス用換気空調設備，圧縮空気設備が損傷又は外部電源を喪失した場合，コンクリートセルの給排気弁が自動で閉止し，構造による閉じ込め機能を維持できる設計とする。 ・コンクリートセルの給排気弁が単一故障により自動で閉止しなかったとしても，コンクリートセルの給排気弁を多重化することで閉じ込めが行える設計とする。 	<p>ルの除染係数を考慮した場合の公衆の被ばく線量 1.8mSv</p>
				設備故障	9	<p>セル・グローブボックス用換気空調設備の排風機の動力部故障を想定する。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・予備機により安全機能を維持できるよう，セル・グローブボックス用換気空調設備の排風機は多重化構成とする。 ・予備機であるセル・グローブボックス用換気空調設備の排風機の動力部が故障した場合，コンクリートセルの給排気弁が自動で閉止し，構造による閉じ込め機能を維持できる設計とする。 	<p>(防止) →対策により，安全機能を喪失せず，設計評価事故に進展しない。</p>
					10	<p>圧縮空気設備の動力部が故障したことに伴うコンクリートセルの給排気弁の開閉操作不</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・予備機により安全機能を維持できるよう，圧縮空気設備は多重化構成とする。 ・運転機及び予備機両方の圧縮空気設備が故障した 	<p>(防止) →対策により，安全機能を喪失せ</p>

2. 14. 8. 1-12

レベル1	レベル2	レベル3	レベル4				レベル5	レベル6
頂上事象	異常事象の定義 (OR条件)	具体的事象 (OR条件)	起回事象				対策 (AND条件) 青字：設計面，緑字：運用面	影響
			発生 タイミング	異常 カテゴリ	No.	内容		
						可を想定する。	場合、コンクリートセルの給排気弁が自動で閉止し、構造による閉じ込め機能を維持できる設計とする。	ず、設計評価事故に進展しない。
					11	外部電源喪失によるセル・グローブボックス用換気空調設備の排風機停止，圧縮空気設備，コンクリートセルの給排気弁の操作不可を想定する。	<ul style="list-style-type: none"> 外部電源を喪失したとしても，非常用電源設備により，セル・グローブボックス用換気空調設備の排風機，圧縮空気設備が運転でき，コンクリートセルの給排気弁の操作が可能となる設計とする。 万一，非常用電源設備が起動しなかったとしても，コンクリートセルの給排気弁が自動で閉止し，構造による閉じ込め機能を維持できる設計とする。 	<p>(防止)</p> <p>→対策により，安全機能を喪失せず，設計評価事故に進展しない。</p>
				人的過誤	12	可燃物を加熱機器に誤って接触させ，セル内で紙ウェスが燃える程度の火災が発生した状況を想定する。	<ul style="list-style-type: none"> コンクリートセル内で取り扱う可燃物の量を必要最低限にする等の管理を行う。 加熱機器を使用する間は，異常時に速やかな対応ができるよう，作業員が作業場所にて常時監視を行う。 窒素ガス消火設備によりセル内火災を消火できる設計とする。 セル内火災が発生したとしても，フィルタユニットは燃焼しない設計とする。 窒素ガス消火設備を遠隔で起動できない場合は， 	<p>(防止)</p> <p>→対策により，安全機能を喪失せず，設計評価事故に進展しない。</p>

レベル1	レベル2	レベル3	レベル4				レベル5	レベル6
頂上事象	異常事象の定義 (OR条件)	具体的事象 (OR条件)	起因事象				対策 (AND条件) 青字：設計面，緑字：運用面	影響
			発生 タイミング	異常 カテゴリ	No.	内容		
							<p>手動操作にて窒素ガス消火設備を起動できる設計とする。</p>	
					13	<p>分析中に、薬品を誤って溢した状況を想定する。</p>	<ul style="list-style-type: none"> 設備内において、金属が急激に腐食する可能性のある薬品を取り扱わない。 コンクリートセル内で取り扱う薬品の量を必要最低限とし、万一、薬品を溢した際は速やかに拭き取る等の管理を行う。 	<p>(防止)</p> <p>→対策により、安全機能を喪失せず、設計評価事故に進展しない。</p>
					14	<p>背面遮蔽扉を誤って開放する状況を想定する。</p>	<ul style="list-style-type: none"> 背面遮蔽扉を誤操作により開放しないよう、インターロックを設ける設計とする。 誤操作を防止するため、施錠管理ができる設計とする。 	<p>(防止)</p> <p>→対策により、安全機能を喪失せず、設計評価事故に進展しない。</p>
					15	<p>窒素ガス消火設備の起動ボタンに誤って接触し起動させ、コンクリートセル内に窒素ガスが噴射される状況を想定する。</p>	<ul style="list-style-type: none"> 窒素ガス消火設備の起動ボタンに誤って接触しただけで起動しないよう、起動操作は単一操作（ボタン押下）だけでなく、二段階操作（スイッチ操作+ボタン押下）により起動する設計とする。 万一、窒素ガスを放出したとしても、設備内の負圧が維持できるよう、コンクリートセル内に吹き込まれる窒素ガス量に対して、コンクリートセルの排気量が多くなる設計とする。 	<p>(防止)</p> <p>→対策により、安全機能を喪失せず、設計評価事故に進展しない。</p>

2.14.8.1-14

レベル1	レベル2	レベル3	レベル4				レベル5	レベル6
頂上事象	異常事象の定義 (OR条件)	具体的事象 (OR条件)	起回事象				対策 (AND条件) 青字：設計面，緑字：運用面	影響
			発生 タイミング	異常 カテゴリ	No.	内容		
							<ul style="list-style-type: none"> 接触等により誤って窒素ガス消火設備を起動しないようにするため，窒素ガス消火設備の起動ボタンにカバー等を設置する。 	
			移送時	地震	16	<p>保管容器をインセルクレーンで移送中に，Sクラス相当の地震が発生した状況を想定する。地震により，外部電源を喪失した状態を想定する。</p>	<ul style="list-style-type: none"> 保管容器をインセルクレーンで移送中にSクラス相当の地震が発生したとしても，インセルクレーンがコンクリートセルに波及的影響を与えない設計とする。 保管容器をインセルクレーンで移送中に外部電源を喪失したとしても，保管容器と接続されている磁石は保管容器を吊り上げた状態で保持し，コンクリートセルに波及的影響を与えない設計とする。 	<p>(防止)</p> <p>→対策により，安全機能を喪失せず，設計評価事故に進展しない。</p>
					17	<p>コンクリートセルから鉄セルへ燃料デブリ等を移送中に，Sクラス相当の地震が発生した状況を想定する。</p>	<ul style="list-style-type: none"> コンクリートセルのセル間遮蔽扉（コンクリートセルNo. 4-鉄セル間）は，Sクラス相当の地震に対して耐震性を有し，安全機能を維持できる設計とする。 	<p>(防止)</p> <p>→対策により，安全機能を喪失せず，設計評価事故に進展しない。</p>
				設備故障	18	<p>保管容器をインセルクレーンで移送中に，インセルクレーンの動力部が故障することを</p>	<ul style="list-style-type: none"> 保管容器をインセルクレーンで移送中に，インセルクレーンの動力部が故障したとしても，インセルクレーンは保管容器を吊り上げた状態で保持 	<p>(防止)</p> <p>→対策により，安全機能を喪失せず</p>

2. 14. 8. 1-15

レベル1	レベル2	レベル3	レベル4				レベル5	レベル6
頂上事象	異常事象の定義 (OR条件)	具体的事象 (OR条件)	起回事象				対策 (AND条件) 青字：設計面，緑字：運用面	影響
			発生 タイミング	異常 カテゴリ	No.	内容		
						想定する。	し、コンクリートセルに波及的影響を与えない設計とする。	ず、設計評価事故に進展しない。
					19	保管容器をインセルクレーンで移送中に、外部電源喪失が発生した状況を想定する。	・保管容器をインセルクレーンで移送中に、外部電源喪失が発生したとしても、インセルクレーンは保管容器を吊り上げた状態で保持し、コンクリートセルに波及的影響を与えない設計とする。	(防止) →対策により、安全機能を喪失せず、設計評価事故に進展しない。
				人的過誤	20	保管容器とインセルクレーンの接続状態が不十分であり、保管容器が落下する可能性を想定する。	・作業者の他に確認者を設置し、作業を確認しながら実施する。	(防止) →対策により、安全機能を喪失せず、設計評価事故に進展しない。
					21	2重の扉となっているセル間遮蔽扉（コンクリートセルNo. 4-鉄セル間）を同時開放する状況を想定する。	・インターロックを設け、同時開放できないよう誤操作の防止を行う設計とする。 ・作業者以外の確認を可能にするため、セル間遮蔽扉（コンクリートセルNo. 4-鉄セル間）の開閉操作は2名以上で行い、誤操作を防止する。なお、セル間遮蔽扉（コンクリートセルNo. 4-鉄セル間）を同時に開いたとしても、コンクリートセルの負圧維持による閉じ込め機能で放射性物質の閉じ込め	(防止) →対策により、安全機能を喪失せず、設計評価事故に進展しない。

2. 14. 8. 1-16

レベル1	レベル2	レベル3	レベル4				レベル5	レベル6
頂上事象	異常事象の定義 (OR条件)	具体的事象 (OR条件)	起回事象				対策 (AND条件) 青字：設計面，緑字：運用面	影響
			発生 タイミング	異常 カテゴリ	No.	内容		
							が可能である。	
		鉄セルの閉じ込め 機能不全	分析時	地震 (地震に伴う火災を含む)	22	加熱機器を使用している際に、 <u>Sクラス相当の地震が発生し鉄セルが損傷</u> ，さらに， <u>地震に伴って可燃物が加熱機器に接触したことにより紙ウェ</u> <u>スが燃える程度の火災が発生</u> した状況を想定する。地震により，セル・グローブボックス用換気空調設備，圧縮空気設備，消火設備が損傷し，鉄セルの負圧維持機能，圧縮空気，外部電源及び消火機能が喪失した状態を想定する。	<ul style="list-style-type: none"> 鉄セル内で取り扱う可燃物の量を必要最低限にする等の管理を行う。 加熱機器を使用する間は，異常時に速やかな対応ができるよう，作業員が作業場所にて常時監視を行う。 Sクラス相当の地震により設備が安全機能を喪失したとしても，燃料デブリ等の取扱量の制限，建屋躯体により，公衆への被ばく影響が5mSvを超える放射線又は放射性物質の放出が生じない設計とする。 	(緩和) →燃料デブリ等の取扱量の制限，建屋躯体の構造による閉じ込めを行い，建屋の除染係数を考慮した場合の公衆の被ばく線量 4.4×10 ⁻¹ mSv
						設備故障	23	<u>セル・グローブボックス用換気空調設備の排風機の動力部故障</u> を想定する。

2.14.8.1-17

レベル1	レベル2	レベル3	レベル4				レベル5	レベル6
頂上事象	異常事象の定義 (OR条件)	具体的事象 (OR条件)	起回事象				対策 (AND条件) 青字：設計面，緑字：運用面	影響
			発生 タイミング	異常 カテゴリ	No.	内容		
							きる設計とする。	
					24	外部電源喪失によるセル・グローブボックス用換気空調設備の排風機停止を想定する。	<ul style="list-style-type: none"> 外部電源を喪失したとしても、非常用電源設備により、セル・グローブボックス用換気空調設備の排風機を運転できる設計とする。 万一、非常用電源設備が起動しなかったとしても、鉄セルの給排気弁を閉止し、構造による閉じ込め機能を維持できる設計とする。 	(防止) →対策により、安全機能を喪失せず、設計評価事故に進展しない。
					25	圧縮空気設備の動力部が故障したことに伴う排気弁の開閉操作不可を想定する。	<ul style="list-style-type: none"> 予備機により安全機能を維持できるよう、圧縮空気設備は多重化構成とする。 運転機及び予備機両方の圧縮空気設備が故障した場合、鉄セルの給排気弁を閉止し、構造による閉じ込め機能を維持できる設計とする。 	(防止) →対策により、安全機能を喪失せず、設計評価事故に進展しない。
				人的過誤	26	可燃物を加熱機器に誤って接触させ、鉄セル内で紙ウェスが燃える程度の火災が発生した状況を想定する。	<ul style="list-style-type: none"> 鉄セル内で取り扱う可燃物の量を必要最低限にする等の管理を行う。 加熱機器を使用する間は、異常時に速やかな対応ができるよう、作業員が作業場所にて常時監視を行う。 窒素ガス消火設備によりセル内火災を消火できる設計とする。 	(防止) →対策により、安全機能を喪失せず、設計評価事故に進展しない。
					27	窒素ガス消火設備の起動ボタ	<ul style="list-style-type: none"> 窒素ガス消火設備の起動ボタンに誤って接触した 	(防止)

2. 14. 8. 1-18

レベル1	レベル2	レベル3	レベル4				レベル5	レベル6
頂上事象	異常事象の定義 (OR条件)	具体的事象 (OR条件)	起回事象				対策 (AND条件) 青字：設計面，緑字：運用面	影響
			発生 タイミング	異常 カテゴリ	No.	内容		
						ンに誤って接触し起動させ、 鉄セル内に窒素ガスが噴射さ れる状況を想定する。	<p>だけで起動しないよう、起動操作は単一操作（ボタン押下）だけでなく、二段階操作（スイッチ操作+ボタン押下）により起動する設計とする。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・万一、窒素ガスを放出したとしても、設備内の負圧が維持できるよう、鉄セル内に吹き込まれる窒素ガス量に対して、鉄セルの排気量が多くなる設計とする。 ・接触等により誤って窒素ガス消火設備を起動しないようにするため、窒素ガス消火設備の起動ボタンにカバー等を設置する。 	→対策により、安全機能を喪失せず、設計評価事故に進展しない。
			移送時	地震	28	鉄セルからグローブボックス へ燃料デブリ等を移送中に、S クラス相当の地震が発生した 状況を想定する。	<ul style="list-style-type: none"> ・Sクラス相当の地震により設備が安全機能を喪失したとしても、燃料デブリ等の取扱量の制限、建屋躯体により、公衆への被ばく影響が5mSvを超える放射線又は放射性物質の放出が生じない設計とする。 	<p>（緩和）</p> <p>→燃料デブリ等の取扱量の制限、建屋躯体の構造による閉じ込めを行い、建屋の除染係数を考慮した場合の公衆の被ばく線量</p> <p>2.7×10⁻¹mSv</p>

レベル1	レベル2	レベル3	レベル4				レベル5	レベル6
頂上事象	異常事象の定義 (OR条件)	具体的事象 (OR条件)	起回事象				対策 (AND条件) 青字：設計面，緑字：運用面	影響
			発生 タイミング	異常 カテゴリ	No.	内容		
				設備故障	29	外部電源喪失によるセル・グローブボックス用換気空調設備の排風機停止を想定する。	<ul style="list-style-type: none"> 外部電源を喪失したとしても、非常用電源設備により、セル・グローブボックス用換気空調設備の排風機を運転できる設計とする。 万一、非常用電源設備が起動しなかったとしても、鉄セルの給排気弁を閉止し、構造による閉じ込め機能を維持できる設計とする。 	(防止) →対策により、安全機能を喪失せず、設計評価事故に進展しない。
					30	2重の扉となっている移送扉（鉄セル-グローブボックス間）を同時開放する状況を想定する。	<ul style="list-style-type: none"> 作業員以外の確認を可能にするため、移送扉（鉄セル-グローブボックス間）の開閉操作は2名以上で行い、誤操作を防止する。なお、移送扉（鉄セル-グローブボックス間）を同時に開いたとしても、鉄セルの負圧維持による閉じ込め機能で放射性物質の閉じ込めが可能である。 	(防止) →対策により、安全機能を喪失せず、設計評価事故に進展しない。
			グローブボックスの閉じ込め機能不全	分析時	地震 (地震に伴う火災を含む)	31	加熱機器を使用している際に、Sクラス相当の地震が発生しグローブボックスが損傷、さらに、地震に伴って可燃物が加熱機器に接触したことにより紙ウェスが燃える程度の火災が発生した状況を想定する。地震により、セル・グロ	<ul style="list-style-type: none"> グローブボックス内で取り扱う可燃物の量を必要最低限にする等の管理を行う。 加熱機器を使用する間は、異常時に速やかな対応ができるよう、作業員が作業場所にて常時監視を行う。 Sクラス相当の地震により設備が安全機能を喪失したとしても、燃料デブリ等の取扱量の制限、建屋躯体により、公衆への被ばく影響が5mSvを超

レベル1	レベル2	レベル3	レベル4				レベル5	レベル6
頂上事象	異常事象の定義 (OR条件)	具体的事象 (OR条件)	起回事象				対策 (AND条件) 青字：設計面，緑字：運用面	影響
			発生 タイミング	異常 カテゴリ	No.	内容		
						ープボックス用換気空調設備，消火設備が損傷し，グループボックスの負圧維持機能，外部電源及び消火機能が喪失した状態を想定する。	える放射線又は放射性物質の放出が生じない設計とする。	量 4.4×10 ⁻⁵ mSv
				設備故障	32	セル・グローブボックス用換気空調設備の排風機の動力部故障を想定する。	<ul style="list-style-type: none"> 予備機により安全機能を維持できるよう，セル・グローブボックス用換気空調設備の排風機は多重化構成とする。 セル・グローブボックス用換気空調設備の排風機の動力部が2台とも故障した場合，グループボックスの給排気弁を閉止し，構造による閉じ込め機能を維持できる設計とする。 	(防止) →対策により，安全機能を喪失せず，設計評価事故に進展しない。
					33	外部電源喪失によるセル・グローブボックス用換気空調設備の排風機停止を想定する。	<ul style="list-style-type: none"> 外部電源を喪失したとしても，非常用電源設備により，セル・グローブボックス用換気空調設備の排風機を運転できる設計とする。 万一，非常用電源設備が起動しなかったとしても，グループボックスの給排気弁を閉止し，構造による閉じ込め機能を維持できる設計とする。 	(防止) →対策により，安全機能を喪失せず，設計評価事故に進展しない。
				人的過誤	34	分析装置により生じた熱又は火花等が可燃物に接触し，グ	・グローブボックス内で取り扱う可燃物の量を必要最低限にする等の管理を行う。	(防止) →対策により，安全

2.14.8.1-21

レベル1	レベル2	レベル3	レベル4				レベル5	レベル6
頂上事象	異常事象の定義 (OR条件)	具体的事象 (OR条件)	起回事象				対策 (AND条件) 青字：設計面，緑字：運用面	影響
			発生 タイミング	異常 カテゴリ	No.	内容		
						ロープボックス内で紙ウェスが燃える程度の火災が発生した状況を想定する。	<ul style="list-style-type: none"> 加熱機器を使用する間は、異常時に速やかな対応ができるよう、作業員が作業場所にて常時監視を行う。 窒素ガス消火設備によりセル内火災を消火できる設計とする。 	機能を喪失せず，設計評価事故に進展しない。
					35	窒素ガス消火設備の起動ボタンに誤って接触し起動させ，グローブボックス内に窒素ガスが噴射される状況を想定する。	<ul style="list-style-type: none"> 窒素ガス消火設備の起動ボタンに誤って接触しただけで起動しないよう，起動操作は単一操作（ボタン押下）だけでなく，二段階操作（スイッチ操作+ボタン押下）により起動する設計とする。 万一，窒素ガスを放出したとしても，設備内の負圧が維持できるよう，グローブボックス内に吹き込まれる窒素ガス量に対して，グローブボックスの排気量が多くなる設計とする。 接触等により誤って窒素ガス消火設備を起動しないようにするため，窒素ガス消火設備の起動ボタンにカバー等を設置する。 	（防止） →対策により，安全機能を喪失せず，設計評価事故に進展しない。
			移送時	地震	36	グローブボックスからフードへ燃料デブリ等を移送中に，Sクラス相当の地震が発生した状況を想定する。	<ul style="list-style-type: none"> Sクラス相当の地震により設備が安全機能を喪失したとしても，燃料デブリ等の取扱量の制限，建屋躯体により，公衆への被ばく影響が5mSvを超える放射線又は放射性物質の放出が生じない設計 	（緩和） →燃料デブリ等の取扱量の制限，建屋躯体の構造による

2. 14. 8. 1-22

レベル1	レベル2	レベル3	レベル4				レベル5	レベル6
頂上事象	異常事象の定義 (OR条件)	具体的事象 (OR条件)	起回事象				対策 (AND条件) 青字：設計面，緑字：運用面	影響
			発生 タイミング	異常 カテゴリ	No.	内容		
							とする。	閉じ込めを行い建屋の除染係数を考慮した場合の公衆の被ばく線量 $2.7 \times 10^{-5} \text{mSv}$
				設備故障	37	グローブボックスから他設備へ移送する際に動的機器は用いないため、設備故障により、移送時に関連するグローブボックスの閉じ込め機能不全は想定されない。	—	—
				人的過誤	38	2重の扉となっている移送扉（グローブボックス-フード間）を同時開放する状況を想定する。	・作業者以外の確認を可能にするため、移送扉（グローブボックス-フード間）の開閉操作は2名以上で行い、誤操作を防止する。なお、移送扉（グローブボックス-フード間）を同時に開いたとしても、グローブボックスの負圧維持による閉じ込め機能で放射性物質の閉じ込めが可能である。	（防止） →対策により、安全機能を喪失せず、設計評価事故に進展しない。

レベル1	レベル2	レベル3	レベル4				レベル5	レベル6
頂上事象	異常事象の定義 (OR条件)	具体的事象 (OR条件)	起回事象				対策 (AND条件) 青字：設計面，緑字：運用面	影響
			発生 タイミング	異常 カテゴリ	No.	内容		
		フードの閉じ込め機能（風速維持）不全	分析時	地震	39	Sクラス相当の地震により、 <u>フード用換気空調設備</u> ， <u>フードの風速維持機能</u> ， <u>外部電源</u> が喪失した状況を想定する。	・Sクラス相当の地震により設備が安全機能を喪失したとしても、燃料デブリ等の取扱量の制限、建屋躯体により、公衆への被ばく影響が5mSvを超える放射線又は放射性物質の放出が生じない設計とする。	（緩和） →燃料デブリ等の取扱量の制限、建屋躯体の構造による閉じ込めを行い、建屋の除染係数を考慮した場合の公衆の被ばく線量 2.7×10 ⁻⁶ mSv
					40	<u>フード用換気空調設備の排風機</u> の動力部故障を想定する。	・予備機により安全機能を維持できるよう、 <u>フード用換気空調設備の排風機</u> は多重化構成とする。 ・設備が安全機能を喪失したとしても、燃料デブリ等の取扱量の制限、建屋躯体により、公衆への被ばく影響が 5mSv を超える放射線又は放射性物質の放出が生じない設計とする。 ・ <u>フード内の放射性物質が室内に放出しないよう</u> ， <u>フードの開口部を閉止し養生</u> することで、 <u>フード内に放射性物質を閉じ込める</u> 。	（防止） →対策により、安全機能を喪失せず、設計評価事故に進展しない。
				41	外部電源喪失による <u>フード用</u>	・外部電源を喪失したとしても、 <u>非常用電源設備</u> に	（防止）	

2.14.8.1-24

レベル1	レベル2	レベル3	レベル4				レベル5	レベル6
頂上事象	異常事象の定義 (OR条件)	具体的事象 (OR条件)	起回事象				対策 (AND条件) 青字：設計面，緑字：運用面	影響
			発生 タイミング	異常 カテゴリ	No.	内容		
						換気空調設備の排風機停止を想定する。	より，フード用換気空調設備の排風機が運転できる設計とする。 ・設備が安全機能を喪失したとしても，燃料デブリ等の取扱量の制限，建屋躯体により，公衆への被ばく影響が 5mSv を超える放射線又は放射性物質の放出が生じない設計とする。 ・フード内の放射性物質が室内に放出しないよう，フードの開口部を閉止し養生することで，フード内に放射性物質を閉じ込める。	→対策により，安全機能を喪失せず，設計評価事故に進展しない。
				人的過誤	42	フード窓を大きく開放したことにより，規定の風速が得られていない状況を想定する。	・作業者の他に確認者を設置し，作業を確認しながら実施する。 ・誤って大きく開放しないよう，フード窓に表示等を行う。 ・フード窓が必要以上に大きく開放しないよう，フード窓にストッパーを設ける設計とする。	(防止) →対策により，安全機能を喪失せず，設計評価事故に進展しない。
			移送時	地震	43	フードから他の設備へ移送する際に動的機器は用いないため，地震により，移送時に関連するフードの閉じ込め機能不全は想定されない。	—	—

2. 14. 8. 1-25

レベル1	レベル2	レベル3	レベル4				レベル5	レベル6
頂上事象	異常事象の定義 (OR条件)	具体的事象 (OR条件)	起回事象				対策 (AND条件) 青字：設計面，緑字：運用面	影響
			発生 タイミング	異常 カテゴリ	No.	内容		
				設備故障	44	フードから他の設備へ移送する際に動的機器は用いないため，設備故障により，移送時に関連するフードの閉じ込め機能不全は想定されない。	—	—
				人的過誤	45	フードの閉じ込め機能は風速維持によるものであるため，人的過誤により，フードの閉じ込め機能不全は想定されない。	—	—
		液体廃棄物一時貯留設備の閉じ込め機能不全	払出時	地震	46	Sクラス相当の地震による液体廃棄物一時貯留設備の損傷を想定する。	・地震により設備が安全機能を喪失したとしても，建屋躯体により，公衆への被ばく影響が5mSvを超える放射線又は放射性物質の放出が生じない設計とする。	(緩和) →建屋躯体の構造による閉じ込めを行い，建屋の除染係数を考慮した場合の公衆の被ばく線量 7.2×10 ⁻⁶ mSv
						設備故障	47	液体廃棄物の払出中に，移送ポンプの動力部故障を想定す

2. 14. 8. 1-26

レベル1	レベル2	レベル3	レベル4				レベル5	レベル6
頂上事象	異常事象の定義 (OR条件)	具体的事象 (OR条件)	起因事象				対策 (AND条件) 青字：設計面，緑字：運用面	影響
			発生 タイミング	異常 カテゴリ	No.	内容		
						る。	留まり，閉じ込め機能を維持できる設計とする。	全機能を喪失せず，設計評価事故に進展しない。
					48	液体廃棄物の払出中に，外部電源喪失が発生し， <u>液位計，移送ポンプが使用できなくなる</u> 状況を想定する。	・液体廃棄物の払出中に，外部電源喪失が発生したとしても，廃液は液体廃棄物一時貯留設備の廃液受槽又は配管に留まり，閉じ込め機能を維持できる設計とする。	(防止) →対策により，安全機能を喪失せず，設計評価事故に進展しない。
				人的過誤	49	液体廃棄物の払出しの際に使用するタンクローリーとの接続が不十分で，隙間が生じることを想定する。	・作業者以外の確認を可能にするため，接続等の払出し作業は2名以上で行い，誤操作を防止する。 ・万一，隙間が生じ漏えいしたとしても，その拡大を防止するため，タンクローリーとの接続部にドレンパンを設ける設計とする。	(防止) →対策により，安全機能を喪失せず，設計評価事故に進展しない。
					50	液体廃棄物の払出時に，タンクローリーの容量を超えた液体廃棄物を移送ポンプで送水する状況を想定する。	・液体廃棄物の払出時は，液体廃棄物一時貯留設備の貯留量よりも大きい容量を有するタンクローリーを用いる。	(防止) →対策により，安全機能を喪失せず，設計評価事故に進展しない。
			一時保管時	地震	51	Sクラス相当の地震による液体	・地震により設備が安全機能を喪失したとしても，	(緩和)

2.14.8.1-27

レベル1	レベル2	レベル3	レベル4				レベル5	レベル6
頂上事象	異常事象の定義 (OR条件)	具体的事象 (OR条件)	起回事象				対策 (AND条件) 青字：設計面，緑字：運用面	影響
			発生 タイミング	異常 カテゴリ	No.	内容		
						廃棄物一時貯留設備の損傷を想定する。	建屋躯体により，公衆への被ばく影響が 5mSv を超える放射線又は放射性物質の放出が生じない設計とする。	→建屋躯体の構造による閉じ込めを行い，建屋の除染係数を考慮した場合の公衆の被ばく線量 7.2×10 ⁻⁶ mSv
				設備故障	52	移送ポンプの動力部故障を想定する。	・移送ポンプの動力部が故障したとしても，廃液は液体廃棄物一時貯留設備の廃液受槽又は配管に留まり，閉じ込め機能を維持できる設計とする。	(防止) →対策により，安全機能を喪失せず，設計評価事故に進展しない。
					53	液体廃棄物を廃液受槽から別の廃液受槽へ移送中に，液位計が故障する状況を想定する。	・廃液受槽間にオーバーフローラインを設置し，液位が廃液受槽の上限を超えたとしても他の廃液受槽に送水される設計とする。 ・移送元及び移送先の液位を確認して作業を行う。 ・2名以上で作業を行い，誤操作を防止する。	(防止) →対策により，安全機能を喪失せず，設計評価事故に進展しない。
					54	液体廃棄物一時保管中に，外部電源喪失が発生した状況を想定する。	・液体廃棄物一時保管中に，外部電源喪失が発生したとしても，廃液は液体廃棄物一時貯留設備の廃液受槽に留まり，閉じ込め機能を維持できる設計	(防止) →対策により，安全機能を喪失せず，設計評価事故に進展しない。

2.14.8.1-28

レベル1	レベル2	レベル3	レベル4				レベル5	レベル6
頂上事象	異常事象の定義 (OR条件)	具体的事象 (OR条件)	起回事象				対策 (AND条件) 青字：設計面，緑字：運用面	影響
			発生 タイミング	異常 カテゴリ	No.	内容		
							とする。	ず，設計評価事故に進展しない。
				人的過誤	55	液体廃棄物の払出しの際に使用するタンクローリーが接続されていない状況で，誤って移送ポンプを稼働させてしまい，液体廃棄物を送水することを想定する。	<ul style="list-style-type: none"> タンクローリーと接続する箇所は，接続時以外は閉止しており，移送ポンプを誤って稼働し液体廃棄物が送水されたとしても，接続箇所から漏えいしない設計とする。 作業者と立会者の2名以上で確認を行って作業を行うことで，人的過誤を防止する。 	(防止) →対策により，安全機能を喪失せず，設計評価事故に進展しない。
					56	液体廃棄物一時貯留設備のサンプリング口を開けたままの状態 ^① で放置することを想定する。	<ul style="list-style-type: none"> 液体廃棄物が漏えいした場合は，漏えい検知器により漏えいを検知できる設計とする。 液体廃棄物が漏えいしたとしても，堰内に液体廃棄物を全量保持できる設計とする。 堰内で保持した液体廃棄物は回収ポンプにて，液体廃棄物一時貯留設備に回収できる設計とする。 作業者と立会者の2名以上で確認を行って作業を行うことで，人的過誤を防止する。 	(緩和) →建屋躯体の構造による閉じ込めを行い，建屋の除染係数を考慮した場合の公衆の被ばく線量 $7.2 \times 10^{-6} \text{mSv}$
					57	液位計を十分確認せず，液体廃棄物を廃液受槽から別の廃液受槽へ移送する状況を想定する。	<ul style="list-style-type: none"> 廃液受槽間にオーバーフローラインを設置し，液位が廃液受槽の上限を超えたとしても他の廃液受槽に送水される設計とする。 移送元及び移送先の液位を確認して作業を行う。 	(防止) →対策により，安全機能を喪失せず，設計評価事故

2. 14. 8. 1-29

レベル1	レベル2	レベル3	レベル4				レベル5	レベル6
頂上事象	異常事象の定義 (OR条件)	具体的事象 (OR条件)	起回事象				対策 (AND条件) 青字：設計面，緑字：運用面	影響
			発生 タイミング	異常 カテゴリ	No.	内容		
							・2名以上で作業を行い，誤操作を防止する。	に進展しない。
	遮蔽機能不全	建屋の遮蔽機能不全 (固体廃棄物払出準備設備，液体廃棄物一時貯留設備における払出時及び一時保管時，分析装置による分析時)	払出時	地震	58	払出時に用いる設備で遮蔽機能に関わる動的機器はないため，地震により，払出時に関連する建屋の遮蔽機能不全は想定されない。	—	—
				設備故障	59	払出時に用いる設備で遮蔽機能に関わる動的機器はないため，設備故障により，払出時に関連する建屋の遮蔽機能不全は想定されない。	—	—
				人的過誤	60	建屋躯体により遮蔽機能を維持しているため，人的過誤により，払出時に関連する建屋の遮蔽機能不全は想定されない。	—	—
			一時保管時	地震	61	Sクラス相当の地震が発生した状況を想定する。	・建屋は，動的地震力 Ss900 に対し耐震性を有しているため安全機能を維持できる。	(防止) →対策により，安全機能を喪失せず，設計評価事故

2. 14. 8. 1-30

レベル1	レベル2	レベル3	レベル4				レベル5	レベル6
頂上事象	異常事象の定義 (OR条件)	具体的事象 (OR条件)	起回事象				対策 (AND条件) 青字：設計面，緑字：運用面	影響
			発生 タイミング	異常 カテゴリ	No.	内容		
								に進展しない。
				設備故障	62	一時保管時に用いる設備で遮蔽機能に関わる動的機器はないため，設備故障により，一時保管時に関連する建屋の遮蔽機能不全は想定されない。	—	—
				人的過誤	63	建屋躯体により遮蔽機能を維持しているため，人的過誤により，一時保管時に関連する建屋の遮蔽機能不全は想定されない。	—	—
			分析時	地震	64	分析時に用いる設備で遮蔽機能に関わる動的機器はないため，地震により，分析時に関連する建屋の遮蔽機能不全は想定されない。	—	—
				設備故障	65	分析時に用いる設備で遮蔽機能に関わる動的機器はないため，設備故障により，分析時に関連する建屋の遮蔽機能不	—	—

2. 14. 8. 1-31

レベル1	レベル2	レベル3	レベル4				レベル5	レベル6
頂上事象	異常事象の定義 (OR条件)	具体的事象 (OR条件)	起回事象				対策 (AND条件) 青字：設計面，緑字：運用面	影響
			発生 タイミング	異常 カテゴリ	No.	内容		
						全は想定されない。		
				人的過誤	66	建屋躯体により遮蔽機能を維持しているため，人的過誤により，分析時に関連する建屋の遮蔽機能不全は想定されない。	—	—
		コンクリートセルの遮蔽機能不全	受入・払出時	地震	67	受入・払出時に用いる設備で遮蔽機能に関わる動的機器はないため，地震により，受入・払出時に関連するコンクリートセルの遮蔽機能不全は想定されない。	—	—
				設備故障	68	受入・払出時に用いる設備で遮蔽機能に関わる動的機器はないため，設備故障により，受入・払出時に関連するコンクリートセルの遮蔽機能不全は想定されない。	—	—
				人的過誤	69	受入・払出時に用いる設備で遮蔽機能に関わる動的機器は	—	—

2. 14. 8. 1-32

レベル1	レベル2	レベル3	レベル4				レベル5	レベル6
頂上事象	異常事象の定義 (OR条件)	具体的事象 (OR条件)	起回事象				対策 (AND条件) 青字：設計面，緑字：運用面	影響
			発生 タイミング	異常 カテゴリ	No.	内容		
						ないため，人的過誤により，受入・払出時に関連するコンクリートセルの遮蔽機能不全は想定されない。		
			分析時	地震 (地震に伴う火災を含む)	70	加熱機器を使用している際に， <u>Sクラス相当の地震が発生</u> ，さらに， <u>地震に伴って可燃物が加熱機器に接触し，セル内で紙ウェスが燃える程度の火災が発生した状況を想定</u> する。地震により，セル・グローブボックス用換気空調設備，圧縮空気設備，消火設備が損傷し，コンクリートセルの負圧維持機能，圧縮空気，外部電源及び消火機能が喪失した状態を想定する。	<ul style="list-style-type: none"> ・コンクリートセル内で取り扱う可燃物の量を必要最低限にする等の管理を行う。 ・加熱機器を使用する間は，異常時に速やかな対応ができるよう，作業員が作業場所にて常時監視を行う。 ・Sクラス相当の地震に対して，コンクリートセルはおおむね弾性範囲にとどまり，安全機能を維持できる。 ・コンクリートセルの給排気弁は，Sクラス相当の地震に対して耐震性を有する設計とし，セル・グローブボックス用換気空調設備，圧縮空気設備が損傷又は外部電源を喪失した場合，コンクリートセルの給排気弁が自動で閉止し，構造による閉じ込め機能を維持できる設計とする。 ・コンクリートセルの給排気弁が単一故障により自動で閉止しなかったとしても，コンクリートセル 	(防止) →対策により，安全機能を喪失せず，設計評価事故に進展しない。

レベル1	レベル2	レベル3	レベル4				レベル5	レベル6
頂上事象	異常事象の定義 (OR条件)	具体的事象 (OR条件)	起回事象				対策 (AND条件) 青字：設計面，緑字：運用面	影響
			発生 タイミング	異常 カテゴリ	No.	内容		
							の給排気弁を多重化することで閉じ込めが行える設計とする。	
				設備故障	71	分析時に用いる設備で遮蔽機能に関わる動的機器はないため，設備故障により，分析時に関連するコンクリートセルの遮蔽機能不全は想定されない。	—	—
				人的過誤	72	誤って背面遮蔽扉又は天井ポートを開放することを想定する。	<ul style="list-style-type: none"> 背面遮蔽扉を誤操作により開放しないよう，インターロックを設ける設計とする。 背面遮蔽扉を誤って開放しないようにするため，施錠管理ができる設計とする。 天井ポートを開閉するハンドルは取り外しておき，必要などきのみ取り付ける運用とする。 	(防止) →対策により，安全機能を喪失せず，設計評価事故に進展しない。
			移送時	地震	73	移送時に用いる設備で遮蔽機能に関わる動的機器はないため，地震により，移送時に関連するコンクリートセルの遮蔽機能不全は想定されない。	—	—
				設備故障	74	移送時に用いる設備で遮蔽機	—	—

2. 14. 8. 1-34

レベル1	レベル2	レベル3	レベル4				レベル5	レベル6
頂上事象	異常事象の定義 (OR条件)	具体的事象 (OR条件)	起回事象				対策 (AND条件) 青字：設計面，緑字：運用面	影響
			発生 タイミング	異常 カテゴリ	No.	内容		
						能に関わる動的機器はないため、設備故障により、移送時に関連するコンクリートセルの遮蔽機能不全は想定されない。		
				人的過誤	75	移送時に用いる設備で遮蔽機能に関わる動的機器はないため、人的過誤により、移送時に関連するコンクリートセルの遮蔽機能不全は想定されない。	—	—
		試料ピットの遮蔽機能不全	一時保管時	地震	76	試料ピットに燃料デブリ等を一時保管中に、Sクラス相当の地震が発生した状況を想定する。	・Sクラス相当の地震に対して、試料ピットはおおむね弾性範囲にとどまり、安全機能を維持できる。	(防止) →対策により、安全機能を喪失せず、設計評価事故に進展しない。
				設備故障	77	一時保管時に用いる設備で遮蔽機能に関わる動的機器はないため、設備故障により、一時保管時に関連する試料ピッ	—	—

2. 14. 8. 1-35

レベル1	レベル2	レベル3	レベル4				レベル5	レベル6
頂上事象	異常事象の定義 (OR条件)	具体的事象 (OR条件)	起回事象				対策 (AND条件) 青字：設計面，緑字：運用面	影響
			発生 タイミング	異常 カテゴリ	No.	内容		
						トの遮蔽機能不全は想定されない。		
				人的過誤	78	一時保管時に用いる設備で遮蔽機能に関わる動的機器はないため、人的過誤により、一時保管時に関連する試料ピットの遮蔽機能不全は想定されない。	—	—
		鉄セルの遮蔽機能不全	分析時	地震 (地震に伴う火災を含む)	79	加熱機器を使用している際に、 <u>Sクラス相当の地震が発生し鉄セルが損傷</u> 、さらに、 <u>地震に伴って可燃物が加熱機器に接触したことにより、鉄セル内で紙ウェスが燃える程度の火災が発生した状況</u> を想定する。地震により、セル・グローブボックス用換気空調設備、圧縮空気設備、消火設備が損傷し、鉄セルの負圧維持機能、圧縮空気、外部電源及	<ul style="list-style-type: none"> 鉄セル内で取り扱う可燃物の量を必要最低限にする等の管理を行う。 加熱機器を使用する間は、異常時に速やかな対応ができるよう、作業員が作業場所にて常時監視を行う。 Sクラス相当の地震により設備が安全機能を喪失したとしても、燃料デブリ等の取扱量の制限、建屋躯体により、公衆への被ばく影響が5mSvを超える放射線又は放射性物質の放出が生じない設計とする。 	<p>(緩和)</p> <p>—燃料デブリ等の取扱量の制限、建屋躯体の構造による遮蔽を行った場合の公衆の被ばく線量</p> <p>3.1×10⁻⁷mSv</p>

レベル1	レベル2	レベル3	レベル4				レベル5	レベル6
頂上事象	異常事象の定義 (OR条件)	具体的事象 (OR条件)	起回事象				対策 (AND条件) 青字：設計面，緑字：運用面	影響
			発生 タイミング	異常 カテゴリ	No.	内容		
						び消火機能が喪失した状態を想定する。		
				設備故障	80	分析時に用いる設備で遮蔽機能に関わる動的機器はないため，設備故障により，分析時に関連する鉄セルの遮蔽機能不全は想定されない。	—	—
				人的過誤	81	分析時に用いる設備で遮蔽機能に関わる動的機器はないため，人的過誤により，分析時に関連する鉄セルの遮蔽機能不全は想定されない。	—	—
			移送時	地震	82	移送時に用いる設備で遮蔽機能に関わる動的機器はないため，地震により，移送時に関連する鉄セルの遮蔽機能不全は想定されない。	—	—
				設備故障	83	移送時に用いる設備で遮蔽機能に関わる動的機器はないため，設備故障により，移送時	—	—

2.14.8.1-37

レベル1	レベル2	レベル3	レベル4				レベル5	レベル6	
頂上事象	異常事象の定義 (OR条件)	具体的事象 (OR条件)	起回事象				対策 (AND条件) 青字：設計面，緑字：運用面	影響	
			発生 タイミング	異常 カテゴリ	No.	内容			
						に関連する鉄セルの遮蔽機能不全は想定されない。	—	—	
					84	移送時に用いる設備で遮蔽機能に関わる動的機器はないため、人的過誤により、移送時に関連する鉄セルの遮蔽機能不全は想定されない。			
	臨界防止機能喪失	コンクリートセルの臨界防止機能喪失	受入・払出時		地震	85	地震による重量測定器の損傷を想定する。	・質量管理を継続して実施できるようにするため、重量測定器の予備機を設置する。	(防止) →対策により、安全機能を喪失せず、設計評価事故に進展しない。
					設備故障	86	重量測定器の誤作動による表示値の相違からの最大取扱量の超過を想定する。	・燃料デブリ等の重量測定を行う前に、標準器（分銅）を用いて表示値の確認をすることを手順に定める。 ・作業者と立会者の2名以上で確認を行って作業を行うことで、人的過誤を防止する。	(防止) →対策により、安全機能を喪失せず、設計評価事故に進展しない。
					人的過誤	87	重量測定器の表示値を読み間違えることによる最大取扱量の超過を想定する。	・燃料デブリ等の重量を繰り返し測定することを手順に定める。 ・作業者と立会者の2名以上で確認を行って作業を	(防止) →対策により、安全機能を喪失せず、設計評価事故に進展しない。

2. 14. 8. 1-38

レベル1	レベル2	レベル3	レベル4				レベル5	レベル6
頂上事象	異常事象の定義 (OR条件)	具体的事象 (OR条件)	起回事象				対策 (AND条件) 青字：設計面，緑字：運用面	影響
			発生 タイミング	異常 カテゴリ	No.	内容		
							行うことで，人的過誤を防止する。	ず，設計評価事故に進展しない。
					88	コンクリートセル内に燃料デブリ等が存在する状態で，コンクリートセル外から燃料デブリ等を受け入れることを想定する（二重装荷）。	<ul style="list-style-type: none"> 保管容器を受け入れる前に，計算機又は伝票により受入先における存在量が最大取扱量以下であることを確認する手順とする。 作業者と立会者の2名以上で確認を行って作業を行うことで，人的過誤を防止する。 燃料デブリ等の取扱量について，二重装荷を考慮した値を核的制限値として設定し，管理する。 	（防止） →対策により，安全機能を喪失せず，設計評価事故に進展しない。
					89	コンクリートセル内に燃料デブリ等が存在する状態で，誤って保管容器を取り出すことを想定する（二重装荷）。	<ul style="list-style-type: none"> 保管容器を取出す前に，計算機又は伝票により移動先における存在量が最大取扱量以下であることを確認する手順とする。 作業者と立会者の2名以上で確認を行って作業を行うことで，人的過誤を防止する。 燃料デブリ等の取扱量について，二重装荷を考慮した値を核的制限値として設定し，管理する。 	（防止） →対策により，安全機能を喪失せず，設計評価事故に進展しない。
			分析時	地震	90	分析時に用いる設備で臨界防止機能に関わる動的機器はないため，地震により，分析時に関連するコンクリートセル	—	—

2. 14. 8. 1-39

レベル1	レベル2	レベル3	レベル4				レベル5	レベル6
頂上事象	異常事象の定義 (OR条件)	具体的事象 (OR条件)	起回事象				対策 (AND条件) 青字：設計面，緑字：運用面	影響
			発生 タイミング	異常 カテゴリ	No.	内容		
						の臨界防止機能喪失は想定されない。		
				設備故障	91	分析時に用いる設備で臨界防止機能に関わる動的機器はないため，設備故障により，分析時に関連するコンクリートセルの臨界防止機能喪失は想定されない。	—	—
				人的過誤	92	分析時に用いる設備で臨界防止機能に関わる動的機器はないため，人的過誤により，分析時に関連するコンクリートセルの臨界防止機能喪失は想定されない。	—	—
			移送時	地震	93	地震による重量測定器の損傷を想定する。	・質量管理を継続して実施できるようにするため，重量測定器の予備機を設置する。	(防止) →対策により，安全機能を喪失せず，設計評価事故に進展しない。
				設備故障	94	重量測定器の誤作動による表	・燃料デブリ等の重量測定を行う前に，標準器（分	(防止)

2. 14. 8. 1-40

レベル1	レベル2	レベル3	レベル4				レベル5	レベル6
頂上事象	異常事象の定義 (OR条件)	具体的事象 (OR条件)	起回事象				対策 (AND条件) 青字：設計面，緑字：運用面	影響
			発生 タイミング	異常 カテゴリ	No.	内容		
						示値の相違からの最大取扱量の超過を想定する。	銅)を用いて表示値の確認をすることを手順に定める。 ・作業者と立会者の2名以上で確認を行って作業を行うことで、人的過誤を防止する。	→対策により、安全機能を喪失せず、設計評価事故に進展しない。
				人的過誤	95	試料容器又は収納容器のIDを読み間違え、制限を超える燃料デブリ等を移送することを想定する(二重装荷)。	・作業者と立会者の2名以上で確認を行って作業を行うことで、人的過誤を防止する。 ・燃料デブリ等の取扱量について、二重装荷を考慮した値を核的制限値として設定する。	(防止) →対策により、安全機能を喪失せず、設計評価事故に進展しない。
					96	重量測定器の表示値を読み間違えることによる最大取扱量の超過を想定する。	・燃料デブリ等の重量を繰り返し測定することを手順に定める。 ・作業者と立会者の2名以上で確認を行って作業を行うことで、人的過誤を防止する。	(防止) →対策により、安全機能を喪失せず、設計評価事故に進展しない。
		試料ピットの臨界防止機能喪失	一時保管時	地震	97	試料ピットに燃料デブリ等を一時保管中に、Sクラス相当の地震が発生した状況を想定する。	・Sクラス相当の地震に対して、試料ピットはおおむね弾性範囲にとどまり、安全機能を維持できる。 ・Sクラス相当の地震により試料ピット内の3つの保管容器が損傷し、保管容器に収納していた燃料デブリ等が試料ピットのホール下層に集まった	(防止) →対策により、安全機能を喪失せず、設計評価事故に進展しない。

2. 14. 8. 1-41

レベル1	レベル2	レベル3	レベル4				レベル5	レベル6
頂上事象	異常事象の定義 (OR条件)	具体的事象 (OR条件)	起回事象				対策 (AND条件) 青字：設計面，緑字：運用面	影響
			発生 タイミング	異常 カテゴリ	No.	内容		
							としても臨界に達しない量を核的制限値として設定する。	
				設備故障	98	重量測定器の誤作動による表示値の相違からの最大取扱量の超過を想定する。	<ul style="list-style-type: none"> 燃料デブリ等の重量測定を行う前に，標準器（分銅）を用いて表示値の確認をすることを手順に定める。 作業者と立会者の2名以上で確認を行って作業を行うことで，人的過誤を防止する。 	<p>（防止）</p> <p>→対策により，安全機能を喪失せず，設計評価事故に進展しない。</p>
				人的過誤	99	誤って保管容器に制限以上の燃料デブリ等を収納することを想定する（二重装荷）。	<ul style="list-style-type: none"> 保管容器に保管する前に，計算機又は伝票により移動先における存在量が最大取扱量以下であることを確認する手順とする。 作業者と立会者の2名以上で確認を行って作業を行うことで，人的過誤を防止する。 燃料デブリ等の取扱量について，二重装荷を考慮した値を核的制限値として設定する。 	<p>（防止）</p> <p>→対策により，安全機能を喪失せず，設計評価事故に進展しない。</p>
					100	試料容器又は収納容器のIDを読み間違え，制限を超える燃料デブリ等を収納することを想定する（二重装荷）。	<ul style="list-style-type: none"> 作業者と立会者の2名以上で確認を行って作業を行うことで，人的過誤を防止する。 燃料デブリ等の取扱量について，二重装荷を考慮した値を核的制限値として設定する。 	<p>（防止）</p> <p>→対策により，安全機能を喪失せず，設計評価事故に進展しない。</p>
					101	試料ピットに保管容器を誤つ	<ul style="list-style-type: none"> 作業者と立会者の2名以上で確認を行って作業を 	<p>（防止）</p>

2.14.8.1-42

レベル1	レベル2	レベル3	レベル4				レベル5	レベル6
頂上事象	異常事象の定義 (OR条件)	具体的事象 (OR条件)	起回事象				対策 (AND条件) 青字：設計面，緑字：運用面	影響
			発生 タイミング	異常 カテゴリ	No.	内容		
						で制限数以上収納する状況を想定する。	<p>行うことで、人的過誤を防止する。</p> <ul style="list-style-type: none"> 伝票管理を行い、試料ピット内の状況を把握できるようにする。 試料ピット内を確認した後、試料ピットに保管容器を収納する。 	→対策により、安全機能を喪失せず、設計評価事故に進展しない。

表2.14.8.1-5 施設全体に影響を及ぼす起因事象による公衆被ばく線量の合算

異常事象※	表2.14.8.1-4 引用No.	起因事象	公衆被ばく 線量 (mSv)
コンクリートセルの 閉じ込め機能不全	8	地震（地震に伴う火災を含む）	1.8
鉄セルの閉じ込め機能不全	22	地震（地震に伴う火災を含む）	4.4×10^{-1}
グローブボックスの 閉じ込め機能不全	31	地震（地震に伴う火災を含む）	4.4×10^{-5}
フードの閉じ込め機能 （風速維持）不全	39	地震	2.7×10^{-5}
液体廃棄物一時貯留設備の 閉じ込め機能不全	51	地震	7.2×10^{-6}
鉄セルの遮蔽機能不全	79	地震（地震に伴う火災を含む）	3.1×10^{-7}
地震による公衆被ばく線量 (mSv)			2.3

※設計評価事故の評価において、同じ設備に対し地震を起因とした異常事象が複数ある場合は、公衆被ばく線量が最も大きくなる異常事象（値が同じであれば、代表して分析時の公衆被ばく線量）を引用して、公衆被ばく線量の合算を行う。

設計評価事故時における公衆被ばく線量の評価

設計評価事故を抽出し、設備設計・運用上の対策を講じた上での公衆の被ばく線量が発生事故あたり5mSvを超えないことを確認するため、設計評価事故時における公衆被ばく線量の評価を行った。評価条件及び結果を以下に示す。

1. 評価結果

1.1 起回事象No.8 (表2.14.8.1-4からNo.引用)

(1) 想定事象

- ・ 加熱機器を使用している際に、Sクラス相当の地震が発生、さらに、地震に伴って可燃物が加熱機器に接触し、セル内で紙ウェスが燃える程度の火災が発生した状況を想定する。地震により、セル・グローブボックス用換気空調設備、圧縮空気設備、消火設備が損傷し、コンクリートセルの負圧維持機能、圧縮空気、外部電源及び消火機能が喪失した状態を想定する。

(2) 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する。
- ・ 切断時に発生する粉体（約 7.0×10^{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%）が気相に移行する。
- ・ 気相に移行した放射性物質は、排気系統を通じてではなく、直接、室内に放出され、更に室内から建屋外へ地上放出され、敷地境界に達したと想定する。
- ・ 放射性物質の放出経路の概要図を図2.14.8.1-3に示す。

※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）

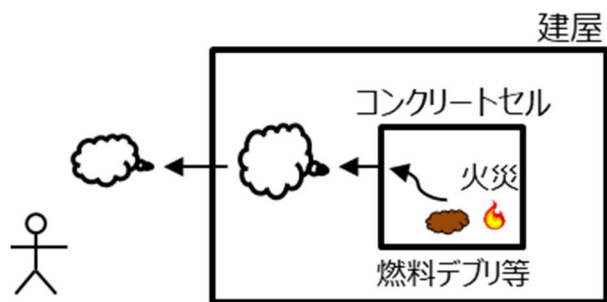


図 2. 14. 8. 1-3 放射性物質の放出経路の概要図（起因事象 No. 8）

(3) 除染係数

- ・ コンクリートセル及び建屋について、除染係数（DF）として 10 を考慮する^{※3}。
- ・ ガス状の放射性物質については、除染係数を考慮しない。

※3 コンクリートセル及び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

(4) 放出された放射能

- ・ 建屋外への核種ごとの放出量を表 2. 14. 8. 1-6 に示す。
- ・ 表 2. 14. 8. 1-6 より、建屋外に放出された放射能を $4.6 \times 10^9 \text{Bq}$ と評価する。

表 2. 14. 8. 1-6 建屋外への核種ごとの放出量（起因事象 No. 8）

核種	放出量 [Bq]	「その他」の主な核種	
Pu-238	7.5×10^7	核種	放出量 [Bq]
Pu-239	5.4×10^6	Kr-85	3.2×10^9
Pu-240	9.7×10^6	H-3	3.3×10^8
Pu-241	7.5×10^8		
Am-241	4.0×10^7		
Am-242m	1.4×10^6		
Cm-244	1.0×10^7		
その他 ^{※4}	3.7×10^9		
合計	4.6×10^9		

※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。

(5) 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を $3.2 \times 10^{-7} \text{h/m}^3$ と評価する。

(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」を参考に求めた吸入摂取による内部被ばく線量は約 1.8mSv となる。
- ・ なお、吸入摂取の被ばく経路には地表に沈着した放射性物質の再浮遊に起因するものも存在するが、再浮遊係数 ($1.0 \times 10^{-8} \text{cm}^{-1}$) ^{※5} を用いると再浮遊濃度は約 $6.4 \times 10^{-2} \text{Bq/m}^3$ 程度であり、被ばく評価全体への寄与は小さい。また、建屋外に放出された放射性物質からの放射線（クラウドシャイン、グランドシャイン）による外部被ばく線量^{※6}は、それぞれ約 $1.1 \times 10^{-6} \text{mSv}$ 、約 $5.8 \times 10^{-4} \text{mSv}$ となり、建屋外に放出された放射性物質による内部被ばく線量と比べ十分小さい。

※5 発電用軽水型原子炉施設の安全審査における一般公衆の線量評価について 平成13年3月29日、原子力安全委員会 一部改訂

※6 クラウドシャインについては気相へ移行した放射性物質が1時間で全て放出された想定で評価し、グランドシャインについては、評価期間を7日間として評価した。

1.2 起回事象No.22（表2.14.8.1-4からNo.引用）

(1) 想定事象

- ・ 加熱機器を使用している際に、Sクラス相当の地震が発生し鉄セルが損傷、さらに、地震に伴って可燃物が加熱機器に接触したことにより紙ウェスが燃える程度の火災が発生した状況を想定する。地震により、セル・グローブボックス用換気空調設備、圧縮空気設備、消火設備が損傷し、鉄セルの負圧維持機能、圧縮空気、外部電源及び消火機能が喪失した状態を想定する。

(2) 放射性物質の放出経路

- ・ 鉄セルにおける燃料デブリ等 ████████ の取扱い時に地震が発生し、その後、火災が発生したことを想定する。なお、鉄セルにおいては燃料デブリ等の切断を行わないが、保守的な評価として、気相への放射性物質の移行率は、燃料デブリ等切断時の値を使用する。
- ・ 切断時に発生する粉体（約 $2.0 \times 10^{11} \text{Bq}$ ）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%）が気相に移行する。
- ・ 気相に移行した放射性物質は、排気系統を通じてではなく、直接、室内に放出され、更に室内から建屋外へ地上放出され、敷地境界に達したと想定する。
- ・ 放射性物質の放出経路の概要図を図2.14.8.1-4に示す。

※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)

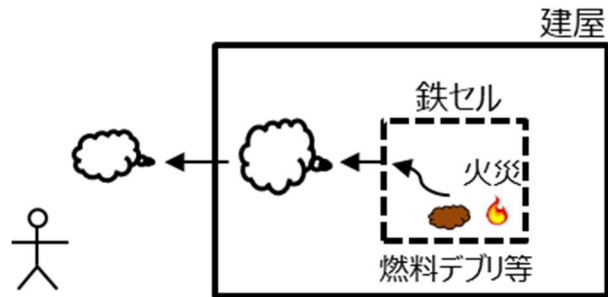


図 2. 14. 8. 1-4 放射性物質の放出経路の概要図 (起因事象 No. 22)

(3) 除染係数

- ・ 建屋について、除染係数 (DF) として 10 を考慮する※3。
- ・ ガス状の放射性物質については、除染係数を考慮しない。

※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

(4) 放出された放射能

- ・ 建屋外への核種ごとの放出量を表 2. 14. 8. 1-7 に示す。
- ・ 表 2. 14. 8. 1-7 より、建屋外に放出された放射能を $3.6 \times 10^8 \text{Bq}$ と評価する。

表 2. 14. 8. 1-7 建屋外への核種ごとの放出量 (起因事象 No. 22)

		「その他」の主な核種	
核種	放出量 [Bq]	核種	放出量 [Bq]
Pu-238	1.9×10^7	Kr-85	8.0×10^7
Pu-239	1.4×10^6	H-3	8.3×10^6
Pu-240	2.4×10^6		
Pu-241	1.9×10^8		
Am-241	1.0×10^7		
Am-242m	3.4×10^5		
Cm-244	2.6×10^6		
その他※4	1.3×10^8		
合計	3.6×10^8		

※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。

(5) 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を $3.2 \times 10^{-7} \text{h/m}^3$ と評価する。

(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」を参考に求めた吸入摂取による内部被ばく線量は約 $4.4 \times 10^{-1} \text{mSv}$ となる。
- ・ なお、吸入摂取の被ばく経路には地表に沈着した放射性物質の再浮遊に起因するものも存在するが、再浮遊係数 ($1.0 \times 10^{-8} \text{cm}^{-1}$) ※5 を用いると再浮遊濃度は約 $4.9 \times 10^{-3} \text{Bq/m}^3$ 程度であり、被ばく評価全体への寄与は小さい。また、建屋外に放出された放射性物質からの放射線（クラウドシャイン、グランドシャイン）による外部被ばく線量※6 は、それぞれ約 $9.7 \times 10^{-8} \text{mSv}$ 、約 $8.5 \times 10^{-5} \text{mSv}$ となり、建屋外に放出された放射性物質による内部被ばく線量と比べ十分小さい。

※5 発電用軽水型原子炉施設の安全審査における一般公衆の線量評価について 平成13年3月29日、原子力安全委員会一部改訂

※6 クラウドシャインについては気相へ移行した放射性物質が1時間で全て放出された想定で評価し、グランドシャインについては、評価期間を7日間として評価した。

1.3 起因事象No.28（表2.14.8.1-4からNo.引用）

(1) 想定事象

- ・ 鉄セルからグローブボックスへ燃料デブリ等を移送中に、Sクラス相当の地震が発生した状況を想定する。

(2) 放射性物質の放出経路

- ・ 鉄セルにおける燃料デブリ等 ████████ の取扱い時に地震が発生したことを想定する。なお、鉄セルにおいては燃料デブリ等の切断を行わないが、保守的な評価として、気相への放射性物質の移行率は、燃料デブリ等切断時の値を使用する。
- ・ 切断時に発生する粉体（約 $2.0 \times 10^{11} \text{Bq}$ ）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）が気相に移行する。
- ・ 気相に移行した放射性物質は、排気系統を通じてではなく、直接、室内に放出され、更に室内から建屋外へ地上放出され、敷地境界に達したと想定する。
- ・ 放射性物質の放出経路の概要図を図2.14.8.1-5に示す。

※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」）

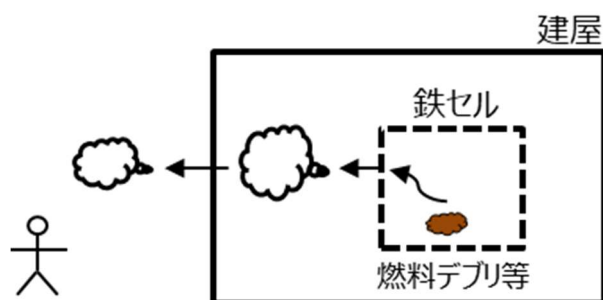


図 2. 14. 8. 1-5 放射性物質の放出経路の概要図（起因事象 No. 28）

(3) 除染係数

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

※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

(4) 放出された放射能

- ・ 建屋外への核種ごとの放出量を表 2. 14. 8. 1-8 に示す。
- ・ 表 2. 14. 8. 1-8 より、建屋外に放出された放射能を $2.6 \times 10^8 \text{Bq}$ と評価する。

表 2. 14. 8. 1-8 建屋外への核種ごとの放出量（起因事象 No. 28）

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 ^{※3}	1.2×10^8
合計	2.6×10^8

「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

※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。

(5) 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を $3.2 \times 10^{-7} \text{h/m}^3$ と評価する。

(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」を参考に求めた吸入摂取による内部被ばく線量は約 $2.7 \times 10^{-1} \text{mSv}$ となる。
- ・ なお、吸入摂取の被ばく経路には地表に沈着した放射性物質の再浮遊に起因するものも存在するが、再浮遊係数 ($1.0 \times 10^{-8} \text{cm}^{-1}$) ^{※4} を用いると再浮遊濃度は約 $3.6 \times 10^{-3} \text{Bq/m}^3$ 程度であり、被ばく評価全体への寄与は小さい。また、建屋外に放出された放射性物質からの放射線（クラウドシャイン、グランドシャイン）による外部被ばく線量^{※5}は、それぞれ約 $6.8 \times 10^{-8} \text{mSv}$ 、約 $5.6 \times 10^{-5} \text{mSv}$ となり、建屋外に放出された放射性物質による内部被ばく線量と比べ十分小さい。

※4 発電用軽水型原子炉施設の安全審査における一般公衆の線量評価について 平成13年3月29日、原子力安全委員会一部改訂

※5 クラウドシャインについては気相へ移行した放射性物質が1時間で全て放出された想定で評価し、グランドシャインについては、評価期間を7日間として評価した。

1.4 起回事象No. 31（表2.14.8.1-4からNo. 引用）

(1) 想定事象

- ・ 加熱機器を使用している際に、Sクラス相当の地震が発生しグローブボックスが損傷、さらに、地震に伴って可燃物が加熱機器に接触したことにより紙ウェスが燃える程度の火災が発生した状況を想定する。地震により、セル・グローブボックス用換気空調設備、消火設備が損傷し、グローブボックスの負圧維持機能、外部電源及び消火機能が喪失した状態を想定する。

(2) 放射性物質の放出経路

- ・ グローブボックスにおける燃料デブリ等 ████████ の取扱い時に地震が発生したことを想定する。なお、グローブボックスにおいては燃料デブリ等の切断を行わないが、保守的な評価として、気相への放射性物質の移行率は、燃料デブリ等切断時の値を使用する。
- ・ 切断時に発生する粉体（約 $2.0 \times 10^7 \text{Bq}$ ）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%）が気相に移行する。
- ・ 気相に移行した放射性物質は、排気系統を通じてではなく、直接、室内に放出され、更に室内から建屋外へ地上放出され、敷地境界に達したと想定する。
- ・ 放射性物質の放出経路の概要図を図2.14.8.1-6に示す。

※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)

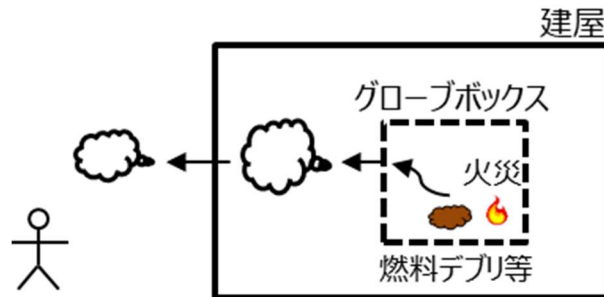


図 2. 14. 8. 1-6 放射性物質の放出経路の概要図 (起因事象 No. 31)

(3) 除染係数

- ・ 建屋について、除染係数 (DF) として 10 を考慮する※3。
- ・ ガス状の放射性物質については、除染係数を考慮しない。

※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

(4) 放出された放射能

- ・ 建屋外への核種ごとの放出量を表 2. 14. 8. 1-9 に示す。
- ・ 表 2. 14. 8. 1-9 より、建屋外に放出された放射能を $3.6 \times 10^4 \text{Bq}$ と評価する。

表 2. 14. 8. 1-9 建屋外への核種ごとの放出量 (起因事象 No. 31)

		「その他」の主な核種	
核種	放出量 [Bq]	核種	放出量 [Bq]
Pu-238	1.9×10^3	Kr-85	8.0×10^3
Pu-239	1.4×10^2	H-3	8.3×10^2
Pu-240	2.4×10^2		
Pu-241	1.9×10^4		
Am-241	1.0×10^3		
Am-242m	3.4×10^1		
Cm-244	2.6×10^2		
その他※4	1.3×10^4		
合計	3.6×10^4		

※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。

(5) 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を $3.2 \times 10^{-7} \text{h/m}^3$ と評価する。

(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」を参考に求めた吸入摂取による内部被ばく線量は約 $4.4 \times 10^{-5} \text{mSv}$ となる。
- ・ なお、吸入摂取の被ばく経路には地表に沈着した放射性物質の再浮遊に起因するものも存在するが、再浮遊係数 ($1.0 \times 10^{-8} \text{cm}^{-1}$) ※5 を用いると再浮遊濃度は約 $4.9 \times 10^{-7} \text{Bq/m}^3$ 程度であり、被ばく評価全体への寄与は小さい。また、建屋外に放出された放射性物質からの放射線（クラウドシャイン、グランドシャイン）による外部被ばく線量※6 は、それぞれ約 $9.7 \times 10^{-12} \text{mSv}$ 、約 $8.5 \times 10^{-9} \text{mSv}$ となり、建屋外に放出された放射性物質による内部被ばく線量と比べ十分小さい。

※5 発電用軽水型原子炉施設の安全審査における一般公衆の線量評価について 平成13年3月29日、原子力安全委員会一部改訂

※6 クラウドシャインについては気相へ移行した放射性物質が1時間で全て放出された想定で評価し、グランドシャインについては、評価期間を7日間として評価した。

1.5 起因事象No.36（表2.14.8.1-4からNo.引用）

(1) 想定事象

- ・ グローブボックスからフードへ燃料デブリ等を移送中に、Sクラス相当の地震が発生した状況を想定する。

(2) 放射性物質の放出経路

- ・ グローブボックスにおける燃料デブリ等 ████████ の取扱い時に地震が発生したことを想定する。なお、グローブボックスにおいては燃料デブリ等の切断を行わないが、保守的な評価として、気相への放射性物質の移行率は、燃料デブリ等切断時の値を使用する。
- ・ 切断時に発生する粉体（約 $2.0 \times 10^7 \text{Bq}$ ）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）が気相に移行する。
- ・ 気相に移行した放射性物質は、排気系統を通じてではなく、直接、室内に放出され、更に室内から建屋外へ地上放出され、敷地境界に達したと想定する。
- ・ 放射性物質の放出経路の概要図を図2.14.8.1-7に示す。

※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」）

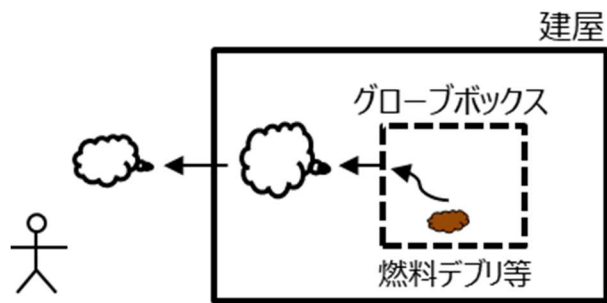


図 2. 14. 8. 1-7 放射性物質の放出経路の概要図（起因事象 No. 36）

(3) 除染係数

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

※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

(4) 放出された放射能

- ・ 建屋外への核種ごとの放出量を表 2. 14. 8. 1-10 に示す。
- ・ 表 2. 14. 8. 1-10 より、建屋外に放出された放射能を $2.6 \times 10^4 \text{Bq}$ と評価する。

表 2. 14. 8. 1-10 建屋外への核種ごとの放出量（起因事象 No. 36）

核種	放出量 [Bq]	「その他」の主な核種	
核種	放出量 [Bq]	核種	放出量 [Bq]
Pu-238	1.2×10^3	Kr-85	8.0×10^3
Pu-239	8.4×10^1	H-3	8.3×10^2
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 ^{※3}	1.2×10^4		
合計	2.6×10^4		

※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。

(5) 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を $3.2 \times 10^{-7} \text{h/m}^3$ と評価する。

(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」を参考に求めた吸入摂取による内部被ばく線量は約 $2.7 \times 10^{-5} \text{mSv}$ となる。
- ・ なお、吸入摂取の被ばく経路には地表に沈着した放射性物質の再浮遊に起因するものも存在するが、再浮遊係数 ($1.0 \times 10^{-8} \text{cm}^{-1}$) ^{※4}を用いると再浮遊濃度は約 $3.6 \times 10^{-7} \text{Bq/m}^3$ 程度であり、被ばく評価全体への寄与は小さい。また、建屋外に放出された放射性物質からの放射線（クラウドシャイン、グランドシャイン）による外部被ばく線量^{※5}は、それぞれ約 $6.8 \times 10^{-12} \text{mSv}$ 、約 $5.6 \times 10^{-9} \text{mSv}$ となり、建屋外に放出された放射性物質による内部被ばく線量と比べ十分小さい。

※4 発電用軽水型原子炉施設の安全審査における一般公衆の線量評価について 平成 13 年 3 月 29 日、原子力安全委員会 一部改訂

※5 クラウドシャインについては気相へ移行した放射性物質が 1 時間で全て放出された想定で評価し、グランドシャインについては、評価期間を 7 日間として評価した。

1.6 起回事象No. 39（表2.14.8.1-4からNo. 引用）

(1) 想定事象

- ・ S クラス相当の地震により、フード用換気空調設備、フードの風速維持機能、外部電源が喪失した状況を想定する。

(2) 放射性物質の放出経路

- ・ フードにおける燃料デブリ等[■]の取扱い時に地震が発生したことを想定する。なお、フードにおいては燃料デブリ等の切断を行わないが、保守的な評価として、気相への放射性物質の移行率は、燃料デブリ等切断時の値を使用する。
- ・ 切断時に発生する粉体（約 $2.0 \times 10^7 \text{Bq}$ ）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}）が気相に移行する。
- ・ 気相に移行した放射性物質は、排気系統を通じてではなく、直接、室内に放出され、更に室内から建屋外へ地上放出され、敷地境界に達したと想定する。
- ・ 放射性物質の放出経路の概要図を図 2.14.8.1-8 に示す。

※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」）

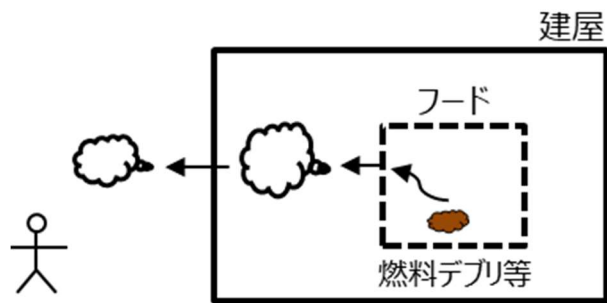


図 2. 14. 8. 1-8 放射性物質の放出経路の概要図（起因事象 No. 39）

(3) 除染係数

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

※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

(4) 放出された放射能

- ・ 建屋外への核種ごとの放出量を表 2. 14. 8. 1-11 に示す。
- ・ 表 2. 14. 8. 1-11 より、建屋外に放出された放射能を $2.6 \times 10^4 \text{Bq}$ と評価する。

表 2. 14. 8. 1-11 建屋外への核種ごとの放出量（起因事象 No. 39）

		「その他」の主な核種	
核種	放出量 [Bq]	核種	放出量 [Bq]
Pu-238	1.2×10^3	Kr-85	8.0×10^3
Pu-239	8.4×10^1	H-3	8.3×10^2
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 ^{※3}	1.2×10^4		
合計	2.6×10^4		

※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。

(5) 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を $3.2 \times 10^{-7} \text{h/m}^3$ と評価する。

(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」を参考に求めた吸入摂取による内部被ばく線量は約 $2.7 \times 10^{-5} \text{mSv}$ となる。
- ・ なお、吸入摂取の被ばく経路には地表に沈着した放射性物質の再浮遊に起因するものも存在するが、再浮遊係数 ($1.0 \times 10^{-8} \text{cm}^{-1}$) ^{※4}を用いると再浮遊濃度は約 $3.6 \times 10^{-7} \text{Bq/m}^3$ 程度であり、被ばく評価全体への寄与は小さい。また、建屋外に放出された放射性物質からの放射線（クラウドシャイン、グランドシャイン）による外部被ばく線量^{※5}は、それぞれ約 $6.8 \times 10^{-12} \text{mSv}$ 、約 $5.6 \times 10^{-9} \text{mSv}$ となり、建屋外に放出された放射性物質による内部被ばく線量と比べ十分小さい。

※4 発電用軽水型原子炉施設の安全審査における一般公衆の線量評価について 平成13年3月29日、原子力安全委員会 一部改訂

※5 クラウドシャインについては気相へ移行した放射性物質が1時間で全て放出された想定で評価し、グランドシャインについては、評価期間を7日間として評価した。

1.7 起回事象No.46（表2.14.8.1-4からNo.引用）

(1) 想定事象

- ・ Sクラス相当の地震による液体廃棄物一時貯留設備の損傷を想定する（払出時）。

(2) 放射性物質の放出経路

- ・ 液体廃棄物一時貯留設備における燃料デブリ等 ██████████ の液体廃棄物の取扱い時に地震が発生したことを想定する。
- ・ 液体廃棄物（約 $3.0 \times 10^8 \text{Bq}$ ）について、3mの高さから液体を流下させた場合の飛散0.02%が気相に移行する^{※1}。
- ・ 気相に移行した放射性物質は、排気系統を通じてではなく、直接、室内に放出され、更に室内から建屋外へ地上放出され、敷地境界に達したと想定する。
- ・ 放射性物質の放出経路の概要図を図2.14.8.1-9に示す。

※1 流体を3mの高さから流下させた場合の気相への移行率0.02%

Nuclear Fuel Cycle Facility Accident Analysis Handbook, NUREG/CR-6410, (1998).

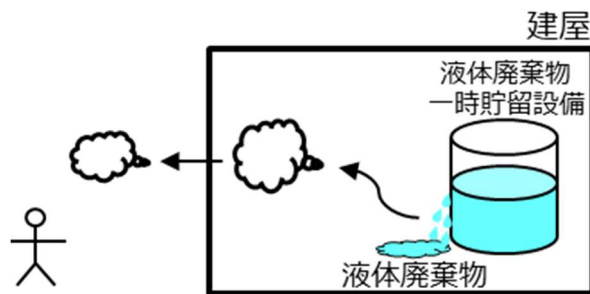


図 2. 14. 8. 1-9 放射性物質の放出経路の概要図（起因事象 No. 46）

(3) 除染係数

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

※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

(4) 放出された放射能

- ・ 建屋外への核種ごとの放出量を表 2. 14. 8. 1-12 に示す。
- ・ 表 2. 14. 8. 1-12 より、建屋外に放出された放射能を $1.5 \times 10^4 \text{Bq}$ と評価する。

表 2. 14. 8. 1-12 建屋外への核種ごとの放出量（起因事象 No. 46）

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 ^{※3}	1.2×10^4
合計	1.5×10^4

「その他」の主な核種

核種	放出量 [Bq]
H-3	1.1×10^4

※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。

(5) 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を $3.2 \times 10^{-7} \text{h/m}^3$ と評価する。

(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」を参考に求めた吸入摂取による内部被ばく線量は約 $7.2 \times 10^{-6} \text{mSv}$ となる。
- ・ なお、吸入摂取の被ばく経路には地表に沈着した放射性物質の再浮遊に起因するものも存在するが、再浮遊係数 ($1.0 \times 10^{-8} \text{cm}^{-1}$) ^{※4}を用いると再浮遊濃度は約 $2.2 \times 10^{-7} \text{Bq/m}^3$ 程度であり、被ばく評価全体への寄与は小さい。また、建屋外に放出された放射性物質からの放射線（クラウドシャイン、グランドシャイン）による外部被ばく線量^{※5}は、それぞれ約 $1.3 \times 10^{-12} \text{mSv}$ 、約 $1.3 \times 10^{-9} \text{mSv}$ となり、建屋外に放出された放射性物質による内部被ばく線量と比べ十分小さい。

※4 発電用軽水型原子炉施設の安全審査における一般公衆の線量評価について 平成13年3月29日、原子力安全委員会 一部改訂

※5 クラウドシャインについては気相へ移行した放射性物質が1時間で全て放出された想定で評価し、グランドシャインについては、評価期間を7日間として評価した。

1.8 起因事象No. 51（表2.14.8.1-4からNo. 引用）

(1) 想定事象

- ・ Sクラス相当の地震による液体廃棄物一時貯留設備の損傷を想定する（一時保管時）。

(2) 放射性物質の放出経路

- ・ 液体廃棄物一時貯留設備における燃料デブリ等 ██████████ の液体廃棄物の一時保管時に地震が発生したことを想定する。
- ・ 液体廃棄物（約 $3.0 \times 10^8 \text{Bq}$ ）について、3mの高さから液体を流下させた場合の飛散0.02%が気相に移行する^{※1}。
- ・ 気相に移行した放射性物質は、排気系統を通じてではなく、直接、室内に放出され、更に室内から建屋外へ地上放出され、敷地境界に達したと想定する。
- ・ 放射性物質の放出経路の概要図を図2.14.8.1-10に示す。

※1 流体を3mの高さから流下させた場合の気相への移行率0.02%

Nuclear Fuel Cycle Facility Accident Analysis Handbook, NUREG/CR-6410, (1998).

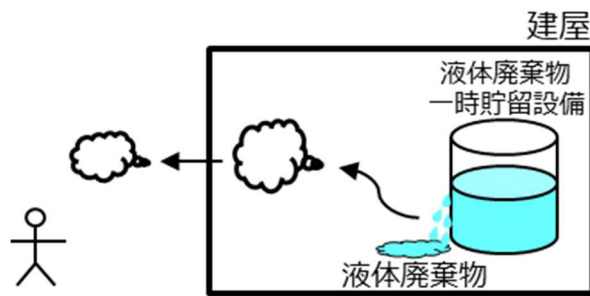


図 2. 14. 8. 1-10 放射性物質の放出経路の概要図（起因事象 No. 51）

(3) 除染係数

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

※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

(4) 放出された放射能

- ・ 建屋外への核種ごとの放出量を表 2. 14. 8. 1-13 に示す。
- ・ 表 2. 14. 8. 1-13 より、建屋外に放出された放射能を $1.5 \times 10^4 \text{Bq}$ と評価する。

表 2. 14. 8. 1-13 建屋外への核種ごとの放出量（起因事象 No. 51）

核種	放出量 [Bq]	「その他」の主な核種	
核種	放出量 [Bq]	核種	放出量 [Bq]
Pu-238	3.1×10^2	H-3	1.1×10^4
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 ^{※3}	1.2×10^4		
合計	1.5×10^4		

※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。

(5) 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を $3.2 \times 10^{-7} \text{h/m}^3$ と評価する。

(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」を参考に求めた吸入摂取による内部被ばく線量は約 $7.2 \times 10^{-6} \text{mSv}$ となる。
- ・ なお、吸入摂取の被ばく経路には地表に沈着した放射性物質の再浮遊に起因するものも存在するが、再浮遊係数 ($1.0 \times 10^{-8} \text{cm}^{-1}$) ^{※4} を用いると再浮遊濃度は約 $2.2 \times 10^{-7} \text{Bq/m}^3$ 程度であり、被ばく評価全体への寄与は小さい。また、建屋外に放出された放射性物質からの放射線（クラウドシャイン、グランドシャイン）による外部被ばく線量^{※5}は、それぞれ約 $1.3 \times 10^{-12} \text{mSv}$ 、約 $1.3 \times 10^{-9} \text{mSv}$ となり、建屋外に放出された放射性物質による内部被ばく線量と比べ十分小さい。

※4 発電用軽水型原子炉施設の安全審査における一般公衆の線量評価について 平成 13 年 3 月 29 日、原子力安全委員会 一部改訂

※5 クラウドシャインについては気相へ移行した放射性物質が 1 時間で全て放出された想定で評価し、グランドシャインについては、評価期間を 7 日間として評価した。

1.9 起回事象No. 56（表2. 14. 8. 1-4からNo. 引用）

(1) 想定事象

- ・ 液体廃棄物一時貯留設備のサンプリング口を開けたままの状態を想定する。

(2) 放射性物質の放出経路

- ・ 液体廃棄物一時貯留設備における燃料デブリ等 ██████████ の液体廃棄物の一時保管時に人的過誤が発生したことを想定する。
- ・ 液体廃棄物（約 $3.0 \times 10^8 \text{Bq}$ ）について、3m の高さから液体を流下させた場合の飛散 0.02% が気相に移行する^{※1}。
- ・ 気相に移行した放射性物質は、排気系統を通じてではなく、直接、室内に放出され、更に室内から建屋外へ地上放出され、敷地境界に達したと想定する。
- ・ 放射性物質の放出経路の概要図を図 2. 14. 8. 1-11 に示す。

※1 流体を 3m の高さから流下させた場合の気相への移行率 0.02%

Nuclear Fuel Cycle Facility Accident Analysis Handbook, NUREG/CR-6410, (1998).

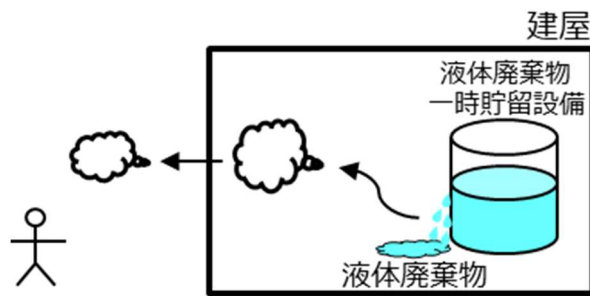


図 2. 14. 8. 1-11 放射性物質の放出経路の概要図（起因事象 No. 56）

(3) 除染係数

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

※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

(4) 放出された放射能

- ・ 建屋外への核種ごとの放出量を表 2. 14. 8. 1-14 に示す。
- ・ 表 2. 14. 8. 1-14 より、建屋外に放出された放射能を $1.5 \times 10^4 \text{Bq}$ と評価する。

表 2. 14. 8. 1-14 建屋外への核種ごとの放出量（起因事象 No. 56）

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 ^{※3}	1.2×10^4
合計	1.5×10^4

「その他」の主な核種	
核種	放出量 [Bq]
H-3	1.1×10^4

※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。

(5) 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を $3.2 \times 10^{-7} \text{h/m}^3$ と評価する。

(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」を参考に求めた吸入摂取による内部被ばく線量は約 $7.2 \times 10^{-6} \text{mSv}$ となる。
- ・ なお、吸入摂取の被ばく経路には地表に沈着した放射性物質の再浮遊に起因するものも存在するが、再浮遊係数 ($1.0 \times 10^{-8} \text{cm}^{-1}$) ^{※4}を用いると再浮遊濃度は約 $2.2 \times 10^{-7} \text{Bq/m}^3$ 程度であり、被ばく評価全体への寄与は小さい。また、建屋外に放出された放射性物質からの放射線（クラウドシャイン、グランドシャイン）による外部被ばく線量^{※5}は、それぞれ約 $1.3 \times 10^{-12} \text{mSv}$ 、約 $1.3 \times 10^{-9} \text{mSv}$ となり、建屋外に放出された放射性物質による内部被ばく線量と比べ十分小さい。

※4 発電用軽水型原子炉施設の安全審査における一般公衆の線量評価について 平成 13 年 3 月 29 日、原子力安全委員会 一部改訂

※5 クラウドシャインについては気相へ移行した放射性物質が 1 時間で全て放出された想定で評価し、グランドシャインについては、評価期間を 7 日間として評価した。

1. 10 起因事象No. 79（表2. 14. 8. 1-4からNo. 引用）

(1) 想定事象

- ・ 加熱機器を使用している際に、S クラス相当の地震が発生し鉄セルが損傷、さらに、地震に伴って可燃物が加熱機器に接触したことにより、鉄セル内で紙ウェスが燃える程度の火災が発生した状況を想定する。地震により、セル・グローブボックス用換気空調設備、圧縮空気設備、消火設備が損傷し、鉄セルの負圧維持機能、圧縮空気、外部電源及び消火機能が喪失した状態を想定する。

(2) 評価方法

- ・ 建屋の遮蔽機能が見込め、燃料デブリ等 ■ から直接線・スカイシャイン線が敷地境界に達したと想定する。
- ・ 第 2 棟における各取扱場所に応じた線源強度及び線源形状を設定する。
- ・ 線源や遮蔽体のモデル化を行い、計算コードを用いて評価を行う。
- ・ 計算コードは ANISN（一次元輸送計算コード）及び G33-GP2R（一回散乱 γ 線計算コード）を使用する。

(3) 計算条件

- ・ 建屋 ■ を遮蔽として見込む。
- ・ 遮蔽機能を見込む建屋の材質及び密度は、普通コンクリート (2.1g/cm^3) とする。

- ・ 評価する外部被ばく線量は、7日間とする。
- ・ 鉄セルにおける線源強度及び形状を表 2.14.8.1-15 に示す。
- ・ 本計算に係る概要図を図 2.14.8.1-12 に示す。

表 2.14.8.1-15 鉄セルでの線源強度及び形状（起因事象 No. 79）

取扱場所	取扱量	線源強度 [Bq]	線源形状
鉄セル	燃料デブリ等：■	2.3×10^{11}	点線源

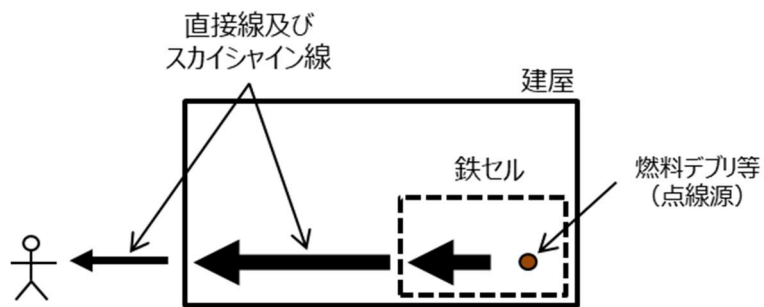


図 2.14.8.1-12 計算条件の概要図（起因事象 No. 79）

(4) 線量評価結果

- ・ 敷地境界における7日間の外部被ばく線量は約 3.1×10^{-7} mSv となる。

線量評価に用いた移行率について

線量評価において用いた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%及び火災に伴う移行率 0.6%は、以下の文献に基づき設定した。

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%

「ホットラボの設計と管理（日本原子力学会）」において、以下の通り記載されている。

ホットラボの設計と管理，社団法人 日本原子力学会，1976年9月

5. 排出廃棄物のモニタリング，5.1 排気 (p100) より抜粋

放射性物質がセルから排気系へ放出される可能性の大きいのは、主として照射燃料切断の場合である。第3-III-6表は、照射燃料切断時に粒子状および揮発性放射性物質がどの程度セルから排気系へ飛散するか（飛散度）の測定結果を示したものである。この表から通常の飛散度は、粒子状の場合 10^{-2} 、揮発性の場合 10^{-1} と考えるとよい。

第3-III-6表 照射燃料切断時における放射性物質の飛散度^{+ 15)}

核種 実験番号	$^{144}\text{Ce} - ^{144}\text{Pr}^{++}$	$^{134}\text{Cs}^{++}$	$^{137}\text{Cs}^{++}$	$^{125}\text{Sb}^{+++}$
1	4.3×10^{-5}	2.2×10^{-4}	1.4×10^{-4}	2.3×10^{-2}
2	1.2×10^{-4}	4.5×10^{-4}	4.0×10^{-4}	3.7×10^{-2}
3	1.3×10^{-4}	6.3×10^{-4}	4.2×10^{-4}	5.8×10^{-3}
4	1.6×10^{-4}	2.0×10^{-3}	1.6×10^{-3}	4.1×10^{-2}
5	1.1×10^{-4}	9.8×10^{-4}	8.4×10^{-4}	1.4×10^{-2}
6	2.9×10^{-4}	4.0×10^{-3}	3.8×10^{-3}	5.0×10^{-2}
7	3.1×10^{-4}	6.6×10^{-3}	4.7×10^{-3}	3.9×10^{-2}
8	2.7×10^{-4}	4.9×10^{-3}	3.4×10^{-3}	2.6×10^{-2}
平均値	1.8×10^{-4}	2.5×10^{-3}	1.9×10^{-3}	3.0×10^{-2}

+ 飛散度 = $\frac{\text{排気系へ飛散した全放射能}}{\text{照射燃料の切削の全放射能}}$
 ++ 粒子状
 +++ 揮発性（化学的性状）

設計評価事故における線量評価では、照射燃料の切断時を想定したため、上記の文献に基づき、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を1%とした。

2. 火災に伴う移行率：0.6%

「Nuclear Fuel Cycle Facility Accident Analysis Handbook (NUREG/CR-6410)」において、以下の通り記載されている。

Nuclear Fuel Cycle Facility Accident Analysis Handbook, NUREG/CR-6410	
3.3.2 Thermal Stress, 3.3.2.10 Solid, Non-Combustible - Powders (p3-71) より抜粋	
3.3.2.10 Solid, Non-Combustible - Powders	
<i>a. Non-Reactive, up to 1000° C (1830 °F), upflow around powder to 100 cm/s (2.24 mph)</i>	
	ARF 6E-3 RF 0.01
<i>b. Reactive, plutonium compounds, up to 100° C (212 °F), upflow around to 100 cm/s (2.24 mph):</i>	
<i>- Pu fluoride</i>	
	ARF 1E-3 RF 0.001
<i>- Pu oxalate, nitrate</i>	
	ARF 1E-2 RF 0.001
Technical Basis	
<p>The ARFs during the heating of plutonium compounds in flowing air were measured by Mishima, Schwendiman, and Radasch (1968a; 1968b). For heating to temperatures up to 1273 K (1832 °F) and air velocities to 100 cm/s (2.24 mph), the maximum measured values are cited above. The ARFs for PuO₂ ranged from 6.1x10⁻⁶ to 5.6x10⁻³. The ARFs for partially oxidized plutonium oxalate powder ranged from < 8x10⁻⁵ to 8.8x10⁻³ at the highest temperature and flow velocity. The range of ARFs for plutonium oxalate powder was < 8x10⁻⁵ to 9.5x10⁻³ at 973 K (1290 °F) and 100 cm/s (2.24 mph) flow velocity. The range of ARFs for plutonium fluoride powder was significantly less than for the oxalate or air-dried nitrate powder within a range from < 8x10⁻⁵ to 7x10⁻⁴ at the highest temperature and flow velocity. Air-dried nitrate powder from the acidic, plutonium nitrate solution was similar to that found for the oxalate powder with a range from 2x10⁻⁵ to 1.5x10⁻³. Optical microscopy indicated that the RF for the highest ARF values above was < 10⁻⁵. For additional details on the apparatus used and other values measured, see the references cited below or Subsection 4.4.1 "Powders - Thermal Stress," pp 4-55 to 4-6,1 in (USDOE 1994).</p>	

※ARF : Airborne Release Fraction 気相への移行率

化学的に安定かつ不燃性の粉体試料が 1000℃まで熱されたときの粉体の気相への移行率が 0.006 (0.6%) と記載されている。燃料デブリの粉体は、酸化物と想定され、化学的に安定かつ不燃性であるため、上記の文献に基づき火災に伴う移行率は 0.6% とした。

第2棟における安全上重要な施設の選定について

構築物，系統及び機器の安全機能喪失による公衆被ばく影響を評価し，発生事故当たり 5mSv を超えるものを安全上重要な施設として選定する。また，設計評価事故の評価において，公衆の被ばく線量が 5mSv を超えないよう影響を緩和する機能を有する設備としたものは，安全上重要な施設として選定する。

1. 安全上重要な施設を選定するための基準

「使用施設等の位置，構造及び設備の基準に関する規則」及びその解釈の要求事項を踏まえ，以下の2つの基準から，安全上重要な施設を選定する。

- ・安全機能喪失時に公衆への被ばく影響が 5mSv/事象を超える施設・設備
- ・設計評価事故において，当該施設・設備による事故の防止・緩和機能に期待しているものであって，それら機能に期待しない場合の公衆への被ばく影響が 5mSv/事象を超える施設・設備

2. 安全機能喪失の観点からの安全上重要な施設の選定

閉じ込め機能又は遮蔽機能を喪失した際の公衆への被ばく影響の観点から，第2棟における安全上重要な施設を選定する。

2.1 評価条件

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の別記1に従って，地震，津波，竜巻，その他の外部事象を想定し，公衆被ばく影響の評価を行う。図 2.14.8.2-1 に，評価事象の選定に係るフローを示す。

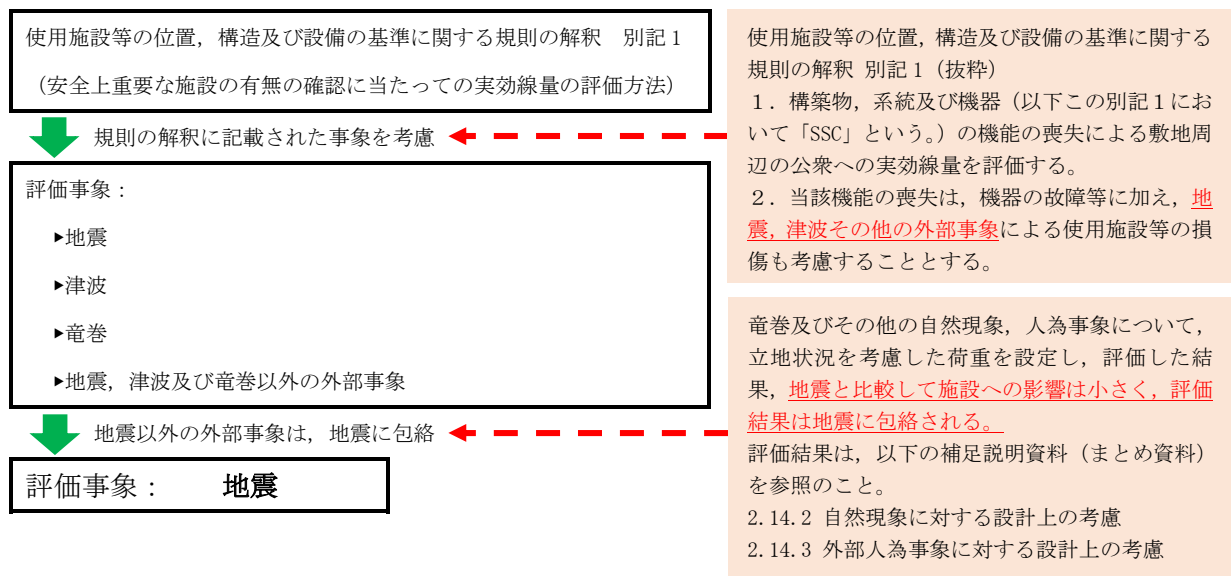


図 2.14.8.2-1 評価事象の選定

2.2 評価結果

外部事象のうち、影響が最も大きくなると考えられるSクラスに属する施設に求められる程度の地震力を想定して線量評価を行う。なお、第2棟の耐震性を鑑み、除染係数（DF）及び遮蔽を考慮する。第2棟の各設備における閉じ込め機能又は遮蔽機能喪失時の公衆の被ばく線量を表2.14.8.2-1に示す。

表 2.14.8.2-1 各設備における閉じ込め機能又は遮蔽機能喪失時の公衆の被ばく線量

(単位：mSv)

設備名称	閉じ込め機能喪失	遮蔽機能喪失
建屋	—	1.5×10^{-11}
コンクリートセル	1.1	2.4×10^{-4}
試料ピット	—	2.6×10^{-4}
鉄セル	2.7×10^{-1}	3.1×10^{-7}
グローブボックス	2.7×10^{-5}	—
フード	2.7×10^{-5}	—
液体廃棄物一時貯留設備	7.2×10^{-6}	—
セル・GB用 換気空調設備	2.0×10^{-1}	—
フード用 換気空調設備	2.7×10^{-5}	—

※1 評価条件等は、参考資料2-1に示す。

※2 設備として該当する安全機能を有していない箇所については、“—（バー）”を記載する。

※3 安全機能の喪失が継続する期間を7日間として評価した。

※4 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。

※5 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、※4の移行率を用いた。

閉じ込め機能又は遮蔽機能を喪失時に、公衆の被ばく線量は5mSvを超える設備はない。なお、臨界安全上の観点から、臨界防止機能を有するコンクリートセル及び試料ピットを安全上重要な施設に選定する。

3. 設計評価事故の評価結果に基づく安全上重要な施設の選定

設計評価事故の評価を行った結果(別紙-1)から、防止・緩和機能に期待しているものであって、それら機能に期待しない場合の公衆への被ばく影響が 5mSv/事象を超える設備はない。

4. 第2棟における安全上重要な施設

「2. 安全機能喪失の観点からの安全上重要な施設の選定」及び「3. 設計評価事故の評価結果に基づく安全上重要な施設の選定」から、第2棟における安全上重要な施設は、表 2.14.8.2-2 のとおりとする。また、安全上重要な施設の範囲を図 2.14.8.2-2 に示す。

表 2.14.8.2-2 第2棟における安全上重要な施設

安全上重要な施設
コンクリートセル (給排気弁を含む)
試料ピット

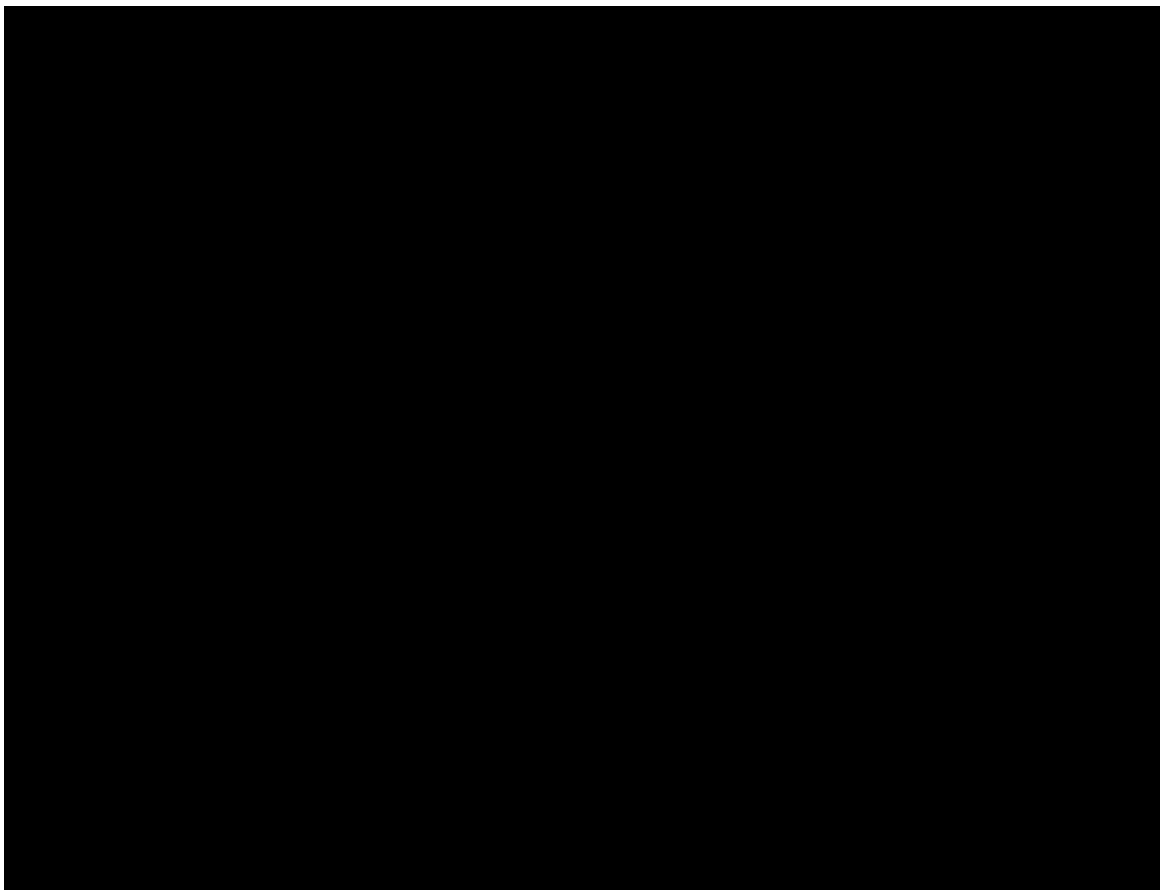


図 2.14.8.2-2 安全上重要な施設の範囲 (青破線内：安全上重要な施設)

5. 安全上重要な施設に係る要求事項及び適合性

「使用施設等の位置，構造及び設備の基準に関する規則」及びその解釈に基づく安全上重要な施設に係る要求事項を整理し，第2棟における安全上重要な施設が要求事項に対して適合していることを表2.14.8.2-3に示す。

表 2.14.8.2-3 第2棟における安全上重要な施設に係る要求事項及び適合性

使用施設等の位置，構造及び設備の基準に関する規則（抜粋）	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（抜粋）	要求事項に対する適合性	
		コンクリートセル（給排気弁を含む）	試料ピット
<p>第四条（火災等による損傷の防止）</p> <p>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。</p>	<p>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。</p>	<p>設計評価事故の評価結果のとおり，消火設備の破損，誤作動又は誤操作が起きたとしても，コンクリートセルの安全機能（遮蔽機能，閉じ込め機能，臨界防止機能）を損なうことはない。万一，燃料デブリ等が浸水したとしても，臨界安全上問題はない。</p>	<p>設計評価事故の評価結果のとおり，消火設備の破損，誤作動又は誤操作が起きたとしても，試料ピットの安全機能（遮蔽機能，臨界防止機能）を損なうことはない。万一，燃料デブリ等が浸水したとしても，臨界安全上問題はない。</p>
<p>第十一条（外部からの衝撃による損傷の防止）</p> <p>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。</p>	<p>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。</p> <p>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量させるものとする。</p> <p>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。</p>	<p>「補足説明資料（2.14.2 自然現象に対する設計上の考慮）」にて示したとおり，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はない。</p>	<p>「補足説明資料（2.14.2 自然現象に対する設計上の考慮）」にて示したとおり，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はない。</p>
<p>第十六条（重要度に応じた安全機能の確保）</p> <p>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</p>	<p>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。</p>	<p>コンクリートセルは，安全機能（遮蔽機能，閉じ込め機能，臨界防止機能）のうち，閉じ込め機能の確保に動的機器（給排気弁）を有しているが，給排気弁を二重化することにより，単一故障が発生した場合においてもその</p>	<p>試料ピットは，安全機能（遮蔽機能，臨界防止機能）の確保に動的機器は有してないため，対象外。</p>

<p>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。</p>	<p>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。</p> <p>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。</p>	<p>機能を損なわない設計とする。</p>	
<p>第二十条（誤操作の防止）</p> <p>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。</p>	<p>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。</p>	<p>コンクリートセルは、給排気弁を二重化かつ自動化することにより、閉じ込め機能を確実かつ自動で確保することができ、使用者に与える負荷を小さくするよう考慮された設計である。また、設計評価事故の発生後、使用者の操作を期待しなくても必要な安全機能が確保できる設計である。</p>	<p>試料ビットは、その安全機能（遮蔽機能、臨界防止機能）の確保に操作を必要とするものではないため、対象外。</p>

閉じ込め機能又は遮蔽機能を喪失した際の公衆への被ばく影響評価

閉じ込め機能又は遮蔽機能を喪失した際の公衆への被ばく影響を評価し、第2棟における安全上重要な施設を選定する。評価に当たっては、外部事象のうち、影響が最も大きくなると考えられるSクラスに属する施設に求められる程度の地震力を想定して線量評価を行う。なお、第2棟のSs900等に対する耐震性を鑑み、以下の安全機能を考慮して、第2棟の各設備における閉じ込め機能又は遮蔽機能喪失時の公衆への被ばく影響を評価した。表 2.14.8.2-4 に、評価結果を示す。

- ・閉じ込め機能 : 換気空調設備による負圧維持機能が喪失するため、放射性物質が外部に放出することを想定する。なお、おおむね弾性状態（スケルトンカーブの第2折れ点以下）にとどまることから、気体状の放射性物質を除き、コンクリートセル及び建屋の除染係数を見込めるものとして評価を行う。
- ・遮蔽機能 : おおむね弾性状態（スケルトンカーブの第2折れ点以下）にとどまることから、建屋・コンクリートセルの遮蔽機能は保持されるものとして評価を行う。

評価の結果、第2棟において閉じ込め機能又は遮蔽機能を喪失した際、公衆の被ばく線量が5mSvを超える設備はないことを確認した。

表 2. 14. 8. 2-4 閉じ込め機能又は遮蔽機能を喪失した際の公衆への被ばく影響評価

設備名称	喪失する安全機能 ^{*1}	機能喪失時の敷地境界線量評価の概要	安全機能喪失時の公衆被ばく影響
建屋	遮蔽	<p>【外部被ばく】建屋の遮蔽機能が見込め、地下階に存在する固体廃棄物払出準備設備及び液体廃棄物一時貯留設備に含まれる放射性物質の放射能（それぞれ 2.3×10^{10} Bq 及び 2.4×10^8 Bq）から燃料デブリ重量に換算し、その直接線・スカイシャイン線が敷地境界に達したと想定する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 建屋の遮蔽を考慮する。 ・ 固体廃棄物払出準備設備及び液体廃棄物一時貯留設備は地下階に存在するため、土壌による遮蔽を考慮する。 	1.5×10^{-11} mSv
コンクリートセル	閉じ込め	<p>【内部被ばく】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^{**2}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地上放出され、敷地境界に達したと想定する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 建屋、コンクリートセルの除染係数各々 10^{**3} を考慮する。 <p>【外部被ばく】建屋外に放出された放射性物質からの放射線（クラウドシャイン、グランドシャイン）による外部被ばく線量^{**4}は、建屋外に放出された放射性物質による内部被ばく線量と比べ十分小さい。</p>	1. 1mSv
	遮蔽	<p>【外部被ばく】コンクリートセルの遮蔽機能が見込め、燃料デブリ等 ■ から直接線・スカイシャイン線が敷地境界に達したと想定する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ コンクリートセル及び建屋による遮蔽を考慮する。 	2.4×10^{-4} mSv
試料ピット	遮蔽	<p>【外部被ばく】試料ピットの遮蔽機能が見込め、燃料デブリ等 ■ から直接線・スカイシャイン線が敷地境界に達したと想定する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ ■ 建屋による遮蔽を考慮する。 ・ 試料ピットは地下階に存在するため、土壌による遮蔽を考慮する。 	2.6×10^{-4} mSv
鉄セル	閉じ込め	<p>【内部被ばく】鉄セル内の燃料デブリ等中の放射性物質の一部がセル内の気相に移行^{**5}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地上放出され、敷地境界に達したと想定する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 建屋の除染係数 10^{**3} を考慮する。 <p>【外部被ばく】建屋外に放出された放射性物質からの放射線（クラウドシャイン、グランドシャイン）による外部被ばく線量^{**4}は、建屋外に放出された放射性物質による内部被ばく線量と比べ十分小さい。</p>	2.7×10^{-1} mSv
	遮蔽	<p>【外部被ばく】鉄セルの遮蔽機能が喪失し、燃料デブリ等 ■ から直接線・スカイシャイン線が敷地境界に達したと想定する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 建屋の遮蔽を考慮する。 	3.1×10^{-7} mSv
グローブボックス	閉じ込め	<p>【内部被ばく】グローブボックス内の燃料デブリ等中の放射性物質の一部がグローブボックス内の気相に移行^{**5}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地上放出され、敷地境界に達したと想定する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 建屋の除染係数 10^{**3} を考慮 <p>【外部被ばく】建屋外に放出された放射性物質からの放射線（クラウドシャイン、グランドシャイン）による外部被ばく線量^{**4}は、建屋外に放出された放射性物質による内部被ばく線量と比べ十分小さい。</p>	2.7×10^{-5} mSv

フード	閉じ込め	<p>【内部被ばく】フード内の燃料デブリ等中の放射性物質の一部がフード内の気相に移行^{※5}し、排気系統を通じてではなく、直接、フード周辺の室に放出され、さらに建屋から外部へ地上放出され、敷地境界に達したと想定する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・建屋の除染係数 $10^{※3}$ を考慮する。 <p>【外部被ばく】建屋外に放出された放射性物質からの放射線（クラウドシャイン、グランドシャイン）による外部被ばく線量^{※4}は、建屋外に放出された放射性物質による内部被ばく線量と比べ十分小さい。</p>	2.7×10^{-5} mSv
液体廃棄物一時貯留設備	閉じ込め	<p>【内部被ばく】液体廃棄物一時貯留設備のうち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^{※6}し、排気系統を通じてではなく、直接、建屋から外部へ地上放出され、敷地境界に達したと想定する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・建屋の除染係数 $10^{※3}$ を考慮する。 <p>【外部被ばく】建屋外に放出された放射性物質からの放射線（クラウドシャイン、グランドシャイン）による外部被ばく線量^{※4}は、建屋外に放出された放射性物質による内部被ばく線量と比べ十分小さい。</p>	7.2×10^{-6} mSv
セル・GB 用換気空調設備	閉じ込め	<p>【内部被ばく】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^{※2}し、コンクリートセルの排気配管内の放射性物質を含む気体が直接周辺の室に放出され、さらに建屋から外部へ地上放出され、敷地境界に達したと想定する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・建屋の除染係数 $10^{※3}$ を考慮する。 <p>【外部被ばく】建屋外に放出された放射性物質からの放射線（クラウドシャイン、グランドシャイン）による外部被ばく線量^{※4}は、建屋外に放出された放射性物質による内部被ばく線量と比べ十分小さい。</p>	2.0×10^{-1} mSv
フード用換気空調設備	閉じ込め	<p>【内部被ばく】フード内の燃料デブリ等中の放射性物質の一部がフード内の気相に移行^{※5}し、フードの排気配管内の放射性物質を含む気体が直接フード周辺の室に放出され、さらに建屋から外部へ地上放出され、敷地境界に達したと想定する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・建屋の除染係数 $10^{※3}$ を考慮する。 <p>【外部被ばく】建屋外に放出された放射性物質からの放射線（クラウドシャイン、グランドシャイン）による外部被ばく線量^{※4}は、建屋外に放出された放射性物質による内部被ばく線量と比べ十分小さい。</p>	2.7×10^{-5} mSv

※1 遮蔽機能の喪失が継続する期間を7日間として評価した。

※2 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」）。Kr等の気体状の放射性物質は100%移行。

※3 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

※4 クラウドシャインについては気相へ移行した放射性物質が1時間で全て放出された想定で評価し、グランドシャインについては外部被ばくの期間を7日間として評価した。

※5 鉄セル、グローブボックス、フードでは、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全量が粉体化するものとし、※2の移行率を用いた。

※6 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）

設計評価事故 起回事象一覧

レベル1 頂上事象	レベル2 異常事象の定義	レベル3 具体的事象	レベル4 起回事象			除染係数等を見込まない場合 の公衆被ばく線量 (mSv)	公衆被ばく線量				
			発生タイミング	異常カテゴリ	No.		状況	除染係数等	公衆被ばく線量 (mSv)		
安全機能喪失により公衆の被ばく線量が5mSvを超える放射性物質等の放出事象	閉じ込め機能不全	コンクリートセルの閉じ込め機能不全	受入・払出時	地震	1	・輸送容器を20t天井クレーンで吊り上げ中に、Sクラス相当の地震が発生した状況を想定する。					
				設備故障	2	・輸送容器をコンクリートセルの天井ポート又はシールドドアに接続時、Sクラス相当の地震が発生した状況を想定する。					
				地震	3	・輸送容器を20t天井クレーンで吊り上げ中に、20t天井クレーンの動力部が故障する状況を想定する。					
				地震	4	・輸送容器を20t天井クレーンで吊り上げ中に、外部電源喪失が発生した状況を想定する。					
				地震	5	・輸送容器を20t天井クレーンで吊り上げ中に、玉掛けの状態が不十分で、ワイヤロープが外れる状況を想定する。					
				人的過誤	6	・輸送容器を20t天井クレーンで吊り上げ中に、20t天井クレーンの操作を誤って、輸送容器をコンクリートセルに接触させる状況を想定する。					
			人的過誤	7	・輸送容器を天井ポートに接続し、燃料デブリ等を受け入れる際、PVCバッグの装着を誤る状況を想定する。						
			分析時	地震(地震に伴う火災を含む)	8	・Sクラス相当の地震の発生に伴い、可燃物が加熱機器に接触し、セル内で紙ウェスが燃える程度の火災が発生した状況を想定する。		180	建屋の除染係数 (DF10) コンクリートセルの除染係数 (DF10)	1.8	
				設備故障	9	・セル・グローブボックス用換気空調設備の排風機の動力部故障を想定する。					
				設備故障	10	・圧縮空気設備の動力部が故障したことに伴うコンクリートセルの給排気弁の開閉操作不可を想定する。					
				設備故障	11	・外部電源喪失によるセル・グローブボックス用換気空調設備の排風機停止、圧縮空気設備、コンクリートセルの給排気弁の操作不可を想定する。					
				人的過誤	12	・可燃物を加熱機器に誤って接触させ、セル内で紙ウェスが燃える程度の火災が発生した状況を想定する。					
		人的過誤		13	・分析中に、薬品を誤って溢した状況を想定する。						
		移送時	地震	14	・背面遮蔽扉を誤って開放する状況を想定する。						
			地震	15	・窒素ガス消火設備の起動ボタンに誤って接触し起動させ、コンクリートセル内に消火ガスが噴射される状況を想定する。						
			設備故障	16	・保管容器をインセルクレーンで移送中に、Sクラス相当の地震が発生した状況を想定する。						
			設備故障	17	・コンクリートセルから鉄セルへ燃料デブリ等を移送中に、Sクラス相当の地震が発生した状況を想定する。						
			設備故障	18	・保管容器をインセルクレーンで移送中に、インセルクレーンの動力部が故障することを想定する。						
			設備故障	19	・保管容器をインセルクレーンで移送中に、外部電源喪失が発生した状況を想定する。						
			人的過誤	20	・保管容器とインセルクレーンの接続状態が不十分であり、保管容器が落下する可能性を想定する。						
			人的過誤	21	・2重の扉となっているセル間遮蔽扉(コンクリートセルNo.4鉄セル間)を同時開放する状況を想定する。						
			鉄セルの閉じ込め機能不全	分析時	地震(地震に伴う火災を含む)	22	・Sクラス相当の地震の発生に伴い鉄セルが損傷し、可燃物が加熱機器に接触したことにより紙ウェスが燃える程度の火災が発生した状況を想定する。		4.4	建屋の除染係数 (DF10)	4.4×10 ¹
		設備故障			23	・セル・グローブボックス用換気空調設備の排風機の動力部故障を想定する。					
		設備故障			24	・外部電源喪失によるセル・グローブボックス用換気空調設備の排風機停止を想定する。					
		設備故障			25	・圧縮空気設備の動力部が故障したことに伴う排気弁の開閉操作不可を想定する。					
		人的過誤			26	・可燃物を加熱機器に誤って接触させ、鉄セル内で紙ウェスが燃える程度の火災が発生した状況を想定する。					
		人的過誤			27	・窒素ガス消火設備の起動ボタンに誤って接触し起動させ、鉄セル内に消火ガスが噴射される状況を想定する。					
		移送時		地震	28	・鉄セルからグローブボックスへ燃料デブリ等を移送中に、Sクラス相当の地震が発生した状況を想定する。		2.7	建屋の除染係数 (DF10)	2.7×10 ¹	
				設備故障	29	・外部電源喪失によるセル・グローブボックス用換気空調設備の排風機停止を想定する。					
				人的過誤	30	・2重の扉となっている移送扉(鉄セル-グローブボックス間)を同時開放する状況を想定する。					
	グローブボックスの閉じ込め機能不全			分析時	地震(地震に伴う火災を含む)	31	・Sクラス相当の地震の発生に伴いグローブボックスが損傷し、可燃物が加熱機器に接触したことにより紙ウェスが燃える程度の火災が発生した状況を想定する。		4.4×10 ⁴	建屋の除染係数 (DF10)	4.4×10 ⁵
					設備故障	32	・セル・グローブボックス用換気空調設備の排風機の動力部故障を想定する。				
					設備故障	33	・外部電源喪失によるセル・グローブボックス用換気空調設備の排風機停止を想定する。				
		移送時	設備故障	34	・分析装置により生じた熱又は火花等が可燃物に接触し、グローブボックス内で紙ウェスが燃える程度の火災が発生した状況を想定する。						
			人的過誤	35	・窒素ガス消火設備の起動ボタンに誤って接触し起動させ、グローブボックス内に消火ガスが噴射される状況を想定する。						
			地震	36	・グローブボックスからフードへ燃料デブリ等を移送中に、Sクラス相当の地震が発生した状況を想定する。		2.7×10 ⁴	建屋の除染係数 (DF10)	2.7×10 ⁵		
	フードの閉じ込め機能(風速維持)不全	分析時	設備故障	37	—						
			人的過誤	38	・2重の扉となっている移送扉(グローブボックス-フード間)を同時開放する状況を想定する。						
			地震	39	・Sクラス相当の地震により、フード用換気空調設備、フードの風速維持機能、外部電源が喪失した状態を想定する。		2.7×10 ⁴	建屋の除染係数 (DF10)	2.7×10 ⁵		
		移送時	設備故障	40	・フード用換気空調設備の排風機の動力部故障を想定する。						
			設備故障	41	・外部電源喪失によるフード用換気空調設備の排風機停止を想定する。						
			人的過誤	42	・フード窓を大きく開放したことにより、規定の風速が得られていない状況を想定する。						
			地震	43	—						
			設備故障	44	—						
			人的過誤	45	—						
	液体廃棄物一時貯留設備の閉じ込め機能不全	払出時	地震	46	・Sクラス相当の地震による液体廃棄物一時貯留設備の損傷を想定する。		7.2×10 ⁵	建屋の除染係数 (DF10)	7.2×10 ⁶		
			設備故障	47	・液体廃棄物の払出中に、移送ポンプの動力部故障を想定する。						
			設備故障	48	・液体廃棄物の払出中に、外部電源喪失が発生し、液位計、移送ポンプが使用できなくなる状況を想定する。						
			人的過誤	49	・液体廃棄物の払出しの際に使用するタンクローリーとの接続が不十分で、隙間が生じることを想定する。						
			人的過誤	50	・液体廃棄物の払出時に、タンクローリーの容量を超えた液体廃棄物を移送ポンプで送水する状況を想定する。						
			地震	51	・Sクラス相当の地震による液体廃棄物一時貯留設備の損傷を想定する。		7.2×10 ⁵	建屋の除染係数 (DF10)	7.2×10 ⁶		
		一時保管時	設備故障	52	・移送ポンプの動力部故障を想定する。						
			設備故障	53	・液体廃棄物を廃液受槽から別の廃液受槽へ移送中に、液位計が故障する状況を想定する。						
			設備故障	54	・液体廃棄物一時保管中に、外部電源喪失が発生した状況を想定する。						
			人的過誤	55	・タンクローリーが接続されていない状態で、誤って移送ポンプを稼働させ、液体廃棄物を送水することを想定する。						
			人的過誤	56	・液体廃棄物一時貯留設備のサンプリング口を開けたままの状態を想定する。		7.2×10 ⁵	建屋の除染係数 (DF10)	7.2×10 ⁶		
			人的過誤	57	・液位計を十分確認せず、液体廃棄物を槽間移動する状況を想定する。						
	遮蔽機能不全	建屋の遮蔽機能不全	払出時	地震	58	—					
				設備故障	59	—					
				人的過誤	60	—					
				一時保管時	地震	61	・Sクラス相当の地震が発生した状況を想定する。				
					設備故障	62	—				
					人的過誤	63	—				
			分析時	地震	64	—					
				設備故障	65	—					
				人的過誤	66	—					
				地震	67	—					
				受入・払出時	設備故障	68	—				
					人的過誤	69	—				
					分析時	地震(地震に伴う火災を含む)	70	・Sクラス相当の地震の発生に伴い、可燃物が加熱機器に接触し、セル内で紙ウェスが燃える程度の火災が発生した状況を想定する。			
						設備故障	71	—			
						人的過誤	72	・誤って背面遮蔽扉又は天井ポートを開放することを想定する。			
			地震			73	—				
			設備故障	74		—					
			人的過誤	75		—					
		試料ビットの遮蔽機能不全	一時保管時	地震	76	・試料ビットに燃料デブリ等を一時保管中に、Sクラス相当の地震が発生した状況を想定する。					
				設備故障	77	—					
				人的過誤	78	—					
		鉄セルの遮蔽機能不全	分析時	地震(地震に伴う火災を含む)	79	・Sクラス相当の地震の発生に伴い鉄セルが損傷し、可燃物が加熱機器に接触したことにより紙ウェスが燃える程度の火災が発生した状況を想定する。		5.3×10 ²	建屋(壁コンクリート100.0cm, 天井コンクリート15.0cm)	3.1×10 ⁷	
				設備故障	80	—					
				人的過誤	81	—					
				地震	82	—					
				移送時	設備故障	83	—				
					人的過誤	84	—				
			コンクリートセルの臨界防止機能喪失		受入・払出時	地震	85	・地震による重量測定器の損傷を想定する。			
						設備故障	86	・重量測定器の誤作動による表示値の相違からの最大取扱量の超過を想定する。			
						設備故障	87	・重量測定器の表示値を読み間違えることによる最大取扱量の超過を想定する。			
						人的過誤	88	・コンクリートセル内に燃料デブリ等が存在する状態で、コンクリートセル外から燃料デブリ等を受け入れることを想定する(二重装荷)。			
				人的過誤		89	・コンクリートセル内に燃料デブリ等が存在する状態で、誤って保管容器を取り出すことを想定する(二重装荷)。				
				地震		90	—				
		分析時		設備故障	91	—					
				人的過誤	92	—					
				移送時	地震	93	・地震による重量測定器の損傷を想定する。				
					設備故障	94	・重量測定器の誤作動による表示値の相違からの最大取扱量の超過を想定する。				
					設備故障	95	・試料容器又は収納容器のIDを読み間違え、制限を超える燃料デブリ等を移送することを想定する(二重装荷)。				
					人的過誤	96	・重量測定器の表示値を読み間違えることによる最大取扱量の超過を想定する。				
		地震			97	・試料ビットに燃料デブリ等を一時保管中に、Sクラス相当の地震が発生した状況を想定する。					
		設備故障			98	・重量測定器の誤作動による表示値の相違からの最大取扱量の超過を想定する。					
		試料ビットの臨界防止機能喪失		一時保管時	人的過誤	99	・誤って保管容器に制限以上の燃料デブリ等を収納し、最大取扱量を超過することを想定する(二重装荷)。				
					人的過誤	100	・試料容器又は収納容器のIDを読み間違え、制限を超える燃料デブリ等を収納することを想定する(二重装荷)。				
					人的過誤	101	・試料ビットに保管容器を誤って制限数以上収納する状況を想定する。				
人的過誤					102	—					

2.6 電源の確保

措置を講ずべき事項

II. 設計, 設備について措置を講ずべき事項

6. 電源の確保

- 重要度の特に高い安全機能や監視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に, 異常を検知しその拡大及び伝播を防ぐこと。

2.6.1 措置を講ずべき事項への適合方針

(1) 東京電力福島第一原子力発電所における電源の確保

- 重要度の特に高い安全機能や監視機能を有する構築物, 系統及び機器に対し, 外部電源又は非常用所内電源のいずれからも電力を供給でき, かつ, 十分に高い信頼性を確保, 維持しうる構成とする。
- 外部電源, 非常用所内電源, その他の関連する電気系統設備の故障によって, 必要とされる電力の供給が喪失することがないように, 異常を検知し, 異常箇所を切り離すことによりその拡大及び伝播を防止する。

(実施計画: II-1-6-1)

(2) 第2棟における電源の確保

放射性物質分析・研究施設第2棟(以下「第2棟」という。)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全ての負荷に給電できる構成とする。外部電源が喪失した場合でも, 必要な設備に給電する非常用電源設備を設置する。

外部電源及び非常用電源設備, その他関連する電気系統の設備故障により, 必要な設備への電力供給が喪失することがないように, 遮断器と保護継電器を連係できる構成とする。保護継電器は, 計器用変圧器・変流器を介して電圧及び電流の大きさ, 位相条件により異常を検出し電気系統を保護する。保護継電器で異常を検知した場合は, 異常拡大防止のため保護継電器からの信号で遮断器を開放し, 異常箇所を隔離することで他の電気系統への異常の拡大及び伝播を防止する。

(実施計画: II-2-48-8)

(3) 使用許可基準規則における関連条文に対する方針

使用許可基準規則

(非常用電源設備)

第二十七条 使用前検査対象施設には、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使用前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。

第2棟は、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る設計とする。

2.6.2 対応方針

2.6.2.1 第2棟の電気系統設備の対応方針

(1) 第2棟 電源の確保

第2棟は、近傍のメタルクラッド開閉装置（以下「所内共通 M/C」という。）から、本線・予備線の2系統で高圧受電し、万一、外部電源が喪失した場合でも、第2棟に設置する非常用電源設備から必要な設備に給電できる設計とする。電源の系統を図 2.6-1～5 に示す。

(2) 第2棟 電気設備(高圧側)の保護

所内高圧母線は、所内共通 M/C で連系し特定原子力施設へ電力を振り分ける。第2棟に関連する電気系統の設備故障により発生する短絡若しくは地絡又は母線の低電圧若しくは過電流に対し、保護継電器により検知できる設計としており、検知した場合には、保護継電器からの信号により、遮断器等において故障箇所を隔離し、故障による影響を局所化し、他の電気系統の安全性への影響を限定できる設計とする。外部電源系の保護継電器を表 2.6-1 に示す。

表 2.6-1 外部電源系保護継電器

場所	保護継電器の種類
所内共通 M/C	過電流継電器 地絡過電圧継電器 地絡方向継電器
第2棟	交流不足電圧継電器 過電流継電器

(3) 第2棟 電気設備(低圧側)の保護

ファンやポンプ等の負荷については、過負荷保護継電器又は過電流保護継電器を設置している。過負荷保護継電器及び過電流保護継電器にて異常を検知した場合、警報を発生させることや負荷を停止することにより、他の安全機能への影響を限定できる設計としている。

(4) 第2棟 非常用電源設備

第2棟は、非常用電源設備として屋外ディーゼル発電機(1000kVA×1台)を設け、168時間連続に必要な負荷に対して電力を供給できる構成とする。

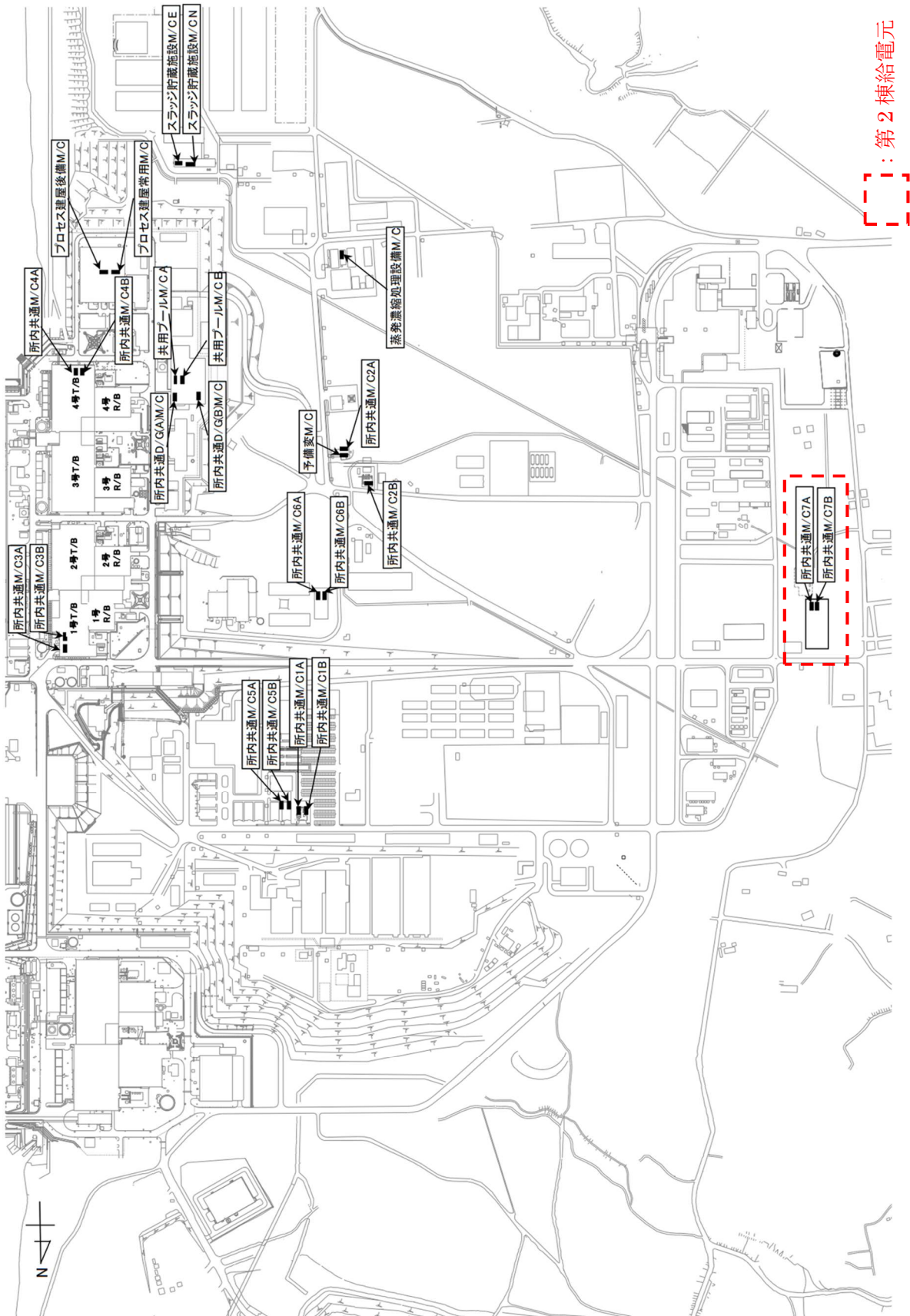
台数	1
容量	1,000kVA
電圧	6.9kV
力率	0.8
周波数	50Hz

(5) 第2棟 電気系統を構成する個々の機器の信頼性

電気系統を構成する電線、母線、変圧器、その他関連する機器については、電気学会電気規格調査会にて定められた規格(JEC)又は日本産業規格(JIS)等で定められた適切な仕様の機器を選定し、信頼性の高い設計とする。

(6) 第2棟 耐雷サージ対策

第2棟で設置する電気設備の雷サージ保護は、ポーリング接地極を用いて接地抵抗の低減を行う設計とする。



： 第2棟給電元

図 2.6-1 福島第一原子力発電所構内電源配置図

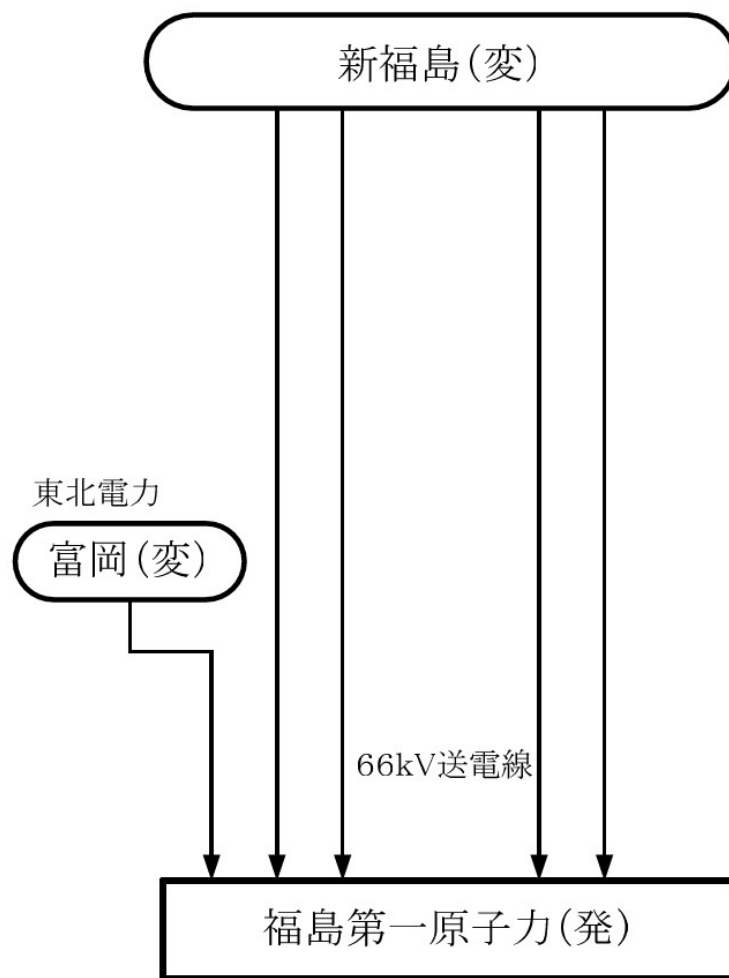


図 2.6-2 送電系統図

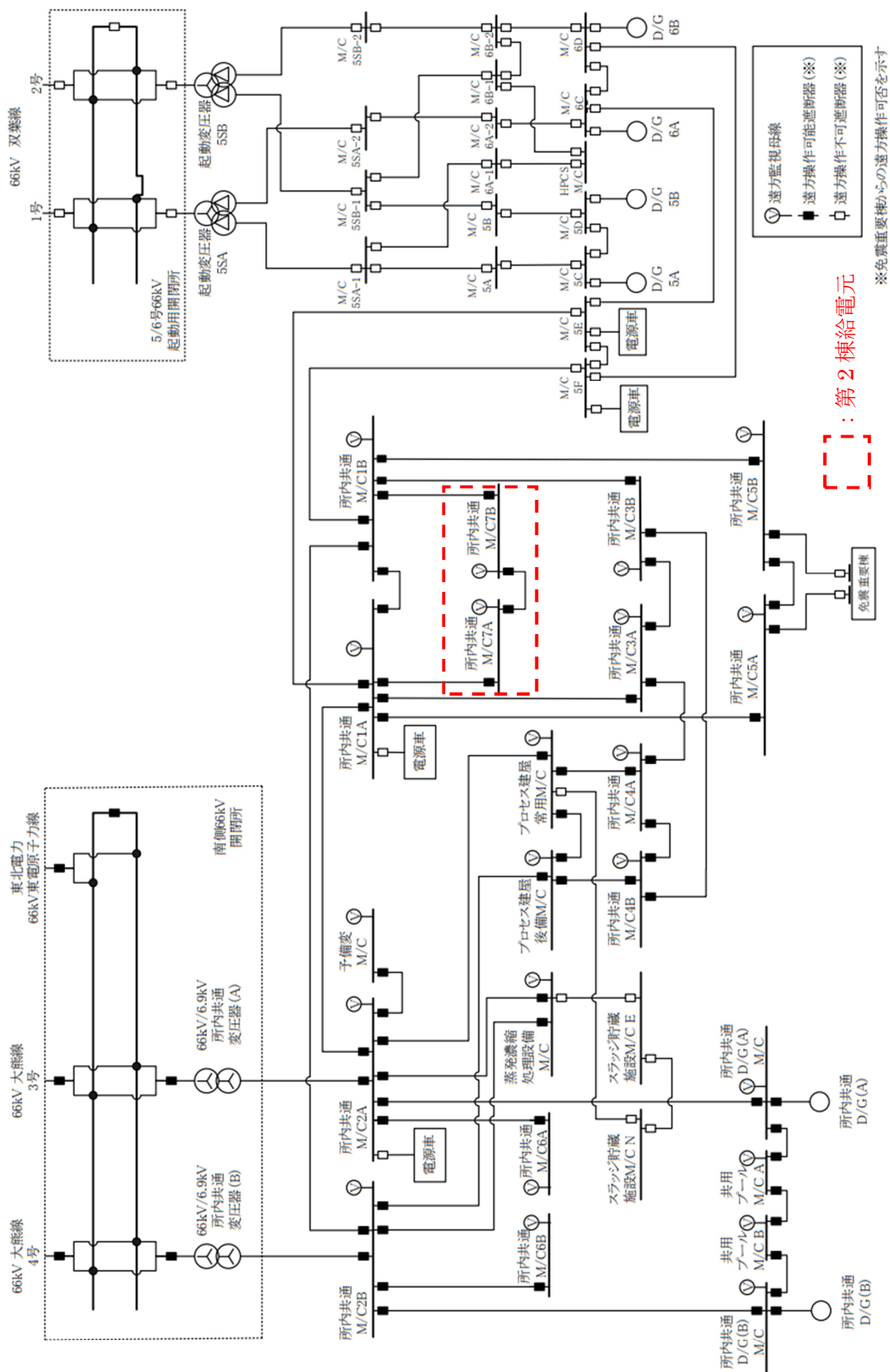


図 2.6-3 所内単線結線図

2.6-7

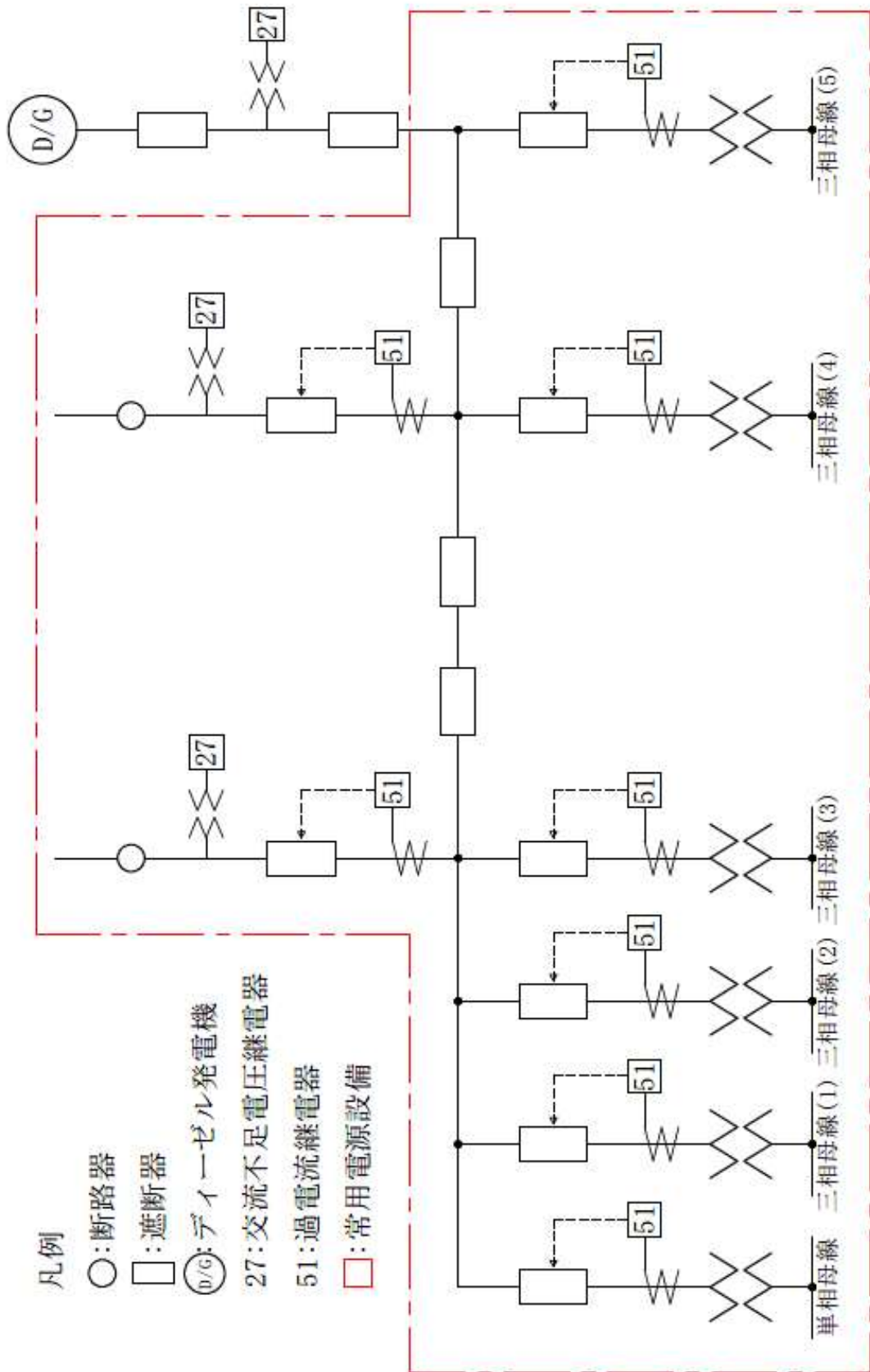


図 2.6-4 第 2 棟単線結線図(1)

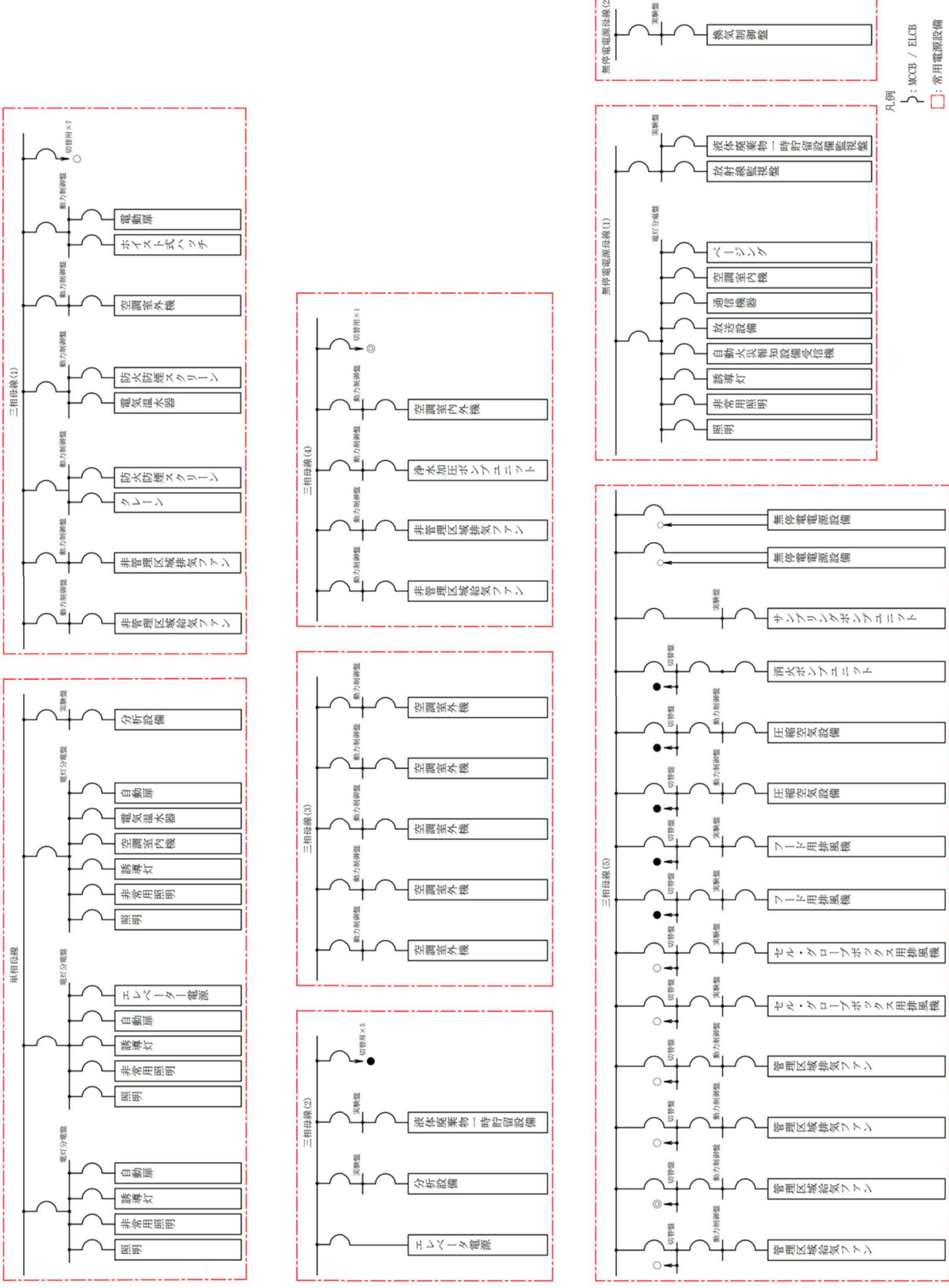


図 2.6-5 第2棟 単線結線図(2)

(7) 外部電源喪失時における第2棟の電源の確保

① 非常用電源設備及びその付属設備の信頼性

i) 非常用電源設備の配置

第2棟の非常用電源設備は、第2棟北側に配置する。図2.6-6に非常用電源設備配置位置を示す。

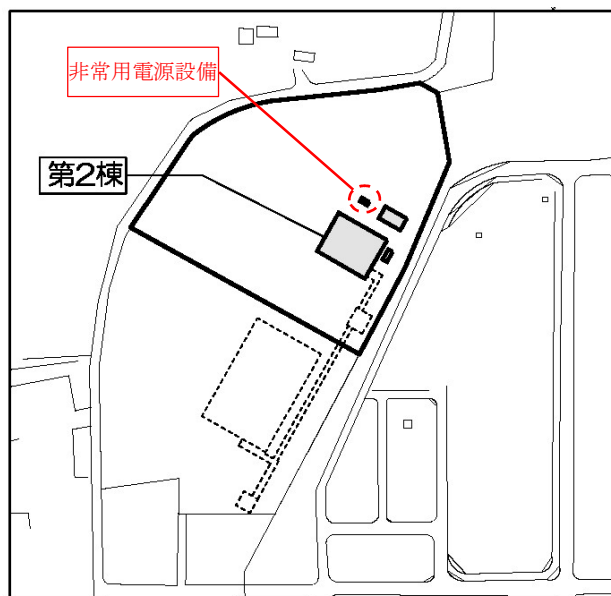


図 2.6-6 第2棟非常用電源設備配置図

ii) 容量について

第2棟の設計基準事故に対処するための設備は以下のとおりである。

1) 非常用電源設備

非常用ディーゼル発電機

台数 1台

容量 約1,000kVA/台

<主な負荷>

- ・外部電源が完全に喪失した場合に、第2棟の設備を安全に停止するために必要な負荷
- ・保安上必要とされる負荷

非常用ディーゼル発電機は、外部電源の喪失が発生した際、自動起動して第2棟の保安上必要とされる負荷に電力を供給するために、十分な発電機容量を有する設計とする。

iii) 燃料貯蔵設備

非常用ディーゼル発電機は、第2棟の設備を安全に停止するために必要な負荷と保安上必要とされる負荷に必要な容量を有しており、燃料は重油タンクから燃料移送ポンプにて、非常用ディーゼル発電機へ供給される。

重油タンクの燃料は、168時間連続運転できる容量とする。非常用ディーゼル発電機の燃料供給系統を図2.6-7に示す。

ディーゼル発電機1台を定格出力にて7日間連続運転できる容量

V : 重油必要容量[L]
 N : 発電機定格出力[kW]=1000(力率0.8)
 H : 運転時間[h]=168(7日間)
 γ : 燃料(重油)の密度[kg/L]=0.85
 c : 燃料消費量[kg/kW・h]=203×10⁻³

$$V = \frac{N \times H \times c}{\gamma} = \frac{1000 \times 168 \times 203 \times 10^{-3}}{0.85} = 40.1 \text{ kL} < 50 \text{ kL}$$

燃料タンク

- 形状 : 横型円筒形
- 基数 : 1
- 容量 : 50kL
- 使用燃料 : A重油

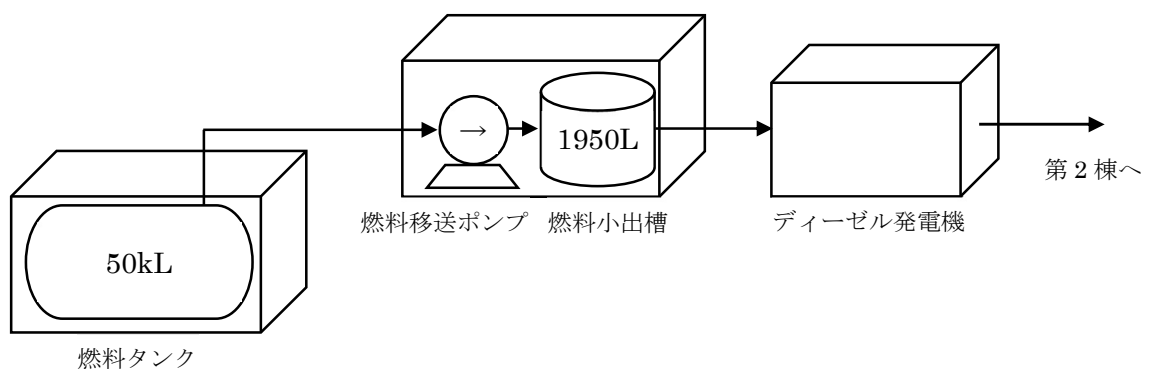


図 2.6-7 非常用ディーゼル発電機の燃料供給系統の構成

設計評価事故対象外設備で外部電源喪失時における安全機能への影響

第 2 棟の設計評価事故に含まれない設備が，外部電源喪失によって第 2 棟の安全機能に影響を及ぼさないことを下記に示す。

No.	設備名	外部電源喪失した場合
1	照明	<p>点灯中の室内照明は，外部電源喪失に伴い消灯する。無停電電源設備から給電している一部の部屋(制御室，緊急対策室，電気室)は，無停電電源設備の動作時間(10分)点灯し照度を確保する。</p> <p>無停電電源設備は，非常用電源設備に接続する。また，携行型作業灯で照度を確保する。</p>
2	非常用照明	<p>消灯状態の非常用照明は，外部電源喪失に伴い，自動的に蓄電池からの給電に切り替わり 30 分間点灯し照度を確保する。</p> <p>無停電電源設備から給電している非常用照明は，無停電電源設備からの給電のため消灯状態を継続し，無停電電源設備の動作時間(10分)経過後に蓄電池からの給電に切り替わり 30 分間照度を確保する。</p> <p>無停電電源設備は，非常用電源設備に接続する。</p>
3	誘導灯	<p>点灯中の誘導灯は，外部電源喪失に伴い自動的に蓄電池からの給電に切り替わり 20 分間点灯し誘導を継続する。無停電電源設備から給電している誘導灯は，無停電電源設備の動作時間(10分)経過後に，蓄電池からの給電に切り替わり 20 分間点灯を継続する。</p> <p>無停電電源設備は，非常用電源設備に接続する。</p>
4	自動扉 (更衣室，汚染検査室)	<p>自動扉動作中に外部電源喪失が喪失した場合，自動扉のセンサーとモータが停止し，動作中の位置で扉が停止する。また，手動でドアの開閉が可能である。</p>
5	エレベータ電源	<p>エレベータ運転中に外部電源が喪失した場合，エレベータ内の停電灯が自動点灯し，停電時自動着床装置により近傍の下階で停止し扉が開いて避</p>

		難し、以後エレベータ運用を停止する。
6	空調室内機	運転中の室内機は、外部電源喪失に伴い停止する。除熱を要する一部の部屋(制御室、緊急対策室、電気室)は、非常用電源設備に接続する。
7	電気温水器	除染や手洗いで利用する温水加温中に外部電源が喪失した場合、加温が切れて停止する。
8	分析設備	分析中の分析装置は、外部電源喪失に伴い運転を停止する。
9	非管理区域給気ファン	運転中の非管理区域給気ファンは、外部電源喪失に伴い運転を停止する。
10	非管理区域排気ファン	運転中の非管理区域排気ファンは、外部電源喪失に伴い運転を停止する。
11	防火防煙スクリーン (固体廃棄物払出準備室)	待機状態の防火防煙スクリーンは、外部電源が喪失しても、無停電電源設備と自動火災報知設備受信機(蓄電池)から給電が継続され待機状態を維持する。 無停電電源設備は、非常用電源設備に接続する。
12	空調室外機	運転中に外部電源が喪失した場合、室外機は運転を停止する。除熱を要する一部の部屋(制御室、緊急対策室、電気室)は、非常用電源設備に接続する。
13	ホイスト式ハッチ (ローディングドッグ-サービスエリア間)	ホイスト運転中に外部電源が喪失した場合、通電が切れた場合でもホイスト用モータと電磁ブレーキの組合せでブレーキが動作しハッチを保持する。 ホイスト式ハッチは、非常用電源設備に接続する。
14	電動扉 (ローディングドッグ)	電動扉動作中に外部電源が喪失した場合、電動扉のモータが停止し動作中の扉位置で止まる。また、手動でドアの開閉が可能である。 電動扉は、非常用電源設備に接続する。
15	浄水加圧ポンプユニット	飲料用の浄水受水槽から加圧送水中に外部電源が喪失した場合、ポンプ停止に伴い浄水は管内に留まる。
16	サンプリングポンプユニット	放射線管理用サンプリングポンプの運転中に、外部電源が喪失した場合、ポンプは運転を停止す

		<p>る。</p> <p>サンプリングポンプユニットは、非常用電源設備に接続する。</p>
17	無停電電源設備	<p>運転中の無停電電源設備は、外部電源喪失と同時に自動的に無停電電源設備の蓄電池からの給電に切り替わり、接続されている負荷へ10分間給電を行う。</p> <p>無停電電源設備は、非常用電源設備に接続する。</p>
18	放送設備	<p>放送中に外部電源が喪失した場合、無停電電源設備からの給電に切り替わり10分間放送できる。</p> <p>無停電電源設備は、非常用電源設備に接続する。</p>
19	通信設備	<p>通信中に外部電源が喪失した場合、無停電電源設備からの給電に切り替わり10分間通信できる。</p> <p>無停電電源設備は、非常用電源設備に接続する。</p>
20	ページング	<p>ページング中に外部電源が喪失した場合、無停電電源設備からの給電に切り替わり10分間呼び出しできる。</p> <p>無停電電源設備は、非常用電源設備に接続する。</p>
21	放射線監視盤	<p>監視中に外部電源喪失が喪失した場合、無停電電源設備からの給電に切り替わり10分監視を継続する。</p> <p>無停電電源設備は、非常用電源設備に接続する。</p>

以上のことから、第2棟で設計評価事故に含まれない設備が電源喪失となっても、第2棟の安全機能に影響はない。

非常用電源設備の耐震クラスについて

セル・グローブボックス用換気空調設備の耐震クラスは、「東京電力ホールディングス株式会社福島第一原子力発電所における耐震クラス分類と地震動の適用の考え方（2022年11月16日）」に基づき、以下の評価結果からB⁺クラスと設定した。

1. 評価条件

- ・コンクリートセル No. 4 内の試料調製時に発生する燃料デブリ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、コンクリートセルの排気配管内の放射性物質を含む気体が直接周辺の室に放出され、さらに建屋から外部へ地上放出され、敷地境界に達したと想定する。
- ・建屋の除染係数 10^{※2} を考慮する。

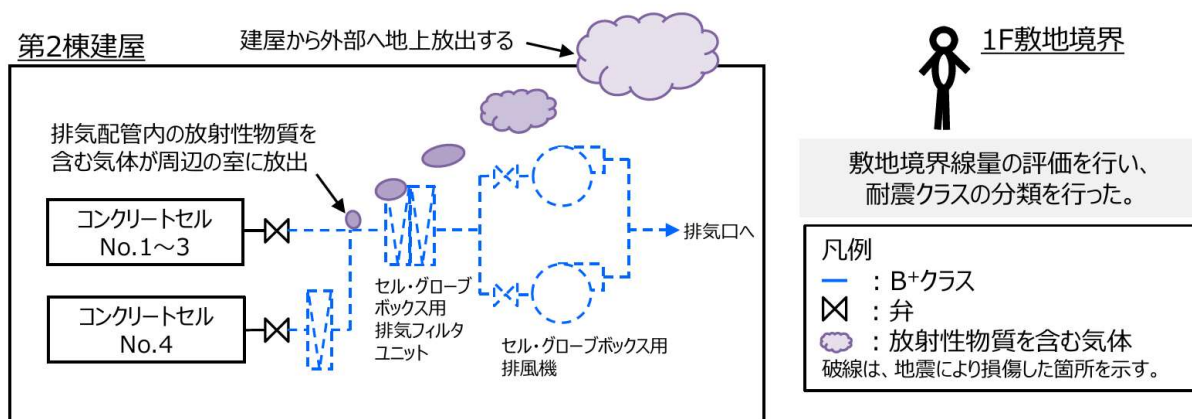


図 2.6.2-1 評価図

「東京電力ホールディングス株式会社福島第一原子力発電所における耐震クラス分類と地震動の適用の考え方（2022年11月16日）」のフローに従い耐震クラスを分類した。

表 2.6.2-1 評価結果

設備名称	敷地境界線量 (mSv)	耐震クラス
セル・グローブボックス用換気空調設備	2.0×10 ⁻¹	B ⁺ クラス

※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 建屋の除染係数として気体状の放射性物質を除き、DF10 を考慮。

Elizabeth M. Flew, et al. "Assessment of the Potential Release of Radioactivity from Installations at AERE, Harwell. Implications for Emergency Planning

2. 機器毎の損傷による評価

2.1 セル・グローブボックス用換気空調設備の損傷時における敷地境界線量と耐震クラス

セル・グローブボックス用換気空調設備について、それぞれの機器が損傷したときの敷地境界線量を評価し、耐震クラス分類を行った。なお、②「セル・グローブボックス用排風機の上流の弁より下流側」については、セル・グローブボックス用排気フィルタユニットの除染係数 10^7 ※1 を考慮する。

セル・グローブボックス用換気空調設備の分割した各機器が損傷した場合の敷地境界線量、耐震クラスは以下のとおり。

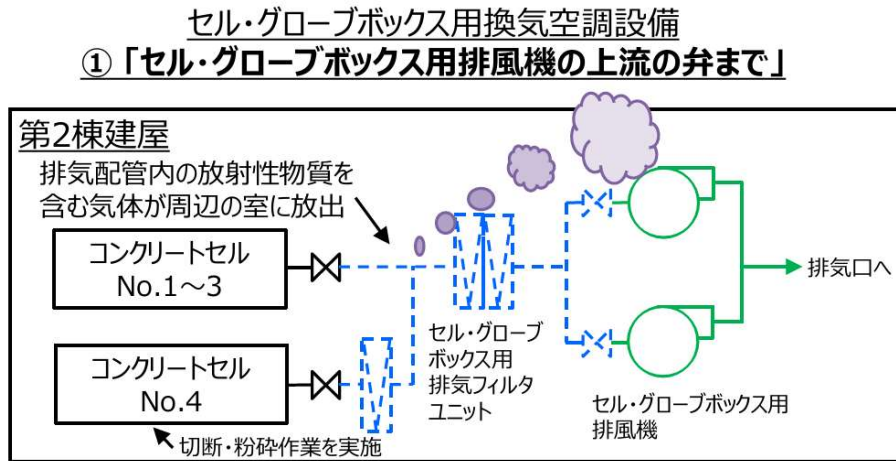


図 2.6.2-2 評価図

表 2.6.2-2 評価結果

設備名称	敷地境界線量 (mSv)	耐震クラス※2
① 「セル・グローブボックス用排風機の上流の弁まで」	2.0×10^{-1}	B ⁺ クラス

セル・グローブボックス用換気空調設備
②「セル・グローブボックス用排風機の上流の弁より下流側」

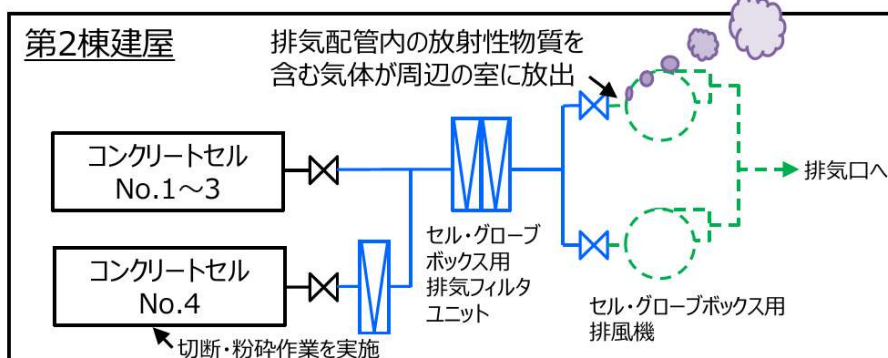


図 2. 6. 2-3 評価図

表 2. 6. 2-3 評価結果

設備名称	敷地境界線量 (mSv)	耐震クラス ^{※2}
② 「セル・グローブボックス用排風機の上流の弁より下流側」	2.8×10^{-7}	Cクラス

※1 セル・グローブボックス用排気フィルタユニットは、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 規格品の高性能フィルタを 3 段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。

※2 第 2 棟の耐震 C クラスの設備が B クラスの地震により全て損傷した場合においても、敷地境界線量の合計値が耐震 C クラスの基準内であることを確認した。

よって、セル・グローブボックス用換気空調設備の耐震クラスは、「セル・グローブボックス用排風機の上流の弁まで」を B⁺クラス、「セル・グローブボックス用排風機上流の弁より下流側」を C クラスとする。

「東京電力福島第一原子力発電所における放射性物質の閉じ込め機能を有する 施設・設備に対する非常用電源設備の設置要否及び具体的要件について」を踏まえると、非常用電源設備から給電するセル・グローブボックス用排風機は C クラスであることから、非常用電源設備は C クラスとなる。

2.2 フード用換気空調設備の損傷時における敷地境界線量と耐震クラス

フード用換気空調設備の損傷に伴い、フード内の燃料デブリ中の放射性物質の一部がフード内の気相に移行し、フードの排気配管内の放射性物質を含む気体が直接フード周辺の室に放出され、さらに建屋から外部へ地上放出され、敷地境界に達したと想定する。

フード用換気空調設備が損傷した場合の敷地境界線量、耐震クラスは以下のとおり。

表 2.6.2-4 評価結果

設備名称	敷地境界線量 (mSv) ※1,2	耐震クラス
フード用換気空調設備※3	2.8×10^{-7}	Cクラス

※1 建屋の除染係数として気体状の放射性物質を除き、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

※2 燃料デブリ等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。

※3 フードにおいて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、※2の移行率を用いた。

3. 耐震Cクラス設備が全て損傷した場合の線量評価

保守的な評価条件としてBクラスの地震により第2棟の電源が喪失し、非常用電源設備の給電ができなくなる、かつ、Cクラスの設備全てが損傷した場合における線量評価を実施した。Bクラスの地震により損傷する設備のうち、公衆被ばく影響を与える設備は、フード用換気空調設備、セル・グローブボックス用換気空調設備 (セル・グローブボックス用排風機の上流の弁より下流側) 及び液体廃棄物一時貯留設備である。

敷地境界線量の評価結果を(1)、(2)に示す。

(1) 換気空調設備

設備名称	耐震クラス	敷地境界線量 ※1,2 (mSv)
フード用換気空調設備※4	C	2.7×10^{-5}
セル・グローブボックス用換気空調設備 (セル・グローブボックス用排風機の上流の弁より下流側)		2.8×10^{-7}
計		2.8×10^{-5}

(2) 液体廃棄物一時貯留設備

設備名称	耐震クラス	敷地境界線量 ※1,3 (mSv)
液体廃棄物一時貯留設備	C	7.2×10^{-6}

※1 建屋の除染係数として気体状の放射性物質を除き、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

- ※2 燃料デブリ等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。
- ※3 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）
- ※4 フードにおいて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、※2の移行率を用いた。

両方の設備において、 $50\mu\text{Sv}$ 未満であることが確認できた。また、第2棟全体で電源喪失した場合における敷地境界線量の合計値は、 $3.6\times 10^{-2}\mu\text{Sv}$ ($=3.6\times 10^{-5}\text{mSv}$)となり、こちらも $50\mu\text{Sv}$ 未満であることを確認した。

4. 結果

第2棟は、電源喪失の状態となっても、機動的対応により必要な機能を代替することにより、安全機能を確保できる。また、敷地境界における線量は、 $50\mu\text{Sv}$ 未満となる。

以上のことから、非常用電源設備は、耐震Cクラスのディーゼル発電機1台を設置し、外部電源復旧に要する7日間について電源確保できる設計とする。

V 燃料デブリの取出し・廃炉のために措置 を講ずべき事項

5.2 臨界防止

措置を講ずべき事項

V 燃料デブリの取出し・廃炉のために措置を講ずべき事項

- 燃料デブリなどを含む核燃料物質については、確実に臨界未満に維持し、原子炉格納容器の止水などの対策を講じた上で、安全に取り出し、飛散を防止し、適切に遮蔽、冷却及び貯蔵すること。
- 作業員及び敷地内外の安全の確保を図りつつ、1号炉から4号炉の廃炉をできる限り速やかにかつ安全に実現するために適切な措置を講じること。
- 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。

5.2.1 措置を講ずべき事項への適合方針

(1) 第2棟における燃料デブリの取出し・廃炉のために措置を講ずべき事項

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。

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。

(実施計画：II-2-48-5)

(2) 使用許可基準規則における関連条文に対する方針

(核燃料物質の臨界防止)

第七条 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。

(貯蔵施設)

第二十三条 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。

第七条第1項について

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、当該核燃料物質が臨界に達するおそれがないよう、核的に安全な形状寸法にすることその他の適切な臨界防止のための措置を講ずる設計とする。

第2棟は、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おいても、燃料デブリ等に含まれる核燃料物質が臨界に達するおそれのない設計とする。

(1) 単一ユニット

- ・燃料デブリ等に含まれる核燃料物質の取扱い上の一つの単位である単一ユニットは、形状管理、質量管理及びこれらの組合せにより、臨界を防止する設計とする。
- ・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。）を設ける設計とする。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防止を維持できる設計とする。
- ・燃料デブリ等の取扱施設では、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、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設計とする。燃料デブリ等の一時貯蔵施設では、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設計

とする。

- ・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を設ける設計とする。この場合、誤操作等を考慮しても、十分な対策を講じることにより、工程内の核燃料物質が当該制限値を超えないよう臨界安全が確保された設計とする。
- ・臨界管理されている設備から運転員の単一の誤操作によって、臨界管理されていない設備へ核燃料物質が流入することがない設計とする。
- ・核的制限値については、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、吸収及び散乱の各条件を仮定し、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んで設定するとともに、参考とする手引書、文献等については、公表された信頼度の十分高いものを、臨界計算コード等については、実験値等との対比がなされた信頼度の十分高いものを使用する。
- ・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ような核的制限値の維持・管理を行う設計とする。

(2) 複数ユニット

- ・第2棟に単一ユニットが2つ以上存在する場合には、単一ユニット相互間の中性子相互干渉を考慮し、単一ユニット相互間が核的に安全な配置であることを担保する適切な核的制限値を設定し、臨界安全を確保する設計とする。
- ・上記の核的制限値については、最も厳しい結果を与えるよう、単一ユニット相互間の中性子の減速、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んで設定するとともに、参考とする手引書、文献等については、公表された信頼度の十分高いものを、臨界計算コード等については、実験値等との対比がなされた信頼度の十分高いものを使用する。
- ・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よう、核燃料物質を収納する設備・機器の設置においては十分な構造強度を持つ構造材を用いて固定すること及び固定することが困難な設備・機器の場合は、設備・機器の周囲に単一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により、核的制限値の維持・管理を行う設計とする。
- ・第2棟において、核燃料物質を別の単一ユニットに移動させるときは、核的制限値等を満足する状態であることを作業員及び立会者が確認した上で、核燃料物質の移動を行う。また、万一、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は、核燃料物質を安全に保持した状態を維持する設計とする。

第七条第2項について

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、 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。
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。

臨界事故が発生したとしても、臨界発生時の状況から臨界が発生した原因を推測し、臨界を抑える方策を講じる。また、万一、臨界が発生した場合に備え、中性子吸収材や放射線管理資機材を施設内に準備し、その取扱いに関するマニュアルを整備する。

第二十三条第1項第1号について

燃料デブリ等を一時的に保管する試料ピットは、燃料デブリ等を一時的に保管するために必要な容量を有する設計とする。第2棟では、1回の燃料デブリ等の受入れ量を最大 \blacksquare 以下として、年間最大12回の受入れを想定している。何らかの理由で1年程度燃料デブリ等を払い出せない場合でも分析・試験を継続するため、保管容量は2年（24回の受入れ）分の受入量に1割の余裕を考慮し、 \blacksquare 単位で切り上げて設定した（ \blacksquare 単位で切上げ）。

第二十三条第1項第2号について

燃料デブリ等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ずる設計とする。

燃料デブリ等を一時的に保管する試料ピットは \blacksquare にあるため、人がみだりに立ち入ることはできない。

第二十三条第1項第3号について

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に、標識を設ける設計とする。

燃料デブリ等を一時的に保管する試料ピットには、燃料デブリ等が存在することを明示するため、必要な表示を行う設計とする。

第二十三条第2項について

第2棟の試料ピットに一時的に保管する予定の燃料デブリ等は、事故が発生してから時間が経過しているため、崩壊熱は十分小さいことから、冷却する必要がない(別紙-1参照)。

5.2.2 対応方針

(1) 分析・研究第2棟における設計方針

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。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（別紙-2参照）。

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、鉄セル、グローブボックス、フード、 $\alpha \cdot \gamma$ 測定室の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。試料ピットは、燃料デブリ等を一時的に保管する臨界防止を考慮した形状の設備で、██████████に設置する。██████████があり、各██████████に燃料デブリ等██████████を収納した保管容器を██████████まで積み上げて一時的に保管する。最大容量は██████████、██████████*1とする質量管理及び形状管理*2で臨界管理を行う。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表5.2-1に示す。

※1：第2棟では、1回の燃料デブリ等の受入れ量を最大██████████以下として、年間最大12回の受入れを想定している。何らかの理由で1年程度燃料デブリ等を払い出せない場合でも分析・試験を継続するため、保管容量は2年（24回の受入れ）分の受入量に1割の裕度を考慮し、██████████単位で切り上げて設定した（██████████（██████████単位で切上げ））。

※2：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り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██████████、間隔等を制限することで、臨界とならないよう管理する。

表5.2-1 想定する燃料デブリ等の最大取扱量及び臨界管理方法

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 鉄セル、グローブボックス、 フード、 $\alpha \cdot \gamma$ 測定室:合計	██████████	質量管理
試料ピット ██████████	██████████	質量管理及び形状管理

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(別紙-3参照)。

なお、鉄セル並びに分析室及び $\alpha \cdot \gamma$ 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、燃料デブリ等が試料ピットの██████████底部に集積した場合でも未臨界性の判断基準である 0.95 を下回るため、保管容器の形状は臨界安全上の問題にならない(別紙-5参照)。

燃料デブリ等の発熱量について

試料ピットに保管する燃料デブリ等の発熱量から保管容器表面温度及び燃料デブリ等の中心温度を評価し、核燃料物質の冷却機能は必要ないことを確認した。

1. 燃料デブリ等の発熱量

燃料デブリ等の発熱量は、ORIGEN2.2-UPJを用いて評価する。

最も発熱量が高い条件となる2号機に装荷されたUO₂燃料の組成及び2号機の運転履歴に基づく燃焼度を用い、原子炉停止から15年が経過した2026年3月時点を考慮した条件で、燃料デブリ等の発熱量を評価した。

その結果、燃料デブリ等の発熱量は2.47W/kgとなった。

2. 保管容器表面温度及び燃料デブリ等の中心温度の評価

■■■■の試料ピットに燃料デブリ等を保管した場合の保管容器表面温度及び燃料デブリ等の中心温度を計算する。

(1) 計算条件

燃料デブリ等を試料ピットに保管した場合の熱計算条件として、以下の条件を設定した。試料ピットの構造図を図5.2.1-1に示す。

- ・ 燃料デブリ等の発熱量は、1.項で求めた値を使用する。
- ・ ■■■の燃料デブリ等が■■■■の保管容器に収納され、保管容器内全体に均等に納まり一様に発熱しているとする。
- ・ 試料ピットの■■■■それぞれに■■■■の保管容器が装荷されているとする (■■■■)。

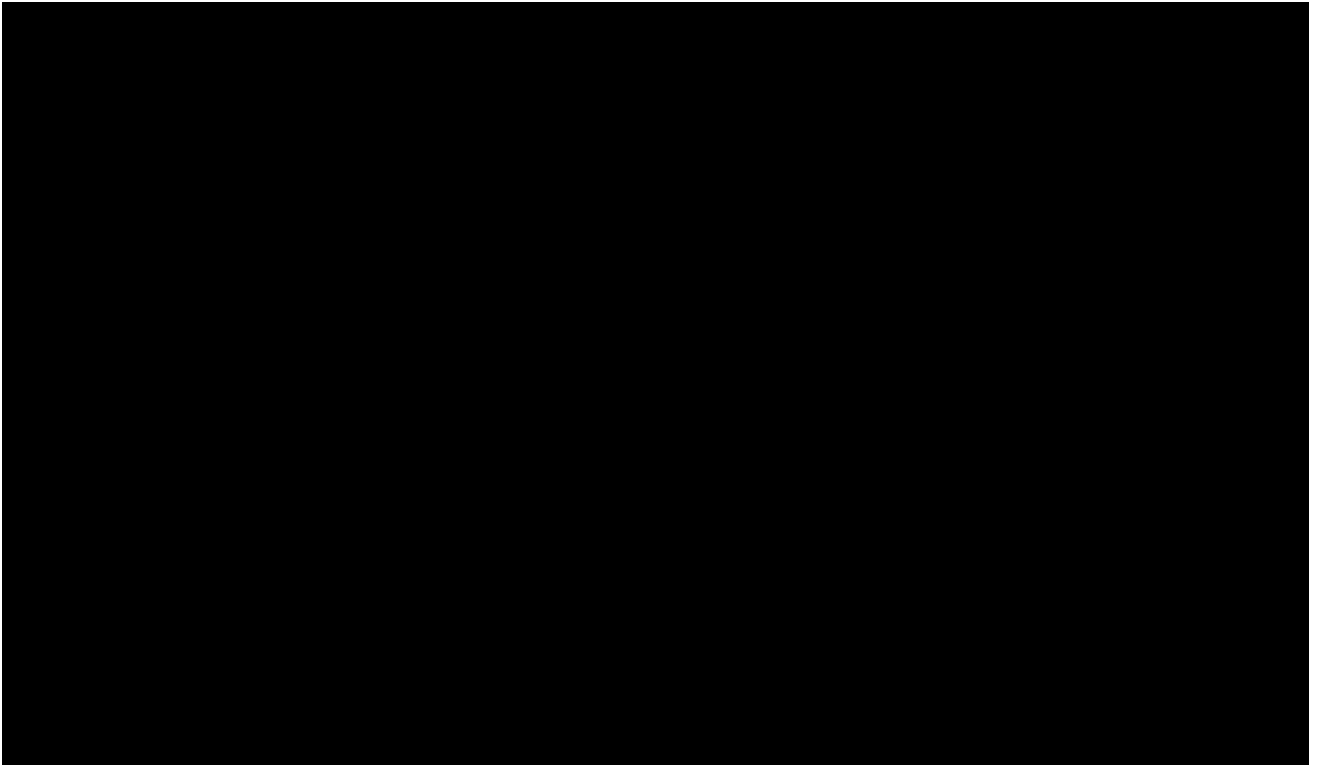


図 5.2.1-1 試料ピット構造図

(2) 解析モデル

と試料ピットをモデルとし、の躯体は底面から 3m の範囲が 30℃、周りの室温は 40℃の状態として解析モデルを作成、換気による空気の流動はないものとして熱伝導による温度を解析する。解析モデルを図 5.2.1-2 に示す。

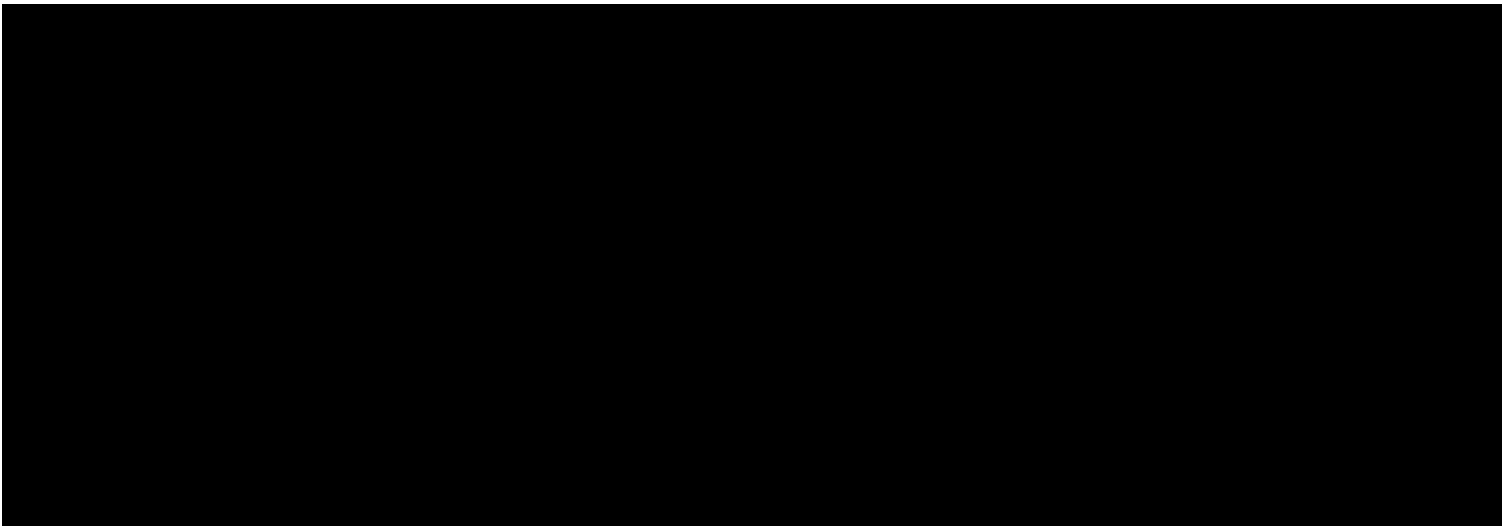


図 5.2.1-2 解析モデル

(3) 解析手法

解析コードとして、汎用熱流体解析コード ANSYS Fluent ver. 19.1 を使用し、保管容器表面の温度を求める。また、保管容器の表面温度の解析結果から、保管容器内の半径方向の温度分布を評価することで燃料デブリ等の中心温度を求める。温度分布は次式により求める。

5.2.2-2

円柱の温度分布の計算式

$$T = T_1 + \frac{q}{4\lambda_p}(r_1^2 - r^2)$$

- T : 保管容器の中心からの位置 r における温度 (K)
- T₁ : 保管容器の表面温度 (K)
- q : 発熱密度 (W/m³)
- λ_p : 保管容器内の熱伝導率 (W/mK)
- r₁ : 保管容器の大きさ半径 (cm)
- r : 保管容器の中心からの位置 (cm)

(4) 結果

解析の結果、保管容器表面の温度は最高温度で 88.1℃となり、ステンレス製の保管容器や核燃料物質自体に影響はないことから、核燃料物質の冷却機能は必要ない。

保管容器内温度分布の評価結果を図 5.2.1-3 に示す。燃料デブリ等の中心温度は約 89℃の結果となった。

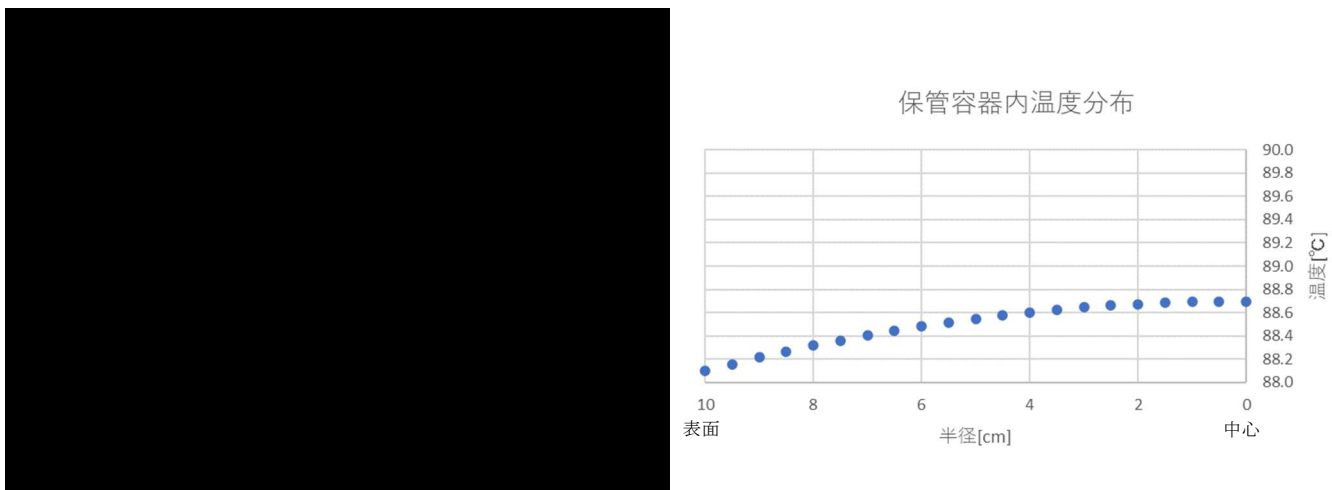


図 5.2.1-3 保管容器の温度分布評価

臨界管理の方法について

1. 臨界防止の対応

第2棟では質量管理による臨界管理を行い、試料ピットでは質量管理に加えて形状管理により臨界管理を行う。（参考資料2-1参照）質量管理を行う為、コンクリートセルNo. 2及びNo. 4並びに鉄セルに質量測定器を設置し、燃料デブリ等の質量を測定する。質量測定器の設置場所を図5.2.2-1に示す。

なお、質量管理においては、受け入れる燃料デブリ等に含まれる核燃料物質の量を定量し管理することが困難であることから、燃料デブリ等のすべてを核燃料物質とみなし、測定可能な燃料デブリ等の質量をもって管理する。

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

※：計量管理担当者とは、核燃料物質の計量管理に関する実務を行う者で、業務経験及び教育の受講歴より十分な知識を有している者から指名する。

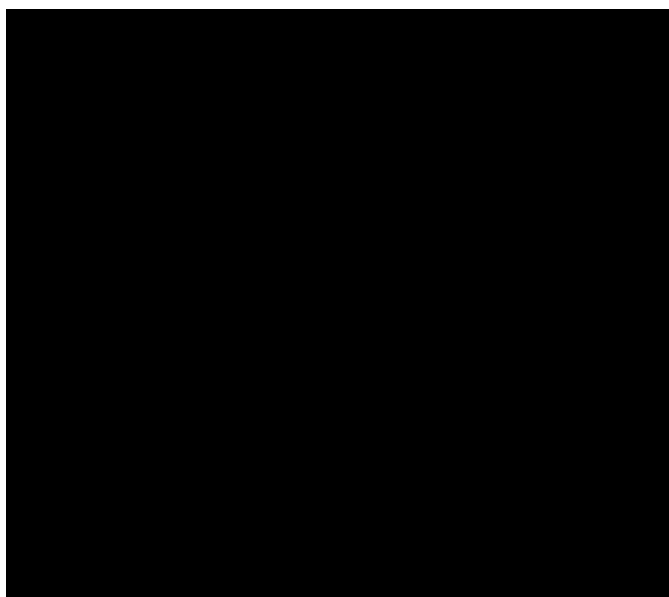


図5.2.2-1 第2棟の機器配置図 1階

2. 臨界防止の手順

燃料デブリ等の受入れ、払出し、一時保管等の手順について記載する。

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²³⁵U+ 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。（参考資料2-2参照）

① 燃料デブリ等の受入れに伴う管理

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、鉄セル、グローブボックス、フード、 α ・ γ 測定室の燃料デブリ等の合計質量が最大取扱量である■以下となるよう管理する。管理方法を以下に示す。

- i) 受入れに先立ち、収納容器ID及び試料容器ID並びに総質量（内容物+容器）、容器質量の情報提供を受ける。
- ii) 計算機又は伝票の記録により、コンクリートセルNo.1～4、鉄セル、グローブボックス、フード、 α ・ γ 測定室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。
- iii) 受入れ後、コンクリートセルNo.1にて収納容器IDの確認及びコンクリートセルNo.2にて収納容器の総質量を測定、試料容器を取り出して試料容器IDの確認及び質量測定を実施する。
- iv) コンクリートセルNo.4にて試料容器から燃料デブリ等を取り出し、内容物の質量を測定する。
- v) 受入物ごとに、燃料デブリ等の質量、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iv)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、総質量及び試料容器質量から内容物質量を評価して、計算機又は伝票に記録する。

② 燃料デブリ等の払出しに伴う管理

燃料デブリ等を福島第一原子力発電所の払出先施設へ払い出す際の管理方法を以下に示す。

- i) コンクリートセルNo.2にて払出す燃料デブリ等を収納した収納容器ID及び試料容器IDの確認並びに総質量（内容物+容器）の測定を実施する。
- ii) 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収納容器ID及び試料容器ID並びに総質量、容器質量を払出先の施設へ通知する。
- iii) 収納容器を払い出す際は、収納容器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。
- iv) 払い出した後、計算機又は伝票の情報を更新し管理する。

③ 燃料デブリ等の一時的な保管に伴う管理

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質量が最大取扱量である■■■■以下となるよう管理する。管理方法を以下に示す。

- i) 計算機又は伝票の記録により、試料ピットへ収納する保管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、試料ピットへ保管容器を収納する。
- ii) 保管容器を試料ピットへ収納する際は、試料容器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。
- iii) 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。

④ 試料ピットからの燃料デブリ等の取出しに伴う管理

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、鉄セル、グローブボックス、フード、 $\alpha \cdot \gamma$ 測定室の燃料デブリ等の合計質量が最大取扱量である■■■■以下となるよう管理する。管理方法を以下に示す。

- i) 計算機又は伝票の記録により、試料ピットから取り出す試料容器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、鉄セル、グローブボックス、フード、 $\alpha \cdot \gamma$ 測定室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、試料ピットから保管容器を取り出す。
- ii) 試料ピットから保管容器を取り出す際は、試料容器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。
- iii) 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。

2. 臨界発生時の対応

上記の手順により臨界の発生を防止しているが、万が一臨界が発生した場合は、 γ 線エリアモニタ及び中性子線エリアモニタが、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。臨界を検知した際は、まず人命第一とし建屋外避難する。その後、臨界発生時の状況から臨界が発生した原因を推測し、臨界を抑える方策を講じる。また、万が一臨界が発生した場合に備え、中性子吸収材や放射線管理資機材を施設内に準備する。

エリアモニタについては、 γ 線エリアモニタ及び中性子線エリアモニタの線種毎に第2棟内の複数箇所に設置することで多様性及び多重性を確保する。また、エリアモニタごとに独立した電源を有しており、電源喪失時には非常用電源から電源が供給されるまでの間エリアモニタを稼働させる独立性を有した設計としている。

臨界に伴う線量率の上昇等の検知のため、複数箇所に γ 線エリアモニタ、中性子線エリアモニタはサービスエリア及びオペレーションエリアに各1台設置する。各エリアモニタは電源喪失、故障発生時には制御盤へ故障信号を発信する。

警報吹鳴の対応については、運用開始前までにマニュアル化する。

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ユ

アルを運用開始前までに整備する。

- 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
- 中性子吸収材の取扱方法
- 放射線管理資機材の取扱方法

らない設計とする。また、二重装荷時（2つ以上の単一ユニットが同時に存在する場合）においても臨界に達しない取扱量とする。

- 万が一臨界が発生した場合は、 γ 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できるとともに、警報発報が可能な設計とする。

質量管理の方法について

二重装荷を考慮しても臨界に達しないPu \blacksquare を含んだ燃料デブリ等の質量は \blacksquare であるため、第2棟で設定している核的制限値 \blacksquare は十分な裕度を持っている。

第2棟の臨界管理上の核的制限値を逸脱しないよう、質量管理に用いる計器の信頼性を確保する方策と、測定結果に要求する精度を以下に示す。

○質量測定の手順^{※1}(図 5.2.2-2 にイメージを示す。)

- ①分銅を用いて、質量計^{※2}の校正を行う。
- ②分銅を測定し、校正が正しく実施できたことを確認する。
- ③燃料デブリ等、試料容器が収納された収納容器を繰り返し測定する。

なお、コンクリートセル No. 2 に導入予定である質量測定器で測定可能な最小値は 1g である。

- ④計算機又は伝票を用いて、平均値を求め、平均値の小数点第一位(単位:g)を切り上げ、燃料デブリ等、試料容器が収納された収納容器の質量を求める^{※3}。

- ⑤移送先の核的制限値を逸脱しないことを確認する。

※1: 質量測定の手順は、作業員以外での確認も行えるよう2名以上で行う。

※2: 測定可能な最大値が約 30kg の仕様とする。また、予備機をセル外に用意する。

※3: 平均値から収納容器及び試料容器の質量を差し引き、燃料デブリ等のみの質量を算出する。

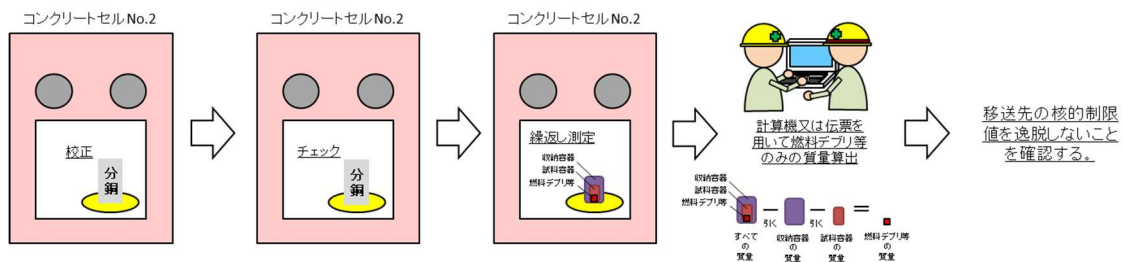


図 5.2.2-2 質量測定の手順 (イメージ)

燃料デブリ等の移送等の際に想定される機器の単一の故障、誤動作又は作業員の誤操作としては表 5. 2. 2-1 に示すものが考えられる。

表 5. 2. 2-1 想定される機器の故障、誤動作及び作業員の誤操作

機器の故障、誤動作		内容	対策	
①	質量計内部の基盤故障による誤った計量表示	質量計内部の基盤故障により、計量結果が大きく異なる値が表示される。	分銅を用いたチェックにより、故障していることを把握可能である。また、質量計が故障しても、予備機を用いることで質量管理を継続可能である。	
②	機器故障による質量管理不可	機器故障により、質量測定ができない状態となる。	予備機を用いることで質量管理を継続可能である。	
作業員の誤操作		内容	対策	
③	校正方法の誤り	校正を行う際に、使用する分銅を取り間違えて、正しく校正されていない状態となる。	作業員以外の確認も行えるよう2名以上で行うため、使用する分銅の取り間違いを防止可能である。燃料デブリ等を測定する前に、分銅を用いたチェックを再度行うため、校正方法の誤りを把握可能である。	
④	移送先への二重装荷	<div style="background-color: black; width: 100px; height: 1em; margin-bottom: 5px;"></div> →試料ピットへの二重装荷	試料ピットの核的制限値 <div style="background-color: black; width: 50px; height: 1em;"></div> を超えた試料を収納し、核的制限値を逸脱する。	計算機又は伝票を用いて質量管理を行うとともに、作業員以外の確認も行えるよう2名以上で行うため、二重装荷を防止可能である。また、二重装荷したとしても、臨界に達しない量で管理する。
		試料ピット→ <div style="background-color: black; width: 100px; height: 1em; margin-bottom: 5px;"></div> への二重装荷	保管容器を試料ピットから <div style="background-color: black; width: 50px; height: 1em;"></div> に取り出す際、 <div style="background-color: black; width: 50px; height: 1em;"></div> に保管容器が1つ存在する状態で、さらに保管容器を1つ取り出し、 <div style="background-color: black; width: 50px; height: 1em;"></div> の核的制限値 <div style="background-color: black; width: 50px; height: 1em;"></div> を逸脱する。	
		施設外→ コンクリートセル への二重装荷	1Fの他施設から第2棟コンクリートセルに試料を受け入れる際、コンクリートセルに試料がある状態で受け入れて、コンクリートセルの核的制限値 <div style="background-color: black; width: 50px; height: 1em;"></div> を逸脱する。	

臨界安全評価方法について

1. 共通事項

臨界安全評価では、図5.2.3-1のフローに基づき、初めに単一ユニットが存在するコンクリートセルについて評価し、その結果を踏まえ、複数ユニットが収納される試料ピットについて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。また、コンクリートセルについては誤操作による二重装荷を考慮し、安全裕度を確保する。

※1：『臨界安全ハンドブック第2版』，日本原子力研究所，(1999)

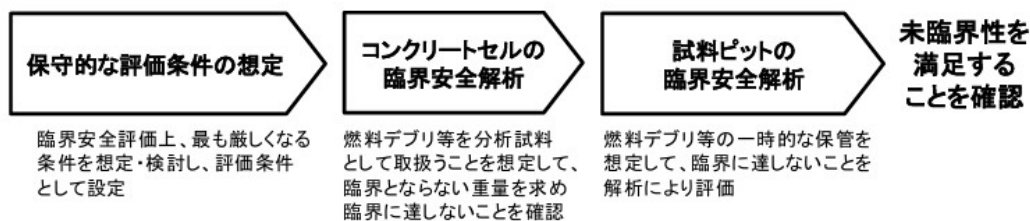


図5.2.3-1 未臨界性の確認フロー

(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燃料物質は少なくなる。
- ・ 福島第一原子力発電所の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、燃焼することで核燃料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) 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物質で構成されていると想定する。

- ・ 燃焼した燃料より核燃料物質を多く含む、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燃料物質の重量割合が高くなる金属を想定する。（参考資料3-1参照）
- ・ 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福島第一原子力発電所の3号機のMOX燃料とする。（参考資料3-2参照）
- ・ 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。（参考資料3-3参照）
- ・ 誤操作による二重装荷を考慮し、安全裕度を確保する。
- ・ 中性子実効増倍率が高くなる条件として、水やコンクリートによる反射体を想定する。

(3) 解析コードの概要

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：MVP2（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
- ・ 核燃料物質，構造材等の幾何形状等を入力し，中性子の発生，飛行，衝突といった事象を追跡，これを処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。三次元モデルのイメージを図5.2.3-2に示す。

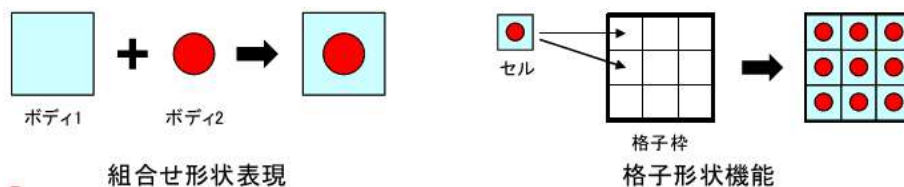


図5.2.3-2 三次元モデルのイメージ

- ・ 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。

(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（ICSBEP^{※3}）ハンドブックに収納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ーの作成とICSBEP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) 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）

(6) 臨界安全評価における燃料デブリ等の組成

福島第一原子力発電所の3号機に装荷されたMOX燃料のPu+²⁴¹Amの組成から中性子を吸収する核種である²⁴¹Amを除いた組成を表5.2.3-1に示す。

表5.2.3-1 福島第一原子力発電所の3号機に装荷されたMOX燃料のPu+²⁴¹Amの組成

	Pu+ ²⁴¹ Am含有率 [wt%] ■■■■■	
元素	Pu+ ²⁴¹ Am	U
核種	■■■■■	
組成 [wt%]	■■■■■	
核種重量 [g/tHM]	■■■■■	

↓

元素	Pu	
核種	■■■■■	
核種重量 [g/tHM]	■■■■■	

↓

	Pu含有率 [wt%] ■■■■■	
核種	■■■■■	
組成 [wt%]	■■■■■	

$$\text{Pu含有率} = \frac{\text{Puの合計重量}}{(\text{Uの重量} + \text{Puの合計重量})} \times 100$$

臨界安全評価に用いるPu組成は、²⁴¹Amを除いた組成に基づき、核燃料物質の重量割合が高くなるように設定する。臨界安全評価に用いるPu組成を表5.2.3-2に示す。

- ・ Puの含有率を■■■■■とする。
- ・ ■■■■■の存在比を小数点第2位以下で切り捨てる。
- ・ 上記の切捨て分を■■■■■に加えて、小数点第1位で整理する。
- ・ 臨界安全評価に用いるPu密度については、上記で設定したPu含有率を考慮して設定する。

表5.2.3-2 臨界安全評価に用いるPu組成

	Pu含有率 [wt%] ■■■■■	
元素	Pu	
核種	■■■■■	
組成 [wt%]	■■■■■	
核種重量 [g/tHM]	■■■■■	

2. コンクリートセル，試料ピットの臨界安全評価

(1) コンクリートセル

第2棟では，コンクリートセルNo.1～4，鉄セル，グローブボックス，フード， $\alpha \cdot \gamma$ 測定室の燃料デブリ等の取扱量を \blacksquare 以下に制限する質量制限にて臨界管理を行う。臨界評価として，最大取扱量が \blacksquare であるコンクリートセルの単一ユニットとしての臨界安全評価を行う。図5.2.3-3に燃料デブリ等の取扱いのイメージを示す。

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で行うことから，コンクリートセルの臨界安全解析では保守的な条件として，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回当たり数 \blacksquare オーダーであるが，コンクリートセルにおける最大取扱量が \blacksquare であることから，燃料デブリ等 \blacksquare 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。

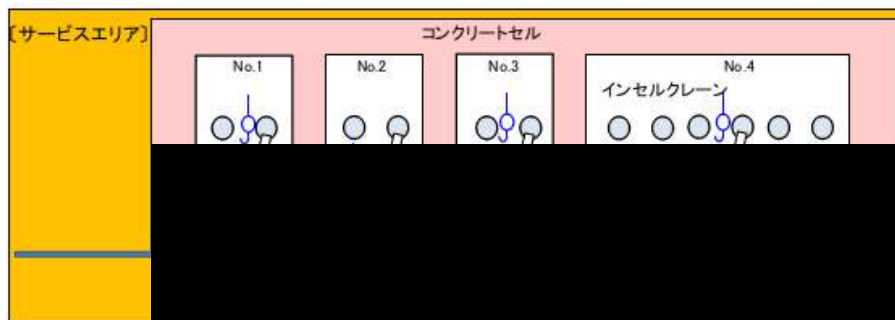


図5.2.3-3 コンクリートセルにおける燃料デブリ等の取扱いのイメージ

① 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。

② 解析条件

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。

i) 解析コード：MVP2（連続エネルギーモンテカルロコード）

ii) 解析モデル

解析モデルを図5.2.3-4に示す。

- ・ 表面積が小さく、中性子の漏れの少ない球とする。（参考資料3-4参照）
- ・ 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。また、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させた。Puと水の混合物内のイメージを図5.2.3-5に示す。（参考資料3-5,6参照）

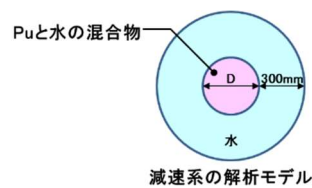


図5.2.3-4 減速系の解析モデル

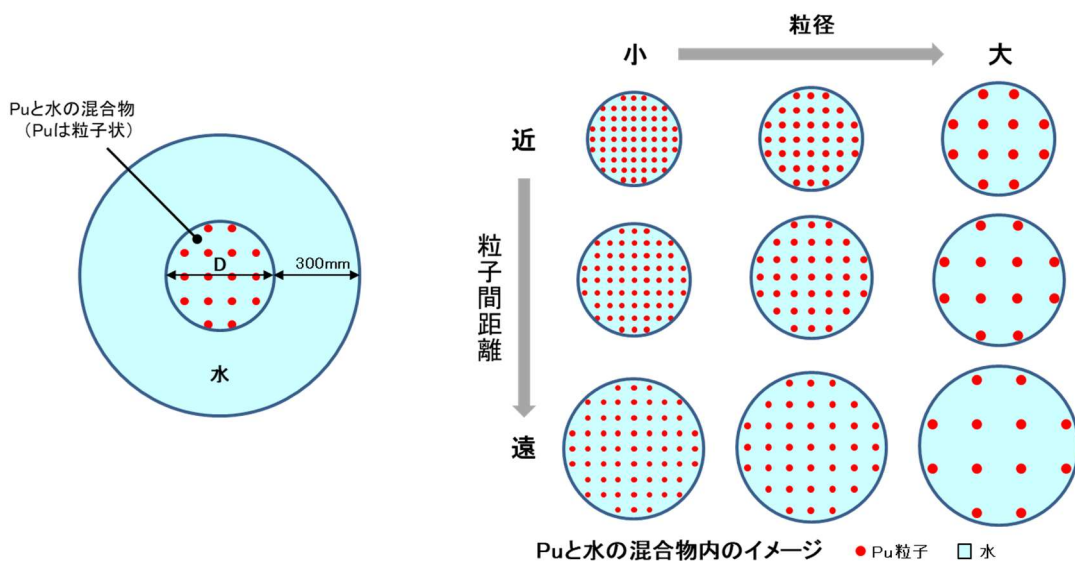


図5.2.3-5 Puと水の混合物内のイメージ

- ・ 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。（参考資料3-7参照）

③ 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。図5.2.3-6に評価手順のイメージ図を示す。

- Pu重量を仮定する
- 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。
- 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MVP2を用いて中性子実効増倍率を求める。
- 上記 i) から iii) 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。

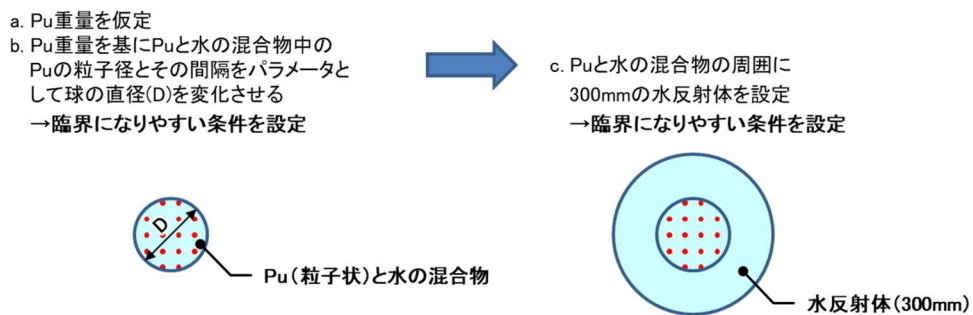


図5.2.3-6 均質体系のPu重量の評価手順

④ 均質／均一体系での解析結果

均質／均一体系での解析結果を図5.2.3-7及び図5.2.3-8に示す。

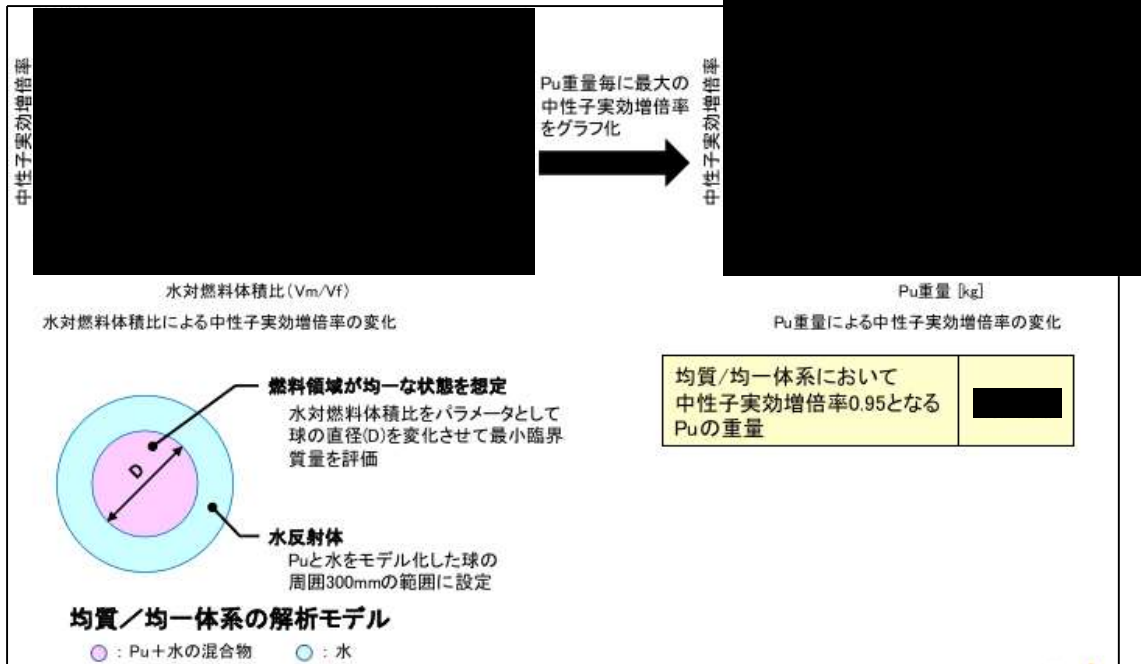


図5.2.3-7 中性子実効増倍率0.95となるPuの重量（燃料領域が均一な状態）

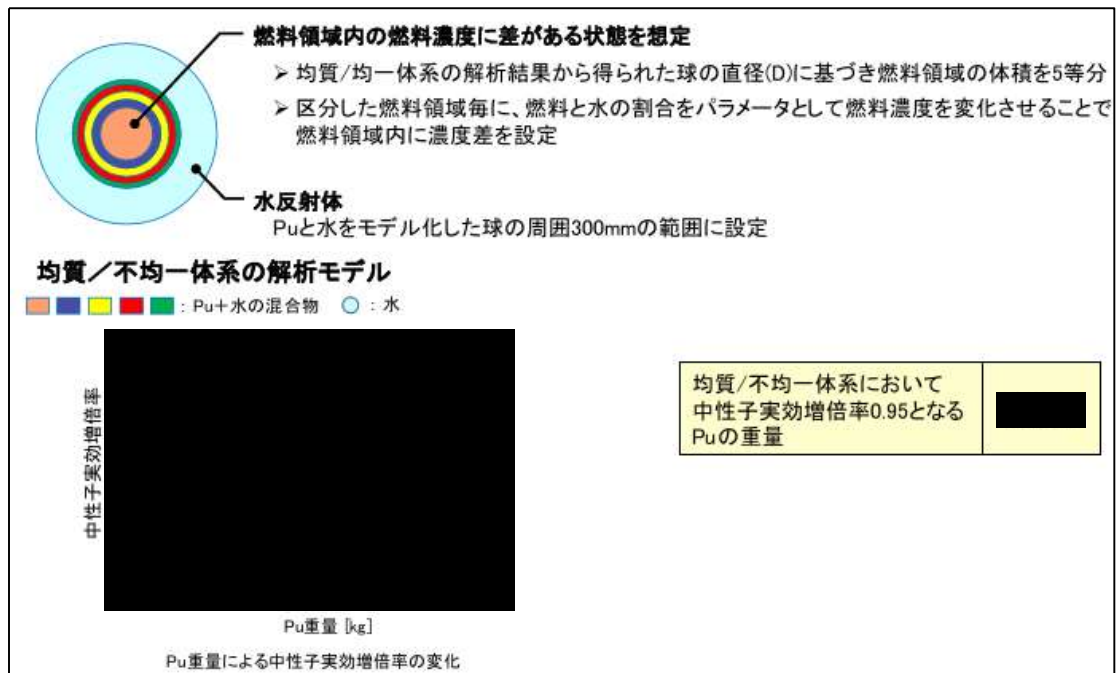


図5.2.3-8 中性子実効増倍率0.95となるPuの重量（燃料濃度差がある場合）

⑤ 非均質体系の評価手順

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。図5.2.3-9に評価手順のイメージ図を示す。

- Pu重量を仮定する [REDACTED]。
- 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。
- 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MVP2を用いて中性子実効増倍率を求める。
- 上記を繰り返して、中性子実効増倍率が0.95となるPu重量を評価する。

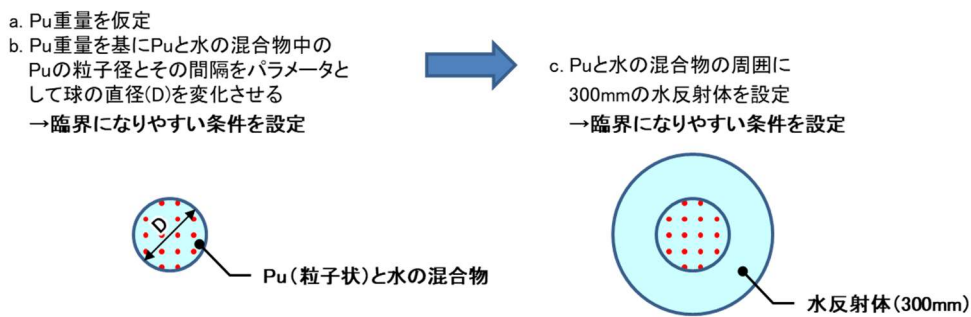


図5.2.3-9 非均質体系のPu重量の評価手順

⑥ 非均質／均一体系での解析結果

非均質／均一体系での解析結果を図5.2.3-10及び図5.2.3-11に示す。

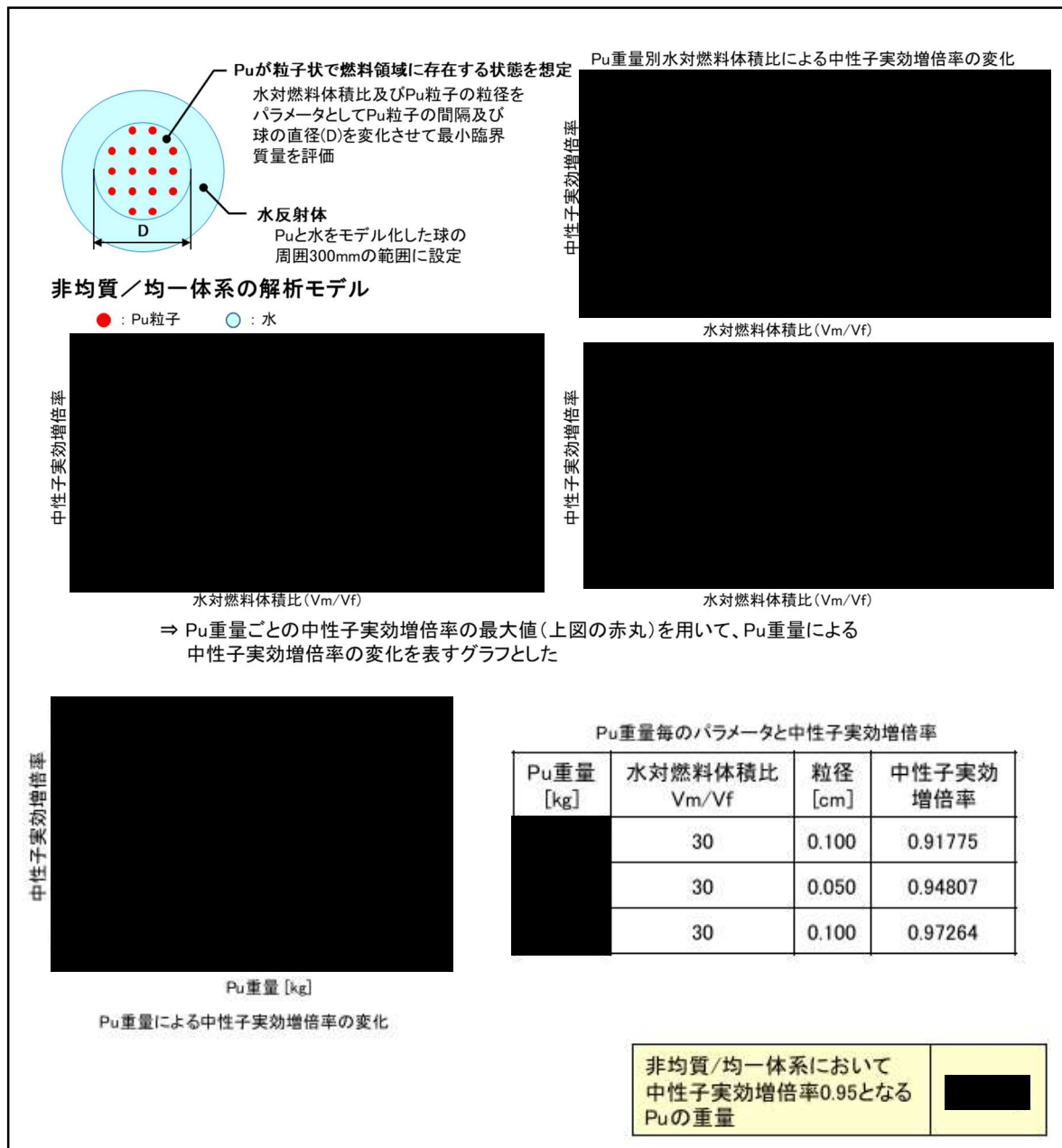


図5.2.3-10 中性子実効増倍率0.95となるPuの重量 (Puが粒子状で存在する場合)

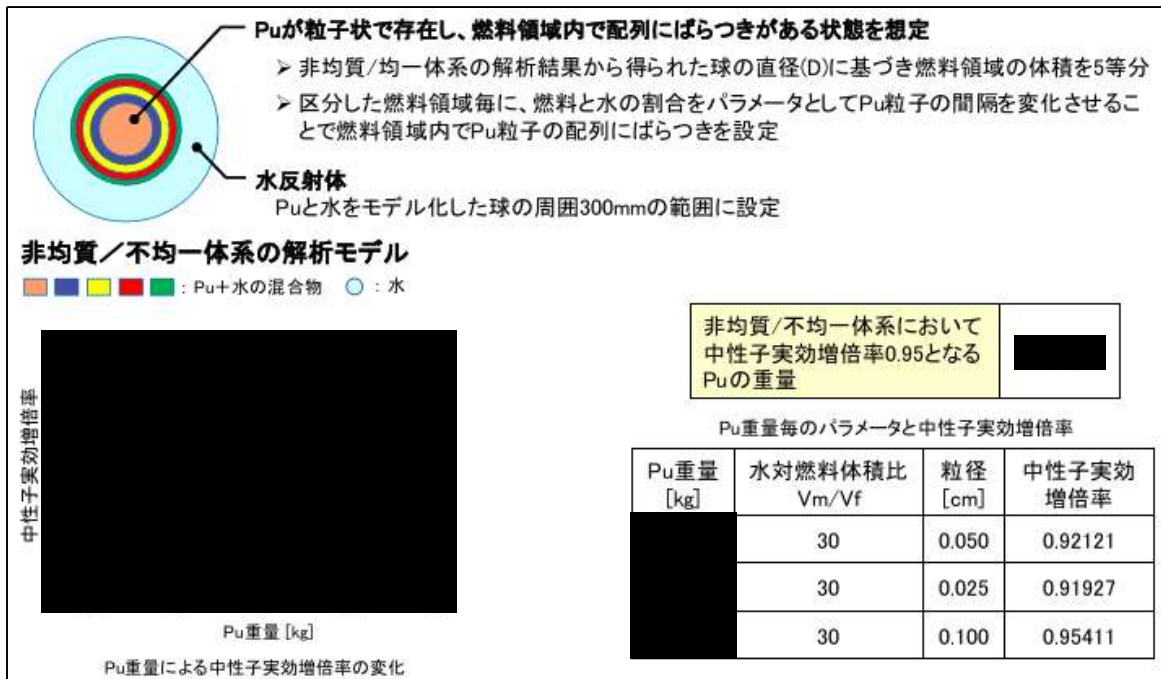


図5. 2. 3-11 中性子実効増倍率0.95となるPuの重量 (Puが粒子状で存在し、配列にばらつきがある場合)

⑦ 解析結果の比較

各体系で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を表5. 2. 3-3に示す。

表5. 2. 3-3 臨界安全評価に用いるPu組成

体系	臨界に達しないPu重量
均質 / 均一	■
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/不均体系の解析結果■を0.1kg未満で切り捨てた■と評価する。

⑧ 評価結果

i) 臨界に達しないPuの重量：■■■■■

($k_{eff} + 3\sigma$ が0.95^{※1}となる時の重量)

ii) 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：■■■■■

(上記 i) 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No.1～4、鉄セル、グローブボックス、フード、 $\alpha \cdot \gamma$ 測定室における燃料デブリ等の取扱量を■■■■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、全て核燃料物質と見なす。

Pu富化度(■■■■)及び²³⁵U濃縮度(■■■■)から、燃料デブリ等■■■■に含まれるPuの重量は■■■■であり、さらに²³⁵Uの重量の■■■■を加えても重量は■■■■^{※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■■■■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)

フランス原子力・新エネルギー庁(CEA)の刊行する臨界管理に関するガイドブックであり、臨界管理の方法を定める上で必要なパラメータが記載されている。²³⁹Pu と ²³⁵U の最小臨界量の評価における安全係数として、ユニットの二重装荷の可能性を考慮する場合には0.43が使用されている。

※3：燃料デブリ等■■■■に含まれるPu+²³⁵Uの重量として、■■■■から算出した重量

(2) 試料ピット

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。図5.2.3-12に燃料デブリ等の取扱いのイメージを示す。

- ・ 試料ピットは、 から成り、各 に燃料デブリ等（ 以下）を収納した保管容器を まで積み上げて保管する。最大容量は 容器分、 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評価では、燃料デブリ等を収納した保管容器1つに対して単一ユニットの評価を行い、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、試料ピットに保管容器を配置して複数ユニットとし、更に試料ピットの上に保管容器を1つの単一ユニットを置いた状態で試料ピット全体を評価する。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。（参考資料3-8参照）

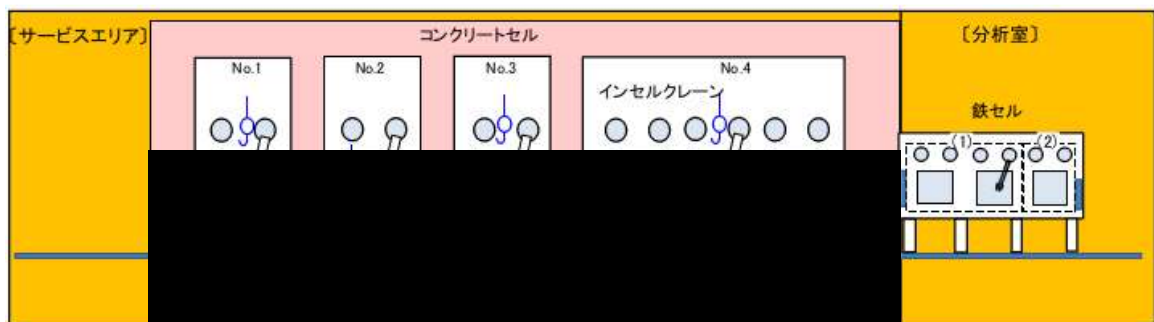
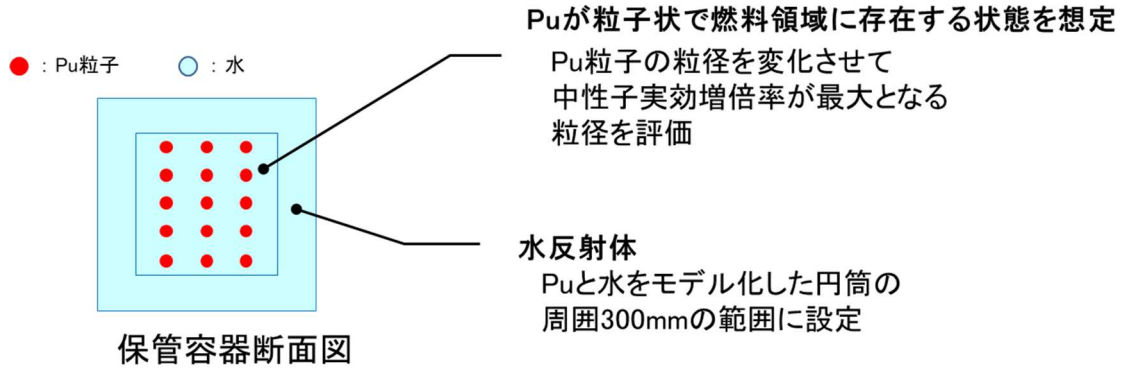


図5.2.3-12 試料ピットにおける燃料デブリ等の取扱いのイメージ

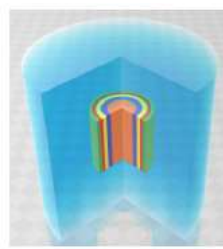
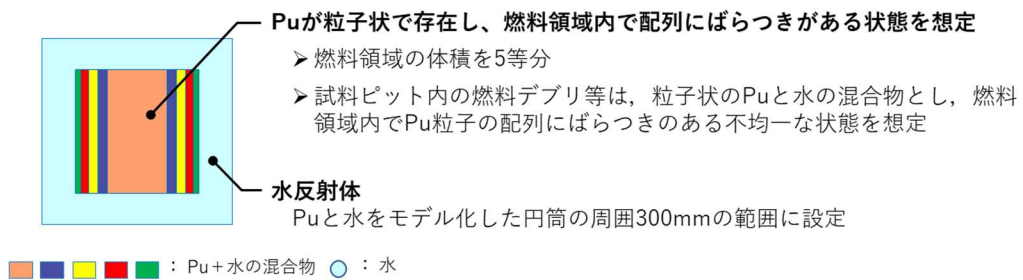
① 保管容器の非均質／均一体系での解析結果

保管容器1つに■の燃料デブリ等が保管されている単一ユニットとなる状態を想定した。解析モデルを図5.2.3-13及び図5.2.3-14に示す。



保管容器の非均質／均一体系の解析モデル

図5.2.3-13 保管容器の非均質／均一体系の解析モデル (Puが粒子状で存在する場合)



解析モデルのイメージ

図5.2.3-14 保管容器の非均質／均一体系の解析モデル (Puが粒子状で存在し、配列にばらつきがある場合)

② 保管容器単体の解析結果

保管容器単体の解析結果を表5.2.3-4に示す。

表5.2.3-4 保管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

③ 試料ピット全体の解析条件

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複数ユニットとなる状態を想定した。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保管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。

i) 解析コード：MVP2（連続エネルギーモンテカルロ計算コード）

ii) 解析上の燃料デブリ等の量：最大取扱量[]

iii) 解析モデル

解析モデルを図5.2.3-15に示す。

- ・ 保管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。
- ・ 保管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保管容器及び試料ピットの蓋を解析上、考慮しないものとする。
- ・ []の雰囲気は空気であるが、試料ピット上部を十分な中性子の反射効果が得られる厚さ(300mm)の水反射と仮定する。
- ・ 試料ピットの保管容器内の燃料デブリ等について、燃料領域に水が存在する場合において水がない場合に比べ中性子実効増倍率が高く（保守的に）なる場合があったので試料ピットの評価においても水の存在を考慮する。

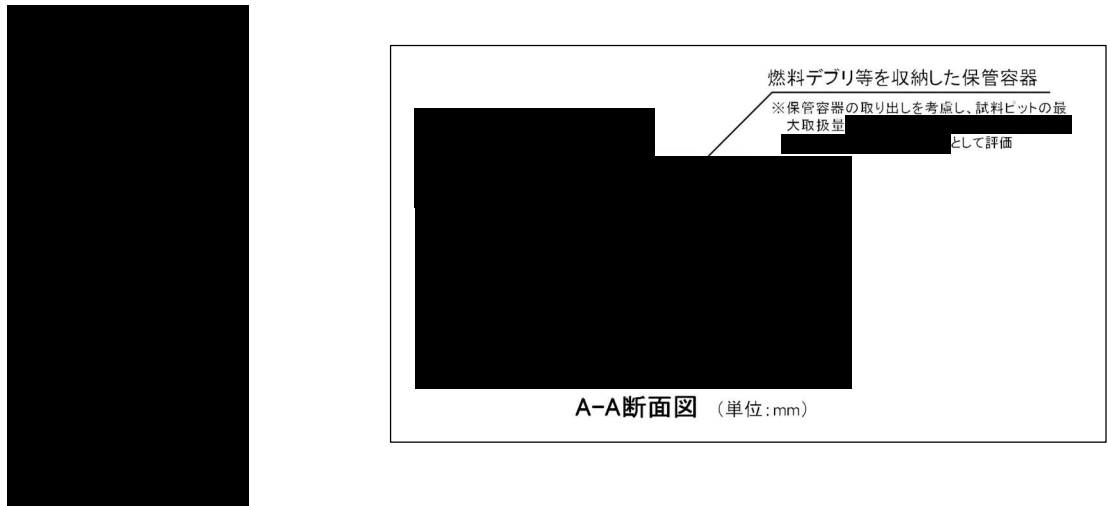


図5.2.3-15 試料ピット全体の解析モデル

④ 試料ピット全体の解析結果

試料ピットに、保管容器単体の解析結果に基づき、非均質／不均一とした保管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。なお、評価に使用する解析モデルは、水没を考慮したモデルであるため、消火活動により ████████ に注水したとしても同様の結果となる。

核燃料物質の種類による影響について

【燃料をUO₂, MOX (PuO₂-UO₂) とした場合の検討】

JAEA の報告書^{※1}では、UO₂及びPuO₂-UO₂の最小推定臨界下限値（質量）について報告している。表5. 2. 3-5にUO₂及びPuO₂-UO₂の最小推定臨界下限値（質量）を示す。

※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)。

表5. 2. 3-5 UO₂及びPuO₂-UO₂の最小推定臨界下限値（質量）

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 ₂ O	²³⁵ U濃縮度：5wt%	U質量 : 27.7kg
非均質PuO ₂ -UO ₂ -H ₂ O	²³⁵ U: 0.711wt% PuO ₂ 富化度：10wt% (²³⁹ Pu: 100%)	(U+Pu質量) : 10.0kg
均質PuO ₂ -H ₂ O	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を表5. 2. 3-6に示す。

表5. 2. 3-6 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

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 ₂ O	「別紙2 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：■■■■

UO₂, MOX (PuO₂-UO₂) の最小推定臨界下限値（質量）は、Pu-H₂O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、UO₂, MOX (PuO₂-UO₂) で不均一効果を考慮しても、Pu-H₂O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²³⁹Pu : ²⁴⁰Pu : ²⁴¹Pu=71 : 17 : 12 wt%の場合の「均質PuO₂-H₂O」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、核燃料物質である²³⁹Pu及び²⁴¹Pu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。

UO₂ 燃料と MOX 燃料の比較検討

(1) UO₂ 燃料の組成

福島第一原子力発電所の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燃料物質の重量割合が高くなるように設定した。図5. 2. 3-16にUO₂燃料の組成を示す。

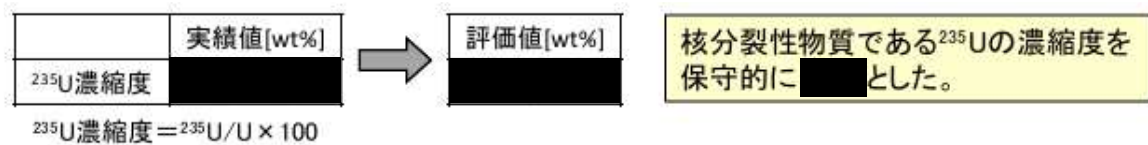


図5. 2. 3-16 UO₂燃料の組成

(2) MOX 燃料の組成

福島第一原子力発電所の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燃料物質の重量割合が高くなるように設定した。図5. 2. 3-17にMOX燃料の組成を示す。

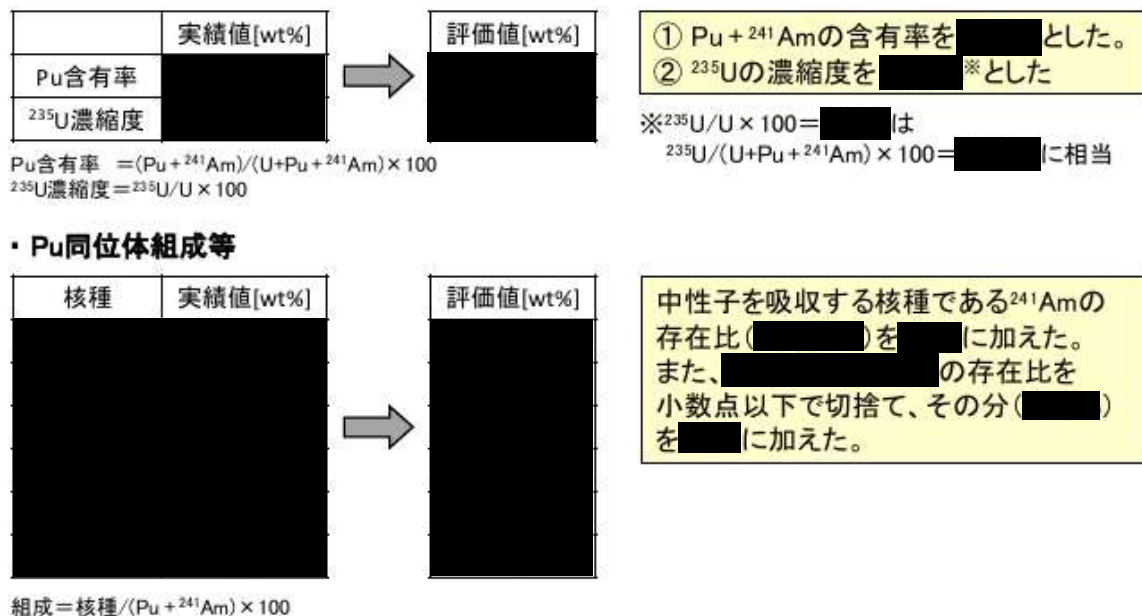


図5. 2. 3-17 MOX燃料の組成

(3) UO₂ 燃料と MOX 燃料の比較

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、福島第一原子力発電所の 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。図 5.2.3-18 に UO₂ 燃料と MOX 燃料の割合による中性子増倍率を示す。

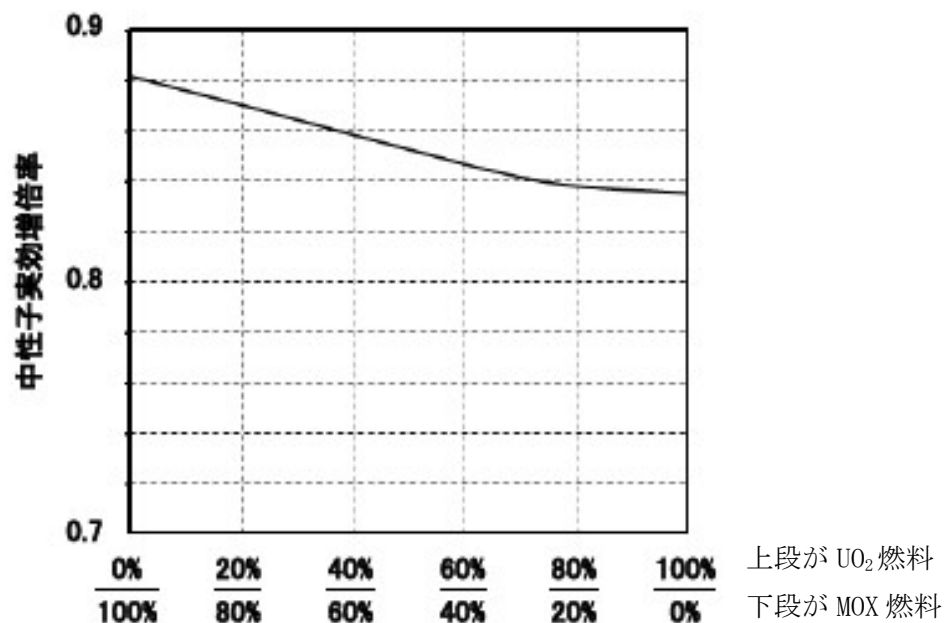


図5.2.3-18 UO₂燃料とMOX燃料の割合による中性子実行増倍率

燃料組成の保守性について

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物質で構成されていると想定する。
- ・ 燃焼した燃料より核燃料物質を多く含む、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²⁴¹AmをMOX燃料から除いた組成とする。

(1) 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 ■■■ を基に、二重装荷の安全係数 0.43 を考慮し、■■■÷0.43 で求まる ■■■■ を 1kg 単位で切り上げた ■■■■ とし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（300mm）を設定する。図 5.2.3-19 に均質／均一体系の解析モデルを示す。

解析には、連続モンテカルロコード MVP2 を使用する。

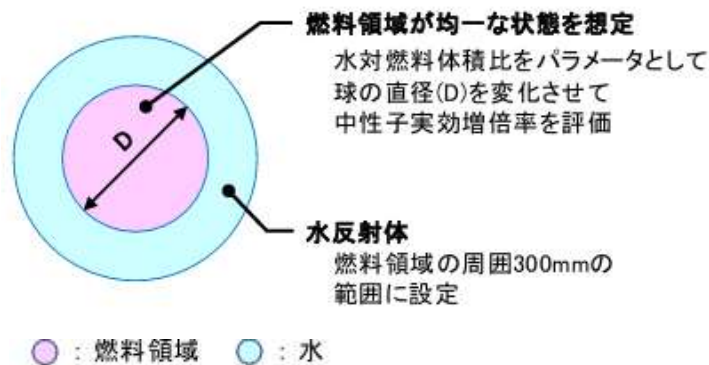


図5.2.3-19 均質／均一体系の解析モデル

① 燃料デブリ等のすべてが核燃料物質で構成されていると想定する。

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。評価に用いる組成を表5.2.3-7及び表5.2.3-8に、評価結果を表5.3-9に示す。

表5.2.3-7 評価に用いるPu組成

	Pu含有率 [wt%]
元素	Pu
核種	
組成 [wt%]	

表5.2.3-8 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

※1： JIS H 4751:2016, ジルコニウム合金管

表5.2.3-9 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

② 燃焼した燃料より核燃料物質を多く含む、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、福島第一原子力発電所の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。評価に用いる組成を表5.2.3-10及び表5.2.3-11に、評価結果を表5.2.3-12に示す。

※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)。

表5.2.3-10 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%]	■■■■

表5.2.3-11 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%]	■■■■

表5.2.3-12 評価結果

種類	中性子実効増倍率 (keff+3σ)
新燃料	0.877
燃焼した燃料	0.858
差	0.019

③ 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%，Gdの質量割合を0.25wt%として中性子実効増倍率を評価する。評価に用いる組成を表5.2.3-13及び表5.2.3-14に、評価結果を表5.2.3-15に示す。

表5.2.3-13 評価に用いるPu組成

	Pu含有率 [wt%]	
元素	Pu	
核種		
組成 [wt%]		

表5.2.3-14 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

※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)

表5.2.3-15 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

④ 中性子を吸収する核種である²⁴¹AmをMOX燃料から除いた組成とする。

MOX燃料について、²⁴¹Amを考慮した中性子実効増倍率を評価する。評価に用いる組成を表5.2.3-16及び表5.2.3-17に、評価結果を表5.2.3-18に示す。

表5.2.3-16 MOX燃料中のPuのみを考慮した組成 (²⁴¹Amを除いた組成)

	Pu含有率 [wt%] ■
元素	Pu
核種	
組成 [wt%]	

表5.2.3-17 MOX燃料中の²⁴¹Amを考慮した組成)

	Pu含有率 [wt%] ■
元素	Pu+ ²⁴¹ Am
核種	
組成 [wt%]	

表5.2.3-18 評価結果

種類	中性子実効増倍率 (keff+3σ)
Puのみ	0.877
²⁴¹ Amを考慮	0.853
差	0.024

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。検討結果を表5.2.3-19に示す。

表5.2.3-19 燃料組成の各条件が中性子実効増倍率に与える影響

	中性子実効増倍率 (keff+3σ)	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以上の裕度が得られることを確認した。

解析モデルの形状による影響について

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（参考資料3-2参照）

- ・ 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-VII238群）を用いて、中性子実効増倍率（ $k_{\text{eff}}+3\sigma$ ）を評価する。

モデルのイメージを図 5.2.3-20、図 5.2.3-21、図 5.2.3-22 に、評価結果を表 5.2.3-20 に示す。

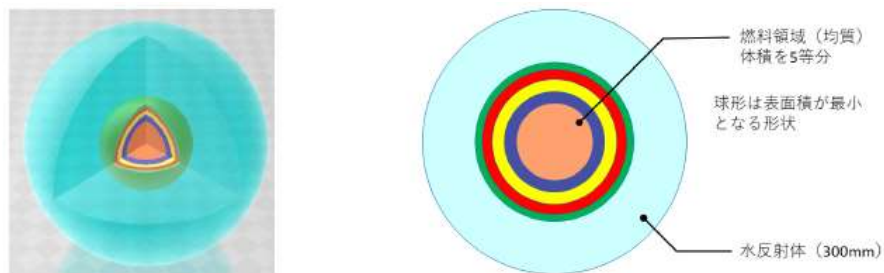


図5.2.3-20 球モデルのイメージ（均質／均一体系）

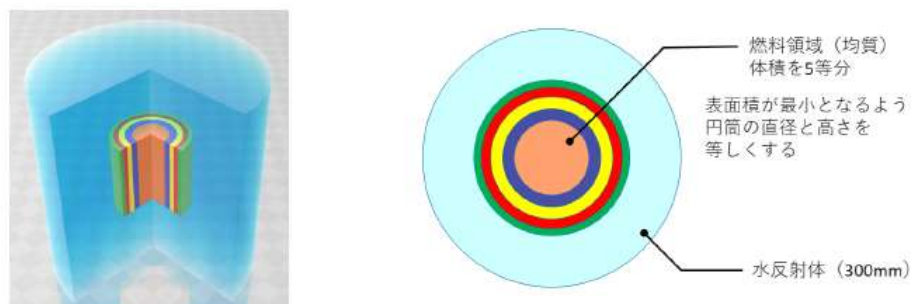


図5.2.3-21 円筒モデルのイメージ（均質／均一体系）

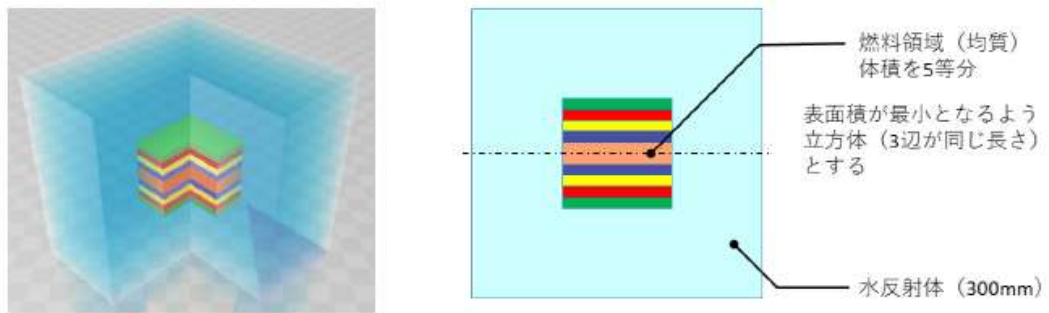


図5. 2. 3-22 平板モデルのイメージ (均質/均一体系)


表5. 2. 3-20 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。

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)

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

- ・ 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-VII238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。

(1) 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。評価モデルを図5.2.3-23及び図5.2.3-24に示す。

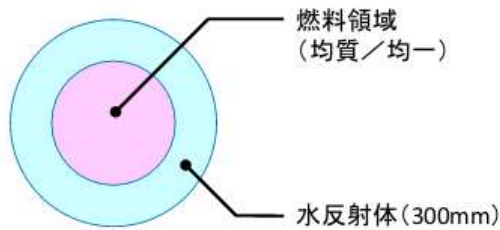


図5.2.3-23 均質/均一体系の解析モデル

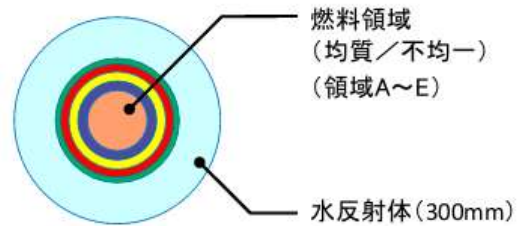


図5.2.3-24 均質/不均一体系の解析モデル

(2) 均質/不均一体系の解析結果

解析モデルを図 5.2.3-25 に、解析結果を表 5.2.3-21 に示す。

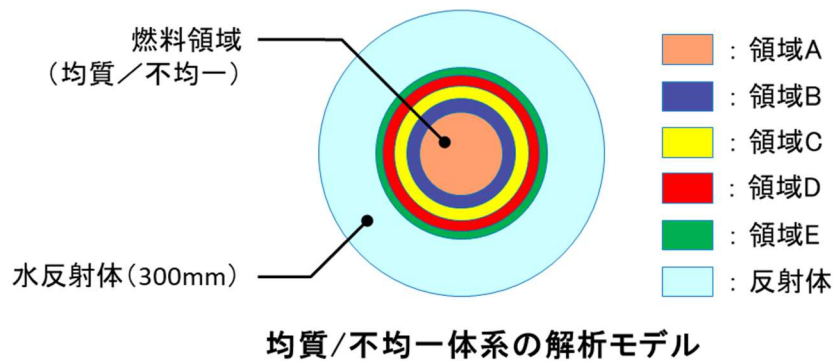


図5.2.3-25 均質/不均一体系の解析モデル

表5.2.3-21 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。

(3) 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。評価モデルを図5.2.3-26及び図5.2.3-27に示す。

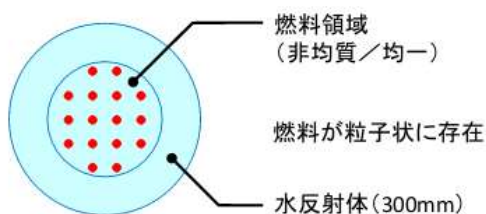


図5.2.3-26 非均質/均体系の解析モデル

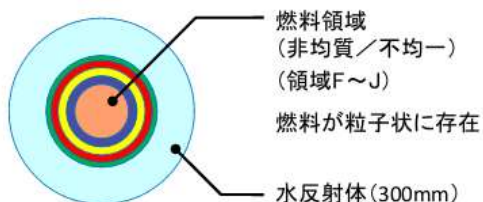


図5.2.3-27 非均質/不均体系の解析モデル

(4) Pu粒子の配列のばらつきによる影響

Pu粒子の配列のばらつきを考慮した解析モデルを図5.2.3-28に、解析結果を表5.2.3-22に示す。

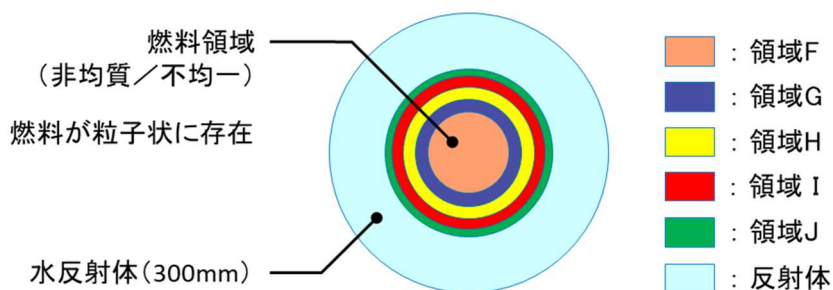


図5.2.3-28 非均質/不均一体系の解析モデル (Pu粒子の配列のばらつきを考慮)

表5.2.3-22 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					0.89848
	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。

Pu 粒子のばらつきを考慮した解析モデルを図 5. 2. 3-29 に、解析結果を表 5. 2. 3-23 に示す。

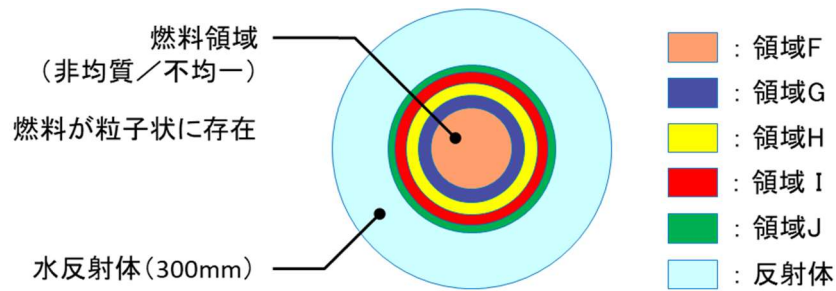


図5. 2. 3-29 非均質／不均一体系の解析モデル (Pu粒子のばらつきを考慮)

表5. 2. 3-23 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。

解析の結果を表5. 2. 3-24にまとめる。

表5. 2. 3-24 解析結果のまとめ

		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 Δk_{eff} 未満である。

不均一体系における燃料領域の分割数について

(1) 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。図 5. 2. 3-30 に解析中における中性子実効増倍率の変化を示す。

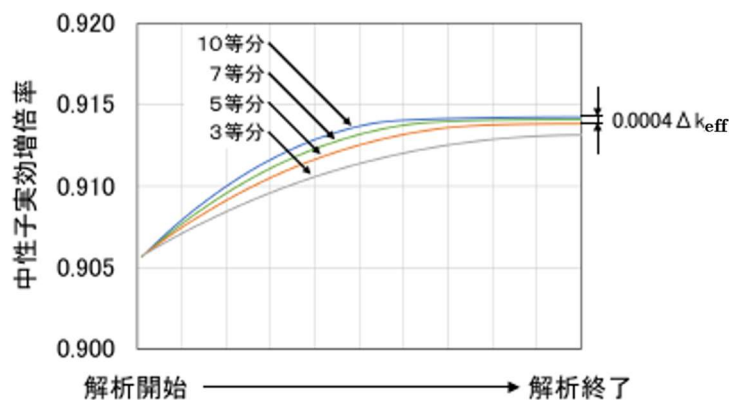


図5. 2. 3-30 解析中における中性子実効増倍率の変化※

※：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。

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。

解析終了時において、5等分と10等分との差は約 $0.0004 \Delta k_{\text{eff}}$ となった。

(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。図5.2.3-31にPu重量■■■■，水対燃料体積比35の場合の計算結果を示す。

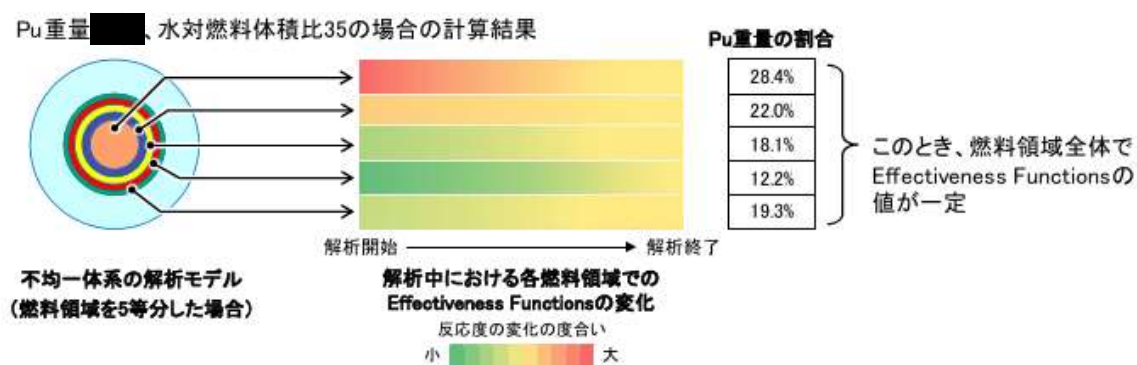


図5.2.3-31 Pu重量■■■■，水対燃料体積比35の場合の計算結果

※：『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)。

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) 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^{※1}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。図 5. 2. 3-32 に燃料直径とコンクリート壁内面寸法との関係を示す。

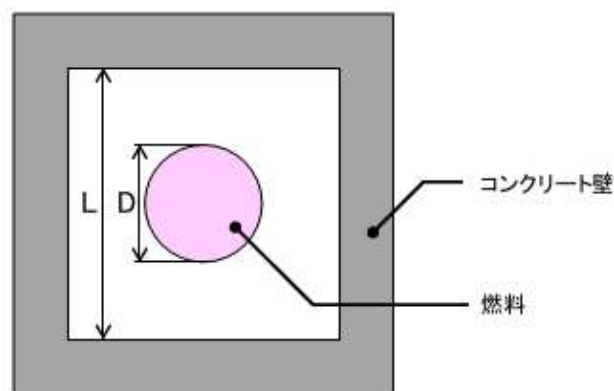


図5. 2. 3-32 燃料直径とコンクリート壁内面寸法との関係

※1：『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)。

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コンクリートセル内の任意の位置に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。図5.2.3-33にコンクリートセルNo. 4とビーカのイメージ図を示す。

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設定している。図5.2.3-34にアルカリ融解作業の解析モデルを示す。

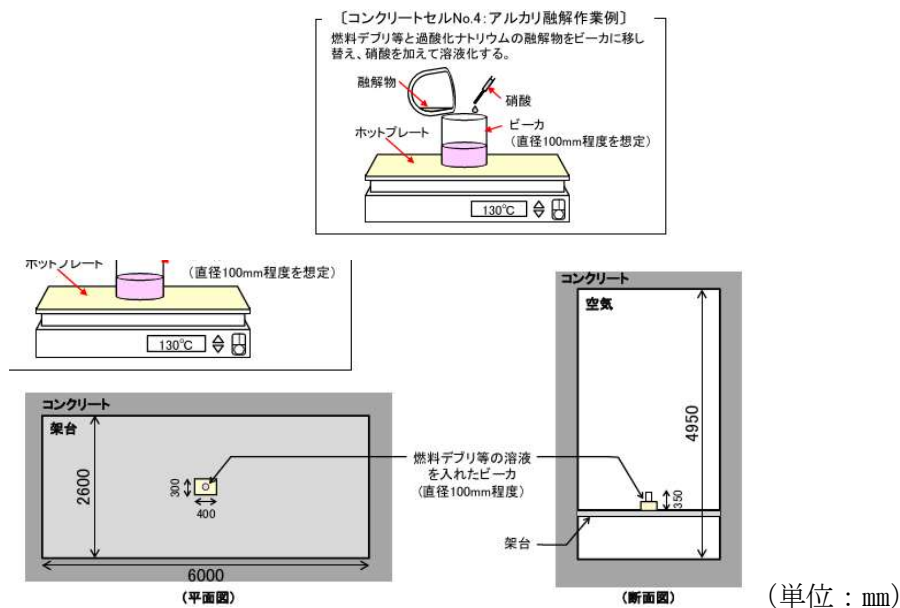


図5.2.3-33 コンクリートセルNo. 4と溶解処理関連機器の大きさの目安

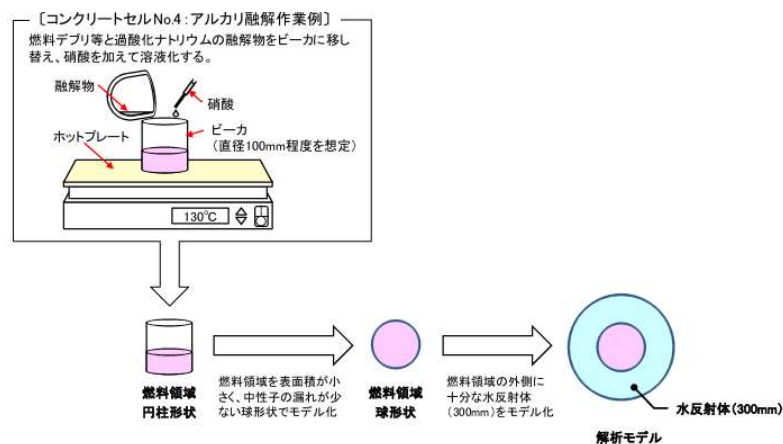


図5.2.3-34 アルカリ溶解作業の解析モデル

試料ピットの構造及び解析モデル

試料ピットの臨界安全評価では、燃料領域の周囲をコンクリートとし、さらに上方の中性子反射効果を十分に見込むため、十分な厚さの水反射体（300mm）を設定する保守的なモデルとした。

試料ピットの構造と解析モデルを図 5. 2. 3-35 及び図 5. 2. 3-36 に示す。

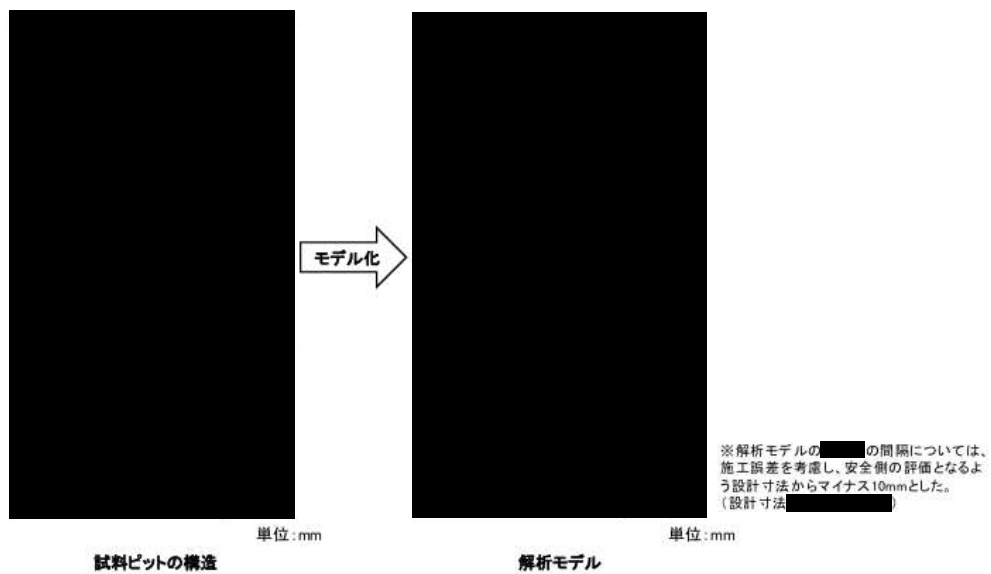


図5. 2. 3-35 試料ピットの平面図と解析モデル

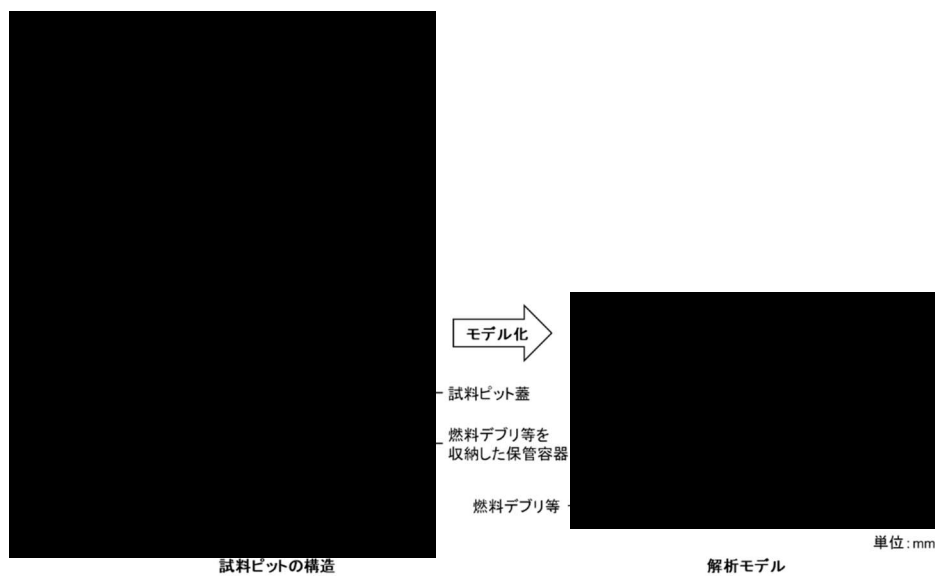


図5. 2. 3-36 試料ピットの断面図と解析モデル

臨界安全評価の見直しの経緯

第2棟の臨界安全評価の見直しについて、見直しの経緯を以下に示す。

- ・解析モデルについて、燃料の濃度分布に差がある場合等の影響についてコメントを受領
- ・燃料の濃度分布に差がある場合等の影響として、中性子実効増倍率は増加するが、その影響は ^{241}Am を ^{241}Pu に加えている保守的な燃料組成で得られる裕度に対し小さいことを説明
- ・変更認可申請（令和3年1月8日申請）の臨界安全評価では、燃料の濃度分布に差がある場合等の不均一効果が考慮されていないため、これを考慮した解析が必要とのコメントを受領

以上を踏まえ、不均一効果を考慮した評価の見直しを実施することとした。そのため、別紙-3では ^{241}Am を ^{241}Pu に加えない燃料組成にて評価を行っているが、参考資料3-4では解析結果に ^{241}Am を考慮している。

評価の見直しに当たり、評価に用いる燃料組成については、過度に保守的な組成とならないよう ^{241}Am を ^{241}Pu に加えない燃料組成に見直しを行った。

固体廃棄物等の臨界管理について

第2棟固体廃棄物は以下のような分類を想定している。

○ 高線量の第2棟固体廃棄物

コンクリートセル、鉄セル及びグローブボックスで発生する固体状の放射性廃棄物で、線量の高いもの（1mSv/h以上）又は核燃料物質が含まれているもの（核燃料物質が含まれているものは、線量の高低に関わらず高線量の第2棟固体廃棄物として管理する）とする。

高線量の第2棟固体廃棄物は、福島第一原子力発電所内の払出先施設に払い出すまで、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。また、払い出す際には、遮へい容器を利用して搬出する。図5.2.4-1に高線量固体廃棄物に係る概略フローを示す。

○ 核燃料物質が含まれないもの

核燃料物質が含まれないものは、金属の容器に収納し、コンクリートセルNo.4内で一時的に保管する。

高線量の第2棟固体廃棄物は以下のような管理方法を想定している。

○ 核燃料物質が含まれるもの

核燃料物質が含まれるものは、線量に関わらず核燃料物質としての管理を徹底し、金属の容器に収納し、試料ピットにて一時的に保管する。

特に、燃料デブリ等の切断紛等が付着した除染資材等は、切断紛等と完全に分離することが困難であるため、高線量の第2棟固体廃棄物として、上記の管理を行う。

○ 核燃料物質が含まれないもの

核燃料物質が含まれないものは、金属の容器に収納し、コンクリートセルNo.4内で一時的に保管する。

第2棟液体廃棄物は以下のような分類を想定している。

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

これらに分類された第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高線量の第2棟固体廃棄物として、福島第一原子力発電所内の払出先施設へ払い出す。

なお、固化処理については、当該液体廃棄物が入った容器（ポリ容器等）に固化剤（セメント材又は石膏材）を加え、攪拌棒等で混練し数日静置後、第2棟固体廃棄物としての管理を行う。

また、混練時には液体と固化剤との水和熱が発生するため、適宜温度を温度計で確認しながら作業を行う。さらに、固化剤は酸性の液体と反応し、ガスを発生させる恐れがあるため、当該液体廃棄物の液性が中性であることを確認した後、固化処理を行う。

なお、原子力機構では一部の液体廃棄物に対して、上記同様の処理方法を採用している。

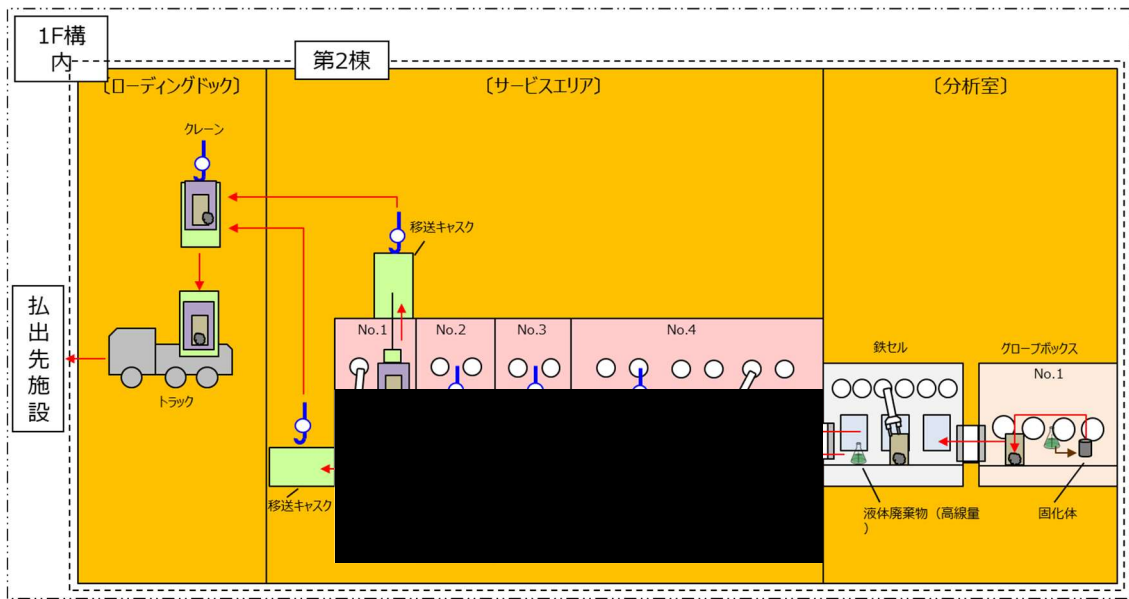


図 5. 2. 4-1 第 2 棟高線量固体廃棄物に係る概略フロー

燃料デブリ等が試料ピットの底部に集積した場合の臨界安全評価

1. 燃料デブリ等が試料ピットの底部に集積した場合の臨界安全評価

第2棟では燃料デブリ等を取り扱うため、燃料デブリ等に含まれる核燃料物質が臨界に達しないように設計をしており、以下の質量および形状管理を実施する。

- ・ 試料ピットは [] からなり、各 [] に燃料デブリ等 [] を収納した保管容器を [] まで積み上げて保管し、最大容量は [] で質量管理する。
- ・ [] , [] および各 [] 間隔 [] で形状管理する。

試料ピット内の保管容器形状が変化した場合を想定し、燃料デブリ等が試料ピットの底部に集積した際の臨界安全評価を実施した。

図 5.2.5-1 に通常保管時のイメージと底部集積時のイメージを示す。

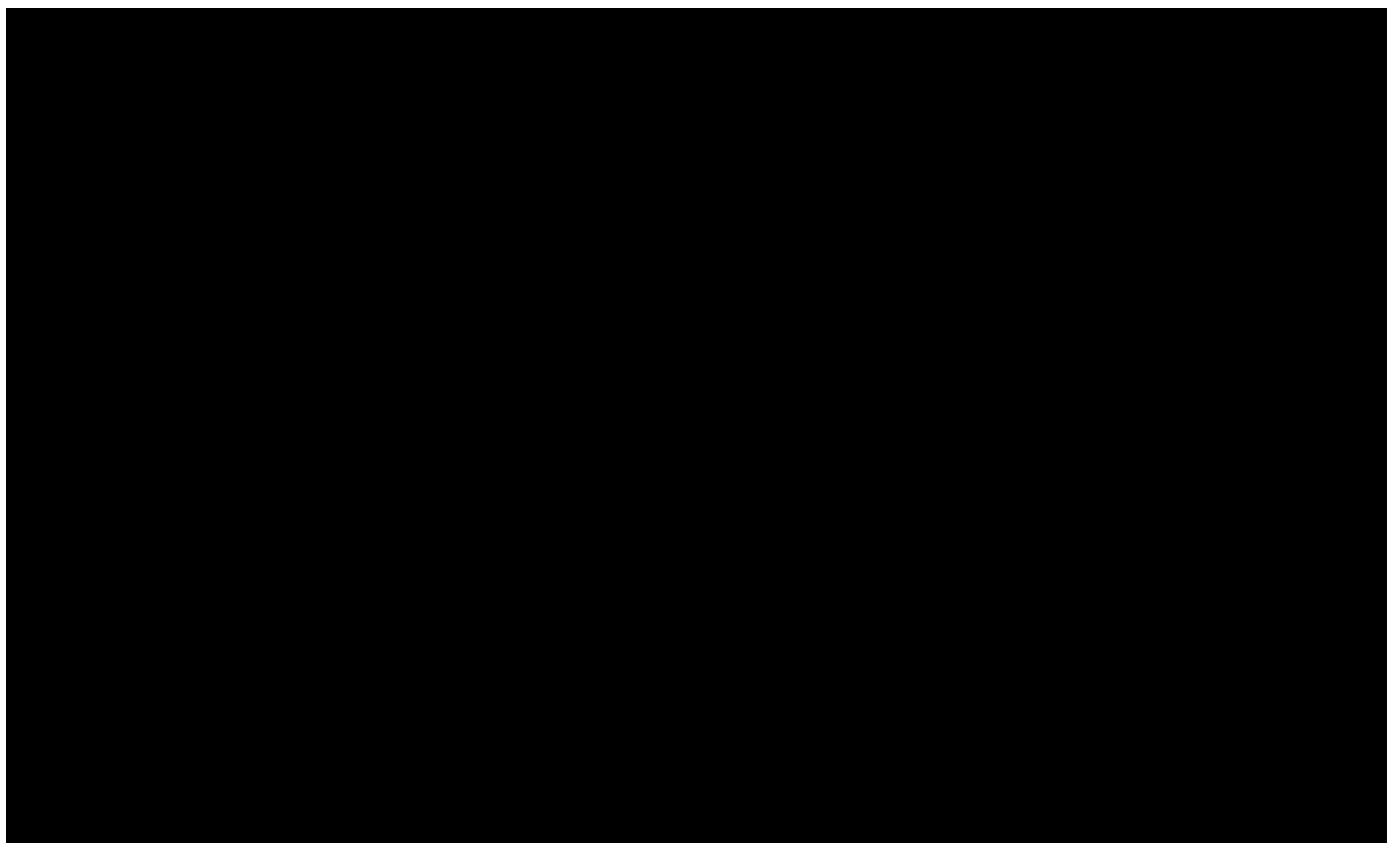


図 5.2.5-1 通常保管時と底部集積時イメージ

2. 解析条件

- SCALE6.1（1次元臨界材質サーチ計算SMORES）を用いて、燃料デブリ等を含む単一の保管容器について、中性子実効増倍率が高くなる最適な濃度分布条件を検討する。図5.2.5-2に単一保管容器での解析モデルのイメージを示す。
- MVP2（連続エネルギーモンテカルロ計算コード）を用いて試料ピットに保管容器を複数配置して試料ピット全体を評価する。

試料ピット全体の評価では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、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保管容器を試料ピットから取り出す場合を考慮し、最大取扱量 [] と、保守的に仮定して評価する。表 5.2.5-1 に各モデルでの解析条件を示す。

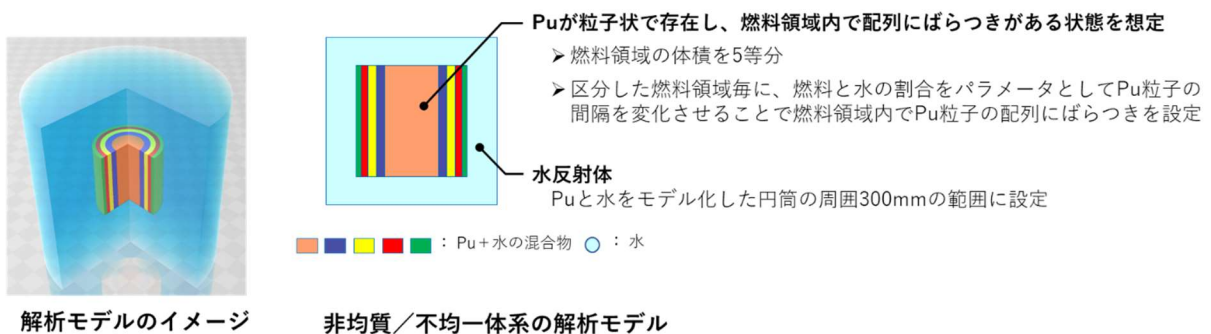


図5.2.5-2 単一保管容器での解析モデルのイメージ

表5.2.5-1 各解析モデルの解析条件

	通常保管時モデル	底部集積時モデル										
解析モデル	図5.2.5-3に示す											
解析コード	SCALE6.1 (1次元臨界材質サーチ計算SMORES) MVP2 (連続エネルギーモンテカルロ計算コード)											
燃料デブリ等の量	最大取扱量 [redacted]											
高さ	[redacted]	[redacted]										
径	[redacted]											
Pu組成	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Pu含有率 [wt%]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>元素</td> <td>Pu</td> </tr> <tr> <td>核種</td> <td>[redacted]</td> </tr> <tr> <td>組成 [wt%]</td> <td>[redacted]</td> </tr> <tr> <td>核種重量 [g/tHM]</td> <td>[redacted]</td> </tr> </tbody> </table>			Pu含有率 [wt%]	元素	Pu	核種	[redacted]	組成 [wt%]	[redacted]	核種重量 [g/tHM]	[redacted]
	Pu含有率 [wt%]											
元素	Pu											
核種	[redacted]											
組成 [wt%]	[redacted]											
核種重量 [g/tHM]	[redacted]											
Pu重量分布	1層:24.4 % 2層:20.8 % 3層:18.6 % 4層:12.1 % 5層:24.0 %	1層:15.7 % 2層:14.3 % 3層:19.2 % 4層: 2.3 % 5層:48.4 %										
Pu粒径	0.06 cm	0.18 cm										
Pu粒子間距離	1層:約0.15 cm 2層:約0.16 cm 3層:約0.17 cm 4層:約0.19 cm 5層:約0.15 cm	1層:約0.37 cm 2層:約0.38 cm 3層:約0.34 cm 4層:約0.69 cm 5層:約0.25 cm										
その他条件	<ul style="list-style-type: none"> 試料ピットが水で満たされているモデルとする(中性子が燃料デブリ等に吸収されやすい条件)。 試料ピット内の燃料デブリ等は粒子状のPuと水の混合物とし、燃料領域内でPu粒子の配列にばらつきのある不均一な状態を想定する。 [redacted]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。 保管容器中の燃料デブリ等のある中性子相互作用を保守的に考慮するため、燃料デブリ等を収納している保管容器および燃料ピットの蓋を解析上、考慮しないものとする。 最大取扱量 [redacted] [redacted]。 											

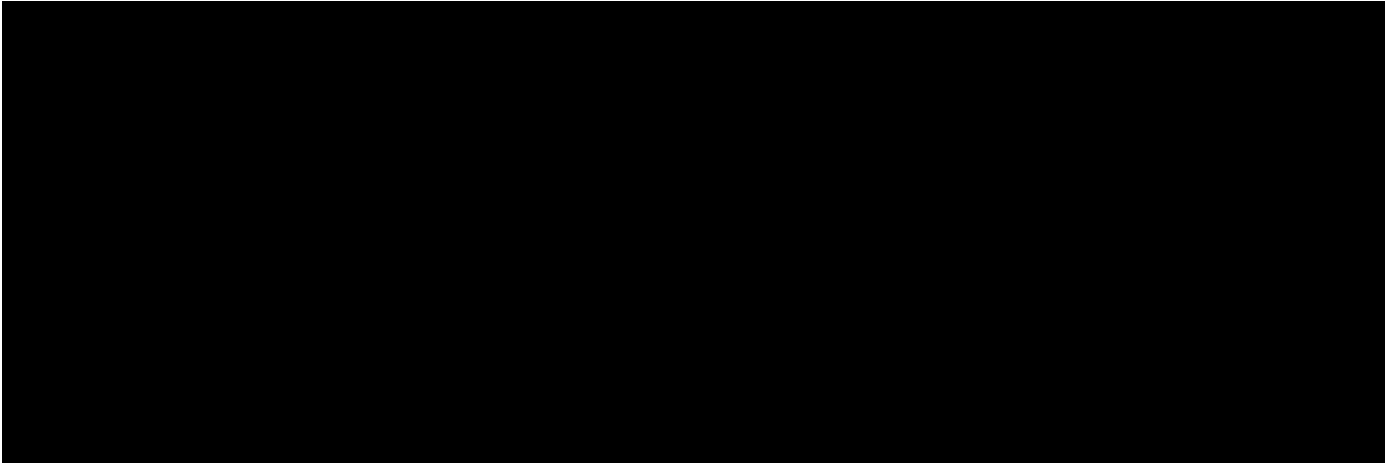


図5.2.5-3 各条件の解析モデル

3. 解析結果

解析結果を表5.2.5-2に示す。底部集積時モデルの中性子実効増倍率($k_{eff}+3\sigma$)は、未臨界性の判断基準である0.95を下回るため、試料ピット底部に■■■■集積しても臨界には達しない。さらに、通常保管時モデルの中性子実効増倍率($k_{eff}+3\sigma$)よりも低い値となった。

底部集積時モデルで中性子実効増倍率が低下した要因は、燃料デブリ等の分布体積が小さくなり、中性子の漏えい量が増大したことで、中性子相互作用の発生確率が小さくなったためと推測される。

また、底部集積時モデルの燃料デブリ等の量■■■■に含まれているPu重量は■■■■であり、Uを考慮しても■■■■^{※1}となり、別紙-3で示した“臨界に達しないPu重量”^{※2}である■■■■を下回る。

以上の結果より、燃料デブリ等が試料ピットの底部に集積しても、臨界安全上に影響を与えないことを確認した。

表5.2.5-2 各解析モデルの中性子実効増倍率

評価モデル	中性子実効増倍率 ($k_{eff}+3\sigma$)
底部集積時モデル	0.86846
通常保管時モデル	0.91770

※1 PuおよびUの合計重量は以下の式で求めた。福島第一原子力発電所 3号機に装荷されたMOX燃料からPu富化度および²³⁵U濃縮度を■■■■および■■■■と設定している(詳細は参考資料3-2に示す)。

$$\frac{W_{Pu} \times C_{Pu} + W_U \times C_U}{W_{Pu} + W_U}$$

※2 中性子実効増倍率($k_{eff}+3\sigma$)が0.95となる時の重量

底部集積時モデルの場合のピット █████ 内雰囲気による中性子実効増倍率への影響について

1. 試料ピット █████ 内雰囲気による中性子実効増倍率への影響について

試料ピット █████ 内雰囲気の中性子実効増倍率への影響を確認し、試料ピットが水で満たされている条件が保守的であることを確認した。

- (1) 通常保管時モデル
- (2) 底部集積時モデル
- (3) 底部集積時モデル (█████ 内雰囲気が空気)

解析条件は別紙-5 表 5.2.5-1 各解析モデルの解析条件に従い(3)のみ試料ピット █████ 内雰囲気が空気となっている。

図 5.2.5-4 に中性子実効増倍率への影響を検討したモデルを、表 5.2.5-3 に評価モデル別の中性子実効増倍率を示す。

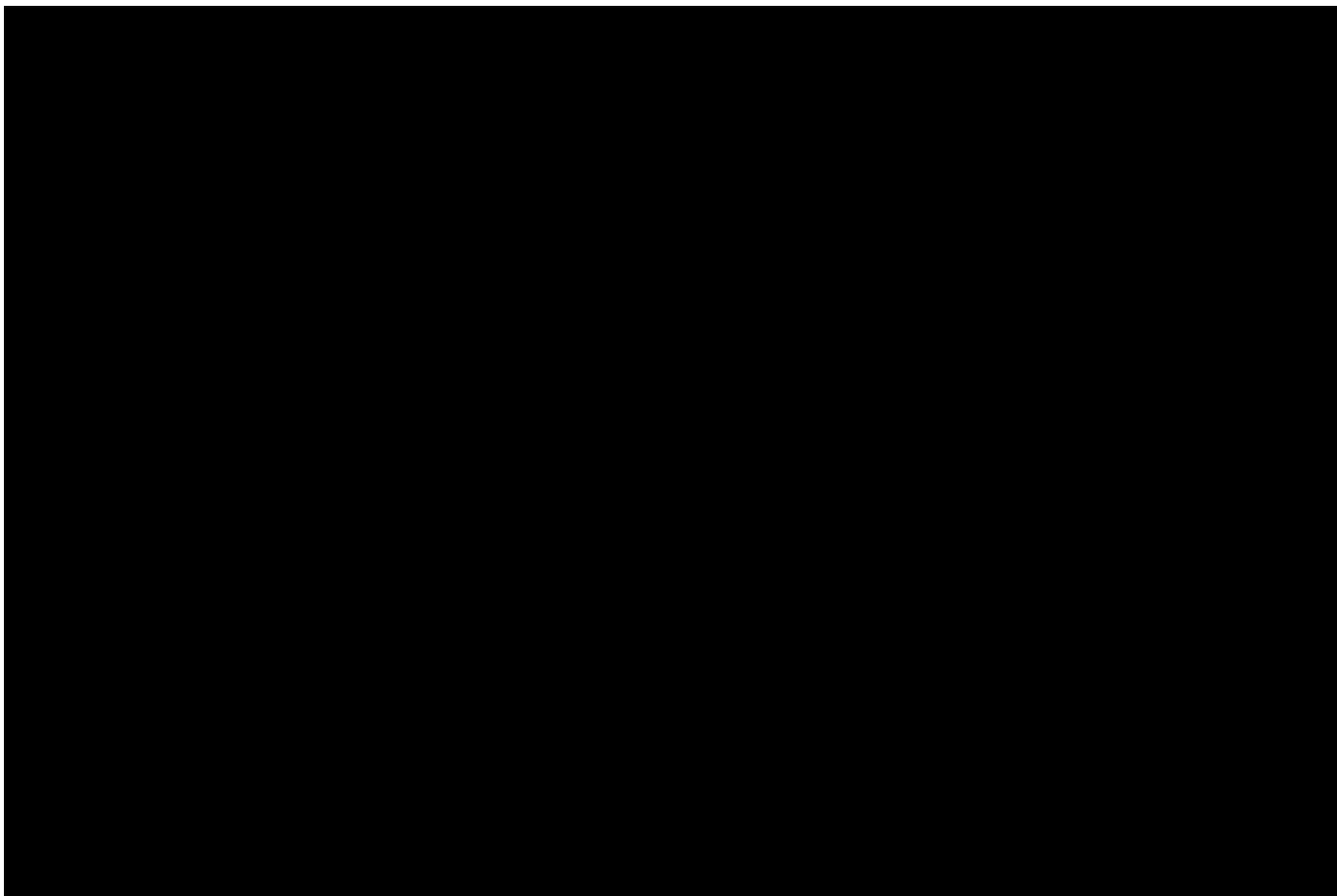


図5.2.5-4 各検討モデル

表5.2.5-3 評価モデル別の中性子実効増倍率

評価モデル	中性子実効増倍率 ($k_{eff} + 3\sigma$)
通常保管時モデル	0.91770
底部集積時モデル	0.86846
底部集積時モデル(内雰囲気が空気)	0.84243

試料ピット内雰囲気が空気であるモデルが最も中性子実行増倍率($k_{eff} + 3\sigma$)が低くなることから、試料ピットが水で満たされている条件が保守的であることを確認した。