

放射性物質分析・研究施設第2棟に係る  
実施計画の変更認可申請について  
(第2棟の耐震クラス及び適用地震動の設定について)  
11月25日面談資料改訂版

2023年1月24日

東京電力ホールディングス株式会社  
国立研究開発法人日本原子力研究開発機構

# 1. 第2棟の耐震評価の流れについて

追加説明

2

第2棟の耐震評価の考え方は、第51回原子力規制委員会で示された文書「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）」（参考資料1）のフローに従い耐震クラス分類を定める。

1-①：地震により安全機能を失った際の公衆への被ばく影響により、暫定的に耐震クラスをS、B及びCに分類

安全機能（閉じ込め機能、遮へい機能）を失った際の評価 ⇒ P2以降

1-②：現実的な緩和対策を考慮（被ばく評価期間、放射線防護対策、建屋耐震設計など）

Ss900による建屋耐震性を評価し、その結果を踏まえて建屋に期待できる機能を考慮した評価 ⇒ P11以降

1-②の評価で機能維持できることを確認した結果第2棟の耐震クラスはB+およびCとなる ⇒ P16

## 2. 第2棟の耐震評価の考え方 (1/15)

第2棟の耐震評価の考え方は、第51回原子力規制委員会で示された文書「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」（参考資料1）に従うと以下のとおりとなる。

1 - ①：地震により安全機能を失った際の公衆への被ばく影響により、暫定的に耐震クラスをS、B及びCに分類

安全機能を失った際（建屋、コンクリートセルの壁・天井が無いとした場合）の公衆被ばく線量は下表のとおり5mSvを超過する。

- ・閉じ込め機能：コンクリートセル、建屋の除染係数は**考慮しない**。
- ・遮蔽機能：コンクリートセル、建屋の遮蔽機能は**考慮しない**。

(1/3)

設備名称	耐震上の安全機能	機能喪失時の敷地境界線量評価の概要	内部被ばく	外部被ばく※1	敷地境界線量
建屋	遮蔽	【外部被ばく】建屋の遮蔽機能が喪失し、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払出準備設備に含まれる放射性物質の放射能（それぞれ $2.3 \times 10^{10}$ Bq及び $2.4 \times 10^8$ 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。 ・建屋の遮蔽を考慮しない。 ・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。	—	$6.5 \times 10^{-4}$ mSv*	$6.5 \times 10^{-4}$ mSv
コンクリートセル	閉じ込め	【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。 ・コンクリートセル及び建屋の除染係数を考慮しない。	$1.1 \times 10^2$ mSv	$2.2 \times 10^1$ mSv	$1.4 \times 10^2$ mSv
	遮蔽	【外部被ばく】コンクリートセルの遮蔽機能が喪失し、燃料デブリからの直接線・スカイシャイン線が敷地境界に達したと想定する。 ・コンクリートセル及び建屋による遮蔽を考慮しない。	—	$\geq 1.9 \times 10^2$ mSv*	$\geq 1.9 \times 10^2$ mSv
試料ピット	遮蔽	【外部被ばく】試料ピットの遮蔽機能が喪失し、燃料デブリからの直接線・スカイシャイン線が敷地境界に達したと想定する。 ・建屋の遮蔽を考慮しない。 ・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。	—	$\geq 1.9 \times 10^2$ mSv*	$\geq 1.9 \times 10^2$ mSv
	(臨界管理)	・試料ピットの <b>臨界管理機能が喪失することを想定する（参考資料2参照）</b> 。	—	—	—

※1 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。

※2 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。

\* モデルを見直し再評価した。（その他設備の線量については有効数字2桁に表記を統一した（以下、同じ）。）

## 2. 第2棟の耐震評価の考え方 (2/15)

(2/3)

設備名称	耐震上の安全機能	機能喪失時の敷地境界線量評価の概要	内部被ばく	外部被ばく※1	敷地境界線量
鉄セル	閉じ込め	【内部被ばく】鉄セル内の燃料デブリ中の放射性物質の一部がセル内の気相に移行※3し、排気系統を通じてではなく、直接、セル周辺の室に放出され、さらに建屋から外部へ地上放出され、敷地境界に達したと想定する。 ・建屋の除染係数を考慮しない。	2.7 mSv	5.3×10 <sup>-2</sup> mSv	2.8 mSv
	遮蔽	【外部被ばく】鉄セルの遮蔽機能が喪失し、燃料デブリから直接線・スカイシャイン線が敷地境界に達したと想定する。 ・建屋の遮蔽を考慮しない。			
グローブボックス	閉じ込め	【内部被ばく】グローブボックス内の燃料デブリ中の放射性物質の一部がグローブボックス内の気相に移行※3し、排気系統を通じてではなく、直接、グローブボックス周辺の室に放出され、さらに建屋から外部へ地上放出され、敷地境界に達したと想定する。 ・建屋の除染係数を考慮しない。	2.7×10 <sup>-4</sup> mSv	—	2.7×10 <sup>-4</sup> mSv
フード	閉じ込め	【内部被ばく】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※3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。 ・建屋の除染係数を考慮しない。	2.7×10 <sup>-4</sup> mSv	—	2.7×10 <sup>-4</sup> mSv
液体廃棄物一時貯留設備	閉じ込め	【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※4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。 ・建屋の除染係数を考慮しない。	7.2×10 <sup>-5</sup> mSv	—	7.2×10 <sup>-5</sup> mSv

※1 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。

※2 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。

※3 鉄セル、グローブボックス、フードでは、燃料デブリの切断は行わないが、取り扱う燃料デブリ全量が粉体化するものとし、※2の移行率を用いた。

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



## 2. 第2棟の耐震評価の考え方 (3/15)

一部改訂

(3/3)

設備名称	耐震上の安全機能	機能喪失時の敷地境界線量評価の概要	内部被ばく	外部被ばく※1	敷地境界線量
セル・グローブボックス用換気空調設備	閉じ込め	【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。 ・建屋の除染係数を考慮しない。 別紙2参照	2.0 mSv	—	2.0 mSv
フード用換気空調設備	閉じ込め	【内部被ばく】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※3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。 ・建屋の除染係数を考慮しない。	$2.7 \times 10^{-4}$ mSv	—	$2.7 \times 10^{-4}$ mSv
管理区域用換気空調設備	—	設備が機能喪失しても公衆への被ばく影響はない。	—	—	—
消火設備	—	設備が機能喪失しても公衆への被ばく影響はない。	—	—	—
固体廃棄物払出準備設備	—	固定して使用する設備がないため、耐震上の安全機能はない。	—	—	—
合計			$1.2 \times 10^2$ mSv	$\geq 2.2 \times 10^2$ mSv	$\geq 3.4 \times 10^2$ mSv

※1 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。

※2 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。

※3 鉄セル、グローブボックス、フードでは、燃料デブリの切断は行わないが、取り扱う燃料デブリ全量が粉体化するものとし、※2の移行率を用いた。

## 2. 第2棟の耐震評価の考え方 (4/15)

安全機能を失った際（建屋、コンクリートセルの壁・天井が無いとした場合）の公衆被ばく影響を基に暫定的に耐震クラス分類すると下表のとおりとなる。

主要設備	耐震上の安全機能	暫定耐震クラス	補助設備（安全機能）		直接支持構造物	間接支持構造物	波及的影響を考慮すべき施設	説明
			適用範囲	暫定耐震クラス				
建屋	・遮蔽	C	—	—	—	建屋【S <sub>C</sub> (S <sub>s</sub> で確認)】	—	・建屋が安全機能を喪失した場合50μSv以下となるため暫定Cクラス
コンクリートセル	・遮蔽 ・閉じ込め	S	セル・グローブボックス用換気空調設備（閉じ込め※2）	B	設備の支持構造物（B）	建屋【S <sub>B</sub> 】	—	・コンクリートセルの安全機能が喪失した場合5mSvを超えるため暫定Sクラス ・セル・グローブボックス用換気空調設備の安全機能が喪失した場合50μSvを超え、5mSv以下となるため暫定Bクラス
試料ピット	・遮蔽 ・臨界管理	S	—	—	設備の支持構造物（S）	建屋【S <sub>S</sub> 】	—	・試料ピットの安全機能が喪失した場合5mSvを超えるため暫定Sクラス
鉄セル	・遮蔽 ・閉じ込め	B	セル・グローブボックス用換気空調設備（閉じ込め※2）	B	設備の支持構造物（B）	建屋【S <sub>B</sub> 】	—	・鉄セルの安全機能が喪失した場合50μSvを超え、5mSv以下となるため暫定Bクラス ・セル・グローブボックス用換気空調設備の安全機能が喪失した場合50μSvを超え、5mSv以下となるため暫定Bクラス
グローブボックス	・閉じ込め	C	セル・グローブボックス用換気空調設備（閉じ込め※2）	B	設備の支持構造物（C） 設備の支持構造物（B）	建屋【S <sub>C</sub> 】 建屋【S <sub>B</sub> 】	—	・グローブボックスの安全機能が喪失した場合50μSv以下となるため暫定Cクラス ・セル・グローブボックス用換気空調設備の安全機能が喪失した場合50μSvを超え、5mSv以下となるため暫定Bクラス
フード	・気流による閉じ込め	C	フード用換気空調設備（換気※3）	C	設備の支持構造物（C）	建屋【S <sub>C</sub> 】	—	・フードの安全機能が喪失した場合50μSv以下となるため暫定Cクラス ・フード用換気空調設備の安全機能が喪失した場合50μSv以下となるため暫定Cクラス
液体廃棄物一時貯留設備	・液体の閉じ込め	C	—	—	設備の支持構造物（C）	建屋【S <sub>C</sub> 】	—	・液体廃棄物一時貯留設備の安全機能が喪失した場合50μSv以下となるため暫定Cクラス
管理区域用換気空調設備	—	C	電気設備（電源供給）	C	設備の支持構造物（C）	建屋【S <sub>C</sub> 】	—	・JEAC4601の放射線安全に関係しない施設等を参考に設定
消火設備	—	C	電気設備（電源供給）	C	設備の支持構造物（C）	建屋【S <sub>C</sub> 】	—	・JEAC4601の放射線安全に関係しない施設等を参考に設定
固体廃棄物払出準備設備	—	—	—	—	—	—	—	・固定して使用する設備がないため耐震クラスなし

※1 確認用地震動について、S<sub>s</sub>は基準地震動、S<sub>B</sub>はBクラスの施設に適用される地震動（剛の場合は静的震度、共振する場合は1/2S<sub>d</sub>）、S<sub>C</sub>はCクラスの施設に適用される静的震度を示す。

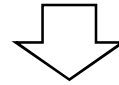
※2 セル等、給気管、排気管、弁及び給排気系のフィルタによる構造による閉じ込めを行う。

※3 フードは気流により放射性物質を閉じ込める設備であるため、構造による閉じ込めはない。

## 2. 第2棟の耐震評価の考え方 (5/15)

---

---



○よって、第2棟全体としての暫定耐震クラスについては以下のとおりとなる。

暫定Sクラス

動的地震力： Ss900機能維持、Sd450弾性範囲

静的地震力： 水平3.0Ci (0.6G)、鉛直1.0Cv (0.2G)

## 2. 第2棟の耐震評価の考え方 (6/15)

### 暫定耐震クラスの安全機能が維持されたとした場合の線量評価

暫定耐震クラスに基づき、以下の安全機能を考慮して公衆の被ばく影響を評価した。

- ・閉じ込め機能 : コンクリートセルは暫定クラスであるため、閉じ込め機能は維持される。コンクリートセル以外の閉じ込め機能を持つ設備については、建屋が暫定クラスであるため、設備が破損したとしても、内包する放射性物質が外部へ放出されることは考えにくい。換気設備で除染されることなく、排気口から放射性物質が大気放出されるものとして評価を行う。
- ・遮蔽機能 : 建屋及びコンクリートセルは暫定クラスであるため、遮蔽機能は維持されるものとして評価を行う。

(1/3)

設備名称	耐震上の安全機能	機能喪失時の敷地境界線量評価の概要	内部被ばく	外部被ばく※1	敷地境界線量
建屋	遮蔽	【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払出準備設備に含まれる放射性物質の放射能（それぞれ $2.3 \times 10^{10}$ Bq及び $2.4 \times 10^8$ 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。 ・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。	—	$1.5 \times 10^{-11}$ mSv	$1.5 \times 10^{-11}$ mSv
コンクリートセル	閉じ込め	【内部被ばく】コンクリートセルは暫定クラスなので、閉じ込め機能は喪失せず放射性物質はセル外に漏えいしない。	—	$2.4 \times 10^{-4}$ mSv	$2.4 \times 10^{-4}$ mSv
	遮蔽	【外部被ばく】コンクリートセルの遮蔽機能が喪失し、燃料デブリからの直接線・スカイシャイン線が敷地境界に達したと想定 ・コンクリートセル及び建屋による遮蔽を考慮する。	—		
試料ピット	遮蔽	【外部被ばく】試料ピットの遮蔽機能が見込め、燃料デブリからの直接線・スカイシャイン線が敷地境界に達したと想定する。 ・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。	—	$2.6 \times 10^{-4}$ mSv	$2.6 \times 10^{-4}$ mSv
	(臨界管理)	・試料ピットは堅牢な構造であるため、臨界に達するおそれはない。	—		

※1 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。

## 2. 第2棟の耐震評価の考え方 (7/15)

(2/3)

設備名称	耐震上の安全機能	機能喪失時の敷地境界線量評価の概要	内部被ばく	外部被ばく <sup>※1</sup>	敷地境界線量
鉄セル	閉じ込め	【内部被ばく】建屋が暫定Sクラスのため、建屋外に放射性物質が放出することは考えにくい。鉄セル内の燃料デブリ中の放射性物質の一部がセル内の気相に移行 <sup>※3</sup> 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、さらに排気口から外部へ放出され、敷地境界に達したと想定する。 ・建屋の除染係数を考慮しない。	1.1×10 <sup>-1</sup> mSv	3.1×10 <sup>-7</sup> mSv	1.2×10 <sup>-1</sup> mSv
	遮蔽	【外部被ばく】鉄セルの遮蔽機能が喪失し、燃料デブリから直接線・スカイシャイン線が敷地境界に達したと想定する。 ・建屋の遮蔽を考慮する。			
グローブボックス	閉じ込め	【内部被ばく】建屋が暫定Sクラスのため、建屋外に放射性物質が放出することは考えにくい。グローブボックス内の燃料デブリ中の放射性物質の一部がグローブボックス内の気相に移行 <sup>※3</sup> 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、さらに排気口から外部へ放出され、敷地境界に達したと想定する。 ・建屋の除染係数を考慮しない。	1.1×10 <sup>-5</sup> mSv	—	1.1×10 <sup>-5</sup> mSv
フード	閉じ込め	【内部被ばく】建屋が暫定Sクラスのため、建屋外に放射性物質が放出することは考えにくい。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 <sup>※3</sup> 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、さらに排気口から外部へ放出され、敷地境界に達したと想定する。 ・建屋の除染係数を考慮しない。	1.1×10 <sup>-5</sup> mSv	—	1.1×10 <sup>-5</sup> mSv
液体廃棄物一時貯留設備	閉じ込め	【内部被ばく】建屋が暫定Sクラスのため、建屋外に放射性物質が放出することは考えにくい。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壇内に漏れいし、漏れ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 <sup>※4</sup> し、排気系統を通じてではなく、直接、排気口から外部へ放出され、敷地境界に達したと想定する。 ・建屋の除染係数を考慮しない。	2.8×10 <sup>-6</sup> mSv	—	2.8×10 <sup>-6</sup> mSv

※1 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。

※2 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。

※3 鉄セル、グローブボックス、フードでは、燃料デブリの切断は行わないが、取り扱う燃料デブリ全量が粉体化するものとし、※2の移行率を用いた。

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

## 2. 第2棟の耐震評価の考え方 (8/15)

(3/3)

設備名称	耐震上の安全機能	機能喪失時の敷地境界線量評価の概要	内部被ばく	外部被ばく <sup>※1</sup>	敷地境界線量
セル・グローブボックス用換気空調設備	閉じ込め	【内部被ばく】建屋が暫定Sクラスのため、建屋外に放射性物質が放出することは考えにくい。コンクリートセル内の試料調製時に発生する燃料デブリからの粉体の発生量を安全側に見積もり、粉体中の放射性物質がセル内の気相に移行 <sup>※2</sup> 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、さらに排気口から外部へ放出され、敷地境界に達したと想定する。 ・建屋の除染係数を考慮しない。	$8.0 \times 10^{-2}$ mSv	—	$8.0 \times 10^{-2}$ mSv
フード用換気空調設備	閉じ込め	【内部被ばく】建屋が暫定Sクラスのため、建屋外に放射性物質が放出することは考えにくい。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 <sup>※3</sup> 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、さらに建屋排気口から外部へ地上放出され、敷地境界に達したと想定する。 ・建屋の除染係数を考慮しない。	$1.1 \times 10^{-5}$ mSv	—	$1.1 \times 10^{-5}$ mSv
管理区域用換気空調設備	—	設備が機能喪失しても公衆への被ばく影響はない。	—	—	—
消火設備	—	設備が機能喪失しても公衆への被ばく影響はない。	—	—	—
固体廃棄物払出準備設備	—	固定して使用する設備がないため、耐震上の安全機能はない。	—	—	—
合計			$2.0 \times 10^{-1}$ mSv	$5.1 \times 10^{-4}$ mSv	$2.1 \times 10^{-1}$ mSv

※1 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。

※2 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。

※3 鉄セル、グローブボックス、フードでは、燃料デブリの切断は行わないが、取り扱う燃料デブリ全量が粉体化するものとし、※2の移行率を用いた。

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

### 1-②：現実的な緩和対策を考慮（被ばく評価期間、放射線防護対策、建屋耐震設計など）

第2棟は、設計が進捗している状況を考慮し、Ss900による建屋及びコンクリートセルの耐震性を評価し、その結果を踏まえて維持できる機能を以下のクライテリアに基づき考慮し、敷地境界線量を評価する。

	機能設計上の性能目標	地震力	部位	機能維持のための考え方	許容限界
建屋	閉じ込め	基準地震動 Ss900	耐震壁	建屋の閉じ込め機能を維持するための許容限界を超えないことを確認	せん断ひずみ $2.0 \times 10^{-3}$
	遮蔽			建屋の遮蔽機能を維持するための許容限界を超えないことを確認	せん断ひずみ $2.0 \times 10^{-3}$
コンクリートセル	閉じ込め		コンクリートセル壁	コンクリートセルの閉じ込め機能を維持するための許容限界を超えないことを確認	せん断ひずみ $2.0 \times 10^{-3}$
	遮蔽			コンクリートセルの遮蔽機能を維持するための許容限界を超えないことを確認	せん断ひずみ $2.0 \times 10^{-3}$

### Ss900体系による耐震性の評価 (結果の概要) (詳細は資料-2に記載)

- 第2棟の耐震性評価として、Ss900による地震応答解析を行い、建屋耐震壁及びコンクリートセル壁に生じるせん断ひずみが許容限界 ( $\gamma \leq 2.0 \times 10^{-3}$ ) を超えないことを確認した。
- 以上のことから、建屋及びコンクリートセルは、閉じ込め及び遮蔽機能を維持できることを確認した。

上記を踏まえて、現実的な緩和策を考慮した線量評価を行う。



### 現実的な緩和策を考慮した線量評価

Ss900による耐震性の評価結果に基づき、以下の安全機能を考慮して公衆の被ばく影響を評価した。

- ・閉じ込め機能 : 換気空調設備による負圧維持機能が喪失されるため、放射性物質が外部に放出することを想定する。なお、原子力発電所耐震設計技術規程 (JEAC4601) を参考に、最大せん断ひずみが $2.0 \times 10^{-3}$ を下回っていることから、コンクリートセル及び建屋の除染係数として気体状の放射性物質を除き、各々 $10^{*1}$ を見込めるものとして評価を行う。
- ・遮蔽機能 : 原子力発電所耐震設計技術規程 (JEAC4601) を参考に、最大せん断ひずみが $2.0 \times 10^{-3}$ を下回っていることから、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。

(1/3)

設備名称	耐震上の安全機能	機能喪失時の敷地境界線量評価の概要	内部被ばく	外部被ばく <sup>*2</sup>	敷地境界線量
建屋	遮蔽	【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払出準備設備に含まれる放射性物質の放射能 (それぞれ $2.3 \times 10^{10}$ Bq及び $2.4 \times 10^8$ Bq) から燃料デブリ重量に換算し、その直接線・スカイライン線が敷地境界に達したと想定する。 ・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。	—	$1.5 \times 10^{-11}$ mSv*	$1.5 \times 10^{-11}$ mSv
コンクリートセル	閉じ込め	【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 <sup>*3</sup> 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 ・建屋、コンクリートセルの除染係数各々 $10^{*1}$ を考慮する。	1.1 mSv	$2.4 \times 10^{-4}$ mSv*	1.2 mSv
	遮蔽	【外部被ばく】コンクリートセルの遮蔽機能が喪失し、燃料デブリ <sup>■</sup> からの直接線・スカイライン線が敷地境界に達したと想定 ・コンクリートセル及び建屋による遮蔽を考慮する。	—	$2.6 \times 10^{-4}$ mSv*	$2.6 \times 10^{-4}$ mSv
試料ピット	遮蔽	【外部被ばく】試料ピットの遮蔽機能が見込め、燃料デブリ <sup>■</sup> からの直接線・スカイライン線が敷地境界に達したと想定する。 ・ <sup>■</sup> 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。	—	$2.6 \times 10^{-4}$ mSv*	$2.6 \times 10^{-4}$ mSv
	(臨界管理)	・試料ピットは堅牢な構造であるため、臨界に達するおそれはない (別紙1参照)。			

※1 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

※2 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。

※3 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。

\* モデルを見直し再評価した。(その他設備の線量については有効数字2桁に表記を統一した (以下、同じ) 。)

## 2. 第2棟の耐震評価の考え方 (12/15)

(2/3)

設備名称	耐震上の安全機能	機能喪失時の敷地境界線量評価の概要	内部被ばく	外部被ばく <sup>※2</sup>	敷地境界線量
鉄セル	閉じ込め	【内部被ばく】鉄セル内の燃料デブリ中の放射性物質の一部がセル内の気相に移行 <sup>※4</sup> 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。 ・建屋の除染係数10 <sup>※1</sup> を考慮する。	2.7×10 <sup>-1</sup> mSv	3.1×10 <sup>-7</sup> mSv*	2.8×10 <sup>-1</sup> mSv
	遮蔽	【外部被ばく】鉄セルの遮蔽機能が喪失し、燃料デブリ <sup>■</sup> 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。 ・建屋の遮蔽を考慮する。			
グローブボックス	閉じ込め	【内部被ばく】グローブボックス内の燃料デブリ中の放射性物質の一部がグローブボックス内の気相に移行 <sup>※4</sup> 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。 ・建屋の除染係数10 <sup>※1</sup> を考慮	2.7×10 <sup>-5</sup> mSv	—	2.7×10 <sup>-5</sup> mSv
フード	閉じ込め	【内部被ばく】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 <sup>※4</sup> 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。 ・建屋の除染係数10 <sup>※1</sup> を考慮する。	2.7×10 <sup>-5</sup> mSv	—	2.7×10 <sup>-5</sup> mSv
液体廃棄物一時貯留設備	閉じ込め	【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 <sup>※5</sup> 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 ・建屋の除染係数10 <sup>※1</sup> を考慮する。	7.2×10 <sup>-6</sup> mSv	—	7.2×10 <sup>-6</sup> mSv

※1 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

※2 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。

※3 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。

※4 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、※3の移行率を用いた。

※5 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）

\* モデルを見直し再評価した。（その他設備の線量については有効数字2桁に表記を統一した（以下、同じ）。）

## 2. 第2棟の耐震評価の考え方 (13/15)

(3/3)

設備名称	耐震上の安全機能	機能喪失時の敷地境界線量評価の概要	内部被ばく	外部被ばく <sup>※2</sup>	敷地境界線量
セル・グローブボックス用換気空調設備	閉じ込め	【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 <sup>※3</sup> 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 $10^{※1}$ を考慮する。	$2.0 \times 10^{-1}$ mSv	—	$2.0 \times 10^{-1}$ mSv
フード用換気空調設備	閉じ込め	【内部被ばく】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 <sup>※4</sup> 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。 ・建屋の除染係数 $10^{※1}$ を考慮する。	$2.7 \times 10^{-5}$ mSv	—	$2.7 \times 10^{-5}$ mSv
管理区域用換気空調設備	—	設備が機能喪失しても公衆への被ばく影響はない。	—	—	—
消火設備	—	設備が機能喪失しても公衆への被ばく影響はない。	—	—	—
固体廃棄物払出準備設備	—	固定して使用する設備がないため、耐震上の安全機能はない。	—	—	—
合計			1.6 mSv	$5.1 \times 10^{-4}$ mSv	1.7 mSv

※1 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

※2 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。

※3 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。

※4 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、※3の移行率を用いた。

## 2. 第2棟の耐震評価の考え方 (14/15)

一部改訂

16

○Ss900でせん断ひずみが $2 \times 10^{-3}$ 以下となり、遮蔽機能及び閉じ込め機能が維持できることを確認したことから耐震クラスを以下のとおりとする。

設備名称	耐震クラス	耐震上の安全機能	耐震上の具体的な要求事項	備考
建屋	B+	・遮蔽 ・間接支持	・Ss900で遮蔽機能が維持できること。 ・Ss900で間接支持機能が維持できること。 ・B+クラスの地震力で遮蔽機能が維持できること。 ・B+クラスの地震力で間接支持機能が維持できること。	・公衆被ばく線量は50 Sv以下であるが、一体構造であるコンクリートセルの公衆被ばく線量は50μSvを超え、5mSv以下となる。 ・長期的に使用するため、B+クラスとする。
コンクリートセル	B+	・遮蔽 ・閉じ込め	・Ss900で遮蔽機能が維持できること。 ・Ss900で閉じ込め機能が維持できること。 ・B+クラスの地震力で遮蔽機能が維持できること。 ・B+クラスの地震力で閉じ込め機能が維持できること。	・実力としてSs900でコンクリートセルの安全機能が維持できるため、公衆被ばく線量は50μSvを超え、5mSv以下となる。 ・長期的に使用するため、B+クラスとする。
試料ピット	B+	・遮蔽 ・臨界管理	・Ss900で遮蔽機能が維持できること。 ・Ss900で臨界管理機能が維持できること。 ・B+クラスの地震力で遮蔽機能が維持できること。 ・B+クラスの地震力で臨界管理機能が維持できること。	・実力としてSs900で試料ピットの安全機能が維持できるため、公衆被ばく線量は50μSvを超え、5mSv以下となる。 ・長期的に使用するため、B+クラスとする。
鉄セル	B+	・遮蔽 ・閉じ込め	・B+クラスの地震力で遮蔽機能が維持できること。 ・B+クラスの地震力で閉じ込め機能が維持できること。	・公衆被ばく線量は50μSvを超え、5mSv以下となる。 ・長期的に使用するため、B+クラスとする。
グローブボックス	B+	・閉じ込め	・B+クラスの地震力で閉じ込め機能が維持できること。	・公衆被ばく線量は50μSv以下である。 ・将来の機能拡張を考慮するとともに長期的に使用するため、B+クラスとする。
セル・グローブボックス用換気空調設備	B+	・閉じ込め	・B+クラスの地震力で閉じ込め機能が維持できること。	・公衆被ばく線量は50μSvを超え、5mSv以下となる。 ・長期的に使用するため、B+クラスとする。
フード	C	・気流による閉じ込め	・Cクラスの地震力で気流による閉じ込め機能が維持できること。	—
液体廃棄物一時貯留設備	C	・液体の閉じ込め	・Cクラスの地震力で液体の閉じ込め機能が維持できること。	—
フード用換気空調設備	C	・換気	・Cクラスの地震力で換気機能が維持できること。	—
電気設備	C	・電源供給	・Cクラスの地震力で電源供給機能が維持できること。	—
管理区域用換気空調設備	C	—	—	・設備がなくても放射線影響は生じないため、JEAC4601の放射線安全に関係しない施設等を参考にCクラスとする。
消火設備	C	—	—	・設備がなくても放射線影響は生じないため、JEAC4601の放射線安全に関係しない施設等を参考にCクラスとする。
固体廃棄物払出準備設備	—	—	—	・固定して使用する設備がないため耐震クラスなし。

## 2. 第2棟の耐震評価の考え方 (15/15)

○耐震性を確認する地震動は以下のとおり。

設備名称	動的地震力		静的地震力	確認用 地震動	説明
	機能維持	弾性範囲 (共振時のみ)			
コンクリートセル 試料ピット 建屋	1/2Ss450	1/2Sd225*	水平：1.5Ci (0.3G) 鉛直：—	Ss900	・建屋の公衆被ばく線量は50 $\mu$ Sv以下であるが、公衆被ばく線量が50 Svを超え、5mSv以下となるコンクリートセルと一体の構造である。さらに長期的に使用することから、B+クラスの地震力を適用する。
鉄セル グローブボックス セル・グローブボックス用換気空調設備	1/2Ss450	1/2Sd225*	水平：1.8Ci (0.36G) 鉛直：—	—	・公衆被ばく線量評価を実施した結果50 $\mu$ Svを超え、5mSv以下となり、長期間使用する設備であることを考慮し、B+クラスの地震力を適用する。
フード 液体廃棄物一時貯留設備 フード用換気空調設備 電気設備	—	—	水平：1.2Ci (0.24G) 鉛直：—	—	・公衆被ばく線量評価を実施した結果、50 $\mu$ Sv以下となるため、Cクラスの地震力を適用する。
管理区域用換気空調設備 消火設備	—	—	水平：1.2Ci (0.24G) 鉛直：—	—	・JEAC4601の放射線安全に関係しない施設等を参考にCクラスの地震力を適用する。
固体廃棄物払出準備設備	—	—	—	—	・固定して使用する設備はない。

(注) 地震力の算定に際しては、水平2方向、鉛直1方向の適切な組合せを行う。

※ 現設計において、第2棟の設備は剛であり共振のおそれはない。

### 3. 令和4年3月16日地震に対する耐震性に係る説明

令和4年3月16日地震（以下「3.16地震」という。）に対する耐震性を以下に示す。

#### ○建屋

Ss900に対する建屋の耐震性評価の結果から、3.16地震に対して建屋は機能維持できる。

#### ○内装設備（第2棟の内装設備は剛構造）

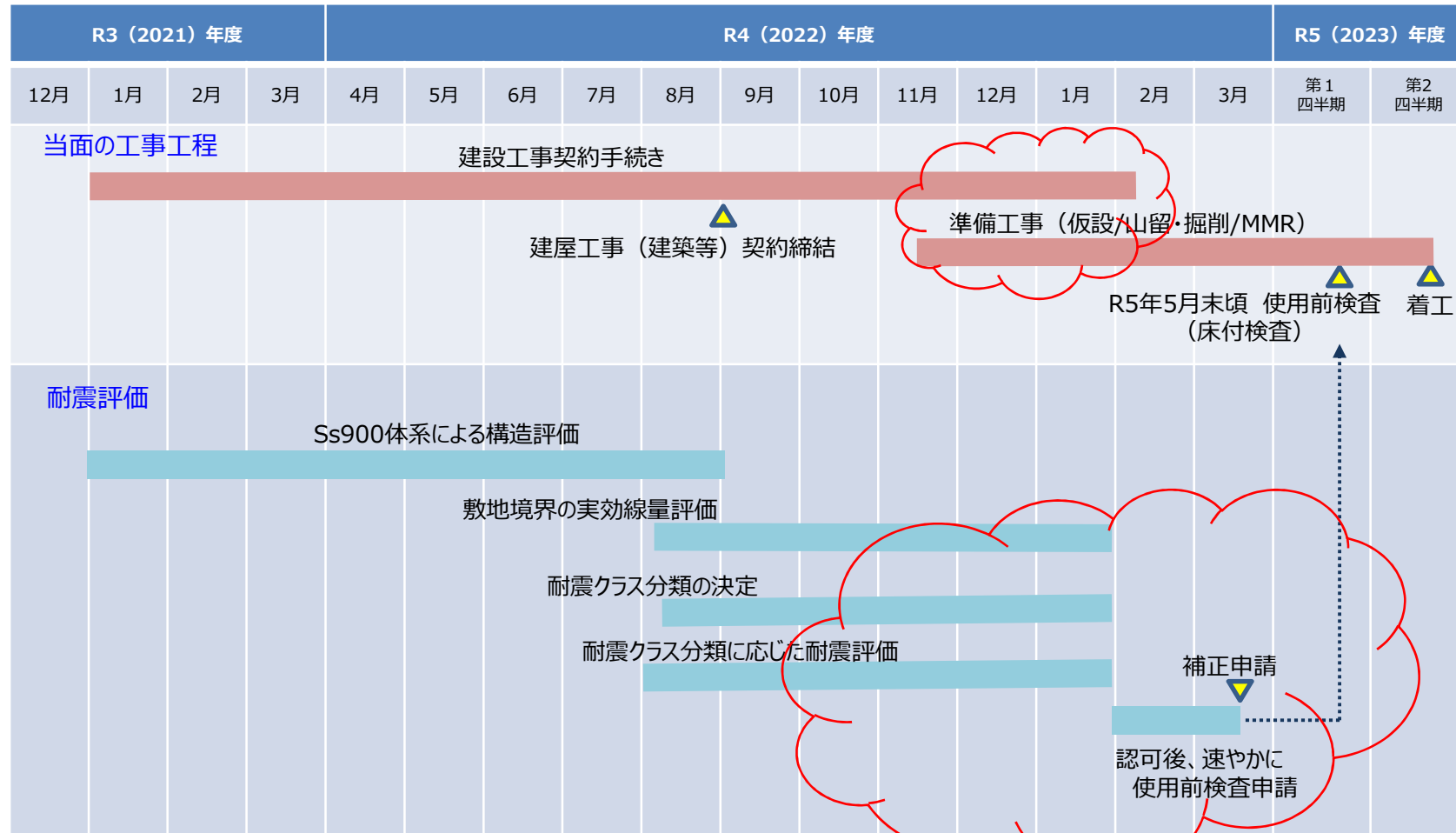
3.16地震動を1/2Ss450と比較すると、最大加速度は約1.12倍となっており（下表参照）、1/2Ss450を超過している。剛構造のB+クラス設備の機能維持評価（1/2Ss450）では、1/2Ss450の最大加速度の1.2倍を用いて評価しており、3.16地震の影響はないと判断している。

地震動	最大加速度(Gal)
1/2Ss450	450
3.16地震 はぎとり波(南地点NS方向)	469
3.16地震 はぎとり波(南地点EW方向)	505

### 3. 第2棟着工までのスケジュール

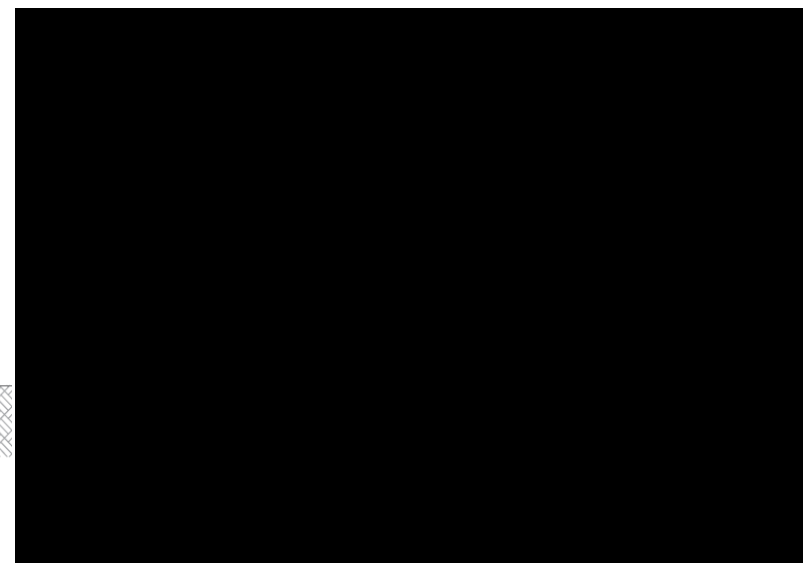
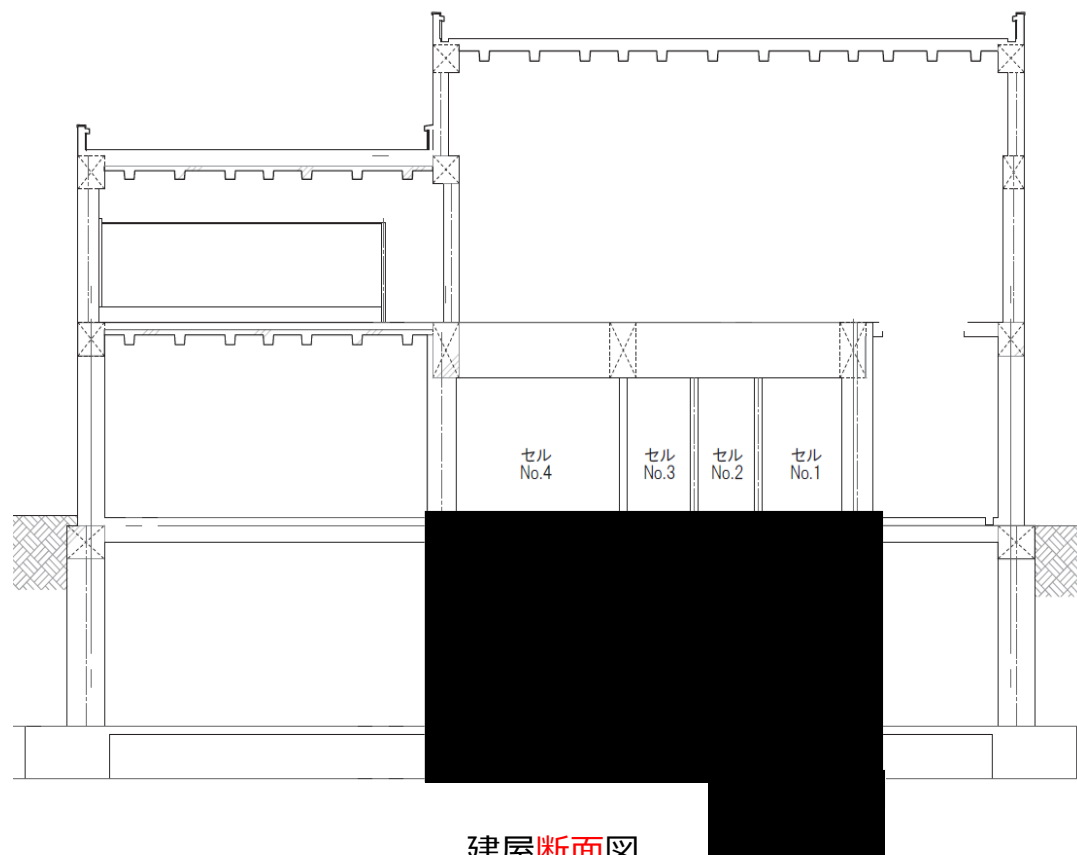
一部改訂

準備工事、着工時期は、2022年8月24日の面談資料で示したスケジュールから変更はない。





試料ピットの概要は以下のとおり。



試料ピット平面図

拡大した断面図を次頁に示す。





建屋断面図（コンクリートセル周辺）

試料ピット断面図

コンクリートセルと  でライニング（内張鋼板）によって閉じ込め機能を果たす構造となっている。

### ■ 試料ピットの形状維持評価

- 試料ピットは[ ]建屋と一体な構造であることから、建屋のSs900チェックの評価結果より、試料ピットの形状維持について評価する。
- 原子力発電所耐震設計技術規程（JEAC4601）※を参考に、機能維持の検討は「基準地震動Ssにおいて、鉄筋コンクリート造耐震壁の最大応答せん断ひずみ度が許容限界（ $2.0 \times 10^{-3}$ ）を超えないことを確認する。」とされている。
- また、許容限界を満足している場合は、「耐震壁の変形に追従する建物・構築物の部位の健全性も確保されており、間接支持機能を維持している。」とされている。
- 試料ピットは、建屋[ ]と一体的に設置されることから地震時の変形（形状維持）は建屋の変形に追従するものとする。建屋のSs900チェックによる[ ]最大せん断ひずみは  $1.48 \times 10^{-3}$  である。
- 以上より、第2棟の最大せん断ひずみは  $2.0 \times 10^{-3}$  を下回っていることから、試料ピットは形状維持できると考える。

#### ※原子力発電所耐震設計技術規程（JEAC4601）

##### ・3.6.4.1 機能維持の検討

基準地震動Ssが作用した場合において、負圧維持機能、漏洩防止機能、遮へい機能または支持機能が要求される建物・構築物を構成する部位は「3.6.1 基準地震動Ssに対する検討」の規定に適合していることを確認する。

##### ・3.6.1 基準地震動Ssに対する検討

##### ・3.6.1.1 建物・構築物の評価

##### （1）鉄筋コンクリート造耐震壁の評価

Sクラスの建物・構築物の鉄筋コンクリート造耐震壁については、基準地震動Ssによる各層の鉄筋コンクリート造耐震壁の最大応答せん断ひずみ度が下記に示す許容限界を超えてはならない。

$$\gamma_a = 2.0 \times 10^{-3} \quad \gamma_a : \text{せん断ひずみ度に関する許容限界}$$

##### ・3.6.4.1 機能維持の検討

##### (a) 負圧維持機能

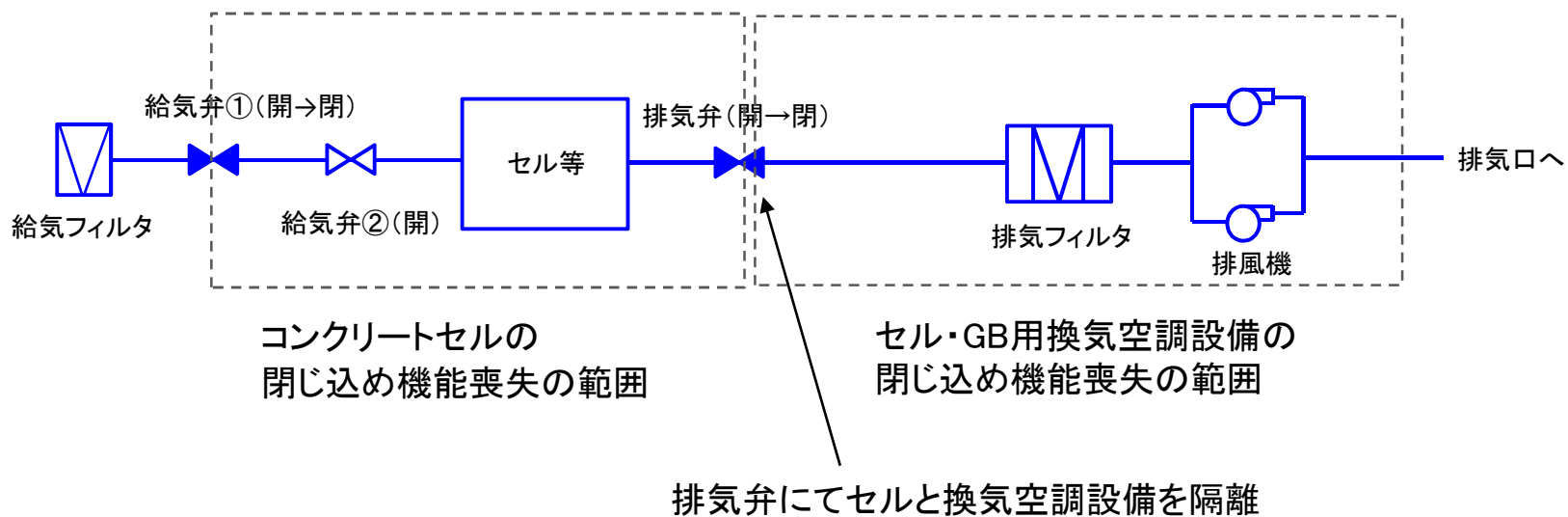
##### (b) 漏えい防止機能

##### (c) 遮へい機能

建物・構築物の各層の耐震壁が、「3.6.1.1 鉄筋コンクリート造耐震壁の評価」に示すせん断ひずみ度の許容限界を満足している場合は、地震後における各層の残留ひずみは小さく、更に、耐震重要度に応じた地震力に対して対象部位の設計がなされていれば、地震後にひび割れはほぼ閉鎖しており、貫通するひび割れが直線的に残留していることはないと考えられることから、遮へい機能は保持されていると判断できる。

##### (d) 支持機能

耐震壁以外の建物・構築物の部位に関しても、施設からの地震時反力に対して健全であり、かつ、支持される施設の耐震重要度に応じた地震力（Sクラス設備であれば基準地震動Ssによる地震力）に対して、耐震壁が「3.6.1.1（1）鉄筋コンクリート造耐震壁の評価」に示すせん断ひずみ度の許容限界を満足している場合は、耐震壁の変形に追従する建物・構築物の部位の健全性も確保されており、間接支持機能を維持していると考えられることができる。



セル・グローブボックス用換気空調設備の閉じ込め機能の線量評価では、弁からフィルタの間のダクト内にセル等内と同じ放射性物質濃度の気体が滞留していると想定。ダクト等が損傷して外部に放射性物質が放出された想定で評価。

地震により消火機能を喪失した状況で、更に以下の火災が発生した場合における「現実的な緩和策を考慮した線量評価」を実施した。

- ・コンクリート内火災
- ・鉄セル内火災
- ・グローブボックス内火災

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%※<sup>1</sup>に、火災に伴う燃料デブリの粉体から気相への放射性物質の移行率0.6%※<sup>2</sup>を加え、合計で1.6%の燃料デブリの粉体が気相へ移行すると想定した。また、気相へ移行した放射性物質は、設備周辺の室に直接放出され、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した。Ss900による建屋の耐震性の評価結果に基づき、コンクリートセル及び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※<sup>3</sup>を見込めるものとして評価を行った。

設備名称	内部被ばく	外部被ばく※ <sup>4</sup>	敷地境界線量 (地震+火災)	【参考】 敷地境界線量 (地震のみ)
コンクリートセル	1.8 mSv	$2.4 \times 10^{-4}$ mSv	<b>1.9</b> mSv	1.2 mSv
鉄セル	$4.4 \times 10^{-1}$ mSv	$3.1 \times 10^{-7}$ mSv	<b><math>4.5 \times 10^{-1}</math></b> mSv	$2.8 \times 10^{-1}$ mSv
グローブボックス	$4.4 \times 10^{-5}$ mSv	—	<b><math>4.4 \times 10^{-5}</math></b> mSv	$2.7 \times 10^{-5}$ mSv

※<sup>1</sup> 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。

※<sup>2</sup> 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)

※<sup>3</sup> 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

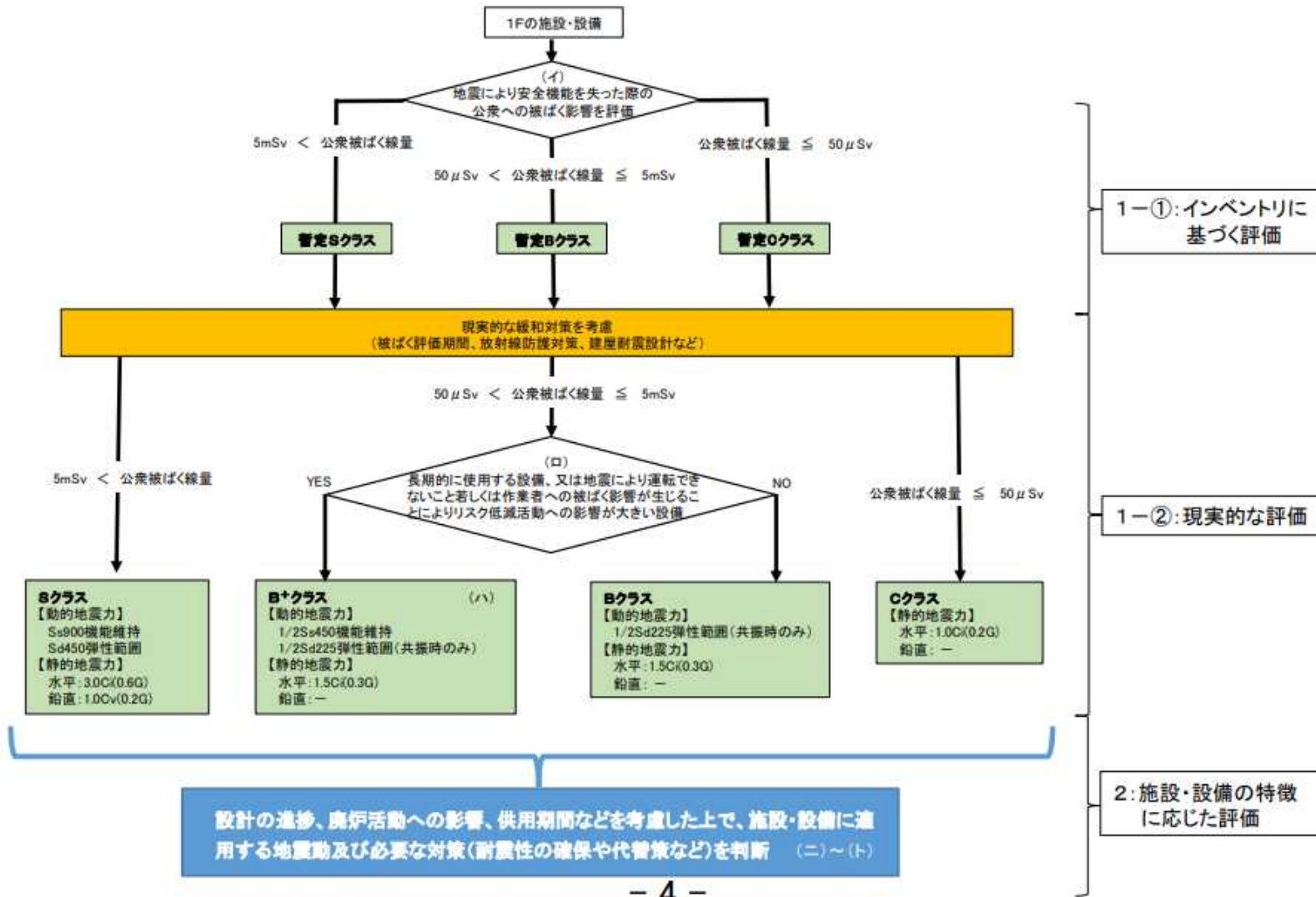
Elizabeth M.Flew, et al. "Assessment of the Potential Release of Radioactivity from Installations at AERE, Harwell. Implications for Emergency Planning". Handling of Radiation Accidents. International Atomic Energy Agency. Vienna, 1969, IAEA-SM-119/7

※<sup>4</sup> 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。

地震時に消火機能を喪失しても、耐震クラス分類に影響を与えるような公衆被ばく線量の増加はないため、消火設備は耐震クラスCと分類する。



耐震クラス分類と施設・設備の特徴に応じた地震動の設定及び必要な対策を判断する流れ





**【(イ)： 地震により安全機能を失った際の公衆被ばく影響】**

- 核燃料施設等の耐震クラス分類を参考にして、地震による安全機能喪失時の公衆被ばく線量により、S、B、Cを分類する。液体放射性物質を内包する施設・設備にあつては、液体の海洋への流出のおそれのない設計を前提とした線量評価によるものとする。

**【(ロ)： 通常のBクラスよりも高い耐震性が求められるB+クラスの対象設備の要件】**

- 「運転できないこと若しくは作業者への被ばく影響が生じることによりリスク低減活動への影響が大きい設備」の具体例は以下のとおり。
  - ・ 建屋滞留水・多核種除去設備などの水処理設備、使用済燃料をプールからより安定性の高い乾式キャスクへ移動させるために必要な燃料取出設備等。
  - ・ 閉じ込め・遮へい機能喪失時の復旧作業における従事者被ばく線量が1日当たりの計画線量限度を超える設備等。

**【(ハ)： B+クラスの1/2Ss450機能維持】**

- 1/2Ss450に対して、運転の継続に必要な機能の維持や閉じ込め・遮へい機能の維持を求める。
- 令和4年3月16日の福島県沖地震の地震動が1/2Ss450を上回った周期帯に固有振動数を有する施設・設備は、当該地震動による施設・設備の機能への影響を評価する。

**【(ニ)： 耐震性の確保】**

- 地震力の算定に際しては、水平2方向及び鉛直方向について適切に組み合わせる。

**【(ホ)： 耐震性の確保に対する代替策】**

- 耐震性の確保の代替策として、耐震性の不足に起因するリスクを早期に低減させるための対策を講ずるとしてもよい。具体例は以下のとおり。
  - 例：中低濃度タンクや吸着塔一時保管施設等の耐震性の不足に起因するリスクを早期に低減させる対策として、耐震性の高い建屋やタンクへの移替え及び移管、スラリー安定化処理設備や海洋放出設備による処理等を早期に行うことを想定。

**【(ヘ)： 上位クラスへの波及的影響】**

- 上位クラスへの波及的影響がある場合、原則上位クラスに応じた地震動を念頭に置くが、耐震クラス分類の考え方と同様に、下位クラスによる波及的影響を起因とする敷地周辺の公衆被ばく線量も勘案し、適切な地震動を設定する。

**【(ト)： 液体放射性物質を内包する設備】**

- 多核種除去設備等で処理する前の液体等、放出による外部への影響が大きい液体を内包する設備については、Ss900に対して、海洋に流出するおそれのない設計とすることを求める（滞留水が存在する建屋、ALPS処理前の水や濃縮廃液を貯留するタンクの堰等）。これ以外の液体を内包する設備については、上位クラスの地震動に対する閉じ込め機能の確保又は漏えい時の影響緩和対策を求める\*。

※：設備自体を耐震CクラスからBクラスに格上げ、周囲の堰等に上位クラスの地震動に対して閉じ込め機能を維持する、漏えい時に仮設ホースによる排水等の機動的対応を講ずる等により、海洋への流出を緩和する措置を想定。

東京電力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の新旧比較表

参考

(旧) 昨年9月の耐震要求	(新) 今回の耐震要求案	備考
<p>耐震クラス分類と施設等の特徴に応じた地震動の設定及び必要な対策を判断する流れ</p> <p>①</p> <p>②</p> <p>心の耐震クラスを踏まえて、高が活動への影響、上流クラスへの波及的影響、使用期間、設計の要件状況、内訳する個体の設計値等の影響を考慮した上で、施設等の特徴に応じた地震動の設定及び必要な追加減衰等の追加の代替措置を判断する。(1) (2) (3) (4)</p> <p>※項目A(1)～(4)の順に示すは、決まりは記載</p>	<p>1Fの施設・設備</p> <p>1-①: インベントリに基づく評価</p> <p>1-②: 現実的な評価</p> <p>2: 施設・設備の特徴に応じた評価</p> <p>設計の進捗、設計段階への影響、使用期間などを考慮した上で、施設・設備に適用する地震動及び必要な対策(耐震性の確保や代替措置など)を判断。(1)～(4)</p>	<p><b>【1-①: インベントリに基づく評価】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>公衆への最大の放射線影響を把握するために全ての安全機能が喪失した場合のインベントリに基づく評価を求める。ただし、物理的に起こり得ないこと(例:地下施設の地上化)などは考慮する必要はない。</li> <li>6日目までに外部支援を受けれる方針であることを前提に、原則7日間で評価する。</li> </ul> <p><b>【1-②: 現実的な評価】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>評価期間として7日より短い期間を設定する場合は、その対策の実現性(人・資機材・時間等)を審査する。</li> <li>建屋等がSクラス設計の場合は、当該建屋等は地震により損傷しないことを前提としても良い。なお、Sクラス設計以外の施設・設備の損傷程度に鑑み、当該施設・設備の機能に期待する場合は、十分な技術的根拠を示すこと。</li> </ul> <p><b>【2: 施設・設備の特徴に応じた評価】</b></p> <p>間接的な施設・設備の損傷を考慮した場合に、耐震設計上の主たる機能を有する施設・設備に波及的な影響を及ぼさず、フロー1で定めた耐震クラスの決定の際の線量評価に影響がない場合は、間接的な施設・設備は下位の耐震クラスとしても良い。</p>



昨年9月の耐震要求（旧）	今回の耐震要求（新）	備考
<p><b>【(イ)：地震により安全機能を失った際の公衆被ばく影響】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>核燃料施設等の耐震クラス分類を参考にして、地震による安全機能喪失時の公衆被ばく線量により、S、B、Cを分類する。液体放射性物質を内包する施設・設備にあっては、液体の海洋への流出のおそれのない設計を前提とした線量評価によるものとする。</li> </ul> <p><b>【(ロ)：通常のBクラスよりも高い耐震性が求められるB+クラスの対象設備の要件】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>「運転できないこと若しくは作業への被ばく影響が生じることによりリスク低減活動への影響が大きい設備」の具体例は以下のとおり。             <ul style="list-style-type: none"> <li>建屋滞留水・多核種除去設備などの水処理設備、使用済燃料をプールからより安定性の高い乾式キャスクへ移動させるために必要な燃料取出設備等。</li> <li>閉じ込め・遮へい機能喪失時の復旧作業における従事者被ばく線量が1日当たりの計画線量限度を超える設備等。</li> </ul> </li> </ul> <p><b>【(ハ)：B+クラスの1/2Ss450機能維持】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Ss900の1/2の最大加速度450galの地震動に対して、運転の継続に必要な機能の維持や閉じ込め・遮へい機能の維持を求める。</li> </ul> <p><b>【(ニ)：上位クラスへの波及的影響】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>上位クラスへの波及的影響がある場合、原則上位クラスに応じた地震動を念頭に置すが、耐震クラス分類の考え方と同様に、下位クラスによる波及的影響を起因とする敷地周辺の公衆被ばく線量も動かし、適切な地震動を設定する。</li> </ul> <p><b>【(ホ)：地震力の組合せ】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>地震力の算定に際しては、水平2方向及び鉛直方向について適切に組み合わせる。</li> </ul> <p><b>【(ハ)：液体放射性物質を内包する設備】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>多核種除去設備等で処理する前の液体等、放出による外部への影響が大きい液体を内包する設備については、Ss900に対して、海洋に流出するおそれのない設計とすることを求める（滞留水が存在する建屋、ALPS処理前の水や濃縮廃液を貯留するタンクの堰等）。これ以外の液体を内包する設備については、上位クラスの地震動に対する閉じ込め機能の確保又は漏えい時の影響緩和対策を求める*。</li> </ul> <p><small>※：設備自体を耐震CクラスからBクラスに格上げ、周囲の堰等に上位クラスの地震動に対して閉じ込め機能を維持する、漏えい時に仮設ホースによる排水等の機動的対応を講ずる等により、海洋への流出を緩和する措置を想定。</small></p> <p><b>【(ト)：耐震性の確保に対する代替措置】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>耐震性の確保の代替策として、機動的対応や耐震性の不足に起因するリスクを早期に低減させるための対策を講ずるとしてもよい。具体例は以下のとおり。</li> </ul> <p>例1：B+クラス設備の1/2Ss450機能維持の手段としては、耐震性の確保の他、機動的対応（予備品への交換、可搬型設備の運用等）による代替手段を想定。</p> <p>例2：中低濃度タンクや吸着塔一時保管施設等の耐震性の不足に起因するリスクを早期に低減させる対策として、耐震性の高い建屋やタンクへの移替え及び移管、スラリー安定化処理設備や海洋放出設備による処理等を早期に行うことを想定。</p>	<p><b>【(イ)～(ロ)】</b> 同左</p> <p><b>【(ハ)：B+クラスの1/2Ss450機能維持】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1/2Ss450に対して、運転の継続に必要な機能の維持や閉じ込め・遮へい機能の維持を求める。</li> <li>令和4年3月16日の福島県沖地震の地震動が1/2Ss450を上回った周期帯に固有振動数を有する施設・設備は、当該地震動による施設・設備の機能への影響を評価する。</li> </ul> <p><b>【(ニ)：耐震性の確保】</b> 【(ホ)：地震力の組合せ】と同じ</p> <p><b>【(ホ)：耐震性の確保に対する代替策】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>耐震性の確保の代替策として、耐震性の不足に起因するリスクを早期に低減させるための対策を講ずるとしてもよい。具体例は以下のとおり。</li> </ul> <p><small>例：中低濃度タンクや吸着塔一時保管施設等の耐震性の不足に起因するリスクを早期に低減させる対策として、耐震性の高い建屋やタンクへの移替え及び移管、スラリー安定化処理設備や海洋放出設備による処理等を早期に行うことを想定。</small></p> <p><b>【(ハ)：上位クラスへの波及的影響】</b> 【(ニ)：上位クラスへの波及的影響】と同じ</p> <p><b>【(ト)：液体放射性物質を内包する設備】</b> 【(ハ)：液体放射性物質を内包する設備】と同じ</p>	<p>影響評価としては、実際に3.16地震が起こった際の施設・設備の損傷程度や公衆への被ばく影響の程度などについて評価することを求める。</p> <p>機動的対応は、フロー「1-②：現実的な評価」で考慮する。</p> <p>その他は記載の適正化</p>

試料ピットの形状管理が失われ、臨界を想定して敷地境界線量について、試算した。

### 評価条件

臨界時の核分裂数については、 $3 \times 10^{15}$  fission<sup>※1</sup>とした。

核分裂に伴い発生する中性子について

そのエネルギーを、2MeV<sup>※2</sup>として1回の核分裂の際、2.5個<sup>※2</sup>の中性子を放出するとした。即発γ線の発生数及びエネルギーはORNLの文献<sup>※3</sup>によった。

被ばく経路は以下とする。

- ①即発γ及び中性子線による直接線・スカイシャイン線（外部被ばく）
- ②クラウドγ（核分裂で発生する希ガス・ヨウ素による外部被ばく）：除染係数は1とし大気拡散は気象指針による。
- ③吸入摂取（核分裂で発生する希ガス・ヨウ素による内部被ばく）：除染係数は1とし大気拡散は気象指針による。

### 評価結果

①即発γ及び中性子線による直接線・スカイシャイン線（外部被ばく） = 17 mSv

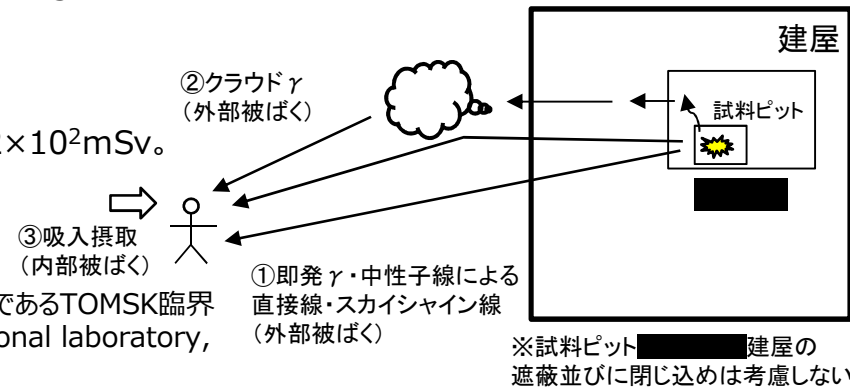
②クラウドγ（外部被ばく） = 3.4mSv

③吸入摂取（内部被ばく） = 0.29mSv

合計 = 21mSv

試料ピットの遮蔽機能喪失時の線量 $1.9 \times 10^2$ mSvと合算した線量は、 $2.2 \times 10^2$ mSv。

試料ピットにおいて臨界が発生したと想定。  
核分裂に伴い発生した希ガス・ヨウ素が $\blacksquare$ に移行し、周辺の室に放出され、さらに建屋から地上放散し、敷地境界に達する



※1 燃料デブリ等による臨界事故事例が存在しないため、固体状燃料の臨界事故事例であるTOMSK臨界事故を参考に設定 "A Review of Criticality Accidents". Los Alamos national laboratory, 2000 LA-13638 (48頁より)

※2 FISSION NEUTRON ENERGY SPECTRA INDUCED BY FAST NEUTRONS ON 238U, 235U AND 239Pu,1973

※3 ORIGEN THE ORNL ISOTOPE GENERATION AND DEPLETION CODE,ORNL-4628

## <参考> 施設・設備の特徴に応じた評価

### 2：施設・設備の特徴に応じた評価

○第2棟の状況をまとめると以下のとおりである。

項目	第2棟の状況	備考
廃炉活動への影響	<ul style="list-style-type: none"> <li>・1Fで生じた燃料デブリ等の性状を把握することにより、その安全な取り出し等の作業の推進に資する情報を取得するため、分析等を行うことを目的とする施設である。</li> <li>・燃料デブリの段階的な取出し規模の拡大に合わせて運用開始する予定であるため、第2棟の運用開始が大幅に遅延した場合は影響あり。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・なお第2棟の設計を再実施する場合、3年程度の工期が想定され、第2棟の運用開始が大幅に遅延する。</li> </ul>
上位クラスへの波及的影響	なし	—
供用期間	長期間	—
設計の進捗状況	<ul style="list-style-type: none"> <li>・建屋はBクラスとして設計済であり、Sクラスを想定した設計とっていない。(水平3.0Ci (0.6G) が厳しいと想定)</li> </ul>	—
内包する液体の放射エネルギー	<ul style="list-style-type: none"> <li>・液体廃棄物一時貯留設備は地下階に設置されるため、外部へ流出するおそれはない。</li> </ul>	—

放射性物質分析・研究施設第2棟に係る  
実施計画の変更認可申請について  
(Ss900による耐震評価)

11月25日面談資料改訂版

2023年1月24日

東京電力ホールディングス株式会社  
国立研究開発法人日本原子力研究開発機構

## 1-1. Ss900による耐震性の評価

### Ss900による耐震性を評価

- 敷地境界の実効線量評価で考慮すべき「放射性物質の施設外漏えい率」や「遮蔽性の低下度合い」係数を決定するため、Ss900による建屋の耐震性の確認（Ss900チェック）を行うことを目的に実施する。
- Ss900チェックは図1の評価方針に基づき実施する。

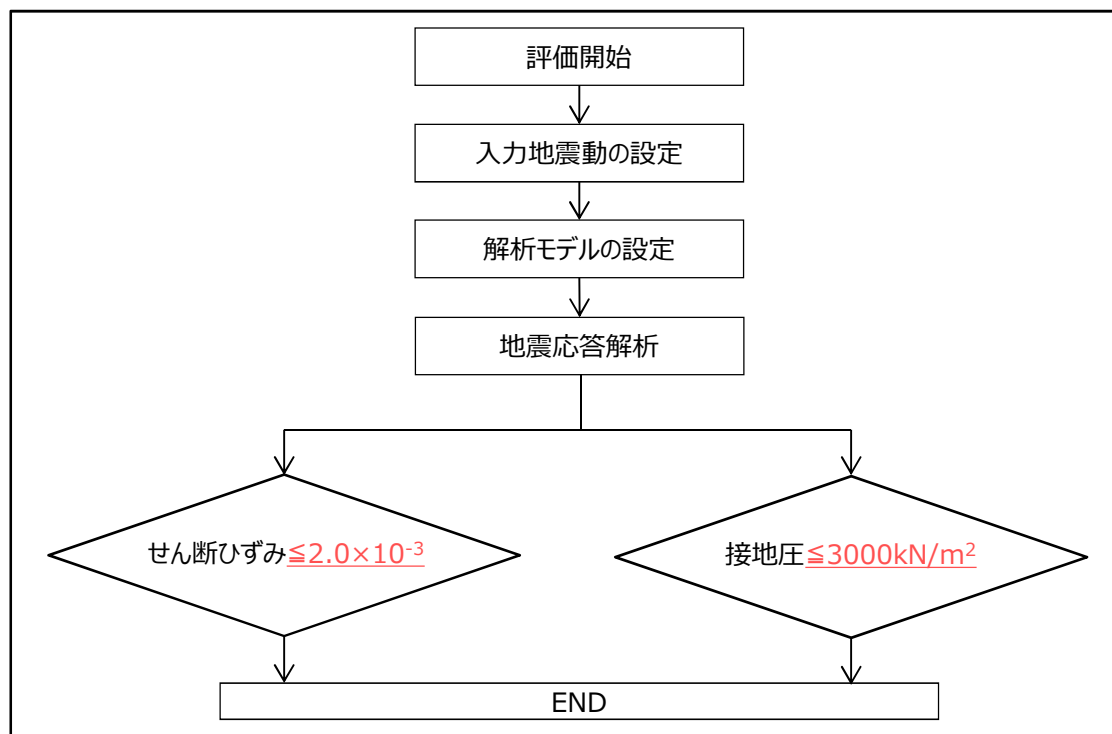


図1：耐震評価概略フロー

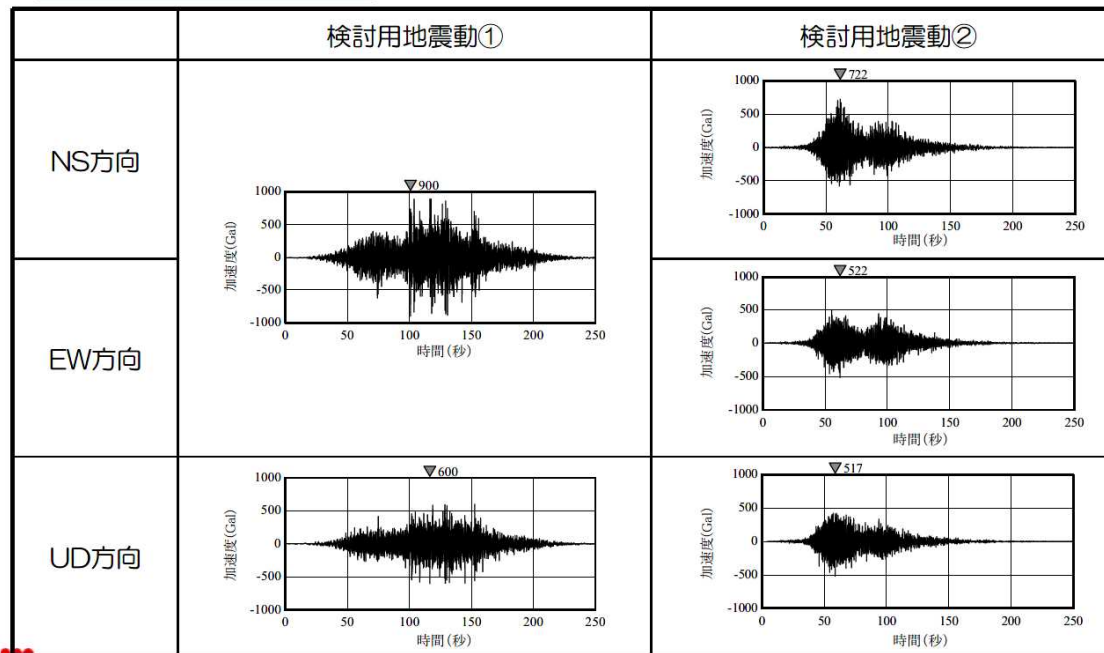
## 1-2. 検討に用いる地震動

### ■ 検討に用いる地震動

- 地震動は、検討用地震動（以下「Ss900」という）とする。
- 解放基盤表面をT.P.約-197mに設定する。

#### 4. 1 検討用地震動の評価（検討用地震動）

##### 加速度時刻歴波形



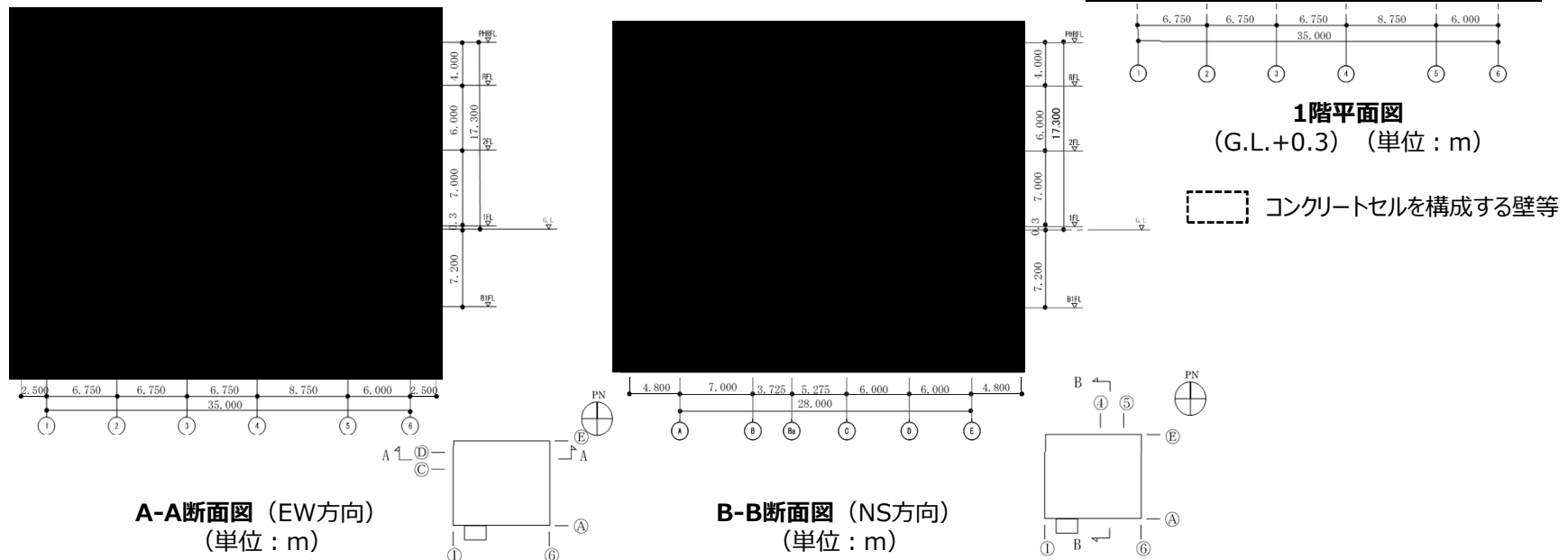
第27回特定原子力施設監視・評価検討会

資料2「東京電力福島第一原子力発電所の外部事象に対する防護の検討について」より抜粋

## 1-3. 第2棟建屋の概要

### ■ 建物概要

- 構造：鉄筋コンクリート造
- 階数：地上2階、地下1階
- 基礎：直接基礎で人工岩盤を介して富岡層に支持
- 平面寸法：35.0m(EW方向)×28.0m(NS方向)
- 基礎形状：40.0m(EW方向)×37.6m(NS方向)
- 地上高さ：17.3m



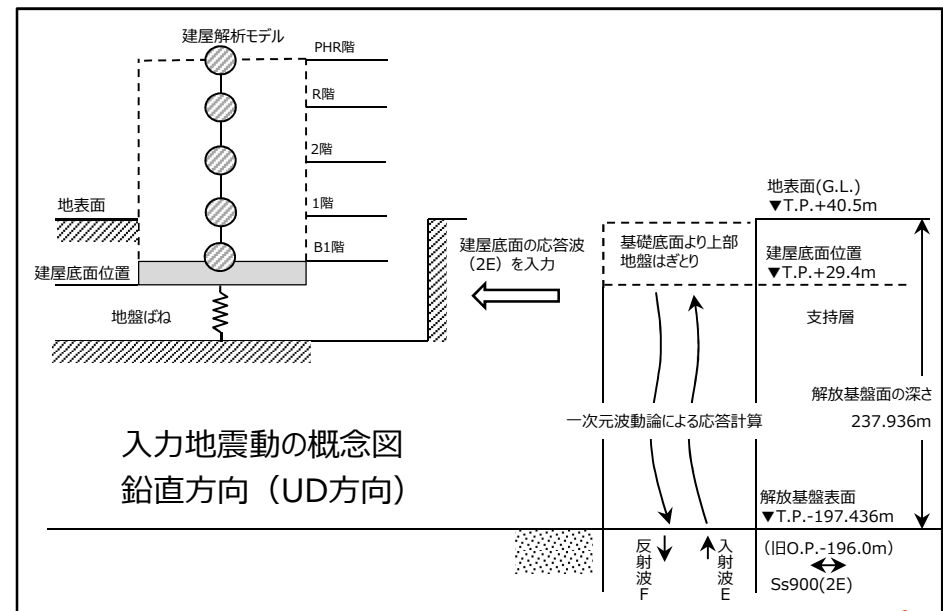
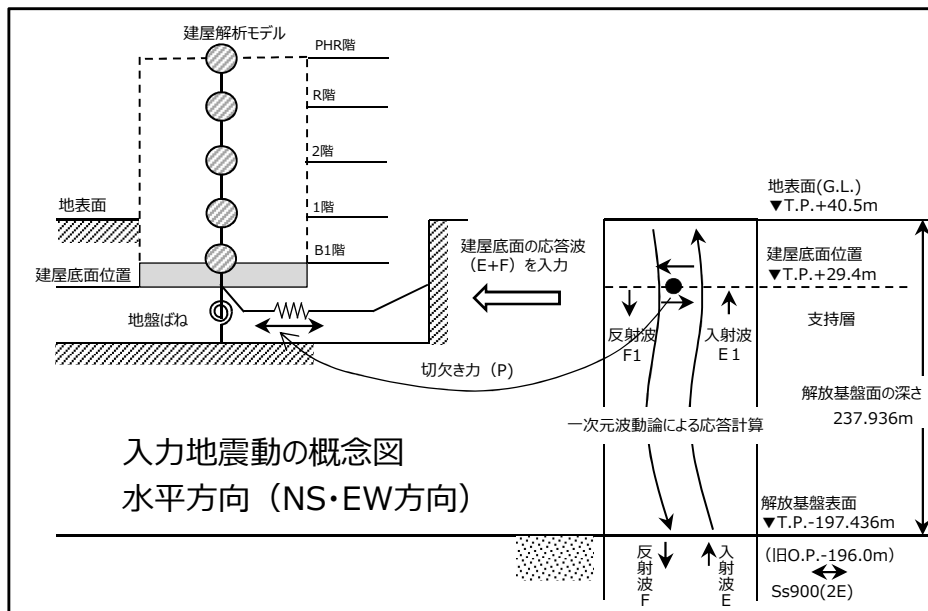


## 1-4. 地震応答解析モデル概要

### ■ 解析方法

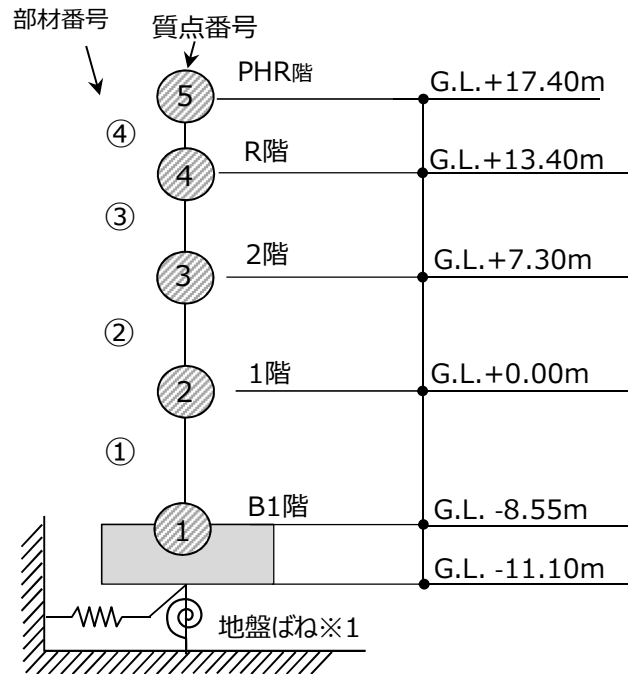
- Ss900チェックの地震応答解析は、誘発上下動を考慮できる浮き上がり非線形地震応答解析にて実施する。(参考資料①、②)
- 動的解析に用いる建屋－地盤連成地震応答解析モデルは、水平動は建屋と地盤相互作用を評価したスウェイ・ロッキングモデルとし、鉛直動は上下バネマスモデルを使用する。
- 建屋は、形状及び構造特性等を考慮し、水平モデルは質点とばね要素からなる集中質点系に置換した弾塑性等価せん断解析モデルとし、鉛直モデルは質点とばね要素とした集中質点系解析モデルを設定する。
- 地盤は、建屋の埋込み効果は無視し、建屋底面位置の地盤をばねによってモデル化する。
- 水平方向の入力地震動は、地表面までモデル化した自由地盤の次元等価線形解析結果により求められる建屋底面位置での応答波(E+F)に、建屋基礎底面レベルにおけるせん断力(切欠き力P※)を付加することにより、地盤の切欠き効果を考慮する。
- 鉛直方向の入力地震動は、基礎底面位置より上部を剥ぎ取った地盤モデルにより求められる建屋底面位置での応答波(2E)とする。
- 地盤解析の解析プログラムは「SoilPlus」、建屋解析の解析プログラムは「DYNA2E」を使用する。

※P：補正水平力（切欠き力）＝建屋底面位置の地盤のせん断応力度×建屋底面積





## 1-5. 建屋解析モデルの諸元 (水平方向)



水平方向 (NS,EW方向)

※1：浮き上がり非線形を考慮した誘発上下動モデルとなるため、鉛直ばね要素、回転・鉛直連成ばね要素を考慮する。

※2：建屋の基礎底面における回転慣性重量 ( $\text{kN}\cdot\text{m}^2$ ) は以下の通り。

NS方向： $42206(\times 10^3\text{kN}\cdot\text{m}^2)$

EW方向： $47765(\times 10^3\text{kN}\cdot\text{m}^2)$

<NS方向>

質点番号	質点重量 (kN)	部材番号	せん断断面積 ( $\text{m}^2$ )
5	5660		
4	35104	④	4.274
3	59280	③	14.57
2	84932	②	22.88
1	173265	①	32.01

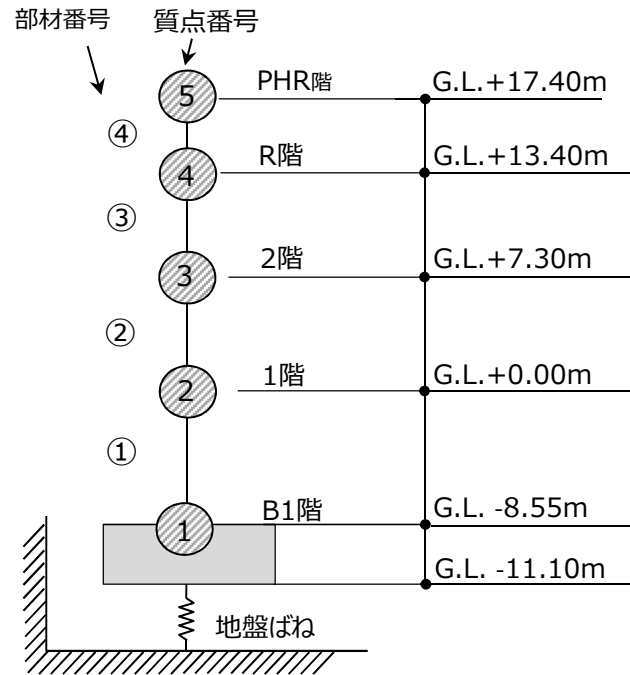
<EW方向>

質点番号	質点重量 (kN)	部材番号	せん断断面積 ( $\text{m}^2$ )
5	5660		
4	35104	④	9.681
3	59280	③	31.81
2	84932	②	30.63
1	173265	①	56.38

<コンクリートの材料定数>

設計基準強度 $F_c(\text{N}/\text{mm}^2)$	ヤング係数 $E(\text{kN}/\text{m}^2)$	せん断弾性係数 $G(\text{kN}/\text{m}^2)$	減衰定数 $h(\%)$
36	$2.595 \times 10^7$	$1.081 \times 10^7$	3.0

## 1-6. 建屋解析モデルの諸元 (鉛直方向)



鉛直方向 (UD方向)

### <UD方向>

質点番号	質点重量 (kN)	部材番号	軸断面積 (m <sup>2</sup> )	鉛直剛性 (kN/m)
5	5660	-		
4	35104	④	43.51	$2.823 \times 10^8$
3	59280	③	145.4	$6.187 \times 10^8$
2	84932	②	172.8	$6.142 \times 10^8$
1	173265	①	225.4	$6.840 \times 10^8$
		-		

### <コンクリートの材料定数>

設計基準強度 F <sub>c</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	ヤング係数 E(kN/m <sup>2</sup> )	せん断弾性係数 G (kN/m <sup>2</sup> )	減衰定数 h (%)
36	$2.595 \times 10^7$	$1.081 \times 10^7$	3.0

## 1-7. 地盤モデルの設定

### ■ 地盤モデルの設定

- 地層構成は、第2棟建屋中央部付近で実施したボーリングの結果に基づいて水平成層地盤としてモデル化する。
- 物性値については、福島第一原子力発電所の地盤物性※を用いることとし、地盤物性が示されていない地層（ローム層）については第2棟地盤調査結果にもとづいて設定する。

※ 福島第一原子力発電所 原子炉設置変更許可申請書（平成5年4月）等から設定した使用済燃料乾式キャスク仮保管設備の地盤物性

地層名	標高		湿潤密度 $\rho$ (t/m <sup>3</sup> )	単位体積重量 $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	せん断波速度 $V_s$ (m/s)	動的変形特性		動的変形特性	
	上端 T.P. (m)	下端 T.P. (m)				せん断弾性係数 $G_0$ (kN/m <sup>2</sup> )	動ポアソン比 $\nu_d$	$G/G_0 \sim \gamma$ (%)	$h(\%) \sim \gamma$ (%)
埋戻土	40.500	37.930	1.80	17.65	201	72600	0.350	$1/(1+10.65\gamma^{0.778})$	$22.97\gamma^{0.289}$
ローム層	37.930	35.930	1.74	17.06	164	46700	0.410	$1/(1+11.00\gamma^{0.802})$	$17.80\gamma^{0.277}$
段丘堆積物	35.930	33.370	1.59	15.59	315	158000	0.480	$1/(1+6.872\gamma^{0.614})$	$14.79/(1+0.036/\gamma)$
T3 部層 互層部	33.370	18.450	1.76	17.26	414	302000	0.460	$1/(1+3.257\gamma^{0.688})$	$17.57/(1+0.084/\gamma)$
T3 部層 泥質部	18.450	16.230	1.71	16.77	500	427000	0.450	$1/(1+3.600\gamma^{0.962})$	$11.90\gamma^{1.086}+1.617$
T3 部層 細粒砂岩	16.230	14.470	1.84	18.04	338	210000	0.480	$1/(1+3.009\gamma^{0.604})$	$21.80/(1+0.122/\gamma)$
T3 部層 泥質部	14.470	12.220	1.71	16.77	500	427000	0.450	$1/(1+3.600\gamma^{0.962})$	$11.90\gamma^{1.086}+1.617$
T3 部層 粗粒砂岩	12.220	11.400	1.84	18.04	338	210000	0.480	$1/(1+3.009\gamma^{0.604})$	$21.80/(1+0.122/\gamma)$
T3 部層 泥質部	11.400	-18.070	1.71	16.77	500	427000	0.450	$1/(1+3.600\gamma^{0.962})$	$11.90\gamma^{1.086}+1.617$
T2 部層	-18.070	-110.470	1.75- 0.000417Z	17.16- 0.004089Z	深度依存	254000- 3220Z	0.467+ 0.000222Z	$1/(1+2.845\gamma^{0.918})$	$10.54\gamma^{0.865}+0.903$
T1 部層	-110.470	-183.180	1.79	17.55	610	667000	0.440	$1/(1+2.586\gamma^{0.722})$	$15.04\gamma^{0.517}$
先富岡層	-183.180	-197.436	1.88	18.44	712	954000	0.420	$1/(1+2.714\gamma^{0.920})$	$14.69\gamma^{0.583}$
解放基盤表面	-197.436	-	1.88	18.44	712	-	-	-	-

注) Z: 標高O.P. (m)

O.P.は震災前の「旧O.P.」を指す。O.P.±0m=T.P.-1.436m

## 1-8. 入力地震動の設定

### ■ 入力地震動

- 建屋基礎底面位置における入力地震動（水平方向、鉛直方向）の加速度時刻歴波形は以下の通り。

	Ss900-①	Ss900-②
NS方向	<p>最大加速度：653 cm/s<sup>2</sup></p> <p>水平方向_検討用地震動①</p>	<p>水平方向_検討用地震動②_(NS方向) 最大加速度：374 cm/s<sup>2</sup></p>
EW方向		<p>水平方向_検討用地震動②_(EW方向) 最大加速度：305 cm/s<sup>2</sup></p>
UD方向	<p>鉛直方向_検討用地震動① 最大加速度：628 cm/s<sup>2</sup></p>	<p>鉛直方向_検討用地震動②_(UD方向) 最大加速度：510 cm/s<sup>2</sup></p>

## 1-9. 地盤ばねの設定

### ■ 地盤ばねの算定

- 矩形基礎の算定式にて地盤ばねを設定する。
- 一次元波動論による解析に用いた地盤モデルを用いて成層補正を行い、小堀の方法により地盤ばねを算定する。

<Ss900-①>

	水平		回転	
	地盤ばね定数K (kN/m)	減衰係数C (kN・s/m)	地盤ばね定数K (kN・m/rad)	減衰係数C (kN・m・s/rad)
NS方向	$2.97 \times 10^7$	$1.01 \times 10^6$	$1.31 \times 10^{10}$	$1.68 \times 10^8$
EW方向	$2.94 \times 10^7$	$1.03 \times 10^6$	$1.43 \times 10^{10}$	$2.12 \times 10^8$
	鉛直			
	地盤ばね定数K (kN/m)	減衰係数C (kN・s/m)		
UD方向	$5.76 \times 10^7$	$2.47 \times 10^6$		

<Ss900-②>

	水平		回転	
	地盤ばね定数K (kN/m)	減衰係数C (kN・s/m)	地盤ばね定数K (kN・m/rad)	減衰係数C (kN・m・s/rad)
NS方向	$3.33 \times 10^7$	$1.06 \times 10^6$	$1.47 \times 10^{10}$	$1.74 \times 10^8$
EW方向	$3.36 \times 10^7$	$1.12 \times 10^6$	$1.63 \times 10^{10}$	$2.27 \times 10^8$
	鉛直			
	地盤ばね定数K (kN/m)	減衰係数C (kN・s/m)		
UD方向	$6.53 \times 10^7$	$2.62 \times 10^6$		

## 1-10. 固有値解析結果

### ■ 解析結果

<Ss900-①>

方向	次数	固有周期 (s)	振動数 (Hz)
NS	1	0.279	3.58
	2	0.161	6.22
	3	0.139	7.20

方向	次数	固有周期 (s)	振動数 (Hz)
EW	1	0.262	3.81
	2	0.161	6.22
	3	0.136	7.36

方向	次数	固有周期 (s)	振動数 (Hz)
UD	1	0.161	6.22
	2	0.029	34.18
	3	0.016	64.36

<Ss900-②>

方向	次数	固有周期 (s)	振動数 (Hz)
NS	1	0.269	3.72
	2	0.132	7.56
	3	0.082	12.19

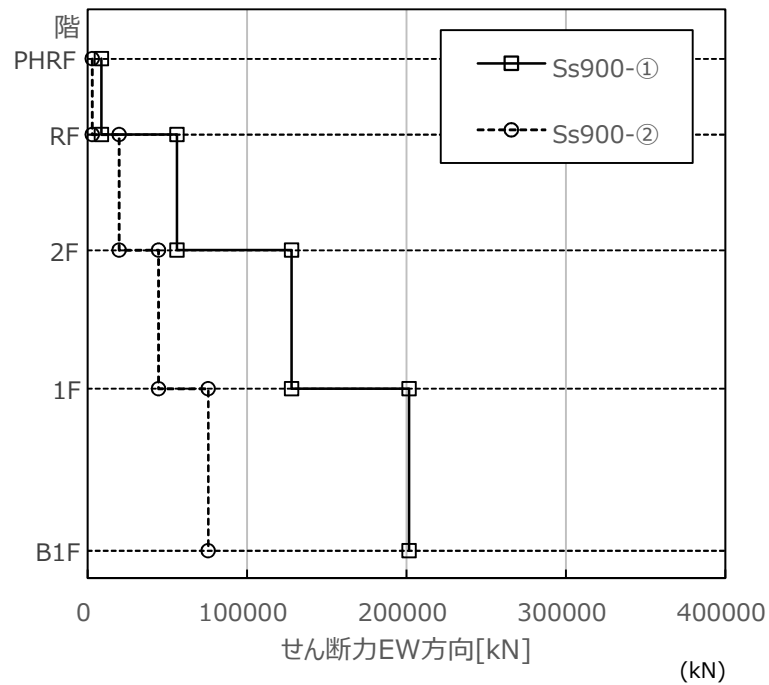
方向	次数	固有周期 (s)	振動数 (Hz)
EW	1	0.249	4.02
	2	0.128	7.82
	3	0.073	13.77

方向	次数	固有周期 (s)	振動数 (Hz)
UD	1	0.151	6.61
	2	0.029	34.25
	3	0.016	64.37

## 1-11. 地震応答解析結果（最大応答せん断力）

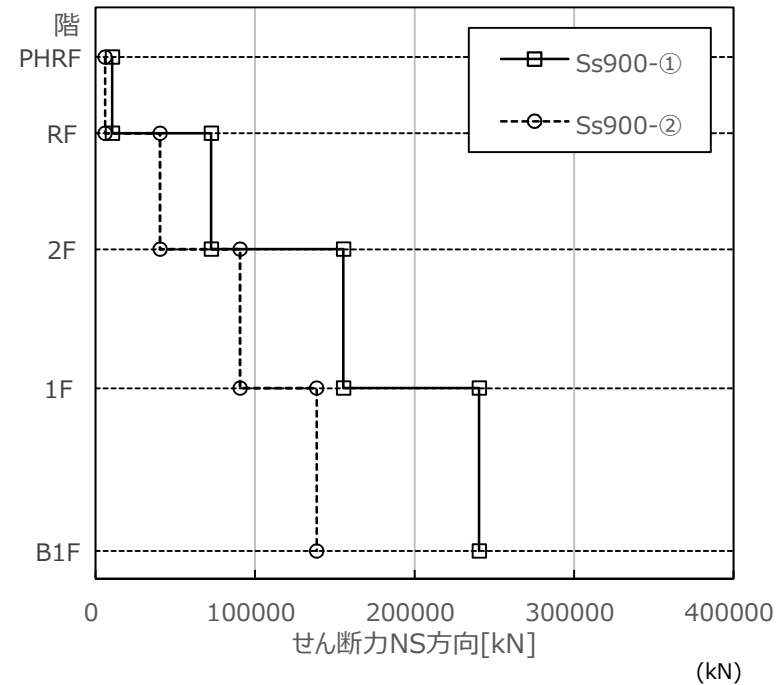
### ■ 解析結果（最大応答せん断力）

<EW方向>



	Ss900-①	Ss900-②
PHR階	8630	2898
R階	56108	19699
2階	127938	44427
1階	201506	75637
B1階		

<NS方向>

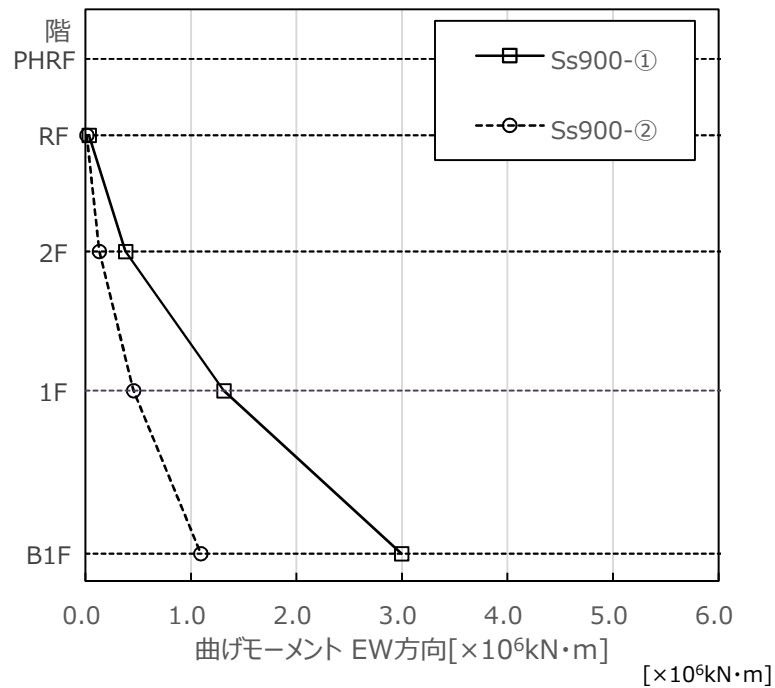


	Ss900-①	Ss900-②
PHR階	10367	5890
R階	72505	40370
2階	155283	90443
1階	240473	138575
B1階		

## 1-12. 地震応答解析結果（最大応答曲げモーメント）

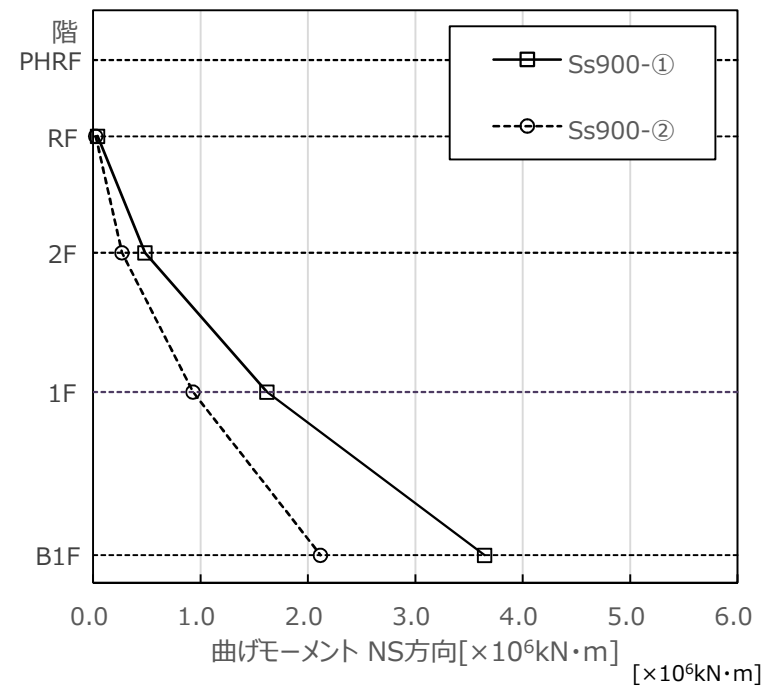
### ■ 解析結果（最大応答曲げモーメント）

<EW方向>



	Ss900-①	Ss900-②
PHRF階	0.035	0.012
R階	0.379	0.132
2階	1.311	0.455
1階	2.994	1.092
B1階	3.646	2.116

<NS方向>



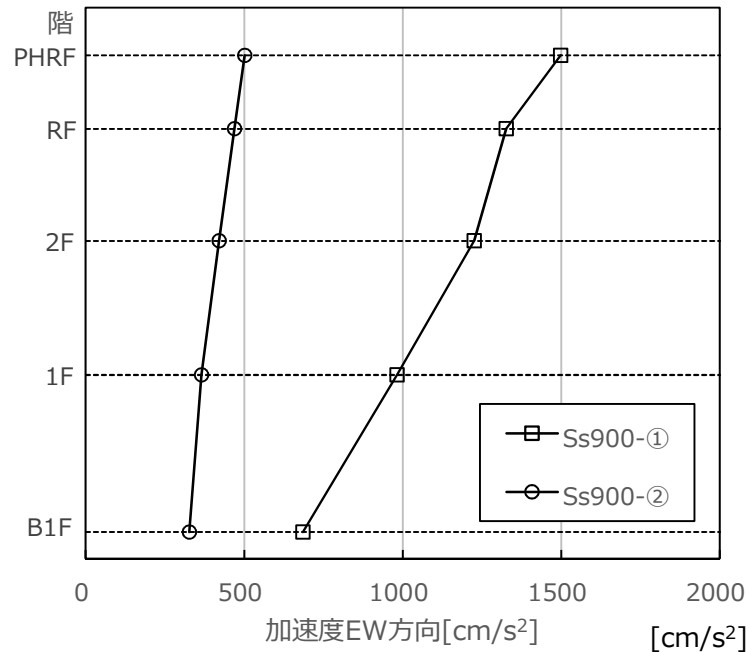
	Ss900-①	Ss900-②
PHRF階	0.041	0.024
R階	0.481	0.268
2階	1.617	0.929
1階	3.646	2.116
B1階	4.811	3.281



## 1-13. 地震応答解析結果（水平方向）

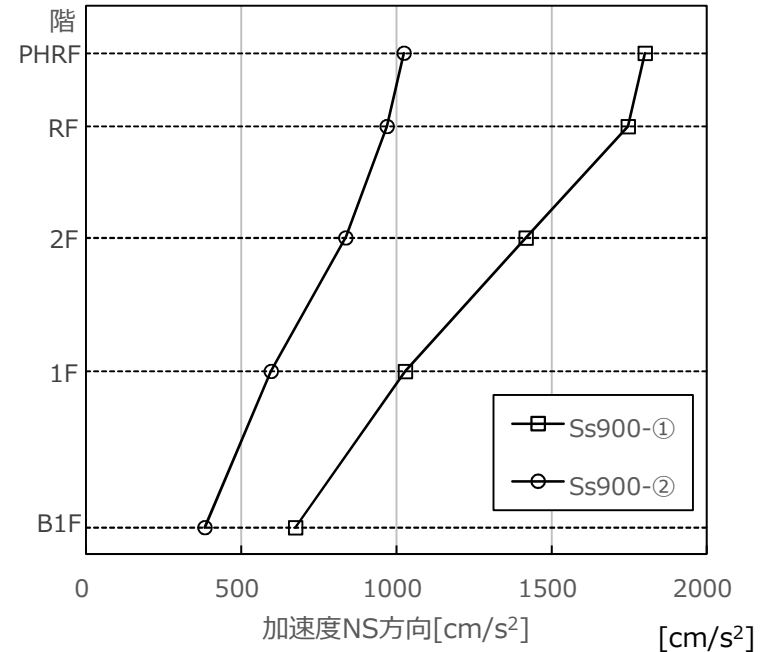
## ■ 解析結果（最大応答加速度）

&lt;EW方向&gt;



	Ss900-①	Ss900-②
PHRF階	1498	502
R階	1326	469
2階	1225	420
1階	982	365
B1階	685	326

&lt;NS方向&gt;

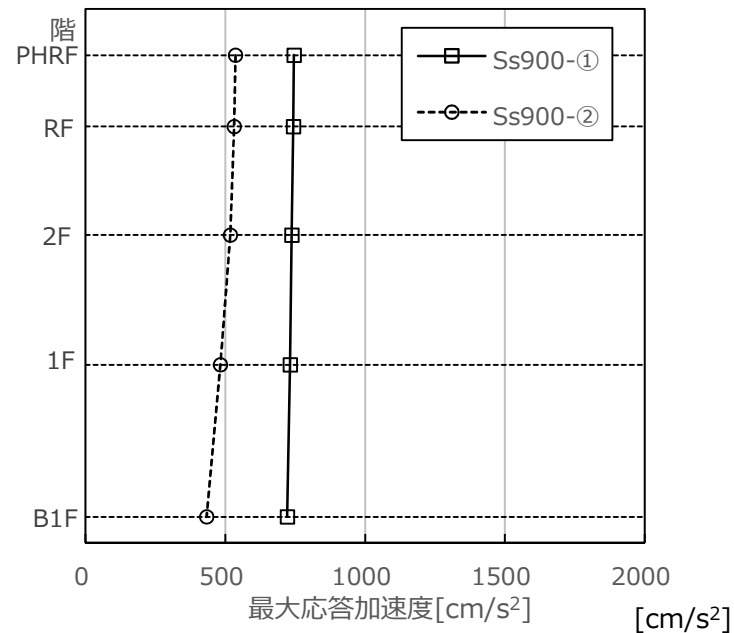


	Ss900-①	Ss900-②
PHRF階	1801	1024
R階	1746	969
2階	1417	836
1階	1028	596
B1階	675	382

## 1-14. 地震応答解析結果（鉛直方向）

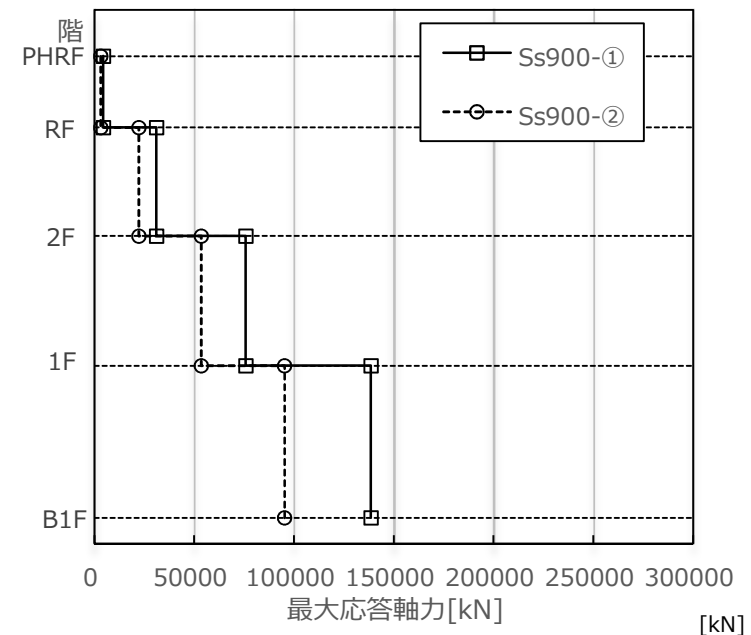
### ■ 解析結果（最大応答加速度、最大応答軸力）

#### <最大応答加速度>



階	Ss900-①	Ss900-②
PHRF階	745	536
R階	743	531
2階	737	517
1階	732	482
B1階	721	433

#### <最大応答軸力>



階	Ss900-①	Ss900-②
R階	4318	3104
2階	30993	22190
1階	75676	53489
B1階	138415	95241

## 1-15. 評価結果（せん断ひずみ）

### ■ 評価結果

- 耐震壁のせん断ひずみは、最大で $1.48 \times 10^{-3}$ （NS方向）であり、評価基準（ $2.0 \times 10^{-3}$ ）を超えず、十分な裕度を確保していることを確認した。

#### (1) Ss900-①

評価項目		評価基準	EW方向	NS方向
せん断ひずみ	R階	<u><math>y \leq 2.0 \times 10^{-3}</math></u>	$0.08 \times 10^{-3}$	$0.22 \times 10^{-3}$
	2階		$0.22 \times 10^{-3}$	$0.82 \times 10^{-3}$
	1階		$0.74 \times 10^{-3}$	$1.33 \times 10^{-3}$
	B1階		$0.75 \times 10^{-3}$	$1.48 \times 10^{-3}$

#### (2) Ss900-②

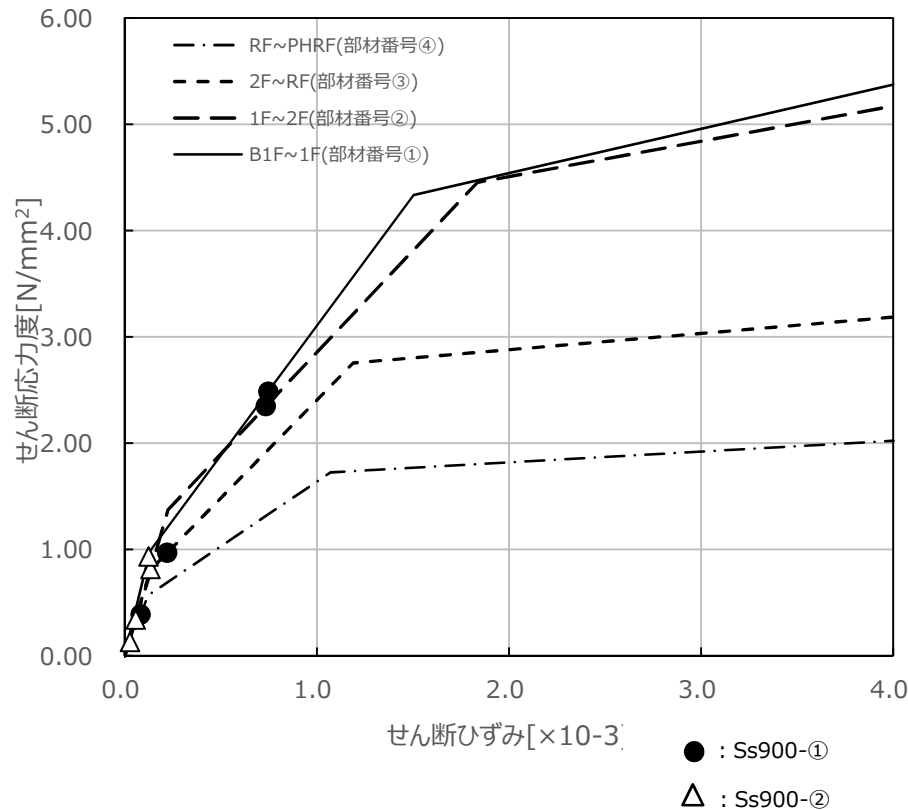
評価項目		評価基準	EW方向	NS方向
せん断ひずみ	R階	<u><math>y \leq 2.0 \times 10^{-3}</math></u>	$0.03 \times 10^{-3}$	$0.13 \times 10^{-3}$
	2階		$0.06 \times 10^{-3}$	$0.33 \times 10^{-3}$
	1階		$0.13 \times 10^{-3}$	$0.64 \times 10^{-3}$
	B1階		$0.12 \times 10^{-3}$	$0.78 \times 10^{-3}$

## 1-16. 地震応答解析結果（せん断変形成分の復元力特性）

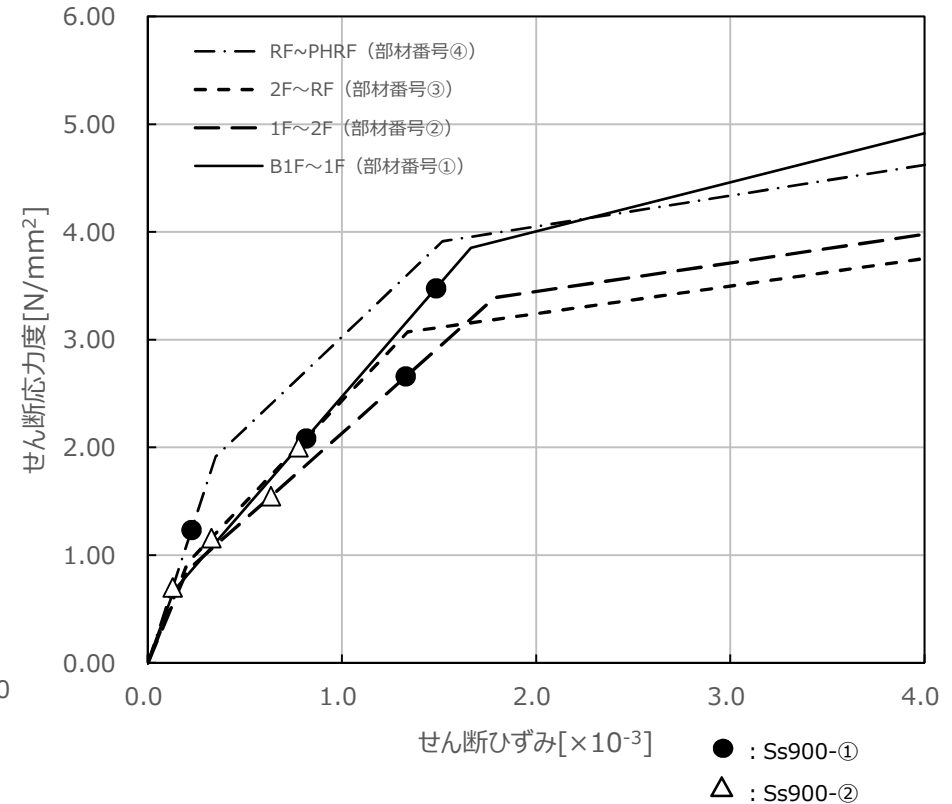
### ■ 復元力特性

- 建屋各層のせん断応力度－せん断ひずみ関係は下記のスケルトンカーブ（ $\tau$ - $\gamma$ ）関係となる。
- 各層に発生するせん断応力度におけるせん断ひずみは $2.0 \times 10^{-3}$ 以下であり、応答値はいずれも第2折れ点以下である。

<EW方向>



<NS方向>



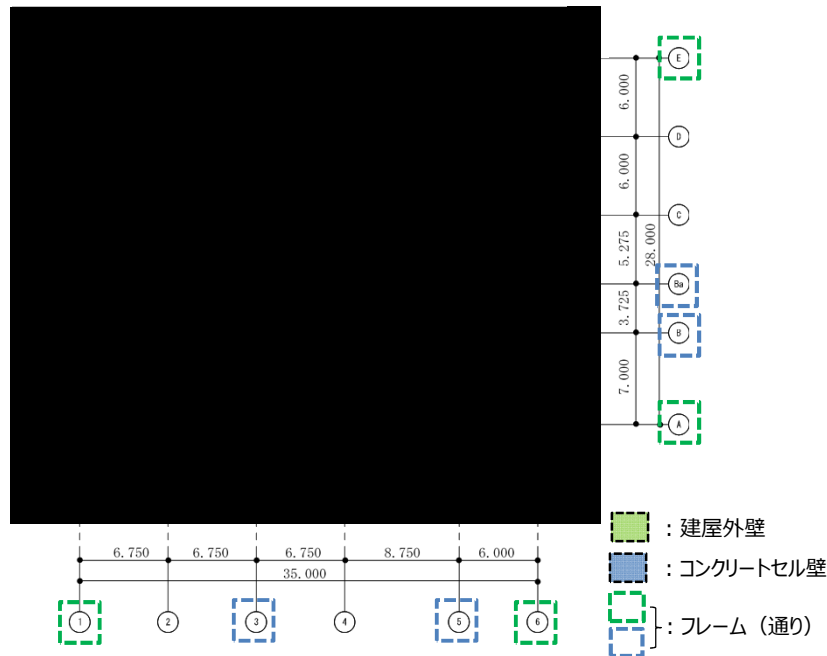
## 1-17. コンクリートセル壁のせん断ひずみについて

### ■ 評価方法

- 動的解析（等価せん断モデル）では、各階の層間変形から階高を除いて、耐震壁のせん断ひずみを算出している（下表（1））。同一階でも、建屋外壁とコンクリートセル壁では、耐震壁の剛性比や全体のねじれ等により、層間変形に差が生じることから、各フレーム毎の層間変形を求める。
- 静的解析で使用した解析モデル（3次元耐震壁付きフレームモデル）にSs900-①の評価時の外力を入力することで、各フレーム毎の層間変形を求め、せん断ひずみを算出する。

### ■ 評価結果

- 下表(2)、(3)のとおり、建屋外壁とコンクリートセル壁のせん断ひずみは、動的解析結果と同程度となっている。建屋外壁、コンクリートセル壁は、閉じ込め及び遮蔽機能の評価基準値（せん断ひずみ： $2.0 \times 10^{-3}$ ）を下回っていることを確認した。



#### (1) 動的解析結果 ( Ss900-① )

	NS方向	EW方向
1階	$1.33 \times 10^{-3}$	$0.74 \times 10^{-3}$

#### (2) 建屋外壁

	NS方向	EW方向
1通り	$1.30 \times 10^{-3}$	
6通り	$1.35 \times 10^{-3}$	
A通り		$0.72 \times 10^{-3}$
E通り		$0.76 \times 10^{-3}$

#### (3) コンクリートセル壁

	NS方向	EW方向
3通り	$1.32 \times 10^{-3}$	
5通り	$1.34 \times 10^{-3}$	
B通り		$0.73 \times 10^{-3}$
Ba通り		$0.73 \times 10^{-3}$

## 1-18. 評価結果（接地圧）

### ■ 評価結果

- 地震時の最大接地圧は、水平地震動による応力と鉛直地震動による応力を組み合わせ係数法（係数0.4）にて考慮して算出する。
- 接地圧は、最大で1697 kN/m<sup>2</sup>（NS方向）であり、評価基準値（極限鉛直支持力度3000 kN/m<sup>2</sup>※）を超えないことを確認した。

#### (1) Ss900-①

(kN/m<sup>2</sup>)

評価項目	上下動	評価基準	EW方向	NS方向
最大接地圧	上向き	$q_u \leq 3000$	650	1697
	下向き		722	839

#### (2) Ss900-②

(kN/m<sup>2</sup>)

評価項目	上下動	評価基準)	EW方向	NS方向
最大接地圧	上向き	$q_u \leq 3000$	353	335
	下向き		521	526

※極限鉛直支持力度は、建築基準法施行令の地盤の許容応力度（岩盤：長期1000【kN/m<sup>2</sup>】、短期2000【kN/m<sup>2</sup>】）より設定

## 1-19. 評価結果まとめ

---

- 第2棟建屋の耐震性評価として、Ss900による地震応答解析を行い、耐震壁に生じるせん断ひずみ及び接地圧が評価基準値を超えないことを確認した。
- 以上により、第2棟建屋はSs900に対して耐震裕度を有しており、建屋及びコンクリートセルの安全機能は維持できると評価する。

## <参考①> 1-2. 耐震評価の状況について

2022年6月8日面談（参考資料）

### ① Ss900体系による耐震性を評価

- 敷地境界の実効線量評価で考慮すべき「放射性物質の施設外漏えい率」や「遮蔽性の低下度合い」係数を決定するため、Ss900による建屋の耐震性の評価（Ss900チェック）を行うことを目的に実施する。
- Ss900チェックの地震応答解析を、地盤ばねモデルの線形地震応答解析で実施する方針で検討を進めた。
- 解析モデルの設定にあたり、地震応答解析法の適用性の確認を、[原子力発電所耐震設計技術指針（JEAG 4601-1991 追補版）](#)に基づくとともに[原子力施設の設計で参照される原子力発電所耐震設計技術規程（JEAC 4601-2008）](#)を参考にして、基礎浮き上がり評価を実施した。
- 上記確認において、接地率 $\eta \geq 75\%$ を下回ることが判明したため、線形地震応答解析から誘発上下動を考慮できる浮き上がり非線形地震応答解析（誘発上下動解析）に変更する。

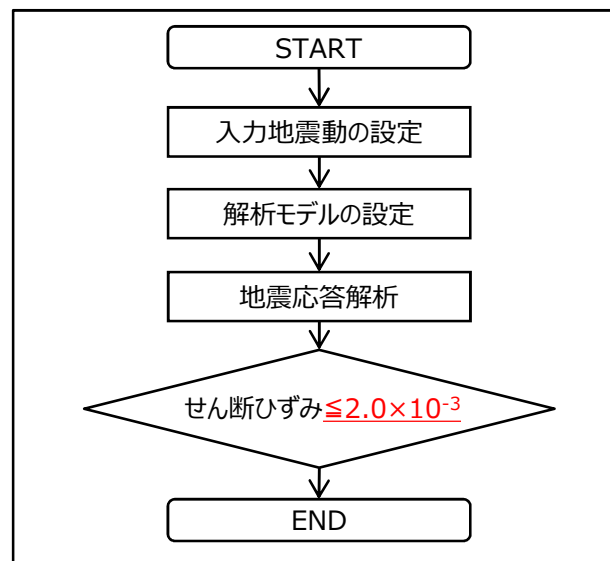


図1：耐震評価概略フロー

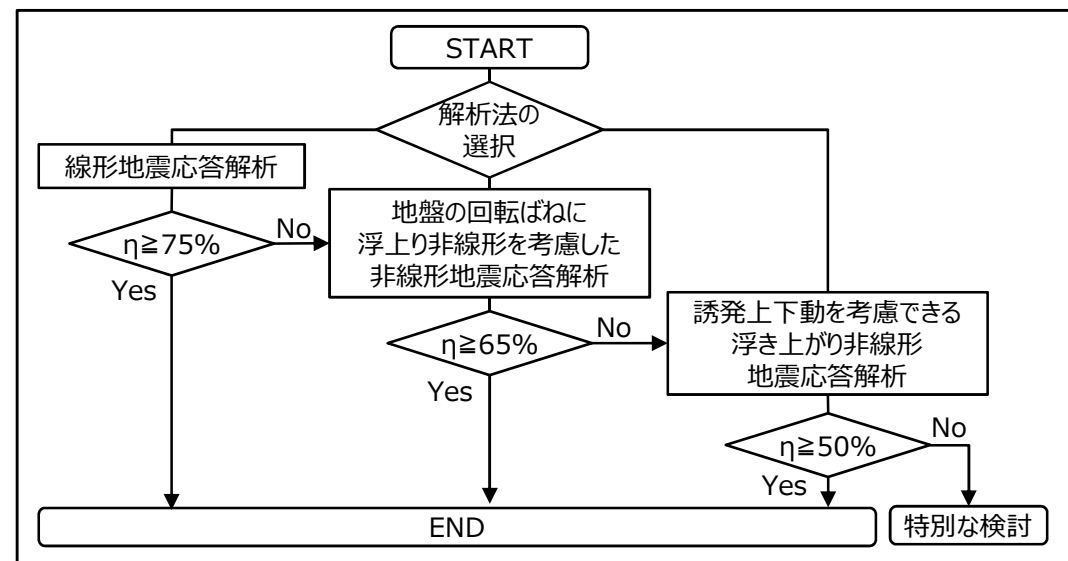


図2：基礎浮き上がり評価の手順

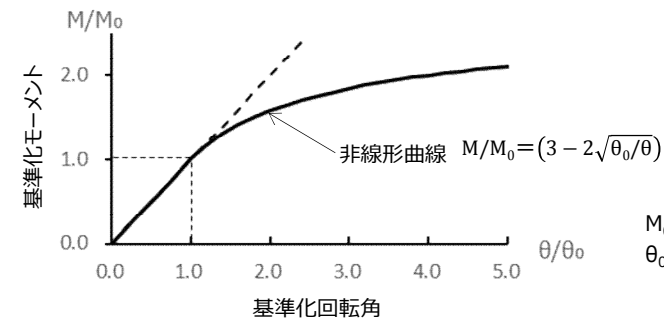
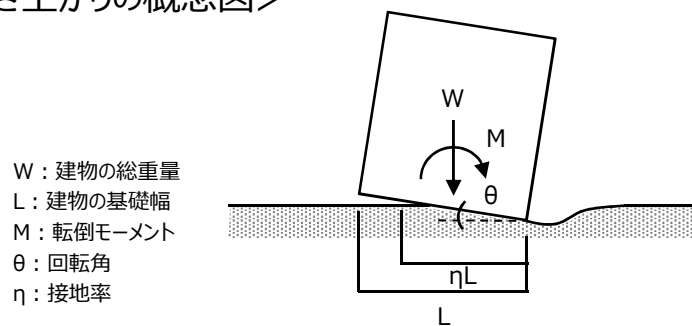


## <参考②> 第2棟建屋のSs900チェック状況について（誘発上下動非線形地震応答解析）

### ■ 誘発上下動非線形地震応答解析について

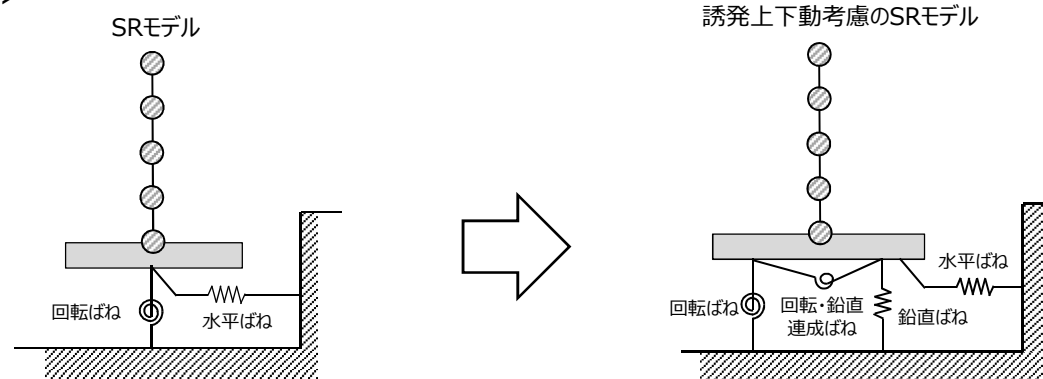
- 地震時において基礎に作用する転倒モーメントが大きい場合には、基礎と地盤が離れる現象（基礎の浮き上がり）が生じる。また、基礎の浮き上がりに伴い鉛直動が誘発（誘発上下動）される。
- 誘発上下動非線形地震応答解析は、この基礎の浮き上がり現象を考慮できる解析であり、回転ばねに加え接地率に応じて変化する鉛直及び回転・鉛直連成ばねを考慮したモデルを用いて解析する。

#### <基礎浮き上がりの概念図>



$M_0$ : 浮き上がり限界転倒モーメント  
 $\theta_0$ : 浮き上がり限界回転角

#### <解析モデルの概念図>



## ＜参考③＞ 接地率の算定結果

### ■ 算定結果

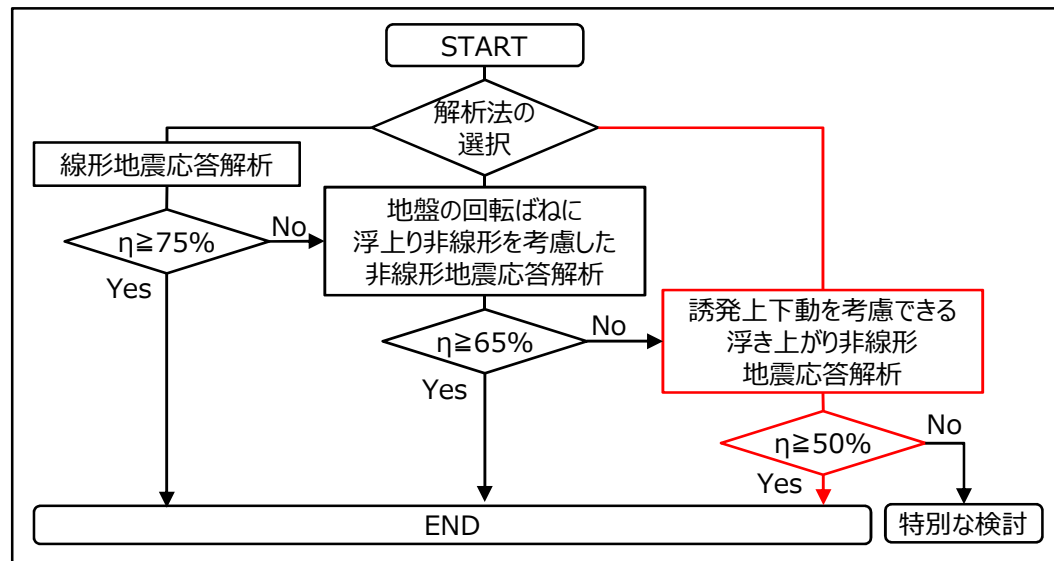
- 接地率 ( $\eta$ ) は、最小で62% (NS方向) であり、基礎浮き上がり評価の手順※である誘発上下動を考慮した非線形地震応答解析の適用範囲内であることを確認した。

#### (1) Ss900-①

評価項目	評価基準	EW方向	NS方向
接地率 $\eta$	$\eta \geq 50\%$	80%	62%

#### (2) Ss900-②

評価項目	評価基準	EW方向	NS方向
接地率 $\eta$	$\eta \geq 50\%$	100%	97%



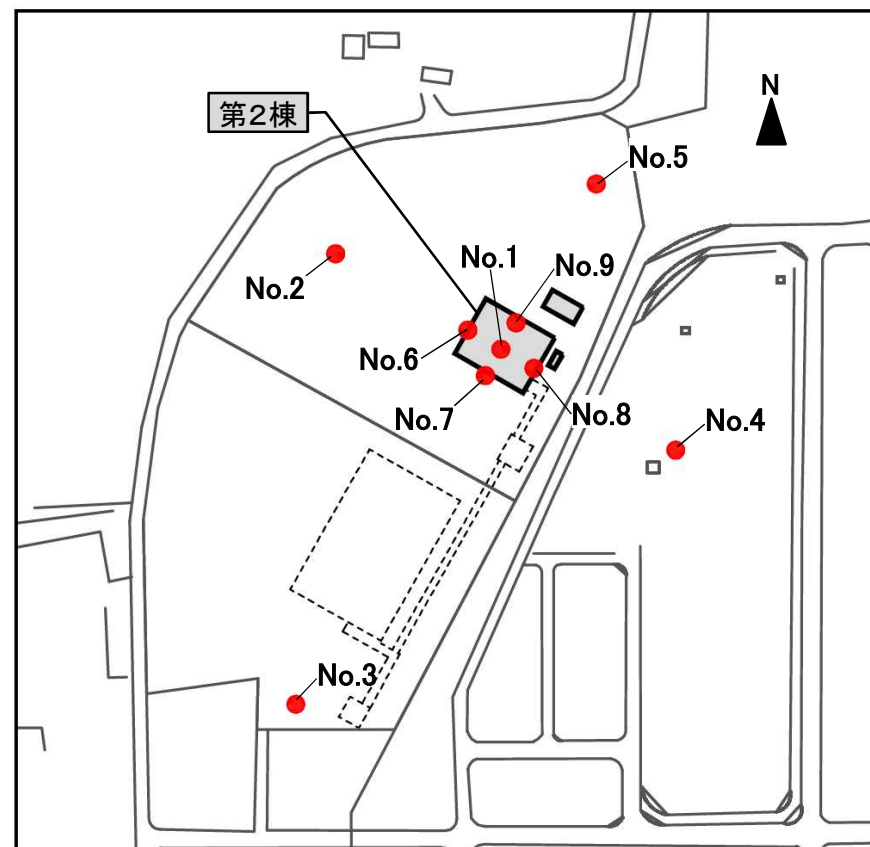
※基礎浮き上がり評価の手順

## <参考④> ボーリング調査結果（1/4）

### ■ ボーリング調査の概要

- 第2棟では9箇所のボーリング調査を実施している。
- 解放基盤面相当までの地層確認等のため、第2棟建屋直下でコアボーリングを深さ約250m×1カ所を実施（No.1）
- 第2棟建屋周辺の地層確認等のため、コアボーリングを深さ約90m×4カ所を実施（No.2～5）
- 建屋基礎設計等に用いるため、標準貫入試験用ボーリングを、深さ約19～21m×4カ所を実施（No.6～9）

【調査位置図】

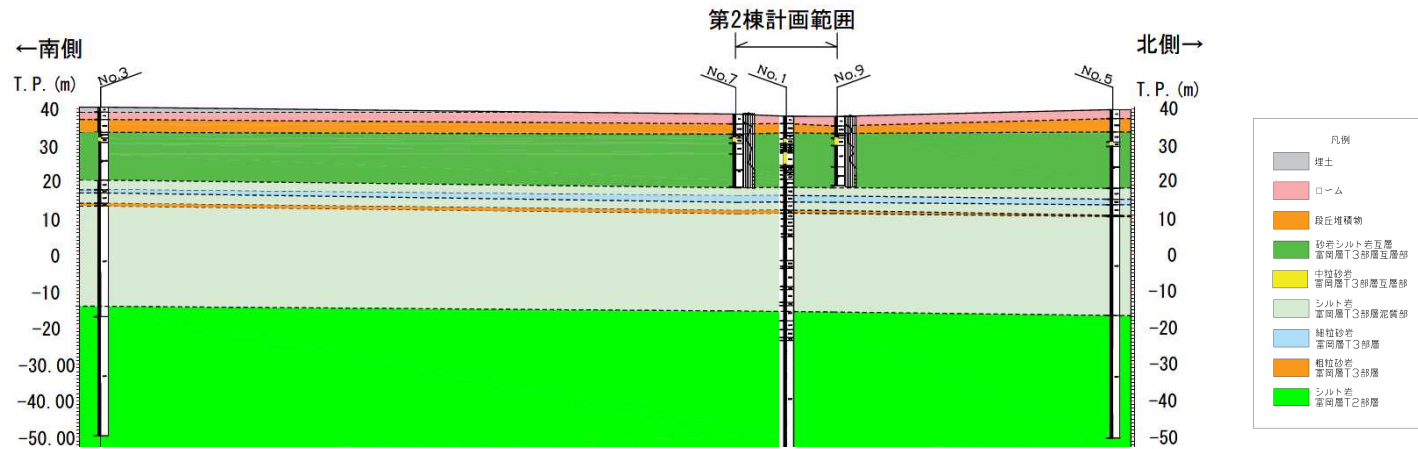


# <参考④> ボーリング調査結果 (2/4)

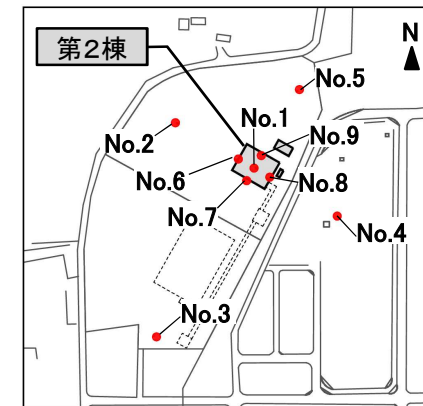
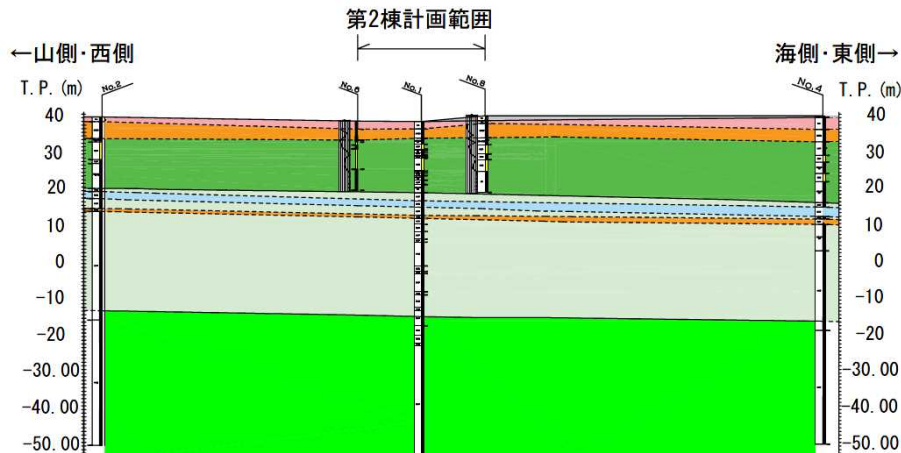
## ■ ボーリング調査結果

- 第2棟の周辺地盤は、第四紀の段丘堆積物の下層に基盤となる新第三紀富岡層が分布し、概ね水平成層であることを確認した。
- 第2棟建屋中央部付近で実施したNo.1ボーリング (250m) に基づき、解析用地盤モデルを作成した。

地質断面図  
(南北方向)



地質断面図  
(東西方向)

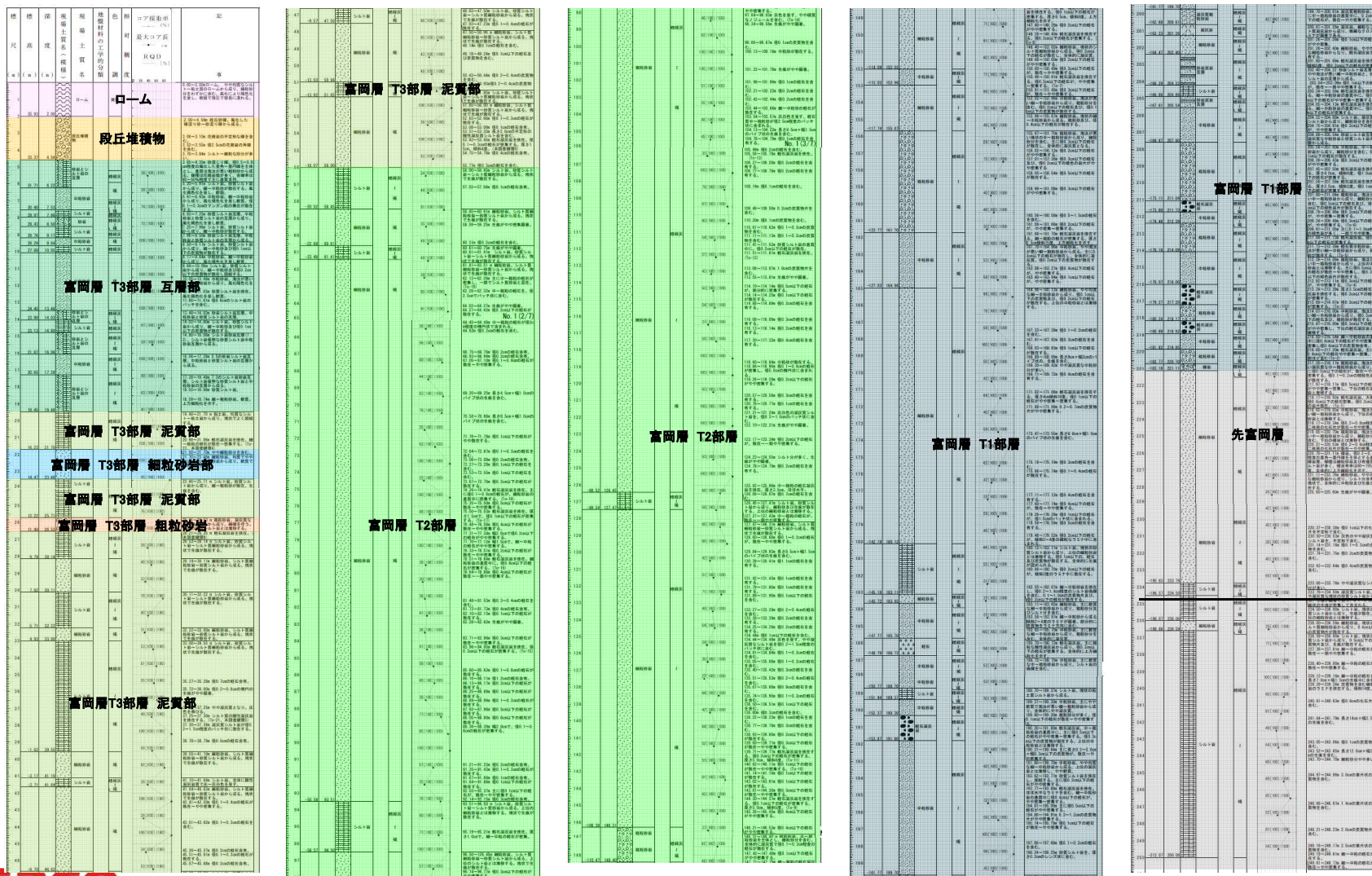


【調査位置図】



# <参考④> ボーリング調査結果 (3/4)

## ■ ボーリング調査結果 (No.1ボーリング柱状図)



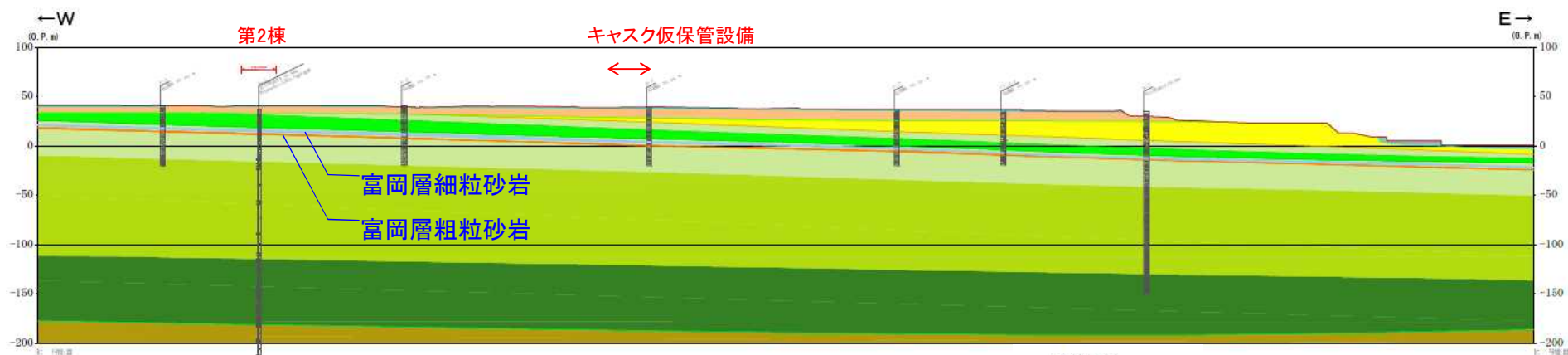
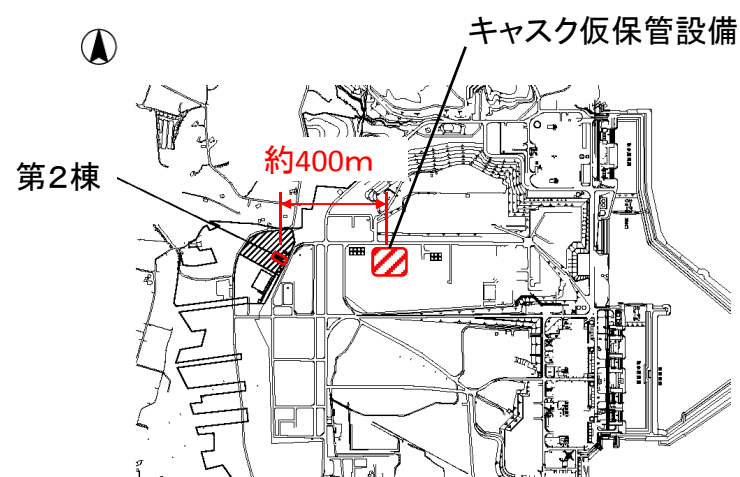
解放基盤表面  
▽T.P.-197.436m



## <参考④> ボーリング調査結果 (4/4)

### ■ 解析用地盤物性値の設定について

- 第2棟のボーリング調査において、東西方向の地層は太平洋に向かって約2度傾斜するものの自然にほぼ平行に堆積し、南北方向は水平に堆積していることを確認した。また、富岡層T3部層互層部の下にある薄層の富岡層細粒砂岩、富岡層粗粒砂岩を1F既往地質断面と同様な深度にて出現していることから地層の連続性を確認しており、1Fの既往調査結果と整合している。
- 1F敷地内の西側に位置し、第2棟 (T.P.+約40m) と同様な敷地高さ (T.P.+約38m) に設置されている使用済燃料乾式キャスク仮保管設備では、地層の連続性を確認した上で、福島第一原子力発電所 原子炉設置変更許可申請書より地盤物性値を適用しており、第2棟においても同様にボーリング調査により確認のうえ、地盤物性値を適用している。



1F地質断面図(東西方向)

#### 地質凡例

埋戻土
第四紀層 段丘堆積層
富岡層 T3部層中粒砂岩層
富岡層 T3部層泥質部
富岡層 T3部層互層部
富岡層 T3部層細粒砂岩層
富岡層 T3部層粗粒砂岩層
富岡層 T2部層
富岡層 T1部層
先富岡層

0 100 200 300m

横：縦 = 1 : 1

注) O.P. ± 0m = T.P. - 1.436m

# 放射性物質分析・研究施設第2棟に係る 実施計画の変更認可申請について

(1/2Ss450による耐震評価)

11月25日面談資料改訂版

2023年1月24日

東京電力ホールディングス株式会社

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構





## 1-1. 1/2Ss450による耐震性の評価

### 1/2Ss450による耐震性を評価

- 耐震B+クラスに求められる動的地震力による建屋の耐震性の確認（1/2Ss450評価）を行うことを目的に実施する。
- 1/2Ss450評価は（図1）の評価方針に基づき実施する。

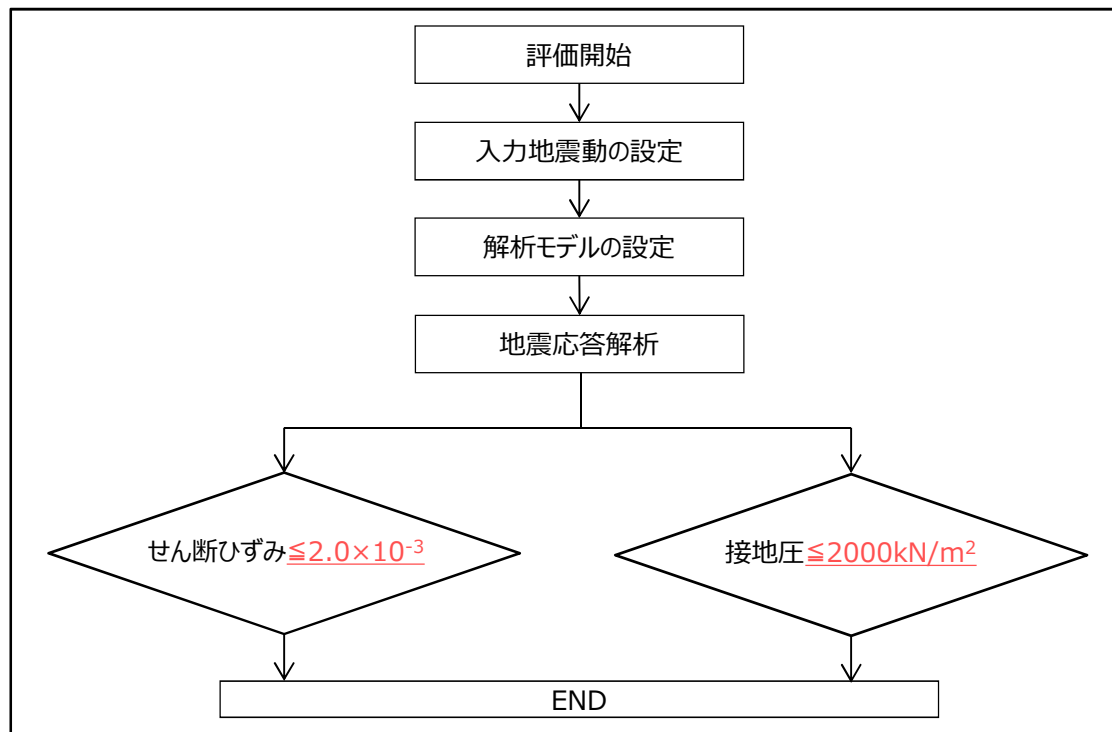
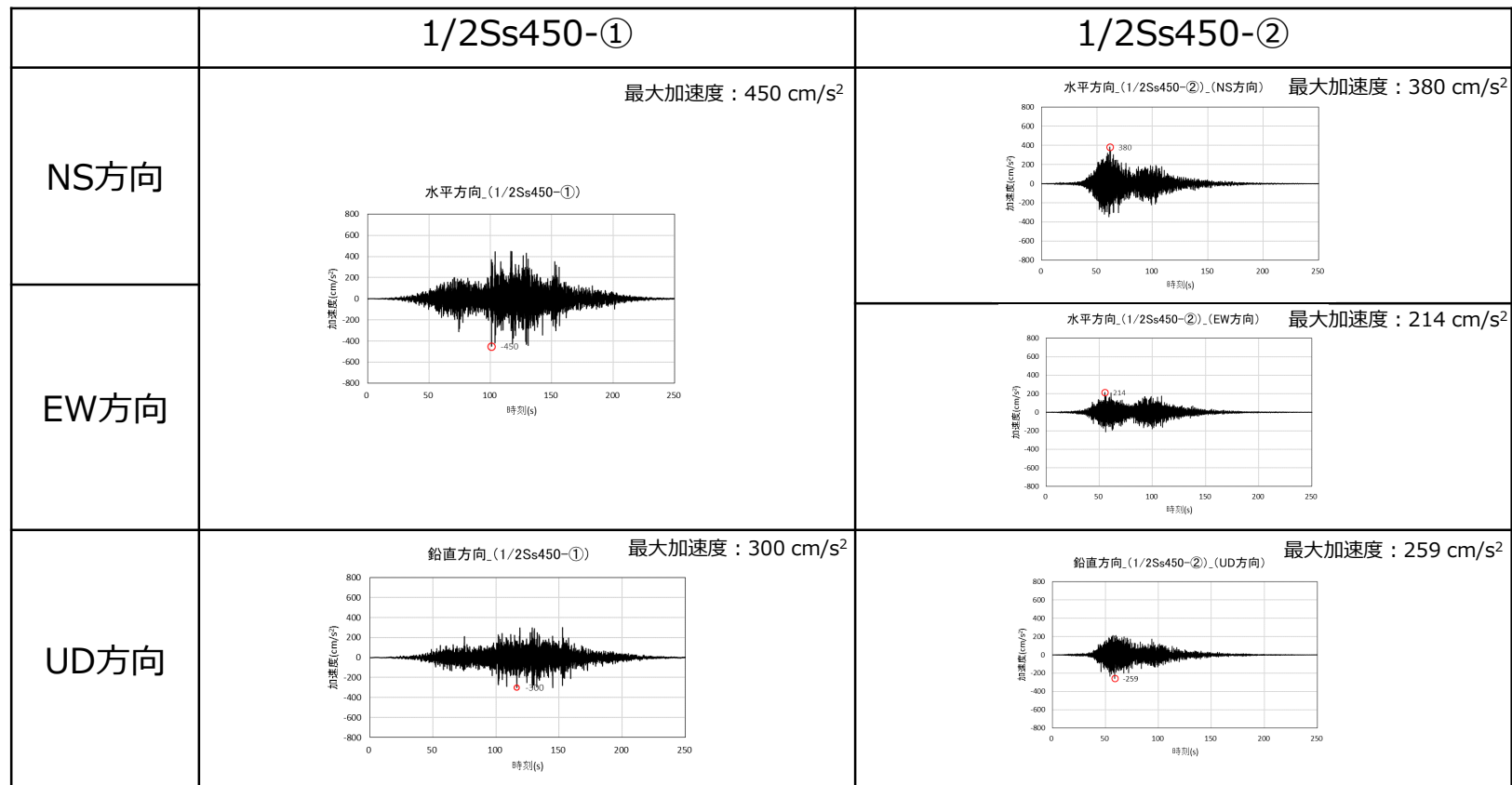


図1：耐震評価概略フロー

## 1-2. 検討に用いる地震動

### ■ 検討に用いる地震動

- 地震動は、検討用地震動（Ss900）※1に係数0.5を乗じて設定した地震動（以下「1/2Ss450」という）とする。
- 解放基盤表面をT.P.約-197mに設定する。

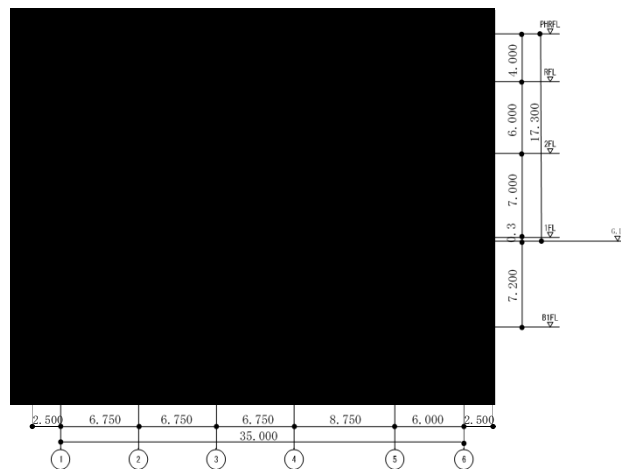


※1：第27回特定原子力施設監視・評価検討会 資料2「東京電力福島第一原子力発電所の外部事象に対する防護の検討について」にて示された検討用地震動①、検討用地震動②。

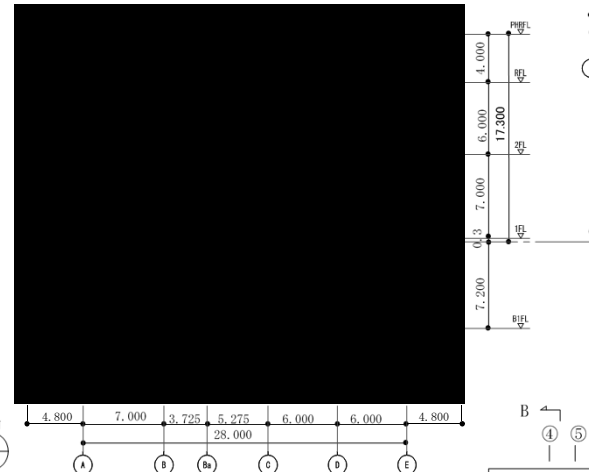
## 1-3. 第2棟建屋の概要

### ■ 建物概要

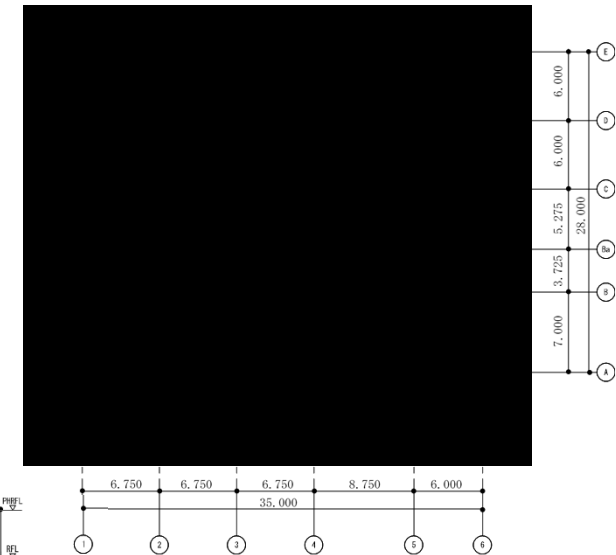
- 構造：鉄筋コンクリート造
- 階数：地上2階、地下1階
- 基礎：直接基礎で人工岩盤を介して富岡層に支持
- 平面寸法：35.0m(EW方向)×28.0m(NS方向)
- 基礎形状：40.0m(EW方向)×37.6m(NS方向)
- 地上高さ：17.3m



A-A断面図 (EW方向)  
(単位：m)



B-B断面図 (NS方向)  
(単位：m)



1階平面図  
(G.L.+0.3) (単位：m)

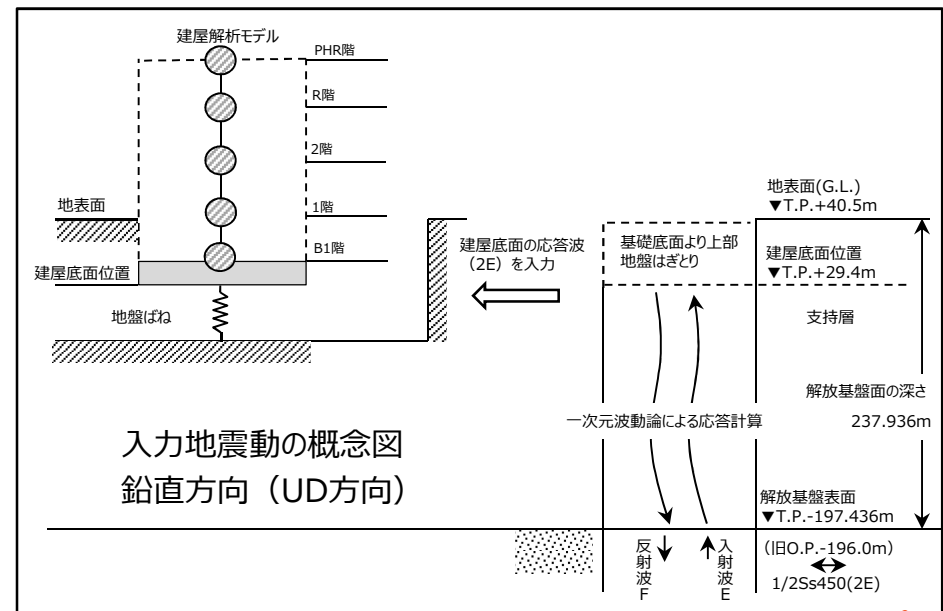
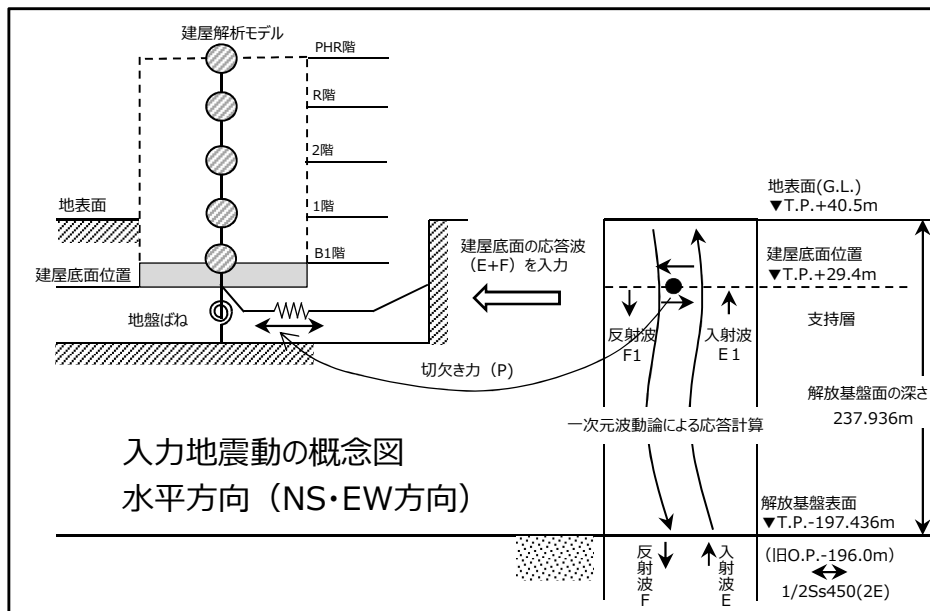
コンクリートセルを構成する壁等

## 1-4. 地震応答解析モデル概要

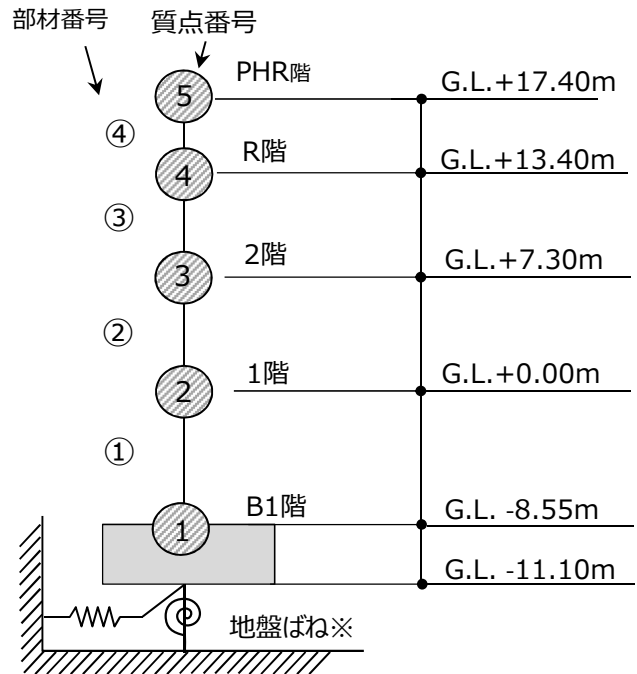
### ■ 解析方法

- 1/2Ss450評価は、地震応答解析にて実施する。
- 動的解析に用いる建屋－地盤連成地震応答解析モデルは、水平動は建屋と地盤相互作用を評価したスウェイ・ロッキングモデルとし、鉛直動は上下バネマスモデルを使用する。
- 建屋は、形状及び構造特性等を考慮し、水平モデルは質点とばね要素からなる集中質点系に置換した弾塑性等価せん断解析モデルとし、鉛直モデルは質点とばね要素とした集中質点系解析モデルを設定する。
- 地盤は、建屋の埋込み効果は無視し、建屋底面位置の地盤をばねによってモデル化する。
- 水平方向の入力地震動は、地表面までモデル化した自由地盤の次元等価線形解析結果により求められる建屋底面位置での応答波(E+F)に、建屋基礎底面レベルにおけるせん断力(切欠き力P※)を付加することにより、地盤の切欠き効果を考慮する。
- 鉛直方向の入力地震動は、基礎底面位置より上部を剥ぎ取った地盤モデルにより求められる建屋底面位置での応答波(2E)とする。
- 地盤解析の解析プログラムは「SoilPlus」、建屋解析の解析プログラムは「DYNA2E」を使用する。

※P：補正水平力（切欠き力）＝建屋底面位置の地盤のせん断応力度×建屋底面積



## 1-5. 建屋解析モデルの諸元 (水平方向)



水平方向 (NS,EW方向)

※：建屋の基礎底面における回転慣性重量 ( $\text{kN}\cdot\text{m}^2$ ) は以下の通り。

NS方向： $42206(\times 10^3\text{kN}\cdot\text{m}^2)$

EW方向： $47765(\times 10^3\text{kN}\cdot\text{m}^2)$

<NS方向>

質点番号	質点重量 (kN)	部材番号	せん断断面積 ( $\text{m}^2$ )
5	5660		
4	35104	④	4.274
3	59280	③	14.57
2	84932	②	22.88
1	173265	①	32.01

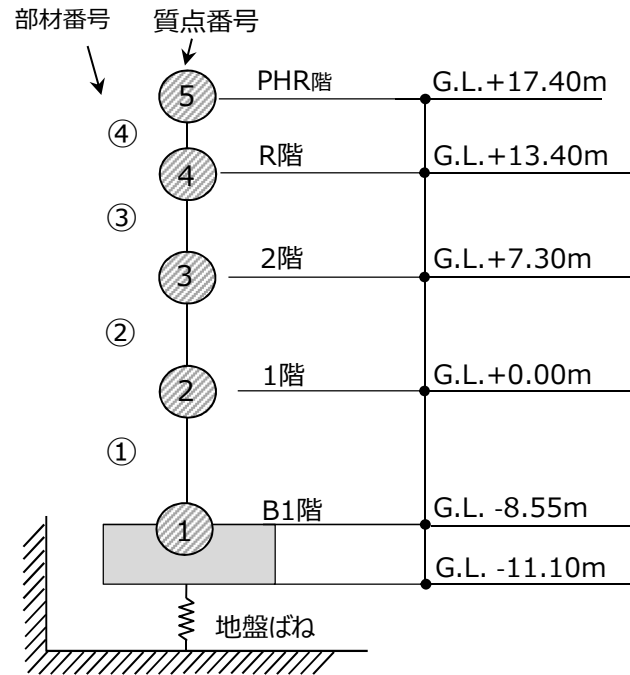
<EW方向>

質点番号	質点重量 (kN)	部材番号	せん断断面積 ( $\text{m}^2$ )
5	5660		
4	35104	④	9.681
3	59280	③	31.81
2	84932	②	30.63
1	173265	①	56.38

<コンクリートの材料定数>

設計基準強度 $F_c(\text{N}/\text{mm}^2)$	ヤング係数 $E(\text{kN}/\text{m}^2)$	せん断弾性係数 $G(\text{kN}/\text{m}^2)$	減衰定数 $h(\%)$
36	$2.595 \times 10^7$	$1.081 \times 10^7$	3.0

## 1-6. 建屋解析モデルの諸元 (鉛直方向)



鉛直方向 (UD方向)

### <UD方向>

質点番号	質点重量 (kN)	部材番号	軸断面積 (m <sup>2</sup> )	鉛直剛性 (kN/m)
5	5660	-		
4	35104	④	43.51	$2.823 \times 10^8$
3	59280	③	145.4	$6.187 \times 10^8$
2	84932	②	172.8	$6.142 \times 10^8$
1	173265	①	225.4	$6.840 \times 10^8$
		-		

### <コンクリートの材料定数>

設計基準強度 F <sub>c</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	ヤング係数 E(kN/m <sup>2</sup> )	せん断弾性係数 G(kN/m <sup>2</sup> )	減衰定数 h(%)
36	$2.595 \times 10^7$	$1.081 \times 10^7$	3.0

## 1-7. 地盤モデルの設定

### ■ 地盤モデルの設定

- 地層構成は、第2棟建屋中央部付近で実施したボーリングの結果に基づいて水平成層地盤としてモデル化する。
- 物性値については、福島第一原子力発電所の地盤物性※を用いることとし、地盤物性が示されていない地層（ローム層）については第2棟地盤調査結果に基づいて設定する。

※ 福島第一原子力発電所 原子炉設置変更許可申請書（平成5年4月）等から設定した使用済燃料乾式キャスク仮保管設備の地盤物性

地層名	標高		湿潤密度 $\rho$ (t/m <sup>3</sup> )	単位体積重量 $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	せん断波速度 $V_s$ (m/s)	動的変形特性		動的変形特性	
	上端 T.P. (m)	下端 T.P. (m)				せん断弾性係数 $G_0$ (kN/m <sup>2</sup> )	動ポアソン比 $\nu_d$	$G/G_0 \sim \gamma$ (%)	$h(\%) \sim \gamma$ (%)
埋戻土	40.500	37.930	1.80	17.65	201	72600	0.350	$1/(1+10.65\gamma^{0.778})$	$22.97\gamma^{0.289}$
ローム層	37.930	35.930	1.74	17.06	164	46700	0.410	$1/(1+11.00\gamma^{0.802})$	$17.80\gamma^{0.277}$
段丘堆積物	35.930	33.370	1.59	15.59	315	158000	0.480	$1/(1+6.872\gamma^{0.614})$	$14.79/(1+0.036/\gamma)$
T3 部層 互層部	33.370	18.450	1.76	17.26	414	302000	0.460	$1/(1+3.257\gamma^{0.688})$	$17.57/(1+0.084/\gamma)$
T3 部層 泥質部	18.450	16.230	1.71	16.77	500	427000	0.450	$1/(1+3.600\gamma^{0.962})$	$11.90\gamma^{1.086}+1.617$
T3 部層 細粒砂岩	16.230	14.470	1.84	18.04	338	210000	0.480	$1/(1+3.009\gamma^{0.604})$	$21.80/(1+0.122/\gamma)$
T3 部層 泥質部	14.470	12.220	1.71	16.77	500	427000	0.450	$1/(1+3.600\gamma^{0.962})$	$11.90\gamma^{1.086}+1.617$
T3 部層 粗粒砂岩	12.220	11.400	1.84	18.04	338	210000	0.480	$1/(1+3.009\gamma^{0.604})$	$21.80/(1+0.122/\gamma)$
T3 部層 泥質部	11.400	-18.070	1.71	16.77	500	427000	0.450	$1/(1+3.600\gamma^{0.962})$	$11.90\gamma^{1.086}+1.617$
T2 部層	-18.070	-110.470	1.75- 0.000417Z	17.16- 0.004089Z	深度依存	254000- 3220Z	0.467+ 0.000222Z	$1/(1+2.845\gamma^{0.918})$	$10.54\gamma^{0.865}+0.903$
T1 部層	-110.470	-183.180	1.79	17.55	610	667000	0.440	$1/(1+2.586\gamma^{0.722})$	$15.04\gamma^{0.517}$
先富岡層	-183.180	-197.436	1.88	18.44	712	954000	0.420	$1/(1+2.714\gamma^{0.920})$	$14.69\gamma^{0.583}$
解放基盤表面	-197.436	-	1.88	18.44	712	-	-	-	-

注) Z: 標高O.P. (m)

O.P.は震災前の「旧O.P.」を指す。O.P.±0m=T.P.-1.436m



## 1-8. 入力地震動の設定

### ■ 入力地震動

- 建屋基礎底面位置における入力地震動（水平方向、鉛直方向）の加速度時刻歴波形は以下の通り。

	1/2Ss450-①	1/2Ss450-②
NS方向	<p>最大加速度：374 cm/s<sup>2</sup></p> <p>水平方向_(1/2Ss450-①)</p>	<p>水平方向_(1/2Ss450-②)_(NS方向) 最大加速度：205 cm/s<sup>2</sup></p>
EW方向		<p>水平方向_(1/2Ss450-②)_(EW方向) 最大加速度：170 cm/s<sup>2</sup></p>
UD方向	<p>鉛直方向_(1/2Ss450-①) 最大加速度：324 cm/s<sup>2</sup></p>	<p>鉛直方向_(1/2Ss450-②)_(UD方向) 最大加速度：264 cm/s<sup>2</sup></p>

## 1-9. 地盤ばねの設定

### ■ 地盤ばねの算定

- 矩形基礎の算定式にて地盤ばねを設定する。
- 一次元波動論による解析に用いた地盤モデルを用いて成層補正を行い、小堀の方法により地盤ばねを算定する。

<1/2Ss450-①>

	水平		回転	
	地盤ばね定数K (kN/m)	減衰係数C (kN・s/m)	地盤ばね定数K (kN・m/rad)	減衰係数C (kN・m・s/rad)
NS方向	$3.35 \times 10^7$	$1.07 \times 10^6$	$1.48 \times 10^{10}$	$1.75 \times 10^8$
EW方向	$3.32 \times 10^7$	$1.11 \times 10^6$	$1.61 \times 10^{10}$	$2.25 \times 10^8$
	鉛直			
	地盤ばね定数K (kN/m)	減衰係数C (kN・s/m)		
UD方向	$6.48 \times 10^7$	$2.61 \times 10^6$		

<1/2Ss450-②>

	水平		回転	
	地盤ばね定数K (kN/m)	減衰係数C (kN・s/m)	地盤ばね定数K (kN・m/rad)	減衰係数C (kN・m・s/rad)
NS方向	$3.66 \times 10^7$	$1.09 \times 10^6$	$1.62 \times 10^{10}$	$1.75 \times 10^8$
EW方向	$3.54 \times 10^7$	$1.12 \times 10^6$	$1.72 \times 10^{10}$	$2.25 \times 10^8$
	鉛直			
	地盤ばね定数K (kN/m)	減衰係数C (kN・s/m)		
UD方向	$6.95 \times 10^7$	$2.69 \times 10^6$		

## 1-10. 固有値解析結果

### ■ 解析結果

< 1/2Ss450-① >

方向	次数	固有周期 (s)	振動数 (Hz)
NS	1	0.268	3.73
	2	0.132	7.58
	3	0.082	12.21

方向	次数	固有周期 (s)	振動数 (Hz)
EW	1	0.250	4.00
	2	0.129	7.78
	3	0.073	13.75

方向	次数	固有周期 (s)	振動数 (Hz)
UD	1	0.152	6.59
	2	0.029	34.24
	3	0.016	64.37

< 1/2Ss450-② >

方向	次数	固有周期 (s)	振動数 (Hz)
NS	1	0.260	3.84
	2	0.127	7.87
	3	0.080	12.46

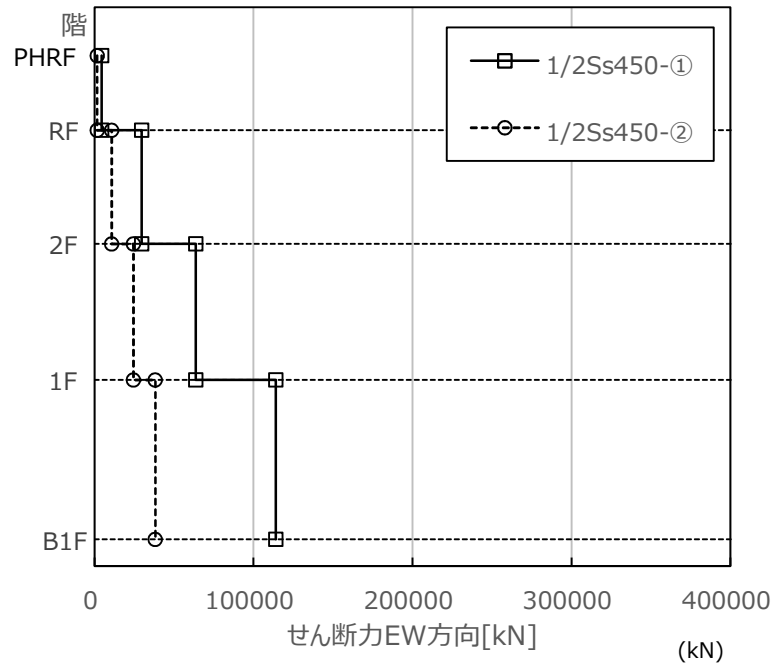
方向	次数	固有周期 (s)	振動数 (Hz)
EW	1	0.248	4.03
	2	0.126	7.93
	3	0.072	13.86

方向	次数	固有周期 (s)	振動数 (Hz)
UD	1	0.147	6.81
	2	0.029	34.29
	3	0.016	64.37

## 1-11. 地震応答解析結果（最大応答せん断力）

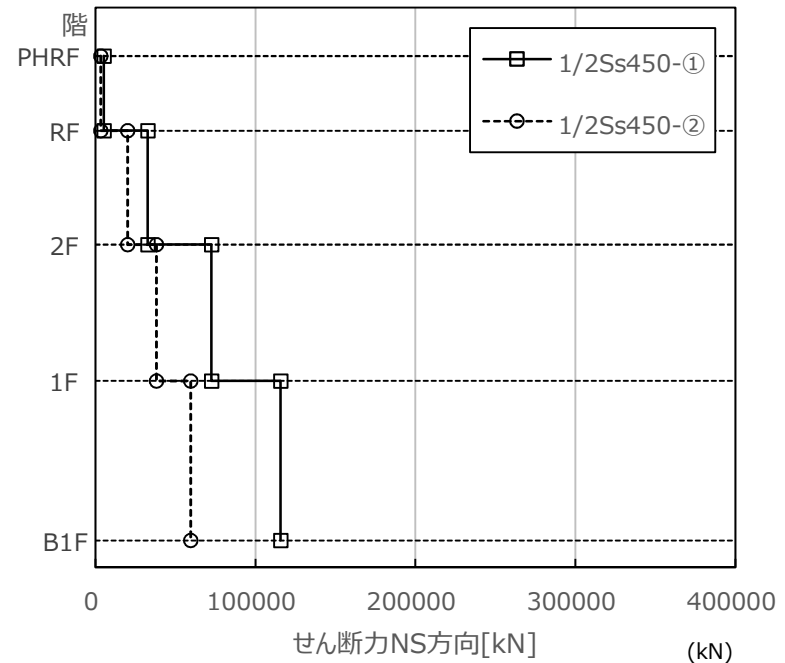
### ■ 解析結果（最大応答せん断力）

<EW方向>



	1/2Ss450-①	1/2Ss450-②
PHRF階	4452	1614
R階	29603	10777
2階	63596	24337
1階	114112	38200
B1階	114112	38200

<NS方向>



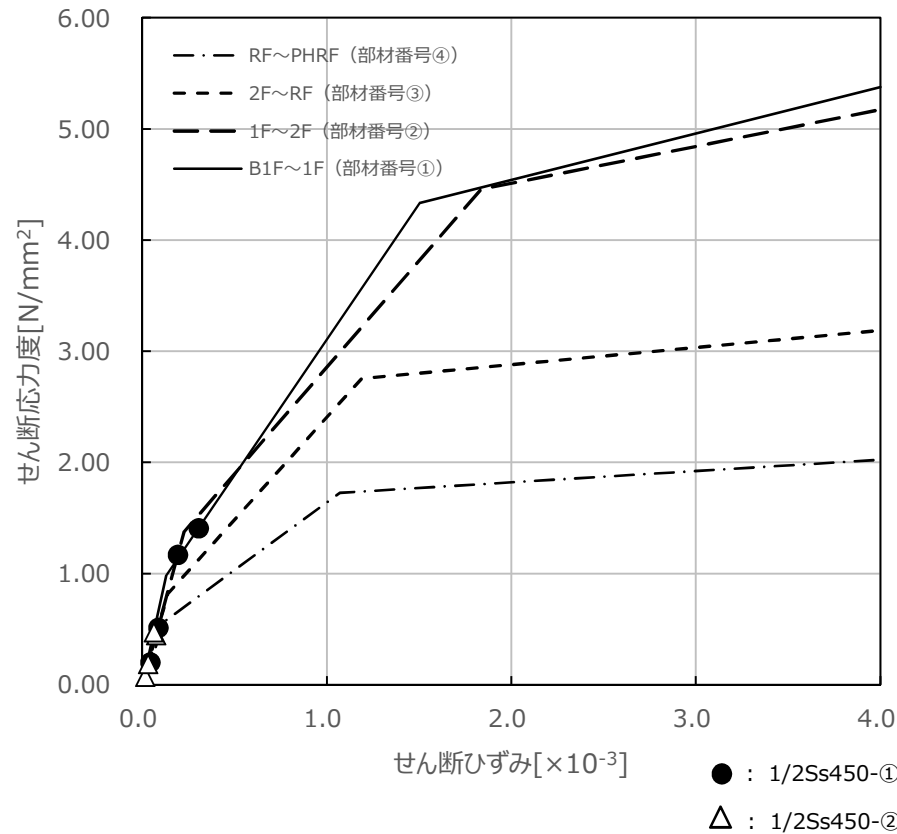
	1/2Ss450-①	1/2Ss450-②
PHRF階	5276	3218
R階	32603	20027
2階	72476	38019
1階	115580	59452
B1階	115580	59452

## 1-12. 地震応答解析結果（せん断変形成分の復元力特性）

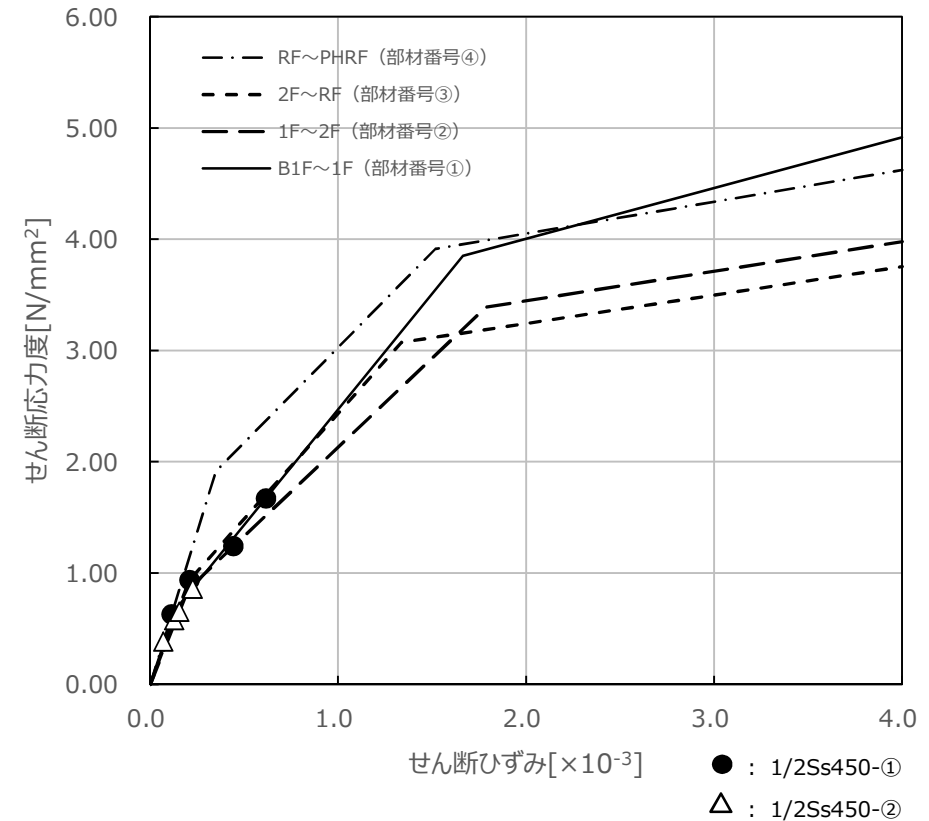
### ■ 復元力特性

- 建屋各層のせん断応力度－せん断ひずみ関係は下記のスケルトンカーブ（ $\tau$ - $\gamma$ ）関係となる。
- 各層に発生するせん断応力度におけるせん断ひずみは（ $2.0 \times 10^{-3}$ ）以下であり、応答値はいずれも第2折れ点以下である。

<EW方向>



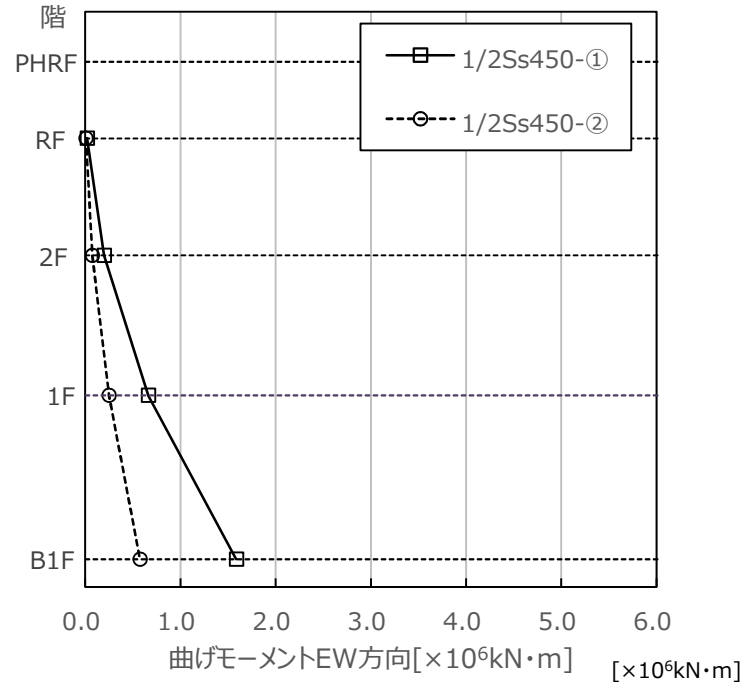
<NS方向>



# 1-13. 地震応答解析結果（最大応答曲げモーメント）

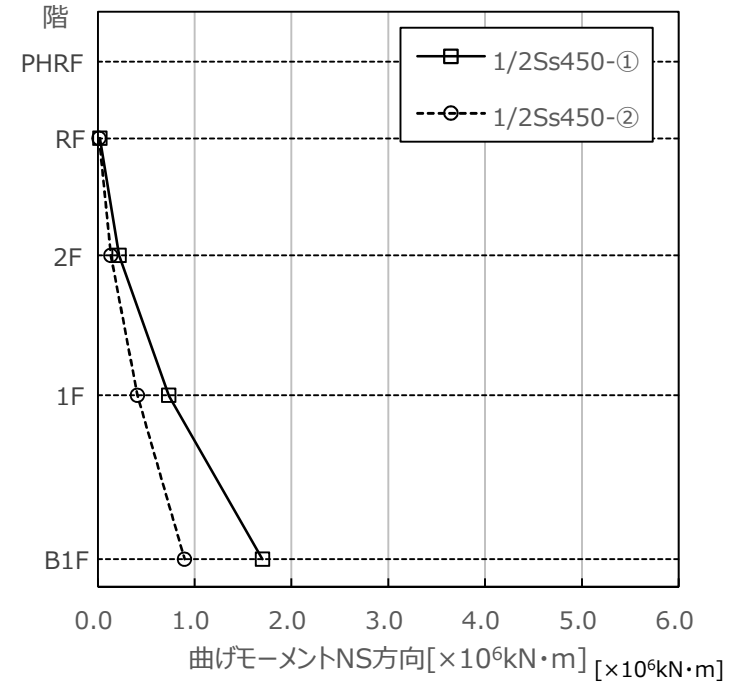
## ■ 解析結果（最大応答曲げモーメント）

<EW方向>



	1/2Ss450-①	1/2Ss450-②
PHRF階	0.018	0.006
R階	0.198	0.072
2階	0.662	0.249
1階	1.585	0.574
B1階	1.585	0.574

<NS方向>

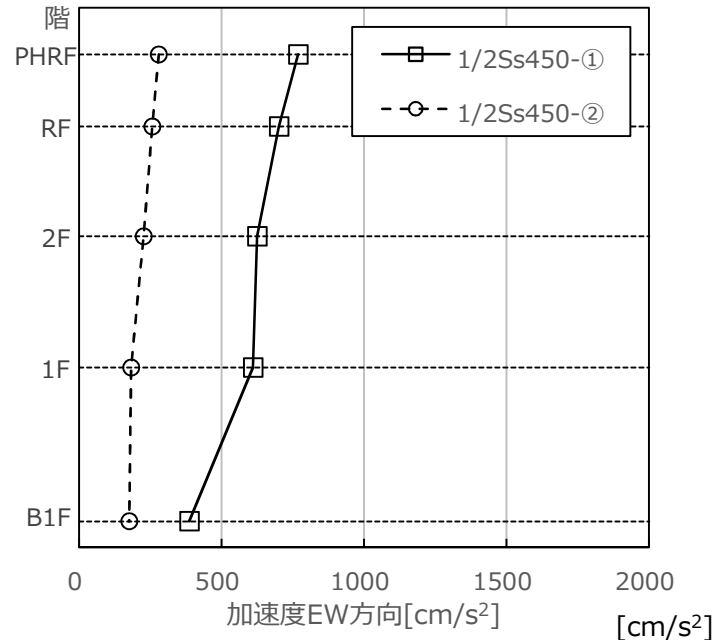


	1/2Ss450-①	1/2Ss450-②
PHRF階	0.021	0.013
R階	0.220	0.135
2階	0.731	0.409
1階	1.699	0.895
B1階	1.699	0.895

## 1-14. 地震応答解析結果（水平方向）

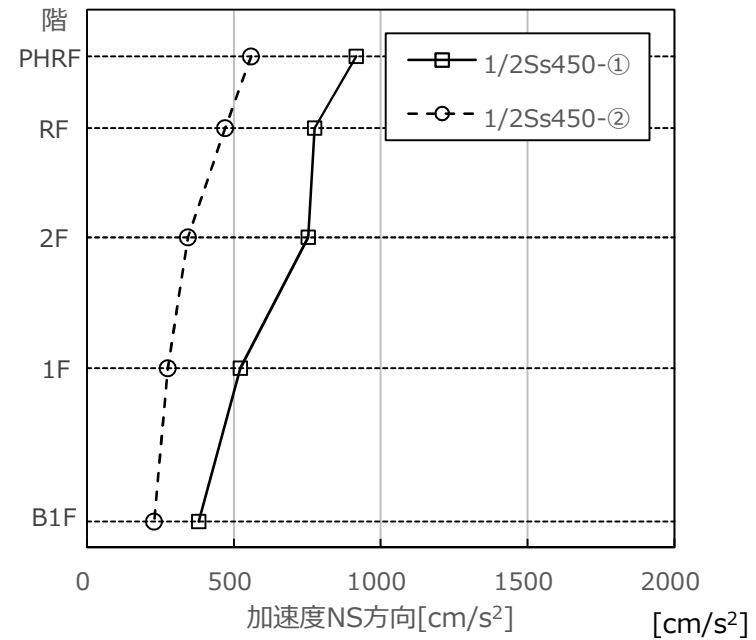
### ■ 解析結果（最大応答加速度）

<EW方向>



	1/2Ss450-①	1/2Ss450-②
PHRF階	768	279
R階	701	256
2階	625	226
1階	610	182
B1階	387	175

<NS方向>



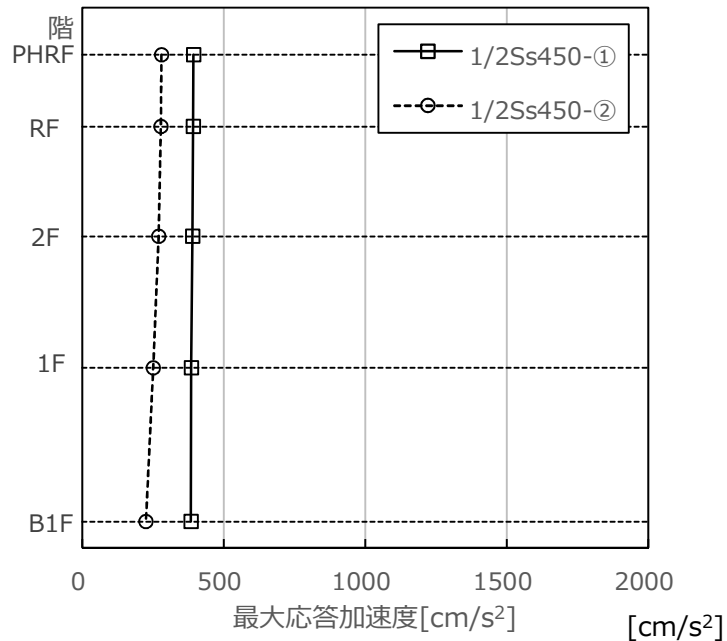
	1/2Ss450-①	1/2Ss450-②
PHRF階	917	559
R階	775	471
2階	754	344
1階	522	275
B1階	381	228



## 1-15. 地震応答解析結果（鉛直方向）

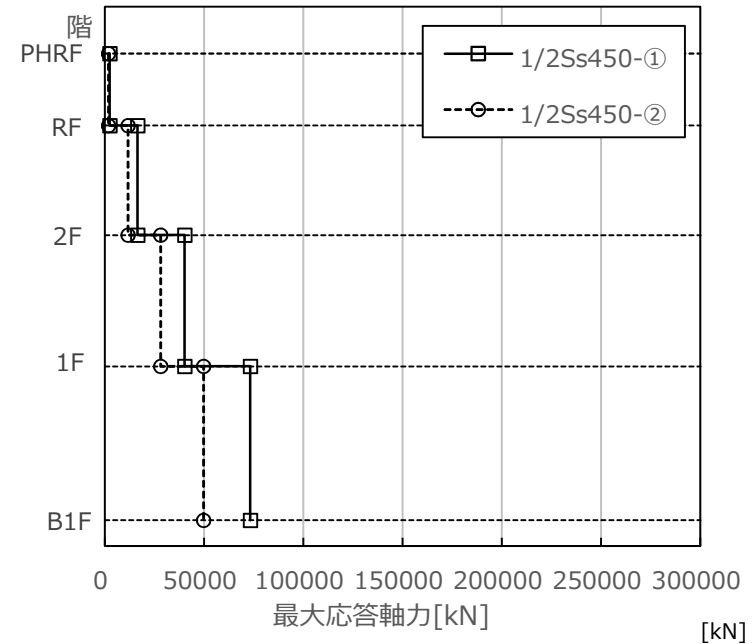
### ■ 解析結果（最大応答加速度、最大応答軸力）

#### <最大応答加速度>



階	1/2Ss450-①	1/2Ss450-②
PHRF階	393	279
R階	392	277
2階	390	270
1階	385	250
B1階	383	225

#### <最大応答軸力>



階	1/2Ss450-①	1/2Ss450-②
R階	2278	1618
2階	16378	11579
1階	40020	27923
B1階	73158	49589

## 1-16. 評価結果（せん断ひずみ）

### ■ 評価結果

- 耐震壁のせん断ひずみは、最大で $0.62 \times 10^{-3}$ （NS方向）であり、耐震壁の評価基準値（ $2.0 \times 10^{-3}$ ）を超えず、十分な裕度を確保していることを確認した。

#### (1) 1/2Ss450-①

評価項目		評価基準	EW方向	NS方向
せん断ひずみ	R階	$\gamma \leq 2.0 \times 10^{-3}$	$0.04 \times 10^{-3}$	$0.11 \times 10^{-3}$
	2階		$0.09 \times 10^{-3}$	$0.21 \times 10^{-3}$
	1階		$0.19 \times 10^{-3}$	$0.44 \times 10^{-3}$
	B1階		$0.31 \times 10^{-3}$	$0.62 \times 10^{-3}$

#### (2) 1/2Ss450-②

評価項目		評価基準	EW方向	NS方向
せん断ひずみ	R階	$\gamma \leq 2.0 \times 10^{-3}$	$0.02 \times 10^{-3}$	$0.07 \times 10^{-3}$
	2階		$0.03 \times 10^{-3}$	$0.13 \times 10^{-3}$
	1階		$0.07 \times 10^{-3}$	$0.15 \times 10^{-3}$
	B1階		$0.06 \times 10^{-3}$	$0.23 \times 10^{-3}$

## 1-17. 評価結果（接地圧）

### ■ 評価結果

- 地震時の最大接地圧は、水平地震動による応力と鉛直地震動による応力を組み合わせ係数法（係数0.4）にて考慮して算出する。
- 接地圧は、最大で566 kN/m<sup>2</sup>（NS方向）であり、評価基準値（短期許容支持力度 2000 kN/m<sup>2</sup>※）を超えないことを確認した。

#### (1) 1/2Ss450-①

(kN/m<sup>2</sup>)

評価項目	上下動	評価基準	EW方向	NS方向
最大接地圧	上向き	$q_a \leq 2000$	398	414
	下向き		555	566

#### (2) 1/2Ss450-②

(kN/m<sup>2</sup>)

評価項目	上下動	評価基準	EW方向	NS方向
最大接地圧	上向き	$q_a \leq 2000$	340	321
	下向き		466	488

※短期許容支持力度は、建築基準法施行令の地盤の許容応力度（岩盤：長期1000【kN/m<sup>2</sup>】、短期2000【kN/m<sup>2</sup>】）より設定

## 1-18. 評価結果まとめ

---

- 第2棟建屋の耐震性評価として、1/2Ss450による地震応答解析を行い、耐震壁に生じるせん断ひずみ及び接地圧が評価基準値を超えないことを確認した。
- 以上により、第2棟建屋は耐震B+クラスの耐震性を有している。

放射性物質分析・研究施設第2棟に係る  
実施計画の変更認可申請について  
(耐震B+クラスの機器・配管系に係る耐震性評価結果)  
11月25日面談資料改訂版

2023年1月24日

東京電力ホールディングス株式会社  
国立研究開発法人日本原子力研究開発機構



# 1. 耐震B+クラス設備の評価方針

一部改訂

## ◆評価方針

耐震B+クラスの機器・配管系について、1/2Ss450での耐震性をJEAC4601等を参考に確認する。

## 2. 第2棟の評価対象設備

一部改訂

### ○評価対象設備(B+クラスの設備)

大分類	中分類	設備名称	固有周期(s) <sup>※1</sup>
機器	分析設備	鉄セル遮へい体	0.048
		鉄セルインナーボックス	0.048
		グローブボックス(No1, 2, 4)	0.046
		グローブボックス(No3)	0.048
	換気空調設備	セル・グローブボックス用排風機	— <sup>※2</sup>
		セル・グローブボックス用排気フィルタユニットA,B	0.014
		セル・グローブボックス用排気フィルタユニットC,D	0.013
		コンクリートセル用給気フィルタユニットA,B	0.008
		鉄セル用給気フィルタユニットA,B	0.003
		鉄セル用給気フィルタユニットC,D	0.003
		グローブボックス用給気フィルタユニットA~F	0.003
		グローブボックス用給気フィルタユニットG,H	0.003
	配管系	鋼管	主要排気管(鋼管)
主要給気管(鋼管)			0.05 <sup>※3</sup>
ダクト		主要排気管(ダクト)	0.05 <sup>※3</sup>

すべて剛構造

※1 0.05s以下であれば剛構造である。

※2 排風機(ブロア含む)の本体は、十分に剛であるため固有周期の算定は省略できる。(JEAG4601-1987を参考)

※3 固有周期が0.05となるように配管の支持間隔を設定している。

### 3. 機器の評価概要

追加説明

#### ○評価対象部位

- ・地震力による応力が集中する「基礎ボルト」を評価対象とする。
- ・基礎ボルトの評価はJEAC4601-2008を参考にせん断応力と引張応力について評価を実施する。

#### ○荷重の組み合わせ及び許容応力

- ・荷重の組み合わせ及び供用状態(許容応力状態)を以下に示す。

耐震クラス	荷重の組合せ	供用状態 (許容応力状態)	許容限界※ (基礎ボルト)		適用範囲
			一次応力		
			引張	せん断	
B <sup>+</sup>	$D+P_d+M_d+S_{B^+}$	$C_s(B^+_A S)$	$1.5 \cdot ft$	$1.5 \cdot fs$	基礎ボルト

※ 応力の組合せが考えられる場合には、組合せ応力に対しても評価を行う。

#### 凡例

D	死荷重
$P_d$	当該設備に設計上定められた最高使用圧力による荷重
$M_d$	当該設備に設計上定められた機械的荷重
$S_{B^+}$	B <sup>+</sup> クラスの設備に適用される地震動より求まる地震力又は静的地震力
$B^+_A S$	B <sup>+</sup> クラス設備の地震時の許容応力状態
ft	許容引張
$f_s$	許容せん断応力



## 4. 設計用地震力の設定(1/2)

追加説明

### ①建屋の最大床応答加速度

- ・建屋の1/2Ss450の耐震性評価では、階ごとに水平2方向及び鉛直方向の最大床応答加速度が得られる。
- ・検討用地震動①の結果が最大となるため、機器・配管系の耐震性評価の入力条件とする。

(単位: gal)

階層	水平方向				鉛直方向	
	EW方向		NS方向		UD方向	
	検討用地震動①※ <sup>1</sup> に基づく1/2Ss450	検討用地震動②※ <sup>1</sup> に基づく1/2Ss450	検討用地震動①※ <sup>1</sup> に基づく1/2Ss450	検討用地震動②※ <sup>1</sup> に基づく1/2Ss450	検討用地震動①※ <sup>1</sup> に基づく1/2Ss450	検討用地震動②※ <sup>1</sup> に基づく1/2Ss450
2階	625	226	754	344	390	270
1階	610	182	522	275	385	250
地下1階	387	175	381	228	383	225

※1: 第 92 回特定原子力施設監視・評価検討会-資料3

建屋に対する1/2Ss450の地震応答解析結果(最大応答加速度)

## 4. 設計用地震力の設定(2/2)

追加説明

### ◆設計用地震力の設定

- ①建屋の地震応答解析結果を各方向に対して20%割り増しし、重力加速度で除することで設計用震度は以下のとおりとなる。

(1階の計算例)

方向	水平方向		鉛直方向	[gal]
	EW方向	NS方向	UD方向	
加速度	610	522	385	
	↓	↓	↓ × 1.2	
加速度	732.0	626.4	462.0	[gal]
	↓	↓	↓ / 980.665	
震度	0.75	0.64	0.48	[-]

- ②水平方向の設計震度について保守的に包絡させるため、最終的には以下のとおりとなる。

(1階の計算例)

方向	水平方向		鉛直方向
	EW方向	NS方向	UD方向
震度	0.75	0.75	0.48

- ③各階について、同様に計算を行う。  
各階の設計用震度は以下のとおり。

階層	水平方向		鉛直方向
	EW方向 $C_H$	NS方向 $C_H$	UD方向 $C_V$
2階	0.93	0.93	0.48
1階	0.75	0.75	0.48
地下1階	0.48	0.48	0.47

## 5. 鉄セル遮へい体の基礎ボルトの仕様見直し

一部改訂

### ○鉄セル遮へい体の基礎ボルトの仕様見直し

1/2Ss450に対して発生応力が許容応力を超えることから仕様を見直した。

仕様	見直し前		見直し後
基礎ボルトの材質	SS400	⇒	S45C
基礎ボルトの呼び径	M20		M24

### ○鉄セル遮へい体の基礎ボルトの仕様見直し後のBクラス(静的地震力:水平方向1.8Ci)評価

基礎ボルトの仕様見直し後、耐震Bクラスの設計地震力で耐震性評価を原子力発電所耐震設計技術規程(JEAC4601)を参考に実施した。その結果は以下のとおり。

項目	発生応力	許容応力
引張	—※1	362
せん断	60	278

※1:引張応力は発生しない。

## 6. JEAC4601を参考にした評価式による耐震性評価(1/3)

追加説明

実施計画の補正申請では、JEAC4601を参考にした評価式による耐震性評価を実施し、その結果を記載する。ここでは一例として鉄セル遮へい体の評価式による耐震性評価の詳細を示す。

### 1) 評価方法

算出応力と許容応力の比較により、基礎ボルトを評価する。

○応力計算モデルは1質点系とし、重心位置に地震荷重が作用する。

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

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

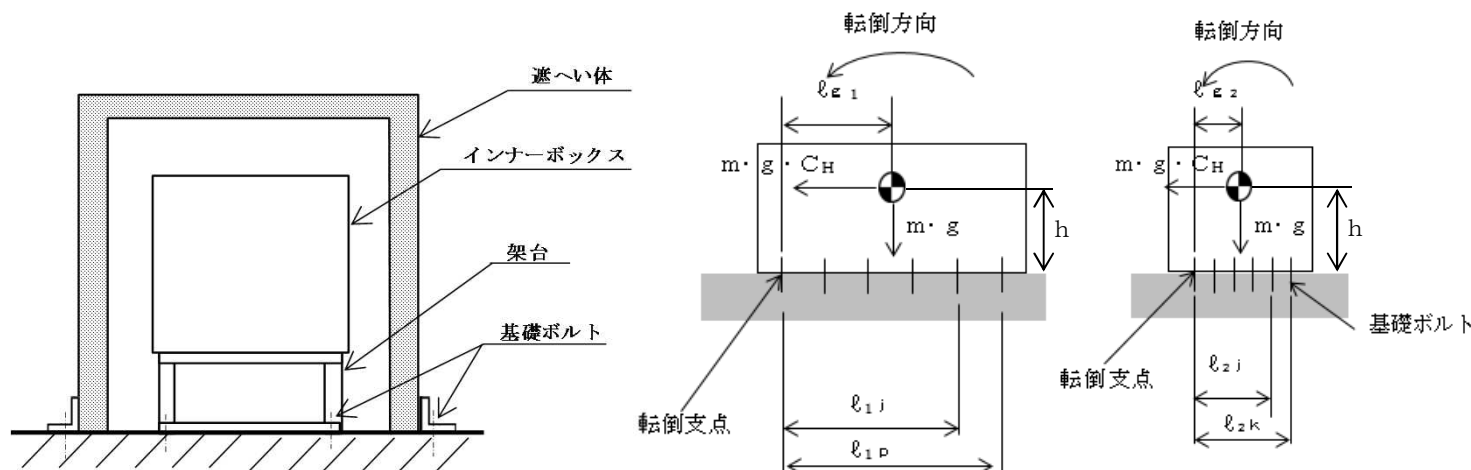


図-1 概略構造図

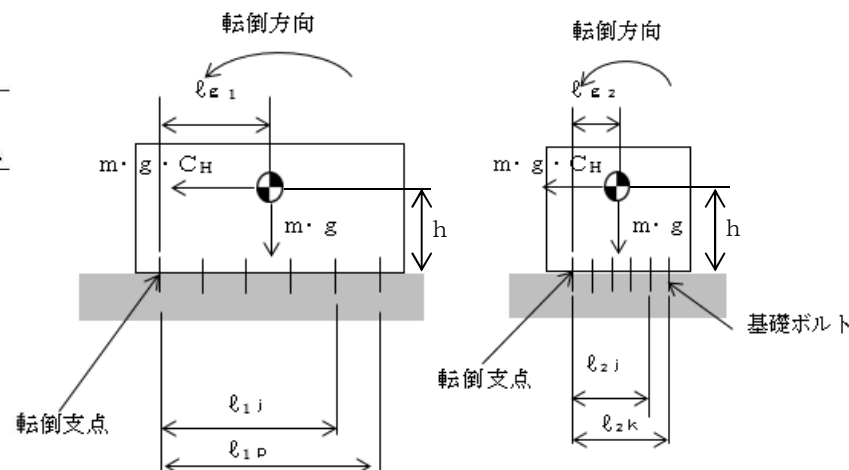


図-2 応力計算モデル

## 6. JEAC4601を参考にした評価式による耐震性評価(2/3)

追加説明

### 2) 評価式

#### a. 引張応力

##### ① 引張力

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

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

$$F_{bz} = \frac{m \cdot g \cdot (1 - C_V)}{n}$$

##### ② 引張応力

$$\sigma_b = \frac{\sqrt{F_{b1}^2 + F_{b2}^2} - F_{bz}}{A_b} \quad \text{[ボルトの断面積]} \quad A_b = \frac{\pi}{4} \cdot d^2$$

#### b. せん断応力

##### ① せん断力

$$Q_b = m \cdot g \cdot \sqrt{C_H^2 + C_H^2}$$

##### ② せん断応力

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

記号	記号の説明	単位
$A_b$	基礎ボルトの軸断面積	mm <sup>2</sup>
$C_H$	水平方向の設計用震度	—
$C_V$	鉛直方向の設計用震度	—
$d$	基礎ボルトの呼び径	mm
$F_{b1}$	基礎ボルトに作用する引張力(1本当たり)(長辺方向)	N
$F_{b2}$	基礎ボルトに作用する引張力(1本当たり)(短辺方向)	N
$F_{bz}$	基礎ボルトに作用する引張力(1本当たり)(鉛直方向)	N
$g$	重力加速度	m/s <sup>2</sup>
$h$	据付面から重心までの距離	mm
$\ell_{1j}$	転倒支点と各基礎ボルトとの距離(長辺方向)	mm
$\ell_{2j}$	転倒支点と各基礎ボルトとの距離(短辺方向)	mm
$p$	転倒支点から最も離れた基礎ボルト番号(長辺方向)	—
$k$	転倒支点から最も離れた基礎ボルト番号(短辺方向)	—
$m$	機器の質量	kg
$n$	基礎ボルトの全本数	—
$n_{f1j}$	転倒支点から $\ell_{1j}$ の距離にある基礎ボルトの本数(長辺方向)	—
$n_{f2j}$	転倒支点から $\ell_{2j}$ の距離にある基礎ボルトの本数(短辺方向)	—
$Q_b$	基礎ボルトに作用するせん断力	N
$\pi$	円周率	—
$\sigma_b$	基礎ボルトに生じる引張応力	MPa
$\tau_b$	基礎ボルトに生じるせん断応力	MPa

## 6. JEAC4601を参考にした評価式による耐震性評価(3/3)

追加説明

### 3) 基礎ボルトの応力評価

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

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

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

	許容引張応力 $f_{to}$	許容せん断応力 $f_{sb}$	
計算式	$\left[ \frac{F}{Z} \right] 1.5$	$\left[ \frac{F}{1.5\sqrt{3}} \right] 1.5$	
記号	記号の説明		単位
F	設計・建設規格 SSB-3133に定める値		MPa
$f_{sb}$	許容せん断応力		MPa
$f_{to}$	引張力のみを受ける基礎ボルトの許容引張応力		MPa
$f_{ts}$	引張力とせん断力を同時に受ける基礎ボルトの許容引張応力		MPa
$\sigma_b$	基礎ボルトに生じる引張応力		MPa
$\tau_b$	基礎ボルトに生じるせん断応力		MPa

### 4) 評価条件

機器名称	耐震設計上の重要度分類	固有周期 (s)		据付場所	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度
		水平方向	鉛直方向			
鉄セル遮へい体	B+	0.048	—	地上 1階	$C_H=0.75$	$C_V=0.48$

⇒ 固有周期は0.05s以下であり、鉄セル遮へい体は剛構造である。

### 5) 評価結果

(単位:MPa)

機器名称	部材	材料	応力	算出応力	許容応力
鉄セル遮へい体	基礎ボルト	S45C	引張	$\sigma_b=127$	$f_{ts}=225$
			せん断	$\tau_b=176$	$f_{sb}=278$

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

# 7. JEAC4601を参考にした評価式による機器の耐震性評価結果 (鉄セル遮へい体以外も含む)

追加説明

JEAC4601を参考に第2棟の機器について耐震性評価を実施した。結果は以下のとおり。

設備名		設置床面	1/2Ss450での発生応力 (MPa)		許容応力 (MPa)
鉄セル	遮へい体	1階	引張	127	225
			せん断	176	278
	インナーボックス	1階	引張	21	183
			せん断	15	141
グローブボックス (GB-No.1,2,4)		1階	引張	6	183
			せん断	3	141
グローブボックス (GB-No.3)		1階	引張	7	183
			せん断	4	141
セル・グローブボックス用排風機		地下1階	引張	4	170
			せん断	6	131
セル・グローブボックス用排気フィルタユニットA,B		地下1階	引張	18	170
			せん断	12	131
セル・グローブボックス用排気フィルタユニットC,D		地下1階	引張	26	170
			せん断	12	131
コンクリートセル用給気フィルタユニットA,B		2階	引張	9	170
			せん断	5	131
鉄セル用給気フィルタユニットA,B		1階歩廊 (2階)	引張	4	153
			せん断	2	118
鉄セル用給気フィルタユニットC,D		1階歩廊 (2階)	引張	4	153
			せん断	2	118
グローブボックス用給気フィルタユニットA~F		1階歩廊 (2階)	引張	4	153
			せん断	2	118
グローブボックス用給気フィルタユニットG,H		1階歩廊 (2階)	引張	4	153
			せん断	2	118

## 8. 配管系の評価概要

一部改訂

### ○評価対象設備

- ① 主要排気管(鋼管、ダクト)※1
- ② 主要給気管(鋼管)※2

※1: コンクリートセル排気口から排気母管まで, 鉄セル排気口から排気母管まで, グローブボックス排気口から排気母管まで, 排気母管, 排気母管からセル・グローブボックス用排気フィルタユニット入口まで, セル・グローブボックス用排気フィルタユニット出口から第2棟の排気口入口まで

※2: コンクリートセル用給気フィルタユニットからコンクリートセル給気口まで, 鉄セル用給気フィルタユニットから鉄セル給気口まで, グローブボックス用給気フィルタユニットからグローブボックス給気口まで

### ○評価内容

設備名称	1.8Ciでの評価項目	1/2Ss450での評価項目	備考
①-1 主要排気管(鋼管)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・支持間隔</li> <li>・応力評価</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・応力評価</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・支持間隔は設計地震力に依存しないため、追加評価なし。</li> </ul>
①-2 主要排気管(ダクト)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・固有振動数から<b>定まる</b>支持間隔</li> <li>・許容座屈限界モーメントから定まる支持間隔</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・許容座屈限界モーメントから定まる支持間隔</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・固有振動数から<b>定まる</b>支持間隔は設計地震力に依存しないため、追加評価なし。</li> </ul>
② 主要給気管(鋼管)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・支持間隔</li> <li>・応力評価</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・応力評価</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・支持間隔は設計地震力に依存しないため、追加評価なし。</li> </ul>



## 9. 主要排気管(鋼管)の応力評価

追加説明

### ○評価方法

対象の主要排気管は、クラス4配管の規定を準用する。

JEAC4601を参考に応力算定式については下式で表される。

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

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

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

S : 発生応力 [MPa]

P : 設計圧力 [MPa]

D<sub>0</sub>: 外径 [mm]

t : 板厚 [mm]

Z : 断面係数 [mm<sup>3</sup>]

C<sub>H</sub>: 水平震度 -

C<sub>V</sub>: 鉛直震度 -

L : 支持間隔 [mm]

w : 主要給気管の単位長さ当たりの質量 [kg/mm]

g : 重力加速度 (=9.80665) [m/s<sup>2</sup>]

### ○評価結果

配管分類	主要排気管(鋼管)							
配管材料	SUS304							
配管口径	100A	125A	150A	200A	250A	350A	450A	600A
Sch	10S					40		
設計圧力(MPa)	0.0095							
1/2Ss450での発生応力(MPa)	14	14	14	14	14	14	14	14
④許容応力(MPa)	153	153	153	153	153	153	153	153

※1: 最も応答比が大きい2階の値を使用した。

## 10. 主要給気管(鋼管)の応力評価

### ○評価方法

対象の主要給気管は、クラス4配管の規定を準用する。

JEAC4601を参考に応力算定式については下式で表される。

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

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

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

S : 発生応力 [MPa]

P : 設計圧力 [MPa]

D<sub>0</sub> : 外径 [mm]

t : 板厚 [mm]

Z : 断面係数 [mm<sup>3</sup>]

C<sub>H</sub> : 水平震度 —

C<sub>V</sub> : 鉛直震度 —

L : 支持間隔 [mm]

w : 主要給気管の単位長さ当たりの質量 [kg/mm]

g : 重力加速度(=9.80665) [m/s<sup>2</sup>]

### ○評価結果

配管分類	主要給気管(鋼管)				
	SUS304				
配管材料	SUS304				
配管口径	80A	150A	200A	250A	300A
Sch	20S			10S	
設計圧力(MPa)	0.001			0.0005	
1/2Ss450での発生応力(MPa)	14	14	14	13	13
許容応力(MPa)	153	153	153	153	153

※1: 最も応答比が大きい2階の値を使用した。

# 11. 主要排気管(ダクト)の支持間隔評価(1/2)

## ○評価方法

②許容座屈曲げモーメントから定まる支持間隔 :  $L_{R2}$ ※1

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

○許容座屈曲げモーメント :  $M$

$$M = S \cdot M_t$$

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

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

○設計震度:  $\alpha$

$$\alpha = 1 + \sqrt{C_H^2 + C_H^2 + C_V^2}$$

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

※1 出典: 共同研究報告書 機器配管系の合理的な耐震設計手法の確立に関する研究

# 11. 主要排気管(ダクト)の支持間隔評価(2/2)

追加説明

## ○評価結果

評価部材	主要排気管(ダクト)		
材料	SS400		
設計温度(°C)	60		
寸法(mm)	559.0×559.0	659.0×659.0	φ706.4※ <sup>1</sup>
板厚(mm)	4.5	4.5	3.2
①ダクト系の固有振動数より定まる支持間隔(m)	6.6	7.1	7.0
②許容座屈曲げモーメントから定まる支持間隔(m) (設計震度1Gの場合)	57.8	55.3	42.2
③許容座屈曲げモーメントから定まる支持間隔(m) (1/2Ss450の場合)	37.3	35.7	27.2
耐震支持間隔(=Min[①, ②, ③])(m)	6.6	7.1	7.0

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

## 12. まとめ

一部改訂

第2棟の機器・配管系について、1/2Ss450に対する耐震性評価を行った。

○JEAC4601を参考にした評価式による1/2Ss450に対する耐震性評価を行った。

- ・一例として鉄セル遮へい体の評価の詳細を示し、発生応力が許容応力を下回ることを確認した。
- ・その他の機器・配管系についても1/2Ss450に対する耐震性評価を行い、すべての設備に対して耐震性を有していることを確認した。

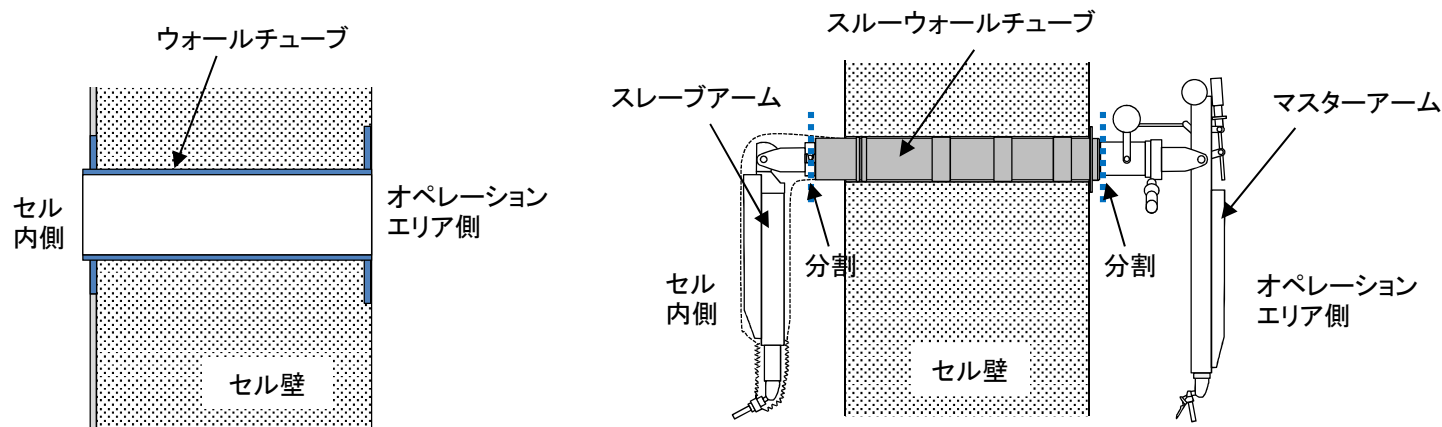
剛構造以外の設備については、コンクリートセル及び鉄セルの附帯設備であるマニプレータがある。以下の観点から問題ないと判断している。

### コンクリートセル

コンクリートセルのマニプレータ用ウォールチューブはセル壁内の埋込金物に支持され、セル壁と一体となる。

マニプレータは3分割構造であり、据え付けはスルーウォールチューブをウォールチューブ内に収めて使用できるようにする。

地震によりスレーブアーム、マスターアームが破損したとしても、スルーウォールチューブはセル壁と一体で揺れるので脱落することはない、コンクリートセルのバウンダリは確保される。



### 鉄セル

公衆の被ばく線量評価に鉄セルの閉じ込め機能は見込んでおらず、地震時に鉄セルのマニプレータが破損しても、耐震クラス分類に影響を与える公衆の被ばく線量の増加はない。

放射性物質分析・研究施設第2棟に係る  
実施計画の変更認可申請について  
(第2棟の廃炉影響について)

2023年1月24日

東京電力ホールディングス株式会社  
国立研究開発法人日本原子力研究開発機構



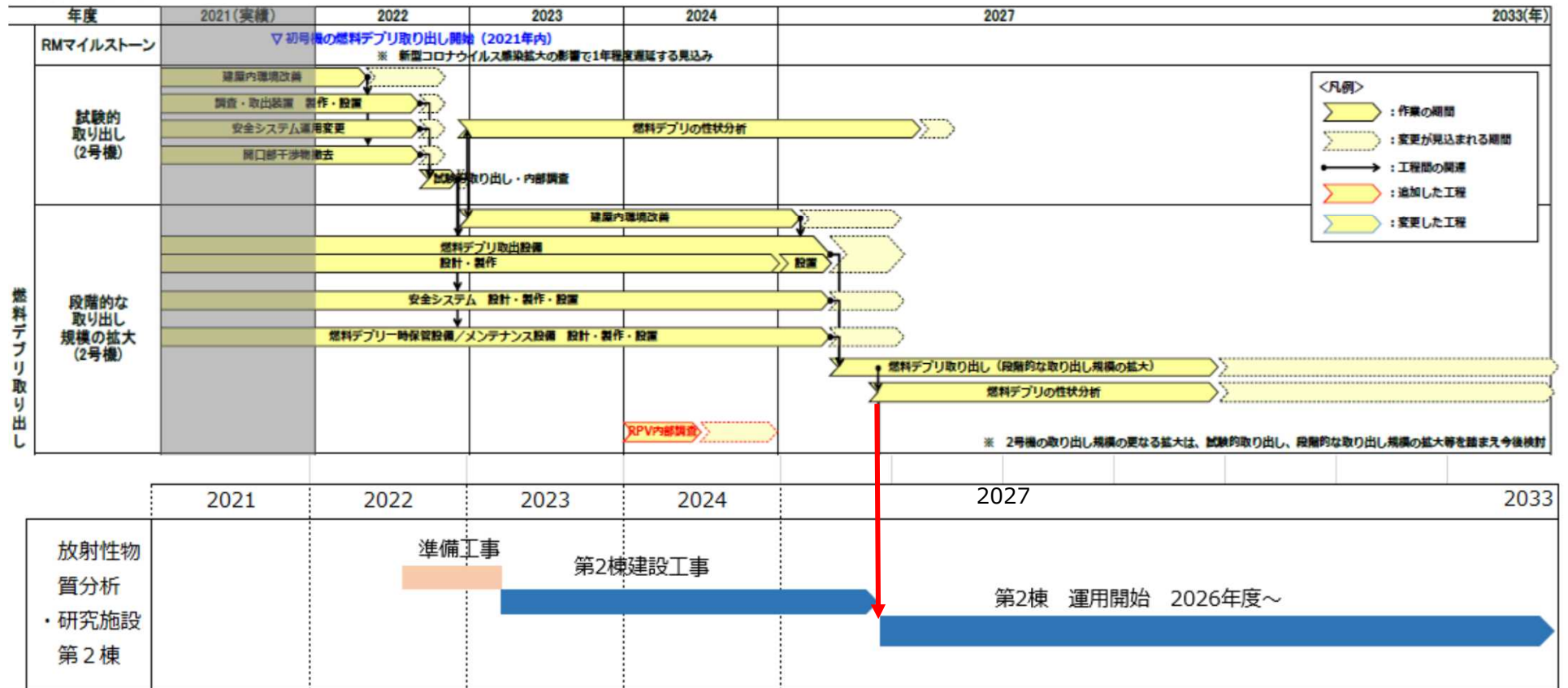


# 1 - 1 . 第2棟の必要な時期について

- 燃料デブリの段階的な取り出し規模の拡大については2020年代半ばを予定
- 取り出したデブリの性状把握のためには第2棟は2020年代半ばには運用開始を準備する必要あり
- 構外の分析施設では少量しか運搬できないため構内に設置する第2棟が必要になる

廃炉中長期実行プラン2022

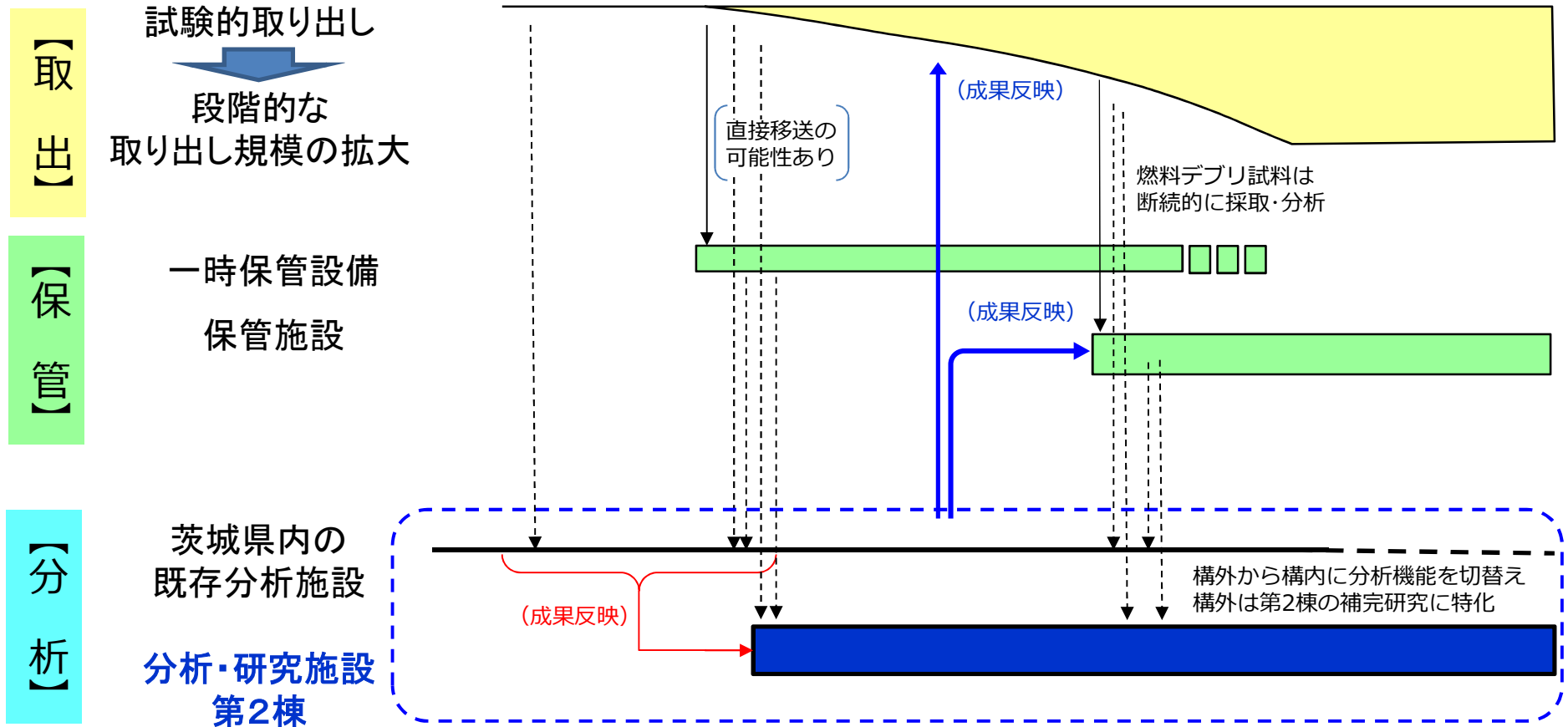
燃料デブリ取り出しスケジュールについては廃炉中長期実行プラン2022より抜粋（2022年3月31日）



# 1-2. 第2棟の役割について

2021年3月18日 規制庁面談資料 資料1 p1 一部修正

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



- ・既存分析施設で検証された分析手法等は、分析・研究施設第2棟の設計等にその成果を反映。
- ・取り出し規模の拡大以降の分析成果は、取り出し設備の見直しや燃料デブリ保管施設の設計に反映。

- > 燃料デブリ試料
- > 燃料デブリ

番号	審査項目	指摘内容	指摘日	事業者回答	回答日	状況	指摘手段	備考
182	耐震設計	暫定的な耐震クラスに係る安全機能を失った際の公衆被ばく影響評価に関して、臨界量以上の燃料デブリを扱う設備については臨界防止機能が喪失した場合の影響も考慮すること。	2022/11/25	臨界量以上の燃料デブリを扱う設備については、臨界防止機能が喪失した場合の影響を資料1のP.3, 30に記載した。	2023/1/24			
183	耐震設計	建屋の耐震をSクラスとしているため、その遮へい効果に期待して設備はB+として評価しているが、冒頭でこの考え方のロジックの説明を記載すること。	2022/11/25	建屋のSs900の耐震性評価の結果を踏まえ、設備はB+クラスとするロジックを資料1のP.2,16に記載した。	2023/1/24			
184	耐震設計	消火設備等は放射性物質を内包する設備ではないが、地震により他設備の安全機能に影響を与える場合(例えば消火できずにセルの排気フィルタが消失等)は、安全機能の重要度に応じて当該設備と同じ耐震性を確保すること。	2022/11/25	消火設備が地震により他設備の安全機能に影響を与えないことを資料1のP.24に記載した。	2023/1/24			
185	耐震設計	建屋、コンクリートセルの除染係数として10という値を用いているが、一律にこの値を用いる根拠について説明すること。	2022/11/25	建屋、コンクリートセルの除染係数として10という値を用いる根拠を資料1のP.25に記載した。	2023/1/24			
186	耐震設計	設計の見直しにより第2棟の運用開始が大幅に遅延した場合は廃炉活動に影響ありとのことであるが、デブリの段階的取り出し作業の進捗状況を踏まえて具体的に説明すること。	2022/11/25	デブリ取り出しの工程と第2棟の役割について資料5に記載した。	2023/1/24			
187	耐震設計	資料1の耐震評価の考え方において、「原子力発電所耐震設計技術規程(JEAC4601)」を引用しているが、当該規程は原子力規制委員会としてエンドースしていないものであり、元の論文を引用する等、適切な形で評価すること。	2022/11/25	JEAC4601の元文献を調査したが、入手が難しい文献が多数あり、元文献にたどりつけなかった。そのため、資料1～4をとおして「JEAC4601に基づき」という記載を「JEAC4601を参考に」という記載に修正した。	2023/1/24			
188	耐震設計	資料1の耐震評価の考え方における耐震上の具体的な要求事項について、全体的に定性的な表現ではなく、評価結果の実態も考慮して、評価結果との関係で理解し易いような表現に改めること。	2022/11/25	資料1のP.16に記載した耐震上の具体的な要求事項について、評価結果の実態を考慮した記載に見直した。	2023/1/24			
189	耐震設計	について、コンクリートセルとの高さ関係の取り合いが分かる図を示すとともに、セルとで内張鋼板によって閉じ込め機能を果たす構造である旨の説明を追記すること。	2022/11/25	コンクリートセルとの高さ関係の取り合いが分かる図及びセルとで内張鋼板によって閉じ込め機能を果たす構造である旨の説明を資料1のP.20-21に記載した。	2023/1/24			
190	耐震設計	資料2及び資料3の地盤モデルの設定根拠に関して、地盤調査の内容等を資料1に明示すること。また使用済燃料乾式キャスク仮保管設備の地盤物性をを用いることとした根拠等についても明示すること。	2022/11/25	地盤調査の内容等を資料2のP.23-26に記載した。	2023/1/24			
191	耐震設計	コンクリートセルについて、現在の評価結果は建屋壁を含めた平均値を用いているが、コンクリートセル壁は建屋壁と厚さなどが異なることから、建屋とコンクリートセルを分離して評価すること。また、許容限界の考え方について、建屋の間接支持機能だけでなく、コンクリートセルの遮蔽機能及び閉じ込め機能に対しても整理すること。	2022/11/25	建屋とコンクリートセルを分離して評価した結果及びその結果を踏まえ、コンクリートセルの遮蔽機能及び閉じ込め機能について資料2のP.17に整理した。	2023/1/24			
192	耐震設計	耐震評価の対象とする設備について、対象設備を類型化した上で、床応答加速度、評価対象部位や許容応力の設定の考え方を含めそれぞれどのような評価を行うのか説明すること。また、今回の評価結果については、剛構造であることを前提とした評価を行っているが、その根拠となる固有値解析結果等を示すとともに、剛構造以外の設備(例えば評価対象となっていない設備としてマニピュレータ等)はどのように評価しているのか説明すること。	2022/11/25	①耐震評価の対象設備を類型化し、固有周期について資料4のP.2に記載した。 ②評価対象部位が基礎ボルトであることを資料4のP.3に記載した。 ③許容応力状態(供用状態)がCsであることを資料4のP.3に記載した。 ④1/2Ss450の設計用震度の導出方法を資料4のP.4-5に記載した。 ⑤剛構造以外の設備(マニピレータ等)について、耐震性評価が不要である根拠を資料4のP.17に記載した。	2023/1/24			
193	耐震設計	耐震クラスの見直しによる耐震評価において、耐震Bクラス設備に適用される静的震度(1.8G)を用いた加速度の応答比倍率による評価を示しているが、措置を講ずべき事項では、適切な耐震上の区分の設定とそれに応じた設計用地震力に十分耐えることを要求していることから、変更申請においては適用する地震動による評価内容を提示すること。	2022/11/25	JEAC4601を参考にした評価を実施した結果を資料4のP.7-15に記載した。	2023/1/24			

# 放射性物質分析・研究施設第2棟の設置に関連した 措置を講ずべき事項の補足説明資料の構成について

2023年1月

東京電力ホールディングス株式会社  
国立研究開発法人日本原子力研究開発機構



# 1. 補足説明資料に関する確認事項について

---

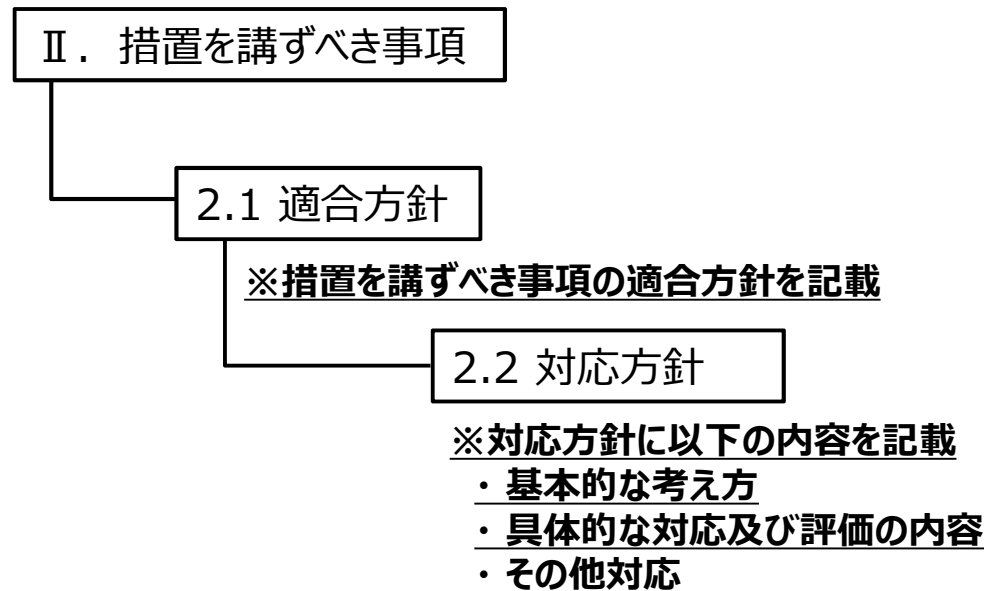
- 放射性物質分析・研究施設第2棟の設置に関連した措置を講ずべき事項の補足説明資料について

放射性物質分析・研究施設第2棟の設置に関連した措置を講ずべき事項の補足説明資料（以下「補足説明資料」という。）については、実施計画、2021年6月9日面談時の補足説明資料を参考にとりまとめている。次頁に示す補足説明資料の構成、作成方針について、確認をお願いしたい。

## 2. 補足説明資料の構成及び作成方針について（1/3）

### 補足説明資料の構成について

- 措置を講ずべき事項に対し、それぞれ適合方針及び対応方針を示した上で、その具体的な対応及び必要な評価の内容について記載する。  
なお、記載内容及びその程度は、「ALPS処理水希釈放出設備」等を参考とする。

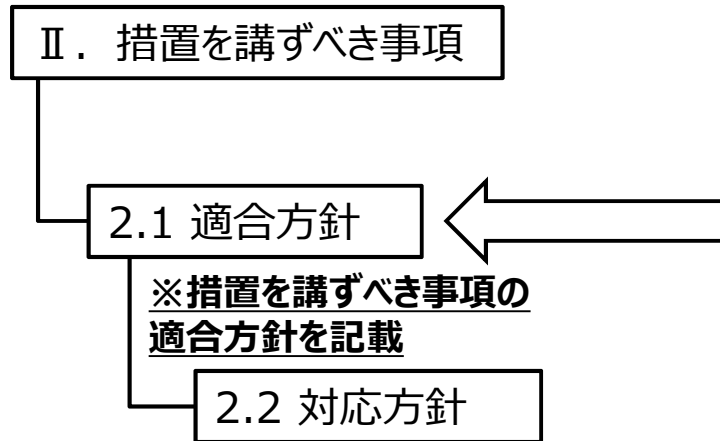


次頁に、各項目の作成方針、確認事項を示す。

## 2. 補足説明資料の構成及び作成方針について（2/3）

### 2.1 適合方針の作成方針について

- 2.1 適合方針は、下記の点線内に基づき記載する。



#### （記載内容）

- ・措置を講ずべき事項への適合方針について、第2棟実施計画 2.48.1.3 設計方針から引用して記載する。ただし、第2棟実施計画からそのまま引用ができない場合（文体でない場合等）は、実施計画、“実施計画に係る補足説明資料（2021年6月9日）”に基づき、概要を記載する。
- ・実施計画「II 特定原子力施設の設計、設備」の「1 設計、設備について考慮する事項」において、放射性物質分析・研究施設第2棟と関連のない記載も含めて、記載する（確認事項）。

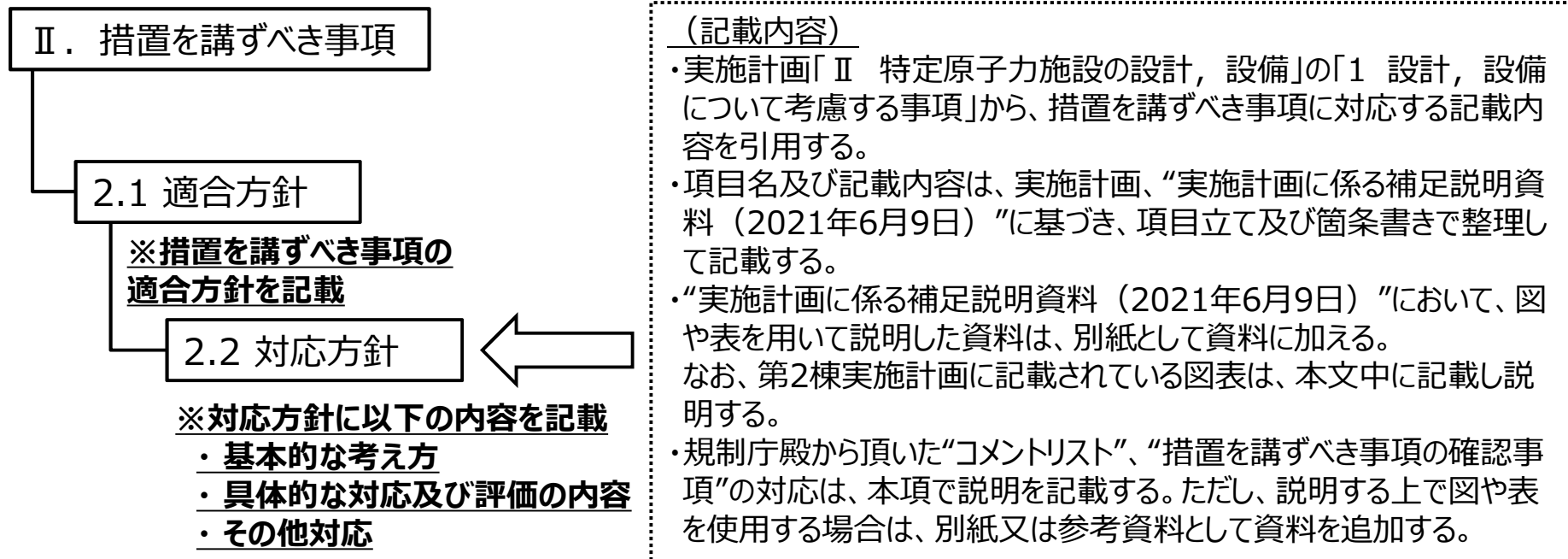
#### ※対応方針に以下の内容を記載

- ・ 基本的な考え方
- ・ 具体的な対応及び評価の内容
- ・ その他対応

## 2. 補足説明資料の構成及び作成方針について (3/3)

### 2.2 対応方針の作成方針について

○ 2.2 対応方針は、下記の点線内に基づき記載する。



➤ 以上の方針に基づき、補足説明資料を作成する。



## 『特定原子力施設の指定に際し東京電力株式会社福島第一原子力発電所に対して求める措置を講ずべき事項』 該当項目の整理表 (案件：放射性物質分析・研究施設第2棟)

目次	該当項目	理由
I 全体工程及びリスク評価について講ずべき事項	-	本施設の申請によって、全体工程やリスク評価の変更が生じないため
II 設計、設備について措置を講ずべき事項		(各項目参照)
1 原子炉等の監視	-	本申請は、RPV/PCV/SFP内の使用済み燃料等に関する内容ではないため
2 残留熱の除去	-	本申請は、RPV/PCV内の燃料デブリ、SFP内の燃料体に関する内容ではないため
3 原子炉格納施設雰囲気等の監視等	-	本申請は、PCV内の気体に関する内容ではないため
4 不活性雰囲気等の維持	-	本申請は、RPV/PCV内の可燃性ガスに関する内容ではないため
5 燃料取出し及び取り出した燃料の適切な貯蔵・管理	-	本申請は、SFPからの燃料の取出しに関する内容ではないため
6 電源の確保	○	本申請にて設置する第2棟は、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ため
7 電源喪失に対する設計上の考慮	-	本申請は、全交流電源喪失時のRPV/PCV内やSFPへの冷却に関する内容ではないため
8 放射性固体廃棄物の処理・保管・管理	○	本申請にて設置する第2棟は、分析作業等により放射性固体廃棄物が発生するため
9 放射性液体廃棄物の処理・保管・管理	○	本申請にて設置する第2棟は、分析作業等により放射性液体廃棄物が発生するため
10 放射性気体廃棄物の処理・管理	○	本申請にて設置する第2棟は、分析作業等により放射性気体廃棄物が発生するため
11 放射性物質の放出抑制等による敷地周辺の放射線防護等	○	本申請により、敷地境界線量の値が変更となるため
12 作業員の被ばく線量の管理等	○	本申請にて設置する第2棟は、作業員の被ばく線量の管理を行うべき施設であるため
13 緊急時対策	○	本申請にて設置する第2棟は、特定原子力施設内に位置するため
14 設計上の考慮		(各項目参照)
① 準拠規格及び基準	○	本申請にて設置する第2棟は、果たすべき安全機能の重要度を考慮して、適切と認められる規格及び基準によるものである必要があるため
② 自然現象に対する設計上の考慮	○	本申請にて設置する第2棟は、適切と考えられる設計用地震力に十分耐えられる設計である必要があるため 本申請にて設置する第2棟は、地震以外の想定される自然現象によって、安全性が損なわれない設計である必要があるため
③ 外部人為事象に対する設計上の考慮	○	本申請にて設置する第2棟は、安全機能を有する構築物、系統及び機器に該当するため
④ 火災に対する設計上の考慮	○	本申請にて設置する第2棟は、火災により施設の安全性を損なうことのない設計である必要があるため
⑤ 環境条件に対する設計上の考慮	○	本申請にて設置する第2棟は、経年事象を含む全ての環境条件に適合できる設計である必要があるため
⑥ 共用に対する設計上の考慮	-	本申請にて設置する第2棟は、施設間で共用する構築物、系統及び機器がないため
⑦ 運転員操作に対する設計上の考慮	○	本申請にて設置する第2棟は、運転員の誤操作を防止する適切な措置を講じる必要があるため
⑧ 信頼性に対する設計上の考慮	○	本申請にて設置する第2棟は、十分に高い信頼性を確保し、かつ維持しうる設計である必要があるため
⑨ 検査可能性に対する設計上の考慮	○	本申請にて設置する第2棟は、それらの健全性及び能力を確認する検査ができる設計である必要があるため
15 その他措置を講ずべき事項	○	本申請にて設置する第2棟は、上記に加えて、燃料デブリ等の取扱い及び臨界安全に係る措置を講じる必要があるため
III 特定原子力施設の保安のために措置を講ずべき事項	○	本申請により保安体制の変更及び敷地境界線量の値が変更となるため
IV 特定核燃料物質の防護のために措置を講ずべき事項	(○)	本申請にて設置する第2棟は、特定核燃料物質の防護に関わる措置が必要なため(本申請とは別申請で対応)
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	-	本申請にて設置する第2棟は、燃料デブリの取り出しに直接関連する施設でないため
VI 実施計画を策定するにあたり考慮すべき事項	-	本申請は、新規に実施計画の変更申請を行うことから、下記1～3に該当しないため 1. 法第67条第1項の規定に基づく報告の徴収に従って報告している計画等 2. 原子力安全・保安院からの指示に従い、報告した計画等 3. 法の規定に基づき認可を受けている規定等
VII 実施計画の実施に関する理解促進	-	本申請によって、理解促進に関する取り組みに変更はないため
VIII 実施計画に係る検査の受検	-	本変更申請によって、検査受検の考え方に変更はないため

## 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

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予備電源設備を設置する。

(実施計画: II-2-48-8)

#### 2.6.2 対応方針

##### (1) 設計, 設備について考慮する事項

- 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)

##### (2) 措置を講ずべき事項への具体的な対応方針

第2棟は, 重要度の特に高い安全機能や監視機能を有する構築物, 系統及び機器には該当しないが, 燃料デブリ等を取り扱うため, 外部電源系, 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が必要である。電源確保について具体的な方針を以下に示す。

##### ① 外部電源の信頼性について

新福島変電所から常時2系統 (大熊線3号及び4号) の外部電源を福島第一原子力発電所南側66kV開閉所が受電する。南側66kV開閉所は二重母線構成のため, 大熊線3号及び4号いずれかが停止となっても, 所内共通変圧器2台への電力供給は維持される。また, 新福島変電所からの2回線が停止している場合には, 東北電力 富岡変電所から受電する。

万一、外部電源が喪失した場合でも、予備電源から必要な設備に給電する。

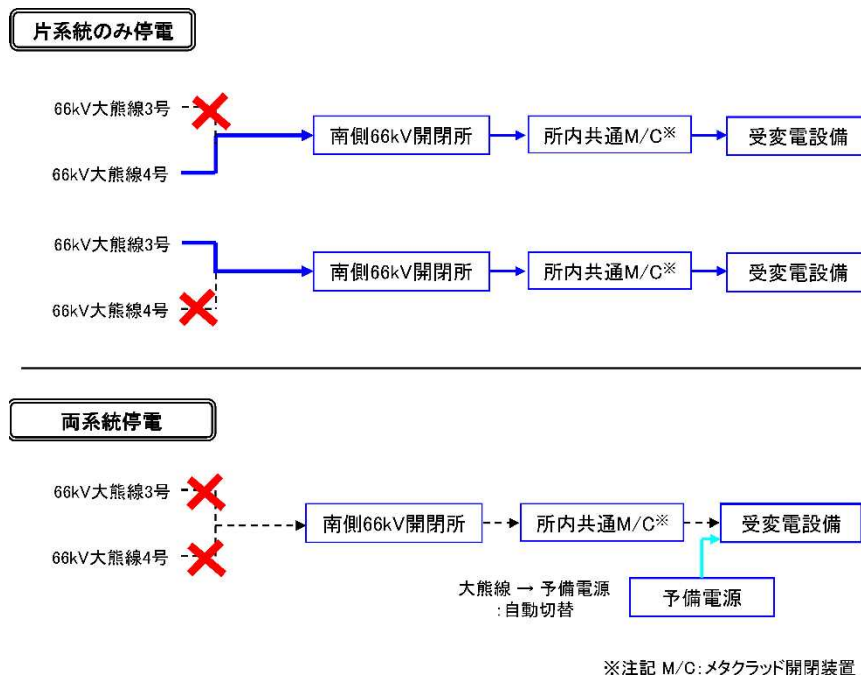


図 2.6-1 外部電源喪失時の給電状況

② 電力系統上の機器の故障について

福島第一原子力発電所の所内高圧母線を構成するメタルクラッド開閉装置（以下「所内共通 M/C」という。）には、保護継電器が設置されており、所内高圧母線及び所内高圧母線に接続する設備で事故が発生した場合に異常を検知し、その拡大及び伝播を防止する。また、第 2 棟受変電設備の高圧母線においても、保護継電器を設置し、異常を検知しその拡大及び伝播を防止する。

(3) 措置を講ずべき事項へのその他対応方針

その他の対応方針を以下に示す。

① 電源の所掌区分について

複数の外部電源を受ける福島第一原子力発電所南側 66kV 開閉所から所内高圧母線（所内共通 M/C 間を連係したもの）までを東京電力ホールディングス株式会社（以下「東電 HD」という。）の所掌とし、第 2 棟近傍の所内共通 M/C から第 2 棟までを国立研究開発法人日本原子力研究開発機構（以下「JAEA」という。）が所掌する。

② 外部電源喪失時について

2 系統の外部電源が同時に喪失した場合は、第 2 棟屋外に設置する予備電源（ディーゼル発電機 1000kVA）が自動起動し電圧確立後に必要な設備（放射線管理設備系統、排気設備系統、消防設備系統等）へ給電する。

放射性物質分析・研究施設第2棟の電源系統について

福島第一原子力発電所南側 66kV 開閉所から第2棟までの電源系統を図 2.6.1-1 に示す。

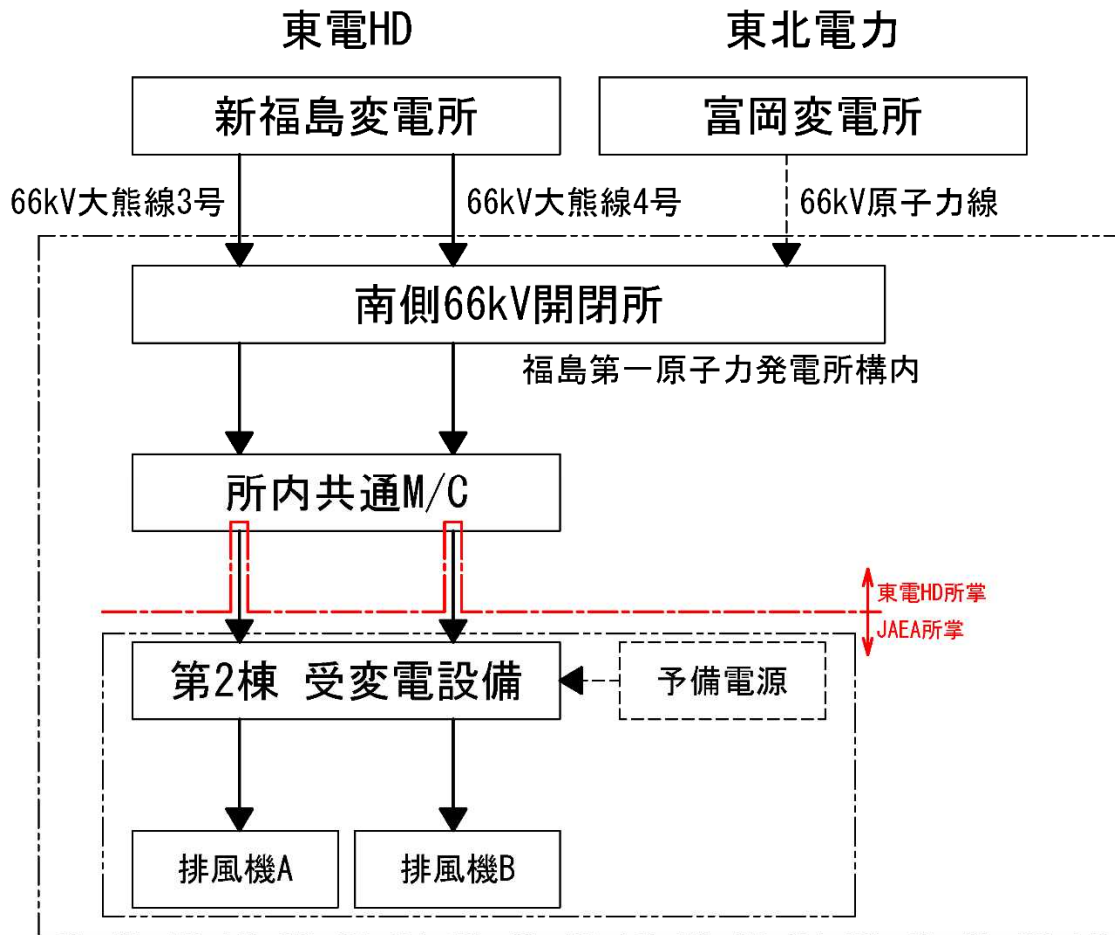


図 2.6.1-1 第2棟電源系統概略構成図

機器の故障への対応

第2棟を負圧に維持に機能するための機器は、複数基（2基の内1基は予備）設置し、1基が故障した場合でも待機している予備基にて負圧を維持する設計としている。

なお、予備機の排気能力はもう一方の排風機と同じであるため、予備機の運転に切り替わった場合でも、第2棟の排気能力は維持される。

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

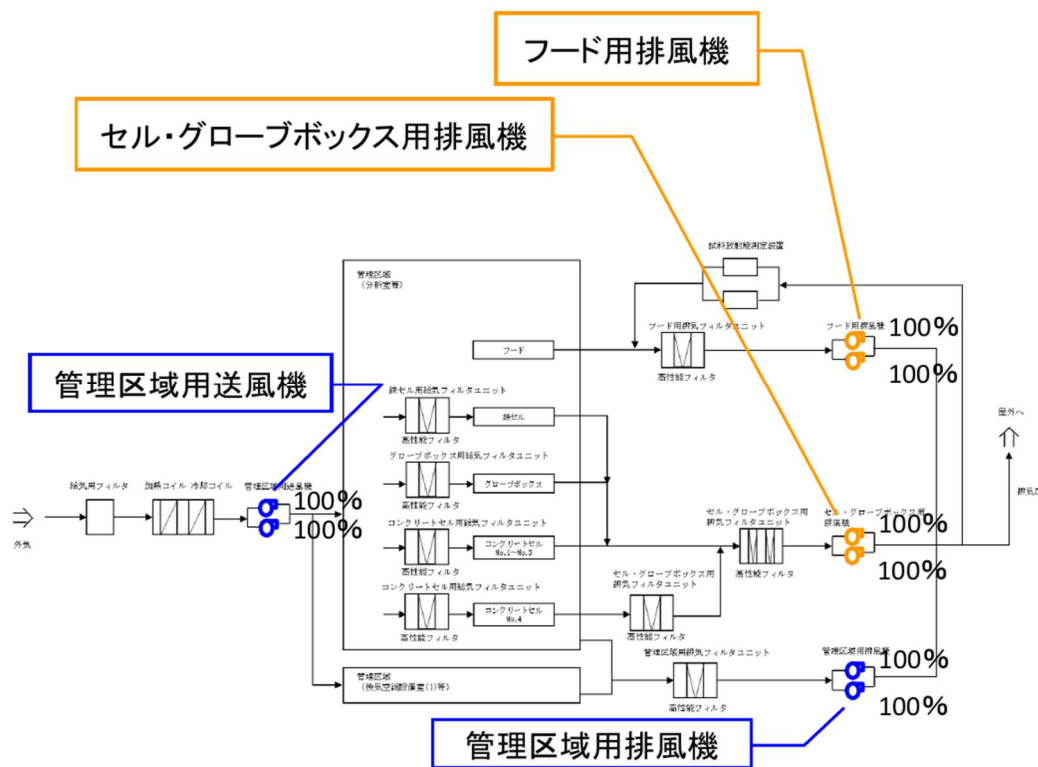


図2.6.2-1 機器故障に係る換気空調設備の概略系統図

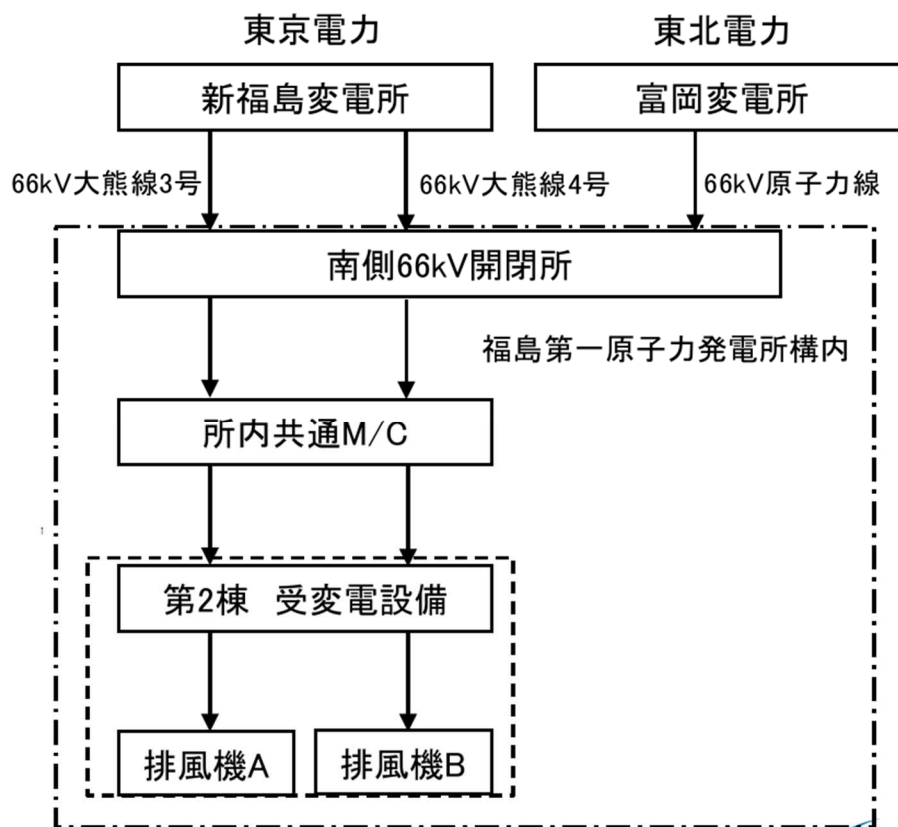


図2.6.2-2 機器故障に係る電源系統の概略構成図

## 2.8 放射性固体廃棄物の処理・保管・管理



## 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

#### 8. 放射性固体廃棄物の処理・保管・管理

- 施設内で発生する瓦礫等の放射性固体廃棄物の処理・貯蔵にあたっては，その廃棄物の性状に応じて，適切に処理し，十分な保管容量を確保し，遮へい等の適切な管理を行うことにより，敷地周辺の線量を達成できる限り低減すること。

#### 2.8.1 措置を講ずべき事項への適合方針

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

（実施計画：II-2-48-2）

#### 2.8.2 対応方針

##### (1) 設計，設備について考慮する事項

###### ○ 廃棄物の性状に応じた適切な処理

放射性固体廃棄物や事故後に発生した瓦礫等の放射性固体廃棄物等については，必要に応じて減容等を行い，その性状により保管形態を分類して，管理施設外へ漏えいすることのないよう一時保管または貯蔵保管する。

###### ○ 十分な保管容量の確保

放射性固体廃棄物や事故後に発生した瓦礫等については，これまでの発生実績や今後の作業工程から発生量を想定し，既設の保管場所内での取り回しや追加の保管場所を設置することにより保管容量を確保する。

###### ○ 遮へい等の適切な管理

作業員への被ばく低減や敷地境界線量を低減するために，保管場所の設置位置を考慮し，遮へい，飛散抑制対策，巡視等の保管管理を実施する。

###### ○ 敷地周辺の線量を達成できる限り低減

上記を実施し，継続的に改善することにより，放射性固体廃棄物や事故後に発生した瓦礫等からの敷地周辺の線量を達成できる限り低減する。

（実施計画：II-1-8-1）

(2) 措置を講ずべき事項への具体的な対応方針

具体的な対応方針を以下に示す。

① 放射性の固体廃棄物に係る考慮

- i) 低線量の第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棟内の固体廃棄物払出準備室にて一時的に保管できるように、固体廃棄物払出準備設備を設置する。
- ii) 固体廃棄物払出準備室と隣接する部屋間の壁は、線量率区分に基づき遮へいを考慮する（壁厚を確保する）。
- iii) 低線量の第2棟固体廃棄物は、可燃物、難燃物及び不燃物に分類し、収納容器に入れた後、8個の専用容器（以下「角型容器」という。）に一時的に保管する。分別の一例を以下に示す。
  - ・ 可燃物：紙・ウエス類、プラスチック・ポリ・ビニール類（塩ビを除く）、その他
  - ・ 難燃物：ゴム類、その他
  - ・ 不燃物：金属ガラ、塩化ビニール類（PVC バッグ等）、その他
- iv) 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。
- v) 除染資材等に付着した燃料デブリ等の切断粉等は核燃料物質として管理する。なお、除染資材等に付着した核燃料物質は分離して回収できないため、固体廃棄物に分類する。
- vi) 高線量の第2棟固体廃棄物は、遮へい容器を利用して搬出する。
- vii) 第2棟内の汚染管理、漏えい検知等を考慮し、各エリアに放射線を監視する設備を設置する。
- viii) 想定する高線量の第2棟固体廃棄物の発生量は約 2.1m<sup>3</sup>/年、低線量の第2棟固体廃棄物の発生量は可燃物で約 8.7m<sup>3</sup>/年、難燃物で約 1.4m<sup>3</sup>/年及び不燃物で約 10m<sup>3</sup>/年である。
- ix) 核燃料物質が含まれる高線量の第2棟固体廃棄物の保管方法について、保障措置に関する検討等を踏まえて決定する。
- x) 第2棟固体廃棄物発生量については今後保管管理計画及び実施計画に織り込む。
- xi) 第2棟固体廃棄物の核種組成等の分析については今後具体化する。

(3) 措置を講ずべき事項へのその他対応方針

その他対応方針を以下に示す。

① 第2棟設置工事に伴い発生する汚染廃棄物について

第2棟設置工事は、「東日本大震災により生じた放射性物質により汚染された土壌等を除染するための業務等に係る電離放射線障害防止規則」の適用エリアの外で行われるため、汚染廃棄物（放射性廃棄物）は発生しないと想定している。

② 第2棟固体廃棄物の分類について

第2棟固体廃棄物は、以下のような分類を想定している。

i) 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とする（核燃料物質が含まれるものは、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。）。

ii) 低線量の第2棟固体廃棄物

第2棟で発生する固体状の放射性廃棄物で、線量が低いもの（1mSv/h未満）、かつ核燃料物質が含まれないものとする。低線量の第2棟固体廃棄物は、可燃物3種類（紙・ウエス類、プラスチック・ポリ・ビニール類（塩ビ除く）、その他）、難燃物2種類（ゴム類、その他）、不燃物3種類（金属ガラ、塩化ビニール類（PVCバッグ等）、その他）の8種類に分類する。

第2棟固体廃棄物の分類の仕方については、当面の間は線量での分類とするが、第2棟運用開始後の燃料デブリ等の分析を進めていく中で、第2棟固体廃棄物の構成核種等を考慮した管理を検討する。

③ 高線量の第2棟固体廃棄物の管理方法について

i) 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核燃料物質としての管理を徹底し、金属容器に収納し、                      
                     試料ピットにて一時的に保管する。一時的に保管する期間について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とし、2ヵ月に1回程度の頻度で払い出すことを想定している。

ii) 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。一時的に保管する期間について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とし、2ヵ月に1回程度の頻度で払い出すことを想定している。

④ 第2棟固体廃棄物の線量の測定方法について

第2棟固体廃棄物の線量の測定方法を以下に示す。

i) 高線量の第2棟固体廃棄物

高線量の第2棟固体廃棄物の線量測定は、コンクリートセルからの搬出時にポート部又はインセルモニタで行うことを想定している。

ii) 低線量の第2棟固体廃棄物

低線量の第2棟固体廃棄物の線量測定は、収納容器を梱包した際に行うことを想定している。

⑤ 除染資材等に付着した燃料デブリ等の切断粉等について

i) 回収可能な燃料デブリ等の切断粉等は、核燃料物質として管理を行う。

ii) 除染資材等に付着した燃料デブリ等の切断粉等は、核燃料物質として管理を行った上で、高線量の第2棟固体廃棄物として管理する。

第2棟固体廃棄物について

第2棟固体廃棄物は、コンクリートセル、鉄セル、グローブボックス、フードで行う燃料デブリ等の前処理、分析及び管理区域における作業により発生する。その主な発生場所及び廃棄物の種類並びに発生量を図2.8.1-1及び図2.8.1-2のフローに示す。

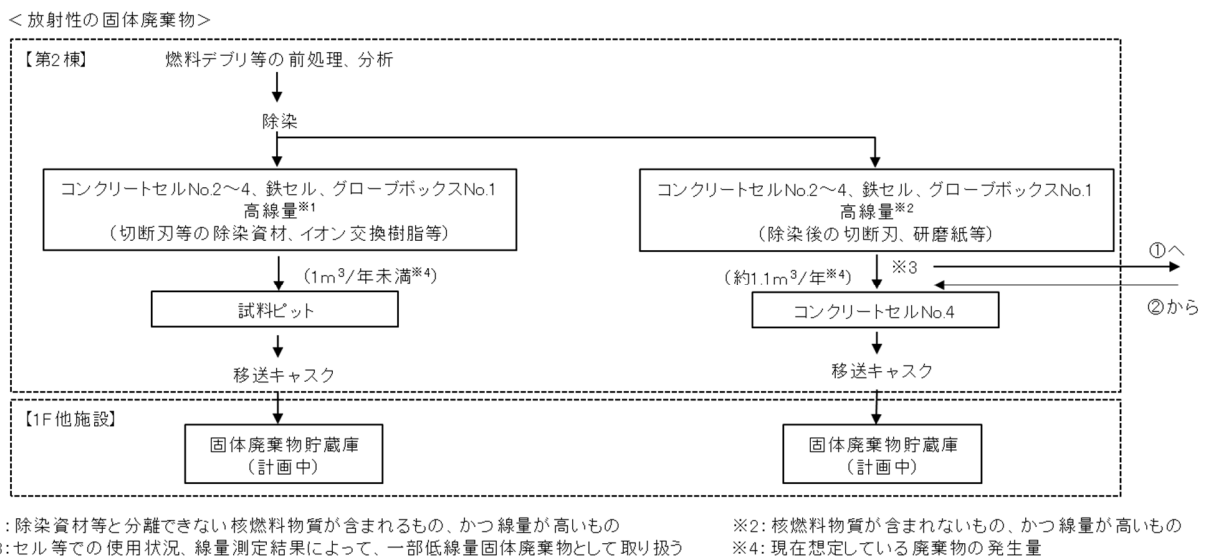


図2.8.1-1 第2棟固体廃棄物に係る概略フロー (1/2)

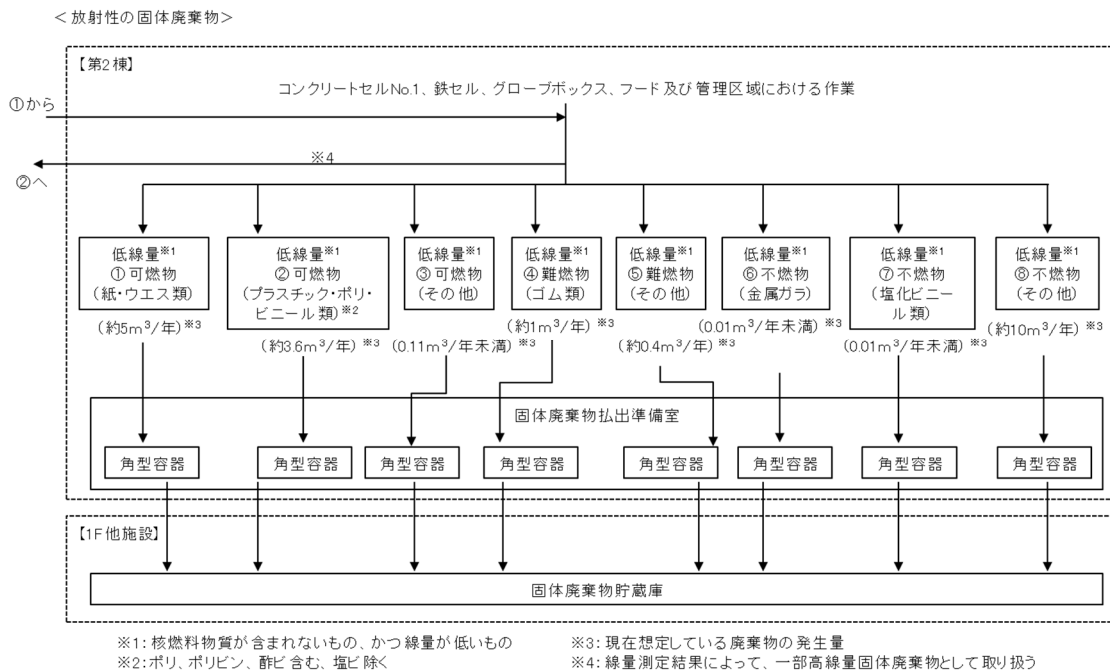


図2.8.1-2 第2棟固体廃棄物に係る概略フロー (2/2)

## 第2棟固体廃棄物の取扱いについて

第2棟固体廃棄物の取扱いについて、発生エリアからの主な搬出方法、移動手段及び一時保管並びに福島第一原子力発電所内の払出先施設への払い出し方法の概要を以下に示す。

## (1) 低線量の第2棟固体廃棄物（管理区域室内）の取扱い

管理区域室内では、主に定常的な汚染検査等で使用するゴム手袋、スミヤろ紙等が低線量の第2棟固体廃棄物として発生する。

各作業エリアで発生した低線量の第2棟固体廃棄物は、金属容器内の収納容器に詰め、一杯になった後収納容器を梱包し、手押台車等を用いて固体廃棄物払出準備室に運搬して角型容器（金属製）に一時的に保管する。低線量の第2棟固体廃棄物（管理区域室内）の主な取扱いフローを図2.8.2-1に示す。

## (2) 低線量の第2棟固体廃棄物（コンクリートセル）の取扱い

コンクリートセルでは、セル内のメンテナンス作業で使用する養生シート等が低線量の第2棟固体廃棄物として発生する。

コンクリートセル内で発生した低線量の第2棟固体廃棄物は、セル背面遮へい扉を開放した後、気密パネルに設けられたPVCポートを介して搬出する。搬出した低線量の第2棟固体廃棄物を収納容器に詰めた後、手押台車等を用いて固体廃棄物払出準備室に運搬し、角型容器（金属製）に一時的に保管する。低線量の第2棟固体廃棄物（コンクリートセル）の主な取扱いフローを図2.8.2-2に示す。

## (3) 低線量の第2棟固体廃棄物（鉄セル～フードNo.1）の取扱い

鉄セル及びグローブボックスNo.1では、メンテナンス作業で使用する養生シート等が、フードNo.1では、試料の搬出入作業を行うために使用する養生シート、ゴム手袋等が、それぞれ低線量の第2棟固体廃棄物として発生する。

鉄セル及びグローブボックスNo.1で発生した低線量の第2棟固体廃棄物はフードNo.1を經由して搬出する。搬出した低線量の第2棟固体廃棄物の取扱いは前項(1)、(2)と同様とする。低線量の第2棟固体廃棄物（鉄セル～フードNo.1）の主な取扱いフローを図2.8.2-3に示す。

## (4) 低線量の第2棟固体廃棄物（グローブボックスNo.2～No.4、フードNo.2）の取扱い

グローブボックスNo.2～No.4では、分析で使用する消耗品、メンテナンス作業で使用する養生シート等が、フードNo.2では、分析前処理で使用する消耗品、養生シート、ゴム手袋等が、それぞれ低線量の第2棟固体廃棄物として発生する。

グローブボックスNo.2～No.4内で発生した低線量の第2棟固体廃棄物は、グローブボックスの

PVC ポートを介して搬出する。搬出した低線量の第 2 棟固体廃棄物の取扱いは前項(1), (2)と同様とする。また, フードNo.2 から搬出した低線量の第 2 棟固体廃棄物も同様とする。低線量の第 2 棟固体廃棄物 (グローブボックスNo.2~No.4, フードNo.2) の主な取扱いフローを図 2.8.2-4 に示す。

(5) 高線量の第 2 棟固体廃棄物 (コンクリートセル~グローブボックスNo.1) の取扱い

コンクリートセル~グローブボックスNo.1 では, 分析前処理で使用する消耗品, ふき取り除染にて使用した除染資材等が高線量の第 2 棟固体廃棄物として発生する。

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 ██████████ 試料ピットにて金属製の容器に収納した上で一時的に保管する。高線量の第 2 棟固体廃棄物 (コンクリートセル~グローブボックスNo.1) の主な取扱いフローを図 2.8.2-5 に示す。

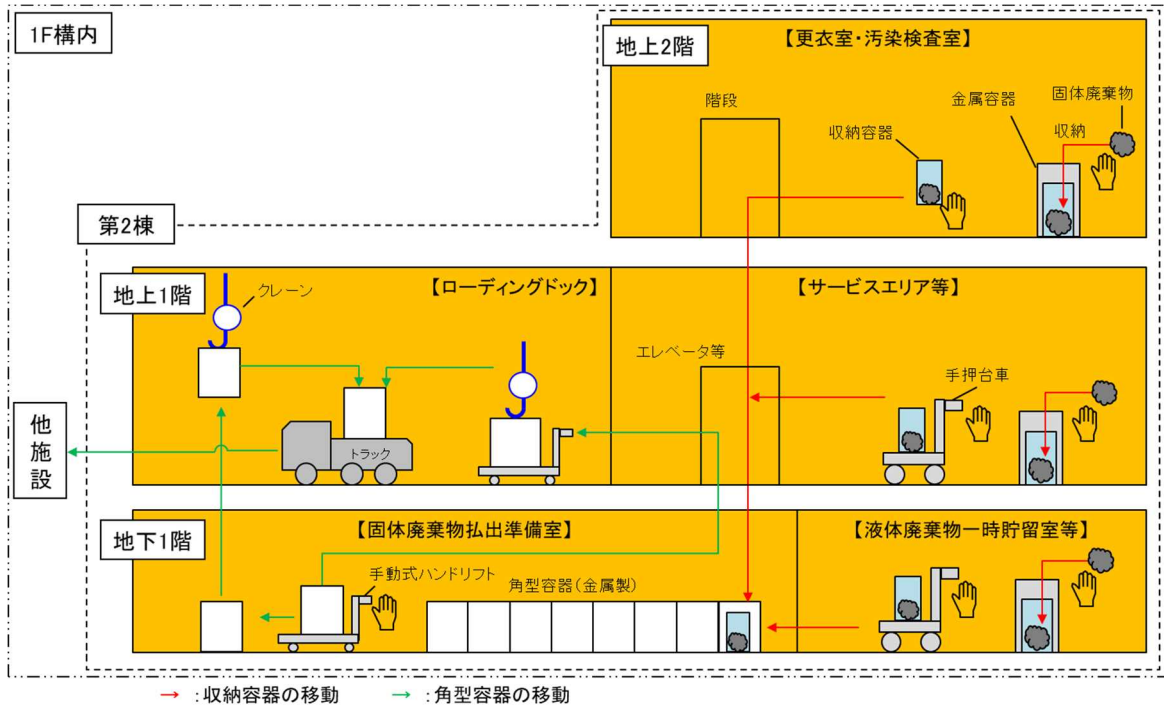
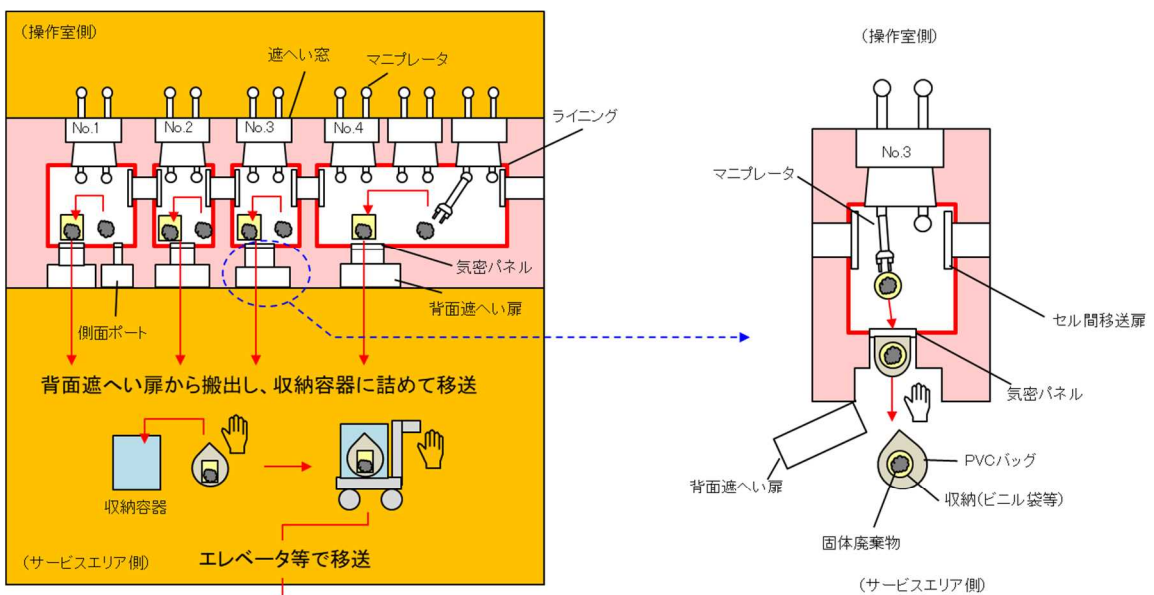


図 2.8.2-1 低線量の第2棟固体廃棄物（管理区域室内）の主な取扱いフロー



固体廃棄物払出準備室にて一時的に保管※1

ローディングドックを経由して1Fへ払い出す※1

コンクリートセルNo.3からの搬出方法例※2

※1: 固体廃棄物払出準備室及び1Fへの払出ルート等は、図2.8.2-1と同様

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

図 2.8.2-2 低線量の第2棟固体廃棄物（コンクリートセル）の主な取扱いフロー



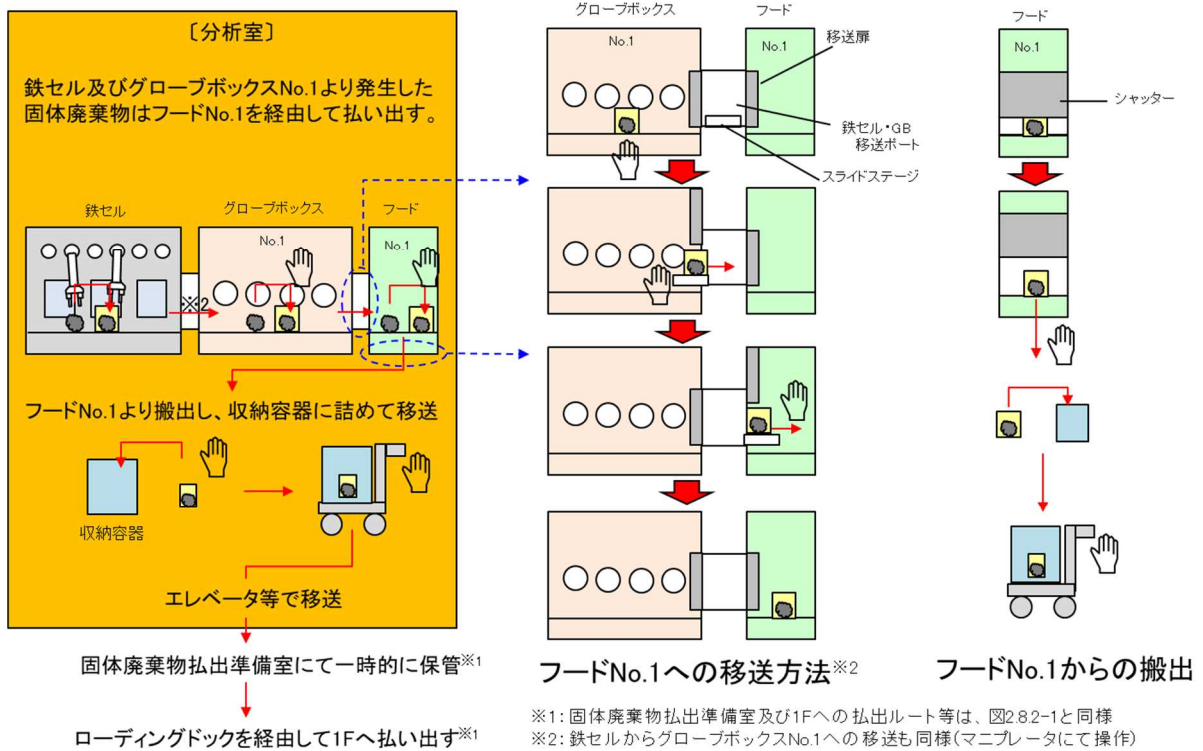


図 2.8.2-3 低線量の第2棟固体廃棄物（鉄セル～フードNo.1）の主な取扱いフロー

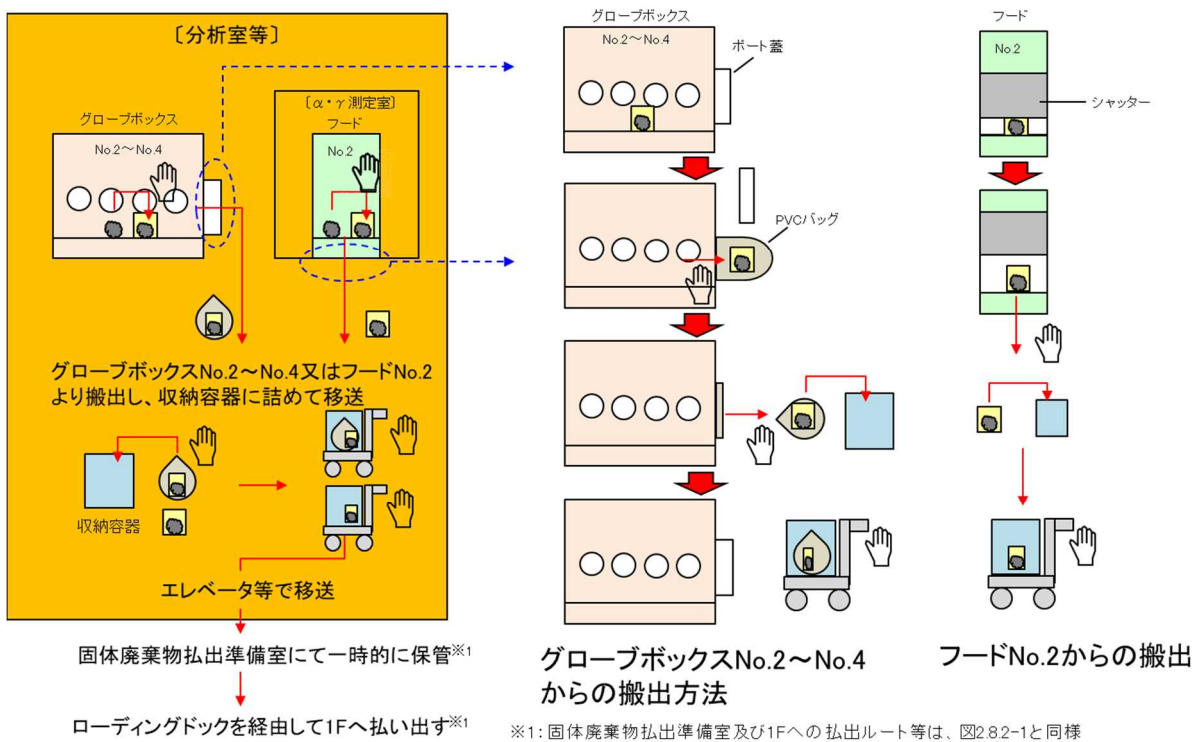
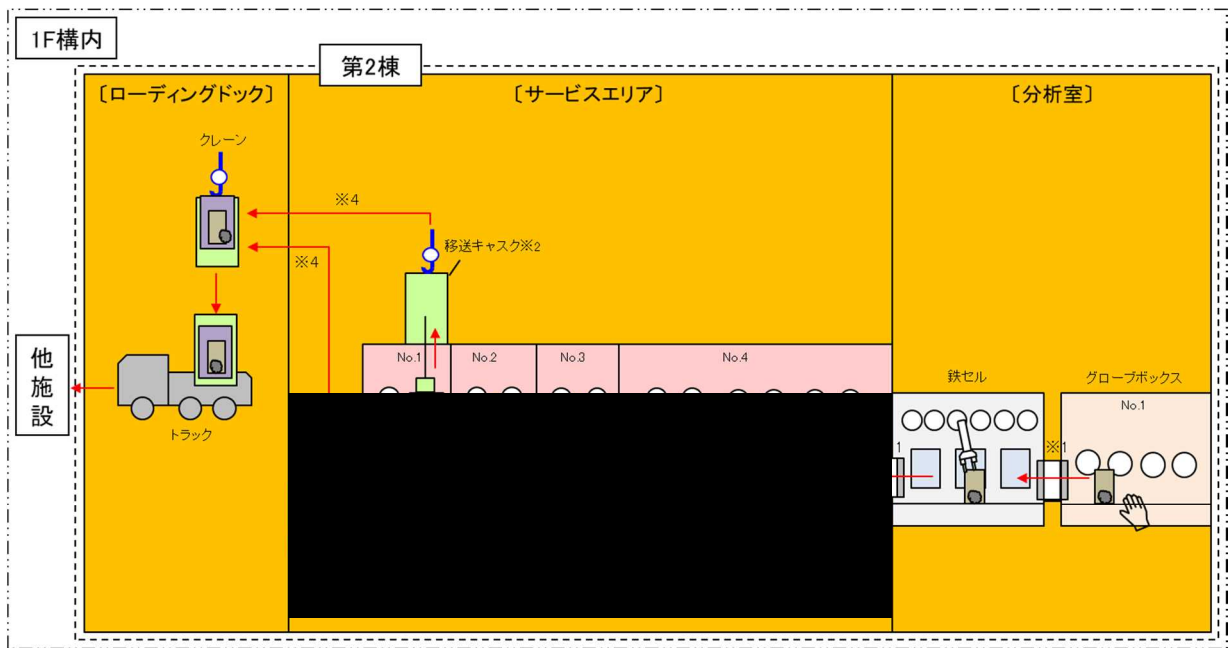


図 2.8.2-4 低線量の第2棟固体廃棄物（グローブボックスNo.2～No.4，フードNo.2）の主な取扱いフロー





- ※1: グローブボックスNo.1～コンクリートセルNo.1まで移送する。
- ※2: トップローディング方式のキャスク(想定: P-3S、TN6-4)をコンクリートセルNo.1天井に接続し、廃棄物を搬出する。
- ※3: サイドローディング方式のキャスク(想定: RD-20)をコンクリートセルNo.1背面に接続し、廃棄物を搬出する。
- ※4: キャスクをサービスエリア～ローディングドックへ移送し、トラック等にて他施設に移送する。

図 2. 8. 2-5 高線量の第 2 棟固体廃棄物（コンクリートセル～グローブボックスNo.1）の  
主な取扱いフロー

固体廃棄物払出準備設備について

固体廃棄物払出準備設備は、低線量の第2棟固体廃棄物を福島第原子力発電所内の払出先施設に払い出すまで、第2棟内に一時的に保管できるように設置する。

固体廃棄物払出準備設備の概要を図2.8.3-1に示す。

【固体廃棄物払出準備設備】

- 重量計 : ひょう量1500kg
- 線量計(表面線量) : 電離箱式サーベイメータ(表面線量)
- 線量計(表面汚染) : GM式サーベイメータ( $\beta$ 、 $\gamma$ )、シンチレーションサーベイメータ( $\alpha$ )
- 手動式ハンドリフト : 最大荷重800kg
- 低線量固体廃棄物収納容器 : 鋼板製1m<sup>3</sup>の角型容器(約600kg/個を想定、合計17個)
  - ・ 8個(材質ごとに分類し一時的に保管)
  - ・ 9個(1Fへ搬出する前の状態)
- 固体廃棄物払出準備室 : 測定機器室、MSM保守/保管室、換気空調設備室(2)との壁及びローディングドックの床に対して遮へいを考慮

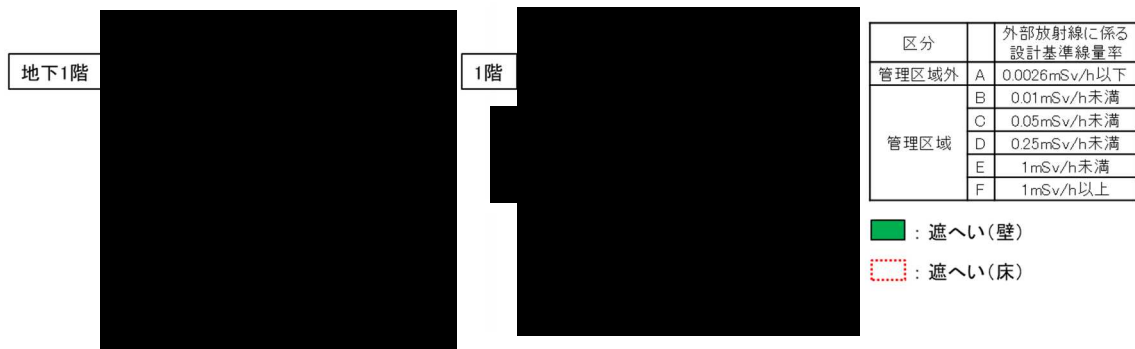


図 2.8.3-1 固体廃棄物払出準備設備に係る主要設備、仕様

## 2.9 放射性液体廃棄物の処理・保管・管理

## 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

#### 9. 放射性液体廃棄物の処理・保管・管理

○施設内で発生する汚染水等の放射性液体廃棄物の処理・貯蔵にあたっては、その廃棄物の性状に応じて、当該廃棄物の発生量を抑制し、放射性物質濃度低減のための適切な処理、十分な保管容量確保、遮へいや漏えい防止・汚染拡大防止等を行うことにより、敷地周辺の線量を達成できる限り低減すること。また、処理・貯蔵施設は、十分な遮へい能力を有し、漏えい及び汚染拡大し難い構造物により地下水や漏水等によって放射性物質が環境中に放出しないようにすること。

#### 2.9.1 措置を講ずべき事項への適合方針

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

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

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

（実施計画：II-2-48-2）

## 2.9.2 対応方針

### (1) 設計, 設備について考慮する事項

#### <1~4号機>

##### ○ 廃棄物の発生量の抑制及び放射性物質濃度低減のための適切な処理

放射性液体廃棄物処理施設で処理した放射性液体廃棄物については, 処理済水の貯蔵を行う。

また, 施設内で発生する汚染水等については, 汚染水処理設備により, 吸着等の浄化処理を行い, 放射性物質を低減する。浄化処理に伴い発生する処理済水は貯蔵を行い, 淡水化した処理済水については原子炉の冷却用水等へ再利用し, 新たな汚染水等の発生量を抑制する。

##### ○ 十分な保管容量確保

タンクの増設や処理済水の低減により, 保管容量を確保する。

##### ○ 遮へいや漏えい防止・汚染拡大防止

機器等には設置環境や内部流体の性状等に応じた適切な材料を使用し, 遮へいや漏えい防止を行う。また, 機器等は独立した区画内に設けるかあるいは周辺に堰等を設け, 汚染拡大防止の対策を講じる。

##### ○ 敷地周辺の線量を達成できる限り低減

上記3項目を実施し, 継続的に改善することにより, 放射性液体廃棄物等の処理・貯蔵に伴う敷地周辺の線量を達成できる限り低減する。

##### ○ 十分な遮へい能力を有し, 漏えい及び汚染拡大し難い構造物 (処理・貯蔵施設)

汚染水等を扱う処理・貯蔵施設に対して, 人が近づく可能性のある箇所を対象に作業員の線量低減の観点で遮へいを設置する等の対策を講じる。また, 当該施設は独立した区画内に設けるかあるいは周辺に堰等を設け, 漏えいの拡大の対策を講じることにより, 万が一漏えいしても漏えい水が排水路等を通じて所外へ流出しないようにする。

##### ○ 放射性液体廃棄物等の管理

放射性液体廃棄物処理施設で処理した放射性液体廃棄物のうち, トリチウムを除く放射性核種の告示濃度比総和1未満を満足したALPS処理水を排水する際は, 敷地境界における実効線量を達成出来る限り低減するために, 多量の海水による希釈により, 排水中の放射性物質の濃度を低減する。

(実施計画: II-1-9-1)

(2) 措置を講ずべき事項への具体的な対応方針

具体的な対応方針を以下に示す。

① 適切な材料の使用

第 2 棟の液体廃棄物一時貯留設備において取り扱う第 2 棟液体廃棄物には、分析作業において硝酸、アルカリ等による溶解、分離等の作業に伴い発生する廃液や洗浄等によって発生する廃液（分析廃液）と、塩酸又は液体シンチレーションカウンタ等を使用する分析作業で発生する廃液（塩酸含有廃液又は有機廃液）がある。

これらの廃液のうち、分析廃液を一時的に保管する分析廃液受槽、主要配管等については、主に硝酸に対する耐食性を考慮する必要があることから、耐食性に優れた SUS316L を使用する。

硝酸を含まない設備管理廃液を一時的に保管する設備管理廃液受槽、主要配管等については、SUS304 を使用する。

*(実施計画：II-2-48-添 9-1)*

② 受槽の液位監視及び漏えい検知

受槽水位については、分析廃液受槽、設備管理廃液受槽に設置した液位計により検知し、漏えい検知については、液体廃棄物一時貯留室内の漏えい防止堰に設置した漏えい検知器により検知する。

受槽水位、漏えい検知等の警報については、上記の液位計及び漏えい検知器が異常を検知した際に、異常の発生を確実に運転員に伝え適切な措置をとれるようにするため、制御室において第 2 棟液体廃棄物を一時的に保管するための設備の運転状態を監視できるようにするとともに、警報発報時には運転員がこの警報に係る異常に対して適切な対応を行う。

*(実施計画：II-2-48-添 10-1)*

### ③ 漏えいの拡大防止

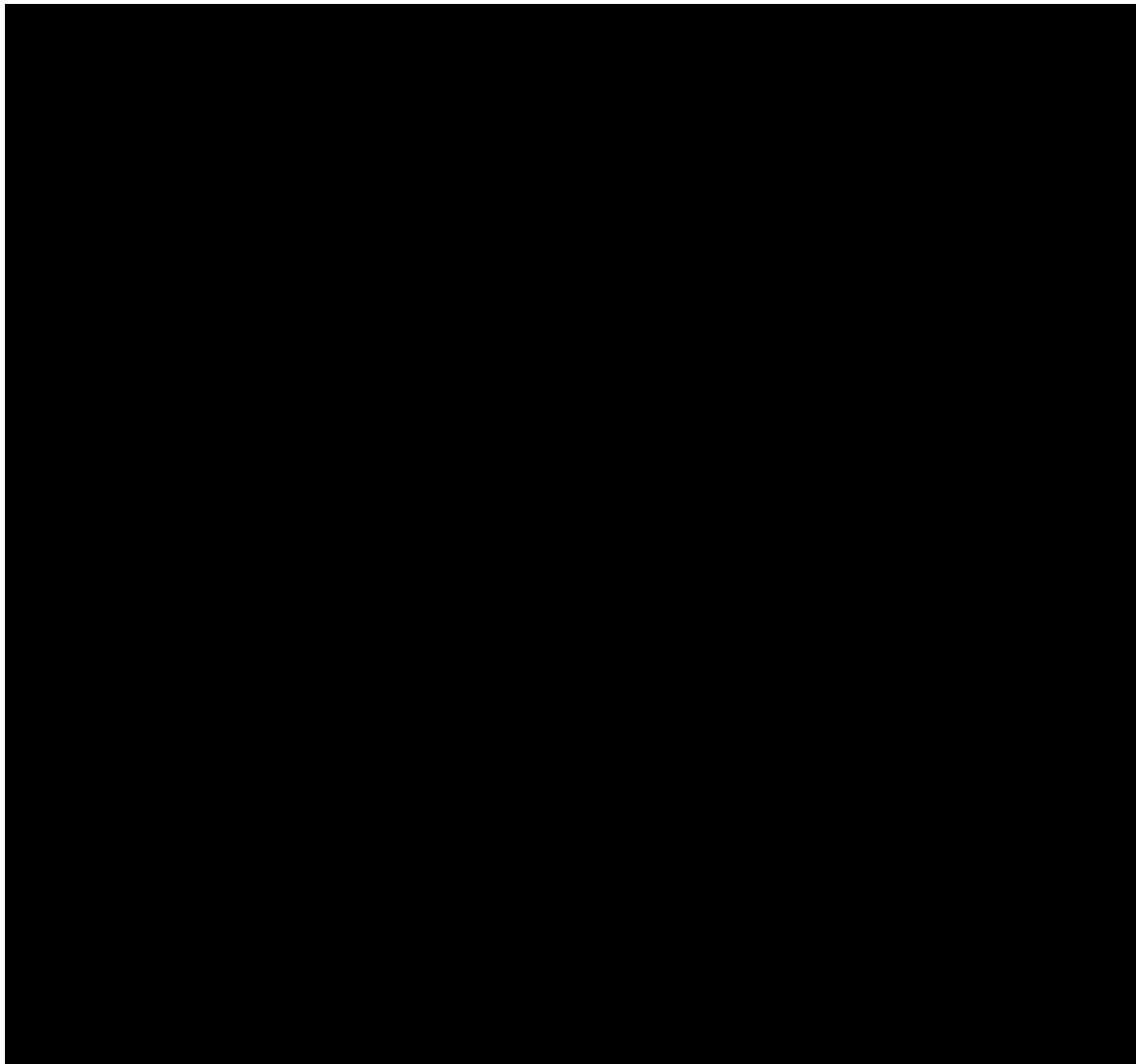
液体廃棄物一時貯留設備において、第2棟液体廃棄物を一時的に保管する受槽及び保管ラックは、漏えい拡大防止のための堰内に設置する。堰は、堰内に設置する受槽及び保管ラックの漏えい廃液を全量保持できる容量とする。漏えい防止能力の評価を表2.9-1に、液体廃棄物一時貯留室の堰を明示した図を図2.9-1に示す。

表 2.9-1 漏えい防止能力の評価

堰 <sup>*1</sup>	名称	容量[m <sup>3</sup> ]	想定する最大の漏えい量[m <sup>3</sup> ]	堰の床面積[m <sup>2</sup> ]	見込み高さ <sup>*2</sup> [cm]	必要な堰の高さ[cm]	堰の高さ[cm]	評価
			A	B	C	D=A/B×100+C		
(1)	分析廃液受槽A	3	6.1	37	13	29	40以上	堰の高さは想定する最大量の漏えい廃液を保持するのに必要な高さを満足しており、施設外への漏えいを防止できる。
	分析廃液受槽B	3						
	塩酸含有廃液保管ラック	0.07						
	有機廃液保管ラック	0.03						
(2)	設備管理廃液受槽A	7	14	39	14	50	60以上	
	設備管理廃液受槽B	7						

\*1 図2.9-1の番号に対応

\*2 基礎体積による高さ増加分（基礎体積÷受槽及び保管ラックを設置する堰の床面積）



分析・研究施設第2棟 地下1階

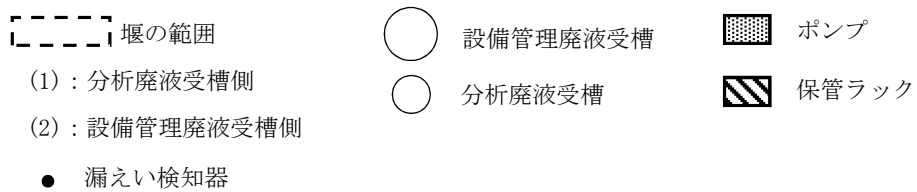


図 2.9-1 液体廃棄物一時貯留室 堰を明示した図



i) 床及び壁の塗装

床、壁はエポキシ樹脂を使用して塗装することにより耐水性を確保する。

塗装の範囲は、第2棟液体廃棄物を内包する受槽及び保管ラックの漏えい廃液を全量保持できるように設計した床、堰及び床面から堰の高さ以上までの壁とする。堰の塗装範囲を図2.9-2に示す。

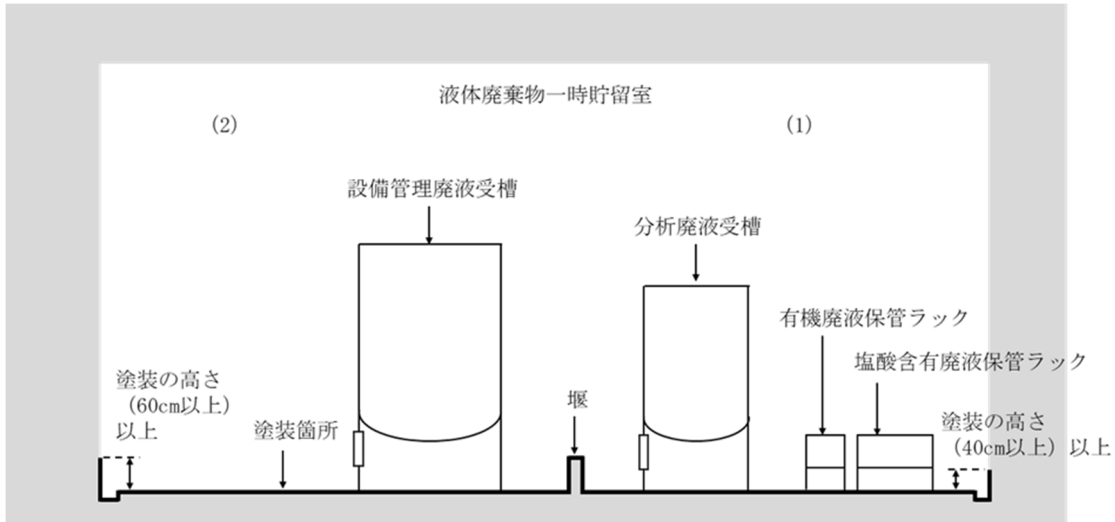


図 2.9-2 堰の塗装範囲

ii) 配管及び電気配線並びに排気管及び空調ダクトの貫通部

・ 配管

図2.9-1及び図2.9-2の堰内の範囲の配管貫通部は原則として、壁については堰の高さ以上に設け、床については堰の高さ以上までスリーブを立ち上げる。やむを得ず堰の高さ未満となる場合には防水処理を施す。

・ 電気配線（ケーブルトレイ及び電線管）

図2.9-1及び図2.9-2の堰内の範囲の配管貫通部は原則として、壁については堰の高さ以上に設け、床については貫通部を設けない。やむを得ず堰の高さ未満となる場合には防水処理を施す。

・ 排気管及び空調ダクト

図2.9-1及び図2.9-2の堰内の範囲の配管貫通部は原則として、壁については堰の高さ以上に設け、床については貫通部を設けない。やむを得ず堰の高さ未満となる場合には防水処理を施す。

(実施計画：II-2-48-添付8-1～4)

#### ④ 第2棟液体廃棄物の処理

第2棟液体廃棄物は、次のように処理する。

- i) セル等から発生する放射能濃度の高い ( $\alpha : 0.01\text{Bq}/\text{cm}^3$  を超える又は  $\beta \gamma : 37\text{Bq}/\text{cm}^3$  以上) 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の払出先施設へ払い出す。
- ii) 液体シンチレータ等の液体廃棄物 (塩酸含有廃液又は有機廃液) は、ポリ容器<sup>※1</sup> 等に入れた後、SUS製<sup>※2</sup> の保管ラックに収納し、福島第一原子力発電所の払出先施設へ払い出すまで液体廃棄物一時貯留室にて一時的に保管する。
- iii) 液体廃棄物のうち分析廃液、塩酸含有廃液及び有機廃液については、安定化处理 (中和、希釈、固化処理等) する。
- iv) 第2棟内の汚染管理、漏えい検知等を考慮し、各エリアに放射線を監視する設備を設置する。
- v) 分析・試験にて発生する分析廃液、塩酸含有廃液及び有機廃液の発生量は約  $3.4\text{m}^3/\text{年}$  を想定している。このうち、固化処理分は約  $1.2\text{m}^3/\text{年}$ 、受槽又は保管ラックにて一時的に保管する量は、分析廃液は約  $2.1\text{m}^3/\text{年}$ 、塩酸含有廃液は約  $0.1\text{m}^3/\text{年}$ 、有機廃液は約  $0.01\text{m}^3/\text{年}$  である。また、設備管理廃液の発生量は約  $68\text{m}^3/\text{年}$  を想定している。

※1 : 液体シンチレータ等の液体廃棄物は、漏えいしないようにポリ容器で一時的に保管することを想定している。

※2 : 現行の設計では、SUS304 を想定している。

#### (3) 措置を講ずべき事項へのその他対応方針

その他対応方針を以下に示す。

##### ① 第2棟液体廃棄物の濃度

第2棟液体廃棄物はその放射能濃度高さによって以下の3つに分類する。これらの分類の基準として、運用実績のある JAEA 内既存施設における廃液の濃度区分 ( $\beta \gamma$ ) <sup>※3</sup> 及び福島第一原子力発電所水処理設備の受入れ基準 ( $\alpha$ ) を参考にした。

- i) 放射能濃度が  $\alpha : 0.01\text{Bq}/\text{cm}^3$  を超える又は  $\beta \gamma : 37\text{Bq}/\text{cm}^3$  以上のもの
- ii) 放射能濃度が  $\alpha : 0.01\text{Bq}/\text{cm}^3$  以下及び  $\beta \gamma : 37\text{Bq}/\text{cm}^3$  未満のもの
- iii) 放射能濃度が  $\alpha : 0.01\text{Bq}/\text{cm}^3$  以下及び  $\beta \gamma : 0.37\text{Bq}/\text{cm}^3$  未満のもの

上記区分 i) については、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の払出先施設へ払い出す。また、区分 ii) 及び区分 iii) については、福島第一原子力発電所構内既存分析施設 (5,6号ホットラボ、化学分析棟) 同様に、滞留水に混在処理<sup>※4</sup> を行う計画としている。

※3 : 廃液の濃度区分の参考にした放射能濃度  $37\text{Bq}/\text{cm}^3$  を線源として分析廃液受槽表面の線量率を評価したところ  $2.12\mu\text{Sv}/\text{h}$  となった。この評価結果から、廃液受槽周辺での作業員の被ばくを考慮しても安全上問題ないと判断したため、第2棟液体廃棄物の上限の  $\beta \gamma$  濃度 (固化処理する基準の濃度) として採用することとした。

※4 : プロセス建屋の貯蔵量 (約  $5590\text{m}^3$ ,  $10^7\text{Bq}/\text{L}$  オーダー (2021/5/27 現在) に対して、第2棟液体廃棄物 (約  $6\sim 10\text{m}^3$ ,  $10^4\text{Bq}/\text{L}$  オーダー) は少量のため滞留水への影響はない。

## ② 第2棟液体廃棄物の固化処理

①の区分 i) 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の払出先施設へ払い出す。固化剤としてはセメント材又は石膏材を想定しているが、固まらないといった不具合が生じた場合には、固化剤の量を調整する等の対応をとり、適切に固化するまで処理を行う。

## ③ 第2棟液体廃棄物一時貯留設備における一時的な保管

①の区分 ii) 及び区分 iii) に分類された第2棟液体廃棄物は、第2棟内の液体廃棄物一時貯留室にて一時的に保管の後、福島第一原子力発電所水処理設備へ払い出す。その内容物によって、さらに分析廃液、塩酸含有廃液、有機廃液及び設備管理廃液の4つに分類する。

### i) 分析廃液

分析廃液は、年間約 2.1m<sup>3</sup> 発生すると想定している。発生した分析廃液は分析廃液受槽にて、液体として一時的に保管し、1ヵ月に1回程度福島第一原子力発電所水処理設備へ払い出す計画としている。また分析廃液受槽を2基備え、各受槽の容量は3m<sup>3</sup>である。

### ii) 塩酸含有廃液

塩酸含有廃液は、年間約 0.1m<sup>3</sup> 発生すると想定している。発生した塩酸含有廃液は、ポリ容器等に入れて移送し、SUS304製の塩酸含有廃液保管ラックに収納し、一時的に保管する。塩酸含有廃液保管ラックでは最大70ℓまでの廃液を一時的に保管できる。一時的に保管した廃液は、1ヵ月に1回程度福島第一原子力発電所水処理設備へ払い出す計画としている。

なお、塩酸含有廃液保管ラック内に受け皿を設置し、塩酸含有廃液がラック外へ漏えいするのを防ぐ設計としている。

### iii) 有機廃液

有機廃液は、年間約 0.01m<sup>3</sup> 発生すると想定している。発生した有機廃液は、ポリ容器等に入れて移送し、SUS304製の有機廃液保管ラックに収納し、一時的に保管する。有機廃液保管ラックでは最大30ℓの廃液を一時的に保管できる。一時的に保管した廃液は、1ヵ月に1回程度福島第一原子力発電所の払出先施設へ払い出す計画としている。

なお、有機廃液保管ラック内に受け皿を設置し、有機廃液がラック外へ漏えいするのを防ぐ設計としている。

### iv) 設備管理廃液

設備管理廃液は、年間約 68m<sup>3</sup> 発生すると想定している。発生した設備管理廃液は、設備管理廃液受槽にて、液体として一時的に保管し、1ヵ月に1回程度福島第一原子力発電所水処理設備へ払い出す計画としている。また設備管理廃液受槽を2基備え、各受槽の容量は7m<sup>3</sup>である。

## ④ 廃液が漏えいして混在することとなった場合の処理方法

塩酸含有廃液保管ラック及び有機廃液保管ラックには、それぞれのラック内に受け皿を設置し、その上にポリ容器等を収納して保管するため、塩酸含有廃液及び有機廃液がラック外へ漏えいするのを防いでいる。万が一第2棟液体廃棄物が漏えいし混在することとなっても、紙

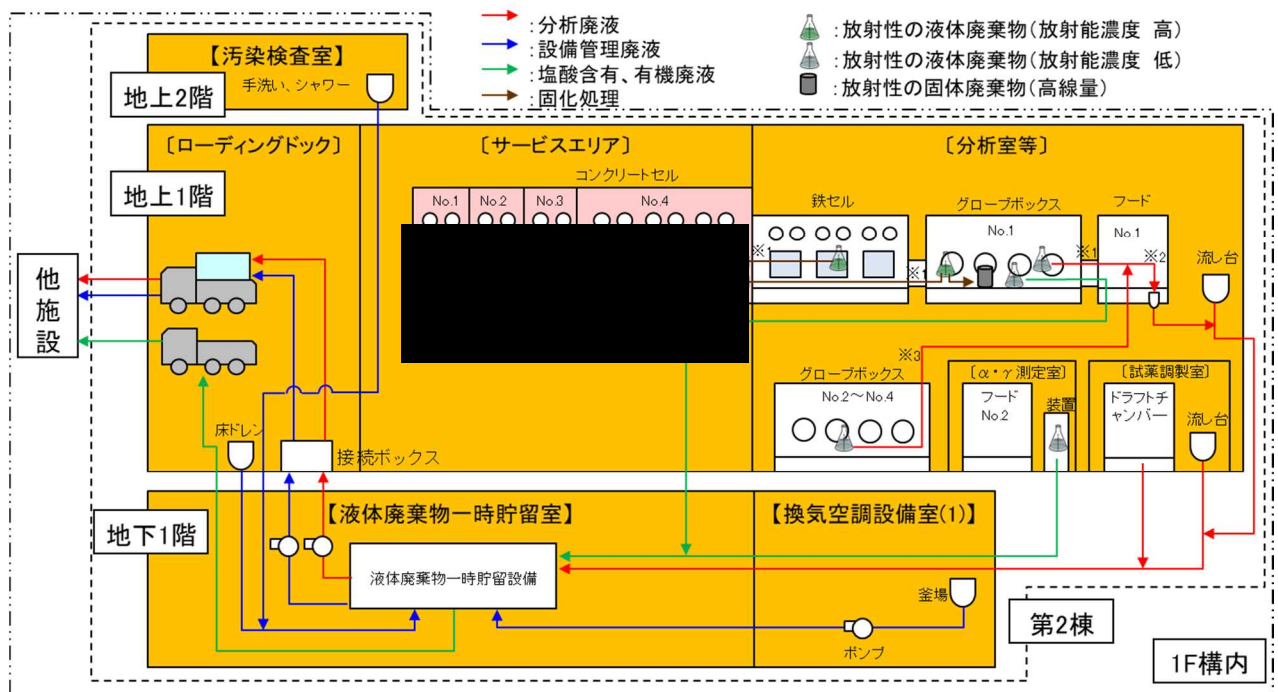
ウエス等で回収し、第2棟固体廃棄物として福島第一原子力発電所の払出先施設へ払い出す。

⑤ 第2棟液体廃棄物発生量の低減

第2棟では、分析・試験に使用する試薬をセル等外で調整し、必要最小限の液体のみをセル等内に搬入して使用する。また、セル等の除染においては、濡れウエス等をセル等外で準備することで、可能な限り第2棟液体廃棄物を発生させない対策を講ずる。

第2棟液体廃棄物に係る概略フロー

第2棟液体廃棄物は、福島第一原子力発電所の払出施設に払い出すまで第2棟内にて一時的に保管できるように、液体廃棄物一時貯留設備を設置する。第2棟液体廃棄物の移送について全体フローを図2.9.1-1に示す。



- ※1：グローブボックス No.1～コンクリートセル No.4 まで移送する。
- ※2：受槽への排出前に、放射能 ( $\beta$   $\gamma$  : 0.37Bq/cm<sup>3</sup>以上, 37Bq/cm<sup>3</sup>未満,  $\alpha$  : 0.01Bq/cm<sup>3</sup>以下) を評価
- ※3：グローブボックス No.2～No.4 からの搬出は、遮へい及び漏えいを考慮した容器を用いて移送する。
- ※4：JAEA 既存施設における液体廃棄物の分類
- ※5：東電他施設の受入れ基準

図 2.9.1-1 第2棟液体廃棄物の移送フロー

第2棟液体廃棄物移送の全体フローの内、燃料デブリ等の前処理（抽出、溶解）時に発生する分析廃液、塩酸含有廃液、有機廃液について詳細フローを図 2.9.1-2 及び図 2.9.1-3 に示す。

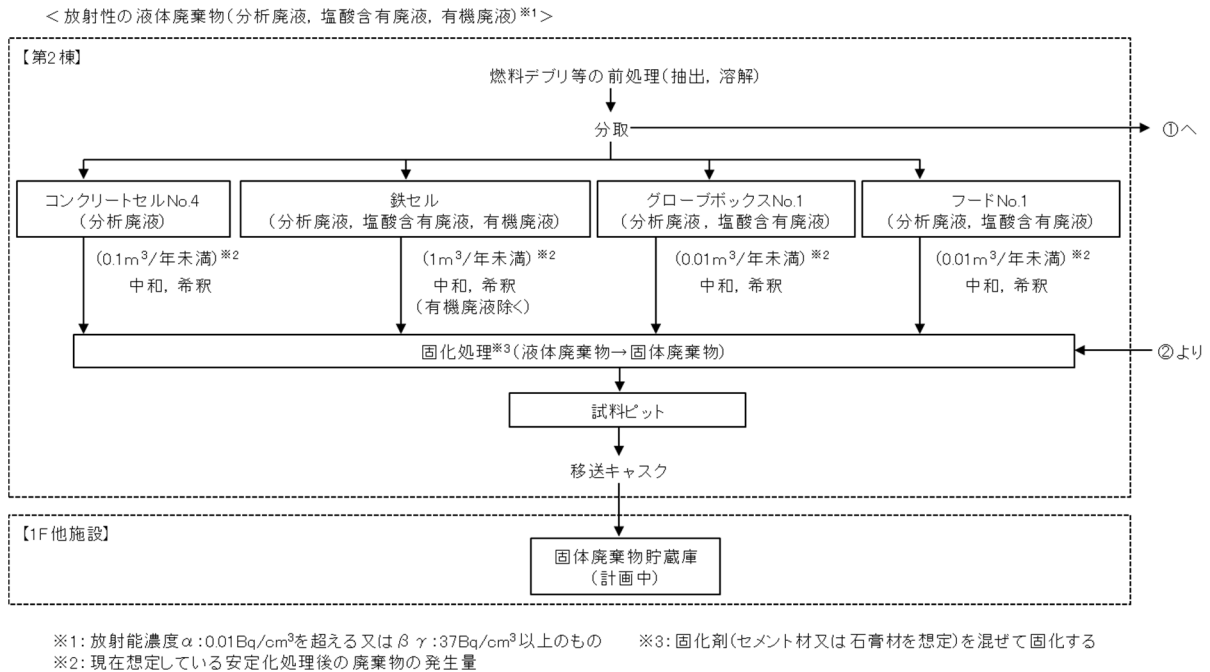


図 2.9.1-2 燃料デブリ等の前処理廃液の詳細フロー(1/2)

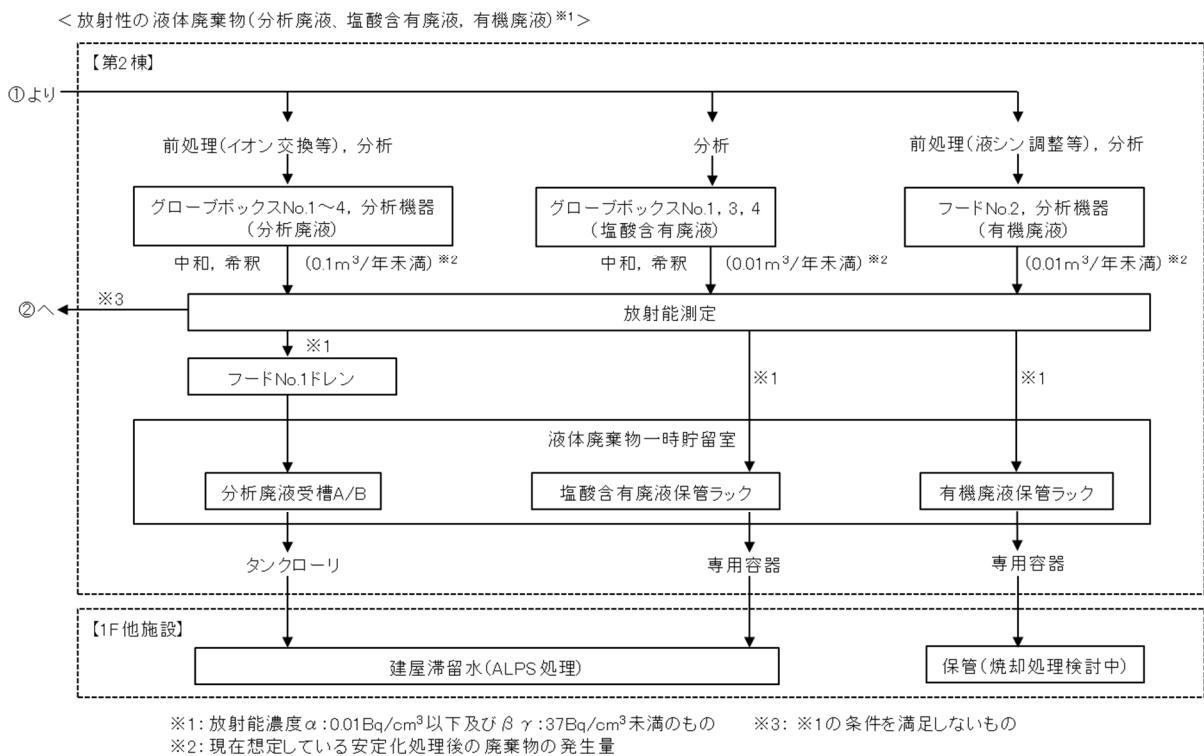
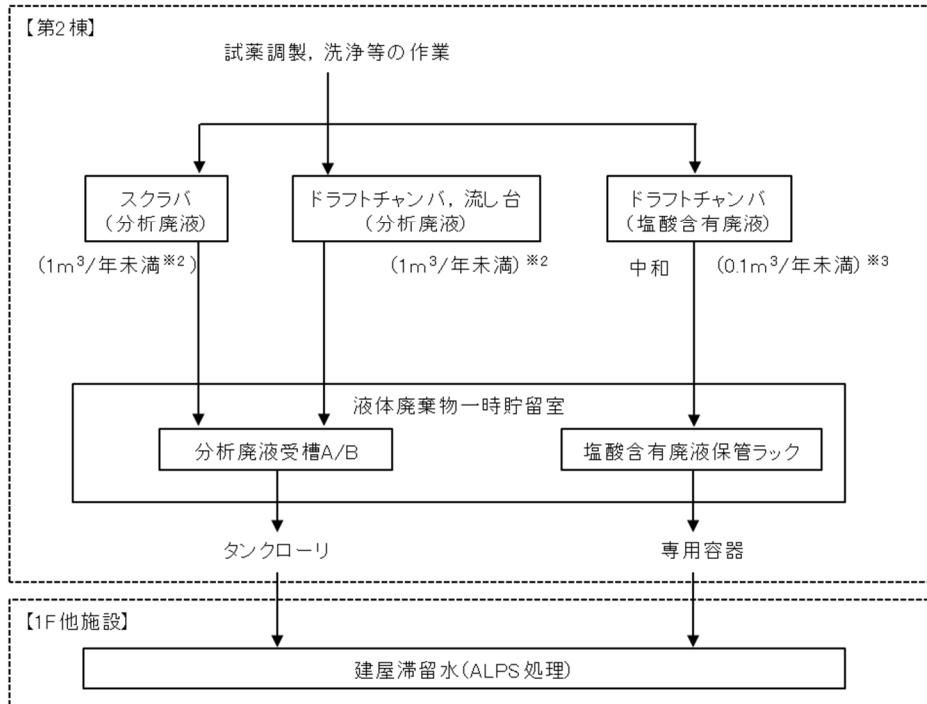


図 2.9.1-3 燃料デブリ等の前処理廃液の詳細フロー(2/2)

第2棟液体廃棄物移送の全体フローの内、試薬調整、洗浄等の作業時に発生する分析廃液、塩酸含有廃液について詳細フローを図2.9.1-4に示す。

<放射性の液体廃棄物(分析廃液, 塩酸含有廃液)<sup>※1</sup>>

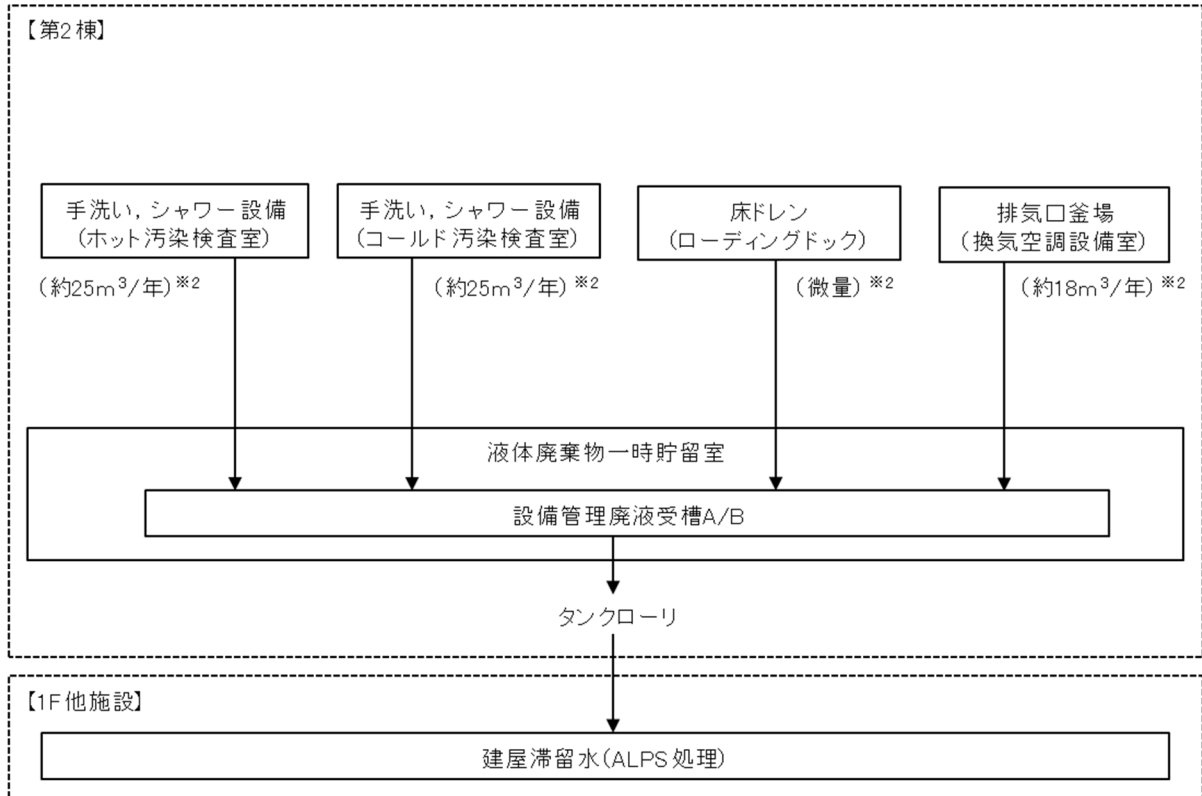


※1: 放射能濃度 $\alpha$ :0.01Bq/cm<sup>3</sup>以下及び $\beta$   $\gamma$ :37Bq/cm<sup>3</sup>未満のもの      ※3: 現在想定している安定化処理後の廃棄物の発生量  
 ※2: 現在想定している廃棄物の発生量

図2.9.1-4 試薬調整、洗浄等の作業廃液の詳細フロー

第2棟液体廃棄物移送の全体フローの内、第2棟運用時に発生する設備管理廃液について詳細フローを図2.9.1-5に示す。

< 放射性的の液体廃棄物(設備管理廃液※1) >



※1: 放射能濃度 $\alpha$ :0.01Bq/cm<sup>3</sup>以下及び $\beta$   $\gamma$ :0.37Bq/cm<sup>3</sup>未満のもの

※2: 現在想定している廃棄物の発生量

図 2.9.1-5 設備管理廃液の詳細フロー



液体廃棄物一時貯留設備の主要設備，仕様

液体廃棄物一時貯留設備の設備フロー，主要設備の仕様を図 2.9.2-1 に示す。

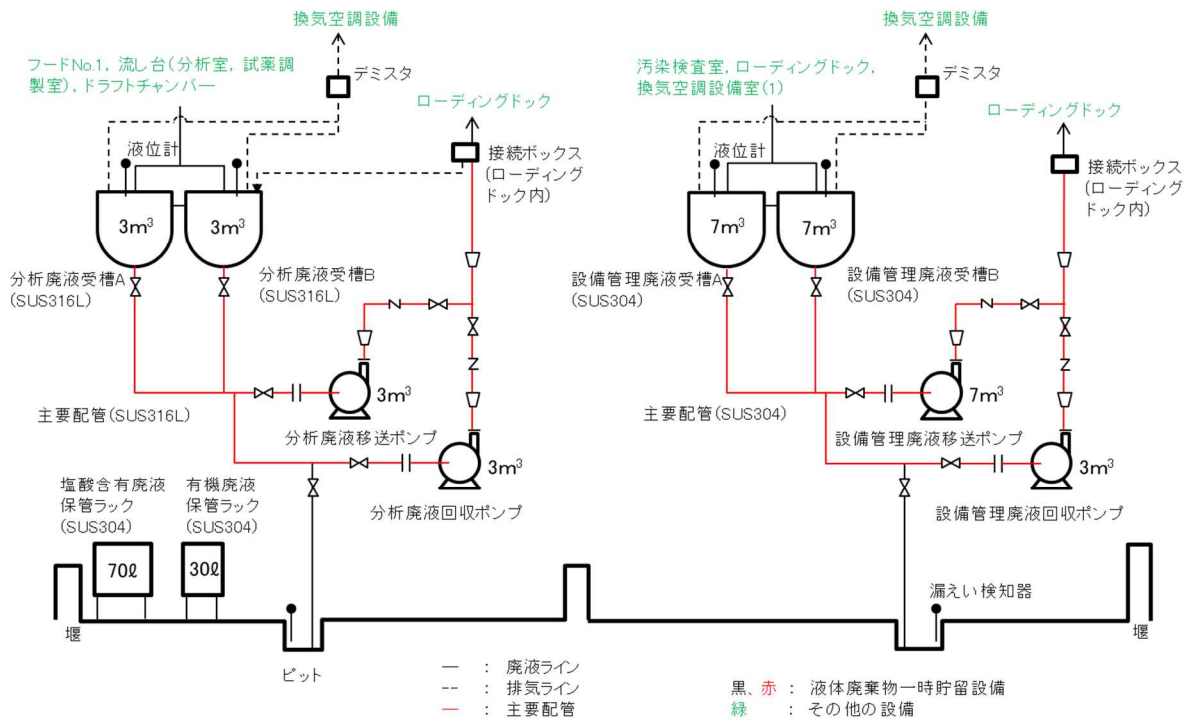


図 2.9.2-1 液体廃棄物一時貯留設備の設備フロー，主要設備の仕様

分析・試験設備に使用する材料

セル等では、分析作業において硝酸、アルカリ等による溶解、分離等に伴い第2棟液体廃棄物が発生する。1 分析作業当たりが発生する第2棟液体廃棄物は各エリアにおいて少量であることから、ステンレス製バットの使用等、耐食性を考慮した材料の容器等を使用する。分析・試験設備における第2棟液体廃棄物の発生量の予測値を図2.9.3-1に示す。

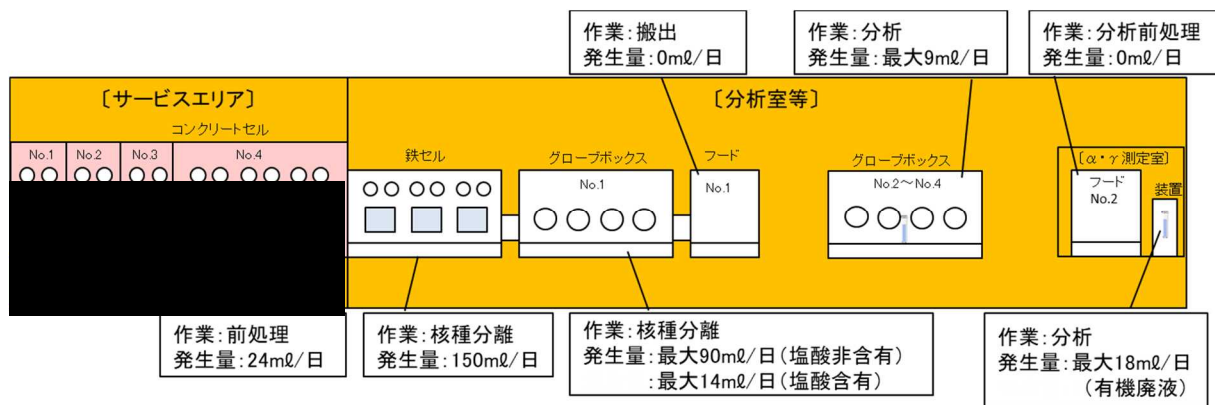


図 2.9.3-1 分析・試験設備における放射性的液体廃棄物の発生量 (予測値)

液体廃棄物一時貯留設備に使用する材料と液位計の設置

分析廃液受槽にて一時的に保管する第 2 棟液体廃棄物は、分析作業において硝酸、アルカリ等による溶解、分離等に伴い発生する廃液や試薬調製に係る洗浄等によって発生する分析廃液である。そのため、分析廃液受槽及び主要配管等については、主に硝酸に対する耐食性を考慮する必要があることから、硝酸に対する耐食性に優れ、かつ構造強度を考慮して SUS316L を使用する。

設備管理廃液受槽にて一時的に保管する第 2 棟液体廃棄物は、結露水等の分析廃液以外の管理区域から発生する設備管理廃液であることから、構造強度を考慮して SUS304 を使用する。液体廃棄物一時貯留設備の主な材料を図 2.9.4-1 に示す。

分析廃液受槽及び設備管理廃液受槽には、漏えい等を考慮して液位計を設置する。液位計の設置位置を図 2.9.4-2 に示す。

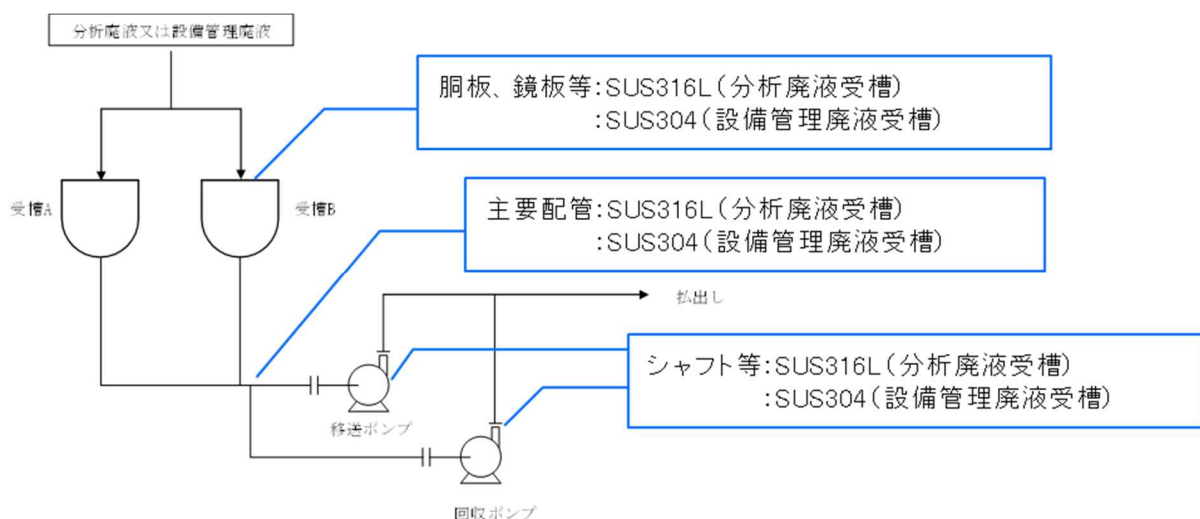


図 2.9.4-1 液体廃棄物一時貯留設備の主な材料

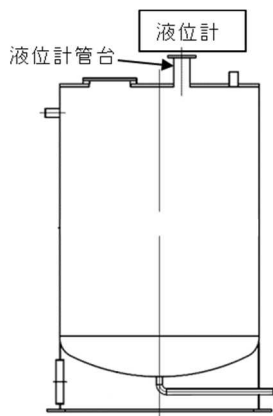


図 2.9.4-2 液位計の設置位置

## JAEA 内既存施設における廃液の濃度区分

第 2 棟液体廃棄物は、その放射能濃度高さによって 3 つに分類する。これらの分類の基準として、運用実績のある JAEA 内既存施設における廃液の濃度区分を参考にした。JAEA 内既存施設における廃液の濃度区分を表 2.9.5-1 に示す。

表 2.9.5-1 JAEA 内既存施設における廃液の濃度区分

廃液区分	基準
極低レベル	0.37Bq/cm <sup>3</sup>
低レベル	0.37Bq/cm <sup>3</sup> 以上, 37Bq/cm <sup>3</sup> 未満

## 2.11 放射性物質の放出抑制等による敷地周 辺の放射線防護等

## 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 1. 放射性物質の放出抑制等による敷地周辺の放射線防護等

- 特定原子力施設から大気，海等の環境中へ放出される放射性物質の適切な抑制対策を実施することにより，敷地周辺の線量を達成できる限り低減すること。
- 特に施設内に保管されている発災以降発生した瓦礫や汚染水等による敷地境界における実効線量（施設全体からの放射性物質の追加的放出を含む実効線量の評価値）を，平成25年3月までに1mSv/年未満とすること。

#### 2.11.1 措置を講ずべき事項への適合方針

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

（実施計画：II-2-48-4）

#### 2.11.2 対応方針

##### (1) 設計，設備について考慮する事項

- 平成25年3月までに，追加的に放出される放射性物質及び事故後に発生した放射性廃棄物からの放射線による敷地境界における実効線量を1mSv/年未満とするため，下記の線量低減の基本的考え方に基づき，保管，管理を継続するとともに，遮へい等の対策を実施する。

また，線量低減の基本的考え方に基づき，放射性物質の保管，管理を継続することにより，敷地周辺の線量を達成できる限り低減する。

敷地境界における線量評価は，プラントの安定性を確認するひとつの指標として，放射性物質の放出抑制に係る処理設備設計の妥当性の確認の観点と，施設配置及び遮蔽設計の妥当性の確認の観点から施設からの放射線に起因する実効線量の評価を行うものとする。

#### 線量低減の基本的考え方

- ・瓦礫等や水処理廃棄物の発生に応じてエリアを確保し保管対策を継続するとともに，廃棄物に対し，追加の遮へい対策を施す，もしくは，遮へい機能を有した施設内に廃棄物を移動する等により，敷地境界での放射線量低減を図っていく。
- ・気体・液体廃棄物については，告示に定める濃度限度を超えないよう厳重な管理を行い放出するとともに，合理的に達成できる限り低減することを目標として管理していく。なお，海洋への放出は，関係省庁の了解なくしては行わないものとする。

（実施計画：II-1-11-1）

(2) 措置を講ずべき事項への具体的な対応方針

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

(実施計画：II-2-48-7)

## 放射性物質分析・研究施設第2棟の敷地境界における線量の評価について

## (1) 第2棟の敷地境界線量評価に用いる線源の設定

## ① 燃料の比較

福島第一原子力発電所1～3号機に装荷された燃料の燃料組成及び運転履歴に基づき、放射能、ガンマ線発生数及び中性子発生数を求めた。

なお、UO<sub>2</sub>燃料の<sup>235</sup>U濃縮度及びMOX燃料のPu富化度をパラメータとして、どのような燃料が線量評価上、厳しい評価となるのかを検討した。

## i) 評価条件

表2.11.1-1の燃料仕様等に基づき、評価条件を設定した。

(a) 計算コード：ORIGEN2.2-UPJ<sup>※1</sup>

(b) UO<sub>2</sub>燃料：<sup>235</sup>U濃縮度 ██████████ 燃焼度 60GWd/t

MOX燃料：Pu富化度 ██████████ 燃焼度 10GWd/t

(c) 冷却期間：12年間

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

表2.11.1-1 燃料仕様等

種類	1号機	2号機	3号機	
	UO <sub>2</sub> 燃料	UO <sub>2</sub> 燃料	UO <sub>2</sub> 燃料	MOX燃料
<sup>235</sup> U濃縮度又はPu富化度 [wt%]	██████████	██████████	██████████	██████████
ペレット最大燃焼度[GWd/t]	54.7	56.7	57.0	8.5



ii) 評価結果

i) の評価条件に基づいた放射能，ガンマ線発生数及び中性子発生数の評価結果を表 2. 11. 1-2 に示す。

表2. 11. 1-2 1～3号機の1gあたりの放射能，ガンマ線発生数及び中性子発生数

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

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

評価の結果，UO<sub>2</sub>燃料，<sup>235</sup>U濃縮度 [ ] 及び2号機の運転履歴に基づき評価したとき，放射能，ガンマ線発生数及び中性子発生数が最大となった。

② UO<sub>2</sub>燃料と構造材の放射化量との比較

①では福島第一原子力発電所1～3号機に装荷された燃料の比較を行った。また、燃料デブリ等には、燃料のほか放射化した炉内の構造材が含まれる可能性がある。このため、燃料デブリ等に含まれる可能性の高い被覆管及び炉内の構造材のうち放射化量の多い炉心シュラウド<sup>※2</sup>の放射化量について評価し、UO<sub>2</sub>燃料の評価結果と比較する。

被覆管及び炉心シュラウドは中性子照射により放射化されるため、放射能及びガンマ線発生数を求め、2号機UO<sub>2</sub>燃料の評価結果と比較した。なお、被覆管の評価は、1～3号機UO<sub>2</sub>燃料の燃焼履歴で評価を行い、最もガンマ線発生数が多い2号機の被覆管を採用した。また、炉心シュラウドは、中性子照射期間が長いこと放射化が大きくなる3号機の炉心シュラウドを採用した。

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

i) 評価条件

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

ii) 評価結果

被覆管及び炉心シュラウドの評価結果及び①で示した2号機UO<sub>2</sub>燃料の結果を表2.11.1-3に示す。

表 2.11.1-3 被覆管及び炉心シュラウドの1gあたりの放射能,  
ガンマ線発生数及び中性子発生数

種類	被覆管	炉心シュラウド	UO <sub>2</sub> 燃料
放射能[Bq]	$5.7 \times 10^7$	$8.8 \times 10^8$	■
ガンマ線発生数[photons/s]	$9.3 \times 10^7$	$4.5 \times 10^8$	$1.1 \times 10^{10}$
中性子発生数[neutrons/s]	—	—	$4.2 \times 10^3$

検討の結果、燃料デブリ等のすべてがUO<sub>2</sub>燃料（<sup>235</sup>U濃縮度：■）で構成され、また、2号機UO<sub>2</sub>燃料のガンマ線発生数及び中性子発生数が最大となり、線量評価上、最も厳しい条件となる。

③ 線量評価に用いる燃料デブリ等単位重量あたりのガンマ線発生数及び中性子発生数

①, ②の結果から, 線量評価で使用する 1g あたりの放射能, ガンマ線発生数及び中性子発生数を表 2. 11. 1-4 に示す。

表 2. 11. 1-4 線量評価で使用する 1g あたりの放射能,  
ガンマ線発生数及び中性子発生数

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

また, 上記の線源について, 主要なガンマ線及び中性子線放出核種を表 2. 11. 1-5 に示す。

表 2. 11. 1-5 主要なガンマ線及び中性子線放出核種

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

※放射平衡中の娘核種を含む

(2) 敷地境界における線量の評価

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

コンクリートセル、鉄セル等の設備で最大量の線源（燃料デブリ等重量相当）を同時に取り扱う等の安全側の条件を想定し、直接線及びスカイシャイン線<sup>※1</sup>の敷地境界線量を評価した。

① 計算条件

計算コード：MCNP（連続エネルギーモンテカルロ計算コード）<sup>※2</sup>

線源：各取扱場所での線源強度及び形状は、表2.11.1-1の通り。

評価モデル：評価モデルは、図2.11.1-1の通り。

密度：普通コンクリート 2.1g/cm<sup>3</sup>，鉄 7.8g/cm<sup>3</sup>

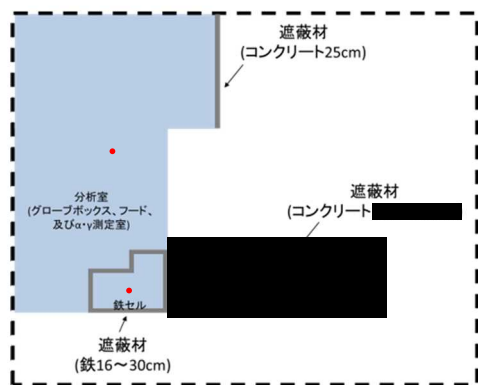
遮へい体の厚さ：コンクリートセル壁 [ ]，天井 [ ]  
鉄セル壁 1600～3000mm，天井 1600～2400mm

※1：スカイシャイン線は、施設上方の空気で反射され、建物から離れた地上付近に降り注ぐ放射線

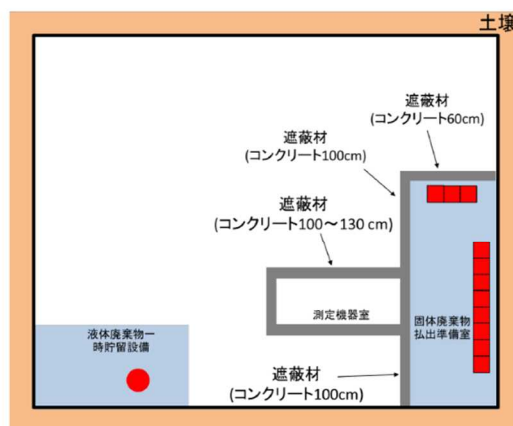
※2：MCNP コードでは、線源で発生したγ線、中性子線が評価位置へ到達するγ線、中性子線をカウントして線量率を評価するが、様々な経路(壁、天井など)を通して評価位置へ到達するγ線、中性子線をまとめてカウントし、直接線とスカイシャイン線を一緒に計算されている。

表2.11.1-1 線源の取扱場所、取扱量、線源強度及び形状

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



1階平面図



地下1階平面図 ※土壌はコンクリートで模擬

線源位置 ● コンクリートセル, 鉄セル, 分析室(点線源) ■ 固体廃棄物払出準備設備(直方体線源)  
 ▨ 試料ピット(点線源) ● 液体廃棄物一時貯留設備(円柱線源)

図2. 11. 1-1 敷地境界線量の評価モデル

② 評価結果

線量評価結果を図2. 11. 1-2に示す。

第2棟からの敷地境界での最大地点(bp66)の線量を計算した結果、約 $4 \mu\text{Sv}/\text{年}$  ( $3.45 \mu\text{Sv}/\text{年}$ )となった。

現行の福島第一原子力発電所敷地境界のうち最大となる地点 (bp71)における第2棟からの実効線量は約 $0.2 \mu\text{Sv}/\text{年}$  ( $0.128 \mu\text{Sv}/\text{年}$ )となった。また、福島第一原子力発電所各施設からの実効線量を表2. 11. 1-2に示す。福島第一原子力発電所各施設からの実効線量の合算値は $0.58\text{mSv}/\text{年}$ であり、 $1\text{mSv}/\text{年}$ を下回る。

なお、第2棟からの実効線量が最大となる地点での福島第一原子力発電所各施設からの実効線量の合算値は $0.54\text{mSv}/\text{年}$ である。

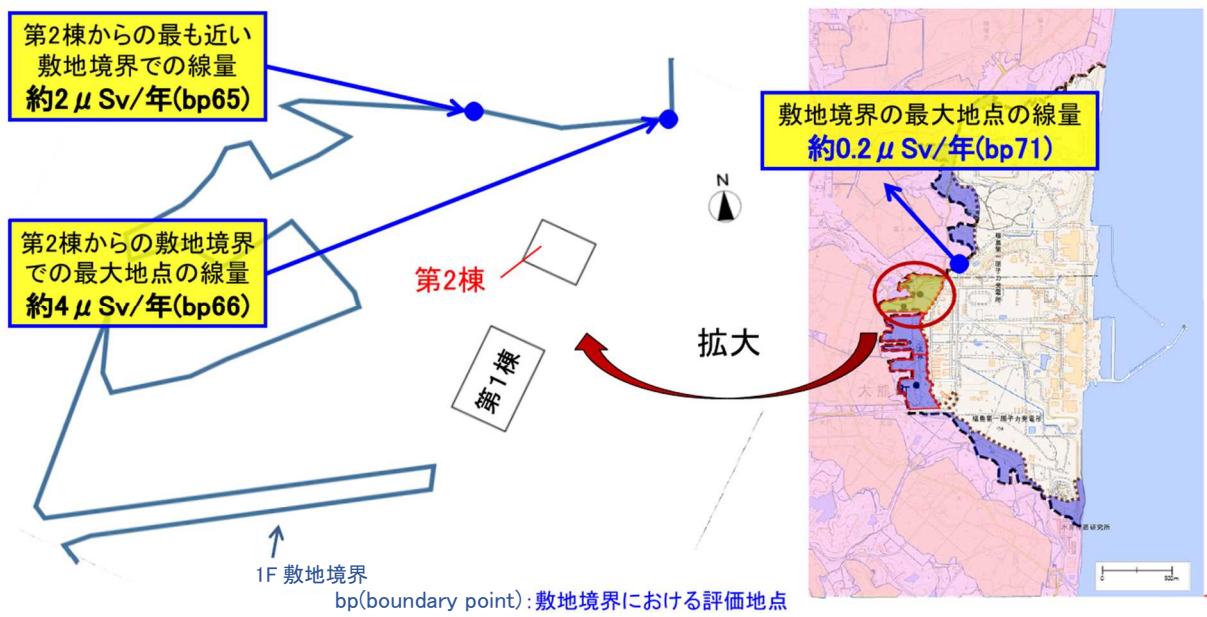


図 2.11.1-2 敷地境界線量の評価結果

表 2.11.1-2 敷地境界における直接線・スカイシャイン線の評価結果  
(第2棟の申請(令和2年5月20日)時点の評価値)

敷地境界 評価地点	評価地点 の標高 「m」	敷地内各施設からの 直接線・スカイシャイン線 「単位:mSv/年」
No.1	T.P.約4	0.06
No.2	T.P.約18	0.11
No.3	T.P.約18	0.10
No.4	T.P.約19	0.18
No.5	T.P.約16	0.29
No.6	T.P.約16	0.29
No.7	T.P.約21	0.53
No.8	T.P.約16	0.31
No.9	T.P.約14	0.17
No.10	T.P.約15	0.09
No.11	T.P.約17	0.18
No.12	T.P.約17	0.14
No.13	T.P.約16	0.14
No.14	T.P.約18	0.14
No.15	T.P.約21	0.12
No.16	T.P.約26	0.11
No.17	T.P.約34	0.16
No.18	T.P.約37	0.09
No.19	T.P.約33	0.03
No.20	T.P.約37	0.04
No.21	T.P.約38	0.03
No.22	T.P.約34	0.02
No.23	T.P.約35	0.02
No.24	T.P.約38	0.03
No.25	T.P.約39	0.03
No.26	T.P.約32	0.02
No.27	T.P.約31	0.01
No.28	T.P.約39	0.03
No.29	T.P.約39	0.11
No.30	T.P.約39	0.12
No.31	T.P.約39	0.04
No.32	T.P.約31	0.01
No.33	T.P.約33	0.01
No.34	T.P.約38	0.02
No.35	T.P.約38	0.02
No.36	T.P.約39	0.05
No.37	T.P.約39	0.13
No.38	T.P.約39	0.13
No.39	T.P.約39	0.04
No.40	T.P.約32	0.01
No.41	T.P.約31	0.01
No.42	T.P.約39	0.04
No.43	T.P.約39	0.11
No.44	T.P.約39	0.11
No.45	T.P.約39	0.04
No.46	T.P.約30	0.01
No.47	T.P.約32	0.01
No.48	T.P.約39	0.03
No.49	T.P.約39	0.03
No.50	T.P.約35	0.02

敷地境界 評価地点	評価地点 の標高 「m」	敷地内各施設からの 直接線・スカイシャイン線 「単位:mSv/年」
No.51	T.P.約32	0.02
No.52	T.P.約39	0.03
No.53	T.P.約39	0.16
No.54	T.P.約39	0.17
No.55	T.P.約39	0.04
No.56	T.P.約33	0.01
No.57	T.P.約39	0.02
No.58	T.P.約39	0.04
No.59	T.P.約39	0.09
No.60	T.P.約41	0.05
No.61	T.P.約42	0.02
No.62	T.P.約38	0.02
No.63	T.P.約44	0.04
No.64	T.P.約44	0.07
No.65	T.P.約41	0.14
No.66	T.P.約40	0.54
No.67	T.P.約39	0.31
No.68	T.P.約37	0.43
No.69	T.P.約36	0.27
No.70	T.P.約35	0.58
No.71	T.P.約32	0.58
No.72	T.P.約29	0.49
No.73	T.P.約29	0.22
No.74	T.P.約35	0.10
No.75	T.P.約31	0.07
No.76	T.P.約31	0.10
No.77	T.P.約15	0.36
No.78	T.P.約19	0.40
No.79	T.P.約19	0.20
No.80	T.P.約19	0.07
No.81	T.P.約35	0.11
No.82	T.P.約38	0.22
No.83	T.P.約40	0.11
No.84	T.P.約41	0.05
No.85	T.P.約37	0.03
No.86	T.P.約33	0.05
No.87	T.P.約26	0.06
No.88	T.P.約22	0.15
No.89	T.P.約20	0.34
No.90	T.P.約20	0.49
No.91	T.P.約20	0.34
No.92	T.P.約21	0.51
No.93	T.P.約20	0.53
No.94	T.P.約28	0.40
No.95	T.P.約21	0.27
No.96	T.P.約19	0.15
No.97	T.P.約15	0.06
No.98	T.P.約23	0.08
No.99	T.P.約25	0.03
No.100	T.P.約 1	0.02

第2棟からの放射性物質の放出に伴う濃度及び実効線量の評価について

第2棟の排気中に含まれる放射性物質は、主にコンクリートセル No.4 で行う燃料デブリ等の切断、粉砕により発生するガス状及び粒子状の放射性物質が排気中に移行したものである。排気中に含まれる放射性物質が、換気空調設備の高性能フィルタ、排風機を介して排気口から大気放出されるものとして、このときの排気口における放射性物質濃度及び敷地境界外における実効線量を評価した。

(1) 排気口の放射性物質濃度の評価

① 評価条件

保守側の結果となるよう濃度評価では、燃料デブリ等が全て MOX 燃料で構成されているとした（「別紙-1 (1) 線源の設定」にて記した MOX 燃料の燃焼度等の条件で各核種の放射エネルギーを ORIGEN2.2-UPJ コードで求めたもの）。また、1回の受入物（          の燃料デブリ等）から30個程度の試料を採取するために切断等を行うが、その切断代の全てが粉体（          が発生すると仮定）となると仮定し、その1%※1の放射性物質が排気中に移行するものとした。なお、トリチウム、よう素及び希ガスの移行率は100%とした。また、デブリは年間で12回の受入を行い、12回分の粉体が発生するとした。

コンクリートセル No.4 から排気口までに設置する高性能フィルタ（3段）については、除染係数を  $1 \times 10^7$ ※2とした。なお、トリチウム、よう素及び希ガスに対しては、除染係数を考慮しないものとした。

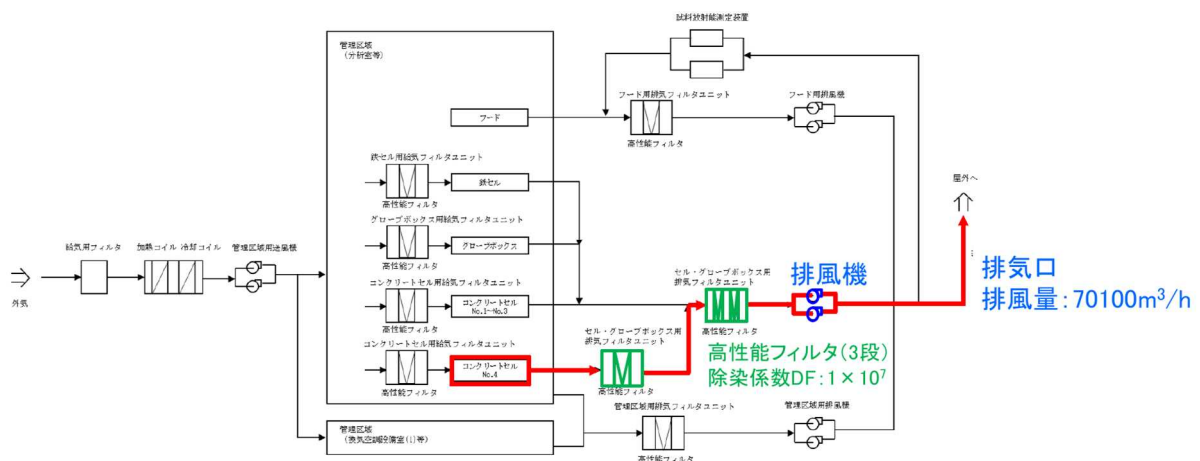


図2. 11. 2-1 コンクリートセルNo4からの放出経路

※1 「ホットラボの設計と管理」, ホットラボ研究専門委員会, 日本原子力学会(1976)



※2 高性能フィルタは、基準粒子径  $0.15\mu\text{m}$  以上に対して粒子捕集率 99.97%以上の JIS 規格品を使用する設計としている。第2棟では、フィルタ1段目の除染係数を  $1\times 10^3$  とし、2段目以降は1段あたりの除染係数を  $1\times 10^2$  として評価する。

② 評価結果

第2棟排気口の放射性物質濃度の評価結果を表2.11.2-1に示す。各核種の放射能濃度は告示に定める周辺区域外の濃度限度を下回り、また、各核種の濃度限度に対する割合の和は1未満である。さらに、排気口からの大気拡散効果を考慮すると、周辺監視区域外においては、この濃度はさらに低下することから告示に定める濃度限度を十分に下回る。

表 2.11.2-1 排気口出口における放射性物質濃度

	核種	排気口出口 放射能濃度 [Bq/cm <sup>3</sup> ]	空气中 濃度限度 [Bq/cm <sup>3</sup> ]	空气中濃度 限度との比
1	H-3	7.9E-06	3.0E-03	2.6E-03
2	Kr-85	7.6E-05	1.0E-01	7.6E-04
3	I-129	4.6E-09	1.0E-06	4.6E-03
4	Pu-238	1.1E-11	3.0E-09	3.7E-03
5	Pu-239	8.0E-13	3.0E-09	2.7E-04
6	Pu-240	1.4E-12	3.0E-09	4.8E-04
7	Pu-241	1.1E-10	2.0E-07	5.6E-04
8	Am-241	5.9E-12	3.0E-09	2.0E-03
9	Am-242m	2.0E-13	4.0E-09	5.0E-05
10	Am-243	3.5E-14	3.0E-09	1.2E-05
11	Cm-243	1.1E-13	4.0E-09	2.8E-05
12	Cm-244	1.5E-12	5.0E-09	3.1E-04
13	その他 <sup>※1</sup>	1.7E-13	—	1.5E-05
			(合計)	1.6E-02

※1 上記1～12以外の核種

## (2) 放射性物質の放出に伴う実効線量の評価

### ① 評価条件

敷地境界外の実効線量の評価は、「発電用原子炉施設の安全解析に関する気象指針」, 「発電用軽水型原子炉施設周辺の線量目標値に対する評価指針」を参考として行った。

外部被ばく及び吸入摂取による実効線量の評価は、原子炉施設周辺でそれぞれ最大の被ばくを与える地点に居住する人を対象とし、外部被ばくについては放射性雲からの $\gamma$ 線による実効線量と地表に沈着した放射性物質からの $\gamma$ 線による実効線量を考慮する。

食物摂取による実効線量については、現実に存在する被ばく経路について、食生活の様態等が標準的である人を対象として行うため、敷地周辺で農業・畜産業が行われていない現状では有意な被ばく経路は存在しない。ただし、今後敷地周辺において農業・畜産業が再開されることを見越し、被ばく評価全体において食物摂取による被ばくが占める程度を把握するため、参考として、葉菜及び牛乳摂取による実効線量を評価する。

評価に使用した呼吸率、吸入摂取した場合の実効線量係数、経口摂取した場合の実効線量係数、地表沈着濃度－外部被ばく線量変換係数、葉菜への沈着速度、ウェザリング効果による減少定数等のデータは、以下の資料を引用した。

- [1] 発電用軽水型原子炉施設周辺の線量目標値に対する評価指針, 平成13年3月29日, 原子力安全委員会一部改訂
- [2] 核原料物質又は核燃料物質の製錬の事業に関する規則等の規定に基づく線量限度等を定める告示
- [3] 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
- [4] U.S.NRC :Calculation of Annual Doses to Man from Routine Releases of Reactor Effluents for the Purpose of Evaluating Compliance with 10 CFR Part 50, Appendix I, Regulatory Guide 1.109, Revision 1, 1977
- [5] IAEA, Safety Reports Series No.19
- [6] Journal of Environmental Radioactivity 89 (2006)
- [7] Kocher, D.C., "Dose-Rate Conversion Factors for External Exposure to Photons and Electrons.", Health Physics Vol.45 No.3

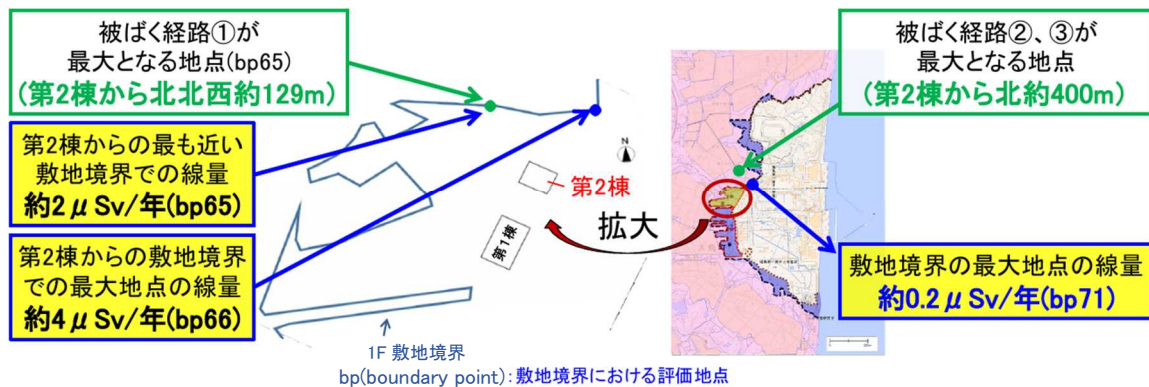
② 評価結果

放射性物質の放出に伴う、各経路における実効線量は表 2. 11. 2-3 のとおり。

表 2. 11. 2-3 放射性物質の放出に伴う実効線量

被ばく経路		実効線量
外部被ばく	放射性雲からのγ線による実効線量	$1.9 \times 10^{-8}$ mSv/年 (bp65 の地点で最大)
	地表に沈着した放射性物質からのγ線による実効線量	$2.1 \times 10^{-8}$ mSv/年 (第2棟から北約400m 地点で最大)
内部被ばく	吸入摂取による実効線量	$3.8 \times 10^{-7}$ mSv/年 (第2棟から北約400m 地点で最大)
	経口摂取 (葉菜) による実効線量	$1.6 \times 10^{-6}$ mSv/年 (第2棟から北約400m 地点で最大)
	経口摂取 (牛乳) による実効線量	$6.5 \times 10^{-6}$ mSv/年 (第2棟から北約400m 地点で最大)
合計 (経口摂取を含まない)		$4.2 \times 10^{-7}$ mSv/年
合計 (経口摂取を含む)		$8.5 \times 10^{-6}$ mSv/年

各被ばく経路において、最大の線量となる地点は異なるが、同時に被ばくするものとして、経口摂取を含めずに合算した値は約  $4.2 \times 10^{-7}$  mSv/年、経口摂取を含めて合算した値は約  $8.5 \times 10^{-6}$  mSv/年であり、第2棟からの直接線・スカイシャイン線による実効線量が最大となる bp66 の  $3.45 \times 10^{-3}$  mSv/年に比べ、その影響は小さい。



- 被ばく経路 ① 放射性雲からのγ線による実効線量  
 ② 地表に沈着した放射性物質からのγ線による実効線量  
 ③ 吸入摂取による実効線量

図 2. 11. 2-2 直接線・スカイシャイン線による実効線量の評価結果及び放射性物質の放出に伴う実効線量が最大となる地点

## 2.12 作業者の被ばく線量の管理等

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 2. 作業員の被ばく線量の管理等

○現存被ばく状況での放射線業務従事者の作業性等を考慮して，遮へい，機器の配置，遠隔操作，放射性物質の漏えい防止，換気，除染等，所要の放射線防護上の措置及び作業時における放射線被ばく管理措置を講じることにより，放射線業務従事者が立ち入る場所の線量及び作業に伴う被ばく線量を，達成できる限り低減すること。

#### 2.12.1 措置を講ずべき事項への適合方針

第2棟は，作業内容に応じて建屋内を区分し，区分ごとに外部放射線に係る設計基準線量率を設定する。放射線業務従事者等の立入場所における線量を合理的に達成できる限り低減できるように，遮へい，機器の配置，放射性物質の漏えい防止，換気等の所要の放射線防護上の措置を講じた設計とする。

(実施計画：II-2-48-4)

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

セル等は換気空調設備にて内部を負圧に維持することで放射性物質を閉じ込める設計とする。万一，負圧維持ができない場合は，セル等の構造（セル等，給気管，排気管，弁及び給排気系のフィルタ）で放射性物質を閉じ込める設計とする。

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

(実施計画：II-2-48-4)

管理区域の作業環境管理，作業員の被ばく管理を適切に実施するため，管理区域内にエリアモニタ等を設置する。

(実施計画：II-2-48-6)

## 2.12.2 対応方針

### (1) 設計，設備について考慮する事項

#### ① 作業者の被ばく線量管理等

##### ○現存被ばく状況における放射線防護の基本的な考え方

現存被ばく状況において放射線防護方策を計画する場合には，害よりも便益を大きくするという正当化の原則を満足するとともに，当該方策の実施によって達成される被ばく線量の低減について，達成できる限り低く保つという最適化を図る。

##### ○所要の放射線防護上の措置及び作業時における放射線被ばく管理措置の範囲

「実用発電用原子炉の設置，運転等に関する規則」に基づいて定めた管理区域及び周辺監視区域に加え，周辺監視区域と同一な区域を管理対象区域として設定し，放射線業務に限らず業務上管理対象区域内に立ち入る作業者を放射線業務従事者として現存被ばく状況での放射線防護を行う。

##### ○遮へい，機器の配置，遠隔操作，換気，除染等

放射線業務従事者が立ち入る場所では，外部放射線に係わる線量率を把握し，放射線業務従事者等の立入頻度，滞在時間等を考慮した遮へいの設置や換気，除染等を実施するようにする。なお，線量率が高い区域に設備を設置する場合は，遠隔操作可能な設備を設置するようにする。

##### ○放射性物質の漏えい防止

放射性物質濃度が高い液体及び蒸気を内包する系統は，可能な限り系外に漏えいし難い対策を講じる。また，万一生じた漏えいを早期に発見し，汚染の拡大を防止する場合は，機器を独立した区域内に配置したり，周辺にせきを設ける等の対策を講じる。

##### ○放射線被ばく管理

上記の放射線防護上の措置及び作業時における放射線被ばく管理措置を講じることにより，作業時における放射線業務従事者が受ける線量が労働安全衛生法及びその関連法令に定められた線量限度を超えないようにするとともに，現存被ばく状況で実施可能な遮へい，機器の配置，遠隔操作を行うことで，放射線業務従事者が立ち入る場所の線量及び作業に伴う被ばく線量を，達成できる限り低減するようにする。

さらに，放射線防護上の措置及び作業時における放射線被ばく管理措置について，長期間にわたり継続的に改善することにより，放射線業務従事者が立ち入る場所における線量を低減し，計画被ばく状況への移行を目指すこととする。

(実施計画：II-1-12-1)

## ② 放射線管理に係る補足説明

### (a) 基本方針

- 現存被ばく状況において、放射線被ばくを合理的に達成できる限り低減する方針で、今後、新たに設備を設置する場合には、遮へい設備、換気空調設備、放射線管理設備及び放射性廃棄物廃棄施設を設計し、運用する。また、事故後、設置した設備においても、放射線被ばくを合理的に達成できる限り低減する方針で、必要な設備の改良を図る。
- 放射線被ばくを合理的に達成できる限り低くするために、周辺監視区域全体を管理対象区域として設定して、立入りの制限を行い、外部放射線に係る線量、空気中もしくは水中の放射性物質の濃度及び床等の表面の放射性物質の密度を監視して、その結果を管理対象区域内の諸管理に反映するとともに必要な情報を免震重要棟や出入管理箇所等で確認できるようにし、作業環境の整備に努める。
- 放射線業務に限らず業務上管理対象区域に立ち入る作業者を放射線業務従事者とし、ばく歴を把握し、常に線量を測定評価し、線量の低減に努める。また、放射線業務従事者を除く者であって、放射線業務従事者の随行により管理対象区域に立ち入る者等を一時立入者とする。  
さらに、各個人については、定期的に健康診断を行って常に身体的状態を把握する。
- 周辺監視区域を設定して、この区域内に人の居住を禁止し、境界に柵または標識を設ける等の方法によって人の立入を制限する。
- 原子炉施設の保全のために、管理区域を除く場所であって特に管理を必要とする区域を保全区域に設定して、立入りの制限等を行う。
- 核燃料物質によって汚染された物の運搬にあたっては、放射線業務従事者の防護及び発電所敷地外への汚染拡大抑制に努める。

(実施計画：Ⅲ-3-3-1-2-2)



(b) 管理対象区域内の管理

管理対象区域については、次の措置を講じる。

- 管理対象区域は当面の間、周辺監視区域と同一にすることにより、さく等の区画物によって区画するほか周辺監視区域と同一の標識等を設けることによって明らかに他の場所と区別し、かつ、放射線等の危険性の程度に応じて、人の立入制限等を行う。

管理対象区域内の線量測定結果を放射線業務従事者の見やすい場所に掲示する等の方法によって、管理対象区域に立ち入る放射線業務従事者に放射線レベルの高い場所や放射線レベルが確認されていない場所を周知する。特に放射線レベルが高い場所においては、必要に応じてロープ等により人の立入制限を行う。

- 放射性物質を経口摂取するおそれのある場所での飲食及び喫煙を禁止する。ただし、飲食及び喫煙を可能とするために、放射性物質によって汚染された物の表面の放射性物質の密度及び空気中の放射性物質濃度が、法令に定める管理区域に係る値を超えるおそれのない区域を設ける。なお、設定後は、定期的な測定を行い、この区域内において、法令に定める管理区域に係る値を超えるような予期しない汚染を床又は壁等に発見した場合等、汚染拡大防止のための放射線防護上必要な措置等を行うことにより、放射性物質の経口摂取を防止する。

- 管理対象区域全体にわたって放射線のレベル及び作業内容に応じた保護衣類や放射線防護具類を着用させる。

- 管理対象区域から人が退去し、又は物品を持ち出そうとする場合には、その者の身体及び衣服、履物等身体に着用している物並びにその持ち出そうとする物品（その物品を容器に入れ又は包装した場合には、その容器又は包装）の表面の放射性物質の密度についてスクリーニングレベルを超えないようにする。管理対象区域内において汚染された物の放射性物質の密度及び空気中の放射性物質濃度が法令に定める管理区域に係る値を超えるおそれのない区域に人が立ち入り、又は物品を持ち込もうとする場合は、その者の身体及び衣服、履物等身体に着用している物並びにその持ち出そうとする物品（その物品を容器に入れ又は包装した場合には、その容器又は包装）の表面の放射性物質の密度について表面汚染測定等により測定場所のバックグラウンド値を超えないようにする。

- 管理対象区域内においては、除染や遮へい、換気を実施することにより外部線量に係る線量、空気中放射性物質の濃度、及び放射性物質によって汚染された物の表面の放射性物質密度について、管理区域に係る値を超えるおそれのない場合は、人の出入管理及び物品の出入管理に必要な措置を講じた上で、管理対象区域として扱わないこととする。

(実施計画：Ⅲ-3-3-1-2-3~4)

(2) 措置を講ずべき事項への具体的な対応方針

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

(実施計画：II-2-48-6)

(3) 措置を講ずべき事項へのその他対応方針

その他対応方針を以下に示す。

① 遮へい体の貫通部に対する考慮

貫通部は原則として放射線漏えいが問題とならないように位置を決める。

コンクリートセルの給排気系配管についてはスクリーダクトによる遮へいを行なう。

今後，放射線漏えいが問題となる位置に設置せざるを得ない場合は，放射線漏えいを防止する措置(スクリーダクトの使用，遮へい材の埋め込み)を講ずることとする。

② 試料ピットの線源を考慮していない場所についての試料ピットからの影響

試料ピットの線源を考慮していない場所は，試料ピット躯体及び評価場所までの距離で遮蔽・減衰<sup>\*1</sup>されることから重畳を考慮していない場所における試料ピットを線源とする影響はない。

※1 試料ピットを考慮していない場所は，                    の正面にないため，コンクリートを斜め方向に通る遮蔽厚さとなり減衰が大きくなる。コンクリートの減衰は1mで約3桁(放射線施設の遮蔽計算実務マニュアル(放射線)データ集2012，公益財団法人原子力安全技術センター)であるので，十分減衰する。

③ 換気空調設備室の線量率区分の設定根拠について

作業者の被ばく低減を考慮して，線量率の測定結果に基づき必要に応じてフィルタ交換等を行うために当室における線量率をD区分(0.25mSv/h未満)としている。

④ 分析室又は $\alpha$ ・ $\gamma$ 測定室での燃料デブリを移送する際の容器について

分析室における燃料デブリの取扱い量は          と少量に設定しており，          のデブリからの線量率は25cm離れた位置で $8.1\mu\text{Sv/h}$ であり，容器の遮へいは行わない。第2棟内の分析室において燃料デブリ等を移送する容器についても取扱者の被ばくの観点から遮へいが問題になることはない。

第2棟の線量率評価

(1) 第2棟の各エリアにおける作業想定

第2棟の線量率評価においては、図2.12.1-1に示す燃料デブリ等の動線を想定し、遮へいを考慮する部分を特定する。

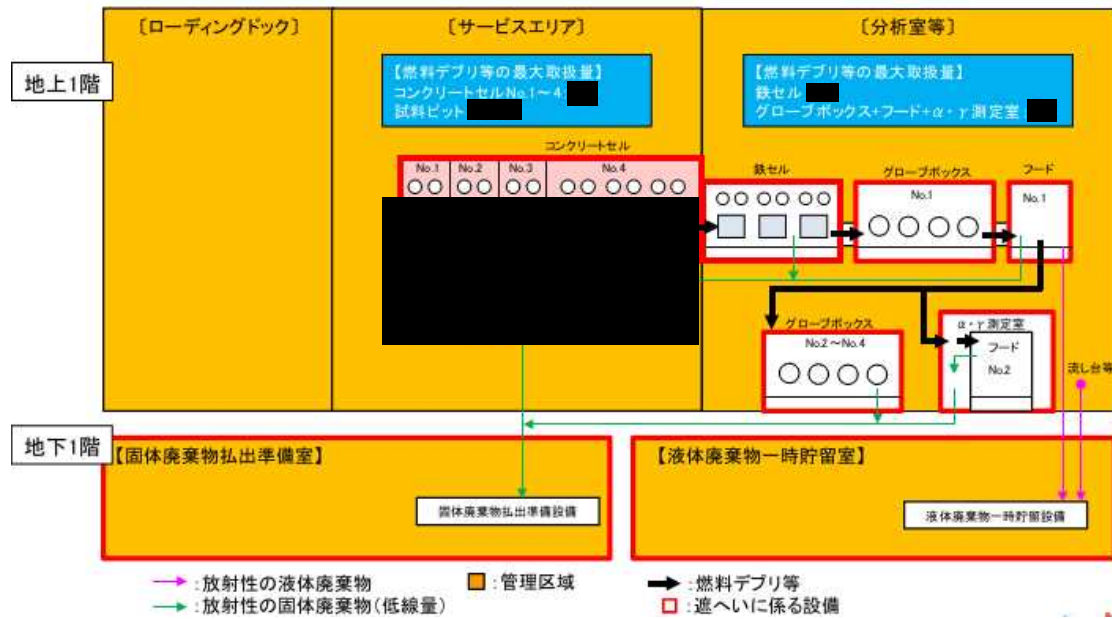


図2.12.1-1 燃料デブリ等の取扱い及び遮へいを考慮する部分

(2) 遮へいの考え方と線量率区分

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

① 非管理区域について

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

② 管理区域について

管理区域においては、放射線作業従事者等の被ばくに関して、線量限度\*が定められている他、合理的に達成できる限り低減することが求められる。このことを踏まえ、作業エリアを区域区分し、その区域区分に応じた外部放射線に係る設計基準線量率を設定し、必要な遮へいを設置する。

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

第2棟における外部放射線に係る設計基準線量率は、JEAC4615（原子力発電所放射線遮へい設計規程）記載の遮へい設計区分の例に基づき設定する。

管理区域内の各エリアにおける線量率区分については、作業内容に応じて割当てた。

表2.12.1-1 第2棟における外部放射線に係る設計基準線量率

	区分	外部放射線に係る設計基準線量率	第2棟での線量率区分の考え方
管理区域外	A	0.0026mSv/h以下	—
管理区域	B	0.01mSv/h未満	人が常時作業を行うエリア。
	C	0.05mSv/h未満	人の立入頻度が比較的少ないエリア。 ただし、分析室等のグローブボックス、フードを設置する室については、作業頻度が比較的多いが、グローブボックス及びフード表面での線量率が高くなるため、区分Cとする（作業者の放射線防護装備、時間管理等により被ばく線量を管理する）。
	D	0.25mSv/h未満	設備の点検・保守等の特定の業務でのみ立ち入るエリア（人の立入頻度、立入時間が短い。）。 測定機器室については、将来の拡張を見込んでD区分とする。
	E	1mSv/h未満	—
	F	1mSv/h以上	燃料デブリ等を取り扱うため線量率は高いが、マニプレータ等を用いて遠隔で取り扱うため、原則として人が立ち入らないエリア。

なお、JAEAの既存施設では下記の基準としている。

原子力科学研究所 バックエンド研究施設(BECKY)

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

原子力科学研究所 廃棄物安全試験施設(WASTEF)

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

原子力科学研究所 燃料試験施設(RFEF)

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

核燃料サイクル工学研究所 高レベル放射性物質研究施設(CPF)

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

大洗研究所 照射燃料集合体試験施設(FMF)、照射燃料試験施設(AGF)

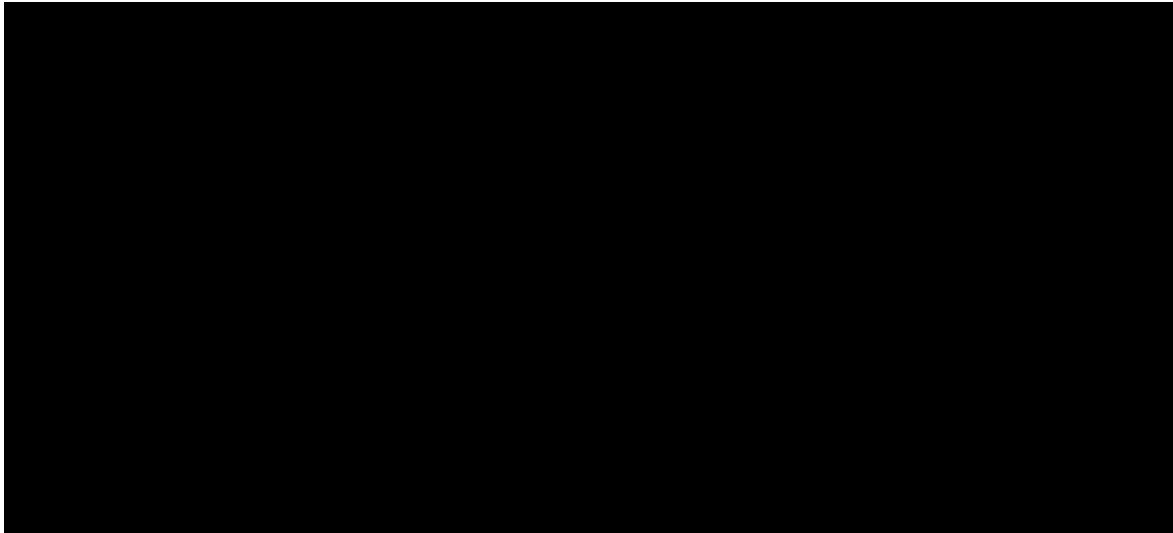
管理区域	放射線業務従事者が常時立入る区域	20 $\mu$ Sv/h以下
	放射線業務従事者が一時的に立入る区域	200 $\mu$ Sv/h以下

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

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

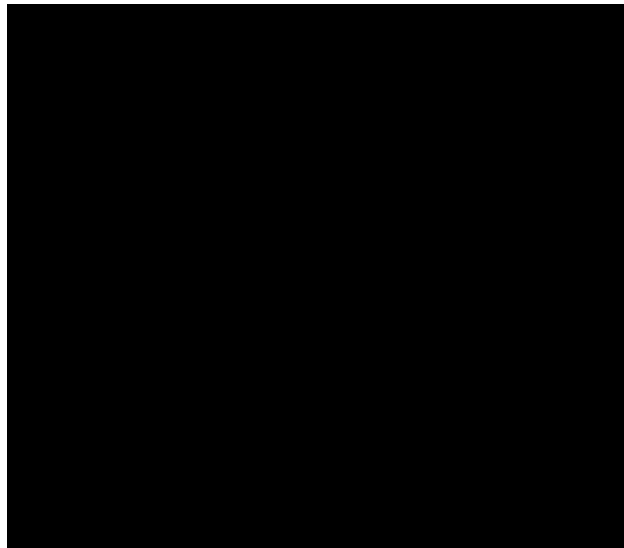
(3) 第2棟の遮へい

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



■ : 管理区域 ■ : 遮へい(壁) □ : 遮へい(床)

図2. 12. 1-2 遮へい体として設定する壁及び床（地下階及び1階）



■ : 管理区域 ■ : 遮へい(壁) □ : 遮へい(床)

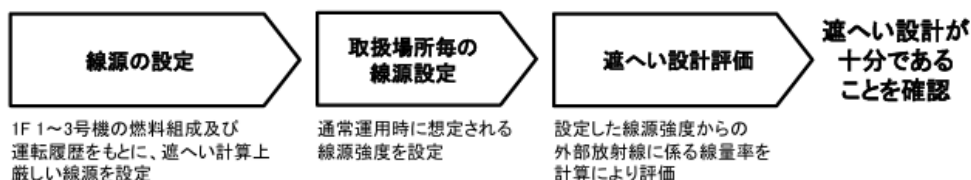
区分	外部放射線に係る設計基準線量率
管理区域外	A 0.0026mSv/h以下
	B 0.01mSv/h未満
	C 0.05mSv/h未満
管理区域	D 0.25mSv/h未満
	E 1mSv/h未満
	F 1mSv/h以上

図2. 12. 1-3 遮へい体として設定する壁及び床（2階）

#### (4) 非管理区域及び建屋外壁における線量率評価

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

また、建屋外壁の外側においても、外部放射線に係る設計基準線量率 $2.6 \times 10^{-3}$ mSv/hを超えないことを確認する。



##### ① 線源の設定

線源の設定は、「別紙-2 線源の設定」の通りとした。

##### ② 遮へい計算

遮へい計算では、「別紙-2 線源の設定」の検討結果をもとに、各取扱場所に応じた線源強度及び線源形状を設定する。また、線源や遮へい体をモデル化し、外部放射線に係る設計基準線量率 $2.6 \times 10^{-3}$ mSv/hを超えないことを計算コードを用いて確認する。

##### (a) 計算条件

計算コード：MCNP（連続エネルギーモンテカルロ計算コード）

線源：各取扱場所での線源形状及び形状は、表2.12.1-2の通り。

評価モデル：評価モデルは、図2.12.1-4～図2.12.1-13の通り。

密度：普通コンクリート $2.1\text{g/cm}^3$ ，鉄 $7.8\text{g/cm}^3$

遮へい体の厚さ：コンクリートセル壁 [REDACTED]， [REDACTED]

鉄セル壁 1600～3000mm，天井 1600～2400mm

各取扱場所での線源強度及び形状を表2.12-2に示す。なお、固体廃棄物払出準備室及び液体廃棄物一時貯留室においては、想定する線量率及び放射能濃度から線源強度を設定する。

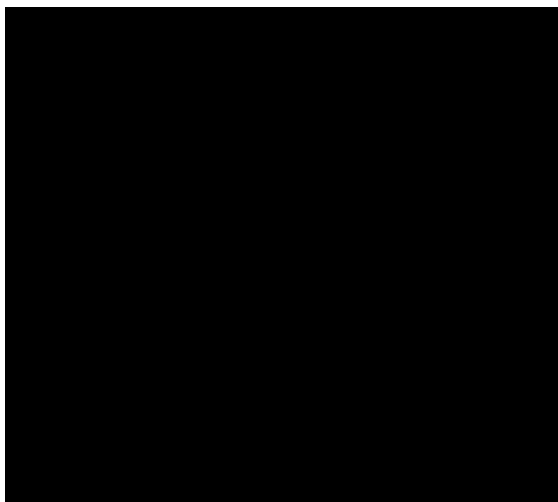
表2.12.1-2 各取扱場所での線源強度及び形状

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

※1 試料ピットには、■■■の燃料デブリ等が■■■■■、■■■■■で■■■あるとして、各位置に点線源があるとした。また、点線源とすることで、線源自体の組成及び大きさによる遮へい(自己遮へい)を見込まなくなり、偏在があっても保守的な評価となる。

※2 「固体廃棄物払出準備室」では、固体廃棄物を収納した角型容器を最大17個一時的に保管する。その表面における線量率は0.1mSv/h未満を管理値としている。また、「液体廃棄物一時貯留室」では第2棟で発生する液体廃棄物を受槽において一時的に保管する。受槽に排出される液体廃棄物の放射能濃度は37Bq/cm<sup>3</sup>未満を管理値としている。以上を踏まえて遮蔽評価に用いる線源設定では、想定最大の線量率及び最大濃度に基づき線源強度を設定しており、保守的である。

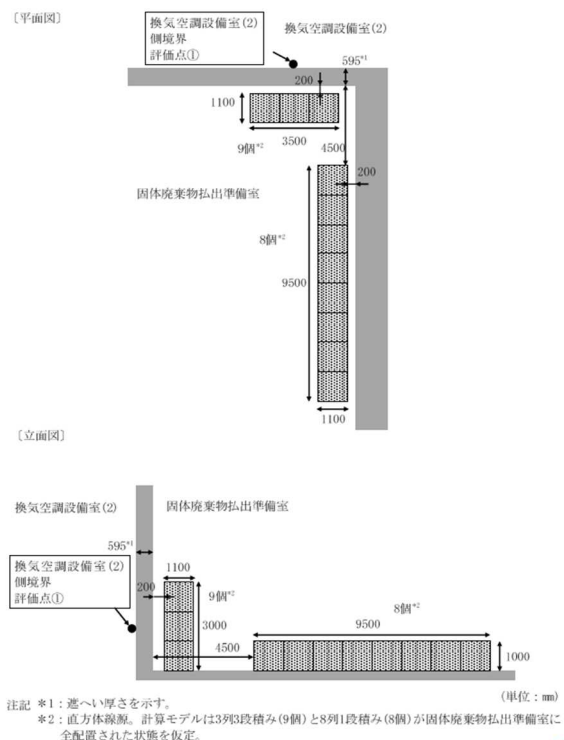
線源形状 : 直方体線源  
 計算モデル : 角型容器17個分の放射能を  
 固体廃棄物払出準備室に配置  
 遮へいは、固体廃棄物払出準備室北壁(厚さ595mm)を考慮



: 管理区域  : 遮へい(壁)

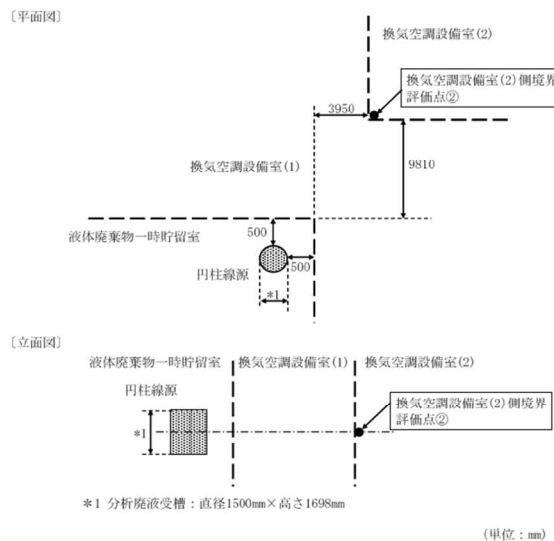
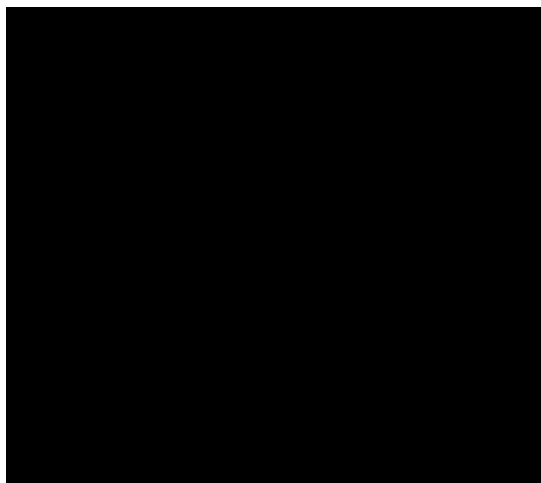
地下1階の評価点①

図 2.12.1-4 評価点①(非管理区域:換気空調設備室(2))の計算モデル





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

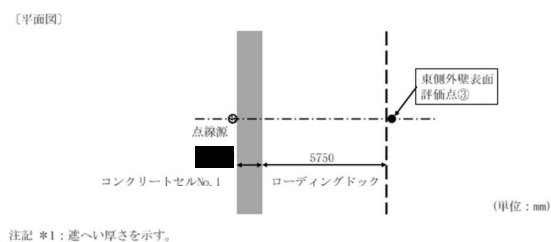
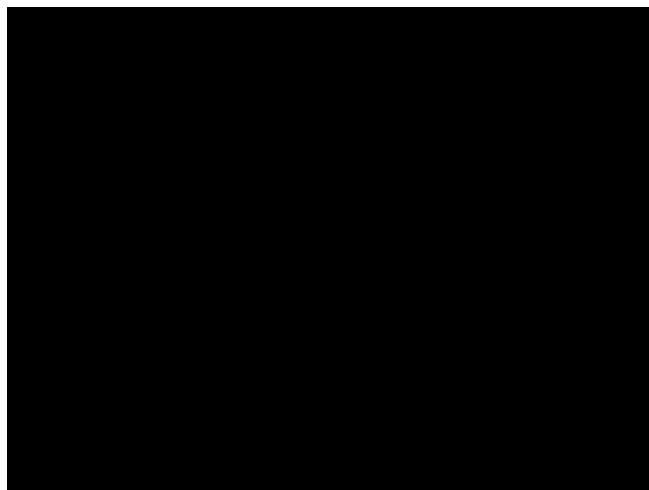


管理区域 (orange square) 遮へい(壁) (green square)

地下1階の評価点②

図2. 12. 1-5 評価点② (非管理区域：換気空調設備室(2)) の計算モデル

線源形状 : 点線源  
 計算モデル : 燃料デブリ等分の放射能を  
 コンクリートセルNo.1に配置  
 遮へいは、コンクリートセルNo.1東壁(厚さ)を考慮

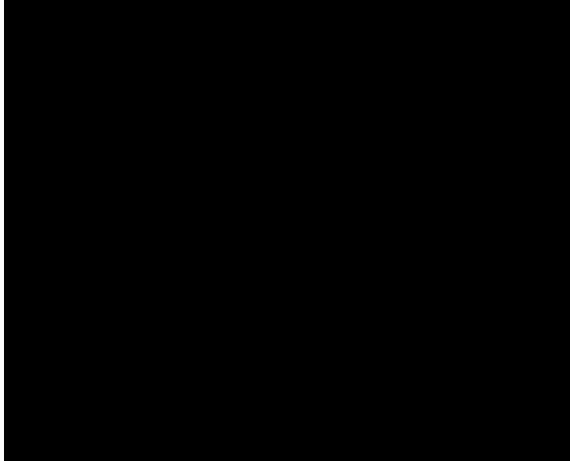


管理区域 (orange square) 遮へい(壁) (green square) 遮へい(床) (red dashed square)

1階の評価点③

図2. 12. 1-6 評価点③ (1階東側外壁) の計算モデル

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

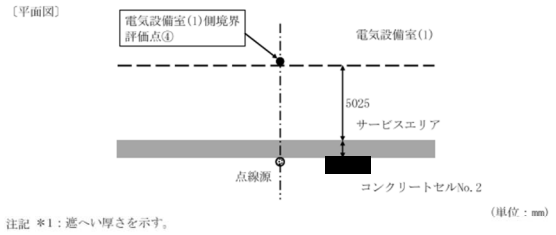


: 管理区域    : 遮へい(壁)    : 遮へい(床)

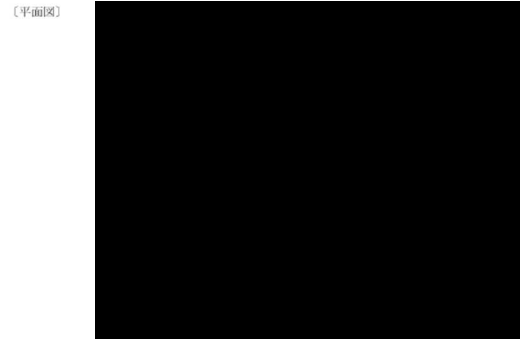
1階の評価点④

図2. 12. 1-7 評価点④ (非管理区域 : 電気設備室(1)) の計算モデル

(a)コンクリートセルNo.2

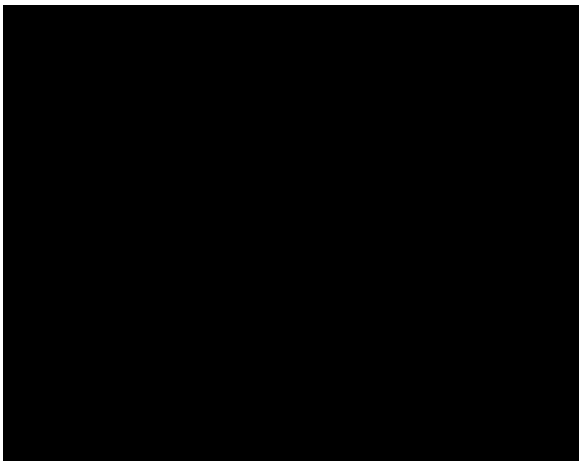


(b)試料ピット



注記 \*1: 遮へい厚さを示す。 (単位: mm)

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

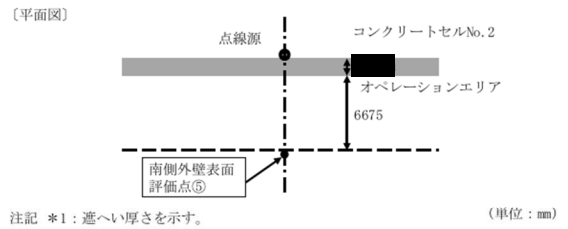


: 管理区域    : 遮へい(壁)    : 遮へい(床)

1階の評価点⑤

図2. 12. 1-8 評価点⑤ (1階南側外壁) の計算モデル

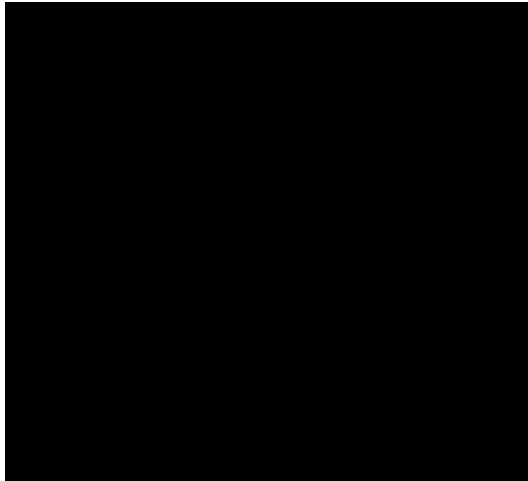
(a)コンクリートセルNo.2



(b)試料ピット



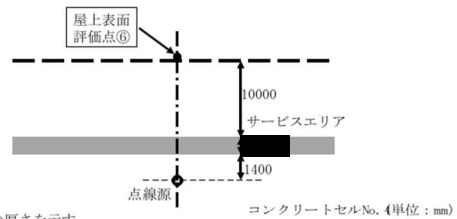
線源形状 : 点線源  
 計算モデル : (a)燃料デブリ等 分の放射能を  
 コンクリートセルNo.4に配置  
 (b)燃料デブリ等 分の放射能を  
 試料ピットに配置  
 遮へいは、(a)コンクリートセルNo.4天井(厚さ )と  
 (b)コンクリートセルNo.2天井(厚さ )を考慮



屋上階の評価点⑥

(a)コンクリートセルNo.4

[立面図]



注記 \*1: 遮へい厚さを示す。

コンクリートセルNo.4(単位:mm)

(b)試料ピット( )

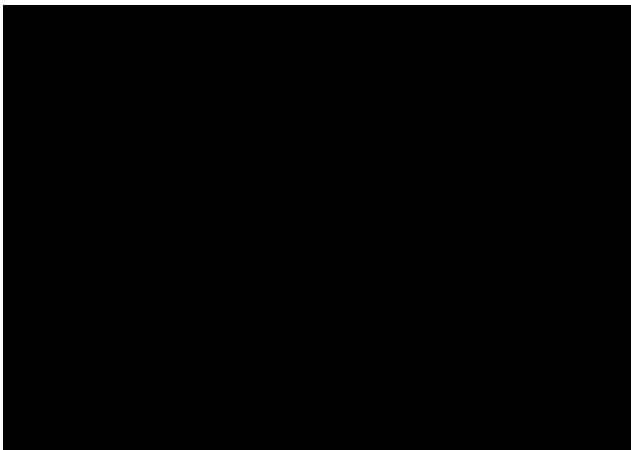
[立面図]



注記 \*1: 壁面の遮へい厚さを示す。

図2.12.1-9 評価点⑥(屋上表面)の計算モデル

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

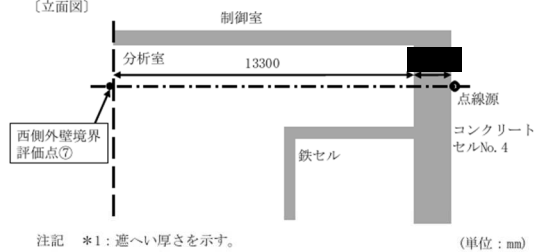


: 管理区域    : 遮へい(壁)    : 遮へい(床)

1階の評価点⑦

(a)コンクリートセルNo.4

[立面図]

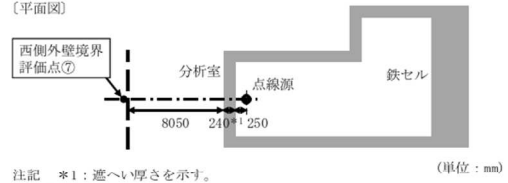


注記 \*1: 遮へい厚さを示す。

(単位:mm)

(b)鉄セル

[平面図]

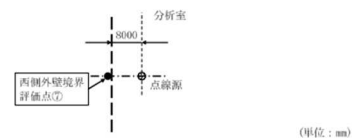


注記 \*1: 遮へい厚さを示す。

(単位:mm)

(c)分析室

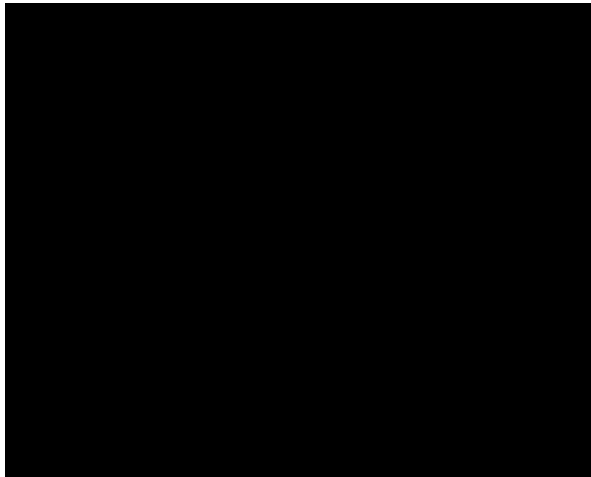
[平面図]



(単位:mm)

図2.12.1-10 評価点⑦(1階西側外壁)の計算モデル

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



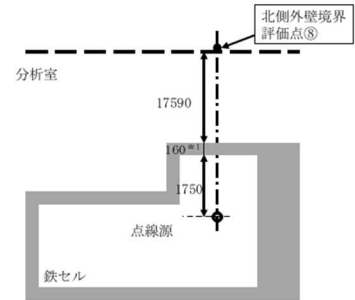
管理区域 : 遮へい(壁) : 遮へい(床)

1階の評価点⑧

図2.12.1-11 評価点⑧(1階北側外壁)の計算モデル

(a)鉄セル

[平面図]

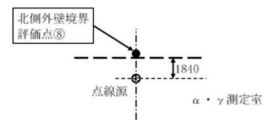


注記 \*1: 遮へい厚さを示す。

(単位: mm)

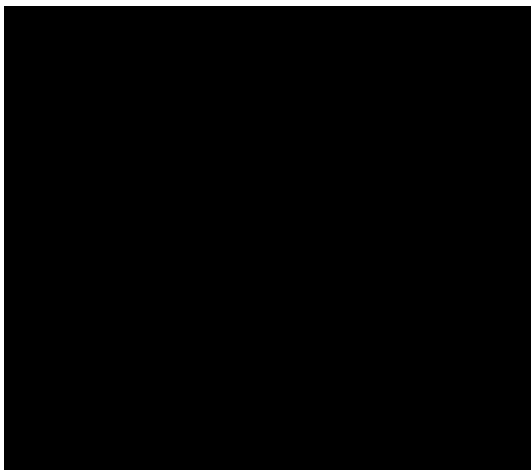
(b)  $\alpha \cdot \gamma$ 測定室

[平面図]



(単位: mm)

線源形状 : 点線源  
 計算モデル : (a)燃料デブリ等 $\blacksquare$ 分の放射能を鉄セルに配置  
 (b)燃料デブリ等 $\blacksquare$ 分の放射能を分析室に配置  
 遮へいは、(a)鉄セル遮へい体(厚さ240mm)を考慮



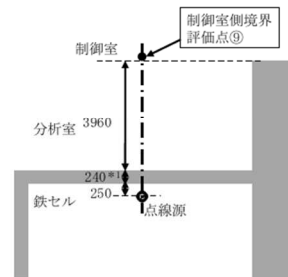
管理区域 : 遮へい(床)

2階の評価点⑨

図2.12.1-12 評価点⑨(非管理区域:制御室)の計算モデル

(a)鉄セル

[立面図]

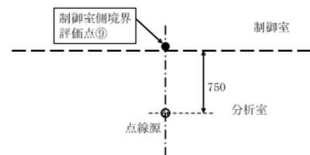


注記 \*1: 遮へい厚さを示す。

(単位: mm)

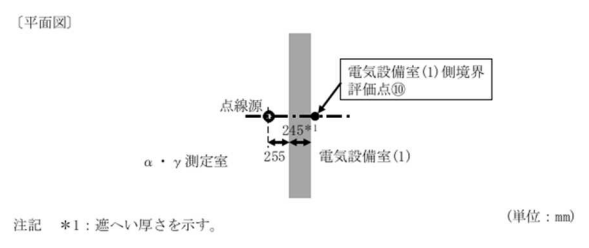
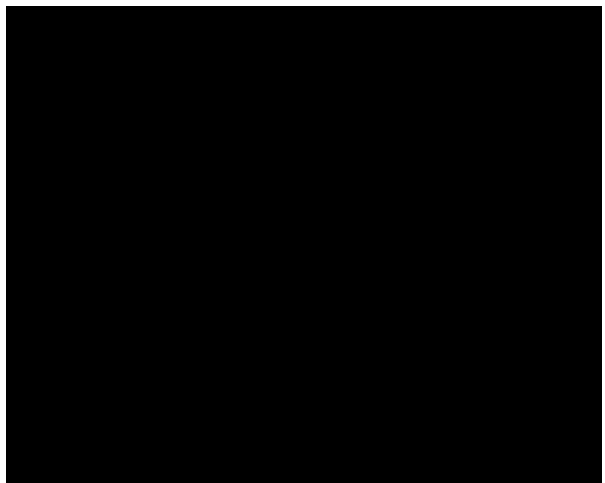
(b)分析室

[立面図]



(単位: mm)

線源形状 : 点線源  
 計算モデル : 燃料デブリ等 10% の放射能を  
 $\alpha \cdot \gamma$  測定室に配置  
 遮へいは、 $\alpha \cdot \gamma$  測定室東壁(厚さ245mm)を考慮



管理区域 : 管理区域  
 遮へい(壁) : 遮へい(壁)  
 遮へい(床) : 遮へい(床)

1階の評価点⑩

図2.12.1-13 評価点⑩ (非管理区域: 電気設備室(1)) の計算モデル

(b) 計算結果

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

表2.12.1-3 非管理区域及び建屋外壁における線量率

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

(5) 管理区域における線量率評価

線源取扱場所の近くで作業する従事者の被ばくを低減させるために、線源取扱場所の遮へい体表面の線量率の評価を行う。

第2棟のコンクリートセル、鉄セル、グローブボックス、フードにおける線量率評価は、(4)非管理区域及び建屋外壁における線量率評価と同様に、各取扱場所に応じた線源強度及び線源形状を設定する。また、線源や遮へい体をモデル化して、線量率区分(表2.12.1-1, 図2.12.1-2, 図2.12.1-3)を満足することを計算コードを用いて確認する。

① 計算条件

計算コード：MCNP（連続エネルギーモンテカルロ計算コード）

密度：普通コンクリート2.1g/cm<sup>3</sup>，鉄7.8g/cm<sup>3</sup>

各取扱場所での線源強度及び形状を表2.12.1-4に、計算モデルを図2.12.1-14～2.12.1-18に示す。

表2.12.1-4 各取扱場所での線源強度及び形状

取扱場所 (評価点)	取扱量	線源強度[Bq]	線源形状
コンクリートセルNo.1～4 (コンクリートセル表面)	燃料デブリ等：■	$1.2 \times 10^{14}$	点線源
試料ピット ■	燃料デブリ等：■	$3.1 \times 10^{15}$	点線源
鉄セル (鉄セル表面)	燃料デブリ等：■	$2.3 \times 10^{11}$	点線源
グローブボックス, フード (グローブボックス, フード表面)	燃料デブリ等：■ <sup>※1</sup>	$2.3 \times 10^7$	点線源

※1 遮へいを見込めないグローブボックス、フードについては取扱量■として図2.12.1-18のモデルで評価する。

線源形状：点線源

計算モデル

(a) 燃料デブリ等■■■分の放射能をコンクリートセルNo.2に配置

(b) 燃料デブリ等■■■分の放射能を試料ピットに配置

遮へいは、コンクリートセルNo.2南壁(厚さ■■■■)を考慮

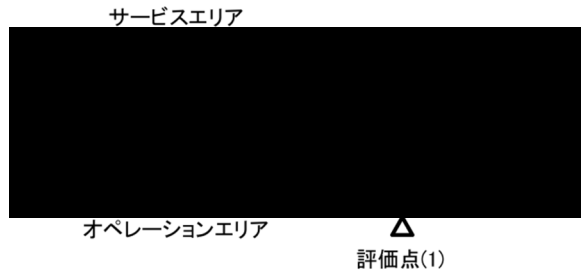


図 2. 12. 1-14 コンクリートセル正面の計算モデル

線源形状：点線源

計算モデル

(a) 燃料デブリ等■■■分の放射能をコンクリートセルNo.2に配置

(b) 燃料デブリ等■■■分の放射能を試料ピットに配置

遮へいは、コンクリートセルNo.2北壁(厚さ■■■■)を考慮

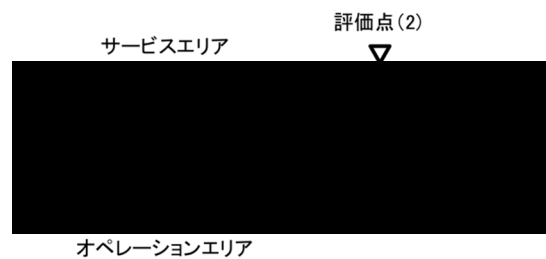


図2. 12. 1-15 コンクリートセル背面の計算モデル



線源形状：点線源

計算モデル

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

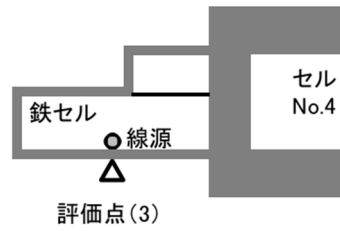


図2. 12. 1-16 鉄セル正面の計算モデル

線源形状：点線源

計算モデル

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

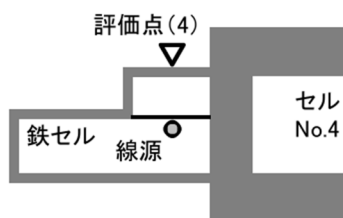


図2. 12. 1-17 鉄セル背面の計算モデル

線源形状：点線源

計算モデル

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



図2. 12. 1-18 グローブボックス，フード正面の計算モデル

## ② 評価結果

第2棟のコンクリートセル，鉄セル，グローブボックス，フードにおける線量率を表2. 12. 1-5 に示す。いずれも各室の設計基準線量率を満足することを確認した。

表2. 12. 1-5 コンクリートセル，鉄セル，グローブボックス，フードにおける線量率

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

## (6) 放射線作業従事者の被ばく管理

### ① 放射線管理

作業員の被ばく管理を適切に実施するため、管理区域内にエリアモニタ等を設置する。

- ・  $\gamma$ 線エリアモニタは、作業員が立ち入る可能性のあるエリア、比較的線量が高い線源が存在する可能性を考慮して管理区域内の各エリアに設置する。
- ・ 中性子線エリアモニタは、核燃料物質を含む線源のローディングドックからコンクリートセルへの移動及び隣接するセルでの取扱いを考慮して、管理区域内のサービスエリア及びオペレーションエリアに設置する。
- ・ 第2棟の臨界安全評価の結果、保守的な条件下においても臨界に達することはない。なお、万が一臨界が発生した場合には、 $\gamma$ 線及び中性子線のエリアモニタにおいて、臨界に伴う線量率の上昇を検知し、警報を発する。
- ・  $\beta$ 線ダストモニタは、廃液貯槽から廃液をサンプリングする作業に伴い、廃液から空気中への放射性物質の拡散の可能性を考慮して管理区域内の液体廃棄物一時貯留室に設置する。
- ・  $\alpha/\beta$ 線ダストモニタは、核燃料物質を含む高汚染物の受入・払出作業、分析試料及び固体廃棄物を取扱う定常作業に伴い、キャスク、分析試料もしくは固体廃棄物から空気中への放射性物質の拡散の可能性を考慮して管理区域内のサービスエリア、分析室及び固体廃棄物払出準備室に設置する。
- ・ エアスニファは、作業員が立ち入る可能性のあるエリアに対して、汚染がないことを定期的に確認するために管理区域内の各エリアに設置する。
- ・ 第2棟建屋に入域する場合に、手足、着衣の汚染検査を行うため第2棟出入口付近（連絡通路側）にハンドフットクロスモニタを設置する。
- ・ 管理区域から退域する場合に、手足、着衣の汚染検査を行うため更衣室・汚染検査室にハンドフットクロスモニタを設置する。

放射線を監視する設備及び汚染検査設備の配置については図2.12.1-19～図2.12.1-21に示す。

放射線を監視する設備及び汚染検査設備の種類と台数は以下のとおり。

**【 $\gamma$ 線エリアモニタ】**

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

**【中性子線エリアモニタ】**

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

**【 $\alpha/\beta$ 線ダストモニタ】**

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

**【 $\beta$ 線ダストモニタ】**

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

**【エアスニファ】**

- a) エアスニファ
  - 集じん方式：固定ろ紙集じん方式
  - 数量：26台
- b) サンプリングポンプ
  - 数量：2台

**【ハンドフットクロスモニタ】**

- 検出器種別：ZnS プラスチックシンチレーション検出器
- 測定線種： $\alpha$   $\beta$  ( $\gamma$ )線
- 数量：4台（第2棟内3台，連絡通路1台）

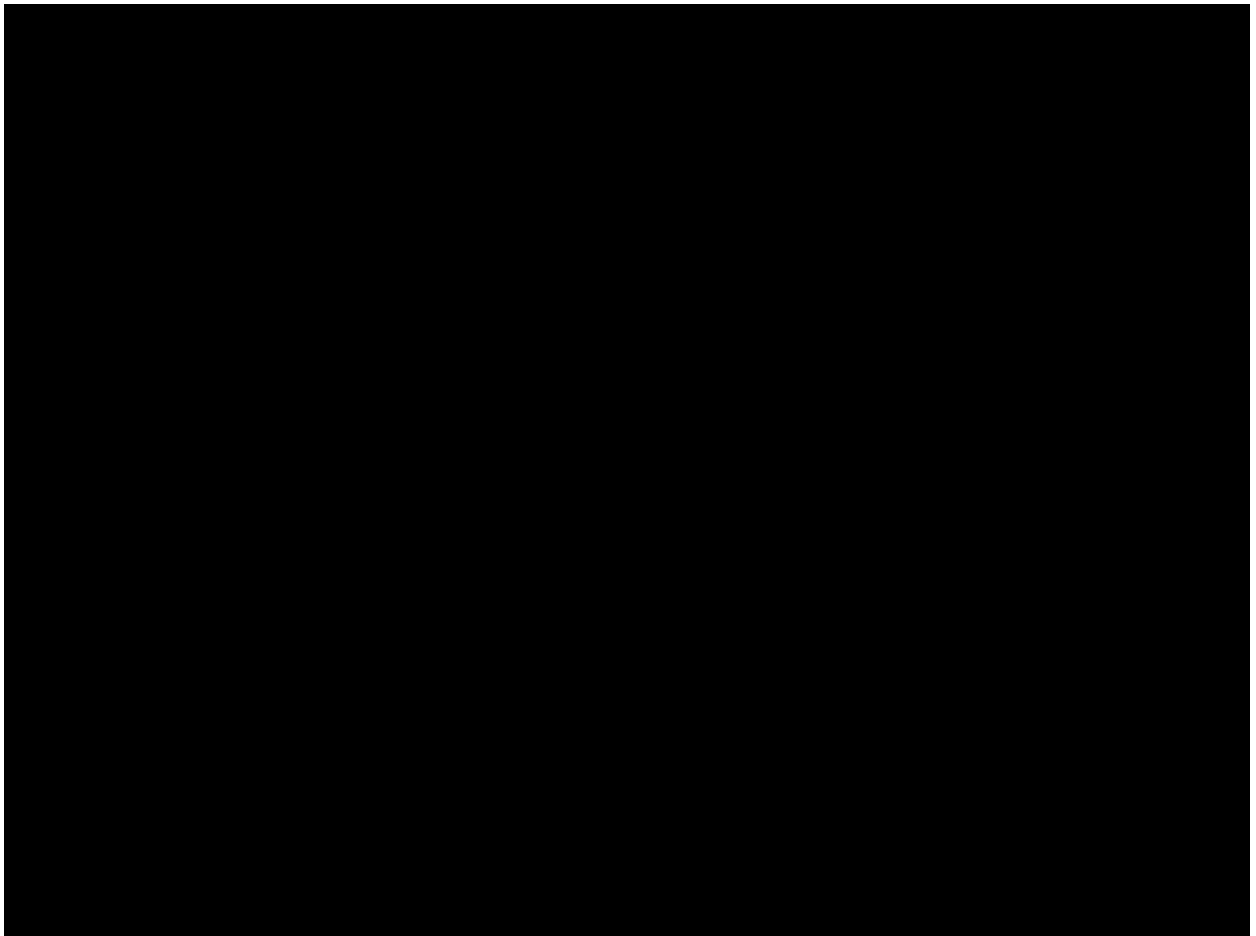


図2.12.1-19 放射線を監視する設備，汚染検査設備の配置図（地下1階）

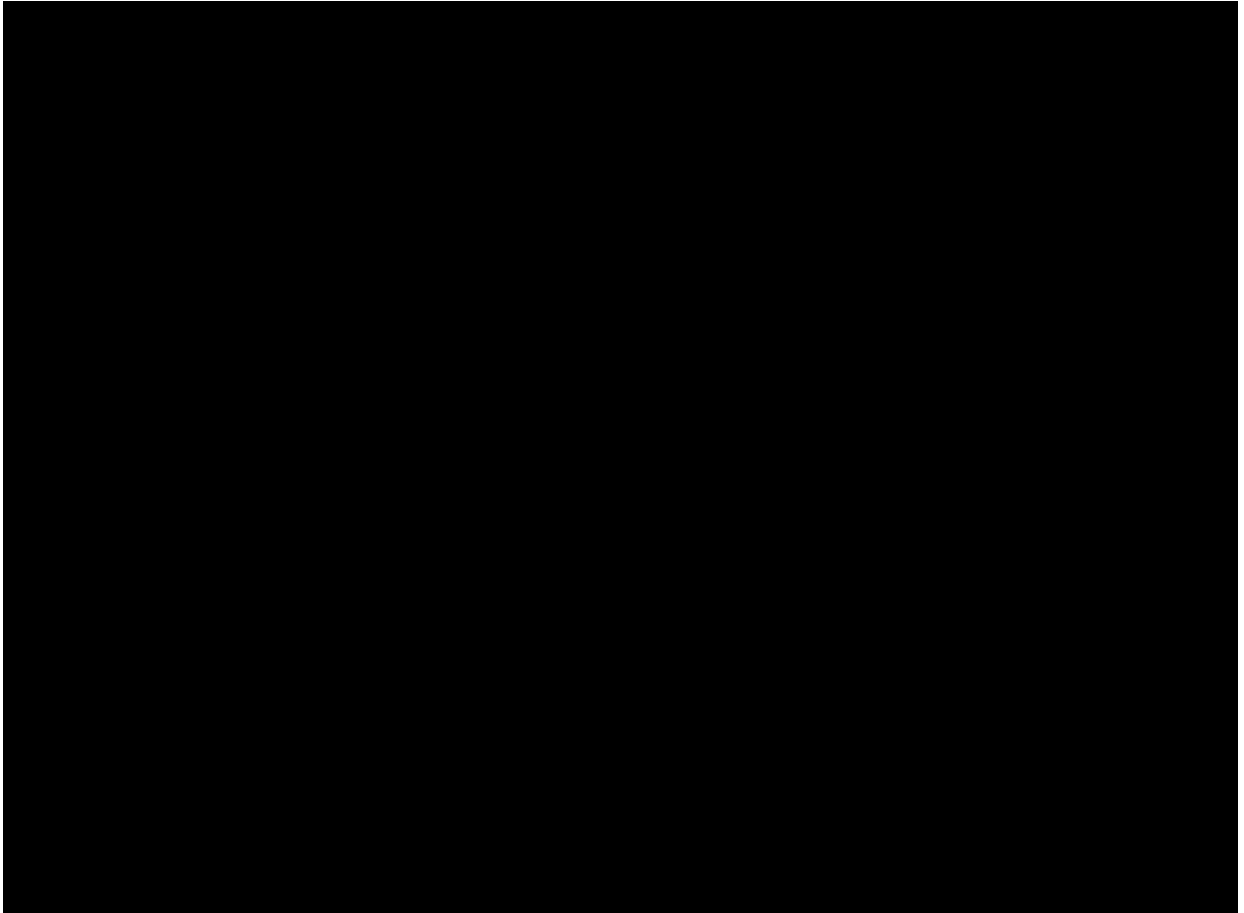


図2.12.1-20 放射線を監視する設備，汚染検査設備の配置図（1階）

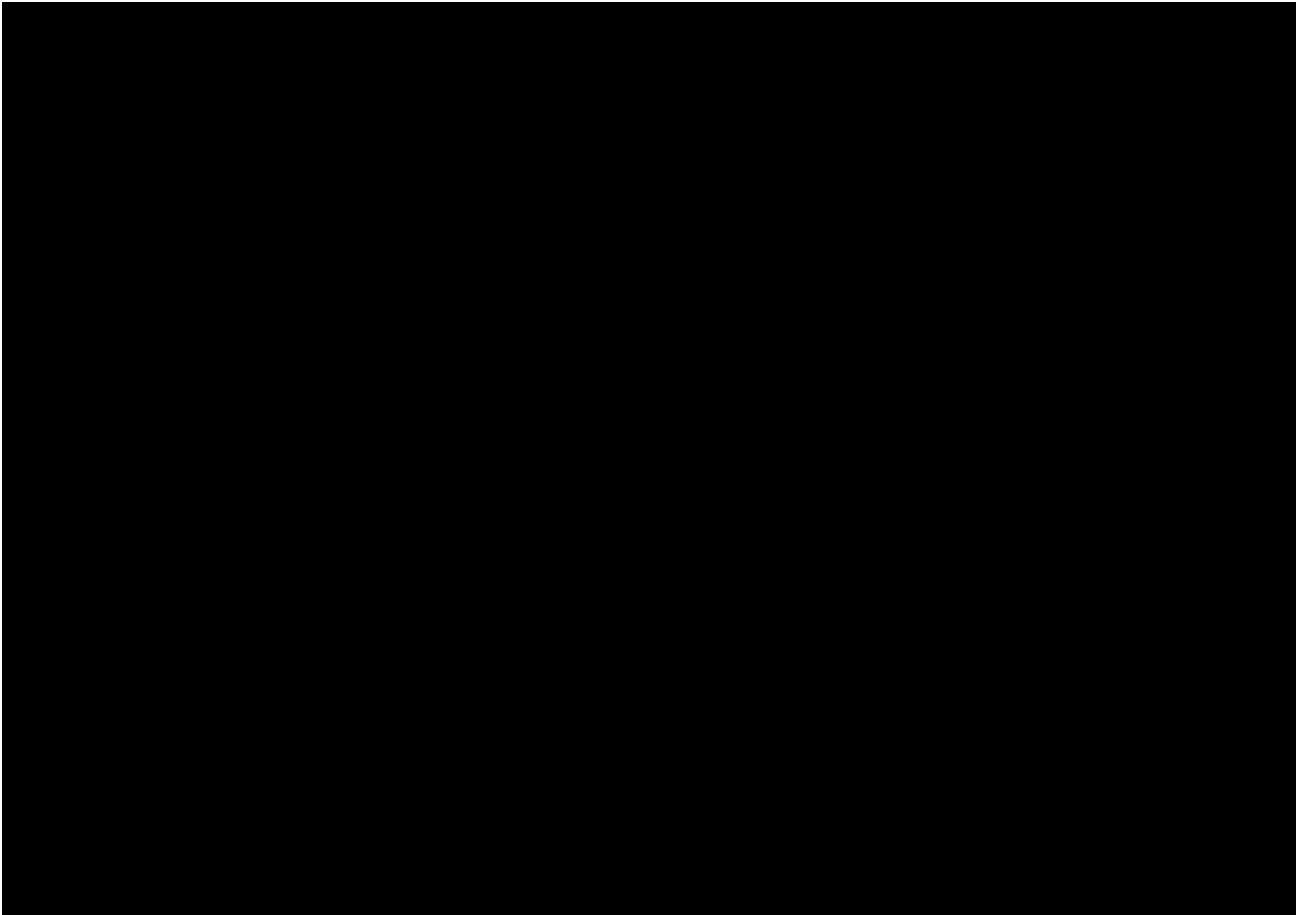


図2.12.1-21 放射線を監視する設備，汚染検査設備の配置図（2階）

## ② 被ばく管理

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

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



## 第2棟の非管理区域，建屋外壁及び管理区域の線量に用いる線源の設定

第2棟の非管理区域，建屋外壁及び管理区域の線量に使用する燃料，中性子及びガンマ線の線源強度を検討した。

## (1) 燃料の比較

福島第一原子力発電所1～3号機に装荷された燃料の燃料組成及び運転履歴に基づき，放射能，ガンマ線発生数及び中性子発生数を求めた。

なお， $UO_2$ 燃料の $^{235}U$ 濃縮度及びMOX燃料のPu富化度をパラメータとして，どのような燃料が線量評価上，厳しい評価となるのかを検討した。

## i) 評価条件

表2.11.2-1の燃料仕様等に基づき，評価条件を設定した。

(a) 計算コード：ORIGEN2.2-UPJ<sup>※1</sup>

(b)  $UO_2$ 燃料： $^{235}U$ 濃縮度 ██████████ 燃焼度 60GWd/t

MOX燃料：Pu富化度 ██████████ 燃焼度 10GWd/t

(c) 冷却期間：12年間

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

表2.11.2-1 燃料仕様等

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

ii) 評価結果

i) の評価条件に基づいた放射能，ガンマ線発生数及び中性子発生数の評価結果を表 2.11.2-2 に示す。

表2.11.2-2 1～3号機の1gあたりの放射能，ガンマ線発生数及び中性子発生数

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

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

評価の結果，UO<sub>2</sub>燃料，<sup>235</sup>U濃縮度 [ ] 及び2号機の運転履歴に基づき評価したとき，放射能，ガンマ線発生数及び中性子発生数が最大となった。

ここまで福島第一原子力発電所1～3号機に装荷された燃料の比較を行った。また，燃料デブリ等には，燃料のほか放射化した炉内の構造材が含まれる可能性がある。このため，燃料デブリ等に含まれる可能性の高い被覆管及び炉内の構造材のうち放射化量の多い炉心シュラウド<sup>※2</sup>について評価し，UO<sub>2</sub>燃料の評価結果と比較する。

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

(2) UO<sub>2</sub>燃料と構造材との比較

被覆管及び炉心シュラウドは中性子照射により放射化されるため、放射能及びガンマ線発生数を求め、UO<sub>2</sub>燃料の評価結果と比較した。なお、被覆管の評価には、UO<sub>2</sub>燃料と同じ燃焼履歴で1～3号機の評価を行い、最もガンマ線発生数が多い2号機を採用した。また、炉心シュラウドは中性子照射期間が長いこと放射化が大きくなる3号機の炉心シュラウドを想定した。

i) 評価条件

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

ii) 評価結果

被覆管及び炉心シュラウドの評価結果及び2号機の運転履歴で評価したUO<sub>2</sub>燃料の結果を表2.11.2-3に示す。

表 2.11.2-3 被覆管及び炉心シュラウドの1gあたりの放射能，  
ガンマ線発生数及び中性子発生数

種類	被覆管	炉心シュラウド	UO <sub>2</sub> 燃料
放射能[Bq]	$5.7 \times 10^7$	$8.8 \times 10^8$	■
ガンマ線発生数[photons/s]	$9.3 \times 10^7$	$4.5 \times 10^8$	$1.1 \times 10^{10}$
中性子発生数[neutrons/s]	—	—	$4.2 \times 10^3$

検討の結果、燃料デブリ等のすべてがUO<sub>2</sub>燃料（<sup>235</sup>U濃縮度：■）で構成され、また、2号機の運転履歴で評価した場合が、ガンマ線発生数及び中性子発生数が最大となり、線量評価上、最も厳しい条件となる。

(3) 線量評価に用いる燃料デブリ等単位重量あたりのガンマ線発生数及び中性子発生数

①, ②の結果から, 線量評価で使用する 1g あたりの放射能, ガンマ線発生数及び中性子発生数を表 2. 11. 2-4 に示す。

表 2. 11. 2-4 線量評価で使用する 1g あたりの放射能,  
ガンマ線発生数及び中性子発生数

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

また, 上記の線源について, 主要なガンマ線及び中性子線放出核種を表 2. 11. 2-5 に示す。

表 2. 11. 2-5 主要なガンマ線及び中性子線放出核種

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

※放射平衡中の娘核種を含む

## コンクリートセル-鉄セル間ポートのセル間移送扉について

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

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

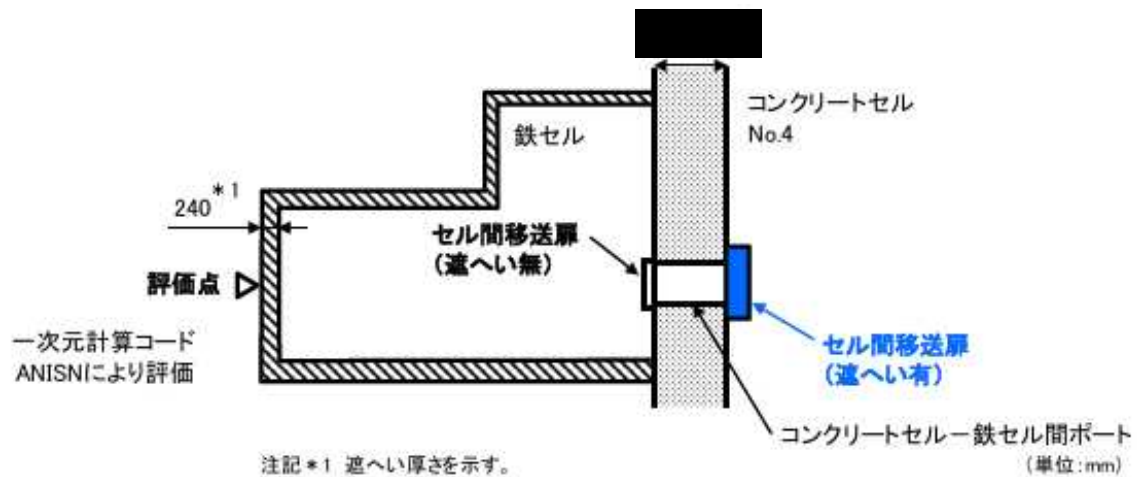


図2.12.3-1 セル間移送扉開放時の鉄セル表面の線量率計算モデル

試料ピットの構造と寸法及び試料ピットの階下の線量率評価

試料ピットの構造と寸法を図2.12.4-1に示す。

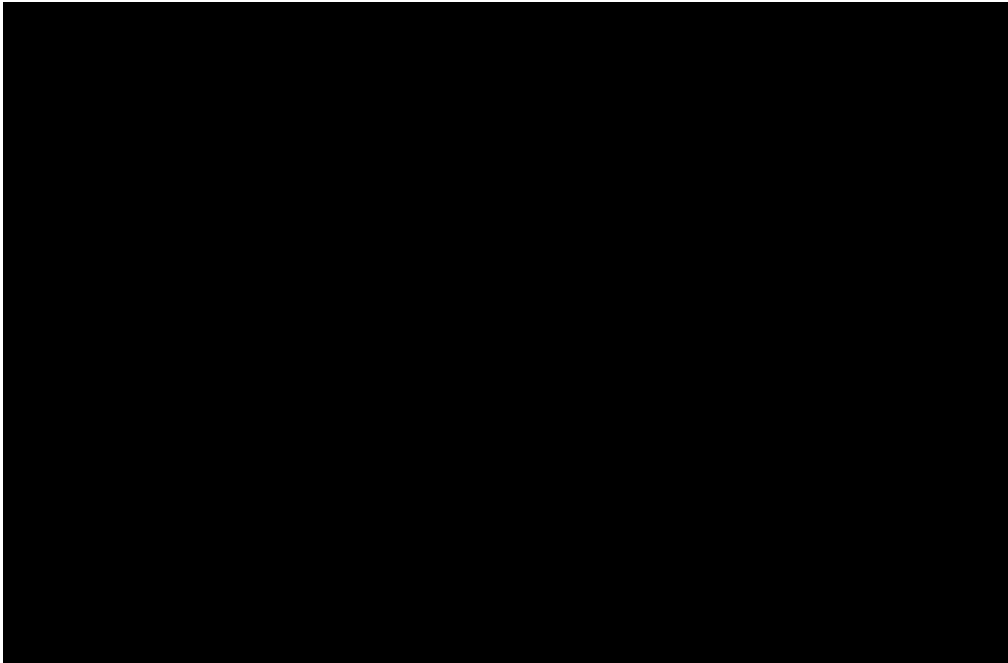





図 2.12.4-1 試料ピットの構造と寸法

試料ピットの階下（）の線量率は、試料ピットに及びコンクリートセルNo. 3にの燃料デブリが存在しているとして、図2.12.4-2に示す位置の線量率を評価している。

試料ピット及びコンクリートセルNo. 3からの線量率の合計は約0.03mSv/hとなりの設計基準線量区分D (0.25mSv/h未満)を満足している。

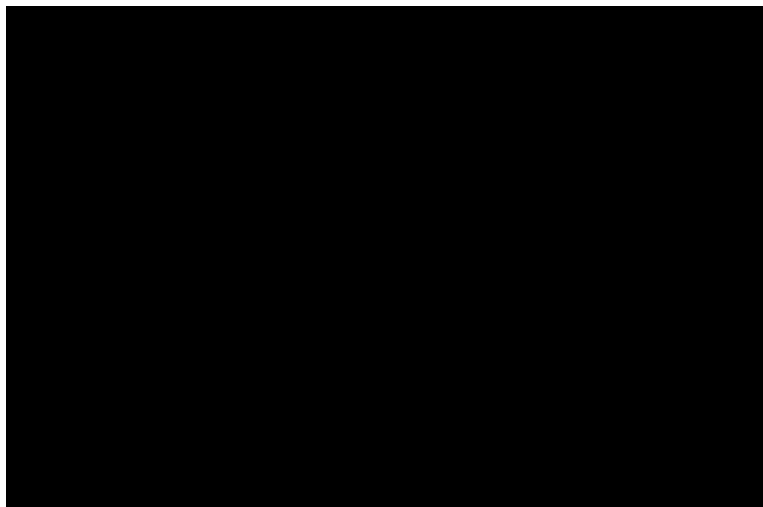
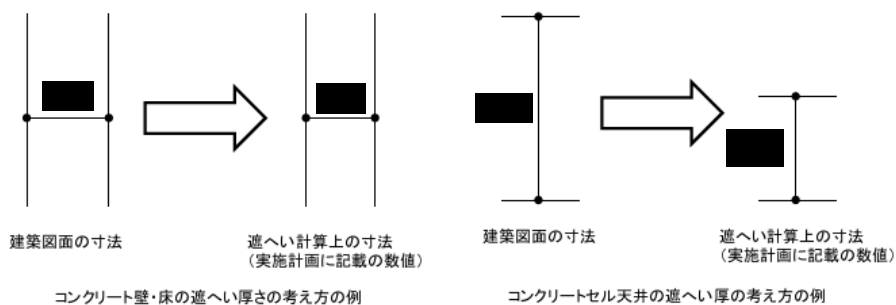


図 2.12.4-2 試料ピットの階下の線量率評価点

## 遮へい計算における遮へい厚の考え方

コンクリート壁，床は，遮へい厚さ以上で施工することとしている。壁については，「建築工事標準仕様書・同解説JASS5N 原子力発電所施設における鉄筋コンクリート工事」に定められているマイナス側の許容差5mmを考慮した厚さで評価している。また，コンクリートセル No. 1～4の天井については，施工上の厚さに対し十分な余裕をもった遮へい厚さで評価している。



遮への熱除去計算について

燃料デブリ等を扱うコンクリートセルは、燃料デブリ等から発生するガンマ線に照射されることによりコンクリート内部が発熱し温度が上昇する可能性がある。この温度上昇がコンクリートに影響を与えないことを確認するために温度上昇を評価した。

(1) コンクリート中の温度計算の手順を示す。

i) コンクリート中におけるガンマ線フラックスの減衰を考慮するため、コンクリートに球状のデブリ等が接しているとして、QAD コードにより図 2.12.6-1 の計算モデルでコンクリート中のガンマ線フラックスを計算した。

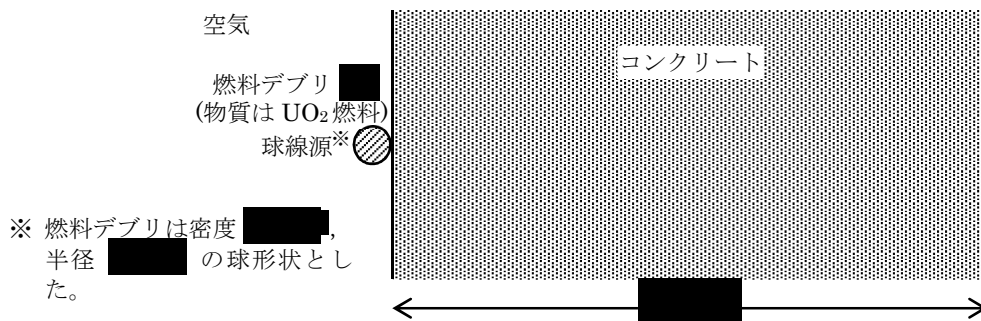


図 2.12.6-1  $\gamma$  線束の計算モデル

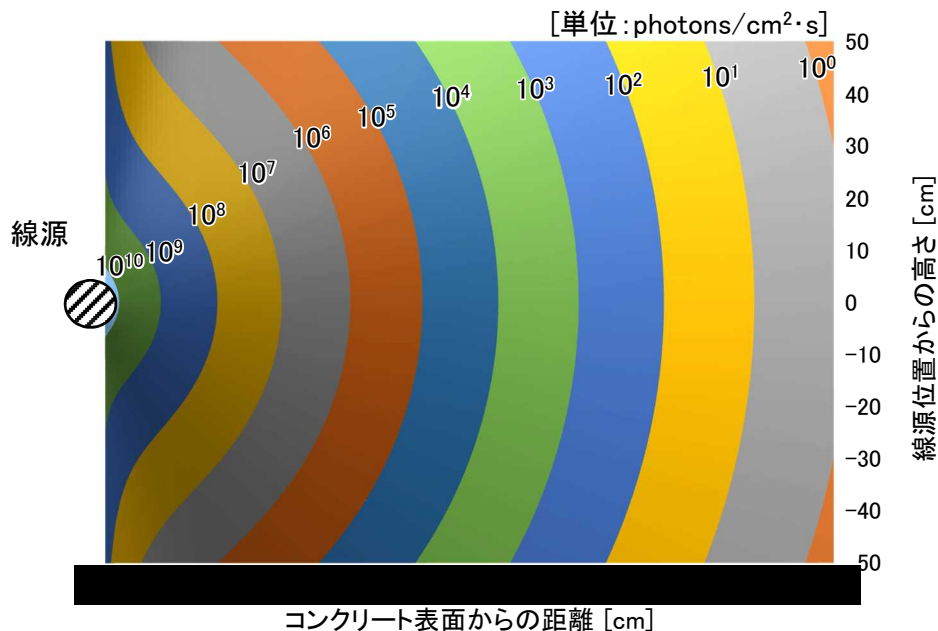


図 2.12.6-2 コンクリート内のガンマ線フラックス分布



ii) コンクリート内の発熱量分布  $Q'$  [W] を以下の式により求めた。

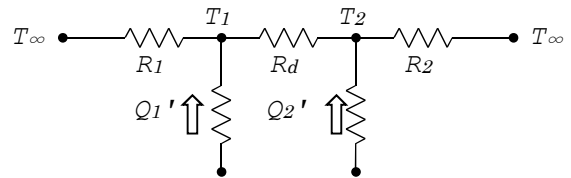
$$Q' = Q \times V$$

- ここで、  $Q$  : ガンマ発熱密度 [W/m<sup>3</sup>]  
 $= 10^6 \times \rho \times K \times \Phi$   
 $V$  : 平板体積 [m<sup>3</sup>]  
 $\rho$  : コンクリート密度 [g/cm<sup>3</sup>]  
 $K$  : ガンマ発熱密度換算係数 [W・s・cm<sup>2</sup>/g]  
 $= C \cdot E \cdot (\mu_{en}/\rho)$   
 $C$  : 換算係数 [W・s/MeV]  
 $E$  : ガンマ線エネルギー [MeV]  
 $(\mu_{en}/\rho)$  : コンクリートの質量エネルギー吸収係数 [cm<sup>2</sup>/g]  
(アイソトープ手帳 11 版 1 刷)  
 $\Phi$  : ガンマ線フラックス [photons/cm<sup>2</sup>・s]

iii) コンクリートを多層の平板から成るモデル (図 2.12.6-3) に置き換えて ii) で求めた発熱量を平板毎に与えて温度上昇を求め、平板毎に求めた温度上昇を合計して、コンクリート内の温度上昇とした。計算には、「伝熱工学資料改定第 5 版」日本機械学会より以下の式を用いた。

$$\Delta T_1 = T_1 - T_\infty = \frac{(R_d + R_2) R_1 Q_1' + R_1 R_2 Q_2'}{(R_1 + R_d + R_2)}$$

$$\Delta T_2 = T_2 - T_\infty = \frac{R_1 R_2 Q_1' + (R_1 + R_d) R_2 Q_2'}{(R_1 + R_d + R_2)}$$

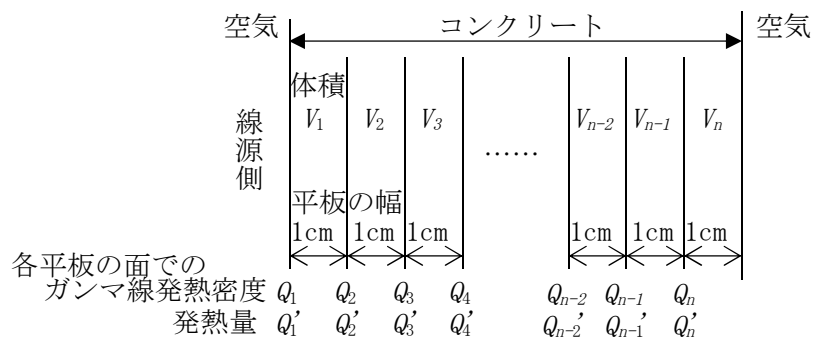


- ここで、  $T_1, T_2$  : 面 1 及び面 2 の温度 [°C]  
 $\Delta T_1, \Delta T_2$  : 面 1 及び面 2 での温度変化 [°C]  
 $T_\infty$  : 外気温 (コンクリートの外の温度) [°C]  
 $Q_1', Q_2'$  : 平板の面 1 及び面 2 での発熱量 [W]  
 $R_1, R_2$  : 平板の面 1 及び面 2 での熱抵抗 [°C/W]  
 $R_d$  : 平板の内部の熱抵抗 [°C/W]

また、熱抵抗は、

$$\text{(表面)} \quad R_f = \frac{1}{h_f A}, \quad \text{(固体内)} \quad R_d = \frac{d_d}{k_d A}$$

- ここで、  $h_f$  : 表面の熱伝達率 [W/m<sup>2</sup>・°C] (垂直平板の自然対流熱伝達率)  
 $k_d$  : コンクリートの熱伝導率 [W/m・°C]  
 $d_d$  : コンクリートの厚さ [m]  
 $A$  : コンクリートの面積 [m<sup>2</sup>]



※ 平板  $1\text{m}^2$  あたりの発熱量  $Q'_i$  は、 $Q'_i = Q_i \times V_i$  で求める。

図 2.12.6-3 多層平板のモデル図

- vi) 評価結果は、コンクリート表面(線源側)から 7cm の位置の温度上昇が最も大きくなり、温度上昇は約  $0.7^\circ\text{C}$  となった。

## 第2棟の入退域動線について

第2棟への入退域手順を示す。

### 【入域手順】

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

### 【退域手順】

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

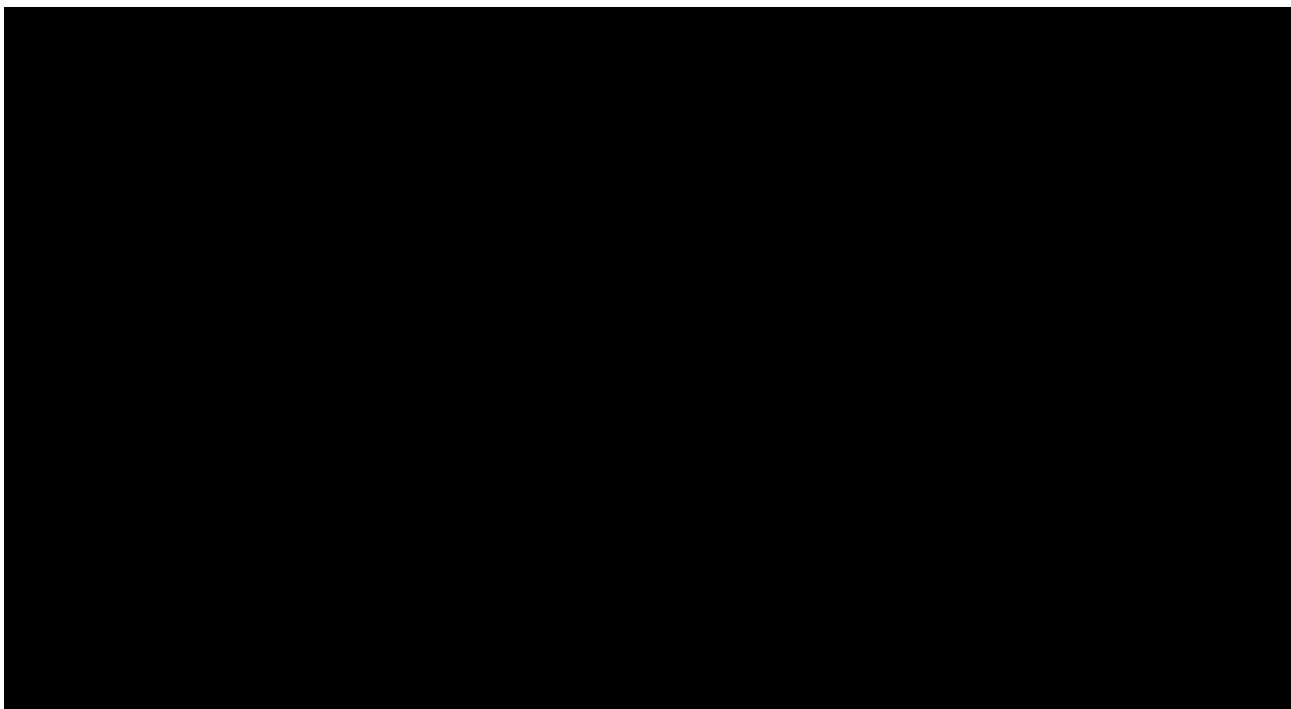


図2.12.7-1 第2棟の入退域動線（2階）

## 第2棟補足説明資料に係るコメントリスト(2.6、2.8、2.9、2.11、2.12に係るコメント)

番号	審査項目	指摘内容	指摘日	事業者回答	回答日	状況	指摘手段	備考	補足説明資料項目
追-33	緊急時対策	外部電源が喪失した際の予備電源について、種類、性能、設置場所、接続する系統等について説明すること。		補足説明資料2.6-3頁にて、予備電源の種類、性能、設置場所及び接続される系統を記載した。					2.6 電源の確保
90	電源確保/火災防護	電源等のユーティリティ及び外部火災防護に係る配置上の取り扱い等、東京電力と日本原子力研究開発機構(以下「JAEA」という。)の取り扱い部分となる事項について、どのような取り扱い点があるか、また、その取り扱い仕様条件及び役割分担等を整理し丁寧に説明すること。	2020/9/30	補足説明資料2.6-3頁にて、第2棟の電源取合いを記載した。 補足説明資料2.13-11頁に、以下のような取合い仕様とする旨を記載した。 M/C7 内光ケーブル成端端子水:M/C7南側の東電の浄水場内取合点より第2棟側についてはJAEAの所掌設備となる。				・特に記載なし	2.6 電源の確保 2.13 緊急時対策
33	固体廃棄物	放射性物質分析・研究施設第2棟(以下「分析第2棟」という。)で発生する固体廃棄物については、現状の福島第一原子力発電所構内における線量区分による分類により管理するとしているが、保管容器及びPVCバッグの劣化並びにα線の影響は考慮に入れているのか説明すること。	2020/6/24	αがふくまれる廃棄物については区別して保管します。				・特に記載なし	2.8 放射性固体廃棄物の処理・保管・管理
34	固体廃棄物	上記を踏まえつつ、単に線量の値のみで分類するのではなく、固体廃棄物の構成(何の核種がどのくらい含まれているか)を考慮した管理ができないか検討すること。	2020/6/24	補足説明資料2.8-4頁に、第2棟固体廃棄物の分類の仕方については、当面の間は線量での分類とするが、第2棟運用開始後の燃料デブリ等の分析を進めていく中で、第2棟固体廃棄物の構成核種等を考慮した管理を検討する旨記載した。				・特に記載なし	2.8 放射性固体廃棄物の処理・保管・管理
70	固体廃棄物	分析第2棟で発生する放射性廃棄物の区分について、セル等で行われる各作業との関係が分かるように説明すること。	2020/7/30	補足説明資料2.8.2-1頁～2.8.2-5頁に、セル等で行われる各作業において発生する第2棟固体廃棄物を記載した。				・2022/6/9まとめ資料P.137-138に固体廃棄物の分類に係る記載はあるが「線量区分」等の記載なし、P.148-151に液体廃棄物に係る記載あり	2.8 放射性固体廃棄物の処理・保管・管理
110	固体廃棄物	デブリ取り出しに当たっては、放射性物質分析・研究施設第2棟(以下「分析第2棟」という。)のほか、デブリ取り出しに係る取り出し装置本体、デブリ一時保管設備、固体廃棄物保管庫、移送キャスク等関連する施設・設備が必要である。デブリ取り出し全体に係るこれら施設・設備の建設計画を踏まえて、実施計画変更の要否と、変更認可申請を行う場合の想定スケジュールを示すこと。	2020/10/29	固体廃棄物貯蔵庫については現在検討中になります。 デブリ取り出し関連施設のスケジュールについては別途回答致します。				・全体スケジュールについては2022/11/25面談で別途コメント済 ・ただし、他施設・設備の建設計画、申請関係はコメントしていないので要追加コメント	2.8 放射性固体廃棄物の処理・保管・管理
111	固体廃棄物	第83回特定原子力施設監視・評価検討会でも指摘しているとおり、固体廃棄物については単に表面線量による管理ではなく、各核種の濃度や性状等を考慮し、分別管理をすることを検討すること。	2020/10/29	補足説明資料2.8-4頁に、第2棟固体廃棄物の分類の仕方については、当面の間は線量での分類とするが、第2棟運用開始後の燃料デブリ等の分析を進めていく中で、第2棟固体廃棄物の構成核種等を考慮した管理を検討する旨記載した。				・特に記載なし	2.8 放射性固体廃棄物の処理・保管・管理
164	固体廃棄物	分析済試料(樹脂埋・加熱・浸漬後の試料)と切断刃を除去する資材等はいずれも核燃料物質を含み、搬送先が固体廃棄物貯蔵庫であるにもかかわらず、分析済試料は「試料」、除去資材等は「固体廃棄物」として区別するとしている理由を説明し、面談資料にも記載すること。(適切な管理(保管、計量管理、発生量の計上など)がなされることが確認できればよい)	2022/5/8 (個別事項)	区分及び適切な管理について面談資料に追記致します。なお、区別の考え方は下記の通りです。 燃料デブリ等は全て核燃料物質として管理することを想定しています。核燃料物質のうち、受入物、分析試料、分析済試料及び分析済試料は「試料」として分類し、除去資材等に付着して回収できないものは「固体廃棄物」として分類することを想定しています。	2022/6/9			【資料掲載箇所】 2022/6/9まとめ資料P.74, 134	2.8 放射性固体廃棄物の処理・保管・管理
165	固体廃棄物	面談資料p.65, 128-129, 138中「固体廃棄物保管庫」は「固体廃棄物貯蔵庫」と記載するのが適切ではないのか?	2022/5/8 (個別事項)	固体廃棄物貯蔵庫に記載を修正致します。	2022/6/9			【資料掲載箇所】 2022/6/9まとめ資料P.74, 137, 138, 148	2.8 放射性固体廃棄物の処理・保管・管理
追-7	固体廃棄物	分析済試料(樹脂埋・加熱・浸漬後の試料)は固体廃棄物貯蔵庫第何棟に搬入するのか具体的な想定について説明すること。また、当該固体廃棄物貯蔵庫については、分析済試料の受入を行っているのか、また搬入予定の当該分析済試料には核分裂性物質がどの程度含まれる想定なのか説明すること。		分析済試料の払い出し先については現時点では確定しておりません。 また、分析済試料に含有する核分裂性物質は、第2棟へ受け入れた燃料デブリ等に含有する核分裂性物質と同程度までの量を想定している。					2.8 放射性固体廃棄物の処理・保管・管理
追-8	固体廃棄物	固体廃棄物について「低線量」「高線量」「核燃料物質を含むもの」「核燃料物質を含まないもの」と区分しているが、その基準について説明すること。また、線量はどの段階で測定するのか、測定方法等とあわせて説明すること。		補足説明資料2.8-3頁に、放射性固体廃棄物の分類基準を記載した。 補足説明資料2.8-4頁に、放射性固体廃棄物の線量の測定方法を記載した。					2.8 放射性固体廃棄物の処理・保管・管理
追-9	固体廃棄物	2.48.1.5.2 固体廃棄物払出準備設備において、一時的な保管の形態、期間、保管容量(制限)及び払出先の施設について説明すること。		補足説明資料2.8-3頁に、廃棄物の一時的な保管形態及び期間を記載し、補足説明資料2.8-3-1頁に、固体廃棄物払出準備設備の保管容量を記載した。 第2棟からの固体廃棄物の払い出しについては現時点では確定しておりません。					2.8 放射性固体廃棄物の処理・保管・管理
追-10	固体廃棄物	高線量の固体廃棄物はコンクリートセル又は試料ピットにて一時的に保管するところがあるが、その管理方法(保管形態や期間等)について説明すること。また、除去資材等と分離できない核燃料物質が含まれる固体廃棄物が核燃料物質として質量管理等がなされない状態で一時保管されることがないか説明すること。		補足説明資料2.8-4頁に、高線量の第2棟固体廃棄物の管理方法を記載した。					2.8 放射性固体廃棄物の処理・保管・管理
追-11	固体廃棄物	2022/6/9資料P.134最後の矢羽根に関して、「除去資材等に付着した燃料デブリ等の切断粉等は核燃料物質として管理」とあるが、その後「除去資材等に付着した核燃料物質は分離して回収できない」ため廃棄物になっている。前段の「除去資材等に付着した」ではなく「回収可能な切断粉等は」との理解でよいか説明すること。		補足説明資料2.8-5頁に、除去資材等に付着した燃料デブリ等の切断粉等について、以下のよう説明を記載した。 i) 回収可能な燃料デブリ等の切断粉等は、核燃料物質として管理を行う。 ii) 除去資材等に付着した燃料デブリ等の切断粉等は、核燃料物質として管理を行った上で、高線量の第2棟固体廃棄物として管理する。					2.8 放射性固体廃棄物の処理・保管・管理
71	固体廃棄物/液体廃棄物	廃棄物を管理する際の線量区分は何に基づいているのか説明すること。	2020/7/30	線量により払い出し先が異なるのでそれに基づき分類している。				・特に記載なし	2.8 放射性固体廃棄物の処理・保管・管理
63	火災防護	放射性廃棄物の想定発生量について説明すること。	2020/7/29	補足説明資料2.8-3頁、2.8.1-1頁に、放射性固体廃棄物の発生想定量を記載した。 補足説明資料2.9-8頁、2.9.1-2頁～2.9.1-4頁に、液体廃棄物の発生想定量を記載した。				・2022/6/9まとめ資料P.135, 137-138, 146, 148-151に記載あり	2.8 放射性固体廃棄物の処理・保管・管理 2.9 放射性液体廃棄物の処理・保管・管理
16	液体廃棄物	液体状の放射性物質は取扱量が少量とのことだが、実際にどのくらいの量なのか説明すること。	2020/6/16	補足説明資料2.9.8頁及び2.9.1-2～2.9.1-2頁に、第2棟液体廃棄物の発生量を記載した。				・2022/6/9まとめ資料P.148-151に年間発生量の記載あり	2.9 放射性液体廃棄物の処理・保管・管理

112	液体廃棄物	液体廃棄物の放射能濃度高さの基準は何を根拠としているのか説明すること。	2020/10/29	補足説明資料2.9.8頁に、JAEA内既存施設における廃液の濃度区分及び福島第一原子力発電所水処理設備の受入れ基準を参考にした旨記載した。				・2022/9/6まとめ資料P.147に記載あり	2.9 放射性液体廃棄物の処理・保管・管理
113	液体廃棄物	塩酸含有廃液保管ラック及び有機廃液保管ラックの材料や漏えい対策について説明すること。	2020/10/29	補足説明資料2.9.9頁に、塩酸含有廃液保管ラック及び有機廃液保管ラックの材料及びその漏えい対策を記載した。				・2022/9/6まとめ資料P.19, 152, 155, 387に記載あり	2.9 放射性液体廃棄物の処理・保管・管理
156	液体廃棄物	有機廃液を処理する方法について説明すること。	2021/4/15	補足説明資料2.9.8頁に、ポリ容器に入れた上でSUS容器に収納し、液体廃棄物一時貯留室に払出まで一時的に保管する、あるいは安定化処理(中和、希釈、固化処理等)することを記載した。また、2.9.1-2頁に福島第一原子力発電所払出先施設に払出後は保管(焼却処理検討中)であることを記載した。				・2022/6/9まとめ資料P.149に記載(焼却処理検討中)あり	2.9 放射性液体廃棄物の処理・保管・管理
157	液体廃棄物	液体廃棄物の建屋滞留水への混在処理の影響について、放射性物質濃度等の観点から定量的に説明すること。	2021/4/15	補足説明資料2.9.8頁に、既存分析施設同様に水処理設備の受け入れ基準を満たす液体廃棄物については、滞留水に混在処理を行う計画としていることを記載し、プロセス建屋の貯蔵量(約5590m <sup>3</sup> 、10 <sup>7</sup> Bq/Lオーダー(2021/5/27現在))に対して、JAEA第2棟の廃液(約6~10m <sup>3</sup> /回、10 <sup>6</sup> Bq/Lオーダー)は少量のため滞留水への影響はない旨も記載した。				・2022/6/9まとめ資料P.131に記載あり	2.9 放射性液体廃棄物の処理・保管・管理
159	液体廃棄物	液体廃棄物を固化処理するか判断する放射能濃度基準について、JAEAの既存施設における当該基準をもって分類するとしている根拠を記載すること。	2021/6/9	補足説明資料2.9.8頁に、分析廃液の放射性物質濃度の区分については、運用実績のあるJAEA内既存施設における濃度区分を参考に設定した旨を記載し、設定した放射能濃度37Bq/cm <sup>3</sup> の液体廃棄物を線源とした時の分析廃液受槽表面の線量率を評価した結果は2.12μSv/hとなり、作業者の被ばくを考慮しても安全上問題ないと判断したため、第2棟における液体廃棄物を固化処理するか判断する放射能濃度基準として37Bq/cm <sup>3</sup> を採用することとした旨も記載した。				・特に記載なし	2.9 放射性液体廃棄物の処理・保管・管理
166	液体廃棄物	有機廃液を処理する方法を面談資料に記載すること。	2022/5/8 (個別事項)	焼却処理予定の旨記載致します。	2022/6/9			【資料掲載箇所】 2022/6/9まとめ資料P.149	2.9 放射性液体廃棄物の処理・保管・管理
167	液体廃棄物	液体廃棄物の建屋滞留水への混在処理の影響について、液体廃棄物の量や放射性物質濃度の観点から定量的に説明し、面談資料にも記載すること。また、既存の分析施設の例を追記すること。	2022/5/8 (個別事項)	プロセス建屋の量と濃度、第2棟からの搬出量、濃度について、記載致します。また、既存分析施設名称について記載致します。	2022/6/9			【資料掲載箇所】 2022/6/9まとめ資料P.131	2.9 放射性液体廃棄物の処理・保管・管理
168	液体廃棄物	上記に関連して、液体廃棄物の放射性物質濃度の基準(Γβγ:0.37Bq/cm <sup>3</sup> 以上、37Bq/cm <sup>3</sup> 未満、α:0.01Bq/cm <sup>3</sup> 以下)などの根拠を面談資料に追記してください。	2022/5/8 (個別事項)	基準の設定について面談資料に追記いたします。	2022/6/9			【資料掲載箇所】 2022/6/9まとめ資料P.147	2.9 放射性液体廃棄物の処理・保管・管理
169	液体廃棄物	「液体シンチレータ等の液体廃棄物(塩酸含有廃液又は有機廃液)は、ポリ容器等に入れた後、SUS製の容器に収納」(面談資料p.136)について、耐食性を考慮している点と、SUS製とは具体的に何か(SUS304?)を追記すること。	2022/5/8 (個別事項)	液体シンチレータ等の液体廃棄物について、面談資料に追記いたします。	2022/6/9			【資料掲載箇所】 2022/6/9まとめ資料P.145	2.9 放射性液体廃棄物の処理・保管・管理
追-12	液体廃棄物	2.48.1.5.3 液体廃棄物払出準備設備において、一時的な保管の形態、期間、保管容量及び払出先の施設について説明すること。		補足説明資料2.9.9頁に、分析廃液、塩酸含有廃液及び有機廃液の一時的な保管形態、期間、保管容量及び払出先の施設について記載した。					2.9 放射性液体廃棄物の処理・保管・管理



追-13	液体廃棄物	「塩酸含有廃液」及び「有機廃液」のラックへの移送方法、ラックの仕様、ラックでの保管方法・期間について説明すること。		補足説明資料2.9.9頁に、ラックへの移送方法、ラックでの保管方法・期間について記載した。				2.9 放射性液体廃棄物の処理・保管・管理	
追-14	液体廃棄物	液体廃棄物の放射能濃度の基準値のうち $\beta$ $\gamma$ (0.37Bq/cm <sup>3</sup> 以上、37Bq/cm <sup>3</sup> 未満)について、その根拠をJAEA既存施設(原科研)としている理由について説明すること。また、当該基準値に関して1F他施設の受入側の基準との関係を説明すること。		補足説明資料2.9.8頁に、分析廃液の放射性物質濃度の区分については、運用実績のあるJAEA内既存施設における濃度区分を参考に設定した旨を記載し、設定した放射能濃度37Bq/cm <sup>3</sup> の液体廃棄物を線源とした時の分析廃液受槽表面の線量率を評価した結果は2.12 $\mu$ Sv/hとなり、作業員の被ばくを考慮しても安全上問題ないと判断したため、第2棟における液体廃棄物を固化処理するか判断する放射能濃度基準として37Bq/cm <sup>3</sup> を採用することとした旨も記載した。				2.9 放射性液体廃棄物の処理・保管・管理	
追-15	液体廃棄物	地下階に設置される分析廃液受槽、塩酸含有廃液保管ラック及び有機廃液保管ラック内の廃液が漏えいして混在することとなった場合の処理方法について説明すること。		補足説明資料2.9.9頁に、塩酸含有廃液保管ラック及び有機廃液保管ラックについては、受け皿内での保管を想定しており、廃液の漏えいの恐れは少ない旨記載した。また漏えいした場合は紙ウエス等で回収し、固体廃棄物として払い出す。				2.9 放射性液体廃棄物の処理・保管・管理	
追-16	液体廃棄物	セル等にて発生した放射能濃度の高い液体廃棄物について、固化処理で不具合があった場合の取扱について説明すること。		補足説明資料2.9.10頁に固化処理時の不具合対策を記載した。				2.9 放射性液体廃棄物の処理・保管・管理	
追-17	液体廃棄物	放射性液体廃棄物の発生量を抑制するための対策について説明すること。		補足説明資料2.9.10頁に第2棟液体廃棄物発生量低減対策を記載した。				2.9 放射性液体廃棄物の処理・保管・管理	
64	火災防護	$\alpha$ 核種含有廃液とそれ以外の廃液について、 $\alpha$ 核種濃度との程度差があるのか説明すること。	2020/7/29	補足説明資料2.9.8頁に記載した廃液の濃度区分のとおり、 $\alpha$ 核種濃度が0.01Bq/cm <sup>3</sup> を超える廃液は固化処理をするため、それ以外の廃液では、 $\alpha$ 核種濃度が0.01Bq/cm <sup>3</sup> 以下となるような管理をする。				・特に記載なし	2.9 放射性液体廃棄物の処理・保管・管理
22	遮へい・線量評価	線源強度について、代表核種の内訳を示すこと。	2020/6/16	補足説明資料 2.11.1-4頁にて、主要核種を記載した。				・2022/6/9まとめ資料P.341に主要核種の記載あり	2.11 放射性物質の放出抑制等による敷地周辺の放射線防護等
25	遮へい・線量評価	放射性気体廃棄物の放出による影響は小さいとのことだが、数値できちんと示すこと。	2020/6/16	補足説明資料 2.11.2-5頁にて、放射性物質の放出に伴う濃度及び実効線量の評価を記載した。				・2022/6/9まとめ資料P.367-371に放出に伴う評価の記載あり	2.11 放射性物質の放出抑制等による敷地周辺の放射線防護等
95	遮へい・線量評価	実効線量の評価において燃料デブリの量が受入れ1回分の量となっているが、この評価条件の妥当性を説明すること。	2020/9/30	補足説明資料 2.11.2-1頁にて、デブリは年間で12回の受入を行い、12回分の粉体が発生することを記載した。				・特に記載なし	2.11 放射性物質の放出抑制等による敷地周辺の放射線防護等
174	全体	汚染検査設備に係る記載(面談資料p.532)を個別資料に落とし込むとともに、入退域の動線の記載をお願いします。また、第2棟の管理区域に入域する際の汚染検査は想定していないとのことですが、別件の申請で第1棟では入域時も汚染検査をする説明を受けたように記憶しています。第1棟と運用が異なるのはなぜでしょうか？	2022/5/8 (個別事項)	汚染検査設備に係る記載及び入退域の動線を面談資料に追記いたします。第1棟と同様に、第2棟建屋への入域時(管理対象区域から非管理区域への移動)に汚染検査を行い、管理区域入域時は汚染検査は行いません。	2022/6/9			【資料掲載箇所】 2022/6/9まとめ資料P.171, 174, 175, 176	2.12 作業員の被ばく線量の管理等
21	遮へい・線量評価	管理区域の設計基準線量率の区分について、東京電力や日本原子力研究開発機構の他施設の例と比較しつつ決めたとのことだが、区分の設定根拠について明確に説明すること。	2020/6/16	補足説明資料2.12.1-2頁にて、JEAC4615(原子力発電所放射線遮へい設計規程)記載の遮へい設計区分の例に基づき設計基準線量率の区分を設定し、各エリアにおける線量率区分については作業内容に応じて割り当てた旨を記載した。				・2022/6/9まとめ資料P.332にJEAC4615に基づき区分設定する記載あり 【参考:東電関連説明 2021/1/5面談時】管理区域の区分はJEAC4615(原子力発電所放射線遮へい設計規程)に基づいて設定する。	2.12 作業員の被ばく線量の管理等
23	遮へい・線量評価	線量計算結果について、単に「設計基準線量率以下を満足することを確認した。」とのみ書くのではなく、結果の数値を記載すること。	2020/6/16	補足説明資料2.12.1-12頁にて、線量率の評価結果を記載した。				・2022/6/9まとめ資料P.353に計算結果として線量率の記載あり	2.12 作業員の被ばく線量の管理等
24	遮へい・線量評価	鉄セル及びコンクリートセルのすぐ外側の線量についても示すこと。	2020/6/16	補足説明資料2.12.1-16頁にて、セル等における評価結果を記載した。				・2022/6/9まとめ資料P.361に計算結果の記載あり	2.12 作業員の被ばく線量の管理等
26	遮へい・線量評価	作業員の被ばく低減対策についても説明すること。	2020/6/16	補足説明資料2.12-2頁に被ばく低減の方針、補足説明資料2.12-6頁に遮へい壁、補足説明資料2.12.1-2頁に遮へいの考え方と線量率区分を、補足説明資料2.12.1-22頁にて、作業員の被ばく管理を記載した。				・2022/6/9まとめ資料P.329, 331, 363に記載あり	2.12 作業員の被ばく線量の管理等
27	遮へい・線量評価	評価点⑦の計算に関して、鉄セル及びコンクリートセルが開放系にならない理由を説明すること。	2020/6/16	補足説明資料2.12.3-1頁にて、コンクリートセル-鉄セル間ポートのセル間移送扉があり、開放系にならないことについて記載した。				・特に記載なし	2.12 作業員の被ばく線量の管理等
69	遮へい・線量評価	キャスク本体が持つ遮蔽機能について説明すること。	2020/7/30	現段階では確定していないがB型輸送物並み(同等)の値以下(表面2mSv/h以下、1m離れた場所では100 $\mu$ Sv/h以下)にて運用する予定。				・キャスクに係る説明はなし ・2022/6/9まとめ資料P.63, 129輸送容器は既存のものを使い、B型並みの基準で行われる旨の説明あり	2.12 作業員の被ばく線量の管理等
追-35	全体	試料ピットの構造及び寸法がわかる図面を示すこと。その上で、試料ピット下部と階下部天井との境界における線量率が設計基準線量率を満足することについて説明すること。		補足説明資料2.12.4-1頁にて、試料ピットの構造及び寸法を記載した。また、試料ピットの階下( )における線量率は、試料ピットに( )及びコンクリートセルNo.3に( )の燃料デブリが存在するとして評価し、その結果は0.03mSv/hであり、換気空調設備室(1)の設計基準線量率区分D (0.25mSv/h未満)を満足している旨を記載した。					2.12 作業員の被ばく線量の管理等

追-36 遮へい・線量評価	添付資料-11の遮へいに関する検討書1.3遮へい設計の方法において、「遮へいが見込めない箇所に関しては取扱量を少なくする」としている点について、該当箇所、取扱量、被ばく量評価結果を具体的に説明すること。		補足説明資料2.12.1-13頁にて、「遮へいが見込めない箇所に関しては取扱量を少なくする」とした箇所は分析室であり、取扱量を $10^{-3}$ としていた旨を記載した。 補足説明資料2.12.1-16頁にて、グローブボックス内に燃料デブリ等があるとしてグローブボックス正面の線量率を評価した結果は $8.1 \times 10^{-3}$ mSv/hである旨を記載した。					2.12 作業者の被ばく線量の管理等
追-37 遮へい・線量評価	添付資料-11の遮へいに関する検討書3.2.1(4)試料ピットの計算モデルにおいて、各容器内部に点線源としてモデル化とあるが、偏在性がない方が保守的であることについて説明すること。		補足説明資料2.12.1-6頁にて、点線源とすることで、線源自体の組成及び大きさによる遮へい(自己遮へい)を見込まなくなり、偏在があっても保守的な評価となる旨を記載した。					2.12 作業者の被ばく線量の管理等
追-38 遮へい・線量評価	添付資料-11の遮へいに関する検討書の表-5の「線源強度(Bq)」のうち「固体廃棄物抽出準備室」及び「液体廃棄物一時貯留室」に関して、説明資料では想定する線量率及び放射能濃度から線源強度を設定するとあるが保守的な値となっているか具体的に説明すること。		補足説明資料2.12.1-6頁にて、以下の通り線源強度を設定している旨を記載した。 「固体廃棄物抽出準備室」では、固体廃棄物を収納した角型容器を最大17個一時的に保管する。その表面における線量率は0.1mSv/h未満を管理値としている。また、「液体廃棄物一時貯留室」では第2棟で発生する液体廃棄物を受槽において一時的に保管する。受槽に排出される液体廃棄物の放射能濃度は37Bq/cm <sup>3</sup> 未満を管理値としている。 以上を踏まえて遮蔽評価に用いる線源設定では、想定した最大線量率及び最大濃度に基づき線源強度を設定しており、保守的である。					2.12 作業者の被ばく線量の管理等
追-39 遮へい・線量評価	添付資料-11の遮へいに関する検討書の表-6及び表-7の「線源位置」について、線源強度が大きい試料ピット等の重量を考慮した計算となっているが、考慮していない地点については試料ピットの線源が影響を及ぼすことがないか説明すること。		補足説明資料2.12.6頁にて、試料ピット躯体及び評価場所までの距離で遮蔽・減衰されることから重量を考慮していない場所における試料ピットを線源とする影響はない旨を記載した。					2.12 作業者の被ばく線量の管理等
追-40 遮へい・線量評価	添付資料-11の遮へいに関する検討書 4.遮へい体の貫通部に対する考慮のうち放射線漏えいが問題となる位置に設置せざるを得ない場合」として予定している場所、装置(機器)を具体的に説明すること。		補足説明資料2.12.6頁にて、貫通部は原則として放射線漏えいが問題とならないように位置を決める。コンクリートセルの給排気系配管はスクリーダクトによる遮へいを行なう。今後、放射線漏えいが問題となる位置に設置せざるを得ない場合は、放射線漏えいを防止する措置(スクリーダクトの使用や遮へい材の埋め込み)を講ずる旨を記載した。					2.12 作業者の被ばく線量の管理等
追-41 遮へい・線量評価	添付資料-11の遮へいに関する検討書5.2 遮へいの熱除去計算の条件(ガンマ線フラックス等)、計算結果について具体的に説明すること。また、遮へいの熱除去に限らず、燃料デブリ等の設備や取扱において残留熱を考慮しなくてよい理由について説明すること。		補足説明資料2.12.6-1頁にて、γヒーティングによる遮へいの熱除去計算結果についてを記載した。 燃料デブリ等の残留熱(崩壊熱)については、別項に記載する。					2.12 作業者の被ばく線量の管理等
追-42 遮へい・線量評価	添付資料-11 別添 2.作業エリアの区域区分 表-2中、3換気空調設備室の設定根拠「換気フィルタユニット(高性能フィルタ)は測定管理することから線量率はD区分」の意図を説明すること。また、測定機器室がD区分となる根拠を説明すること。		補足説明資料 2.12-6頁にて、作業者の被ばく低減を考慮して、線量率の測定結果に基づき必要に応じてフィルタ交換等を行うために当室における線量率をD区分(0.25mSv/h未満)とした旨を記載した。 補足説明資料2.12.1-2頁にて、測定機器室については、将来の拡張を見込んでD区分とする旨を記載した。					2.12 作業者の被ばく線量の管理等
追-43 遮へい・線量評価	2.2.2.2 各施設における線量評価のうち、第2棟分について直接線/スカイシャイン線それぞれの寄与分など評価結果の詳細について説明すること。		補足説明資料2.1.11-5頁にて、MGNPコードでは、線源で発生したγ線、中性子線が評価位置へ到達するγ線、中性子線をカウントして線量率を評価するが、様々な経路(壁、天井など)を通過して評価位置へ到達するγ線、中性子線をまとめてカウントし、直接線とスカイシャイン線を一緒に計算される旨を記載した。					2.12 作業者の被ばく線量の管理等
追-44 遮へい・閉じ込め機能	フードから分析室又はα・γ測定室へ燃料デブリを移送する際の機密及び遮へいを考慮した容器について、取扱者の被ばく量の観点から遮へい機能が問題無いこと、転倒等の際にも影響がないことを説明すること。		補足説明資料 2.12-6頁にて、分析室における燃料デブリの取扱量は $10^{-3}$ と少量に設定しており、 $10^{-3}$ のデブリからの線量率は25cm離れた位置で $8.1 \mu$ Sv/hであり、容器の遮へいは行わないこと、第2棟内の分析室において燃料デブリ等を移送する容器についても取扱者の被ばくの観点から遮へい問題は無い旨を記載した。					2.12 作業者の被ばく線量の管理等
114 被ばく管理	分析第2棟の管理区域等の区分(A~F)について、設計基準線量率の値が福島第一原子力発電所の他の施設と異なっているようである。区域設定の考え方を整理して説明すること。	2020/10/29	補足説明資料2.12.1-2頁にて、JEAC4615(原子力発電所放射線遮へい設計規格)記載の遮へい設計区分の例に基づき設定する旨を記載した。				・2022/9/6まとめ資料P.332に記載あり ・ただしIF他施設と同じ旨に記載なし 【参考:東電関連説明 2021/1/5面談時】管理区域の区分はJEAC4615(原子力発電所放射線遮へい設計規格)に基づいて設定する。	2.12 作業者の被ばく線量の管理等
126 被ばく管理	放射性物質分析・研究施設第2棟における管理区域等の区分(A~F)について、設計基準線量率の値が福島第一原子力発電所内の基準や考え方に沿ったものであることを示すこと。	2020/11/6	補足説明資料2.12.1-2頁にて、JEAC4615(原子力発電所放射線遮へい設計規格)記載の遮へい設計区分の例に基づき設定する旨を記載した。				・(2022/6/9まとめ資料P.332)に一部記載あり ・ただしIF内の基準等に関しては記載なし	2.12 作業者の被ばく線量の管理等

## 第2棟に関する確認事項

大項目	小項目	確認事項	措置を講ずべき事項にて記載する内容
	(2) 放射性固体廃棄物の処理・保管・管理	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 研究2棟の供用期間中における固体廃棄物の発生量や施設内部の保管容量については取り纏め資料のP.492で示されているが、第2棟の設置工事に伴い発生する固体廃棄物（掘削土も含む。）について、廃棄物の種別及び表面線量別にどの程度発生が想定されるか示すこと。また、それらの固体廃棄物の保管先についても整理して示すこと。</li> </ul>	補足説明資料2.8-3頁に、放射性物質分析・研究施設第2棟設置工事に伴い放射性廃棄物は発生しない旨を記載した。
		<ul style="list-style-type: none"> <li>● 上記の想定発生量に対して、現行の実施計画Ⅲ章「2.1.1 放射性固体廃棄物等の管理」に基づく保管容量が十分に確保されていることを示すこと。</li> </ul>	同上
2. 要求別確認事項	(3) 放射性物質の放出抑制等による敷地周辺の放射線防護等	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 敷地境界での線量評価結果については、P.56以降に敷地境界における直接線・スカイシャイン線の評価結果のみが記載されているが、施設で発生する気体廃棄物や液体廃棄物の吸引、クラウドシャイン、経口摂取等の放射線影響についても、その評価内容（評価条件、計算過程）を示すこと。</li> </ul>	補足説明資料2.11.2-5頁に、第2棟における燃料デブリ等を取り扱う際に発生する放射性物質について、「発電用原子炉施設の安全解析に関する気象指針」及び「発電用軽水型原子炉施設周辺の線量目標値に対する評価指針」を参考とし、外部被ばく、吸入摂取及び経口摂取による実効線量の評価を実施し、経口摂取を含めずに合算した値は約 $4.2 \times 10^{-7}$ mSv/年、経口摂取を含めて合算した値は約 $8.5 \times 10^{-6}$ mSv/年であり、第2棟の直接線・スカイシャイン線による実効線量が最大となるbp66の $3.45 \times 10^{-3}$ mSv/年に比べ、その影響が小さいことを確認した旨を記載した。