

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棟の状況について)

2022年1月14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 1Fに係る分析の整理 (1/2)

作業目的による分析事項の整理

放射性物質分析・研究施設
構外の既設分析施設 など

1F分析施設

- プラント管理
 - ・ALPS等水処理設備管理
 - ・5・6号機管理
 - ・設備不具合対応

- 環境影響の把握
 - ・海水, 陸土, 陸水
 - ・松葉など環境試料
 - ・ダスト
 - ・異常時対応

- ガレキ等の管理：ガレキ類, 建屋解体に伴う建材, 伐採木など
- 水処理二次廃棄物の管理
 - ・核種相関データ採取
 - ・測定技術開発
 - ・処理技術開発
- ・保管管理

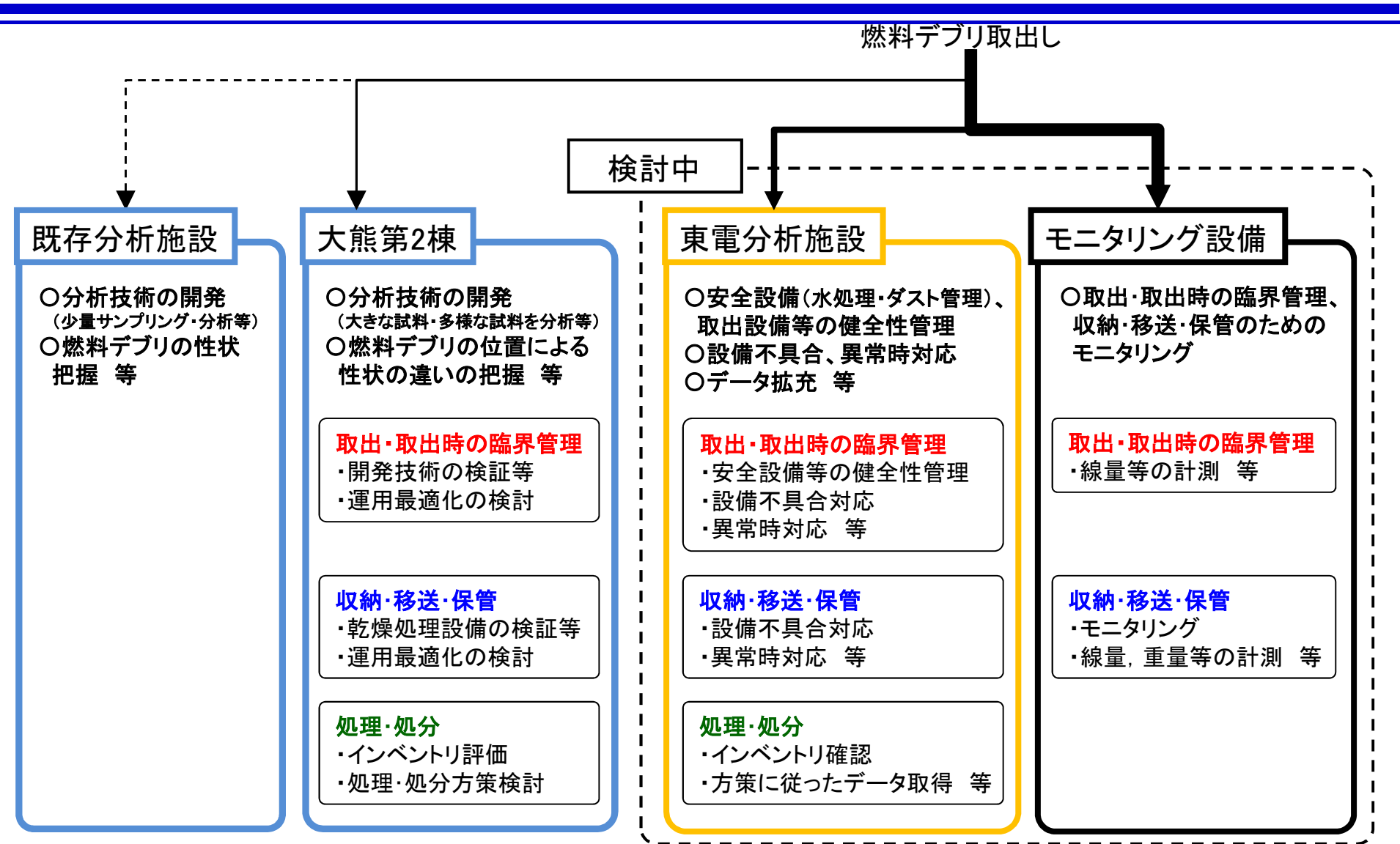
- 燃料デブリ取出作業
 - ・測定技術開発
 - ・処理技術開発
 - ・取出装置改良情報収集
- ・水処理装置管理
- ・ダスト管理
- ・保障措置/計量管理※
- ・システム仕様検討
- ・設備不具合対応
- ・異常時対応

※分析での実施は未定

1-2 1 Fに係る分析の整理 (2/2)

燃料デブリにかかる分析機能の分担

第72回監視評価検討会資料p3抜粋



1-3 第2棟の目的について

第72回監視評価検討会資料p6抜粋

■第2棟の目的:

- ・ 1Fで発生した燃料デブリ等の性状を把握することにより、その安全な取り出し等の作業の推進に資する情報を取得するため、分析等を行うことを目的とする。

■設計条件:

- ・ 受入対象物: 燃料デブリ等(燃料条件は1F事故時の炉内燃料を想定)
- ・ 形状: 粉(フィルタ)、粒、塊、スラッジ等
- ・ 受入量: 受入1回当り■以下(にぎりこぶし大)
- ・ 受入回数: 年間12回を想定(1度に複数試料の受入も可。分析点数は分析項目次第、迅速分析可能な項目に限定すれば多数の分析も可。設備設計においては、年間12試料について概ね全ての分析項目を分析できるよう想定。)
- ・ 輸送容器: サイドローディング型又はトップローディング型
- ・ 備考: 分析装置の校正等に必要なRI、核物質の標準試料を扱う(RIについては別途申請)

■第2棟整備に係る状況:

- ・ 分析項目は2017年度末に概ね確定。同時期に設計仕様を確定、2018年度初頭より詳細設計を実施中。なお今後の炉内状況調査、或いは分析試験で得られる新たな知見については、都度その時点で可能な範囲で詳細設計、実施設計、分析方法の具体化等に反映していく。

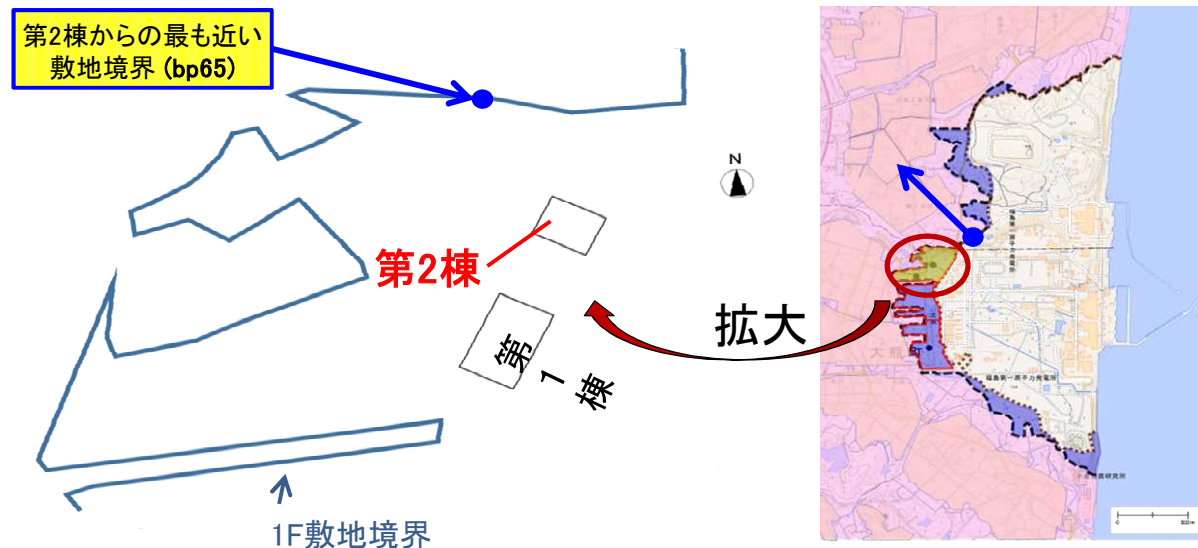
※) 炉内を燃料デブリの性状が異なると考えられる9区域に区分し、それぞれから8点採取: 72試料/基
3基分の総試料数を20年にわたり分析 72試料/基 × 3基 × 110%※/20年 = 約12試料/年 ※裕度: 10%

2-1 建屋、コンクリートセルの壁・天井が無いと想定した時の線量評価（1/5）

(1) 外部被ばく（直接線・スカイシャイン線）

① 評価条件

- ・建屋・コンクリートセルの壁・天井による遮へいが無いものとする
- ・地上部の線源については、直接線・スカイシャイン線を考慮し、ANISNコードで評価
- ・地下部の線源については、スカイシャイン線を考慮し、G33コードで評価
- ・敷地境界の評価点は第2棟から直近の地点（Bp65）
- ・線源は第2棟の遮へい評価で用いている1～3号機で最も燃烧した燃料を想定し、 γ 線による線量を評価
- ・遮へいの無い状態は1か月（30日）で復旧できると想定



Bp (boundary point) : 敷地境界における評価地点

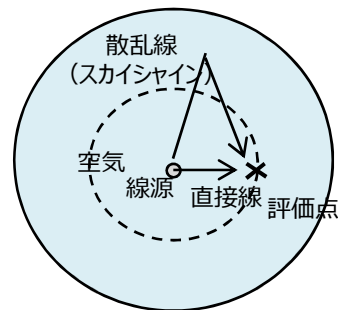
2-1 建屋、コンクリートセルの壁・天井が無いと想定した時の線量評価 (2/5)

②線源位置・強度

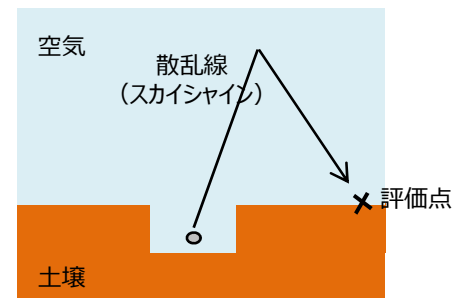
線源	線源位置	燃料デブリ重量	放射能量
コンクリートセル	地上部	■	$1.2 \times 10^{14} \text{Bq}$
鉄セル	地上部	■	$2.3 \times 10^{11} \text{Bq}$
分析室 (グローブボックス、フード及び α ・ γ 測定室)	地上部	■	$2.3 \times 10^7 \text{Bq}$
試料ピット	地下部	■	$3.1 \times 10^{15} \text{Bq}$
固体廃棄物払出準備室※1	地下部	■※2	$2.3 \times 10^{10} \text{Bq}$
液体廃棄物一時貯留室※1	地下部	■※2	$2.4 \times 10^8 \text{Bq}$

※1：放射性廃棄物を燃料デブリ等と想定して評価を実施
 ※2：放射性廃棄物の放射能量から燃料デブリ重量を想定

③計算モデル



地上部：
ANISN計算モデル (球体系)



地下部：
G33計算モデル (3次元1回散乱モデル)

2-1 建屋、コンクリートセルの壁・天井が無いと想定した時の線量評価（3/5）

敷地境界の線量評価結果（外部被ばく）

建屋、コンクリートセルの壁・天井が無いと想定した時の線量評価を下記に示す。

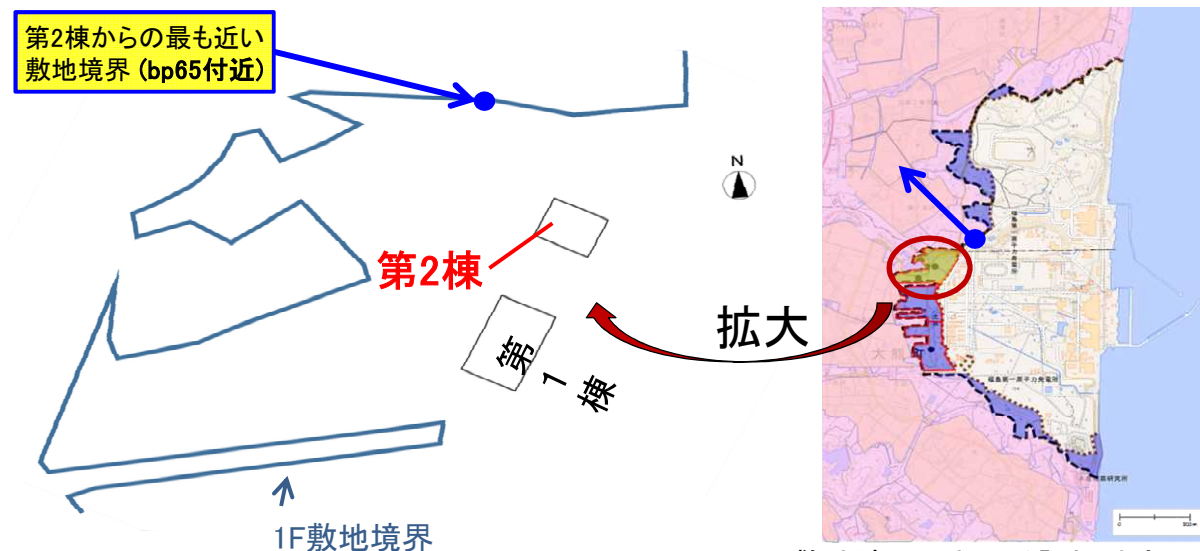
線源	敷地境界線量 ($\mu\text{Sv/h}$)	敷地境界線量 (mSv/事象)
コンクリートセル	1.3×10^2	9.4×10^1
鉄セル	3.0×10^{-1}	2.2×10^{-1}
分析室（グローブボックス、フード及び α ・ γ 測定室）	3.5×10^{-5}	2.6×10^{-5}
試料ピット	2.7×10^1	2.0×10^1
固体廃棄物払出準備室	4.7×10^{-3}	3.4×10^{-3}
液体廃棄物一時貯留室	1.3×10^{-4}	9.4×10^{-5}
合計	—	1.2×10^2

2-1 建屋、コンクリートセルの壁・天井が無いと想定した時の線量評価 (4/5)

(2) 内部被ばく

評価条件

- ・建屋・コンクリートセルの壁・天井による閉じ込め機能が無いものとする
- ・セル等内の放射性物質が建屋内に移行し、さらに外部に移行し、地上放出によって敷地境界に達したと想定
- ・「発電用原子炉施設の安全解析に関する気象指針」に従い、地上放出によって敷地境界に達する場合の濃度を算出
- ・敷地境界の評価点は第2棟から直近の地点 (Bp65付近：敷地境界最大値)
- ・線源は第2棟の1～3号機で内部被ばく線量が最も大きくなるMOX燃料を想定
- ・内部被ばくとしては、呼吸摂取を考慮する



Bp (boundary point) : 敷地境界における評価地点

2-1 建屋、コンクリートセルの壁・天井が無いと想定した時の線量評価（5/5）

建屋・コンクリートセルの壁・天井が無いとした時の燃料デブリ等の放射性物質の内部被ばくによる敷地境界線量（Bp65地点付近：敷地境界最大）を評価

設備	線量評価の概要	線量の評価値
第2棟建屋 （コンクリートセル含む）	コンクリートセル内の試料調製時に発生する燃料デブリからの粉体の発生量を安全側に見積もり、粉体中の放射性物質がセル内の気相に移行 ^{※1} し、排気系統を通じてではなく、直接、セル周辺の室に放出され、さらに建屋から外部へ放出され地上放出によって敷地境界に達したと想定	110mSv
鉄セル	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 ^{※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放出 ^{※2} され地上放出によって敷地境界に達したと想定	3mSv
グローブボックス、 フード	グローブボックス内の燃料デブリ中の放射性物質の一部がセル内の気相に移行 ^{※2} し、排気系統を通じてではなく、直接、グローブボックス周辺の室に放出され、さらに建屋から外部へ放出 ^{※2} され地上放出によって敷地境界に達したと想定	0.3μSv
廃液受槽 （分析廃液受槽）	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 ^{※3} し、排気系統を通じてではなく、直接、建屋から外部へ放出 ^{※2} され地上放出によって敷地境界に達したと想定	0.08μSv
合計	—	114mSv/事象

- ※1 燃料デブリ切断時の粉体から気相への放射性物質の移行率1%（日本原子力学会「ホットラボの設計と管理」）。Kr等の気体状の放射性物質は100%移行。
 ※2 鉄セル、グローブボックス、フードでは、燃料デブリの切断は行わないが、取り扱う燃料デブリ全量が粉体化するものとし、※1の移行率を用いた。
 ※3 液体状の放射性物質の漏えい時の気相への移行率0.02%（“Nuclear Fuel Cycle Facility Accident Analysis Handbook”, NUREG/CR-6410）

2-2 建屋が終局状態に至らない場合の線量評価（1/2）

（1）外部被ばく

建屋が終局状態に至らない場合の外部被ばく線量を評価した。

建屋、コンクリートセルの壁、天井が無いと想定した線量評価に対して、核燃料施設の評価を参考として、壁 1 つあたり 10^{-2} *の減衰率が見込めるものと想定した。

以下に評価結果を示す。

*：“Study on Radiation Shielding Performance of Reinforced Concrete Wall After the Earthquake, Journal of Disaster Research Vol.5 No.4, 2010”に記載されているコンクリートにひび割れが生じた状態での減衰率から想定

線源	計算コード	燃料デブリ重量	敷地境界線量 ($\mu\text{Sv/h}$)	敷地境界線量 (mSv/事象) ※1
コンクリートセル	ANISN	■	1.3×10^{-2}	9.4×10^{-3}
鉄セル	ANISN	■	3.0×10^{-3}	2.2×10^{-3}
分析室（グローブボックス、フード及び α ・ γ 測定室）	ANISN	■	3.5×10^{-7}	2.6×10^{-7}
試料ピット	G33	■	2.7×10^{-3}	2.0×10^{-3}
固体廃棄物払出準備室※2	G33	■※3	4.7×10^{-5}	3.4×10^{-5}
液体廃棄物一時貯留室※2	G33	■※3	1.3×10^{-6}	9.4×10^{-7}
合計	—	—	—	1.4×10^{-2}

※1：遮へい機能は1か月（30日）で復旧できると想定
 ※2：放射性廃棄物を燃料デブリ等と想定して評価を実施
 ※3：放射性廃棄物の放射エネルギーから燃料デブリ重量を想定

2-2 建屋が終局状態に至らない場合の線量評価 (2/2)

(2) 内部被ばく

建屋が終局状態に至らない場合の外部被ばく線量を評価した。

建屋、コンクリートセルの壁、天井が無いと想定した線量評価に対して、核燃料施設の評価を参考として、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を見込めるものとした。

設備	想定事象	線量評価の概要	線量の評価値
第2棟建屋 (コンクリートセル含む)	閉じ込め 機能喪失	コンクリートセル内の試料調製時に発生する燃料デブリからの粉体の発生量を安全側に見積もり、粉体中の放射性物質がセル内の気相に移行 ^{※1} し、排気系統を通じてではなく、直接、セル周辺の室に放出され、さらに建屋から外部へ放出 ^{※2} され地上放出によって敷地境界に達したと想定	1.1mSv
鉄セル	閉じ込め 機能喪失	鉄セル内の燃料デブリ中の放射性物質の一部がセル内の気相に移行 ^{※3} し、排気系統を通じてではなく、直接、セル周辺の室に放出され、さらに建屋から外部へ放出 ^{※2} され地上放出によって敷地境界に達したと想定	0.3mSv
グローブボックス、 フード	閉じ込め 機能喪失	グローブボックス内の燃料デブリ中の放射性物質の一部がセル内の気相に移行 ^{※3} し、排気系統を通じてではなく、直接、グローブボックス周辺の室に放出され、さらに建屋から外部へ放出 ^{※2} され地上放出によって敷地境界に達したと想定	0.03μSv
廃液受槽 (分析廃液受槽)	閉じ込め 機能喪失	分析廃液受槽が破損し、内蔵している放射性の液体廃棄物が壇内に漏えいし、漏えいに伴い、液体廃棄物中の放射性物質の一部が室内の気相に移行 ^{※4} し、排気系統を通じてではなく、直接、建屋から外部へ放出 ^{※2} され地上放出によって敷地境界に達したと想定	0.008μSv
合計			1.5mSv/事象

※1 燃料デブリ切断時の粉体から気相への放射性物質の移行率1% (日本原子力学会「ホットラボの設計と管理」)。Kr等の気体状の放射性物質は100%移行。

※2 コンクリートセル、建屋の除染係数として気体状の放射性物質を除き、各々10を考慮。鉄セル、グローブボックス、フード、廃液受槽については建屋の除染係数のみ考慮

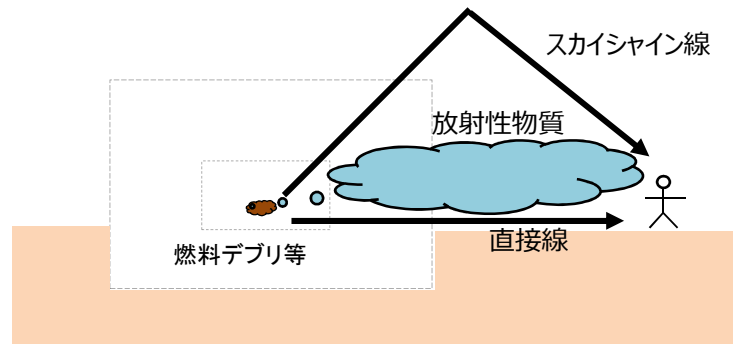
Elizabeth M. Flew, et al. "Assessment of the Potential Release of Radioactivity from Installations at AERE, Harwell. Implications for Emergency Planning". Handling of Radiation Accidents. International Atomic Energy Agency. Vienna, 1969, IAEA-SM-119/7

※3 鉄セル、グローブボックス、フードでは、燃料デブリの切断は行わないが、取り扱う燃料デブリ全量が粉体化するものとし、※1の移行率を用いた。

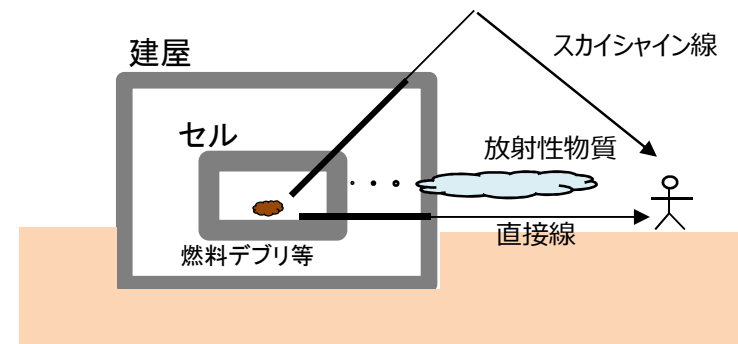
※4 液体状の放射性物質の漏えい時の気相への移行率0.02% ("Nuclear Fuel Cycle Facility Accident Analysis Handbook", NUREG/CR-6410)

2-3 線量評価結果のまとめ

	壁・天井が無いと想定した場合の線量 (mSv/事象)	建屋が終局状態には至らない場合の線量 (mSv/事象)
外部被ばく	120	1.4×10^{-2}
内部被ばく	114	1.5
合計	234	1.6



建屋の壁・天井が無いと想定した場合



建屋が終局状態には至らないと確認した場合

4-1 耐震評価の進め方

- P14 <参考①> の記載のフローにて耐震クラス分類を決定させるべきところ、設計が進捗している状況を踏まえて、以下のフローのとおり耐震評価を進めたい
- 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」等の係数を決定するため、建物の構造評価を先行する
- 実効線量に応じて耐震クラス分類を決定し、分類に応じた地震動を用いて耐震性を評価する

① Ss900体系による耐震性を評価

- ・Ss900による構造評価

② 地震により設備等の機能喪失した場合の敷地境界の実効線量を評価

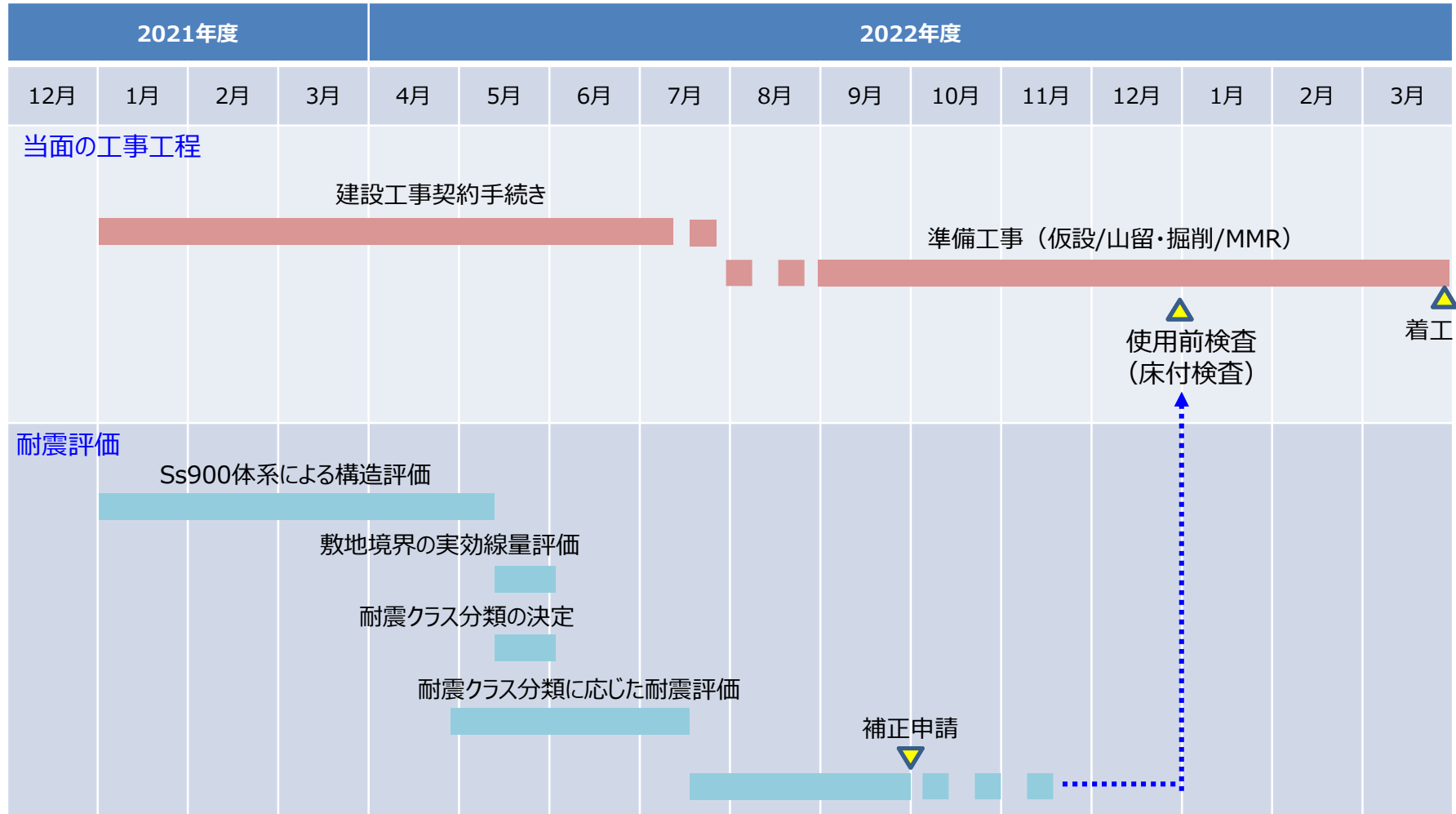
- ・放出事象による内部被ばく線量
- ・直接線／スライヤン線による外部被ばく線量

③ 実効線量に応じて耐震クラス分類を決定

- ・5mSv超過 : Sクラス
- ・50 μ Sv～5mSv : B+ or Bクラス
- ・50 μ Sv未満 : Cクラス

④ 耐震クラス分類に応じた地震動で耐震性を評価

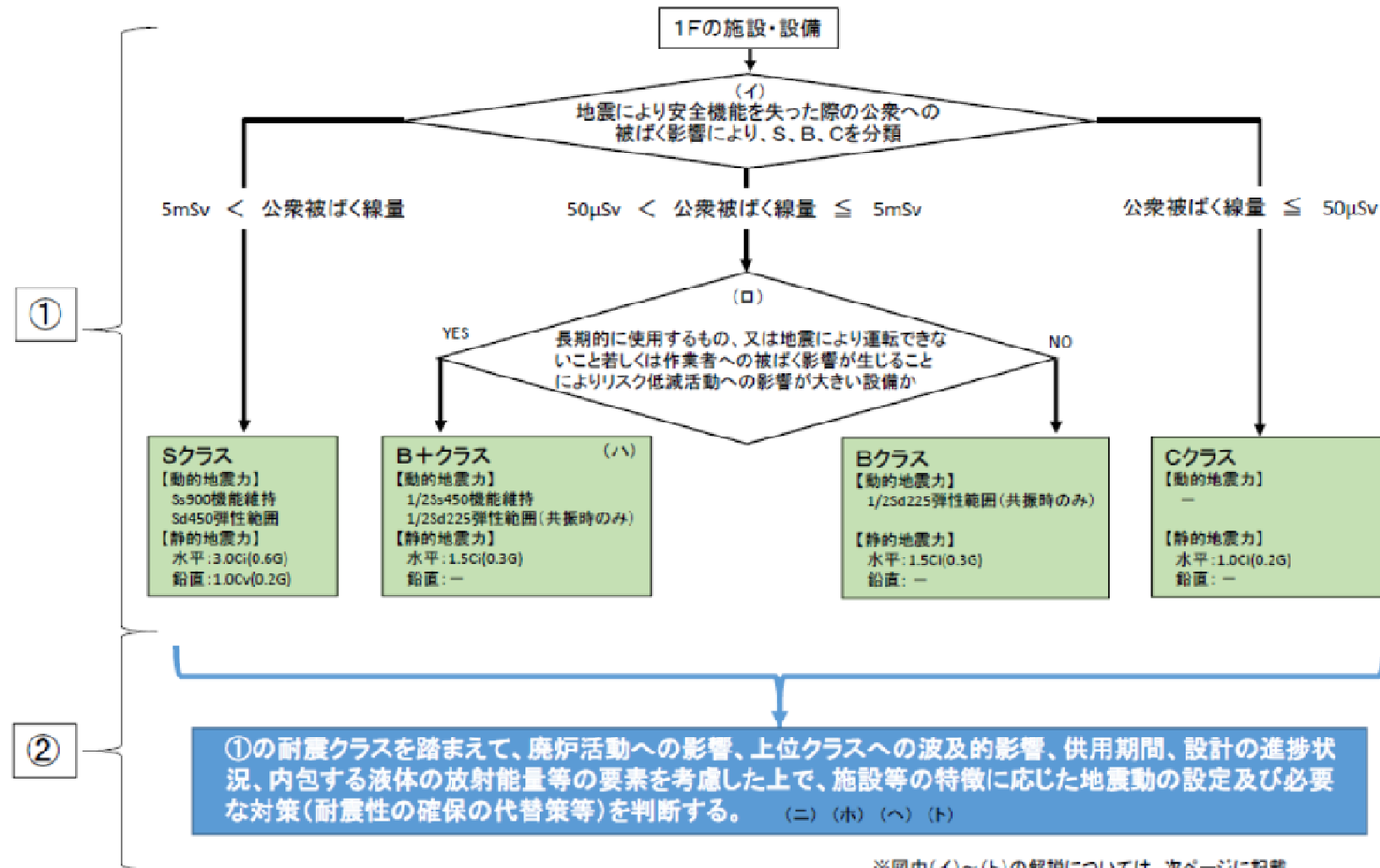
3-2 第2棟着工までのスケジュール



<参考①> 1Fの耐震設計における耐震クラス分類と地震動の適用の考え方

(第9 3回特定原子力施設監視・評価検討会 資料2-1から)

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



※図中(イ)~(ト)の解説については、次ページに記載

2