

ALPSスラリー安定化処理設備設置における検討状況

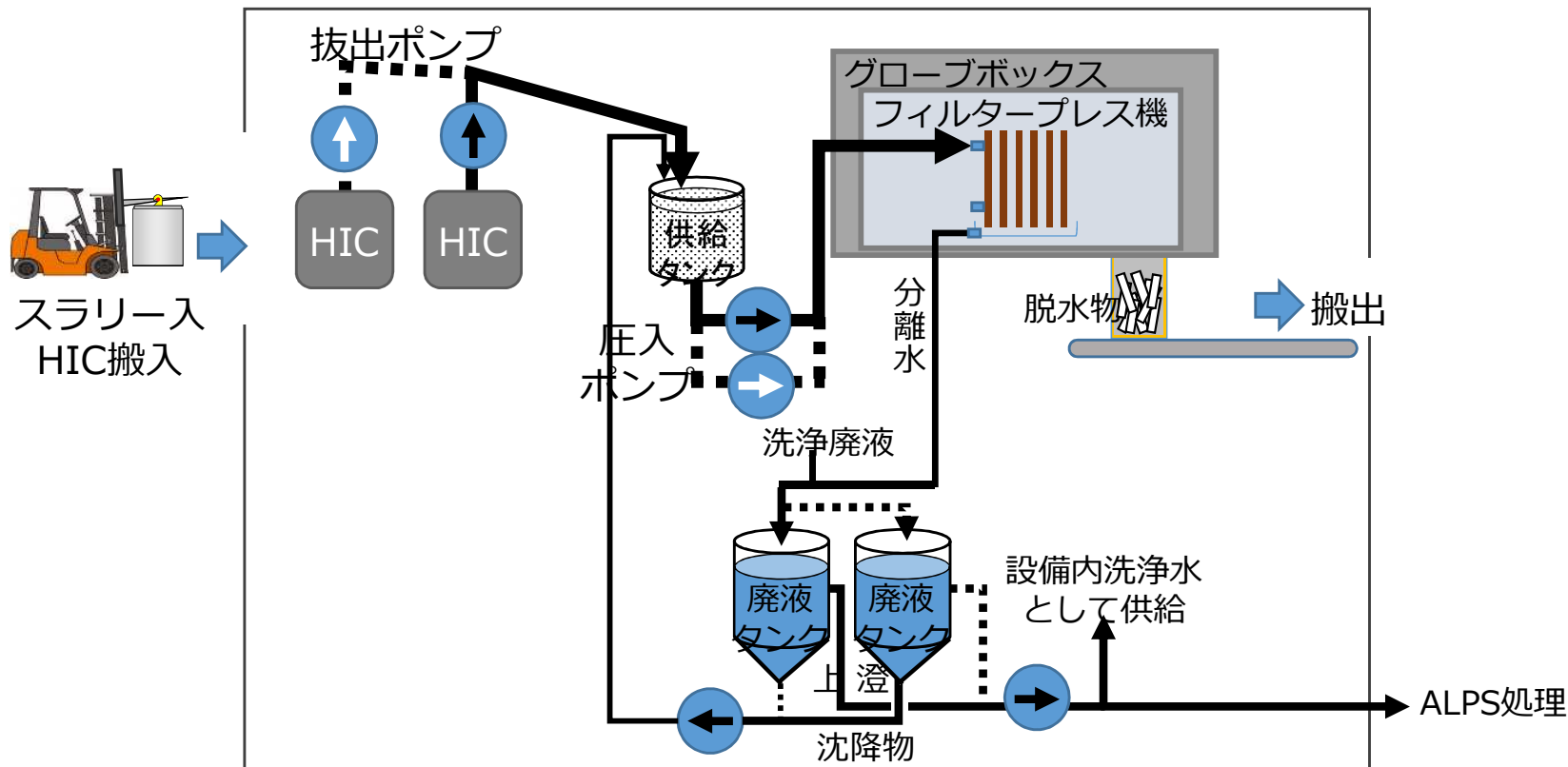
2023年3月20日



東京電力ホールディングス株式会社

■ 設置目的・設備概略図

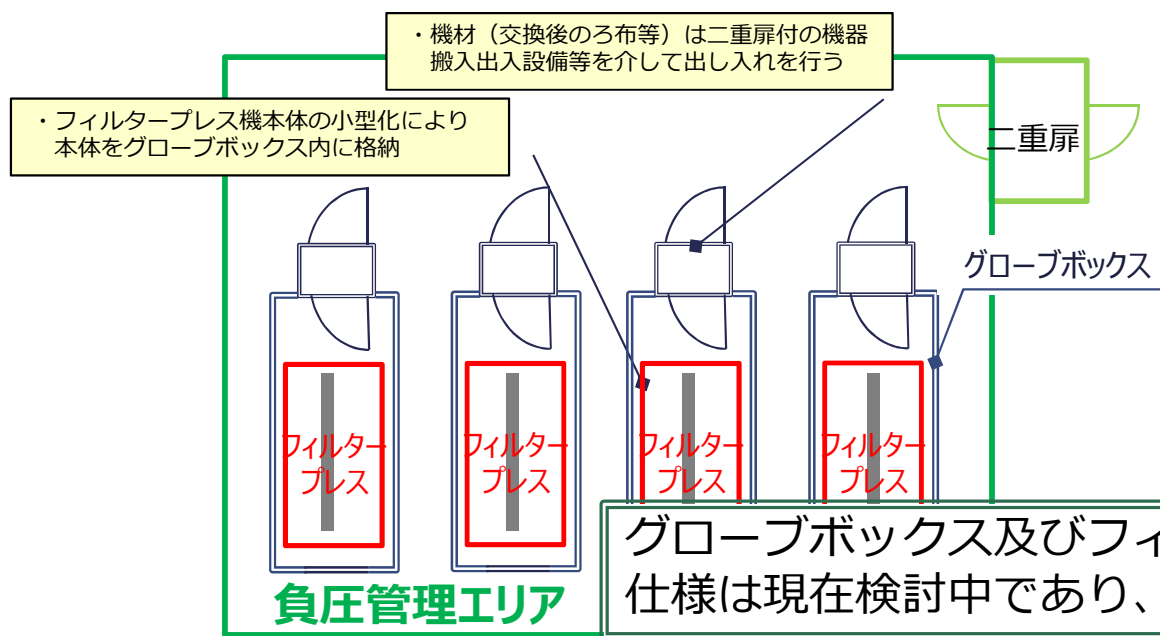
- 既設多核種除去設備及び増設多核種除去設備（以下「ALPS」という）等にて発生したスラリーは、高性能容器（以下「HIC」という）に収納し使用済セシウム吸着塔一時保管施設に保管している。
- スラリー安定化処理設備は、HIC内からスラリーを抜き出し・脱水を行い、スラリー漏えいリスクを低減することを目的とする。
- グローブボックス採用に伴いフィルタープレス機本体の小型・簡素化等を検討している所であるが、処理性能についてはこれまでの設計方針（処理量：約600基/年，脱水物の含水率：含水率50～60%）を踏襲し、設計を進める計画としている。



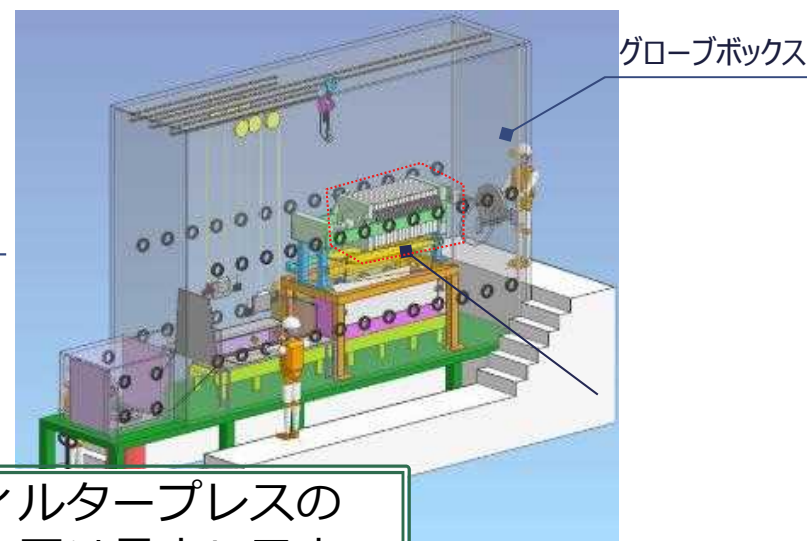
第103回 特定原子力施設監視・評価検討会（2022.10.26）資料抜粋・一部加筆

- 高レベル液体放射性物質の漏えい・水素放出リスクを低減することを目的として、乾燥減容・遠心分離・加圧ろ過（フィルタープレス）の各脱水方式について評価。
- 放射性ダストの発生を抑制するため、一定量の含水率が保持可能で、且つ、処理容量の優位性の観点より、フィルタープレス方式を採用。
- 日々発生するH I Cに対しての容量を踏まえると、設計当初のフィルタープレス機ではセルもしくはグローブボックスによる遠隔メンテナンス作業が困難であることが判明。
- 設備を長期に使用することを踏まえると、メンテナンス時の被ばくリスクを考慮した設備構成とする必要があり、グローブボックス内で取扱えるフィルタープレス機本体の小型・簡素化へ設計方針を変更。

フィルタープレス機エリア配置（イメージ）



小型フィルタープレス機（イメージ）



グローブボックス及びフィルタープレスの仕様は現在検討中であり、図は見直し予定

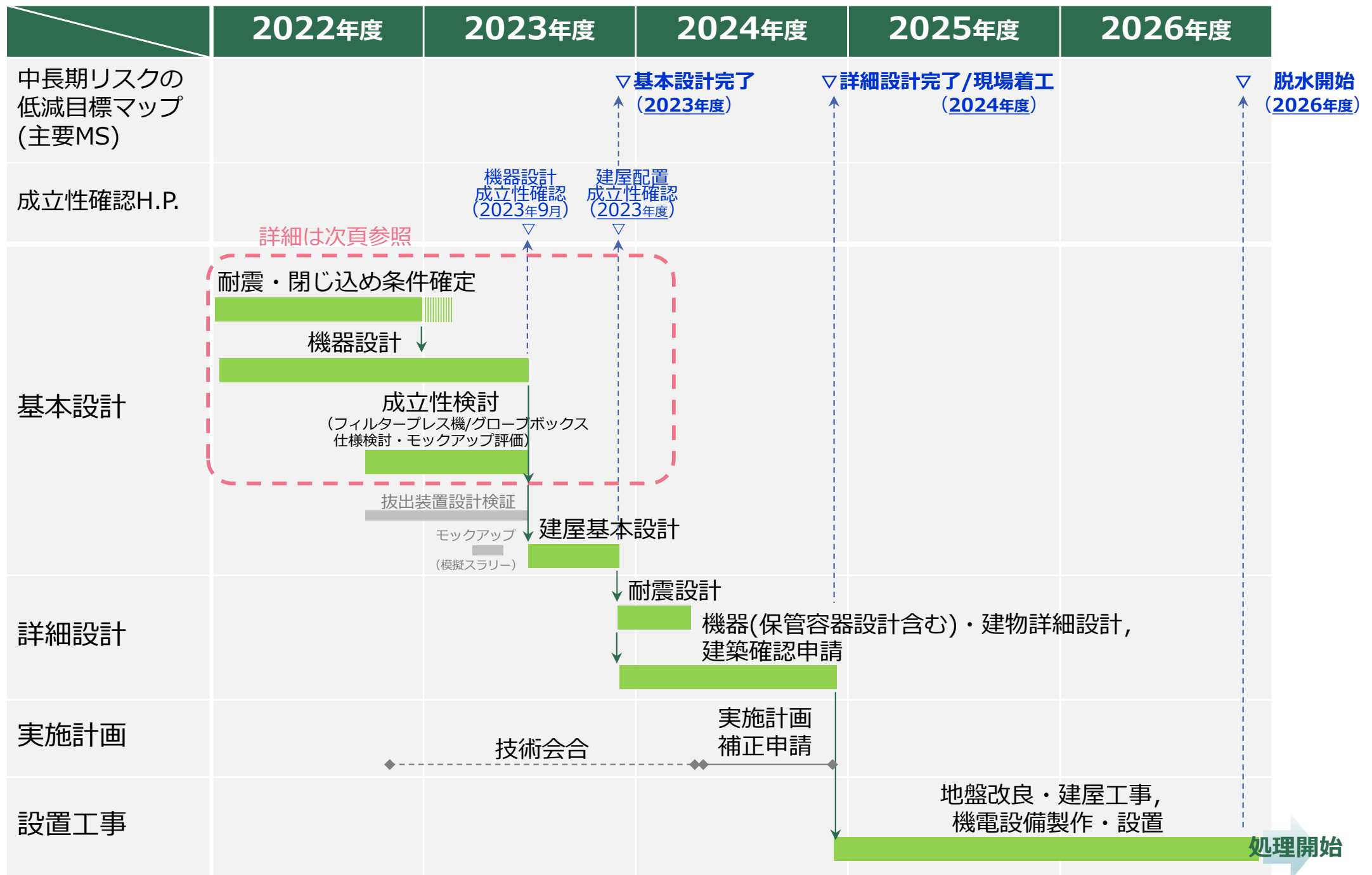
ALPSスラリー安定化処理設備の建設工程

- ALPSスラリー安定化処理設備は、設備を長期に使用することを踏まえると、メンテナンス時の被ばくリスクを考慮した設備構成とする必要があり、グローブボックス内で取扱えるフィルタープレス機本体の小型・簡素化へ設計方針を変更することとした。
(第103回 特定原子力施設監視・評価検討会)

【今回 ご説明内容】

- グローブボックス採用に伴う、フィルタープレス機本体の小型・簡素化に際し、機器設計ならびに成立性の検討を実施中。
- 設備の設計見直しに必要となる期間を踏まえた工程の見直し内容をご説明。

ALPSスラリー安定化処理設備設置における目標工程



■グローブボックス採用に伴う、フィルタプレス機本体の小型・簡素化に際し、機器設計ならびに成立性の評価を実施する。

● 基本仕様検討

<具体的検討事項>

- ✓ 模擬スラリー※を用いた実機フィルタプレス機による性能評価試験

※実機フィルタプレスの脱水性能を確認するため、“粒子径”ならびに“粘度”について、スラリーの分析結果を元に、模擬スラリーを元に作成。

- ✓ グローブボックス内で取り扱う機器の構成ならびに配置検討

● グローブボックス遮へい・構造設計

- ✓ スラリー脱水物からの線量影響ならびに組み合わせ試験結果を踏まえ、グローブボックスの遮へい設計ならびに構造強度設計を実施

● 組み合わせ試験（モックアップ）

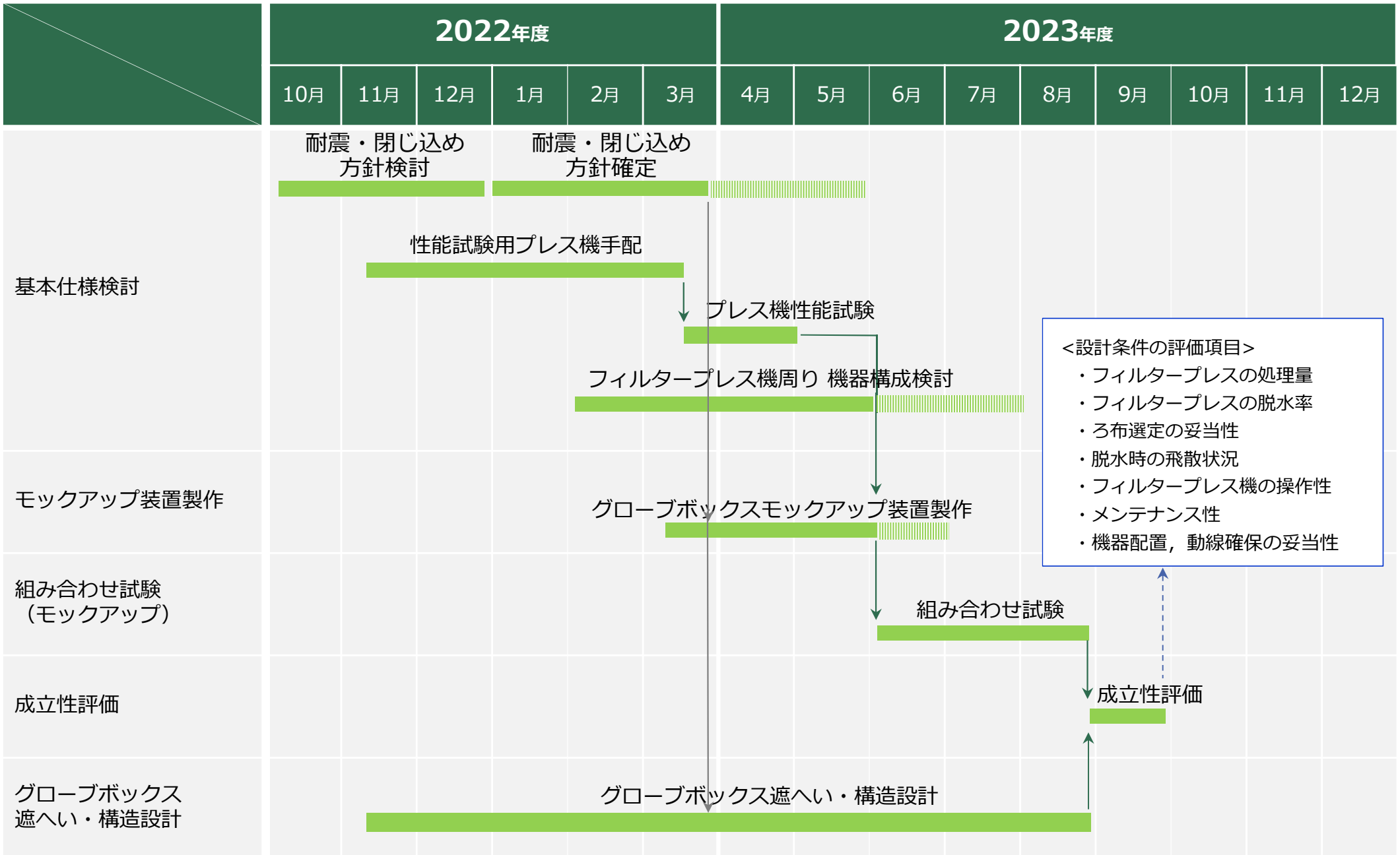
- ✓ グローブボックスとフィルタプレス機の組み合わせ試験を実施し、処理量や脱水率等を確認しながら、基本仕様や遮蔽設計へのフィードバックを行い、設計条件を設定する。

● 成立性評価

- ✓ 設計条件への適合性を確認し、成立性評価を行う。
- ✓ 設計条件を確定し、基本仕様並びに遮へい設計について、建屋基本設計および詳細設計へのアウトプットとする。

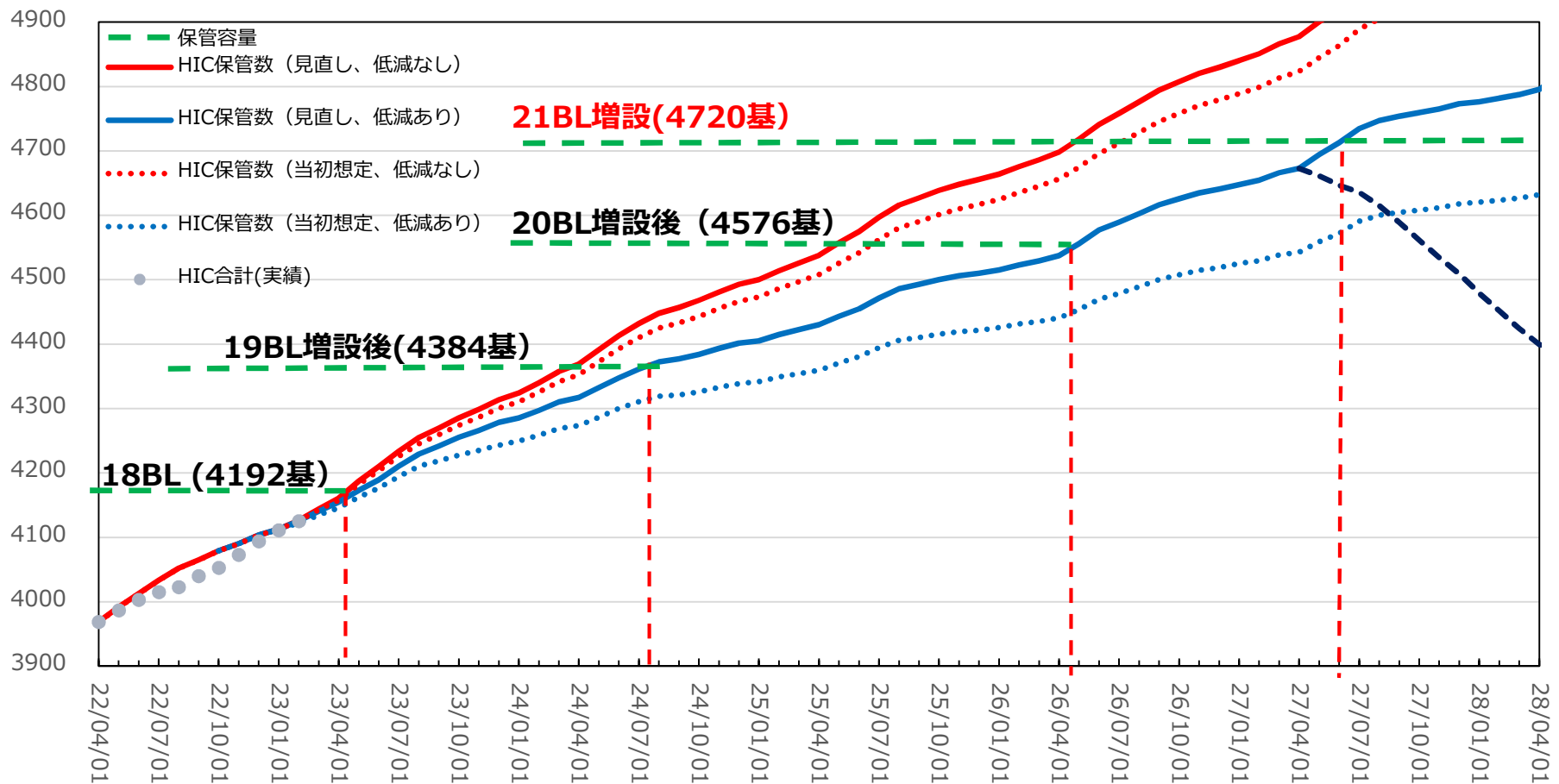
<設計条件の評価項目>

- ・フィルタプレスの処理量
- ・フィルタプレスの脱水率
- ・ろ布選定の妥当性
- ・機器配置，動線確保の妥当性
- ・フィルタプレス機の操作性
- ・遠隔操作におけるメンテナンス性
- ・脱水時の飛散状況



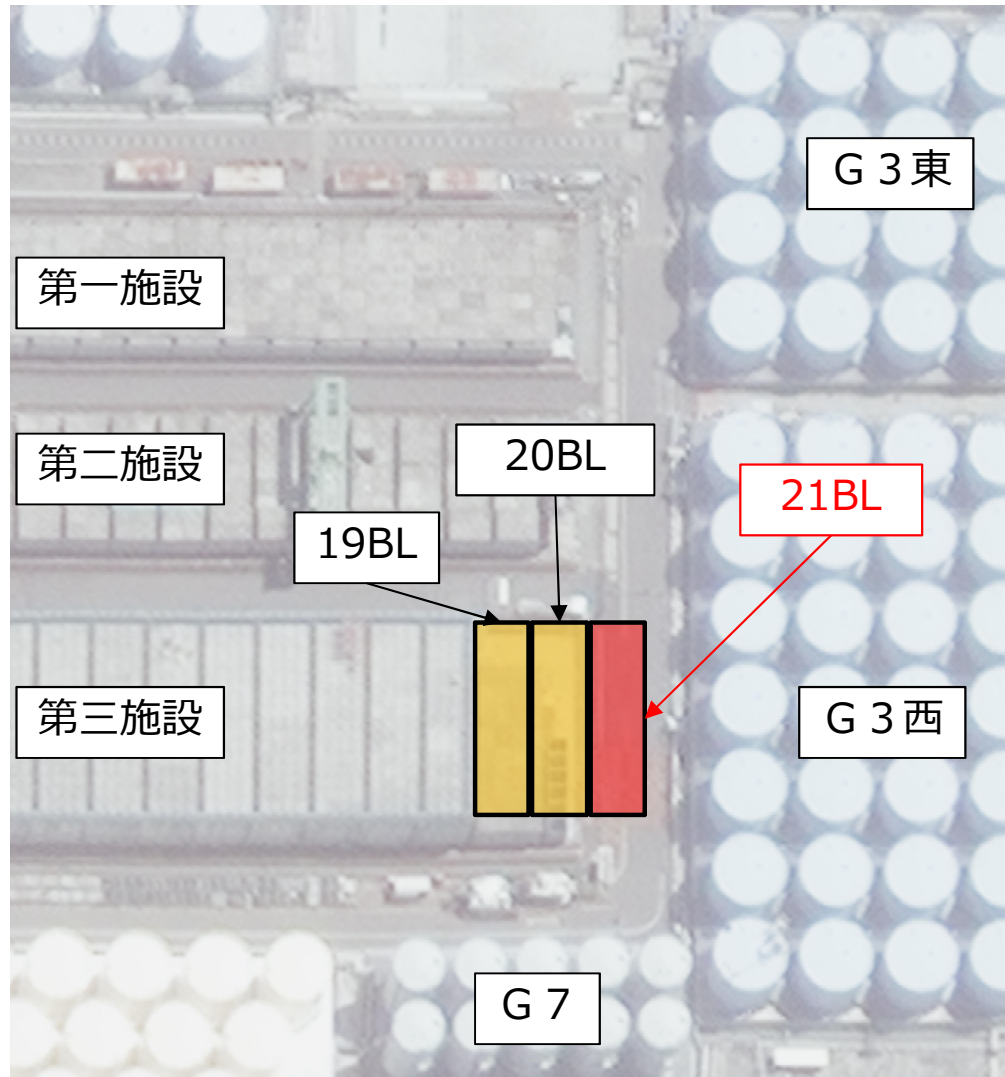
スラリー安定化処理開始時期までに必要となるHIC保管容量

- HIC保管容量は、使用済みセシウム吸着塔一時保管施設の増設【20ブロック（BL）目迄】により4576基目までの確保を計画済み。
- スラリー安定化処理の開始時期（2026年度末）までに必要となるHIC保管容量について、HIC発生量を保守的に見直ししたうえで評価。
 - ①既設/増設ALPSからのHIC発生量が従来実績に対し10%上振れした場合を想定
 - ②発生量低減対策である低線量HICの再利用による低減効果を75%から40%に変更（p10参照）
- 見直し後の予測に基づくと、4576基では保管容量が不足することから、4720基目までの保管容量の増設（144基分）を新たに計画。



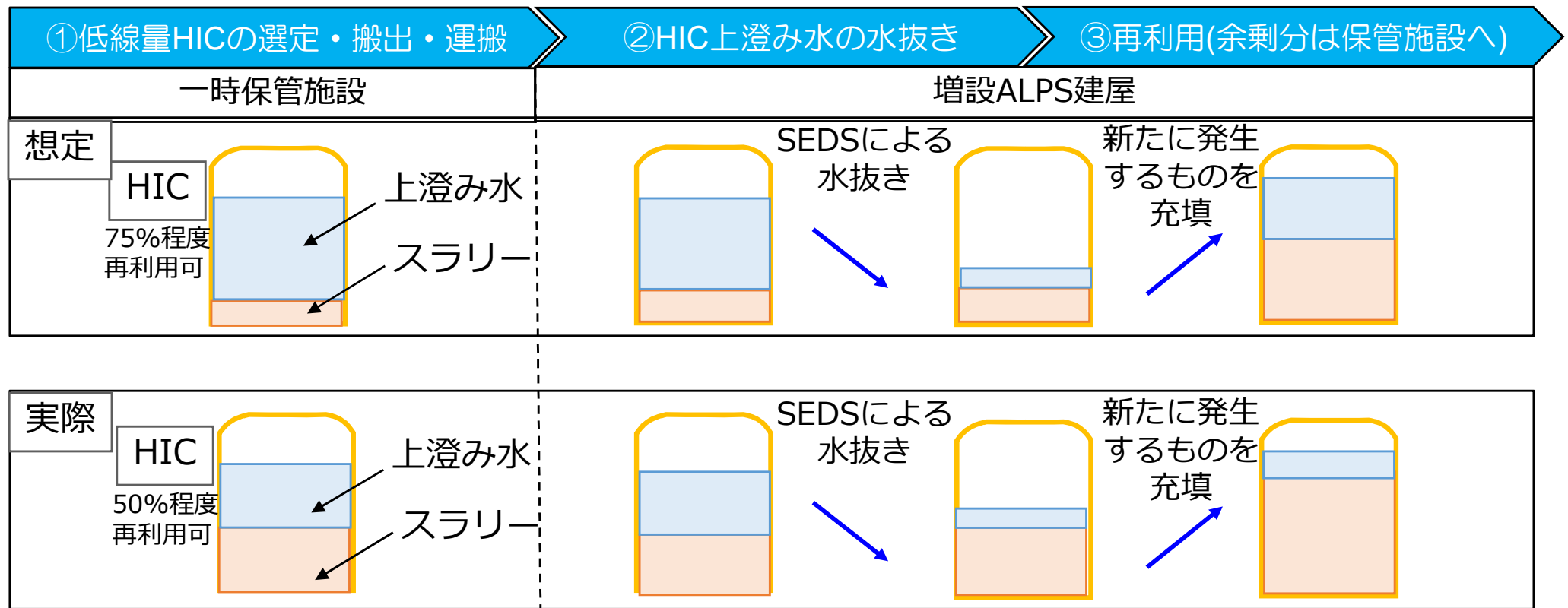
<参考> 使用済みセシウム吸着塔一時保管施設の増設

使用済みセシウム吸着塔一時保管施設 エリア概略



<参考> 低線量HICの再利用

- セシウム吸着塔一時保管施設に保管中の表面線量の低いHIC 約400基程度を対象に、スラリーを吸い込まない高さまで上澄み水を抜き、空き容量分を再利用する。
- 上記により、約300基分の新規HICの発生を抑制できると想定。
- 増設多核種除去設備建屋にて実施し、1~2基/週ペースの水抜きを目標とする。
- 実作業を開始したところ、想定よりもスラリー高さが高いことが判明し、低減効率が75%⇒50%とおおよそ半減となった。



■ 監視・評価検討会におけるコメント事項への回答内容は以下の通り。

なお、「スラリー安定化処理設備に関する審査上の論点※」については、基本設計ならびに耐震設計内容が固まり次第、説明予定。

※審査上における論点

論点1.スラリー安定化処理の実現性、論点2.HIC保管容量のひっ迫、論点3.耐震クラス分類、論点4.放射線業務従事者の被ばく管理

	監視・評価検討会におけるコメント事項	回答内容
1	スラリー安定化設備に係る閉じ込め等の安全設計について、根拠を示した上で考え方を説明するとともに、提出された実施計画変更認可申請において不足している内容については、速やかに補正を提出すること。（第88回）	<ul style="list-style-type: none"> ・2021年4月15日に実施計画変更認可申請（一部補正）を提出済み。スラリー安定化設備に係る閉じ込め等の安全設計や「1F 耐震設計における地動とその適用の考え方」を踏まえた耐震設計の見直しを実施中。基本設計ならびに耐震設計内容が固まり次第、補正申請の対応を進める。
2	スラリー移し替え作業から得られた情報を整理・検討した上で ①スラリーの抜き出しの実現性（下部スラリーが抜き出せない場合の洗浄による抜き出しの実現性を含む） ②上澄み水と下部スラリーに分離している場合のフィルタープレス機による脱水の実現性について説明すること。 また、コールドのモックアップ試験を含めて具体的な時期（いつ何をするか、いつ資料が提出できるのかなど）を明確に説明すること。その際、試験の試料がスラリーの実性状を適切に模擬できていることを示すこと。（第102回）	<ul style="list-style-type: none"> ・①および②に関しては、第103回会合において説明済み。抜き出し装置のモックアップの工程は、HIC底部スラリーの固化有無の確認を現在実施しており、その結果を踏まえ、モックアップ試験計画を2023年度1Qに説明予定。
3	2022年度内を目途にグローブボックス化案として示す全体工程には、運転開始までに必要な事項を含んだ全体工程を示すこと、その際には成立性を見極めについてホールドポイントを示すとともに、建屋内での配置等も早期に確認すること。（第103回、第104回）	<ul style="list-style-type: none"> ・全体工程については資料P3参照。
4	現在のHIC増設分だけで容量をカバーできるとは考えがたく、上記全体工程を示す際には、HIC増設の判断もしくは判断をすべき時期についても示すこと。（第103回）	<ul style="list-style-type: none"> ・第105回会合にて、HIC一時保管容量増設について、2024年度を目標に、計4576基まで保管容量を確保する計画を説明済。 ・見直し後の予測に基づくと、4576基では保管容量が不足することから、4720基目までの保管容量の増設（144基分）を計画する。
5	HICの保管場所について、一時的な増設等を早急に検討すること。また、スラリー安定化処理設備が稼働した後も継続的に使用するボックスカルバートについては、HICに内包されるインベントリやHICの保管本数等を踏まえ、より堅牢な保管方法にするべく、時期を定めて、Ss900に対する影響を確認するとともに、必要に応じて、補強策を含めた耐震性を向上した保管方法を検討すること。（第102回）	<ul style="list-style-type: none"> ・第105回会合にて、HIC一時保管容量増設について、2024年度を目標に、計4576基まで保管容量を確保する計画を説明済。 ・見直し後の予測に基づくと、4576基では保管容量が不足することから、4720基目までの保管容量の増設（144基分）を計画する。 ・現在、Ss900での耐震評価方法について実施する準備を進めており、その結果をもって適切な保管方法とスラリー安定化処理設備によるHIC保管数の低減を含んだ一時保管施設の運用方法を設定していく。

(参考) 耐震ならびに閉じ込め機能に対する方針

1. 設備概要

- 設置目的・系統概略図
- 設置位置

2. 措置を講ずべき事項の該当項目

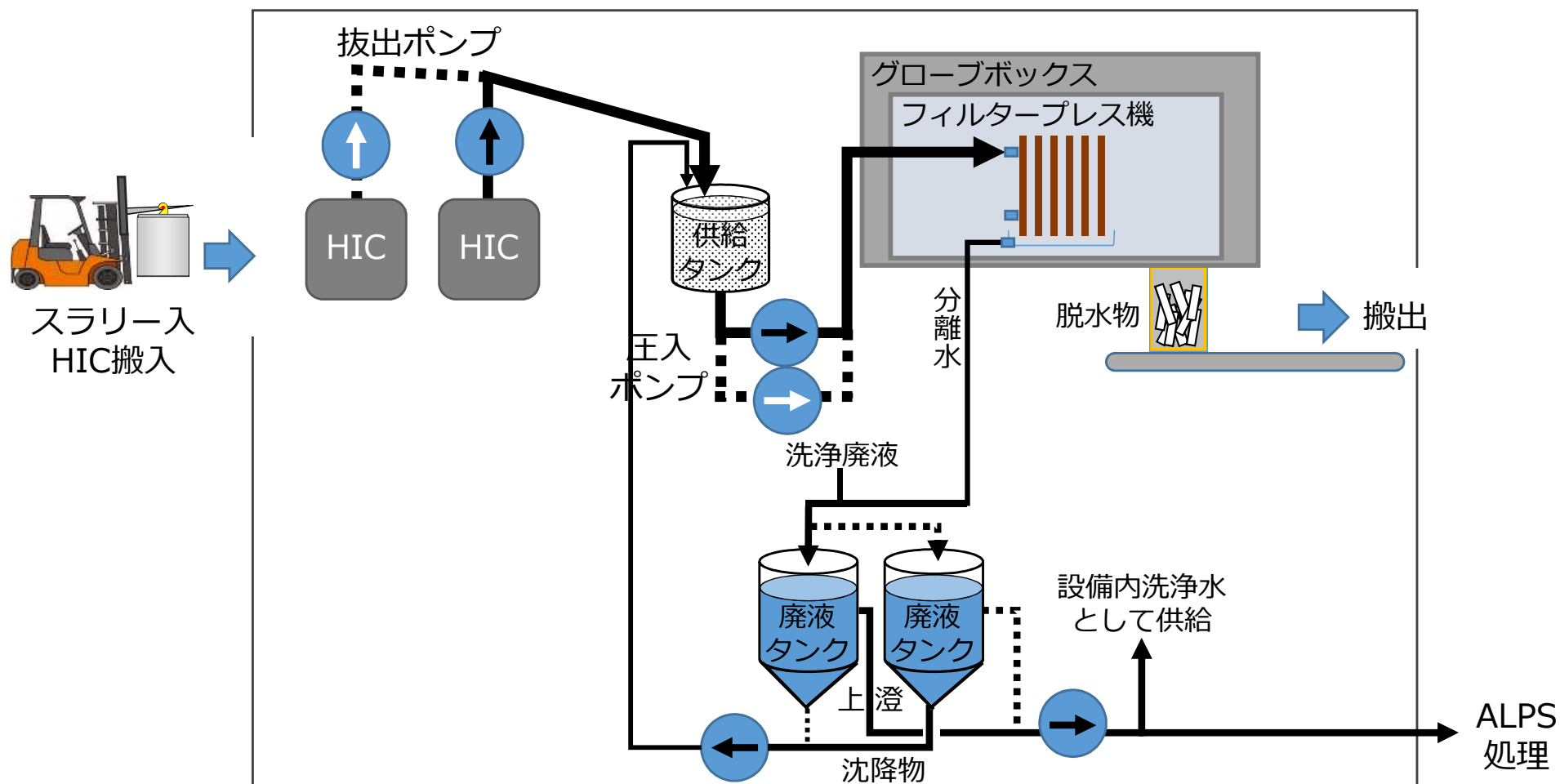
3. 耐震クラス設定方針について（論点①）

- 1-①：インベントリに基づく評価結果
- 1-②：現実的な評価
- 2：施設・設備の特徴に応じた評価
- 換気空調設備の耐震クラスについて
- スラリー安定化処理設備耐震クラス一覧

4. スラリー閉じ込め機能について（論点②）

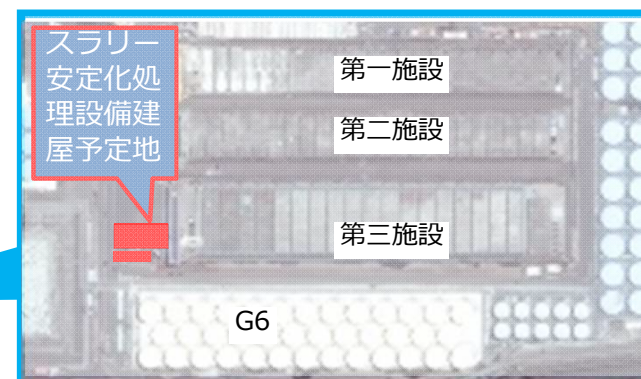
■ 設置目的・設備概略図

- 既設多核種除去設備及び増設多核種除去設備（以下「ALPS」という）等にて発生したスラリーは、高性能容器（以下「HIC」という）に収納し使用済セシウム吸着塔一時保管施設に保管している。
- スラリー安定化処理設備は、HIC内からスラリーを抜き出し・脱水を行い、スラリー漏えいリスクを低減することを目的とする。



■ 設置位置

- スラリー安定化処理設備はHICの保管場所（セシウム吸着塔一時保管施設）近傍に新設し、安定化処理した脱水物は、固体廃棄物貯蔵庫に保管する。



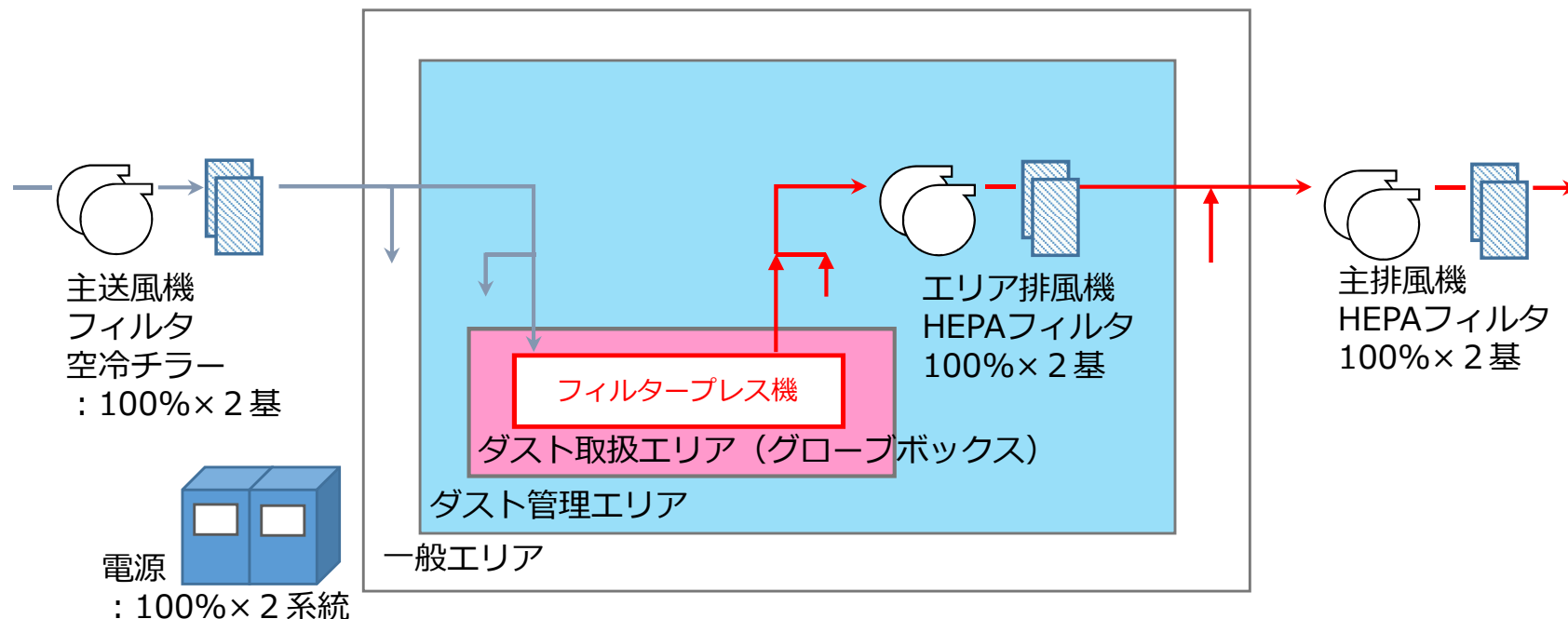
提供：日本スペースイメージング（株）
2020.5.24撮影
Product(C)[2020] DigitalGlobe, Inc., a
Maxar company.

スラリー安定化処理設備
約30m×約20m×地上約12m
地上1階・地下1階

2. 措置を講ずべき事項の該当項目

- スラリー安定化処理設備は、特定原子力施設として原子力規制委員会が示す、『特定原子力施設へ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について（以下：措置を講ずべき事項）』に則り設備を設計する事としている。
- その上で、スラリー安定化処理設備の閉じ込め機能等については、『使用施設等の位置、構造及び設備の基準に関する規則』に準じた設計とすることで検討を進めている。
- 今回、耐震クラス分類（論点①）と、閉じ込め機能（論点②）を中心に説明する。

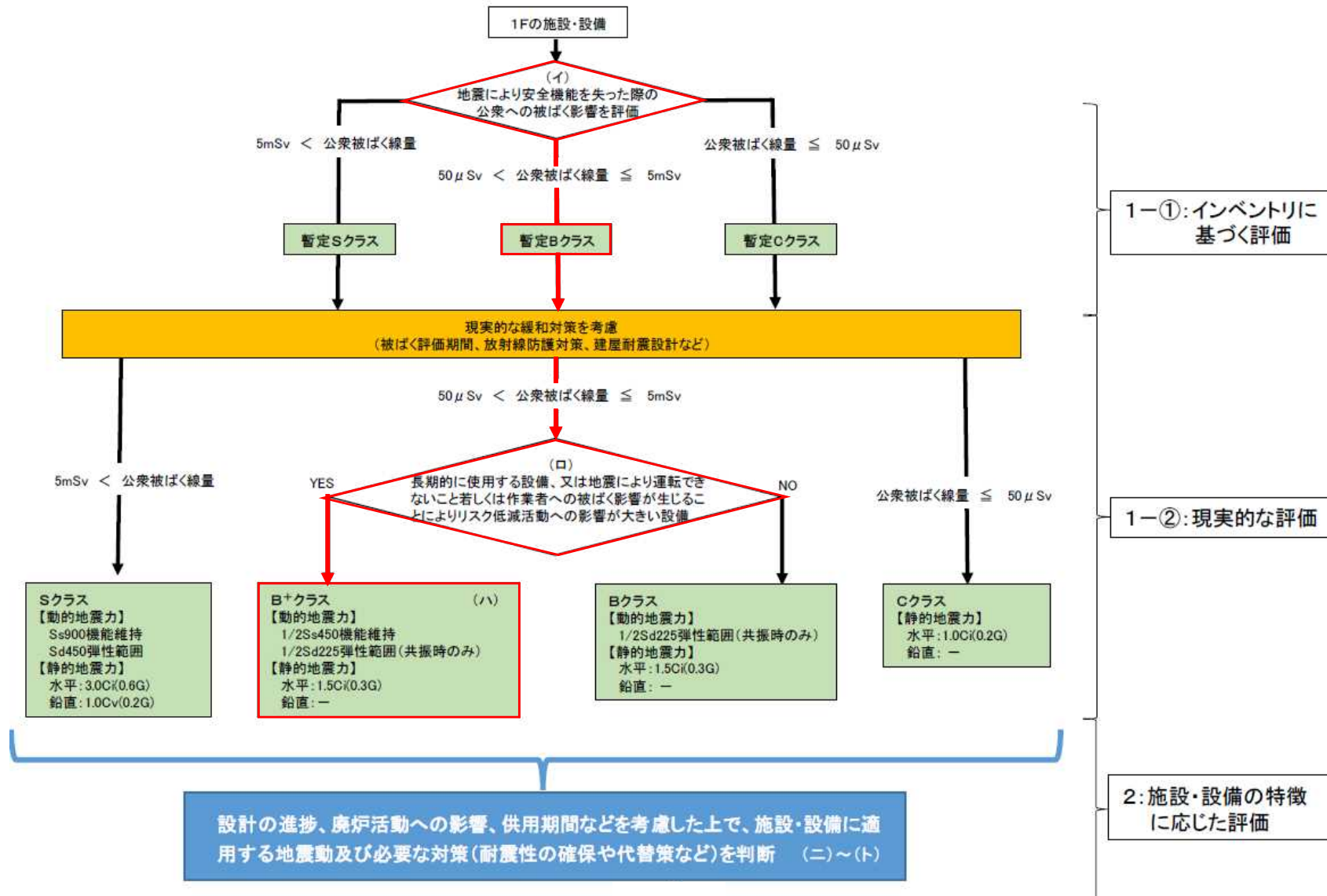
<参考> 換気空調設備の概略系統図



3. 耐震クラス設定方針について (論点①)

- 第51回原子力規制委員会において了承された「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」に基づくフローに従って耐震クラスの設定を行う。

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



3. 耐震クラス設定方針について（論点①）

- 第51回原子力規制委員会において了承された「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」に基づくフローに従って耐震クラスの設定を行う。

【(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。

【(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。

3. 耐震クラス設定方針について（論点①）

■ 1 – ①：インベントリに基づく評価結果

- 地震による安全機能（遮蔽機能・閉じ込め機能）を失った際の公衆被ばく影響が、1週間（7日間）継続した際の公衆被ばく線量を算出する。
- 公衆被ばく線量は直接線・スカイシャイン線、大気拡散による合算値とする。
- 下表の評価値は、フィルタープレス機を小型化しグローブボックス内に据え付ける設計に見直す前の設計値より評価しているため暫定値であるが、設計の見直しにより評価値は下がる見込みである。

評価項目	敷地境界線量値（暫定値）
直接線及びスカイシャイン線による影響	2.0E-02mSv/事象※1
大気拡散による影響	7.6E-01mSv/事象※1
公衆被ばく線量	7.8E-01mSv/事象

※1
評価の詳細は
補足1を参照

50μSv < **0.78mSv** ≤ 5mSvとなり、耐震クラス分類は『暫定Bクラス』となる。

■ 1 – ②：現実的な評価

- 現実的な緩和対策を考慮
 - 被ばく評価期間：考慮せず
 - 放射線防護対策：考慮せず
 - 建屋耐震設計：考慮せず
- 長期的に使用する設備、又は地震により運転できないこと若しくは作業員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
 - スラリー安定化処理設備は、多核種除去設備等から発生するスラリーの処理を継続的に行うことから、『長期的に使用する設備』に該当すると考えている。

上記により、スラリー安定化処理設備の耐震クラス分類は『**B+クラス**』とな

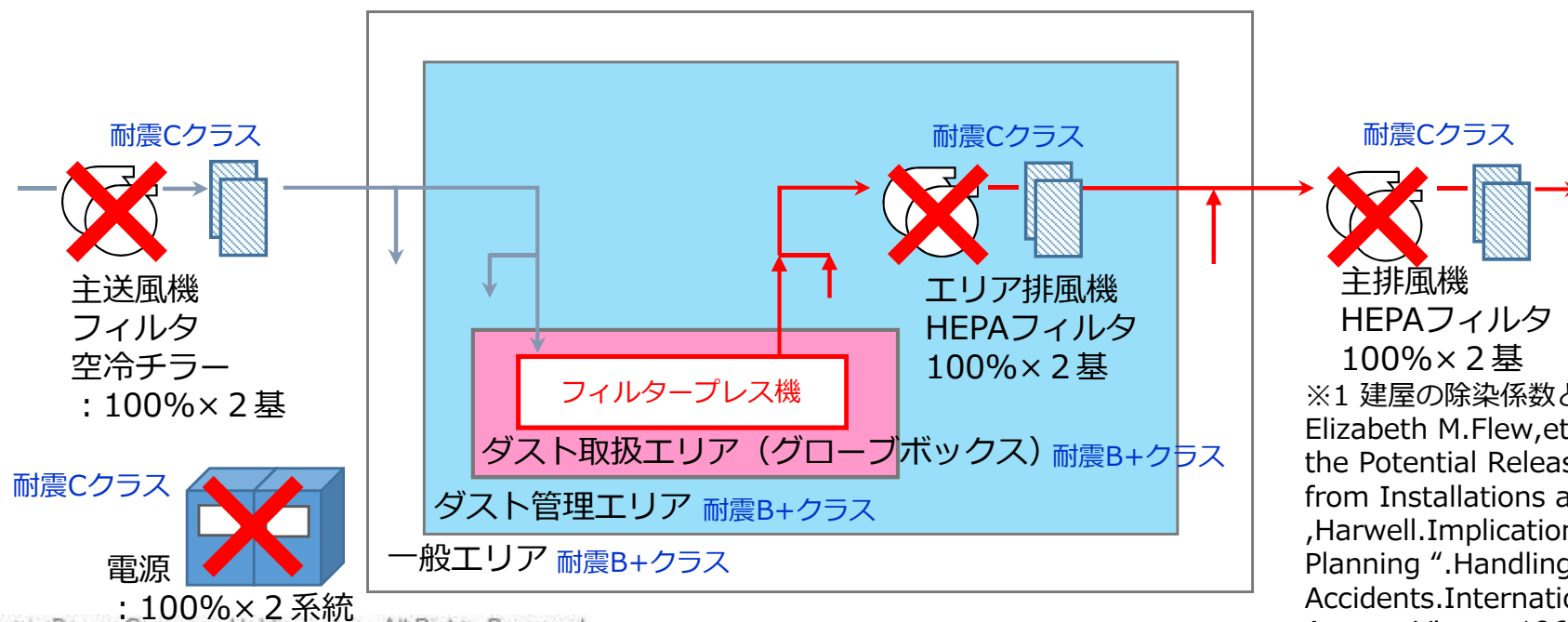
■ 2：施設・設備の特徴に応じた評価

- 設計の進捗、廃炉活動への影響、供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策など）を判断（二）～（ト）
 - （二）：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案
 - ✓ 該当せず
 - （へ）：上位クラスへの波及的影響
 - ✓ スラリー安定化処理設備内において、『B+クラス』設備と『Cクラス』設備が混在する事になるが、下位クラスが破損した場合においても上位クラスに波及的影響が無い様に設計する。
 - （ト）：液体放射性物質を内包する設備
 - ✓ スラリー安定化処理設備は、海洋から離れた箇所に設置することとしている。
 - ✓ また、本設備でスラリー及び分離水を取扱う機器は、漏えい拡大防止堰内に設置するとともに堰内には漏えい検知器を設置し、漏えいが発生した場合には仮設ホースによる排水等の機動的対応を講ずる。

3. 耐震クラス設定方針について（論点①）

■ 換気空調設備の耐震クラスについて

- 耐震クラス判定フローに基づいて評価した結果、スラリー安定化処理設備の遮蔽機能や閉じ込め機能を担う建屋及び主要設備については、耐震クラスは「B+」クラスと考えている。
- 一方、換気空調設備については、当該設備の機能喪失による放射線影響の程度により、耐震クラスを設定する。
- 換気空調設備停止時の公衆被ばく影響評価方法
 - 電源の計画外停止または換気空調設備の故障により、換気空調設備が全停する事象を想定し、放出されるインベントリでの大気拡散による影響を評価する。
 - 換気空調設備全停により、ダスト取扱エリア（グローブボックス）空気中のインベントリ全量がダスト管理エリアへ流出し、そのうち1/10^{※1}が屋外へ放出されることを想定する。（建屋内は無風状態のため、経時的に空気中へ移行する放射性物質は考慮しない。）
 - なお、換気空調設備のうち一部のファンのみが運転を続ける事象を避けるため、フィルタの差圧、各エリアの負圧等を監視し、基準値を外れる場合には換気空調設備を全停するインターロックを設ける。



※1 建屋の除染係数として10を考慮。
Elizabeth M.Flew, et al. "Assessment of the Potential Release of Radioactivity from Installations at AERE, Harwell. Implications for Emergency Planning". Handling of Radiation Accidents. International Atomic Energy Agency, Vienna, 1969, IAEA-SM-119/7

3. 耐震クラス設定方針について（論点①）

- 以下の評価より、事象発生時の公衆の被ばく線量は約0.09 μ Sv/事象である。

評価項目	敷地境界線量値（暫定値）
公衆被ばく線量（大気拡散による影響）	8.1E-02 μ Sv/事象

50 μ Sv以下となるため、耐震クラス分類は『Cクラス』となる。

<ダスト管理エリアの濃度>

- グローブボックス内の空気中のインベントリ全量が、ダスト管理エリアへ流出し、均質に拡散することを想定する。グローブボックスは実際には容易に漏れいしない構造であるが、ここでは全量が流出すると想定する。
- 評価の結果、ダスト管理エリア空気中のSr-90濃度は8.0E-02Bq/cm³に上昇する。（評価の詳細は補足2表1参照）

<公衆の被ばく線量評価>

- ダスト管理エリア空気中のインベントリの1/10が屋外へ流出することを想定する。
- 評価の結果、公衆の被ばく線量は8.1E-02 μ Sv（約0.09 μ Sv）である。（評価の詳細は補足2表2参照）

<作業者の被ばく線量評価>

- ダスト管理エリア空気中のSr-90濃度8.0E-02Bq/cm³は、電動ファン式全面マスクの着用にて応急対策程度の作業が実施可能な濃度である。（評価の詳細は補足2表3参照）
- ただし、被ばく線量低減の観点から、可搬式のファン・HEPAフィルタ・発電機によりダスト管理エリアの浄化を行う。なお、ダスト管理エリア／一般エリア間の壁面に仮設ダクトを接続するための取り口を設置する。

<非常用電源の設置>

- 換気空調設備の停止時においても、公衆への著しい放射線被ばくのリスクが小さいことから非常用発電機は設置は不要と考える。

3. 耐震クラス設定方針について（論点①）

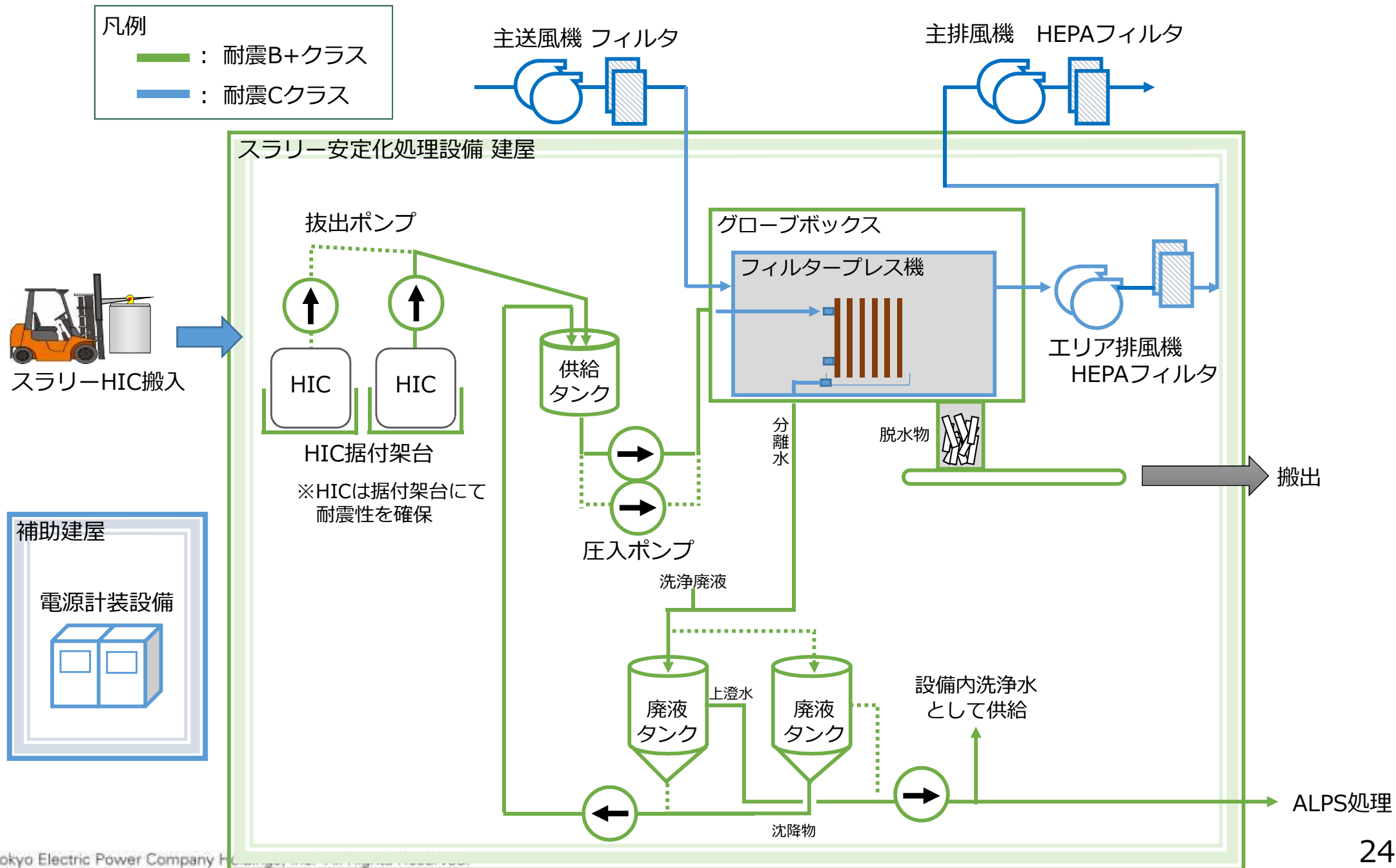
■ スラリー安定化処理設備耐震クラス一覧

➤ スラリー安定化処理設備を構成する各設備の耐震クラスは以下の通り設定する。

設備名称	安全機能	耐震クラス	理由
建屋	<ul style="list-style-type: none"> ・遮蔽機能 ・閉じ込め機能 ・漏えい拡大防止機能（建屋床） 	B+	公衆被ばく評価結果は $50\mu\text{Sv} < 0.78\text{mSv} \leq 5\text{mSv}$ であり、長期的に使用することから耐震クラス分類は『B + クラス』とする。
スラリー及び圧搾水を扱う配管、タンク、ポンプ等	<ul style="list-style-type: none"> ・遮蔽機能 ・閉じ込め機能 	B+	同上。
グローブボックス	<ul style="list-style-type: none"> ・閉じ込め機能 	(B+)	グローブボックスが破損した場合についても公衆被ばく評価（約 $0.09\mu\text{Sv}$ ）は、軽微であり『Cクラス』と考えるが、主要設備への波及的影響を踏まえ『B + クラス』とする。
脱水物保管容器	<ul style="list-style-type: none"> ・遮蔽機能 ・閉じ込め機能 	(B+)	グローブボックスと接続時に波及的影響を踏まえ『B + クラス』とする。
換気空調設備	<ul style="list-style-type: none"> ・閉じ込め機能 	C	公衆被ばく評価結果は約 $0.09\mu\text{Sv} < 50\mu\text{Sv}$ であることから耐震クラス分類は『Cクラス』とする。
フィルタープレス	(スラリー圧搾機能)	C	閉じ込め機能・遮へい機能等の要求がなく、公衆被ばくに直接影響しない機器の耐震クラス分類は、『Cクラス』とする。
電源・計装設備	(電源供給機能) (計測機能)	C	同上。
その他、安全機能に関わらない設備	(圧縮空気供給機能) (ろ過水供給機能)	C	同上。

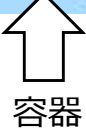
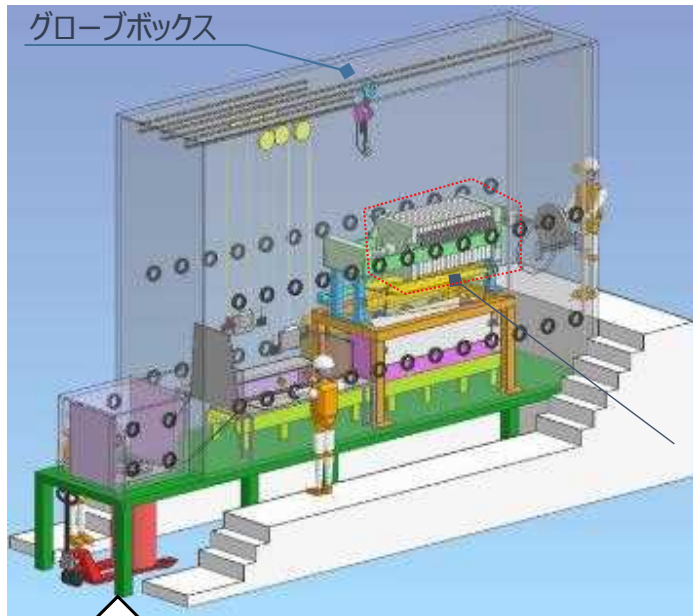
3. 耐震クラス設定方針について（論点①）

- スラリー安定化処理設備を構成する各設備の耐震クラスを下図に示す。



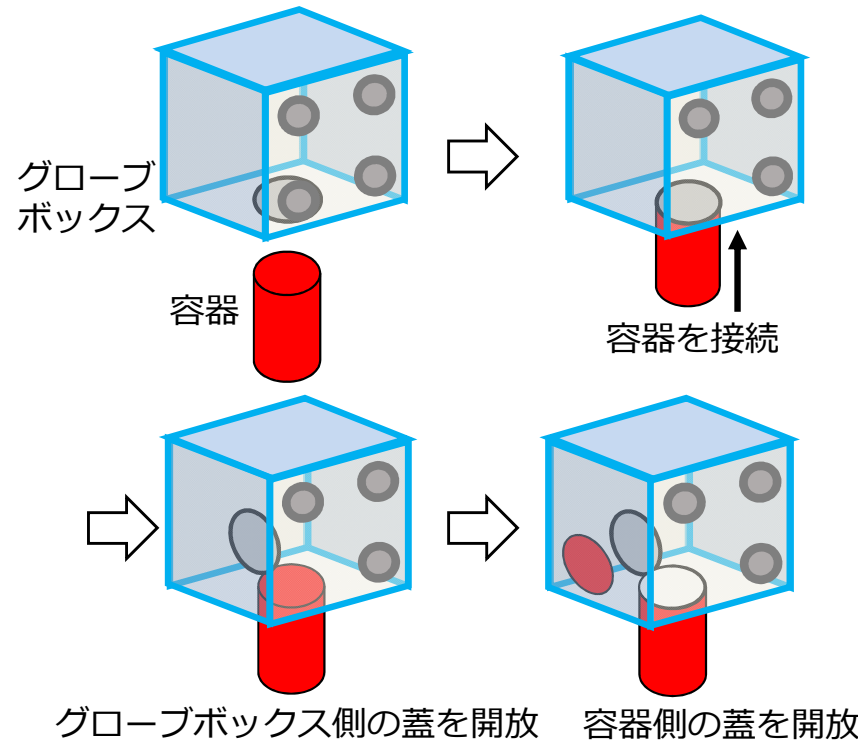
4. スラリー閉じ込め機能について（論点②）

- スラリーをダスト取扱エリアに閉じ込めるため、フィルタプレス機はグローブボックス内に設置する。
 - グローブボックスに給気・排気ラインを接続して負圧管理を行い、放射性物質のグローブボックス外への漏出を防止する。
 - スラリー、洗浄水等のグローブボックス内への供給、排水等のグローブボックス外への排出は配管を通じて行う。負圧管理の妨げとならないよう配管がグローブボックスを貫通する箇所は気密処理を行うとともに、配管には逆止弁、U字部等を設ける。
 - フィルタプレス機から発生する脱水物は、容器とグローブボックスがバウンダリを確保したまま脱着できる設計（ダブルドア式）とすることにより、グローブボックス外の空気に触れずに搬出を行う。
 - フィルタプレス機の清掃、ろ布・ろ板交換等のメンテナンスはグローブボックス内で実施する。なお、道工具、消耗品、ろ布・ろ板等のグローブボックスへの搬出入にはバッグイン・バッグアウト操作を行う。詳細は今後、実機を用いた適用性・成立性検証を行い確認する。



グローブボックスの設計は今後の適用性・成立性検証を踏まえて見直し予定。

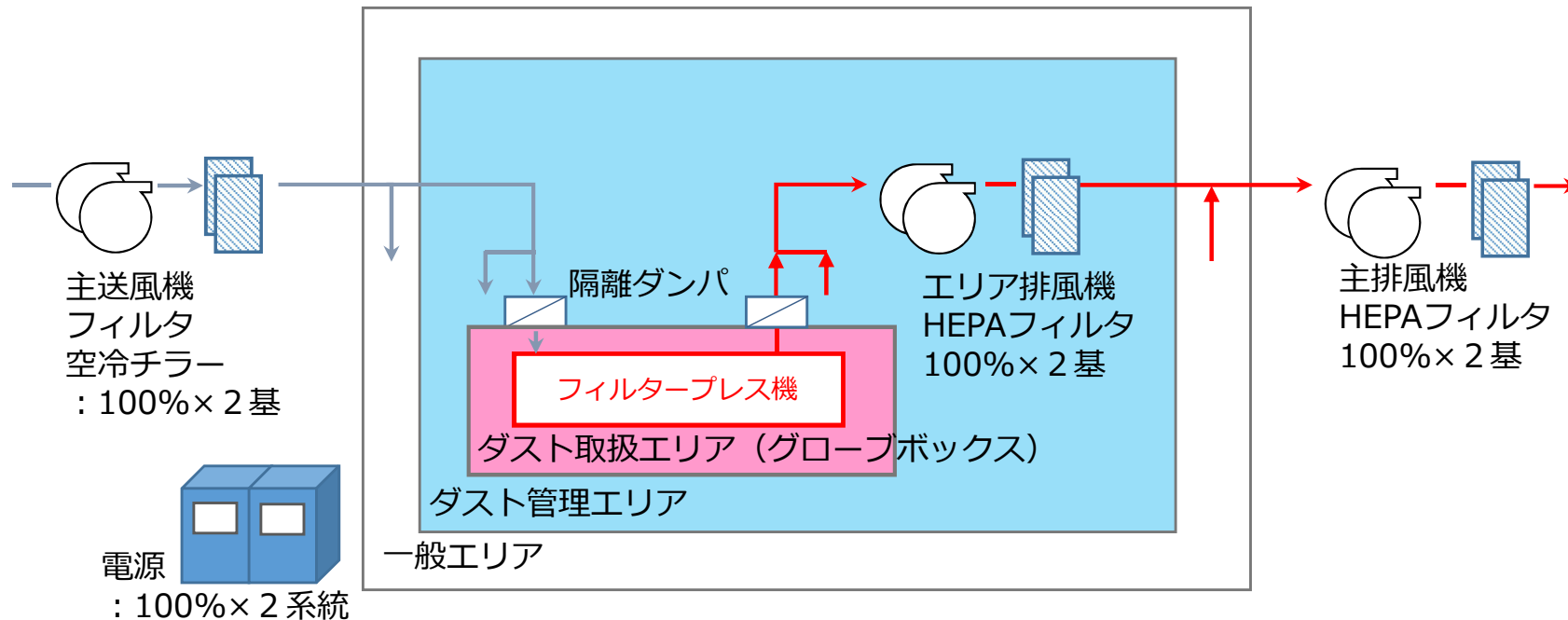
■ グローブボックスと容器の接続手順



※取り外しは逆の手順で行う

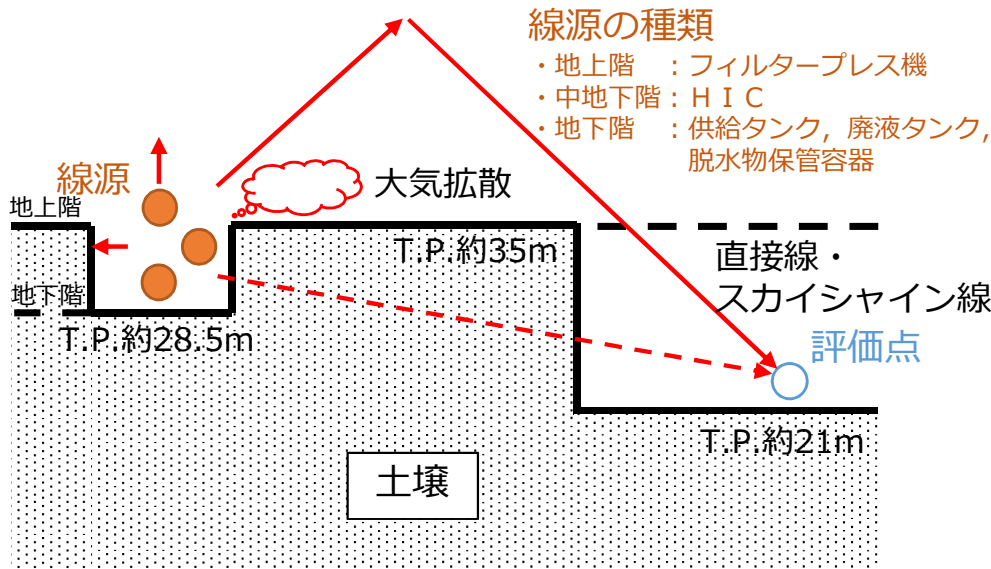
4. スラリー閉じ込め機能について（論点②）

- スラリーの閉じ込めを多重的に行うため、ダスト取扱エリア（グローブボックス）以外にダスト管理エリア、一般エリアも負圧管理を行い、一般エリア、ダスト管理エリア、ダスト取扱エリアの順に負圧を低くする設計とする。（規則解釈2条四、2条八②）
 - 換気空調設備は異なる二系統の常用電源から受電できる構成とし、片系停止時においても受電元の切替えが可能な設計とする。
 - ダスト取扱エリアの給気・排気ラインには隔離ダンパを設置し、送排風機が停止した場合は隔離ダンパが自動閉止される設計とし、建屋外と隔離する。
 - 一般エリアーダスト取扱エリアが直接接続される配管等の貫通部は設けず、ダスト管理エリアを経由して接続する設計とする。
 - シャッター等の開閉により、エリア間に圧力差を維持出来ない場合は、事前にダストモニタで空気中放射性物質濃度の有意な上昇がないことを確認の上で開閉する。



＜補足 1＞ 安全機能（遮蔽・閉じ込め機能）喪失時の公衆被ばく影響評価

- 設備の設置位置、評価点について
 - 設備の設置標高はT.P. 約35m(地上階) とし、敷地境界での評価点は本設備から最も近いBP7とし、本設備からの距離約250m、評価点高さはT.P.約21mとした。
- 評価モデル
 - 建屋及び機器が消失し、線源となる機器がその設置位置で遮へい機能を喪失したものと評価。
 - 土壌による遮へい効果を考慮して評価。
- 線源強度
 - スラリーのSr-90(Y-90)濃度は $1.4E+7Bq/cm^3$ 。
- 評価結果
 - 直接線・スカイシャイン線の線量は1週間（7日間）あたり $2.0E-02mSv/事象$ 。（暫定値。詳細は下表参照）
 - 本評価は、フィルタープレス機を小型化しグローブボックス内に据え付ける設計に見直す前の設計値より評価しているが、設計の見直しにより評価値は下がる見込みである。



線源	基数	体積	敷地境界線量
	[基]	[m ³]	[mSv]
供給タンク	1	13	2.5E-03
廃液タンク	2	18	5.4E-03
H I C	2	6.05	2.7E-03
フィルタープレス機	1	1.05	4.8E-03
脱水物保管容器	1	6.73	3.7E-03
合計	-	-	2.0E-02

- 公衆被ばく線量の算出に用いたインベントリ
 - 設備の運転状態を考慮し、スラリー安定化処理設備の保有するスラリーの体積を下表の通り20m³に設定。
 - スラリーのSr-90(Y-90)濃度を 1.4E+7Bq/cm³に設定し、Sr-90(Y-90)インベントリ量は2.80E+14Bqとする。
- 設備の設置位置、評価点について
 - 設備の設置標高はT.P. 約35m(地上階) とし、評価点の位置は本設備の中心から各陸側10方位内における敷地境界の最至近点とした。
- 放出期間・放出量
 - 放出期間は第103回監視評価検討会資料3-1にて示されている7日間として設定した。
 - 放出量は五因子法を用いて算出した。（次頁参照）
- 被ばく経路
 - 被ばく経路は「グラウンドシャインによる外部被ばく」「クラウドシャインによる外部被ばく」「クラウド吸入による内部被ばく」の3種類とした。

線源	基数[基]	体積[m ³]	備考
供給タンク	1	8.63	運用上、供給タンクの液位が低になり、F P 機での脱水が終了するまで次のHIC 2 基はスラリー安定化設備建屋へ搬入しないことから、供給タンク液位低での保有量(2.58m ³) + H I C 2 基(6.05m ³)の体積を設定する。
フィルタープレス機	1		
H I C	2		
廃液タンク	2	0	当該タンクはスラリーをフィルタープレス機に通した後のろ液を溜める設備であることから、保有する放射性物質量はHIC及び脱水物保管容器にて計上し、廃液タンクでは計上しない。
脱水物保管容器	1	6.73	保管先での線量制限値より、表面線量が30mSv/hとなる脱水物体積を設定し、これをスラリー体積に換算。
合計	—	15.36	切り上げて20m ³ とする。

■ 気象データ

- 原子炉設置変更許可申請書（6号原子炉施設の変更）添付書類6に記載の気象データである「1979年4月1日～1980年3月31日（1979年度）」の気象データを使用した。

■ 放出量

- 放出量の算出はDOE、NRCにおいても標準的な評価手法（DSA、ISA）として採用されており、実施計画変更申請においても既に評価を適用している「五因子法」により評価した。
- 放出量は保守的に放出期間（7日間）における静置時の飛散率も考慮した。

項目	記号	単位	値	備考
放射性物質質量	MAR	Bq	2.80E+14※1	
MARのうち事故の影響を受ける割合	DR	-	1	保守的に1と設定する。
霧困気中に放出され浮遊する割合	ARF	-	5.00E-05	落下時の飛散率（事象当たり）※2
	ARR	-	4.00E-07	静置時の飛散率（時間当たり）※2
肺に吸入され得る微粒子の割合	RF	-	1	保守的に1と設定する。
環境中へ漏れ出る割合	LPF	-	1	保守的に1と設定する。
五因子法による放射性物質放出量	ST	Bq	3.29E+10※1	$MAR \times DR \times (ARF + (ARR \times 7d \times 24h)) \times RF \times LPF$

※1：暫定値

※2：U.S. Department of Energy, AIRBORNE RELEASE FRACTIONS/RATES AND RESPIRABLE FRACTIONS FOR NONREACTOR NUCLEAR FACILITIES, Volume I - Analysis of Experimental Data, DOE-HDBK-3010-94 December 1994

- 安全機能（閉じ込め機能）喪失時の大気拡散の評価結果は以下の通り。

【評価結果】

- 大気拡散による影響は $7.6E-01$ mSv/事象。（暫定値）
- 本評価は、フィルタプレス機を小型化しグローブボックス内に据え付ける設計に見直す前の設計値より評価しているが、設計の見直しにより評価値は下がる見込みである。

	評価値[mSv]
クラウドシャインによる外部被ばく	7.6E-06
グランドシャインによる外部被ばく	3.3E-01
クラウドの吸入による内部被ばく	4.3E-01
合計	7.6E-01

◆ 雰囲気中に放出され浮遊する割合

■ 拡散係数ARFの適用性について

- 放射性物質の空中放出に関する実験データの集積知として、米国エネルギー省、米国規制庁にて採択の実績がある「DOE HANDBOOK AIRBORNE RELEASE FRACTIONS/RATES AND RESPIRABLE FRACTIONS FOR NONREACTOR NUCLEAR FACILITIES DOE-HDBK-3010-94」（以後DOE HANDBOOK）から引用した。
- DOE HANDBOOKでは、放射性物質の各形態（固体、液体、スラリー等）における、実験データを基にしたこぼれ、火災、地震等の一般的な災害・事故を想定した放射性物質落下時の飛散率ARFと呼吸取込率RFの記載がある。
- 本事象は地震による機器破損における内包スラリーの漏えい事象であることから、DOE HANDBOOK中3.1項のスラリーの自由落下液滴事象(Free-fall spills of slurries)での以下のARFとRFを参照し、ARFを5E-5と設定した。なおRFはDOE HANDBOOK上では0.8であるが保守的に1.0と設定した。

- Free-fall spills of slurries, 3-m fall distance, <40% solids.

Median

ARF 2E-5/RF 0.7

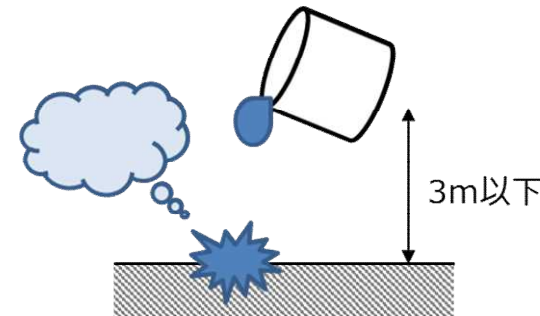
Bounding

ARF 5E-5/RF 0.8

(DOE HANDBOOK Page3-4抜粋)

- ◆ 雰囲気中に放出され浮遊する割合
- 拡散係数ARFの適用性について(続き)
 - ここで、DOE HANDBOOK中3.1項のスラリーの自由落下液滴事象の適用条件として、以下2条件が記載されている。

- ✓ 液滴落下高さ：3m
- ✓ 固形分濃度：40w%未満



本設備の場合、スラリーは全てタンク等の機器内にあり、スラリーの3m以上の自由落下は想定されないことから、適用条件の液滴落下高さ3mを下回る。またスラリー脱水物の含水率は50～60%としており、適用条件の固形分濃度40w%未満から逸脱するが、固形分濃度が上がれば脱水物の粘度が増加し、飛散が押さえられる方向となることから、保守側の設定となっている。

◆ 雰囲気中に放出され浮遊する割合

■ 拡散係数ARRの適用性について

- DOE HANDBOOKでは、放射性物質の各形態（固体、液体、スラリー等）における、実験データを基にしたこぼれ、火災、地震等の一般的な災害・事故を想定した放射性物質が漏えい後屋外での滞留時の飛散率ARRと呼吸取込率RFの記載がある。
- 本事象は地震による機器破損における内包スラリーの漏えい事象であることから、DOE HANDBOOK中3.1項のスラリーの屋外の低風速状態での滞留時の風による巻き込み放出事象(Aerodynamic Entrainment and Resuspension)での以下のARRとRFを参照し、ARRを4E-7/hr、RFは1.0と設定した。
 - Indoors, on heterogeneous surface (stainless steel, concrete), low airspeeds up to normal facility ventilation flow; Outdoors, pool for low windspeeds.

Bounding

ARR 4E-7/hr; RF 1.0

(DOE HANDBOOK Page3-5抜粋)

- ◆ 雰囲気中に放出され浮遊する割合
- 拡散係数ARRの適用性について(続き)
 - ここで、DOE HANDBOOK中3.1項の液体としての屋外の低風速状態での滞留時の風による巻き込み放出事象の適用条件として、3.2.4.5項に以下の条件が記載されている。

Even the
spray release from large outdoor pond values would not exceed a value of $4E-7/hr$ for 5m/s
windspeed, and would be expected to be considerably less.

本設備での取り扱い物質はスラリー状であることから液体よりも粘性は高く、実際の飛散率は液体としての飛散率より低くなると考えられるため、本数値を適用することは保守的であると考えます。

また、屋外設備周辺で常時5m以上の風速が保たれるとは考えられないため、適用条件は満たされる。

＜補足 2＞ 換気空調設備停止時の公衆被ばく影響評価

- グローブボックス内の空気中のインベントリ全量が、ダスト管理エリアへ流出した場合の空間濃度は8.0E-02Bq/cm³。（暫定値）

表1：ダスト管理エリア空気中のSr-90濃度（換気空調設備停止時）

項目	単位	値	備考
スラリー中のSr-90濃度【A】	Bq/cm ³	1.40E+07	
FPのスラリー格納容量【B】	m ³	5.00E-02	保有量50Lを想定
FPのSr-90保有量【C】	Bq	7E+11	A×B×10 ⁶
グローブボックスの容積【D】	m ³	2.43E+01	幅4.5m×奥行1.35m×高さ4mを想定
雰囲気中に放出され浮遊する割合【E】	-	5.00E-05	出典※1より
グローブボックス瞬間最大空間濃度【F】	Bq/cm ³	1.44E+00	C×E/(D×10 ⁶) 表外に補足を記載※2
ダスト管理エリアへ流出する割合【G】	-	1.00E+00	全量漏えいを想定
ダスト管理エリアへ流出するSr-90量【H】	Bq	3.50E+07	D×F×10 ⁶ ×G
ダスト管理エリアの容積【I】	m ³	4.40E+02	幅12.1m×奥行7.40m×高さ6mを想定。 グローブボックス4基の容積は除外。
ダスト管理エリアの空間濃度【J】	Bq/cm ³	7.95E-02	H/(I×10 ⁶)

※1：U.S. Department of Energy, AIRBORNE RELEASE FRACTIONS/RATES AND RESPIRABLE FRACTIONS FOR NONREACTOR NUCLEAR FACILITIES, Volume I - Analysis of Experimental Data, DOE-HDBK-3010-94 December 1994

※2：この値は瞬間最大値のため実際には低減するが保守的に一定とする。また、複数のFPで同時に脱水物を落下させることは発生し難いこと、グローブボックス内空間濃度は瞬間最大値を用いていることから、フィルタープレス機/グローブボックスは1基として本評価を実施している。

- グローブボックス内の空気中のインベントリ全量が、ダスト管理エリアへ流出し、その1/10が屋外へ流出することを想定した場合の公衆の被ばく線量は $8.1E-02\mu\text{Sv}$ /事象。（暫定値）

表2：公衆の被ばく線量評価（換気空調設備停止時）

項目	単位	値	備考
ダスト管理エリアの容積【A】	m ³	4.40E+02	表1のIより
ダスト管理エリアの空間濃度【B】	Bq/cm ³	7.95E-02	表1のJより
屋外へ流出する割合【C】	-	1.00E-01	出典※1より
屋外へ流出するSr-90量【D】	Bq	3.50E+06	$A \times B \times 10^6 \times C$
公衆の被ばく線量【E】	μSv	8.1E-02	施設全体の閉じ込め機能喪失評価（系外放出3.29E+10Bqにて7.6E-01mSv）より線形補間にて算出

※1 建屋の除染係数として10を考慮。

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

- ダスト管理エリアのSr-90空間濃度の想定最大値にて、電動ファン式全面マスクの着用で作業可能な時間は27時間。（暫定値）

表3：電動ファン式全面マスク着用での作業可能時間

項目	単位	値	備考
ダスト管理エリアの空間濃度【A】	Bq/cm ³	7.95E-02	表1のJより
電動ファン式全面マスクの防護係数【B】	-	1.00E+03	JIS T 8150 呼吸用保護具の選択、使用及び保守管理方法より電動ファン付き呼吸用保護具の値
実効線量係数【C】	mSv/Bq	7.7E-05	核原料物質又は核燃料物質の精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より
呼吸量【D】	cm ³ /h	1.2E+06	出典※1より成人活動時の呼吸率
作業者の呼吸域とサンプリング位置との空气中放射性物質濃度比【E】	-	10	被ばく線量の測定・評価マニュアル2000（原子力安全技術センター）より
記録レベル(3カ月あたり2mSv)を超過しない作業時間【F】	h	27	実効線量の評価式より算出 実効線量(2mSv) = A×C×D×作業時間×E/B

※1 E. F. Keith, L. W. Richard, N. B. Christopher, P. S. Jerome, R. C. Allan, "Cancer Risk Coefficients for Environmental Exposure to Radionuclides," FEDERAL GUIDANCE REPORT NO. 13, 1999.

◆ 屋外へ流出する割合の適用性について

- IAEA文書では、放射性物質の放出量を見積もるための手法を記載しており、見積もるための係数として建屋からの放出割合を記載している。
- 本事象は建屋が健全な状況で換気空調設備が停止することを想定していることから、屋外へ流出する割合は0.1と設定した。

表：建物から放出されて浮遊する物質の割合

建物の条件	係数(factor)
ガスの放出（建屋の損傷状態を問わない）	1.0
揮発性および微粒子のエアロゾルの放出（建屋は深刻に損傷し、無いに等しい状態）	—
爆発による場合	1.0
火事による場合（係数に温度上昇を見込む）	0.1
揮発性および微粒子のエアロゾルの放出（建屋は損傷無しまたは若干損傷）	0.1
フィルターを通過して放出される微粒子	0.01