

放射性物質分析施設の設置について

2020年3月16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. 福島第一原子力発電所の分析機能の概要

1.1 分析事項の整理と将来像

1.2 福島第一原子力発電所の分析機能の拡充

1.3 福島第一に係る分析機能の整理

2. 放射性物質分析・研究施設

2.1 施設の概要

2.2 第1棟で実施する分析

2.3 第1棟の現状とスケジュール

2.4 第2棟で実施する分析

2.5 第2棟の建物と設備・機器

2.6 燃料デブリ分析体制、第2棟の現状とスケジュール

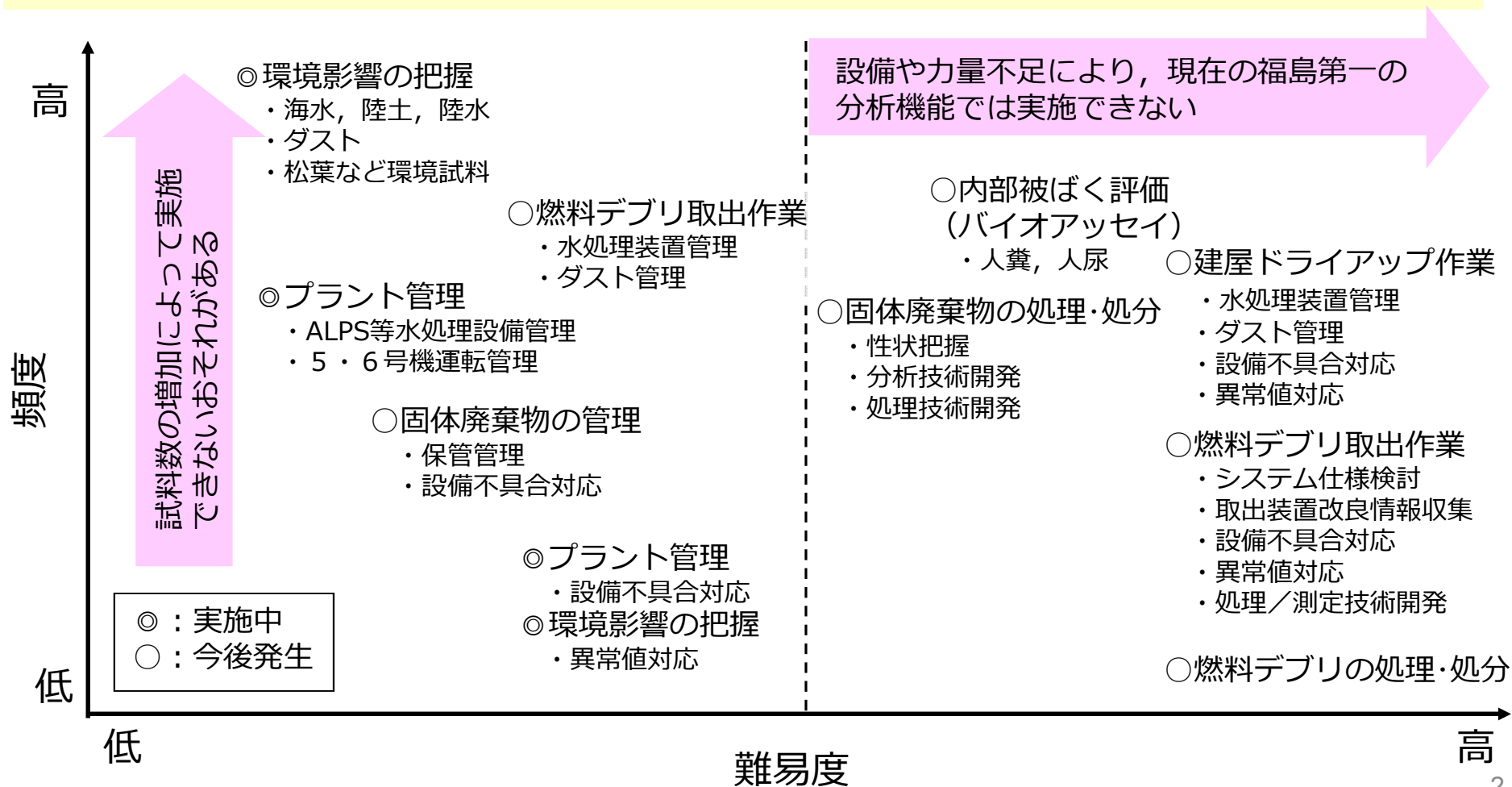
参考資料

1. 福島第一原子力発電所の分析機能の概要

1.1 分析事項の整理と将来像



- 廃炉作業に必要な分析事項は、福島第一原子力発電所（以下、「福島第一」）の分析施設と構外の既存分析施設で対応していく。
- しかし、福島第一に有する分析機能は難易度が比較的低いものに限定される。
- また、分析事項・項目の発生・増加により難易度が低いものでも対応できなくなる見込み。
- ゆえに、難易度[高]並びに頻度[高]の分析要求に対し、分析機能の拡充・増強が必要。



1.2 福島第一原子力発電所の分析機能の拡充



- 廃炉作業の進捗に応じて、段階的に分析機能を拡充していく
 - ✓ 固体廃棄物の処理・処分方策の検討に資する分析等を行う機能を準備
 - ✓ 燃料デブリの取出し規模の拡大に合わせてバイオアッセイ機能を準備
 - ✓ 燃料デブリ取り出しの各工程の検討に資する分析等を行う機能を準備
 - ✓ 建屋ドライアップなどの廃炉作業の進捗にあわせて必要な分析機能を拡充
- 福島第一の分析機能を集中配置
 - ✓ 分析機能の拡充にあたっては、分析試料ならびに分析に携わる人員を効果的に連携できるよう配置
- 段階的に整備する分析機能に合わせて分析に携わる人員の育成・確保を行うとともに分析管理体制を強化
 - ✓ 東電社員/JAEA職員を分析の専門家(分析評価者, 分析作業者)として育成
 - ✓ 東電/JAEAの分析人材交流を2019年12月から開始
 - ✓ 放射化学分析に長けた人材を社外から採用

1.3 福島第一に係る分析機能の整理(1/2)

固体廃棄物にかかる分析機能の分担

- 1.1の将来像のうち、固体廃棄物に関する各分析施設の役割分担を以下のとおり。
 - ✓ 技術開発に資する分析は、第1棟及び構外の既存分析施設で行う
 - ✓ サイト内設備・施設の運用に必要な分析は、分析施設を拡充して対応する
 - ✓ 保管管理上のモニタリングは、従来どおりモニタリング設備で対応する
- ただし、廃炉作業の状況等に応じて、必要な分析・モニタリングができるよう各施設で連携・柔軟に対応することとする。

<各分析施設の分析結果の主な活用先>

第1棟

- 処理・処分技術開発
- 分析技術開発 等

構外の既存分析施設

- 処理・処分技術開発
- 分析技術開発 等

分析施設

- 保管設備・安定化処理施設の運営・不具合対応
- 処理処分に向けたデータ拡充 等

検討中

モニタリング設備

- 保管管理上のモニタリング
(線量・重量等の計測)

1.3 福島第一に係る分析機能の整理(2/2)

燃料デブリにかかる分析機能の分担



- 1.1の将来像のうち、燃料デブリに関する各分析施設の役割分担を以下のとおり。
 - ✓ 技術開発に資する分析は、第2棟及び構外の既存分析施設で行う
 - ✓ サイト内設備・施設の運用に必要な分析は、分析施設を拡充して対応する
 - ✓ 収納・移送・保管時のモニタリング等は、モニタリング設備を拡充して対応する
- ただし、廃炉作業の状況に応じて、必要な分析・モニタリングができるよう各施設で連携・柔軟に対応することとする。

<各分析施設の分析結果の主な活用先>

第2棟

- 取出、保管技術開発
- 分析技術開発 等

構外の既存分析施設

- 取出、保管技術開発
- 分析技術開発 等

分析施設

- 安全設備（水処理・ダスト管理）、取出設備等の運営（健全性管理）・設備不具合、異常時対応
- 処理処分に向けたデータ拡充 等

モニタリング設備

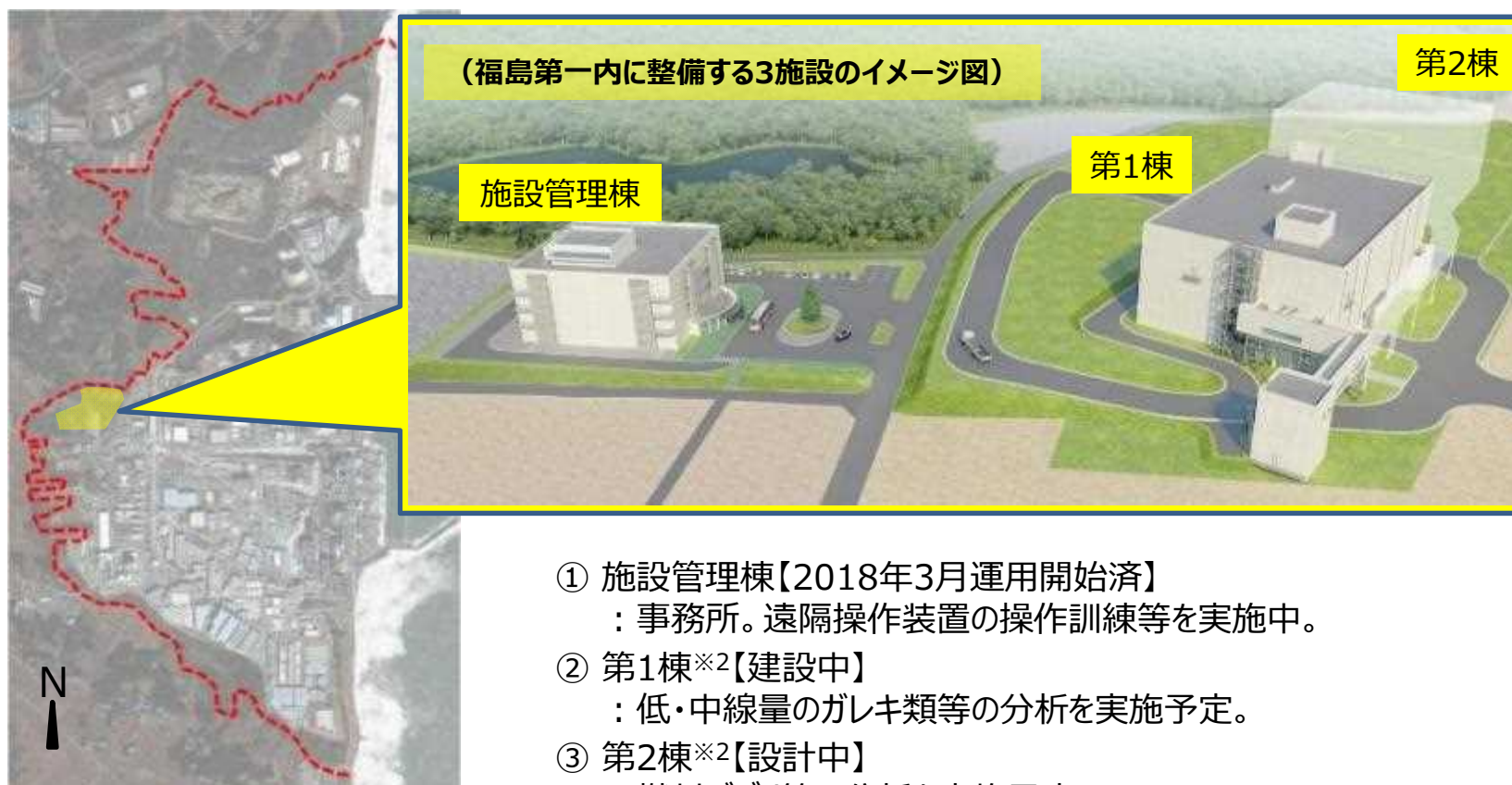
- 取出・取扱時の臨界管理、収納・移送・保管のためのモニタリング（線量・重量等の計測）

検討中

2. 放射性物質分析・研究施設

2.1 施設の概要

- 福島第一の事故によって発生した放射性廃棄物や燃料デブリ等の分析を行う施設。
- 施設管理棟、第1棟、第2棟及びサテライトオフィス（仮称）※1で構成。



注) 赤破線内側は東京電力HD敷地
黄色塗部分が大熊施設

- ① 施設管理棟【2018年3月運用開始済】
： 事務所。遠隔操作装置の操作訓練等を実施中。
- ② 第1棟※2【建設中】
： 低・中線量のガレキ類等の分析を実施予定。
- ③ 第2棟※2【設計中】
： 燃料デブリ等の分析を実施予定。

※1 サテライトオフィス（仮称）は大熊町大野駅周辺に設置予定。

※2 特定原子力施設の一部として東京電力HDが実施計画申請し保安を統括。JAEAが設計・建設、運営（分析実務及び換排気等の施設運転）を担当。

2.2 第1棟で実施する分析

■ 目的

- 福島第一の瓦礫及び汚染水処理に伴い発生する二次廃棄物等の固体廃棄物に係る処理・処分方策の検討を進めるためには、同固体廃棄物の分析により、その性状を把握することが重要。
- このため、第1棟では、同固体廃棄物に係る処理・処分方策の検討などの技術開発に資する同固体廃棄物の分析を行う。

■ 分析対象（詳細は参考資料参照）

- 1Sv/h以下のガレキ類及び水処理二次廃棄物等（核燃料物質は扱わない）
- 200受入物/年を想定。

■ 分析項目と分析値の用途、反映先

- 処分後の長期に亘る安全性を評価する上で重要な半減期が長い核種に着目した核種分析を実施。対象核種は当面は以下の38核種を想定（詳細は参考資料参照）。
 - ^3H , ^{14}C , ^{36}Cl , ^{41}Ca , ^{60}Co , ^{59}Ni , ^{63}Ni , ^{79}Se , ^{90}Sr , ^{93}Zr , ^{94}Nb , ^{93}Mo , ^{99}Tc , ^{107}Pd , ^{126}Sn , ^{129}I , ^{135}Cs , ^{137}Cs , ^{151}Sm , ^{152}Eu , ^{154}Eu , ^{233}U , ^{234}U , ^{235}U , ^{236}U , ^{238}U , ^{237}Np , ^{238}Pu , ^{239}Pu , ^{240}Pu , ^{241}Pu , ^{242}Pu , ^{241}Am , $^{242\text{m}}\text{Am}$, ^{243}Am , ^{244}Cm , ^{245}Cm , ^{246}Cm
- これらの分析を行うため、受け入れた試料は様々な前処理を行う。
なおこのフローについては、更なる合理化の検討を進めている（詳細は参考資料参照）。
- 得られた分析値は、福島第一の各種廃棄物に含まれる放射性核種の種類と量（インベントリ）の把握に用いられる。この情報は、平行して進められる処理処分方法の検討に反映される。

2.3 第1棟の現状とスケジュール

現状建屋躯体工事を概ね完了し、工事の主体が内装設備整備に移っているところである。2020年度末頃に工事を完了、運用を開始する。これにより、これまで構外の既存施設のみで実施してきた廃棄物分析を加速していく。



建屋工事全景写真



鉄セル本体据付作業状況の例



換気・空調設備の工事状況の例

(年度)	2019	2020	2021
建設工事			
運用			
茨城県内既存施設での廃棄物試料分析			

※工程は今後の精査により変更可能性がある。

2.4 第2棟で実施する分析(1/3)

■ 目的

- 福島第一の燃料デブリの取り出しの各工程（取り出し、収納・移送・保管等）の検討を進めるためには、燃料デブリ等の分析により、その性状を把握することが重要。
- このため、第2棟では、燃料デブリの取り出しの各工程の検討などの技術開発に資する燃料デブリ等の分析を行う。

■ 分析対象（詳細は参考資料参照）

- 燃料デブリ等（燃料条件は福島第一事故時の炉内燃料を想定）
- 受入回数：年間12回を想定。
（1度に複数試料の受入可。分析数は分析項目による。迅速に分析が可能な項目に限定すれば、より多数の分析も可。設備設計においては、年間12試料に対し概ね全項目を分析できるよう想定。）

■ 分析項目と分析値の用途、反映先の考え方

- ① 廃炉に直接貢献する分析を実施する観点で、東京電力HD、IRIDにて廃止措置の各工程（取り出し、収納・移送・保管、処理・処分）においてどのような分析ニーズ（分析項目と対応する装置）があるのかを議論。
- ② 上記を踏まえ、JAEAは項目と装置の対応や各項目の重要性和優先度について関係機関を含む有識者を交えて整理。
- ③ 上記を踏まえ、JAEAとNDF、東京電力HD間で協議のうえ、改めて廃炉作業上の必要性を考慮して第2棟に導入する設備を選定。第2棟と構外の既存分析施設で廃炉作業に必要な分析項目を実施できる体制を構築することを目指す。

2.4 第2棟で実施する分析(2/3)

- 第2棟と構外の既存分析施設で廃炉作業に必要な分析項目を実施できる体制を構築することを目指す。
なお、事故進展の研究に必要な分析項目も、概ね網羅されていることを確認した。現行分析項目で読めない燃焼度等についても、ICP-MSでのNd-148の分析可否等の検討を進める。
- 分析ニーズは設計・建設・運用中にも変わりうるとの認識のもと、柔軟な対応を目指す。

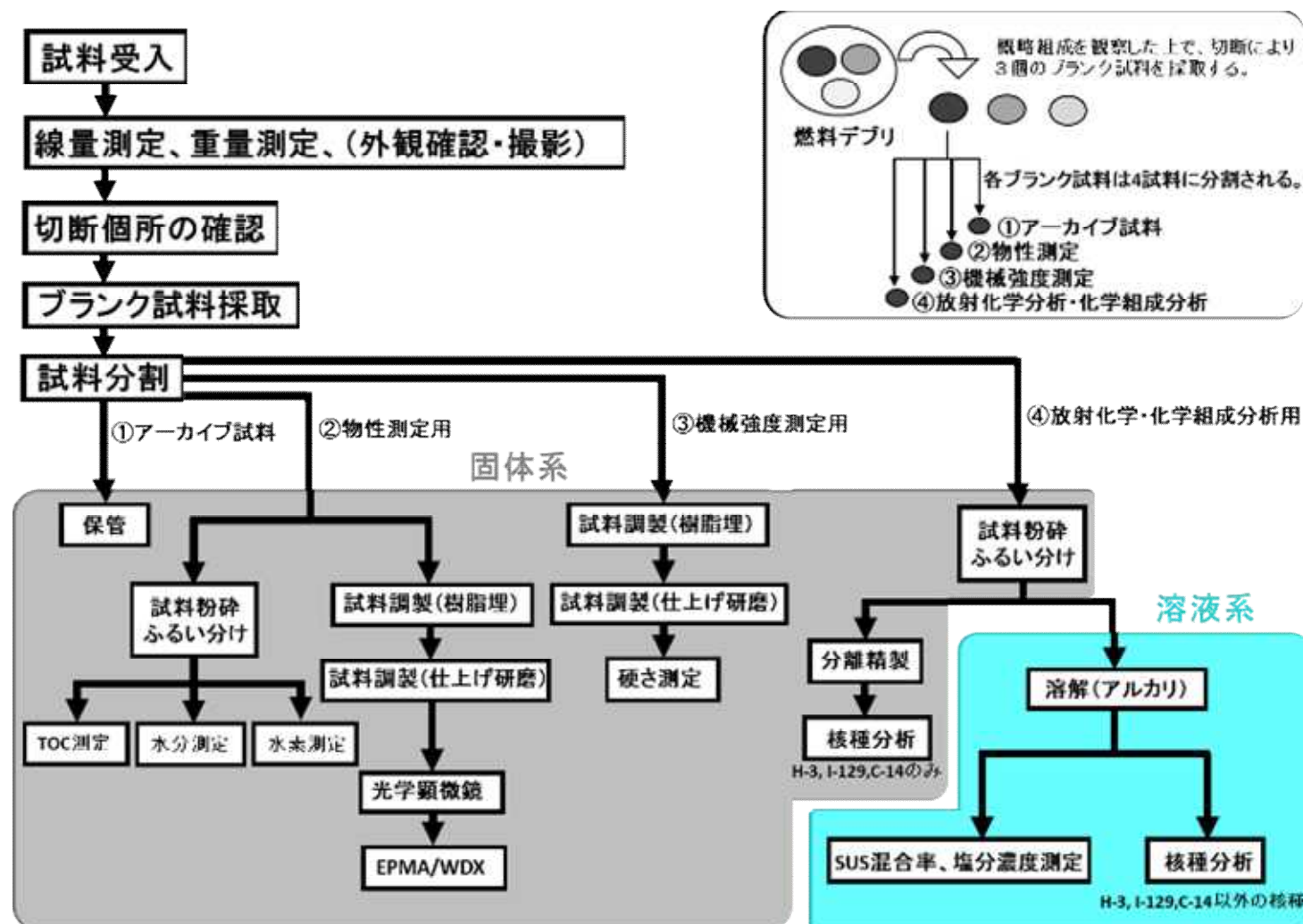
【成果の反映先】	⑤	④	③	②	①
① 取出し時の臨界安全の確認					
② 取出し作業時の線量、ガス挙動の把握					
③ 取出し工法へのフィードバック					
④ 収納・移送・保管にあたっての安全確認・評価					
⑤ 処理・処分方策の検討					
【第2棟の分析項目※】					
線量率			○	○	
核種インベントリ、組成	○	○		○	○
形状、化学形態、表面状態			○		
寸法（粒径）			○		
密度（空隙率）		○			
硬さ、じん性			○		
熱伝導率、熱拡散率	○				
組成（塩分濃度、SUS等含有率）	○	○	○		
有機物含有量	○	○			
含水率		○			○
水素発生量		○			
加熱時FP放出挙動	○	○		○	

※）一部は将来設置を想定

2.4 第2棟で実施する分析(3/3)

■分析フロー（例）

- 主な測定は鉄セル、グローブボックスで行われる。

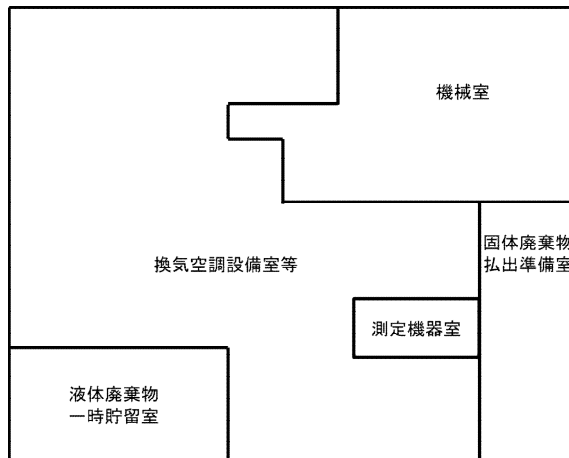


2.5 第2棟の建物と設備・機器(1/2)

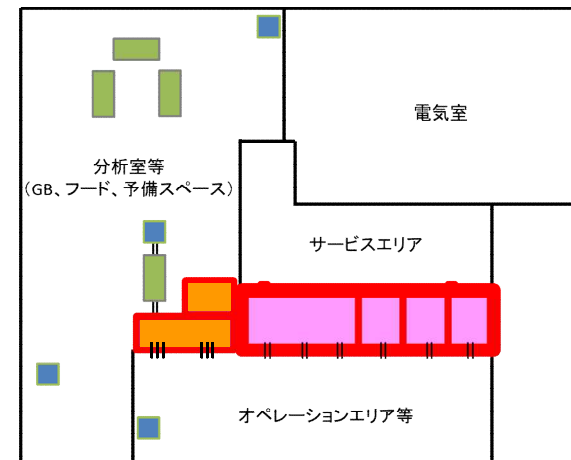
建屋規模：約3,200m²、地上2階、地下1階

主要構造：鉄筋コンクリート造

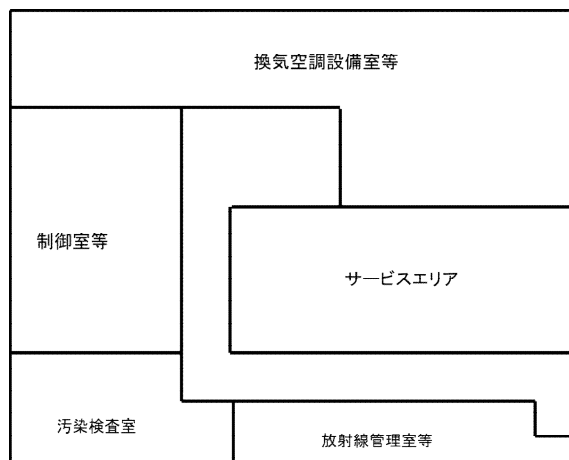
主要設備：鉄セル、グローブボックス、フード



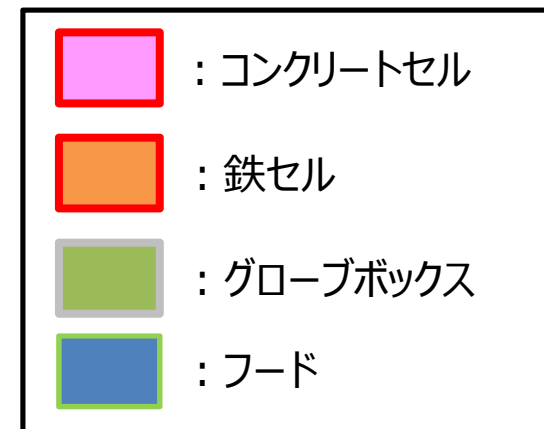
地下1階



1階



2階



2.5 第2棟の建物と設備・機器(2/2)

- 核種分析に加え、構造材(SUS)や塩分の混入に係る組成分析、硬さなど、多様な分析装置を備える。
- また、核物質を含む高線量の燃料デブリ等について、安全に遠隔での取り扱いが可能な、耐震対策を施したコンクリートセルの他、第1棟でも有する鉄セル・グローブボックス・フード等の閉じ込め・拡散防止設備を具備しつつ、設備内は大気圧より低い圧力(負圧)になるよう設計する。
- 加えて、臨界を防止のために、燃料デブリの溶解・分析等を実施するコンクリートセルにおける燃料デブリの取り扱い量を制限するとともに、一時的な保管においては形状管理（試料ピット形状，ピット離隔距離等の制限）により安全を確保する。

分析の目的例	分析項目	導入予定の分析装置の例
臨界安全	アルファ核種の分析	α線スペクトロメータ
作業管理	ベータ核種の分析	ガスフローカウンタ
作業管理	低エネルギーベータ核種の分析	液体シンチレーションカウンタ
保管管理	アクチニド核種等の分析	ICP-MS
取出し工法	硬さ・じん性	硬さ試験機
取出し工法	化学形態（表面観察）	電子線マイクロアナライザ(EPMA)



コンクリートセルの例



鉄セルの例



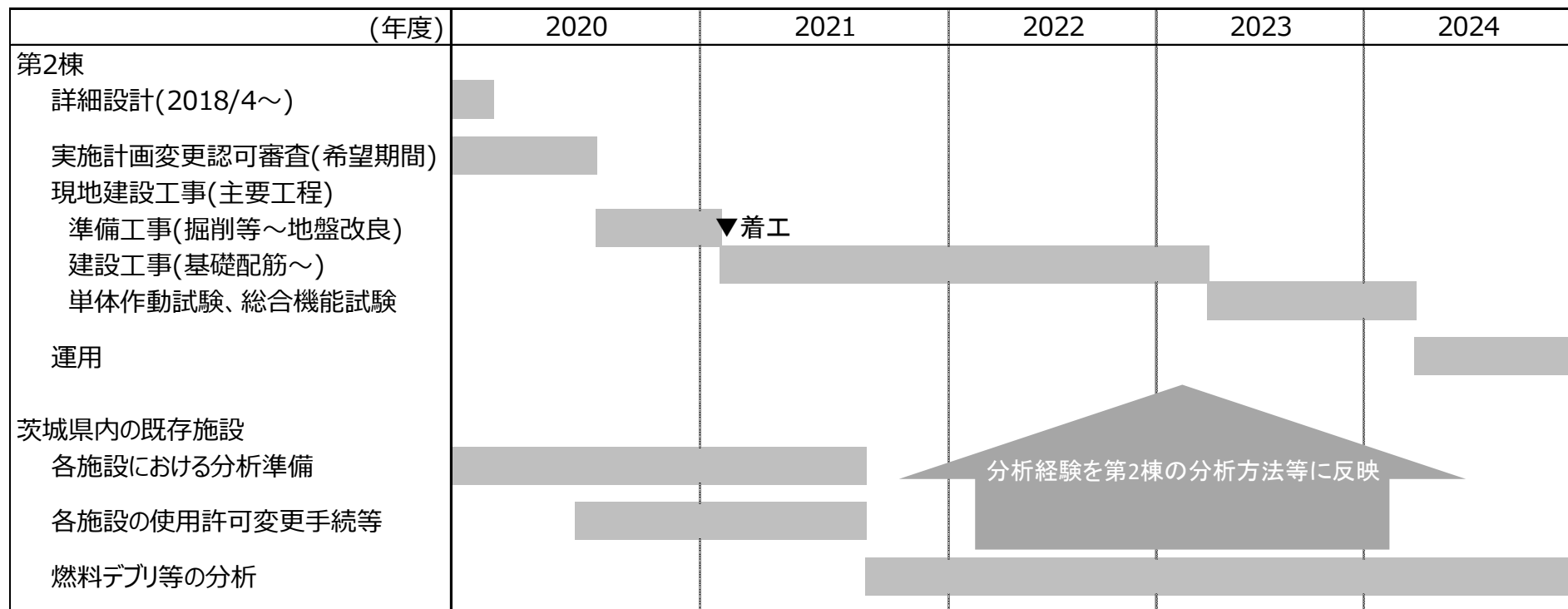
グローブボックスの例



フードの例

2.6 燃料デブリ分析体制、第2棟の現状とスケジュール

- **2021年内に燃料デブリ取り出しが開始された後は、まずは茨城県内の既存分析施設で分析に着手。**
- **中長期的な燃料デブリ分析能力の確保の観点から整備する第2棟は、**
現状詳細設計中であり、間もなく実施計画変更認可申請を行うところ。
認可後に着工し、茨城県内の既存分析施設での分析経験を第2棟の分析方法等に反映の上、
2024年を目途に運用を開始する予定。
- 以上のとおり、**燃料デブリ分析は滞りなく実施できる計画**となっている。



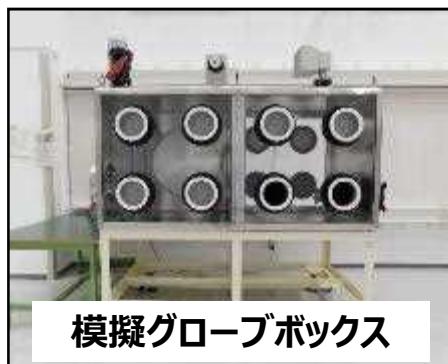
※工程は今後の精査により変更可能性がある。

- 施設管理棟の概要
- 廃棄物の処理・処分に係る分析核種の選定について
- 第1棟で実施する分析(廃棄物試料の分析フロー例)
- 新型ICP-MSを用いた多核種同時分析法の開発
- 第1棟の建物と設備・機器
- 第2棟運用開始前の構外の既存分析施設における燃料デブリ分析について
- 燃料デブリ分析における課題例について

施設管理棟概要

延床面積：4,786m²、地上4階
主要構造：鉄筋コンクリート造

- 施設管理棟は、2018年3月より運用している。
- 放射性物質を用いない施設であって、主に居室とワークショップ（模擬試験等を行う設備）からなる。
- この施設では、第1棟、第2棟の分析に係る検討を実施。その結果については構外の既存施設における分析関係者とも情報共有や検討を実施、その内容は同既存施設における分析の検討にも反映している。
- またワークショップにおける訓練等の分析実施に向けた準備を進めている他、研究者による専門家会合等も実施している。



ワークショップの設備例



施設管理棟における活動

廃棄物の処理・処分に係る分析核種の選定について(1/3)

- 1F事故の数年後より、JAEA既存施設において、廃棄物に係る処理・処分方策の検討への貢献を目的とした分析に着手した。
- この分析に当り、以下に示す検討を実施し、当面分析を目指す核種として38種類の核種を選定した(これらの核種には、測定が難しい所謂難測定核種も含まれており、それらの測定に係る技術開発も並行して進めている)。
- ただしここで選定した核種は暫定的なものであり、原子力事故廃棄物の処理・処分に向けた研究開発において見直しを進めている。
- 第1棟における分析対象核種も上記を想定して設計を進めている。但し、上記の核種見直しで対象核種が変われば、第1棟における分析対象核種も見直しを行うことになると考えている。

- 1F廃棄物に対する処理・処分方策を検討するためには、その中に含まれる放射性核種の種類と放射能濃度を詳細に把握することが必要となる。
- 当初、分析対象とした核種は、1F事故前の国内における各種処分に関する検討において、重要度が高いとされた核種から選定した。具体的には次に挙げる4種の検討から核種を選定した。
 - ① 「低レベル放射性廃棄物の埋設処分に係る放射能濃度上限値について 参考資料3」※¹においてトレンチ処分、ピット処分、余裕深度処分^{注1}を対象に原子炉廃棄物とサイクル廃棄物のいずれかに含まれる核種のうち相対重要度D/C※²が最大となる核種に対して上位3桁までの核種
 - ② 「TRU廃棄物処分技術検討書－第2次TRU廃棄物処分研究開発取りまとめ」※²において重要核種に選定されているもの
 - ③ 「わが国における高レベル放射性廃棄物地層処分の技術的信頼性－地層処分研究開発第2次取りまとめ－総論レポート」※³において重要核種に選定されているもの

注1) 現在の中深度処分に相当。

注2) 相対重要度(D/C)とは、処分の対象とする廃棄物の平均放射能濃度(D)と各評価シナリオにおける基準線量に相当する濃度のうち、最小となる濃度(C、以下「基準線量相当濃度」という。)との比をいう。この値が大きいほど安全評価上重要な放射性核種となる。

- ④ 「日本原燃六ヶ所低レベル放射性廃棄物貯蔵センター(浅地中ピット処分) 及びJPDR(浅地中トレンチ処分)の埋設事業許可申請書」※4,5において重要核種に選定されているもの
- 4種の検討における核種の和集合から、娘核種、PWRのみから発生する核種等を除く38核種を選定した。選定した38核種は以下のとおり。
 - ^3H , ^{14}C , ^{36}Cl , ^{41}Ca , ^{60}Co , ^{59}Ni , ^{63}Ni , ^{79}Se , ^{90}Sr , ^{93}Zr , ^{94}Nb , ^{93}Mo , ^{99}Tc , ^{107}Pd , ^{126}Sn , ^{129}I , ^{135}Cs , ^{137}Cs , ^{151}Sm , ^{152}Eu , ^{154}Eu , ^{233}U , ^{234}U , ^{235}U , ^{236}U , ^{238}U , ^{237}Np , ^{238}Pu , ^{239}Pu , ^{240}Pu , ^{241}Pu , ^{242}Pu , ^{241}Am , $^{242\text{m}}\text{Am}$, ^{243}Am , ^{244}Cm , ^{245}Cm , ^{246}Cm
 - なお、これらの38核種は、暫定的なものであり、原子力事故廃棄物の処理・処分に向けた研究開発において見直しを進めている。

※1) 原子力安全委員会, 低レベル放射性固体廃棄物の埋設処分に係る放射能濃度上限値について(平成19年5月21日).

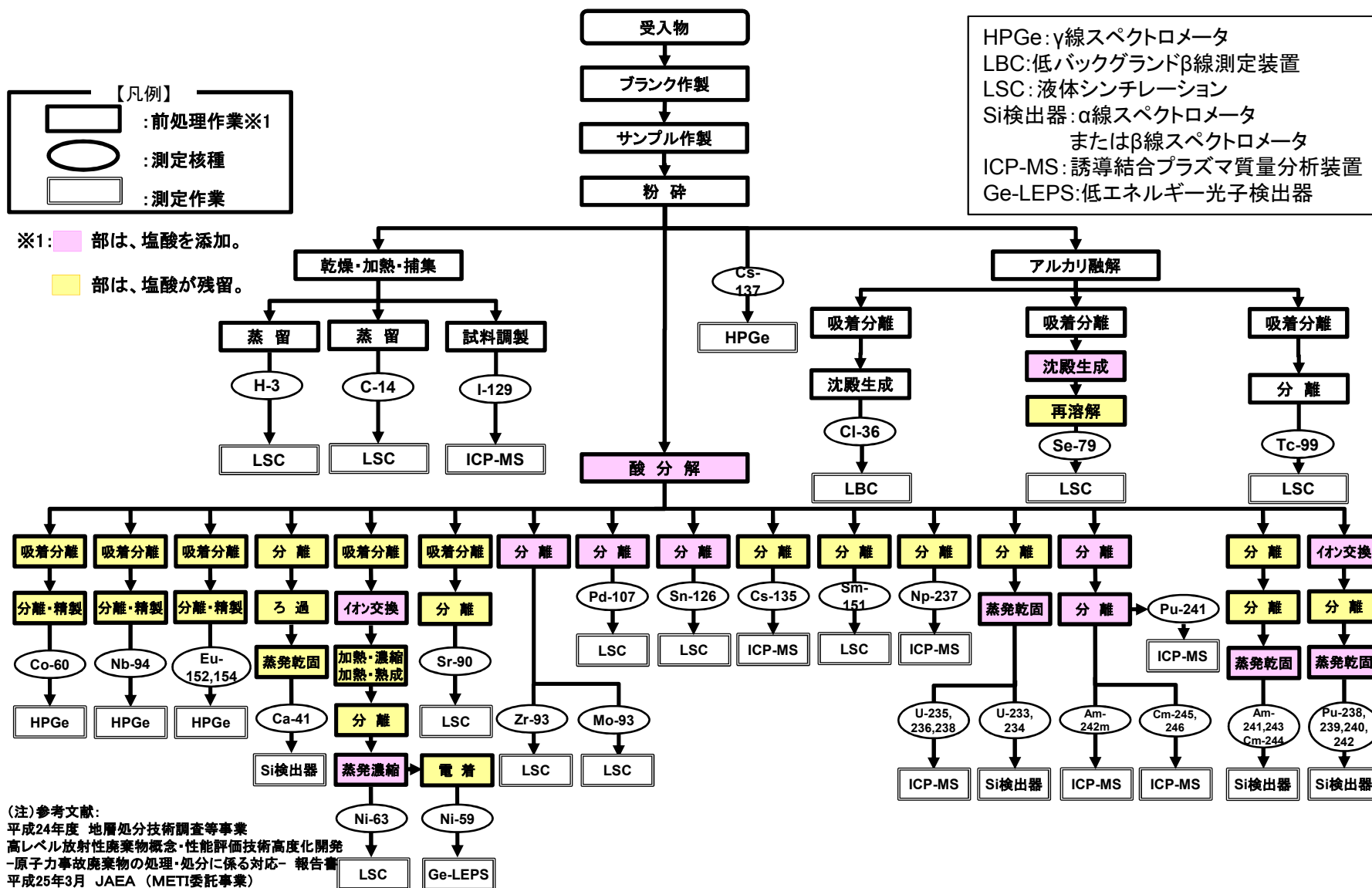
※2) 電気事業連合会, 核燃料サイクル開発機構, TRU 廃棄物処分技術検討書—第2次TRU 廃棄物処分研究開発取りまとめ—, JNC TY1400 2005-013/FEPC TRU-TR2-2005-02 (2005).

※3) 核燃料サイクル開発機構, わが国における高レベル放射性廃棄物地層処分の技術的信頼性—地層処分研究開発第2次取りまとめ—総論レポート, JNC TN1400 99-020 (1999).

※4) 日本原燃, 六ヶ所低レベル放射性廃棄物貯蔵センター廃棄物埋設事業許可申請書(昭和63年4月).

※5) 日本原子力研究所東海研究所, 廃棄物埋設事業許可申請書(平成5年10月).

第1棟で実施する分析(廃棄物試料の分析フロー例)

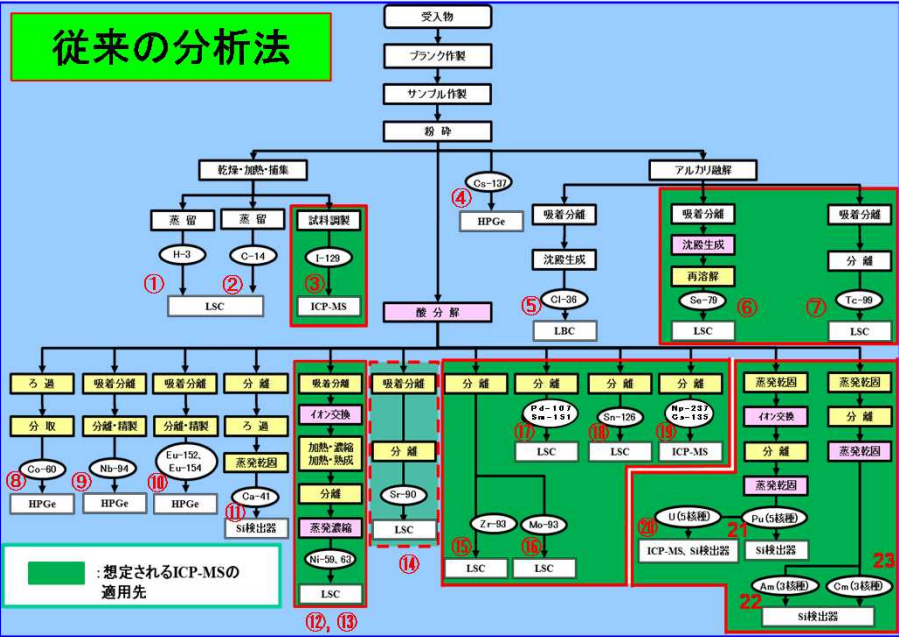


新型ICP-MSを用いた多核種同時分析法の開発(1/2)概要

本技術開発によるプロセス合理化の概要:

課題認識: 第1棟、第2棟ではそれぞれの試料について非常に多くの核種を分析する必要のあるところ、工程合理化による省力化/省時間化/省廃棄物化等の要請大。
 ⇒ 従来法では液体シンチレーションなど前処理作業時間が比較的にかかる方法で測定していた多数の核種を新型ICP-MSによる測定に切り替え、それを前提に全体フローを見直すことで、分離・前処理工程の大幅な合理化を検討。

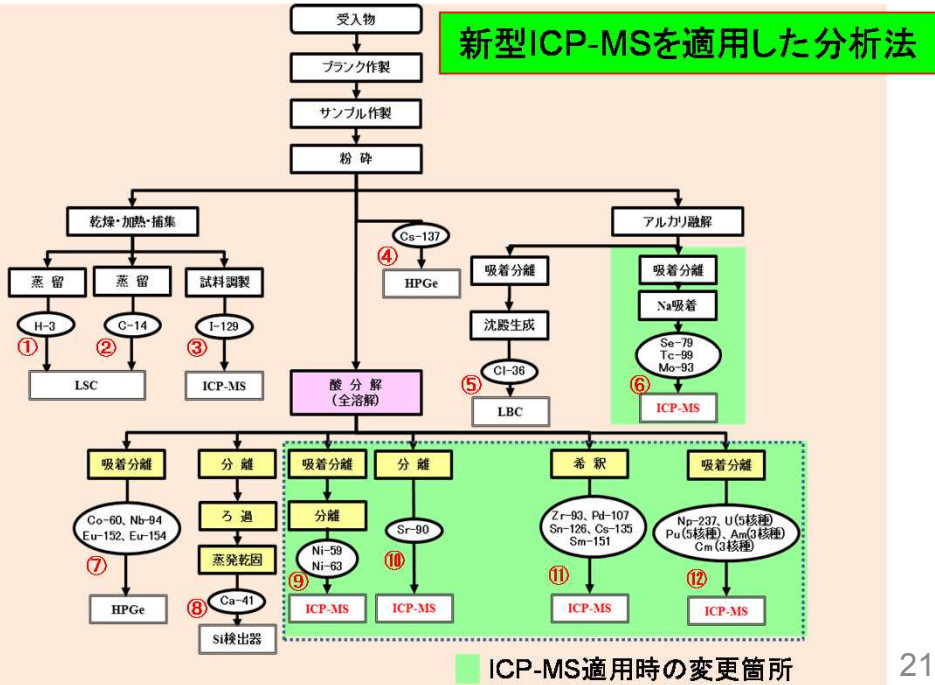
- ・液体シンチレーション : 12→2核種
- ・α線スペクトル : 16→1核種
- ・低バックグラウンドβ線 : 1→1核種
- ・γ線スペクトル測定 : 5→5核種
- ・ICP-MS : 4→29核種



HPGe: γ線スペクトロメータ、LBC: 低バックグラウンドβ線測定装置、LSC: 液体シンチレーションカウンタ、Si検出器: α線スペクトロメータまたはβ線スペクトロメータ、ICP-MS: 誘導結合プラズマ質量分析装置

○新型ICP-MSの導入を前提に全体フローを最適化

・「従来分析法」の緑色部を「新型ICP-MSを適用した分析法」の黄緑部で置換することにより、分離・前処理工程が大幅に合理化(工程数減)



ICP-MS適用時の変更箇所

新型ICP-MSを用いた多核種同時分析法の開発(2/2)開発の現状

- 各対象核種に係るリアクションガスを選定し、検出下限値を測定(表1)。
- 妨害核種について新型ICP-MSのみで排除し測定した場合の影響度を確認(表2)
- 概ねの核種について適用性を確認。
- 長半減期核種については、放射能測定に匹敵する検出下限値が得られる一方、短半減期核種については性能が落ちることを確認。



- 燃料デブリの分析により、期待される検出下限値が実際に得られるかどうか、予期しない妨害元素の影響がないかどうかを確認し、期待される精度と共に要求を満たす核種について、従来法からの代替を進める。
- アクチニドについては試験未実施だが、長半減期核種(U-235,U-238,Np237等)は本法が有利と期待される。

表1 核種分析の検出限界値とバックグラウンド相当濃度

測定対象核種	半減期 (year)	リアクションガス		マスシフト +m/Z	元素標準試料を用いた基礎試験結果		
		種類	流量 (mL/min)		装置検出限界 [ppb]	BEC [ppb]※	BEC [Bq/g]※
Ni-59	7.60E+04	N ₂ O	2	0	2.4E-02	1.2E-01	3.5E-01
Ni-63	1.00E+02	NH ₃	3	51 (63-114)	8.0E-04	1.4E-03	2.9E+00
Se-79	2.95E+05	O ₂	0.3	0	3.5E-03	2.3E-02	1.3E-02
Zr-93	1.53E+05	NH ₃	3	102 (93-195)	3.3E-05	1.3E-05	1.2E-05
Mo-93	4.00E+03	NH ₃	3	0	3.3E-05	3.4E-06	1.2E-04
Sr-90	2.90E+01	O ₂	0.3	0	3.3E-05	4.3E-05	2.2E+00
Pd-107	6.50E+06	NH ₃	3	51 (107-158)	6.7E-04	5.9E-04	1.1E-05
I-129	1.57E+07	O ₂	0.3	0	3.5E-04	5.7E-04	3.7E-06
Cs-135	2.30E+05	N ₂ O	2	0	7.2E-05	1.5E-05	6.4E-06
Sm-151	9.00E+01	NH ₃	3	16 (151-167)	7.8E-05	3.6E-05	3.5E-02

※ バックグラウンド相当濃度

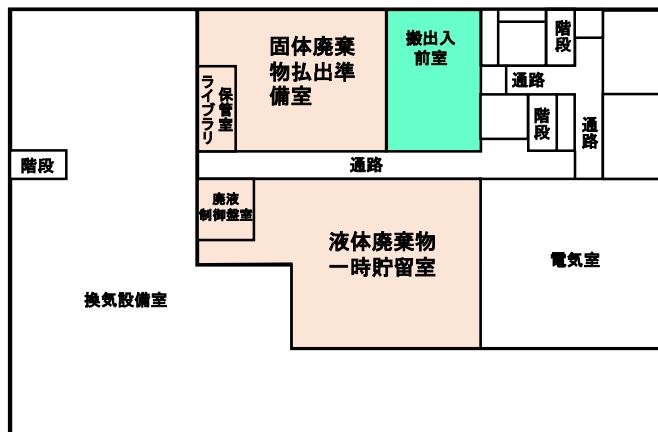
表2 妨害核種の影響

測定対象核種	考えられる安定同位体核種(試料マトリクス) によるスペクトル干渉	
	妨害核種	影響度 〔測定対象核種への影響〕
Ni-59	Co-59	9.4E-02
Ni-63	Cu-63	1.0E-02
Se-79	Br-79	2.3E-02
Zr-93	Nb-93	4.4E-04
	Mo-93	1.7E-03
Mo-93	Nb-93	9.1E-04
	Zr-93	4.7E-04
Sr-90	Y-90	8.1E-03
	Zr-90	8.9E-03
Pd-107	Ag-107	1.8E-02
I-129	Xe-129	2.2E-03
Cs-135	Ba-135	1.2E-04
Sm-151	Eu-151	3.5E-03

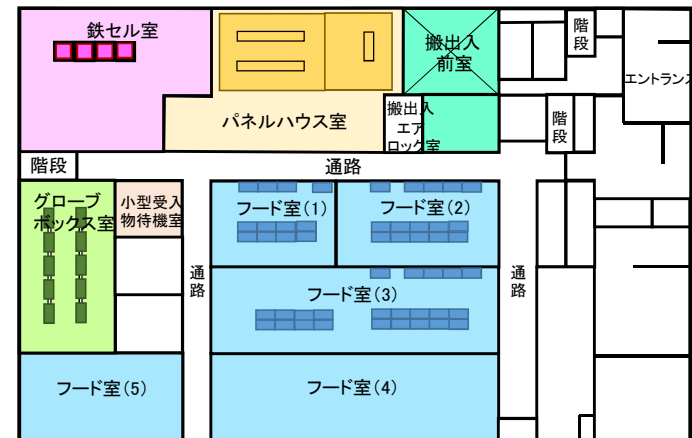
第1棟の建物と設備・機器(1/2)

延床面積：9,672m²、地上3階
 主要構造：鉄筋コンクリート造
 主要設備：鉄セル、グローブボックス、フード

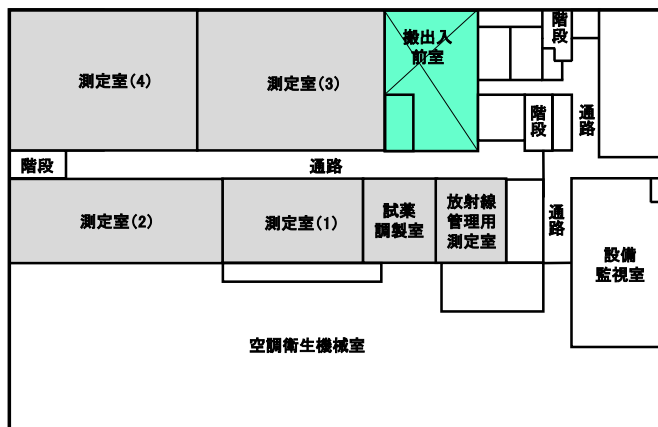
- | | |
|--------|----------|
| 搬出入前室 | 鉄セル |
| パネルハウス | グローブボックス |
| 作業台 | 測定室 |
| フード | 廃棄物等保管室 |



1階



2階



3階



鳥瞰図(イメージ)

第1棟の建物と設備・機器(2/2)

多様な核種を測定するための各種分析装置に加え、比較的線量の高い放射性物質(1mSv/h～)を遠隔で取り扱うための鉄セルや、内部被ばく等を防ぐためのグローブボックス、フードを備えている。

導入予定の分析装置の例	分析項目
α線スペクトロメータ	アルファ核種の分析
ガスフローカウンタ	ベータ核種の分析
液体シンチレーションカウンタ	低エネルギーベータ核種の分析
高純度Ge検出器	ガンマ核種の分析
低エネルギー用Ge検出器	低エネルギーガンマ核種の分析
ICP-MS	アクチニド核種等の分析
ICP-AES	微量金属元素の分析



鉄セルの例



グローブボックスの例

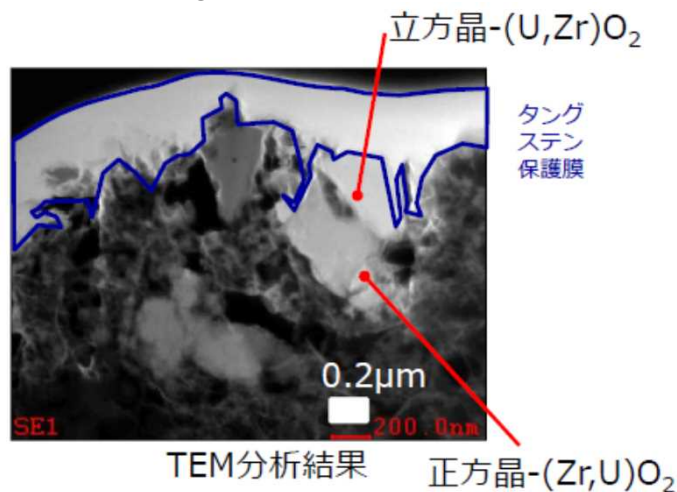


フードの例

第2棟運用開始前の構外の既存分析施設における 燃料デブリ分析について

- これまで、PCV内部調査で採取された堆積物試料について、構外の既存分析施設（以下「既存施設」）に輸送し分析を実施してきている※1。
- この実績を踏まえ、ウランやプルトニウムを多く含む可能性のある堆積物について、既存施設に輸送し分析する計画を進めてきており、そのための輸送の方法や、分析項目についても検討が進んでいる※2。

- 試験的取出し開始後、第2棟運用開始までは、茨城県既存施設で燃料デブリの分析を行うので、燃料デブリの分析が滞ることはない。



1号機PCV底部堆積物のTEM分析結果※1
(立方晶、正方晶は結晶構造の分類の名称)

評価項目例【分析装置・手段例】	分析結果の活用例
・ウランとジルコニウム混合酸化物の組成 ・Gd含有率 ・鉄の酸化状態、ホウ素含有率 【SEM-EDS、TEM-EDS、ICP-MS】	・微細構造(どのような成分がどのように混ざっているか)の情報から、事故がどのように進展したかの推察ができる。 ⇒この情報はさらに炉内のデブリの分布(どのようなデブリがどれくらいどの範囲に広がっているか)等の推定に繋がる。 取出しの計画の立案や、取り出したデブリの収納・保管設備等の設計に役に立つ。 ・中性子を吸収するガドリニウムやホウ素の含有率は、未臨界管理上重要な情報になる。
FP分布(セシウム、ストロンチウム濃度等) 【放射線分析、ICP-MS、TIMS】	・一部のFP量等の分析から、その場所の核物質がどの程度核分裂したか(燃焼度)が推定可能。 ⇒燃焼度からFPの初期生成量を推定し、FPの残存率を評価可能。 ⇒FP残存率は収納・保管設備等の設計に重要な情報になる。
線量率 【放射線分析】	・燃料デブリの放射線の強さ等は、取り扱い時の被ばく低減方策の検討に役に立つ。
切断性(硬さ、じん性) 【ビッカース硬度計】	・燃料デブリの切断性の情報は、切断治具の設計等に反映、活用できる。

※1)廃炉・汚染水対策チーム会合/事務局会議(第56回)資料3-3より「1～3号機原子炉格納容器内部調査関連サンプル等の分析結果」 2018/7/26

※2)廃炉・汚染水対策チーム会合/事務局会議(第56回)資料3-3より「原子炉格納容器内部調査、サンプリング及び分析の検討状況について」 2018/7/26

※3)原子力規制委員会第72回特定原子力施設監視・評価検討会

資料2「放射性物質分析・研究施設第2棟における燃料デブリの分析結果に係る検討について」 2019/6/17

分析装置略称

TEM:透過型電子顕微鏡、SEM:走査型電子顕微鏡、EDS:エネルギー分散型X線分析、ICP-MS:融合結合プラズマ質量分析計、TIMS:表面電離型質量分析計

- 過去の知見から、燃料デブリの分析においては、その前処理として必須の操作である溶解が難しい（燃料デブリは非常に溶けにくい）という課題があることが分かっている。
- この課題については、IRID/JAEAにおける模擬物質等を用いた研究によりアルカリ融解技術※の適用で解決できそうな見通しが得られている。ただし、福島第一事故の特殊性を考慮すると、不確実性が残る。
- 一方、少量の試験取り出しの準備が進んでいるほか、既存施設においては、アルカリ融解試験についても試験装置の準備の見通しが得られた。
- 以上を踏まえ、先行して既存施設にて実施する燃料デブリ試料の分析において溶解試験を行うこととした。またその際に残渣の発生その他の課題が見いだされた場合、その対応策を検討し、第2棟の分析方法等に反映することとした。

TMI-2における溶解に係る知見：

- 燃料デブリは、Zr (被覆管等の材料)と反応したこと等により、硝酸或いは硝酸+フッ酸等に溶けにくい。

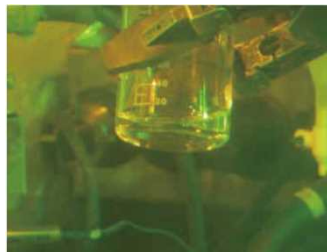


TMI-2デブリの例

これまでの研究結果：

- TMI-2デブリ(の一部)や1Fの特殊性を考慮した模擬デブリを用いた試験により、アルカリ融解法が有効であることを確認。

模擬デブリを用いたホットセルでのアルカリ融解試験で溶解した例



1Fデブリの溶解試験：

- これまでに内部調査により堆積物の状況を確認。



- 少量を試験的に取り出す技術開発を実施中。



少量回収装置の例(極細線金ブラシ方式)

⇒ 既存施設でアルカリ融解試験を含む各種分析方法の適用性を確認

※1) 難溶性の物質について、固体のアルカリと混合し加熱することで反応させ、溶けやすい物質にする操作。