

# 廃炉に関する基礎・基盤研究の課題リスト(案)

研究分野	研究項目	研究課題	概要	成果の反映先、反映方法	反映時期	実施担当	実施上の課題、連携、特記事項	記載部署		
<b>【デブリ取出し対策】</b>										
〇プラントの安定状態の維持・管理	(1) 構造物長期健全性評価技術	①レーザー超音波診断法(探傷技術)による金属亀裂、コンクリート健全性遠隔評価手法の開発	・レーザー照射により発生する超音波を活用し、金属やコンクリートに生じた亀裂・空洞などを検出し、構造物の長期健全性を確認する。 ・レーザーを用いたインフラの健全性診断技術(敦賀レーザー研)の成果を活用 ・鉄筋入重コンクリート等への適用性評価、振動データベース取得、実用性評価	圧力容器、格納容器、使用済み燃料プール等構造物の長期安全性評価、保守管理	燃料デブリ取り出し時期から廃炉完了(2020-2040)	楡葉 CLADS	・金属探傷技術:東芝で技術開発 ・コンクリート健全性評価:鉄道総研(JR西日本)、レーザー技術総合研究所、敦賀レーザー共同研究所で実施 ・戦略的イノベーション創造プログラム(JST)の成果活用	デブリD(分析G)		
		鋼構造物腐食・防食、健全性評価	原子炉冷却系圧力バウンダリー及び使用済燃料プール冷却系圧力バウンダリー	・燃料及び燃料デブリを冷却するために必要な原子炉冷却系(原子炉給水系、炉心スプレイ系など)を対象とした経年劣化の進展予測評価技術の研究開発 ・同様に、使用済燃料プール冷却系を対象とした経年劣化の進展予測評価技術の研究開発 ・PCV内面の防錆塗装劣化部における経年劣化の進展予測評価技術の研究開発				大学 IRID JAEA	原子炉建屋内は高放射線量率等のため、立ち入りが容易でないで、万が一バウンダリーから漏えいが生じると補修等の対策を実施するのが難しい。	東北大
			PCV圧力バウンダリー	・原子炉冷却水や汚染水に接しているPCV内外面及び補修部を対象とした経年劣化の進展予測評価技術の研究開発				大学 IRID JAEA		東北大
			主要機器の支持構造物(サポート)	・主要機器(RPV等)の支持構造物を対象とした経年劣化の進展予測評価技術の研究開発				大学 IRID JAEA		東北大
			PCV圧力バウンダリー	・事故時熱影響、作業時を含む変形の影響を受けたPCVの水張り時などにおける破損機構及び残存強度の推定(負荷の大きさや今後の地震動への尤度の判定を含む)に向けた、材料強度及び簡単な構造モデルによる研究開発					福島高専廃止措置プログラム	福島高専
			RPV内主要機器の残存強度	・RPV内の機器の残存強度の推定に向けた、微細組織(作業時のサンプリングを想定)などと材料強度の関係の研究開発(デブリの取出し時などの残存機器の挙動推定)					福島高専廃止措置プログラム	福島高専
		コンクリート構造物の健全性評価	原子炉建屋	・大地震、熱、放射線、塩分、爆発等により、ダメージを受けた建屋の健全性評価手法の開発 ・廃止措置時における原子炉建屋の要求機能を確保するために必要な建屋健全性の判断基準の確立 ・今後発生する地震時に原子炉建屋応答を予測し、そのデータを用いて建屋健全性を評価する技術を開発				大学 IRID JAEA		東北大
			RPVベDESTAL	・大地震、熱、放射線、塩分、爆発等により、ダメージを受けたRPVベDESTALの健全性評価手法の開発 ・廃止措置時におけるRPVベDESTALの要求機能を確保するために必要なRPVベDESTAL健全性の判断基準の確立 ・今後発生する地震時にRPVあるいはベDESTAL自身の応答を予測し、そのデータを用いてベDESTAL健全性を評価する技術を開発				大学 IRID JAEA		東北大
			原子炉建屋	・作業時の負荷、地震動の影響推定で必要となる、熱影響などで損傷を受けたコンクリートの残存強度の推定(作業時のサンプリングを想定。今後の地震動を含む、負荷の大きさへの尤度の検討の基礎形成も見込む)。					福島高専廃止措置プログラム	福島高専G
			RPVベDESTAL	・作業時の負荷、地震動の影響推定で必要となる、熱影響などで損傷を受けたコンクリートの残存強度の推定(作業時のサンプリングを想定。今後の地震動を含む、負荷の大きさへの尤度の検討の基礎形成も見込む)。					福島高専廃止措置プログラム	福島高専G
	ライナー腐食・健全性評価		・汚染水処理系の吸着塔等のライナーを対象とした経年劣化の進展予測評価技術の研究開発				大学 IRID JAEA		東北大	
	タンク腐食・健全性評価	・汚染水貯蔵タンクの側板や底板を対象とした経年劣化の進展予測評価技術の研究開発				大学 IRID JAEA		東北大		
	汚染水処理設備腐食・健全性評価	・汚染水処理設備の側板や底板を対象とした経年劣化の進展予測評価技術の研究開発				大学 IRID JAEA		東北大		
	(2) 検査・モニタリング技術	①クラック状況の検出、サイジングが可能な技術の開発	・PCVベント管ペローズ(ステンレス鋼)等に発生する可能性のあるクラック状況を検出できる技術の開発				大学 IRID JAEA		東北大	
		②減肉の検出、サイジングが可能な技術の開発	・原子炉冷却配管等に発生する微小な減肉率を正確に測定し、長期健全性評価の精度向上に寄与できる技術の開発 ・PCV内面の防錆塗装劣化部における減肉率を正確に測定し、長期健全性評価の精度向上に寄与できる技術の開発 ・PCV外面の腐食発生予測部(サンドクッション部)における減肉率を正確に測定し、長期健全性評価の精度向上に寄与できる技術の開発				大学 IRID JAEA	原子炉建屋内は高放射線量率等のため、立ち入りが容易でないで、万が一バウンダリーから漏えいが生じると補修等の対策を実施するのが難しい。このため、クリティカル部位の健全性確認が必要である。	東北大	
		③漏えい検知が可能な技術の開発	・PCV水張り時の漏えいを検出できる技術の開発 ・PCV水張り後の経年劣化で発生する漏えいを検出できる技術の開発				大学 IRID JAEA		東北大	
		④検査・モニタリングを可能にする遠隔技術の開発	・上記のような特殊環境下(高線量率、狭隘、高所等)において検査・モニタリングを可能にする遠隔技術の開発				大学 IRID JAEA		東北大	
		⑤非破壊検査技術	・磁気的非破壊検査法によりステンレスに生じるリュウダス帯などの劣化部位の検出を行う。 ・放射線や熱履歴などをうけた際の早期劣化部位の検出が可能か検証する。	原子力発電所で使用されているステンレスを対象として劣化部位の特定を行う。			大学 福井大・鈴木	福井大廃止措置プログラム(コンクリート健全性非破壊評価)	福井大 福井大	
	(3) 補修技術	①圧力バウンダリーに発生したクラック発生部の補修が可能な技術の開発	・PCV圧力バウンダリーであるベント管ペローズ等に発生したクラックを補修できる技術の開発				大学 IRID JAEA		東北大	
		②圧力バウンダリーに発生した減肉発生部の補修が可能な技術の開発	・原子炉冷却配管等に発生した減肉を補修できる技術の開発 ・PCV内面の防錆塗装劣化部に発生した減肉を補修できる技術の開発 ・PCV外面腐食予測部(サンドクッション部)を補修できる技術の開発				大学 IRID JAEA	原子炉建屋内は高放射線量率等のため、立ち入りが容易でないで、万が一バウンダリーから漏えいが生じると補修等の対策を実施するのが難しい。このため、クリティカル部位の健全性確認が必要である。	東北大	
③シール部の補修が可能な技術の開発		・PCV圧力バウンダリーのシール部(フランジ部、電気ベネ部等)から漏えいが懸念される箇所の補修技術の開発				大学 IRID JAEA		東北大		
④漏えい発生部の補修が可能な技術の開発		・PCV水張り時における漏えい中に漏えい上流及び下流側から補修できる技術の開発				大学 IRID JAEA		東北大		
⑤補修を可能にする遠隔技術の開発		・上記のような特殊環境下(高線量率、狭隘、高所等)において補修を可能にする遠隔技術の開発				大学 IRID JAEA		東北大		
(4) 燃料集合体の健全性評価	集合体の健全性評価	・使用時の水素吸収の影響を含む照射及び事故時の機械的損傷が残存強度に与える影響の推定に向けた研究開発(PCVの残存強度推定と同様の手法を用いる)					福島高専廃止措置プログラムで行うPCVの残存強度評価の考え方などを用いる	福島高専G		
	燃料被覆管の健全性評価	・使用時の水素吸収の影響を含む照射及び事故時の機械的損傷が残存強度に与える影響の推定に向けた研究開発(PCVの残存強度推定と同様の手法を用いる)					福島高専廃止措置プログラムで行うPCVの残存強度評価の考え方などを用いる	福島高専G		
(5) 放射線計測と管理方法	自給電源搭載放射線計測機器の開発	太陽電池による電源はバックアップ機能を持つプラスチックシンチレーションファイバーを用いた放射線計測機器の開発し、長期間測定可能か検証している。	廃炉作業に伴う安全確保のために屋外での放射線の的確な把握を行う。		大学		福島大			
	①燃料デブリ臨界計算の誤差評価のための核データ整備	MCCIデブリを想定した臨界計算における核データ誤差の影響を定量的に評価できるように、MCCIデブリ構成核種に対する共分散データを整備する。		臨界計算の不確かさ評価と信頼性向上	デブリ取り出し方法策定までの早い時期	基礎工	JENDL-4等の共分散データは主に原子炉燃料材料核種に対して用意されており、MCCIデブリ構成核種(例えばCa同位体)に対しては、新たに共分散データの評価が必要。	デブリD(線量G)		
	②燃料デブリ臨界計算における核データ起因誤差の評価	MCCIデブリに対し、モンテカルロ法と共分散データを用いて、臨界計算における核データ起因誤差の評価する。		臨界計算の不確かさ評価と信頼性向上	デブリ取り出し方法策定までの早い時期		現在の燃料デブリ(特にMCCIデブリ)に対する臨界計算の信頼性を判断するために必要である。	デブリD(線量G)		

# 廃炉に関する基礎・基盤研究の課題リスト(案)

研究分野	研究項目	研究課題	概要	成果の反映先、反映方法	反映時期	実施担当	実施上の課題、連携、特記事項	記載部署	
(6) 臨界管理技術	③ MCCiデブリを模擬した臨界実験	MCCiデブリを模擬した臨界実験	MCCiデブリを模擬した臨界実験を行い、臨界計算の予測精度を明らかにする。	臨界計算の不確かさ評価と信頼性向上	デブリ取り出し方法策定までの早い時期		臨界性ベンチマークは主に原子炉等に対して行われており、燃料とコンクリート材が混合するような体系での臨界計算の信頼性は実験的に明らかにされていない。日本に適切な臨界実験装置がない場合には外国の試験装置の利用も視野に入れる。	デブリD (線量G)	
		④ デブリ取出し時の未臨界確保方策	デブリ取出し作業時の臨界事故防止のための方策を確立するため、種々のデブリ取出し方法に対して臨界防止策を検討・評価する。	臨界計算の不確かさ評価と信頼性向上	デブリ取り出し方法策定までの早い時期		東工大・廃止措置プログラム(東京都市大学)	東工大	
		⑤ メルトダウン炉心の臨界事故解析と対策の検討	デブリ取出し時に万一臨界事故が発生した場合の挙動評価を行い、作業員の安全確保のための有効な方策を確立する。	万が一の臨界事故における作業員の安全のために必要な設備等の充当	デブリ取り出し方法策定までの早い時期		東工大・廃止措置プログラム	東工大	
(1) デブリ回収戦略の構築	② デブリ取り出しに向けた課題整理と解決法の検討、デブリ取出し戦略への反映	① 炉内状況把握解析と材料科学的知見を考慮した、事故時プラントデータの分析(分野横断した専門家の認識共有)、1F事故進展理解の高精度方針の検討	プラントデータを考慮した、SA解析(温度分布、圧力変化、シナリオ、等)と材料科学的知見(酸化進展、化学反応条件、等)の総合評価による、事故進展及び終末状態の予測(ベストエスティメイト及び分岐シナリオ)、予測精度向上に向けた開発課題の認識共有、知見のデブリサンプリングやデブリ取出しへの反映方法の具体化	(a) 1F事故進展の理解の深化による、課題解決とデブリ取出しへの成果反映方法の認識共有 (b) デブリサンプリング優先度への知見提供、デブリサンプリング分析結果に基づく事故進展理解の深化、不要な分岐シナリオの削除 (c) 炉内滞留デブリ、MCCI堆積物の特性評価精度の向上、評価精度向上に向けた境界条件の提示 (d) 材料科学的知見、事故時プラントデータ(最高温度、酸化度、冷却材流量、等)に基づく、炉内Cs分布の評価	現状知見によるベストエスティメイト及び分岐シナリオ(2017) 予測解析精度の向上(2021)	NDF CLADS IAE IRID TEPCO	IRID新プロジェクトで実施 CLADSを幹事機関とした担当者レベルの認識共有の場 国際協力(国際ワークショップ)	事故進展D	
		① TEPCOニーと、研究シーズ観点から課題、間の認識共有、課題の整理 ② 炉内状況総合評価に基づくデブリ取出し戦略の検討	現場サイドでの課題と重要度の整理。基礎基盤実施項目と現場課題との対応の整理。 事故進展シナリオを考慮したデブリ特性ケーススタディ(ベストエスティメイト、分岐シナリオ、境界条件、等)、廃棄物の特徴のケーススタディ	(a) ニーズ観点とシーズ観点での課題及び優先度の整理、関係づけ (b) デブリ取出し方法への知見提供、事故進展ケースごとに予想される課題と解決策の提示 (c) デブリサンプリングの活用方法提示 (d) 廃棄物特性のケーススタディ(廃棄物処理・処分への知見提供)	現状知見によるベストエスティメイト及び分岐シナリオ(2017) 予測解析精度の向上(2021)	NDF CLADS IAE IRID TEPCO	IRID新プロジェクトで実施 CLADSを幹事機関とした担当者レベルの認識共有の場 国際協力(国際ワークショップ)	事故進展D	
(2) 事故進展シナリオ検討、及び事故進展挙動解析技術	① 溶融炉心の移行挙動評価	①-1 炉心崩落過程の熱流動解析	1F各号機条件での熱流動解析、燃料集合体温度変化、水蒸気流量解析 炉心溶融・移行事象の連続シミュレーションプラットフォーム(①-2、3と連携)	(a) 燃料集合体破損解析、RPV構造健全性解析、MCCI解析等に初期条件、境界条件を提供 (b) 炉心破損・溶融詳細シミュレーションによるSA進展シナリオの境界条件の知見提供	シミュレーションプラットフォーム整備(2021) 1F条件の整理(現状知見の整理) 2017、解析進展による評価精度向上(2021)	CLADS 基礎工 大学	組織間の役割分担、連携の明確化 要素モデル、データベースに関し大学に期待(東北大、東工大、阪大、九工大、早大、名大、長岡技大、筑波大、等) 要素モデル、データベースに関しメーカーに期待(新日鉄住金、NFD、GNF-J、日立GE、東芝、重工、NDC、伊藤忠CTC、等) 欧州知見の導入(CLADSを窓口としたSAFESTとの連携(KIT、CVR、KTH、等)) 模擬試験の役割分担(IAE/KAERI、JAEA/CRIEPI/IHI/日立GE/GNF-J、大学、等) 日米CNWG(プラズマ溶融試験)熱力学データベースプロジェクト(NEA)、大学との連携 一部をIRID新プロジェクトで実施	事故進展D	
		①-2 燃料集合体崩落過程の材料科学的解析・模擬試験	燃料集合体～炉心支持板部位の破損・溶融詳細解析モデルの開発、1F条件での要素過程の模擬試験(水蒸気枯渇度、酸化進展度、等の検討)、燃料集合体規模での破損・溶融詳細シミュレーションツール開発	炉内状況総合評価に、 (a) 事故進展境界条件(制御棒破損、炉心支持板閉塞、酸化進展度、等)を提供 (b) 材料科学メカニズム観点でのケーススタディとシナリオに応じた課題に関する知見を提供	詳細解析ツール整備(2017) 1F条件の整理(現状知見の整理) 2017、解析進展による評価精度向上(2021)	CLADS 基礎工 大学 メーカー IRID		事故進展D	
		①-3 下部ヘッド破損解析・試験	下部ヘッド破損のFEM解析、熱流動/構造解析 模擬試験結果を用いた検証	(a) 下部ヘッド破損予測、実機破損データを活用した現象理解のフィードバック、現場への知見提供	熱流動/構造連成解析手法の構築(2017) 模擬試験による検証、高度化(2021)	CLADS 基礎工 大学		事故進展D	
		①-4 沸騰水型軽水炉過酷事故後の燃料デブリ取り出しアクセス性に関する研究	デブリと混在しているであろう炉心構造物へのアプローチに必要なデブリ存在位置を推定するために模擬制御棒・燃料棒チャンネルボックスを溶融させる試験を行うとともに、その挙動にある物理化学を検討することで、炉心構造物の存在位置を評価する。	デブリと混在する炉心構造物の位置とその物理化学的な状態に関する知見の提供	文科省公募(2017)部分的な結果は年間報告などで利用可能	東工大 東北大 JAEA	・東工大(ステンレス鋼と、制御棒由来あるいは燃料棒由来のデブリ間の溶解反応速度を評価) ・東北大(模擬デブリの物性評価) ・JAEA(大型試験装置での模擬実験の実施と評価)	東工大	
③ MCCi堆積物の特性評価	② プラントデータを考慮した事故進展詳細解析	③-1 MCCi反応進展解析・評価、デブリ広がり解析、溶融炉心の移行を考慮したケーススタディ	SAシナリオ、材料科学的観点を考慮したMCCI反応解析(化学特性、熱特性) 溶融デブリの広がり解析 MCCI進展ケースごとのデブリ特徴の整理	(a) MCCi進展ケーススタディ(メルトスルーシナリオ、物理化学特性、広がり、等)に関する知見提供 (b) デブリサンプリング、デブリ取出しに向けた課題の整理 (c) デブリサンプルの分析結果を用いたMCCI解析精度の向上 (d) 廃棄物特性評価への知見提供	1F条件の詳細解析と模擬試験(現状知見の整理) 2017、解析進展による評価精度向上(2021)	CLADS 基礎工 大学 IRID	組織間の役割分担、連携の明確化 要素モデル、データベースに関し大学に期待(東北大、阪大、早大、等) 要素モデル、データベースに関しメーカーに期待(新日鉄住金、日立GE、等) 欧州知見の導入(CLADSを通じたSAFESTとの連携(KIT、CVR、KTH、等)) BSAF、SAREFとの連携 熱力学データベースプロジェクト(NEA)、大学との連携 一部をIRID新プロジェクトで実施	事故進展D	
		③-2 反応進展を考慮したデブリ特性解析・評価、凝固/再分布特性解析・評価	模擬溶融コリウムの特性試験(コールドクルーシブル試験)と凝固・偏析解析 MCCI進展ケースごとのデブリ特徴の整理	(a) MCCi堆積物の特性ケーススタディ(メルトスルーシナリオ、物理化学特性、再臨界性、等)に関する知見提供 (b) デブリサンプリング、デブリ取出しに向けた課題の整理 (c) デブリサンプルの分析結果を用いたMCCI解析精度の向上 (d) 廃棄物特性評価への知見提供	1F条件の詳細解析と模擬試験(現状知見の整理) 2017、解析進展による評価精度向上(2021)	CLADS 基礎工 大学 IRID		事故進展D	
		④ RPV外サンプルからの事故進展、炉内状況の推定							

# 廃炉に関する基礎・基盤研究の課題リスト(案)

研究分野	研究項目	研究課題	概要	成果の反映先、反映方法	反映時期	実施担当	実施上の課題、連携、特記事項	記載部署	
○炉内状況・燃料デブリ状況把握	(3)デブリ特性評価	④模擬デブリ特性評価	デブリ中に形成される主要相の諸物性測定及びデータベース整備と解析	燃料デブリ取出し準備各プロジェクト(取出技術開発、収納保管技術開発、臨界管理技術開発等)への設計検討用データの整理。	1FMCCI生成物の特性推定(2017) IRID向けデータベース(燃料デブリ特性リスト)改訂(2017) 物性取得と解析、NEAデータベース構築・整理(2019)	CLADS 大学 IRID 丸大・有馬、阪大、大石、福井大・宇野、桑水流	組織間の役割分担(特に③とのインターフェイス)、連携の明確化 事故進展シナリオを考慮した試験・解析パラメータ設定が重要 JAEAでの特研生受入れ、模擬デブリ試験/解析の分担実施(事故進展シナリオを考慮したケーススタディ)を、大学に期待 NEAの熱力学データベースプロジェクトへの共同参画を、大学に期待 福井大廃止措置プログラム(デブリ物性・分析研究) 以下をIRID既存プロジェクトにて実施 CEAとの研究協力(大規模ウラン試験)	デブリD (取扱G) 福井大	
		⑥代替取出し法に係る課題の検討	⑥-1燃料デブリ冷却評価技術	代替法としての空冷によるデブリ冷却評価の構築、乱流自然対流での冷却モデル開発、熱流動模擬試験	(a)完全気中工法でのデブリ取り出し計画策定に知見提供	冷却能力評価解析(2018)	CLADS 基礎工	評価手法、コード開発に関して大学との連携を検討	事故進展D
			⑥-2代替遮蔽材の検討	代替法としての固体ボール状遮蔽材による燃料デブリ遮蔽	(a)固体ボール状遮蔽材によるデブリ取り出し計画策定に知見提供	??	大学	長岡技科大	
	(4)線量計測・線量評価技術	①線源評価技術開発	燃料デブリの線源・崩壊熱・線量率評価手法開発	燃料デブリに限定せず、汚染水、放射性廃棄物など対象を問わず、放射線遮蔽、冷却等が必要な全ての局面(解体、輸送、貯蔵)で利用可能な解析ツールの提供	2017年度中	CLADS 大学		最新核データの導入に関して長岡技科大と連携	デブリD (線量G)
		②プラント内の最確な線源分布と線量評価技術開発	燃焼計算、放射化計算、SA解析、内部調査等の結果を活用し、1Fプラント内の時々の最確な線源分布と線量率分布を評価する手法開発	NDF等による廃炉工法の決定に必要な情報提供	2017年度末	CLADS 大学		IRID炉内状況把握、BSAF2等の成果活用 線源逆解析法と誤差低減法に関する共研(北大)	デブリD (線量G)
		③燃料デブリ取り出し工程における敷地境界線量率評価手法開発	シールドプラグ、RPV上蓋等を撤去した際の、スカイシャイン等による1F敷地境界線量を評価し、適正値を超える場合には対応策を検討	燃料デブリ取り出し開始時の規制対応	初号機のデブリ取り出し(~2021)				デブリD (線量G)
		④シンチレータと光ファイバを用いた高放射線場の遠隔放射線計測	耐放射線性光ファイバの先端にガンマ線変換素子(シンチレータ)を取り付け、局所の線量評価に資する。 1)γ線フロンフラックス計測 ・エネルギーに依らず、フロンフラックスを計測し、エネルギーを仮定して等価的に線量を推算する 2)エネルギー分解計測 ・できるだけ微小体積でガンマ線が吸収可能な素子を選定、開発し(酸化アルミニウム等)、γ線吸収特性、発光特性(波長、時間応答)を取得。大まかなエネルギー分析の可能性について、素子としての利用価値を判断する。 3)各センサーとの組み合わせ技術開発 ・ファイバLIBSプローブ、視認プローブ等との組み合わせ	・デブリ位置情報への反映 ・炉内線量分布シミュレーション結果への反映 ・炉内作業における線量評価	デブリ取り出し準備(2019-2020) デブリ取り出し作業(2021-2040)	CLADS 大学	長岡技科大 英国NNLとの共同研究開始	デブリD (分析G)	
	(5)FP放出移行挙動評価	⑦炉内FP分布解析精度向上	1F各号機条件を考慮したMELCOR等各種SA解析コードによるFP分布評価、ベンチマーク等を通じたFP分布解析精度向上とモデル改良、あるいは課題抽出	(a)炉内状況総合評価に炉内FP分布情報を提供 (b)事故進展詳細解析への境界条件・初期条件等提供(詳細解析⇔SA解析間での相互フィードバック) (c)不確かさの大きい事象の抽出とモデル改良方針や必要な実験(総合実験・分離効果実験)条件の提示 (d)FP分布ベンチマーク解析(BSAF2)への貢献 (e)炉内線量分布評価のための線源分布データ	1F条件の詳細解析と模擬試験(現状知見の整理) 2017、解析進展による評価精度向上(2021)	CLADS 基礎工 IAE等	BSAF2枠でのベンチマーク実施 VTTとの沈着FPの共同解析	事故進展D	
		⑧FP化学挙動調査	⑧-1 化学反応速度論を考慮した解析技術	FP放出移行総合実験、分離効果実験から得られるFP分析データの化学反応速度論を考慮した解析によるFP化学挙動(化学形、化学反応)評価	(a)SA解析コードにおける化学モデル高度化やコードを用いた解析における境界条件提供 (b)FP分布ベンチマーク解析のためのデータやモデル提供 (c)1Fサンプル取得計画策定への知見提供 (d)付着FPの固定性・除去性等の性状データ	1F条件の詳細解析と模擬試験(現状知見の整理) 2017、解析進展による評価精度向上(2021)	CLADS 基礎工 大学等	VTTとの沈着FPの共同解析	
			⑧-2 FP放出移行再現実験によるFP化学挙動データベース構築	FP放出移行総合実験(ホット試験によるモデル検証)模擬実験によるデータ蓄積、吸着・再蒸発等に係わる分離効果実験、及びFP化学形の直接分析によるFP化学形データ取得	(a)化学反応速度論を考慮した解析のためのFP分析データ提供 (b)化学挙動データベース構築と化学モデル高度化 (c)FP分布ベンチマーク解析のためのデータ提供 (d)1Fサンプル取得計画策定への知見提供 (e)付着FPの固定性・除去性等の性状データ	1F条件の詳細解析と模擬試験(現状知見の整理) 2017、解析進展による評価精度向上(2021)	CLADS 基礎工 大学等 福井大・有馬	阪大との燃料からのFP等放出メカニズム解明に係る共研 福井大廃止措置プログラム(デブリ物性・分析研究)	福井大
⑨環境放出境界におけるFP挙動評価		⑨-1 格納容器・原子炉建屋・環境から採取したサンプルや模擬試験により得られるサンプルの分析による環境-炉内境界部でのFP挙動評価	配管内の蒸気凝縮、スクラビング等のFP移行や化学形態に与える影響評価、モデル開発、模擬試験実施。 格納容器・原子炉建屋・環境から採取したサンプルの分析。	(a)化学反応速度論を考慮した解析のためのFP分析データ提供 (b)化学挙動データベース構築と化学モデル高度化 (c)FP分布ベンチマーク解析のためのデータ提供 (d)S/C内残留Csの環境放出挙動の予測評価 (e)S/C液性に与えるFP(エアロゾル)の影響評価 (f)環境動態モデルのソースターム条件提供	1F条件の詳細解析と模擬試験(現状知見の整理) 2017、解析進展による評価精度向上(2021) 熱流動と化学形態を考慮したCs移行モデル化(2019)	CLADS 基礎工 大学等	熱流動試験及び解析に関する大学との研究協力(筑波大)		
		⑨-2 環境動態と炉内解析の結合によるFP移行挙動評価高度化	環境-炉内境界部のFP等挙動解析とモデル化	(a)環境動態モデルのソースターム条件提供 (b)化学挙動データベース構築と化学モデル高度化 (c)FP分布ベンチマーク解析のためのデータ提供 (d)廃棄物インベントリー評価への知見提供	1F条件の詳細解析と模擬試験(現状知見の整理) 2017、解析進展による評価精度向上(2021)	CLADS 基礎工 IAE		事故進展D	
○炉外のTRU、FPの分布状況把握	(1)ホットスポット形成位置特定技術	①ホットスポット形成位置予測技術の開発	・汚染水の流動状況からTRUやFPがホットスポットを形成している可能性のある箇所を予測できる技術の開発			大学 IRID JAEA		東北大	
		②ホットスポット検知技術の開発	・原子炉建屋内、タービン建屋内に広範囲に分布していると考えられるTRUやFPが形成するホットスポットを効率的に検知する方法の開発			大学 IRID JAEA		東北大	
	(2)放射性元素のコンクリート内浸透深さ予測	①放射性元素のコンクリート内浸透深さ予測技術の開発	・水和性の比較的高いCsがコンクリート表面から浸透する深さを予測評価できる技術の開発 ・水和性の比較的高いCsがコンクリート表面から浸透する深さの各種条件下での実験				大学 IRID JAEA		東北大
		②コンクリート内へ浸透したCsの分離除去技術の開発	・コンクリート内へ浸透・残存したCsの分離除去方法の検討 ・コンクリート内へ浸透したCsを除去するために必要なコンクリートはつき深さを求めるための試験				大学 IRID JAEA		東北大
(1)汚染状況把握									

## 廃炉に関する基礎・基盤研究の課題リスト(案)

研究分野	研究項目	研究課題	概要	成果の反映先、反映方法	反映時期	実施担当	実施上の課題、連携、特記事項	記載部署	
○デブリ取出し	(2)デブリ加工技術	デブリサンプリング機器の開発などに向けたデブリ切削法の検討	機械的切削、放電加工及びレーザー法によるデブリの切削性に関する評価(焼結条件や混合物をパラメータにしたジルコニア模擬デブリの強度や靱性と切削性などの評価)及びサンプリング用の小型機器のモックアップ開発				福島高専廃止措置プログラム	福島高専G	
		ロボット技術	デブリサンプリングを主な目的とした遠隔操作機器要素の研究開発(デブリの切削性評価、耐放射線性電子素子の研究開発、モックアップ機器の製作を含む)			若エネ研・峰原、福井大・浪花、川井	福島高専廃止措置プログラム 福井大廃止措置プログラム(耐放射線性ロボットレーザー基礎技術開発、マニピュレーターの手先軌道計画、原子炉解体ロボット技術探査)	福島高専G 福井大	
	(2)遠隔分析技術	耐放射線性材料					若エネ研・峰原	福井大廃止措置プログラム(耐放射線性ロボットレーザー基礎技術開発)	福井大
		①内部観察・レーザーモニタリング技術の開発	組成分析プローブを中心とした視認プローブ、放射線プローブの組み合わせによるモニタリング技術開発 1)耐放射線性光ファイバを用いたレーザー誘起発光分光法(LIBS)による迅速その場分析手法の確立 ・プロトタイプ、実用化機器の開発、特性評価、分析手法・基礎データ取得 ・高放射線環境下影響評価(光ファイバ、プラズマ特性等) 2)光ファイバ又はレーザーヘッド据え置き型による炉外不明物測定 ・プロトタイプ、実用化機器の開発、特性評価、分析手法・基礎データ取得 3)視認プローブ、放射線プローブ等との結合 ・既存技術等による視認プローブ、放射線プローブを結合(プローブの結合を目的とせず、必要に応じて対応) 4)東京電力への協力 ・機器提供、機器設計、人材育成(取り扱い、スペクトル評価手法)、使える機器としての提供	東京電力、東京電力廃炉カンパニーでの炉内外迅速遠隔分析手法の一つとして提案。 ・機器持ち込み ・機器構成・性能提示による機器開発協力 ・操作・評価に関する人材育成 ・計測データの評価	デブリ取り出し準備(2019-2020) デブリ取り出し作業(2021-2040)	CLADS	連携:京大、イマジニアリング(株)、文科省廃炉加速化プログラム再委託 今後連携:徳島大学、東京大学、福井大学、名古屋大学、分子科学研究所、NFD(大洗)等	デブリD(分析G)	
	②シビアアクシデント後の遠隔計測技術	超音波ドップラー技術による形状計測および放射線計測の核種分析によるデブリ特性・性状把握のためのロボット搬送技術の開発を行う。	デブリ取出しに先立ち行われる漏水箇所の調査に反映される	デブリ取出し工法が決定し、漏水箇所の補修が行われる時期の前	東工大	東工大・廃止措置プログラム ロボット技術開発では、東工大理工学研究所機械系で行っている搬送技術開発及び東京医科歯科大学で行っている医療用遠隔精密作業技術開発と連携して行う。	東工大		
	(3)放射線計測、管理技術	①放射線センサーの開発	電子スピンを活用したスピントロニクスを応用し、新たな放射線計測デバイスの研究開発を行う。	廃炉作業に伴う放射線の的確な把握			大学		福島大
		②3次元ガンマ線イメージングユニットの開発	格納容器外部に設置したガンマ検出器において燃料デブリ等の放射性物質からのガンマ線を多方向から測定することにより、デブリ分析対象となるような重要核種の位置ならびに形状の測定が可能なシステムを開発する。 1)ガンマ線イメージング用検出器の開発 2)多チャンネルデータ取得システムの製作(信号処理基板の製作を含む)	格納容器内におけるデブリの位置、形状ならびに核種に関する情報の提供。	デブリ取り出し準備(2019-2020)	CLADS		遠隔技術D	
		③無人遠隔放射線分布測定システムの開発	東京電力(株)福島第一原子力発電所(1F)の廃止措置において、1F建屋内部における作業環境の放射性物質分布を遠隔で可視化する無人遠隔放射線分布測定システムを開発する。 1)小型・軽量コンパクトカメラの開発 2)コンパクトカメラで取得したデータを元に放射線分布マップの構築技術の開発 3)遠隔機器(ドローン)の整備・SLAM技術の開発	東京電力、東京電力廃炉カンパニーでの建屋内部における放射線分布モニタリング手法の一つとして提案。	デブリ取り出し準備(2017-2020)	CLADS		遠隔技術D	
		④高線量測定用ガンマカメラの開発	数Sv/hの線量率環境下で放射性物質を可視化する小型・軽量のガンマカメラを開発する。1F建屋内部や格納容器内壁の放射性物質の測定を目指す。 1)検出器シオメトリの検討 2)ガンマ線照射シミュレーションの実施 3)信号読み出し基盤の開発 4)放射線照射場における高線量環境での動作試験 5)遠隔機器とのマッチング	東京電力、東京電力廃炉カンパニーでの建屋内部における放射線分布モニタリング手法の一つとして提案。	デブリ取り出し準備(2018-2020)	CLADS		遠隔技術D	
		⑤小型シンチレータ結晶を用いた局所放射線計測器の開発	ファイバーを接続した小型シンチレータ検出器を格納容器内部に挿入して燃料デブリからのガンマ線を局所的に測定することにより、その残留位置、形状、及び核種の測定が可能なシステムを開発する。	格納容器内におけるデブリの位置、形状ならびに核種に関する情報の提供。	デブリ取り出し準備(2019-2020)	CLADS		遠隔技術D	
⑥燃料デブリ同定のための中性子検出器の開発		自発核分裂核種を含有する燃料デブリから放出される高強度の中性子を測定することにより、燃料デブリそのものの分布を測定可能なシステムを開発する。 1)小型・軽量中性子検出器の開発 2)中性子検出器をデブリ近傍に導くための遠隔機器の開発 3)中性子検出器で得られたデータを元にデブリ分布を再校正する解析技術の開発	格納容器内におけるデブリの位置、形状ならびに核種に関する情報の提供。	デブリ取り出し準備(2019-2020)	CLADS		遠隔技術D		
小型放射線センサーの開発(適宜まとめて頂いて結構です)		小型の化合物半導体素子を用い、改良したデータ解析手法による小型で高耐放射線性ガンマ線スペクトル解析機器の開発(モックアップ試作など、シンチレーションファイバーを用いた建屋内部線量分布評価の方法も含む)					福島高専廃止措置プログラム	福島高専G(東京都市大学など)	
取出し後の迅速なデブリ構成物の推定技術(適宜まとめて頂いて結構です)		X線CTによる燃料デブリ構成成分の迅速な識別手法の構築					福島高専廃止措置プログラム	福島高専G(原子力機構など)	
(4)放射線遮蔽技術	①放射線遮蔽に関する規制対応方針の検討	事業者が主体となって実施する放射線遮蔽に関する検討結果が妥当であることを証明するための論理構築と根拠データの作成	事業者が行うデブリ取り出し時の放射線遮蔽方法に関する許認可支援	初号機のデブリ取り出し(~2021)	CLADS			デブリD(線量G)	
	②廃炉工程における作業被ばく低減のための遮蔽手法の検討	最確な線源評価の結果を基に、作業者の被ばくを低減するために有効な放射線遮蔽の方法を粒子輸送計算等により検討 注)東電、IRID等との綿密な連携が必要	最適な手法を事業者に提言	初号機のデブリ取り出し(~2021)	CLADS			デブリD(線量G)	
	③ROV等による水中デブリのサンプリング	1F1内部調査に使用された変形型ロボットまたは新規に開発する水中ロボット(ROV)を用いて、微少な粒子状デブリをサンプリングするための基礎基盤技術を開発	燃料デブリ性状把握のための実サンプル取得 シビアアクシデント解析の高度化のための実サンプル取得 1F内部調査	~2018年度末を期待	CLADS 大学	海上技術安全研究所、東京工業大学、東京大学、マンチェスター大学(日英共同研究パートナー)などに期待	デブリD(線量G)		
(5)デブリ回収時の汚水処理	①臨界防止用中性子吸収材投入時の汚水対策								
(6)ダスト対策	①ダスト発生量評価								
	②ダスト対策								
	③安全性評価								
○デブリ収納保管	(1)デブリ収納保管特性評価	①含水・乾燥特性評価	燃料デブリ乾燥の基礎的な評価として、材質、内部構造、形状、外的条件等の影響を評価 燃料デブリの乾燥設備設計に利用可能なデータを取得	燃料デブリ乾燥設備設計	取出し開始頃(2021)	CLADS IRID		デブリD(取扱G)	
		②燃料デブリの元素・核種溶出挙動評価	各種燃料デブリ(酸化物デブリ、金属デブリ及びMCCI生成物)から元素・核種の溶出挙動を評価	取出し時の冷却水管理、収納缶の移送時の密閉評価、湿式保管時の水質管理設備の設計データ、処分時の設計データ	取出し作業計画立案時(~2021)から 収納保管開始以降(2021~)	CLADS 大学 IRID	大学の類似研究(東北大等)との連携 海外協力(CEA、SCK-CEN)	デブリD(取扱G)	
		③燃料デブリの外部雰囲気による反応性評価(気中変性)	環境条件による燃料デブリ(特にMCCI)の組成を評価 環境条件による燃料デブリの変性挙動の評価	乾式長期保管管理	乾式保管開始時(2030頃)	CLADS 大学 IRID	大学の類似研究(九州大等)との連携 海外協力(ウクライナ(ISP-NPP))	デブリD(取扱G)	

## 廃炉に関する基礎・基盤研究の課題リスト(案)

研究分野	研究項目	研究課題	概要	成果の反映先、反映方法	反映時期	実施担当	実施上の課題、連携、特記事項	記載部署	
		④燃料デブリの非破壊測定からの臨界評価手法の開発	計量管理を主な目的として実施されている燃料デブリの非破壊測定技術による核物質質量推定結果を基に、体系の臨界安全性を評価する理論を構築する。	燃料デブリを収納・保管する場合の臨界安全性評価	初号機のデブリ取り出し(～2021)	CLADS 大学	京大炉、名大、東京工業大学に期待計量管理に関する非破壊測定技術開発との連係が好ましい。	デブリD (線量G)	
		⑤デブリ収納保管容器の経年劣化管理技術の開発	・燃料デブリが収納されている容器内面の経年劣化を予測評価し、健全性を管理できる技術の開発			大学 IRID JAEA		東北大	
	(2)可燃性ガス対策								
○分析・計量管理	(1)デブリ分析技術	①燃料デブリの溶解方法及び元素定量分析手順の構築	アルカリ融解法により燃料デブリの溶解手順と融解後のICP-AESを用いた元素定量分析方法を構築	燃料デブリ分析の手順の整備	燃料デブリサンプリング時期(2019以降)	CLADS IRID		デブリD (取扱G)	
		②X線CTを用いた燃料デブリの非破壊検査技術	X線CTによる気孔率の定量評価手法の構築 X線CT及びγスキャン装置組合せによる燃料デブリ構成成分識別手法の構築	燃料デブリ分析の手順の整備	燃料デブリサンプリング時期(2019以降)	CLADS IRID	福井大廃止措置プログラム(デブリ物性・分析研究)	デブリD (取扱G) 福井大	
		③ICP-MS分析手法の合理化検討	分離プロセスの簡素化・自動化 複数種類の短時間測定	廃棄物、燃料デブリ等の分析プロセスの合理化	燃料デブリサンプリング時期(2019以降)	CLADS 創生センター IRID	主に創生センターによる技術開発を実施。	デブリD (取扱G)	
		④加速器によるU236分析							
		⑤長半減期核種分析							
	(2)計量管理技術	①計量管理方法の提案	核物質の在庫管理、保障措置などを考慮した燃料デブリ管理方法の提案	燃料デブリの仕分けの要否の判断、燃料デブリの在庫の管理、確認、輸送、処分 の合理化 情報の提供	燃料デブリ取り出し 方法の基本方針の 決定(2017) 燃料デブリの取り 出し方法の決定 (2018)	CLADS 核セキユ	廃炉支援業務としての位置づけの明確化(国プロの実施責任の明確化)	デブリD (線量G)	
		②非破壊測定による核物質評価技術	燃料デブリの非破壊測定の可能性を評価	在庫管理、安全管理、輸送、保障措置 測定技術の提案	燃料デブリ取り出し 方法の基本方針の 決定(2017) 燃料デブリの取り 出し方法の決定 (2018)	CLADS Pu燃料 核セキユ 大学 電中研	技術の実証と利用(測定)場所の検討。 非破壊測定技術に関して東工大、電中 研と協力を実施中。 米国エネルギー省と保障措置技術の協 力を模索中。	デブリD (線量G)	
		③合理的な核物質管理方策							
	(3)保障措置								
	<b>【廃棄物対策】</b>								
○性状把握	(1)廃棄物試料の分析	①放射性核種の分析	福島第一原子力発電所より、建家廃棄物(瓦礫、ボーリングコア等)、水処理二次廃棄物、汚染水、植物(伐採木・立木)等を原子力科学研究所、核燃料サイクル工学研究所へ輸送し、放射性核種を分析する。	中長期ロードマップに示されている2017年度取りまとめに向けて、廃棄物のインベントリを評価するためのデータを提供。	2017年度取りまとめ、2021年度取りまとめ	廃棄物Dv 原料研バック エンド技術 部 核サ研福島 試験部		廃棄物D	
		②放射性核種の分析、化学組成・物理性状の把握	水処理二次廃棄物の粒径測定及び必要に応じてセシウム吸着材や多核種除去設備スラリーについて、性状に関する基礎データを収集する。	中長期ロードマップに示されている2017年度取りまとめに向けて、廃棄物の性状を把握するためのデータを提供。	2017年度取りまとめ、2021年度取りまとめ	廃棄物Dv 核サ研福島 試験部		廃棄物D	
		③Ce特異吸着メカニズム							
	(2)難測定分析技術開発	①難測定核種等分析技術開発	これまでに、分析経験がなかったMo-93/Zr-93、Sn-126、Pd-107の分析フローを検討する。また、高線量試料に対する分析技術としてキャピラリー電気泳動法、レーザー共鳴電離質量分析法について2015年度までに検討を行った。	廃棄物の分析研究に反映する。	2016年以降適宜	廃棄物Dv 原料研バック エンド技術 部	キャピラリー電気泳動法の開発について、埼玉大学と共同研究を行った。	廃棄物D	
		②難分析核種用マイクロ分析システムの構築	難分析核種の分析技術をマイクロ化学チップとレーザー分光を組み合わせ、福島第一原子力発電所(1F)サイト内における難分析核種(β核種であるSe-79、Mo-93等)の迅速・微量分析を可能とする新しいマイクロ分析システムの構築を目指す。東工大のホット実験施設を利用して研究を行う。	廃棄物の分析研究に反映する。	2018年以降適宜	東工大	東工大・廃止措置プログラム	東工大	
		③β核種の分析法の開発	β核種分析法の開発検討を行う。	これから廃炉に向けた本格的な作業が始まれば、さらに大量の廃棄物等の分析をすることが予想され、このため分析時間の短縮化が必要となる。そこで、従来の分析法をさらに迅速、簡易化する分析法を開発する。			大学		福島大
	(3)分析・測定技術の高度化開発	①分析・測定技術の高度化開発	・イオン吸着体を利用した固体質量分析法を開発する。固体試料測定のためには、導入部にレーザーアブレーション(LA)ユニットを設置した質量分析計(ICP-MS)を用いる。また、マイクロチップを用いた分析の自動化を検討する。 ・放射光XAFS、蛍光X線、などX線分光、およびレーザーラマン分光、和周波発生などの分光を行い、廃棄物の迅速な状態分析、組成分析非破壊検査法の最適化を検討する。 ・福島第一原発で発生する分析試料の分析・測定技術の現状をよく調査した上で、これを改良する方法を検討し、その上で模擬試料を用いた妨害元素と分析対象元素との分離挙動評価を実施する。	1Fの廃止措置に向け、今後も大量の廃棄物等の分析を継続しなければならない。このような分析を確実にかつ予算を抑えて実施するためには、分析の効率化、コスト削減等が必要となる。そのために、これまでの分析法をさらに迅速、簡易、自動化する分析法を開発する。	2017年、2020年	廃棄物Dv 基礎工部門 核サ研再処 理センター	東工大、芝浦工大と共同研究を行っている。	廃棄物D	
		②低濃度Srの分析技術開発	放射性核種の補修剤の開発を行いストロンチウムの高感度分析について検討する。また、放射性核種の選択的濃縮についても検討を行う。	廃炉作業によって生じる大量の廃棄物等の分析において、より安全に管理をする上でも高感度な分析法を開発する。		大学		福島大	
		③各種質量分析法によるSr-90分析法の技術開発	・昨年実用化したカスケード型誘導プラズマ質量分析計(ICP-MS)法を用い、同位体希釈法を応用して濃度測定を含めた分析時間の短縮化について検討する。 ・表面電離型質量分析計(TIMMS)を用い、ストロンチウムの全同位体の高精度・高感度分析について検討する。	これから廃炉に向けた本格的な作業が始まれば、さらに大量の廃棄物等の分析をすることが予想され、このため分析時間の短縮化が必要となる。そこで、従来の分析法をさらに迅速、簡易化する分析法を開発する。			大学		福島大
		TOF型質量分析法によるSr-90分析技術開発(適宜まとめて頂いて結構です)	飛行時間型質量分析装置(マトリックス支援レーザーイオン化法も使用)を用いたSr-90の迅速分析法の開発					福島高専廃止措置プログラム	福島高専 (茨城高専 など)
(4)インベントリ評価	①インベントリ評価手法の開発	解析的手法に基づく評価検討として、モデル構築、データセットの設定及びモデル構築のために分配係数等のデータを取得している。 分析結果等に基づく評価検討として、水処理二次廃棄物、建家廃棄物(瓦礫)、植物等について評価手法を検討している。	中長期ロードマップに示されている2017年度取りまとめに向けて、安全評価に必要なインベントリデータセットを提供する。	2017年度取りまとめ、2021年度取りまとめ	廃棄物Dv 核サ研基盤 技術研究開 発部 核サ研福島 試験部	解析的手法に基づく評価検討を電力中央研究所に外注した。	廃棄物D		
	②インベントリ解析モデルの評価	解析的手法に基づく評価検討で構築したモデルについて、不確実性を含めた評価を行う。	中長期ロードマップに示されている2017年度取りまとめに向けて、安全評価に必要なインベントリデータセットを提供する。	2017年度取りまとめ、2021年度取りまとめ	廃棄物Dv 核サ研基盤 技術研究開 発部		廃棄物D		

# 廃炉に関する基礎・基盤研究の課題リスト(案)

研究分野	研究項目	研究課題	概要	成果の反映先、反映方法	反映時期	実施担当	実施上の課題、連携、特記事項	記載部署	
		③インベントリの解析モデル構築の基礎データ取得(溶出速度など)	・照射燃料を用いて、種々の条件での溶解・浸出様の試験を実施し、核種の移行データを収集する。 ・得られたデータを、汚染水の分析値や事故進展挙動などの知見とともに検討する。	燃料デブリから汚染水への核種の溶出は、使用済み燃料集合体の地下水への移行や核燃料再処理の溶解における挙動と異なるデータが示唆されている。水処理二次廃棄物および燃料デブリについてインベントリを正確に評価するために、基礎的なデータの収集が必要である。このために、溶出速度等の基礎データを収集する。	2017年度取りまとめ、2021年度取りまとめ	廃棄物Dv 核サ研福島試験部		廃棄物D	
		④汚染コンクリートの解体およびそこから生じる廃棄物の合理的処理・処分方法の検討	汚染コンクリート廃棄物に対処するため、コンクリート材料の汚染分布の経時変化に関する現象理解を図り、放射性コンクリート廃棄物の放射能レベル区分および物量等の将来予測を行う。さらに、除染の有無、処理、処分等、解体から最終処分に至るまでの各工程における異なる選択肢に対し、物量及び放射線被ばくリスクを評価することで、最適な解体、処理・処分方法を明らかにする手法を確立することを目指す。	本研究では、物量及び放射線被ばくリスクの観点から、解体から最終処分までの全体を俯瞰した放射性コンクリート廃棄物の管理シナリオを検討する。このことにより、最適廃棄物管理シナリオの提言を可能とし、これによって放射線被ばく線量の低減はもちろんのこと、処理・処分に関し基本的な考え方をわかりやすく提示してステークホルダーとの合意形成を支援し、意思決定者の負担を軽減するなど、多くの面から1Fの廃炉を加速させる効果があると考えられる。	2019年以降	廃棄物Dv 北大	廃炉加速化研究プログラム(国内研究)に応募済み	廃棄物D	
	(5)廃棄体確認の方法、分析法の検討	①廃棄体確認の方法、分析法の検討	インベントリ・安全評価の条件設定のための検討を行い、廃棄体確認を実施するための検討・精度向上を図る。	廃棄体確認の方法、分析法の検討に反映する。	廃棄体製造設備の設置、製造した廃棄体の確認	廃棄物Dv		廃棄物D	
	(6)分析手法の標準化	①分析手法の標準化	・標準化の方法を定める。(既往の例として文部科学省の環境放射能マニュアルがあるが、処分の目的であることから規制庁との調整を要する。方法としては、学会標準のENDORS、トピカルレポートの等が挙げられる。) ・分析標準を具体化する。 ・標準の承認手続きを進める。	事故廃棄物の廃棄体化に先立ち、標準とする分析方法を定める必要がある。既往の分析技術をもとにして、また、将来求められる廃棄体確認に係る分析仕様等を想定し、標準分析法を定める必要がある。これらのために事故廃棄物を対象とした標準分析法を構築する。	2019年	廃棄物Dv バックエンド部門 廃棄物対策・埋設事業統括部		廃棄物D	
○長期保管	(1)水処理二次廃棄物の長期保管	①セシウム吸着塔の長期保管方法の検討	実規模のセシウム吸着塔の加熱試験を実施して、残留水の蒸発とともに容器材料付近の塩分濃度が低下し、保管中の腐食発生リスクが低減されることを確認する。	中長期ロードマップに示されている2017年度取りまとめに向けて、長期保管を評価するためのデータを提供する。	2017年度取りまとめ、2021年度取りまとめ	廃棄物Dv 大洗センター 高速炉技術部 大学		廃棄物D	
		②水処理二次廃棄物収納容器の経年劣化管理技術の開発	・水処理二次廃棄物が収納されている容器内面の経年劣化を予測評価し、健全性を管理できる技術の開発			大学 IRID JAEA		東北大	
	(2)安全技術の開発	①包括的放射線分解挙動解析技術の開発	汚染水処理等の廃止措置を円滑に進める放射線による影響評価、安全性評価等に役立てるため、照射実験(定常、パルス)等により広範囲な水質及び線質に適用可能な放射線分解挙動の包括的な解析技術を開発するとともに、計算コード解析(確定、確率論)等により高精度な挙動解析の実現等を目指した線量評価技術の高度化・汎用化を進める。 なお、記入者の所属するグループの他テーマの放射線研究パートに関与するとともに、所属グループ以外の水素発生をテーマとした放射線分解挙動等に関する知見は本テーマの内容・成果に包含される。	保管機器の信頼性向上及び設備更新のための水素等の可燃性ガス発生並びに接水材料の腐食に関する影響評価、デブリ及び廃棄物の輸送時や処分後におけるガス発生並びに腐食の安全性評価等に資する、高精度な放射線分解挙動解析及び線量評価を実現する、解析用データ、計算モデル(手法)等を提供する。 上記を水素インフラにおける安全評価に活用するとともに、本研究により原子カメラ、廃棄物の処理・処分関係者・企業等からのニーズにもとづき廃止措置等のスケジュールに応じた、次の貢献をする。 ・事故時の放射線分解評価の指針を提示 ・主に事故時、廃止措置時に生じる予定外の突発事象の原因究明、対策等に貢献	2020年	廃棄物Dv	大阪大学 産業科学研究所、環境・エネルギー工学専攻 国立研究開発法人 量子科学技術研究開発機構		廃棄物D
		②廃棄物等の水素安全管理技術の開発	汚染水処理システムにて発生する吸着塔等の廃棄物や燃料デブリの保管管理の安全性評価研究について、保管容器内で水の放射線分解により発生する可燃性ガス挙動を予測するための水素挙動解析システム、及び、水素再結合触媒を用いた水素濃度低減技術の開発を行う。	廃棄物やデブリの取り扱い、輸送、保管を安全に行うために、水素挙動解析システム及び水素濃度低減技術を開発し、1Fにおける水素管理並びに水素防災計画に利用できる形で提供する。	2022年	廃棄物Dv		水素挙動解析システム、水素濃度低減技術整備の一環として、各国の情報を収集し、フィンランドVTT、ドイツFZJ等と水素挙動解析システムのモデルや水素再結合触媒の改良に関する共同研究を実施する。	廃棄物D
		③水処理材料の保管安全性評価の基礎データ整備	ゼオライト等の無機吸着材やHIC炭酸塩スラリー等の水処理材料に係る保管安全性を様々な条件下で評価するために必要となる物理化学的特性(密度、水分塩分吸着性、熱伝導率、耐熱性、対候性、粘性、流動性等)を調査及び実験により収集し、水素発生や容器腐食評価に使用できる形態として整備する。	現行の水処理材料(使用済み吸着塔、HIC炭酸塩スラリー等)の保管時安全性を、長期的かつ幅広い条件下で迅速に解析評価するためのソースタームとして整備する。廃棄物の減容保管を検討する際に、仮想の高密度廃棄物モデルを作成して、事前の安全解析が可能になる。	2020年	廃棄物Dv		熱伝導率については福島高専と協力してきたが、今後は他の高専(福岡高専)等を検討している。ゼオライトに関しては、「廃棄物等の水分蒸発挙動解析コードの開発」の枠で電中研との共同研究を検討。	廃棄物D
		④保管容器材料の健全性維持手法の開発	1Fで発生する二次廃棄物である使用済吸着材を収納したステンレス鋼製吸着塔、高塩濃度の濃縮廃液を収納した炭素鋼製タンク、二次廃棄物のスラリーを収納したPE製保管容器などを対象として、保管容器の腐食性・耐放射性評価試験を実施し、健全性維持手法を開発する。	廃棄物保管容器の腐食・放射線劣化による放射性物質漏洩のリスクを避けるため、保管容器の健全性を維持する手法を開発し、1Fにおける保管基準の策定に役立てる。	2022年	廃棄物Dv		国立研究開発法人 量子科学技術研究開発機構	廃棄物D
		⑤廃棄物等の水分蒸発挙動解析コードの開発	汚染水処理システムにて発生する吸着塔等の廃棄物長期保管管理の安全性評価研究について、保管容器内の長期的な水分挙動を予測するためのプログラムを作成する。	使用済吸着塔やスラリー等の廃棄物を安全に保管するため、容器内の水分及び塩分挙動を解析し、水分濃度や腐食環境を評価に役立てる。	2022年	廃棄物Dv		平成26年度に電中研にて、使用済吸着塔について、模型試験における乾燥挙動と定量的整合性を有する数値モデルによって、実吸着塔の乾燥速度を試算。また、模型試験において、底部残水中の塩素濃度は時間と共に減少することを確認。H28年度から電中研との共同研究を検討中。	廃棄物D
		⑥保管・輸送時の可燃性ガスの評価・対策検討	汚染水処理システムにて発生する吸着塔等の廃棄物や燃料デブリの保管・輸送時において発生する水素以外の可燃性ガスについて、上記①で評価した結果を②の解析システムに入力し、可燃性ガスの物性値を新たに組み込んで濃度等の解析評価を行い、濃度低減に有効な受動的触媒システムの技術開発を行う。	廃棄物やデブリの取り扱い、輸送、保管を安全に行うために、水素以外の可燃性ガスにも対応可能な解析システム及び濃度低減技術を開発し、1Fにおける可燃性ガス管理並びに防災計画に利用できる形で提供する。	2022年	廃棄物Dv		水素挙動解析システム、水素濃度低減技術整備の一環として、各国の情報を収集し、フィンランドVTT、ドイツFZJ等と可燃性ガス挙動解析システムのモデルや再結合触媒の改良に関する共同研究を実施する。	廃棄物D
		発熱性廃棄物の長期間安定保管技術の開発(処理・処分技術とも関係)	セメントによる固化法を例に取り上げ、MCCIを考慮した発熱性廃棄物を化学的、熱的に安定に長期間保管する手法の開発。さらに保管法の判断基準などの検討を行う						福島高専 G(八戸、熊本高専など)
		(1)処理・廃棄体化技術調査、技術の絞り込み	①廃棄体化技術カタログの整備	既存の廃棄物に対する処理・廃棄体化技術を調査し、カタログとして整備する。また、整備の結果、不足している情報を抽出し、整備に合わせた見直しを行った。	中長期ロードマップに示されている2017年度取りまとめに向けて、廃棄体化技術の第一次絞り込みに反映する。	2017年度取りまとめ	廃棄物Dv 核サ研基盤技術研究開発部		廃棄物D
②廃棄体化候補技術の絞り込み	廃棄体化技術の絞り込み要件を抽出し、精査し、決定する。決定した要件に基づいて技術の絞り込みを行う。		中長期ロードマップに示されている2017年度取りまとめに向けて、廃棄体化技術の第一次絞り込みに反映する。また、2021年度取りまとめに向けて、廃棄体化技術の第二次絞り込みに反映する。	2017年度取りまとめ、2021年度取りまとめ	廃棄物Dv 核サ研基盤技術研究開発部		廃棄物D		

## 廃炉に関する基礎・基盤研究の課題リスト(案)

研究分野	研究項目	研究課題	概要	成果の反映先、反映方法	反映時期	実施担当	実施上の課題、連携、特記事項	記載部署
○処理技術開発	(2)処理・廃棄体 化試験	①廃棄体化基礎試験	前処理技術の評価に必要な基礎データ、廃棄体化技術の評価に必要な基礎データを取得するとともに、廃棄体化技術評価に必要な工学試験を実施する。	中長期ロードマップに示されている2017年度取りまとめに向けて、廃棄体化技術の第一次絞り込みに反映する。	2017年度取りまとめ、2021年度取りまとめ	廃棄物Dv 核サ研基盤 技術研究開 発部		廃棄物D
		②亜臨界水洗浄と固相抽出を利用した環境系固体廃棄物の除染	土壌、伐採木に対する、2工程からなる放射性核種の回収システムを開発する。本システムにより、放射性核種は固化体に安定に濃縮固定化され、除染後は舗装資材や建築資材等に再利用されることを検討する。	提案システムの導入により、1Fで大量発生が懸念される汚染土壌や伐採木などの環境系固体廃棄物から放射性核種を完全に除去(第1工程)、更に放射性物質を濃縮・減容固定化(第2工程)が可能である。	2019年以降	廃棄物Dv 東工大	廃炉加速化研究プログラム(日英原子力共同研究)に応募済み	廃棄物D
	(3)廃棄体性能の 高度化	①廃棄体性能の高度化	海水や地下水などから廃棄体に混入するイオン種を同定するとともに、化学状態を特定する。それらの固化を目指して、カーボン材料等を用いる固化法等の開発を行う。	1Fの放射性廃棄物は地下水・海水成分を含んでいるものが多く、そのため組成が多様である。従来のセメント固化法等は廃棄物の成分の影響を強く受けるため、廃棄物組成の影響を受けにくい固化法を開発する必要がある。そのため、廃棄物組成の影響が少ない固型化材を開発する。	2020年	廃棄物Dv 原子力科学 研究部門先 端基礎研究 センター		廃棄物D
		②水素ガスの発生を抑制を可能とする廃棄体化手法の開発	・日英共同研究の中で、リン酸系固型化材を用いた加熱脱水混練固化法を開発する。 ・低融点ガラスを用いたガラス混練固化法を開発する(IHIに打診済み)	1Fの放射性廃棄物、特に水処理二次廃棄物の中には高線量廃棄物が多く、廃棄体に水分を含んでいると、水の放射線分解により水素ガスが発生する。従って、水素ガスの発生を抑制できる廃棄体技術が必要である。そのため、水分をできるだけ含まない固化方法を開発する。	2021年	廃棄物Dv 核サ研基盤 技術研究開 発部	英国シェフィールド大学と共同研究を行っている。	廃棄物D
		③固化体の特性の評価手法の開発	セメント系材料を中心に、廃棄体に求められる物性を処理設備の運転条件を変数として固化体の物性値を推算する式を、固化メカニズムに基づく理論式及び実験結果を基に導出する。	廃棄体化の最終処理である固型化処理に用いられる放射性廃棄物及び固型化材料から、固化体の物性を推算することが出来れば、固化技術開発を効率的に推進することができる。そのため、廃棄物物性、固型化材、処理設備の条件などから固化体物性を推算するシステムを構築する。	2022年	廃棄物Dv 核サ研基盤 技術研究開 発部		廃棄物D
	○処分技術開発	(1)処分概念の特 徴整理・調査	①処分概念の特徴整理、調査	既存の処分概念・評価手法の特性・特徴、事故廃棄物の影響特性、処分システムの応答特性を把握し、安全評価モデルのパラメータ、シナリオを見直し、設定する。	中長期ロードマップに示されている2017年度取りまとめに向けて、詳細な検討の対象となるべき処分概念の候補とその評価手法案を科学的な論拠とともに整備する。	2017年度取りまとめ	廃棄物Dv 核サ研基盤 技術研究開 発部	
(2)廃棄物の性状 を考慮した処分 概念の検討		①廃棄物の性状を考慮した処分概念の検討	事故廃棄物の処分区分を把握し、適切な処分概念候補の選定に資する情報の抽出として、感度解析に基づく処分が安全に成立するための条件を把握する。	中長期ロードマップに示されている2017年度取りまとめに向けて、安全性および実現性の観点から合理的と考えられる処分概念の候補をそれぞれの廃棄物ごとに可能な限り定量的な論拠とともに提示する。	2017年度取りまとめ	廃棄物Dv 核サ研基盤 技術研究開 発部		廃棄物D
(3)新たな処分 概念等の検討		①新たな処分概念等の検討	膨大な量の発生が見込まれ、既存の処分概念をそのまま適用することが現実的に難しい解体廃棄物等について、既存の処分概念を対象とした解体廃棄物の処分区分を検討し、既存の処分概念や廃棄物の特性に関わる情報に基づく新たな処分概念を検討する。	中長期ロードマップに示されている2017年度取りまとめに向けて、新たな処分概念を検討するとともに、その実現性を検討する。	2017年度取りまとめ	廃棄物Dv 核サ研基盤 技術研究開 発部		廃棄物D
(4)事故廃棄物の 処分の安全性の 見通しの提示		①事故廃棄物の処分の安全性の見通しの提示	実現性及び合理性を考慮した処分概念に関する具体策を対象とした安全性を検討する。	中長期ロードマップに示されている2021年度取りまとめに向けて、検討成果をまとめる。	2021年度取りまとめ	廃棄物Dv 核サ研基盤 技術研究開 発部		廃棄物D
(5)処分安全評価 に係る知見の整 備		①処分安全評価のデータ整備	多様な事故廃棄物を対象に、特に核種移行への影響が大きいと想定される影響要因に対して、国内外の既往の知見の調査を行うとともに、ゼオライトやセメント系材料等と核種の相互作用に関する基礎データを取得し、それらを核種移行データベース(従来の処分研究で整備)として整備する。 また、燃料デブリ等自体の想定される性状に加え、海水成分、ホウ素、コンクリート材料等の可能性のある共存物等が、デブリからの核種の放出、バリア材中の核種移行挙動に影響を及ぼす可能性のある因子について、国内外の既往データやモデル等の調査、代表的な核種と影響要因に着目したデータ取得、およびデータベースの整備を実施する。	これらの知見をもとに、ピット処分や余裕深度処分が想定される代表的な事故廃棄物を対象に、廃棄体からの核種放出や核種移行に関するパラメータ設定を段階的に整備し、2017年度取りまとめ等に反映していく。	2017年度取りまとめ、2021年度取りまとめ	廃棄物Dv 核サ研基盤 技術研究開 発部		廃棄物D
		②安全評価の信頼性向上に係る開発	処分概念、設計・レイアウト等の想定とその特徴に応じた柔軟な核種移行解析の実施及び効率的な結果の比較等を実施できるように、以下に示す既存の核種移行解析ツールのユーザーインターフェイス等の改良や機構内で解析を実施するための解析環境の整備を行う。 低酸素雰囲気において、損傷した原子炉格納容器等に使用される考えられる金属(ステンレス鋼、ニッケル合金等)などのガス発生速度や腐食速度等のデータを取得・整備する。	処分概念、設計・レイアウト等の想定とその特徴に応じた柔軟な核種移行解析の実施及び効率的な結果の比較等を実施するための解析環境の整備を行う。 また、損傷した原子炉格納容器等の金属廃棄物を地層処分した場合に、金属の腐食にともない水素ガスが発生する可能性がある。水素ガス発生による処分施設の核種閉じ込め性能への影響を評価するために金属のガス発生速度や腐食速度に関するデータ取得を行う。	2022年	廃棄物Dv 核サ研基盤 技術研究開 発部		廃棄物D
		③人工バリア材の高度化開発	セシウムのパッチ式の取着試験や拡散試験等を実施し、人工バリア候補材となるセシウムの移行遅延性能の高い材料を開発する。さらに、処分容器材料として高い耐食性が期待できる金属材料の腐食試験等を実施し、超長寿命の処分容器概念を構築する。	事故廃棄物の処分における安全性を高めるため、放射性核種の閉じ込め性能が高い人工バリア材料や処分容器の開発を行う。	2022年	廃棄物Dv 核サ研基盤 技術研究開 発部		廃棄物D
		④新規処分概念の検討	産廃等で実績がある水面埋立方式を低濃度で多量な瓦礫類への適用を想定し、海底土や汚染水等の利用を考慮した処分概念の技術的成性及び安全性の確認を行う。	1Fの廃止措置においては、通常の原子炉の廃止措置よりも大量の解体瓦礫が発生すると予想される。多くの瓦礫の汚染レベルは低いと予想されることから、これまでのトレンチ処分の代替として、処分場の有効活用を考えた新しい概念の検討に反映する。	2018年	廃棄物Dv バックエンド 部門廃棄物 対策・埋設 事業統括部		廃棄物D
(6)安全評価の信 頼性向上		①スケールアップ法 の開発	測定が容易なキー核種に対する破壊測定または非破壊測定により得られる応答から、環境影響に重要な核種のインベントリーを評価するスケールアップ法を開発する。	燃料デブリの処理・処分に関する安全性評価	処理・処分に関する方針決定後			デブリD (線量G)
		②放射性セシウムの環境中変化と生体動態	環境中の放射性セシウムは水中で形態変化や濃度変化が起きていると推測され、この解明と生体動態への影響について検討を行う。今回はヒメマスの放射性セシウム濃度の変化メカニズムを解明する。	放射性セシウムの環境中形態変化と生体動態の解明		大学		福島大
(1)廃棄物ストリー ムの検討	①廃棄物ストリームの検討	廃棄物の安全かつ合理的な処理・処分を実現できる廃棄物ストリームを作成するため、廃棄物の保管から処理・処分までの一連に係る課題抽出及び優先度を評価する。既存の知見を基にした廃棄物ストリームの原案を作成し、物質収支と放射能収支を考慮しつつその詳細化を行う。	中長期ロードマップに示されている2017年度取りまとめに向けて、候補を論拠とともに示す。	2017年度取りまとめ、2021年度取りまとめ	廃棄物Dv		廃棄物D	

# 廃炉に関する基礎・基盤研究の課題リスト(案)

研究分野	研究項目	研究課題	概要	成果の反映先、反映方法	反映時期	実施担当	実施上の課題、連携、特記事項	記載部署	
○研究開発成果の統合		②デブリ処置シナリオ							
	(2)事故廃棄物情報管理ツールの開発	①研究開発用情報管理ツールの開発	廃棄物の保管管理及び処理・処分円滑な推進並びに安全規制制度の整備に資するよう、ユーザーが利用しやすい環境でデータ及び情報を管理・活用できる情報管理ツールを開発する。	中長期ロードマップに示されている2017年度取りまとめに向けて、プロトタイプ構築を行う。	2017年度取りまとめ、2021年度取りまとめ	廃棄物Dv		廃棄物D	
	(3)解体作業時のダスト対策	①ダスト発生量評価							
		②ダスト対策							
		③安全性評価							
(4)原子炉建屋、タービン建屋汚染水処理後のダスト対策	①ダスト発生量評価	PCVの補修が完了し、原子炉建屋及びタービン建屋内の汚染水が処理され、タンク等へ回収された後は建屋壁面及び床面が乾燥し、ダストが発生する。このため、何らかのダスト発生防止又は抑制対策の開発が必要である。			大学 IRID JAEA		東北大		
(5)廃止措置シナリオ評価		<u>「廃止措置等ロードマップ」や「技術戦略プラン2015」に示された幾つかの選択肢に対して、より具体的な作業シナリオ(成功パス)を想定し、その特性を明らかにするとともに作業シナリオに存在する様々なリスク(特に、工程遅延、災害など)を評価し、最もリスクの低い作業シナリオを選択する手法を開発する。</u>			福井大・柳原	福井大廃止措置プログラム(廃止措置技術研究)	福井大		
<b>【廃炉技術の基盤となる研究開発】</b>									
○廃炉工程を大幅に改善する可能性のある代替的イノベーション研究	(1)ミュオン粒子等を活用した可視化等の要素技術	①ソナーによる水中デブリ探査技術の開発	プロファイリング(マルチビーム)ソナーを既存ロボットまたはROV(遠隔水中ロボット)に搭載し、深く水没している燃料デブリの位置と性状を効率的に明らかにする技術を開発する。	水没燃料デブリの位置・性状把握のためのソナーに関する基礎基盤データ取得	日英共同研究(~2017年度末)	CLADS 大学 海技研	海上技術安全研究所、東京工業大学、東京大学、マンチェスター大学(日英共同研究パートナー)などに期待	デブリD (線量G)	
	(2)放射性物質の分析・測定	①難測定核種等迅速分析技術の開発	レーザー共鳴電離質量分析法を基本として、イオントラップ冷却、SIMS等と組み合わせ化学分離、同重体干渉の無い、迅速分析技術を提供する。 ・同重体障害・長寿命核種、ファルファ・ベータ核種(Ni, Mo, Sn, Cs, Zr, U, Pu等) ・アバundance感度を要する核種(Sr, Ca等)。Srについては、文科省イニシアティブで今年度まで実施。90Srを用いた実証が必要。 ・固体試料、微粒子試料への展開	・廃棄物迅速分別技術、処分時イベントリー評価 ・ホットセル、グローブボックス内機器整備(高度化機器)への反映	デブリ・廃棄物取り出し開始後(2021)廃棄物取り出し中(2030-2040)		CLADS 大学	連携先に限られる。名古屋大学、工学院大学、東京大学、徳島大学、東北大、他	デブリD (分析G)
		②分析・測定技術の高度化開発	・レーザー共鳴電離質量分析とイオントラップレーザー冷却分光法を組み合わせた、超高感度分析手法の開発(文科省原子力イニシアティブで今年度まで) ・ロングパルスレーザー、マイクロ波支援レーザー発光分光法によるLIBSの高分解能化・感度化(文科省廃炉加速化プログラムで実施中) ・SIMSとレーザー共鳴電離質量分析法を組み合わせた、高空間分解能・高感度・高質量分解能分析手法の開発	・デブリ取り出し、炉内解体時の炉内モニタリング高度化 ・炉解体時の炉外不明物簡易分析高感度化(試料移送前検査等) ・廃止措置時における環境安全モニタリング	デブリ取り出し準備(2019-2020)デブリ取り出し作業(2021-2040)建家除染・解体(2040-)		CLADS 大学	連携中:京都大学、イマジニアリング(株)(廃炉加速化プログラム) 東京大学(原子力イニシアティブ) 今後連携:名古屋大学、工学院大学 計画中:名古屋大学、工学院大学	デブリD (分析G)
		③放射線に関連する原子核物理学	原子核物理学の理論的側面から特に、セシウムやストロンチウム等の原子核から放出される放射線のシミュレーションを行うことで、新たな放射線計測技術の開発を進める。	廃炉作業全般における放射線の計測・監視			大学		福島大
	(3)放射性廃棄物の減容化に資する技術	①ゲル薄膜塗布技術及び天然鉱物を利用したCs, Sr同時回収・固定化技術	ゲル薄膜塗布技術を用いたCs, Sr同時回収技術の開発を行う。また、CsおよびSrを吸着した天然鉱物の固定化技術を開発する。さらに、芝浦工大と連携して廃棄ゼオライトの固形化に関する研究を行う。	汚染水処理及び汚染水処理により生じた2次廃棄物の処理	2018年以降適宜		東工大	東工大・廃止措置プログラム(東工大、芝浦工大)	東工大
		②木質バイオマスの活用	樹木の放射性セシウムの動態把握と除去法の開発を行い、木質バイオマス等による木材の活用化を目指す。また、放射性セシウムの吸着効率の高い有機吸着剤等の開発検討を行う。	木材等を有効活用することで廃棄物の総量削減			大学		福島大
		③土壌からの放射性物質の除去	土壌からの放射性物質、特にセシウムをリン酸水素カリウムと混合し、熔融状態にしてセシウムを除去可能であり、塩の混合により融点を下げる検討と分離技術の開発検討を行う。	土壌から放射性セシウムを分離し廃棄物の総量削減			大学		福島大
		④テクネチウムの性能評価	放射性廃棄物中に存在するテクネチウムの有効活用のため、他分野に利用可能なRI錯体の合成や計測法開発を行う。	放射性廃棄物中の有用元素であるテクネチウムの有効活用			大学		福島大
	(4)遠隔操作機器・装置の開発に資する制御・通信等の基盤的な要素技術	ホットラボ用の遠隔操作による試験法及び遠隔操作機器の基盤技術開発	ホット試験用の小型の遠隔操作機器用技術の研究開発(デブリの切削性評価などのホット試験法開発、モックアップ機器の製作を含む)				福島高専廃止措置プログラム	福島高専 (長岡、都立高専など)	
	(5)代替取出し法に係る課題の検討	①燃料デブリ冷却評価技術	代替法としての空冷によるデブリ冷却評価の構築、乱流自然対流での冷却モデル開発、熱流動模擬試験	(a)完全気中工法でのデブリ取り出し計画策定に知見提供	冷却能力評価解析(2018)		CLADS 基礎工	評価手法、コード開発に関して大学との連携を検討	事故進展D
		②代替遮蔽材の検討	代替法としての固体ボール状遮蔽材による燃料デブリ遮蔽	(a)固体ボール状遮蔽材によるデブリ取り出し計画策定に知見提供	??		大学	長岡技科大	事故進展D
	(6)処分場概念の検討								
	(7)遮水材開発								
○廃炉作業や研究開発を確実に円滑に進めるため、学術的な視点で現象や知見やデータを提供研究	(1)PCVや注水配管等の防食と長期寿命予測技術の基盤構築	①鋼構造物腐食に関する長期寿命予測技術および防食技術の開発	・炭素鋼は環境によって腐食形態が大きく変わるため、実機の環境に即した長期健全性を評価するためのデータベースを構築する。 ・上記を踏まえて長期寿命予測技術および防食技術を開発する。			大学 IRID JAEA		東北大	
	(2)燃料デブリやFP等の放射性物質の基本的特性の把握等	①燃料デブリ-コンクリート系の相関係と放射性核種溶出挙動把握	燃料及び被覆管の主成分を含む模擬デブリとセメント粉末の系について還元雰囲気下での高温反応による生成物の性状を評価するとともに、それら生成物の核種溶出挙動を定量化する。	中長期ロードマップに示されている「固体廃棄物の処理・処分における安全性の見直し確認」へのウラン、ジルコニウムおよびセメントの固溶についての知見提供	2021(HP SW-2)	大学	東北大	東北大	
	(3)人工バリア設計	①セメント系材料によるウラン化学種閉じ込め効果を考慮した人工バリアの設計 ②処分環境に留意したウラン化学種の整理	処分冠水環境において劣化するセメント系材料へのウラン核種の相互作用を評価し、それを踏まえた合理的な人工バリアを設計する。	中長期ロードマップに示されている「固体廃棄物の処理・処分に関する基本的な考え方の取りまとめ」および「固体廃棄物の処理・処分における安全性の見直し確認」に向けて、核種閉じ込め性能の高度化に資する新たな人工バリアの提示	2017(HP SW-1)および2021(HP SW-2)		大学	東北大	東北大
	(4)土中の核物質移行挙動	①不飽和帯における核種移行評価手法の高度化	Cs-137などの地下水によって完全に飽和していない浅地中での核種移行評価モデルを高度化する。	中長期ロードマップに示されている「固体廃棄物の処理・処分における安全性の見直し確認」への知見提供			大学	東北大	東北大
	(5)核物質付着挙動	①高温デブリ物体から発生するエアロゾル挙動の解明	模擬燃料、ステンレス、ジルコイ、単価ホウ素などから模擬デブリを作製したうえで、高温状態に保ち、そこから発生するエアロゾルに対して、粒度分布、壁等への沈着に関する速度論的な観察を行う。	シビアアクシデント時のプラント内で種々のエアロゾルがどのような動力学で沈着・脱離を繰り返す、飛散したかを明らかにすることで、炉心・建屋内の線量分布の構成状況を検討する際に活用する。	2018年以降適宜		東工大	東工大	

## 廃炉に関する基礎・基盤研究の課題リスト(案)

研究分野	研究項目	研究課題	概要	成果の反映先、反映方法	反映時期	実施担当	実施上の課題、連携、特記事項	記載部署
	(6)事故時及び作業過程で損傷を受けた構造物(構造材料)の限界強度推定	①格納容器、ベデスタル、圧力容器、炉内残存機器、損傷を受けた冷却プール内燃料集合体などの損傷を受けた機器(材料)の通常の構造設計基準での強度を超える領域での限界強度の推定法開発の基盤形成	事故前の照射損傷(He等の核変換生成物の影響を含む)、事故時の熱影響や変形及び廃炉作業中の損傷により、炉構造物の強度特性変化の範囲を模擬的な実験やサンプリングにより推定し、エネルギー生産に使用しないことを前提に、原子力機器の構造設計基準を超える条件下での構造物の残存強度を推定するための模擬材料などの強度評価と簡単な構造物の試験による残存強度設定法の検討	廃炉作業中に加わる、地震動、作業時の負荷(格納容器への遮蔽用の水による負荷)などを安全に加えられる限界を推定し、合理的な廃炉作業方法の範囲を拡大するしゅほうの基盤形成	部分的に2017年から検討(福島高専Gでの廃止措置プログラムに一部が含まれる)	福島高専など	福島高専の廃止措置プログラムに部分的に含めれる	福島高専
○顕在化していない課題を発見・抽出し廃炉作業や研究開発に提案することを目指す研究	(1)土壌、木材等に沈着したCs、Srの溶離とその処理	①セルロース分解性イオン液体を用いた汚染木材等の除染法の開発	セルロース分解能を有する親水性イオン液体を用いた多量にある汚染木(枝葉部)・木材系廃棄物の除染法の開発を東工大、東海大が共同して目指す。これにより、1F近辺の伐採木一時保管槽に保管されている汚染物の除染を可能にし、1F環境の整備に貢献する。東工大のホット実験施設を利用して研究を行う。	汚染された木材等、セルロースを含んだ廃棄物の除染	2018年以降適宜	東工大	東工大・廃止措置プログラム(東工大、東海大)	東工大
		②水熱分解法による汚染土壌・焼却灰処理技術	水熱分解法による粘土からの強吸着性Csの脱離機構を解明し、汚染土壌・焼却灰の効果的な処理技術を開発する。	汚染土壌及び焼却灰の除染	2018年以降適宜	東工大	東工大・廃止措置プログラム	東工大
		③フェリシアン系吸着剤によるCs回収技術開発	フェリシアン系吸着剤のCs吸着機構を解明し、Csの効果的な吸着技術を開発する。	汚染水からのCsの除去	2018年以降適宜	東工大	東工大・廃止措置プログラム	東工大
		④プラズマを用いたヨウ素、セシウム捕集技術開発	大気圧マイクロ波放電法により生成したArプラズマを用いて、放射線物質を含む試料を単段階で、微量のヨウ素化合物からのヨウ素の単離、捕集する手法の確立を目的としている			福島工大・砂川	福島大廃止措置プログラム(プラズマを用いたヨウ素、セシウム捕集技術開発)	福島大
○事故炉廃止措置時のリスク管理研究	(1)潜在リスクの抽出	①事故炉廃止措置時における潜在リスクの体系的抽出手法の開発	・事故炉廃止措置時における潜在リスクを体系的に抽出し、その対応策を検討する。			大学 IRID JAEA		東北大
	(2)リスク管理の基本的考え方の整理	①事故炉の廃止措置に当たって踏襲すべき原則、基本的考え方等の整理	・事故炉廃止措置時におけるリスク管理において遵守すべき原理原則や基本的考え方等を整理し、事故炉廃止措置時におけるリスク管理の基盤を構築する。			大学 IRID JAEA		東北大
<b>【労働安全に資する研究開発】</b>								
○偶発的に内部被ばくした作業員の被ばく評価と健康管理に貢献する研究	(1)偶発的に摂取した放射性物質の人体内での挙動と人体への影響	①偶発的に摂取した各種の放射性物質の人体内での挙動予測技術	・事故炉周辺の野生生物(哺乳類)の標本を収集、分析し、放射性物質の野生生物体内での挙動を予測、評価する。 ・上記の分析、評価結果に基づき、人体における放射性物質の挙動について予測、評価する。			大学 JAEA		東北大
		②偶発的に摂取した各種の放射性物質の生体内の挙動による人体への影響評価技術	・事故炉周辺の野生生物(哺乳類)の標本を用いた調査研究の成果やそれに基づく人体における放射性物質の挙動に関する研究成果を踏まえ、放射性物質の挙動による人体への影響を評価する。			大学 JAEA		東北大
	メンタルな領域を含む環境が作業安全に与える影響の評価	作業に関わる人員の生活サイクル全般を視野に入れた作業環境と作業安全の関係	士気などのメンタルな事柄を含む作業に関わる人員の生活サイクル全般を視野に入れた場合での、作業環境と作業安全の関係の評価し、安全性向上に資する方法を検討する				福島高専廃止措置プログラム	福島高専 (奈良高専など)
<b>【廃止措置・廃棄物処分の社会受容性に関する研究】</b>								
○市民との対話に基づく社会的受容性醸成の実践	(1)時間をかけた対話の環境の段階的な形成および対話の対象とするステークホルダーの検討	①課題整理と対話の対象とするコアグループの形成に関わる実践研究	地域毎のフォーカスグループインタビュー(Focus Group Interview: FGI)の実施による信頼性向上への寄与、対話の場の形成	中長期ロードマップに示されている固体廃棄物の処理・処分における安全性の見通しを如何にステークホルダーに伝達するかについて、基本的な知見を実施主体へ提供	2021(HP SW-2)	大学	東北大	東北大