

研究開発評価課題 「原子力基礎工学研究」に関する 第4期中長期計画における 第2回事前評価

燃料・材料工学研究

第3期中長期計画の総括：

再処理機器材料腐食挙動、事故時FP化学挙動等についての原子力燃料材料の特性データベースやモデルを構築して公開し、事業者・規制者等による設計・安全性評価のための根拠データや知見として提供した。

目指すもの：（第4期終了時にあるべき姿）

1. スマート技術等開発
2つの影響因子（「環境」と「照射」等）が重畳した条件を模擬／再現した実験・解析基盤技術を開発（スマート技術ver.1）
2. モデル、データベース等構築
スマート技術等を用いて、軽水炉システム安全性向上・長期利用等に対して、有用かつ革新的な知見等（モデル、データベース等）を創出
3. バックエンドや革新炉等を視野に入れた新規研究開始
減容化・有害度低減基盤技術等を改良・応用し、軽水炉サイクルに係る分離技術や革新炉用新型燃料に関する新たな基礎基盤研究に着手
4. シミュレーション技術開発
得られた知見等に基づくシミュレーションを行うことにより、成果の価値を向上させ、燃料材料のDX化を推進
5. 成果実装化（原子力安全性向上、減容化・有害度低減、1F廃炉支援等）
実装化への成果デリバリーの仕組みを定着させ、成果を事業者等のニーズに応じて継続的かつタイムリーに提供

原子カインノベーションに向けた取組

得られた成果を最大限に活用する為に、ニーズに対応した研究開発成果を産業界や大学と連携してエネルギー利用以外の異分野連携等のスピンオフ研究にも適用し、新たな原子カインノベーションの創出を目指す。

連携先（現時点）：

- 筑波大学、(株)コベルコ科研：溶液近似第一原理計算を用いた金属材料腐食メカニズム解明による、実験測定データを必要としない腐食計算フレームワーク構築の検討
- 東京工業大学：高温酸化薄膜の抵抗変化計測技術（特許共同出願）を応用した酸素濃度変化検知センサについて、適応環境の多様化や応答性向上による実装化の検討
- 民間メーカー：窒化物燃料基盤技術を活かした軽水SMRへの窒化ウラン燃料適用検討
- (株)花王：セシウム付着挙動評価技術を活かした、界面活性技術による放射性物質除染材の開発検討
- 未定：溶媒抽出技術による元素分離技術の適用を通じた技術の展開を検討中

【実施内容：原子力科学技術に係る基礎基盤研究】

「燃料材料のシミュレーション技術開発と実験的な基礎データ拡充のためのスマート測定技術開発並びに計算モデルの妥当性検証を行う。成果を軽水炉システムの安全性向上や分離変換技術に関する基盤技術の高度化、東京電力福島第一原子力発電所（1F）事故の中長期的課題への対応、SMR 等の革新炉開発の各分野の応用研究開発の加速に貢献する。」

- 1. スマート技術等開発
 - ✓ 2. モデル、データベース等構築
 - 4. シミュレーション技術開発
- 軽水炉システム材料腐食挙動：軽水炉システム特有の条件（放射線場、高温水、沸騰硝酸等）における腐食予測技術高度化（「環境」と「照射」の影響因子重畳）
 - ✓ ATF被覆管、再処理機器材料等の腐食予測モデル構築
 - 材料寿命評価に資する長時間腐食予測シミュレーション
- 原子炉構造材料の劣化挙動：高エネルギー粒子線照射下での材料への応力負荷条件における構造材特性変化等評価手法の開発（「照射」と「応力」、「照射」と「環境」等の影響因子重畳）
 - ✓ 重畳影響が材料特性へ与える影響に関する知見取得



P.13

【実施内容：原子力科学技術に係る基礎基盤研究】（続き）

- 1. スマート技術等開発
 - ✓ 2. モデル、データベース等構築
 - 4. シミュレーション技術開発
- 燃料物性：レーザー融点測定装置等高度な物性評価手法の開発
 - ✓ 窒化物燃料、燃料デブリ等の物性データベース拡充
 - 窒化物燃料（固溶体型/粒子分散型）やATF等の燃料ふるまいシミュレーション
- FP挙動：高温ラマン測定装置等によるFP化学挙動評価手法の開発
 - ✓ 軽水炉事故時後期や廃炉に係るFP化学挙動データベース拡充
 - 事故解析コード等によるFP性状予測シミュレーション
- MA分離抽出剤特性・劣化挙動：照射試験、計算化学等を組合わせた評価手法開発
 - ✓ 抽出特性評価や溶媒劣化モデル改良、新規抽出剤概念提示
 - 分離フローの構築や分離能力評価のための溶媒抽出シミュレーション
- 窒化物燃料乾式再処理プロセス技術：電気化学・化学反応挙動予測、蒸留窒化法のスケール効果評価等
 - ✓ 関連熱力学データ、プロセス機器概念設計に資する知見等



P.14

【実施内容：原子力科学技術に係る基礎基盤研究】（続き）

「燃料材料のシミュレーション技術開発と実験的な基礎データ拡充のためのスマート測定技術開発並びに計算モデルの妥当性検証を行う。成果を軽水炉システムの安全性向上や分離変換技術に関する基盤技術の高度化、東京電力福島第一原子力発電所（1F）事故の中長期的課題への対応、SMR 等の革新炉開発の各分野の応用研究開発の加速に貢献する。」

3. バックエンドや革新炉等を視野に入れた新規研究開始

- ✓ 分離技術の既存再処理プロセス改良への適用検討に係る研究に着手
- ✓ 窒化物燃料や事故耐性燃料（ATF）の革新炉用新型燃料への適用や再処理法の検討に係る研究に着手

【実施内容：放射性廃棄物の減容化・有害度低減の研究開発】

「高レベル放射性廃棄物の減容化・有害度低減等のための分離変換システム構築を目指した、材料開発・燃料製造技術・分離技術の準工学規模試験実施及び実用化に向けての技術基盤の整備、知見等拡充」

1. 加速器駆動核変換システム（ADS）用材料（窓材、被覆管）開発

- ✓ 系統的な材料腐食特性データの取得と、保護皮膜形成の最適酸素濃度条件の探索等による防食技術開発を目指し、ADS運転条件を模擬した環境での高温Pb-Bi冷却材（LBE）中の材料腐食試験等を実施
- ✓ 照射特性データ拡充のため、国際協力の活用による試験炉照射とイオン照射による代替照射データ取得を実施

⇒ P.15

2. 窒化物燃料製造技術開発

- ✓ レーザー融点測定技術のTRU試料への適用及びゲル化技術のTRU実証を目指し、それぞれグローブボックス内設置用装置を設計・製作
- ✓ 燃料ふるまい解析コードの精度向上に不可欠な照射試験を目指し、「常陽」での照射試験用燃料の仕様を検討して燃料作製を開始

⇒ P.16

3. MA分離・乾式再処理技術開発

- ✓ MA分離技術の準工学規模試験に向けたSELECTプロセスの改良及び高度化のため、抽出分離及び溶媒劣化に関する基礎データの拡充ならびに工学的データの取得を実施
- ✓ 乾式処理技術の準工学規模試験に向けて、湿式処理法による分離回収技術との技術的な比較を可能とするため、溶融塩中の化学溶解を利用したプロセスに重点を置いて各種不活性母材（ZrN、TiN）を含んだMA核変換用窒化物燃料に対する技術開発を実施

⇒ P.17

⇒ P.18

【原子力の安全性向上のための研究開発】

「ステークホルダーとの対話を通じた軽水炉等の安全性・経済性向上に関する課題・技術開発ニーズを把握し、機構内外との連携による基盤技術開発及び適用性検証を実施」

アウトカムと想定研究テーマ ⇒ 今後事業者等との意見交換によりニーズ把握：

- 事故耐性燃料（ATF）
事業者による早期の実用化（最速でCrコーティング被覆管燃料の2030年代前半）を目指した開発への貢献として、原子炉内照射時や事故時のふるまい評価による燃料設計・安全性評価や燃料頑健性に係る知見等の提供（具体的な達成目標等の事業者等との意見交換実施中）
- 軽水炉高経年化対応
軽水炉の長期利用において課題となる事項への対応として、炉内構造物応力腐食割れや高照射量での照射特性等のメカニズム解明による知見の提供等
- 再処理機器材料
六ヶ所再処理施設再稼働時のリプレイス材選定への貢献として、長期間の腐食予測データ等の科学的根拠や知見の提供
- 軽水炉事故時のFP挙動評価
定期的な安全性向上における合理的なソースターム評価への科学的根拠や知見の提供

1. 事故耐性燃料（ATF）開発

- ✓ イオン照射等による代替照射技術開発による照射時ふるまい評価や、設計基準事故（冷却材喪失事故）時の被覆管破損メカニズム解明のための基盤研究を実施

 P.192. 継続的な事業者等ニーズの把握による新規研究開始

- ✓ 事業者等に加えて、規制者・関連国内外研究所等との意見交換や、関連プロジェクト等への参加を通じてニーズ把握に努め、新規研究に着手することを目指す

【実施内容：1F廃炉支援】

「東京電力福島第一原子力発電所（1F）の廃止措置等の安全かつ確実な実施に貢献するための基礎基盤研究として、燃料デブリの分析と事故事象の解析・評価による炉内状況の推定に資するためのデータ、モデル、知見等をCLADS等へ提供」

福島部門等のニーズ把握に向けた意見交換を継続的に実施し、適時・適切な達成目標を設定して研究を進める。以下に実施内容調整中の研究テーマ案を示す。

1. 1F環境下での構造材等健全性評価

- ✓ 1F特有環境（海水混入、放射線場(α 線、 β 線、 γ 線の線種影響)) を考慮した構造材料の腐食挙動基礎データ取得と防食技術の開発

2. 燃料デブリ分析及び炉内状況等評価

- ✓ 東電/NDFのニーズに応じて原科研での1Fデブリサンプルの受入・分析を他拠点/民間と協力しながら着実に進める（原科研内取りまとめ業務）
- ✓ 燃料デブリ性状データを取得・整理して大熊分析センターでの分析や本格的なデブリ取出し開始に貢献する。
- ✓ 1F燃料デブリの溶解分析技術を開発し、燃料デブリ分析に貢献する
- ✓ 1Fシールドプラグにおけるセシウム濃集等、事業者・規制者双方にとっての共通課題に対応するため、濃集セシウムの付着性状や水への溶出等の評価を行う

第4期中長期計画の実施計画

テーマ	達成目標	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10
原子力科学技術に係る基礎基盤研究	軽水炉システム材料の腐食・劣化挙動評価のための代替照射/スマート測定技術(SMiRT)の開発、モデル等構築(交付金にて実施)	代替照射/スマート測定技術、燃料物性・FP挙動評価用高度分析技術、分離プロセスに係る分析技術等の開発			材料腐食挙動、燃料物性・FP挙動、分離溶媒の劣化挙動等のモデル構築、腐食予測シミュレーション実施			
放射性廃棄物の減容化・有害度低減の研究開発	○ADS用材料開発 ○窒化物燃料製造技術開発 ○MA分離・乾式処理技術開発 ⇒ADS機器開発、プロセス設計に反映(交付金にて実施) 事業者等ニーズに応じて再処理施設稼働に係る研究に着手	ADS運転条件を模擬した環境下での系統的な材料特性データ取得(高温Pb-Bi中材料腐食試験、国際協力等を活用した照射データ取得)						
		融点測定やゲル化技術開発、ふるまい解析やセル内機器設計製作による常陽での照射試験検討				TRU実証試験機の設計、製作、実証試験、照射試験用燃料作製		
		抽出特性評価・溶媒劣化機構の解明、抽出シミュレーション高度化、乾式処理技術試験等				抽出分離フローの構築と分離能力評価、乾式処理プロセス成立性評価		
原子力の安全性向上のための研究開発	ATF照射特性評価等、軽水炉安全性向上等に係る達成目標を事業者ニーズに応じて設定(外部資金等にて実施)	ATFの照射時や事故時の被覆管等堅牢性評価に関する基盤研究 国/事業者等からのニーズに応じて実施						
1F廃炉支援	燃料デブリ分析等に係る達成目標を福島部門からのニーズに応じて設定(交付金にて実施)	1F環境下での構造材健全性評価、燃料デブリ分析及び炉内状況評価等に係る研究を、福島部門からのニーズに応じて実施						

研究テーマの選定

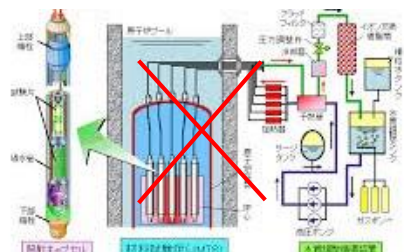
- 照射試験技術/PIE/ホット実験技術基盤を維持(復興)して継続的に成果を創出するための「革新的原子力システム研究開発(デジタルツイン+)」としてスマート(SMiRT)技術開発を設定
- デジタルツイン+を通じて開発した技術の適用性検証(アウトカム)として「原子力の安全性向上のための研究開発」を設定。また、「放射性廃棄物の減容化・有害度低減の研究開発」に係る研究項目設定
- 1F廃炉支援は、福島部門からのニーズに従い実施

実施計画項目	第3期中計での成果（見込み）	アウトカムへの貢献 【】内：第4期中計の成果展望
原子力科学技術に係る基礎基盤研究	<ul style="list-style-type: none"> ● Np共存やプロセス条件の影響を考慮した高レベル廃液濃縮缶の腐食モデル構築 ● SUS-SCCに与える低温・長時間熱時効の影響についての物理モデル構築 ● 原子炉構造材すき間部の腐食環境解明 	<ul style="list-style-type: none"> ● 六ヶ所再処理施設運転時の材料経年変化対策（機器腐食限度）【代替照射／スマート測定技術開発】 ● 材料腐食・劣化挙動解明による機器・材料健全性評価への基礎的知見【同】 ● 海水混入軽水炉再稼働への知見【同】
放射性廃棄物の減容化・有害度低減の研究開発	<ul style="list-style-type: none"> ● 各種イオン（核反応生成ガス重畳影響含む）照射試料の材料特性データ取得 ● Pb-Bi中酸素濃度・温度依存の構造材（被覆管、窓材）腐食予測式 ● 窒化物燃料物性データベース（DB）、窒化物燃料基本製造技術、窒化物用ふるまい解析コード ● MA抽出分離フロー基本形構築と実廃液による実証（約0.3gのMA回収） ● 乾式処理プロセス性能目標達成（MA 99.9%回収、及びMA中のRE不純物 5wt%以下）のための条件提示 	<ul style="list-style-type: none"> ● ADS被覆管、窓材等機器設計成立性評価への反映【重畳条件（照射、液体金属中腐食）の影響解明】 ● 窒化物燃料設計のための基準案、根拠データ【TRU実証試験機の設計、製作、実証試験、照射試験用燃料作製】 ● MA抽出分離フロー構築【準工学規模試験に向けたデータ拡充と分離能力評価】 ● 乾式処理プロセスの仕様確定【プロセス成立性評価、湿式との比較検討】
原子力の安全性向上のための研究開発	<ul style="list-style-type: none"> ● ATF被覆管材料の事故時等挙動データ取得 ● FP化学挙動DBと、DB組込みSA解析コードを用いた実機解析手法構築 	<ul style="list-style-type: none"> ● ATF装荷軽水炉の安全性評価への基礎的知見【LOCA時の被覆管破損・FP放出モデル開発と解析コード改良】 ● 事故後期放出FPの影響評価等によるソースタム精度向上【FP化学挙動DB拡充と解析モデル改良】

①代替照射技術

照射試験炉等による確証のミニマム化

イオン、 γ 線等の照射による材料の腐食・照射劣化等モデル構築

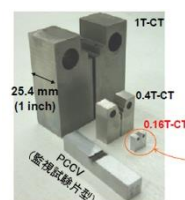
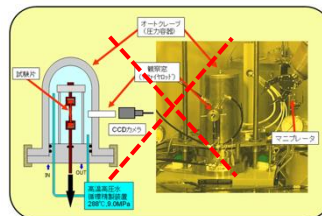


イオン照射等により原子炉照射を代替

②その場／高度測定技術

「その場」での多角的かつ系統的なデータ取得

微小照射試験片*を用いた、in-situ測定による影響因子評価手法の高度化

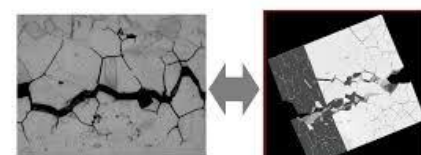


*試験片微小化により高度分析装置の利用を可能とする

③シミュレーション技術

データの解析・評価によるモデル化

機構論的シミュレーションを用いて重畳効果を評価し、マルチスケールに対応させる



BWR炉心シュラウドで観測された応力腐食割れの形状
メソスケールモデル(力学的モデル)による3次元粗さ割れ形状

照射影響が現れる材料側、環境側の個別データを統合した腐食・劣化挙動予測

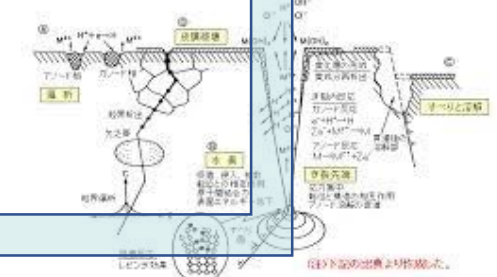
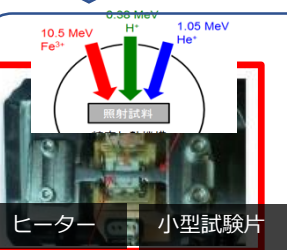


図3 応力腐食割れに関する様々な過程

①②の評価データから機構論モデルを構築

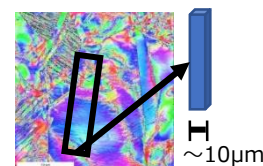
課題：V&V ⇒ 試験数の大幅削減が見込めるものの、最終的な試験炉照射が必要



イオン照射下引張試験

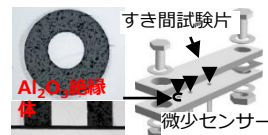


γ 線照射環境試験



特定部位(イオン照射)をFIBで微小試験片に加工

微小試験片評価技術



微小センサーを用いたin-situ測定

微小領域環境評価技術

課題：線種の違いや複合線種の効果等の評価 ⇒ 機構論的計算シミュレーションの援用等

課題：微小化の影響(スケール効果)による結果の妥当性評価 ⇒ 測定精度の高度化。同時/in-situ測定(TEM、AP、イオン照射下in-situ測定等)の重要性

軽水炉事故時のFP挙動評価

未来へげんき

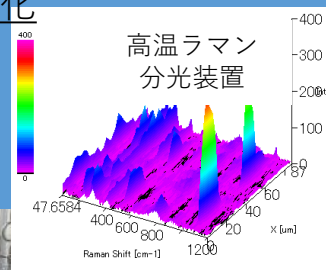
To the Future JAEA

① 現象解明・モデル化

- 化学状態分析技術
- 熱力学データ取得
- 再現／検証実験

再現実験装置

TeRRa



現象評価・モデリング



V&V・不確かさ定量化

② データベース

ECUME改良

- 化学反応速度定数
- 熱力学データ
- 要素過程モデル

Cs化学吸着・再移行、水への溶出挙動等

Reactions	A	n	Ea
IO + H → O + HI	1.1E+17	-1.57	1.75E+04
IO + H ₂ → OH + HI	5.7E+02	3.27	9.07E+04
IO + OH → O ₂ + HI	1.6E+09	0.99	2.89E+05
HOI + O → O ₂ + HI	2.0E+12	0.14	2.39E+05

化学挙動DB

ECUME

現象、挙動

化学挙動データ

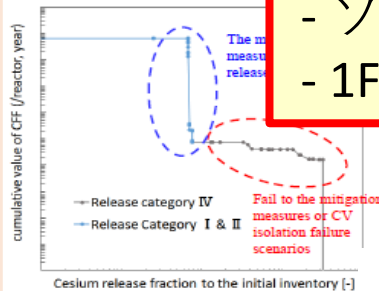
【目的・反映先】

- ソースターム評価高度化
- 1F廃炉

国内大学、花王(株)

海外研究機関
(VTT, CEA)

V&V・不確かさ定量化


ソースターム精緻化
への知見提供

1F-PCV内部
残存Cs評価

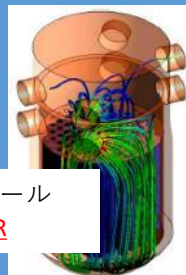
解析ツールへの
組み込み

JAEA内連携
(安全研究センター、CLADS)

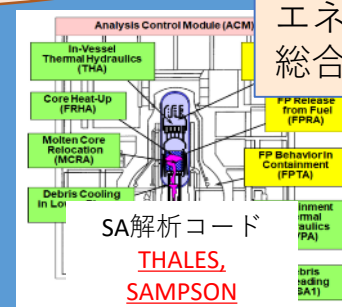
③ 解析技術開発・実験／実機解析

- SA解析コード
- CFD解析ツール

詳細空間分解能で化学挙動を
解析可能なCFD解析ツールの援
用によるSA解析コード高度化

CFD解析ツール
CHASER


FP炉内分布・性状


SA解析コード
THALES,
SAMPSON

エネルギー
総合工学研究所

連携・
協力先

ADSの概念図

陽子加速器

未臨界炉

炉心材料

加速器側
高真空

ADS炉心部の模式図

鉛ビスマス共晶合金
LBE : Lead Bismuth Eutectic

高強度陽子線

核破碎
中性子

MA添加燃料

MA:マイナー
アクチノイド

核変換

ビーム窓(隔壁) 既存鉄鋼材、革新材等

燃料被覆管

課題：ADS機器特有の複合環境影響の把握と寿命予測

①実炉環境シミュレーション

LBE環境(1)

黒：今期
赤：次期

核破碎中性子照射(2,3)

・トリプليون照射材

・MEGAPIE照射材

・PSI-STIP照射材

・BR-2照射材

・高エネルギー
イオン照射
(タンデム加速器、
サイクロトロン)

・ポット試験(静的)
・LBEループ試験(流動)

②材料損傷診断

・超微小曲げ試験

③材料損傷予測

・計算科学(He影響
液体金属脆化)

・応力下
ループ
試験

応力場(4)

・LBE中
各強度試験

・応力下照射試験

V&V

過酷な環境←実環境なし

- (1) 材料腐食環境(要抑制)
- (2) 核変換生成He/H量多い
- (3) 照射量多、温度範囲広
- (4) LBEからの応力や熱応力

アウトカム：
機器基本設計へ反映

－核変換用窒化物燃料の開発－

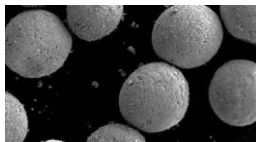
【燃料製造技術】

実燃料製造で必須のゲル化技術

- ・フード設置型装置（数十g規模）
- ・模擬物質（希土類、U）
- ・ゲル化技術習得・条件改良



ゲル化

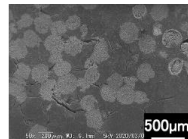


窒化物粒子

粒子分散燃料
基礎技術開発



TiN母材燃料



粒子均質分散性向上
粒子密度向上

TRU実証用
装置製作
(数g規模)



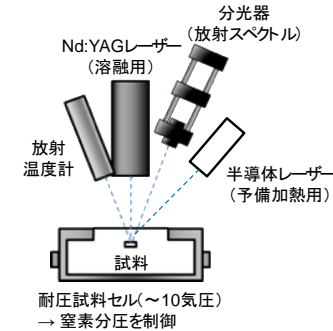
グローブボックス
(TRU試験)



Ar雰囲気セル

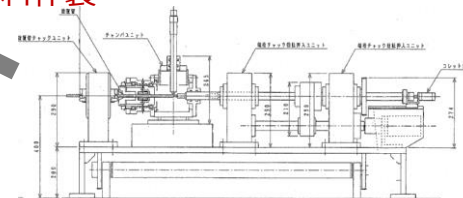
TRU試料用
装置製作

【物性・ふるまい解析・設計】

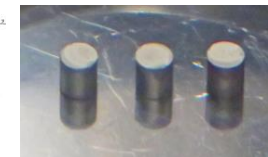


レーザー照射
融点測定装置
(模擬燃料物質)

照射試験用
燃料作製



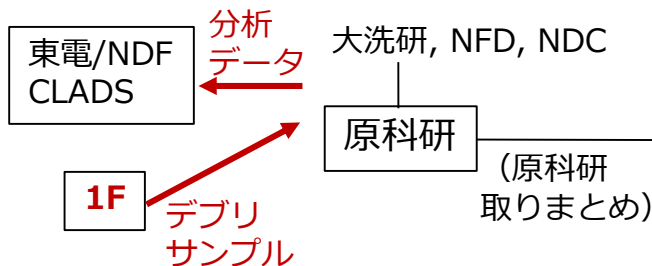
燃料ピン端栓溶接装置



ZrN母材燃料

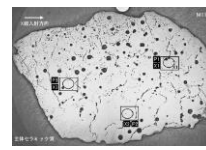
－1Fデブリサンプルの分析－

【茨城地区分析機関】



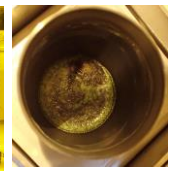
燃料試験施設（加工・固体分析）

- ・外観, 重量, 液浸密度
- ・切断
- ・包埋, 研磨
- ・XRD, 顕微鏡, SEM/EPMA
- ・硬さ



BECKY（酸溶解・溶解液分析）

- ・破碎
- ・アルカリ融解
- ・硝酸溶解
- ・化学分析
- ・元素分離
- ・同位体分析
- ・放射線分析



MA分離プロセスの改良及び高度化

未来へげんき
To the Future / JAEA

第3期で開発した「SELECTプロセス」を発展させ
MA分離技術の実用化に必要な研究開発を推進する

抽出剤の特性及び劣化に
関する基本的性質の解明

- 抽出特性の定量評価及び定式化
- 抽出剤の構造最適化、新抽出剤の開発
- 溶媒劣化影響評価、溶媒劣化モデルの構築

外部連携

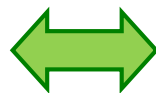
- 照射試験
- 計算化学
- 錯体構造解析

Input

✓ 計算
溶媒抽出シミュレーション
コードの高度化

- 抽出分離フローの構築
- プロセスの分離能力の算出

Validation



✓ 実験
セル、GB等における、核燃、
RIを用いた抽出分離試験

- プロセスの分離能力の評価
- 計算コードの妥当性検証

Output

Output

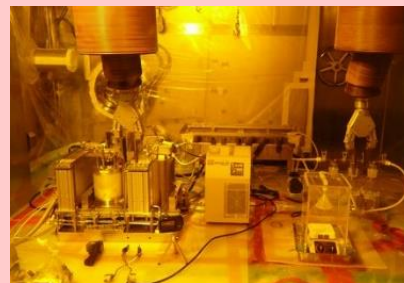
SELECTプロセスの改良及び高度化

MAの回収率及び回収量の向上 評価対象元素の拡充

実験データによって成立性が支持された実用的なプロセスの開発

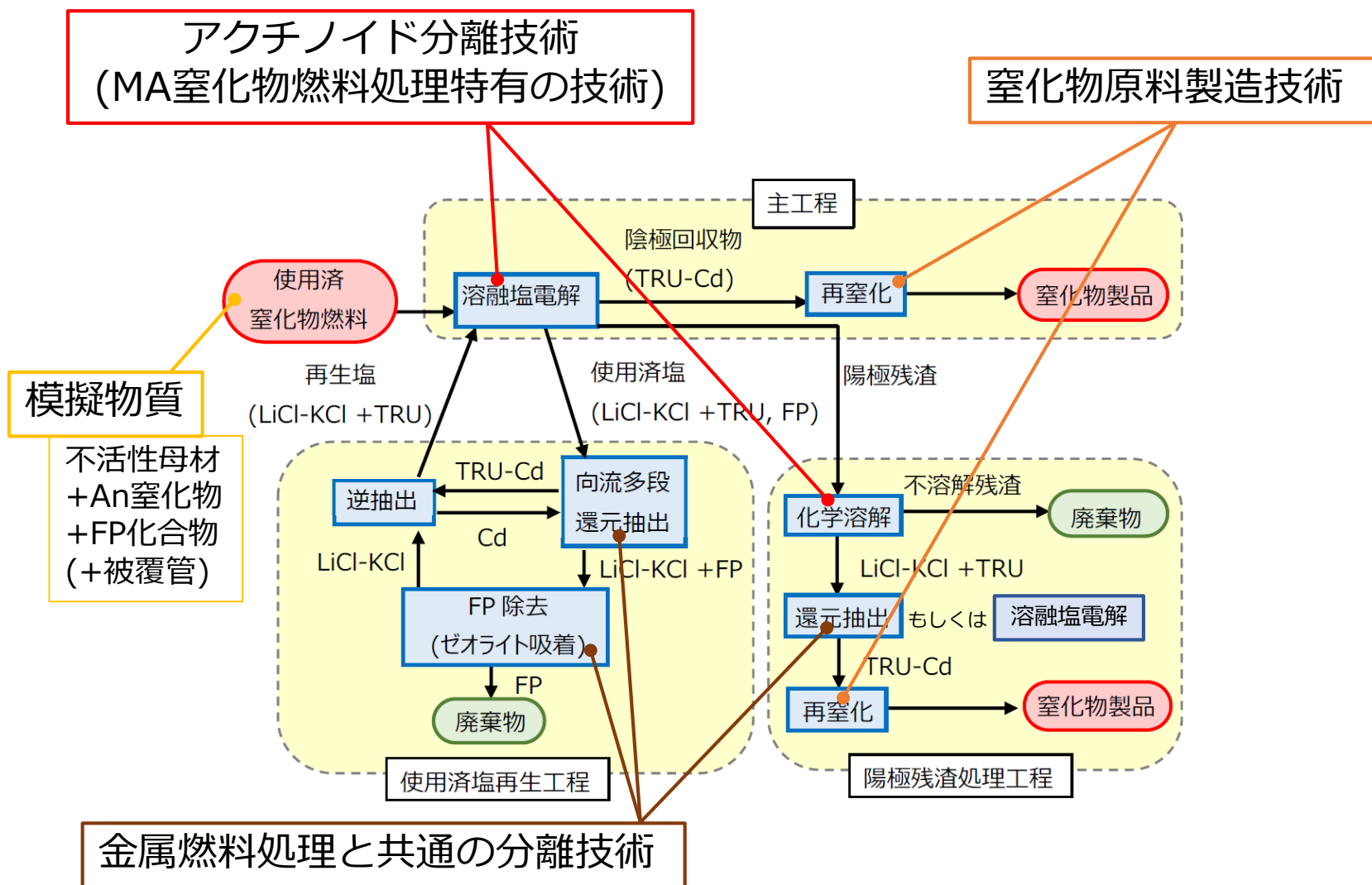
スピノフ：有用金属(貴金属, 希土類等)の回収
原子力電池用のRIの分離

- 1 F廃炉支援
→ デブリ燃料の溶解及び組成分析
- 再処理施設支援
→ 水素発生G値に関するデータ取得



核燃, RIを用いた
研究開発能力の
継承及び向上

NUCEFセル内の
デブリ溶解装置



MA核変換用窒化物燃料乾式処理技術プロセスフローとその基盤となる技術

ATF開発に資する基礎基盤研究

未来へげんき
To the Future / JAEA

アウトカム：通常運転時、事故時挙動予測を可能にしATF実用化に貢献

アウトプット：被覆管破損、FP放出挙動、ATFのLOCA挙動の知見

ATF基礎データ取得、モデル構築

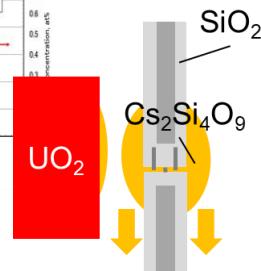
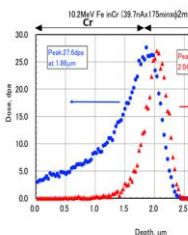
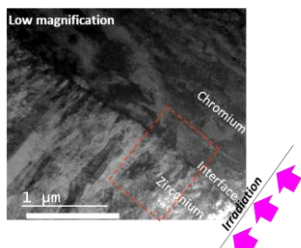
イオン照射等で照射劣化のメカニズムを検討

ATFへのFP吸着挙動解明
FP放出抑制効果の検討、
モデル構築

モデル導入

ふるまい解析コードのATF-LOCA
条件までの拡張、改良、解析

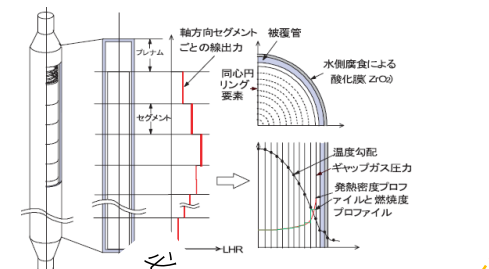
早稲田大、安全センターと連携



●SiC等ATF被覆管へのCs吸着、放出抑制の可能性を検討

比較・検証

●炉内でのATF被覆管の照射劣化予測モデルを検討



必要に応じて
修正して反映

LOCA試験

FP放出

集合体でのLOCA試験

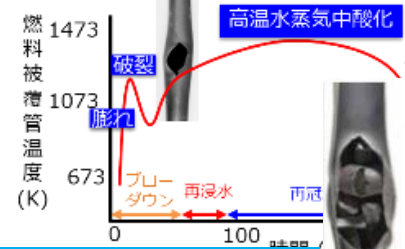
比較・検討

●Crコーティングの剥がれ、耐酸化性アルミナ皮膜の生成不良による、事故耐性劣化の可能性検討

被覆管、ペレットの破損挙動評価, etc,

事業者等に事故時挙動に係る基礎的知見や比較参照解を提供

NEA-Quench-ATF計画で実施



【参考資料】

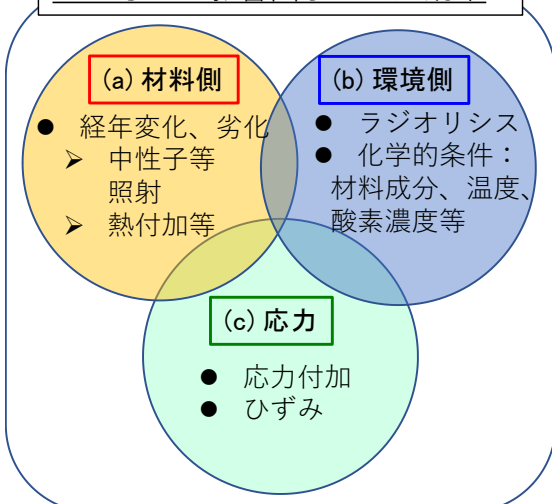
【参考】燃料・材料工学ディビジョンの役割と目指すところ

未来へげんき

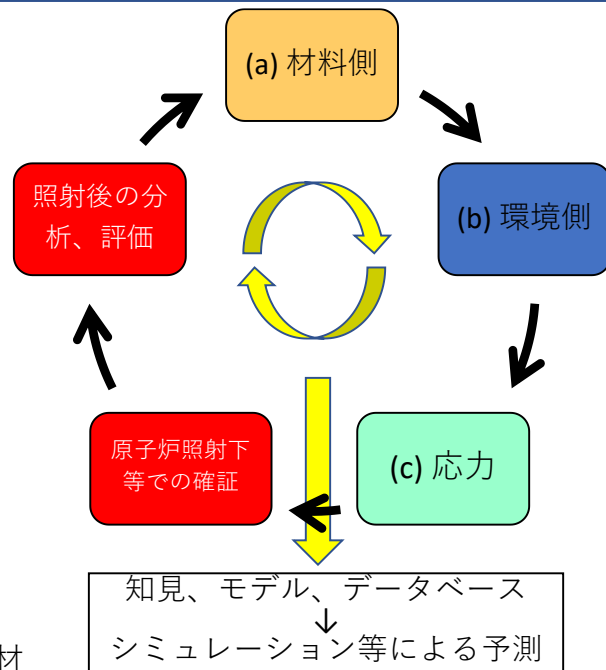
「燃料・材料基礎基盤」として、原子力の安全・革新利用を継続的に支える

- 基礎基盤技術整備と高度化
- 研究成果創出と実装化への貢献：論文・特許、事業者等への知見等提供

原子力燃料材料の特性、ふるまいに与える影響因子と重畳効果



※図は応力腐食割れの例。原子力燃料材料には様々な因子が重畳的に作用する。



【課題認識】

- 照射試験炉、ホットセル等のインフラを用いた実使用環境での確認・分析に多大な時間、コストを要する（昨今の世界的インフラ縮小による追い打ち）
- シーケンシャルでの個別因子影響評価結果から重畳効果を評価する困難性
- 得られたデータの解析・評価技術高度化

今中計期間中に目指すもの：

- 2つの影響因子が重畳した環境を模擬／再現した実験・解析技術基盤を開発（スマート技術ver.1）
- 技術適用により、原子力安全性向上、減容化・有害度低減基盤技術、1F廃炉支援、スピノフに対して有用、革新的な成果（モデル、データベース、知見等）を創出
- 得られた成果を解析コード等に組み込んで長期挙動予測シミュレーション等を行うことにより、DX化を推進

【参考】アウトカムへの貢献の道筋

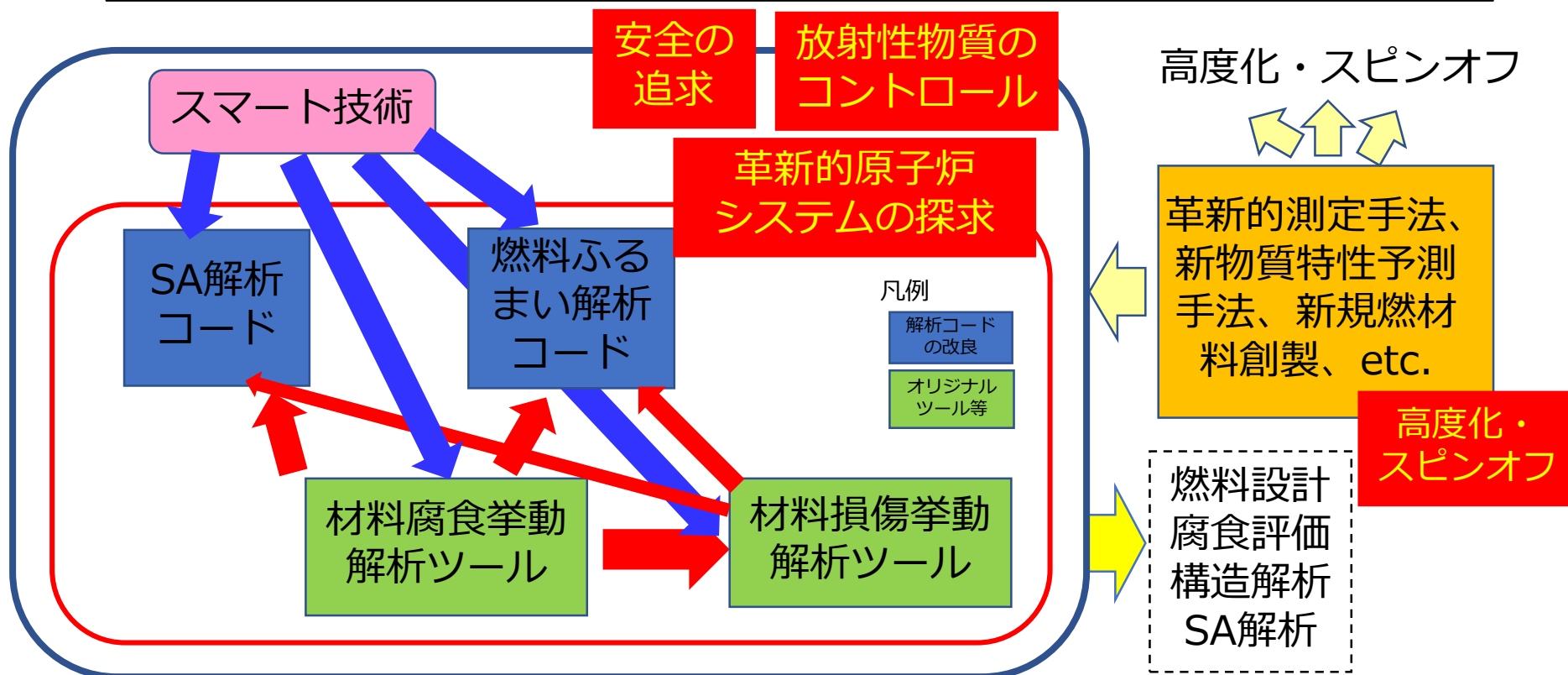
未来へげんき
To the Future / JAEA

- 燃料材料特性・ふるまい評価のためのスマート技術を開発（一部実証）
 - メカニズムを解明し系統的データを取得
 - 高精度かつ幅広い適用幅のモデルやデータベースを構築
 - 燃料材料に係るシミュレーションツール／コード体系の基本概念構築



参照解、根拠データ・知見等

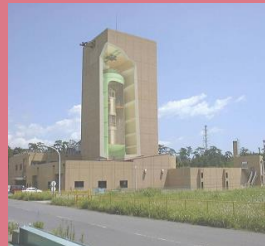
事業者等による実装化（燃材料開発、設計・安全解析等）への貢献



実炉環境シミュレーション (照射基盤技術の高度化)



加速器結合電頭@TIARA



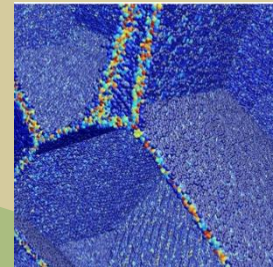
タンデム加速器@原科研

照射環境下における
材料劣化予測モデル

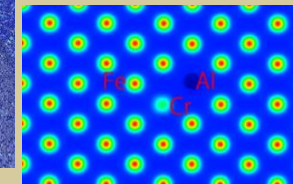
材料設計／損傷予測

(計算機シミュレーション技術の開発)

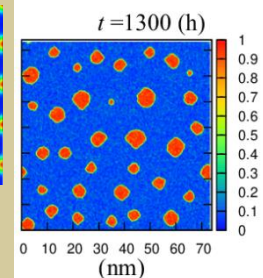
大型計算機を用いた多結晶体
の変形シミュレーション



第一原理計算による
電子状態解析



Phase-Field法による
照射下相安定性評価



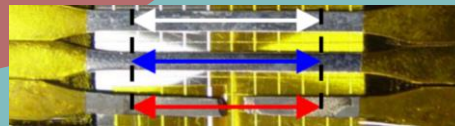
材料損傷診断 (材料評価法の高度化)

→SMiRT照射
技術へ展開

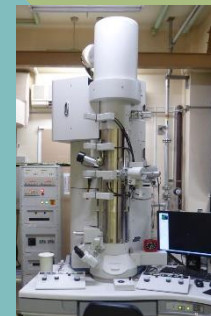


材料への複合照射

高精度に制御された
照射材の創出

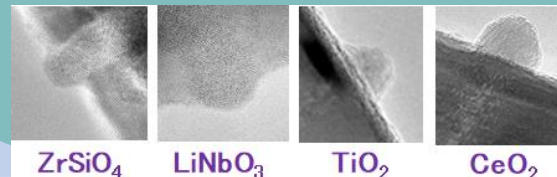


陽電子消滅寿命測定 (PAS) の応用例
@産総研との共研にて実施
→水素吸蔵材の空孔形成評価

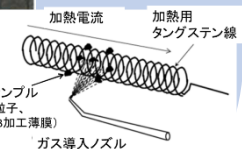
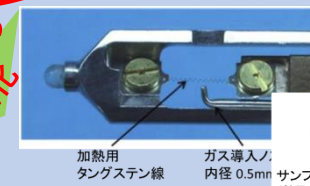


透過型電子顕微鏡
@原科研

損傷組織のTEM解析の具体例
→耐照射性発現メカニズム解明



基礎基盤DB・メカニズム解明
→モデリング



In-situ組織観察技術の高度化@原科研
ガス導入機構付き試料加熱ホルダの整備

外部機関との連携・協
力で高度化された技術



ACAR@産総研

装置サイズの小型化
→超微小試料に対応
可能

原子力分野へ
の積極的導入

既存技術の
高度化

ホット試験用インフラの維持・利活用

TRU-HITEC



Ar雰囲気セル+GB
燃料製造/乾式再処理
観察装置

- TRU含有試料による実証、挙動データ取得
- 照射試験燃料製造
- ピン作製用インフラ整備
- 遠隔操作機器開発



燃料基礎技術、
挙動予測データ

装置類
随時更新

維持・管理に
人手・コスト

照射試験用燃料

- 窒化物燃料照射
- PIE



大洗 常陽/FMF

- 米INL+ATR
 - 欧州Karlsruhe, PSI, NRG
- 海外炉照射の場合、現地での燃料製造が前提

海外

第4研究棟“ウランラボ”



Ar雰囲気GB、フード
超高温加熱装置類
固体分析・高温物性測定
～U実験場として国内屈指

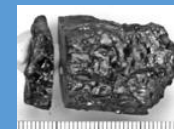
- TRU模擬試料による窒化物燃料製造技術開発・物性データ
- 機構内外からの多様な試験ニーズに対応
- 未照射U含有模擬デブリ作製・性状予測データ蓄積

模擬デブリ試料、性状データ
原科研内のデブリ分析とりま



1F廃炉支援

- 模擬デブリによるモックアップ
- 1F実デブリ受入、観察、固体/溶解液分析



燃料試験施設・BECKY ホットセル/GB