

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

事前自己評価

日本原子力研究開発機構
原子力科学研究所
原子力基礎工学研究センター

原子力の安全性向上のための研究開発

【核工学・炉工学研究】

原子炉の安全性・経済性・廃止措置等についての合理的な検討を促進させるために、核データの不確かさの評価手法を確立するとともに、研究開発のDX化(デジタルツイン+)を推進し、ポストコロナを見据えたシミュレーション手法を構築する。さらに、国・産業界等のニーズに応じた放射線・放射能検知装置の機能向上・改造を推進する。

- ・核特性解析・熱流動コード等を連成させた機構論的マルチフィジックスコードシステム（プラットフォーム）の構築・機能拡充

【燃料・材料工学研究】

ステークホルダーとの対話を通じて軽水炉等の安全性・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する。

- ・事故耐性燃料（ATF）開発：照射時や事故時ふるまいメカニズム解明
- ・軽水炉高経年化対応：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
- ・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：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

【化学・環境・放射線科学研究】

ステークホルダーからの課題・ニーズを把握し、安全研究センター等の機構内外の他部署と連携して原子力基盤研究開発を通じて開発した技術の適用性検証を進め、軽水炉等の安全性向上に資する。

- ・核燃料再処理における化学や放射線に関する基礎データや評価技術、長寿命核種の分析法確立
- ・緊急時における放射性核種の迅速分析
- ・放射性物質の環境放出に対するリアルタイム監視・影響評価システムの開発

原子力科学技術に係る基礎基盤研究（1/2）

【核工学・炉工学研究】

原子力安全性向上に資する研究開発について研究開発のDX化(デジタルツイン+)を推進して、現象の解明に必要な機構論的シミュレーション技術を構築し、また、計測・分析技術の高度化も推進する。

- ・ 加速器中性子源や原子炉(試験研究炉)を用いた構造材の中性子断面積・熱中性子散乱データの測定
- ・ 汎用核データライブラリー: JENDL-5に対する不確かさデータの拡充
- ・ 要素コードの機能拡張
 - … MVP: 全炉心タリー、感度計算、FRENDY: 分散処理、TPFIT・JUPITER: 沸騰事象モデル化、等
- ・ 燃料集合体内詳細二相流データベースの構築、必要な実験技術開発
- ・ 複雑組成の核燃料物質・放射性物質に対応できる非破壊測定技術の開発

【燃料・材料工学研究】

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。

- ・ 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における腐食予測技術高度化
- ・ 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重畳影響評価
- ・ 燃料物性・ふるまい：窒化物燃料等の物性データベース拡充と燃料ふるまいシミュレーション
- ・ FP挙動：FP化学挙動評価手法高度化、事故時・廃炉に係るFP化学挙動データベース拡充と性状予測シミュレーション
- ・ MA分離抽出材特性・劣化挙動：溶媒劣化モデル拡充等、分離フロー構築や溶媒抽出シミュレーション
- ・ 乾式再処理プロセス技術：蒸留窒化法のスケール効果評価等、機器概念設計に資する知見取得
- ・ バックエンドや革新炉等を視野に入れた新規研究：分離技術（SELECTプロセス）の軽水炉サイクルへの適用、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着手

原子力科学技術に係る基礎基盤研究（2/2）

【化学・環境・放射線科学研究】

原子力研究開発の基盤となる原子力化学について、放射性核種の反応とダイナミクス研究により得られた知見に基づき、新規分離分析試薬、スマート分析法を開発し、デジタルツイン+に化学を取り扱う機能を組み込む。

- ・ スマート分析法：マイクロ分析デバイス，分子分光技術による化学状態分析、微粒子の状態分析
- ・ 化学を取り扱う機能：分子化学に立脚した分析と反応機構評価

原子力研究開発の基盤となる環境・放射線科学について、研究開発のDX化(デジタルツイン+)を推進し現象の解明に必要となるシミュレーション技術、計測・分析技術、実験データベースの開発及びさまざまな分野への応用研究を推進する。

- ・ 環境動態デジタルツインシステムの開発と環境問題への応用研究
- ・ 同位体を利用した炭素循環研究手法の地球温暖化研究への応用研究
- ・ PHITSの放射線影響解析統合パッケージ化と様々な分野での応用研究
- ・ 放射線影響・放射線防護に関する研究

放射性廃棄物の減容化・有害度低減の研究開発

【核工学・炉工学研究】

要素技術開発の進捗を統合し、核変換性能、安全性、および、設計の確からしさを向上させ、高度化されたADSの概念設計を示す。また、様々な原子力利用シナリオに対応した減容化・有害度低減を可能とする原子力システムを提示する。

- ・ターゲット設計コード高精度化や通常運転時未臨界度監視概念の確立、安全設計概念の確立等
- ・原子力利用シナリオに対応した諸量評価コード・データベースの開発、および核燃料サイクルの性能評価

【燃料・材料工学研究】

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、知見等の拡充。

- ・加速器駆動核変換システム（ADS）用材料（窓材、被覆管）開発：材料腐食挙動評価、照射特性データ拡充
- ・窒化物燃料製造技術開発：物性測定及び製造技術のTRU実証、照射試験用燃料仕様検討
- ・MA分離・乾式再処理技術開発：プロセス改良と工学的データの取得

1F廃炉支援

【核工学・炉工学研究】

ステークホルダ、他研究機関、機構内福島部門などと連携し、具体的かつ実効的な開発計画を策定する。

- ・ 導入した個別機能・モデルのVerification追加：沸騰/凝縮モデル、など
- ・ 既往実験を用いた溶融挙動に対するValidation追加：化学反応、複合事象、など
- ・ SAMPSON等の既存SA解析コードへのモデル導入、SA時挙動評価比較、など

開発推進に際しては、福島部門とも連携を取り、機構外連携や外部資金を積極的に活用する。

【燃料・材料工学研究】

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等へ提供する。

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。

- ・ 1F環境下での構造材等健全性評価：1F特有環境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
- ・ 燃料デブリ分析及び炉内状況等評価：原科研での1Fデブリサンプル分析体制稼働と燃料デブリ性状データ取得、1F燃料デブリの溶解分析技術開発

【化学・環境・放射線科学研究】

東京電力、関係機関からの課題・ニーズを把握し、原子力基盤研究開発を通じて取得・蓄積した知見と技術に基づき、福島部門等と連携して基礎データや分析評価技術を提供し、1F廃炉を支援する。

- ・ 水中での α 核種の挙動解明、デブリ分析技術、廃棄体の化学・放射線影響評価

ALPS処理水及び廃炉作業に伴う汚染水の海洋放出に備えて、緊急時海洋環境放射能評価システムを高度化し、システム計算センター、福島部門と協力して海洋への環境影響評価を実施する。

- ・ 海洋拡散予測システムSTEAMERの高度化と運用

事前評価項目	評価の視点
研究計画の妥当性	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 研究開発課題の選定の妥当性 ✓ 方向性・目的・目標等の妥当性 ✓ 研究開発の進め方の妥当性 ✓ 研究資金・人材等の研究開発資源の配分の妥当性

【原子力の安全性向上のための研究開発】

- 2050年カーボンニュートラルに貢献する軽水炉システムの安全性・経済性を向上させる研究開発課題の選定は妥当と考える。
- ステークホルダーからの課題・ニーズを把握し、機構内外の他部署と連携して軽水炉システムの安全性向上やその利用率向上等に資する研究の方向性・目標は妥当と考える。
- 原子力基盤研究開発で開発する研究開発のDX化(デジタルツイン+技術)を原子力の安全性向上に適用して、事故耐性燃料(ATF)開発等に資する基礎基盤研究を実施する進め方は妥当と考える。
- ステークホルダーからの課題・ニーズに的確に対応する為、競争的資金等の外部資金を積極的に取得し、人材等の研究開発リソースの適時・適切に配分する進め方は妥当と考える。

【原子力科学技術に係る基礎基盤研究】

- 原子力システムの「S+3E」やSociety5.0に資する為に原子力研究開発の基盤技術である核工学・炉工学、燃料・材料工学、化学・環境・放射線科学のDX化を進める研究開発課題の選定は妥当と考える。
- 研究開発のDX化として、マルチフィジックスシミュレーション技術開発、代替え照射や小規模実験技術の高度化を目指すスマート分析を目指す革新的原子力システム研究開発（デジタルツイン+）の方向性・目的・目標・進め方は妥当と考える。
- 原子力科学技術を支える基礎基盤技術は、異分野にも成果を反映できることから、交付金で基盤的な研究資金を確保しつつ競争的資金等を積極的に取得し、デジタルツイン+研究開発に必要な人材等の研究開発資源リソースを適時・適切に配分する進め方は妥当と考える。

事前評価項目	評価の視点
研究計画の妥当性 (続き)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 研究開発課題の選定の妥当性 ✓ 方向性・目的・目標等の妥当性 ✓ 研究開発の進め方の妥当性 ✓ 研究資金・人材等の研究開発資源の配分の妥当性

【放射性廃棄物の減容化・有害度低減の研究開発】

- 様々な原子力利用シナリオに対応して、放射性廃棄物の減容化・有害度低減を可能とする分離変換システム(ADSシステム)の研究開発課題の選定は妥当と考える。
- ADS実現を目指した、要素技術開発、材料開発・燃料製造技術・MA分離技術SELECTプロセスの改良等の一連の研究開発を統合して進める研究開発の方向性・目的は妥当と考える。
- ADS実現を目指した準工学規模試験実施及び技術基盤の知見等拡充等の進捗を統合し、核変換性能、安全性、および、設計の確からしさの観点から高度化されたADS概念設計を、SCK CEN等との国際的な枠組みを強化しつつ進めることは妥当と考える。
- 放射性廃棄物処分に係わる研究開発は、社会的にニーズも高いことから交付金で基盤的な研究資金を確保しつつ競争的資金等を積極的に取得し、国際的な枠組みを強化した研究開発資源の分配の進め方は妥当と考える。

【1F廃炉支援】

- 福島部門等のニーズに応じた、達成目標を設定して研究開発課題の選定は妥当と考える。
- 1F特有の環境下での構造材等健全性評価、燃料デブリ分析及び炉内状況等評価、処理水の海洋放出に備えた緊急時海洋環境放射能評価システム(STEAMER)活用した海洋への環境影響評価、デブリ基礎データや分析評価技術を提供し1F廃炉を支援する研究の方向性・目的・目標は妥当と考える。
- 課題・ニーズを把握し、原子力基盤研究開発を通じて取得・蓄積した知見と技術に基づき、福島部門等を全面的に支えて着実に廃炉に向けた成果を抛出する研究開発の進め方は妥当と考える。
- 原子力科学技術を支える基礎基盤技術の応用先・連携先として基礎基盤研究の研究開発資源を有効活用する進め方は妥当と考える。

事前評価項目	評価の視点
研究成果の社会への反映計画の妥当性	<ul style="list-style-type: none"> ✓ イノベーション創出の可能性と創出に向けた取組計画の妥当性 ✓ 社会実装に向けた取組計画の妥当性 ✓ 科学技術政策、社会的・経済的意義／ニーズへの適合性
<ul style="list-style-type: none"> 産業界や大学・研究機関等と連携してニーズに対応した研究開発を推進し、その成果の社会実装や原子力エネルギー利用以外の異分野連携等のスピノフ研究にも適用し、新たな原子力イノベーションの創出を目指す取組は妥当と考える 	
国内外他機関との連携の妥当性	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 国内外他機関との連携の妥当性
<ul style="list-style-type: none"> 第3期と同様に国内外他機関との連携を推進する予定であり、加えてステークホルダーとの対話を通じて軽水炉等の安全性向上や利用率向上等に関する課題・技術開発ニーズを把握し連携を強化するとともに安全研究センターをはじめ他部署との連携を進めることから、国内外他機関との連携は妥当であると考えます。 	
研究成果の発信計画の妥当性	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 研究開発課題／成果の社会的受容性 ✓ 社会へ及ぼす影響度の想定
<ul style="list-style-type: none"> 核工学・炉工学、燃料・材料工学、化学・環境・放射線科学の分野における専門的学術誌への投稿や国際会議での発表、プレスリリース、開発コードの提供ならびに講習会を予定しており、情報発信についての計画は妥当であると考えます。 なお、分離変換に関しては社会的関心も大きいことから、研究成果のみならず研究開発の意義について社会との対話の機会を増やすことを検討する。 	
人材育成への取組の妥当性	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 人材育成に関する取組の妥当性 ✓ 原子力を担う人材、イノベーション・デジタル化を担う人材等)
<ul style="list-style-type: none"> 第3期と同様に、学生や若手研究者受け入れを通じた指導、講習会の開催、大学講師としての派遣、外国留学への派遣等学生実習等を通じた原子力人材育成の強化を予定しており、取組の計画は妥当であると考えます。 	

第4期 基礎工センタ ーの研究開発の方向性

原子力のエネルギー利用

安全の追求

革新的原子炉 システムの探求

放射性物質の コントロール

デコミ改革

JAEA2050+

原子力科学技術を通じた科学の発展

高度化・ スピノフ

新知見の創出

宇宙・医療・環境・産業分野等

安全性向上研究(SA、SFR、高温ガス炉、ATF、防災モニタリング)核セキュリティ向上等

より合理的な放射性廃棄物処分(P&T)

安全・迅速・効率的な廃止措置技術開発等

国内・国外連携

社会実装

異分野連携

人材育成

基盤技術

基礎的研究成果を基に、原子力研究開発の基盤となる革新的基盤技術開発とシミュレーション技術の高度化と安全・迅速・効率的な廃止措置技術開発等
デジタルツイン+ (JAEAの持つ知見・技術を集結)

DX化

シミュレーション技術の高度化

- 革新的デジタルツイン技術開発
 - ✓ 核・熱・構造カップリング
 - ✓ マルチフィジクスシミュレーション
- 放射線挙動
- 環境シミュレーション
- 基盤 DB (核データライブラリ等)

実験・経験ベース → サイエンスベースモデルの高度化
個別コード → 統合化

V&V

革新的基盤技術開発

- 次世代スマート燃料材料評価技術
- 革新的化学分析技術
- 核物質・放射性物質の非破壊測定技術
- 核データ測定

基本原理・現象の理解とそのための計測技術等の開発
→マクロ現象の予測

原子力 基礎工学研究

核物理

炉物理

アクチノ
イド化学

放射線影響

熱流動

環境動態

燃料工学

材料工学

放射化学

理学分野(物理・化学・生物)

工学分野(機械・環境・材料・応用化学)

学問分野への貢献