

評価シート(事後評価及び令和 3 年度実績)

事後評価 評価シート

軽水炉工学・核工学研究

評価の視点と実績	自己評価
<p>研究成果の達成度と当初計画の妥当性</p> <p>評価の視点：研究開発の達成度（成功・不成功の原因の把握・分析） 当初の研究開発計画の妥当性</p> <p>以下に挙げる計画外含めた多くの成果抛出により、<u>研究開発の達成度は特に顕著であると評価した。</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 純国産核特性評価システムの構築：汎用核データライブラリー JENDL-5、核データ処理コード：FRENDY、核特性コード：MVP ・ 産業界・規制当局の動きとも連動した核熱カップリングコードの開発 ・ 低コスト・可搬型非破壊核物質検知装置の原理実証の成功 ・ α 線放出核種の非破壊分析装置を開発 <p>以下に示す研究開発マネジメントシステムが上手く機能したことが主な成功要因と分析した。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 産業界や規制当局の課題意識・開発ニーズ把握のための情報収集・意見交換の促進、大学・企業等との共同研究推進 ・ それら情報を基に、既往研究成果（シーズ）や人的・資金的リソースも考慮した具体的な研究開発計画立案 ・ 研究開発計画に対する定期的なマネジメント <p>以上から、研究計画は妥当であったと評価する。</p> <p>学会賞等の受賞数：18 件</p> <p>文部科学大臣表彰：2 件、原子力学会賞・特賞：2 件などは特筆に値する受賞である</p> <p>受賞リスト</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 2016 年 科学技術分野の文部科学大臣表彰 『中性子共鳴分光法の大幅な革新とその応用研究』 ・ 2016 年度 日本原子力学会賞 論文賞 『Evaluation of neutron nuclear data on iodine isotopes』 ・ 2016 年度 日本混相流学会賞 技術賞 『詳細二相流解析コード TPFIT の開発』 ・ 2016 年度 日本原子力学会 JNST Article Award 2015 『JENDL Actinoid File 2008』 	<p>S</p>

<ul style="list-style-type: none"> ・ 2017 年 英国物理学会 Physics World “今年の 10 大ブレイクスルー” 『雷による光核反応』 ・ 2017 年度 日本原子力学会賞 特賞・技術賞 『実廃棄物ドラム缶中のウラン量を高精度で計量可能とする・・・』 ・ 2018 年度 日本原子力学会熱流動部会優秀講演賞 『シビアアクシデント時の燃料破損・溶融過程解析手法の高度化（1）（その 2）・・・』 ・ 2018 年度 日本原子力学会熱流動部会優秀講演賞 『プール沸騰の垂直面伝熱面上における沸騰挙動に及ぼす圧力の影響』 ・ 2018 年度 日本原子力学会熱流動部会奨励賞 『福島第一原子力発電所事故評価のための海水の熱伝達挙動に関する研究』 ・ 2018 年度 日本原子力学会賞 特賞・技術賞 『純国産次世代核データ処理システム FRENDY の開発』 ・ 2018 年度 日本原子力学会賞 技術賞 『数値流体力学に基づく炉内溶融・移行挙動数値シミュレーションコード・・・』 ・ 2018 年度 日本原子力学会賞 論文賞 『Correction of the thermal neutron capture cross section of ^{241}Am・・・』 ・ 2018 年度 日本原子力学会 JNST Article Award 2017 『JENDL-4.0: A New Library for Nuclear Science and Engineering』 ・ 2019 年 科学技術分野の文部科学大臣表彰 『核燃料物質管理のための革新的高感度センシング技術の開発』 ・ 2019 年度 日本原子力学会賞 論文賞 『Measurements of neutron total and capture cross sections of ^{241}Am・・・』 ・ 2019 年度 日本原子力学会 JNST Article Award 2017 『Neutron-capture cross-sections of ^{244}Cm and ^{246}Cm・・・』 ・ 2020 年度 日本原子力学会熱流動部会優秀講演賞 『時系列 3 次元界面形状データを用いた分散相追跡手法の検討』 ・ 2020 年度 日本原子力学会賞 論文賞 『Phenomenological level density model with hybrid parameterization of・・・』 	
<p>研究成果の社会への反映</p> <p>評価の視点：研究開発成果の効果・効用（アウトカム）の把握・普及の程度</p> <p>イノベーション創出への取組の妥当性</p> <p>社会実装の達成度、取組の妥当性（技術・知識基盤プラットフォームの構築・提供を含む）</p> <p>科学技術政策、社会的・経済的意義／ニーズへの適合性</p> <p>研究開発成果の効果・効用（アウトカム）の把握・普及の程度：</p> <p>● 産業界や規制当局の課題意識・開発ニーズ把握のための情報収集・意見交換を通じ、以</p>	S

下に示すように研究開発成果の効果・効用を十分把握し、研究開発成果の普及にも大いに貢献しており、研究開発成果の効果・効用（アウトカム）の把握・普及は特に顕著であると評価した。

- ・ 核データ断面積ファイルの開発・外部機関への提供
- － 廃止措置用放射化断面積ファイル：JENDL/AD-2017、光核反応データファイル：JENDL/PD-2016.1、長寿命核分裂生成物核変換断面積ファイル：JENDL/ImpACT-2018、重陽子反応データファイル：JENDL/DEU-2020、等
- 外部機関等における各種解析評価の精度向上に貢献
- ・ 炉物理コード、熱流動コードの開発・外部機関への提供
- － 核データ処理コード：FRENDY、炉物理コード：MVP、放射化量評価システム、等
- － 二相流シミュレーションコード：TPFIT、多相流シミュレーションコード：JUPITER、等
- 外部機関等において各種解析評価の Verification ツール（参照解の提示）として使用
- ・ 原子力センシング技術の開発・外部機関への提供、実機として適用
- － 高速中性子直接問かけ法を用いた計量管理装置を原子力機構人形峠環境技術センターで実機適用
- － α 線放出核種の非破壊分析装置を大学等へ提供、等

イノベーション創出への取組の妥当性

● 軽水炉工学・核工学研究開発の本質である「基礎基盤技術開発」および「基礎基盤技術を組み合わせた応用技術開発」について、シミュレーション技術や実験技術を駆使した科学的根拠に基づく知見取得により、適用範囲の限定排除や新たな概念による手法構築を目指しており、以下に示すように、イノベーション創出への取組は妥当であると評価した。

- ・ 統合汎用核データライブラリー：JENDL-5の開発
- ・ 幾何形状の制限のない炉物理コード：MVPの開発
- ・ 幾何形状の制限のない熱流動コード：TPFIT、JUPITERの開発
- ・ 高線量核物質の測定のための、3つの分析法を統合した統合型非破壊測定装置の開発
- ・ α 線放出核種の非破壊分析装置を開発、等

社会実装の達成度、取組の妥当性（技術・知識基盤プラットフォームの構築・提供を含む）

● 以下に示す通り、研究開発成果が産業界等で活用されており、社会実装の取組は妥当で、社会的・経済的意義／ニーズへの適合性に合致しており、さらにその達成度は十分以上であり、社会実装の達成度は特に顕著であると評価した。

- ・ 研究開発成果を産業界に提供し活用
- － 産業界において解析評価・実験等に活用

目的別核データファイル、核データ処理コード：FRENDY、炉物理コード：MVP、計量管理装置（人形峠環境技術センター）、等

- － 産業界において解析評価システムの検証（Verification）に活用

核データ処理コード：FRENDY、炉物理コード：MVP、放射化量評価システム、熱流動コード：TPFIT、JUPITER、等

- ・ 知識基盤プラットフォームへの主体的な参画

<p>－ 原子力委員会の提唱によるプラットフォームに委員として主体的に参画し、知識基盤集約・技術課題の整理等に貢献</p> <p>軽水炉長期利用・安全プラットフォーム、燃料サブプラットフォーム、軽水炉過酷事故プラットフォーム</p> <p>科学技術政策、社会的・経済的意義／ニーズへの適合性</p> <p>● 第6次エネルギー基本計画に記載ある「2050年カーボンニュートラル」や「S+3E」を踏まえ、原子力安全の価値を再認識した“新原子力”による原子力イノベーションの創出を目指している。具体事項を以下に示すが、科学技術政策、社会的・経済的意義／ニーズへ適合した研究開発を推進していると評価した。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 原則として、シミュレーション結果を実機設計に適用するためには、シミュレーション結果と実験・実測データとの比較による妥当性確認（Validation）が必要となるが、ポストコロナも見据えて、実験・実測データの代替になり得る高詳細度を持ったシミュレーションシステムを開発している。これらを活用することにより、大きな経済的・時間的リソースが必要となる実験・実測データが不要となる。 <p>－ 炉物理コード：MVP、熱流動コード：TPFIT、JUPITER、核熱カップリングコード</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ また、高詳細度シミュレーションシステムの開発に際しては、規制当局・学協会・産業界の動きに連動した開発計画としている（タイムリーに産業界で活用できるように）。 <p>● 社会的・経済的意義／ニーズへの適合性の観点から、科研費や産業界からの受託研究に積極的に取り組むとともに、研究開発成果の特許化にも積極的に取り組んでおり研究成果の社会への反映は特に顕著であると評価した。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 科研費：63件、受託研究26件 <p>－ 核データ分野 科研費：22件、受託研究：14件</p> <p>－ 炉物理標準コード分野 科研費：1件、受託研究：8件</p> <ul style="list-style-type: none"> － 原子力センシング分野 科研費：20件 － 熱流動分野 科研費：20件、受託研究：4件 <ul style="list-style-type: none"> ・ 特許申請：6件 <p>－ 原子力センシング分野 5件 （α線放出核種分析方法・装置、RIを用いた中性子線源による核物質検知法、等）</p> <p>－ 熱流動分野 1件 （気体の浄化方法・装置）</p>	
<p>研究成果の展開・発展</p> <p>評価の視点：将来への研究開発の展開、新たな課題への反映の検討</p> <p>● 産業界等のニーズ・課題を適宜適切に入手し、それらを研究開発計画に的確に反映させ、</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 以下などを継続的に取り組んでいく <p>－ 核データの核種拡充、精度向上、等</p> <p>－ シミュレーションシステムの機能追加、精度向上、等</p> <p>－ 原子力センシング技術の機能追加、精度向上、小型化促進、等</p>	A

<ul style="list-style-type: none"> ・ 国研でしか成し得ない、かつ“新原子力”による原子力イノベーションの実現に必須となる新たな基礎基盤研究課題に対して、 主体的・積極的に取り組んでいく。 	
<p><u>国内外他機関との連携</u> 評価の視点：国内外他機関との連携の妥当性</p> <p>● <u>国内外他機関との連携実績は73件であり、特に顕著な連携が連携が図られていると評価した。</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 核データ分野：国際協力4件、共同研究15件 <ul style="list-style-type: none"> － 国際協力として CERN の n_TOF 施設を用いて主要なマイナーアクチニドの一つである Cm-244, 246 の中性子捕獲断面積の測定を実施するなど、J-PARC・ANNRI による測定と合わせて、世界の実験施設を活用して断面積の高精度化を進めている。 － IAEA の光核反応の研究協力に参加し、世界の最新の測定された理論計算に関する情報交換を実施し、光核反応データファイル JENDL/PD-2016.1 の開発に成功し、また、JENDL/PD-2016.1 から多くのデータを IAEA へ提供して国際貢献を行っている。 － 九大と重陽子核反応に関する共同研究を実施し、重陽子反応理論計算の高精度化を行い、重陽子核反応データファイル JENDL/DEU-2020 の開発に成功した。 ・ 炉物理分野：共同研究3件 <ul style="list-style-type: none"> － GNF-J・名古屋大学・北海道大学と核データ処理コード FRENDY 開発に関する共同研究を実施し、多群定数生成機能の開発に成功するとともに、FRENDY の検証にも貢献している。 － 日立 GE ニュークリア・エナジーと軽水冷却高速炉の炉心設計に用いる核計算コードの妥当性評価に関する共同研究を実施し、MVP コードを用いた妥当性確認が着実に進展した。 － 日本原子力発電およびエネルギー総合工学研究所と統合型放射能インベントリ評価システムの開発に関する共同研究を実施し、当該システムを完成させた。 ・ 原子力センシング分野：共同研究23件 <ul style="list-style-type: none"> － 科学警察研究所と低コスト可搬型非破壊検知装置開発に関する共同研究を実施し、中性子源および中性子検出器の研究開発により核物質検知の原理実証に成功した。 － 福島県立医科大学および QST と α 線がん治療薬の実用化に資する α 線放出核種の非破壊分析装置開発に関する共同研究を実施し、装置の実用化に向けた研究開発が着実に進展した。 － 理研と雷や雷雲に付随する高エネルギー放射線の発生機構に関する共同研究を実施し、雷による光核反応とガンマ線放出過程に関する研究開発を進め、顕著な成果が得られた。 ・ 熱流動分野：共同研究28件 <ul style="list-style-type: none"> － 炉内二相流挙動評価に関する共同研究（PWR：NDC および関西大学、BWR：GNF-J）を実施し、炉内二相流シミュレーション技術の実機適用性について検討を行った。 － 日立 GE ニュークリア・エナジー（株）と RBWR スペーサ周囲の二相流挙動評価に関する共同研究を締結し、TPFIT の実機適用に向けた研究開発が着実に進展した 	S

<p>－ エネルギー総合工学研究所と過酷事故解析コード SAMPSON と JUPITER の連成解析手法の構築に関する共同研究を実施し、解析手法の実機適用に向けた研究開発が着実に進展した。</p>	
<p><u>研究成果の発信</u> 評価の視点：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）</p> <p>● 査読付き主著論文数：166報（うち高 IF 論文掲載 (IF>5)：1報）、プレス：10件と、極めて多くの成果を創出しており、<u>研究開発課題／成果の社会的受容性は特に顕著であると評価した。</u></p> <p>・ 核データ分野</p> <p>－ 査読付き主著論文数：66報</p> <p>－ プレス：5件</p> <p>2018.10 『放射性廃棄物は何へ、どれだけ変換されるか？』</p> <p>2019.08 『核変換のための基盤データの信頼性を大幅に向上』</p> <p>2021.01 『世界最高性能のガンマ線ビームと新開発の中性子検出器で光核反応データの真実を解明』</p> <p>2021.02 『新たな中性子利用開拓の鍵となる高精度核反応計算手法を開発』</p> <p>2021.12 『原子核の基盤データベース JENDL の最新版を公開』</p> <p>・ 炉物理分野</p> <p>－ 査読付き主著論文数：28報</p> <p>・ 原子力センシング分野</p> <p>－ 査読付き主著論文数：20報、うち高 IF 主著論文掲載 (IF>5)：1報 … Analytical Chemistry (IF=6.986, 2020)</p> <p>－ 高 IF 共著論文掲載 (IF>5)：5報</p> <p>Nature (IF=41.577, 2017)、Physical Review Letter (IF=8.385, 2019)、Physical Review D (IF=5.296, 2020)、</p> <p>Physical Review C (IF=5.42, 2021)、Physical Review C (IF=5.42, 2021)</p> <p>－ プレス：4件</p> <p>2016.06 『ウラン廃棄物を封入したドラム缶中のウラン量を定量する非破壊測定装置の実用化に成功』</p> <p>2017.11 『雷が反物質の雲をつくる!?：雷の原子核反応を陽電子と中性子で解明』</p> <p>2021.06 『核物質を非破壊で確実に検知：低コストで可搬性に優れた核物質検知装置の原理実証実験に成功』</p> <p>2021.08 『最も分析困難な放射性核種の一つパラジウム-107 の簡便な分析に成功』</p> <p>・ 熱流動分野</p> <p>－ 査読付き主著論文数：52報</p> <p>－ プレス：1件</p> <p>2018.03 『炉心溶融挙動を予測する新しい数値シミュレーションコードの開発』</p>	<p>S</p>

<p><u>人材育成への取組</u></p> <p>評価の視点：若手研究者の育成・支援への貢献の程度</p> <p>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)</p> <p>若手研究者の育成・支援への貢献の程度、特別研究生・夏期実習生</p> <p>● 89名の学生受け入れ、3名の海外インターシップ受入れ等を通じた指導、連携大学院方式による大学院生への指導、また大学・大学院への講師としての派遣、研究員の外国留学への派遣等を行っており、人材育成に関する取組を積極的に行っていると評価した。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・核データ分野 <ul style="list-style-type: none"> - 夏期休暇実習生：28名受入、特別研究生：1名受入、博士研究員：2名受入、海外からのインターンシップ：3名受入 - 大学への講師派遣：東京大学専門職大学院、茨城大学大学院、北海道大学第大学院 ・炉物理分野 <ul style="list-style-type: none"> - 夏期休暇実習生：24名受入、特別研究生：1名受入 - 大学への講師派遣：東京大学専門職大学院、茨城大学大学院、政策研究大学院大学 - その他：人材育成センターにおける放射線遮へい講義（原子炉研修一般過程） ・原子力センシング分野 <ul style="list-style-type: none"> - 学生実習生：1名受入 - その他：中性子・ミュオンスクール、中性子ビーム利用基礎講習会、核化学夏の学校 ・熱流動分野 <ul style="list-style-type: none"> - 夏期休暇実習生：27名受入、学生実習生：2名受入、特別研究生：2名受入、連携大学院方式による学生研究生：3名受入 - 大学等への講師派遣：東京大学専門職大学院、連携大学院方式による筑波大学大学院での指導 - その他：人材育成センターにおける留学生実験実習指導 	<p>A</p>
--	----------

評価の視点と実績	自己評価
<p><u>研究成果の達成度と当初計画の妥当性</u></p> <p>評価の視点：研究開発の達成度（成功・不成功の原因の把握・分析） 当初の研究開発計画の妥当性</p> <p>学会賞等：<u>25 件受賞</u>すると共に、シミュレーション技術の開発、1F 廃炉に関する燃料材料研究を<u>計画通り達成し、当初計画は妥当であり、特に顕著な成果もあげている</u>と評価した。</p> <p><u>研究開発の達成度と妥当性：</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ 計画外含めた多くの成果拠出により、研究開発の達成度は十分以上と評価する。 <ul style="list-style-type: none"> ✓ FP 化学挙動評価等の原子力安全性向上、原子力構造材料の劣化挙動評価、MA 窒化物燃料製造技術開発等の分離変換基盤技術開発、1F 廃炉への貢献に係り、多くの知見・データ等をモデル化／データベース化して公開した。 ✓ さらに、構造材すき間腐食挙動評価についてすき間環境がバルクと本質的に異なることの解明、FP 化学挙動モデルの SA 解析コードへの実装完了など、計画を超える成果を挙げた。 ✓ これらの成果を拠出するにあたり、実機での腐食環境要因や事故時挙動・環境要因を模擬して高精度のデータを取得する実験技術確立した。 ✓ 成果拠出・デリバリーの基本的な仕組みを構築して研究を進めたことが主な成功要因と分析する。 <ul style="list-style-type: none"> ✓ 原子力燃料材料挙動評価の本質である「材料（照射）」「環境」「応力」の3要素の重畳効果解明技術の追及（シーズ）を事業者・規制者等のニーズへマッチングさせるため、まず単一影響因子（「環境」因子）下における挙動評価技術開発を実施して事業者・規制者双方への共通基盤的な成果をタイムリーに提供する等の適切な成果目標を設定したこと ✓ 成果目標達成のためのマネジメントとして、基礎基盤（シーズ）・応用（ニーズ）への適時・適切なリソース配分、事業者・規制者のみならず共同研究や外部講師派遣等各種の機会を活用した原子力外を含めての国内外の大学・国研等との幅広いチャンネル確保による、基礎基盤と応用のバランス最適化 <p><u>学会賞等の受賞数：計 25 件</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ H27 日本原子力学会技術賞「福島第一原子力発電所で発生した高放射性ゼオライト吸着材の保管時健全性評価手法」 ✓ H27 JNST Most Popular Article Award 2015 “Characterization of solidified melt among materials of UO₂ fuel and B₄C control blade” ✓ H27 日本原子力学会 核燃料部会 第 4 回核燃料部会部会賞（奨励賞）「アメリカウム含有イナートマトリックス燃料の焼結挙動の解明」 ✓ H28 腐食防食学会 岡本剛記念講演賞「複雑な実環境をシミュレートしたデータ取得に 	<p>S</p>

<p>もとづく腐食要因の解明」</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ H28 腐食防食学会 論文賞「沸騰硝酸中における 310 ステンレス鋼の粒界腐食に及ぼすリンの局所偏析の影響」 ✓ H28 腐食防食学会 技術賞「高温水中における応力腐食割れ発生試験方法の規格化ならびに規格改正」 ✓ H28 腐食防食学会進歩賞「電気化学的手法を用いた原子力材料の腐食機構に関する研究」 ✓ H28 原子力学会核燃料部会夏期セミナーポスター優秀賞 「MCCI 生成物中の海水塩・FP 等の化学形」 ✓ H29 第 27 回日本 MRS 年次大会奨励賞「First-principles and experimental study on interfacial fracture in Mg alloys」 ✓ H29 平成 29 年度科学技術分野の文部科学大臣表彰（若手科学者賞）受賞「格子欠陥ダイナミクスに基づく構造材料の計算科学研究」 ✓ H29 Steering Committee of ANFC2017 Certificate of Appreciation 「Appreciation for invited paper presentation」 ✓ H30 軽金属論文新人賞「グルコン酸や亜鉛イオンを含む模擬海水における A3003 アルミニウム合金の腐食による形態変化とその機構」 ✓ H30 日本材料学会 学術奨励賞「欠陥組織と合金化に起因した力学特性の評価に関する原子・電子論的研究」 ✓ H30 日本原子力学会 核燃料部会部会賞（学会講演賞）「軽水炉シビアアクシデント時に構造材へ化学吸着したセシウム化合物の微細分布評価」 ✓ H30 日本原子力学会 原子力安全部会（講演賞）「シビアアクシデント時の原子炉冷却系条件におけるセシウム及びホウ素の気相化学反応に与えるホウ素の影響」（NRA 受託により実施） ✓ H31 原子力学会核燃料部会 学会講演賞 「燃料模擬物質の粉碎条件と焼結密度の関係」 ✓ R1 原子力学会核燃料部会夏期セミナーポスター優秀賞 「レーザー局所加熱法を用いた融点測定装置の開発：窒化物測定への適応」 ✓ R1 日本原子力学会 核燃料部会部会賞（学会講演賞）「軽水炉シビアアクシデント時の Cs と鋼材との化学吸着挙動(1)600℃付近における鋼材への Cs 化学吸着挙動に関する実験的研究」 ✓ R1 日本原子力学会 原子力安全部会賞（講演賞）「原子力施設の重大事故時における Ru 科学挙動のデータベース構築」 ✓ R1 The International Conference on Nuclear Engineering (ICONE-27) Best paper award「ADSORPTION BEHAVIOR OF CESIUM ON CALCIUM SILICATE INSULATION OF PRIMARY PIPING SYSTEM IN FUKUSHIMA DAIICHI NPP UNIT 2」 ✓ R2 腐食防食学会進歩賞「高温高純度水中におけるステンレス鋼のすき間内の局部腐食発生機構の解明」 ✓ R2 日本原子力学会 原子力安全部会賞（講演賞）「ソースターム評価手法の高度化に 	
--	--

<p>向けた核分裂生成物化学挙動データベース ECUME の開発(2) 要素モデルセット」</p> <p>✓ R2 JNST Most Popular Article Award 2020 「Formation mechanisms of insoluble Cs particles observed in Kanto district four days after Fukushima Daiichi NPP accident」</p> <p>✓ R3 日本原子力学会 論文賞「シビアアクシデント下の BWR 高温領域移行時におけるホウ素の化学挙動」</p> <p>✓ R3 日本原子力学会英文誌インパクトファクター貢献への感謝状受領 「An experimental investigation of influencing chemical factors on Cs-chemisorption behavior onto stainless steel」</p>	
<p><u>研究成果の社会への反映</u></p> <p>評価の視点：研究開発成果の効果・効用（アウトカム）の把握・普及の程度</p> <p>イノベーション創出への取組の妥当性</p> <p>社会実装の達成度、取組の妥当性（技術・知識基盤プラットフォームの構築・提供を含む）</p> <p>科学技術政策、社会的・経済的意義／ニーズへの適合性</p> <p>ニーズに対応した研究開発のアウトカムを見据えて、<u>多くの外部資金を獲得し、特に顕著な成果を挙げている</u>と評価した。</p> <p><u>研究開発成果の効果・効用（アウトカム）の把握・普及の程度：</u></p> <p>✓ 事業者・規制者等との実効的な意見交換によるニーズ把握とシーズとのマッチングを通じて、以下に示すようにアウトカムを十分把握していると評価する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ 六ヶ所再処理プラント稼働に係る機器材料の健全性評価について、実環境での腐食量予測モデルを成果として提示 ✓ 軽水炉重大事故時のソースターム高度化を通じた定期的な安全性向上等を念頭に、国際協力等による最新の動向把握含め、ソースターム高度化に不可欠な FP 化学挙動モデルを成果として提示 ✓ 機構が主導する ADS 概念設計に必要な知見・データとして、窒化物燃料の製造技術と物性データベースを成果として提示 <p><u>イノベーション創出への取組の妥当性：</u></p> <p>✓ 原子力燃料材料研究開発の本質である「材料」「環境」「応力」重畳効果解明等による不確かさ（不明な挙動）低減に役立つ科学的根拠に基づいた知見等の取得により、特定条件下で使用が限定されるもの以上の幅広い適用性が期待される価値の高い知見等提供によるイノベーション創出を目指しており、取組は妥当かつ十分と評価する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ 機構でしかなし得ない放射線場かつ硝酸等過酷な環境下でのホット対応技術を開発することにより、再処理事業者・規制者へ有用な知見を提供 ✓ 原子力産業以外にも適用可能な技術・知見等として、一般鋼材に使用可能な環境負荷の小さい新たな防錆剤の開発、計算科学手法による高性能マグネシウム合金設計手法、陽電子消滅等の先進的な分析手法による水をベースとした溶媒 	S

<p>の産業利用拡大への基礎的知見等を成果として拠出するとともに、特許取得や他産業への適用検討等を積極的に実施</p> <p><u>社会実装の達成度、取組の妥当性（技術・知識基盤プラットフォームの構築・提供を含む）:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ 事業者等による材料健全性評価や安全性評価に必要となる解析コード等に成果として提供したモデル等が組み込まれているなど、社会実装の達成度は十分以上であり取組は妥当であると評価する。 <ul style="list-style-type: none"> ✓ 再処理機器材料腐食量予測モデルについて、事業者によるプラント再稼働時の材料健全性検討への使用や規制者の審査マニュアル等への反映 ✓ ソースターム評価に必要な SA 解析コードへの FP 化学挙動モデルの組み込みと、解析実施（解析結果は OECD/NEA の国際プロジェクトで報告・共有） ✓ 窒化物燃料製造技術開発においてクリティカルな課題である窒素原料の同位体濃縮技術開発について、ガス製造事業者との連携協力による実用化プラントの設計がなされている。さらに、同技術を他の産業技術として適用するための検討が開始されている。 ✓ 事業者の若手技術者人材育成のための技術・知識基盤プラットフォームの構築として、軽水炉重大事故時に関する講義資料を事業者等と協力して作成して講義を実施している。FP 化学挙動について、国内での研究コミュニティがほぼ皆無であったところ、欧米各国との連携協力、国際プロジェクトや国内学会専門委員会の主導、民間事業者等からの研究者・技術者受け入れによる育成を通じて、国内での実質上の FP 化学挙動プラットフォームを構築している。 <p><u>科学技術政策、社会的・経済的意義／ニーズへの適合性:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ 軽水炉の安全性向上や分離変換技術開発等の推進、及びその際の DX 化推進等、科学技術政策や社会的・経済的意義／ニーズに則した研究開発を実施していると評価する。 <ul style="list-style-type: none"> ✓ 国内での事故耐性燃料（ATF）の開発推進役を担っており（外部資金）、ATF は安全性向上の重要な課題であるのみならず、事故時の水素爆発防止等社会的関心が高い課題への対応も見込めるものである。今期において、燃料開発の重要なマイルストーンである照射試験を開始させたことは大きな成果である。 ✓ 核燃料サイクルの要となる六ヶ所再処理工場運転（再稼働）に不可欠な材料健全性評価に必要なデータの提供 ✓ 高レベル放射性廃棄物低減・処分場面積低減による社会的受容性向上のための有望オプションである分離変換技術開発への貢献 <p><u>・データベース等の公開等の成果の社会実装：3 件</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ 1F 環境における海水混入系ラジオリシスデータベース公開 ✓ 核変換用窒化物燃料のふるまい予測に必要な物性データベース ✓ FP 科学挙動評価のためのデータベース <p><u>・技術・知識基盤プラットフォームの構築：1 件</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ 過酷事故（SA）プラットフォームの構築（電事連-電工会-電中研-基礎工-安全研究センター） 	
---	--

<p>・ <u>解説記事(含む書籍) : 20 件</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ 1F 廃炉特有の腐食影響を取りまとめた解説記事(腐食防食学会 : 4 報) ✓ 再処理施設等の沸騰硝酸環境における腐食機構の解説記事(Elsevier, comprehensive nuclear material 2nd) ✓ セルラーオートマトンを用いたステンレス鋼の粒界腐食予測の解説記事(European Federation of Corrosion. EFC-GreenBook) ✓ 放射線化学や陽電子消滅寿命・運動量相関測定に関する解説記事(陽電子科学誌 : 2 報、科学と工業 : 1 報) ✓ マグネシウムの延性・韌性向上のための合金設計に関する解説記事(軽金属学会誌 : 1 報) ✓ (書籍) ハイエントロピー合金: カクテル効果が生み出す多彩な新物性(内田老鶴圃 : 分担執筆) ✓ (書籍) The Plaston concept; Plastic deformation in structural materials, 2 Simulation of plaston and plaston induced phenomena 2.4 First principles calculations of dislocation cores (Springer : 分担執筆) ✓ 重イオン照射したセラミックスにおけるヒロックやイオントラック形成メカニズムに関する解説記事(Quantum Beam Science : 1 報) ✓ ADS 用窒化物燃料の概念と基礎設計の解説記事(日本原子力学会誌連載講座) ✓ アクチノイド窒化物の熱物性と熱力学の総説(Elsevier, Comprehensive Nuclear Materials, 2nd Ed.) ✓ ADS 用窒化物燃料の研究開発状況と ¹⁵N 濃縮の解説(日本原子力産業協会 NSA Commentaries) ✓ 沸騰水型原子炉内を移行するセシウムの化学挙動 評価に向けて~セシウムの化学挙動に与えるホウ素の影響評価~(日本原子力学会誌「ATOMO Σ」) ✓ シビアアクシデント時の燃料化学研究の進展: 福島第一原子力発電所事故後のアップデート(Advances in Nuclear Fuel Chemistry) ✓ 軽水炉シビアアクシデント時のセシウムの化学(日本原子力学会英文誌) ✓ セシウムと鋼材やストロンチウムと構造材との化学的相互作用(OECD/NEA TCOFF project Final Summary Report) <p>・ <u>受託研究(国/民間) : 66 件</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ 再処理プロセスでの腐食研究成果が、再処理施設の高経年化に関する規制庁受託として外部資金獲得につながった。 ✓ 格納容器の腐食への放射線影響評価研究成果が、1F 英知事業(廃炉加速化プログラム)として文部科学省からの受託研究 2 件の外部資金獲得につながった。 ✓ 軽水炉安全基盤研究としての受託研究が、さらに原子力の安全性向上を担う人材育成事業として資源エネルギー庁からの受託事業 1 件の外部資金獲得につながった。 ✓ H27-R1: 規制庁受託(安セ兼務)「再処理施設の経年変化に関する研究」 ✓ H29-R1: 文科受託(英知事業)「放射線環境下での腐食データベースの構築」 	
--	--

<ul style="list-style-type: none"> ✓ H30-R1: エネ庁受託(人材育成)「軽水炉過酷事故に対応できる人材育成基盤の構築」 ✓ H28-R2: JNFL 受託「Np 添加ウラン濃縮液中におけるステンレス鋼の低温腐食試験」 ✓ H29-R2: 中電共研(中電からの資金提供)「高温水中における金属材料のすき間腐食クライテリアの高度化」 ✓ R2: 鉄鋼協会「鉄鋼材料への腐食誘起水素侵入評価」 ✓ R3: 鉄鋼協会「腐食劣化解析に基づく鋼構造物維持の最適化」 ✓ 使用済み燃料プールの事故時の安全性向上に関する研究が、原子力の安全性向上に資する共通基盤整備のための技術開発事業として経済産業省からの受託研究(重大時効解析手法の高度化)1件の外部資金の獲得につながった。 ✓ 大型計算機を活用した第一原理計算等の研究は、SIP(戦略的イノベーション創造プログラム)事業、戦略的創造研究推進事業(さきがけ)等として、JST からの受託事業3件の外部資金獲得につながった。 ✓ 耐放射線性太陽電池開発に係る研究が、英知を結集した原子力科学技術・人材育成推進事業として文部科学省からの受託研究1件の外部資金獲得につながった。 ✓ ハイエントロピー合金(HEA)を対象にした複数の大学、研究機関との共同研究から派生し、原子力システム研究開発事業(新発想型)として、文部科学省からの受託研究1件の外部資金獲得につながった。 ✓ 文科省原シスで大型予算(3億)を獲得し、MA 窒化物燃料の研究開発を当初計画より前倒し・加速して実施(特に外注が必要な¹⁵N 関連やゲル化技術)。 ✓ 窒化物燃料に関する知見と高い技術力により、三菱重工からの受託研究(UN 燃料の軽水炉利用、R2~)獲得。 ✓ 1F 事故後早期から開始した模擬燃料デブリによる試験技術・知見により、IRID としての補助事業(デブリ性状把握~H27)、経産省補助事業(デブリ分析精度向上)獲得、先導的役割を果たしている。また、CLADS 英知事業(2件)で民間・大学へ協力。 ✓ CLADS 発足以前の SA 時燃料破損・溶融過程解析手法の高度化(経産省受託研究~H27, 4.2億)を担った。 ✓ その他、大型の機構内競争的資金(1F 推進費、R1-3、2.5億)獲得により、1F デブリ受入・分析のための原科研内横断的チーム構築、分析技術・装置等の基盤を整備 ✓ 経産省受託事業「安全性向上に資する新型燃料の既存軽水炉への導入に向けた技術基盤整備」を継続して実施した。その結果、民間(日立 GE)からの受託事業「SiC 被覆管燃料の高温水蒸気酸化基礎データ整備」、「SiC 被覆管接合部の高温耐圧健全性基礎データ整備」の外部資金獲得につながった。 ✓ 規制庁受託事業「シビアアクシデント時ソースターム評価技術高度化」を実施した。 ✓ 廃炉・汚染水対策事業「総合的な炉内状況把握の高度化(セシウムと鋼材との反応・再蒸発)」を実施した。 <p>・ <u>科研費: 63 件</u></p>	
---	--

<p><u>研究成果の展開・発展</u></p> <p>評価の視点：将来への研究開発の展開、新たな課題への反映の検討</p> <p>研究成果の次期中長期計画への研究開発の展開されており展開・発展は十分に行っていると評価した。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 再処理機器材料腐食量予測モデル、窒化物燃料物性データベース、FP 化学挙動データベース等については、データベース拡充やそれらの解析コード等への組み込みによる計算評価により、再処理機器材料交換時期検討、窒化物燃料設計、ソースターム評価、事故耐性燃料開発等のアウトカムへの貢献に向けた取り組みを事業者等と協力して継続していく。 ● 「スマート技術による原子力燃料材料開発の DX 化」を推進する：今期開発した環境要因を模擬した腐食挙動評価技術等を発展させ、他の影響因子の取り込みによる重畳効果評価手法の検討、高度その場測定分析技術採用による多量・多様・かつその場情報を含んだデータの迅速取得技術とデータ解析手法の高度化、得られたデータ・モデル等を組み込んだシミュレーションによる予測技術開発を実施する。これにより、実験で得られたデータや知見から年オーダーでの腐食量評価を可能とするなど、より価値の高い知見の取得と提供を目指す。 ● 成果デリバリーの仕組みの継続的な高度化として、事業者等との継続的な対話の充実のもとより、燃料と材料間や環境・材料・応力間等の複数課題／専門性を越えた機構内外・国内外の議論のさらなる促進、リソースの流動的な活用や外部研究者・技術者受入れと協働によるニーズシーズマッチングの高度化、原子力以外へのスピノフ等の機会増加等を進める。国外においても、近年 OECD/NEA 等において基礎基盤と応用の各プロジェクトでのクロスカッティングが重視され始めたことから、これらへの積極的な参加とプロジェクトの主導に努め、基礎基盤と応用の動的なバランスマネジメント向上を目指す。 ● 以上に基づき、事故耐性燃料の事故時挙動解明、各種原子力システムの新規高性能燃料材料開発やサイクル技術への展開等を目指した基盤研究実施等、軽水炉システムの長期利用等を見据えた機構でしかなし得ない新たな研究に着手する。 	A
<p><u>国内外他機関との連携</u></p> <p>評価の視点：国内外他機関との連携の妥当性</p> <p><u>国際協力：3 件、共同研究：58 件を実施しており、国内外との十分な連携が得られており、適切なニーズシーズマッチングによる多くの成果拠出において重要な役割を果たしていることから、特に顕著な成果を挙げていると評価した。</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ CEA との STC No. 4.9（原子力材料の腐食研究）の締結による、軽水炉材料や再処理機器材料の腐食研究に関する情報交換 ✓ CEA との STC No. 7.1（FP 挙動研究）及び VTT との協定締結による、研究者相互派遣を 	S

<p>通じた FP 挙動実験・解析</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ ADS 窓材候補材の照射・腐食特性評価等に関して、計算科学とイオン照射・原子炉照射（PSI、SCK・CEN との連携調整）実験を組み合わせるための研究 ✓ 材料腐食挙動評価のための北大との材料表面化学反応シミュレーション、東工大との酸素センサ開発等に関する研究 ✓ ハイエントロピー合金（HEA）等の原子力材料への適用のための物性解析・材料設計に係る計算科学及び実験研究 ✓ 重照射環境下での燃料被覆管の微細組織形成に関する研究開発の電力中央研究所との協力 ✓ MA 窒化物燃料製造技術開発について、機構内拠点、電中研、九州大学と連携した文科省受託研究の継続 ✓ 各種の 1F 支援研究として、量研機構高崎研究所、国内大学等と多くの共同研究 	
<p><u>研究成果の発信</u></p> <p>評価の視点：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）</p> <p><u>査読付き論文数:177 報</u>（うち高 IF 論文掲載（IF>5）：1 報）、<u>プレス:6 件</u>と、多くの成果が得られており、研究開発課題／成果の社会的受容性は特に顕著な成果を挙げている評価した。</p> <p>高 IF 論文掲載 (IF>5)</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Acta Materialia (IF=6.036) <p>プレスリリース</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ 放射線環境中のセラミックスがもつ自己修復能力の発見～セラミックスの表面を観察する新しい手法による成果～(2017. 10) ✓ 電子状態の計算シミュレーションで産業利用価値の高い合金を設計する～割れにくいマグネシウム合金開発への貢献に期待～(2018. 5) ✓ 放射性廃棄物を減らす核変換技術の実用化に道筋～核変換用燃料のふるまい予測に必要な物性データベースを公開(2019. 10. 18) ✓ 原子炉内での放射性物質のふるまい予測をめざす－重大事故時のセシウムの「化学」をデータベース化－(2020. 3) ✓ アルミニウムの自発的破壊現象の解明～水素でアルミがもろくなる原因の解明と、計算科学による高強度合金へ(2020. 4) ✓ 1F の格納容器内にたまった水の中で金属材料はどう腐食するのか？～放射線環境下での腐食データベースの構築(2021. 10) 	<p style="text-align: center;">S</p>

<p><u>人材育成への取組</u></p> <p>評価の視点：若手研究者の育成・支援への貢献の程度</p> <p>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)</p> <p>多くの学生や若手研究者受け入れを通じた指導、大学講師としての派遣、外国留学への派遣等を行っており、人材育成に関する取組を確実にしていると評価した。</p> <p>大学連携講座：21 名派遣</p> <p>外国留学：1 名派遣</p> <p>特別研究生：16 名受入</p> <p>夏期実習生：38 名受入</p> <p><u>他部署（CLADS）受け入れ：7 名</u></p> <p><u>若手研究者：3 名受入（海外 1 人、メーカー 2 人）</u></p>	<p>A</p>
--	----------

評価の視点と実績	自己評価
<p><u>研究成果の達成度と当初計画の妥当性</u></p> <p>評価の視点：研究開発の達成度（成功・不成功の原因の把握・分析） 当初の研究開発計画の妥当性</p> <p>学会賞等：<u>17 件受賞</u>すると共に、化学挙動知見の蓄積による放射性核種の分析法開発とシミュレーション技術の開発、1F 廃炉に関する原子力化学研究を<u>計画通り達成し、当初計画は妥当であり、特に顕著な成果もあげている</u>と評価した。</p> <p>第 3 期中長期計画分(①項目 5)</p> <p>達成目標 1：<u>新しい分光・測定技術を適用し、化学反応モデル構築</u>する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 液体・固体界面の分光分析法を開発し、界面反応・溶解反応・再沈殿・析出反応などの反応モデルを構築した。 <p>達成目標 2：<u>放射性廃棄物インベントリ評価に必要な長寿命核種の定量分析法を開発</u>する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Zr-93 や Pd-107 の新しい分析法を開発し、より簡便な分析方法の開発に成功した。 <p>達成目標 3：<u>分離試薬の性能予測に向けて、コンピュータシミュレーション技術として量子化学計算手法を開発</u>する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 量子化学計算による化学状態の解析手法をマイナーアクチノイド (MA) 向けに最適化し、分離メカニズムの解明に成功した。 <p>第 3 期中長期計画分(③項目 2)</p> <p>達成目標①：<u>1F 廃棄物を微量のサンプルで分析可能とする技術を開発</u>する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● マイクロチップに吸着樹脂を組み込むことに成功し、ウランを精度よく分析する方法を完成させた。 <p>達成目標②：<u>燃料デブリ性状の化学的長期安定性に関する知見を整備</u>する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 被覆管成分や構造材成分を含有する各種模擬デブリの 1F 廃炉環境を想定した環境下での性状変化を調べたところ、模擬デブリは、ウラン酸化物より化学的に安定であることを明らかにした。 <p>達成目標③：<u>汚染水中の α 粒子の表面化学特性と凝集挙動及び捕集特性を評価</u>する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 微細化したウラン微粒子の水中での凝集挙動を調べ、コロイドとして安定に存在する微細粒子と凝集沈殿する微粒子が存在することを見出した。 <p>第 3 期中長期計画分以外</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 計算化学技術を白金族に応用し、事故時挙動予測の基礎となる溶液内化学モデルを構築した。(①項目 5 の当初計画外) <p>賞等の受賞数：17 件（以下抜粋）</p> <p>✓ H28 年 日本放射化学会 奨励賞「メスバウアー分光パラメータと密度汎関数法を用いた d, f ブロック錯体の結合状態研究」</p> <p>✓ H28 年 日本分析化学会関東支部「2015 年度新世紀賞受賞」</p>	<p>S</p>

<ul style="list-style-type: none"> ✓ H30 年 日本アイソトープ協会 RADIOISOTOPES 誌論文奨励賞 「Bonding Study on Trivalent Europium Complexes by Combining Mossbauer Isomer Shifts with Density Functional Calculations」 ✓ R1 年 日本放射化学会 奨励賞 「振動和周波発生分光法を用いたランタノイドおよびアクチノイド研究の界面化学への展開」 ✓ R3 年 日本原子力学会 奨励賞 「マイナーアクチノイド及び希土類元素の分離メカニズム解明に向けた密度汎関数研究」 	
<p><u>研究成果の社会への反映</u></p> <p>評価の視点：研究開発成果の効果・効用（アウトカム）の把握・普及の程度</p> <p style="padding-left: 40px;">イノベーション創出への取組の妥当性</p> <p style="padding-left: 40px;">社会実装の達成度、取組の妥当性（技術・知識基盤プラットフォームの構築・提供を含む）</p> <p style="padding-left: 40px;">科学技術政策、社会的・経済的意義／ニーズへの適合性</p> <p>ニーズに対応した研究開発のアウトカムを見据えて、<u>多くの外部資金を獲得し、特に顕著な成果を挙げている</u>と評価した。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 研究開発成果の効果・効用（アウトカム）の把握・普及の程度 ✓ <u>量子化学計算による化学状態の解析手法は新規抽出剤の設計が可能な水準に達しており、今後、化学挙動のシミュレーション技術における標準的手法として、新規抽出剤開発や化学分離プロセス設計に活用されると期待できる。</u>（日本放射化学会 奨励賞、日本原子力学会 奨励賞） ✓ 溶液内の放射性核種の反応研究は、<u>ウランの特異な還元－析出反応を発見し、反応過程ごとの化学状態を推定</u>することに成功しており、廃棄物処分分野における環境中でのウラン挙動の正確な予測への波及効果が期待できる。 ・ イノベーション創出への取組の妥当性 ✓ 多角的な分光分析技術による固体・液体界面での化学挙動研究は、<u>最先端のレーザー分光法を取り込んだ独自のアプローチ</u>として国内外から注目されており、今後、廃棄物や材料等の技術分野に展開することで新しい価値を創造できると考える。（日本放射化学会 奨励賞） ✓ 「表面増強赤外分光法によるランタノイド／マイナーアクチノイド分離メカニズムの解明」として、機構内研究資金を獲得し、広島大学との共同研究を行い、<u>開発した分光技術の新しい用途展開</u>での活用が期待できる。 ✓ 溶液内の放射性核種の反応制御の研究は、劣化ウランを被電解質として活用する新しい<u>レドックスフロー電池開発</u>へのスピノフを目指し、フィージビリティ研究を実施した。放射性廃棄物の新しい利活用開発として大きなインパクトを与えたと考える。（東工大との共同研究として実施） ✓ マイクロ分析デバイス開発は、極微量量の海水組成の溶液中のウラン分析に成功した 	S

<p>ことにより、<u>1F 廃炉における滞留水の分析等への実用化</u>や、分析の自動化に向けた取り組みに進むことが期待できる。(東工大との共同研究として実施)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・社会実装の達成度、取組の妥当性(技術・知識基盤プラットフォームの構築・提供を含む) ✓ 放射線作用下での化学挙動に関する研究で得られた知見は、再処理や処分分野におけるニーズに対応するものであり、事業者等からの受託研究を通じて原子力技術の社会実装に貢献すると期待される。(JNFL 受託、エネ庁受託を実施) ✓ 表面増強赤外分光法用の測定システムを開発し、特許の出願を行った。「赤外分光分析の試料台」広島大学との共願) ✓ 難分析核種の分析法開発として実施した Pd-107 の分析は、使用済み燃料中の Pd-107 の実測に世界で初めて成功しており、今後、高レベル廃棄物の安全な処分に必要なイベントリ評価手法に活用されると期待できる。(QST との技術協力) ✓ 放射性核種分析をより簡易化するための技術開発研究は、高線量の放射性試料を対象とする分析に要する作業員の被ばくを低減できる技術であり、作業負担の少ない分析法として実用化されることが期待できる。(福島部門との連携) ✓ 模擬燃料デブリの放射線作用下での化学変化を明らかにした成果は、福島第一原子力発電所の安全着実な廃炉の推進のための、<u>燃料デブリの取出・保管・管理に貢献する知見を提供</u>した。 ✓ 微粒子状 α 核種の状態分析の研究により、マイクロメートルサイズの放射性微粒子の検出や化学種の同定を可能とし、1F <u>タービン建屋滞留水中の固形分に含まれる微粒子状ウランの存在状態解明</u>のニーズに適っており、1F 廃炉への貢献が大きいと考える。(東京電力からの受託研究として実施) <p>解説記事(含む書籍) : 11 件</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ ウランの化学的な知見を取りまとめた<u>教科書 2 冊 ウランの化学(I)基礎と応用、ウランの化学(II)方法と実践</u> ✓ 原子力分野向けの分光分析技術の解説記事(日本放射化学会・日本分光学会誌 各 1 報) ✓ 放射線作用下での液体・固体界面での化学挙動についての解説記事(日本アイソトープ協会発行 Radioisotopes 誌) ✓ 量子化学計算に関する解説記事(日本放射化学会誌・現代化学 各 1 報) ✓ 溶液内アクチノイドイオンの電極反応と酸化還元特性の解説記事(Radioisotopes) ✓ ESR で調べる野生動物の外部被ばく線量(放射線化学) <p>受託研究(国/民間) : 16 件</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ 放射線作用下における化学挙動の知見と多角的な分光分析技術をシーズとして、文部科学省からの英知事業(課題解決型)、資源エネルギー庁からの受託研究、JNFL からの受託研究 2 件の外部資金を獲得した。 ✓ 化学反応予測に向けた計算化学技術の開発が、英知事業(共通基盤型)の獲得につながった。 	
---	--

<ul style="list-style-type: none"> ✓ マイクロ化学チップ及び電気泳動分析法の研究が、マイクロ流路電気泳動による Li-7 濃縮技術開発として、株式会社アトックスからの受託事業 1 件の外部資金獲得につながった。 ✓ α 核種微粒子の検出・状態分析技術開発が、1F 廃炉における汚染水中の固形分分析として、東京電力 HD から受託事業 3 件の外部資金獲得につながった。 ✓ 放射性核種の分離法研究が、医用 RI 製造における放射性 Ra, Ac の分離法開発として、文部科学省からの受託事業（原子力システム研究開発：再委託）2 件の外部資金獲得につながった。 <p>科研費：71 件</p>	
<p><u>研究成果の展開・発展</u></p> <p>評価の視点：将来への研究開発の展開、新たな課題への反映の検討</p> <p>研究成果の次期中長期計画への研究開発の展開されており展開・発展は十分に行っていると評価した。</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ 構築した化学反応モデルは次期中長期計画において実施予定のデジタルツイン+の開発に活用し、化学挙動の知見や分光技術は革新的化学分析技術や次世代スマート燃料材料評価技術に発展させる。 ✓ マイクロ化学チップによる分析法開発技術は、次期中長期計画において実施予定のスマート測定技術・分析技術の開発に反映させ、放射性核種分析の自動化を進める。 	A
<p><u>国内外他機関との連携</u></p> <p>評価の視点：国内外他機関との連携の妥当性</p> <p>国際協力（共同研究含む）：2 件、共同研究：42 件を実施し、9 報の国際共著論文（スウェーデン王立工科大、米国 INL、ベトナム原子力庁他）を発表しており、国内外との十分な連携が得られており、特に顕著な成果を挙げていると評価した。</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ 東北大、京大、東工大との研究協力体制を構築し、燃料デブリの安定性評価や海水中ウランの回収技術について文部科学省英知事業（2 件）を獲得し、成果を挙げている。 ✓ 日本原燃との情報交換を継続的に実施、事業者ニーズを掘り起こし、2 件の受託研究を実施した。 ✓ ベトナム原子力庁と連携を図り、レアアース鉱石の分光分析と精錬技術についての JSPS 二国間交流事業により共同研究を実施した。 ✓ 科研費国際共同研究加速基金（国際共同研究強化 G）を獲得し、日独のアクチノイド化学研究の拠点形成に取り組んでいる。 ✓ スウェーデン王立工科大学との国際共著論文が、Angewandte Chemie International Edition(IF=15.33)に掲載された。 ✓ グラフト重合による分離材料の製造を千葉大学との共同で行い、日本分析化学会の 	S

<p>受賞につなげた。</p> <p>✓ Pd-107 の分析法開発で量研機構との連携して成果をプレス発表につなげた。</p>	
<p><u>研究成果の発信</u></p> <p>評価の視点：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）</p> <p><u>査読付き論文数：59 報（うち高 IF 論文掲載（IF>5）：9 報，国際共著：9 報，表紙選定：3 報，HOT Article 選定：1 報）、プレス：2 件と、多くの成果が高く評価されていることから、特に顕著な成果を挙げていると評価した。</u></p> <p>高 IF 論文掲載（IF>5）</p> <p>✓ <u>Analytical Chemistry（IF 6.986）3 報，Talanta（IF 6.057）2 報，Inorganic Chemistry（IF 5.165）4 報</u></p> <p>プレスリリース</p> <p>✓ H29 年「使用済燃料中パラジウム-107 の存在量を世界で初めて実測～試料に近づかずに高純度パラジウムを分離し正確に測定～」</p> <p>✓ H29 年「被覆材が混ざった核燃料は水に溶けにくくなる～燃料デブリの炉内安定性に係る新たな知見～」</p>	S
<p><u>人材育成への取組</u></p> <p>評価の視点：若手研究者の育成・支援への貢献の程度</p> <p>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）</p> <p>人材育成に関する取組を精力的に行っている評価した。</p> <p>大学等連携講座：<u>のべ 28 講座、35 名派遣</u>（茨城大学理学部、同大学院理学研究科；東北大学大学院理学研究科、同工学研究科；千葉工業大学工学研究科、福島工業高等専門学校、愛知県立時習館高等学校 SSH 等）</p> <p><u>外国人滞在研究者受け入れ（ベトナム原子力庁）：のべ 9 名受け入れ</u></p> <p><u>国外滞在研究（ベトナム原子力庁）：のべ 16 名派遣</u></p> <p>外国留学：1 名派遣（スウェーデン王立工科大学）</p> <p><u>特別研究生：10 名受入、学生実習生：3 名受入</u></p> <p><u>夏期実習生：61 名受入</u></p>	A

評価の視点と実績	自己評価
<p><u>研究成果の達成度と当初計画の妥当性</u></p> <p>評価の視点：研究開発の達成度（成功・不成功の原因の把握・分析）</p> <p>当初の研究開発計画の妥当性</p> <p>大気拡散モデルの高分解能化と機能拡張、海洋拡散システム、水中核種測定システム、同位体測定・実験技術開発、環境中核種挙動データ取得、飛跡構造や核熱連携等の解析を可能とする汎用放射線挙動解析コード、公衆の受ける外部被ばく線量を詳細かつ迅速に評価するシステム、高線量環境下における核種同定システム及び生体試料中核種分析法の開発を計画通り達成できており計画は妥当であった。さらに、<u>学会賞等を 20 件（文部科学大臣表彰 2 件、国際表彰 2 件を含む）受賞すると共に、計画外にも多くの成果を挙げたことから、当初計画を大きく上回る特に顕著な成果を創出したと評価した。</u></p> <p>第 3 期中長期計画分(③項目 5)</p> <p>達成目標①：大気拡散モデルの高分解能化と機能拡張、海洋拡散システムを完成させる。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 高分解能大気拡散モデル LOHDIM-LES とその実用的計算法、大気拡散データベースシステム WSPEEDI-DB と放出源推定・拡散再構築手法及び不確実性評価手法、緊急時海洋環境放射能評価システム STEAMER を開発した。 <p>達成目標②：水中核種測定システム、同位体測定・実験技術を開発し、環境中核種挙動データを取得する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 水中核種連続測定システムを開発し海洋調査での実地試験により Cs-137 の測定性能を実証した。放射性炭素 (C-14) の測定・実験技術を活用した陸域炭素循環の解明手法を確立した。 <p>達成目標③：飛跡構造や核熱連携等の解析を可能とする汎用放射線挙動解析コードを完成させる。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● PHITS の高度化（エネルギー付与計算の空間分解能向上、連続四面体の読み込み機能、誘導放射能等の高度化、系統的不確かさ評価機能、ナノスケールの飛跡解析機能）汎用放射線挙動解析コードを完成させた。 <p>達成目標④：公衆の受ける外部被ばく線量を詳細かつ迅速に評価するシステムを完成させる。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 環境中に分布した核種からの被ばく線量解析手法、最新の人体モデルを用いた被ばく線量解析手法、姿勢変化が可能な人体モデル、外部被ばく線量評価データベースを開発し、公衆の外部被ばく線量を評価するシステムを構築した。 <p>達成目標⑤：高線量環境下における核種同定システム及び生体試料中核種分析法を完成させる。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 高線量率環境下核種同定システム、バイオアッセイ試料中の難測定核種の迅速分析法を開発した。 	<p>S</p>

第3期中長期計画分以外（③項目5の当初計画外）

- WSPEEDI-DB を活用した自治体の防災計画への貢献、全球大気拡散モデルの開発と大気中ヨウ素 129 の動態解明、陸面核種移行モデル SOLVEG-R の開発と森林樹木の汚染メカニズム解明と濃度変動の将来予測、1F 事故による放射性セシウムの陸域での動態解明、アジア原子力協力フォーラム（FNCA）気候変動科学プロジェクトにおける国際協力を推進した。
- 複雑な DNA 損傷プロセスやシンチレーション検出器の光出力の仕組みの解明、不溶性放射性微粒子に対する線量評価手法の開発、細胞や DNA が受ける影響の解明、外部機関との連携による実用的システムの創出、世界各国の平均宇宙線被ばく線量の評価、原爆被ばく線量再評価、国際的な放射線防護基準やデータの見直しに貢献した。

学会賞等の受賞数：20 件

- ✓ H27 年 文部科学大臣表彰・科学技術賞（開発部門）「緊急時環境線量情報予測システム WSPEEDI の開発」
- ✓ H27 年 米国化学会論文賞「Vertical and Lateral Transport of Particulate Radiocesium off Fukushima」
- ✓ H28 年 日本原子力学会賞論文賞「Increase in rare earth element concentrations controlled by dissolved organic matter in river water during rainfall events in a temperate, small forested catchment」
- ✓ H28 年 日本原子力学会奨励賞「放射線により生じる電子機器の誤動作現象に関するシミュレーション技術の高度化」
- ✓ H29 年 日本原子力学会賞学術業績賞「放射性炭素の原子力施設からの放出と環境中での移行に関する総合的研究」
- ✓ H29 年 JNST Most Popular Article Award 2016
- ✓ H30 年 JNST Most Cited Article Award 2017（2 件）
- ✓ H30 年 JNST Most Popular Article Award 2017
- ✓ H30 年 日本原子力学会賞技術賞「環境に分布する放射性セシウムによる公衆の外部被ばく線量推定手法の開発」
- ✓ H30 年 日本保健物理学会論文賞「体格の異なる成人日本人ボクセルファントムの構築と外部光子照射に対する臓器線量評価への適用」
- ✓ H31 年 文部科学大臣表彰・科学技術賞（研究部門）「放射性炭素の大気放出と環境中移行に関する総合的研究」
- ✓ H31 年 JNST Most Popular Article Award 2018（2 件）
- ✓ R2 年 アジア原子力協力フォーラム（FNCA）2020 年最優秀研究チーム賞「気候変動科学プロジェクト日本チーム」
- ✓ R2 年 日本原子力学会賞技術賞「緊急時海洋環境放射能評価システムの開発」
- ✓ R2 年 JNST Most Cited Article Award 2019（2 件）
- ✓ R2 年 日本原子力学会保健物理・環境科学部会賞（論文賞）「Development of a

<p>stochastic biokinetic method and its application to internal dose estimation for insoluble cesium-bearing particles」</p> <p>✓ R3 年 日本原子力学会論文賞「Measurement of displacement cross-sections of copper and iron for proton with kinetic energies in the range 0.4 – 3GeV」</p>	
<p><u>研究成果の社会への反映</u></p> <p>評価の視点：研究開発成果の効果・効用（アウトカム）の把握・普及の程度</p> <p>イノベーション創出への取組の妥当性</p> <p>社会実装の達成度、取組の妥当性（技術・知識基盤プラットフォームの構築・提供を含む）</p> <p>科学技術政策、社会的・経済的意義／ニーズへの適合性</p> <p>ニーズに対応した研究開発のアウトカムを見据えて、多くの外部資金獲得や計算コード/データベースの公開、技術・知識基盤プラットフォームの構築を行っており、<u>社会へ反映し国際的にも高く評価されている特に顕著な成果が得られていると評価した。</u></p> <p>・ 計算コード/データベース等の公開等の成果の社会実装：コード配布約 4,500 件</p> <p>✓ 緊急時海洋環境放射能評価システム STEAMER による海洋拡散予測結果は、<u>経済産業省資源エネルギー庁及び外務省へ提供され、1F の ALPS 処理水の海洋放出や廃炉に伴う汚染水漏えい等の対策の参考情報として活用されている。</u></p> <p>✓ 大気拡散データベースシステム WSPEEDI-DB は、<u>国や国際機関による 1F 事故の被ばく線量評価に貢献するとともに、島根県における原子力発電所周辺のモニタリング地点の配置の妥当性検証に活用された。</u></p> <p>✓ PHITS コードの普及のための講習会を 84 回、研究会を年 1 回程度開催し、<u>現在のユーザー数は約 6,000 名で配布先は約 50 か国となっている。</u>これにより、広く理学・工学・医学分野の放射線影響評価や放射線利用の発展に貢献している。</p> <p>✓ PHITS を用いて、<u>太陽放射線被ばく警報システム（WASAVIES：情報通信研究機構の HP で公開）、PET-CT 画像から線量を評価し治療効果を推定するシステム（大阪大学と共同）、産学連携による放射線照射による半導体ソフトウェアの解析手法を開発し、活用されている。</u></p> <p>✓ 高線量率環境下核種同定システムは、<u>原子力発電所の高線量率作業場における放射線業務従事者の眼の水晶体の被ばく線量の調査研究に用いられるなど、放射線防護分野で大きく貢献している</u></p> <p>・ 技術・知識基盤プラットフォーム構築:2 件、有償商用契約:1 件</p> <p>✓ 半導体ソフトウェア対策に関する研究開発（産学共創プラットフォーム共同研究推進プログラム OPERA）</p> <p>✓ <u>太陽放射線被ばく警報システム（WASAVIES）の開発と運用開始</u></p> <p>✓ <u>住友重機械工業との有償商用契約（BNCT 治療システム）</u></p> <p>・ 国際機関のレポート類の公開への貢献、解説記事（含む書籍）：5 件</p>	<p>S</p>

<ul style="list-style-type: none"> ✓ <u>UNSCEAR 2020 Report: Levels and effects of radiation exposure due to the accident at the Fukushima Daiichi Nuclear Power Station</u> ✓ <u>ICRP 刊行物 2 件 : Publication 144「環境中の放射性核種に対する換算係数データベース」、Publication 145「新たな標準メッシュ型人体モデル」</u> ✓ <u>IAEA—CRP による報告書 1 件 : 「初期の放射線照射断面積」(Eur. Phys. J. Plus 誌)</u> <ul style="list-style-type: none"> ・ 受託研究(国/民間) : 42 件 ・ 科研費 : 108 件 	
<p><u>研究成果の展開・発展</u></p> <p>評価の視点 : 将来への研究開発の展開、新たな課題への反映の検討</p> <p>開発した計算コードは以下の研究開発へ展開・発展され、次期中長期計画において実施予定のデジタルツイン+にも反映させ、<u>環境・放射線科学研究の DX 化を主導していく</u>予定である。</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ 開発した環境動態のモデル・システムを統合して大気・陸域・海洋間の相互作用を考慮し、さらに実測値との融合等により精度を向上することで<u>現実環境を精緻に再現し、仮想実験による対策検討を可能とする計算システムの構築を目指す</u>。これにより、<u>原子力・放射線施設の平常時及び事故時の放射性物質・放射線による影響評価と防護・影響低減対策等の実効性向上・合理化に向けた科学的知見と技術の提供を進める</u>。 ✓ 完成させた PHITS コードについては、今中長期計画で得た新しい科学的知見も反映させ、原子力、放射線科学分野での活用とともに、<u>新原子力のイノベーションを創出するための技術基盤となる放射線影響統合解析コードへ発展させていく</u>。また、開発した線量評価モデルの活用や、放射線生物影響に関する研究を発展させ、<u>放射線防護の基礎データや放射線リスクの創出、放射線影響に関する科学的知見の蓄積に貢献する研究を主導していく</u>。 	A
<p><u>国内外他機関との連携</u></p> <p>評価の視点 : 国内外他機関との連携の妥当性</p> <p>国際協力と共同研究を精力的に実施して、米国の基準策定や自治体の施策への貢献など、<u>社会実装につながる成果を創出しており、特に顕著な連携が得られていると評価した</u>。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 国際協力 : 2 件 ✓ アジア原子力協力フォーラム (FNCA) では、国立環境研究所・東京大学・茨城大学と日本チームを構成して気候変動科学プロジェクトに参加し、<u>炭素循環の解明技術をアジア諸国の研究チームに提供し、国際協力研究を進める体制を構築した</u>。 ✓ <u>米国 EPA との研究協定の下、米国の公衆の被ばく線量に関する新しい基準の策定へ貢献した</u> (同基準は国内における放射線安全規制に関する審議でも参照される)。 ・ 共同研究 : 66 件 	S

<ul style="list-style-type: none"> ✓ 島根県原子力環境センターとの共同研究では、大気拡散データベースシステム WSPEEDI-DB を活用し、原子力発電所周辺モニタリング地点の配置の妥当性検証を行い、<u>地方自治体による原子力防災計画の実効性向上に貢献した。</u> ✓ 京都大学との共同研究では、高分解能大気拡散モデル LOHDIM-LES 及び放射線輸送計算コード PHITS を活用し、京都大学が開発した計測器によるガンマ線画像から逆解析して放射性プルームの核種濃度分布と放出量を推定する手法を開発した。 ✓ <u>国内の企業、大学、研究機関との共同研究より顕著な成果を創出し、複数件の共同プレス発表（量研機構、放影研）を行った。また、半導体ソフトウェアに関する成果は産業界に活用され、他にも社会実装が期待できる成果（量研機構との共同研究で開発を進める治療計画システム）を創出している。</u> ✓ 大型加速器施設での眼の水晶体に関する調査研究において、他機関との連携により成果を創出している。 	
<p><u>研究成果の発信</u> 評価の視点：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）</p> <p>査読付き論文数：主著 160 報、共著 121 報（うち高 IF 論文掲載（IF>5）：主著 6 報、共著 10 報）、<u>プレス：15 件と、高インパクトの発表を多数行っていることから、特に顕著な成果が得られていると評価した。</u></p> <p>高 IF 論文掲載（IF>5）：16 報 Environmental Science & Technology（IF=9.028）2 報、Environmental Research Letters（IF=6.793）、Science of the Total Environment（IF=7.963）3 報、Mutation Research: Reviews in Mutation Research（IF=5.657）、Chemosphere（IF=7.086）2 報、Geoscience Frontiers（IF=6.853）、Astrophysical Journal（IF=5.874）、Agricultural and Forest Meteorology（IF=5.734）、Journal of Nuclear Medicine（IF=10.057）、International Journal of Molecular Sciences（IF=5.923）、Cells（IF=6.6）、Geoderma（IF=6.114）</p> <p>プレスリリース（主体となった発表 9 件のみ記載）</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ 公衆の宇宙線被ばく線量を世界で初めて国や地域ごとに評価（2016.09） ✓ 原子力事故による海洋汚染を迅速に予測するシステムを開発（2017.3） ✓ ホウ素中性子捕捉療法（BNCT）によるがん細胞殺傷効果の理論的な予測に成功（2018.02） ✓ DNA 損傷の複雑さを決める極低エネルギー電子の新たな役割を解明（2018.02） ✓ シンチレーション検出器の光出力を決める仕組みを解明（2018.08） ✓ 放射性物質の様々な条件の大気拡散計算を高速化（2020.6） ✓ 1945 年の日本人体型を精緻に再現し原爆被爆者の臓器線量を再評価（2020.09） ✓ 患者の個性を反映した α 線核医学治療の線量評価が可能に（2021.01） ✓ 世界初！あらゆる物質中の放射線の動きを原子サイズで予測（2021.12.21） 	S

<p><u>人材育成への取組</u></p> <p>評価の視点：若手研究者の育成・支援への貢献の程度</p> <p>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)</p> <p>人材育成に関する取組を<u>精力的に行っている</u>と評価した。</p> <p><u>国内外大学、研究機関等への講師派遣：のべ 44 講座</u></p> <p>外国留学：4 名派遣</p> <p>文部科学省原子力研究交流制度研究員：2 名受入、IAEA 技術研修生：2 名受入れ</p> <p>特別研究生：2 名受入、<u>夏期実習生：60 名受入</u></p>	<p>A</p>
--	----------

評価の視点と実績	自己評価
<p><u>研究成果の達成度と当初計画の妥当性</u></p> <p>評価の視点：研究開発の達成度（成功・不成功の原因の把握・分析） 当初の研究開発計画の妥当性</p> <p><u>研究開発の達成度と妥当性：</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ● MA 分離： <ul style="list-style-type: none"> ✓ フードでのバッチ試験及び小規模連続抽出試験で研究成果を積み上げ、ホットセルでの実液試験に着実に到達した。 ✓ さらに、これまでにない性能の分離プロセスの可能性を示すなど、計画外の成果を得ており、研究計画は妥当であり達成度は十分以上と考える。 ● MA 燃料開発： <ul style="list-style-type: none"> ✓ 窒化物燃料については、特性データ取得とふるまい解析コード改良を進めるとともに、燃料製造要素技術を開発・実証して技術的成立性を評価したことで目標通りの成果を得た。大型競争的資金獲得により、特に 15N 関連の課題を解決したのは目標を超える成果である。 ● ADS 開発 <ul style="list-style-type: none"> ✓ ADS 開発：J-PARC 核変換施設については、許認可および建設に必要な要素技術開発・施設検討・安全評価を完遂し、大きな成果を上げたと考える。期間内に建設を目指すという高い目標を掲げることで、期間半ばまでに必要な開発を終えることができ、建設及び許認可の着手に備えることができたことから、計画は妥当であったと考える。さらに計算科学を導入した研究開発を開始し、計画以上の進捗があったと考える。 ✓ ADS 概念設計に対して多くの成果を得、また、国際協力を活発に行うことで開発を加速したと考える。ADS 概念設計は、継続的に実施する必要がある研究開発であり、計画は妥当であったと考える。 ● ADS 燃料乾式処理技術開発 <ul style="list-style-type: none"> ✓ ADS による MA 核変換に用いられる MA 窒化物燃料の処理技術に関する重要な成果を得た。MA 燃料処理技術の開発は、継続的に実施する必要がある研究開発であり、計画は妥当であったと考える。 <p><u>学会賞等の受賞数：計 7 件</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ H27 年度 日本原子力学会再処理・リサイクル部会業績賞「再処理プロセス・化学ハンドブック第 3 版」の公刊 ✓ H28 年度 日本原子力学会再処理・リサイクル部会業績賞「国際学会 Asian Nuclear Prospects 2016 (ANUP2016) の運営及び成功」 ✓ H28 年度 原子力学会再処理リサイクル部会業績賞「核変換による高レベル放射性廃棄 	<p>A</p>

<p>物の大幅な低減・資源化「LLFP 分離・回収技術の開発」ImPACT プログラム」</p> <p>✓ H28 年度 電気化学会技術賞(棚橋賞)「高レベル放射性廃棄物からの長寿命核分裂生成物の分離回収技術」</p> <p>✓ H28.11.07 日本原子力研究開発機構 模範賞(団体) 「再処理関連施設の保障措置研修の実施による国際貢献」</p> <p>✓ H31.03.22 日本原子力学会再処理・リサイクル部会 第14回(平成30年度)日本原子力学会 再処理・リサイクル部会 業績賞 「国際学会 International Pyroprocessing Research Conference 2018 (IPRC2018) の初の国内開催に成功 」</p> <p>✓ 令和2年 日本原子力学会核データ部会賞(学術賞)「高励起原子核の核分裂確率の統一的な記述」</p> <p>研究開発の達成度：【専門部会評価：S2、A9】</p> <ul style="list-style-type: none"> ● MA 分離技術, MA 燃料技術, MA 核変換技術のすべてのテーマで計画期間中の目標達成がなされる見通しであり, 各分野での技術開発の進展(技術的成立性の向上)に大きく寄与している。各研究において世界をリードする優れた研究成果が多々創出されており, 世界的な研究の進展への貢献も評価できる。 ● 第3期中長期計画期間において大部分の課題を達成していることは評価できる。ただし、J-PARC 核変換施設着工にいたらなかったことは残念である。 <p>当初の研究開発計画の妥当性：【専門部会評価：A8、B3】</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 全体を通じておおむね計画通り目標を達成できる見通しであり, 多くの優れた研究成果や当初目標を超える成果が得られたことなどから, 当初の研究計画は妥当であったと評価できる。 ● 技術開発計画として妥当である。ただし、当初計画では建設も視野に入れていた TEFT に関して、計画策定時点での機構内における該当研究項目の位置づけが不明確に感じる。 	
<p>研究成果の社会への反映</p> <p>評価の視点：研究開発成果の効果・効用（アウトカム）の把握・普及の程度</p> <p>イノベーション創出への取組の妥当性</p> <p>社会実装の達成度、取組の妥当性（技術・知識基盤プラットフォームの構築・提供を含む）</p> <p>科学技術政策、社会的・経済的意義／ニーズへの適合性</p> <p>研究開発成果の効果・効用（アウトカム）の把握・普及の程度：</p> <ul style="list-style-type: none"> ● MA 分離： <ul style="list-style-type: none"> ✓ 焼却処分が可能な抽出剤を用いて、実廃液からグラムスケールの MA を回収するプロセスの構築に見通しを示しており、放射性廃棄物の減容化・有害度低減への効果が期待される。 	S

<ul style="list-style-type: none"> ● MA 燃料開発： <ul style="list-style-type: none"> ✓ ZrN 母材の核変換用窒化物燃料については、枢要技術の実証とふるまい解析コード整備により、照射試験用燃料の仕様検討と作製が可能な段階にあり、今後作製に着手する。 ✓ 窒化物燃料物性データベース web 版と、ふるまい解析コードのコーディングを公開しており、外部利用可能な状態とした。 ✓ ^{15}N 同位体濃縮について、メーカーが大規模プラントの設計可能な状態まで進めており、将来これが実現した際には窒化物燃料以外の需要に対しても供給価格が大幅に低下する。 ● ADS 開発： <ul style="list-style-type: none"> ✓ 分離変換技術の社会実装に向けた J-PARC 核変換施設の建設は、国内外の研究者、国内政府、自治体などで注目されており、施設の基本設計を完成させた意義は大きいと考える。 ✓ ADS を用いた分離変換技術は原子力の根深い課題である高レベル放射性廃棄物処分に対して貢献するものであるため、社会からの注目は常に大きい。期間中に得られた成果は下記の政府委員会で公知し、そこでの議論を今後の方針に反映している。 ● ADS 燃料乾式処理技術開発 <ul style="list-style-type: none"> ✓ ADS によって核変換処理された燃料の処理は、分離変換技術を成立させる重要な要素である。高レベル放射性廃棄物処分に対して貢献する技術として、社会からの注目は大きい。期間中に得られた成果は下記の政府委員会で公知し、そこでの議論を今後の方針に反映している。 <ul style="list-style-type: none"> ・ 文部科学省原子力研究開発・基盤・人材作業部会／群分離・核変換技術評価タスクフォース（2021 年 5 月～） <p><u>イノベーション創出への取組の妥当性：</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ● MA 分離 <ul style="list-style-type: none"> ✓ 新出剤の開発や混合溶媒の適用により、MA 分離プロセスの簡素化につながる成果が得られており、イノベーションの創出が期待できることから、妥当性のある取り組みがなされたと考えられる。 ● MA 燃料開発 <ul style="list-style-type: none"> ✓ レーザー局所加熱による融点測定技術は、超高融点物質の融点を容器との反応の影響を受けずに微小試料で測定可能な画期的な技術であり、MA 窒化物燃料以外に 1F 燃料デブリ等の取扱い困難な試料に広く活用可能である。 ● ADS 開発 <ul style="list-style-type: none"> ✓ ADS 研究は、従来の原子炉技術に加速器および高エネルギー物理を組み合わせた点がイノベティブである。ADS 研究に対して多分野の研究者を協働させており、取り組みは妥当である。 ● ADS 燃料乾式処理技術開発 	
---	--

- ✓ ADS による MA 核変換に用いられる予定の MA 窒化物燃料の処理技術は、MA 核変換用窒化物燃料サイクルの構築に不可欠な技術であるが他機関では実施されておらず、これに取り組むことはイノベティブである。技術開発においては、各国で実施されてきた金属燃料の乾式処理に関する成果を踏まえるとともに、MA 核変換用窒化物燃料の特徴を考慮に入れた手法の選定を行っており、その取り組みは妥当である。

社会実装の達成度、取組の妥当性（技術・知識基盤プラットフォームの構築・提供を含む）：

● MA 分離

- ✓ 実廃液試験によって技術実証し社会実装にむけた開発を着実に進めた。また抽出剤及び分離法の基礎データは論文等によって公開するとともに、OECD/NEA が構築を進めている抽出剤データベースに寄与している。

● MA 燃料開発

- ✓ 窒化物燃料製造技術開発においてクリティカルな課題である窒素原料の同位体濃縮技術開発について、ガス製造事業者との連携協力による実用化プラントの設計がなされている。さらに、同技術を他の産業技術として適用するための検討が開始されている。

● ADS 開発

- ✓ ADS の技術成熟度は TRL3～5 程度であり、原理実証段階にある。多くの研究開発資源を必要とする大型施設の建設に向けて段階的に研究開発を実施しており、社会実装に向けた取り組みは妥当であると考ええる。

● ADS 燃料乾式処理技術開発

- ✓ MA 窒化物燃料の乾式処理技術の技術成熟度は TRL3～4 程度であり、原理実証段階にある。多くの研究開発資源を必要とする準工学規模の試験研究実施の判断に向けて段階的に研究開発を実施しており、取り組みは妥当であると考ええる。

科学技術政策、社会的・経済的意義／ニーズへの適合性：

● MA 分離

- ✓ 再処理及び MA 分離を統合した新しい分離プロセス (SELECT プロセス) を提案し、その成立性を支持する実験結果が得られており、エネルギー基本計画に記載されている放射性廃棄物の減容化・有害度低減の選択肢の確保に適合していると考えられる。

● MA 燃料開発

- ✓ 高レベル放射性廃棄物低減・処分場面積低減による社会的受容性向上のための有望オプションである分離変換技術開発への貢献

● ADS 開発及び ADS 燃料乾式処理技術開発

- ✓ 第六次エネルギー基本政策（令和 3 年 10 月）で、「加速器を用いた核種変換など、・・・を推進する。」とされており、科学技術政策に適している。
- ✓ 下記政府委員会で社会的・経済的意義／ニーズの議論を行い、それに従って研究開発を実施している。

<p>・ 文部科学省 原子力科学技術委員会／群分離・核変換技術評価作業部会 (平成 25 年 3 月～平成 27 年 8 月)</p> <p><u>研究開発成果の効果・効用の把握・普及の程度</u>：【専門部会評価：S2、A7、B2】</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 個別の分野で非常に質の高い研究成果が得られており、学会や専門誌での情報発信も広範に行われているので各分野での学術的、技術的貢献度は大きいと評価できる。 <p><u>イノベーション創出への取組の妥当性</u>：【専門部会評価：S2、A8、B1】</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 本技術開発自体がイノベティブであるが、個別的には他分野への応用の可能性がある方法論（測定・計測技術も含む）や基礎技術（新しい溶媒や耐極限環境材料開発も含む）、モデル／データベースが研究成果に含まれているので、結果的に取り組みは妥当と言える。 <p><u>社会実装の達成度、取組の妥当性</u>：【専門部会評価：S1、A6、B4】</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 社会実装そのものという点では、技術開発のみで成し遂げられる開発項目ではないため評価が困難であるが、そこに向けた取り組みとしては妥当であると評価される。 <p><u>科学技術政策、社会的・経済的意義／ニーズへの適合性</u>：【専門部会評価：S6、A3、B2】</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 社会的意義が極めて高い研究開発であり、科学技術政策や社会的ニーズに適合性を有しており、特に顕著であると評価した。 	
<p><u>研究成果の展開・発展</u></p> <p>評価の視点：将来への研究開発の展開、新たな課題への反映の検討</p> <ul style="list-style-type: none"> ● MA 分離 <ul style="list-style-type: none"> ✓ 抽出分離及び溶媒劣化に関する基礎データの拡充並びに工学的データの取得を行い、MA 分離技術の実用化に必要な研究開発を進める。 ✓ 第 3 期で開発した MA 分離のための SELECT プロセスの改良及び高度化を進める。 ● MA 燃料開発 <ul style="list-style-type: none"> ✓ 核変換用窒化物燃料については、ゲル化及びレーザー融点測定の TRU 適用・実証へ向けた取り組みと、常陽での照射試験を検討して照射試験用燃料作製着手を目指す。 ● ADS 開発 <ul style="list-style-type: none"> ✓ J-PARC 核変換施設は建設に至っていないが、J-PARC が既に加速器を有することの強みを活かし、更に有効かつ効果的な施設概念を構築していく。 ✓ 現在実施中の ADS 概念設計を進め、工学規模の研究開発実施の判断に資する成果を得る。 ● ADS 燃料乾式処理技術開発 <ul style="list-style-type: none"> ✓ 現在実施中の MA 燃料乾式処理技術開発を進め、準工学規模の試験研究実施の判断に資する成果を得る。 	A

<p><u>将来/次期中長期計画への研究開発の展開、新たな課題への反映の検討：【専門部会評価：S2、A7、B2】</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ● 今後の研究展開については、おおむね妥当なものと評価できる。一方で、今後はより経費の掛かる研究が増えてくるので、クリティカルパスを踏まえた研究の優先順位の評価が重要になってくる。 	
<p><u>国内外他機関との連携</u> 評価の視点：国内外他機関との連携の妥当性</p> <p>国際協力：3件、共同研究：58件を実施している。これらの協力は(1)～(3)に記載したとおり、適切なニーズシーズマッチングによる多くの成果抛出において重要な役割を果たしていることから、十分な連携が得られていると評価した。</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ 日仏協力において CEA との STC No. 2.2（多重リサイクルのためのアクチニド分離（旧プロセス技術））により、再処理及び MA 分離技術に関する情報交換 ✓ 日米 CNWG によって、米国アイダホ国立研究所に若手研究者を派遣し、MA 分離用抽出剤の放射線劣化挙動を評価した。 ✓ ADS 開発においては、米国、ベルギー、OECD/NEA、IAEA と 5 件の国際協力を実施。特にベルギー及び米国との協力では、日本単独では成しえない多くの成果が得られた。 ✓ 国内では、大学 10 件、企業 2 件と共同研究を実施。 <p><u>国内外他機関との連携：【専門部会評価：S3、A7、B1】</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ● 多くの大学、研究機関と連携して研究を進めており、これまでの活動は十分評価できる。 	A
<p><u>研究成果の発信</u> 評価の視点：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）</p> <p><u>査読付き論文数：84 報、プレス：3 件と、多くの成果が得られていることから、着実な進捗を示していると評価した。</u></p> <p><u>プレスリリース</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ <u>日米共同実験により加速器駆動核変換システムの研究開発の進展に期待～高濃縮ウラン等を用いた新たな日米研究協力体制を構築～（2018. 6）</u> ✓ <u>放射性のゴミを分別する「SELECT プロセス」の開発に成功～高レベル放射性廃液の有害度低減・減容化を目指す分離変換技術の開発に進展～（2019. 4）</u> <p><u>研究開発課題／成果の社会的受容性：【専門部会評価：A6、B5】</u></p>	A

<p>分離核変換技術は原子力利用を続けていくためには必要な技術であり、そうした技術の社会受容性を向上するために、専門学会だけでなく一般を対象の意見交換会などにより力を入れてほしい。</p> <p>研究成果はもれなく外部に公開され、学術的な評価も受けており、その意味での社会的受容度は高い。一方、一般社会への情報発信は社会の関心度が高いだけにミスリードにならないような慎重さが必要である。その点、当機構の一般への情報提供は誇張がなく事実にも忠実で妥当であると言える。</p>	
<p><u>人材育成への取組</u></p> <p>評価の視点：若手研究者の育成・支援への貢献の程度</p> <p>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)</p> <p>研究員の講師派遣や受入を行っており、積極的な人材育成に取り組んでいる。</p> <p>大学連携講座：21 名派遣、研究員外国派遣：1 名派遣</p> <p>特別研究生：9 名受入、学生実習生：3 名、夏期実習生：25 名受入</p> <p>若手を対象とした学会賞：3 件</p> <p>平成 28 年</p> <p>日本アクチノイドネットワーク (J-ACTINET) ポスター賞「<i>M, N</i>-ジ(2-エチルヘキシル)オクタナミドのウラン抽出特性」</p> <p>日本原子力学会第 12 回再処理・リサイクル部会セミナー最優秀賞「MA/Ln 分離抽出剤 HONTA の放射線分解の研究」</p> <p>原子力学会核燃料部会夏期セミナーポスター優秀賞「MCCI 生成物中の海水塩・FP 等の化学形」</p> <p>平成 30 年</p> <p>第 14 回再処理・リサイクルセミナーポスター発表最優秀賞「核分裂計数管用マイナーアクチノイド (MA) 試料の製作」</p> <p>炉物理部会賞奨励賞「Reduced Order Modeling (ROM) に基づいた効率的な感度係数評価手法の開発」</p> <p>平成 31 年・令和元年</p> <p>原子力学会核燃料部会 学会講演賞「燃料模擬物質の粉碎条件と焼結密度の関係」</p> <p>同 夏期セミナーポスター優秀賞「レーザー局所加熱法を用いた融点測定装置の開発：窒化物測定への適応」</p> <p>令和 2 年</p> <p>第 41 回日本核物質管理学会年次大会 若手・学生セッション最優秀発表賞</p> <p>「加速器駆動システムを用いた分離変換サイクルにおける核不拡散性に関する研究 - サイクル初期の燃焼集合体の Attractiveness 評価 -」</p> <p>令和 3 年</p>	A

<p>原子力学会秋の大会 学生ポスターセッション最優秀賞「NMB4.0:統合的な核燃料サイクルシミュレーションコードの開発」</p> <p><u>若手研究者の育成・支援への貢献の程度</u>【専門部会評価：S6、A3、B2】</p> <p>人材育成への取り組みを妥当と評価する。特に、修士課程、博士課程の大学院生を夏季休暇期間に研修生としての短期受入れ、特別研究生としての長期受入れが実施されており、原子力工学を目指す学生の育成に大いに役立っており高く評価できる。今後もこうした活動が継続されることを期待する。</p>	
---	--

原子力基礎工学研究（全体）

評価の視点と実績	自己評価
<p><u>研究成果の達成度と当初計画の妥当性</u></p> <p>評価の視点：研究開発の達成度（成功・不成功の原因の把握・分析） 当初の研究開発計画の妥当性</p> <p><u>計画外含めた多くの成果提出により、研究開発の達成度は特に顕著と評価する。</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ 各研究分野において成果が高く評価され、<u>論文賞(14 件)、文部科学大臣表彰等(8 件)をはじめ学協会賞を受賞(119 件)</u>した。 ➤ 軽水炉・核工学に関する研究開発を計画通り達成できており計画は妥当であった ✓ 原子力基礎工学で用いられるコード類を多数整備した。JENDL-5、FRENDY、MVP 等の公開 ➤ 燃料材料に関する研究開発を計画通り達成できており計画は妥当であった ✓ 原子力燃料材料挙動評価のための測定・計算手法を開発し、材料劣化挙動等のメカニズムを解明してモデル／データベースとして公開した。 ✓ <u>構造材すき間腐食挙動の解明、FP 化学挙動モデルの SA 解析コードへの実装完了など、計画を超える成果を挙げた。</u> ➤ 原子力化学に関する研究開発を計画通り達成できており計画は妥当であった。 ✓ 液体・固体界面の分光分析法を開発し、界面反応・溶解反応・再沈殿・析出反応などの反応モデルを構築した。 ✓ 量子化学計算による化学状態の解析手法をマイナーアクチノイド(MA)向けに最適化し、分離メカニズムの解明に成功した ➤ 環境・放射線科学に関する研究開発を計画通り達成できており計画は妥当であった。 ✓ 大気拡散モデルの高分解能化と機能拡張、海洋拡散システム、環境中核種挙動データ取得した。 ✓ 放射線飛跡構造や核熱連携等の解析を可能とする汎用放射線挙動解析コード、公衆の受ける外部被ばく線量を詳細かつ迅速に評価するシステム、高線量環境下における核種同定システム及び生体試料中核種分析法の開発を行った。 ➤ 減容化・有害度低減に関する研究開発を計画通り達成できており計画は妥当であった。 ✓ 二次廃棄物の発生量を低減化した MA 分離プロセスを開発し、<u>実廃液試験によって約 0.3g の MA を回収して技術的成立性を示す</u>とともに、新たな混合溶媒による Am 分離プロセスの簡素化につながる結果を得た。 ✓ 外部ゲル化法によって希土類で<u>良好な球状粒子作製条件を確立して高純度窒化物</u> 	<p>S</p>

<p><u>を得るとともに、ZrN母材燃料について微粉碎と気孔形成材による焼結密度制御をTRUで実証した。</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ <u>$^{15}\text{N}_2$ ガスの同位体濃縮プラント実現性を確認</u>し、循環精製による経済的利用技術を実証した。 ➤ 計画外の成果を多数創出した。 ✓ 低コスト・可搬型非破壊核物質検知装置の原理実証の成功、核セキュリティ(ウラン)に対応した非破壊分析装置の開発 ✓ BWR 事故時のホウ素制御材成分の化学的作用によるセシウム再蒸発等、FP 化学挙動を解明してデータベース (ECUME) を構築するとともに、産業界と共同してデータベースを解析コードに組み込み、実装化した。 ✓ 海水混入商用炉の圧力容器のすき間部で想定される腐食性イオンによるすき間腐食挙動解明に向けて、すき間部水質を in-situ で測定可能なセンサーを開発し、すき間部水質とその時間変化はバルク水質と異なるなど、腐食環境が根本的に異なることを明らかにした。 ✓ 電子状態の計算シミュレーションによって合金化による材料の「割れにくさ」等の機械特性への影響を評価する手法を構築し、マグネシウム合金の添加元素最適化への指針を提示した。 ✓ WSPEEDI-DB を活用した自治体の防災計画への貢献、複雑な DNA 損傷プロセスやシンチレーション検出器の光出力の仕組みの解明した。 ✓ 世界各国の平均宇宙線被ばく線量の評価、原爆被ばく線量再評価、国際的な放射線防護基準やデータの見直しに貢献した。 ✓ 計算化学技術を応用した事故時挙動予測の基礎となる溶液内化学モデルを構築した。 	
<p><u>研究成果の社会への反映</u></p> <p>評価の視点：研究開発成果の効果・効用（アウトカム）の把握・普及の程度</p> <p style="padding-left: 20px;">イノベーション創出への取組の妥当性</p> <p style="padding-left: 20px;">社会実装の達成度、取組の妥当性（技術・知識基盤プラットフォームの構築・提供を含む）</p> <p style="padding-left: 20px;">科学技術政策、社会的・経済的意義／ニーズへの適合性</p> <p><u>基盤分野(基礎工 4 分野)で得られた成果は、原子力安全性向上、分離変換研究、福島第一原子力発電所事故への対処への貢献し、研究成果の社会への反映は特に顕著と評価する。</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ <u>データベース等の公開：3 件、解説記事(含む書籍)の公開：20 件、受託研究：158 件、特許出願等知的財産は 22 件申請した。</u> ➤ 軽水炉・核工学に関する研究成果は十分以上に社会への反映した。 	S

<ul style="list-style-type: none"> ✓ 核計算コード・核データ、炉物理コード、熱流動コード等の軽水炉安全性向上に必要なコード類をニーズに応じて提供した。 ✓ 原子力委員会提唱した知識基盤として軽水炉長期利用・安全プラットフォーム、燃料サブプラットフォーム、<u>軽水炉過酷事故プラットフォーム(基礎工が主体的に主導)</u>に主体的に参画し、知識基盤集約・技術課題の整理等に貢献した。 ➢ 燃料材料に関する研究成果は十分以上に社会への反映した。 ✓ 既存軽水炉用事故耐性燃料(ATF)開発について、最重要の開発マイルストーンとなる照射試験開始に漕ぎつけるなど、<u>燃料メーカー、プラントメーカー及び大学と連携して国内開発の取りまとめと推進に大きく貢献</u>した。 ✓ 軽水炉システム機器材料の健全性評価については、<u>再処理プラント環境での腐食量予測モデルを事業者に提示し、審査マニュアル等に反映</u>された ✓ 軽水炉安全性向上のための重大事故時ソースターム高度化に不可欠な <u>FP 化学挙動モデルを解析コードに組み込み事業者等に提示</u>した。 ➢ 原子力化学に関する研究成果は十分以上に社会への反映した。 ✓ 放射線作用下での化学変化を明らかにした成果は、<u>再処理プラントにおける加熱時の水素発生 G 値の基盤データ取得の基盤データを事業者</u>に提供した。 ✓ 微粒子状α核種の状態分析の研究では、1F 滞留水中の固形分に含まれるマイクロメートルサイズの<u>微粒子状ウランの存在状態を検出・化学種の同定により、1F 廃炉へ向けた分析結果として事業者</u>に提示した。 ➢ 環境・放射線科学に関する研究成果は十分以上に社会への反映した。 ✓ 緊急時海洋環境放射能評価システム STEAMER は、<u>1F の ALPS 処理水の海洋放出や廃炉に伴う汚染水漏えい等の対策の参考情報</u>として活用された。 ✓ 大気拡散データベースシステム WSPEEDI-DB は、<u>国や国際機関による 1F 事故の被ばく線量評価、島根県における原子力発電所周辺のモニタリング地点の配置の妥当性検証</u>に活用された。 ✓ 放射線挙動解析コード(PHITS)が<u>住重製の治療計画システム NeuCureTM のエンジンに採用</u>され、ホウ素中性子捕捉療法を受ける患者の線量評価への利用が開始された。 ✓ 宇宙線被ばく線量についての新たな<u>バックグラウンド線量の国際標準の提唱、公衆の被ばく線量評価に関する米国の技術指針改定</u>に貢献した。 ➢ 減容化・有害度低減に関する研究成果は十分以上に社会への反映した。 ✓ 第六次エネルギー基本政策(令和3年10月)で、「加速器を用いた核種変換など、…を推進する。」とされており、<u>高レベル廃棄物処分の環境負荷低減に寄与する技術の開発として科学技術政策の推進に貢献</u>した。 ✓ MA 分離用抽出剤、非接触の融点測定技術等、<u>一般産業への展開が可能な成果</u>を得た。 	
--	--

<p><u>研究成果の展開・発展</u></p> <p>評価の視点：将来への研究開発の展開、新たな課題への反映の検討</p> <p><u>産業界のニーズ・シーズ提供行い、異分野連携による原子力イノベーション実現</u>に向けた新たな基盤研究に主体的・積極的に取り組んでおり<u>研究成果の展開・発展の達成度は十分以上と評価</u>する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ 軽水炉・核工学に関する研究成果の展開・発展は十分以上に行った。 ✓ 第3期で開発した高詳細度シミュレーションシステム(JUPITER等)は、第4期での研究開発のDX化の基盤となった。 ✓ 科学警察研究所と共に核物質のアクティブ型検知装置の小型化は、大規模イベントにおける不審物検査等での活用が期待される。 ➤ 燃料材料に関する研究成果の展開・発展は十分以上に行った。 ✓ 再処理機器材料腐食量予測モデル、FP化学挙動データベース等の拡充や解析コード等への組み込み・計算評価により、再処理機器材料交換時期検討、窒化物燃料設計、ソースターム評価、事故耐性燃料開発等の<u>アウトカムへの貢献に向けた取り組みを事業者等と協力して継続</u>していく。 ✓ 第3期で開発した材料腐食挙動評価のための環境への外部照射技術やすき間センサーは、第4期で実施を予定しているスマート技術による燃料材料開発のリアル側の合理的な実験技術の基盤となった。また、各種燃料材料挙動データやメカニズムに基づくモデルは、バーチャル側の基盤となり、両者を併せて研究開発をすすめ、環境影響要因等を模擬した「<u>スマート技術による原子力燃料材料開発のDX化</u>」をすすめていく。 ➤ 原子力化学に関する研究成果の展開・発展は十分以上に行った。 ✓ 第3期で開発したマイクロ化学チップによる分析法開発技術、化学反応モデルは、第4期で実施予定の革新的化学分析技術や次世代スマート燃料材料評価技術に発展させ研究開発のDX化の基盤となる。 ➤ 環境・放射線科学に関する研究成果の展開・発展は十分以上に行った。 ✓ 第3期で開発した計算コードは、次期中長期計画において実施予定のデジタルツイン+にも反映させ、環境・放射線科学研究のDX化を主導していく。 ➤ 減容化・有害度低減に関する研究成果の展開・発展は十分以上に行った。 ✓ 第3期において MA分離及びMA燃料技術については技術的成立性を示すことができたことから、第4期では<u>準工学的な展開に向けたさらなる基盤研究を展開</u>し、技術基盤を確立する。 ✓ ADS研究ではTEF-T、TEF-Pの検討結果を踏まえ、計算科学を活用した要素技術研究を実施してきた。第4期ではさらに発展させる計画である。 ✓ ADS研究は、従来の原子炉技術に加速器および高エネルギー物理を組み合わせた点がイノベティブであり、ADS研究の遂行のため多分野の研究者を協働させ、研究開発を主導する。 	<p style="text-align: center;">A</p>
---	--------------------------------------

産業界のニーズ・シーズ提供行い、異分野連携による原子力イノベーション実現に向けた新たな基盤研究に主体的・積極的に取り組んでおり研究成果の展開・発展の達成度は十分以上と評価する。

- 軽水炉・核工学に関する研究成果の展開・発展は十分以上に行った。
- ✓ 第3期で開発した高詳細度シミュレーションシステム(JUPITER等)は、第4期での研究開発のDX化の基盤となった。
- ✓ 科学警察研究所と共に核物質のアクティブ型検知装置の小型化は、大規模イベントにおける不審物検査等での活用が期待される。
- 燃料材料に関する研究成果の展開・発展は十分以上に行った。
- ✓ 再処理機器材料腐食量予測モデル、FP 化学挙動データベース等の拡充や解析コード等への組み込み・計算評価により、再処理機器材料交換時期検討、窒化物燃料設計、ソースターム評価、事故耐性燃料開発等のアウトカムへの貢献に向けた取り組みを事業者等と協力して継続していく。
- ✓ 第3期で開発した材料腐食挙動評価のための環境への外部照射技術やすき間センサーは、第4期で実施を予定しているスマート技術による燃料材料開発のリアル側の合理的な実験技術の基盤となった。また、各種燃料材料挙動データやメカニズムに基づくモデルは、バーチャル側の基盤となり、両者を併せて研究開発をすすめ、環境影響要因等を模擬した「スマート技術による原子力燃料材料開発のDX化」をすすめていく。
- 原子力化学に関する研究成果の展開・発展は十分以上に行った。
- ✓ 第3期で開発したマイクロ化学チップによる分析法開発技術、化学反応モデルは、第4期で実施予定の革新的化学分析技術や次世代スマート燃料材料評価技術に発展させ研究開発のDX化の基盤となる。
- 環境・放射線科学に関する研究成果の展開・発展は十分以上に行った。
- ✓ 第3期で開発した計算コードは、次期中長期計画において実施予定のデジタルツイン+にも反映させ、環境・放射線科学研究のDX化を主導していく。
- 減容化・有害度低減に関する研究成果の展開・発展は十分以上に行った。
- ✓ 第3期において MA 分離及び MA 燃料技術については技術的成立性を示すことができたことから、第4期では準工学的な展開に向けたさらなる基盤研究を展開し、技術基盤を確立する。
- ✓ ADS 研究では TEF-T、TEF-P の検討結果を踏まえ、計算科学を活用した要素技術研究を実施してきた。第4期ではさらに発展させる計画である。
- ✓ ADS 研究は、従来の原子炉技術に加速器および高エネルギー物理を組み合わせた点がイノベティブであり、ADS 研究の遂行のため多分野の研究者を協働させ、研究開発を主導する。

<p><u>国内外他機関との連携</u></p> <p>評価の視点：国内外他機関との連携の妥当性</p> <p>国際協力：14 件、共同研究：332 件を行っており国内外他機関との連携は特に顕著と評する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ 1F 廃炉支援として福島部門と連携し多数の研究成果を創出した。 ✓ 1F 廃炉に向けた研究開発:MVP の解析結果を利用した燃料デブリの臨界性評価 ツールの作成、デブリの経年劣化に関連する基盤データの取得等で貢献した。 ✓ 事故時に注入された海水が混入した状態でラジオリシス（放射線分解水質）が生じる因子が重畳した系での影響を評価するモデルを構築し、データベースとして整備した。 ✓ <u>茨城地区への 1F 燃料デブリ受入・分析に向けて、東電、NDF、GLADS と調整しつつ原科研内横断的チームを構築し、一連の分析スキーム（加工、固体分析、完全溶解、元素分離、化学・同位体分析）を確立した。</u> ✓ 環境回復に係る研究開発:土壌への Cs 吸着挙動の解明では汚染土壌の除染、減容化処理に指針を与える成果、森林の地表面に沈着した放射性 Cs の移行に関する観測及び実験等で貢献した。 ➤ 量研機構等の国内研究機関、国内大学等と多くの共同研究を行った。 ➤ OECD/NEA への職員派遣、NSC(原子力科学委員会)副議長・委員就任、NSC 下の 各種専門委員会活動への参加により、原子力基盤研究の発展を国際的にリードした。 ➤ フランス原子力庁やベトナム原子力庁との研究交流、米国 LANL との共同実験、米国 EPA との研究協定などの海外研究機関との連携を推進した。 ✓ CEA との STC2. 2（多重リサイクルのためのアクチニド分離：新型炉部門と合同）、STC4. 1. 1（原子力炉物理分野における先進シミュレーションコード開発）、STC4. 8（革新的なシステムのための炉物理実験及び核データの改良）、STC No. 4. 9（原子力材料の腐食研究）No. 7. 1（FP 挙動研究）及び VTT との協定締結、イオン照射・原子炉照射の検討（PSI、SCK・CEN との連携調整）した。 ✓ 米国 EPA との研究協定により米国の公衆の被ばく線量に関する新しい基準の策定へ貢献した。 ➤ IAEACRP(協力研究計画)、ICRP(国際放射線防護委員会)作業グループ等において、国際標準となるデータを提供した。 ➤ C-14 分析技術を用いた炭素循環解明手法を活用し、アジア原子力協力フォーラム(FNCA)気候変動科学プロジェクトに貢献した。 ➤ <u>事業者等や民間と多くの協力を行うことにより、原子力燃料材料の事業者等による実装化（設計・安全性評価）に有用な知見、モデル、解析手法等を多数提供した。</u> ➤ 事故トラブルに関する原因究明への協力を行った。 ✓ 大洗研究開発 C 燃料研究棟汚染事故の原因究明、事故時被爆線量評価への協力、J-PARC 排風機用プーリーのき裂発生原因調査等への協力等を行った。 	<p style="text-align: center;">S</p>
--	--------------------------------------

<p><u>研究成果の発信</u></p> <p>評価の視点：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）</p> <p>研究成果を論文として着実に発信し、多数のプレスリリースと開発コードの提供と講習会を行い、<u>研究成果の発信は十分以上であり積極的に行っていると評価</u>する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ <u>査読付き論文数は 845 報を創出(うち高 IF 論文掲載(IF>5)を 40 報)し、成果のプレスリリースは 33 件を創出した。</u> ➤ JAEA 開発コード(MVP, PHITS, FRENDY 等)の提供、海外講習会で利用者の拡大を促進した。 ✓ 講習会(PHITS)：4246 名(国内)/1159 名(国外)、講習会(FRENDY)：88 名(国内)/26 名(国外) ✓ コード配布：4851 件、DB 配布：181 件 	A
<p><u>人材育成への取組</u></p> <p>評価の視点：若手研究者の育成・支援への貢献の程度</p> <p>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)</p> <p><u>多くの学生や若手研究者受け入れを通じた指導、大学講師としての派遣、外国留学への派遣等を行っており、人材育成に関する取組を積極的に行っていると評価</u>する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ 学生や若手研究者受け入れを通じた指導、大学講師としての派遣、外国留学への派遣等を行った。 ✓ 講師派遣：のべ 131 人(東京大、茨城大、北海道大、政策研究大、筑波大、東北大、千葉工業大、東工大、長岡技大、福井高専、福井大、時習館高校 SSH 等) ✓ 夏期等実習生受入：337 名、博士研究員受入：23 人、海外派遣：7 名、外国人受入：18 名 	A

原子力基礎工学研究評価（総合評価）

自己評価	評価	評価理由・ご意見
S	(委員記入)	(委員記入)

実績	自己評価
<p>計画外含めた多くの成果提出により、研究開発の達成度は十分以上と評価する。</p> <p>R3年度は、論文賞等(2件)、査読付き論文数は70報を創出し、成果のプレスリリースは6件を創出しており予定通りに進捗している。</p> <p>【軽水炉・核工学に関する研究開発】</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ 中性子共鳴領域の核データを系統的に導出・評価して目的別核データファイルとして整備すると共に、汎用評価済核データファイルを作成した。 ✓ 高線量核物質測定システムの要素技術を体系化し、高速中性子直接問かけ法を基にした核物質計量管理技術を確立し、この技術を用いた計量管理用装置を開発した。また、高線量核物質の測定のための統合型非破壊測定装置を開発した。 ✓ 核データ処理コードを作成・公開し、また核特性コードの機能追加・公開した。 ✓ センシング技術の応用(スピンオフ)研究として、α線がん治療薬の実用化に資するα線放出核種の非破壊分析装置を開発した。 <p>【燃料材料に関する研究開発】</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ 原子力構造材料の劣化挙動予測モデル開発として、応力腐食割れ発生挙動に及ぼす低温熱時効の影響に関する陽電子消滅等のデータを取得して妥当性を検証し、劣化挙動予測モデルを構築した。 ✓ すき間部や放射線環境下における腐食挙動データ取得、及びラジオリシス解析等を用いた腐食影響因子解析を行い、実験データとの比較により妥当性検証した腐食量評価モデルを開発した。 ✓ 窒化物燃料製造に関する基盤研究として、燃料模擬物質やウランを用いた粒子作製試験を行うため、ゾルゲル法による粒子作製装置を構築した。 <p>【原子力化学に関する研究開発】</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ ウランに選択的な吸着樹脂を充填したマイクロチップを設計・製作し、共存する元素から高効率にウランを分離することに成功した。同マイクロチップを用いて、海水成分含む液体試料のウランを精度よく定量分析することに成功した。 ✓ 被覆管成分や構造材成分を含有する各種模擬デブリを、過酸化水素との反応実験やX線照射実験により性状変化を検討した結果、ウランの溶解反応や変質層の形成が認められるが、各種の模擬デブリは総じてウラン酸化物よりも化学的に安定であることを明らかにした。これらの知見はデブリ取り出し時の汚染拡大の可能性に関する評価に貢献すると期待される。 ✓ 微細化したウラン微粒子の水中での凝集挙動を調べ、コロイドとして安定に存在する微細粒子と凝集沈殿する微粒子が存在することを見出した。ウラン酸化物微粒子を微細化することにより表面状態の変化が生じ短時間でU(VI)に酸化されることを明らかにした。 <p>✓</p>	<p>A</p>

<p>【環境・放射線科学に関する研究開発】</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ 高分解能大気拡散モデル LOHDIM-LES の事前計算で構築した平均・乱流風速データベースと 3 次元風速場観測データとの融合により、リアルタイムで現実の拡散状況を詳細に再現可能な実用的拡散計算手法を開発し、簡易拡散実験との比較により有効性を実証した。 ✓ WSPEEDI-DB の大気拡散予測の不確実性を AI を活用して評価する機能を開発した。 ✓ PHITS に放射線の飛跡構造解析機能を実装し、マクロスケールからミクロスケールの練成計算等を可能とする汎用放射線挙動解析コードとして完成した。 ✓ 令和 2 年度に開発した実効線量換算係数データベースを活用し、公衆の受ける外部被ばく線量を詳細かつ迅速に評価するシステムを完成させた。 <p>【減容化・有害度低減に関する研究開発】</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ MA 分離用抽出剤の基礎データを取得するとともに実廃液試験のデータと合わせて計算コードによる解析を実施し、統合化した MA 分離プロセスを構築した。 ✓ 窒化物燃料の主概念である ZrN 母材燃料について技術的な成立性を示した。また、模擬物質によるレーザー局所加熱による融点測定を実施した。 ✓ 粒子輸送・熱流動・構造連成解析を用いてターゲットおよびビーム窓のより成立性の高い概念を提示予定。未臨界炉心構築時の未臨界度監視概念の加速器モードなどを具体化した。 ✓ 鉛ビスマス試験ループにおいて実機を模擬した総合的条件下で長時間安定運転を行うことにより運転技術を確立した。(12/8 時点で約 3,000 時間) また、酸素濃度制御下での腐食データおよび、ADS 実機環境を模擬した加速器照射試験データを取得し、候補材の適用性評価を行った。 	
---	--

評定	評価理由・ご意見