



文部科学省

MINISTRY OF EDUCATION,
CULTURE, SPORTS,
SCIENCE AND TECHNOLOGY-JAPAN

資料2-1

科学技術・学術審議会 研究計画・評価分科会
原子力科学技術委員会
原子力研究開発・基盤・人材作業部会(第9回)
R3. 6. 28

原子力システム研究開発事業について

研究開発局 原子力課

令和3年度原子力システム研究開発事業公募

令和2年度応募状況・採択結果とPD・PO会議、本作業部会のご意見を踏まえ、下記要領にて公募を実施した。

【事業の目的】

原子力の安全確保・向上に寄与し、多様な社会的要請の高まりを見据えた原子力関連技術のイノベーション創出につながる新たな知見の獲得や課題解決を目指し、我が国の原子力技術を支える戦略的な基礎・基盤研究を推進する。

【公募の対象】

大学、民間企業、国立研究開発法人、公益法人等

【事業概要】

「基盤チーム型」について、基礎基盤強化や裾野拡大を重視し、以下の枠組みで公募を行った。

(1) 基盤チーム型「一般」(3年以内、上限2000万円/年 採択予定:2件程度)

(2) 基盤チーム型「若手」(3年以内、上限1000万円/年 採択予定:6件程度)…研究代表者は45歳以下の方を対象

・今後の産学官連携チームの結成や社会実装への具体的な計画につながる萌芽的な取組についても対象となること、及び若手研究者の本事業を通じたキャリアアップを期待することを明記した。

・基盤チーム型のテーマについては令和2年度と同じとし、令和2年度に採択が少なかった以下の技術領域についての提案を促すため、期待する技術領域として例示した。(後述するワークショップにて紹介)

[革新的原子力システムに対して提案を期待する技術領域の例]

①マルチフィジックスシミュレーション技術、②AI・デジタル化技術、③リスク評価技術

・AI・デジタル化に関する提案など異分野の専門家との共同実施が望ましい場合は、採択課題の技術領域に精通した専門家をプログラムアドバイザー(PA)として指定、研究推進のための助言を受けつつ研究を進めることが可能とした。

【スケジュール】

2月26日～4月15日 公募、4月～6月 審査、6月24日 審査結果の通知、採択課題の公表

令和3年度公募に関するワークショップについて

【ワークショップ概要…2月12日Webにて実施(公募開始前)】

- ・公募の概要・趣旨について文科省、POより紹介したほか、提案を期待する下記3つの技術領域について、それぞれ専門家より紹介した。また、専門家と参加者との意見交換も実施。

[革新的原子力システムに対して提案を期待する技術領域の例]

①マルチフィジックスシミュレーション技術、②AI・デジタル化技術、③リスク評価技術

- ・参加者は約100名。大学、研究機関、民間企業の方等幅広い研究者・技術者にご参加いただいた。
- ・ワークショップの動画は新規公募HPに掲載し、申請者へは公募趣旨を理解いただくため事前閲覧を推奨。

(再生回数:約180回) ワークショップURL:<https://www.nsystemkoubo.jp/application/index.html>

【主なアンケート結果】

- 期待している技術など(AIなどの利用)公募として求められている点が明確に示され、申請への取り組みが検討できた。
- NEXIPイニシアティブや基礎研究など原子力研究開発の方向性を確認できた。
- 他分野でAI、デジタル技術を研究、開発、実用化されている専門家のご講演はとくに興味深く、原子力の先生方がこうした分野やその分野の専門家とつながるきっかけになったのではと感じた。
- いずれも日本が諸外国に比べて周回遅れになっている分野であるので、これから始まる革新炉において若い人がこういった分野に積極的に取り組んで欲しい。
- 時代のニーズに沿った募集も必要であるが、基盤技術開発についても引き続き必要性を理解いただき、募集枠に配慮いただきたい。

令和3年度採択課題概要(1/3)

【採択状況】

- 計34課題の提案(基盤チーム[若手]:15件、基盤チーム型[一般]:19件)に対し、書類審査及びヒアリング審査を実施し、基盤チーム[若手]:5件、基盤チーム型[一般]:3件の採択課題を決定し、6月24日に公表した。
- 公募要領で例示した[提案を期待する技術領域の例]の3テーマのうち①マルチフィジックスシミュレーション技術、②AI・デジタル化技術について採択された一方、③リスク評価技術については、提案はあったものの採択に至らなかった。
- ②AI・デジタル化技術に該当する提案のうち、AIの専門家との共同実施が望ましいものは、プログラムアドバイザー(PA)を指定し、連携して研究を進める予定。

【基盤チーム型(若手)】(1/2)

研究代表者 (所属)	参画機関	研究課題名・概要	期待する 技術領域
門井 浩太 (大阪大学)	日本原子力研究 開発機構	<p>原子炉自在設計のためのテーラード溶接シミュレーションシステムの構築</p> <p>原子炉の安全性の確保と高機能化に資する自在な設計による新型原子炉設備の製造を実現を目的とし、素材や部品の多種多様な組合せの異種材料溶接に対し、設計段階から溶接プロセス、溶接割れ性、耐応力腐食割れ性などの溶接部性能までをワンスルーで予測する溶接プロセスシミュレーションシステムの構築を目指す。</p> <p>溶接プロセスを考慮した材料学的・力学的挙動のCAE解析モデルを構築し、独創的な実験と分析、基礎学理に基づく溶接割れ、応力腐食割れの知識基盤を獲得することにより、科学的に溶接部の信頼性予測・診断が可能な設計、プロセス制御の指針の提供や自在な設計に資する溶接プロセス条件や材料選択の最適化の実現を目指す。</p>	マルチフィジックス
熊谷 知久 (電力中央研究所)	東京理科大学	<p>機械学習を利用した計算科学による照射損傷予測・脆化評価技術の整備</p> <p>機械学習技術を利用した計算科学手法を用いたマルチスケール計算機シミュレーションにより、小型モジュール炉の中性子照射損傷を予測し、これに基づいた破壊靱性評価を行う数値解析技術を整備する。まず第一原理計算による活性化エネルギーを学習するニューラルネットワークに基づくキネティックモンテカルロ(kMC)法の開発により、材料の照射損傷予測を可能とする。このkMC法から得られた照射損傷組織における転位の挙動に及ぼす影響の強度と転位の易動度(負荷応力に対する転位速度の勾配)を、機械学習型の原子間ポテンシャルを用いた古典分子動力学(MD)法によって算出し、これをパラメータとした離散転位動力学法解析(個別の転位の挙動を模擬する計算手法)により、照射損傷組織における破壊靱性値を計算する。</p>	AI・デジタル化

令和3年度採択課題概要(2/3)

【基盤チーム型(若手)】(2/2)

研究代表者 (所属)	参画機関	研究課題名・概要	期待する 技術領域
中瀬 正彦 (東京工業大学)	京都大学、 日本原子力研究 開発機構、 三菱重工業株式 会社	<p>MA抽出のためのフッ素系スーパー溶媒の探査</p> <p>再処理工場の安全性を飛躍的に高めるため、また課題となっている使用済みMOX燃料再処理、高燃焼度化燃料再処理におけるMA分離を達成するため、高い耐放射線性や引火点がないといった優れた特性、固有の安全性を有する“フッ素系スーパー溶媒”をマテリアルズ・インフォマティクス(MI)の手法を活用して探査する研究結果をデータベース化し、重回帰分析などの統計解析モデルを作成することで未知の溶媒における特性と分配比、工学適用性まで推察可能なスキームの構築を目指す。メーカーによる社会実装的な観点からの工学適用性も緻密に検討することで、社会のニーズに則った“フッ素系スーパー溶媒”による再処理工程、原子力システムの革新を狙う。</p>	AI・デジタル化
深谷 裕司 (日本原子力 研究開発機 構)	株式会社 ANSeeN、 静岡大学	<p>高温ガス炉の出力分布測定のための核計装システムの開発</p> <p>高温ガス炉を効率的に運用するためには、実証炉もしくは、黎明期の商用炉には、炉内出力分布測定による炉内燃料管理の実施が望ましい。一方で、入り口温度ですら600℃程度の設計となっている商用高温ガス炉に適した炉内計装が存在せず、開発が必要である。また、黒鉛減速体系による中性子の平均自由行程の大きさから、炉外計装を原子炉圧力容器の外周を周回させることにより、CTの原理に類似した手法による炉内出力分布のアンフォールディングができる見込みを得ている。また、炉外計装との相補的利用を目的に炉内計装による測定技術も併せ、ハードウェア・ソフトウェアの両面から炉外・炉内計装の開発を行う。また、炉外計装におけるアンフォールディングはノイズに対して弱い傾向が予測されており、AI技術を応用した処理の安定化を試みる。</p>	AI・デジタル化
三輪 修一郎 (北海道大学)	電気通信大学、 日本原子力研究 開発機構、 株式会社原子力 エンジニアリング	<p>人工知能技術と熱流動の融合によるデータ駆動型プラント安全評価手法の開発</p> <p>近年、熱水力計測機器の発展等から、多次元かつ多量のビッグデータが整備され、AI技術と熱流動の技術統合プラットフォーム構築が期待されている。しかしながら、AI技術により達成可能な具体的且つ効果的な解析例は少なく、熱流動分野における機械学習の有効性、優位性が未解明なのが現状である。本研究においては、画像認識と物体検出を軸としたAI技術に着目し、データベースに潜んだ関係性を捉える「データ駆動型アプローチ」を用いることで、AI技術と熱流動の融合による安全評価手法の開発を目指す。</p>	AI・デジタル化

令和3年度採択課題概要(3/3)

【基盤チーム型(一般)】

研究代表者 (所属)	参画機関	研究課題名・概要	期待する 技術領域
岡本 孝司 (東京大学)	東京工業大学、 日本原子力研究 開発機構	<p>高出力密度高温ガス炉におけるマルチフィジクス挙動のV&V</p> <p>高温ガス炉HTTR で用いられている黒鉛スリーブ付き黒鉛コンパクト燃料に対して、スリーブを除去したSiCコンパクト燃料とすることで、熱除去性能が上昇し、出力密度の向上が期待できる。一方、SiCも酸素と反応するため、高温ガス炉で考慮すべき空気侵入事故時の安全性を確認することが必須である。事故時及び通常時のSiC酸化は、化学反応、反応生成物(CO等)の物質移行、冷却材流動、輻射伝熱など、極めてマルチフィジクスである。このため、SiC酸化反応に関する解析コードを整備するとともに、そのV&V手法を確立し、高出力密度高温ガス炉の可能性を追求する。東大のV&V、東工大のSiC、JAEAの高温ガス炉に関する経験と知見をチームとして融合し、基盤技術の確立を目指す。</p>	マルチフィジクス
瀬川 智臣 (日本原子力 研究開発機 構)	株式会社フロー サイエンスジャ パン、 佐賀大学、 株式会社シン ターランド	<p>3D造形革新燃料製造のシミュレーション共通基盤技術</p> <p>最近、革新的なセラミック造形技術として三次元(3D)プリンティング技術の開発が行われ、産業界でも導入されつつある。本研究では、3D造形技術を適用して、新型炉用の燃料体の製造技術開発を行う。研究対象の燃料体は、除熱効率を向上させることによって安全性を高めた一体型の燃料体であり、グラファイトとシリコンカーバイドから構成される。この燃料体の3D造形製造プロセスとして、粒子スラリー技術、光造形技術、スパークプラズマ焼結技術について、各工程の物理現象と、中性子照射による密度変化のモデル開発を通して燃料製造と照射挙動を合わせたマルチスケール・マルチフィジクスシミュレーション技術に関する研究開発を実施する。このシミュレーション技術の開発によって燃料製造技術の開発を効率的に加速して進めることができる。</p>	マルチフィジクス、 AI・デジタル 化
堀 順一 (京都大学)	日本原子力研究 開発機構、 東京工業大学、 近畿大学	<p>革新型原子炉開発のための核データ整備基盤の構築</p> <p>革新型原子炉開発において、従来の炉型では経験のない構造材や減速材が用いられる場合、炉設計の検討が進むにつれて核データに対する新たな高度化ニーズが生じることが考えられる。特に現状として整備が十分なされていない熱中性子散乱則データについては、戦略的に整備していく必要がある。</p> <p>そこで、革新型原子炉で核データの高度化の必要性が想定される代表的な材料、核種を選定し、基盤データを取得する。研究は、①微分測定、②積分測定、③評価済核データライブラリの整備及び炉設計への影響評価の3項目を並行して実施することにより、産業界からの要求に迅速且つ柔軟に対応し、必要な核データを高度化するスキームを構築する。</p>	-

令和3年度原子力システム研究開発事業審査委員会 委員名簿

越塚 誠一	プログラムオフィサー 東京大学 大学院工学研究科 システム創成学専攻 教授
山本 章夫	プログラムオフィサー 名古屋大学 大学院工学研究科 教授
義家 敏正	プログラムオフィサー 京都大学 名誉教授
朝岡 善幸	一般財団法人電力中央研究所 原子力リスク研究センター 副所長
池田 秀晃	三菱重工業株式会社 原子力セグメント 炉心・安全技術部 部長
高橋 信	東北大学 大学院工学研究科 技術社会システム専攻 先端社会工学講座 リスク評価・管理学分野 教授
竹下 健二	東京工業大学 科学技術創成研究院 ゼロカーボンエネルギー研究所 所長
湊 和生	元 日本原子力研究開発機構 理事長首席補佐
安田 孝志	電気事業連合会 原子力部 副部長
山口 彰	東京大学大学院工学系研究科 原子力専攻 教授
鷺尾 隆	大阪大学産業科学研究所 教授

※本事業の審査委員会の進行及び審査結果のとりまとめは、プログラムディレクター
(山名 元 原子力損害賠償・廃炉等支援機構 理事長)が実施。

NEXIP交流会について

原シス研究者と経産省NEXIP事業者の意見交換会(2月4日Web・非公開にて実施)

- NEXIPイニシアチブの一環として、基礎研究・実用化研究の双方の取組を理解し、各機関の開発内容の精査、連携や共同研究の検討、新たな取組の考案など次のステップへの発展に資することを期待して実施した。本事業のPDPOも参加。
- 原シス、経産省NEXIP事業、それぞれの事業者から研究開発内容を発表するとともに、今後の連携方策の在り方についての意見を伺った。
- 経産省NEXIP事業者からの基礎基盤研究に対するニーズとして、燃料開発・規制課題等に資する研究について指摘があった。
 - ・燃料開発…照射試験・製造技術実証等、社会実装までやるべきことが多くある一方、データ科学・計算科学での研究プロセス加速が期待される。
 - ・規制課題…解析結果が客観的に認められるようなアプローチが重要。⇒次年度公募のボトルネック課題解決型への課題設定を視野に今後検討する。
- 産官学横断で一つのテーマについて情報交換、議論ができたという点で有意義な機会であり、このような場を継続して頂きたいとの意見があった。
⇒引き続き経済産業省と連携し、第2回NEXIP交流会の実施について検討する。

令和4年度新規公募について

①基盤チーム型、②ボトルネック課題解決型、③新発想型それぞれについて、以下のとおり公募を実施することを検討中。

【①基盤チーム型】…1億円×4年間

- ・テーマについては、令和2年、3年度公募と同様に、引き続き計算科学技術を活用してイノベーションを目指す内容とする。

【②ボトルネック課題解決型】…3千万円×3年間

- ・経済産業省NEXIP事業と連携し、社会実装のボトルネック課題を明確化する。
- ・今後、事業者へのニーズヒアリング・深堀による課題のリスト化を検討する。
- ・応募者への課題の周知方法についても具体策を検討していく。

【③新発想型】…1～2千万円×2～3年間

- ・挑戦的・ゲームチェンジングな研究開発に適した研究費や研究期間を設定する。
- ・若手枠の設定についても検討する。
- ・R2採択課題(本年度末終了)を継続・発展する課題も採択できる枠とする方針。

NEXIPイニシアチブにおける事業の位置づけ

[第2回原子力研究開発・基盤・人材作業部会(令和元年11月28日)資料]

NEXIP (Nuclear Energy × Innovation Promotion) イニシアチブ

開発に関与する主体が有機的に連携し、基礎研究から実用化に至るまで連続的にイノベーションを促進

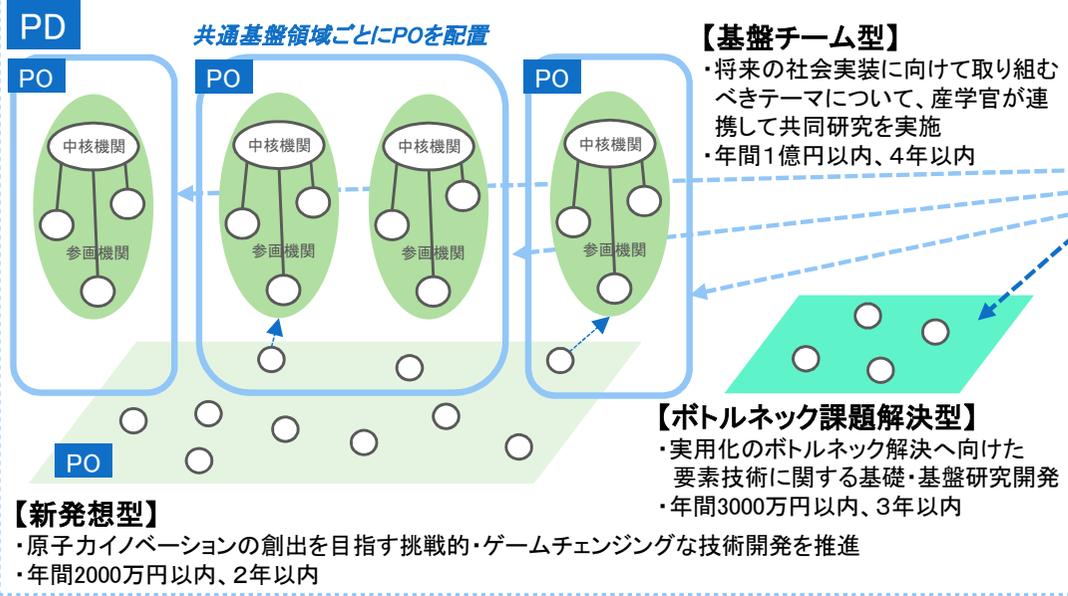
MEXT 基礎・基盤研究開発

<大学・研究機関等の取組を推進>

原子力システム研究開発事業 (令和2年度事業見直し)

事業運営会議(新設)

- ・プログラムディレクター(PD)、プログラムオフィサー(PO)、外部有識者、文部科学省、経済産業省
- ・公募分野・テーマ、審査基準を設定



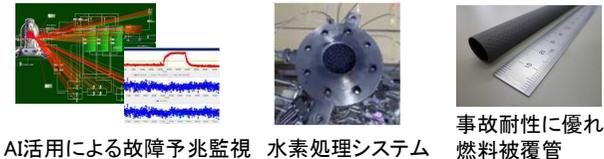
METI 技術開発支援

<民間企業等の取組を支援>

原子力の安全性向上に資する技術開発事業

安全性向上に資する技術の例

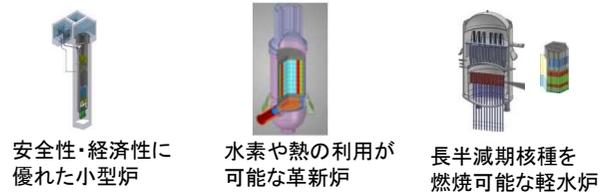
- 事故耐性燃料
- 製造技術・新材料適用
- データ・IT、新通信システム活用による安全高度化
- 安全高度化基盤技術



社会的要請に応える革新的な原子力技術開発支援事業 (令和元年度新規)

革新的な原子力技術の例

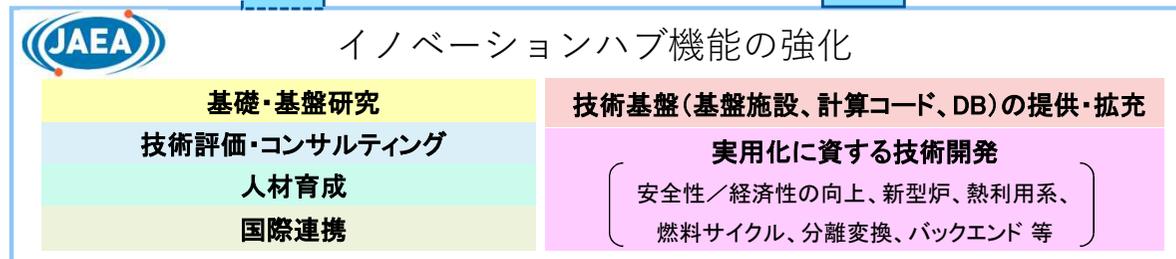
- 小型モジュール炉
- 高温ガス炉
- 高速炉
- 熔融塩炉



※両事業とも、2020年度に向けて予算要求中。

選考過程を経てプロジェクトに参画

技術基盤・知見を提供し民間を支援



原子力イノベーションの創出

令和2年度原子力システム研究開発事業公募

[第4回原子力研究開発・基盤・人材作業部会(令和2年9月2日)資料]

文部科学省と経済産業省が連携して進める「NEXIPイニシアチブ」の一環として、下記要領にて公募を実施。

【事業の目的】

原子力の安全確保・向上に寄与し、多様な社会的要請の高まりを見据えた原子力関連技術のイノベーション創出につながる新たな知見の獲得や課題解決を目指し、我が国の原子力技術を支える戦略的な基礎・基盤研究を推進する。

【公募の対象】

大学、民間企業、国立研究開発法人、公益法人等

【事業概要】

社会や産業界の多様な要請に応える基盤研究を戦略的に進めるとともに、斬新なアイデアを活かす仕組みを両立するため、以下の3つのメニューを設定。

(1) 基盤チーム型 (4年以内、上限1億円/年 ※2年目終了時にステージゲート評価)

社会実装へ向けて重点的に取り組むべき領域(テーマ)を設定し、産学官の知見を結集して取り組むチーム型の基礎・基盤研究を支援。大学、研究機関等と産業界の密接な連携、社会実装へ向けた具体的な計画、異分野融合などによる他分野からの知見導入などが盛り込まれた提案を期待。

(2) ボトルネック課題解決型 (3年以内、上限3000万円/年)

社会実装を目指す上で具体的なボトルネックとなっている課題及びその解決を図るため基礎・基盤に立ち返って取り組むべき研究開発テーマを募集。産業界等からの課題解決へのニーズや、本研究開発により得られる知見の産業界等への確実なフィードバックがなされるための道筋が明確に示されることが必要。

(3) 新発想型(2年以内、上限2000万円/年)

挑戦的・ゲームチェンジングな技術開発を実施する研究開発を対象。対象領域を特定せず、「原子力イノベーション」に向けた幅広い取組の中から、応募者が自由に解決すべき課題を設定し、その解決へ向けた研究開発テーマの提案を募集。独創性・新規性や課題解決へのインパクトが示されることが必要。

基盤チーム型のテーマ（1）

[第4回原子力研究開発・基盤・人材作業部会(令和2年9月2日)資料]

基盤チーム型のテーマについては、本作業部会におけるご意見や後述の共通基盤技術ヒアリングを踏まえ、POが記述し、別紙として掲載。

基盤チーム型のテーマについて

越塚 誠一
山本 章夫
義家 敏正

原子力分野におけるイノベーションの取り組みにおいては、基礎基盤を含む研究開発を加速するためのチェンジマネジメントが求められています。従来のリニア型の開発モデルを越え、ステークホルダーのニーズを随時汲み取りつつ、スパイラル型に知識の統合化、技術の統合化を進め、短いタイムスパンで効果的・効率的に研究成果を展開していくことが重要になります。この方向性を目指す上で、計算科学技術の活用は極めて重要です。他産業においても、モデリング&シミュレーションの活用したものづくりが進められていますが、実規模での実験・実証が困難であり、一方で安全性の確保が何より重要である原子力分野においては、今後、他分野にも増して必須の取組と言えます。デジタルツインやマテリアルインフォマティクスなどの活用により、実験が困難な条件もカバーしつつ、より多くのデザイン・条件を検証し、結果としてより安全なシステムを開発することが可能となります。

基盤チーム型のテーマ（2）

[第4回原子力研究開発・基盤・人材作業部会(令和2年9月2日)資料]

原子力分野の基盤技術開発を考える場合、大まかに(1)燃料・材料分野、(2)プラント安全、(3)システムといった分野に分類できます。以下の例示のように、これらの分野のいずれにおいても、計算科学を有効に活用することにより、知識統合・技術統合を有効に行うことができます。

(1)燃料・材料分野

燃料開発及び材料開発。特に計算科学技術を活かした新しい燃料・材料の開発、第一原理計算などに基づく革新的な燃材料解析手法の開発、実現象に適用できるマルチスケール・マルチフィジックスシミュレーション手法の開発など

(2)プラント安全分野

核特性解析、核データ評価、熱水力解析、構造・機械解析、プラント安全解析、及び原子炉としての挙動を解析するための統合解析手法の開発など

(3)システム分野

計測・分析・制御・ロボティクス、AI、IoT、最適化等の技術を用いたモデリング&シミュレーション手法の開発、あるいは、これらの手法を活用した原子力システムの開発

また、上記の分野に共通する項目として、シミュレーション手法の高度化や妥当性確認のための実験データ取得、革新的な実験データ取得方法の開発、高精度な解析手法の開発、他分野からの新たな知見を導入した開発、新たなV&V(Verification & Validation)手法の開発などが挙げられます。