



文部科学省

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

## 資料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5回)  
R2.12.16

# 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2年度原子力システム研究開発事業採択課題

令和2年7月28日～8月31日の期間に公募を実施し、計64課題(基盤チーム型:12件、ボトルネック課題解決型:28件、新発想型:24件)の提案があった。これらの提案について、書類審査及びヒアリング審査を実施し、15件の採択課題を決定し、10月22日に公表した。

## 【基盤チーム型】

研究代表者 (所属)	参画機関	研究課題名・概要
阿部 弘亨 (東京大学)	東北大学、 日本原子力研究 開発機構、 株式会社ニューク リア・デベロップメ ント	<b>金属被覆ジルコニウム合金型事故耐性燃料の開発</b> 事故耐性燃料において、短期的に最も実現性が高いとされる金属被覆ジルカロイ合金に着目し、その開発指針の構築と最適な材料の開発を目的とする。当該材料システムは、金属被覆に関する知見は皆無に近く、特に金属被覆と被覆/基材界面における現象を対象として、科学的合理性および説明性の高い材料開発指針を構築するに十分な研究体制を構築し、実用化に向けた知見を整える。そして、当該材料に関し物質選択、製造法、機械強度、腐食特性、照射特性といった燃料被覆管開発に必要な十分な知見を習得する。
笠原 直人 (東京大学)	日本原子力研究 開発機構、 防災科学技術研 究所	<b>原子炉構造レジリエンスを向上させる破損の拡大抑制技術の開発</b> 破損発生防止を目的とした従来の構造強度技術の対象は、単一機器の破損発生までであった。破損発生後の影響の緩和を目的とした本研究では、プラントシステムにおける破損発生後の挙動を対象としている。計算科学技術と模擬材料試験技術を駆使し、安全性への影響の小さい破損モードを先行させることにより周囲の機器の荷重やエネルギーを低減させ、安全性へ影響の大きい破損モードへの拡大を抑制する、革新的な構造強度技術を開発する。
小宮山 涼一 (東京大学)	日本原子力研究 開発機構、 日本エネルギー 経済研究所、 日揮株式会社、 三菱重工業株式 会社	<b>脱炭素化・レジリエンス強化に資する分散型小型モジュール炉を活用したエネルギーシステムの統合シミュレーション手法開発 ※</b> 従来のエネルギー技術最適導入戦略分析手法は、電力部門の時間および空間的解像度が低く、急増する再生可能エネルギー発電の出力間欠性、SMRの工学的情報や動的挙動、地域間連系を十分考慮できず、SMR導入戦略は定性的な議論に留まっていた。本研究では、大型原子炉の見通しも踏まえた上で、SMR導入ポテンシャルの地域性や負荷追従性能等の工学的制約条件、ウランやプルトニウム需給バランスを考慮した最適導入シナリオを導出可能な統合したシミュレーション手法を開発し、エネルギーシステム高度化に資する導入可能なSMRの概念設計と課題抽出を行う。
高田 孝 (日本原子力 研究開発機構)	日立GEニューク リア・エナジー株 式会社、 東京都市大学、 大阪大学	<b>多様な革新的ナトリウム冷却高速炉における統合安全性評価シミュレーション基盤システムの開発</b> 革新的原子力システムであるナトリウム冷却高速炉を対象とし、シビアアクシデントを含めた安全性評価を、炉内/炉外を含め一貫した1つの数値解析により評価する基盤技術を構築するものである。本基盤技術は産業界への提供を前提とし、ユーザー利便性にも重点を置き、AI等を用いた最適解探索の開発、入力のGUI化、解析作業の品質保証活動の自動化を行うと共に、PRISM型原子炉への適用を行う。また燃料(UO <sub>2</sub> 、金属)等の熔融時の熱物性について最新技術での計測を行い、数値解析精度の向上に資すると共に基盤データベースの拡充を行う。

※東大・小宮山代表課題について、SMR最適導入戦略分析ツールと分散型SMR設計要求仕様分析ツールの開発について提案されているが、SMR最適導入戦略分析ツールの開発を中心とした部分採択とする。

# 令和2年度原子力システム研究開発事業採択課題

## 【ボトルネック課題解決型】

研究代表者 (所属)	参画機関	研究課題名・概要
梅沢 仁 (産業技術総合研究所)	北海道大学、福島工業高等専門学校	<b>過酷事故対応電子機器の実用化に向けた耐放射線・高温動作半導体デバイスの高性能化</b> 原子炉格納容器内で過酷事故に対応可能な耐環境型電子デバイスおよびエレクトロニクス回路の製造技術は現状存在せず、典型的なボトルネック課題となっている。本研究では原子炉の安全性を高めるため、課題解決の要となるダイヤモンド電界効果トランジスタの高性能化とSiC集積回路技術の開発を進め、事業終了後ただちに耐環境型エレクトロニクス回路の実機開発に着手可能とすることを目指す。
高橋 浩之※1 (東京大学)	-	<b>可搬型950keV/3.95MeVX線・中性子源による福島燃料デブリウラン濃度評価・仕分けとレギュラトリエンス</b> 2024年の本格取り出しに備え、ユニット缶入り燃料デブリを格納容器直外のその場で、迅速にU濃度約5%以上か未満を判定し、以上であれば核物質、未満であれば放射性廃棄物と仕分けできる可搬型の装置システムを実現すると共に、可搬型3.95MeVX線・中性子源の使用場所変更の規制緩和も達成する。
高木 直行 (東京都市大学)	日本医用アイソトープ株式会社、金沢大学三菱重工業株式会社、日本原子力研究開発機構	<b>国内の原子力インフラを活用した医用RIの自給技術確立に向けた研究開発 ※2</b> 商用PWRおよび高速実験炉常陽を用いて、診断用のRIとして需要の高いMo/Tcと、 $\alpha$ 内用療法に用いられる短寿命 $\alpha$ 核種(Ac-225)の生成と供給を行う国内自給技術検討により既存炉・次世代高速炉の運用に係る研究開発を行う。診断・治療用RIの国内自給技術の社会実装を図るとともに、新型炉を含んだ軽水炉・高速炉利用におけるイノベーションと原子炉に対する社会受容の改善を目指す。
中村 いずみ (防災科学技術研究所)	横浜国立大学	<b>地震荷重を受ける配管系の非弾性を考慮した高精度シミュレーションモデルの構築</b> 原子力施設の配管系を対象とし、終局強度の評価も含めた非弾性挙動を再現できる高精度シミュレーションモデルを構築する。また、世界最大の震動台であるEーディフェンスを用いた検証実験を実施し、シミュレーションモデルのV&Vに必要となるデータを取得し、デジタルツインに基づく耐震信頼性評価法に必要な基盤データの構築を進める。

※1: 東大・高橋代表課題について、採択時の研究代表者である元東京大学教授上坂充氏が原子力委員会委員長へ就任、研究分担者の東大・高橋教授へ研究代表者を変更。

※2: 都市大・高木代表課題について、その背景と必要性が認められるもの、医療用RIを国内製造する上でのボトルネックとなっている現実的課題に対する見解や技術的戦略の提示が不足していることから、1年目終了時に審査を行い、次年度以降の継続可否を判断する。

# 令和2年度原子力システム研究開発事業採択課題

## 【新発想型(1/2)】

研究代表者 (所属)	参画機関	研究課題名・概要
橋本 直幸 (北海道大学)	日本原子力研究開発機構	<p><b>金属積層造形による新規低放射化ハイエントロピー合金の作製</b></p> <p>金属積層造形法(3Dプリンティング)を用いて、次世代エネルギー炉に応用可能な、高温で耐照射性に優れる低放射化ハイエントロピー材料の創製を目指す。</p> <p>粉末床積層造形である電子ビーム積層造形(SEBM)および粉末レーザー積層造形(SLM)の2方法を採用し、各成型試料の機械的特性、耐照射性、高温水腐食特性についてアーク溶解で作製した同成分の材料と比較することで、金属積層造形による新規材料作製の成立性を検証する。</p>
小林 知洋 (理化学研究所)	東北大学、木更津工業高等専門学校、宇宙航空研究開発機構量子科学技術研究開発機構	<p><b>原子炉中性子リアルタイムモニタリングのための太陽電池型線量計の開発</b></p> <p>中性子のリアルタイム監視により、臨界状況を正確に把握する必要があるが、その計測システムは低コストである必要がある。高温・高線量<math>\gamma</math>線環境において中性子のみの信号をリアルタイムで長時間正確に測定可能な既製の測定機器はない。本研究ではSMRへの応用を目的とした簡素で小型・低コストかつ広いダイナミックレンジを有する新たな中性子検出器を提案する。</p>
近藤 創介 (東北大学)	産業技術総合研究所物質・材料研究機構	<p><b>次世代フルセラミックス炉心設計を見据えた多重防食技術の基礎基盤研究</b></p> <p>次世代軽水炉や、小型モジュール炉、低減速炉など高温・高腐食性の新型炉炉心において、金属を用いない防食技術として、産総研のセラミックスへのセラミックス被覆技術と東北大の不對電子の不活性化技術による、使用可能なセラミックス炉心材料の実現のための多重防食技術の開発を目指し、物材機構の最先端セラミックス被覆試験技術による徹底的な強度評価によって、炉心のフルセラミックス化を実現させる技術基盤を形成する。</p>
小無 健司 (東北大学)	福井大学、日本原子力研究開発機構、産業技術総合研究所	<p><b>人工知能(AI)技術を取り入れた核燃料開発研究の加速</b></p> <p>核燃料開発研究へAI技法を取り入れることにより、これまでの実験データ中心の開発スタイルから理論先行型の効率的な開発スタイルへの転換を目指す。本AI技法は、汎用的なもので有り、本課題の成果によって他の原子力分野への波及効果も期待出来る。理論計算のみならずその計算結果の妥当性を評価するために最先端の高輝放射光度実験を実施し、理論計算結果と比較する。</p>

# 令和2年度原子力システム研究開発事業採択課題

## 【新発想型(2/2)】

研究代表者 (所属)	参画機関	研究課題名・概要
家田 淳一 (日本原子力 研究開発機 構)	-	<b>スピン熱電発電素子による同位体発電システム開発に向けた基盤構築</b> スピントロニクス技術に基づくスピン熱電素子と、熱源としての放射性同位体の組みあわせは、宇宙探査機用電源等への次世代発電方式として期待できる。 これまでにスピン熱電素子の放射線耐性に関わる研究は行われてこなかったが、最近、研究代表者らが先駆けてその知見を明らかにしている。将来的に使用済核燃料等から生じる熱を安全に有効活用する技術の開発につなげるため、本研究にてその研究基盤構築を加速する。
小西 康裕 (大阪府立大 学)	-	<b>放射性廃液のガラス固化妨害元素(白金族金属、モリブデン)を対象にしたバイオ湿式分離技術の創出</b> 放射性廃液のガラス固化妨害成分(Pd, Ru, Rh, Mo)に対する新しい分離剤としてパン酵母を活用し、バイオ分離機能に及ぼす放射線照射の影響を把握するとともに、従来の分離技術の問題点を払拭し、より簡便な操作方式でより低コストに、より高速・高効率に、ガラス固化妨害成分を分離・除去できるバイオ分離技術を創出する。
黒崎 健 (京都大学)	大阪大学	<b>マテリアルズ・インフォマティクスによる核燃料開発</b> 独自に作り上げた実験データに基づく各種材料の物性値ビッグデータを機械学習することで、膨大で多様なウラン化合物の中から核燃料に適したものを見出す。さらに、見出したウラン化合物を実験的に合成し、特性を評価することで、マテリアルズ・インフォマティクスによる核燃料開発の妥当性を検証する。

## 【今後の予定】

原シス採択課題と経産省NEXIP事業の情報共有・連携強化を目的に、原シス採択機関代表者と経産省NEXIP事業者の参加するWEB交流会(非公開)の実施を予定。

# 本年度公募の結果を踏まえた令和3年度新規公募の方針

## 【本年度公募審査・採択結果に関するPD・POのコメント】

- 基盤チーム型…計算科学技術を生かし、経済産業省の事業との連携が期待でき、イノベーションにつながる基礎基盤的な提案が採択された。
- ボトルネック型…共通基盤的な技術的なボトルネックを解決するための提案よりも社会的ニーズ、産業界のニーズに対応する提案が多かった。
- 新発想型…何を新発想と考えるかについて提案者間、審査委員間でバラツキがあった。
- 物理や化学の基本的なメカニズムに関する計算科学の提案はあまりなかった。
- AIやリスク評価については、提案はあったものの、採択にいたる熟度ではなかった。
- 昨年度迄の本事業の実施課題の延長的な提案がいくつか採択されており、研究内容や研究代表者の顔ぶれが固定化している一面があり、業界全体の底上げや多様化という観点が十分ではなかった。

## 【令和3年度新規公募の方針】

- 1)別紙に示す基盤チーム型のテーマ(令和2年度公募要領添付)を事業の基軸とし、計算科学技術を活用してイノベーションを目指す研究開発を引き続き公募する。
- 2)基盤底上げと新たなテーマの掘り起こしを重視した公募方針とする。
- 3)採択された提案については、必要に応じてPOや専門家によるサポートを実施する。
- 4)今年度採択できなかった技術領域について積極的な申請を促すため、ワークショップ(説明会)を実施する。  
(期待する研究取組の説明、専門家からの具体的な研究例の紹介等を検討中)
- 5)公募期間:2月中旬～3月末、審査:4月～5月前半、契約:6月中を想定。

# 前回の作業部会における委員からの主な御意見

- 「3層戦略モデル」において、各層の間の連携が非常に重要であり、各層の間の関係や連携について、ヒアリングの意見等を踏まえ充実させられると良い。また、文科省・経産省の具体的な連携については、情報交換を行いつつ継続検討して欲しい。
- 公募テーマの設定にあたり、現場の声をヒアリングするという取り組みは非常に重要であり、今後も現場の意見を踏まえて事業を進めていくことが望まれる。
- 一方、原子力分野に関わらず他の分野の専門家の意見を取り入れることも重要である。
- 産学官連携やマネジメントについて、産官学でロードマップ等の方向性を共有するという点に賛同するが、人材育成ネットワークでも基盤維持のための議論をしており、意見交換、連携を進めて欲しい。

# 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

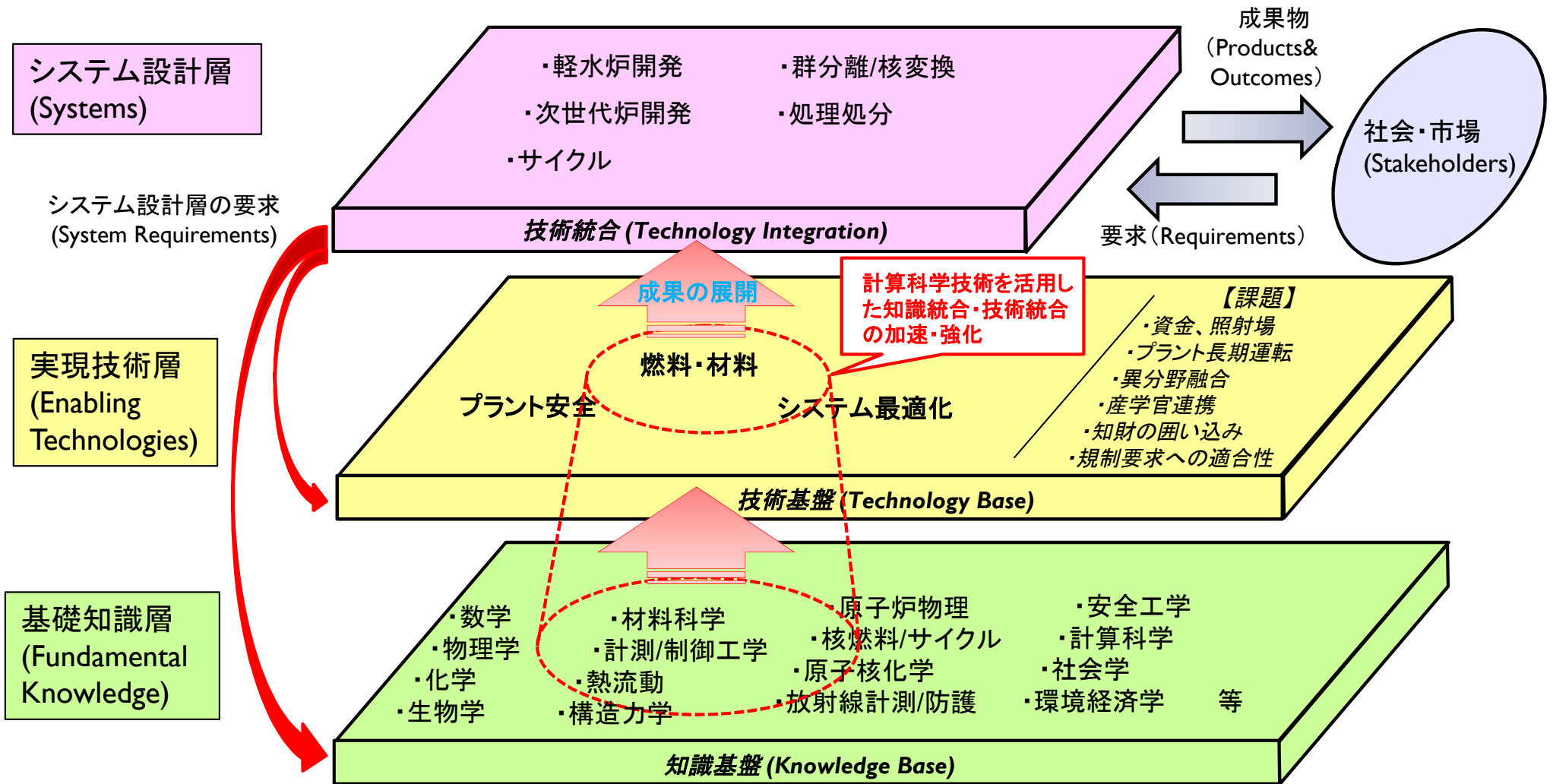
## (3)システム分野

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。

# 基盤チーム型のテーマの3層戦略モデル

[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]



# 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

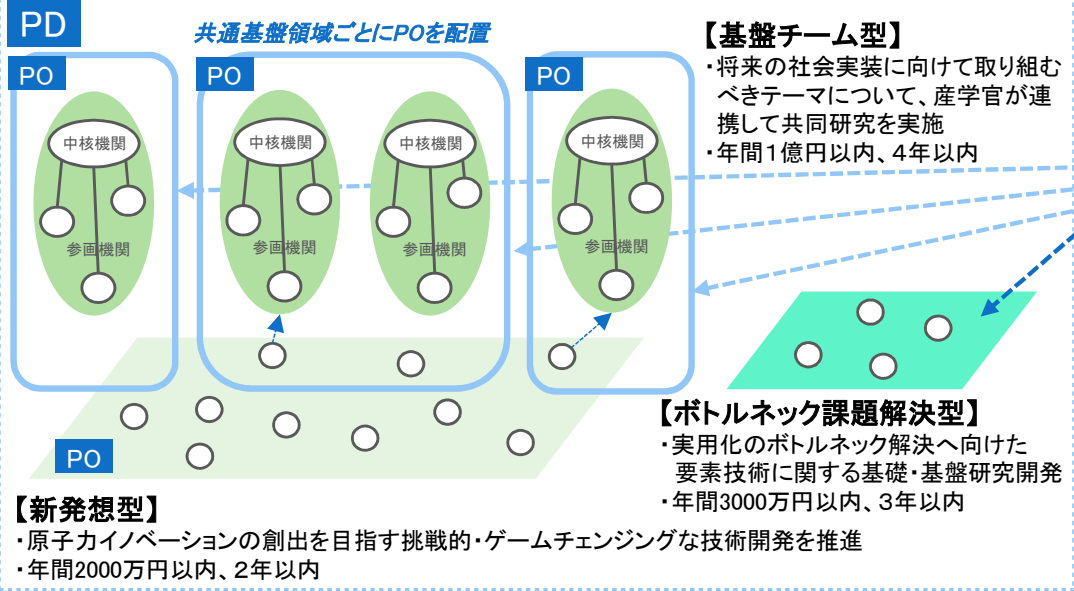
### MEXT 基礎・基盤研究開発

<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



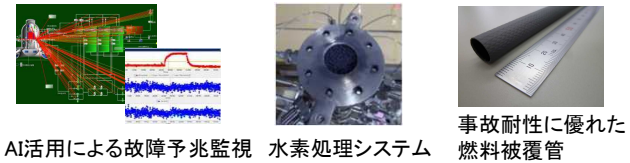
### METI 技術開発支援

<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

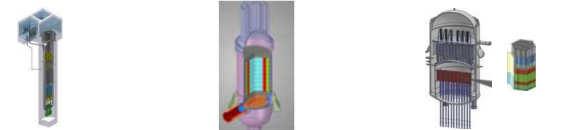
- 事故耐性燃料
- 製造技術・新材料適用
- データ・IT、新通信システム活用による安全高度化
- 安全高度化基盤技術



#### 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

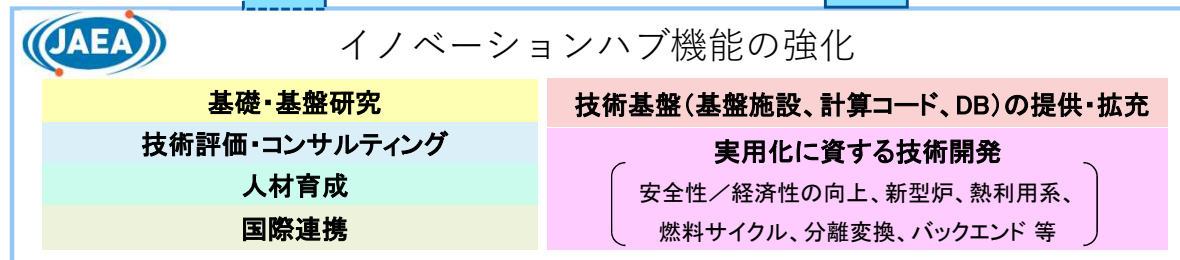


安全性・経済性に優れた小型炉 水素や熱の利用が可能な革新炉 長半減期核種を燃焼可能な軽水炉

※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