



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4回)
R2. 9. 2

原子力システム研究開発事業の 見直し等について

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公募

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。

【スケジュール】

7月28日～8月31日 公募、9月～10月 審査、10月中 審査結果の通知、採択課題の公表

前回の作業部会における委員からの主な御意見

- 物を設計していくときに、最終的には実際の物を使って実証したいが、スケールダウンや加速試験といったことをしなければならないケースは多い。コンピュータシミュレーションモデルがあれば、実証試験をするに当たっての条件付けをするのに役に立つと思う。
- 山本教授のプレゼンにあったMITモデルのインテグレートッドに相当する部分が、現状の俯瞰図では表現できていないのではないか。単純に基盤のどこかの分野のシミュレーションのモデルやシステムコードを作ればよいということではなく、プラスアルファの要素が重要。
- 俯瞰図には従来と同様の技術が並んでいる印象。従来とは違ったかたちにするためには、どのような取組み必要かについて検討が必要。
- 原子力分野にも新たなプロセスを導入することは重要であり、他産業の経験や変化をうまく共有にできるような仕組み、ワークショップなども含めて検討してほしい。
- 計算科学を導入した新たな研究開発の方向性は良いと思うが、従来型の、小さなところからはじめるという方法は、一般の人にとって分かりやすかったと思う。新たな手法の合理性や安全性について発信していくことも必要。

基盤チーム型のテーマ（1）

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）

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。

共通基盤技術ヒアリング概要(1/4)

【趣旨】

NEXIPイニシアチブの一環として、令和2年度より原子力システム研究開発事業を見直す予定。見直しにあたっては、産官学のステークホルダーが参加し、我が国として重視すべき共通基盤分野や、それぞれのステークホルダーが取り組むべき課題等について討議を行うワークショップを開催する予定であったが、新型コロナウイルスの状況を踏まえ、ワークショップは開催せず、ウェブによるヒアリングを実施することとした。

【ヒアリング参画機関】

三菱重工業株式会社、日立GEニュークリア・エナジー株式会社、東芝エネルギーシステムズ株式会社、日本原子力研究開発機構(JAEA)、新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)、電気事業連合会、電力中央研究所、日本原燃株式会社、越塚誠一※、山本章夫※、義家敏正※、経済産業省、文部科学省

※原子力システム研究開発事業PO

【実施日程】

6/23, 24, 7/2: 3グループに分け実施(それぞれ一時間程度、PO・文部科学省はいずれも出席)

【質問事項】

- ①基礎・基盤となる分野のうち、今後我が国として戦略的に重要と考える分野、強化が必要と考える分野は何か、実用化へ向けた技術的ボトルネックはあるか
- ②今後の原子力研究開発の進め方に関し、産学官の役割や連携の方策、マネジメントについて、どのような改善が必要か
- ③他分野の技術で原子力の研究開発との融合が効果的な技術にはどのようなものがあるか、また、他分野の知見を取り入れるためには、どのような仕組みが必要か

共通基盤技術ヒアリング概要(2/4)

【ヒアリング結果概要】

①戦略的に重要と考える分野・技術的ボトルネック

- ・原子力特有の基盤分野(炉物理、燃料工学等)の基礎的なレベルの維持が重要。改良やトラブルシューティングにも基盤研究が必要。
- ・原子力分野においては、時間とコストを要する材料分野において、基礎的メカニズムの解明によりスピード・信頼度向上が期待できる。
- ・系統的なプロセス科学の視点の取組が不足している。
- ・資金や照射場が限られるなか、シミュレーション技術を活用して開発を進めることは重要だが、検証作業やデータ取得が必要。
- ・V&Vへ向け、計算機科学の高度化は重要。将来的には実機の運転をモニタリングしながら、並行してシミュレーションするのが理想であるが、そのためには、シミュレータの能力、ソフトウェア、計測・制御技術の高度化が重要。
- ・イノベーションのボトルネックは規制要求への適合性であり、新型炉開発にあたっては、先進技術のリスクの抽出と検証の早期開始が重要。

②産学官連携・マネジメントのあり方

- ・これまでのようなプロジェクト型の研究開発が難しいなかで、日本型の民間主導のイノベーションを考えることが必要。
- ・基盤的な解析コードの開発や照射データに関しては、all Japanで取組み産学官で共有することが重要。
- ・米国INLのナショナルセンターのように、JAEAがナショナルセンターとして施設・設備・データを含め基盤技術のプラットフォームとなることを期待。
- ・産学官が同じ方向を向くためには、ロードマップ等の連携方策の再構築や産官学の壁が無く顔が見える関係性の構築が重要。
- ・イノベーションのFS段階はメーカーと大学・研究機関が意見交換しやすい。
- ・産総研のオープンラボのような仕組みも参考になるのではないか。
- ・経済ブロック化や知財囲い込みを見据えて研究開発を行うことが必要。

③他分野技術の融合、その他

- ・AIやIoTについては、他分野が先行しており、知見の取入が必要。
- ・異分野融合の取組は中国を含め他国の方がスピードが速い。日本型のすりあわせ方式については改善を図る必要。

共通基盤技術ヒアリング概要(3/4)

ヒアリング時の具体的なコメント(1/2)

1. 理学や工学で代替できない原子力独自分野(炉物理や燃料工学等)について、公募研究に限らず大学レベルから維持していく必要があると考える。産業界のニーズと大学側のシーズを繋げるためにも、原子力独自分野の維持は必要と考える。
2. 主に確立された技術を用いている分野においても改良やトラブルシューティングが必要であるため、基盤技術研究は重要。
3. 長期供用が原子力分野特有であり、40~60年の長期信頼性確保が前提であるため材料開発では実証試験を行っても実用化に時間がかかる。開発短縮化・高信頼化できるような手法があるとよく、例えば材料が壊れるメカニズムが解明され精緻に解析できれば、実験データの延長線上で議論ができ、外挿の信頼性向上・開発期間短縮が期待できる。
4. modeling、experimentation、validationの3つの取組みが必要であるが、日本として体系的に取組みができているかという疑問符が付く。プロセス自体を設計していくことも科学であるが、産業界の側面ばかりが強調されて、系統立てて説明できるプロセス科学というものが確立できていなかったのでは。産業界任せにするのではなく、科学や基盤としてどのようにしていくのかを考えることが、産業と基礎科学のギャップを埋めることだと考える。
5. 資金や照射場が限られる現状においては、シミュレーション技術で進めていく必要があるが、一定の検証作業が必要。計算科学を応用して燃材料開発を行う場合に必要なデータ取得などについては、照射中に実機流体条件下で実験、研究できるような環境があるとよい。高速炉の分野では常陽を動かすことができれば照射場を提供することができるが、軽水炉環境は照射ができるような環境は無い。
6. V&Vの要求に応えるためにも計算科学の高度化は重要。理想形は、運転と並行してシミュレータが運転し、システム内の現象を同時再現している状態で運用されること。そのためには5つの要素(科学知識の定着、シミュレータの精度・速さ、ソフトウェアの絶え間ない開発、常にバージョンアップできる環境、計測と制御の精度・速さ)を常に改善しながら理想形を目指していくことが必要である。
7. イノベーションに対してのボトルネックは、先進技術であっても規制要求に適合したものでなければ採用されないことにある。早い段階からありとあらゆる事態を想定したリスクの抽出を行い、先進技術がどれくらい原子力安全に適合するかということを検証していくことが必要である。論文文化され十分に審議されたもの(エビデンス化したもの)でなければ規制側は受け入れない。そのため、先進炉、次世代炉については今からでも十分にデータをとっていくことが必要である。
8. 知財囲い込み等を踏まえ安全解析コードはデータ取得も含めall Japanで進める必要がある。ソースコードレベルを産官学で共有できれば、自社の開発モデルに組み込むことができる。国やJAEAにおいても、継続的にコード化していく取り組みをしてほしい。臨界試験のデータについても、その中で共有化できると良い。
9. 核特性をとるための照射炉、原子炉(放射線管理要員を必要とする分野)はJAEA、大学含め国でナショナルセンター化してはどうかと考える。

共通基盤技術ヒアリング概要(4/4)

ヒアリング時の具体的なコメント(2/2)

10. 軽水炉の場合、綿密にデータが採取され、安全設計に対するエビデンスがかなりそろっている面が大きかった。GenIV等の次世代炉を製品化したい企業側においては、軽水炉と違い、次世代炉の開発を加速させ合理化するために基礎と応用のギャップを埋めることに取り組んでいきたいというモチベーションはあると思われるため、そのような場をJAEAの中につくるのも一つの手ではないだろうか。米国がアイダホ国立研究所(INL)にナショナルセンターを設立したことは、研究から商用化を目指し整備していくという意志を感じており、日本も同様に実行することによりギャップを埋めることができるのではないかと考える。
11. 今後の原子力研究開発の進め方において、これまでのようなプロジェクト型が難しいなかで、民間主導のイノベーションを考えていかなければならないが、日本は、ビルゲイツが勝手に物を作るような文化・風土ではないため、日本に合わせた工夫(国の投資、関与含む)が必要である。
12. 原子力研究開発について、現状、産学官が同じ方向を向いていないのではないかと感じることもある。産学官が同じ方向を向くことが重要であり、既存のロードマップ等の連携方策を検証したうえで、再構築してみてもどうか。トラブル対応や今後の技術開発など、それぞれ強み・弱みがあるはずなので、産官学が壁が無く顔が見える関係性が構築できればよいと思う。
13. イノベーション(新しい芽を育てる始めの動き)のFSの段階の整理は、新しい技術をアプライできるかどうか検討する絶好の段階で、基盤分野を扱う大学・研究機関とコミュニケーションがしやすい場面であると考え。そのようなフィールドがあれば、大学の様々な技術について情報交換して互いに刺激を受け、基盤技術の動きに対しアプリケーションを扱うメーカー側が意見・要望を言えるのではないかと考える。
14. 産学連携について、経産省傘下の産業技術総合研究所では、かつて個別相談や研究のパートナーシップというものをやっていたが、それだけでは進まないため、オープンラボのような形で企業側が申し込めばラボを使えるようにし、研究をしながら装置の使い方や研究内容への踏み込んだ相談にも乗るようにしている。
15. 経済のブロック化や知財の管理保護の観点から、国家間、地域間の壁が高くないっている中で日本はどこと手を組んで開発するのかを明確にし、関係を強化せざるを得ないのではないかと。
16. AI、IoTは、原子力産業界外の方が進んでいる可能性が高い。技術の進展具合によっては、次世代炉の設計合理化において必要に耐えるものなのか、システムコードを開発する上でモデルベースエンジニアリングの枠組みとして使えるものなのか、ということを検証し、外部から知見を取り入れていくことが必要であると考え。
17. 他国での開発は早くなっており、特に中国が速い。異分野を融合させるときには、日本式にじりじりとすり合わせる方式は時間がかかる。はじめに、A分野とB分野から責任を担える者が集まり、それぞれの立場、考え等を明示して、相互の違いを理解し、その後、妥協点を見出すようにすれば、開発に入るのが早い。

原子力研究開発分野の俯瞰図（イメージ）

〔第3回原子力研究開発・基盤・人材作業部会（令和2年5月20日）資料〕

原子力エネルギー利用						福島原発 廃炉	放射線利用							
軽水炉 (第3世代)	次世代原子炉 LWR-SMR HTGR SFR MSR その他				サイクル		群分離 核変換	処理 処分	その他	照射炉	ビーム炉	加速器	RI利用	その他
設計・開発														
試験														
製造・建設														
運転・保守														
廃止措置（解体）														
利用系														
材料開発														
燃料開発														
炉物理・核データ														
伝熱流動														
構造														
計測・分析・制御・ロボティクス														
安全工学														
計算科学・AI・IoT														
規制・安全基準・保障措置・核セキュリティ														
放射線影響評価														

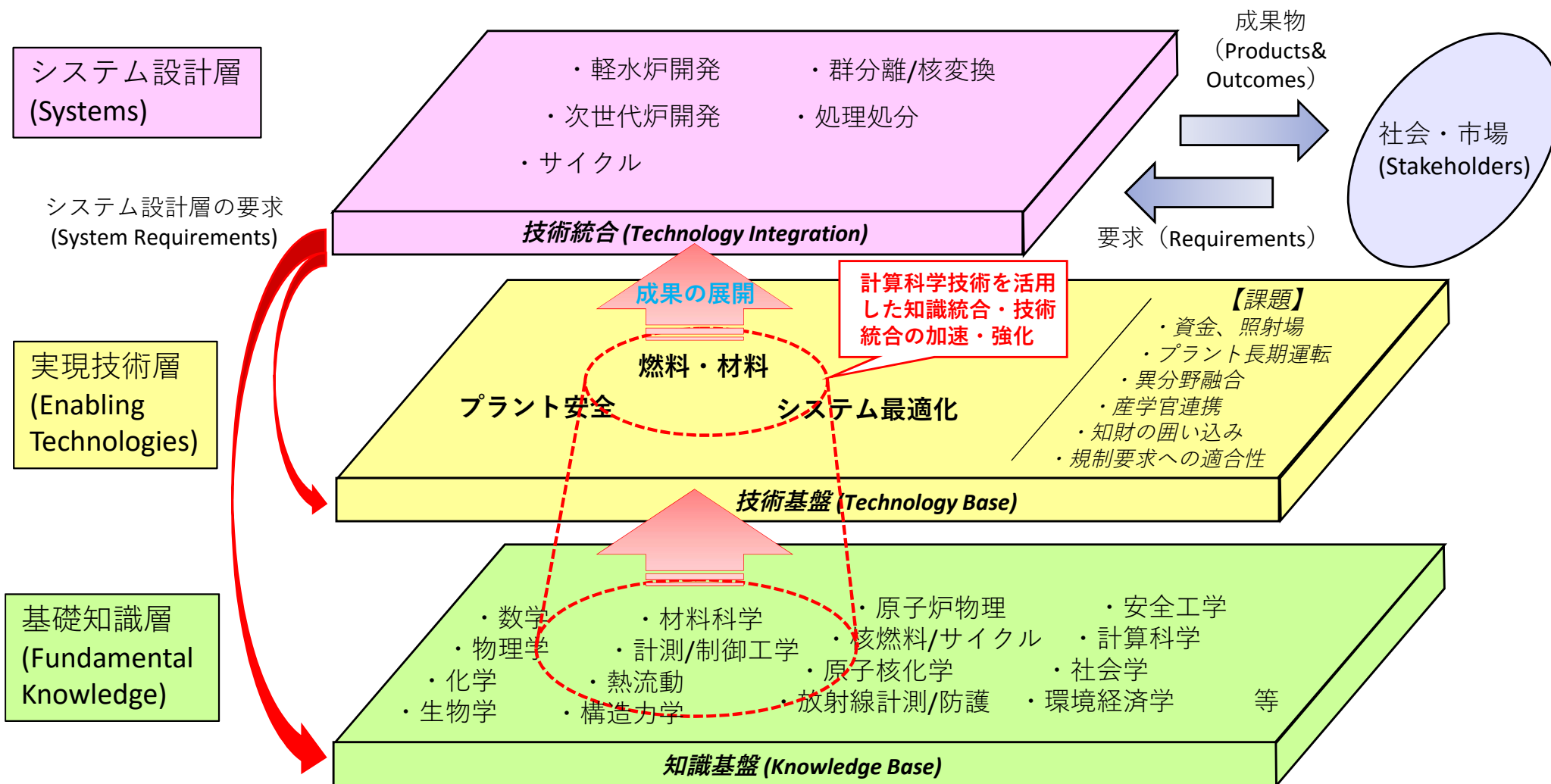
プラント・システム・機器
のライフサイクル

共通基盤技術

基礎となる
学問分野

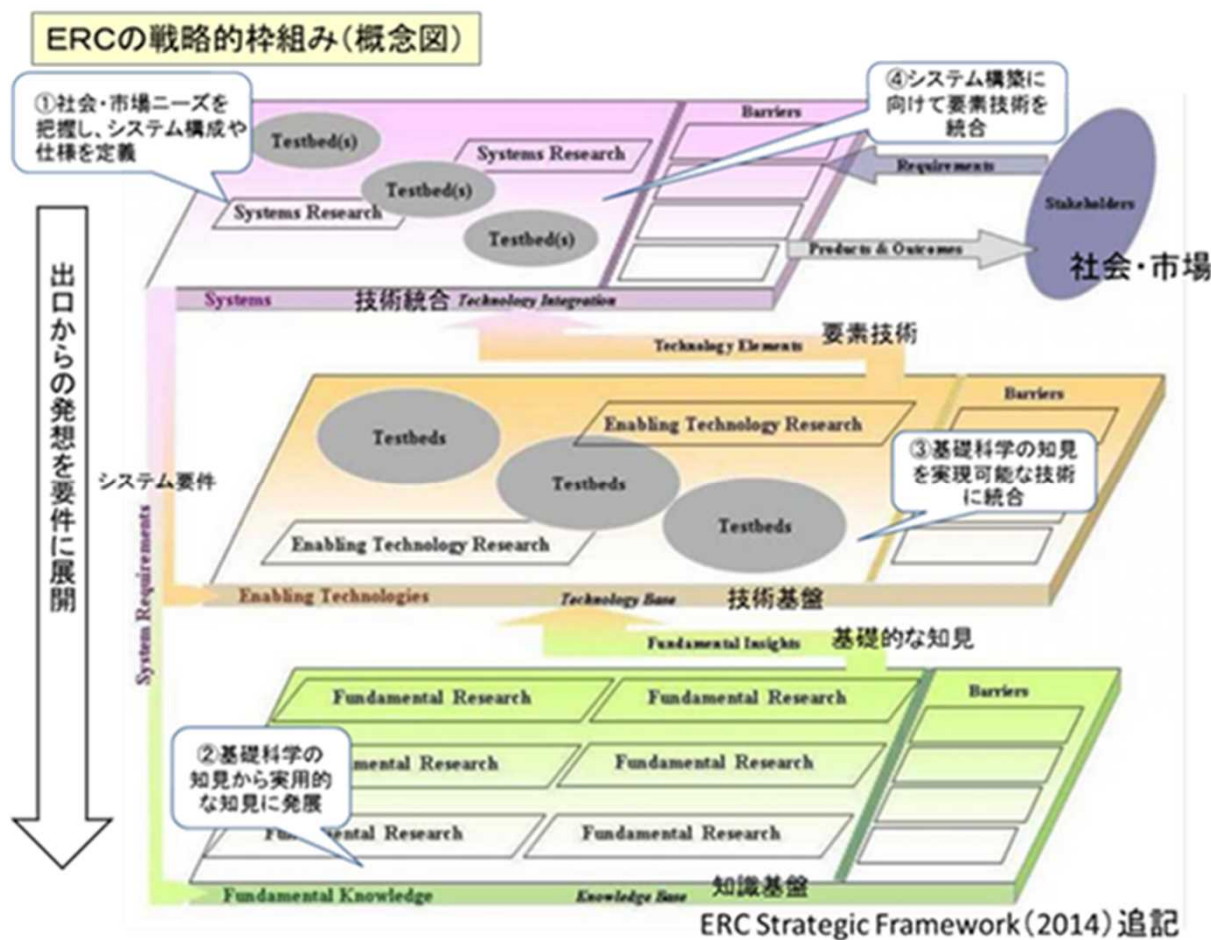
- 【基礎】 数学、物理学、化学、生物学、電気学、電磁気学、材料化学、熱力学、量子力学、流体力学、放射化学、原子核物理、物性物理学、放射線物理学等
- 【応用】 原子炉物理、原子核化学・放射線化学、核燃料・サイクル、原子力プラント・制御安全、原子炉熱流動、放射線計測・防護、原子力材料等
- 【全体共通】 安全工学、計算科学、ソフトウェア技術、材料技術、法学、社会学、倫理学、公共政策学、環境経済学

基盤チーム型のテーマの3層戦略モデル



3層戦略モデル(Three Plan Strategic Model)について

- 米国国立科学財団 (NSF) では、Engineering Research Center (ERC)と呼ばれる大学拠点創出事業を実施しており、その中で各センターに三層戦略モデル (Three Plane Strategic Model) を示すことを求めている。
- ERCは「“Transformativeな工学システム研究”と“教育”を通じて、科学的知見を技術イノベーションへとつなげる文化を醸成する」ことを目的としており、3層戦略モデルはこの理念にそった研究計画の策定の基盤となるものである。
- 三層構造は上から下への下降によって研究全体が進行することを想定しているが、研究の推移状況に応じて下から上へ上昇する軸も存在している。この3層戦略モデルは、基礎研究—応用研究—実用化研究と進む時間的な経過を研究開発の発展過程とみなす伝統的な「リニアモデル」から、脱却した新しい研究開発のモデルを掲示している。



(参考) 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

