

イノベーション創出戦略

平成29年3月

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構

目次

1. はじめに
 - 1.1 背景
 - 1.2 原子力利用の歴史的背景と国際的動向
 - 1.3 本戦略について
2. 日本原子力研究開発機構が目指すべきイノベーション
 - 2.1 原子力のエネルギー利用に係るイノベーション
 - (1) エネルギー資源問題の解決
 - (2) 放射性廃棄物の減容化・有害度低減
 - (3) 原子力施設の廃止措置と放射性廃棄物の処理処分
 - (4) 新型原子力システムの開発
 - (5) 安全システムの構築
 - (6) 福島第一原子力発電所事故への対処
 - 2.2 原子力科学を通じたイノベーション
 - (1) 基礎基盤研究、先端原子力科学研究及び中性子利用研究等によるイノベーション
 - (2) 施設供用・共用を通じたイノベーション
3. イノベーション創出に向けた取組方針
 - (1) 協力・連携及び異分野・異種融合の促進
 - (2) イノベーション創出を推進する仕組みの構築
 - (3) 顧客視点を意識した研究開発
 - (4) 研究開発手法の改革
 - (5) 研究インフラの充実
 - (6) リソースの確保
4. 戦略的取組
 - 4.1 原子力のエネルギー利用に係るイノベーション創出
 - (1) エネルギー資源問題の解決
 - (2) 放射性廃棄物の減容化・有害度低減
 - (3) 原子力施設の廃止措置と放射性廃棄物の処理処分
 - (4) 新型原子力システムの開発
 - (5) 安全システムの構築
 - (6) 福島第一原子力発電所事故への対処
 - 4.2 原子力科学を通じたイノベーション創出と原子力のエネルギー利用に係るイノベーション創出に向けた共通的取組

- (1) 機構内外での協力・連携と異分野・異種融合
- (2) イノベーション創出を推進する仕組みの構築
- (3) 知財マネジメント
- (4) 顧客視点を意識した研究開発
- (5) 施設の供用・共用と研究インフラの整備
- (6) イノベーション人材の育成と確保
- (7) 外部資金の獲得強化

1. はじめに

1.1 背景

日本原子力研究開発機構（以下「機構」という。）は、平成 26 年の独立行政法人通則法の改正により研究開発成果の最大化を目的とする国立研究開発法人として、平成 27 年度より新たな中長期計画（第 3 期中長期計画）を開始した。また、科学技術イノベーション総合戦略 2016（平成 28 年 5 月閣議決定）において、国立研究開発法人は「我が国のイノベーションシステムを強力に駆動する中核機関としての機能を十分に発揮」することが期待されている。このような状況を受け、機構の第 3 期中長期計画においては「自らの研究開発成果の最大化を図ることはもとより、大学、産業界等との積極的な連携と協働を通じ、原子力の革新的科学技術を創出し、社会に実装する中継的役割を果たすとともに、我が国全体の原子力科学技術分野における研究開発成果の最大化に貢献できるよう取り組む」とともに、「イノベーション創出につなげるため、イノベーション創出戦略を策定し、機構の各事業において展開する」こととしている。

機構の使命は、原子力科学技術を通じて人類社会の福祉と繁栄に貢献することであり、具体的には核燃料サイクルの確立、放射性廃棄物処理・処分、原子力の安全性向上、福島第一原子力発電所の廃炉、環境の回復等のための研究開発とこれらを支える基礎基盤研究や先端的研究などを行うとともに、これらの成果の普及等を行うことであるが、これらはまさにイノベーションの創出のための活動に他ならない。また、これらの研究開発の成果は、原子力のエネルギー利用のみならず、幅広く活用できるものも多い。このようなことを踏まえ、機構としては、国立研究開発法人としてのスタートを機に、自らの使命を見つめなおし、その実現のための新たな研究開発等の仕組みの構築等を図るため、イノベーション創出戦略を策定することとした。

1.2 原子力利用の歴史的背景と国内外の動向

人類が原子核分裂反応を発見してから約 80 年、アイゼンハワー米大統領が「Atoms for Peace」を提唱してから約 65 年が経過し、原子力平和利用は、原子力発電という形で先進各国に広く普及し、人類社会のエネルギーシステムに大きな変革をもたらした。今日、原子力発電は世界の総発電電力量の約 10%（2013 年）を担っている。我が国においても 1955 年の原子力基本法制定後、原子力開発利用が推進され、福島第一原子力発電所の事故以前は、54 基の商用原子力発電所を有し、電力供給の約 30%を原子力が占めていた。また、原子力利用は我が国においてはエネルギー資源対策及び地球温暖化対策への貢献が期待されてきた。

一方で、福島第一原子力発電所事故により、我が国は同発電所における廃炉、汚染水対策、環境回復等の極めて重要な課題に直面した。これらの課題解決に向けて、機構においても総力を結集して取り組んでいるところである。福島第一原子力発電所事故の以前から、OECD/NEA では原子力施設安全委員会（CSNI）に設置された事故解析 WG（WGAMA）において、設計基準事象(DBA)、DBA を超える事象(BDBA)、シビアアク

シデントに関する取組が行われてきた。さらに OECD/NEA では福島第一原子力発電所事故をきっかけとしてシビアアクシデントに関する取組が強化され、特にシビアアクシデントマネジメントに関しては、WGAMA 下の複数のタスクグループにおいて、ガイドラインの検証や妥当性確認方法の検討などが活発に行われている。

民生エネルギー利用の面では、ロシアの砕氷船の動力利用以外は発電利用である。発電炉としては軽水炉（BWR、PWR）が今日まで主流であり、世界の発電用原子炉の約 85%を占める。その状況下において、安全性、経済性、持続可能性及び核拡散抵抗性を更に高めることを目的とし、第 4 世代原子力システムに関する国際フォーラム（GIF）が日本を含む 9 か国の参加（現在は 13 か国 1 機関）のもと 2001 年に始動し、2030 年の実用化を目指した高速炉や超高温ガス炉を含む 6 種類の次世代原子力システムの検討が進められている。日米間では民生用原子力研究開発ワーキンググループ（CNWG）が 2011 年より始まり、先進的原子炉に関する研究開発、軽水炉に関する研究開発及び核燃料サイクルと放射性廃棄物の処理処分に関する研究開発のサブワーキンググループが設置され、二国間協力が進められている。加えて近年、新興国や発展途上国における電力需要の増加や地球温暖化対策の必要性の高まりを受けて原子力発電の重要性が高まることを想定し、OECD/NEA では廃棄物処理や廃炉技術等、将来の原子力利用に必要なべき技術の確立に向けた Nuclear Innovation 2050 (NI2050) を取りまとめている。

以上のような世界的動向を踏まえると、原子力においては軽水炉の安全性の更なる向上、次世代原子力エネルギーシステムの確立、廃棄物処理処分技術・廃炉技術の確立等でのイノベーションが求められていると考えられる。

1.3 本戦略について

本戦略においては、機構内外の情勢を念頭に、機構の研究開発から目指すべきイノベーションを、原子力のエネルギー利用に係るイノベーションと原子力科学を通じたイノベーションに整理し、それに向けた取組についてまとめる。第 2 章では機構が目指すべきイノベーション、第 3 章ではイノベーション創出に向けた取組方針、第 4 章では戦略的取組について記載する。

本戦略は第 3 期中長期目標期間全体を見越したものであるが、情勢の変化に応じて柔軟に見直すこととする。

2. 日本原子力研究開発機構が目指すべきイノベーション

機構において目指すべきイノベーションとは、国立研究開発法人日本原子力研究開発機構法に定められた業務である「原子力に関する基礎的研究及び応用の研究並びに核燃料サイクルを確立するための高速増殖炉及びこれに必要な核燃料物質の開発並びに核燃料物質の再処理に関する技術及び高レベル放射性廃棄物の処分等に関する技術の開発」を推進することによって、原子力基本法に定めるように「将来におけるエネルギー資源を確保し、学術の進歩と産業の振興とを図り、もって人類社会の福祉と国民生活の水準向上とに寄与」する新たな価値を創造することである。

機構の目指すべきイノベーションについて、本戦略では「原子力のエネルギー利用に係るイノベーション」と、「原子力科学を通じたイノベーション」に分類して整理する。

2.1 原子力のエネルギー利用に係るイノベーション

原子力のエネルギー利用に係るイノベーションとして、以下の項目を目指す。また、最終的なイノベーションに至るまでにおいても、構成する工程、要素技術等を常に新しくしていく取組を行い、新工程及び新技術については、原子力以外の産業分野への橋渡しも積極的に図り、幅広いイノベーション創出を目指す。

(1) エネルギー資源問題の解決

日本の主要な消費エネルギー源は化石燃料であり、その大部分を輸入に頼っているため、国際的な要因に比較的影響を受けにくい原子力をベースロード電源とすることで、安定的かつ持続可能なエネルギー需給構造を持つことは、日本にとって重要な課題である。

高速炉サイクル技術は、原子力を長期にわたって用いる上で必要となるウラン資源の利用効率を飛躍的に高めることができる革新的技術である。実用化を目指す上では、国民の原子力に対して抱いている不信感を払拭し、社会に受け入れられる技術とするために、特に以下の観点からのイノベーション創出を目指すものとする。

福島第一原子力発電所事故のように、放射能を環境に大量に放出する原子力災害のリスクを極限まで低減できる技術を目指す。このため、自然災害なども含め、シビアアクシデントに至る要因を幅広く想定してその発生防止と影響緩和方策を設計に取り入れることで、安全性を強化した概念を創出する。また、核燃料物質の平和利用を担保するための高い核拡散抵抗性と同時に、発電事業において実用化するため、他電源と競合可能な経済性の達成を目指す。

上記のイノベーション創出に向けて、高速炉サイクル技術の実用化に向けた研究開発計画を策定し、最終的な実用化目標とともに技術開発の節目において創出する新たな価値を明確化し、社会の評価を受けるものとする。

(2) 放射性廃棄物の減容化・有害度低減

高レベル放射性廃棄物の減容化・有害度低減に大きなインパクトをもたらす可能性のある技術の研究開発を推進する。廃棄物の有害度低減技術は、再処理で発生する高レベル放射性廃液に含まれる長寿命核種を分離し、核変換して短寿命化することにより、高レベル放射性廃棄物の有害度が十分減少するまでに要する期間を抜本的に短縮できる技術である。実用化されれば原子力エネルギー利用の大きな課題である廃棄物処分に解を与えることができ、原子力エネルギーのイノベーションになり得る技術である。また、分離して高速中性子で燃やすことによってこれまで廃棄物であった放射性核種の一部が資源となることが考えられ、これも原子力エネルギーのイノベーションとなる。

この技術を実現するために、高速炉や加速器を用いた核変換システム及び関連する再処理・燃料製造技術を開発する。高速炉の開発は、前項のエネルギー資源問題に対するイノベーション創出と同時に行われる。加速器を用いた核変換システムは、加速器と原子炉を結合した先進的な概念となるため、大強度陽子加速器施設 J-PARC に核変換実験施設 (TEF) を建設し、核変換システムの要素技術の確立を目指す。

(3) 原子力施設の廃止措置と放射性廃棄物の処理処分

現在、新興国を中心に原子炉の建築が進む一方で、多くの原子炉が老朽化しており、今後、原子力施設の廃止措置の重要性が高まっていくと予想される。NI2050 においてもこのような背景を受けて、廃止措置にかかる技術開発を主要なイノベーション項目としている。機構においても、既存施設の廃止措置を進める中で、技術開発を進め、「スマートデコミッションング」と呼ぶべき合理的手法の確立を目指す。

原子力発電所の使用済燃料から発生する高レベル放射性廃棄物の地層処分は原子力エネルギーの利用においては必要不可欠であるにもかかわらず、その安全性について国民から十分な信頼が得られていない。このため、深地層の研究施設における研究成果により最新の科学的知見を獲得し、地層処分の社会的信頼性を確立することは重要なイノベーションである。また、合理的・経済的な低レベル放射性廃棄物の処理・処分技術を確立することは、原子力エネルギー利用において原子力発電所の廃止措置が進展する中で重要であるだけでなく、医療等の産業利用やその他の研究開発において利用されている放射性物質の最終処分に必須のイノベーションである。これらの技術の確立に向けて、高レベル放射性廃棄物処分の実施主体である原子力発電環境整備機構(NUMO)や関係省庁との緊密な連携のもとで研究開発を進める。

(4) 新型原子力システムの開発

今日、発電炉として主流となっている軽水炉はある程度成熟した技術であるが、将来を見据えた原子力エネルギー利用の高度化に向けて、安全性、安定性、経済性及び環境適合性の高度なレベルでの実現と、多様な産業利用への展開を念頭に、新型原子力システムの研究開発を進める必要がある。

高温ガス炉は、冷却材を失っても炉心溶融が発生しない等の高い安全性を有し、高温を得られることから、発電のみならず低炭素社会に向けた水素製造などと組み合わせる

ことで高い熱利用効率を実現できる炉である。その実用化は機構が目指すべきイノベーションであり、そのための技術開発を進める。

これらの研究開発では、OECD/NEA における NI2050 やその他の国際的なネットワークを最大限活用する。

(5) 安全システムの構築

原子力のエネルギー利用においては想定しうる様々なリスクへの対応が必要であるが、このような対応への負担を軽減する革新的安全システムの構築は、原子力利用に大きなイノベーションをもたらす。このため、万が一の事故のリスクを下げるとともに影響を緩和していくため、過酷事故対策を含めた軽水炉の安全性向上に資する技術開発を進めて技術的な信頼性を獲得することは、原子力を我が国の安定なエネルギー源として位置付けるためのイノベーションである。

一方で、原子力規制委員会による「世界で最も厳しい水準の技術基準」は、軽水炉施設のみならず、再処理などの核燃料サイクル関連施設や放射性廃棄物処分施設も対象としている。これらの技術基準を安全研究によって科学的・技術的にサポートし、原子力の安全性や信頼性を継続的に向上させることも重要である。

(6) 福島第一原子力発電所事故への対処

我が国におけるエネルギー政策の再構築をもたらした福島第一原子力発電所事故への対処として、原子力事故における廃炉、汚染水対策及び環境回復を完遂することは世界に例のない困難な事業であり、それ自体がイノベーションであるとともに、これらの事業から様々な分野のイノベーションにつながる多くのシーズが創出される可能性がある。特に、福島研究開発部門福島研究開発拠点廃炉国際共同研究センター（CLADS）による廃炉基盤研究プラットフォームは、イノベーションハブとして産学官との連携協力のもと廃炉現場における課題解決に向け、基礎・基盤研究のニーズ、シーズのマッチングから実用化技術開発まで俯瞰した取組として、今後、イノベーション創出のモデルケースとなるべきものである。

以上のイノベーションを達成し、「エネルギー基本計画（平成 26 年 4 月）」においてエネルギー政策の要諦とされる「安全性（Safety）」「安定供給（Energy Security）」「経済効率性（Economic Efficiency）」「環境適合性（Environment）」を満たすエネルギー源として、原子力エネルギーの社会的・公共的価値を再確立する。これにより我が国の国民生活の向上に資するとともに、エネルギー自給率の向上による我が国のエネルギー安全保障（国家的価値）への貢献、温室効果ガス削減による地球温暖化対策（社会的・公共的価値）に貢献する。またこれは先に述べた国際動向にも合致するものである。

原子力のエネルギー利用に係るイノベーションは第 5 期科学技術基本計画において目指すべき国の姿として掲げられているもののうち、「持続的な成長と地域社会の自律的

な発展」及び「地球規模課題への対応と世界発展への貢献」に資するものである。

2.2 原子力科学を通じたイノベーション

(1) 基礎基盤研究、先端原子力科学研究及び中性子利用研究等によるイノベーション

これらの研究はその対象とする分野が、基礎科学、物質科学、材料科学等の多岐にわたる。この分野におけるイノベーションは、学術的な発見や新しい知的概念の創造を含む論文発表等により知的・文化的価値を創出することであり、またそれを活用した経済的、社会的・公共的価値の創造となる。

自らの研究ミッションの遂行による基礎基盤研究では、知的・文化的価値の創造を目的とするとともに、原子力のエネルギー利用に係るイノベーション創出を目指すプロジェクトの要素技術等へ直結する研究成果によって、関係部門組織との密接な連携をとりつつ、原子力のエネルギー利用に係るイノベーション創出に貢献する。加えて、得られた成果を社会へ対しても積極的に還元し、第5期科学技術基本計画に定める目指すべき国の姿として掲げられているもののうち、主に「持続的な成長と地域社会の自律的発展」、「国及び国民の安全・安心の確保と豊かで質の高い生活の実現」や、Society 5.0の実現に資するイノベーション創出を目指す。

J-PARC や JRR-3 を用いた大強度中性子線利用は、国内においては機構でのみ可能な研究手法である。その利用の裾野を広げ、イノベーション創出に貢献するためにも、機構は、最先端の計測技術開発を進めつつ、これら施設を活用した高度な成果創出とその積極的な発信に努める。

(2) 施設供用・共用を通じたイノベーション

多くの外部ユーザーが関与する、中性子及び放射光実験施設の供用及び共用による研究開発は、幅広い学術分野でのイノベーション創出の可能性を秘めている。例としては、物質材料科学の分野において、電気（エレクトロニクス）、熱（サーマルマネジメント）及びスピン（スピントロニクス）の高度な制御を可能とする機能性材料の研究開発や、磁石（磁性材料）、燃料電池及び触媒等の研究開発等が挙げられる。また、生命科学分野においては、生体高分子やタンパクの構造解析等による難病の機序解明に基づく革新的創薬への貢献等が挙げられる。機構はこれらイノベーション創出に貢献するため、施設の安定稼働および測定手法の高度化等に努める。

3. イノベーション創出に向けた取組方針

機構はイノベーション創出に向けて、以下を基本方針として取り組む。

(1) 協力・連携及び異分野・異種融合の促進

イノベーション創出に向けて、原子力関連機関、他の研究機関との協力・連携に加え、異なる研究開発分野（異分野）や、基礎基盤的研究と利用研究等の異種間での融合により新しい技術や知見を取り入れた技術革新等が重要となる。新たな協力・連携の機会を増やし、異分野・異種融合を促進する仕組みとして、科学技術基本計画等にもうたわれる「共創の場」を整備し、活用していく。

(2) イノベーション創出を推進する仕組みの構築

知的財産の利活用等による社会還元強化

機構では成果を社会に還元するための手段として一般的に論文発表が用いられているが、論文発表では学界以外での認知度が低く、専門性が高いため、その成果を産業活動に結び付けるまでに至らない場合が多い。これをイノベーション創出につなげるため、機構の研究開発活動から生み出された知的成果のうち、産業上利用価値があるものを産業界のニーズを把握した上で、権利化するか否かも含めてその適切な活用を図り、社会還元に取り組む。

PDCA サイクルの運用

これまで社会に変革をもたらした歴史的なイノベーションは、自由な研究環境のもと、比較的潤沢な資金を持つ研究機関等で、場合によっては偶然に生み出されたケースが少なくない。しかしながら現状は限られた資源のもとでのイノベーション創出を目指す必要があり、PDCA サイクルの運用などの組織的取組により効率的なイノベーション創出を図る。

(3) 顧客視点を意識した研究開発

知的・文化的価値、経済的価値、社会的・公共的価値、国家的価値につながり得るイノベーション創出のためには社会のニーズを理解する顧客視点が不可欠であり、研究テーマの選定に当たってその目的の吟味を十分行うとともに、論文発表など成果公表（アウトプット）後に、当該研究領域においてどのようなアウトカムがあるか、加えてどのような価値につながり得るかを意識すべきである。そのために、職員一人一人に対して、常に顧客視点に立ってイノベーション創出を追求する意識の浸透を図る。

(4) 研究開発手法の改革

近年の規制の強化、施設の老朽化、コスト面での変化等の要因により、従来のままの研究開発プロセスが困難になっている場合がある。このような課題を克服するため、最新の技術・知見を導入した研究開発プロセスの再構築を検討する。

一例として、計算科学の活用により、大規模な実験施設を整備すること無く研究開発成果を得ることを検討する。そのために、シミュレーション技術を高度化する

とともに、シミュレーションに必要な各種パラメータを得るための少量の核燃料物質による研究開発技術を確立する。

(5) 研究インフラの充実

施設中長期計画における既存施設の集約化・重点化において、一定の基準のもと廃止となる施設や、機能が陳腐化しつつある施設・設備においても、イノベーションを創出する上で重要な施設も存在する。施設中長期計画に基づき機構内の施設の整理を進めるとともに、原子力の将来を見据えて、必要不可欠な基盤施設や設備の維持・整備・充実に関する短期的・中長期的な戦略的取組を、国や産学を巻き込んで進め、イノベーション創出の場を継続的に維持・充実することに努める。

(6) リソースの確保

イノベーション人材の育成と確保

イノベーション創出を着実に推進するためには現場の研究者以外にも、研究開発を企画調整する人材、技術支援する人材、技術移転する人材、これら全体をマネジメントする人材など多様な人材が必要となる。技術移転や実用化プロセスを推進する人材の確保と育成も図る。

外部資金の獲得強化

運営費交付金は減少傾向にあり、研究資金は非常に逼迫した状況にある。これを克服するために外部資金獲得強化に組織として取り組むとともに、研究者・技術者が自ら積極的に外部資金獲得を目指していく。

4. 戦略的取組

機構はイノベーション創出に向け、自らのミッションを着実に実施することに加え、前章での方針を踏まえ以下の取組を実施する。

4.1 原子力のエネルギー利用に係るイノベーション

原子力のエネルギー利用に係るイノベーション創出に向けては、大学や研究機関との研究開発における協力・連携により、互いの知見、技術、評価手法、研究インフラ等を相補的に活用し、より効率的な研究開発を推進する。また、「共創の場」を整備・活用することで異分野の知見、技術等を積極的に取り込み、プロジェクトを構成する工程・要素技術の革新を進め、最終目標のイノベーションへつなげる。さらにこれらの取組により生まれた新しい工程・要素技術について、原子力以外の分野でのイノベーションにも積極的につなげていく視点が必要である。

創出した研究開発成果を技術移転し実用化する先である民間事業者（日本原燃株式会社、NUMO、電力業界等）との協力・連携においては、実用化することを目的とした事

業者の視点、特にコスト意識や市場価値観を取り入れた実用に近い部分の研究開発を実施することで、確実にイノベーションにつなげるよう努める。

技術移転先が電気事業者やメーカーである場合、施設・装置の設計等や報告書を主要な成果としているプロジェクトがあるが、完成した時には、既にプロセスの一部や周辺技術が陳腐化している可能性もある。安全性、信頼性を担保した上で、コストでも優位に立つ市場競争力を持たなければ、技術移転先が導入を拒むことにもなる。従って、研究開発途上でも関連する技術の動向を見渡し、柔軟に最新技術を取り入れることや、場合によっては方式の変更を決断することも必要である。また、他方で競争関係にある方式が開発されている場合の競争力も常に念頭に置くことを忘れてはならない。

民間事業者へ移転した技術については、そのフォローアップを行い、実装した際の課題等についてフィードバックを受けることで、技術の高度化を図る。

知財については、長期にわたるプロジェクトでは、他法人との共願になる場合が多い。例えば、メーカーが当該プロジェクトの延長として、国内外にプラントを建設するような場合、特許は重要な権利である。一方、機構は、直接的にその特許を使用することは考えにくく、実施料（不実施補償）としての収入を見込むのか、国の立場として権利化に加わるのか、機構の成果の一部として表すために位置付けるのかを明らかにする。その結果、外国にも出願するのか否か、特許公開をして審査請求以降は共願者に譲渡するのか否かなどの方策を決定する。

以下、2.1 で示した具体的イノベーションの創出に向けた取組を示す。

(1) エネルギー資源問題の解決

エネルギー資源問題の解決に向けた取組として、核燃料サイクルの実現を手段とし、その研究開発を進める。

核燃料サイクルの実現には、再処理技術、高速炉サイクル、放射性廃棄物の有害度低減、高レベル廃棄物の処分等の要素技術が必要であり、これらの実現は、「(2)放射性廃棄物の減容化・有害度低減」と「(3)原子力施設の廃止措置と放射性廃棄物の処理処分」にも係るものである。

核燃料サイクルの実現に向けまず必要となる、現行再処理技術の高度化や軽水炉 MOX 燃料等の再処理に向けた基盤技術の開発に取り組むとともに、これらの成果を活用して技術支援を行うことで、軽水炉使用済燃料に対する核燃料サイクル事業に貢献する。また、高速炉用 MOX 燃料の製造プロセスや同燃料の再処理を念頭に置いた基盤技術の開発を実施し、信頼性及び生産性の向上に向けた設計の最適化を図る上で必要な基盤データ（分離特性、燃料物性等）を拡充し、将来の再処理及び燃料製造技術体系を確立する。

高速炉サイクルの実用化に向けては、「高速炉開発の方針」（平成 28 年 12 月、原子力関係閣僚会議決定）に基づき、今後 10 年程度の開発作業を特定する「戦略ロードマップ」の策定に向けて、これまで培ってきた技術と経験を最大限活用して貢献する。

研究開発においては、将来のユーザーニーズを十分に踏まえるとともに、実用化に向けた中間段階における開発側からユーザーへの開発主体の移行に当たっては、体制、予算、開発要員等がギャップレス、シームレスに移行できるよう、開発側とユーザー側が連携融合して進めていく。また、異分野、異業種との関係性を有する大学、研究機関との共同研究、委託研究を通じて協力・連携を図り、これらの知を結集し、常に最新の知見を取り込む。

国際協力については、GIF などの多国間協力や日仏、日米などの 2 国間協力を戦略的に活用して、他の高速炉開発国から刺激を受けるとともに、日仏 ASTRID 協力など、共通の技術課題を有する国との共同開発により、研究開発の効率化、安全設計等の考え方の共有化を図る。

国際協力や大学、研究機関との協力・連携を通じて、研究者・技術者の能力向上を図るとともに、新たな研究者・技術者の育成を図る。また、ロードマップ策定への寄与等を通じてプロジェクト全体を俯瞰しマネジメントなどを行う人材を育成する。

(2) 放射性廃棄物の減容化・有害度低減

加速器を用いた放射性廃棄物の減容化・有害度低減においては、文部科学省原子力科学技術委員会の群分離・核変換技術評価作業部会によって示された中間とりまとめとその後示された見解を踏まえ、TEF 建設に向けた研究開発を原子力基礎工学研究センター及び J-PARC センターが協力して実施する。また、核変換システム挙動予測、材料・燃料開発などに計算科学を駆使し、効率的な研究開発を行う。核変換システムの実現に関連する研究分野が物理から化学の広範囲にわたることから、原子力基礎工学研究センター及び J-PARC センターに加え、先端基礎研究センター及び物質科学研究センターが連携し、「融合研究」の枠組を作って研究テーマを設け、博士研究員や大学からの特別研究生を参加させて人材育成も兼ねた研究開発を実施していく。

(3) 原子力施設の廃止措置と放射性廃棄物の処理処分

将来的に原子力施設の廃止措置の需要が高まることを踏まえ、原子力施設の解体技術など廃止措置関連技術は安全面や経済性の観点からも実用的な技術として確立される必要がある。

廃止措置技術のうち、実用技術として有望と考えられる原子力発電所の複合現実感（Mixed Reality : MR）システムの開発、レーザー切断技術開発（多機能レーザーヘッド開発、切断シミュレーションコードの高度化）を行うとともに、有望なシーズ技術も含めて実機やモックアップを用いた解体実証試験を行うために必要な施設・設備の整備を行う。また、解体領域別に放射化量を推定しておくことは、廃棄物を削減するための工程管理技術の高度化に重要である。このような、基盤的な技術の戦略的開発にも貢献

する。

実施に当たっては、研究機関・大学、地域企業との連携体制のもと、基礎研究から実証までを一貫して取り組み、研究計画の充実・迅速化を図る。廃止措置の知識や技術を体系的に蓄積し、活用するとともに、地域企業による関連技術の事業化につなげる。

高レベル放射性廃棄物等の地層処分技術に関する研究開発においては、数万年を超えるような超長期の時間スケールや深地層という未知の空間領域を対象とする、まさに人類初の事業に着手するために必要となる最先端技術の開発を目指していく。その中で、瑞浪、幌延の地下研究施設や地層処分基盤研究施設（ENTRY）、地層処分放射化学研究施設（QUALITY）の実験施設を活用して、関係研究機関や大学等の専門家との共同研究を積極的に進め、また、様々な企業への業務委託などを通じて、多岐にわたる学術分野の融合を図りながら、イノベーションの誘発を促していく。

低レベル放射性廃棄物の処理処分については、多種多様な廃棄物を処分可能な廃棄体にするための技術開発を実施するとともに、保管廃棄物や廃棄体の放射能データの分析に係るコスト削減や作業時間の短縮を図るため、簡易かつ迅速に濃度分析できる技術の開発等を実施する。これらの取組を技術体系化し、機構内外の廃止措置及び廃棄物処理処分に貢献する。

(4) 新型原子力システムの開発

高温ガス炉については、文部科学省原子力科学技術委員会の高温度ガス炉技術研究開発作業部会によって、今後の研究開発の取組や将来の実用化への取組が示された。これを踏まえて、高温ガス炉水素・熱利用研究センターが高温ガス炉の基盤的技術の確立を目指し開発を進めるとともに、機構内組織（原子力基礎工学研究センター、安全研究センター）や国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構（量研機構）と連携協力研究の枠組みを設け研究開発を効果的に進める取組を継続する。また、平成 27 年度に発足した産学官の協議会（26 機関が参加）を活用し、ユーザーとしての関心を有する産業界の意見を踏まえた実用化に向けた検討等を進める。

主な熱利用技術として開発を続けている IS 法による水素製造技術については、研究開発で得られた知見を活かして、内閣府が進める戦略イノベーション創造プログラム（SIP）の「エネルギーキャリア」に参画し、他機関と連携協力して熱利用水素製造の技術開発を進めていく。

(5) 安全システムの構築

福島第一原子力発電所の事故を教訓とした原子力の利用においては、安全性を最優先としその向上を不断に追求していくことが必要である。機構がこれまでに蓄積してきた、熱流動解析・計測技術、原子炉材料開発及び材料性能劣化評価技術、放射性物質計測技術、炉物理解析技術などの基盤技術及び人材を活用し、原子炉内 3 次元熱流動評価手法

及び放射性物質化学挙動評価手法の開発を、安全性の向上に不可欠な軽水炉基盤技術構築としてまず進めていく。また、これらの技術を用いて、事故の発生防止、事故の拡大防止、廃止措置の適切な実施という3つの課題に対応した、事故耐性燃料用被覆管候補材料の酸化・溶融特性評価手法、事故時の燃料冷却性評価、使用済燃料・構造材料等の核種組成・放射化量の特性評価手法等の開発、合理的なソースタームの評価などに係る研究を、大学や産業界等と連携・協力しつつ実施していく。

福島第一原子力発電所事故の教訓を踏まえた我が国の原子力安全規制ニーズを的確に捉え、外部資金を獲得することにより、多様な原子力施設のシビアアクシデント対応等に必要な安全研究を実施し、基準類の整備や規制活動等へ貢献するとともに、原子力活動の安全性や信頼性の継続的な向上に貢献する。長期的な視点からは、外部資金を活用して、大型格納容器実験装置 (CIGMA)、高圧熱流動ループ、臨界実験装置 (STACY) の整備及び保障措置分析の精度を高めるための二次イオン質量分析装置 (LG-SIMS) の更新を進めるなど、将来の規制支援に必要な研究基盤の維持・強化を継続的に推進する。これらの研究資源を活用した研究成果の最大化を図るため、STACY を活用した世界水準の成果創出に向け、仏国放射線防護・原子力安全研究所 (IRSN) との若手研究員派遣を含む協力を拡大・強化していく。また、「共創の場」の活用として、福島第一原子力発電所の現状分析や CIGMA を中核とした機構主体の新規プロジェクトを経済協力開発機構/原子力機関 (OECD/NEA) へ提案する。

(6) 福島第一原子力発電所事故への対処

廃炉及び環境回復に関して別に策定しているグランドデザイン(総合戦略)に基づき、現場が直面する課題に対して、組織横断的な枠組み(タスクフォース等)も活用して、機構として持てる力を最大限発揮し、現場の課題解決に資する研究開発を行う。

特に廃炉に関しては、東京電力や原子力損害賠償・廃炉等支援機構(NDF)などとの積極的なコミュニケーションによりニーズを把握し、国の廃炉戦略と整合した研究開発を進める。その際、今後、顕在化する課題や、現在開発を進めている廃炉技術では対応が困難な場合を想定したバックアップ技術の提供に向けた研究開発にも注力する。

長期のプロジェクトを推進していくためには、将来にわたり継続して優れた人材を機構内外から育成・確保しなければならない。廃炉基盤研究プラットフォーム等を活用し、大学や機構の若手研究者の育成を図り、また、海外の研究者を廃炉国際共同研究センターに招聘することなどを通して国際的な研究者を育成する。分析技術者の確保も課題であり、大熊分析・研究センターの運用を通じて、国内での分析技術者の育成状況の把握及び分析技術者に要求される資質などを整理し、大学・高専等、将来の技術者候補を有する機関と情報交換を進め、そして、より魅力あるハブ機能を創出することを通じ、人材の継続的な輩出と分析技術の継承を図る。

基礎・基盤研究から応用研究までの一元的な研究開発マネジメント体制も重要であり、研究開発と福島県及び東海、大洗地区の研究施設の運用とを一体化することも含め、予

算と人を管理する司令塔機能及び管理機能の強化・効率化を図る。

4.2 原子力科学を通じたイノベーション創出と原子力のエネルギー利用に係るイノベーション創出に向けた共通取組

原子力科学を通じたイノベーションにおいては、基礎基盤的研究であることから、原子力のエネルギー利用以外の広い分野でのイノベーション創出の可能性はある。そのようなイノベーションの対象は、明確に定義することが困難であるが、以下のような取組を実施していくことで、イノベーション創出につながる可能性のある成果創出に取り組んでいく。

また、以下の取組は「原子力のエネルギー利用に係るイノベーション」においても重要な取組である。

(1) 機構内外での協力・連携と異分野・異種融合

原子力科学によるイノベーション創出に向けては、大学や研究機関と、互いの知見、技術、評価手法、研究インフラを相補的に活用した連携・協力を実施し、効率的に研究を推進する。また、量研機構との包括的協力協定の下、量研機構へ移管された量子ビーム技術とも相補的な連携を図り、機構独自研究を効率的に推進する。

機構内の協力・連携、及び異分野・異種融合の取組として、各部門組織が有する研究インフラ、分析技術等の情報共有の場を整備するとともに、萌芽研究制度等を活用して異分野融合的研究を奨励するなどの取組を実施し、イノベーション創出へ向けた研究開発を加速する。

協力・連携及び異分野・異種融合においては、「共創の場」の活用が有効である。

科学技術基本計画では、オープンイノベーションを推進する仕組みとして産学官の人材、知、資金が結集し、共創を誘発する「場」の形成を各主体に求めている。機構は、投入でき得る内外の経営資源を見極めつつ、共創の場の創設、活用に取り組む。原子力エネルギー分野からの共創の場への参画に加え、機構の有する知財、技術シーズ、研究インフラ等の情報を外部へ発信していくことで、異分野からの共創の場への参画も促し、異分野融合の機会増加を目指す。

機構は、相手機関・大学等との1対1の契約を基本とした従来型の産学官連携活動にも力を入れつつ、今後は、産学官それぞれが強みを活かし、参画する共創の場を提案し、実現できるよう取り組んでいく。現在の機構の枠組みにおいて共創の場になりうるものとして参考になるのは、原子力科学研究部門の原子力基礎工学研究センターが運営する原子力エネルギー基盤連携センターや福島研究開発部門が運営している廃炉基盤研究プラットフォーム等が挙げられる。今後、これらを雛型に共創の場として機構の持つ技術をイノベーションへ昇華させるべく取り組む。また機構が共創の場の主体となるばかりでなく、テーマによっては他の研究機関が設定する共創の場に加わることも実際的である。

(2) イノベーション創出を推進する仕組みの構築

社会実装や市場化、競争力の強化

社会実装は、得られた研究開発成果を社会問題解決のために応用、展開することであり、機構の主要な研究開発プロジェクトは、その完遂や技術移転をもって社会へ実装することこそが最終目的である。また、長期を要するプロジェクトであるので、その研究開発の途上で一般社会、産業界で利活用可能な技術も出てくる。これを的確に橋渡しすることも社会実装の一つである。この橋渡しのために、機構は一定程度の経営資源を投入し、イノベーションにつなげる。そのためのプロセスでは研究開発成果情報を発信する機能を強化するとともに、「技術指導」「共同研究」「受託研究」「成果展開事業」及び「ベンチャー企業育成支援」への取組を強化することとする。

イノベーションまでには、論文・報告書・特許などのアウトプット、技術移転・市場化などのアウトカム（この場合、社会実装）を経ることが一般的である。各部門は個々の研究開発テーマが社会実装までの道のりのどの研究開発段階にあるか、その段階において生み出すべきアウトプット、期待すべきアウトカムがどのような種類のものなのかを見据えた上で年間 PDCA を回していく。

基礎基盤研究では、原理的な可能性を明らかにしたり、技術的概念モデルを提示するフェーズであることが多いと考えられる。研究計画時において、新たな発見が得られた場合や現象の証明・実証がなされた場合、それが当該学術分野の進展以外に一般社会、産業界の何の役に立つかを想定した上で研究を実施できるテーマと、専ら知的・文化的価値の創造を目指すテーマとがある。これらの成果の中には一般社会、産業界で利活用可能なアイデアもありえる。この場合、前述したように的確に橋渡しのルートに乗せることとする。

PDCA サイクルの運用

イノベーションの創出が第3期中長期計画の大きな柱となっており、機構全体で取り組む必要があることは論を俟たない。イノベーションを創出する主体は各部門組織等であり、各部門組織等は社会のニーズとアウトカムを関連づけて研究開発業務を計画、実施していく。手段としては、これまでに設定したミッション・ビジョン・ストラテジー (MVS) 及びバランスト・スコア・カード (BSC) を、イノベーション創出を念頭において見直す。それらを踏まえた BSC 実行計画、キー・パフォーマンス・インディケーター (KPI) の設定などを行うとともに、機構の理事長ヒアリングを主体とした PDCA 経営管理サイクルに取り込むことが实际的である。

PLAN の段階においては、各部門組織等は本戦略に取りまとめられた各部門の中長期的取組に基づき、BSC 実行計画、KPI の設定を行い、事業計画統括部（以下「統括部」という。）及び研究連携成果展開部（以下「連携展開部」という。）は、機構内シーズと社会のニーズのマッチングの観点から計画への助言や外部資金獲得支援を行う。

CHECK の段階では理事長ヒアリングによる経営層からの指導・評価に加え、統括部においては、重要なイノベーションにつながるとみられるテーマに対して経営資源の柔軟な配分などにより研究を加速させる措置を検討し、連携展開部は、成果の社会ニーズとの適合可能性の観点から統括部に助言する。そして各々が ACTION の段階へつなげる。

(3) 知財マネジメント

平成 28 年 11 月に策定した「国立研究開発法人日本原子力研究開発機構知的財産ポリシー」の考え方を踏まえ、知的財産の権利化・維持とその利活用を念頭に適切にマネジメントする。知的財産の価値を最大化するためには、オープンイノベーションの考え方と同様に、産業界、大学等と連携し、特許等にすることなどにより社会全体で有効活用することが重要となる。機構においては、産業界のニーズに対し研究開発成果を柔軟に活用していくこと、及び利活用を促進させる体制の構築を目指す。

産業界あるいは個々の企業のニーズにマッチさせるには、ニーズを捉えるため産学連携スタッフの活動ばかりでなく、職員一人一人がアンテナを高くし、情報を入手し共有することが必要であり、併せて知財マインドの醸成を図るなどの活動を実施する。

ニーズに対し、機構が提供できるシーズの状況・研究開発段階によっては、従来型の機構対一企業の実施許諾ではなく、大学、他研究機関、企業など複数の機関と共同して外部資金を獲得することや、実際の製品開発などのステップに機構として適切な対応が取れるよう、必要な制度・手続等を整備する。その一環として機構の知財の製品化を支援する成果展開事業について、期待できる事業には重点的に従来より期間延長と予算の配分拡大を実施できるようにする。

基礎研究では成果を社会に還元するための手段として一般的に論文発表が用いられているが、論文発表では学界以外での認知度が低く、専門性が高いため、その成果を産業活動に結び付けるまでに至らない場合が多い。これをイノベーション創出につなげるには、機構の研究開発活動から生み出された知的成果のうち、産業上利用価値があるものを産業界のニーズを把握した上で、権利化するのか、あるいは特許を出願せず、論文を発表することのみで社会還元を全うするのかを合理的に判断するために、その基準・考え方を整理し、活用する。

(4) 顧客視点を意識した研究開発

イノベーション創出には顧客視点が不可欠である。現場職員における顧客視点を踏まえたイノベーション創出に向けた意識の一層の向上が必要である。そのためには、研究者・技術者は必ずしも自分の専門領域だけでなく、当該分野の周辺に広がる様々な研究開発動向にアンテナを張り、得られる情報を総合して、より高いレベルで顧客のニーズに答えることが求められる。

職員の意識向上は、本取組における基盤となるものであり、その向上を目指した啓蒙活動を実施する。具体的には、

- ① BSC・KPI の顧客視点の見直しとその共有

② 現場レベルでの研究開発テーマの社会貢献及び周辺分野の研究開発動向に関する十分な議論

③ 外部有識者からの助言、講演

などの取組を実施し、「機構にとってのイノベーションとは何か」「アウトカムを最大化するにはどうするか」「将来顕在化するニーズ・課題の検討」など常に顧客視点に立ってイノベーション創出を追求する意識の浸透を図る。

(5) 施設の供用・共用と研究インフラの整備

施設の供用・共用

イノベーションのプラットフォームとなり得る原子炉施設（JRR-3 や高温工学試験研究炉（HTTR）等）の再稼働に向けた取組を進めるとともに、J-PARC の出力増強と安定運転の維持に努め、様々なイノベーション創出に重要な研究基盤を提供する。

施設供用・共用を通じたイノベーション創出に向けては、外部の供用・共用ユーザーや、国立研究開発法人理化学研究所、国立研究開発法人物質・材料研究機構、国立研究開発法人産業技術総合研究所などの原子力以外のイノベーションを目指す他の国立研究開発法人、大学、さらには産業界等との協力・連携において、機構の持つ中性子・放射光等インフラの活用を増進するため、ニーズに答える計測技術の開発・実装を進めるとともに外部ユーザーによる施設利用の利便性を向上させ、これらのイノベーション創出に貢献する。また、施設利用者に対し、必要に応じて量研機構が持つイオンビーム、レーザー等の量子ビーム技術の利用への研究展開を提案するなどにより、成果創出に貢献する。このために、自らの独自研究のみならず、外部のサイエンスを十分に理解することが必要である。また供用・共用施設の高度化のための資源の確保に向けた方策を検討する。

中性子・放射光利用はその汎用性の高さから、施設には様々な分野の研究者が集う環境がある。これを利活用して異分野融合の機会を持つことが可能である。施設を利活用する観点として、先端大型共用施設 J-PARC では安定な共用運転を推進するとともに、その他機構の保有し供用する大型研究施設、分析装置を活用することで、これら研究施設等が学界・産業界から様々な分野の研究者が集まる共創の場として機能するよう配慮する。そしてこれらに機構職員が参画し、外部の研究者等と交流し、相互に刺激することが重要であり、その結果、人材育成にもつながり、新たなイノベーション等創出の契機となることが期待できる。

研究インフラの整備

材料試験炉（JMTR）は機構の定める施設中長期計画において、廃炉の方針とされたが、材料開発、医療用 RI 製造等、イノベーションにつながるニーズが存在する。また、JRR-3 も改造後 30 年が経とうとしており、次期中性子ビーム利用のための炉が必要になってくる。次の世代の研究炉については発生する使用済燃料の問題など、検討すべき課題があるが、これらの炉が強いニーズへの対応と将来のイノベーション創出の場と

なることに鑑み、機構のみならず、大学等の他の研究機関、産業界や国と一体となって検討し整備につなげていく。その際、施設利用ユーザーの利便性に配慮し、JMTR や JRR-3 で整備されたユーザーフレンドリーな施設利用制度を発展させ、次の世代の研究炉をイノベーション創出のプラットフォームとして効率的かつ効果的に運営できる仕組みを整備する。

これら施設インフラの整備を進めることは単にイノベーション創出に貢献するツールやプラットフォームを揃えるだけでなく、その建設や運転・技術開発に若い人材が関わることによって、継続的に実力のある原子力人材が育成されていくという極めて重要な効果が期待できる。

一方、計算科学を駆使した研究開発を進めることで大型施設に頼らないイノベーション創出も図る。機構が有する大型計算機についてはユーザーの拡大やより高度な利用促進を図りつつ、定期的に性能の向上を取り入れていくものとする。

(6) イノベーション人材の育成と確保

イノベーションを創出するのは言うまでもなく「人材」である。科学技術基本計画では、その人材が能力を高め、組織を越えて交流することで多様な「人材」、「知」が刺激・融合し、新たな価値が創り出される源泉となるとしている。

これを機構で実施する方策として、機構内において、まずは研究者・技術者が自らの専門部署で研究開発を実施し、研鑽することが第一であるが、そればかりでなく、一定期間、他部署で経験を積み、知見、技術、思考等の幅を広げることも有意義である。また、学生、ポスドク等の若手研究者、外来研究員、協力研究員等の受入れや共同研究等による外部人材との交流や大学とのクロスアポイントメント制度等を積極的に実施することで、機構研究者・技術者にとっての刺激、融合が生まれる。学界・産業界側にとっても、これらのような形での機構との人材交流は、大いに有意義なことと考えられ、可能な限り推進する。

加えて、優秀な研究者及び技術者の確保に向けて、魅力的な研究環境の整備、採用制度の見直し等を検討する。

イノベーション創出を着実に推進するためには現場の研究者以外にも、技術移転や実用化プロセスを推進する人材の確保が重要である。技術移転や実用化プロセスを推進できる人材は一朝一夕には育成できないので、機構研究者・技術者のキャリアプランの一つとして位置付けることが必要である。そのために、部門の企画調整やマネジメントを経験することでの人材育成、前述した共創の場への参画や、外部への技術支援などの経験を重ねるなどの交流を通じた人材のスパイラルアップにより、イノベーション人材の育成を図る。

さらに、知的財産に関して専門性を有する人材の育成も重要かつ急務である。知的財産権としての保護、知的財産侵害への対応、知的財産の流通等について、専門的な知識を持ち、知的創造サイクルに属する様々な制度の運用を中核的に担う人材である。こうした人材は、短期間では育成できないので、十分な経験を積むための計画的な異動、職

務経験を前提に Off-JT として独立行政法人工業所有権情報・研修館、国立研究開発法人科学技術振興機構（JST）等の研修プログラムの活用による人材育成、加えて外部からの経験豊富な人材の採用など、関係部署が連携して進めていく。

(7) 外部資金の獲得強化

機構は既存施設の集約化・重点化を進め、施設維持の効率化を図っていくところであるが、研究開発に関しては逼迫した経営資源の状況下にある。これを克服するために外部資金獲得強化に組織として取り組むとともに、研究者・技術者が積極的に外部資金獲得を目指していく。また、科研費を除くと、外部資金は何らかのニーズを持って設定されることが多く、応募者もその指向に合致した提案を出せば、その資金を獲得できることが多いと考えられる。従って、このような外部資金の研究成果はそのままアウトカムとして活用されることが期待できる。

従来、ともすると職員個人や同一のグループ内での応募・獲得になることが多かったが、今後、応募テーマに応じて、あるいは応募テーマの構想段階から各部門組織等を越えたメンバーによる検討ができるよう、統括部と連携展開部も加わり、機構全体の総合力を発揮し獲得に取り組む。統括部と連携展開部は外部資金獲得支援を担うため、国や JST、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）などの資金配分機関とのチャンネルを強化し、新規のファンドや公募型の受託研究などの情報を、可能な限り早期に入手できるようにする。そして既知のものを含め、その情報を速やかに機構内に周知し、的確な応募ができるようにする。

研究開発拠点形成プログラムなどの大型外部資金は、国内の多数の大学、研究機関、民間企業をつなげた拠点を形成し、それらが一体となって特定の課題に取り組むことによって、大きなイノベーション創出につながる可能性を秘めている。このためには、各部門組織等は日頃から他機関とのネットワーク構築に努め、大型外部資金獲得に戦略的に挑戦する。

また、現在、科研費等の採択率向上のため、統括部と連携展開部が協力して、機構内有識者による応募書類作成等を支援している。このような活動を継続し、科研費等応募者の拡大を目指す。

以 上