

原子力研究開発の進め方について（論点の整理）

平成17年5月12日
原子力委員会新計画策定会議

1. 原子力研究開発の基本的考え方

（1）原子力研究開発の必要性について

原子力発電は、着実に導入が進められ、今日、電力供給の約30%を担う基幹電源となっており、我が国のエネルギー供給の安定確保に貢献している。また、原子力発電は、発電過程において二酸化炭素を排出しないため、地球温暖化抑制の有力な手段の一つとして京都議定書の約束達成に重要な役割を果たすことが期待されている。我が国は、今後、最先端の省エネルギー社会の実現によってエネルギー需要を抑えていく必要があるが、同時に、エネルギー供給源の選択にあたっては、エネルギー安全保障や地球温暖化抑制への対応を重視する必要があることから、原子力発電が適切な規模の供給を担いつづけることが期待されている。このため、今後とも原子力発電を競争力のある安定的な基幹電源としていくために、その技術の改良改善を図り、さらには革新技術の導入を目指す研究開発を継続的に実施していく必要がある。

放射線については、利用技術の多様化と高度化が進んできて、医療、農業、工業、環境保全など国民に身近で広範な分野において利用が進み、今日では関係する産業の総経済規模を合計すると、放射線による付加価値に限定しての合計ではないから単純に比較することは適切ではないが、原子力発電事業に匹敵するとする報告もなされている。一方、このような放射線利用技術の開発を支えてきた加速器や研究用原子炉といった大型研究開発施設は、原子力固有の分野だけではなく、ライフサイエンスやナノテクノロジー・材料などの分野に対しても、欠くことのできない研究手段を提供してきている。この放射線の利用分野は拡大基調にあり、放射線の発生技術から応用技術までに様々な可能性が引き続き提起されていることから、今後とも学術の進歩と産業の振興に役立つ放射線利用の多様な展開を目指して研究開発を積極的に進めていくことが妥当である。

さらに、原子力の安全確保やその開発利用に係る技術基盤を維持・発展させるためには基礎・基盤研究が欠かせない。この基礎・基盤研究は大学においても実施されて、国内外の原子力分野の人材の養成に大きく寄与してきているのみならず、新しい技術概念の原理を実証して技術革新にシーズを提供するとともに、核融合研究がその過程で物質の第4の状態と言われるプラズマの性質を解き明かしてきたことに示されるように、人類共通の財産である新しい知識の

獲得にも貢献している。したがって、原子力開発利用の技術基盤を維持するとともに、革新的技術概念を生み出して原子力技術をして社会の持続的発展のために貢献させていくために、今後とも原子力の基礎・基盤研究を継続していくべきである。

（２）原子力研究開発における国の関与の必要性

これから人口が減少局面に向かう我が国においては、地球環境問題に対応しつつ、労働生産性を維持・向上することが重要であるから、技術革新の充実が不可欠である。そこで、国においては、新たな知識の創出や経済・社会の持続的発展につながるアウトカムが得られる分野に重点的に投資して、質の高い研究開発を推進していくことが必要となってきた。

我が国においては、産業技術に係る科学技術の研究開発は、少なからぬ割合が民間において実施されている。しかしながら、（１）に述べたように、原子力技術をして社会の持続する発展に貢献させるために必要かつ有効な研究開発は、その技術が実用化された場合には大きな外部経済がもたらされることや、新しい技術概念を実用化できるかどうかの不確実性が大きく、実用化できるとしてもそれに長い期間を要するために、民間が単独で実施するにはリスクが大きすぎることで、その研究開発活動には放射性物質を取り扱える大型施設が必要であること等の特徴を有する。さらに、原子力技術は、二国間協定によってどの国を起源とする技術かが厳格に追求されるとともに、核不拡散の観点から国際展開等に不都合が生じることも少なくないので、我が国の独自技術を開発することの重要性が他の分野に比して大きい。

また、原子力研究開発はそれ自体、他の分野の研究開発と相互補完の関係にあることや、国が行う原子力研究開発が民間の技術水準の維持・向上や、我が国産業の国際競争力にも大きな影響を及ぼすこと、原子力の研究開発活動のために整備される最新の大型研究施設は、原子力固有の研究のみならずライフサイエンスやナノテクノロジー・材料などの他の重要分野の研究開発活動に必須の研究手段を提供していることなどの効果を有することからも、その有用性は極めて高い。

以上のことから、原子力研究開発に対しては、国あるいは公的研究機関が他の科学技術分野と比べて大きな役割を果たすことが必要であり、また、科学技術政策としても有効である。そこで、国は、原子力分野の研究開発を基幹的な研究開発分野に位置づけ、引き続き投資していくべきである。

もとより、その際には、研究開発課題の分野や、原子力の特徴を踏まえた研究開発の段階に応じた適切な官民役割分担、投資の費用対効果、国際協力の使い方などを総合的に検討して、「選択と集中」の考え方により研究開発資源を効果的かつ効率的に配分することに留意するべきである。

他方、国が関与するからといって、研究開発活動が柔軟性を失うことは厳に避けるべきであり、適宜に成果と課題、開発対象の実現時期における環境条件の予測を踏まえ、撤退や代替路線を含む選択肢について多面的な評価を実施して、取組に反映していくべきである。

2. 原子力研究開発活動の類型化と国の関与のあり方

原子力研究開発活動は、原子力安全研究、核不拡散への対応に重要な保障措置技術の研究開発や、核工学、炉工学、材料工学など原子力分野の共通基盤技術の研究、量子ビーム技術開発、現在は技術概念の探索が行われている分離変換技術の研究などを出発段として、このような基礎的・基盤的な研究開発において生まれた原子力分野の新しい技術概念を革新技术に孵化する段階から、既に実用化されている技術の改良改善の段階まで、いくつかの段階に分類できる。

出発段に続く第一段階の研究開発は、現在革新的な技術概念の技術実証を目指す研究開発が行われている高温ガス炉を用いた水素製造や、核融合エネルギーを取り出すシステム開発が行われている核融合研究が属する、新しい知識や技術概念を獲得・創出する研究開発であり、第二段階は、例えば、実用化の候補となる技術を実証しようとしている高速増殖炉サイクル技術の研究開発の属する、革新的な技術システムの実用化の候補を目指す研究開発の段階である。

第三段階は、例えば、現在行われている放射性廃棄物処分技術や改良型軽水炉技術、あるいはその一部ともいうべき軽水炉の全炉心MOX利用技術の開発のように、新技术を実際に適用するための新技术を実用化する研究開発の段階であり、第四段階は、例えば、既存軽水炉技術や遠心法ウラン濃縮技術の高度化、MOX燃料加工技術の確証、高レベル放射性溶液のガラス固化体製造過程において高減容化を図るための研究開発のように、既に実用化されている技術を改良する研究開発段階である。

これらの各段階における国の関与のあり方は以下の考え方に基づくのが適切である。

(1) 基礎的・基盤的な研究開発

この活動は、我が国の原子力利用活動を分野横断的に支え、その技術基盤を高い水準に維持するために行われる、安全規制に必要な技術基盤を構築し、常に最新のものにしていく活動や、原子力利用のためのシステムを構想・設計し、改善・改良する可能性を探索する活動である。

この研究開発活動のひとつの使命は、原子力の安全研究である。これは、原子力利用の大前提である安全の確保に直結するものであり、全ての原子力活動

の基盤となるもので、原子力安全委員会の定める「原子力の重点安全研究計画」を踏まえて着実に進める必要がある。

この活動のもう一つの使命は、新しい知識や技術概念の獲得・創出である。この活動は、継続的に、技術革新の源泉となる新しい技術概念を生み出すから、国はこれらの技術概念を適切に評価して、革新的な技術システムとして実現する活動の対象とするかどうかを判断していくべきである。また、将来の社会情勢の変化等に柔軟に対応できる技術的選択肢を確保するために行われる、そうした選択肢に関する基礎的な調査もこの使命に属する。

こうした使命を有する基礎的・基盤的な研究開発は、研究者・技術者の養成にも寄与するところが大きいことも踏まえて、国や公的研究機関、大学によって主体的に推進される必要がある。その際、公的研究機関は、これらの使命達成の観点から、選択と集中及び業務実施の効率化に努める一方、国は、公的研究機関の運営費交付金の確保に当たって、ここに位置づけられる研究開発活動が中長期にわたって活発に行われることを可能とする規模の維持に配慮することが必要である。

また、この分野の研究開発への取組のあり方は、特段の要請がない限り、原則として研究者・技術者の発想や、研究機関の研究開発マネジメントにゆだねられるべきである。さらに、こうした新しい技術概念の探索研究には、大学や公的研究機関と民間との連携・協働を図ることが効果的であることも多いことを踏まえて、国は、これを促進することを求め、そのための適切な仕組みについても検討・導入するべきである。

（２）革新的な技術概念の実現を総合的に試行する研究開発

これは、基礎的・基盤的な研究で生まれた新しい技術概念に基づく技術システムの実現可能性を探索するための研究開発活動であり、それを構成する主要な機能を実現する技術の見通しをつけ、残された開発課題を明らかにするものである。また、将来の社会情勢の変化等に柔軟に対応できる技術的選択肢を確保するために実施された、そうした選択肢に関する基礎的な調査やその核心部分についての研究開発の成果を踏まえて、新しい技術概念の総合的な試行を行う研究開発も含まれる。このような研究開発については、産業によっては将来において有用な実用技術を生み出す可能性を試す観点から産業界が独自に進める場合もあるが、原子力産業においては放射性物質を取り扱う施設が必要であるなど産業界が独自に試行するには困難でリスクが大きすぎる場合が少なくない。この場合、国としてその実用化に伴って大きな国民的利益が予想できる場合には、国はその大きさに応じて取組を強めるべきである。

なお、このような研究開発を進める際には、高い性能を有する加速器や原子炉など比較的大規模な研究施設の建設を必要とすることもある。このような場

合には、国は、その施設の建設がもたらす波及効果やその施設が利用できることによって他分野にもたらされる研究水準の飛躍といった外部性にも着目して評価を行って、国民の理解を得つつ、これを推進していくことが必要である。

（３）革新的な技術システムの実用化の候補を目指す研究開発

これは、総合的試行の研究開発により成立性が確認された、原子力利用や広範な科学技術分野に革新をもたらす可能性が大きい革新技术を、実用化技術の候補にまで発展させることを目指す研究開発である。この段階に位置づけられる研究開発活動は実用化できれば利益は大きい、研究開発上の不確実性が高く、実用化候補になるまでに長い期間を要し、適切な規模の研究開発施設を必要とすることも少なくない。そこで、その外部経済が大きい場合には、国及び公的研究機関が、産業界とロードマップなどを共有し、大学や産業界の協力・協働を得つつ、主体的に取り組む必要がある。

なお、新しい技術システムが実用化技術の候補としての要件を満たすものとするためには、その技術システムがより高い安全性、信頼性、経済性などを有するものになることを実証するだけでなく、実用化のための技術基盤の整備に見通しをつけることも必要である。これらの要件は社会情勢によって変化するところも多いので、その研究開発計画は社会情勢を踏まえつつ、決定するとともに、研究開発の推進に当たっては社会的な視点からの適時適切な評価を実施することが必要である。また、段階的な計画として、次段階に進むためには国が適切な評価を行い、実施すべき研究開発を重点化することが肝要である。さらに、上述の技術基盤の確立を含めて、産業界が実用化の対象として選択できる環境を整えるために、研究開発政策と産業政策を担当する府省間の政策連携が推進されることも重要である。

（４）新技术を実用化するための研究開発

ここに位置づけられる研究開発は、（３）の段階を経た実用化候補技術の中から対象を選んで計画・実施されるもので、基本的には産業界が自ら資源を投じて実施されるべきものである。国はこの技術の実用化が国富の増大に貢献する可能性も含めて公益性が高いと考えられる場合等に限定して、この段階の研究開発活動を、適宜適切に評価しつつ、支援等することが適切である。

特に、エネルギー技術の研究開発活動については、その技術が実用化された場合の公益が大きい一方、実用化までに長い期間を要するため、民間が単独で実施して将来の利益を得るには大きすぎるリスクを伴う場合が少なくないことから、これまで他の研究開発分野に比べて国が関与を大きくしてきたが、この考え方には一定の合理性があるので、今後とも維持されるべきである。ただし、国が関与する場合には、公的研究機関や大学の知見を活かしつつ、ユー

ザやメーカーを含む関係者の間で実用化すべき対象やそこに至るロードマップなどの共有を図り、効果的で効率的な研究開発活動が実施される仕組みによることが重要である。

（５）既に実用化された技術を改良するための研究開発

現在普及している原子力利用技術をより効果的あるいは効率的に利用できるように改良し、性能や経済性を向上することを目指す研究開発である。この研究開発は、当該技術システムに関わって事業を行っている主体が自ら資源を投じて実施されるべきであるが、その成果が多く的事業者間で共有されて、広く実施されることが望ましい場合や、その研究開発の成功が公益に資するところが多い場合には、国が、その内容を適宜適切に評価しつつ、共同開発の仕組みを整備するなどして、これを支援、規制・誘導することが妥当である。

なお、今後、原子力発電所の新規建設基数の停滞が続くことが予想され、事業主体におけるこれまでに築き上げられてきた技術基盤の維持に懸念が生じているが、このような改良・改善のための技術開発は、当該技術システム特性の改善という観点から最適なものでなければならないものであることから、産業界の技術基盤の維持にも貢献することに留意する必要がある。

３．原子力科学技術活動に係る大型の研究開発施設

原子力の研究開発に必要な大型の研究開発施設は、我が国全体の広範な分野の研究開発活動を支える基盤的な科学技術インフラとしても位置づけられ、我が国が広く科学技術活動全般を通じて人類社会の発展に貢献し、もって国際社会における地位を高める観点からも重要な役割を果たすことが少なくない。そこで、このような大型の研究開発施設・設備の整備により、その有効利用に基づく新しい COE（センター・オブ・エクセレンス）が形成される可能性が生まれる。しかしながら、これを実現させるためには、国が、これをユーザーファシリティと位置づけて、研究開発組織が、関連する研究者コミュニティはもとより、施設・設備が整備される地方自治体とも連携・協力して、本来の研究開発推進の使命を損なうことなく、施設・設備を利活用するユーザの利便性の向上や、様々な研究分野のユーザが新しい利用・応用方法を拓きやすい環境の整備を促進していくことが重要である。ただし、こうした研究開発施設・設備の利用にあたって、受益者は、その成果が広く国民に還元される場合を除き、原則として費用の応分を負担すべきである。

4. 研究開発の評価のあり方

国は、研究開発課題及び研究機関について適時適切な評価を実施し、評価結果を資源の配分や計画の見直し等に反映することが重要である。原子力委員会も、原子力政策全体の整合性を図る観点から適時適切に評価を行うとともに、評価結果を国民に対し公表するべきである。こうした評価にあたって考慮すべき点は以下のとおりである。

- (1) 原子力分野の研究開発は、公益等の点から他の科学技術分野と比較して国の関与が大きくなるべきとしているから、この公益の大きさを国民の視点に立って、適宜に評価するべきである。評価に当たっては、優れた成果を生む研究開発を実施し、その成果を広く国民に還元するという視点を重視して、研究の科学的、技術的な観点だけでなく、社会的意義、実施体制等、研究内容に応じた適切な評価項目の設定による評価を工夫するべきである。
- (2) 独立行政法人の業務として実施される研究開発については、自律的・自発的運営が行われることを踏まえつつも、原子力政策のみならず関連する政策との整合性を確認する観点から、国が適宜適切に評価を行うべきである。なお、多数の研究者を結集して行うプロジェクト研究の実施に当たっては、強力な適切なリーダーシップが極めて重要であることから、個々の構成員の能力はもとより、リーダーについても、リーダーとしての能力と資質を評価の対象とするべきである。
- (3) 大規模な投資を必要とする研究開発に関しては、これを段階的に推進することとし、次段階に進めるに当たっては必ず国が評価を実施するべきである。その際には、その投資の波及効果や、国際競争と協調の視点、国内における当該分野の研究水準の維持の必要性、予算超過の懸念への対応、競争的資金によって行われる研究開発のマネジメントのあり方などについても十分に考慮して評価を行うべきである。

5. 研究開発環境の整備

今日、研究開発活動を巡っては、創造性豊かな研究や優れた革新的技術の開発が求められている一方で、研究開発の成果として得られる技術システムの実用化にあたって、実施者から暗黙知も含めた総合的な技術移転等が求められている。そこで、研究開発組織や研究者は、その独自性を最大限に生かして優れた成果をあげるとともに、実用化に向けた努力の早い段階から産学官相互の連

携が図られるよう研究開発活動の相互乗り入れや相互学習のためのネットワークの整備に努めるべきである。国及び公的研究機関は、このことを踏まえ、次の諸点に留意して、原子力技術分野における科学技術システムの改革を図っていくことが重要である。

- (1) 研究成果の民間への移転が重要となる研究開発や民間が技術移転を受けて実施している研究開発については、産学官の役割分担だけでなく、関係する研究者・技術者が、上記の相互学習ネットワークを活用することや、相互に乗り入れ、あるいは結集するなどして、今後とも柔軟な研究開発実施体制を組んで推進されることが重要である。その際、暗黙知の効果的移転には人の移転のみならず、研究開発施設・設備の民間による利用も重要であることを踏まえて、知的所有権の管理の適正化を図りつつ、効果的、効率的な技術移転システム等を構築することが必要である。
- (2) 我が国の原子力分野における大型原子力発電所の建設機会の減少により技術基盤の維持に対する懸念が生じているから、産業界においては、原子力の多岐にわたる知識を確実に継承し、これを将来においても適切かつ有効に活用していくことができるように、実用に供して得られる経験や最新の知見を踏まえて改良改善を図る工夫を行っていくことが重要である。国としても、民間に協力して、研究開発や実用過程で得られた暗黙知を表出し、形式化し、他の主体から得られる知と結合し、体系化していく知識創造活動を促進する観点から、産業界のベストプラクティスを共有化し、専門知のネットワークを組織し、知識を資産に変えて、これを共有することを目指す知識管理（ナレッジ・マネジメント）のあり方を検討していくべきである。なお、この点で、新しく発足する日本原子力研究開発機構、新設の日本原子力技術協会などが、この活動の場としても有効に機能することが期待される。
- (3) 我が国の原子力研究開発活動は、核反応断面積ライブラリー*をはじめとする様々な知や情報の国際ネットワークの恩恵を受けて今日に至っている。今後ともこうした国際公共財の整備が進む中で、我が国としても、国内外の人材の流動性の向上、情報通信技術の進展をも考慮した研究データや関連情報の発信と円滑な流通促進のための基盤整備等を進めるなど、多面的かつ国際的な知のネットワークの構築・整備に貢献していくべきである。

* 核反応断面積とは、原子核同士または原子核と中性子・陽子などの素粒子との衝突によって起こる核反応の起こる確率のことで、核反応断面積ライブラリーは、それぞれの原子核と素粒子との組み合わせについて、素粒子のエネルギーの関数として核反応断面積を整理したデータベースのこと。代表的なものとして、評価済核データライブラリーJENDLがある。