

今後の原子力研究開発の在り方について（見解案）

平成24年 月 日
原子力委員会

政府は、本年9月、今後のエネルギー・環境政策は、原発に依存しない社会の一日も早い実現を目指して、グリーンエネルギー革命の実現に取り組むとともにエネルギーの安定供給の確保に努め、その過程においては安全性が確認された原子力発電を重要電源として活用するとした「革新的エネルギー・環境戦略」（平成24年9月14日エネルギー・環境会議決定）（以下、「エネ環戦略」という。）を踏まえ、関係自治体や国際社会等と責任ある議論を行い、国民の理解を得つつ柔軟性を持って不断の検証と見直しを行いながら遂行するとした。

エネ環戦略は、原発に依存しない社会の実現に向けてのこの取組においては、1）原子力の安全確保は至上命題であり、それを支えていく使命を担う高度な技術と高い安全意識を持った人材が必要、2）東電福島原発事故により避難を強いられている福島の方々の一刻も早い自宅への帰還は、除染等に関する技術の推進・人材育成によって促される、3）廃炉や使用済核燃料の処理技術の向上は、原発に依存しない社会の実現に向けた必須の課題である、4）原子力の平和的利用、放射線影響に関する実証実験、新興国における原発の安全管理や廃炉に向けた技術支援などのために、原子力に関する人材育成や技術開発は欠かすことができない、5）昨年の原発事故の経験と教訓を世界に共有することにより、世界の原子力安全の向上に貢献していくことは我が国の果たすべき責務、として、人材と技術基盤の維持・強化が重要としている。

また、核燃料サイクル分野においては、当面、1）使用済核燃料の直接処分の研究に着手する、2）「もんじゅ」については、国際的な協力の下で、高速増殖炉開発の成果の取りまとめ、廃棄物の減容及び有害度の低減等を目指した研究を行うこととし、このための年限を区切った研究計画を策定、実行し、成果を確認の上、研究を終了する、3）放射性廃棄物の減容及び有害度の低減等を目的とした使用済核燃料の処理技術、専焼炉等の研究開発を推進する等を先行して取り組むべきとしている。

原子力委員会はこれまで、原子力の研究開発に関しては、原子力基本法に基づき、「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こと」を目的に、基礎研究から実用化された技術の高度化を目指す研究開発までの各段階にある原子炉や放射線の利用に関する様々な研究開発課題に対して、研究開発機関、大学、民間事業者等が、それぞれの使命に基づき、その段階に適した役割分担の下で取り組むことを求めてきた。

しかしながら、東京電力（株）福島第一原子力発電所の事故は大量の放射性物質を施設外に放出し、社会に重大な被害をもたらし、今もなお多くの方々に故郷を離れることを強要している。原子力委員会は、このことを重く受け止め、関係者に対して安全確保の重要性を指摘しつつも、世界最高水準の安全確保の取組の実施を促すしつこさを欠いていたことを深く反省するとともに、避難されている方々に少しでも早く帰還していただけるよう、地域社会の要請、要望に沿って、放出された放射性物質により汚染された環境の除染活動を進めていくことが当面の最大の課題と認識し、政府、研究開発機関、大学、民間事業者等が、それぞれの特性と責任を踏まえてこれに取り組む、貢献することを要請してきた。研究開発分野においても、それぞれが使命に基づき、今後ともこのことを最重要視して行動すべきである。

同時に、今回、上に示したような内容を有するエネ環戦略が示されたことから、政府、研究開発機関、大学、民間事業者等は、これまで取り組んできた研究開発課題とその優先順位をこの考え方を踏まえて全面的に見直し、次の点に留意しつつ、それぞれの担当すべき課題を明らかにし、これまで以上に国際協力を有効活用して取り組むことが重要であるとした見解案を公表し、パブリックコメントを求めた。本見解文は、こうしていただいたコメントも参照して取りまとめたものである。原子力委員会は、関係者が今後これらの諸点に留意して所要の取組を着実に推進することを期待する。

1. 原子力発電の安全確保に関する研究開発の強化

エネ環戦略は、原発に依存しない社会の一日も早い実現を目指す過程において、原子力規制委員会によって安全性が確認された原子力発電所は稼働させ、重要電源として活用していくとしている。したがって、この間における原子力発電の安全確保は必須の課題である。

国際原子力機関（IAEA）の国際原子力安全諮問グループによる基本安全原則によるまでもなく、安全確保の取組は、関係者が目指すべき安全確保の水準、例えば、シビアアクシデント（大規模な放射性物質の放出）の発生可能性をどこまで小さくするかを定めることから始まる。そして、目指す安全確保の水準を達成するために、人は誤り、機械は故障すると考えた上で、設計基準事象を超える事象が発生

した場合でも炉心損傷に至る可能性を十分小さくするとともに、それでも炉心損傷は発生するとして、その状況でも格納容器の機能を確保できる機能を整備する、いわゆる深層防護の考え方を取り入れた取組を行う。

安全確保の責任は一義的には原子力発電所所有者にあるが、国には、安全規制行政機関を整備すること、そして、その機関は、安全確保に関する条件を客観的に明らかにして、安全確保に関する取組をなす能力があると判断された者に限定して発電所の所有・運転を許可し、その許可が間違っていないことや条件が遵守されていることを、必要に応じて現場を確認するとともに、国民にそのことを説明する責任がある。

これらの安全確保に関わる取組を行う組織には安全文化が求められる。これは、リーダーから現場の人々に至るまでのすべて人が、業務において、また施設の設計・施工から運転、保守・補修までのあらゆる活動において、安全を他の価値に優先させ、気になることはすべて問題提起され、その安全性に対する影響の大きさが確認され、それに応じた注意が払われる組織風土である。

こうした取組を企画推進するのに必要な研究開発はこれまでも多岐にわたって推進されてきたが、東京電力福島原子力発電所における事故調査・検証委員会の最終報告書の指摘を踏まえれば、特に、シビアアクシデントが発生し、これが重大な土地汚染につながる確率を十分小さくするのに役立つ研究開発が喫緊の課題である。このための対策を講ずるためには、これを企画推進するために必要な地震や津波等の自然災害のハザードに関する知見、これらのハザードによる事故の防止を確かなものにするための技術及び、その防止策が十分に機能しないことを想定してのこの災害の下でも機能すべき影響緩和策のための技術、さらに、そうした取組の結果達成される安全水準を評価する確率論的リスク評価技術等が必要である。

これらの技術を支えるシビアアクシデントに関する理解を深めるための実験研究、基礎・基盤的なデータの獲得やデータの不確実性の評価、コンピュータシミュレーション技術の高度化の取組をなお推進する必要があることが認識されており、実際、欧州においては特徴ある研究組織間でシビアアクシデントに関する共同研究が推進されている。我が国としては、このような活動に参加することを含むこの分野の研究開発活動を強力に推進する必要がある。また、安全水準の評価に際しては、組織の安全文化の現状を把握し、それをリスク評価に反映することもあるので、そうした作業を可能にする心理学、組織論、経営学、社会学等の分野の研究も推進されなければならない。

また、高経年化炉が最新の安全基準に適合しているかどうかを判断するためには、立地条件、劣化の進捗、設備交換の効果を正しく評価し、これらがシビアアクシデ

ントの発生可能性にどう影響するかを評価する技術が必要になる。世界最高水準の安全性の実現を目指す我が国としては、高経年化炉の影響をリスク評価に反映させる高い能力を涵養することにも力を尽くすべきである。

こうした課題に関する研究開発は、その成果が我が国のみならず世界各国に対しても利益をもたらすものである一方、世界的に進められているものでもあるから、研究開発の推進に際しては、各国の研究者との交流を大事にすべきである。また、今回の事故の原因分析評価で得られる教訓や情報はこれらの研究開発に極めて貴重な寄与をなすから、我が国として、これらの分析評価を各国と共同して実施することも含めて、そうしたものを世界に提供する取組の推進を忘れてはならない。

2. 廃止措置等に関する技術開発

東京電力（株）福島第一原子力発電所の廃止措置等に向けた中長期にわたるオンサイトの研究開発・技術開発については、原子力委員会は、平成 24 年 11 月 27 日に「東京電力（株）福島第一原子力発電所の廃止措置等に向けた中長期にわたる取組の推進について（見解）」と題する見解を示したので、ここでは触れない。

運転を終了した原子力発電所の廃止措置に関しては、これまでに内外で技術開発が進められ、それに基づいて実際の廃止措置が実施され、所要費用の算定が行われ、今後の取組に備えて、消費者に電気料金に上乗せして支払っていただき、積み立てる取組が行われてきている。しかし、国内においては社会インフラが更新期を迎え、これらの解体作業に向けて続々と革新的な技術が開発され、現場に投入されている。また、事故により廃炉とした原子炉の清浄化の取組において大型構造物の除染技術、放射性廃棄物の減容技術や管理技術等に革新技術が導入されることが予想される。そこで、通常の軽水炉の廃止措置活動の高度化に向けてこうした技術進歩を取り入れていくことも検討すべきである。なお、このような取組は核燃料サイクル施設の廃止措置に関しても重要である。

3. 核燃料サイクルに係る研究開発

3-1. 使用済燃料の貯蔵、高レベル放射性廃棄物の最終処分

原子力発電に伴い発生する使用済燃料は、発熱量が高いうちは発電所内の貯蔵プールで強制冷却されるが、一定の期間が経過して発熱量が低下した後は、発電所敷地内外を問わず、乾式貯蔵を含む冷却のための動力源への依存性を極力排した方式で貯蔵することが可能になる。従来は、使用済燃料の必要貯蔵量の増加に対して、発電所増設の際に大きな管理容量を持つ貯蔵プールを設けることにより対応してきたが、今後は、再処理工場に搬出する以外の中長期的な貯蔵の選択肢

が必要となる可能性が高まるので、使用済燃料の中長期的な貯蔵の安全確保を確実にするための研究開発が重要となる。このための取組は、従来、実証試験に依存することが多かったが、貯蔵期間が長くなると、施設・設備の長期的振る舞いの予測や予知の技術の効果的活用が重要になる。このため、事業者は、研究開発機関と協力しながら、「その場観察」を可能にする革新的な計測技術や高度の状態推移予測技術、対処技術等、長期の貯蔵も視野に入れた新たな研究開発を進めていくべきである。

高レベル放射性廃棄物の地層処分については、引き続き、高レベル廃棄物のガラス固化体の処分施設立地地域の地質条件を保守的に予想した上で、十分安全を確保していくことのできる処分技術の確立に向けて研究開発を推進していくべきである。具体的には、地層処分に係る超長期安全確保の基盤となる深地層の科学的研究、処分技術の信頼性向上や安全評価手法の高度化、回収可能性の合理的な担保の在り方等に関する研究開発を継続的に進めること、また、定期的に最新の知見を反映して取組を評価し、必要に応じて見直しを行っていくことが重要である。

また、既に発生している研究炉の使用済燃料や東京電力（株）福島第一原子力発電所の使用済燃料などの対策を考えると、ガラス固化体の処分だけでなく、使用済燃料を直接処分することを可能にしておくことの必要性は明らかであり、事業者及び研究開発機関は、海外において間もなく安全審査が開始されようとしている直接処分の技術動向を十分に踏まえて、我が国においてこれを可能にするため、ガラス固化体の処分技術では不足する点を明らかにし、研究開発課題を定め、その解決に向けての取組を着実に進めるべきである。

なお、その処分体はガラス固化体か使用済燃料かにかかわらず、処分事業が開始されるまでに約 50 年間は冷却のために保管され、さらに、処分の取組が開始されても処分場が閉鎖されるまでは回収可能性を担保することが求められるので、研究開発においては、このことにも配慮した取組がなされるべきである。

3－2．高速炉サイクル、先進廃棄物処理技術

我が国の高速増殖炉の研究開発に関して、原子力委員会は、これが実用化される際には第四世代の原子炉、すなわち、第三世代の軽水炉や高速炉に比べて安全性や環境適合性に一層優れた原子炉となることを目指す取組であるべきとして、高い水準の目標を定め、研究開発の取組をこの達成を目指す観点からチェック・アンド・レビューし、取組を革新することを一貫して求めてきた。この分野で廃棄物の減容及び有害度の低減等を目指した研究を行うべきとしたエネ環戦

略は、原子力発電を巡る国民世論を踏まえて、説得力ある取組に改めて再編することを求めていると解すべきであろう。

そこで、高速増殖原型炉もんじゅについては、国際社会との関係で核不拡散と原子力の平和的利用という責務を果たしていくことを念頭に、研究開発機関は、当面は国際的な協力の下でこうした将来世代が享受すべき安全性を備え、放射性廃棄物管理の高度化に貢献できる原子炉の研究開発の取組に対して「もんじゅ」がどのように寄与できるかを明確にして、そのための取組を構築し、年限を区切った研究計画を策定・実行し、成果を確認の上、研究を終了すべきである。

また、廃棄物の減容及び有害度の低減等を目指す上では、高速炉のみならず先進的な燃料処理技術が必要である。その技術はなお、工学規模での技術実証に至る手前にあるから、研究開発機関は、高速炉と合わせたシステム全体として目標の達成度を評価しつつ、必要な基礎・基盤的な探索を繰り返しつつ、実証すべき技術の確定を目指して研究開発を行っていく必要がある。

エネ環戦略は「政府は、原発に依存しない社会への道筋を実現に関しても、これを現実的なものとしていくために、グリーンエネルギー拡大の状況、国民生活・経済活動に与える影響、国際的なエネルギー情勢、原子力や原子力行政に対する国民の信頼の度合い、使用済核燃料の処理に関する自治体の理解と協力の状況、国際社会との関係などの点について、常に関連する情報を開示しながら検証を行い、不断に見直していく」としている。このことを踏まえれば、こうした目標と課題の設定とその進め方は、研究開発投資に対して国民の共感が得られるものであることが極めて重要である。研究開発機関は、「もんじゅ」の特性自体についてはもとより、最新の科学的知見を活用した研究開発の目標設定と取組の進め方についても社会の求めるところを絶えず確認し、それらを踏まえて「もんじゅ」などの高速炉技術を活用した研究開発の進め方を見直しながら、これらの取組を着実に取り組んでいくべきである。その際、既存の研究開発設備の有効利用、シミュレーション技術の活用、国際協力の活用等に努めるべきは言うまでもない。

4. 原子力利用の人材と技術を支える基礎・基盤研究開発

4-1. 基礎・基盤研究の着実な実施

原子炉や放射線利用に関する研究開発に関連する基礎・基盤としては、原子核物理、放射線の発生と制御、放射線生物学、原子炉物理、伝熱流動、燃料・材料、原子炉の数値シミュレーション技術、計測・制御技術、事故リスク評価等が挙げられる。核燃料サイクルに係る研究開発に関連する基礎・基盤としては、放射性

同位元素の物理・化学、地質・地層データ、地下移行シミュレーション、事故リスク評価、知識管理、分離変換等が挙げられる。

これらの原子力エネルギーや放射線の利用に係る科学・技術の基礎・基盤的な研究開発は、原子力研究開発を進める技術基盤の水準を世界最先端に維持し、人材を育成し、多くの分野のイノベーションに寄与する可能性のある新しい知識や技術概念を産み出す源である。

特に、基盤的な研究の推進は、市場の自由化が進む時代において、民間による健全な原子力利用を推進・規制するために、また、原型技術の研究開発活動を実施していく国としての能力を維持するために大事な取組である。このため、これまで各技術について専門性を有する大学等や民間に公的研究資金を提供するほか、有用な研究インフラを集中整備する等により、これを効率的に進めることが重要であるとされてきた。

しかしながら、今後、これらの基礎・基盤研究開発を中長期的にどの水準で維持し継続していくことが適切であるかは、今後原子力依存度を低減していくことを踏まえ、原子力産業の将来の在り方、我が国の学術振興戦略やイノベーション戦略の今後の在り方を考慮に入れて、十分に検討されるべきである。その際には、今後、廃炉や廃棄物処理の取組の割合が増加することから、これらの研究開発の取組の将来やこのために重要となる基礎・基盤となる学術体系の整備のニーズ、そしてこの分野の人材育成に対する需要が相対的に増加する一方、アジアを中心にこれらの知的基盤の充実のニーズが増大すること、これらの取組において関係者がそれぞれの特徴を生かしたネットワークで対応することが効果的であることが指摘され、実践される動向にあることなどを考慮すべきである。

また、放射性同位元素の科学は、物質の物理的・化学的挙動を解明し、モニタリング技術などに生かされることで、様々な既存技術の高度化や新しい技術を産み出すことに貢献してきており、原子力分野において共通して求められる学術基盤である。今回の事故後の取組においては、この学問を援用しての放射性物質の挙動の解明が、機器等の除染を効率的・効果的に行う改善・改良のための知見を提供し、放射性物質の環境における動態を明らかにして、除染やモニタリングの在り方を考える手掛かりを与える有力な手段となっているから、その重要性和ニーズの高まりを踏まえて、研究体制や教育の在り方を見直すことが必要である。

さらに、今般の事故により、特に医学の分野でも放射線に関する基礎的な教育が手薄になっていることが認識され、福島県において緊急に対策が進められている。放射線安全確保の原点は放射線リスクに関する科学的知見にあり、研究開発機関や大学は、このことを踏まえて、放射線物理・化学・生物学、医学、保健物

理等の研究を着実に進め、その過程を通じて質の高い専門家を育成していくべきである。

なお、基礎的な研究は、技術基盤の維持向上に貢献することが求められ、研究開発機関や民間を含むあらゆる機関で広範に実施されるべきであるが、とりわけ大学において、将来を担う人材を育成するとともに、新しく自由な発想に基づいて推進されることが望まれる。また、安全に対する多面的な理解の必要性が求められ、人間や組織に対する信・不信に係る感情に起因すると認識される「安心」のメカニズムの解明など、従来の原子力研究の枠を超えた領域における研究の重要性も指摘されている。こうした、従来の枠に捕らわれない自由な発想に基づく新しい切口からの基礎研究の取組を支援していくことも重要である。

4－2．基礎・基盤研究のための研究開発インフラの整備

原子力の基盤研究のための研究開発施設は、原子力分野に限らず、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広く活用されている。しかしながら、老朽化等に伴って、更新計画や新たな施設の設置計画が無いまま利用を終了した施設もある。国は、国内外のニーズを踏まえ、その機能の必要性、有用性の観点から、維持することが必要な施設については、機能の重複を避けつつ、更新、代替等の整備を計画的に進めるべきである。その際、廃止措置にも相応の資金が必要となることにも留意して計画する必要がある。さらに、こうした研究開発施設における成果は、広く国民に還元されるべきものであるから、施設が整備される自治体とも連携・協力し、ユーザーの利便性の向上やこれを産業創出に向けた取組に活用できるよう工夫していくことも重要である。

5．放射線利用

放射線利用は、その経済規模が我が国ではエネルギー利用のそれと同等であり、最先端の研究開発を支える技術として、理学、工学、医療、農学等の様々な分野において学術の進歩、国民の生活や健康の水準向上、産業振興などに貢献してきている。放射線や放射性物質の利用が今後も進展していくためには、その効用と安全性などの放射線利用に関する情報を積極的に発信し、国民の理解促進を図ることが重要である。そのためには、事業者、国民及び研究者間が相互に交流するためのネットワーク等を整備していくべきである。

放射性同位元素や放射線発生装置は、X線CT、PET等の診断技術や放射線がん治療技術などを通じて医療の高度化をもたらしている。このような高度放射線利用技術は、国民の健康を維持し、患者の負担を軽減できる現代医療を代表する技術

であり、その研究開発を引き続き推進していくことが重要である。

なお、このための医療用放射線源については、その全量を海外からの輸入に依存していることから、産学官が協力して国産事業化のための取組を進めていくべきである。放射線発生装置を用いた医療器具の滅菌処理については普及が進んでいるが、多くの国で多数の食品の殺菌処理に適用され、また検疫の取組においても効果的とされている食品照射については、我が国ではジャガイモの芽止め処理に限られている。今後、多くの国で実績のある食品について科学的データ等に基づく安全性の評価を進め、それに基づく消費者との相互理解活動を進めて、多くの取組において食品照射技術を選択肢とできるようにしていくことが期待される。

一方、東京電力（株）福島第一原子力発電所事故により放射線の健康影響に対する社会的不安が増大している。そのため、放射線利用に係る安全確保の在り方を絶えず見直し、よく注意された安全管理体制を確立していくことに留意すべきである。関係行政機関や研究開発機関等は、放射線の健康影響に係るリスクコミュニケーションの重要性を認識し、拠点や窓口の整備、基礎資料の作成等の取組と並行して、保健医療福祉関係者や教育関係者等との連携を図りながら、科学的知見に基づいて放射線の健康影響をわかりやすく説明できる専門家を積極的に育成していくべきである。

6. 核融合、量子ビームテクノロジーに関する研究開発

量子ビームテクノロジーや核融合の研究開発は、多様な産業における別分野の研究開発との連携により推進されてきていることや、その成果は幅広い科学への応用が期待されることから、原子力以外の学術、産業の活性化に寄与することが期待されている。日本学術会議が取りまとめている学術の大型施設計画・大規模研究計画マスタープラン 2011 等にそれらが挙げられているのは、その証左である。

量子ビームテクノロジーに係る研究開発には、短期的な成果よりも、継続実施することにより発現する技術的ブレークスルー、例えば燃料電池や水素貯蔵用の高機能性材料の創出、太陽電池の性能の飛躍的向上などが期待される。このため、研究開発機関は、これを原子力の枠を越えた我が国の成長戦略推進のための基盤研究として、関連施設を計画的に整備しつつ、中長期的に継続して取り組んでいくことが望ましい。また、国は、産業界における量子ビームテクノロジーの活用を促進するための取組を引き続き支援し、多様な産業における研究開発の活性化を図るべきである。

核融合の研究開発は、最終的にエネルギー利用を目標とするものであるが、ITER 計画等において開発される核融合装置は、現段階では高温のプラズマと強力な磁場

による核融合反応の発生というプラズマ物理に関わる現象解明・制御のための実験を行うものである。また、慣性核融合の研究開発に係る取組は高機能のレーザー装置やエネルギー技術を産み出して高エネルギー密度物理の展開に寄与しているし、近年、これらの装置開発や実験の成果をグリーン・ライフイノベーションなど幅広い科学技術へ展開することで、様々な産業分野へ応用・普及させるという側面が非常に強くなってきている。したがって、当面は、プラズマ物理に関わる現象解明・制御、及びそれに付随して開発される先端技術を産業競争力強化に向けて幅広い科学技術へ展開する基礎的・基盤的な研究開発として着実に進めることが適切である。

7. 原子力の研究開発に取り組む上での特記事項

(1) 研究開発活動における安全・セキュリティの確保

原子力の研究開発の取組においても、安全確保の観点から、安全を第一に考える安全文化を確立し、リスクを不断に見直すことを怠ってはならない。そのためには、原子力の研究開発の取組の安全性についての情報を国民に示していくことはもとより、安全確保に関する国内外の権威ある組織、専門家の評価も適宜受け、取組の改良改善を図っていくべきである。

同時に、国家的課題である社会の枢要機能のセキュリティの確保については、これらの機能を如何に防護し、危機に如何に対応するかの検討と取組が進められている。特に、情報通信に対する脅威、テロ行為に対する対応の充実が喫緊の課題とされ、これを受けて、原子力施設においてもこうした観点からのセキュリティ対策の強化の要請が高まってきている。このため、従来からの物的防護に加えて関連情報に対するアクセスを制限することや、核物質を扱う者に対する信頼性確認が求められていること等に留意する必要がある。また、これらの取組を効果的で効率的なものにするための研究開発の充実も重要である。

(2) 原子力安全研究の在り方

原子力安全規制行政においては、被規制者の取組の妥当性を判断する一環として、例えば臨界計算、原子炉動特性の数値シミュレーション、建物等の地震応答を評価する計算機プログラム等を有し、被規制者から提出される解析等の妥当性を独自に判断する。こうした作業に必要な専門的能力は、こうしたプログラムを作成したり、使いこなしたりする作業を伴う研究開発活動を通じて涵養される。したがって、規制行政機関や規制行政を技術的に支援する組織においては、これに資する研究開発活動を自ら行うか、そうした場において人材育成を行なう必要がある。すなわち、こうした計算プログラムを作成したり、活用したり、改良し

たりすることや、こうしたツールの開発やこれに対する入力を産み出す物質や装置の特性測定活動、ツール検証用の模擬装置を用いた実証実験は、原子力研究開発機関の主務ともいえるべき活動であるから、国としては、こうした取組を安全規制機関において独自に行うように体制を整備すべきかを検討し、制度整備を行っていく必要がある。

このことに対する国際社会の標準的な考え方は、第一に、安全規制機関においてこうしたツールを独自に研究開発することは実際的ではないが、こうしたツールを安全規制業務に使えるようにするための研究開発は必要であり、かつ、これを行なうのは安全規制機関であるべきである。第二に、安全規制機関においてこうした開発を行なう要員は、研究開発機関におけるこれらのツールを開発する活動に参加して専門家としての能力を涵養すべきであるから、こうしたことができるように制度を整えるべきである。第三に、安全規制行政において研究開発機関において開発された様々な解析ツールを利用することが効果的で効率的である場合には、安全規制機関は、推進と規制の独立性の観点からこうしたツールを使うプロトコルを定めて使っていくべきであると整理できる。

さらに、こうしたツールは技術標準と同様に国際競争力の源泉であるから、産業界も参加する国家プロジェクトとしてその開発を進めることも主要国では行なわれている。こうしたツールは将来において安全規制行政に活用される可能性がある限りにおいて、安全規制機関の専門家がその開発に対してアドバイスを行なうことは意味があることなので、知的財産保護について配慮しつつ、このことを行っていくべきである。

(3) 社会ニーズを反映し、多様性を確保した原型技術の研究開発

原子力に関する基礎・基盤的な研究の取組から生まれた優れた機能を生む要素技術をその機能を実現するためのシステムに統合する取組を行なっている段階、すなわち原型技術段階の研究開発は、実用化開発の候補として現在「ダーウィンの海」（基礎・基盤研究から多くの技術選択肢が生まれてくるが、この段階で淘汰されて限られた技術が実用化に至る）にある技術システム概念は多数存在する。

それらのうち、革新的に安全性を高めた小型炉、高温ガス炉を用いた革新的水素製造技術、トリウム利用、高出力レーザー応用技術、海水等からのウラン回収技術などのいくつかについて、国は、その将来性を総合的に評価して、実用性を見定めるための取組として全面的にあるいは枢要部分に限定して技術開発を前進させている。研究開発機関等は、これらを実用技術にまで開発する取組を行なう機会を内外において広く探索し、その機会を逃さないようにするとともに、新

しい着想に基づいて創造的破壊を繰り返すこの原型技術の開発の取組を中長期的に継続して進めていくべきである。こうした取組が知的創造活動を担える人材と技術水準を維持し、新しい知識や技術概念を獲得・創出していくコアとなる取組であるからである。

特定の原型技術の実用化を目指す研究開発プロジェクトは、強いリーダーシップの下で、与えられた制約条件を克服して性能目標を実現できる統合システム案を生み出したり、そのために異なる性能要求同士の干渉を克服する新たな工夫を生み出したりしながら進められるものである。これらが実用化過程に移行するためには、新しい原理に基づく新技術システムであっても、これを支える技術（材料や構成要素の製造技術、システムの制御技術等）なくしては実現できないし、「技術が社会において流通する」には、その技術システムが技術的に実現できるのみならず、社会が要求する条件（安全性、信頼性、経済性等）を満足することが必要であり、統合システムには、こうした点に関する不確実性に実現可能性や性能があまり影響されないことが望ましいという意味での頑健性が求められる。そこで、研究開発活動においては、得られた知見をシステム性能に速やかにフィードバックする一方、取り組む研究開発課題の多様性を確保し、最適化に際しての選択肢を多くして進めることが重要である。そこで、こうした観点から適宜に厳格なレビューを課し、取組の在り方に対して成功確率を高める観点から示唆を与えていくべきである。

また、今後の原子力技術の性能目標が大きく変化しつつあること、研究開発においては将来の不確実性に備える必要性が高いことを踏まえると、こうした研究開発においては、近年急速に進歩してきた情報技術、モデリングとシミュレーション技術を駆使して、性能目標を達成するシステム実現を、設計、製造・建設、運転、廃棄に至るすべてのプロセスについて、研究開発の可能な限り初期の段階から多面的かつ徹底的に検討するフロントローディングを取り入れた研究開発活動の充実を検討していくべきである。このような活動を民間やエンドユーザーの関与を得て実施することにより、研究開発担当者は、研究開発の初期の段階から、コスト意識、技術移転意識などを一層取り入れた研究開発活動を展開することが期待される。

（４）原子力技術基盤の維持と人材育成への寄与

基礎研究から実用化された技術の高度化を目指す研究開発までのあらゆる研究開発活動には、科学的原理を理解し工学的な安全を確保するための知識と経験を有形のアーカイブや無形のノウハウという技術基盤として保持する行為が必

須である。このような行為が無ければ、高度な技術と高い安全意識を持った人材がいても、至上命題である原子力の安全確保や核セキュリティの確保活動を支えていくことは困難であるからである。

また、関係者は、研究開発活動は科学技術を進展させるだけでなく、その活動を通じて得られる知識や経験が技術とそれに携わる人を育て、持続的に発展していく側面も有していることを常に意識し、この機能を涵養することを怠ってはならない。この点からも、人材育成をも念頭に、大学と研究機関と産業界の協力による技術開発の推進が期待される。また、研究開発成果が積極的に移転されるよう努めることも重要である。移転が現実化する可能性を高めるのみならず、研究開発活動に対して新たな創発を産み出す刺激のフィードバックが期待されるからである。

(5) 国際社会への貢献・連携を認識した研究開発活動

我が国は、核不拡散条約に批准し、厳格な保障措置制度の下で原子力エネルギーの平和的利用を進めてきた。また、これまで、我が国の原子力研究開発は諸外国との密接な協力体制の中で行われてきた。このことは今後においても重視すべきことである。したがって、研究開発の取組を企画・推進するに当たっては、国際機関や諸外国と緊密に協議して、共同研究・共同開発を含め、効果的な協力の取極めを成立させることを検討することを必須の取組とすべきである。

さらに、東京電力（株）福島第一原子力発電所事故の経験と教訓を世界と共有することにより、世界の原子力安全の向上に貢献していくことは、我が国の果たすべき責務であるから、安全性向上、核不拡散、核セキュリティのリスク低減を目標とした研究開発の推進に当たっては、このための取組を主要な取組の一つとすることを忘れてはならない。

(6) 原子力に関する人文社会科学的分野の研究推進への支援

言うまでもなく、原子力の研究開発及びその利用を進めるに当たっては、国民の十分な理解や判断を得ることが肝要である。東京電力（株）福島第一原子力発電所事故以降、原子力の研究開発及びその利用が、社会、そしてそれを支える様々な政治的、経済的仕組みの在り方や一般国民の個々の生活や信条に関わっていることが以前よりも一層国民に強く意識されるようになってきている。そうした中では、原子力に対する評価を国民が行うためには、原子力及び工学分野を超えた分野からの知見が一層求められるようになってきている。そこで、そのような知見を十二分に国民に対して提供するという観点から、我が国及び世界における原

子力利用の展開の在り方や原子力のもたらす社会的影響についての法学、政治学、経済学、哲学、倫理学、心理学、社会学の観点からの分析等、人文社会科学分野の見地からの研究がより一層拡充して行われるべきであり、国はこうした人文社会科学分野における原子力に関する研究が活発に行われる環境を整備していくべきである。

(7) 総合的な評価

研究開発は、一定期間のうちに予想される成果と課題、実用化時期における予測される環境条件を踏まえた多面的評価に基づく費用対効果が高いことが求められる。また、社会に導入された場合には、予期せぬ社会的影響（安全性や環境影響、倫理的課題など）をもたらす可能性をあらかじめ評価することも必要とされるようになってきている。

関係者は、研究開発の実施に当たっては、施設・設備の安全確保はもとより、計画・実施・成果をこうした多面的観点からの総合的な評価を定期的に行うべきである。また、計画を更に進める場合には、一般的には所要資源が増大することが予想されるから、「選択と集中」の考え方に基づいて多くの研究開発の取組のこうした評価を横断的に評価して、研究開発資源の効果的かつ効率的な配分を行っていくべきである。この場合、研究開発の手段である大型研究開発施設等は、他の科学技術分野に有力な研究手段を提供し、その総合性の故に、波及効果として様々な技術革新のシーズを提供する可能性が高い。そこで、こうした総合評価に当たっては、理学、工学の広い分野のみならず社会科学の学会や市民団体からも推薦を受けて、いわゆるE L S I（倫理、法、社会的側面）と呼ばれるような幅広い視点から、自律性を持った包括的な評価組織を構成し、作業を付託することが重要である。

(8) 日本原子力研究開発機構について

日本原子力研究開発機構は、原子力基本法に定められた唯一の中核的研究開発機関として、我が国の原子力研究開発活動の多くを担っている。東京電力（株）福島第一原子力発電所事故後は、除染、廃止措置の研究開発、廃止措置・放射性廃棄物対策、原子力安全確保の研究開発に優先度を置き、エネルギー政策に関係した種々の研究開発、これらを支える基礎・基盤研究を実施している。

今後、原子力の利用の姿が変化していく中においても、先に挙げたような安全・セキュリティ、技術基盤の維持と人材育成、国際社会への貢献・連携などの重要かつ共通する課題の解決において、日本原子力研究開発機構の果たす役割は

大きい。そこで、日本原子力研究開発機構は、技術基盤と問題解決能力の維持・強化に努め、適切な支援を行えるような体制を整備していくとともに、この様な重要課題の解決が着実に行われ、成果目標を確実に達成できるよう、必要に応じて経営管理サイクルを始めとする事業を推進する仕組みを自己評価し、改善・改良していくことに努めるべきである。

また、原子力技術は、発電以外にも研究開発、医療、産業等の幅広い分野で利用されており、多様な事業所で低レベル放射性廃棄物が発生し、日本原子力研究開発機構は、自らの廃棄物と処分の委託を受けた他者の廃棄物を合わせて処分することとなっている。放射性廃棄物の処理・処分は、安全で合理的に実施することを原則としており、既に発生している廃棄物、そして今後発生する廃棄物の両者について、日本原子力研究開発機構は、この事業を着実かつ確実に進めていく必要がある。

国は、日本原子力研究開発機構がこれらを十分に遂行できる組織となるよう、適切な措置を講ずべきである。

以上