

我が国の原子力政策における高速増殖炉技術開発の位置付け

近藤駿介
原子力委員会委員長

本日、ここで「我が国の原子力政策における高速増殖炉技術開発の位置付け」と題して講演する機会をお与えいただき、誠にありがとうございます。なお、以下の講演は委員会の見解ではなく、近藤個人の考え方をお話しするものであることをご了解いただきたく存じます。

原子力委員会は 1 月 6 日に「年頭の所信」を公表して、今後の原子力政策の基本姿勢を明らかにしました。ご存知のように、原子力基本法は、わが国における原子力の研究、開発と利用は、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、人類社会の福祉と国民生活の水準向上に寄与することを目的として行われるべしとしています。そこで原子力委員会はこの所信において、第一に、委員会がこれの民主的運営のために設立された組織であることに対して思いを新たに、この目的を達成する政策を「民主的手続きなくして権威なし」を肝に銘じて策定・推進することとし、「広聴」を重視し、原子力利用の現場におられる市民、専門家を含む多方面の人々からその進め方について意見・提案をいただき、その上で、それらを踏まえて原子力利用の基本方針を決定し、それに基づく政策の策定・実施を関連行政機関に求め、民間にはそれに呼応することを期待するとしました。

また、第二には、委員会が政策を決定するにあたっては、国として大事にすべき原則を国民の意見を踏まえて明らかにし、提案された政策案がこれらの原則にどれだけ適合しているかを可能な限り定量的に評価して、採用すべき政策を決定するとしました。この国民が大事にする原則を現行の原子力長期計画から読み取ると、健康影響を受ける恐れが十分小さいことという安全性や、内外の事情によって自ら制御困難なエネルギー供給途絶等の事態が発生する可能性が小さいというエネルギーセキュリティ、エネルギー供給等のサービスが必要なときにいつでも利用できる安定性、そのサービスが国際的にみておかしくない値段で利用できる経済性、そのサービスが地域の自然環境や地球環境に悪影響を与えることなく供給されるという環境保全性などが考えられます。加えて最近の地方分権の議論も踏まえ、そのサービスを提供する組織や設備について自分達の仲間が決め、監視し、よいとしているという社会的正当性、自分の生き方にあっているという誠実性、そして、

将来世代に「つけ」を残さないものであるという持続可能性なども重要になってきています。委員会としては、今後の各方面との意見交換を通じてこのリストを充実するとともに、それらの優先順位や重みについても合意していく必要があると考えています。

所信の第三として委員会は、この数年のうちに発生した原子力施設における様々なトラブルの根本原因の考察に基づき、原子力利用に携わる者は、社会から信頼されるように、リスク管理をしっかりと行ってほしいとしました。人の活動は不確実な未来において何らかの目標を達成しようとするものですから、人が完全ではない故に過ちを犯すかもしれないし、その過程で自分で制御できないことに会うかも知れません。それに関わらず原子力利用活動を継続できるためには、それらを可能な限り予測して、それがもたらす影響の大きさに応じて、その発生確率を下げたり、その影響を緩和する策を導入して、被害の発生する可能性を十分小さくする、いわゆるリスク管理活動を、確立された品質マネジメントシステムのもとで確実に行うべきであるのに、到底、知恵を尽くした活動がなされているとは言えないことに危惧の念を抱いたからです。

委員会は次に重要政策目標を掲げました。それらは、第1に、原子力発電が長期にわたって基幹電源であり続けるよう、その安全性、安定性、経済性、環境特性の維持・向上にむけて努力することを求めるとともに、合理的な核燃料サイクルシステムの実現を図ること、第2に、原子力エネルギー利用技術の一層の性能向上や利用分野の拡大を図る研究開発を、国際協力も活用して効果的かつ効率的に推進すること、第3に、放射線、核反応を人類社会の福祉と国民生活の水準向上及び科学技術の発展に効果的に利用する活動を推進するとともに、これに必要で効果的な研究開発及び教育を推進すること、第4に、人類社会の福祉の向上に役立つ原子力の研究、開発及び利用に関する国際共同活動、及び、相互裨益の観点に立った二国間及び多国間協力活動を推進すること、そして第5に、国際社会における原子力の平和利用の進展に寄与する、国際核不拡散体制の有効性の維持・強化に貢献することです。

ところで、経営学の教科書は、短期、中期、および長期課題への投資をバランスよくかつ効果的に行うことが持続的発展を目指す経営の要諦の一つとしています。ここで短期課題とは、現在利益を生み出している設備をできるだけ長く有効に活用するために効果的な創意工夫を見出し、これを施すことであり、中期課題とは、その設備の陳腐化に備えて、次に採用すべき革新的設備を選んで、それを実用に供するように準備しておくこと、そして長期課題とは、将来において利益を生み出す設備になるべき革新的設備の候補を探索して、これと思うものについて原型システムを開発して、実用化の問題点を把握することです。このような戦略は当然、国の政策設計においても有効であるはずであり、実際、私どもが第一の重点政策目標として掲げました「原子力発電が長期にわたって基幹電源であり続けるよう、その安全性、安定性、経済性、環境特性の維持・向上努力を求めること」というのは、まさ

しくわが国原子力界の短期課題に位置づけられるものであります。

アジア地域を中心とした今後のエネルギー需要の伸びや我が国の海外石油に対する高い依存度及び石油供給の高い中東依存度を踏まえると、エネルギーの安定供給の確保のためには、国産エネルギー等エネルギー源の多様化等が必要とされていますが、原子力発電所は海外からの燃料調達事情が急変しても電力供給を継続できますし、現在、わが国のエネルギー自給率は 20%ですが、原子力を除くと 4 %にしかならないことからして、原子力発電はまさしく「エネルギーの安定供給の確保」に大きく貢献しています。したがって、この点から今後に求められることは、あらゆる機会を通じて原子力発電の寄与を増大するべく、新增設活動を継続するとともに、既設プラント性能の向上や寿命の延伸に向けて努力することです。

また、環境制約の観点からエネルギー技術に求められるのは、NO_x、SO_xのみならず、地球温暖化問題を悪化させないよう温室効果ガスを排出しないことです。このため、エネルギーセクターにおいては、省エネルギー対策に取り組んで消費の増大を抑制しつつ、非化石エネルギーの利用を促進することが効果的とされています。原子力発電は非化石エネルギーの代表的技術として NO_x、SO_x は勿論、温室効果ガスである CO₂ の排出量がきわめて小さいのですが、風力や太陽光発電と違って放射性廃棄物を発生するので、環境に負荷を与える技術だと批難される方がいます。しかしながら、私どもの足元の地中には環境放射線や地熱の原因となっている大量の放射性物質があるにも関わらず、地上に住む我々は長く生存してきているのですから、適切な工夫をすることによって、人類が経験している現在の自然放射線環境に変化をもたらさないように放射性廃棄物を地中に処分することは十分可能であり、このことを確実かつ着実に実施していくことによって、原子力発電は環境制約に適合するものであり続け得ると判断しています。

一方、原子力発電所やその燃料サイクル施設には大量の放射性物質があるので、それを安全に管理するのは困難ではとの意見を耳にすることがあります。しかしながら、原子力発電所の安全設計においては、人間の過誤や設備の偶発故障が起きることを前提に、それによる異常が過度に進展しないよう、異常の早期発見や状態監視に基づく異常の時宜を得た治療の機能を設置するとともに、異常が過度に進展した場合に備えて、その影響を緩和する機能を設置するのが普通であり、その結果、これまでのところ、確かに過誤や偶発故障は予想通り発生していますが、いずれもこうしたアプローチを採用しているおかげで、重大な事態に発展しないうちに発見され、対策が講じられています。そこで、この方針を維持して原子炉等の施設が設計・建設・運転される限りにおいて、周辺公衆のリスクは引き続き低い水準に維持されるということができます。

また、安定性に関しては、軽水炉発電所は、点検、補修、交換等の保全活動を適切に行うことにより、外部条件に左右されることなく、50 年以上にわたって安全か

つ計画的に電力供給が可能ですし、前にも申し上げましたように、人間の過誤や偶発故障は必ず起きますが、異常の早期発見、状態監視に基づく異常の時宜を得た修復を行うことにより、安全・安定運転が可能であることは実証されています。しかしながら、定常状態を維持していくことはそう簡単ではありません。人は創意工夫が大好きですから、システムの状態が安定していると、何か変わったことを考えなくなるからです。それが結果を伴わない手抜きであることもあります。それが異常修復ルール違反であったり、それにより異常の過度な進展に至ってしまうと、地域社会の信頼を失い、運転継続や停止後の運転再開が難しくなり、電力供給施設としての信頼性を損ねることになります。したがって、常に厳格な品質保証活動を行うとともに、新知見をふまえてルールの見直しをタイムリーに行うなど従業員の創意工夫を促す職場環境を維持することが安定運転には欠かせないことを経営者は知るべきでありましょう。

次に、原子力発電の経済性ですが、世界各地の状況を調べますと、天然ガスを産出し、あるいはこれをパイプラインを通じてスポット価格で購入できる国では、原子力発電より天然ガス火力発電の方が経済性がよいようです。ところが、我が国の場合、天然ガスは液化して海外から輸入されるので、利用端では国際相場と比べて値段が高く、したがって原子力発電と天然ガス火力は経済性に差がないといっている状況です。ただ、近い将来、北方から我が国に向けて天然ガスがパイプラインで供給されるようになりますと、液化が不要になりますから、その価格が国際水準に低下する可能性があります。したがって、原子力界は、その時期の到来に向けて、原子力発電の経済性向上に向けて努力する必要があることを忘れてはいけません。

これに関連して、原子炉のバックエンド事業をどのように推進するべきかについても議論があります。原子炉から排出される使用済燃料にはプルトニウムなど燃料に使える成分が含まれていますが、現在のウラン価格では、再処理で回収したものをを用いて作る燃料はコストが高いからです。このことから、欧米では使用済燃料を再処理しない方針を採用している国が多いことを理由に、わが国でもそうしてはどうかという提案もあります。しかし、我が国はウランを産出しないこと、いずれウラン価格は上昇すること、有用成分を回収利用すると地中処分すべき高レベル放射性廃棄物が少なくなること、この費用を入れてもいまのところ天然ガス火力発電所と比較して遜色のない経済性を達成できる見込みがあることから、電気事業者はこの技術を実用規模で利用し始めるという方針を選択しており、原子力委員会は、これを適切としてきております。

なお、先に述べた事業者によるリスク管理活動および品質保証活動の充実もまた、自由化時代の原子力発電にとってきわめて重要な短期的課題です。すでに申し上げましたように、未来は不確実ですから、常に危機の発生に備えて、事前、事中、事後の危機管理を十分に行うべきです。具体的には、1) 過誤や偶発故障が発生したときの最も合理的な取り扱いをそのリスクに対する影響の大きさに応じてあらか

じめ決めておき、実際にそれが発生した際には、それに従って措置すること、2) たとえ過酷な事故が発生したとしても、被害の発生を大幅に抑制できるよう、そのとき取るべき措置をあらかじめ知恵を尽くして準備し、適宜に発動できるようにしておくことが肝要であり、併せて、経営者は、品質（安全）目標が満たされるといふ信頼感を顧客（国民、地域社会）に提供できることに焦点を当てた品質保証活動を充実する必要があります。この品質保証活動は、品質マネジメントシステムを確立して目標、ルール、マニュアル、手順を文書化し、実施し、目標が満たされていることを確かにし、それらを利害関係者に説明するとともに、その有効性の改善を継続的に図るものですが、これは事業経営に対しても適用されるものです。

特に、バックエンド事業に関しては、これから、再処理工場の立ち上げ、MOX 燃料の製造、その再処理技術の実用化、そして事業の推進に伴って発生する放射性廃棄物の実用的な処分技術の確立など多くの課題を解決していかなければなりません。これらをタイムリーに解決することができるかどうかは原子力発電の持続的利用の成否を支配しますから、関係者の責任ある行動が求められます。が、そこには様々な不確実性があります。これらに係るリスクを分析し、事業リスクを合理的な水準に抑制できる対策を整備し、事態の進展に応じてこれらを見直していく事業リスク管理活動が高い品質で遂行されねばなりません。

さて、それでは、原子力のエネルギー利用における中期課題はなんでしょうか。この活動が目指すべきは、いわゆる次世代炉をいつでも実用に供することができるように準備することです。これは ABWR や APWR としてすでに建設できるようになっています。しかし、これの炉心特性を新しい環境に合わせて、たとえば全炉心に MOX 燃料を装荷するにしても、よりプルトニウムの消滅率を上げるなどの技術がプルトニウム管理の観点から合理性を有すると判断される可能性もありますから、これらをいつでも採用できるように準備することも、これらの一層の経済性向上努力と併せて継続して行われねばなりません。

委員会が重要政策目標 にとりあげた、原子力エネルギー利用技術の一層の性能向上や利用分野の拡大を図る研究開発を、国際協力も活用して、効果的かつ効率的に推進することには、上の中期課題に加えて、人類の持続可能な発展に対する原子力発電の役割を確かなものにする技術、廃棄物の蓄積で将来世代が希望を満たせないほどに環境が変わってしまうことのない技術、そして資源制約が小さく、将来世代も引き続きエネルギー供給技術として使える技術を探求して、その実用化に備えるという長期課題も含まれます。そして、この長期課題に分類される主要な課題のひとつが高速増殖炉（FBR）とその燃料サイクル技術の開発です。というのは、この技術は、1) 冷却材にナトリウムを用いているために高い熱効率を実現できる、2) 豊富な高速中性子を活用してウラン資源を無駄なく利用できる、3) 超ウラン元素を分離回収して燃料とすることにより、高レベル放射性廃棄物の放射能を小さくして地層処分の負担を軽減できる、可能性を有しているので、原子力エネルギー技術

に一層の性能向上をもたらし、人類の持続可能な発展に貢献する潜在的可能性が高く、将来において人類が採用するエネルギー供給技術の有力な選択肢になり得るからです。

ところで、新技術はいくつかの段階を経て実用化されるといわれています。具体的には、まず、基礎研究段階があり、ついで、それらの成果である知識基盤の上に、新技術の概念が生み出される概念創出段階があります。この段階の成果は、商業的価値のある技術概念の発明であり、ここでこれが特許化されます。それから、この概念に基づく革新的製品を開発し、その特性を実験室で特定し、その市場規模の見定めを行う初期技術開発段階が続きます。この段階の成果は実験・原型システムの実現です。ついで、狭いながらもそれが優位性を有する市場の一角（ニッチ市場と呼ばれることが多いのですが）に向けてその革新的製品が生産され、利用インフラの整備が開始される製品開発・導入段階がきます。そして市場環境が整備されると、本格的にその技術が普及する生産/販売段階に至ります。

このうち紙上の概念が実用技術候補として姿を現す初期技術開発段階は、かつて東大を学んだ吉川弘之先生が「悪夢の時代」よび、科学技術政策の文献では「死の谷」とか「ダーウインの海」と呼ばれ、資金を集め、生きながらえるに苦労する段階です。概念の提出時には「夢の技術」ともてはやされたアイデアがなかなかものにならないということで人々から見放されたり、からかわれたりしながら、熱意をもった人々によって様々な工夫とその失敗が繰り返される、数十年間も続く期間です。そこで生き物の自然淘汰の現象に似た技術の進化の過程が繰り返され、これを生き残って製品化の岸にたどり着く技術が生まれたとき、開発は次の段階に移行するのです。

ところで、その成果が広く公開され各界で利用されることになる学術基礎研究活動に国が投資することは公益性の観点から問題がありませんが、この初期技術開発段階に国が投資を行うべきかどうかについては、いろいろな考え方があります。否定的な見解としては、それは特定の技術の開発に投資することを意味するから、結局、市場におけるテストを前に国が特定の技術を選ぶので市場の競争条件を歪めることになる、つまり政府の失敗の恐れがあるというものです。しかし、多数説は、１）ハイリスクだが、公共性が高くハイリターンと予想される革新技术の初期技術開発、２）多くの製品やサービス技術にその実用のためのインフラストラクチャーを提供するシステム技術の開発、３）分野を横断して利用される可能性が大きい有望革新技术の開発に限っては、公共の利益があるにも関わらずその果実を十分に収穫できないことをもって民間が投資しないから過少投資になりがちなので、国が投資すべきとします。

この点で、高速増殖炉とその燃料サイクル技術は、１）将来のエネルギー安全保障のみならず、人類の持続的発展に貢献するハイリターン技術となる可能性が少なく

ない。２）この初期技術開発段階は、新材料・新概念の機器・設備、それに相応しい規格の開発など複雑で多分野を総合する技術開発を必要とするから、所要金額が企業の開発投資能力を超えている、３）それを利用するためのサービス機能や訓練等のインフラ整備に時間が掛かることなどの理由から、その初期技術開発段階に国が投資することは妥当とされています。わが国で、これまでに合計約１兆５千億円を投入して、常陽、もんじゅの設計、建設、運転及び関連する燃料サイクル技術の研究開発を実施してきているのはその所以にほかなりません。

ここで、簡単に我が国の高速増殖炉開発の歴史を振り返ってみますと、その基礎研究が１９６０年代前半日本原子力研究所によって開始され、１９６７年１０月に国のプロジェクトとしてその研究開発を行うことが決定されて、この活動を担う動力炉・核燃料開発事業団が設立されました。そして、この事業団の手によって高速実験炉「常陽」の建設が行われ、１９７７年４月に初臨界が達成され、以来、主として炉心の改良が行われて、現在は世界最高水準の照射場を提供するマーク炉心を有するに至っています。また、高速増殖炉原型炉「もんじゅ」は、事業団における高速増殖炉工学の総合的研究開発を経て１９８５年１０月に着工され、１９９４年４月に初臨界を達成し、１９９５年８月に送電を開始しました。しかし、この年の１２月に二次系でナトリウム漏えい事故が発生し、この事故の取り扱いに関して人々の不信をかって改良作業を施すことができないままに長い時間が経過し、最近に至り、ようやく改良方策についての工事計画の認可を得たところ、２００３年１月には名古屋高裁において設置許可処分を無効とする判断が下され、国は現在、最高裁に上告しているところです。今後は、裁判の行方に注目しつつ、地域社会の理解を得ながら、ナトリウム漏洩対策工事を実施して運転を再開し、信頼性のあるナトリウム冷却発電炉技術の確立を目指すことが予定されています。

プルトリウムとウランとの混合酸化物（ MOX ）燃料の製造技術については「ふげん」「常陽」「もんじゅ」の燃料製造を通じてこれを確立し、現在は、民間の軽水炉のプルサーマル用の MOX 燃料製造工場の計画に技術支援を行う傍ら、より経済性の高い FBR 燃料技術の核として様々なアイデアを探索し、実用化について検討しています。また、この燃料の再処理技術については、「常陽」の燃料の再処理を試みて成功し、今は実用的な再処理技術の候補として先進湿式再処理や、乾式再処理技術の研究開発を行っています。併せて、 FBR サイクルの実用化戦略調査研究を行って、市場競争力のある技術ができるかをサーベイしているところです。

なお、これらの研究開発活動に関しては、様々な国々と協力活動を展開しており、今日の会合におきましても、このあといくつかの国からの専門家と技術討論がなされます。原子力委員会としては重要政策目標の４番目に人類の社会の福祉の向上に役立つべしという原子力基本法の目的を達成する観点から、国際共同活動とか２国間、多国間協力活動を積極的に推進すべしとしました。 FBR 開発は人類社会の福祉の向上に役立つこと、その解決に諸国と共同投資を行っても、短中期の商業的利

益を損ねることはなく、他方、研究開発の経済性、政治的産業的なつながりの強化の点で相互に利益が大きいので、可能な限りその国際共同作業の実施を追求すべきであり、今日の催しはまさしくそうした目標に応えるものと考え、この会議の成功をお祈りし、その準備にご尽力されました関係者にこの機会に深く敬意を表したいと思います。

ここで、このF B R 研究開発の今後をどうするかについて私見を申し上げます。私は、民間には開発できない高度の技術を開発、普及させるためのこの国のイニチアティブとして、このF B R 研究開発活動の目標と到達点をどうするのが適切かは、常に問い続けられるべきと考えています。上に紹介した実用化戦略調査研究は、国民の大事にする原則を満たす革新技术に至りつくためのダーウインの海の地図を描こうとするものでしょう。したがって、この問答においては、まずは「そこで国民が大事にする原則に適合する革新技术が誕生したといえるか？」と問いましょう。そして、この問いに対する答えがイエスなら、それを売り出す民間企業がいるかと問い、いなければ、市場整備を行うために政府が実証に乗り出すべきかどうかを判断します。新技术が市場性を有するには、技術のみならず、それを用いる技能と経験、それを生み出す生産、試験施設、そして経営と組織が必要であり、これは実証活動を通じて整備するべきだからです。

一方、最初の問いに対する答えが否の時は、「今後、この海を泳ぎまわっていて市場性のある革新技术が誕生する可能性があるか」と問い、答えがイエスなら、その誕生へのロードマップを求め、同等の公共性を有する革新エネルギー供給技術候補を生み出す活動と比較しつつ、これを競争力の点で誤った勝者を選ばないことに留意して吟味して、比較優位性が認められる限りにおいて、できる限り民間の費用分担を求めつつ、このダーウインの海で実証段階へ移行可能な技術探索活動を継続させることになります。この探索には実用化に動機付けられた大学と国研での基礎研究が有用ですから、相互裨益のネットワーキングをより強化することも求めることになると思います。

ここで強調しておきたいことは、この実用革新技术探索活動を多面的に行い得るためには、この技術が国家利益にとって枢要であること、そして、この探索を国の事業としてそのように実施することについての広範な政治的支持が必須だということです。もちろん、原子力委員会にはこの研究の定期的評価に基づいて、この活動の枢要性を説明していく責任があるわけですが、実施者自らも、その活動にいかなる困難をも乗り越える決意を裏付けるほとばしる熱意・熱情を、実用化すべき技術の姿のみならず、その進め方についても、広範な国民の理解と支持が得られているかどうかを絶えずクールにチェックし、必要なコミュニケーション活動を行うプロジェクトリスク管理活動にも振り向けることを忘れないでいただきたいと思います。考える次第です。

最後に、やや話題が飛びますが、このF B R研究開発活動をめぐる外部環境として常に気配りを忘れてはならない核不拡散体制をめぐる最近の動きについて、所見を述べたいと存じます。ご承知の方が多いと存じますが、昨秋にはエルバラダイ I A E A 事務局長から、今月にはブッシュ米大統領から、このことをめぐって新しい提案が国際社会に向けてなされています。たとえば、ブッシュ大統領は、1) 拡散安全保障イニシャティブ (PSI) の拡大、2) 国連安保理による不拡散決議案の迅速な採択、3) G 8 グローバルパートナーシップ適用範囲の旧ソ連諸国以外の地域への拡大、4) NPT の抜け穴の遮断のため、民生用燃料の提供保証を通じて新たな国の核兵器製造に転用される得る核物質製造 (濃縮・再処理) への参入防止、5) IAEA 追加議定書署名の義務化、6) IAEA 理事会の下に保障措置・検証特別委の設置、を提案しています。

N P T 締約国である我が国は、国際社会における原子力の平和利用の進展に寄与する、国際核不拡散体制の有効性の維持・強化に貢献するとの方針に則って今後とも、機会ある毎に、N P T 非加盟国に対して加入の重要性を説得することや、追加議定書の締結・履行を呼びかけていくことにしているところ、これらの提案を、この方向にモーメンタムを与えるものという点で、評価します。また、今般、パキスタンの核関連技術流出に関する調査、また、リビアによる大量破壊兵器の放棄決定等の結果、広範な国際的な「闇市場」における活動が具体的に明らかになりつつあるところ、これらの情報は当然、今後の内外の不拡散政策に反映されるべきであり、特に、国際的な不拡散枠組みがあったにも係わらず、このような「闇市場」を通じた拡散が行われたことは深刻に受け止めるべきで、国際不拡散体制の一層の強化のために関係国と協力して適切な措置を講じるべきと考えます。ただし、これらを超えて核保有国と非保有国等の差別を一層深くし、あるいは主権を制限する国際的制度によって核不拡散の目的達成を行おうとする場合には、N P T 上不当な制約でないことを確認した上で、そのフィージビリティや費用効果比を十分に吟味する必要があると考えています。

以上、わが国の原子力政策との関係においてF B R 研究開発活動について現在私が考えているところの一端をお話させていただきました。終わりにあたって、ご清聴を感謝申し上げますとともに、本日のシンポジウムが実り多いものであることをご祈念申し上げます。