特別企画 我が国の核燃料サイクル

日本の核燃料サイクル
その意味と歴史的重み

原子力発電環境整備機構 河田東海夫

2011年3月の東京電力福島第一発電所事故の深刻な影響は、国民に大きな衝撃を与え、世論は脱原発に大きく傾いている。こうした中で、政府は昨年より、原発への依存度低減を主軸にしたエネルギー政策の見直しを進めている。本報告では、わが国が原子力の開発・利用を進め、特に核燃料サイクル政策では再処理リサイクル方式を選択してきた歴史的経緯を振り返り、その意味をあらためて検証してみる。

わが国の原子力開発・利用の歴史は、「技術力を資源とする巨大電力生産システム」の構築に向けた壮大な努力の歴史である

1953年12月の国連総会で米国のアイゼンハワー大統領が「Atoms for Peace」演説を行った3ヵ月後の1954年(昭和29年)3月2日、改進黨の青年将校といわれた当時30歳の中曽根康弘議員は、予算委員会最終日の採決直前に、2億3千5百万円の原子力予算を盛り込む予算修正案を急遽提出し、これを認めさせることに成功した。敗戦国であり被爆国であるわが国も原子力の平和利用で遅れを取ってはならないとの熱い思いからであった。日本の原子力は、こうして産声をあげ、エネルギー資源小国における「技術力を資源とする電力生産システム」構築に向けての努力が開始された¹⁾。

特に、1973年の第1次オイルショックは、技術産業立国として生きる日本におけるエネルギー安全保障の重要性を再認識させ、発電部門では、石油依存を低下させ、「ベストミックス」を目指すべく、原子力利用拡大が加速された。発電装置である原子炉としては、世界的に低濃縮ウランを燃料とする軽水炉が普及し、わが国では、2010年末時点で54基が稼働、総設備容量は約4,900万kWに至り、総発電量の約3割を支える基幹電源へと成長した。第1図に、発電容量の歴史的変遷を、関連する主要な核燃料サイクル事業の展開とともに示す。

原子力発電を安定的に続けるためには、燃料供給の安定性確保に加えて、いわゆる「バックエンド」に関する確たる方針と具体的なシステム作りが不可欠である。バックエンド政策に関しては、ウラン資源も輸入に頼らざるを得ないわが国では、当初からウランの利用効率を上げる「再処理リサイクル」路線が選択され、再処理技術や、

それに伴うMOX燃料利用、廃棄物処分の技術などを実産業として具現化するための努力が営々と続けられてきた。六ヶ所村における日本原燃の再処理施設や廃棄物関連施設などは(すべてが完成しているわけではないが)、そうした長年にわたる努力の結実である。

高レベル放射性廃棄物(高レベル廃棄物)の処分問題は、原子力利用を安定的に続ける上で、ぜひとも解決すべき事項であり、四半期にわたる研究過程を経て、2000年に地層処分を事業として進めるための法律と体制が整備された。実施主体としての原子力発電環境整備機構(NUMO)の活動は、いまだ処分場候補地選定の第一段階である文献調査に入らずに今日に至っているが、実現に向け国民的理解をさらに深める努力が求められている。

資源に恵まれないわが国にとって、ウランの利用効率を格段に高める高速増殖炉サイクルは当初から魅力的なオプションであり、その実現に向けての研究開発が、困難に遭遇しつつも地道に続けられている。

狭い国土に1億人を超える国民を抱えるわが国は、工業中心の産業で生きることを運命付けられており、良質な電力の安定供給は、その産業を支える重要な基本要件の一つである。わが国の原子力開発・利用の歴史は、エネルギー資源に乏しい中で、長期的な電力安定供給を盤石にすべく、官民が協力して「技術力を資源とする巨大電力生産システム」の構築に向けて挑んできた壮大な努力の歴史であり、各地の原子力発電所や六ヶ所村の核燃料サイクル関連施設は、単に技術面の課題克服だけでなく、立地地域との信頼関係構築という政治・社会的に最も困難な過程をも包摂した、巨大な国民的財産である。

Nuclear Fuel Cycle in Japan—It's Historical Implications:
Tomio KAWATA.

(2012年 2月27日 受理)

第1図 日本の原子力利用の歴史

非核兵器国でありながら、核燃料サイクルを進めるわが国の特異な地位は、国際政治上きわめて貴重な日本国民の無形資産である

わが国の核燃料サイクルは、1970年代、国際政治の荒波の中で大きな難局に遭遇した。それは、1974年、インドが核実験を行い、世界に大きな衝撃を与えたことに端を発する。1977年に発足した米国のカーター政権は、核不拡散対策を最重視する立場から、米国における再処理と高速増殖炉開発を凍結する劇的な原子力政策変更を発表した。当時、日本は、動力炉・核燃料開発事業団(動燃)の東海再処理工場がホット試験開始直前であり、日米原子力協定で米国籍の燃料の再処理は事前協議対象であったことから、試験開始の是非をめぐり、日米政府間で厳しい対立が起きた。当時の福田首相とカーター大統領の直接会談の後、日本側は宇野宗佑科学技術庁長官を筆頭に、外務省、通産省の協力と、動燃実務陣の支援のもと、挙国一致体制を築いてこれに対応した。再処理工場の合同調査を含む、半年間、3次にわたる粘り強い交渉の末、遂に米国に2年間99トンの試験処理を容認させ、東海再処理工場のホット試験が開始された²⁾。

その後、原子力技術と核不拡散規範との両立に関する議論は、カーター大統領の提言で発足した国際核燃料サイクル評価(INFCE)というさらに大きな舞台に移された。INFCEでは、最終的に59ヶ国と6つの国際機関から500人を超える専門家が参加し、核不拡散の観点から、再処理、濃縮、プルトニウム利用などについて、2年以上にわたり集中的な評価検討を行った。その結果、1980

年2月に2万ページを超える報告書をまとめ、「保障措置技術の改良を進めるとともに、国際制度の整備や核不拡散に有効な技術代替手段の確立を図ることによって、核不拡散と原子力の平和利用は両立しうる」との結論を公表した。日本は、この大きな国際検討の場においても、英国と共に再処理やプルトニウム利用を検討する第4ワーキンググループの共同議長国を務めるなど、積極的な貢献を行った。こうした活動に加え、この大事な時期に再処理工場の運転をすでに開始しており、自主技術による濃縮パイロット施設の稼動を間に合わせたという実績によって、わが国は、非核兵器国でありながら、再処理や濃縮など、核燃料サイクルの要となる事業を自ら行える国としての特異な地位を確保すること成功した。

核拡散防止条約(NPT)加盟国であるわが国の原子力活動には、国際原子力機関(IAEA)の保障措置制度に基づく厳格な国際査察が適用されるが、その後、追加議定書を批准し、2004年9月から統合保障措置が適用されたことで、現在では査察業務について一定量の低減措置が講じられている。統合保障措置は、IAEAによる広範かつ綿密な調査の結果として、核物質の不正転用や、未申告の原子力活動などの不正がないことが確認された「優良国」のみに適用される制度である。2004年のIAEA総会でエルバラダイ事務局長は、「日本が先進的な核燃料サイクルを進める国として統合保障措置の適用を受ける最初の国になったことをお知らせでき、大変喜ばしい」と述べた。わが国への統合保障措置適用は、産業成熟国においては核燃料サイクルと核不拡散規範が両立しうる

ことを示す模範例であり、国際的に大いに誇るべきことといえる。核不拡散の領域におけるわが国の長年にわたる模範的態度は、核燃料サイクル推進国であるわが国への国際信用強化に大きく貢献している。

日本はNPT下の非核兵器国として再処理を含む核燃料サイクル事業全体を推進する唯一の国家であるが、この特異な地位は決して容易に得られたものではない。上述したように、早くから自立的な核燃料サイクル実現に努めてきた先人の先見性と、日米再処理交渉とその後のINFCEにおける挙国一致体制による奮闘によって獲得した、国際政治上きわめて貴重な地位であり、一旦放棄すれば2度と回復不能な、日本国民の重要な無形資産である。

高速増殖炉サイクルは新たな燃料調達を不要とし、「技術力を資源とする恒久的巨大電力生産システム」であり、化石燃料枯渇時代の救世主となりうる

ところで、世界で最初に原子力発電を行ったのは、米国的高速増殖炉EBR-Iである。EBR-Iは、1942年12月に人類最初の核分裂連鎖反応炉CP-1の実験を成功させたエンリコ・フェルミの右腕で、アルゴンヌ国立研究所の初代所長となったウォルター・ジンが、アイダホに建設した実験炉で、小型発電機を持ち、1951年12月20日にはじめて4個の電灯を灯した。原子力の黎明期、ウランは希少資源と考えられており、フェルミらのグループは、原子力の本格的平和利用のためには、非核分裂性のU-238をプルトニウムに転換して燃やせる高速増殖炉が不可欠であると考え、戦後早い時期から開発に着手した。

その後、低濃縮ウランの民生利用の道が拓けたことや、世界各地でウラン資源開発が進んだことから、構造的により簡単で経済性に優れる軽水炉が世界的に普及した。

しかしながら、軽水炉利用体系の根本問題は、基本的に天然ウラン中に0.7%しか存在しないU-235の核分裂を利用するシステムであることから、ウラン資源の利用効率が1%に満たない、極端な「資源浪費システム」であることである。使用済燃料を再処理し、リサイクル利用することは可能であるが、それでもウラン資源の節約は10~20%に留まる。軽水炉体系のみに依存し続ける限り、地中のウラン資源も、化石燃料とさほど変わらない時間オーダーで消耗してしまう。

第2図に、電気出力100万kWの軽水炉と高速増殖炉を1年間運転するのに必要とする天然ウラン供給量の概念的比較を示す。軽水炉では、毎年170トンの天然ウランの供給が必要であるが、高速増殖炉の場合、燃料をリサイクル利用することにより、外からのウラン供給は毎年1トンで済み、しかもそのウランは天然ウランではなく、ウラン濃縮で残渣として大量に生ずる劣化ウランでもよい。この図から分かるように、高速増殖炉サイクルは、原理的には軽水炉に比べて170倍のウラン利用効率

第2図 軽水炉と高速増殖炉の比較

を達成できる。

高速増殖炉という、日本では「プルトニウムを燃料とし、燃やした以上のプルトニウムを生産する炉」との認識が広まっているが、筆者は「燃えないウラン(U-238)をプルトニウムに変換しつつ燃やし尽くす炉」と解釈したほうが、その性格をよりの確に表しているように思う。

2005年時点で、ウラン濃縮で生じた劣化ウランと再処理で回収され残存するウランの蓄積量は、全世界で約160万トンに上る。世界の原子力発電の総設備容量(重水炉なども含む)は現在約38,000万kWであるが、仮に増殖炉サイクルが実現したとすれば、160万トンのウランは、38,000万kWの発電所の2,000年分以上の燃料となる。したがって、高速増殖炉サイクルの実現は、既に地上に掘り出され、残存しているウランだけで、人類に「半恒久的な巨大電力生産システム」をもたらす。この電力生産システムは、燃料供給面ではあらゆる束縛から完全に解放されるため、まさに「技術力を資源とする巨大電力生産システム」の究極の姿といえる。このようなシステムは「化石燃料枯渇時代の救世主」たりうる資格を持っている。

高速増殖炉技術は、「もんじゅ」の事故による長年の停止とその後の修復過程でさらにトラブルを生じたことから、メディア報道は概して批判的であり、その結果、特にナトリウム冷却は実用化の障壁が高い技術との印象がすっかり定着してしまった感がある。しかしながら、ロシアでは、1982年に運転を開始した発電炉BN 600(電気出力60万kW)が、2008年までの27年間の平均稼働率で約74%を達成しており、また米国では1994年に閉鎖された高速実験炉EBR-II(電気出力2万kW)が最後の10年間に約80%の平均稼働率を達成している。わが国的高速実験炉「常陽」も、発電能力はないが、大きなトラブルもなく約30年間の運転を続けてきた。このように、高速増殖炉は、現状技術でもきちんとした管理をすれば安定運転が可能な炉であり、現にロシアはBN 600の良好な運転実績を背景に、現在、電気出力80万kWの炉の建設を進めており、さらに出力1,200万kWの炉の建設も計画している。また経済発展が著しいインドでは、25年に

わたる高速実験炉の運転経験をもとに建設を進めている出力50万kWの原型炉が既に完成しつつあり、その後、2023年までに同規模の実用炉を6基建設するという意欲的な計画を進めている。わが国では経済性の面で直ちに高速増殖炉を導入するインセンティブはなく、次世代炉として更なる経済性や安全性の向上を目指す研究が進められているが、必要性が高まればいつでも実用化に向けて開発を加速できる技術基盤は整っている。いわば「必要になれば手の届く技術」なのである。

高速増殖炉サイクルは、使用済燃料中に蓄積するアメリカシウムなど、いわゆるマイナー・アクチニド元素(MA)をも回収リサイクルすることで、高レベル廃棄物の発熱を低減させることができ、その結果、同じ発電量あたりで必要とする処分場面積を、軽水炉サイクルの場合の約半分に縮減できる。仮に2010年末時点の発電規模がずっと続くとした場合、1世紀の発電で必要とする処分場面積は12km²程度で済み、これはほぼ東京国際空港(羽田空港)の敷地面積に相当する。この程度の処分場であれば、1世紀にわたる国民への電力供給の1/3を原子力発電でまかなう結果の代償としては、国民にとって十分受容可能な範囲ではなかろうか。このように、高速増殖炉サイクルは、廃棄物処分の面からも、負担がより少ない電力生産システムなのである。

廃棄物処分における社会的負担軽減は発電大国にとっては重大事であり、再処理リサイクル方式はその目的により良くかなう選択肢である。

話が突然、増殖炉サイクルに飛んでしまったが、ここで現在の軽水炉に話を戻そう。軽水炉時代の核燃料サイクルには、基本的に直接処分方式と再処理リサイクル方式の2つのオプションがあり、わが国は前述のように後者を選択している。もう一つ、使用済燃料を長期貯蔵するというオプションもあるが、それは一言でいえば決断先送りであり、選択への社会合意が難しい段階での暫定措置に過ぎない。ただし、どちらの方式をとるにせよ、一定規模の使用済燃料貯蔵能力(中間貯蔵能力)を確保することは、バックエンド管理を適正に進める上での余裕代として極めて大切である。

直接処分方式は、再処理リサイクル方式に比べ、経済的にはバックエンドコストが1割(発電原価にして1円/kWh)前後節約できる。その一方で資源利用効率は若干劣り、高レベル廃棄物処分場の必要面積は2倍前後大きくなる。発熱体であるプルトニウムをも一緒に埋設しなければならないことに起因する。再処理リサイクル方式のメリット・デメリットはちょうどその裏返しで、経済的には若干不利であるが、回収されるプルトニウムを再利用することでウラン資源を1~2割節約するというメリットに加え、高レベル廃棄物処分場の必要面積を直接処分の場合に比べ半分前後に縮減するという大きなメ

リットを持つ。

現在、世界の主要な原子力利用国では、高レベル廃棄物処分実施に向けての様々な努力が続けられており、処分地確保に成功した国も未達成の国も、いずれも立地から社会合意形成に大変な苦労を重ねている。そうしたことから、特に発電規模の大きな国にとって、処分場の必要面積が小さくて済むことは、社会全体にとっては、わずかな経済的メリットを凌駕する大きなメリットとなる。実際に発電規模が2,000万kWを超えるような国(フランスやロシア、日本)や、これから大幅な規模拡大が見込まれる国(中国やインド)では、再処理リサイクル方式を採用または計画している。世界で原子力発電を行う国は30ほどあるが、再処理リサイクル方式を採用国の数はその1/4強に過ぎない。しかし設備容量的には世界の半分近くを占めており、今後、中国やインドの急速な原子力利用拡大で、その比率は大きく上昇すると見込まれる。これらの国は、いずれも長期的には高速増殖炉サイクルを実現すべく、着々と準備を進めている。なお、再処理を行うと、いわゆるTRU廃棄物が発生し、かえって廃棄物量を増やすとの批判がある。しかしTRU廃棄物は発熱が小さいため、コンパクトに埋設でき、高レベル廃棄物の処分場に比べればはるかに狭い処分場で済む。

原子力利用国のうち3/4弱の国が当面、直接処分方式を採用しているが、米国を除くとそれらの国の総設備容量は世界の1/4を占めるにすぎない。これらは、発電規模の比較的小さな国(スウェーデンやフィンランドなど)や、原子力廃止を目指す国(ドイツなど)であり、処分すべき廃棄物の量が限定されるので、直接処分における処分場の必要面積増大は大きなデメリットにならない。

3月の東電福島第一発電所事故以来、政府は脱原子力依存に大きく舵を切ったが、現在、急速に進みつつある産業空洞化のこれ以上の進行を抑えるためには、電力供給の安定化が必須要件の一つであり、そのためには一定規模の原子力発電の維持が必要なのは明らかである。仮に現在のレベルから半減してもわが国はなお大規模原子力発電国であり、その運転安定性を保証する現実的手立てとして、再処理リサイクル方式の堅持が必要である。

大規模発電国で直接処分方式をとる唯一の例外は、世界最大の原子力発電国である米国で、1977年のカーター政権以来、核拡散への懸念から再処理リサイクル方式を止め、以来直接処分方式を堅持している。米国では、ネバダ州のヤッカマウンテンを処分場にする計画が進められてきたが、ブッシュ政権時代の関係者は、このまま直接処分を続けると埋設効率が悪いと、今世紀中にヤッカマウンテンと同規模の処分場が何個も必要になるという厳しい現実を、切迫感をもって認識していた。そのため彼らは、いわゆるGNEP計画の一環として、再処理政策への回帰により処分場の実効的処分容量を5倍以上拡大することを目論んだ。しかし、オバマ政権になって

地元ネバダ州選出の実力議員の強引な反対で、既に安全審査が進められていた処分場計画が放棄されることになると、その切迫感はあっけなく消え去ってしまった。

エネルギー省は、行き場を失う使用済燃料の代替管理方策を検討するブルーリボン委員会(BRC)を2010年に立ち上げ、その最終報告が本年1月末に公表された。同報告書は、「恒久的な地層処分施設と集中中間貯蔵施設の両者の実現のための可能な限り迅速な取組」を求め、その推進に当たっては、エネルギー省直轄ではなく、「使用済燃料管理の専任組織を新たに作り」、「立地プロセスは段階的で合意形成を重視した方式」にすべきと勧告した³⁾。すでに6万5千トンに達する使用済燃料の累積が今後さらに増え続かざるを得ない中、今世紀中に処分場がいくつも必要となるという厳しい現実を解消するための処方箋は示されなかった。広大な土地を有する米国では、発電所サイトでの貯蔵能力増強については、地元自治体や住民との間でさしたる問題は起こらないという事情は、狭い人口過密国家日本とは根本的に異なる。

直接処分は、「プルトニウム鉱山」問題という厄介な核拡散リスクを将来世代に残す

直接処分におけるプルトニウムの埋設は、わが国では一般にはあまり説明されることがない「プルトニウム鉱山問題」という大変厄介な将来へのツケを残す。直接処分では、埋設当初は核分裂生成物の高い放射能によりプルトニウムが防護されるが、300年後にはその放射能の大部分が減衰してしまい、プルトニウムへの接近や回収の困難性は著しく低減してしまう。300年後に悪事をたくらむ国家にとっては、直接処分場の埋設物はきわめて魅力的な兵器原料となりうるのである。今のところ直接処分計画は米国やスウェーデンなど、安定でしかも限られた国で進められており、この問題を、深刻に問題視せずに済ませてきた。この問題は、処分場を国別でなく多国間で共同運営することで、ある程度リスク軽減が可能だが、それにしても埋設場所が世界各地に増え過ぎたり、埋設量が膨大になりすぎると、世界的に管理不能な核拡散リスクになる危険性ははらんでいる。仮にわが国が直接処分方式をとり、これまでの設備容量のまま1世紀発電を続けると、その結果として1,000トンを超えるプルトニウムを地下埋設することになる。この点を真面目に検討すれば、「プルトニウムを発生する世代がそれを使い尽くす再処理サイクル方式のほうが、プルトニウム鉱山を残さないため、トータルで見れば核拡散リスクは小さい」といえるかもしれないのである。少なくとも、再処理サイクル方式の核拡散リスクは国際保障措置の厳格な適用で管理可能なことは、長年の実績が示してきたところであるが、プルトニウム鉱山の将来リスクが管理可能なかどうかについては、これまで真面目に検討されたことがない。核不拡散分野では主に米国でプ

ルトニウム利用に反対の学者が主導権をとってきたが、彼らはこの「不都合な真実」に正面から対峙することを避けてきた。しかし今後、アジアやアラブなどで原子力参入国が増えると、いつまでも無視できない問題になるだろう。昨今の世界情勢は、サミュエル・ハンチントンが指摘した「文明の衝突」の様相を顕にしており、300年後の世界が今より平和で安定な世界になるという保証はどこにもないのである。

軽水炉サイクルはウラン利用の暫定システムで、様々なツケを残すが、増殖炉サイクルに引き継ぐことにより解消され、理想型のサイクルが完結する

再処理サイクル方式をとる場合、我が国では「全量再処理か、部分再処理か？」という議論と、「MOX 使用済燃料(プルサーマル使用済燃料)はどうするのか？」という議論がある。

この問題に答えるためには、そもそも現在主流の軽水炉というシステムは、

- (1) ウラン資源の利用効率が1%にも満たない「資源浪費型システム」である
- (2) 運転で生成するプルトニウムを完全消費することができない「後始末未完結型システム」である

という、いわば理想型原子力システムに至る手前の、暫定的ウラン利用システムであることを理解しなければならない。

軽水炉においても、プルトニウム燃焼は可能ではあるが、その特性から一旦、炉に入れたプルトニウムは「高次化」という現象により核分裂性能が低下してしまうため、多重リサイクルが困難なシステムであり、そのためにプルトニウムを燃やしつくすことができないのである。高次化したプルトニウムを無理に多重リサイクル利用しようとする、核分裂性能劣化分を補うために、MOX 燃料として混合する相手のウランの濃縮度を若干上げる必要が生じて経済性が悪くなるほか、高レベル廃棄物の発熱が一層増加してしまい、地層処分への負担を著しく増大させる。こうした問題を避けるためには、MOX 燃料は1回の使用にとどめ、その使用済燃料は長期保管し、高速増殖炉サイクルへの移行の時期がきたときに再処理・回収して、高速増殖炉燃料として燃やすのが最も合理的な使い方となる。高速増殖炉では、高次化したプルトニウムやアメリシウムなども燃やすことができるので、廃棄物処分への負担が大きく軽減できる。なお、MOX 使用済燃料の長期保管は、プルトニウムが核的に十分劣化しているので核拡散上の脅威にはならない。

軽水炉は、当分原子力発電のエースであり続けるであろうが、前述したように、あくまでもウラン利用の暫定的システムであり、大量の濃縮残渣の劣化ウラン、燃やせない高次化プルトニウム、MA などを残す。それらのツケは、高速増殖炉サイクルが実用化されてはじめて全

てが解消され、資源を最大限有効活用し、廃棄物を極小化する理想型のサイクルが完結する。

高速増殖炉サイクル技術が実用化に至り、退役する軽水炉を順次増殖炉に置き換える段階では、100万 kW の増殖炉 1 基あたり約16トンのプルトニウムを必要とするので、大量のプルトニウムの供給が必要となる。しかしその必要量は、その段階で残存する軽水炉(数は順次減っていく)から排出される使用済燃料の再処理で回収されるプルトニウムと、順次増えていく高速増殖炉で生産される余剰プルトニウムを合わせても、大きく不足する。この不足分を埋めるためには、移行期用のプルトニウム供給源としての軽水炉使用済燃料をかなり大量に備蓄しておく必要がある。このときに、プルトニウム濃度が高い MOX 使用済燃料は、きわめて効果的なプルトニウム供給源となるので、この観点からも軽水炉時代には再処理せずに備蓄しておくことが望ましい。その上さらにウラン燃料の使用済燃料も 1 万トン以上備蓄しておく必要がある⁴⁾。

六ヶ所再処理工場の再処理能力は年間800トンで、年間の使用済燃料排出量を1,200トン(設備容量6,000万 kW の発電に相当)とした場合、毎年400トンの使用済燃料(一部 MOX 使用済燃料を含む)が残り、それらが中間貯蔵に回されることになる。しかし、その結果、40年間に蓄積する使用済燃料の量は、40年後に高速増殖炉への移行を開始するとした場合に必要とする備蓄量におおむね等しくなる。六ヶ所再処理工場の処理能力は、こうしたことを意図して決めたわけではなかろうが、将来的な高速増殖炉への移行を想定する場合には、結果的にきわめて適切な設定であったといえる。移行開始が遅れるとその分備蓄量が増えるが、その場合は新設する高速増殖炉の増殖比を備蓄量増加に応じて小さくすることで、プルトニウムの余剰をなくすることができる。

核燃料サイクル政策見直しにおける重要な視点： 関係地元とのよき信頼・緊張関係の歴史的重み

2011年3月の事故以来の脱原発に向けての世論の高まりの中、現行の核燃料サイクル政策に対しても批判が高まっている。こうした中、原子力委員会では、同年9月に原子力発電・核燃料サイクル技術等検討小委員会(サイクル検討小委)を設置し、この問題に関する集中的な討議を重ねている。議論は5つの技術オプションの比較検討を中心に進められているが、争点の中心は、現行の再処理リサイクル政策を堅持するか否かである。

第1表に、議論の両極端である、再処理リサイクル方式堅持と直接処分方式への変更の比較を示す。(1)～(5)は数値的な比較が可能な項目であり、(6)以降は変更による社会的影響など数値での比較が難しい項目である。これらの比較項目の中で、直接処分が有利なのは経済性のみであり、それも発電原価にしてわずかに1円/kWh 前後

の差でしかない。他の発電手段のコストの不確実性や揺れ幅がはるかに大きい中、政策決定上ほとんど議論に値しない差である。その一方、直接処分選択は、経済性以外の項目ではほとんどが不利になり、中でも、処分場立地への障壁増大や、青森県との信頼関係の破壊、日本各地における多数の使用済燃料中間貯蔵施設立地の必要性発生、などといった、原子力事業を推進する上で最も難しい社会合意に関連する大きなデメリットが目立つ。これらのデメリットは、民間の経営努力でだけで解決できるものではなく、政治による周到な取組と理解醸成のための長い時間を必要とし、対応のわずかな齟齬が政治的八方塞がり状態を生み出すリスクがきわめて高い。

現在の核燃料サイクルの諸スキームは、関係する地元との信頼構築に向けての長年にわたる様々な努力の上に成り立っている。立地にかかわる過去の諸活動には、現在のモラルスタンダードからすれば誉め難い事例があったことは否定しないが、それでも今日築かれている関係地元との信頼と緊張のよきバランス関係は、国民にとってかけがえのない歴史的財産である。サイクル検討小委の議論やその後の政策決定において、この問題が軽視されないことを望む。

もう一つの重要な視点： 増殖炉サイクル実現に向かう航海の最優先切符を、「人力車と自動車の経済性比較」で捨てるような愚行は避けよ

現行政策の維持にはもう一つの重要なメリットがある。それは、軽水炉時代における再処理リサイクルは、「高速増殖炉サイクルを実現する産業・社会インフラへのかけ橋」としての役割を果たせるということである。再処理という事業は技術的にも複雑であり、産業として定着させるためには、トラブルも含めて実業としての諸経験を積み重ね、その過程で遭遇する課題を一つ一つ乗り越えることで成熟する。現在、六ヶ所再処理工場では、ガラス固化工程でのトラブルが続き、本格運転開始が大変遅れている。そうした状態には社会的批判が高まっているが、大局的に見ればこれも新技術を産業として定着させる上で通過しなければならない「陣痛」の過程といえる。高速増殖炉サイクル実現に向けては、国際的な保障措置との関係でもより調和的に事業を進める条件を育み、また日本社会全体としてより良く共存していける素地を育てていく必要がある。軽水炉時代に再処理リサイクル方式を取ることは、こうした社会的側面で求められる条件整備を実務経験の積み重ねで進めることができる。こうした経験の積み重ねは、高速増殖炉サイクル時代に必要とする技術的、社会的インフラの強固な基盤形成に役立ち、これも「金では買えない国民の財産」となる。わが国は主要先進国中エネルギー自給率が最も低い、再処理事業を持ち、高速増殖炉サイクルの研究体制を有することで、「技術を資源とする恒久的巨大電力生産シ

第1表 2つの選択肢の比較

比較項目	直接処分方式	再処理リサイクル方式
(1)発電原価(経済性)	1円/kWh 前後節約	1円/kWh 前後割高
(2)ウラン資源利用効率	約0.6%	約0.7%(1~2割向上)
(3)50年分のサイクル廃棄物の処分場必要面積	高レベル廃棄物: 羽田空港敷地の1.5~2.3倍(処分場立地の負担増大)	高レベル廃棄物: 羽田空港敷地程度 TRU廃棄物: 羽田空港敷地の1/10以下
(4)50年分のPu埋設量	600トン ・恒久的保障措置適用 ・処分場住民合意の障壁増大	5トン前後(濃度希薄)
(5)使用済燃料中間貯蔵施設	6万トン程度必要(むつ中間貯蔵施設20ヶ分) ・各地で新たな立地活動が必要	バッファーとして1万トン前後(3千トン分はむつで確保済み) (ガラス固化体貯蔵施設用敷地は六ヶ所に確保済み)
(6)高レベル廃棄物最終処分制度	処分制度要変更 ・法律の変更 ・新たな技術開発	変更不要
(7)立地地域との信頼関係	青森県との約束反故による国の信用失墜 ・現在再処理工場に保管中の使用済燃料の発生元への返還要求、むつの中間貯蔵計画の頓挫などのリスク	—
(8)再処理事業への投資の資本回収	不可能	可能
(9)核不拡散性	・Pu利用に伴う核拡散リスク回避 ・Pu鉱山問題による将来世代への管理不能な核拡散リスクを残す可能性がある	・Pu利用に伴う核拡散リスク(保障措置の適用により管理可能なリスク) ・基本的にPuを現世代で利用するシステムであるため、Pu鉱山問題を生じず、将来世代に管理不能な核拡散リスクを残さない
(10)将来の増殖炉サイクルへの橋渡し	不可能(化石燃料消耗時向け保険の放棄) ・技術とインフラの断絶 ・再処理国としての地位放棄	可能(化石燃料消耗時向け保険維持)

システム」実現に向かう航海の最優先切符を持っている。

これまでたびたび軽水炉と高速増殖炉の経済性比較が行われ、「ウラン価格の上昇を考慮しても、当分軽水炉のほうが安い」との評価が下されている。しかしながら、前に述べたように、そもそも両者の機能や役割は全く異なるのであり、また期待される活躍時期も異なるので、経済性比較は、いわば「自動車は人力車より不経済」とするのと同様で全く意味をなさない。そうした無意味な比較を判定条件として高速増殖炉開発の継続可否を判断するのは、全く誤りである。サイクル検討小委における議論においては、そうした愚行はぜひ避けていただきたい。

長い夜の一本のマッチの輝き

長い人類史の中で、現代の我々はエネルギー消費の面で「極めて異常な過渡状態」の中に住んでいる。第1次オイルショックの後遺症が残る1976年、米国地質学研究所の M. King Hubbert は、第3図に示すように、人類が長い歴史の中のほんの数百年で化石燃料を使い尽くすデルタ関数状の曲線を示し、「長い夜の一本のマッチの輝き」と呼んだ⁵⁾。石油資源の将来には既に陰りが見え始めている中、2つの人口大国中国とインドの急速な経済成長が重なり、世界的なエネルギー争奪戦が始まっており、我々は、「マッチの輝き」が永遠でないことを実感と

して感じられる時代に入ってきている。

今日の大量の化石燃料消費は地球温暖化を招き、この問題からも人類は「省エネ」とエネルギー生産における「低炭素化」に向け待ったなしの対応を迫られている。こうした中、今後、新エネルギーを含む再生可能エネルギーの利用拡大が進むと期待されるが、枯渇に向かう化石エネルギーの全てを代替できるわけではない。エネルギーの問題をエネルギー安全保障の観点で見るときには、50年以上先への大局的な目配りも重要であり、その点から、特に基幹電源用大規模発電手段としての原子力の役割を決して軽視すべきではない。最近、シェールガスが大きな話題を呼んでおり、それはエネルギー業界に一時の安堵をもたらすかもしれないが、長期的に見れば枯渇への備えを怠ることは許されない。かつて、グリーンピースの元英国事務局長が「我々はもはや原子力を排除する贅沢は許されない」と発言したが、先進国でエネルギー自給率が最も低い日本はその最たる国といえる。

昨年事故では、環境への大量放射能放出という最悪の事態に至ってしまったため、周辺地域の多くの住民が避難を余儀なくされ、いまだ帰還の目途は立っていない。そうした厳しい現実の中、巷間に脱原発の声が日増しに高まっている。しかし、我が国が原子力を「国策民営」の旗印の下に積極的に進めてきたのは、実務には民

The rise and fall of the world's rate of consumption of fossil-fuel resources is like the flame of one match in the long night—a delta function in the darkness.

第3図 長い夜の一本のマッチの輝き

の活力を利用するものの、国として、原子力が国家のエネルギー安全保障の要石の一つであることを強く認識していたからである。仮に我が国がその要石の一つを捨てるとすれば、それは、「ますます不安定化する化石燃料市場の荒波と資源争奪戦への防波堤を持たない生き方」を選択することであり、それはとりもなおさず、人口過密資源小国日本を支えてきた技術産業立国としての生き方を放棄することにつながる。将来の国民の安寧を考えれば、やはり原子力にエネルギー安全保障の要石としての一定の役割を残すことが、当然なされるべき決定であろう。その原子力を安定に利用し続けることを可能とする現実の施策として、再処理リサイクル方式の核燃料サイクルは堅持しなければならない。こうしたことは、この時期、民意尊重姿勢を示したい政府にとっては大変つらい決断になろう。その苦労を少しでも軽減するために、これまで原子力を進めてきた側は、事故の反省を踏まえ、原子力というシステムのトータルの安全性が、技術面と管理体制などを含むソフト面との両面から格段に向上できることを、国民に分かる形で示す必要があり、また、福島地方の環境修復への積極的関与により、影響域住民の早期生活再建に貢献しなければならない。これらがどこまで成し遂げられるかによって、社会の中につくった大きな傷がどこまで癒されるかが決まる。

いずれにしてもこの機会に日本のエネルギーの将来に

ついて、開かれた国民的議論が必要であるが、「長い夜の一本のマッチの輝き」を世界で最も注意深く見守らなければならない国民は日本人であることを忘れてはならない。

—参考文献—

- 1) 森一久編，日本原子力産業会議発行「原子力は、いま日本の平和利用30年(上)，(下)」，中央公論事業出版，(1986)。
- 2) 核燃料サイクル問題研究会編，資源小国日本の挑戦 日米原子力交渉物語，日刊工業社，(1978)。
- 3) Blue Ribbon Commission on America's Nuclear Future, *Report to the Secretary of Energy*, (Jan. 2012)。
- 4) 河田東海夫，“軽水炉から高速炉への移行期にそなえて”，日本原子力学会誌，49[6]，410-415(2007)。
- 5) A. A. Bartlett, “Coal: no superabundance for US”, *Phys. Today*, (Dec. 1976)。

著者紹介

河田東海夫(かわた・とみお)
原子力発電環境整備機構
(専門分野)核燃料サイクル全般，バックエンド