

1-8 わが国の核燃料サイクル政策

1. はじめに

わが国では、原子力開発の初期の段階から、主にエネルギーセキュリティの観点から、核燃料の自前供給、使用済燃料の再処理、増殖型動力炉の導入など、核燃料サイクルの確立を目指した研究開発が進められてきた。本章では、主に2011年3月の東京電力福島第一原子力発電所（以下、「1F」と呼ぶ。）事故以降の政策の変化に焦点を当てて、わが国の核燃料サイクル政策の状況について解説する。

2. 核燃料サイクル政策の論点

核燃料サイクル政策には、以下に示すような多様な論点がある。それぞれの論点は、その時々状況で重みが変わり、互いに複雑に関係している。現状及び短期・中期・長期の状況を展望した上で、慎重な政策選択が必要である。

(1) エネルギーセキュリティ

天然のエネルギー資源に乏しいわが国は、オイルショックの苦い経験などを経て、準国産エネルギーとしての原子力利用を進めてきた。2010年時点でのエネルギー自給率¹⁾は、原子力を国産としない場合は4.4%、化石燃料に比べて備蓄が容易なウラン燃料を用いる原子力を国産とみなした場合は19.5%であり、原子力はわが国のエネルギーセキュリティ確保の観点から重要な役割を果たしてきた。また、原子力は発電の過程で二酸化炭素を排出しないため、温室効果ガスの排出量を抑制する観点からも極めて重要である。

使用済燃料に含まれるプルトニウムを再処理して取り出して再利用することを中心とした核燃料サイクルは、高速増殖炉とともに実用化できれば、ウランの利用率を約100倍と飛躍的に向上させることができる。これにより、原子力を、「準」国産エネルギーから、実質的には「純」国産エネルギーに転換することが可能である。

軽水炉使用済燃料の再処理は、高速増殖炉サイクルの実用化に向けた初期段階として位置付けられ、軽水炉から取り出されたプルトニウムは、高速増殖炉を導入するためのいわば「種火」として重要な意味を持つ。

(2) 使用済燃料の減容化

軽水炉を主力とした現在の原子力発電所において、発電に伴って発生する使用済燃料は、再処理工場へ搬出されるまで、発電所内の使用済燃料プールや乾式貯蔵設備に貯蔵しておく必要がある。一部の発電所では、使用済燃料は既に貯蔵能力の上限に近い量が貯蔵されており、

再処理工場の稼働に伴って搬出されるのでなければ、中間貯蔵施設を整備するなどして、貯蔵能力の拡大を図る必要がある。

再処理工場では、使用済燃料の燃料部分の約95%を占めるウランとプルトニウムが資源として回収され、残りの約5%を占める核分裂生成物（FP）とマイナーアクチノイド（MA）がガラス固化体として50年程度一次貯蔵された後に地層処分される。従って、使用済燃料の全体を廃棄物としてみた場合に比べ、再処理によってその容積は大幅に低減されることになる。使用済燃料を直接処分する場合と、再処理後に高レベル廃棄物をガラス固化体として処分する場合を比べると、容積は約1/4に低減できるとされている²⁾。

また、回収されたプルトニウムは新たにMOX燃料として加工される。回収されるプルトニウムの同位体組成にも依存するが、例えば新たに製造するMOX燃料のプルトニウム含有量を平均7%とすると、軽水炉の濃縮ウラン使用済燃料には約1%のプルトニウムが含まれていたことを考えれば、濃縮ウラン使用済燃料集合体7体から1体のMOX燃料集合体ができることになる。すなわち、容積が1/7に減っていることになる。なお、回収ウランについては、再利用の実績はあるが、基本的には資源として利用価値が高まるまで貯蔵されることになる。

(3) 廃棄物の有害度低減

使用済燃料には多くの放射性核種が含まれており、それぞれの半減期に従って減衰していく。プルトニウムは、軽水炉の使用済燃料の約1%（重量比）を占めるが、放射能あたりの人体への影響が大きな元素であり、これを廃棄するのではなく、リサイクルによってエネルギー源として有効利用しながら他の元素に変換していくことは、使用済燃料の潜在的有害度を低減する観点から意義が高い。使用済燃料の元々の原料である天然ウラン（自然崩壊で生じた娘核種を含む）が地中で内包していた有害度の総量に対し、使用済燃料の有害度が同じレベルにまで減衰するのに要する時間は約10万年とされるが、再処理によってウランとプルトニウムを回収すれば、この時間が数千年から1万年程度に短縮できるとされている²⁾。

また、再処理後の高レベル廃棄物は、前述のように主にMAとFPで構成されるが、この内のMAについては、回収して核変換することが原理的に可能であると考えられている。MAはネプツニウム、アメリカシウム、キュリウムといった元素であり、長寿命で人体への影響も大きい。これを短寿命核種や安定核種に変換できれば、天然ウランの有害度の総量のレベルまで減衰するのに要する時間を

約300年にまで短縮できる²⁾。

このように、廃棄物の有害度を低減するには、核燃料サイクルが確立していることが前提であり、どのような核燃料サイクルを選択するかで、有害度低減の度合いが変わってくる。

(4) 核不拡散・核セキュリティ

再処理工程によって単離されたプルトニウムは核兵器に転用される可能性があるため、平和利用に徹する日本で核燃料サイクル政策を進めるには、核拡散抵抗性の高いプロセスを採用するとともに、国際原子力機関 (IAEA) の査察に積極的に協力するなどして、国際社会からの理解を得ることが重要である。

一方、使用済燃料を長期保管したり直接処分したりする場合、100年を超えるような長期間を経ると、使用済燃料の放射能が低下して、取扱いが比較的容易になり、核拡散抵抗性が低くなる可能性がある。このため、使用済燃料の直接処分場が「プルトニウム鉱山」と化して、将来の核不拡散の観点から問題となる恐れがある。このように、現在だけでなく、遠い将来までを見据えた観点での検討が必要である。

(5) 経済性

核燃料サイクルが純粋な経済活動として成立するためには、MOX燃料を用いた発電のコストが濃縮ウラン燃料のそれを下回ることが必要である。今後、世界において原子力利用が大幅に拡大し、天然ウランの需給が逼迫するような場合は、この可能性がある。例えば、2005年10月に定められた原子力政策大綱³⁾では、全量再処理の場合は全量直接処分の場合に比べて発電コストが1割程度高いと試算されている。

より長期的な視点では、将来の高速増殖炉サイクルが、軽水炉のワンスルーを含めた他の電源よりも、発電コストの点で優れていることが求められる。これには、化石燃料の価格動向、炭素税のような環境に配慮した施策の動向、太陽光や風力といった再生可能エネルギーの価格を下げる技術革新の動向など、様々な外部要因が絡んでくる。

(6) その他の論点

原子力施設に共通の課題として、施設の計画段階から実際に稼働するまで、非常に長い時間がかかることが挙げられる。この長期にわたる施設整備の間に社会環境が変化したり、建設コストが高騰したりするため、将来が見通せない状況では、施設整備の判断は極めて慎重にならざるを得ない。

また、再処理工場に代表される核燃料サイクル施設は、国内に一つか二つ程度あれば良いといったものが多く、技術継承の観点からも、非常に難しい側面を抱えている

ことを忘れてはならない。

さらに、原子力施設を受け入れる自治体と事業者や国との間には、様々な約束が取り交わされることが多く、柔軟な政策変更の障害になることもあり得る点に注意を要する。

3. 1F事故以前における政策の概要

エネルギー資源の乏しいわが国では、原子力開発の当初から高速増殖炉と核燃料サイクルによるエネルギー自給が目標とされた。例えば、1956年の「原子力の研究、開発及び利用に関する長期計画」(第1回長計)⁴⁾では、「わが国における将来の原子力の研究、開発および利用については、主として原子燃料資源の有効利用の面から見て増殖型動力炉がわが国の国情に最も適合すると考えられるので、その国産に目標を置くものとする。」とされている。この方針に基づき、高速増殖炉と新型転換炉の開発とともに、東海再処理工場の建設・操業及び六ヶ所再処理工場の建設が進められた。なお、使用済燃料の再処理は国内で行うことを原則とするが、六ヶ所再処理工場の運転開始までの措置としては、海外への委託によって対処するものとされた(1978年第5回長計)⁵⁾。

2011年3月の東日本大震災と1F事故は、原子力委員会において原子力政策大綱の議論がなされているタイミングで発生した。それまでの原子力政策は、基本的に2005年10月の原子力政策大綱³⁾及び2006年8月の総合資源エネルギー調査会電気事業分科会原子力部会報告書である「原子力立国計画」⁶⁾に示されている。

原子力政策大綱では、以下の4つのシナリオについて、安全性、技術的成立性、経済性、エネルギー安定供給、環境適合性、核不拡散性、海外の動向、政策変更に伴う課題及び社会的受容性、選択枝の確保(将来の不確実性への対応能力)という10項目の視点から評価している。

シナリオ1：使用済燃料は、適切な期間貯蔵した後、再処理する。なお、将来の有力な技術的選択枝として高速増殖炉サイクルを開発中であり、適宜に利用することが可能になる。

シナリオ2：使用済燃料は再処理するが、利用可能な再処理能力を超えるものは直接処分する。

シナリオ3：使用済燃料は直接処分する。

シナリオ4：使用済燃料は、当面全て貯蔵し、将来のある時点において再処理するか、直接処分するかのいずれかを選択する。

その結果、「核燃料資源を合理的に達成できる限りにおいて有効に利用することを目指して、安全性、核不拡散性、環境適合性を確保するとともに、経済性にも留意しつつ、使用済燃料を再処理し、回収されるプルトニウム、ウラン等を有効利用することを基本的方針とする。」と記載さ

れた。

上記の原子力政策大綱を受けて策定された原子力立国計画では、核燃料サイクルの基本的な考え方として、「早期の軽水炉核燃料サイクル確立を目指し、必要な研究開発や立地地域を含む広く国民の理解・協力を得るための取組等を推し進めて行くことが不可欠である。」「技術の戦略性（機微性、国際的優位性など）や国の積極的関与の必要性等の観点から戦略的産業分野を定め、わが国の国内に相当規模の産業を確保することを基本戦略として、国、事業者、研究開発機関等の各関係主体が各々の役割を明確にした上で、持続的かつ自立した核燃料サイクルの関連産業の実現に向けてわが国全体として取り組んで行くことが必要である。」等と記載されていた。

これらを要約すると、核燃料サイクルは必ずしも経済性で優れているとはいえないものの、エネルギー確保、資源の有効利用、環境適合性等の観点から、国として産業化を進めることが必要な技術であるということであった。すなわち、政策選択にあたっては、先に述べた論点の内のエネルギーセキュリティが重視されたものの、地元との信頼関係の維持や、使用済燃料の行き先の確保など、様々な要因が考慮されたと言える。

4. 1F事故後の民主党政権による「革新的エネルギー・環境戦略」

民主党政権の下に作られた「革新的エネルギー・環境戦略」⁷⁾（2012年9月）では、「原発に依存しない社会の1日も早い実現」を掲げながらも、六ヶ所再処理工場については、地元との約束等を理由に「国際的責務を果たしつつ、引き続き従来の方針に従い再処理事業に取り組みながら、今後、政府として青森県をはじめとする関係自治体や国際社会とコミュニケーションを図りつつ、責任を持って議論する。」と記載された。また、当面の先行的な取組として、直接処分の研究への着手、廃棄物の減容及び有害度の低減等を目的とした使用済燃料の処理技術、専焼炉等の研究開発の推進等が挙げられた。

「原発に依存しない社会の1日も早い実現」を掲げながら核燃料サイクル政策を維持するとしていることは、中長期的なエネルギーセキュリティの論点からは矛盾するものである一方で、短期的な軽水炉使用済燃料の行き先確保が優先されたと考えることができる。また、将来の核燃料サイクルに関する選択肢を安易に放棄しないことの重要性を考慮したものとも考えられる。

5. 1F事故後の自由民主党政権による「エネルギー基本計画」

2014年4月、資源エネルギー庁は、「エネルギー基本計画」⁸⁾を発表し、政府がこれを閣議決定した。1F事故後

に策定されたわが国の原子力政策では、現時点ではこれが最新である。この中で原子力は「安全性の確保を大前提に、エネルギー需給構造の安定性に寄与する重要なベースロード電源」と位置づけられた。また、「原子力政策の再構築」として、1F事故の真摯な反省を出発点とし、「福島再生・復興に向けた取組」、「原子力利用における不断の安全性向上と安定的な事業環境の確立」、「対策を将来へ先送りせず、着実に進める取組」及び「国民、自治体、国際社会との信頼関係の構築」について記載されている。

上記の「対策を将来へ先送りせず、着実に進める取組」では、「使用済燃料問題の解決に向けた取組の抜本強化と総合的な推進」と「核燃料サイクル政策の推進」について記載されており、高レベル廃棄物の最終処分に向けた取組を抜本的に強化すること、使用済燃料の貯蔵能力を拡大するために中間貯蔵施設や乾式貯蔵施設等の建設・活用を促進すること、放射性廃棄物の減容化・有害度低減のための技術開発を推進すること、再処理やプルスーマル等を推進すること等が示されている。核燃料サイクルに関する主な記載を以下に抜粋する。

第3章 エネルギーの需給に関する長期的、総合的かつ計画的に講ずべき施策

第4節 原子力政策の再構築

4. 対策を将来へ先送りせず、着実に進める取組（中略）

核燃料サイクル政策については、これまでの経緯等も十分に考慮し、関係自治体や国際社会の理解を得つつ、再処理やプルスーマル等を推進するとともに、中長期的な対応の柔軟性を果たせる。

(1) 使用済燃料問題の解決に向けた取組の抜本強化と総合的な推進

① 高レベル放射性廃棄物の最終処分に向けた取組の抜本強化

（中略）地層処分を前提に取組を進めつつ、可逆性・回収可能性を担保し、今後より良い処分方法が実用化された場合に将来世代が最良の処分方法を選択できるようにする。

このような考え方の下、地層処分の技術的信頼性について最新の科学的知見を定期的かつ継続的に評価・反映するとともに、幅広い選択肢を確保する観点から、直接処分など代替処分オプションに関する調査・研究を推進する。あわせて、処分場を閉鎖せずに回収可能性を維持した場合の影響等について調査・研究を進め、処分場閉鎖までの間の高レベル放射性廃棄物の管理の在り方を具体化する。（中略）

②使用済燃料の貯蔵能力の拡大

(中略) 使用済燃料の貯蔵能力の拡大を進める。具体的には、発電所の敷地内外を問わず、新たな地点の可能性を幅広く検討しながら、中間貯蔵施設や乾式貯蔵施設等の建設・活用を促進するとともに、そのための政府の取組を強化する。

③放射性廃棄物の減容化・有害度低減のための技術開発

使用済燃料については、既に発生したものを含め、長期にわたって安全に管理しつつ、適切に処理・処分を進める必要があること、長期的なリスク低減のため、その減容化・有害度低減が重要であること等を十分に考慮して対応を進める必要がある。こうした課題に的確に対応し、その安全性、信頼性、効率性等を高める技術を開発することは、将来、使用済燃料の対策の柱の一つとなり得る可能性があり、その推進は、幅広い選択肢を確保する観点から、重要な意義を有する。

このため、放射性廃棄物を適切に処理・処分し、その減容化・有害度低減のための技術開発を推進する。具体的には、高速炉や、加速器を用いた核種変換など、放射性廃棄物中に長期に残留する放射線量を少なくし、放射性廃棄物の処理・処分の安全性を高める技術等の開発を国際的なネットワークを活用しつつ推進する。また、最終処分に係る検討・進捗状況を見極めつつ、最終処分と減容化等技術開発や、関連する国際研究協力・研究人材の育成などの一体的な実施の可能性について検討する。

(2) 核燃料サイクル政策の推進

①再処理やプルサーマル等の推進

我が国は、資源の有効利用、高レベル放射性廃棄物の減容化・有害度低減等の観点から、使用済燃料を再処理し、回収されるプルトニウム等を有効利用する核燃料サイクルの推進を基本的方針としている。

核燃料サイクルについては、六ヶ所再処理工場の竣工遅延やもんじゅのトラブルなどが続いてきた。このような現状を真摯に受け止め、これら技術的課題やトラブルの克服など直面する問題を一つ一つ解決することが重要である。その上で、使用済燃料の処分に関する課題を解決し、将来世代のリスクや負担を軽減するためにも、高レベル放射性廃棄物の減容化・有害度低減や、資源の有効利用

等に資する核燃料サイクルについて、これまでの経緯等も十分に考慮し、引き続き関係自治体や国際社会の理解を得つつ取り組むこととし、再処理やプルサーマル等を推進する。

具体的には、安全確保を大前提に、プルサーマルの推進、六ヶ所再処理工場の竣工、MOX燃料加工工場の建設、むつ中間貯蔵施設の竣工等を進める。また、平和利用を大前提に、核不拡散へ貢献し、国際的な理解を得ながら取組を着実に進めるため、利用目的のないプルトニウムは持たないとの原則を引き続き堅持する。これを実効性あるものとするため、プルトニウムの回収と利用のバランスを十分に考慮しつつ、プルサーマルの推進等によりプルトニウムの適切な管理と利用を行うとともに、米国や仏国等と国際協力を進めつつ、高速炉等の研究開発に取り組む。

もんじゅについては、廃棄物の減容・有害度の低減や核不拡散関連技術等の向上のための国際的な研究拠点と位置付け、これまでの取組の反省や検証を踏まえ、あらゆる面において徹底的な改革を行い、もんじゅ研究計画に示された研究の成果を取りまとめることを目指し、そのため実施体制の再整備や新規基準への対応など克服しなければならぬ課題について、国の責任の下、十分な対応を進める。

②中長期的な対応の柔軟性

核燃料サイクルに関する諸課題は、短期的に解決するものではなく、中長期的な対応を必要とする。また、技術の動向、エネルギー需給、国際情勢等の様々な不確実性に対応する必要があることから、対応の柔軟性を持たせることが重要である。特に、今後の原子力発電所の稼働量とその見通し、これを踏まえた核燃料の需要量や使用済燃料の発生量等と密接に関係していることから、こうした要素を総合的に勘案し、状況の進展に応じて戦略的柔軟性を持たせながら対応を進める。

上記に引用していないが、このエネルギー基本計画においても、民主党政権による革新的エネルギー・環境戦略と同様、「原発依存度については、省エネルギー・再生可能エネルギーの導入や火力発電所の効率化などにより、可能な限り低減させる。」としている。すなわち、中長期的なエネルギーセキュリティの観点からの原子力発電の意義は、1F事故を経た現時点では後退していると言わざるを得ない。

逆に、エネルギー基本計画で強調されているのは、「使用済燃料問題の解決に向けた取組の抜本強化と総合的な推進」である。また、これに貢献する「放射性廃棄物の減容化・有害度低減のための技術開発」の推進が大きく取り上げられている。様々な不確実性に対応するための柔軟性の確保の重要性も強調されている。

6. 資源論から廃棄物マネジメント論へ

ここまで述べたように、1F事故の前後で大きく変わったことは、これまで、主に資源論を根拠として核燃料サイクルの確立が国策とされていたが、使用済燃料を廃棄物そして核拡散抵抗性の視点からのプルトニウムととらえて、そのマネジメントとして核燃料サイクルを位置付けていることである。もちろん、事故以前にも廃棄物マネジメントとしての意義は示されていたが、今般のエネルギー基本計画では明らかに資源論よりも強調されている。原子力を継続的に進めるためには、使用済燃料の処理処分に目処をつけることが不可避であるとの認識が高まっていることを示していると考えられる。

なお、エネルギー基本計画において核燃料サイクルの意義として示されている「資源の有効利用」は、増殖によってウランからプルトニウムを積極的に生産することによる原子力の純国産エネルギー化よりは、軽水炉使用済燃料を直接処分するのでは廃棄物に移行してしまうプルトニウムを将来の不法回収以前に資源として有効利用するとの位置づけであると読み、どちらかという廃棄物の最小化の観点が強い。

7. 将来を見据えた戦略的な政策の必要性

たとえ発電に占める原子力の割合を低減する方向の政策が選ばれたとしても、これまでに蓄積している使用済燃料は処分する必要がある。わが国における高レベル放射性廃棄物の地層処分サイトの候補地選定に関するこれまでの経緯を考えると、使用済燃料の直接処分を受け入れる自治体が簡単に見つかるとは考えられない。可能な限り廃棄物を減容化し、有害度を低減した上で、最小限の廃棄物を地層処分する方針となる可能性は高い。

また、長期的には、エネルギー資源の逼迫に伴い、国産エネルギー源としての核燃料サイクルの重要性が再び脚光を浴びることも十分にあり得る。

わが国は、核兵器を持たずに核燃料サイクルの保持を国際社会から許されている唯一の国であり、この権利を手放せば二度と取り戻すことはできないだろう。このため、現在の核燃料サイクル政策を維持することは、将来の選択肢を確保しておく観点からも極めて大きな意義がある。

1F事故からの経過期間が約4年であり、依然として1Fの廃炉の見通しなどが不透明であること、わが国を取り巻くエネルギー資源の状況は以前にも増して厳しいもの

であることなどを勘案すれば、現時点で重要なのは、将来、状況に応じて柔軟な政策選択ができるようにしておくことである。しばらくは、国際社会から受け入れられるように余剰なプルトニウムを保持しないように留意しながら、放射性廃棄物の減容化・有害度低減の観点から核燃料サイクルを保持することが必要であろう。

参考文献

- 1) 「エネルギー白書2013」資源エネルギー庁, 2013年6月.
- 2) 例えば、資源エネルギー庁「今後の原子力政策について」総合資源エネルギー調査会, 基本政策分科会第7回会合, 資料1, p. 45, 2013年10月.
- 3) 「原子力政策大綱」原子力委員会, 2005年10月.
- 4) 「原子力の研究、開発及び利用に関する長期計画」原子力委員会, 1956年9月.
- 5) 「原子力の研究、開発及び利用に関する長期計画 第5回」原子力委員会, 1978年9月.
- 6) 「原子力立国計画」総合資源エネルギー調査会, 電気事業分科会, 原子力部会 報告書, 2006年8月.
- 7) 「革新的エネルギー・環境戦略」エネルギー環境会議, 2012年9月.
- 8) 「エネルギー基本計画」資源エネルギー庁, 2014年6月.

**日本原子力研究開発機構 大井川宏之
(2015年1月22日)**