

1-6 核燃料サイクルと核不拡散

1. はじめに

わが国は、これまで平和利用に限定して原子力を推進するという政策をかかげ、非核兵器国の中で、唯一「核燃料サイクル」を全面的に手がけることが国際社会により認められた状況下にあるが、このような状況に至る背景には、これまでの多くの先人達による核不拡散への多大な努力と国際貢献に依るところが大きい。

本稿では、原子力の平和利用について、核不拡散にかかる世界およびわが国の歴史を振り返るとともに、今後の原子力、特に核燃料サイクルの利用における核不拡散問題などへの対応について、本分野でもっとも影響力をもつ米国の政策の変遷を背景に、国際的視野から見た核燃料サイクルの考え方について紹介する。

2. 原子力利用における核不拡散の歴史の変遷¹⁾

広島・長崎への原爆投下を決断したトルーマン大統領は、核兵器の威力を認識し、その時点では原爆開発途上であった旧ソ連を封じ込め、核兵器における米国の優位を維持するため、原子力の国内外での管理の必要性を訴えた。米国内では、1946年に原子力法を制定、翌年に原子力委員会を設置して原子力の管理体制を整備し、原子力技術や情報の国内外移転を制限した。国際的には、核兵器の製造中止と既存核兵器の廃絶、原子力の平和目的のみの利用、すべての原子力活動（軍事面を含む）を管理・査察・許可する権限を有する国際機関の設立等を1946年に国連原子力委員会で提案した。しかし当時は原爆を自力で開発中であった旧ソ連は、同機関が国連安保理の拒否権を認めず、また米国が国際管理制度の十分な機能発揮までは核兵器を維持することを主張したこと等に反発し、結局、最初の原子力管理の試みは実現に到らなかった。1949年と1952年に旧ソ連と英国が核実験を行い米国の核兵器独占が崩れ、一方で1951年に米国は世界初の原子力発電に成功した。1953年、アイゼンハワー大統領は国連総会で「平和のための原子力(Atoms for Peace)」と題して演説を行い、従来の米国の原子力政策を転換し、原子力の平和目的での利用を提案した。同提案は、主要国（米国、旧ソ連）が許容する範囲内で自らが所有するウランや核分裂性物質を国連下に設置する原子力機関に提供し、同機関の管理下で平和目的に利用する国に同機関からそれらのウランや核分裂性物質を提供するというものである。同提案は国連総会を満場一致で通過、1957年に国際原子力機関(IAEA)が設立されたが、現在のIAEAは、むしろ核査察活動が主となっている。

米国内では原子力法を改正し、1955～56年に日本を含む40カ国と二国間原子力協力協定を締結、相手国による

保障措置の受け入れを条件として濃縮ウランを貸与している。

1970年には、核兵器保有国の核兵器削減に加え、核兵器保有国の増加すなわち核拡散を抑止することを目的として核拡散防止条約(NPT)が発効されたが、ここでは、核兵器国に対しては核軍縮交渉の義務化、非核兵器国に対しては、原子力の平和利用を奪い得ない権利とする一方で、核兵器の製造取得の禁止、IAEAの保障措置の義務化が定められている。

原子力平和利用に関し、米国は1970年時点で、西側諸国の原子力発電所用濃縮ウランのほとんどの供給を担っていたが、原子炉の増加及び濃縮ウラン需要の増大に対処するため、将来的な濃縮工場の民有化と、濃縮料金引き上げ及び濃縮ウラン供給契約条件の厳格化を図った。

1974年、NPT未加盟のインドが平和目的の原子力資機材を通じて得たプルトニウムを利用して核実験を実施した。カーター大統領は、フォード政権末期の核不拡散政策を継承、1977年に①商業用再処理とプルトニウムの軽水炉への利用を無期限延期、②高速増殖炉計画の変更と商業化の延期、③核拡散を防ぐ枠組みの検討開始、を盛り込んだ核不拡散政策を発表した。具体的には、核不拡散法(NNPA)を制定して米国が各国と締結している原子力協力2国間協定の内容に米国の規制権を規定（たとえば濃縮・再処理を行う場合の米国の事前同意）、原子力関連資機材の輸出に係るガイドライン（原子力供給国グループ(NSG)ガイドライン)を制定、さらに核不拡散と原子力平和利用の両立を可能にする方策を探るため国際核燃料サイクル評価(INFCE)を開始した。

これらは既に核燃料サイクル活動を行う国や準備段階の国、また米国の原子力産業を直撃した。日本は東海再処理工場の運転開始に際し、日米原子力協力協定に基づく共同決定を得るため、困難な日米再処理交渉を余儀なくされた。この時点では、日本の核燃料サイクル政策維持の必要性は認めつつも、軽水炉へのプルトニウムの商業利用に関する決定は将来の議論に持ち越されることになった。米国内でも高速炉や再処理施設が建設途中で放棄された。

総じて、同大統領の核不拡散政策は、各国に米国に対する不信感と米国離れを加速させ、1979年のTMI事故の影響等による新規原子炉建設の中止など米国原子力産業界の衰退も相まって、原子力に係る米国の地位と指導力を弱める結果となった。

一方、上記 INFCE では、再処理・プルトニウムリサイクル等に関する第4作業部会において、以下の結論が得られている²⁾；1)基本認識として「原子力発電所を運

転すれば、必ず、プルトニウムが生産される。したがって、問題は、プルトニウムの生産をいかに回避するかでなく、生産されたプルトニウムをいかに管理するかである」2) 選択肢；再処理してプルトニウムリサイクルすること、再処理せずにワンスルー（使用済み燃料中にプルトニウムを残留）で処分すること、の2つの選択肢が考えられる。3) 評価；2つの選択肢について核不拡散の観点から評価した結果、それぞれの核不拡散リスクについて、現在及び将来にわたって有効な唯一の評価をすることはできない。当時、米国は、ワンスルーの絶対的優位を主張したが、INFCE では、ワンスルーにしても、使用済み燃料中にプルトニウムがある以上、長期間貯蔵に伴い核不拡散の危険が存在し、再処理プルトニウムリサイクルに比べて、特に核不拡散上優位とは言えないという評価となった。

1981年の核不拡散と原子力平和利用に関する声明においてレーガン政権は、核不拡散のためにはむしろ友好国と信頼関係を構築する必要があり、核拡散懸念のない進んだ原子力発電計画を有する国の民間の再処理や高速増殖炉開発を妨げないとの寛容な姿勢を示し、カーター前政権の原子力政策の軌道修正を図った。このような追い風を背景に日本は1987年、米国との5年弱の交渉を経て、協定対象物の管轄外移転や再処理等に関し、米国の包括同意（あらかじめ一定の条件を定め、その枠内で一括して承認する方式）を盛り込んだ新日米原子力協定を締結させた。

わが国では東海再処理工場に続く大型商用施設の設計が計画されたが、このような商業規模の再処理工場については、適切な保障措置を適用するために、再処理技術保有国である仏、独、日、英、米国の五か国に保障措置を実施する国際原子力機関（IAEA）およびユーラトム（EURATOM）の2つの機関が加わり、LASCAR（Large Scale Reprocessing Plant Safeguards）会合が、1988年から1992年の5年間にわたって開催され、1992年5月に最終報告書が取りまとめられた³⁾。5年間の検討の結果、「既に利用可能な保障措置技術を個々の施設の特徴に基づいて選択し、適切に組み合わせることにより国際保障措置の目標は達成可能である」との結論が得られた。

クリントン大統領はNPTの役割を重視し、1995年のNPT再検討・延長会議では、ロシアとともにNPTの無条件・無期限延長を主張、NPTの不平等性を理由に異を唱える非同盟諸国と激しく対立したが、最終的には無期限延長が決定された。この時期、クリントン政権下では、プルトニウムの蓄積と拡散を懸念し民生用プルトニウム利用を奨励しなかったが、欧州や日本の既存のプルトニウム利用は容認した。

続くブッシュ政権では、9.11以降、核セキュリティにおいて米国がリーダーシップを発揮したが、同時に、2006

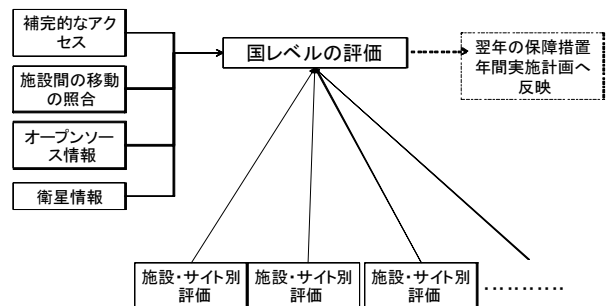
年の国際原子力エネルギーパートナーシップ(GNEP)として、核不拡散を担保しつつ原子力平和利用を推進する前提で、核拡散抵抗性の高い先進リサイクル技術（再処理技術）や先進燃焼炉の研究開発と施設建設、濃縮と再処理を行わない国への核燃料供給の保証と使用済み燃料の引き取りサービスの確立等を含む包括的な核燃料サイクルのイニシアティブを提唱した。しかし、核拡散を懸念し、商業再処理や高速炉を時期尚早とする民主党が多数を占める議会では進展を見せなかった。

オバマ大統領は、核不拡散に慎重な態度を採っており、GNEPを終了させるとともに、その後継として小規模ながらIFNECを設立し、原子力平和利用における国際展開として、人材育成、廃棄物管理、燃料供給保証に関する検討、バックエンドアプローチに関する検討、資源需要見直しに関する検討などについて、核拡散リスク低減の観点も含め議論がなされている。さらに、同政権は、次世代保障措置イニシアティブ(NGSI)を立ち上げ、今後25年以上にわたって国際保障措置システムのミッションが拡大していく中で、保障措置システムを持続させるために必要な政策、概念、技術、専門的技能、インフラを確立することを目指した。

3. 核燃料サイクルにおける保障措置の進化

わが国は、NPT加盟後、包括的保障措置協定のモデル文書INF/CIRC/153 (Corrected)に基づき「日・IAEA保障措置協定INF/CIRC/255」を1977年12月2日に発効した。それまでの保障措置は、日米の二国間協定等に基づくものであったが、上記の発効により、日・米・IAEA保障措置移管協定を除いた保障措置移管協定はINF/CIRC/255で置き換えられることとなった。

包括的保障措置では、この協定に基づく保障措置の対象となるすべての核物質について、国内計量管理制度を確立し維持することが基本とされる。日本国内のすべての平和的な原子力活動に係る原料物質及び特殊核分裂性物質について国内制度を適用するに当たり、その原料物質及び特殊核分裂性物質が核兵器その他の核爆発装置に



第1図 国レベル統合保障措置アプローチ・概念

転用されていないことを確認するために IAEA と協力するという考え方である。保障措置の実施にあたっては、計量管理を主要手段とし、封じ込め・監視を補助手段とする方法が採られてきた。

わが国では、原子力開発の進展とともに、ウラン濃縮や再処理などの機微な技術の取扱いやプルトニウム(Pu)などの核物質の取扱量が徐々に増加していった。そのため 国際的な信頼確保を図りつつ原子力平和利用を推進する目的から、IAEA 及び原子力開発を推進する各国と協力して保障措置技術等の開発を推進してきた。前述の日米再処理交渉時における東海改良保障措置技術試験(TASTEX)や、それに続く対 IAEA 保障措置技術支援協力計画(JASPAS)などを通し、わが国は、一貫して、核燃料サイクルに対する保障措置技術開発に努めた。これにより、再処理や濃縮といった、いわゆる機微技術の平和利用における保障措置技術の体系が確立されてきたと言える。

1997 年には、包括的保障措置に加え、未申告の原子力活動や核物質がないこと、また保障措置下にある核物質の軍事転用がないことを検認するために IAEA に付与される追加的な権限等を記載した「追加議定書」が IAEA で採択された。従来の「申告された核物質」が兵器に転用されていないことを検証する査察から、「未申告施設」が存在するかもしれないという前提に基づく査察へと変革した。法的には従来の「包括的保障措置協定」に加え、「追加議定書」を発効することにより、申告すべき情報および IAEA の入手する情報が拡大し、また「補完的アクセス」とよばれる方法により査察範囲が大幅に拡張(申告施設以外も基本的に査察が可)されるとともに、「環境サンプリング」と呼ばれる手法により、仮に未申告活動などがあった場合に、いわば「証拠」を押さえる、ということが可能な形態に変わった。包括的保障措置協定と追加議定書の組み合わせに基づく保障措置が適用された場合、「情報」に基づく新たな査察手段を併せて駆使すれば、核物質の抜き取り、原子力施設のプロセスの不正な使用はもとより、核兵器製造に係る秘密裡な活動の存在などについては、非常に高い確率で検知できる状況にあると言える。このような新たな手法に則り、かつ査察の効率化を図るために「統合保障措置」とよばれる新しい概念に基づく保障措置が適用されるようになった。統合保障措置は、従来の包括的保障措置協定に基づく申告された核物質の転用がないことを検認する査察(従来型の査察)と、追加議定書に基づき、IAEA に新たに付与された権限を行使して、当該国に未申告の核物質及び原子力活動がないことを確認する活動を最適な形で組み合わせ、保障措置の強化と効率化を同時に実現しようとするものである。これにより、核物質の転用、並びに未申告の核物質及び原子力活動が存在しないとの「結論」が出れば、その国家における保障措置の効率化、すなわち、

ある意味での緩和が行えるということになった。ここでは、その国における保障措置を設定する場合、既に未申告施設が存在する(核爆発装置などの準備がなされている)という、これまでの保障措置査察の前提(検知手法を設定する場合の仮定)を立てるの必要がなくなったということの意味する。これまでの施設単位の査察からサイト単位へのアプローチへ変更、また必要な情報(当事国の申告、検認活動の結果、オープンソース等)からその国の過去、現在、未来の核(平和)利用計画に一貫性があることを評価するなどが適用され、国レベルの統合保障措置という方法・考え方が適用されるに至った(第1図参照)。また、世界に先駆けた、大規模・重要な施設を有する日本原子力研究開発機構のプルトニウム取扱サイトへの適用では、IAEA 査察業務量が、従来に比べ約 2/3 に減少された。さらに、適時性(タイムリーな転用の検知)の観点からは、未照射直接利用核物質(ほとんどそのまま核爆発装置の製造に使用できる核物質)が、MOX に対し従来 1 ヶ月であった適時性目標が 3 ヶ月へと緩和された。

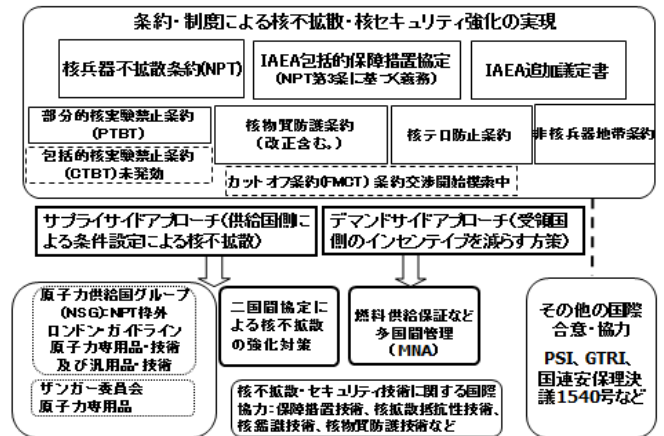
商用の大型再処理施設(六ヶ所再処理工場)における保障措置では、高度に自動化されたシステムが導入されている⁴⁾。上述の LASCAR の結論に基づき、査察側および施設側の協力の下、測定技術の向上を目指した最新の技術を採用した計量管理システム、工程のモニタリングおよび NRTA(ニア・リアルタイム計量管理)などの補助的手段の採用、査察官非立会検認および施設側機器の利用などのシステムおよび自動データ収集システムなどを導入することにより、効率的で効果的な保障措置システムが開発された。また、再処理工程から採取したサンプルの保障措置分析を実施するために、IAEA と国が共同で運用する六ヶ所保障措置分析所(OSL)が施設内に設置され、査察者による保障措置分析業務が迅速かつ確に行えるなどの設備対応がされている。このような保障措置システムの導入により、東海再処理工場の査察活動をそのまま六ヶ所再処理工場に適用した場合に比べ、大幅に、査察業務量を低減することが可能となった。

4. 核燃料サイクルに係るその他の核不拡散アプローチ

将来の核燃料サイクルへの核不拡散対策としては、上述のような保障措置強化が最も有効な手法であるということは、INFCE の時代からも言及されてきたが、今後の原子力利用のグローバル的な拡大の可能性を視野に入れば、そのような制度による措置だけでは限界があるという考え方が根強い。現在、国際社会による核不拡散の総合的な取り組み概要を第2図に示す。今後、新たに核燃料サイクルを導入しようとする国が、核拡散リスクの高い技術を採用することを阻止するためには、より強力かつ効果的な不拡散対策が求められている。

その1つの対策として「核拡散抵抗性」が取り上げられ議論されるようになった⁵⁾。核拡散抵抗性をもつ技術とは、原子力システム自らが核不拡散性の高い性格を有するものであることを意味する。「保障措置」が、外部から付加した抵抗性の制度的な対策（外在的措置）であるとするれば、「核拡散抵抗性技術」とはシステム自体の内に秘めた不拡散対策（内在的措置）、すなわちシステム自体が核拡散（転用、不正使用など）を起こしにくいような技術を示す。一般に、外在的措置（保障措置）と内在的措置（抵抗性技術）両者の組み合わせにより、核不拡散として効果を示すとされるが、後者については、例えば、プルトニウムの単離が困難となるように、扱う物質の特性・プロセス設計において考慮すること、仮にプルトニウムが盗取されても兵器への転用が困難な物理化学形態であること、兵器としての価値の低いプルトニウムであることなどが、技術的対策案として現在検討されている。いずれにしても、近未来の商業規模での展開を見据え、核燃料サイクルを向上させたモデルの開発について、核燃料サイクルおよびその保障措置技術の先駆者であるわが国が、率先して検討し国際社会に提案していくことが今求められている。

オバマ政権は、上記のような保障措置を含む核拡散抵抗性の必要性を唱える一方で、民生用核燃料サイクルに取り組むための多国間協定の確立には高い関心を寄せている⁶⁾。多国間アプローチとは、核燃料サイクルが、各国毎に保持するには非効率な技術であるという特徴に基づき、その国際的共有化など、国際協力枠組みのなかで濃縮・再処理のような機微技術を含むサイクル全体を国際的に効率的に展開しようとするものである⁷⁾。保障措置においても、多国間管理による施設であれば、国家による転用・不正使用のリスクは減少し、さらに多国間協力の一環として「地域による保障措置」の実現化など併せて考えれば、その効果（例えば、燃料サイクルスケールアップによる保障措置の技術的な難しさ（弱さ）を、多国間枠組みという制度で補完すること、多国化により保障措置の効率化が図れることなど）は多大であろう。多国間アプローチについては、長年の議論を経て、2009年11月に、ロシアの低濃縮ウラン備蓄に係る協定案がIAEA理事会で承認されるとともに、IAEA自体が低濃縮ウランの備蓄システムを保有管理する「核脅威イニシアティブ（NTI）」の提案についても2010年12月3日の定例理事会で合意された。このような提案の実現により、現実的な方向にむけ国際社会が取り組む様相を見せている。ただし、現在、国際的に議論されている多国間アプローチが、燃料供給保証、すなわち核燃料サイクルのフロントエンドにおける核燃料供給途絶時の保証に焦点が置かれているため⁸⁾、使用済み燃料の処理処分といったパッ



第2図 核不拡散に係る国際的な取り組み

クエンド問題への解決策への適用性についても今後併せて検討していくことが重要と思われる。

5. おわりに

核燃料サイクルを含む原子力の平和利用について、核不拡散の歴史を振り返るとともに、核不拡散対策として発達してきた保障措置、核拡散抵抗性、そして今後の核燃料サイクルに重要な考え方として多国間アプローチにつきて紹介したが、それぞれの利点を効果的に組みあわせることにより、有効かつ効率的な核不拡散対応が実現できるとともに、各国が原子力エネルギーを可能な限り平等に享受できる世界が構築されるものと考えられる。

参考文献

- 1) 田崎, 山崎, 原子力 eye, vol. 57, No. 2, (2011).
- 2) <http://www.aec.go.jp/jiest/NC/about/hakusho/wp1980/sb2040301.htm>
- 3) LASCAR 会合報告書, 大型再処理施設保障措置適用に関する検討, 仮訳 N19921336 (JST)
- 4) ATOMICA (13-05-02-22) http://www.rist.or.jp/atomica/data/dat_detail.php?Title_Key=13-05-02-22
- 5) 久野, Choi, 日本原子力学会誌, 51, 2(2009)22-27.
- 6) http://www.jaea.go.jp/04/np/activity/2010-11-01/mextcons_2008-01.pdf
- 7) Choi, 久野, 原子力 eye, vol. 55, No. 5, p. 59-63 (2009); 鈴木, 日本原子力学会誌, 49, 6(2007)など
- 8) 直井, 小林, 若林, 田崎, 原子力 eye, vol. 56, No. 2, p. 52-56 (2010).

東京大学 久野祐輔
(2012年10月1日)