

1 核不拡散に関する特定のテーマについての解説、分析

米韓原子力協力協定改定の論点について

1. はじめに

2014年3月18日、米国国務省は、米国政府と韓国政府の間の原子力の民生利用に係る協力協定¹⁾(以下、通称である「米韓原子力協力協定」と記述)を2年間延長したことを発表した²⁾。現行の米韓原子力協力協定は1973年に発効し1974年に改定されたもので、2014年3月19日に発効から41年間の有効期限を迎えることになっていた。協定には自動延長の規定が無く、協定の失効を回避するには、新協定の締結、あるいは現協定の変更もしくは延長する協定の締結が必要となる。そのため、米韓両国は協定の有効期限切れに備え、2010年から協定改定に交渉を開始していた。しかし交渉は合意に至らず、「複雑な技術上の問題(several complex technical issues)」に更なる時間を要することを理由に、2013年4月に米韓両国は現行協定を2年間延長して更に交渉を継続することで合意していた³⁾。

米韓原子力協力協定改定交渉の論点は、米国が韓国に対し、韓国内での協定対象核物質の濃縮、パイロプロセッシング(乾式再処理の一種)による処理、形状・内容の変更(例えば原子炉用燃料の製造など)の実施に関し、協定下で包括的事前同意を付与するか否かである。なお、「包括的事前同意」とは、例えば再処理の際の事前同意など、核物質に関する供給国政府の規制権を個別のケースごとに行使するのではなく、あらかじめ一定の条件を定め、その枠内であれば再処理等の活動を一括して承

1)Agreement for Cooperation between the Government of the United States of America and the Government of the Republic of Korea Concerning Uses of Atomic Energy URL:
http://nnsa.energy.gov/sites/default/files/nnsa/inlinefiles/Korea_South_123.pdf

2)U.S. Department of State, Media note, “Extension of the Agreement for Peaceful Nuclear Cooperation Between the United States of America and the Republic of Korea,” March 18, 2014, URL:
<http://www.state.gov/r/pa/prs/ps/2014/03/223657.htm>

3)U.S. Department of State, Press Release, “United States–Republic Korea Agreement for Peaceful Nuclear Cooperation Extension” April, 2013, URL:
<http://www.state.gov/r/pa/prs/ps/2013/04/207922.htm>

認し、一つ一つ個別に規制権を行使しないこととする方式⁴⁾であり、規制対象となる活動について個々に事前に一方の国に同意を求める「個別事前同意」と対をなす。

韓国は、米国が包括的事前同意を付与することを要求しているが、米国は、ウラン濃縮及び再処理技術や施設の拡散防止という従来の米国の核不拡散政策との整合性や、朝鮮半島の非核化についてはアジア地域の核拡散及び安全保障への影響等を懸念し、要求に応じていない。

米韓原子力協力協定改定の論点等については、特に多くの米国の核不拡散専門家等が米韓両国の見解の解説、分析を行うとともに、今後韓国の目指す方向性に関する提案を行っており、一部に韓国の有識者等からの見解も含めてこれらを整理するとともに、執筆者の考察も加えて記載し、米国の核不拡散政策の把握及び理解に資することとする。米国においては、民間のシンクタンク等と政府を行き来する専門家が少なくなく、また議会での公聴会を通じこれらの専門家の意見が米国政府の方針に少なからず影響を与える可能性があることから、今後の米国政府の米韓原子力協力協定改正交渉の方針や核不拡散政策を分析する上で、米国の核不拡散専門家の意見は重要であり注視するに値する。

なお、米韓原子力協力協定改定交渉の動向を正確に理解する上では、韓国の原子力利用や研究開発の状況、ウラン濃縮や再処理に係る歴史的経緯、政治的背景、北朝鮮との関係等の種々の知識が必要である。そのため、それらについても詳細に記載する。

2. 韓国における原子力利用の状況等

<国家エネルギー基本計画>

韓国はエネルギー資源に乏しく、その97%を海外からの輸入に依拠しており、電力供給における原子力の位置付けは重要視されている。2013年から20年間の中長期需要計画に係る「第二次国家エネルギー基本計画(2014年1月決定)」では、2035年までに電力に占める原子力発電の比率を現在の26%から29%に引き上げるとしている。当該計画では、2024年までに建設が計画されている3,500万kWの原子炉以外

4)原子力百科事典 ATOMICA、「日米原子力協定(13-04-02-01)」、URL:
http://www.rist.or.jp/atomica/data/dat_detail.php?Title_Key=13-04-02-01

に追加で700万kWが必要となり、最新の150万kWまたは100万kW級の原発をさらに5～7基建設する必要があるとしている⁵⁾。

ただし上記の比率は、「第一次国家エネルギー基本計画(2008年策定)」で示された41%からは大幅に下方修正されている。韓国では、2011年3月の東京電力福島第一原子力発電所事故以降、原子力発電の安全性に対する懸念が広がり、エネルギー基本計画設立に向けて設置された官民合同ワーキンググループは、原子力発電の比率を現在と同じ20%台で維持することを「エネルギー基本計画に対する政策提案(2013年10月発表)」の中で提言していた。「第二次国家エネルギー基本計画」で示された29%の比率は、当該提言の最大値を採用したものである⁶⁾。

<原子力利用>

現在、韓国は自国内でウラン濃縮や再処理を行っていないが、ウラン資源の効率的利用と放射性廃棄物量の減容等の観点から、将来的にはクローズド・サイクルの導入を意図し、ウラン濃縮の自国での実施を希求するとともに、パイロプロセッシング(乾式再処理の一種。使用済燃料を熔融塩に溶解し電気分解により核分裂生成物を分離するプロセス。詳細は後述)と、パイロプロセッシングによって得られたプルトニウム及びマイナーアクチニド(MA: Minor Actinide)を含む金属燃料を用いるナトリウム冷却高速炉(SFR: Sodium Fast Reactor)の開発に取り組んでいる。ただし、現時点で前者は研究開発段階、後者は概念設計後のシステム性能試験段階であり、現時点のスケジュールでは、2020年代半ば以降の原型(プロトタイプ)施設の建設、あるいは運転の開始を目指しており、商用施設の建設や運転はその後の段階となっている。

<原子炉の開発及び輸出>

韓国の商用原子力発電の初号基は、1970年に米国ウェスティングハウスに発注し1978年に運転開始した古里1号機である。1980年代以降、ウェスティングハウスやコンバッション・エンジニアリング、加国原子力公社(AECL: Atomic Energy of Canada Limited)、仏国フラマトム(現、AREVA)の原子力技術を国産化し、標準化を経てさらに発展させ、韓国標準型原子炉(加圧水型原子炉でOPR-1000及びAPR-1400の2種

5)Yonhap News、「エネルギー基本計画確定 原発5～7基を追加建設＝韓国」、2014年1月14日、URL:

<http://japanese.yonhapnews.co.kr/economy/2014/01/14/0500000000AJP20140114003500882.HTML>

6)中央日報日本語版、「原発拡大策を破棄、電力需要を抑制＝韓国」、2013年10月14日、URL:

<http://japanese.joins.com/article/055/177055.html?servcode=400§code=400>

類がある)を開発した⁷⁾。しかしそれまで、韓国の原子力産業は長年に渡り米国の技術や核燃料の供給に依拠しており、現在、韓国にある使用済燃料の約 60～70%は米国起源のものである⁸⁾。

2014年1月現在、韓国は23基の原子炉を有し、原子炉基数では世界第5位の原子力利用国である。設備容量総計は20.7GWeで、加圧水型原子炉(PWR)と加圧重水炉(PHWR)の2種類の原子炉を利用している。さらに5基(OPR-1000 1基、APR-1400 4基、設備容量合計6,870MW)が建設中、6基(すべてAPR-1400、設備容量合計8,730MW)が建設予定となっている⁹⁾。

韓国は、原子炉の開発及び90%以上を誇る原子炉設備利用率に裏付けられ、2000年代初頭から原子炉輸出に乗り出した。2010年に発表された「原子力発電輸出産業化戦略」では、原子力発電を主力輸出産業とし、2030年までに原子炉80基(約4,000億ドル相当)を輸出、世界の新規原子炉建設の20%を獲得し、露国及び仏国に次ぐ世界三大原子炉輸出国となることを掲げている¹⁰⁾。中東では、ヨルダン、アラブ首長国連邦(UAE)、サウジアラビアと原子力協力協定を締結し、2009年12月にヨルダンと同国初の研究炉(出力5MW)の建設に係る約1億7,300万ドルの契約を締結した(ただし初装荷燃料と1回分の取替用燃料はAREVAが供給)。同月末にはUAEと、4基の原子炉(APR-1400)の設計及び建設と3年分の初装荷燃料の供給、また原子炉耐用寿命の60年に亘る原子炉の運転支援、保守及び検査の請負作業等を含む総計400億ドルの契約を締結した¹¹⁾。

7)原子力百科事典 ATOMICA、「韓国の原子力発電(14-02-01-04)」、URL:

http://www.rist.or.jp/atomica/data/dat_detail.php?Title_No=14-02-01-04

8)Sharon Squassoni and Tom Moore, “The Dog Didn’t Bark: Peaceful Nuclear Cooperation at the US-ROK May 29/30 President Summit”, Center for Strategic and International Studies, May 7, 2013, URL:

<http://csis.org/blog/dog-didnt-bark-peaceful-nuclear-cooperation-us-rok-may-2013-presidential-summit>

9)世界原子力協会(WNA)、Nuclear Power in South Korea、URL:

<http://www.world-nuclear.org/info/Country-Profiles/Countries-O-S/South-Korea/>

10)日本原子力産業協会、「韓国の原子力産業の国際展開」、URL:

http://www.jaif.or.jp/ja/asia/korea/korea_data5.pdf

11)日本原子力産業協会、海外原子力ニュース 2013年4月号、URL:

http://www.jaif.or.jp/member/contents/os_2013-04.pdf

<天然ウラン、ウラン濃縮役務、燃料成形加工>

韓国における天然ウランの主要な調達先はカザフスタン、加国、豪州、ニジェール等で、2011年には4,500tUを必要とし、2020年には8,900tUの天然ウランが必要となる予想されている。韓国電力公社(KEPCO: Korea Electric Power Corporation)が加国のウラン探査にも加わっている¹²⁾。

ウラン濃縮役務については、従来は米国ウラン濃縮公社(現、USEC社)及び仏国COGEMA(現、AREVA)と長期契約を締結し購入していたが、1990年から露国のTenex、欧州のURENCO及び米国USEC社から購入し、購入先の多様化を図っている¹³⁾。2007年、韓国水力原子力発電(KHNP: Korea Hydro & Nuclear Power Company Limited)は仏国AREVAとの間で、10年超の長期に渡り同社のGeorges Besse IIプラントからウラン濃縮役務の提供を受けるとの10億ユーロの契約を締結するとともに、2009年には同プラントの2.5%の株式を保有し、原子炉燃料の安定供給を確保している¹⁴⁾。

燃料成形加工について、PWR燃料は独国シーメンス社、重水炉燃料は加国AECLから購入していたが、韓国原子力研究所(KAERI: Korea Atomic Energy Research Institute)が両社と技術提携して燃料成形加工技術を開発、現在ではKEPCO傘下のKEPCO原子燃料(KNFC: Korea Nuclear Fuel Co., Ltd.)が国内の炉に燃料を供給している¹⁵⁾。

<パイロプロセッシング>

パイロプロセッシング(Pyroprocessing)を含む乾式再処理技術については次項で説明を加えることとし、本項では韓国におけるパイロプロセッシング技術の研究開発状況について記載する。

12)WNA、Nuclear Power in South Korea、前掲

13)原子力百科事典 ATOMICA、「韓国の核燃料サイクル (14-02-01-05)」、URL:
http://www.rist.or.jp/atomica/data/dat_detail.php?Title_No=14-02-01-05

14)WNA、前掲

15)原子力百科事典 ATOMICA、「韓国の核燃料サイクル (14-02-01-05)」、前掲

韓国では、KAERI がパイロプロセッシングの研究開発を段階的に進めている¹⁶⁾。

具体的には、

- 2005 年～2012 年: 米国の支援で KAERI に実験規模施設 ACPF(Advanced Spent Fuel Conditioning Process Facility、0.2t/y)を建設し、パイロプロセッシングの一部工程(前処理工程、電解還元工程など)の研究を実施、
- 2012 年～2016 年: パイロプロセッシングの全工程一貫のコールド施設 PRIDE(Pyroprocess Integrated Inactive Demonstration Facility、10t/y)での全工程の実証、
- 2016 年～2020 年: ESPF(Engineering Scale Pyroprocess Facility、10t/y)で全工程の改善及び実証を行い、その後技術的観点や経済性、核不拡散性の評価を実施、
- 2025 年まで: 原型施設(100t/y)の運転を行うことを予定している。

なお、このパイロプロセッシングの研究開発に関し、後述するように米国がすでに当該技術の研究開発実績を有することから、米韓両国は、2011 年 4 月にパイロプロセッシングを含む使用済燃料管理オプションにつき、技術的、経済的観点からの実現可能性や核拡散抵抗性を評価するため、共同燃料サイクル研究(JFCS: Joint Fuel Cycle Study)を実施することで合意した¹⁷⁾。JFCS の期間は 2011 年から 10 年間の 2021 年までで、以下のスケジュール及び内容となっている¹⁸⁾。

- フェーズ 1(2011 年 4 月～2013 年、終了): 実験規模のパイロプロセッシング技術の実現可能性の実証
- フェーズ 2(5 年間): キログラム規模の処理の評価、燃料製造開始

16)Kee-Chang Song et al. “Status of Pyroprocessing Technology Development in Korea”, Nuclear Engineering and Technology, Vol. 42, No.2, April 2010, URL: <http://www.kns.org/jknsfile/v42/JK0420131.pdf>

17)Yonhap News, “S. Korea, U.S. agree to start joint study on nuclear fuel reprocessing”, 17 April 2011, <http://english.yonhapnews.co.kr/business/2011/04/16/68/0501000000AEN20110416003600320F.H TML>

18) Mark Holt, “Challenges for Congressional Action on Extending the US-ROK Nuclear Cooperation Agreement”, August 15, 2013, URL: <http://uskoreainstitute.org/wp-content/uploads/2013/08/Korea-nuclear-cooperation-USKI0815131.pdf>

- フェーズ 3(3 年間):リサイクル燃料の製造及び照射

また 2013 年 5 月、米国エネルギー省 (DOE: Department of Energy) は、「燃料サイクルに関する共同研究の過程で一定の原子力技術の移転に関する米国と韓国の間の実施取極め(Subsequent Arrangement)」を連邦官報に告示¹⁹⁾し、同年 7 月 25 日に同協定は発効した。この協定は、原子力技術移転協定 (NTT: Nuclear Technology Transfer Agreement) と呼ばれており、この NTT には、米国核不拡散法 (NNPA: Nuclear Nonproliferation Act)²⁰⁾で機微技術 (SNT: Sensitive Nuclear Technology) として定義されるパイロプロセッシング技術 (NTT 内では electrochemical recycling process と記載されている) や、当該技術により建設される設備、設備の使用により生産された核物質等に対する保障措置、平和利用目的への限定、核物質防護、再移転、再処理その他の形状・内容の変更に係る規制が含まれている²¹⁾。この NTT の締結により、仮に米国のパイロプロセッシング技術が韓国に移転される場合に必要な法的枠組みが整うことになり、JFCS はフェーズ 2 に移行することになった。

なお NTT には、超ウラン元素の分離が行われないように electrochemical recycling process (パイロプロセッシング) 技術は前処理工程と電解還元工程に係る情報を含まないとしており、フェーズ 1 で KAERI の ACPF においてなされた研究の情報は移転対象とされていない。さらに、NTT は、JFCS の過程で核物質の形状・内容の変更があり得ることを示唆し、その場合には両国が適切な時期に形状・内容の変更に係る同意を付与することを検討すること、同意を付与する場合には付与する国 (注: 米国を指す) の所要の国内法規定に従うことを規定している。ただし、再処理に係る上記のような示唆は特段、記載されていない。

<ナトリウム冷却炉>

KAERI は、上記のパイロプロセッシングの研究開発と並行して、ナトリウム冷却炉 (SFR: Sodium Fast Reactor) の KALIMER (Korea Advanced Liquid Metal Reactor、

19) US Government Printing Office, “Proposed Subsequent Agreement”, Federal Register / Vol. 78, No. 105/ Friday, May 31, 2013 / Notice, p.32640, URL:

<http://www.gpo.gov/fdsys/pkg/FR-2013-05-31/pdf/2013-12694.pdf>

20) Nuclear Non-Proliferation Act of 1978 (An Act to provide for more efficient and effective control over the proliferation of nuclear explosive capacity), 22 U.S.C. § 3201

21) 原子力機構、「米韓原子力協力協定に関する動向」、核不拡散ニュース、No. 0197、2013 年 7 月、URL: http://www.jaea.go.jp/04/np/nnp_news/attached/0197.pdf#page=7

600MWe)の研究開発にも段階的に取り組んでいる²²⁾。2008年に承認され2011年に改定された「長期先進SFR開発計画」によれば、その段階は以下の通りである。

- 2012年まで:原型炉の概念設計を実施、
- 2017年まで:システム性能試験等により安全解析評価を実施、
- 2020年まで:設計承認を取得、
- 2026年まで:原子炉の詳細設計を実施、
- 2028年まで:原型炉の建設

また並行して、熱交換器や機械ポンプ、タンクやヒーター、コールドトラップ、電磁ポンプといった機器の設計と製造(STELLA-1計画)、金属燃料の開発、炉心解析コードシステムの検証と妥当性確認、安全解析コードモデルの妥当性確認等を行うこととしている。

<使用済燃料の貯蔵>

韓国では、毎年約700トン以上の使用済燃料が発生しているが、上述の通り再処理を行っていないため、2024年に運転開始予定の貯蔵容量2万トンの集中中間貯蔵施設が完成するまで、使用済燃料は各原子力発電所のサイト内で貯蔵することになっている。サイト内の貯蔵容量は2016年にはその限度に達する見込みであり、貯蔵施設の拡充等を図っても、2024年には貯蔵容量が不足する²³⁾。その意味で、韓国にとって使用済燃料の貯蔵は喫緊の課題であり、集中中間貯蔵施設の立地及び建設を予定通りに進めることが必要不可欠となっている。

2012年に韓国政府が策定した「使用済燃料管理対策推進計画」によれば、2014年までに放射性廃棄物管理法に基づき放射性廃棄物管理施設のサイト選定計画及

22)Yeong-il Kim, “Prospects for Future Nuclear Energy System in Korea”, IAEA INPRO Dialogue Forum, Seoul, August 29, 2012, URL:

http://www.iaea.org/INPRO/5th_Dialogue_Forum/Wednesday,_29.08.2012/Session_IV_Nuclear_Safety_and_Innovation/4_Young-il_Kim_0829F.pdf

Yeong-il Kim et al. “Design Concept of Advanced Sodium-Cooled Fast Reactor and Related R&D in Korea”, Hindawi Publishing Corporation Science and Technology of Nuclear Installations, Volume 2013, <http://www.hindawi.com/journals/stni/2013/290362/>

23)(公財)原子力環境整備促進・資金管理センター、「韓国で使用済燃料公論化委員会が発足」、海外情報ニュースフラッシュ、2013年11月12日発行、<http://www2.rwmc.or.jp/nf/?p=10764>

び投資計画などを含む「放射性廃棄物管理基本計画」を策定し、2015年以後、必要に応じてサイト選定などの関連施策に着手する予定である²⁴⁾。

3. パイロプロセッシング(乾式再処理)の概要、研究開発状況、評価

米韓原子力協力協定改定交渉の論点の一つは、韓国でのパイロプロセッシングによる使用済燃料処理に係るものであり、論点をより理解する上での必要事項として、本項ではパイロプロセッシング(乾式再処理)につき詳述する。

<概観>

パイロプロセッシングは乾式再処理の一種である。この乾式再処理は、従来の再処理方法であるピューレックス法が硝酸溶液や有機溶媒を用い常温で処理する湿式再処理であるのに比し、水を使わず、代わりに熔融塩に数百度の高温で使用済燃料を溶かし、電気分解を使ってウランやプルトニウム等を分離するという方法である。なお、パイロプロセッシングの「パイロ」は英語で熱、高温を意味する。

乾式再処理プロセスは幾つかあるが、うち金属電解法では、塩化リチウム-塩化カリウムの熔融塩で使用済燃料を溶解し、電気分解の原理に基づいて、①ウランと、②金属ウラン+プルトニウム+マイナーアクチニド(MA、長半減期の放射性核種であるネプツニウム、アメリシウム、キュリウムを含む)を回収する。回収された②は射出鑄造法という方法で棒状の金属燃料に加工され、高速炉用燃料として利用される。高速炉では、中性子のエネルギーが高く、燃料を高純度に精製する必要がないことから、再処理後の回収物の純度がピューレックス法に比し高くない乾式再処理にも適用可能と言われる。また高速炉では、回収したMAも燃料と燃焼させることができるため、高レベル放射性廃棄物量の低減にも貢献する²⁵⁾。

このように乾式再処理は、金属燃料製造及び高速炉との組み合わせでサイクルとして成立する時点で、上記のような廃棄物量の低減に寄与する。また、乾式再処理-金属燃料製造-高速炉のサイクルは、金属燃料高速炉サイクルと呼ばれ、従来の湿式再処理-MOX燃料-軽水炉の軽水炉サイクルとは異なった核燃料サイクルを形成する。

24)(公財)原子力環境整備促進・資金管理センター、韓国政府が「使用済燃料管理対策推進計画」を策定、海外情報ニュースフラッシュ、2012年12月5日発行、URL:

<http://www2.rwmc.or.jp/nf/?p=8672>

25)電力中央研究所、「乾式リサイクル技術・金属燃料FBRの実用化に向けて」、電力中央研究所レビュー、No.37、2001年1月、26～38頁、URL: <http://www.denken.or.jp/research/review/No37/No37.pdf>

なお、乾式再処理で発生する高レベル放射性廃棄物(ガラス固化体及び金属廃棄物固化体)は湿式再処理と同様に地層処分される。

<米国における乾式再処理の研究開発>

上述の使用済燃料の乾式再処理-金属燃料製造-高速炉での利用は、すでに1960年代初頭から米国で研究開発が行われ、実際に金属燃料を用いて米国の高速炉実験炉 EBR-1、Fermi 炉、EBR-2/FCF(Fuel Cycle Facility)の運転も行われた。しかし、金属燃料のスウェリング(核分裂生成ガスによる燃料の変形)が大きい等の理由から、米国は1968年に金属燃料 FBR を断念し、EBR-II の FCF の運転を中止している。

その後、1970年代初頭にアルゴンヌ国立研究所(ANL: Argonne National Laboratory)がスウェリングの解決方策を見出し、1984年から ANL が、再処理-燃料製造-高速炉-が一体化できるという意味で IFR(一体型高速炉、IFR: Integral Fast Reactor)と称して、乾式再処理を含む研究開発を再スタートさせた。1991年には IFR は燃料サイクル実証試験のフェーズに進展したが、1994年にクリントン政権下で使用済燃料を用いた実証試験を目前に控えた試験用装置の機能試験中に中止されることとなった²⁶⁾。

2001年にブッシュ(子)大統領は「国家エネルギー政策(NEP)」を発表し、原子力利用拡大と核燃料サイクル及び次世代原子力技術の開発の観点から、パイロプロセッシングのような方法の研究開発を認める政策を再検討すべきであり、それにより世界的な分離プルトニウムの増大に歯止めをかけることになると提言している²⁷⁾。パイロプロセッシングの研究開発は、DOE の先進燃料サイクル・イニシアティブ(AFCI: Advanced Fuel Cycle Initiative)の一つとして米国の国際グローバル・パートナーシップ(GNEP: Global Nuclear Energy Partnership)の中に組み込まれた。しかし GNEP 自体はオバマ政権になり終了している。

<乾式再処理の特徴>

乾式再処理につき、日本では電力中央研究所や日本原子力研究開発機構(原子力機構)で研究開発が行われた。

26)同上、4~5頁

27)日本原子力研究開発機構(原子力機構)、「報告:米韓原子力協力協定について」、核不拡散ニュース、No.130、2009年10月30日、URL: http://www.jaea.go.jp/04/np/nnp_news/0130.html#a1

2000年時点での電力中央研究所の報告書は、乾式再処理の利点及び実用化のために解決しなければならない課題として以下を挙げている²⁸⁾。

•利点

- ✓ 湿式再処理に比し、再処理工程数の削減という面で高い経済性の確保が期待できる。
- ✓ プルトニウムがウラン及び MA と一緒に回収され、単独で回収されないという点で核拡散抵抗性が高いと同時に、強力なガンマ線を放出するために人間の接近を困難にし、核物質の盗取などの物理的防護面でも核拡散抵抗性が高い。
- ✓ 乾式再処理-金属燃料-高速炉のサイクルとして考えた場合、すべての MA 元素を燃料サイクル内に閉じ込めることが可能であり、廃棄物として処分される MA 量を大幅に低減できる。
- ✓ 湿式再処理に用いられる有機溶媒は放射線により劣化するが、乾式再処理では有機溶媒を用いないため、放射線が強い高速炉の使用済燃料、MOX 燃料の再処理に適している。

•実用化のために解決しなければならない課題

- ✓ 高温の熔融塩や金属が機器材料や配管等と接触し劣化させる懸念があるため、機器設計に当たり材料の選定や開発が課題となる。
- ✓ 簡便な遠隔操作による保守、補修技術の開発や、ウラン及びプルトニウムの流れを監視する適切な核物質管理方法の開発が必要。

なお後述するように、米韓原子力協力協定改定交渉において韓国はパイロプロセスの利点及び韓国がパイロプロセスでの使用済燃料処理を希求する根拠として、廃棄物量の削減を挙げているが、上述のように廃棄物量の削減は、乾式再処理-金属燃料-高速炉の一連のサイクルとして考えた場合、との前提条件が付されていることに注意する必要がある。

<米国における乾式再処理の評価>

上述の電力中央研究所の報告書²⁹⁾は、米国では上述の IFR 乾式再処理プロセスの核拡散抵抗性に係る評価が複数回行われていること、いずれの評価においても IFR

28)電力中央研究所、前掲、22 頁及び 36 頁

乾式再処理は核拡散抵抗性が極めて高いと結論付けられていること、また DOE が乾式再処理技術は機微技術でないと評価したこと等を引用している(ただし DOE による評価結果のレポートは公開されておらず、電力中央研究所の報告書は DOE の結論を引用している公開文献³⁰⁾から引用したとしている)。

湿式再処理(高除染のピューレックス法)と比較して DOE が行ったとされる評価の根拠としては、以下が挙げられている。

- 燃料中のアクチニド組成、発熱量、中性子放出速度に係り、IFR 燃料(乾式再処理の対象)は使用済軽水炉燃料(湿式再処理の対象)に比し、発熱量で 5 倍、自発中性子放出速度で 3 倍大きく、この値は兵器級プルトニウムの自発中性子放出速度の 1 万倍に相当する。
- 再処理で回収されるアクチニドの崩壊熱と自発中性子放出速度は IFR 再処理(熔融塩電解再処理、射出鋳造を想定)の製品の方が軽水炉湿式再処理の製品より大きく、さらに IFR 製品ではランタニド FP が含まれるのでガンマ線が強く人の接近を困難にする。
- 核不拡散の目的を達成するために特別に設計された IFR 技術で生産される物質は直接核兵器に使えないので IFR は機微技術ではない。

(注:機微技術(SNT: Sensitive Nuclear Technology)とは、NNPA では「ウラン濃縮、核燃料再処理施設もしくは重水生産の設計、建設、製作、運転、保守に関する一般には入手できない重要な情報を意味し、生産施設、利用施設及びその重要な構成部品に具現されている情報を含む。ただし、1954 年原子力法第 12 章により規制される秘密データを除く」と定義されている(NNPA 第 4 条(6))。

また電力中央研究所の報告書は、DOE が今後の技術的な課題として、IAEA 保障措置に対応するため、再処理プロセスにおける核物質管理技術の実証が必要とし、具体的にはリアルタイム計量管理(NRTA)と核物質の追跡管理のためのコンピューターコードの開発と検証が必要であると指摘したことを挙げている。

29)同上、75～76 頁

30)W. H. Hannum, et al., “Technology of the Integral Fast Reactor and Its Associated Fuel Cycle” , Progress in Nuclear Energy, Vol. 31.No. 1/2. (1997), URL: http://ac.els-cdn.com/0149197096000017/1-s2.0-0149197096000017-main.pdf?_tid=b63a4c14-cf59-11e3-bbb8-0000aacb361&acdnat=1398747177_84a653017b6c6a33a002abf761d81527

一方、米国ブッシュ(子)政権が主導した GNEP でも、パイロプロセッシングを含む種々の核拡散抵抗性を有する技術を評価しているが、2008 年に DOE が発表した核不拡散評価書(NPIA: Non-Proliferation Impact Assessment)ドラフトでは、非国家主体による核拡散リスクに関し、従来の湿式再処理(ピューレックス法)に比してパイロプロセッシングが改善されている点のごく僅かであるとしている³¹⁾。

さらに上述した通り、JFCS の実施に係る原子力技術移転協定(NTT: Nuclear Technology Transfer、ただし官報記載時の名称は前述の通り Subsequent Arrangement)を記載した官報の中には、ポネマン DOE 副長官の名前で「米国政府は electrochemical recycling process (パイロプロセッシング)が、NNPA で定義する機微技術であり、米韓の共同燃料サイクル研究(JFCS)の成功裡の完結には韓国への当該技術移転が必要であるとの結論に達した」と記載されており³²⁾、パイロプロセッシングが、NNPA が定義する機微(な再処理)技術であると明言している。また、本 NTT がすでに発効していることに鑑みれば、韓国も間接的ではあるが上記を認めたことになる。

なお、米国原子力法(AEA: Atomic Energy Act)³³⁾第 127 条及び 128 条は、SNT の他国への移転に際し、移転される SNT を利用して建設される設備や当該設備で生産される核物質に対し米国がこれを規制すべきことを規定している。しかし、米韓原子力協力協定の署名は 1972 年で、SNT の概念が設けられた 1978 年の NNPA 以前であり、米韓原子力協力協定中にはそもそも SNT 及び SNT の移転に係る規定が存在しない。故に SNT 移転に係る上記 AEA 第 127 条及び 128 条の要求事項を担保するため、現行の米韓原子力協力協定の後に続く AEA131 条規定の実施取極め(Subsequent Arrangement)を締結する必要があった。そのため、本 NTT が締結されることになったものである³⁴⁾。ただし、本 NTT は SNT が移転される場合の法的枠組みを整備するものであり、包括的事前同意の付与とは異なるものである。

31)Office of Nonproliferation and Security, Department of State, Nonproliferation Impact Assessment for the Global Nuclear Energy Partnership Programmatic Alternatives, December 2008, p.70, URL: http://nnsa.energy.gov/sites/default/files/nnsa/inlinefiles/GNEP_NPIA.pdf

32) US Government Printing Office, 前掲

33)The Atomic Energy Act of 1954, as amended (An Act to amend the Atomic Energy Act of 1946, as amended, and for the purposes.), Public Law 83-703

34)原子力機構、「米韓原子力協力協定に関する動向」、前掲

＜「高速増殖炉サイクルの実用化戦略調査研究」における乾式再処理の評価＞

原子力機構と日本原子力発電株式会社が実施した「高速増殖炉サイクルの実用化戦略調査研究-フェーズ II(2001年～2006年)」の最終報告書(2006年)の中で、他のサイクルシステムとともに乾式再処理(金属電解法と射出鑄造法の組み合わせ)の評価がまとめられており、乾式再処理は今後の研究開発の主ではなく補完的に開発を進めていく選択肢の一つと結論付けられている³⁵⁾。

その理由としては、乾式再処理による大型施設の経済性は、再処理と燃料製造はプロセスとしては確立されているものの、プラントの処理規模に対する経済性ではバッチ方式でスケール効果が期待できず先進湿式法と簡素化ペレット法の組み合わせに及ばないこと、金属電解法再処理から発生する放射性廃棄物の処分には人工鉱物を用いた高レベル廃棄物固化体を適用するが、固化体に混合できるFPの量が限られているため、他のサイクルシステム概念と比して単位発電量当たりの高レベル廃棄物固化体(体積)が多くなること等を指摘している。

また今後の課題として、使用済燃料を用いたプロセス成立性確認、高レベル廃棄物固化体発生量の削減、遠隔保守・補修性を考慮した機器開発の必要性を挙げるとともに、日本国内に開発インフラがないため開発には長期を要し、開発実績を有する米国土の国際協力が重要である点を指摘している。

本研究における乾式再処理施設の経済性に係る評価は、前述した電力中央研究所との評価と異なるが、前者においても小型サイクル施設の経済性は高いとは前置きしつつも、結果的に大型施設では経済性が先進湿式法と簡素化ペレット法の組み合わせに及ばないと結論付けている。

35)日本原子力研究開発機構、日本原子力発電株式会社、「高速増殖炉サイクルの実用戦略調査研究 -フェーズ II 最終報告書」、JAEA Evaluation, 2006-0002、2006年2月、vi頁、URL:
<http://www.jaea.go.jp/04/fbr/0603fshoukoku.pdf>

4. 韓国での再処理実施に係る歴史的経緯と朝鮮半島非核化宣言

<再処理実施に係る歴史的経緯等>

韓国での再処理実施に関し、韓国の安全保障確保及び維持の政治的切り札として利用された経緯や、科学者が実験的に行った例がある。

1969年のニクソン・ドクトリンで、米国はアジアの同盟国に対し安全保障の自助努力を求め、1970年には韓国の反対にも拘わらず在韓米地上軍の一部を韓国から撤退させた。朴正熙大統領は直ちに国防科学研究所と兵器開発委員会を設置、後者は1971年から1972年にかけて核兵器開発を全会一致で決定している。韓国政府は核兵器製造のため、仏国、加国、ベルギーと、再処理施設、研究用重水炉、MOX燃料施設の購入交渉を開始した。うち研究用重水炉は、イスラエル及びインドが核兵器製造目的でプルトニウムを生産するために使用したものと同様の炉である。一方米国は、上記三カ国に施設の売却を止めるよう圧力をかけるとともに、韓国に対しては核兵器開発を中止しなければ韓国への民生用原子力協力を停止すると通告した。1975年初頭、韓国は、米国による在韓米地上軍の撤退決定の撤回を条件に核兵器開発を放棄し、核兵器不拡散条約(NPT)に加盟するとともに、国際原子力機関(IAEA)と包括的保障措置協定(CSA)を締結した。朴大統領は米国に対し、「米国が韓国を防衛するか、それとも韓国が核兵器を所有するか」、の選択を迫ったとされる³⁶⁾。

また、韓国は、IAEAとの保障措置協定で事前通知が要求されているにも拘わらず通知を行わずに、1982年にKAERIの研究者が実験規模施設で照射ウランからプルトニウムを抽出したこと、また2000年には原子レーザー同位体分離法(AVLIS: Atomic vapor laser isotope separation)でウラン濃縮を行ったこと等を2004年にIAEAに報告している³⁷⁾。

韓国は、1990年代後半からKAERIでパイロプロセッシングの研究開発を開始し、上述した通り2010年からはJFCSとして乾式再処理に関し実績を有する米国国立研究所等と協力してきた。韓国が使用済燃料の処理に係り、そもそもパイロプロセッシングを

36)Jungmin Kang and H.A. Feiveson, “South Korea’s Shifting and Controversial Interest in Spent Fuel Reprocessing”, The Nonproliferation Review, Spring 2001, URL:

<http://cns.miis.edu/npr/pdfs/81kang.pdf>

Stockholm International Peace Research Institute (SIPRI), South Korea country prolife,

<http://archives.sipri.org/contents/expcon/cnsc2kos.html>

37)同上

選択しその研究開発を行うに至った経緯は必ずしも明らかではないが、米国で研究開発の実績があり、核拡散抵抗性の観点から米国の理解が得られやすく、また再処理ではないと主張することにより次項に述べる「朝鮮半島非核化宣言」との関係もクリアできると考えたのではないかとする説もある³⁸⁾。

＜朝鮮半島非核化宣言と北朝鮮の動向＞

一方、北朝鮮はソ連からの原子力の援助を受けるに当たり 1985 年に NPT 加盟したが、米国が韓国から核兵器を撤去するまで IAEA の査察を受け入れないとの姿勢であったため、IAEA と CSA を締結していなかった。1989 年の米ソのマルタ会談で冷戦が終結、1991 年にブッシュ(父)大統領が自主的核軍縮措置を打ち出し、韓国に配備されていた戦術核兵器が撤去されたことに伴い、1991 年 12 月、韓国と北朝鮮は「南北間の和解、不可侵、交流・協力に関する議定書」に署名し、盧泰愚韓国大統領が「核不在宣言」を行った後、「朝鮮半島の非核化に関する南北共同宣言」に調印した(朝鮮半島非核化宣言、発効は 1992 年)³⁹⁾。朝鮮半島非核化宣言には、以下の 6 項目が盛り込まれている⁴⁰⁾。ただし当該宣言には法的拘束力はない。

1. 南と北は、核兵器の実験、製造、生産、搬入、保有、貯蔵、配備、使用をしない。
2. 南と北は、原子力エネルギーを平和的目的のみに使用する。
3. 南と北は、再処理施設とウラン濃縮施設を保有しない。
4. 南と北は、朝鮮半島の非核化を検証するために、相手側が選定して双方が合意する対象に対して、南北原子力統制共同委員会が規定する手続きと方法で査察を実施する。
5. 南と北は、この共同宣言の履行のために、共同宣言発効後、1 カ月以内に、南北原子力統制共同委員会を構成・運営する。
6. この共同宣言は、南と北がそれぞれ発効に必要な手続きを経て、その文書を交換した日から効力を発生する。

38)原子力機構、「報告:米韓原子力協力協定について」、前掲

39)黒澤満、「アジアの地域安全保障体制と非核兵器地帯」、原子燃料政策研究会、2005 年、URL:
<http://www.cnfc.or.jp/j/proposal/asia96/kurosawa.html>

40)東京大学東洋文化研究所田中明彦研究室、「朝鮮半島の非核化に関する南北共同宣言」、URL:
<http://www.ioc.u-tokyo.ac.jp/~worldjpn/documents/texts/JPKR/19920120.D1J.html>

なお、韓国は1957年のIAEA設立時からのメンバーであり、上述の通り1975年に米国による安全保障担保を条件とし核兵器開発を放棄してNPTに加盟、IAEAとCSAを締結した。2004年にはIAEA追加議定書(AP)を発効させ、また2008年に拡大結論を得て、同年7月から統合保障措置に移行している。その他、核物質防護条約⁴¹⁾、原子力関連資機材・技術の輸出国が守るべき指針を定めた原子力供給国グループ(NSG: Nuclear Suppliers Group)ガイドライン⁴²⁾に加盟し、また国連安保理決議1540に従い輸出管理を履行している旨を報告しており、原子力安全条約⁴³⁾にも加盟している。

一方北朝鮮は1993年にIAEAの特別査察を拒否してNPTから脱退を表明、1994年にはIAEAからの脱退を表明している。米朝合意により一度はNPTに留まったものの、2003年に朝鮮半島エネルギー開発機構(KEDO: Korean peninsula Energy Development Organization)が重油の供給停止を決定したことを受け、再度NPTからの脱退を表明した。2006年、2009年及び2013年には核実験の実施を発表している。現在まで、北朝鮮はNPTやIAEA等の核不拡散規範の枠外に位置し、安保理決議や上記の朝鮮半島非核化宣言を無視して核活動を継続している。

上記のように、韓国は、核開発活動を継続する北朝鮮と国境を接し、また朝鮮半島及びアジア地域の非核化と安全保障の担保が希求されているが故に、その原子力活動が平和目的であろうとも、常にそれが北朝鮮の核兵器開発活動を助長することにはならないか、引いてはアジアの核不拡散や安全保障が損なわれることにはならないか、等のコンテキストから注視され、規制されてきた。それが韓国のジレンマである。

41)IAEA. “The Convention on the Physical Protection of Nuclear Material” , INFCIRC/274/Rev.1, May 1980, URL: <http://www.iaea.org/Publications/Documents/Infcircs/Others/inf274r1.shtml>

42)IAEA. “Guidelines for Nuclear Transfers” , INFCIRC/254/Rev.12/Part1, 13 November 2013, URL: <http://www.iaea.org/Publications/Documents/Infcircs/2013/infcirc254r12p1.pdf>

43)IAEA. “Convention on Nuclear Safety” , INFCIRC/449, 5 July 1994, URL: <http://www.iaea.org/Publications/Documents/Infcircs/Others/inf449.shtml>

5. 米韓原子力協力協定改定交渉の論点の整理

5.1 現行協定の背景と内容

<米国原子力法と米韓原子力協力協定>

1978年に成立したNNPA第401条は、AEA第123条を改定し、米国が他国や国際機関と原子力協力協定を締結する際の要件として9つの核不拡散要件を規定している。その9つの要件の概要は以下の通りである⁴⁴⁾。

1. 協力協定の対象となるすべての核物質、設備に対する恒久的な保障措置の適用
2. 非核兵器国との協力の場合、IAEAの包括的保障措置の適用
3. 協力協定対象となるすべての核物質、設備、機微技術が核爆発装置やその他の研究開発、他の軍事目的に使用されないことの保証
4. 非核兵器国との協力の場合、相手国が核実験を実施した場合やIAEA保障措置協定を停止、あるいは破棄した場合の協定対象の核物質、設備の返還請求
5. 協力協定対象の核物質や秘密資料等を米国の同意なしに、認められた者以外の者や第三国へ移転しないことの保証
6. 協力協定対象の核物質への適切な核物質防護措置の適用
7. 協力協定対象の核物質の再処理、濃縮、形状・内容の変更に対する米国の事前同意
8. 協力協定対象のプルトニウム、ウラン233、高濃縮ウランの貯蔵に対する米国の事前同意
9. 協力協定対象の機微技術を利用して生産、建設された核物質または施設に上記同様の要件を適用すること

またNNPA第404条(a)は、既存の原子力協力協定につき、大統領に対し9つの要件を取り入れた協定改定交渉を直ちに開始するよう規定しており、1968年締結の旧日米原子力協力協定も、上記の要件を盛り込んだ形で1988年に改定された。しかし、

44)原子力機構、「報告:米韓原子力協力協定について」、前掲

米韓原子力協力協定は NNPA 成立以後、改定されていない。ただし、NNPA 第 405 条(a)は、既存の協定に従った協力継続に影響を与えるものではないことを規定しており、改定されなくとも協力は継続する。米韓原子力協力協定が改定されなかった理由は必ずしも明確ではないが、1970 年代は上述したように米国の在韓米地上軍の撤退決定に伴う米韓同盟関係の動揺と朴正熙政権の核兵器開発を巡る米国との対立、米国から韓国に対する核兵器開発の放棄、NPT 加盟及び IAEA との CSA 締結に係る強硬な圧力、在韓米地上軍の撤退決定の撤回、朴大統領の暗殺など、大きな変化が相次いだためと言われている⁴⁵⁾。

しかし、現実的視点から捉えると、米国は 1970 年代半ば時点で韓国の安全保障の担保と引き換えに同国の核兵器開発を放棄させるとともに再処理能力の導入も阻止し一定の核不拡散を成し得たという点で、敢えて協定改定を行う必要性を見いだせなかったのではないかと思われる。

現行の米韓原子力協力協定は、上記 AEA 記載の 9 つの要件のうち、

1. 協力協定の対象となるすべての核物質、設備に対する恒久的な保障措置の適用
6. 協力協定対象の核物質への適切な物理的防護措置の適用、
7. 協力協定対象の核物質の濃縮を行う際の米国の事前同意、(注:再処理、形状の変更は盛り込まれている)
8. 協力協定対象のプルトニウム及び高濃縮ウランの貯蔵を行う際の米国の

事前同意、

が盛り込まれていない。なお、この事前同意について、AEA は、事前同意の対象を、米国が供給した核物質だけでなく、米国以外の国が供給した核物質でも米国が提供した設備に使用される場合には、事前同意の対象となるとしているが、これについても現協定では盛り込まれていない。その意味で米国は、今後、現行協定を改定する際には、上記 AEA に沿い、現行協定よりもより厳しい上記の要件を盛り込むことが必要となる。

45)Sharon Squassoni and Tom Moore、前掲

加えて現行の米韓原子力協定では協定の終了要件としてIAEA 保障措置協定の終了を規定しているが、NNPA 第 307 条は、原子力輸出の停止(協力の停止)をもたらす行為として、非核兵器国による核爆発装置の爆発、IAEA 保障措置の停止または破棄、IAEA 保障措置協定の実質的違反、原材料物質または特殊核物質を含む核爆発装置の製造、取得に直接重要な意味を持つ活動に従事し、活動の停止に重要な前進を示す措置を講じていないこと、等を含む行為を大統領が認定した場合などを規定している。

なお、現協定が署名された 1970 年初頭時点で韓国は原子力資機材や技術の輸出国ではなく、米国から韓国への原子炉や濃縮ウラン等の原子力資機材の供給のみが想定されていたため、現行協定は米国から韓国に対し片務的な核不拡散規制を課すものとなっているが、改定の際には現行の日米原子力協力協定同様に、双務性を有するものになると思われる。

<ウラン濃縮>

ウラン濃縮について、現行協定締結時には米国から韓国に濃縮ウランが供給されることが想定されていたため、上述の通り現行協定ではウラン濃縮について既定されていない。

しかし、NNPA 第 402 条は、協定に規定がない限り米国から輸出された核物質は米国の承認無しには濃縮できないと規定しており、米国は輸出許可を発給する際に受領国からその旨のコミットメントを得ることとなっている。したがって、米国は NNPA 成立以降、韓国に核物質を輸出する際に、米国の承認がない限り濃縮を行わないとのコミットメントを求めてきたと考えられる⁴⁶⁾。故に韓国は米国から供給された核物質の濃縮に関し米国の規制下にあると言える。ただし、韓国は既存の市場から濃縮ウランを購入しており、自国でウラン濃縮を行えないことが、既存の原子炉の運転に影響を及ぼしているわけではない。

46)原子力機構、「米韓原子力協力協定について」、核不拡散ニュース、No. 0194、2013 年 3 月 29 日、http://www.jaea.go.jp/04/np/nnp_news/0194.html

<再処理>

一方で現行協定では、米国から供給された核物質の再処理、形状の変更は、保障措置が効果的に適用されることに関する共同決定により、両当事国に受入れ可能とされる施設で行うべきとされている(協定第VII条F)。しかし米国はこれまで共同決定に対する同意を付与しておらず、上述したように、韓国にある使用済燃料の約60～70%は米国起源のものであることから、韓国は実質的に使用済燃料の再処理を自国でも海外でも行うことができず、使用済燃料を貯蔵せざるを得ない状況にある。

5.2 現行協定改定交渉の論点

<核不拡散>

米韓両国は、上述したAEA第123条記載の9つの核不拡散要件のほとんどを協定に盛り込むことに同意している。ただし韓国は、a)同国における濃縮度20%未満のウラン濃縮と、b)乾式再処理の一種であるパイロプロセッシングを用いた再処理の実施、の2点に関し、米国がEURATOMや日本、インド等に付与しているのと同様に包括的事前同意を付与することを要求している。一方米国は、それらの要求に応じていない。協定改定交渉が2年間延長となった理由である「複雑な技術上の問題」とは上記を指すものと考えられている。

2009年6月、エレン・タウシャーは、米国上院での自身の国務省軍備管理・国際安全保障担当の国務次官補指名承認公聴会において、「米国が米国との協定対象核物質の再処理に関してEURATOM、日本及びインドに付与している包括的事前同意を、台湾及び韓国を含む他のケースに適用することは必ずしも適切ではない(not necessarily appropriate)」こと、また「韓国で再処理施設を建設することは、朝鮮半島非核化宣言のコミットメントと矛盾する」こと、を述べている⁴⁷⁾。

このように、両者の主張は平行線を辿っている。核不拡散等の専門家が分析する韓国でのウラン濃縮及びパイロプロセッシングに係る両者の見解は別途後述するが、そ

47)Pre-Hearing Questions for the Record, Senator Richard Lugar Nomination of Helen M. Tauscher to be Under Secretary of State for Arms Control and International Security.

れ以外の全般的事項に係り彼らが分析する両者の見解を整理すると以下の通りである⁴⁸⁾。

<韓国>

- NPT は第 4 条で、同条約第 1 条及び第 2 条に従う締約国の原子力平和利用の権利を認めている。韓国は NPT 第 4 条に基づき、ウラン濃縮及び再処理を行う権利を有する。
- 韓国は、以下のように核不拡散規範を遵守するとともに、核不拡散に係る活動に参加し、核不拡散に尽力する国際社会の責任あるメンバーである。
 - ✓ 韓国は NPT 下での核不拡散義務を遵守し、核不拡散に係る条約や協定等に加盟するとともに、拡散に対する安全保障構想(PSI: Proliferation Security Initiative)、核テロリズムに対抗するためのグローバル・イニシアティブ(GICNT:Global Initiative to Combat Nuclear Terrorism)及び NSG に参加している。
 - ✓ IAEA の保障措置に係り、追加議定書(AP: Additional Protocol)を批准し、IAEA に対し多くの情報を提供し、広範囲へのアクセスを付与している。
 - ✓ 核不拡散に係る韓国のリーダーシップの一つとして、2012 年に核セキュリティサミットをソウルで開催した。
 - ✓ 核兵器開発を進める北朝鮮及び台頭する中国の脅威に対し、韓国は米国の主要な同盟国であり機軸である。
- 故に韓国は、EURATOM、日本及びインドが米国から得ているのと同様に、包括的事前同意を得る立場にある。
- 北朝鮮は朝鮮半島非核化宣言にも拘わらず、ウラン濃縮及び再処理を行い、また核実験を行った。これは同宣言に反する行為である。

<米国>

- 米国は伝統的に核不拡散を重視した政策を採る。これは極めて重要な国家安全保障上の利益である。
- 米国は北朝鮮に対し核兵器開発及び核兵器製造能力の放棄、つまり完全な非核

48)Fred McGoldrick and Duyeon Kim, “Decision Time: US-South Korea Peaceful Nuclear Cooperation”, Korea Economic Institute of America, March 13, 2013, URL: <http://www.keia.org/publication/decision-time-us-south-korea-peaceful-nuclear-cooperation>

化を訴えているが、現在の北朝鮮の核活動を鑑みるに、まだ多くの課題が山積し時間を要する。そのような状況下で、今、韓国でのウラン濃縮及び再処理に関し包括的事前同意を付与することは、朝鮮半島の非核化を含めた北朝鮮問題に関し満足の行く解決を脅かす恐れがある。

- 機微技術の拡散防止という米国の伝統的な政策において、韓国を例外とする論理的根拠を見出すことは難しい。米国は、例外として EURATOM、日本及びインドに包括的事前同意を付与したが、これらの国は既にウラン濃縮や再処理技術や施設を所有していたのに対し、現在の韓国はそうではない。したがって、韓国を例外とする根拠がない。
- この問題は、韓国に対してだけの問題ではない。サウジアラビアやヨルダンが原子力導入に興味を抱いており、これらの国々の米国との原子力協力協定の締結は、韓国の後に続くが、韓国への対応が前例となる。
- 日本に包括的事前同意を付与した 1988 年と現在では核拡散を巡る世界の状況は異なる。北朝鮮は NPT に加盟し核兵器を有しておらず、冷戦下で米ソ両国が核拡散を抑えていた。それに比し、現在は非国家主体によるテロのリスクも含め、当時より核拡散が懸念される状態にある。
- ウラン濃縮や再処理といった機微な技術や施設のこれ以上の拡散を食い止めることに関し、世界的なコンセンサスが形成されつつある。韓国でのウラン濃縮及び再処理に関し包括的事前同意を付与することは、形成されつつあるコンセンサスに反し、米国で物議を醸し出すだけでなく、地域及び世界の核拡散懸念を増加させるおそれがある。
- 米国の軍備管理及び核不拡散コミュニティには特に使用済燃料の再処理に根強い反対があり、行政府や議会に対してロビー活動を行うことが予想される。

<考察>

双方の見解を比較すると、前者は自国の原子力利用の推進と国家主権の維持だけでなく、韓国が国際的な核不拡散イニシアティブに重要な役割を果たすとともに米国にとっても主要な同盟国であるとの自負に基づき相応の待遇を求めているのに比し、後者は、韓国一国の原子力利用の問題ではなく、朝鮮半島や中東も含めた世界の核不拡散及び安全保障の確保と維持を念頭に置いていることが分かる。

米朝協議や KEDO、六者会合を通じて長年に渡り北朝鮮の非核化を求めてきた米国にとって、朝鮮半島の非核化は絶対的なものであり、たとえ北朝鮮がすでに朝鮮半島非核化宣言を事実上破棄していても、北朝鮮に核兵器と核兵器能力の放棄を求める一方で、韓国にはウラン濃縮と再処理を認めることは一貫性を欠き、韓国に朝鮮半島非核化宣言の破棄を積極的に許容することになる。加えて現時点では、韓国が

行う予定のパイロプロセッシング処理技術の経済的合理性、核不拡散性、保障措置適用性等が必ずしも明らかでなく、ウラン濃縮及び再処理を北朝鮮には否定し、韓国には肯定する明確な論理を欠く。

また、米国が今後、原子力協力協定の締結を希求しているサウジアラビアとヨルダンは、2008年に米国と覚書(MOU)を締結し、機微な原子力活動にコミットしないことを言及した。しかしMOUには法的拘束力が無いため、米国はこれらの国々と協定を締結し、協定の中でこれらの国々が、アラブ首長国連邦(UAE)同様に、その領域内で機微な原子力活動を行わないことを法的義務として規定する条項(いわゆるゴールド・スタンダード条項)を盛り込むことを望んでいる。

しかし両国は、今すぐに機微な活動を行う予定はないものの、将来の選択肢として機微な活動を行うことが可能な余地を残しておくことを希求し、ゴールド・スタンダード条項を含んだ協定の締結を拒否している⁴⁹⁾。上述したように通常の原子力協力協定が規制するのは、協定対象の核物質(協定下で移転された核物質やその派生物質等)のみであるが、ゴールド・スタンダード条項は協定対象の核物質のみならず、受領国が全てのどんな核物質に対しても濃縮及び再処理を行わないことを義務化するという、より強い規制である。

仮に現時点で、米国が韓国に対し、韓国でのウラン濃縮及び再処理に係り、従来は個別同意(共同決定)も付与していないにも拘わらず、それを飛び越え包括的事前同意を付与したとすれば、現在、機微な施設を保有していないという点では韓国と同様のサウジアラビアとヨルダンが、韓国と同様の対応を求めてくることが考えられる。そうなればこれらの国とゴールド・スタンダード条項を含んだ協定を締結することはより困難になる。

加えて、米国とUAEとの協定の合意議事録には、米国と中東の他の非核兵器国との間の協定で当該非核兵器国に認められる協力の分野や条件が米国とUAE協定においてUAEに認められているものと比べて有利なものとなった場合、米国はUAEの求めに応じて米国と他の国との協定と同等以上の内容とすべく協定を改定する可能

49)Chen Kane, “US nuclear cooperation agreement and the Middle East” , Arms Control and Regional Security for the Middle East, August 3, 2012, URL: <http://www.middleeast-armscontrol.com/2012/08/03/us-nuclear-cooperation-agreements-and-the-middle-east/>

性について協議することも可能であり⁵⁰⁾(いわゆる最恵国待遇)、そうなれば、UAEに適用したゴールド・スタンダード条項は無に帰す恐れがある。さらには、近隣国であるイランやシリアの核活動を止めさせることには寄与せず、朝鮮半島のみならず中東の非核化も遠のく可能性がある。

一方、イスラエルの隣国のヨルダン⁵¹⁾は、国内にウラン資源を有し、将来の選択肢として経済的合理性や技術的要件等が整えば、同国内にIAEA下で多国間管理によるウラン濃縮センターを作り、中東地域の原子炉に燃料を供給する「ウラン濃縮のハブ」となる可能性を示唆している⁵¹⁾。将来的にヨルダンにウラン濃縮技術を移転する技術保有国があるか否かは別として、ヨルダンでのウラン濃縮実施に弾みをつける可能性も否定できない。しかも、韓国が自国で行うことを想定するウラン濃縮施設は、一国単位の通常のウラン濃縮施設であるが、ヨルダンが提案しているのはIAEAの監督下に置かれ多国が管理する点で一国単位の施設よりは核不拡散性(核拡散抵抗性)が高いとされる施設であり、ヨルダンはますます米国が希求する「ゴールド・スタンダード」状態とは離れたものとなる可能性がある。

多くの仮定はあるものの、韓国への対応は中東へのテストケースであり、中東諸国も米国の対応を注視しているはずであり、米国の慎重な姿勢が窺える。さらに、米国の韓国に対する態度を注視しているのは中東諸国だけでなく、イランも同様であり、米国が韓国に機微な活動を認める一方でイランには認めないのであれば、その明確な理由が必要になる可能性もある。

50)原子力機構、「オバマ大統領がアラブ首長国連邦(UAE)との原子力協力協定を議会に上程-米国/UAE原子力協力協定に見るオバマ政権の核不拡散政策の分析-」、核不拡散ニュース、No.0124、2009年6月15日、URL: http://www.jaea.go.jp/04/np/nnp_news/0124.html#a1

51)Aysha el-Shamayleh, “Nuclear; Where do we stand?”, Venture, 11 July 2013, URL: http://www.venture-mag.com/index.php?option=com_k2&view=item&id=539:nuclear-where-do-we-stand?&Itemid=34

5.3 ウラン濃縮

韓国でのウラン濃縮の実施に係り核不拡散等の専門家が分析する両者の見解を整理すると以下の通りである^{52)、53)}。

<韓国>

- エネルギー安全保障を高めるため、年間 3 億ドルを要する⁵⁴⁾海外からのウラン濃縮役務の調達への依拠を減らす必要がある。
- 海外で原子力ビジネスを展開する上で露国 ROSATOM 及び仏国 AREVA と対抗していくためには、原子炉に加え核燃料供給を含む核燃料サイクル役務の供給が必要である。

<米国>

- 現時点で、韓国が自国内でウラン濃縮を行っていないことで、韓国の原子炉の運転ができない等の問題は生じていない。
- 米国以外の国から天然ウランを購入すればウラン濃縮に際し米国の包括的事前同意は不要(注:ただしウラン濃縮活動に係る一切の資機材や技術が米国の規制から外れていることが必要)。
- 韓国は、エネルギー安全保障の確保のために、自国でのウラン濃縮の必要性を説くが、
 - ✓ ウラン濃縮役務の供給者は複数存在する。韓国もこれまで、複数の事業者から濃縮ウランを供給し核燃料を調達している。
 - ✓ 過去 50 年間、濃縮ウラン市場は健全に機能してきた。
 - ✓ 過去に濃縮ウランの供給を途絶された例は、当該国の核不拡散を理由とするものである。

故に、エネルギー安全保障の確保は、韓国でウラン濃縮を行う必要性の根拠とはなり得ない。

52)Fred McGoldrick and Duyeon Kim、前掲

53)Fred McGoldrick、前掲、Robert Einhorn 前掲

54)Seongho Sheen, “Nuclear Sovereignty versus Nuclear Security: Renewing the ROK-U.S. Atomic Energy Agreement”, The Korean Journal of Defense Analysis, Vol.23, No.2, June 2011, 273-288, URL: <http://www.brookings.edu/research/papers/2011/08/nuclear-korea-sheen>

-
- 国際的な原子力ビジネスの展開に関し、原子炉の供給と合わせてウラン濃縮役務の供給保証が必ずしも必要なわけではない。原子炉メーカーであるGE-日立やウェスティングハウス-東芝は、ウラン濃縮役務の供給保証を行っていない。
 - 仮に原子力新興国がウラン濃縮役務の供給保証を必要としても、既存のウラン濃縮事業者から調達すれば、韓国が自らウラン濃縮を行うよりも、より安価な価格で新興国に核燃料を供給できる。露国 ROSTAOM や仏国 AREVA は、原子炉の輸出という点では韓国とライバルの関係にあるが、それを理由に韓国にウラン濃縮役務を提供しないということはないであろうし、万が一、そのようなことがあれば URENCO に出資する手段もある。既存のウラン濃縮事業者との連携は、韓国自身へのウラン濃縮役務の安定供給にも寄与する。
 - 既存の濃縮ウラン市場は買い手市場である。将来的に日本の原子炉が再稼働すれば状況は変わる可能性はあるが、世界のウラン濃縮設備容量は非常に大きく、将来的にも供給が需要を上回ると予想される。このような状況下で、莫大な初期投資を要するウラン濃縮施設を韓国が新たに建設する合理的な理由があるか。
 - 仮に韓国がウラン濃縮事業を始めたとしても、既存市場で他のウラン濃縮事業者と価格及び経済性の面で競合できるのか。
 - ウラン濃縮や再処理技術の保有者間では、既存の技術保有者以外への技術の拡散を食い止めるとのコンセンサスがなされており、NSG ガイドラインもウラン濃縮技術の移転についてより厳しい条件を付加している。地政学的観点も勘案し、既存のウラン濃縮技術保有者が韓国にウラン濃縮技術を移転することは考えにくい。

<考察>

後者の見解は、韓国が自らウラン濃縮を行っていない現況において、同国の原子炉運転に何ら支障が生じていないという事実に鑑みれば、韓国内でのウラン濃縮の実施が、必ずしも必要不可欠でないこと、また韓国が自らウラン濃縮を行うよりも、ウラン濃縮役務の確保が先決かつ経済合理性があるとしている。上述したように韓国はすでに露国の TENEX、欧州の URENCO 及び米国 USEC 社からウラン濃縮役務を購入し、購入先の多様化を図ると同時に、AREVA の Georges Besse II プラントに出資し、原子炉燃料の安定供給を確保するなど、すでに米国がアドバイスする施策を実施している。

この点、韓国が自国でのウラン濃縮に関し米国に包括的事前同意を求めるのは、米国のお墨付きを得るといふ政治的思惑から生じたもの⁵⁵⁾、あるいは再処理に対する包括的事前同意も含め、EURATOM及び日本には付与されている包括的事前同意を得ることで、韓国が現協定締結当時とは異なり、これらの国と肩を並べる先進国となったことを示すというプレステージを得るためではないかとの見方もある⁵⁶⁾。

<韓国内でのウラン濃縮に係る韓国の選択肢>

上記の通り、韓国でのウラン濃縮を巡り両国の見解はすれ違っているが、核不拡散等の専門家は、米国、あるいは韓国が採り得る以下の選択肢を挙げている⁵⁷⁾。

- a. 既存のウラン濃縮事業者への出資: 既存のウラン濃縮事業者に出資し、出資者としてウラン濃縮役務の提供を確保する。
- b. 多国間管理ウラン濃縮施設の設立: 多国間で、また/あるいはIAEAの関与の下にウラン濃縮施設を設立する。ウラン濃縮技術は、NSGガイドラインに沿いブラックボックスで移転される。

<考察>

核不拡散専門家の多くは、包括事前同意の付与に積極的ではない。上述の通り、米国が韓国でのウラン濃縮に対し包括的事前同意を付与しなくとも、韓国は既存の市場で複数の供給者から既に濃縮ウランを購入し、原子炉燃料の安定供給を確保しており、それならば敢えて包括的事前同意を付与することは必要ないというものである。

a. は多くの専門家が示唆するもので、核不拡散の観点からはウラン濃縮施設や技術が拡散することなく、また韓国もウラン濃縮役務の安定供給を受けられるという両者に好都合な状態(win-win)であるという。上述の通り、既に韓国はAREVAに出資しウラン濃縮役務の供給を受けており、その点ではa.の選択肢も現状と変わらない。

b. は、欧州URENCOのような施設を創設するものである。現実的かつ政治的な観点からの課題としては、韓国が非核兵器国であり、政治的に不安定な朝鮮半島に位置し、朝鮮半島非核化宣言が存在し、六者間協議等を通じて朝鮮半島非核化に米国

55)原子力機構、「米韓原子力協力協定について」、前掲

56)Sharon Squassoni and Tom Moore、前掲

57)Fred McGoldrick and Duyeon Kim、前掲、Fred McGoldrick、前掲、Robert Einhorn、前掲

も含め世界が尽力していることから、そのような状況下で、ウラン濃縮技術を韓国に対しブラックボックスであってもウラン濃縮技術を韓国に移転する者がいるか否かが問題となる。

NSG ガイドラインは、第 6 パラグラフで機微な輸出(濃縮、再処理関連の施設、設備、技術の移転)に対する特別な管理を、第 7 パラグラフで濃縮施設、設備、技術に関する特別な取極め、を規定し、濃縮、再処理関連の施設、設備、技術の移転につき、原子炉等一般の原子力資機材や技術の移転と比して厳格な要件を課している⁵⁸⁾。うち、第 6 パラグラフ(a)は受領国が以下の 6 つの全ての要件を満たさない限り、濃縮、再処理関連の施設、設備、技術の移転を許可しないと規定している(客観的要件)。

- NPT への加盟、NPT 上の義務の遵守
- IAEA の報告書で保障措置協定への重大な違反が指摘されていないこと、IAEA 理事会の決定により保障措置の義務の遵守、原子力平和利用への信頼性の構築に関し、追加的な措置を要求されていないこと、IAEA 事務局により、保障措置協定の履行が不可能である旨が報告されていないこと
- NSG ガイドラインを遵守し、国連安全保障理事会決議 1540 に従い、輸出管理を履行している旨を国連安全保障理事会に報告していること
- 供給国との間で、非爆発利用、恒久的な保障措置、再移転に関する保証を含む政府間協定を締結していること
- 供給国に対し、国際的なガイドラインに基づく、相互に合意された核物質防護措置を適用するコミットメントを行っていること
- IAEA の安全基準に対するコミットメントを行い、原子力安全分野の国際条約を発効させていること

また、同パラグラフ(b)は、移転を許可するか否かを検討するに当たり、供給国が濃縮、再処理の施設、設備、技術が平和利用目的であることを確保するために受領国と協議すること、また関連する要因を考慮すること(供給国の主観的要件)、同パラグラフ(c)は受領国が IAEA 追加議定書を発効させている、もしくは未発効の場合には IAEA 理事会で承認された適切な保障措置協定を履行していることを挙げている。

58)原子力機構、「原子力供給国グループにおける機微な原子力資機材、技術の移転に関する規制強化の合意について」、核不拡散ニュース、No.0163, 2011 年 8 月 4 日、http://www.jaea.go.jp/04/np/nnp_news/0163.html#a1

さらに第7パラグラフは濃縮施設、設備、技術の移転に関して、供給国が受領国から移転対象の施設、設備を含む施設、移転対象の技術をベースにした施設を高濃縮ウランの生産用に改造、または運転しないことに関して法的拘束力を有する約束を求めること(同パラグラフ(a))、2008年12月31日時点で濃縮ウランの相当規模の生産が実証されていた特定の濃縮技術をベースにした濃縮施設、設備、の移転に関し、供給国は現実的に可能な限り、そうした品目に関連する設計、製造技術の移転を回避すること(いわゆるブラックボックス)、また受領国から最低限、設備の複製を許可しない、または不可能とするような条件の下で、濃縮施設、設備、技術が受け入れる合意を得るよう求めること、としている(同パラグラフ(b))。

ここで受領国を韓国とし、同国が上記の要件に適合するか考察すると、第6パラグラフ(a)及び(c)の客観的、韓国は4.2で述べた通り所要の条約等に加盟、APを批准しており、(a)、(c)をクリアする。また第7パラグラフ(a)及び(b)につき、韓国が所要の法的拘束力を有する約束をし、濃縮技術がブラックボックスで移転すれば、この問題もクリアする。しかし、課題は第6パラグラフ(b)のいわゆる供給国の主観的要件であり、既存のウラン濃縮国(米国、露国、仏国、英国/独国/蘭国等)が韓国に対し、その所有するウラン濃縮技術を移転するか否か、当該国の主観的な考慮に委ねられる。この主観的要件の具体的内容については、NSGガイドラインの改正段階での検討では、例えば、「受領国が濃縮、再処理能力の追求を正当化する論理を有しているか否か、当該移転が受領国の安全、セキュリティにネガティブな影響を与えるか」等が含まれていたが、議論の末、「関連する要因を考慮すること」の表現に留まり、具体的なクライテリアへの言及はなされなかったという⁵⁹⁾。

この点、「商業的及び政治的理由から、例えウラン濃縮技術がブラックボックスでの移転で韓国が当該技術にアクセスできないとしても、AREVA や URENCO が韓国にウラン濃縮施設を建設することは全く(extremely unlikely)あり得ない」と明言する核不拡散専門家もいる⁶⁰⁾。ウラン濃縮技術のブラックボックスでの移転例は、URENCO 濃縮技術が米国に、豪州の SILEX システムズが米国に、AREVA が米国に、露国が中国にそれぞれウラン濃縮施設を建設する際に政府間協定においてなされた例があるが、い

59)同上

60)Robert Einhorn、前掲

ずれも核兵器国への移転であり⁶¹⁾、「核拡散はそれほど大きな懸念事項とはなっていない」⁶²⁾。

上記を補足すると、商業的観点につき、例えば 2020 年及び 2035 年までの天然ウラン及びウラン濃縮役務の見通しに係る調査⁶³⁾によれば、低成長シナリオでは、2020 年までは需給緩和によりウラン濃縮役務価格が低下、天然資源開発プロジェクトが停滞し、例えば米国 USEC が進める大規模ウラン濃縮施設 ACP (American Centrifuge Project) は遅延・中止する可能性が高く、また 2035 年においてもウラン濃縮役務の供給過剰状態が続き、ACP は中止となる可能性があるとしている。この傾向は高成長シナリオであっても同様で、アジアを中心にウラン濃縮役務の需要は増大するが、2020 年まではウラン濃縮役務の設備余力を多量に有する露国からアジアへの輸入が拡大し、現在計画されている以上のウラン濃縮設備は必要とされず、むしろ濃縮設備拡張計画が遅延すること、2035 年までにおいても天然ウラン需給自体は急速な資源開発を想定せずとも足り、濃縮設備の建設も最低限のものになると予測している。つまり、単純に濃縮ウランの需給バランスで考えれば、現在米国で建設中の ACP さえその必要性が危ぶまれる状況においては、ウラン濃縮施設を新設する必要性を見出すことは難しいということである。

それでもなおウラン濃縮技術を有しない韓国がウラン濃縮事業を始めようとするれば、韓国は自力でウラン濃縮技術を開発し施設を建設するか、あるいは既存のウラン濃縮技術を、例えば URENCO (ETC) からブラックボックスで移転する必要がある。しかし前者は ACP が示すように技術的かつ経済的に容易ではなく、2011 年末までに ACP に投資された投資額は約 22 億ドルにも達している⁶⁴⁾がそれでもなお ACP の進捗はままならず、USEC 自体が 2014 年 3 月に破産している。後者についても、上記のように供給過剰が見込まれるウラン濃縮市場において自らの施設の経営さえ厳しくなると予想される中で既存の技術保有者が敢えてウラン濃縮技術を韓国に移転するか否かである。また核不拡散の観点につき、現在は韓国が仏国から再処理施設の移転を図った

61) Fred McGoldrick, “Limiting transfers of enrichment and reprocessing technology: issues, constraints, options”, Belfer Center for Science and International Affairs, Harvard Kennedy School, May 2011, MA, USA. p.9, URL: <http://belfercenter.ksg.harvard.edu/files/MTA-NSG-report-color.pdf>

62) Oleg Bukharin, “Understanding Russia’s Uranium Enrichment Complex”, Science and Global Security, p.209, URL: <http://fissilematerials.org/library/sgs12bukharin.pdf>

63) 松尾雄司、他、「世界各国の原子力政策動向と原子力発電・ウラン燃料需給の長期見通し」、日本エネルギー経済研究所、2012 年、URL: <http://eneken.ieej.or.jp/data/4621.pdf>

64) 原子力機構、「海外ウラン濃縮企業動向、14 頁、2013 年、URL: <http://www.jaea.go.jp/03/senryaku/topics/t13-1.pdf>

1970年代とは異なり、核セキュリティの観点からも核不拡散強化が希求されている。米国及び欧州は北朝鮮及びイランの核活動を止めさせるために尽力しており、その一方で韓国にウラン濃縮技術を移転し、韓国でのウラン濃縮を認めることは、NPT 第4条の原子力平和利用の権利を盾にウラン濃縮活動を継続しようとするイランの活動を刺激しかねない危険性を孕む。このように、韓国が NSG ガイドラインの客観的要件をクリアしても、既存の技術保有者が「関連する要因を考慮して」韓国にウラン濃縮技術を移転することは現実問題として考えにくいのではないか。

5.4 パイロプロセッシング

韓国でのパイロプロセッシングの実施に係り核不拡散等の専門家が分析する両者の見解を整理すると以下の通りである^{65), 66)}。

<韓国>

- パイロプロセッシングは、高速炉と組み合わせることで以下の利点がある。
 - ✓ プルトニウムは、ウランや他の核分裂生成物及び超ウラン元素とともに処理され単体抽出されず、また直接、高速炉用金属燃料に成形加工されるので、核不拡散性に優れている。
 - ✓ パイロプロセッシングと高速炉での燃焼により、廃棄物の量と熱負荷を抜本的に削減できる。最終的な使用済燃料の貯蔵施設容量は、直接処分使用済燃料の貯蔵施設容量の100分の1で足りる。
 - ✓ 処理後の放射性廃棄物は、30万年よりも約300年で天然ウランのレベルまで減衰する。加えてパイロプロセッシングで処理後の物質は、放射線及び熱が高く核兵器に使えず、核拡散抵抗性が高い。
 - ✓ 残ったごく少量のキュリウムが多く自発中性子を生み出し、核兵器に製造された場合に核兵器の威力を制限する
- 韓国で年間約700トン以上、計画中原子炉が建設されれば年間1,100トンもの使用済燃料が発生すると予想されている。使用済燃料問題に対処するためには、高速炉と組み合わせたパイロプロセッシングによる使用済燃料の貯蔵量の削減が重要

65) Fred McGoldrick and Duyeon Kim, 前掲、

Seong Won Park, “Why South Korea needs pyroprocessing”, Bulletin of the Atomic Scientist, October 26, 2009, URL: <http://thebulletin.org/why-south-korea-needs-pyroprocessing>

66) Robert Einhorn, 前掲

な意味を持つ。その理由は、

- ✓ 韓国には適切な使用済燃料の中間貯蔵施設がない
- ✓ オンサイトの貯蔵は 2016 年に飽和状態となる
- ✓ フィンランドのオルキオト使用済燃料最終処分場の 10 倍の規模が必要な適切な地層処分場がない
- ✓ 100 万年以上もの長期の使用済燃料の安全性を保証する適切な方法がない
- ✓ 廃棄物の処分に関し公衆及びステークホルダーの理解が得られていない。

<米国>

- パイロプロセッシングは、以下の理由で差し迫った、あるいは中期的な使用済燃料問題を解決できない。
 - ✓ パイロプロセッシングは、未だ研究開発段階の技術で、商業スケールでの実証もなされていない。
 - ✓ 現段階で、パイロプロセッシングの経済性、核拡散抵抗性、保障措置適用性が不明。
 - ✓ 2024 年までには韓国内の使用済燃料貯蔵容量が不足する一方で、最短で 2026 年に運転開始予定のパイロプロセッシングの原型施設は 100t/y であり、それまでに蓄積される使用済燃料を処理できるのか。
 - ✓ パイロプロセッシングのメリットは、パイロプロセッシング-燃料製造-高速炉のサイクルで使うことによりもたらされるが、パイロプロセッシング施設の運転に合わせて高速炉も運転できるのか。高速炉技術は商業化できるのか。
- 米国 ANL が KAERI と協力して SFR 原型炉の設計を行っているが、パイロプロセッシング-金属燃料製造-高速炉を組み合わせた先進核燃料サイクルが実現可能で経済的にも成り立つと証明されたとしても、その実現は数十年先であろう。

<考察>

両者の見解を比較する前に、韓国でのパイロプロセッシングの実施に関し、韓国が「包括的事前同意」を求めているということ自体について、日本が再処理の実施に関し包括的事前同意を得た経緯を踏まえて考察する。

そもそも、「包括的事前同意」とは、前述したように、あらかじめ一定の条件を定め、その枠内であれば再処理等の諸活動を一括して承認し、一つ一つ個別に規制権を行

使しないこととする方式⁶⁷⁾であり、規制対象となる活動について個々に事前に一方の国に同意を求める「個別事前同意」と対をなす。

例えば 1968 年発効の旧日米原子力協力協定では、協定対象の核物質の再処理に関し、現行の米韓原子力協定同様に日米両国の「共同決定」が必要とされていたが、これも「個別事前同意」である。茨城県東海村の再処理工場の運転に際しては、上記の日米両国の「共同決定」が必要とされ、1977 年 4 月から 9 月に実施された日米再処理交渉を経て、1977 年 9 月に日米両国で旧日米原子力協力協定に基づき、「合衆国産の特殊核物質の再処理についての日米原子力協力協定第 8 条 C 項に基づく共同決定」⁶⁸⁾が調印され、同月からホット試験を開始し、11 月に初めてのプルトニウムを回収した。

またピューレックス法での再処理の実証と並行して、核不拡散を考慮したウラン-プルトニウム共回収技術の開発、米国国立研究所や IAEA との保障措置技術の研究開発も行われた。その後、日本は青森県六ヶ所での商用再処理工場の建設・運転を視野に入れ、将来の再処理の実施につき事前に米国から同意を得る「包括的事前同意」を求め、1982 年 8 月から日米原子力協力協定の改定交渉を開始した。商用再処理施設が、再処理する都度に米国からの「個別事前同意」を得る必要があるとすれば、米国の主観的判断に再処理施設の運転が左右されるおそれがあり、施設の事業者は常に不安定な立場に立たされ、安定的な商用運転は見込めない。そのために日本は「個別事前同意」ではなく、「包括的事前同意」を必要とした。

約 5 年間に亘る交渉を経て、日米両国は 1987 年 11 月に現行の日米原子力協力協定⁶⁹⁾に調印し、1988 年 7 月に協定が発効したが、この現行協定の中では、日米両国が合意する施設(六ヶ所再処理施設等)において一定の条件の下での日本の再処理に関し、米国が包括的かつ長期的にその実施を認めている。翌年の 1989 年、日本原燃サービス株式会社(当時、現在の日本原燃)は再処理事業指定の申請を国に対して行った。

67)原子力百科事典 ATOMICA、「日米原子力協定 (13-04-02-01)」、前掲

68)東京大学東洋文化研究所田中明彦研究室、「合衆国産の特殊核物質の再処理についての共同決定」、URL: <http://www.ioc.u-tokyo.ac.jp/~worldjpn/documents/texts/JPUS/19770912.D1J.html>

69)原子力の平和的利用に関する協力のための日本国政府とアメリカ合衆国政府との間の協定、昭和 63 年 7 月 2 日号外条約第 5 号、URL:

http://www.nsr.go.jp/activity/hoshousochi/kankeihourei/data/1320751_006.pdf

このように日本での日米原子力協定下での包括事前同意に基づく再処理の実施は、旧日米原子力協力協定下での日米両国による「共同決定」(個別事前同意)、非商用施設である東海再処理工場でのピューレックス法再処理の実用性の実証、再処理施設に適用される保障措置の技術開発、それを踏まえた上での商用再処理施設の建設・運転を意図し「包括的事前同意」を求めた協定改定交渉の実施、協定の改定、といった一歩一歩着実に段階的な手順を踏んで得たものである。

一方、上記の日本の場合と比して韓国の現況を概観すると、まず韓国での再処理に関し現行協定下で米国と「共同決定」を成し得ていない。またパイロプロセッシング技術は、韓国においては研究開発段階に止まり、加えて韓国内ではホット試験を行えない状況にある。さらに仮に研究開発が予定通りに進捗しても、2025年までに原型施設(100t/y)の運転を開始であり、商用化はその先の話である。そのような状況において、韓国は現時点でパイロプロセッシングでの使用済燃料の処理に関し「包括的事前同意」を求めている。必ずしも日本のような段階的な例に従う必要はないであろうが、韓国の希求するところは飛躍的である。

次に上述した米韓双方の見解を比べると、まず上述したように米国のIFRの評価は、「乾式再処理-金属燃料-高速炉のサイクルとして考えた場合、すべてのMA元素を燃料サイクル内に閉じ込めることが可能であり、廃棄物として処分されるMA量を大幅に低減できる」とし、一連のサイクルの成立を前提としている。一方で韓国におけるパイロプロセッシング及び高速炉の開発状況及び導入スケジュールは2020年以降の計画で、廃棄物量の削減のメリットがもたらされるのはそれ以降の話であり、その点を勘案すると米国の見解は説得力を持つ。2016年に貯蔵容量の限度に達する使用済燃料問題を打開するには、現時点で、何らかの現実的な解決策が早急に必要であり、最短でも2020年代後半のパイロプロセッシング及び高速炉の原型施設の建設、あるいは運転開始では到底間に合わない。加えて、高速炉用の金属燃料の研究開発や製造、試験等も必要となる。要するに、米国がパイロプロセッシングに対し包括的事前同意を付与しようと付与しまいと、今、韓国が直面している使用済燃料貯蔵問題を解決することはできず、まず使用済燃料貯蔵問題の解決が先決であるということである。

更に、上述の通りIFR再処理とGNEPのNPJAドラフトの評価、そしてSNTの移転に係る協定ではパイロプロセッシングの核拡散抵抗性に対する評価に変化がみられる。韓国はパイロプロセッシングが従来の再処理とは異なる点で、再処理(reprocessing)とは呼んでいないが、米国はすでにパイロプロセッシングが再処理であり、SNTに該当すると判断している。

＜韓国国内でのパイロプロセッシングの実施に係る選択肢＞

上述した通り、韓国でのパイロプロセッシングの実施を巡り両国の見解はすれ違っている。しかし、上述したように、今、韓国が解決しなければならないのは、使用済燃料貯蔵問題であり、その観点から核不拡散等の専門家は、米国、あるいは韓国が採り得る複数の選択肢を挙げており、それらを整理すると以下の通りである⁷⁰⁾。実現可能性に乏しいと思われる選択肢もあるが、考え得る選択肢も含むものとして記載する。a.は短期的選択肢で、韓国がパイロプロセッシングを行うか否かに拘わらず喫緊に解決が必要な使用済燃料貯蔵問題への当座の対応である。ア)はそもそも使用済燃料の再処理を行わないとの選択肢で、使用済燃料は直接処分する、つまりワンスルーの選択肢である。イ)は使用済燃料の再処理を行うが韓国では行わない選択肢、ウ)は韓国でパイロプロセッシングを用い使用済燃料を処理する選択肢である。

- 短期的選択肢

- a. 韓国国内での中間貯蔵施設の建設: 韓国国内で使用済燃料の中間貯蔵施設を建設する。具体的には原子炉サイト内、あるいは集中立地でドライキャスク(乾式貯蔵)での貯蔵を行う。NRCもドライキャスクは、100年間は安全であると結論付けている。

- 中・長期的選択肢

- ア) 使用済燃料の再処理を行わない選択肢

- b. 韓国国内での処分場の建設: 韓国国内で処分場を建設し、使用済燃料を処分する。
- c. 米国による韓国の使用済燃料の引き取り: 韓国の使用済燃料のうち、60～70%が米国起源の燃料から生じたものであり、供給者である米国が韓国の使用済燃料を引き取る。
- d. 国際(地域)使用済燃料貯蔵、廃棄物処分場の建設・運営: 国際的な、あるいは地域で使用済燃料貯蔵及び廃棄物処分場を建設し、運営する。

70) Fred McGoldrick and Duyeon Kim, 前掲、Fred McGoldrick, 前掲、Mark E. Manyin et al. “U.S.-South Korea Relations”、前掲

イ) 使用済燃料の再処理を行なうが、韓国では行わない選択肢

- e. 海外での再処理: 韓国の使用済燃料を海外で再処理することに米国が包括的事前同意を付与する。

ウ) 韓国でパイロプロセッシングを行う選択肢

- f. 韓国、米国及びIAEAとの研究開発の実施: 韓国は米国と核拡散抵抗性のあるパイロプロセッシング技術の研究開発、IAEAとパイロプロセッシング施設の先進的保障措置技術開発を実施し、これを着実に進める。またパイロプロセッシングだけでなく、幅広い使用済燃料処分方策(例えばボアホールでの処分など)についても検討する。
- g. パイロプロセッシングは再処理ではないと定義すること: パイロプロセッシングが再処理でないと定義し、そもそも米国の事前同意を不要とする
- h. 条件付でパイロプロセッシングに同意する: 一定の条件付きで米国が韓国でのパイロプロセッシングに同意するもの。具体的な条件としては、
- 1) 現在米韓両国の間で共同研究を実施している10年の予定の研究開発が終了し、
 - 2) 当該研究に基づき、両者がパイロプロセッシングは経済的に実現可能であり、また適切な核拡散抵抗性を有していると結論づけ、
 - 3) 協定対象物質のパイロプロセッシングによる処理が、米国の定める基準に合致するものであること、が挙げられている⁷¹⁾。
- i. 韓国がピューレックス法での再処理能力を保有しないことを協定でコミットすること: パイロプロセッシング処理を行う代わりに、従来のピューレックス法での再処理は行わないことを協定で明確に規定するとともに、将来的にパイロプロセッシング施設、燃料製造施設及び高速炉施設を同一場所に建設する。
- j. 多国間管理パイロプロセッシング施設の設立: 多国間で、また/あるいはIAEA関与の下にパイロプロセッシング再処理施設を建設する。

71) Fred McGoldrick and Duyeon Kim、前掲

< 考察 >

a.は原子炉サイト内あるいはサイト外に使用済燃料の集中貯蔵施設を建設する選択肢である。上述のように韓国は2024年までに2万トン容量の集中貯蔵施設を建設すべく対応を行っている。しかし、当座の短期的対応であり、使用済燃料貯蔵対策に対する長期的な解決策ではなく、その意味で中長期的観点からは、a.を行いつつ、ア)～ウ)のいずれかの選択肢が必要になる。

b.は、韓国が使用済燃料をリサイクルしないとの選択肢で、使用済燃料処分場を建設し、全ての使用済燃料を処分するものであるが、現在の韓国の原子力政策とは相いれず、処分場建設には政治的及び地元住民の理解を得る必要があり、すでに処分場を建設、あるいは計画中のフィンランドやスウェーデンを除き多くの国が困難に直面している。

c.は、韓国の使用済燃料の60～70%が米国起源のウランを照射して生じた使用済燃料であるため、米国が韓国の使用済燃料を引き取るという選択肢である。しかし、現実的問題として、米国ではユッカマウンテン計画が頓挫し、米国自身が放射性廃棄物問題を解決できない状態にあり、実現可能性は高くはない。また、米国内で議会承認を得る必要があり、政治的に大きな問題に直面することになることが予想される。なお、露国は再処理目的で、他国で生じた使用済燃料の引き取りが不可能ではないが、ROSATOMは露国起源の燃料である必要があるとのスタンスを採っている。

d.は、国際的な、あるいは地域で使用済燃料貯蔵及び廃棄物処分場を建設し、運営するものであるが、現実的に地域住民や政治的な理解を得て、このような施設をホストする国が存在するか否かの問題がある。

e.は、例えば韓国の使用済燃料をEURATOM域内で再処理することに米国が包括的事前同意を付与するものである。例えば現行の日米原子力協力協定や米国-UAE原子力協力協定では、日本、あるいはUAEで発生した使用済燃料の再処理目的での欧州への移転(米国から見れば再移転)につき、米国は包括的事前同意を付与している。ただし、再処理後のプルトニウムの日本やUAEへの返還について、日本への移転は想定されているがUAEへの移転は想定されておらず両国の更なる合意が必要としている。(日本の場合は、米-EURATOM原子力協力協定上求められる同意を米国がEURATOMに対して与えることを日米原子力協力協定下で米国が約束して

いるが、米国-UAE 原子力協力協定では、米-EURATOM 協定上必要とされる同意が米-UAE 協定では想定されていない⁷²⁾。

米国が韓国での再処理を認めていないことから勘案すれば、再処理後のプルトニウムを韓国に返還することに関し米国が同意することは考えにくい。一方で、EURATOM の仏国あるいは英国での再処理について、再処理で回収されたプルトニウムは高レベル放射性廃棄物とともに使用済燃料発生国に返還されることとなっており、プルトニウムの引き取り手がなく宙に浮いてしまうことになる。韓国にとってはこの点、米国が日本には付与しているプルトニウムの返還及びプルトニウム利用を韓国には認めないことで対応に差があること、韓国は欧州でのプルトニウムの保管費用を支払う必要があること、一方で高レベル放射性廃棄物は韓国に返還されることになるが、韓国にはそのための処分施設がないこと(ただしこの問題は海外再処理の場合だけでなく、韓国でパイロプロセッシングを行っても同じ問題に直面する)、等の課題に直面することが指摘されている⁷³⁾。

f.から j.は韓国でパイロプロセッシングにより使用済燃料の処理を行うケースであり、韓国が希求するケースである。f.は g.～i.と両立が可能であろう。f.は、米国や IAEA 等と共同研究を行い、核拡散抵抗性のあるパイロプロセッシングの研究開発や、保障措置技術開発を行い、それらが立証できれば、次の段階の商業規模のパイロプロセッシング施設の建設・運転につなげていくという段階的アプローチである。1980～1990 年代に ANL で実施された IFR 研究の実績も含め、上述の通り 2011 年からすでに米韓間の JFCS でパイロプロセッシングの技術的、経済的観点からの実現可能性や核拡散抵抗性、保障措置適用性等の研究が行われている。これらの過程で、まず米国の個別同意を得て韓国でパイロプロセッシングのホット試験を含む研究を行い、次につなげていくという段階的な方法も提案されており⁷⁴⁾、例えば限定された施設での活動に限定して同意を付与することも含まれる⁷⁵⁾。このような段階的方法は、上述した日本での再処理実施の方法に似る。なお上述の通り、ホット試験実施にも必要な米国から韓国への SNT の移転に係る規制についての米韓間の協定 (Subsequent Arrangement) はすでに整って

72)原子力機構、「オバマ大統領がアラブ首長国連邦(UAE)との原子力協力協定を議会に上程 -米国/UAE 原子力協力協定に見るオバマ政権の核不拡散政策の分析」、核不拡散ニュース、No. 0124、2009 年 6 月 15 日、URL: http://www.jaea.go.jp/04/np/nnp_news/0124.html#a1

73)Fred McGoldrick、前掲

74)Mark Holt、前掲

75)Mark E. Manyin et al. “U.S.-South Korea Relations”前掲

いる。さらに JFCS 内では、パイロプロセッシングに留まらず、他のバックエンド方策につき検討することになっている。

g.は、パイロプロセッシングは再処理ではないと米国が認めることであるが、上述のように米国は NNT の締結に係り、パイロプロセッシングを NNPA の定義する SNT に該当するとの判断を行っており、g.は現実的な解決策とは考えられない。

h.は、一定条件の下でパイロプロセッシングに同意するもので、うち条件の 3)につき、AEA 第 131 条(実施取極め)は、ア)再処理の事前承認が求められた際には、DOE 長官は同意を付与することにより、同意が求められた時点よりも、米国の防衛及び安全保障に有害なものでなく、核拡散リスクを顕著に増加させる結果とならないかを決定する必要があると規定している。また、イ)DOE 及び DOS 長官が判断を行う際に最も重要な判断要因として再処理や再移転が、転用した核物質を核爆発装置に転換するまでに十分時間的余裕をもって、転用に関する「タイムリーな警告」がなされることが確保される条件で行われるか否かを考慮しなければならないとしている。

韓国の立場からは、上記は不明瞭であるが、上記ア)の判断基準として、核不拡散専門家は、具体例として、米国が同意することにより、北朝鮮の非核化にどのような影響を与えるか、北朝鮮の原子力プログラムの現状、機微技術の拡散を基本とする米国の核不拡散政策にどのような影響を与えるか、地域及び世界の安定に与えるインパクト、を挙げている⁷⁶⁾。

i.は、韓国が従来のピューレックス法での再処理能力を保有しないことを協定でコミットした上で、パイロプロセッシングを行うものである。しかし、パイロプロセッシングのメリットの一つである廃棄物量の減容は、高速炉との組み合わせで成就されるものであることから、パイロプロセッシング施設に加えて、燃料加工施設、先進燃焼炉も必要となり、加えてこれらを同一場所に設置し(集中立地)、核物質の盗取リスクを低くし、核不拡散性を高めることが提案されており⁷⁷⁾、GNEP の NPJA でも集中立地は核物質の輸送及び核物質物理的防護措置が軽減されるメリットを指摘している。この選択肢は、上述したように ANL を中心に展開された IFR 計画に似ている。しかし、高速炉の導入を考えると長期的なスパンの選択肢で、米国が実質的に新たな国での再処理とプルトニウム利用を容認することになり、機微な技術と施設を制限するという米国の既存の核不拡散政策との整合性が問われることになる。

76)Fred McGoldrick and Duyeon Kim、前掲

77)Fred McGoldrick、前掲

j.は、米国、あるいは米国が参加せずとも多国が関与し、また IAEA が決定や経営に関与するパイロプロセッシング多国間施設を建設・運営するというものであり、多国及び IAEA の参加により、核拡散に対する多重バリアを形成し、施設の透明性向上が図られ、また韓国によるブレイクアウトに対する障壁となり得るとしている⁷⁸⁾。ただし、このような施設を韓国と一緒に運営するとのインセンティブを有する国の存在が不可欠であり、再処理の経済性や、再処理後に加工された金属燃料は高速炉での燃焼を前提としていることを考えると、高速炉も多国間施設とする必要があるのか、等種々の課題をクリアする必要がある。

上記のように核不拡散等の専門家から多くの選択肢が提示されていたが、結果として本稿冒頭に述べた通り、現行の米韓原子力協力協定は2年間延長された。その意味するところは現状維持であり、今後も上記 f.にあるように、2011 年から米韓間で実施されている JFCS を継続しつつ、協定改定交渉を続けていくことで落ち着いたということである。しかし、当該 JFCS が 2021 年まで継続予定であり、必要な施設を建設し、実験や研究を通して技術の実証、燃料製造及び照射を行って初めてパイロプロセッシングの技術的、経済的観点からの実現可能性や核拡散抵抗性を評価が遂行される予定であることを考えると、2年間は十分ではなく、更なる延長もあり得るとの見解も少なくない⁷⁹⁾。

6. 結論

2014 年 3 月に米韓原子力協力協定の有効期限が 2 年間延長されたことに鑑み、本稿では、韓国の原子力利用状況を含め、米韓原子力協力協定改定交渉の論点に係る米国の核不拡散専門家等が発表している米韓両国の見解の解説、分析、考察、韓国の目指す方向性に係る提案等について、一部に韓国の有識者等からの見解も含めてこれらを整理するとともに、執筆者の考察も加えて記載した。

米韓原子力協力協定対象核物質の韓国でのウラン濃縮及びパイロプロセッシングでの使用済燃料の処理に係る米国から韓国への包括的事前同意の付与に関し、米国側の見解の多くは、必ずしも韓国側の望むものではない。しかし現時点では、以下の三つの現実を直視する必要があると考える。

78)同上

79)Center for Strategic and International Studies, “U.S and South Korea Agree to an Extension of the 123 Civil Nuclear Agreement” , URL: <https://csis.org/publication/us-and-south-korea-agree-extension-123-civil-nuclear-agreement>

一つは、国際社会の政治的現実である。世界が北朝鮮やイランの核活動を止めさせるために尽力している状況において、平和目的であっても韓国が北朝鮮と国境を接し韓国の機微な原子力活動を行うことは、北朝鮮の核兵器開発活動を刺激する可能性を否定できず、米国の核不拡散努力が無に帰す恐れがあると米国が考えていることである。また米国は、ヨルダン等の中東諸国との協定においてゴールド・スタンダード条項を盛り込む意向で協議を重ねており、ケース・バイ・ケースで相手国毎に異なる核不拡散政策を採ることを明確にしているものの⁸⁰⁾、ゴールド・スタンダード条項とは真逆のウラン濃縮及び再処理に対する包括的事前同意を米国が早急に韓国に付与するとは考えにくい。これらは韓国自身が解決できない問題ではあるものの、避けられない現実問題である。

二つは、パイロプロセッシングに係る技術的現実であり、パイロプロセッシングが、廃棄物の減容というメリットが引き出せる高速炉の利用も含め未だ研究開発段階であり、技術的に可能か否かを実証可能な段階にさえ達していないことである。そのような状況では、パイロプロセッシングは2024年には不足すると予想されている韓国内での使用済燃料貯蔵容量問題の解決には貢献せず、その意味では、現時点で包括的事前同意を米国から得る現実的な意味はない。

三つは経済的現実であり、5.3のウラン濃縮の項で述べた通り、低・高成長シナリオのいずれにおいても既存、あるいは現在計画中のウラン濃縮設備容量で十分に足りると予想される状況において、新規ウラン濃縮事業は経済的に合理性を持つとは言い難い。

これらの三つの現実を直視すれば、少なくとも現時点においては米国側の主張は論理的ではある。

ただし、だからといって、将来的にも韓国内でのウラン濃縮及びパイロプロセッシングでの使用済燃に対して包括的事前同意が得られない、というわけではない。現時点では難しいというだけであり、また個別同意は必ずしも不可能なわけではないであろう。例えば現在、米韓間で実施中の共同研究(JFCS)の一定の段階で、必要に応じて韓国の研究施設内での活動に限定して同意するという選択肢も可能性として専門家等から

80)Grossman, E.M. Administration Letter Promises “Case-by-Case” Approach to Nuclear Trade Deals. Available online:
<http://www.nti.org/gsn/article/administration-letter-promises-case-case-approach-nuclear-trade-deals/>

提示されており、このようなステップを着実に進め、技術の経済的合理性、核不拡散性、保障措置適用性が立証され、それが米国や IAEA 等に認められ、高速炉等についても実用化の目途が立てば、また新しい道が開ける可能性がゼロであるというわけではないであろう。また将来的に朝鮮半島情勢が現在と将来でまったく違う状況になっている可能性も否定できない。

その意味で、現時点では、使用済燃料の集中中間貯蔵施設の立地及び設立という直近かつ緊急の課題に取り組みつつ、焦ることなく中長期的にパイロプロセッシング技術等の研究開発を米国や IAEA と協力して着実に進めていくことが必要となると考える。

【報告:政策調査室 田崎】