



ISCN ニュースレター

No.0262

January, 2019

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 (JAEA)

核不拡散・核セキュリティ総合支援センター (ISCN)

目次

1. お知らせ	4
1-1 アンケートへのご協力をお願い	4
2. 核不拡散・核セキュリティに関する動向(解説・分析)	5
2-1 米露間のプルトニウム管理処分協定に基づく米国での34トンのプルトニウム(Pu)処分に係る全米科学アカデミー等の中間報告書について―「希釈処分オプション」におけるPuへの接近可能性及び軍事目的でのPuの回収可能性―	5
米露のプルトニウム管理処分協定(PMDA)に基づく米国の34トンの解体核兵器由来の余剰プルトニウム(Pu)処分に係り、2018年11月末、全米科学アカデミー等は、米国が「MOX オプション」の代わりに実施しようとしている「希釈処分オプション」についての中間報告書を公表した。中間報告書は、「希釈処分オプション」が、「MOX オプション」では存在するPuへの接近可能性に係る放射線、同位体及び物理的障壁(バリア)を欠き、使用済燃料基準も満たさないこと、また米国によるPuの回収可能性を残すものであると指摘している。	
2-2 米国トランプ政権の『大量破壊兵器テロに対抗するための国家戦略』における核セキュリティ等に係る部分の概要	9
2018年12月、米国トランプ政権は『大量破壊兵器テロに対抗するための国家戦略』を発表した。本稿では、当該国家戦略で述べられた核セキュリティ等に係る部分の概要を紹介する。	
2-3 ナイジェリア、国内の高濃縮ウラン燃料を全て返還	12
2018年12月7日、米国エネルギー省国家核安全保障庁(DOE/NNSA)はナイジェリアの研究炉(NIRR-1)で使用していた高濃縮ウラン(HEU)をナイジェリア、IAEA(国際原子力機関)、DOE/NNSA及び中国との協力の下、供給国である中国に返還したことを発表した。本稿はその概要について紹介する。	
3. 技術紹介	15
3-1 レーザー駆動中性子源を利用した中性子共鳴透過分析法の開発	15
高線量核物質の非破壊測定装置として、小型の中性子核共鳴透過分析(NRTA)装置の開発を目指し、種々の中性子源の導入を検討している。今年度より開始した、レーザー駆動中性子源を利用したNRTAの開発について紹介する。	
4. 活動報告	17
4-1 原子力平和利用と核不拡散・核セキュリティに係る国際フォーラム「国際的な核不拡散の課題と強化 ～IAEAの役割と日本の貢献～」(報告)	17
2018年12月13日(木)、時事通信ホールで開催した、原子力平和利用と核不拡散・核セキュリティに係る国際フォーラム「国際的な核不拡散の課題と強化 ～IAEAの役割と日本の貢献～」の結果について報告する。	

4-2 国内計量管理制度(SSAC)に係る国際トレーニングの開催----- 36

国際原子力機関(IAEA)と共同で2018年11月26日～12月7日に「国内計量管理制度(SSAC: State's system of accounting for and control of nuclear material)に係る国際トレーニング」を開催した。その概要について報告する。

4-3 IAEA 放射性物質の核セキュリティに係る国際会議への参加----- 38

2018年12月3日～7日にかけてウィーンにおいて放射性物質のセキュリティにかかわる国際会議が開催された。その概要について報告する。

4-4 燃焼度ワークショップへの参加----- 39

米国ロスアラモス国立研究所における「燃焼度ワークショップ」に参加し、福島第一原子力発電所の燃料デブリの計量管理方策として進めている燃焼度測定技術開発について議論を行った。

1. お知らせ

1-1 アンケートへのご協力をお願い

ISCN ニュースレター編集委員会では、多くの読者からご意見を伺い、その結果を記事に反映し、誌面内容の向上を図るため、アンケートを実施しております。

皆様のご意見・ご要望をお聞かせください。

下記リンクよりアンケートへのご協力をお願いします。

http://www.jaea.go.jp/04/iscn/nnp_news/enquete.html

※ アンケートの所要時間は1分程度です。

2. 核不拡散・核セキュリティに関する動向(解説・分析)

2-1 米露間のプルトニウム管理処分協定に基づく米国での34トンのプルトニウム(Pu)処分に係る全米科学アカデミー等の中間報告書について —「希釈処分オプション」におけるPuへの接近可能性及び軍事目的でのPuの回収可能性—

【概要】

米露のプルトニウム管理処分協定(PMDA、2000年署名、2010年改正)に基づく米国の34トンの解体核兵器由来の余剰プルトニウム(Pu)処分に係り、米国エネルギー省国家核安全保障庁(DOE/NNSA)は、改正PMDAで認められた「MOXオプション」の代わりに、「希釈処分オプション」の実施を意図している。米国議会からの依頼を受けた全米科学アカデミー(NAS)等¹は、「廃棄物隔離パイロットプラント(WIPP)での余剰Pu処分に係る委員会」²を組織し、2018年11月末、同委員会は、DOE/NNSAが作成した「希釈オプション」の概念計画の実行可能性の現時点での評価を取りまとめた「WIPPでの余剰Puの処分」と題する中間報告書³を公表した。報告書には、「希釈処分オプション」の履行に係る課題を含む7つの調査結果(Finding)と4つの提言(Recommendation)等が列挙されている。

このうち5つ目の調査結果(Finding 5)は、「希釈処分オプション」におけるPuへの接近可能性と、軍事目的でのPuの回収可能性について言及しており、「希釈処分オプション」は、「MOXオプション」では存在するPuへの接近可能性に対する放射線、同位体及び物理的障壁(バリア)を欠き、使用済燃料基準も満たさないこと、また米国によるPuの回収可能性を残すものであると指摘している。

なおNASの国際安全保障・軍備管理委員会は、DOEからの要請で過去に複数の解体核余剰Pu処分オプションの検討を実施し、1994年に「MOXオプション」及び「固化オプション」⁴の2つのオプションの実施を提言した経緯がある⁵。

¹ 全米科学アカデミー(NAS: National Academy of Sciences、1863年設立)、全米技術アカデミー(NAE: National Academy of Engineering、1964年設立)及び全米医学アカデミー(NAM: National Academy of Medicine、1970年設立)

² Committee on Disposal of Surplus Plutonium at the WIPP Isolation Plant, Nuclear and Radiation Studies Board, Division on Earth and Life Studies, National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. 委員会は、NASのRobert C. Dynes博士(元カリフォルニア大学(UC)総長)を議長とし、米国の国立研究所職員や国際原子力機関(IAEA)の職員を含む計14名のメンバーからなる。

³ “Disposal of Surplus Plutonium at the Waste Isolation Pilot Plant, Interim Report (2018)”, Committee on Disposal of Surplus Plutonium at the Waste Isolation Pilot Plant, Nuclear and Radiation Studies Board, Division on Earth and Life Studies, The National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine, URL:

<https://www.nap.edu/catalog/25272/disposal-of-surplus-plutonium-at-the-waste-isolation-pilot-plant> なおアカデミーによれば、今回の報告書は、DOEとサウスカロライナ州で現在係争中の訴訟の関連で、DOEからの文書公開が遅延している。従ってアカデミーは、DOEが「希釈処分オプション」を実施するための既存のインフラ等の拡張に必要なDOEの能力及びそれに伴うリスクについては評価していないとのことである。

⁴ 高レベル放射性廃棄物と混ぜてガラス固化するもの

【解体核余剰 Pu 処分に係る「MOX オプション」と「希釈処分オプション」】

「MOX オプション」とは、2010 年の改正 PMDA で、米国が露国と合意した解体核兵器由来の余剰 Pu を処分する処分方法で、Pu を MOX 燃料として商用軽水炉で燃焼させて処分するものであり、2007 年からサウスカロライナ(SC)州のサバンナリバーサイト(SRS)で MOX 燃料製造施設(MFFF)が建設中である。しかし米国トランプ政権は、オバマ前政権の方針を踏襲し、MFFF の建設費の高騰とスケジュールの遅延を理由に、MFFF の建設を含む「MOX オプション」の実施を取り止め、代わりに「希釈処分オプション」を採用することとした。

この「希釈処分オプション」は、SRS で解体核余剰 Pu を酸化物に転換し、その後、反応抑制物質(inhibitor material)を混ぜて Pu 重量が総重量の 10%未満になるよう希釈し、金属缶に入れ、さらに輸送・貯蔵用のドラム缶に積めてニューメキシコ(NM)州の WIPP に搬送して処分するというものである。うち、反応抑制物質がどのようなものであるかを含めて「希釈処分オプション」のプロセスの詳細⁶は秘匿化され、オプションの評価を実施した NAS 等の委員会メンバーにもその詳細は知らされていない。

DOE によれば、「希釈処分オプション」の希釈プロセスは、同じ DOE の組織ではあるが解体核余剰 Pu 処분을担当する NNSA とは異なる科学部門に属する環境管理(EM)局が、34 トンとは別の 6 トンの余剰 Pu を用いて小規模で実施した実績があり、「MOX 処分オプション」に比し約半分以下の安価で、また早期に Pu を処分することができ⁷、施設運転のリスクも少ないとしている。しかし改正 PMDA に沿い余剰 Pu を MOX 燃料として高速炉で燃焼させ処分する方針を取る露国は、「希釈処分オプション」では米国が Pu を軍事目的で回収する潜在可能性があることを指摘し、米国による「希釈処分オプション」の選択を認めていない⁸。

【「MOX オプション」と比較した「希釈処分オプション」の評価 -Pu への接近可能性及び軍事目的での Pu の回収可能性-】

上述のように NAS は 1994 年に、Pu の処分オプションとして、「MOX オプション」及

⁵ “Management and Disposition of Excess Weapons Plutonium”, Committee on International Security and Arms Control, National Academy of Sciences, 1994, URL:

<https://www.nap.edu/catalog/2345/management-and-disposition-of-excess-weapons-plutonium>. ただし 1994 年の時点では「希釈処分オプション」の評価は実施していない。また 2000 年の PMDA では、米国は「MOX オプション」と「固化オプション」の双方を追求するとしたが、2 つの異なるオプションの実施に要する時間と費用の観点から、2010 年の改正 PMDA では「MOX オプション」のみを実施することとしている。

⁶ 希釈物質は「Stardust」と呼ばれ、この物質はロッキーフラッツの担当者がバシフィックノースウェスト国立研究所で実験を行い、開発をした物質で、これを用いて希釈することで物理的、化学的性質を変化させ、Pu の分離・抽出を困難にする、接着・ゲル化・増粘・起泡等の物質と説明されている（出典：平成 26 年度発電用原子炉等利用環境調査 核燃料サイクル技術等調査報告書 平成 27 年 2 月 独立行政法人 日本原子力研究開発機構 512 頁）。

⁷ DOE の計画によれば、2018 年に「希釈処分オプション」の概念処理設計を開始し、2049 年に WIPP での定置を完了するとしている。

⁸ 米国は露国に対して「希釈処分オプション」への変更を正式に書面で通知しているわけではないが、2016 年 4 月に露国プーチン大統領は米国の選択に懸念を示している。また露国は米国の露国に対する敵対行為や米国による処分オプション変更への動きを理由に、2016 年 10 月、PMDA の履行を停止した。

び「固化オプション」を提言したが、その理由の1つとして、これらのオプションがPuへの接近可能性に係り、化学的、放射線、同位体及び物理的障壁を有し、また使用済燃料基準も満たすことを指摘している。NAS等の委員会も今次評価において、上記の4つの障壁に着目し、PMDAで認められた「MOXオプション」と、NNSAが意図する「希釈処分オプション」を以下の表1のように比較した。

表1 両オプションの比較

	MOX オプション	希釈処分オプション
化学的障壁	金属Puは酸化され、酸化ウランとの混合により希釈され、MOX燃料となる。	金属Puは酸化され、秘匿化された方法で秘匿化された乾式混合物質(dry-blended adulterant)で希釈される。
同位体障壁	原子炉での照射により、核分裂性のPu-239が他の同位体に変化する割合が高くなる(Pu-239はPu-240、Pu-240はPu-241、Pu-241はPu-242に変化する) ⁹	(なし)
放射線障壁	照射されたMOX燃料は、長年に亘り放射線バリアを形成	(なし)
物理的障壁	照射されたMOX燃料集合体 ¹⁰ の処理には、その重量とサイズから特別な取り扱い機器を必要とする	(NNSAは、Puが希釈され、ステンレス鋼パイプに梱包され、55ガロン ¹¹ ドラム缶の中に入れてWIPPで処分されることを物理的障壁とみているが、委員会は否定的見解)

そして結果として以下を導き出している。

- ① 「希釈処分オプション」は、「MOXオプション」に比し同位体、放射線及び物理的障壁が欠如。
- ② 「希釈処分オプション」では、Puを希釈または他の要素と化学的に混合するといった化学的障壁があるが、それだけでは、「MOXオプション」が有する同位体、放射線及び物理的障壁には及ばず、したがって使用済燃料基準も満たしていない。
- ③ 物理的障壁に係り、「MOXオプション」では、照射されたMOX燃料集合体はその取り扱いに特別な機器を要すること、またディープボアホールでの処分(最大

⁹ 原子炉内での照射により、Puの同位体組成が核兵器に適さない組成(Pu-240が7%以上)に変化する。

¹⁰ 最大200本の燃料棒からなり、12フィート(約3.7メートル)の長さで2トンの重量

¹¹ 約208リットル

5 キロメートルの深さの超深孔で解体核余剰 Pu を直接処分)では国家による回収は可能であろうことを鑑みると¹²、「希釈処分オプション」は、米国による Pu の回収可能性を残すものである。

【その他の観点からの「希釈処分オプション」の評価】

上記の他に NAS 等の委員会は、「希釈処分オプション」の履行上の課題を含む調査結果(Finding)及び提言(Recommendation)として、以下を挙げている。

- **Finding 1:** 「希釈処分オプション」を履行するには、WIPP の本来の目的、規模、運転及び寿命を変更する必要がある¹³。また NM 州、部族¹⁴及び地元から受容されること、輸送及び永久的な処分場の運転、財源の確保を行う必要がある。
- **Finding 2:** WIPP での処分に係り、既存の法律や WIPP の収容能力では不十分であり、その対応が必要である。また国家環境政策法(NEPA)¹⁵が要求する環境影響評価書(EIS)に取り組む NNSA の戦略が不明確であり、さらに処分オプションの変更に係り露国の了解を得る必要がある。
- **Recommendation 1:** 上記の Finding 1~2 に係り、DOE の EM 局及びその傘下で実際に WIPP を管理するカールスバッド・フォールド事務所は、希釈 Pu の処分を可能とするため、WIPP における廃棄物の定置計画やプロセスを修正すべき。
- **Finding 3:** 処分オプションの変更に係り、DOE、NM 州及び SC 州の間での具体的な話し合いが必要である。特に WIPP での処分に係り、NM 州の許認可や規制の変更には NM 州との協力が必要である。
- **Finding 4:** 法律や規制の変更に係り、NM 州や SC 州の立法者と協働するための戦略立案とその履行が必要である。
- **Recommendation 2:** 上記の Finding 3~4 に係り、NNSA は、NEPA で要求される公衆との参画の前に、NW 州、SC 州及び議会の代表者と関わり合いを持つべきである。
- **Finding 5:** 既存の PMDA では、処分オプションとして「希釈処分オプション」は承認されていない。「MOX 処分オプション」は PMDA で承認され使用済燃料基準に合致するものである。Pu を希釈または他の要素と化学的

¹² 1994 年の NAS によるディープボアホールでの処分の評価

¹³ そもそも国防関係の超ウラン廃棄物を安全に隔離することを目的とする WIPP へのアクセスは、PMDA に基づき 34 トンの Pu 処分を担当する DOE の国家核安全保障庁(NNSA)とは業務の優先順位を異にする DOE の EM 局とニューメキシコ州が管理している。また WIPP での TRU 廃棄物の収容能力について、例えば米国会計検査院(GAO)の報告書は、WIPP での収容量が 2026 年に既存の収容能力の上限に達し、それ以降に TRU 廃棄物を受け入れるには収容能力の増加が必要であることを指摘している。加えて WIPP の運転は 2034 年に終了予定であり、一方 DOE/NNSA の概念計画では、希釈した Pu の WIPP への定置が完了するのは 2049 年となっている。

¹⁴ WIPP への廃棄物の輸送には、ネイティブ・アメリカンの居留地を通過することが必要となる。

¹⁵ 環境アセスメントに関する法律。人間環境の質に著しい影響を与える主要な連邦政府の活動につき、代替案の検討を含む EIS の作成と公表、それに対して住民が意見を提出するなどの住民参加手続を政府に義務づけ、これについての違反行為に対し住民からの差止訴訟を認めている。(出典:コトバンク)

に混合するといった化学的障壁のみの処分オプションは、上記基準を満たしていない。DOE/NNSA は、深地層処分という物理的障壁が PMDA の意図に適うものとしているが、WIPP での Pu の定置は、米国による Pu の回収可能性を残すものである(上述)。

- **Finding 6:** 「希釈処分オプション」に関連するすべてのサイト、輸送及び活動を網羅した十分なプログラムの環境影響評価(a full programmatic environmental impact statement (PEIS))を実施する必要がある。
- **Finding 7:** 希釈処分プロセスを実施する施設が存在する州や、輸送の際に通過する州、また部族に対しての十分に練ったアウトリーチ計画が必要である。
- **Recommendation 3 及び 4:** 上記の Finding 5~7 に係り、DOE は NM 州の懸念を代表する独立かつ技術的を行う組織として「環境評価グループ (Environmental Evaluation Group)を設立すべき。また安全及びセキュリティ計画を含む「希釈処分オプション」の秘匿化されている部分が実施されるまで、上記のグループとは別に、米国議会に対して独立した技術専門家チームによるレビューが必要となる(ただし当該レビューも秘匿化される)。

加えて報告書は、WIPP の収容能力やオプションの変更に係る環境への影響、WIPP での処分に係る許認可申請の変更等について NNSA に幾つかの質問を投げかけている。総じて、今次中間報告書は、NNSA が「希釈処分オプション」の推進に係り一連の多くの課題を克服する必要があることを指摘している。なお NAS 等の委員会は、今次中間報告書を含めて計 2 冊の報告書を刊行予定であり、2 冊目の報告書は、上記の NNSA に対する質問に対する回答を含め、NNSA による「希釈処分オプション」の実施に係るリスク評価等の追加的な文書を NNSA からの受領した後になるとのことである。

【報告:政策調査室 田崎 真樹子】

2-2 米国トランプ政権の『大量破壊兵器テロに対抗するための国家戦略』における核セキュリティ等に係る部分の概要

2018 年 12 月、米国のトランプ政権は『大量破壊兵器テロに対抗するための国家戦略(National Strategy for Countering Weapons of Mass Destruction Terrorism)』を発表した¹⁶。当該国家戦略の序文で、トランプ大統領は、テロリスト達が米国を大量破壊兵器によって攻撃しうるリスクを低減するための包括的な国家戦略として策定されたものであること、また、現政権の大胆かつ革新的なアプローチが強調されると共に、過去の

¹⁶ 米国大統領府の

HP(https://www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2018/12/20181210_National-Strategy-for-Countering-WMD-Terrorism.pdf)

取組みからの特記すべき発展事項がいくつも含まれていることを述べている¹⁷。加えて、大量破壊兵器テロに対抗するために、米国は、世界中の同盟国やパートナー国との友好関係を高めることを通じて、大量破壊兵器に対抗するための闘いを世界規模で取り組んでいくことを述べている¹⁸。本稿では、当該国家戦略で述べられた核セキュリティ等に係る部分の概要を紹介する。

【『大量破壊兵器テロに対抗するための国家戦略』における核セキュリティ等の概要】

以下は、『大量破壊兵器テロに対抗するための国家戦略』における核セキュリティ等に係る部分の概要を抜粋したものである。

1. テロリスト達による危険な物質や物品等へのアクセスの拒否 [5-7 頁]

核物質及び放射性物質を防護することはそれらを保有する諸国が主要な責任を担うことになっているが、国々が政治的な意志と責任を果たす能力の両方を持つことは米国の利益であることは明白である。結果として、米国は、パートナー国、及び国際機関と共に、とりわけ大量破壊兵器の脅威に対抗するための実行的で持続可能なインフラ、人的資源、並びに規制枠組みを設立することを目的とする専門知識等を共有することによって、危険な物質を防護する能力を向上させていく取り組みを実施している。政治的な意志が欠如している場合には、米国は、国際法の下での義務の遵守によって大量破壊兵器の脅威が現実化することを防ぐ必要があることについて、各国の指導者達を最も効果的に説得させるために、我々のアプローチを調整していく。

核物質、放射性物質

化学兵器及び生物兵器とは異なり、核テロ及び放射性物質テロには、最も洗練されたテロリスト達でさえも今まで生産することができないでいる核物質及び放射性物質（以下、「核物質等」という）を必要とする。したがって、それらの核物質等は盗取又は不法取引による方法によって取得しなければならないため、その核物質等を根源から守ることは我々の時代において最も喫緊の安全保障上の必須事項の一つである。

しかしながら、世界中にあるそれらの核物質の使用、形状、場所の多様性、及び潜在的な危険性は、同様に、セキュリティに関して多様なアプローチを必要とする。民生用原子炉の重要性を認める中で、米国の核テロ及び放射性物質テロに対抗するための取組みは、それらの物質の必要量以上の備蓄の最小化を追求することである。それらの取組みは、テロリスト達による取得の防止、規制上の管理を外れた核物質の発見及び確保、取得に係るファイナンス上の手段を含む核物質等の不法取引への対抗に係るセキュリティを向上させることになる。

¹⁷ 同大統領の序文では、当該国家戦略は、以下3つのコアとなる要素から構成されると述べる。第一に、米国は、テロリスト達の大量破壊兵器と関連物資へのアクセスを遮断するための世界的な取組みを主導すること、第二に、米国は、それらの兵器の取得又は使用を目論むテロリスト達に対して、テロリスト組織の大量破壊兵器の専門家及び仲介者を対象とするものを含め、一貫した圧力を加えること、第三に、保険として、米国は、国内外における大量破壊兵器の脅威に対するために自身の防衛力を強化すること、が述べられている。Ibid.

¹⁸ Ibid.

IAEA の『統合的核セキュリティ戦略(Integrated Nuclear Security Strategy)』で述べられたように、米国は、海外のパートナー国と共に、不必要な核物質を兵器に使用不可能な形態で恒久的な処分場に集約して廃棄する取組みを継続する。このようなアプローチと整合する形で、米国は、テロリストによる取得、及び即席核爆発装置又は放射性物質拡散装置[筆者注:いわゆる「ダーティ・ボム」]への使用といった最も高いリスクに晒されている核物質及び放射性物質を重視する。米国は、パートナー国と共に、現在使用中の核物質の盗取や妨害破壊行為に伴うリスクを低減させる取組みを、貯蔵及び輸送に係る防護の強化に協働して取り組むことによって実施する。核物質の魅力度に伴うリスクを考慮して核セキュリティを確保するアプローチを広めることが、多くの国のセキュリティの態勢における入手可能性及び持続可能性を改善することを可能とし、それらの国々による強化された核セキュリティ体制への参加のインセンティブを高めることにつながる。

米国は、魅力度の高い核物質及び放射性物質に対するあらゆる懸念を低減させるために、研究炉及びアイソトープ生産施設を高濃縮ウランから低濃縮ウランを使用するものに転換させると共に、放射性物質を必要としない技術を奨励する取組みを主導していく。商業・医療又は研究目的のために必要とされる核物質に対し、米国は、外部脅威及び内部脅威(特に貯蔵、使用、輸送に係る内部脅威)の両方から防護する我々のパートナー諸国の能力向上を支援する。核物質又は放射性物質が規制上の管理を外れてしまった場合には、米国は、全ての経路(空、陸、海)にわたる密輸に対して、抑止、検知、報告、阻止によって対抗する。とりわけ、米国は、我々の海外のパートナー国と共に、本国又はその利害関係者に対して脅威となる物質等が使用される前に、それが検知されて阻止されることを確保するために、関連する技術や調査手法を展開していくことに取り組んでいく。

これらの取組みのそれぞれにおいては、政府と産業界との緊密な連携と支援が必要となる。それに加え、核セキュリティにおける良好事例を共有し、さらにその実施を促進させるためには、IAEA、INTERPOL といった主要な国際組織、及び「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)」といった国際的なプログラムとの緊密な連携と支援も必要となる。

4. 大量破壊兵器テロの抑止の支援 [8-9 頁]

敵対的な国家又は個人による大量破壊兵器テロリスト達への支援を抑止するためには、迅速で正確にそのような支援を特定する手段が必要であり、それは伝統的なインテリジェンス情報の収集、法執行、高度な科学的ツールにより成し遂げられる。とりわけ、米国は、テロ攻撃に使用される核物質、兵器又は物品等の調達元を特定するために、鑑識能力の正確性、適時性、信頼性を向上し続ける。米国が大量破壊兵器テロへの支援を確実に特定できるという予測がなされるようになれば、テロリストへの支援を実施することへの結果の明確性を伴うことにより、敵対する政府や個人が大量殺人の共犯者となることをためらわせることを後押しできる。

【今後の予定等】

2018年12月に、トランプ政権が発表した『大量破壊兵器テロに対抗するための国家戦略』は、前オバマ政権の核セキュリティ政策を概ね踏襲した内容となっている。とりわけ米国が、引き続き、魅力度の高い高濃縮ウラン等の最小化を含めた、核セキュリティ強化に向けたパートナー国及び国際機関との連携、そして核鑑識等の技術開発に積極的に取り組んでいくことが示された。注目されるべき点は、当該国家戦略の結論部において、技術的及び軍事的優位に立つ米国であっても大量破壊兵器テロが起こりうる全ての可能性を排除できないことを認め、「米国は自国を守るために必要な措置を講じていく」というトランプ大統領の強い決意を示す形で締めくくられているということである。トランプ政権が今度どのようにして大量破壊兵器テロに対抗するための闘いに取り組むかが注目される。

【報告:政策調査室 中西 宏晃】

2-3 ナイジェリア、国内の高濃縮ウラン燃料を全て返還

2018年12月7日、米国エネルギー省国家核安全保障庁(DOE/NNSA)はナイジェリアの研究炉(NIRR-1)で使用していた高濃縮ウラン1kgをナイジェリア、IAEA(国際原子力機関)、DOE/NNSA及び中国との協力の下、当初の供給国である中国に返還したことを発表した¹⁹。

ナイジェリアの研究炉(NIRR-1)²⁰は中国核工業集团公司(CNNC)により設計、提供された小型中性子源炉(MNSR)であり、中性子放射化分析といった研究開発などを目的として2004年に運転が開始された。その後、2016年にIAEA、米国、英国、中国及びノルウェーによる支援の下、NIRR-1の燃料を高濃縮ウランから低濃縮ウラン(LEU)に転換する計画が開始され、2018年10月末に、中国において製造されたNIRR-1用の低濃縮ウランがナイジェリアに輸送された。NIRR-1は、同年11月27日に低濃縮ウランにより稼働し、同年12月初旬に高濃縮ウランが中国に返還された。

このような高濃縮ウランの返還は地球規模脅威削減イニシアティブ(GTRI)²¹の中で行われており、本件もその一環として、ナイジェリア、IAEA、DOE/NNSA及び中国の

¹⁹ “NNSA Removes All Highly Enriched Uranium from Nigeria,” NNSA, 7 December, 2018. URL: <https://www.energy.gov/nnsa/articles/nnsa-removes-all-highly-enriched-uranium-nigeria>

²⁰ 燃料は90.2%の高濃縮ウラン(出典)“Nigeria becomes HEU free,” world nuclear news, 10 December, 2018. URL: <http://www.world-nuclear-news.org/Articles/Nigeria-becomes-HEU-free>

²¹ 米国や旧ソ連より各国に対して研究炉用の燃料として提供された高濃縮ウランがテロリストの手に渡ることを防ぐため、米露起源の高濃縮ウラン燃料等の米露への返還を中心に、国際社会の脅威となり得る核物質及び放射性物質を削減するための包括的な構想として、2004年5月にDOE/NNSAが提唱した。(出典)

URL:<https://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/atom/gtri.html>

また、一連の核セキュリティサミットにおいても技術的及び経済的に実行可能な場合には、高濃縮ウランを利用する原子炉を低濃縮ウランを利用する原子炉に転換するなど、高濃縮ウランの使用・保有量の最小化やその国際協力が進められている。

協力の下で実施された²²。

今回のナイジェリアにおける高濃縮ウラン返還により、高濃縮ウランを全て返還した国は 34 か国と台湾²³となり、DOE/NNSA は、核テロリズムの脅威を低減するために世界中の高濃縮ウラン及びプルトニウムを合わせて 6,725kg を今までに処分したこと、アフリカで稼働している 11 基全ての研究炉は低濃縮ウランが利用されることになったと発表した。

DOE/NNSA の Lisa E. Gordon-Hagerty 長官は、本件は、高濃縮ウランの撤去は兵器利用可能な核物質の量の削減のために国際社会が共同で実施する良好事例であったことを説明するとともに、ナイジェリアの核テロ防止のためのコミットメント及びそのコミットメントに対する IAEA や中国などからの支援などに対し感謝の意を表明した。また、IAEA の核燃料サイクル・廃棄物技術部長の Christophe Xerri 氏は、IAEA は 20 年以上にわたり研究炉燃料として利用された高濃縮ウランの返還や高濃縮ウランから低濃縮ウランへの転換を支援しているが、引き続き MNSR の燃料転換や高濃縮ウランの返還について加盟国を支援し続けるとコミットした²⁴。CNNC の国際協力・事業開発部次長の Shen Lixin 氏は、本計画は核拡散防止に対する国家間の努力を表していること、MNSR における高濃縮ウランから低濃縮ウランへの転換計画促進のために今後も協力を進めたいと示した。NIRR-1 を保有するアフマド・ベロ大学エネルギー研究・トレーニングセンター(CERT: Center for Energy Research and Training)の Yusuf Aminu Ahmed 博士は、ナイジェリアは NPT(核不拡散条約)や民生用原子炉における高濃縮ウランの利用の最小化に対するコミットメントへの対応として核物質を撤去したことなどを示した。

なお、DOE/NNSA は本件に係る対応として、IAEA 保障措置査察官や米国、チェコ共和国、中国及び露国からの技術専門家が核燃料を輸送キャスクに積載する過程を監視し、安全かつ確実に中国へ空輸したと発表した。

【結論】

2017 年のガーナに引き続いてナイジェリアでの高濃縮ウラン燃料の返還は成功裏に実施された。これによりアフリカにおける稼働中の全ての研究炉 11 基は低濃縮ウランが利用されることになったため、核セキュリティ強化に一層貢献するであろう。また、核セキュリティサミット以降も本件のように研究炉燃料における高濃縮ウランの使用・保有量の最小化が進められていることや米国と中国は、中国が供給した世界中の

²² 同様の事例として、昨年ガーナにおける全ての高濃縮ウランの返還がある。(出典)玉井広史「ガーナ、国内の高濃縮ウランを全て返還」、ISCN ニューズレター No.0246, September, 2017.URL: https://www.jaea.go.jp/04/iscn/nnp_news/attached/0246.pdf#page=15

²³ DOE/NNSA は、高濃縮ウランを全て返還した国を「33 か国と台湾」と示しているが、その理由としてイラクが加えられていないためとされる。(出典)“All HEU removed from Nigeria,” IPFM, 7 December, 2018. URL: http://fissilematerials.org/blog/2018/12/all_heu_removed_from_nige.html

因みに 2018 年 12 月時点で民生用の高濃縮ウランを少なくとも 1kg 以上保有している国は 22 か国存在する。

²⁴ “Nigeria Converts its Research Reactor from HEU to LEU Fuel,” IAEA, 20 December, 2018. URL: <https://www.iaea.org/newscenter/news/nigeria-converts-its-research-reactor-from-heu-to-leu-fuel>

MNSR 用燃料²⁵の高濃縮ウランから低濃縮ウランへの転換や中国への高濃縮ウランの燃料返還についてIAEAを通して実施し続けると示しており、今後も高濃縮ウラン返還に係る動向に注目したい。

【報告:政策調査室 北出 雄大】

²⁵ 同型の研究炉はイラン、パキスタン、シリアにもそれぞれ1基存在する。

3. 技術紹介

3-1 レーザー駆動中性子源を利用した中性子共鳴透過分析法の開発

ISCN では、文部科学省核セキュリティ強化等補助金事業の一環として、アクティブ中性子法を用いた高線量下での核物質の非破壊測定技術開発を進めている。アクティブ中性子非破壊測定技術のうち、核共鳴透過分析法(Neutron Resonance Transportation Analysis: NRTA)は、燃料デブリを始めとする固体試料の測定に有効な非破壊測定技術であり、JAEA と欧州委員会共同研究センター (EC/JRC)との共同研究において、1%以下の高精度で核物質を測定できることが実証されている^[1]。より小型で実用的な NRTA の開発を目指し、近年発展が目覚ましく、将来の応用が期待できるレーザー駆動中性子源(Laser Driven Neutron Source: LDNS)に注目し、NRTA への適用可能性を模索するためのプロジェクトを開始した。

NRTA では、図 1 に示すように、パルス中性子のエネルギー分布を飛行時間法 (Time of Flight: TOF)により測定する。核物質試料を透過する場合には、試料に含まれる核物質の種類に応じた特定のエネルギーの中性子が吸収・散乱され量が減少するため、その減少量から試料に含まれる核物質の量を同位体毎に測定することができる。測定精度は、発生する中性子のパルス幅が短いほど、また、TOF 測定部が長いほど高くなる。従来の NRTA 装置は、大型の電子線加速器および長距離の TOF 測定部で構成されており、高精度な分析が可能である一方で、このような大型の機器を既存施設の導入することが困難であることが課題となっている。実用的な保障措置技術とするために、5 m 以下の TOF 測定部を目標としている。測定精度を保ちつつ小型化を実現するためには、0.1 μ s 程度のパルス幅の短い中性子源の導入が必要であり、表 1 に挙げるような中性子源について、適用性の検討を進めている²⁶。

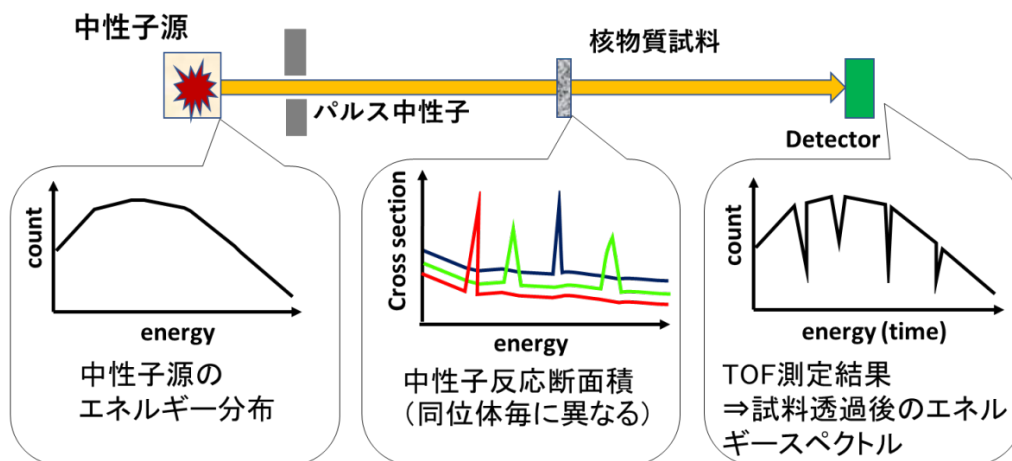


図 1 NRTA の概念図

(TOF 測定結果の共鳴ディップの大きさから、試料中の核物質の密度を測定する)

²⁶ B. Beck et al., Eur. Phys. J. Plus (2014) 129: 58

表 1 NRTA への適用が見込まれる中性子源

	中性子発生強度	パルス幅
大型電子線加速器	$>10^{13}$ n/s	1 ns
小型電子線加速器	10^{12} n/s	1～10 ns
DT/DD 中性子発生管	$10^8 \sim 10^{10}$ n/s	10 μ s
レーザー駆動中性子源	($10^{10} \sim 10^{12}$ n/shot)	ps, fs

ISCN では、大型電子線加速器を利用した実証実験結果に基づき、小型電子線加速器を用いた NRTA 装置を提案している。また、DT 中性子発生管を用いた NRTA 装置の開発も進めているが、DT 中性子発生管のパルス幅は長く、十分な測定精度が得られないと考えられるため、ダイアウェイ時間差分析法や即発ガンマ線分析法といった他のアクティブ中性子非破壊測定技術と組み合わせ、相補的に運用することを想定している。LDNS は、他の中性子源と比べてパルス幅が極めて短いため、TOF 測定の分解能の改善に加えて、より多くの共鳴ピークを測定でき、NRTA の測定精度を向上させることができる。さらに、レーザー発振装置を管理区域の外側に設置することができるため、小型電子線加速器と比べて保守性に優れている。

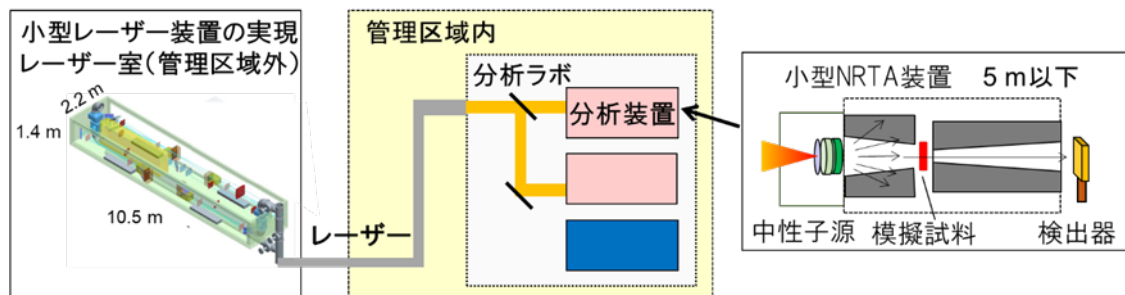


図 2 高線量核物質の計量管理・査察検認への LDNS-NRTA の導入概念図

本プロジェクトでは、大きく以下の 3 つについて開発を行う。

- 発生する中性子の熱～熱外領域のエネルギー分布および発生強度の調査。
- 熱～熱外領域の中性子収率を高めるための減速体および散乱中性子等のノイズを抑えるための遮蔽材の設計
- 模擬試料を用いた LDNS-NRTA の実証実験

上記の目標を達成するため、大阪大学レーザー科学研究所との共同研究を開始し、予備試験およびシミュレーション計算を進めている。

【報告:技術開発推進室 高橋 時音】

4. 活動報告

4-1 原子力平和利用と核不拡散・核セキュリティに係る国際フォーラム 「国際的な核不拡散の課題と強化 ～IAEAの役割と日本の貢献～」 (報告)

【概要】

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構(以下、「JAEA」)は、原子力平和利用の推進に不可欠な核不拡散・核セキュリティに関する理解の増進を目的として、毎年、「原子力平和利用と核不拡散・核セキュリティに係る国際フォーラム」を開催している。本フォーラムでは、各国の政府関係者や核不拡散・核セキュリティの専門家による、時々の今日的な課題に焦点を当てた講演やパネル討論を通じて、原子力平和利用と核不拡散・核セキュリティに係る種々の課題や方策について国内外の理解を深めるとともに、我が国及び JAEA の核不拡散・核セキュリティへの取組を紹介している。

平成 30 年 12 月 13 日に開催した今年度の国際フォーラムでは、国際的な核不拡散を取り巻く種々の課題として、包括的共同作業計画(JCPOA)の下でのイランの核問題に関する検認と監視の着実な実施、多様化する原子力施設、増大する使用済燃料や廃止措置施設に対する効率的な保障措置の適用、北朝鮮の核問題・非核化への対処、また、核セキュリティの強化等を背景に、核不拡散・核セキュリティを支える技術開発、保障措置や非核化プロセスにおける技術的課題と、これらの国際的な核不拡散を取り巻く課題について議論を行い、課題解決に向けての国際原子力機関(IAEA)の役割、日本の技術的貢献の方向性等について議論を行った。

本稿はその概要報告である。以下内容は、主催者である JAEA の責任においてまとめたものである。

【本文】

1. フォーラム概要

- (1) 日時:平成 30 年 12 月 13 日(木)
10:00～17:30
- (2) 場所:時事通信ホール
- (3) 主催:日本原子力研究開発機構
- (4) 共催:日本国際問題研究所軍縮・不拡散促進センター、東京大学大学院工学系研究科原子力国際専攻、東京工業大学科学技術創生研究院先導原子力研究所



開会挨拶 児玉理事長

(5) 講演者、座長、パネリスト:

海外) 国際機関、政府関係者、専門家 (EC/JRC から参加)

国内) 政府関係者、専門家

(6) 参加者数: 約 140 名

(7) プログラム

【開会挨拶】: 児玉 敏雄 JAEA 理事長

【基調講演】

1) 「IAEA 保障措置」

フレデリック・クロード: IAEA 保障措置プログラム調整課長 (マッシモ・アパロ IAEA 保障措置担当事務次長の代理)

2) 「国際保障措置の強化に向けてのプライオリティ」

ステファン・ラモンターニュ: 米国国務省 (DOS) 国際安全保障・不拡散局アドバイザー

【基調報告】

「ISCN の活動報告」

直井 洋介 JAEA 核不拡散・核セキュリティ総合支援センター (ISCN) センター長

【パネル討論1】: 「国際的な核不拡散の強化に向けて」

浅田 正彦 (座長): 京都大学大学院法学研究科教授

フレデリック・クロード: IAEA 保障措置プログラム調整課長

ステファン・ラモンターニュ: 米国 DOS 国際安全保障・不拡散局アドバイザー

中根 猛: 科学技術協力担当大使 外務省参与

直井 洋介: JAEA/ISCN センター長

【パネル討論2】: 「核不拡散・核セキュリティ強化を支える技術」

木村 直人 (座長): 文部科学省 研究開発局開発企画課長

カメル・アッバス: 欧州共同体共同研究センター (EC/JRC) 保障措置・核セキュリティ部プロジェクトリーダー

フレデリック・クロード: IAEA 保障措置プログラム調整課長

ステファン・ラモンターニュ: 米国 DOS 国際安全保障・不拡散局アドバイザー

堀 雅人: JAEA/ISCN 副センター長

【閉会挨拶】: 青砥 紀身 JAEA 理事

(1) 基調講演等の概要

フレデリック・クロード氏: IAEA は、平和目的の原子力利用を推進するとともに、平和目的の核物質や原子力技術が軍事転用されないことを確保している。IAEA の保障措置局には約 850 名のスタッフがおり、4 つの査察対応部署とそれを支援する 5 つの技術的な部門がある。査察対応部署の 1 つは、JCPOA に基づきイランの原子力プログラムの検認を行っている。本講演では、IAEA 及び保障措置の歴史、保障措置の展開、保障措置に係る技術、及び保障措置を巡る環境の変化への対応について述べる。



IAEA 保障措置の歴史: 1953 年の米国アイゼンハワー大統領による「平和のための原子力」演説で IAEA 憲章の基礎が提案され、1957 年に IAEA が設立された。その後 1970 年に発効した核兵器不拡散条約(NPT)の第 3 条に基づき、IAEA は加盟国と締結した保障措置協定の下で、非核兵器国においてはその全ての原子力活動に対して保障措置を適用している。保障措置は、地域における重要な信頼醸成措置としての役割も果たしている。1960～70 年代には、80 年代迄に 30～40 カ国が核兵器を持つことになると予想されていたことに鑑みれば、現在まで IAEA 保障措置は成功裡に実施されていると言える。保障措置が無ければ原子力協力及び技術の移転は進展しなかっただろう。

保障措置の展開: 1991 年以前の伝統的な包括的保障措置協定(CSA)では、IAEA は申告された施設と申告の正確性の検認にフォーカスしていたが、未申告活動の可能性の検知及び申告の完全性の検認には限界があった。1991～95 年にかけて、イラク及び北朝鮮の核関連活動を起因として、CSA 下での保障措置手法の強化と、未申告の核物質及び活動に取り組む IAEA の追加的な権限の必要性が指摘された。特に 2000 年以降のイランやリビアの核関連活動等は、従来の施設単位の保障措置でなく、国全体としての考慮、情報やサイトへのアクセス増加の必要性、環境サンプリングや遠隔監視、衛星画像といった先進技術の活用、さらに各国との協力に基づく透明性の向上といった IAEA 保障措置の強化の必要性を提示した。なお透明性の向上には、各国からの自主的な情報提供が効果的かつ効率的であるが、IAEA と日本の協力は保障措置のモデルであり、日本に対する保障措置は規制機関により非常に円滑なものとなっている。1997 年に IAEA 理事会が承認したモデル追加議定書(AP)は、保障措置体制に大きな改革をもたらし、IAEA は、より重要な情報へのアクセスや既存の CSA ではアクセスが認められていないサイトへの補完的なアクセスの実施等が可能となった。AP の批准は自発的なものであるが、IAEA は AP の普遍化を望んでいる。

保障措置に係る技術: 例えば環境サンプリングは、試料中に含まれる極微量核物質の同位体組成を分析することにより、未申告の核物質や活動を探知することができる強力なツールであり、特にイランでは重要な査察手段である。また 3D カメラを用いた画像では、施設内部の配管等を前回の査察結果と比較することにより、変化の有無を

確実にとらえることができる。さらに衛星画像では未申告の施設の存在の有無を把握することができる。このように IAEA は、新しい技術や装置を用いて保障措置を実施している。

保障措置を巡る環境の変化への対応:IAEA が直面している課題について、保障措置下に置かれる核物質と使用済燃料の量、そして廃止措置段階にある施設数は増加し、また IAEA が分析しなければならない情報量も増加かつ複雑化し、IAEA の責務は増える一方である。しかし IAEA のリソースはほぼ横ばいであり、IAEA に対する要求に現実的な対応が追いついていない。だが IAEA は、内部プロセスの統合や改善によって IAEA が導出する保障措置の結論に係り信頼性を高めようとしている。イランについて、イランは AP を批准していないが、JCPOA により AP の暫定適用を受け入れ、IAEA はイランが施設や核物質を転用していないことを確実なものとしている。IAEA は、イランのウラン濃縮施設で毎日サンプルを採取するとともに、オンラインでの濃縮モニタリングを実施しているが、重水製造のフロントエンド部分については、IAEA の経験は限定的であり、検証技術を開発する必要がある。北朝鮮の核活動について、IAEA は将来的に保障措置の実施に係り付託を受けるであろうが、いつ、どのような形になるかは分からない。IAEA は 2 年前に北朝鮮対応チームを結成し、要請に応じて速やかに対応できるよう準備を進めている。過去の査察から約 10 年経っており、その間、査察官の退職もあり査察リソースを集めること、短期間で多くの機器を持ちこむこと、査察官の放射線防護といった課題があり、検証内容について北朝鮮と合意する前に、数回のファクトファインディング・ミッション(視察団)の派遣が必要になると考えている。財政、人的リソース、ロジスティックに関するシナリオの検討を進めている。

アパロ事務次長のプライオリティについて話してきたが、未申告活動・核物質の検知をはじめとする、保障措置上の懸念を検知する能力を高めることが重要で、インターネット上の公開情報を自動的に収集するシステムの開発、新しい分析プラットフォームの導入、ガイダンス、手順書の改善に取り組んでいる。北朝鮮の検証は、新たな検証上のタスクである。世界は刻々と変化し、IAEA は過去、そして現在も課題に直面しているが、検証を行う意義ある存在でなければならず、日本を含めた国際社会の協力が必要である。

ステファン・ラモンターニュ氏:米国エネルギー省国家核安全保障庁(DOE/NNSA)とIAEA/ISCNのパートナーシップ30周年に祝意を申し上げる。この協力は我々の持っている協力関係の中でも技術的に最も重要なものの1つである。本日は、米国の立場から国際保障措置の強化のためのトッププライオリティについてお話しする。まず、直近15年の動向や保障措置の進展の経緯を振り返り、米国のプライオリティとして、保障措置権限の強化、実効性の向上、新技術、人材について説明する。直近15年の国際保障措置の動向からは、IAEA がどのような課題に直面し対応してきたか、さらに何を行うべきかを知ることができる。様々なデータから IAEA の業務負荷に係るトレンドを



ステファン・ラモンターニュ氏

理解することができる。

包括的保障措置協定(CSA)の対象は 2003 年以降の 15 年間で 182 か国に増加した。一方、北朝鮮やイランのような、未申告の活動への IAEA の検証を強化する追加議定書(AP)の必要性をより強調する問題の発生を背景に、AP 締約国も増加した。各国から提供される既存の計量管理のデータに各国から提供される核燃料サイクル施設や核物質の関わらない研究開発など分析対象となる新たな情報が加えられた。さらに、統合保障措置の対象国の増加は、拡大結論の導出に必要な分析対象が増加してきたことを示す。AP 締約国の増加によって分析という IAEA の業務負荷が増加した。業務負荷増加のもう一つの背景として、施設や核物質の増加がある。使用済燃料の貯蔵などを背景として、直近 15 年間で保障措置の対象となる施設や施設外の場所(LOF)は 1300 を超えた。原子力発電所の稼働により、使用済燃料に含まれる核物質の量が増加している。

IAEA の業務負荷が増加したにも関わらず、リソースが実質増加しない状況にある。リソースの制限下で業務を遂行する必要から、新技術の活用やアプローチ手法の検討によって実効性や効率性の向上、最適化を行うことが必要となった。その取り組みの一つに 2003 年に始まったリモートモニタリングがある。リアルタイムのデータ送信によって査察官の訪問は減少しているが、データを分析する要員が必要になる。リモートモニタリングは現在約 300 の施設で行われていて、この一部は測定を査察官の立ち合いなしで行うシステムを導入している。こうした技術は 2003 年当初にはなかったものであるが、IAEA のリソースの制限下での業務負荷増加に伴い用いられるようになった。このような技術の導入においては、高速演算能力やメモリ容量の増大、データの高速ストレージ、及びバッテリー技術の向上によるものであり、それらを背景に、次世代監視システムへの置換も進んでいる。次世代監視システムに関する米国のサポートプログラムも 10 年ほど前から開始し、機器の開発から展開、使用までの段階的なライフサイクルマネジメントを実施している。もう一つの先駆的なイノベーションとして電子封印の使用がある。これによって特に計量管理の面での継続的な監視やタンパー検知が利用可能になった。IAEA がイランなどリソース集約的なミッションに関与して以降、環境サンプリングも増加した。LG-SIMS (Large Geometry Secondary Ion Mass Spectrometry): 高分解能二次イオン質量分析器)の導入は、特定の微粒子のより詳細な分析を可能にし、未申告活動の検知に貢献にした。こうした技術の利用開始も背景にあり IAEA の分析業務負荷の増加がある。業務負荷は増加しただけでなく変化した側面もある。情報技術の進展による情報量の増加に伴い、分析対象となるオープンソース情報も増加した。インターネットユーザーの数も増加し、コンテンツを生み出す人の数も増加した。このことから情報の信頼性の問題も生じている。これらの情報を分析し、未申告活動に係る痕跡を抽出しなければならなくなった。

今後も保障措置対象の施設の数や物質の量は増加する。原子力利用に関心のある国は多く、活動のタイプも多様化する。廃止措置なども含め、IAEA の業務負荷は今後も増加していく。北朝鮮の非核化のようなリソース集約型の監視・検証活動も増加し得るし、IAEA の保障措置担当職員の定年による離職の問題もある。こうした中で計量

管理のためにより信頼できる情報が必要になる。保障措置強化に係る米国にとってのプライオリティとして、IAEA が権限を最大限活用し未申告活動の抑止を強化していかなければならない。そのために技術的に可能な国レベルのアプローチ(SLA)を実施していく必要がある。この中で、現場の活動のコストを引き下げ、最適化していくことも必要である。保障措置の専門家養成について、NNSA は多様なプログラムを設け専門家育成の機会を拡大しているところである。専門家の養成にあたっては、新たに加わる世代のキャリア開発についても考慮する必要がある。また、他分野との人材獲得競争の中でどのように人材を確保・維持していくかも考慮しなければならない。

直井 洋介:初めに ISCN が目指す 3 つの姿として、原子力平和利用の円滑な推進役、国際社会から信頼される技術開発集団、能力構築支援に係る国際的な COE(Center of Excellence)を挙げた後、核不拡散・核セキュリティに係る技術開発、包括的核実験禁止条約(CTBT)国際検証体制への貢献、核不拡散政策研究、アジア諸国を中心とした人材育成支援、理解増進・国際貢献活動についての活動報告を行い、また、午後の 2 つのパネル討論における論点について背景説明を行った。



直井洋介

(1) パネル討論の概要

【パネル討論 1】:「国際的な核不拡散の強化に向けて」

IAEA からの基調講演を受け、国際的な核不拡散を取り巻く種々の課題である、イランの核問題に関する JCPOA の実施、多様化する原子力施設、増大する使用済燃料や廃止措置段階にある施設に対する効率的な保障措置の適用、北朝鮮の核問題・非核化への対処等の課題について議論を行った。また、一連の国際的な核不拡散の強化における日本の役割についても議論を行った。

論点 1:JCPOA の履行状況とイランへの保障措置協力について

浅田座長:昨今の国際的な核不拡散体制に対する重要な課題としてイラン及び北朝鮮に係る問題を取り上げ、IAEA など国際社会はどのように対応してきたのか、またその課題について議論する。本パネルは 2 つのパートに分け、前半は JCPOA の実施状況、原子力新規導入国や原子力施設の廃止、小型モジュラー炉(SMR)といった新規の原子炉に対する保障措置の適用について取り上げる。後半は北朝鮮の核問題について取り上げる。本年 6 月に米朝首脳間で署名されたシンガポール共同声明において北朝鮮の非核化が合意された。未だ大きな進展はないが、今後、進展があった場合に向けて非核化の確保に係る方策、検証についていかにすべきか、またその課題について議論する。

クロード氏: JCPOA は 3 つの措置の組み合わせから成り立っている。1 つ目は包括的保障措置協定補助取極修正規定 3.1 に基づく原子力施設の建設が決定された場合の早期通告の義務の履行であり、この問題は成功裏に解決された。2 つ目は追加議定書の暫定適用であり、これにより、イランの核計画に関し、研究開発などを含む多くの情報を収集することができた。3 つ目は追加議定書の義務を超



パネル討論 1 の様子

えるイランが合意した核関連コミットメントの履行である。このような JCPOA の履行に係る包括的な業務の実施に際し、IAEA は、特にその検証に係る人材・物・財源といったリソースに係る複雑な課題に直面し、専門オフィスを設置すると共に、フルタイムでイランのみを担当する 70 名のスタッフ(そのうち査察官は 47 名)を配置した。当該オフィスの設置に向けて、IAEA の他部門より査察官の人員を移し、また、約 15 名の核燃料サイクル全般を統括する技術専門家だけでなく、兵器化の能力を評価する専門家も投入した。さらに、他部門からサポートをするために、サンプルの分析、オープンソースに係る専門家などを含め、100 名程度が関与した。これらの処置により、履行開始から 2 年かけて JCPOA に重要なインパクトを与えることができた。特に、IAEA はイランに対してかなり侵襲的かつ強固な査察を行っており、例えば 30~40 の補完的アクセスを毎年、24 時間前、短期通告の形で、いかなる施設に対しても実施した。加えて、イランのコミットメントを検証し、四半期ごとにイランによる JCPOA の遵守義務に係る履行報告がなされている。このように IAEA が統合的な形で義務の履行を検証したのは初めてであった。今後も IAEA は当該問題について協力を継続したい。

浅田座長: 米国のトランプ政権と JCPOA の関係について、少なくとも IAEA はイランが JCPOA を履行していると評価している。この点についてコメントを頂きたい。また、イランによる義務履行について日本を含めた国際的な協力についても話を伺いたい。

クロード氏: イランは、JCPOA の義務を履行するために、国内計量管理制度を整備するコミットメントがあること、特に追加議定書により多くの義務が生じることを認識し、協力していることは良い一歩である。専門スタッフ養成のための人材育成については日本が支援している。

中根氏: 日本政府の JCPOA に係るスタンスは、JCPOA は国際的な核不拡散体制の強化と中東地域の安定に寄与することから、引き続き支持するということである。今後も JCPOA の維持に向けて関係国、とりわけ英独仏 EU と緊密に協議を続けていく。イランは、JCPOA を着実に履行しており、このようなイランの義務履行は日本を含めた国際社会とイランの協力関係の基礎を築くものであり、重要である。日本としては引き続き JCPOA の履行支援を IAEA と協力しながら、イラン関係者に行っていきたい。ま

た、今後一層重要となる検証活動を国際社会が引き続き支援することが重要である。その意味で、IAEA に対して十分なリソースを切れ目なく確保することが重要であり、多くの加盟国が積極的に支援することを期待する。

直井:IAEA では 2017 年 9 月と 2018 年 7 月に保障措置に係るイラン向けトレーニングを行い、第 1 回目には 27 名、第 2 回目には 24 名が参加した。特に経産省、外務省、文科省、規制庁や核物質管理センターからもご協力を頂き、オールジャパン体制で本トレーニングを支えた。トレーニングでは参加者との活発な質疑応答により、予定していたカリキュラムの 6~7 割しか終わることができなかったが、参加者から非常に満足したとの声が寄せられた。イラン向けトレーニングは 2 回開催したが、イランの国内計量管理制度の整備支援を含め、JCPOA の履行に向けたこの協力は非常に重要であったと考える。

クロード氏:これらのトレーニングによるイラン側の保障措置の履行の質の向上については機微なところであり、その点についてはコメントできないが、義務や保障措置への理解が深まったことで会議などでのコミュニケーションが向上している。また、イラン国内におけるトレーニングは政治的にできないことから、日本からのオファー、特に東海村の施設を用いたトレーニングの実施には非常に感謝しており、いつかイラン国内で実施できるようになるまでは、この協力が継続することを期待する。

浅田座長:現在、イランに対し追加議定書が暫定的に適用されているが、暫定適用に関する規定によれば暫定であるから途中で適用を終了できるとされている。その関係で、特に追加議定書でもっとも重要な条項とみられる 5 条 C (IAEA が指定する箇所であればどこでもアクセスできる) がイランにも適用されているのかどうか、つまり若干の例外があればイランがアクセスの要請を拒否できる可能性があるため、同国は IAEA に完全なアクセスを提供しているのかどうか、その点についてお伺いしたい。

クロード氏:5 条 C の履行はどの国においても機微なところである。イランに対しても、5 条 C を完全に活用しており、IAEA の事務局長報告が述べるように、履行においていかなる困難に直面したことはこれまでにない。

浅田座長:米国のトランプ政権は JCPOA を批判し、今年の 5 月に離脱を表明し、制裁を再開しているが、米国の JCPOA に対する立場についてお伺いしたい。

ラモンターニュ氏:米国は JCPOA に対して 2 つの懸念を有している。1 つ目がイランによる核開発を超える弾道ミサイルの開発、及び地域内の他国に対する不安定化を引き起す行動を解決できないことである。JCPOA を交渉した時はイランとの関係改善につながるのではとの希望を持っていたが、残念ながらその後のイランの振る舞いに変化はなかった。2 つ目は、JCPOA のサンセット条項の問題であり、イランのウラン濃縮活動の制限には期限があるということである。イランの核開発の歴史的な経緯を振り返るとイランはウラン濃縮を IAEA に申告しないまま実施し、国際社会に暴露されるまで査察を受け入れなかった。やはり、このような活動が秘密裏に行われてきたことを考えると、短期間で大規模な核活動を再開させ、ブレイクアウトするのではないかと懸

念がある。現政権としては、イランは恒久的に核兵器開発能力を持たないようにしたいがために、JCPOAには欠陥があると認識している。この問題に対し米国は、JCPOAから離脱し、恒久的にイランの核問題に対処し得る、IAEAによる強固な検証と監視を盛り込んだ、包括的な取引をイランと結んで解決したいと考えている。一方で、米国がJCPOAから離脱したことに関し、米国がIAEAの検証能力を信用していないのではないかと印象が持たれているが、それは明らかに違う。米国は、イランに対しIAEAへの完全な協力を求めると共に、IAEAにも自身の権限を完全に行使して、特にイランの追加議定書の暫定適用を確保するよう求めており、さらに、追加議定書の普遍化に資するイランによる追加議定書の批准はプライオリティと位置付けている。

浅田座長:次に原子力新規導入国や原子力施設の廃止、SMRといった新しい原子炉に対する保障措置の適用問題について今後どのように効率的・効果的に査察を行うのか議論したい。クロード氏より4年に1度開催されているIAEA保障措置シンポジウムについてお伺いしたい。

クロード氏:IAEA保障措置シンポジウムは4年毎に開催され、保障措置関係者や核不拡散コミュニティなどが参加するものである。今年は、新技術が保障措置に対しメリットをもたらすものかどうか、また、新技術の活用による保障措置の向上などが議論された。例えば、3D印刷技術に関し、輸出管理の側面を含め、保障措置にとってプラスとなるのかマイナスとなるのかについて議論し、関係者よりフィードバックを頂いた。また、ビッグデータに関し、その情報の入手速度や情報量の多さはメリットになり得るが、逆にそれを十分に処理して対応できるかどうか課題となり得ることが話し合われた。その他、SMRや洋上原子炉など原子炉に関し新たなタイプが生まれていること、また、今後の地層処分の進展及び増え続ける使用済燃料の課題についても話し合われた。本シンポジウムの参加者は90カ国から800名を超え、さらに156名のIAEAスタッフが関わった。ジェンダーバランスを見た場合、参加者の約30%は女性であったことも嬉しく思う。今後、さらに女性の参加者が増えることを奨励していきたい。

浅田座長:次に日本と米国の保障措置に対する取り組みについてお伺いしたい。日本はアジア太平洋保障措置ネットワーク(APSN)や追加議定書の普遍化に取り組んでいるが、その詳細についてお伺いしたい。

中根氏:保障措置の強化・効率化について日本はIAEAに対し支援を継続している。その例が国レベルアプローチ(SLA)である。その背景として世界的に見て原子力発電が増加し、廃止措置を含め、保障措置を適用するケースが増加すると考えられる一方で、IAEAの保障措置に係る予算は増加していない。そのため、保障措置を統合的に実施し、効率的・効果的に実施する必要がある、SLAにより対象国に合った保障措置活動と評価が行われ、査察コストの低減が期待される。効果的・効率的な保障措置の実施に向けて日本も引き続き支援を継続する。また、追加議定書の普遍化について日本も働きかけを行っているが、追加議定書を締結することによるメリット(信頼性の向上につながり、結果として多くの国から原子力活動に関する協力が得られることなど)を広めることが必要である。特に日本も追加議定書に関するトレーニングを開催し、例

えば原子力活動が比較的進んでいる国であるタイを含むアジア諸国に対するアウトリーチ活動は重要である。そのため、地域的な取り組みとして APSN を主導している。

ラモンターニョ氏: 基調講演において米国のプライオリティをご紹介したが、IAEA 保障措置の実効性と効率性の向上に関し、追加議定書の締結を促進することが重要である。それは追加議定書により IAEA は幅広い情報とアクセスが可能になり、保障措置を強化することができるためである。また、米国も SLA を支持している。それは、SLA が可能になったのは追加議定書によるものであり、IAEA はそれによって拡大結論を導くことができ、その結果、統合保障措置を実施することができるからである。技術面に関しても、DOE/NNSA は、保障措置技術開発にかかわる様々なプログラムを行っており、IAEA が直面する測定やデータ分析などの課題を解決できる革新技术を追求している。他方、22 の加盟国などに対し、トレーニングや必要な装置などの技術開発といった幅広い支援や特別拠出を行っている。とりわけ、DOE による国際保障措置エンゲイジメントプログラム(INSEP)の取り組みがあり、その目的は各国の計量管理に係る能力を高め、IAEA の要請にタイムリーに対応できるようにすることである。例えば、2017 年の保障措置報告書において CSA を締結している加盟国の 4 分の 1 は国内計量管理制度が整備されておらず、能力、人材、財源も不十分である。そのため、INSEP がトレーニングプログラムを提供している。特に初めて保障措置を経験するような職員に対しトレーニングを行い、計量管理に係る当局や法整備などの支援を行っている。また、保障措置の強化には、人材のリクルートが必要であり、若手や専門家、経験者を保障措置コミュニティに呼び込む必要がある。最後に保障措置の実効性と効率性を向上させるためには技術開発、人材育成、能力構築などを含めた包括的なアプローチが必要である。

浅田座長: これまでに各パネリストより保障措置シンポジウム、追加保障措置の普遍化、技術開発や人材育成についてご紹介を頂いた。新型炉や既存の原子力施設の廃止、北朝鮮、イランなどの問題と課題を踏まえ、今後どのように対処すべきかについてご意見を伺いたい。

クロード氏: IAEA は、昨年、内部文書として、保障措置に係る長期戦略計画を作成し、2030 年までに起こり得る問題と課題を考え、78 項目の行動計画を検討している。しかし、78 項目の行動はかなり多いため、優先順位をつけることで 22 項目の行動に絞って検討している。特に技術開発では、長期あるいは 2 年に 1 度の研究開発計画を作成していくが、どれも挑戦的なものばかりであり今から考え始めなければならない。これらの行動計画に係る重要な点を加盟国と共有する機会がプログラム会議や年 1 回開催されている IAEA 総会で持たれている。ただし、22 項目の行動でも多く、保障措置に係る主な目標を実効性の向上を第一として、それが確保された段階で、次に効率性を図ることになっている。

論点 2: 北朝鮮の非核化

浅田座長: 本年 6 月にシンガポール声明にて朝鮮半島の完全な非核化が合意されたが、その後、進展は見られていない。北朝鮮の非核化の実現においていかに検証

すべきかという課題がある。米朝共同声明の背景や進展していない状況についてラモンターニョ氏より伺いたい。

ラモンターニョ氏: 本年 6 月の米朝首脳会談において金委員長が北朝鮮の非核化にコミットし、それ以降、米国は北朝鮮と上級レベル・実務レベルで協議と対話をしようとした。これまでのところ詳細な実態を伴った対話は出来ていないが、ポンペオ国務長官やスティーブン・ビーガン米国北朝鮮担当特別代表は対話を促進するための努力をしている。トランプ大統領も来年の早いうちに 2 度目の米朝首脳会談を開催することに言及している。この会談が開催されるタイミングや内容に係る詳細はお話できないが、北朝鮮による具体的かつ重要なアクションは見えていない。

浅田座長: 非核化の概念に概ね含まれる要素としては、核兵器に関する申告を行い、その検証を経て、核兵器を解体し、再度検証するプロセスがあると考え。本パネルでは解体、検証などのプロセスにおいていかなる課題があるのかについて議論したい。また、非核化の例として南アフリカ、リビア、イラクなどが該当するが、北朝鮮の非核化との関係においてどの程度利用できるものなのか、また、米露間の核兵器解体プロセスはどれほど参考になり得るのかについてご意見を伺いたい。

直井: 米露間の解体核兵器からの余剰プルトニウムの処分について JAEA も技術的に関与してきたのでご紹介したい。冷戦後、米露間で解体核兵器由来の 34 トンの余剰プルトニウムを処分することに合意し、プルトニウム管理処分協定(PMDA)の枠組みが決定された。米国の場合は、プルトニウムを従来は MOX 燃料として原子炉で利用する計画を有していたが、MOX 燃料を製造するための施設の建設に係るコストが高騰したため、現在は希釈処分を選択している。これに対しロシアは希釈処分ではプルトニウムを取り出せるとし、この方法に反対を示している。ロシアとしては MOX 燃料としてそれを高速炉で処分するとしている。この中で JAEA は、ロシアのプロジェクトに参加し、振動させながら MOX のパウダーを被覆管に充填して燃料を加工することに協力すると共に、同国の高速炉での実証試験も実施した。ロシアは現在、MOX 燃料をペレットにし、それを被覆管に詰めたもので処分すると計画している。PMDA については、前述で述べたとおり、米露間でプルトニウムの処分方法に係り相違が生じており、PMDA は停止している状態にある。

中根氏: 完全な非核化の概念に関し、2017 年に採択された安保理決議第 2397 号では CVID(Complete verifiable and irreversible dismantlement)が示され、北朝鮮に対し、全ての核兵器及び既存の核計画を完全で、検証可能な、かつ、不可逆的な方法で直ちに放棄し、全ての関連する活動を停止すると共に、その他いかなる既存の大量破壊兵器及び弾道ミサイル計画も同様に放棄することが示されており、日本が考える北朝鮮の非核化もこのような概念が適用されると考える。今後、日本としても米国や韓国と連携をしながら北朝鮮の非核化に向けて協力することが必要であると考え。最近、北朝鮮は核実験場を破壊したが、完全に核兵器能力がなくなったわけではない。そのため「非核化」という言葉が先行するだけでは前進せず、日本、米国、韓国との協力と連携は重要になってくると考える。また、座長より非核化に関し、南アフリカのケー

スについて紹介を頂いたが、本件について参考になると考える。南アフリカが自発的に核兵器を放棄した後に IAEA が検認を行った。北朝鮮の場合は長期的なプロセスになると考えるが、このような方向に向けて努力することが重要である。また、IAEA が、北朝鮮が実際にそのような措置をとった場合に迅速に対応できるチームを設立するなど、そのための準備体制を整えていることは大変心強い。そのため、日本も北朝鮮の非核化に関し、協力と支援を行う必要がある。

浅田座長:フォーリン・アフェアーズ(Foreign Affairs)誌におけるポンペオ国務長官の論文の中で FFVD(Final, Fully verifiable denuclearization)という用語が使用されたが、CVID と FFVD の違いは何なのか。また、北朝鮮の非核化として南アフリカのケースについて言及があったが、IAEA は何か知見を有しているのか。

ラモンターニュ氏:CVID と FFVD の相違について、ポンペオ国務長官はアルファベット(表現)は変わったかもしれないが、非核化は完全でなければならず、そのためには検証可能で、なおかつ不可逆的でなければならないという意味は変わっていないと回答している。他方、南アフリカやリビアの非核化の前例をみれば、核開発を国として放棄するという戦略的な決定を行い、その後、米国や IAEA などに対して、計量管理及び廃棄についてきわめて協力的であったという共通性が挙げられる。これらが非核化を成功に導いた要因ないし教訓である。

クロード氏:IAEA は技術的な組織であり、なおかつ北朝鮮に係るマンデートも明らかではないため、即答はできない。ただし、北朝鮮からの申告が正確かつ完全であるかどうかを検証するためには、追加議定書の発効が不可欠であり、そうでなければ IAEA は完全性についていかなる結論も導出することはできない。今後、安全保障理事会、加盟国あるいは有志国からの要請があれば IAEA は北朝鮮に対して明確なマンデートを持つことができる。

浅田座長:IAEA は言われたことをする、そのため、言われていなければ、なんとも言えないということだろうと思う。JCPOA では追加議定書を超える措置、あるいは保障措置でカバーできない部分が規定されているが、北朝鮮との関係ではどういった廃棄及び検証措置が必要かといった点を伺いたい。

中根氏:非核化の対象については今後の北朝鮮との話し合いによる合意次第であろう。しかし、ウラン濃縮や再処理施設のように平和目的の原子力活動に使えるものであっても、核兵器開発に使われたようなものは全て廃棄されるべきであるというのが基本的な立場である。検証については、北朝鮮が包括的保障措置協定だけでなく、追加議定書を締結して厳格な措置を履行した上で、原子力活動が平和利用のものであるという拡大結論を IAEA が導出すれば、非核化がきちんと達成されたことになるかと理解している。

直井:原子炉を含むすべての核施設を非核化の対象とする場合、それらの施設が二度と使えない状態になったか、つまり無能力化されたか否かを判断するための定義が必要となるだろう。例えば濃縮施設で遠心分離機を無能力化する場合、何をもって

無能力化とするか、といった別の定義が必要となるだろう。それをどのように確認していくか、という点は、今までの IAEA の検証とは異なるもの、つまり核物質が転用されていないことを検証すること以上のマンデートが必要になってくると思う。

クロード氏: 非核化に関して、包括的保障措置協定に基づく検証と監視は IAEA のマンデートの範囲内であるが、ウラン濃縮施設などの核施設の廃止や無能力化は既存のマンデートを超えており、回答はできない。

フロアとの質疑応答:

[Q] 北朝鮮の非核化を考える場合、南アフリカ、リビア、米ソ間の核軍縮といった過去の事例は核物質を取り除いた後に IAEA の保障措置が開始されたことから、参考にならないのではないかと、他方、北朝鮮に平和目的で一定の原子力活動を認めるかどうかも別途考える必要があるが、それよりも体制保証が重要な課題ではないかと、そうであれば朝鮮戦争の休戦協定等の締結と非核化の措置を相互に関連させながら決めて行き、実施していく必要があると考えるが、この点について米国の見解を伺いたい。

[Q] 北朝鮮は非核化の第一歩の措置として核実験場を爆破したが、それが単なるデモンストレーションかどうかを検証するために、その核実験場のボーリング調査といった採掘調査を実施することが重要ではないかと、他方、イランのミサイル拡散で揉めているが、同国は核兵器禁止条約の交渉で積極的な役割を担っていたことを米国軍備管理協会の記事で知った。これらの点について米国と直井氏の見解を伺いたい。

[A] **ラモンターニュ氏:** いかなる合意を北朝鮮とするにしても、前例のない核開発の規模であり、誰も保有する施設の詳細を把握していないなどの問題があり、困難である。爆破された核実験場の評価、及び、それが実質的な行動であったかどうかなどのコメントは難しい。残念だが、イランと NPT に係る問題についてコメントする立場にはない。

直井: 爆破された核実験場においてボーリング調査を実施することには一定の意味があると思うが、非核化を実現するには核施設の解体が重要であり、核実験場の解体が一番後でも良いのではないかと。

座長総括: イランと北朝鮮の核問題は極めて難しい問題であり、なおかつ現在動いている問題である。特に、イランの問題では、米国の制裁の再開の影響といった、そもそも JCPOA 自体がどうなるかといった問題があり、今後の流れによって変わらうが、少なくともこれまでのイランの良好な履行状況をみれば、または JCPOA が将来的に成功する限りでは今後の国際的な核不拡散体制に対する一つの重要な実績として参照されるようなプラクティスとなるであろう。北朝鮮との関係でも、米朝の合意がどのような形で動くかによって大きく異なってくるが、うまくいけば核不拡散問題だけでなく、核兵器の廃棄との関係でも重要な先例になるであろう。いずれにしても今後次第ということがあり、今後それらが上手くいくことを願う。

【パネル討論 2】:「核不拡散・核セキュリティ強化を支える技術」

基調講演及びパネル討論 1 の議論を受けて、国際的な核不拡散・核セキュリティの

強化を支える技術開発、非核化プロセスにおける技術的課題等を整理し、日本の技術的貢献の可能性・方向性について議論を行った。

論点 1:核不拡散・核セキュリティを支える技術開発

木村座長:最初に核不拡散・核セキュリティを支える技術開発に関する各機関の取り組みを紹介してもらいたい。

アッバス氏:EC/JRC は、EURATOM(欧州原子力共同体)の 3S に関わるプログラムを技術的にサポートしている。研究開発の対象は、核燃料、原子炉安全、廃棄物処理、廃炉など多岐にわたり、不拡散・セキュリティに関しては、非破壊測定技術や封じ込め・監視技術を始めとする保障措置技術、輸送技術、近年重要となりつつある核鑑識技術などの開



パネル討論 2 の様子

発を行っている。同時に人材育成や EU の原子力安全、セキュリティに関する法整備支援等も行う。私の所属するイタリアのイスプラにあるセンターで開発した技術として代表的なものは、PGET(Passive Gamma Emission Tomography)と呼ばれる、使用済燃料集合体の燃料棒を可視化する非破壊測定技術がある。この技術は数分の測定で集合体を 3D モデルで可視化し、もし、燃料棒が紛失していれば、それを視覚的に見ることができる。ISCN との共同研究では、使用済燃料の新しい非破壊測定技術である DGS(遅発ガンマ線分光)技術開発を実施している。近年、原子力業界は大きく変動しており、例えば、新世代原子炉の登場に応じた新たな保障措置のコンセプトの確立、ビッグデータ、AR(拡張現実)、VR(仮想現実)などの新たな技術の導入などの課題が生じてきている。

ラモンターニュ氏:近年の技術開発では、特に可搬型のコンパクトな測定装置の開発に注目している。例えば、未知試料を既存の装置よりも詳細に同位体分析し、現場からリアルタイムで結果を報告できる装置の開発を目標としている。課題としては、電源が満足に取れない場所や環境が悪い場所など、実際の現場での使用に耐える装置を開発することである。より長期の技術開発としては、例えば使用済燃料のプルトニウムを定量する技術として、JAEA では DDA(ダイアウェイ時間差分析法)を開発しているが、そういったより革新的な分析技術の開発が必要である。これは、保障措置技術の開発により優秀な技術者を呼び込むためにも重要である。また、広域の環境試料分析や年代測定といった分析能力の向上に関しても発展を続けている。分析技術に関しては、再現性が高く、他の加盟国でも使用可能なスタンダードになる技術の開発を目指している。さらに、新世代の原子炉の保障措置においては、セーフガード・バイ・デザインを実効的に取り入れるために、コンセプトに沿った技術開発を行う必要がある。

堀:午前中に説明のあった核鑑識や核測定技術の他に、JAEA が過去に開発した

技術のうち、現在解決が求められている課題に応用できると考えられるものを紹介する。日本国内では、再稼働しない原子炉や原子力施設が増加するのに伴い、大型の乾式貯蔵施設の新設及び使用済燃料の輸送の増加が見込まれている。こういった施設・活動に効果的に保障措置を適用することが必要である。JAEA が過去に米国と共同で開発したものの代表例として、使用済燃料の処理プロセスの間に必要な測定が行われる PCAS(Plutonium Canister Assay System: プルトニウムキャニスター測定システム)がある。また、もんじゅでは、カメラと放射線モニターによる同時監視を行う Dual C/S(2重封じ込め・監視装置)を導入した。また、廃棄物の非破壊分析法が必要である。JAEA では、高速中性子やガンマ線を照射して微量な核物質を測定・検出するアクティブ法の開発を進めている。技術開発や保障措置トレーニングの結果を IAEA に報告しており、今後は、JAEA が有している JPDR、JRR-1、旧 JRR-3 の廃止措置の経験を国際的にシェアしていくことを考えている。

論点 2: 保障措置の技術的課題と対応

木村座長: 今紹介されたような、廃炉の増加、新型炉の建設等を背景として、保障措置を実施する IAEA 及び EURATOM から、今後の課題及び対応についてお話しいただきたい。

クロード氏: IAEA 自身は技術開発を行わないが、D&IS(Development and Implementation Support): 開発・実施支援)プログラムで、現場で求められる検認技術、技術仕様を公開し、加盟国に技術支援を依頼している。2 年毎に更新しているが、長期的課題も公開し、R&D の方針を示している。使用済燃料の検証は長期にわたり課題であったが、PGET は使用済燃料を最終処分場に送る前に検認できる点が画期的で、IAEA に正式に採用された。SMR で用いられる燃料は複雑で保障措置が難しいと考えられている。他業界で注目されている技術のうち、市販の安価な分析器やドローンといったものだけでなく、保障措置に応用可能な技術の情報収集を行っている。よりコンパクトで統合的な装置の開発が求められており、壊れにくく、あらゆることのできるスマートフォンを参考にしてもらいたい。核物質や放射線源の移動が困難になる中で、ポータブルで核物質を含まない中性子源なども課題である。IAEA は大量のデータを保有しているが、現場の査察官をサポートできるように、より良いデータの活用方法を検討している。また、繰り返し行う検認作業については、自動化を進めたいと考えている。ロボット技術を活用して、使用済燃料プールのマッピング技術の開発の取り組みも行っている。EC との共同で開発したもう一つの技術として、軽量の装置で分析ラボと同等の分析を現場で行うことができる装置を開発した。より早期の段階で異常を検知できる他、北朝鮮のように試料を国外へ持ち出すことが難しい地域での検証に有効であると考えている。

アッバス氏: EURATOM としてのニーズの多くは IAEA のものと重なっており、互いに連携している。PGET は IAEA の要求を満たした可視化技術である。今後は、燃料、廃棄物処理、廃炉に応用できる可視化技術として、ミュオントモグラフィを開発していく予定である。セーフガード・バイ・デザインは重要なコンセプトで、EURATOM でも

注目している。また、新しい技術、特に、査察官の負担軽減につながる技術を開発していきたいと考えている。リモート制御可能な装置開発と同時に、送られてくる大量のデータの処理技術も必要である。査察の需要が増す一方でリソースは限られており、研究施設のオープンアクセスなどを通じて、これまでとは異なるステークホルダーの参入を促すことを検討しなければならない。イギリスの欧州連合からの離脱の影響でイギリスは EURATOM から離脱する予定であり、セラフィールドのオンサイトラボで実施している保障措置活動については見通しが不明である。フィンランドの使用済燃料の処分場では、3D レーザースキャニングを用いたマッピング装置のデモンストレーションが行われた。処分場のトンネルの中に未申告の通路がある場合にすぐに発見できる他、廃止措置にも応用可能であると期待されている。

ラモンターニュ氏: 米国は IAEA が発信している R&D 計画に基づいて、顧客である IAEA の優先度に応えるようにしたい。新しい技術を作るには 10 年を要し、問題が起きてから技術開発を始めたのでは間に合わないため、先を見据えたニーズの把握が必要である。現在イランで使用されているリアルタイム、非立ち合いでの六フッ化ウランの濃縮度モニターも、10 年前から予測されて開発された技術である。10 年先に直面する課題を見据えることが重要である。監視技術についても 2005 年から継続して改善がなされている。研究開発では失敗を恐れてはいけない。技術はすぐには使えないし、使用可能なものになるかはわからないが、候補に手を付け、知見を蓄積していく必要がある。また、既存の技術の異なる使い方を模索することも重要である。レーザー誘起の元素分析技術で、火星探査機に乗せる遠隔の分析技術を保証措置分野に導入した例もある。他の分野に目を向けて、潜在的に応用可能である技術を取り入れることを考えなくてはならない。

堀: JAEA の施設の保障措置に利用するための技術開発はほぼ終了している。そのため、現在では、IAEA の R&D 計画のなかで、JAEA の強みが発揮できる分野について、参画していきたいと考えている。

論点 3: 「非核化プロセスにおける技術的課題と対応」に関する議論

木村座長: 非核化プロセスについて議論する。まず JAEA より非核化の技術的課題を示してもらい、IAEA から検証上の課題について意見をいただく。

堀: はじめに過去の非核化の例を示し、それらと今般の北朝鮮の非核化を比較する。過去の非核化の事例として、南アフリカとリビアの例を示す。これらの過去の例では、核弾頭の数や核物質の種類が限定的で、無能力化すべき原子力関連活動の種類も限定的であった。一方の北朝鮮のケースでは、核弾頭の数、核物質の種類が多く、廃止対象施設も再処理や黒鉛炉も含まれるなど、過去の事例よりも検証が困難になることが予想される。またそれらの検証方法についても、北朝鮮は NPT を脱退していることから、検証の根拠となる条約や制度がないことも課題として挙げられる。次に、廃止措置について、過去の事例を含めたいくつかのオプションについて議論する。南アフリカやリビアの事例(核弾頭の解体や核物質の撤去)では、核物質、核兵器開発能力や機微技術も廃棄したことから検証が容易であるが、全体像の解明には時間もかかる。

一方、無能力化の場合は検証に時間もリソースも大きくかからないが、機微技術や核物質が残ることから無能力化後のモニタリングが必要となる。JCPOA の場合も、核物質、能力、機微技術が残ることから長期のモニタリングが必要となっている。最後に、非核化プロセスにおける各組織・枠組みの強みを議論する。核弾頭の解体・廃棄には南アフリカや核兵器国の知見をもとに核兵器国や包括的核実験禁止条約機関準備委員会(CTBTO)が検証に強みがあると考えられる。核軍縮検証のための国際パートナーシップ(IPNDV)の知見も応用可能。一方、核物質や原子力関連施設の廃棄検証については、IAEA が検証の中心的役割を担うことができ、日本を含む原子力技術を保有する国家の知見も応用可能である。

クロード氏:非核化プロセスにおける IAEA の課題を述べる。一番大きな課題は、現時点で判明していない事実が多いということである。そのため、非核化プロセスを検証する際には、はじめに視察団を派遣し、例えば原子力プログラムの規模や環境状態など、現地の状況を詳細に調査する必要がある。IAEA はすでに調査のためのプログラムとノウハウを有している。なお、査察官の人数などについては初期調査の結果次第となるので、査察官のトレーニングなどはまだできていない。過去の検証の例では、査察官を現地に輸送する際に問題があった。ロジスティクスの問題は大きい。食べ物や水の確保など、2~3 週間のスパンで査察官の健康管理、生活安全の確保が必要となる。インターネットなど、通信を確保し外の情報を入手することも必要である。非核化の検証プロセスにおいてははじめに解決すべきなのはこれらの実務的な問題である。

論点 4:「日本の貢献、国際協力」に関する議論

木村座長:これまでの保障措置、非核化の課題対応の議論を踏まえ、日本の貢献、国際協力の在り方について議論する。はじめに私から、日本の科学技術インフラ、原子力利用・核不拡散・核セキュリティの経験を踏まえた、今後の保障措置、核セキュリティ、非核化への貢献の可能性について述べる。核不拡散・核セキュリティ研究開発の今後の方向性については、文部科学省原子力科学技術委員会が昨年 6 月に中間とりまとめを行っており、そこでは国内のニーズと日本の強みを踏まえた研究開発の方向性の整理、また研究・技術を支えるものとして人材育成や国内外機関との連携が重要であることが指摘されている。その他の重要な方向性としては、国際戦略、社会実装への取り組み、関係省庁・関連機関の連携も指摘されている。また、科学技術基本法に則った第5期科学技術基本計画において、国民の安全安心の確保が目指すべき国の姿のひとつとして示されており、そのために社会的な課題対応、基盤的な力の強化が重要であることが指摘されている。以上で指摘されたポイントから、まず日本の強みとしては人工知能、サイバーセキュリティ、ロボットやセンサー技術を挙げることができ、また国民の安全安心のために、サイバーセキュリティなどの安全保障上の課題の対応が今後重要になると考えられる。さらに科学技術を支えるものとして人材育成が非常に重要であり、人材力の強化のために国際研究ネットワークの強化、人材の流動化の促進が重要である。以上から、核不拡散・核セキュリティへの日本の貢献としては、IAEA などの国際枠組みの構築、唯一の被爆国であるという経験をもとに、日本の強みである既存技術の強化、異分野とのコラボレーションが非常に重要になるのではな

いかと考える。特に核テロ対策に焦点を当てると、抑止力の強化、リアルタイムでの検知技術の強化、事案発生後の対応のための追跡・鑑識技術の高度化などがポイントとして挙げられる。

木村座長:非核化に関して、日本はどのような貢献が可能と考えられるか。

ラモンターニュ氏:日本は核燃料サイクルと関連施設の運転経験が非常に豊富だが、NPTを根拠に核兵器国の軍事活動タッチすることは難しい。しかしながら、非核化プロセスが進むにつれて日本を含む他国に対し、どこかの時点で貢献に関する話が出てくるものと思われる。非核化プロセスにおける日本の知見は大歓迎である。

木村座長:保障措置に関してこれまでの日本の活動への評価と今後の期待についてご紹介いただきたい。

クロード氏:日本からはこれまで情報収集、機器開発、トレーニングなどで大きな貢献をしている。コストフリーの専門家も多数派遣している。一方、日本からの保障措置局の職員数はあまり多くない。日本人はあまりIAEA職員に応募してこない傾向があるが、特に査察官としてもっと応募してほしいと考えている。日本は燃料サイクルの経験が豊富なため、具体的には10人くらいは査察官として来てほしいと考えている。

木村座長:EURATOM, EC/JRCとの協力に関する今後の期待についてご紹介いただきたい。

アッバス氏:これまでのJAEAとの協力に関しては深く感謝申し上げる。これまでトレーニングや保障措置・核セキュリティの研究開発分野で連携しているが、今後はそれが拡大するだろう。すでにいくつかの有望なプロジェクトが計画されている。

フロアとの質疑応答:

[Q] 査察を行う際に一番難しいのは未申告活動を見つけることである。これについて、IAEAでは限界がある場合がある。過去の例で、イラクの査察を行ったときに安全保障理事会で未申告活動を見つける仕組みを作った。北朝鮮でも同様のプロセスが必要なのではないか。

[A] クロード氏:IAEAの活動に関してはまずは安全保障理事会がマンデートを与えることになっている。IAEAでは可能な限り独立した検証を実施したいと考えている。イラクの査察のケースもうまく機能していたか疑問があり、ベストな方法を今後考えていきたい。

[Q] 日本からIAEAへの査察官の派遣について、米国の関連する活動の例、良好事例を共有いただきたい。

[A] ラモンターニュ氏:米国の次世代保障措置イニシアティブ(NGSI)の例を共有する。最も重要なのは、若手がエキサイティングと思う課題を与えることである。例えばNGSIでは、使用済燃料測定プロジェクトや、複数年度で数百万ドルの研究イニシ

アティブなどを実施した。結果、多くの若手が参画し、彼らの多くは現在では実際に活躍している。アウトリーチをどうするかは、若手のニーズに併せた形で行わなければならない。いまや転職が普通の時代になり、大切なのはこの分野を経験させてキャリアオプションのひとつとして認識させることである。

座長総括:このセッションでは、保障措置、非核化に関して、その課題やニーズ、取り組み等について議論し、良好事例の共有ができた。パートナーシップの重要性、分野・枠を超えた協力、人材育成の重要性が示された。

おわりに

本国際フォーラムは、核不拡散・核セキュリティに関わる国内外の有識者に参加いただき、公開の場で議論していただくことにより、広く一般の方にも本分野での理解を深めていただく機会となることを意図している。今回フォーラムでの議論を通じて、保障措置や非核化を取り巻く課題を共有し、課題解決に向けての取り組み、日本の貢献や国際協力のあり方に対する理解を深める一助となれば幸いである。今後も、こうした議論を展開する場として、本フォーラムをさらに充実させていきたいと考えている。なお、本フォーラムの配布資料は、ISCNのWebサイト (<http://www.jaea.go.jp/04/iscn/activity/2018-12-13/index.html>) に掲載している。



講演者・パネリストの集合写真

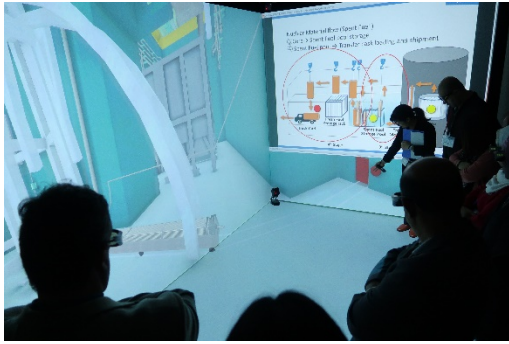
4-2 国内計量管理制度(SSAC)に係る国際トレーニングの開催

ISCN は国際原子力機関(IAEA)と共同で 2018 年 11 月 26 日～12 月 7 日に「国内計量管理制度(SSAC: State's system of accounting for and control of nuclear material)に係る国際トレーニング」(以降 SSAC コース)を開催した。本コースは各国が SSAC を構築し、適切に運用、維持するために必要な知識を包括的に学習する機会を提供するものであり、各国の原子力規制当局において計量報告の検認に従事する者、原子力施設において計量管理を担当する者等を主な対象としている。本コースは 1996 年に当時の科学技術庁から原子力機構の前身である旧原子力研究所への委託事業として開始し、2011 年以降は ISCN の下で文部科学省補助事業として年一回実施されているものである。今回国内外から多数の応募があり、23 か国から、これまでで最多となる 30 名(外国人 24 名、日本人 6 名)が参加した。

本コースのプログラムは、①核不拡散及び保障措置にかかる法的枠組み、②核物質の計量管理(施設における記録と申告)、③IAEA の検認活動(封じ込め・監視、非破壊測定・破壊測定、環境サンプリング等)、④追加議定書に基づく申告、⑤輸出管理、⑥設計情報質問書(DIQ)、設計情報検認(DIV)、⑦国内計量管理制度(SSAC)から構成され、主な講義は、IAEA 保障措置局の担当官、ISCN 及び JAEA 内施設訪問先の職員が担当した。その他、原子力規制庁、経済産業省、核物質管理センターの専門家を招いた講義も実施した。

本コースは、講義、机上演習、グループワークに加えて、IAEA が査察で実際に使用している非破壊測定装置(NDA)や封じ込め・監視システム(C/S)を用いたデモンストレーション、バーチャルリアリティ・システム(VR)を用いた仮想原子炉施設における燃料フローや物質収支区域(MBA)及び主要測定点(KMP)の構成、使用済燃料の検認に係るデモンストレーション、JRR-3 研究炉を訪問し当該施設をリファレンス施設とした設計情報質問書(DIQ)に係る演習等、JAEA が持つ設備・施設を最大限活用することで、より実践的な知識と経験を提供した。また今年度は、JAEA 核燃料サイクル工学研究所のプルトニウム燃料第三開発室(PFPF)及び東海再処理施設(TRP)を訪問し、バルク施設における燃料フロー及び計量管理・検認活動の実施状況について実地で学ぶ機会も設けた。

全体を通して質疑応答が多く交わされ、グループワークでの議論も活発であり、総括として行われた仮想国における SSAC 構築に関するグループワークの最終発表は非常に盛況かつ実りあるものであった。本トレーニングが参加者に対して SSAC に関する確かな知識を提供するとともに、当該分野における人材ネットワーキングの一助になったのではと感じている。



VR を用いたデモンストレーション



NDA 測定の実験デモンストレーション



集合写真

【報告:能力構築国際支援室 川久保 陽子】

4-3 IAEA 放射性物質の核セキュリティに係る国際会議への参加

IAEA では核セキュリティに関係する国際会議として2013年に閣僚級会合を含む国際核セキュリティ会議を開催した。2回目は2016年に開催され、3回目は2020年に予定されている。この会議は核セキュリティサミット(2010年から2016年)終了後の国際社会の継続的なコミットメントを示す会議としてほぼ3年に1回、継続的に開催されてきているが、この国際核セキュリティ会議が開催されない年にIAEAは関心の高いテーマを選定して、テーマ別の国際会議を開催してきた。2014年は核鑑識、2015年はサイバーセキュリティ、2017年は核物質防護、そして、2018年は放射性物質のセキュリティにかかわる国際会議が12月3日から7日にかけてIAEA(ウィーン)で開催された。

5日間にわたって開催されたこの放射性物質のセキュリティに係る国際会議には100を超えるメンバー国および15機関から約550名が参加し、ポスター等での発表を含めて28のセッションで250の発表がなされた。核物質を扱っている国の数に比べて放射性物質を扱う国は圧倒的に多く、ISCNが支援対象とするアジア地域においてもトレーニングニーズの高い分野である。核物質を取り扱うにあたっての管理や規制はおおむね確立されている一方で、放射性物質の管理や規制はまだ途上であり、各国が有する課題を共有し、各国の経験や良好事例などから学ぶということが今回の国際会議の目的となっている。

報告者は国際協力とコミュニケーションのインターフェースをテーマにしたPlenary Panelに登壇した。このPanelで報告者からは、放射性物質のセキュリティに係る国際協力の良好事例としてこの分野の人材育成支援に関わる経験を発表した。人材育成支援においてIAEAや米国、欧州委員会などとの協力で、合同のアウトリーチ活動やそれぞれが所有するニーズ情報の共有、さらには、インストラクターを派遣し合うなどの協力を進めている他、アジア地域内では中国や韓国などの同様の人材育成支援センター(COE)と密に協力を行ってきており、支援を行うCOEの効率的・効果的な運営には国際協力が不可欠であり、COEの持続可能性の実現にも重要であることを述べた。また、具体例として、ASEANのエネルギー部局(ASEAN Center for Energy:ACE)と2017年に放射性物質のセキュリティの重要性に係る認識を高めるワークショップをフィリピンエネルギー省やEU関係者と合同で開催し、ASEANメンバーの規制当局を含め、放射性物質を扱う研究所などから110名が参加して開催したこと、セキュリティ確保の重要性を高める対象は、規制当局だけでなく放射性物質を利用する者へのアウトリーチも重要であることを述べた。2018年2月にラオスで行った原子力の平和利用と核不拡散・核セキュリティに係るワークショップでは、ラオスのこの分野のニーズを把握していたEU-CBRN-COEイニシアティブの東南アジアオフィスと事前にニーズを共有してもらいカリキュラムに反映できたこと、セミナー後に結果をEU側と共有する協力を行い、効率的・効果的なアウトリーチ活動ができた例を紹介した。また、これまでIAEAと行ってきた放射性物質のセキュリティに関わる多国間向けのトレーニングコースにおいて、ケーススタディや机上演習などを取り入れて参加者とインタラクティブにトレーニングを展開するとともにISCNの核セキュリティ関連のVRシステムや核物質防護フィー

ルドを使ったトレーニングの例を紹介した。パネルでは人材育成支援の地域協力として、国境を共有する国のそれぞれの国境警備隊が合同で放射性物質の検知のトレーニングを実施した例などが紹介され、国際協力や連携の重要性が確認された。

Closing セッションでは、放射性物質のセキュリティ対策はこれからの仕事になるが、構築に向けてこの会議で情報の共有ができたことは有益であったこと、セキュリティ確保に関係するすべての関係者間の連携と協力が非常に重要になることなどが総括され会議は終了した。

今回の会議では、規制当局による放射性物質セキュリティの規制体系構築に関わるセッションや、管理されていない放射性物質が見つかった時の対応、セキュリティ対応を行う規制当局・警備関係者の訓練、国のセキュリティ regime をいかに持続していくか、放射性物質のセキュリティ確保策などのセッションが生まれ、また、Web を介した投票システムを利用してシナリオベースの Policy Discussion を、聴衆が自身のスマートフォンで投票に参加しつつ議論に参加するセッションなど、プログラムはとても良く構成されていた。

【報告:核不拡散・核セキュリティ総合支援センター 直井 洋介】

4-4 燃焼度ワークショップへの参加

福島第一原子力発電所(1F)の事故を受け、燃料デブリ収納缶内に含まれる核物質量を非破壊で測定する手法(NDA)の開発を JAEA および共同研究機関である電力中央研究所によって進めている。現在、パッシブ中性子法、アクティブ中性子法、パッシブガンマ法、アクティブガンマ法の4つを主に検討しているが、全ての技術において収納缶に封入されたデブリの燃焼度を測定することが重要であるとの結論が出されている。そのため、NDA の開発が進んでおり使用済燃料中の核物質測定技術開発に多くの知見・経験を有し、またスリーマイルアイランド原子力発電所(TMI-2)事故によるデブリ取出しに係る経験を有する米国において、燃焼度に係るワークショップ(WS)を 2018 年 10 月 22 日～24 日にロスアラモス国立研究所(LANL)で開催し、日米の知見を共有した。本議論が 1F デブリの計量管理に資することが期待され、本 WS の開催に至った目的の一つである。

まず日本側が、1F デブリ収納缶の NDA において、測定量から核物質量を推定する際の課題について説明した。ここでの重要な点は、1F デブリは、多バッチ装荷の平衡サイクル途中で事故が発生したことから、燃焼度範囲が広い燃料が熔融混合しており、従来の使用済燃料や TMI-2 デブリなどに有効な燃焼度相関は適用できないことを数値計算の結果に基づき示すことであった。

次に米国側の技術発表があった。オークリッジ国立研究所からの参加者の発表では、ORIGEN と呼ばれる放射性物質の生成、壊変、減損について計算を行うためのコードシステムを改良した ORIGAMI コードの概要について紹介があった。ORIGAMI

コードは、燃料集合体の計算が ORIGEN に比べて扱いやすくなっているとのことであった。その後、LANL から、様々な中性子測定手法についての説明があった。特筆すべき点は、Differential Die-Away と呼ばれる手法を用いると、中性子測定だけで使用済燃料集合体の燃焼度を導き出せるとの見解が示されたことであり、当該技術の 1F デブリへの応用可能性を探るべきとの意見が出た。また、LANL からガンマ線測定についての発表もあった。LANL はスウェーデンで使用済燃料のガンマ線測定のキャンペーンを実施している。LANL は様々な NDA 機器を開発しているが、実証する場が無く、スウェーデンの使用済燃料を借りて実証しているとのことであった。また、別の LANL からの参加者は、近年開発されたチェルノブイリ原子力発電所事故から出た廃棄物中の核物質質量推定システム(CDAS)の発表を行った。CDAS における燃焼度の推定は、当初 Eu-154/Cs-137 比を用いるつもりであったが、事故から長時間経過した現在では、Eu-154 比のシグナルが弱い使用できず、最終的には燃焼度は炉心平均を用いて CDAS を運用したとのことであった。

【報告:技術開発推進室 芝 知宙】

発行日：2019年1月30日

発行者：国立研究開発法人日本原子力研究開発機構(JAEA)
核不拡散・核セキュリティ総合支援センター(ISCN)