

ISCN ニュースレター

No.0249

December, 2017

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

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「核テロ対策の強化と人材育成 ～東京 2020 オリンピック・パラリンピックに向けて～」を開催 -----3

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構は、2017年12月7日(木)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「核テロ対策の強化と人材育成 ～東京 2020 オリンピック・パラリンピックに向けて～」を開催した。その概要について報告する。

1. 活動報告 -----5

1-1 日本原子力学会 2017 年秋の大会における学会報告 -----5

2017年9月13～15日に、日本原子力学会 2017 年秋の大会が北海道大学札幌キャンパスにて開催された。当センターから発表された内容の概要について報告する。

1-2 「創立 40 周年記念」第 38 回日本核物質管理学会年次大会における学会報告 -----8

2017年11月21～22日に、「創立 40 周年記念」第 38 回日本核物質管理学会年次大会が東京工業大学大岡山キャンパスにて開催された。日本核物質管理学会の概要及び招待・基調講演、当センターから発表された内容などの概要について報告する。

1-3 「国際希ガス実験 (INGE) ワークショップ 2017」参加報告 ----- 17

CTBT 検証のための希ガス監視技術に係わる最新の研究成果や開発状況について議論し評価することを目的とした「国際希ガス実験(INGE)ワークショップ 2017」が開催された。本ワークショップに出席し、2016年及び2017年に実施された北朝鮮核実験に係る放射性核種データの解析評価結果に関する発表を行うとともに、JAEA の CTBT 関連業務の高度化に資するための情報収集及び関係者との意見交換を行った。

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「核テロ対策の強化と人材育成～東京 2020 オリンピック・パラリンピックに向けて～」を開催

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構(理事長 児玉 敏雄)は、12月7日(木)、東京銀座の時事通信ホールにおいて、「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」を開催した(公益財団法人日本国際問題研究所 軍縮・不拡散促進センター、国立大学法人東京大学大学院 工学系研究科 原子力国際専攻、及び国立大学法人東京工業大学 科学技術創成研究院 先端原子力研究所が共催)。

本フォーラムは、原子力平和利用に不可欠な核不拡散・核セキュリティの確保に関する国内外の理解促進を目的として原子力機構が毎年開催しているものであり、今回は、「核テロ対策の強化と人材育成 ～東京 2020 オリンピック・パラリンピックに向けて～」と題して内外の専門家を招き、講演と議論を行った。

今年度のフォーラムには166人が参加し、午前中は2件の基調講演と1件の基調報告が行われた。基調講演では、今井 勝典 東京オリンピック・パラリンピック競技大会組織委員会警備局長から、2020年の東京オリンピック・パラリンピックの概要と規模、セキュリティ強化の取組みと課題、国内外の関係機関との連携等が紹介され、またカスリン・グリーン 米国エネルギー省国家核安全保障庁(DOE/NNSA)保障措置人材開発プログラムマネージャーから、米国エネルギー省が実施している核不拡散に関わる人材開発についての大学との連携、国立研究所へのインターン受け入れ等が紹介された。基調報告では、核不拡散・核セキュリティ総合支援センター長の直井 洋介より、当センターが展開している核不拡散・核セキュリティ分野の活動について報告した。



(今井氏による基調講演)



(集合写真)

午後は2つのパネルディスカッションが行われた。前半の「核テロ対策強化」のパネルでは、1つ目の論点として、大規模イベントにおけるテロの脅威、核・放射線テロに対する国際機関の取組み、2つ目の論点として、核テロ等に対抗するための技術開発の現状・課題、産官学の役割と連携について、それぞれ議論を行った。後半の「人材育成支援」のパネルでは、1つ目の論点として、核不拡散・核セキュリティ分野の人材育成支援に関する国の戦略または枠組み、人材育成支援の対象、2つ目の論点として、産官学-COE連携の良好事例、課題、課題の解決方策等について議論が行われた。



(パネルディスカッション 1)



(パネルディスカッション 2)

本フォーラムを通じて、大規模イベント等における脅威の認識を踏まえた核セキュリティ強化に係る制度整備、技術開発及び人材育成の取組みについて理解増進の機会を提供することができた。詳細版は別途掲載する。

1. 活動報告

1-1 日本原子力学会 2017 年秋の大会における学会報告

【概要】

2017 年 9 月 13～15 日に、北海道大学札幌キャンパスにて日本原子力学会 2017 年秋の大会が開催された。当センターから発表された内容の概要について以下に報告する。

【ISCN からの発表概要】

- ① 発表者: ISCN 技術開発推進室、木村祥紀、発表タイトル「核鑑識の属性評価における核物質異同識別手法の研究(3)粒子形状パラメータに基づく核物質の異同識別方法の検討」

核不拡散・核セキュリティセッションにおいて、「核鑑識の属性評価における核物質異同識別手法の研究(3)粒子形状パラメータに基づく核物質の異同識別方法の検討」と題して、研究成果を報告した。核物質粒子を電子顕微鏡で撮影し、ISCN で開発中の画像解析ツールで解析することで核物質粒子形状を定量化する。本発表では、定量化した粒子形状パラメータを元にした異同識別解析手法の検討結果について、統計検定や多変量解析手法によって粒子形状に基づいた核物質の異同識別が可能であるという検討結果を報告した。今後は核物質粒子の電子顕微鏡による画像撮影手法の最適化等について、米国 DOE との共同研究事業の下で検討を進める予定である。

- ② 発表者: ISCN 技術開発推進室、芝知宙、発表タイトル「福島第一原子力発電所における燃料デブリ中の核燃料物質定量に関する候補技術の特性研究 II (3)パッシブガンマ法」

核燃料物質分析(デブリ計量管理)セッションにおいて、「福島第一原子力発電所における燃料デブリ中の核燃料物質定量に関する候補技術の特性研究 II (3)パッシブガンマ法」と題した発表を行なった。これは、デブリ内で核物質と随伴し、高強度・高エネルギー γ 線を放出する核分裂生成物核種である ^{154}Eu などの γ 線測定から、核燃料物質の定量をしようというものである。筆者は、ガンマ線のシミュレーションを行い、 ^{154}Eu のプライマリピークである 1.27 MeV のガンマ線は、デブリの組成などによらず、測定可能であることを報告した。聴衆からは、シミュレーションの詳細に係る質問があった。

- ③ 発表者: ISCN 技術開発推進室、関根恵、鈴木敏、発表タイトル「FP を含む Pu 溶液のモニタリング技術に係る適用性調査研究」

再処理施設の効果的・効率的な保障措置のため、「FP を含む Pu 溶液のモニタリング技術に係る適用性調査研究」を、2015 年度から東海再処理施設の高架

射性廃液(HALW)を対象に実施している。今回は、Pu 溶液モニタリングセッションにおいて、「FP を含む Pu 溶液のモニタリング技術に係る適用性調査研究」に関して、以下 4 件のシリーズ発表を行った。

(1)概要

プロジェクト全体概要を説明し、この後の発表の導入をした。第 1 段階では、簡便な方法で定量性の評価が可能かを確認するため、HALW の組成調査及びコンクリートセル外における放射線調査を実施した。第 2 段階では、セル内用放射線測定器の設計、検出器の設置位置の検討のため放射線輸送計算コードの計算モデルの最適化等に必要となるセル内の線量率を測定した。第 3 段階では、これまでの結果を基に設計・製作したセル内用放射線測定器を用いて測定可能な放射線を調査し、最終段階として、測定した放射線の Pu モニタリングへの適用性を評価する。

(2)高放射性廃液貯槽セル内の線量率分布測定試験(モックアップ)

東海再処理施設の高放射性廃液貯槽セル内の線量率は、セル内点検用の貫通口を介し、新たに設計・製作した点検装置を用いて測定しなければならない。セル内における線量率分布測定をはじめて実施するため、モックアップ試験により挿入可能を確認した点検装置を用いて、作業の安全性・操作性及び線量計の挿入距離に対する測定位置の関係を確認した。

(3)セル内ガンマ線線量率分布測定結果

(2)のモックアップ試験において点検装置の挿入性に問題ないことを確認した後、確認した Pu のモニタリングに適用する測定器の設計、設置位置の検討等に必要となる計算モデルを最適化するため、イオンチェンバー(線量計)を用いて実機におけるガンマ線線量率分布を測定した。その結果、液面より 90cm 下方の位置で最大値をとる上に凸の線量率分布が得られ、計算モデルの最適化に反映させるための正確なデータが得られた。

(4)セル内ガンマ線量分布測定結果とシミュレーション結果との比較

(3)で得られた線量率データをシミュレーション結果と比較し、セル内の放射線分布を再現可能なシミュレーションモデルを作成している。冷却機器等構造材の密度補正したセル内の線量率分布の計算結果と、実際の線量率測定結果を比較し、密度補正モデルの妥当性を評価した。

聴講者からの主な質問

- 線量率と Pu モニタリングにどのような関連性があるのか。
(回答):線量率分布は Pu との関連性を評価するためではなく計算モデルの最適化を行うためであり、計算モデルを構築した後、Pu モニタリング用検出器の設計等に反映させる。

-
- 点検装置を挿入する上で、難しい点は何か。

(回答):FRP ロッドというファイバーで作成された棒で挿入・引抜をしており、このねじれや重心を点検装置の中心に設計することで、作業者の力がよく加わることが分かった。

④ 発表者: ISCN 政策調査室、玉井広史、発表タイトル「核テロへの備え」

原子力学会秋の大会期間中に「核不拡散、保障措置、核セキュリティ連絡会」が企画した「核不拡散・核セキュリティに係る国際動向と諸課題」のセッションが開かれ、「核テロへの備え」と題して核鑑識体制整備に関する主要国の動向を講演した。講演は、原子力機構が行った「核鑑識の国内体制整備が進んでいる主要国の動向調査結果」を踏まえ核鑑識体制の整備の望ましい進め方に焦点を当てたもので、核鑑識に求められる要件を提示し、主要国の動向とそれを踏まえた整備の課題をまとめた。

始めに、核鑑識の概要について紹介し、不法行為に使用あるいは摘発された核物質の由来を明らかにして警察の捜査や司法手続きに資するため、技術及び制度の両面において関係機関それぞれの対応能力の強化・整備を進めるとともに関係機関間の緊密な協力・連携体制を構築する核鑑識国内対応計画の確立が求められることを強調した。

こうした観点から調査した国内対応計画の整備が進んでいる米国、欧州、カナダのそれぞれの特徴、課題等を紹介し、国・地域毎の政治的・法的あるいは技術的な基盤によって方法に相違があるものの、関係者間のネットワーク構築や事態を想定した演習・訓練等を通じ迅速な対応能力が構築されていることを述べた。

次に、各国の特色を参照・比較して効果的な体制整備の進め方について、核物質の分析を行う核鑑識ラボラトリ、分析結果の照合を行う核鑑識ライブラリそれぞれにおいて、関係機関との連携、能力構築・体制整備上の留意点をまとめた。また、核鑑識の持続的な活動を確かなものとするための人材育成の在り方について論じ、原子力事業者、研究・教育機関など国内の広範な専門家を組み込むような体制あるいはキャリアパスの整備が重要であると述べた。更に、我が国の事例をお手本として制度構築を図ることを望んでいるアジア諸国の状況に鑑み、地域や多国間の支援協力を進めていくことに触れた。

最後に、近年のテロ懸念の高まりの中で、複合的な CBRNe(化学、生物学、放射線、核物質、爆発物)事象への認識を高め、総合対応能力を構築していく必要性を強調して結んだ。

【報告:技術開発推進室 木村祥紀、芝知宙、関根恵、鈴木敏、政策調査室 玉井広史】

1-2 「創立 40 周年記念」第 38 回日本核物質管理学会年次大会における 学会報告

【概要】

2017 年 11 月 21～22 日に、「創立 40 周年記念」第 38 回日本核物質管理学会年次大会が東京工業大学大岡山キャンパスにて開催された。日本核物質管理学会の概要及び招待・特別講演、当センターから発表された内容などの概要について以下に報告する。

日本核物質管理学会(INMMJ)は、核不拡散条約(NPT)に基づく包括的保障措置協定を日本が IAEA(国際原子力機関)と締結した 1977 年に、米国の核物質管理学会(INMM)の日本支部として設立された。1977 年以降、多様な核燃料サイクル施設や原子炉の建設・運転が進められる中で、適正な核物質管理、効果的・効率的な保障措置を適用するための新しい概念や技術の開発を促進する役割を担ってきた。現在、核物質管理、保障措置に加え、核不拡散と軍縮、核物質防護、核物質輸送、廃棄物管理まで技術分野が拡大され、事業者、メーカー、研究機関、大学間の研究成果の共有、研究の促進に加え、本分野の人材育成にも貢献してきた。INMMJ の会員数は、2017 年 8 月現在で 125 名である。

今年が、INMMJ の創立 40 年にあたることから、本年次大会は、その記念大会として開催された。

記念大会ということで、口頭発表・ポスター発表に加え、以下のように、多くの招待講演や特別講演が組まれた。

- 「核物質管理と科学技術」(国)東京大学大学院工学系研究科原子力専攻 上坂 充教授
- 「核物質管理学会 60 年の歩みー目指すビジョン」INMM Kerry Dunn 理事
- 「効果的・効率的保障措置実施に係る日本と IAEA の協力及び取組」日本原燃(株) 岩本 友則氏
- 「プルトニウム取扱施設非立会検認技術開発と SBD(Safeguards by Design)」JAEA 瀬谷 道夫
- 「核セキュリティ勧告(INFCIRC/225)の変遷と我が国における取組」日本原燃(株) 小谷 美樹氏
- 「核拡散の現場から:北朝鮮による核関連物資・技術取得と政策的教訓」元国連安保理・北朝鮮制裁委員会・専門家パネル委員 古川 勝久氏

また、40 周年を記念し、「次世代を担う若手によるパネルセッション」が行われ、INMMJ の課題や今後 INMMJ が向かうべき方向性について活発な議論が行われた。

日本の原子力を取り巻く環境は、福島第一原子力発電所の事故後大きく変化している一方で、核不拡散・核セキュリティの強化は我が国にとって依然として重要な課題

となっている。本年次大会では、講演者及びパネリストの皆様から、今後、学会の取り組むべき課題、あるいは、事業者、メーカー、研究機関、大学が取り組むべき課題について多くの意見が出された。この点で、非常に有益な大会であったと考えている。

注:INMMJに関する詳しい情報は、INMMJのWebサイト(<http://www.inmmj.org/>)に掲載。

【ISCNからの発表概要】

① 発表者: ISCN 鈴木美寿、発表タイトル「不確かさと近実時間計量管理」

「計測における不確かさの表現のガイド」【”Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM)”, JCGM, 2008】で述べられた不確かさの概念の登場は、自然科学の多くの分野で長い時間を要する変化の契機となっている。GUMでは、測定する際の指標として、「真値」や「測定誤差」といった原理的に不可知な量を用いず、測定結果の信頼性を示す新しい指標として「不確かさ」を導入した。現代社会では、伝統的(頻度主義)統計に比してベイズ統計が活躍する場面が確実に進展して来ており、母数を確率変数と考えるベイズ統計に配慮した考え方は、伝統的な誤差アプローチの偶然誤差及び系統誤差の正当性を裏付けてはいるものの、単一の測定量に対して合成された不確かさを表記することを勧めている。この計測における世界標準的な流れは、高い技術的合理性と一貫性が認められたことから急速に広まり、例えば化学分析の分野においては、従来の偶然誤差と系統誤差を分けた誤差表記は使わないことが一般的となって来ている。

一方、保障措置の物質収支の評価においては、偶然誤差と系統誤差の誤差伝搬の違いに着目した表式が使われており、GUMの影響を受けた保障措置分析に携わる者及び従来の誤差評価法を基礎とする物質収支評価に携わる者の間で、不確かさに係る共通理解を求める動きが広がった。IAEA(国際原子力機関)では、2013年に”Reconciliation Project”と題して、不確かさ解析においてバラツキを見積もることとGUMの方法との間の和解を探す為の調整研究プログラム(CRP)を実施した。この中で、IAEAは、GUMの考え(真値とは、不可知な定数のパラメータとして考えるのではなく、事前分布及び事後分布を持つ確率変数と考える。)に従っても、誤差モデルを導けることを提示し、偶然誤差及び系統誤差の誤差モデルは正当性を保持していることを主張した。また、保障措置分野における不確かさの評価方法として、原理的に導く方法(Bottom-up)及び経験的に導く方法(Top-down)の適用について紹介し、ITV2010の発行に際しては、結合誤差の欄を設けてGUMへ配慮した。

こうした測定論に係る議論の影響を受けることが予想されるのが、測定+推測に基づく近実時間計量管理である。核物質を大量に取り扱うバルク施設においては、近実時間計量管理を用いたタイムリー検出の為に頻繁な物質収支評価が行われる。その物質収支評価における時系列検定においては、理論的には誤差モデルを用いて調べられて来ている。物質収支の時系列検定は転用や損失の兆候

を検知するために行われるが、警報の閾値となる物質収支の標準偏差である σ MUF は、誤差モデルや共分散行列の誤差伝搬に依存する。これを GUM のタイプ A 評価で行うと、母標準偏差が小さくなり、容易に警告が出るようになる。また、推測値を求める際には誤差モデルに基づく推定式から見積らざるを得ないし、ベイズ統計で事後分布を見積る程の繰り返し測定は一般的に困難である。

今後、本分野の統計がどのような発展を遂げるかは分からないが、GUM 改訂に象徴されるようなベイズ統計の興隆という世界的な動きが続く中、誤差論に基づく評価方法を護り続けるのか、不確かさの測定による評価方法の運用の解釈を考えて行くのか、統計に係る将来の挑戦が待ち受けているように考えている。

② 発表者: ISCN 政策調査室、須田一則、発表タイトル「核拡散リスクの最小化に関する動向の分析」

1974 年に実施されたインドの核実験以降、世界的に核不拡散に関する議論が実施されている。まず国際的な核燃料サイクル評価(INFCE)では、核拡散防止の観点から、濃縮能力、長期供給保証、再処理、プルトニウムの取扱い、高速増殖炉、使用済燃料の管理、新型燃料サイクル等、といった広範にわたる議論が行われた。その後、イラクや北朝鮮の核問題から、IAEA 保障措置協定追加議定書が起草されるなど、制度的な強化が行われた。一方、近年においては、IAEA の革新的原子炉及び燃料サイクル国際プロジェクトや第 4 世代原子力システムに関する国際フォーラムにおいて、核拡散抵抗性に係る評価手法の検討、また核物質が有する内在的な抵抗性に係る研究が各国の専門家の間で進められている。本発表では、技術的な観点から INFCE-WG4(再処理、プルトニウムの取扱いとリサイクル)の代替技術(コ・コンバージョン、コプロセス等)を調査・分類し、また最近の核拡散リスクの最小化に関する動向を分析し、今後の展開等について考察した。

③ 発表者: ISCN 政策調査室、田崎真樹子、発表タイトル「米国が民生用原子力協力協定(123 協定)等に求める核不拡散要件の変遷について」

米国が他国と民生用原子力協力を行うためには、米国原子力法(AEA)第 123 条が規定する 9 つの核不拡散要件を盛り込んだ原子力協力協定(123 協定)を締結する必要がある。この 9 つの要件は、1974 年のインド核実験や世界的な核拡散の動きを受けて制定された 1978 年核不拡散法(NNPA)により AEA に盛り込まれたものである。

NNPA の制定から約 40 年を経て、この 9 つの要件のうち、特に協定相手国内でのウラン濃縮や再処理の実施に係る要件の内容(事前同意を付与するしない、制限を加える等)は、協定相手国や地域の安全保障環境、核兵器保有国及び非核兵器国の別、また核兵器保有国の中でも、核兵器不拡散条約(NPT)上の核兵器国とそうでない国、さらに非核兵器国の中でもウラン濃縮や再処理施設を既に有している国と有していない国、といった協定相手国毎に多様化している。現トランプ政権の核不拡散及び原子力協力協定等に係る考え方は必ずしも明確では

ないが、現時点での国際安全保障環境、これから新たに原子炉を導入しようとする国々に係る状況、歴代民主党及び共和党政権の核不拡散及び原子力平和利用を巡る諸政策、現時点でのトランプ政権内の主要人物の本件に係る発言などを鑑みると、トランプ政権も基本的には前オバマ大統領と同様、協定相手国の安全保障環境や原子力利用状況に応じた多様性のあるフレキシブルなアプローチをとることが考察される。

④ 発表者: ISCN 政策調査室、清水亮、発表タイトル「－北朝鮮の核開発問題と制裁(イランとの対比)－」

北朝鮮とイランの核問題は、ほぼ同時期に顕在化し、問題解決に向けた取り組みが行われてきた。イランの核問題については一応の解決をみたものの、北朝鮮については、国際コミュニティによる抑止が効かず、核実験と長距離弾道ミサイルの発射実験を繰り返しており、六者協議は中断したままである。本報告では、この違いとして、両国に課せられた制裁の効果について分析した。

イランの場合、図1に示すように、2011年に米国とEUによる石油取引を標的とした金融制裁が実施されると、産油量は約20%減少し、シェール革命による原油価格の下落も重なり、制裁開始時より石油輸出額の2/3が失われた。イランが核合意に同意した背景には、金融制裁と原油価格の下落が相乗的に働き、イラン経済に大きな打撃を与えたことが大きいと考えられる。

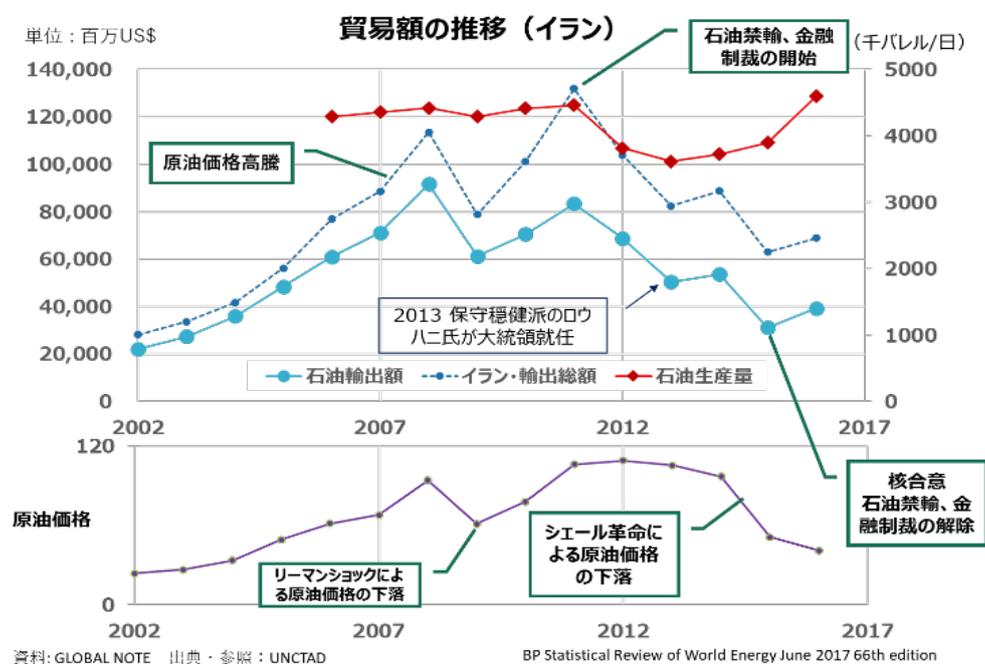


図1 イランの石油生産量及び石油輸出額の推移

一方、北朝鮮の場合、多くの制裁にも関わらず貿易額は伸びており制裁の効果は限定的であった(図2参照)。

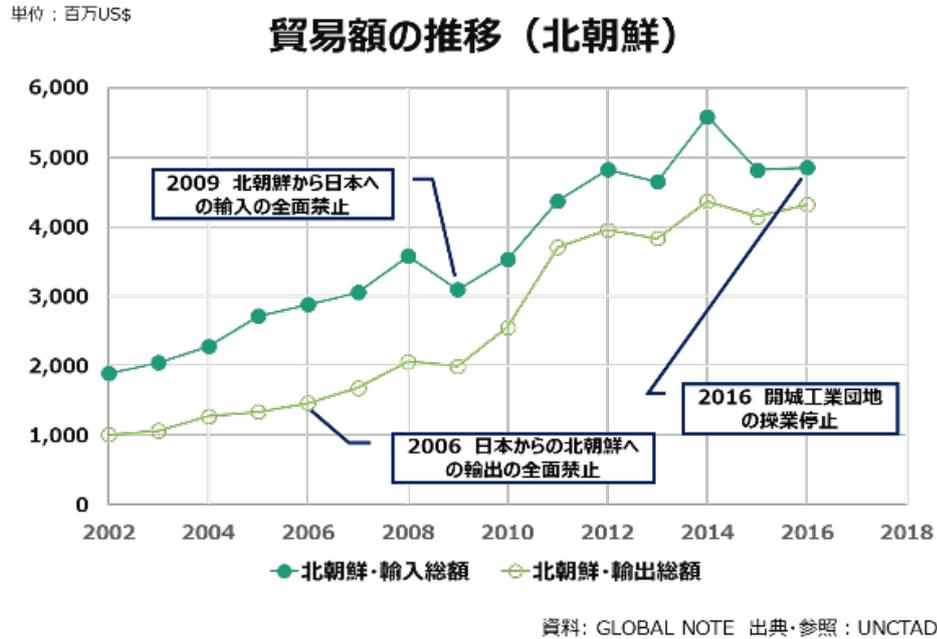


図2 北朝鮮の貿易額の推移

しかし2016年9月の第5回核実験以降、国連安保理決議2371号と2375号により、北朝鮮の主要な輸出品目が制裁対象に指定され制裁は格段に強化された。一方、北朝鮮の対外貿易の9割を中国が占めており、中国の協力抜きに制裁は機能しない。制裁により北朝鮮と等しく損失を被る中国に対する何らかの配慮が無ければ、制裁の効果을期待することは出来ないのではないかとする報告を行った。

⑤ 発表者: ISCN 政策調査室、玉井広史、発表タイトル「英国の欧州原子力共同体(EURATOM)離脱に関する論考」

2日目の「核不拡散(政策)」のセッションにおいて、「英国の欧州原子力共同体(EURATOM)離脱に関する論考」と題して2019年3月に見込まれている英国のEURATOM離脱について核不拡散の観点から英国内の対応と日本への影響の可能性について発表した。

始めに、英国の欧州連合(EU)脱退の経緯を紹介し、EUの構成要件を規定しているリスボン条約の脱退条項、及びEURATOMの規定であるEURATOM条約に照らして、EU脱退によりEURATOM脱退が不可避であることを論じた。次にEURATOMの役割として、EU域内の原子力平和利用を担保するため英国を含

む民生用の全ての核物質に対する保障措置を実施し、その結果を毎年 IAEA に報告していることを述べた。また、EU 域外の国々と原子力協力協定を締結し、保障措置の実施等に関し、EU 域内国の二国間原子力協力協定に優先する旨の規定があることを紹介した。

こうした EURATOM と英国との現在の関係を踏まえ、英国脱退後の課題、内外への影響について論じた。先ず、EURATOM に替わる英国国内の保障措置体制の構築が必要であり、制度・枠組みの整備、保障措置機器や専門の人員の確保が必要となる旨を述べた。その上で現在、英国は「核物質と保障措置の課題に関する方針」を発出して課題を整理し、また国内の保障措置の枠組みを整備するための法案を審議中であることを紹介した。EU 域外国との原子力協力協定については、協定中に EURATOM との関係性を規定している条項がある協定（日本との協定を含む）は、保障措置及び第三国移転に関して何らかの修正が必要となることを述べ、この点に関する日本への影響の可能性に触れた。

最後に、従来よりも密接な原子力協力関係にある英国について、EURATOM 脱退に係る今後の英国の対応と内外への影響を注視していく必要があると結んだ。

会場からは 3 点の質問があった。1 点目は「EURATOM への英国の分担金及び査察業務の割合」であったが、あいにくデータを持ち合わせておらず、後刻調査して回答した（分担金:2015 年の EU への拠出金は 136 億ユーロで総額の 11%、査察業務:2014 年は英国で 983 査察人・日で全体の 26%）。2 点目は「英国と IAEA との保障措置協定（核兵器国のボランタリーベース）と EURATOM 保障措置との関係」についてであり、「IAEA は英国国内の 2 サイトを査察対象として選択しているのに対し、EURATOM は原子炉を含めた民生用の全施設を対象としている」旨を回答した。3 点目は「EURATOM 脱退について英国産業界はどのように対応しているか」というもので、「原子力ビジネス展開の上でハンディを背負うことを危惧し EURATOM からの脱退に時間的猶予を確保すべしとの主張を行っている」旨を回答した。

⑥ **発表者: ISCN 政策調査室、北出雄大、発表タイトル「FMCT における非差別性と検証制度の関係に関する考察」**

筆者は大会 2 日目のセッション E:核不拡散(政策)において「FMCT における非差別性と検証制度の関係に関する考察」との題名で発表を行った。

本発表の概要として、FMCT(兵器級核分裂性物質生産禁止条約)¹には「非差別的」、「多数国間の枠組み」、「国際的かつ効果的な検証可能」といった 3 つの

¹ FMCT に関する詳細は、北出雄大「FMCT ハイレベル専門家準備グループ第一回会合について」ISCN ニューズレター No.0246、2017 年 9 月(web: https://www.jaea.go.jp/04/isn/nnp_news/attached/0246.pdf#page=5)及び北出雄大「FMCT(兵器級核分裂性物質生産禁止条約)の国連総会第一委員会における動向」ISCN ニューズレター No.0248、2017 年 11 月(web: https://www.jaea.go.jp/04/isn/nnp_news/attached/0248.pdf#page=15)

要素が示されている。そこで、筆者は FMCT の「非差別的」の観点と将来、条約に規定される検証制度の関係を示し、そこから発生しうる問題・課題について発表を行った。以下、本発表における検討内容について簡潔に示す。

2015 年に国連事務総長より国連総会に提出された FMCT に関する政府専門家会合(GGE)報告には、「非差別性の観点を考慮すると、いくつかの専門家は、全ての国に対して同じ検証義務が適用されるべきである」と示された。FMCT の「非差別的」観点は、FMCT の検証措置にも及んでいることから、NPT(核不拡散条約)のような「核兵器国と非核兵器国の分類」という差別的事項の緩和に寄与すると考えられる。

FMCT の目標は、兵器用核分裂性物質生産の禁止であり、その禁止においては、秘密裏・未申告活動を検知する必要性も生じる。加えて、核軍縮における不可逆性の確保のためにも、特に核保有国は、IAEA の AP(追加議定書)並みの新たな義務を受け入れる必要がある。FMCT の「非差別的」観点から核保有国が FMCT の下、補完的アクセスを含む AP 並みの義務を受け入れることになれば、核軍縮の停滞を理由に AP を締結していない非核兵器国も同様に AP を締結することが期待できる。それでもなお、パキスタン等は、FMCT に係る生産禁止の範囲は新規の兵器用ストックパイルの生産分のみであり、既存・過去の兵器用ストックパイルについては禁止対象の範囲外とされていることから、核軍縮に対する価値はないと主張している。これらのことから今後、FMCT の「非差別的」な措置を巡る議論・対立が発生する可能性がある結論付けた。

会場からは、既存・過去の兵器用ストックパイルを巡るパキスタンの主張や余剰の兵器用ストックパイルに係る質問などがあつた。

⑦ **発表者: ISCN 技術開発推進室、宮地紀子、芝知宙、発表タイトル「熔融燃料中の核物質管理方策の検討」**

査察・計量管理のセッションにおいて、「熔融燃料中の核物質管理方策の検討」と題して発表を行った。熔融燃料中の核物質については、それが平和利用目的以外に用いられていないことを担保し、それを国内及び国際社会に対して示していくために、適切に管理される必要がある。そのためには、熔融燃料の特徴に応じた核物質管理手法が必要となる。熔融燃料に対する核物質管理を行った例としては、米国スリーマイル 2 号炉(TMI-2)事故がある。TMI-2 事故では、炉心から取出した熔融燃料を米国国内規則に基づいて管理するために、核物質量を評価している。熔融燃料中の核物質量の評価は熔融燃料取出し後に原子炉容器内等に残留した核物質量の非破壊測定、破壊分析、及び目視や取出し作業の記録等に基づいて行っている。但し米国は核兵器国であり、TMI-2 への国際原子力機関(IAEA)保障措置の適用はない。日本のように IAEA 保障措置を受け入れている国では核物質を管理する上で計量管理を行うことが重要である。以上を踏まえて筆者らは、熔融燃料中の核物質を管理する計量管理の方法についての一考察を報告した。聴衆からは、質問が 2 件、コメントが 1 件あつた。1 つ目の質問は「物質

収支区域(MBA)をどのように分けるのか」という質問であり、「IAEAとの協議によるが、全てを1つのMBAとした方が簡単な場合は、1つのMBAとする可能性もある」と回答した。2つ目の質問は「熔融燃料を保管廃棄するためには、どのようなクライテリアが適用されるのか」という質問であった。これに対して、「一般的な保管廃棄は、十分に希釈されていることが前提となるが、熔融燃料の場合は、IAEAとの協議によると推定される」と回答した。コメントに関して、聴衆の1人はTMI-2の計量管理に実際に携わった人物であり、その時の経験から「格納容器から配管を伝って外に出た核物質量の測定が困難であった」とのコメントがあった。

⑧ **発表者: ISCN 技術開発推進室、小泉光生、発表タイトル「原子力機構における核不拡散・核セキュリティ技術開発」**

非破壊測定技術開発のセッションにおいて、「原子力機構における核不拡散・核セキュリティ技術開発」と題して、小泉が発表した。原子力機構では、文部科学省の核セキュリティ強化等推進事業費補助金の下、3つのテーマについて、核検知・測定技術開発を進めている。「核共鳴蛍光非破壊測定技術実証試験」では、重遮蔽中に隠匿された核物質を検知する技術開発を行っている。「アクティブ中性子非破壊測定技術の開発」では、DT中性子源からの中性子を利用して低線量から高線量までの核物質等を分析するためのアクティブ法の技術開発を行っている。「先進プルトニウムモニタリング技術開発」では、高い放射能を含む核物質を監視する技術開発を進めている。

加えて、原子力機構の他部署から、アクティブ中性子非破壊測定技術のうち、ダイアウェイ時間差分析(Differential Die-away Analysis: DDA)と即発ガンマ分析(Prompt Gamma-ray Analysis: PGA)についての発表がなされた。

⑨ **発表者: ISCN 技術開発推進室、高橋時音、発表タイトル「核不拡散・核セキュリティ用アクティブ中性子 NDA 技術の開発(3) DGA 測定」**

遅発ガンマ線分析(Delayed Gamma-ray Analysis: DGA)について、「核不拡散・核セキュリティ用アクティブ中性子 NDA 技術の開発(3)DGA 測定」と題して、高橋が発表した。誘発核分裂における核分裂生成物(FP)の発生分布は、核分裂性核種(235U、239Pu 及び 241Pu)によって決定される。核物質に中性子を照射し、誘発核分裂を起こし、生成された不安定核 FP が崩壊する際に放出する遅発ガンマ線を測定、分析することにより、内部に含まれる核分裂性核種の比を求めることができる。ISCN では、比較的短半減期(秒～数分)の FP からの 3 MeV 以上の高エネルギー遅発ガンマ線に注目した分析法の開発を進めている。発表では、以上の原理とともに本年度中の実証実験の計画および期待される成果について報告した。

⑩ **発表者: ISCN 技術開発推進室、関根恵、発表タイトル「FP を含む Pu 溶液のモニタリング技術に係る適用性調査研究 - GAGG 検出器の設計及びガンマスペクトル測定 -」**

「FP を含む Pu 溶液のモニタリング技術に係る適用性調査研究 - GAGG 検出

器の設計及びガンマスペクトル測定 -」という題目で、関根が発表を行った。再処理施設では、プルトニウム(Pu)モニタリングのさらなる適用拡大を図るため、核分裂生成物(FP)を含む Pu 溶液中の Pu 量を測定可能な検出器開発が必要である。中性子線の測定結果と合わせ、ガンマ線スペクトルの Pu モニタリング適用性を評価するため、高線量下、広範囲のエネルギーが測定可能かつ高い分解能を持つ Ce : GAGG (Ce:Gd₃Al₂Ga₃O₁₂) シンチレータを装備した検出器を新たに設計・開発した。コンクリートセル内で、その検出器を用いて高放射性廃液(HAW)に対しガンマ線スペクトルの測定を実施した結果、FP によるガンマ線以外の Eu-154 の全吸収ピークを検出した。今後、液質を変化させた場合の検出器応答をシミュレーションし、この試験結果の Pu モニタリングへの適用性を評価していく。高エネルギー領域のガンマ線が中性子由来のノイズを含む可能性について、同中性子場において検討するべき旨、アドバイス頂いた。

【報告:核不拡散・核セキュリティ総合支援センター 堀雅人、鈴木美寿、
政策調査室 須田一則、田崎真樹子、清水亮、玉井広史、北出雄大、
技術開発推進室 宮地紀子、芝知宙、小泉光生、高橋時音、関根恵】

1-3 「国際希ガス実験 (INGE) ワークショップ 2017」参加報告

CTBT 機関準備委員会(以下、CTBTO)及びイギリス国立物理学研究所(NPL)の共催により「国際希ガス実験(INGE)ワークショップ 2017」が2017年11月27日から12月1日に開催され、25ヶ国から91名、IAEAから1名、及びCTBTOから7名の計99名の参加登録があった。本ワークショップは、CTBT 検証のための希ガス監視技術に係わる最新の研究成果や開発状況について議論し評価することを目的とし、「希ガスシステム及び開発」、「希ガスデータ解析技術」、「地域特性調査」、「大気輸送モデル(ATM)」、「現地査察における希ガス測定」、「環境中の希ガスバックグラウンド」、「実験施設」の7つのセッションにおいて、合計44件の口頭発表及び25件のポスター発表が行われた。

JAEA から「地域特性調査」セッションにて行った発表内容について報告する。①2016年1月6日の第4回北朝鮮核実験後の高崎観測所、②2016年9月9日の第5回北朝鮮核実験後の中国の広州観測所、③2017年9月3日の第6回北朝鮮核実験(DPRK-6)後の高崎観測所にて通常の変動範囲を超える濃度の放射性Xeが検出された。これらの放射性Xeが北朝鮮核実験由来であるか否かについて検討を行った結果、①については放射性Xeの同位体比及びATM解析から核実験由来の可能性もあるが、北朝鮮の寧辺(ニョンビン)核施設を放出源とするATM解析の結果は高崎観測所での検出とより高い相関を示した、②については放射性Xeの同位体比から北朝鮮核実験由来の可能性は低い、③については放射性Xeの同位体比及びATMによる放出源推定解析から、北朝鮮核実験由来の可能性を排除できない旨の報告を行い、本報告には参加者から高い関心が寄せられた。なお、DPRK-6後の高崎観測所にて検出された放射性Xeの解析結果についてはCTBTOからもJAEAと同様の結論となる報告があった。

本ワークショップにおける発表の中で、特に興味を持った内容について以下に報告する。インドネシア原子力庁(BATAN)より、インドネシアのマナドにて2015年初めから2017年6月にかけて実施した移動型希ガス観測装置(TXL)の運用に関する報告があった。高温多湿という過酷な環境のため、本運用期間中、発電機や放射線検出器、メインコンピュータ、無停電電源装置(UPS)の故障等、度重なるトラブルが発生したとのことである。JAEAは2017年2月に日本政府がCTBTOに対して行った拠出金を活用し、CTBTOと共同で本TXLを用いた青森県むつ市での希ガス観測を1年間実施する予定であり、インドネシアでのTXLの運用に係る情報を得ることができたことは大変有意義であった。

CTBTの放射性核種観測所で用いられている希ガス観測装置は、現在SAUNA(スウェーデン製、高崎観測所に設置の観測装置)、ARIX(ロシア製)及び、SPALAX(フランス製)の3種類ある。本ワークショップにて、新型SAUNA、新型SPALAXの開発状況についてそれぞれ報告があった。従来装置からの変更点は、①大気捕集時間が短縮となり時間分解能が倍以上に向上すること(新型SAUNAでは12時間から6時間、新型SPALAXでは24時間から8時間)、②新型SAUNAではキャリアガスが従

来のヘリウムから窒素になること、③新型 SPALAX では放射能測定方法が γ 線スペクトロメトリーから β - γ 同時計数法に変更し測定方法が他の観測装置と同じになること、及び Xe 吸着剤が活性炭から銀を添加したゼオライトになること等である。また、米国より、これまでの INGE の経験を踏まえて時間分解能や最小検出可能放射能濃度(MDC)を改善した新規装置(Xenon International)の開発状況についての報告があり、本観測装置の放射能測定方法は β - γ 同時計数法、大気捕集時間は 6 時間(目標値)とのことである。

CTBTO より、Ar-37 のバックグラウンド調査の一環として 2016 年から高崎観測所で実施している Ar-37 の観測結果に関する報告があった。Ar-37 は半減期が約 35 日の放射性希ガスで、地下核実験時に発生する高速中性子と地殻に含まれるカルシウム(Ca-40)との核反応により生成されることから、地下核実験に対する現地査察において観測対象の核種の 1 つである。大気中での Ar-37 の主な発生源は宇宙線による Ar-40 の核破砕反応によるもので、対流圏(高度 0~約 10km)よりも上層の成層圏(高度約 10~50km)の方が基本的に濃度が高いと考えられる。台風のような発達した低気圧が接近した際に強い下降気流の影響で上層の大気が地表に向かって流れてくるため、気圧が低い時は地表での Ar-37 の濃度が上昇することが予想される。高崎での観測の結果、気圧と濃度の間に相関が見られたとのことであった。

【報告:技術開発推進室 木島佑一】

発行日：2017年12月27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)