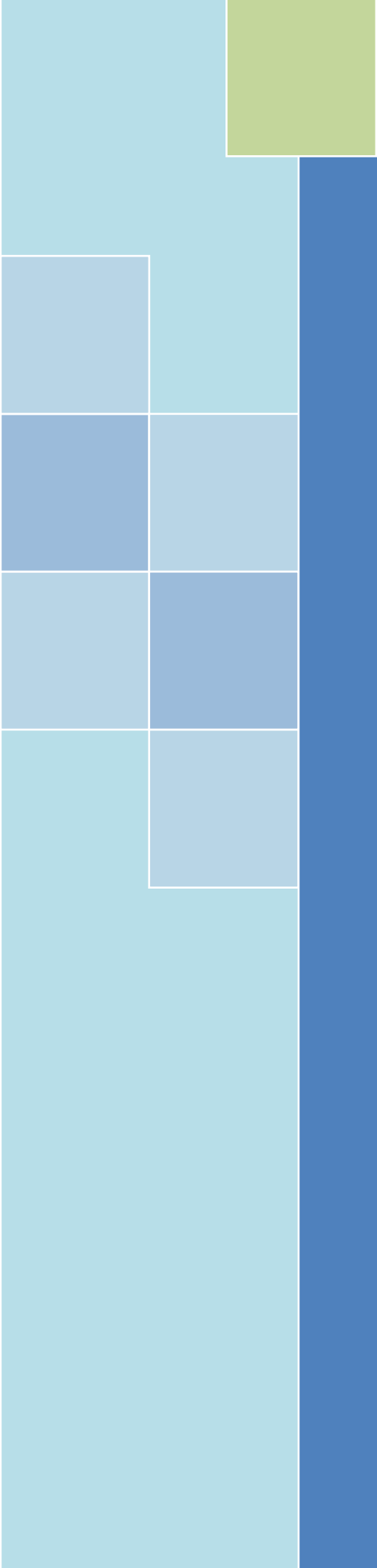




ISCN Newsletter

(ISCN ニュースレター)

No.0335

November, 2024

Integrated Support Center for Nuclear Nonproliferation
and Nuclear Security (ISCN)

核不拡散・核セキュリティ総合支援センター

Japan Atomic Energy Agency (JAEA)

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構

目次

1. お知らせ	4
1-1 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 2024 開催のお知らせ	4
1-2 保障措置の基本コース(e ラーニング)開講中！	5
2. 核不拡散・核セキュリティに関する動向(解説・分析)	6
2-1 国際原子力機関(IAEA)第 68 回総会における IAEA 事務局長、核兵器国等の一般討論演説(核不拡散、核セキュリティ、及びウクライナ等に関する部分)	6
本年(2024 年)9 月 16 日～20 日に開催された国際原子力機関(IAEA)第 68 回総会における IAEA 事務局長、米、英、仏、露、中、日本、ウクライナ及びイランの一般討論演説のうち、核不拡散、核セキュリティ、及びウクライナ等に関する部分の概要を紹介する。	
2-2 国際原子力機関(IAEA)第 68 回総会で採択された「核セキュリティ」、「保障措置の有効性の強化と効率性の改善」、「IAEA と北朝鮮の間の保障措置協定の履行」、「中東における IAEA 保障措置の適用」、及び「ウクライナにおける原子力安全、セキュリティ、及び保障措置」の決議の概要	13
IAEA 第 68 回総会で採択された決議のうち、「核セキュリティ」、「保障措置の有効性の強化と効率性の改善」、「IAEA と北朝鮮の間の保障措置協定の履行」、「中東における IAEA 保障措置協定の適用」、及び「ウクライナにおける原子力安全、セキュリティ、及び保障措置」の決議の概要を報告する。	
2-3 2024 年 8 月 29 日付 IAEA によるイランの監視検証報告 (GOV/2024/41)について	16
2024 年 8 月 29 日付で発出された IAEA によるイランの監視検証報告について、その概要を報告する。	
2-4 露国プーチン大統領が核ドクトリンの改定を言及	25
報道によれば、2024 年 9 月 25 日、露国のプーチン大統領は、同国の核ドクトリンの改定を言及した。今次改定の内容とこれまでのドクトリンとの比較及びその意図等について紹介する。	
2-5 米国エネルギー省国家核安全保障庁(DOE/NNSA)の報告書「阻止、対抗、対応-世界の核脅威を削減する NNSA の計画 2025～2029 会計年度」の概要	28
DOE/NNSA が米国議会に提出した 2024 年 9 月付報告書「阻止、対抗、対応-世界の核脅威を削減する NNSA の計画 2025～2029 会計年度」の概要を紹介する。	
3. 技術・研究紹介	35
3-1 大規模イベント等のための核セキュリティ技術開発 (2)広域サーベイシステム	35
ISCN 技術開発推進室では、大規模イベント会場等において、核・放射性物質を利用したテロ行為を未然に防ぐため、広域を効率的にサーベイするための技術開発を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で 2020 年度(令和 2 年度)から進めてきた。本シリーズ報告では、本プロジェクトにおける技術開発の状況を紹介する。本稿では、前稿に引き続き、広域サーベイシステムの開発について報告を行う。	

4. 活動報告-----	43
4-1 テロ対策特殊装備展'24(SEECAT)への出展について-----	43
テロ対策特殊装備展'24(SEECAT)に出展した概要を報告する。	
4-2 原子力学会 2024 年「秋の年会」参加報告-----	44
2024 年 9 月 11～13 日にかけて、日本原子力学会 2024 年「秋の年会」が東北大学川内北キャンパスにて開催された。ISCN からは、一般セッションにおいて 3 件の発表を行ったので、その概要について報告する。	
4-3 追加議定書及び大量破壊兵器物資識別に係るオンライントレーニング開催報告-----	48
JAEA/ISCN が 2024 年 9 月 2 日～9 月 3 日にオンライン開催した「追加議定書及び大量破壊兵器物資識別に係るトレーニング」の概要を報告する。	
4-4 JAEA-EC/JRC 共同研究に関する運営会議の開催-----	51
2024 年 10 月 8 日、JAEA と EC/JRC の間で、核物質保障措置等についての研究開発協力に関する運営会議が開催されたのでその概要を報告する。	
4-5 日本放射化学会第 68 回大会参加報告-----	53
2024 年 9 月 23 日～25 日、日本放射化学会第 68 回討論会がグランシップ静岡（静岡市）で開催された。ISCN からは、口頭発表 3 件をシリーズで、またポスター発表を 2 件実施したので、その概要について報告する。	
5. コラム-----	56
5-1 ISCN 各室紹介シリーズ ～能力構築国際支援室～-----	56
ISCN 各室紹介シリーズとして、能力構築国際支援室の業務内容について紹介を行う。	

1. お知らせ

1-1 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 2024 開催のお知らせ

核不拡散・核セキュリティ総合支援センター(ISCN)では、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増進を目的として、『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』を毎年開催しております。

今年度のフォーラムにつきましては、下記のとおりハイブリッド形式にて開催を予定しております。

内容、参加申込み方法等の詳細については、決まり次第別途配信させていただきます。また、ISCN ホームページ(<https://www.jaea.go.jp/04/iscn/>)でも掲載いたします。

- テーマ:「核不拡散・核セキュリティ分野の大学教育と大学・研究機関の連携」(予定)
- 日 時: 2024 年 12 月 10 日(火) 13:30～17:25 (日本時間)(予定)
- 開催形式: ハイブリッド開催(ご来場・オンライン)※当日はライブ配信いたします
- 場 所: 東京都千代田区内幸町 2-1-1 飯野ビルディング 4 階
イイノカンファレンスセンター RoomA1+A2

1-2 保障措置の基本コース(e ラーニング) 開講中！

【本オンラインコースの概要】

本コースは、国際原子力機関(IAEA)がIAEA 保障措置の全体像の理解とそれに必要な基本的知識の習得を目的にウェブサイト上で提供している e ラーニングコース「Basic Training Course on IAEA Safeguards(保障措置の基本)」を ISCN が翻訳した日本語版です¹。以下の 4 つのモジュールで構成され、1～3 の各モジュールの最後にある理解度確認のためのクイズすべてに合格すると修了証を取得できます。モジュール 4 には保障措置の実施強化のために利用可能な参考情報をまとめています。

モジュール 1: 導入(イントロダクション)

モジュール 2: IAEA 保障措置

モジュール 3: IAEA の検認活動

モジュール 4: 参考情報

【受講対象者】

原子力／核物質管理／計量管理／保障措置に携わる
又は保障措置に関心がある方

【受講方法】

受講を希望される方は、以下の URL より受講登録をお願いいたします。

(2024 年 10 月 25 日現在、登録者数は 119 名を突破)
多くの皆様の受講をお待ちしております！

受講登録: <https://forms.office.com/r/dqSpEfsp2L>

問合せ先: iscn-ssacj@jaea.go.jp

対象：原子力/核物質管理/計量管理/保障措置に携わる方又は保障措置に関心がある方

保障措置 の基本 eラーニング コース

**受講
無料**

令和6年
3月29日
開講

■コースの構成と取り扱う主な内容■
【全講義 eラーニング形式 (所要時間：約3時間)】
モジュール1：導入
モジュール2：IAEA保障措置
モジュール3：IAEAの検認活動
モジュール4：参考情報

受講者募集

受講登録は以下URLもしくは二次元バーコードからお願います。
<https://forms.office.com/r/dqSpEfsp2L>



※eラーニングサイトは、国際原子力機関 (IAEA) のeラーニングシステムの英文教材を日本原子力研究開発機構が翻訳したものです。
IAEA 国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 核不拡散・核セキュリティ総合支援センター
お問い合わせ E-mail: iscn-ssacj@jaea.go.jp

¹ 本翻訳は IAEA の承諾を得て ISCN が翻訳を行ったものであり、IAEA の公式翻訳ではなく、翻訳について IAEA の確認や承認を得たものではないことをあらかじめご了承ください。

2. 核不拡散・核セキュリティに関する動向（解説・分析）

2-1 国際原子力機関(IAEA)第 68 回総会における IAEA 事務局長、核兵器国等の一般討論演説（核不拡散、核セキュリティ、及びウクライナ等に関する部分）

【概要】

本年(2024 年)9 月 16 日～20 日に開催された国際原子力機関(IAEA)第 68 回総会における IAEA 事務局長、米、英、仏、露、中、日本、ウクライナ及びイランの一般討論演説のうち、核不拡散、核セキュリティ、及びウクライナ等に関する部分の概要を紹介する。

【IAEA:グロッシー事務局長】²

- 先進炉:IAEA は、小型モジュール炉(SMR)を含む先進炉設計の標準化や関係する規制活動の調和を図り、その開発と建設を安全かつ確実に実施していくため、「原子力調和・標準化イニシアティブ(NHSI)³」を進めている。来る 10 月、IAEA は 600 名以上の参加を得て「SMR とその応用に関する国際会議」⁴を開催予定。
- ALPS 処理水の海洋放出に関し、IAEA は継続的な監視、サンプリング及び独立した分析を実施している。IAEA の専門家は、処理水中トリチウム濃度が日本の規制基準を下回り、国際的な安全基準にも準拠していることを確認している。
- 核セキュリティは IAEA 加盟国にとって原子力安全同様に最優先事項。2024 年 5 月に開催された核セキュリティ国際会議(ICONS 2024)には、142 か国と 16 の組織から約 2 千人が参加した。
- ウクライナ及び露国の原子力施設の安全と核セキュリティ等
 - ✓ ウクライナ支援:IAEA は 2022 年以降、ウクライナで 140 以上の支援ミッションを展開し、また継続的に安全及び核セキュリティ関連機器を送付している。
 - ✓ ザポリジヤ原子力発電所(ZNPP)の状況は依然として不安定(*precarious*)である。定常的な爆発、無人機攻撃、銃撃や外部電源喪失が繰り返されると原子力事故のリスクが高まる。
 - ✓ 露国のクルスク原子力発電所⁵を 8 月に訪問した。戦争下での原子力事故の防止は極めて重要であり、発電所の所在場所如何に拘わらず、原子力発電

² IAEA, “Director General's Statement to the 68th IAEA General Conference”, 16 September 2024, <https://www.iaea.org/newscenter/statements/director-generals-statement-to-the-68th-iaea-general-conference>

³ NHSI: Nuclear Harmonization Standardization Initiative, <https://nucleus.iaea.org/sites/smr/SitePages/Nuclear-Harmonization-and-Standardization-Initiative.aspx>

⁴ IAEA, “International Conference on Small Modular Reactors and their Applications”, 21-25 October 2024, <https://www.iaea.org/events/smr2024>

⁵ ウクライナが 2024 年 8 月に制圧した露国領土の近くにある原子力発電所で、ロスアトムが運転を継続。

所への攻撃は許容されない。原子力事故の発生を回避するため、最大限の自制を訴える。

• **保障措置:**

- ✓ 現在、190 か国が IAEA と包括的保障措置協定(CSA)を締結し、うち 142 か国が追加議定書(AP)を発効させている。AP 及び改正少量議定書(改正 SQP)未締結/未発効国に対し、それらの速やかな締結・発効を求める。
- ✓ 過去 10 年で IAEA 保障措置下の核物質量は 25%増加した。この傾向は今後も続くと思われ、保障措置の有効性の強化と効率性の向上が必要である。
- ✓ IAEA は、豪州及びブラジルの海軍原子力推進計画の保障措置関連事項に係り、両国と継続的に関与している。IAEA は法的任務と関連する保障措置協定に基づき、また核不拡散と保障措置の使命に厳密に従って行動する。
- ✓ イランとは保障措置に係る「未解決の問題」⁶が未だに解決されていないことが懸念される。また IAEA は、包括的共同作業計画(JCPOA)の下で実施してきた検証活動に引き続き関与しており、JCPOA の進展に応じ、不可欠な役割を果たす準備ができています。イランが IAEA に対して、その核計画が平和的目的に限定されているとの信頼できる保証を提供することが重要である。

- **北朝鮮:**IAEA は北朝鮮の核計画の監視を継続している。北朝鮮に対し、国連安保理決議に基づく義務の遵守や、CSA の完全かつ効果的な実施のために IAEA と協力することを求める。IAEA は、北朝鮮の核計画に対する検証準備の強化を継続する。

【米国:デービッド・ターク米国エネルギー省(DOE)副長官】⁷

- バイデン大統領からのメッセージは以下の通り。

- ✓ **IAEA:** IAEA による保障措置の実施は、核兵器不拡散条約(NPT)の義務を検証するだけでなく、核軍縮の基礎を築くためにも不可欠である。
- ✓ **民生用原子力発電所:** 米国はネットゼロ目標を達成するために民生用原子力を配備すること、並びに強力な(strengthen)原子力安全・核不拡散・核セキュリティの規範及びベストプラクティスの遵守を確保しながら、エネルギー安全保障を強化することにコミットする。

- **ウクライナ侵略:** 米国はウクライナ国民及び露国の行動の結果としての原子力災害を防ぐための IAEA の重要な取組を支援することを再確認する。

- **イランと北朝鮮:** イランに対しては、IAEA 保障措置義務の完全及び即座の実施

⁶ 「未解決の問題」については、「2-5 イランによる IAEA 保障措置協定の履行に係る事務局長報告 (GOV/2024/44)の概要等」、ISCN Newsletter No. 0334, October 2024, https://www.jaea.go.jp/04/iscn/nnp_news/attached/0334.pdf#page=37 を参照されたい。

⁷ IAEA, “U.S. National Statement delivered by Deputy Secretary of the U.S. Department of Energy, David M. Turk at the 68th IAEA General Conference Opening Plenary, Vienna, Austria, Monday, September 16, 2024”, <https://www.iaea.org/sites/default/files/24/09/usa-gc68.pdf>

を求める。北朝鮮に対しては、関連する国連安全保障理事会決議に基づく義務を履行し、遅滞なく外交に復帰することを要請する。

- **核セキュリティ**: 広い意味でいうと、核セキュリティはこれまで以上に重要である。核セキュリティは原子力安全・保障措置と一体であり、緊急事態への備えと対応は原子力技術に対する国民の信頼を醸成する。

【英国:フィリップ・ハント英国エネルギー安全保障・ネットゼロ省(DESNZ)国務大臣】⁸

- **原子力サプライチェーン**: カーボンニュートラルの将来は信頼性と原子力燃料サプライチェーンが多様であることだけでなく、政治的影響力からサプライチェーンが自由であることにも依存するため、英国は真に回復力のあるサプライチェーンを促進するための札幌 5⁹の一員として活動することを誇りに思う。これ故に、英国は2030年までに露国産ウランを国内の原子炉で使用禁止にすることに向けてコミットしている。
- **ウクライナ侵略**: 英国は、ウクライナにおける原子力安全・核セキュリティを守るためのIAEAによる取組を支持する。露国によるウクライナのエネルギーインフラへの不法な侵略と非難すべき攻撃は、ウクライナと世界における原子力安全・核セキュリティの重要性を我々に想起させ続けている。
- **核セキュリティ**: 英国は「核物質の防護に関する条約の改正」を含む、核セキュリティ関連条約の普遍化を引き続き支持する。核セキュリティに関する国際会議(ICONS)において、閣僚宣言に関する合意が一国により阻止されたことは残念であるものの、今後も加盟国と共に核セキュリティ分野での取組を前進させるために努力し続けることを期待する。
- **イラン**: イランは核開発計画を前例のないレベルまで拡大し続けている。イランの濃縮ウランの備蓄量は現在、包括的共同作業計画(JCPOA)における上限を28倍も超え、民生上の正当な根拠もないまま高濃縮ウランを製造し続けている。英国は、この国際平和と安全に対する深刻な脅威に対する外交的解決策を見つけ出すことにコミットし続ける。
- **AUKUS**: グロッシーIAEA事務局長が2022年9月にIAEA理事会へ確認したように、海軍における原子力推進はNPT起草者により予見されていた。これは包括的保障措置協定に関する交渉時に議論され、その結果、各国が海軍の原子力推進を追求できるようにするために具体的な仕組みが盛り込まれた。我々は、AUKUSパートナーシップの一環として、最高水準の核不拡散及び透明性の確立、並びに核不拡散アプローチをIAEAと共に発展させながら最新情報の国際社会

⁸ UK Government, “Minister for Energy Security and Net Zero, Lord Hunt, delivered the UK national statement at the International Atomic Energy Agency (IAEA) General Conference in Vienna.”

⁹ 札幌5とは、露国に依存しない強靱なウラン供給網の構築に向けて2023年12月7日に合意した日米英仏加5か国を意味する。経済産業省、「吉田経済産業大臣政務官がCOP28(国連気候変動枠組条約第28回締約国会議)に出席しました」、<https://www.meti.go.jp/press/2023/12/20231208006/20231208006.html>

への提供というコミットメントを改めて表明する。

【仏国:フランソワ・ジャック原子力・代替エネルギー庁(CEA)長官】¹⁰

- **ウクライナ侵略:** 露国による主権国家への侵攻は、紛れもない国連憲章違反であり、欧州と国際社会の安全と安定を著しく損なうものである。仏国は、露国が依然として IAEA 理事会決議(GOV/2022/58)を遵守していない事実を遺憾に思う。
- **イラン:** 仏国はイランに対し、2023 年 3 月 4 日に合意された宣言の中で IAEA に約束したこと、特に未解決の問題、及び包括的保障措置協定に基づく義務を完全かつ遅滞なく履行するよう求める。
- **北朝鮮:** 仏国は北朝鮮が核保有国になることを認めない。この観点から、仏国は北朝鮮に対し、いかなる新たな核実験も行わないこと、国連安保理決議に基づく義務に従い、完全かつ検証可能で不可逆的な方法で全ての核兵器及び既存の弾道ミサイル・核開発計画を直ちに放棄すること、並びに NPT に復帰することを強く求める。
- **シリア:** 仏国は、どのような国であれ、未解決の問題を明らかにすることは国際的な核不拡散体制の完全性を維持するために極めて重要であることを改めて強調する。
- **保障措置:** 仏国は包括的保障措置協定と追加議定書を合わせて実施することが保障措置の基準とみなされるべきであり、これらの法的文書の普遍化が引き続き優先課題であると考えている。
- **原子力安全及び核セキュリティ:** 仏国は、原子力安全及び核セキュリティ分野における立法及び規制基盤の強化が、事業者・国家の責任の完全な遂行を促し、原子力技術の責任ある持続可能な展開を促進する一助となると考える。この点で、仏国は革新炉の安全性に関する活動、特に IAEA 安全基準の適用性を評価する活動を推進することを奨励し、産業界と規制当局の対話と協力を促進する原子力調和・標準化イニシアティブ(Nuclear Harmonization and Standardization Initiative: NHSI)を支持する。

【露国:アレクセイ・リハチョフ露国国営公社「ロスアトム」社長】¹¹

リハチェフ氏は、原子力の平和的利用分野における新規プロジェクトについて、例えば、プレスト高速炉、SMR のウズベキスタンへの輸出、洋上浮体原子炉の新設、原子力発電所輸出プロジェクトの進捗について演説した。また、核不拡散・核セキュリティ

¹⁰ IAEA, “68^e Conférence Générale de l’AIEA Déclaration de M. François JACQ, Administrateur général du CEA (Commissariat à l’énergie atomique et aux énergies alternatives), Chef de la délégation française”, https://www.iaea.org/sites/default/files/24/09/france-gc68_up.pdf

¹¹ IAEA, “Speech by Mr. Alexey Likhachev, head of the Russian delegation, Rosatom's Director General at the 68th session of the IAEA General Conference (Vienna, September 16, 2024)”, https://www.iaea.org/sites/default/files/24/09/russian_federation-gc68.pdf

ティについての言及は以下の通りである。

- **ZNPP:** ZNPP の原子力安全とセキュリティは我々の絶対的な優先事項である。我々は、持続的な熱、水、電力供給を確保し、設備のメンテナンス作業を実施している。ZNPP のスタッフは、経験豊富なプロフェッショナルである。軍事的状況が許す早い時期に ZNPP を再稼働させる準備がある。
- **IAEA の貢献:** 我々は ZNPP の安全に対する IAEA の貢献を高く評価する。我々は原子力発電所における IAEA のミッションのために生活・労働条件を提供している。IAEA 専門家の定期的交代は二週間前に行われた。団長を務めたグロッシー事務局長は、状況を自ら分析する 5 度目の機会を得た。
- **原子力発電所への攻撃:** ウクライナは、ZNPP への攻撃を継続しており、8 月には冷却塔に対するドローン攻撃によって深刻な被害を受けた。IAEA 専門家によって攻撃の結果が確認されている。また、ウクライナ軍はクルスク原子力発電所に激しい攻撃をした。ウクライナのこのような無謀な行動は、露国の原子力施設だけでなく、世界の原子力産業全体の発展にも脅威を与えている。

【中国:Liu Jing 中国国家原子能機構(CAEA)副主任】¹²

- **平和と発展のための原子力利用:** 中国は IAEA 及び加盟国と協力し様々な従来及び新たな原子力安全・核セキュリティ・核不拡散リスクの課題に適切に対処することに大きく貢献することを望む。
- **グローバルサウスへの支援:** 中国は原子力開発を推進し、資源への投資を増やし、グローバルサウスの国々が原子力を平和的に利用し、近代化と持続可能な開発を促進するための支援と援助をさらに行っていきたいと考えている。
- **ALPS 処理水:** 中国は日本が一方的に福島第一原子力発電所の処理水¹³排出を開始したことに対し、断固として反対していることを改めて強調する。福島第一原子力発電所の処理水放出問題は国際社会から広く注目されており、中国は全人類の健康と海洋環境の安全を確保するため、利害関係者等の効果的な参加による長期的な国際監視の強化を求める。

【日本:上坂充内閣府原子力委員会委員長】¹⁴

日本代表として今次 IAEA 総会に出席した上坂委員長は、ISCN に係る言及も含め、以下を述べた。

- **ALPS 処理水:** ALPS 処理水の海洋放出は IAEA の関与の下で行われ、近隣諸国を含む各国の分析機関や国際専門家も参加するモニタリングやレビューにより、

¹² IAEA, “Item 7: General debate and Annual Report for 2023”, <http://streaming.iaea.org/24618/54843/>

¹³ 中国は汚染水(contaminated water)と表現している。

¹⁴ 外務省、「第 68 回国際原子力機関 (IAEA) 総会一般討論演説」、<https://www.mofa.go.jp/mofaj/files/100730742.pdf>

その安全性を裏付ける実績が積み重ねられている。ALPS 処理水は ALPS により浄化された後、さらに海水で十分に希釈して放出されるため、人や環境に影響を及ぼすことはない。したがって、この日本から放出される水を汚染水と表現することは適切ではない。

- **核セキュリティ:** 最高水準の核セキュリティの確保に向けて、日本は、核テロ防止条約及び核物質防護条約と同改正条約の普遍化を支持する。本年迎えた国際核物質防護諮問サービス(IPPAS)ミッションによる日本の核セキュリティ体制は強固であるとの評価も踏まえ、引き続き核セキュリティ対策の向上に取り組む。
- **保障措置:** 核不拡散の中核的手段である IAEA 保障措置の強化・効率化に係る IAEA の取組を強く支持し、この観点から包括的保障措置協定、追加議定書及び改正 SQP の普遍化を推進する。
- **平和的利用の裏付けとしての 3S の重要性:** 3S を達成するためには国際的な人材育成の取組が不可欠である。日本は IAEA 協働センターに指定されている JAEA 核不拡散・核セキュリティ総合支援センター(ISCN)において、核不拡散・核セキュリティ分野での人材育成支援及び技術開発に長年取り組んでいる。本年、ISCN はトレーニング施設を拡充したほか、IAEA 核セキュリティ教育ネットワーク(INSEN)に新規加盟した。日本はこのような貢献を更に強化する。
- **地域の核不拡散課題:** 日本が北朝鮮等の地域における核不拡散課題やイラン核問題の解決、ウクライナの原子力安全・核セキュリティ確保を重視していることを強調する。特に、北朝鮮による全ての大量破壊兵器、あらゆる射程の弾道ミサイル及び関連する計画の完全な、検証可能な且つ不可逆的な廃棄を強く求めると共に、全ての国が関連する安保理決議を完全に履行する重要性を改めて強調する。

【ウクライナ:ゲルマン・ガルシチェンコ エネルギー大臣】¹⁵

ガルシチェンコ氏は、露国による ZNPP を含むウクライナのエネルギーシステムへの度重なる攻撃を挙げて露国への非難を繰り返し、一方でウクライナの原子力発電所における IAEA 専門家のプレゼンスと原子力安全及び核セキュリティへの貢献に謝意を示した。

- この1年間、ウクライナは露国によるエネルギーシステムへの前例のない攻撃を受け、深刻な破壊と損害を被った。しかし我々はこの悪に立ち向かい抵抗し続ける。
- 露国は国際法を無視し、ZNPP を故意に破壊して ZNPP が二度と稼働できないようあらゆる手を尽くしている。ZNPP の状況は悪化の一途を辿っており、発電所の安全及び核セキュリティに係る「7 つの不可欠な柱」と、ZNPP 保護のための「5 つの具体的原則」全てが侵害されている。2024 年 8 月、ZNPP の冷却塔で火災が発

¹⁵ IAEA, IAEA, “Statement by Minister of Energy of Ukraine, German Galushchenko at the 68th General Conference of the IAEA”, 16 September 2024, <https://www.iaea.org/sites/default/files/24/09/ukraine-gc68.pdf>

生したが、ZNPP の安全性への影響はなく、放射線レベルの変化もなかった。

- 2022 年 2 月の露国によるウクライナへの軍事侵攻以降、露国の砲撃により、ウクライナの変電所や送電線が損傷し、原子力発電所は 12 回に亘り停電した。このような停電は、潜在的な原子力・放射線事故のリスクを高めるものである。
- 2024 年 8 月、露国は、ミサイル 178 発とドローン 109 機を使い、ウクライナのエネルギーシステム(発電施設、送電線、変電所等)を標的として大規模な砲撃を行った。当該砲撃は原子炉の緊急停止を含め、ウクライナの原子力発電所に直接的な影響を与えた。事故を回避できたのは、職員のプロフェッショナルな行動に依る。
- 今後、原子力の平和的利用に対する軍事的脅威を防ぐために、あらゆることを実施しなければならない。今こそ IAEA により強力な権限を委ねるべきである。
- 我々の究極かつ唯一の目標は、露国が国際的に認められた領土と ZNPP をウクライナに返還することである。

【イラン:ムハンマド・エスラミ副大統領兼原子力庁長官】¹⁶

エスラミ氏は、イスラエルが米国の下で戦争犯罪と大量虐殺を続けているとして同国を痛烈に非難し、加えて以下を述べた。

- 直近の 1 年間に於いて、アパルトヘイト政権(注:暗にイスラエルを指す)は、数度に亘り、ガザの人々やイランに対し核兵器使用の威嚇を行った。今日、中東非大量破壊兵器地帯の実現は、これまで以上に重要になっている。イスラエルが NPT に加入せず、核施設を IAEA の保障措置下に置くことを拒否していることは、国際平和と安全保障に対する脅威である。
- イランは IAEA に対して誠実かつ広範な協力を行っている。イランの原子力施設数は、世界の原子力施設数の 3%に過ぎないが、2023 年に IAEA が世界各地で実施した査察の 5 分の 1 以上がイランで実施された。
- (国際社会は、イランが IAEA 査察官の指名を取り消したことを非難するが)、イランは IAEA との CSA の下で自国の主権を行使したにすぎず、イランの当該行為を否定することは、イランの国家主権を無視するに等しい。
- イランが JCPOA の下で履行してきた自主的な措置(voluntary measures)は、イランに対する制裁の解除と引き換えの措置であった。したがってイランは、米国の JCPOA から一方的な離脱と E3/EU の JCPOA の不履行を受けて、JCPOA と「制裁解除とイラン国民の利益保護のための戦略的措置」¹⁷法に基づき、CSA を

¹⁶ IAEA, “Statement by His Excellency Mr. Mohammad Eslami, Vice-President of the Islamic Republic of Iran and President of the Atomic Energy Organization of Iran at the Sixty-Eight General Conference of the IAEA”, 16 September 2024- Vienna”, <https://www.iaea.org/sites/default/files/24/09/iran-gc68.pdf>

¹⁷ “The full text of Iranian parliament's strategic action plan to lift sanctions revealed”, 2 December 2020, <https://www.ilna.ir/Section-politics-3/1004510-the-full-text-of-iranian-parliament-strategic-action-plan-to-lift-sanctions-revealed>

超える JCPOA に基づく措置の履行を停止した。

- 全ての IAEA 加盟国が責任と誠意をもって行動することが期待されており、イランは全ての IAEA 加盟国と協力する用意がある。

【報告:計画管理・政策調査室 今村 有里、加藤 優弥、田崎 真樹子】

2-2 国際原子力機関(IAEA)第 68 回総会で採択された「核セキュリティ」、「保障措置の有効性の強化と効率性の改善」、「IAEA と北朝鮮の間の保障措置協定の履行」、「中東における IAEA 保障措置の適用」、及び「ウクライナにおける原子力安全、セキュリティ、及び保障措置」の決議の概要

核セキュリティ(GC(68)/RES/9)¹⁸

国際社会の核セキュリティ強化における IAEA の中心的な役割や新たな技術に係る課題への対応、人材育成の重要性の確認、サイバー攻撃に対する効果的対策の推奨、平和目的に利用される原子力施設に対するいかなる攻撃又はその脅威も核セキュリティを損なう可能性があることを認識する。さらに IAEA 事務局長により示された「原子力安全・核セキュリティの 7 つの柱」の重要性を留意する。加えて、事務局においては核セキュリティ計画(2026-2029)の策定にあたり各加盟国の優先事項とニーズに沿うよう加盟国との協議を推奨する等の決議が全会一致で採択された。

保障措置の有効性の強化と効率性の改善(GC(68)/RES/12)¹⁹

以下の内容を含む決議がコンセンサスにより採択された。

- 保障措置は核不拡散のための中核的な要素であり、効果的かつ効率的な保障措置の必要性、並びに各保障措置協定締結国による協定上の義務の完全な履行の重要性を強調すること
- 平和的目的の原子力施設に対する、若しくはその周辺における攻撃又はその脅威が関連する保障措置協定に従った保障措置活動の実施を妨げることに重大な懸念を表明すること
- 保障措置協定に反して核物質を禁じられた目的で使用することを防止するための、より効果的な保障措置が必要であること
- 事務局長から理事会に対し、引き続き国レベルアプローチ(SLA)の適用を通じ

¹⁸ IAEA, “Nuclear Security”, GC(68)/RES/9, September 2024, <https://www.iaea.org/sites/default/files/gc/gc68-res9.pdf>

¹⁹ IAEA, “Strengthening the effectiveness and improving the efficiency of Agency safeguard”, GC(68)/RES/12, September 2024, <https://www.iaea.org/sites/default/files/gc/gc68-res12.pdf>

て得られた知見を適宜報告すること

IAEAと北朝鮮の間の保障措置協定の履行(GC(68)/RES/13)²⁰

北朝鮮に対して、全ての核活動、ウラン濃縮及び再処理を含む核分裂性物質の生産を目的とした施設の拡張等のためのあらゆる取組を停止することを求めること、朝鮮半島の検証可能な非核化に向けた実質的な進展を達成することを目的とした六者会合の2005年9月19日の共同声明²¹の完全な履行を再確認すること、国連安保理決議の義務を完全に遵守し、全ての核兵器及び既存の核計画の完全な、検証可能な、かつ、不可逆的な方法での廃棄並びに全ての関連活動の速やかな停止に向けた具体的措置をとることを強く求めること、そして、全ての加盟国が、関連する国連安保理決議に従い、自らの義務を完全に履行すること、等の重要性を強調する旨の決議が全会一致で採択された(以上は昨年の総会決議²²に同じ)。

なお今次決議は、昨年の総会決議の内容との相違点として、喫緊の北朝鮮の核政策及び核活動の進展を記載しており、それらは以下の文章の下線部分である。

- 北朝鮮は、2022年12月、「戦術核兵器の大量生産」²³の重要性を強調し、「核兵器の飛躍的な増加」を指示した。続く2023年3月、北朝鮮は「強力な核兵器の生産を継続する」²⁴こと、また9月にも「核戦力の質と量の両面を早急に強化する」との発表²⁵を行った。
- 北朝鮮は、2022年9月、核兵器の使用条件を規定した核政策に関する法律を公布し²⁶、翌2023年9月、北朝鮮憲法を改正し、核戦力構築政策(nuclear force-building policy)を明記した²⁷。
- 北朝鮮の5MW(e)原子炉及び寧辺の遠心分離ウラン濃縮施設とされている施

²⁰ IAEA, “Implementation of the NPT safeguards agreement between the Agency and the Democratic People's Republic of Korea”, GC(68)/RES/13, September 2024, <https://www.iaea.org/sites/default/files/gc/gc68-res13.pdf>

²¹ 外務省、「第4回六者会合に関する共同声明(仮訳)」、2005年9月19日、URL: https://www.mofa.go.jp/mofaj/area/n_korea/6kaigo/ks_050919.html

²² IAEA, “Implementation of the NPT safeguards agreement between the Agency and the Democratic People's Republic of Korea”, GC(67)/RES/12, September 2023, <https://www.iaea.org/sites/default/files/gc/gc67-res12.pdf>

²³ 参考: Kelsey Davenport, “North Korea Plans to Expand Nuclear Arsenal”, Arms Control Today, January/February 2023, <https://www.armscontrol.org/act/2023-01/news/north-korea-plans-expand-nuclear-arsenal>

²⁴ 参考: Kim Soo-yeon, “N. Korean leader guides nuclear weaponization project, calls for expanding weapons-grade nuke materials”, Yonhap News Agency, 28 March 2023, <https://en.yna.co.kr/view/AEN20230327006000325>

²⁵ 参考: AP, “North Korea vows response to US submarine’s visit to South Korea, 24 September 2024, <https://apnews.com/article/north-korea-kim-sister-nuclear-699257b1f32b1ff6b501c956e208d0ba>

²⁶ 参考: KCNA, “Law on DPRK’s Policy on Nuclear Forces Promulgated”, 9 September 2022, <http://www.kcna.co.jp/item/2022/202209/news09/20220909-02ee.html>

²⁷ 参考: KCNA, “Respected Comrade Kim Jong Un Makes Speech at 9th Session of 14th SPA”, 28 September 2023, <http://www.kcna.co.jp/item/2023/202309/news28/20230928-01ee.html>

設の運転²⁸と同施設の拡張、軽水炉(LWR)の稼働²⁹、降仙の複合施設での活動、及び核実験を支援する準備が整いつつある豊溪里の核実験場の継続的な維持管理³⁰など、北朝鮮の核施設の一部における活動レベルの増加に懸念が増大している。

中東における IAEA 保障措置の適用(GC(68)/RES/14)³¹

今次決議は、昨年の総会決議³²同様、全ての中東域内国が核兵器不拡散条約(NPT)及び関連する核軍縮及び核不拡散に係る条約・協定を締結し、また保障措置に関連する国際的な義務やコミットメントを誠実に果たすこと、さらに全ての当事国が、相互的、効果的かつ検証可能な非核兵器地帯(NWFZ)の創設に要求される実際的かつ適切なステップについて真摯に検討すること、加えて全ての中東域内国は NWFZ が創設されるまで、核兵器の開発、生産、実験及び取得といった NWFZ 創設の目的を阻害しないこと等を求めている。本決議は賛成多数³³で採択された。

ウクライナにおける原子力安全、セキュリティ、及び保障措置(GC(68)/RES/15)³⁴

今回の決議は、前文では昨年の総会よりも項目を三つ増やしてウクライナの主権を強調することなどを記載し、また、本文でもザポリジヤ原子力発電所(ZNPP)を含めた全ての原子力発電所はウクライナの主権下にあることを強調する等、昨年総会に比べ、一歩踏み込んだ内容となっている。

前文では、国連総会、IAEA 総会や理事会の決議等を列挙し、原子力発電所への全ての行動を停止するよう求める IAEA 理事会決議に露国が従わないことに深刻な憂慮を表明し、IAEA 事務局長が提唱する「7 つの不可欠な柱」を尊重することの重要性を強調するとともに ZNPP で「危険な状況が続いている」ことや「7 つの不可欠な柱」が

²⁸ 昨年の総会決議(GC(67)/RES/12)では、ウラン濃縮施設の運転と共に「施設の拡張」が言及されていたが、今次総会決議にはその旨は言及されていない。

²⁹ 今次 IAEA 総会に提出された北朝鮮での保障措置の適用に係る事務局長報告(IAEA, “Application of Safeguards in the Democratic People’s Republic of Korea”, 26 August 2024, GOV/2024/42-GC(68)/15, <https://www.iaea.org/sites/default/files/gc/gc68-15.pdf>)によれば、2023 年 8 月～2024 年 8 月の LWR に係る動向は以下のとおり。

- 2023 年 10 月中旬～2024 年 3 月中旬:IAEA は、LWR の 3 次冷却水システム(復水系)からほぼ継続的に激しい水の流出を観察した。
- 2023 年 12 月:川の氷が溶け、水の流出から蒸気が観測された。これは温水が排出され、軽水炉が臨界に達したことを示している。
- 2024 年 3 月中旬から LWR は 30 日間停止し、同年 4 月中旬以降は断続的に運転されている。この観測結果は、2023 年 10 月に LWR の試運転が開始され、2024 年 8 月末現在まで継続していることと一致している。

³⁰ 昨年の総会決議(GC(67)/RES/12)では、豊溪里の「核実験場の再開」のみが言及されていた。

³¹ IAEA, “Application of IAEA safeguards in the Middle East”, GC(68)/RES/14, September 2024, <https://www.iaea.org/sites/default/files/gc/gc68-res14.pdf>

³² IAEA, “Application of IAEA safeguards in the Middle East”, GC(67)/RES/13, September 2023, <https://www.iaea.org/sites/default/files/gc/gc67-res13.pdf> 4

³³ 賛成 112、反対 0、棄権 9 出典: GC(68)/RES/14 の脚注 1

³⁴ IAEA General Conference, GC(68)/RES/15, “Nuclear safety, security and safeguards in Ukraine, Resolution adopted on 20 September 2024 during the tenth plenary meeting”, <https://www.iaea.org/sites/default/files/gc/gc68-res15.pdf>

「部分的もしくは完全に妥協を強いられていること」を注視していること等を指摘している。

本文では、まず ZNPP を含め全ての原子力発電所や施設はウクライナの主権下にあることを強調し、認められていない軍や他の要員の ZNPP からの撤退を要求するとともにウクライナの権限のある機関に発電所を返還することを要求している。また、IAEA 事務局長と事務局の ZNPP での IAEA 支援・サポートミッション(ISAMZ)等の努力を全面的に支持し、露国に対して ZNPP をウクライナに返還するまでは駐在する ISAMZ に制限のない適時な現場アクセスを認めることを要求するとしている。

本決議は、賛成多数で採決された³⁵。

【報告 計画管理・政策調査室:今村有里、加藤優弥、田崎真樹子、ISCN:小林直樹】

2-3 2024 年 8 月 29 日付 IAEA によるイランの監視検証報告 (GOV/2024/41)について

1. はじめに

2024 年 8 月 29 日付で発出された IAEA によるイランの監視検証報告 (GOV/2024/41)³⁶ は、国連安全保障理事会決議 2231(2015)に基づき、イランの包括的共同作業計画(JCPOA)の遵守状況の報告を四半期毎に行っているものである。

2. JCPOA に基づく監視と検証

2019 年 5 月 8 日以降、イランは、JCPOA に基づく核関連の約束の履行を段階的に停止し、2021 年 2 月 23 日には、追加議定書を含め、その履行を完全に停止した。このことは、IAEA の JCPOA 関連の検証・監視活動に深刻な影響を及ぼしている。状況は、イランが 2022 年 6 月、IAEA の JCPOA 関連の監視・モニタリング機器をすべて撤去するという決定を下したことによりさらに悪化した。その結果、IAEA は、遠心分離機、ローターとベローズ、重水、UOC の製造と在庫に関する知識の継続性を失った。

3. ウラン濃縮に関連する活動

(1) ナタンズのウラン濃縮施設(FEP)

FEP では、表 1 に示すように 2024 年 8 月 21 日現在、IR-1 型遠心分離機 36 カスケード、IR-2m 型遠心分離機 15 カスケード、IR-4 型遠心分離機 12 カスケード、IR-6

³⁵ 賛成 65、反対 8、棄権 43。GC(68)/RES/15 の脚注 1。なお、昨年度の同名決議(GC(67)/RES/16)は、賛成 69、反対 6 及び棄権 33 であった。<https://www.iaea.org/sites/default/files/documents/gc67-res16.pdf>

³⁶ IAEA, “Verification and monitoring in the Islamic Republic of Iran in light of United Nations Security Council resolution 2231 (2015)”, GOV/2024/41, 29 August 2024, URL: <https://www.iaea.org/sites/default/files/documents/gov2024-41.pdf>

型遠心分離機 3 カスケードで、5%までの濃縮ウランを製造している。

2024 年 7 月 14 日、IAEA は Hall A1000 で既設の 15 カスケード(IR-2m 型遠心分離機 6 カスケード、IR-4 型遠心分離機 9 カスケード)に初めてウラン供給が開始されたことを確認した。

2024 年 8 月 24 日、IAEA は Hall A1000 の 1 濃縮ユニットに計画されていた IR-2m 型遠心分離機 18 カスケードの内、10 カスケードの設置が完了し、さらに 2 カスケードの設置作業中であることを確認した。また、別の濃縮ユニットのサブヘッダーの設置が継続中で、ホール B1000 に計画されていた追加の濃縮ユニットの設置は始まっていないことを確認した。

イランは、2024 年 5 月 11 日から 2024 年 8 月 16 日までの間に、2483.7kg の 2%までの濃縮ウラン(UF₆)及び天然ウラン(UF₆)を供給し、1725.1kg の 5%までの濃縮ウラン(UF₆)を生産したと推定している。

表 1 FEP でウラン濃縮運転中のカスケード数

	検認日	IR-1	IR-2m	IR-4	IR-6
GOV/2021/11	2021/2/17	30	2	0	0
停電	2021/4/11	30	4	1	0
GOV/2021/28	2021/5/24	15	3	2	0
GOV/2021/39	2021/8/25	29	5	2	0
GOV/2021/51	2021/11/13	28	6	2	0
GOV/2022/4	2022/2/22	31	6	2	0
GOV/2022/24	2022/5/30	34	6	1	0
GOV/2022/39	2022/9/6	36	6	2	3
GOV/2022/62	2022/11/1	34	6	2	3
GOV/2023/8	2023/2/21	36	8	3	3
GOV/2023/24	2023/5/23	36	9	2	3
GOV/2023/39	2023/8/22	36	8	3	3
GOV/2023/57	2023/10/21	36	9	3	3
GOV/2024/7	2024/2/21	35	9	3	3
GOV/2024/26	2024/5/21	35	5	3	3
GOV/2024/41	2024/8/21	36	15	12	3
設置済カスケード数		36	31	12	3
計画カスケード数		36	39	12	3

(2) フォルドのウラン濃縮施設(FFEP)

イランは、2024 年 6 月 26 日付の書簡で、従来の天然ウラン、低濃縮ウランに加えて劣化ウランを原料として用いること、以前解体されたユニット 1 の供給・回収設備を再設置することを IAEA に通知した。

2024 年 8 月 26 日、IAEA は、ユニット 1 で計画されていた IR-6 型遠心分離機 8 カスケードの設置の完了を確認したが、供給・回収設備の再設置はまだ行われていないことを確認した。一方、ユニット 2 の、IR-1 型遠心分離機の IR-6 型遠心分離機へのリ

プレースは行われていない。

イランは、ユニット1の運転開始時期及び濃縮度を明らかにしていない。

イランは、2024年5月11日から2024年8月16日までの間に、951.2kg(UF₆)の5%までの濃縮ウラン(UF₆)を供給し、27.4kgの60%までの濃縮ウラン(UF₆)と、65.4kgの20%までの濃縮ウラン(UF₆)を生産し、859.7kgの2%までの濃縮ウラン(UF₆)廃品(以下「テイル」と略)として発生したと推定している。

(3) ナタンズのパイロットウラン濃縮施設(PFEP)

2024年8月21日、IAEAが確認した、PFEPのR&D Line 1~6の状況は、R&D Line1, 2, 3では、12機のIR-1遠心分離機、94機及び9機のIR-2m遠心分離機、20機及び10機のIR-4遠心分離機、6機及び19機のIR-5遠心分離機、9機、20機、19機及び4機のIR-6遠心分離機の小~中規模のカスケードに天然ウランを供給し2%までの濃縮ウランを製造した。また、単機構成の2機のIR-2m遠心分離機、5機のIR-4遠心分離機、3機のIR-5遠心分離機、6機のIR-6遠心分離機、各1機のIR-6s、IR-7、IR-8、IR-8B、及びIR-9遠心分離機でウラン試験を実施しているが、濃縮ウランの生産は行っていない(表2参照)。

表2 R&D Line 1~3 で試験が行われている遠心分離機数

試験／種類	IR-1	IR-2m	IR-4	IR-5	IR-6	IR-6s	IR-7	IR-8	IR-8B	IR-9
~2%UF ₆ 濃縮	12	103	30	25	52					
濃縮せず		2	5	2	4	1	1	1	1	1

R&D Line 4, 5, 6では、164機までのIR-4遠心分離機(Line 4)と164機までのIR-6遠心分離機 (Line 6) を連結したカスケードに、5%までの濃縮ウラン(UF₆)を供給し、60%までの濃縮 UF₆を製造し、Line 6からのテイルは、Line5の168機のIR-4と4機のIR-6遠心分離機で構成されたカスケードに供給され、5%まで再濃縮されている。(図1参照)

2024年6月10日、IAEAは、Hall A1000のPFEPエリアでは、R&D Line A, B, Cに設置された、20機のIR-4、20機のIR-6s、20機のIR-6カスケードに劣化ウラン(UF₆)を供給し、2%までの濃縮 UF₆を製造していることを確認した。

さらに、2024年6月22日、IAEAは、Hall A1000のPFEPエリア、R&D Line Dに174機のIR-6カスケードが設置されたことを確認し、2024年7月23日に、イランが劣化ウラン(UF₆)を供給し、5%までの濃縮 UF₆の製造を開始したことを確認した。

イランは、2024年5月11日から2024年8月16日までの間で

- 5%までの濃縮ウラン(UF₆) 320.6kg が、R&D line4,5,6 に設置されたカスケードに供給された。
- 60%までの濃縮ウラン(UF₆) 14.9 kg が、R&D line4, 6 で生産された。

- 5%までの濃縮ウラン(UF₆) 104.6kg が、R&D line5 で生産された。
- 2%までの濃縮ウラン(UF₆) 201.8kg が、R&D line5 のテイルとして排出された。
- 2%までの濃縮ウラン(UF₆) 64.7kg が、R&D line1, 2, 3 で生産された。
- 5%までの濃縮ウラン(UF₆) 14.0kg が、Hall A1000 の PFEP エリア、R&D Line A, B, C, D で生産された。
- 2%までの濃縮ウラン(UF₆) 7.4kg が、Hall A1000 の PFEP エリア、R&D Line A, B, C で生産された。これは、R&D Line D の製品と混合される前の製品である。

と推定している。

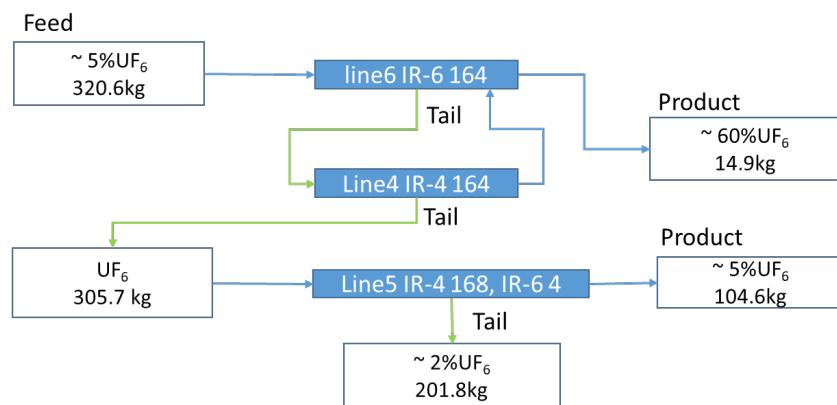


図 1 R&D Line 4, 5, 6 の推定図

4. 燃料に関する活動

(1) イスファハンの燃料板製造施設(FPPF)

2024 年 8 月 21 日、IAEA は、UF₆から UF₄を製造する残りの 2 段階の工程に進捗が無いことを確認した。第 1 段階のプロセスは完成したが、核物質を用いた試験は行われていない。イランはこの報告期間中に金属ウランを製造していない。

(2) イスファハンのウラン転換施設(UCF)

UCF では金属ウラン生産のための設備の設置が完了し、施設運転の準備ができているが、2024 年 8 月 12 日現在、IAEA は、生産エリアに核物質が搬入されていないことを確認した。

(3) テヘラン研究炉(TRR)

2024 年 8 月 18 日現在、IAEA は、制御用燃料集合体一体を除き、イランにおいて過去に照射された TRR 燃料要素について、測定線量率が 1 rem/h(表面から 1 メートル位置での測定値)³⁷以上であることを確認した。また、同日、以前に FPPF から受領し

³⁷ SI 単位系では 10 mSv/h

た 12 体の未照射の TRR 標準燃料集合体と、1 体の制御用燃料集合体が照射されていないことを確認した。

(4) ウラン転換キャンペーン

2024 年 8 月 10 日、イランはホーンダブ重水研究炉(KHRR)にて DIV を実施している IAEA に対し、2024 年 5 月 21 日にイスファハンで開始された 650kg の 5%までの濃縮ウラン(UF₆)を二酸化ウランへ転換するキャンペーンの目的は、KHRR 向けの燃料集合体の製造であると通知した。本キャンペーンには、イスファハンの濃縮二酸化ウラン粉末工場(EUPP)、FPFP、UCF、燃料製造工場(FMP)の転換・燃料製造工程が含まれる。

5. 濃縮ウラン保有量

表 3 にイランの六フッ化ウラン形態の濃縮ウラン保有量と前回報告からの増減を、また図 2 及び図 3 にこれまでの保有量の推移を示す。

IAEA は、2021 年 2 月 16 日以降、イランにおける濃縮ウラン保有量を正確に確認出来ていない。イラン提供の情報を元に IAEA が推定した 2024 年 8 月 17 日時点のイランの濃縮ウラン保有量は、前回報告^{38,39}から 449.5kgU 減少し 5751.8 kgU になった。UF₆以外の形態の濃縮ウランは、酸化物その他の中間生成物として 645.2kgU、燃料集合体、燃料板、燃料棒で 45.7kgU、ターゲットとして 4.4kgU、廃棄物として 105.4kgU である。

UF₆以外の形態の濃縮ウランで 20%までの物は 28.6kgU で、内訳は燃料集合体、燃料板、燃料棒で 20.2kgU、ターゲットとして 2.8 kgU、中間生成物として 5.0kgU、廃棄物として 0.6kgU である。

UF₆以外の形態の濃縮ウランで 60%までの物は 2.0kgU で、内訳は照射済ターゲットとして 1.6kgU (2024 年 8 月 17 日 TRR で検認)、廃棄物として 0.4kgU (2024 年 8 月 18 日 FPFP で検認)である。

濃縮ウラン(UF₆)保有量の総量は 4951.1kgU で、その内訳は、2%までの濃縮ウラン(UF₆)保有量は 920.0 kgU 減少し 1651.0 kgU に、5%までの濃縮ウラン(UF₆)保有量は 55.4 kgU 減少し 2321.5 kgU に、20%までの濃縮ウラン(UF₆)保有量は 62.6 kgU 増加し 813.9 kgU に、60%までの濃縮ウラン(UF₆)保有量は 22.6 kgU 増加し 164.7 kgU になったと推定される。

³⁸ GOV/2024/26

³⁹ ISCN ニュースレターNo.0331, 2-2 2024 年 5 月 27 日付 IAEA によるイランの監視検証報告(GOV/2024/26)について、https://www.jaea.go.jp/04/iscn/nnp_news/attached/0331.pdf#page=16

表 3 イランの濃縮ウラン(UF₆)保有量

(単位 kgU)		～2%UF ₆	～5%UF ₆	～20%UF ₆	～60%UF ₆	計
2021 年	2 月 23 日	1025.5	1890	17.6	0	2915.5
	5 月 22 日	1367.9	1773.2	62.8	2.4	3206.3
	8 月 30 日	503.8	1774.8	84.3	10.0	2372.9
	11 月 6 日	559.6	1622.3	113.8	17.7	2313.4
2022 年	2 月 19 日	1390.0	1277.9	182.1	33.2	2883.2
	5 月 15 日	2154.4	1055.9	238.4	43.1	3491.8
	8 月 21 日	2519.9	713.9	331.9	55.6	3621.3
	10 月 22 日	1844.5	1029.9	386.4	62.3	3323.1
2023 年	2 月 12 日	1555.3	1324.5	434.7	87.5	3402.0
	5 月 12 日	2459.6	1340.2	470.9	114.1	4384.8
	8 月 19 日	833.0	1950.9	535.8	121.6	3441.3
	10 月 28 日	1217.2	2218.1	567.1	128.3	4130.7
2024 年	2 月 10 日	1934.0	2396.8	712.2	121.5	5164.5
	5 月 11 日	2571.0	2376.9	751.3	142.1	5841.3
	8 月 17 日	1651.0	2321.5	813.9	164.7	4951.1
増減		-920.0	-55.4	+62.6	+22.6	-890.2

6. その他の関連事項

これまでに報告されているように、2023 年 9 月、イラン政府は、イランに指定されていた経験豊富な機関査察官数名の指名を撤回する決定を IAEA に通知した。これは、イランに指定されていた別の経験豊富な機関査察官の指名を撤回した最近の決定に続くものである。この措置は、NPT 保障措置協定で正式に認められているが、イランの特に濃縮施設における IAEA の効果的な検証活動の実施能力に、直接かつ重大な影響を及ぼすものである。IAEA 事務局長はイランに対し、これらの査察官の指名撤回を再考するよう要請した。

2024 年 6 月 6 日付の書簡で、エスラム副大統領は IAEA 事務局長に対し、「特定の査察官の指定取り消しを撤回する要請について慎重かつ徹底的に検討した結果、これらの査察官の指定取り消しに関するイラン側の立場は変更されておらず、この立場は現状のままである」と伝えた。

7. まとめ

イランが JCPOA の履行を停止したことにより、IAEA の JCPOA 関連の検証・監視は深刻な影響を受けている。

IAEA は、遠心分離機、ローター、ベローズ、重水、UOC の生産と在庫に関連する検証・監視活動を 3 年半以上にわたり行うことができなかった。その結果、IAEA は、遠

心分離機、ローターとベローズ、重水、UOC の生産と在庫に関する知識の継続性を失っている。

イラン政府が、JCPOA 関連の監視・モニタリング活動のためにイラン国内に設置していた IAEA の機器をすべて撤去することを決定したことも、イランの核計画の平和的性質を保証する IAEA の能力に悪影響を及ぼしている。

イランが追加議定書の暫定的な適用を停止してから 3 年半以上が経過した。この間、イランは最新の申告を行っておらず、IAEA はイラン国内のいかなる施設やその他の場所に対しても補完的アクセス(CA)を実施できていない。

非核兵器国の中で唯一高濃縮ウランの生産と蓄積を行っているイランによる、高濃縮ウランの生産と蓄積の継続は、IAEA の懸念をさらに深めるものである。

IAEA 事務局長は、イランが数名の経験豊富な査察官の指名を撤回するという決定をいまだに見直していないことを深く遺憾に思う。これは、IAEA のイランにおける検証活動を効果的に実施するために不可欠なことである。

8. 考察

今四半期、イランのウラン濃縮能力が急激に拡張された。FEP では、IR-2m 型遠心分離機 10 カスケードが新たに設置され、さらに IR-2m 型遠心分離機 8 カスケードの設置が計画されている。また、新たに IR-2m 型遠心分離機 6 カスケード、IR-4 型遠心分離機 9 カスケードでウラン濃縮を開始した。FFEP でも IR-6 型遠心分離機 8 カスケードの設置を完了した。

表 1 の、これまでの FEP で運転中のウラン濃縮カスケード数の推移を見ても、今回の変化は顕著である。この原因として考えられるのは、一つは、国連制裁等でイランの遠心分離機製造のボトルネックとなっていた、炭素繊維やマルエージング鋼、ベアリング、マグネット等の入手が容易になった可能性、もう一つは、遠心分離機の実験技術等について支援を受けた可能性である。国際対立等で露国等から技術拡散が生じていることが懸念される。

なお、イランの濃縮ウラン(UF₆) 保有量(図 1、2 参照)及び 1 日あたりの濃縮ウラン生産量(図 3 参照)は、今 4 半期は 2%までの濃縮ウランを原料としたことから 5%までの濃縮ウランの生産量は増加している。しかし、運転カスケード数の増加には見合っていない。これは、まだ稼働日が短いためと考えられ、生産量に反映されるのは、次回報告以降になると考えられる。

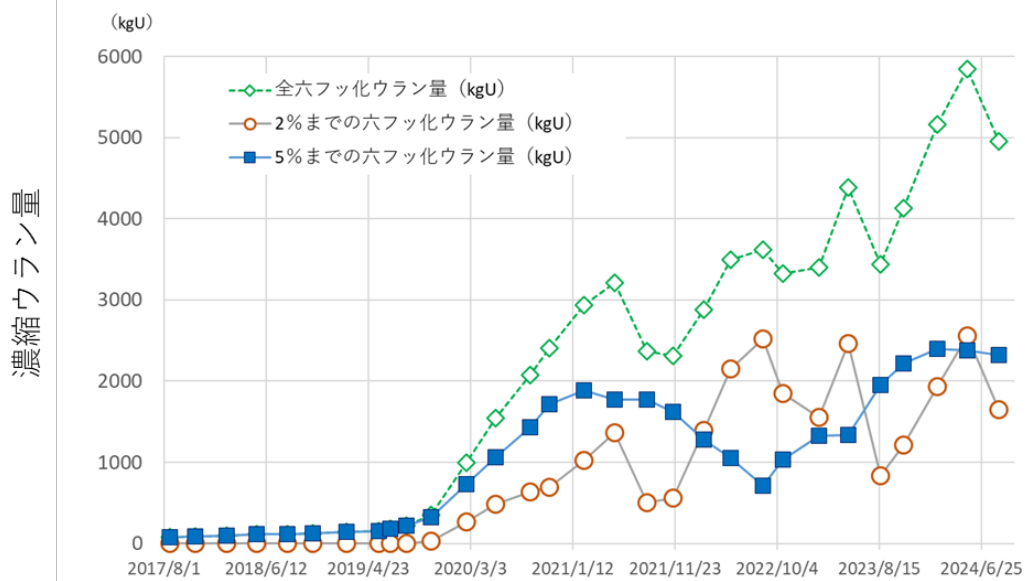


図1 イランの濃縮ウラン(UF₆)量の推移

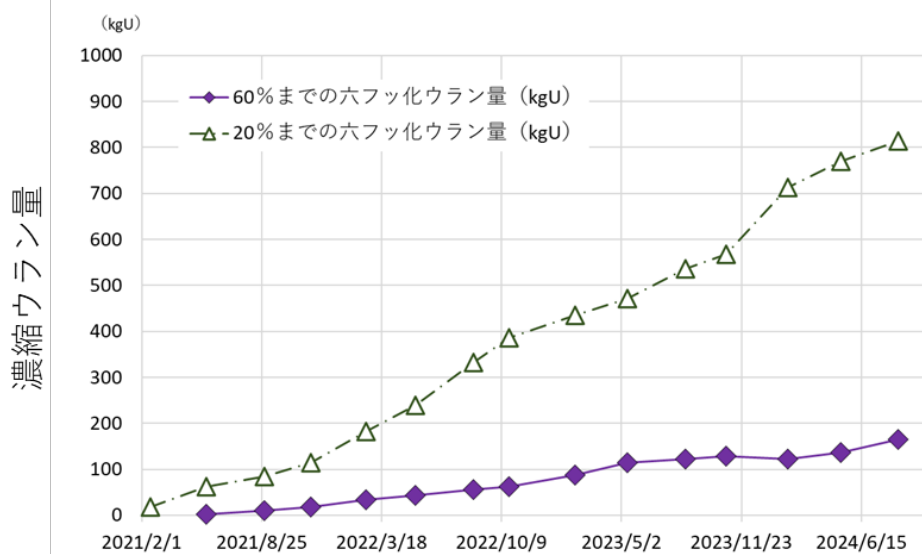


図2 イランの濃縮ウラン(UF₆)量の推移(濃縮度 20%, 60%)

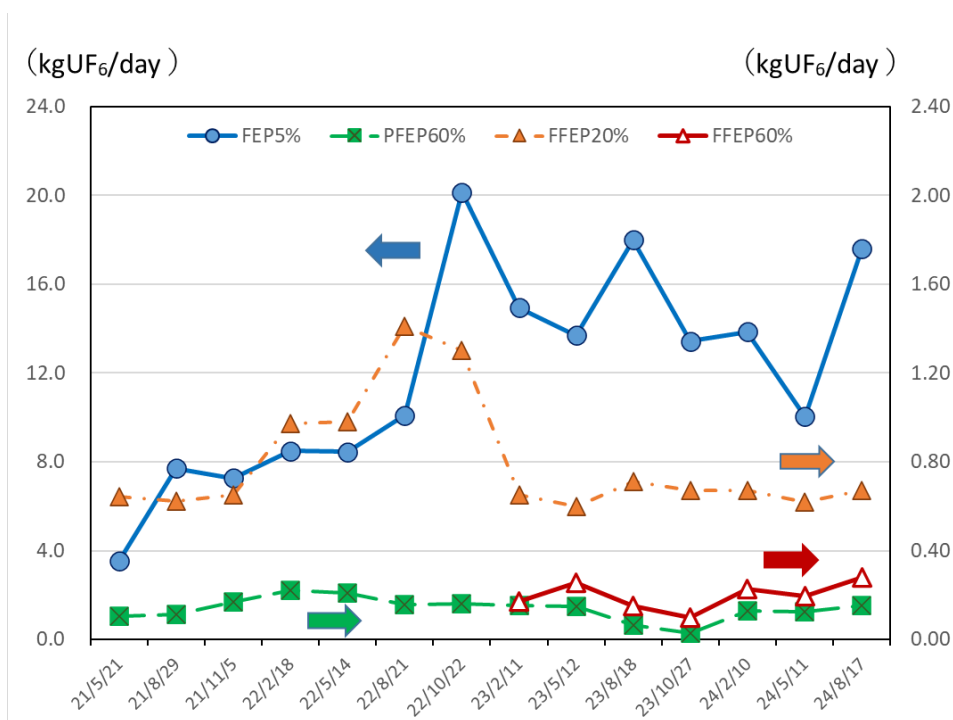


図3 イランの濃縮ウラン(UF₆)生産量の推移

【報告:計画管理・政策調査室 清水 亮】

2-4 露国プーチン大統領が核ドクトリンの改定を言及

報道⁴⁰によれば、プーチン大統領は、2024年9月25日の露国安全保障会議で、2020年の「核抑止力に関する露国政策の基本原則」⁴¹(以下、「核ドクトリン」と略)を改定する旨及びその概要について言及した⁴²。今次改定は、急激に変化する露国を取り巻く軍事的脅威とリスクを鑑みたもので、露国が核兵器の使用の可能性を特定する条件は、以下を含む内容に改定されるという⁴³。

- A. 非核兵器保有国による露国に対する攻撃(aggression)であっても、核保有国の参加や支援(participation and support)があれば、露国への共同攻撃とみなす。
- B. 戦略・戦術航空機、巡航ミサイル、ドローン(小型無人機)、極超音速航空機を含む、空中及び宇宙攻撃兵器の大量発射と国境の通過に関する信頼できる情報の受信。
- C. 通常兵器による露国とベラルーシへの攻撃が主権に対する重大な脅威をもたらす場合。

2020年の核ドクトリンでは、以下の条件が規定されていた。

- a. 露国及び・またはその同盟国の領土を攻撃する弾道ミサイルの発射に関する信頼できるデータの受信。
- b. 露国及び・またはその同盟国に対する核兵器またはその他の WMD の使用。
- c. 敵対者による露国の重要な政府または軍事施設に対する攻撃が、露国の核戦力による対応行動を弱体化させる場合。
- d. 国家の存亡が危機に瀕している場合における通常兵器による露国への攻撃。

⁴⁰ 日本経済新聞、「ロシア、核使用の指針改定へ ウクライナ支援の欧米威嚇」、2024年9月26日、<https://www.nikkei.com/article/DGXZQOGR265RI0W4A920C2000000/>、他

⁴¹ The Ministry of Foreign Affairs of the Russian Federation, “Basic Principles of State Policy of the Russian Federation on Nuclear Deterrence”, 8 June 2020, https://www.mid.ru/en/foreign_policy/international_safety/1434131/

⁴² プーチン大統領は、2024年6月に核ドクトリンの改定を考慮している旨を表明していたが、具体的な改定内容には触れていなかった。NHK、「ロシア軍事侵攻 6/22(土)の動き」、2024年6月22日、<https://www3.nhk.or.jp/news/html/20240622/k10014450031000.html>

⁴³ Alexander Gabuev, “How Serious a Threat Is Russia’s New Nuclear Doctrine?”, Carnegie Russia Eurasia Center, Carnegie Endowment, 3 October 2024, <https://carnegieendowment.org/russia-urasia/politika/2024/09/russia-nuclear-doctrine-blackmail?lang=en> なお上述の A.～C.は、プーチン大統領の言及で、正確な内容は2020年の核ドクトリンの改正版で明記されることになる。

戦略国際問題研究所(CSIS)の Heather William 氏は、今次改定される核ドクトリンの内容(上記 A～C)は 2020 年のそれ(上記 a.～d.)と比較して、以下の 4 点が大きく異なるとしている⁴⁴。

1. ベラルーシが露国の核の拡大抑止下にあるとの明確な言及(上記 C.)。
2020 年の核ドクトリンでは、同盟国として特定国の明示はなかったが、今次核ドクトリンの発表では、ベラルーシの国名が明確に示された。同国は、旧ソ連崩壊に伴う同国の独立後から露国の核の拡大抑止下にあり、現在も集団安全保障条約機構(CSTO)⁴⁵の一員である。また 2023 年、露国はベラルーシに戦術核兵器を配備した⁴⁶。William 氏は、両国の戦略的関係が今後も益々密接になるであろう、と予測している。
2. 通常兵器による、また露国のみならずベラルーシへの攻撃が、「主権に対する重大な脅威をもたらす」場合、核兵器が使用される可能性があること。
William 氏は、露国が上記 d.の「国家の存亡が危機に瀕している場合」を完全に変え、C.において、d.の「国家の存亡が危機に瀕する」より前段階の「主権に対する重大な脅威をもたらす場合」とし、条件をより広範かつ曖昧にしたこと、またこのことは露国の核兵器使用の敷居(閾値)を下げると共に、核兵器がいつ使用されるかについての「曖昧さ」を増加させてウクライナに対してより大きな不確実性を植え付けようとしている、と指摘している。この文言の置き換えによる露国の核兵器使用の閾値については、「露国の脅かしの度合いは上がるが、必ずしも核兵器使用のハードルが下がったわけではない」との見解⁴⁷と、「プーチン大統領が追い込まれ、焦りを感じていることの現われであり、故に露国の核兵器使用の可能性も高まっているのではないか」との見解⁴⁸もある。
3. 露国に対する通常兵器での攻撃を支援する第三国にも、また例えその第三国が直接的に露国を攻撃しなくとも責任を負わせていること。露国は今次核ドクトリンに上記 A.を加えることにより、NATO 加盟国によるウクライナへの武器の提供といった支援も、露国が核兵器を使用する条件となり得る

⁴⁴ Heather Williams, “Why Russia Is Changing Its Nuclear Doctrine Now”, CSIS, 27 September 2024, <https://www.csis.org/analysis/why-russia-changing-its-nuclear-doctrine-now>

⁴⁵ Collective Security Treaty Organization。露国が主導しベラルーシ、アルメニア、カザフスタン、タジキスタン、キルギスの旧ソ連 6 か国で構成する安全保障組織。1992 年に調印した集団安全保障条約の第 4 条で「加盟国が他の国または国家グループから侵略を受けた場合、加盟国全体に対する侵略と見なし、直ちに軍事援助を含む必要な支援をする」と規定している。1993 年にベラルーシが加盟。当初加盟していたウズベキスタンは脱退した。出典：共同ニュース、「集団安全保障条約機構(CSTO)」、共同通信社、<https://digital.kyodonews.jp/static/ukraine/keyword/60.html>

⁴⁶ ベラルーシは、1991 年の独立後に同国に残された旧ソ連の核弾頭を露国に搬出し、その後、当該弾頭は解体された。しかし 2023 年、露国はベラルーシに戦術核弾頭を配備した。BBC, “Ukraine war: Putin confirms first nuclear weapons moved to Belarus”, 18 June 2023, <https://www.bbc.com/news/world-europe-65932700>

⁴⁷ 小泉悠氏(東京大学先端科学技術研究センター准教授)の見解。出典:「日本が最初の標的に」ロシア「核ドクトリン」改定で専門家が警鐘「プーチンは日本に裏切られたと感じている」、YAHOO!ニュース、2024 年 9 月 16 日、<https://news.yahoo.co.jp/articles/1f1ab8db3a6e4a0a37ac05f093d742d30e0d67e2>

⁴⁸ 中村逸郎氏(筑波大学名誉教授)の見解。出典:同上。

とした。

4. 露国が核兵器使用を正当化する条件として、「弾道ミサイルの発射に関する信頼できるデータの受信」に限定せず、航空機やドローン、また宇宙攻撃兵器に関する情報の受信を含む、より広い範囲に拡大していること。露国は上記 B.により、上述した 3.同様、ウクライナに航空機等を供与している NATO 加盟国によるウクライナ支援も、露国が核兵器を使用する条件となり得るとした。

総じて William 氏は、今次核ドクトリン改定の目的は、この改定発表がバイデン大統領とゼレンスキー大統領の米国での会談(2024 年 9 月 26 日)前日に行われたこと等を鑑みると、現在の露国とウクライナの戦争状況に照らして核抑止力の効果がなくなっている 2020 年の核ドクトリンを改定し、露国がより威圧的な目的で核兵器に依存する戦略を倍増させ、ウクライナに「核いじめ(nuclear bullying)」を行うと共に、NATO 加盟国によるウクライナへのミサイル等の提供を遅らせることである、と結論付けている。また同時に今次改定により、露国が今後、益々ウクライナとの戦争をエスカレートさせていく可能性を懸念している。

なお報道によれば、今次はプーチン大統領による核ドクトリンの改定の言及のみであったが、早ければこの秋には正式な改定がなされることがある⁴⁹。

【報告： 計画管理・政策調査室：田崎 真樹子】

⁴⁹ 出典：同上。

2-5 米国エネルギー省国家核安全保障庁(DOE/NNSA)の報告書「阻止、対抗、対応-世界の核脅威を削減する NNSA の計画 2025～2029 会計年度」の概要

はじめに

米国エネルギー省国家核安全保障庁(DOE/NNSA)は、「阻止、対抗、対応 – 世界の核脅威を削減する NNSA の計画(NPCR) 2025～2029 会計年度」⁵⁰と題する 2024 年 9 月付報告書(以下、「報告書」と略)を米国議会に提出した。なお、「阻止、対抗、対応」の 3 つは、NNSA が米国の国家安全保障を強化するために実施している核の脅威削減活動を分類したものである(後述の(2)参照)。報告書は、以下の(1)～(4)について述べており、本稿ではそれらの概要を紹介する。

- (1) 2023 年～2024 会計年度(FY2023～FY2024)における米国を取り巻く脅威環境
- (2) NNSA が実施する 3 つの活動(阻止、対抗、対応)の概要と計 10 の優先課題
- (3) FY2023～FY2024 における NNSA の 3 つの活動に係る実績
- (4) FY2025～FY2029 における NNSA の 3 つの活動に係る計画

(1)2023 年～2024 会計年度(FY2023～FY2024)における米国を取り巻く脅威環境

NNSA のジル・フルービー長官(DOE 次官(核・安全保障担当))は報告書の中で、現在は、以下を含め歴史上前例のないほど核の脅威(リスク)が急激に進展していると、状況に則した準備の必要性かつ緊急性を訴えている。

- 露国は核兵器能力の近代化を進め、最大かつ多様な核兵器を維持している。また露国は、新 START 下で義務付けられている核関連施設の査察を認めず、さらに 2023 年 3 月に同条約の履行を停止した⁵¹。加えて露国によるウクライナへの軍事侵攻及び言動は、核拡散の誘因を生み出し、さらに深化させる可能性がある。
- 中国は、核戦力を増強し、2035 年までの軍備管理⁵²は、その範囲と複雑さが変化するだろう。
- 北朝鮮は、国家安全保障の中心的役割を果たす核兵器の拡大に強くコミットし、またミサイル発射や核による報復の言及により、自ら軍事的リスクを明示している。
- イランは 2020 年以降、JCPOA を遵守せず、核計画を拡大し、IAEA の監視を削減した。これらはイランが核兵器の製造を決意した場合、有意に作用するであろう。

⁵⁰ DOE/NNSA, “Prevent, Counter, and Respond—NNSA’s Plan to Reduce Global Nuclear Threats FY 2025-FY 2029 Report to Congress September 2024”, <https://www.energy.gov/sites/default/files/2024-10/FY25%20NPCR.pdf>

⁵¹ 報道によれば、露国は 2021 年に米露が 5 年間の延長で合意した新 START について、米国が露国に敵対的な政策を継続するのであれば、新 START の延長や後継条約に係る協議に応じないとの立場を示したという。産経新聞、「ロシア、新 START 延長協議を否定 米が敵対的対露政策継続なら」、2024 年 10 月 1 日、<https://www.sankei.com/article/20241001-2MWFMJSIIZLWPGF5WZCKFP3PDU/>

⁵² 米国国防総省は、2035 年には中国が約 1,500 発の核弾頭を保有するに至ると予想しており、米露中による軍備管理の必要性を説いているが、中国は応じていない。

-
- 核テロは米国とパートナー国に脅威を与え続けており、テロリストは依然として米国本土に対する攻撃での大量破壊兵器(WMD)の使用に関心を抱いている。
 - 人工知能(AI)やバイオテクノロジーの分野では、新たな技術が開発されており、それらの融合はブレークスルーを生み出す可能性が高く、無人航空機(UVA)のようなテロ行為等の急速な進展につながる可能性がある。

(2) NNSA が実施する 3 つの活動(阻止、対抗、対応)の概要と計 10 の優先課題

NNSA が核の脅威削減のために行う 3 つの活動の概要と、当該活動における計 10 の優先課題は、以下及び図 1⁵³のとおりである。

- 阻止(Preventing): 核拡散国による核兵器開発、兵器に利用可能な核物質、設備、技術、専門知識の獲得の阻止。非国家主体による悪意ある目的に利用可能な核物質及び放射性物質(核・放射性物質)の取得の阻止。
- 対抗(Countering): 核拡散国及び非国家主体による核爆発装置または放射線発散装置(radiological device)の材料、専門知識、または構成要素の取得、開発、普及、運搬、使用の取組みへの対抗。
- 対応(Responding): 意図的な攻撃や事故を含め、国内外におけるあらゆる核・放射線緊急事態への対応及び被害の最小限化。

⁵³ 以下の図に日本語訳を付した。Figure 1, “Prevent, Counter, and Respond Strategic Implementation Framework”, p.2-1, Idem.

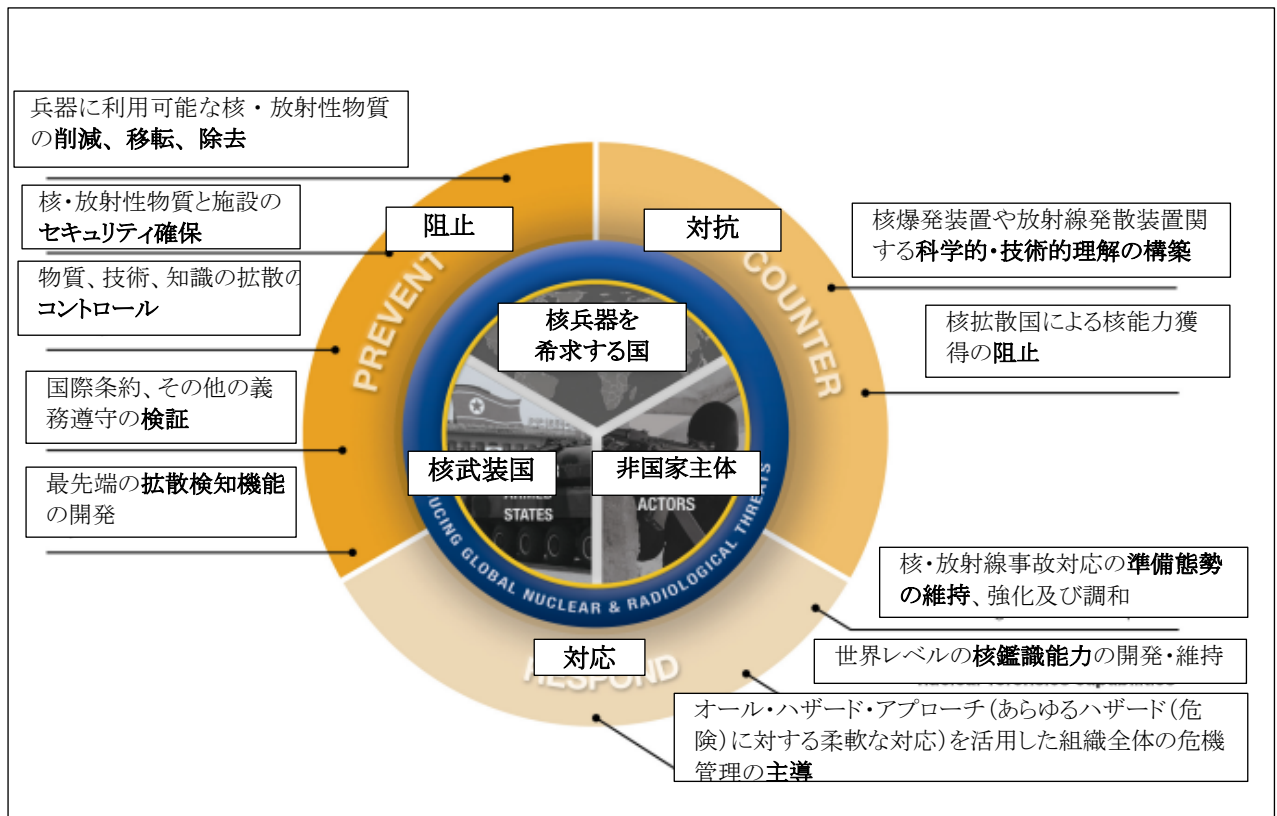


図1 NNSAが行う核脅威削減のための3つの活動と計10の優先課題

(3) FY2023～FY2024におけるNNSAの3つの活動に係る実績

NNSAがFY2023～FY2024に実施した3つの活動毎の主要な実績及びその他の活動等は、以下のとおりである。

- 阻止：
 - ✓ 世界の主要 Mo-99 生産者が使用する高濃縮ウラン(HEU)⁵⁴を全て高アッセイ低濃縮ウラン燃料(HELEU)⁵⁵ターゲットに転換。
 - ✓ アジア、欧州、北米のパートナー国から 49 kg 超の HEU を米国に搬出。
 - ✓ NNSA の余剰プルトニウム(Pu) 111.6 kg を廃棄物隔離パイロットプラント(WIPP)で処分。
 - ✓ 新興の原子力利用国 4 か国の計 9 か所の原子力施設の核セキュリティ向上と規制能力向上を支援。
 - ✓ 米国内で 82、米国外で 19 の高放射能放射線源を含む装置(high activity radioactive devices)を除去。また米国内で 2,600 以上、米国外で 16 の放射

⁵⁴ 診断スキャンに広く利用されている医療用アイソトープ。高濃縮ウラン(HEU)の核分裂により製造されるため、核テロの脅威が懸念されていた。

⁵⁵ ウラン濃縮度は 10～20%

線源を回収。

• 対抗:

- ✓ 輸送中の放射線源のセキュリティ強化のため、輸送セキュリティ/追跡/報告システムの最初のユニットを米国内及びパートナー国に設置。
- ✓ 核密輸の検知能力を強化するため、核セキュリティ上リスクの高い国境地帯の入国地点に放射線検出システムを提供。
- ✓ IAEA が使用する検証ツールの概念実証として、初の広域的な環境サンプリングの実施試験を実施。
- ✓ 低出力の地下核実験に関するシグネチャーの理解を深めるため、将来の放射線トレーサー及び化学的高性能爆発実験のために、低出力核モニタリング・テストベットを開発。

• 対応:

- ✓ 法執行機関の阻止能力(interdiction capabilities)を強化するため、51 の核密輸対策システムを提供。
- ✓ NNSA の原子力緊急事態支援チーム(NEST)の訓練プログラムを標準化し、各国の対応部隊が核・放射性物質の脅威を検知し(detect)、安全なものとし(secure)、撃退する(defeat)能力を支援。

• ウクライナ関係では、行政府の活動支援として以下の活動を実施。

- ✓ 米国の対露制裁支援として、輸出業者に対し専門知識を提供。露国の制裁逃れに関与する事業体を特定。
- ✓ 高放射能線源を有するウクライナの 36 施設のセキュリティ確保及び監視のため、機材、訓練及び技術支援を提供。また使用されなくなった 5 つの線源を医療施設からセキュリティ上安全な貯蔵施設に移送。
- ✓ ウクライナの原子力発電所の物理的防護及びサイバーセキュリティ対策をアップグレードし、またウクライナ国家警備隊への機器の提供により、ウクライナの管理下にある原子力発電所の防護能力を強化。

• IAEA への技術移転 NNSA は 2008 年以降、82 以上の保障措置に係る技術を移転しており、FY2023 に移転した技術は以下のとおり。

- ✓ 超広帯域データリンク技術(Ultra-Wideband Data Link Technology): 原子力施設の鉄筋コンクリート壁に阻まれることなく IAEA のカメラから監視画像をリアルタイムでワイヤレス転送するもの。
- ✓ 時間推移統計ツール(Time Trends Statistical Tools): 環境サンプリングで取得・分析した物質が以前の結果と類似しているか、または異なるかについて、評価者にガイダンスを提供するもの⁵⁶。

⁵⁶ 本技術は、保障措置の専門家によれば、採取・分析した物質が、時間の経過とともに減衰したり変化したりすることを考慮するツールと思われる、とのことである。

-
- ✓ 非立会用シリンダー検認ステーション用ソフトウェア(Unattended Cylinder Verification Station Software): ウラン濃縮施設の非立会シリンダー検認ステーションの制御、データ収集及び分析を行うソフトウェアで、UF₆ シリンダーのウラン濃縮度、U-235 量及び総重量の独立測定を提供する初の自動化システム。
 - ✓ 混合ガウスモデルソフトウェア(Gaussian Mixture Model Software): 燃料製造施設や原子炉で、複雑な組成のものを含め、新燃料集合体における U-235 含有量の測定を改善するもの。
 - ✓ ウラン標準試料(Uranium Reference Samples): 新しい自動化インクジェット技術を使用して基盤に塗布されたウラン標準試料は、原子力施設で IAEA が採取した環境サンプル分析に使用される複雑な機器(大型二次イオン質量分析計)の校正に有用。
 - その他、米国内他省庁や DOE 内の他局と連携し、以下の活動を実施した。
 - ✓ 日本の JMTR(材料試験炉)の臨界集合体から全ての HEU を撤去するため、国防総省(DoD)の国防脅威削減局(DTRA)と費用分担協定を締結。
 - ✓ 余剰 Pu 処分プログラム(SPD、Pu の希釈及び WIPP での地層処分)の実施に際し、サバンナリバーサイトと WIPP にある DOE 環境保護局(EM)の施設を活用するため、EM とのパートナーシップを維持。また希釈及び処分に当たっては、国務省(DOS)、DoD、原子力規制委員会(NRC)、及び EM と連携し、現在、IAEA とのボランティア保障措置協定下にある物質が希釈及び WIPP で処分される間も IAEA 保障措置下に置かれるようにした。
 - ✓ IAEA 及び DOS と協力し、アイダホ国立研究所で広域環境サンプリング(WAES)ロストリバーモデリング検証演習を実施。広域での環境サンプリングにより、未申告の核活動が無いことに係る結論の裏付けが可能となる。
 - ✓ 米国の先進炉及び SMR のベンダーが IAEA 保障措置の重要性と利点を学ぶため、IAEA、DOE 傘下の国立研究所、及び NRC の専門家と協力し、「Pilot Safeguards and Security by Design」と題するプログラムをホストした。
 - ✓ DoD 及び DOS と提携し、IAEA ネットワーク分析所(NWAL)を支援。FY2023 には、サバンナリバー国立研究所とパシフィックノースウェスト国立研究所が、ウランを含む微粒子標準物質を IAEA に供給することが認められている世界で唯一の 3 つの研究所のうちの 2 つとして認定された。
 - ✓ DOS と協力し、東南アジアから 30 名以上の指導者層が参加する北朝鮮机上演習を実施し、北朝鮮の制裁逃れや、同国による機微な物質・技術の獲得に対抗するための各国の計画やプロセスを評価。
 - ✓ DOE の原子力(NE)局が推進する「HALEU 可用性プログラム」⁵⁷を支援するため、スクラップ形態の HALEU の処理を開始。NNSA は金属及び酸化物形態の 6 トンの HALEU を NE 局に提供予定。
 - ✓ 豪英米(AUKUS)の 3 か国安全保障パートナーシップの阻害を目的とした誤

⁵⁷ DOE, HALEU Availability Program, <https://www.energy.gov/ne/haleu-availability-program>

報キャンペーン(misinformation campaign)に対抗するため、他省庁と緊密に協力・連携。

(4) FY2025～FY2029 における NNSA の 3 つの活動に係る計画

報告書が挙げている、主に NNSA が FY2025 予算要求に掲げた活動内容は以下を含む。(筆者注:ただし本年(2024 年)11 月には大統領選挙が実施される予定であり、大統領及び議会選挙の結果により、これまでの政府及び議会の方針が変わる可能性は否定できないが、核脅威への対処方策の必要性は、概して超党派の理解を得ているように思われる。)

• 阻止

- ✓ HEU を燃料として使用する研究炉及び放射性同位元素生産炉の LEU 使用への転換とその検証の実施。
- ✓ パートナー国(1 か国)からの兵器に利用可能な 10 kg の物質の搬出及び・または処分の検証。
- ✓ 露国との Pu 管理・処分協定⁵⁸に基づく 34 トンの余剰 Pu の希釈・処分。
- ✓ 高放射能線源を使用しない実行可能な代替技術の採用推進。
- ✓ 使用済放射線源の安全かつセキュアな管理能力の拡大及びパートナー国における能力強化支援。

• 対抗

- ✓ 将来、世界的な導入・建設が見込まれている先進炉の Security by Design (設計段階からの核セキュリティの考慮)について、産業界と技術パートナーシップを確立。また新興の原子力利用国の核セキュリティ関連のインフラ整備について関与を拡大。
- ✓ 先進炉の設計に Security by Design を組み込むための利害関係者との協働を含む Advanced Reactor International Safeguards Engagement program の継続。
- ✓ 核・放射性物質の不正取引の検知等のための核密輸対策の展開・支援。
- ✓ 軍備管理や核不拡散に係る条約や協定、非核化の監視や検証活動のための政策的・技術的解決策の策定及び実施支援。
- ✓ 核兵器の製造工程等を検知する新たな能力の実証。
- ✓ 特殊核物質⁵⁹の移動や転用の検知など、兵器や物質のセキュリティに応用できるような新たな能力の実証。
- ✓ 人工知能がどのように核戦力を前進させるか等の評価。

⁵⁸ DOS, “Unofficial composite text of the United States – Russian Federation 2000 Plutonium Management and Disposition Agreement, as amended”, <https://2009-2017.state.gov/documents/organization/213493.pdf>

⁵⁹ U-235, U-233 及び Pu

- 対応

- ✓ 核物質等の出所の特定や特定までのタイムラインの短縮に重点を置いた核鑑識分析能力の向上。
- ✓ 米国内 14 の主要都市における WMD 対策の強化。
- ✓ NEST の空中測定システム(AMS(Aerial Measuring System)、空中及び地上の放射線汚染をリアルタイムで測定)を使用し、緊急時に放射性物質を検出、測定、追跡し、汚染レベルを決定する能力の向上。
- ✓ 米国の主要な公共イベント(大統領就任式、独立記念日、ワールドカップ、オリンピック等)への NEST の投入により、連邦及び州政府等を支援。
- ✓ NNSA や DoD、FBI の核テロ対抗、拡散対抗及び有事計画の取組みの為に訓練の実施、ツールの開発及び専門知識の維持。

【報告： 計画管理・政策調査室 田崎 真樹子】

3. 技術・研究紹介

3-1 大規模イベント等のための核セキュリティ技術開発 (2) 広域サーベイシステム

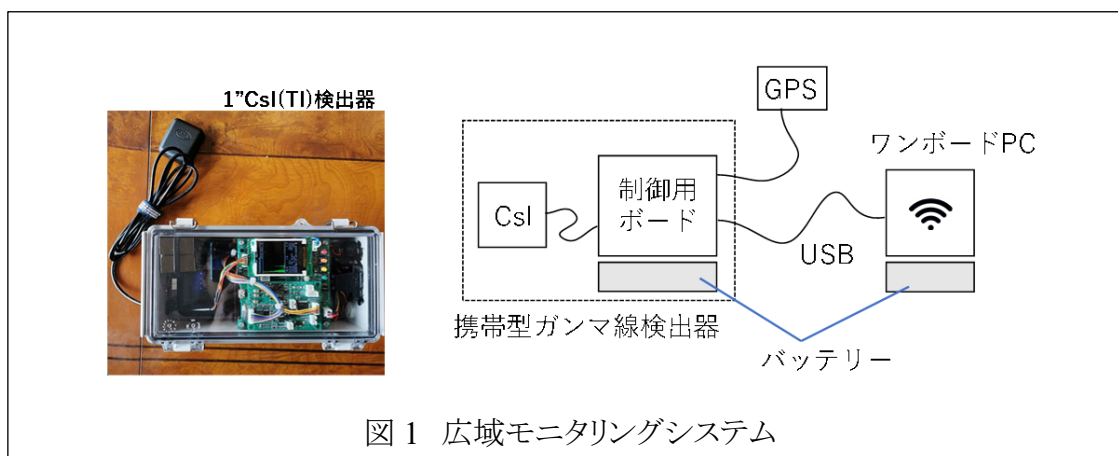
1. はじめに

ISCN 技術開発推進室では、大規模イベント会場等において、核・放射性物質を利用したテロ行為を未然に防ぐため、広域を効率的にサーベイするための技術開発を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で 2020 年度(令和 2 年度)から、進めてきた[1,2]。本シリーズ報告では、本プロジェクトにおける技術開発の状況を紹介している。シリーズ第 2 回目⁶⁰の本稿では、広い領域をサーベイするため開発している可搬型放射線検出装置について報告を行う。

広い領域を効率よくサーベイするためには、可搬型放射線検出器に測位センサーを取り付け、放射線量と位置を紐づけて記録する方法が効果的である。測定結果を地図に重ねて表示すると、不審な放射線源の位置判定が容易になる。ネットワークデバイスを通じて状況が報告できるようになれば、複数台で連携したときに、指揮所でのサーベイの状況の確認ができるようになり、測定の重複や見逃しを避けられるようになる。また、不審な放射線源の検知に対し、迅速な判断・対応が可能となる。ガンマ線検出器については、スペクトルも取得できるスペクトロメータを導入すれば、検知した放射性物質を同定することができ、迅速な対応が可能となる。

本報告では、屋外のサーベイに対応するための GPS を組み込んだ放射線検出器の開発、屋内のサーベイに対応するための SLAM(後述参照)を組み込んだ放射線検出器の開発、及びネットワークデバイスの性能試験について報告する。

⁶⁰ シリーズ 1 回目の報告である「大規模イベント等のための核セキュリティ技術開発 (1)プロジェクト概要」については、ISCN Newsletter No. 0333 September 2024,
https://www.jaea.go.jp/04/iscn/nnp_news/attached/0333.pdf#page=31 を参照されたい。

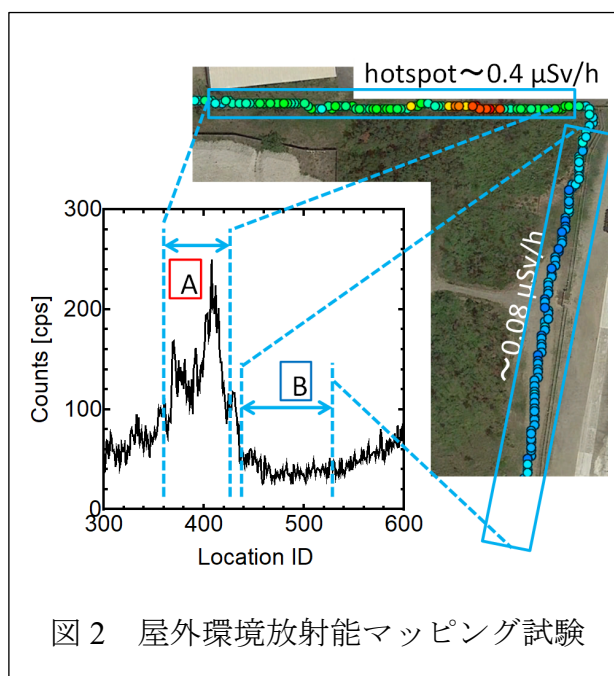


2. 屋外のサーベイに対応するための GPS を組み込んだ放射線検出器の開発

屋外のサーベイに対応するため、GPS を組み込んだ放射線検出器の開発を進めた。ガンマ線スペクトルを取得できる検出器として、比較的安価な CsI(Tl)シンチレーション検出器を導入することとした。GPS を用いた測位精度は、2018 年にサービスを開始した「みちびき⁶¹⁾」を利用することにより、1m 程度の位置精度が得られた。

図 1 の左に開発した検出器の写真を示す。装置には 1 インチ角の CsI(Tl)シンチレーターが取り付けられており、全体の大きさは、13×22×8cm で、重量が 1kg である。本装置には GPS が取り付けられており、定期的に位置情報とスペクトルを保存することができる。また、USB 端子を通じて、図 1 の右図のようにシングルボード PC で、この装置を制御し、定期的にスペクトルを読み出すことができる。このシングルボード PC にネットワークデバイスを取り付けると、外部との通信が可能となる。

図 2 は、開発した装置で測定した屋外の環境放射能をマッピングツール [3] を用いて航空写真 (google earth) と重ねてプロットしたものである。GPS の精度は、歩行したコース (歩道など) からのずれがほとんどなかったことから、ほぼ 1m 程度の精度であることが分かった。プロットは、計数の増加に従い、色を青-緑-黄-赤と段階的に分けている。図の上側に計数の上昇がみられる箇所がある。この部分のスペクトルを足し合わせたところ、Cs-137



⁶¹⁾ 内閣府の宇宙開発戦略推進事務局が構築した 4 機の準天頂衛星を利用した測位システム。

由来のピークが見られたことから、福島第 1 原子力発電所由来と思われるホットスポットによる計数の上昇であったことが分かった。右縦の部分は、計数が森の中と比べ低い、ここは整地されており、放射能が除かれているためと考えられる。

現在、シングルボードコンピューターを利用してデータ収集を行うことを前提に、機能を限定し、小型化した装置の開発を進めているところである。

3. 屋内のサーベイに対応するための SLAM を組み込んだ放射線検出器の開発

GPS では屋内での位置情報取得ができないため、屋内サーベイには適していない。そこで、屋内外の両方に対応可能な SLAM(Simultaneous Localization and Mapping)技術を用いた装置の開発を進めた。SLAM とは、周囲の環境をリアルタイムでスキャンし、移動しながらスキャン情報を重ね合わせて地図を作成する技術である。我々は、LiDAR と呼ばれるレーザースキャナをセンサーとして採用した。LiDAR は、一定の間隔でレーザ光を発射し、その反射を検出するまでの時間を計測することで周囲の形状を捉えることができる。これにより、屋内の詳細なマッピングが可能となる。

図 3 の左の写真は、開発した装置である。無人走行車両(JACKAL)の上に LiDAR と CsI(Tl)シンチレーション検出器を搭載している。検出器から定期的にスペクトル・計数データを取得しながら、LiDAR SLAM で位置情報を算出し、放射能マッピングを行うことができる。図 3 の右に、1 秒間隔で測定しながら室内を走行させて得られたマップ

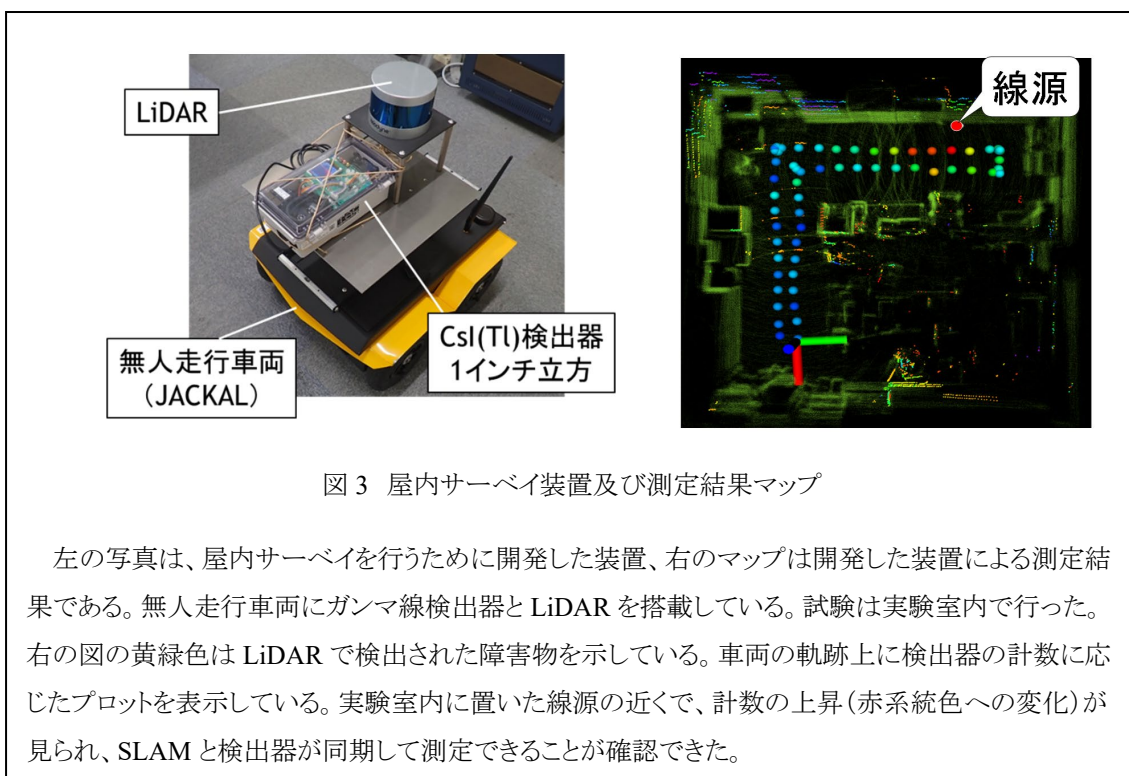


図 3 屋内サーベイ装置及び測定結果マップ

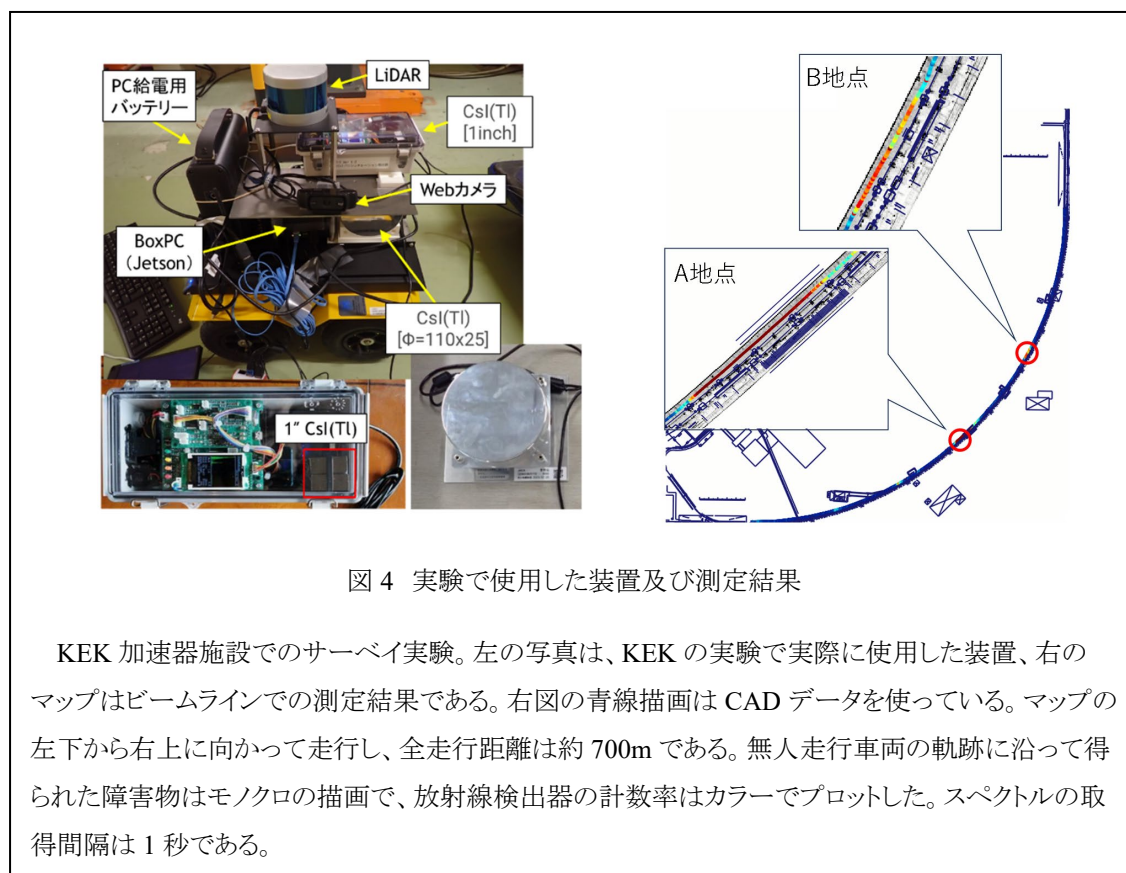
左の写真は、屋内サーベイを行うために開発した装置、右のマップは開発した装置による測定結果である。無人走行車両にガンマ線検出器と LiDAR を搭載している。試験は実験室内で行った。右の図の黄緑色は LiDAR で検出された障害物を示している。車両の軌跡上に検出器の計数に応じたプロットを表示している。実験室内に置いた線源の近くで、計数の上昇(赤系統色への変化)が見られ、SLAM と検出器が同期して測定できることが確認できた。

ングの結果を示す。黄緑色の部分が SLAM で得られた地図であり、室内の壁や障害

物がわかる。車両の軌跡上には、計数に応じて青→緑→黄→赤のグラデーションで色が変わるプロットが配置されている。この実験では、地図上部の赤丸の位置に線源を配置した。車両が線源に近づくと、プロットの色が青から赤に変化し、計数が増加していることが確認できた。CsI(Tl)シンチレーション検出器のカウント数とプロットの色が同期しており、システムが正常に動作していることが確認された。

次に、開発した装置の長距離でのマッピング能力を検証するため、KEK(高エネルギー加速器研究機構)の高エネルギー加速器施設で試験を行った。この施設では、電子や陽子などの粒子を加速・衝突させ、素粒子の反応を観察する実験が行われている。その過程で、一部の粒子がビームラインの軌道から外れ、装置と衝突し、一部の装置を放射化する。放射化した装置付近では線量が高くなっている。本実験ではビームラインの四分の一を使って、長距離を移動しながらガンマ線計測を行い、放射化した場所を特定できることを検証した。

図4の左に、KEKでのマッピング試験に使用した装置の写真を示す。屋内サーベイに使用したCsI(Tl)シンチレーション検出器(1インチ結晶)に加え、少し大きめのCsI(Tl)シンチレーション検出器($\phi 110 \times 25$ mm)を搭載した。ビームラインを走行しながらSLAMで作成した地図を図4の右に示す。青線はビームラインのCADデータを示し



ており、SLAM で得られたモノクロの地図に重ねて表示している。地図と CAD データが一致していることが確認でき、700 m での測定でおよそ 1 m 程度の誤差が生じることが分かった。A 地点と B 地点は放射化されていることが確認されており、1 インチの CsI(Tl)シンチレーション検出器の計数率においても、図 5 に示すように、A 地点と B 地点の計数率の上昇で放射化が確認できることがわかった。なお、線量計での測定で A 地点では $2\mu\text{Sv/h}$ であった。

図 6 は、A 地点を通過する前後 130 秒間、CsI(Tl)シンチレーション検出器で取得したスペクトルデータを積算したものである。青線は 1 インチ結晶のスペクトルを示し、赤線は $\phi 110 \times 25 \text{ mm}$ 結晶のスペクトルを示している。結晶サイズが大きい検出器の方(赤のプロット)が計数が多く、ガンマ線ピークがより明確に見えている。KEK の文献などを参考にして、ビームラインの構成装置やその場にあった物質を考慮した結果、図 6 のスペクトルのピークが放射化による Co-57、Mn-54、Na-22 であると同定した。

以上の結果から、開発した SLAM 搭載放射線検出器で、屋内外での放射線マッピングをしながら、移動中の測定で放射線の検出・同定できることが確認された。

4. ネットワーク機器の性能試験

ネットワークに携帯電話回線を利用できるが、より高いセキュリティを求めるためには、ローカルで閉じたネット

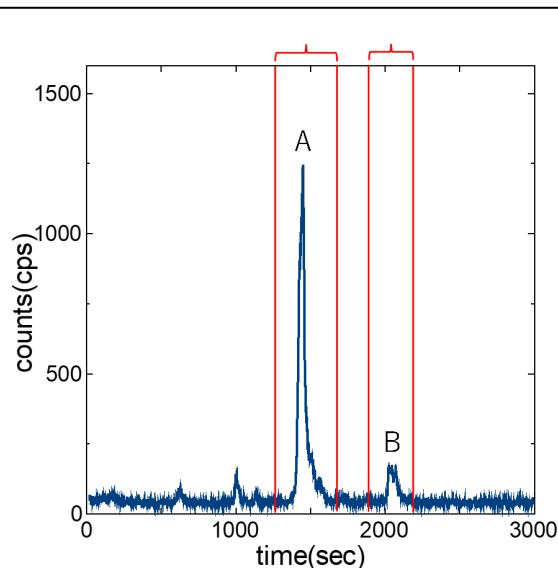


図 5 検出器の計数率の時間変化

1インチ CsI(Tl)シンチレーション検出器の計数率の時系列での変化。A 地点と B 地点での計数の上昇が、ビームラインでの放射化を示している。

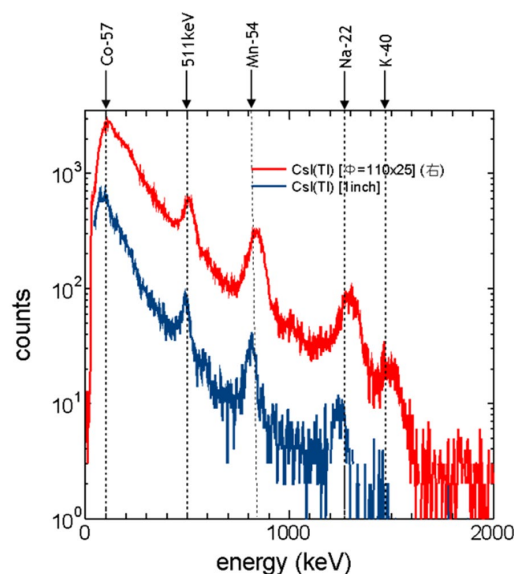


図 6 A 地点前後の積算スペクトル

A 地点を通過する前後 130 秒間に CsI(Tl)シンチレーション検出器で取得したスペクトルの積算。赤と青のプロットの差は検出器の大きさによる。放射化による Co-57、Mn-54、Na-22 のピークが確認できた。

ワークの方が望ましい。近年、ユビキタス機器用の 900MHz 帯域を使う低消費電力デバイス (Low Power Wide Area Network (LPWA)) が注目されている。表 1 は、LPWA で入手可能な規格を示したものである。我々は、その中で、比較的高速であり、通信費不要なデバイスである Wi-SUN FAN [4] の導入試験を開始した。このデバイスは、1 対 1 での通信距離が 1km で、マルチホップを使うと最大 24 ホップ、25km までの通信が可能である。また、メッシュ通信が可能なので、堅牢なネットワークの構築が期待できる。このデバイスは京都大学が開発したもので、共同研究 (原子力機構、京大、新潟大) で開発を進めている。

図 7 は、Wi-SUN FAN 試験デバイスである。Wi-SUN FAN デバイスは緑のボードでアルミニウム製の箱の中に収められている。箱には、通信用アンテナと USB 端子が取り付けられている。USB で電源供給とボード PC からの通信制御を受ける。

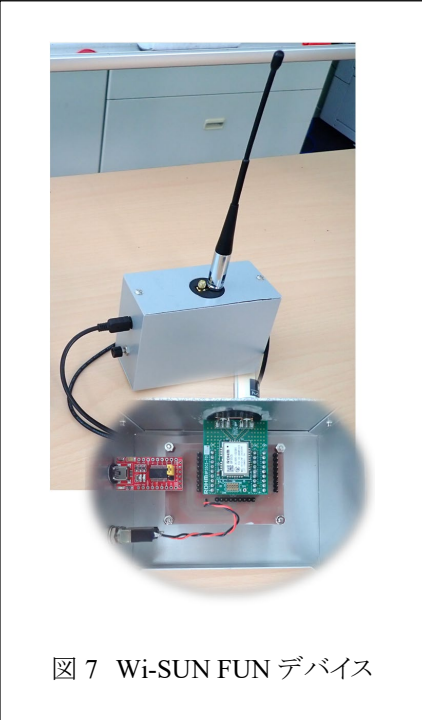


図 7 Wi-SUN FUN デバイス

図 8 は、Wi-SUN FAN を用いた 1 対 1 の通信試験の結果を示したものである。1 台を基地局として固定して、直線道路を往復して、通信距離がどこまであるかを調べたものである。この試験より、デバイス間の距離が 650m より遠くなると通信が不安定になることがわかった。別の試験では、建物の屋上に基地を置き、建物周囲を周回したところ、半径 160m 程度まで通信できることを確認した。今後は、障害物等があるときに中継器

表 1 LPWA デバイスの仕様例 [4]

	Wi-SUN FAN	Sigfox	LoRaWAN	ZETA
network	local	public	both	local
speed	300 kbps max (to be 2.4 Mbps soon)	up 10 bps down 600 bps	37.5 kbps max	100 bps – 50 kbps
data size	no limit	limited	limited in public network	no limit
distance	1 km each, 25 km using multi hop	50 km	10-20 km	2-10 km
multi hop	Yes (24)	no	no	Yes (4)

を設置し、マルチホップを用いた通信で、より広い領域での通信をカバーできることを確認していく予定である。

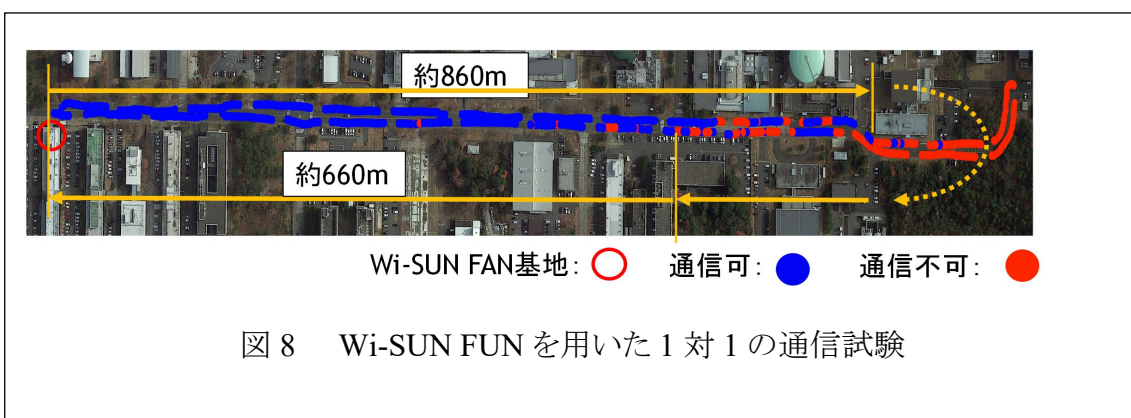


図 8 Wi-SUN FUN を用いた 1 対 1 の通信試験

5. まとめ

ISCN 技術開発推進室では、大規模イベント会場等において、核・放射性物質を利用したテロ行為を未然に防ぐための技術開発を進めてきた。広いエリア内に核・放射性物質がないことを確認するための広域サーベイシステムの開発について報告した。屋外については GPS を組み込んだ装置、屋内については、SLAM ができる装置を開発した。定期的にスペクトルを取得することにより、放射線マッピングでき、計数が上昇する位置の特定ができた。また、得られたスペクトルから放射性物質の同定ができた。

現在は、サーベイの状況を確認し、測定のコストや見逃しを避け、即時に対応できるようにするため、ネットワークモジュールについても開発を進めている。このネットワークモジュールは、セキュリティを重視して、ローカルで閉じられたものとするため、Wi-SUN FAN という規格のデバイスで試験を進めているところである。

無人走行車両については、将来的には自律的、自動的にサーベイを行えるように技術開発を進めていく予定である。まずは、夜間や施設が閉館しているときの巡回から始められればと考えている。

謝辞

本技術開発は、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で進められた。また、本技術開発は、原子力機構と IAEA との協調研究 (coordinated research program (CRP), J02015 (Facilitation of Safe and Secure Trade Using Nuclear Detection Technology - Detection of RN and Other Contraband)) に対しても寄与するものである。

参考文献

[1] 高橋時音ほか、「大規模公共イベント等における核・放射性物質モニタリング技術

開発」日本核物質管理学会第 44 回年次大会予稿集(2023、東海)

[2] M.Koizumi, et al., "Current status of a JAEA development program on nuclear and radioactive materials detection techniques in major public events", Proc. of the INMM and ESARDA joint Annual Meeting (2023, Viena, Austria).

[3] https://emdb.jaea.go.jp/emdb_old/mappingtool.html

[4] <https://www.co-nss.co.jp/iot/wisun/>

【報告:技術開発推進室 小泉 光生、山口 郁斗】

4. 活動報告

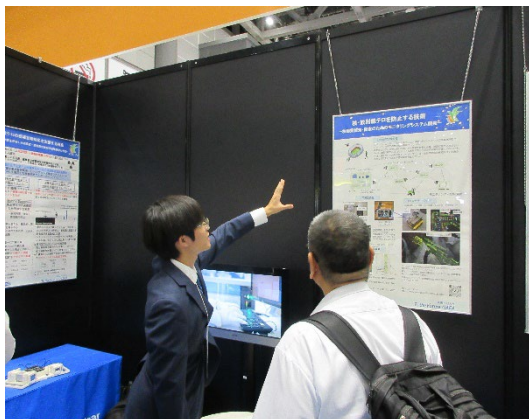
4-1 テロ対策特殊装備展'24(SEECAT)への出展について

原子力機構は、本年 10 月 9 日(水)～ 11 日(金)10:00～17:00、東京ビッグサイト(西 2 ホール)で開催されたテロ対策特殊装備展'24(SEECAT: Special Equipment Exhibition & Conference for Anti-Terrorism)に出展した。

SEECAT は、国内外よりテロ対策に関わる関係者が集結する国内唯一の『テロ対策』に特化したビジネストレードショーで、入場審査により来場者を限定したクローズドショーとすることで、警察・消防・自衛隊などの治安関係者をはじめ、重要エネルギー施設や交通インフラ、大規模商業施設等の危機管理関係者とのピンポイントで効率的なマッチングを創出するイベントである。主催者発表では、3 日間で昨年の実績を上回る延べ 7,488 名の治安・警備・危機管理関係者等が参加した⁶²。



東京ビッグサイトの SEECAT の案内
危機管理産業展(RISCON)と同時に開催された。



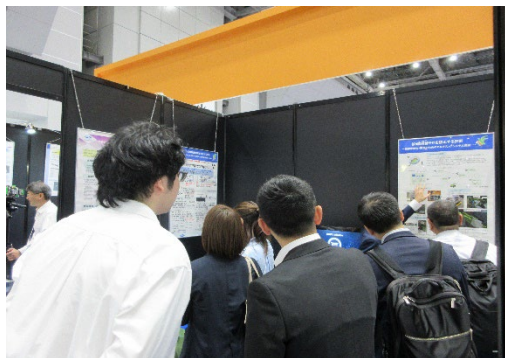
説明の様子

原子力機構の SEECAT への出展は、一昨年から続き、今回で 4 回目となり、①核・放射性物質の検知・測定に有効な検出装置の試作機であるハイブリッド型ガンマ線検出器、②核セキュリティ用無人パトロール装置の展示を行い、機構が取り組んでいる核セキュリティに関連する技術開発の成果を、警備・防衛、治安・危機管理等の関係者に説明を行った。

また、合わせて、原子力機構のパンフレット等の配布、ISCN の PR 動画の放映を通じて、原子力機構及び ISCN の活動紹介も行った。

原子力機構のブースには、3 日間で 155 名が訪れ、来訪者に対してパンフレット等を提供しつつ展示装置やパネルを用いて技術開発の概要を説明した。今次の展示は関係者に対して遍く原子力機構の技術開発の成果・知財の共有を図ると共に、原子力機構にとっても、意見等を収集する有益な機会になった。

⁶² SEECAT ホームページ(<https://seecat.biz/index.html>)より



原子力機構のブース(左)とハイブリッド型ガンマ線検出器(右)

【報告:核不拡散・核セキュリティ総合支援センター】

4-2 原子力学会 2024 年「秋の年会」参加報告

題目:「核分裂即発ガンマ線の核セキュリティへの応用 表示付認証機器 Cf-252 を用いた測定」

発表者: 芝 知宙

核セキュリティ上、遮蔽体内に隠ぺいされた核物質を検知する技術が求められている。核物質に特有な核分裂に伴う即発ガンマ線は連続スペクトルであるが、透過力の高い高エネルギー領域までのスペクトルを有する。本発表では、Cf-252 を用いた表示付認証機器を用いた測定について発表した。実験に使用した線源は、元素重量 24g の天然ウランの二酸化物であった。Cf-252 を用いた表示付認証機器の放射能は 3.1 MBq であった。この中性子源を UO₂ 線源に接近させて核分裂反応を誘発させ、発生した即発ガンマ線を HPGe 検出器(直径 58.9mm、長さ 59.3mm、35%効率)で測定した。測定時間は数時間とした。²⁵²Cf 線源のみのパッシブ測定に対して、(UO₂ 線源 + ²⁵²Cf 線源)のアクティブ測定が、有意に CPS が増えていることを確認した(図 1 参照)。会議参加者からは「重遮へいされたウランやプルトニウム等の核物質を検知する必要があるが、できるのか」という質問があった。本質問に関して、報告者は「高エネルギー領域までのスペクトルを有する核分裂に伴う即発ガンマ線は、透過力が高く、重遮へいを通り抜けやすい。今後は、検出限界をシミュレーションにより明らかにしていく」と回答した。また、別の参加者から「線源としては Cf が適当なのか」という質問があった。報告者は「今回は Cf を使用したが、Cf はそれ自体が核分裂に伴う即発ガンマ線を放出するため、ウランやプルトニウム等の核物質から放出される核分裂に伴う即発ガンマ線と区別するのに、特別な統計処理が必要となる。そういったものが必要ない中性子源として、Am とターゲットの (α , n) 反応を利用した中性子源も考えられ、現在その要素

実験を実施している」と回答した。

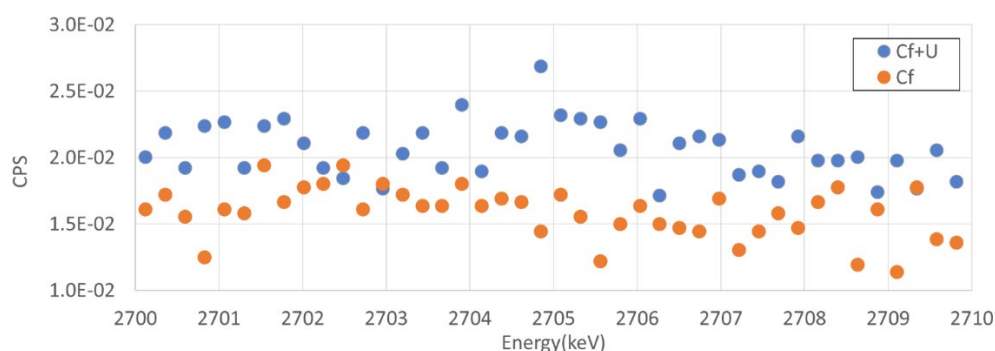


図 1 2700-2710 keV 区間の核分裂即発ガンマ線の様子

題目:「高速中性子イメージングシステムの開発」

発表者:持丸 貴則

核セキュリティにおいて、規制上の管理を外れた核物質及びその他の放射性物質 (MORC) を効果的に検知する能力の向上が求められている。これらのうち、中性子を放出する物質の検知には、高速中性子検出器が有効である場合が想定される。ISCN では、波形弁別によりガンマ線と高速中性子を分けて測定を行うことができるプラスチックシンチレーション検出器 EJ-276 を用いた高速中性子検出器の開発を進めている。今回の発表では、核セキュリティのみならず、高速中性子イメージングを用いた非破壊検査など、幅広い応用が期待できる 2 次元位置敏感型検出器について発表した。図 2 に発表に用いた検出器の外観スライドを示す。二次元位置敏感型検出器は、 $3 \times 3 \times 50$ mm の結晶を 11×11 本の格子状に配置し、位置敏感型光電子増倍管 (Hamamatsu:H12700A-03) と組み合わせたものである。位置敏感型光電子増倍管からは最終段のダイノードと、4ch に抵抗分割されたアノードからの出力が得られる。開発した検出器を用いて、近畿大学原子力研究所の高速中性子源から放出される中性子及びガンマ線を測定する試験を実施した。図 3 に試験の様子とその結果を示す。ダイノード出力の波形を基に中性子/ガンマ線を弁別し、抵抗分割された 4ch のアノード出力を用いて反応位置を導出したところ、中性子、ガンマ線を明確に弁別し、それぞれの反応位置分布を取得することができた。反応位置分布から高速中性子を用いた非破壊検査に適用できる見込みを得られた。会場では、結晶サイズによる弁別能への影響、抵抗分割による時間遅れが測定に与える影響などについて議論を交わした。

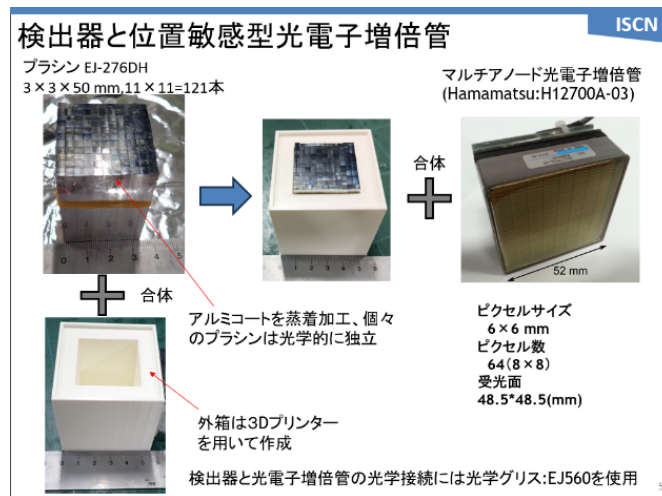


図 2 高速中性子検出器の外観

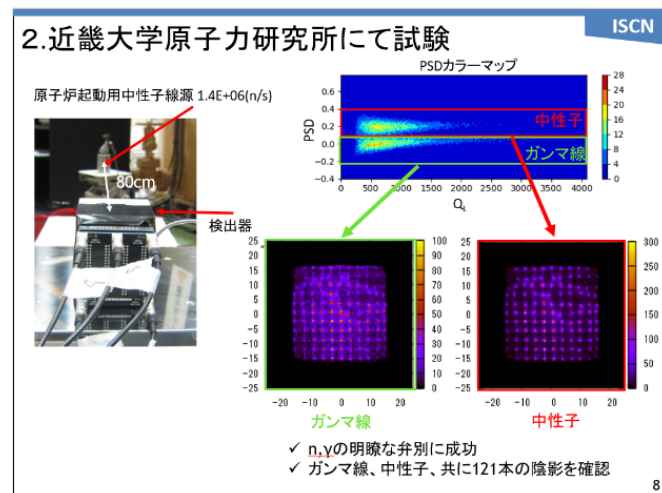


図 3 試験の様子と n/γ 弁別と反応位置分布結果

題目 : 「Nondestructive Quantitative Isotopic Analysis Using Nuclear Resonance Fluorescence」

発表者 : オマル・モハマド

Nondestructive isotopic analysis is an indispensable measurement for nuclear security and safeguard applications because such kind of analysis provides information about the isotopic composition of nuclear material. Nuclear resonance fluorescence (NRF) is a process of exciting certain energy levels of the nucleus using an external γ -ray source and detecting the deexcitation emissions by means of γ -rays spectroscopy. The emitted γ -rays are the unique signatures of the nucleus that can be employed in the identification of nuclear isotopes. The high-energy γ -rays involved in the NRF interaction can penetrate a considerable range of shielding materials. Thus, the NRF technique is assumed to be one

of the promising methods of the nondestructive detection of nuclear materials. Here, we demonstrate the ability of NRF to provide a full isotopic analysis for Hf and W elements as mimics of nuclear materials. Hf target (purity of 99.9%, square 2.5 cm on a side and 4 mm thick) and W target (purity of 99.95%, disk 2.5 ϕ cm and 4 mm thick) were irradiated by LCS γ -ray beams at the HI γ S facility of Duke University, USA. The NRF scattered photons were detected by an array of detectors consisting of 6 high purity germanium (HPGe) detectors. The flux of the incident γ -ray beams was accurately estimated by a combination of measurements of incident γ -ray beam profiles and Monte Carlo simulations. The average flux used in the present measurement is approximately 400 γ /sec eV. In total, 21 and 30 transitions of Hf and W isotopes were observed, respectively. Knowing γ -ray beam flux and the NRF cross sections, these transitions were employed to quantitatively estimate the abundance of 3 Hf and 3 W isotopes. The uncertainty of the estimated abundances ranges from 2.7% to 6.7%, with a less than 1.8% deviation from the reference values, as shown in Fig. 4. Furthermore, qualitative identification of ^{177}Hf , ^{179}Hf , and ^{183}W isotopes was realized by several peaks of these isotopes. However, the lack of cross-section data prevented quantifying these isotopes. Nonetheless, the present results pave the way for accurate measurement of the isotopic composition (enrichment) of nuclear materials using the NRF method.



Fig. 4 Isotopic analysis obtained by the NRF method for natural Hf and W metals.

【報告:技術開発推進室 芝 知宙、持丸 貴則、オマル・モハマド】

4-3 追加議定書及び大量破壊兵器物資識別に係るオンライントレーニング 開催報告

IAEA/ISCN は、文部科学省の核セキュリティ強化等推進事業の一環として、2024 年 9 月 2 日～3 日に「追加議定書及び大量破壊兵器物資識別に係るトレーニング (AP-CIT)」をオンラインで開催した。本コースは、核不拡散に対する我が国の取組や経験を活かし、IAEA が実施する国際的な保障措置活動において重要となる国内計量管理体制維持に求められる国際的な基準を教育するために開発され、輸出管理分野の知見が豊富である韓国核不拡散核物質管理院 国際核セキュリティアカデミー (KINAC/INSA) の協力を得て開催した。

IAEA 保障措置協定の追加議定書(AP: Additional Protocol)では、批准国に原子力資機材の輸出情報を IAEA に報告することを義務付けている。報告の対象となる資機材は AP の附属書IIに特定されているが、その記述は技術的であり、かつ図や写真がないテキストのみ記載であるため一読して理解することは容易でない。そこで本コースでは、附属書IIに列挙された資機材について写真や図を用いて詳細に解説することによって、AP 批准国が輸出に係る報告を適正に遂行するための知識を提供すること、さらに IAEA への報告における良好事例や教訓を共有することにより、原子力に係る国際的な輸出管理体制の強化に資することを目的として開催された。

AP 及び輸出管理に焦点を当てたトレーニングは、これまで二国間コースとして2016年にミャンマー、2018年にタイにおいて実施したほか、2021年に初めて複数国を対象としたアジア地域向けコースとしてオンラインにて開催した。2023年にはアジア原子力協力フォーラム(FNCA)核セキュリティ・保障措置プロジェクトにおいて本分野のトレーニング開催の高いニーズが特定されたため、複数国に対する開催としては2回目となる本コースを開催した。今回はアジア太平洋地域の15か国の原子力規制機関、関係省庁、研究機関等から39名の応募があり、選考の結果、12か国19名の保障措置または輸出管理担当らの参加を得た。

本トレーニングは、自習型 e ラーニング(EL)と Web 会議システム Zoom meeting を用いた 2 日間のライブ(IL: Interactive Learning)セッションを組み合わせている。参加者に対して、開講の約 3 週間前に全 11 種の EL 教材を提供し、9 月 2 日の開講までに学習を完了させるよう要請した。このため、コース開始前にはほとんどの参加者が一定レベルの知識を得た状態で開講を迎えられたため、限られた IL セッションの時間を効果的に使うことができた。2 日間の IL セッションでは「核不拡散に関する国際枠組み」、「AP 附属書 II」、「AP に基づく報告と輸出管理の効果的な実施」の 3 つのテーマに沿って、講義及び演習を行った。また、原子力規制庁及び経済産業省のゲスト講師より、日本の経験に関する特別講義が行われた。

演習では、Zoom meeting のブレイクアウト機能を用いて参加者を各 5 名程度の 4 つの小グループに分け、画面に表示される資機材の写真/図を見て何の資機材かを答え、グループ毎に正解の数を競うゲーム型のセッションと、仮想国における不正な輸出管

理に関するシナリオを基に各グループが仮想国の輸出管理体制の在り方を議論してその成果を発表する議論型セッションの 2 種類を行った。各講義・演習では Zoom のチャット機能を利用して、活発に質疑応答や輸出管理に係る経験や課題の共有がなされ、オンラインでの開催ではあったが、Zoom の種々の機能をフル活用して可能な限り双方向なトレーニングを提供できたと考えている。

保障措置分野における人材育成支援に対して豊富な経験を有し、IAEA での保障措置分野における経験を有する ISCN 講師らと、輸出管理分野の知見が豊富である KINAC/INSA 講師が講義から演習のファシリテートまで協働することによって、リソースを有効活用し、高品質なトレーニングを提供できた。



グループ演習の様子

参加者フィードバックでは以下のような声が寄せられた。

- 自国では原子力資機材の輸出管理に対する認識は不十分であり、本コースで得られた知見を関係者の意識向上に活かしていきたい。
- コース受講前は必要性が分からないまま規制要件に従い AP 報告していたが、受講後は AP 報告に係る自身の仕事の重要性を理解できた。今後業務改善につなげたい。
- 日本や韓国をはじめ本コース参加者それぞれの国の良好事例や抱えている課題について共有できたことは貴重であった。
- グループ演習のシナリオ設定が良く、参加者と議論できたことが良かった。もっと議論の時間を増やしてほしい。

- 例えば、コース期間を延長し、施設見学等も含んだ対面コースとして実施して欲しい。



集合写真

原子力に係る国際的な輸出管理体制の強化には、各国の幅広い関係者の意識向上を図ること、そして保障措置や輸出管理に携わる各国担当者が持続的に情報を共有できるネットワークを築くことが重要であり、本コースがその一助となることができた。今後も、対象国からのニーズや参加者フィードバックを大切に、本分野において、JAEA/ISCN の強みを生かしたより効果的なトレーニングコースを提供していきたい。

【報告:能力構築国際支援室 関根 恵】

4-4 JAEA-EC/JRC 共同研究に関する運営会議の開催

2024 年 10 月 8 日、JAEA と欧州原子力共同体(EURATOM、EC/JRC (European Commission Joint Research Centre)が代表)との間の「核物質保障措置の研究及び開発に関する取決め」に基づく JAEA-EURATOM の協力に関する運営会議が開催された。本会議は、両者の共同研究の実施内容・計画についてレビュー等を行う目的で開催するものであり、2010 年 5 月以降ほぼ毎年、日本と欧州で交互に実施してきたものである。本会議は COVID-19 の影響で一時期オンライン開催となっていたが、昨年の運営会議から対面での開催が再開され、今回は JAEA 東京事務所とオンラインでのハイブリッド形式での開催となり、EC/JRC から 16 名(対面:2 名,オンライン:14 名)が参加した。

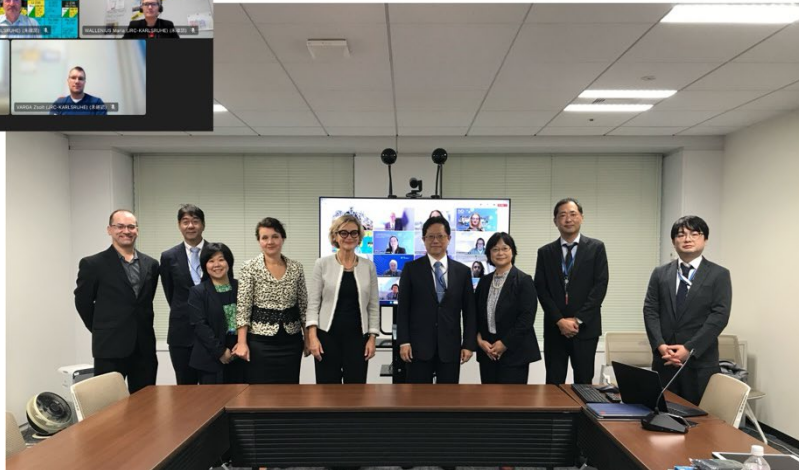
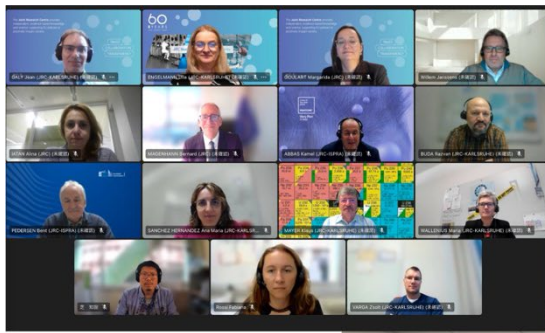
会議の冒頭、EC/JRC 局長代理の Bernard Magenmann 氏と JAEA の板倉副理事長が両組織を代表して挨拶を交わした。続いて、JAEA と EC/JRC における核不拡散・核セキュリティに関する活動概況について、ISCN 井上センター長と EC/JRC 原子力安全・セキュリティ局長の Ulla Engelmann 氏より相互に報告した。その後、共同研究で進めているプロジェクトのうち、保障措置及び核セキュリティトレーニング、核鑑識技術開発、アクティブ中性子非破壊技術開発、標準核物質(LSD)スパイク⁶³についての進捗状況等の報告が双方から行われた。今次会議では、将来的な新しい協力内容・計画に向けて以下のトピックに関する活発な議論が行われた。特に、オンライン参加者から多くの意見が出され、本会議は充実したものとなった。

- 原子力と再生可能エネルギーの相乗効果に関する次世代炉 (HTTR や SMR) とそれらのセーフガード・バイ・デザイン
- 保障措置と核セキュリティにおける人工知能(AI)の利用
- 大学連携に重点を置いた保障措置・核セキュリティ教育プログラムの開発

また、アクティブ中性子非破壊技術開発における協力の今後の方向性や、核鑑識技術開発における具体的な共同研究内容について、JAEA と EC/JRC の担当者間で詳細な議論を進めていくことで双方が合意した。

引き続き、EC-JRC との協力を通じて、JAEA における核不拡散・核セキュリティの技術開発及び人材育成業務を効果的・効率的に進めていきたい。

⁶³ 国際保障措置における MOX 燃料の計量管理に関する試料分析で使用する標準物質。²³⁹Pu などの核種濃度の定量に供するため、分析試料にあらかじめ同位体濃度が値付けされた標準物質を添加する。



運営会議出席者集合写真

【報告：技術開発推進室 木村 祥紀】

4-5 日本放射化学会第 68 回大会参加報告

ISCN は、2024 年 9 月 23 日～25 日にグランシップ静岡（静岡市）で開催された日本放射化学会第 68 回討論会に参加した。これまで ISCN は本学会には参加した経験がなかったが、特に核鑑識と CTBT に関して放射化学の専門家との連携及び情報交換が今後の業務の発展に必須であるため、技術開発推進室と CTBT 技術協力室の業務紹介を実施した。口頭発表 3 件を「核不拡散・核セキュリティ・核軍縮分野の放射化学」と題するシリーズ発表として実施したほか、ポスター発表を 2 件実施したところ、多くの方から質問やコメントを頂くことができた。核不拡散及び核セキュリティ等と近い専門分野の人が集まる場に積極的に参加し、当センターの業務について積極的に紹介することの重要性を再認識した。

口頭発表(シリーズ発表)

発表者：井上 尚子

タイトル：核不拡散・核セキュリティ・核軍縮分野の放射化学

(1) 核鑑識技術開発及び CTBT 技術協力

2010 年 4 月に米国ワシントン D.C.で実施された第 1 回核セキュリティ・サミットにおいて「アジア諸国をはじめとする各国の核セキュリティ強化に貢献するためのセンターを日本原子力研究開発機構(JAEA)に設置」と合意されたことを受け、2010 年 12 月、核不拡散・核セキュリティ総合支援センター(ISCN)が設置された。本発表では、ISCN の業務のうち、核物質・施設・情報等が軍事転用されないこと(核不拡散)、核物質・放射性物質を使ったテロや原子力施設がテロリストに狙われないようにする(核セキュリティ)、核軍備の廃絶を最終的な目標として段階的に縮小・削減して行く取り組み(核軍縮)に関する業務の概要を紹介した。最後に、これらの業務は放射化学を含む科学技術に支えられていること、国際社会での活躍の機会も多いことについて述べ、協力を呼び掛けた。本発表に対し、前会長より、放射化学討論会への参加とセッション開催に対する感謝のコメントを頂いた。

発表者：木村 祥紀

タイトル：核不拡散・核セキュリティ・核軍縮分野の放射化学

(2) 深層学習モデルを応用した核鑑識技術

核・放射線テロの現場初動対応やラボ分析を含む核鑑識に関する様々な技術的課題を解決するため、ISCN では深層学習モデルを応用した分析技術等の開発を進めている。本発表では、深層ニューラルネットワークによる核種判定アルゴリズム、教師なし深層学習によるガンマ線スペクトルディコンボリューション技術と深層距離学習による

ウラン電子顕微鏡画像の識別技術の研究成果概要と今後の展望を報告した。発表に対し、核種判定アルゴリズムが対象としている放射性核種やその強度、深層ニューラルネットワークで解析可能なエネルギー分解能の範囲に関する質問を受けた。

発表者： 木島 佑一

タイトル： 核不拡散・核セキュリティ・核軍縮分野の放射化学

(3) 放射性希ガス観測による地下核実験の検知

2013 年 2 月に実施された第 3 回北朝鮮核実験において、人工地震波の検出から約 2 か月後、CTBT 高崎観測所で核実験起源とみられる放射性キセノンが検出された。この「核実験起源」の判断に際しては、放射性キセノンの同位体比に着目した解析手法を用いるのが一般的であるが、この方法には不確かさに関する検討が十分になされていないという問題がある。そこで我々は、不確かさを考慮できる新たな解析手法(放射能比のバンド幅を用いた解析)を検討した。本手法を第 3 回核実験のデータに適用して再解析を行った結果、高崎とウスリースクで検出された放射性プルームは異なる放射性プルームに起因しており、北朝鮮の核実験場から放射性キセノンの地上放出が 2 度あったことが示唆された。今後は更なる検証を重ね、今後の核実験に備える予定である。

ポスター発表

発表者： 山口 知輝

タイトル： 核セキュリティを支える核鑑識技術

-ISCN における最近の研究開発と今後-

文部科学省核セキュリティ強化等補助金事業の一環で進めている ISCN の核鑑識技術に関する最近の研究開発成果の概要と今後の展望として、基本的な分析能力獲得に向けた分析ラボの整備、分析技術の高度化、近年の取り組みであるステークホルダーのニーズに応えるための「テロ事案発生後」の核鑑識、低コストの分析ツールの開発、AI などの新興技術の応用、多角的なサンプル分析のための新しいシグネチャーなどの分野における研究成果と国際パートナーとの共同研究について報告した。本発表では、アカデミック関係者に対する核鑑識分野の周知・展開に向けて、学生や大学関係者をはじめとした様々な専門家と直接意見交換を行うことができた。

発表者： 古野 朗子

タイトル： 包括的核実験禁止条約(CTBT)に係る大気中放射性核種の監視

本発表では、包括的核実験禁止条約(CTBT)に基づき世界中で実施されている放射性核種の監視について、希ガス核種及び粒子状核種の検知技術について簡潔に説明し、近年世界各地で得られた人工放射性核種の大気中濃度データの概要を紹介した。本発表については、特に放射性キセノンの大気中濃度が日常的に観測されていることをこれまで知らなかったので興味深い」といったコメントが寄せられた。また、CTBT の粒子状核種観測所で粒子を捕獲するために用いているフィルターを核実験検知以外の用途で分析できないのかという質問もあった。もし分析できれば、福島事故後のセシウム再浮遊に関する実測データを得られる可能性もあり、環境放射能のデータとしても利用できる可能性がある。このように CTBT データの民生利用については高い関心があり、今後も関係者と議論を重ねていきたい。

【報告:ISCN:井上 尚子、技術開発推進室:山口 知輝、木村 祥紀、CTBT 技術協
室:木島 佑一、古野 朗子】

5. コラム

5-1 ISCN 各室紹介シリーズ ～能力構築国際支援室～

ISCN 各室紹介シリーズとして、9月号及び10月号ではISCNの計画管理・政策調査室の業務内容を御紹介してきました。本シリーズ3回目となる今月号では能力構築国際支援室の業務内容について紹介します。

能力構築国際支援室の主要業務は、核不拡散・核セキュリティ分野における人材育成支援業務です。具体的には、当該分野における人材育成を支援するため、講義、グループ演習、核セキュリティや保障措置のために実際に原子力施設で用いている設備の実機を用いた実習等を組み合わせたトレーニングコースを国内外に向けて提供しています。

当室には、①国内外の参加者に対して講義を行い、グループ演習及びISCN実習フィールドでの実習を指導するインストラクターたちで構成されたサブ(サブスタンス)チーム、②参加者の査証手続き、宿泊場所や交通手段の確保等、コース運営に必要な手続を行うロジ(ロジスティクス)チーム、及び③トレーニングコースで用いる核物質防護(PP)設備やバーチャルリアリティ(VR)システム、PCシステムの操作や管理を担当する基盤整備チームの3チームがあります。この3チームが連携してトレーニングコースを運営しており、チームワークが非常に重要な業務です。



トレーニングコースの様子

トレーニングコース運営以外の業務として、国際原子力機関(IAEA)や各種学会等が主催する会合で論文を発表し、当室の活動成果を周知する他、ISCN 実習フィールドで有している侵入検知センサーやカメラ、出入管理設備、VR システムの日々のメンテナンスや更新及びこれらに付随する契約履行管理等の機器の専門知識が必要となる業務もあります。この他、視察・見学対応や実習現場の安全を確保することを目的としたスタッフの安全教育管理等、多岐にわたります。

このように当室の業務の幅が広いと、多様なバックグラウンドを持つスタッフが活躍しており、それぞれの知識を持ち寄って上手く機能しています。特にサブチームの業務は核セキュリティ、保障措置、原子力施設や核物質に係る技術的な内容の理解が不可欠となることが多いですが、これらの知識を習得できる機会が設けられバックグラウンドに限らず活躍できる環境が整っています。また、1～2 週間続くトレーニングコース運営や週末にかかる被爆地(広島・長崎)訪問、夏冬の屋外実習における立ち通しでの説明、移動距離の長い海外出張等の身体を動かす業務が多いことも特徴であり、体力に自信がある方も歓迎される職場です。当室の活動情報は、今後も ISCN ニュースレターに掲載いたしますので、引き続きご覧いただけますと幸いです。



能力構築国際支援室オフィスの様子

【報告:能力構築国際支援室】

編集後記

原子力業界にいる方は、3S という言葉を一度は耳にしたことがあるであろう。原子力の平和利用を進めるには、この 3S すなわち Safety、Security、Safeguards の確保が重要であると良く言われるが、3S という言葉が初めて使われたのは 2008 年の洞爺湖サミットらしい。3S のうち安全は原子力利用における必須要件として黎明期から現在に至るまで極めて重要なものとして扱われてきた。一方、残りの Security と Safeguards は安全を前提とした設計が終わった後に後付けで対応されてきた感があり、また時代によってその注目度も変わって来たとの印象を持っている。1980 年代後半から 90 年代にかけては、プルトニウム燃料第三開発室、もんじゅ、ウラン濃縮原型プラントなど保障措置上重要視されるプルトニウムや濃縮ウランを取り扱う核燃料サイクル施設の新設ラッシュの時期であり、各施設の保障措置実施に当たって IAEA と結ばれる施設付属書の交渉が多く行われていた。さらに、時を同じくして日米原子力協力協定の改定が行われ、最大のポイントである再処理等の包括同意について、実施取極の付属書 I に格上げするための保障措置コンセプトの議論や格上げ交渉が盛んに行われていた。その後は、これら施設の運転に伴う保障措置に関する課題解決などが実施されてきたが、新規施設の建設も無くこれら施設の運転停止に伴い保障措置への注目度は低くなってきていると感じる。セキュリティについては、1975 年 IAEA のガイドライン INFCIRC/225 が作成された時は核物質の防護のみが対象とされており、また日本は 1988 年核物質防護条約を締結したが、当時は核物質防護(PP)と呼ばれ、私の印象では大きな議論もなく注目度は低かったと思う。しかしながら、2001 年の米国同時多発テロを契機に核テロの脅威に対する懸念が各国で共有され、特に IAEA の INFCIRC/225/Rev.5 が 2011 年に発行後、国内の核セキュリティ規制が強化されると事業者も核セキュリティ対策に重点的に取り組むようになり、現在は、安全と並び原子力利用における極めて重要な要素となっている。状況は異なるにしろ 3S は原子力平和利用に不可欠な要素である。ISCN では 3S のうち Security と Safeguards の面で原子力平和利用の支援を行っているが、このニューズレターの記事を通じて Security と Safeguards の重要性について理解が深まればと思う。

(H.T)

ISCN ニューズレターに対してご意見・ご質問等は以下アドレスにお送りください

E-MAIL: iscn-news-admin@jaea.go.jp

発行日: 2024 年 11 月 1 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)