



ISCN Newsletter

(ISCN ニュースレター)

No.0315

March, 2023

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 プレス発表「発見！レーザーで中性子を発生する新法則 —1 千万分の 1 秒の瞬間で元素を透過識別する装置がコンパクトに—」	4
1-2 包括的核実験禁止条約準備委員会事務局長の高崎放射性核種監視観測所ご視察	4
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 Bulletin of the Atomic Scientists が人類最後の日まであと 1 分 30 秒と発表	6
米国の学術雑誌 Bulletin of the Atomic Scientists は、2023 年 1 月 24 日、人類最後の日までの残りの時間(分)を示す「終末時計」について、1 分 30 秒と発表した。その根拠のうち、露国によるウクライナへの軍事侵攻と、核兵器及び核拡散懸念に関するものを中心に紹介する。	
2-2 核兵器国等が保有する核弾頭数とその使用目的、及びそれらの国々が保有する高濃縮ウラン及び分離プルトニウム量等について	11
ストックホルム国際平和研究所(SIPRI)の 2022 年版 SIPRI 年鑑(SIPRI Yearbook 2022)等は、核兵器国等が保有する核弾頭数や核兵器の使用目的、また当該国が保有する高濃縮ウラン及び分離プルトニウム量の概略を記載しており、それらを紹介する。	
2-3 核検知技術を用いた原子力貿易の核セキュリティ強化	22
IAEA は、原子力資機材の貿易において核セキュリティ等を強化することを目的とした核検知技術の共同研究プロジェクトの開始を発表した。本プロジェクトは、国際的な供給網に対する脅威である核物質等の違法な取引の防止に向けた協力の強化を目指している。	
3. 技術・研究紹介	25
3-1 第 7 回核鑑識共同試料分析演習(CMX-7)の概要	25
ISCN 技術開発推進室が参加した核鑑識国際技術ワーキンググループ主催の第 7 回共同試料分析演習の概要及び ISCN における分析結果について報告する。	
4. 活動報告	30
4-1 ISCN-WINS 共催ワークショップ「核セキュリティ文化の自己評価」開催報告	30
2023 年 1 月 19 日～20 日に ISCN が時事通信ホールにて世界核セキュリティ協会(WINS: World Institute for Nuclear Security)との共催で開催したワークショップ「核セキュリティ文化の自己評価」の概要を報告する。国内の原子力事業者を中心に、規制、警備及びその他関係機関等が参加した。	
4-2 OSI 地域入門コース-24 への参加報告	32
包括的核実験禁止条約機関準備委員会(CTBTO)は、2022 年 1 月 15 日～21 日に、現地査察(OSI)の査察官養成を目的とした「OSI 地域入門コース-24」を開催し、ISCN CTBT・輸送支援室から 1 名が参加した。本稿ではその概要について報告する。	

5. コラム ----- 34

5-1 IAEA 保障措置業務に出会った頃----- 34

令和4年4月に ISCN 能力構築国際支援室に着任した早川 剛より、IAEA 保障措置対応業務に従事した経験を紹介する。

1. お知らせ

1-1 プレス発表「発見！レーザーで中性子を発生する新法則 —1 千万分の 1 秒の瞬間で元素を透過識別する装置がコンパクトに—」

ISCN 技術開発推進室では、文部科学省核セキュリティ強化等推進事業費補助金の支援を受け、アクティブ中性子非破壊測定技術開発¹を進めてきました。その中で、核物質を非破壊で測定するための分析装置の小型化を目指し、レーザー駆動中性子源を用いた中性子共鳴透過分析システムの開発²を行ってきました。

この度、本研究における共同研究者である大阪大学レーザー科学研究所の余語覚文教授らの研究グループが取り纏めた論文³がアメリカ物理学会が発行する学術雑誌 Physical Review X に掲載されたことに合わせて、成果報告のためのプレス発表を行いました。プレス発表の記事全文は以下の URL からご覧いただけます。

URL: <https://www.jaea.go.jp/02/press2022/p23012501/>

1-2 包括的核実験禁止条約準備委員会事務局長の高崎放射性核種監視観測所ご視察

JAEA / ISCN は、包括的核実験禁止条約機関準備委員会(CTBTO)が整備している国際監視制度(IMS: International Monitoring System)の施設として沖縄県恩納村と、群馬県高崎市にある国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構 高崎量子応用研究所に各々設置されている放射性核種監視観測所(沖縄観測所及び高崎観測所)を管理しているほか、世界各地の放射性核種監視観測所で採取された放射性粒子捕集試料の詳細分析等を行う放射性核種実験施設を JAEA 原子力科学研究所内で運用している。また、同研究所内にある国内データセンターでは、全世界の放射性核種監視観測所網で得られる放射性粒子及び放射性キセノンの観測データの解析評価を日常的に行っている。

2023 年 1 月 19 日、ロバート・フロイド CTBTO 事務局長は、上記のうち高崎観測所をご見学された。見学に先立ち、ISCN が JAEA における CTBT に関する活動を紹介するとともに、2013 年 2 月の第 3 回北朝鮮核実験について説明した。また 3 回目の核

¹ ISCN Newsletter No.0304「レーザー駆動中性子源を用いた中性子共鳴透過分析システムの開発」、

URL: https://www.jaea.go.jp/04/iscn/nnp_news/attached/0304.pdf#page=28、

ISCN Newsletter No.0305「統合非破壊測定装置 Active-N の開発」、

URL: https://www.jaea.go.jp/04/iscn/nnp_news/attached/0305.pdf#page=21、

ISCN Newsletter No.0306「核物質測定のための遅発ガンマ線分析技術の開発」、

URL: https://www.jaea.go.jp/04/iscn/nnp_news/attached/0306.pdf#page=34

² JAEA 成果普及情報誌「核物質計量管理のための非破壊分析装置の小型化を目指して」、

URL: https://rdreview.jaea.go.jp/review_jp/2022/j2022_10_1.html

³ A. Yogo, *et al.*, Laser-Driven Neutron Generation Realizing Single-Shot Resonance Spectroscopy, Phys. Rev. X., 13, 011011 (2023), URL: <https://journals.aps.org/prx/abstract/10.1103/PhysRevX.13.011011>

実験時は、核実験の直後ではなく、約 55 日後に 2 つの放射性キセノン同位体が高崎観測所で同時検知され、その同位体比と大気拡散シミュレーションによる放出源推定結果から、検出された核種が北朝鮮北東部にある豊溪里(プンゲリ)核実験場から放出されたものと判断されたことを説明した。さらに、核実験検知能力の強化のため、日本政府からの CTBTO への拠出金を利用して、北海道幌延町と青森県むつ市に移動型希ガス観測装置を設置し 2018 年より実施している放射性キセノンのバックグラウンド観測結果についても説明した。

見学では、同観測所に設置されている 2 種類の観測装置、すなわち大気中の放射性粒子をフィルタ上に捕集し高分解能ガンマ線計測を行う粒子状放射性核種観測装置(RASA)、及び大気中の希ガス(キセノン)を分離精製し 4 つの放射性キセノン同位体(^{131m}Xe 、 ^{133m}Xe 、 ^{133}Xe 、 ^{135}Xe)をベータ/ガンマ同時計数法により計測する希ガス観測装置(SAUNA)の概要を説明した。また、北朝鮮の核実験を検知する可能性がある重要な観測所であることから、観測装置に不具合が発生した場合は CTBTO と緊密に連携してトラブルシューティングを行っていること、コロナ禍でメーカーによる保守作業ができない状況下においても高いデータ取得率を維持したことを紹介した。

今回のご視察ではフロイド局長に放射性核種観測における JAEA の CTBTO への貢献について、理解を深めて頂いたものと考えている。



【報告:CTBT・輸送支援室 富田 豊】

2. 核不拡散・核セキュリティに関する動向（解説・分析）

2-1 Bulletin of the Atomic Scientists が人類最後の日まであと 1 分 30 秒と発表

【概要】

米国の学術雑誌 Bulletin of the Atomic Scientists (以下、「BAS」と略)は、2023 年 1 月 24 日、人類最後の日(Doomsday)を午前零時と仮定し、それまでの残りの時間を示す「終末時計(Doomsday Clock)」について、現在(2023 年 1 月)は、人類の終末まで、あと 1 分 30 秒(90 秒)と決定した旨を発表した⁴。この 1 分 30 秒は、BAS が「終末時計」の発表を開始した 1947 年以降で最も短く、BAS はその根拠として特に露国によるウクライナへの軍事侵攻を挙げ、現在、人類は最も未曾有の状況下にあると警鐘を鳴らした。本稿では、上記について BAS が示す根拠のうち、露国によるウクライナへの軍事侵攻と、核兵器及び核拡散懸念に関するものを中心に紹介する。

【BAS と終末時計の決定方法】

BAS は、米国において科学技術を取り扱う学術雑誌の 1 つであり、ルーズベルト大統領(当時)宛の書簡で米国による原爆の開発を進言したアルバート・アインシュタイン⁵や、ロバート・オッペンハイマー⁶及びユージン・ラビノウィッチ⁷といったマンハッタン計画の中心人物、また同計画に関与あるいは支援したシカゴ大学⁸の科学者等が、広島及び長崎への原爆投下から 4 か月後の 1945 年 12 月に、「我々は、自らが生み出した原爆の投下が引き起こした悲惨な結末に目を背けることはできない。我々は、そのような人間の存在に対する人為的な脅威について、一般市民や政策立案者に広くそれを知らせる必要がある」との信念の下に創刊した。

BAS は上記の信念に基づき、1947 年以降、終末時計を発表している。BAS の科学・安全保障委員会は、10 人のノーベル賞受賞者を含む BAS の理事会(スポンサー

⁴ Bulletin of the Atomic Scientists (BAS), “A time of unprecedented danger: It is 90 seconds to midnight, 2023 Doomsday Clock Statement”, 24 January 2023, URL: <https://thebulletin.org/doomsday-clock/current-time/>, 及び Gayle Spinazze, “PRESS RELEASE: Doomsday Clock set at 90 seconds to midnight”, 24 January 2023, URL: <https://thebulletin.org/2023/01/press-release-doomsday-clock-set-at-90-seconds-to-midnight/#post-heading>

⁵ アインシュタインは、ナチスドイツでの核開発を懸念して、米国による開発を進言したが、結果として原爆が広島と長崎に投下されて悲惨な結果を目の当たりにし、本書簡に署名したことを後悔していたと言われる。

⁶ 1943 年にロスアラモス国立研究所の初代所長となりマンハッタン計画を主導。「原爆の父」とも呼ばれる。戦後は核兵器の国際管理を呼びかけ、また水爆に反対し、1954 年には原子力委員会の顧問の地位を追われた。

⁷ マンハッタン計画の 1 拠点であったシカゴ大学冶金研究所で核兵器の開発に従事。戦後は、核兵器の政治及び社会的影響について多く発言し、また核軍備競争の回避と原爆の無警告での使用に反対したフランク・レポートの執筆を主導した。また BAS を発刊し編集主幹を務めると共に、パグウォッシュ会議(核兵器の(削減・)廃絶を目指す科学者による会議)を組織した。

⁸ シカゴ大学のフットボール競技場の観客席の下で秘密裏に建設されたシカゴ・パイル 1 号(CP-1。黒鉛減速空気冷却炉)は、史上初めて臨界に達した原子炉で、原爆の材料となるプルトニウム(Pu239)を生産する原子炉を設計するための実験炉として開発された。1943 年からは、CP-1 を大型化した 3 つの Pu 生産炉がハンフォードで相次いで建設、運転を開始し、原爆用の Pu239 を生産した。

委員会と呼ばれる)の支援を受け、委員各々の専門分野⁹の立場から議論し、終末までの残りの時間を決定している¹⁰。BASは当初、人類に対して脅威となり、人類を終末により近づける科学技術として主に核兵器にフォーカスし、核戦争によりもたらされる人類の終末を想定していたが、その後、核兵器以外の生物、化学兵器といった大量破壊兵器(WMD)や、気候変動問題にも着目し、今次 2023 年は、核兵器、気候変動、生物学的脅威(例:COVID-19、生物実験室での予期せぬ事故、生物兵器)、及び破壊的技術(disruptive technology、例:偽情報(disinformation)の意図的操作、サイバー攻撃、武装ドローン、衛星攻撃兵器(ASAT)、精密誘導兵器)といった人類に対して脅威となり得る状況への対応や技術を、終末までの時間決定の際に考慮している。

【これまでの終末時計】

なお参考までに、BAS のホームページに記載されているこれまでの終末時計について述べると¹¹、1947 年当初は 7 分であり、米国とソ連が相次いで水爆実験に成功した 1953 年には僅か 2 分になったが、ソ連邦が崩壊した 1991 年には、これまでで最も長い 17 分に引き戻された。その後は徐々に終末時計の針は進み、米国同時多発テロ後の 2002 年は 7 分となった。オバマ大統領(当時)が「核兵器のない世界」を掲げた後の 2010 年には、それ以前の時間より若干引き戻されたが、トランプ大統領(当時)が核兵器の廃絶や気候変動問題に消極的な姿勢を見せていた 2017 年には 2 分 30 秒、さらに北朝鮮の核開発と核戦争の勃発が懸念された 2018 年には 2 分となった。そして 2020 年～2022 年は、米露間の中距離核戦力(INF)全廃条約の失効、核開発を巡る米国とイラン及び北朝鮮との対立、各国による気候変動問題への関心の薄さ、また COVID-19 の感染拡大等で、いずれも 1 分 40 秒となった。そして今次は、それからさらに 10 秒短縮された 1 分 30 秒となった。

BAS が終末時計の決定に際し示した根拠のうち、露国によるウクライナへの軍事侵攻と、核兵器と核拡散懸念、及び気候変動等に関するものは以下のとおりである。

【露国のウクライナへの軍事侵攻】

- 現在、ウクライナの主権と、第二次世界大戦の終結以降維持されてきた広範な欧州の安全保障体制が危機に瀕している。露国のウクライナへの軍事侵攻は、国家の相互作用について深刻な疑問を提起し、これまで種々の世界的なリスク対応への対処に成功してきた国際的な行動規範を損なっている。
- 露国は核兵器の使用も辞さない旨を述べており、そのことは、偶発的、意図的、または誤算による紛争の拡大が、露国による核兵器の使用に繋がる恐ろしいリスク

⁹ BAS 科学・安全保障委員会委員の専門分野は、法律、公共政策、国際安全保障、核不拡散、核セキュリティ、物理、科学、気候変動、防衛、サイバーセキュリティ、生命科学、宇宙、環境問題等、多岐に亘っている。

¹⁰ ただし、数値的な根拠等は明示されていないが、これまでに発表されてきた終末時計との比較も、決定の際の重要な要素と推測される。

¹¹ BAS, URL: https://thebulletin.org/doomsday-clock/timeline/?utm_source=ClockPage&utm_medium=Web&utm_campaign=EmailUpdates

であることを示しており、また現在、紛争に歯止めが利かなくなる可能性は依然として高い。

- 1994 年、露国は米英と共にブダペストで、ウクライナの独立、主権及び現行の国境を尊重や、ウクライナの領土保全や政治的独立に対して武力による威嚇ないし武力の行使を行わないこと等を宣言(ブダペスト覚書¹²)したが、露国のウクライナへの軍事侵攻は上記に反したものである。
- 露国によるチョルノービリ及びザポリヅジャ原子力発電所に対する攻撃や占拠は、国際規範を損なうものであり、近隣の地域や住民を放射性物質の広範な放出リスクにさらしている。しかしこれらの発電所の安全やセキュリティを確保するための国際原子力機関(IAEA)のこれまでの取組は(露国により)拒絶されてきた¹³。

【核兵器及び核拡散懸念】

核兵器及び核拡散懸念に関する事項は以下のとおりである。

- **米露**：米露間の既存で唯一の軍縮条約である新戦略兵器削減条約(新 START)は危機に瀕している。米露が軍縮交渉を再開し、核兵器の更なる削減の根拠を見出さなければ、新 START は 2026 年 2 月に失効する。そうなれば、米露間での核兵器の相互査察がなくなり¹⁴、両国間で相互不信が深まり、核軍拡競争に拍車がかかり、そして核攻撃の応酬の可能性が高まる。グテーレス国連事務総長が述べたように、現在世界は「冷戦の最盛期以降見られなかった核の危険の時代に直面」している。
- **中国**：核能力の透明性と予測可能性を高める措置の検討を一貫して拒否していることを考慮すると、中国の核能力の大幅な拡大は特に厄介(troubling)である。米国国防総省は、中国が 2035 年までに核弾頭数を(2020 年時点に比し)5 倍に増やして米露の核能力に匹敵する可能性、及び米露中で軍拡競争が激しくなる恐れを指摘している。
- **北朝鮮**：北朝鮮は、中・長距離弾道ミサイル発射実験を大幅に強化しており、2022 年 3 月下旬に、2017 年以来、初めて大陸間弾道ミサイルの発射に成功した。その後数か月の間に、立て続けにミサイルを発射した(ただし、殆どは短距離弾道ミサイル)。おそらく最も懸念されるのは、同年 10 月 4 日に北朝鮮が中距離弾道ミ

¹² UN, “Memorandum on security assurances in connection with Ukraine’s accession to the Treaty on the Non-Proliferation of Nuclear Weapons. Budapest, 5 December 1994”, URL:

<https://treaties.un.org/Pages/showDetails.aspx?objid=0800000280401fbb>、及び

<https://treaties.un.org/doc/Publication/UNTS/Volume%203007/Part/volume-3007-I-52241.pdf>

¹³ 例えば IAEA は、原子力発電所周辺に「原子力安全・(核)セキュリティ保護地帯」を設けることを提唱し、2023 年 2 月 3 日現在、露国及びウクライナとの協議を継続している。参考: IAEA, “Update 145 – IAEA Director General Statement on Situation in Ukraine”, 3 February 2023, URL: <https://www.iaea.org/newscenter/pressreleases/update-145-iaea-director-general-statement-on-situation-in-ukraine>

¹⁴ 参考: 新 START は、米露の査察チームによる年間 18 回の米露相互による現地査察を定めているが、2022 年 2 月以降、当該査察は一度も実施されていない。出典: U.S. Department of State, “New Start Treaty”, URL: <https://www.state.gov/new-start/>

サイルを日本上空に発射したことである。米国高官は、北朝鮮が 7 回目の核実験を実施する準備をしていると述べている。

- イラン: (イランの原子力施設及び核物質等は)IAEA 保障措置下にあるが、イランは包括的共同作業計画(JCPOA)により同国が課された制限を超えてウラン濃縮能力を高め続けている。イランが(原子力の平和的利用の)しきい値を超えることを決定した場合、イランは核兵器(製造)能力により近づくことになる。イランが JCPOA の遵守に戻ることは、核リスクの低減につながる可能性があり、そのために欧米等は、JCPOA の復活に多大な努力を払ってきたが、イラン国内の政治的不安定さと、同国の露国によるウクライナの軍事侵攻に対する支持は、イランによる核兵器取得を阻止するための(EU を介した米国との)交渉を成功裡に導くことを複雑にするだろう。
- インド及びパキスタン: インドは、約 160 発の核弾頭を保有すると共に、核兵器の近代化を継続しており、加えて核弾頭を搭載可能な爆撃機、陸上配備システム、及び海上配備システムを補完または置き換えるための新たな配備システムを開発している。パキスタンはインドとほぼ同数の核弾頭を保有しており、更に核弾頭、運搬システム、及び核兵器用核分裂性物質の生産拡大を継続している。
- 米露中: 米露中の 3 か国は核兵器の近代化プログラムを追求しており、危険かつ新たな「第三の核時代」¹⁵が到来している。その意味で、南アジアでの軍拡競争と北東アジアでのミサイル軍拡競争に関する長年の懸念への対処が不可欠である。

【気候変動、偽情報の意図的操作、WMD 使用の懸念】

- 露国によるウクライナへの軍事侵攻は、気候変動に対する世界的な取組を弱体化させている。露国の石油とガスに依存している国々は、エネルギー源と供給者の多様化を図っており、天然ガスへの投資拡大につながっている。
- ウクライナが放射性物質の拡散装置、化学兵器、及び生物兵器の使用を計画しているという露国による偽情報の継続的な流布は、露国自身がそのような兵器の配備を考慮しているとの懸念を引き起こしている。
- 総じて露国によるウクライナへの軍事侵攻は、核兵器、生物兵器及び化学兵器が使用される懸念を高め、気候変動やその他の世界的な懸念に対応する国際的な取組を妨げている。また露国によるウクライナ領土の侵略と併合といった国際規範に反する行為は、それと同様に国際社会の安定を脅かす行為をとるよう、他国をより大胆にする可能性がある。

¹⁵ 「第一の核時代」は冷戦期、「第二の核時代」は冷戦及びソ連崩壊後、そして現在は「第三の核時代」であり、米露中が核兵器の近代化や増強を図る一方で、インド、パキスタン及び北朝鮮も核弾頭や運搬システムを増強している。

【未曾有の状態への対処方策】

BAS は最後に、核兵器使用の可能性を示唆しつつウクライナへの軍事侵攻を進める露国を思い止まらせ、公正な和平を築く明確な道筋は無いものの、露国による核リスクを低下させるため、米国が露国と継続的に関与していく必要性を説いている。具体的には、米国や NATO 諸国等が、紛争の拡大を防ぐ対話のための多数のチャンネルを駆使し、露国との和平交渉の道筋を見いだしていくことが必要であり、総じて人類が直面している最も終末に近づいた未曾有の状態に対処するには、協調した行動が必要であり、今後の 1 秒 1 秒が重要であるとしている。

【最後に:所感】

2023 年 2 月は、2022 年 2 月の露国によるウクライナへの軍事侵攻開始から丁度 1 年であるが、露国は侵攻を止める気配を見せておらず、また欧米諸国による武器支援等に対抗してか、更なる戦意をあらわにしており、終末時計は今後も更に進みそうな様相を呈している。一刻も早く終末までの時間が引き戻されることが希求され、そのためには BAS が述べるように、これまで以上に国際社会が協力・協調して多数のチャンネルやあらゆる手段を駆使し、和平交渉の道筋を見いだしていくことが早急に必要となっている。

【報告:計画管理・政策調査室】

2-2 核兵器国等が保有する核弾頭数とその使用目的、及びそれらの国々が保有する高濃縮ウラン及び分離プルトニウム量等について

【概要】

露国のウクライナへの軍事侵攻に係り、同国は核兵器の使用も辞さない姿勢を崩しておらず¹⁶、米露間で現存する唯一の軍縮条約である新戦略兵器削減条約(新START)についても、露国は条約に基づく米国による核関連施設の査察を拒否し¹⁷、さらに2026年に有効期限が切れる新STARTの後継条約が無くなる可能性も示唆したと報じられている¹⁸。このように現在は、核兵器使用の閾値の低下や、核軍縮が遅々として進んでいない状況にあるが、果たして、米露を始めとする核兵器国等(核兵器不拡散条約(NPT)上の核兵器国(NWS)及びNPT外で核兵器を保有する国(あるいは保有すると目されている国)、以下同)は、どの程度の数の核弾頭を保有し、またどのような場合に核兵器を使用することを想定しているのか。

ストックホルム国際平和研究所(SIPRI)が2022年6月に発刊した2022年版SIPRI年鑑(SIPRI Yearbook 2022)¹⁹の一般公開版²⁰は、2021年現在の核兵器国等が保有する核弾頭数と核兵器の使用目的、及び高濃縮ウラン(HEU)と分離プルトニウム(Pu)量の概略を記載しており、それらを紹介する。また併せて、核分裂性物質に関する国際パネル(IPFM: International Panel on Fissile Material)が2022年7月に発刊した2022年版「世界の核分裂性物質に関するレポート(Global Fissile Material Report 2022)」²¹記載のNWSが国際原子力機関(IAEA)とのボランティア保障措置協定(VOA)に基づき、IAEA保障措置下に置いている原子力施設数等を紹介する。

¹⁶ BBC News Japan, 「ロシア軍幹部、核兵器の使用を議論＝米報道」、2022年11月5日、URL: <https://www.bbc.com/japanese/63509086>

¹⁷ 時事通信, 「米、ロシアが査察拒否と非難 新STARTで揺さぶり」、2023年2月1日、URL: <https://www.jiji.com/jc/article?k=2023020100543&g=int>

¹⁸ 東京新聞, 「新START、後継の条約不在も 核軍縮、ロシア外務次官が言及」、2023年1月30日、URL: <https://www.tokyo-np.co.jp/article/228300>

¹⁹ SIPRI Yearbook 2022, URL: <https://www.sipri.org/yearbook/2022>

²⁰ オンラインで入手可能な2022年版SIPRI年鑑の一部の章。Hans M. Kristensen and Matt Korda, “10. World nuclear forces”, (sample chapter on world nuclear forces), SIPRI, URL: <https://sipri.org/sites/default/files/YB22%2010%20World%20Nuclear%20Forces.pdf> なお2022年版SIPRI年鑑のサマリーは、URL: https://www.sipri.org/sites/default/files/2022-06/yb22_summary_en_v3.pdf 同サマリーの日本語要旨(早稲田大学DPPSプロジェクト(多湖淳研究室)の齋藤一馬、柴田龍瑠、福田渉、舞大樹の各氏の翻訳による)は、URL: https://www.sipri.org/sites/default/files/2022-10/yb22_summary_jp.pdf から各々入手可能である。

²¹ IPFM, “Global Fissile Material Report 2022 Fifty Years of the Nuclear Non-Proliferation Treaty: Nuclear Weapons, Fissile Materials, and Nuclear Energy”, July 2022, pp.21-22, URL: <https://fissilematerials.org/library/gfmr22.pdf>

【核兵器国等が保有する核弾頭数及び昨今の動向】

- 2022年1月現在、NWSと、インド、パキスタン、イスラエル²²及び北朝鮮の9か国が計12,705発の核弾頭を保有しており²³、その内訳は表1²⁴のとおりである。配備済あるいは備蓄されている核弾頭は9,440発であり、作戦部隊に配備されている3,732発のうち2,000発は作戦上の警戒態勢にあると推定されている²⁵。
- 昨今は以前に比し核弾頭数の削減に向けた動きは停滞しているが、主に米露による退役核弾頭の解体により、総じて世界の核弾頭の総数は年々減少し続けている(筆者注: 2022年版SIPRI年鑑の一般公開版には記載がないが、参考として表2に、過去のSIPRI年鑑²⁶をもとに2015年～2021年の核弾頭数を記載)。しかし今後は、作戦部隊に配備される核弾頭数は増加に転じる可能性もある。
- 米露は、核弾頭、ミサイルと航空機の運搬システム、及び核兵器の生産施設のリプレースと近代化を進めている。米露以外の国が保有する核兵器数は、米露に比しかなり少ないが、新たな核兵器システムの開発または配備を行っているか、あるいはそのような意図を表明している国があり、特に中国は、300以上の新たなミサイルサイロ²⁷の建設を含む核兵器の大幅な近代化と拡大を進めている²⁸。インドとパキスタンも核兵器の保有量を増加させているようであり、英国は2021年に増

²² イスラエルは核兵器の保有を明確にしていらないが、保有していると考えられている。

²³ なお、ベルギー、ドイツ、イタリア、オランダ及びトルコは、米国との核共有協定に基づき、同国の核兵器を配備している。出典: IPFM, “Global Fissile Material Report 2022”, p 7, op. cit.

²⁴ SIPRI, “10. World nuclear forces”, (sample chapter on world nuclear forces), p.342, op. cit.

²⁵ SIPRIは、保有国の核兵器に係る情報の透明性の低さを指摘している。米英仏は一部の情報を公開しているが、露国は米国と情報共有しているのみであり、中国は殆ど公開していない。インド、パキスタン及び北朝鮮も保有する核兵器数を明らかにしておらず、イスラエルは核兵器の保有自体にコミットしていない。

²⁶ SIPRI, 2015～2021 Yearbook から抜粋。Yearbook 2015: URL:

<https://www.sipri.org/sites/default/files/SIPRIYB15c11s0.pdf>,

Yearbook 2016: URL: <https://www.sipri.org/sites/default/files/SIPRIYB16c16s0.pdf>, Yearbook 2017: URL:

<https://www.sipri.org/sites/default/files/SIPRIYB17c11s0.pdf>, Yearbook 2018: URL:

<https://www.sipri.org/sites/default/files/SIPRIYB18c06s0.pdf>, Yearbook 2019: URL:

<https://www.sipri.org/sites/default/files/SIPRIYB19c06s0.pdf>, Yearbook 2020: URL:

<https://www.sipri.org/sites/default/files/SIPRIYB20c10s0.pdf>, 及び Yearbook 2021: URL:

https://www.sipri.org/sites/default/files/2021-06/yb21_10_wnf_210613.pdf

²⁷ 大型ミサイルを格納する建築物

²⁸ SIPRIは表1のとおり中国が保有する核弾頭数を350発と推定しているが、米国国防総省による「中国の軍事及び安全保障に関する年次報告書(2022年版)」は、中国の運用可能な核弾頭数は400を超えたと推定されること、また中国は国防と軍隊の近代化を2035年までに完了することを計画しており、同国が現在のペースで軍備拡張を継続すれば、2035年までに約1,500発の核弾頭を保有する可能性が高いことを述べている。出典: U.S. Department of Defense, “Military and Security Developments Involving the People’s Republic of China, 2022”, p. IX, URL: <https://media.defense.gov/2022/Nov/29/2003122279/-1/-1/1/2022-MILITARY-AND-SECURITY-DEVELOPMENTS-INVOLVING-THE-PEOPLES-REPUBLIC-OF-CHINA.PDF>。また現在、中国が保有するとされる核弾頭数は、退役核弾頭数を除く全体数(9,440発)の3.7%であるが、2035年まで中国を除く保有国が現在の保有数を維持し、中国のみが1,500発までに増加させると仮定すると、同国の保有割合は全体の14.2%まで増加することになる。出典: 日本経済新聞、「核戦力、危うい「二極崩壊」中国台頭で米露以外1割超」、2023年2月13日

加の意向を示した²⁹。北朝鮮の核兵器プログラムは、引き続き同国の国家安全保障戦略の中心をなしている。北朝鮮は最大 20 発の核弾頭を組み立てており、それらを含め 45～55 発の核弾頭を生産可能な核分裂性物質を保有していると推定される。

- 米英仏は、核戦力や核能力に関して幾つかの情報を明らかにしているが、露国は米国とは情報共有しているにもかかわらず、戦略核戦力の詳細な内訳を開示していない。中国は核戦力の規模や将来の開発計画に関する情報を殆ど公開しておらず、インドとパキスタンはミサイル実験の一部について声明を発表しているが、核戦力の規模等については情報を出していない。北朝鮮は、核実験やミサイル発射実験の実施に関する情報は公表しているが、規模に関する情報は出していない。イスラエルは核兵器について一切コメントしていない。

表 1 9 か国が保有する核兵弾頭数(2022 年 1 月現在)

単位: 発

弾頭数 国名	核弾頭数			退役核弾頭数 (解体待ち)	計
	配備済	備蓄	計		
米国	1,744	1,964	3,708	1,720	5,248
露国	1,588	2,889	4,477	1,500	5,977
英国	120	60	180	45	225
仏国	280	10	290	—	290
中国	—	350	350	—	350
インド	—	160	160	—	160
パキスタン	—	165	165	—	165
イスラエル	—	90	90	—	90
北朝鮮	—	20	20	—	20
計	3,732	5,708	9,440	3,265	12,705 (前年比-375)

—:情報なし、該当なし/ゼロ、無視できる値。

²⁹ 英国は、2010 年に保有する核兵器数の上限を 225 発以下から 180 発以下に削減する意向を示したが、2021 年 3 月に、他国による核兵器の増加と多様化や技術上の脅威の増大を考慮し、上限を 260 発以下にする旨を発表した。出典:UK Government, “Integrated Review of Security, Defence, Development and Foreign Policy 2021: nuclear deterrent”, URL: <https://www.gov.uk/guidance/integrated-review-of-security-defence-development-and-foreign-policy-2021-nuclear-deterrent>

表 2 9 かが保有する核弾頭数(2015~2021 年)

単位: 発

国	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
米国	~7,260	7,000	6,800	6,450	6,185	5,800	5,550
露国	~7,500	7,290	7,000	6,850	6,500	6,375	6,255
英国	~215	215	215	215	200	215	225
仏国	~300	300	300	300	300	290	290
中国	~260	260	270	280	290	320	350
インド	90-110	100-120	120-130	130-140	130-140	150	156
パキスタン	100-120	110-130	130-140	140-150	150-160	160	165
イスエラエル	~80	80	80	80	80-90	90	90
北朝鮮*	(6-8)	(10)	(10-20)	(10-20)	(20-30)	(30-40)	(40-50)
計	~15,850**	15,395	14,935	14,465	13,865	13,400	13,080
前年比	(-500) ³⁰	-455	-460	-470	-600	-465	-320

*核兵器の生産が可能な能力からの換算値、計には含めず。

**数値は 5 発に丸めたもの。

【核兵器の使用が想定されるケース】

2022 年版 SIPRI 年鑑は、核兵器を保有する 9 か国における核兵器の使用が想定されるケースについて、各国の公式見解や政府高官の言及、あるいは SIPRI 自身の分析を記載しており、それらの概要は以下の表 3³¹のとおりである。

表 3 9 か国の核兵器の使用が想定されるケース

国名	核兵器の使用目的
米国	<ul style="list-style-type: none"> • 2021 年においてバイデン政権は、トランプ政権が策定した 2018 年の「核態勢の見直し(NPR)」を維持。同 NPR によれば、「米国は、米国、その同盟国、及びパートナー国の重大な利益を守るために、極端な状況でのみ核兵器の使用を検討する」としている。 • さらに当該 NPR は、米国は紛争において核の先制不使用を留保し、「米国、同盟国、またはパートナー国の民間人、またはインフラに対する重大な非核戦略的攻撃」、または「同盟国の核戦力、その指揮統制、または警告及び攻撃評価能力に対する攻撃」に対して核兵器を使用する可能性を明確にしている。 <p>*(筆者注: 2022 年 6 月の SIPRI 年鑑発行後の 2022 年 10 月に発表されたバイデン政権の NPR については、脚注³²を参照されたい)</p>

³⁰ SIPRI, Yearbook 2014, URL: <https://www.sipri.org/sites/default/files/SIPRIYB14c06s0.pdf> 記載の保有量の計は、~16,350

³¹ SIPRI, idem., p.p. 346, 359, 369. 375, 380-381, 391-393, 398, 404-405, 411

³² 2022 年核態勢の見直し(NPR)は、米国の核兵器の 3 つの役割を、①攻撃の抑止、②同盟国とパートナー国の安全の保証、③抑止が失敗した場合に米国、同盟国及びパートナー国にとって達成可能な最善の条件で、また可能な限り最小限の損害レベルで紛争を終結させること、としている。また核兵器の使用について、非常に高いハードルを維持し、敵対国が危機を扇動するか、武力紛争を開始するか、核兵器以外の能力を使用して戦略的攻撃を行うか、またはあらゆる規模での核兵器の使用にエスカレートするかを含め、敵対国の決定全体を複雑にすることを意図している、としている。さらに核の先制不使用については、徹底的な検討の後、敵対者の核以外の能力に照ら

露国	<ul style="list-style-type: none"> • 2020年に更新された露国の抑止政策³³は、核兵器の使用が可能な明確な条件を提示している。それらは、①弾道ミサイル、核兵器、またはその他の大量破壊兵器(WMD)による「重要な政府または軍事施設に対する」進行中の攻撃に対して報復する場合、②「国家の存在そのものが危険にさらされている際の通常兵器の使用」に報復する場合、である。 • 米国は、上記に反し、露国による核の先制使用の可能性が高まっていると主張するが、露国は上記の見解を変えていない。
英国	<ul style="list-style-type: none"> • 英国政府は、「いつ、どのように、どの程度の規模で核兵器の使用を検討するかについて、意図的にあいまいなままである」と述べている。 • ただし英国の政策では、「NATO 同盟国の防衛を含む自衛の極端な状況 (extreme circumstances)でのみ核兵器を使用する」と述べられている。
仏国	<ul style="list-style-type: none"> • 仏国の全ての核兵器は戦略的なものであり、仏国の「重要な利益(vital interests)」を守るためのものと言われる。 • 「重要な利益」が具体的に何を指すかは不明であるが、マクロン大統領は、それが益々、欧州的側面(European dimension)を持つようになってきていることを暗示している。
中国	<ul style="list-style-type: none"> • 中国政府によれば、中国は、「他国による中国に対する核兵器の使用または使用の威嚇を思いとどまらせ」、また「国家の安全を守るために必要最小限のレベルで核能力を維持する」。 • 中国は、核兵器の高度化を図り、またその規模を拡大させているが、核の先制不使用政策は維持している。
インド	<ul style="list-style-type: none"> • 2010年初頭まで、インドの初期の核兵器の射程は限定されていたため、核兵器の唯一の役割は、パキスタンを抑止することであった。しかし、中国全土を標的とすることができる長距離ミサイルの開発により、インドは中国に重点を置いているように思われる。 • インドは1999年以降、核の先制不使用政策を維持してきたが、2003年に核兵器以外のWMDによる攻撃への報復として核兵器を使用するかもしれないと述べ、その旨は2018年にも再確認されている。しかし同国が核の先制不使用政策を維持しているか否かについては、アナリストの間で意見が分かれている。
パキスタン	<ul style="list-style-type: none"> • パキスタンは、インドとの関係において「全範囲の抑止態勢(full spectrum deterrence posture)」³⁴の一環として、新たな核兵器と運搬システムの開発と配備を追求してきた。同国が戦術核に重点を置いているのは、特にインドの「コールド・スタート・ドクトリン」³⁵への対応を意図したものである。

して、容認できないレベルのリスクをもたらすと結論付けた。参考:U.S. Department of Defense, “2022 National Defense Strategy of the United States of America”, URL: <https://media.defense.gov/2022/Oct/27/2003103845/-1-1/1/2022-NATIONAL-DEFENSE-STRATEGY-NPR-MDR.PDF>

³³ 2020年6月にプーチン大統領が署名した「核抑止の分野におけるロシア連邦国家政策の基礎について」と題する大統領令。同大統領では、核抑止によって中立化されるべき6つの軍事的危険性等が列挙されている。参考:小泉悠、「核抑止の分野におけるロシア連邦国家政策の基礎」に見るロシアの核戦略」、2020年8月24日、日本国際問題研究所、URL: <https://www.jiia.or.jp/research-report/post-3.html>

³⁴ あらゆる形態の侵略を抑止するというもの

³⁵ SIPRIは、インドの「コールド・スタート・ドクトリン」について、インドがパキスタンの領土に対して大規模な通常攻撃または侵攻を開始する能力を、パキスタンが核兵器で報復すると考えられる閾値未満のレベル(注:つまりパキスタンが核兵器を使用しないであろうレベル)に維持すること、と説明している。一方、パキスタンはその対応策として、戦術核の開発を開始した。参考:長尾賢、「インドは核ドクトリンのどこを改訂するのか?」、東京財団政策研究所、2014年7月17日、URL: <https://www.tkfd.or.jp/research/detail.php?id=1934>、他

	<ul style="list-style-type: none"> • 2021年6月、パキスタンのイムラン・カーン首相は「(パキスタンの核兵器使用の)唯一の目的は、攻撃のためのものではなく」、「単に抑止のためのもので、自分自身を守るためのものである」と述べている。
イスラエル	<ul style="list-style-type: none"> • 1960年代後半以降、イスラエルは自身が「中東に核兵器を導入する最初の国にはならない」と繰り返してきたが、一方で同国が核兵器を保有しているという批判への対応として、「核兵器の導入」を、核実験の実施、公的な宣言、または核兵器の実際の使用、と定義しており、そのような自身のコンテキストにおいては、イスラエルはまだ核兵器を導入していない。 • イスラエルが上記の独自かつ狭義の定義において、どのような場合に核兵器を「導入」することになるのか不明だが、同国に対する通常兵器による大規模な攻撃など、同国の存亡を脅かす危機が含まれると考えられている。
北朝鮮	<ul style="list-style-type: none"> • 2013年の北朝鮮の法律³⁶は、同国の核兵器は「敵対的な核兵器国からの侵略または攻撃を撃退し、報復攻撃を行うため」にのみ使用されること、また非核兵器国(NNWS)に対しては「北朝鮮への侵略と攻撃において敵対的な核兵器を保有する国に加わらない限り」核兵器は使用されないだろうとしている³⁷。 • 金正恩氏は、2020年10月の朝鮮労働党の75周年記念演説で核兵器の先制不使用の誓約を繰り返したが、一方で「何らかの勢力が我が国の安全を侵害する」場合、核兵器に依拠することができる、とも明言しており、同国が先制不使用を採用しているか否かは不明。 • 北朝鮮は、他の核保有国と同様、国家の存続とその指導力が問われる極限状況以外では核兵器を使用する可能性は低いと思われるが、当該状況では敵対的行動を未然に防止するため核兵器を使用する可能性がある。北朝鮮は、(核兵器使用の)最初の標的を青瓦台(韓国大統領公邸)にすることを具体的に示しており、また第2の標的は、通常兵器による侵略を未然に防ぐため、アジア太平洋地域と米国本土の米軍基地になるだろうと述べている。同国は、米国をアジア太平洋の同盟国から「分断」し、米国本土内の標的を脅かすために、おそらく幾つかの核兵器を予備として維持するであろう。 • 北朝鮮が2021年に発表した「より戦術的な用途のため、核兵器をより小型化かつ軽量化する」という発表は、本格的な核攻撃の閾値を満たさない脅威に対して、より限定的な規模で対応する能力を持つことを計画している可能性がある。

³⁶ 「自衛的核保有国の立場を一層強化することに関する法」、2013年4月1日朝鮮民主主義人民共和国最高人民会議採択。参考:阿久津博康、「金正恩時代の北朝鮮の核態勢一対米戦略の新展開」、国際安全保障 第46巻第2号、7頁。

³⁷ 後者を換言すれば、例えば韓国と北朝鮮の間で武力衝突が発生し、これに米軍が介入してエスカレートすれば核戦争となる可能性があるが、当該エスカレーションを抑止するため、北朝鮮が核兵器を使用する可能性があるというものである。2022年9月、北朝鮮の最高人民会議は、2013年の法律に続き、「朝鮮民主主義人民共和国核戦力政策について」を採択したが、同法は上記のエスカレーション抑止の際の核兵器の運用面に焦点を当て、金正恩氏が述べているように、「核戦力の使命と構成、それに対する指揮統制、使用原則と使用条件、安全な維持管理及び保護など、細部的な条項を明白にした」と言われる。参考:倉田秀也、「北朝鮮最高人民会議「核使用法令」採択」、日本国際問題研究所、2022年9月26日、URL: <https://www.jiia.or.jp/research-report/korean-peninsula-fy2022-02.html>

【核兵器国等が保有する HEU 量³⁸⁾】

- 2022 年版 SIPRI 年鑑によれば、2021 年初頭現在の 9 か国が保有する HEU 量 (推計) は表 4³⁹⁾ のとおりである。総計は 1,250 トンで、9 割以上を米露が保有している。米国及び英国は過去に HEU 保有量を公開し、また英仏は INFCIRC/549 に基づき、民生用 HEU 保有量を公開しているが、他の国は公開していない。
- また IPFM の Global Fissile Material Report 2022 は、HEU の削減に係るこれまでの経緯や、昨今の HEU に関する動向等を述べており、それらは以下のとおりである⁴⁰⁾。
 - ✓ 2010 年～2016 年に計 4 回開催された核セキュリティ・サミットでは、HEU 使用の最小限化が奨励され、HEU を使用しない医療用放射性同位元素の生産、NNWS における研究炉の HEU 仕様から LEU 仕様への転換、及び研究炉の未照射及び照射済 HEU 燃料の米露等への返還といった取組がなされた⁴¹⁾。
 - ✓ 現在、パキスタンとインドは HEU を生産している。北朝鮮は 2010 年にウラン濃縮施設を公開したが、当該施設と、存在が取り沙汰されている 2 つ目のウラン濃縮施設において現在、HEU が生産されているかは不明である。
 - ✓ 世界の HEU 量は冷戦終結直前にピークに達したが、冷戦終結及び旧ソ連の崩壊後に米国が支援した露国の余剰核弾頭から回収した兵器級 HEU を LEU に希釈・加工して原子力発電の核燃料として利用する「メガトンからメガワットへ」のプロジェクトにより、2013 年までに 500 トン分の HEU が LEU 燃料に加工された。また Material Conversion and Consolidation project (MCC) により、2014 年末までに追加的に民生用施設からの 17 トンの HEU がダウンブレンドされた⁴²⁾。今日まで計 680 トンの HEU が削減された。しかし近年は HEU の削減は停滞しており、露国は既に外国の顧客向けに HEU の生産を再開している⁴³⁾。

³⁸⁾ 未照射の兵器級 HEU (濃縮度 90～93%の U-235) を指す。

³⁹⁾ SIPRI, “10. World nuclear forces”, (sample chapter on world nuclear forces), 前掲, p.426 記載の Table 10.11 を基に作成

⁴⁰⁾ IPFM, “Global Fissile Material Report 2022”, p.p.20-22, op. cit.

⁴¹⁾ ただし海軍推進力(原子力潜水艦の燃料)用の HEU はその対象とはならなかった。現在、米国、露国、英国、インドでは海軍推進力に HEU 燃料を用いており、一方中国及び仏国は低濃縮ウラン(LEU)を用いていると言われる。

⁴²⁾ IPFM, “Countries: Russia”, URL: <https://fissilematerials.org/countries/russia.html>

⁴³⁾ 2012 年から研究炉及び増殖炉用の HEU 生産を再開したと言われる。出典: 同上

表 4 9 か国の HEU 保有量 (2021 年現在推計)

単位: トン

	計 ^a	核兵器中に存在/核兵器に利用可能なもの	核兵器に直接利用可能でなく ^m 保障措置 ⁿ 下にあるもの	核兵器に利用可能でなく監視下/保障措置 ⁿ 下にあるもの	HEU 生産状況
中国	14	14±3	—	—	1987～89 年に中止
仏国 ^b	29	25±6	—	3.8	1996 年中止
インド ^c	4.5	—	4.5±1.9	—	継続
イスラエル ^d	0.3	0.3	—	—	不明(unknown)
北朝鮮 ^e	不明確 (uncertain)	—	—	—	不明確
パキスタン ^f	4	4±1.2	—	—	継続
露国 ^g	678	672±120	6 ^h	—	継続 ⁱ
英国 ^j	23	22	0.6 ^k	—	1962 年中止
米国 ^l	495	361	134	—	1962 年中止
計	1,250	1,100	145	5	

—: ゼロ、あるいは無視できる値。なお計の数値は 5 トンに丸めた数値。

- a: 未照射の兵器級 HEU (濃縮度 90～93%の U-235)。
- b: 2014 年の分析では、兵器級 HEU の保有量を大幅に低く見積もる根拠が示されている。これは、ピエールラットのウラン濃縮施設が、以前の推定よりも、施設の稼働期間が短く、また兵器級 HEU の生産能力が低かった可能性がある。
- c: インドは、海軍推進力用(原子力潜水艦の燃料)に濃縮度 30～45%の HEU を生産していると考えられている。表 4 中の数値は 30%濃縮度の HEU 量。
- d: イスラエルは、1965 年以前に米国から 300 kg の兵器級 HEU を違法に取得し、この一部をトリチウムの製造過程で消費した可能性がある。
- e: 北朝鮮には、寧辺以外にもおそらくウラン濃縮施設が存在する。同国のウラン濃縮能力と 2021 年初頭までの HEU 生産量(推定値)から勘案すると同国の HEU 保有量は 230～1,180 kg と推定される。
- f: HEU の生産量を 4.1 トンと想定。このうち 100 kg を核実験で使用。
- g: ソ連が全ての HEU の生産を 1988 年に停止したとの仮定の基づく推定値。過小評価の可能性有。
- h: 種々の民生用及び軍事関連の研究施設で使用されていると推定される。
- i: ソ連は 1988 年に兵器用 HEU の生産を停止したが、民生用及び非軍事用 HEU の生産は継続。
- j: 英国が公表した 2002 年 3 月 31 日現在の保有量 21.9 トン(軍事用 HEU)に基づく⁴⁴(濃縮度不明)。
- k: 英国が 2021 年初頭に INFCIRC/549 に基づき提出した報告⁴⁵に基づく。英国の EU 離脱により、これらの HEU はユーラトム保障措置の適用から外れた。
- l: 米国の保有量は、93%濃縮度換算ではなく、実際のトン数。米国は 2016 年に、2013 年 9 月 30 日現在の HEU 保有量を 585.6 トン、うち 499.4 トンは核兵器、海軍推進力用(原子力潜水艦等の燃料)、原子力、及び科学を含む国家安全保障プログラムのためのものであると宣言した(内訳(推定): 核兵器中及び核兵器に使用可能な 360.9 トン、海軍推進力用の 121.1 トン、研究炉用の 17.3 トン)。残りの 86.2 トンは、低濃縮ウラン(LEU)へのダウブレンド(不可能な場合は低レベル廃棄物として処

⁴⁴ UK Ministry of Defense, “Historical Accounting for UK Defence Highly Enriched Uranium“, March 2006, URL: <https://www.nuclearinfo.org/wp-content/uploads/2020/09/Historical-Accounting-for-UK-Defence-Highly-Enriched-Uranium.pdf>

⁴⁵ IAEA, “Communication Received from the United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland Concerning Its Policies Regarding the Management of Plutonium Statements on the Management of Plutonium and of High Enriched Uranium”, INFCIRC/549/Add.8/23, 11 January 2021, URL: <https://www.iaea.org/sites/default/files/publications/documents/infcircs/1998/infcirc549a8-23.pdf>

分)用の 41.6 トンと、使用済燃料中の 44.6 トンである。2020 年末時点の保有量は 472.1 トンに減少した(内訳(推定): 核兵器中及び核兵器に使用可能な 360.9 トン、海軍推進力用の 96 トン及び研究炉用の 15.2 トン)。2013 会計年度(FY2013)末から FY2020 までの間のダウブレンド量は 23 トンに削減された⁴⁶。

m: 「核兵器に直接利用可能でない」とは、核兵器プログラム外で生産された物質、または国家により核兵器に使用されないことがコミットされたもの。

n: IAEA 及びユーラトム保障措置、2 国間協定等に基づく相互監視制度を含む。

【核兵器国等が保有する分離 Pu 量⁴⁷】

2022 年版 SIPRI 年鑑によれば、2021 年現在の 9 か国の分離 Pu 保有量(推計)は表 5⁴⁸のとおりである。また IPFM の Global Fissile Material Report 2022 は、各国における昨今の Pu 保有状況等について述べており、それらは以下のとおりである。

- ✓ NWS は、兵器用 Pu の生産を終了したが、NPT 外で核兵器を保有しているインド、イスラエル、パキスタン及び北朝鮮は生産を継続していると思われる。
- ✓ 米露は 2000 年に、冷戦終結に伴い余剰となった核兵器の解体から発生した Pu を各々 34 トンずつ IAEA による検証下で処分する旨の Pu 管理処分協定(PMDA、2010 年改正)⁴⁹に合意したが、露国は 2016 年に当該 PMDA の履行を停止する旨の大統領令に署名した⁵⁰(ただし露国は、PMDA の処分対象 Pu を軍事利用しないことをコミットしている⁵¹)。
- ✓ Pu 保有の透明性を確保する手段として、1996 年以降、9 か国(ベルギー、中国、仏国、独国、日本、露国、スイス、英国、及び米国)が毎年、INFCIRC/549 に基づき、IAEA に民生用 Pu の保有量を報告しているが、中国は 2016 年末時点での保有量の報告⁵²以降は IAEA への報告を停止し、また露国は余剰の兵器級 Pu 量を報告に含めていない。

⁴⁶ International Panel on Fissile Materials (IPFM), “Countries; United States”, URL: https://fissilematerials.org/countries/united_states.html

⁴⁷ 未照射の分離 Pu を指す。

⁴⁸ SIPRI, “10. World nuclear forces”, (sample chapter on world nuclear forces), 前掲、p.428 記載の Table 10.12 をもとに作成

⁴⁹ IPFM, “2000 Plutonium Management and Disposition Agreement as amended by the 2010 Protocol”, URL: <https://fissilematerials.org/library/PMDA2010.pdf>

⁵⁰ 露国はその理由として、米国が、露国による人権侵害やウクライナでの活動に関連して課した制裁や、欧州での NATO の存在感の高まりなど、本来は PMDA に関係しない事項を挙げている。出典: Center for Arms Control and Non-Proliferation, “The End of the Plutonium Management and Disposition Agreement: A Dark Cloud with a Silver Lining”, 3 November 2016, URL: <https://armscontrolcenter.org/end-plutonium-management-disposition-agreement-dark-cloud-silver-lining/> なお、米国が 34 トンの余剰 Pu を、改正 PMDA で定められている MOX オプションから、新たな希釈・処分オプションに変更して Pu を処分するには露国の同意が必要とされるが、露国は同意していない。

⁵¹ IPFM, “Countries: Russia”, op. cit.

⁵² IAEA, “Communication Received from China Concerning its Policies Regarding the Management of Plutonium”, INFCIRC/549/Add.7/16, 18 October 2017, URL: <https://www.iaea.org/sites/default/files/publications/documents/infcircs/1998/infirc549a7-16.pdf>

表 5 9 かの分離 Pu 保有量 (2021 年現在推計)

	計 ^a	核兵器中に存在/核兵器に利用可能なもの	核兵器に直接利用可能でなく保障措置 ^m 下でないもの	核兵器に利用可能でなく監視下/保障措置 ^m にあるもの	Pu 生産状況
中国	2.9	2.9±0.6	0.04 ^b	—	1991 年中止
仏国	85.4	6±1.0	—	79.4 ^c	1992 年中止
インド	9.2	0.71±0.14	8.1±4.3 ^d	0.4	継続
イスラエル ^e	0.8	0.83±0.1	—	—	継続
北朝鮮 ^f	0.04	0.04	—	—	継続
パキスタン ^g	0.5	0.46±0.16	—	—	継続
露国	191	88±8	88.3 ^h	15 ⁱ	2010 年中止
英国	119.3	3.2	116.1 ^c	—	1995 年中止
米国 ^j	87.8	38.4	46.4	3 ^k	1988 年中止
計	500	140	260	100	

—: ゼロ、あるいは無視できる値。

単位:トン。なお、計の数値は直近の 5 トンに丸めた数値。

a: 2021 年 1 月現在の推定値。

b: 2016 年末の IAEA に対する中国が INFCIRC/549 に基づき IAEA に提出した最新の値に基づく。中国は 2016 年末時点での保有量の報告以降は IAEA への報告を停止し、本数字が最新の数字。

c: 仏国及び英国のデータは 2020 年末のもので、INFCIRC/549 に基づき IAEA に提出した報告に基づく。

d: 発電炉の使用済燃料から分離された Pu。当該原子炉級 Pu は原則として兵器に使用できるが、増殖炉燃料を意図しているため、ここでは「兵器に直接利用できない」として分類。2009 年 2 月 2 日にインド政府と IAEA が署名した「インド固有の」保障措置協定では保障措置の対象にはなっていない。またインドは INFCIRC/549 に基づき IAEA への報告を行っていない。

e: イスラエルは、ディモナの原子炉で Pu を生産していると言われる。推定値は 2020 年末のもので、1997 年以降同原子炉がトリチウム生産にも断続的に使用されていることを前提としており、当該トリチウムの生産がなければ、備蓄量は 1,070 kg になる可能性がある。

f: 北朝鮮は、2008 年 6 月に 37 kg の Pu の保有を宣言したと言われ⁵³、その後、2009 年、2016 年、及び 2018 年の 3 回、5 MW の黒鉛炉から燃料を抜き取ったと考えられている。本推定値は、北朝鮮がこれまで実施した計 6 回の核実験を考慮している。北朝鮮の再処理施設は、2021 年に 5 か月間再び稼働した。

g: 2020 年末の時点でパキスタンは、クシャブのサイトで 4 基の Pu 生産炉を稼働させていた。本推定値は、パキスタンが当該 4 基の炉全てから Pu 分離を実施しているとの仮定に基づく。

h: 露国が 2021 年に IAEA に対する INFCIRC/549 に基づく報告で、民生用とした 63.3 トンの分離 Pu を含む。ただし露国は、自国の民生用 Pu を IAEA 保障措置下に置いていない。この数値には、露国が軍事目的で使用しないことをコミットしたマヤク核分裂性物質貯蔵施設に貯蔵されている核兵器由来の 25 トンの Pu も含まれる。

i: 1995 年 1 月 1 日から、露国で最後の Pu 生産炉が停止された 2010 年 4 月 15 日の間に生産された兵器級 Pu 量。Pu 生産炉に関する 1997 年の米露の合意の下では、当該 Pu は兵器目的で使用す

⁵³ Mary Beth Nikitin, “North Korea’s Nuclear Weapons: Technical Issues”, Congressional Research Service (CRS) 7-5700, 3 April 2013, p.4, URL: <https://sgp.fas.org/crs/nuke/RL34256.pdf>

ることはできない⁵⁴。本 Pu は、現在、ジェレズノゴルスク(Pu を用いた核兵器の開発・製造を実施していたと言われるシベリアにあるかつての閉鎖都市)に保管されており、米国の査察官による監視対象となっている。

- j: 2012 年に米国は、2009 年 9 月 30 日現在で政府が所有の 95.4 トンの Pu 在庫を明らかにした。INFCIRC/549 に基づき米国が IAEA に提出する報告の最新版⁵⁵で、米国は 49.4 トンの未照射 Pu (分離及び混合酸化物(MOX)の双方)を余剰 Pu としている。
- k: 米国は、サバンナリバーサイト(SRS)の K エリアの貯蔵施設に貯蔵している 3 トン⁵⁶の Pu を IAEA 保障措置の下に置いた。
- m: IAEA 及びユーラトム保障措置、2 国間協定等に基づく相互監視制度を含む。

【発電用原子炉及びその他の原子力施設における IAEA 保障措置の適用状況等⁵⁷】

- 2021 年末現在、IAEA 保障措置下にある発電用原子炉は 272 のみで、うち 246 は NPT 加盟国が保有し、残りの 26 は NPT 非加盟のインドとパキスタンが保有するものである。一方、NWS は計 274 の発電用原子炉を有するが、IAEA 保障措置下にある炉は、中国の 1 つの炉のみである(表 6 参照)⁵⁸。

表 6 核兵器国等の発電炉数と IAEA 保障措置下にある発電用原子炉数

国	発電炉数	IAEA の保障措置下にある発電用原子炉数
中国	63	1
仏国	57	0
インド	29	19
イスラエル	*	0
北朝鮮	*	0
パキスタン	7	7
露国	41	0
英国	17	0
米国	96	0

*出典に数字の記載なし

- また 2021 年現在、IAEA が保障措置を適用している 717 の原子力施設のうち、681 が IAEA と NNWS との包括的保障措置協定(CSA)に基づくものであり、残りの 36 の原子力施設のうち、25 施設がインド、パキスタン及びイスラエルが IAEA と

⁵⁴ Anatoli Diakov, “The History of Plutonium Production in Russia”, p.28, URL: <https://scienceandglobalsecurity.org/archive/sgs19diakov.pdf>

⁵⁵ IAEA, “Communication Received from the United States of America Concerning its Policies Regarding the Management of Plutonium”, INFCIRC/549/Add.6/23, 15 October 2021, URL: <https://www.iaea.org/sites/default/files/publications/documents/infcircs/1998/infcirc549a6-23.pdf>

⁵⁶ ロッキーフラット環境技術サイト(RFETS)及びハンフォードサイトから SRS に移転した各 1 トンずつの Pu 及びその他の Pu。参考: Allen Gunter, “K Area Overview/Update”, 28 July 2015, URL: https://www.srs.gov/general/outreach/srs-cab/library/meetings/2015/fb/RevisedAllenGunterFinalCABKAreaOverview_%20PresentationRev1%20206-2-15.pdf

⁵⁷ IPFM, “Global Fissile Material Report 2022”, p.p.30-32

⁵⁸ IPFM, “Global Fissile Material Report 2022”, Table 5, p.31, op. cit.

締結している INFCIRC/66 型保障措置協定に基づく施設、11 施設⁵⁹は NWS が IAEA と締結している VOA に基づくものである^{60,61}。

【最後に:所感】

以上、2022 年版 SIPRI 年鑑及び IPFM の Global Fissile Material Report 2022 から、核兵器国等の核兵器数、核兵器の使用が想定されるケース、HEU 及び Pu 保有量等を紹介した。

昨年(2022 年)8 月に、第 10 回 NPT 運用検討会議が開催され、多くの国が露国による核兵器の使用の威嚇を非難し、また核兵器を保有する国々に核軍縮への取組強化を求めたばかりであるが、【概要】で述べたような現状や、今次 SIPRI 等の報告及び分析等を鑑みると、核兵器使用の閾値の低下や、核軍縮が遅々として進まない状況は変化が見られそうになく、むしろ更なる悪化が懸念される。しかしそのような中でも、露国の頑な態度に少しでも好転が見られると共に、そのための国際社会の協調と積極的な取組、及び G7 議長国の日本の本分野での貢献が期待される。

【報告:計画管理・政策調査室】

2-3 核検知技術を用いた原子力貿易の核セキュリティ強化

2023 年 1 月 19 日、IAEA は、原子力資機材の貿易における核セキュリティ等の強化・促進を目的として、核検知技術の開発/進展に関する今後 4 年間の共同研究プロジェクト(Coordinated Research Project: CRP⁶²)を開始したことを発表した⁶³。このプロジェクトは、貿易と供給網に対する地球規模の脅威である核物質/放射性物質(以下、核物質等と略記)の不正な取引を防止するために、世界的な協力を一層強化することを目指している。IAEA の発表内容は次のとおりである:

⁵⁹ IAEA Annual Report for 2020, GC(65)/5/Annex, Table A33(a)によれば以下のとおりである。中国:発電炉 1、研究炉 1、及び濃縮施設 1、仏国:燃料製造施設 1、再処理施設 1、及び濃縮施設 1、露国:分離貯蔵施設 1、英国:濃縮施設 1、分離貯蔵施設 2、米国:分離貯蔵施設 1

⁶⁰ NWS は VOA の下で、IAEA に対して保障措置対象の原子力施設のリスト(eligible facilities list)を提出し、IAEA は、上記リストの中から施設を選択し保障措置を適用する。

⁶¹ IPFM, "Global Fissile Material Report 2022", p.32, op. cit.

⁶² 原子力エネルギーとその平和目的への応用に関する研究、開発、実用化を奨励、支援するために IAEA が実施している研究プロジェクトで、加盟国の研究機関がそれぞれ関心のあるプロジェクトに参加して共同で実施している。現在 173 のプロジェクトが進行中である。"Coordinated Research Activities", IAEA, URL: <https://www.iaea.org/services/coordinated-research-activities>

⁶³ "New CRP: Facilitation of Safe and Secure Trade Using Nuclear Detection Technology (J02015)", IAEA NEWS, URL: <https://www.iaea.org/newscenter/news/new-crp-facilitation-of-safe-and-secure-trade-using-nuclear-detection-technology-j02015>

IAEA が所掌する移転事案データベース(ITDB)⁶⁴には核物質等に関する不法移転や悪意を持った使用等、無許可の活動や事案の発生が引き続き報告されており、国境等で規制上の管理を外れた核物質等を検知する機能は不可欠である。

核セキュリティの観点から、国境において核検知システムを効果的に運用することは、輸送コンテナ内の核物質等の不正取引の探知、防止、抑止に必要な措置を行う上で重要である。現在、加盟国は世界中の国境(空港、港湾、国境検問所)に 11,000 台以上の放射線監視装置を設置して、核物質等の検知を行っている。しかしながら、核セキュリティ対策と商取引のスピードとをバランスさせるには、より実用的で統合された核検知システムが必要となる。例えば、化学肥料、セメント、陶磁器等の商品中に自然界に存在する放射性物質(NORM)⁶⁵が含まれていると放射線検出器のアラーム発報がしばしば起こり、出荷コンテナの全てを検査する場合、アラーム発報への対処により税関職員の業務が中断し商品の出荷が遅延する可能性がある。

こうした業務に効果的に機能する方法を調査・開発するため、既存の機器とプロセスを活用して供給網のセキュリティと安全性に新たな階層を追加するとともに、放射線データの情報を最前線の担当官・組織⁶⁶や国の所管機関等の意思決定者が容易にアクセスできるように変換する方法の開発・実証を行うのが今回発表した CRP であり、2022 年から 2026 年まで実施される。

本 CRP「核検知技術を利用した安全かつ厳重な貿易の促進- 放射性核種(RN)及びその他の輸出入禁制品の検知⁶⁷」は、核セキュリティ検知システムの使用と持続可能性、及び出入口等における管理を外れた核物質等の検知手段を強化することにある。

プロジェクトでは、核検知技術に関連する方法、技術、アルゴリズム、ソフトウェア、仕様、及び技術ガイダンス文書の開発と進展を通じて核検知システムを改善し、同時に安全かつ厳重な貿易の促進を支援できる。また、核検知技術を他の技術及びデー

⁶⁴ 不法移転や無許可の活動、及び規制上の管理を外れた核物質等の事案に関する情報システムで、1995 年の設立以来、IAEA がプラットフォームとなって情報交換を促進している。様々な違法行為のパターンあるいは傾向の分析に使用し得る資料提供を通じて、核セキュリティ上の潜在的な脅威や脆弱性の特定に貢献している。

“Incident and Trafficking Database (ITDB)”, URL: <https://www.iaea.org/resources/databases/itdb>

⁶⁵ Naturally Occurring Radioactive Materials (NORM) は自然界に存在する放射性元素を指し、代表的なものとして鉍物、鉍石、化石燃料に含まれるウラン、トリウム、カリウム等がある。それらは産業活動の原料となって、中間製品、最終製品、副産物、残留物に固体、液体、または気体の形で存在する可能性がある。この放射性物質の種類及び濃度は、産業プロセスによって大きく相違するため、一般市民及び労働者が不必要に放射線にさらされることを防止するため、国際基本安全基準(GSR パート3)において産業界向けの NORM の使用の要件を確立し、これに基づいて各国の規制機関はこれらの物質の管理の規定を設けている。“Naturally occurring radioactive material”, IAEA, URL: <https://www.iaea.org/topics/radiation-safety-norm>

⁶⁶ 最前線の担当官と組織(Front Line Officers and Organizations: FLO)は、警察や法執行機関、税関当局、国境警備当局、海上保安機関、その他の政府機関または専門機関等の組織及びその担当官として指定された者で、規制上の管理を外れた核物質等の発見の際に第一報を受ける立場にある。FLO としての共通課題に対処する継続的な能力構築の促進を目的として FLO ネットワークを設立し、リソースとアプローチの効果的な使用及び知見について情報交換を行っている。“International Network of Front Line Officers and Organizations for Nuclear Security Detection (FLO Network)”, IAEA, URL: <https://www.iaea.org/services/networks/flo>

⁶⁷ 参加国は、日本をはじめ現在 17 か国、“Facilitation of Safe and Secure Trade Using Nuclear Detection Technology - Detection of RN and Other Contraband”; IAEA, URL: <https://www.iaea.org/projects/crp/j02015>

タ分析と統合することで、密輸品や詐欺商品の存在、あるいは放射線衛生上の危険を示す異常の検出を支援できる。

具体的な研究目的は次のとおり:

- 放射性物質の不正取引、その他の密輸や商品詐欺の存在を指し示す異常を探知する方法の実証・開発を通じて、関連機器が提示する価値を高めるとともに核セキュリティシステムの利用性と持続可能性を向上させること、
- 貨物の内容検査を行う既存のパッシブ核検知技術の能力強化による先進的手法と技術を開発すること(例えば、放射線監視装置から得られたデータと商品に関する申告情報との比較評価)、
- 核物質等、爆発物、薬物、化学薬品、その他の密輸品、詐欺商品を検知するために、輸送用コンテナ内の元素成分の特定を行う様々なアクティブ検知技術(X線や中性子等を利用)の使用を強化すること、
- 遮蔽された核物質等、その他の密輸品、及び詐欺商品の検知の強化に向けた、パッシブおよびアクティブ検出システムを統合した先進技術を開発すること、
- データ分析のアルゴリズム、アプローチ、ソフトウェア、及び仕様を開発すること(様々な検知技術からのデータ統合、限られたリソースを最適化する情報処理の自動化、検出器の応答評価を行うデータ分析手法の改善)、
- 産業界と協力して違法行為の探知の有効性を高め、安全かつ厳重な貿易を支援することにより、NORMを含む原料物質を加工することにより放射線量が高くなった物質(Technologically Enhanced NORM:「TENORM」と呼ばれる)を含有する商品の合法的な輸送の実施に対する理解を深めること。

なお、IAEAは現在、関心のある研究組織にCRPへの参加を呼び掛けており、特に多様な提案と人材育成の観点から、可能な限り女性研究者や若手研究者の参加を奨励している。なお、ISCN技術開発推進室は、このCRPに参画する予定である。

以上が発表内容である。

ITDBの直近のファクトシートによると⁶⁸、2021年は142のITDB参加国のうち32の国々から120件の報告がなされている。この報告数は2000年代をピークに減少傾向にはあるものの、核セキュリティ強化の観点から、この数を更に減らしていくことが肝要である。本CRPの成果が早期に実用化し、最前線において核物質等の検知に活用され、適正な貿易の維持に役立っていくことが期待される。

【報告:計画管理・政策調査室 玉井 広史】

⁶⁸ IAEA Incident and Trafficking Database 2022 Factsheet, IAEA, URL: <https://www.iaea.org/sites/default/files/22/01/itdb-factsheet.pdf>

3. 技術・研究紹介

3-1 第7回核鑑識共同試料分析演習(CMX-7)の概要

1. はじめに

ISCN では、文部科学省核セキュリティ強化等補助金事業のもと、核物質及び放射性物質の起源や履歴等の特定を目的とした核鑑識に関する技術開発を実施している。その一環として、核鑑識国際技術ワーキンググループ(Nuclear Forensics International Technical Working Group: NF-ITWG)主催の共同試料分析演習(Collaborative Material Exercise: CMX)に参加している。CMX は国際的な核鑑識分析技術の向上と、演習で得られた知見の共有を目的として定期的開催されており、2021 年に第7回目の演習となる CMX-7(数字は開催回数を示す)開催され、2022 年 10 月にチェコ共和国のプラハで演習のレビュー会合が行われた。本稿では ISCN における分析結果を中心に、CMX-7 の概要について報告する。

2. 演習の内容

CMX は核物質の不法移転を想定した仮想的なシナリオのもと、押収された証拠として実際に核物質試料が配布され、各参加者が核鑑識分析を実施する。CMX-7 では劣化ウラン試料 4 種類(ID: ES1~ES4、図 1 参照)が配布された。分析結果は、IAEA の核鑑識ガイドライン⁶⁹で推奨されているタイムフレーム(試料受取から 24 時間、1 週間、2 か月)に従って報告を行う。基本的には 24 時間及び 1 週間報告で試料の物理的特性(質量と色など)と短時間で測定が可能な非破壊分析の結果、2 か月報告で破壊分析の結果と最終的なデータの解釈について報告する流れとなる。例えば、ISCN では 2 か月報告として表面電離型質量分析計(TIMMS)によるウラン同位体比分析及びウラン年代測定と、誘導結合プラズマ質量分析装置(ICP-MS)による微量元素濃度分析の結果を報告している。次章以降、ISCN の 2 か月報告における分析結果を紹介する。

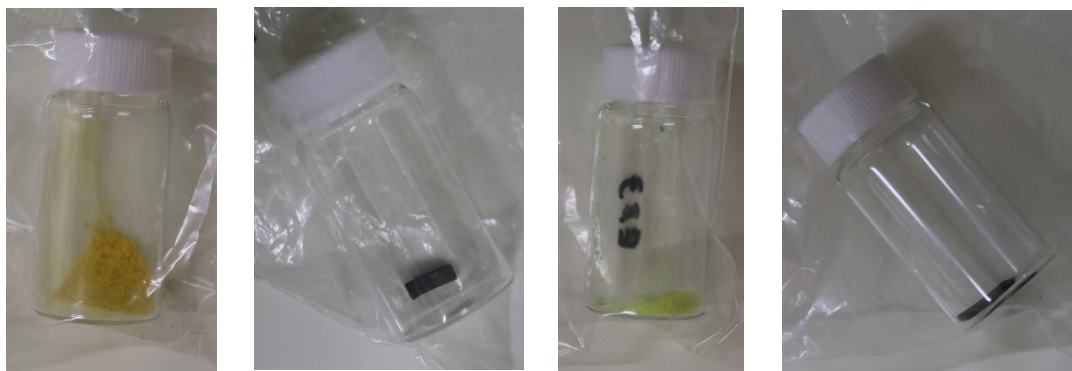


図 1 劣化ウラン試料 (左から ES1、ES2、ES3、ES4)

⁶⁹ International Atomic Energy Agency, Nuclear Forensics in Support of Investigations, IAEA Nuclear Security Series No. 2-G (Rev. 1), IAEA, Vienna (2015)

3. ウラン同位体比分析

ウラン同位体比分析では、試料を硝酸で溶解し、イオン交換法を用いたウランの分離精製を行った後、サーモフィッシャーサイエンティフィック社製の TIMS (TRITON Plus)を用いて分析を行った。 $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ 比と $^{235}\text{U}/^{238}\text{U}$ 比の測定結果を以下の図2及び図3に示す。ES2を除く、3つの試料の $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ 比及び $^{235}\text{U}/^{238}\text{U}$ 比が 2σ の範囲(約95.5%のデータが入る範囲)で近い値となり、関連性が示唆された。レビュー会合において、ウラン同位体比については非常に良い結果が得られていることが確認された。

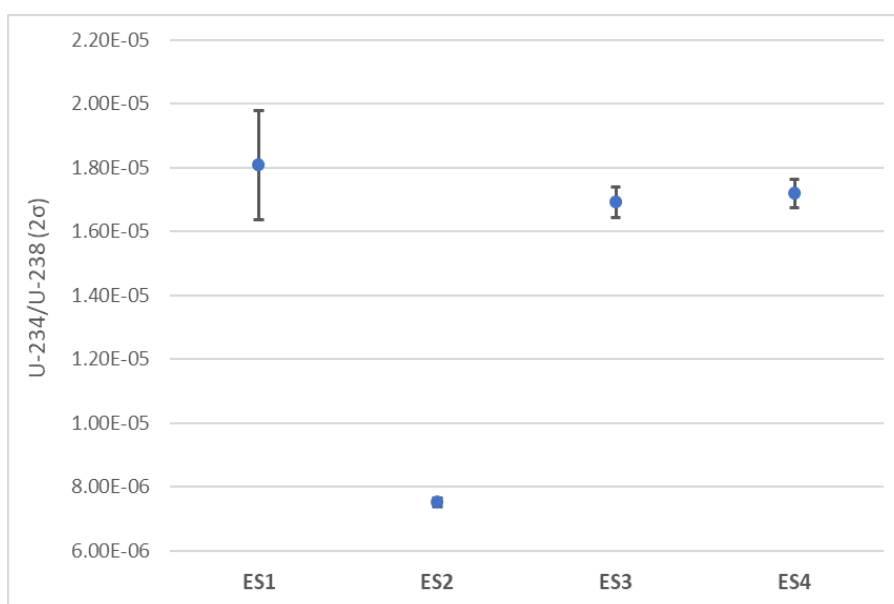


図2 $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ 比

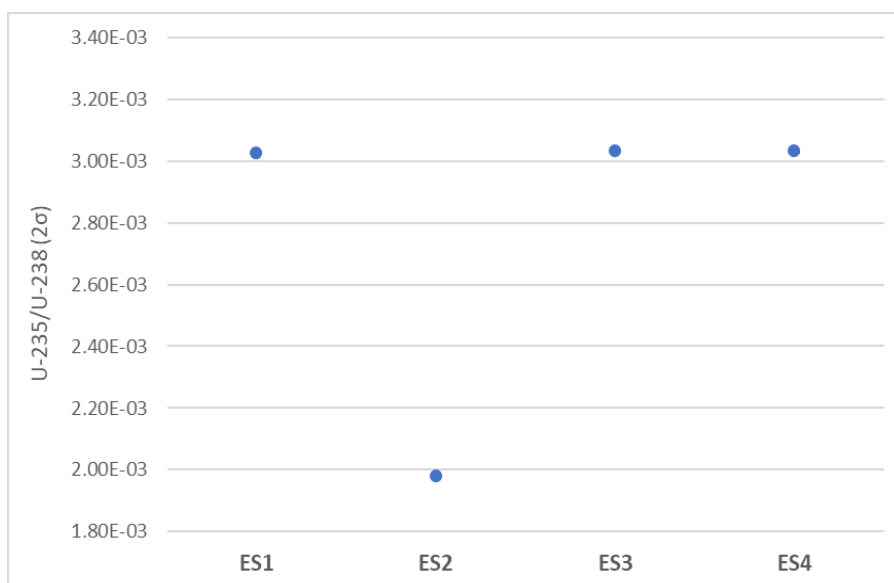


図3 $^{235}\text{U}/^{238}\text{U}$ 比

4. ウラン年代測定

ISCN で実施しているウラン年代測定は、TIMS を用いた測定によりウラン試料中の $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ 比を求め、その比からウランがいつ精製されたものであるかを推定するものである。精製日も、ウランの起源や履歴等を特定する上で有力な情報となる。

今回の測定結果を図 4 に示す。全ての試料についてほぼ 10 年以内の精製日となり、比較的新しい試料であると推定された。しかし、この結果は演習参加者の全体平均から大きく外れるものであり、全ての試料について実際の精製年代はさらに古いことが分かった。

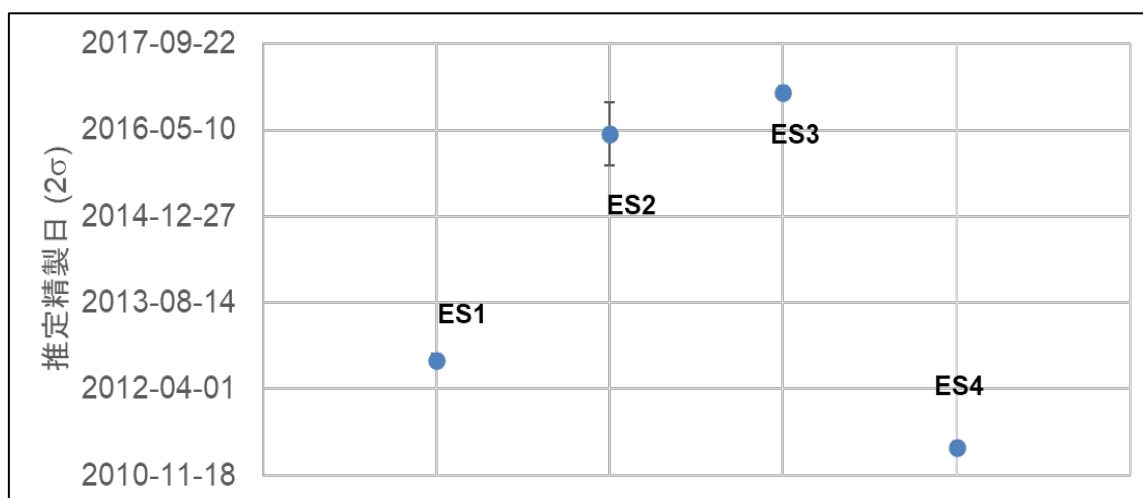


図 4 年代測定結果

5. 微量元素濃度分析

微量元素濃度分析では、イオン交換法により試料溶液からウランを分離した元素濃度分析用溶液をパーキンエルマー社製の ICP-MS (NexION) で分析した。結果を図 5 に示す。図 5 は 4 つの試料全てから検出された元素の濃度のみを示しており、グラフより ES2 が他の試料より高い値となっていることが分かる。

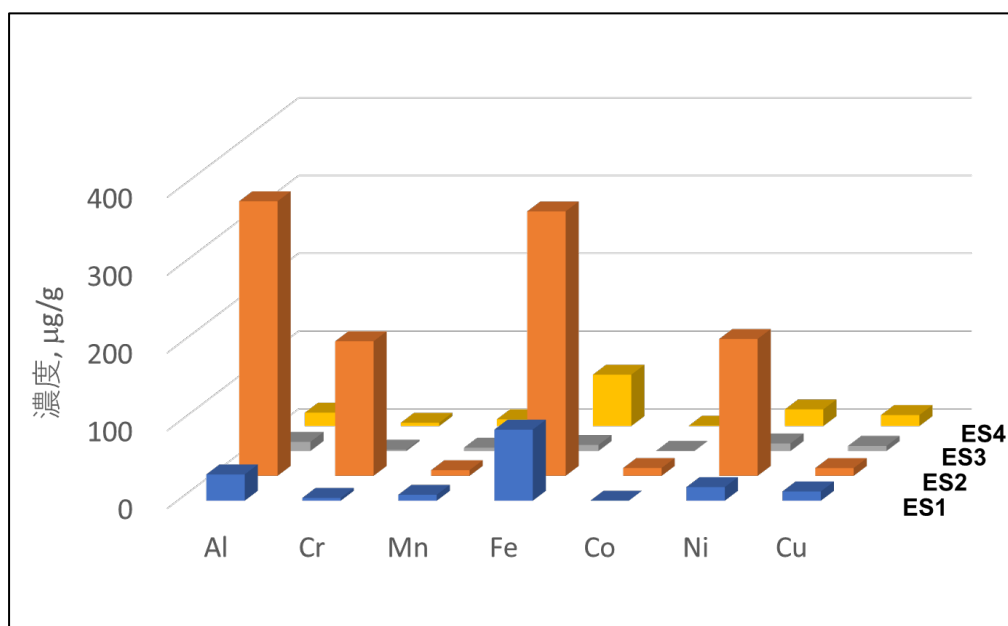


図 5 微量元素分析結果（全ての試料から検出された元素のみを抜粋）

6. 分析データの解釈

CMX では提供された試料の分析結果だけでなく、それらを解析し、仮想的な捜査担当者からの質問事項に答えることが求められる。今回の演習では、4 つの試料それぞれの間の関連性の有無に関して、ウラン同位体比及び微量元素濃度分布に基づき、統計学的手法⁷⁰により評価した。評価結果の例としてウラン同位体比の関連性を評価した結果を表 1 に示す。評価結果から、ES1、ES3、ES4 の 3 つには整合性があるが、ES2 は他の 3 試料と整合性がないという結論が得られた。整合性が認められた 3 つの試料は全てのウラン同位体比について統計的に有意差がなく、同じウランに由来する物質である可能性が高い。一方で、ES2 については全てのウラン同位体比において他の 3 試料と高い信頼性で有意差があり、異なるウランに由来するものであると考えられる。

レビュー会合において、ES1 と ES3 が ES4 を原料として化学処理によって生成された試料であり、ES2 は全く別個の試料であることが明らかとなり、上記の評価結果が正しいことが確認された。

⁷⁰ INFL GUIDELINE ON A GRADED NUCLEAR FORENSICS DECISION FRAMEWORK, Version 3 (2021).

表 1 ウラン同位体比による試料間の整合性の評価

Item	Unit	Consistency					
		ES1-ES2	ES1-ES3	ES1-ES4	ES2-ES3	ES2-ES4	ES3-ES4
U-234/U-238	-	No-H	Yes	Yes	No-H	No-H	Yes
U-235/U-238	-	No-H	Yes	Yes	No-H	No-H	Yes
U-236/U-238	-	No-H	Yes	Yes	No-H	No-H	Yes

YES: 試料間に整合性有

No-H: 高い信頼性で試料間に整合性無

7. まとめ

CMX-7 において ISCN によるウラン同位体比及び微量元素分析の測定結果については非常に良好であった一方で、ウラン年代測定については全体平均から大きく外れる結果となった。この年代測定については TIMS の検出器のパラメータ設定が適切でなかった可能性がある。その点を含め、ウラン標準試料を用いた測定により、今回の演習において推定値と実際の年代に大きなずれが生じた原因の究明を行う予定である。

また、今回の演習では 24 時間及び 1 週間のタイムフレームで定量的な分析結果を提供することができなかったことから、短時間で結果を提供できる分析手法の拡充が ISCN の核鑑識分析における今後の課題である。さらに、TIMS や ICP-MS 等の破壊分析に要する時間を可能な限り短縮し、分析結果をよりタイムリーに提供できるよう今後取り組んでいきたい。

【報告：技術開発推進室 木村 祥紀、松井 芳樹】

4. 活動報告

4-1 ISCN-WINS 共催ワークショップ「核セキュリティ文化の自己評価」 開催報告

JAEA/ISCN は、文部科学省 核セキュリティ強化等推進事業補助金による人材育成支援事業の一環として、世界核セキュリティ協会(WINS: World Institute for Nuclear Security)と核セキュリティ文化に関するISCN-WINS 共催ワークショップ(WS)を毎年開催している。「核セキュリティ文化」は、核セキュリティ強化・維持の有効な手段として IAEA 文書「核物質及び原子力施設の物理的防護に関する核セキュリティ勧告(INFCIRC/225/Rev.5)」で勧告されており、我が国においても 2012 年の「核燃料物質の使用等に関する規則」改正の際に、核セキュリティ文化の醸成が取り入れられて 10 年となる。第 11 回となる本 WS では、この間に醸成された核セキュリティ文化の成熟度を自ら振り返り、より効果的なものとするための「核セキュリティ文化の自己評価」をテーマに、2023 年 1 月 19 日～20 日の 2 日間、都内・時事通信ホールで開催し、国内の原子力事業者を中心に、規制、警備及びその他関係機関等から 30 名の参加を得た。新型コロナウイルス感染症拡大の影響を受け、2019 年 2 月を最後に中止やオンライン開催としてきており、3 年ぶりの対面開催となった。

本 WS の特徴は、2011 年度当初から「演劇型セッション」を採用している点である。演劇型セッションとは、俳優たちが WS のテーマに応じた様々な課題を包含した特定のシーン(特定の国・施設ではなく、架空の空間を設定)を演劇の形で演じ、それをもとに課題を抽出し、参加者が議論を行うという、他には見られないユニークな形式である。英国の劇団が演劇とファシリテーションを行い、日英同時通訳を使って参加者とインタラクティブに議論を深めた。

今回の演劇シナリオは、ある原子力関連施設において、監視カメラの異常、入構証偽造、核物質の盗難などの問題が次々と発覚したことを受けて、自身の施設の核セキュリティ文化醸成の自己評価を行うという流れで構成された。参加者は、各々 10 分程度の演劇シーンを観た後、ファシリテーターのリードによってグループディスカッションを行い、問題の背景にある課題、適切な核セキュリティ文化自己評価とはどのようなもので、どのように評価し、評価した結果はどのように生かせるか等について活発に議論した。演劇の終盤では、核物質の盗難がソーシャルメディア(SNS)へ投稿されたことを受けて、施設側(演劇俳優)が記者会見を開催するという形で、参加者が記者役となり活発な質疑応答を行った。

基調講演として、原子力規制庁 菅原洋行氏から、「日本の核セキュリティ文化醸成の取組について」をテーマとする講演があった。また、ドイツ バーデン・ビュルテンベルク州 環境・気候保護・エネルギー省のカーステン・シュパイヒャー氏から、「国際的な視点からの優れたセキュリティ文化の確立、評価、維持」に関して、ドイツの核セキュリティ文化自己評価の経験やアンケート設問作成の具体的なアドバイスを含み講演をオンラインで行った。

WS のまとめの一部として、以下の点が触れられた。

- ・ 自己評価アンケートは、ただ実施すればよいのではなく、対象施設に応じた設問にすることが有効であり、アンケートの設問はできるだけシンプルに、また、他部署と連携して作成することが重要である。
- ・ アンケートだけではなく、インタビューやフォーカスグループでの活動、観察などの取組を組み合わせ、定性的、定量的な評価を推奨する。
- ・ 核セキュリティ文化に関する従業員の意識を変えるためには、経営層の関与が重要である。

WS 後のアンケートによる参加者満足度は 100%と、高い評価を頂いた。参加者からのフィードバックの一部を以下に紹介する。

- ・ 参加者のディスカッションが活発であり、非常に参考となった。自身の業務にフィードバックできる。
- ・ 効果的な核セキュリティ文化自己評価の必要性を強く認識できた。
- ・ 演劇が素晴らしかった。ファシリテーターが会場からのコメントを適切にフォローし、要点をとりまとめている良かった。特に記者会見での俳優たちの受け答えは素晴らしかった。
- ・ ドイツからの講演は、国外の事例を得ることができ非常に有意義だった。

今回のテーマに関する理解を深めていただくことはもちろんのこと、核セキュリティに関係する参加者同士が、会場にて直接情報交換や意見交換ができることは対面形式で得られる貴重な場であることを改めて強く認識した。今後も参加者のニーズにあわせた質の高い WS を提供し続けていきたい。



演劇の様子

【報告:能力構築国際支援室 関根 恵】

4-2 OSI 地域入門コース-24 への参加報告

包括的核実験禁止条約機関準備委員会(CTBTO)は、全世界 337 か所の監視観測所から構成される国際監視制度(IMS)や、IMS 観測所で取得された観測データを集積し解析する国際データセンター(IDC)の暫定運用を実施している。また、条約が発効されると、条約違反が疑われる事象が発生した場合に核実験の有無を判定する活動として、現地査察(OSI: On-Site Inspection)を実施することになっている。

条約発効に向けた OSI 実施準備の一つとして、2023 年 1 月 15 日から 1 月 21 日にかけて、タイ/チェンマイのホテルで CTBTO が主催する CTBT 現地査察員養成トレーニング「OSI 地域入門コース-24」が開催された。本トレーニング・コースには、アジア・太平洋・極東地域(SEAPFE)を中心に 23 か国から 58 名が参加し、ファシリテーター、オブザーバーを含めると総勢 70 名を超えた。日本からは 3 名(参加者 2 名(報告者含む)、ファシリテーター 1 名)が参加した。

本コースは、2025 年に開催予定の OSI 総合野外演習までの継続的な査察官養成プログラムの一環であり、OSI に関する教育の導入となるトレーニングである。基礎知識を学ぶ講義だけでなく、参加者が査察チーム(IT: Inspection Team)と査察対象締約国(ISP: Inspected State Party)の役割に分かれて議論するグループ演習、コミュニケーションに用いる無線通信機器や、環境サンプリングに用いる道具一式などの使用方法の訓練を実施した後、野外演習を実施した。

野外演習はチェンマイにあるメージョー大学の敷地内で実施された。参加者は 9 つのフィールド・チーム(FT)に分かれ、活動拠点(BoO: Base of Operation) から出発し、5 つの査察ポイントを回って、外観の記録や環境サンプリング(土壌、植生)を実施した。各 FT に ISP 役のファシリテーターが 1 人ずつ同行し、ISP 役と交渉しながらミッションを遂行した。

報告者は OSI に関するトレーニング・コースへの参加は今回が初めてであったが、多様なバックグラウンドを持つ参加者と協力して訓練に取り組んだことで、OSI への理解が深まると共に、CTBT に係る他国の人々と関係を構築でき、非常に意義のあるものであった。今後も継続してトレーニングに参加し、CTBT の活動に貢献していきたい。



講義の様子



野外演習の様子



ウェルカムディナーでの集合写真

【報告:CTBT・輸送支援室 栗原 寿幸】

5. コラム

5-1 IAEA 保障措置業務に出会った頃

令和 4 年 3 月末で JAEA を定年退職した後、再雇用職員として ISCN で勤務している早川剛です。JAEA(当時は動力炉・核燃料開発事業団)に入社した昭和 60 年 4 月に東海再処理工場の前処理課に配属され、電力会社から受け入れた使用済燃料のせん断操作やせん断機等のセル内機器の保守作業を担当していました。

昭和 62 年に前処理課が担当していた JASPAS(日本の対 IAEA 保障措置技術開発協力計画)のタスクである「Surveillance System Using the CCTV at the Fuel Transfer Pond R0108」に関わったことが保障措置業務に出会った最初でした。既にシステムは設置されていたのですが、IAEA の査察機器として使用するための IAEA に対するデモンストレーションとフィールドテストの検討から関わりました。既に設置されているシステムを理解しなければならないことはもちろんでしたが、保障措置に対する知識は皆無でしたので、“保証措置”や“補償措置”と誤って資料を作成して、再処理工場の JASPAS の窓口である管理課から何度かお叱りを受けたことを思い出します。当時は資料の大部分は手書きでしたので、現在のような PC による漢字変換であれば、1 回の誤りで済んでいたと思います。本システムは使用済燃料をプールからせん断機のあるセルに移送するコンベアを常時監視するカメラ、カメラの映像を録画するタイムラプス(ある間隔で静止画像を撮影する機能)を搭載したビデオレコーダーとモニターで構成されていました(当時はデジタルではありませんでした)。

管理課から核兵器不拡散条約や日・IAEA 保障措置協定の説明をいただいたこと、本システムのデモンストレーションの手順についての検討を通じて、おぼろげながら保障措置の概要がつかめるようになりました(「保障措置」と正しく書けるようにもなりました)。デモンストレーションの手順の検討で印象に残っているものが“**Tamper Resistance**“(不正変更(タンパー)に対する抵抗性)という用語で、つまり、本システムに施設者が細工して偽の静止画像の入力を防止するとともに検出することで、これなしではデモンストレーションが実施できないとのことでした。管理課のご指導の下、**Tamper Resistance** 機能を追加したシステムを完成させました(本システムは IAEA 査察機器として使用されましたので、**Tamper Resistance** 機能の詳細は割愛します)。

デモンストレーションの資料を作成して、IAEA と科学技術庁(当時は国内査察を担当していた組織が科学技術庁でした)の方々に説明したところまでは良かったのですが、IAEA の方々からの質問の英語が全くわからず、管理課の通訳を通して回答せざるを得ませんでした。それで奮起して英語を身に着けようとしたのですが、残業時間が多く、また、休日は英語よりも余暇に費やしてしまいました。ともかく、一昨年終了した杉田敏先生の NHK ラジオ番組「実践ビジネス英語」(当時は「やさしいビジネス英語」)を細々と聴いていました。デモンストレーションをなんとかクリアし、フィールド試験として本システムの動作確認(連続監視ですので、試験中は機器故障がないことが条件)や **Tamper Resistance** 機能の評価が実施され、IAEA 査察機器として承認されることに

なりました。使用されていた機器は市販品ばかりでしたので、市販品では不正が容易になるという評価になるのではないかと危惧していましたが、機器故障に対応するため、交換部品の調達が容易な市販品であることが査察機器として承認される条件の一つであるとの説明を IAEA から受け、なんとなく矛盾しているような気がしたことを思い出しました。

平成 2 年に前処理課から管理課に異動となり、保障措置対応業務が再処理工場全体に広がり、JASPAS については、開発していた Near Real Time Material Accountancy や Hybrid K-edge System の窓口となり、前述の前処理課での経験がそれぞれのタスクのデモンストレーションとフィールドテストの実施に生かされました。管理課へ異動した頃、IAEA から保障措置強化が要求され、プルトニウムを取り扱う東海再処理工場ではそれまでの査察と大きく変わったようでしたが、強化提案前の査察にほとんど関わっていなかったため、強化といっても、私にとってここからが保障措置対応業務の始まりでした。

それからしばらくの間、強化策に対応した施設附属書の改定、改定に応じた査察手順書の作成が IAEA との保障措置ワーキンググループの主要議題となりました。ワーキンググループでは、IAEA の強化の要求を満たしつつ再処理工場の負担を最小限にすることを基本方針として査察手順書作成の協議を行いました。この基本方針は多くの矛盾を抱えて非常に難しい協議でしたが、IAEA や工場幹部から何度か叱責を受けつつ妥協点を探っていきました。時にはワーキンググループの悪夢を見ることもあり憔悴していました。協議中も工場は 24 時間体制で運転中でしたので、査察対応も 24 時間体制で行い、夜勤を含めて様々な国籍の IAEA 査察官とコミュニケーションを図ったことを思い出します。また、再処理工場内にウラン貯蔵庫を新設する際に、設計情報質問書の作成と査察官による設計情報検認では通常査察とは違った観点での IAEA の要求への対応経験がその後の新規施設建設の際の対応に寄与しました。

前述の IAEA 保障措置強化の要求の際は強化をあまり感じなかったですが、その後の受払間差異の修正に関わる査察側との協議、ランダム在庫検認による施設側の情報提供の拡張、補完的アクセス導入の協議への参画の際は、特に、補完的アクセスが核物質でないものを対象とすることで、保障措置の概念が大きく変わっていくことを実感しました。それらの対応をするたびに思い出したのが、前述した保障措置対応業務を開始した頃の Tamper Resistance でした。査察機器であるハードウェアへの Tamper Resistance 機能の付加とともに、査察手順書に代表されるソフトウェアにも Tamper Resistance を付加することで保障措置が完成の方向に向かうのではないかと思いました。ただし、ハードウェアへの Tamper Resistance 機能の付加はハード上の措置ということで、目で見てわかりやすいと思いますが、ソフトウェアへの Tamper Resistance 機能の付加については、特に、査察手順書の記述に対する解釈が査察官や施設者それぞれに異なるので、難しいと感じました。

前述した JASPAS タスクの質疑応答が全くできなかったデモンストレーションに出席していた米国籍の IAEA 査察官から、デモンストレーション後に baby engineer と言わ

れ、早く baby を脱却しなければならぬと痛感しました。その後の前述した経験を通じて baby から脱却したいのですが、既に還暦となり、赤色の衣服を着用するとともに”baby”となりましたので、米国籍の IAEA 査察官の言葉を励ましとらえて、再び胸に刻んで業務にあたらうと思います。

【報告:能力構築国際支援室 早川 剛】

編集後記

先日、茨城県ひたちなか市で開催された勝田全国マラソンに参加した。ここ数年は新型コロナウイルス感染症の蔓延により、多くのマラソン大会が中止またはオンライン開催（各自で走ってタイムを申告）を余儀なくされてきたが、昨年の秋頃から、人数の制限はあるものの、ほぼ通常通りの開催に戻ってきた。今年の勝田全国マラソンには全国から1万5千人以上（コロナ前は2万人以上）が出走したようで、スタート直後に勝田駅正面の昭和通りがランナーで埋め尽くされる光景は圧巻であった。筆者にとってはコロナ禍を挟んで約3年ぶりのフルマラソンであったが、好天にも恵まれ、5年前に記録した自己ベストを更新することができ、ポストコロナを象徴する心に残る大会となった。これからも心身を鍛えるため走り続けたい。

ISCN ニュース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: 2023年3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)