

放計協 ニュース

公益財団法人 放射線計測協会



ニュークリア×リニューアブルの力で 未来を切り拓く

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構
原子力科学研究所長 前田 敏克

日本は天然資源に乏しく、今後より一層少子高齢化と社会インフラの老朽化がすすみます。経済的には、長年続いたイノベーションの不発などから、米国や中国に大きく差を付けられ、国際的競争力も低下しています。

このままでは今の若い世代、その子や孫の世代で日本は国民総貧困時代を迎えてしまいます。

そうならないよう、多消費・低効率の社会から低消費・高効率の社会への変革が必要であり、何よりもエネルギーの確保が欠かせません。

国際約束である2050年のカーボンニュートラルを達成しつつ、エネルギーコストを抑えるためには、火力発電の負担をできるだけ下げする必要があります。

火力発電は、天候によって発電量が変動する太陽光発電や風力発電などの再生可能エネルギーをカバーして電力需給を調整する役割も担っているため、再生可能エネルギーの導入量が増えるほど火力発電の負担も増えます。

このため、余った電気を貯めておき足りない時に使うための大容量蓄電池や水素のチカラも最大限活用しつつ、原子力（ニュークリア）と再生可能（リニューアブル）エネルギーの相乗効果（Synergy）を生み出していく必要があります。

しかし、「リニューアブル」のほうはともかく、「ニュークリア」のほうを社会に受け入れていただくことは容易ではありません。

2011年3月に東日本大震災が起き、東京電力福島第一原子力発電所（1F）事故が起きました。原

子炉建屋が爆発する映像を見て、私ども原子力にたずさわる人間は大変な衝撃を受けました。

ましてや近隣の住民の皆様をはじめ国民が受けたショック、衝撃ははかり知れません。

あれから年月は経ちましたが、被害を受けた住民の皆様は言うに及ばず、多くの国民にとっても、あの時のトラウマや原子力への不信感が今も大きく残っていると思います。

このような状況のなか、原子力を社会に受け入れていただき持続可能（Sustainable）なものとするためには、原子力事故を二度と起こさないためのさらなる安全性の向上、1Fの廃炉、放射性廃棄物問題の解決に向けた取り組みを着実にすすめ、原子力に対する国民の信頼を回復していくしかありません。

そして原子力技術は、発電だけでなく、資源リサイクルや製品開発、医療、宇宙開発など多様な産業分野で活用することができます。

また、原子や素粒子の世界から宇宙の神秘に至るまで、物事の理（ことわり）や謎を解き明かし、人類の知の地平を切り拓くための強力な武器にもなります。こうした発見は、人の知的好奇心を満たすだけでなく、時として破壊的イノベーションの萌芽となることも、X線や超伝導などいくつもの事例が証明しています。

原子力機構はこれら Synergy、Sustainable そして原子力技術の多様化（Ubiquitous）を研究開発の柱として、安全にかつ時機を逸することなく着実に成果を創出すべく努めてまいります。

第11回 放射線計測専門家会合 報告

このたび、令和7年2月14日（金）に東京都新橋のビジネスフォーラムにおいて、第11回放射線計測専門家会合（以下「専門家会合」という）を開催致しました。昨年度に続き、天気にも恵まれて無事終了したことに安堵しております。

放射線計測協会は、放射線計測に係る知識普及の一環として、コロナ禍での中止を除き、平成21年から毎年、専門家会合を開催しております。専門家会合は、放射線防護関連の専門家や研究者が集まり、最新の放射線計測技術やその研究成果、放射線被ばく管理技術や防護に用いる線量などに関する情報共有と議論を行う場として今回で11回目の開催となりました。その年毎に知識の向上に役立つテーマを取り上げて、その中で放射線計測に関する最新のトピックスや課題について、様々な専門家や機関からの視点で情報交換を行っています。

第11回の専門家会合では、次の二つの講演をしていただきました。一件目は、学校法人近畿大学原子力研究所教授、山田 崇裕様の「放射線防護分野における国際標準化国際規格（ISO/IEC）開発の



代理講演者 小泉 光生様

現状と国内対応」。二件目は、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技術開発推進室の高橋 時音様（当日は小泉光生様が代理講演）の「核セキュリティのための放射線検知技術開発」です。専門的な内容を大変わかりやすく講演いただきました。講演の内容を再編集したものを以下に掲載致します。

改めまして、本会合の成功にご尽力頂いた皆様に、心より感謝と敬意を表し、お礼の言葉を申し上げます。今後も新しい放射線計測関連技術に関する情報交換と技術交流を深めるために、本専門家会合を継続したいと考えております。



講演者 山田 崇裕様



1. 放射線防護分野における国際標準化国際規格(ISO/IEC) 開発の現状と国内対応

近畿大学 原子力研究所 教授
ISO/TC85/SC2国内審議分科委員会幹事
山田 崇裕

1. 緒言

標準化とは「実在の問題又は起こる可能性がある問題に関して、与えられた状況において最適な秩序を得ることを目的として、共通に、かつ、繰り返して使用するための記述事項を確立する活動。」と定義され、これは規格を作成し、発行し、実施する過程から成る¹⁾。規格のうち、国際標準

化機関で制定される規格が国際規格であり、代表的な国際標準化機関としては、ISO（国際標準化機構）が電気・電子・通信分野を除く幅広い分野の国際規格の制定、IEC（国際電気標準会議）は電気・電子分野の国際規格の制定を担う。ISO及びIECは1ヶ国1機関のみが会員となることができ、各国における最も代表的な標準化機関が加入

する。我が国においては1952年から日本産業標準調査会（JISC）が加入している²⁾。一方、我が国のJIS（日本産業規格）は、産業標準化の促進を目的とする産業標準化法に基づき制定される任意の国家規格（Voluntary National Standard）である。JISは、法に基づく手続きを経て、主務大臣が制定又は改正するが、平成7年のWTO（世界貿易機関）／TBT協定（貿易の技術的障害に関する協定）発効に伴い、国際規格との整合化が重視されている。このため、国際規格との差異は必要最小限とする、特別な場合を除いて、国際規格との完全な形で一致を実現することを原則とし、同等でないとなるJISの制定・改正は、その技術的差異の理由がWTO/TBTにおいて定められている例外事項に該当する場合を除き、原則として行わないこととされている。さらに、WTO/TBT協定では、「加盟国は、強制規格を必要とする場合において、関連する国際規格が存在するとき又はその仕上がりが見込めるときは、当該国際規格又はその関連部分を強制規格の基礎として用いる。」とされている。このことから、標準化においては、我が国の実情に不利益な技術的な諸問題等、国際標準化の段階で対処することが重要になっている。

本報では、放射線防護分野における国際標準化国際規格（ISO/IEC）開発の現状と国内対応について紹介する。

2. 国際標準化プロセス

国際規格の制定プロセスに関して満たすべき条件として、WTO／TBT（貿易の技術的障害）委員会において、透明性、開放性、公平性、効率性・

市場適合性、一貫性及び途上国への配慮の6条件が合意されている³⁾。このような条件の下、国際標準化に係る専門業務に関する組織構成及び責任から国際規格の開発プロセス、会議開催等についてISO/IEC Directives, Part 1⁴⁾において厳格に規定化されている。ISOを例にとると、規格開発プロセスは、予備段階（PWI）、提案段階（NP）、作成段階（WD）、委員会段階（CD）、照会段階（DIS）、承認段階（FDIS）、発行段階（ISO）に細分化され管理される⁵⁾。新規規格の提案を行う場合、予備段階として各作業部会（Working Group:WG）において新規規格のアイデアがあれば、WGの合意によりPWI（Preliminary Work Item）として登録される。この合意に基づき具体的にタスクリーダが決まれば、提案段階に進み、新規規格の概要について次回以降の会議においてWGにおいてプレゼンテーションを行い、プロジェクトリーダの指名を含め合意すれば分科会（Sub Committee: SC）全体会議での承認、各国投票にてP（Participating）メンバの過半数の賛成が得られれば新規プロジェクトNP（New Proposal）として承認される。ここから発行に至るまで、先に示した企画開発プロセスの各段階を経ることとなるが、各段階における投票時には賛否に関わらずドラフトに対するコメントが寄せられる。コメントは主に全般的な内容、技術的な内容、編集上の問題に関するものに大別され、プロジェクトリーダは各コメントへの対処案を示し、WG会議で議論する。この議論を踏まえた改訂ドラフト案についてWG会議での合意を経て、投票に回付し承認されれば次段階に進むという過程を繰り返す。新規規格のみならず既存規



図1 放射線防護政策に関するICRP勧告の根拠と利用⁶⁾

格の改訂も同様の手続きで進められる。また、規格開発トラックは、18、24又は36か月のいずれかを選択しなければならず技術的な議論の最終段階であるDIS (Draft International Standard) の登録期限が企画開発トラックの12か月前とされており、期限に間に合わなければ規格開発は取り下げとなってしまう。そのため、開発段階で技術的に複雑な問題が生じたとき、意見対立が激しいときなどは、そのプロジェクトに特化した会議を開催し議論を重ねることもある。各段階のドラフトの呼称が異なる等の差異はあるが、IECについても同様の手続きが取られる。

3. 放射線防護分野の国際標準化

図1に放射線防護政策に関するICRP勧告の根拠と利用に関する体系図を示す⁶⁾。放射線防護分野では国際放射線防護委員会(ICRP)が、国連科学委員会(UNSCEAR)の報告などの放射線防護に関する情報を参考にしつつ、放射線防護体系に関する勧告を行っている。国際原子力機関(IAEA)はICRP主勧告に従い国際的な合意形成による基本安全基準(BSS)を定める。ISOやIECも同様にICRP主勧告に基づき現場レベルの放射線防護に必要な国際標準化を担い、BSSの示す放射線防護に係る要件を満足するためのより具体的手順や防護設備機器の仕様性能の標準化を扱う。この放射線防護分野の国際標準化は、ISO/TC85/SC2及びIEC/TC45/SC45Bが担う。

4. ISO/TC85/SC2

ISO/TC85(原子力エネルギー、原子力技術、放射線防護)の傘下には2つの作業部会WG1: Terminology、WG4: Management system and conformity assessmentと3つの分科会SC2: Radiological protection、SC5: Nuclear installations, processes and technologies、SC6: Reactor technologyが設置されている。SC2は31か国がPメンバ、9か国がOメンバに登録されている他、IAEAなど11の外部組織がリエゾンとして参画している。また、内部組織からはISO/IECのTC及びSCが8組織リエゾンとして参画している。SC2の全体会議は、持ち回りで各国がホストとなり年1回開催される。直近では2024年11月に杭州会議(中国)が開催された。我が国では2019年にSC2会議を招致し、岡山理科大学(岡山市)で開催し、欧州他から100名を超える参加があった。SC2の所掌範囲は個人(作業員、患者、一般公衆)及び環境の計画、現存又は緊急時の被ばく状況における電

離放射線のすべての発生源に対する防護と規定され、原子力産業、医療利用、産業活動、研究活動及び自然放射線源(ラドン、宇宙放射線など)に関連するものを取り扱う。表1にSC2に設置されているWGを示す。Advisory Group(AG)はSC2全体会議の諮問部会として規格開発戦略などについて議論する。WGは11グループが活動中であり、2024年11月の杭州会議時点で、127規格が出版され、24の新規規格制定又は既存規格の改訂プロジェクトが進行中、さらに31のPWIがあるなど活動は活発である⁷⁾。SC2における国際標準化活動の我が国の対応は、ISO/TC85/SC2国内審議分科委員会(事務局:公益社団法人日本保安用品協会(JSAA))が担う。委員長は中村尚司東北大学名誉教授が務める。委員は大学、研究機関、団体に所属する約30名の専門家により構成し、全体会議及びワーキング会議(WG主査会議)年3回程度開催し、国際会議への対応などを議論している。新規規格提案案件のほか、既存規格は5年毎の定期見直し(Systematic Review:SR)があり、各委員は各WGにメールにて回付される審議案件に日常対処している。

5. IEC/TC45/SC45B

IEC/TC45は原子力計装の専門委員会である。傘下には原子力施設関連計装制御システム及び電気システムを所掌するSC45Aと放射線防護計測機器を扱うSC45Bがあり、この分科会では作業場、公衆、環境などにおける放射線防護を目的とした電離放射線測定機器に関する規格作成を行う。45Bは22か国がPメンバ、15か国がOメンバに登録されている他、ISO/TC85/SC2と同じく関連する内外組織がリエゾンとして参画している。45Bの全体会議は、持ち回りで各国がホストとなりおよそ1年半に1回開催される。

表2に45Bに設置されているWGを示す⁸⁾。WGは7グループが活動中であり、62規格が出版され、9つの新規規格制定又は既存規格の改訂プロジェクトが進行中、さらに31のプロジェクト計画がある。45Bにおける国際標準化活動の我が国の対応は、IEC/TC45/SC45A・45B国内委員会(事務局:一般社団法人日本電気計測器工業会(JEMIMA))が担う。委員長は高橋浩之東京大学教授が務める。ISO/TC85/SC2は、測定手法や分析法などの所謂方法規格の取り扱いが多いことに対し、45Bは放射線防護計測機器の製品規格が多数を占め、委員は大学、研究機関の専門家に加え原子力・放射線関連の製造業者の技術者が多く委員として参画し

表1 ISO/TC85/SC2組織

WG	Scope	主査	主な進行中プロジェクト（下線は日本がプロジェクトリーダー）
AG	諮問部会	米	
WG2	標準放射線場	独・仏	ISO/CD 18090-1 パルス放射線標準 – パート 1：光子
WG13	内部被ばく	英・仏	ISO/FDIS 20553 職業人の放射性物質による内部被ばくモニタリング ISO/CD 18990 尿中 ^{238}Pu , ^{239}Pu , ^{240}Pu の放射能測定 - α 核種 分析と ICP-MS を用いた試験方法 ISO/AWI 25190 プルトニウム取扱い作業者に対する内部被ばく線量の測定・評価
WG14	空気モニタリング	米・独	ISO/DIS 20041-2 ガス状排出物とガス放出のトリチウムと炭素 14 放射能 – Part2：バブリング法によるトリチウム及び炭素 14 の放射能の決定
WG17	放射能測定	仏・日	ISO 23548（発行）アルファ線放出核種 – アルファ線スペクトロメトリを用いた一般的な試験方法 ISO 8690（発行） γ 線・ β 線放出核種 – 放射性汚染表面の除染 – 除染難易度試験法 ISO/DIS 18510-1 環境放射能測定 - 生物指標 - 第 1 部：生物指標のサンプリング、調製及び前処理に関する一般の手引き ISO/DIS 19361 液体シンチレーション計数法による β 線放出核種放射能測定 ISO/DIS 19581 ガンマ線放出放射性核種 – シンチレーション検出器ガンマ線スペクトロメトリを使用する高速スクリーニング法 ISO/WD 22931 環境中の放射能測定 - 大気：ラドン -222 校正施設、ラドン測定装置メーカー、測定装置分析プロバイダーの品質保証／品質管理
WG18	生物学的線量評価	加・米	
WG19	外部被ばく	仏・白	ISO 14146（発行）測定業務の定期検査の基準及び性能限界 ISO/DIS 15382 皮膚、四肢及び眼の水晶体の線量をモニタリングするための手順
WG20	放射性物質の不法往来監視	中・仏	
WG21	航空機被ばく	日・仏	ISO/NP 20785-5 民間航空機における宇宙線被ばくの線量評価 – 第 5 部：航空機乗務員と飛行中の公衆に影響を与える電離放射線の断続的な発生源の線量評価
WG22	医療放射線線量評価・プロトコル	仏・韓	IEC/CD 63465.2 放射性核種キャリブレーションの使用における校正と品質保証
WG23	遮蔽及び閉じ込めシステム	仏	ISO/DIS 24427 医療用陽子加速器 – 遮蔽設計と評価に関する要件と推奨事項 ISO/DIS 18518 核融合施設における超電導技術の適用にともなう安全システムの必要条件 ISO/CD 16659-2 原子力施設の換気 – 固体吸着剤を用いたヨウ素捕集装置の in-situ 効率試験 – 第 2 部：放射性 CH_3I 法 ISO/CD 16659-3 原子力施設の換気 – 固体吸着剤を用いたヨウ素捕集装置の in-situ 効率試験 – 第 3 部：シクロヘキサンガス漏洩率法
WG25	原子力／放射線緊急事態における住民と対応者の放射線モニタリング	仏・加	ISO/AWI 22761 放射線／原子力緊急時における個人の外部被ばく線量評価

表2 IEC/TC45/SC45B組織

WG	Scope	主査	主な進行中プロジェクト（下線は日本がプロジェクトリーダー）
WG5	環境モニタリング用放射線防護計器	韓国	IEC 60761-1：気体廃棄物中 RI モニターの一般要求 IEC 60761-2：放射性ダストモニタ
WG8	能動形ポケット・携帯型線量（率）計及びモニタ、受動形線量計測システム	ドイツ	IEC 61005：中性子サーベイメータ IEC 60846-1：X 線、 γ 線、 β 線空間サーベイメータ（予定）
WG9	原子力施設内の放射線・放射能モニタリング用据置形装置	日本	IEC 61584：空気カーマ測定器（予定）
WG10	ラドン及びラドン壊変生成物測定装置	ドイツ	<u>IEC 61577-6：パッシブ型積算式ラドン測定システム</u>
WG15	不法往来監視測定装置	米国	IEC 62533：RI 不法往来監視用手持ち型光子検出器 IEC 63596：放射性物質検出システム用リプレイツール
WG16	汚染計及び汚染監視装置	日本	<u>IEC 60325：表面汚染サーベイメータ</u> <u>IEC 61582：体内放射能測定装置</u>
WG17	放射線の能動的応答測定を用いた保安検査システム	米国	IEC 62523：貨物／車両放射線検査システム

ている。国内委員会は年2回程度開催され、ISOと同様に、各委員は各WGにメールにて回付される審議案件に日常対処している。

6. 我が国の放射線防護分野における国際標準化への貢献

ISO/TC85/SC2国内審議委員会では、国際ルール形成・市場創造型標準化推進事業費（R5～R7）（戦略的国際標準化加速事業：政府戦略分野に係る国際標準開発活動）において「原子力・放射線安全利用のための放射線モニタリング等に関する国際標準化」をテーマに、表1に下線で示すプロジェクトについて我が国のエキスパートがプロジェクトリーダーとして主導している。また、この他にWG17（放射能測定）において、トリチウム分析法の国際標準化を進めるべく活動している。周知のとおり東京電力福島第一原子力発電所事故に係る処理水の海洋放出に伴い、トリチウムのモニタリングが国内外から注目されている。我が国では令和5年10月に原子力規制庁監視情報課による放射能測定法シリーズ9「トリチウム分析法」が改訂された⁹⁾。より低い検出限界での分析が要求される中、我が国からこの測定法シリーズ9をベースとした電解濃縮法の国際規格への取り入れを目指している。

IEC/TC45/SC45Bについても同様に表2に下線で示す3つのプロジェクトを我が国のエキスパートが主導するなど、我が国の知見を国際標準化に生かすべく活動している。この他の既存規格の定期見直しや他国からの新規提案案件への対処など、ボランティアで活動する各国内審議委員会のエキスパートの負荷は大きい。JISの国際整合性の確保が強く要求される中、JISと国際規格との技術的差異をできるだけ解消すべく、積極的に国際規格へ提案を行っている。このような地道な活動の積み重ねが、国際標準化への具体的な貢献、放射線防護分野における国際標準化における我が国の存在感を高めることに繋がることを確信している。

7. おわりに

放射線防護分野における国際標準化国際規格（ISO/IEC）開発の現状と国内対応について紹介した。各国内審議委員会では、我が国の委員がコンビナー、プロジェクトリーダー、主要エキスパートとして規格立案や議論を主導する立場で活躍している。ISO及びIECの扱う規格は日本産業規格（JIS）だけでなく、原子力規制庁発行の放射能測定法シリーズなど我が国の規格とも関わりが強く、

国際標準との整合性は益々重要度が増している。国はグリーントランスフォーメーション（GX）に向けた基本方針において原子力の活用を示した。原子力利用は今や発電のみならず、医療など広く生活の質の向上に資する技術だが、これらの利用は放射線防護に係る安全確保が全てに優先されなければならない。この達成のために規格の果たす役割は大きく、様々な場面で規格が利用されている。標準化活動は地道で地味な活動であり、かつクロード会議で審議が進められることから、利用者諸氏からは閉鎖的な印象を持たれがちだが、本報を通じ標準化への理解が深まり、規格がより身近なものとして利活用されることを期待したい。

謝辞

講演並びに本報の取りまとめにあたり、IEC/TC45/SC45B国内幹事吉田晃氏（アロカ株）に貴重な情報を提供いただいた。ここに深く謝意を表する。

参考文献

- 1) ISO/IEC Guide 2:2004, Standardization and related activities—General vocabulary (JIS Z 8002:2006 (IDT))
- 2) 日本工業標準調査会,
<https://www.jisc.go.jp/index.html>
- 3) 経済産業省, 標準化実務入門
https://www.meti.go.jp/policy/economy/hyojun-kijun/katsuyo/jitsumu-nyumon/pdf/2015text_zenbun.pdf
- 4) ISO/IEC Directives, Part 1:2023, Procedures for the technical work
- 5) ISO/IEC 専門業務用指針, 第1部 ISO, 統合版 ISO 補足指針-ISO 専用手順 (日本規格協会: ISO/IEC Directives, Part1: 2023英和対訳版)
- 6) R. H. Clarke and J. Valentin. The History of ICRP and the Evolution of its Policies. ICRP Publication 109. Annals of the ICRP, 39(1), 2009
- 7) Thomas Laurence, ISO/TC85/SC 2 presentation to ISO/TC85 plenary meeting (Secretary Report), Hangzhou, October, 2024
- 8) 吉田晃, 国際規格 (ISO・IEC) の最新動向「IEC/TC45/SC45Bの最新動向とIEC61582 (体内放射能測定装置) の改正WG」第5回日本放射線安全管理学会・日本保健物理学会合同大会 (2024年12月17日)
- 9) 原子力規制庁監視情報課 放射能測定法シリーズ9 トリチウム分析法 (令和5年10月3訂)

2. 核セキュリティのための放射線検知技術開発

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構

原子力人材育成・核不拡散・核セキュリティ総合支援センター

技術開発推進室 高橋 時音

1. はじめに

原子力や放射線利用が広まる中、不正な手段で盗取、製造された核物質やその他の放射性物質を用いたテロ等をいかに防ぐかが問われている。スポーツイベントや博覧会などの大規模イベントでのテロは、不特定多数の人が集まる場であることから、特別な対策が必要な場合があり、核セキュリティにおいても新しい取り組みや技術開発が試みられている^{1,2)}。イベント会場周辺を区画し、ゲートモニタを設置することにより、エリア内への持ち込みを防止することができる。しかしながら、予め持ち込まれたものや、巧妙に持ち込まれたものがゲート内に存在する可能性は残されたままである。ゲートの内側に放射性物質がないことを継続的に確認するためには、可搬型装置を用いてエリアサーベイを行う必要がある。

本稿では、日本原子力研究開発機構（JAEA）の原子力人材育成・核不拡散・核セキュリティ総合支援センター（ISCN）技術開発推進室において進めている大規模イベント等のための広域における迅速な核・放射性物質検知技術開発について、概要及び成果を紹介する。なお、ここで紹介する技術開発については、ISCNのホームページに掲載しているISCNニューズレター³⁾（No.0333, 0335, 0337, 0339）にて詳しい記事を公開している。

2. 広域サーベイシステムの開発

広域を効率よくカバーし、検知されたものの位置を迅速に特定するには、放射線量が高いエリアを数m程度の範囲で特定するための細かな放射線マッピングが有効である。また、その際検知されたものがどのような核種であるかを診断し、迅速に対応できることが望ましい。これを効率よく行うための広域サーベイシステムのコンセプトを図1に示す。可搬のガンマ線スペクトロメータに自己位置を測定するセンサーを付加した装置を持ち歩いてマッピングを行う。各装置の測定データはネットワークを通じて集約され、一箇所でモニタできるようにする。また、測定の効率化・省力化のため、複数の検出器を連携させるための技術や、ロボットを利用した測定技術の開発も進めている。

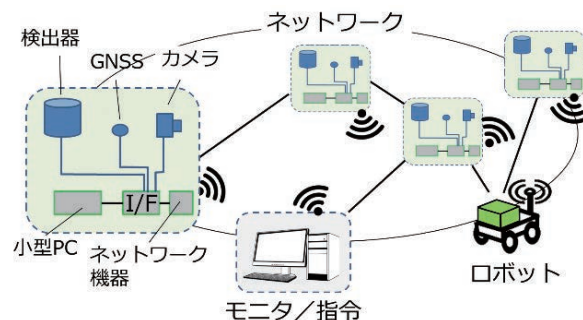


図1 広域サーベイシステムの概念図

(1) 屋外サーベイのための技術開発

自身の位置を測定するための技術として、屋外ではGNSS（Global Navigation Satellite System）が利用可能である。日本では、準天頂衛星システム「みちびき」により、小型のアンテナで約1 mの精度で測位が可能である。このアンテナを組み合わせ、図2に示す測位機能付放射線検出器を試作した。1インチ立方のCsI（TI）シンチレータとシリコンフォトマルチプライヤ（SiPM）を用いた小型の放射線検出器とGNSSアンテナで受信する信号を処理するボードで構成され、バッテリーで連続10時間動作する。1024チャンネルのガンマ線スペクトルと測定した位置のGNSS座標を合わせたデータを最短1秒間隔で周期的に取得することができる。

本装置を持ち歩いて屋外をマッピングした試験結果を図3に示す。図3では、記録したデータをJAEAのマッピングツール⁴⁾を用いてGoogle Earth上にプロットできる形式に変換している。マーカーは、通過した軌跡を示しており、その位置でのガンマ線の計数によって色分けしている。

可搬型装置を持ち歩いている測定者の現在位置及びその位置での放射線量をリアルタイムで知ることができれば、異常を迅速に把握するだけでなく、測定の漏れや詳細な測定の必要が生じた場合にお互いの連携を図ることができる。測定データを逐次モニタリング可能にするため、データを遠隔へ送信する通信技術及びデータを地図上に表示するモニタリングソフトの開発を行った。

データ送信の通信技術は、携帯電話のネットワークが利用可能である。しかしながら、通信の

秘匿性を高めるため、独自のプライベートネットワークが好まれる場合もある。近年、屋外で利用可能なLPWA（Low Power Wide Area）の普及が進んでいる。LPWAの1つであるWi-SUN FAN（Wireless Smart Utility Network for Field Area Network profile）は、1対1の通信で1 kmを超える長距離にわたって通信でき、さらにマルチホップ通信によりデータを受け渡してより遠隔まで届けることができる。また、各通信機器の間でメッシュ型のネットワークを構築し、自身の位置から最も安定して通信可能な経路を自律的に割り出し、目的の通信局までデータ送信する機能を持つ。この通信機器を可搬型装置と組み合わせ、GNSSの位置座標及びスペクトルデータを送信できるようにした。

受信したデータを処理し、地図上に表示するためのモニタリングソフトを開発した。モニタリングソフトは、ネットワークを通じて受信したデータを逐次処理して記録するとともに、データを反映したマーカーを地図上に即時表示して放射線量の強度分布を作成する。強度が高い場所については、ガンマ線スペクトルを積算して表示し、ピークの有無を確認できるようにした。これらの技術を用いて、屋外で測定した放射線のデータをリア

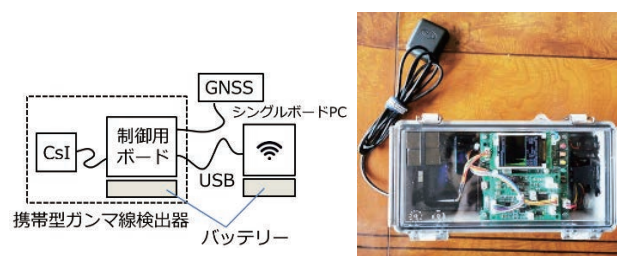


図2 試作した可搬型装置

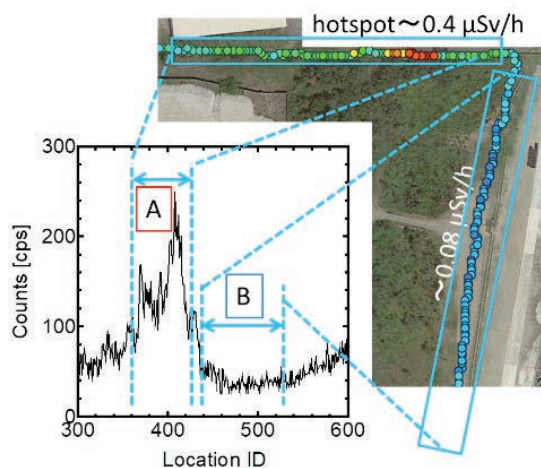


図3 測定データを衛星写真と重ねた様子

ルタイムでモニタリングする試験を進めている。

本ソフトは、オープンソースライブラリを組み合わせ合わせて開発している。また、インターネット接続が制限された環境でも使用可能なように、ローカルデータのみに動作するように作成している。本ソフトウェアの詳細は、ソースコードを含めて公開する予定である。

(2) 屋内サーベイのための技術開発

大規模イベント等において、建物内部のサーベイも重要であるが、屋内ではGNSSが使用できない。屋内の放射線マッピングに対応するため、SLAM（Simultaneously Localization and Mapping）技術を用いた装置の開発を進めた。SLAMは、通過した場所の周辺環境地図及び自身の位置を取得する技術の総称で、カメラ画像やLiDAR（Light Detection And Ranging）等のレーザースエンサー、慣性計測装置（IMU: Inertial Measurement Unit）等の測定データを用いる。LiDAR、IMU及び可搬型放射線検出器を4輪走行ロボットに搭載し、取り込んだデータを統合して屋内マッピングを行う装置を開発した。各種センサーの測定データ取得及びSLAMは、Robot Operating System（ROS）と呼ばれるロボット開発用プラットフォームを利用して実施した。放射線検出器のデータも統合するため、ROSに対応したデータ収集プログラムを作成し、SLAMによって算出された自己位置と関連付けて保存できるようにした。

本装置の性能を評価するため、高エネルギー加速器研究機構のSuperKEKBにおいて、加速器施設の残留放射線分布を測定する試験を実施した。実験は、加速器停止後約1年4ヶ月経過した時期に行った。図4は測定中のマッピング装置及びSLAMによって取得した地図を示したものである。SLAMの地図上には、青緑赤の3色の直交する軸が表示されており、マッピング装置の位置を示している。その後ろに連なっている球は通過した軌跡であり、ガンマ線の計数によって色分けされている。

測定後、放射線量分布を確認しやすくするため、図5に示す2次元の地図を作成し、マーカーにカーソルを重ねることでデータ番号（図中の「id」）、計数等が表示できるようにした。このデータ番号はそれぞれの位置で測定したスペクトルデータと共通のものであり、この番号から欲しいガンマ線スペクトルのファイルを検索することができる。高いガンマ線計数が得られたエリアのガンマ線ス

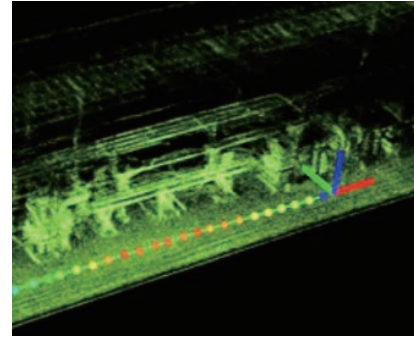


図4 加速器施設におけるマッピング測定の様子（左）と測定中のマップ（右）

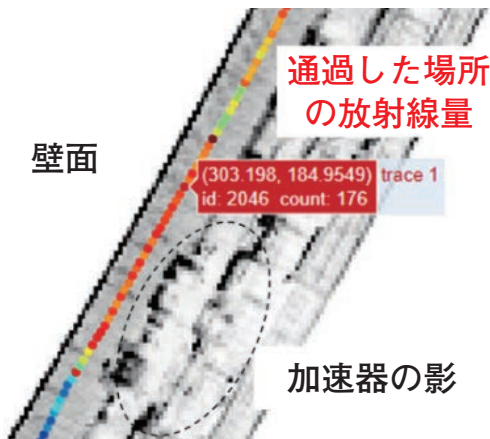


図5 マッピング測定によって得られた放射線分布

ベクトルを積算し、加速器を構成する材質の違いにより、異なるスペクトルが得られることを確認した。また、得られた地図と施設の図面を重ね合わせたところ、およそ700 mにわたる測定で、ずれが数m程度におさまっていた。本装置が、屋内の放射線源を1 m程度の位置精度で見つけ出すために、十分な性能を有していることを確認した。

3. 中性子源探索技術開発

Cf-252、AmBeといった工業用中性子源は高速中性子を放出し、比較的小さな数量であっても与える被ばく量が高い。これらの線源の検出感度を上げるためには、遮蔽が困難な高速中性子の検出が効果的な場合がある。そこで、高速中性子の検出に適しており、安価で取り扱いが容易なプラスチックシンチレータを用いた中性子源探索技術の開発を開始した。プラスチックシンチレータは、1 MeVを超える高速中性子に感度を有するが、それより低いエネルギーの中性子を検出できない。人や建物が多い環境において、散乱した中性子は検出閾値を超えないため検出されず、検出される中性子は線源から直接飛来したものが支配的とな

る。このことを利用し、形状が非対称の検出器を用いることにより、中性子検出効率の方向依存性から線源方向を推定できる可能性があると考え、長尺型や平板型に加工した検出器を用いた線源方向推定技術の開発を進めている⁵⁾。ここでは、平板型検出器を用いた例を紹介する。ガンマ線と中性子の波形弁別が可能なEJ-276プラスチックシンチレータを250 mm × 250 mm × 25 mmの平板型に加工した。 (α, n) 高速中性子線源から1 mの位置に平板型検出器を設置し、方向を変えて中性子の計数を測定した。測定の様子及び結果を図6に示す。横軸の角度が検出器の方向で、写真のように線源に対して平板の面が向く方向が0°である。立体角が大きくなるに従って、計数が増加していることが分かる。

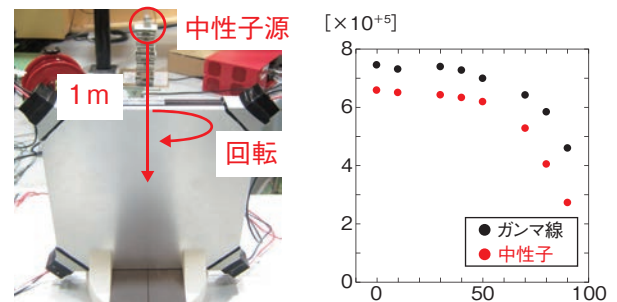


図6 中性子検出器の検出効率の角度依存性測定

平板型検出器を利用して移動しながら線源の方向を推定する手法を考案した。測定の概念図を図7に示す。図中のAで示した位置に中性子源を設置し、1 m離れた直線上に沿って検出器を移動させた。はじめに、移動方向と平行になる方向へ検出器を向け、移動させながら測定した。次に、移動方向と垂直になるように向きを変えて、再度測定を行った。得られた計数の変化を図8に示す。移動方向に平行に向いたものは、線源との距離が近づくほど計数が増加する。これに対して、移動方向と垂直に向いたものは、移動経路上で線源と

最も近い位置を通過する際に、立体角が最小となるため、局所的に計数が減少する。傾向の異なる2つの検出器の計数差により、単一の検出器による測定と比較して、線源があると推定される範囲を約3分の1まで狭めることができることが分かった。今後、この検出器をロボットに搭載し、より柔軟な測定を行えるように整備を進める予定である。

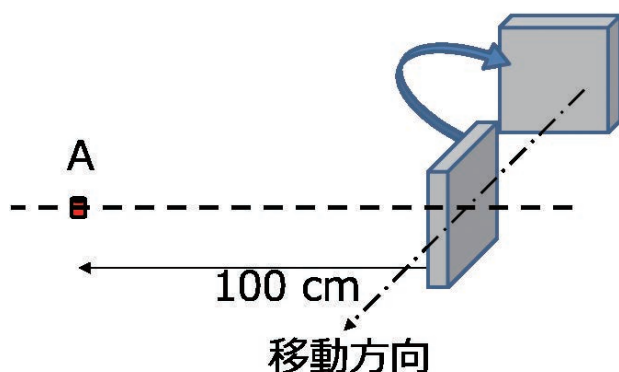


図7 平板型検出器を用いた線源探索のための移動測定

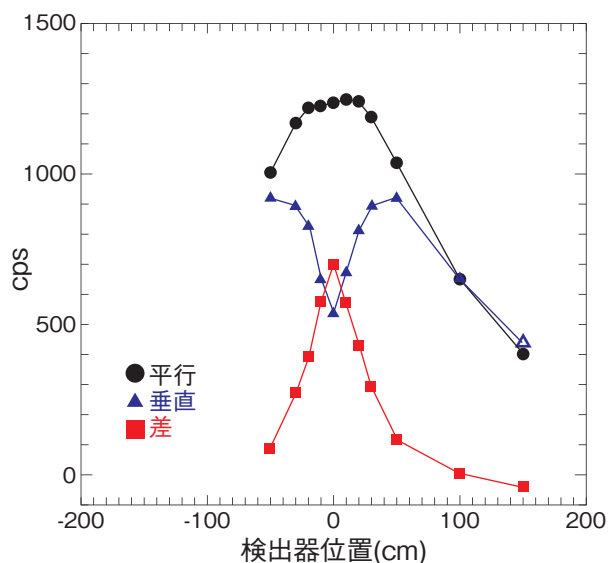


図8 移動中の中性子計数の変化

4. まとめと今後の課題

大規模イベント等における核・放射性物質を用いたテロを防止するため、イベント会場及びその周辺をサーベイするための技術開発を進めている。迅速な検知と対象の特定のため、ガンマ線スペクトロメータとGNSSセンサーを組み合わせ、屋外の放射線量をマッピングできる可搬型装置を開発した。また、散らばって測定している複数の検出器のデータを逐次モニタリングするための通信技

術及びモニタリングソフトを開発した。屋内のマッピングを実施するため、LiDAR等のセンサーを用いたSLAMを利用して放射線強度マップを作成できる装置を開発した。中性子を放出する線源を高感度で検出するため、プラスチックシンチレータを用いた中性子源探索技術開発を進めた。検出効率に方向依存性を持つ検出器をそれぞれ別の方向に向けて組み合わせることで、移動中の計数の変化から線源方向を精度よく推定する手法を考案し、実証試験を行った。今後、階層構造を持つ建物で利用可能なマッピング装置の開発やガンマ線検出器の高性能化を進める。また、実用的なシステムとするため、検出器とセンサーのパッケージ化や各要素技術の統合を行っていく予定である。

謝辞

本技術開発は、文部科学省核セキュリティ強化等推進事業費補助金の下で進められたものです。

参考文献

- 1) Nuclear Security Systems and Measures for Major Public Events, IAEA Nuclear Security Series No.18(2012)
- 2) IAEA Supports China in Nuclear Security Efforts for Winter Olympics, <https://www.iaea.org/newscenter/pressreleases/iaea-supports-china-in-nuclear-security-efforts-for-winter-olympics>
- 3) ISCNニューズレターHP, https://www.jaea.go.jp/04/iscn/nnp_news/index.html
- 4) マッピングツール,放射性物質のモニタリングデータの情報公開サイトより https://emdb.jaea.go.jp/emdb_old/mappingtool.html
- 5) Koizumi et al., Rod-shaped pulse shape discrimination plastic scintillation detectors applied for neutron source direction survey, Nucl. Inst. Methods Phys. Res. A, 1042 (2022), Article 167424, 10.1016/j.nima.2022.167424

令和7年度事業計画と収支予算(抜粋)

令和7年度事業計画・収支予算の概略を紹介します。(全文は協会のホームページ <https://www.irm.or.jp>で公開しています。)

事業計画

公益財団法人 放射線計測協会（以下、「当協会」という。）は、原子力及び放射線利用による社会の発展並びに安全・安心な社会の実現に寄与することを目的に、放射線計測の信頼性向上に係る事業、事業によって得られた技術成果の活用及び放射線に係る知識の普及・啓発活動などを行う。

当協会を取り巻く状況は、大きく変化しており、厳しい経営環境が続いている。国の原子力政策については、閣議決定されたエネルギー基本計画を受けた動向を注視する必要がある。また、諸物価の高騰、賃上げの動きが加速しており、受注競争も激化している。さらに、主要な顧客である日本原子力研究開発機構（以下、「原子力機構」という。）において、新しいビジョンの下で事業・組織等の大胆な改革が進められている。当協会においても、持続可能な組織とするために、情報収集・分析により状況の変化を的確に見据え、従来事業の継続に留まることなく、危機感を持って、事業拡大に向けたチャレンジに取り組み、具体的な施策を立案し実現してゆく必要がある。

令和7年度においても、当協会の経営理念「放射線に関する品質の高い技術や正しい知識を提供し、信頼と安心の社会の実現に貢献する」の価値は変わらず、むしろ高まっていることから、この理念を踏まえた「高品質な放射線計測・校正技術で お客様を全力サポートします」の品質方針の下で、公益目的事業としての放射線計測の信頼性確保に係る事業を着実かつ積極的に実施していく。また、チャレンジとして、業務の負担を軽減して事業拡大を実現するための生産性向上（ICT（情報通信技術）ツールを活用した業務の効率化など）を積極的に進める。さらに、新しい校正場・校正技術の開発等を行うとともに、新しい顧客獲得を目指した不断の努力（協会の認知度を高める情報発信の強化、調査・

試験研究の開拓、校正・計測及び研修事業の拡大など）を継続する。

「放射線計測に係る調査・試験研究及び技術開発」の業務では、校正場・校正技術の開発（特に熱中性子）を含めた技術的基盤の整備を進めるとともに、新たな調査・試験業務の獲得に向けた分析・調査・企画検討及び職員の技術向上（計算シミュレーション技術の習得等）を継続する。特に、ガスモニタの校正再開を原子力機構原子力科学研究所放射線管理部と連携して実現するとともに、水モニタの校正再開に向けた活動を進める。

「放射線計測器の校正、基準照射、特性試験及び放射線・放射能の計測」の業務では、国、地方自治体、原子力研究機関、産業界等に品質の高い校正サービスを引き続き提供する。また、ICTツールを活用した業務の効率化による負担軽減を積極的に進め、校正事業の一層の拡大を図る。原子力・放射線施設等に関連する各種の試料中放射能の分析・測定、放射線管理計測等の業務については、これらを着実に実施するとともに、今後の分析・管理業務のニーズ・受注見通し等の調査・分析を行い、業務の合理化を含めた今後の展開を検討する。

「放射線計測に係る研修及び普及」の業務では、放射線管理・放射線計測に係る技術者養成のための研修及び放射線業務従事者教育訓練を実施するとともに、国、地方自治体等のニーズに即した放射線教育や原子力防災に係る研修等、幅広い放射線知識の普及活動を実施する。また、放射線計測に係る専門機関として、関連する最新の技術的知見の外部発信と一層の普及発展に貢献するための活動を実施する。さらに、既存の研修の内容を最新の状況に応じてアップデートするとともに、原子力発電所の再稼働や廃炉作業の進展などに伴う放射線計測関連の知識・技術習得のニーズを調査し、公益法人である当協会らしい魅力的な、新しい研修講座の立上げを目指す。

収支予算（正味財産増減予算書）

令和7年4月1日～令和8年3月31日

(単位：円)

科 目	当 年 度	前 年 度	増 減
I 一般正味財産増減の部			
1. 経常増減の部			
(1) 経常収益			
基本財産運用益	20,000	1,000	19,000
特定資産運用益	100,000	40,000	60,000
事業収益	323,831,000	300,000,000	23,831,000
雑収益	0	1,815,000	△ 1,815,000
経常収益計	323,951,000	301,856,000	22,095,000
(2) 経常費用			
事業費	299,030,390	286,615,069	12,415,321
管理費	28,967,610	27,284,931	1,682,679
経常費用計	327,998,000	313,900,000	14,098,000
当期経常増減額	△ 4,047,000	△ 12,044,000	7,997,000
2. 経常外増減の部			
(1) 経常外収益			
経常外収益計	329,000	204,000	125,000
(2) 経常外費用			
経常外費用計	0	0	0
当期経常外増減額	329,000	204,000	125,000
当期一般正味財産増減額	△ 3,718,000	△ 11,840,000	8,122,000
一般正味財産期首残高	199,101,431	198,029,540	1,071,891
一般正味財産期末残高	195,383,431	186,189,540	9,193,891
II 指定正味財産増減の部			
当期指定正味財産増減額	0	0	0
指定正味財産期首残高	0	0	0
指定正味財産期末残高	0	0	0
III 正味財産期末残高	195,383,431	186,189,540	9,193,891

令和7年度 研修講座等のご案内

定期講座	
原子力教養講座 *原子力の基礎的な知識を身につけることを目指す。 第43回 7月16日～7月18日 第44回 12月17日～12月19日	原子力防災入門講座 *原子力防災活動に必要な放射線(能)に係る基礎知識の習得を目指す。 第10回 11月20日～11月21日
放射線管理入門講座 *放射線管理業務に関する基本的知識の習得を目指す。 第98回 6月2日～6月6日 第99回 9月8日～9月12日 第100回 1月19日～1月23日	放射線管理計測講座 *放射線管理業務の中級程度の知識、技能の習得を目指す。 第142回 6月23日～6月27日 第143回 10月20日～10月24日
開催場所：公益財団法人 放射線計測協会 会議室等 *詳しくはホームページを参照またはお問い合わせ下さい。	
募集人員：各講座 16名	
放射線業務従事者教育訓練 ～オンライン開催～	講師派遣
初期教育、再教育6時間 9:30～17:00(休憩含) 再教育2.5時間 9:10～12:00(休憩含) *原則として各々月1回開催 *その他特別教育及び英語教育についてはお問い合わせ下さい。 *詳細はホームページを参照下さい。	・放射線教育 ・放射線取扱主任者受験準備講座 ・原子力防災に係る研修 *ご要望に応じて各種団体へ講師派遣を行っております。
お問い合わせ先：(公財)放射線計測協会 研修・普及グループ TEL 029-282-0421(直) 受付時間 9:00～17:30 お申込み方法：当協会ホームページ https://www.irm.or.jp から直接お申込み下さい。 <お知らせ> ・令和7年度より定期講座の受講料を改定させていただきました。詳細につきましては、ホームページをご確認下さい。 ・定期講座など集合による研修については、やむを得ず中止とする場合もございます。今後のご案内につきましては、随時、ホームページで発信して参りますので、研修情報をご参照下さい。皆様におかれましては、引き続きご理解ご協力を賜りますようお願い申し上げます。	

人事往来

退任(7.3.31)

相談役 吉田 真



編集後記

先日、子供の入学式に参加してきたところ、自分が通った変わらぬ学校で、昔と変わらない式が行われていました。そこで、「変わらない」ことについて、思いを巡らせる機会となりました。激動の時代にあっては、常に変化が求められますが、一方でしっかりとした基盤を守ることの重要性もまた、決して忘れてはならないと感じました。

本号では、2月に開催された専門家会合の様子と、そこで議論された二つのテーマについて、技術記事を掲載しております。皆様の日々の知識の積み上げに、少しでもお役に立てれば幸いです。なお、本ニュースに対するご感想や、掲載を希望されるテーマ、その他当協会へのご要望などがございましたら、メールやFAXにてご連絡いただけますと幸いです。

本年度も、どうぞよろしくお願いいたします。

身近な放射線を測ってみませんか？

簡易放射線測定器を無料で貸し出します

最大10日間(輸送期間含め2週間程度)



Mr. Gamma

利用者の声

- ・日常の放射線量を知ることができて勉強になった。
- ・簡単に測定できて良かったです。
- ・身近に放射線を感じる事ができ、とてもよい経験となりました。ありがとうございました。

詳しくはホームページをご覧ください。

https://www.irm.or.jp/hukyu_2.html



こちらのQRコードからお申込みできます

放計協ニュース No. 75 Apr. 2025

発行日 令和7年4月15日

発行編集 公益財団法人 放射線計測協会

〒319-1106 茨城県那珂郡東海村白方白根2-4

TEL: 029-282-5546 FAX: 029-283-2157

E-mail: kensyuka@irm.or.jp

ホームページ: <https://www.irm.or.jp>