

東京大学放射線取扱者再教育資料 No. 42 (2024)

1. 放射線の利用と SDGs	1
2. 放射線被ばくの循環器疾患リスク	3
3. 加速器施設の安全システムの種類とその役割	6
4. 少量核燃料施設における計量管理のあり方	8
5. エックス線の特徴と発生装置の安全管理	10

編集：環境安全本部

SDGs（持続可能な開発目標）は2015年9月の国連サミットで採択された開発目標で、昨今では若い世代を中心に認知度がかなり高まっていることと思います。御存知のとおり、我が国も政府主導でSDGs達成に向けた取組を推進しており、企業や自治体はもちろん、小中学校や大学等でもSDGsを「自分事」として捉える機会が増えてきています。とりわけ本原稿を執筆している2023年は、SDGsが提唱された2015年と目標達成の年である2030年のちょうど中間年に当たりますので、9月に国連本部で4年ぶりに開催されるSDGサミットは、今後のSDGsの方向性を見極める意味でも注目が集まっています。

このように、SDGsが注目を集め、世間にも認知されてきているとは言っても、放射線の利用がSDGsとどう結びつくのかと言われるとあまりピンとこない方もいらっしゃるかもしれません。本稿では、私が最近まで従事していたIAEA（国際原子力機関）の活動を例に挙げ、放射線（原子力）の利用を通じたSDGs達成に向けた取組を紹介します。

ウクライナのザポリージャ原子力発電所への立入調査や、東京電力福島第一原子力発電所で発生した放射性物質を含む水を浄化したALPS処理水の海洋放出に関する報告書等、最近では国内でもIAEAの活動をよく耳にしますが、IAEAの活動はこうした原子力発電所由来のものにとどまらず、様々な分野でその専門的な知見に基づき展開されています。

私は2020年から3年間IAEAの技術協力局にて仕事をしておりましたが、IAEAの活動の幅広さを実感する機会はIAEAに入ってからすぐに訪れました。2020年と言えば新型コロナウイルスのパンデミックが起きてまだ間もない頃でしたが、この時、IAEAでは、原子力由来の技術を用いたリアルタイムRT-PCR検査キットを加盟国にいち早く提供するとともに、新型コロナウイルスを含む動物由来の感染症の早期発見や感染拡大に対応するためのイニシアチブ（ZODIAC: Zoonotic Disease Integrated Action）をIAEAのグロッシ事務局長が立ち上げており、その対応の早さと所掌範囲の広さに驚きを禁じ得ませんでした。

IAEAは原子力の専門機関として国連の枠組みの中に位置付けられておりますので、国連の方針の一つである2030アジェンダの達成も意識しながら加盟国支援を進めています。SDGsは17の目標と関連する169のターゲットで構成されておりますが、IAEAは17ある目標のうち9つ（SDGの2、3、6、7、9、13、14、15、17）について、原子力科学技術を用いて目標達成に直接的に貢献することを表明しています。それぞれのSDGでIAEAと加盟国がどのような国際協力をしているのか少し見てみましょう。

SDG 2—飢餓をゼロに

国連食糧農業機関（FAO）と連携して食糧安全保障や農業の改善に貢献しています。具体的には、駆除対象の虫の雄を人工飼育して放射線照射により不妊化させた上で野に放ち（これを「不妊虫放飼法（SIT）」と言います。）、野生の雌と交尾させることにより害虫の個体数を減少させて穀物を守ることや、放射線照射により日照りや病気に強い穀物を品種改良で開発することなどが挙げられます。

SDG 3—すべての人に健康と福祉を

癌などの非感染性疾患により亡くなる方を減らすため、IAEA加盟国の医療機関従事者への教育や訓練はもとより、核医学や腫瘍学、放射線施設の強化につながる支援を行っています。とりわけIAEA事務局長が2022年に提唱したイニシアチブ「Rays of Hope」では、アフリカを始めとする低・中所得国の方に癌治療の機会を拡大するための取組として放射

線安全や規制インフラを強化するとともに、専門家による技術的なアドバイスや人材育成、装置の提供等を進めています。

SDG 13—気候変動に具体的な対策を

原子力発電は運転時に二酸化炭素を排出しないクリーンエネルギーの一つとされ、気候変動の緩和のために重要な役割を果たすと考えられています。IAEA では、温室効果ガスの排出削減及び水素製造等の発電以外への原子力科学技術の応用等に関して原子力が果たす役割の認知度を高める取組を進めるとともに、気候変動に強い穀物の開発支援等も行っています。

SDG 14—海の豊かさを守ろう

海洋環境の保護及び持続可能な維持管理、さらには沿岸地域のコミュニティ支援のため、IAEA は原子力やアイソトープの技術を用いた海洋モニタリングを実施するとともに、IAEA 加盟国が海洋酸性化、マイクロプラスチックによる海洋汚染等に原子力由来の技術を利用できるように技術協力や理解促進活動を進めています。とりわけ、海洋プラスチック汚染問題への対応については、2021 年にグロッシ事務局長が提唱したイニシアチブ「NUTEC Plastics」により、モナコにある IAEA の海洋研究所を中心に積極的に取り組んでおり、アイソトープ技術を用いた海洋モニタリング（海洋プラスチックの追跡）や海洋生物への影響評価を通じて IAEA 加盟国の取組を支援しています。¹

SDG 15—陸の豊かさを守ろう

砂漠化、陸地の劣化や土壌侵食等は開発途上国における農業や生活に深刻な影響を及ぼしています。IAEA は、アイソトープ技術を用いて土壌浸食の影響評価を行うとともに、土壌の回復等に役立つツールを提供する等により加盟国を支援しています。

このように、IAEA は、協力分野という意味では原子力エネルギーに関するものに限らず、食糧、医療、土壌や海洋の環境等といったエネルギー以外の分野での原子力の平和利用と開発にも多く取り組んでいます。日本で放射線に関わる仕事をしているときは、正直なところここまで幅広い分野を意識して業務に取り組んでいたわけではありませんでしたが、IAEA での経験を通じて、放射線（原子力）の利用をより身近なものとして捉えることができるようになりました。本稿が放射線を取り扱う方々にとっても SDGs を「自分事」として捉える一助となれば幸いです。

参考

https://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/oda/sdgs/pdf/sdgs_gaiyou_202305.pdf

https://www.iaea.org/sites/default/files/22/08/iaea_and_the_sdgs.pdf

<https://www.iaea.org/bulletin/covid-19-real-time-rt-pcr-testing-explained>

<https://www.iaea.org/services/zodiac>

<https://www.iaea.org/services/key-programmes/nutec-plastics>

<https://www.iaea.org/services/rays-of-hope>

日本原子力研究開発機構 副主幹
元 国際原子力機関 (IAEA) 技術協力局 アジア・太平洋州部 コンサルタント
渡邊浩一
再教育項目：話題

¹ なお、海洋モニタリングの他にも、同イニシアチブでは放射線の照射技術等によるプラスチックのリサイクル技術の確立を通じた加盟国支援も積極的に進めています。

本邦を含む世界各国における放射線の規制基準は、国際放射線防護委員会（ICRP）が勧告する放射線防護体系の枠組みに基づいています。ICRP は、最新の科学的知見や社会的情勢に鑑み、勧告を随時見直しています。本稿では、ICRP が 2011 年に循環器疾患にしきい線量を初めて勧告するに至った経緯と勧告の意義、そして関連する最新動向を紹介します。

ICRP は、1950 年代から水晶体、骨髄、生殖腺を放射線感受性が最も高い組織に分類してきましたが、循環器については、1980 年代まで、放射線影響が放射線治療に伴う >40 Gy の分割被ばく後に認められることから放射線感受性は高くないと判断してきました。しかし、1990 年代に、原爆被ばく者において ≥ 2 Gy で循環器疾患の死亡リスク増加^[1]が報告されたことを受けて、循環器への放射線影響に関する検討を開始しました。そして、原爆被ばく者における ≥ 0.5 Gy での循環器疾患の死亡リスク増加を報告した 2010 年の論文^[2]が主な契機となり、2011 年に ICRP は初めて、循環器疾患を組織反応に分類して、しきい線量を勧告しました^[3]。ここで、組織反応（2007 年主勧告^[4]までは確定的影響と呼ばれていた）とは、多数の細胞への障害に起因して発生し、しきい線量を伴う線量応答関係を示す非がん影響のことで、その発生を防止するために等価線量限度が勧告されています。循環器疾患については、線量率によらず心臓もしくは脳に 0.5 Gy を被ばくした 10 年後以降、被ばく者の 1% に心血管疾患もしくは脳血管疾患が生じるしきい線量が 0.5 Gy であると勧告しました。しかし、その勧告は医療従事者への警鐘を目的としていて、低線量影響、生物学的機構や標的組織が不明であるため、等価線量限度を勧告しませんでした。

ICRP は、2010 年の報告書^[5]で示された循環器疾患罹患リスクに関する 4 編の論文に基づくメタ解析での単位吸収線量あたりの過剰相対リスク（mERR/Gy）が 0.10（95% 信頼区間（CI）：0.07, 0.13）であることと、バックグラウンド罹患が 30–50% であることから、0.5 Gy は 1% 線量として妥当であると判断しました。2023 年の論文^[6]で示された循環器疾患罹患リスクに関する 54 編の論文に基づく mERR/Gy も 0.09（95% CI: 0.05, 0.13）であり、妥当性は維持されています。一方、循環器疾患死亡リスクについては、2010 年報告書^[5]では 8 編の論文に基づく mERR/Gy が 0.08（95% CI: 0.04, 0.12）で罹患リスクと同程度でしたが、2023 年論文^[6]では 55 編の論文に基づく mERR/Gy が 0.20（95% CI: 0.13, 0.26）で罹患リスクの 2 倍高いことが示されました。1 編^[7]を例外として、有意なしきい線量を示している長期追跡コホートの疫学的知見は報告されていませんし、また、循環器疾患が多数の細胞への障害により発生するかも不明です。このことから、組織反応への分類と 0.5 Gy のしきい線量が妥当か、罹患と死亡のリスクの乖離をどう考えるかなど、検討が必要です。

ICRP は、循環器影響に線量率効果がない（被ばくする線量率が違っても影響は同じ）と判断しています^[3]。しかし、93 編の疫学論文に基づくメタ解析の mERR/Gy は低線量率被ばく $>$ 急性被ばく $>$ 分割被ばくであり^[6]、マウス大動脈に生じる損傷の程度は 25 回分割 $>$ 急性被ばく $>$ 100 回分割 $>>$ 慢性被ばくであることから^[8]、線量率と影響の大きさの関係は複雑であることがわかります。また、原爆被ばく者における単位線量あたりの循環器疾患リスクは、低線量の方が高線量より低いことが示されています^[9,10]。このような線量や線量率による効果の違いをどう考えるか、検討が必要です。

ICRP が 2011 年に勧告したしきい線量は、水晶体も循環器も同じ 0.5 Gy であることから^[3]、循環器は水晶体と同程度に放射線感受性が高い組織ということになります。しかし、循環器疾患の病態生理や循環器を構成する細胞は多様で、機構は未解明です。欧米の様々なコホートで虚血性心疾患の放射線リスクが増加しており、その機構として、慢性血管炎症の惹起による動脈硬化の誘発が提案されています^[11]。しかし、原爆被ばく者では高血圧性疾患が主であり、虚血性心疾患以外の循環器疾患の機構解明も必要です。標的組織の候補として、心臓、大血管（例：大動脈、頸動脈）、腎臓、脾臓が挙げられていますが、コンセンサスは得られていません^[11]。

近年、心室頻拍（致死的不整脈）の放射線治療が試みられている一方で、放射線がん治療患者や放射線作業員において不整脈のリスク増加が報告されています。このことから、放射線は、がんに対してだけでなく、循環器疾患についても両刃の剣である可能性があるため、循環器についても放射線被ばくの正当化と防護の最適化が必要となります^[12,13]。

ICRP は、2007 年主勧告を更新する次期主勧告の刊行を 2030 年代に予定しており、その作成に向けて具体的な検討を開始しています。循環器疾患については、タスクグループ 111 が放射線感受性の個人差、タスクグループ 119 が放射線防護体系への示唆、タスクグループ 123 が放射線影響の分類に関して検討を進めています。これらの検討結果は、ICRP 次期主勧告の重要な構成要素であると位置づけられており、今後の動向を注視していく必要があります。

参考文献

- [1] Shimizu, Y., *et al.* (1992) Studies of the mortality of A-bomb survivors. 9. Mortality, 1950–1985: Part 3. Noncancer mortality based on the revised doses (DS86). *Radiat. Res.*, 130(2), 249–66.
- [2] Shimizu, Y., *et al.* (2010) Radiation exposure and circulatory disease risk: Hiroshima and Nagasaki atomic bomb survivor data, 1950–2003. *BMJ*, 340, b5349.
- [3] ICRP. (2012) ICRP Publication 118. ICRP statement on tissue reactions and early and late effects of radiation in normal tissues and organs – threshold doses for tissue reactions in a radiation protection context. *Ann. ICRP*, 41(1–2), 1–322.
- [4] ICRP. (2007) ICRP publication 103. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. *Ann. ICRP*, 37(2–4), 1–332.
- [5] AGIR. Circulatory disease risk. HPA, RCE-16. Chilton, UK, 2010.
- [6] Little, M.P., *et al.* (2023) Ionising radiation and cardiovascular disease: systematic review and meta-analysis. *BMJ*, 380, e072924.
- [7] Takahashi, I., *et al.* (2012) A prospective follow-up study of the association of radiation exposure with fatal and non-fatal stroke among atomic bomb survivors in Hiroshima and Nagasaki (1980–2003). *BMJ Open*, 2(1), e000654.
- [8] Hamada, N., *et al.* (2024) Sparing and enhancing dose protraction effects for radiation damage to the aorta of wild-type mice. *Int. J. Radiat. Biol.*, 100(1), 37–45.
- [9] Little, M.P., *et al.* (2020) Lifetime mortality risk from cancer and circulatory disease predicted from the Japanese atomic bomb survivor Life Span Study data taking account of dose measurement error. *Radiat. Res.*, 194(3), 259–76.
- [10] Little, M.P., Hamada, N. (2022) Low-dose extrapolation factors implied by mortality and incidence data from the Japanese atomic bomb survivor Life Span Study data. *Radiat. Res.*, 198(6), 582–89.

- [11] Tapio, S., *et al.* (2021) Ionizing radiation-induced circulatory and metabolic diseases. *Environ. Int.*, 146, 106235.
- [12] Hamada, N. (2023) Noncancer effects of ionizing radiation exposure on the eye, the circulatory system and beyond: developments made since the 2011 ICRP statement on tissue reactions. *Radiat. Res.*, 200(2), 188–216.
- [13] Thariat, J., *et al.* (2024) Radiotherapy for non-cancer diseases: benefits and long-term risks. *Int. J. Radiat. Biol.*, 100, in press.

電力中央研究所 上席研究員
浜田信行
再教育項目：人体影響

放射線発生装置、いわゆる加速器は 20 世紀前半に核物理の研究ために発明され、その後 100 余年の間に著しい発展を遂げてきました。現在では核物理分野以外にも幅広い研究分野において、さらには医療用や工業用としても多くの加速器が利用されています。RI 規制法の規制対象となる加速器¹を使用する事業所は、すべて「特定許可使用者」に該当します。したがって加速器施設の放射線安全システムには厳しい基準が設けられており、その基準に常に適合した状態を維持しなければなりません。

加速器施設によって発生するビームの種類やエネルギー、利用方法などが異なるため、施設の安全システムも千差万別です。しかし放射線安全管理の基本的な目的は他の RI 施設と同様で、放射線障害の防止と公共の安全確保にあります。今回、加速器施設の放射線安全システムの中からよく利用されている安全装置をいくつかご紹介します。

○インターロック・自動表示装置

加速器運転中の使用室内に不用意に人が入ることを防止するためにインターロックの設置が法令で義務付けられています。また、加速器運転中やビーム発生中には出入り口に設置された自動表示灯などによってその旨が表示されています。

通常はいくつかの条件をクリアしない限りビームの発生ができないように加速器のインターロックが設けられています。放射線安全管理のためだけではなく、操作ミスや一部の機器の故障などによって異常事態が発生した場合に安全に運転停止するといった、加速器全体を故障から保護するためのインターロックもあります。

○入退管理装置・閉じ込め防止設備

入退管理装置は、管理区域への人の出入りを管理するもので、人が使用室内に立ち入っている場合はインターロックによってビームが出せないようになっています。ビーム発生中に出入り口が自動的に施錠される場合でも、緊急時には内側からは脱出できるようになっています。使用室内に非常停止ボタンや安全スイッチを備えている施設も多くあります。

○放射線モニタ

運転中に発生する放射線は遮蔽によって管理区域外に漏出しないような設計になっています。しかし大型の加速器の中には標的、スリット、ビームダンプなどで放射化が起こるものもあります。また、加速器周辺の機器、壁、さらには空気や冷却水の放射化が問題になる場合もあります。そのため使用室内で作業する際の被ばくや、周辺環境へ放射化した空気、水などが漏出することを防ぐため、エリアモニタや排気排水モニタが設置され、インターロックに組み込まれることがあります。

¹ RI 規制法によって規制される放射線発生装置とは、サイクロトロン、シンクロトロン等荷電粒子を加速することにより放射線を発生させる装置で政令に定めるもの。ただし装置の表面から 10 cm 離れた位置の最大線量当量率が 1cm 線量当量率で 600nSv 以下のものは法令の規制から除外される。

○その他の放射線測定器

他の RI 施設と同様に、放射線業務従事者が管理区域に入る際には個人線量計を身につけなければなりません。また、放射化物を取り扱う際には、放射化の程度によっては RI に準じた取扱いが必要になることもあるため、人体汚染検査のためのハンドフットクロスモニタや、過剰な被ばくを防ぐためのアラームメータなどを利用する場合があります。

さて RI 規制法施行規則の一部改正を受けて、2023 年に放射線測定器の点検及び校正の実施が義務化されましたが、その他の安全装置に関しても点検は欠かせません。普段加速器を運用していく中では、実際には使用される機会がほとんどない安全装置もありますが、いざというときにすべての安全装置が正常に動作するように定期的に点検をしなければなりません。

また、これらの安全装置は作業を行う放射線業務従事者に正しく使われて初めて効果を発揮します。施設を使用する前に行われる講習などで、放射線業務従事者一人一人がその施設の安全管理体制についてよく確認しなければなりません。また、自分たちが行う実験にはどのようなリスクがあるかを事前に想定しておくこと、そして異常があった場合にどう対応するかを明確にしておくことも必要です。

ここまでは主に放射線に対する安全システムについて紹介しました。しかし、実際には加速器施設での事故のうち放射線によるものは非常に稀で、その他の事故の方が圧倒的に多く発生しています。

私が所属している東京大学総合研究博物館には 2 台のファン・デ・グラーフ型加速装置があります。1 台は浅野キャンパスのタンデム加速器研究施設 (MALT) にある最大加速電圧 5MV のタンデム加速器、もう 1 台は本郷キャンパスの総合研究博物館本館にある最大加速電圧 500kV のタンデム加速器です。MALT のタンデム加速器は RI 規制法で規制される放射線発生装置として、分厚いコンクリートや鉄の遮蔽扉に囲まれた管理区域内に設置されています。一方で総合研究博物館本館のタンデム加速器は、発生する放射線量が小さく、エネルギーも低いので RI 規制法の規制を受けません¹。そのため管理区域内への設置は不要で、ガラス張りの展示室に設置されており、実際に稼働している姿を誰でも気軽に見ることができます。このように放射線に関する安全設備には大きな違いがある 2 台ですが、どちらもイオン源には数十 kV の高電圧、電磁石には大電流がかけられており不用意に触れると大変危険です。その他にもビームラインや周辺機器、架台も重量物が多く取扱いには注意を要しますし、省スペースで設置された加速器施設には狭い箇所や段差、突起もあり怪我につながるおそれがあります。

結局のところ、加速器も他の実験装置と同様に、装置を扱う前にマニュアルなどをよく読み、装置に精通した人から使用方法をしっかりと教わって、その装置や施設に潜在する危険性を十分に把握した上で正しく使用することが何よりも重要です。

総合研究博物館
徳山裕憲
教育項目：安全取扱・法令

放射性物質の中で、特に、原子核分裂の過程において高エネルギーを放出する物質であるウラン、トリウム、プルトニウムは、原子炉等規制法により核燃料物質と規定されています。また核燃料物質は、核兵器の製造にも使用されることから、国際原子力機関（IAEA）による国際的な管理が行われており、関連する資材や機材と併せて国際規制物資とも規定されています。これら核燃料物質を使用するためには、原子力規制委員会から許可（国立大学法人の場合は、承認）を受ける必要があります。

核燃料物質を使用する施設は、使用できる核燃料物質の種類や数量によって J 施設または K 施設に分類され、表 1 に示すように、少量の核燃料物質のみを使用する施設は K 施設、それ以外は J 施設に分類されます。東京大学には J 施設が 2 カ所、K 施設は 14 カ所あります（2023 年現在）。なお、表 1 にある天然ウランとは、天然で産出されるウランのことで、U-235 の同位体組成が 0.720% のものです。これに対し劣化ウランは、U-235 の同位体存在比が天然のものよりも少なく 0.2% 程度です。

本稿では、K 施設、つまり少量の核燃料物質を使用する施設（少量核燃料施設）における取扱いについて解説します。

核燃料物質を使用するにあたっては、適正な核燃料物質の管理を確保する目的で、予め計量管理規定を作成することが法令で規定されています。計量管理責任者や管理担当者は、必要に応じて規定を確認できるようにするとともに、取扱者に必ず内容を周知してください。

計量管理規定では、主に以下のことが規定されていますが、事業所名、計量管理責任者の役職、核燃料物質計量管理区域（MBA）の場所および記録の保管場所以外は、どの事業所も同じ内容です。

- ・ 計量管責任者の役職名と役割
- ・ 核燃料物質計量管理区域の場所（核燃料物質を取扱できる場所のことで、MBA: Material Balance Area ともいう）
- ・ 受入、払出、及び廃棄等の記録
- ・ 棚卸
- ・ 原子力規制委員会への報告

K 施設においては、年に 2 回（上期は 1～6 月分、下期は 7～12 月分）、原子力規制委員会に核燃料物質管理報告書を提出する必要があります。核燃料物質管理報告書では、期間中の在庫変動、つまり期間中にどれくらいの数量を受入または、払出（消費）したかを報告します。

表 1 K 施設で使用できる核燃料物質

ウラン (U)		トリウム (Th)
天然ウラン	劣化ウラン	
各 300g 以下		900g 以下

核燃料物質を取り扱う際の留意点

取扱者

- ・ 使用、受入または払出（別の MBA への払い出しも含む）の都度、その量を小数点以下まで記録する（四捨五入しない）
- ・ 月に 1 回、化合物及び供給当事国の種類ごとに在庫量の記録をまとめる（棚卸）。なお、部局によっては管理者がこれを行うため、管理者の指示に従うこと
- ・ 取扱時の安全管理や廃棄の方法は、部局の管理者の指示に従う（核燃料物質は廃棄の仕組みが無い場合、部局で保管する必要がある）
- ・ 他の部局または学外（別の MBA）と受入、払出を行う場合は、予め部局管理者へ相談する。受入の際は核燃料物質移動通知書またはそのコピーを、部局管理者の指示に従って提出する（詳細は次節）

部局管理者

- ・ 計量管理規定第 8 条に記載されているように、毎月、化合物及び供給当事国の種類ごとに帳簿の整理（棚卸）を実施する。部局の方針で取扱者が棚卸を実施する場合は、取扱者が実施したことを確認する
- ・ J 施設との受入または払出の際は、核燃料物質移動通知書を作成し、相手方と取り交わす
- ・ 7 月及び 1 月に核燃料物質管理報告書を作成し、環境安全本部へ提出する
- ・ 計量管理規定や使用する核燃料物質を変更する際は、予め環境安全本部へ相談する

受入れ・払出しの際の留意点

核燃料物質を受入れる場合は、在庫量と合わせて、原子力規制委員会から承認を受けた種類、供給当事国および数量を超えていないことを確認する必要があります。

同じ K 施設同士で核燃料物質を移動する場合、核燃料物質移動通知書の取り交わしは必須ではありませんが、記録に残すためにも取り交わしするようにしてください。

K 施設から J 施設へ核燃料物質を移動する場合、あるいはその逆の場合は、核燃料物質移動通知書の取り交わしが必要になります。通常は、相手方の J 施設の書式に従って核燃料物質移動通知書を作成することになりますが、環境安全本部から書式を提供することも可能ですので、必要に応じてご相談ください。

核燃料物質の取扱者は、計量管理責任者が把握していないところで、勝手に核燃料物質の受入れを行わないでください。受入れる場合は、必ず事前に計量管理責任者に相談してください。また、払出しについても事前に計量管理責任者に確認をとってから行ってください。

最後に

核燃料物質を取扱う際は、決められたルールのもとで取扱うのはもちろんのことですが、在庫の管理についても、計量管理責任者のみならず、核燃料物質使用者も、帳簿への記録等、計量管理規定などに従って核燃料物質を管理・使用してください。

環境安全本部
水野利恵

教育項目：核燃料物質・安全取扱・法令

エックス線発生装置では、高速に加速された電子を適切な物質に当てることで、光子放射線的一种であるエックス線を発生させます。そのエックス線は紫外線よりも高いエネルギーを有しており、強いエックス線は他の放射線と同様に、ラジカルの生成などで生体への影響を生じさせる可能性があることが知られています。したがって、エックス線を研究等で利用する場合には、作業の前後や作業中の環境測定をして、放射線の状況を確認することが推奨されています。また、業者さんや部局の管理者に任せ定期的な測定では「漏えいなし」とみなされても、実際の作業上の現場設定と異なる場合があり得ることも完全には否定できず、たとえば誰も想像していなかった箇所で、ある日偶然に有意な放射線が検出され追加の遮へいを設置したケースなども知られています。皆さんは実際にご自分がエックス線装置を使用しているときの放射線が、どこにどの程度存在しているかご存じでしょうか？

近年に市場で入手できるエックス線発生装置は、その構造上、放射線被ばくに関する安全性がかなり高められています。一方、技術力がどんなに優れていても、その技術とは関係ないところに安全上のピットホール（落とし穴）が存在することもあります。ユーザーが何かに集中しすぎるあまり、認知の不足や判断の誤りで失敗するケースの「うっかり型」の事故トラブルだけでなく、作業効率や成果を確信的に優先した結果、安全確保を犠牲にしてしまう「あえて型」での事故トラブルも少なくない事実を認識いただくことが大切です。大学の教職員には学生を守る義務があります。大学のひとつの特徴として人の流動性が高く、研究者や専門家として未成熟のメンバーがリスクのある作業に従事している可能性のあるきわめて特殊な組織であることに十分留意し、作業環境の入念な整備が求められています。安全装置や関連のシステムにすべてを委ねることなく、それらの故障や不具合の可能性にも意識を向け、計画的に機能を確認することも重要になるでしょう。古くから使われている装置を使い続ける場合にはさらなる特段の注意と配慮が要求されます。安全に関する文化を世代間で引き継ぎ、かつ水平展開することが重要で、作業開始前の安全教育のみならず、日常的な活動においても、たとえば施設見学対応の際に、安全対策について積極的にアピールするなどの取り組みなども効果的でしょう。

貴学では、エックス線発生装置の管理に、国際的な安全管理の考えに沿った「グレーデッドアプローチ（段階的な管理）」がすでに導入されています。これは今後日本におけるスタンダードになっていくことも期待されている、とても良く工夫された安全管理の手法であると考えます。2019年度再教育資料（2023年度に再掲載）でもコンパクトな説明がなされているので、是非ご参照頂き、さらなるエックス線の利用に伴う環境管理に役立てていただきたいと思います。

国立保健医療科学院 上席主任研究官
山口 一郎
教育項目：安全取扱・エックス線