

電子版:ISSN 1881-7300

日本保健物理学会専門研究会報告書シリーズ

Vol.16 No.1

非破壊検査分野等におけるエックス線作業における放射線安全教育に関する専門研究会

活動報告書

2026 年 7 月

一般社団法人 日本保健物理学会

Executive Summary

日本保健物理学会において、「非破壊検査分野等におけるエックス線作業における放射線安全教育に関する専門研究会（以下、専門研究会）」を設置し、非破壊検査分野等におけるエックス線作業主任者及びエックス線作業者を対象として、エックス線装置の安全管理に関する取組状況並びに作業時における放射線防護措置の現状について調査を行った。本専門研究会では、非破壊検査分野を中心としたアンケート調査、現地ヒアリング調査、海外規制当局における制度及び教育体系に関する調査、並びに実際の作業環境におけるエックス線線量測定を実施し、エックス線作業に係る安全教育の実態及び課題の把握に努めた。

その結果、電離放射線障害防止規則（以下、電離則）に基づき、透過写真撮影業務に従事する場合には所定の教育時間が確保されていることが確認された。また、多くの事業場において、放射性同位元素等の規制に関する法律（以下、RI 規制法）に基づく事故時対応に関する実践的な教育訓練や、年度を越えない再教育が実施されている実態が明らかとなった。現地ヒアリング調査では、教育・講習におけるオンライン及びオンデマンド講義の有用性や、再教育制度の重要性について共通認識が形成されていることが確認された。特に、ポータブルエックス線蛍光分析装置（XRF）使用時の被ばくに関する懸念が多く、事業場で共有されており、使用可能な人員に対する教育内容や使用時の注意事項について、自主的に制度設計を行い運用している事例が認められた。これらは、良好事例として他分野へも展開されることが望ましい。

本専門研究会で実施した現場におけるエックス線線量測定を通じ、大型エックス線 CT 装置においては、作業条件によって短時間で極めて高い線量に達し得ること、及びエックス線の線質及び線量率特性に応じた適切な測定器選定が不可欠であることを明らかにした。これらの知見を教育教材として活用可能な形で整理することにより、受講者が「目に見えない放射線」を理解するための有効な手段となることが期待される。

本専門研究会では、電離則における「特別教育」を視野に入れ、国際原子力機関（IAEA）が提唱するグレーデッドアプローチ手法を適用した効果的な教育・講習パッケージの開発及び整備を提言する。具体的には、特別教育の内容に加え、エックス線装置による被ばく事故事例、エックス線作業管理及び作業環境管理、エックス線を使用する施設の安全管理、並びに労働安全衛生マネジメントシステム（OSHMS）及び放射線安全文化等を盛り込むことが重要である。教育・講習パッケージは、多様なエックス線装置及び作業形態に対応できるよう、事業場の実情に応じて教育内容を選択可能とし、エックス線作業主任者及び作業者それぞれに適した教育体系として提供されるべきである。

本専門研究会の成果が、今後の議論の基盤として非破壊検査分野等におけるエックス線作業の安全確保及び放射線安全文化の醸成に寄与するとともに、日本保健物理学会が果たすべき社会的役割の一助となることを期待する。

内容

Executive Summary

1. 専門研究会の概要	1
1. 1 専門研究会設立の背景	1
1. 2 専門研究会の目的	1
1. 3 対象とする範囲	1
1. 4 電離放射線障害防止規則の改正	1
2. 調査方法	4
2. 1 アンケート調査	4
2. 2 現地ヒアリング	5
2. 3 海外の制度・教育内容の調査	5
2. 4 事業場等でのエックス線線量率測定	5
3. 調査結果	6
3. 1 エックス線利用実態	6
3. 2 被ばくリスクの実態	7
3. 3 エックス線線量率測定の結果	9
3. 4 海外制度の整理	11

3. 5	RI 規制法との比較	1 2
4.	検討及び考察	1 3
4. 1	教育体系の課題	1 3
4. 2	装置分類と教育のミスマッチ	1 4
4. 3	教育内容の階層化	1 4
5.	提言と今後の課題	1 6
5. 1	エックス線教育体系の整理	1 6
5. 2	標準教材（動画・e-learning）の整備	1 7
5. 3	装置導入時の教育指針（メーカーとの連携）	1 7
5. 4	漏えい線量測定標準化	1 8
5. 5	再教育（更新制）導入の検討	1 8
5. 6	今後の課題	1 9

表 A 本専門研究会の委員

表 B 本専門研究会の活動の経緯

議事録

1. 専門研究会の概要

1. 1 専門研究会設立の背景

去る 2021 年 5 月 29 日に発生した労働者のエックス線被ばく事故を受け、日本保健物理学会が当該事故の社会的重要性を考慮し、関連情報の収集及び会員間の共有、並びに社会への情報発信が専門家集団としての責務であるとして、「エックス線被ばく事故検討 WG」を設置した。同 WG では、事故の背景と経緯、線量評価、健康影響等について情報を収集し、1) 安全管理上の対策・課題、2) 測定、線量推定に関する課題、及び 3) 社会とのコミュニケーション上の課題、を整理した。特に、安全管理上の課題として、エックス線利用・安全管理に関する組織体制と責任の所在の明確化及び教育訓練・人材育成は、同 WG の最終報告書において提言された[1-1]。とりわけ製造業や非破壊検査分野において、エックス線装置を用いた作業は広く実施されている一方、エックス線作業主任者や作業員に対する放射線安全教育の内容や実施状況については、事業場ごとに差異があることが指摘されてきた。また、被ばく事故の発生防止や被ばく線量低減の観点から、現行の教育内容が実務上十分であるかについて検証する必要性が高まっている。

そこで、日本保健物理学会では、製造業や非破壊検査分野におけるエックス線作業主任者等への放射線安全教育の在り方を体系的に検討するために、専門研究会を設置した。

1. 2 専門研究会の目的

本専門研究会の目的は、製造業や非破壊検査分野等におけるエックス線作業主任者及びエックス線作業員を対象として、エックス線作業における放射線防護の具体的措置や安全衛生に係る教育内容の実態を調査し、被ばく事故発生防止及び被ばく線量低減に実効性のある教育の内容や実施方法を検討することである。併せて、本研究会で検討された教育内容を実際の事業場に展開し、その効果を定量的に評価することで、多くの事業場において容易に導入可能な教育内容及び実施頻度の在り方を整理し、製造業及び非破壊検査分野における放射線業務従事者の労災疾病予防に資することを目的とした。

1. 3 対象とする範囲

本専門研究会の調査では、製造業及び非破壊検査分野等において、エックス線作業主任者を選任している事業場を主な対象とした。対象者は、エックス線作業主任者に加え、実際にエックス線装置を取り扱う作業員を含み、事業場における教育・訓練・講習の実施状況、放射線防護措置、作業管理の実態等について検討を行った。また、検討にあたっては、国内事業場における実態調査に加え、関連する業界団体や外部有識者の知見も活用し、実務に即した検討を行うこととした。

1. 4 電離放射線障害防止規則の改正

電離放射線障害防止規則（以下、「電離則」という。）では、労働安全衛生法（以下、「安

衛法」という。)にもとづくエックス線作業を監督する職務に従事するエックス線作業主任者が定義されている。前述のエックス線被ばく事故を背景に、厚生労働省は2024年2月に「エックス線装置に係る放射線障害防止対策に関する検討会」を設置し、エックス線業務における放射線被ばく防止対策について議論を行った[1-2]。検討会の報告書は2024年8月30日に公表され、その内容を受けて電離則が改正された(令和7年10月29日改正)[1-3]。

電離則改正の概要は次のとおりである。

- (1) 工業用等の特定エックス線装置の自動警報装置の設置義務の拡大、安全装置の設置義務化、医療用の特定エックス線装置の操作室設置義務化等
- (2) エックス線作業主任者及びガンマ線透過写真撮影作業主任者の職務の見直し
- (3) 特別教育の実施対象となる業務の拡大

(1)について、自動警報装置の設置対象となるエックス線装置が、放射線装置室に設置される工業用等のエックス線装置のうち、特定エックス線装置及び管電圧が150kVを超える一部のエックス線装置に拡大されている。安全装置の設置義務については、労働者の意図しない被ばくを防止する観点からの改正であり、放射線装置室に設置される工業用等の特定エックス線装置について安全装置の設置が義務付けられた。医療用の特定エックス線装置のうち放射線装置室に設置される装置に関する改正では、医療法施行規則の取り扱いと同様に、医師等の管理下にある装置に関し、事業者はエックス線診療室の室内に、エックス線装置を操作する場所を設けないことが求められている。また、獣医療法施行規則の取り扱いと同様に、獣医師の管理下にある装置の操作室等について、遮へい壁その他を設けること等により放射線の遮へい等が義務付けられる。

(2) エックス線作業主任者の職務(電離則第47条各号)については、下記の①～④の職務が、ガンマ線透過写真撮影作業主任者の職務(電離則第52条の3各号)については、下記の②と④の職務が追加された。

- ・ 安全装置の点検
- ・ 自動警報装置等による周知措置及び安全装置に異常を認めた際、直ちに必要な措置を講ずること
- ・ 安全装置をやむを得ず取り外し、または機能を失わせた場合の代替措置が講じられていることの確認
- ・ 作業の方法を決定し、放射線業務従事者を指揮すること

(3)の特別教育の実施対象となる職務は、エックス線装置又はガンマ線照射装置を取り扱う業務全体に拡大される一方で、装置の内部にのみ管理区域が存在し、かつ、エックス線又はガンマ線の照射中に労働者の身体の一部がその内部に入ることのないように遮へいされた構造を備えた装置を使用する業務に従事する場合は、特別教育の対象とはならないことが明示された。ここでいう装置は、いわゆるボックス型のエックス線装置等が該当するとされている。なお、電離則改正にいたる経緯の詳細は、文献[1-4]を参考にされた

い。

参考文献：

[1-1] 五十嵐ら，日本保健物理学会「エックス線被ばく事故検討 WG」活動報告 ー第 1 分科会 エックス線利用上の安全規制と現場管理ー，

Jpn. J. Health Phys., 58 (3), 141–150 (2023).

[1-2] エックス線装置に係る放射線障害防止対策に関する検討会，

https://www.mhlw.go.jp/stf/newpage_37794.html

(2026 年 3 月 27 日閲覧)

[1-3] 電離放射線障害防止対策について，

https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/koyou_roudou/roudoukijun/anzeneisei29/0000186714_00002.html

(2026 年 3 月 27 日閲覧)

[1-4] 飯本武志，

エックス線装置管理に関する電離則の改訂にいたる厚生労働省

「エックス線装置に係る放射線障害防止対策に関する検討会」での論点と議論の経緯，

Jpn. J. Health Phys., 60 (3), 236–245 (2025).

2. 調査方法

本専門研究会では、製造業及び非破壊検査分野等におけるエックス線作業の実態及び放射線安全教育の現状を把握し、被ばく事故の発生防止及び被ばく線量低減に資する教育内容、教育実施方法等を検討することを目的とし、アンケート調査、現地ヒアリング、海外の制度・教育内容の調査、及び事業場等でのエックス線線量率測定を行った。

アンケート調査及び現地ヒアリングでは、製造業及び非破壊検査分野等の事業場を対象とし、エックス線作業主任者及びエックス線作業員に対する教育・訓練の実施状況、放射線防護措置の実態等について、オンラインアンケート及び現地でのヒアリングによる調査を実施した。

海外の制度・教育内容の調査では、世界各国におけるエックス線安全を担保するための制度設計、エックス線（または放射線）安全教育に関する定期講習等の取組み事例について、オンラインアンケート及び訪問調査を通じ、各国の先進的な制度設計や特徴的な教育体系に関する情報収集を行った。

事業場等でのエックス線線量率測定は、エックス線安全教育における教材充実の観点で、被ばく線量低減に関わるエックス線装置からの線量率分布の可視化や、万一の被ばく事故発生時に予想される被ばく線量評価に資する情報を収集することを目的に行われた。

2. 1 アンケート調査

専門研究会では、エックス線作業主任者（以下、主任者）を選任している非破壊検査分野等に属する事業場を対象として、主任者及び作業員の安全衛生に係る能力向上に向けた取組み状況並びに放射線防護措置の現状について、アンケート調査を実施した。

アンケートの送付先及び内容については、主任者に確実に届くことを重視し、正会員 199 社を擁する一般社団法人日本非破壊検査工業会（JANDT）の協力を得た。さらに本アンケートに加え、一般社団法人日本検査機器工業会（JIMA）から紹介を受けた検査機器関連企業や団体、エックス線装置販売企業、放射線装置室を設置する事業場に加え、日本保健物理学会及び日本放射線安全管理学会の会員に対しても、メーリングリスト等を通じた調査を行った。JANDT 会員企業を対象としたメーリングリストによるアンケート調査は、2024 年 10 月 18 日から 2025 年 1 月 18 日までの 3 か月間実施した。併せて、日本保健物理学会及び日本放射線安全管理学会会員に対しても同様のアンケート調査を行っており、調査期間は 2024 年 12 月 16 日から 2025 年 3 月 16 日で実施した。

調査対象者は、エックス線作業主任者に加え、実際にエックス線装置を取り扱う作業員を含めた。

アンケート項目は、以下を中心に構成した。

- ・事業場で使用するエックス線装置の種類・使用形態
- ・エックス線作業主任者及び作業員に対する教育・訓練の実施状況

- ・教育内容（法令、放射線防護、作業手順、事故対応等）
- ・エックス線使用時の放射線防護措置及び作業管理の実施状況
- ・教育・訓練に関する課題や改善要望

2. 2 現地ヒアリング

2. 1で記載したオンラインアンケート調査結果に基づき、JANDTの協力のもと、複数の非破壊検査会社の承諾を得て事業場を訪問し、現地ヒアリング調査を実施した。現地ヒアリングでも2. 1のオンラインアンケートと同様の内容を調査したが、教育内容のより具体的な内容、及び教育・講習に関する改善提案としてのオンライン・オンデマンド教育を中心にヒアリングを行った。

2. 3 海外の制度・教育内容の調査

本専門研究会におけるエックス線主任者及びエックス線作業者に対する教育訓練、並びにエックス線安全に資する主任者等の人材育成に関する観点からの調査として、世界各国における制度設計及び定期講習等の取組み事例を、オンラインアンケート及び訪問調査により実施した。海外の制度・教育内容の調査に先立ち、国際原子力機関（IAEA）放射線安全・モニタリングセクションを訪問して、作成したオンラインアンケート案について議論を行うとともに、当該アンケートへの協力要請を行った。IAEA放射線規制担当らとの議論の結果、諸外国の規制当局担当者が回答しやすい設問に構成を工夫すること、及びアンケート調査の実施先に関する提案を得た。併せて、本調査実施への理解及び協力について合意を得た。また、大韓民国（以下、「韓国」という。）における放射線規制当局担当者に対する訪問調査を実施し、韓国における放射線防護に関する教育制度及びその取り組みについて調査した。

2. 4 事業場等でのエックス線線量率測定

2. 2に示す現地ヒアリングで了承の得られた事業場において、実際の作業環境におけるエックス線場の物理的特徴を把握することを目的に、非破壊検査（エックス線透過法・放射線透過試験）の現場でのエックス線線量率及びエックス線フルエンススペクトルの測定を行った。

3. 調査結果

3. 1 エックス線利用実態

JANDT 会員企業を対象としたメーリングリストによるアンケート調査のうち、エックス線装置の利用実態を示す質問に対する結果を、図3－1に示す。

「問：あなたが職場で管理しているエックス線機器の作業内容として、あてはまるものをすべてお選びください。」

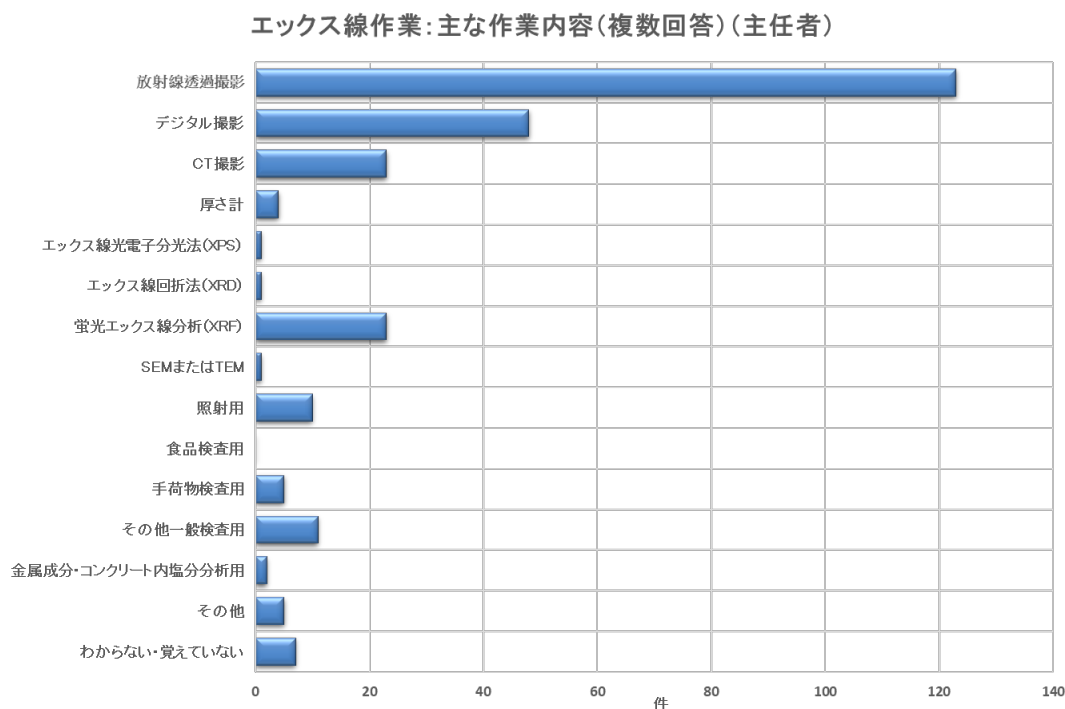


図3－1 エックス線作業主任者による主たるエックス線作業内容

図3－1に示すとおり、120件以上の回答者が放射線透過撮影作業に従事、50件程度がデジタル撮影、CT撮影と蛍光エックス線分析が各20件程度、という回答が得られた。

放射線透過写真撮影（以下、「RT」という。）は、エックス線または γ 線を溶接、配管、コンクリート等の試験体に透過させてフィルムに像を記録し、内部欠陥（ブローホール、融合不良、介在物など）を可視化する非破壊検査法の一つである。具体的撮影条件例として、JIS Z 3104:1995 鋼溶接継手の放射線透過試験方法などでは、有資格者によるエックス線等撮影像の質に基づく撮影条件等の設定が行われる。使用されるエックス線装置は、試験体の材質、板厚、及び必要な像質（きずの識別能力）に応じて選定され、低電圧から高電圧（数百kV）まで、対象の厚さに応じて使い分けられる。

デジタル放射線透過撮影（D-RT）は、イメージングプレート（CR）や平面デジタル検出器（DDA）を用い、JIS Z 3110:2017に基づき、有資格者により具体的な管電圧帯・検出器選定・幾何条件を決定する。

いずれの透過写真撮影においても、現場での RT を行うために用いられるのはポータブルエックス線発生装置といえる。エックス線発生装置の発生原理は、「パルス式」と「定電圧式」に大別される。パルス式は、パルス状にエックス線を断続的に照射するもので、バッテリー駆動する装置もあり、一般に軽量（5kg～10kg 程度）なものが多いことから、現場への持ち運びが容易である。定電圧式エックス線発生装置はエックス線管に供給する電圧を一定に保つ方式が採用されており、パルス式に比べて高出力で安定した連続エックス線の照射が可能である。電圧を安定して高く維持できるため、鉄やコンクリートなど厚い物質の内部検査に適している一方で、大型化する傾向があり、ポータブル型であっても軽量のモデルは多くない。

CT 撮影業務に従事しているとの回答が 20 件程度あった。工業用エックス線 CT 撮影は、被写体である製品を破壊せずに内部の構造、欠陥（亀裂、空洞）、密度分布を 3 次元で可視化・解析する非破壊検査技術である。自動車部品、電子機器、ダイカスト製品などの品質管理及び研究開発においては必須の技術である。CT 撮影では、エックス線管と検出器を固定し、被写体を設置した回転台が回転し、被写体を 360 度回転させて撮影することで高精度な断層データや 3D 画像を取得できる。産業用 CT スキャナでは、医療用途とは異なり、線量を考慮する必要がなく、高精度・低ノイズの高品質なデータを得ることが出来る。

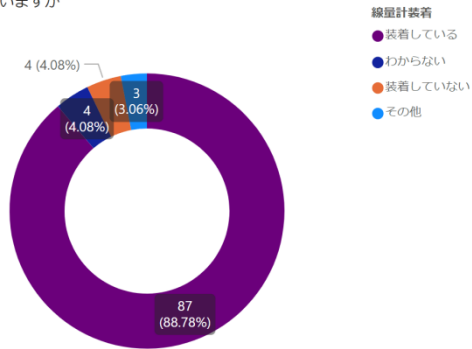
特徴的な点は、蛍光エックス線分析（XRF）を用いる業務が少なからず実施されていることである。XRF は非破壊で元素の定性・定量が可能な手法として広く普及している。分析に関する原理で大きく二通りに分けられ、試料から出る蛍光エックス線を搭載された半導体検出器でエネルギー別に同時検出しスペクトルを作る方式であるエネルギー分散型（EDXRF）の XRF は高速で同時多元素測定が可能で、小型・軽量の設計が可能である。そのため、ポータブル式 XRF として採用されており、現場でのスクリーニングやスクラップ選別などに用いられている。一方、蛍光エックス線を結晶で波長ごとに物理的に分離して逐次検出する方式を採用する波長分散型（WDXRF）は高分解能・低検出限界という特性を有している。そのため、実験室でのベンチトップ型装置に採用されており、精密な定量、研究・品質管理の分野で採用されている。

その他、手荷物検査等の回答は非常に少なく、食品検査については回答がなかった。異物混入検知の観点では業務として似ている点が多いが、今回対象とした JANDT 会員企業を対象としたオンラインアンケートでは回答は得られなかった。

3. 2 被ばくリスクの実態

3. 1 で示したエックス線装置の利用実態を背景とし、オンラインアンケート調査のうち、エックス線作業時の線量計装着及び装置への警報装置具備に関する質問に対する結果を、図 3-2 に示す。

あなたの職場では、エックス線機器を扱う作業を行う際に個人線量計を装着して作業をしていますか



あなたの職場では、エックス線作業を行う際に、放射線室またはエックス線機器に「警報装置」は備え付けられていますか

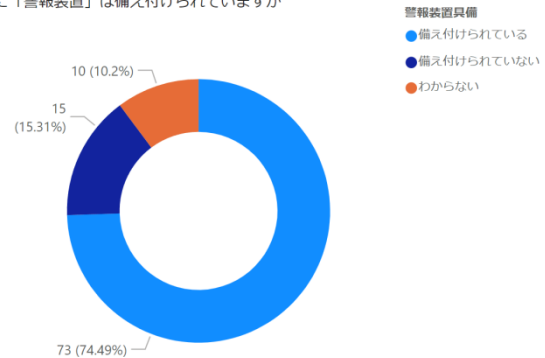


図 3 - 2 エックス線作業主任者による線量計装着状況及び警報装置具備に関する状況

個人線量計装着率についても非常に高く、また使用するエックス線装置について警報装置を具備している状況が明らかとなった。

図 3 - 3 では、エックス線被ばくの可能性についての質問を示しているが、約 40 % のエックス線作業主任者は自身の装置、または自身らが実施・監督するエックス線作業で被ばくする恐れがあると回答している。

ご自身が扱う又は管理している機器でエックス線被ばくの可能性はあると思いますか。

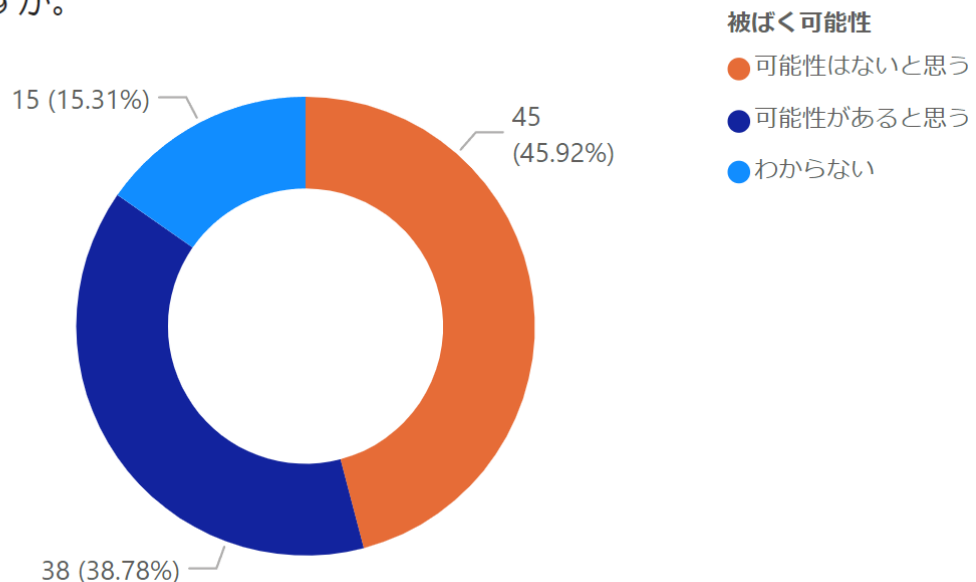


図 3 - 3 エックス線作業での被ばく可能性

どのような作業でエックス線被ばくが生じうるか、アンケート調査の自由記述で回答を求めたところ、ほとんどは「うっかり型」ヒヤリハットに基づく被ばく事故を想定していた。それらには、知識不足によるもの、コミュニケーションエラー等に基づくものが多かった。

3. 3 エックス線線量率測定の結果

本専門研究会で実施したエックス線線量率測定では、エネルギー特性及び線量率応答を把握済みの線量率計及び放射線スペクトロメータを使用した。スペクトロメータを用いたエックス線エネルギー分布の測定から、サーベイメータ等の測定により得られる線量率の指示に影響を及ぼし得る線質の特徴について検討した。エネルギー分布測定に用いた CdTe 放射線検出器 (EMF 社製 EMF123-0 型) は、国立研究開発法人日本原子力研究開発機構放射線標準施設棟 (FRS) に整備されたエックス線校正場を使用して検証を行い、妥当なエックス線スペクトルが測定可能であることを確認済みである。さらに、専用コリメータを使用して 100 mSv/h 程度の高線量率下においても正確なエックス線エネルギー分布を取得可能であることの確認ができた。

3. 3. 1 RT におけるエックス線線量率測定

前述のとおり溶接部の健全性評価に用いられる RT は JIS Z 2305:2024「非破壊試験技術者の資格及び認証」に規定される主要な手法であり、製造業における鋼材溶接部や石油化学プラント等の配管検査に広く採用されている。本専門研究会では、大型機械部品の製造検査や大型施設での配管検査時に、作業者の声がけ等のミスにより生じうる、「うっかり」型のエックス線被ばくを想定し、現場での RT を模擬した測定を実施した。

照射対象となる鋼板または鋼管に対し、所定の距離 (1 m または 0.86 m) に設置した携帯型エックス線発生装置 RF-300EGM (リガク社製：管電圧 300 kV、管電流 5 mA、パルス式) からエックス線を照射した。照射方向は実際の RT 作業を再現し、鋼板に対しては鉛直下方向、鋼管に対しては水平方向とした。

その結果、使用した電離箱式サーベイメータ間 (AE-133B (0.370 ± 0.006 mSv/h) 及び ICS-1323 (0.486 ± 0.006 mSv/h)) では約 30% の差異が認められたが、同一機種における線量当量単位間には違いが認められなかった。また、鋼板の RT を模擬した照射において実測されたエックス線エネルギー分布には、鉛の特性エックス線ピーク及びターゲット材 (タングステン) の特性エックス線に起因する後方散乱ピークが確認されており、フルエンス平均エネルギーは 85 keV と評価された。これは電離箱式サーベイメータのエネルギー応答特性において、応答が良好なエネルギー領域に入っている。

3. 3. 2 エックス線透過法による非破壊検査を模擬した測定

建築現場等では、コンクリート壁内の鉄筋等の配筋状況を確認するため、ポータブルエックス線発生装置 (パルス式) を用いたエックス線透過法が広く利用されている。この作業におけるエックス線被ばくの主たる要因は、コンクリート壁等からの散乱エックス線であると考えられ、照射したエックス線が壁面から跳ね返ってくる等を想定していない (できていない)、事に起因する。被ばく源としてのエックス線についていうと、散乱エックス線のエ

エネルギー変化やパルス特性は、被ばく管理上の測定精度に影響を及ぼす可能性がある。そこで、実際の非破壊検査作業を模擬した測定を実施した。照射対象のコンクリート板（60cm×60cm×20cm）に対し、1 m の距離から携帯型エックス線発生装置 RIX-200MC（トーレック製：管電圧 200kV、管電流 3mA、パルス式）を用いてエックス線を照射した。コンクリート板からの散乱エックス線を評価するため、照射対象物から斜め 45 度後方 1 m の地点を測定点とし、エックス線線量率を応用技研 AE-133B、アロカ ICS-1323、アロカ TCS-1172 で測定するとともに、エックス線エネルギー分布を CdTe 放射線スペクトロメータで測定した。

その結果、電離箱式サーベイメータ間(AE-133B(29.5mSv/h)及びICS-1323(33.2 mSv/h))の指示値の差異は十分に小さく、安定した応答を示した。また、AE-133B により直読した 70 μ m 線量当量率 $H(0.07)$ 、3mm 線量当量率 $H(3)$ 及び 1 cm 線量当量率 $H(10)$ の間にも大きな有意差は認められなかった (29.5 ~ 32.5 mSv/h)。一方で、NaI(Tl)シンチレーション式サーベイメータ (TCS-1172) の指示値は、電離箱式の測定値 (約 30 mSv/h) に対し、 μ Sv/h オーダーという極めて低い値を示した。

3. 3. 3 ハンドヘルド XRF からのエックス線線量率測定

現地ヒアリングにおいても懸念が上がっていたハンドヘルド蛍光エックス線分析装置 (Thermo Scientific 社製 Niton XLt 797) を用い、装置から放出される直接エックス線のエックス線エネルギー分布及びエックス線線量率を測定した。

得られたエックス線エネルギー分布には、ターゲット材であるモリブデン (Mo) の特性エックス線ピーク及び連続エックス線の分布が顕著に確認された。フルエンス平均エネルギーは 28 keV と評価され、これまでに調査した非破壊検査等の散乱エックス線場と比較して著しくエネルギーが低いことが判明した。

また、照射距離 53 cm における直接エックス線の線量率測定結果を表 3-1 に示す。本装置のエックス線エネルギーは低エネルギー成分が支配的であるため、1 cm 線量当量率 $H^*(10)$ よりも、70 μ m 線量当量率 $H(0.07)$ の指示値が有意に高くなることが定量的に確認された。この結果は、ハンドヘルド蛍光エックス線分析装置による被ばく事故が発生した場合、全身被ばくだけでなく、皮膚組織に対する線量評価が極めて重要であることを示唆している。また、これほど低エネルギーの領域では、汎用されるサーベイメータのエネルギー依存性の影響を慎重に考慮する必要があることが浮き彫りとなった。

以上の結果から、エックス線線量率測定は教育教材としての有用性が高く、適切な測定器選定と線質理解が被ばく防止に不可欠であることが確認された。

表 3-1 ハンドヘルド蛍光 X 線分析装置から放射される直接エックス線の線量率
(照射距離 53cm)

AE-133B	$H^*(10): 78.9 \pm 1.1 \mu\text{Sv/h}$
	$H(0.07): 99.6 \pm 12.7 \mu\text{Sv/h}$

3. 4 海外制度の整理

本専門研究会では、世界各国の規制当局で行われているエックス線安全管理の制度設計の方向性を把握することを目的に、世界各国でのエックス線安全制度設計及び定期講習等の取組み事例の調査を行った。調査に先立ち、国際原子力機関（IAEA）放射線安全・モニタリングセクションを訪問し、当該調査の趣旨を説明して協力を求めると同時に、オンラインアンケート草案に基づいて議論した。議論の結果、本調査実施への理解及び協力についての合意が得られた。オンラインアンケートに関しては、海外規制当局担当者が回答しやすい設問構成等に関する助言を得てアンケート内容を修正し、アンケート調査の実施先についての提案が得られた。この内容については、国際原子力機関放射線安全基準委員会（IAEA-RASSC）において紹介する機会を得た。

また、予備調査の一環として、大韓民国（以下、「韓国」という。）における放射線規制当局担当者に対する現地ヒアリングを実施した。エックス線安全を含む放射線安全の制度設計として、放射線業務従事者に対する一本化された制度に加えて、放射線教育については、オンライン教育、受講歴の一括管理等が導入されており、先駆的な取り組みが確認できた。

韓国における放射線に関する制度設計の特徴として、監督官庁と規制法令が原則として一元化されていることが挙げられる。規制法令は原子力安全法、医療分野での利用を除く放射線利用の監督官庁は韓国原子力安全委員会（NSSC）となっている。放射線作業者の教育時間や内容、頻度については、産業用エックス線の作業者を含め同法令で定められており、学生と労働者の身分に関係なく同じ教育体系で管理されている。教育時間数は非破壊検査分野とその他分野で分けられており、非破壊検査分野では基礎教育 12 時間と現場教育が 6 時間の計 18 時間、その他分野は基礎教育が 8 時間と現場教育が 4 時間の計 12 時間となっている。その主な理由として、非破壊検査業における放射線作業は屋外での作業なども想定され、事故時の影響範囲が大きくなることが想定されることから、放射線発生源のリスクに加え使用環境も含めたリスク評価に基づき教育時間数がその他分野よりも長く設定されているためである。

基礎教育用の資料は NSSC 傘下の韓国原子力安全財団(KoFONS)が紙ベース版とオンライン版を提供している。現場教育については各所属機関や会社側がそれぞれの状況に即した資料を使用している。教育受講歴は KoFONS が管理する RAWIS システムで管理されており、被ばく歴、健康診断結果、従事している作業分野等の情報も一元的に管理されている。

海外規制当局担当者を対象としたオンラインアンケート調査では、設問を 6 つのセクションに分け、各国における教育制度の有無、教育対象者、教育内容及び時間数等を尋ねる構

成とし、可能な限り規制当局者が回答しやすい形式とした。本報告書執筆時点（2026 年 4 月）では、7 か国から計 13 件の回答が得られた。その内容については、国際放射線防護委員会（ICRP）等が主催する国際会議において発表し[3-1]、多くの国から本調査への理解と回答を得るとともに、エックス線安全に係る放射線安全教育について国際的な議論の必要性を提起した。当該オンラインアンケートについて具体的な回答が得られた国には、大韓民国やオーストラリア等があった。アンケートでの回答には、放射線防護に係る教育時間の設定、再教育制度、教育実施に係る登録制度等について幅広い回答が得られている。

3. 5 RI 規制法との比較

本調査における限界の一つとして、非破壊検査業において、エックス線装置のみを使用して透過写真撮影業務を行う事業場へのアクセスが十分でないことが挙げられる。特に、現地ヒアリングで承諾を得た事業場は、いずれもイリジウム密封線源を用いる透過写真撮影を行っている。イリジウム密封線源を RT で使用するには、放射性同位元素等の規制に関する法律（以下、「RI 規制法」という。）に基づく使用許可を取得している必要があり、イリジウム密封線源の使用にあたっては、放射線取扱主任者の定める放射線予防規程に従った放射線業務従事者の教育訓練が要求される。教育訓練には初回に 6 時間以上の教育が求められるほか、放射線業務従事者については年度を越えない範囲で再教育の受講が求められる。

RI 規制法に基づく放射線取扱主任者の位置づけは、電離則におけるエックス線作業主任者の位置づけと大きく異なっているため単純な比較は避けるべきである。しかしながら、第一種放射線取扱主任者には定期講習が義務付けられており、選任後 1 年以内、以降 3 年ごとの定期講習を受講することが求められている。受講しない場合、RI 規制法違反となり、主任者としての業務を遂行できない。

定期講習の内容は、放射線障害防止に関する法改正や最新の知見、安全管理実務等となっており、法律で定められた「法に関する科目」、「放射線発生装置及び放射性同位元素等の取扱並びに使用施設等における安全管理」、「放射線発生装置及び放射性同位元素等の取扱に関する事故」であり、教育訓練に係る時間数は 1 科目当たり 1 時間～2 時間程度、総時間数は 4～5 時間で設定されることが多い。

参考文献：

[3-1] Yu Igarashi,

“Survey of the International Situation of Education and Training for Industrial X-ray Radiation Workers”,

8th International Symposium on the System of Radiological Protection (ICRP2025),

October 2025, Abu Dhabi.

4. 検討及び考察

3. 調査で得られた結果をもとに、専門研究会の会合において、エックス線作業における放射線安全教育の在り方について検討を行った。検討にあたっては、以下の観点を重視した。

- ・被ばく事故の発生防止及び被ばく線量低減に対する実効性
- ・エックス線作業主任者及び作業者の役割に即した教育内容
- ・事業場の規模や業種にかかわらず導入可能な教育内容・方法
- ・教育の継続性及び実施頻度の適切性

また、必要に応じて関連業界団体や外部有識者の意見を参照し、実務に即した検討を行った。

4. 1 教育体系の課題

本専門研究会で調査の対象とした、工業・非破壊検査業を中心とする分野でのエックス線安全に関する教育は、主に電離則に基づく特別教育と、労働安全衛生法（以下、「安衛法」という。）第 59 条や第 60 条に基づく安全衛生教育に大別される。いずれの教育も、事業者が労働者に対して実施するものであるが、エックス線装置の被ばくリスク等を考慮した分類を行う場合には、特別教育の教育時間・内容と、安衛法の安全衛生教育（事業者の裁量による）との内容の差異が評価できず、教育時間・内容に、どのようなギャップがどの程度あるかを知ることが難しい。

前述のとおり、非破壊検査業では RI 規制法に基づく規制を受けている事業場も多く、その場合、イリジウム密封線源を使用するために必要な教育訓練及び再教育を、エックス線作業主任者を含む放射線業務従事者は受講していることになり、単純に電離則の特別教育と比較した場合、教育内容の多くは共通しているが、放射線業務従事者として再教育を受講する制度が組み込まれている点において相違がある。

電離則に基づく特別教育は事業者が労働者に実施することを求めるもので、事業者が教育を行う義務を負っている。一方の RI 規制法に基づく放射線業務従事者の再教育については RI 規制法で制度化されている。再教育に係る制度では、RI 規制法において第一種放射線取扱主任者では指定時に加えて定期的な講習が義務化されている。法の設計思想が異なるため直接的な比較は避けるべきであるが、安衛法における再教育・リマインド教育の位置づけが明確になることが望ましい。

また、今般の電離則改正の対象となった特別教育の実施対象となる職務として、エックス線装置又はガンマ線照射装置を取り扱う業務全般が追加された。この結果として、これまで特別教育を受講せずにエックス線装置を使用していた労働者に対する、特別教育の未受講という課題は解消されるといえる。また、今回の改正では装置の内部にのみ管理区域が存在し、かつ、エックス線又はガンマ線の照射中に労働者の身体の一部がその内部に入ることのないように遮へいされた構造を備えた装置を使用する業務に従事する場合には、特別教育の対象とはならないことが明示されている。

4. 2 装置分類と教育のミスマッチ

現状の電離則における特別教育では、特に令和7年10月までの改正前には、透過写真撮影について前述のRT、D-RT、CTについて全て同一教育として扱われてきたという現状がある。特に、密閉型エックス線装置のうちCT装置については、「透過写真撮影」業務として特別教育を装置使用前に受講することが求められてきた。この場合、エックス線装置を使用する際の実際の被ばく源（散乱線／直接線／低エネルギー線）と教育・講習で受けた内容の差異が生じることになる。特に、本専門研究会における線量率測定結果及び議論を通じて、低エネルギーエックス線であっても、管電流条件によっては極めて高い線量率となり得ることが確認されている。現状の教育・講習では、エックス線安全を十分に担保することが難しくなる可能性がある。

なお、安全衛生教育として、装置ごとのマニュアル及び危険源となるエックス線ばく露の可能性とその防止を目的とした教育・講習が実施される場合がある。例えば食品検査会社、エックス線分析装置販売業者では、装置の設置・導入時に実施される装置の操作方法の教育・講習に、エックス線被ばくを防止する内容も含まれており、装置特有の危険源に根差した安全衛生教育を実施している（させている）といえる。

4. 3 教育内容の階層化

本専門研究会における調査及びエックス線線量測定結果から、エックス線作業に係る放射線安全教育は、画一的な内容として一律に実施するべきではなく、教育内容を整理・階層化した体系として構築し、そのうえで各事業場固有の事情に応じた内容を過不足なく実施し、エックス線の安全な使用につなげることが重要であると考えられる。

電離則及びRI規制法に関する放射線教育の調査から、あらゆるエックス線作業に共通する基礎的事項として、安衛法・電離則という関係法令、エックス線を中心とする放射線の性質、放射線被ばくと放射線防護の基本的考え方、は共通している。これらについて、「共通基礎」として位置づける必要がある。その上で、RT業務、工業用CT撮影、蛍光エックス線分析（XRF）等、それぞれの業務形態及び装置特性に応じたエックス線源（被ばく源）や被ばくリスクを踏まえた「作業別の教育内容」を設定することが有効であると整理される。

同時に、内容についての構造化・階層化が有効であろう。共通基礎の内容についていうと、電離則における特別教育が最も長時間で充実した内容として位置づけとなる一方、安衛法に基づく安全衛生教育については、特別教育と同様の時間（関係法令であれば1時間）と内容は不要かもしれない。この場合、共通基礎の教科については、各教科のエッセンスを抽出した内容の短い教育時間で完了する教育資料の整備が望ましい。

本研究会におけるアンケート調査及び現地ヒアリング調査では、エックス線被ばく事故の多くが、作業手順の誤認や連絡不備等に起因する、いわゆる「うっかり型」の事象であることが示されている。このことから、「事故対応・トラブル対応」に関する教育・講習・訓練は、教育体系の中に明示的に組み込むことが求められる。また、ボックス型エックス線装

置はエックス線発生時に身体の一部も入らず、試料交換、メンテナンス等でエックス線の発生する領域に手を入れる等する場合にはエックス線が発生しない機構が組み込まれ、正常に機能することでエックス線被ばくがないことが担保されている。一方で、エックス線のばく露でいうと、低エネルギーエックス線とはいえ、管電流が大きく、結果として被ばく線量は非常に高くなることが測定でも示されている。そのため、うっかりで被ばくした場合には、想像を超える線量に達する可能性が否定できない。2021年5月に発生した被ばく事故では、自身がばく露していることに気づけなかったが、これもアラーム式の個人線量計を着用するか、あるいは適正なサーベイメータを携行して作業していれば気付けたため、線量計使用についても十分注意の払われた教育資料が整備されることが望ましい。

以上のような教育内容の整理に基づき、本専門研究会では、エックス線装置の種類、作業形態及び被ばくリスクの程度に応じて教育内容の深度や重点を変化させる、グレーデッドアプローチの適用が有効であると整理した。

5. 提言と今後の課題

第5章では、前述までの調査検討に基づき、非破壊検査分野等における被ばく事故発生防止及び被ばく線量低減に実効性のある教育の内容並びに実施方法について整理した。

5. 1 エックス線教育体系の整理

電離則に基づくエックス線作業主任者等の教育について調査を進めた結果、本専門研究会は、エックス線安全教育に対するグレーデッドアプローチの適用が有効であると整理した。つまり、各事業場の実情に応じたエックス線装置の種類、作業形態及び被ばくリスクの程度に応じて教育内容の深度や重点を変化させる、教育体系の構築が望まれる。

具体的には、エックス線安全教育の内容を以下の三つの要素に整理する。

- ・安衛法・電離則という関係法令、エックス線を中心とする放射線の性質、放射線被ばくと放射線防護の基本的考え方を含む「共通基礎」
- ・RT業務、工業用CT撮影、蛍光エックス線分析(XRF)等、それぞれの業務形態及び装置特性に応じたエックス線源(被ばく源)や被ばくリスクを踏まえた「作業別の教育」
- ・装置の異常時対応や作業中断時の対応等を含む「事故対応・トラブル対応」

上述の整理と教科等の内容については、現行の電離則に基づく特別教育の科目・内容に抵触しない。また、教育時間の設定は特別教育で定められている時間を基本とすれば足りる。

本専門研究会で整理した教育内容の構造化・階層化には、内容に応じた教育時間の配分が重要である。共通基礎に該当する内容については、各教科のエッセンスを抽出し、短時間で教育可能な資料として整備することで、安衛法に基づく安全衛生教育とシームレスに特別教育まで接続することが可能となる。その点からも、「共通基礎」「作業別の教育」「事故対応・トラブル対応」という構造化の考え方を維持して体系的に教育資料を整備し、安衛法に基づく安全衛生教育、または、電離則に基づく特別教育を提供・実施することは重要であろう。

さらに、エックス線作業主任者及びエックス線作業者の教育には、レベルの違いを踏まえた内容を盛り込むべきであろう。例として、RT業務に係る特別教育を最高ランクの教育と位置づけた場合、被ばくの恐れがほとんどない利用者の教育は初級、ハンドヘルド型XRF装置の利用者である程度の被ばくリスクの懸念がある利用者については中級、撮影業務ではないが放射線業務従事者としてエックス線被ばくが生じる作業者については上級とするようなランク設定を設け、それに応じた教育・講習を提供する工夫もよい。

以上のように体系立てた教育・講習が行われることにより、本来エックス線・放射線の教育が必要であると認識されていなかった労働者に対しても、安衛法に基づく安全衛生教育の枠組みとして放射線安全教育が展開される。さらに、特別教育についていうと、「事故対応・トラブル対応」についての教科を含めることで、これまで強調されてこなかったエックス線・放射線被ばく露の危険性について、エックス線作業主任者等が改めて学ぶ機会となり、このことも放射線安全文化の醸成に資するものと考えられる。

5. 2 標準教材（動画・e-learning）の整備

前述の整理のとおり、教育体系の整備を行う場合、事業場によっては教育を実施する人員自体が不足していることも考えられる。前項で整理した区分、特に「共通基礎」に関していうと、どの事業場、どの装置を使う作業においても同様の内容が提供されるべきであることから、統一的な資料を整備することが重要であろう。「作業別の教育」「事故対応・トラブル対応」についても、個別にみると似通った内容の教育が求められることも考慮される。整備された教育資料に基づき、オンライン教育やオンデマンド教材として提供できる体制の構築は検討に値する。なお、オンライン等での講義を展開する場合、「令和3年9月1日付け基安発 0901 第3号、基安発 0901 第4号、基安化発 0901 第1号「インターネット等を介したeラーニング等により行われる技能講習等の実施ガイドライン」等の周知について」に基づき、電離則に基づく特別教育についてオンライン講義等を展開する場合には質疑応答に対応できる体制を準備する必要がある。一方で、安衛法の安全衛生教育を想定した場合には、オンライン、オンデマンド、対面のどのような形式であっても講義が展開可能といえる。

5. 3 装置導入時の教育指針（メーカーとの連携）

前述に示した通り、エックス線装置を導入するメーカーによるエックス線装置の使用方法を教育する機会に、エックス線安全についても触れられる機会がある。例えば食品検査会社、エックス線分析装置販売業者では、装置の設置・導入時に実施される装置の操作方法の教育・講習に、エックス線被ばくを防止する内容も含まれており、上述の装置特有の危険源に根差した安全衛生教育を実施している（させている）といえる。

ハンドヘルド型 XRF 装置についていうと、エックス線発生を示すランプは存在するが、それがエックス線装置の警報装置に該当する等の知識は、教育・講習などで広く周知されていない。例えば、メーカーによる導入時の使用方法の教育にこの点が盛り込まれていれば、その教育は被ばくリスク源の認知と被ばくの回避に直結するものである。また、安衛法に基づく安全衛生教育の中にもこのような内容が盛り込まれると、少なくとも現地ヒアリングでエックス線作業主任者が懸念するうっかり型事故の減少につながる。

これらの教育・講習の事例及び資料を収集し、エックス線作業主任者が利用可能な状態にする取り組みは非常に有効である。例えば、「電離放射線障害防止に関する参考資料」（厚生労働省）[5-1]における公開資料には、ボックス型エックス線装置の使用に関する動画等が含まれており、安衛法に基づく雇入れ時、配置転換時の安全衛生教育に利用可能である。特定メーカーの特定装置の教育資料は当該メーカーの著作物としての管理が必要となるものが多いが、体系的に教育資料を管理・提供できる体制の整備は検討に値する。そのような教育資料の管理・提供体制があれば、安衛法・電離則の改正及び基発（基準局長通知）の発出等重要な改正があった場合、労働安全に係る能力向上教育及び直接的な法令改正等の周知

を徹底する観点からも、行政からその旨直接呼びかける、またはウェブサイト等で発信する等に利用可能である。

5. 4 漏えい線量測定の標準化

本専門研究会で実施した、RT を模擬した現場測定では、パルス照射される高線量率のエキスを線に対し、シンチレーション式サーベイメータについて計数損失や低エネルギーしき値の影響により、線量率を大幅に過小評価することが確認できた。GM 計数管式サーベイメータについても、測定器の特性試験において、高線量率場においては線量率指示値が 3 ～4 割低下する場合があることが分かっており、線量率のモニタリングの際には、過小評価を防ぐために電離箱式サーベイメータを使用することが不可欠である。

エキスを線エネルギー分布については、例えば RT 作業における被写体や周囲の構造物等からの散乱エキスを線のフルエンス平均エネルギーは現場により 28～85 keV と幅広いことが測定により明らかとなった。通常の作業者の被ばく管理においては $H(10)$ を測定することで皮膚や眼の水晶体に対しても適切に管理できることになる。一方で、ハンドヘルド X R F から放射される直接エキスを線での被ばく事故等を想定した場合、水晶体や皮膚への影響を適切に評価するためにも、 $H(10)$ のみならず $H(0.07)$ 等の評価も考慮されるべきであろう。なお、漏えい線量測定に関連し、万一の被ばく事故防止のためにも、エキスを線作業時の適正なサーベイメータの携行と定期的な指示の確認、及び作業によるアラーム付個人線量計の着用は重要である。

また、RT 業務等において、エキスを線作業主任者の資格を取得し、非破壊検査業務に従事する方の中にはエキスを線が散乱することを認識しないまま透視業務等を行うケースも確認されている。エキスを線作業員の中にはエキスを線発生装置照射野のすぐ後ろで待機した場合、散乱線による被ばくの懸念が残る。このような事故を未然に防ぐためにも、エキスを線を照射したときの散乱線の広がりを見視的に確認できる線量分布の資料を提供することが望ましい。

5. 5 再教育（更新制）導入の検討

エキスを線作業主任者について、免許取得後にその免許が生涯にわたって維持される制度であるが、安衛法第 19 条の二において、事業者はエキスを線作業主任者等に対して安全衛生に係る能力向上の機会を設けることが義務付けられている。このことから、繰り返しの教育、リマインド教育をもって、エキスを線作業主任者の技量・知見の維持向上に努めるべきであり、対策として、各業界団体での講習を充実させる、e-learning（オンライン教育）でエキスを線作業主任者を受講しやすくさせる、統一的な教科書・ビデオ教材等が容易に活用できるようにウェブサイト等を整備して現場の教育担当者の負担を低減する等の方策も考えられる。

再取得又は更新制度については、RI 規制法に基づく管理が行われている事業場について

は大きな負担はないであろうが、その他の事業場では、制度・仕組みの新規構築となるため、導入までに検討すべき事項は多いといえる。現行の安衛法及び電離則の制度の範囲では、上記の能力向上に係る安全衛生教育の一つとして、特別教育に準じたグレードの教育・講習が実施されることは望ましいといえる。その際にも、オンライン、オンデマンド教育で展開されることも検討すべきである。この安全衛生教育でも、再教育・リマインド教育の建付けで、「事故対応・トラブル対応」についての教科を含めることにより、エックス線・放射線ばく露の危険性について、エックス線作業主任者等が再度触れることとなる。このように、教育・訓練制度設計の中で、製造業等の分野におけるエックス線作業主任者等に対する放射線安全文化の醸成が進むものと期待される。

5. 6 今後の課題

本専門研究会は、非破壊検査分野等でのエックス線作業主任者等に対する安全衛生教育の現状及び放射線防護措置の取組みに係る調査を通じ、被ばく事故発生防止及び被ばく線量低減に実効性のある教育の内容や実施方法を検討することを目的とした。専門研究会の活動の中で生じた現状に対する課題として以下に箇条書きで記載する。

- ・大学等の教育機関に限らず、いわゆる「あえて型」（危険性を認識しながら意図的に不安全行動をとる類型）トラブルに直結するような、あえてエックス線にばく露するような研究者、作業者等が散見される事例がある。当該研究者・作業者らの技量や知見は、エックス線防護に対して十分であるが、それでも「あえて型」ヒヤリハットにつながるような危険な行為を行っている。当該研究者・作業者らに対し、あえて型ヒヤリハットを躊躇させるような教育内容の整備が求められる。

- ・密閉型エックス線装置の漏えい線量率測定時に、老朽化したまたは使用頻度の著しく高い装置からは、扉部の隙間等からの漏えい線量率が高くなっていく事例が見られる。これらに対する注意喚起は不可欠といえる。

- ・エックス線装置等を納入するメーカーに対し、導入時の労働基準監督署への届け出手続きに加え、「装置使用時の教育について、学生は教育の対象とするのか」、「特別教育が必要な場合、正規の4時間30分の教育が必要か」、等購入者（大学教員等）から問い合わせがある。各メーカー、あるいは労働基準監督署担当職員によって意見が異なるところであり、統一的な解釈と基準が必要である。

- ・エックス線装置に関連する法令は電離則、各通達、場合によってはRI規制法や医療法による規制も入るなど、非常に入り組んでいて分かりにくい。エックス線利用時に疑問を持った際に、その案件はどの法令に基づくものか、といった所掌が分からない場合もある。

表 A 本専門研究会の委員（任期：2024年4月1日～2026年3月31日）

役割	氏名	所属
委員（主査）	古渡 意彦	（国研）量子科学技術研究開発機構
委員	飯本 武志	東京大学
委員	五十嵐 悠	東京大学
委員	榎本 敦	東京大学
委員	橋本 周	（国研）日本原子力研究開発機構 （日本保健物理学会 放射線防護標準化委員会 委員長）
委員	片岡 憲昭	東京都立産業技術研究センター
委員	辻 智也	（国研）日本原子力研究開発機構

表 B 本専門研究会の活動の経緯

回	開催日	主な審議内容等
第1回	2025年1月21日	・活動報告とアンケート結果の報告 ・エックス線作業主任者等への安全教育・講習について
第2回	2025年9月29日	・エックス線作業主任者等への安全教育について ・エックス線装置からのエックス線線量率等の測定 ・エックス線作業における放射線安全教育に係る教育・講習コンテンツについて
第3回	2026年2月12日	・活動報告と現地ヒアリングでの結果 ・専門研究会活動報告案

第1回 非破壊検査分野等におけるエックス線作業における放射線安全教育に関する専門研究会 議事概要

1. 開催日時：2025年1月21日（火）午後1時30分～3時30分
2. 開催場所：東京大学医学部教育研究棟2階・第1セミナー室（ハイブリッド形式）
3. 出席者：（順不同、敬称略）
古渡意彦（主査）、榎本 敦、五十嵐悠、片岡憲昭、辻 智也、夏原正仁、
釜田敏光、松島 勤、美濃部光正
4. 紹介資料
 - ・議事次第
 - ・資料1 非破壊検査分野等におけるエックス線作業における放射線安全教育に関する専門委員会
 - ・資料2 非破壊検査分野等におけるエックス線作業における放射線安全教育に関する専門委員会－安全教育に係る話題－
5. 議事
 - （1）専門研究会における活動内容の確認
専門研究会主査より、資料1に基づき専門研究会における活動内容の報告として、設立趣旨提案書に基づき、専門研究会の設置目的等についての説明が合った後、初年度の研究活動のうち、非破壊検査業を中心としてエックス線作業主任者等へのアンケート実施状況とその結果について説明があった。
 - ・有識者より以下の意見があった。
 - ㊦ アンケート調査におけるエックス線作業主任者のエックス線装置利用目的のうち、一部 XRF 装置が見られる。これは、狭義の非破壊検査（放射線を用いる透過写真撮影）ではないが、広義の非破壊検査には含まれると考えられる。特に、ハンドヘルド型 XRF 装置は、産業廃棄物処理処分業で広く使用されていることは、日本非破壊検査工業会（JANDT）等の調査でもわかっているが、当該業種へのアクセスは難しい。また、広義の非破壊検査には、空港での手荷物検査・食品加工業・製造業における食品中異物検査も該当する。これらの業種に対する調査も進めるべきである。
 - ㊦ 狭義の非破壊検査業という観点で、食品加工業のエックス線装置オペレーターに対する教育を、日本検査機器工業会(JIMA)では提供している。特に、我が国においては、食品中異物混入を検査する装置の販売台数（2500台以上）は、狭義の非破壊検査用エックス線装置（多くとも200台程度）の10倍以上にのぼる。エックス線の被ばくリスクは狭義の非破壊検査業務の方がはるかに高いが、食品業界でのエックス線装置の利用では、エックス線装置内に手を入れる、防護カーテンの定期的な交換を怠る、又は防護カーテンを切る等の事例があるため、労働者への教育は必要であるといえる。
 - （2）エックス線作業主任者等への安全教育・講習について
専門研究会主査より資料2に基づく説明に加え、（1）エックス線作業主任者について、（2）エックス線被ばく事故の可能性について、及び（3）その他エックス線

に係る行政等についてのテーマでの意見交換が行われた。

- ・ エックス線教育・訓練の実施方法について。非常に多岐にわたる装置を管理する事業所にあっては、工業用 CT 装置、ハンドヘルド型 XRF 装置等の各装置の使用方法を個別に座学で4時間半実施するのは、人手不足の状況では非常に難しい。オンライン、オンデマンド教育で提供できる体制があるとありがたい。同時に、重要な内容についてはどの装置に対しても同一であるため、統一的な資料による教育をコアタイムとして考え、それらに個別装置を利用者ごとに付け加えていくユニット型の教科設定は非常に重要と考えられる。
- ・ 大学等の教育機関に限らず、「あえて型」トラブルに直結するような、あえてエックス線にばく露するような研究者、作業員等が散見される事例がある。彼ら・彼女らの技量や知見は、エックス線防護に対して十分であるが、それでも「あえて型」ヒヤリハットにつながるような危険な行為を行うものがある。彼ら・彼女らに対し、あえて型ヒヤリハットを躊躇させるような教育内容も重要である。
- ・ 密閉型エックス線装置の漏えい線量率測定時に、老朽化したまたは使用頻度の著しく高い装置からは、扉部の隙間等からの漏えい線量率が高くなっていく事例が見られる。これらに対する注意喚起は不可欠である。
- ・ エックス線装置等を納入するメーカーに対し、導入時の労働基準監督署への届け出手続きに加え、装置使用時の教育について、学生はどのように扱うのか、正規の4時間30分の教育が必要か、と購入者（大学教員等）から問い合わせがある。各メーカー、あるいは労働基準監督署担当職員によって意見が異なるところであり、統一的な解釈と基準が必要である。
- ・ エックス線作業主任者について、免許取得後にその免許が生涯にわたって維持される制度であるが、再取得又は更新制度がある方が望ましい。RI 主任者では選任前や定期講習があるが、エックス線作業主任者ではそのような制度・仕組みはない。現状の制度化であれば、エックス線に係る再講習の制度化は求められるところである。
- ・ エックス線作業主任者及びエックス線利用者（作業員）の教育は、エックス線利用が非常に多岐にわたっていることから、レベルの違いを考慮した内容にすべきである。例えば、従来の撮影業務に係る特別の教育を最高ランクの教育と位置づけ、被ばくの恐れがほとんどない利用者の教育を初級、ハンドヘルド型 XRF 装置利用者である程度の被ばくの懸念がある利用者の中級、撮影業務ではないが放射線業務従事者としてエックス線被ばくが生じる作業員については上級とするようなランクに応じた教育・講習を提供する工夫が求められる。
- ・ エックス線作業主任者の資格を取得し、非破壊検査業務に従事する方の中にはエックス線が散乱することを覚えていないまま、又は忘れて透視業務等を行う方がいる。作業員の中にはエックス線発生装置照射コーンのすぐ後ろで待機し、被ばくしてしまうケースも報告されている。このような事故を未然に防ぐために、エックス線の散乱について示した資料、最終的には、エックス線を照射したときの線量マッピングの資料があると良い。
- ・ 被ばくの可能性について、アンケート調査の自由記述では「うっかり型」ヒヤリハットに基づく被ばく事故の検討が非常に多くみられる。例えばハンドヘルド型 XRF 装置など、エックス線発生を示すランプは存在するが、それがエックス線装置の警報装置に該当する等の知識は周知されていない。現在検討中の安全教育の

中にその知見がシンプルに盛り込まれると、少なくともエックス線作業主任者が懸念するうっかり型事故の減少につながる。

- ・ 広義の非破壊検査という観点で、元々は穿孔、斫り、カッターなどを主たる業務としている建設業者が自身で実施するコンクリート躯体の穿孔工事前に行う鉄筋や電線切断防止のためにエックス線を用いた躯体内部透過検査では、放射線管理が徹底できていない現場が散見される。当該業種については被ばく可能性が懸念されると同時に、彼ら・彼女らに対して有効な教育・講習を提供できるよう進めていくべきである。一方で、建設業等の企業が JANDT 等の団体に所属していないこともあり、どのように現状調査を行って適切な教育・講習を提供するかは課題である。
- ・ エックス線装置に関連する法令は電離則、各通達、場合によっては RI 規制法や医療法による規制も入るなど、非常に入り組んでいて分かりにくい。エックス線利用時に疑問を持った際に、その案件はどの法令に基づくものか、といった所掌が分からない場合もある。
- ・ 今後予定されている法令改正では、エックス線作業主任者の職務が一部変更となるが、依然として職務と責任に伴う企業内での権限が強化されていない現状がある。エックス線作業主任者の権限向上は、事業場におけるエックス線利用時の放射線安全に直結するため喫緊の課題といえる。
- ・ エックス線作業主任者は免許取得後に労働基準監督署へ登録されている。一方、法令改正及び基発の発出等重要な改正があっても、それを知らずに業務を行っている事例が散見される。労働安全衛生法上の、労働安全に係る能力向上教育及び直接的な法令改正等の周知を徹底する観点から、行政からその旨直接呼びかける、またはウェブサイト等で発信する等の準備は必要である（エックス線作業主任者向けの情報発信や講習などを行う機関・プラットフォームがあるとよい）。
- ・ 繰り返しになるが、エックス線作業主任者の資格は免許取得後にその資格が維持される。繰り返しの教育、リマインド教育をもって、エックス線作業主任者の技量・知見の維持向上に努めるべきである。また、これに関し各業界団体での講習を充実させる、e-learning（オンライン教育）でエックス線作業主任者を受講しやすくさせる、統一的な教科書・ビデオ教材等が容易に活用できるウェブサイト等で発信して現場の教育担当者の負荷を低減する等の方策がもとめられる。

（３）その他

本専門研究会は非破壊検査業におけるエックス線作業主任者等への安全教育設計を検討の中心に据えているが、エックス線利用について可能な限り幅広い利用をカバーし、より高い視座からのエックス線作業主任者等への安全教育・講習の立付けの設計ができるよう検討を進めていく旨、主査より意見表明があった。併せて、これまでカバーできていない業種へのアプローチについて、引き続き協力を求める旨、主査より依頼があった。

以上

第2回 非破壊検査分野等におけるエックス線作業における放射線安全教育に関する専門研究会 議事概要

1. 開催日時：2025年9月29日（月）午前10時00分～12時00分
2. 開催場所：Teams による web 会合（オンライン形式）
3. 出席者：（順不同、所属・敬称略）
古渡意彦（主査）、榎本 敦、五十嵐悠、片岡憲昭、辻 智也、橋本 周、
有識者：夏原正仁、釜田敏光、松島 勤、美濃部光正、
オブザーバー：赤平理沙、小田啓二、瀬川嘉之、黒崎 裕、平地康一
事務局：妹尾初穂
4. 紹介資料
 - ・議事次第
 - ・資料1 非破壊検査分野等におけるエックス線作業における放射線安全教育に関する専門委員会
 - ・資料2-1 X線CT装置で被ばく事故を想定した線量測定
 - ・資料2-2 エックス線発生装置線量率・光子フルエンスの測定結果
 - ・資料3 非破壊検査分野等におけるエックス線作業における放射線安全教育に関する専門委員会－教育・講習コンテンツについて－
5. 議事
 - (1) 専門研究会における活動内容の確認
専門研究会主査より、資料1に基づき専門研究会における活動内容の報告として、設立趣旨提案書に基づき、専門研究会の設置目的等について説明された。その後、昨年度実施したアンケート調査に関し、特に安全教育等についての意見について説明があった。
 - ・有識者及びオブザーバーより以下の意見があった。
 - ㊦ アンケート調査における透過写真撮影業務に係る特別の教育について教育の機会が拡大するのは良いが、それらが公的な機関で実施されるとよい。
 - ㊦ 電離則における透過写真撮影業務に係る特別の教育は、事業者の義務として当該労働者に対して行われるものであり、公的機関により一元的に実施されることを想定した教育ではない。特に、事業場で労働者が実際に使用するエックス線装置に係る OJT を盛り込んだ教育がなされるべきで、また講師となるべきエックス線作業主任者も労働者に対して十分教育を施すことのできるだけの安全衛生に係る力量・能力が備わっていることが望ましい。また、現在日本非破壊検査工業会(JANDT)や日本検査機器工業会(JIMA)で実施されている特別の教育と同様にニーズ次第では中央労働災害防止協会（中災防）等での展開もある。
 - ㊦ 法令に基づかない特別の教育以外のエックス線装置利用についても教育が行われるべきである。これについては、現行法令であっても労働安全衛生法に基づく新規雇入れ時及び異動時における安全衛生教育の中で、例えばボックス型エックス線装置等を使用する場合には、放射線の人体への影響、エックス線装置又はガンマ線照射装置の危険性、被ばくを防止するための装置の安全な取扱いや禁止事項等について教育する必要があるとの指摘があった。

- ㊦ 電離則に係るエックス線装置の労働基準監督署への届出について、一時的に利用する場合の届出の要否について明示的な定めがないことについて、労働安全衛生規則第85条第1項において、機械集材装置、運材索道、架設通路及び足場以外の機械等で、六月未満の期間で廃止するものについて届出は必要ないと解釈できる旨意見があった。一方で、移動して利用する機器等については所有者の事業場の所在する所管の労働基準監督署に当該装置を届け出して移動して用いるということが求められているが、届出を要するエックス線装置はいずれかによって届出されていることが求められる。

(2) エックス線装置からの線量率等測定について

専門研究会員より、資料2-1及び2-2に基づきエックス線装置からのエックス線線量率等測定について現状の紹介があった。資料2-1では大型3次元エックス線CT装置での被ばく事故を想定したエックス線線量測定、資料2-2では整備の完了したエックス線スペクトル測定手法と測定事例について紹介があった。

・有識者等より以下の質問等があった。

- ㊦ 被ばく事故を想定した際に内部に労働者が閉じ込められた際には気づくことができないのかとの質問があり、警告灯や表示は内部に設置されておらずエックス線照射には気づけない仕様である旨回答があった。このような装置の場合、警報付個人線量計等を装着して装置内部を点検する等の措置が望まれる旨の意見があった。
- ㊦ 直接線の線量率分布について質問があり、エックス線分布がエックス線焦点を中心として点対称であることを仮定してTLDで測定したためであると追加説明があった。
- ㊦ エックス線装置からのエックス線スペクトルについてターゲットであるタングステンからの特性エックス線に加え、コリメータに使用されている鉛からの特性エックス線もピークとして検出されている点追加説明があった。
- ㊦ 450 kV 設定での測定は完了していないが今後測定予定はあるかの質問に対し、測定可能な装置等のアレンジができ、スペクトロメータの整備が完了していれば可能であるため引き続き検討する旨回答があった。
- ㊦ エックス線装置からのエックス線スペクトル測定について、アンフォールディング実行時の初期推定スペクトル選定の妥当性についての検討は必要ないかについて質問があり、他のアンフォールディング法でも同等の光子スペクトルが得られており、現在の手法が妥当であると考えているが引き続き検討を進める旨回答があった。
- ㊦ モリブデンからの特性エックス線が確認されたとのことであったが、可搬型XRFのターゲットの確認が必要である旨意見があった。
- ㊦ 透視試験について、銅を用いた透過写真撮影を模擬したとのことだったが、鋳鉄等の投資の場合では散乱線分布が異なることが予想されるため、透過写真撮影を行う対象の材質・形状についても考慮してほしい旨意見があり、事業場における現地測定では十分考慮する旨回答があった。

(3) エックス線作業主任者等への安全教育・講習について

専門研究会主査より資料3に基づき、(1) 透過写真撮影業務を行う特別の教育に

係る教育・講習コンテンツの整備状況、及び（２）特別の教育に該当しない安全衛生教育に係る時間の提案、について説明があった。

・有識者等より以下の質問等があった。

- ㊦ 専門研究会主査からの提案は、「無料で広く誰でもいつでも受講できる」という方向性を目指しており、その点について了解しているが、一方で有料で講習を実施している業界団体もあり、その講義の位置づけが難しい旨意見があった。一方で、放射性同位元素等の規制関する法律に基づく放射線取扱主任者講習では、現場経験豊かな講師を招へいた対面形式の講義が行われている。対面形式であることから、経験豊富な講師から現場の事例に即した質疑応答により、講義内容の奥行きが深まる等オンライン等ではできないメリットが享受でき、むしろ有償の講義が推奨されるべきとの意見があった。
- ㊦ エックス線作業主任者の資格取得は現場で必要に迫られ取得する場合が多く、資格取得後継続的に学ぶ機会がないため、オンライン講義等を受講できる機会が増えるのは非常に良いことであるとの意見があった。
- ㊦ オンライン等での講義を展開する場合、基発（○「インターネット等を介した e ラーニング等により行われる技能講習等の実施ガイドライン」等の周知について（／基安安発 0901 第 3 号／基安労発 0901 第 4 号／基安化発 0901 第 1 号／））に基づき特別の教育についてオンライン講義等を展開する場合には質疑応答に対応できる体制を準備する必要がある旨意見があった。一方で、資料で示した案については、今後の法令改正で見込まれる特別の教育が求められない、労働安全衛生法に基づく新規雇入れ時及び異動時における安全衛生教育を想定している。講義時間の長短（例えば、ボックス型エックス線装置の単純な利用者に対する安全衛生教育は、全体 1 時間は長すぎる等）の議論は深める必要があるが、オンライン、オンデマンド、対面のどのような形式であっても、受講が証明され、かつ受講履歴等が残る形が望ましい。
- ㊦ 特別の教育の時間・教科数に準じた、合計 4 時間 30 分の画一的な教育よりも、使用するエックス線装置に応じて柔軟に教育内容・時間が選択できる形は良いが、教育・講習を提供する主体、教育・講習の法令上の位置づけ（労働安全衛生法に基づく雇入・異動時教育、等）、教育・講習の形態等については引き続き検討は必要であろうとの意見があった。

（４）その他

特にコメント等なし。

以上

第3回 非破壊検査分野等におけるエックス線作業における放射線安全教育に関する専門研究会 議事概要

1. 開催日時：2026年2月12日（木）午前9時30分～11時30分
2. 開催場所：Teams による web 会合（オンライン形式）
3. 出席者：（順不同、所属・敬称略）
古渡意彦（主査）、榎本 敦、五十嵐悠、片岡憲昭、辻 智也、橋本 周
オブザーバー：夏原正仁、赤平理沙、小田啓二、谷村嘉彦、平地康一
事務局：妹尾初穂、鈴木かおり
4. 紹介資料
 - ・議事次第
 - ・資料1 非破壊検査分野等におけるエックス線作業における放射線安全教育に関する専門委員会
 - ・資料2 非破壊検査分野等におけるエックス線作業における放射線安全教育に関する専門委員会－報告書案－
5. 議事
 - (1) 専門研究会における活動内容の確認
専門研究会主査より、資料1に基づき専門研究会における活動内容の報告として、設立趣旨提案書に基づき、専門研究会の設置目的等について説明された。その後今年度実施した現地ヒヤリング調査結果について紹介した。
 - ・研究会員及びオブザーバーより以下の意見があった。
 - ㊴ 昨年10月の法令改正に関し厚生労働省の方で非常によくまとまったリーフレットがあり、それらをうまく活用できるとよい。また、資料のとおりオンラインでの教育機会を設ける等、製造業・非破壊検査業全体への周知を図るため複数のチャンネルを利用できるとよい。
 - ㊵ オンライン教育機会等に関するコメントで、放射線・原子力に係る教育訓練でのアプローチと少し異なる方向性の意見が見られる。放射線安全文化の醸成の観点から様々なアプローチがあろうが、実際に安全衛生教育を実施する事業者が選択できるようなコンテンツ等を整備するのがよい。
 - ㊶ 法令改正に伴い、エックス線装置製造業者へは安全装置等の義務化に関する問い合わせがユーザー（鉄鋼メーカーの保安管理担当等）から届いており、対応について検討しているとの情報提供があった。
専門研究会会員より、資料に基づき、海外事例調査の概要及びそれらの国際学会等の報告と質疑応答について説明があった。併せて、製造業のみならずエックス線安全について広範な議論を促すことが求められる旨紹介があった。
 - ・研究会員及びオブザーバーより以下の意見があった。
 - ㊴ RASCC での海外規制担当者へのアンケート調査に係る紹介で、EU に放射線安全教育に関する取り組み事例の紹介に係る具体的な内容について質問があり、以前 EURATOM で検討された放射線安全に関する教育プログラムである旨回答があった。
 - ㊵ 海外規制当局からのオンラインアンケートについて7か国集まっており、放

射線教育に係る事例が各国によってアプローチが異なる点が分かってきており今後論文執筆の準備を進める旨追加での報告があった。

- ㊦ エックス線規制について、特に広範なステークホルダーの関与をどのように促すのかについて質問があり、引き続き幅広い業種のエックス線装置利用者への声掛けは継続されるべきである一方で、エックス線装置の安全利用の観点に立脚し、労働者・学生の属性に限らず、安全作業を行えるような事前教育・再教育等の建付けについて議論を深めていくことが重要である点が強調された。

専門研究会会員より、資料に基づき、放射性同位元素等の規制に関する法律（RI 規制法）に係る放射線取扱主任者の定期講習に係る調査とエックス線作業主任者の特別教育等への反映に係る検討について紹介があった。

・研究会主査より以下の意見があった。

- ㊦ 特に効果的な教育を展開する点について強く同意できるため、エックス線作業主任者等への特別の教育、及び労働安全衛生規則（安衛則）に基づく安全衛生教育を提案・展開する際には、得られた知見を反映することが望ましい。

エックス線作業主任者が事業場の現場で孤立しないよう、すぐに相談しやすいプラットフォーム整備には強く同意する。日本保健物理学会はそのプラットフォームにならないかとの質問については、ある一定の機能は果たしうるが、会員に限られる点や、業種によっては学会員でない方に対しては難しいとの意見があった。

専門研究会会員より、資料に基づき、エックス線装置からの漏えい線量等の測定に関する紹介があり、特に事故を模擬した場合の皮膚被ばく線量が組織反応（例えば、手指の紅斑等）を呈する線量レベルに達する可能性がある実験結果の紹介があった。また、漏えい線量率測定時には電離箱式線量率計での測定が必須であること、及び我が国のサーベイメータについてパルスエックス線に対する応答が調査されていないことから、我が国におけるパルスエックス線校正場の必要性について紹介があった。

・研究会主査より以下の意見があった。

- ㊦ 非常に広範にエックス線線量率等が測定されており、教育資料への展開に加えて学術的な方面での紹介も積極的に考えてほしい。
- ㊦ エックス線装置周辺に簡易モニタとして利用できそうな安価な放射線検出器について紹介できる。

（２）専門研究会報告書案及び成果報告について

専門研究会主査より、資料２に基づき報告書案及び成果報告について、報告書案に記載すべき内容と成果報告の方向性について紹介があった。

・専門研究会員より以下の確認等があった。

- ㊦ 規格委員会等への確認は必要であるが、本専門研究会での議論をまとめ、報告書全体を保健物理学会誌に投稿し、さらに各専門研究会員に適切な学術誌、学会等への公開とするのが良い。

（３）その他

特にコメント等なし。

以上

日本保健物理学会専門研究会報告書シリーズ ISSN 1881-7300 Vol.16, No.1,
非破壊検査分野等におけるエックス線作業における放射線安全教育に関する専門
研究会 活動報告書

2026 年 7 月

発行者 日本保健物理学会企画委員会
発行所 一般社団法人 日本保健物理学会
〒105-0004 東京都港区新橋 3-7-2 四鹿ビル 3 階
日本保健物理学会事務局
TEL : 03-6205-4649
FAX : 03-6205-4659
E-mail : exec.off@jhps.or.jp
<http://www.jhps.or.jp/>