

労災疾病臨床研究事業費補助金

分担研究総合報告書

不均等被ばくを伴う放射線業務における被ばく線量の実態調査と

線量低減に向けた課題評価に関する研究

分担研究課題：海外諸国の眼の水晶体の線量限度の引き下げの

法令への取入れの現状把握及び

臨床現場における医療スタッフの被ばく線量の測定に関する研究

研究分担者 小野孝二 東京医療保健大学 看護学部 教授

研究分担者 山口一郎 国立保健医療科学院 生活環境研究部 上席主任研究官

研究分担者 志村勉 国立保健医療科学院 生活環境研究部 上席主任研究官

研究分担者 樺田尚樹 産業医科大学 産業保健学部 教授

研究要旨

- ・ 国際原子力機関のGSG-7など関連文書は有益であると考えられた。
 - 段階的なアプローチや認証制度の確立が規制整備の課題である。
- ・ 国際原子力機関には医療分野での線量限度超えの事例も報告されており、加盟国の中にはそのような事例の調査結果を公表している例があった。
- ・ 臨床現場における医療スタッフの被ばく線量の測定結果から、眼の水晶体の被ばく線量は、20 mSv/年を上回る可能性も示唆され、適切な防護具の使用、放射線防護についての教育を推進し、業務に取り組む必要があるが、防護装具購入費、被ばく線量管理費、リングバッチの滅菌処理の対応などが課題であった。
 - 適切な眼の水晶体の被ばく線量の管理及び診療体制の維持・継続のためにも、水晶体線量計を用いた眼の近傍の線量を継続的に実測し、防護策を講じる必要があると考えられた。
- ・ 医療従事者向けの放射線生物学に関する教材として、研究が深められていることが理解できる素材を作成した。

A. 研究目的

わが国での規制整備に資するために、これまでの海外諸国での眼の水晶体の新しい線量限度の取入れ状況の調査結果を踏まえて、海外当局での対応事例を調査するとともに関連課題について検討した。

B. 研究方法

以下の研究を行った。

- 1) 国際機関の文書の解析
- 2) 海外諸国の罰則も含む規制整備に関する事例の情報収集

- 3) 眼の水晶体の放射線影響に関する疫学研究の動向の把握
- 4) 法令の整備に向けた実用量に関する論点整理
- 5) 現状把握のための統計データの検討
- 6) 国際原子力・放射線事象尺度レベル2以上の調査
- 7) 米国における労働者の被ばく線量管理における個人情報保護の取り組みの調査
- 8) 臨床現場での医療従事者の被ばく線量の調査

BKP 施術に従事する整形外科医、冠動脈造影および経皮的冠動脈インターベンションに関わる医師、診療放射線技師、造影 CT 検査で介助に関わる医療スタッフ、腎臓内科で血液透析用バスキュラーアクセスのインターベンションによる修復に関わる医師を対象に調査した。

- 9) 防護眼鏡を着用した場合のモニタリング部位による線量の違いの検証
- 10) 事後的な線量評価法として L band EPR 装置を用いた方法の検証
- 11) 放射線生物学に関する医療従事者向けの教育用素材の作成
- 12) クルックス管を用いた放射線授業への対応

(倫理面への配慮)

本研究は、公開されている資料を収集し分析することで行った。医療従事者を対象とした研究は、東京医療保健大学の倫理審査の承認(院 32-48)や国立保健医療科学院の承認(573)及び各実施施設(国立研究開発法人国際医療研究センター病院(承

認番号：NCGM-G-003656-00)、A 施設)での研究倫理審査を受けて行った。

C. 研究結果

1) 国際機関の文書の解析

眼の水晶体の放射線防護に関する技術文書である TECDOC-1731 など関係する国際機関の文書を調査し、国内にも役立つことを確認した。

2) 海外諸国の罰則も含む規制整備に関する事例の情報収集

国によって取り入れ状況の違いはあるものの、EU では国際機関が策定した要求事項を法令整備において義務化していた。

また、眼の水晶体等価線量評価に関して、IAEA の技術文書に具体的な記載のない管理方策を我が国の放射線作業の実情に合わせて測定の要否、頻度、手法等を検討する必要があるが、そのための整理を行った。

3) 眼の水晶体の放射線影響に関する疫学研究の動向の把握

放射線誘発白内障のリスクに関する疫学研究の動向把握を試み重要と考えられる疫学研究成果を整理した。

4) 法令の整備に向けた実用量に関する論点整理

眼の水晶体の等価線量に係る追加的なモニタリングの対象者と眼の水晶体の等価線量に係る追加的なモニタリングの技術的な基準の課題に関して国際機関の文書での記述を確認した。また、特別の教育の規制のあり方として、電離放射線障害防止対策要綱の経緯を整理した。

なお、ドイツでは排気中濃度限度が低く設定されていたが、これは公衆の皮膚の等価線量限度が律速となっていた。

同様のことがサブマージョン核種では眼の水晶体の等価線量限度の引き下げでも起こりえると考えられた。

救命活動に関して、これまで放射線審議会等では議論の対象とはなっていないが米国 NCRP は報告書 168 の勧告 22 や IAEA の SSG-46 でも医療分野での緊急事態への備えの必要が記されており、これらの取り組みも参考になると考えられた。

5) 現状把握のための統計データの検討

各社において統計上の定義が異なっており、その比較や合算には注意が必要であった。実効線量が 20mSv/年を超えた者の割合も、測定会社間で異なっているが、データの研究利用が認められていないとして、原因は不明であった。また、千代田テクノル社のデータで 2014 年度の線量が高くなっていることの原因も不明なままであった。

6) 国際原子力・放射線事象尺度レベル 2以上の調査

医療分野での線量限度超えの事例も報告されており、報告事例への介入結果の公表例もあった。

7) 米国における労働者の被ばく線量管理における個人情報保護

米国では、事業所からデータの提供を受け、それを Energy Employees Occupational Illness Compensation Program に用いている。労働者の線量管理での Social Security Numbers(SSN)の使用は慎重にすべきとされているが、SSN を使うこともあり、その場合、Privacy Act Information and protect the Personally Identifiable Information

(PII)に従い、補償要求に関して、個別 ID が割り当てられていた。

8) 臨床現場での医療従事者の被ばく線量の調査

臨床現場における、医療スタッフの被ばく線量の測定結果から、BKP 施術での線量測定結果から整形外科医の手指の被ばく量は高くなりえるとともに水晶体の被ばく線量は、20mSv/年を上回る可能性も示唆された。

循環器内科でカテーテル検査・治療を行う医師と CT 検査時に介助を行う医療スタッフにおいて、眼の近傍で比較的高い放射線被ばくを受けることが明らかとなった。

9) 防護眼鏡を着用した場合のモニタリング部位による線量の違いの検証

防護眼鏡を用いることで線量の不均一さが増し、素子の位置により眼の水晶体の線量を過小評価したり、過大評価したりする。確認した範囲では半分程度の過小評価が生じていた。

10) 事後的な線量評価法としてL

band EPR装置を用いた方法の検証

原子力災害で被災した牛の歯を用いた非破壊的な測定での信号検出に初めて成功した。

患者の介助での放射線曝露はその幾何学的条件が重要となる。近くで介助し一次ビームに入ったり散乱体に近くなることを繰り返すと単純撮影でも線量限度を超えうる。このため、障害歯科領域でも配慮が求められると考えられた。

11) 放射線生物学に関する医療従事者向けの教育用素材の作成

放射線生物学に関する研究の進展が進んでいる。しかし、これらの研究の進展を医

療従事者の放射線防護の教材に反映させることが課題となっている。

この資料では医療従事者の疑問に沿ったストーリーとし、放射線に生物影響の解明に向けて研究が進められていることが理解できるような内容とした。

1 2) クルックス管を用いた放射線授業への対応

X線装置の免除レベルの取り入れは、かつて放射線審議会基本部会でも課題とされており、日本での規制整備上の課題となっているが、クルックス管のような低エネルギー光子を発生させる装置では、光子エネルギーに応じて制御するリスクに応じて方向線量当量率の深さに関する免除基準を明確にすべきであると考えられた。

D. 考察

1) 国際機関の文書の解析

眼の水晶体の放射線防護に関する技術文書であるTECDOC-1731を現場に適用する際の基本になるものとして、日本でも役立つと考えられた。国内規制整備の課題としては、基本的な枠組みでの段階的なアプローチや認証制度の確立や、対策を講じる手順としての意思決定支援技術、線量拘束値や調査レベルの確立が課題であると考えられた。

2) 海外諸国の罰則も含む規制整備に関する事例の情報収集

欧州の取り組みからも、今後、IAEAのGSR part3やGSG-7を利用した規制整備が有益であると考えられるが、規制面では、Graded approachの適用が課題になると考えられた。

3) 眼の水晶体の放射線影響に関する疫

学研究の動向の把握

100 mGy未満に限定しても白内障リスクと線量関係が検出され、後囊下以外に、皮質や核でも白内障リスクが見いだされていることに着目すべきであると思われた。

4) 法令の整備に向けた実用量に関する論点整理

眼の水晶体の等価線量に係る追加的なモニタリングの対象者と眼の水晶体の等価線量に係る追加的なモニタリングの技術的な基準が課題となっているが国際機関の整理に沿った対応が良いのではないかと考えられた。

また実用量の現場適用例として救急救命士の医療機関での実習の放射線管理のような課題もこの研究班の成果を取り入れて関係者間で合意形成を図ることが望まれる。

5) 現状把握のための統計データの検討

日本の実情を把握するためには事業所から特に線量が高い労働者の収集を行うことが求められ、その際に収集するデータの様式を整える必要があると考えられた。

6) 国際原子力・放射線事象尺度レベル2以上の調査

電離則では、線量限度を超えたときの報告義務が規定されており、この報告に基づく調査とその結果の公表が有用かもしれない。

7) 米国における労働者の被ばく線量管理における個人情報保護の取り組みの調査

米国では社会的に議論し制度運営がなされており、利害関係者を巻き込んだ議論による制度構築が望まれる。

8) 臨床現場での医療従事者の被ばく線量の調査

適切な防護具の使用、放射線防護についての教育を推進し、業務に取り組む必要があるが、防護装具購入費、被ばく線量管理費、リングバッチの滅菌処理の対応などが課題であった。適切な眼の水晶体の被ばく線量の管理及び診療体制の維持・継続のためにも、水晶体線量計を用いた眼の近傍の線量を継続的に実測し、防護策を講じる必要があると考えられた。

9) 防護眼鏡を着用した場合のモニタリング部位による線量の違いの検証

眼の水晶体の線量の過小評価を避けるためには素子はできるだけ外側に装着するのがよいかもしい。

10) 事後的な線量評価法としてL

band EPR装置を用いた方法の検証

この方法はこれまで歯科放射線診療、放射線治療、全身照射を受けた患者だけではなく、長年 ERCP に従事していた看護師からも信号が検出されており、労働者の事後的な線量評価でも活用できると考えられた。

11) 放射線生物学に関する医療従事者向けの教育用素材の作成

放射線により生体が影響を受けることはリスク認知を高めることも考えられるが、放射線によってもたらされた生体内での反応に対して生命が対応する機能を持っていることの解明も進んでいることを伝えることで業務への取り組みにより影響を与えることを期待したい。

12) クルックス管を用いた放射線授業への対応

X線装置の免除レベルの導入だけではな

く教員や中学生に対する線量拘束値をステークホルダーの参画のもとに設定することが課題となると考えられた。

E. 結論

- ・ 国際原子力機関の GSG-7 など国際機関の関連文書は有益であると考えられた。
- ・ 段階的なアプローチや認証制度の確立が規制整備の課題である。
- ・ 国際原子力機関には医療分野での線量限度超えの事例も報告されており、加盟国の中にはそのような事例の調査結果を公表している例があった。
- ・ 臨床現場における医療スタッフの被ばく線量の測定結果から、眼の水晶体の被ばく線量は、20 mSv /年を上回る可能性も示唆され、適切な防護具の使用、放射線防護についての教育を推進し、業務に取り組む必要があるが、防護装具購入費、被ばく線量管理費、リングバッチの滅菌処理の対応などが課題であった。
 - 適切な眼の水晶体の被ばく線量の管理及び診療体制の維持・継続のためにも、水晶体線量計を用いた眼の近傍の線量を継続的に実測し、防護策を講じる必要があると考えられた。
- ・ 医療従事者向けの放射線生物学に関する教材として、研究が深められていることが理解できる素材を作成した。

F. 研究発表

1. 論文発表

- 1) Yamaguchi I , Inoue K, Natsuhori M, et al. L-Band Electron Paramagnetic Resonance Tooth Dosimetry Applied to Affected Cattle Teeth in Fukushima. Appl. Sci. 2021, 11(3), 1187; <https://doi.org/10.3390/app11031187>
 - 2) Hirota S, Gonzales CAB, Yasuda H, Yamaguchi I, Toyoda S. Electron spin resonance signal of human nails: increase after irradiation. J Radioanal Nucl Chem [Internet]. 2021; Available from: <https://doi.org/10.1007/s10967-020-07540-8>
 - 3) 川口 勇生, 山口 一郎, 安東 量子, 甲斐 倫明, 吉田 浩子, 佐々木 道也. JHPS 国際シンポジウム:トリチウム問題をいかに解決すべきか? — 国際的視点および社会的視点から見た放射線防護 — . 保健物理 2020;55(4): 173-182.
 - 4) Yamaguchi I. What can radiation protection experts contribute to the issue of the treated water stored in the damaged Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant? J Radiat Prot Res 2021;46(1): <https://doi.org/10.14407/jrpr.2020.00206>
 - 5) 山口 一郎. 医療放射線の安全管理に責任を持つ担当者を国際原子力機関はどう規定しているか? 医療放射線防護; 2020. (82), 44-46.
 - 6) 山口一郎. 医療放射線の安全管理に関する規制整備の議論から 線量の記録などどう向き合うべきか. 医療放射線防護 2018 ; (79) : 20-21.
2. 学会発表
 - (1) Yamaguchi I, Ono K, Kunugita N. Radiation safety issues regarding X ray emittable devices below 10 kV applied voltage. IRPA15;2021.1.18-2.5. 大韓民国 (オンライン) .T3.7-0172, Congress abstract. p.270.
 - (2) Ono K, Kumasawa T, Shimatani K, keiichi, Kanou M, Yamaguchi I and Kunugita N. Radiation dose distribution of the surgeon and medical staff on orthopedic Balloon Kyphoplasty in Japan. IRPA15;2021.1.18-2.5. 大韓民国 (オンライン) .T4.2-1174, Congress abstract. p. 531.
 - (3) H. Hirata, Yamaguchi I, M. Miyake. Overview of electron paramagnetic resonance-based human tooth dosimetry. M. Miyake. 4th Conference on Nuclear Analytical Techniques (NAT2020) Jointed with 6th Symposium on Radiation in Medicine, Space, and Power (RMSP-VI); 2020.11. 12-2020.11.13. 大韓民国 (オンライン) . R0-1.
 - (4) 山口一郎, 中井康博, 三宅実, 廣田誠子, クリーゼル ゴンザレス, 保田浩志, 井上一彦. 人の臼歯を対象にした L;電子スピン共鳴法を用いた線量測定法における歯の幾何学的な条件が及ぼす影響. ESR 応用計測研究会等合同研究会 2月19-20日
 - (5) 山口一郎, 秋吉優史. 教育現場での X 線発生を伴う装置の放射線安全

IAEA の DS470 に関する検討. 第 19 回
日本放射線安全管理学会 ; 2020. 12. 9-
2021. 1. 8、オンライン、講演要旨集.
p. 86(P21)

(6) 角山雄一, 佐瀬卓也, 山
口一郎, 保田浩志. 海外の放射線施
設の放射線事故に係る最新知見の
収集. 日本放射線安全管理学会 ;
2020.12.9-2021.1.8、オンライン、
講演要旨集. p.57

(7) 秋吉 優史, Do Duy
Khiem, 安藤 太一, 松本 亮, 宮川
俊晴, 掛布 智久, 岡本 泰弘, 伊藤
照生, 山口 一郎. 暫定ガイドライン
によるクルックス管からの漏洩 X
線量抑制の検証. 日本保健物理学
会第 53 回研究発表会 ; 2020.6.29-
30、オンライン、講演要旨集.
p.80

(8) 山口 一郎, 南 佑子, 塚
本 豊浩, 中井 康博, 三宅 実, ゴン
ザレス・クリーゼル, 廣田 誠子,
保田 浩志. スペシャルニーズ歯科
での放射線管理. 日本保健物理学
会第 53 回研究発表会 ; 2020.6.29-
30、オンライン、講演要旨集.
p.64

(9) 秋吉優史、宇藤茂憲、掛
布智久、神野郁夫、小林育夫、谷

口和史、野村貴美、藤淵俊王、宮
川俊晴、山口一郎、横山須美. 低
エネルギー X 線の評価と安全管理
に関する問題点と現状日本放射線
安全管理学会. 第 17 回学術大会 ;
2018 年 12 月 5-7 日、東京、講演
集. p19

(10) 谷口 和史、青木 久美
子、秋吉 優史、川島 紀子、小鍛
冶 優、森山 正樹、宮川 俊晴、山
口 一郎. 教育現場での実態測定結
果報告. 第 17 回学術大会 ; 2018
年 12 月 5-7 日、東京、講演集.
p21

(11) 藤淵 俊王、秋吉 優史、
小林 育夫、多田 順一郎、谷口 和
史、山口 一郎. 低エネルギー X 線
の放射線安全管理. 第 17 回学術大
会 ; 2018 年 12 月 5-7 日、東京、
講演集. p22

G. 知的所有権の取得状況

1. 特許取得

なし

2. 実用新案登録

なし

3. その他

なし

研究成果の刊行に関する一覧表

書籍

著者氏名	論文タイトル名	書籍全体の編集者名	書籍名	出版社名	出版地	出版年	ページ
山口 一郎 (監修), 高橋 康幸 (編集), 五十嵐 博 (編集)		山口 一郎 (監修)	診療用放射線 事務手続き・安社 全管理・日常点 検	医療科学	東京	2019	

雑誌

発表者氏名	論文タイトル名	発表誌名	巻号	ページ	出版年
Yamaguchi I, Inoue K, Natsuhori M, Gonzales CAB, Yasuda H, Nakooth ai Y, Miyake M and S wartz H.	L-Band Electron Para magnetic Resonance T ooth Dosimetry Applie d to Affected Cattle T eeth in Fukushima.	Appl. Sci.	11(3)	1187	2021
山口 一郎	医療放射線の安全管理 に責任を持つ担当者を 国際原子力機関はどう 規定しているか？	医療放射線防 護	(82)	44-46	2020