

移動形機器：

機器自体の車輪又は同様な手段によって支持した状態で、使用していない期間中に、移動させることを意図した可搬形機器。(JIS Z 4005)

携帯形機器：

使用中又は使用していない期間中に、一人以上の人手によって運搬することを意図した可搬形機器。(JIS Z 4005)

手持形機器：

正常な使用時に手で保持することを意図した機器。(JIS Z 4005)

## 6. 解説

未作成

## 7. 文献

別紙、作成中

## 8. 制定・改訂

このガイドラインは、特定非営利活動法人 日本歯科放射線学会により制定された。

### 8.1 作成

このガイドラインの原案は、日本歯科放射線学会 放射線防護委員会により作成された。

日本歯科放射線学会 放射線防護委員会 委員構成表 【省略】

### 8.2 審査・承認

このガイドラインは、日本歯科放射線学会 理事会により審査・承認された。

201X年XX月XX日

平成27年度厚生労働科学研究費補助金

(地域医療基盤開発推進研究事業)

「医療における放射線防護と関連法令整備に関する研究」

分担研究報告書

放射線治療領域における放射線防護に関する研究

平成28年3月

研究分担者 高橋 健夫

## 目次

### 課題 3 放射線治療領域における放射線防護に関する研究

A 研究目的ならびに背景	1
B 研究方法	2
C 研究結果	3
D 研究結果のまとめ	8
謝辞	8
文献	8

厚生労働科学研究費補助金 地域医療基盤開発推進研究事業

「医療における放射線防護と関連法令整備に関する研究」

(H26-医療-一般-019) (研究代表者：細野 眞)

「放射線治療領域における放射線防護に関する研究」 平成 27 年度報告書

研究分担者 高橋 健夫

埼玉医科大学総合医療センター放射線腫瘍科 教授

研究協力者 新保 宗史

埼玉医科大学総合医療センター放射線腫瘍科 准教授

金井 達明

群馬大学重粒子線医学研究センター 特任教授

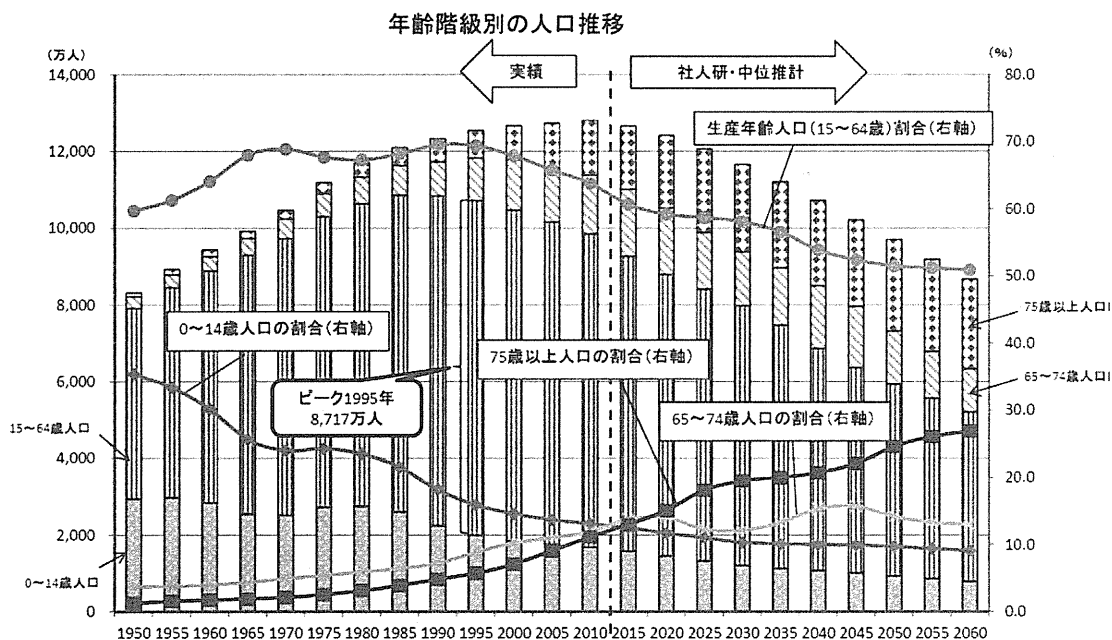
保科 正夫

駒澤大学医療健康科学部 教授

#### A. 研究目的ならびに背景

放射線治療はがん治療の 3 本柱の一翼を担い、治療患者数は増加の一途をたどっている。また高齢化人口の増加によりがん患者数の増加が見込まれ<sup>1)</sup>、今後も約 30 年間はこの傾向は変わらない(図 1<sup>2)</sup>)。放射線治療は放射線治療機器ならびに治療計画装置をはじめとする周辺機器の高精度化により高い局所効果と、有害反応を低く抑えた治療が可能となっていることから、がん治療における放射線治療の役割は高まっている。定位放射線照射や強度変調放射線治療(IMRT)などエックス線を用いた高精度放射線治療に加え、重粒子線治療、陽子線治療といった粒子線治療もわが国において普及しつつあり、また国際的に牽引する立場で粒子線治療機器ならびに治療法の開発が進められている。その際、治療機器の進歩だけではなく医療情報系機器と治療機器の統合が急速に進み、医療安全管理上の課題が多い。放射線防護の観点から適切な放射線治療の推進、治療機器管理、品質保証(QA)/品質管理(QC)の充実が重要である<sup>3)</sup>。各施設における安全管理、放射線治療機器ならびに治療内容に関する品質保証(QA)の普及・充実は浸透しつつある。しかし放射線治療周辺機器の機器管理や、高精度化した放射線治療の安全管理、医療放射線防護体制の確立に向けて課題は多い。施設ごとの安全品質管理に加え、第三者による外部評価がわが国でも必要な時期に来ている。高精度かつ複雑化する放射線治療の実態に合わせた、放射線防護の観点からのリスク管理や体制整備が求められる。高精度放射線治療の腫瘍に対する正確な照射技術の進歩は著しく、より高い精度が求められている。通常の呼吸同期照射等に加え、照射中に標的を同定しながら正確な照射を実施する技術が必要となっている。昨年度の細野班で提案ならびに議論された「高精度放射線治療における放射線診療室での同時エックス線ばく射」については「医療法施行規則の一部を改正する省令について」の一部改正につい

て」(平成 27 年 9 月 30 日医政発 0930 第 6 号) で、同室内において一定の条件を満たせば同時にエックス線をばく射することが認められた<sup>4)5)</sup>。今後は放射線治療関連の学会で早急に同時ばく射に関するガイドラインを整備する必要があるが、それとともに国内の実態調査を行い現状の問題点を抽出する必要がある。



(備考)総務省「国勢調査報告」、国立社会保障・人口問題研究所「日本の将来推計人口(平成24年1月推計)」をもとに作成。

(図 1)

## B. 研究方法

### 1) 放射線治療線量の外部評価

放射線治療の安全品質管理において、設定された処方線量に対し、実際に照射される線量が正しく精度管理されていることが求められる。放射線治療線量の管理では、定められた手順で吸収線量を実測し、各種補正係数を正しく管理するとともに、線量を計算する治療計画ソフトウェアの照射beamパラメータを正しく管理する必要がある。放射線治療計画から放射線治療実施にいたる過程のどの部分に齟齬があっても、臨床において正しい線量は投与できない。

放射線治療における線量の精度管理について、施設内での品質管理が重要であることは言うまでもないが、放射線治療の高精度化とともに高品質の放射線治療を安全に実施する上で、第三者の外部評価による品質管理体制を整える必要がある。一方欧米を中心とした海外では、各施設が定期的に外部評価を受審し、必要に応じた対応がすでに行われている。国際原子力機関 (IAEA) や世界保健機関 (WHO) を始めとして第三者機関による出力測定プログラム (郵送出力線量測定) が世界各国で実施されており<sup>6)7)</sup>、世界の 60%程度がこのプ

プログラムに参加している。IAEA/WHO が発展途上国を対象とした調査結果では、5%以上の線量誤差が当初 17% (1997 年) の施設に認められていたが、プログラムの実施により 7% (2002 年) に減少したと報告している<sup>8)</sup>。現在では 97%の施設が許容範囲内にあり、第三者機関の外部評価が有効であることを示している<sup>8)</sup>。本邦においては医用原子力技術研究振興財団の外部放射線治療装置の出力線量評価が、平成 19 年より行なわれている。この外部評価は、放射線治療施設における線量評価の各手順を確認することは実施が困難であることから、最終的に投与する線量について、積分型線量計を用いて評価することで線量評価が郵送で実施されている。

厚生労働科学研究費補助金医療技術評価総合研究事業「医療機関における放射線安全の確保に関する研究」(課題番号：H16-医療-009)平成 16 年度総括・分担研究報告書<sup>9)</sup>にて、放射線治療品質管理についての提言が提示され、ここに「放射線治療装置を有する全施設が、第三者機関による品質評価を、ガイドライン完成後 3 年以内に受けることが望ましい。」  
「各病院は、放射線治療に関する第三者機関による定期的なチェックを受けるべきである。」とされており、外部評価の義務付けに関しては、その後の議論の進行が不明確である。近年、がん診療連携拠点病院の指定要件も厳格化されつつあり、認定施設に相応しい放射線治療の指定要件が検討され、提言としてまとめられている。この中でも放射線治療の品質管理・品質保証の重要性が指摘されている。

このような状況を勘案し、国内の放射線治療品質管理における線量管理の状況を調査し、今後のとるべき方法について提案する。

## C. 研究結果

### 1) 国内の吸収線量の精度管理状況の調査

#### (国内の放射線治療施設での線量外部評価の実施状況の調査)

厚生労働省「主な施設基準の届け出状況」では 2014 年の「高エネルギー放射線治療」申請施設数は 670 施設と報告されているが<sup>10)</sup>、これらの国内の放射線治療施設すべての線量測定評価に関する把握は極めて重要であり、線量管理の普及に欠かせない作業過程である。

医用原子力技術研究振興財団<sup>11)</sup>は、国内の放射線治療施設の品質管理状況を第三者機関として評価するためのシステムであり、関係学協会からの推薦委員および専門家で構成された医療放射線管理委員会の管理・監督のもとに運営されているが、そのホームページより、線量計校正を実施した施設及び外部評価を受けた施設が公表されており、この結果を都道府県別に表 1 にまとめた。外部評価による出力測定の実施率 30%以下の県が 15 県存在する。施設の基準線量計は年 1 回校正することが求められているが<sup>12)</sup>、校正頻度が 2 年に 1 度の施設も存在する。さらに校正の実施頻度が少ない施設もあり、改善が急務である。ごく少数であるが、日本の標準である産業技術総合研究所に直接校正依頼を行う施設も存在する。出力測定実施施設の公表は平成 27 年 12 月までに承諾が得られた 283 施設が公表されている。実施施設はがん診療連携拠点病院の比率が一般病院に比べ大きい(図 2)<sup>11)</sup>、

今後一般病院への普及活動に力を入れる必要がある。

国内のほとんどの放射線治療実施施設では基準線量計の校正を行っているが、外部評価を受けている施設は 4 割程度に留まっている。現在、がん診療連携拠点病院認定のための参考資料として外部評価受審が挙げられており、がん診療連携拠点病院を中心に外部評価を受審する施設が増加しているが、今後さらに第三者機関による外部評価の普及に努める必要がある。

表 1

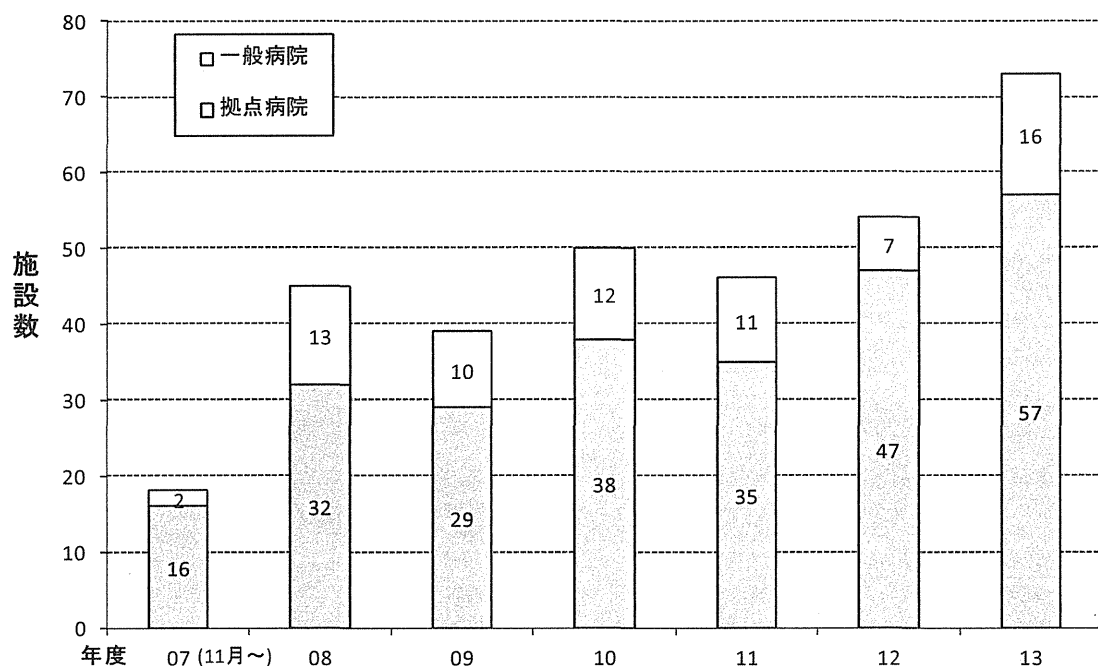
## 医用原子力技術研究振興財団による線量計校正・出力測定実施状況

線量計校正及び出力測定について、実施施設名(同意のあった施設のみ)を公表している。

全国	H25校正	H25公表	H26校正	H26公表	出力測定	出力公表	出力測定 H25比
	727	722	655	647	301	283	
北海道		29		32		20	69%
青森県		9		9		4	44%
岩手県		10		10		3	30%
宮城県		10		10		5	50%
秋田県		10		8		5	50%
山形県		7		7		6	86%
福島県		10		9		2	20%
東京都		78		65		19	24%
神奈川県		41		39		8	20%
埼玉県		22		20		8	36%
千葉県		32		27		13	41%
茨城県		19		14		6	32%
栃木県		10		7		6	60%
群馬県		13		12		3	23%
山梨県		5		5		1	20%
新潟県		13		15		9	69%
長野県		11		8		4	36%
富山県		9		8		5	56%
石川県		9		6		4	44%
福井県		4		4		1	25%
愛知県		39		38		21	54%
岐阜県		14		11		8	57%
静岡県		22		26		10	45%
三重県		10		12		2	20%
大阪府		52		47		18	35%
兵庫県		34		29		11	32%
京都府		13		12		8	62%
滋賀県		9		8		3	33%
奈良県		8		8		2	25%
和歌山県		9		8		5	56%
鳥取県		6		5		4	67%
島根県		6		4		3	50%
岡山県		11		10		5	45%
広島県		15		11		5	33%
山口県		11		9		4	36%
徳島県		6		5		1	17%
香川県		8		6		3	38%
愛媛県		11		6		3	27%
高知県		4		4		4	100%
福岡県		27		25		13	48%
佐賀県		4		3		1	25%
長崎県		8		7		6	75%
熊本県		13		7		6	46%
大分県		11		11		1	9%
宮崎県		6		6		2	33%
鹿児島県		11		11		2	18%
沖縄県		3		3		0	0%

注：沖縄県、広島県、埼玉県は訪問による県内全施設調査を実施したことがある。





(図2) <sup>11)</sup>

## 2) 国内でのガイドライン等における外部評価の推奨レベルと実施間隔を調査

厚生労働科学研究費補助金医療技術評価総合研究事業「医療機関における放射線安全の確保に関する研究」(課題番号: H16-医療-009) 平成16年度総括・分担研究報告書<sup>9)</sup>で「放射線治療装置を有する全施設が、第三者機関による品質評価を、ガイドライン完成後3年以内に受けることが望ましい」と報告されている。「施設の品質管理は、そのレベルが維持されることが肝要であり、定期的な第三者機関による品質評価がされるべきである」と記載され、放射線治療品質管理機構提言の最終報告にまとめられている。

今回、日本放射線腫瘍学会が作成している「外部放射線治療における Quality Assurance (QA) システムガイドライン」<sup>13)</sup>の改定に伴い、出力線量外部評価について3年に1度実施することを推奨する文言が盛り込まれた。放射線治療の品質管理では外部評価を受審することが重要であり、今回ガイドラインに盛り込まれた内容を報告する。記載内容は下記の通りである。

### ●外部放射線治療における Quality Assurance (QA) システムガイドライン (2016年4月発行予定)

[記載予定箇所及び記載]

- 1.4 施設 QA と QA レベルの均質化
  - 1.4.1 QA/QC として必須の手段
    - 1.4.1.1 線量計校正と出力レベル均質化の手段

「線量計の校正は、年1回実施することを強く推奨する。」

「第三者による出力線量の確認は、装置毎に3年に1回実施することを強く推奨する。」

上記のように第三者による外部評価の推奨頻度をガイドラインに明記できたことは、国内の線量精度管理のシステム構築において一歩前進と評価できる。

海外で公表されている外部評価の頻度についての記載は、IAEA HP 内の「Principles of operation. pdf」の項目11に記載があり<sup>14)</sup>、Principles of operation of the IAEA-WHO TLD service -Englishの部分には相違が5%以内なら2年以内に、5%を超える場合には1年以内に実施すると記載されている。今後は国内のガイドラインにおいても外部評価の推奨だけでなく、外部評価の結果をフィードバックした内容に変えていく努力を継続的にする必要があり。数値による具体的な指示が国内のガイドラインに記載されるようになることが望ましい。外部評価の実施状況を詳細に検討し、実施内容の結果を評価の上、さらに詳細な評価間隔の推奨レベルの設定に役立てる必要がある。外部評価による線量評価の推奨を押し進め、放射線治療の安全管理のために、施設の基準線量計を校正すること、定期的に外部評価を受けることが標準となるよう、放射線治療関連団体と協力して周知していく。放射線治療品質保証の基礎となる治療用線量計に関しては毎年校正を行うこととされているが、法令に明記されていないため拘束力はない。放射線治療の品質管理・品質保証を確実にを行い、精度の高い良質な放射線治療を実施するためには、治療用線量計に関しても法令の整備が必要と考えられる<sup>13)</sup>。

### 3) 放射線診療室内での同時エックス線ばく射の現状調査

医政発 0930 第6号（平成27年9月30日）にて法令の改正がなされ、一定の条件を満たせば放射線診療室内の同時ばく射が可能となった。これにより高精度放射線治療の技術革新が進み、精細な位置精度管理が可能となることで、現状よりさらに良質な放射線治療が可能となると期待される。しかし現在、同時エックス線ばく射について直接説明するガイドラインや指針はないため今後、関連学会でガイドラインを早急に整備する必要がある。腫瘍標的を正確に把握し高精度放射線治療を実施する技術に関するガイドラインとして JASTRO 他の「呼吸性移動対策ガイドライン」<sup>15)</sup>や「IGRT ガイドライン」<sup>16)</sup>があるが、同時ばく射に関しても同様のガイドラインの作成が早急に必要である。本研究では同時ばく射に対応する放射線治療装置の把握と、同時ばく射の実施状況について調査した。

同時ばく射が可能な装置として Vero4DRT (MHI-TM2000) (三菱重工)、動体追跡放射線治療装置 (real-time tumor-tracking radiotherapy system ; RTRT system)、Exac Trac X-Ray (BRAINLAB)、SyncTraX (島津製作所)、PROBEAT-RT (日立製作所)、CyberKnife System (ACCURAY) 等がある。現在主流の動体追跡システムは、肺ならびに肝臓等の体幹部に用いられており、腫瘍内部もしくは腫瘍近傍に刺入された金マーカーを4方向からエックス線透視により画像化し、計画された3次元位置に金マーカーが重なった瞬間に照射されるシ

ステムで、“迎撃照射法”とも呼ばれている。しかし、同時ばく射を実臨床で実施している施設はまだ少数である。高エネルギーエクソ線照射装置と粒子線治療装置を併せ持つ北海道大学と群馬大学で、同時ばく射の検討が開始されている。北海道大学では陽子線治療を中心に同時ばく射が呼吸同期と併用で体幹部に対して実施されている。群馬大学医学部附属病院・重粒子線医学研究センターでは、高エネルギーエクソ線装置及び重粒子線照射装置における同時ばく射を準備中である。更に同時ばく射実施施設の詳細な調査が必要である。

高精度放射線治療では同時ばく射の適応例が多く、放射線治療全体では、7%程度の適応が見込まれるため、これらの技術が浸透すればより安全で治療効果の高い高精度な放射線治療が提供できると考えられる。北海道大学では放射線治療における同時ばく射に関するワークフローが整備されているが、これらの先進的放射線治療施設の実績を元に、医療安全ならびに放射線防護の観点からガイドライン・手順書の作成を放射線治療の関連団体に働きかけ、同時ばく射装置を導入するに当たっての留意事項を整備する予定である。

#### D. 研究結果のまとめ

以上の調査結果から、放射線防護の観点から同時ばく射の安全性に関するガイドラインの作成を進め、外部評価受審の必要性ならびに受審指針の詳細な整備について提案し、放射線治療関連団体と調整しながら普及に向けての対応を計る。今後さらに放射線防護と関連法令整備の観点から問題点を抽出する必要がある。

#### 謝辞

本研究にご協力いただいた、医用原子力技術研究振興財団、鬼丸力也先生（北海道大学放射線治療科）、宮本直樹（北海道大学医学部）、石居隆義氏（群馬大学医学部附属病院）に深謝いたします。

#### 文献

- 1) 宮田裕章, 迫井正深. 「地域とともに歩む医療」の実現に向けて. 医学界新聞第 3156 号: p. 2, 2016. 医学書院.
- 2) 人口動態について（中長期、マクロ的観点からの分析③）. 平成 26 年 2 月 14 日. 内閣府事務局資料.
- 3) 強度変調放射線治療（IMRT）ガイドライン. 2008年4月. 日本放射線腫瘍学会, 日本医学放射線学会, 高精度外部放射線治療研究会編.
- 4) 高橋健夫, 金井達明, 新保宗史. 放射線治療領域における放射線防護に関する研究. 医療における放射線防護と関連法令整備に関する研究（H26-医療-一般-019）（研究代表者 細野眞）. 厚生労働科学研究費補助金研究報告書. 平成 27 年 3 月.

- 5) 「医療法施行規則の一部を改正する省令の施行について」の一部改正について。医政発0930第6号。平成27年9月30日。
- 6) Comprehensive audits of radiotherapy practices: A tool for quality improvement. Quality assurance team for radiation oncology (QUATRO). International Atomic Energy Agency, Vienna. 2007.
- 7) Radiation Oncology Accreditation Program Requirements. ACR/ASTRO. 2015.
- 8) 放射線治療品質管理支援。がん情報サービス。  
[http://ganjoho.jp/med\\_pro/med\\_info/consultation/consultation03.html](http://ganjoho.jp/med_pro/med_info/consultation/consultation03.html)
- 9) 厚生労働科学研究費補助金医療技術評価総合研究事業「医療機関における放射線安全の確保に関する研究」（課題番号：H16-医療-009）平成16年度総括・分担研究報告書。主任研究者 伊東久夫。
- 10) 厚生労働省。主な施設基準の届出状況等。  
<http://www.mhlw.go.jp/file/05-Shingikai-12404000-Hokenkyoku-Iryouka/0000101005.pdf>
- 11) 公益財団法人医用原子力技術研究振興財団。 <http://www.antm.or.jp/index.html>
- 12) 外部放射線治療における水吸収線量の標準計測法。日本医学物理学会編。2012。
- 13) 外部放射線治療における Quality Assurance (QA) システムガイドライン。日放腫会誌 Suppl. 2000。
- 14) IAEA. Principles of operation of the IAEA/WHO TLD postal dose audit service for radiotherapy centres. 2012. <http://www-naweb.iaea.org/nahu/DMRP/tldforms.html>
- 15) 呼吸性移動対策ガイドライン。2012年6月。日本放射線腫瘍学会，日本医学物理学会，日本放射線技術学会，日本高精度放射線外部照射研究会。
- 16) IGRTガイドライン。2010年9月。日本放射線腫瘍学会，日本医学物理学会，日本放射線技術学会。

平成27年度厚生労働科学研究費補助金

(地域医療基盤開発推進研究事業)

「医療における放射線防護と関連法令整備に関する研究」

分担研究報告書

放射線診断領域における放射線防護に関する研究

平成28年3月

研究分担者 赤羽 正章

## 目 次

### 課題 4-1 放射線診断領域における放射線防護に関する研究

1	研究目的	1
2	研究方法	1
3	考察	7
4	参考文献	9

### 課題 4-2 水晶体線量の評価手法に関する研究

	研究要旨	1 1
A	研究目的	1 1
B	研究方法	1 1
C	結果と考察	1 2
D	結論	1 4
E	参考資料	1 5

平成27年度厚生労働科学研究費補助金（地域医療基盤開発推進研究事業）  
「医療における放射線防護と関連法令整備に関する研究」（研究代表者：細野 眞）

## 分担研究報告書

「放射線診断領域における放射線防護に関する研究」

研究分担者 赤羽 正章 NTT 東日本関東病院放射線部

研究協力者 小林 育夫 長瀬ランダウア株式会社

塚本 篤子 NTT 東日本関東病院放射線部

### 1. 研究目的

2011年4月に国際放射線防護委員会（ICRP）が発表したソウル声明では、水晶体のしきい線量が従来考えられていたよりも低いこと、職業被ばくについて水晶体の等価線量限度を5年間の平均で20mSv/年かつ年間最大50mSvまで引き下げること、が述べられている。これを受けて、2012年にはICRP Publication 118 “ICRP Statement on Tissue Reactions / Early and Late Effects of Radiation in Normal Tissues and Organs – Threshold Doses for Tissue Reactions in a Radiation Protection Context”が発行され、国際原子力機関や欧州連合の新しい安全基準にも、新たな水晶体等価線量限度が盛り込まれる流れとなっている。

我が国においても新たな水晶体等価線量限度を法令へ取り入れるため、実務レベルでの検討を進める必要があり、特に水晶体等価線量の高さが懸念されるX線透視を用いた治療手技の術者について、水晶体等価線量を推測する手段について基礎的データの集積が望まれている。現在、水晶体の等価線量は、頭頸部に装着した個人線量計から得られる測定値に基づき算定されているが、この算定はX線防護メガネによる被ばく低減効果を計算に入れていないため、実態を必ずしも反映していない。国内で市販されているX線防護メガネは複数存在し、レンズの鉛当量だけでなく形状も異なるため、種類が異なれば被ばく低減効果も異なるものと考えられる。また、防護メガネ着用時には防護メガネ内面から水晶体にかけての線量分布が不均一となることが予想され、水晶体線量の実測値が線量計の位置に影響される可能性がある。防護メガネ着用時の水晶体線量実態調査が国内で進められているが、その結果を正しく解釈し、防護メガネ着用を前提とした水晶体等価線量推定に利用するためには、防護メガネの種類や線量計の位置によるばらつきの程度を知る必要がある。

本研究の目的は、防護メガネの種類や線量計の位置による線量測定結果の変動を検討し、頸部線量を水晶体等価線量に変換するための係数を安全側に見積もって試算することである。併せて、水晶体表面、3mm、10mmを想定した位置で線量を測定し、深さによるばらつきを評価する。

### 2. 研究方法

昨年度に引き続き、防護メガネ着用時の水晶体線量の実測や、防護メガネ着用を前提とした水晶体線量の推測について、先行研究や現在進行中の研究を調査する。昨年度は、国内で購入できるX線防護メガネの種類を調査し、可能な限りの種類を入手した。これらを用いて、眼球前面や防護メガネ内面外側部分を含めた複数箇所の線量と、頸部の線量を、防護メガネ毎に測定する。

## 2.1. 先行研究

未発表データであるが、帝京大学放射線科の古井滋先生のグループが、interventional radiology の術者 9 名を対象として、防護メガネ内外の線量を比較している (personal communication)。防護メガネ内外の線量比は約 2.5 倍であった。防護メガネ内の位置による線量の不均一性や、防護メガネの種類による線量比の違いについては検討されていない。

金沢大学医薬保健研究域の松原孝祐先生のグループが、「非血管系 IVR における医療従事者の水晶体被ばく線量評価に関する多施設共同研究」を臨床試験登録しており (UMIN000014941)、2015 年 10 月の日本放射線技術学会秋季学術大会で結果概要が発表された。X 線透視併用内視鏡検査に従事する医師や看護師の防護メガネに取り付けた線量計による測定とともに、件数や透視時間も集計している。防護メガネは HF-400S に統一、線量計の位置は横に回り込んだレンズの内外であり、メガネ内側に貼り付けた線量計の測定値を水晶体線量とみなして検討されている。医師の線量は左目で高い傾向にあり、左目と左頸部の線量比率は  $0.803 \pm 0.409$  であったとの結果であった。

2015 年 4 月に行われた日本放射線技術学会総会学術大会では、山梨大学医学部附属病院の坂本肇先生が脳神経領域 IVR における術者水晶体線量の実態調査を口演発表されている。全国 30 施設で約 300 症例を対象に、術者頸部と術者前額部、防護メガネの下縁内外と左右外側、の線量が測定された。術者の水晶体線量は左目が高く、頸部線量は水晶体線量と同等あるいは低値となった、と抄録に記載されているが、防護メガネの種類に関する検討は記載されていない。

海外では、メガネ 3 種を比較し側面シールドの重要性を示した報告<sup>1)</sup>や、メガネ 30 種を比較し横に回り込むデザインの有効性を示した報告<sup>2)</sup>があるものの、防護メガネ内の線量不均一性は検討されていない。

## 2.2. 国内で市販されている X 線防護メガネ

株式会社マエダが、米国 ProTech Leaded Eyewear, Inc. 社の製品を含めて 8 種類の X 線防護メガネを販売している (<http://www.kk-maeda.com/products/>)。

PT-99AL は鉛当量 0.75mmPb の鉛ガラスを用いており、フレームはアルミ製で、重量は 70g である。PT-99 も同様に鉛当量 0.75mmPb の鉛ガラスを用いているが、フレームは樹脂製で、重量は 58g である。いずれもガラスが側面まで回り込むようデザインされている。

PT-53 は鉛当量 0.75mmPb の鉛ガラスを前面に加えて側面に用いており、重量は 80g。PT-70S は鉛当量 0.75mmPb の鉛ガラスを前面に、鉛当量 0.50mmPb の鉛ガラスを側面に用いており、重量は 78g。

PT-90 は視力矯正用眼鏡の上から装着するための大型防護メガネであり、鉛当量 0.75mmPb の鉛ガラスを前面と側面に用いて、重量は 107g。視力矯正用眼鏡の上から装着した防護メガネは水晶体からの距離が離れがちだが、本製品のデザインならば側面や尾側からの散乱線を効果的に遮蔽できる可能性がある。FG50-770 は視力矯正用眼鏡の上から装着するための大型防護メガネであり、鉛当量 0.5mmPb の鉛ガラスを前面に、0.6mmPb の鉛ガラスを側面に用いて、重量は 90g。

PT-NIKE-LAVA と PT-NIKE-SIREN は限定発売の商品で、いずれも鉛当量 0.75mmPb の鉛ガラスを用いている。LAVA は側面に回り込む形状で重量 66g、SIREN は前面主体だが度入りレンズが用意されており重量 63g。

一方、東レ・メディカル株式会社は、株式会社保科製作所が製造した 2 種類の X 線防護メガネを販売している ([http://www.toray-medical.com/business/iryou\\_ivr/ivr\\_003.html](http://www.toray-medical.com/business/iryou_ivr/ivr_003.html))。



HF-350 は鉛当量 0.07mmPb の鉛含有のアクリルレンズを用いており、重量 42g と軽量である。アクリルレンズが側面にも回り込んでいるため、側方からの散乱線を効果的に遮蔽できる可能性がある。視力矯正用眼鏡とは併用できない。HF-400S は視力矯正用眼鏡の上から装着するための大型防護メガネであり、鉛当量 0.07mmPb の鉛含有のアクリルレンズを用いており、重量 48g と軽量である。アクリルレンズが三次元成型されており、上下に長いだけでなく側面にも大きく回り込んでいる。視力矯正用眼鏡の上から装着した防護メガネは水晶体からの距離が離れがちだが、本製品のデザインならば側面や尾側からの散乱線を効果的に遮蔽できる可能性がある。

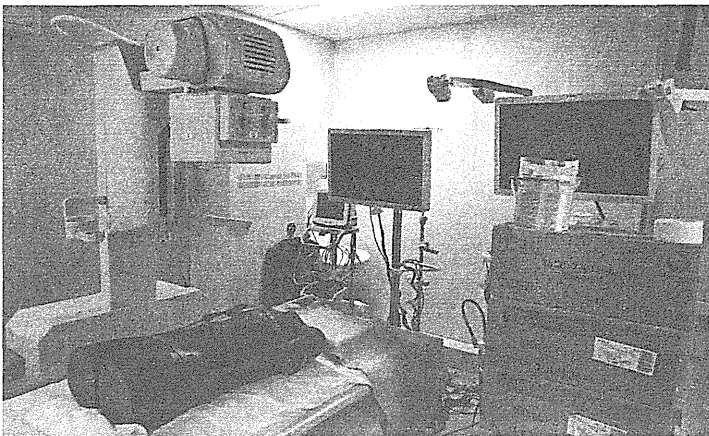
また、防護メガネとはやや異なるが、株式会社保科製作所が頭に被るタイプのフェイスシールド FP-3 を販売している([http://www.hoshina.co.jp/xray\\_protection/supply/glasses.html](http://www.hoshina.co.jp/xray_protection/supply/glasses.html))。鉛当量 0.1mmPb で、重量は 0.27kg とされている。

実際に線量測定を行うため、FG50-770 と PT-NIKE-SIREN を除いて入手した。

### 2.3. 実験 1

#### ● 方法

透視時の医師の立ち位置にアクリル頭部ファントムを置き、防護メガネの内外および、水晶体位置(ファントムの表面から 3 mm 内部の線量) を直接測定する。



使用装置名：FLEXAVISION ZSU-5D (島津製作所)

管電圧：91 kV

管電流：2.2 mA

透視時間：10分 (連続透視モード)

I.I.視野サイズ：9 inch

患者ファントム：Alderson

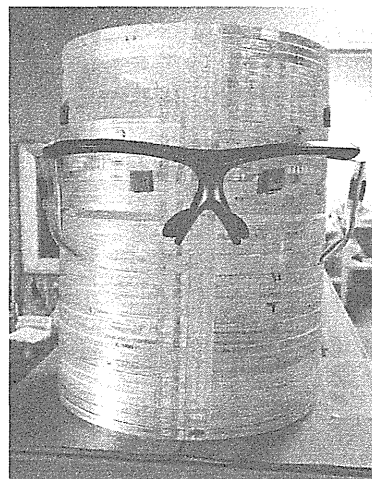
線量計：nanoDot

防護メガネ：HF-400S

#### ● 結果

0.034 こめかみ右  
0.114 グラス右外  
0.193 グラス右内

0.078 右目表面  
0.064 右 3mm  
0.077 右 1cm



単位： mGy

0.032 こめかみ左  
0.271 グラス左外  
0.048 グラス左内

0.056 左目表面  
0.085 左 3mm  
0.066 左 1cm

## 2.4. 実験2

### ● 方法

透視時の医師の立ち位置にアクリルの台を設置、身長170cm相当の位置に頭部人体ファントムを配置し、頸部プロテクタを装着した。頭部ファントムの上下角度は、モニターへ正対するよう、土台となるアクリル板に12.5度の傾斜を付けて調節した。9種類の防護メガネをファントムに装着し、装着できたものについて、レンズ内外と眼球表面および額と頸部の線量を測定した。散乱線の線源となる患者ファントム方向から術者の頭部の写真を撮影し、メガネと眼球の位置関係の記録とした。メガネ装着位置は、正面から見てレンズの中央に眼球が位置するよう調整した。

使用装置：Artis Q TA（シーメンス）

照射条件：透視 30 p/s × 60 秒 + 撮影 30 fr/sec × 240 秒

患者ファントム：JIS水ファントム（楕円）

測定位置：左右眼球表面、レンズ中央下の内/外、レンズ横の内/外、頸部プロテクタの中央/左/右、額

線量計：nanoDot

防護メガネ一覧：

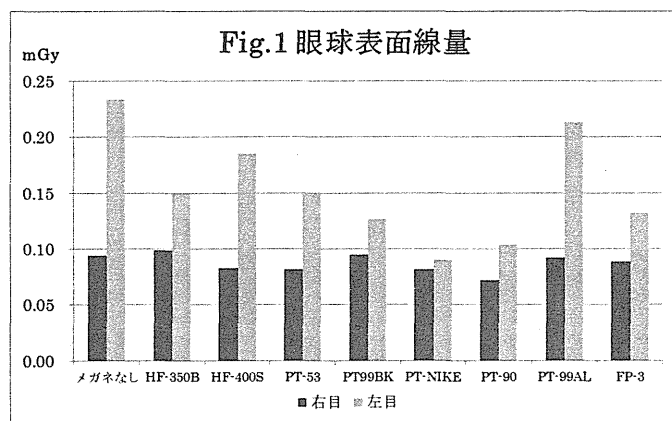
1	HF-350B
2	HF-400S
3	PT-53
4	PT-99BK
5	PT-NIKE-LAVA
6	PT-90
7	PT-99AL-BK
8	PT-70S
9	FP-3



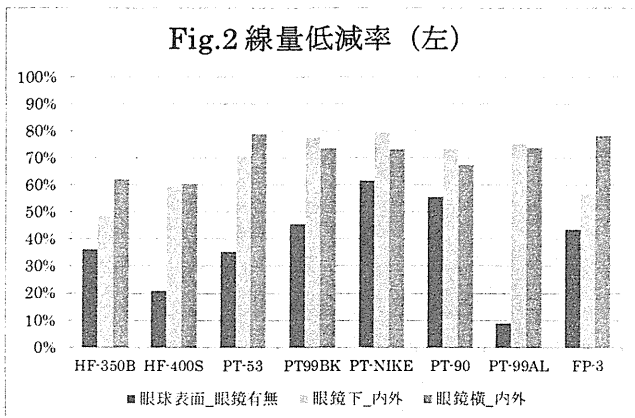
### ● 結果

PT-70Sはファントムにうまく装着できなかった。

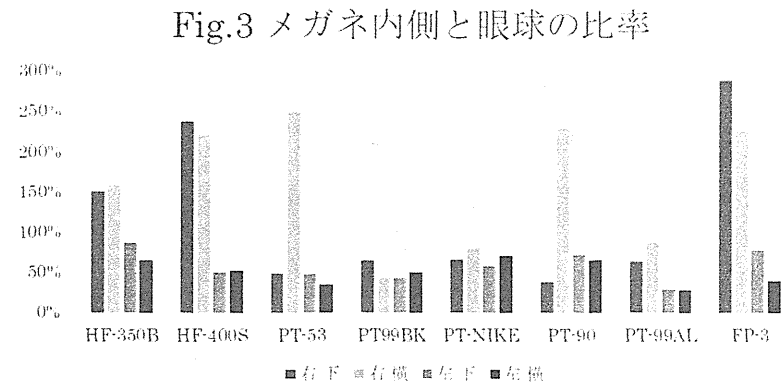
左眼球表面の線量は、防護メガネ無しでは右の倍以上であり、防護メガネ装着により種々の割合で低減された（Fig. 1 グレー）。一方、右眼球表面の線量は、防護メガネによる変化が少なかった（Fig. 1 黒）。



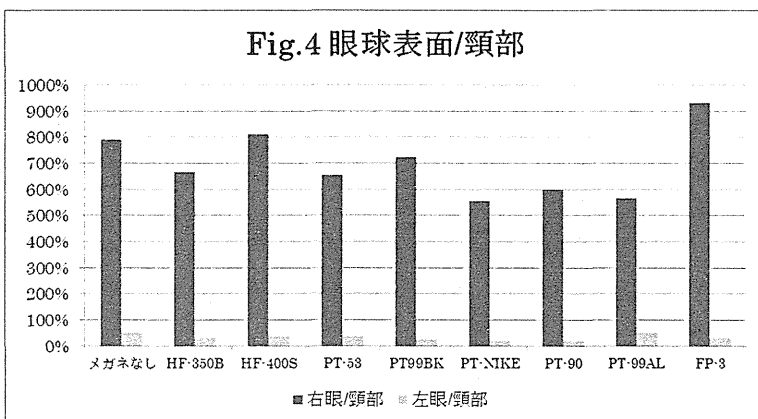
左眼球表面の線量をメガネ無しの状態と比較すると、線量の低減率は9%~62%とメガネによって大きくばらついた (Fig. 2 黒)。一方、メガネの内外を比較した低減率は、レンズ中央下で49%~80% (Fig. 2 薄いグレー)、レンズ横で61%~79% (Fig. 2 濃いグレー) とばらつきがより少ない傾向にあった。



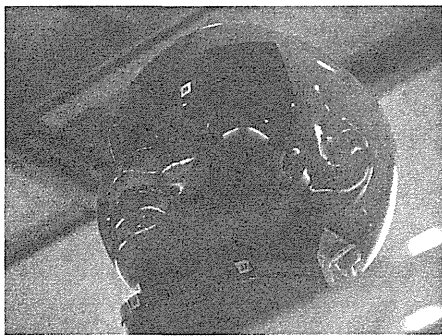
眼球表面線量に対するレンズ内側線量の割合は、右で38%~289%、左で29%~87%、と線量計の取り付け位置によって大きく変動した (Fig. 3)。



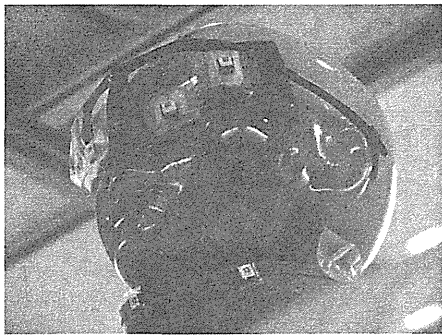
左頸部線量の平均は、右の約35倍であった。頸部線量に対する眼球表面線量の割合は、線量が高い左について19%~53% (Fig. 4 グレー)、線量の低い右について556%~932% (Fig. 4 黒) であった。



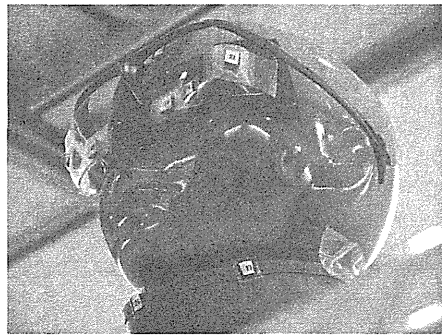
メガネ 1~7, 9 について、患者ファントム側から術者頭部を撮影した画像を供覧する。



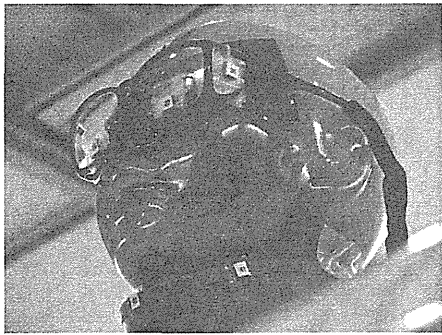
none



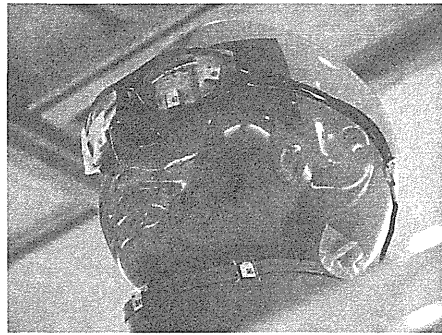
1: HF-350B



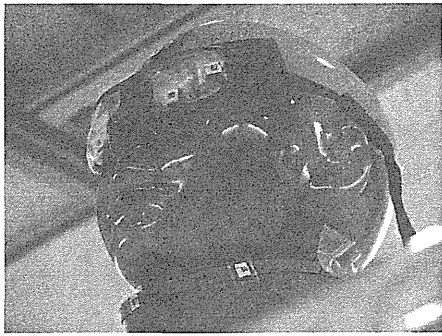
2: HF-400S



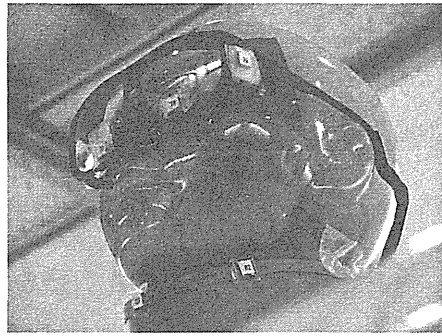
3: PT-53



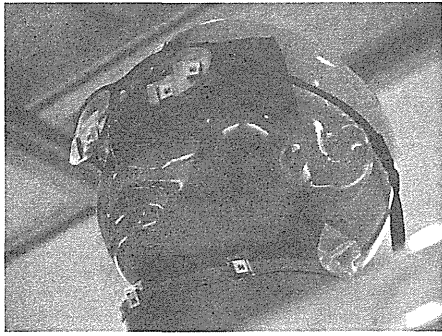
4: PT-99BK



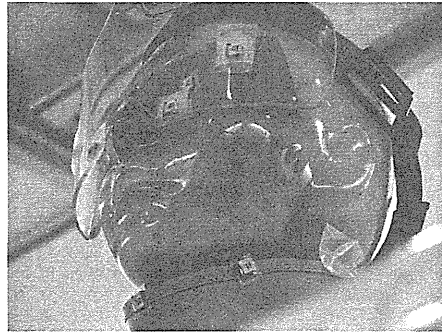
5: PT-NIKE-LAVA



6: PT-90



7: PT-99AL-BK



9: FP-3