

平成 29 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）

「新たな治療手法に対応する医療放射線防護に関する研究」

（研究代表者：細野 眞）

分担研究報告書

「放射線診断・IVR における放射線防護に関する研究」

研究分担者	赤羽 正章	国際医療福祉大学医学部 放射線医学
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
	高橋 優	国際医療福祉大学三田病院 放射線室
	橋本 雪乃	国際医療福祉大学三田病院 放射線室

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を述べられている。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 線防護メガネの遮蔽効果による被ばく低減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。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。

昨年度までの検討で、X 線防護メガネの種類が異なれば遮蔽効果も異なることや、頭部ファントムが防護メガネの効果に影響を与えること、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ため線量の実測値が線量計の位置に影響されること、がわかった。また、実際の術者に線量計を取り付けて防護メガネの効果測定したところ、防護メガネの効果が期待以下になり得ることや術者によるばらつきが大きいことも示唆された。

本研究の目的は、防護メガネの種類によって効果がばらつく原因を調べ、防護メガネの理想的なデザインを提案すること、である。

2. 実験 1：防護メガネのガラスと顔の位置関係が遮蔽効果に与える影響

2.1. 対象と方法

頭部人体ファントムに防護グラスを様々な配置で取り付け、右大腿動脈経由の体幹部透視手技を模して X 線を照射し、グラスの位置および頭部人体ファントムの方向について複数の条件で線量を比較した。

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。患者を模したファントムとして、血管撮影装置の寝台に JIS 水ファントム（楕円）を置いた。術者から見て X 線管や患者ファントムは左側に位置する。



2.1.1. 防護グラス単体での取り付け方法

東レ・メディカル株式会社販売の HF-350 および HF-400（矯正眼鏡と併用するオーバーグラスタイプ）のガラス部分を取り外して用意した。頭部ファントムへ取り付けるにあたり、顔面とガラスの隙間について複数の条件を設定するため、ガラス上縁・下縁と顔面との間に挟むための 3 種類（6mm 厚、12mm 厚、18mm 厚）のポリスチレン製スペーサーを用意した。上縁と下縁の隙間の組み合わせは、(a) 平行 上下とも 6mm、(b) 上下とも 12mm、(c) 上下とも 18mm、(d) 上 18mm 下 6mm、の 4 種類とし、これに (e) 上下とも 12mm の隙間かつグラスを尾側へ 1cm 平行移動、を加えた 5 種類のガラス配置を用意した。HF-350 のガラスについては 5 種類すべて、HF-400 のガラスについては (b)(d)(e) の 3 種類の配置で測定した。

	尾側移動無し			尾側へ 1cm
	下 18mm	下 12mm	下 6mm	下 12mm
上 18mm	c:平行+		d:傾斜	
上 12mm		b:基準		e:尾側
上 6mm			a:平行-	

2.1.2. 製品版防護メガネの取り付け方法

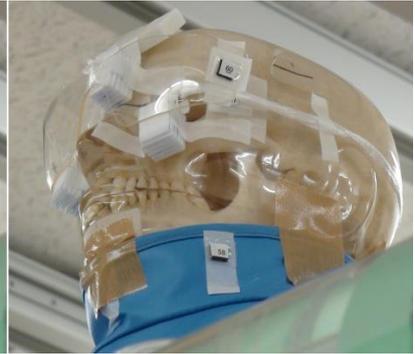
HF-350 製品を頭部ファントムに取り付けた。配置の種類は、(f) 基準、(g) 傾斜、の 2 種類とした。以下には (f) 基準の配置は省略し、(g) 傾斜の配置のみを掲載した。



配置(a)



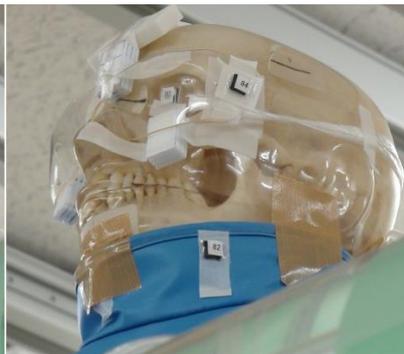
配置(b)



配置(c)



配置(d)



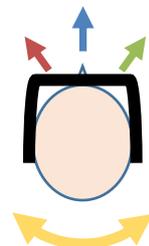
配置(e)



配置(g)

2.1.3. 頭部ファントムの向き

頭部の方向はモニター正面を向いた状態と、その±45度、の3方向の条件を設定した。グラス無し、およびHF-350グラスの配置(a)(b)(d)については3方向すべてについて測定した。その他の配置については正面のみ測定した。



2.1.4. 線量計、配置記録、照射条件

線量計にはnanoDot (OSL線量計：長瀬ダングダウ株式会社) を用いた。線量計取り付け位置は、左右眼球表面、左目尻 (DOSIRIS (仏国IRSN開発の水晶体用線量計) を用いる位置)、頸部プロテクタ左前面、グラス左側面の内面と外面。

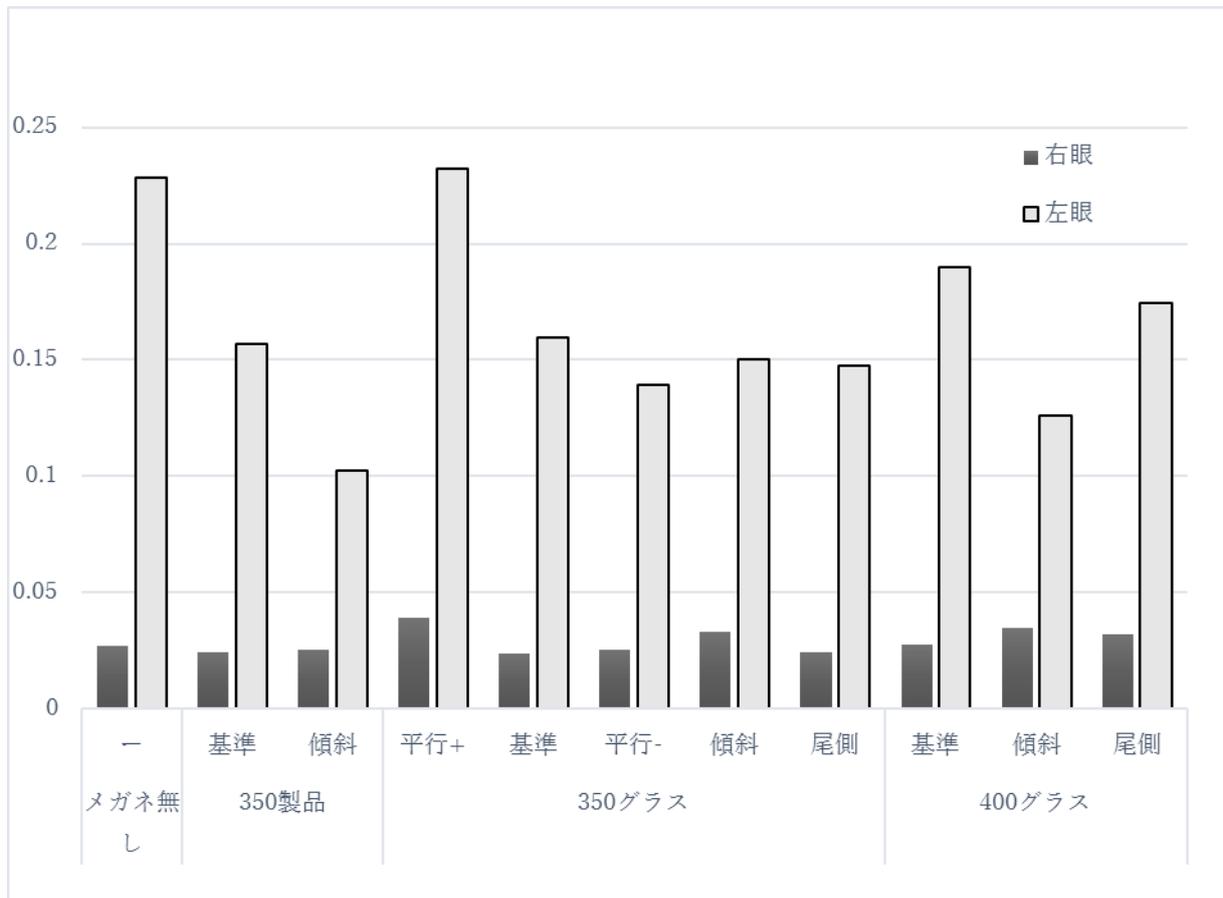
散乱線の線源となる患者ファントム方向から術者の頭部の写真を撮影し、グラスと眼球の位置関係の記録とした。

使用装置はシーメンス社 Artis Q TA、Cアーム位置 頭側、線源検出器間距離 110cm、照射野サイズ 42cm、患者ファントムの中心を撮像範囲中心に設定、ベッドの高さ アイソセンターからX線管側へ15cm (患者照射基準点)、管電圧 81kV、管電流 135mA、1パルスの曝射時間 3.4ms、毎秒30フレーム、付加フィルタ無し、焦点サイズ Large、1回20秒の撮影 空気カーマ値の計算値 45mGy、撮影回数 8回。

nanoDot の線量測定は3回読み取りの平均とし、バックグラウンドを差し引いた。

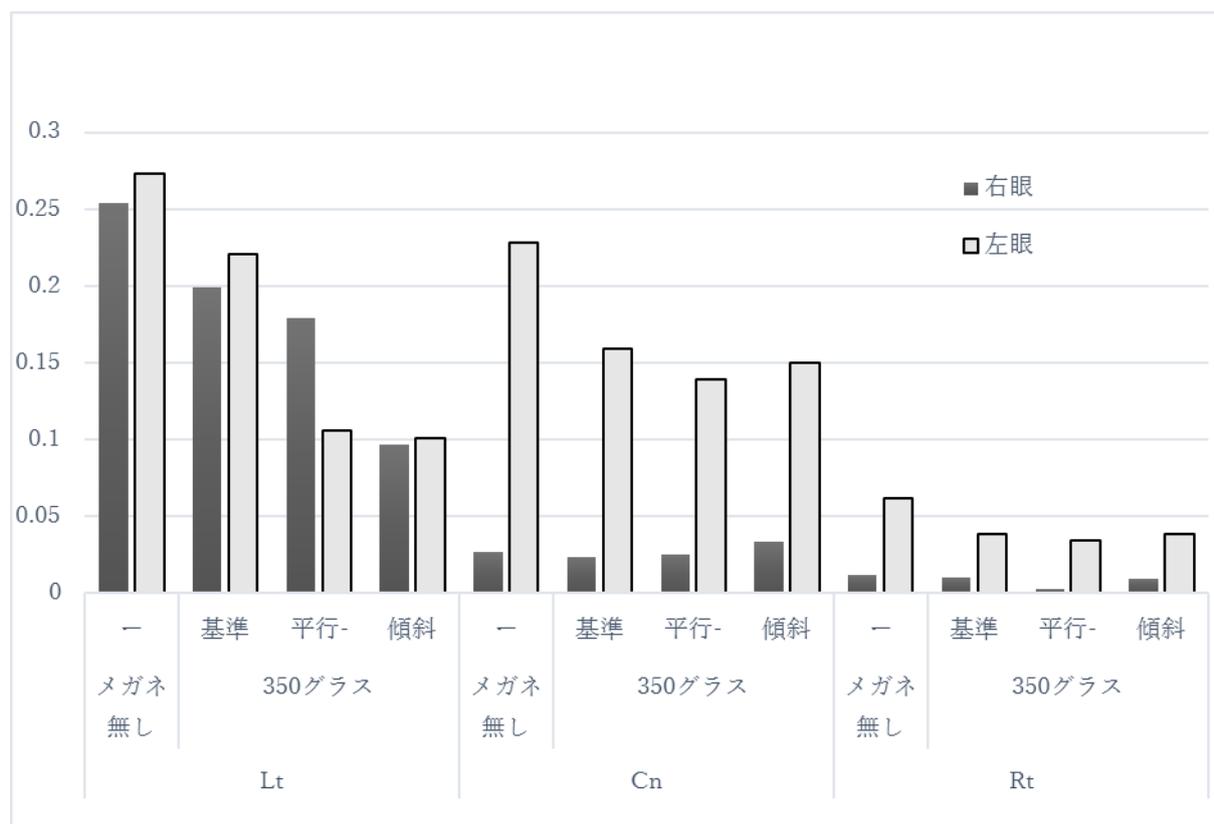
2.2. 結果

2.2.1. グラス配置の影響、全デバイス、正面のみ



頭部ファントム正面方向について、各防護デバイス毎に配置の影響を比較した。左眼について、最も良好な効果改善をもたらしたのは HF-350 製品の「傾斜」であった。HF-350 グラスは、平行に近付けるのと、傾斜と、尾側への移動と、いずれも若干の効果改善をもたらしている。顔面から HF-350 グラスが離れた「平行+」の遮蔽効果は皆無であった。HF-400 グラスについては、傾斜が良好な効果改善を、尾側への移動が若干の効果改善をもたらしている。右眼は元の線量が低いため評価が難しい。

2.2.2. グラス配置の影響、HF-350 グラス、頭部 3 方向



頭部ファントム 3 方向それぞれについて、HF-350 グラス配置の影響を比較した。左眼について、平行に近付けるのと、傾斜とは、いずれも特に左向きでの改善が著しく、概ね同等。一方、正面や右向きでの改善は軽度であった。

右眼については、頭部左向きの場合のみ左眼と同程度の高線量となり、平行に近付けるよりも傾斜の方が良好な効果改善をもたらした。正面や右向きでは元の線量が低く、評価は難しい。

2.3. 考察

2.3.1. グラス配置の影響

グラスを顔面から離すと遮蔽効果は失われ、顔面に近付くと改善した。グラスと顔面の距離を縮めることが、遮蔽効果改善に有用である。グラスを傾斜させて下縁だけを顔面に近付けることでも遮蔽効果は改善しており、グラス下縁を顔面に近付けることの重要性が示唆される。今回の条件では、製品版 HF-350 を傾斜させて装着した状態が最も良好な遮蔽効果改善をもたらした。グラス下縁が最も頬に近接した状態であったことが、良好な効果改善をもたらしたかもしれない。しかしこのような想定外の装着方法では、別の角度からの遮蔽効果が逆に減弱する可能性もあるので、現時点で推奨すべきものではない。

2.3.2. 頭部ファントムの向きの影響

頭部ファントムが左向き、すなわち X 線管側を向いた場合の右眼の遮蔽効果は、グラスを平行に顔面へ近付けることでやや改善したが、左眼の改善に比して改善不良であった。しかし、グラスを傾斜させると下縁のスペーサーが同じであるにも関わらず、左眼と同程度の大きな改善が得られた。原因として考えられるのは、まずスペーサーを挟む位置のばらつきである。顔面とグラ

スの曲面は一致していないので、スペーサーを挟む位置が異なれば隙間の大きさが変動し、遮蔽効果も変動する。別の原因として考え得るのは、HF-350 グラス下縁の形状である。ガラス下縁は鼻に近い位置ほど尾側へ長いので、傾斜させるとスペーサーより鼻に近いガラス下縁は皮膚により近接する。左下の線源から右眼を遮蔽するのは、鼻に近いガラス下縁なので、傾斜させることでより遮蔽効果が高まったのかもしれない。

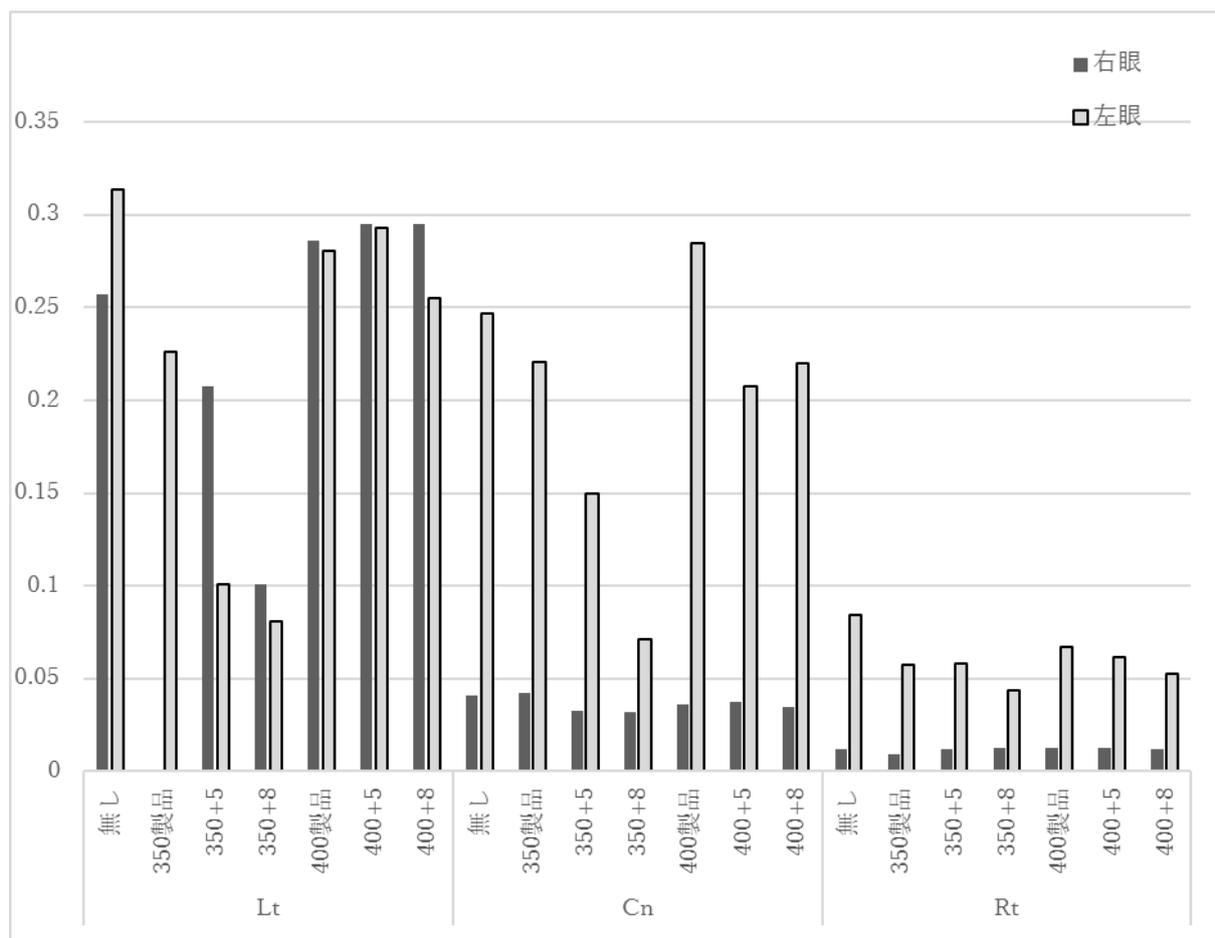
昨年度の実験と比較して左向きでの遮蔽効果が不良なのは、頭部ファントムの顎が上がった状態であったためと考えられる。

3. 実験 2：防護メガネ下縁の延長が遮蔽効果に与える影響

3.1. 対象と方法

HF-350 および HF-400 のガラス下縁を 5mm および 8mm 延長した試作品について、製品版と比較した。頭部人体ファントムや患者を模したファントムの配置と向き、照射条件、線量計配置、配置記録、については実験 1 と同様とした。

3.2. 結果



頭部ファントム 3 方向それぞれについて、メガネ無しおよび各防護メガネを装着した状態の左右眼球表面の線量を示した。なお、HF-350 製品版について頭部ファントムを左向きに配置した際の右眼球表面の線量計は、X 線照射前に剥がれ落ちていることが写真記録から明らかになったため、除外した。HF-350 について、下縁の延長が大きいほど、遮蔽効果の改善も大きかった。

HF-400 について、頭部ファントムが正面を向いた状態では一定の改善が得られたが、頭部ファントムが左を向いた状態では改善効果が乏しかった。

3.3. 考察

グラス下縁は顔面へ向かって彎曲する形状であるため、下縁の延長によりグラスと顔面との距離は短縮された。HF-350 はもともと、グラス下縁と顔面との距離が HF-400 より小さい。同じ距離のグラス下縁延長でも、グラス下縁と顔面との距離の短縮する割合は HF-350 の方が HF-400 より大きい。このため、グラス下縁延長による遮蔽効果改善は HF-350 の方が高かったものと考えられる。遮蔽効果改善の程度がもともとのグラス下縁と顔面との距離の大小に影響されるのであれば、顔面形状が異なればグラス下縁延長による遮蔽効果改善の程度も異なるであろう。

4. 結論

防護グラスと顔面の距離を縮めることは遮蔽効果を高める傾向にあり、特にグラス下縁と顔面との距離の重要性が示唆された。グラス下縁と顔面の隙間をより縮めるような防護メガネのデザインが求められる。顔面形状の個人差を吸収するためには、複数の形状を用意したり、グラスの位置を調整する機構を取り入れる必要があるだろう。

5. 参考文献

1. ICRP Statement on Tissue Reactions. <http://www.icrp.org/page.asp?id=123>
2. ICRP, 2012. 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. ICRP Publication 118. Ann. ICRP 41(1/2).
3. van Rooijen BD, de Haan MW, Das M, et al. Efficacy of radiation safety glasses in interventional radiology. *Cardiovasc Intervent Radiol*. 2014 Oct;37(5):1149-55.
4. Sturchio GM, Newcomb RD, Molella R, et al. Protective eyewear selection for interventional fluoroscopy. *Health Phys*. 2013 Feb;104(2 Suppl 1):S11-6.
5. Magee JS, Martin CJ, Sandblom V, Carter MJ, et al. Derivation and application of dose reduction factors for protective eyewear worn in interventional radiology and cardiology. *J Radiol Prot*. 2014 Dec;34(4):811-23.