

原子力規制庁 平成 29 年度放射線対策委託費（放射線安全規制研究戦略的推進事業費）

平成 29 年度放射線安全規制研究戦略的推進事業費

水晶体の等価線量限度の国内規制取り入れ・運用のための研究

成果報告書

東北大学

平成 30 年 3 月

目次

1. 背景・必要性	2
2. 研究目標など	4
3. 今年度の研究目的	5
4. 測定方法の概要	7
5. 測定評価件数	9
6. 結果	11
7. 測定結果例のまとめ	23
8. 成果発表	25
9. さいごに	28
10. 参考文献	29

1. 背景・必要性

水晶体は、放射線感受性が最も高い臓器の一つであり、職業被ばくにおいても放射線白内障等を引き起こす危険性がある[1-3]。

2011年に国際放射線防護委員会（ICRP）は、最新のエビデンスに基づき、1990年及び2007年勧告で示した放射線による水晶体混濁及び視覚障害のしきい線量（それぞれ5Gy および8Gy）が過小評価であるとし、これまでの放射線作業者の水晶体等価線量限度（150mSv/年）を、5年平均20mSv/年かつ50mSv/年に引き下げるソウル声明を発表した（ICRP Statement on Tissue Reactions, April 2011, <http://www.icrp.org/page.asp?id=123>）。

すなわち詳細な疫学調査により、放射線白内障のしきい線量が従来よりも低いことが分かってきたため、正確な水晶体線量評価の重要性が増している。

国際原子力機関（IAEA）では、正確な水晶体線量評価のために、線量計はなるべく眼に近い位置でモニターするように推奨している（INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Implications for Occupational Radiation Protection of the New Dose Limit for the Lens of the Eye, IAEA TECDOC 1731（2013）.）。

またICRPは、3mm線量当量にて水晶体線量を評価することを求めている（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).）。

日本の個人線量モニタリングメーカー2社の平成26年度集計結果から推計すると、日本の職業被ばくにおいて、水晶体の等価線量が20mSv/年を超えたものは医療機関で2600人以上も存在する（推定値）。よって水晶体被ばくは医療分野において特に重要なところであり、他の機関（職種）よりも最優先して医療機関の水晶体被ばくの実情を明らかにする必要がある[4-7]。

医療従事者被ばくに関して欧州諸国では、ORAMED (Optimization of Radiation Protection of Medical Staff.)研究が行われたが、その多くは医師だけの水晶体被ばく評価に留まっており、さらに3mm線量当量にて測定評価されたものはほとんど無い（EURADOS Report 2012-02, Braunschweig, April 2012）。

医療分野のなかでも、特に Interventional Radiology (IVR) 手技では、長時間の X 線透視等に伴う放射線被ばくによって、患者や IVR 従事者が放射線障害を受ける危険性がある [8-12]。

IVR とは、X 線透視撮影下で、体内にカテーテル等を入れて病気を治す比較的新しい治療法である。IVR は、身体にあたえる負担が少なく、入院期間も短縮できるなど優れた特長を持っており、高齢者や状態の悪い進行ガンを含めたガンの治療や、心筋梗塞・狭心症（経皮的冠動脈形成術、PCI）等に広く応用されている。つまり IVR は患者の救命や生命予後改善および QOL (Quality of Life) の維持向上に極めて有用であり、現在普及している。しかし IVR は、難易度の高い症例などでは X 線透視撮影時間が非常に長くなることもあるため、患者や IVR スタッフの放射線被ばく線量増加が重大な問題となっており、IVR 時の放射線障害例が現在でも報告され、その防止が大きな課題となっている。

さらに IVR に使用する X 線透視装置には、アンダーテーブル X 線管型とオーバーテーブル X 線管型があり、両者は空間散乱線分布が大幅に異なる特徴を有することから、IVR 従事者の被ばく線量や不均等被ばくの状況は両者で大きく異なる可能性がある [13, 14]。

放射線防護衣を着用した放射線医療従事者は、かなり不均等な被ばくを受けている可能性があると思われる [15, 16]。その際従来は、頸部付近に装着した個人線量計によって、水晶体線量の推定評価を行うことが求められている。

だが、より正確な水晶体被ばく評価のためは、個人線量計を水晶体近傍に装着し、不均等被ばくにおける職業被ばく（水晶体等価線量）を評価することが望ましいと考える。

IVR 従事者の職業被ばくは重要であるが、正確な水晶体線量は明らかにされていない。そこで本研究では、新しい水晶体線量計 (DOSIRIS) を用いて、特に IVR に携わるスタッフの水晶体線量 (3mm 線量当量) の実態調査を行った。また IVR における鉛眼鏡の防護効果を評価した。

2. 研究目標など

当課題の研究期間は、平成 30 年度までの約 1 年半であり、この期間内で下記を遂行することが、研究目標である。

- ✓ 水晶体等価線量限度の国内規制取入れ・運用のための研究を行うこと、
- ✓ 医療施設（水晶体被ばくは医療分野において特に重要）での DOSIRIS による水晶体等価線量実態評価を行い、従来の評価方法（個人モニタリング、ガラスバッジ）と比較すること、
- ✓ 加えて具体的運用方法を検討するため種々の基礎データを収集すること、
- ✓ そして放射線防護及び放射線規制行政の施策等への活用や提言等について検討すること、などである。



DOSIRIS(ドジリス)
水晶体線量計
(3 mm線量当量)



ガラスバッジ
(従来の個人モニタリング)

なお、DOSIRIS は、フランス放射線防護原子力安全研究所（IRSN）によって開発された水晶体線量計である。DOSIRIS の検出部は LiF を主成分とした TLD 線量計となっており、3mm 線量当量を測定評価できるなど水晶体被ばく評価において大いに期待されている線量計である。DOSIRIS は軽量でフィット感が良く、ヘッドバンドを使用して左右どちらかの水晶体近傍位置に検出部を配置させることで、より確からしい水晶体線量評価が可能になると考えられている。また DOSIRIS は、防護メガネの内側にも配置することが可能であるため、防護メガネ装着時においても正確な水晶体線量を測定できると思われる。

ガラスバッジは RPL 現象を利用した測定器で、70 μ m 線量当量及び 1cm 線量当量の評価が可能であり、従来から放射線管理に広く普及している。

3. 今年度の研究目的

当課題の平成 29 年度の研究目的は、IVR 医療従事者の水晶体被ばく実態を明らかにすること、IVR 医療従事者の水晶体測定評価方法について、妥当な運用方法の基礎的な検討を行うことである。

被ばく実態を明らかにするため、今年度は下記のことを行う。

- ✓ 医師と看護師に加えて、放射線技師とさらに臨床工学士の水晶体被ばく線量の評価を行うこと、
- ✓ 血管系 IVR にて評価すること、具体的には PCI (冠動脈形成術拡張術) や、他の心臓 IVR (カテーテルアブレーション等) における、従事者の水晶体被ばく線量を評価すること、
- ✓ そして心臓以外の血管系 IVR、すなわち脳血管 IVR (脳動脈瘤コイル塞栓術など)、腹部骨盤等 IVR (肝動脈化学塞栓療法など) における従事者の水晶体被ばく線量を評価すること、などである。

妥当な運用法の基礎検討として、今年度は下記のことを行う。

- ✓ 全例測定評価を行う DOSIRIS を用いた左眼線量に加えて、一部については右眼付近および中間部付近にも DOSIRIS を装着し測定評価比較を行う。これにより、眼のどの位置 (左眼付近、右眼付近またはその中間付近) が、水晶体線量評価を行う際に最適なのかを検討すること、
- ✓ 全例測定評価を行う左頸部位置の個人線量計 (ガラスバッジ) に加えて、一部については右頸部付近および中間頸部付近にも個人線量計 (ガラスバッジ) を装着し測定評価比較を行う。これにより、従来法で水晶体線量の推定を行う場合、頸部のどの位置 (左頸部付近、右頸部付近またはその中間頸部付近) が線量評価を行う上で妥当なのかを検討すること、
- ✓ DOSIRIS による 3mm 線量当量と頸部バッジ個人線量計による $70\mu\text{m}$ 線量当量及び 1cm 線量当量を比較すること、
- ✓ そして Pb 防護メガネ使用時はその内外で測定評価すること、などである。

平成 29 年度の研究実施体制は以下の通りである。

主任研究者

千田浩一

主な研究協力者

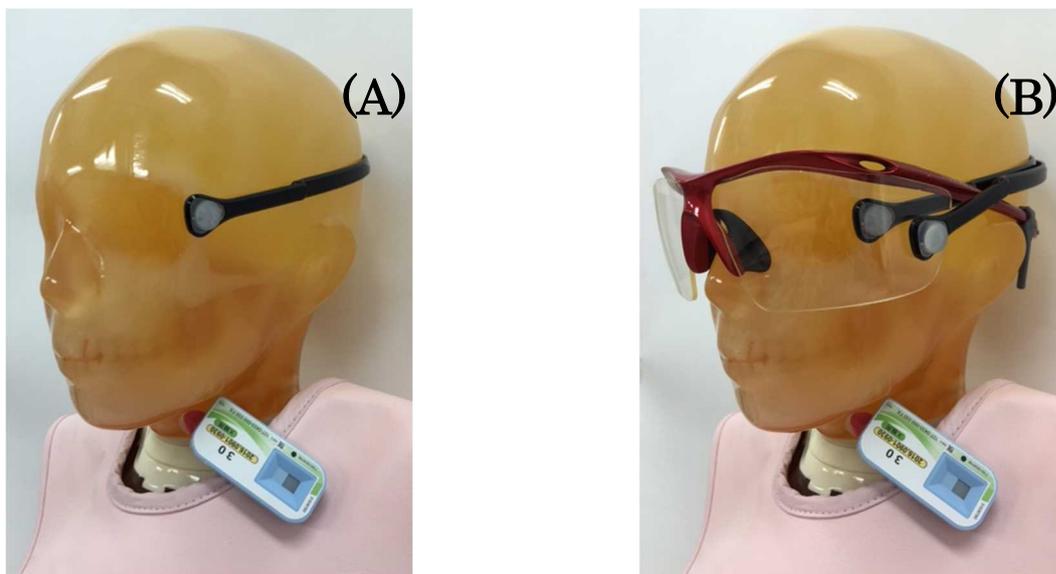
盛武 敬
加賀 勇治
芳賀 喜裕
加藤 守
大口 裕之
知識 亜紀子

主な研究参加者

稲葉 洋平
佐藤 文貴
本田 崇文
石井 浩生
薩來 康

4. 測定方法の概要

下記は、測定概要を示す模式的な写真である。



(A)：左眼付近（水晶体近傍）に装着した水晶体線量計（DOSIRIS）。
当研究では写真のように左頸部位置にも従来タイプの個人線量計（ガラスバッジ）を装着。

(B)：放射線防護眼鏡装着時はその内側と外側に DOSIRIS を配置。

前記の通り、DOSIRIS は 3mm 線量当量を直接測定できる TLD 素子 (${}^7\text{LiF}:\text{Mg}, \text{Tl}$) を使用したヘッドバンド型線量計であり、当研究では基本的には左眼真横に DOSIRIS を着用した（一部は右や中央部位にも装着した）。

鉛眼鏡を装着した場合は、その外側にも追加で DOSIRIS を着用し鉛眼鏡の内外的測定値を比較評価することで、鉛眼鏡による防護効果を検討した。主に軽量の鉛眼鏡（0.07mmPb 当量、パノラマシールド、ウルトライトまたはエクストライト、東レ）を使用した。一部については別のタイプの鉛眼鏡を用いた。

また、全スタッフは鉛エプロン外側の左頸部位置にガラスバッジ（千代田テクノル社）を着用し、頸部ガラスバッジの測定値（70 μm 線量当量）から水晶体線量（3mm 線量当量）を推定できるかどうか等について検討した（一部は右や中央の頸部位置にも装着した）。



上図は、DOSIRIS および頸部ガラスバッジの着用位置の様子を示したものである。左眼 DOSIRIS と左頸部ガラスバッジが基本位置であるが、上図のように別の位置にも装着し評価を行って場合もある。



左写真は心臓 IVR 中の医師の様子の一例である。

写真のように、原則として追加防護具（天吊り Pb ガラス防護板）を使用した状態での評価結果である。

だが、その位置や高さは一定では無く、状況等によって様々変化する。

また天吊り Pb ガラス防護板が邪魔になる際などは使用しないこともある。

5. 測定評価件数：

平成 29 年 10 月～12 月の各種 IVR 等の測定評価件数と、それに従事し水晶体線量を測定評価したスタッフ（医師等）数を以下に示す。

まず下記は、心臓 IVR 等と、腹部肝臓 IVR 等である。

心臓血管系	医師15名 (Pb眼鏡有11名、無し4名)		
	10月	11月	12月
診断カテーテル	341	291	280
冠動脈形成術	143	79	78
骨盤末梢系IVR	14	13	19
アブレーション	41	41	33

腹部肝臓系	医師3名 (Pb眼鏡有2名、無し1名)		
	10月	11月	12月
肝動脈化学塞栓療法	23	31	34
その他(脾動脈塞栓術等)	5	2	17

スタッフ(Pbメガネ無し)

看護師: 10名

放射線技師: 5名 (4名)

臨床工学士: 3名

次に下記は、脳血管 IVR 等である。

脳血管系

医師3名 (Pb眼鏡有3名)

	10月	11月	12月
診断カテーテル	4	5	12
IVR(動脈瘤コイル塞栓等)	6	7	11

スタッフ(Pbメガネ無し)

看護師:3名

臨床工学士:1名

なお、今回評価を行った脳血管 IVR 等では、原則的に Digital Subtraction Angiography (DSA) 撮影時は、医師およびスタッフは血管造影検査室外に退避し、被ばく低減に配慮している（造影剤注入は、ハンドインジェクションは行わず、インジェクターを用いている。）

当然医師は、透視時は検査室内の患者の傍にいる。

また放射線技師は、今回の脳血管 IVR 等では原則として血管造影検査室内には立ち入らず、IVR 中はほとんど操作室内のみにて業務を行うため、水晶体被ばくは無視できると判断した。よって今回の脳血管 IVR 等では、放射線技師の水晶体測定評価は行わなかった。

6. 結果

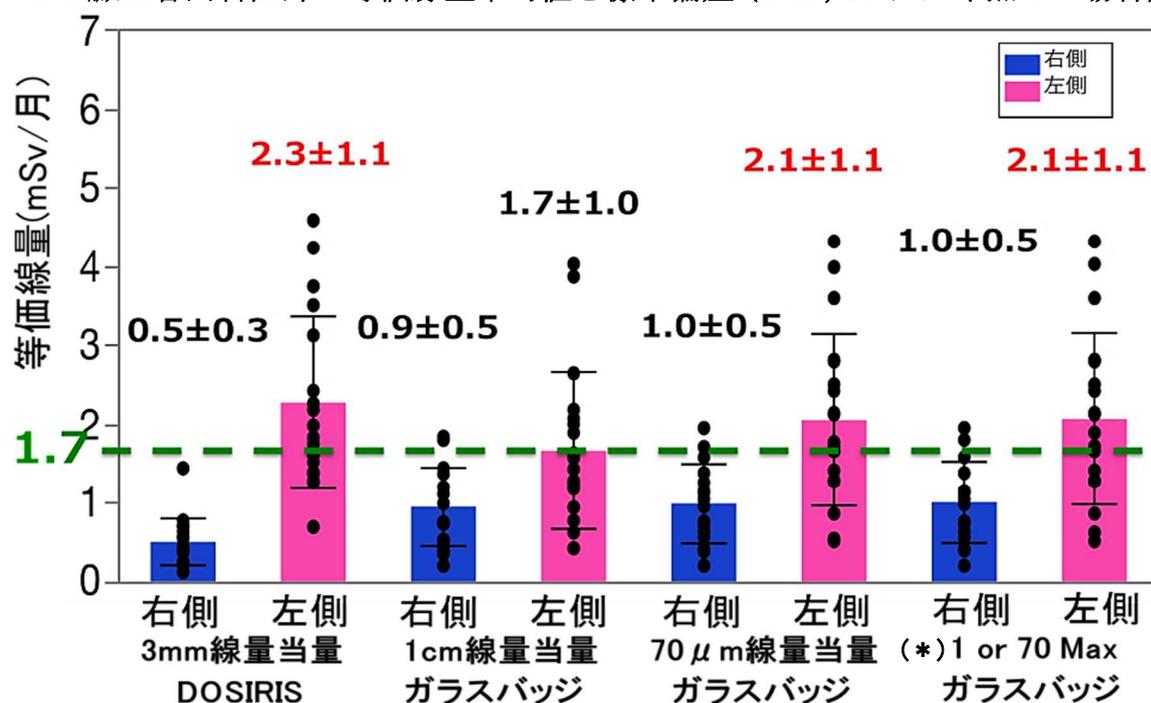
2017年10月～12月に3か月間の測定結果例について示す。原則として、各線量測定値は一カ月の積算値にて測定結果を評価した。

なお 20mSv/年を新しい水晶体等価線量限度とすると、一ヵ月当たりではおよそ 1.7mSv に相当する。よって、1.7mSv/月をひとつの基準指標として評価することも行った。

まず最初に、心臓血管系に携わる医師の測定結果例を示す。

下図は、心臓血管内科医師で、Pb メガネ無しの場合についての測定評価例である（1か月あたり平均線量）。Pb メガネ無しの医師は、多くの場合、1.7mSv/月（≒20mSv/年）を超過する危険性が大きく、医師は Pb メガネの装着が必須であると思われた。線量計装着位置については、DOSIRIS も頸部バッジも共に左側の線量測定値が明らかに高値であるため、それらは左側に装着して水晶体線量をモニタすべきことが判明した。

④心臓血管内科医師の等価線量平均値と標準偏差 (n=19, Pb メガネ無しの場合)



(*) 1 or 70 MAX ガラスバッジ：ガラスバッジ測定値において 70µm 線量当量または 1cm 線量当量の多い方の測定値

下図は、Pb メガネを装着した心臓血管内科医師における、Pb メガネの内外のDOSIRIS 測定評価例である。

使用した Pb メガネは前記の如く、ウルトラライト(0.07mmPb 当量)と エクストラワイド(0.07mmPb 当量)である。

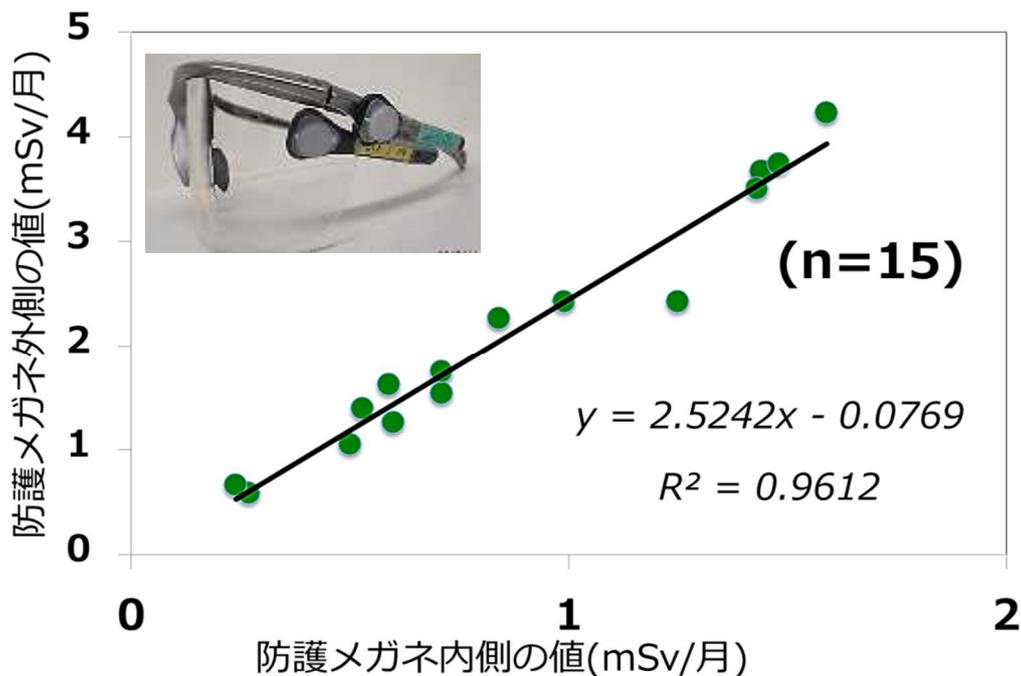
両者(防護メガネ内外)の測定値は、良好な相関があった。

Pb メガネの遮蔽効果については、ウルトラライト (n=9) は平均で 58%、エクストラワイド (n=6) は平均で 58.6%(0.07mmPb 当量、東レ)であった。

なお、後述(24 頁参照)するが、側面防護が無い鉛眼鏡の使用例 (n=3) があったが、これについては、上記の分析から除外した。

今回の評価では、Pb 眼鏡を装着した医師の大部分は、1.7mSv/月(≒20mSv/年)を超過しなかった。だが、それを超過した例もあり、また防護の最適化の観点からも、水晶体被ばく低減のための対策、例えば鉛眼鏡の防護効果向上などが必要であると考ええる。

@心臓血管内科医師：防護メガネ内外の相関



次に、腹部肝臓系に携わる医師の測定結果例を示す。

下表は、医師3名（術者1名、助手2名）で、左側の DOSIRIS と頸部バッジ測定結果（1か月あたり平均線量）である。

@腹部肝臓系医師（平均線量と標準偏差、mSv/月）

	DOSIRIS	ガラスバッジ			担当	防護メガネの有無
	3mm	1cm	70μm	Max		
	左側	左側				
Dr. 1	0.67±0.08	3.90±1.53	4.00±1.65	4.00±1.61	術者	有
Dr. 2	0.35±0.14	1.03±0.29	1.07±0.28	1.07±0.28	助手	有
Dr. 3	0.49±0.20	0.34±0.14	0.33±0.18	0.35±0.16	助手	無

Dr. 1（術者）に関して、もしPb眼鏡を装着しなかった場合は、1.7mSv/月（≒20mSv/年）を超過する危険性があると推測できる。

Pb眼鏡を装着した場合、頸部バッジ測定値は大幅に過大評価することが示唆された。

線量計装着位置については、前述の心臓血管内科医ほどではないが、DOSIRISも頸部バッジも共に左側の線量測定値が高値になる傾向があり、よって、腹部肝臓系医師も、原則的に左側で水晶体線量をモニタした方が良いと思われた。

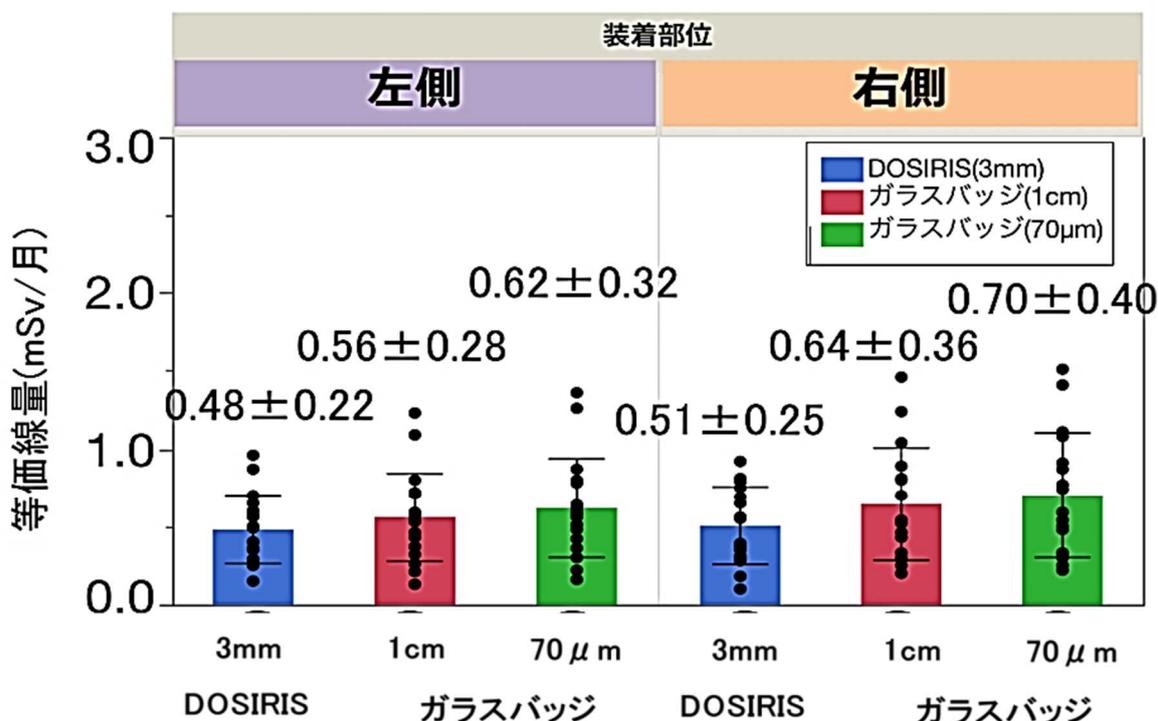
次に、主に心臓血管系に携わる看護師の測定結果例を示す。

下図は、看護師（全てPbメガネ無し）についての測定評価例である。看護師の水晶体被ばくは、医師のそれよりは低線量であり、1.7mSv/月（≒20mSv/年）を超過する危険性が少ないと思われた。この理由は、今回の看護師の主な作業配置場所に関して、患者の傍に位置している場合が、医師に比べ少ないためであると思われる。ただし1.0mSv/月を超す看護師もいるため、よって看護師においても、水晶体被ばく防護の最適化を推進する必要がある。

DOSIRIS と頸部バッジの看護師の平均測定値は、両者概ね同等であった（やや、頸部バッジの測定値が高い傾向にある）。

看護師における線量計装着の左右位置については、医師のように左側の線量測定値が明らかに高値になることは無く、DOSIRIS も頸部バッジも共に顕著な左右差は生じていなかった。（ただし若干右が高値になる場合があった）。

@看護師の等価線量平均値と標準偏差（n=30，主に心臓血管系）

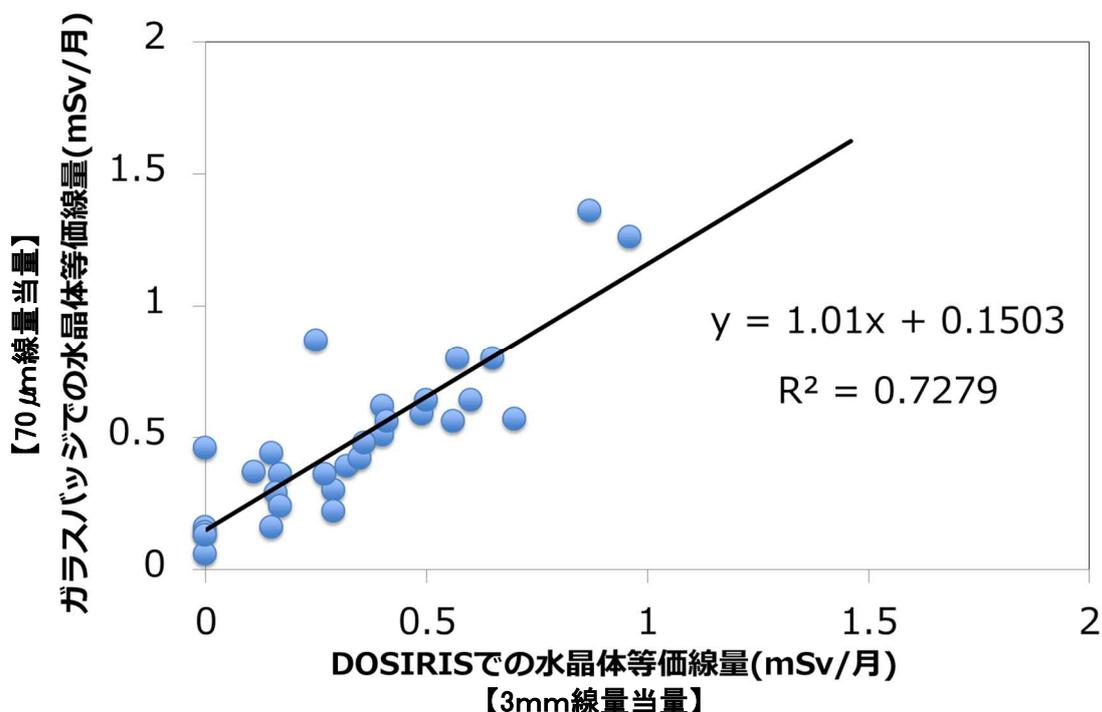


下図は、看護師（主に心臓血管系）における水晶体等価線量測定値の相関であり、DOSIRIS 測定値と頸部バッジ測定値の関係を示す。（装着位置は両者共に左側である。）

下図のように DOSIRIS 測定値と頸部バッジ測定値は、ある程度の相関を示した。よって看護師の水晶体被ばく評価は、頸部バッジにて安全側に水晶体線量をモニタできる可能性があり、その場合従来法と同様（70 μ m 線量当量など）に評価しても良いと思われた。

しかしながら、看護師は医師に次いで水晶体被ばくが多い。そして、下図のように決定係数（ R^2 ）はそれほど高くは無く、また DOSIRIS 測定値と頸部バッジ測定値のバラツキもある。よって、より正確な水晶体被ばくを評価するためには、場合によっては看護師においても DOSIRIS にて測定評価をする必要があると考える。

@看護師等価線量：DOSIRIS 測定値と頸部バッジ測定値の相関（n=30）



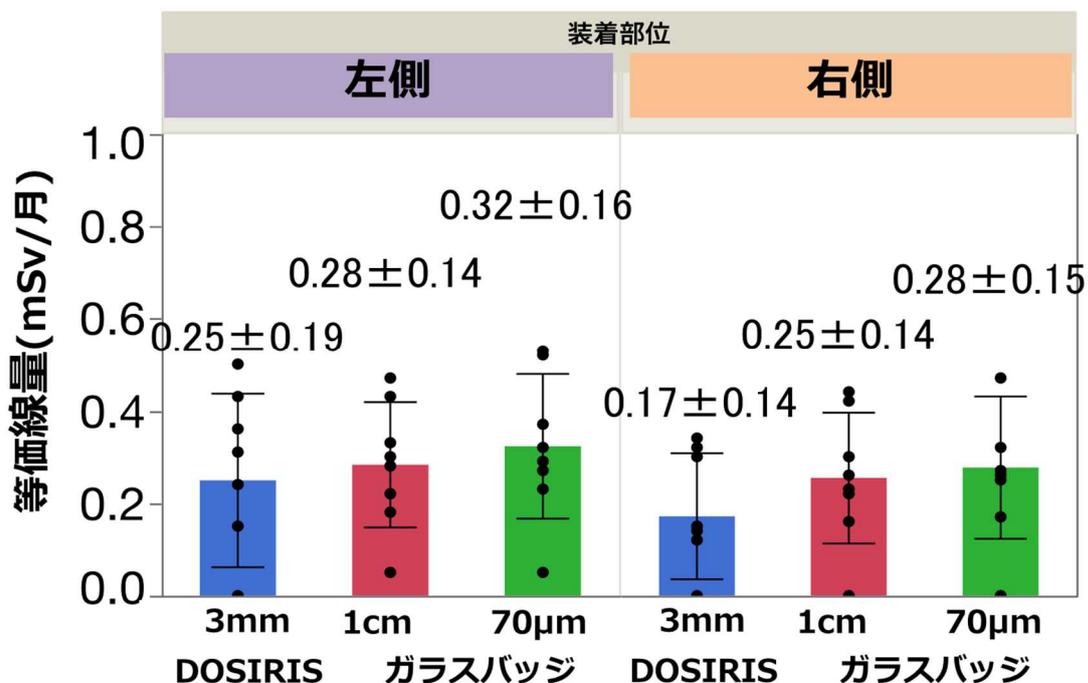
次に、臨床工学士（心臓血管系を担当）の測定結果例を示す。

下図は、臨床工学士（全てPbメガネ無し）についての測定評価である。臨床工学士の水晶体被ばくは、看護師のそれよりは低線量であり、1.7mSv/月（≒20mSv/年）を超過する危険性がほとんどないと思われる。この理由は、臨床工学士は血管造影検査室内にて業務を行う際は、散乱線発生源からみて、主に医師の陰に位置している場合が多く、よって結果的にその遮蔽効果によるためであると思われる。ただし、臨床工学士においても、患者の近傍で作業を行う場合は高線量になる危険性もあるため、水晶体被ばく防護について検討する必要がある。

DOSIRIS と頸部バッジの平均測定値は、両者概ね同等であり、やや頸部バッジの測定値が高い傾向であった。

また線量計装着の左右位置については、左側の線量測定値がやや高値であった。よって臨床工学士の水晶体被ばく評価は、従来法と同様に左側の頸部バッジにて安全側に水晶体線量をモニタできる可能性がある。

④臨床工学士の等価線量平均値と標準偏差（n=8，心臓血管系）

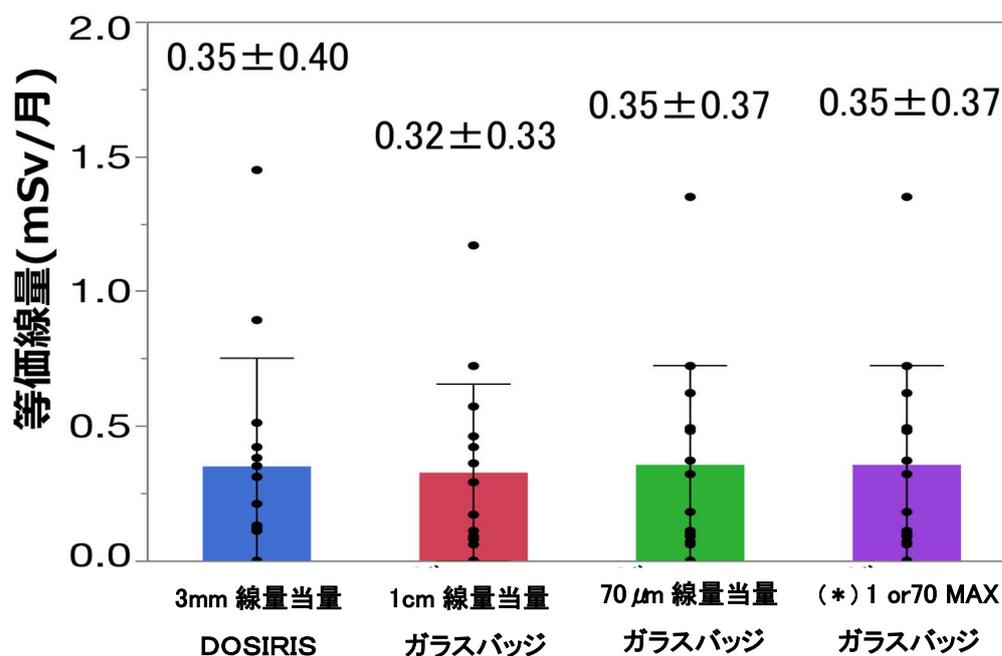


次に、診療放射線技師（主に心臓血管系）の測定結果例を示す。

下図は、診療放射線技師（全てPbメガネ無し）についての測定評価例である。診療放射線技師の水晶体被ばくは、看護師のそれよりは低線量であり、1.7mSv/月（≒20mSv/年）を超過する危険性がほとんどないと思われる。この理由は、診療放射線技師は血管造影検査室内にて業務を行うことが少なく、ほとんどは操作室内で作業するためであると思われる。ただし、1例の診療放射線技師が、比較的高値の線量であった。これは患者やX線装置の近傍で作業を行ったことに起因すると思われ、このような場合は、水晶体被ばく防護の最適化やDOSIRISによる測定評価について検討する必要がある。

診療放射線技師において、DOSIRISと頸部バッジの平均測定値は、両者同等であった。また線量計装着の左右位置の検討結果から、左側の線量測定値がやや高値であった。よって診療放射線技師の水晶体被ばく評価は、従来法と同様に左側の頸部バッジにて安全側に水晶体線量をモニタできる可能性がある。

@診療放射線技師の等価線量平均値と標準偏差（n=14, 主に心臓血管系）



(*) 1 or 70 MAX ガラスバッジ : ガラスバッジ測定値において 70µm 線量当量または 1cm 線量当量の多い方の測定値

最後に、脳血管 IVR 等に携わる医師、看護師、臨床工学士の測定結果例を示す。

下表は、医師 3 名（全て鉛眼鏡装着）で、左側の DOSIRIS と頸部バッジ測定結果例（1 か月あたりの平均線量）である。前記の通り、測定期間は 3 か月（1 か月の積算線量×3 か月）であり、その 1 か月あたりの平均線量（mSv/月）を示したものである。

@脳血管系医師（鉛眼鏡装着、平均線量、mSv/月）

	DOSIRIS		頸部バッジ		
	鉛眼鏡外側	鉛眼鏡内側	1cm線量当量	70 μ m線量当量	Max
医師 A	0.19	0.11	0.19	0.25	0.25
医師 B	0.29	0.10	0.03	0.06	0.06
医師 C	0.46	0.22	0.36	0.37	0.37

水晶体被ばくは、心臓血管系医師等のそれよりは低線量であり、防護眼鏡を装着していれば 1.7mSv/月（ \approx 20mSv/年）を超過する危険性が少ないと思われる。この理由は、前述のように、原則的に DSA 撮影時は、検査室外に退避し、被ばく低減に配慮していることが挙げられる。さらに脳血管 IVR 等に携わる医師は、散乱体（被写体：頭部）からの距離も比較的遠い位置でカテーテル操作等を行っていることもその理由として考えられる。ただし、脳血管 IVR 等に携わる医師においても水晶体被ばく防護の最適化を推進する必要がある。

今後、詳細な追加検討を行う予定である。

頸部バッジにおいて、1cm 線量当量と 70 μ m 線量当量では、いずれも大きい値（MAX）は 70 μ m 線量当量であった。よって、もし従来法（頸部バッジ）で水晶体線量を評価する場合は、70 μ m 線量当量を用いる必要がある。

下表は、同様に測定評価した看護師3名（全て鉛眼鏡なし）と臨床工学士1名（鉛眼鏡なし）の、左側のDOSIRISと頸部バッジ測定結果例である。

全ての値は、測定下限未満（*）であった。

今回の脳血管IVR等では、看護師と臨床工学士は、血管造影検査室内にはいるものの、基本的には、患者からかなり離れた位置で作業を行っていることがその理由であると思われる。（さらに、医師同様にDSA撮影時は、血管造影検査室外に退避し被ばく低減に配慮していることも、測定下限未満になった理由のひとつであると思われる。）

@脳血管系看護師と臨床工学士（鉛眼鏡なし、平均線量、mSv/月）

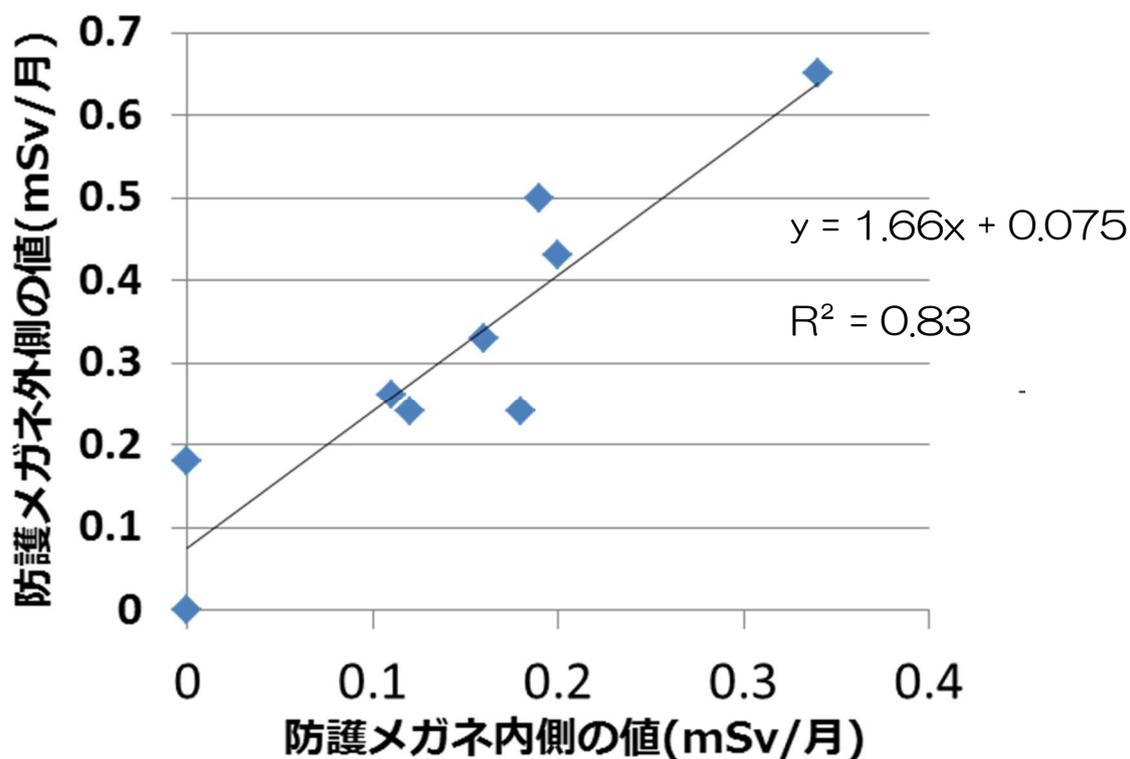
	DOSIRIS	頸部バッジ		
		1cm線量当量	70 μ m線量当量	Max
看護師 A	*	*	*	*
看護師 B	*	*	*	*
看護師 C	*	*	*	*
臨床工学技士	*	*	*	*

* 測定下限未満

下図は、脳血管 IVR 等に携わる医師の Pb メガネの内外での DOSIRIS 測定評価結果である(一カ月の積算値での比較)。

1.7mSv/月(≒20mSv/年)を超過しなかったが、防護の最適化の観点からも、水晶体被ばく低減のために鉛眼鏡の着用が必要である。

@脳血管系医師：防護メガネ内外の相関 (n = 9)



両者(防護メガネ内側と外側)の測定値は相関を示したが、ややばらつきは大きかった。

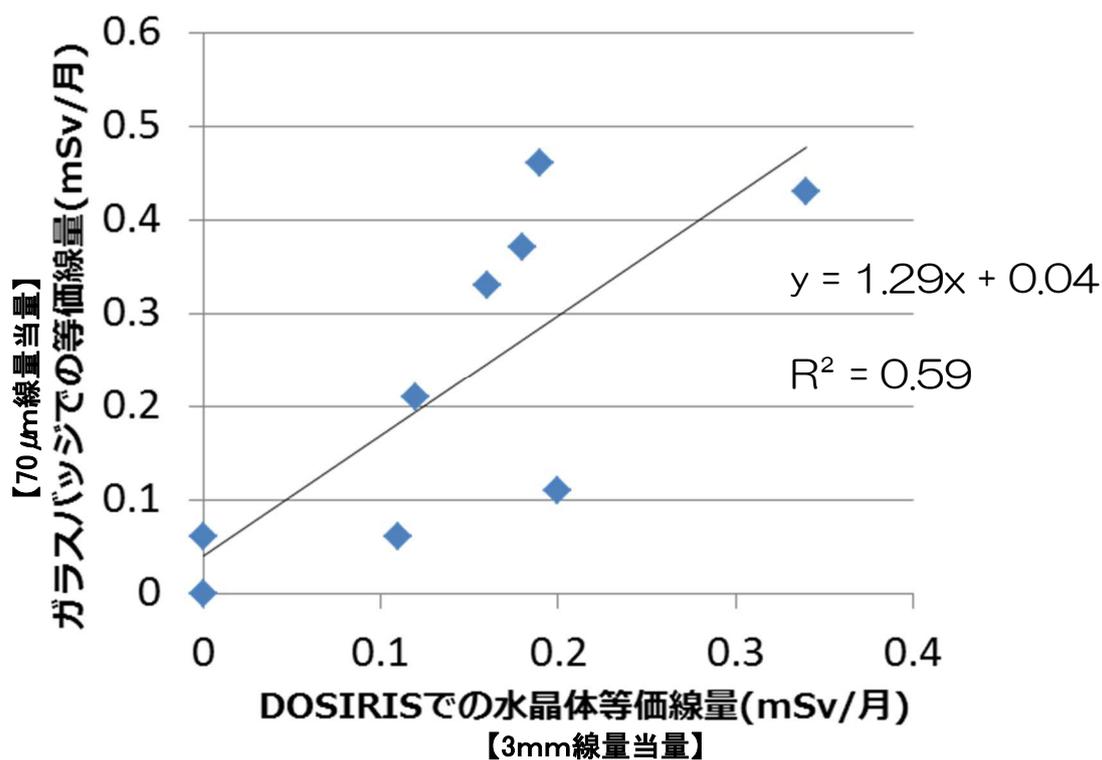
Pbメガネの遮蔽効果については、平均で約55%(エクストラライト、0.07mmPb当量、東レ)であった。

下図は、脳血管 IVR 等に携わる医師における水晶体等価線量測定値の相関であり、DOSIRIS 測定値（鉛眼鏡内側）と頸部バッジ測定値の関係を示す。

下図のように DOSIRIS 測定値（鉛眼鏡内側）と頸部バッジ測定値（MAX=70 μ m 線量当量）には相関があった。

だが、下図のように決定係数 (R^2) はそれほど高くは無く、また DOSIRIS 測定値と頸部バッジ測定値のバラツキもある。よって、より正確な水晶体被ばくを評価するためには、脳血管 IVR 等に携わる医師においても DOSIRIS にて測定評価をする必要があると考える。

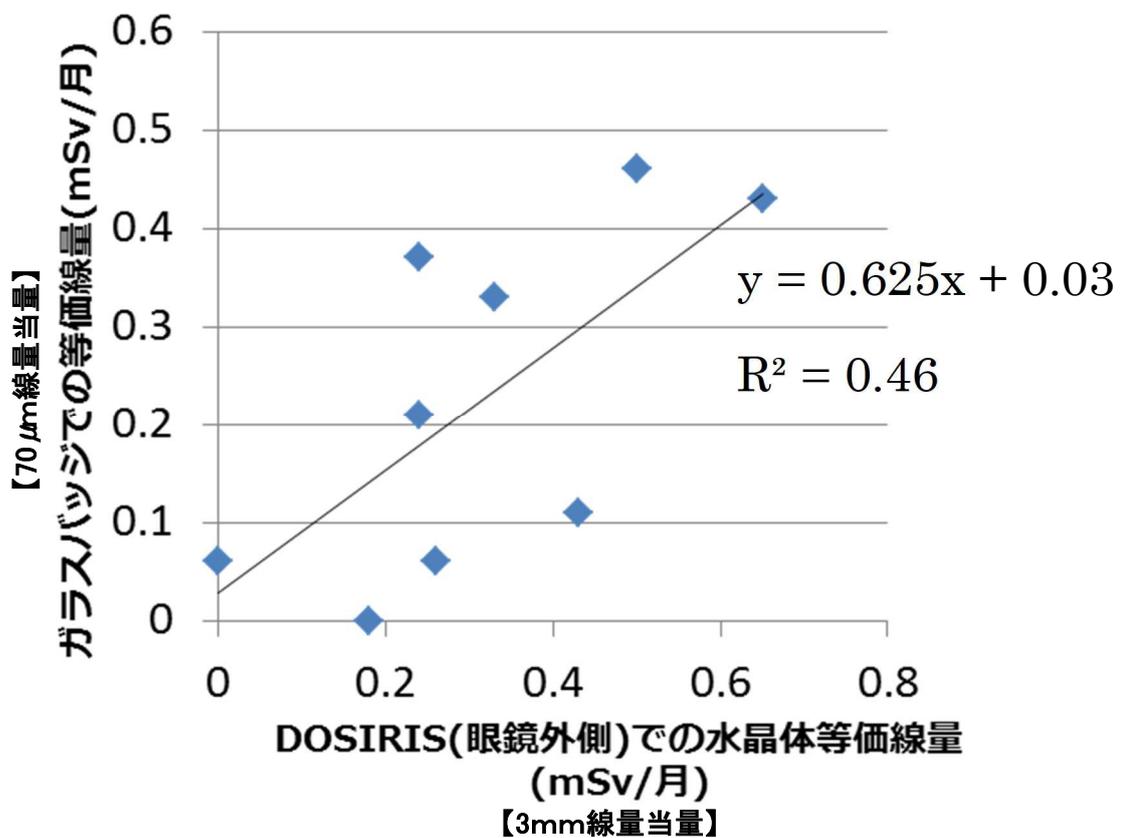
@脳血管系医師の等価線量：DOSIRIS 測定値（鉛眼鏡内側）と頸部バッジ測定値の相関 (n=9)



参考までに、下図は、鉛眼鏡外側の DOSIRIS 測定値を用いた場合の、脳血管 IVR 等に携わる医師における水晶体等価線量測定値の相関であり、DOSIRIS 測定値（鉛眼鏡外側）と頸部バッジ測定値の関係を示す。

下図のように決定係数 (R^2) は高くは無く、また DOSIRIS 測定値と頸部バッジ測定値のバラツキもある。

@脳血管系医師の等価線量：DOSIRIS 測定値（鉛眼鏡外側）と頸部バッジ測定値の相関 (n=9)



7. 測定結果例のまとめ

@心臓血管系、腹部（肝臓）系に従事する者の水晶体被ばくに関して、主に以下の事が分った。

医師について：

- 防護メガネ不使用时は 20mSv/年を超える恐れが大きいこと、
- 防護メガネ（パノラマシールド）は約 60%弱の防護効果があること、
- 左眼で水晶体線量をモニタすることが望ましいこと、
などが測定結果から示唆された。

看護師、放射線技師、臨床工学士について：

- 一般に 20mSv/年を超過する恐れは少ないが、一部の看護師は 1mSv /月を超える恐れが有り、より防護の最適化への配慮が必要であると思われること、
- 頸部バッジと DOSIRIS は相関傾向が有り、よって水晶体被ばく線量評価は、頸部バッジによって安全側に水晶体線量をモニタできる可能性があること、
- モニター線量計の装着場所に関して、その位置の左右差はあまりないが、看護師は右または中央が高値を示す場合があること、
などが測定結果から示唆された。

その他の事項：

- 頸部バッジにて、3mm線量当量は $70\mu\text{m}$ 及び 1cm 線量当量と高い相関があることなどが示唆された。
また、線量パラメータ（例えば透視時間）と DOSIRIS 測定値等の相関はあまり高くないことなどが示唆された（これについてはデータ提示は割愛した）。

@脳血管系に従事する者の水晶体被ばくに関して、主に以下の事が分った。

- 20mSv/年を超える恐れは少ないが、医師は防護メガネの着用、およびDOSIRISで水晶体線量をモニタすることが望ましいこと、
 - 看護師等も被ばく低減への配慮が重要であること、
- などが測定結果から示唆された。

特記事項

鉛眼鏡のなかには、側面からの放射線遮蔽があるかのように誤認してしまう眼鏡があることが判明した（実際には側面放射線防護が施されていない）。

その実例を以下に示す。この鉛眼鏡は0.07mmPbであり、側面が黒いもので覆われた構造であり、一見すると側面防護が施されているように見える。



側面の鉛遮蔽が無い眼鏡

しかしながら、実際のIVR時の測定評価（n=3）の結果から、この黒い部分の遮蔽効果はほぼ0%であった。すなわち、この黒い部分には鉛などが含まれておらず、側面防護がなされていないタイプの鉛眼鏡であった。（前面部分は鉛ガラスであり、当然防護効果はある。）

IVR時は側面からの散乱線被ばくも多いため、使用する鉛眼鏡の側面防護効果について、予め注意しておく必要があると思われた。

8. 成果発表

まだ研究を開始した直後であるため直接関係する研究報告は無いが、初期成果関連の一部について北米放射線学会(103rd Radiological Society of North America, RSNA2017)にて下記の2演題発表した。

そして2演題共に RSNA Exhibit Award "CERTIFICATE of MERIT"を受賞することができた。

1. Evaluation of Eye Radiation Exposure of Medical Workers: What is the Most Desirable Method?
2. Occupational Exposure of the Eye in Interventional Radiology Laboratory Staff

上記いずれの演題発表も、放射線診療時(特に IVR)における水晶体線量評価と被ばく防護において、とても重要な内容の研究報告である。

研究演題 1. は、放射線医療従事者の水晶体線量を評価するための線量計について検討したもので、水晶体線量計 DOSIRIS の基礎的性能評価の実験結果等の内容も含まれた発表である。

(次項にその演題抄録を提示する。)

研究演題 2. は、IVR 従事者の水晶体被ばく線量について DOSIRIS を用いた評価結果や文献レビューを行ったもので、鉛眼鏡に関する検討結果の内容も含まれた発表である。

(次々項にその演題抄録を提示する。)

1. Evaluation of Eye Radiation Exposure of Medical Workers: What is the Most Desirable Method?

Evaluation of Eye Radiation Exposure of Medical Workers: What is the Most Desirable Method?

Monday 12:45-1:15 PM | PH009-EB-MOB | PH Community, Learning Center

Hardcopy Backboard

🌟 Award: Certificate of Merit

PARTICIPANTS:

Fumitaka Sato, Sendai, Japan (Presenter)

Disclosure: Nothing to Disclose

Koichi Chida, PhD Sendai, Japan

Disclosure: Nothing to Disclose

Yoshihiro Haga, Sendai, Japan

Disclosure: Nothing to Disclose

Hiroki Ishii, Sendai, Japan

Disclosure: Nothing to Disclose

Kou Satsurai, Sendai, Japan

Disclosure: Nothing to Disclose

Yuji Kaga, RT Sendai, Japan

Disclosure: Nothing to Disclose

Takafumi Honda, BSC Sendai, Japan

Disclosure: Nothing to Disclose

Mitsuva Abe, PhD Sendai, Japan

Disclosure: Nothing to Disclose

Taiichirou Meguro, Sendai, Japan

Disclosure: Nothing to Disclose

TEACHING POINTS

-To understand the importance of correct radiation evaluation of the eye lens. -To discuss the various methods of evaluating the radiation eye dose of medical workers and elucidate the advantages/disadvantages of these methods. -To clarify the basic performance of a new occupational eye dosimeter (DOSIRIS).

TABLE OF CONTENTS/OUTLINE

Advantages/limitations of occupational eye dose evaluation methods DOSIRIS, i2 system, Pocket dosimeter, Glass badge, Quixel badge, dose-related factors, etc., were compared. *Evaluation of fundamental characteristics of a new occupational eye dosimeter (DOSIRIS)* Energy dependence, angular dependence, reproducibility, etc., were studied. **OUTLINE:** The ICRP reviewed epidemiological evidence and suggested that eye tissue reactions such as cataracts occur at radiation doses lower than those considered acceptable previously. It is important to measure the radiation dose to the eye. Fundamental characteristics among several occupational dosimeters were evaluated. In general, the DOSIRIS exhibited excellent fundamental performance. Correct evaluation of the lens dose [3-mm dose equivalent, Hp(3)] using an eye dosimeter such as DOSIRIS is necessary. Although the DOSIRIS does not provide real-time dose monitoring, we believe that the DOSIRIS facilitates accurate monitoring of occupational eye doses.

2. Occupational Exposure of the Eye in Interventional Radiology Laboratory Staff

Occupational Exposure of the Eye in Interventional Radiology Laboratory Staff

Thursday 12:15-12:45 PM | VI017-EB-THA | VI Community, Learning Center

Hardcopy Backboard

🏆 Award: Certificate of Merit

PARTICIPANTS:

Yoshihiro Haga, Sendai, Japan (Presenter)

Disclosure: Nothing to Disclose

Koichi Chida, PhD, Sendai, Japan

Disclosure: Nothing to Disclose

Yuji Kaga, RT, Sendai, Japan

Disclosure: Nothing to Disclose

Fumitaka Sato, Sendai, Japan

Disclosure: Nothing to Disclose

Takafumi Honda, BSC, Sendai, Japan

Disclosure: Nothing to Disclose

Masahiro Sota, Sendai, Japan

Disclosure: Nothing to Disclose

Mitsuva Abe, PhD, Sendai, Japan

Disclosure: Nothing to Disclose

Taiichirou Meguro, Sendai, Japan

Disclosure: Nothing to Disclose

TEACHING POINTS

To understand the importance of correct radiation evaluation of the eye lens, since the regulatory dose limit for the lens has been reduced markedly from 150 to 20 mSv/year. To understand the importance of radiation protection of the eye lens of interventional radiology (IR) staff. To demonstrate the usefulness of a direct eye dosimeter for correct measurement of the occupational dose in a clinical IR setting.

TABLE OF CONTENTS/OUTLINE

Evaluation of eye dose of IR staff and related factors in more than 5000 consecutive IR procedures Occupational radiation exposure (eye doses) of more than 50 IR staff (physicians and nurses, etc.) were measured using the novel direct eye dosimeters (DOSIRIS) and the personal dosimeters (neck badge). *Reducing the radiation eye dose* Understand protective effects of using commercial lead eye glasses. Radiation safety education for staff is important to reduce the radiation dose to the patient and the staff **SUMMARY:** In this study of the IR procedures, one physician who did not wear Pb glasses exceeded the equivalent dose limit for the lens (20 mSv/year). Eye doses of IR staff were reduced with the routine use of Pb glasses. The eye doses evaluated using a neck badge tended to be overestimated. For this reason, occupational eye doses of IR staff should measure with DOSIRIS.

9. さいごに

IVR 医師は、防護メガネ不使用時は、新しい水晶体等価線量限度を超過する危険性が高いこと、さらに防護メガネ使用時も新しい水晶体等価線量限度を超過する場合が想定されることを確認できたなど、当研究によって、一定の成果および有用な知見を得ることができた。

そして、IVR 従事者において、水晶体被ばく防護の最適化の推進が必要であることが分かった。

以上から、平成 29 年度の当研究の実施については、ほぼ計画通り実施できていると考える。

本報告書は、当研究の初期成果の一部を記載したもののだが、今後、さらに測定評価例を増やして解析等を行う予定である。

そして学会等での発表や論文投稿などにより、当研究成果の公表に努める所存である。

また次年度以降は、測定対象の拡大や詳細な分析等を行い、あわせて最適な被ばく防護対策の研究、および関連学会等のガイドライン案の検討等を含めた運用方法の基礎検討に関して貢献したい。

最後に付言するが、IVR 従事者のように放射線防護衣(プロテクタ)を着て作業を行っている際は、著しく不均等な被ばくを受けている可能性が高い。よって IVR 従事者は、プロテクタの内側と外側に、複数個の個人線量計を装着し、不均等被ばく評価を行う必要がある。プロテクタ内側に 1 つのみ装着した個人線量計測定値で、水晶体線量の評価を行うことは避けなければならない。

10. 参考文献

1. Vano E, et al. Eye lens exposure to radiation in interventional suites: caution is warranted. *Radiology*. 2008;248(3):945-53.
2. Haskal ZJ, et al. Interventional Radiology Carries Occupational Risk for Cataracts. *RSNA News*, June 2004, Volume 14, Number 6, 5-6.
3. Ainsbury EA, et al. Radiation cataractogenesis: a review of recent studies. *Radiat Res*. 2009;172(1):1-9.
4. Chida K, et al. Occupational dose in interventional radiology procedures. *AJR (Am J Roentgenol)*, 200(1):138-41, 2013.
5. Inaba Y, et al. Fundamental study of a real-time occupational dosimetry system for interventional radiology staff. *J Radiol Prot*. 2014;34(3):N65-71.
6. 千田浩一: 放射線障害-基礎・疫学から診療・安全対策 放射線防護と安全対策 医療被曝・職業被曝の現状と対策. *日本臨床*.70:479-84.2012.
7. Koukorava, C. et al. Efficiency of radiation protection equipment in interventional radiology: a systematic Monte Carlo study of eye lens and whole body doses. *J Radiol Prot*. 34, 509-528, 2014
8. Haga Y, et al. Occupational eye dose in interventional cardiology procedures. *Sci Rep*. 2017 Apr 3;7(1):569. <http://rdcu.be/qAfU>
9. Chida K, et al. Physician-received scatter radiation with angiography systems used for interventional radiology: Comparison among many X-ray systems. *Radiat Prot Dosimetry*. 149:410-6, 2012.
10. Efsthathopoulos, E.P. et al. Occupational radiation doses to the extremities and the eyes in interventional radiology and cardiology procedures. *Br J Radiol*. 84, 70-77, 2011
11. Martin, C. J. et al. Assessment of eye and body dose for interventional radiologists, cardiologists, and other interventional staff. *J Radiol Prot*. 33, 445-460 (2013) .
12. O'Connor, U. et al. Occupational radiation dose to eyes from endoscopic retrograde cholangiopancreatography procedures in light of the revised eye lens dose limit from the International Commission on Radiological Protection. *Br J Radiol*. 86, 20120289 (2013)
13. Chida K, et al. Clarifying and visualizing sources of staff-received scattered radiation in interventional procedures. *AJR*. 2011 Nov;197(5):W900-3.
14. Chida K, et al. Radiation dose and radiation protection for patients and physicians during interventional procedure. *J Radiat Res*. 2010;51(2):97-105

15. Morishima Y, et al. Estimation of the Dose of Radiation Received by Patient and Physician During a Videofluoroscopic Swallowing Study. *Dysphagia*. 2016 Aug;31(4):574-8.
16. Chida K, et al. Effect of radiation monitoring method and formula differences on estimated physician dose during percutaneous coronary intervention. *Acta Radiol*. 2009 Mar;50(2):170-3.