

IVRを中心とした
放射線科医40年間の自己被ばく線量
を振り返る。

水沼仁孝
那須赤十字病院放射線診断科

目 的

- 2011年、国際放射線防護委員会:ICRPから職業被ばくに関する水晶体等価線量限度についての勧告が出され、2021年4月より日本においてもそれが施行される予定となった。今回、それに合わせ、40年、放射線科医として働いてきた自分自身の個人線量管理の実体把握、水晶体被ばくとIVR施行件数との関係、そして放射線性白内障の有無を検証することとした。

対象と方法

- 個人線量測定機関(現千代田テクノル)に委託を開始した1979年6月から2019年3月までを対象に実効線量、水晶体等価線量を年別に集計。
- 次に自分自身が施行したIVR件数(血管系・非血管系)を年別に可能な限り集計。出来ない場合にはそれに準ずる件数もしくは集計出来ない理由を求めた。
- 放射線科医として丸40年活動した2019年6月に水晶体検査を行った。

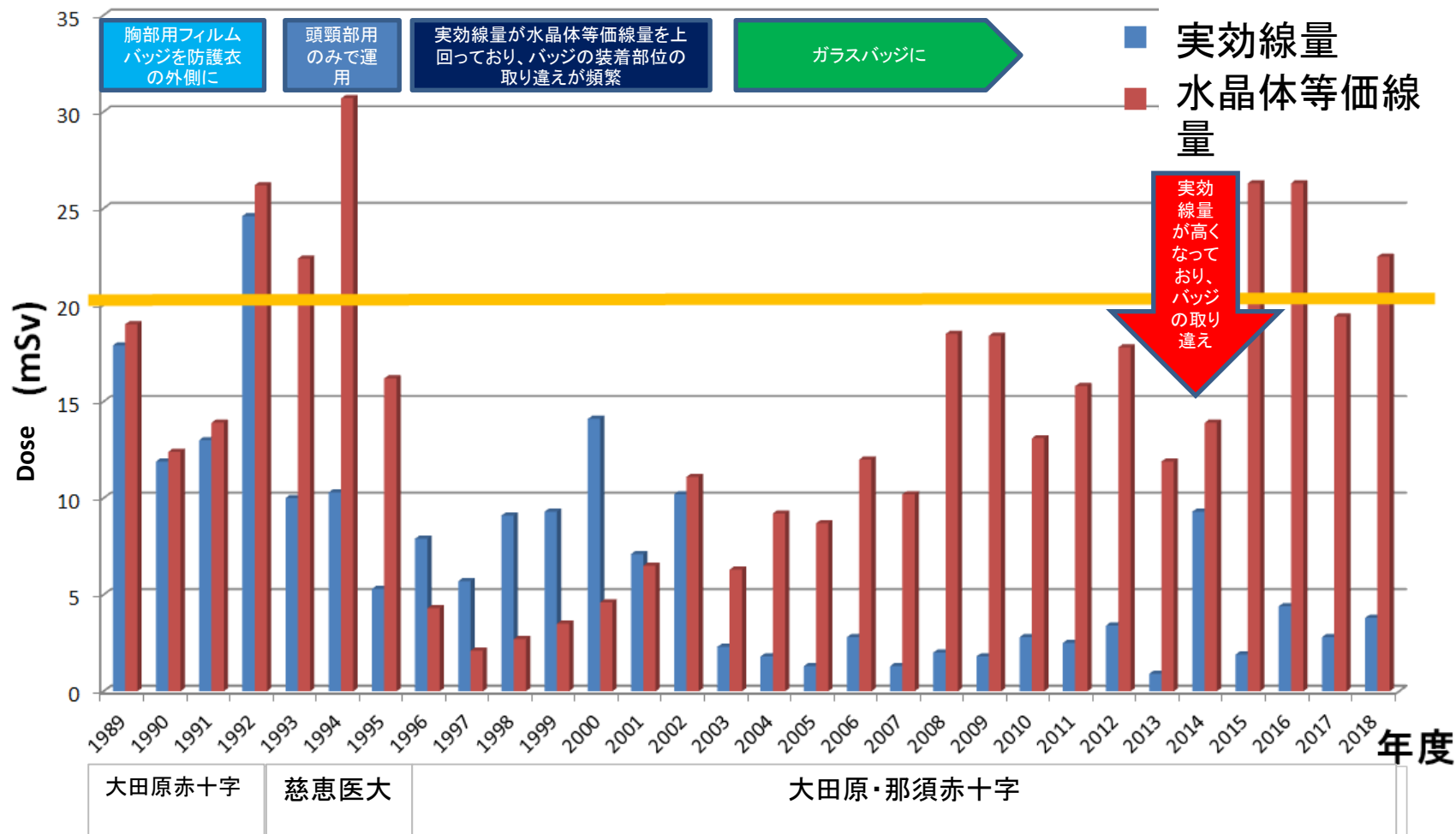
結果 1979/06-1988/12

- 累積線量 0mSv

- 1979/06-1980/02 東京医大病院
- 1980/04-1987/12 慈恵医大本院・青戸・第3病院
- 1988/01-1988/12 大田原赤十字病院

- 個人線量計測は均等被ばくでの管理、胸部用フィルムバッジを白衣の胸ポケットにつけていた。プロテクタを身につけたときはその内側に位置することになる。フィルムバッジはつけていなかったか、防護衣内側に装着していた可能性が高い。
- IVR施行件数を集計することは出来なかった。

結果 1989-2018



個人線量当量記録

• 1989/01-1993/06 大田原赤十字

個人線量当量管理記録 ** < 89 年度 >

91.09.12 011839-1

個人コード 17941253
SSⅢでの累計線量

氏名 永沼 仁孝
SSⅢでのX回数

ミスママ キミヨシ
91

性別 男
MOSでの前年度末までの累計

生年月日 S. 29. 01. 25
0.00 mSv X回数 0

Dose equivalent

報告 区分	サー ビス	算定期間	算定日	算定 情報	個人線量当量(mSv)					データ 区分	実装着期間	登録コード	装着 部位	測定日	測定 情報	測定値(mSv)			測定 記録	帳票No.
					実効線 量当量	組 織 線 量 当 量										H10	H3	H70		
						水晶体	皮膚	その他	腹部											
		A1B 890401-890430	890512	Effect. lens dose	X					10	890401-890430	096502	103RP3N N	890506		1cm 3mm 70µm	2			
取消		A1B 890401-890430	890512		X					52	890401-890430	096502	103RP3N N	890506						
		A1B 890401-890430	890512							16	890401-890430	096502	103RP3N N	890506						
取消		A1B 890401-890430	890512							16	890401-890430	096502	103RP3N N	890506						
		A1B 890401-890430	890720		1.0	1.2	1.2	1.0		10	890401-890430	093104	133VM3B B	890714		1.0	1.2	1.2	1	
		A1B 890401-890430	891020				0.1			10	890401-890430	096502	104RP1J J	890506				0.1	2	
										52	890401-890430	096502	104RP2N N	890506			X		2	
		A1B 890501-890531	890711			X				10	890501-890531	096502	103RP3N N	890608			X		2	
取消		A1B 890501-890531	890711			X				52	890501-890531	096502	103RP3N N	890608			X		2	
		A1B 890501-890531	890711							16	890501-890531	096502	104RP1J J	890608					2	
取消		A1B 890501-890531	890711							16	890501-890531	096502	104RP1J J	890608						
		A1B 890501-890531	890914		0.9	0.9	0.8	0.9		10	890501-890531	093104	133VM3B B	890909						
		A1B 890501-890531	891020				0.3			10	890501-890531	096502	104RP1J J	890608						
										52	890501-890531	096502	104RP2N N	890608						
		A1B 890601-890630	890801			X				10	890601-890630	096502	103RP3N N	890720						
取消		A1B 890601-890630	890801			X				52	890601-890630	096502	103RP3N N	890720			X		2	
		A1B 890601-890630	890801							16	890601-890630	096502	104RP1J J	890720					2	
取消		A1B 890601-890630	890801							16	890601-890630	096502	104RP1J J	890720					2	
		A1B 890601-890630	890913		2.0	2.1	1.9	2.0		10	890601-890630	093104	133VM3B B	890909		2.0	2.1	1.9	1	
		A1B 890601-890630	891020				0.3			10	890601-890630	096502	104RP1J J	890720				0.3	2	
										52	890601-890630	096502	104RP2N N	890720			X		2	

測定は胸部のみで行われてい

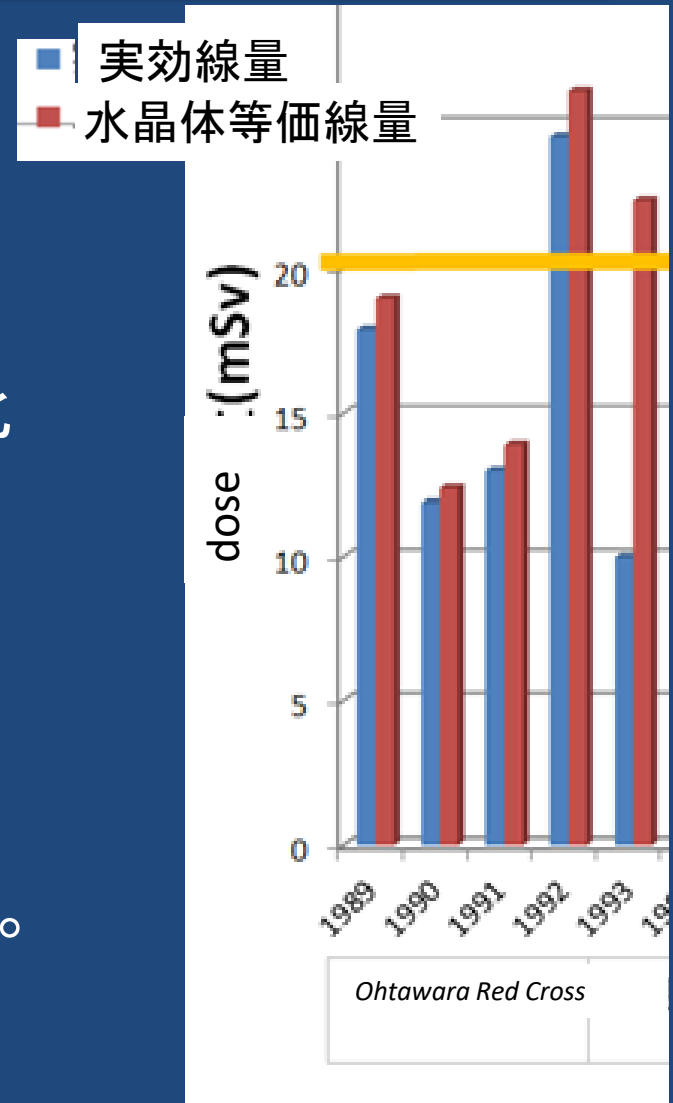
N: 右指リングバック
J: 左指
B: 胸部

測定は胸部のみで行われている

N: 右指リングバッジ
J: 左指
B: 胸部

結果 1989.4-1993.3

- 実効線量(H10mm)と水晶体等価線量(H3mm or H70 μ m)がほぼ、同じになっている。
- これは胸部用バッジのみで防護衣の外側に装着していたため、比較的正しい水晶体等価線量が測定されていると考えられた。
- 1992年度の水晶体等価線量は20mSvを超えていた。
- IVR施行例は1990 年度76例、1991年度67例から 100 例に増加。



結果 1993.6-1996.3 (慈恵医大本院)

報 区分	ビス		情報	量当量	水晶体	皮膚	その他	腹部	区 分		部位		情報	H10	H3	H70	記録	帳票No.	
A1B	930401-930430	930513	0.								04 A114VM7B B 9305 04 A114RP7J J 9305								
A1B	930501-930531	930611	1.								04 A114VM7B B 9306 04 A114RP7J J 9306								
A1B	930601-930630	930709	2.								04 A114VM7B B 9307 04 A114RP7J J 9307								
A1B	930701-930731	930909	X								53 7157VM1B B 930906		X	X	X	1			
取消	A1B	930701-930731	930909	X	X	X	X		19	930701-930731	133153 7157VM1B B 930906		X	X	X	1			
A1B	930701-930731	931018	0.2	0.7	0.7	0.7	0.7		10	930701-930731	133153 7157BP1A A 931012 EA		0.7	0.7	0.7	2			
									10	930701-930731	133153 7157VM1B B 930906		X	X	X	1			
A1B	930801-930831	931018	X	X	X	X	X		10	930801-930831	133153 7157BP1A A 931012		X	X	X	2			
									10	930801-930831	133153 7157VM1B B 931013		X	X	X	1			
A1B	930901-930930	931124	X	X	X	X	X		10	930901-930930	133153 7157BP1A A 931116		X	X	X	2			
									10	930901-930930	133153 7157VM1B B 931118		X	X	X	1			
A1B	931001-931031	931217	3.8	4.1	4.0	3.8	3.8		19	931001-931031	133153 7157BP1A A 931210		3.8	4.1	4.0	2			
取消	A1B	931001-931031	931217	3.8	4.1	4.0	3.8		19	931001-931031	133153 7157BP1A A 931210		3.8	4.1	4.0	2			
A1B	931001-931031	940216	1.3	4.1	4.0	3.8	3.8		10	931001-931031	133153 7157BP1A A 931210		3.8	4.1	4.0	2			
									10	931001-931031	133153 7157VM1B B 940210 OA		X	X	X	1			

N: 右指リングバッジ
J: 左指
B: 胸部

1993.7~
A: 頭頸部
B: 胸部

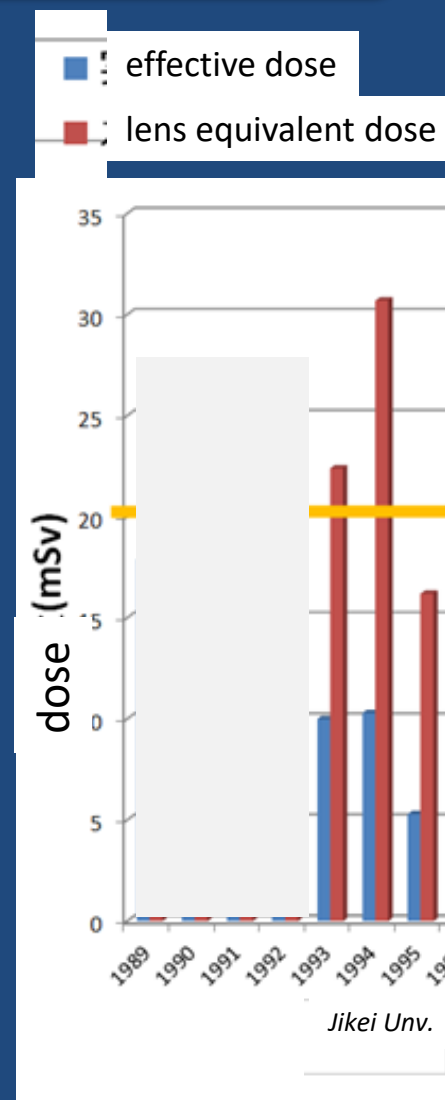
N: 右指リングバッジ
J: 左指 "
B: 胸部

1993.7~
A: 頭頸部
B: 胸部

イメージインテンシファイヤー: II型DSA装置にて週に3~3.5日、IVRを施行していた。頭頸部用(A)と胸部用(B)のふたつバッジ項目があるが、頭頸部用(A)を防護衣外側に装着、胸部用は測定値0mSvであったため配布されていなかったものと推測される。これは個人線量管理として「均等被ばく」、「不均等被ばく」のどちらをとるかは各施設にまかせられており、慈恵では「均等被ばく」による測定を選択したものである。

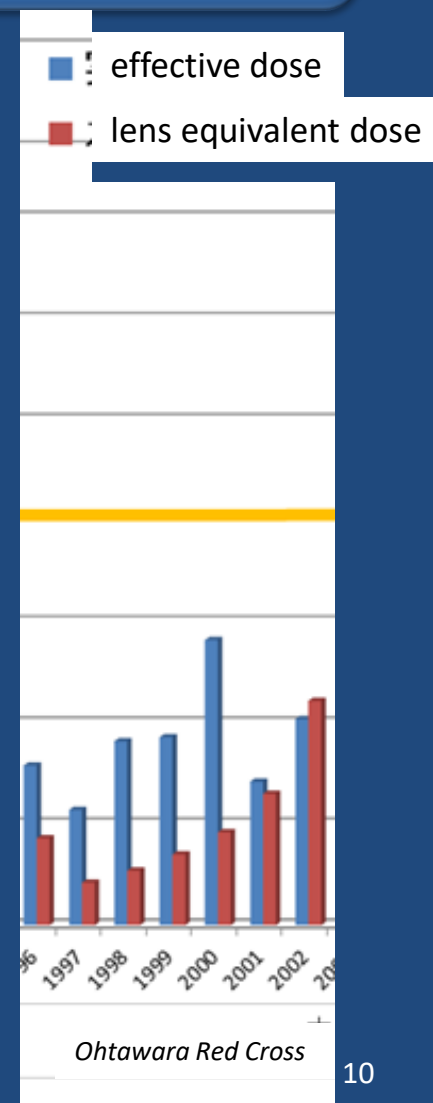
結果 1993.7-1996.3

- 慈恵本院にいた間の水晶体等価線量は1993年度、1994年度とも20mSvを超えていた(放射線委員会で問題)。
- 原因はDSA導入時、費用を抑えるため、放射線科技師長がDSAのテーブル周りに装着するべき防護板(フェイスプロテクタ、サイドプロテクタ、スカートプロテクタなど)をすべて省いたことによる。
- 直ちに防護板が設置され、1995年度には被ばく量が減少している。



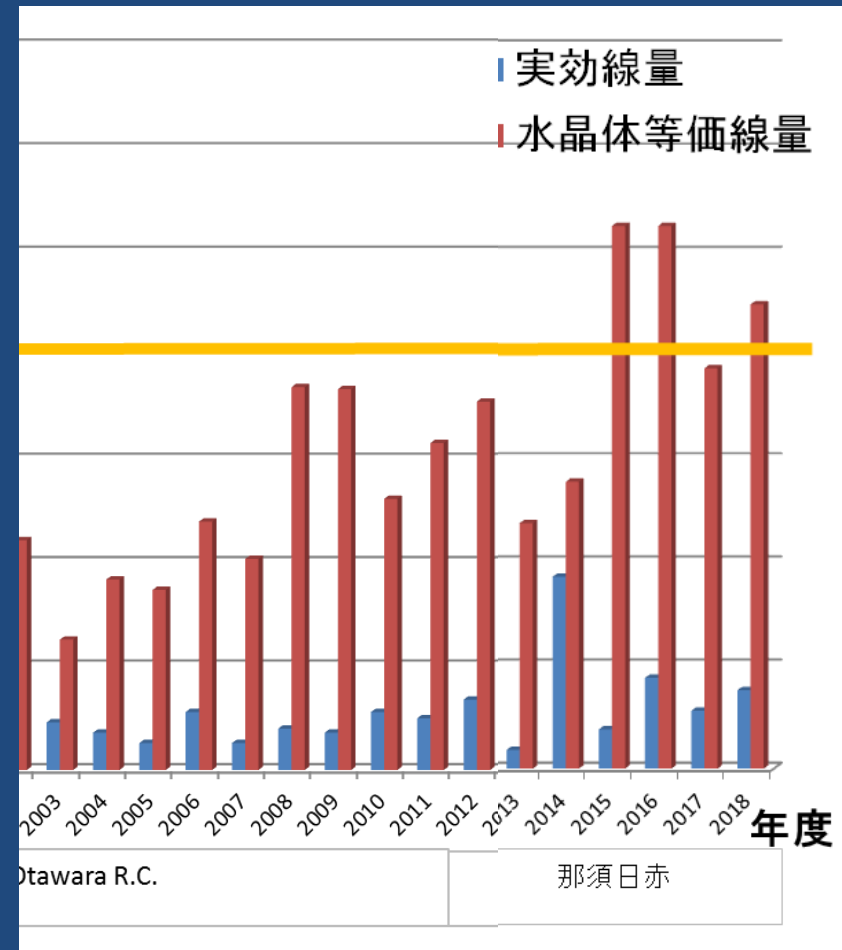
結果 1996.4-2003.3 (大田原赤十字)

1996年～2001年まで実効線量と水
晶体等価線量が逆転しており、バッ
ジ装着部位の取り違えが頻繁に
あったものと思われる。



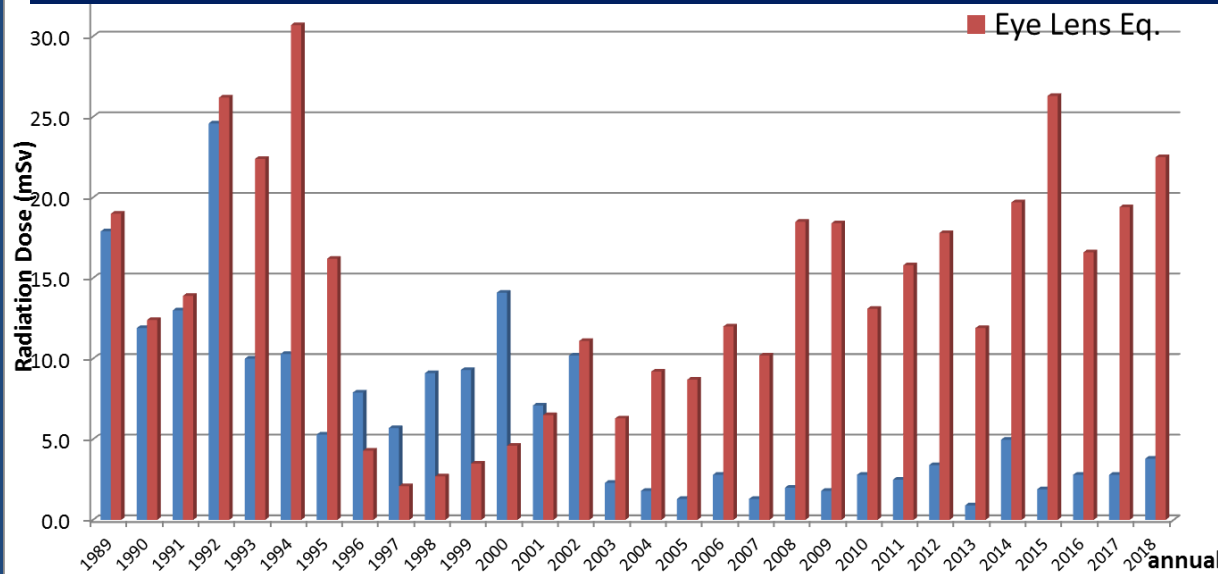
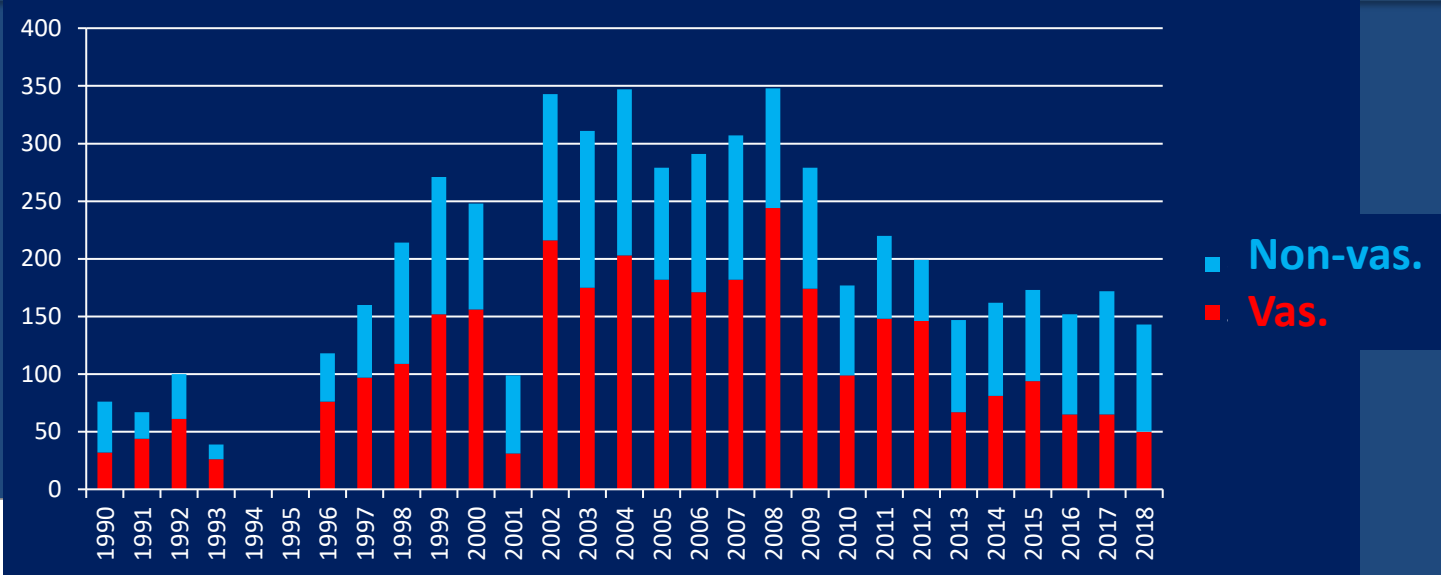
結果 2003.4～ (大田原・那須赤十字)

- 2003年度から個人線量測定デバイスがフィルムバッジからガラスバッジに変更。
- 2014年の実行線量と水晶体等価線量の比がおかしくなっていたことから、月毎の線量を比較するとバッジの付け間違いが考えられ、見直すと2014年以外に2016年も取り違えが認められ、修正を行った。
- 2008年度から水晶体等価線量が増加、2014年以降の5年間の合計は100mSvを超えるようになっていた。



結果

IVR施行件数と個人被ばく線量との比較：相関なし



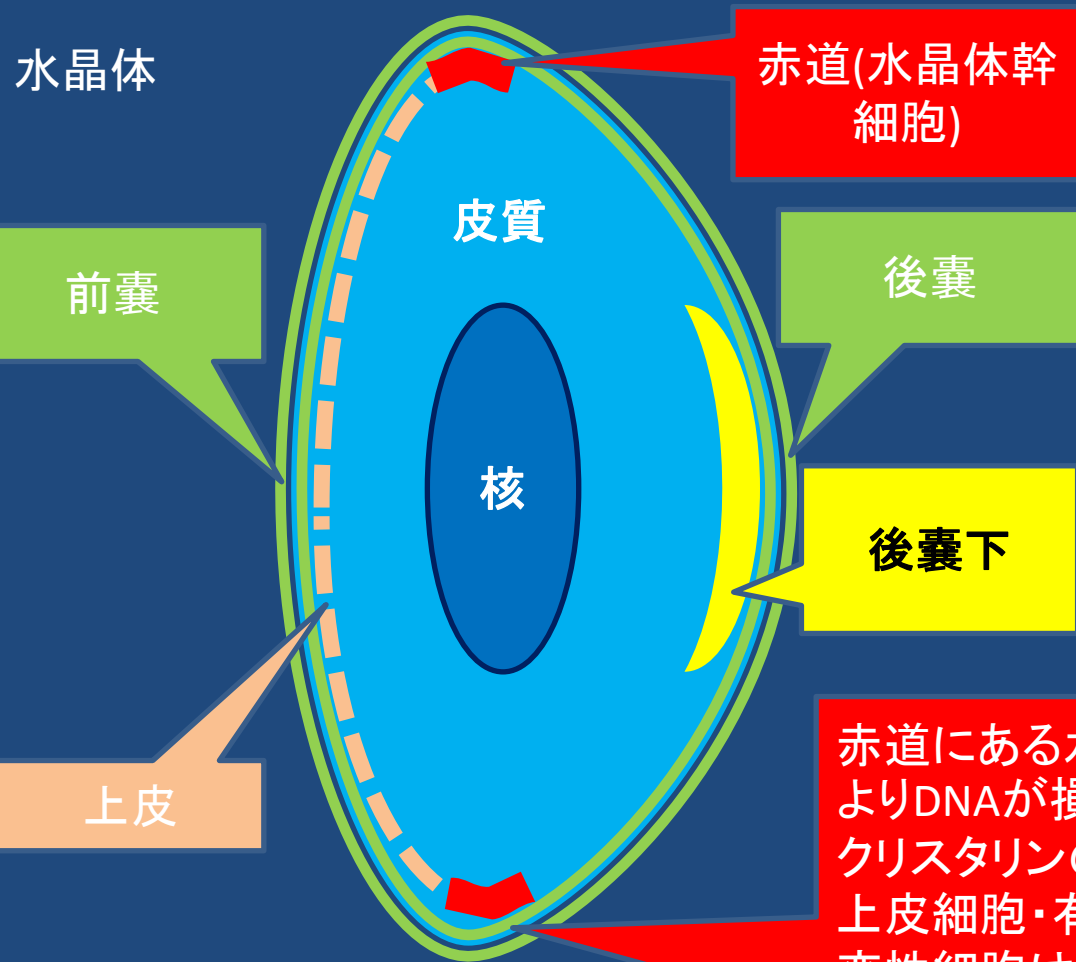
結果 *IVR pt. doses*

	mean/median	SD (mGy)	#
• TACE	1556/1320	1215	840*
• Emer. TAE	1042/ 707	952	
• CVP	12/9	11	
• PTCD	144/58	187	664**
• PTGBD	87/49	206	966**
• Bil. Stent	591/137	1132	130**
• Perc. Drain.	104/ 44	172	

血管系が非血管系と比較し多い被ばく線量となっているが、血管系IVRの場合にはテール周りの防護板が機能するのに対し、非血管系はそれらを用いることが出来ないの
で術者被ばくに関してはその多寡をこの数字から推測することは一概には出来ないが
総じて1/10以下であることは相像に難くない。

* 2007/10-2019/12
** 1983-2018

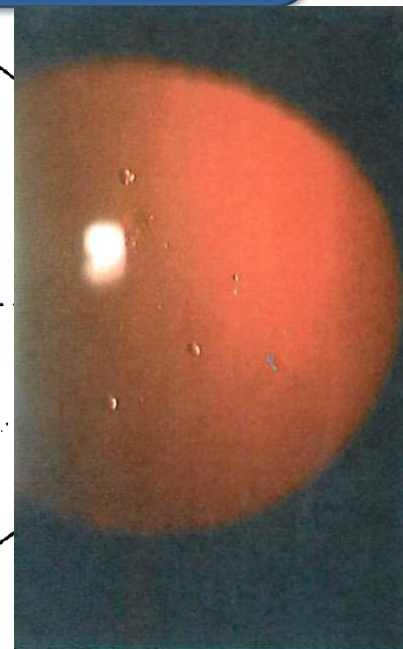
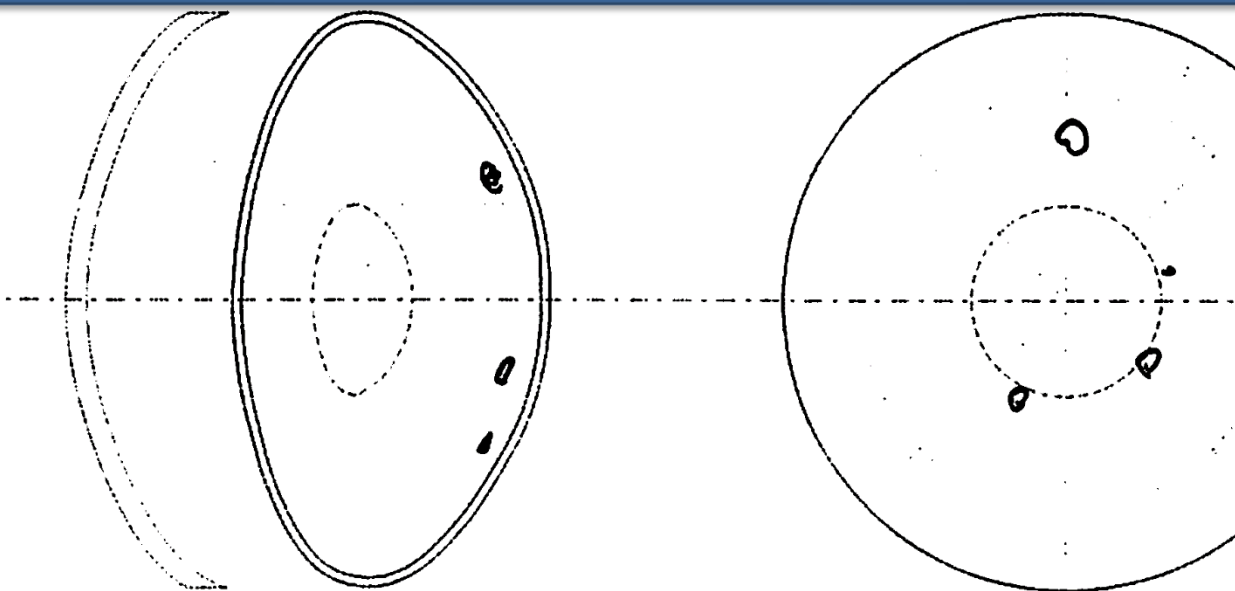
放射線性白内障について



1. 皮質白内障
2. 核白内障
- 3. 後囊下白内障
= 放射線性白内障**

赤道にある水晶体幹細胞が被ばくすることによりDNAが損傷。
クリスタリンの構造変化。
上皮細胞・有核水晶体線維の変性。
変性細胞は赤道から後囊へ移動。
後囊中央部に迷入、混濁を生じる。

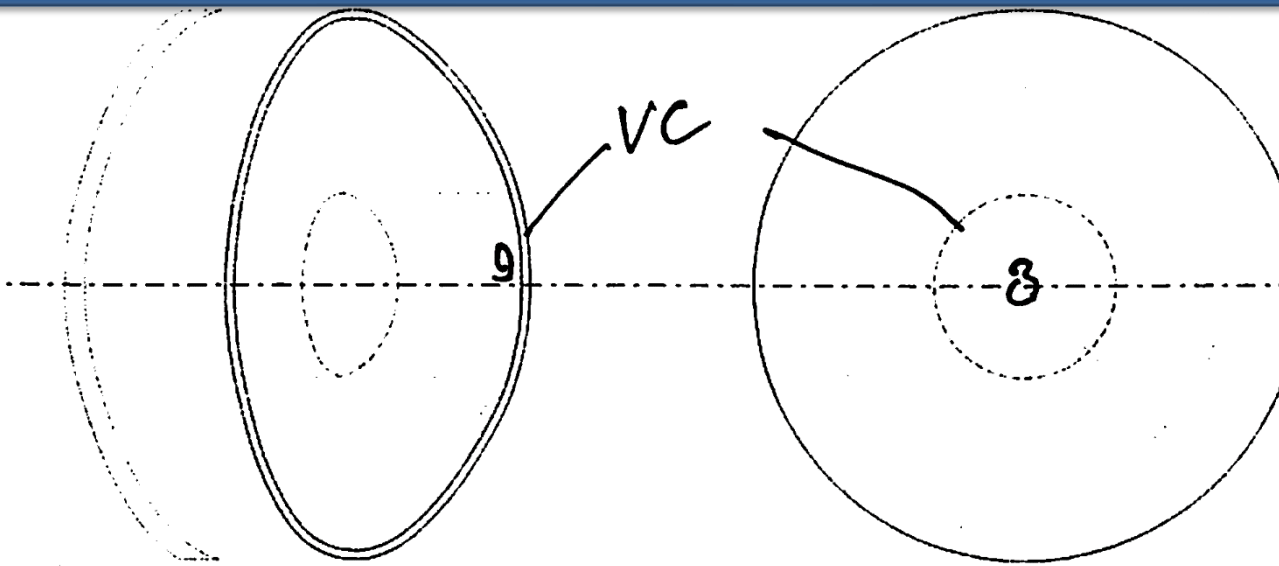
結果 左眼水晶体検査



(L) 2019. 6. 10

Vacuoles (VC)	後囊中心	0	①	2	3	Waterclefts (WC)	①	中心型	周辺型			
	その他	①	1	2	3			中心+周辺型				
		Vacuoles (- ・ +)										
後囊下(PSC)		①	1	2	3	4	Retrodots(RD)	①	1	2	3	4
皮質(C)		①	1	2	3	4	核(N)	0	①	2	3	4
		cen (- ・ +)										

結果 右眼水晶体検査



2019. 6. 10

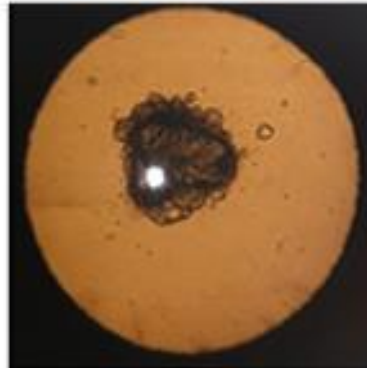
Vacuoles (VC)	後囊中心	0	①	2	3	Waterclefts (WC)	①	中心型	周辺型			
	その他	①	1	2	3			中心+周辺型				
							Vacuoles (- ・ +)					
後囊下(PSC)		①	1	2	3	4	Retrodots(RD)	①	1	2	3	4
皮質(C)		①	1	2	3	4	核(N)	0	①	2	3	4
		cen (- ・ +)										

■ 放射線白内障

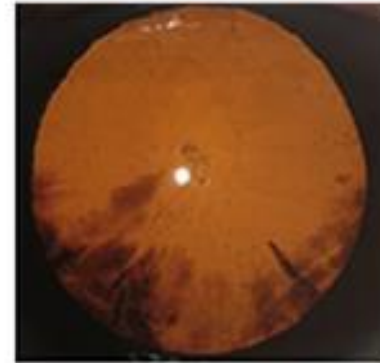
初期病変 (vacuoles)



後嚢下白内障



皮質白内障



◎写真提供：金沢医科大学 眼科学講座 主任教授 佐々木洋博士

進行



- 点状混濁・Vacuoles(水泡)
- 斑状混濁
- 顆粒状混濁
- ドーナツ状混濁
- 皿状後嚢下混濁(前後2層の膜様混濁)
- 著名な視機能低下

放射線白内障の診断基準

- Early lens changes
 - Stage 1以下



私の結果

- Stage 1 Cataract (Onset)
 - 点状混濁0.25mm以上超10個以上
 - Vacuoles 5個以上
 - Cortical spokes
 - Water clefts
 - 粒状混濁

どれかひとつ

- Stage 2 Cataract (Progression)
- Stage 3-5 Cataract (Visually Disabling Changes)

IVRist vs 健常者 (2006)

- IVR:N=68:171
- Scheimpflug slit camera法による水晶体画像から水晶体各層の後方散乱光強度測定
- 明らかな後囊下白内障 3名
- 後囊部散乱光強度はIVRistで優位に上昇(初期病変を示唆する所見)

Abe T, Furui S, Sasaki H, et al: Quantative evaluation of light scattering intensities of the crystalline lens for radiation related minimal change in interventional radiologists: a cross-sectional pilot study. J Radiat Res 54:315-321, 2013

表 1 業種別の水晶体の等価線量分布（平成 28 年度）

（名）

年線量区分 (mSv)	一般医療	歯科医療	獣医療	一般工業	非破壊検査	研究教育	合計
20 以下	353, 725	3, 132	14, 740	64, 040	434	64, 463	500, 534
20 超～50 以下	1, 966	1	0	9	1	3	1, 980
50 超～100 以下	380	0	0	1	0	1	382
100 超～150 以下	38	0	0	0	0	0	38
150 超	8	0	0	0	0	0	8
合計	356, 117	3, 133	14, 740	64, 050	435	64, 467	502, 942

第 3 回水晶体部会資料 2、壽藤専門委員提出

20mSv超 医療従事者 2392
50mSv超 426

Discussion 個人線量測定-1

- 千代田テクノルのHPによれば、1954年に同社が個人線量測定サービスを開始している。
- 日本政府は、放射線にさらされるおそれのある業務に従事する労働者の放射線障害を予防することを目的として、労働基準法に基づく規則を1959年に制定、その後、1972年、労働安全衛生法の制定に伴い、電離放射線障害防止規則第2章第8条に放射線業務従事者の外部及び内部被ばく線量の測定が規定した。

Discussion 個人線量測定-2

- 今回の検討では私が医学校を卒業した1979年から10年間の線量測定0値は0 mSvであった。個人被ばく線量管理に関する初期教育が不十分、もしくは欠如していたものと思われる。
- 線量測定デバイスの装着取り違えも度々、発生していた。ふたつのデバイスの大きさ、形はまったく同じでラベルの色だけが少し異なっているだけというのを取り違える要因と考えられる。



Discussion 個人線量測定-3

- 放射線業務に関わる医療従事者が「実効線量」(均等被ばく)、「等価線量」(不均等被ばく)のどちらで線量管理されるのかが明確化されていないことも線量測定上、混乱の一因となっている。

Discussion 水晶体被ばく-1

- 2011年のICRP勧告(5年間で100 mSv、1年で50 mSvを超えない)に沿う場合、2014年からの5年間では100 mSvを超えていた。
- 年間の水晶体被ばくを20 mSv以下にすることが望まれるが、私の場合、1989年以降、20 mSvを超える年度が5回、認められた。
- 医療従事者で年間20 mSvを超えるものは2392名、さらに50 mSvを超えるものが426名いると言われている。水晶体に対するさらなる防護が望まれる。

Discussion 水晶体被ばく-2

- DSAテーブル周りの防護板設置により患者からの散乱線被ばくをかなり防げることも今回の検討で示された。
- これからはDSAテーブル周りの防護板設置を義務化すべきである。



Discussion 水晶体被ばく-3

- 両眼を比較した場合、左眼においてvacuolesが右眼より多く、放射線被ばくの影響をより多く受けていた。
- 幸い、自分の水晶体は放射線白内障診断基準ではStage1以下であったが、低線量被ばくによる放射線白内障は長期間かけて極めて緩やかに進行し、視機能へ影響する白内障発症までの期間は線量と反比例すると言われている。

Discussion 水晶体被ばく-4

- 2006年に日本IVR学会で会員を対象に行った Scheimpflug slit cameraを用いた後方散乱光強度の測定ではIVR医において透明度の低下が優位であった。
- 放射線による水晶体への影響評価には細隙灯顕微鏡による肉眼判定だけでなく、より早期のsubclinicalな水晶体変化を判定（後方散乱光強度の測定など）を取り入れるべきとされている。

Discussion 水晶体被ばく-5

- 法令施行時には常時医療被ばくする医療従事者に対し、入職時とある一定期間毎にこのような検査が必要と考える。

結 語

- 放射線白内障を防ぐためには正しい放射線被ばく防護および個人線量管理の方法の教育が第一に必要であり、次に防護器具の充実が望まれる。



References

- ICRP statement on Tissue Reactions/Early and Late Effects of Radiation in Normal Tissue and Organs-Threshold Doses for Tissue Reactions in a Radiation Protection Context.
- 電離放射線障害防止規則の一部を改正する省令案について <https://search.e-gov.go.jp/servlet/PcmFileDownload?seqNo=0000193414>
- 佐々木 洋:放射線障害の病理【放射線による細胞死】白内障 病理と臨床33 44-49:2015
- 原子力規制庁 放射線審議会 眼の水晶体の放射線防護検討部会:表1業種別の水晶体の等価線量分布(平成28年度). 3. 放射線業務従事者の水晶体に係る被ばくの現状. 眼の水晶体に係る放射線防護の在り方について(中間取りまとめ) p.5平成29年12月