

放射線防護分野研究班合同連絡会議

令和3年(2021年)5月31日

労災疾病臨床研究事業費補助金研究  
医療分野の放射線業務における被ばくの実態  
と被ばく低減に関する調査研究

研究代表者 細野 眞(近畿大学)

研究分担者 三上容司、渡邊 浩、竹中 完、古場裕介

研究協力者 鳥巢健二、神田玲子、赤羽恵一、坂本  
肇、山本和幸、今尾 仁、山田崇裕、坂口健太

オブザーバー 瀬下幸彦

## 分担課題

1. 医療分野の放射線業務における被ばく線量の実態調査
2. 管理状況に関するアンケート調査（実態調査 & 詳細調査）
3. X線室内散乱線量測定ならびに防護機材の放射線防護効果
4. X線診療室内線量の簡便かつ汎用測定法の開発研究
5. ERCPにおける医師・看護師の被ばく線量実測

# 1.医療分野の放射線業務における被ばく線量の実態調査

## 1)研究倫理デザインの作成並びに研究倫理審査の研究計画書の作成

概要:

本研究では医療における放射線業務従事者の被ばく線量が労働安全衛生法電離放射線障害防止規則に基づいて測定・記録される各施設従事者の線量値を調査・集計し、本年度の対象施設数の大幅拡大に対応するため、昨年度立案にした研究計画案の再検討を実施した。

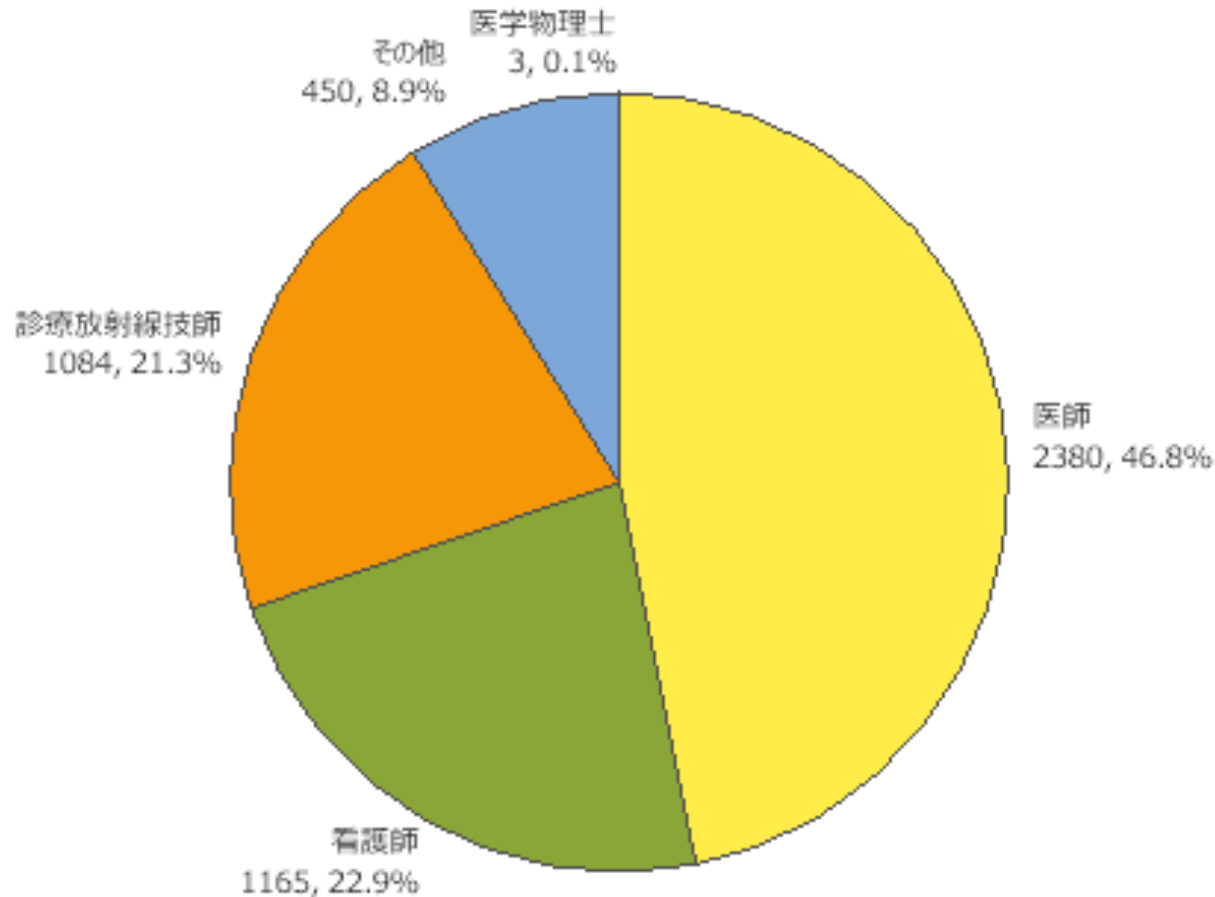
- 対象施設数の拡大に対応するため、専用のWeb回収フォームを作成し、各施設の線量調査票の回収を実施した。(暗証番号設定により対象施設限定で生成されたフォームおよびSSL暗号化通信対応のデータ通信)
- 解析は、計26施設分のデータ量に対応するため、データ整理及び解析にMS-Excel及び統計解析ソフト(Minitab19)を用いることとした。

# 1.医療分野の放射線業務における被ばく線量の実態調査

## 2)線量調査

### 職種別線量測定データ数

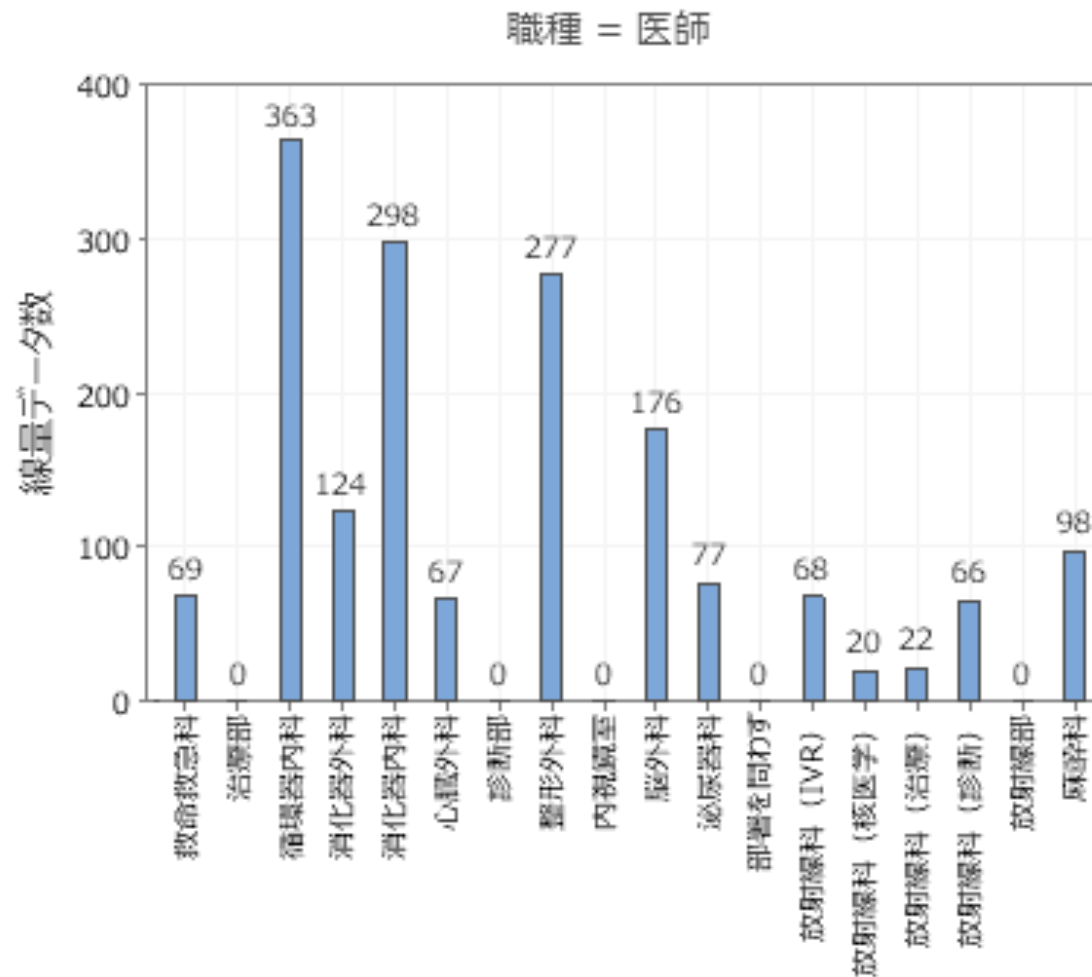
調査期間(3か月間)の1か月線量“のべデータ”数



26施設の線量データ5082人分(延べ人数)

## 2) 線量調査 医師の職種細目別線量測定データ数

調査期間(3か月間)の1か月線量“のベデータ”数



## 2) 線量調査

### (イ) 線量データの解析結果

#### 線量分布

・得られた線量データ5082人分(延べ人数)のうち、実効線量については約80%が皮膚等価線量及び水晶体等価線量については約70%が検出限界未満(N.D.)であった。これらを除き、データ解析を行った。

・全体の線量分布は各線量を比較すると、右図のとおり実効線量の被ばく線量は1mSv以下の占める割合が約95%に対して、皮膚等価線量及び水晶体等価線量は約85%と1mSvを超える被ばく線量の割合が多く観測された。

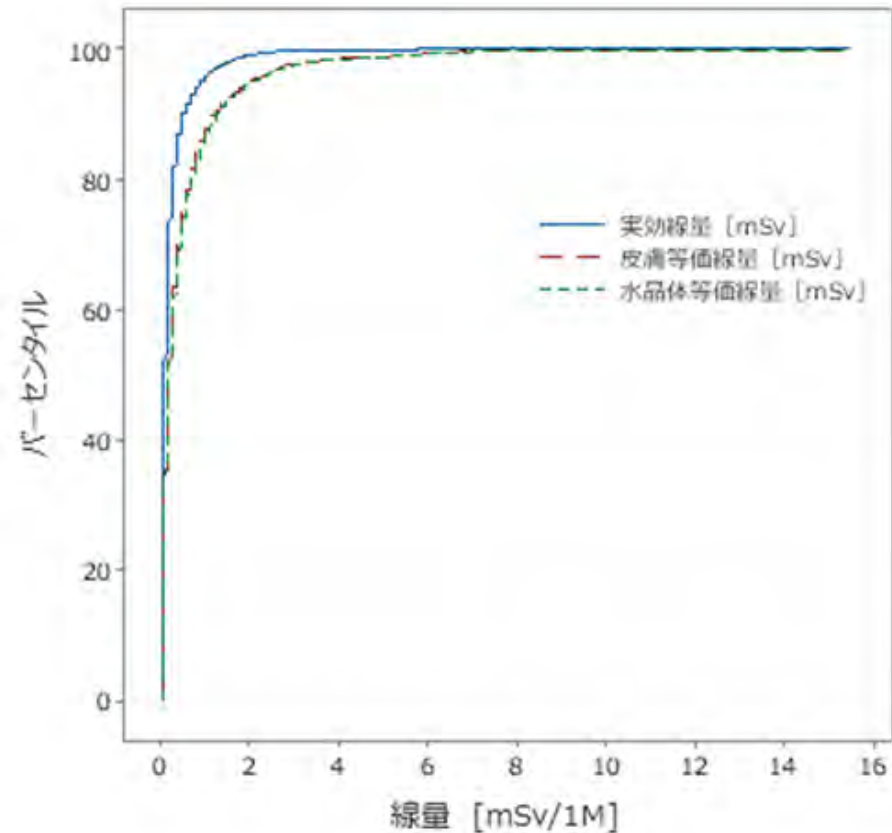


図 累積線量分布

## 2) 線量調査

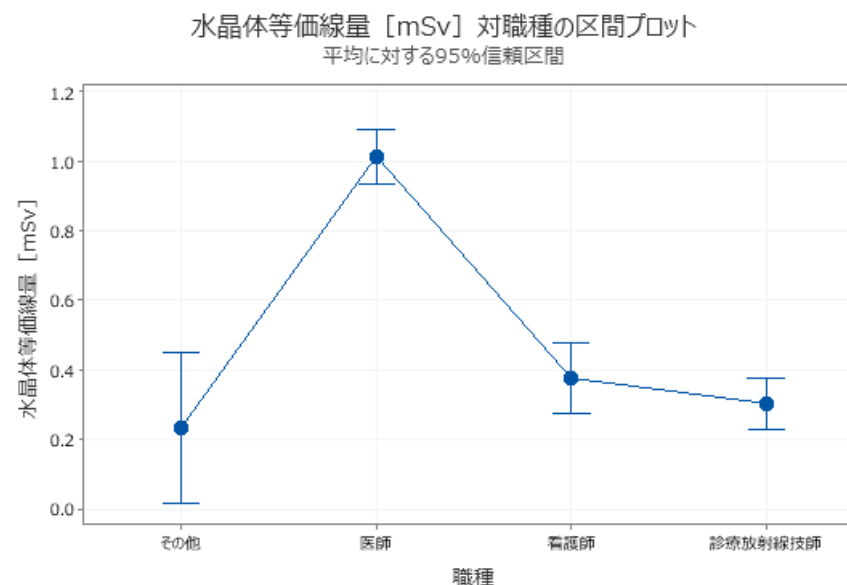
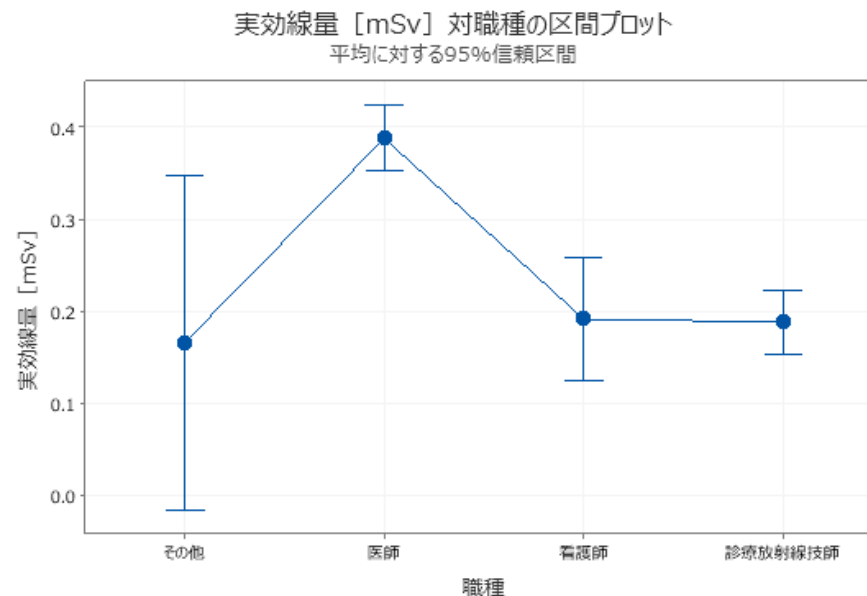
### (イ) 線量データの解析結果

#### 職種別の線量分布

・平均値で比較すると、医師がいずれの線量も他の職種の2倍以上の被ばく線量であった。右図に分散分析による比較結果を示す。

・結果に示す通り、医師は他の職種と比較し有意に被ばく線量が高いことが示された。医師の水晶体等価線量は最大16mSvに及び1か月線量が4.25mSvを超える例がのべ測定数に対して24件あった。

・一方、看護師及び診療放射線技師でこの水準の4mSvを超える例はそれぞれ1件であった。



エラーバーは95%信頼区間

図 職種別線量の区間プロット  
(上段：実効線量、下段：水晶体等価線量)

## 2) 線量調査

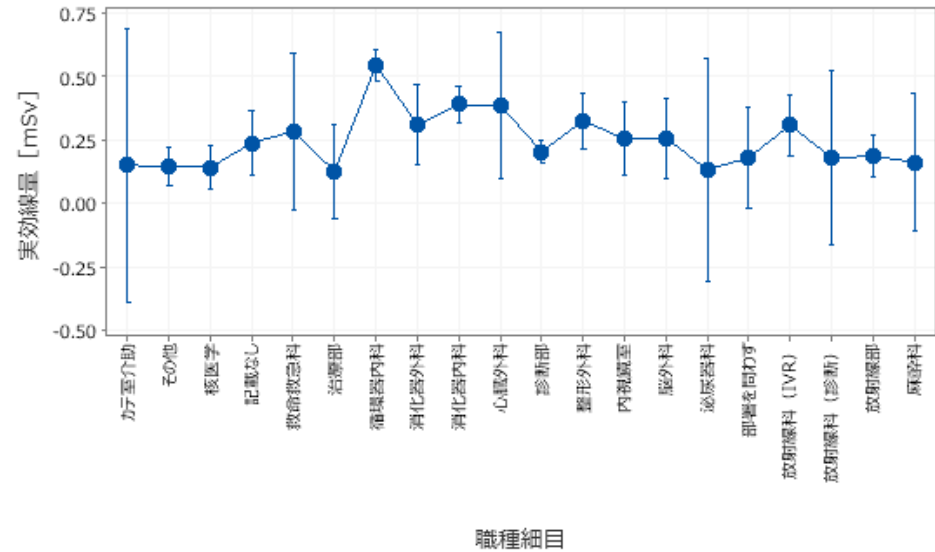
### (イ) 線量データの解析結果

#### 職種細目別の線量分布

・診療細目間の平均値の差は有意であり、水晶体等価線量では心臓外科、循環器内科、消化器内科、消化器外科、放射線科(IVR)に高い傾向が見られた。

・右図は全職種を統合したデータに基づく分析だが、職種別職種細目数を考慮するとこの傾向は医師の被ばく線量を色濃く反映したものと推定される。

実効線量 [mSv] 対職種細目の区間プロット  
平均に対する95%信頼区間



水晶体等価線量 [mSv] 対職種細目の区間プロット  
平均に対する95%信頼区間

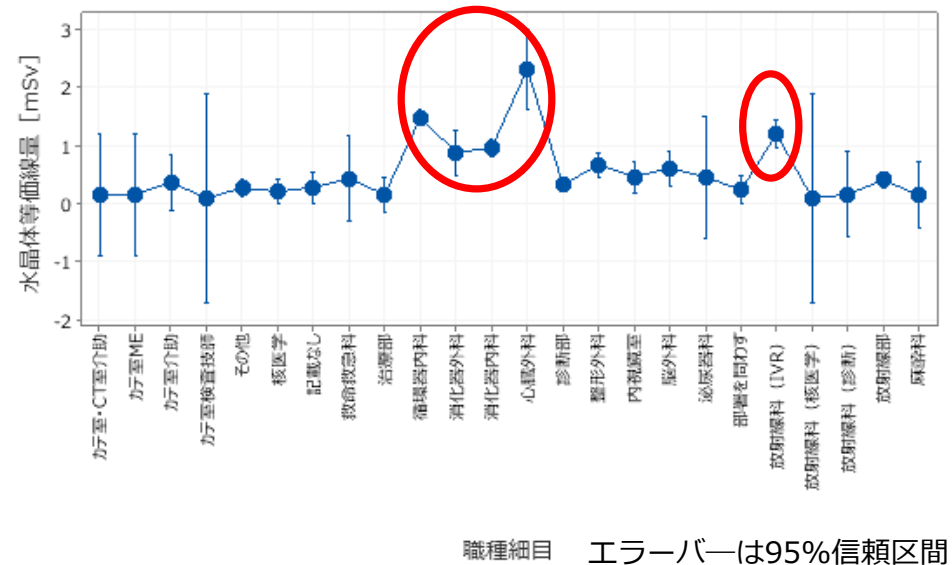


図 職種細目別線量の区間プロット  
(上段：実効線量、下段：水晶体等価線量)

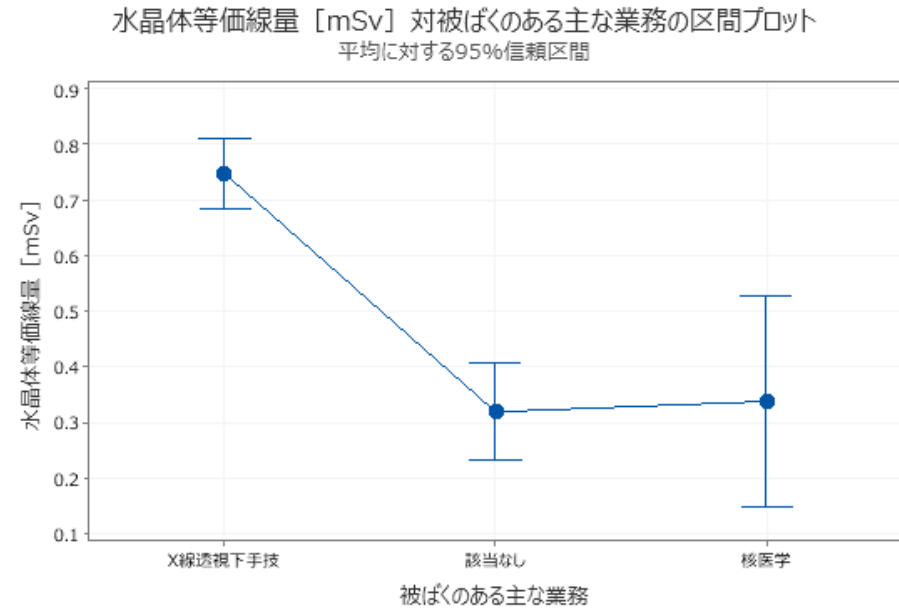


## 2) 線量調査

### (イ) 線量データの解析結果

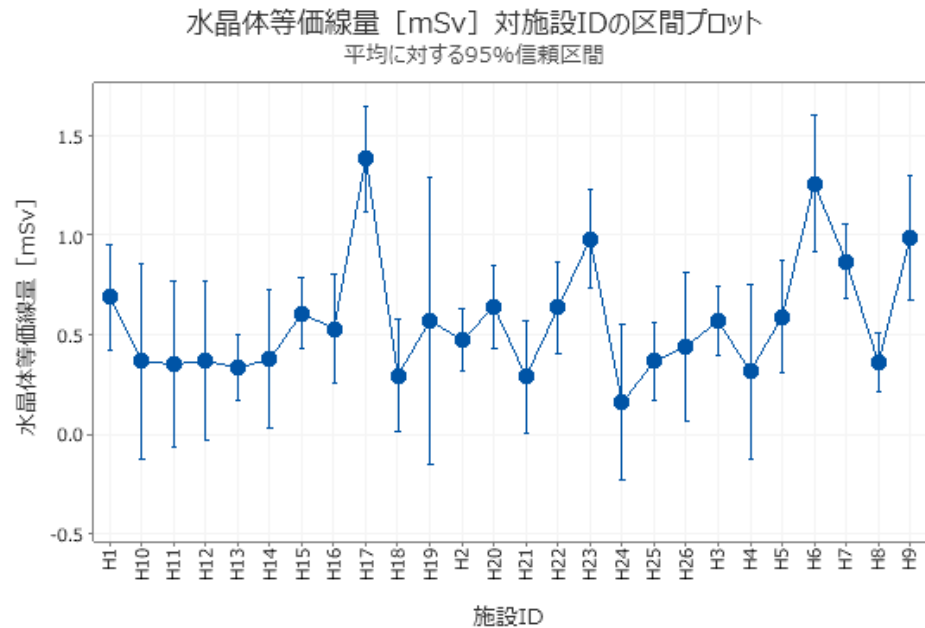
被ばくのある主な業務別の水晶体等価線量分布

- ・X線透視下手技が有意に高い結果



施設毎の水晶体等価線量分布

- ・数施設で高い結果



# 小括

本年度中に収集された26施設の線量データ5082人分(延べ人数)について解析を行った。その主な結果は以下の通りであった。

- ・得られた線量データ5082人分(延べ人数)のうち、実効線量については約80%が皮膚等価線量及び水晶体等価線量については約70%が**検出限界未満(N.D.)**
- ・これらを除くデータのうち1mSv以下の占める割合が、実効線量について約95%、皮膚等価線量及び水晶体等価線量について約85%と大多数
- ・一方で4mSvを超える被ばくが26例見られ、その多くが医師によるものであった。
- ・医師の被ばく線量は、特定の診療科(業種細目)、被ばくのある主な業務種で高い傾向があることが明らかとなった。
- ・さらに施設間における違いも見られ、今後、本研究の線量測定対象者に実施されたアンケート結果と組み合わせた分析による要因分析が望まれる。

## 2.管理状況に関するアンケート調査 (実態調査 & 詳細調査)

- 調査期間:2020年9月10日～11月末日
- 調査票配布施設数78、回答施設数45で回収率は58%
- 1)基本的な放射線管理、2)防護研修、3)測定器と防護機材の配備・着用の3編に分類
- 2021年4月、日本診療放射線技師会雑誌に「資料(査読付論文)」として投稿済

# アンケート結果の概要1

## 1. 基本的な放射線管理はできている

- 線量毎月チェック:96%、高線量従事者被ばく低減措置:93%

## 2. 従事者登録基準に課題あり

100%ではなく、頻度で登録:医師56%、看護師27%

例:課題:夜間、救急等でまれに放射線診療の実施あるいは介助を行う医師、看護師

## 3. 防護研修は不十分

防護研修平均実施率 55% × 良好受講率の平均回答 59%

=概ね適切な防護研修医療機関 は32%(しかない)

Vascular-IVR防護研修内容で防護眼鏡、防護板の使用方法は56%、パルス透視レートを下げる、を含むのは42%のみ

## アンケート結果の概要2

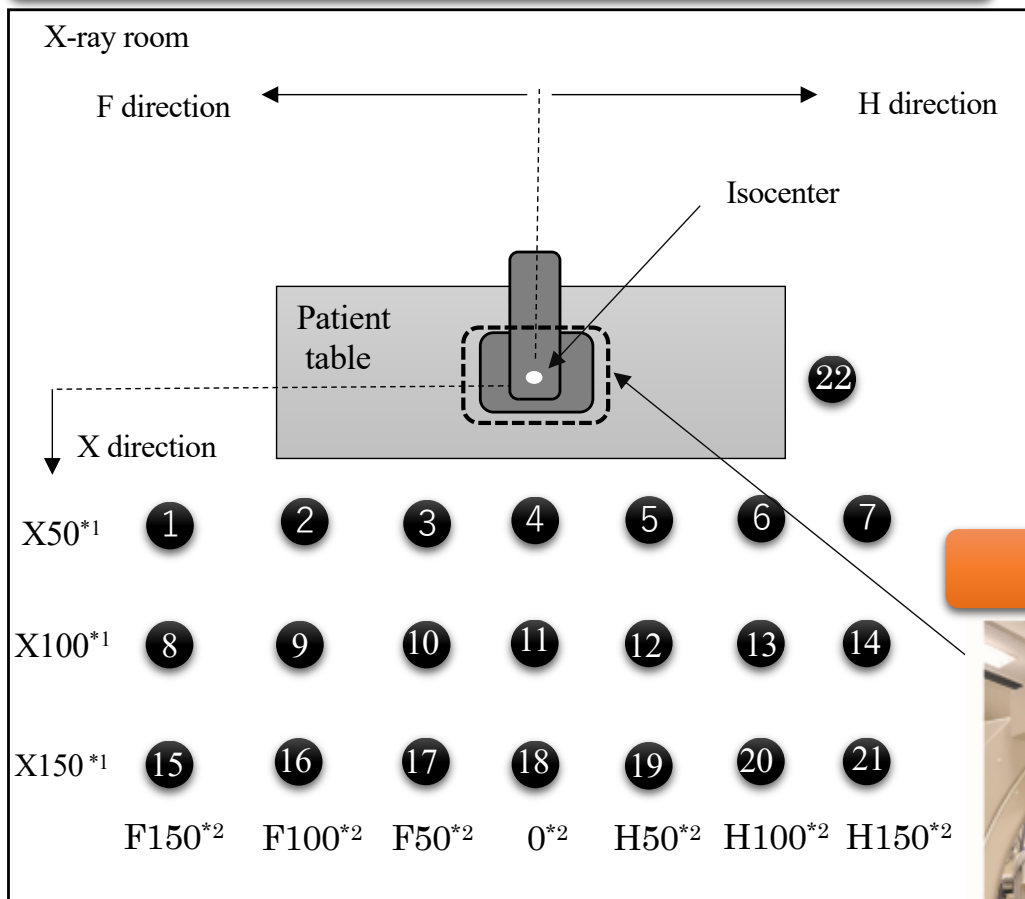
1. 放射線測定器着用：100%ではなく、着用促しも不十分  
「100%着用しているので該当事例なし」は7%のみ。  
「頻繁に促している」のは20%のみ。促せない理由：「医師には言いつらい」56%、「他部署には言いつらい」28%
2. 水晶体専用放射線測定器を配布していない施設の割合  
すべて診療科等で60%台。良好着用率は平均14%
3. 防護眼鏡着用率に課題有
  - 良好着用率：循環器内科医55%、放射線科医(IVR)75%、消化器外科医13%と整形外科医12%
4. 防護眼鏡不足施設率：Vascular-IVR室24%
5. X線装置設置内視鏡室に防護クロス「ない」47%

## アンケート結果の概要3

1. 線量分布図による防護効果の可視化・活用をしていない施設は73%にもものぼる
2. エックス線透視を伴う手術に診療放射線技師が従事している割合が20%未満の施設は44%
3. 基準透視線量率（日本の診断参考レベル（2020年版））を超えている装置が22%（もある）
4. 職業被ばくの安全管理（防護を）リード・指導する者が約半数の施設にいない。

# 3.X線室内散乱線量測定ならびに防護材の放射線防護効果

## 防護クロス



\*1: Distance in the X direction from the isocenter (cm)

\*2: Distance in the patient axis direction from the isocenter (cm)

● Pole position



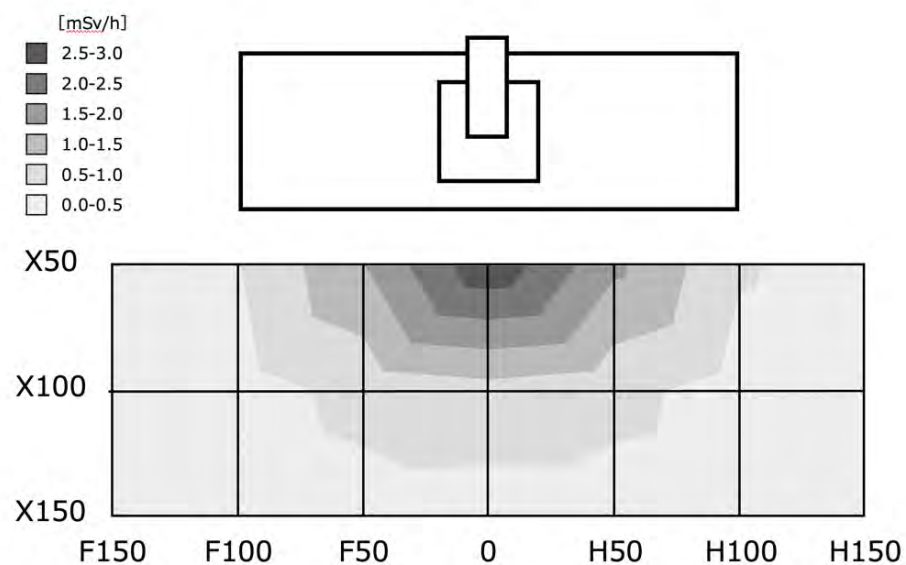
## 防護クロス



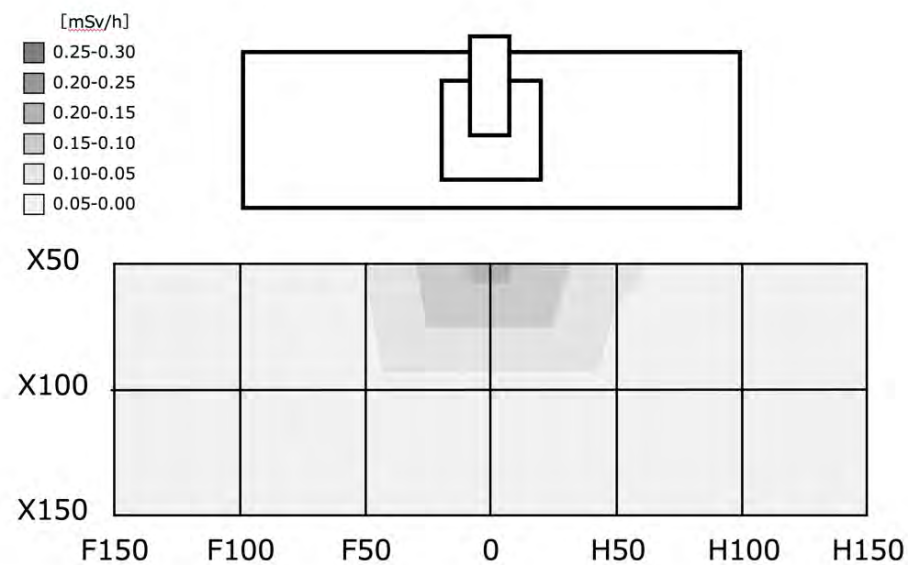
2社3タイプ (0.25, 0.175, 0.13 mmPb当量)

# 防護クロス使用の有無による線量分布の差異 (3 mm線量当量)

## 防護クロス(-)



## 防護クロス(+)





# 4.X線診療室内線量の簡便かつ汎用測定法の開発研究

- ジャングルジム法とポール法(本研究開発)の比較研究
- 2021年3月から測定開始
- 多くのIVR施設での測定、活用を目指す

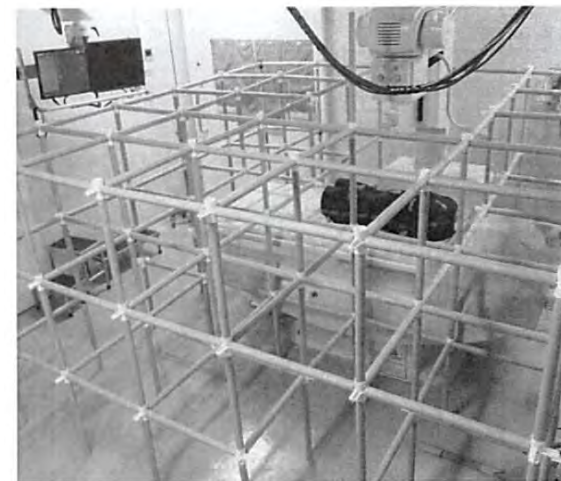
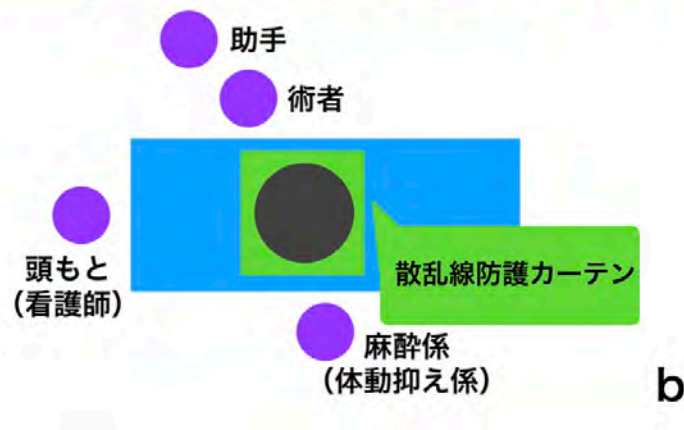


Fig. 2 Photograph for measuring the ambient dose (a) and the air kerma along height direction (b).

a | b

竹井泰孝. IVRスタッフの被ばく低減につながるX線診療室の室内散乱線測定. RadFan 17(9); 75-77: 2019. より引用

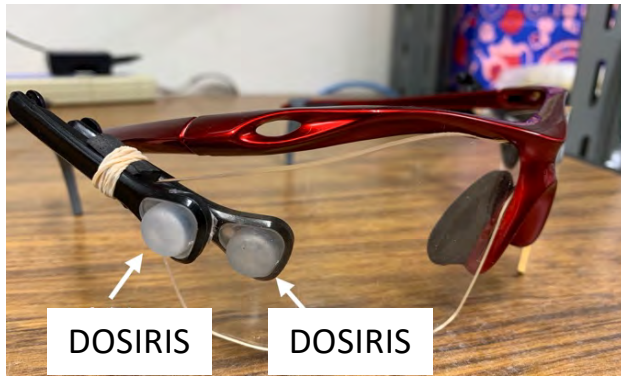
# 5. ERCPにおける医師・看護師の被ばく線量実測



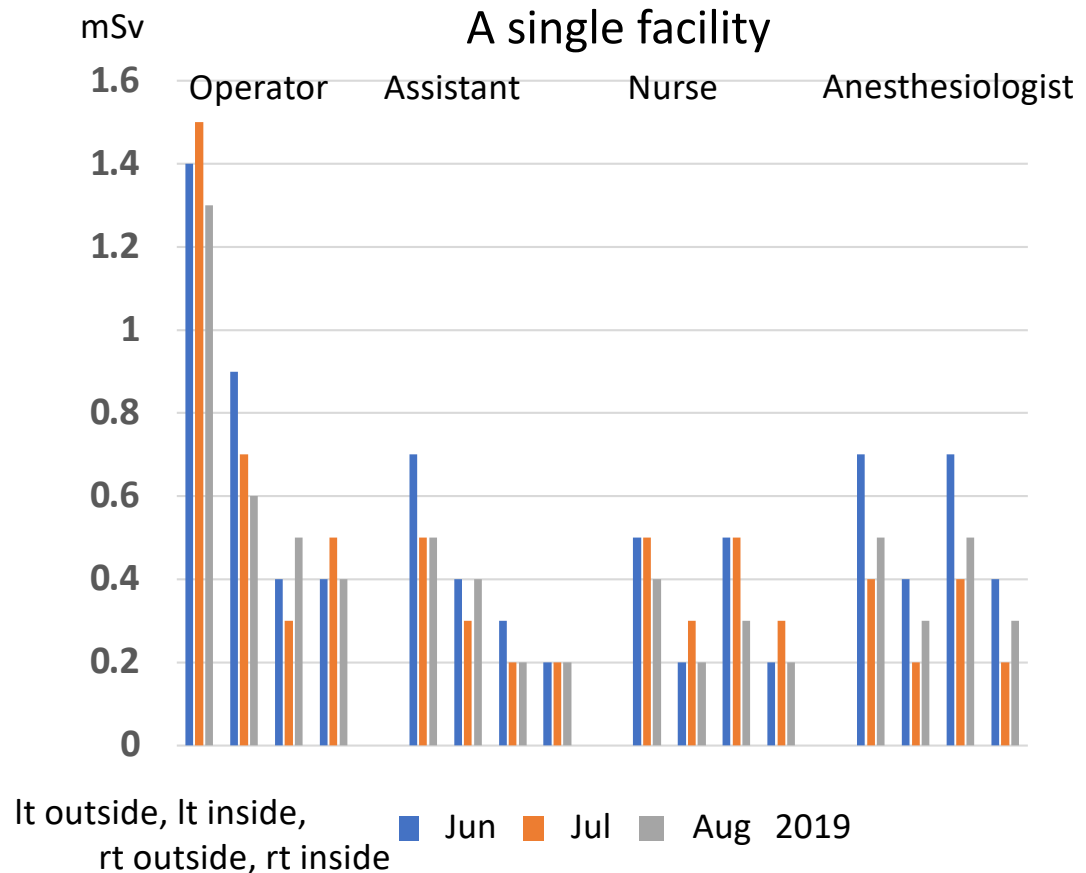
## 透視下内視鏡手技



# Example of equivalent doses of the lens of the eye during Fluoroscopy-guided endoscopic gastroenterological procedures (ERCP etc.)



- Operators may have up to 20mSv/year in the lens of the eye if without goggles.
- Exposure of nurses should not be ignored.



# まとめ

- 放射線診療業務における被ばく線量について1か月の値を1人分とし、26施設の延べ5082人分を解析した。医師は他の職種と比較し有意に被ばく線量が高い。2021年度にも継続して測定する。
- 医療施設の管理状況アンケートでは、基本的な管理はできているが、研修の不足、防護資材の不足(X線透視のクロスなど)、リーダーの不在が目立った。
- 被ばく低減策につなげるため、X線室内散乱線量の測定を継続する。
- さまざまなX線透視下手技のひとつとしてERCPCの医師・看護師の被ばくを測定、防護メガネなしでは水晶体等価線量が年間20mSvを超える可能性がある。

# 工藤班報告

放射線業務従事医療関係者の職業被ばく  
実態調査と被ばく低減対策研究班

長崎大学 原爆後障害医療研究所  
アイソトープ診断治療学研究分野  
工藤 崇

# 構成メンバー

- 長崎大学
  - 工藤崇（班長）；専門：核医学（心臓）
  - 松田尚樹：専門：放射線管理
- 広島大学
  - 粟井和夫；専門：放射線医学
- 福島県立医科大学
  - 伊藤浩；専門：核医学（脳）
  - 織内昇；専門：核医学（腫瘍）

# 研究 1)

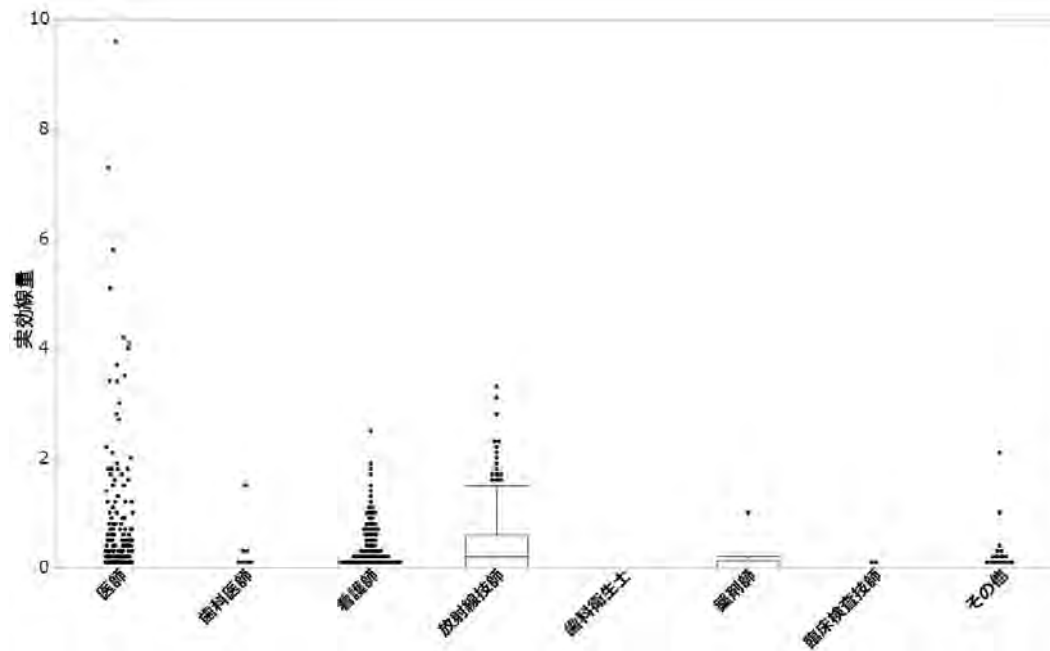
## 医療関係者の職業被ばくに影響を与える要因に関する研究

- 方針：複数施設における、過去（+電離則実施後）の個人線量データと、職種・業務などの背景要因との関連性を調査する。
- 現時点で、3大学・2016-2018年のデータ収集完了。
- 匿名化の必要性及び、医師・看護師は短期間で所属の異動があることから、長崎大学・広島大学・福島県立医科大学3施設の2018年度データでの解析を開始
- 2018年における高線量者（1か月1mSv超、年間5mSv超）の抽出。

# 職種間比較

mSv/yr	0	0.1~0.9	1~1.9	2~2.9	3~3.9	4~4.9	5~	総数
医師	1299	159	22	5	5	3	4	1497
歯科医師	304	6	1					311
看護師	838	68	13	1				920
診療放射線技師	70	63	22	6	2			163
歯科衛生士	13							13
薬剤師	7	2	1					10
臨床検査技師	14	2						16
その他	111	14		1				126
総計	2655	314	60	13	7	3	4	3056

	女性	男性
n	1425	1630
平均	0.046	0.125
標準偏差	0.216	0.538
最大	3.10	9.60
75%	0	0
中央値	0	0
25%	0	0
最小	0	0



大多数（86.9%）は測定限界以下の線量である。群としては放射線技師が他群に比して多い。ただし、高線量者は医師に限定

（本プロットは通常の箱ひげ図であるので、箱が見えていない群は見えている点がすべて「外れ値」であることを意味する）



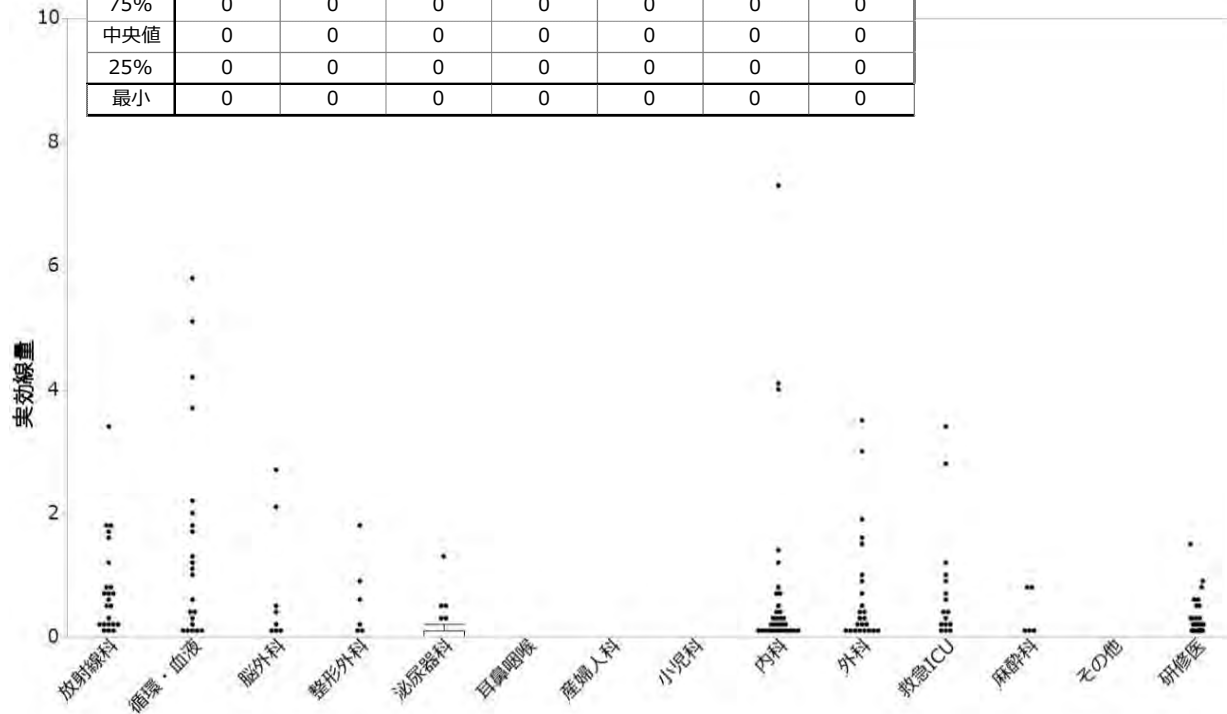
# 医師の被ばく

	放射線	循環・血液	脳外科	整形外科	泌尿器科	耳鼻咽喉科	産婦人科
n	105	100	71	79	62	20	25
平均	0.175	0.335	0.087	0.047	0.068	0	0
標準偏差	0.496	1.010	0.408	0.235	0.192	0	0
最大	3.40	5.80	2.70	1.80	1.30	0	0
75%	0	0	0	0	0.10	0	0
中央値	0	0	0	0	0	0	0
25%	0	0	0	0	0	0	0
最小	0	0	0	0	0	0	0

	小児科	内科	外科	救急ICU	麻酔科	その他	研修医
n	44	345	171	69	110	19	277
平均	0	0.100	0.102	0.183	0.017	0.000	0.042
標準偏差	0	0.726	0.428	0.566	0.108	0.000	0.145
最大	0	9.60	3.50	3.40	0.80	0.00	1.50
75%	0	0	0	0	0	0	0
中央値	0	0	0	0	0	0	0
25%	0	0	0	0	0	0	0
最小	0	0	0	0	0	0	0

\* 循環・血液：  
麻酔科・研修医・内科に対して $p < 0.01$ 、  
小児科・整形外科・外科に対して  
 $p < 0.05$ で大きい

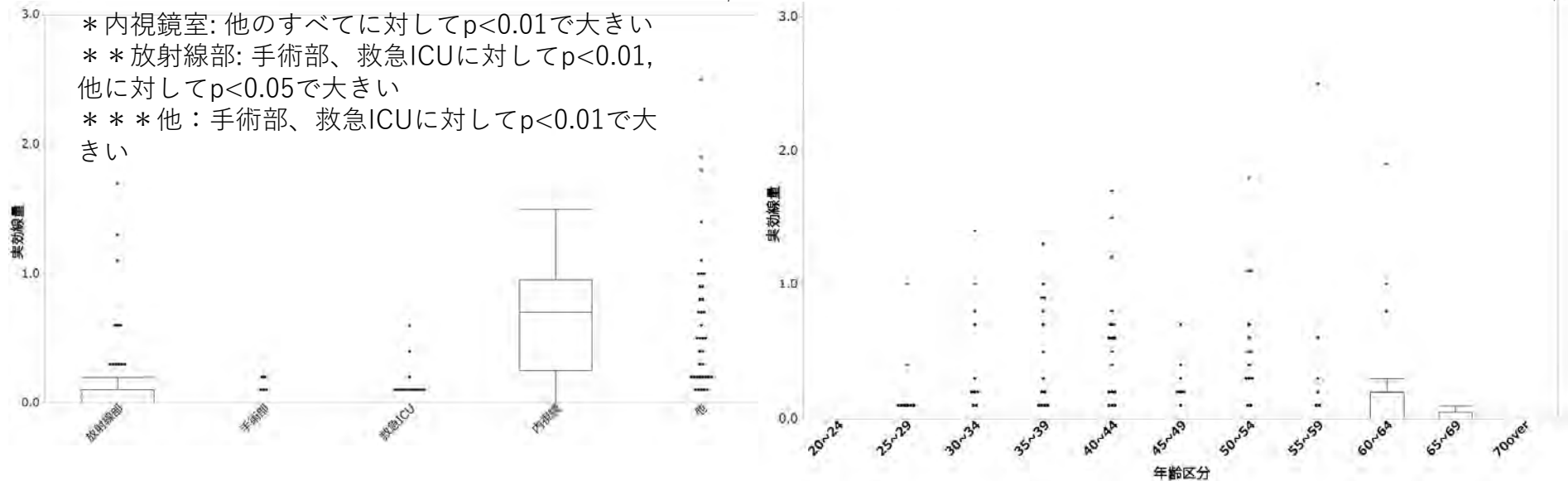


# 看護師の被ばく

	放射線部	手術部	救急ICU	内視鏡	他
n	56	212	309	12	331
平均	0.146	0.003	0.007	0.667	0.070
標準偏差	0.338	0.226	0.046	0.458	0.271
最大	1.70	0.20	0.60	1.50	2.50
75%	0	0	0	0.95	0.1
中央値	0	0	0	0.70	0
25%	0	0	0	0.25	0
最小	0	0	0	0	0

- \* 60-64歳: 20-24, 25-29, 30-34, 45-49歳の階層に対して $p < 0.01$ , 35-39歳の階層に対して $p < 0.05$ で大きい
- \*\* 50-54歳: 25-29歳の階層に対して $p < 0.01$ , 20-24歳の階層に対して $p < 0.05$ で大きい
- \*\*\* 40-44歳: 25-29歳の階層に対して $p < 0.01$

	20-24	25-29	30-34	35-39	40-44	45-49	50-54	55-59	60-64	65-69	70-74
n	66	241	173	141	98	81	67	28	19	5	1
平均	0.000	0.083	0.029	0.051	0.104	0.026	0.116	0.136	0.226	0.020	0.000
標準偏差	0.000	0.071	0.156	0.199	0.301	0.101	0.315	0.481	0.495	0.045	0.000
最大	0.00	1.00	1.40	1.30	1.70	0.70	1.80	2.50	1.90	0.10	0.00
75%	0	0	0	0	0	0	0	0	0.20	0.05	0
中央値	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
最小	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0



\* 内視鏡室: 他のすべてに対して $p < 0.01$ で大きい  
 \*\* 放射線部: 手術部、救急ICUに対して $p < 0.01$ , 他に対して $p < 0.05$ で大きい  
 \*\*\* 他: 手術部、救急ICUに対して $p < 0.01$ で大きい

- 内視鏡室の被ばくが突出して高い。
- 高齢者で被ばく量が多い
  - 恐らく年齢の高い看護師を意図的に被ばくを伴いやすい業務に割り振っている。

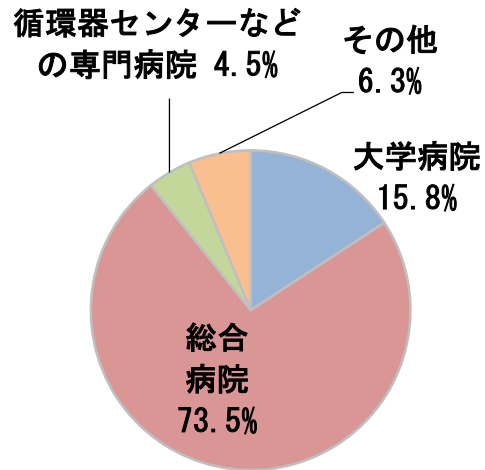
## 研究 2)

# 医療機関における放射線業務従事者の管理・教育・研修状況に関する研究

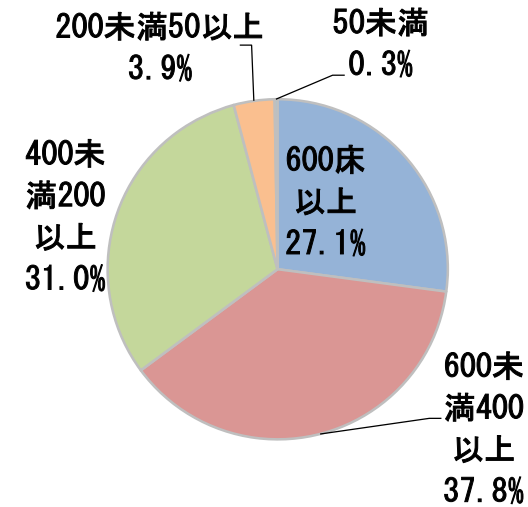
- 対象：日本医学放射線学会の教育研修施設（専門医修練機関・専門医総合修練機関）895施設
- Webアンケート形式
- 実施(入力) 期間；2021/1/17-2/15
  
- 回答率：336／895＝37.5%

# 結果抜粋

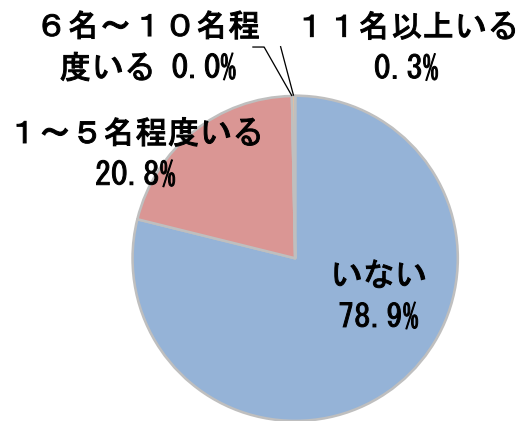
施設の種類



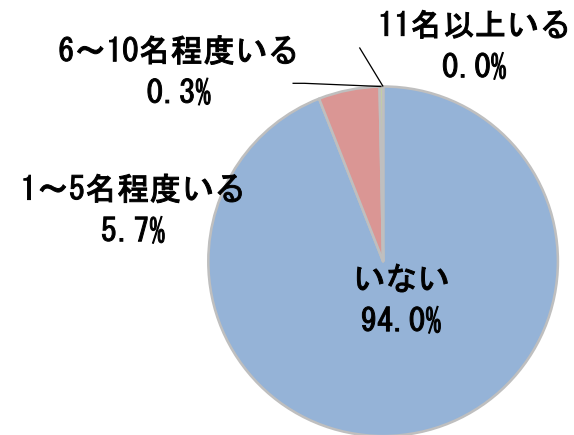
施設のサイズ (ベッド数)



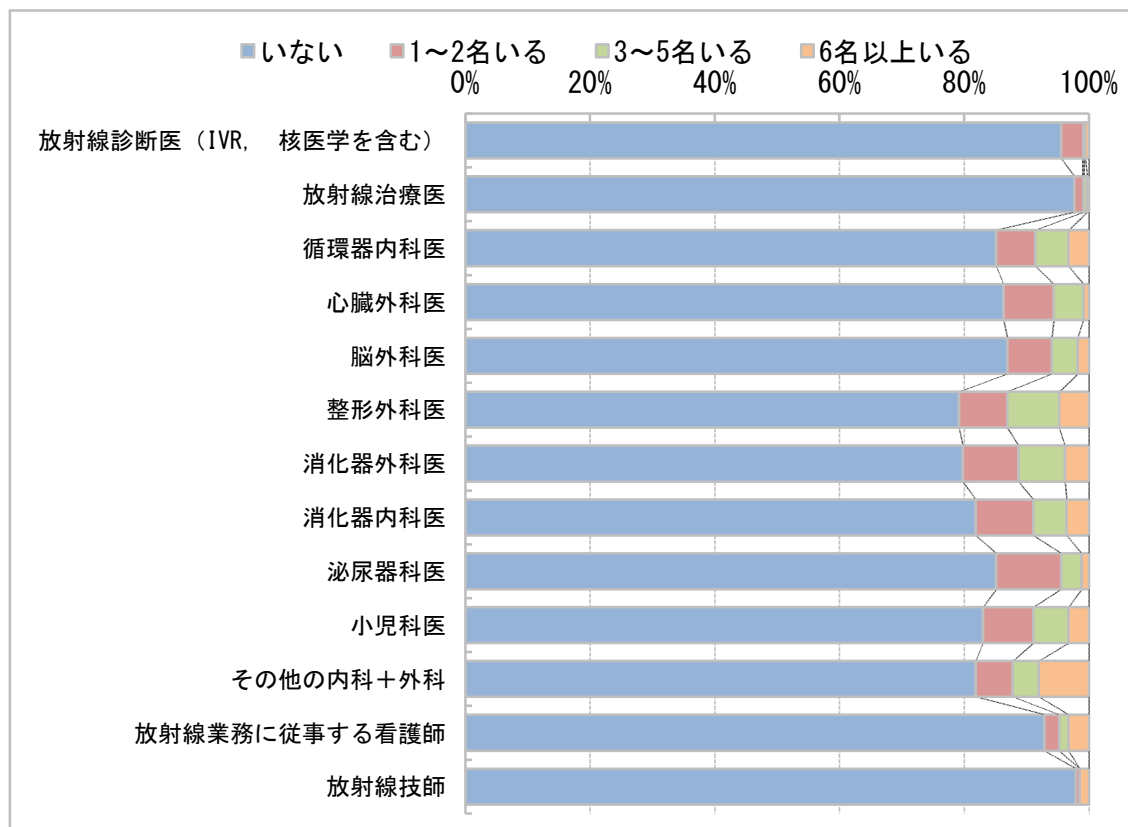
Q21:線量限度を超える可能性のある従事者数



Q25: 過去三年間に職業被ばくの線量限度を超えた業務従事者数

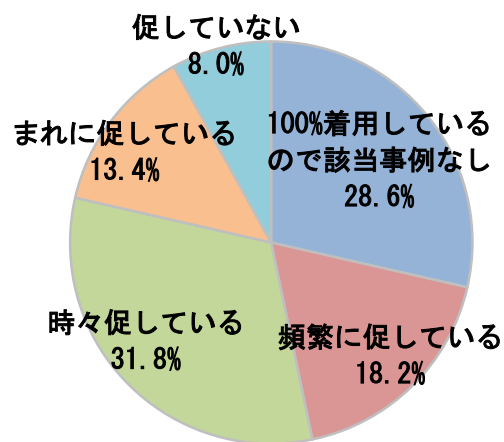


Q29: 本来個人線量計で管理されていなければならないと思われる業務に従事していながら、フィルムバッジをつけていないと思われる部署はありますか。またその場合、何名程度そのような従事者が推定されますか。

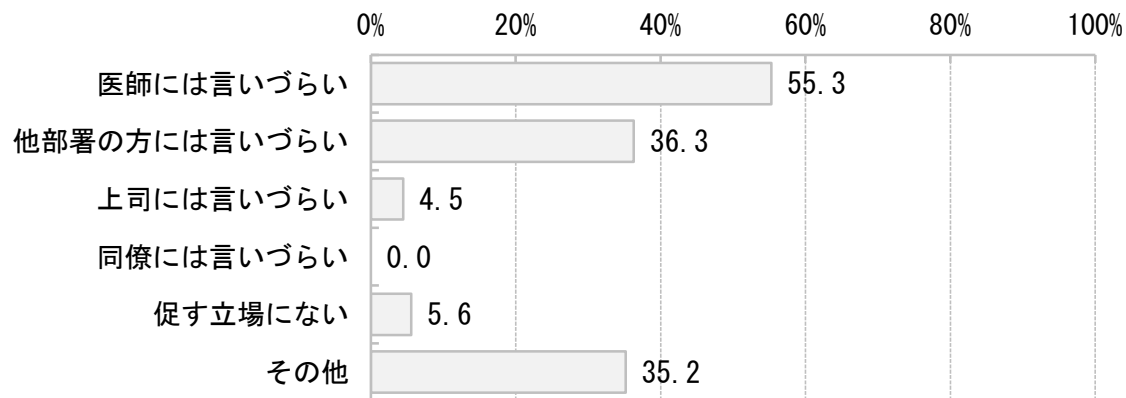


いる可能性があるとして回答した施設が20%以上であった科は整形外科と消化器外科。  
 15%以上であった科は消化器内科、その他の内科、小児科。  
 10%以上であった科は循環器内科、心臓外科、脳外科、泌尿器科。

Q33: 放射線測定器を着用していない放射線診療従事者に対して放射線測定器の着用を促していますか

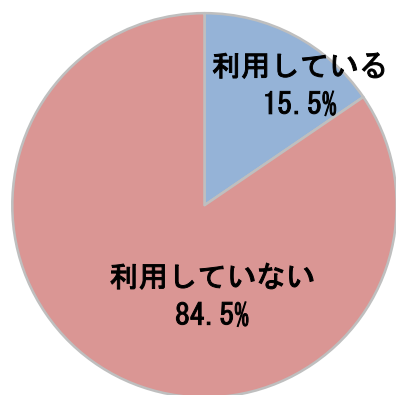


Q35: 「時々促している」、「まれに促している」または「促していない」の場合、頻繁に促せない理由は。(複数回答可)



促せない理由の多くは、医師に対する躊躇

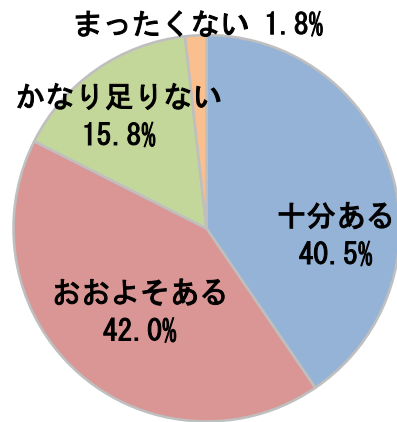
Q39: 水晶体専用の放射線測定器を利用していますか。



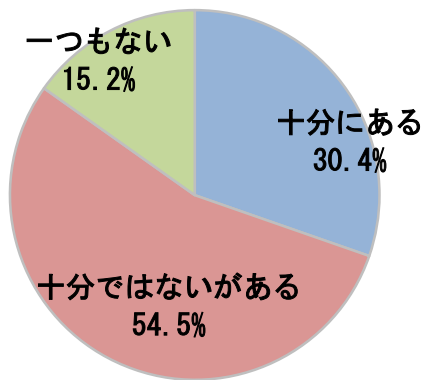
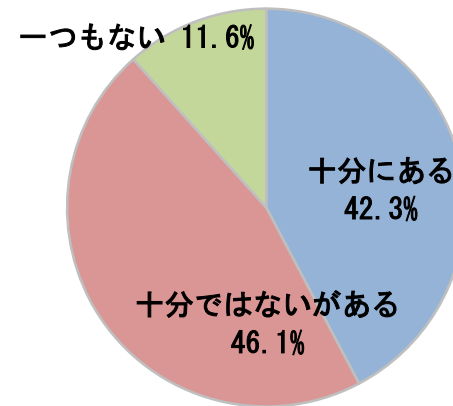
水晶体線量測定器はほとんど使われていない。

# 防護眼鏡の配備状況

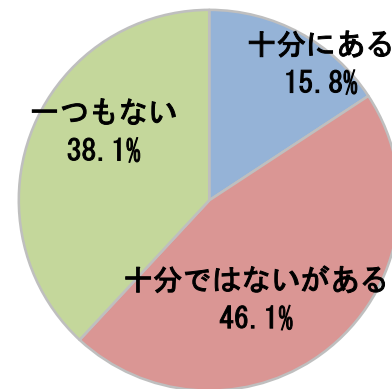
Q41: 血管系IVRを行う  
X線診療室



Q42: X線装置が  
設置されている内視鏡室



Q43: 一般X線透視室

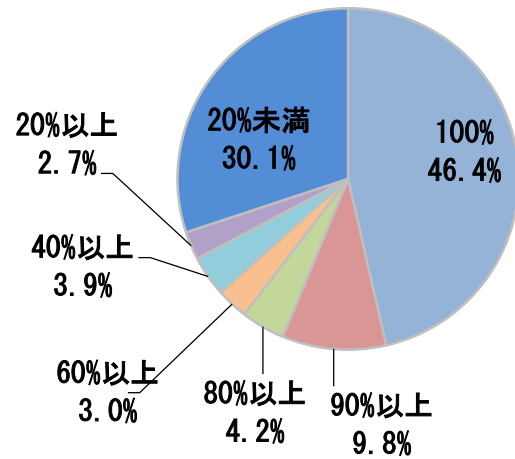


Q44: 手術室

防護眼鏡は  
十分利用されていない

# 診療放射線技師の配置率

Q46: 内視鏡室（X線装置を使った検査と治療）

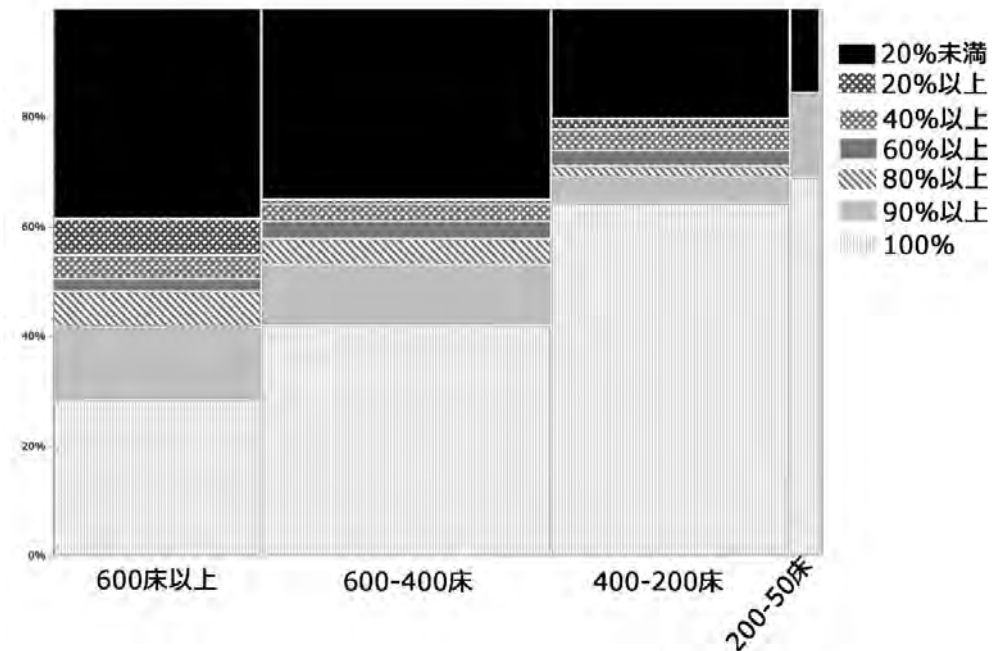


	100%	90%以上	80%以上	60%以上	40%以上	20%以上	20%未満	小計
600床以上	26	12	6	2	4	6	35	91
600-400	53	14	6	4	4	1	44	126
400-200	67	5	2	3	4	2	21	104
200-50	9	2	0	0	0	0	2	13
50以下	1	0	0	0	0	0	0	1
小計	156	33	14	9	212	68	44	335

内視鏡室における  
放射線技師の配置率が悪く、  
しかも大規模病院ほど不良になる



大規模病院ほど、内視鏡室が放射線  
科・部以外の管理となる傾向が  
あるためではないか

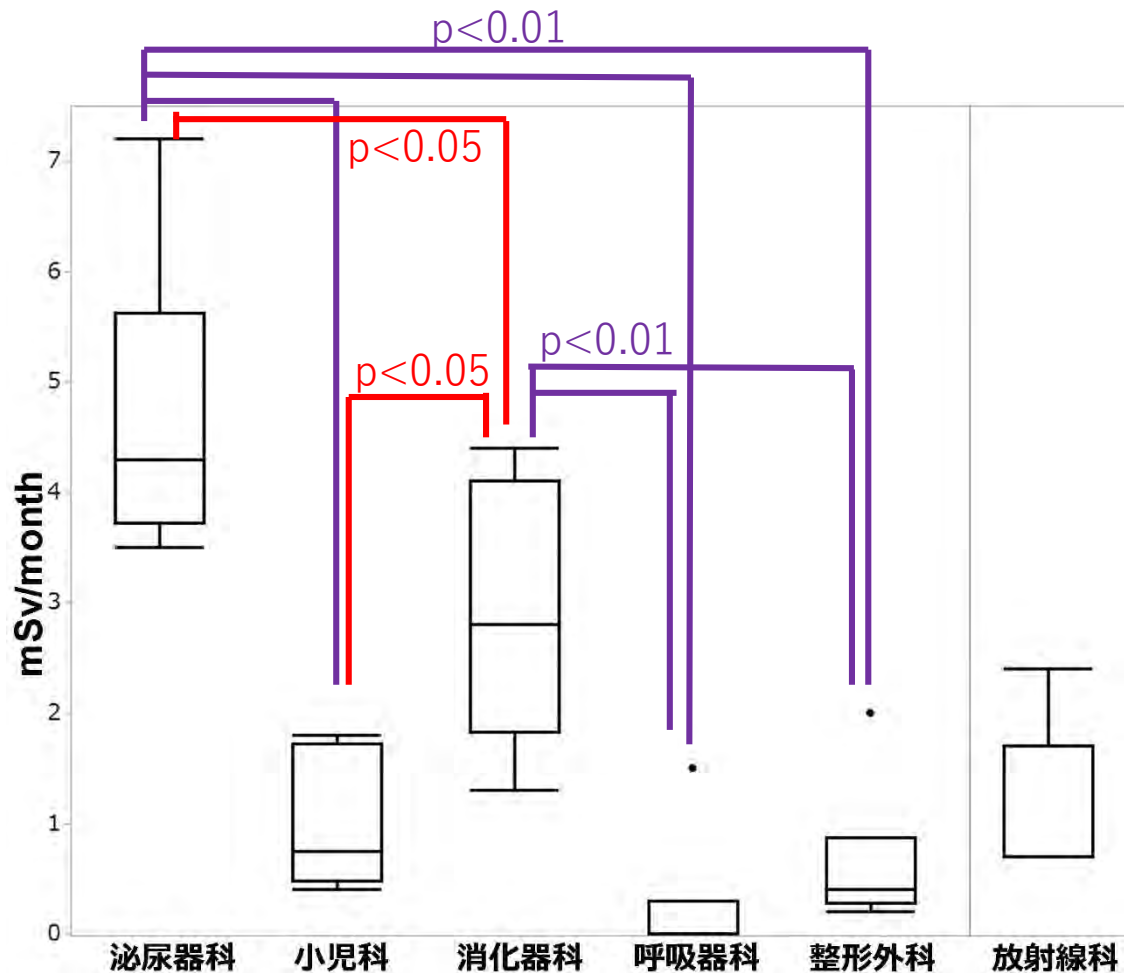




# 研究3) 医療関係者の水晶体被ばくの現状とそれに影響する要因に関する研究

- 令和2年4月より長崎大学病院において、透視を伴う業務に入る医師、技師、看護師に対して、業務毎に（個人ごとではない）水晶体線量計（DOSIRIS）を装着してもらい、作業毎の線量を測定した。
  - 例えば、透視下の整復作業を行う場合、一人目の患者を医師A、二人目の患者を医師Bが行う場合、一人目が終わった時点で、医師Aの装着しているDOSIRISを医師Bにボタンタッチするイメージ。
- 長崎大学病院では、防護眼鏡の透視室への配置は行われていたが、装着率はほぼゼロであったため、あえて介入せず未装着のまま測定を行った。
- 対象業務は泌尿器、小児科、消化器科、内科（主に呼吸器）、整形外科、及び放射線科医師。（+透視業務従事看護師、技師）
- 業務時に透視時間、月間の作業回数、および鉛エプロン上に装着したポケット線量計の線量を同時に記録した。

# 結果：防護眼鏡非着用期間の月間線量



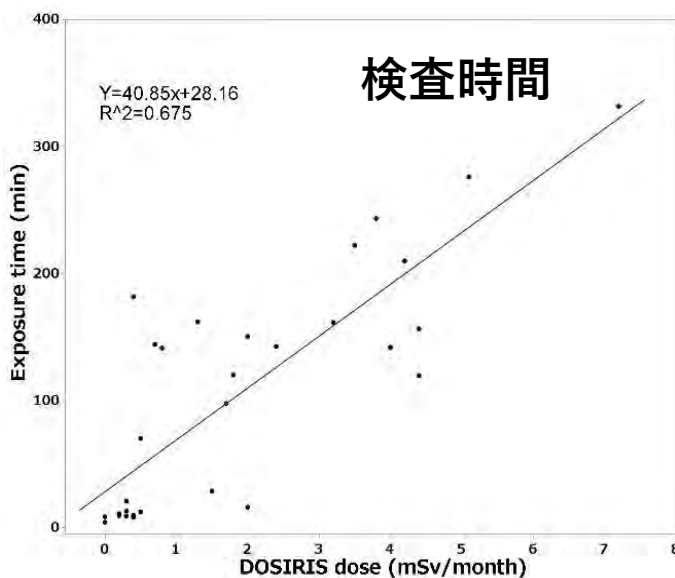
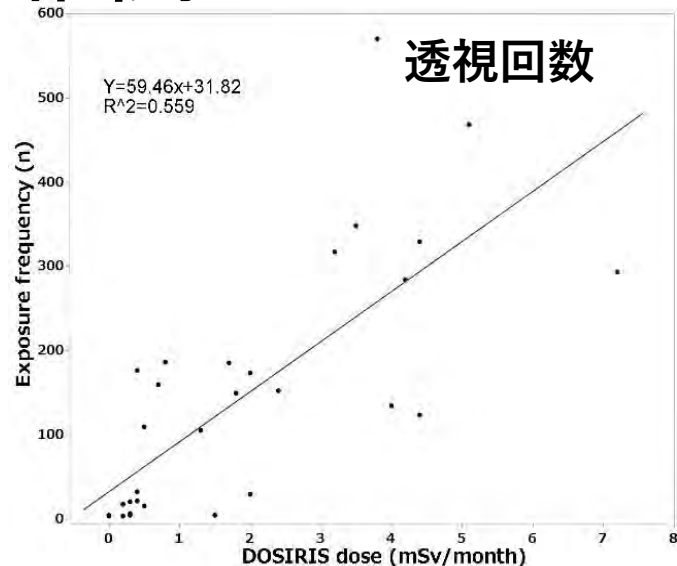
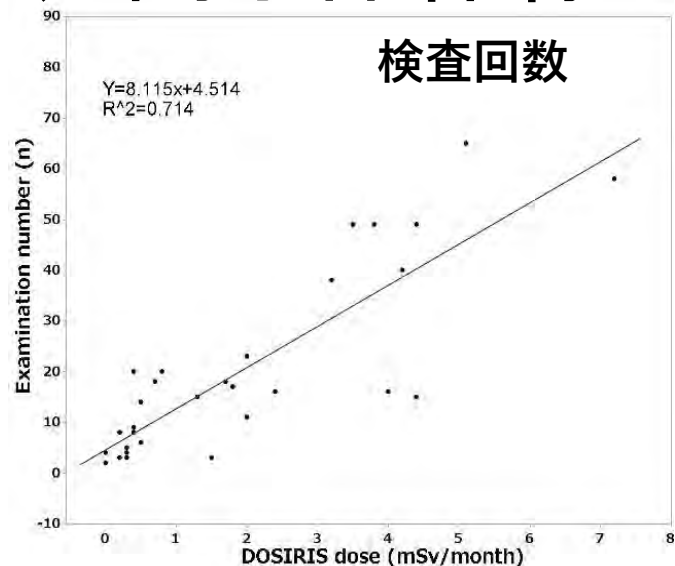
X線透視業務による水晶体被ばくは予想外に高い。

個人線量の測定ではないので、単純化はできないが、仮にこの透視業務を一人の医師が行ったとすれば、月間あたりの最大線量7.2mSv x 12月 = 86.4mSvであり、**年間50mSvを大幅に超える。**月間平均線量で計算しても、1.758mSv x 12月 x 5年 = 105.48で**100mSv/5年を超える。**

	全体	泌尿器科	小児科	消化器科	呼吸器科	整形外科	(放射線科)
平均	1.758	4.700	0.986	2.883	0.371	0.633	1.100
標準偏差	1.776	1.342	0.611	1.197	0.511	0.677	0.738
最大	7.20	7.20	1.80	4.40	1.50	2.00	2.40
中央値	0.90	4.30	0.75	2.80	0.30	0.40	0.70
最小	0.20	3.50	0.40	1.30	0.00	0.20	0.70

泌尿器科が、他科に比べて明らかに高い。  
また、消化器科も高い傾向

# 検査回数、透視回数、透視時間と 月間水晶体線量の相関



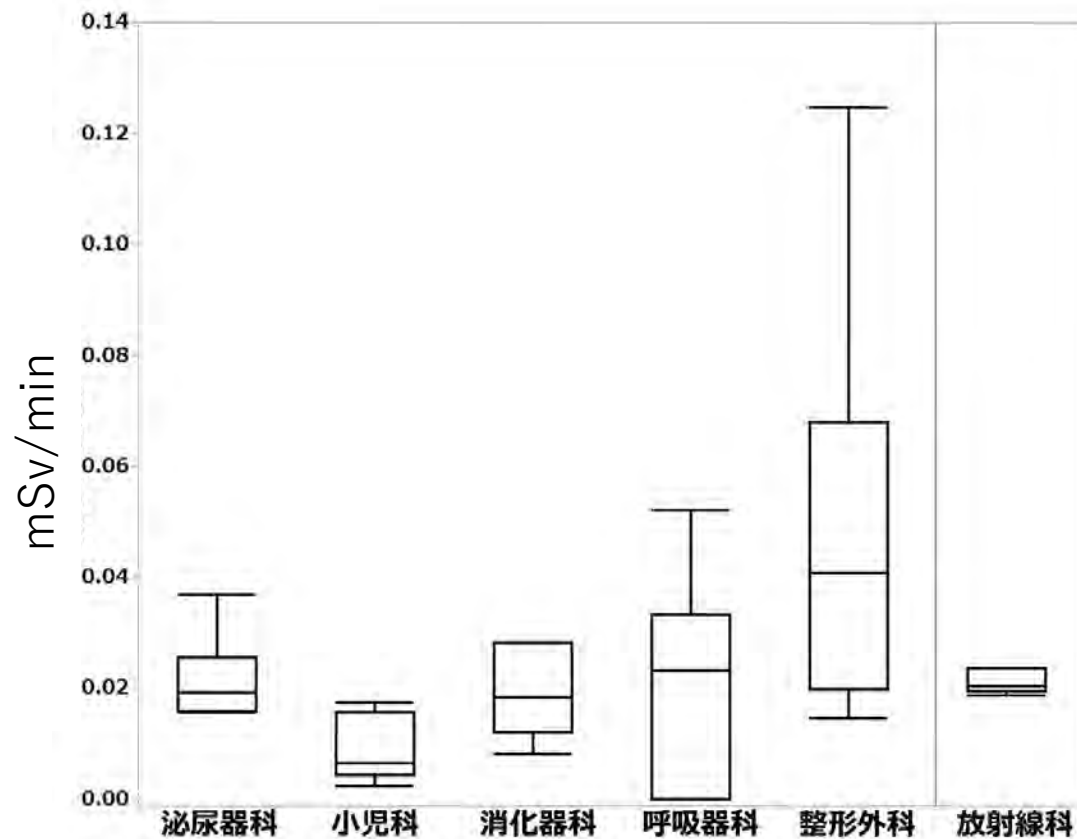
月間線量は当然検査回数等に影響され単純比較は出来ないため群間比較には、何らかの正規化が必要

検査回数・透視回数・透視時間との相関

:すべて良好な相関:

**最も相関が良いのは検査回数であったが、今回は単位透視時間あたりの線量を検討対象とした**

# 防護眼鏡非着用期間の 単位透視時間あたりの線量



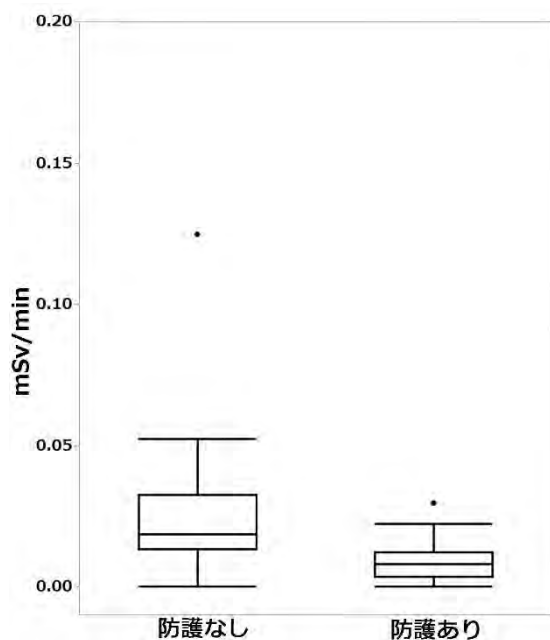
透視時間あたりの線量  
(mSv/min) :  
整形外科のみ、やや高めの値で  
あったが、科ごとの大きな差は無い。



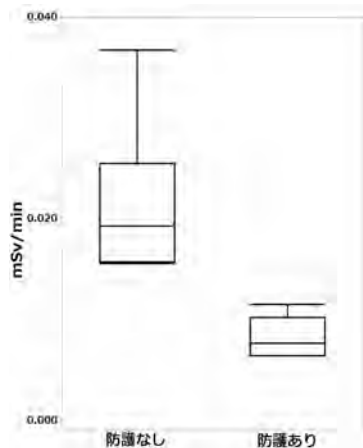
特定の科の検査のやり方に問題  
があるというわけではなく、単  
純に検査数が多いから被ばくが  
多くなるという問題である。

	全体	泌尿器科	小児科	消化器科	呼吸器科	整形外科	(放射線科)
平均	0.024	0.021	0.009	0.019	0.023	0.049	0.021
標準偏差	0.021	0.008	0.004	0.008	0.019	0.040	0.002
最大	0.12	0.04	0.02	0.03	0.05	0.12	0.02
中央値	0.02	0.02	0.01	0.02	0.02	0.04	0.02
最小	0.00	0.02	0.00	0.01	0.00	0.01	0.02

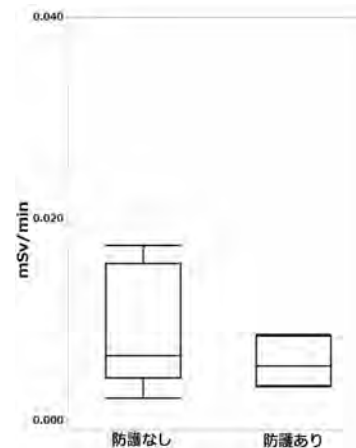
# 防護眼鏡着用の効果



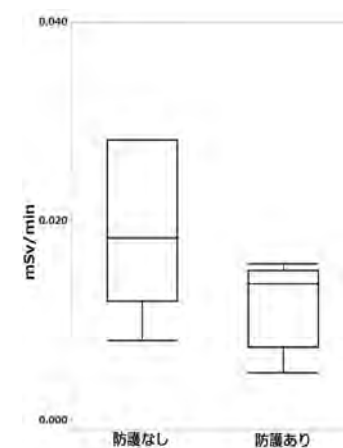
全体	防護無し	防護あり
平均	0.024	0.008
標準偏差	0.003	0.004



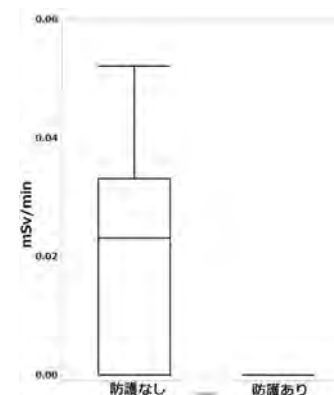
泌尿器	防護無し	防護あり
平均	0.021	0.008
標準偏差	0.008	0.002



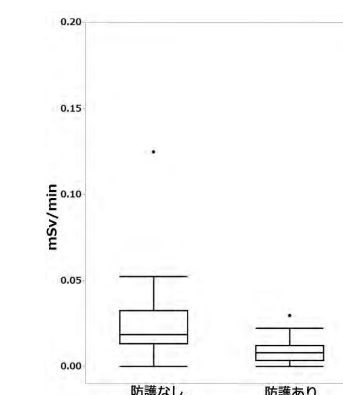
小児科	防護無し	防護あり
平均	0.009	0.006
標準偏差	0.006	0.003



消化器科	防護無し	防護あり
平均	0.019	0.008
標準偏差	0.012	0.004



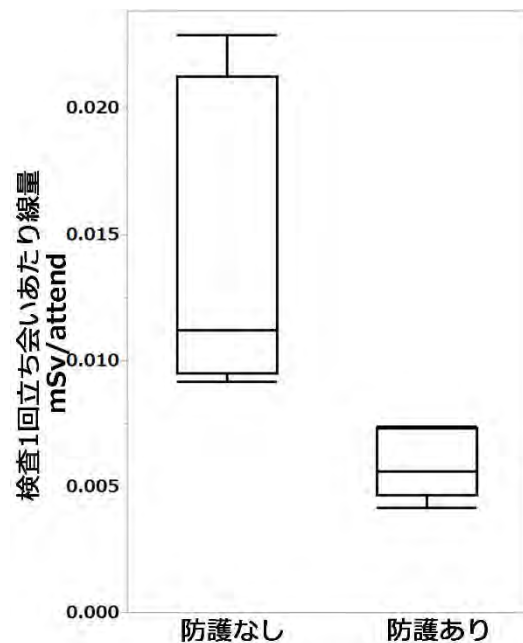
呼吸器科	防護無し	防護あり
平均	0.023	0
標準偏差	0.019	0



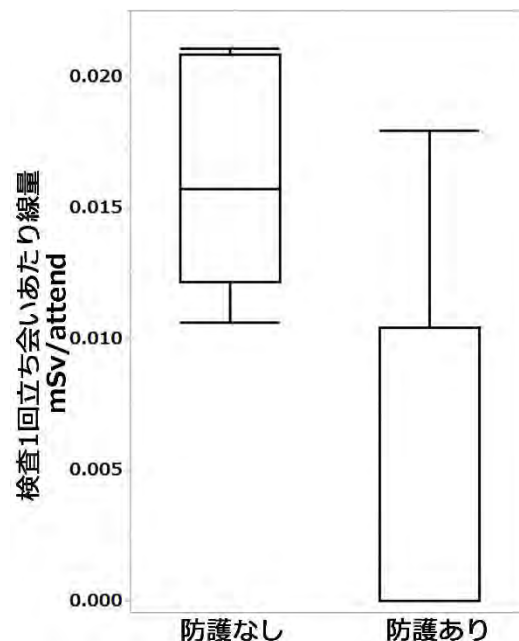
整形外科	防護無し	防護あり
平均	0.049	0.008
標準偏差	0.040	0.013

線量低下効果は明らかであり、  
半分程度に抑えられる

# 看護師・技師の被ばく



看護師/立ち会い数あたり		
看護師	防護無し	防護あり
平均	0.015	0.006
標準偏差	0.006	0.001



技師/立ち会い数あたり		
技師	防護無し	防護あり
平均	0.016	0.004
標準偏差	0.004	0.008

看護師・技師は複数の検査室にまたがって（渡り歩いて）検査の補助、立ち会いを行うため、透視時間などでの補正が困難であった。

このため検査立ち会い回数（入室回数）あたりの被ばく量で評価

- 防護眼鏡着用によって、大幅な被ばく低減が得られる。

### 3 研究の組み合わせ

- 研究 1) 看護師の被ばくが内視鏡室で高い
  - + 研究 3) 内視鏡室は大規模病院ほど放射線技師が配備されていない。
    - 大規模病院における、内視鏡室の放射線管理の状況に問題があるのではないか。
    - 内視鏡室管理への、放射線科・放射線部の積極的関与の推奨？
- 研究 2) 放射線防護眼鏡の利用率が低く、水晶体線量測定器がほとんど使われていない
  - + 研究 3) 透視業務における水晶体線量が予想外に高い。
    - 放射線防護眼鏡の利用推進と、水晶体線量測定機の推進が必要ではないか。
    - そのためのインセンティブは？

# まとめ

- 被ばく線量について
  - 医療者については群としての管理ではなく、高線量者の個別管理が重要である。
  - 診療放射線技師は、群として他の職種より高線量であるため、群としての管理が重要と思われる。
- 管理・研修状況について
  - 概ね良好であるが、水晶体線量測定器や防護眼鏡着用率はあまり良好でなく、利用推進が必要である。
  - X線を用いる内視鏡室に管理状況の問題がある可能性がある
- 水晶体線量実測について
  - 透視業務に伴う水晶体線量は予想を超えて高く、線量限度の遵守に困難がある可能性がある。
  - 防護眼鏡着用は線量低減に有効性が高い。



- 被ばく線量について：2020，2021年データ収集予定。
- 管理・研修状況について：電離則改訂後本年度中の再調査予定



令和3年度第1回放射線防護分野研究班合同連絡会議

厚労科研 労災疾病臨床研究事業費補助金 (2020年度から3年間)

眼の水晶体の放射線防護に資する機材開発推進  
および被ばく低減のための多角的研究  
(千田班)

**2021/5/31(月)**

## 眼の水晶体の放射線防護に資する機材開発推進および被ばく低減のための多角的研究(千田班)

所属機関・部局・職名	氏名	分担する研究項目
東北大学・災害科学国際研究所・教授	千田 浩一 (代表)	研究調査デザイン、研究統括など
産業医科大学・産業生態科学研究所・准教授	盛武 敬	放射線被曝防護の実態評価など
国際医療福祉大学・医学部・教授	赤羽 正章	防護眼鏡改良研究など
金沢医科大学・眼科学講座・教授	佐々木 洋	白内障調査など
和歌山県立医科大学・眼科学講座・教授	雑賀 司珠也	白内障調査など
岩手医科大学・眼科学講座・主任教授	黒坂 大次郎	白内障調査など
九州大学・医学研究院・教授	藤淵 俊王	放射線防護教育など
量子科学技術研究開発機構・量子医学医療部門放射線医学総合研究所・研究統括	赤羽 恵一	放射線防護教育など

研究協力者: 櫻田尚樹 教授 (産業医科大学 産業保健学部 産業・地域看護学講座)

# 公募研究課題の概要等（放射線影響研究分野）

## 研究の背景及び目標

- 放射線審議会は、平成30年3月2日に「眼の水晶体に係る放射線防護の在り方について（意見具申）」を取りまとめた。令和元年9月24日「眼の水晶体の被ばく限度の見直し等に関する検討会」は報告書を取りまとめ、国は放射線防護眼鏡等の放射線防護機材による防護能力の強化などのための開発を推進するための支援を行うことが望ましいとされた。
- 本研究は、さらなる労働者の被ばく低減を図るため、放射線防護機材に求められるニーズ等の情報を収集し、今後の機材開発に資する検討を行うことを目的とする。

# 公募研究課題の概要等（放射線影響研究分野）

## 求められる成果

- 放射線防護機材の利用者のニーズや国内外の開発上の技術的課題等の情報について調査・収集し、その結果を分析する。
- 分析結果を踏まえ、多角的視点から、放射線防護機材の開発に資する検討を行い、体系的に取りまとめる。
- その他、放射線防護機材の開発の推進に資する研究を行う。

## 研究の目的と目標（千田班）

- 水晶体の新等価線量限度取入れ運用に際し医療分野は特に課題が多い。医療従事者（スーパードクターを含む）が受けている眼の水晶体被ばくの防護状況の実態を詳細に把握する。医療施設労働者の水晶体被ばく低減を図るため、放射線防護機材に求められるニーズ等の情報を収集し、今後の機材開発に資する検討、すなわち機材開発の推進のための課題整理を行うことを目的とする。
- 放射線防護機材の技術的課題等の情報調査・収集に関して臨床研究を1年目、2年目を中心に実施。更に放射線防護機材の改良等に関する研究及び水晶体線量計等の改良等に関する研究を2年目-3年目に実施。
- 並行して関係学会及び団体との連携研究および国内外の開発上の技術的課題等の情報について調査・収集を行う。
- 分析結果を踏まえ、多角的視点から、放射線防護機材の開発等に資する検討を行い、体系的に取りまとめる。同時に産業保健的なアプローチ、すなわち上流側であるX線発生源の低減対策についても提案する。

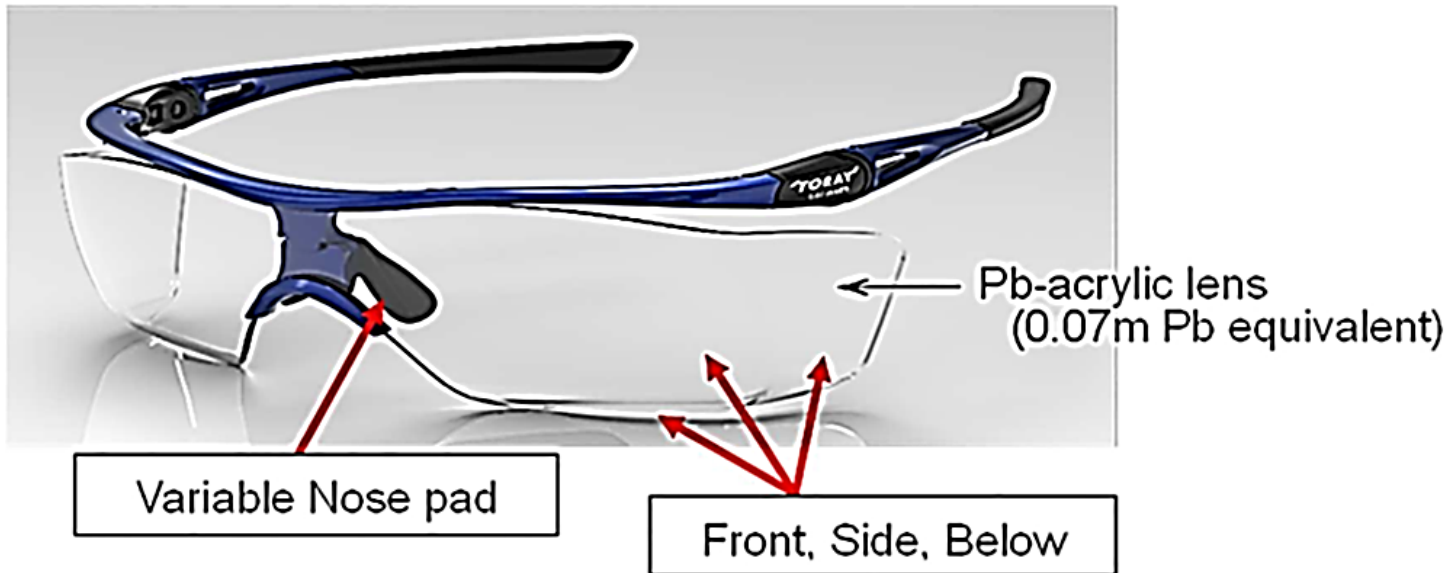
## 【期待される効果】（千田班）

- 医療施設の労働者の水晶体被ばく低減を図ること、そして水晶体の放射線防護に資する機材の製品開発のための課題整理、求められる水準を提示することができる。すなわち放射線防護機材の開発推進のための課題を整理できる。（成果を活用して実際の開発そのものは民間が実施する。）
- 医療分野で放射線を取り扱う様々な作業での水晶体被ばくを網羅的に扱い、水晶体被ばくのおそれのある放射線業務従事者の線量管理の方法と被ばく低減対策を取りまとめる。
- 放射線源との距離や角度が変化することで、最も被ばくする身体の部位が変化し、保護具の期待する防護効果が得られなくなるおそれがある作業について、その作業中における被ばく線量のリアルタイム実測や保護具使用状態等の詳細な結果を基に、放射線防護機材の製品開発の為に課題整理や被ばく防護方法を検証する。
- 個人用保護具をはじめとした、対応できる製品のラインナップ拡充を支援する環境を作り、それら製品を、それぞれの環境下で、どのような用途での使用を推奨するのか、推薦作業（作業シチュエーション）、被ばく低減レベルなどに関する表示を添付文書に付すこと等の規格化を推進し、求められる水準を提示する。
- 医療従事者の白内障（水晶体混濁）の実態を明らかにし、潜在的な防護策の必要性を模索できる。
- 医療従事者（スーパードクターを含む）が受けている眼の水晶体被ばく線量に関する報告は、極めて限られているため、本申請課題によって、防護状況も含めて多くの追加情報を収集解析することができる。
- 以上から、水晶体放射線防護機材の利用者ニーズや国内外の開発上の技術的課題等の情報について調査・収集分析し、多角的視点から、放射線防護機材の開発に資する検討を行い、体系的に取りまとめる。

2020年度（初年度）の成果

## **千田班成果の抜粋**

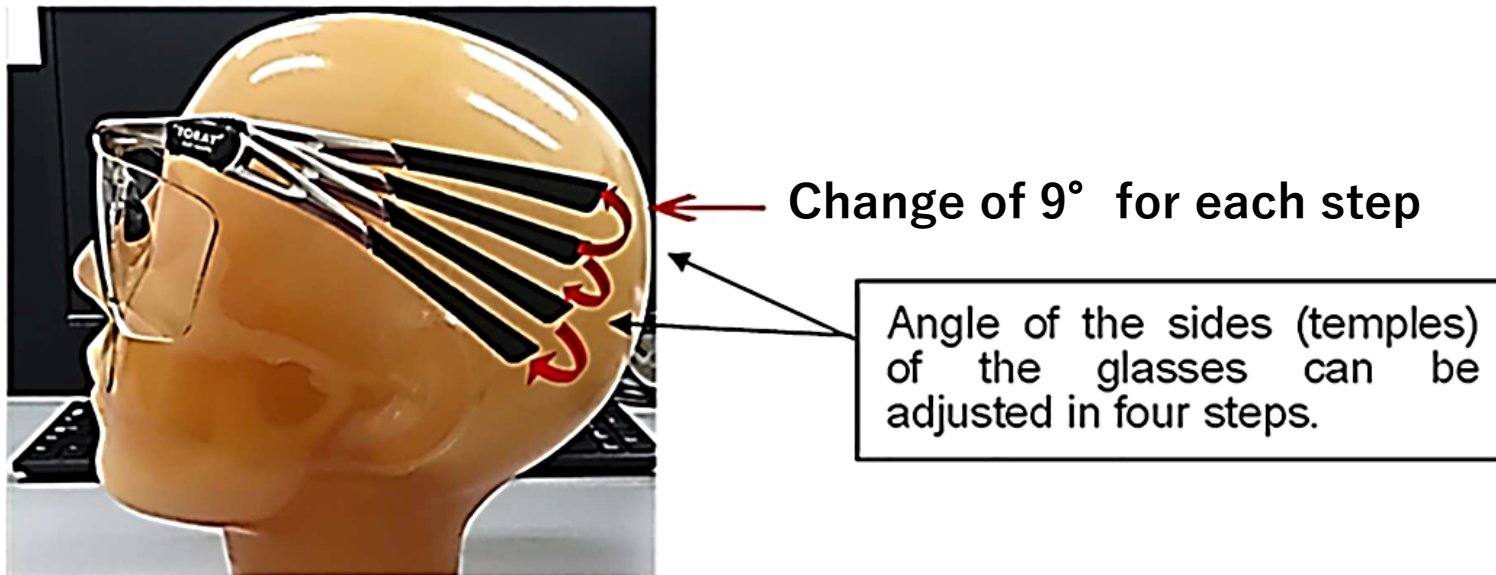
(a)



# Pbメガネの改良

## 新型0.07mmPbメガネの初期臨床評価

(b)



Evaluation of novel X-ray protective eyewear in reducing the eye dose to interventional radiology physicians.  
*Journal of Radiation Research*, 2021, 62(3):414-419  
doi: 10.1093/jrr/rrab014



# Pbメガネの改良 mSv/月

## 新型0.07mmPbメガネの初期臨床評価

Table 2. Summary of the results of our 7-month study

Physician no.	Inside dose [Hp(3)] (mSv)	Outside dose [Hp(3)] (mSv)	Shielding effect (%)
1	1.04 ± 0.17	2.64 ± 0.3	60.9 ± 2.43
2	0.80 ± 0.38	1.97 ± 0.85	59.61 ± 2.93
3	0.17 ± 0.09	0.44 ± 0.28	60.13 ± 5.12
4	0.59 ± 0.18	1.61 ± 0.41	63.36 ± 3.23
5	0.50 ± 0.22	1.31 ± 0.60	58.85 ± 4.12
6	1.04 ± 0.33	2.76 ± 0.93	60.81 ± 1.06
7	0.45 ± 0.2	1.14 ± 0.51	61.83 ± 0.77
Average ± SD	0.66 ± 0.30	1.70 ± 0.77	61.4 ± 1.91

Results are presented as the mean ± standard deviation (SD) of the monthly averages.

# Pbメガネの改良 年間推定線量mSv

新型0.07mmPbメガネの初期臨床評価

Table 3. Estimated annual dose to the lens of the eye

Physician no.	Inside dose [Hp(3)] (mSv)	Outside dose [Hp(3)] (mSv)
1	12.5 ± 2.0	31.7 ± 3.6
2	9.6 ± 4.6	23.6 ± 10.2
3	2.0 ± 1.1	5.3 ± 3.4
4	7.1 ± 2.2	19.3 ± 4.9
5	6.0 ± 2.6	15.7 ± 7.2
6	12.5 ± 4.0	33.1 ± 11.2
7	5.4 ± 2.4	13.7 ± 6.1
Average ± SD	7.9 ± 3.9	20.3 ± 10.0

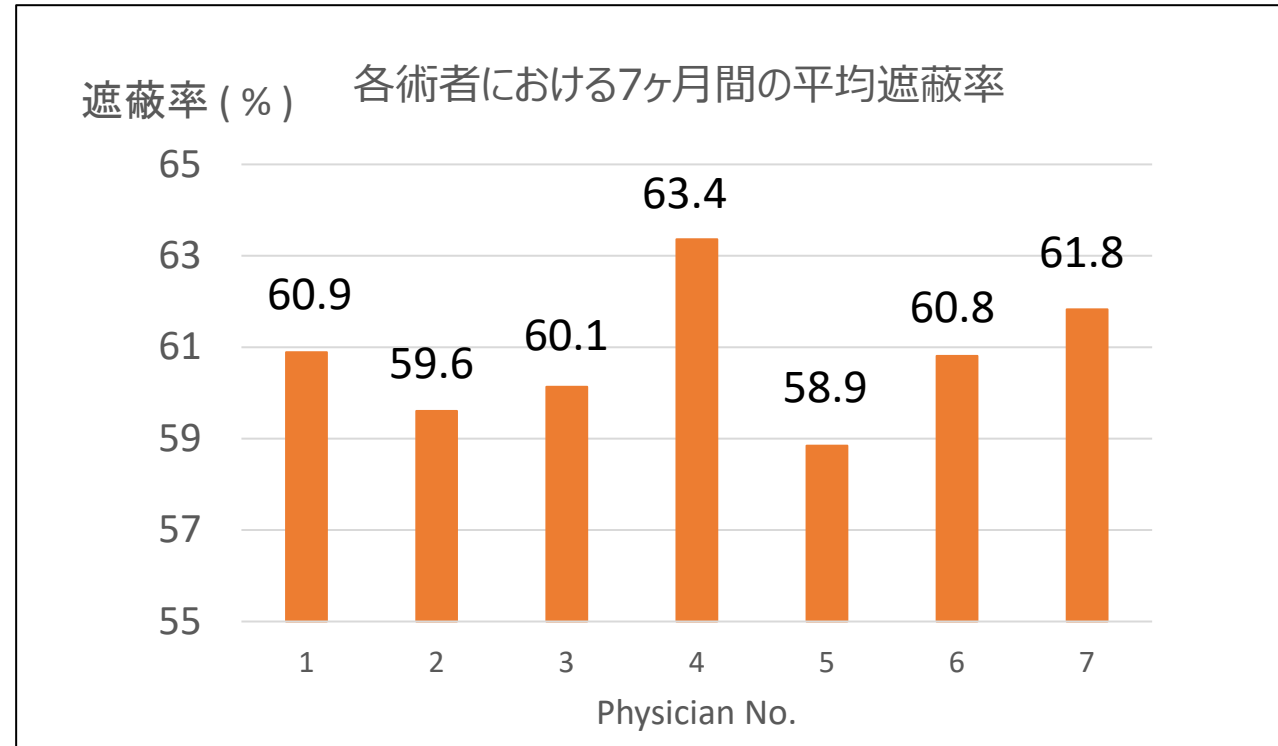
Evaluation of novel X-ray protective eyewear in reducing the eye dose to interventional radiology physicians.

*Journal of Radiation Research*, 2021, 62(3):414-419

doi: 10.1093/jrr/rrab014

# 新型0.07mmPb（角度調節あり）

測定対象：IVR担当医7名, 7ヶ月間



⇒全術者の平均遮蔽率は**61.4%**  
最高遮蔽率は63.4%, 最低遮蔽率は58.9%であった。

# 新型0.07mmPbメガネ（角度調節あり）

- 特に形状が改良された新たな0.07mmPb防護眼鏡は従来型眼鏡と比較し遮蔽率が向上
- ただし、不十分。（まだ改善の余地あり）

# リアルタイム分析 (IVR従事者被曝)

- 新型リアルタイム線量計(i3)の基礎検討
- 新型リアルタイム線量計を用いた初期臨床測定

IVR従事者等の防護具使用状態や被曝線量等をリアルタイムに評価分析

# リアルタイム分析 (IVR従事者被曝)

旧タイプ：RaySafe i2



- 新型リアルタイム線量計(i3) RaySafe i3

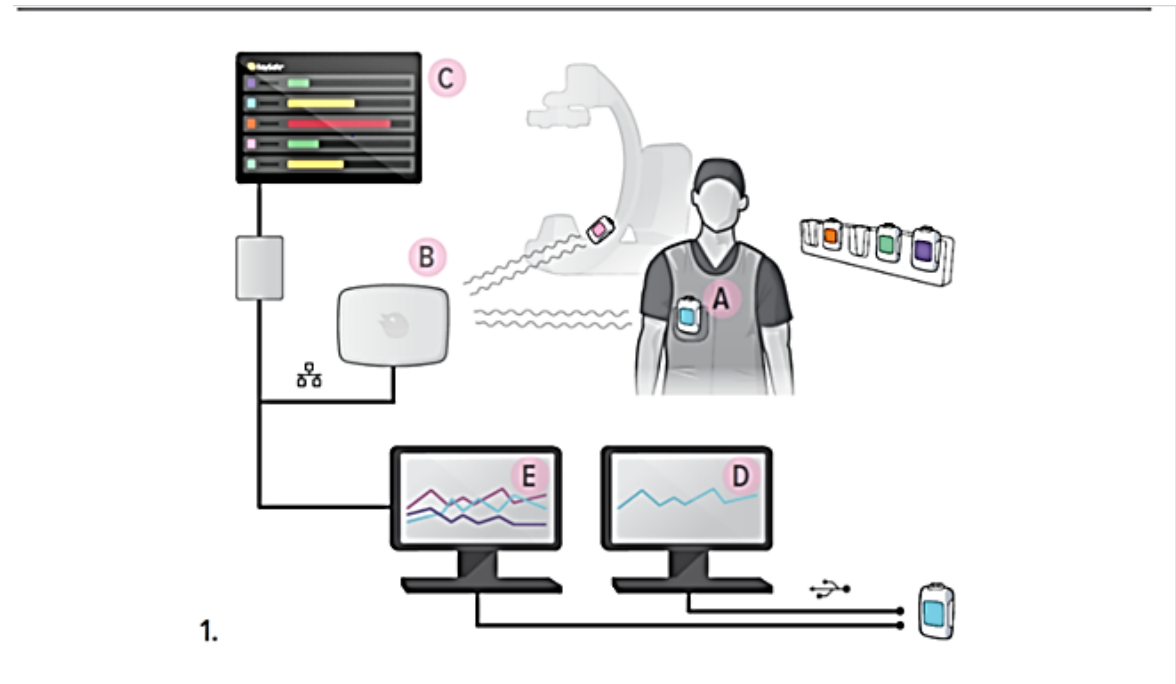
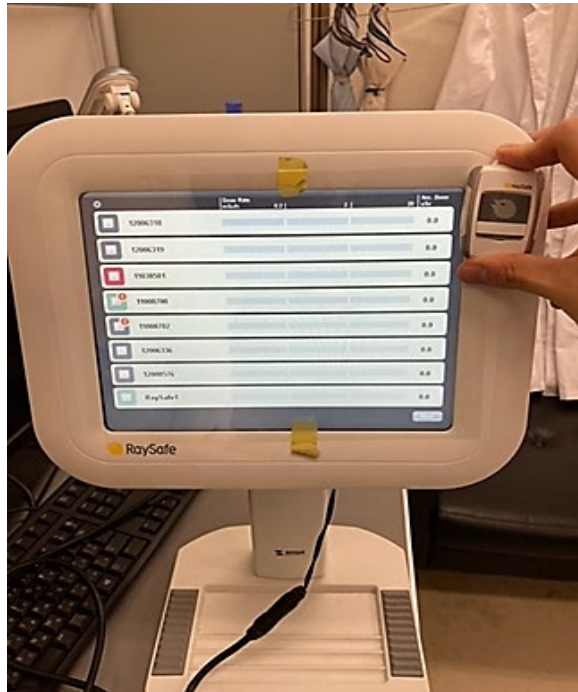
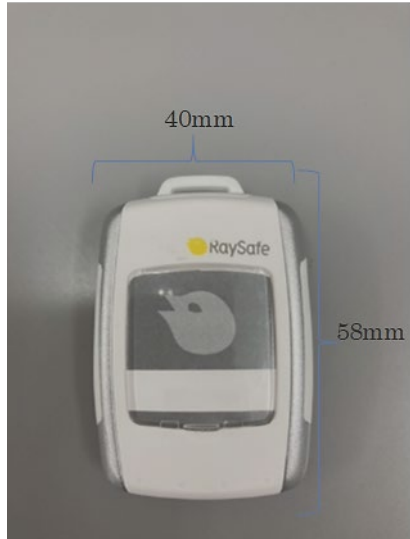


Fig.3(RaySafe i3 システム)

# リアルタイム分析 (IVR従事者被曝)

新型リアルタイム線量計の基礎的検討

1. 安定性
2. 管電圧依存性
3. 線量依存性
4. 線量率依存性
5. 電波特性
6. 角度依存性
7. 後方散乱
8. 透過率
9. パルス透視応答 など

**新型リアルタイム線量計(i3)の基本特性は良好！**

# リアルタイム分析 (IVR従事者被曝)

- 新型リアルタイム線量計の基礎的検討
- **新型リアルタイム線量計による臨床測定  
(初期調査)**

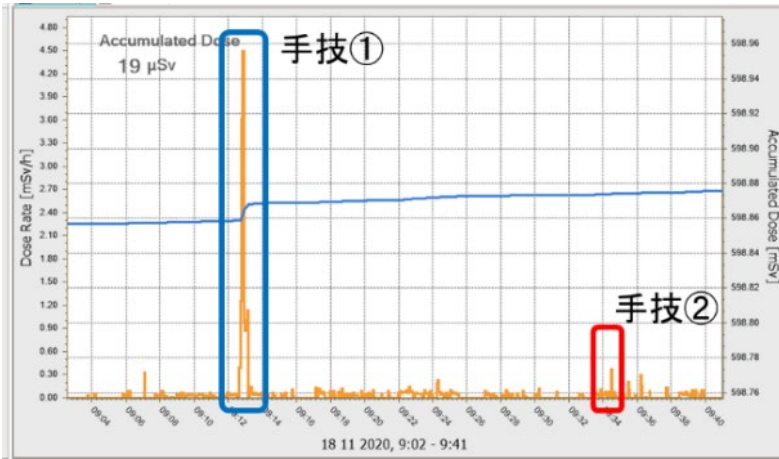
*IVR従事者等の防護具使用状態や被曝線量等を  
i3にてリアルタイムに評価分析*



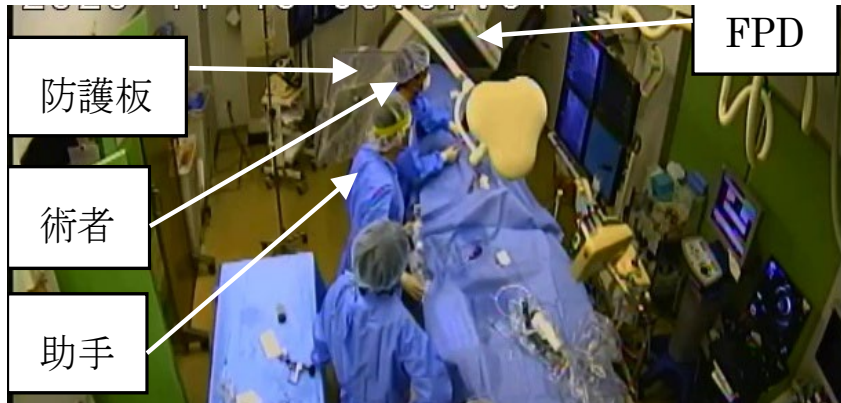
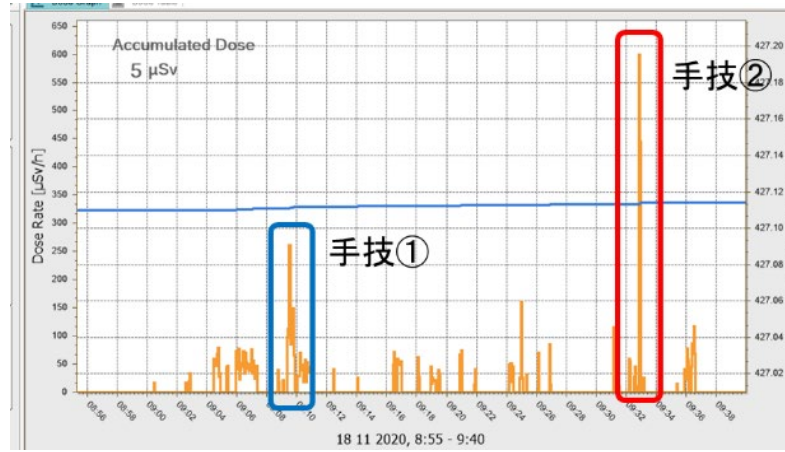


# 新型リアルタイム線量計による臨床測定（初期調査）

術者**水晶体**の線量

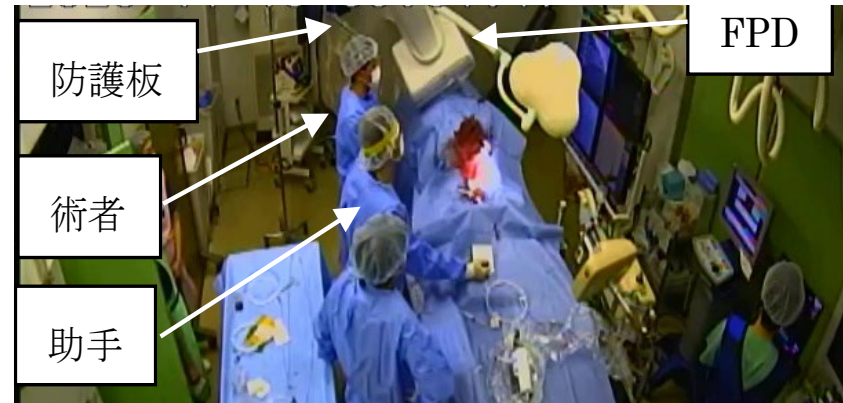


術者**頸部**の線量



## 手技①：LAO45

RAO30からLAO45に変え寝台を奥に動かしたとき、これに伴い術者が少し前に動くため、防護板から外れ、特に水晶体線量が高い。



## 手技②：CAU30+RAO

CAU30 (+RAO) に変えたとき水晶体よりも頸部線量が増加。水晶体線量が低めの理由は、FPDによる遮蔽効果が加味されたと思われる。

# 新型リアルタイム線量計による臨床測定（初期調査）

- 照射方向がLAO： 術者水晶体（頸部も）高線量
- CAU30（+RAO）：頸部線量が増加
- 照射野への接近（前かがみなど）：線量増加

などなど

**今後、臨床測定を本格化**



# 放射線防護機材の技術的課題等の情報について調査・収集: 【IVRスタッフの白内障調査研究】

日本脳神経血管内治療学会  
(JSNET) にて、白内障調査を  
主とする眼科検診を実施



▶ ホーム

▶ 会長挨拶

参加者へのご案内

## 13. 水晶体混濁調査企画「白内障調査キャンペーン」

日時: 11月19日(木)～11月21日(土)

会場: 京都国際会館 5F Room: 509・510

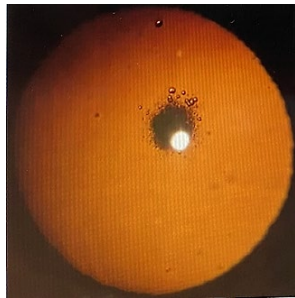
放射線被ばくが眼の水晶体の混濁を誘発し、年月を経て白内障に進行することが知られています。2021年4月から施行される水晶体等価線量限度の引き下げについては、これまでの長年の疫学調査により、白内障のしきい線量が0.5 Gyに引き下げられたことに端を発しておりますが、生物学的には必ずしも被ばく線量との関連性が明確に証明されているわけではありません。

そこでJSNET放射線防護委員会では、この放射線白内障に係る永年の命題に取り組むとともに、電離則改正に向けた従事者被ばく意識の向上を兼ねて、JSNET学術総会会場での無料白内障調査キャンペーンを実施する運びとなりました。厚労省労災疾病臨床研究事業(研究期間:令和2～4年度、研究代表:東北大学千田浩一教授)の一環として、日本白内障学会の全面協力のもと、眼科専門医による、高性能の検査機器を用いた調査を実施します。学会期間中、医師・看護師・診療放射線技師などの職種や被ばく履歴にかかわらず、全ての学会関係者を対象に調査を実施しておりますので、ご自身の眼の健康管理のためにも是非ご利用下さい。

申し込みはこちら

# 【IVRスタッフの白内障調査研究】

日本脳神経血管内治療学会  
(JSNET) にて、白内障調査を  
主とする眼科検診を実施



予約制  
無料

# 放射線白内障調査

眼科専門医があなたの水晶体の健康をチェックします

2020年

国立京都国際会館 Room 509・510

11月19日 木 8:30-17:00

11月20日 金 8:30-17:00

11月21日 土 8:30-14:00

予約は  
1時間前  
で終了

調査への参加条件

- ・ 眼内レンズを装着していない方
- ・ 医師、診療放射線技師、看護師、他
- ・ 被ばく歴の調査に御協力いただける方

1st STEP 予約を入れて、書類をダウンロード

予約サイト <http://www.XXX.XXX.XXX>

2nd STEP 書類に記入後、印刷して会場にお持ち下さい

- 「IVR従事者の白内障調査」の研究への参加について（同意書）
- 被ばく線量構築のためのアンケート

3rd STEP 会場にお越し下さい

問診を含めて検査には1時間程度かかります。散瞳により数時間は手許が見づらい状態が続きます。自動車の運転はお控え下さい。

4th STEP 後日、個人被ばく線量調査にご協力下さい

書類をメールでお送りしますので、署名・押印して御返送下さい。

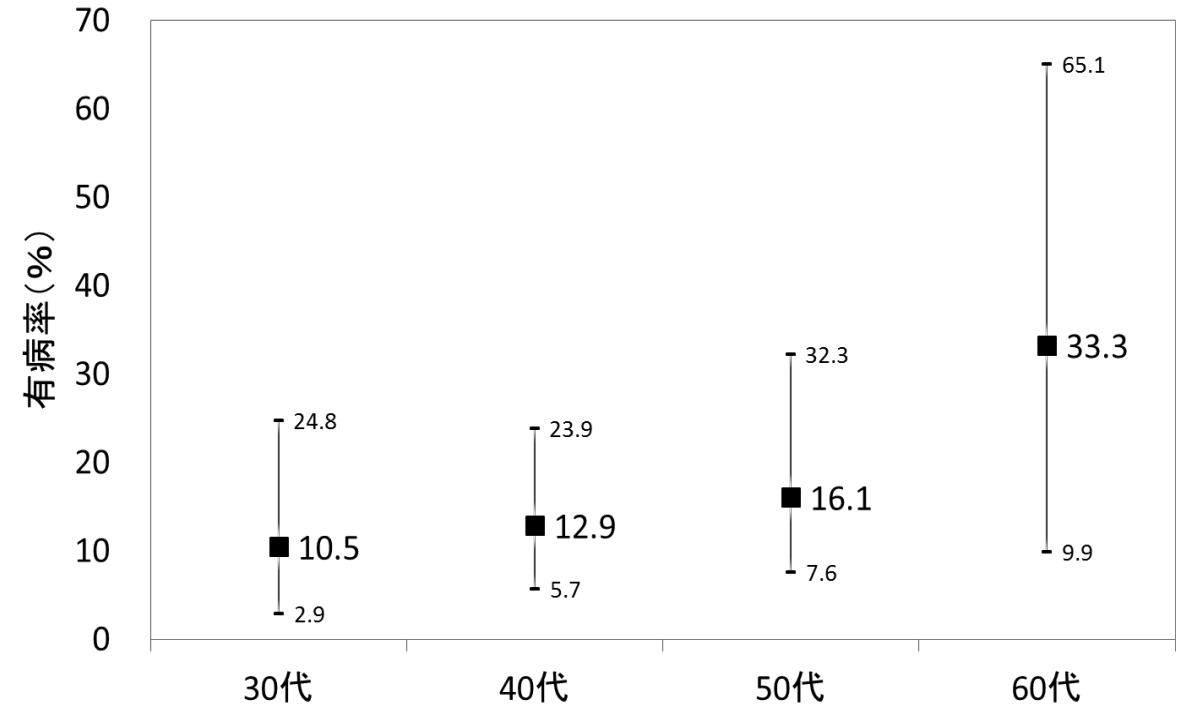
本調査は、厚労省 労災疾病臨床研究事業（代表：東北大学千田浩一）の一環として実施されます

お問い合わせ

JSNET放射線防護委員会  
事務局 盛武 敬

# 【IVRスタッフの白内障調査研究】

			(人)	(%)
年代	～39歳		23	27.4
	40～59歳		55	65.5
	60～歳		4	4.8
性別	男性		77	91.7
	女性		7	8.3
職種	脳神経外科医	専門医	21	25.0
		指導医	29	34.5
		非指導医	14	16.7
	診療放射線技師		13	15.5
	その他(未記入含む)		7	8.3



後囊中心微小混濁の年代別有病率

結果の詳細は現在解析中

継続して白内障調査を実施予定

# 放射線防護機材の改良等に関する研究：防護眼鏡改良研究

## ZERO-GRAVITYの遮蔽効果



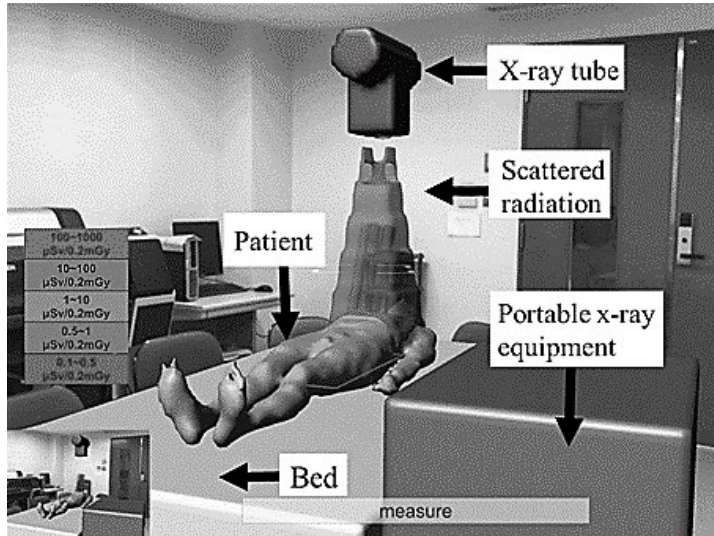
ZERO-GRAVITYの散乱線に対する遮蔽効果：  
ファントム実験にて、ZERO-GRAVITYの線量低減率93%

ZERO-GRAVITYの臨床使用経験：  
ZERO-GRAVITYは天吊りによる身体的負担が大きく軽減！  
しかし支柱可動範囲による行動範囲制限がある

高い遮蔽効果と身体的負担軽減を維持したまま、使いにくさを改善した次世代のデバイス開発が期待される。

# 放射線防護教育研究:教材開発研究

## 放射線診療従事者向け放射線防護教育コンテンツの開発



拡張現実（Augmented Reality、AR）を用いて散乱線を現実空間に可視化した教材を開発。

### ARを用いた教材：

散乱線の分布を立体的に実際に近い大きさで可視化可能  
実際の位置関係で任意の場所で観察ができてリアリティある  
特別な装置を必要とせず、タブレット端末さえあれば簡単に  
現実空間に投影することができる



(f)



(g)

今回は病棟撮影時の散乱線の挙動を可視化する放射線防護教育用のアプリケーションを開発

今後、血管造影IVRについて開発する



Nishi K, Fujibuchi T, et al. Development of an application to visualise the spread of scattered radiation in radiography using Augmented Reality. *J Radiol Prot.* 2020 Oct 14. doi: 10.1088/1361-6498/abc14b.

# 各研究班研究成果物の連携した利活用について

各研究班の動向を見ながら、これから検討いたします。  
(例えば、「成果の共同声明発表」など)



厚生労働省労災疾病臨床研究事業費補助金  
放射線防護分野研究班合同連絡会議（令和3年5月31日, Zoom会議）

研究課題名（課題番号）:

放射線防護マネジメントシステムの適用と課題解決に関する研究（210501-01）

UNIVERSITY OF OCCUPATIONAL AND ENVIRONMENTAL HEALTH

研究事業予定期間:

令和3年4月1日から令和6年3月 31日まで（3年）

産業医科大学 産業保健学部

櫻田尚樹 & 労災疾病臨床研究事業研究班

# 旧・研究班概要

## 水晶体線量限度の規制取入れに対する要件

1. 被ばく実態の把握(盛武、千田、古渡を中心に)
  - 医療分野
  - 工業分野
  - 原子力分野
  - 学術分野
2. 水晶体線量評手法の標準化(盛武、千田、古渡、山口)
  - 現行の踏襲
  - 新基準の導入
  - 測定技術
3. 個人モニタリングおよび防護の最適化(全員)
  - 防護の最適化
  - 過剰なモニタリングの除外
  - 水晶体モニタリング実務の標準化
4. 放射線誘発白内障の実態、海外での法規制の現状把握
5. 労働衛生上の課題の整理(森、古渡、小野、山口、志村、樺田)

## 解決すべき課題及び研究計画

・医療施設:IVRを中心とした現場での線量評価と医療実施との最適化  
・原子力・加速器施設・除染作業;β線に対する現行の線量評価手法の妥当性確認  
＜課題克服のための研究開発＞  
→ 開発済み線量評価手法を比較し、妥当な線量評価手法を提案

＜課題＞  
・β線に対する適切な線量評価  
・保護眼鏡等の検証  
＜課題克服のための研究開発＞  
→ β線に対する線量計試作開発  
→ 3mm個人線量当量による評価手法の適応可能性確認

＜課題＞  
合理的で一義的な水晶体追加モニタリング判断基準が無い  
＜課題克服のための研究開発＞  
→ 不均等被ばくに適応し、対応可能か確認

＜課題＞  
労使を始め、各ステークホルダーが協働できる最適化を踏まえたエビデンスの確立  
＜課題克服のための研究開発＞  
→ 国際情勢、国内外の法規制の確認

## 期待される成果

1. 被ばく実態の把握  
水晶体被ばくの特徴を把握し、線量評価手法及び最適な追加モニタリング手法設定に資する。
2. 水晶体線量評手法の標準化  
特に医療分野におけるIVR、およびβ線被ばくに対する水晶体評価手法について提案する。
3. 最適な個人モニタリング手法  
最適な放射線防護を提供可能な、標準的水晶体モニタリング判断基準を提供する。
4. 放射線業務・診療の支障を避け最適化をはかる。

# 調査方法

## 使用装置

- 血管造影装置:10台
- 透視装置:5台

## 防護方法

- 防護眼鏡:4種類
- 天吊型防護板:3種類
- 寝台下防護カーテン
- RADPAD®
- 透視の際の正面/側面同時照射の低減
- 透視モードの適切な選択/切り替え (15→7.5fpsに変更)
- 撮影時の室外退避
- 透視視野絞り

線量計:蛍光ガラス線量計(GD-352M, 千代田テクノル:図1)

線量計発送・回収:50本(10回分)をワンセットとしケースに入れて郵送

測定部位:防護眼鏡左/右両側の内/外両面(計4カ所)に線量計を貼付して測定(図2,図3)

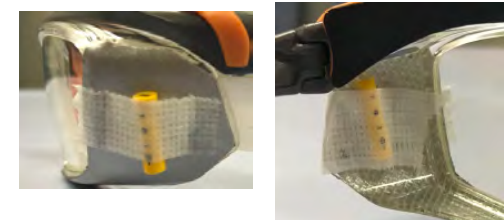
図1



図2



図3



## 介入前



天吊型防護板を用いているが使用方法が適切ではない。

## 介入後



天吊型防護板を正しく使用している。

# 多重放射線防護の策定 バックバルブマスクの延長チューブ使用



延長チューブ 無し



延長チューブ (20 cm) 有り

- 放射線低減率: 31%
- 患者観察は容易に行える
- バックバルブマスクに装着するだけで距離が取れる

# 個人被ばく線量計装着率調査集計結果

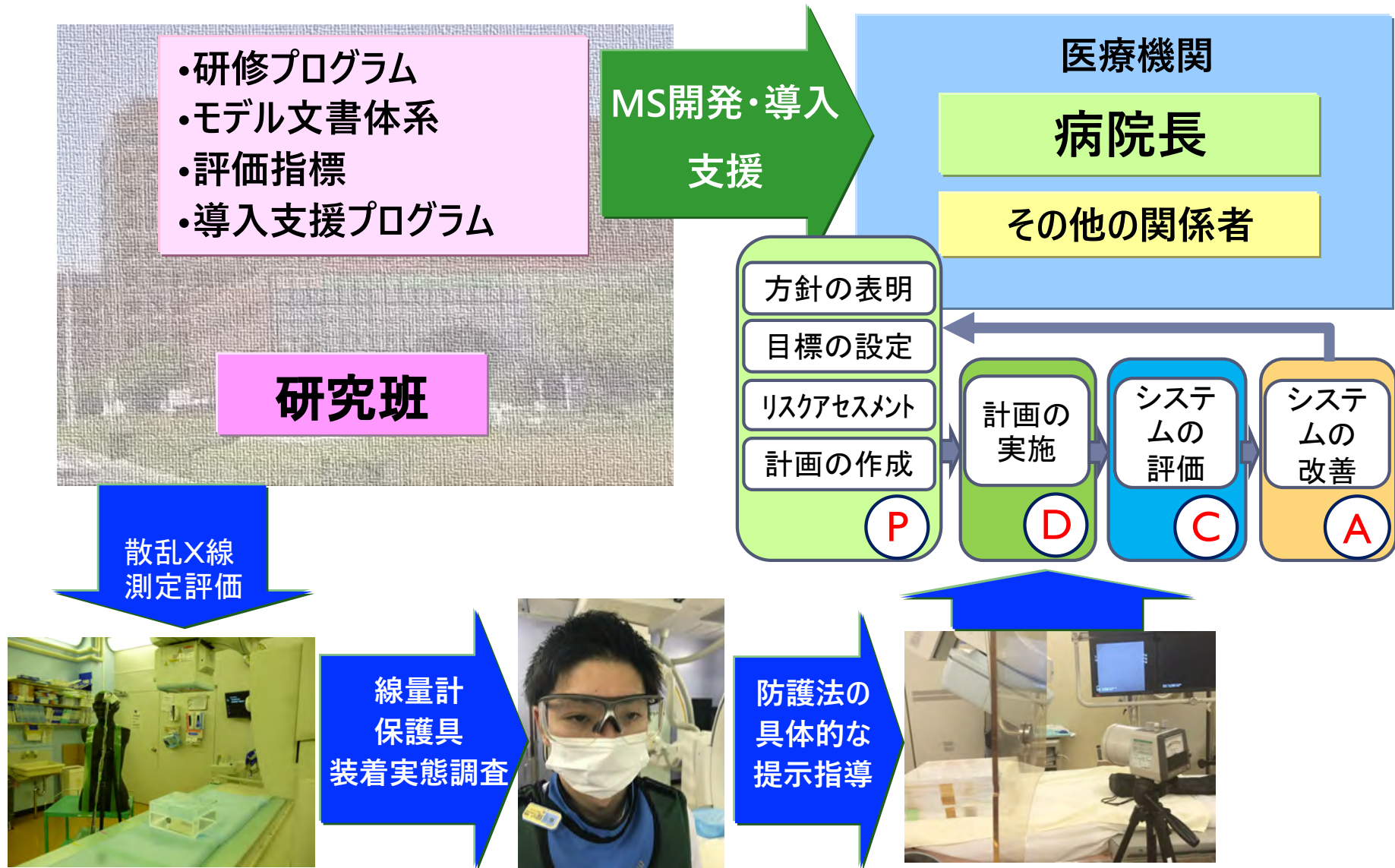
表1 職種別個人被ばく線量計装着率

	全体(電離則第8条第1項)				不均等被ばく管理のみ							
	職種別人数		線量計装着(胸・腹部)		職種別人数		線量計装着(胸・腹部)		線量計装着(頸部)		線量計装着(手指)	
	人数	(%)	(有)の人数	装着率(%)	人数	(%)	(有)の人数	装着率(%)	(有)の人数	装着率(%)	(有)の人数	装着率(%)
医師	519	38.5	203	39.1	272	43.5	123	45.2	91	33.5	3	1.1
看護師	366	27.2	282	77.0	144	23.0	122	84.7	93	64.6	1	0.7
診療放射線技師	347	25.7	324	93.4	172	27.5	163	94.8	125	72.7	9	5.2
臨床工学技士	100	7.4	67	67.0	37	5.9	24	64.9	24	64.9	0	0.0
その他	16	1.2	4	25.0	1	0.2	1	100.0	0	0.0	0	0.0
合計	1348		880	65.3	626		433	69.2	333	53.2	13	2.1

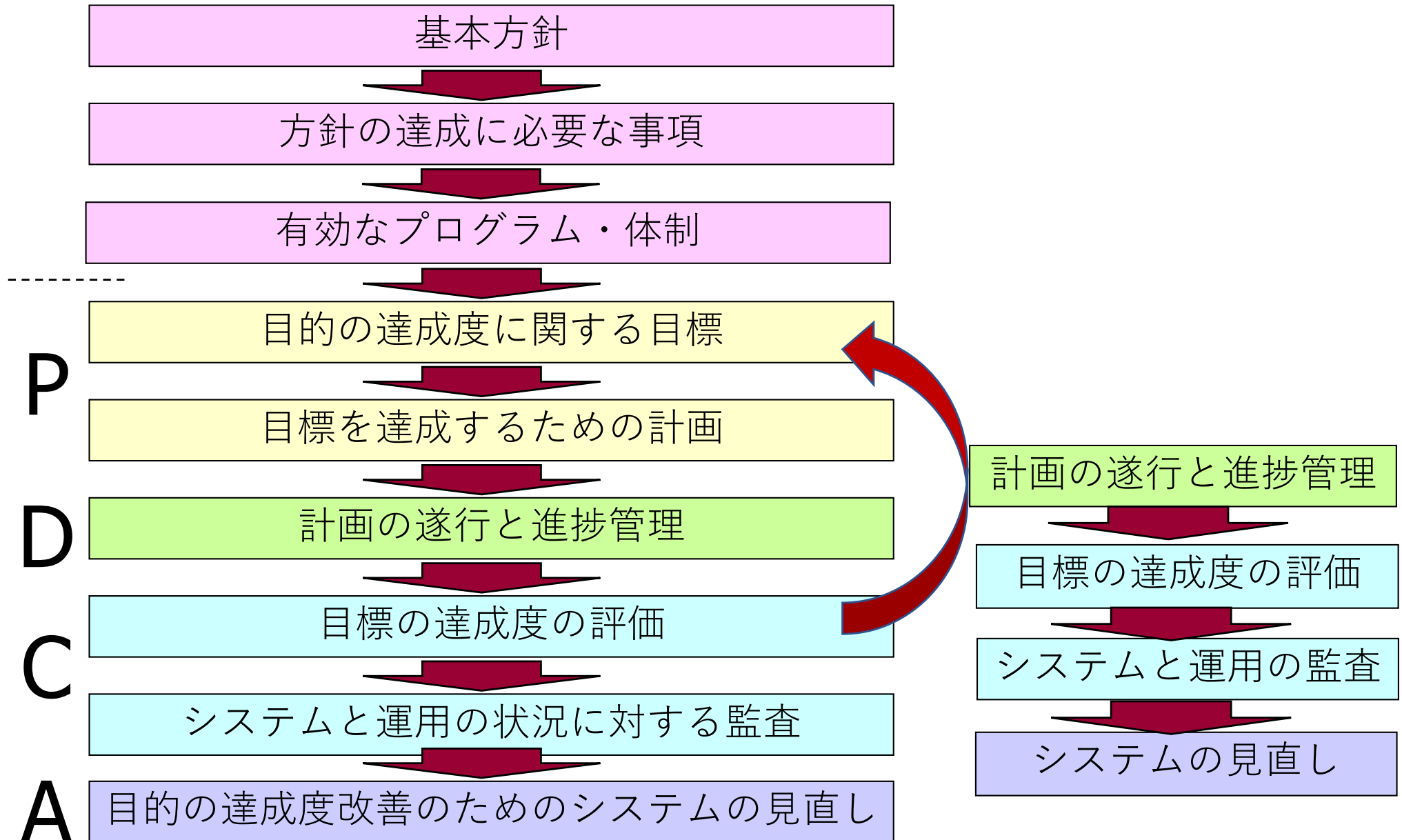
\* 手指に関しては、『持っていないから“無い”』と『持っているけど“装着していない”』を見分けることが困難。

個人被ばく線量計(電離則第8条第3項の均等被ばく(第1号)=胸・腹部)装着率は、診療放射線技師が高く、一般的に被ばく線量が高いと言われている医師が一番低い。

# 新・研究班概要



# 目的を達成するためのマネジメントシステムの骨格

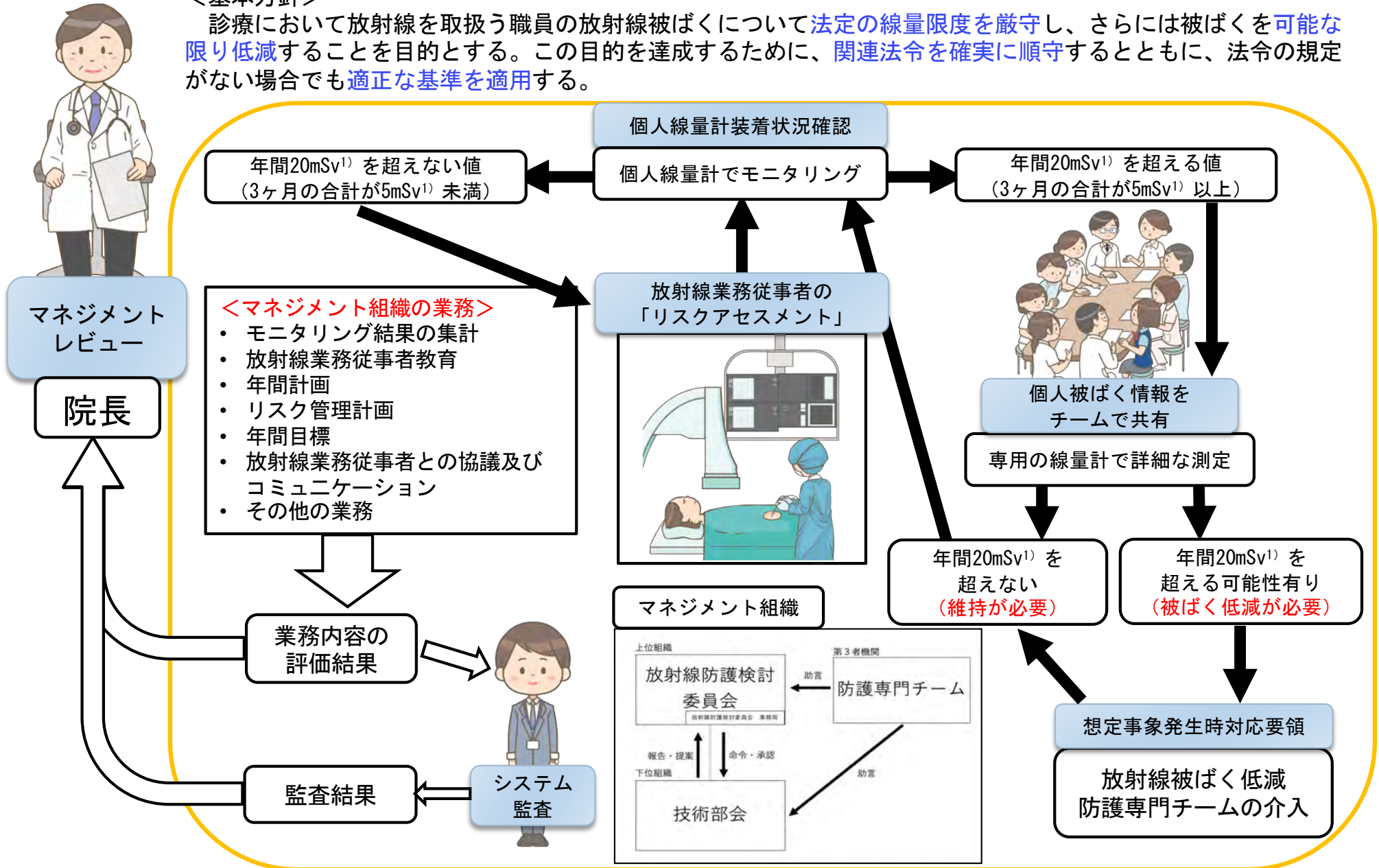




# 放射線防護マネジメントシステムの概要

<基本方針>

診療において放射線を取扱う職員の放射線被ばくについて法定の線量限度を厳守し、さらには被ばくを可能な限り低減することを目的とする。この目的を達成するために、関連法令を確実に順守するとともに、法令の規定がない場合でも適正な基準を適用する。



1) 水晶体等価線量 (もしくは実効線量)

# リスクアセスメントの視点

## ✓ リスク：重篤度×可能性

危険性・有害性によって生じる恐れのあるケガや疾病の重篤度と発生する可能性の度合い。

### ▶ 放射線被ばくにおける重篤度と可能性



A) 放射線照射機器の側面

遮蔽

B) 診療行為の側面

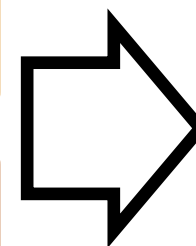
距離

C) 職員の側面

時間

D) 昨年の被ばく実績

実績



# 点数化して、総合リスクを評価

---

## <リスク点数>

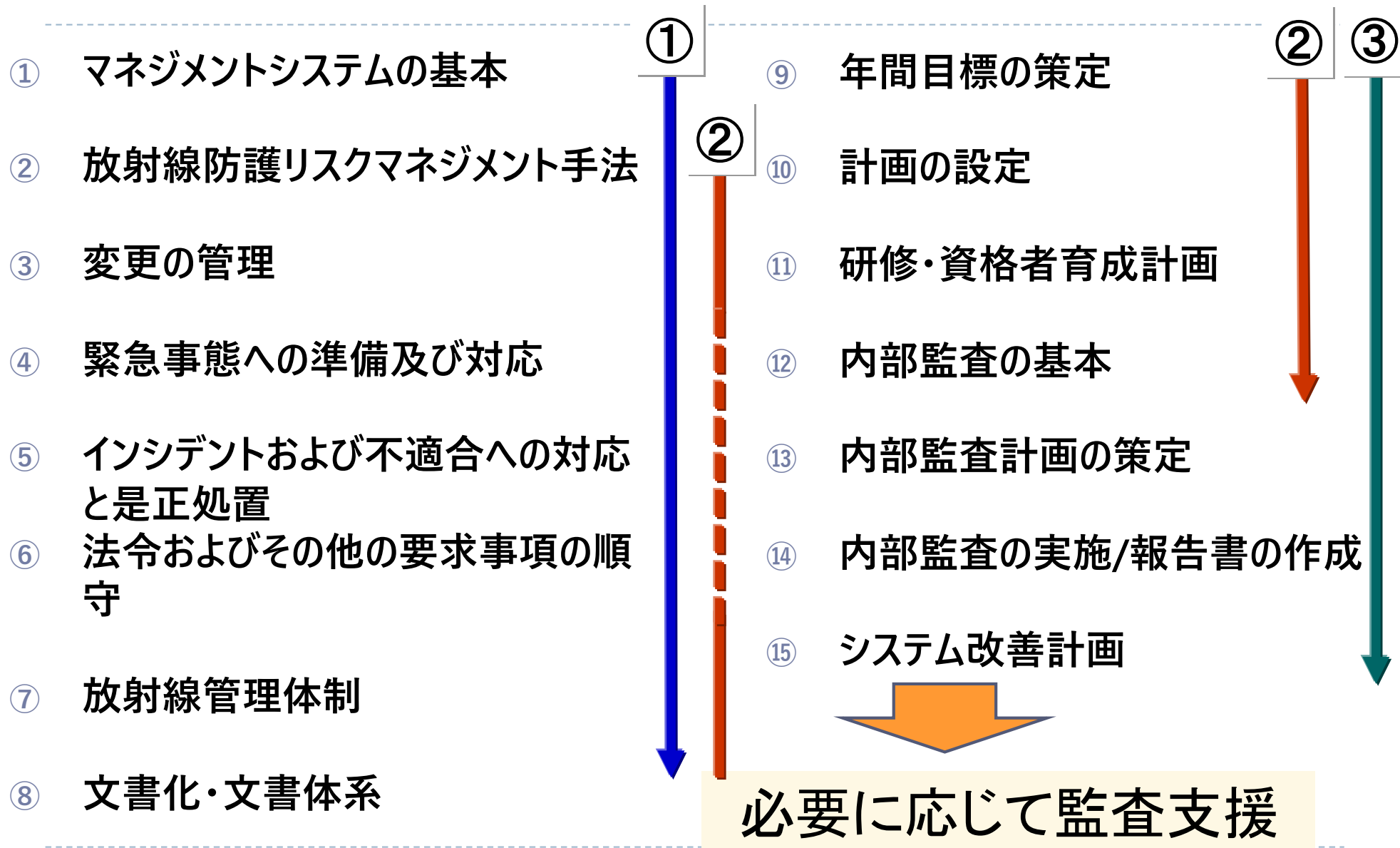
$$\text{総合リスク} = A + B + C + D$$

A: 放射線照射機器、B: 診療内容、C: 職員、D: 昨年の被ばく実績

- ▶ リスクⅠ : 3点
  - ▶ リスクⅡ : 4 - 9点
  - ▶ リスクⅢ : 10 - 点
- 低リスク  
中リスク  
高リスク
- 



# 研修会各回で取り上げる項目



# MS導入・運営の道のり

## 計画

- MS導入方針・規格の決定
- MS開発担当者の任命
- 担当者の育成
- MS 開発チームの構築

## 開発

- MS関係者の役割の明確化
- 文書体系の作成
- 既存文書との整合化

## 導入

- 年間目標・計画の策定
- MS 導入計画の策定
- 導入教育の実施

## 運営

- MS運用開始
- 年間目標および  
計画の進捗状況の確認
- 内部監査計画の策定
- 内部監査の実施

## 改善

- マネジメントレビューの実施  
(評価結果・監査コメント)
- MS改善計画の策定
- MSの改善

## 昨年の研修会の課題

- ・ 研究班研修の他に、厚労省事業として約400施設への研修を提供した。
- ・ コロナ禍で現場訪問の限界がある。
- ・ 積極的に対応している病院の良好事例。
- ・ 中小規模の医療機関への展開も重要。
- ・ 今回の参加機関を拠点に広がることを期待。
- ・ マネジメントシステムの導入には、最初から完成形を目指すのではなく、できるところから実施する。
- ・ 放射線管理に関する意識の転換期である。

ご静聴ありがとうございました。

- 謝辞

- 現研究班：櫛田尚樹（代表），森晃爾，喜多村 紘子（産業医科大学），小野孝二（東京医療保健大学），盛武 敬，古渡意彦（QST），掛田伸吾（弘前大学）
- 前：労災疾病臨床研究事業費補助金「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」
- 櫛田尚樹（代表），盛武 敬，森晃爾（産業医科大学），千田浩一（東北大学），小野孝二（東京医療保健大学），古渡意彦（量子科学技術研究開発機構 高度被ばく医療センター），山口一郎，志村 勉（国立保健医療科学院）
- 大学院生等；中上晃一，永元啓介，酒井洸典，末吉尚純，大橋秀晃，栗山知子，茂呂田孝一，松崎 賢