

○北野 雅子、山形 憲生、西川 望、明間 陵、原 隆史、都築 明、沖野 和弘、伊東 賢二  
高知大学医学部附属病院 放射線部

【目的】 Imaging Plate (IP) を用いた散乱線測定の有有用性について検討することを目的に本実験を行った。撮影介助で最も被ばくが多いと思われる長尺撮影時を想定し、検討した。

【方法・実験配置図・撮影条件】

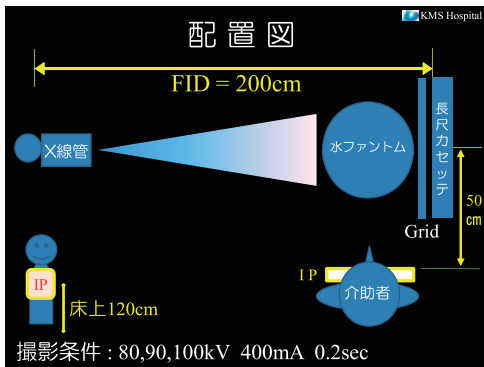


Fig.1

1. CR 読取装置の QR 値を測定する (QR = 220)。

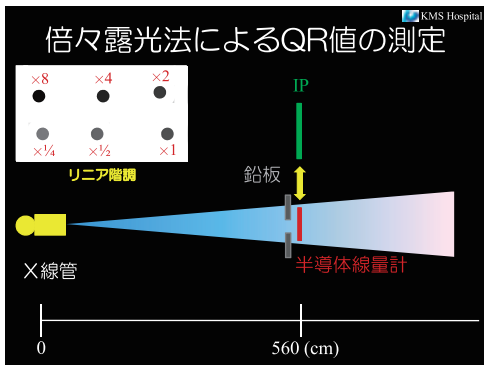


Fig.2

2. ①式で IP のデジタル値から照射線量 [mR] を求め、②式で IP の 1cm 線量等量 [μSv] を求める。
3. サーベイメーターを用いて IP と同様に測定し、③式で 1cm 線量等量を求めた。

換算式

$$R_{IP}(mR) = \frac{1}{32} \times 10^{\log_{10} \frac{200}{QR}} \times \frac{4 \times (4095 - \text{digital 値})}{4095} \dots \text{①}$$

$$H_{1cm}(\mu Sv) = (R_{IP} \times 1.11) \times 8.73 \times 1.74 \dots \text{②}$$

$$H_{1cm}(\mu Sv) = h_{1cm} \times 1.1 \dots \text{③}$$

参考：中四国放射線医療技術フォーラム 2006、山本 登、イメージングプレートの放射線計測への応用

Fig.3

【結果】 各電圧におけるサーベイメーターを基準とした時の IP との差は、80kV は、IP の補正ありで 0.18 μSv、補正なしは 4.4 μSv であった。

90kV は、IP の補正ありで 9.4 μSv、補正なしは 2.2 μSv であった。100kV では、IP の補正ありで 7.4 μSv、補正なしは 1.2 μSv となった。

【考察】 100kV 近傍で IP を線量計として用いることの有用性が示唆された。80kV では補正した方がよいと考えられる。50～60kV では IP を線量計として用いるには更なる検討が必要である。

【結語】 QR 値や電圧特性などの影響を考慮する必要があるが、散乱線測定についても IP を線量計として用いる有用性が示唆された。今後、放射線管理の一手段として活用したい。

【参考資料】

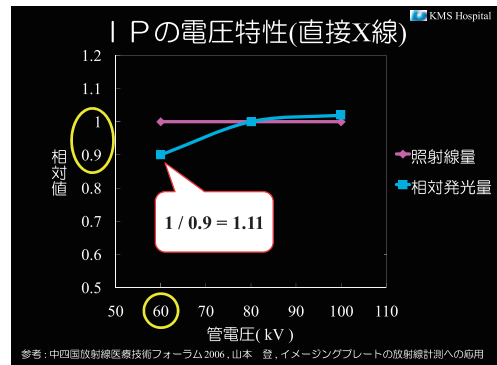


Fig.4

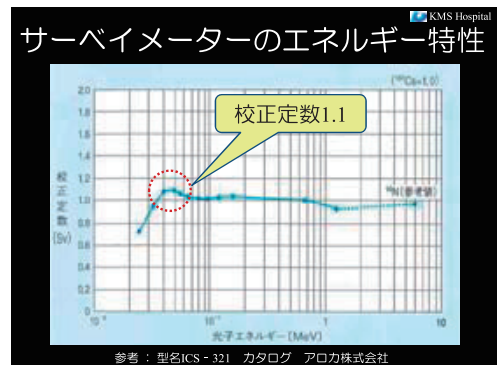


Fig.5

○西川 望、明間 陵、北野 雅子、原 隆史、都築 明、山形 憲生、伊東 賢二  
高知大学医学部附属病院 放射線部

【目的】 撮影介助時の被ばくを把握するため、最も散乱線量が多いと思われる長尺撮影時の介助を想定し、レンジの広い IP を用いて散乱線量を測定する。

#### 【方法・実験配置図】

1. IP のデジタル値を測定。
2. IP のデジタル値を求め換算式より照射線量 [mR]、実効線量 [ $\mu\text{Sv}$ ] を求める。
3. ポケット線量計、サーベイメーターを用いて IP と同様に測定。

換算式

照射線量  $a$  [mR]

$$a = \frac{1}{32} \times 10^{\log_{10} \frac{200}{QR} \times 10^{4 \times \frac{4095 - \text{Digital}(a)}{4095}}}$$

( $QR=220$ )

実効線量  $b$  [ $\mu\text{Sv}$ ]

$$H_{1\text{cm}} \text{線量当量} b = 8.73 \times 1.74 \times a$$

参考：中四国放射線医療技術フォーラム2006, 山本 登  
イメージングプレートの放射線計測への応用

KMS Hospital

Fig.1

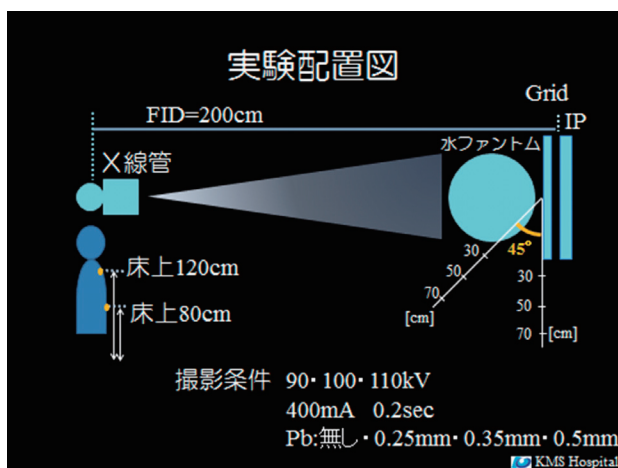


Fig.2

#### 【撮影条件】

管電圧 90・100・110kV  
管電流 400mA

撮影時間 0.2sec

焦点-カセット間距離 200cm

照射野サイズ 14×28inch

測定点 0°、45°の2方向

距離 30・50・70cmの3点

高さ 80・120cmの2点

鉛無し及び各鉛当量 (0.25、0.35、0.5mmPb) の4種類  
IP はプロテクターの内側に設置。

#### 【結果】

1. 管電圧が上昇すると実効線量は増え、鉛が厚くなれば実効線量は減少した。最も高い実効線量は Pb 無し のとき、45° 方向 距離 30cm で 363.2  $\mu\text{Sv}$  だった。プロテクター無しと各鉛当量を比較すると、平均で 0.25 mmPb では 91%、0.35 mmPb で 97%、0.5 mmPb で 98% の被ばく低減という結果になった。
2. 高さによる比較では 120 cm での実効線量は 80 cm の 1.04 倍となった。
3. 角度による比較では 45 度方向の実効線量は 0 度方向の 1.9 倍となった。
3. 種類 (ポケット線量計、サーベイメーター、IP) の測定器による比較では校正されたサーベイメーターの値を基準とすると、ポケット線量計は約 3 分の 1、IP はおよそ同等の実効線量となった。

#### 【結語】

1. 鉛当量は厚い方が望ましいが、実用を考え当院では 0.35 mmPb を使用する。
2. 患者介助する場合、高さを考慮した対策は不要である。
3. 可能な限り患者さんの真横に立ち介助するのが望ましいが、介助に支障が無いよう患者と距離をとるようにする。
4. ポケット線量計が低い理由として、ポケット線量計は 40keV 以上のエネルギーに対して有用な検出器である。さらに線量率依存性があるため、撮影のような 1 秒以下の短時間照射の測定には不適と考えられる。そのため、IP はポケット線量計よりも信頼性が高いと思われる。

○池田 将敏、高畑 明、小濱 千幸  
厚生連 JA 広島総合病院

【背景】消化器内科医師から、外部被ばく線量が高いという報告があり実効線量を調べたところ、最大2010年12月の月で約4.6mSv、今回の防護策施行以前の月平均は約1.5mSvであった。透視をとまなう内視鏡検査数は2011年539件、2012年649件、2013年730件(予測)と増加傾向を示し、このままではICRP勧告5年間100mSvを超える恐れがあったため防護措置を行う必要があった。

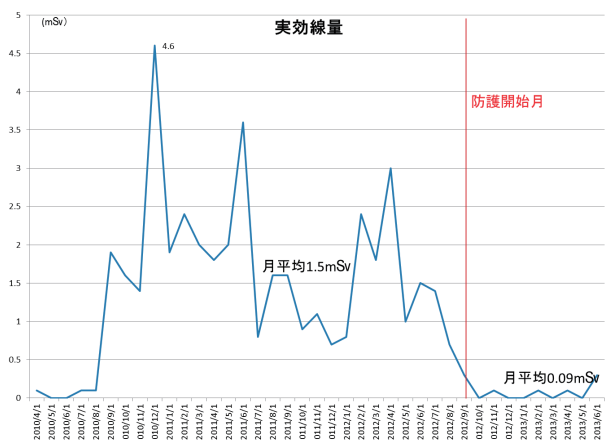
【検討項目】検査室での検査時散乱線マップを作成する。それをもとに防護具(含鉛カーテン)を作成する。防護具の有用性を評価する。

【使用機器・装置】X線透視診断装置EXAVISTA(HITACHI)、電離箱サーベイメーター450PDESI(Victoreen)、ファントム治療用ランドファントム

【方法】ERCP検査同様に寝台の高さ70cm、ファントムの状態はうつ伏せ、X線入射中心は臍尿管周囲、照射野25×25cm、管電圧81Kv、管電流1.3mA、15f/s固定。床面に、X線入射中心から40cm間隔でマーカーを貼り測定点とする。(測定出来ない場所は、距離の逆二乗則によって推定した。)床上高は、外部被ばく測定用パッチを装着する位置、女性では腹部1m、男性では胸部1.5mを想定し、それぞれの水平面において散乱線を測定する。次に防護具(含鉛カーテン)を設置し、上記同様に測定する。Dr、Nsの立ち位置(DrX線入射中心より40cm、Nsは80cm離れている)はほぼ決まっているので、それぞれの位置で、垂直方向へ0から60度、15度間隔の散乱線を測定する。これについても防護具を設置し、上記同様に測定した。

【結果】床上1mの散乱線マップでは、Drの立ち位置において、等高線が高い線量率で密に分布していた。Ns立ち位置は低線量率の中にいた。そこでDr側に0.35mm鉛等量カーテンを設置、Ns側はX線入射中心から距離が離れているので、重さも考慮して0.13mm鉛等量カーテンを設置し測定すると、Dr側は何も防護しない状態を100%散乱線被ばく状態とすると、約90%以上の被ばく低減効果があった。Ns側は患者さんの顔を見て検査を進める為、カーテンの一部を折り返して使用する。したがって、Ns側の等高線は一部突になり、Drより高めの線量率で分布するので約66%程度の被ばく低減。測定平面を1.5mにすると、Dr側は床上1mの線量率よりも低いエリア内で立っていることがわかった。Ns側は床上1mの線量率エリアより一段高いエリア内に立っていることがわかった。防護カー

テンを設置すると、Dr、Ns両位置で線量分布上一番低いエリアになった為、互いに90%以上の低減。Drの立ち位置での垂直方向への散乱線は、0から60度まではX線入射中心から距離40cmの為変化が少ない。そこで、Drの目の位置まで下から順に腹、胸、甲状腺、の高さにおいて散乱線を測定した結果、高い線量率ではあるが、約4000 $\mu$ Sv/hから1000 $\mu$ Sv/hまで低減した。Nsの立ち位置での垂直方向への散乱線は、X線入射中心から距離80cm離れている為、0から60度で大きく変化し、約100 $\mu$ Sv/hから700 $\mu$ Sv/hまで上昇傾向を示した。防護カーテンを設置した場合、Dr99%、Ns90%の低減効果があった。しかし、防護した上で、Nsの目への散乱線は、Drの約6倍になり低線量ではあるものの注意が必要であった。当初報告のあった医師の被ばく線量測定推移は、防護カーテンを設置する以前の月平均実効線量は、約1.5mSvから0.09mSvまで約94%低減された。



【考察】Dr立ち位置における散乱線低下は果たせたが、防護なしの場合、Ns立ち位置において患者さんの顔がみえるようにカーテンの一部を折り返して使用するため、十分な線量低減効果が示されず、注意が必要。防護カーテンはDrには問題なく使用されているが、Nsには邪魔な存在である。今回提示した散乱線マップによって、カーテンによる散乱線低減効果を十分説明し、理解して使用してもらうことが重要である。

#### 【参考文献】

水谷 宏 『空中線量測定の実際と線量分布図の作成』 第28回循環器被ばく低減技術セミナー



## Trancecatheter Arterial Chemoembolization (TACE)における術者被ばくの検討

○草地 文子、人見 剛、松本 博樹、大畠 康、内田 敏敦、松田 英治、柳元 真一  
川崎医科大学附属病院 中央放射線部

【目的】肝動脈化学塞栓術(TACE)では、透視時間の長さや撮影回数の多さに起因して被検者と術者の被ばくが問題となっている。ICRP2011年勧告では、水晶体の年間被ばく線量を20mSv以下としている。今回我々は、TACEにおける術者の水晶体の被ばく線量を推定するとともに、頭頸部用防護板による被ばく低減効果について検討した。

【方法】TACEにおける術者の散乱線による被ばく状況を把握するために、臨床と同様の配置設定にした。電離箱線量計(Radcal RC180)を使用して、透視による空中線量率の測定を行い、空中線量分布図を作成した。この時、付加フィルタ1.5mmAl及び0.06mmTa、頭頸部用防護板の有無で検討した。測定範囲は、250×150cm、50cm間隔のグリッド状、測定高は水晶体の高さを想定して150cmとした。

次に、TACE術者の被ばく線量を推定するために、付加フィルタ0.06mmTaを使用して、術者位置におけるDSA撮影と透視での防護板の有無による空中線量を測定した。そして、TACE術者の年間被ばく線量の推定を行った。

### 【結果・考察】

はじめに、TACE術者の被ばく状況を把握するため、空中線量分布図を作成した。

付加フィルタ1.5mmAlを使用した場合、TACE術者は10 $\mu$ Gy/min程度の線量率域に位置していた(Fig.1)。

付加フィルタ0.06mmTaを使用した場合、1.5mmAlと比較して、高線量率域は狭まるが、術者の位置では依然として、10 $\mu$ Gy/min程度の線量率域であった(Fig.2)。

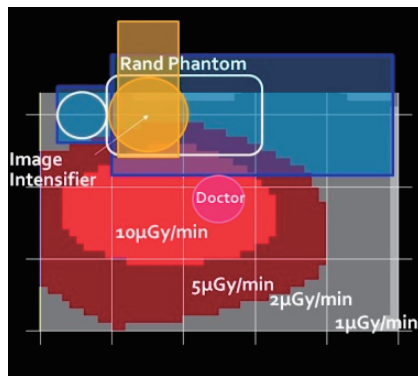


Fig.1 付加フィルタ 1.5mmAl 頭頸部防護板 (-)

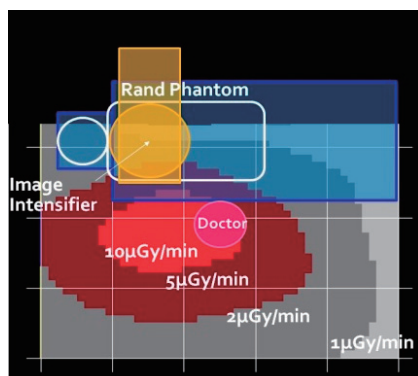


Fig.2 付加フィルタ 0.06mmTa 頭頸部防護板 (-)

付加フィルタ0.06mmTaを使用し、頭頸部用防護板を使用した場合、術者位置で、5 $\mu$ Gy/min程度の線量率となり、頭頸部用防護板の被ばく低減効果が示された(Fig.3)。

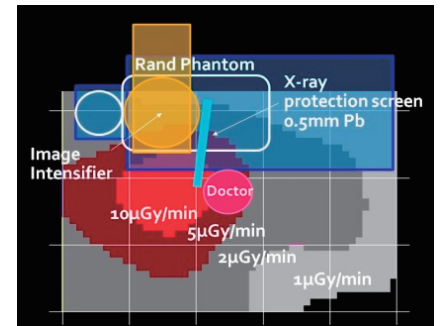


Fig.3 付加フィルタ 0.06mmTa 頭頸部防護板 (+)

次に、TACE術者の年間被ばく線量を、透視時間46.6min、DSA撮影299frame、検査件数を年間85例、医師を2名として算出した。

TACE術者の年間での等価線量は、頭頸部用防護板無しで頭頸部では45.4mSv、実効線量は8.9mSv。頭頸部用防護板を使用した場合、頭頸部では19.9mSv、

Table 1 TACEにおける術者被ばく線量の推定

被ばく部位	等価線量 (mSv/year)	
	防護板 (-)	防護板 (+)
頭頸部 (150cm)	45.4	19.9
胸部 (110cm)	7.1	7.7
腹部 (70cm)	1.7	1.9
体幹部 (不均等被ばく)	実効線量 (mSv/year)	
	8.9	6.4

実効線量は6.4mSvと推定された(Table 1)。

TACE術者の水晶体線量は、頭頸部用防護板を使用することにより56%低減することが可能であることが示された。しかし、ICRP Statement (April, 2011)では、水晶体における年間被ばく線量限度を20mSvとしており、当院TACEでは頭頸部用防護板の使用に加え、含鉛ゴーグルの着用が必須あると考えられた。

### 【まとめ】

1. 当院TACE術者は、付加フィルタ0.06mmTaを使用した場合においても、10 $\mu$ Gy/min程度の線量率域に位置しており、頭頸部用防護板の有用性が示された。
2. TACEにおける術者水晶体での年間被ばく線量は、付加フィルタ0.06mmTaを使用した場合、防護無しでは、45.4mSv/year、防護有りでは、19.9mSv/yearと推定された。

当院TACEでは頭頸部用防護板の使用に加え、含鉛ゴーグルの着用が必須ある。

○山内 崇嗣<sup>1)</sup>、山口 卓也<sup>1)</sup>、杉原 誠治<sup>1)</sup>、氏福 亜矢子<sup>1)</sup>、西田 直樹<sup>1)</sup>、市川 大樹<sup>1)</sup>、  
吉富 敬祐<sup>1)</sup>、松井 裕輔<sup>2)</sup>、大西 治彦<sup>1)</sup>、田原 誠司<sup>1)</sup>

1) 岡山大学病院 医療技術部 放射線部門

2) 岡山大学病院 放射線科

【背景】近年、CT 透視ガイド下で生検やラジオ波焼灼術 (RFA) 等が数多く施行されている。当院では、2009年に CT ガイド下胸部インターベンションにおける術者の手指被ばく測定を行い報告した。

今年3月に IVR センターが完成し、装置が更新・増設され、表示方法等が変更された。そこで今回、更新された装置で前回の方法に準じた測定を行うこととなった。

【目的】CT 透視ガイド下手技を想定した術者手指被ばく線量の測定と検討を目的とする。2台の CT 装置 (16列、64列)、異なる表示方法 (スライス取得方法：図1) それぞれの測定と比較を検討項目とする。

【方法】使用機器は、東芝メディカル社製 IVR-CT 装置 (16列、64列)、京都科学社製胸腹部用ファントム、千代田テクノ社製ガラス線量計リーダ・ガラス線量計素子、コヴィディエンジャパン社製ラジオ波焼灼針、ホギメディカル社製プラスチック製鉗子である。

条件は、管電圧：120kV、管電流：20mA、FOV：320 mm (L)、透視収集時間 (想定)：30sec (0.5sec/rot)、スライス取得条件：4 mm × 1、4 mm × 3 (間隔 4mm) である。

ファントムと RFA 針、想定される術者の手指位置にガラス線量計を配置して測定を行った。ガラス線量計の読取値 (自由空気中の空気カーマ) に補正計算を行い、CT 透視 1 秒間当りの実効線量と 70 μm 線量当量を求める。

周辺散乱 X 線実効エネルギー：45keV のときの各補正係数は、ガラス線量計エネルギー特性係数：1.2、実効線量変換係数：0.96、1 cm 線量当量 / 空気カーマ換算係数：1.575、1 cm 線量当量 / 70 μm 線量当量換算係数：1.03 である。

【結果】表1に1秒間当りの線量を示す。

表1 CT 透視1秒間当りの線量

表示	実効線量		70 μm 線量当量	
	16列	64列	16列	64列
3断面	5.24	4.40	8.34	7.02
1断面	2.44	1.97	3.89	3.14

単位：μSv/sec

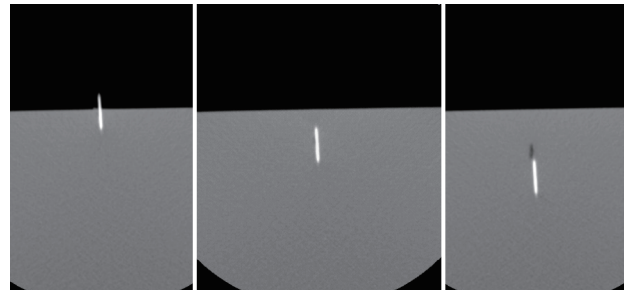


図1 3断面表示の例

【考察】16列で線量が多くなる傾向について、装置毎の出力の誤差が考えられる。また、16列は旧施設より移設されたものであり、X線管球や検出器が経年劣化していることが考えられ、更新メンテナンスの際に出力調整を行い線量が増加したと考えられる。

3断面表示で線量が約2倍になっている事について、入射する放射線ビーム幅が大きくなることによる散乱体の体積増加が起因していると考えられる。

当院における肺癌に対する RFA の平均透視時間の推移を記す。2009年は1断面表示を使用し、1症例の平均透視時間は320.5秒、2013年は3断面表示を使用し、1症例の平均透視時間は115.7秒となり、約64%短縮した。計算により、1手技当りの平均手指被ばく線量を求めると、2009年時は1.248mSvであったが、2013年は0.965mSvとなった。このことから、3断面表示は単位時間当りの線量はおおよそ2倍増加しているが、手技時間が短縮されるため、1手技当りの被ばくは減少している。

年間300件の手技を行ったと仮定すると、2009年は374mSvであったが、2013年は289mSvと85mSv (約23%) 減少する。手指の年間線量限度は500mSvであり、全件1人で行ってはいないので、それを超えないことが確認出来た。

【結論】CT 装置間やスライス取得方法による線量の違いを確認できた。3断面表示になり1秒間当りの被ばく線量は増加したが、手技時間が短縮され1手技当りの被ばく線量は減少した。

現在、臨床手技中の手指被ばく線量についてもデータ取得中であり、今後比較検討を行う予定である。

○船越 猛、玉井 義隆

医療法人 聖比留会 セントヒル病院

【背景】平成19年より $^{18}\text{F}$ -FDGを用いたPET検査を行なっている。「 $^{18}\text{F}$ -FDGを用いたPET診療における医療放射線管理の実践マニュアル」日本アイソトープ協会出版に従い従事者の被ばく低減に努めてきた。

新規検査を開始し被ばく線量が増加した事を踏まえ放射線の振舞いを効果的に示す資料作成の必要性を感じた。視覚表現に優れるPHITSを用いシリンジシールドの遮へい効果のシミュレーションを試みた。

因みにFDGは処置室で投与しているが、心筋アンモニア検査は検査室で投与する必要がある。

### 【目的】

- PET検査業務従事者の被ばく低減
- 検査室内での投与時の被ばく低減
- 自動注入装置使用時の放射線強度分布の把握

### 【方法及び条件】

PHITS ver2.52

- 5mlシリンジ体積線源
- PIG(タングステン製シリンジシールド)
- ソフィア-J(自動注入装置)
- 3dshow, gshow 体系確認
- 100cm×50cm×1cm 400×200メッシュ
- ヒストリー数 $10^8$

[t-track] タリーで時間メッシュを使用しフラックス、時間変化を出力しGIFアニメーションに加工

- ポケット線量計を用いPIGの有無を比較
- 心筋アンモニア検査時の室内線量率をシンチレーションサーベイメータで計測

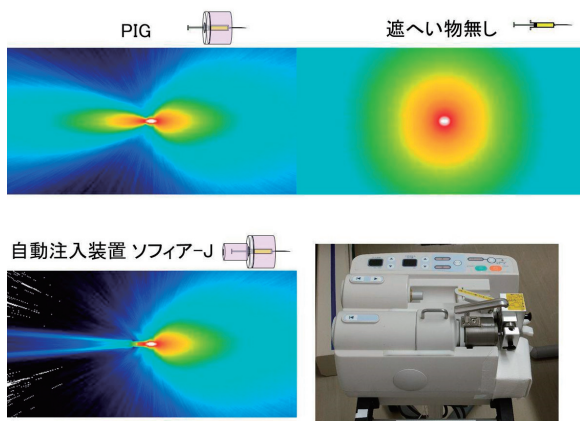


Fig.1 PIGの有無、ソフィアJのフラックス(ImageJにて対数表示)とソフィアJ本体写真

【結果】シミュレーションにおいてPIGの有無に関し、シリンジの針・プランジャー方向の変化は少なく、直交方向では100分の1減弱した。ソフィアJにおいてはプランジャー側33分の1に減弱した。

ポケット線量計では直交方向は26分の1に減弱した。

心筋アンモニア検査時の室内線量率は500MBq投与直後に換算すると患者頭側近傍で $110\mu\text{Sv/h}$ であった。

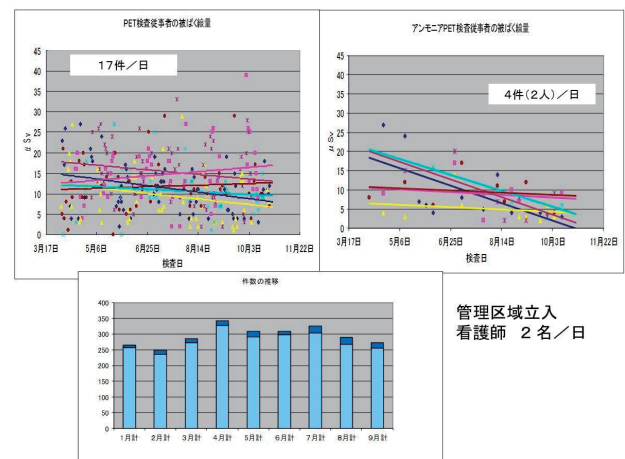


Fig.2 看護師の1日ポケット線量記録と検査件数の推移

看護師6名の1日のポケット線量の記録では、特定の2名を除き緩やかな減少傾向がみられた。

新規の心筋アンモニア検査においては減少が顕著に現れた(Fig.2)。

核となる看護師が被ばく低減に取り組んでおり意識が高く、新規検査に慣れ被ばく線量は減少傾向にある。放射線の振る舞いのアニメーション表示は解り易いと好評であった。

### 【参考文献】

- 1)  $^{18}\text{F}$ -FDGを用いたPET診療における医療放射線管理の実践マニュアル 社団法人 日本アイソトープ協会
- 2) T. Sato, K. Niita, N. Matsuda, S. Hashimoto, Y. Iwamoto, S. Noda, T. Ogawa, H. Iwase, H. Nakashima, T. Fukahori, K. Okumura, T. Kai, S. Chiba, T. Furuta and L. Sihver, Particle and Heavy Ion Transport CodeSystem PHITS, Version 2.52, J. Nucl. Sci. Technol. 50:9, 913-923 (2013).  
<http://dx.doi.org/10.1080/00223131.2013.814553>