

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）  
「新規及び既存の放射線診療に対応する放射線防護の基準策定のための研究」  
（19IA1004）（研究代表者：細野 眞）

令和元年度 分担研究報告書  
「医療放射線防護の国内実態に関する研究」

研究分担者 山口 一郎 国立保健医療科学院生活環境研究部 首席主任研究官

研究協力者 清水 勝一 兵庫県立粒子線医療センター  
田中 鐘信 理化学研究所 仁科加速器科学研究センター  
成田 浩人 東京慈恵会医科大学附属病院  
能登 公也 金沢大学附属病院

研究要旨

【目的】

医療放射線防護の国内における実態を踏まえ、医療現場において法令の適用が課題となっている放射線診療行為について、最新の国際基準にも対応した合理的な放射線防護のあり方を提案し、放射線診療の進歩や医療環境の変化に対応した規制整備に資する。

【方法】

行政機関に相談される事例を中心に、医療現場への視察やインタビュー調査により実態を把握し、国際的な規制動向も踏まえて、合理的な放射線防護のあり方の提案を試みた。課題として対象としたのは、① 2019年度に発出された通知のフォローアップとしての粒子線治療施設での位置決め用X線CT装置の利用、② X線CT装置の遮蔽評価法、③ 障害者歯科診療での従事者の放射線曝露状況の把握、④ 自治体による医療機関支援のあり方、である。

【結果及び考察】

1. 粒子線治療施設での位置決め用 X 線 CT 装置の利用における安全の確保

- (1) 現場からの要望に基づき検討会資料に反映され（第8回医療放射線の適正管理に関する検討会の資料2）、医政発 0315 第4号「病院又は診療所における診療用放射線の取扱いについて」の第4「管理義務に関する事項」の「(3) エックス線装置を特別の理由により移動して使用することについて」で措置されたが、現場はさらに先行していた。
- (2) これまでに得られた結果は、医療機関で想定される使い方に関して、機器の放射線損傷に関しても安全が確保されうると考えられる。
- (3) この結果が一般化できるかどうかの検証を進めるために、迷路内の放射線量に関して実測値との比較も行いたい。

- (4) 放射線による装置の影響は、これまでもパルス状の放射線照射や二次的に発生した中性子によるものが観測されており、本研究成果は、医療機器の健全性確保の観点からも有益であると考えられる。

## 2. 高性能化に対応した X 線 CT 装置の遮蔽評価法の開発

- (1) 2014 年に X 線装置の遮蔽計算（米国 NCRP Report 147 が取り入れられた）も含めて改正通知が発出されたが、散乱係数への懸念のために X 線 CT 装置部分は先送りされていた。このため、日本放射線技術学会とも連携し、実測に基づき再評価した散乱係数を適用し、DLP 法を用いたマニュアルを 2019 年 1 月に公表した。このマニュアルは日本画像医療システム工業会で作成し 2019 年 4 月に公表された X 線診療室のしゃへい計算マニュアルとも調和が取れたものとなっているが、壁の透過割合に関して、装置の高性能化に対応した安全評価が必要だと考えられる。そこで遮蔽壁の透過割合を安全側で評価しつつ、より合理的な評価が行えるような方策を提案する必要があると考えられる。
- (2) ガントリ透過後の X 線は高度に硬化し、透過度が増していた。ただし、ガントリを透過する割合が小さく、ガントリ方向でもガントリ透過 X 線の寄与は限定的だと考えられたが、ガントリの構造の多様性を考慮すると現行通知の想定を超えることも想定すべきであり、NCRP のレポートで提示している透過割合データを用いることが適切ではないかと考えられた。
- (3) 一次ビームへの付加フィルタが厚みを増すことによる散乱線の壁の透過割合影響は限定的であると考えられた。

## 3. 障害者歯科診療での従事者の放射線曝露状況の把握

- (1) これまで歯科放射線診療では、歯科口腔外科の IVR を除き線量限度を超えることが想定されてこなかったが、障害者歯科診療施設では、歯科医師の手指の線量限度を超える可能性があることが明らかになった。
- (ア) また、手指のモニタリングの課題も浮き彫りとなり、防護法だけでなく線量測定法の工夫が必要であると考えられた。現在、利用できるリングタイプの線量計素子はサイズなどが限られているが、シート状の素子を用いるなどして、放射線管理を改善できる可能性がある。
- (2) 介助時の従事者の局所被ばくは、歯科医療だけでなく、他の分野でも生じている可能性がある。局所の線量が高くなると考えられる場合には、局所の線量評価を行い、評価された線量が高い従事者には質を保った健康モニタリングを行う必要があると考えられる。
- (3) また、歯科領域では、歯科用ハンドヘルドエックス線装置がより普及しつつある。一昨年度の厚労科研でも検討した結果も踏まえ、歯科用ハンドヘルド装置の放射線防護に関するガイドラインが日本歯科放射線学会から公表されたが、そのフォローアップも必要であると考えられる。

- (4) 他方、昨年度の医療放射線の適正管理に関する検討会では、日本診療放射線技師会から室内操作を許容するような要望がなされているが、介助時の従事者の放射線防護の確保が、室内操作の前提になると考えられる。
- (5) また、昨年度の医療放射線の適正管理に関する検討会では日本画像医療システム工業会から、放射線管理測定の高度を減らすように要望があった。
- (ア) これまでの測定データ結果からは、測定高度を減らしても放射線防護上の問題が生じないと考えられることを提示していたが、管理区域等の漏えい線量の測定高度を見直すことは、作業環境管理の観点からは個人線量測定の意味が相対的に増すことになると考えられる。
- (イ) 作業環境管理において医療分野での個人線量測定での課題が指摘されており、放射線管理測定の高化を図るには、個人線量測定の高の改善を図ることも必要であると考えられた。
- (ウ) 今後、労働基準監督署と保健所等の連携の高化が求められることから（第5回眼の水晶体の被ばく限度の見直し等に関する検討会 資料4）、本研究結果を現場の放射線管理の高の向上に役立てるようにさらに検討を進めたい。

#### 4. 自治体による医療機関支援のあり方

- (1) 医療法施行規則が改正され、2020年度から、医療機関において医療安全の観点からの放射線安全対策の高実施が求められることになった。この対策では診療用放射線の利用に係る安全管理の高ための責任者の配置や診療用放射線の安全利用の高ための指針の高策定が各医療機関に求められ、その指針に基づき患者が受ける線量を記録することやその最適化が求められることになる。これらの取り組みの高方向性は既に各医療機関で取り組まれているものであるが、規制に基づく現場での組織的な取り組みとして、どの職種が責任者となり、それぞれの職種がどのように役割を果たすかなどが課題となっていた。この課題の高解決には、現場でのコミュニケーションの高充実も必要だと考えられることから、今後、現場での医療放射線安全に関するコミュニケーションの高促進を図る必要があると考えられた。

#### 【結論】

1. 粒子線治療施設での位置決め用 X 線 CT 装置の利用における安全の高確保  
医療機関で想定されている機器の高使用方法で従事者や医療機器の高安全は確保されうると考えられた。
2. 高性能化に対応した X 線 CT 装置の高遮蔽評価法の高開発  
壁の高透過割合も含めて NCRP Report 147 の考え方で放射線安全は確保されうると考えられた。
3. 障害者歯科診療での従事者の放射線曝露状況の高把握
  - (1) 直接、介助するスタッフでは手指の高線量限度を超える可能性がある。

(2) それ以外のスタッフでは受ける放射線の量は少なくモニタリングの優先度は高くない。

#### 4. 自治体による医療機関支援のあり方

どの職種が責任者となり、それぞれの職種がどのように役割を果たすかなどが課題となっており、その課題の解決には、現場でのコミュニケーションの充実が必要であるが、そこでの課題となっていたこれまでの放射線診療による積算線量の考え方を整理した。

#### 1. 目的

医療放射線防護の国内における実態を踏まえ、医療現場において法令の適用が課題となっている放射線診療行為について、最新の国際基準にも対応した合理的な放射線防護のあり方を提案し、放射線診療の進歩や医療環境の変化に対応した規制整備に資する。

#### 2. 方法

行政機関に相談される事例を中心に、医療現場への視察やインタビュー調査により実態を把握し、国際的な規制動向も踏まえて、合理的な放射線防護のあり方を提案する。

(検討対象課題：表 1)

1. 2019年度に発出された通知のフォローアップ  
(ア) 粒子線治療施設での位置決め用X線CT装置の利用
2. X線CT装置の遮蔽評価法
3. 障害者歯科診療での従事者の放射線曝露状況の把握
4. 自治体による医療機関支援のあり方

検討対象課題のうち、1. と 2. は、別紙1と別紙2で示す。

#### 3. 障害者歯科診療での従事者の放射線曝露状況の把握

3人の歯科医師の協力を得て手指の被ばく線量を計測した。

#### 4. 自治体による医療機関支援のあり方 国立保健医療科学院への問合せ例に基づき分析した。

本研究のうち質問紙法及び訪問調査は、国立保健医療科学院の研究倫理審査委員会から承認を得て実施した(NIPH-IBRA#12246)。また、障害者歯科診療での従事者の放射線曝露状況の把握に関しても、別に国立保健医療科学院の研究倫理審査委員会から承認を得て実施した(NIPH-IBRA#12249)。電子スピン共鳴に関する研究も国立保健医療科学院の研究倫理審査委員会から承認を得て実施した(NIPH-IBRA#12191)。

**表 1 検討対象課題**

1. 粒子線治療施設での位置決め用X線CT装置の利用
2. X線CT装置の遮蔽評価法
3. 障害者歯科診療での従事者の放射線曝露状況の把握
4. 自治体による医療機関支援のあり方

### 3. 研究結果

#### 3. 障害者歯科診療での従事者の放射線曝露状況の把握

最大の線量は、1回あたり 1.2 mSv であった。この線量が継続した場合、線量限度に達するのは年間 400 件程度となった。リハビリテーションセンターの歯科医師は年間 420 件程度の患者撮影を実施することもあり、照射野に手指が入る場合には、年間の線量限度を超える可能性があると考えられた。

ただし、従事者による差異が大きく、1件あたりの線量が 200 倍以上異なった。この理由として介助法だけではなく、リング型個人線量計上の素子フォルダのサイズが種類しか利用可能ではなく、指が細い従事者では指の根本に素子を装着せざるを得ず、結果的に線量を過小評価するモニタリングの適切性も関係していると考えられた。

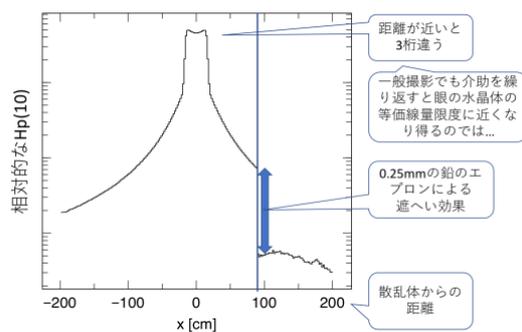


図 1 散乱体からの距離による相対的な線量（一般撮影）

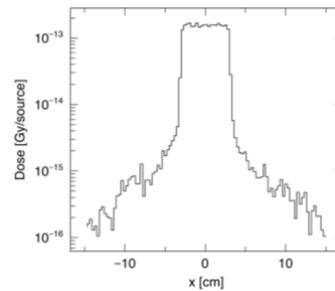


図 2 散乱体からの距離による相対的な線量（歯科 X 線）

障害者歯科放射線診療施設での放射線防護の課題を明らかにするために、

(1) 歯科用 X 線装置の出力測定、(2) 歯科医師の手指の線量測定、(3) 放射線診療室内の線量分布推定を行った。その結果、(1) 歯科用 X 線装置から照射される線量が Hp(0.07) で 1.6 mSv/曝射であり、光子エネルギーは 30-33 keV（何らかの定義に基づく実効エネルギーとして）と推定されていること、(2) 歯科医師での一回あたりの手指での皮膚の等価線量の測定線量 Hp(0.07) が、1.2 mSv、14 μSv、6 μSv と 2 百倍程度の差異がそれぞれの歯科医師間であること、(3) 照射部位から 1 m 程度離れることで 1 μSv 程度となり、0.5 mm の鉛防護板で照射方向であっても距離 2 m で 0.01 μSv となることを確認した。また、得られた結果から、(1) 公益財団法人日本適合性認定協会の認証が得られている商用サービスを利用して読み取られた光子のエネルギーが理論値よりも高くなっており、手指の線量を過小評価している可能性があること、(2) スペシャルニーズ歯科での口内法撮影件数は多い歯科

医師では年間 400 件程度になり得るので、線量限度に到達する可能性があるとともに、手指の線量測定がモニタリング用素子の制約により過小評価されることが（手指用の素子はリング状のものが提供されているがフリーサイズであり、指が細いと素子が指の根本に装着せざるを得なくなっていた。このため、照射野付近の線量の不均一性の影響を受けていると考えられた（図 2））、（3）照射部位に近づかなければ、個人線量のモニタリングの必要性が高いとは言えないことが考察された。これらを踏まえ障害者歯科放射線診療の放射線診療従事者向けの研修用資料を作成した（図 3、図 4、図 5）。

また、内視鏡的逆行性胆管膵管造影に従事していた看護師の協力を得て行った生体内の歯を用いた電子スピン共鳴測定でも陽性の信号が検出された。推定された線量は  $0.13 \pm 0.03$  Gy であった（ただし、審美歯科治療の影響を吟味する必要がある）。この看護師の過去の放射線曝露量は、確認できた 2004 年 6 月から 2011 年 3 月までの期間だけでも眼の水晶体の等価線量としては 66.8 mSv となっていた（図 6）。第 2 回眼の水晶体の被ばく限度の見直し等に関する検討会で提示された日本放射線技術学会学術調査研究班による調査では、内視鏡室の看護師の半数で眼の水晶体の等価線量が年間 50 mSv 以上となっており、本方法でも信号が

検出される可能性があると考えられた。

同様に、弘前大学整形外科教室員のデータでは、慢性放射線障害の症状として、手指の爪の変色、変形を来している割合は 33.6%（37 名/110 名）と高く、皮膚障害に対する加療歴は 5.5%（6 名）に認め、その治療として 3.6%（4 名）ががん切除術の適用となっていることから<sup>1</sup>、今後は、線量測定の本質の向上を図ると共に、対象者を拡充し、電子スピン共鳴法を利用した医療従事者の被ばく線量評価に関する研究も目指す。

#### 4. 自治体による医療機関支援のあり方

- (1) 医療法施行規則が改正され、2020年度から、医療機関において医療安全の観点からの放射線安全対策の実施が求められることになっている。この対策では診療用放射線の利用に係る安全管理のための責任者の配置や診療用放射線の安全利用のための指針の策定が各医療機関に求められ、その指針に基づき患者が受ける線量を記録することやその最適化が求められている。これらの取り組みの方向性は既に各医療機関で取り組まれているものであるが、規制に基づく現場での組織的な取り組みとして、どの職種が責任者となり、それぞれの職種がどのように役割を果たすかなどが課題となっていた。

<sup>1</sup> 浅利 享，和田 簡一郎，熊谷 玄太郎，田中 直，石橋 恭之. 整形外科医師における放射線職業被曝に関する実態調査-自己記入式アンケート調査からの検討. 臨床整形外科. 55(2), 121-125, 2020.

- (2) 放射線リスク情報の提示は、コミュニケーションに慣れたスタッフに関心を持たれていたが、未だに課題となっていた。
- (3) 医療機関では、放射線診療が正当に行われていることの担保が課題となっており、これまでに受けた線量を蓄積して、想定するリスクと新たに実施しようとしている診療の便益を比較するような放射線防護の考え方として適切ではない考え方も持たれていた。

#### 4. 考察

##### 3. 障害者歯科診療での従事者の放射線曝露状況の把握

- (1) これまで歯科放射線診療では、歯科口腔外科の IVR を除き線量限度を超えることが想定されてこなかったが、障害者歯科診療施設では、手指の線量限度を超える可能性があることが明らかになった。
- (2) また、手指のモニタリングの課題も浮き彫りとなり、防護法だけでなく線量測定法の工夫が必要であると考えられた。現在、利用できるリングタイプの個人線量計素子はサイズなどが限られているが、シート状の素子を用いるなどして、放射線管理を改善できる可能性がある。
- (3) 介助時の従事者の局所被ばくは、歯科医療だけでなく、他の分野でも生じている可能性があり、線量評価を行い、評価された線量が高い従事者には質を保った健康モニタリングを行う必要があると考えられる。
- (4) また、歯科領域では、歯科用ハンドヘルドエックス線装置がより普及しつつある。一昨年度の厚労科研でも検討した結果も踏まえ、歯科用ハンドヘルド装置の放射線防護に関するガイドラインが日本歯科放射線学会から公表されたが、そのフォローアップも必要であると考えられる。
- (5) 他方、昨年度の医療放射線の適正管理に関する検討会では、日本診療放射線技師会から室内操作を許容するような要望がなされているが、介助時の従事者の放射線防護の確保が、室内操作の前提になると考えられる。
- (6) また、2018 年度の医療放射線の適正管理に関する検討会では日本画像医療システム工業会から、放射線管理測定の頻度を減らすように要望があった。
- (7) これまでの測定データ結果からは、測定頻度を減らしても放射線防護上の問題が生じないと考えられることを提示していたが、管理区域等の漏えい線量の測定頻度を見直すことは、作業環境管理の観点からは個人線量測定の意義が相対的に増すことになると考えられる。
- (8) 作業環境管理において医療分野での個人線量測定での課題が指摘されており、放射線管理測定の合理化を図るには、個人線量測定の質の改善を図ることも必要であると考えられた。
- (9) 今後、労働基準監督署と保健所等の連携の強化が求められることから

(第5回眼の水晶体の被ばく限度の見直し等に関する検討会 資料

4)、本研究成果を現場の管理の質の向上に役立てる。

#### 4. 自治体による医療機関支援のあり方

(1) 医療法施行規則が改正され、来年度から、医療機関において医療安全の観点からの放射線安全対策の実施が求められることになった。この対策では診療用放射線の利用に係る安全管理のための責任者の配置や診療用放射線の安全利用のための指針の策定が各医療機関に求められ、その指針に基づき患者が受ける線量を記録することやその最適化が求められることになる。これらの取り組みの方向性は既に各医療機関で取り組まれているものであるが、規制に基づく現場での組織的な取り組みとして、どの職種が責任者となり、それぞれの職種がどのように役割を果たすかなどが課題となっていた。この課題の解決には、現場でのコミュニケーションの充実も必要だと考えられることから、今後、現場での医療放射線安全に関するコミュニケーションの促進を図る必要がある。

(2) また労働衛生マネジメントシステムを実装させることも有用だと考えられ、良好事例の共有を促進するなどの対策が考えられる。

(3) 積算線量の扱いでは、ICRPの第三委員会において「Radiological protection of individual patients receiving high

cumulative doses」が、「Other topics discussed with potential for action」の一つとされており、その検討成果を現場に普及させることも有用だと考えられる。

#### 5. 結論

##### 1. 粒子線治療施設での位置決め用 X 線 CT 装置の利用における安全の確保

医療機関で想定されている機器の使用方法で従事者や医療機器の安全は確保されうると考えられた。

##### 2. 高性能化に対応した X 線 CT 装置の遮蔽評価法の開発

壁の透過割合も含めて NCRP Report 147 の考え方で放射線安全は確保されうると考えられた。

##### 3. 障害者歯科診療での従事者の放射線曝露状況の把握

- (1) 直接、介助するスタッフでは手指の線量限度を超える可能性がある。
- (2) それ以外のスタッフでは受ける放射線の量は少なくモニタリングの優先度は高くない。

##### 4. 自治体による医療機関支援のあり方

どの職種が責任者となり、それぞれの職種がどのように役割を果たすかなどが課題となっており、その課題の解決には、現場でのコミュニケーションの充実が必要であるが、そこでの課題となっていたこれまでの放射線診療による積算線量の考え方を整理した。

謝辞：本研究の一部は、広島大学放射線災害・医科学研究拠点との2019年度共同利用・共同研究として実施した。

## 近くでの線量（1回あたり）

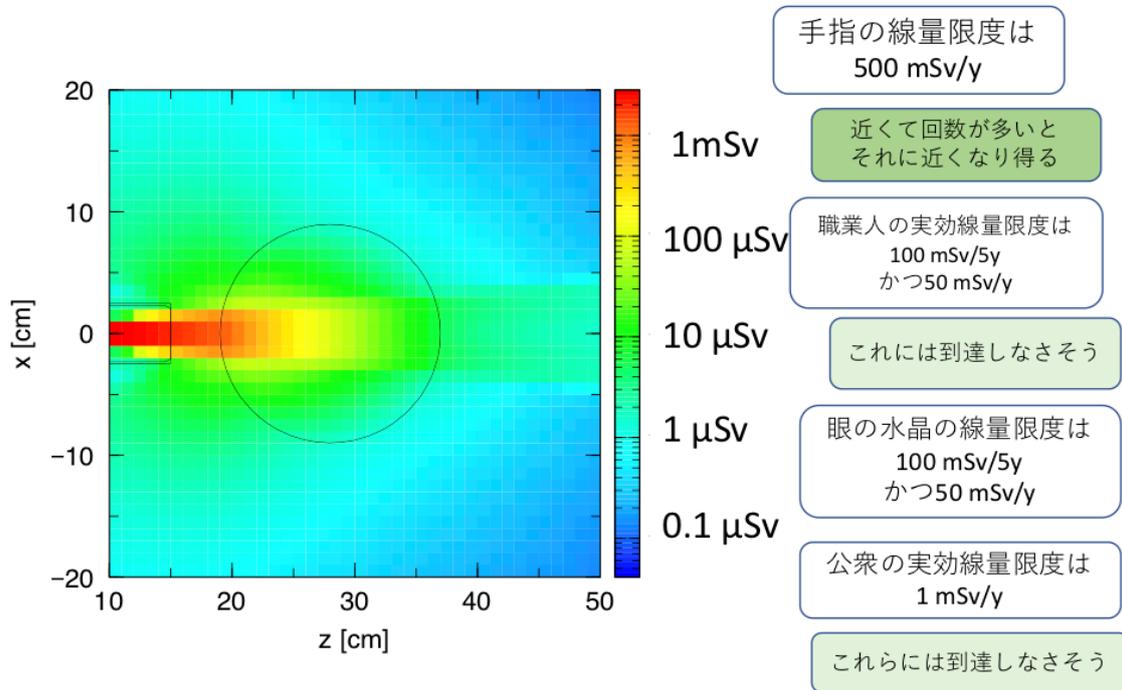


図 3 歯科口内法撮影時の患者周囲の線量分布

## 室内の線量分布

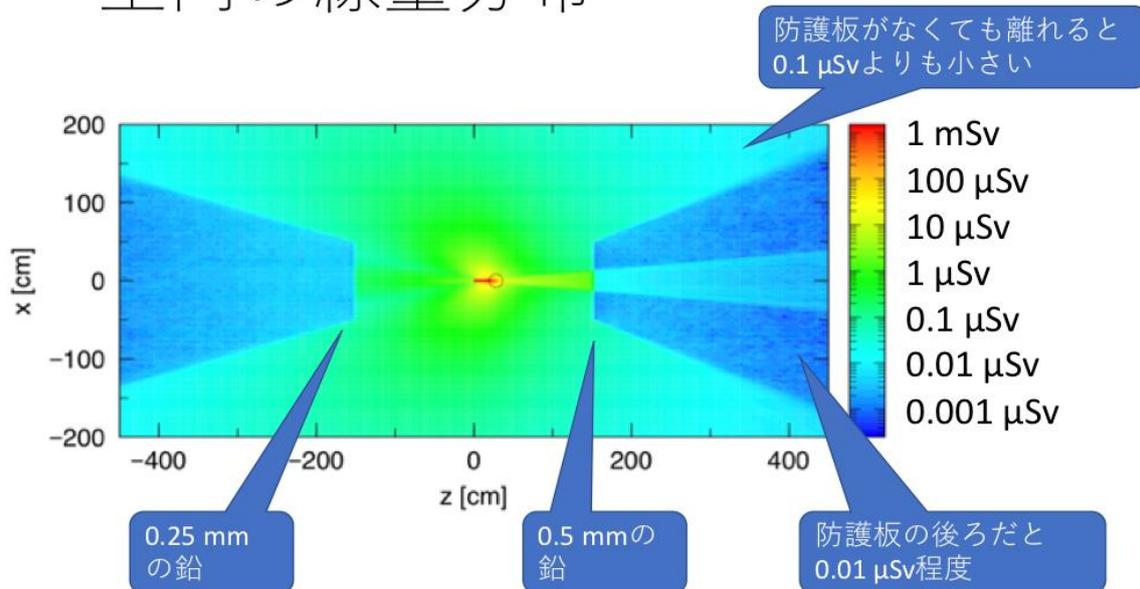
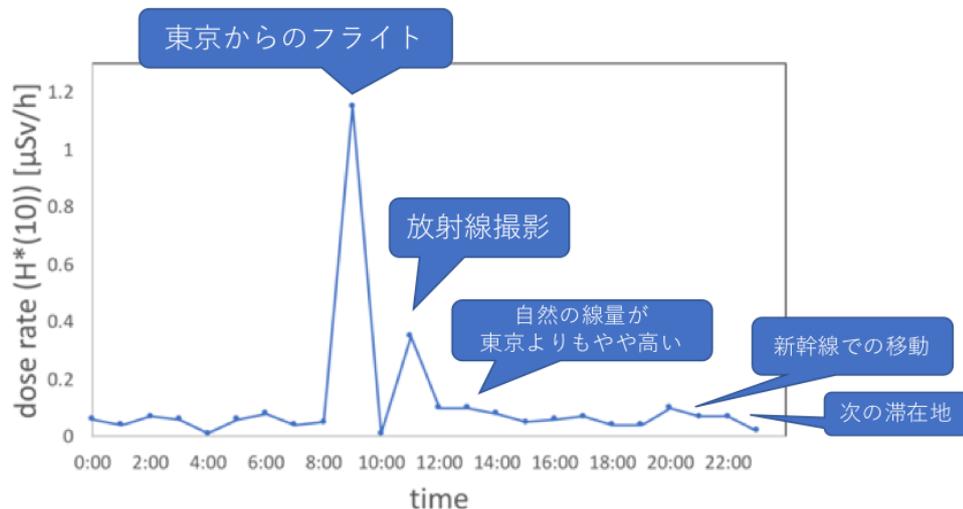


図 4 歯科口内法撮影時の室内の線量分布

## 施設訪問時の線量率の推移



- 1m程度の距離だと一回のX線撮影で一般公衆の年間の線量限度（1 mSv）の1/3千程度
- 管理区域内ではあっても、近接しないスタッフでは個人モニタリングの優先度は高くないかもしれません
  - 他のスタッフとも比較できます
  - 一般の医療機関で介助業務に従事しない技師とも比較できるでしょう
- 年間百回の介助で一般公衆の線量限度の1/30程度

図 5 施設訪問時の毎時の線量の推移

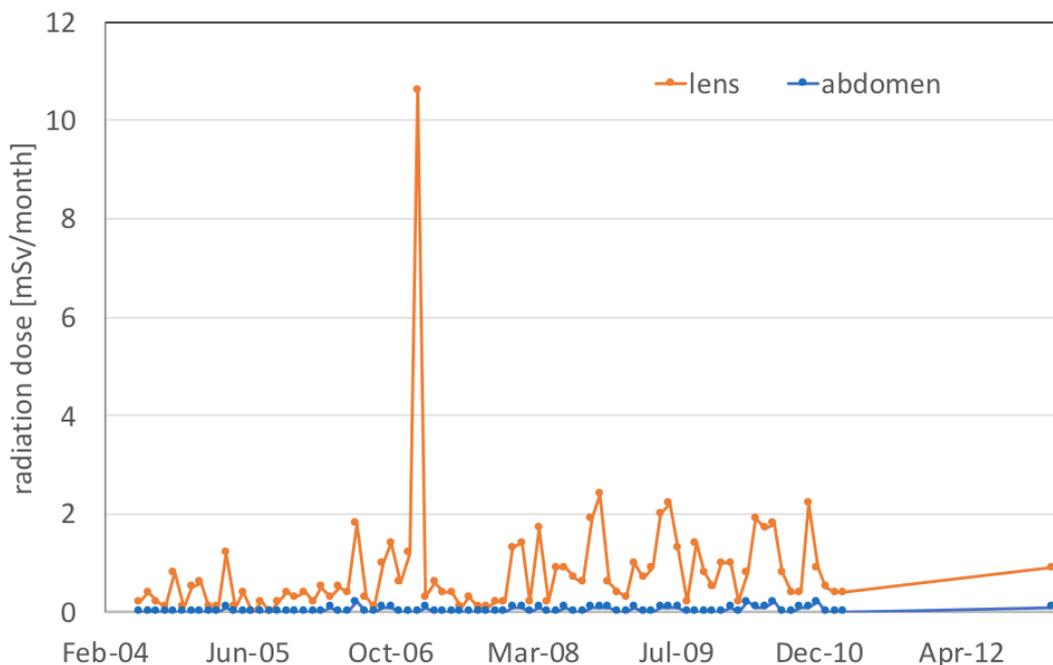


図 6 ERCP に従事していた看護師の毎月の線量の推移