

## 気管支鏡検査におけるX線透視被ばく線量の定量化と低減

日本赤十字社和歌山医療センター 放射線診断科<sup>1)</sup>, 放射線治療科<sup>2)</sup>, 呼吸器内科部<sup>3)</sup>, 看護部<sup>4)</sup>

嶋田 恵太<sup>1)</sup>, 石原 佳知<sup>2)</sup>, 橋戸 宏輔<sup>2)</sup>, 湯浅 大輔<sup>2)</sup>, 口井 信孝<sup>2)</sup>,  
濱田健太郎<sup>3)</sup>, 池上 達義<sup>3)</sup>, 三住 美香<sup>4)</sup>, 菅原 美紀<sup>4)</sup>, 畑中 保子<sup>4)</sup>,  
梅岡 成章<sup>1)</sup>

索引用語：気管支鏡，透視，被ばく管理，被ばく低減

### 要 旨

従来，当センターにおいては医師と看護師によって気管支鏡検査が実施されていたが2021年10月より診療放射線技師も業務に参画する運用となった。本研究では気管支鏡検査におけるX線透視被ばく線量の定量化と低減，診療放射線技師介入によるワークフローの見直しを目的とする。はじめに，被ばく線量定量化のため気管支鏡検査室内におけるX線TV装置使用時の空間線量率を電離箱式サーベイメーターにて測定した。次に，空間線量率の最も高い位置においてX線TV装置の設定変更による空間線量率の変化を測定した。最後に診療放射線技師が参画することによるワークフローの見直しを行った。空間線量率は患者頭側の術者位置よりも患者側方の介助者位置の方が4倍大きな値となった。また，従来用いられていた方法から設定を調整することにより74%空間線量率を低減した。ワークフローの見直しによりX線画像の保管，使用線量の管理，被ばく線量の低減が可能となった。これらの結果より診療放射線技師が気管支鏡検査に参画することにより被ばく線量低減，医療安全性の向上につながることを示唆された。

### 背 景

気管支鏡検査は肺または気管支などの呼吸器の病気を正確に診断するため，気管支鏡（気管支ファイバー）と呼ばれる直径5-6mmの管状カメラを口，または鼻から喉を通して気管や気管支に挿入し，内腔を観察し組織や細胞，分泌物などの検体を採取する検査である。CTや胸部X線写真において肺癌や間質性肺炎などが疑われる場合に，該当する区域へ気管支鏡を先進させ，X線透視下に病変部までブラシや生検

鉗子を進めて検体を採取する経気管支肺生検や，気管支鏡を用いて気管支内を洗浄し回収した洗浄液を分析する気管支肺胞洗浄などが代表的である。

気管支鏡や生検鉗子などが体内においてどこに存在するのか，どちらの方向を向いているのかを確認するため，一般的にはX線TV装置が使用される。X線透視下にて動画としてリアルタイムに状況を確認しながら検査を進めることが可能である。また，検査に使用されるX線の出力は患者の体格や視野内の吸収体によって管電圧，管電流が自動的に調整されるフルオートモードと，それらを手動で調整するマニュアルモードがある。

放射線の被ばくは医療被ばく，職業被ばく，公衆被ばくの3つに分類される。医療被ばくはCT検査，X線撮影，そして，X線透視など放

(令和4年12月5日受付)(令和4年12月23日受理)  
連絡先：(〒640-8558)

和歌山市小松原通四丁目20番地  
日本赤十字社和歌山医療センター  
放射線診断科

嶋田 恵太

射線を用いた検査による患者の被ばくのことを指す。医療被ばくは患者の病気を見つけるというメリットが優先させるため法律における上限（線量限度）は定められていない。これは、医療被ばくに線量限度を設けることにより患者が病気の診断や治療に必要な放射線検査を受けられなくなるという不利益を被ってしまうのを避けるためである。しかし、多すぎる放射線量は不必要な被ばくとなり、患者にも不利益となる。よって医療現場では病気の診断に必要な最小限の放射線量で検査を行なうよう「最適化」という作業が行なわれる。本邦ではこの「最適化」の一定の基準として医療被ばく研究情報ネットワーク（J-RIME）により国際放射線防護委員会（ICRP）、世界原子力機関（IAEA）、世界保健機関（WHO）と協議し診断参考レベル（DRL）が提言された<sup>1)</sup>。診断参考レベルにおいては本邦におけるX線を用いた検査における達成が望ましい被ばく線量が記載されている。

一方、医療従事者の職業被ばくには線量限度が設けられている。水晶体では線量限度として100 mSv/5年、かつ、50 mSv/年を超えてはならない<sup>2)</sup>。また、これらの線量限度は世界基準と比較すると控えめな基準となっており、今後、さらなる厳格化が予想されている<sup>3)</sup>。そのため、医療被ばくや職業被ばくを管理、低減することは今後のX線検査においては非常に重要な要素となってくる。また、これらの業務はX線の取り扱い訓練を受けた診療放射線技師が担当することが一般的である。

従来、当センターではX線TV装置を使用した気管支鏡検査は呼吸器内科医師により行われていた。しかし、前述の背景よりX線被ばくの管理、低減を行うため、呼吸器内科からの要望により2021年10月より診療放射線技師が気管支鏡検査に配置されるようになった。本研究では気管支鏡検査におけるX線透視被ばく線量の定量化と低減、診療放射線技師介入によるワークフローの改善を目的とする。

## 方 法

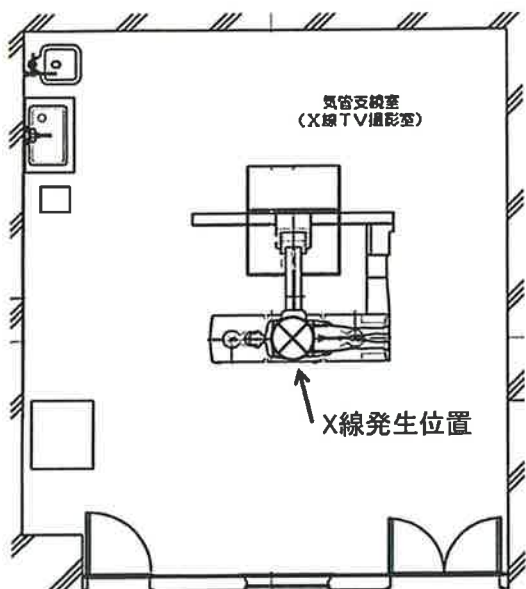
本研究では気管支鏡検査室内のX線TV装置による発生する放射線の空間線量率測定を行い、次にスタッフの被ばく線量の推定、最後にワークフローの見直しを行った。

### 1. 空間線量率の測定

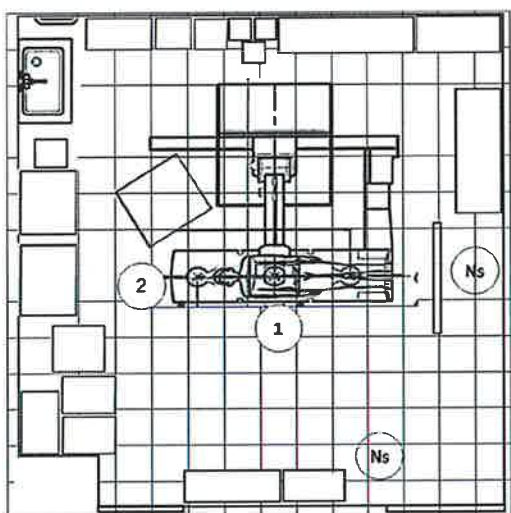
気管支鏡検査室にはX線TV装置として多目的イメージングシステムVersiFlex VISTA (FUJIFILM社)が設置されている(図1. a)。

この部屋を50 cm間隔の格子状に区画分けし(図1. b)、各区画にて床面から100 cm、150 cm位置の高さにおいて区画毎の空間線量率の測定を行った。高さ100 cm位置は体幹部、150 cm位置は水晶体を模擬している。線量計はICS-332C型電離箱式サーベイメーター(ALOKA社)を使用した。X線TV装置の寝台には人体を模擬した水ファントム(美和医療電機株式会社製)を散乱体として配置した(図2)。VersiFlex VISTAにおける透視モードはH(High)、M(Middle)、L(Low)の3種類であり、X線管球の出力が最も大きな透視モードH(High)にて測定を行った。管電圧、管電流は自動的に調整されるフルオートモードを採用した。

次に介助者位置(図1. b①)における空間線量率を透視モードおよび、画像の拡大率を変更し測定を行った。透視モードはH(High)、M(Middle)、L(Low)のパターン、拡大率は小、中、大、最大の4パターンであり、これらの組み合わせである計12パターンを測定した。測定位置は介助者の水晶体位置を想定し、線量計は450P型高感度デジアナ電離箱サーベイメーター(ビクトリン社)を用いた。



(a) 気管支鏡検査室内とX線 TV 設置位置の関係



(b) 50 cm 格子状区画 (①: 介助者位置, ②: 術者位置)

【図1】気管支鏡検査室におけるX線 TV 設置図と測定位



【図2】X線 TV 装置と散乱体水ファントム設置図

## 2. 被ばく線量の推定

次に放射線測定用個人線量計 FS (A) 頭部用, FS (B) 胸部用ガラスバッジ (千代田テクノル) を用いて 30 分間透視における被ばく線量を計測した. ガラスバッジは図 1. b における介助者①, 及び, 術者②の位置に設置した. それぞれ, 実臨床において設置される条件と同様に FS (A) 頭部用ガラスバッジは放射線防護衣の肩部に, FS (B) 胸部用ガラスバッジは放射線防護衣内部に設置した. 照射条件は診療放射線技師が配置される前まで使用されていた透視モード H (High), 画像の拡大率は小として照射を行った. このガラスバッジによる測定結果と空間線量率をもとに概算としての被ばく線量を算出した.

## 3. ワークフローの見直し

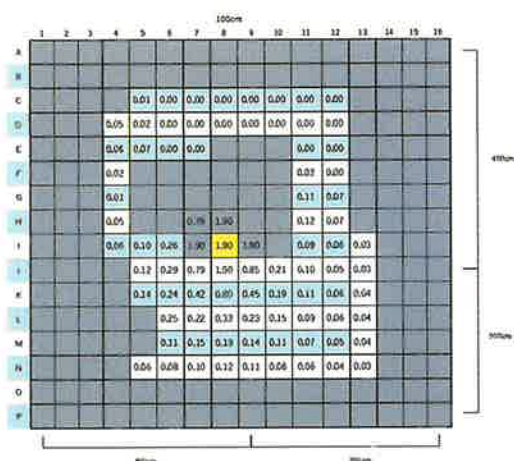
診療放射線技師が気管支鏡検査室に配置されることによる業務の見直しを行った. 患者確認, X線画像の管理, 被ばく線量の低減方法を空間線量率の測定, 被ばく線量の推定結果より提案した.

## 結果

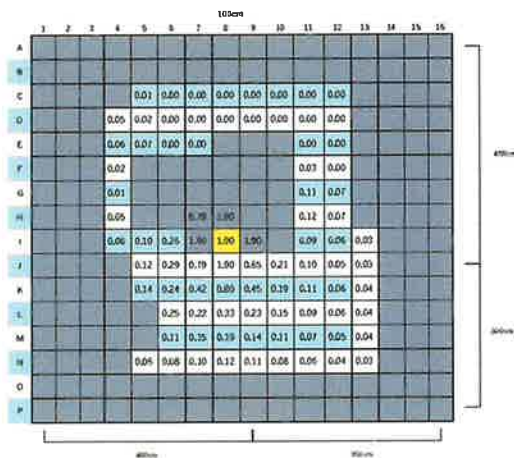
### 1. 空間線量率の測定

X線 TV 装置使用時の気管支鏡検査室内の空間線量率を図 3 に示す. 図 3. a は底面から 100 cm 地点の結果, 図 3. b は 150 cm 地点の結果を示す. 空間線量率は X線管球の近い 150 cm 地点の方が 100 cm 地点よりも約 2-3 倍高い傾向であった. また, 最も空間線量率が高くなるのは患者横側の介助者 (図 1. b ①) の位置であり, 患者頭部側の術者 (図 1. b ②) 位置の空間線量率よりも 4 倍以上高い値となった.

次に介助者位置 (図 1. b ①) における空間線量率を X線 TV 装置における画像取得条件を変化させた測定結果を表 1 に示す. 画像の拡大率を大きくするほど (視野を狭くする



(a) 底面より 100 cm 地点 (体幹想定)



(b) 底面より 150 cm 地点 (水晶体想定)

【図 3】気管支鏡検査室における区画毎の空間線量率 (mSv/h)

【表 1】透視モード、拡大率変更に伴う介助者位置における空間線量率 (mSv/h)

		拡大率			
		最大	大	中	小
透視モード	H	1.1	1.8	2.2	3.1
	M	1.0	1.6	1.9	2.6
	L	0.8	1.3	1.7	2.2

【表 2】ガラスバッジによる被ばく線量 (mSv)

	実効線量	等価線量	
		水晶体	皮膚
介助者頭部用	1.7	1.9	1.9
介助者胸部用	0.1	0.2	0.2
術者頭部用	0.4	0.4	0.4
術者胸部用	検出下限以下	検出下限以下	検出下限以下

ほど) 線量率は低減した。拡大率を小から最大に変更すると約 35%空間線量率が低減した。また、透視モードを H (High) から L (Low) に変更することにより 26%空間線量率が低減した。画像の拡大率、透視モードを最適化することにより最大で空間線量率を 3.1 mSv/h から 0.82 mSv/h まで 74%低減した。

## 2. 被ばく線量の推定

次に、ガラスバッジによる被ばく線量を表 2 に示す。介助者位置 (図 1. b ①) における水晶体線量は 30 分測定において 1.9 mSv、術者位置 (図 1. b ②) では 0.4 mSv であった。これにより、年間線量限度である 100 mSv/5 年を単純年換算とした 20 mSv/年を超えないためには介助者位置においては 5.3 時間、術者位置においては 25 時間ほどの作業時間がおおよその基準となる。また、これらの値は空間線量率の結果と照らし合わせることで他の場所におけるおおよその被ばく線量を概算することが可能となった。

## 3. ワークフローの見直し

診療放射線技師が配置されることにより、看護師が検査室入室前に実施していた患者確認に加えて検査開始前のタイムアウトにて医師、看護師、診療放射線技師の患者確認、放射線防護衣、ガラスバッジの着用確認を追加した。

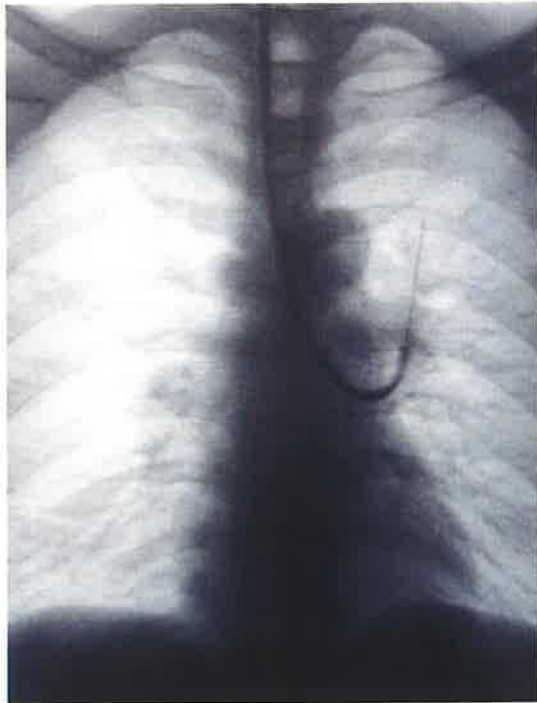
また、これまでは X 線 TV 装置において取得していた画像と透視時間の保存がされていなかったが、こちらも放射線画像システムに登録し照射録、画像参照が行える環境を構築した。さらに、空間線量率測定、被ばく線量の推定をもとに、これまで使用していた X 線 TV の撮影条件において透視モードを H (High) から L (Low) に変更し画像拡大率を小から最大に変更することにより従来と同画質のまま被ばく線量を 74%低減した (図 4)。

## 考 察

本研究においては、気管支鏡検査室内における空間線量率を区画分けすることにより患者頭側となる術者位置よりも患者側方側の介護者位置の方が4倍ほど空間線量率は高くなった。これは約20団体の関連学会から構成される医療放射線防護連絡協議会から発行されている医療スタッフの放射線安全に係るガイドラインにおける報告と同様の傾向であった<sup>4)</sup>。

今回のガラスバッジによる医療従事者の被ばく線量推定値は従来の被ばく線量が高い条件によって求められた値であり、ワークフローの見直しにより透視モード、画像拡大率の最適化された条件下においては大幅な被ばく線量の低減が実施できたと考えられる。当初の検査条件においては一部のスタッフは水晶体の線量限度を上回るペースの被ばくが計測されていたが、条件最適化後は被ばく線量が大幅に低減されており線量限度内で収まる形となった。透視モード、画像拡大率による被ばく低減手法は各種ガイドラインにおいても提唱<sup>4)</sup>されており当センターにおける最適な条件を検討できた。また、表2の結果より放射線防護位の線量低減効果は90%以上であることが確認され、検査前タイムアウトにおいて放射線防護衣の着用確認は必須であることがわかる。

診療放射線技師が気管支鏡検査に参画することでワークフローもそれにあわせて修正を行った。日本呼吸器内視鏡学会が発行しているガイドラインによると、気管支鏡検査において診療放射線技師の参画は必須とされている<sup>5,6)</sup>。また、診療放射線技師に求められる業務は主に画像処理、画像管理、被ばく線量管理、低減となっており、今回のワークフローの見直しにおいてそれらを達成できたと考えられる。



(a) 従来用いられていた透視モードをH (High), 画像拡大率小によって撮影された画像



(b) 被ばく線量低減化した透視モードをL (Low), 画像拡大率最大によって撮影された画像

【図4】従来法と被ばく低減処理後の画像比較

## 結 論

気管支鏡検査室における空間線量率測定、ガラスバッジを用いた医療従事者の線量推定により被ばく線量の定量化を行った。また、X線TV装置の撮影条件最適化を行うことにより医療従事者の被ばく線量を74%低減した。診療放射線技師が参画することによりワークフローの見直しを行い、各種ガイドラインが推奨する線量低減、医療安全性を確保する体制に寄与した。

## 参考文献

- 1) J-RIME. National diagnostic reference levels in Japan (2020)-Japan 2020 DRLs. [https://www.radher.jp/J-RIME/report/DRL2020\\_Engver.pdf](https://www.radher.jp/J-RIME/report/DRL2020_Engver.pdf). Accessed 01 December, 2022.
- 2) IAEA ; Radiation Protection and Safety of Radiation Sources : International Basic Safety Standards. [https://www-pub.iaea.org/mtcd/publications/pdf/pub1578\\_web-57265295.pdf](https://www-pub.iaea.org/mtcd/publications/pdf/pub1578_web-57265295.pdf), Accessed 01 December, 2022.
- 3) S. Bouffeler, E. Ainsbury, P. Gilvin et al. Radiation-induced cataracts : the Health Protection Agency's response to the ICRP statement on tissue reactions and recommendation on the dose limit for the eye lens, *J. Radiol. Prot.*, 32, 479-488, 2012
- 4) 医療スタッフの放射線安全に係るガイドライン, <https://www.jaam.jp/info/2020/files/info-20201009.pdf>. Accessed 01 December, 2022.
- 5) 日本呼吸器内視鏡学会安全対策委員会, 編集, 手引き書 —呼吸器内視鏡診療を安全に行うために— ver 4.0, 2017
- 6) 中山光男, 気管支鏡検査の安全対策, 気管支学, 43 巻, 2021

---

Key words ; Bronchoscopy, Fluoroscopy, Quantification of exposure dose, Reduction of exposure dose

---

## Quantification and reduction of fluoroscopic exposure dose in bronchoscopy

Keita Shimada<sup>1)</sup>, Yoshitomo Ishihara<sup>2)</sup>, Kosuke Hashido<sup>2)</sup>, Daisuke Yuasa<sup>2)</sup>,  
Nobutaka Kuchii<sup>2)</sup>, Kentaro Hamada<sup>3)</sup>, Tatsuyoshi Ikeue<sup>3)</sup>, Mika Misumi<sup>4)</sup>,  
Miki Sugawara<sup>4)</sup>, Yasuko Hatanaka<sup>4)</sup>, Shigeaki Umeoka<sup>1)</sup>

1) Department of Diagnostic Radiology, Japanese Red Cross Wakayama Medical Center

2) Department of Radiation Oncology, Japanese Red Cross Wakayama Medical Center

3) Department of Respiratory Medicine, Japanese Red Cross Wakayama Medical Center

4) Department of Nursing, Japanese Red Cross Wakayama Medical Center

### Abstract

Previously, bronchoscopy was performed by physicians and nurses in this hospital, but radiological technologists also participated in this task from October 2021. The purposes of this study were to quantify and reduce fluoroscopic exposure dose, and to improve workflow with radiological technologists in bronchoscopy. First, Air dose rate in the bronchoscopy room was measured with ion chamber survey meter to quantify fluoroscopic exposure dose. Next, the change in air dose rate due to several fluoroscopic parameters was measured at the point of maximum air dose rate. Finally, we reviewed bronchoscopy workflow with radiological technologists' participation. The air dose rate of patient lateral side (nurses' position) was four times higher than that of patient head side (physicians' position). Then, the air dose rate was reduced by 74% to adjust the settings parameters. Improvement of workflow enabled storage of X-ray images, quantification and reduction of fluoroscopic exposure dose. These results suggested that participation of radiological technologists in bronchoscopy could reduce exposure dose and improve medical safety.