

## 放射線部

- ・検査を中断し、患者を一時的に検査機器類から待避させる（患者集合場所への誘導）
- ・検査室扉を閉状態にして、固定する  
（操作室側扉は開放状態で固定する。MRI 等でクエンチ発生が室内で起きた場合の圧力緩和のため）
- ・放射性同位元素等を所定の貯蔵庫に収納する
- ・現有放射性核種の種類・数量を示す書類の準備（緊急持ち出し書類の準備）
- ・核医学施設・MRI 施設等の放射線取扱施設の入口にトラロープを張り、入室禁止を表記する

## 医師部

- ・患者集合場所及び各部門にて、患者容態の確認
- ・連携医療機関との情報共有の手配と準備
- ・外部被災者の対応に関する手配等の準備

## 災害対策本部の立ち上げ

- ・院長・副院長・技術部長・事務長・看護師長は災害対策本部へ集合  
（各部門の報告を行い、現況情報を共有する）
- ・院長室を災害対策本部として情報収集を図る
- ・関係機関（消防・警察等々）との連絡体制の確保及び準備

### 3. 5 訓練参加者からのフィードバック

机上訓練に参加した職員からの意見を集約した。簡単なシナリオであることから参加者の意見が多く出され、問題点の把握が行えたと考えられる。具体的には、診療従事者のためのヘルメット及び患者用ヘルメットの確保が課題として認識された。

#### 【机上訓練の感想（集約）】

- ・災害時の組織体制の説明から、自分の立場・行うべき行動が理解できた。
- ・実践訓練からは学べない様々な想定が行えて良かった。
- ・前段階での VTR（地震への対応「その時病院は」）から、自分の施設を再度確認することができた。
- ・机上による訓練で、院内放送の重要性を再確認できた。
- ・様々な事例を想定できたので、不足物品のチェックが行え大変良かった。
- ・地震速報があつてから 5 分間という短かくもあり長くもある時間内に、最高のレベルの対応をすることは不可能だと思ったが、イメージすることでまとまりを付けることが可能となった。
- ・机上訓練の後に直ぐに実地訓練が行えると覚えやすいと考える。
- ・全員での机上訓練で、より横のつながりが良くなったように思えた。実践訓練ではうまくいくだろうか？
- ・実践訓練ではそれなりに周囲の企業や住宅への対応も必要だが、机上訓練となると周囲環境を心配することなく行えてよかった。

- ・消防職員が参加してくれるともっと良いのと思った。
- ・経費もかからず、意識改革ができるので大変良い。

#### 【災害用ヘルメットの問題】

「災害用ヘルメット」については、今のところ「安全基準の定め」は特にはない。工事現場などで使用する保護帽の安全基準（強度等の性能基準）は、労働安全衛生法で厳密に決められている。その一方、耐用年数についての規定は明確ではないのが現状である。ここで言われる「耐用年数」は、日本ヘルメット工業会（国内ヘルメットメーカーの集合体）が「保護帽取扱いマニュアル」で示している、「業務（仕事）で使用する方へ向けての目安」として提示しているのみである。この基準は、比較的過酷な環境下を想定しているもので、医療機関等で災害用ヘルメットとして使用する場合、この基準がピッタリ適しているとは言えない。また、耐用年数は材質によって異なり、保管され使用される環境で大きく変わる。一般的使用では、ABS 樹脂、PC 樹脂、PP 樹脂、PE 樹脂製が3年以内、FRP 樹脂製のものは5年以内とされている。

#### ＜一般的な災害用ヘルメットの交換の目安＞

- ・一度でも強い衝撃を受けた場合
- ・欠け・割れ・ヒビ・過度の擦り傷・変形・変色・落ちない汚れがある場合
- ・穴あけ等の改造がある場合
- ・あご紐にほつれや切れがある場合 等

災害用ヘルメットの材質はヘルメット裏側のラベルで確認することができる。不明の場合はメーカーに問い合わせる。先に記述したように、耐用年数は使用・保管の環境によって変化するが、高温の場所や太陽光にずっとあたるような場所で使うと、災害用ヘルメットの耐用年数は減少する。災害用ヘルメットは普段は使わないだけに、耐用年数の確認を怠りがちだが、いざという時に確実に使用できるよう、定期的に耐用年数を確認し、耐用年数が過ぎたら買い換えることも重要である。計画的な購入を視野に入れて防災（災害）計画を策定することが望まれる。

#### 参考例

職員 200 名、入院 100 床、外来 200 名の医療機関の場合

災害用ヘルメット 2,000 円／個（一般的金額）

職員用 200 人×2,000 円＝400,000 円

入院用 100 人×2,000 円＝200,000 円

外来用 200 人×2,000 円＝400,000 円

総計 1,000,000 円

耐用年数を5年と計算した場合、毎年100個更新していればよいことになるので、購入費としては年間20万円となり、防災費としての支出として適切かどうかを検討することが求められよう。

ここで、患者用として提示しているが、医療機関では患者用ヘルメットを保有している施設は少なく、避難時に職員はヘルメットを着用しているのに患者は無防備であるということは、“患者第一”という医療機関としてのあり方を問われる時代であるのかもしれない。

医療機関内（病院）では、震災だけでなく様々な災害に対し、その対応が迫られる。種々の災害をシミュレートし、事前にその対応を決定しておくことが災害発生時に適切な対応ができるようにするための最善の方法であり、被害の軽減にもなる。施設内での自分の立場を理解し、いざという時に行動できる体制作りが最も重要である。

#### 4. 災害時の特殊な放射線診療機材対応

災害時には医療法の範囲外になるが、警察歯科の要請で検視機材の提供をするなど医療機関が協力して対応にあたることがある<sup>1</sup>。災害時にも活用されうる自己シールドを持つハンディタイプの歯科 X 線装置は日本でも薬事承認が得られ、各国でも使用が認められつつあることから<sup>2</sup>、日本でも医療現場の意見に基づき検討が求められると考えられる。自己シールドを持つ X 線 CT 装置の利用も同様に課題になりうると考えられる。

## E. 結論

災害時の医療機関の放射線源がもたらす脅威とその低減策を検討し、院内の対応を考えるための机上訓練を実施した。災害時の医療機関の対応力を高めるには、災害対応を考える訓練の実施が有用であると考えられる。その際には、自施設の立地環境を知ることが重要であるため、自治体のハザードマップの情報を活用することが望まれる。医療機関が所有する線源による災害時の放射線への脅威を低減するには、比較的大きな数量の線源で診療に使用していないものは回収措置を講じることが望まれる。

<sup>1</sup> <http://www.digitgen.com/article/revivalcenter.html>

<sup>2</sup> 米国食品医薬品局（FDA）と米国歯科医師会（ADA）が、そろって放射線撮影手順と放射線安全ガイドラインを改訂し、『HAND-HELD X-RAY UNITS』の項目の中で、『ポータブル/手持ち式のデザインでハンドグリップにトリガー(曝射スイッチ)仕様』の製品は、適切な撮影をした場合には、シールド効果により、術者は防護衣必要なしで撮影可能である見解が掲載されている。

[http://www.fda.gov/Radiation-EmittingProducts/RadiationEmittingProductsandProcedures/MedicalImaging/MedicalX-Rays/ucm116504.htm#limiting\\_radiation\\_exposure](http://www.fda.gov/Radiation-EmittingProducts/RadiationEmittingProductsandProcedures/MedicalImaging/MedicalX-Rays/ucm116504.htm#limiting_radiation_exposure)

## 参考資料

- ・NHK スペシャル MEGAQUAKE 巨大地震 シリーズ 1～3  
<https://www.nhk.or.jp/special/megaquake/index.html>
- ・震災対策ポケットマニュアルーこれだけは知っておきたい地震への備え. 日本経済新聞社(編集) (2011)
- ・「大規模震災から学ぶ」東日本大震災の教訓(概要版)  
[http://siteresources.worldbank.org/JAPANINJAPANESEEXT/Resources/515497-1349161964494/KnowledgeNote\\_ALL.pdf](http://siteresources.worldbank.org/JAPANINJAPANESEEXT/Resources/515497-1349161964494/KnowledgeNote_ALL.pdf)
- ・国土交通省「ハザードマップポータルサイト」  
<http://disapotal.gsi.go.jp/>
- ・国土地理院「津波による浸水範囲の面積(概略値)について」  
<http://www.gsi.go.jp/kikaku/kikaku60001.html> (version 1)  
<http://www.gsi.go.jp/common/000059939.pdf> (version 5)
- ・今井照(2011)「東日本大震災と自治体政策ー原発災害への対応を中心に」『公共政策研究』(11)
- ・消防庁(2011)「地域防災計画における地震・津波対策の充実・強化に関する検討会報告書」  
[http://www.fdma.go.jp/disaster/chiikibousai\\_kento/houkokusyo/index.pdf](http://www.fdma.go.jp/disaster/chiikibousai_kento/houkokusyo/index.pdf)
- ・東北地方太平洋沖地震を教訓とした地震・津波対策に関する専門調査会(2011)「平成23年東日本大震災における避難行動等に関する面接調査(住民)分析結果」  
<http://www.bousai.go.jp/kaigirep/chousakai/tohokukyokun/7/pdf/1.pdf>
- ・石巻市(2011)「石巻を襲った大津波と復興計画」  
[http://www.thr.mlit.go.jp/iwate/kawa/seibi\\_keikaku/dai6/image/dai6\\_02.pdf](http://www.thr.mlit.go.jp/iwate/kawa/seibi_keikaku/dai6/image/dai6_02.pdf)
- ・地震対策マニュアル作成のポイントー震災から会社を守るためにー 東京海上リスクコンサルティング株式会社  
[http://www.tokiorisk.co.jp/risk\\_info/up\\_file/200402057.pdf](http://www.tokiorisk.co.jp/risk_info/up_file/200402057.pdf)
- ・「BCPの考え方に基づいた病院災害対応計画作成の手引き」平成24年度厚生労働科学研究「東日本大震災における疾病構造と死因に関する研究」(研究代表者:小井土 雄一(独立行政法人国立病院機構災害医療センター))

## F. 研究発表

### 1. 論文発表

なし

### 2. 学会発表(予定)

- 1) 小高喜久雄. 医療現場の立場から. 放射線部門における大震災時の危機管理指針の運用と実際. 医療安全フォーラム. 第70回日本放射線技術学会学術講演会. 2014年4月13日
- 2) 平出博一. 機器メーカーの立場から. 放射線部門における大震災時の危機管理指針の運用と実際. 医療安全フォーラム. 第70回日本放射線技術学会学術講演会. 2014年4月13日

## G. 知的財産権の出願・登録状況

(予定を含む。)

### 1. 特許取得

なし

### 2. 実用新案登録

なし

### 3. その他

なし

平成25年度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)  
「医療放射線防護に関する研究」

分担研究報告書

放射線治療領域における放射線防護に関する研究

平成26年3月

研究分担者 高橋 健夫

## 目 次

### 課題 3 放射線治療領域における放射線防護に関する研究

A	研究目的ならびに背景	1
B	研究方法・結果	2
C	総括	7
D	文献	7

## 平成 25 年度細野班報告書

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

「医療放射線防護に関する研究」

(H24-医療-一般-017) (研究代表者：細野 眞)

「放射線治療領域における放射線防護に関する研究」

研究分担者 高橋 健夫

埼玉医科大学総合医療センター放射線腫瘍科 教授

研究協力者 保科 正夫

群馬県立県民健康科学大学 教授

新保 宗史

埼玉医科大学総合医療センター放射線腫瘍科 准教授

金井 達明

群馬大学重粒子線医学研究センター 教授

榎戸 義浩

埼玉県立小児医療センター 副技師長

鳥飼 幸太

群馬大学重粒子線医学研究センター 助教

### A. 研究目的ならびに背景

放射線治療はがん治療の3本柱の一翼を担い、治療患者数は増加の一途をたどっている。また高齢化人口の増加がさらに見込まれ、この傾向は変わらない。さらに放射線治療機器ならびに治療計画装置をはじめとする周辺機器の高精度化により高い局所効果と、有害反応を低く抑えた治療が可能となっている。定位放射線照射や強度変調放射線治療（IMRT）などX線を用いた高精度放射線治療に加え、重粒子線治療、陽子線治療といった粒子線治療もわが国において普及しつつあり、また牽引する立場で治療機器ならびに治療法の開発が進められている。その際、機器のみならず医療情報系機器との統合が急速に進み、課題が多い。放射線防護の観点から適切な放射線治療の推進、治療機器管理、品質保証（QA）/品質管理（QC）の充実が重要である。各施設における安全管理、放射線治療機器ならびに治療内容に関する品質保証（QA）の普及・充実が浸透しつつある。しかし周辺機器の機器管理や、高精度化した放射線治療の安全管理、医療放射線防護体制の確立に向けて課題は多い。また大規模災害時における放射線治療施設の対応についての整備を図ることも急務である。



## B. 研究方法・結果

現在、放射線治療では、適切な位置に適切な線量を投与するために、様々な機器・手法を用い、治療を行うことを目指しており、高精度な治療として、定位照射、強度変調放射線治療、画像誘導放射線治療、呼吸性移動対策放射線治療などがある。また、これまでの外部放射線治療で用いられる高エネルギーX線・電子線のほかに、深さ方向の線量を制御できる粒子線治療（陽子線、炭素線）も導入が進んでいる。

放射線医療安全について、学会その他での取り組みとして

### 1. 照射機器の部品交換・廃棄の際の放射化物の取り扱いについてのガイドライン

1-1：放射線治療装置

1-2：粒子線治療施設

### 2. 震災など、災害発生時の放射線治療に関わる安全対策

2-1：照射中など、患者が治療室内にいるときに災害が発生した場合の対応

2-2：放射線治療施設における防災対策の整備・危機管理指針の作成

2-3：一連の治療の途中で災害が発生し、治療継続が難しい場合の対応

### 3. 放射線治療品質管理の客観的指標

等が、行われている。

### 1. 照射機器の部品交換・廃棄の際の放射化物の取り扱いについてのガイドライン

#### 1-1：放射線治療装置

放射線治療に使用される装置では、直線加速器を用いて発生させる高エネルギーX線、電子線や、円形の加速器を用いて発生させる粒子線などがあるが、それぞれの装置で発生する放射化物について、実測に基づき、放射化物として取り扱う部品を確定し、適切に処理するためのガイドラインを、関連団体協力の下、作成した。放射線治療用直線加速装置については、「学会標準ドラフト版」が公開されている（1）。（初版：2012/8/1、改訂版：2013/7/10）

今年度最終版の作成作業が進んでおり、案が作成され、2013年12月現在で、各構成団体の確認・承認作業が行われており、2013年度中に「放射線治療装置における放射化物の管理に関する学会標準」が公開される予定となっている。

#### 1-2：粒子線治療施設

粒子線治療については、装置の放射化のほか、治療にともない患者ポータス、コリメータを使用するため、治療毎に粒子線の照射を受けた物品が発生するが、これらの放射化の程度は低く、一定期間の保管で、放射化物としての取り扱いが不要になることから、これらを勘案してとりまとめた、「粒子線治療施設における放射化物の取扱いに関するガイドライン」が公開されている（2）。（初版：2012/8/1、改訂版：2013/9/20）

## 2. 震災など、災害発生時の放射線治療に関わる安全対策

### 2-1: 照射中など、患者が治療室内にいるときに災害が発生した場合の対応

照射中など、患者が治療室内にいるときに災害が発生した場合の対応については、様々な対応方法があるが、時系列に、

- ・緊急地震速報受信による照射停止・患者退出対策
- ・地震発生時に照射停止・患者退出対策（自動・手動）
- ・消火・漏水停止など、被害の不拡散対策
- ・機器の安定停止作業
- ・その他：建屋の構造（耐震、免震、制震）など

等が求められる。

各施設の対応状況の例として埼玉県内で実施されたアンケート調査の結果を示す。

（平成 25 年 9 月 14 日の第 22 回埼玉県放射線腫瘍研究会発表データ（3））

埼玉県内放射線治療施設 25 施設。回答数 25（100%）施設。（括弧内は割合）

#### ・災害時・緊急時の対策訓練実施状況

実施頻度	回答数
6 月	3 (12%)
1 年	15 (60%)
不定期（年 1～2 回）	1 (4%)
行っていない	3 (12%)
マニュアルのみ	1 (4%)
内容周知のみ	1 (4%)
未記入	1 (4%)

#### ・停電時リニアック室の扉に対する対応

対応	回答数
行っている	23 (92%)
行っていない	2 (8%)

#### ・停電時の治療寝台の駆動

対策の有無	回答数
対策を行っている	17 (68%)
行っていない	8 (32%)

#### ・治療寝台の下降手段

方法	回答数
手動ハンドル	14 (56%)
バッテリーによる駆動	10 (40%)
未記入	1 (4%)

・ 停電時の扉の開放手段

手段	回答数
手動開放できる	13 (52%)
自動開放設定	7 (28%)
無停電電源を使用	3 (12%)
非常用開閉ハンドル	1 (4%)
未記入	1 (4%)

・ 建屋の構造

構造	回答数
耐震	16 (64%)
免震	5 (20%)
制震	3 (12%)
耐火構造	1 (4%)

これらの資料から、各施設で災害発生時に患者を退出させる手段は検討されているが、訓練実施頻度が少なく、実際の災害発生時に対応できるか不明である。

異常発生時に、自動ビーム停止及び遮蔽扉を自動開放するシステムの設置が望ましい。また、漏電や漏水が発生し、装置の故障などが懸念される場合に、配電盤や元水栓の位置などを普段から確認しておくことが望ましい。

2-2：放射線防護の観点から見た、放射線治療施設における防災対策の整備・危機管理指針の作成

放射線治療施設の防災対策を考える上で、東日本大震災の経験が重要であろう。以下、震災当時の東北地域の放射線治療の状況について述べる。

東日本大震災による震災直後の状況

我々にとって防災対策の上で参考になるデータは東日本大震災である。震災発生3日後の加速器メーカーの対応状況を、V社のデータから表に示す。2011年3月時点で表に示す7県で約100台の加速器が導入されていた。表では、その中で約60%に相当する57台の被災への対応状況を示している。

未確認施設の中には石巻市民病院のように壊滅的な打撃を受けた施設も含まれるが、震災後の電話の不通に伴う対応の遅延がある。

表 2011年3月14日現在のV社の加速器のメーカー対応状況

県名	対象装置数	確認	未確認	点検中	点検完了	2011年総数
青森県	9	3	6	3	0	13
秋田県	5	1	4	1	0	12
岩手県	8	5	3	5	0	13
宮城県	12	4	8	2	0	17
福島県	5	4	1	4	0	13
山形県	4	0	4	0	0	8
茨城県	14	11	3	2	9	24

## 震災による被害状況

東日本大震災で具体的に報告された加速器の被害状況は下記の通りである。

- ・ 津波による浸水と装置の壊滅的破損
- ・ 地震の揺れによる装置の壊滅的破損
- ・ 加速器から分離設置の周辺部品（モジュレータ、モニタ）の破損
- ・ 加速器駆動部（架台回転など）の破損
- ・ 加速器真空のやぶれ

最も極端な事例が石巻市でみられた。2006（平成 18）年 5 月に免震構造の新たな病院として移転した石巻赤十字病院と石巻市民病院において対比的にみてとれる。石巻市民病院は津波により病院の 1 階以下の部分は壊滅的な被害を受け、150 名の患者と共に孤立した。一方、高台の新病院に移転していた石巻赤十字病院は、以後地域患者の受入機関として機能を果たした。

南海トラフ巨大地震の発生が予想される中、東日本大震災から推測される放射線治療分野における被害は次の通りである。

- ・ 津波、浸水被害：放射線治療施設は放射線防護の面から周囲の壁厚は震災に耐える構造であるが、設置場所が地下であることが多く、水による被害は甚大である。特に、電気系統の被害を受けた場合には 3 ヶ月以上の業務停止状態が予想される。
- ・ 一部の加速器で構造上装置全体が横揺れするものがある。このような構造の加速器は免震構造をもたない病院や地盤の脆弱な土地においては、使用不能な状況に至ることがあることを東日本大震災において経験した。
- ・ 加速器駆動系および真空系の損傷は、再開に向けた作業日数を要する。
- ・ 電力供給のストップは病院全体の機能を低下させるが、特に加速器では瞬間的な放射線照射ではないため電力供給が不安定な中での業務の継続は困難であろう。
- ・ HIS および RIS のネットワークのストップは間接的に放射線治療の継続を困難にする。
- ・ 高度な放射線照射法を継続することは、加速器駆動系の品質を維持することが難しいために中断せざるをえないであろう。

2013 年現在、1,000 台弱の加速器が稼働しているが（図 1）、千葉県以西の太平洋岸地域に設置されている加速器は約 48%に達する。したがって、わが国における放射線治療は壊滅的打撃を受けるのは必至である。

回復に要する日数は病院インフラの回復に強く依存するが、国産加速器が少ない現状においては、部品の調達、線量評価器材の調達および加速器メーカーのエンジニアの確保が大きな因子となると予想させる。

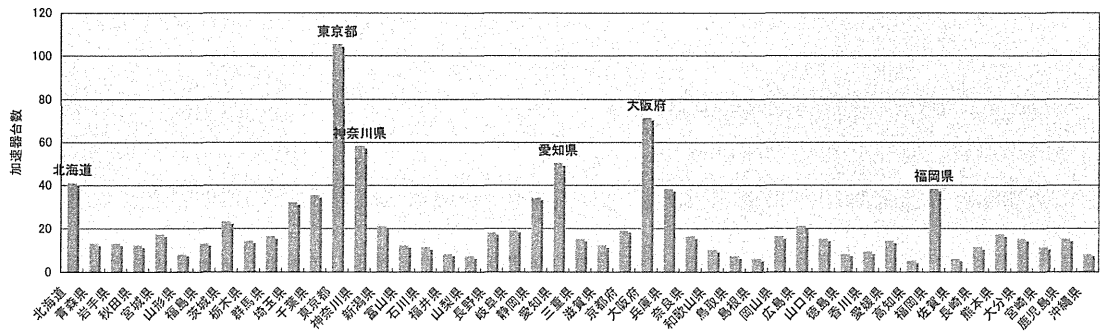


図1. 粒子線加速器を除いた加速器設置台数 (2013年10月現在、新医療2013年12月号) (4)

### 放射性同位元素を用いた治療における被害

東日本大震災では大きな問題とはならなかったが、前立腺癌の I-125 線源や RALS 装置の Ir-192 線源の保全に留意する必要がある。

厚生労働省の平成 23 年医療施設静態調査によると、全国 187 施設で腔内・組織内照射による放射線治療が行われている。その中の 162 施設が RALS 治療を実施している。現在、RALS 装置は位置の自由度の高い装置であるが、テロへの対策等を考慮して建家に連結させている。しかし、津波被害により連結部の損傷に見舞われた場合には Ir-192 線源の流失につながる。また、建屋が倒壊した場合には線源ががれきりの中に残されるので、解体・撤去作業の際には、細心の配慮が必要となる。

現在想定されている最大規模の地震において、放射線治療の回復は新規の装置の立ち上げに相当する困難が想定される。また、部品とエンジニアの確保を考えた場合、日本全体を見通した合理的スケジューリングの中で復旧を図らなければならないであろう。一時的には、各地域で 1～2 の治療センターの構築を目指した展開が要求されるかも知れない。

### 2-3: 一連の治療の途中で災害が発生し、治療継続が難しい場合の対応

東日本大震災では、多数の病院が機能を失い、放射線治療についても中断を余儀なくされた。放射線治療は一連の照射を行うことで効果が期待されるため、治療を継続して行うことができるように日本放射線腫瘍学会が「放射線治療支援活動」を行った。

これは、放射線治療実施施設に、照射方法と受け入れ可能人数を回答するよう要望し、集計してホームページで公開した。治療停止施設の担当医師が要望先施設に連絡し、治療を継続してもらう仕組みである。実際の利用件数は不明だが、登録病院数は 2011 年 3 月 22 日付けで、全国 289 施設から、受け入れ可能人数などの情報が寄せられた。実際の患者依頼は医師同士で調整して行うため、学会は関わらないが、2 名の受け入れ実績が登録されている (JASTRO データベースページより引用)。

### 3. 放射線治療品質管理の客観的指標

放射線治療品質管理について、海外では外部評価が行われており、欧米では IAEA/RPC が放射線治療の出力測定を行っている。日本では、国内で開発された蛍光ガラス線量計を用いた郵送による出力測定の研究が行われ、その技術を移転した「公益財団法人医用原子力技術研究振興財団」が出力測定を行っている。この財団は、放射線治療用線量計校正事業も合わせて行っており、線量計校正事業では平成 24 年度校正実績で 675 施設の線量計を校正している（5）。これは、放射線治療実施施設（797 施設：2013 年 10 月現在の X 線及び粒子線治療施設：新医療 2013 年 12 月号）の 85% になっている。

一方、出力測定では、平成 19 年度から平成 24 年度の実績で、平成 25 年 7 月末日までに施設名公表の承諾を得たのは 157 施設となっており、放射線治療実施施設の 20% にとどまっている。

#### 出力線量測定実施施設数

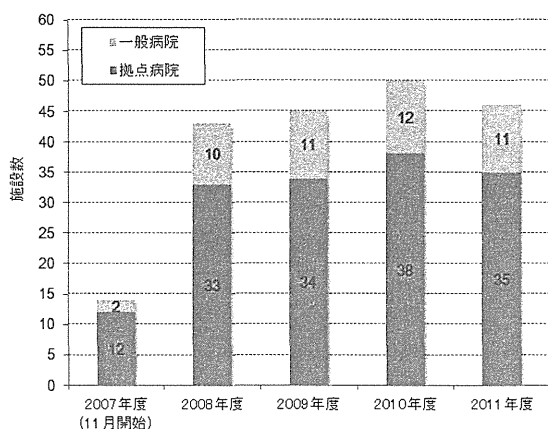


図 2. 医用原子力技術研究振興財団ホームページより引用

### C. 総括

放射線治療は高精度化が進み、放射線治療件数は急速に増加し、がん治療に不可欠な治療法となっている。放射線治療に関する品質管理の観点においては、各種マニュアルの整備がここ数年の研究で進められている。しかし災害時の対応マニュアルや品質保証の外部評価システムの普及に関しては課題が多い。医療放射線防護の観点からこれらの観点に対し、より具体的な対応が可能となるシステムの整備が求められる。

### D. 文献

(1) 放射線治療装置における放射化物の管理に関する学会標準（ドラフト版）

<http://www.jsrt.or.jp/data/wp-content/uploads/2012/10/chiryou-houshakabutu.pdf>

日本放射線技術学会ホームページ（平成 24 年 7 月 10 日版）

- (2) 粒子線治療施設における放射化物の取扱いに関するガイドライン  
<http://www.jsmp.org/wp-content/uploads/guideline130920.pdf>  
日本医学物理学会ホームページ (2013年9月20日改訂版)
- (3) 榎戸義浩：放射線治療施設の緊急時の対応と品質管理について.  
第22回埼玉県放射線腫瘍研究会. 大宮. 2013. 9. 14.
- (4) 粒子線加速器を除いた加速器設置台数. 新医療 2013年12月号
- (5) 線量計校正実施施設の公表. 医用原子力技術研究振興財団ホームページ内  
[http://www.antm.or.jp/03\\_activities/025.html](http://www.antm.or.jp/03_activities/025.html)

平成25年度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)  
「医療放射線防護に関する研究」

分担研究報告書

放射線診断領域における放射線防護に関する研究

平成26年3月

研究分担者 赤羽 正章



# 目次

## 課題 4 放射線診断領域における放射線防護に関する研究

研究要旨	1
1 研究目的	1
2 研究方法	2
3 研究結果	4
4 考察	7
5 結論	8
6 参考資料	8

平成 25 年度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）

「医療放射線防護に関する研究」（H24-医療-一般-017）

（研究代表者:細野 眞）

### 分担研究報告書

「放射線診断領域における放射線防護に関する研究」

分担研究者	赤羽 正章	NTT 東日本関東病院放射線部
研究協力者	堀内 哲也	株式会社 A Z E
	小林 育夫	長瀬ランダウア株式会社

### 研究要旨

CT 透視の散乱線による術者被ばくについて、散乱線遮蔽プロテクタの配置の影響を検討した。ウェッジを 5cm 離すよりもプロテクタ 2 枚重ねで 1cm まで近接した方が被ばく低減効果はやや高いが、ウェッジを 1cm まで近接する効果には及ばない。変形可能なウェッジ、あるいはスリット付きのウェッジを用いた遮蔽プロテクタが有効かもしれない。

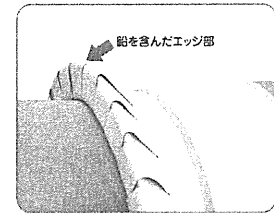
### 1. 研究目的

CT に関連した職業被ばくとしては、CT ガイド下 interventional radiology (IVR) における術者の被ばくが最大の問題と考えられる。CT ガイド下 IVR には膿瘍ドレナージ、生検、VATS マーカ留置、ラジオ波焼灼術、凍結治療などが含まれる。CT ガイド下 IVR においては、治療計画、穿刺中の観察、治療中の観察、治療効果判定、の各々の段階で CT が撮影され、特に穿刺中や治療中の観察においては術者が退室できない場合もあるため、術者の被ばくが問題となる。特に CT 透視による術者被ばくは線量が高いため、適切な防護の必要性が高い。

CT ガイド下の術者被ばく低減においても、防護の三原則すなわち時間・距離・遮蔽が肝要である。すなわち、術者が CT 室内にいる状態での撮影を可能な限り減らすこと、どうしても撮影室内に残る必要がある場合はできるだけ離れること、撮影の際には可能な限りの遮蔽用具を使うこと、である。

術者の被ばくは、撮影範囲内に術者の手など体の一部が入った場合の直接線による被ばくと、撮影範囲外での散乱線による被ばくとに大別される。直接線による被ばくは線量が高いので、そもそも撮影範囲内に手を入れなくても済むような手技の工夫やデバイスの利用が肝要である。しかしたとえ直接線を避けることができたとしても、主として患者の体から発生する散乱線による被ばくが残ってしまう。散乱線による被ばくを減らすためには、散乱線の発生源である患者の体から離れること、そして患者と術者の間に遮蔽物を置くことが有効である。

CTガイド下IVRにおける散乱線を遮蔽するプロテクタとして、「エッジプロテクタ」(株式会社六濤 <http://www.rikutoh.co.jp/products/brand/ct.html#c>) が市販されている。エッジプロテクタは鉛当量 0.6mmPb 以上のエッジ部と鉛当量 0.25mmPb 以上のエプロン部とからなるプロテクタで、穿刺位置すなわち CT 撮影面にエッジ部を近接させるよう患者の体に掛けて用いる。



昨年の研究ではエッジプロテクタの配置変更や低管電圧の利用が散乱線による術者被ばくに与える影響を検討し、エッジプロテクタを 1cm まで近接させないと遮蔽効果が減ること、低管電圧の有効性は期待できないことを示した。しかし穿刺位置に近接されるエッジは高さが 5cm あるため、1cm に近接させるとやや操作がしにくくなる上に、清潔を保つための手間が増えるので、実際には 1cm より離して配置される可能性がありうる。これを踏まえて本年は、手技上の理由でウェッジを近接できない場合の最善策を検討すると共に、理想的な遮蔽プロテクタのデザイン検討を目的とした。

## 2. 研究方法

実際の CT ガイド下 IVR に近い状況で散乱線を発生させるために、穿刺針と患者ファントムを用意した。術者被ばくに相当する空間線量分布を測定するために、45 個の線量計を発泡スチロール板を利用して要所に配置した。術者を模したマネキンのファントムを省略したことを除けば、昨年と同様の測定方法である。

### 2.1. 患者ファントム

胸部の人体ファントムと腹部の人体ファントムを連結して使用した。

### 2.2. 穿刺針

長さ 20cm、18G の PTCD 針を用いた。患者ファントムの前胸部に貼り付けた発泡スチロール板に、正中で鉛直に穿刺した。

### 2.3. 線量計の配置

術者の手の被ばくの指標とするため、床面に垂直で患者の正中を通る面内で、アイソセンターから患者の尾側方向および腹側方向への空間線量分布を測定することとした。このため、穿刺位置のすぐ尾側で患者ファントムの腹側に発泡スチロールの板を積み重ね、その間に線量計を配置することとした。



線量計には昨年同様に Landauer 社製の nanoDot を用いた。nanoDot は酸化アルミニウム

を利用した軽量小型薄型の線量計で、角度依存性が無く、0.1mGy から数十 Gy まで直線的に線量を測定することができるので、今回の測定条件に最適な線量計と考えられる

([http://www.nagase-landauer.co.jp/nl\\_letter/pdf/23/no406.pdf](http://www.nagase-landauer.co.jp/nl_letter/pdf/23/no406.pdf),

[http://www.landauer.com/uploadedFiles/Healthcare\\_and\\_Education/Solutions/Special Services\\_nanoDot.pdf](http://www.landauer.com/uploadedFiles/Healthcare_and_Education/Solutions/Special_Services_nanoDot.pdf) )。

## 2.4. 撮影条件

肺生検を想定し、撮影面は胸部中央とした。エッジプロテクタの有無や位置を変更し、5種類の条件で撮影を施行した。すべてに共通な撮影条件は、中心 6mm 厚/辺縁 3mm 厚の 3-6-3 モードで axial scan、管電流 300mA、管電圧 120kVp、管球回転速度 1.5 秒/回転、であった。1 回転あたりの CTDIvol=52.0mGy で、5 回転分を撮影した。300mA×1.5s×5=2250mAs で、30mA の CT 透視に換算すると透視時間 75 秒の被ばくに相当し、CTDIvol の合計は 260.0mGy となった。

### 2.4.1. エッジプロテクタ無し

散乱線を遮蔽せずに撮影した。

### 2.4.2. エッジプロテクタ有り (距離 5cm)

穿刺位置から 5cm 離して尾側にエッジプロテクタを設置した。

### 2.4.3. 通常プロテクタ (距離 1cm)

穿刺位置から 1cm 離して尾側に、頭尾方向を逆転してエッジプロテクタを設置した。穿刺部近傍は平面的であるので、0.25mmPb 相当の一般的なエプロン型プロテクタを置いた状態を模した状態である。

### 2.4.4. エッジプロテクタ反転 (距離 1cm) + 頭側に通常プロテクタ

穿刺位置から 1cm 離して尾側に、頭尾方向を逆転してエッジプロテクタを設置した。また穿刺位置から 1cm 離して頭側にも通常プロテクタを設置した。穿刺位置を含む幅 2cm のスリットが形成された状態である。

### 2.4.5. エッジプロテクタ反転 (距離 1cm) + 通常プロテクタ重ね置き

穿刺位置から 1cm 離して尾側に、頭尾方向を逆転してエッジプロテクタを設置し、更に 0.25mmPb 相当の通常プロテクタを重ね置きした。合計 0.5mmPb 相当の状態である。

## 2.5. 線量測定

線量の読み取りは microStar リーダーを利用した。リーダーの校正は 80kVp の X 線により行われており、測定結果は mGy 単位で求められる。

microStar リーダーは全て手動で測定を行うため、操作ミスの判定を行うため、同一素子について時間をおいて 3 回測定し平均値を求めた。この際、平均値、標準偏差、変動係数を求めて、測定に異常が無いかを確認した。その後、同時に初期化を行った素子の測定値を差し引き、線量計のノイズと自然放射線の補正を行っている。

nanoDot 線量計はフィルターを持たない裸の酸化アルミニウム素子をプラスチック素材で