

## 輝尽性蛍光プレートを用いた自動露出機構の調整状況調査

齋藤 祐樹（東洋公衆衛生学院）  
今井 宜雄／小倉 泉／宮蘭 忠文／根岸 徹  
三宅 博之／落合幸一郎／中村 浩章

### 【目的】

2015年に医療被ばく研究情報ネットワーク（Japan Network for Research and Information on Medical Exposure: J-RIME）より診断参考レベル（Diagnostic Reference Levels: DRLs）が発表された。各施設ではDRLsを参考に撮影条件の検討がされている。X線撮影の入射表面線量（Entrance Surface Dose: ESD）を評価するとき、X線撮影装置の管理がされていることが前提となる。臨床では自動露出機構（Auto Exposure Control: AEC）が広く普及しているが、デジタルX線システムのAEC調整方法は確立されていない。今回、胸部撮影のAEC到達線量を測定することでAEC調整状況調査を行う。

### 【方法】

3施設4機種（4メーカー）のデジタルX線システムを評価した。AEC到達線量の測定には輝尽性蛍光プレートおよび被写体ファントム用のアルミ板を使用した。測定項目はAECの管電圧特性および被写体厚特性を行った。管電圧特性試験は19mmAlを付加し、管電圧を80, 100kVおよび胸部撮影における臨床で使用している管電圧で行った。被写体厚特性試験は3～24mmAlを付加して、臨床で使用している撮影条件で行った。AEC到達線量はあらかじめ求めておいた輝尽性蛍光プレートの入出力特性より求めた。

### 【結果】

管電圧特性はA、C、D装置は調整が良好で、臨床で使用している管電圧（120または130kV）を基準にしたとき、各管電圧のAEC到達線量の差は±10%以内であった。B装置は調整が良好でなく、臨床で使用される管電圧に対して管電圧が低くなるほどAEC到達線量は大きくなり、差は+60%に達した。被写体厚特性はA、B装置は良好で、19mmAlを基準としたとき各付加アルミ厚のAEC到達線量の差は±10%以内であった。C装置はアルミ厚が薄くなるほどAEC到達線量が増加し、最大+70%以上の差があった。D装置は3mmAl時にAEC到達線量が小さく19mmAl時より1/2倍程度であった。19mmAlにおけるAEC到達線量は最小値2.3μGy、最大値5.8μGyで装置間の差は約3倍であった。

### 【考察】

AECは被写体および撮影者が変わっても受像器に入射する線量が同一になるように調整する装置である。これまで、使用者によるAECの評価は受像器の前面に測定器を配置して行われていたが、今回、輝尽性蛍光プレートを使用してAEC到達線量を測定することができた。管電圧特性が良好でないのはAECの調整をある管電圧の1点のみで実施し、検出器のエネルギー依存に対する補償がなされていないためと考える。被写体厚特性が良好でないのは調整時のX線質、ファントムの材質（Al、PMMA）、または、短時間特性や散乱線の影響に対する補正が適切に行われていないためと考える。今回は胸部撮影を評価したが、調整時の各種条件（管電圧、フィルタ材質および厚さ）が胸部撮影条件と異なっていたため、特に短時間領域に影響が現れていた。これらから、AEC調整方法の違いがAEC到達線量に影響を与える。

### 【結論】

X線装置システムでAECの調整方法が統一されていないため、AEC到達線量に差異が見られた。AECの調整方法は画質および被ばく線量に影響を与える因子として考えられるため標準化が必要である。

# 「前立腺癌に対する定位放射線治療中の体内臓器および照射制御パラメータを反映した線量分布の構築」

渡邊 雄一（東京大学医学部附属病院）

今江 禄一／岡野由香里／根津 誠／三枝 茂輝／竹内 幸浩／矢野 敬一

## 【目的】

当院では体幹部定位放射線治療 SBRT の照射法として強度変調回転照射 VMAT を採用しており、回転照射中に投影画像を収集することで治療中のコーンビーム CT 画像の再構成が可能である。治療中の対象内構造の評価に加え、治療装置の動作をもとに線量分布を再評価する手法は SBRT における線量分布の品質保証において有用である。本研究では、前立腺癌に対する定位放射線治療において、治療中の体内臓器および照射制御パラメータを反映した線量分布の構築を目的とする。

## 【方法】

前立腺癌を有する 3 症例に対して説明と同意を行い、安全を考慮して撮影および治療を行った。治療計画用 CT を撮影し、治療計画装置 Pinnacle<sup>3</sup>を用いて肉眼的腫瘍体積 GTV、内的標的体積 ITV、さらにマージンとして背側に 3 mm、それ以外に 5 mm 加えて計画標的体積 PTV を設定した。線量処方 PTV の 95% を 3625cGy / 5 回照射として VMAT-SBRT の治療計画を行った。照射と同時に治療中の照射制御パラメータを記録し、ログファイルとして保存、照射ファイルを Pinnacle<sup>3</sup> のデータフォーマットで再構築した。RaySearch 社製 Raystation の DIR 機能を用いて治療計画用 CT 画像の変形を行い、再構築された照射ファイルを用いて線量分布の再計算を行った。再度 DIR を施した後に各照射の線量分布を加算し、全照射後の線量分布を構築した。

## 【結果】

治療中の投影画像の収集と照射制御パラメータの保存、DIR を用いることで照射ごとの線量分布を再計算することが可能となり、対象内構造の変化を反映した線量分布の評価が可能となった。治療計画時の線量分布と比較すると、DVH、D95ともにその差はわずかであった。

## 【考察】

DIR を行わず照射制御パラメータのみを反映させた線量分布の再計算では、治療計画時の線量分布との差はなかった。よって本手法によって生じた差は、DIR を用いて対象内構造の変化を反映させたことによるものであり、本手法の構築によって腫瘍制御や照射野付近の正常組織のリスクをより正当に評価できる可能性が示唆された。

## 1 冠状動脈 CT における vanishing liver position の臨床利用へ向けて

横山瑠美子、庄司 友和、栗山 和、梁野 伸貴、  
飯嶋 恵、稲垣 公俊、柴田 公望  
東京慈恵会医科大学附属柏病院

**【背景・目的】** 冠状動脈 CT において、放射線の生涯寄与リスク lifetime attribute risk (LAR) が他の検査よりも高い数値であることが問題視されている。これに伴い、心電図同期による ECG modulation や prospectively ECG gated などによりさまざまな被ばく線量の低減が試みられている。我々は、第63回関東支部研究発表大会にて撮影時に体軸を右に傾ける体位 (vanishing liver position) の有用性をファントムで検証してその効果を報告した。しかし、心臓と肝臓の位置関係には個人差があるため、最適な角度に傾けるためには事前に取得した患者情報から知る必要がある。本研究は、臨床利用へ向けて胸部ファントムを用いた際の vanishing liver position の最適角度とその角度の算出方法を検討することを目的とした。

**【方法】** CT 装置は東芝メディカルシステムズ社製 Aquilion PRIME を使用し、装置に搭載されている複数の撮影方式で検討を行った。ファントムは京都科学社製胸部ファントムを使用した。肝臓部に自作ファントムを設置し、3段階に肝臓の高さを変化させて、それぞれの最適角度を CTDI と DLP 値によって検討した。

**【結果・考察】** 胸部ファントムを通常の肝臓の高さで用いたときの最適角度は10度であった。また、心拍数60で ECG-modulation 使用時の被ばく低減効果は CTDI が5.7%、DLP は17%だった。以上より冠状動脈 CT において、事前に取得した患者情報から最適角度を算出して撮影を行うと、簡便に被ばく線量の低減が期待できると考える。

## 2 80mmビームヘリカルスキャンにおける時間分解能評価

吉野 彰太、菅谷 正範、蟹谷 庄平、永塚 賢司、  
中島宗一郎、工藤 正寿、秀永 慎一、村木巖太郎  
日本医科大学付属病院

**【目的】** 当院に導入されている Revolution CT は256列 MDCT で最短0.28s/rot の回転時間にて最大160mmビームのノンヘリカルスキャン、80mmビームのヘリカルスキャンが可能である。スキャンの高速化が進む現在の CT において時間分解能 (temporal resolution: TR) の理解は重要である。TR のよい画像は拍動や呼吸によるアーチファクトが少ない画像となるが、TR が悪いと動きによる画像の劣化が考えられる。

今回、80mmビームヘリカルスキャンの TR を、インパルス法を用いて計測した時間感度分布 (temporal sensitivity profile: TSP) によって評価した。

**【方法】** CT 装置は GE 社製 Revolution CT を用いた。

測定は標準 X 線 CT 画像計測に準じ、金属球の落下速度を利用したスロープ式のファントムを用いた。ガントリー中心を高速に通過する金属球によってインパルス信号を与え、計測画像を取得した。スキャン条件は、120kV、100mA 固定とし、ビームピッチ (beam pitch: BP) 0.992、0.508、回転時間[s/rot]0.28、0.35、0.5 と変化させて行った。得られた画像データを ImageJ で解析し Excel にて TSP を作成し、FWHM、FWTM を用いて評価を行った。

**【結果】** 回転時間0.28s/rot、BP0.992のとき FWHM 0.130s、FWTM 0.218s と一番小さく、回転時間0.5s/rot、BP0.508のとき FWHM 0.730s、FWTM 0.886s と一番大きくなった。TSP の形状は高い BP で三角形形状となり、低い BP で台形状を示した。

**【結論】** 回転時間が短く、BP が高いほど時間分解能は良い結果を示した。

## 3 腎腫瘍の造影 CT 画像に生じる Pseudo-enhancement 抑制に関わる因子：3Dグリッドの有用性

榊原 由季、杉澤 浩一、塚田 諒、益田 翔太、  
木津 啓介、鈴木 勝久、宮下 康弘、山崎 彰久  
慶應義塾大学病院

**【背景・目的】** 造影 CT による腎腫瘍性病変の鑑別 (充実性か囊胞性か) では、腫瘍の CT 値を上昇させる pseudo-enhancement effect (PE) が存在し [1]、鑑別困難に陥ることがある。この原因として beam-hardening や散乱線の影響が報告されている [2、3]。そこで3Dグリッド搭載の CT scanner が PE 抑制に効果的と仮定した。本研究の目的は腎囊胞の PE における3Dグリッドの有用性を検討することである。

**【方法】** 腎臓を模擬した径55mmの円柱内に、腎囊胞として15mmの内部に水を充填した球体を挿入した球体の周囲を管電圧120kV で180HU に希釈した造影剤を充填し腎実質相の囊胞を模擬した。人体に近似させるため、これを楕円柱 (320×170mm) 内に固定、水を充填し自作ファントムを作成した。beam 幅の変化と PE の影響をみるため、beam 幅を以下のように変化させ、模擬腎囊胞内の CT 値を測定した。

- ・Discovery CT 750HD (以下 HDCT) (GE) : 2.5mm、5.0mm、10mm、20mm、and 40mm
- ・Revolution CT (以下 RevCT) (GE) : 5.0mm、40mm、80mm、and 160mm

管電圧の変化と PE の影響をみるため、管電圧を80-140kV と変化させ模擬腎囊胞内の CT 値を測定した。撮影条件は、non-helical scan、管電圧: 120kV、slice thickness: 2.5mm、CTDI: 12mGy 一定 (管電圧変化では7.5mGy 一定)。測定回数は10回とした。また、t検定 (Bonferroni 補正) による統計解析を行った。なお、RevCT には3D

グリッドが搭載されている。

**【結果】** 両装置を比較できる beam 幅は 5 および 40mm であり、HDCT と RevCT の模擬腎嚢胞内の平均 CT 値は 5 mm で、それぞれ 4.1HU、2.6HU (P=0.2) および 40mm で、それぞれ 22.7HU、3.0HU (P<.001) であった。管電圧 80,100 および 140kV の模擬腎嚢胞内の平均 CT 値は HDCT で、それぞれ 25.2、17.6、および 11.8HU、RevCT で、それぞれ 4.7、4.3 および 3.2HU であった。

**【結語】** HDCT と比較して RevCT では、有意に PE 抑制効果が認められ、腎腫瘍の鑑別診断に対する 3D グリッド搭載装置の有効性が示唆された。

#### 参考文献

- [1] Bosniak MA. The current radiological approach to renal cysts. Radiology 1986; 185 (1): 1-10.
- [2] Sai V, Rakow-Penner R, Yeh BM, et al. Renal cyst pseudoenhancement at 16-and 64-detector row MDCT. Clin. Imaging. 2013; 37 (3): 520-525.
- [3] Wang ZJ, Coakley FV, Fu Y, et al. Renal cyst pseudoenhancement at multidetector CT: what are the effects of number of detectors and peak tube voltage? Radiology 2008; 248 (3): 910-916.

#### 4 ダイレクト 3D リコンにおけるノイズ特性の検討

尾池 里紗、畠山 卓也、鷲塚 冬記、中野 秀治、島田 豊

東邦大学医療センター大森病院

**【目的】** SIEMENS 社製 CT に搭載されているダイレクト 3D リコン (以下 3D リコン) は、Raw data から直接、非正方形 MPR 画像の作成が可能であり、短辺方向の pixel 数を 512 とし長辺方向の pixel 数を増加させる。そのため高分解能な画像を得られるが、同時にノイズの増加が懸念される。今回、3D リコンにおけるノイズ特性について検討を行った。

**【方法】** SIEMENS 社製 SOMATOM Definition Flash、JIS-Z4915 準拠精光社製胸・腹部用 X 線水ファントムを使用。ファントムを撮像し腹部標準関数を用い従来法リコンで DFOV 400mm の矢状断 (512×512 pixels) を作成し、3D リコンで y 軸方向を短辺と DFOV (以下 DFOVy) を 20mm ずつ変化させ矢状断 (512×512~2048 pixels) を作成し、それぞれ SD、NPS を計測した。また腹部造影 CT の臨床症例において、同様に SD、CNR の計測、観察者に事前に説明し視覚評価を行った。

**【結果・考察】** ファントム画像において DFOVy の減少に伴い SD は増加し NPS は劣化した。臨床症例において DFOVy の減少に伴い SD は増加し CNR は低下した。また視覚評価においては、極端な DFOVy の短縮は従来リコン画像に対しノイズ増加をもたらした。これは、3D リ

コンで作成した非正方形画像において DFOVy が小さいほど長辺方向の pixel 数が増加しノイズが増加したためだと考えられる。

**【結語】** 3D リコンは従来法リコンに比べて、MPR 画像の分解能向上とデータ作成の簡便化が可能である。しかし非正方形画像において短辺方向の DFOV を過度に小さくするとノイズの増加を招くため、3D リコンによる MPR 作成時は適切な DFOV を考慮する必要がある。

#### 5 金属アーチファクト低減再構成技術を用いた放射線治療計画における金属インプラント同定精度の評価：椎体金属ファントムによる検討

橋本 佳祐、渡邊 尊仁、新井 健史、石丸 正弘、森岡 美英

都立駒込病院放射線診療科診断部

古谷 智久

都立駒込病院放射線診療科治療部

**【目的】** 放射線治療計画用 CT 画像において、金属インプラント (MI) が挿入されていることがある。

従来の CT 画像では、金属アーチファクトにより MI 及び腫瘍、脊髄の輪郭抽出が困難となり、線量投与精度に影響を与える可能性があった。本研究では、金属アーチファクト低減再構成技術 (iMAR) による MI 同定精度の向上を目的とし、金属アーチファクト低減効果を自作した椎体金属ファントムを用いて行った。

**【方法】** 使用装置は SOMATOM Definition Edge (SIEMENS 社製) を用いた。基礎検討として、CT 用線量計測ファントム (QCP-02, Qualita) 内にチタン合金 (Ti)、アルミニウム (Al) をそれぞれ挿入し撮像を行い、iMAR 処理を行った。計測指標には Artifact Index (AI) :  $AI = \sqrt{SDa^2 - SDBG^2}$  を採用し、金属周辺部の AI を算出した。次に、椎体金属ファントムに対して iMAR 処理を行った CT 画像を視覚的に評価した。

**【結果・考察】** iMAR 処理により、Ti の AI は総じて低下する傾向がみられた。最も低下する iMAR のパラメータは、Neuro coil であった。また、Al については iMAR のパラメータの選択により AI が増加する場合もあった。椎体ファントムの視覚評価においては iMAR 処理により金属アーチファクト低減の効果が得られ、Neuro coil で最も金属の形状が認識し易い結果となった。しかし、前者の検討同様に、元画像よりも画質を低下させる iMAR パラメータが存在した。

**【結論】** iMAR を使用することにより、金属アーチファクト低減効果を得ることができ、放射線治療計画における MI 同定精度の向上が期待できる。しかし、iMAR のパラメータ選択によっては、過処理により本来の椎体の形状の変化やリスク臓器である脊髄のコントラストが失われる可

能性が示唆された。

## 6 spiral scan を用いた腰椎神経根描出の基礎的検討

伊藤 憲之、堂領 和彦、小美野高志  
順天堂大学医学部附属練馬病院

**【目的】** 当院では、腰椎神経根描出に3D SPGR シーケンスを使用しているが、収集時間が長く、検査時間を延長させる要因となっている。そこで短時間で高分解能、高SNRな撮像が可能な2D spiral scan シーケンスを使用して、短時間で腰椎神経根を描出するための撮像条件の検討を行ったので報告する。

**【方法】** 使用装置は Signa Excite HD1.5T Ver. 12.0 (GE社製) を用いて、8 ch CTL Array coil の configuration を変化させて硫酸銅ファントムを撮像し、アーチファクトを抑制できる条件を検討した。次に、本研究の趣旨に同意を得た健常ボランティアに対し、FA (deg) = 40~90、TR (msec) = 400~1000 とそれぞれ変化させ撮像し、神経根と脳脊髄液の CNR を求めて至適撮像条件を検討した。さらに、決定した撮像条件で得た画像と3D SPGR で撮像した画像の神経根と脳脊髄液、脂肪のコントラスト比を求めて比較した。画像解析ソフトは Image J (NIH) を用いた。本研究は当院倫理委員会の承認を得て施行した。

**【結果】** 撮像範囲に合わせた coil の選択を行うことでアーチファクトを抑制することが可能であった。CNR は FA (deg) = 90、TR (msec) = 700 のときに最も高い値になった。3D SPGR との比較では、コントラスト比に大きな差は見られなかった。

**【考察】** spiral scan は強い in flow 効果が得られるシーケンスであるので、動脈脈が高信号になってしまうが、適切なパラメータを選択することにより、3D SPGR と同等のコントラストで腰椎神経根を短時間に描出することが可能であった。

## 7 Single shot EPI DWI と Segmented EPI DWI における歪み率の比較

永田 千恵、齋藤 亮、栗山 和、畠 正真、  
蔵元 昭生、柴田 公望  
東京慈恵会医科大学附属柏病院

**【目的】** 拡散強調画像撮像法として Single shot echo planar imaging (SS-EPI) が広く用いられているが、画像が歪みやすいという欠点がある。そのため SS-EPI を使用する際は画像の歪みを改善するための様々な方法の併用が推奨されている。

SIEMENSE 社が開発した readout 方向を Segment 化した RESOLVE を使用すると画像の歪みが改善できる。本研究では SS-EPI と RESOLVE それぞれの各パラメータ変化による歪みの改善効果について検討した。

**【方法】** 一辺4.7cmの正方形マスに中性洗剤を入れ、1辺20cmの正方形の容器の四隅と中央に配置した自作ファントムを Segment 数、Pat factor、rect FOV、FOV、Partial Fourier、Readout mode を変化させて撮像した。取得した画像に5箇所のマスを設定し、最長幅の測定と歪み率を算出した。撮像装置は SIEMENSE 社製 MAGNETOM Skyra 3T を用いた。

**【結果】** SS-EPI と RESOLVE どちらにおいても rect FOV を小さくするほど、FOV を小さくするほど、pat 数を大きくするほど歪み率は改善し、最大で SS-EPI では 46.6%、RESOLVE では 23.4% 減少した。Partial Fourier、Readout mode を変化させても歪み率に大きな変化はみられなかった。

**【考察】** Pat factor の増加、rect FOV の減少に伴いデータ収集時間が短縮したため、歪み率が改善したと考える。

FOV の減少に伴う歪み率の減少はピクセルが小さくなったことが要因である。RESOLVE では Segment 数の分割によって歪みが軽減されているため、各種パラメータ変化による改善効果は小さくなったが、パラメータの変化は歪みの改善に有用であると考えられる。

## 8 拡散強調画像における Readout Partial Fourier の検討

秋葉保奈美、荒川 裕貴、中村 公行、橋本 佳祐、  
徳山 武一、森岡 美英

がん・感染症センター都立駒込病院

**【目的】** 拡散強調画像における Readout Segmented EPI (RSEPI) 法は、k-space の readout 方向を segment 化することで、位相分散を抑えて歪みを低減する信号収集法である。segment 数を増やすほど歪み低減に繋がるが、撮像時間の延長を伴う。そこで、撮像時間短縮を図るためのパラメータである、Readout Partial Fourier (RPF) と RSEPI 法の segment 数を変更した際の画像特性について検討を行った。

**【方法】** 使用機器：MAGNETOM Skyra VE11 (Siemens Healthcare Japan)、body matrix:spine matrix coil、自作ファントム (寒天で均一に満たした容器、およびアクリル板 (2、3、5、8 mm) を重ねて水中に固定した容器)。画像解析は ImageJ を用いた。segment 数は 3、5、7、9 とし、各 segment に対して設定可能な RPF の値を全て用い、echo space は最短として撮像を行った。得られた画像から SNR と分解能を評価した。

**【結果と考察】** 全ての RSEPI 法において RPF を用いると、SNR が低下する傾向があった。これは、データの一部を補間したためであり、実データが減少すると SNR が低下するという理論通りの結果となった。また、分解能の低下は見られなかった。この要因としては、補間処理に Projec-

tion Onto Convex Set (POCS) を用いているためと考えられる。以上の画像特性から、SNR が十分に担保された条件下であれば、RPF を用いた RSEPI 法は分解能を低下させることなく、撮像時間短縮が可能である。

## 9 金属塞栓物質の磁化率アーチファクトに対する Ultra-short TE、3D-ASL 法および Keyhole 法、Time of flight 法、Phase Contrast 法の有用性の比較検討

綾部 佑介

自治医科大学さいたま医療センター

**【背景】** 金属塞栓物質を用いた血管塞栓後は、磁化率アーチファクトにより画像評価が困難な場合がある。これまで体幹部領域における塞栓後評価法として、スピラベリング法を用いた非造影 MRA (3D-ASL 法) や長時間分解能造影 MRA (Keyhole 法)、TOF 法、Phase Contrast 法の有用性が知られている。また我々は最近、塞栓後評価法として Ultra-short TE (UTE) 撮像の有用性を報告した。しかし、これら撮像法の比較検討に関する報告はない。

**【目的】** 金属塞栓物質の磁化率アーチファクトに対する UTE、3D-ASL 法および Keyhole 法、TOF 法、PC 法の有用性を比較検討する。

**【材料と方法】** 撮像装置：Vantage Titan 3T。チューブ内にプラチナおよびステンレス製コイル (PC および SC)、ナイチノール合金製バスキュラープラグ (VP) を留置したファントムを作成した。チューブ内にガドリニウム造影剤を満たし、UTE、3D-ASL 法、Keyhole 法、TOF 法、PC 法を撮像した。評価項目：チューブ内および周囲の視認性を 4 段階で視覚評価した。磁化率アーチファクトの定性評価として Zio station 2 を用いて定量化した。

**【結果】** 視覚評価では、PC と VP で、ともに UTE が最高スコアを示した。SC では全撮像法で内腔の評価は不能であったが、UTE では周囲構造の評価が可能であった。定性評価では、すべての金属塞栓物質で UTE が最もアーチファクトが少なかった。

**【結論】** UTE 撮像は金属塞栓物質による磁化率アーチファクトの低減に最も有用である可能性がある。

## 10 MRS を用いた脳腫瘍の評価における神経膠腫のグレード鑑別の有用性

三上 紗季、福沢 圭、依田 彰吾、鈴木 秀郷、吉田 孝、吉原 千治、田野 政勝

国家公務員共済組合連合会虎の門病院

**【目的】** 脳腫瘍の術前画像診断では手術および治療方針の決定において、腫瘍の局在評価と性状評価が重要とされる。特に High-grade glioma などの腫瘍では重要となる。そのため当院では脳腫瘍に対する術前検査では造影 MRI 検査に MR Spectroscopy (MRS) を追加している。今回、

MRS の定量値と手術結果のレトロスペクティブな比較を行い、測定精度や有用性について検討した。

**【方法】** 使用装置は PHILIPS 社製の Ingenia3.0T、16channel Head coil を使用。対象は脳腫瘍の術前に造影 MRI 検査及び MRS を測定した 26 名、男女比 9 / 15、平均 49 歳 (22 歳 ~ 79 歳)。MRI では FLAIR 画像による浮腫の有無、ガドリニウム造影後の T1 強調画像による造影効果の有無などを評価した。MRS は PRESS 法を使用し VOI size : 30 mm × 30 mm × 30 mm、TR : 2000 msec、TE : 144 msec とした。装置付属解析ソフトである Spectroview において、NAA、Cho、Cr、Glx、lip、Lac などの代謝物を対象に各種ピークの SNR およびピーク面積を測定した。腫瘍性状の確定診断は手術標本の病理より分類を行った。先行研究を元に NAA/Cho、NAA/Cr、Cho/Cr などの定量値を Glioma 群と非 Glioma 群で比較した。統計解析には t 検定を用い、有意水準は 5 % とした。

**【結果】** High-grade glioma 群の定量値の平均は NAA/Cho が  $0.3008 \pm 0.2318$ 、Cho/Cr が  $4.301 \pm 3.709$ 、Lip が  $0.3588 \pm 0.9717$  であった。非 Glioma 群の定量値の平均は、NAA/Cho が  $0.6457 \pm 0.4110$ 、Cho/Cr が  $4.177 \pm 6.569$ 、Lip が  $0.0045 \pm 0.0053$  となり、Glioma 群の方が NAA の減少および Cho、Lip の上昇という傾向が認められた。NAA/Cho に関しては Glioma 群の方が有意に低かった ( $p = 0.0237$ )。

**【考察】** High-grade glioma と非 Glioma 群の定量値は NAA/Cho に関して統計学的な有意差が認められたが、症例によっては測定 VOI が空気などの影響を受けスペクトル上のベースラインが乱れ、測定ピークの小さい場合に鑑別が困難な症例が見られた。スペクトルが良好なデータに限定すれば、MRS は High-grade glioma を鑑別する有効なツールであった。今後は加算回数等の検討などにより、良好なスペクトルが得られるように撮像条件の見直しを行う予定である。

## 11 簡易形線量計を用いた OBI (On Board Imager) の出力の品質管理

井下 裕也、長谷川裕己、茂垣 健仁、松本 麻衣、金丸 友樹、伊丹 昭仁、山本 竜一、小野寺牧男  
東京都立墨東病院

**【目的】** OBI の役割は位置精度を高めることにあり、当院にも平成 26 年 3 月にリニアックの更新とともに導入された。当院の OBI 出力の品質管理について評価する。

**【使用機器】**

- ・治療装置：Clinac iX (Varian Medical Systems)
- ・簡易形線量計：X-ray Output Meter MSM-3、X-ray Output Detector XD-3 (首都大学東京)

**【方法】** SSD = 85 cm、管電流 250 mA、照射時間 200 ms、照

射野 $10 \times 10 \text{cm}^2$ の条件で、管電圧を50、70、80、120kVと変化させ、照射時間と入射表面線量を3回ずつ測定し、その平均値を測定値とした。測定は週に1回、約3ヶ月間行った。(各管電圧： $n=36$ )

**【結果】** 照射時間200msに対する測定値は、50kV： $199.8 \pm 0.1 \text{ms}$ 、70kV： $200.9 \pm 0.2 \text{ms}$ 、80kV： $201.1 \pm 0.1 \text{ms}$ 、120kV： $201.4 \pm 0.1 \text{ms}$ であった。入射表面線量の測定値は、50kV： $1276.8 \pm 33.5 \mu\text{Gy}$ 、70kV： $2894.5 \pm 53.1 \mu\text{Gy}$ 、80kV： $3872.5 \pm 73.2 \mu\text{Gy}$ 、120kV： $7105 \pm 6.5 \mu\text{Gy}$ であった。

**【考察・結論】** 照射時間について、200msを真の値と仮定して測定値との誤差を評価すると、各管電圧の誤差の標準偏差は0.1%未満であり、OBIの出力は安定していると判断した。

入射表面線量についてはSSD=85cmにおける入射表面線量の参考値がメーカーから公表されている。それを真の値と仮定して測定値との誤差を評価すると、各管電圧の誤差とその標準偏差は、50kV： $-2.8 \pm 2.5\%$ 、70kV： $-1.9 \pm 1.8\%$ 、80kV： $-3.4 \pm 1.9\%$ 、120kV： $-17.0 \pm 0.1\%$ となり、各週の測定値の誤差の標準偏差は小さかったが、120kVでは測定値が真の値をおよそ17%下回った。これは、使用した簡易形線量計の感度ピークが70~80kVであり、感度の低下が原因で測定値が低くなったためと考えられる。

以上より、当院では毎月1回のOBI出力の品質管理を検討することとした。

## 12 数値積分法を利用したFFF-Beamの線量プロフィール管理の試案

大澤 典久

NTT 東日本関東病院

**【目的】** 放射線治療装置の定期的な品質管理は、患者への投与線量を安全かつ正確に投与する上で重要である。近年使用されているFFF-Beamにおいてはこれまでに利用されていた照射野のFlatnessという概念がないため、Beam中心軸に対して凸になった線量プロフィールを別手法で管理するべきだと考えられる。そこで、FFF-Beamに関して、簡便な評価のために線量プロフィールを領域区分して、領域ごとに数値積分法にて各面積を算出した。そして、その値に関して経時的な変化がないかを評価して管理する手法を試案したので報告する。

**【使用機器・方法】** 直線加速器はVarian社製TrueBeam、プロフィール測定器はPTW社製OCTAVIUS729、解析にはPTW社のMultiCheck及びMicrosoft社のExcelを使用した。

中心部がより凸になる10MV-X線のFFF-Beamの線量プロフィールを評価した。2015年9月~2016年12月までの経時的データをまとめた。従来は点線量として扱い、そ

の値に対して評価定義に従ってUnflatness、Symmetry等にて評価してきた。本検討では点線量ではなく、測定器の計測出来ていない間隔も含めて領域面積として、データがない領域においても問題がないかを調べていくことも念頭においた方法を試案した。ビーム軸のCrossPlaneとIn-Planeについて数値積分法のシンプソン公式を利用し領域面積を算出した。そして、領域ごとに分割評価し、経時的な変化を調べた。

**【結果・考察】** その結果、領域全体においては経時的な変化は90%信頼区間で $-0.1\% \sim 0.1\%$ であった。高線量領域は分散、誤差の平均ともに小さく、90%信頼区間でRt-Side $-0.7\% \sim 0.7\%$ 、Lt-Side $-1.4\% \sim 1.4\%$ であり、低線量領域でもLt-Sideのほうが差異が大きく、分散も大きかった。測定配置の誤差も含まれているが、全体としてLt-sideの結果が劣っていた。そのため、領域的にSymmetryを評価できると考えられる。

**【結論】** シンプソン公式によって線量プロフィール領域面積を算出し、経時的な解析を行った。その結果、線量プロフィールの経時的な変化をとらえることができた。さらに、SymmetryおよびUnflatnessRegionの管理にも使用できることが示唆された。

## 13 高エネルギーX線における相互校正の検討

長谷川裕己、井下 裕也、茂垣 健仁、松本 麻衣、金丸 友樹、伊丹 昭仁、山本 竜一、小野寺牧男  
東京都立墨東病院

**【背景・目的】** 放射線治療で水吸収線量測定に用いられるリファレンス線量計は、標準計測法12によると、年に1度計量法校正事業者認定制度(JCSS)により校正を行うことで精度を保持している。以上を踏まえ、相互校正を行ったフィールド線量計がリファレンス線量計と同等に扱えることができれば、校正をする作業を簡便化できる。そこで、今回は相互校正を行ったフィールド線量計の有用性を検討することを目的とする。

### 【使用機器】

- ・Clinac iX (Varian Medical Systems)
- ・タフウォーターファントム (京都化学)
- ・リファレンス線量計 (30013 PTW) 1本
- ・フィールド線量計 (30013 PTW) 3本

**【方法】** タフウォーターファントムを線量計の下に15cm、上に20cmの厚さになるように配置した。次に、10MVのX線を用いてSCD=100cm、照射野 $10 \times 10 \text{cm}^2$ 、100MUの条件下でリファレンス線量計 (Chamber No7302)、フィールド線量計3本 (Chamber No2588、2589、7301)の合計4本のTPR<sub>20,10</sub>、およびkQを求め、比較した。その後、リファレンス線量計の $N_{D,w}$ は $5.36 \times 10^{-2}$ であるため、それぞれ3本のフィールド線量計に対して $N_{D,w}$ と不確かさ

を求めた。

**【結果】** 測定結果から求めた  $TPR_{20,10}$  は 0.739、 $k_Q$  は 0.976 付近の値となり線量計ごとの差異はほぼなく、リファレンス線量計とフィールド線量計との間にも差異は見られなかった。

また、 $N_{D,W}$  の不確かさは Chamber No. 2588、2589、7301 の順に 0.38、0.31、0.41% となり、大きな差異は見られなかった。

**【考察・結論】** リファレンス線量計から求めたフィールド線量計の  $N_{D,W}$  はいずれも不確かさが「二次線量標準機関におけるユーザ電離箱線量計の  $N_{D,W}$  校正」の不確かさの見積もり 0.4% を下回るか同程度であったため、許容される不確かさ内に収まっていた。また、今回の測定はタフウォーターファントムを用いた相互校正であったが、精度が高かった。

以上より、当院のフィールド線量計はリファレンス線量計と同様に用いることができる。当院では年に一度、使用前にリファレンス線量計との相互校正を行ってから線量計を使用する。

## 14 金ナノ粒子含有リポソームの合成と in vitro 評価

大森 拓也、佐藤 昌憲、早野 将史

駒澤大学大学院

三澤 雅樹、清水 森人

産業技術総合研究所

**【背景・目的】** 現在行われている放射線治療は、正常組織の被ばく低減、リスク臓器の適用制限などの課題が挙げられる。その解決策の一つとして、投与部位の放射線感受性を高め、電子作用を増強させる放射線増感剤がある。特に、標的指向性のある増感剤は細胞レベルでの腫瘍内分布を実現でき、より正確な腫瘍の縁取りが可能となる。これにより、腫瘍のみの放射線感受性を高めることができ、より低線量で正確な治療が期待される。そこで本研究では、生体影響が少なく、合成や表面修飾が容易な金ナノ粒子を用いて腫瘍細胞へ特異的な送達を可能にする標的指向性の高い増感剤の開発、評価を行った。

**【方法】** 細胞内取り込みを確認するために蛍光標識 (FITC) をした粒径 26nm 金ナノ粒子溶液を調製した。細胞内取り込みの向上のため、金ナノ粒子をリポソームで封入した (以下、AuLipo)。また、より特異的に腫瘍細胞に集積させるために AuLipo に還元した抗 EGFR 抗体を修飾させ (以下、AuLipo-Ab)、それらを HeLa 細胞、NB 1 RGB 細胞に投与して 24 時間培養した後、生存率の測定と蛍光顕微鏡で細胞内取り込みの観察を行った。また、生存率測定は 10MVX 線 (医療用リニアック)、最大 16Gy で照射した後に測定した。

**【結果】** 蛍光顕微鏡画像において、金ナノ粒子単体よりも

AuLipo の方が HeLa 細胞において高集積になっていた。

また、還元型抗 EGFR 抗体を修飾させることで EGFR が高発現している HeLa 細胞において高集積になっていることも確認できた。

金ナノ粒子溶液を加えていない培地のみと比較して金ナノ粒子、AuLipo、AuLipo-Ab を加えた細胞の生存率が 1.1 ~ 1.4 倍低下していることがわかった。

**【結論】** 金ナノ粒子をリポソームに内包することにより細胞取り込みが増加し、抗体を修飾することで選択的な集積も確認できた。以上のことから、標的指向性の高い放射線増感剤が開発できたと考える。

## 15 体幹部 SPECT における定量精度からみた散乱線補正係数の最適化

松友 紀和、山本 智朗

杏林大学

**【目的】** SPECT の定量精度を担保するには正確な散乱線補正が必要となる。しかし、コンプトンウインドウを用いる Dual Energy Window (DEW) 法では線源と球状線源 (6 cm) から求められた散乱線補正係数が使用されており、体幹部 SPECT への適応について十分に検証されているとは言い難い。われわれは、ファントムを用いて散乱線補正係数が体幹部 SPECT の定量性に与える影響を評価し、最適となる散乱線補正係数 (k 値) について検証を行った。

**【方法】** SPECT/CT 装置は、GE ヘルスケア社製 Infinia 8 Hawkeye 4 で、ファントムに PET-CT 用ファントムとプールファントムを使用した。 $^{99m}\text{Tc}$  点線源を用いて散乱体 (アクリル板) の厚みが変化したときのエネルギースペクトルを測定し、散乱体厚と散乱線量の関係の評価した。次に k 値を 0.5 から 1.5 まで変化させて散乱線補正を行い、散乱線除去率を比較した。加えて、SPECT カウントを放射能濃度値 (Bq/mL) に変換してドーズメータによる実測値との誤差を評価した。放射能濃度値の変換にはシステム感度を用いた。

**【結果】** 体積の増加に伴い散乱線量も増加し、両者に比例関係が認められた。散乱線除去率は、k 値を高くすることで高値を示し、 $k=0.8$  で 73.5%、 $k=1.1$  で 95.9% となった。放射能濃度値 (測定値) は、k 値を高くすることで減少し、実測値との誤差は  $k=1.1$  で最小となった。

**【結論】** 本研究において定量精度を保つことができた散乱線補正係数は 1.1 であり、従来から報告されている散乱線補正係数 (0.5) と解離する結果となった。SPECT の定量解析を行う場合には、撮影部位に応じた散乱線補正係数の最適化が必要である。

## 16 Sr125:Euシンチレータでの各種コリメータにおけるエネルギー分解能の検討

太田 藍李

首都大学東京

**【目的】** 本研究では、Sr125:Euシンチレータを用いて99mTcO4-線源での各種コリメータ使用時のエネルギー分解能を算出し、その結果を比較することで各コリメータ間のエネルギー分解能の特性を検討した。

**【方法】** コリメータはLE-P、ME-P、HE-P、FAN、COVおよびDIVを使用し、99mTcO4-水溶液20MBqをバイアルに封入し点線源として使用した。はじめに、検出器表面と線源との距離を10cmとし、各コリメータを検出器表面に設置して測定を行った。次にコリメータと線源間の距離の影響を見るためLE-PとME-Pにおいて距離を1cm、2cm、3cm、4cmおよび5cmで測定した。また、それぞれの結果からエネルギー分解能を算出した。

**【結果】** シンチレータ-線源間距離10cm一定では、どのコリメータも6~7%のエネルギー分解能を示した。次に、コリメータ-線源間距離1cm一定でのエネルギー分解能は前者と比較して線源を近づけた結果、ME-Pを除くすべてのコリメータ使用時においてエネルギー分解能が向上した。また、LE-P、ME-Pにおいて、コリメータ-線源間距離1cm~5cmで測定した場合では、エネルギー分解能とエネルギースペクトルの結果からもコリメータ-線源間の距離依存は特に見られなかった。

**【結論】** コリメータ-線源間距離を近づけた結果ME-Pで分解能が低下してしまった原因として、目視で合わせたコリメータと線源の配置のズレが考えられる。また、各条件のエネルギースペクトルでは、FAN、COVは他コリメータよりも低エネルギー領域に散乱成分が多く見られた。これは特性X線による影響と考えられ、コリメータ中心と線源の位置によって特に影響を受けやすいFAN、COVにおいてこのような結果が得られたのではないかと考えられる。LE-P、ME-Pにおいてコリメータ-線源間の距離依存が見られなかった原因については、さらに距離を延ばすことで結果が顕著に表れてくるのではないかと考えられる。

## 17 バックグラウンド放射能濃度が骨SPECT描出能および定量値に与える影響

茂木 一樹、宮司 典明、梅田 拓朗、滝口 智洋

がん研究会有明病院 画像診断センター

寺内 隆司、小泉 満

がん研究会有明病院 核医学部

**【目的】** 骨シンチ検査は投与後の待機時間が一定だとしても腎機能の低下などにより骨バックグラウンド比は一定でない。また、再構成方法や再構成条件によって描出能や定量値は依存する。そこで本研究では、2種類の画像再構成

法におけるバックグラウンド放射能濃度を変化させた骨SPECT描出能および定量値に与える影響について検討した。

**【方法】** SPECT/CT装置はSIEMENS社製Symbia Intevoである。ホット球(サイズ10-37mm)の放射能濃度は一定のもと体幹部ファントム内のバックグラウンド放射能濃度比(TBR)が2.2、5.6、11.4となるよう99mTcを封入した。各収集はマトリクスサイズ128×128、ピクセルサイズ4.8mm、収集角度6度、収集時間を10分とした。画像再構成法は共役勾配法を利用したxSPECT Quant(xQ)と3D-OSEM法を利用したFlash3D(F3D)を用い、それぞれ臨床条件で画像再構成を行った。ホット球およびバックグラウンドの変動係数(CV)、Contrast Noise Ratio(CNR)を算出し、球体の描出能を評価した。また各球体における定量値の変動率を評価した。

**【結果】** ホット球のCVはxQでは球体サイズが大きくなるほど高値を示したが、F3DではTBRが大きくなるほど高値を示した。バックグラウンドのCVはTBRが大きくなるほど高値を示し再構成法による変動はほぼ認められなかった。CNRは球体サイズが大きくなるほど高値を示し、TBR 5.6、17mm球以上からCNRはxQよりF3Dが高値を示した。定量値の変動率は球体サイズが大きくなるほど高値を示した。TBR 5.6以上で一定となる傾向を示した。

**【結論】** TBRの違いは骨SPECTの描出能や定量値に影響を与えるが、TBR 5.6以上で再構成方法に関わらず描出能や定量値の影響が小さくなる。

## 18 ノイズ特性による胸部領域の線量最適化

-Digital radiography system-

望月 安雄、阿部 慎司、門間 正彦

茨城県立医療大学

**【目的】** Digital radiography system(DR)は自動濃度補正機構によって適正濃度が得られる。したがって、DRでのX線撮影条件はscreen-film system(S/F)のように撮影条件で重要な因子であった感度に相応する概念がなく、適切な撮影条件を系統的に設定できないため苦慮している。また、DRでのX線撮影の線量は、S/F系よりも増加しているとの問題が提起され(ICRP)、最適な撮影条件の標準化が模索されている。

今回、撮影線量とノイズ特性の関係に着目し、胸部表面の撮影線量とノイズ特性のRoot mean square(RMS)やWiener spectrum(WS)とで、胸部領域における撮影線量の最適化の推定を行った。

**【方法と使用機器】** 試料画像は胸部ファントムをアクリル板で作成し、computed radiography(CR;Konica Rejus 170)を用いて取得した。CRの撮影条件は標準感度のS/F系でフィルム濃度が肺野部と同等な線量を基準に、1/

4、1/2、1、2、4倍の5段階の試料を得るために、焦点-輝天性蛍光体プレート間距離を200cm、管電圧を120kV、管電流を200mAに固定し、撮影時間によって調整した。胸部ファントムの表面線量はNERO™mAx Model 8000 (VICTOREEN社製)を用いて測定した。

RMS測定は表示画面中央部の256×256ピクセルをregion of interest (ROI)で設定し、5画像で計算したRMS値の平均で取得した。WS測定は二次元フーリエ変換(2DFFT)法で行った。計算範囲はROIでの256×256ピクセル画像をルジャンドル多項式でトレンド補正して1セグメント(Segment:SEG)とした。WS値は試料1画像で64SEGを計算し、5画像で計320SEGによって取得した。**【結果】**胸部領域の適正線量は、RMSとWSにおいて量子モトルの影響を受ける低線量域とシステムノイズに依存する高線量域での直線近似の交点をしきい値として決定した。その結果、しきい値で設定したCRの撮影線量は、S/F系の基準線量に対し30%程度低減できることが推定できた。

**【結論】**撮影線量とRMS値およびWS値から推定したしきい値は、胸部領域の線量最適化の指標となり、臨床画像への適用も可能と考えられる。

## 19 乳房用撮影装置の日常管理に平均乳腺線量簡易評価法を用いた結果

山崎 綾乃、松田亜祐美、熊谷 果南、黒田奈美子、土屋 由貴、佐藤 靖高、野中 孝志、市川 重司  
公立福生病院

**【背景・目的】**乳房撮影装置の品質管理において、AEC作動時の平均乳腺線量(以下AGD)の算出は、被ばく線量の把握につながる重要項目である。一昨年、第69回東京支部春期学術大会にて、乳房撮影装置の線量管理として入射空気カーマおよびAGDの簡易評価方法(以下簡易法)を考案し、教育現場の乳房撮影装置を用いて日常管理への適応について比較検討を行い、有用性があることがわかった。今回、実際に臨床現場で用いられている各主要メーカー乳房用撮影装置における、簡易法の日常管理への適応について検討したので報告する。

**【方法】**①対象の乳房撮影装置に対して、正規法と簡易法の各々でAGDを算出し、相互の関係性を把握する。②ある一定期間簡易法にてAGDの品質管理を行う。

簡易法：X線出力の直線性を確認の上、PMMA40mmにおけるAEC試験の撮影条件(管電圧、ターゲット/フィルタ)に対してmGy/mAsを求め、あらかじめ換算式を作成する。品質管理時には、上記同様のAEC試験で得られたmAsから入射空気カーマK[mGy]を換算し、Danceの式にてAGDを求める。

**【結果・考察】**臨床現場の乳房撮影装置による簡易法は、

いずれも正規法との関係を把握の上で、AGDの線量管理に有用と言える結果となった。また簡易法によるAGDの算出は、日常管理として行うために重要な手間と時間も十分に解決できると思われる。近年の乳房撮影装置はAGDを自動で算出し表示する機能を持つものもあるが、全国的には今もなお乳房撮影装置の稼働台数割合はCR装置が多くを占め、また線量計を所有していない施設も多いため、そのような環境下には特に有用であると考えられる。

## 20 FPD長尺撮影システムにおける撮影補助具の開発

小平 和男、堀内 悠平、吉田 彩子、森田 康介  
東京女子医科大学病院  
玉木 亮、大鶴 任彦  
東京女子医科大学  
柳沢 健一  
コニカミノルタ(株)

**【目的】**2016年2月よりコニカミノルタ社製長尺撮影システムが、国内初号機として当院に導入された。当院では整形外科の脊椎疾患、股関節・膝といった下肢疾患、小児科の筋疾患など、1ヶ月平均170件の長尺撮影を行っており、立位保持、座位保持が困難な患者が少なくない。そのため、撮影時の安全性や安定性に不安があった。

そこで今回、長尺撮影システムの安全性を担保しつつ、より快適に安心して使用できるようコニカミノルタ社と共同で補助器具の開発を行ったので報告する。

### 【使用機器】

コニカミノルタ社製 AeroDR OneShot 長尺システム CS-7 Ver1.22

コニカミノルタ社製 アーム式多機能握り棒 NV005-Y 01

**【方法】**長尺撮影をする際に想定される入室時、撮影実施時の患者状態とその補助方法に対し、運用フローの定義を作成した。次にそれらの運用フローに対し、補助具の構成・形状・動作方法を考慮した設計図面を作成し机上検証を行った。机上検証より洗い出された問題点を考慮し、試作部材を用いて補助具を仮組みし、耐荷重試験・可動域試験による評価を行った。

**【結果】**耐荷重試験では、横握り棒の鉛直耐荷重は左右各々につき400N認められた。

可動域仕様としては、横握り棒は「30度ずつの鉛直方向に角度調整」、「左右各々独立した上下移動」、「横握り棒自体の360度回転」ができるようにした。握り棒の太さは34mmと握りやすくし、塗装をシボ付き塗装とすることで滑りにくいものとした。また、握り棒を使用することで、必要人員(介助)を平均1名減らすことができた。

**【結論】**ワンショットマルチディテクタ方式長尺撮影システムを使用する際に、より安全に様々な患者の状態に応じ

た撮影を行うことができる撮影補助器具を開発することができた。

## 21 読影補助 learning ソフトの学習効果の検証

小倉 明夫、林 則夫、根岸 徹、渡部 晴之、阿部 信吉

群馬県立県民健康科学大学  
NPO 法人メディカル指南車

**【目的】** 2007年12月に厚生労働省から「チーム医療の推進」として、診療放射線技師が「画像診断における読影の補助を行うこと」が通達された。放射線画像を撮像する診療放射線技師が読影の補助を行えることは、医療社会に大きな貢献をもたらす。一方、診療放射線技師は、大学及び養成施設において画像読影に関する教育を十分に受けているとは言い難い。そのため、画像読影のための教科書やe-learning システムが普及されているが、それらの効果が不明確であるとともに利用実績も少ない。今回、読影補助ソフトの学習効果について検証を行った。

**【方法】** 読影補助ソフトのe-learning システムは、メディカル指南車開発の画像診断ナレッジサービス「読影指南」を使用した。本学診療放射線学部のボランティア学生10人を公募し、システム付随のテストツールにより胸部単純画像（結節影・腫瘤影とスリガラス陰影30枚）の読影テストを行った。テストは病変が存在すると思われる肺区域を回答する方式で施行した。テスト後1週間、読影補助 learning ソフトを使用し A、B の2グループに分けて、A では結節影・腫瘤影の学習、B ではスリガラス陰影の学習を行った後、再度テストを行い正解率の差を検討した。その後、各グループで異なる陰影の学習を1週間行い、3度目のテストを施行した。各テストの正解率の差より学習効果を検証した。

**【結果および結論】** 2週間の学習により、平均正答率が34.5%から72.7%へ上昇した。未学習時の正答率は腫瘤影が40%、スリガラス影が23%であり、腫瘤影よりスリガラス陰影の読影が困難であることが判明した。2週間の学習後は、両陰影とも70%程度の正答率となり、スリガラス陰影で特に学習効果が顕著であった。

## 22 環境エンリッチメントは放射線影響を抑制するか

—条件設定および基礎データの構築—

横溝 真哉、井上 一雅、福士 政広  
首都大学東京

森岡 孝満、西村まゆみ、柿沼志津子、島田 義也  
量子科学技術研究開発機構

**【目的】** 過度あるいは慢性的なストレスは様々な疾病を誘発する。一方、放射線は突然変異や染色体異常を引き起こし、発がんリスクを増加させる。近年、環境エンリッチメ

ント (Environmental Enrichment: EE) は、中枢神経系を活性化させ、内分泌系および免疫系を刺激することで生体の恒常性を維持し疾病を予防することが報告されている。しかしながら、EE が放射線発がんのリスクを抑制するかは不明である。そこで本研究の目的は、EE の放射線初期応答に対する修飾効果と放射線誘発がんの抑制効果を明らかにすることである。今回は、EE の条件設定およびその基礎データの構築を行った。

**【方法】** 生後3週齢と11週齢のB6C3F1雄マウスを通常ケージ(300×170×110mm)で飼育する幼若期SE群と成体期SE群、通常ケージの約8倍程度のケージに遊具(回転盤や隠れ家、トンネルなど)を設置し飼育する幼若期EE群と成体期EE群の計4群を設定した。1ケージ5匹で8週間の飼育後に採血と剖検を行った。摘出した褐色脂肪組織は、HE (Hematoxylin-Eosin) 染色による病理組織学的解析と免疫組織化学染色法による uncoupling protein-1 (UCP-1) の発現を評価した。血中の脂質、糖質成分および内分泌ホルモンは、酵素法、HK-G6PHD法およびELISA法を用いて測定した。

**【結果】** 幼若期および成体期EEは、SEと比較して体重、白色および褐色脂肪組織の重量を有意に減少させた。また、褐色脂肪組織はEEにより脂肪滴サイズの減少とUCP-1の発現増加が観察された。加えて、血中の総コレステロール、中性脂肪、グルコースを減少させ、血糖値を調節するインスリン、摂食抑制とエネルギー消費作用のあるレプチンおよびインスリン抵抗性を抑えるアディポネクチンも有意に減少させた。

**【結論】** EEは体重および臓器重量の有意な減少や、脂質代謝および内分泌ホルモンに対する修飾効果を示したことから、EEの飼育条件が確立できた。今後、確立したEEによる放射線誘発がんに対する予防効果を検討する。

## 23 荒川における希土類元素の濃度調査

片岡 萌、井上 一雅、福士 政広  
首都大学東京

**【目的】** 荒川においてMRI用ガドリニウム造影剤に起因すると考えられるガドリニウム(以下Gdとする)及びその他の10種類の希土類元素の濃度を調査し、荒川における環境汚染状況を調査した。

**【方法】** 荒川が流れる東京都江戸川区、葛飾区、埼玉県の戸田市、川越市、桶川市、熊谷市小八林、熊谷市押切、大里郡寄居町、皆野町および秩父市内の10地点で採水(500mL)を行い、ICP-MSを用いて解析を行った。

**【結果】** Gdは江戸川区で $0.0539 \pm 0.0065$ ppb、葛飾区で $0.0194 \pm 0.0029$ ppb、戸田市で $0.0003 \pm 0.0043$ ppbであり、それ以外の地点では検出限界値以下であった。検出限界値とは測定対象の化学物質の存在を高い信頼性で検出できる

最小値のことであり、この値を下回っていると ICP-MS では検出することが出来ない。今回の Gd における検出限界値は 0.0005ppb であった。

また、Rb、Sr、Cd、Ba においては全ての地点で、As、Se、および Cs においては一部の地点でそれぞれの検出限界値を超えて検出された。

**【考察】** 本調査では、環境省で定められている有害物質やそれ以外の物質の排水基準値を十分に下回っていたが、測定結果によると葛飾区や江戸川区ではその他の地点と比較して測定濃度値が高値であった。この要因として葛飾区や江戸川区における人口密度が埼玉県の採水地点よりも高いということ、また日本医師会の地域医療情報システムによると秩父市から戸田市の流域周辺の病院数はおよそ124施設、江戸川区と葛飾区ではおよそ184施設あること、江戸川区と葛飾区の採水地点付近に下水道処理場があること、MRI 用 Gd 造影剤は尿とともに排泄されて下水道処理場で処理されるということから、MRI 用 Gd 造影剤を投与された患者の尿から排泄された Gd は医療機関数の多い東京都でより検出されやすく、今回の採水地点では東京都内の2箇所において Gd を処理する下水道処理場の付近で水を採取したため、他の採水地点よりも高値になったと考えられる。

## 24 デジタルマンモグラフィに対応した日常精度管理ファントムの評価

嶋田 七海、小金澤明日香、宮島 優実、渡部 晴之、  
長島 宏幸、根岸 徹  
群馬県立県民健康科学大学

### 【背景】

X 線画像のデジタル化が急速に進む中、マンモグラフィもデジタル化が検討されてきた。デジタル装置は2000年以降に普及しはじめ、2011年には約9割の割合で精中委施設画像評価に使用されていた。マンモグラフィでは精度管理が重要となっており、アナログ時代から ACR 推奨ファントム (RMI 製156形) が日常精度管理に用いられていたが、デジタルマンモグラフィの評価では不適切であると報告されている。そこで、2016年にデジタル化に適合した ACR Digital Mammography Phantom (以下、ACR DM ファントム) が発表された。

### 【目的】

従来のファントムと新しく市販された ACR DM ファントムを用いて各測定項目を評価、検討した。さらに、ACR DM ファントムの特性の把握を目的とした。

### 【方法】

従来のファントムでは胸壁端、ACR DM ファントムでは胸壁端から 5mm 程度出して乳房支持台に配置し、圧迫板を各ファントムの上面に接するように配置した。AEC 検

出器を用いたため、検出器の位置を各ファントム中心に配置した。撮影条件は、各ファントムに相当する厚さと密度の乳房に対する臨床で使用する線質(管電圧、ターゲット・フィルタなど)、AEC 濃度設定条件とその撮影条件の2倍と1/2の管電流時間積で撮影した。撮影した各ファントム内の各試料(繊維、石灰化、腫瘍)を視覚的に評価し、ACR DM ファントムでは、CNR (contrast to noise ratio) を算出し比較検討した。

### 【結果と結論】

ACR DM ファントムでは、各試料のサイズが全体的に小さくなり、石灰化と腫瘍では試料数も増えた。したがって、より詳細な評価が可能となった。そして、CNR をデジタル値で評価可能となった。従来のファントムでは評価が困難であった範囲が ACR DM ファントムでは評価が容易となった。

## 25 CT ガイド下生検における術者の被ばく低減効果の検討

岡島 麻美、阿部由希子、山下 慎一、松尾 浩一  
東京慈恵会医科大学附属病院

**【目的】** CT ガイド下生検において CT 透視を用いる際には、術者の手指の被ばくが問題となる。当院で使用している IVR-CT には“HandCARE”というアプリケーションが搭載されており、それにより術者の手指の被ばく低減を行っている。今回、当院では新たに後方散乱を除去する放射線防護用掛布“エッジプロテクタ”を導入した。HandCARE と併用したとき、術者の手指の被ばくがどの程度低減可能であるか検証したので報告する。

**【方法】** IVR-CT 装置は、SIEMENS 社製 Artis zee TA (血管撮影装置)、SOMATOM Emotion (X 線 CT 装置) を使用した。寝台に Alderson phantom を配置し、CT ガイド下生検のポジションに設定した。手技中の術者の立ち位置から術者の手指の位置を推測し、ファントム中心、左右の3点にポケット線量計を配置した。撮影条件は通常時と同様に設定し、エッジプロテクタの有無、HandCARE の設定の有無による線量の比較を行った。

**【結果】** エッジプロテクタのみを用いた場合は、エッジプロテクタ、HandCARE を用いない場合と比較して約85%線量は低減した。また、エッジプロテクタと HandCARE を併用した場合、エッジプロテクタのみの場合に比べ線量は約40%低減でき、エッジプロテクタ、HandCARE を用いない場合に比べ約90%線量は低減した。

**【結語】** エッジプロテクタと HandCARE を併用することで、約90%の被ばく低減が可能となった。

## 26 乳房用簡易形線量計における一般撮影用検出素子の適用

小林千香子、小倉 泉、根岸 徹、飯田紗生子、  
村社 真紀、安部 真治  
首都大学東京

**【目的】** 現在、一般撮影用簡易形線量計は全国で約110台利用されており、表示可能な値は線量(空気カーマ)[ $\mu\text{Gy}$ ]と照射時間[ms]である。これまで報告した乳房用簡易形線量計には高感度のフォトダイオードを使用しているため、検出素子の価格は約3倍である。

そこで今回、一般撮影用検出素子を用いて乳房領域の測定の可能性について検討した。

**【方法】** 現在、乳房用簡易形線量計に使用しているフォトダイオード(S2387-1010R)の管電圧特性は、電離箱線量計(ACCU-PRO:Radcal社)の値に対して28kVを基準に26kVで-3%、32kVで+5%である。同様に、乳房用として一般撮影用簡易形線量計のフォトダイオード(S2386-8K)を用いた場合の管電圧特性は-7%および+10%であり、その感度は3割程度である。

そこで、一般撮影用検出素子を用いて制御プログラム上の線量変換係数を変更し、乳房用撮影装置(MGU-100B:東芝)を用いて、表示線量及び半価層値の測定精度について検討した。

**【結果】** 表示線量[mGy]の精度は、管電圧補正により電離箱線量計の値に対して-0.4%~+0.2%に改善できた。

電離箱線量計と一般撮影用検出素子を用いたデータから算出した半価層値を比較すると、簡易形線量計のほうが0.103~0.117[mmAl]大きい傾向を示した。

測定結果をもとに電離箱線量計での実測値を $y$ 、今回検討した簡易形線量計での実測値を $x$ として、 $y=0.8066x-0.0281$ [mmAl]の近似式を得た。この近似式を用いて電離箱線量計での半価層値を推定し、実測値との誤差を検討すると、26、27、29kVでの誤差は-0.002~+0.003[mmAl]となり、その他の管電圧では $\pm 0.001$ [mmAl]未満であった。

**【考察】** 一般撮影用検出素子では、乳房撮影領域での管電圧依存性は大きい、その関係は線形なため、表示線量および半価層値の近似式の精度が高くなったと考える。

既存の一般撮影用簡易形線量計について新たに2個の外部スイッチを設け、制御プログラムと線量変換係数を変更することで乳房用装置の日常管理と半価層の測定が可能と考える。

## 27 乳房用簡易形線量計による半価層測定に関する検討

村社 真紀、小倉 泉、根岸 徹、飯田紗生子、  
小林千香子、安部 真治  
首都大学東京

**【目的】** 乳房撮影領域の品質管理においては平均乳腺線量の算出が重要となるが、この値の算出には半価層値が必要となる。

私たちは、第34回東京支部秋季学術大会において乳房用簡易形線量計の管電圧補正法について報告した。この線量計は現在都立病院を中心に16施設において、線量(空気カーマ)[mGy]および照射時間[ms]を測定することで日常管理が行われている。

今回、平均乳腺線量の算出を目的に乳房用簡易形線量計を用いた半価層値測定の可能性について検討した。

**【方法】** 乳房用X線装置(MGU-100B:東芝)を用いて、胸壁から6cm、患者支持台から高さ4cmの位置に電離箱線量計(ACCU-PRO:Radcal社)および乳房用簡易形線量計(MSM-3MDKVC)をそれぞれ設置し、X線管焦点から22cmの位置に圧迫板と絞りマスクを配置し、Alフィルタ法にて半価層値を測定した。管電圧は26~32kV(1kVごと)、管電流時間積は40mAs、ターゲット/フィルタはMo/Moとした。なお、簡易形線量計については管電圧補正の有無についてもデータを取得し、電離箱線量計から算出した半価層値と比較・検討を行った。

**【結果】** 乳房用簡易形線量計では、管電圧補正の有無による半価層値の変化は見られなかった。

電離箱線量計と乳房用簡易形線量計のデータから算出した半価層値を比較すると、測定した管電圧範囲について乳房用簡易形線量計の半価層値が0.052~0.057mmAl大きい傾向を示した。

そこで、簡易形線量計の半価層値 $x$ から電離箱線量計の半価層値 $y$ を推定する近似式を作成し、 $y=1.0303x-0.0662$ [mmAl]が得られた。この近似式から推定した電離箱線量計の半価層値と、実測した半価層値との誤差を検討すると、管電圧が27~29kVでは-0.001~+0.003mmAlとなり、その他の管電圧では $\pm 0.001$ mmAl未満であった。

**【考察】** 乳房撮影領域ではフォトダイオードの管電圧依存性が線形であるため、近似式による半価層値の精度が高くなったものとする。

各乳房用X線装置について同様に近似式を作成しておくことで、精度の高い半価層値の測定が可能と考える。

## 28 簡易形線量計による半価層測定に関する検討

飯田紗生子、小倉 泉、根岸 徹、小林千香子、  
村社 真紀、安部 真治  
首都大学東京

**【目的】** 一般撮影領域の被ばく線量指標には入射表面線量

が用いられているが、この値の算出には半価層値が必要となる。

現在、簡易形線量計は全国で約110台利用されており、表示可能な値は線量（空気カーマ）[ $\mu\text{Gy}$ ]と照射時間 [ms]であり、診断用 X 線装置の日常管理において X 線出力の変動の確認に寄与している。

今回、入射表面線量の算出を目的に簡易形線量計を用いた半価層値測定の可能性について検討した。

**【方法】** 一般撮影用インバータ式 X 線装置 2 台（KXO-80G：東芝、UD150B-10：島津）に管電圧管電流計（AB-2015E：トーレック）を接続して管電圧、管電流を確認した。電離箱線量計（ACCU-PRO：Radcal 社）と簡易形線量計（MSM-3D：首都大）を用いて Al フィルタ法にて半価層値を測定した。管電圧は50、60、70、80、100、120kV とした。なお、簡易形線量計は新たに3台製作し、これらを用いてデータを取得した。

**【結果】** 3 台の簡易形線量計による半価層値については、減弱曲線から求める方法と、X 線減弱率50%前後の線量とアルミニウム厚のデータから対数の補間法によってそれぞれ求めた。その結果、電離箱線量計および簡易形線量計における差は最大0.06mmAlであった。また、各管電圧および各 X 線装置における3台の簡易形線量計での半価層値のばらつきは最大で0.09mmAlであった。

管電圧70~80kV では電離箱線量計による半価層値に比べ、+2.4~-1.7%（+0.07~-0.05mmAl）となった。60kV では電離箱線量計に比べて最大で+4.7%（+0.11mmAl）、100kV では最大で-6.8%（-0.26mmAl）、120kV では最大で-11.5%（-0.53mmAl）となった。

**【考察】** 75kV を中心とした電離箱線量計での半価層値に対して相対値が変化が見られるが、これはホトダイオードの管電圧依存性によるものと考えられる。

実際の測定においては各管電圧ごとに補正を行うことで、精度の高い半価層値が推定可能なため、入射表面線量の算出に有用と考える。

## 29 伊豆大島における福島第一原子力発電所事故後の土壌中放射能濃度

山本 周平、井上 一雅、福士 政広  
首都大学東京

**【目的】** 福島第一原子力発電所事故から5年が経過した伊豆大島の土壌中放射能濃度を計測し、事故直後から継続的に実施してきた計測結果と比較することで、人工放射性核種の放射能濃度の推移を調査した。

**【方法】** 2016年8月に島内の25地点において、地表層から5cm深までの土壌を採取した。採取した土壌は、篩を用いて小石や落ち葉を除去し、粒径2mm以下の大きさに整えた。その後、U-8容器に封入した土壌中の放射性核種濃度(Bq

/kg)を高純度 Ge 半導体検出器 (GMX10P、ORTEC) にて計測した。測定対象核種は、天然放射性核種 ( $^{40}\text{K}$ 、 $^{228}\text{Ac}$ 、 $^{214}\text{Bi}$ 、 $^{214}\text{Pb}$ ) 及び人工放射性核種 ( $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ ) とした。なお、ウラン系列の核種濃度は、 $^{214}\text{Bi}$  と  $^{214}\text{Pb}$  の濃度を加重平均することにより算出した。

**【結果】** 島内25地点の土壌を測定した結果、天然放射性核種である  $^{40}\text{K}$ 、 $^{238}\text{U}$  系列および  $^{232}\text{Th}$  系列で、それぞれ  $242 \pm 116\text{Bq/kg}$  ( $71\text{-}389\text{Bq/kg}$ )、 $4 \pm 1\text{Bq/kg}$  ( $0\text{-}10\text{Bq/kg}$ )、 $6 \pm 4\text{Bq/kg}$  ( $0\text{-}12\text{Bq/kg}$ ) であった。一方で、原発事故に起因した人工放射性核種である  $^{134}\text{Cs}$  および  $^{137}\text{Cs}$  は、それぞれ  $12 \pm 15\text{Bq/kg}$  ( $0\text{-}60\text{Bq/kg}$ )、 $70 \pm 90\text{Bq/kg}$  ( $0\text{-}379\text{Bq/kg}$ ) であった。

**【考察】** 事故後5年が経過した伊豆大島の土壌中放射能濃度は、2011年の測定データと比較して、 $^{134}\text{Cs}$  で89%、 $^{137}\text{Cs}$  で48%の低下を示した。2015年と2016年の放射能濃度を比較すると、 $^{134}\text{Cs}$  で27%の低下、 $^{137}\text{Cs}$  ではほとんど変化が見られなかった。人工放射性核種は物理学的半減期よりも短い期間で減衰しており、人工放射性核種の環境動態は風雨等の気象条件に大きく依存していると考えられた。

## 30 伊豆大島における福島第一原子力発電所事故由来の空間線量率の推移

塚野 遼、井上 一雅、福士 政広  
首都大学東京

**【目的】** 福島第一原子力発電所事故より5年が経過した伊豆大島において、空間線量率調査を実施した。

**【方法】** 2016年8月に NaI (Tl) シンチレーションスペクトロメータを用いて、走行サーベイ法および島内25地点における定点測定法により空間線量率調査を実施した。得られた空間線量率から線量マップを作成した。車外の計測については裸地上で行い、測定器は地表面より1mの高さに設置した。さらに、調査結果をもとにして年実効線量を算出した。

**【結果】** 走行サーベイ法によって得られた島内全域の平均空間線量率 ( $n=1,011$ ) は  $22 \pm 6\text{nGy/h}$  ( $9\text{-}54\text{nGy/h}$ ) であった。定点測定法によって得られた島内平均空間線量率 ( $n=25$ ) は  $19 \pm 9\text{nGy/h}$  ( $7\text{-}41\text{nGy/h}$ ) であった。また、天然 ( $^{40}\text{K}$ 、 $^{232}\text{Th}$  系列、 $^{238}\text{U}$  系列) および人工放射性核種 ( $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ ) 由来の平均空間線量率は、それぞれ  $14 \pm 10\text{nGy/h}$  ( $5\text{-}41\text{nGy/h}$ )、 $6 \pm 4\text{nGy/h}$  ( $0\text{-}14\text{nGy/h}$ ) であった。走行サーベイ法で得られた島内の平均空間線量率をもとに算出した年実効線量は  $0.14\text{mSv/y}$  であった。

**【考察】** 空間線量率分布は島北部で高い値を示し、原発事故直後に得られた調査結果と同様の傾向を示した。また、伊豆大島における平均空間線量率は福島原発事故後の測定値から次第に減少しており、2016年は2011年に対して39%低下していた。原発事故直後からの線量率の推移から算出

した環境半減期は2.2年となり、昨年に報告した結果（3.5年）と比較して小さい値となった。伊豆大島は台風の通り道になりやすく、年合計降水量および1日最大降水量がその年により大きく変動する。そのため、この変動が人工放射性核種の環境動態に影響した可能性が考えられた。

### 31 ベトナムフーコック島における環境放射線量の測定

藤澤 真、荒井 萌子、井上 一雅、福士 政広  
首都大学東京

**【目的】** リゾート開発の進むベトナムフーコック島において、天然放射性同位元素を含む人工建造物の増加により環境放射線量の変化が生じている可能性がある。そこで、フーコック島において空間線量率および土壤中放射能濃度の計測を行った。

**【方法】** 走行サーベイ法により島内の全ての道路を車で走行しながら環境放射線量（nGy/h）を計測した。また、島内10地点の車内外において波高分布計測を行い、車体の遮蔽効果及び線量換算係数を算出した。なお、車外測定は、アスファルト舗装上と裸地上で実施した。さらに、同10地点で採取した土壌をGe半導体検出器により、 $^{40}\text{K}$ 、 $^{238}\text{U}$ 系列、 $^{232}\text{Th}$ 系列及び $^{137}\text{Cs}$ の放射能濃度を測定した。

**【結果】** 島内の空間線量率分布は、島の南北に走る主要幹線道路上で高い線量率を計測した。また、舗装道路上の線量率は、裸地上と比較して約1.5倍高い結果となった。そのため、アスファルト舗装に対する補正係数を導入すると、島内の線量率分布はほぼ均一になった。島内の平均空気吸収線量率は、舗装道路に対する補正前と補正後で、それぞれ $44 \pm 20$ 及び $30 \pm 7$  nGy/hであった。土壤中の放射能濃度は $^{40}\text{K}$ 、 $^{238}\text{U}$ 系列、 $^{232}\text{Th}$ 系列及び $^{137}\text{Cs}$ で、それぞれ $84 \pm 54$ 、 $9 \pm 7$ 、 $21 \pm 8$ 及び $1 \pm 1$  Bq/kgであった。

**【考察】** 島内の平均空間線量率は、世界平均値（57nGy/h）や日本の平均値（50nGy/h）と比較して低い結果であった。また、アスファルト舗装により大幅に空間線量率が上昇していることが明らかとなった。日本国内の舗装による線量率への影響は、ほぼ無視できるレベルにあるが、ベトナムではアスファルトの下に直径15cm程の花崗岩石が敷き詰められており、これが空間線量率の上昇に寄与したと考えら

れた。現在もリゾート開発に伴う交通インフラ整備が進んでおり、島内の空間線量率はさらに変化すると考えられた。

### 32 三宅島における環境放射線（能）調査

増田 翔、井上 一雅、福士 政広  
首都大学東京

**【目的】** 2011年3月11日に起きた東日本大震災に伴う福島第一原子力発電所の事故により、人工放射性核種が環境中に放出され、東日本の環境放射線量は大きく変化した。本研究では、三宅島の環境放射線（能）を調査し、福島原発事故前の2004年に行った調査結果と比較して、福島原発の事故による影響を調査した。

**【方法】** 2016年8月に、NaI（TI）シンチレーションスペクトロメータを車内に設置して島内を時速30kmで走行しながら30秒毎に計数率を測定した。測定した計数率は遮蔽係数及び線量換算係数を用いて空間線量率を算出した。定点測定では、島内11地点において波高分布を10分間計測した。さらに、島内15地点において、表層から10cm深までの土壌を採取して、高純度Ge半導体検出器を用いて土壤中の放射能濃度を計測した。

**【結果】** 島内の空間線量率の分布は、島の南西部と東部において低く高低差を示した。島内の平均空間線量率は22 nGy/hであった。定点測定により得られた全線量率に対する放射性セシウムの空間線量率への寄与率は11%であった。土壌中の平均放射能濃度は、 $^{134}\text{Cs}$ で14Bq/kg、 $^{137}\text{Cs}$ で49Bq/kg、 $^{40}\text{K}$ で299Bq/kg、 $^{238}\text{U}$ 系列で7Bq/kg、 $^{232}\text{Th}$ 系列で6 Bq/kgであった。放射性セシウム濃度は島の南東部と西部で高い傾向を示した。

**【考察】** 2004年に計測した島内の平均空間線量率（19nGy/h）と比較して本調査結果は20%高値であった。 $^{137}\text{Cs}$ は、1980年頃までに実施されていた大気圏核実験の影響により2004年の時点で3 Bq/kg存在していたが、本調査結果は福島原発事故の影響を明確にするものであった。また、土壌中の $^{40}\text{K}$ の濃度が2004年（163Bq/kg）と比較して1.8倍に上昇した。これらにより空間線量率分布に高低差を示したと考えられる。