

第22回EGS研究会 アブストラクト集

2015年8月4日

(会場) 研究本館小林ホール

(主催) 高エネルギー加速器研究機構放射線科学センター

目次

EGS5 の直線偏光光子散乱に関するアップグレードにより計算結果に生じる変化について.....1	森下 雄一郎
100-2000keV の光子線に対する小型 OSL 線量計の効率的な照射体系の提案.....2	沖野 啓樹
減弱係数の推定における散乱線の利用.....3	中神 徹也
X線 CT 装置での実測管電流変調データに基づくモンテカルロシミュレーション.....4	井上 政輝
X線 CT におけるファントム内線量分布の管電圧依存性と体表部臓器被ばくの関係.....5	芝原 与喜
臨床応用へ向けたモンテカルロ線量計算システムの検討.....6	石澤 儀樹
^{192}Ir による空気の吸収線量のモンテカルロシミュレーション.....7	辻 修平
Sr-90/Y-90 スペクトルによる β 線吸収線量評価のベンチマーク解析.....8	岩井 梢平
福島第一原子力発電所帰還困難区域で採取したアカネズミの Cs-137 による内部被曝の予測.....9	遠藤 大二

EGS5 の直線偏光光子散乱に関するアップグレードにより計算結果に生じる変化

^A産業技術総合研究所分析計測標準研究部門

^B高エネルギー加速器研究機構放射線科学センター

^A森下雄一郎、^A清水森人、^B波戸芳仁、^B平山英夫

[背景・目的]

近年、大型計算機を手軽に利用できるようになり、EGS5 を大規模に並列化して計算を行うことも容易になりつつある。この並列化により、放射線の照射野などほぼ実際の計測状態と同じ状況を EGS5 上に記述して、実験に匹敵するような統計不確かさで計算結果を得ることも可能になってきた。このような状況の下、EGS5 の計算結果がどの程度測定結果を再現できるか検証を行った。

[方法]

簡便で安定した測定結果を得るために、水中にがん治療用の空気式電離箱(PTW, 30013)を設置し Co-60 ガンマ線で照射したときの、電離電流を測定した。その後、放射線場を変化させることを目的として、電離箱に 4.5 mm 厚さの亚克力製のキャップ(BC)をかぶせて照射を行い、電離電流を測定した。EGS5 による計算では、できる限り実験と同じ状況を記述し、最大で 2048 cpu まで同時に使える大型計算機で並列計算を行った。

[結果]

図 1 に示すように、測定結果(緑線)は BC の有無によらず電離電流は変化なく、Co-60 線質に対して亚克力は水等価であることがわかった。一方、EGS5(version 1.0.401)による計算結果(青線)は BC を装着することで 0.7 %程度出力が増大し、この違いは計算の統計的な不確かさ 0.03 %と比較すると優位に違っていることが示された。次に計算の正しさの確認のため BC の材料を亚克力から水に変更して再度計算を行った。この場合計算結果は BC を装着していない電離箱出力に一致しなければならないが、結果はそうならなかった。この原因をさまざま追究する過程で、光子の偏光の取り扱いに不具合が見つかり、EGS5(version 1.0.5)へのアップグレードが行われた。この EGS5 による計算結果(オレンジ線)は、アクリ

ルの水等価性を比較的よく示しており、BC の材料を亚克力から水に変換したときも、期待通りの結果を示すことがわかった。研究会では更なる詳細について報告する予定である。

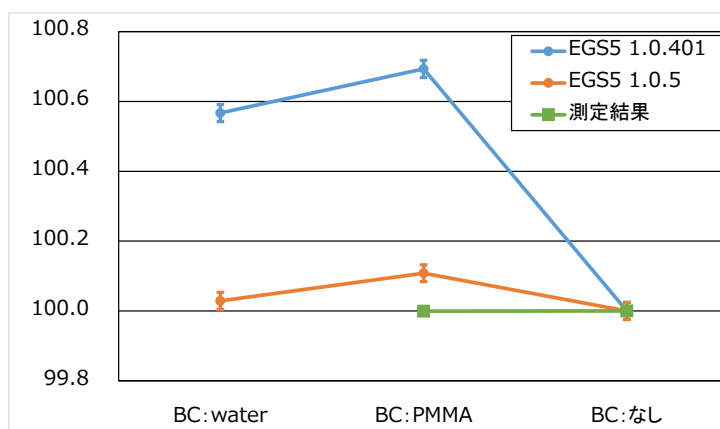


図 1 :電離箱出力の測定結果と EGS5 による計算結果の比較

100-2000keV の光子線に対する小型 OSL 線量計の効率的な照射体系の提案

沖野啓樹¹⁾, 竹上和希¹⁾, 紀本夏実²⁾, 前畑伊採²⁾, 林裕晃³⁾, 金澤裕樹³⁾, 岡崎徹⁴⁾, 橋詰拓弥⁴⁾, 小林育夫⁴⁾

1)徳島大学大学院保健科学教育部, 2)徳島大学医学部保健学科, 3)徳島大学大学院医歯薬学研究所, 4)長瀬ランダウア株式会社

【目的】

我が国の医療被ばくは近年増加傾向にあるが実測する手段がないことが問題となっている。そこで、検出効率が低く、診断画像に悪影響を与えない小型の検出器を開発することで医療被ばくの実測を目指している。これまでに、小型の OSL 線量計(nanoDot 線量計)に着目して診断領域の X 線(管電圧 40~140 kV)に対する角度依存性などの特性を EGS5 及び実測で評価してきた。

nanoDot 線量計を核医学検査や放射線治療で使用する数百 keV 以上の γ 線に対する線量評価に用いる場合には、光子の相互作用で発生する二次電子の飛程が空気中で 1~5 m 程度と長くなるため、電子平衡を考慮して線量計の基礎特性を評価する必要がある。RI 線源では離散的な実験結果しか得られないため、我々は EGS5 を用いて系統的な評価を行おうと考えている。nanoDot 線量計という非常に小さな線量計に対し、効率良くシミュレーション計算を行うために、効率的な照射体系を提案することを本研究の目的とした。

【方法】

二次電子平衡を考慮したコンパクトな照射体系を実現するために、検出器の全面をファントムで覆うことを考えた(Fig.1)。検出器には nanoDot 線量計と同じサイズ(1 cm(縦) \times 1 cm(横) \times 0.2 cm(厚さ))の空気を用いた。また、ファントムには厚さ 1~15 mm の空気(1.0 g/cm³)とアクリル(1.19 g/cm³)を用いた。照射粒子は 100~2000 keV の単色光子で、照射野の大きさは発生する二次電子の飛程から決定した。電子平衡下での照射が試行されていることを確認するために、検出器に入射する光子エネルギー束と空気の質量エネルギー吸収係数を用いて空気カーマを算出し、吸収線量と等しいことを確認した。計算効率(計算コスト)は、検出器に入射する一次線粒子数と定義した。さらに散乱線の影響も調べた。

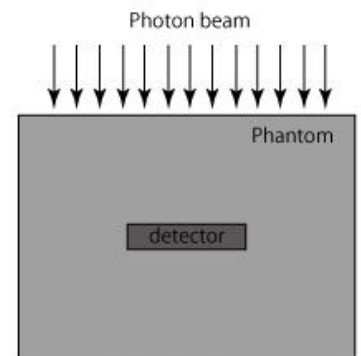


Fig.1 提案する体系

【結果及び結論】

本研究は nanoDot 線量計に限定した照射体系の確立を目的とした研究である。線量計をファントムで覆うことで前方、側方および後方からの電子平衡を担保し、かつ、小照射野での照射を実現することで高い計算コストが得られた。今後は提案した照射体系で nanoDot 線量計の角度依存性などの基礎特性が実測と矛盾しないことを追求する予定である。

減弱係数の推定における散乱線の利用

中神 徹也 (愛知県立大学)

Use of Scattered Radiation in the Estimation of the Attenuation Coefficient
Tetsuya Nakagami (Aichi Prefectural University)

1 はじめに

X線 CTをはじめとする X線画像診断装置において、散乱線は像を得るために有害で不要なものであるという認識が一般的である。しかし、対象物体がなければ散乱線が生じないことを考えると、散乱線にも対象物体の情報が含まれていると考えられる [1]。本研究では、問題を簡略化した上で、数学的なモデルを導出し、減弱係数の有効推定量における分散の評価から、散乱線の利用が推定精度向上につながる事を理論的に示し、数値実験により検証する。

2 問題の簡略化と数理モデル

ここでは、対象物体として、減弱係数が μ の細長く均一な円柱を想定する。直接線を測定する通常の検出器、対象物体全体を覆い、内側から散乱線を測定する k 個に横断分割された円筒型検出器を図 1 に示すように配置したものを考える。また、照射 X 線に関して、広がりを持たない X 線ペンシルビームを照射する。

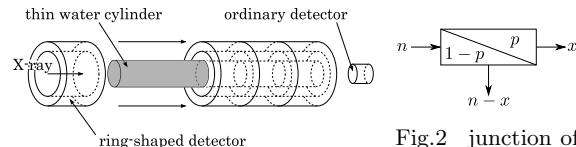


Fig.1 placement of detector

Fig.2 junction of three roads model

長さ $l (> 0)$ 、減弱係数 μ の物体に X 線ペンシルビームが入射した場合、X 線が直接線として直進する確率は $p = e^{-\mu l}$ であり、他は全て散乱するものとする。この状況は、図 2 のように光子が輸送路に沿って運ばれ、この輸送路に三叉路があり、光子は確率 p で直進 (図中右向き) し、そうでないものは他方 (図中下向き) に曲がって輸送される状況でモデル化できる。直進する光子数を x とすると、 x は二項分布 $B(n, p)$ に従う。この時、図 1 は、三叉路が k 個連結された状態 (図 3) でモデル化できる。

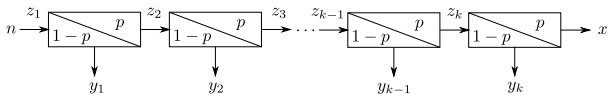


Fig.3 k chain junction of three roads model

$k = 2$ の場合で考える。測定値として、 x と y_1, y_2 が与えられた時の有効推定量の分散を $V(2)$ 、測定値として x と $y_1 + y_2$ が与えられた場合、すなわち、散乱線を測定する検出器が 1 個の場合の有効推定量の分散を $V_{-1}(2)$ とする。また、 x のみが与えられた場合の有効推定量の分散を V_d とする。有効推定量の分散は Cramer-Rao の下

界で与えられ、この場合、 $V(2) < V_{-1}(2) = V_d$ が理論的に導かれる。すなわち、散乱線を測定する専用の検出器を 2 個用いることで、減弱係数の推定精度が向上する。一般に $2 \leq k$ とし、 x と y_1, y_2, \dots, y_k が与えられた場合の有効推定量の分散を $V(k)$ 、 x と $y_1, y_2, \dots, y_{k-1} + y_k$ が与えられた場合 (散乱線検出器が 1 個少ない状況) の有効推定量の分散を $V_{-1}(k)$ とすると、 $V(k) < V_{-1}(k)$ も導かれるため、散乱線検出器が多い方が減弱係数の推定精度が向上することも示すことができる (証明略)。

3 数値実験

ここでは、図 1 の体系でモンテカルロシミュレーションを行うことにより推定精度向上の検証を行う。半径 0.05 [cm]、高さ 20 [cm] の円柱状で、密度 1.5 [g/cm³] の水 ($\mu = 0.259195$) を対象物体とし、円筒型 NaI 製検出器を k 個配置した。直接線は、半径 0.01 [cm]、高さ 0.1 [cm] の円筒型 NaI 製検出器により測定する。また、X 線管球、物体、円筒型検出器は一直線上に配置されているものとする。投影時、再構成時の X 線光子数は $10^5, 10^7$ とし、100 [keV] の単色仮定とする。有効推定量を構成することは困難であるため、ここでは最尤法を用いる。減弱係数を推定する実験を 1000 回行い、真との平均二乗誤差 μ_{err} で評価を行う。シミュレーションには、高エネルギー加速器研究機構により提供されている EGS5 を利用する。

4 結果

Table 1 シミュレーション結果

手法	分割数 k	平均値 $\hat{\mu}$	$\mu_{err} (\times 10^{-4})$
直接線のみ	—	0.259169	7.111209
直接線と散乱線	1	0.259166	7.094014
	2	0.259198	3.921291
	10	0.259192	3.584548

直接線のみでの測定よりも散乱線も測定する方法、検出器の分割数を増やした方法の優位性が確認できる。また、 $k = 10$ に対し、直接線のみで同程度の精度を得るのに必要な投影時の光子数は、 11×10^5 であった。ここから、1/11 程度の被曝低減効果がある事が分かった。本研究では、問題を単純化した上で、散乱線も利用する方法、検出器の分割数を増やす方法による減弱係数の推定精度の向上につながる事を理論的に示し、これを数値実験により検証した。今後は、実際の CT の体系で検証を行う。

参考文献

[1] K. Takemoto, et al.: Proc. 20th EGS User's Meeting in Japan, pp.1-8, 2013.

X線 CT 装置での実測管電流変調データに基づくモンテカルロシミュレーション

井上政輝¹, 小山修司², 羽場友信¹, 芝原与喜¹

¹名古屋大学医学系研究科, ²名古屋大学脳とこころの研究センター

1. 背景・目的

近年の X 線 CT 装置には、患者の被ばく低減と画質の均一化を目的として、患者の体厚などに応じて管電流を変化させる管電流変調機構 (Auto Exposure Control : AEC) が標準装備されている。そのため、モンテカルロシミュレーションを用いて患者の被ばく線量について検討を行う場合、AEC の影響を考慮しなければならない。

本研究室ではこれまで、球形半導体検出器を用いて測定した管電流変調データを、EGS5 に組み込んで人体ファントムの被ばく線量の取得を試みていたが、主に体表部に近い位置に設置された検出器で、実測と計算の値が大きく異なる場合があった。

そこで今回は、管球回転開始位置の違いによるスキャン中の回転軌道の違いが影響しているのではないかと考え、回転開始位置の異なる実測変調データ数種を EGS5 に組み込み、検証を行った。

2. 方法

今回の検証は、GE Discovery CT 750HD と Philips Brilliance 64 の 2 機種について行った。球形半導体検出器を使用して、人体ファントムの形状に合わせた管電流変調のデータを、それぞれの装置で 5 回測定した。これらのデータは、それぞれ回転開始位置が異なるデータとなっており、それぞれ異なる回転軌道でスキャンを行う様子が記録されている。これらのデータを用いて、それぞれの回転軌道における人体ファントム内線量計位置における吸収エネルギーを EGS5 にて取得し検討した。人体ファントムは、実測で使用したものを CT スキャンした画像から作製したボクセルファントムによって模擬した。

3. 結果・考察

いずれの装置においても、唾液腺や乳房、精巣などの体表部に近い位置に設置された線量計位置での 5 回の計算の平均値からの変動が他の位置に比べて大きくなっていた。今回の計算では線量計の大きさを考慮して、非常に小さい領域で吸収エネルギーを取得したため、X 線ビームの回転軌道の違いが体表部に近い位置の吸収エネルギーに大きく影響したと考えられる。また、装置間で比較すると、GE 社装置の方が、Philips 社装置よりも体表部臓器の吸収エネルギーの変動の幅が大きくなっていた。これは、装置毎に異なる管電流変調方式が影響したものと考えられる。より複雑な機構が搭載されるほど、変動要素は多くなることを考慮する必要があると考えられる。

X線 CT におけるファントム内線量分布の管電圧依存性と体表部臓器被ばくの関係

芝原与喜¹, 小山修司², 井上政輝¹, 羽場友信³

¹名古屋大学大学院医学系研究科, ²名古屋大学脳とこころの研究センター

³藤田保健衛生大学病院放射線科

1. 背景・目的

日本における医療被ばくは世界的に見ても高い水準にある。そのなかでも、X線 CT による被ばくが医療被ばくの多くの部分を占めるため、CT 撮影における被ばく低減は非常に重要な課題である。特に体表部臓器の水晶体、甲状腺、乳房などは放射線高感受性であるため、その防護に様々な試みがなされている。そこで、当研究室の先行研究で示された「X線 CT の線量分布におけるピークは深部に移行する現象」の管電圧依存性を明らかにするとともに、体表部臓器の被ばく低減への応用を検討した。

2. 方法

すべての計算は EGS5 を用いて、東芝メディカル社製 AquilionONE の X 線ファンビームデータを組み込んで行った。直径 320mm、体軸方向の長さ 450mm の円柱水ファントムを用い、線源-中心間距離は 600mm、体軸方向のビーム幅は 16mm、ヘリカルピッチは 0.8 とし、ファントム体軸方向中心の 100mm の範囲でスキャンを行う X 線 CT を再現した。また、ファントム中心において、高さ方向に沿ってファントム下端から上端まで 1mm³ の大きさで 320 点のエネルギーを取得した。以上の条件を同一に、管電圧を 80kV、100kV、120kV、135kV としたときのそれぞれのスペクトルデータを組み込み、ファントム内線量分布を取得した。スペクトルデータについては実際の X 線 CT により計測した 3° 毎の実効エネルギーから取得した。

3. 結果・考察

管電圧の違いにより、それぞれのファントム内線量分布が異なることが示された (図 1)。今回の結果から、管電圧が高くなるほど線量分布のピークは深部に移行することが分かった。また、80kV と 135kV ではピークの深度の差は約 10mm 異なる結果が得られ、管電圧を変化させることで被ばく低減に応用できる可能性が示唆された。

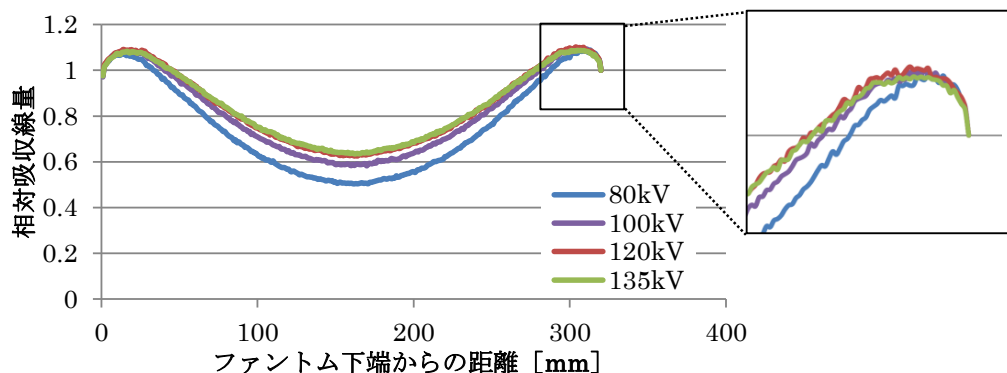


図 1 ファントム内線量分布

臨床応用へ向けたモンテカルロ線量計算システムの検討

石澤儀樹¹⁾、土橋卓¹⁾、佐藤清和²⁾、角谷倫之²⁾、
伊藤謙吾²⁾、千葉瑞己²⁾、岸和馬²⁾、武田賢¹⁾
東北大学大学院¹⁾、東北大学病院²⁾

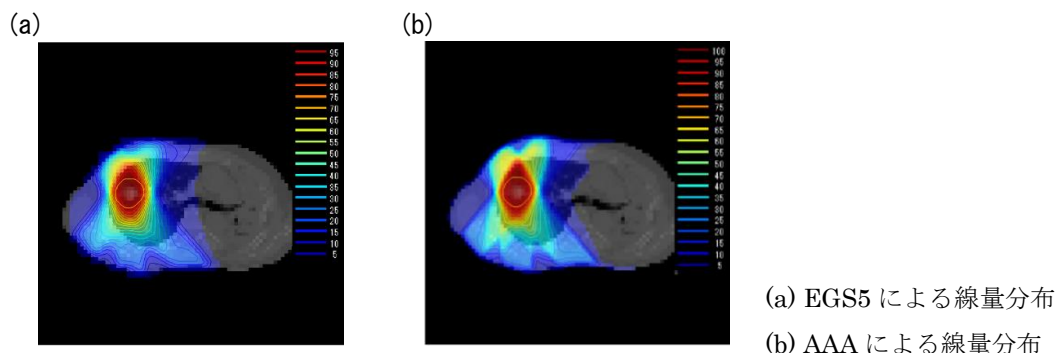
【背景・目的】 放射線治療における線量計算アルゴリズムの計算精度評価および誤差要因解明には、その基準として、臨床条件下のモンテカルロシミュレーション結果が有用である。しかし症例ごとに異なる人体の幾何学的情報や照射条件の設定は煩雑である。そこで本研究では、計算条件の設定を DICOM ファイルに基づいて自動化することで、臨床例のシミュレーションを簡便に実行可能とするモンテカルロ線量計算システムの検討を行った。

【方法】 放射線治療の臨床条件を反映した計算を行うために、EGS5 のボクセルユーザーコードを以下の項目について拡張した：(1) CT 画像に基づく人体ジオメトリの作成、(2) ガントリ及びカウチ角度の設定、(3) ジョー、マルチリーフコリメータによる照射野の設定、(4) 照射装置固有の光子エネルギースペクトラムの設定。フルエンスは点線源モデルとし、基準照射野の水中線量が再現されるようにスペクトラムを決定した。

本研究では、治療計画装置で計算した線量分布を EGS5 で評価するシステムの構築を目的とし、上記の幾何学的条件、照射条件に関わるパラメータは治療計画装置から出力した DICOM 形式の治療計画情報 (DICOM RT) から自動抽出した。

計算例として肺の体幹部定位照射 (SBRT) の症例についてモンテカルロシミュレーションを実行し、放射線治療計画装置 Eclipse (Varian 社) と線量分布を比較した。治療計画装置の線量計算アルゴリズムには AAA (analytical anisotropic algorithm) を用いた。

【結果・考察】 図 1 に EGS5 と AAA による肺 SBRT の 7 門照射時の線量分布を示す。EGS5 の線量分布は AAA に比べて肺領域に緩やかな線量勾配を示し、低密度媒質中の飛程の増加をより正確に考慮するモンテカルロ法の性質が確認できた。本研究は、臨床条件下のモンテカルロ計算を DICOM ファイルから簡便に実行可能とする枠組みの基礎として有用である。



^{192}Ir による空気の吸収線量のモンテカルロシミュレーション

辻 修平, 成廣 直正^{†‡}, 笈田将皇[‡]

川崎医科大学

[†]川崎医療短期大学

[‡]岡山大学大学院保健学研究科

^{192}Ir 小線源を使用した高線量率放射線治療の吸収線量率は、一般にAAPM TG-43U1プロトコルに従って次のように計算される。

$$\dot{D}(r, \theta) = S_k \cdot \Lambda \cdot \frac{G(r, \theta)}{G(r_0, \theta_0)} \cdot g(r) \cdot F(r, \theta) \quad (1)$$

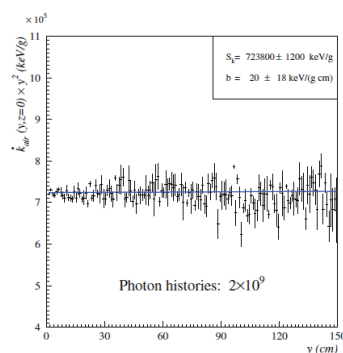
この式の中で、絶対値に関するパラメーターは空気カーマ強度 S_k と、線量定数 Λ である。空気カーマ強度 S_k は、使用される線源の強度で決定され、線源購入時に証明書に記載されている。単位はUを用い $1\text{U}=1\mu\text{Gym}^2\text{h}^{-1}=1\text{cGycm}^2\text{h}^{-1}$ と定義されている。また、線量定数 Λ は、線源中心から線源軸方向に対し、垂直に1cmはなれたところの吸収線量率を基に空気カーマ強度で規格化したものである。この単位は、 $\text{cGyh}^{-1}\text{U}^{-1}$ である。よって、線量定数 Λ は、線源から1cm離れた水の吸収線量と、独立に計算した空気カーマを基に求めることができる。したがって、このパラメーターは、シミュレーションのみで求められるものである。空気カーマ強度 S_k は、距離 d での空気カーマ率を $\dot{K}(d)$ とすると、理想的な真空状態では

$$S_k = \dot{K}(d) \cdot d^2 \quad (2)$$

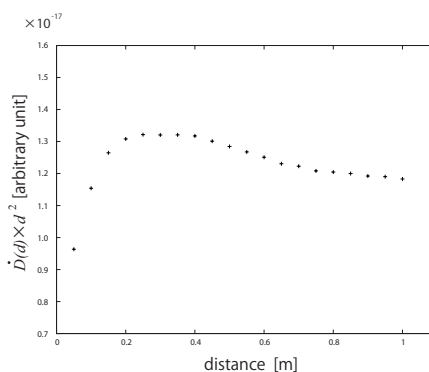
となる。空气中で測定した場合、空気の影響があるため

$$S_k + \alpha \cdot d = \dot{K}(d) \cdot d^2 \quad (3)$$

と緩やかな勾配 (α が小さい) をもつ。



a) Ballester¹⁾らの結果



b) EGS5の結果

空気カーマ率は、空気の吸収線量率とほぼ同じである。場所ごとの吸収線量率をEGS5で求め、距離の2乗をかけてプロットしたのが図のb)である。Ballester¹⁾らの結果と比較すると明らかに異なった。この結果に対して比較検証する。

参考文献

- 1) F Ballester, J Pérez-Calatayud, V Puchades, J L Lluch, M A Serrano-Andrés, Y Limami, F Lliso and E Casal “Monte Carlo dosimetry of the Buchler high dose rate ^{192}Ir source,” Phys. Med. Biol. **46**,N79-N90 (2001).

Sr-90/Y-90 スペクトルによる β 線吸収線量評価のベンチマーク解析

岩井梢平、延原文祥

東京ニュークリア・サービス株式会社

1. 緒言 これまで放射線遮蔽の分野では、吸収線量評価としては γ 線によるものが一般的に行われてきたが、福島第一原子力発電所の事故以来、事故時に放出された β 核種からの吸収線量評価に対する需要が高まっている。本解析では事故時に放出された β 核種である Sr-90/Y-90 に着目し、ベンチマーク解析を実施することで、EGS5 コードの β 線吸収線量評価への適用性を検討した。

2. 方法 ベンチマーク解析はドイツ国立理工学研究所 (PTB) で実施された β 線吸収線量の測定に基づき実施した。測定体系を模擬した計算体系を図 1 に示す。計算に用いる Sr-90/Y-90 スペクトルは ICRP Pub. 107 記載値とした。EGS5 コードにより ICRU 組織中の β 線吸収線量を評価し、文献値との比較検討を行った。

3. 結果 線源-ファントム間の距離毎に ICRU 組織深さ- β 線吸収線量曲線を評価した結果を図 2 に示す。深さに対する吸収線量のプロファイルは本評価値と文献値でよく一致しており、EGS5 コードを用いて福島第一原子力発電所の事故に由来する β 線吸収線量を正しく評価できることを確認した。

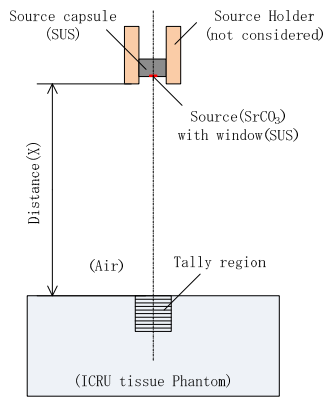


図 1 計算体系

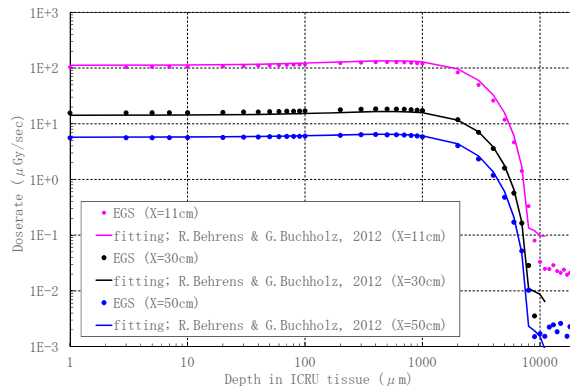


図 2 ICRU 組織深さ- β 線吸収線量曲線

4. 参考文献

- [1] P. Ambrosi, G. Buchholz and K. Helmstädter, “The PTB Beta Secondary Standard BSS2 for radiation protection”, 2007 JINST 2 P11002.
- [2] R. Behrens, G. Buchholz, “Extensions to the Beta Secondary Standard BSS2 Consolidated version from www.ptb.de” (2012)
- [3] Jens Brunzendorf, “Depth-Dose Curves of the Beta Reference Fields ^{147}Pm , ^{85}Kr and $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ Produced by the Beta Secondary Standard BSS2”, 2012 Radiation Protection Dosimetry

福島第一原子力発電所帰還困難区域で採取したアカネズミの Cs-137 による内部被曝の予測

遠藤 大二¹、平山 英夫²、石庭 寛子³、岡野 司³、大沼 学³

1 酪農学園大学、2 高エネルギー加速器研究機構、3 国立環境研究所

1. 背景・目的

国立環境研究所では、福島第一原子力発電所帰還困難区域における拡散放射性同位元素による野生動物への影響を推定するための指標として、日本固有種の野生ネズミであるアカネズミに注目してきた。放射線影響の指標として調べた、精巣における 80H-dG 陽性精細管数は 2012 年 8 月には、対照地域としての青森の 10 倍以上の値を示したのに対し、翌年にはほぼ青森と同レベルに減少した。アカネズミ採取地域の空間線量率としては、2012 年において 18.64 $\mu\text{Sv/h}$ が記録され、翌年度も大きな変化はなかった。一方、アカネズミ体内の Cs-137 量は 2013 年から減少したため、放射線ストレスへの内部被曝の寄与が推定された。本研究ではアカネズミ体内での Cs-137 による被曝線量を予測するため、EGS5 を用いて β 線および γ 線のネズミ体内でのエネルギー吸収を検討した。

2. 材料・方法

アカネズミは福島第一原子力発電所帰還困難区域においてトラップにより捕獲し、安楽死後体組織一部についてゲルマニウム測定器により Cs-137 γ 線を計測した。Cs-137 を含む体組織から、当該組織及び他の組織への Bq/g 当たりの吸収線量 (Gy/h) を計算する EGS5 ユーザーコードを作成した。Cs-137 β 線に関しては、LUNDS 大学の LBNL-Isotopes Project で公開されている Cs-137 β 線データを元にエネルギーごとの頻度分布を作成した。Cs-137 の γ 線については、0.0321 MeV Ba-K α -5.8%、0.0365 MeV Ba-K β -1.3%、0.662 MeV γ -85.1% の 3 種の放出を想定した。アカネズミの体組織は基本的に軟組織を想定し、体全体については球で、精巣については楕円球でのエネルギー吸収をシミュレートし、被曝線量を算出した。シミュレーションにおいては、対象となる形状内に Cs-137 が均等に分布することを想定した。

3. 結果・考察

Cs-137 β 線については低エネルギーの頻度が高いため、エネルギー吸収が体細胞レベルの微小な領域に集中することによる影響も想定された。そのため、体内の平均線量の予測に先立ち、層状の球形を想定し層間の β 線エネルギーの移動をシミュレーションした。一番内側を軟組織 (Region 1) とし、その外側に厚さ 1mm の脂肪組織 (Region 2)、更にその外側に軟組織 (Region 3) があるとし、Region 1 の半径を変えて、Cs-137 が Region 1 にある場合及び Region 2 にある場合の Region 1 での β 線による吸収線量を計算した。二層のエネルギー吸収を対象形状のサイズを変化させて算出することにより β 線の飛程を予測した。その結果、Region 1 の半径が 0.5 mm 以上になると Cs-137 が存在する Region 内でのエネルギー吸収割合が外周層からのエネルギー流入を上回ったことから β 線のエネルギー吸収は組織レベルで起きることが示唆された。精巣に均等に Cs-137 が存在するとして長径 1 cm 程度の精巣に該当する楕円球への吸収を予測したところ、主に精巣内の Cs-137 が吸収線量に寄与し、0.1 $\mu\text{Gy/h}$ per Bq/g が予測された。体内の Cs-137 から放出される γ 線は、1/10 以下の線量となることが予想された。アカネズミ体組織の放射能が平均 40.6 Bq/g であることから、4.1 $\mu\text{Gy/h}$ が内部被曝線量として予測された。この線量は外部被曝線量の 1/5 程度であるため、内部被曝の影響は限定的であることが示唆された。

第 22 回 EGS 研究会プログラム

日時：2015 年 8 月 4 日(火)

場所：高エネルギー加速器研究機構研究本館小林ホール

8 月 4 日(火)

【基礎・放射線場】		13:30-14:45
森下 雄一郎	産総研	EGS5 の直線偏光光子散乱に関するアップグレードにより計算結果に生じる変化について
沖野 啓樹	徳島大医	100-2000keV の光子線に対する小型 OSL 線量計の効率的な照射体系の提案
中神 徹也	愛知県大	減弱係数の推定における散乱線の利用
【治療用放射線の評価】		15:00-17:05
井上 政輝	名大医	X 線 CT 装置での実測管電流変動データに基づくモンテカルロシミュレーション
芝原 与喜	名大医	X 線 CT におけるファントム内線量分布の管電圧依存性と体表部臓器被ばくの関係
石澤 儀樹	東北大医	臨床応用へ向けたモンテカルロ線量計算システムの検討
辻 修平	川崎医大	^{192}Ir による空気の吸収線量のモンテカルロシミュレーション
【福島関連】		17:15-18:05
岩井 梢平	TNS	Sr-90/Y-90 スペクトルによる β 線吸収線量評価のベンチマーク解析
遠藤 大二	酪農大	福島第一原子力発電所帰還困難区域で採取したアカネズミの Cs-137 による内部被曝の予測