

個人線量計を用いた住民の被ばく線量の測定に係る調査・検討



核燃料サイクル工学研究所 放射線管理部 線量計測課 高田千恵, 山崎巧, 小島尚美

概要

内閣府原子力被災者生活支援チームの依頼により、電子式個人線量計を用いて帰還住民の被ばく線量推定を目的とした調査を行った。
放射性セシウムが地表もしくは付近に分布する場所はROTジオメトリに近い事を確認した。このジオメトリでは個人線量計読取値とE(ROT)はほぼ同じ値を示し、線量計の応答特性による差があるものの平均して空間線量×0.7=個人線量計読取値という関係がある事を確認した。

背景

従来の被ばく線量計算方法とその問題点

空間線量率から推定される年間被ばく線量 =
(空間線量率 - 0.04μSv/h) × (8+16×0.4) × 365日

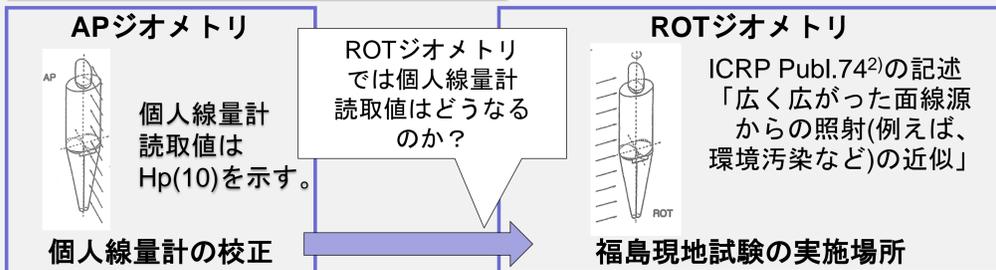


屋内及び屋外滞在時間を一律にしている事、建物による減衰係数も一律である事から、**実際の被ばく線量とは異なる**

原子力規制委員会の提言

平成25年11月原子力規制委員会提言¹⁾
「帰還後の住民の被ばく評価は空間線量率から推定される被ばく線量ではなく、個人線量を用いる事を基本とするべきである」

校正室と現地試験のジオメトリ



ICRP Publ.74²⁾より：
・「ROTジオメトリは広く広がった面線源の近似とみなされる。」
・「ROTジオメトリではHp(d)は実効線量E(ROT)のよい尺度になり得る。」
・付属の換算係数テーブルから、¹³⁷Csの662keVでは、**E(ROT)/H*(10)=0.68**と計算される。

目的

帰還後に想定される住民の実効線量の水準を事前に把握するために、個人線量計の読取値、1cm周辺線量当量H*(10)、実効線量E(ROT)の相関を求める。

評価方法

表1 使用した電子式個人線量計の仕様

線量計	A1	A2	B	C	D
検出器	Si半導体検出器				
測定対象	γ (X) 線				
エネルギー測定範囲	60keV~1.5MeV	60keV~1.5MeV	50keV~1.5MeV	60keV~1.5MeV	16keV~7MeV
積算線量範囲	0.001~99.99 mSv	0.001~999.9 mSv	0.1μSv~10Sv	0.1μSv~99.9999mSv	1μSv~10Sv
方向特性	±180° ±25%	±60° ±15%	±75° ±20%	±60° ±30%	±60° -29%~16.7%
特徴	環境線量計を個人線量用に校正	放射線従事者も多く使用	表示部無し 最も小型	海外製のため、IEC61526準拠	

測定場所

- I 現地試験 (計26点)
飯館市, 都路町, 川内村内の民家・公民館・学校・農地・山林
- II 校正室実験
核サ研計測機器校正施設



Photo 1 現地における試験



Photo 2 校正施設における試験

方法

- I-(1) 個人線量計校正用アクリルファントムに個人線量計を装着し、17~48時間後に個人線量計の読取値を記録
- I-(2) ファントム設置位置及び周囲の空間線量率をNaIサーベイメータで測定、空間線量率に個人線量計測定時間を乗じて空間線量とした。
- I-(3) γ線エネルギースペクトロメータにより、ファントム中心位置におけるエネルギースペクトルも測定し、実効線量E(ROT)と平均エネルギーを求めた。
- II-(1) 計測機器校正施設にて、¹³⁷Csガンマ線照射を行った。

結果

I 現地試験

- エネルギースペクトル中に
①: ¹³⁴Csと¹³⁷Csの明確なピークが**確認できる**
②: ¹³⁴Csと¹³⁷Csの明確なピークは**確認できない**

- ①未除染地域又は除染済みでも付近に未除染地域がある場所は
・線量計読取値はE(ROT)に近い値となる
・ROTジオメトリに近くなる事を**実験的に確認した**

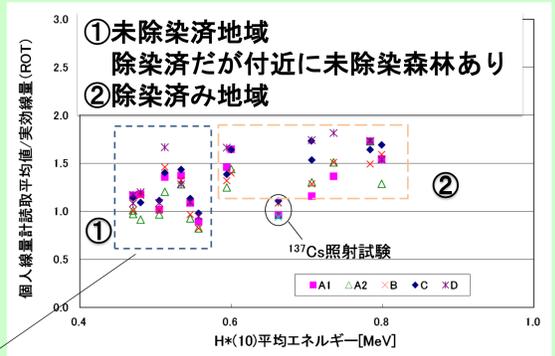


Fig.1 γ線平均エネルギーと個人線量計読取値/実効線量E(ROT)比の相関図

近似式の傾きを平均すると、**個人線量計読取値 = 0.7 × 空間線量**

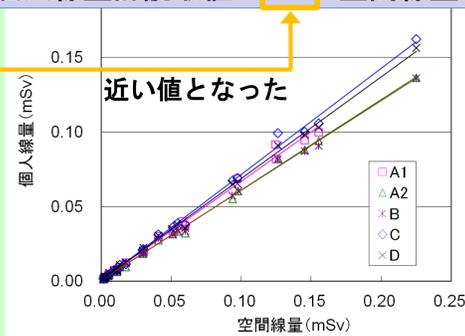


Fig.2 個人線量と空間線量の相関

表2 Fig.2の近似式傾き

線量計	近似式傾き
A1	0.66
A2	0.61
B	0.60
C	0.71
D	0.68

個人線量計の応答特性の差が表れた

II 校正室実験

計測機器校正施設にて¹³⁷Csガンマ線照射を行い各個人線量計の応答特性を確認した。

表3 AP(正面)ジオメトリにおける各個人線量計のレスポンス

使用ファントム: PW (30cm×30cm×15cm、照射部板厚2.5mmの水槽型ファントム)

線量計	A1	A2	B	C	D
読取値÷Hp(10)	0.95	1.01	0.98	1.11	1.02

表4 PA(背面)ジオメトリの線量計読取値/APジオメトリの線量計読取値

使用ファントム: P30 (30cm×30cm×15cmのメタクリル樹脂製ファントム)

線量計	A1	A2	B	C	D
PA/AP	0.46	0.36	0.37	0.45	0.41

表5 フリーエア背面照射とフリーエア正面照射の線量計読取値の比

表4の試験でファントムによる散乱線の影響を無視するため実施

線量計	A1	A2	B	C	D
背面/正面	0.98	0.77	0.79	0.84	0.96

近似式の傾きが大きかった3機種は、表3~5より下記の要因で読取値が高い事がわかる。

- 線量計A1 : 構造的に背面側でも感度が落ちない。(方向特性範囲が全周)
- 線量計C : 福島を除染済みの放射線環境から求めた基準線量に沿うよう校正されているため、他4機種より高めめの指示値がでた。
- 線量計D : 構造的に背面側でも感度が落ちない。(ファントムとの散乱線でエネルギーの低いものを計数した事が要因ではない)

結論

- 未除染、もしくは付近に未除染の森林がある場所では
・個人線量計読取値はE(ROT)に近く、その指標となり得る。
・ジオメトリはROTに近くなる。
・個人線量計読取値=0.7×空間線量の関係がある事を**実験的に確認した**。ただし
・線量計の応答特性による指示値の差は表れる。
・除染済みの場所における個人線量計と実効線量の関係は追加評価必要

実績

平成25年度 (2100万円)

- ①福島県内で現地試験実施
- ②計測機器校正施設で照射実験実施

平成26年度 (1000万円)

- ③児童の個人線量の推計手法について追加調査実施
- ④成人の個人線量の追加実験を計測機器校正施設で実施

【実績】

- ①放射線医学総合研究所との共著で、報告書を作成。
1) 「東京電力(株)福島第一原子力発電所事故に係る個人線量の特性に関する調査」 JAEA-Review 2015-007, 2015.
2) 「東京電力(株)福島第一原子力発電所事故に係る個人線量の特性に関する調査」の追加調査 -児童に対する個人線量の推定手法等に関する検討-
- ②日本保健物理学会第47回研究発表会にて報告³⁾
- ③「Consideration for a method to measure personal exposure dose of radio cesium widely distributed on the ground」投稿準備中。

【参考文献】

- 1) 原子力規制委員会、「帰還に向けた安全・安心対策に関する基本的考え方(線量水準に応じた防護措置の具体化のために)」,平成25年11月20日
- 2) ICRP. Conversion Coefficients for use in Radiological Protection against External Radiation, Annals of the ICRP, 26, No.3/4 1996 ICRP publication 74
- 3) 日本保健物理学会第47回研究発表会 講演要旨集 東京電力(株)福島第一原子力発電所事故に係る個人線量の特性に関する調査(2)(3)