

8000ベクレル土壤がもたらす 被曝影響

高エネルギー加速器研究機構名誉教授
黒川 眞一

2025年1月15日

復興再生利用に係るガイドライン（案）が示す追加被曝評価



図 3-6 追加被ばく評価計算（施工中）の結果

追加被ばく計算における評価パラメーター一覧(2/10)

経路 No.	名称		単位	選定値	選定根拠
1-4, 9	年間作業時間		h/y	1,000	保守的に1日8時間、年間250日の労働時間の半分の時間を、当該作業に従事するとした。
1	作業時の遮へい係数		—	0.6	以下の条件で、MCNPコードにより計算した。 遮へい条件:敷鉄板3m×12m×2.2cmt (500m□盛土上面中央)
1,9,12 盛土施工	外部被ばくに対する線量換算係数 (盛土施工作业)	Cs-134	μSv/h per Bq/g	5.00E-01	以下の条件で、MCNP5コードにより算出した。 線源(盛土)の形状:放光体 高さ4.5m、底面513.5m×513.5m、上面500m×500m、 線源のかさ密度:2.0g/cm ³ 法面(土堰堤)覆土50cm、覆土かさ密度1.5g/cm ³ 評価点:上面中点から高さ1m
		Cs-137		1.89E-01	

1.89×10⁻¹という係数を求めるのに、ロスアラモス研究所にて開発されたMCNP5すなわちMonte Carlo N-particle Code Systemというソフトウェアが使われている。

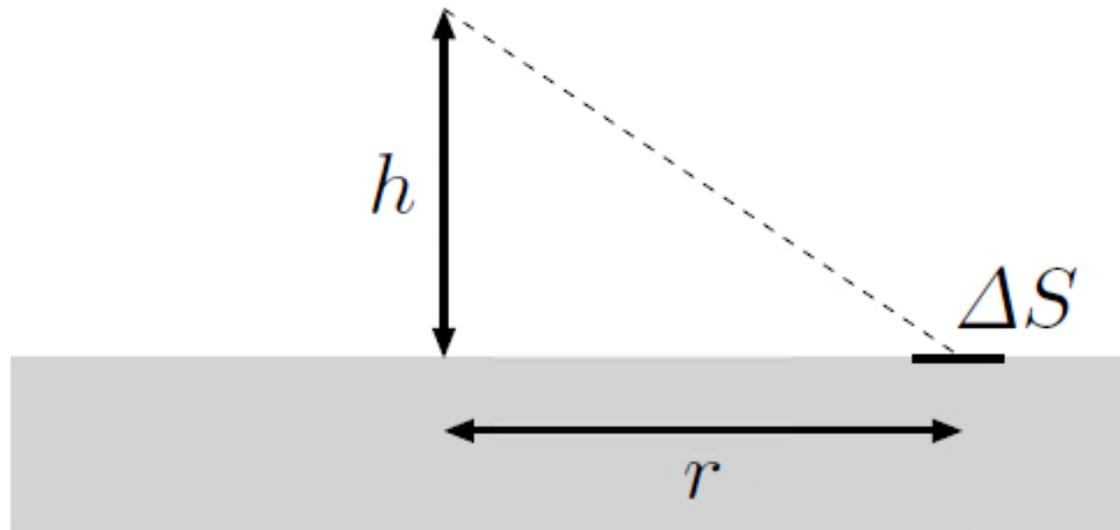
汚染土の再生利用によって作業者が年あたりたかだか**0.93 mSv**の外部被曝しかしないという計算結果を示している。この評価値は、8000 Bq/kgの汚染土を500 m×500 mの広さに高さ4.5 mに積み上げたものの中心点の1 m上の地点における被曝線量の評価値であり、**1 Bq/g**に対して **$1.89 \times 10^{-1} \mu\text{Sv/h}$** の被曝となるという係数を使っている。なお、この係数を求めるのに、ロスアラモス研究所にて開発されたMCNP5すなわちMonte Carlo N-particle Code Systemというソフトウェアが使われている。

8000 Bq/kgの比重 2 の汚染土では**8 Bq/g**であるから **1.89×10^{-1}** 掛を掛けて被曝線量率は、1.512 $\mu\text{Sv/h}$ になる。年あたりの被曝量に直すと、**13.2 mSv**となる。**この値は年1 mSvよりはるかに大きい**ので、作業時間を**1000**時間とするが、それでも**まだ1.51 mSv**である。このため、作業しているときには3 m×12 mの厚さ2.2 cmの鉄板を敷くことで得られる**減衰率0.6**を掛けてようやく**0.93 mSv**（正確には0.907mSv）という1mSv以下の値としているのである。

20兆Bqの線源の強さを持つ線源が 電離則で定める放射性物質ではないとされている

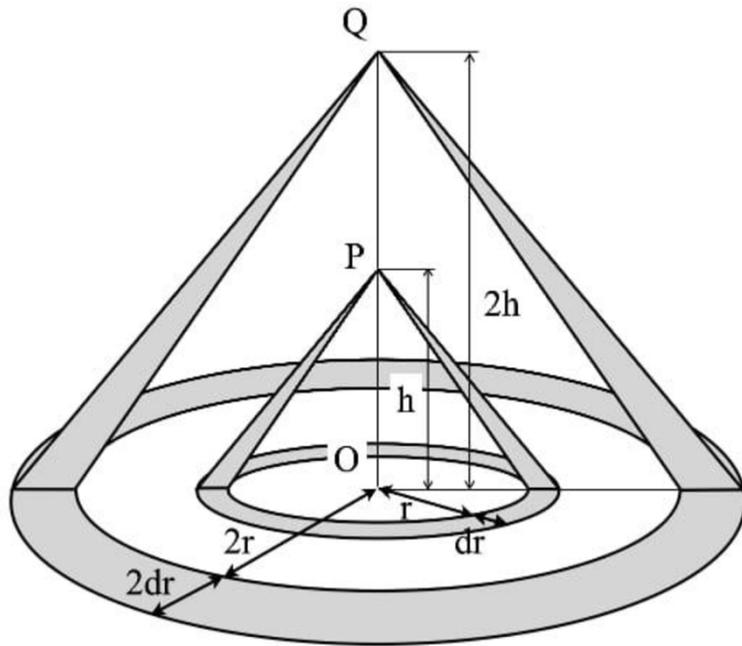
- ・電離放射線障害防止規則の第2条によると、同位元素を特定したとき、線源が放射性物質であるかどうかは、線源の強さ (Bq) と濃度 (Bq/g) のどちらかが定められた値を超えるかどうかで決まり、どちらかがこれらの値を超えないときは放射性物質ではなく電離則の定める放射性物質ではなくなる。Cs-137では強さについて定められた値は10000 Bq、濃度については定められた値は10 Bq/gである。これから強さまたは濃度のどちらかまたは両方が定められた値より小さければ放射性物質ではなくなる。
- ・環境省は8000 Bq/kgという濃度は10000 Bq/kgより小さいので、電離則で定義された放射性物質ではないと主張しているが、この場合の線源の総Bq数は~20兆Bqである。これを放射性物質ではないということはとんでもない詭弁といわざるをえない。

面積 ΔS の線源の空間線量率に対する寄与



線量率は $\frac{\Delta S}{r^2+h^2}$ に比例する

平面上に一様に広がった線源からの線量率への寄与



点 p における線量率は以下で定義される関数 $f(\mu h)$ に比例する。

$$f(\mu h) = \frac{1}{2} \int_0^{\infty} \frac{r e^{-\mu \sqrt{r^2 + h^2}}}{r^2 + h^2} dr$$

μ は線減衰係数とよばれる長さを長さ分の 1 の次元を持つパラメーターである。

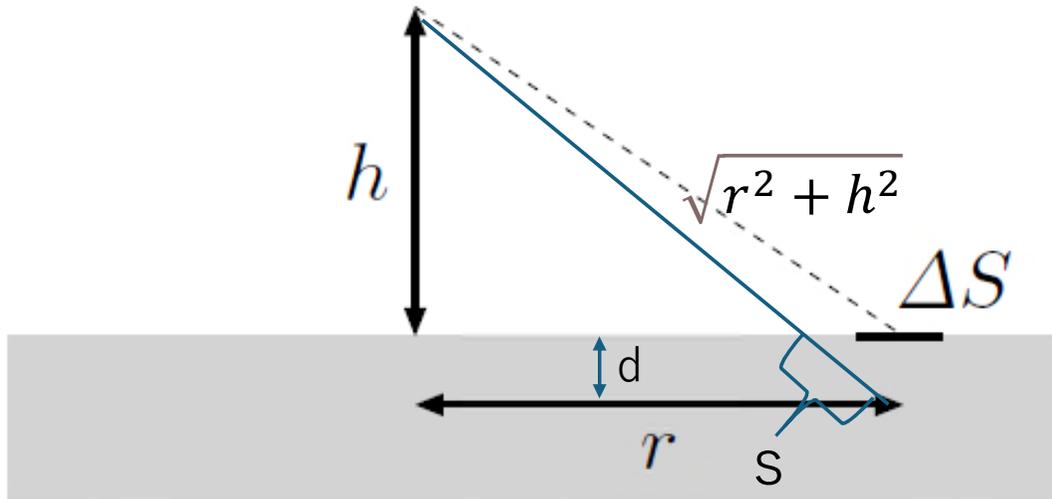
Cs-137 では、 Bq/m^2 から次の式で線量率が計算できる。

$$Sv/h = 2.1 \times 10^{-12} Bq/m^2$$

例：福島市中心部 $20万 Bq/m^2$ から
 $0.42 \mu Sv/h$

地中にも線源があるときへの拡張

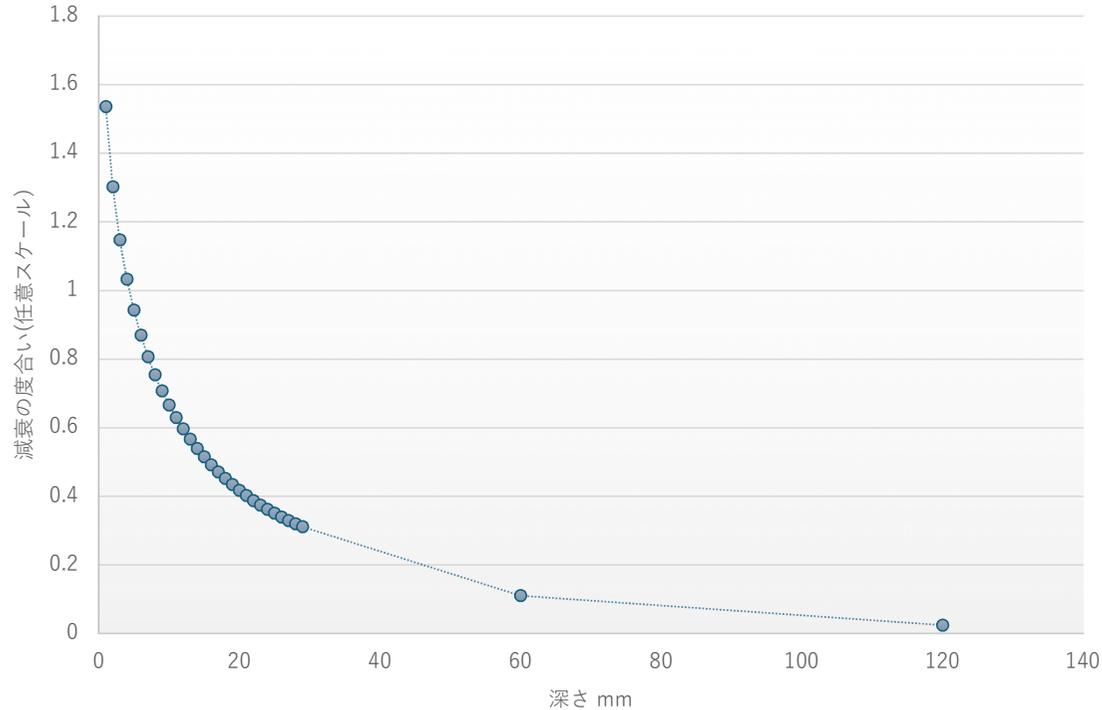
μ_{air} : 大気の線減衰係数 0.01/m
 μ_{soil} : 土壌の線減衰係数 16.7/m



$$S = d/h \times \sqrt{r^2 + h^2}$$

$$f(\mu h) = \frac{1}{2} \int_0^\infty \frac{r e^{-(\mu_{air} + \mu_{soil} \frac{d}{h}) \sqrt{r^2 + h^2}}}{r^2 + h^2} dr$$

空間線量率の土壌による減衰



深さdを変えたときの $f(\mu h)$ の変化のグラフ

これから、

- ・積み重ねられた汚染土は深さ12 cmぐらいまで空間線量率に寄与する

- ・ 12cm までの層の空間線量率への寄与は、深さ1 cmまでの寄与の2.8倍

- ・ また、深さ1 cmまでの空間線量率への寄与は $(2\sim3) \times \frac{10^{-12}Bq}{m^2}$ 程度

ここから、年あたりの線量は

$$160000 \times (2\sim3) \times 10^{-12} \times 2.8 = (0.90\sim1.34)\mu Sv/h = (7.8\sim11.7) mSv/year$$

となる。この結果は第1節に示したモンテカルロ法で求められた13.2 mSv/yearとあまり違ってない。MCNP5を用いた際にどのようなパラメータ（例えば線減衰係数など）が使われたのかが明示されていないため、環境省による評価と厳密に比較することはできないが、環境省の計算を検証したことになると思う。

ご清聴
ありがとうございます
ございました。