

農地の除染と空間線量率の低下について

Farmland decontamination of radioactive contaminants to reduce dose rate

吉田修一郎

Shuichiro YOSHIDA

1. はじめに

農地の除染は、作物への放射性セシウム（¹³⁴Cs）の吸収を抑制するとともに、農作業を含む生活空間の線量を低減することを目的とするが、その効果の発現には複数の要因や過程が関与している。本稿では、農地の土層の放射性セシウムと周辺環境の放射性セシウム（¹³⁷Cs）の空間線量に対する寄与について、物理的な観点から整理し、時間の経過や、除染の実施が空間線量の低減どのような影響を及ぼしているのかを考察する。

2. 濃度分布と空間線量

(1) 土層内鉛直分布と空間線量

放射性セシウムの鉛直分布が(1)式で表されるような指数関数で近似できる時の実効線量率は、図1のような関係となる。

$$C(z) = C_0 \exp(-\beta z / \gamma_t) \tag{1}$$

ただし、 C_0 は地表面での濃度、 β は分布の広がりを表すパラメータ、 γ_t は土壌の湿潤密度である。同一の降下量（単位面積当たりのベクレル）であったとしても、深部への移動の程度により空間線量率には最大で2.5倍程度の違いが生まれる。

(2) 分布の面的な広がりや空間線量

観測点におけるガンマ線は、周囲の点の寄与を加え合わせることで求められるが、距離と寄与率の関係は図2のようなになる。

3. 濃度と線量率の経年的な低下

¹³⁴Cs と ¹³⁷Cs の濃度（放射能）は半減期に従ってそれぞれ低下する（物理減衰）が、線量率は濃度の減衰より速く進む（図3）。これは、¹³⁴Cs と ¹³⁷Cs 単位ベクレルの線源が放出する光子の数、エネルギー、半減期が異なることに起因する。さらに、実際の空間線量率は、線源の物理減衰により説明できる低下より速く進む（図3）。この現象を表すために、木名瀬（2014）は「環境半減期」を用いた低減項を物理減衰項に乗じたモデルを提示している。物

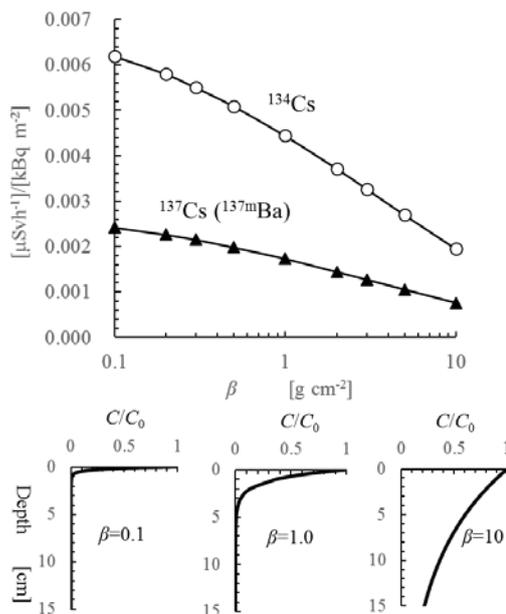


図1 セシウムの鉛直分布と実効線量換算係数の関係

文部科学省（2008）に基づき図化

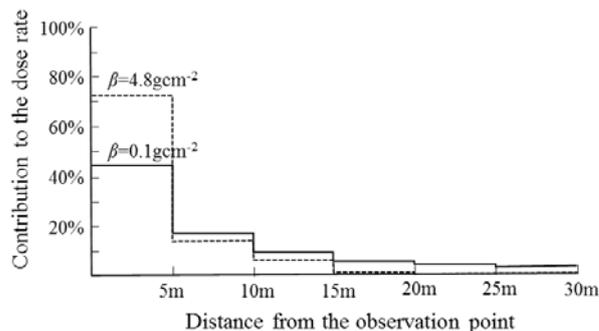


図2 観測点からの距離による空間線量へ寄与率
* 同心円状に広がる領域の寄与を5m毎に示している

文部科学省（2008）より引用

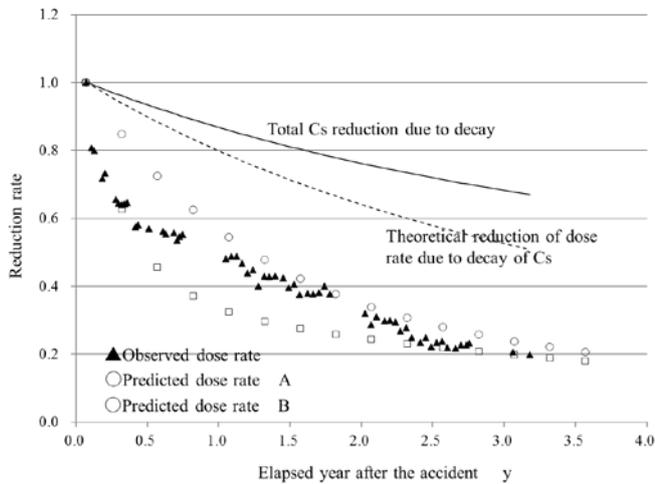


図 3 放射性セシウムの物理減衰および対応する空間線量率低下の理論値と空間線量率の実測値

*実測値は飯舘村による 20 カ所の水田の観測値(「広報いいたてお知らせ版」での公表値)

**予測値は、木名瀬(2014)のモデルによる;環境半減期: T_{fast} を A は 1 [y], B は 0.22 [y]とした。

理減衰以外の減衰(環境減衰)は、事故後半年の間が特に顕著であった(図 3)。環境減衰は、浸透のないコンクリート面等に比べ、土壌面で著しいという報告や(Takeyasu et al. 2012)、減衰傾向は半年を過ぎると緩やかになっている点(図 3)から、土粒子によるセシウムの固定が進む途中での下層への浸透(鉛直分布の広がり)が、初期の空間線量率低下に関与したと考えられる。

4. 除染による空間線量率の低下

農地の除染が行われると、不連続な空間線量率の低下が起こる(図 4)が、表に示すとおり除染前後の低下率は、場所により大きく異なる。図 2 から予想されるように、平坦な地形の農地が広がっていれば、当該農地の線源の除去の効果は空間線量率の低下に直接つながる。しかし、谷間のような 3 次元的な汚染源に囲まれる条件では、遠方の線源の影響も強く表れるため、近傍の除染のみでは効果が現れにくい。この影響は、観測点を中心とした半球に対して、無除染箇所がその視野を占める面積率(立体角)により定量できる。

【引用文献】

文部科学省 2008、放射能測定法シリーズ 33

木名瀬, 2014, 平成 26 年度東京電力株式会社福島第一原子力発電所事故に伴う放射性物質の分布データの集約及び移行モデルの開発事業成果報告書 Part3

Takeyasu et al. 2012, Health Physics, 104(1)102-107.

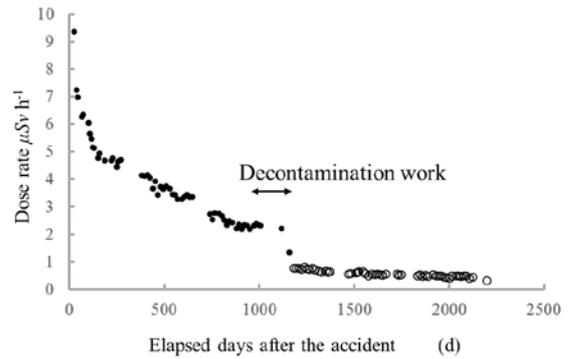


図 4 除染前後の空間線量率の計測値の変化の例(飯舘村による観測値)

表 除染前後の水田の線量率の変化

Locatoion	Before $\mu\text{Sv h}^{-1}$ *	After $\mu\text{Sv h}^{-1}$ *	Rate
1	0.97	0.49	0.51
2	1.60	0.55	0.34
3	1.07	0.74	0.70
4	1.44	0.43	0.30
5	1.73	0.38	0.22
6	0.90	0.60	0.67
7	0.49	0.31	0.63
8	0.85	0.48	0.56
9	1.42	0.26	0.18
10	1.47	0.87	0.59
11	1.61	0.74	0.46
12	2.15	0.77	0.36
13	0.94	0.96	1.02
14	1.65	0.92	0.56
15	3.48	1.29	0.37
16	1.48	0.27	0.18
17	1.84	0.57	0.31
18	1.11	0.86	0.77
Average	1.46	0.64	0.44

*各地点での除染前後の観測値(飯舘村)を外挿し、観測日の中間に当たる日の値を求めたもの。