

汚染表土を埋設した水田土層内の放射線測定

Radiation measurement in paddy soil layer that was buried contaminated topsoil

○溝口勝¹・板倉康裕²・菅野宗夫³・田尾陽一³

MIZOGUCHI Masaru¹, ITAKURA Yasuhiro², KANNO Muneo³, TAO Yoichi³

1. はじめに

原発事故で全村避難が続く飯館村では表土剥ぎ取りによる農地除染が進められ、汚染土を詰め込んだ黒いフレコンバックが各地区に山積みされている。一方、著者らは一刻も早い帰村と農業再生のためには農民が自ら実施できる除染方法を提示することが急務であると考え、2012年12月に汚染表土をその場に埋設する「までい工法」を実施し¹⁾、通常の水田稲作過程で土壌中の放射線量変化の測定した。しかし、埋設していた放射線センサが水の浸入により壊れてしまったため、それ以降の土壌放射線測定ができなくなった²⁾。

そこで、本研究では汚染土の埋設時に塩ビパイプの観測孔を設置し、新たに開発した放射線測定器を用いて水田土層内の放射線量を測定した。

2. 方法

(1) 試験地の設置 (Fig. 1)

福島県飯館村佐須滑の水田(約8m×16m)で試験を行った。前回(2013)²⁾と同様に水田の中央に帯状(幅2m, 長さ16m, 深さ50-80cm)に汚染表土を埋設し、非汚染土で覆土した(2014年5月)。ただし、今回は深さ150cmから地上50cmまでに内径10.5cm, 外径11.3cm, 長さ200cmの塩ビパイプの観測孔を2本(底付:放射線測定用, 底なし:地下水観測用)を設置した。この水田に6月中旬に田植えして昨年と同様に通常の水管理条件でイネを栽培し、10月上旬に刈り取った。

(2) 放射線測定器(長尺くん)

土壌放射線測定装置「土壌くん³⁾」を改良して、観測孔内の放射線を簡便に測定する装置(長尺くん)を新たに開発した。「土壌くん」がGM管を1cmの鉛板で挟んで水平に4本配置し、深さ8cmの土壌放射線量を2cm間隔で測定できるのに対し、「長尺くん」はGM管を鉛板なしで鉛直に10本配置し、深さ1mの放射線量を10cm間隔で測定できる。



Fig. 1 汚染表土の埋設と観測孔の設置

Buried of contaminated soil and installation of wells



Fig. 2 土壌放射線測定器「長尺くん」

Soil radiation measuring instrument "Choshaku-kun"

3. 結果と考察

(1) 水田土層内の放射線量 (Fig. 3)

Fig.3は2015年3月に「長尺くん」を底付塩ビパイプ観測孔に挿入し、3分間測定した放射線量(cpm)である。凡例の数字はGM管の位置(最下点

¹ 東京大学大学院農学生命科学研究科 Graduate School of Agricultural and Life Science, The University of Tokyo,

² (有) ミサオネットワーク MisaoNetwork Ltd. ³ ふくしま再生の会 NPO "Resurrection of Fukushima"

キーワード: 土壌除染, 放射線測定, 地下水漏洩

と最上点)を示す。20cm ずつ引き上げながら測定したので同じ深さに複数点のプロットがある。測定値に誤差はあるものの放射線量は深さ 70cm くらいをピークとする正規分布の形状を示した。これは 50-80cm に埋設された汚染土からの放射線が土壌中を通過する過程で減衰し、それらの総和を各 GM 管が検出したためと考えられる。

放射線量は埋設汚染土層の下の方 (130cm 付近)の方が表土層よりも小さく、また表土層よりも空気中の上方の方が大きくなる傾向を示した。これは埋設汚染土層から放射性 Cs の移動がなかったこと、地上部の空間線量が地中の埋設汚染土よりも水田周辺の山など汚染の影響を受けているためと考えられる。

(2) 土層内放射線量のシミュレーション

いま汚染土が観測孔用の塩ビパイプの周囲の深さ 50-80cm, 半径 200cm の同心円状に埋設されていると仮定する。このとき一様に汚染された地表面からの空間線量率の計算法⁴⁾を応用すると、観測孔の高さ h にある GM 管で検出される放射線量 $I(h)$ は次式で表せる。

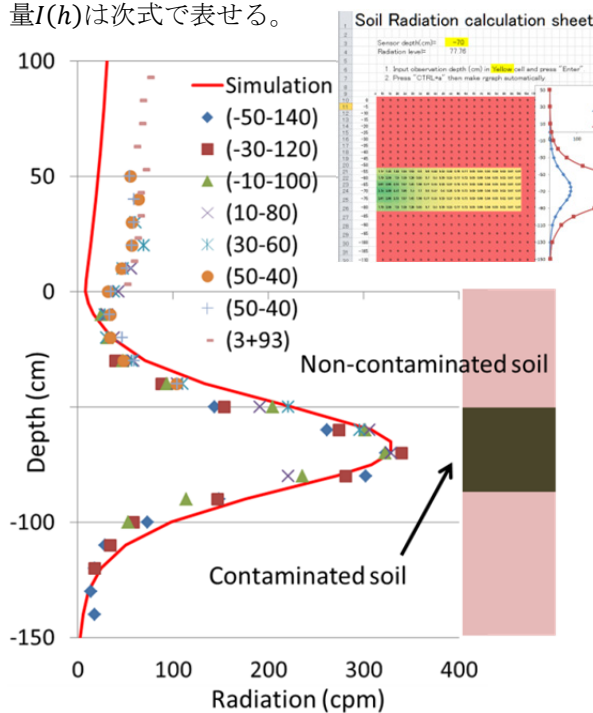


Fig. 3 水田土層内の放射線量の分布

A profile of radiation dose in paddy soil layer

The (-50-140) denotes the highest and the lowest positions of GM tubes are -50 and -140 cm, respectively. A solid line is a simulation result calculated on Excel sheet in upper right.

$$I(h) = \int_a^b \frac{pe^{-\mu\sqrt{x^2+(y-h)^2}}}{4\pi\{x^2+(y-h)^2\}} 2\pi x dx$$

ここで、 x, y はそれぞれ地表面上のパイプ中心から水平向きの半径 (cm) と鉛直上向きの距離 (cm), h はパイプ中心にある GM 管の位置 (cm), μ は放射線の減衰係数 (土壌: 50cm で 1/100, 空気: 0 と仮定), p は汚染土の濃度, a, b はそれぞれパイプの半径 (5cm) と埋設汚染土の半径 (cm) である。

ここでは上式の近似値をエクセルで計算した。

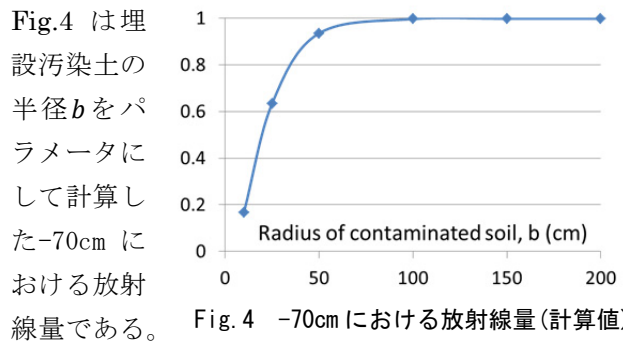


Fig. 4 -70cmにおける放射線量(計算値)

Calculated radiation dose at -70 cm

放射線量は

$b=100$ cm でほぼ飽和値に達した。このことは、2m × 16m の帯状に埋設した汚染土を半径 1m の円で置換しても問題ないことを意味する。

Fig.3 に $b=100$ cm, p を適当に調整した場合の計算結果を実線で示した。計算値が実測値の形状を良好に再現していることがわかる。

4. おわりに

汚染表土を 50-80cm の深さに埋設し、通常の水稲作をした後の土層内で測定した放射線量分布は深さ 70cm くらいをピークとする正規分布形になった。この形状は土壌による放射線の減衰を考慮したモデルで再現できた。少なくとも現時点で放射性 Cs の移動は認められていないが、引き続き長期的な現地観測を続けていく予定である。

謝辞 本研究は東京大学 GCL ソーシャル ICT および科研費(基盤 C: 25517005) から旅費等の支援を受けた。

参考文献 1)溝口勝ら: 福島県飯館村の水田における Cs 汚染表土の埋設実験, 農業農村工学会講演要旨集(2013) 2)溝口勝ら: までい水田における放射性セシウムの鉛直移動, 農業農村工学会講演要旨集(2014) 3) Shinya Suzuki et.al.: Application of a Simple Device to Measure the Vertical Distribution of Radiocaesium Concentration in Soil, SSSA meeting(2014) 4)藤原隆男: 空間線量率の計算(2011) http://w3.kcuu.ac.jp/~fujiwara/nuclear/air_dose.html