

農耕地における耕起および湛水が空間線量率に及ぼす影響

Effect of plowing and flooding on ambient dose equivalent in farmland

作物園芸部 藤村 恵人¹

¹現農研機構東北農業研究センター

2011年3月11日の東北地方太平洋沖地震に伴う東京電力福島第一原子力発電所事故により拡散した放射性核種が沈着した農耕地において、耕起および湛水が空間線量率に及ぼす影響を調査した。空間線量率は耕起により約30%未耕起農地より低下し、耕起と湛水により約40%低下した。未耕起農地においては耕起農地および耕起湛水田に比べて土壌表層0.5cmに放射性セシウムが著しく偏っていた。このことから、耕起により放射性核種が作土層(15cm)全体に拡散され、土壌による放射線の遮蔽効果が生じたため耕起農地で空間線量率が低下したと考えられた。また、湛水田においては水による放射線の遮蔽効果も加わって耕起農地よりも空間線量率が低下したと考えられた。

キーワード：空間線量率、耕起、湛水、農耕地、放射性セシウム

1 緒言

東京電力福島第一原子力発電所事故(原発事故)によって放出された放射性核種は福島県を中心にして広範囲に拡散、沈着した。農耕地に沈着した放射性核種は作物に吸収されることで食品の汚染源になるとともに、農業従事者への被ばく線源となる。

原発事故後の土壌においては主に¹³¹I(半減期 $T_{1/2} = 8.02$ 日)、¹³⁴Cs($T_{1/2} = 2.065$ 年)、¹³⁶Cs($T_{1/2} = 13.2$ 日)、¹³⁷Cs($T_{1/2} = 30.04$ 年)および^{129m}Te($T_{1/2} = 33.6$ 日)が検出されている^{1) 3) 4) 6)}。いずれの核種についても当初は土壌表層に沈着する。さらに放射性セシウム(¹³⁴Cs、¹³⁶Csおよび¹³⁷Cs)は下層に移動しにくいことが報告されている⁵⁾。したがって、攪乱されていない農耕地においては、放射性核種が遮蔽物のない土壌表層に留まり続ける可能性が高い。筆者らは攪乱されていない農耕地の土壌表層を剥ぎ取ることにより空間線量率および土壌中の¹³⁴Csと¹³⁷Cs濃度が減少することを報告したが²⁾、土壌の剥ぎ取りは費用がかかり、さらに、大量の除去土壌が生じるという問題がある。

一方で、農耕地においては作物の栽培前に耕起を行うことが一般的である。耕起により放射性核種は作土層に拡散することが予想され、地中の放射性核種からの放射線は土壌により遮蔽されると考えられる。さらに、原発事故により放射性核種が沈着した農地には水田が多く、水田は栽培期間中に湛水されるため、水による放射線の遮蔽効果も生じると考えられる。

本研究では、原発事故後の耕起の有無および湛水の有無が空間線量率に及ぼす影響を明らかにするための調査を行ったので報告する。

2 材料および方法

福島県農業総合センター(郡山市)内の試験ほ場(灰色低地土)を対象にして調査を行った。隣接した未耕起農地(原発事故後に耕起していない農地)、耕起農地(原発事故後に

耕起しており、かつ、湛水していない農地)および湛水田(原発事故後に耕起しており、かつ、水田として4~5cm湛水している農地)を反復とし、3反復についてNaIシンチレーター(LUDLUM MODEL 3, LUDLUM MEASUREMENTS, INC.)を用いて空間線量率を測定した。各区画の大きさは、反復1および反復2で9m×45m(約4a)、反復3で60m×95m(約60a)であった。耕起深は15cm程度であった。測定は2011年6月3日~8日に、各区画の境界から約2m内側の4隅においてセンサー端を区画中心に水平に向けて(水平)、および、センサー端を地表に垂直に向けて(垂直)行った。測定位置は、境界外からの放射線の影響が低く、かつ、湛水条件において測定点が生水面上に出るように土壌表面から高さ20cmとした。反復1について2011年6月3日に円筒を用いて作土層(15cm)の採取を行い、0-5cm、5-10cmおよび10-15cmの各土壌層について¹³⁷Cs濃度をゲルマニウム半導体検出器(Dr. Westmeier GmbH, HPGe-Detector Type PGC3519, DSG社製)で測定した。測定は2012年3月に行い、2011年6月3日を基準日として減衰補正を行った。

3 結果および考察

空間線量率はセンサー端の向きによらずほぼ同等の値を示したため、ここでは水平方向の結果について述べる(表1)。

表1 耕起および湛水が空間線量率に及ぼす影響

農耕地 の状況	空間線量率(μ Sv/h)	
	水平方向	垂直方向
未耕起農地	3.7±0.2 ^a (1.00)	3.8±0.2 ^a (1.00)
耕起農地	2.7±0.1 ^b (0.73)	2.7±0.1 ^b (0.72)
湛水田	2.4±0.2 ^c (0.63)	2.4±0.2 ^c (0.63)
有意水準	<0.001	<0.001

値は平均値±標準偏差(n=3)を示す。()内の数字は未耕起農地に対する相対値を示す。異なるアルファベットの処理間には5%水準で有意な差異があることを示す(TukeyHSD)。

空間線量率には耕起の有無および湛水の有無で有意な差異が認められ、未耕起農地が最も高く、湛水田で最も低かった。水平方向の測定値は未耕起農地が $3.7 \mu\text{Sv/h}$ 、耕起農地が $2.7 \mu\text{Sv/h}$ 、湛水田が $2.4 \mu\text{Sv/h}$ であった。

作土中の ^{137}Cs 濃度の分布を図1に示す。未耕起農地においては ^{137}Cs の大部分が表層の0-5cmに分布した。このことは、これまでの報告と一致するものであった⁴⁾。耕起農地および湛水田においては、 ^{137}Cs 濃度に土壤層間で差があるものの、未耕起農地ほど明瞭な傾向はなかった。したがって、沈着した ^{137}Cs は耕起により0-15cmの土壤にある程度均一に攪拌されたものと判断された。

原発事故後の土壤において検出された核種のうち、本研究では、 ^{137}Cs のみを測定対象としており、その他の核種の土壤における垂直分布は明らかではない。2011年4月下旬から5月初旬にかけて福島県楢葉町において採取した土壤を0-2cm、5-7cmおよび10-12cmの層別に放射性核種の濃度を測定したところ、 ^{131}I 、 ^{134}Cs 、 ^{136}Cs 、 ^{137}Cs および $^{129\text{m}}\text{Te}$ のいずれも0-2cmの層に偏っていたことが報告されている⁴⁾。本研究で供試した農耕地においても同様であると推察される。したがって、本研究の未耕起農地においては土壤表層に放射性核種が偏って沈着していたため空間線量率が高く、耕起農地および水田においては表層に沈着した放射性核種が0-15cmの土壤全体に拡散され、土壤による放射線の遮蔽効果が生じたため空間線量率が低かったものと考えられた。また、湛水田においては耕起農地と ^{137}Cs の垂直分布に大きな違いが認められなかったにも関わらず、空間線量率が耕起農地よりもさらに低かったことから、湛水田では深さ4-5cmの水による放射線の遮蔽効果があったものと考えられた。

以上のことから、農地における空間線量率は放射性核種降下後の深度約15cmの耕起により約30%、耕起と4-5cmの湛水により約40%低下することが示された。

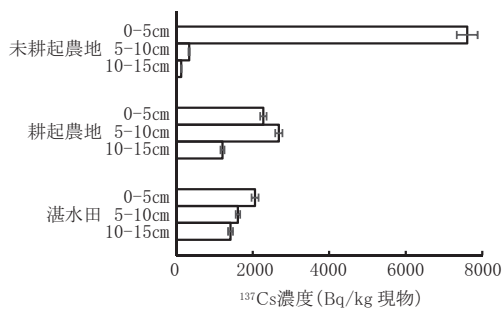


図1 耕起が ^{137}Cs の垂直分布に及ぼす影響。
横棒は 2σ の計数誤差を示す。

謝辞

^{137}Cs 濃度の測定においてユーロフィン・フードテストイング・ジャパン株式会社に御尽力頂いた。ここに謝意を表す。

引用文献

- 1) Chino, M., Nakayama, H., Nagai, H., Terada, H., Katata, G., and Yamazawa, H. 2011. Preliminary estimation of release amounts of ^{131}I and ^{137}Cs accidentally discharged from the Fukushima Daiichi nuclear power plant into atmosphere. J. Nucl. Sci. Technol. 48: 1129-1134.
- 2) 藤村恵人・柳沼利和・佐久間祐樹・佐藤睦人・田野井慶太郎・中西友子. 2012. 福島県の水田におけるリヤグレーダを用いた表土剥離による放射性物質の除去効果. RADIOISOTOPES 61: 327-330.
- 3) Ohno, T., Muramatsu, Y., Miura, Y., Oda, K., Inagawa, N., Ogawa, H., Yamazaki, A., Toyama, C., and Sato, M. 2012. Depth profiles of radioactive cesium and iodine released from the Fukushima Daiichi nuclear power plant in different agricultural fields and forests. Geochem. J. 46: 287-295.
- 4) Tagami, K., Uchida, S., Uchihori, Y., Ishii, N., Kitamura, H., and Shirakawa, Y. 2011. Specific activity and activity ratios of radionuclides in soil collected about 20 km from the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant: Radionuclide release to the south and southwest. Sci. Total Environ. 409: 4885-4888.
- 5) 津村昭人・駒村美佐子・小林宏信. 1984. 土壤及び土壤-植物系における放射性ストロンチウムとセシウムの挙動に関する研究. 農業技術研究所報告 B 36: 57-113.
- 6) Yoshida, N., and Takahashi, Y. 2012. Land-surface contamination by radionuclides from the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant accident. Elements. 8: 201-206.