

## 灌漑用水中の放射性セシウムがイネに与える影響 Influence of radioactive cesium via irrigation water on paddy rice

○中島 浩世\* 田巻 翔平\* 吉川 夏樹\*\* 原田 直樹\*\* 野中 昌法\*\*

Kosei NAKASHIMA Shohei TAMAKI Natsuki YOSIKAWA Naoki HARADA Masanori NONAKA

### 1. 研究背景と目的

2011年3月の福島第一原子力発電所事故によって、大量の放射性セシウム（以下Cs）が放出された多くのCsは、未だに森林内に蓄積しており、渓流水とともに流出が継続している<sup>1)</sup>。こうした渓流水を大量に利用する水田においては、取水によってCsが新規に流入する。

用水中のCsは土壌に浸透する過程で土壌中の粘土粒子に強く固定されるため、生物利用可能性は低いことが指摘されている<sup>2)</sup>。しかし、我々の調査対象地の試験水田において、水口側のイネへの移行係数が高い傾向が観測されるなど、用水の関与が疑われる現象が示された。

本研究では灌漑用水中のCsの形態を把握しイネへのCs移行との関係を明らかにするとともに、イネへの移行に関する仮説に立脚し、調査および実験によって、その機構を明らかにすることを目的とする。

### 2. 研究対象地

研究対象地は、福島県二本松市旧東和地区布沢地区、南相馬市中太田地区および小高地区である。布沢地区は福島原発の北西約45kmに位置し、2013年に収穫された玄米からは、Csはほとんど検出されなかった。2013年10月時点の水田土壌のCs濃度は1,378Bq/kgであった。地形的特徴から利用可能用水量が限られていることから、慣例的に節水的であり、2013年の総取水量は560mmであった。

中太田地区は福島原発の北北西約20kmに位置し、2013年に収穫された玄米から基準値以上のCsが検出された。2013年9月時点での水田土壌中Cs濃度は1,158Bq/kgであった。用水は3,000kBq/m<sup>2</sup>以上の汚染地域が源流の太田川から用水路を経由して取水しており、用水量が豊富な上、減水深が大きいため、2013年の総取水量は6,430mmであった。

小高地区は福島原発の北北西約15kmに位置し、2013年産の玄米から基準値以上のCsが検出された。

### 3. 研究概要

#### 3.1 Cs濃度の測定方法

各地域の用水を4月から8月まで毎月採水した。採水試料を孔径0.45μmのメンブレンフィルターを用いて吸引ろ過し、ろ液と懸濁物質(SS)に分離し、それぞれ溶存態Cs、懸濁態Csとした。Cs濃度の測定は、東京大学アイソトープ総合センターに依頼し、ゲルマニウム半導体検出器を用いたガンマ線スペクトロリーによってCsを定量した。

#### 3.2 地域ごとの用水中Csの比較

比較的生物利用可能性が高い溶存態Cs濃度の割合を各地域で比較した。また固相と液相に存在するCsの割合を示す分配係数(Kd)を求め、各地域で比較した。Kd値はSSの単位重量当たりのCs濃度[Bq/kg]を溶存態Cs濃度[Bq/L]で除することによって求めた。一般的にKd値が小さいほど植物への移行に影響が大きいことが指摘されている<sup>3)</sup>。

#### 3.3 イネへのCs移行に関する仮説

2012年の調査で、圃場の水口、中央、水尻で収穫された稲わらのCs濃度を比較すると、水口が有意に高い傾向が確認された。この結果から、イネへのCs移行に関する以下のような仮説を立てた。

(1) イネが用水中の溶存態Csを流下過程で吸収するため、水口からの距離に応じて溶存態Csは減少する。

(2) 水田流入後に流速が低下し、懸濁物質が沈殿することから、水口からの距離に応じて懸濁態Csが減少する。

#### 3.4 仮説の実証実験

以上の仮説を実証するため、中太田地区の試験水田にて一次元流下実験を実施した。用水が一次的

\*新潟大学大学院自然科学研究科 Graduate school of science and technology, Niigata University

\*\*新潟大学自然科学系 Institute of Science and Technology, Niigata University

に流下するよう波板を設置し、水口から 1m, 10m, 20m および水尻の地点で田面水を採水し、流下過程での Cs 濃度の変化を観測した。

#### 4. 結果と考察

##### 4.1 地域による Cs の存在形態の違い

布沢, 中太田用水, 小高区の宮田川の平均の  $^{137}\text{Cs}$  濃度はそれぞれ 0.58Bq/L, 0.33Bq/L, 0.23Bq/L であった (表 1)。また, 溶存態  $^{137}\text{Cs}$  の割合はそれぞれ 7.8%, 61%, 68% であった。溶存態  $^{137}\text{Cs}$  濃度の割合は中太田用水および宮田川が布沢と比較し大きかった。平均の Kd 値は中太田用水が  $1.2 \times 10^5 \text{L/kg}$ , 宮田川が  $1.8 \times 10^5 \text{L/kg}$ , 布沢が  $7.1 \times 10^5 \text{L/kg}$  で中太田用水および宮田川の値が布沢と比較し小さかった。この値は 2011 年 7 月時点の飯館村の河川 (比曽川:  $2.3 \times 10^5 \text{L/kg}$ , 割木川:  $4.7 \times 10^5 \text{L/kg}$ )<sup>4)</sup> と同等であり, 2012 年 9 月時点の阿武隈川 ( $7.4 \times 10^5 \text{L/kg}$ )<sup>5)</sup> よりも低い値であった。これらのデータより中太田用水および宮田川は比較的植物への Cs 移行に与える影響が大きいことが考えられる。

##### 4.2 一次元流下実験

中太田地区の試験圃場における溶存態, 懸濁態の  $^{137}\text{Cs}$  濃度とともに, 水口からの距離に応じて低下する傾向が確認された (図 1)。同じ圃場で採取された稲わらおよび玄米の  $^{137}\text{Cs}$  濃度も水口からの距離に応じて概ね低下する傾向が確認された。一方で土壌の  $^{137}\text{Cs}$  濃度にはそのような傾向がなかったことから, 土壌中の Cs の稲わらおよび玄米への移行係数は水口からの距離に応じて概ね低下することが確認された (図 2)。このことからイネへの Cs 移行に田面水中の Cs が関与している可能性が示唆された。

#### 5. まとめ

調査対象の地区によって用水中の溶存態 Cs の存在割合が異なり, 2013 年産玄米から基準値以上の Cs が検出された地区ではその割合が高い傾向が示された。また, 圃場内の田面水中 Cs がイネへの Cs 移行に関与する可能性が示唆された。今後は用水, 田面水の試料を逐次抽出法によって, 生物利用可能別に Cs を分画し, イネへの移行の機構の解明を進める予定である。

表 1 各地域の  $^{137}\text{Cs}$  濃度と割合および分配係数

	$^{137}\text{Cs}$ 濃度 (Bq/L)	溶存態 $^{137}\text{Cs}$ の割合(%)	分配係数 ( $\times 10^5 \text{L/kg}$ )
布沢	0.58	7.8	7.1
中太田用水	0.33	61	1.2
宮田川	0.23	68	1.8
阿武隈川	0.087	26	7.4
比曽川	-	-	2.3
割木川	-	-	4.7

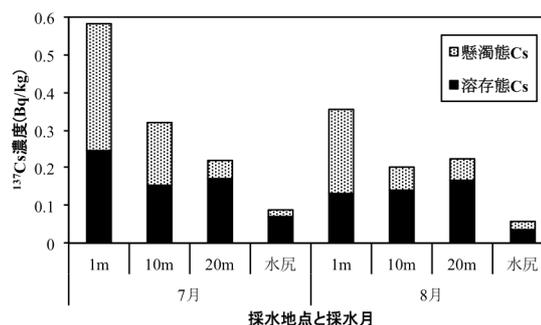


図 1 一次元流下実験の結果

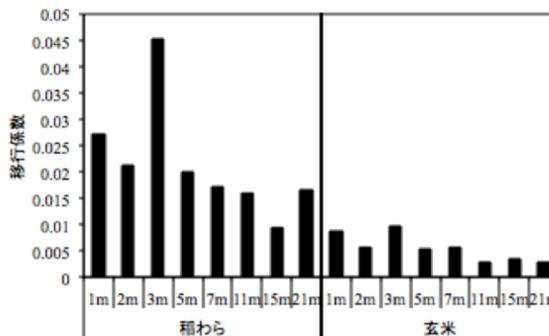


図 2 稲わらおよび玄米への移行係数

#### 参考文献

- 1) Yoshikawa et al. (2013):  $^{137}\text{Cs}$  in irrigation water and its effect on paddy fields in Japan after the Fukushima nuclear accident
- 2) 塩沢昌,(2012):土壌汚染の新知見
- 3) 内田滋夫ら,(1995):分配係数の測定及び利用法
- 4) Ueda et al. (2013): Fluvial discharges of radiocesium from watersheds contaminated by the Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant accident, Japan
- 5) Yasutaka et al. (2012): Monitoring dissolved radioactive cesium in Abukuma River in Fukushima Prefecture, Proceedings of Environmental monitoring and dose estimation of residents after accident of TEPCO's Fukushima Daiichi Nuclear Power Station