

農業用水由来の放射性セシウムのイネへの影響

Influence of radioactive cesium via irrigation water on paddy rice

○田巻 翔平* 小笠 真理恵* 吉川 夏樹** 原田 直樹** 野中 昌法**

Shohei TAMAKI Marie OGASA Natuki YOSIKAWA Naoki HARADA Masanori NONAKA

1. 研究目的と背景

チェルノブイリ事故時と比べ、日本は降水量が多く、地形が急峻であるため、森林に降下した放射性セシウム (Cs, $^{134}\text{Cs}+^{137}\text{Cs}$) が降雨流出に伴って森林系外へ運搬されることが懸念されている (吉田, 2012). こうした流出水を農業用水として利用する場合の水田農業への影響については見解が分かれる. 塩沢 (2012) は、フォールアウト由来の農地土壌中の Cs 濃度に対し、農業用水中の Cs 濃度は極めて小さいため、影響はないと指摘している. 一方、筆者らが実施している農業用水、水田土壌およびイネの Cs のモニタリング調査の結果、二本松市および南相馬市の水田で、イネへの移行係数、あるいは玄米の Cs 濃度が水口付近で統計的に有意に高かった (図 1, 図 2). こうした空間的偏在は、用水の影響を疑うに十分であると考えた.

本研究では、用水、土壌およびイネの分析結果に基づき、現地・室内実験によって、農業用水由来の Cs の水稻への影響を検証し、Cs の稲への移行経路を解明することを目的とする.

2. 調査対象地

研究対象地は、福島県二本松市東和地区布沢流域および南相馬市太田川流域である. 布沢流域は、福島第一原発から約 45km に位置し、Cs 沈着量は推定 $100\text{kBq}-600\text{kBq}/\text{m}^2$ である. 試験水田は谷地田の中流部に位置し、山林からの渓流水を直接水路から取水する. 流域面積が 6.3ha と小さいことから利用可能な用水量が限られており、慣行的に一度取水した水は排水しない.

太田川流域は、福島第一原発から 20-30km 圏内に位置し、Cs 沈着量が $3,000\text{kBq}/\text{m}^2$ を越える地域を流域上流部に含む. 試験水田は高濃度汚染地帯を集水域にもつ横川ダムから太田川を經由して取水する.

扇状地であることに加え、除染のために反転耕を実

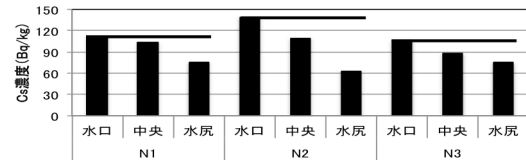


図1 玄米の Cs 濃度 (太田川流域)

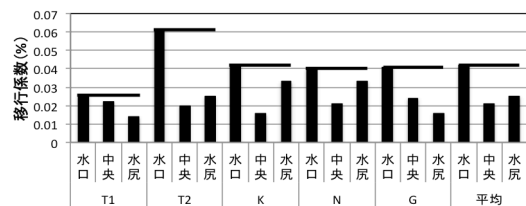


図2 稲わらへの移行係数 (布沢流域)

施したことから、水田は地下浸透が大きいという特徴をもつ. 本流域の試験水田では、2013年に米の作付を試験的に再開した.

3. 調査概要

3.1 仮説

水田水口側のイネあるいは土壌の Cs 濃度が高い理由として農業用水の影響に関する以下の2つの仮説を立て、調査・実験によって検証した. ①取水後に水田内流下中に用水中の水溶性画分がイネに吸収される. ②浸透量の大きい水田では、浸透中の可給態画分が土壌に固定されず、根から吸収される.

3.2 水田の水収支の把握

各試験水田に水位計および排水閘を設置し、10分間隔で田面水深を観測し、水田からの表面流出量を推定した. この結果と転倒マス雨量計から得られた雨量から、減水深と取水量を推定した.

3.3 採水と放射能 Cs 濃度の測定

採水箇所は用水路と水田排水とし、用水路で 100-300L、水田排水で 60L を採水した. 採水した水を孔径 $0.45\mu\text{m}$ のメンブレンフィルターを用いて吸引ろ過し、ろ液 (水溶性 Cs を含む画分、以下 F1) と懸濁物質 (SS) に分離し、日本環境科学株式会社 (山形県山形市) に依頼し、ゲルマニウム半導体検

*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

キーワード: 放射性セシウム, 農業用水, 新規 Cs 負荷量, 可吸態画分

出器を用いたガンマ線スペクトロメトリーによって Cs を定量した。分離した SS は、Tsukada (2011) の方法に基づき逐次抽出し、生物利用能別の画分に分離した。イオン交換態画分 (F2)、有機物結合画分 (F3) は、F1 と合わせて農作物へ移行しやすい可給態画分とした。抽出後の残渣中に含まれる Cs は、農作物へ移行しにくいとされる粒子結合画分 (F4) とした。

3.4 実験方法

仮説を実証するため①水田内の Cs 濃度変化に関する現地実験、②Cs 鉛直移動に関する土壌カラム実験を実施した。前者は布沢流域の試験水田内に波板を設置することで一次的な流れを創出し、距離に応じた 5 地点で田面水を採水した (図 3)。

後者は太田川流域の水田土壌を利用したカラムを 2 つ用意し、0.134Bq/L の F1 を含む現地の用水と水道水で比較実験し、下方からの浸透水を採取した。水道水の対照カラムとしたのは、細粒土壌からの Cs の溶脱が予想されたからである。現地の水田を再現するため、ペリスタポンプを使ってカラム下部から吸引し、減水深を 50mm/day に設定した。

4. 結果と考察

4.1 水田の Cs 収支

布沢流域の水田の取水量は 909mm、太田川流域の取水量は 6,430mm であった。太田川流域の水田は、平均的な取水量 (2,000mm) の 3.2 倍の取水があることが明らかになった。

農業用水中の Cs 濃度は太田川流域が 0.45Bq/L で、布沢流域の 0.33Bq/L と大きな差はないものの、可給態の濃度は 0.372Bq/L と布沢流域の 0.268Bq/L と比較して約 1.5 倍の濃度であった。

これらの結果から、水田への新規流入 Cs 負荷量を計算し、土壌の Cs 蓄積量と比較すると、その割合は布沢流域で 0.07%、太田川流域で 0.96% となった。特に水溶性画分 (F1) について比較すると、布沢流域では 5.4%、太田川流域では 44.3% という結果を得た (表 1)。

4.2 実験の結果

① 水田内の Cs 濃度変化

水口から水尻に向けた用水の流下に伴って、用水中の Cs 濃度が低下することを予想したが、こうした

傾向は観測されなかった (図 3)。

② Cs 鉛直移動に関する土壌カラム実験

用水カラムと水道水カラムの浸透水の Cs 濃度はそれぞれ 0.0035Bq/L、0.0012Bq/L であり、これらを差し引いた 0.0023Bq/L を土壌に固定されなかった浸透水中の Cs 濃度とした。これは、浸透前の用水の Cs 濃度の 1.7% となった。これより、太田川流域の土壌中では F1 は 98.3% が土壌に固定され、地下への浸透は微量であることが明らかとなった。

5. まとめ

用水のモニタリングおよび現地・室内実験によって、農業用水由来の Cs の水稲への影響、および Cs の稲への移行経路の解明を試みた。水田の水収支から、太田川流域の取水量、浸透量が一般的な値と比較して大きいことが、布沢流域を上回る流入負荷量に繋がった。

また、水田内の Cs 濃度変化に関する実験と Cs の鉛直移動に関する土壌カラム実験からイネへの Cs 移行への影響は明らかにできなかった。しかし、2013 年に収穫された玄米は、太田川流域で国の食品基準値である 100Bq/kg を越える Cs 濃度が検出されたこと、水口側のイネへの移行係数あるいは玄米の Cs 濃度が高いことなどから、2014 年度も継続的に調査・実験を実施する予定である。

表 1 各流域の水田における Cs 収支

	布沢			太田川		
	Cs 流入負荷量 (Bq/m ²)	土壌の Cs 蓄積量 (Bq/m ²)	割合 (%)	Cs 流入負荷量 (Bq/m ²)	土壌の Cs 蓄積量 (Bq/m ²)	割合 (%)
総Cs	300	560000	0.05	2890	301000	0.96
可給態Cs	91	13500	0.67	2390	96700	2.47
水溶性Cs	48.8	910	5.36	1430	3230	44.27

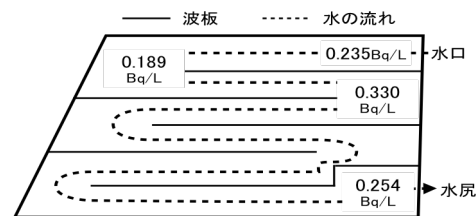


図 3 水田内の Cs 濃度の変化

引用文献

- 吉田聡 (2012) : 森林生態系での放射性物質の動態-過去の研究事例から予測される状況と課題, 森林科学, 第 65 号, pp31-33, 一般社団法人 日本森林学会
塩沢昌 (2012) : 土壌汚染の新知見, 学術の動向 2012 年 10 月号, pp28-35