

## 代掻き・中干し落水時の水田圃場からの放射性セシウム流出率の評価 Evaluation of radiocesium discharge rate from paddy field during land preparation and mid-summer drainage

○宮津 進\* 保高徹生\* 吉川夏樹\*\* 田巻翔平\*\*\* 中島浩世\*\*\*\* 佐藤 郁\*\*\*\*

Susumu Miyazu, Tetsuo Yasutaka, Natsuki Yoshikawa, Shouhei Tamaki, Kousei Nakajima, Iku Sato

### 1. 研究背景

東日本大震災により発生した福島第一原子力発電所事故によって、多量の放射性セシウム（以下、Cs）が大気中に放出され、福島県を中心に広範囲に拡散した。畑地、草地、森林および海域に拡散した Cs の環境動態は、チェルノブイリ原子力発電所事故を契機として、数多くの研究事例が報告されている。一方、水田はアジアモンスーン地域特有の土地利用形態であるため、水田耕作が流域内 Cs の動態に与える影響の検討は福島原発事故以降に始まったばかりであり、未解明な点が多い。本研究では、代かき・中干し落水時の水田からの Cs 流出率を定量評価した。

### 2. 調査概要

#### 2.1 調査圃場

福島第一原子力発電所から 80–90km 圏内に位置する福島県 A 村、および 20–30km 圏内に位置する福島県 B 市を調査対象地とした。Cs 沈着量の異なる 2 地区（A 村：100–300k, B 市：60–100k Bq m<sup>-2</sup>）における水田の Cs 流出率を評価するために、作土層（表層 0–15cm）の土性が類似しており、一般的な方法で代掻き・中干しを実施する圃場を各地区 3 圃場ずつ、合計 6 圃場選定した（表 1）。

#### 2.2 現地調査

**2.2.1 土壌サンプリング** 灌漑期前に各試験水田において、(1)水口、(2)中央、(3)水尻地点に採取地点を設定し、土壌サンプラーを用いて深度 0–15cm の水田土壌を採取した。

**2.2.1 落水量モニタリング** 各試験水田の落水口付近に水位計（HM-900; Hi-net）を設置して、代掻き・中干し落水時の田面水深を 1 分間隔で記録した。また、排水閘（Haisuikou

150; Shinwa）を落水口に敷設して田面水深の変化から落水量を測定した。

**2.2.2 落水サンプリング** 代掻き・中干し落水時に落水口から流出した水田表面排水を、落水開始から 1, 2, 3, 4, 5, 10, 30, 60, 120 分後および落水終了時に、各 2L ずつ採水した。

#### 2.3 サンプルの前処理・測定方法

**2.3.1 Cs 分析装置** Cs 分析は、ゲルマニウム半導体検出器（以下、Ge 検出器、SEG-EMS GEM20-70 および GEM35-70; Seiko EG&G Co. Ltd.）を用いて実施した。一連の評価においては <sup>137</sup>Cs を用い、各試料の測定値は 2014 年 4 月 1 日時点に減衰補正した。

**2.3.2 土壌サンプル** 土壌試料は乾燥させた後、よく混合して U-8 容器に封入し、Ge 検出器によって Cs を測定した。また、A 村の試験水田（Paddy A–C）の土壌試料は、0–15cm の混合分析に加えて、土壌粒径別（2mm 以上、2–0.25mm, 0.25–0.075mm, 0.075mm 以下）に Cs 濃度を測定した。

**2.3.3 落水サンプル** 落水試料を 0.45 μm メンブレンフィルター（Advantec Toyo Roshi Kaisha Ltd.）を用いて濾過し、溶存態および懸濁態に分離した。ろ過後のメンブレンフィルターを U-8 容器に入れて、Ge 検出器によって懸濁態 Cs を測定した。また、落水試料中の懸濁物質の粒径をレーザー粒度分析器（SALD-2300; Shimadzu）により測定した。

#### 2.4 水田からの総 Cs 流出率の算定方法

試験水田からの代掻き・中干し落水時の総 Cs 流出率は、以下の式によって算定した。

$$Y_{total} = \sum_{t=1}^n (SS(t) \cdot Q_{flow}(t) \cdot pCs(t)) / Cs_{inv} \cdot 100$$

ここに、 $Y_{total}$ : 総 Cs 流出率 (%),  $SS$ : 懸

\* (独) 産業技術総合研究所 National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

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

\*\*\*新潟大学大学院自然科学研究科 Graduate School of Science and Technology, Niigata University

\*\*\*\*新潟大学農学部 Faculty of Agriculture, Niigata University

キーワード: 放射性セシウム, 水田排水, 代かき, 中干し

濁物質濃度 ( $\text{kg L}^{-1}$ ),  $Q_{flow}$ : 落水量 ( $\text{L ha}^{-1}$ ),  $pCs$ : 落水中の懸濁物質の Cs 濃度 ( $\text{Bq kg}^{-1}$ ),  $Cs_{inv}$ : 土壌 Cs 蓄積量 ( $\text{Bq ha}^{-1}$ ),  $t$ : 落水開始からの経過時間である.

### 3. 結果と考察

#### 3.1 水田土壌の Cs 濃度

各試験水田土壌の Cs 蓄積量は, 121–287k  $\text{Bq m}^{-2}$ であった (表 1). また, 0.075mm 以下の細粒土粒子の Cs 濃度は, 他粒径画分と比べて 5 倍程度高いことが示された.

#### 3.2 SS 濃度・懸濁物質の Cs 濃度の経時変化

いずれの試験水田においても, 代掻き・中干し落水とともに, 落水直後に SS 濃度は 1000  $\text{mg L}^{-1}$  以上となり, その後急激に減少して, 落水開始 30 分以降は概ね一定値になることが示された (図 1, 2). また, 代掻き落水時の Paddy A, B および F において, 懸濁物質の Cs 濃度が落水開始からの経過時間とともに増加する傾向が見られた (図 3).

#### 3.3 落水中の SS 粒径

落水中の土粒子粒径は, 0.075mm 以下の細粒土粒子が 95%以上を占めた. また, その割合は, 落水開始後からの経過時間とともに増加する傾向がみられた. 落水中の懸濁物質の Cs 濃度が時間経過とともに増加した要因として, 落水量減少に伴う掃流力の低下によって粗粒土粒子が流出しづらくなり, Cs 濃度が高い 0.075mm 以下の細粒土粒子の流出割合が増加したことが推察される.

#### 3.4 総 Cs 流出率

代掻き落水時の総 Cs 流出率は 0.003–0.028%であり, 灌漑期間中に最も濁水を排水する代掻き落水時においても, 土壌の Cs 蓄積量と比べて極めて小さいことが示された (表 1). また, 中干し落水時の総 Cs 流出率は 0.001–0.011%であり, 各調査水田の代掻き落水時の総 Cs 流出率と比べて, Paddy C では 50%, Paddy B および D では 1 オーダー程度小さいことが示された (表 1).

### 4. まとめ

本研究では, 代掻き・中干し落水時の水田からの Cs 流出率を定量した. その結果, Cs 流出率は水田ごとに異なるものの, 水田土壌の Cs 蓄積量と比べて 0.028%以下と小さいことが明らかになった.

謝辞: 本研究は, 科研費基盤研究 A (26241023) の

助成を受けて実施した. 日本地下水開発 (株) の調査, 福島大学環境放射能研究所の塚田祥文教授, 東京パワーテクノロジー (株), (株) 環境科学コーポレーションの分析に対して感謝申し上げる.

表 1 試験水田の Cs 蓄積量および総 Cs 流出率

Presence of  $^{137}\text{Cs}$  and total  $^{137}\text{Cs}$  discharge rate from paddy fields

(a) 代掻き落水

試験水田	位置	圃場面積 ( $\text{m}^2$ )	土壌 $^{137}\text{Cs}$ 蓄積量 ( $\text{kBq m}^{-2}$ )	総 $^{137}\text{Cs}$ 流出率 (%)
Paddy A	A村	1,838	231	0.003
Paddy B	A村	3,779	208	0.015
Paddy C	A村	1,612	121	0.021
Paddy D_2013	B市	2,890	202	0.019
Paddy D_2014	B市	2,890	210	0.019
Paddy E	B市	2,812	207	0.020
Paddy F	B市	2,843	287	0.028

(b) 中干し落水

試験水田	位置	圃場面積 ( $\text{m}^2$ )	土壌 $^{137}\text{Cs}$ 蓄積量 ( $\text{kBq m}^{-2}$ )	総 $^{137}\text{Cs}$ 流出率 (%)
Paddy B	A村	3,779	208	0.001
Paddy C	A村	1,612	121	0.011
Paddy D_2013	B市	2,890	202	0.002
Paddy D_2014	B市	2,890	210	0.004

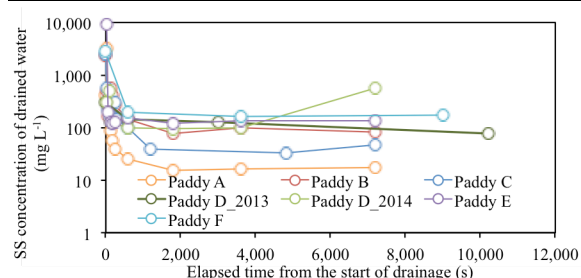


図 1 代掻き落水時の SS 濃度の経時変化

SS concentration in the drained water during land preparation

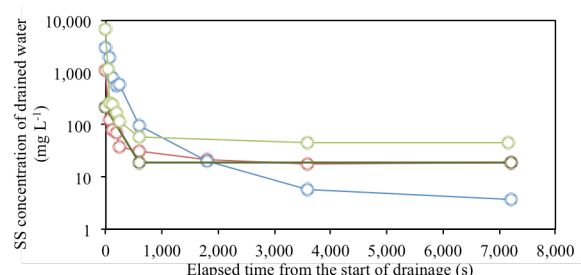


図 2 中干し落水時の SS 濃度の経時変化

SS concentration in the drained water during mid-summer drainage

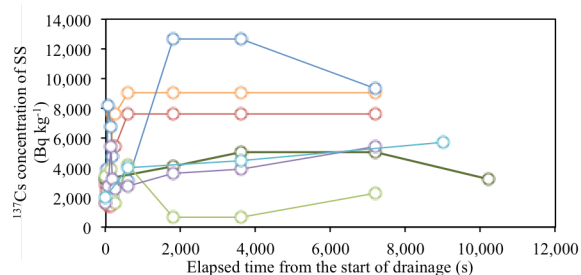


図 3 代掻き落水時の懸濁物質の Cs 濃度の経時

$^{137}\text{Cs}$  concentration in the SS during land preparation drainage