

3.2 放射性物質の移行低減化に関する調査研究

Reducing Transferability of Radionuclides from Soil to Crops

木花 将, 海野 佑介, 武田 晃, 大塚良仁, 山上 睦, 多胡 靖宏, 吉田 聡
環境影響研究部

Masashi KIHANA, Yusuke UNNO, Akira TAKEDA, Yoshihito OHTSUKA, Mutsumi
YAMAGAMI, Yasuhiro TAKO, Satoshi YOSHIDA
Department of Radioecology

Abstract

Several radionuclides, including radiocesium and radoruthenium, can be released to the environment after possible accidents in spent nuclear fuel reprocessing plants. Countermeasures to reduce radiocesium transfer from soil to crops have been investigated extensively since the 2011 accident at the Tokyo Electric Power Company's Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Station, and their effectiveness were found to depend on many factors including types of crops and soil. The aim of this study is to clarify the mid- to long-term effects of countermeasure techniques for reducing transfer from soil to grass and translocation from rice shoot to brown rice. In addition, characteristics of radiocesium mobility in soil are also investigated. In FY 2021, we: 1) investigated the effect of spraying calcium (Ca) onto rice shoot on cesium (Cs) translocation from leaf to brown rice; 2) established a laboratory experimental method for investigating radiocesium transfer from soil to grass at different cultivation periods; 3) established an experimental grassland for investigating long-term effects of countermeasures to reduce radiocesium transfer from soil to grass; and 4) established an analytical method for stable ruthenium (Ru).

Rice plants (*Oryza sativa subsp. japonica* 'Masshigura') were grown in soil pots. Solution containing Ca with different concentrations as well as Cs were sprayed onto shoots during the vegetative growth period. Spraying Ca decreased the Cs concentration in brown rice, while it did not affect grain yield. The Spraying Ca is suggested to be effective for reducing transfer of radiocesium deposited in the vegetative growth period to brown rice.

A cultivation experiment system using soils spiked with ^{137}Cs tracer was developed for the measurement of transfer of ^{137}Cs from soil to orchardgrass (*Dactylis glomerata* L.) in three different cultivation periods. Higher concentrations of ^{137}Cs in shoots observed at the third cultivation were suggested to be caused by transfer both from root to shoot and from soil to grass.

We developed grassland plots with different soils and various applications of chemical fertilizers or amendments. Analysis of the soils collected from each plot showed that soil properties affected transferability of radiocesium from soil to grass, and especially the properties of exchangeable potassium and available phosphate were changed with the application of chemical fertilizers or amendments.

We confirmed that Ru-K edge X-ray absorption near the edge structure can be applied for speciation analysis of Ru added to soil samples. In addition, we developed a chemical separation method to remove molybdenum which interferes with Ru measurement in sample solutions by ICP-MS.

1. 目的

大型再処理施設の方が一の異常事象発生時には、放射性セシウム及び放射性ルテニウム等の放射性核種が環境中に放出される可能性があり、周辺地域を始め、青森県内の広い地域を汚染する恐れがある。そのため、大型再処理施設周辺地域で生産される主要な農作物について、万が一の異常放出の際に、農作物への移行を予測し、必要に応じて放射性核種濃度を低減することが求められる。福島第一原子力発電所事故後、作物への放射性セシウムの移行を効果的に低減するための対策が進められたが、土壌や作物の違いによって低減効果が異なることが明らかになってきた。その中でも、大型再処理施設周辺で重要な作物である牧草については、放射性セシウムの移行低減対策の中長期的な効果が土壌によって異なることが判明しており、その原因には不明な点が多く残っている。また、イネ及び牧草について、カリウム施肥に加えて、セシウムの再転流を抑制する技術を用いることにより、異常事象発生後に想定される多様な状況に対応できることが期待できる。また、放射性ルテニウムについては、環境中における存在形態や挙動に関する科学的知見が乏しいため、万が一の異常事象発生後に資する対策を構築するためには、環境中における挙動に関する情報を集積する必要がある。

本調査では、イネ及び牧草を対象に、これまでに有効性が認められた放射性セシウムの移行低減化手法を青森県の土壌の特性に適合させ、実環境に応用するための実証的試験を行い、中長期的効果を明らかにする。放射性ルテニウムの環境中挙動に関する基礎的知見を得、将来の移行低減化手法の開発に資する。これらにより、万が一の異常時に放出された放射性核種の低減化に資することを目的とする。

令和3年度は、以下の項目について調査を実施した。

- 1) 転流抑制調査
- 2) 収穫時期別移行抑制調査
- 3) 移行抑制経年変化調査
- 4) 形態別溶出調査

2. 方法

2.1 転流抑制調査

イネの栄養成長期における植物体地上部へのカルシウム散布が、葉に沈着した放射性セシウムの玄米への移行に与える影響を調べた。野外で土耕栽培したイネにおいて、栄養成長期に週2回、計9回にわたってセシウム及びカルシウム散布液を散布した。この時、散布液のセシウムは塩化セシウム (CsCl) の形態で濃度を $1.25 \mu\text{M}$ とし、カルシウムは塩化カルシウム (CaCl_2) の形態で濃度は $0\sim 30 \text{ mM}$ に変えて設定した。その後玄米を収穫し、誘導結合プラズマ質量分析計 (ICP-MS, Agilent 7700, Agilent Technologies) を用いて玄米中セシウム濃度を分析した。

2.2 収穫時期別移行抑制調査

牧草における同一年の収穫時期による放射性セシウム濃度変動に影響する要因を明らかにし、カリウム、リン等の施用により、収穫時期別のセシウム濃度を低減すること (2番草、3番草のセシウム濃度低減化) が可能か検証するため、RIトレーサーを用いた室内栽培実験手法を検討した。予備実験として、 ^{137}Cs を添加した土壌を用いて牧草を栽培し、各収穫時期における牧草地上部中の ^{137}Cs 濃度をオートウェルガンマシステム (AccuFLEX γ 7001, ARC-7001B, 日立アロカメディカル) を用いて測定した。

2.3 移行抑制経年変化調査

環境科学技術研究所構内に長期の栽培試験のための試験圃場を整備した。1区画の面積 4 m^2 のコンクリート枠内に、牧草へのセシウム移行性に影響を及ぼす土壌特性が異なる2種類の六ヶ所村内の土壌を客土し、施肥及び資材施用が異なる試験区を合計26区画設置し、オーチャードグラスを播種した。各試験区から土壌を採取し、土壌特性の分析を行った。

2.4 形態別溶出調査

大型放射光施設 SPring-8 のビームライン BL14 において X線吸収端微細構造 (XANES) によるルテニウムの存在形態解析のための分析条件を検討した。さらに、環境試料にルテニウムを添加して存在

形態分析を行う際の適正添加量を調査した。加えて、ICP-MS (Agilent 8900, Agilent Technologies) によるルテニウム定量時に妨害となる Mo の除去に必要な化学分離法を開発した。

3. 成果の概要

3.1 転流抑制調査

栄養成長期における葉へのカルシウム散布により玄米中のセシウム濃度が減少し、また散布量の増加とともに減少する傾向が認められた。これにより、土耕栽培したイネにおいて栄養成長期の葉へのカルシウム散布が葉に沈着したセシウムの玄米への移行抑制に効果を示すことが示唆された (Fig. 1)。また、カルシウム散布による収量への影響は見られなかった (Fig. 2)。

3.2 収穫時期別移行抑制調査

牧草中の収穫時期別放射性セシウム濃度を調査可能とする RI トレーサーを用いた室内栽培実験手法を確立した。確立した室内栽培実験手法を用いる

ことで、1 番草よりも 2 番、3 番草の放射性セシウム濃度が高くなる現象を再現できた。また、3 番草の放射性セシウム濃度が高くなる現象には土壌から牧草への放射性セシウムの移行に加えて、牧草地下部から牧草地上部への放射性セシウムの移行が寄与していることが示唆された。

3.3 移行抑制経年変化調査

土壌分析の結果、土壌から牧草へのセシウム移行性に影響を及ぼす交換性カリウム及び可給態リン酸等は施肥及び資材施用に応じた変化を示していた。整備した区画を用いて、土壌中放射性セシウムの牧草への移行性低減化手法の中長期的な効果の検証を開始した。

3.4 形態別溶出調査

ルテニウム標準試薬を用いて XANES により各種形態の解析が可能であることを確認した。さらに、土壌試料へルテニウムを添加してその存在形態を XANES により分析する際の適正添加量を設定した。加えて、ICP-MS によるルテニウム定量時に干渉するモリブデンを除去する化学分離法を確立した。

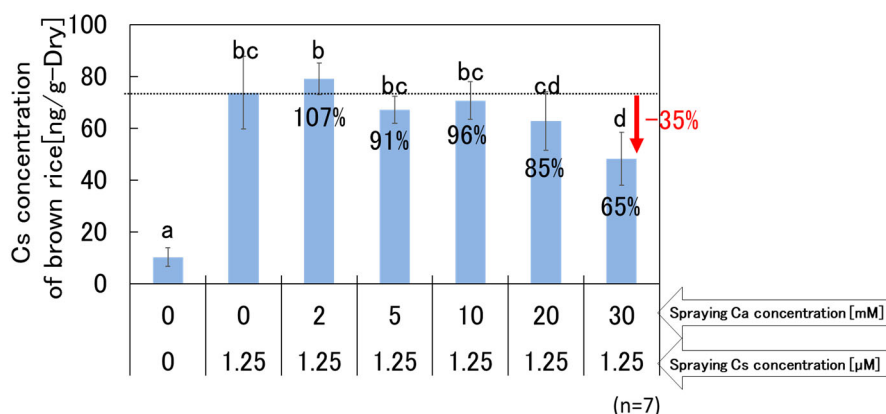


Fig. 1 Effect on cesium concentration in brown rice from spraying calcium chloride (CaCl_2) onto shoots.

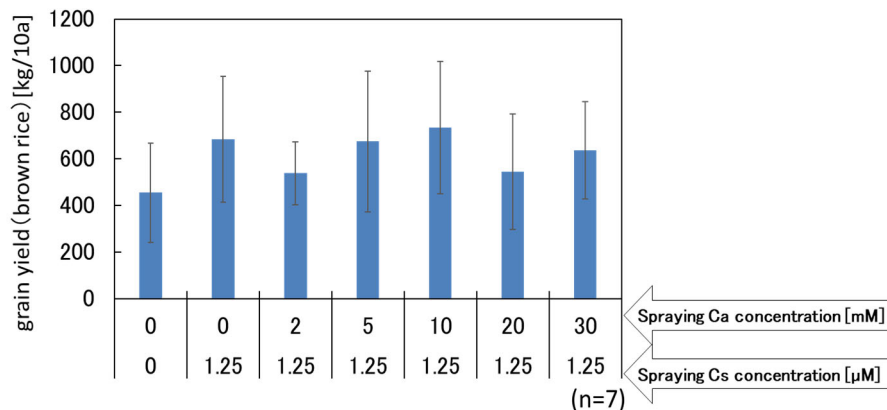


Fig. 2 Effect on grain yield from spraying calcium chloride (CaCl_2) onto shoots.