

[H23-5]

農作物のセシウム量低減と土壌改良-農・畜産業の永続的発展に向けて Reduction of Radio Cesium Contamination to Agricultural Products and Soil Improvement for Sustainable Agriculture

小松崎将一^{#A)}, 中里亮治^{B)}, 上田仁^{B)}, 苅部甚一^{B)}, 星野佑太^{A)}
Masakazu Komatsuzaki^{#A)}, Ryoji Nakazato^{B)}, Hitoshi Ueda^{B)}, Zinichi Karube^{B)}, Yuta Hoshino^{A)}
^{A)} Center for Field Science Research and Education, Ibaraki University
^{B)} Center for Water Environment Studies, Ibaraki University

Abstract

The nuclear accident at the Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant (FDNPP) occurred as a consequence of the massive earthquake and associated tsunami that struck the Tohoku and northern Kanto regions of Japan on March 11, 2011. The released radioactive nuclides were deposited over a wide area of the Tohoku and Kanto regions. Ibaraki prefecture where located south to Fukushima prefecture, also was covered the radioactive nuclides. After the accident, serious contaminations of radio actives were observed of drinking water, vegetables, and milks and so on. Fortunately, these serious contaminations were quickly reduced because radioactive iodine was main contamination due to short time of half-life period. Radio cesium contamination that shows relatively longer half-life period, was observed several agricultural products after this accident in Ibaraki prefecture. Now, most of agricultural products in Ibaraki prefecture were rear contamination of radio cesium, because soil can strongly fix it and make cesium and clay binding form resulting reduction of radio cesium contamination to the crop although soil has contaminated it. The present paper indicates that radiocesium contamination agricultural products by uptake through plant roots from soil is sufficiently low. The paper described reasons why radioactive cesium does not transfer easily from soil to crops, and methods how to inhibit the transfer of radioactive cesium from soil to crops. Also, the authors revealed that the contamination of fresh water fishes significantly reduced due to appropriate management.

Keyword: Radio cesium, soybean, freshwater fish

1. はじめに

1.1 研究の背景

本研究は、福島原発事故による放射性セシウムの、様々な農作物への影響を詳細に調べ、今後長く続くと予想されるその影響を、土壌改良などにより軽減する方法を探る事を目的とする。そのため、現に農業に取り組んでいる農家の方、農学研究を長年行っている大学の農学部研究者、そして大学及び法人研究機関の原子核物理研究者から成るメンバーが、連携して本研究を推進する。

東京電力福島第一原子力発電所より放出された放射性物質が農作物へ与える影響を評価し、その影響を農業現場で最低限に抑える事が急務となっている。この問題に関連して、農水省は、農地土壌中の放射性セシウムの野菜類と果実類への移行について、平成23年5月27日にプレス発表を行った。ここで利用された、科学的資料は、主には、海外の数編の論文である。科学的資料の数が少ない事は、大きな問題であるが、想定される事故では無かったことから致し方ない面がある。一方、別の問題として、日本と海外の土壌や農作物、環境の違いにより海外のデータが我が国の状況に適用できるか否かがある。そこで、今回の原発事故の影響を受けた福島県、茨城県等の農地で栽培された色々な農作物を採取しそ

の中の放射性セシウム量を精度よく測定・解析し、実情がどうなっているかを先ずは明らかにする。その結果、様々な農作物についての、放射性セシウムの移行係数の知見が得られる。

ところで、セシウムの移行については酸性度やカリウム濃度が影響をすることはわかっているが、移行係数の測定に加えて土壌分析を同時に実施することで移行係数を左右する他の条件の知見が合わせて得られる。その結果を踏まえ、セシウムを低減化するための土壌の改良を試み、その効果を検証する。また、土壌から植物や餌資源などを介し、畜産や水産物に対する影響を検討する。本研究の遂行により、農水産物への原発事故の影響を少しでも早く、軽減することし、福島県における農・畜産業の永続的発展に資するのが最終的な目的である。

1.2 研究の目的

1.2.1 NaI を用いた環境試料中セシウムの高感度・迅速測定法の開発

東京電力福島第一原子力発電所の事故によって環境中に放出された放射性物質の影響により、一部の湖沼・河川における漁業対象種である魚類の中には、事故後約5年を経過した現在でも国や県の要請による採捕自粛や出荷制限を受けている魚種がある。今

[H23-5]

回は NaI 検出器を使用した淡水魚類体内の放射性セシウムモニタリング法の確立とセシウム低減化について研究を行った。

1.2.2 水試料中の放射性セシウムおよび放射性ストロンチウム分析法の簡略化

2011 年 3 月の福島第一原子力発電所事故により、環境中には放射性セシウムや放射性ストロンチウムが放出され、現在も日本各地の陸域環境中にはこれらの放射性物質が残存している。これら放射性物質は土壌等に沈着した後、降雨等により陸水環境およびその生態系へと移行する。従って、放射性セシウムおよび放射性ストロンチウムによる陸水環境における汚染実態の解明を進めるとともにその長期的な変動を把握していくことが必要である。これらの調査研究を行う上で重要となるのが分析法である。特に、従来の水試料の放射性セシウムおよび放射性ストロンチウム分析法は、扱う試料の量が 20~100L と大量であり、その処理には時間と手間がかかる。従って、水試料の放射性セシウムおよび放射性ストロンチウム分析法の簡略化は今後の長期的な調査研究を効率的に進める上での課題である。そこで我々の研究グループでは、放射性セシウム分析法については放射性セシウム濃縮装置（迅速くん、Yasutaka et al.2015、Tsuji et al.2014、Yasutaka et al.、2013）、放射性ストロンチウムに関しては固相抽出法（Sr Resin、Eichrom Tec.）を用いた分析法を検討し、各分析法の簡略化を試みた。

1.2.3 実栽培環境土壌におけるセシウム移行挙動の解明

茨城大学 FSC のダイズ圃場（3つの耕うん、カバークロープ処理）において、土壌中、カバークロープ中、ダイズ中の放射性セシウムを 2011 年~2014 年まで測定し、①耕うんの方法②カバークロープの種類から、放射性セシウム濃度、土壌からの放射性セシウムの移行量を調査した。また、それらの経年変化についても調査した。

2. 研究の概要

2.1 NaI を用いた環境試料中セシウムの高感度・迅速測定法の開発

本研究に用いた魚類はニホンウナギとゲンゴロウブナの 2 種類である。当該魚体内の放射能測定にはデジタル MCA、遮蔽用鉛(50 mm)および測定ソフトを使用したφ2×2 及びφ3×3 インチ型 NaI(Tl)検出器(FUI Japan 製)を使用した。1つの個体を活きたまま測定し続ける必要性から、マリネリ容器に魚を入れて測定した。測定中にウナギ、フナが生存出来る様に、水を含ませたスポンジ等で囲う等の保水処理を行った。検出効率におけるジオメトリの影響を考慮するため、放射能分析用玄米認証標準物質(粒状)を用いて活ウナギ、活フナの様々なサイズに応じた体積線源を作成した。線源からの検出効率を確認した後、実際の濃度を計算するための補正式を求めた。

放射性セシウム低減化実験としては、活ウナギお

よび活フナを飼育水や投与する餌等の条件を変えながら飼育し、魚体内に含まれるセシウム濃度を適宜モニタリングした。飼育水の条件はカリウム水と真水の 2 通り、餌は人工飼料にゼオライトを混合したもの、カリウムを混合したもの、冷凍アカムシ、および餌なしの 4 条件である。モニタリング期間は約 2 ヶ月である。

ウナギについては一部の個体のセシウム濃度が低減したものの、対照実験による顕著な濃度の低減化は見られなかった。

フナに関しては、最初の 2 ヶ月間の実験でゼオライト混合飼料およびカリウム混合飼料の餌条件で飼育した場合、個体差はあるものの体内のセシウム濃度が明瞭に減少した。ただし、カリウム混合飼料を投与した場合、ヒレの一部が損傷するなど魚体への影響が確認された。飼育水の違いによるセシウム低減程度の違いは見られなかった。

実験終了時に生き残ったフナに対して、飼育水と餌の条件をカリウム水とゼオライト混合飼料に統一し、改めて 3~5 ヶ月程度の飼育を行い、セシウム濃度をモニタリングしたところ、すべてのフナ体内におけるセシウム濃度の減少傾向が見られた。実験期間中におけるフナ体内のセシウム濃度の変化から放射性セシウムの実効半減期を計算したところ、平均で約 70 日(40~90 日)、また 137Cs の生物学的半減期は約 75 日であった。

放射性セシウムの排出を調べる為に、実験期間中にフナからの排出物を採取して、セシウム量を調べたところ、フナ体内のセシウム量の変化分の 1 割程度であった。

2.2 水試料中の放射性セシウムおよび放射性ストロンチウム分析法の簡略化

放射性セシウム分析に関しては、迅速くんの活用による処理時間の大幅な短縮(最大 72 時間程度から 1 時間未満への短縮)が可能となった。また、放射能測定に関して従来の Ge 半導体検出器ではなく NaI(Tl)シンチレーション検出器を使うことにより、モニタリング機材の整備にかかる費用の抑制が可能となった。この分析法では、Ge 半導体検出器と同等の定量下限値を確保するためには Ge 半導体検出器による分析法よりも試料量や測定時間を増やす必要がある。つまり、モニタリングの条件(必要とするデータ精度等)とそれに必要な上記の分析法の選択が効率的なモニタリングを行う上で必要であるといえる。放射性ストロンチウム分析に関しては、まず初めに水試料をキレートファイバー(MetaSEP CH-1、GL Sciences)によって濃縮する工程について検討した。このキレートファイバーによる湖水(35L)試料濃縮の結果、Sr 回収率はおよそ 98%となり、陸水濃縮法としてこの方法が有効であることが分かった。現在、固相抽出法を用いた Sr 分離条件について検討中である。

[H23-5]

2.3 実栽培環境土壌におけるセシウム移行挙動の
 説明

試験は茨城大学農学部フィールドサイエンス教育センター内の有機ダイズ試験圃場で行った。試験区は3つの耕うん方法(ロータリー耕・プラウ耕・不耕起)、3種のカバークロップ、(ヘアリーベッチ・ライムギ・雑草)、施肥の有無(20kg/ha・0kg/ha)を4反復(72プロット)で設定した。土壌は30cmのコアサンプラーを用いて4層に分けて採取し、カバークロップは0.25m²のコードラートを用いてプロットごとに収穫。ダイズはプロットごとに1畝1m以内に存在する株を刈り取り後茎と葉に分け、その後放射能分析を行った。

調査の結果から、年々、土壌中の放射性セシウム濃度は減少傾向にあることが分かった。その原因として、¹³⁴Csの半減期が過ぎたこと、耕うんや農作物の刈り取りによる土壌の流出やダイズの収穫などがある。耕うんした区は深さ0-15cmの間で濃度が均一になる傾向を示した。

カバークロップの放射性セシウム濃度は年ごとに低下していることが明らかになった。また、放射性セシウム濃度は、裸地>ヘアリーベッチ>ライムギとなり、バイオマスとCs濃度が反比例の傾向にあった。

ダイズの放射性セシウム濃度は、2011年からの年次の変化をみても4年間耕うんを行ったプラウ区、ロータリー区のほうが不耕起区に比べ放射性セシウム濃度は優位に低い値を示した。原発事故直後の2011年からどの区においても放射性セシウム濃度は大幅に基準値となる100Bq/kgを下回っていた。翌年2012年には前年よりも大幅に濃度は減少し、2012年以降も毎年減少の傾向がみられる。

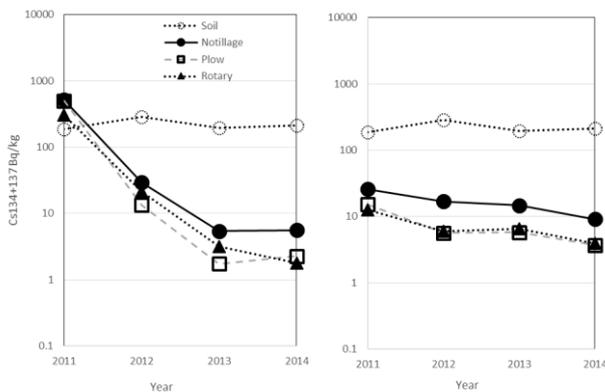


Figure 1. Radio cesium contamination changes after FDNPP accident in the relation to tillage system (Modified from Hoshino et al. 2015).

2.4 考察

現在、多くの農産物への放射能汚染は食品の新基準値を大きく下回っており、茨城県産の農産物の買い控えは解消傾向である。一方で、平成25年4月期においても茨城県産の農産物を都内の1割の流通業

者、西日本の3割の流通業者が取扱っていない現状があるなど根強い問題がある(茨城県農林水産部2013、茨城県産の食品に関する意識調査結果)。この傾向は2015年においても継続的に認められ、震災後4年を経た2015年の調査においても県産野菜を買わない消費者は東京で1割を切ったものの、関西や北海道では依然として1割以上が「購入を控えている」と回答するなど、風評被害の根強さを裏付ける結果となっている(読売新聞2015年4月9日)。

農耕地など流域に残存する放射性セシウムは、適正な農業生産手法によって土壌に吸着され、作物への移行する量はごく少ないことが普遍的に認められつつある。この点で、今後の流域管理においては、流域の土壌・環境保全の視点がますます重要となるものと考えられる。環境中での放射性セシウムの動態には長期的な影響を十分に考慮する必要がある。この点で、流域全体に降下した放射性セシウムの動態については継続的にかつ網羅的に調査を継続していくことが重要であると考えられる。

2.5 まとめ

本研究は、福島原発事故による放射性セシウムの、様々な農水産物への影響を詳細に調べ、今後長く続くと予想されるその影響を、土壌改良や養魚管理などにより軽減する方法を探る事を目的として実施した。まず、NaI検出器を使用した淡水魚類体内の放射性Csを適宜モニタリング可能なシステム構築を確立した。次に、環境水の放射性Cs分析法として、迅速くんの活用により、処理時間の大幅な短縮(最大72時間程度から1時間未満への短縮)が可能となった。さらに、土壌の積極的耕うんによるダイズの放射性Cs低減効果が長期間にわたって確認された。これらの環境水、土壌、作物および淡水魚の放射性Csモニタリングを継続することで、農水産物への原発事故の影響の軽減に貢献することが期待される。

参考文献

- [1] Y.Hoshino, Higashi, T., Ito, T., and Komatuzaki, M. "Tillage can reduce the radio cesium contamination of soybean after the Fukushima Dai-ichi nuclear power plant accident". Soil & Tillage Research 153, 76-85. (2015)
- [2] T. Yasutaka, Kondo, Y., Suzuki, Y., Takahashi, A., and Kawamoto, T. "Rapid quantification of radio cesium dissolved in water by using nonwoven fabric cartridge filters impregnated with potassium zinc ferrocyanide". Journal of Nuclear Science and Technology 50, 792-800. (2015)
- [3] H. Tsuji, Kondo, Y., Suzuki, Y., and Yasutaka, T. "Development of a method for rapid and simultaneous monitoring of particulate and dissolved radio cesium in water with nonwoven fabric cartridge filters". Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry 299, 139-147. (2014)
- [4] T. Yasutaka, Tsuji, H., Kondo, Y., and Suzuki, Y. "Development of Rapid Monitoring for Dissolved

[H23-5]

Radioactive Cesium with a Cartridge Type of Prussian
blue-impregnated Nonwoven Fabric”. BUNSEKI
KAGAKU 62, 499-506. (2013)