

ファイトレメディエーションによる放射性セシウム除去効果の検証

佐藤睦人

キーワード 放射性セシウム, ファイトレメディエーション, 除染, ヒマワリ

1. はじめに

ファイトレメディエーション (phytoremediation) とは、主に土壌中の有害重金属や化学物質等を植物体に吸収させ、それを除去することにより環境を修復する技術である。農業分野では水田土壌中のカドミウム低減技術として高カドミウム吸収イネを用いる方法が農林水産省のプロジェクト研究により開発され、普及に移しうる成果 (農林水産省, 2009) として公開されている。

東京電力福島第一原子力発電所の事故 (以下、原発事故という) により環境中に放出された放射性物質について、ファイトレメディエーションにより除染する方法が注目された。原発事故により土壌に沈着した主な放射性物質には、ヨウ素とセシウムがある。事故発生当初は放射性ヨウ素が問題となったが、放射性ヨウ素は半減期が比較的に短いため、現在は放射性セシウムが問題となっている。植物がセシウムを吸収することは知られており、特に、ヒマワリが放射性物質を大量に吸収するという情報が原発事故以前にテレビ番組で紹介されたこともあり、除染効果を期待したヒマワリ栽培が様々なところから提唱され、国、県および市町村等に対し、技術実証についての要望や提案が寄せられた。これらの要望を受け、福島県と農林水産省は、福島県内の現地圃場においてヒマワリやアマランサス等を栽培し、放射性セシウムの除去効果を確認した。

本稿では、原発事故後に福島県農業総合センターおよび独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構東北農業研究センター福島研究拠点が実施したファイトレメディエーションに関する研究成果を紹介する。

2. ファイトレメディエーションによる放射性物質除染への期待

農地におけるファイトレメディエーションは、高吸収植物を栽培するという簡単なものであり、取り組みが容易でかつ低コストである。また、テレビ等で紹介されたヒマワリの放射性物質の除去率が非常に高いとされていたことか

ら、本技術に対する期待が福島県内で一気に高まった。

ところで、放射性セシウムを対象としたファイトレメディエーションの研究は以前から行われており、アマランサス属やアカザ科が吸収しやすいことが報告されている (Fuhrmann *et al.*, 2003; Dushenkov *et al.*, 1999)。また、ヒマワリは水耕栽培条件下での研究では高い吸収率を示している (Dushenkov *et al.*, 1997; Soudek *et al.*, 2006)。しかし、Meena *et al.* (2010) によるポット試験によると、土壌からの吸収はアマランサスの10分の1以下と少ない。

3. 福島県内で実施されたファイトレメディエーション試験の結果

原発事故後、福島県内の放射性セシウム汚染圃場において、ファイトレメディエーションの効果が期待されるヒマワリ、アマランサス、ソルガム、ソバ、ナタネについて除去率を検討した。その結果、Suzuki *et al.* (2012) が福島県内において土性の異なる2圃場で行ったアマランサス、ヒマワリ等4種類の植物を用いた試験の結果では、放射性セシウムの除去率 (一定面積の土壌から植物が1作で吸収した放射性セシウムの割合) は、淡色黒ボク土ではアマランサス (0.109%) > ヒマワリ (0.059%) ≒ ソルガム (0.056%) > ソバ (0.015%) であり、灰色低地土ではヒマワリ (0.039%) > ソルガム (0.030%) > アマランサス (0.024%) > ソバ (0.008%) の順であった。

また、平山ら (2012) が実施した福島県内3カ所の圃場における結果では、ヒマワリ地上部による放射性セシウムの除去率は0.037%から0.058%であり (表1)、前出のSuzuki *et al.* (2012) によるヒマワリの結果と近い。

さらに、ナタネの放射性セシウムの吸収について平山ら (2013) が福島県農業総合センター (福島県郡山市) 圃場で行った研究によると、成熟期の地上部への除去率は約0.011%であり、ヒマワリの半分程度であった。

4. ファイトレメディエーションの実用性

平山ら (2012) による放射性セシウムの除去率のうち最も高い値である0.058%をもとにすると、ヒマワリを1作栽培した際に除去できる放射性セシウムは、土壌に含まれる量の約1700分の1である。つまり、ヒマワリの除去率に経年変化がなく放射性セシウムが自然に壊変しないと仮定した条件で10年間ヒマワリを栽培した場合、土壌か

Mutsuto SATO: Verification of radiocesium removal by phytoremediation

福島県農業総合センター (963-0531 郡山市日和田町高倉字下中道 116)

日本土壌肥科学雑誌 第85巻 第2号 p.136~137 (2014)

表1 ヒマワリによる土壌からの放射性セシウム除去率

試験場所	地上部 乾燥重 (kg m^{-2})	放射性セシウム含量 (Dw)		除去率 (A) / (B) (%)
		地上部 (A) (Bq m^{-2})	土壌 (B) (kBq m^{-2})	
飯館村	0.79	629	1,110	0.57
福島県農業総合センター (郡山市)	0.83	146	251	0.58
東北農業研究センター (福島市)	0.68	35.0	93.8	0.37

平山ら (2012) をもとに作成。

(A) 地上部乾燥重 (kg m^{-2}) × 放射性セシウム濃度 (Bq kg^{-1}) により試算。

(B) 仮比重 (1 g cm^{-3}) × 作土深 15 cm 当りの容量 ($0.15 \text{ m}^{-3} \text{ m}^{-2}$) × 放射性セシウム濃度 (Bq kg^{-1}) により試算。

ら除去できる放射性セシウムはわずか約 0.6 % である。一方、原発事故直後の放射性セシウム 134 と同 137 の比を 1 とした場合、土壌に沈着した放射性セシウムは自然に壊変し、10 年後には約 58.5 % 減少する。このことは、ヒマワリによって土壌から除去できる量より放射性セシウムが自然に壊変して減少するスピードのほうが速く、実用的な除染効果は期待できないことを示している。

ある植物の放射性セシウムの除去率は、植物の吸収能力と一定面積における植物の生産量によって決定される。仮に前述した条件のもと、植物が 10 年間 (10 作) で吸収する放射性セシウムが自然崩壊による減少率を上まわるのに必要な除去率を試算すると、およそ 9 % 以上となる。例えば、土壌の放射性セシウム含量が $1,000 \text{ kBq m}^{-2}$ の圃場 (飯館村北部のレベル) において植物の乾物生産量が 3 kg m^{-2} (ヒマワリの 3 倍以上) である場合を想定すると、植物の放射性セシウム濃度が 30 kBq kg^{-1} であれば除去率は 9 % となる。しかしながら、そのような高い乾物生産量を持ち、同時に高い土壌からの放射性セシウム吸収を示す植物は今のところ見出されていない。

これらのことから、放射性セシウムに対するファイトレメディエーションの実用性は現状では極めて低いと言える。

文 献

- Dushenkov, S., Vasudev, D., Kapulnik, Y., Gleba, D., Fleisher, D., Ting, K. C., and Ensley, B. 1997. Removal of uranium from water using terrestrial plants. *Environ. Sci. Technol.*, **31**, 3468-3474.
- Dushenkov, S., Mikheev, A., Prokhnevsky, A., Ruchko, M., and Sorochinsky, B. 1999. Phytoremediation of radiocesium - contaminated soil in the vicinity of Chernobyl, Ukraine. *Environ. Sci. Technol.*, **33**, 469-475.
- Fuhrmann, M., Lasat, M. M., Ebbs, S. D., Kochian, L. V., and Cornish, J. 2002. Uptake of cesium-137 and strontium-90 from contaminated soil by three plant species; application to phytoremediation. *J. Environ. Qual.*, **31**, 904-909.
- 平山 孝・鈴木安和・齋藤 隆・佐藤陸人・小林浩幸・高橋義彦・加藤 仁・葉師堂謙一 2012. ヒマワリ栽培による土壌の放射性セシウムに対するファイトレメディエーション効果の検証. 日作紀, **81**別2, 18-19.
- 平山 孝・慶徳庄司・吉岡邦雄 2013. ナタネにおける土壌の放射性セシウム吸収の時期別推移. 日本作物学会講演会要旨・資料集, **235**, 242-243.
- 小林浩幸・高橋義彦 2012. 高吸収植物による放射性セシウム除去の可能性. 土壌物理学会, **121**, 49-53.
- Meena, S., Senthivalavan, P., and Vadivel, A. 2010. Proceedings of the 19th World Congress of Soil Science, Soil solutions for a changing world, Brisbane, Australia, 1-6 August 2010. Symposium Heavy metal contaminated soils, 39-41.
- 農林水産省農林水産技術会議 2009. 生産流通・加工工程における体系的な危害要因の特性解明とリスク低減技術の開発, 農産物におけるヒ素およびカドミウムのリスク低減技術の開発. http://www.niaes.affrc.go.jp/project/seisan_koutei/ac/index.html.
- Soudek, P., Valenova, S., Vavrikova, Z., and Vanek, T. 2006. ^{137}Cs and ^{90}Sr uptake by sunflower cultivated under hydroponic conditions. *Journal of Environmental Radioactivity*, **88**, 236-250.
- Suzuki, Y., Saito, T., and Tsukada, H. 2012. Phytoremediation of radiocesium in different soils using cultivated plants, Proceedings of the International Symposium on Environmental monitoring and dose estimation of residents after accident of TEPCO's Fukushima Daiichi Nuclear Power Stations, Kyoto, Japan, December 14, 2012, topics_3-06.