

第3章 植物の元素集積性に関する調査研究 Research on Element-accumulating Capacity of Plants

山上 睦, 箭内 真寿美, 久松 俊一
環境動態研究部

Mutsumi YAMAGAMI, Masumi YANAI, Shun'ichi HISAMATSU
Department of Radioecology

Abstract

Phytoremediation is a possible countermeasure against soil contamination with radionuclides. Identifying and establishing accumulators is the key to developing practical phytoremediation methods. This study aimed at selecting or developing accumulators usable for radionuclides that could potentially be released in Aomori Prefecture due to the location of a nuclear fuel reprocessing facility there. For that purpose, we focused on the following two approaches: to search for accumulators for Cs, Sr and I from crops and wild plants, and to employ a genetic approach to develop transgenic plants using genes controlling Cs resistance in *Arabidopsis* mutants.

The candidate accumulators, in FY 2008, *Amaranthus hypochondriacus*, *Helianthus annuus* and *Portulaca oleracea* were selected from crops based on their removal capacity of the target elements from soil. In FY 2009, they were cultivated in an experimental field with different planting densities to establish the optimal cultivation condition. The suitable planting density was determined for each candidate from the analysis of the plants harvested.

To search for candidate accumulators from wild plants, 44 species were cultivated in the same experimental field, and removal rate of Cs, Sr and I per unit land area were obtained from their elemental content and planting density. The selected candidate Cs accumulators were *Amaranthus retroflexus* and *Amaranthus caudatus*. *Persicaria lapathifolia* was also selected as the candidate accumulator of Sr and I. Those candidates will be examined further for establishing the optimal cultivation condition. The best accumulator for each element will then be selected based on the removal results.

We have already reported that the causative genes of CsR33 and CsR80, which are Cs-resistant mutant lines, were found as a chloroplast signal recognition particle subunit (*cpSRP54*) gene and a glutamyl-tRNA reductase (*HEMA1*) gene, respectively. In FY 2009 work, we found that the mutation sites of CsR33 and CsR80 were located near the p-loop domain in the *cpSRP54* gene and the t-RNA/NADP binding domain in the *HemA1* gene, respectively. Uptake capacity of Cs was also examined for the two lines with different Cs concentrations in cultivating medium. The Cs uptake capacity of CsR33 was similar to that of the wild type strain, while that of CsR80 was three times higher than the wild type strain.

We previously identified *AtCNGC17* as a gene of Cs transporter. We tried to overexpress *AtCNGC17* in CsR33 and CsR80 to produce Cs accumulator. In FY 2009, we produced the transgenic plants of CsR33 and CsR80 by the gene transfection method of *AtCNGC17*, and we will examine their Cs uptake capacity next.

1. 目的

本調査では、青森県の環境条件に適した植物による環境浄化手法開発に資することを目的として、Cs、

Sr 及び I 集積植物の探索を行うとともに、得られた集積植物の集積特性を明らかにする。このため、青森県内で栽培可能な作物・花卉及び野生植物の Cs、

Sr 及び I の土壌植物間移行を調査し、環境浄化用元素集積植物を選定する。更に、平成 17 年度までに得られているシロイヌナズナの Cs 耐性変異株を使って、耐性及び元素挙動に関与する遺伝子を単離し、機能解析を行うとともに、この遺伝子を組み込んだ形質転換（遺伝子導入）植物を作製する。このため、平成 21 年度においては以下の項目についての調査を行った。

1. セシウム、ストロンチウム等微量元素集積植物の探索・選定及び元素存在形態の調査
2. セシウム耐性関連遺伝子の単離・機能解析及び形質転換（遺伝子導入）植物の作製

2. 方法

2.1. セシウム、ストロンチウム等微量元素集積植物の探索・選定及び元素存在形態の調査

平成 20、21 年度に、合計 50 種の野生植物を環境研の実験圃場で栽培し、栽培植物において単位面積当たりの Cs, Sr, I 収奪量の高かったアマランサスを基準にして、野生植物の Cs, Sr, I の収奪量を評価し、環境浄化用候補野生植物を選定した。また、平成 20 年度に選定した栽培植物の環境浄化用候補植物について、異なる栽植密度における単位面積あたりの元素収奪量を求め、最適な栽培管理法の確立を目指した。更に、降水による地上部への I 沈着が植物中 I 濃度に及ぼす影響を調査する目的で、降水の影響のない温室内でアマランサスとヒマワリを栽培し、野外で栽培したものと植物中 I 濃度を比較した。

2.2. セシウム耐性関連遺伝子の単離・機能解析及び形質転換（遺伝子導入）植物の作製

平成 20 年度に明らかになったシロイヌナズナ Cs 耐性原因遺伝子がコードする蛋白質（cpSRP53、HemA1）の立体構造を推測した。また、Cs ストレス下での Cs 蓄積量、クロロフィル濃度、活性酸素耐性を野生株と耐性株で比較した。

Cs 耐性株（CsR33, CsR80）及び野生株に Cs 輸送関連遺伝子（*AtCNGC17*）を過剰発現させた形質転換シロイヌナズナを作製した。

3. 成果の概要

3.1. セシウム、ストロンチウム等微量元素集積植物の探索・選定及び元素存在形態の調査

Cs の環境浄化用候補植物として、単位面積当たりの地上部 Cs 含有量が高いヒユ科のアオゲイトウ、ヒモゲイトウ、タデ科のオオイヌタデを選定した。

(Fig. 1)。Sr の環境浄化用候補植物として、単位面積当たりの地上部 Sr 含有量が特異的に高いタデ科のオオイヌタデを選定した (Fig. 1)。I の環境浄化用候補植物として、単位面積当たりの地上部 I 含有量が特異的に高いタデ科のオオイヌタデを選定した (Fig. 1)。

単位面積当たりの Cs 及び Sr の収奪量はカキチシヤの中密度区、アマランサスの高密度区で高かった。I の収奪量ではアマランサスの中密度区や高密度区、ヒマワリ（サンリッチマンゴー50）の高密度区で高い値を示した。

降水による地上部への I 沈着が植物中 I 濃度に及ぼす影響は小さかった。

3.2. セシウム耐性関連遺伝子の単離・機能解析及び形質転換（遺伝子導入）植物の作製

Cs 耐性株 CsR33 の原因遺伝子（cpSRP54）の変異箇所は p-ループドメイン上にあり、生理上重要な機能が欠損している可能性が示唆された。また、CsR80 の原因遺伝子（HemA1）の変異箇所は t-RNA 結合及び NADP 結合ドメインの近傍にあった。

Cs 耐性変異株 CsR33 の Cs 吸収特性は野生株とほぼ同等であったが、Cs 耐性変異株 CsR80 の植物中 Cs 濃度は培地中の Cs 濃度が増加するに従い、野生株に対して 3 倍まで増加した。

Cs ストレス下でのクロロフィル減少は CsR33、CsR80 いずれにおいても観察された。また、CsR33 の活性酸素及び過酸化水素に対する耐性は野生株より低く、CsR80 は野生株と差異がなかった。

Cs 耐性株（CsR33, CsR80）及び野生株に Cs 輸送関連遺伝子（*AtCNGC17*）を過剰発現させた形質転換シロイヌナズナの作製に成功した。

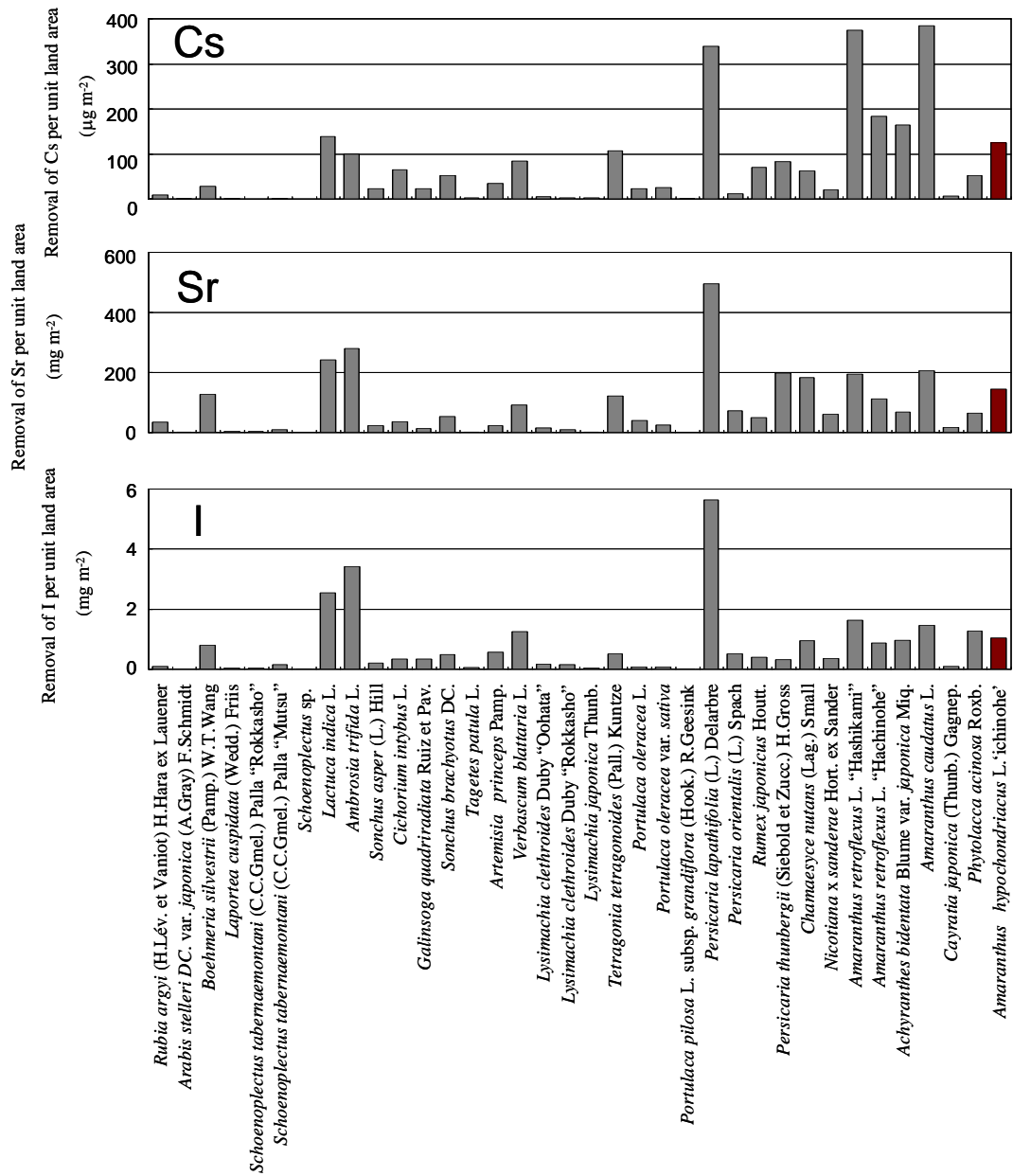


Fig. 1 Removal of Cs, Sr and I per unit land area in an experimental field