

## Cs を効率的に取り込む植物タンパク質を世界で初めて同定 —放射性セシウムで汚染された土壌を植物で浄化する手法の開発に前進—

ラーマン・アビドゥール

Rahman Abidur

伊藤 圭汰

Ito Keita

### 1. はじめに

土壌中には様々な物質が存在しているが、その中には人体に有害なカドミウム (Cd) やヒ素 (As) といった有害金属も含まれている。東電福島第一原子力発電所の事故によって放出された放射性セシウム ( $^{137}\text{Cs}$ ) も有害金属の1つである。これらの有害金属によって土壌が汚染されると、食物連鎖を通して人体に蓄積されてしまうため、様々な病気の原因になることが分かっている<sup>1, 2)</sup>。土壌汚染問題を解決する様々な取組みがこれまでに試されてきている。土壌表面を削り取る方法や、大量のカリウム (K) を土壌に散布して植物にセシウム (Cs) を吸収させない方法等が実際に行われた例である<sup>3)</sup>。しかし、K 含有量を増加させる方法は、土壌の放射能汚染そのものは浄化しない。また剥ぎ取られた土壌は最終的には最終処分場へ運ばれるのであるが、場所は未だ決定していない。一方、8,000 Bq/kg 以下の土壌は再利用できることになっており、集めてきた汚染土壌の汚染度合いをできるだけ下げながら再利用を促す努力が肝要である。

そのため、土壌中の有害物質を浄化する新たな手法開発が高く求められている。 $^{137}\text{Cs}$  で汚染された土壌を浄化するために、ファイトレメディエーションという手法に注目した。これは、土壌汚染地域で特定の植物 (ファイト) を成長させながら有害物質を植物に吸収・蓄積させ、その植物を除去することで土壌汚染を浄化 (レメディエーション) する方法である。この手法の利点は、従来法と異なり、土壌環境を大きく変化させずに汚染土壌の浄化ができる

ことである。ただし、Cs は K と同じ化学的性質を持ち、K 輸送体によって輸送されるため<sup>4, 5)</sup>、K 輸送体を使用して土壌から  $^{137}\text{Cs}$  を除去することは困難である。なぜなら、このアプローチでは、植物による K の取込みが増加するため、土壌が K 枯渇状態となり、植物が生育できなくなるためである。この課題を克服するために、筆者らは、K 非依存的に Cs を輸送するタンパク質を植物体内から見つけ出す必要があると考えた。

### 2. ABC タンパク質 ABCG33 と ABCG37 の Cs 輸送への関与

筆者らは、過去の研究で有害金属である Cd や As を輸送することが明らかになっている ABC タンパク質に着目し、モデル植物であるシロイヌナズナを用いてスクリーニングを行った。その結果、ABCG33 と ABCG37 の2つの ABC タンパク質が Cs の輸送に関与していることが明らかになった (図 1)。

次に、この2つの ABC タンパク質の Cs に対する機能を明らかにするため、 $^{137}\text{Cs}$  を利用して、*abcg33abcg37* 二重欠損変異体を用いて  $^{137}\text{Cs}$  吸収能力を詳細に調べた。この結果から、ABCG33 と ABCG37 は Cs を取り込むタンパク質として植物体内で機能していることが明らかになった。また、この変異体の K に対する反応は野生型と同様であったことから、ABCG33 と ABCG37 が K の取込みに影響しない、Cs 取込みタンパク質であるということが示唆された (図 2)。

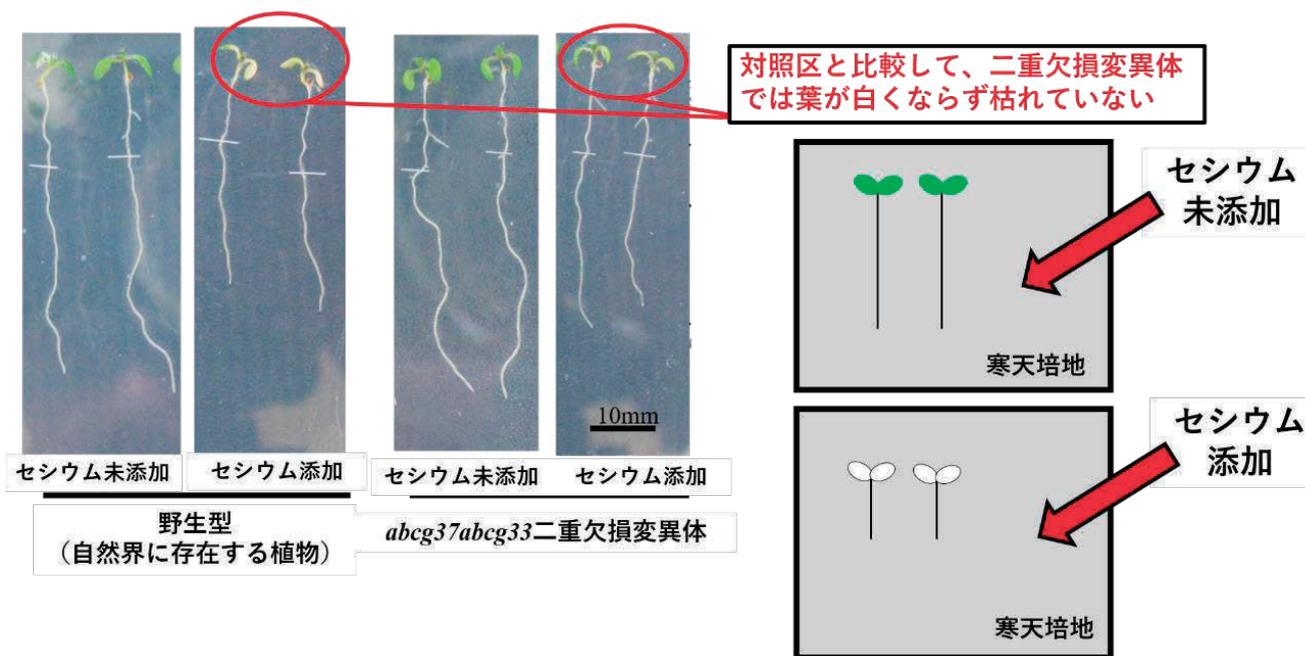


図1 シロイヌナズナを用いたスクリーニング実験

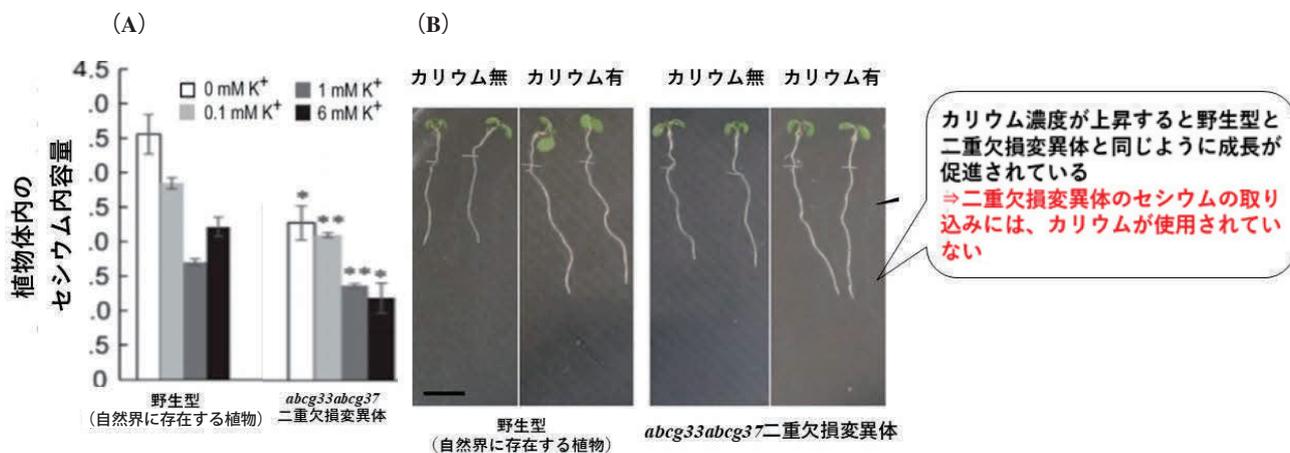


図2 (A)シロイヌナズナの  $^{137}\text{Cs}$  吸収試験 (B) Kの有無による *abgc33abgc37* 二重欠損変異体の生長比較実験

### 3. 酵母菌を使った ABCG33, ABCG37 の機能の同定

ABCG33 と ABCG37 が K 非依存性の Cs 取込みタンパク質であるかを検証するために、筆者らは、更に、ABCG33 と ABCG37 を酵母菌 (*Saccharomyces cerevisiae*) で発現させ、 $^{137}\text{Cs}$  の吸収実験を行った。その結果、ABCG33 と ABCG37 を発現させた酵母

菌では、発現させなかったものよりも  $^{137}\text{Cs}$  吸収量が増加することを確認した (図3)。

更に、K 輸送体として知られていた2つのタンパク質 TRK1 と TRK2 を発現しない酵母変異菌に対して、ABCG33 と ABCG37, シロイヌナズナの K 輸送体 (AtAKT1) をそれぞれ発現させる処置を施し、様々な K 濃度に対する酵母変異菌の反応を観察し

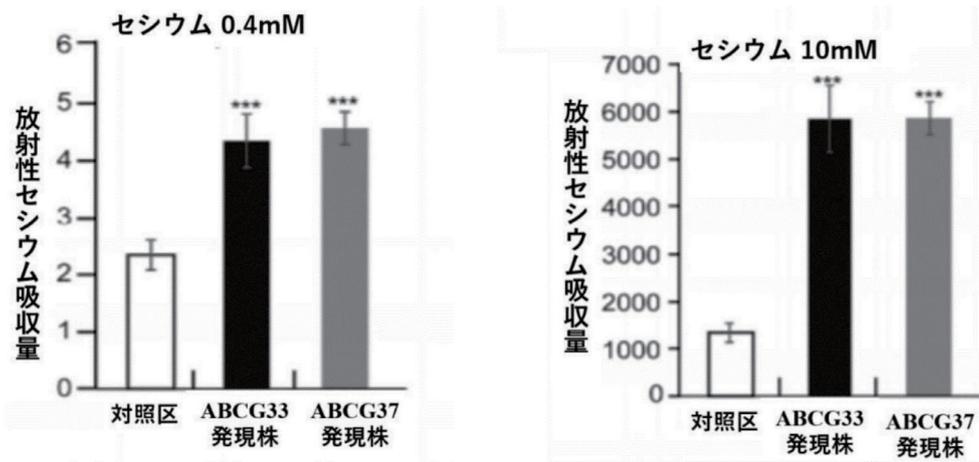


図3 酵母菌を用いた ABCG33, ABCG37 の機能解析実験

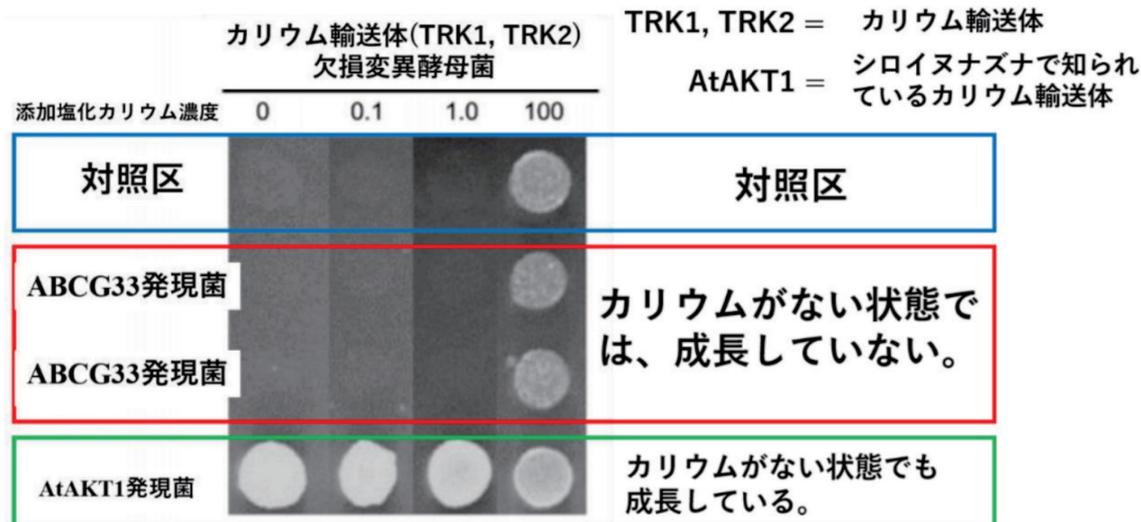


図4 酵母菌を用いた K 反応実験

た。その結果、ABCG33 と ABCG37 を発現させた酵母変異菌は、K 非存在下で成長することが出来なかった。一方、K 輸送体を発現させた酵母変異菌は成長できることが判明した (図4)。以上の結果により、ABCG33 と ABCG37 が K 輸送には関与しない Cs 取込みタンパク質であることが分かった。

#### 本研究成果のポイント

- ① K の輸送に影響しない Cs 取込み植物タンパク質、ABCG33・ABCG37 を発見
- ② ABCG33 と ABCG37 を高発現した酵母は Cs 取込み量が増加することを立証
- ③ ABCG33 と ABCG37 を過剰発現させた植物は、<sup>137</sup>Cs 汚染土壌のファイトレメディエーション法

の実現に活用できると期待

## 4. おわりに

本研究では、植物において K 非依存性 Cs 輸送経路を解明し、その輸送に関わる K 非依存性 Cs 取込みタンパク質、ABCG33 と ABCG37 を発見した。すなわち、土壌中から植物体内に Cs を吸収する新たな機構が明らかとなったということである (図5)。ABCG33 と ABCG37 やその相同遺伝子をファイトレメディエーションに利用可能とされる植物で過剰発現させることができれば、Cs をより効果的に吸収する植物を創出できると考えられる。今後は、Cs を含む有害金属除去に焦点を置いて、新たなファイトレ

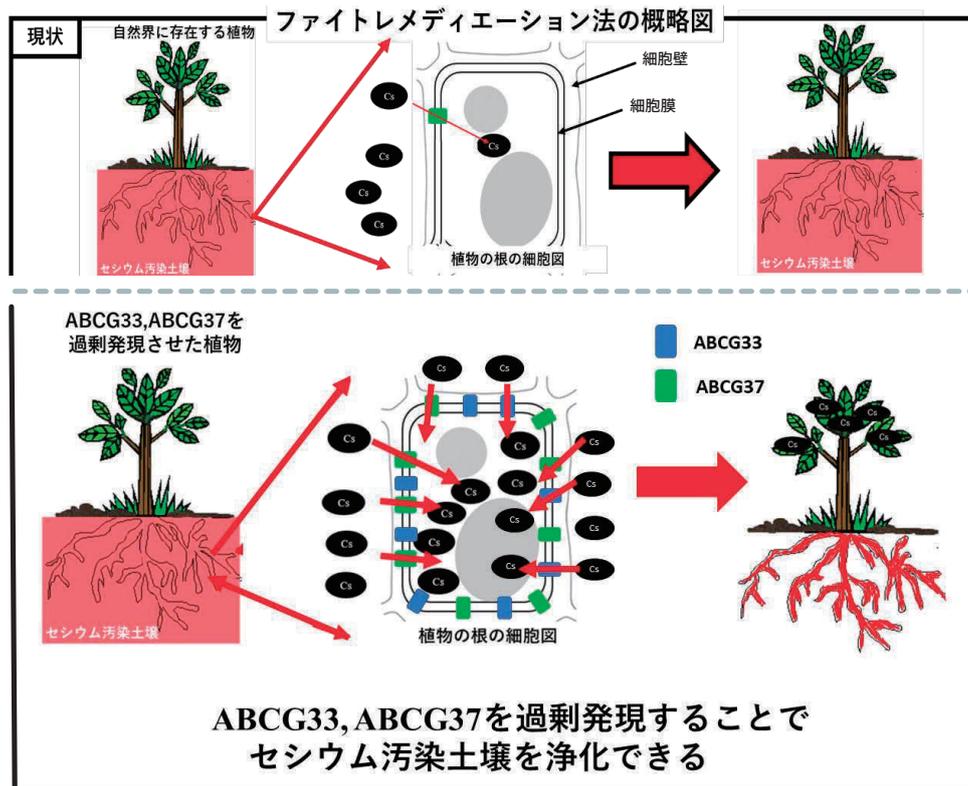


図5 研究成果の概要図

メデイエーション系の確立を目指した応用研究も進めたいと考えている。

#### 参考文献

- 1) White, *et al.*, *New Phytologist*, **147**, 241-256 (2000)
- 2) Kinoshita, *et al.*, *PNAS*, **108**, 19526-19529 (2011)

- 3) Zhu and Smolders, *J. Exp. Bot.*, **51**, 1635-1645 (2000)
- 4) Collander, *Plant Physiol.*, **16**, 691 (1941)
- 5) Shaw and Bell, *J. Environ. Radioact.*, **13**, 283-296(1991)

(岩手大学農学部 植物ホルモン生物学研究室 / 次世代アグリイノベーション研究センター)