

放射性セシウムを効率的に除去できるフ ァイトレメディエーション(植物修復)法

岩手大学 農学部 植物生命科学科
准教授 アビドゥール ラーマン

2022年3月3日

Fact Check



植物と作物は私たちの食糧供給の80%と私たちが呼吸する酸素の98%を提供する(FAO, 2019)。



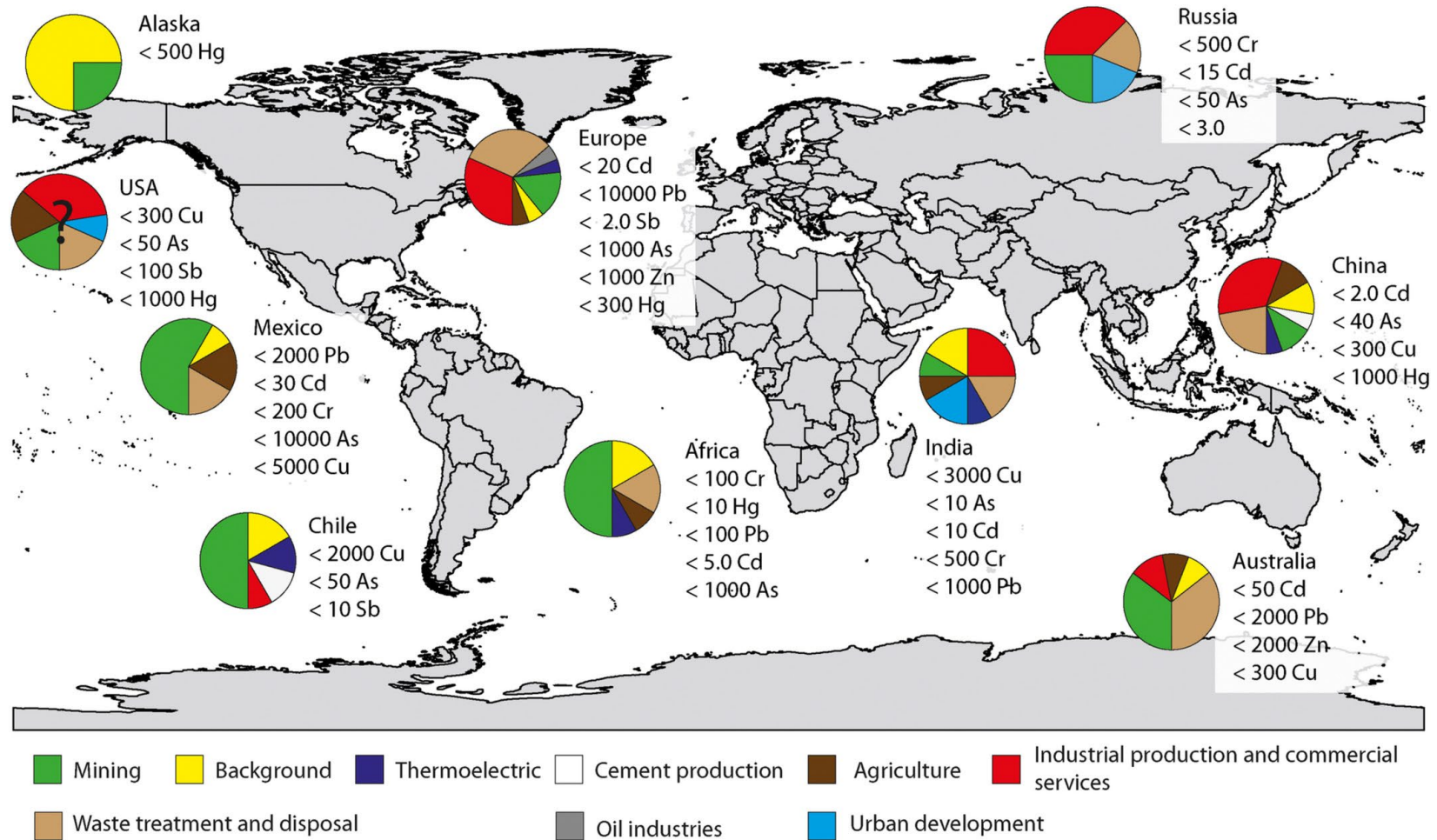
2050年までに、世界の人口は約34%増加し97億人になるが、潜在的な耕作可能面積はわずか約5%しか増加しない(FAO; www.fao.org)。



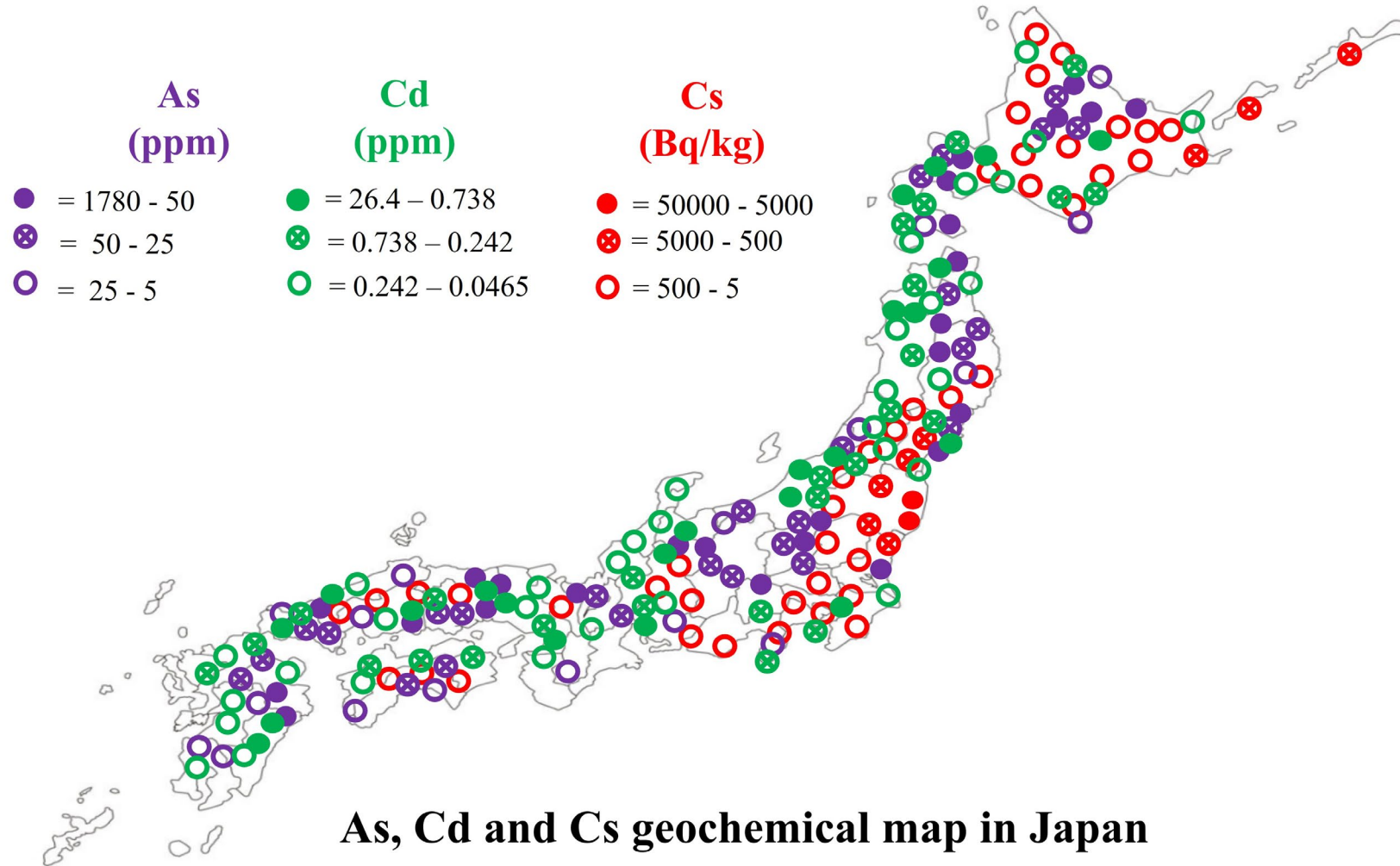
土壌汚染は、食料安全保障にとってもう1つの大きな脅威である。地球の土壌の33パーセントが汚染されている(FAO and UNEP, 2021)。



世界中の土壌汚染

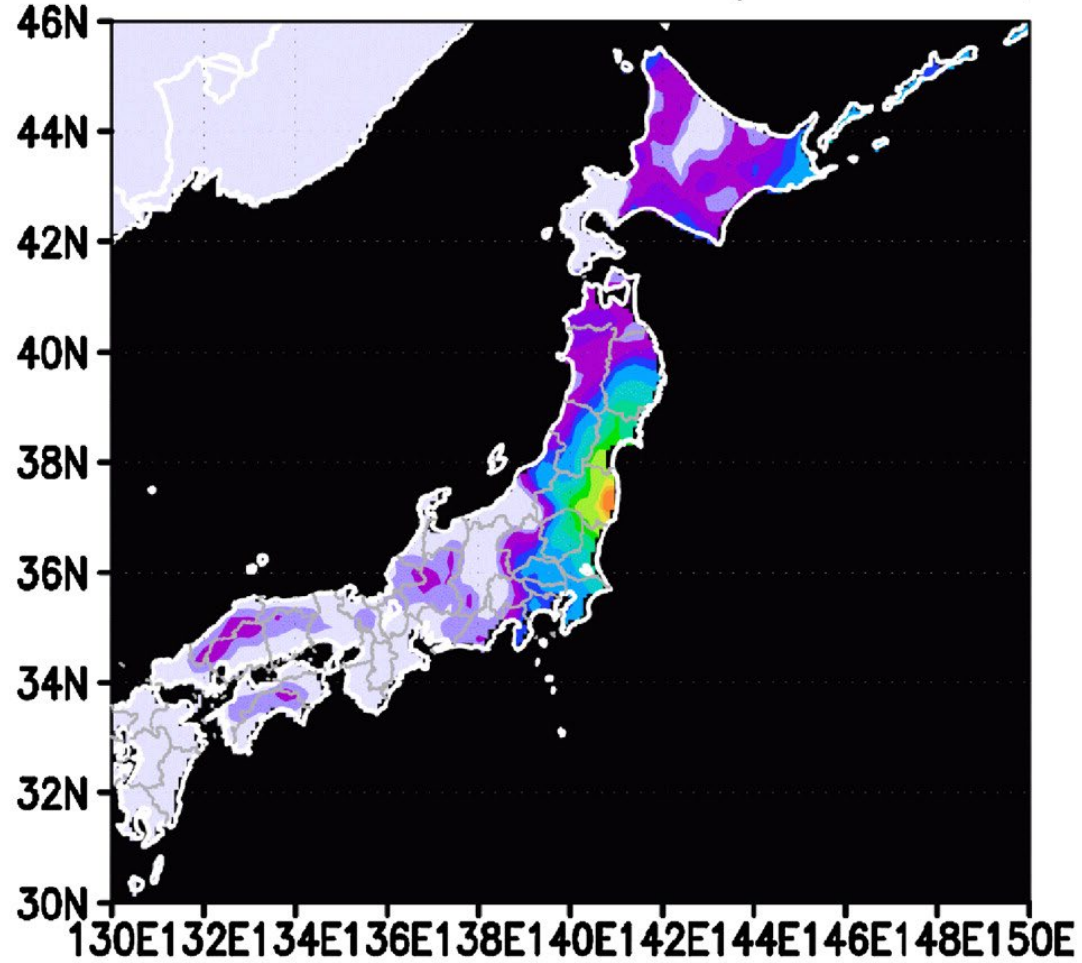


日本の土壌汚染状況



土壌中のセシウム濃度

Estimated Cs137 concentration in soil (DRT = 0.001; CC = 53)



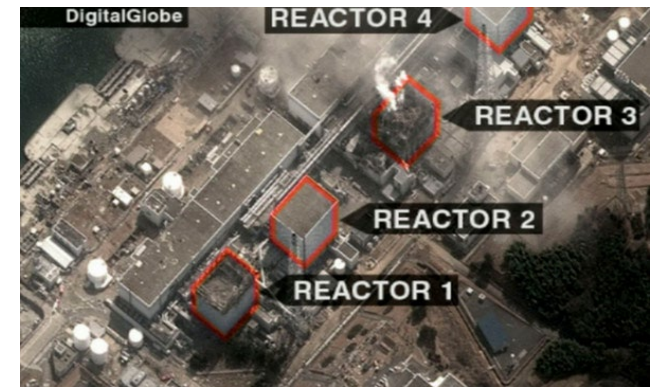
(Bq kg⁻¹)

Teppei J. Yasunari et al. PNAS 2011;108:49:19530-19534



セシウムとは？

セシウムは下記の3種類存在する。



^{133}Cs → 安定同位体

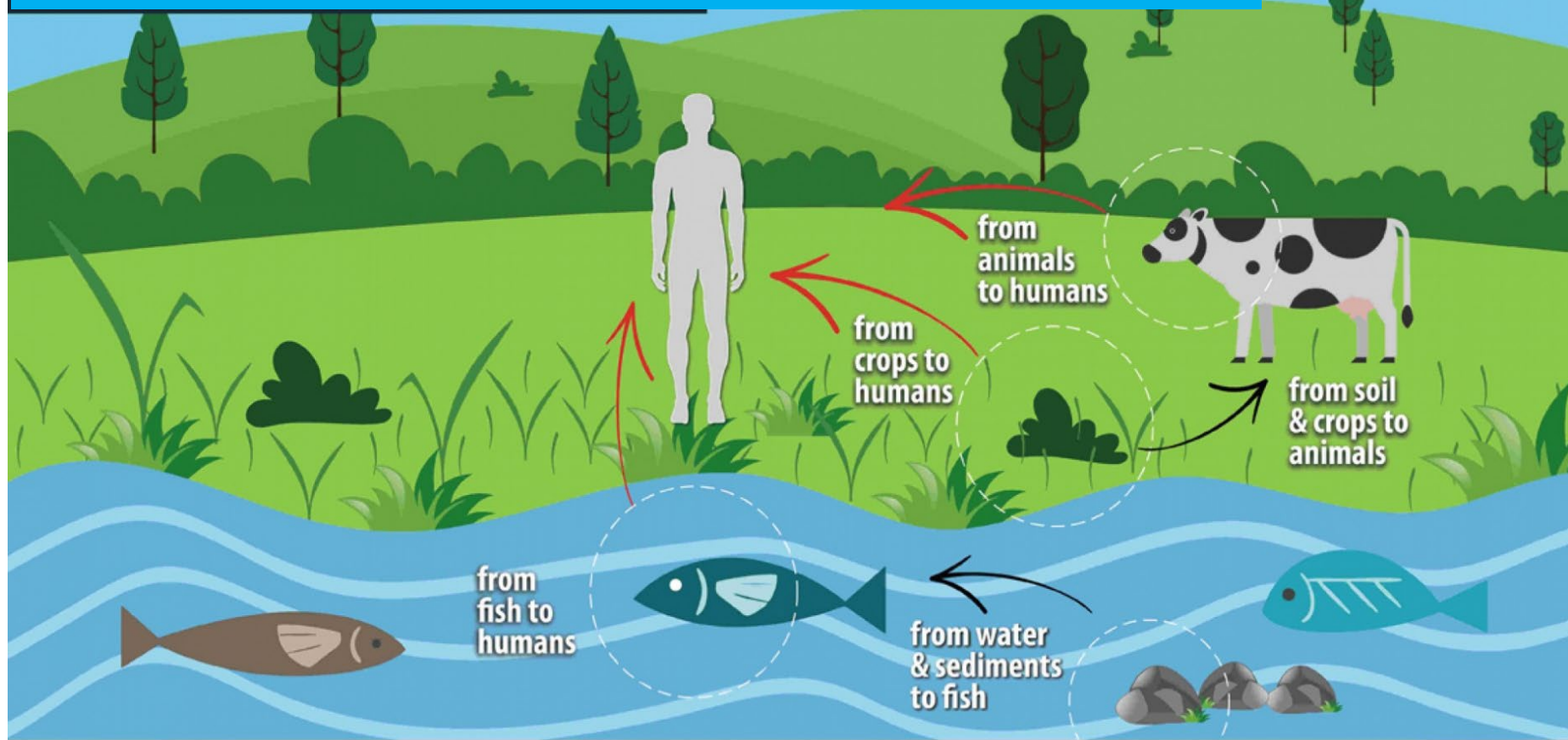
^{134}Cs → 放射性同位体（半減期：2年）

^{137}Cs → 放射性同位体（半減期：30年）

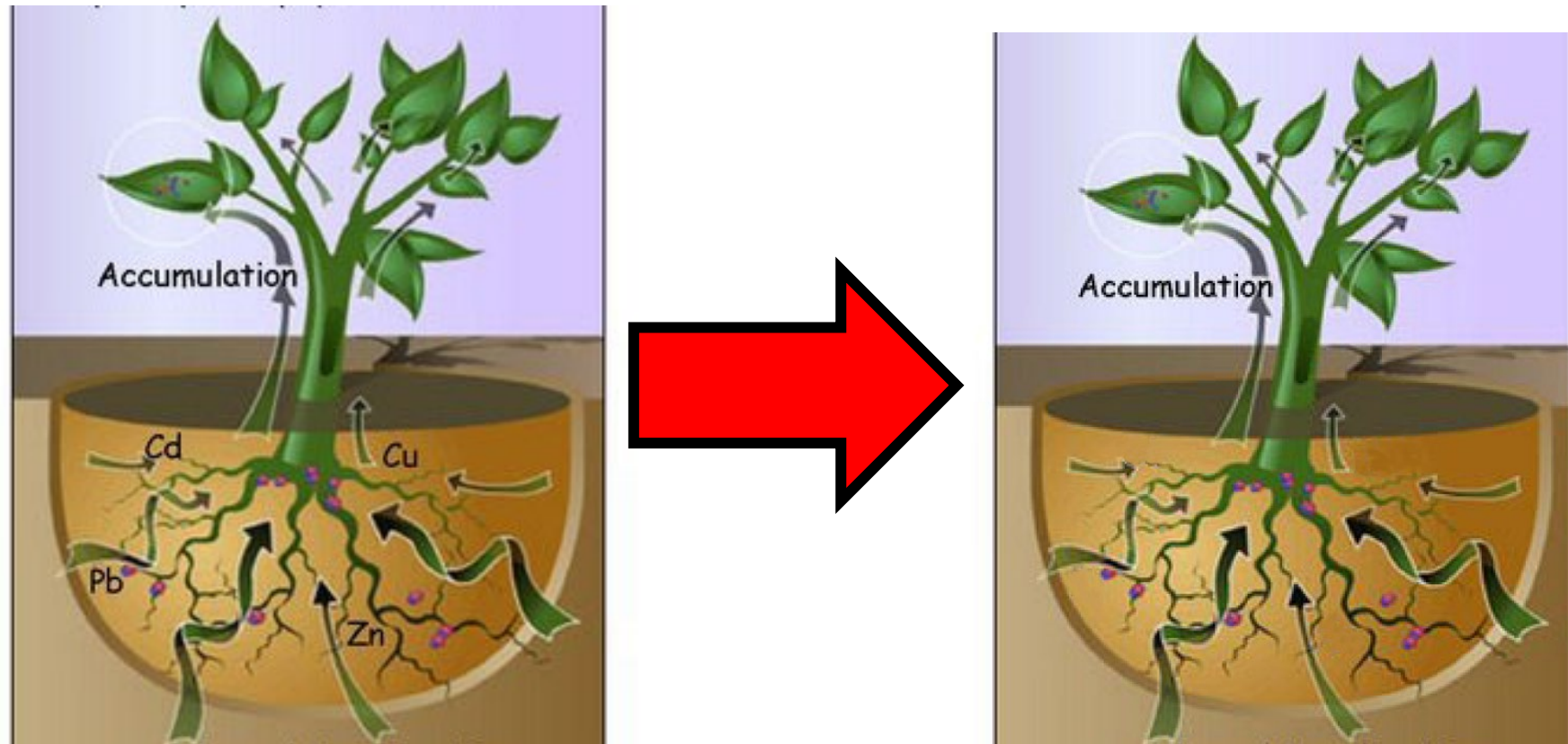
* Cs = セシウム

* 半減期 = 放射性物質が持っている放射線を出す能力が半分になる期間。

食物連鎖により、放射性セシウムは様々な生物に
拡がり悪影響を及ぼす。



ファイトレメディエーションとは？



『ファイトレメディエーション』とは、上図のように特定の植物を成長させながら、その体内に吸収・蓄積させていく。その後、その植物を除去することで土壤中の汚染物質を浄化する方法

この技術の利点



天然資源を利用した技術



環境にやさしい



SDGsと環境炭素削減をサポートする技術

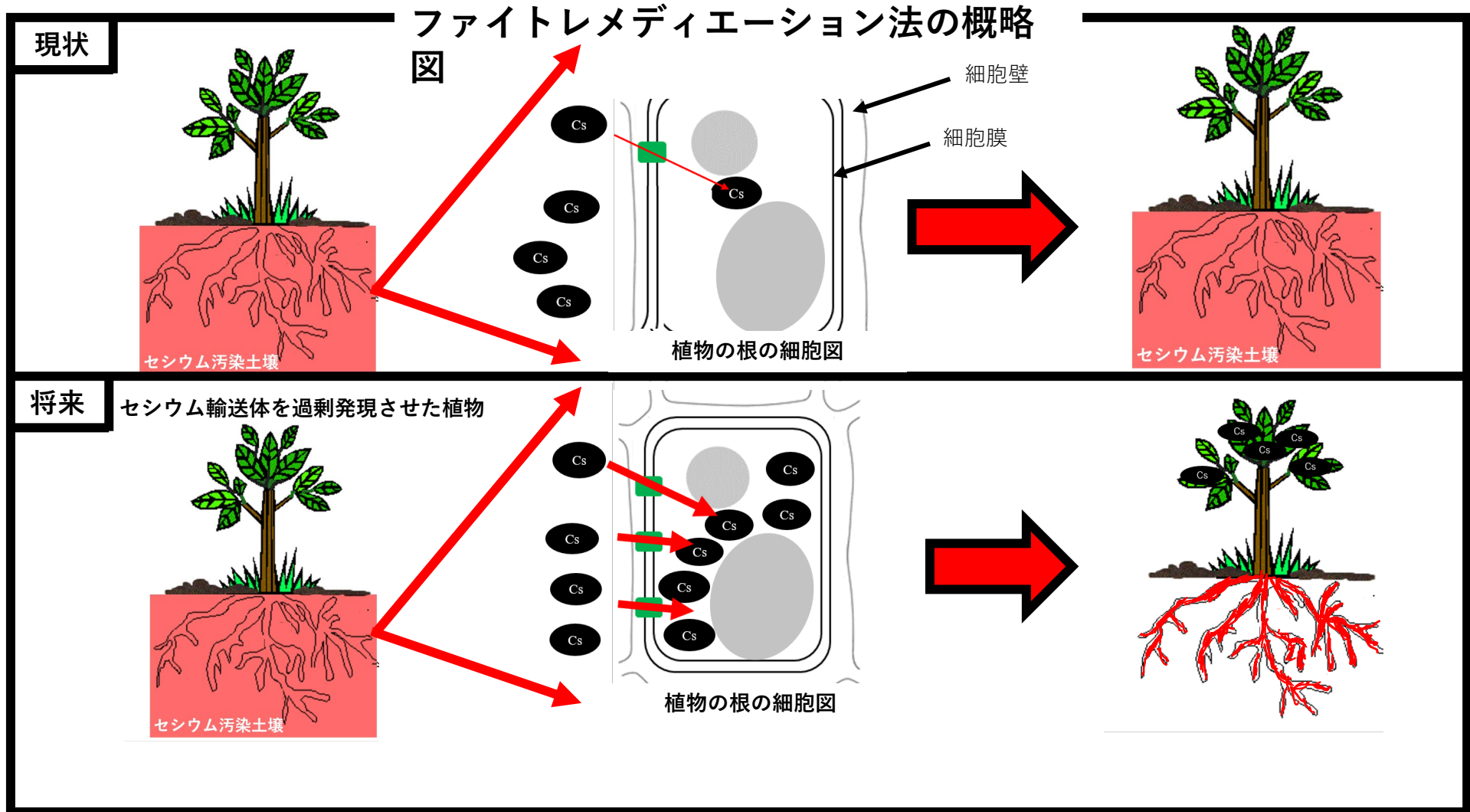


低コストの技術



炭素トレードオフのための良いプロジェクト
かもしれません



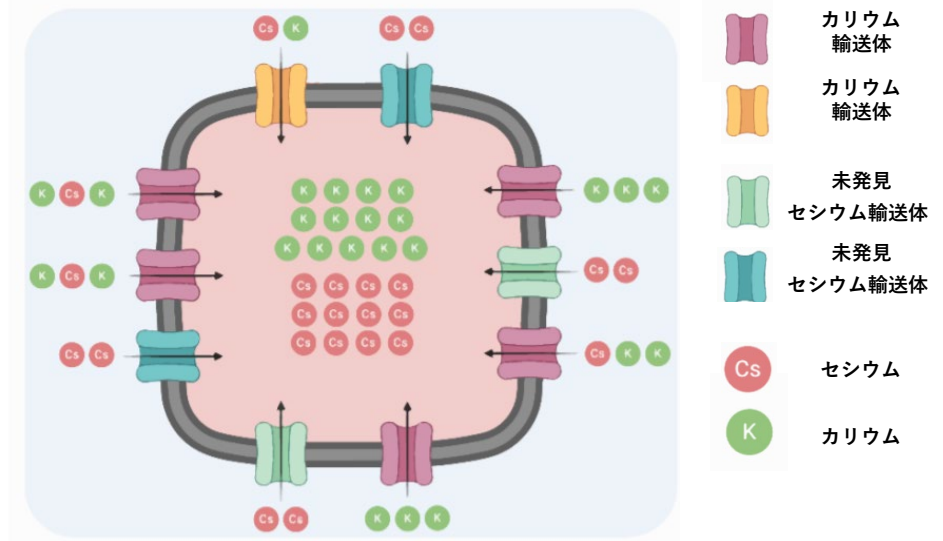


セシウム取り込みタンパク質がカリウム非依存性である必要性

元素周期表

1 H																	2 He	
3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne	
11 Na	12 Mg											13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar	
19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr	
37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe	
55 Cs	56 Ba	57-71 La-Lu	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn	
87 Fr	88 Ra	89-103 Ac-Lr	104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Ds	111 Rg	112 Cn	113 Nh	114 Fl	115 Mc	116 Lv	117 Ts	118 Og	
		57 La	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu		
		89 Ac	90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr		

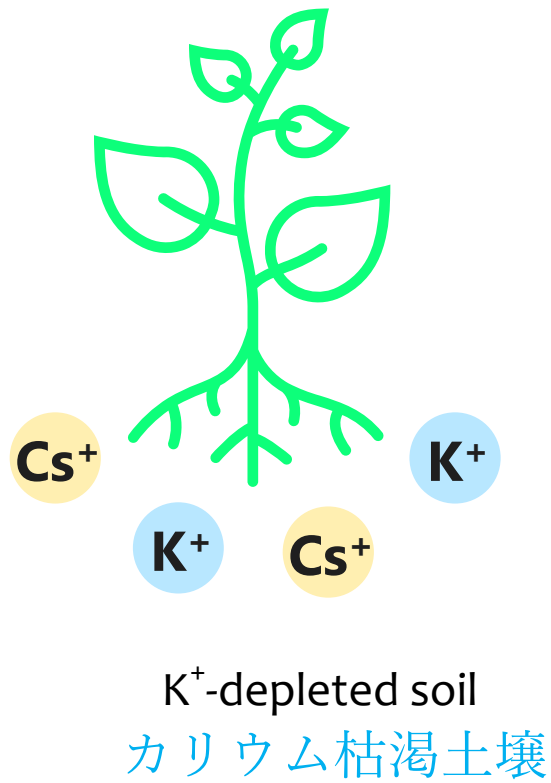
セシウム輸送モデル



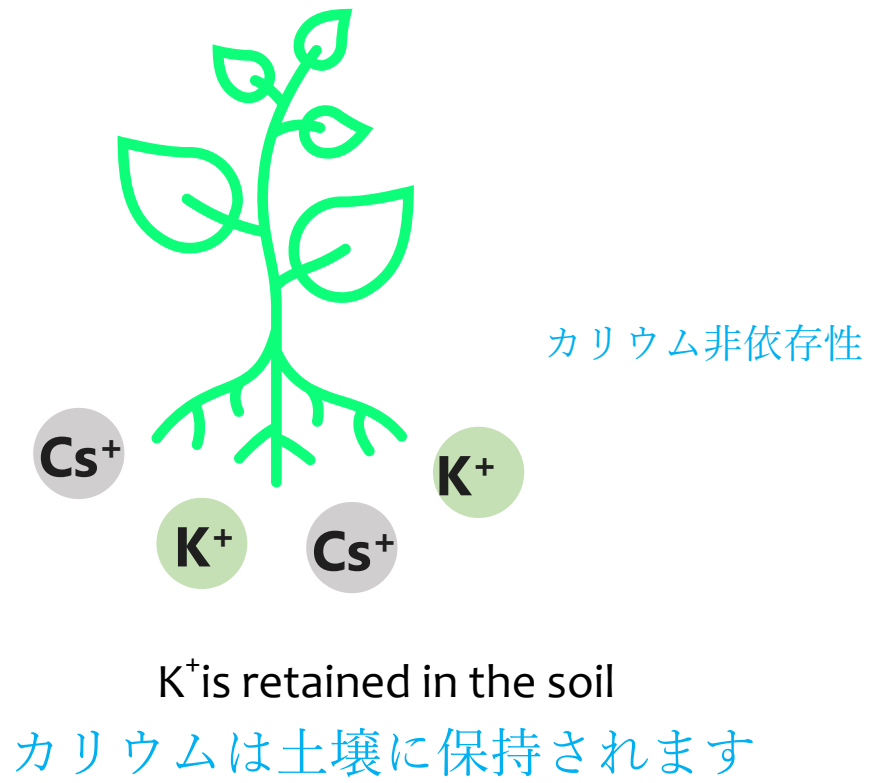
⇒ カリウム非依存性のセシウム輸送タンパク質を見つける必要がある。



セシウムはカリウムトランスポーターに取り込まれます



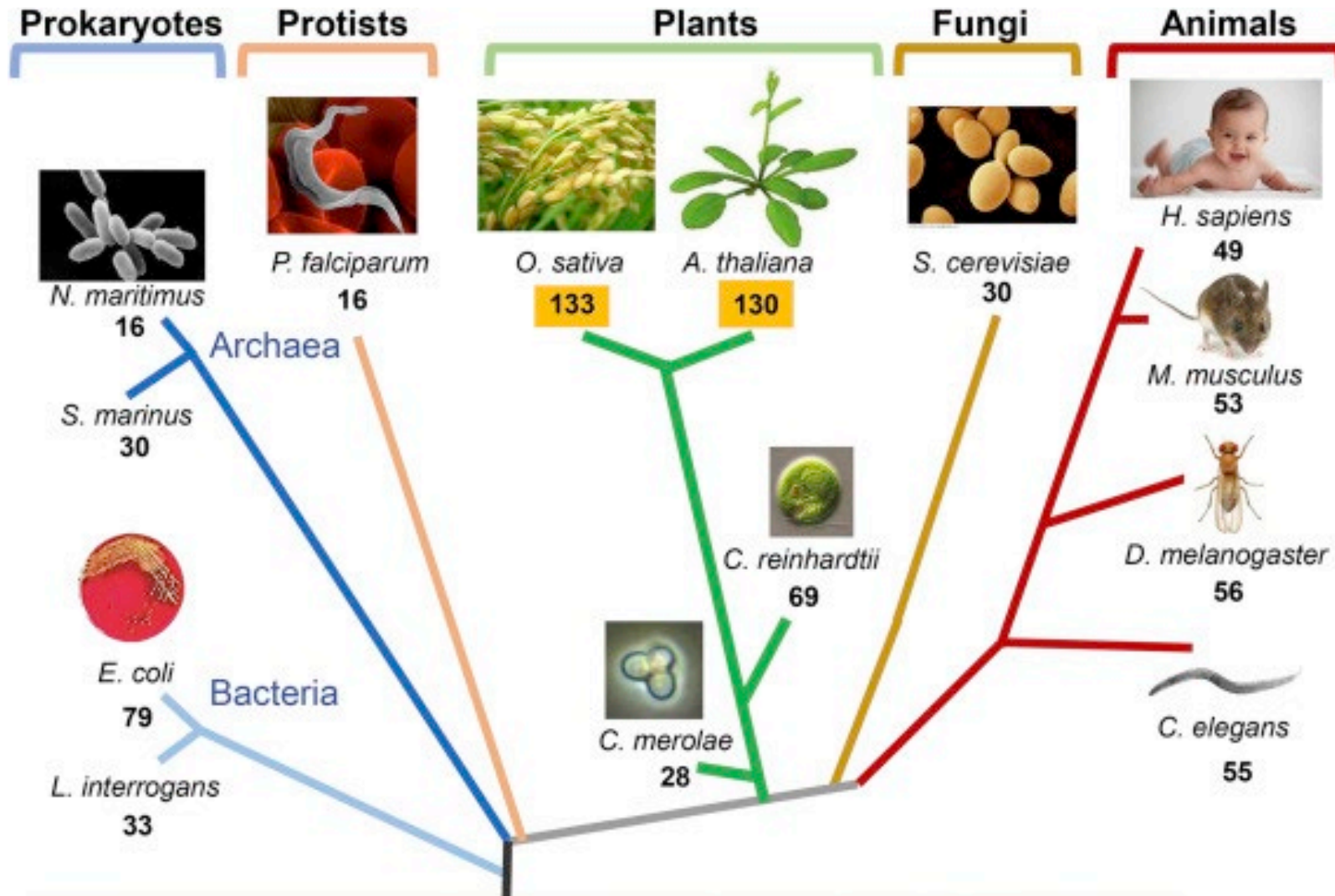
農業ができません



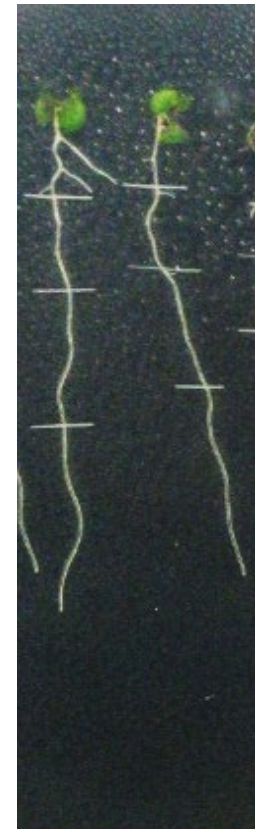
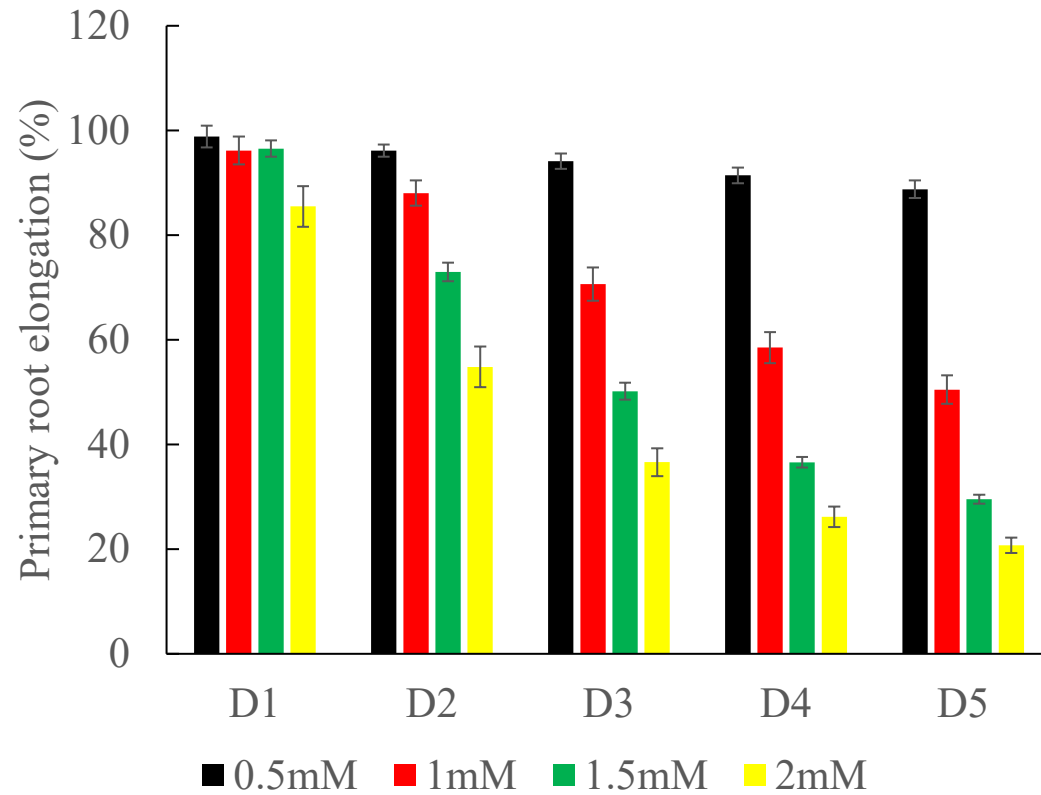
農業ができます



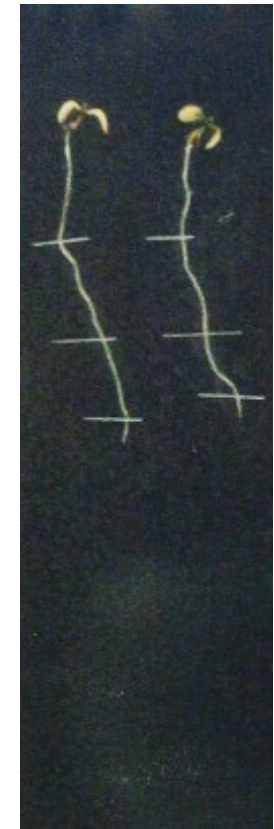
ABCタンパク質ファミリー



セシウムに対するシロイヌナズナ変異体スクリーニング

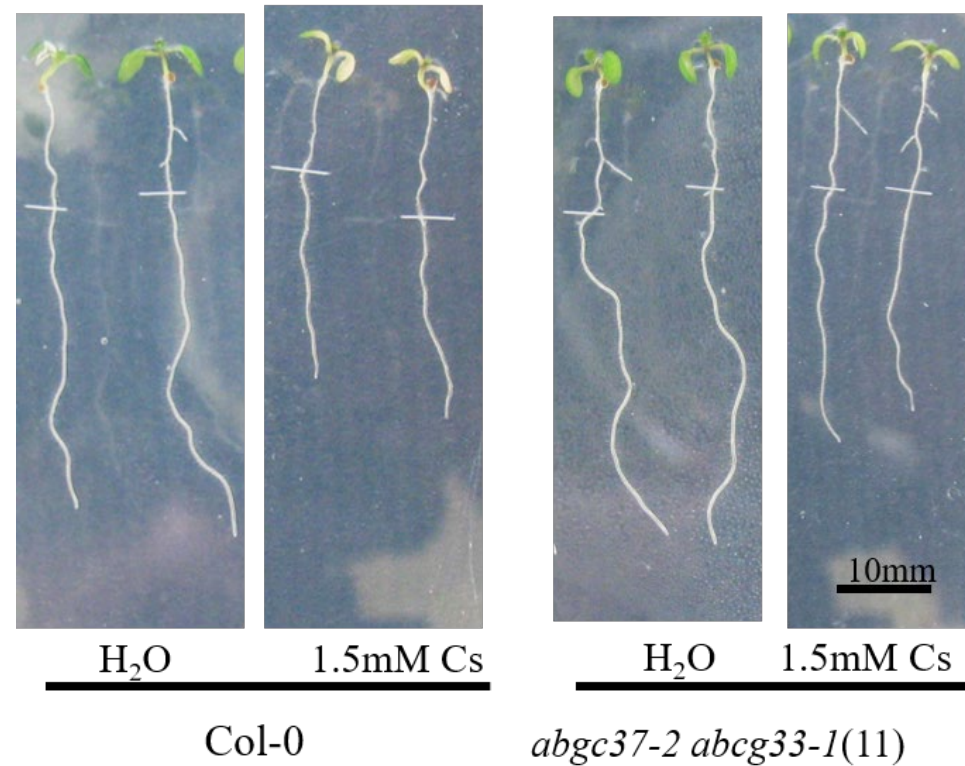


H₂O

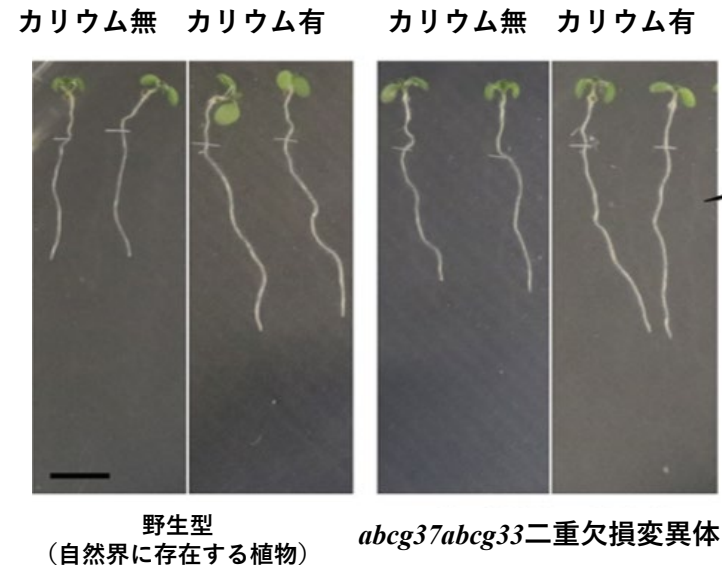
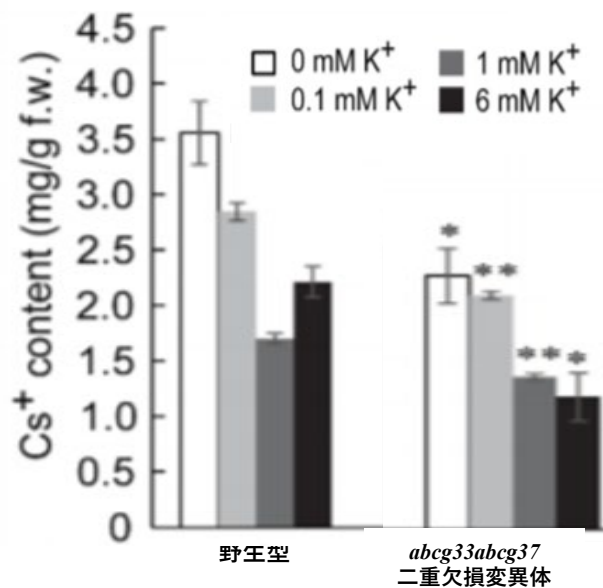


Cs

ABCG33, ABCG37がセシウム輸送に関わっている可能性を示唆



ABCG33, ABCG37はカリウム非依存性セシウム取り込みタンパク質である

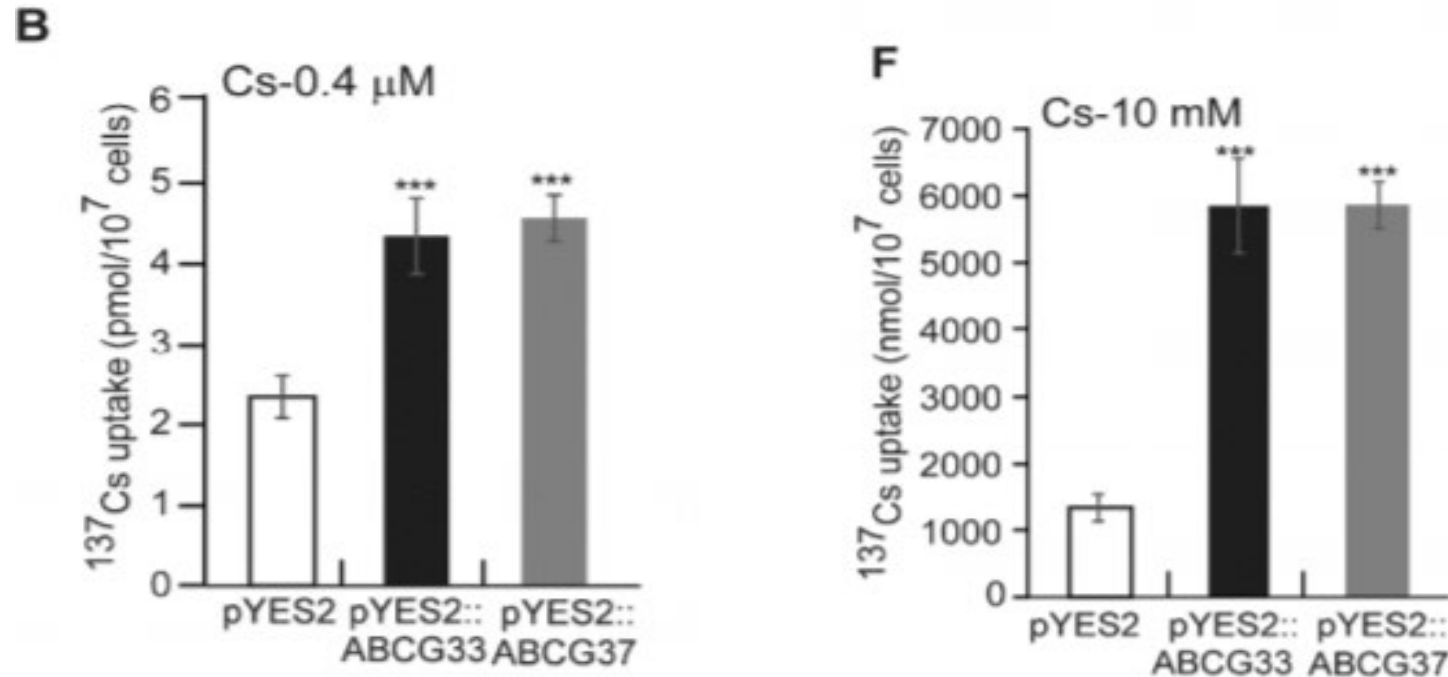


abcg33abcg37 二重欠損変異体は、カリウムの濃度に関係なく、セシウム取り込み量が減少している。



ABCG33とABCG37はカリウム非依存性セシウム取り込みタンパク質である。

ABCG33, ABCG37を発現させた酵母でのセシウム取り込み実験



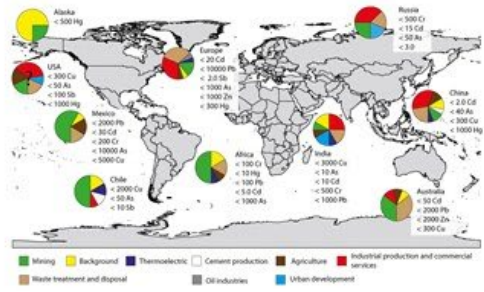
ABCG33とABCG37を発現させた酵母菌の実験では、セシウム取り込み量が増加しており、ABCG33、ABCG37がセシウム取り込みタンパク質であることを証明している。

まとめ

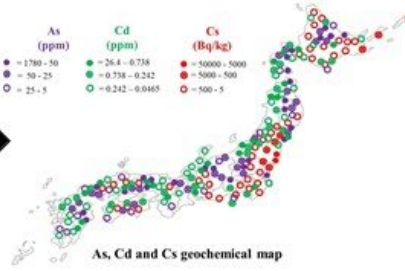
セシウムを効率的に取り込む植物タンパク質を 世界で初めて同定

これらのトランスポーターは、放射性セシウムで汚染された土壌を浄化するためのファイトレメディエーション技術を開発するために使用できる

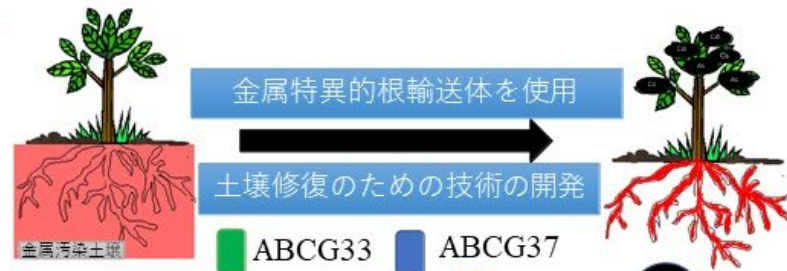
今後の展望



2
土壤汚染



ABCG33およびABCG37を、カリウムに依存しないセシウム効率トランスポーターとして世界で初めて特定に成功



モデル植物シロイヌナズナを使用してAsおよびCdの新しいトランスポーターを特定する



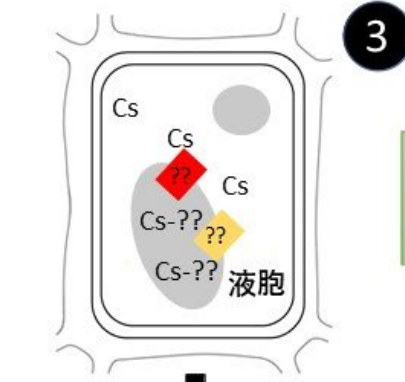
放射性AsおよびCdを用いた植物取り込みアッセイ

高濃度のAsまたはCdに耐性のある変異体、標的タンパク質の同定

酵母システムを使用して、選択したタンパク質の取り込み特性を確認

選択されたタンパク質の過剰発現、過剰発現された植物内のAs、Cd含有量の測定

セシウムの解毒メカニズムの特定



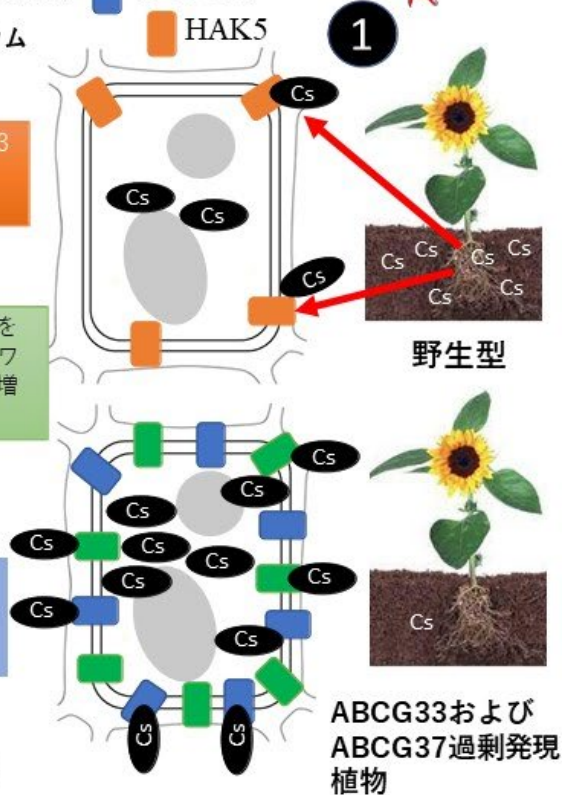
液胞特異的Csトランスポーターの同定
セシウム抱合経路の同定

ヒマワリにABCG33とABCG37の過剰発現

放射性Cs取り込みアッセイを用いて、形質転換されたヒマワリにおけるCsの取り込みの増加を確認

野外試験、植物および土壌内のCsの測定

除染された土壌






この技術の現状

アメリカとヨーロッパでは、主にラボ規模で、場合によってはフィールドトライアルが実施されている

日本では、ハイブリッドライスを使用して土壌からCdを除去するためのいくつかの努力がなされている

この技術はまだ市販されていない

この技術の将来の展望

-  ファイトレメディエーション技術は、世界中で大きな将来性を持っている
-  ゲノム編集技術を使用して、特定の金属を何倍も吸収できるスーパープラントを作ることが可能
-  これらの植物の商業化には、企業との実地試験を行うことが必要である

本技術に関する知的財産権

- 発明の名称 : 土壌中の放射性セシウムの除染に必要な成分の特定
- 出願番号 : 特願2021-168047
- 出願人 : 国立大学法人岩手大学
国立大学法人島根大学
- 発明者 : アビドゥールラーマン、
秋廣高志、田野井慶太郎

お問い合わせ先

岩手大学 研究支援・産学連携センター
知的財産ユニット

TEL : 019-621-6494

FAX : 019-604-5036

e-mail: iptt@iwate-u.ac.jp