



## 植物を使って環境中の有害重金属を検出・定量するしくみの開発に成功！

**概要**  
九州大学大学院農学研究院の丸山明子准教授は、植物を利用して環境中のセレン酸（※1）・クロム酸（※2）を検出するしくみを開発しました。セレン（Se）およびクロム（Cr）は、人間の必須栄養素である一方、環境中に多量に存在すると有害な重金属です。このため、これらの元素には環境基準値が設けられていますが、その分析には高価な機器や技術が必要でした。今回開発されたしくみにより、環境中の有害重金属を安価かつ簡便に検出することが可能になります。本研究成果は、2016年3月7日（月）に、国際学術雑誌『Soil Science & Plant Nutrition』にオンライン掲載されました。

### ■背景

セレンおよびクロムは、土壌中や水系では、それぞれセレン酸 ( $\text{SeO}_4^{2-}$ )、クロム酸 ( $\text{CrO}_4^{2-}$ ) として存在しており、どちらも硫酸イオン ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) と構造が類似しています。一方、硫酸イオンに含まれる硫黄（※3）は、アミノ酸やタンパク質などの基になる、植物の成長に必須な栄養素の一つです。硫酸イオンを植物体内に取り込むためには、硫酸イオン輸送体（※4）というタンパク質が必要となり、その硫酸イオン輸送体の遺伝子発現（※5）は、環境中の硫酸イオン量が少なくなると上昇します。セレン酸・クロム酸は、硫酸イオンと構造が類似しているため、同じように硫酸イオン輸送体によって植物の体内に取り込まれますが、この時、硫酸イオンの取り込みを阻害します。そのため、硫酸イオン輸送体の遺伝子発現は、セレン酸やクロム酸の存在によっても上昇します。

丸山准教授は今回、このように植物が栄養素を取り込むメカニズムに注目して、環境中のセレン、クロムを検出・定量するしくみの開発に取り組みました。

### ■内容

本研究では、形質転換シロイヌナズナ（※6）を用いて、セレン酸・クロム酸の検出と定量を行いました。これまでの研究から、硫酸イオン輸送体  $\text{SULTR1;2}$  の遺伝子上流域（※7）および  $\text{SULTR2;1}$  の遺伝子下流域（※8）が硫黄の少ない時の遺伝子発現を上昇させることが知られていました。そこで、これらの遺伝子発現調節領域（※9）をレポーター遺伝子（※10）である GFP（※11）と組み合わせ、植物体内で発現させました。この植物は、硫黄が少ない環境で GFP を強く発現しました。また、培地中のセレン酸量に応じて GFP を蓄積しました（図1）。クロム酸についても同様の結果が得られました。セレン酸・クロム酸の検出感度はそれぞれ  $1 \mu\text{mol L}^{-1}$ 、 $3 \mu\text{mol L}^{-1}$  でした。

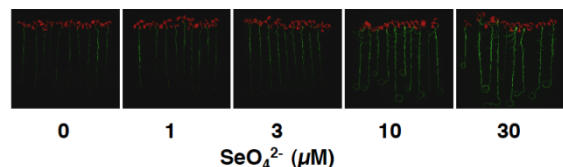
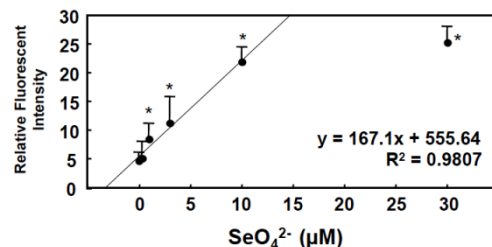


図1（右図）  
セレン酸を含む培地で  $\text{SULTR1;2}$  の遺伝子上流域、GFP、 $\text{SULTR2;1}$  の遺伝子下流域の組み換え遺伝子をもつ植物を育てた。GFPの蓄積の様子（上）と GFP 蛍光を定量化したグラフ（下）を示す。GFPによりセレン酸の検出・定量が可能である事が分かる。



### ■効果・今後の展開

本研究成果により、環境中の有害重金属を、既存の機器分析手法に比べて安価かつ簡便に検出することが可能になります。しかし、セレン・クロムの環境基準値は、それぞれ飲料水中で1リットルあたり0.01 mg、0.05 mgと定められており、セレン酸・クロム酸のモル濃度（※12）にすると、それぞれ  $0.13 \mu\text{mol L}^{-1}$ 、 $0.96 \mu\text{mol L}^{-1}$  に相当します。つまり、環境基準値レベルのセレン酸・クロム酸を検出するには、10倍以上感度を高める必要があります。

今後は、この成果をモデルとし、レポーター遺伝子や遺伝子発現調節領域を改良することで、より高感度で使用しやすいしくみを開発できることが期待されます。また、他の有害物質についても同様の取組が可能です。

## ■研究について

本研究成果は、日本学術振興会科学研究費補助金 基盤研究 (B)「硫黄応答欠損変異株と情報伝達因子間相互作用で紐解く硫黄同化・代謝の制御機構」、および日本学術振興会科学研究費補助金 基盤研究 (B) (特設分野研究)「微生物・植物の硫黄代謝改変による有用物質生産・作物生産改善」(代表:大津直子)の支援により得られました。

## ■発表雑誌

雑誌名: Soil Science & Plant Nutrition

論文タイトル: Combinatorial use of sulfur-responsive regions of sulfate transporters provides a highly sensitive plant-based system for detecting selenate and chromate in the environment

著者: Akiko Maruyama-Nakashita

## ■用語解説

- (※1) セレン: 原子番号 34 の元素。元素記号は Se。動物では必須元素として知られる。
- (※2) クロム: 原子番号 24 の元素。元素記号は Cr。動物では必須元素として知られる。
- (※3) 硫黄: 原子番号 16 の元素。元素記号は S。動植物ともに、必須元素として知られる。
- (※4) 硫酸イオン輸送体:  
生体膜を通して硫酸イオン ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) を運搬するタンパク質。通常、電荷を持つ化合物 (イオン) は生体膜を通過することがほとんどできない。このため、動植物は栄養として必要な各無機イオンに固有の輸送体を有している。
- (※5) 遺伝子発現:  
広義には、遺伝子の配列情報をもとにタンパク質が合成される過程を指す。狭義には遺伝子の配列情報がコピーされ、mRNA が合成される過程を指す。ここでは狭義の意味として使用している。
- (※6) シロイヌナズナ:  
学名は *Arabidopsis thaliana*。種子植物のモデル植物として、学術研究に用いられる。
- (※7) 遺伝子上流域:  
遺伝子発現調節領域 (※9) のうち、遺伝子の配列情報よりも前にある領域を遺伝子上流域と呼ぶ。
- (※8) 遺伝子下流域:  
遺伝子発現調節領域 (※9) のうち、遺伝子の配列情報がコピーされる方向にある領域を遺伝子下流域と呼ぶ。
- (※9) 遺伝子発現調節領域:  
タンパク質の合成に使われる配列を遺伝子と呼ぶ。遺伝子の周りには調節領域と呼ばれるタンパク質の合成に使われない領域が存在している。
- (※10) レポーター遺伝子:  
遺伝子発現量やタンパク質の存在場所を特定するのに使われる指標となる遺伝子。タンパク質として翻訳されると酵素活性をもつものや蛍光を発するものなどが利用される。
- (※11) GFP:  
Green Fluorescent Protein の略。オワンクラゲより単離された青色の光を照射することにより緑色の蛍光を発するタンパク質。
- (※12) モル濃度: 濃度を表す方式の 1 つ。単位体積溶液中に含まれる溶質の物質質量。

### 【お問い合わせ】

大学院農学研究院 准教授 丸山 明子 (まるやま あきこ)

電話: 092-642-2848

FAX: 092-642-2848

Mail: amaru@agr.kyushu-u.ac.jp