

## 栄養の少ない環境への植物の適応戦略：硫黄栄養の吸収を増やす仕組みを発見

### 概要

九州大学大学院農学研究院の丸山明子准教授らの研究グループは、ミシガン州立大学（米国）の高橋秀樹准教授、千葉大学の斉藤和季教授、東北大学の山谷知行特任教授らとの共同研究により、植物が硫黄栄養の少ない環境におかれた時に、硫酸塩（※1）の吸収に働く遺伝子を増やす新しい仕組みを明らかにしました。

本研究成果は、2015年4月8日（水）に、国際学術雑誌『The Plant Cell』にオンライン掲載されました。

### 背景

植物は環境中の無機イオン（※2）を体内に吸収し、体の中で有機物（タンパク質や炭水化物など）に変える力を持っています。つまり、植物の栄養は無機イオンであり、私たちのように有機物を食べなくても生きていくことができます。これに対して、私たち人間は、植物の作ってくれた有機物を食べないと生きていくことができません。植物は動けないので、環境中の無機イオン量が少ない時でもその吸収を維持する仕組みを発達させています。

無機イオンの一つである硫酸イオンも植物の成長に必須な栄養素の一つです。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ります。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です。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。このように、輸送体の遺伝子発現を上昇させることで、植物は硫酸イオンの少ない環境中でも、生きていくのに必要な硫酸イオンを得ることができます。硫酸イオン輸送体の一つ *SULTR2;1*（※6）の mRNA（※7）量は、環境中の硫酸イオンの減少に伴い、根で増加します。しかし、その仕組みや増加することによってどのような意味があるのかについては、不明のままでした。

本研究グループは、硫酸イオン輸送体の遺伝子発現が上昇する新しい仕組みを明らかにしました。植物の必須栄養素である硫黄の運搬、無機物から有機物を合成する同化の調節に関する新しい発見です。

### 内容

本研究グループは、*SULTR2;1* の mRNA 量の、硫酸イオンの減少に伴う増加が、その遺伝子下流域（※8）によって引き起こされることを見出しました（図1）。mRNA 量の増加に必要な配列を絞り込むことで、*SULTR2;1* の遺伝子下流域が硫酸イオンの少ない環境に応じた遺伝子発現を上昇させることを明らかにしました。この発現上昇が、硫酸イオンが少ない環境中での硫酸イオンの吸収や同化（無機物から有機物を合成する過程）が行われる地上部への輸送を助けることが分かりました。

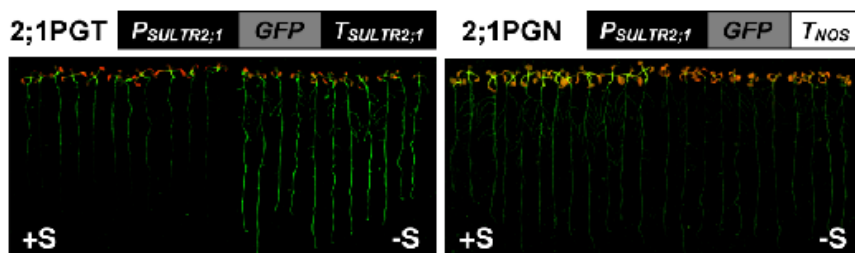


図1 *SULTR2;1* の遺伝子下流域をもつ植物（左）ともたない植物（右）を硫酸イオンを十分含む培地（+S）または不足した培地（-S）で育てた。遺伝子下流域をもつ植物では、遺伝子発現を示す GFP の蓄積が増している。

## ■効果・今後の展開

植物が硫酸イオンの減少に応答し、体内の硫酸イオン輸送を変化させる仕組みの一端が、遺伝子下流域による遺伝子発現の誘導に担われているということを明らかにしました。植物は硫酸イオンをもとにしてタンパク質やストレス耐性物質、人間にとっての有用成分を合成しています。この仕組みを利用することで、肥料が少なくてもよく育つ植物や私たちの体に良い成分を多く含む農作物を育成できることが期待されます。

今後は、遺伝子下流域を介した発現誘導(※9)の仕組み(どのようなタンパク質が働くのか、など)について、さらに明らかにしていきます。この遺伝子下流域を用いて、植物独自の遺伝子発現誘導系を開発することも可能です。遺伝子組換え作物は日本ではあまり受け入れられていませんが、植物由来の遺伝子を用いることで、安心感の高い遺伝子組換え作物が作れるのではないかと考えます。

## ■研究について

本研究成果は、文部科学省科学研究費補助金 新学術領域研究「植物環境突破力：大地環境変動に対する植物の生存・成長突破力の分子的統合解析」研究領域(課題番号：23119516)、および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」(課題番号：24380040)の支援により得られました。

## ■発表雑誌

雑誌名：The Plant Cell

論文タイトル：Sulfur-Responsive Elements in the 3'-Non-Transcribed Intergenic Region Are Essential for the Induction of *SULFATE TRANSPORTER 2;1* Gene Expression in Arabidopsis Roots under Sulfur Deficiency

著者：Akiko Maruyama-Nakashita, Akiko Watanabe-Takahashi, Eri Inoue, Tomoyuki Yamaya, Kazuki Saito and Hideki Takahashi

## ■用語解説

(※1) 硫酸塩：

硫酸イオン( $\text{SO}_4^{2-}$ )を含む無機化合物の総称。土壤中に存在する硫黄(S)の化学形態の多くを占めているため、植物が硫黄栄養として用いるのも主に硫酸イオンとなる。

(※2) 無機イオン：

単純な一部の炭素化合物と、炭素以外の元素で構成される化合物を無機化合物という。無機化合物が水溶液中で正(+)または負(-)の電荷を持つ形で解離している状態を無機イオンと呼ぶ。例えば、塩(NaCl)は水溶液中ではナトリウムイオン( $\text{Na}^+$ )と塩化物イオン( $\text{Cl}^-$ )とに解離している。

(※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) SULTR2;1：

硫酸イオン輸送体(Sulfate Transporter)はSULTRと呼ばれている。シロイヌナズナは12種のSULTRを持っており、アミノ酸配列の違いから4グループに分類されている。グループ1、2、3、4には、それぞれ、3種、2種、5種、2種のSULTRが属しており、グループ2のSULTRには、SULTR2;1、SULTR2;2がある。

(※7) mRNA :

遺伝子の配列情報をもとにアミノ酸がつなぎ合わされてタンパク質が合成される過程で、遺伝情報を伝達する役割を果たす物質。まず、遺伝子の配列情報がコピーされて mRNA が合成され、次に mRNA の配列をもとにタンパク質が合成される。伝令 RNA とも呼ばれる。

(※8) 遺伝子下流域 :

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。調節領域のうち、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) 発現誘導 :

遺伝子の配列情報がコピーされ、mRNA が合成される過程が、なんらかの刺激によって促進されること。mRNA の合成は、いつもどの細胞でも同じように起こるわけではなく、細胞の性質や生物のおかれた環境によって、mRNA が合成される速度や量が変化する。

【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