



PRESS RELEASE

岡山大学記者クラブ

文部科学記者会

科学記者会

御中

令和 8 年 6 月 24 日

岡 山 大 学

選択的にカドミウム集積を低下させる仕組みを発見！

◆発表のポイント

- ・塩基編集による変異誘発手法を用いて、イネの主要なカドミウム⁽¹⁾吸収輸送体⁽²⁾遺伝子である *OsNramp5*⁽³⁾ に変異を導入し、カドミウムの蓄積を選択的に低下させる変異を特定することに成功しました。
- ・この変異により、*OsNramp5* は亜鉛 (Zn) に対する選択性を高め、亜鉛とカドミウムとの拮抗作用が生じました。その結果、収量や他の必須元素の蓄積にほとんど影響を与えることなく、種子へのカドミウム蓄積を著しく減少させることが明らかになりました。

岡山大学学術研究院先鋭研究領域（資源植物科学研究所）の馬建鋒教授らの研究グループは、中国科学院遺伝発育生物学研究所との共同研究により、塩基編集を用いた突然変異誘発⁽⁴⁾によって、低カドミウム集積イネの作出に成功し、カドミウム集積を低下させる仕組みを発見しました。これらの研究成果は、6月18日付で米国科学アカデミー発行の機関誌『*Proceedings of the National Academy of Sciences*』に掲載されました。

カドミウム (Cd) は発がん性を有する重金属であり、イタイイタイ病の原因物質としても知られています。主食である米は我々にとって主要なカドミウム摂取源であるため、土壌から種子へのカドミウム移行を制限することは、健康上の極めて重要な課題です。

本研究では、イネの根においてマンガン (Mn) とカドミウムの取り込みに関与する主要な輸送体遺伝子である *OsNramp5* を標的とし、塩基編集による変異誘発スクリーニングを実施しました。その結果、441番目のアミノ酸（イソロイシンからスレオニンへの置換）における単一アミノ酸置換が、収量や他の必須金属の蓄積に影響を与えることなく、藁および玄米中のカドミウム蓄積を大幅に減少させることを見出しました。さらに、各種解析により、この変異が選択的にカドミウム集積を低下させる分子メカニズムの一端も明らかにしました。

◆研究者からのひとこと

2012年に我々は、イネにおける主要なカドミウム輸送体である *OsNramp5* を発見しました。しかし、この輸送体は必須元素であるマンガンの輸送も担っているため、*OsNramp5* 遺伝子を単純に破壊してしまうと、収量の低下を招くことが課題でした。そのため、カドミウムのみを選択的に蓄積させないようにする技術の開発が世界的な研究課題となっていました。今回我々は、ゲノム編集技術を用いて *OsNramp5* に特定の変異を導入することにより、この課題を解決することに成功しました。



馬教授（左）と第一著者黄勝
博士研究員



PRESS RELEASE

■発表内容

<現状>

カドミウム (Cd) は、植物とヒトの両方にとって毒性の高い重金属です。急速な都市化や工業化に伴い、多くの農地がカドミウムによって汚染されています。汚染された土壌から食物連鎖を通じて人体にカドミウムが移行すると、腎機能障害、がん、骨折などの深刻な健康問題を引き起こす恐れがあります。かつて問題となったイタイイタイ病も、カドミウムを含む米の摂取が原因でした。主食である米は、私たちの主要なカドミウム摂取源です。このため、精米中のカドミウム濃度は 0.4 mg kg^{-1} 以下と規制されています。しかし、この基準値を超えるコメが生産されることは依然として少なくなく、安全でカドミウム含有量の少ないコメの生産は重要な課題となっています。

土壌中のカドミウムは、輸送体 *OsNramp5* によってイネに吸収されます。しかし、*OsNramp5* は本来、必須元素であるマンガンの輸送体であるため、この遺伝子を単純に破壊してしまうとマンガンの吸収も阻害され、収量の低下を招きます。したがって、収量を損なうことなく、選択的にカドミウムの蓄積を低減させる技術が求められています。

<研究成果の内容>

我々は、マンガン (Mn) とカドミウムの取り込みに関与する主要な輸送体遺伝子である *OsNramp5* を標的とし、塩基編集による変異誘発スクリーニングを実施しました。その結果、441 番目のアミノ酸 (イソロイシンからスレオニンへの置換) における単一アミノ酸置換が、他の必須金属の蓄積に影響を与えることなく、わらと穀粒の両方でカドミウムの蓄積を大幅に減少させることを同定しました (図 1)。

各種機能解析の結果、この点変異は

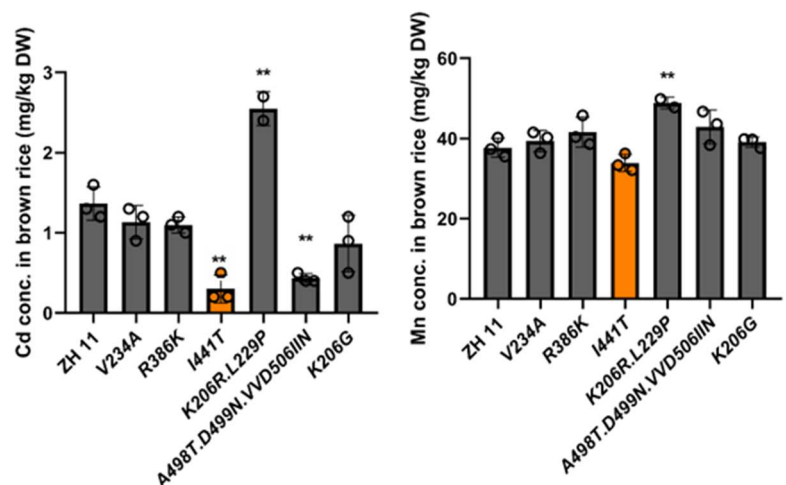


図 1 *OsNramp5* の各種変異が玄米中のカドミウムとマンガン集積への影響

OsNramp5 の遺伝子発現、タンパク質量、細胞内局在に変化をもたらさないことが明らかになりました。また、カドミウムやマンガンの輸送活性自体にも変化は見られませんでした。しかし、*OsNramp5* は亜鉛 (Zn) も輸送することをつきとめ、本点変異は亜鉛に対する選択性を高めることがわかりました。その結果、根細胞内の亜鉛濃度が上昇し、木部組織へのカドミウム放出が競合的に阻害されることで、根から地上部へのカドミウム移行が減少すると考えられます (図 2)。

圃場試験においても、変異型 *OsNramp5* を持つイネは、穀物収量や必須微量栄養素含有量に影響を与えず、穀物中のカドミウム蓄積を著しく低減させることが確認されました。

本研究の成果は、*OsNramp5* の重要なアミノ酸残基を精密に編集することで、収量低下を招くことなく、土壌からイネ穀粒へのカドミウム移行を効果的に抑制できる可能性を示唆しています。

PRESS RELEASE

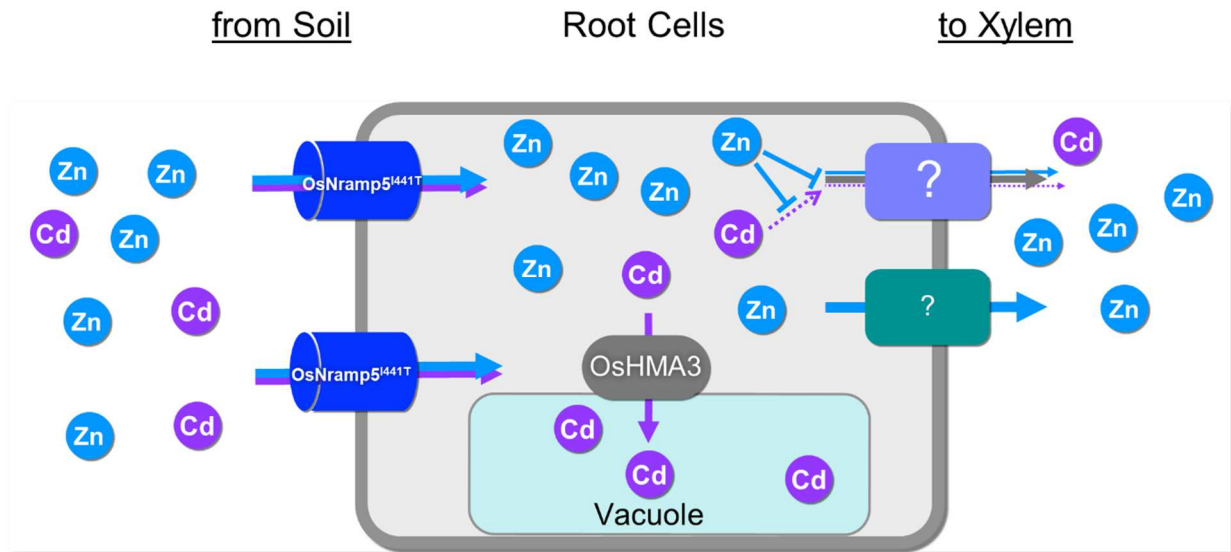


図2 OsNramp5の変異による選択的カドミウム低下の仕組み

<社会的な意義>

カドミウム毒性による健康被害は、現在も世界的に重要な問題です。カドミウムを蓄積しにくいイネ品種の育成は、この問題を解決する有効な手段とされています。今回同定された遺伝子は優れた育種素材を提供するものであり、今後、世界各国のイネ品種に導入されることで、安全でカドミウム含有量の少ないイネの育成に貢献することが期待されます。

■論文情報

論文名：Genome-edited rice variety with low-cadmium accumulation in the grain

邦題名「ゲノム編集によるカドミウム低集積イネの育成」

掲載誌：Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America

著者：Sheng Huang, Noriyuki Konishi, Weicai Chen, Naoki Yamaji, Jun Ge, Xiangbing Meng, Yanhui Jing, Yonghong Wang, Wenguang Wang, Hong Yu, Jian Feng Ma, Jiayang Li

DOI：10.1073/pnas.2610609123

URL：https://doi.org/10.1073/pnas.2610609123

■研究資金

本研究は、主に独立行政法人日本学術振興会(JSPS)「科学研究費助成事業」(21H05034、25H01332、26K21758 研究代表:馬建鋒)の支援を受けて実施しました。



PRESS RELEASE

■補足・用語説明

1) カドミウム

カドミウムは毒性の強い重金属で、体内に蓄積されやすく、腎臓障害や骨の軟化（イタイイタイ病）を引き起こす。土壤汚染を通じて農作物（特にイネ）から食物連鎖に入ることが問題になっている。

2) 輸送体

生体膜を横切って基質を輸送するタンパク質。細胞質に基質を取り込む方向の輸送体を取り込み輸送体（Influx transporter）、細胞質から基質を排出する方向の輸送体を排出輸送体（Efflux transporter）と呼ぶ。

3) OsNramp5

OsNramp5 は主にイネの根で発現している輸送体である。根の外皮と内皮細胞の遠心側に極性局在する。当初は主なカドミウムとマンガンの吸収輸送体として同定されたが、後の研究で鉛やコバルトの吸収にも寄与することが報告されている。

4) ベースエディティングによる突然変異誘発

DNA の二重らせんを切らずに、特定の1文字（塩基）だけを別の文字に書き換える技術である。これにより、狙った場所にピンポイントで点突然変異を入れることができ、従来のハサミ型編集よりも余計なミスが少なく、安全で正確なのが特徴である。

<お問い合わせ>

岡山大学学術研究院先鋭研究領域（資源植物科学研究所）

教授 馬 建鋒

（電話番号）086-434-1209



岡山大学は持続可能な開発目標（SDGs）を支援しています。