

カドミウムをほとんど吸収しない水稻の開発

土壤環境研究領域 石川 覚

コメに含まれるカドミウム

2012年3月、富山県神通川流域において33年に及ぶカドミウム (Cd) 汚染土壌の復元事業が終了したというニュースがありました。神通川流域で発生した「イタイタイ病」は、飲料水やコメ等の農作物に含まれる高濃度のCdが体内に蓄積したため、発症しました。我が国では、このような健康被害が二度と起こらないように、1970年に食品衛生法によってコメのCd濃度を厳しく制限しました(玄米で1mg/kg未満)。その一方、基準値を超える地域では、土壌の復元事業が実施され、これまで長い年月と莫大^{ぼくだい}なコストが費やされてきました。一方、国際食品規格委員会(コーデックス委員会)では、コメに含まれるCd濃度の国際規格基準値を0.4mg/kg以下と定め、日本でもこの基準値に合わせて、2011年2月に、従来の1.0mg/kg未満から0.4mg/kg以下に法改正しました。そのため、生産現場からはコメにCdを蓄積しない水稻品種の開発が期待されています。

低カドミウムコシヒカリ

私たちの研究グループが、低Cd品種を開発するために着目したのは、主に花き園芸植物の品種改良(花色の変異など)に利用されているイオンビーム照射による突然変異育種法です。イオンビームとは、水素イオンや炭素イオンなどを加速器(サイクロトロン)を使って高速に加速させたものをいい、医学、工学、農学分野において幅広く利用されています。イオンビーム照射による育種の特徴は、目的の特性のみを効率よく変化させるワンポイント改良にあります。また、最大と言える利点は、得られた作物は遺伝子組換えでないため、生産現場への導入が即可能なことです。

私たちはまず、(独)日本原子力研究開発機構高崎

量子応用研究所のサイクロトロンを使って、コシヒカリの種子にイオンビームを照射し、変異を与えました。次に、その種子を栽培して得られた約3,000粒の種子をCd濃度が高い土壌で栽培しました。それぞれの個体から収穫した玄米のCd濃度を測定したところ、コシヒカリの玄米Cd濃度の1/50以下となる3個体を見つけることができました。さらにこの3個体のうち、生育の良かった2個体(lcd-kmt1、lcd-kmt2)をCd濃度の異なるほ場(土壌中のCd濃度:0.35~1.4mg/kg)で栽培したところ、コシヒカリの玄米Cd濃度がどの農地でも基準値である0.4mg/kgを超えたのに比べ、lcd-kmt変異体はその値を大幅に下回り、定量限界値(0.01mg/kg)付近となりました(図1)。

lcd-kmt変異体の優れた点は、Cd濃度が低いだけではありません。草姿や収量等の農業上重要な性質は、コシヒカリとほとんど同じです。図2にコシヒカリ、lcd-kmt1、lcd-kmt2の稲体ともみ・玄米の写真を載せましたが、見た目ではこれを識別することができません。20名のパネラーによって食味を評価したところ、

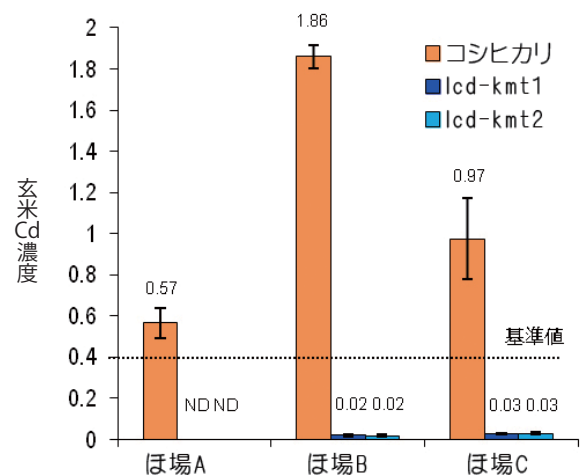


図1 玄米のCd濃度

コシヒカリの玄米Cd濃度に対して、低Cd変異体(lcd-kmt1とlcd-kmt2)は97%以上の低減率を示しています。NDは定量限界値以下(<0.01mg/kg)を示す。

草姿(稲体の様子)

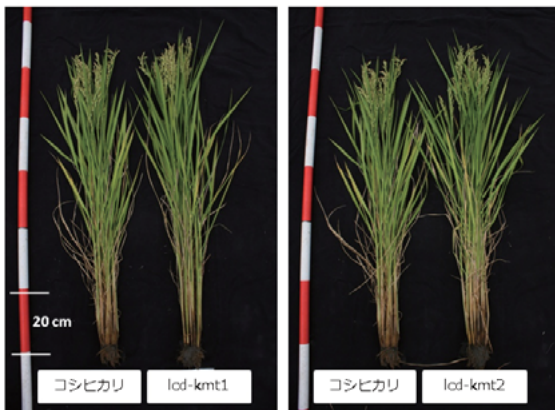
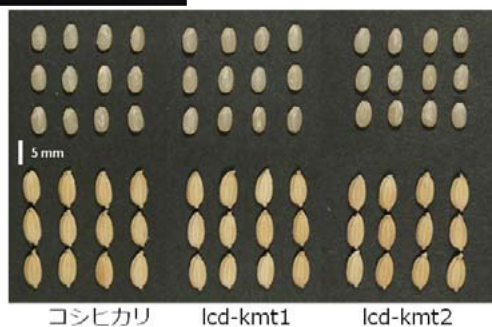


図2 コシヒカリと低Cd変異体の比較
低Cd変異体 (lcd-kmt1, lcd-kmt2) の生育は、コシヒカリと有意差がなく、もみや玄米の外観形質にも違いはありません。

もみ・玄米の外観



ともにコシヒカリと同等と判定されました。このように、私たちは「コシヒカリの低カドミウム版」とも言える変異体を作ることになりました。

低Cdの原因遺伝子を特定

ではなぜ、lcd-kmt変異体は低Cdになったのでしょうか？ 植物の根の表面には、土の中の栄養素を根の中へ運び込むためのトランスポーターと呼ばれるタンパク質があります。Cdは通常、重金属トランスポーターと呼ばれるタンパク質を経由して根に吸収されます。面白いことに、得られた3つの変異体はすべて、このトランスポーターの遺伝子 (*OsNRAMP5*) に変異が生じていました。つまり、*OsNRAMP5* 遺伝子がイオンビーム照射によって変異することで、トランスポーターとしての機能が失われ、根からのCd吸収が抑制されたのです(図3)。なお、マンガン吸収も同時に抑制されますが、生育には影響がありませんでした。

低Cdの性質は他の品種に導入可能

この低Cdの変異遺伝子を他の品種に導入し、新たな低Cd品種を作ることも可能です。その際、DNAマーカーが有効なツールになります。DNAマーカーとは、各個体が持つ特有の塩基配列を示します。低Cd変異体の*OsNRAMP5*は、コシヒカリや他の品種とは異なる塩基配列を持っています。それを低Cdの性質を持つ目印として育種に利用するのです。例えば、Aという品種を低Cdに変えたいとします。A品種を低Cd変異体のどれかと交配し、さらに得られた個体をA品種と交配します。同様に得られた個体をA品種と繰り返し戻し交配すると、他の遺伝子はA品種と同様で低Cd遺伝子のみを持つ個体が

出現します。その個体はDNAマーカーを使うことで簡単に見つけることができます。

このようにして、低Cd遺伝子は、日本のみならず、世界中のイネ品種に入れることが可能です。それにより、多くの人々のCd摂取による健康被害リスクを最小限にすることができると期待しています。

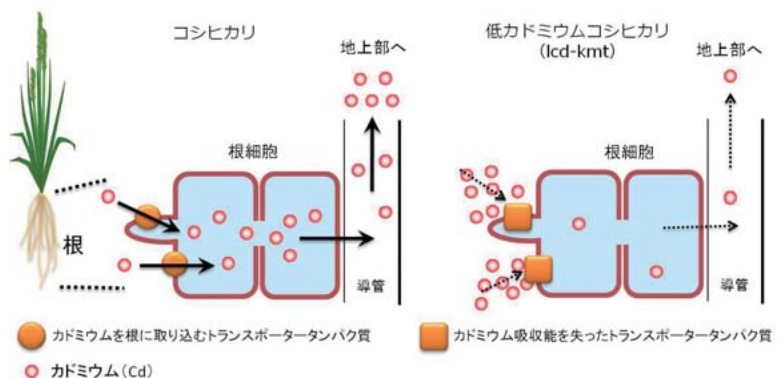


図3 低カドミウムコシヒカリのカドミウム吸収制御のしくみ
低カドミウムコシヒカリは、トランスポータータンパク質の機能が失われ、根のカドミウム吸収が制御されたため、玄米や稲わらへのカドミウム蓄積が少なくなります。