研究トピックス

コーデックス委員会に準拠した国際基準への対応を目指す
稲を用いたカドミウム汚染対策技術

食品の安全性への関心が高まるなか、コーデックス委員会（FAO：国連食料農業機構とWHO：世界保健機構が合同で設置した国際的な食品規格委員会）の食品に関する基準値が国際的な基準のひとつとなりつつあります。独立行政法人農業環境技術研究所（農環研）では、コーデックス委員会の示した基準値をクリアするためにカドミウム汚染対策技術に取り組んでいます。その中心「重金属リスク管理リサーチプロジェクト」のリーダー、荒尾知人さん（土壌環境研究領域上席研究員、理学博士）に話を聞きました。

米を主食にする日本人にとってカドミウムとは

現在、重金属リスク管理リサーチプロジェクトには約10名の研究員が参加し、荒尾さんはそのまとめ役。このプロジェクトの扱う重金属であるカドミウムは、高度経済成長期の公害病、とくに富山県神通川流域のイタイイタイ病で知られています。イタイイタイ病では、神通川上流の鉱山から亜鉛の精錬の際に発生したカドミウムが原因とされました。荒尾さんによれば、カドミウムは自然界にもともと広く存在する重金属で、高濃度に汚染されていなくても微量に含まれているとのことです。ただ、一度体内に取り込まれると蓄積されるため、一定の量を超えるカドミウムを長年にわたり摂取し続けると腎臓障害などの原因となります。

日本の食品安全委員会にあたる国際機関は、人が一生にわたって摂取しても健康影響が出ないカドミウムの摂取量を1週間・体重1kgあたり0.007mg、つまり体重50kgの人で1週間あたり0.35mgとしています。カドミウムが体内に取り込まれる経路としては食品が多いため、コーデックス委員会は、この値をもとに各食品に含まれるカドミウムの基準値を示し、米は0.4mg/kgとしました。しかし、日本の食品衛生法の基準値は米のカドミウム含有量を1.0mg/kg未満としているため、基準を国際基準に合わせようと厚生労働省などで見直しが行われています。

ちなみに国内では、収穫された米では玄米での含有量で0.4mg/kgを越えたものは焼却処分としています。

重金属リスク管理リサーチプロジェクトの研究

重金属リスク管理リサーチプロジェクトの研究対象は、水田だけでなく、畑も含まれます。たとえば荒尾さんは、農林水産省の調査でカドミウム濃度が比較的高いとされたナスをテーマに研究。スズメナスビという品種を台木として接木することで、カドミウム吸収濃度を抑制できることを明らかにしました。しかし、プロジェクトの主なフィールドは水田であり、作物は水稲です。

写真1　左より羽系1120、LAC23、ふくひびき
（東北農業研究センター提供）

プロジェクトの方向性は大きく
(1) カドミウムをあまり吸収しない稲の品種を開発する研究
(2) 水田のカドミウムを浄化する技術を開発する研究
に分かれます。

カドミウムに汚染された水田の浄化は、公害病対策として1970年代に盛んに行われ、カドミウムに汚染されていない土をほかから持ってくる、客土という方法が代表的でした。しかし、この方法は高コストな上、土をとるために山を削ることが環境破壊につながります。また、高濃度に汚染された地域での対策が進み、現在、カドミウムが問題とされる地域は、1.0mg/kg未満の低濃度地区であるため、このようなカドミウム濃度が比較的低い水田を対象にした、大がかりでなく、持続可能な技術が求められています。

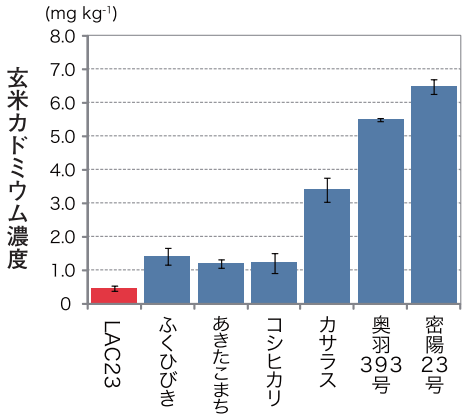

図１　玄米カドミウム濃度の稲の品種間格差

カドミウム濃度の低い稲品種の開発

まずカドミウムの低吸収稲を選び出すために世界の稲、約120品種を選び、カドミウムで汚染された水田土壌で実験を開始。成長した稲の玄米、わらのカドミウム濃度を測定した結果、品種の間に２～10倍以上の差があることが明らかになり、そのなかからアフリカで栽培されている「LAC23」という品種の玄米カドミウム濃度が低く、コシヒカリの半分程度であることを発見しました（図1）。おもしろいことにこの品種のわらに含まれるカドミウムの濃度は、コシヒカリより高いことも分かりました。

コシヒカリなど国内で多く流通している米は粒の丸い短粒米（ジャポニカ米）ですが、LAC23は大粒の長粒米であるため、商品価値があまりありません。また、LAC23は、稲の穂が出る出穂期が遅く、草丈が長いため、国内でそのまま栽培した場合、台風などの被害に遭いやすいことが考えられます。そこで東北農業研究センターと協力して、短粒米の「ふくひびき」という品種と交配し、カドミウムをあまり吸収せず、栽培しやすく、食味が良い品種をつくる研究を行いました。LAC23とふくひびきの交配種は、育成した東北農業研究センターから「羽系」の名前が冠せられ、2005年から2007年にかけてカドミウム汚染水田で栽培実験されました。実験に使われた水田は、低濃度水田にくらべて、カドミウム濃度が３倍ほど高かったにもかかわらず、羽系５系統の玄米中のカドミウムの値は、いずれもコーデックス委員会のカドミウムの基準値0.4mg/kg前後となり、一緒に栽培したひとめぼれの半分程度となりました。（表1）（3ページ写真1）

荒尾さんによれば、草丈がやや高い、米の粒形がやや細長いなどの改善の余地があるので今後もさらに実験を続け、栽培しやすく、商品価値の高い品種の開発を目指したいとのことです。

カドミウム高吸収稲を用いて水田を浄化する

重金属リスク管理リサーチプロジェクトでは、カドミウムそのものを水田から除去する研究も行っています。2005年にはカドミウムで汚染された水田の土壌を塩化第二鉄溶液で洗浄し、除去する方法を開発。そして、現在、水田のカドミウムを浄化する技術として注目されているのが、カドミウムをよく吸収する稲を利用する方法です。植物を用いた浄化技術は「ファイトレメディエーション」と呼ばれており、客土よりも環境への影響が少なく、コストも低い方法として知られています。

このプロジェクトでは、カドミウムをよく吸収する稲の品種としてインディカ米から「長香穀（ちょうこうこく）」、「IR8」、「モーれつ」の３種を発見。実際に、カドミウム濃度の高い水田でこれらの稲を栽培し、土壌中のカドミウムがどの程度除去されるのかを調べました。

水田の土壌に含まれるカドミウムは、水田に水を張った「湛水（たんすい）」条件では植物に吸収されにくく、水田の水を落とした「落水」条件では吸収されやすいこと

選抜した系統の玄米カドミウム濃度（カドミウム汚染圃場での成績）[注1)]と栽培特性（育成地での試験、2007年）

系統・品種名	玄米カドミウム濃度(mg kg⁻¹) F3 (2005年)	F4 (2006年)	F5 (2007年)	平均 (3年間)	出穂期 (月.日)	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/株)	玄米の粒形
羽系1118	0.47	0.47	0.35	**0.43**	8.16	99	22.9	8.0	やや細長
羽系1119	0.39	0.49	0.43	**0.45**	8.16	112	22.7	6.7	中
羽系1120	0.33	0.47	0.34	**0.38**	8.16	94	22.8	6.6	やや細長
羽系1121	0.25	0.42	0.39	**0.35**	8.22	87	24.3	8.1	やや細長
羽系1122	0.42	0.33	0.48	**0.41**	8.13	95	21.0	5.0	細長
LAC23 [注2)]	-	-	0.15	**-**	9.7	126	25.3	4.4	細長
ふくひびき	0.89	1.02	0.97	**0.96**	8.1	64	20.7	9.4	中
ひとめぼれ	0.77	0.78	0.81	**0.79**	-	-	-	-	中

注１）土壌カドミウム濃度3mg kg⁻¹、７月上旬以降節水管理（カドミウム吸収を高める水管理）による栽培

注２）「LAC23」は晩生で育成地では登熟しないため、2007年玄米カドミウム濃度は青未熟粒の値。

表１　羽系５系統の玄米カドミウム濃度
羽系５種（LAC23×ふくひびき）のカドミウム含有量は、高濃度水田で栽培したにもかかわらず、コーデックス委員会の基準0.4mg/kgの前後に収まっている。

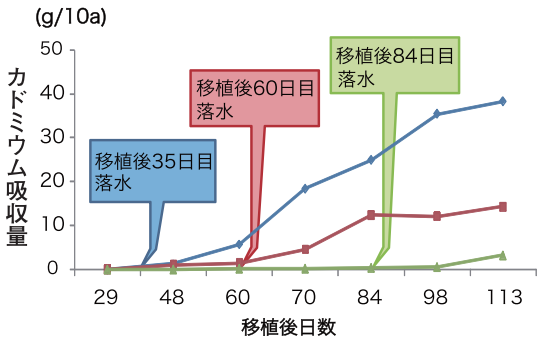

図２　カドミウム吸収量の落水期による違い
早く落水した方が、吸収量が多い。栽培品種は「モーれつ」。

写真２　高吸収稲はコンバインでもみとわらに分けて収穫

写真３　わらはしばらくしてロール状にして巻き取り、透湿防水シートで覆う。乾燥させてから焼却することでコストは格段に抑えられる

が分かっています。通常、稲の栽培では、田植が終わってからしばらくは湛水し、出穂が終わってから落水します。稲の収量を落とさないように、落水時期を変える実験をしたところ、早く落水すればするほどカドミウムの吸収量が多いことが分かりました。(図2) そして、2～3作同じ方法を繰り返すことで水田土壌のカドミウムを20～40%低減することが分かりました。(図3)

次に、このファイトレメディエーションによりカドミウムが減った水田とファイトレメディエーションを行っていない水田に通常の食用の稲を栽培したところ、ファイトレメディエーションを行った水田では玄米中のカドミウム濃度がファイトレメディエーションを行っていない水田より40～50%も低くなることが分かりました。(図4)

ファイトレメディエーションの課題は、吸収した植物の処理の仕方です。せっかくカドミウムを吸収したのに、枯れてまた土壌に戻ったり、燃やしたときに大気中に拡散したのでは、意味がありません。研究では、まずコンバインを用いてもみのみを収穫し（写真2)、わらは水田に放置して天日乾燥させました。その後、わらはロール状にまとめ、パレットの上に乗せ、雨などがしみこまない「透湿防水シート」をかぶせて2か月間水田で乾燥させました(写真3)。このように、わらを2度乾燥させることにより、水分を収穫時の70%から20～40%にまで減らし、収穫した稲の輸送と焼却にかかる費用を、乾燥を行わなかった場合の3分の2に抑えることができました。また、もみはポリエチレン素材の梱包材に入れ、透湿防水シートをかぶせ、わらと同様に水田に2ヶ月間おいたところ、水分は収穫時とほぼ同じ20%で、腐敗や発芽はなかったとのことです。そして、もみとわらをダイオキシン類対策がとられた焼却炉で処分したところ、その排ガス中のカドミウム濃度は、測定可能な濃度を下回っていました。

このように、1.0mg/kg未満の低濃度のカドミウムに汚染された水田に対しては、ファイトレメディエーションや塩化第二鉄による化学的手法を用いればれば、客土よりも安くカドミウムの浄化を行うことができます。一方、栽培しやすく、商品価値の高いカドミウム低吸収稲品種が開発されれば、浄化を行わなくても国際基準を満たす安全でおいしいお米を生産することができるようになります。

荒尾さんたちのプロジェクトでは、水田転作作物として栽培されている大豆や小麦なども対象にして、今後も研究が続けられます。

(取材=ライター　野末たく二)

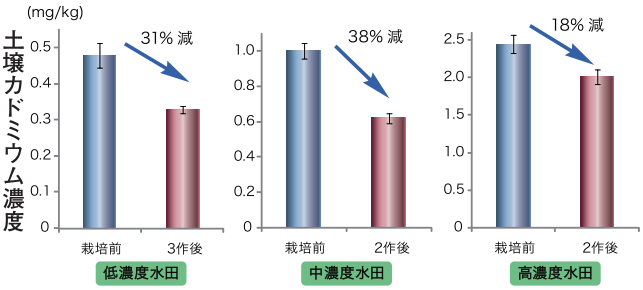

図３　ファイトレメディエーション前後の土壌カドミウム濃度
ファイトレメディエーションをすることで、カドミウム濃度は20～40%程度低くなった。低濃度水田はIR8、中濃度水田は長香穀、高濃度水田はモーれつとIR8を栽培。

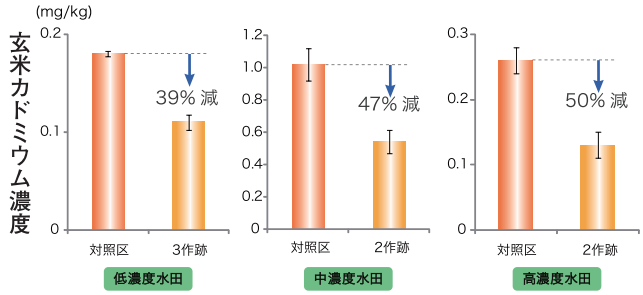

図４　ファイトレメディエーション後の水田で栽培した食用稲のカドミウム濃度
ファイトレメディエーションをすることで、しない場合（対象区）より40～50%程度カドミウム濃度を低減できることが分かった。