

カドミウム高蓄積水稻「長香穀」のカドミウム耐性と吸収特性

加藤直人・関矢博幸・西田瑞彦*

(中央農業総合研究センター・東北農業研究センター)

Cadmium Tolerance and Absorption of Cd-accumulating Paddy Rice Variety 'Cyoukoukoku'

Naoto KATO, Hiroyuki SEKIYA* and Mizuhiko NISHIDA*

(National Agricultural Research Center, *National Agricultural Research Center for Tohoku Region)

1 はじめに

食品中カドミウム(Cd)濃度の国際基準値が決定され、今後、国内においても基準値の引き下げや規制対象品目の拡大が予想される。国内農産物の規制が厳しくなれば対策を要する農地面積は拡大するので、従来の客土による修復は、その多大なコストと環境破壊を考えれば限界がある。そこで、その代替技術として、ファイトレメディエーションが注目されている。本研究では、Cd 修復植物として有力視されているカドミウム高蓄積水稻「長香穀」¹⁾について、その Cd 耐性と Cd 吸収特性を水耕栽培条件下で「あきたこまち」と比較した。また、¹¹³Cd 濃縮カドミウムを吸収させることにより、トレーサー試験に使用可能な ¹¹³Cd 標識水稻植物体サンプルを作成した。

2 試験方法

(1) カドミウム耐性

あらかじめ水耕により育苗した6葉期の「長香穀」と「あきたこまち」を3個体ずつ900mlの水耕液(木村氏B液、基準2倍濃度)を入れた褐色ビンに移し、6日間(2006年6月23日~28日)ガラス室内で栽培した。水耕液のCd濃度は、0, 2, 5, 10, 30mg/lの5段階とし、3日目に水耕液を更新した。処理後、根を水洗し、地上部と根に分離後、乾物重とCd濃度を測定した。1区4連制とした。

(2) 成熟期までのカドミウム吸収と植物体内の分布

3.5葉令程度の「長香穀」と「あきたこまち」を1株3個体として、7lの水耕液(木村氏B液にマンガン、亜鉛、銅、モリブデン、ホウ素、ケイ素を添加)を用いてガラス室内で栽培した。2006年6月2日に開始し、およそ1週間ごとに水耕液を更新し、全生育期間エアープンプによる通気を行った。7月10日から9月5日までの9回の水耕液更新時に、¹¹³Cdを濃縮した標識液(存在比:¹¹⁰Cdと¹¹¹Cd0.11%, ¹¹²Cd1.36%, ¹¹³Cd95.5%, ¹¹⁴Cd2.7%, ¹¹⁵Cd0.22%, ¹¹⁶Cdと¹¹⁸Cdは0.01%以下)をCd量として0.6mgずつ水耕液に添加した。添加したCd量は合計で1株当たり5.4mgであった。「長香穀」は9月20日、「あきたこまち」は9月21日に収穫し、根、ワラ下部(0~10cm)、ワラ上部(10cm以上)、穂軸、モミに分離し、乾燥後、Cd濃度を測定した。各品種20株栽培し、収穫後4株を一つに合せて、5連制として分析・統計処理を実施した。植物体に含まれるCdの同位体存在比は、ICP-AESによるCd濃度分析値とICP-MSによる¹¹³Cdと¹¹⁴Cdの濃度分析値から算出した。なお、ICP-MSによる各Cd同位体分析に際しては、モリブデン酸化物による妨害を補正した。

3 試験結果及び考察

(1) カドミウム耐性

両品種とも30mg/lのCd処理によって、下位葉が褐変・枯死し、草丈の伸長や新根の発生が著しく阻害され、

乾物重も著しく低下した(写真1、図1左)。したがって、「長香穀」のCd耐性は「あきたこまち」より高いとは言えなかった。また、30mg/lの処理では「長香穀」の茎葉のCd濃度が500mg/kg以上となり、根の濃度を上回る蓄積が見られた(図1中)。水耕液のCd濃度の上昇に伴い茎葉のCd吸収量は大きく増加したが、根の吸収量はあまり増加せず、地上部へ移行するCdの割合が増大した(図1右)。

(2) 成熟期までのカドミウム吸収と植物体内の分布

「長香穀」は旺盛な生育を示し、特に根の乾物重は「あきたこまち」の2.4倍と多かった(表1)。植物体Cd濃度は、両品種ともに根>ワラ下部>ワラ上部>穂軸>モミの順に低下し、植物体の上部ほどCd濃度が低かった。特に「あきたこまち」では、根:茎葉:穂のCd濃度比は、およそ100:10:1となり、従来の報告とほぼ一致した。「長香穀」は部位間のCd濃度差が比較的小さく、「あきたこまち」に比べて地上部のCd濃度が高く、一方、根では低いことが明らかとなった。これらの結果から、「長香穀」では吸収されたCdが地上部へ移行しやすいことが示された。

圃場において未収穫となる根とワラ下部に蓄積されるCd量は、「あきたこまち」では全吸収量の93%となり、大半が土壌に還元されると予想された。「長香穀」でも未収穫部位に全吸収量の74%が蓄積された。

根と地上部のCd吸収量の合計は「長香穀」で多く、添加したCdの82%程度が吸収され、水耕液からのCd吸収能力が高いことが示された。「長香穀」では水耕液の減少量が「あきたこまち」の2倍程度と観察されたことから、蒸散量が多いことがCd吸収量の増加に寄与していると考えられた。

(3) 植物体の Cd 同位体比

両品種とも、根およびワラ下部の¹¹³Cdと¹¹⁴Cdの存在比は、供試した¹¹³Cd標識液とほぼ一致した(表2)。このことから、栽培、収穫物調整作業、分析を通じて、Cdの混入は起こらず、得られた植物体のCd同位体比は、供試標識液と同等であることが確認された。

4 まとめ

「長香穀」は、同一水耕条件で栽培した「あきたこまち」よりも旺盛な乾物生産性を示すとともに、Cd吸収量が多く、また吸収したCdを地上部へ移行させやすいことが明らかとなった。したがって、収穫しやすい地上部のCd蓄積量が多くなるので、ファイトレメディエーションに適した特性を備えていると考えられた。水耕栽培では、「長香穀」の蒸散量が多いことがCd高吸収能の一因と推察されたが、根も大きいので、土耕栽培においては、より広範囲の土壌からCdを吸収できると予想され、そのこともCd吸収量の増加に寄与すると推察される。

「長香穀」においても、全吸収量の3/4程度が圃場において未収穫となる根と刈り株に蓄積されると予想される。今後、これらの部位を効率良く回収する技術が開発されれば、ファイトレメディエーションによるCd収奪効

率を飛躍的に向上させることが可能となる。また、これらの植物残渣が土壌に還元された場合、その分解に伴いCdが可溶化し、再吸収される可能性がある。このような残渣中Cdの可溶化・再吸収の程度と速度は、ファイトレメディエーションによる土壌修復効果の持続性にも影響を及ぼすと考えられる。今後、本試験で得られた¹¹³Cd標識植物体を用いたトレーサー試験によって、これらの点を明らかにすることが期待される。

なお、「長香穀」のCd耐性は、それほど高くないことが示されたので、鉱山や工場の跡地など、高濃度に汚染された土壌の修復には不向きと考えられた。

引用文献

- 1) Masaki, S.; Ito, M.; Matsumoto, S. 2005. Screening of rice varieties with high accumulation of Cd for phytoremediation. 10th International Congress of SABRAO : C-14.
- 2) 松本眞一, 伊藤正志, 眞崎聡, 小玉郁子, 川本朋彦, 中川進平, 猪谷富雄. 2005. カドミウム吸収能の優れたイネ品種の選定. 作物学会講演要旨集 74, 別2: 150-151.

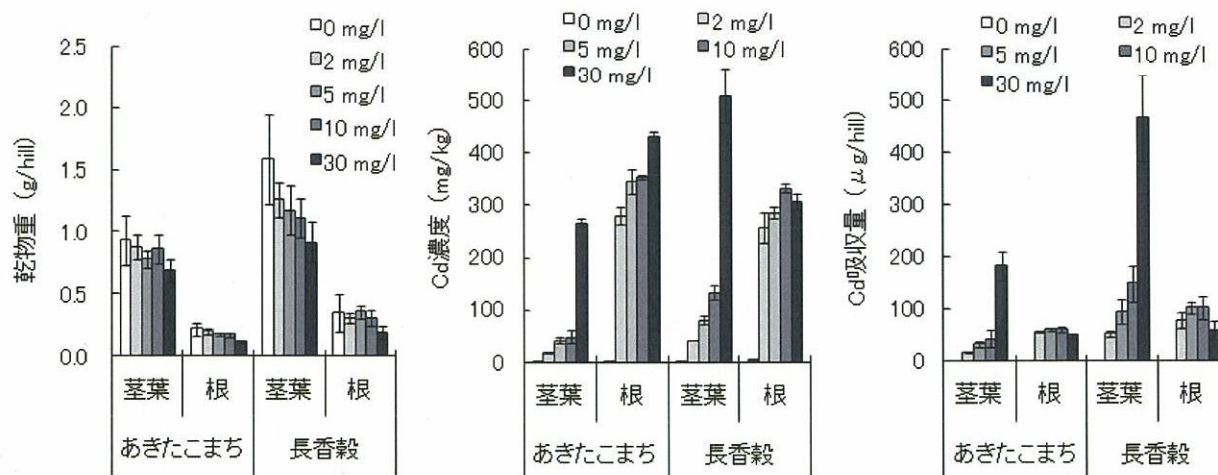


図1 短期間のカドミウム処理が水稻の乾物重とカドミウム吸収に及ぼす影響

表1 水耕栽培における長香穀の乾物生産、カドミウム吸収性と蓄積部位^{*1}

	モミ	穂軸	ワラ上部 ^{*2}	ワラ下部 ^{*2}	根	合計		
―― 乾物重 (g/株) ――								
あきたこまち	50.3 (4.4%)	2.1 (1.8%)	57.0 (4.5%)	25.5 (8.3%)	13.1 (7.5%)	147.9 (2.8%)		
長香穀	76.0 (6.1%)	4.9 (5.3%)	91.7 (2.6%)	24.1 (8.5%)	31.6 (6.5%)	228.3 (4.4%)		
―― Cd濃度 (mg/kg) ――								
あきたこまち	0.81 (8.6%)	2.10 (10.6%)	3.51 (14.8%)	21.5 (5.1%)	213 (11.3%)			
長香穀	4.00 (7.1%)	6.43 (22.0%)	8.82 (6.6%)	35.0 (10.0%)	76.8 (3.88%)			
―― Cd吸収量 (mg/株) ――								
あきたこまち	0.04 (11.2%)	0.004 (10.5%)	0.20 (10.4%)	0.55 (5.5%)	2.76 (8.4%)	3.55 (5.9%)	根とワラ下部に蓄積される割合 %	Cd吸収率 ^{*3} %
長香穀	0.30 (4.7%)	0.03 (19.8%)	0.81 (6.3%)	0.84 (8.2%)	2.43 (7.2%)	4.41 (3.8%)	93.1 (0.8%)	65.8 (5.9%)
							74.1 (2.4%)	81.7 (3.8%)

*1 カッコ内は4株ごとに5連の調査でのC.V. %を示す

*2 高さ10cm以上を上部、10cm以下を下部とした

*3 添加したCd量に対するCd吸収量の割合 %

表2 作成した標識植物体の同位体存在比 (%)

品種	部位	¹¹³ Cd	¹¹⁴ Cd
あきたこまち	ワラ下部	94.8(0.7)	2.9(0.1)
	根	96.3(1.4)	2.9(0.1)
長香穀	ワラ下部	96.3(0.5)	2.9(0.1)
	根	95.5(1.1)	2.8(0.1)
供試標識液		95.5	2.7
自然存在比		12.22	28.73

注) カッコ内は標準偏差を示す



写真1 Cd処理による生育障害