

ゆめぴりかにおけるCd(カドミウム)の吸収について

北海道有朋高等学校 SOHC (園芸・科学) 部
上田 太貴 (通信制4年) 若松 浩希 (単位制3年) 佐野 真海 (通信制2年)

受賞にあたって
今回このような名誉ある賞をいただくことができ、
部員一同大変喜んでおります。この受賞を機会に
さらに、稲のカドミウムの吸収についての研究を
発展させていきたいと思っております。

[研究動機]

国際基準における精米中のカドミウム許容基準値は $0.4\text{mg}/\text{kg}$ である。しかし、この数値は許容値であり、一般的にはこの数値より低くすることが求められている。このような背景の中、食の安全性を求め、カドミウムをあまり吸収しない低Cd吸収性品種の開発と、Cd吸収を支配する遺伝子の同定が研究者等によって現在進められている。¹⁾
そこで、私たちは、現在おいしい米として注目している品種「ゆめぴりか」を中心に北海道産米のカドミウムの吸収量を測定し、食の安全性と低Cd吸収性品種の開発に繋がる品種を発見することを研究動機とした。

[研究経緯]

昨年まで、道産米の中から「ゆめぴりか」「おぼろづき」「白鳥もち」(もち米)などの品種で、苗の水耕栽培を行い、土壌浄化を目的にカドミウムの添加を行った。

結果は、カドミウムの吸収量においては、「ゆめぴりか」が他の2品種(おぼろづき、白鳥もち)と比べ、小さい傾向をとらえた。

今年度は、白鳥もちを外し、道産米(うるち米)の中から「ななつぼし」を加え、3品種でカドミウムの吸収量の測定を行った。

実験に用いた品種・アミロース含有量・系統

- ゆめぴりか 15.7%
(北海 287号 × ほしたろう(ほしのゆめ × あきほ))
※ ほしのゆめ(あきたこまち × 道北48号) F1 × きらら397
- ななつぼし 19%
(ひとめぼれ × 空系 90242A) F1 × あきほ)
- おぼろづき 14%
(北海 287号 × あきほ)

[3品種の特徴]

3品種ともに、アミロース含有量が20%以下で適度な粘り、味があり、「おいしいお米」として評価されている。

「ゆめぴりか」、「おぼろづき」については系統として「北海287号」を交雑されているのに対し、ななつぼしは道外品種である「ひとめぼれ」を使用している。

また3品種共通の「あきほ」は、耐寒性の品種である。

[実験計画]

稲の育苗

20cmほどの苗を水道水で洗浄して、赤玉土を入れた容器で成長させて、40cmほどの大きさにそろえる。



40cm程度に育苗した苗を1週間、脱イオン水で水耕栽培を行う。
成長のそろった苗5本を、500mLの三角フラ



スコへ移し、実験苗とした。なお、添加したCdは、硝酸カドミウムを用いた。

右表1より、Cdの限界耐性濃度(葉が縮んだり、枯れずに数週間生育可能な濃度)は、 $2\text{mg}/100\text{mL}$ であった。このことから、実験においては根全体に浸漬するように容量を5倍に増やし、限界耐性濃度のCd $10\text{mg}/500\text{mL}$ とその半分のCd $5\text{mg}/500\text{mL}$ で5週間(35日間)カドミウム水溶液に浸漬させた。

実験苗は、各品種6セット(1セット5本苗)で行い、脱イオン水で数日間生育させた。Cdの標準溶液を作り、マイクロピペットにて適正量を添加し、日当たりの良い場所に5週間浸漬させた。一般的に農業試験場等では、圃場に苗を作付けし、作土のCd濃度、pH、水稻(精米及びわら)のCd濃度を原子吸光分析法により調べている。

私たちが用いている直接苗をCd(NO_3)₂水溶液に浸漬させ、吸収量を測定する方法はオリジナルである。

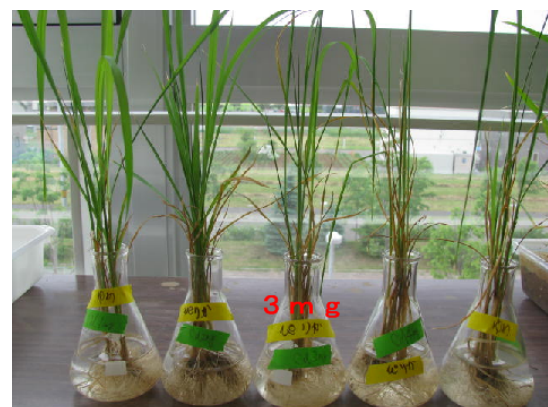
吸収量の測定は、キレート滴定と原子吸光分析法を用いて行った。

また、Cd $10\text{mg}/500\text{mL}$ においては、浸漬14日目、21日目の途中経過の吸収量も測定した。

[表1] Cd耐性試験データ

試験稲10本中、生育障害をおこした稲の本数

品種	1mg/100mL	2mg/100mL	3mg/100mL	4mg/100mL	5mg/100mL
ゆめぴりか	2本	2本	7本	9本	10本全部
ななつぼし	0本	2本	6本	10本全部	10本全部
おぼろづき	2本	2本	5本	10本全部	10本全部



(左から Cd1mg,2mg,3mg,4mg,5mg/100mL)

3品種とも $3\text{mg}/100\text{mL}$ から顕著に葉が縮んだり枯れたりするなど生育障害が見られた。



[測定方法(キレート滴定)]

吸収量の測定は、EDTA(エチレンジアミン四酢酸二水素二ナトリウム二水和物)キレート滴定により、BT(エリオクロムブラックT)指示薬を用いたCd直接滴定法で行う。

0.01M EDTA標準液1mL当たりCd=1.1241mgとして換算

試薬 0.01M EDTA標準液

BT指示薬溶液

緩衝液(バッファー)buffer solution

(pH=10: NH_4Cl 70g 濃アンモニア水 570mL

脱イオン水に溶かして1Lとしたもの)

[判定]

試料100mLにつき、緩衝液2mL、およびBT指示薬を数滴加え、EDTA標準液で滴定する。終点の変色は、赤味が完全になくなり、青色になったところとする。



始点

→



終点

なお、試料は脱イオン水で十分に洗浄し、洗浄液も含めてろ過して、ロータリーエバポレーターで100mL程度にまで濃縮した。

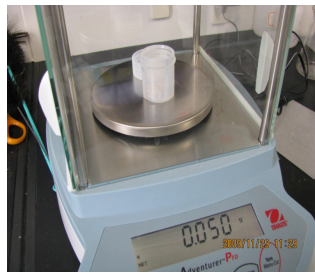
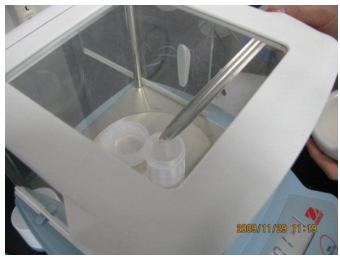


〔原子吸光分析法〕

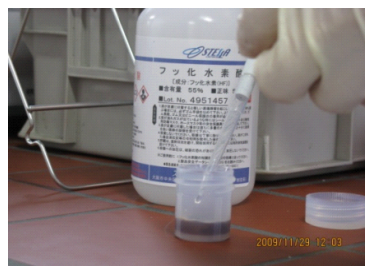
根、茎葉、玄米の各部位を乳鉢で粉状にして、試料50mgを電子天秤で測定し、電子レンジ用分解容器に入れる。



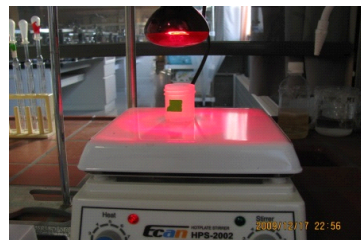
乳鉢で玄米、茎葉、根を粉状にする。



電子天秤で50mgを正確に測る。



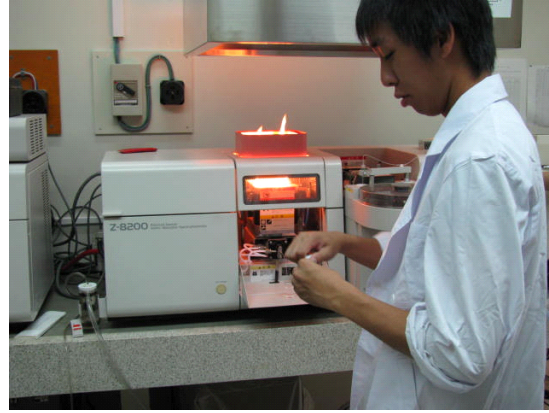
ドラフター内で左上から濃硝酸2.0mL、60%過塩素酸0.3mL、6M塩酸0.15mL、濃フッ化水素酸0.15mLを容器に加え、試料を溶解させる。



200wで3分間、電子レンジで分解し、赤外線ランプにより蒸発乾固させる。なお、内容物が透明になるまで上記の酸を加え溶解、電子レンジによる分解を3回程度繰り返す。

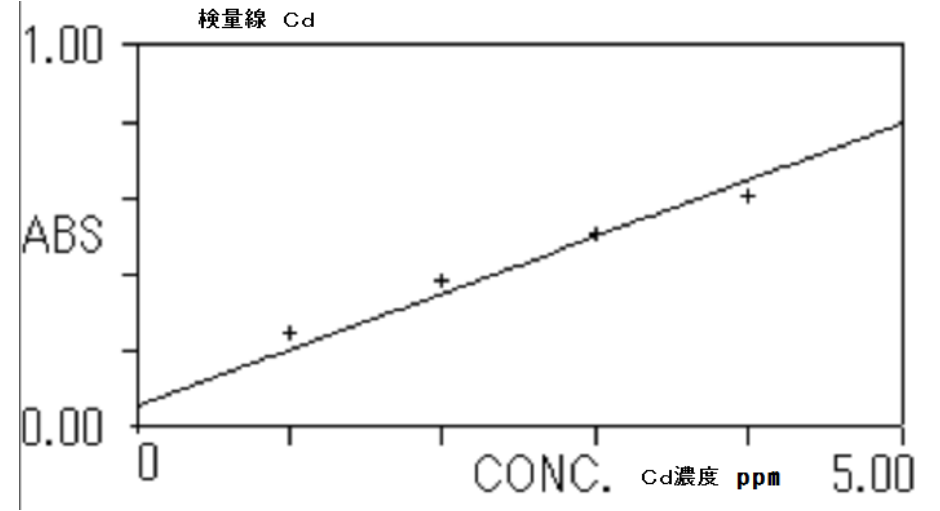
冷却後、ドラフター内で赤外線ランプにより蒸発乾固させて、0.1M過塩素酸1mLを加えて、内容物を加温溶解させる。

Cd標準溶液で検量線を作成し、試料1mLを検量線の範囲内に入るように希釈し、原子吸光分析装置で測定する。(なお、原子吸光分析装置は、小樽商科大学化学研究室のものを借用して行った。)



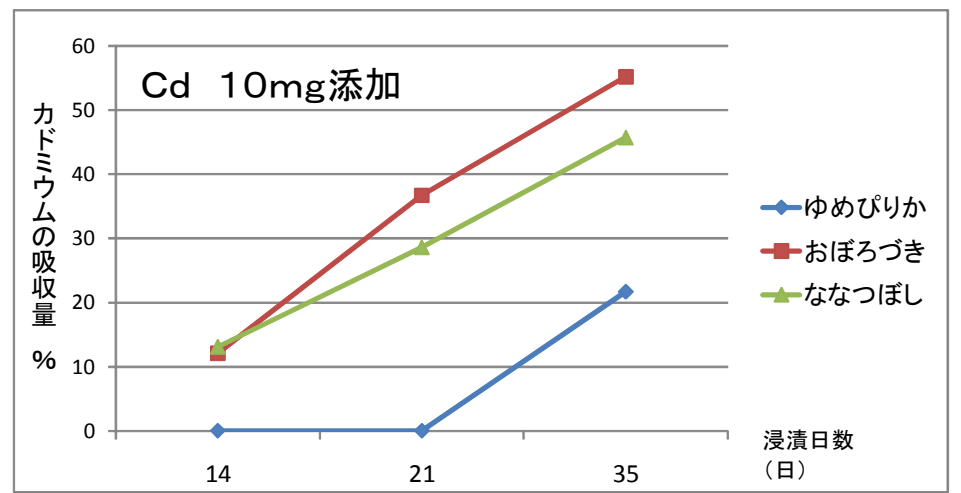
(左:試料を原子吸光分析装置でガス化させている様子。)
(右:検量線を作成するためのCd標準溶液(1~4ppm)を作成。)

〔検量線の作成〕



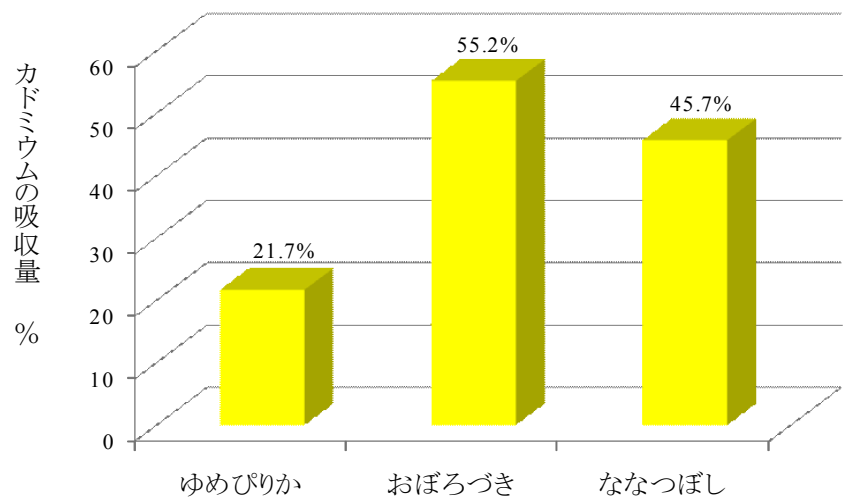
〔実験結果〕

キレート滴定(Cd直接滴定法)による



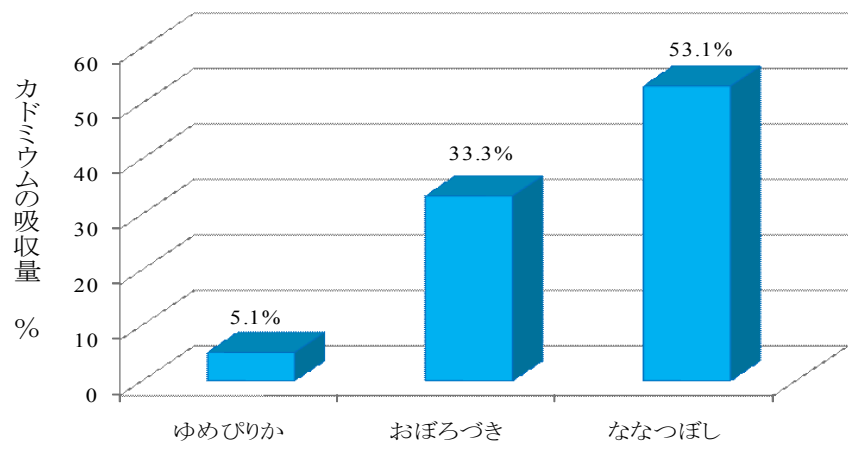
吸収量は、濃縮液内のCd残量から求めた。

Cd10mg 添加35日目



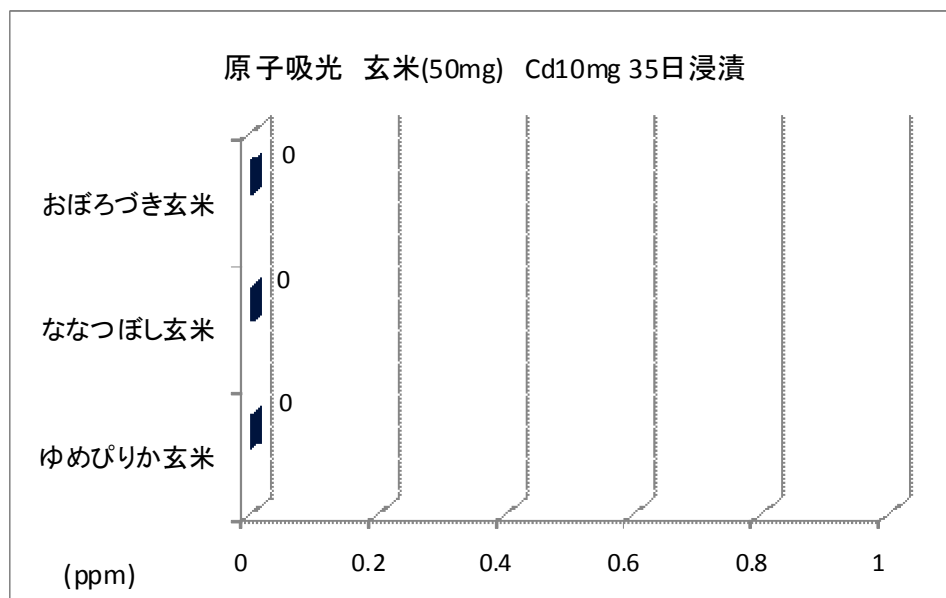
Cd 10mg の浸漬 35 日での吸収量

Cd5mg 添加35日目



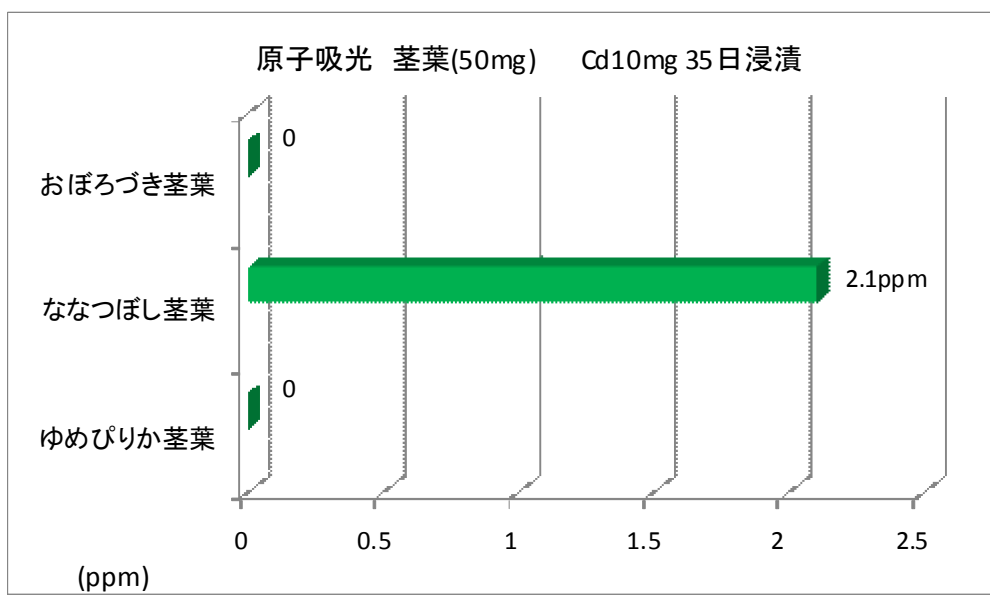
Cd 5mg の浸漬 35 日での吸収量

[実験結果] 原子吸光分析法による



(試料を 10 倍に希釈して分析)

「ゆめぴりか」, 「ななつぼし」, 「おぼろづき」の 3 品種ともに, 玄米からは Cd は検出されなかった。

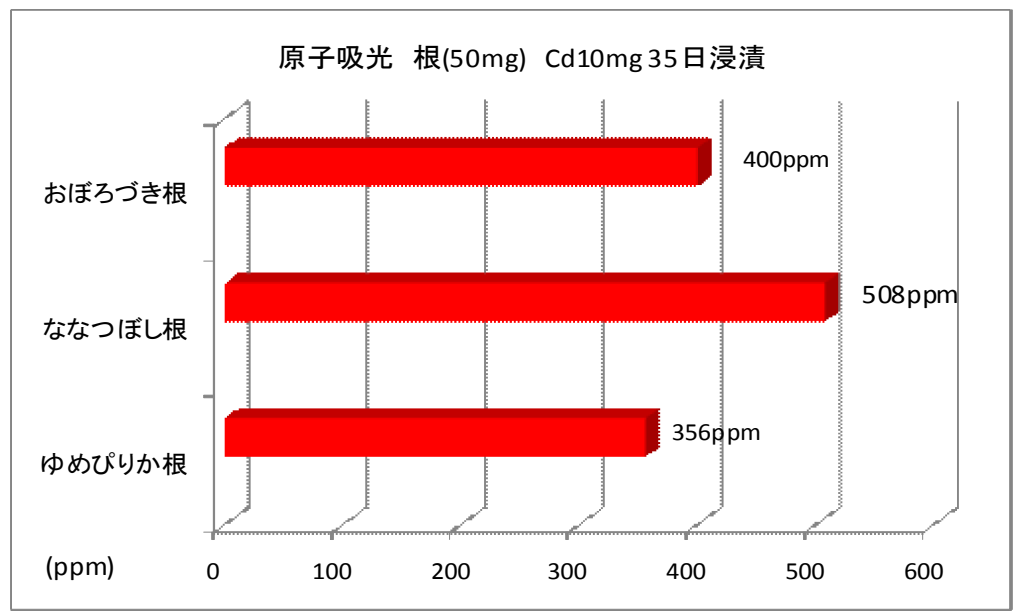


(試料を 10 倍に希釈して分析)

「ゆめぴりか」, 「おぼろづき」からは検出されなかったが, 「ななつぼし」からは 2.1ppm 検出された。

[謝辞]

この度の研究につきまして, 小樽商科大学化学研究室の片岡先生ならびに研究室の皆様方にご指導, ご助言をいただきまして, ころより感謝申し上げます。



試料を 400 倍に希釈して分析

「ななつぼし」は茎葉でも検出されたが, 根では 508ppm (101.6mg/kg) と多く検出され, 「おぼろづき」は 400ppm (80.0mg/kg) 検出されている。

一方「ゆめぴりか」は, 356ppm (71.2mg/kg) と他 2 品種と比べ少ない値を示している。

先のキレート滴定 (Cd 直接滴定法) の結果から, 「ゆめぴりか」が他 2 品種と比べ Cd 吸収量が低い傾向にあるという結果を得たが, 原子吸光分析法による結果からそのことが裏付けられた。

稲の乾燥重量データ

(実験苗 1 セット (5 本) あたり)

稲全体平均 2020mg 根の部分平均 543mg

根の部分の乾燥重量の平均は 543mg であった。このことから, 試料 50mg と比較すると, 約 10 倍という値になる。同様に, 根の原子吸光分析の結果である数値を各 10 倍していくと, 先にキレート滴定 (Cd 直接滴定法) で求めた吸収量と近い数値が得られた。

例: ななつぼし

キレート滴定	Cd10mg × 45.7/100 ≒ 4.6mg
原子吸光分析	508ppm × 10=5080ppm=5.08mg

このことから, キレート滴定 (Cd 直接滴定法) の測定値が, 信憑性を持つとともに吸収された Cd が根に固定されていることが裏付けられた。

[考察]

「ゆめぴりか」は, 「おぼろづき」・「ななつぼし」と比べキレート滴定, 原子吸光分析からの結果において, Cd 吸収量が低くなる傾向にあった。このことから「ゆめぴりか」は, 低 Cd 吸収性品種としての可能性があると考えられる。

「ゆめぴりか」・「ななつぼし」・「おぼろづき」の根・茎葉・玄米の各部位での原子吸光による測定結果では, 吸収した Cd は玄米, 茎葉にはほぼ残っておらず, 根に留まっていた。

このことから, 「ゆめぴりか」を含め 3 つの品種の持つ Cd 吸収に関する遺伝子は, 概ね根に作用しているものと考えられる。

[おわりに]

食の安全性が叫ばれる中, 主食となる米の安全性はとくに強く望まれ, 今後ますます低 Cd 吸収性品種の開発がこれから重要になってくると考えられる。昨年の秋から流通している「ゆめぴりか」の安全性と, その遺伝的な系統などがヒントとなり, Cd 吸収に関する遺伝子の同定に繋がる研究へと, この私たちの報告が発展することを期待したい。

1) Web 公開「農業環境研究成果情報 (玄米のカドミウム濃度に係わる遺伝子座の検索)」2004 年 3 月

<http://www.niaes.affrc.go.jp/sinfo/result/result21/niaes04005/niaes04005.html>

「イネのカドミウム吸収関連遺伝子座の同定」

独立行政法人農業環境技術研究所・任期付研究員 石川 覚 H15~H18 研究報告など
参考文献

キレート滴定 (上野景平著) 南江堂

カドミウムによる米の汚染 浅見輝男 Science Journal KAGAKU 科学 VOL.78 NO.2 FEB.2008