

# 石灰窒素はカドミウムの吸収を抑えるか

電気化学工業(株) 肥料事業部 課長 増田隆仁

石灰窒素の主成分であるカルシウムシアナミドは、加水分解を受けるとシアナミドになる(図-1)。このシアナミドは、生物への様々な効果が知られているが、これらの効果のほかに、各種の金属と難溶性の塩を生成するという特性を持っている\*1。この特性を利用し、石灰窒素を施用することで土壤中の易溶性カドミウムを難溶化させ、作物への吸収を抑えることができるのではないか、との発想から一連の研究を開始した(図-2)。

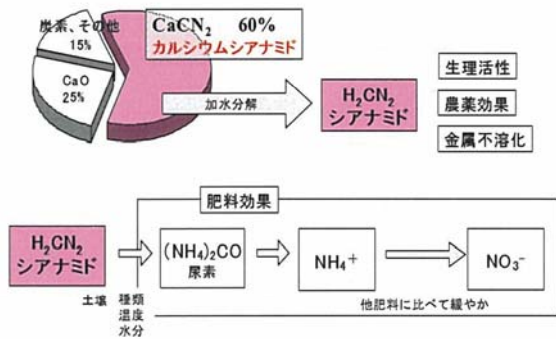


図1 石灰窒素の成分と土壤中での成分変化

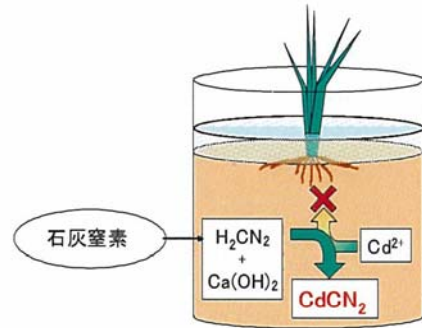


図2 カドミウム難溶化による作物吸収抑制の推定される機構

## カドミウムとシアナミドの反応

純水中におけるカドミウムとシアナミドの反応および生成物を検討した。シアナミドと等量の塩化カドミウムを純水に溶解させ、水酸化カルシウムまたは塩酸でpHを調整した結果、pH8以上のアルカリ条件で沈殿が生成した(図-3)。さらに、その不溶物の再溶解を確認した結果、pH4以上で不溶であった(図-4)。また、この不溶物がシアナミドカドミウムであることを確認した。

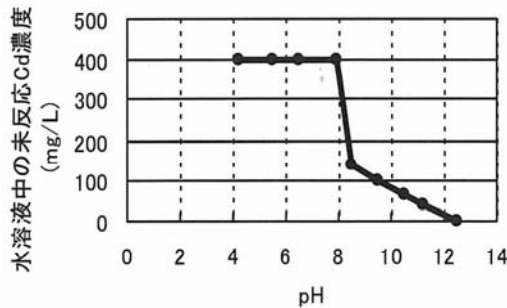


図3 不溶物の生成に対するpHの影響

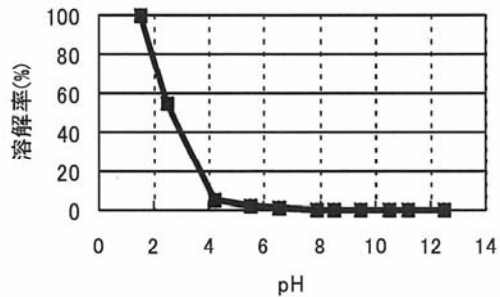


図4 不溶物の溶解に対するpHの影響

## アルカリ効果VSシアナミド効果

カドミウム自然負荷土壌を入手し、石灰窒素を混合後、湛水し30°Cで7日間静置した後、定本らの方法\*2にしたがい土壌中カドミウムの逐次抽出を検討した。

その結果、石灰窒素の施用により、水溶態および交換態カドミウム画分とされる0.05M硝酸カルシウム抽出画分が減少する傾向が認められ、反対に無機結合態、有機結合態とされる画分が増加する傾向が認められた(図-5)。

つぎに、抽出条件を交換態画分に絞り、検討した。条件は、抽出液を限定したことのほか、静置期間を延長したこと、石灰窒素とアルカリ分で同量の消石灰施用区を設けたこと以外は、先の検討と同様であった。

その結果、石灰窒素の施用により、無処理区にくらべ最大で40~50%程度まで交換態画分のカドミウムが減少した。この効果は少なくとも2か月間持続した。石灰窒素のアルカリ分に相当する消石灰を単独施用

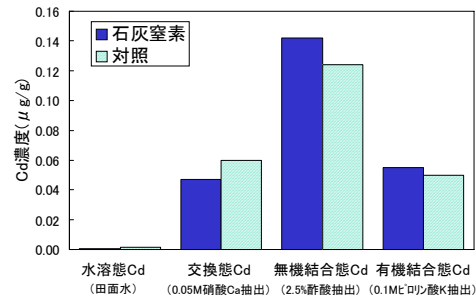


図5 石灰窒素施用による土壌中Cdの様態変化  
実施: 電気化学工業 青海工場  
土壌 0.1M HCl可溶Cd=0.3 μg/g土  
30°C×7日間培養後それぞれの溶媒にて逐次抽出

した場合には、このような効果はほとんど認められなかった。

また、アルカリ性の熔成けい酸りん肥を石灰窒素に併用することで、石灰窒素の単独の処理よりも初期の交換態カドミウム量が減少し、その効果持続期間も3ヵ月以上となった(図-6)。

このときのpHを検討したが、土壌処理間で大きな差は認められなかった(図-7)。石灰窒素による交換態画分の減少効果は、石灰窒素のアルカリ効果よりも、シアナミドそのものの効果によるものが大きいと推定された。

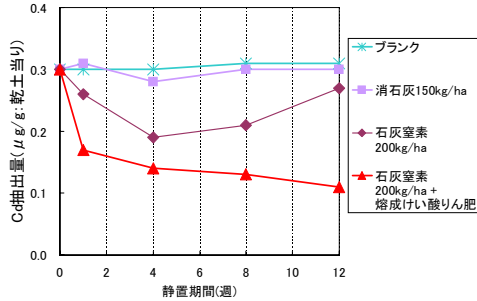


図6 石灰窒素による交換態Cd抽出量減少  
実施: 電気化学工業 青海工場  
土壌: 0.1M HCl抽出Cd 1.6 μg/g

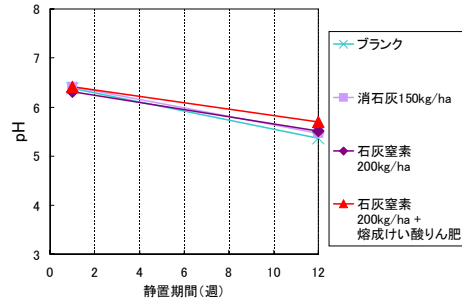


図7 石灰窒素による土壌中のpH推移  
実施: 電気化学工業 青海工場

### 作物中のカドミウム含量は?

上記の結果を踏まえ、水稲品種「密陽23」を用い、弊社青海工場で2ヶ年の水稲ポット栽培試験を実施した。栽培にはカドミウム自然負荷土壌(試験開始時の0.1M塩酸可溶Cd濃度:2001年=0.2 μg/g、2002年=0.36 μg/g)を使用した。対照区は水稲用化成肥料、石灰窒素区は石灰窒素のほかによりん、塩化加里による単肥配合とし、成分比は対照化成肥料に準じた。窒素成分は6kg/10a相当とした。肥料混合3~5日後、1080cm<sup>2</sup>のプランターへ5株移植し、移植後約1ヵ月目から約1ヵ月間中干しをおこない、その後は常時湛水とした。反復は2001年4プランター、2002年2プランターで実施した。その結果、いずれの年度も石灰窒素により玄米中のカドミウム含量は減少した(図-8)。

2002年にはコシヒカリを用いた同様の栽培試験を実施し、生育ステージごとに土壌中の交換態カドミウム含量とワラ中のカドミウム含量を合わせて測定した(土壌中の交換態Cdデータは省略)。

全生育ステージを通じ、石灰窒素を窒素として4kg/10a相当基肥施用したことにより、土壌中の交換態カドミウム含量とワラ中のカドミウム含量は減少し、さらに玄米中のカドミウム含量も低減した(図-9)。

同様に(財)日本肥糧検定協会に委託しポット試験をおこなった。この試験では、中干しをおこなわず、栽培期間中、常時湛水管理しているため、カドミウム含量は当社試験にくらべ低いが、同様にワラ、籾ともに石灰窒素施用でカドミウム吸収抑制効果が確認された(図-10)。

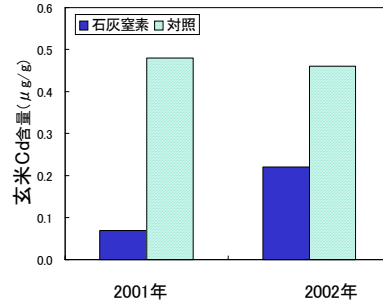


図8 ポット試験 その1  
実施: 電気化学工業 青海工場(2001~2002)  
18x60x16cmプランター 品種: 密陽23  
2001年: 危険率5%で有意差あり

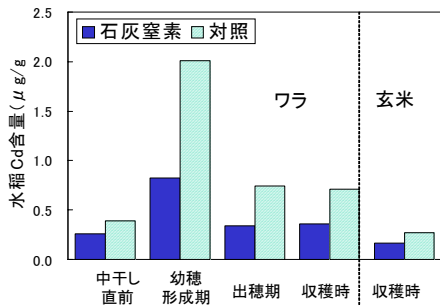


図9 ポット試験 その2  
実施: 電気化学工業 青海工場(2002)  
18x60x16cmプランター n=2 石灰窒素: 石灰窒素、重焼燐、塩化  
品種: コシヒカリ 対照: 塩安、重焼燐、塩加  
土壌: 0.1M HCl可溶Cd 0.26 μg/g

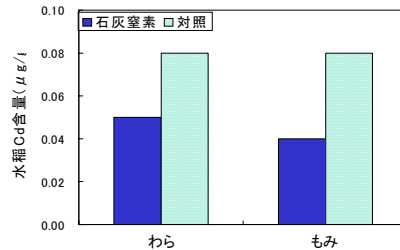


図10 ポット試験 その3  
実施: 日本肥糧検定協会(2002)  
a/5000 ワグネルポット n=3 0.1M HCl可溶Cd=0.30 μg/g  
品種: コシヒカリ 石灰窒素: 石灰窒素、過石、塩加  
栽培期間中、常時湛水 対照: 硫安、過石、塩加  
もみ: 危険率5%で有意差あり

## 水稲ほど明確ではないが野菜でも確認

こまつな、ほうれんそうを用い、当社青海工場でポット試験を実施した。石灰窒素と窒素肥料を窒素として20kg/10a相当を基肥施用した結果、水稲ほど明確ではないが、吸収抑制効果が確認された(図-11、12)。

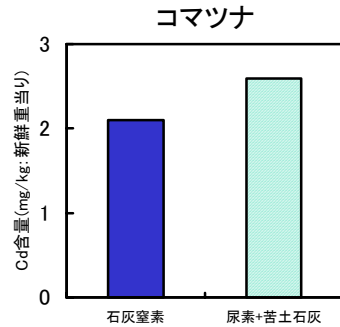


図11ポット試験結果

実施: 電気化学工業 青海工場  
窒素施用量: 20kgN/10a  
土壌へのCd添加量: 20mg/kg  
試験規模: 1/5000aワグネルポット 3本立て

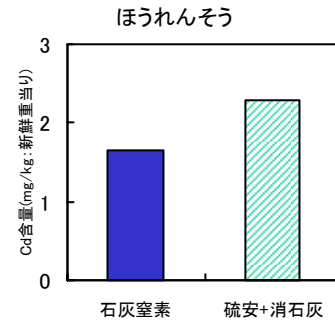


図12ポット試験結果

実施: 電気化学工業 青海工場  
窒素施用量: 20Nkg/10a  
供試土壌中Cd含量(0.1M塩酸抽出): 1.6mg/kg  
試験規模: 1/5000aワグネルポット 3本立て

## 施用法や効果を見極めて圃場への応用を

ポット試験の結果によって、可給態カドミウムがシアナミドにより難溶化し、作物吸収が抑制されたということを図-2の仮説で説明することができる。そして、そのことは、ある程度の妥当性を持つと考えられる。

現に、通常施肥レベルの石灰窒素施用により、土壌中のいわゆる交換態カドミウムレベルがかなりの期間抑えられ、さらに通常施肥レベルでは、石灰窒素のアルカリによる効果はほとんど期待できないが、シアナミドとの反応による効果であると仮定すれば、量的な不都合は生じない(すなわち、カドミウム含量1 $\mu$ g/g土は10aの耕土を100tとすると概略1モルに相当し、石灰窒素20~30kgの施用はシアナミド換算で150~200モルに相当し、カドミウム量対比では十分量となる)。

しかしながら、シアナミドはカドミウム以外の金属とも反応しているであろうことや、基礎試験では、アルカリ性の熔成けい酸りん肥の併用で効果が增强されていることなど、効果のメカニズムについては今後検討すべき点がある。

今回の検討は条件を制御しやすいポット試験のため、再現性よく効果が認められた。

また、中島の報告<sup>\*3</sup>によるプランター栽培試験においても、石灰窒素により玄米カドミウム含量低減が確認された。しかし、実圃場では、圃場自体の不均一性をはじめ種々の要因が混在するため、効果を実証していくには、適切な評価方法の確立を含め、種々の条件管理や石灰窒素施用法の最適化が必要と考えている。

繰り返しとなるが、本報告はポット試験結果であり、実圃場における効果は十分に確認されておらず、したがって、すべての圃場条件での効果を保証するものではない。

今後、圃場への応用を図る場合には、十二分に施用法、効果などを見極めた上での取り組み、使用をお願いしたい。

\*1 水野義久: 有機薬化学II, 338~339 (朝倉書店)

\*2 定本裕明ら: 土壌中重金属の形態分別法の検討, 土肥誌, 65(6)(1994)

\*3 中島秀治: 農業および園芸, 79(9), 1007(2004)