

コメのヒ素低減のための 栽培管理技術導入マニュアル ～コメの収量・品質への影響を抑え つつ、ヒ素を低減するために～

第2版



コシヒカリ環1号

コシヒカリ

2021年 3月

農研機構
農業環境変動研究センター

免責事項

- 本マニュアルは発行時点での情報に基づいて作成しています。ここで示した技術によるコメ中無機ヒ素低減効果は、あくまでも国内各地域の圃場試験結果に基づいて紹介したもので、実証段階の技術を含みます。本マニュアルに記載した技術や品種の利用により、この通りの無機ヒ素低減効果が得られることを保証するものではありません。
- 農研機構は、利用者が本手順書に記載された技術を利用したこと、あるいは技術を利用できないことによる結果について、一切責任を負いません。

改訂履歴

2019年4月 「コメのヒ素・カドミウム同時低減のための栽培管理技術マニュアル(暫定版)」[農研機構農業環境変動研究センター]発行

2021年3月 「コメのヒ素低減のための栽培管理技術導入マニュアル～コメの収量・品質への影響を抑えつつ、ヒ素を低減するために～(第2版)」[農研機構農業環境変動研究センター]発行

2021年12月 記載内容の正確性向上の観点から、一部ページを修正

はじめに

本マニュアルは、2019年4月に公開した「コメのヒ素・カドミウム同時低減のための栽培管理技術マニュアル暫定版」を改訂し、農林水産省が策定した「コメ中ヒ素の低減対策の確立に向けた手引き」等で紹介されている水稻のヒ素吸収抑制技術について、都道府県の行政部局、試験研究機関向けに、主なポイントを解説したものです。

ここで紹介した技術は主に、農林水産省委託研究プロジェクト「食品の安全性と動物衛生の向上のためのプロジェクト（水稻におけるヒ素のリスクを低減する栽培管理技術の開発）」（平成25年度～平成29年度）および、戦略的プロジェクト研究推進事業（現：安全な農畜水産物安定供給のための包括的レギュラトリーサイエンス研究推進事業）「有害化学物質・微生物の動態解明によるリスク管理技術の開発（省力的かつ現場で使い易いコメの無機ヒ素低減技術の開発）」（平成30年度～令和4年度（予定））で得られた成果です。

今後、さらに現地適用性の向上を図り、本マニュアルを改訂する予定です。

2021年3月

農研機構 農業環境変動研究センター
有害化学物質研究領域

目次

1. ヒ素対策のための基礎知識

- 1-1 無機ヒ素による健康影響とコメの基準値 1
- 1-2 国産のコメ中の無機ヒ素含有実態 2
- 1-3 イネがヒ素を蓄積する時期 3
- 1-4 水管理と溶存ヒ素の関係 4
- 1-5 落水にともなう溶存ヒ素の変化 5

2. カドミウム対策に配慮したコメのヒ素低減技術

- 2-1 落水処理 6
- 2-2 水管理と溶存ヒ素・溶存カドミウムの関係 9
- 2-3 カドミウム低吸収性品種の利用 10
- 2-4 含鉄資材と湛水管理の組合せ 12
- 2-5 低減技術選択の目安 14

3. Q&A 15

4. 参考・問合せ先 18

無機ヒ素による健康影響と コメの基準値

土壌や水に含まれるヒ素やカドミウムのような有害元素は、農産物が根から吸収することで可食部を汚染することがあります。ヒ素の中でも、無機ヒ素は長期的に摂り続けるとがんの発症率を高めるため、食品からの主要な摂取源であるコメには国際基準値が設定されています。

無機ヒ素

国際基準値	精米	0.2 mg/kg
	玄米	0.35 mg/kg
国内基準値	未設定	

また、カドミウムは長期的に摂り続けると腎機能障害等の原因になるため、摂取源となる食品に国際基準値が設定されています。国内では、コメに基準値が設定されていますが、湛水管理などの対策により十分に低い濃度に管理されています。

(参考) カドミウム

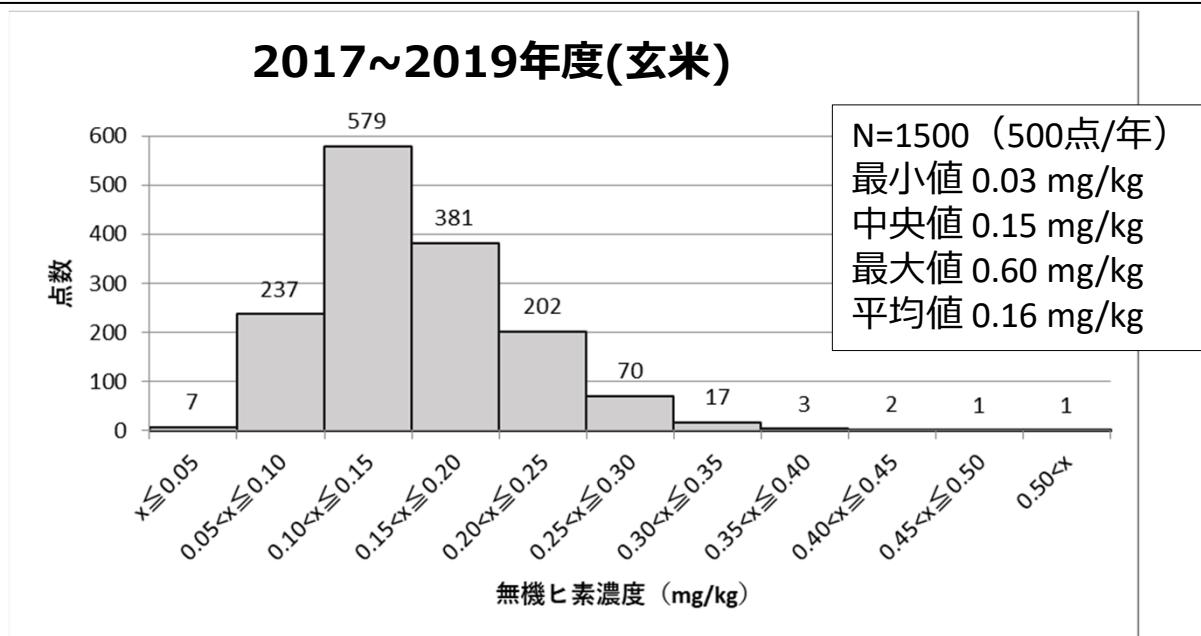
国際基準値	精米	0.4 mg/kg
国内基準値	精米・玄米	0.4 mg/kg

コメ中の無機ヒ素濃度の低減技術導入にあたっては、カドミウム濃度が現状より高くないよう配慮し、地域の実情に合った対策を検討しましょう。

国際基準値は、コーデックス委員会によって定められています。コーデックス委員会は、消費者の健康の保護、食品の公正な貿易の確保等を目的として、1963年にFAO及びWHOにより設置された国際的な政府間機関であり、食品の安全や品質等に関する国際食品規格の策定等を行っています。

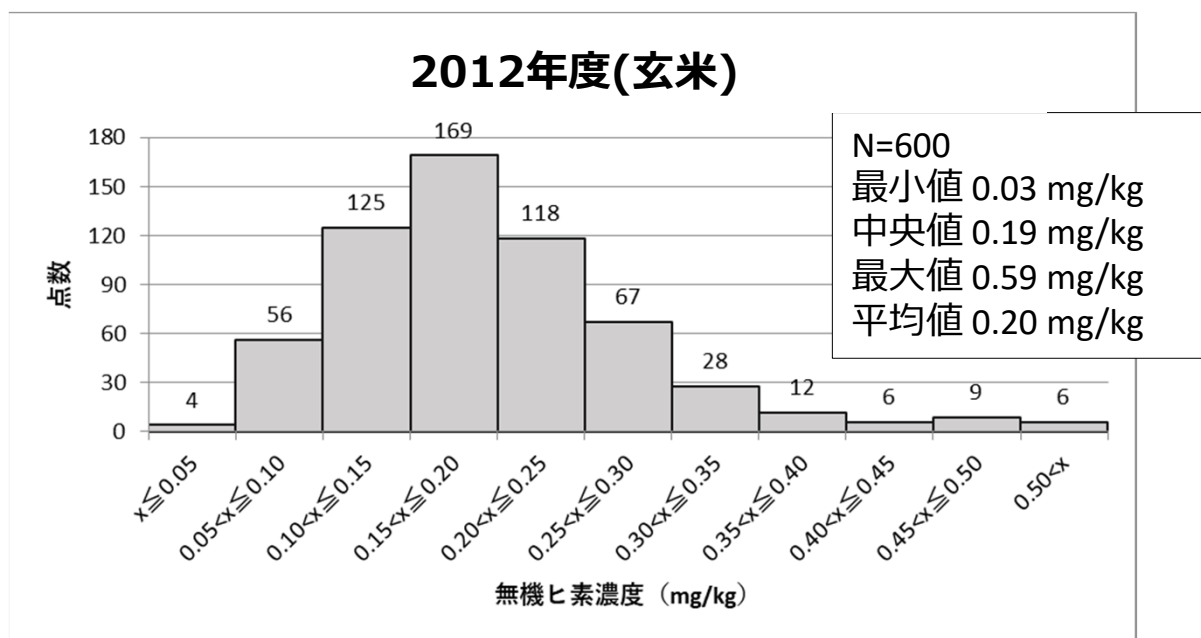
国産のコメ中の無機ヒ素含有実態

2017～2019年産の3か年の国産玄米中の無機ヒ素濃度の平均値は0.16 mg/kg、中央値は0.15 mg/kgでした。



データ提供：農林水産省消費・安全局

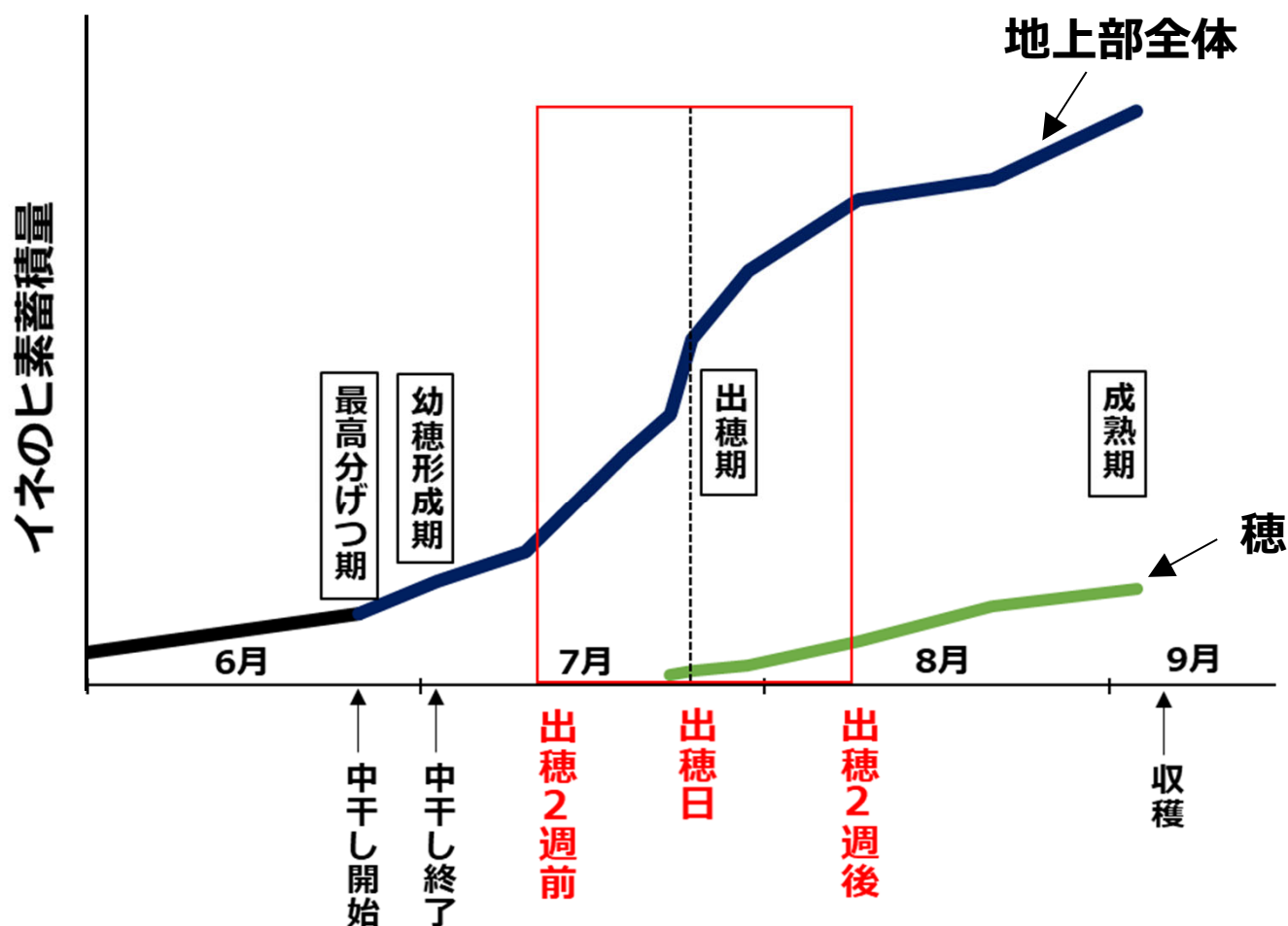
なお、イネの土壌からのヒ素の吸収は、水田の水管理や登熟期の気温により影響を受けるため、同じ地域・ほ場で生産されたコメでも、産年によって無機ヒ素濃度が変動します。農林水産省が平成24年度に同様に実施した調査と比較して、上記3か年の濃度は有意に低い結果でした。都道府県が各地域でのコメ中の無機ヒ素の含有実態を調査する場合には、この点に留意してください。



データ提供：農林水産省消費・安全局

イネがヒ素を蓄積する時期

イネ地上部のヒ素蓄積量は、出穂2週前から出穂2週後にかけて急激に高まります（注）。



(注) つくば市内の圃場でコシヒカリを、出穂期前後各3週間、常時湛水条件で栽培した結果です。

コメ中のヒ素濃度を低減するためには、出穂期前後各2週間を含む時期に、作土から溶け出すヒ素（溶存ヒ素）の量を少なくする対策が有効です。

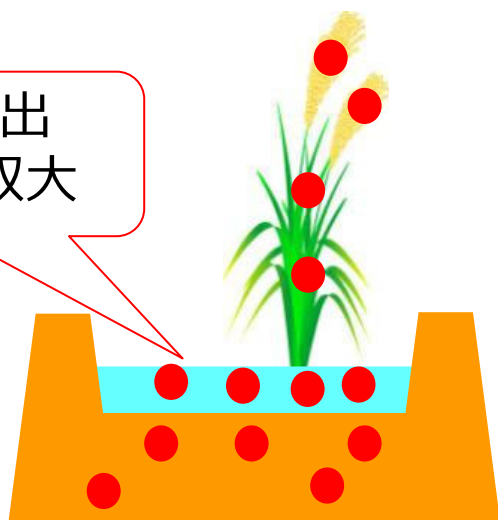
水管理と溶存ヒ素の関係

出穂期前後に湛水を一定期間を超えて続けると作土からヒ素が溶け出し、イネがヒ素を吸収しやすくなります。

湛水（還元的）

●ヒ素

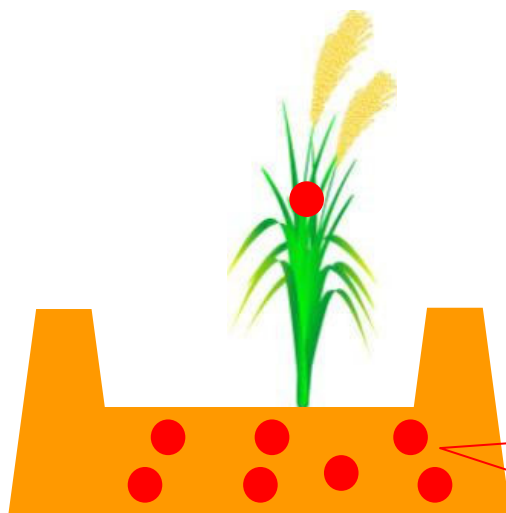
ヒ素が溶出
⇒ヒ素吸収大



落水（酸化的）

●ヒ素

ヒ素は土壤に吸着
⇒根から吸収されにくい



降雨がない期間に4日以上落水した場合（5ページ参照）

落水とともに溶存ヒ素の変化

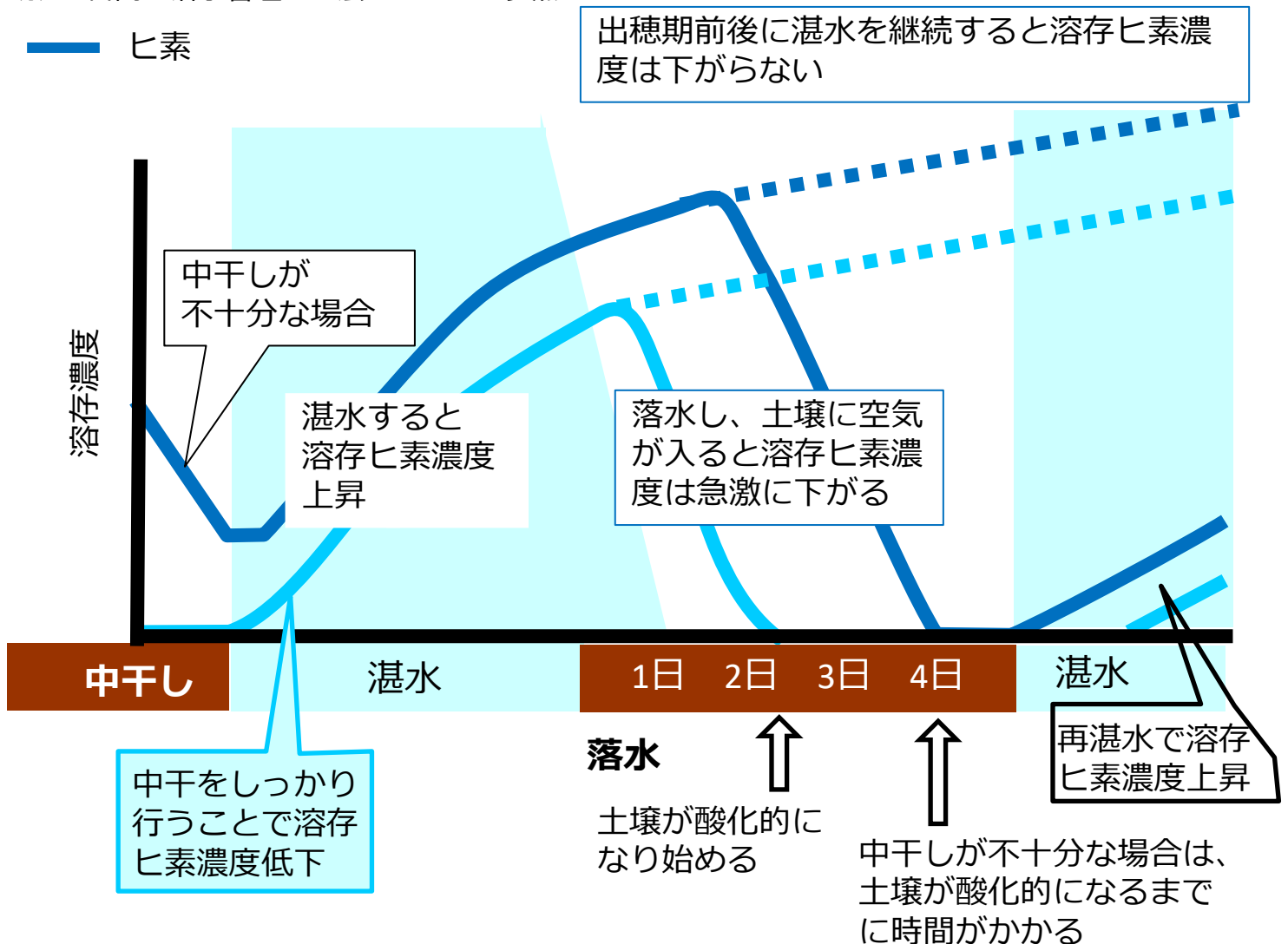
土壌中のヒ素は、湛水により土壌の還元が進むと徐々に溶出します。逆に落水で土壌に空気が入り酸化になると急速に不溶化します（下図参照）。**中干しをしっかりと行う※1**ことは、ヒ素の溶出を低く抑えるために有効です。

中干しを行った一般的な水田では、湛水期間中に上昇した土壌中の溶存ヒ素濃度を確実に下げるために必要な落水期間は**4日間※2**です。

4日間の落水により、再湛水後の還元の進行も抑えられるため、湛水期間中に溶出するヒ素を低く抑えることができます。

※1: しっかりと中干しができた目安は巻末Q&Aを参照

※2: 4日間の落水管理の方法は6ページ参照



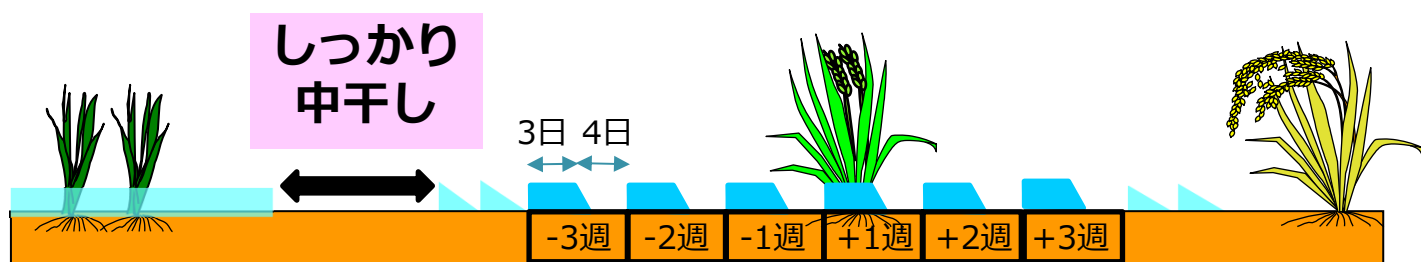
出穂期前後の土壌中溶存ヒ素を低減するための水管理

出穂期前後の湛水期間中に4日間の落水処理を数回行えば、溶存ヒ素濃度を低く維持できます。一方、出穂期前後は水稻が最も水を要求する時期であることから、収量・品質への悪影響が出ない水管理を検討する必要があります。

ヒ素低減に効果がある4日間落水のスケジュールの例

3湛4落

出穂期前後各3週間に、3日間湛水-4日間落水の间断灌溉を計6回繰り返す。落水期間の降雨を考慮する必要はありません。

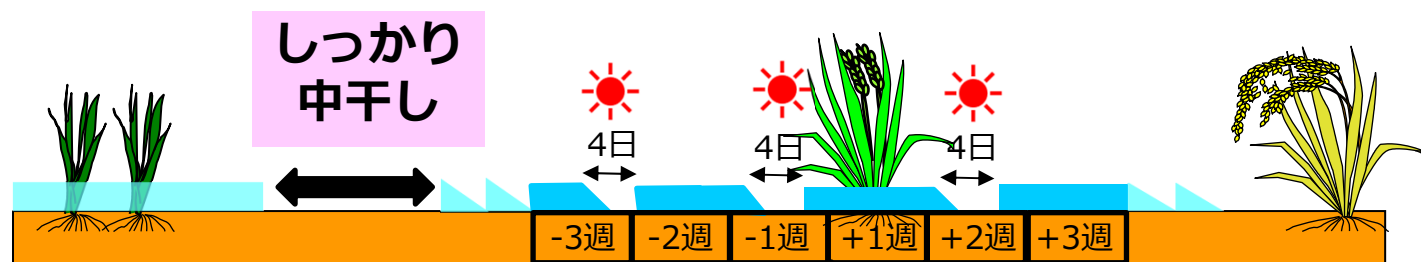


出穂

中干しをしっかりと行うと、土壌にひび割れが生じますが、ひび割れの程度は土壌により異なります。中干しの目安については、巻末Q&Aを参照してください。

落水3回

天気予報をもとに降雨を避け、4日間の落水を出穂期前後各3週間に3回実施。各落水期間の間隔は3日以上



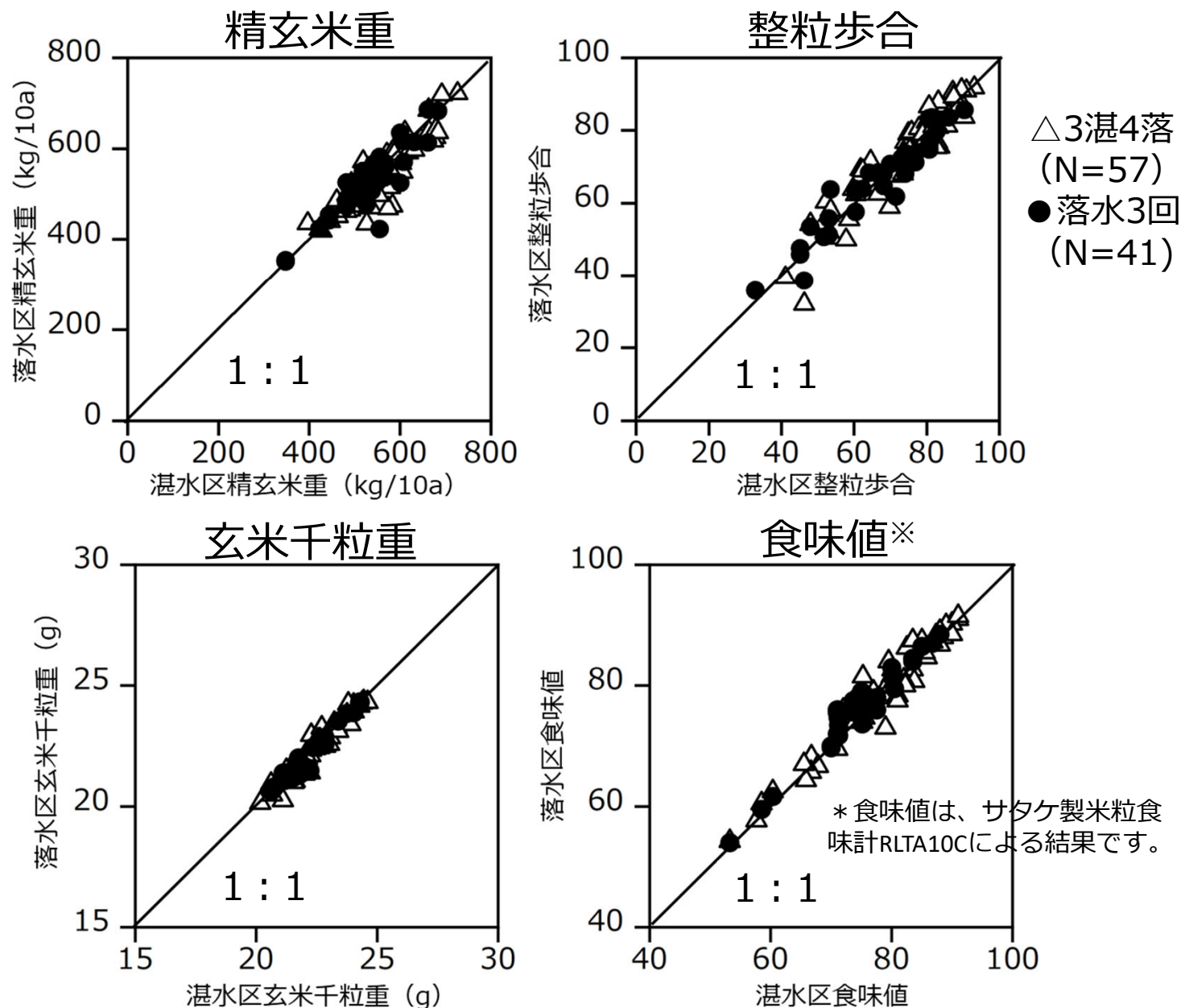
出穂

少ない回数での4日間の落水で土壌を酸化にするには、中干しをしっかりと行うことが重要です。また、4日間の落水期間中に降雨があれば、降雨や湛水の程度に応じて、落水期間を延長してください。（巻末Q&Aを参照してください。）

4日間落水の収量・品質への影響

出穂期前後各3週間に3湛4落又は3回落水を行うことによる、収量・品質への影響は、常時湛水区と比較してほとんど認められませんでした。

24圃場における4年間の実証試験結果 2016～2019年度



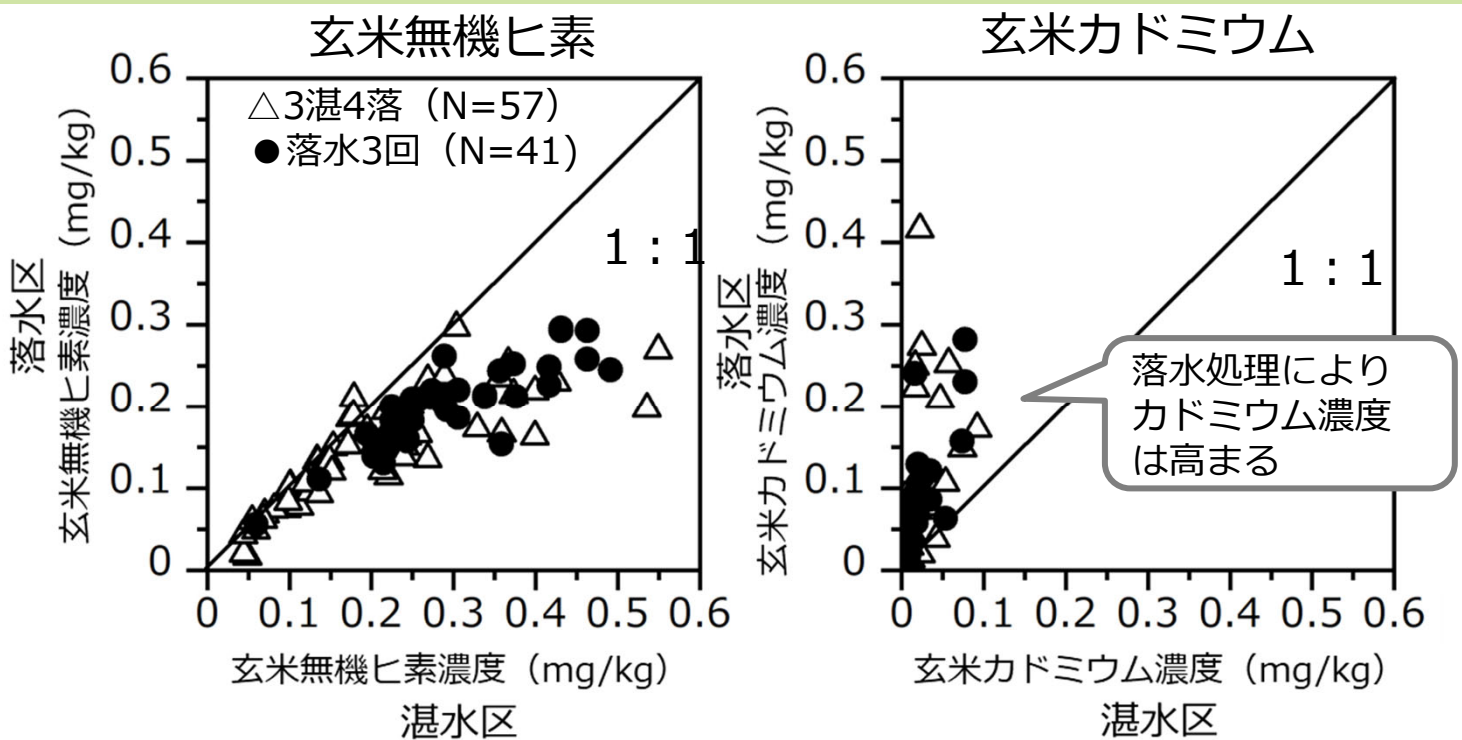
過度の落水は玄米収量・品質の低下を引き起こすおそれがあります。排水過良水田では、収量・品質に悪影響が出ないように落水日数を調節しながら玄米中の無機ヒ素濃度の低下を目指す必要があります。また、高温障害や冷害が懸念される状況下においては収量・品質に悪影響が出る可能性があります。

同一圃場内に「湛水区」と「3湛4落区」、「落水3回区」（6ページ参照）を設けて比較しました。

4日間落水による玄米中無機ヒ素の低減効果

出穂期前後各3週間に3湛4落又は3回落水（6ページ参照）を行うと、常時湛水した場合に比べ玄米中の無機ヒ素を低減できます。一方、玄米中のカドミウム濃度は、出穂期前後各3週間に3湛4落又は3回落水を行うことで、同期間中に常時湛水する水管理よりも高まります。常時湛水が推奨されているカドミウム汚染リスクの高い圃場では、カドミウム低吸収品種の利用ができなければ、3湛4落又は3回落水は推奨できません（9ページを参照）。

24圃場における4年間の実証試験結果 2016～2019年度



湛水区の玄米中の無機ヒ素濃度が高いほど、3湛4落又は3回落水の落水処理による濃度低減効果が高い。湛水区で玄米中の無機ヒ素濃度が比較的低い場合でも落水処理により濃度低下を確認。

3湛4落と落水3回（6ページ参照）の無機ヒ素低減効果は、同程度です。

同一圃場内に「湛水区」と「3湛4落区」、「落水3回区」（6ページ参照）を設けて比較しました。

水管理と溶存ヒ素・溶存カドミウムの関係

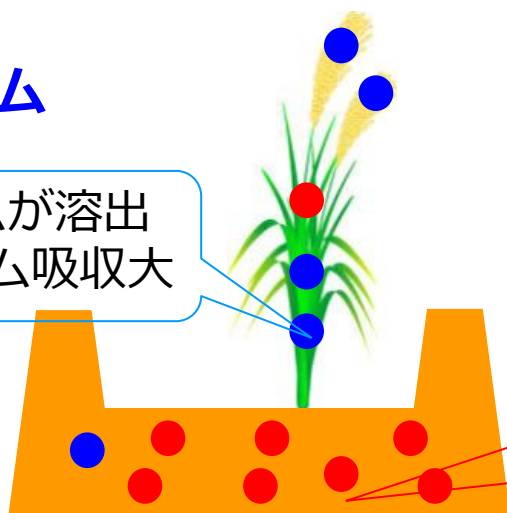
出穂期前後にヒ素低減に効果がある落水処理を行うと、常時湛水と比較してカドミウム濃度の上昇が確認されました（8ページ参照）。これは、同時期に落水を一定期間を超えて続けると作土からカドミウムが溶け出し、イネがカドミウムを多く吸収しやすくなるためです。（ヒ素とカドミウムには、水管理に対してトレードオフの関係にあります。）再湛水すれば溶存カドミウムは速やかに低下しますが、カドミウム濃度が高い土壌では、出穂期前後の落水には注意が必要です。

落水（酸化）

降雨がない期間に4日以上落水した場合
(5ページ参照)

- ヒ素
- カドミウム

カドミウムが溶出
⇒カドミウム吸収大

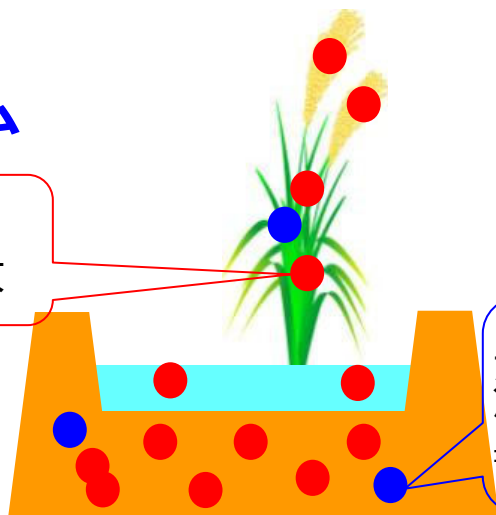


ヒ素は土壌に吸着
⇒根から吸収されにくい

湛水（還元）

- ヒ素
- カドミウム

ヒ素が溶出
⇒ヒ素吸収大



土壌中カドミウムは
溶けにくい硫化物として沈殿
⇒根から吸収されにくい

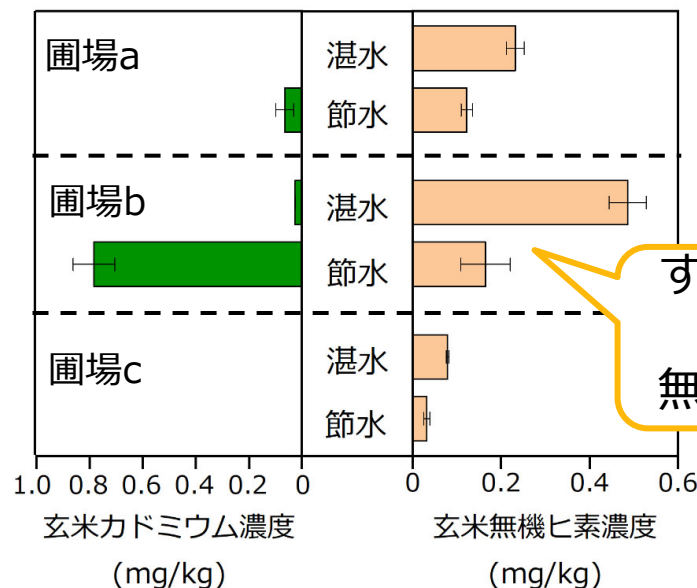
節水管理とカドミウム低吸収性品種の組み合わせ

従来品種を節水管理※下で栽培すると、圃場によっては湛水管理と比較して玄米中のカドミウム濃度が増加します。カドミウム低吸収性品種「コシヒカリ環1号(平成27年品種登録)」は土壌中のカドミウムをほとんど吸収しないので、カドミウムの汚染リスクの高い圃場であっても、節水管理により玄米中のカドミウム濃度を極めて低く維持しつつ、節水管理により玄米中の無機ヒ素濃度を湛水管理よりも低減できます。

※ここでは出穂期前後に常時湛水と比べて落水処理がある水管理を節水管理と称しています。6ページの3湛4落や3回落水も節水管理に含まれます。

従来のコシヒカリ

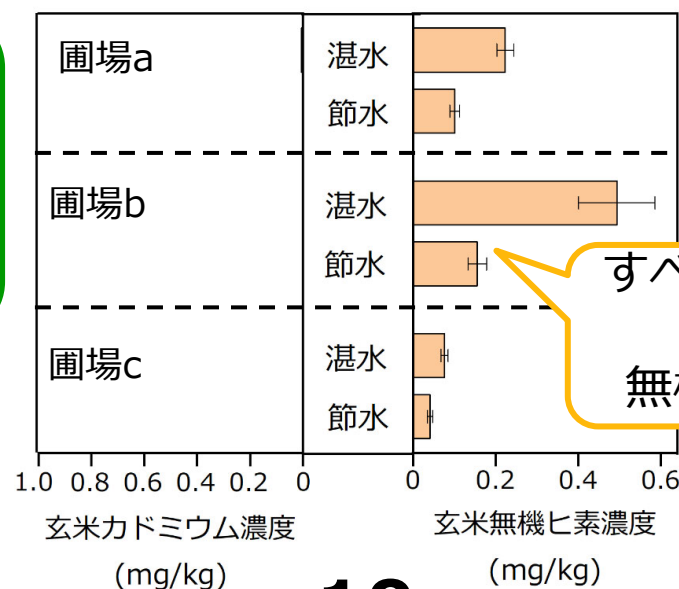
圃場aとbでは節水管理でカドミウム濃度増加



すべての試験圃場で節水管理で無機ヒ素濃度減少

コシヒカリ環1号

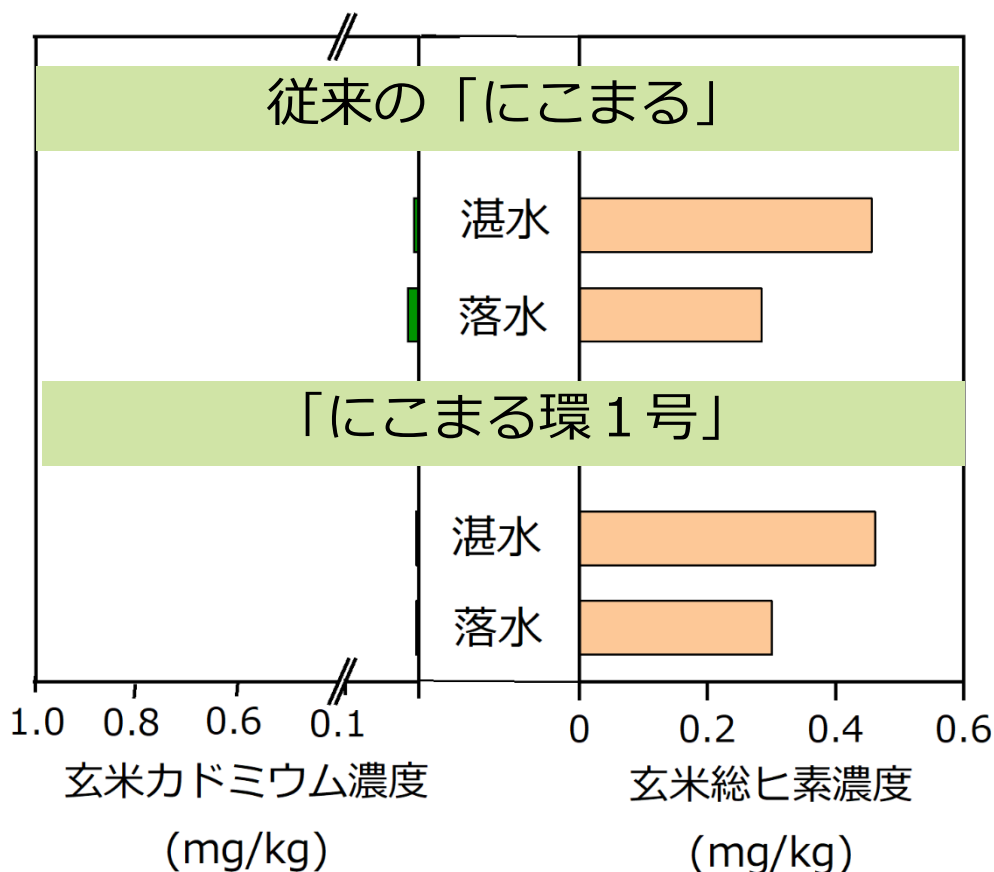
すべての試験圃場でカドミウムは水管理によらず不検出か極めて低濃度



すべての試験圃場で節水管理で無機ヒ素濃度減少

新たなカドミウム低吸収性品種の活用によるヒ素低減

コシヒカリ環1号をベースに新たなカドミウム低吸収性品種を開発しました。コシヒカリ環1号と同様、出穂期前後の落水処理との組み合わせにより、カドミウム濃度を極めて低く維持しつつ、玄米中のヒ素濃度を、出穂期前後に常時湛水で栽培した場合と比べて低減させることが可能です。



落水処理は3湛4落でおこないました。(6ページ参照)
 本試験では「総ヒ素」を測定しましたが、玄米中の総ヒ素濃度と無機ヒ素濃度には正の相関があることが知られています。

農研機構が開発・品種登録出願公表済のカドミウム低吸収性品種
 あきだわら環1号、ほしじるし環1号、コシヒカリ環HD1号、にこまる環1号、たちはるか環1号、きぬむすめ環1号、キヌヒカリ環1号
 (農研機構の品種の利用については、巻末の参考をご覧ください)

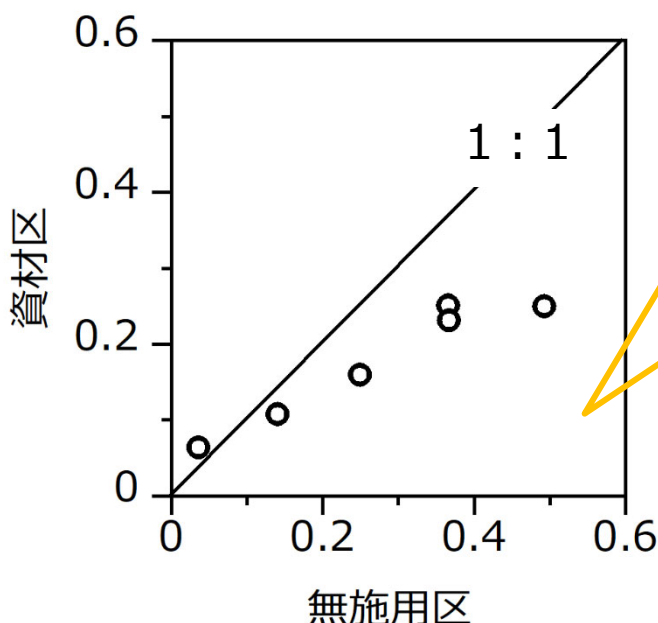
出穂期前後各3週間の湛水管理と含鉄資材施用の組合せによるヒ素低減

コメ中のカドミウム濃度が高い場合は、出穂期前後各3週間の期間の湛水管理が推奨されています。地域に適したカドミウム低吸収性品種がなく、このような湛水管理を行う場合でも、含鉄資材の施用により、玄米中の無機ヒ素濃度を20~40%低減させることができました。低減効果は、玄米中の無機ヒ素濃度が高い圃場ほど高い傾向にありました。

6圃場における施用初年目の実証試験結果

試験に使用した含鉄資材（含鉄物、2t/10a）

玄米中無機ヒ素濃度(mg/kg)



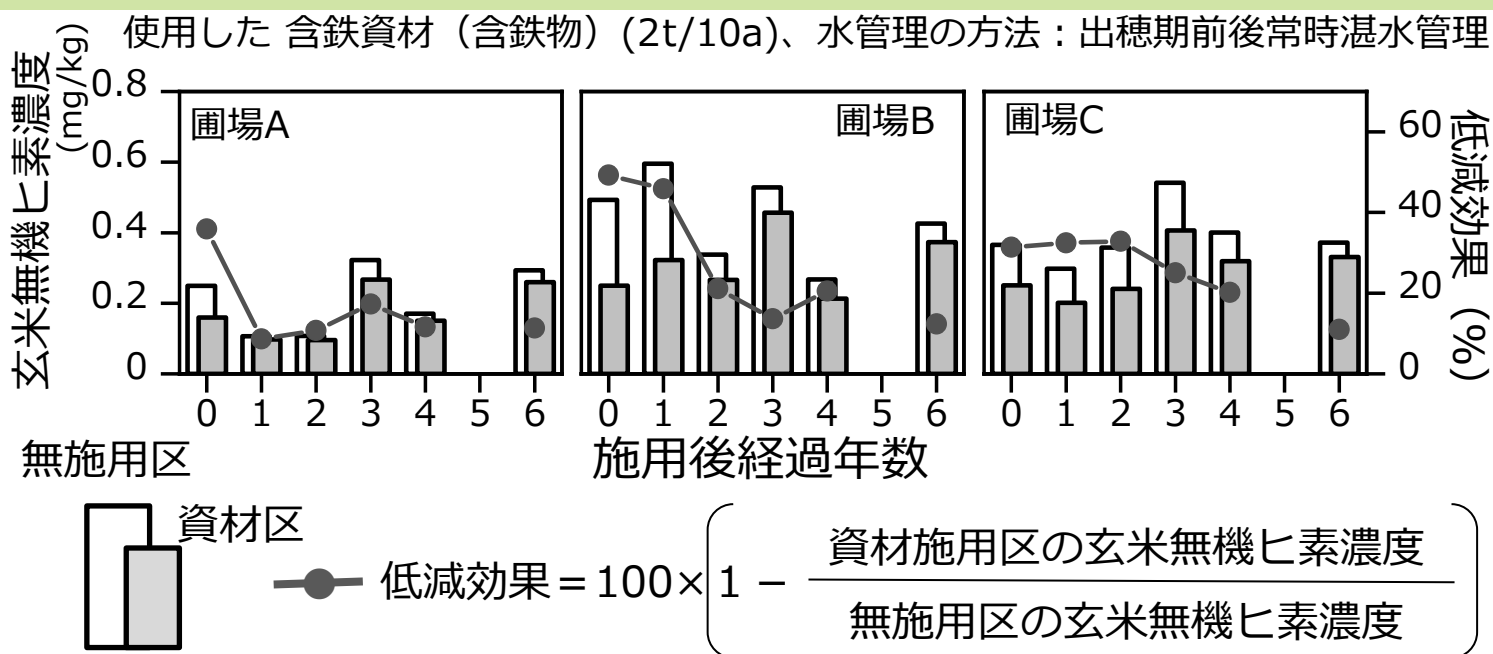
無施用区の玄米中の無機ヒ素濃度が高い圃場ほど、含鉄資材による低減効果が高い結果となった

湛水管理のため、玄米中のカドミウムは低濃度です。含鉄資材（含鉄物）施用により、カドミウム濃度は上昇しません。

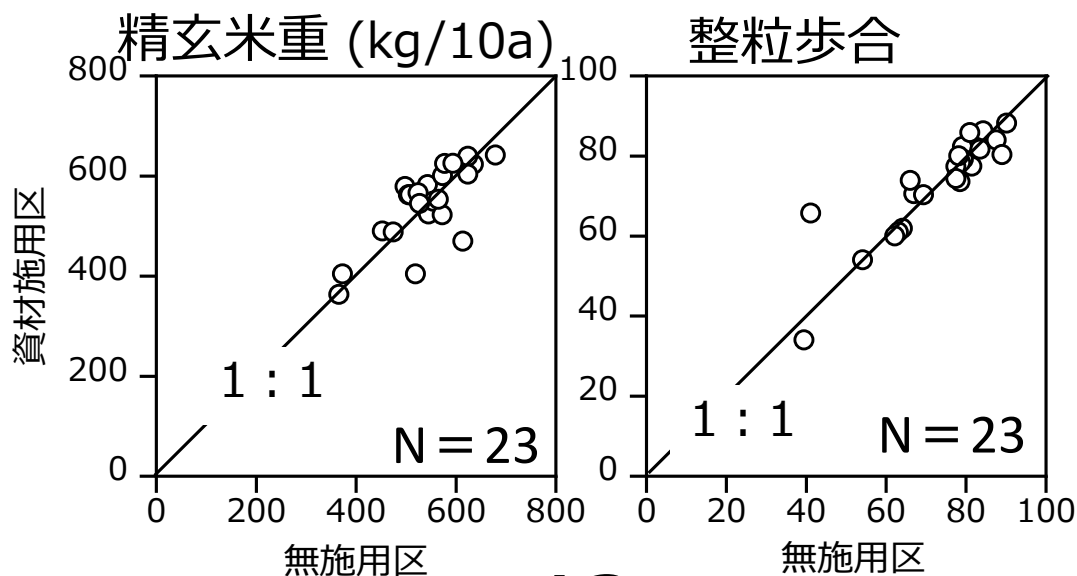
含鉄資材施用によるヒ素低減効果の持続性

含鉄資材の残効を6年間調査しました。玄米中の無機ヒ素低減効果は経年的に低下しましたが、施用から6年経過後も玄米無機ヒ素濃度を10%程度低減させる効果が持続しました。含鉄資材による収量・品質への明らかな影響は認められませんでした。

3圃場における施用後6年間の残効調査結果



含鉄資材の収量・品質への影響



ヒ素低減技術選択の目安

これまで説明してきたように、土壌中の溶存ヒ素濃度と溶存カドミウム濃度は、水管理（湛水、落水）に対しトレードオフの関係にあります。また、地域によって利用可能な技術が異なります。このため、カドミウムの濃度への影響を評価した上で、現状よりもコメ中のカドミウム濃度を高めることがなく、現状よりもコメ中の無機ヒ素濃度を低減できる技術を選択する必要があります。

コメ中のカドミウムの濃度上昇がない、 または無視できる程度である場合

出穂期前後各3週間に、
4日間の落水処理を複数回

落水処理によるコメ中のカドミウムの濃度 上昇が無視できない場合

(基本)

出穂期前後各3週間に4日間の落水処理を複数回
+カドミウム低吸収性品種

(低吸収性品種を導入出来ない場合)

含鉄資材 + 湛水管理

全般について

■ ヒ素対策の必要性をどのように判断？

農林水産省は「コメ中ヒ素の低減対策の確立に向けた手引き」において、「コメは日本人の主食であり、消費量が多いことから、食品からの無機ヒ素摂取量を小さくするには、コメに含まれる無機ヒ素の濃度を低くすることについて考えることが必要」としています。コメの無機ヒ素濃度を低くするには、全国的にヒ素対策を導入することが効果的です。

一方で、現時点では、コメ中のヒ素を低減するための対策技術は検証段階にあります。ヒ素対策の必要性を認識した上で、都道府県等が主体となり、農林水産省の手引きや本マニュアルを活用して検証試験を実施し、地域に導入可能な技術を確立した上で、普及に移してください。

なお、海外の国や地域では基準値が設定されている場合があります。輸出に取り組む産地においては、輸出先の国や地域が定めている基準に留意し、必要に応じた対策の導入を検討してください。

■ コメのヒ素濃度を知りたいときは？

民間の分析・検査機関にご相談ください。その際には、ISO/IEC 17025認定を取得するなど、分析値の信頼できる品質保証体制が整っている分析・検査機関を選ぶことをお勧めします。自らヒ素濃度を測定する場合には、精確に測定できているかどうかを確認するため、技能試験の受験もお勧めします。また、農研機構では、特別な装置がなくてもコメ中のヒ素濃度を測定できる簡易分析法を開発し、マニュアルを公表していますのでご活用ください（巻末にURLを記載）。

農林水産省が、消費・安全対策交付金において、都道府県等向けに、コメ中のヒ素濃度の含有実態調査を行うための支援を行っています。詳しくは、お近くの地方農政局等にご相談ください。

Q&A

落水処理について

■ 落水処理の注意点は？

出穂期前後各3週間の4日間の落水により圃場がしっかりと乾くためには、**溝きりにより表面排水を徹底し、中干しをしっかりとおこなっておく**必要があります。落水時にも、**表面排水を徹底**することが重要です。

■ 出穂期前後各3週間以外の水管理は？

現地の慣行に従ってください。
また、必要に応じて数日間の出穂期湛水を行ってください。



■ 落水期間中に降雨があった場合は？

天気予報をもとに4日間の落水期間を3回おこなう場合は、落水期間を延長してください。

落水3日経過後以前の降雨により土壌が再湛水した場合→4日延長

落水3日経過後以降の降雨により土壌が再湛水した場合→3日延長

土壌が再湛水しなかった場合→降雨日1日につき、落水期間を1日延長

また、3湛4落（出穂期前後の各3週間に3日間の湛水と4日間の落水を6回繰り返す水管理。6ページ参照）の場合は、落水期間中に降雨があっても3日間湛水-4日間落水のスケジュールを変更する必要はありません。

■ 中干しをしっかりと行うことができた判断できる基準は？

断続的な4日間の無降雨日に続けて、**連続した4日間**の無降雨日があれば、土壌に空気が侵入し、しっかりと中干しができた判断することができます。土壌が乾く過程でひび割れが生じますが、その程度は土壌によって異なります。

なお、中干しの実施時期は現地の慣行に従ってください。

カドミウム低吸収性品種の利用について

■ 低吸収性品種と従来品種に違いはある？

コシヒカリ環1号等の低吸収性品種はカドミウムの他にマンガンの吸収も抑制されているため、特に秋落ち水田では注意が必要です。農研機構を中核とする研究コンソーシアムでは、農林水産省の支援を受けて、マンガン資材の施用を組み合わせた栽培管理技術を現在検討中です。

含鉄資材の施用について

■ 含鉄資材（含鉄物）は2t/10aが必要最小量か？

農研機構を中核とする研究コンソーシアムでは、農林水産省の委託を受けて、施用量を減らし、資材を連年施用した場合の効果を検討中です。

■ 含鉄資材（含鉄物）であれば何を使用してもよいか？

本マニュアルでご紹介した試験では、特殊肥料の含鉄物のうち鉍滓を原料とするFMゴールド（指定名：転炉さい、三井物産アグロビジネス）を使用しました。鉄粉や褐鉄鉍を原料とする含鉄物にも同等、あるいはそれ以上の効果がありましたが、資材供給量が少なく、比較的価格が高いという問題があります。銘柄によるコメのヒ素低減効果の違いについては検討をおこなっていません。

転炉さいにおいてコメ中無機ヒ素濃度の低減に効果がある成分は、鉄とケイ酸です。資材中の鉄および可溶性ケイ酸含量が高いほど、また、資材施用前の土壌中の鉄および可給態ケイ酸濃度が低いほど、コメの無機ヒ素低減効果が高い傾向にあります。

地域によって入手可能な含鉄資材が異なりますので、お近くの農協、販売事業者等にお問い合わせください。価格帯は概ね、20kgあたり400円から2000円です。

■ 含鉄資材を施用する時期は？

本マニュアルでご紹介した試験では、資材を土壌とよく混合するために、代掻き前に全量を施用しました。

参考

- 農林水産省

コメ中ヒ素の低減対策の確立に向けた手引き

www.maff.go.jp/j/syouan/nouan/kome/k_as/maff_kome.html

- 農林水産省

コメ中のカドミウム低減のための実施指針

www.maff.go.jp/j/syouan/nouan/kome/k_cd/2_taisaku/attach/pdf/01_tec-8.pdf

- 農研機構

コメ中無機ヒ素の簡易分析法

https://www.naro.affrc.go.jp/publicity_report/publication/pamphlet/tech-pamph/121228.html

- 農研機構

品種の利用について

<http://www.naro.affrc.go.jp/collab/breed/index.html>

問合せ先

農研機構 農業環境変動研究センター（研究推進室）

メール：niaes_manual@ml.affrc.go.jp