

施策推進上の活用  
が期待される成果  
(主要研究成果)



独立行政法人 農業環境技術研究所

## カドミウム汚染水田の実用的土壌浄化技術 —ファイトレメディエーションと化学洗浄法—

### ポイント

カドミウムで汚染された水田土壌の浄化のために、高吸収イネを利用したファイトレメディエーション(\*1)や、塩化鉄による化学洗浄法を開発しました。これらは世界初の技術であり、客土に比べて、安価で環境やその後の栽培への影響も少なく、幅広い汚染状況に適用できます。またこれらの技術は、農林水産省が平成23年8月に策定した「コメ中のカドミウム濃度低減のための実施指針」で紹介されています。

### 概要

独立行政法人農業環境技術研究所は、カドミウム(Cd)で汚染された水田土壌の植物(高吸収イネ)または化学物質(塩化鉄)を利用した浄化技術を開発しました。いずれも世界初の技術です。客土に比べて安価だけでなく、高吸収イネを利用した浄化技術はCd汚染が低濃度で広範囲に拡がっている場合、塩化鉄を利用した浄化技術はCd汚染が高濃度の場合に有効です。

#### 【Cd高吸収イネによるファイトレメディエーション】

1. Cdをよく吸収する複数のインディカ米(\*2)の中から長香穀、IR8、モーれつを選抜しました。
2. 中干し後、落水を継続して土壌を酸化状態にする(早期落水栽培法\*3)と、Cdを根から吸収されやすくなります。そのようにしてCd高吸収イネ品種を2~3作栽培し、収穫した地上部をその都度水田の外へ持ち出すことで、対照区と比較して、水田土壌のCd濃度が20~40%、浄化後に栽培した玄米中のCd濃度が40~50%減少しました。
3. 最初にイネのみだけを収穫し、稲わらを数日間水田に放置して天日乾燥させると、

収穫直後の稲わらの水分（70～80%）が40～50%まで減少しました。その後ローラーで収穫した稲わらをパレットに載せて上部を透湿防水シートでおおって約2ヶ月間放置すると、水分がさらに20～40%まで減少しました。

4. 稲わらやもみを乾燥によって減量することにより、運搬や焼却のコストを大幅に低減でき、本技術（3作栽培）の総コストは、客土（\*4）工法の1/7程度です。

### 【塩化鉄を利用した化学洗浄法】

1. Cdの除去効率が高い化学物質の中から、土壌への影響の少ない塩化鉄を選抜しました。
2. 塩化鉄（Ⅲ）溶液を投入して、土壌に吸着しているCdを水中に溶出させて除去することによって、水田土壌のCd濃度が約60～80%、洗浄処理後に栽培した水稻では70～90%減少しました。
3. 排水処理装置を通った処理水のCd濃度は、環境基準値の10分の1以下でした。
4. 本法に必要なコストは間接経費を含めても約300万円となり、客土工法と比べて安価です。また、所要日数は約80日と短期間です。

## 研究（開発）の社会的背景

---

過去に行われた鉱山開発等の影響で、わが国にはCd濃度の高いコメが生産される可能性の高い地域が存在し、国民がそのコメを摂取することが懸念されています。また、平成23年2月、食品衛生法に基づいて、コメ中のCd基準値が、1.0 mg/kg未満から0.4 mg/kg以下に改正されました。農林水産省が講じてきたコメ中Cd残留低減対策の中心的なものに「客土工法」がありますが、コストが高く、汚染されていない土壌が大量に必要となるため、周辺の自然環境を破壊することになります。そこで客土工法を代替する安価で環境負荷が少なく、広範囲に適用できる土壌浄化技術の開発が望まれています。

## 研究の内容・意義

---

### 【Cd高吸収イネによるファイトレメディエーション】

- 1) 本法は、Cd高吸収イネを栽培して、土壌中Cdを吸収させ、もみと稲わらを分別収穫して、現地で乾燥後に運搬し、燃焼してCdを回収する技術で、以下の手順で行います（図1）。
- 2) 「早期落水栽培法」でCd高吸収イネ品種を2～3作栽培し、その都度地上部を水田の外へ持ち出すことにより、高吸収イネ品種による早期落水栽培法を実施しない対照区と比較して、水田土壌のCd濃度が20～40%減少し、浄化後に栽培した玄米中のCd濃度が40～50%減少します（図2）。また、この方法によって、Cd吸収量を高めることができます。
- 3) もみと稲わらを分別して収穫し、稲わらを裁断せずに天日干しすることによって、収穫直

後に 70~80%あった稲わらの水分が 40~50%まで減少します。その後、稲わらをローラーで収穫し、パレットに載せて上部を透湿防水シート（\*5）でおおって約 2 ヶ月間水田に置くことによって、水分はさらに 20~40%まで減少します。また、先に収穫したもみはフレキシブルコンテナバッグ（ポリエチレン等の化学繊維製の梱包材）に入れて、稲わらと同様に乾燥すると、水分を 20%程度まで減少します。

- 4) 焼却前の稲わらの水分を 40%以下に減少させると、運搬コストの削減だけでなく、焼却コストを水分 70%の場合の半分以下に抑制できます。本法の 1 作・10 アール当たりの総コストは、稲わらの水分 40%で約 25 万円、水分 70%の稲わらを焼却する場合は、約 30 万円でした。結果として、Cd 高吸収イネ品種を 3 作栽培する土壌浄化法の総コストは、客土工法（10 アール当たり 500 万円程度）に要するコストの 1/7 程度です。

### 【塩化鉄を利用した化学洗浄法】

- 1) 本法は、水田に塩化鉄（Ⅲ）溶液を投入して土壌を攪拌して Cd を田面水に溶かし出して、その水を排水装置に導入して、Cd を回収する技術で、以下の手順で行います（図 3）。
- 2) 排水処理装置を通った処理水の Cd 濃度は、環境基準値（0.01 mg/L）の 1/10 以下になります。
- 3) 洗浄処理によって、水田土壌の Cd 濃度が約 60~80%減少し、洗浄処理後に栽培した水稲には、収量に有意差は無く、玄米の Cd 濃度は洗浄していない場合に比べて 70~90%程度減少しました（図 4）。
- 4) 本法のコストは、施工面積 2 ヘクタール、土壌 Cd 濃度 1mg/kg、塩化鉄濃度 15 mmol/L で試算した場合、直接工事費が 10 アールあたり約 200 万円、間接経費を含めても約 300 万円となり、客土工法（10 アール当たり 500 万円程度）と比べてコストの削減が可能です。また、浄化に必要な所要日数は約 80 日と短期間であり、土壌の状態も大きく変化しないため、土壌浄化のために休耕する必要はありません。

### 活用実績・今後の予定

---

ここで開発した Cd 汚染土壌の浄化技術は、客土工法より低コストで、客土が適用できない地域でも、それに近いレベルの浄化効果が得られます。そのため、農林水産省消費・安全局が平成 23 年 8 月に発行した「コメ中のカドミウム濃度低減のための実施指針」で紹介されました。今後、「農用地の土壌の汚染防止等に関する法律」に基づいて Cd に汚染された水田における土壌汚染防止対策の一つとして、さらには世界の Cd 汚染稲作地域における実用浄化技術となることが期待されます。

## 問い合わせ先など

---

研究担当者：(独) 農業環境技術研究所 土壤環境研究領域

植物を利用した土壤浄化 主任研究員 村上 政治  
TEL 029-838-8308

土壤を利用した土壤浄化 主任研究員 牧野 知之  
TEL 029-838-8314

## 用語の解説

---

- \*1: **ファイトレメディエーション**: 植物（ここではイネ）は、根から水とともに様々な物質を吸収する能力を有している。その能力を利用して、環境（ここでは土壤）中の汚染物質を植物に集積または分解することによって、環境を浄化する技術のこと。
- \*2: **インディカ米**: イネの品種群（亜種）の一つ。ジャポニカ米と比べて、一般にバイオマスも大きく、Cdの吸収力が高い。
- \*3: **早期落水栽培法**: Cd高吸収イネ品種のCd吸収量を高めるため、中干し後、落水を継続する栽培法。湛水して土壤を酸素不足の状態（還元状態）にすると、Cdは根から吸収されにくい硫化Cd (CdS) として存在する。しかし、落水して土壤に酸素がある状態（酸化状態）にすると、Cdは根から吸収されやすいCd (Cd<sup>2+</sup>) になる。移植後約30日～50日間は湛水条件で栽培し、その後は水を入れずに落水状態を継続する。
- \*4: **客土**: ある土地に他の場所の土壤を持ち込んで上乘せすること。農業の場合、一般に農作物栽培のための土壤改善が目的であるが、有害物質に汚染された土壤による作物の汚染防止以外にも、栄養改善や保水力向上など、他にも様々な目的がある。
- \*5: **土壤洗浄法**: 汚染水田に塩化鉄(Ⅲ)などの化学物質を加え、Cdなど土壤に吸着している物質を水中に溶出させて除去する技術。
- \*6: **透湿防水シート**: 水は通さないが、湿気(水蒸気)は通す性質をもつシートである。厚さは0.1～0.5 mm程度。材質はポリエチレン製不織布が主であり、価格が安い。

## その他

---

**マニュアル等**: 農作物の重金属（カドミウム、ヒ素）簡易分析マニュアル（農業環境技術研究所、化学分析・モニタリングリサーチプロジェクト、2010）、農作物中のカドミウム低減対策技術集（農業環境技術研究所、重金属リサーチプロジェクト、2010）、コメ中のカドミウム濃度低減のための実施指針（農林水産省、2011）

予算：農水省委託プロジェクト「農林水産生態系における有害化学物質の総合管理技術の開発」(2003-2007)、および「生産・流通・加工工程における体系的な有害要因の特性解明とリスク低減技術の開発」(2008-2012)、農水省官民連携新技術研究開発事業(2005-2006)、農業環境技術研究所運営費交付金研究(2008-2009)

特許：「重金属汚染土壌の浄化方法」(特開 2007-209894)、「汚染土壌の浄化方法」(特許 4116975 号)、「重金属汚染土壌の浄化方法」

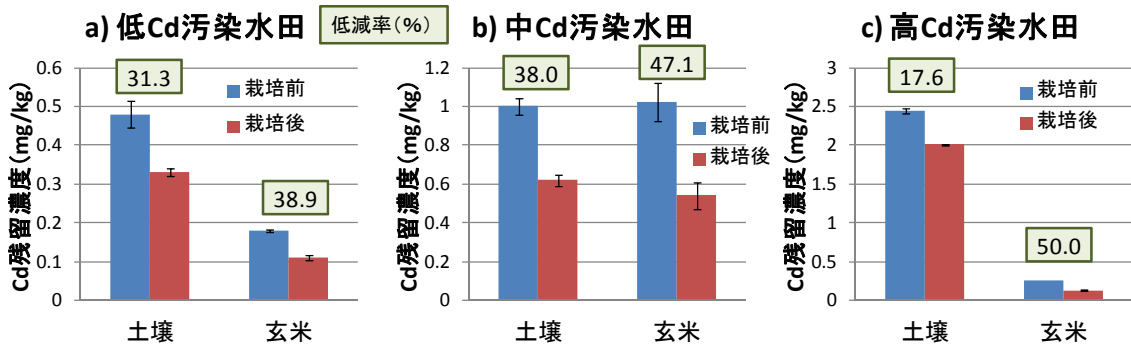
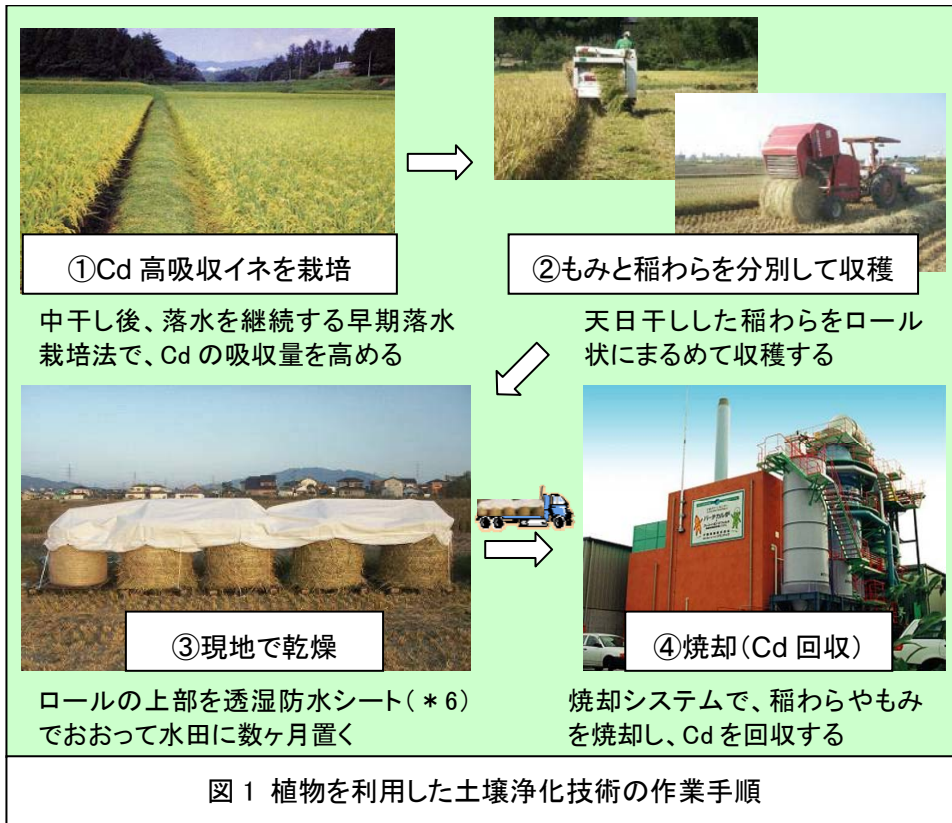


図 2 Cd 高吸収イネ栽培前後の土壌および後作イネ玄米中 Cd 濃度

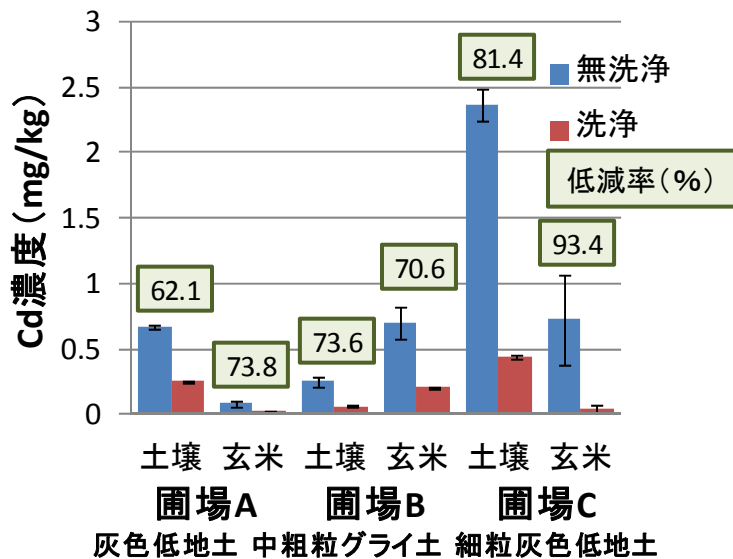


図4 塩化鉄による土壌洗浄法の土壌および後作イネ玄米中のCd濃度