

ファイトレメディエーションによるカドミウムの浄化

(株)大林組 技術研究所

正会員 *松原 隆志

正会員 *千野 裕之

正会員 *久保 博

1. まえがき

現在、日本の農地のカドミウム基準は、玄米中に1ppm以下と定められており、これまで、国の指導の下、客土による対策が実施されて来た。しかし、世界的には、CODEX(FAO, WHO)が0.2ppmに基準の強化を検討しており、低レベル・広範囲に広がる汚染物質を安価に処理できるファイトレメディエーション（植物を利用した環境浄化技術）に、国や地方自治体が関心を示すようになった。ところが、これまでの植物による浄化技術は、処理時間がかかるために実用化が困難であった。そこで、硫黄酸化細菌の作用に着目し、同細菌を利用したpH調整によりカドミウムの土壌からの溶出を促進して、植物に吸収・濃縮させて回収する技術を研究・開発することとした。技術イメージをFig.1に示した。

2. カドミウム溶出試験

2.1 試験内容と方法 硫黄添加量とpH低下およびカドミウム溶出量との関係を確認する実験を行った。供試土壌として秋田水田土壌（カドミウム濃度 5.3ppm）および新潟水田土壌（カドミウム濃度 1.4ppm）を使用した。（日本の非汚染農用地土壌中のカドミウム濃度の平均値は 0.36ppm）これら供試土壌を湿土 200g ずつ 1リットルのビーカーに採り、これに硫黄華 0.4g, 0.2g, 0.1g, 0g の 4水準量を添加・攪伴した。添加量については、予備試験で硫酸滴定を行い、滴下量と pH 値の関係から算出した。ビーカー 8個を、水分の蒸発を防ぐため、プラスチックボックスに入れ、さらにファイトロン内で温湿度管理した。定期的に水分量の確認（不足していれば追加）および攪拌を行い、pH 値と溶出カドミウム濃度を測定した。

2.2 試験結果と考察 秋田水田土壌の pH 変化とカドミウム溶出量変化を Fig. 2 と Fig. 3 に示した。pH 変化について、硫黄添加量 0.4g の秋田水田土壌は、試験開始 35 日後まで pH が低下し、最低の pH3.5 になった。それ以降は試験終了までの約 230 日で徐々に上昇し、終了時には pH4.1 となった。硫黄添加量が多いほど pH 低下が大きくなった。カドミウム溶出量の変化について、硫黄添加量 0.4g の秋田水田土壌は試験開始 70 日後まで増加し続け、最高濃度は 1.59ppm（土壌中の全カドミウム量を 100% とした溶出率は 33.7%）で、それ以降は少しずつ低下した。硫黄添加量 0g の土壌では、カドミウムは溶出せず、硫黄添加量が多いほど溶出量が大きくなった。低 pH を維持しつつ、カドミウム溶出量は上昇し、最大溶出量に達する傾向があることが分かった。予備試験で十分量の硫黄添加で試験した結果があるが、カドミウム溶出率は 34.0% であった。この溶出率は硫黄添加で得られる最大値と考えられ、pH3.5 で、溶出可能なカドミウムがほぼ溶出したと考えられた。一般植物の耐酸性能力範囲は pH 3.5 前後であるため、植物のカドミウム吸収促進を期待できると考えられた。新潟水田土壌についても同様の傾向が得られた。

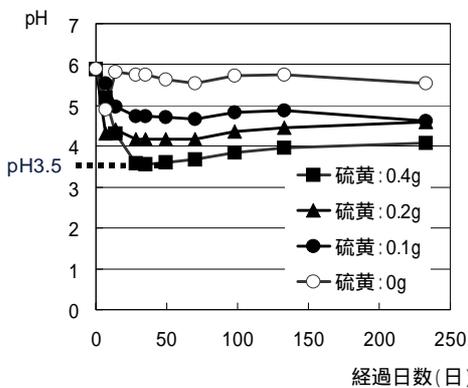


Fig. 2 pH変化（秋田）

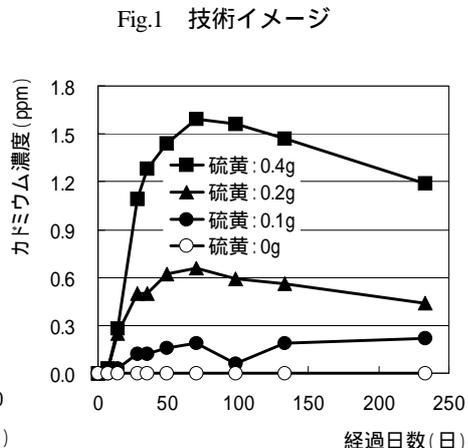
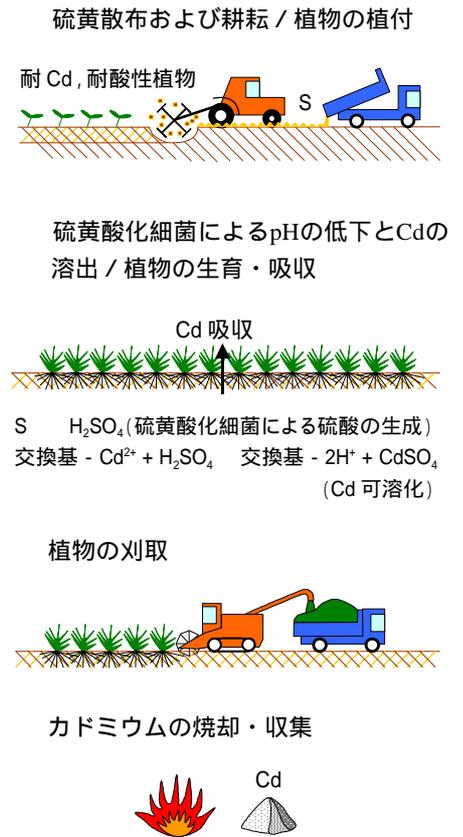


Fig. 3 溶出カドミウム濃度変化（秋田）

キーワード ファイトレメディエーション, カドミウム, 硫黄酸化細菌, 水田土壌, 浄化, 植栽試験

* 〒 204-8558 東京都清瀬市下清戸 4-640 TEL 0424-95-1060 FAX 0424-95-0906

3. 植物によるカドミウム吸収試験

3.1 試験内容与方法 カドミウム汚染土壤に硫黄を添加後、植物を植付け、植物および土壤中のカドミウム量変化で浄化程度を判断する実験を行った。供試土壤として「2. カドミウム溶出試験」と同じ秋田水田土壤を使用した。供試植物として低pHおよび高カドミウム濃度下で選抜したイグサ (*Juncus effuses L.*) およびミゾソバ (*Polygonum thunbergi*) を使用した。添加した硫黄は「2. カドミウム溶出試験」と同等の割合で4水準とした。試験区は、Table 1 に示した条件で、供試土壤を 1/5000a ワグネルポットに約 1700g ずつ採り、硫黄添加量 1 水準あたり 2 ポットずつで 1 植物あたり 8 ポット、対照区として植物を植えない区を硫黄添加量 1 水準あたり 1 ポットずつ、合計 20 ポットとした。植物の植付けは、イグサを 1 ポットあたり茎葉 10 本の束を 5 束、ミゾソバを 1 ポットあたり 5 本、それぞれ 8 ポットずつ植えた。植物はファイトトロン内で温湿度管理を行い、標準的な植栽法で育成した。土壤含水比は、テンシオメータで pF 値を確認しながら、畑土壤程度に低下させて管理した。定期的に、植物の活力と草丈を計測し、無植物区土壤の pH とカドミウム溶出量を測定した。試験開始時と終了時に植物体の乾物重、カドミウム量、土壤の pH、カドミウム溶出量、全カドミウム量を測定した。

3.2 試験結果と考察 試験終了時におけるイグサ 1 ポットあたりの部位別のカドミウム吸収量を Fig.4 に示した。植物体全体の吸収量は、硫黄添加量が多い条件ほど大きい値を示した。部位別の吸収量は、地下茎、根に比べて茎葉中に多いことが分かった。また、硫黄添加量が多い条件ほど、茎葉中へのカドミウム吸収率が高いことが分かった。カドミウム吸収後の植物からカドミウムを回収する場合に、作業上容易な地上部分に吸収が顕著となった。1 ポットあたりで、溶出したカドミウム量と植物が吸収したカドミウム量の比較を Fig.5 に示した。硫黄添加量 3.23g の条件で 18.7%、硫黄添加量 1.54g の条件で 39.4%、硫黄添加量 0.82g の条件で 63.1%、硫黄添加量 0g の条件で 100% であった。植物の吸収率は本技術の確立の可能性が高いことを期待できる結果であった。しかし、硫黄添加量が多くなるとカドミウム吸収量が増える一方で、溶出量に対する吸収量の比は低下することが分かった。バイオマス量の大きい植物種の選択が必要であると考えられた。ミゾソバは時期が悪く、生理的障害で育成できなかった。

4. まとめ

秋田水田土壤は、pH 値を 3.5 前後とすることで、カドミウム溶出量を限界近くまで増加でき、植物への吸収が期待された。イグサのカドミウム吸収が茎葉部位に顕著で、カドミウム回収技術の確立にとって有利な結果であった。実際に溶出したカドミウムに対する植物の吸収率は高く、植栽条件の見直しを行うことで、本技術を確認できると期待された。

5. あとがき

本研究を通して、硫黄酸化細菌を利用した pH 操作およびカドミウム溶出による、植物へのカドミウム吸収促進技術の可能性について検証を行った。本研究によって一定の成果が得られたが、低 pH 条件下における植物の生育低下の問題点や、硫黄添加後に農地利用をした場合の問題点を解決するため、今後、実用を目指してさらに検討を行いたい。

参考文献

- 1) 伊藤秀文, 飯村康二: 水稻によるカドミウムの吸収・移行および生育障害, 北陸農業試験場報告 第 19 号, 71 ~ 139. (1976)
- 2) Theresa Kearney, Chris Holroyd and Harry Eccles : A Laboratory Bioremediation Process to Treat Heavy Metal Contaminated Soils, In Situ and On-Site Bioremediation Vol.3, 429 ~ 433

Table 1 試験区条件

供試植物	硫黄添加量			
	3.23g	1.54g	0.82g	0g
イグサ	2連	2連	2連	2連
ミゾソバ	2連	2連	2連	2連
無植物	1連	1連	1連	1連

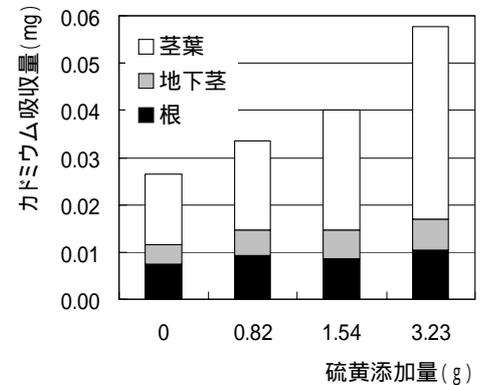


Fig. 4 1ポットあたりのCd吸収量 (イグサ)

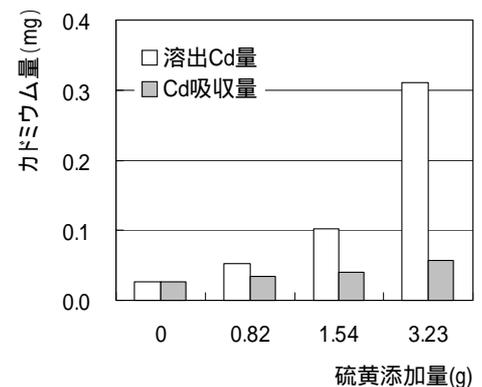


Fig.5 1ポットあたりのCd吸収比 (イグサ)