

調査報告

水田土壌と米のカドミウム含有量に関する調査研究

Research on the Cadmium Content of the Soil and Rice in some Paddy Fields

村上 定 瞭*

An analysis of cadmium in the soil and rice obtained from paddy fields was conducted. The paddy fields were irrigated by the river water which was suspected to be polluted by a concrete aggregate mining factory in A city. The analytical results were compared with those of samples taken in the control area. However, any evidence could not be found to prove the drainage as the source of cadmium pollution. The average concentration of cadmium in the rice was almost the same level as those contained in the unpolluted rice.

摘 要

A市においては、玄米中のカドミウムについて環境問題が生じている。これについて、コンクリート用砕石工場および工場付近の湧水が汚染源であるとされている。玄米中のカドミウムとこの湧・排水の相関を調べるため、下流域の水田土壌および玄米中のカドミウムを分析し、他の水源を利用している同じ地区内の水田のものと比較した。この調査の結果、土壌および玄米中のカドミウムと湧・排水との間に相関は認められなかった。さらに、調査した玄米のカドミウム含有量の平均値およびそのバラツキは、一般に見られる非汚染米のものと同程度であり、この地区の玄米が準汚染米であるとは言えないようである。

1. はじめに

A市のある地区においては、玄米中に0.4 ppm前後のカドミウムが検出されたとして、環境問題を起している。この地区の水田の上域には、コンクリート用砕石工場があり、本工場の排水が汚染源であるとする説がある。この砕石の原料は砂岩あるいは頁岩であり、同工場内で採取および砕石を行っている。これらの岩石中には0.1~1 ppmのカドミウムが含まれている。その一例を表1に示す。一方、工場内およびその付近から高濃度の鉄IIおよび硫酸イオンを含む地下水が湧き出ている。表2に、この水の分析結果の一例を示すが、湧水に含まれる鉄については多部分が鉄IIイオンである。本工場では、この湧水の一部を砕石の洗浄水として用いている。この洗浄水および工場内外の湧水

は混合され、鉄IIイオンは中和・空気酸化により水酸化鉄IIIにして、砕石の洗浄水中の浮遊物とともに沈殿させた後、放出している(1,000~3,000トン/日)。表2に見られるように、湧・排水ともに、カドミウムに関しては特に問題はないように思われる。ところが、水処理施設の沈殿池の底質には1~10 ppmのカドミウムが検出された。湧水および岩石のカドミウム含有量より考えると、この底質中のカドミウムは異常に高い値を示している。これは、おそらく鉄IIIの中和・酸化処理により、水酸化鉄IIIが生じる際に水中のカドミウムが共沈し、底質中にカドミウムが濃縮されたものと思われる。現在は、工場外の湧水の大部分は水処理の後放流されているが、過去においては、この湧水は処理されず多量の鉄IIイオンを含んだまま、下流域に流れ込んでいた。したがって、水処理施設の沈殿池と同

* 山口大学工学部工業化学科 Sadaaki Murakami, Department of Industrial Chemistry, Faculty of Engineering, Yamaguchi University

表1 岩石の分析結果の一例

試料	Cd	Zn	Fe	S
	ppm	ppm	%	%
岩石A (砂岩)	0.2	27	5.6	3.1
岩石B (頁岩)	0.6	39	5.3	2.3

じように、未処理の鉄Ⅱが下流域において自然酸化される際に、水中のカドミウムが水酸化鉄Ⅲによって共沈することが予想された。

そこで、この湧水および工場排水をかんがい水として利用している水田の土壌およびこの水田で生育した稲の玄米のカドミウム含有量を分析し、他の水源を利用している同じ地区内の水田の土壌とその玄米のカドミウム含有量と比較し、カドミウムの汚染源が同工場であるか調査することとした。

2. 分析項目および分析方法

2.1. 玄米

玄米については、刈取る直前の生育している稲穂を採取し、これに含まれるカドミウムおよび亜鉛を、それぞれ農令47 (昭和46-6-24) 別表第1に準じて分析した。

2.2. 水田土壌

土壌は生育している稲と同じ場所の土壌 (おおむね15cm深さまでの表土) を採取し、pH、カドミウムおよび亜鉛について、JIS K 0102 8.1、農令47 (昭和46-6-24) 別表第2に準じて分析した。なお、pHは湿泥の1M KCl懸濁液 (1:2.5) を、またカドミウムおよび亜鉛は風乾試料中の含量を分析した。

3. 調査結果および考察

図-1に碎石工場およびその下流域の地図を示す。工場外の湧水は、主として工場右側付近より流出している。この湧水および工場排水は、地図に示す流路Aを流れ、一部はこの流路に沿った水田に利用されている。この水の大部分は、かんがい用貯水池に流入した後、この下域の水田に利用されている。

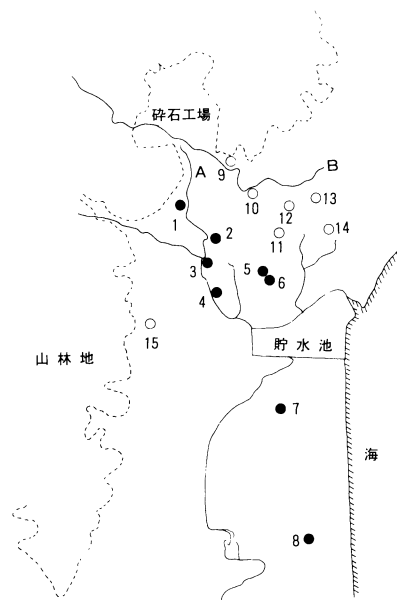
土壌および玄米の採取地点をNo.1~15で示す。No.1~8については、この湧・排水を利用している水田で、No.9~15については、これ以外の水源を利用している水田である。これらの各地点の水田について、水口、中央、水尻より同量の土壌および玄米を採取し、均一に混合して各項目について分析した。表3に見られる

表2 湧水および排水の分析結果の一例

試料	Cd	Zn	Fe	SO ₄ ²⁻	SS	pH
	ppb	ppm	ppm	ppm	ppm	
湧水 (工場内)	4	0.8	56	680		6.4
湧水 (工場外)	1	1.8	69	710		3.7
排水	<1	0.4	1.4	720	10	7.5

ように、湧・排水を利用しているのかかわらず、土壌中には0.2~0.4 ppmのカドミウムが含まれており、この地区全域を通じてほぼ一定の値を示している。亜鉛はさらに変動幅が小さく、全域を通じて10~20 ppmの値を示している。今回の調査に関するかぎり、湧・排水と土壌中のカドミウムの間には特別な相関は認められないようである。また、同地区の土壌中のカドミウム、亜鉛ともに国内の非汚染水田土壌中のもの¹⁻⁴⁾と比べて、やや低い含有量であろう。

つぎに、湧・排水を利用している水田についてのみ、水口、中央および水尻よりそれぞれ土壌および玄米を採取し、これらに含まれるカドミウムを分析した結果



●：湧・排水を利用している水田
○：他の水源を利用している水田
Aは湧・排水の流路、流路Bは工場内を横切っているが埋設ヒューム管により工場内の湧・排水は流入しないようになっている。

図-1 碎石工場および試料を採取した水田の位置図

を表4に示す。もし、水型汚染水田であるとすれば、水口、中央、水尻の方向に向かって、カドミウムの含有量が低下するのが一般的な傾向であろう⁵⁾。表4に示されている各水田の土壌中のカドミウムの最高値は、中央であったり、水口、水尻であったりで、これらは分析誤差を考慮するとほぼ同一の値であろう。また、過去において水の中和・空気酸化処理が不完全であったころの水質調査によれば、湧・排水の放流口直下の

流路Aの水のpHは4~5であるが、この流路に沿って下流に向かうほどpHは上昇し、貯水池に達するまでにpHは6~7に回復している。これは湧・排水中に多量の鉄IIイオンが含まれていたため、鉄IIの自然酸化により水のpHが低下するが⁶⁾、大気-水-岩石・土壌の化学反応により水のpHが中性になるものと思われる。したがって、流路Aに沿って下流の水田に向かうほど、また同一の水田では、水口、中央、水尻に向かって、水のpHの上昇が考えられる。このことから、土壌のpHもまた同様な傾向を示すものと期待されたが、表3のNo.1~8および表4の値には、このような傾向は見られない。これが栽培法によるものか、水処理施設の改善あるいは他の要因によるものか現在検討中である。

一方、玄米中のカドミウムは、土壌中のカドミウムがほぼ一定の値を示しているにもかかわらず、各水田によって、かなり異なる値を示している(表3)。しかし、同一の水田においては、ほぼ似かよった値である(表4)。一般に、土壌のpHと稲のカドミウム吸収量の間には相関があり、pH6付近で最大で、これ以上あるいは以下では吸収量が減少することが知られている⁷⁾。しかし、本調査結果にはこのような相関は認められない。興味あることは、玄米中のカドミウムは水田によって異なるが、亜鉛については、ほとんど同一の値を示していることである(表4)。

一般に、土壌中のカドミウム濃度と玄米中の濃度との相関を見いだすことは、今のところ困難とされてい

表3 玄米および土壌の分析結果(1)

No.	玄米		土 壤		
	Cd	Cd	Zn	Zn/ Cd	pH
1	0.08	0.17	12	69	5.9
2	0.06	0.39	14	35	6.0
3	0.12	0.11	20	19	4.4
4	0.37	0.31	19	62	6.1
5	0.03	0.27	11	42	5.5
6	0.03	0.28	10	37	5.0
7	0.07	0.29	10	35	5.1
8	0.14	0.15	11	74	5.3
平均	0.11	0.25	14	56	5.4
9	0.04	0.30	18	61	4.4
10	0.09	0.23	13	54	4.9
11	0.04	0.36	12	34	5.4
12	0.06	0.21	10	46	6.1
13	0.09	0.19	10	54	5.5
14	0.06	0.18	9.0	50	6.2
15	0.06	0.41	26	63	5.5
平均	0.06	0.27	14	52	5.4

表4 玄米および土壌の分析結果(2)

No.	採 取 場 所	玄 米			土 壤			
		Cd	Zn	Zn/ Cd	Cd	Zn	Zn/ Cd	pH
2	水口	0.04	15	370	0.29	28	96	5.5
	中央	0.10	17	170	0.43	13	30	5.0
	水尻1	0.18	15	84	0.24	12	50	4.7
	水尻2	0.05	15	290	0.29	13	46	4.4
4	水口	0.04	14	350	0.28	28	99	5.5
	中央1	0.08	15	190	0.27	17	61	4.7
	中央2	0.18	16	89	0.22	16	74	4.9
	水尻	0.04	16	390	0.46	22	47	6.4
6	水口	<0.01	12		0.18	11	61	5.4
	中央	<0.01	12		0.31	9.9	32	4.5
	水尻	0.07	11	160	0.36	10	28	5.0
7	水口	0.15	15	98	0.24	7.9	33	4.8
	水尻	0.15	19	120	0.22	8.2	37	4.7
8	水口	0.17	17	98	0.37	21	55	5.2
	中央	0.12	16	140	0.23	8.8	38	4.6
	水尻	0.13	16	120	0.16	10	65	4.4
平均	0.10	15	150	0.28	15	54	5.0	

Cd, Zn : ppm

る⁸⁾。しかし、その基礎となる水稲によるカドミウムの吸収については現象的にいろいろと明らかになってきている。水稲を生育途中に落水し根圏を酸化的にすると、湛水のままで栽培するよりも水稲の吸収が大きくなる⁹⁾。ところが、茎葉中濃度は前者の方が後者より小さく、また吸収以後の玄米への移行率に及ぼす土壌の影響や、他の金属による吸収または移行への拮抗作用が示唆されている¹⁰⁾。水稲生理の面では、カドミウムの吸収が大きくなるのは根の活性が低下する場合であり、窒素欠乏下で栽培するとカドミウムは著しく増加する¹¹⁾。カルシウム、亜鉛、銅はカドミウムの吸収を拮抗的に阻害するようで、なかでも銅の影響が顕著のようである。溶性リン肥を多量に施すとカドミウム、亜鉛、銅、鉛などの重金属の吸収を著しく抑制する¹²⁾。また、同一の水田で、同一の管理のもとで、同一の品種を栽培しても、気象条件の変化によりカドミウムの経年変化が大きい¹³⁾。

このように、カドミウムの吸収は種々の要因により影響され、一回だけの調査だけで汚染米生産の有無は判定できない¹⁴⁾。したがって、A市におけるカドミウム汚染米についての環境問題にしても、詳細な調査が必要であろう。今回の調査は十分なものではなく、今後の検討が必要であるが、表3および表4の分析値で判断するかぎり、同地区の玄米中のカドミウムの含有

量の平均値は、ほぼ一般に見られる非汚染米の平均値(0.07~0.08¹⁵⁾, 0.10¹⁶⁾ ppm)と似かよったものであり、また分析値のバラツキも通常のものと同程度であろう。以上のことから、この地区の玄米は準汚染米であるとは言えないようである。なお、参考のため、表4に示されている稲の栽培法の概要を表5に示す。

4. む す び

本研究の目的は、コンクリート用砕石工場の排水およびこの付近の湧水をかんがい用水として利用している水田土壌およびこの水田で生育した稲の玄米中のカドミウムを調査することであった。土壌のカドミウム含有量は、この湧・排水を利用している水田と他の水源を利用している水田との間に差違はなく、同地区全域を通じてほぼ一定の値を示し、湧・排水との間に相関は認められなかった。また、今回の調査だけで判定するかぎり、同地区の玄米中のカドミウム含有量は、一般に見られる非汚染米のものと同程度であり、準汚染米であるとは言えないようである。

はじめに述べたが、工場内の水処理施設の沈殿池の底質には、かなりのカドミウムが検出された。しかし、湧・排水の流路における底質中のカドミウムの値は0.1~0.6 ppmであり、鉄IIイオンの自然酸化によって生じる水酸化鉄IIIによるカドミウムの共沈は特に認

表5 栽培法の概要

No.	2	4	6	7	8
54年元肥	525化成 20	ケイカル 200	525化成 140	ケイカル 100 525化成 40	525化成 30
55年明細					
品 種	日 本 晴	日 本 晴	日 本 晴	日 本 晴	ヤマホウシ
元 肥	ヨウリン 46 (6月3日) 525化成 13.8 (6月3日)	ヨウリン 100 (6月1日) 525化成 30 (6月1日)	タ イ ヒ	複合リン加安 4.6.4. 40	525化成 30 (7月2日)
追 肥	525化成 9.2 (6月15日)	525化成 7 (6月12日)	525化成 25	複合リン加安 4.6.4. 15	525化成 20 (8月20日)
穂 肥	525化成 6.9 (8月7日) カリ 4.6 (8月20日)	525化成 10 (8月5日) NK化成 13 (8月11日)	525化成 17	複合リン加安 10	ヨウリン 20
実 肥	ナ シ	ナ シ	ナ シ	ナ シ	ナ シ
田 植	6月11日	6月5日	6月13日	6月19日	6月20日
土用干	7月15日 ~ 8月10日	7月17日より落水したが雨天のため効果なし。9月中旬までカン水せず。9月下旬水路よりカン水1回。	ナ シ	7月25日より落水。雨天続きのため土用干できず。落水しながし。	7月20日 ~ 10月10日

注) 施肥量の単位: kg/反

められなかった。このことについては、現在検討中である。

今回の調査はカドミウムについてのみ行ったものである。一般に、鉱山廃水は下流域の自然環境にいろいろな影響を与える。同工場においては、十分な公害対策をとられるよう要望したい。

参考文献

- 1) 農用地土壌の特定有害物質による汚染の解析に関する研究, 農林水産技術会議事務局, 研究成果92(1976.12).
- 2) 渋谷政夫; 近代農業における土壌肥料の研究, 第4集, 日本土壌肥料会編, 養賢堂(1973).
- 3) N. Yamagata; Cadmium in the Environment in Japan Recent progress of National Sciences in Japan, Vol. 4, Science Council of Japan (1979).
- 4) 渋谷政夫; 土壌汚染の機構と解析—環境科学特論一, 渋谷政夫編, 産業図書(1979), 11章.
- 5) 本間 慎; 環境総研予稿集, 1, 146(1975).
- 6) 村上定瞭; 水処理技術, 21, 123(1980).
- 7) 伊藤秀文, 飯村康二; 北陸農試報, 19, 71(1976).
- 8) 能勢和夫; ふんせき, 1980, 507.
- 9) 飯村康二, 伊藤秀文; 別枠研究「農林漁業における環境保全的技術に関する総合研究」試験成績集, 第2集, 153(1979).
- 10) 伊藤秀文, 飯村康二; 同上, 第2集, 161(1979).
- 11) 藤本堯夫, 内田好哉; 同上, 第4集, 120(1979).
- 12) 伊藤秀文, 飯村康二; 同上 第4集, 126(1979).
- 13) 増井正芳; 都農試報告, No 5, 1(1971).
- 14) 本間 慎; ふんせき, 1977, 644.
- 15) 山泉 登; 微量元素—環境科学特論一, 産業図書(1977), P. 140.
- 16) 丹野 貢; 土壌汚染の機構と解析—環境科学特論一, 渋谷政夫編, 産業図書(1979). P. 80.

固定生物膜法に関する

第1回 国際会議

The First International Conference on Fixed-Film Biological Processes

米国ピッツバーグ大学のウー教授から、標記国際会議の案内が届きましたので、お知らせします。

ピッツバーグ大学では、先年、回転処理円板法に関する全米シンポジウムを開催し、成功をおさめました。これをうけて、下記の要領で「固定生物膜法に関する第1回国際会議」を計画しています。

と き：1982年4月20日(火) — 23日(金)

ところ：キングスアイランドホテル (オハイオ州キングスアイランド市)

主 催：ピッツバーグ大学・米国環境保護庁・米軍土木研究所の3団体による共催

発表論文のめ切：1981年9月30日(水)

英文で300語の要旨を提出すること。

この国際会議では、主としてつぎの3つのテーマを取り上げる予定です。

(1) 回転円板処理法

(2) プラスチック充填散水汙床法

(3) 急速生物汙過法

上記の方法を応用した下水・工業廃水処理方法や、固定膜法を使った省エネルギー技術やエネルギー生産法についての研究発表を歓迎しています。論文発表を募集しておりますので、関係者はふるってご応募下さい。

なお、詳細は下記へ直接ご照会下さい。

<p>Dr. Yeun C. Wu, Professor of Civil Engineering Department University of Pittsburgh 944 Benedum Hall Pittsburgh, PA. 15261 U. S. A.</p>
