

ブラウン管工場より排出されたカドミウム および亜鉛による環境汚染

浅 見 輝 男

Environmental Pollution by Cadmium and Zinc Discharged from a Braun Tube Factory

TERUO ASAMI

1 緒 言

神通川流域において発生したイタイイタイ病はカドミウムを主たる原因とすることが明らかにされて以来、カドミウム等重金属による環境汚染が大きな社会問題となっていることは周知のとおりである。

カドミウムや亜鉛による環境汚染は、主として次の4種の過程において生ずるものと考えられる。第1に鉱山・製錬所における採掘および製錬の過程、第2にカドミウムや亜鉛を用いて製品をつくる過程、第3にそれらの製品が使用される過程、第4にそれらの製品が廃棄される過程である。

最近における重金属汚染のうちもっとも重要視されている元素の一つはカドミウムであるが、昭和44年日本におけるカドミウム生産量はアメリカについて世界第2位、2765英トンであった。また同年における用途別販売量は顔料587トン、塩ビ安定剤466トン、触媒344トン、メッキ269トン、合金234トン、電池124トン、ブラウン管68トン、整流器47トン、その他113トンとなっており、合計2252トンである。カドミウム使用量は日本はアメリカおよび西ドイツについて世界第3位である¹⁾。

カドミウムを使用している工場よりのカドミウムの排出についてみると、昭和45年に通産省公害保安局によって行なわれたたった一日の立入調査²⁾によっても、252工場中56%が排出基準(0.1 ppm)以上の排水を流していた。これら252工場の年間カドミウム使用量は1270トン(昭和44年度実績)であり、先に述べた全使用量2252トンとは約1000トンの差があり、調査もれの工場が多数あったものと考えられる。

帝国電子工業株式会社習志野工場はブラウン管を再生している工場であるが、通産省調査にもれた工場であっ

た。著者は工場付近の住民団体の要請により、当該工場より排出したカドミウム等による環境汚染調査を行い、工場周辺の道路、住宅の庭土、水田用水路底質および水田土壌がカドミウムや亜鉛により著しく汚染されていること、また家屋の軒下に付着したほこりにも高濃度のカドミウムが含まれていることを明らかにした。そこでカドミウム使用工場より排出するカドミウム等重金属による環境汚染の一例として、ここに報告するものである。

2 帝国電子工業株式会社 習志野工場について

著者が行った第1回目の分析結果が公表された当日、昭和47年8月5日に千葉県水質保全課および船橋市公害規制課による立入調査が行なわれた。その立入調査によれば帝国電子工業株式会社の概要は次の通りである。同社(白坂 巖社長)は昭和13年8月12日創立、本社は東京都品川区北品川1-30-25にある。今回調査した習志野工場(千葉県船橋市習志野台8-49-1)は昭和40年11月3日に操業を開始した。資本金4,800万円、従業員数120名、うち習志野工場77名(いずれも昭和47年8月現在)であった。事業内容はテレビ用ブラウン管の再生であり、古いブラウン管を購入して、原子銃をとり替えて再生する。ただし蛍光体のいたんだブラウン管については50%フッ酸により古い蛍光塗料を洗い落とし、新しい蛍光塗料(カドミウムや亜鉛を含む)を塗る。

以上の事業内容から、カドミウムおよび亜鉛は古いブラウン管の蛍光塗料をフッ酸で洗い流す工程および新しい蛍光塗料を塗る工程などで排出されるものと考えられた。

3. 試料採取および分析方法

工場の排水口（2ヶ所）の底質、排水口付近の道路の土壌、水田用水路底質、水田土壌、工場付近の住宅の庭土および家屋に付着したほこりを、昭和47年から昭和49年にかけて採取し分析を行った。採取した試料は実験室に持ち帰って風乾し、ほこり以外の試料は2mmのサラン製フルイを通過させた。試料の分解は硝酸—過塩素酸分解法³⁾か6規定塩酸加熱抽出法⁴⁾によった。後者は前者の簡便法として用いたが、前者には匹敵する定量値が得られた。6規定塩酸加熱抽出法の概略は次の通りである。100 ml三角フラスコに試料5gを秤取し、6規定塩酸20 mlを添加し、逆流冷却管を付して、1時間静かに沸騰させた後、100 mlメスフラスコに戸別し定容にした。硝酸—過塩素酸分解法あるいは6規定塩酸加熱抽出法により得られた試液は、必要に応じて適宜希釈して原子吸光法によりカドミウム、亜鉛、鉛、銅の分析を実施した。結果はすべて乾物当りppmで表示した。土壌の酸分解液を直接原子吸光法により定量すると低値側では正の誤差（他の金属イオンの存在のため）を生じ高値側では負の誤差（物理時干渉のため）を生ずる。その誤差はいずれも僅かである。山崎⁴⁾は土壌10gを酸分解して100 mlとし、直接原子吸光法により分析した場合、土壌カドミウム7 ppmを境として、これより低濃度ではD D T C—M I B K抽出法より高い値を、高濃度では低い値を得た。しかしながら今回の調査のように一般に高濃度汚染の調査の場合には、酸抽出液を直接原子吸光法により分析してもさしつかえないものと考えられる。

4. 結果と考察

4-1 排水口底質、道路わきのスラッジおよび道路土壌のカドミウム等重金属の含有率

工場の2ヶ所の排水口底質、排水口のそばの道路わきに捨ててあったスラッジおよび道路土壌を昭和47年6月25日、8月20日および8月24日に採取して分析した。道路土壌は千葉県環境整備課が採取したものを住民がもらい受けたものである。分析結果は第1表に示した。

排水口は2ヶ所とも工場裏の道路わきにあり、排水はそこから暗渠をとって水田用水路の方向に流れていた。

第1表に示したように排水口底質はカドミウムをそれぞれ9770, 4820 ppmも含み、亜鉛を37500, 15500 ppm も含んでいた。鉛や銅も含まれていたが

第1表 工場排水口底質、道路わきのスラッジおよび道路の重金属含有率（乾物当り ppm）

試料	採取場所など	Cd	Zn	Pb	Cu
O 1	北側排水口底質	9770	37500	415	142
O 2	南側排水口底質	4820	15500	515	82
S	道路わきのスラッジ	45500	170000	75	232
R 1	O 1横の道路の表層土壌	22900	22200	—	—
R 2	O 1の4 m下の土壌	186	662	—	—
R 3	O 1附近の道路表面より50 cm下の土壌	417	1420	—	—

カドミウムや亜鉛に比してその量は僅かであった。排水口のコンクリート製ためすはボロボロになっていたがこれは恐らくフッ酸によるものであろう。

北側排水口のそばの道路わきに捨ててあったスラッジ（沈殿槽の沈殿物）にはカドミウムが45500 ppm（4.55%）、亜鉛が170000 ppm（17%）含まれていた。

排水口が壊れており、さらにスラッジが大量に道路わきに捨てられていたことからみて、道路もこれら重金属によって著しく汚染されているものと考えられた。事実排水口のすぐ横の道路から採取した試料にはカドミウムが22900 ppm、亜鉛が22200 ppm、排水口の下4 mの深さから採取した試料にもカドミウムが186 ppm、亜鉛が662 ppm含まれていた。

以上の結果から過去において排水にはかなり多量のカドミウムおよび亜鉛が含まれていたこと、したがってこの排水が流入する用水路、あるいはそこから取水する水田土壌にも多量のカドミウムや亜鉛が蓄積しているものと考えられた。また高濃度のカドミウムおよび亜鉛を含むスラッジが道端に捨てられていたため、これが風に飛ばされて周囲の住宅などを汚染していることが考えられた。

4-2 用水路底質および水田土壌のカドミウムおよび亜鉛による汚染

工場排水の流入する用水路の底質およびそこから取水していた水田の作土を昭和47年6月25日と8月20日に採取した。

結果は第2表に示した。

第2表 用水路底質および水田作土の重金属含有率
(乾土当り ppm)

	試料	用水路上端よりの距離など	Cd	Zn	Pb	Cu
用水路底質	C 1	1 m	368	1630	106	93
	C 2	300	32.9	350	70	85
	C 3	340	16.1	285	57	61
	C 4	420	4.3	118	28	45
	C 5	620	6.3	100	28	40
	C 6	630	1.9	68	11	23
	C 7	930	6.3	219	46	73
	C 8	2000	1.9	142	86	52
	C 9	2500	1.3	78	12	32
	C 10	別水系	0.8	71	12	45
水田作土	P 1	C 2のそば	42.8	324	48	93
	P 2	C 3のそば	14.5	225	44	90
	P 3	C 6のそば	2.0	118	31	80

用水路の上端の底質はカドミウムを368 ppm, 亜鉛を1630 ppm含み, 汚染の程度は用水路を下るとともに急激に減少していたが, 2500m地点でもすぐ近くの別の水系の底質に比べて明らかにカドミウム含有率高かったが, 少なくとも2500m地点まではカドミウムにより汚染されているものと考えられた。なお北陸農試が行った非汚染水田作土 28点についての分析によると, カドミウム平均0.46 (0.28~0.80) ppm, 亜鉛平均102 (57.8~214) ppm, 鉛平均31.9 (18.0~76.7) ppm, 銅平均26 (11~60) ppmであった。⁵⁾ 一方亜鉛による汚染の程度はカドミウムほどは著しく低いことが認められた。C5およびC6はごく近い地点であるにもかかわらず, C6で重金属含有率がかなり低いのは, C6は砂質でありこれら重金属の吸着量が少いためと考えられた。鉛および銅による汚染は用水路付近で若干認められる程度であった。

水田作土3点の重金属含有率は一般にその水田の近くの用水路底質の含有率とほぼ等しかった。

つぎに水田土壌の垂直方向への汚染の程度を知るため5mの深さまで試料を採取し分析した。試料は昭和49年3月8日に千葉県公害対策部水質保全課が採取したものを住民がもらい受けたものである。この地点は用水路上端から19.5m下流で, 用水路から1.3m離れた水田(休耕田)である。結果は第3表に示した。表層には, 108 ppmのカドミウム, 438 ppmの亜鉛が存在し,

第3表 水田土壌の層別重金属含有率
(乾土当り ppm)

深さ	Cd	Zn	Pb	Cu
表層	108	438	69	95
1 m	20.8	144	39	87
2 "	0.2	47	14	55
3 "	0.1	76	13	42
4 "	0.1	59	13	12
5 "	0.2	60	11	12

備考：用水路の上端から19.5m下流で, 用水路から1.3m離れた水田(休耕田)の土壌

1m下でもカドミウムが20.8 ppm, 亜鉛が144 ppm存在していた。なおもう一つの地点についても層別試料を入手したが, 表層のカドミウム含有率がごく低いものであったので, 表示しなかった。

以上より明らかなように水田用水路底質および水田土壌はカドミウムおよび亜鉛により汚染されていた。したがってカドミウムによる産米汚染も心配されたが, 千葉県の分析によれば高濃度汚染米はなかったとされている。これらの水田はいわゆる谷津田であり, 水はけが悪く, したがって落水後も土壌が酸化的になりにくく, そのためカドミウムが水稻によって吸収されにくい形態で存在していたために, 土壌中に高濃度のカドミウムが存在し

ても、水稻があまりカドミウムを吸収しなかったものと推定される⁶⁾

4-3 工場周辺の住宅の庭土および軒下のほこりのカドミウム含有率

先述のように道路わきに沈殿槽のスラッジを捨てておくような管理状況からみて、工場周辺の住宅地がカドミウムにより汚染されている可能性が考えられたので、庭土と軒下のほこりを採取し、カドミウム等の分析を行った。試料の採取は昭和47年10月22日と昭和48年2月25日とに行った。

庭土は工場にもっとも近いA、B2軒から採取した。第4表に示すようにA宅では0~1cmにカドミウムが9.2 ppm, 1~5cmに5.8 ppm, B宅でもそれぞれ9.8, 4.6 ppm含まれていた。

第4表 工場付近の庭土のカドミウムおよび亜鉛の含有率 (乾土当り ppm)

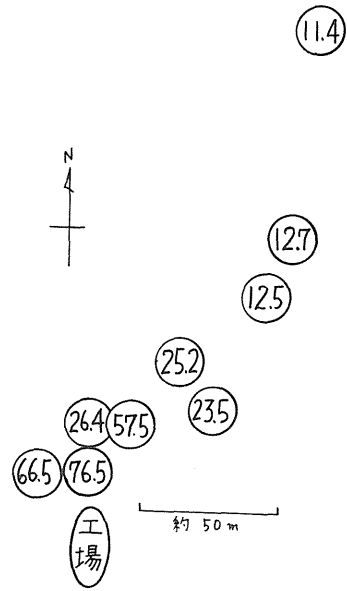
庭土	層厚 cm	Cd	Zn
A	0 - 1	9.2	176
	1 - 5	5.8	150
B	0 - 1	9.8	393
	1 - 5	4.6	224

また亜鉛もかなり含まれていた。これら2軒の庭は道路よりかなり高くなっており、道路に捨てられたスラッジが雨水によって流入することは考えられない。したがって庭土のカドミウム等は風によって運ばれたものと考えられる。

軒下から採取したほこりのカドミウム含有率は第1図に示した。ほこりの採取はこの付近の風の主方向である北側の家について行った。工場の北側では畑のなかに比較的新しい家が点在している状況であった。第1図に示したように工場に近い家ではほこりにも多量のカドミウムが含まれ、それぞれ66.5および76.5 ppm含まれていた。そしてほこりのカドミウム含有率は工場より遠くなるにしたがって減少していた。

以上の結果は工場より排出されたカドミウムによって付近の住宅地も汚染されたことを示しているものと考えられる。

これまで述べた諸結果から明らかなように、帝国電子工業株式会社習志野工場は排水と共にカドミウムおよ



第1図 工場周辺の家屋の軒下のほこりのカドミウム含有率 (円内の数字はカドミウム ppm)

び亜鉛を大量に排出し、これらは水田用水路に流入して用水路底質を汚染すると共に、そこから取水する水田にも流入して水田土壌を汚染したものと考えられる。また排水口のコンクリート製ためますはフッ酸によりかなり壊されており、そのため排水口周辺の道路は少くとも地下4mまでもカドミウムおよび亜鉛によって汚染されていた。周辺の住宅の庭土がカドミウムにより汚染されていたこと、また軒下から採取したほこりにも高濃度のカドミウムが検出され、しかも工場より遠くなるにしたがってほこりのカドミウム含有率が減少したことは、道路わきに捨ててあったスラッジ等が風により飛ばされて工場周辺の住宅地などを汚染したものと考えられる。

5. 要 約

帝国電子工業株式会社習志野工場は昭和40年11月3日以来ブラウン管の再生を行っていた。同工場より排出されたカドミウムおよび亜鉛による環境汚染につき若干の調査を行った。結果の概要は以下の通りである。

1) 工場の2ヶ所の排水口底質にはカドミウムがそれぞれ9770, 4820 ppm含まれ、亜鉛がそれぞれ37500および15500 ppm含まれていた。道路わきに捨ててあった沈殿槽のスラッジにはカドミウムが45500

ppm, 亜鉛が170000 ppm含まれていた。また排水口が壊れていることもあって、付近の道路も著るしく汚染されており、排水口の下4 mの深さでもカドミウムが186 ppm, 亜鉛が662 ppm含まれていた。

2) 工場排水が流入する水田用水路底質およびそこから取水している水田の土壌もカドミウムおよび亜鉛により汚染されていた。用水路上端の底質はカドミウムを368 ppm, 亜鉛を1630 ppm含んでおり、2500 m下流の用水路底質にもカドミウム汚染が認められた。水田土壌作土もその付近の用水路底質とほぼ同量の汚染が認められた。また上流部分にある休耕田土壌を5 mの深さまで採取して分析したところ、1 m下でもカドミウムによる汚染が認められた。

3) 工場にもつとも近い住宅の庭土の最上層にはカドミウムが9.8 ppmもふくまれていた。また軒下のほこりには最高76.5 ppmのカドミウムが含まれ、工場より遠くなるにしたがってその含有率は明らかに低下していた。

以上より明らかなように帝国電子工業株式会社習志野工場は7年間操業しただけであったが、その排出するカドミウム等によって水田用水路、水田土壌、工場周辺の道路および住宅地を汚染したものと考えられる。

謝辞 試料採取に御協力下さった船橋より公害をなくす会々長 鈴木堅太郎氏およびその他の方々、ならびに分析の一部に御協力下さった茨城大学農学部 久保田正亜氏、河合靖司氏に感謝の意を表します。

文 献

- 1) 山県啓利：カドミウムの知識, p 99～107 (昭和47年)カルチャー出版社
- 2) 通産省公害保安局：カドミウム使用工場排水実態調査の結果について(昭和45年度調査)(1970, 11)
- 3) 浅見輝男：土肥誌 43, 339 (1972)
- 4) 山崎慎一：同上 44, 383 (1973)
- 5) 北陸農試：水質汚濁が農作物に及ぼす影響の解析に関する研究 (昭和46年3月)
- 6) 浅見輝男：カドミウムによる土壌汚染と水稲によるカドミウム吸収をめぐる諸問題, 人間生存と自然環境 2 (佐々, 山本編) p112 (1973) 東大出版会

Summary

Environmental pollution by cadmium and zinc discharged from a braun tube factory which had operated for 7 years at Funabashi city, Chiba Prefecture, was investigated.

1. Sediment of the one outlet of waste water contained 9770 ppm of cadmium and 37500 ppm of zinc and that of the other outlet contained 4820 ppm of cadmium and 15500 ppm of zinc. The slag of the settling tank had been thrown on the road side near an outlet, and it contained 45500 ppm of cadmium and 170000 ppm of zinc. Therefore, the road was intensively polluted by cadmium and zinc, and the soil even 4 m beneath the road surface contained 186 ppm of cadmium and 662 ppm of zinc.

2. The sediments of the irrigation channel polluted by the waste water from the factory contained much cadmium and zinc; and the paddy soils near the channel were likewise polluted by the both metals.

3. The houses near the factory were polluted by cadmium which contained in the dust presumably blown away from the slag thrown on the roadside. A surface soil of a yard contained 9.8 ppm of cadmium. Dust sampled from the nearest house contained 76.5 ppm of cadmium and the amount of cadmium in the dust decreased gradually in proportion to the distance from the factory.

From the above-mentioned results it will be assumed that the cadmium and zinc discharged from the braun tube factory polluted the irrigation channel, paddy soils and the neighbouring houses.