

(3) 福岡県における重金属による土壤汚染の現状と問題点

土 山 健 次 郎

(福岡県農業試験場)

TSUCHIYAMA, K.

Studies on the Actual Conditions and Problems of Soil Contamination
by Heavy Metals in Fukuoka Prefecture.

福岡県内の重金属汚染として大牟田市の Cd 汚染が最も問題が大きい。大牟田市の Cd 汚染は亜鉛精錬所が大正4年から操業を行ない50年間にわたって Cd を含んだ排煙ばいじんと工場排水を排出し、それが蓄積したためであり、最も大きな原因は排煙に基因する大気汚染によるものである。

昭和45年に Cd 汚染調査が開始されて大牟田市が広範囲に亘って汚染されていることが判明し、昭和46年1月30日に厚生省より北部地域の一部が環境汚染要観察地域に指定された。さらに昭和46年度から土壤汚染防止対策細密調査および改良対策試験を開始し現在に至っている。ここでは農芸化学部で実施した調査および試験の結果概要をのべて汚染の現状と問題点にふれることにする。

1. 土壤中の Cd 濃度分布

昭和46~47年に実施した細密調査の結果によれば、土壤中 Cd (0.1N 塩酸浸出, 作土 0~15cm) は汚染源の工場周辺に多く含まれ(最高 26.7ppm), 汚染源より遠くなるにつれて少くなる傾向が明らかに認められた。土壤中 Cd の天然賦存量は約 0.5ppm であるが、Cd 1ppm 以下の地点は汚染源から 5~6 km 離れた所で山間部に当る所にしかなかった。

非干拓の一般水田および時代の古い干拓地では第1層(作土)だけの汚染で主として大気汚染によるものと考えられる。三池干拓は下層土まで Cd 濃度が高く、汚染経路に排水が関与しているものと考えられる。いづれも多量の Zn が必ず相伴している。

第1表 土壤中の Cd 濃度 (ppm)

年次	調査面積 ha	検体数	最高	最低	平均
昭46	250	101	26.7	0.8	6.7
"47	391	156	10.8	0.4	3.1

2. 玄米中の Cd 濃度分布

土壤と同じ細密調査の結果による。

昭和46年は汚染源に比較的近い地域250haについて

87検体の調査を行ったが、最高 2.88ppm をはじめ 1.0 ppm 以上が7検体(8%), 0.4~1.0ppm のもの27点(31%)が検出された。

47年調査は隣接の391haについて153検体を調査したが、1ppm 以上はなく 0.4~1.0ppm のものが32点(21%)検出された。これは汚染源から遠いこと、47年秋は雨が多く水稻の生育後期まで充分水管理ができたこと、また対策資材が投入されたことが原因であると考えられる。

干拓地のように土壤の Cd が高くても排水不良で pH が高い場合は玄米 Cd 濃度は 0.4ppm 以下になっており、土壤中の Cd 濃度と玄米 Cd 濃度の間に単純相関は認められない。

3. 水 管 理

大牟田市汚染水田土壤 (Cd 0.1N 塩酸法 10.1ppm) を供試し、水稻の生育期を7分しその一時期だけ(有効分けつ期~最高分けつ期, 最高分けつ期~幼穂形成期, 幼穂形成期~出穂期, 出穂期~乳熟期, 乳熟期~糊熟期, 糊熟期~完熟期)を落水処理して、その影響を検討した。1/2,000 aポット試験

結果 ア) どの時期の落水処理も明らかにわら・玄米中の Cd 濃度を高めた。イ) 最も影響の大きい時期は幼穂形成期~出穂期であり、最も影響の小さいのは生育初期の処理であった。従って強度の中干しと間断かんがいを避ける必要がある。ウ) 初期の落水処理では Cd が主として葉鞘部に集積され、処理がおそいほど稈部・もみの集積割合が高くなった。(昭46成績)

4. 石灰質資材の種類および施用量

消石灰・炭カル・珪カル・珪鉄の施用量の変化と Cd の吸収抑制の関係を検討した。供試土壤は前に同じ。

1/5,000 aポット試験

石灰資材量 A・C・D は風乾土に NKCl と NaOH 液添加の緩衝曲線により、目標 pH 7・8・8.5 相当量を資材のアルカリ度より算出した。試験区は最多施用として消石灰は C 倍量区まで、他の資材は D 4 倍量区まで設けた。

第 2 表 消石灰の施用時期試験 (無石灰区を 100とした指数%)

項目	区名	無石灰 の実数	無石灰	全量基肥	全量追肥			半量基肥半量追肥		
					7月	8月	9月	7月	8月	9月
昭46	玄米重	25.6	100	102	101	97	99	99	100	98
	玄米 Cd 濃度	0.75	100	60	69	89	103	55	55	72
昭47	玄米重	31.5	100	103	103	102	100	101	97	98
	玄米 Cd 濃度	0.44	100	50	73	80	100	45	52	102

(注) 無石灰の実数の単位：玄米重は g，玄米 Cd 濃度は ppm。

結果：石灰資材は 4 種類とも多投ほど吸収抑制効果が高かった。水稻の収量は各区とも大差はなかった。土壌の pH を 7 以上に維持するためにはかなり多量の石灰資材の施用が必要である。(昭47成績)

5. 消石灰の施用時期試験

石灰施用時期として基肥・7月中旬・8月中旬・9月中旬に全量および半量施用した区と、基肥に半量を施用し残りの半量を追肥に施用した区を設けた。1/5,000 a ポット試験 供試土壌は昭46は前に同じ、昭47は Cd 0.1 NHCl 法 8.2ppm

結果：第 2 表のとおりで、吸収抑制効果は基肥施用が最も高く、追肥はおそくなるほど効果は低くなり、9月追肥はほとんど効果は認められなかった。水稻収量は各区大差なかった。

6. 消石灰の施用方法

消石灰の基肥および追肥施用による Cd 吸収抑制効果を知るため、大牟田市手鎌地区で現地試験を行った。

結果：第 3 表のとおりで、基肥追肥併用区(消石灰を基肥265kg/10 a と追肥200kgを施した区)は初年目40~50%の抑制効果を認めた。また追肥200kg区は少量施田で玄米中の Cd 濃度を低下することが認められた。

石灰資材の抑制効果は土壌 pH の上昇と Eh 低下が要因であると考えられる。

注：石灰追肥は作業上の困難さのため実用化の域に達していないが、その効果はさらに検討すべきことが多いと考えられる。

7. 熔成りん肥の施用効果

熔りんおよび重焼りんの多投による Cd の吸収抑制効果を知るため、大牟田市の三池干拓と手鎌地区で現地試験を行った。りん酸は作土のりん酸吸収係数の20%相当量を施用した。

結果：第 4 表のとおりで、熔りんは重焼りんより吸収抑制効果は高い傾向が認められる。熔りんの効果はこれに含まれている石灰・苦土によるものと考えられる。

8. 土地改良的手段による Cd の吸収抑制

排土客土・天地返しなどの方法による Cd の吸収抑制効果を知るため大牟田市手鎌地区で現地試験を実施した。

結果：第 6 表のとおりで、表土山土・表土心土山土区は若干減収になっているが、N増施量が不足したため(N 2 kg/a)と考えられ、さらに試験継続中である。Cd 吸収抑制効果は40~55%であり、抑制手段としては最も確実な方法と考えられる。

天地返しは収量・吸収抑制効果とも高い結果が得られた。これは 2 試験地とも下層土に貝がら層のある古い干拓水田であるためと考えられる。混層耕の効果は期待できない。(昭47成績)

第 3 表 消石灰の施用方法

項目	区名	昭 46 (初年目)			昭 47 (2年目)				
		無石灰実数	無石灰	基・追肥併用	追肥	無石灰実数	無石灰	基・追肥併用	追肥毎年
玄米重		637 kg	100	99	100	670 kg	100	103	100
玄米 Cd 濃度		0.38ppm	100	55	55	0.25ppm	100	112	76
pH		—	6.1	7.1	6.6	—	6.3	6.7	6.8
Eh _a		—	12 mV	9	43	—	16 mV	-2.1	-45

(注) 土壌の pH, Eh は46年9月10日, 47年9月11日に測定。石灰追肥は出穂10日前施用。試験圃場作土の土壌分析：pH(H₂O) 5.9, pH(KCl) 4.5, CEC 19.4me, りん酸 890, Cd HClO₄ 法 11.3ppm, 0.1 NHCl 法 8.9ppm, Zn HClO₄ 法 973ppm。

第4表 熔成りん肥の施用効果

試験地	項目 区名 年次	地玄米重 (kg/10a・指数%)				玄米 Cd濃度 (ppm・指数%)			
		対照の実数	対 照	重焼りん	熔りん	対照の実数	対 照	重焼りん	熔りん
		干 拓	昭 46 " 47	392 271	100 100	99 114	94 85	0.94 1.32	100 100
手 鎌	昭 46 " 47	593 610	100 100	94 104	97 100	1.17 0.55	100 100	57 75	60 69

第5表 試験圃場作土の土壤分析およびりん酸肥料施用量

試験地	項目 pH (KCl)	りん 吸	0.1NHCl 法 Cd ppm	CEC me	土 性	りん酸施用量 kg/10a	
						重焼りん	熔りん
						干 拓	7.3
手 鎌	6.9	600	11.9	22.4	CL	343	600

第6表 土地改良的手段によるCdの吸収抑制

区 名	項目 玄米重 kg/10a	手 鎌 A				手 鎌 B			
		玄米 Cd 濃度		跡地土壤分析		玄米 Cd 濃度		跡地土壤 pH(H ₂ O)	
		ppm	比	pH(H ₂ O)	Cd ppm ^(*)	ppm	比		
対 照	610	0.55	100	7.0	10.0	670	0.25	100	5.3
表 土 山 土	511	0.24	44	7.1	0.9	574	0.19	76	5.8
" 堆 肥	442	0.28	51	6.9	0.9	580	0.14	56	5.5
表土心土山土	467	0.25	45	6.9	1.0	566	0.20	80	5.8
" 堆肥	404	0.31	56	6.4	0.8	548	0.16	64	5.7
天 地 返 し	710	0.22	40	7.7	1.9	699	0.16	64	7.0
混 層 耕	613	0.33	60	7.7	6.1	674	0.33	132	5.7

(注) 試験地の手鎌Aは7、手鎌Bは6に記載した圃場と同一である。客土用山土は附近の結晶片岩質風化土で pH(H₂O) 4.9, pH(KCl) 3.7, HClO₄ 法 Cd 0.4ppm, SL である。(*) 手鎌A跡地 Cd ppm は 0.1N HCl 法による。

第7表 客土厚と水管理がCdの吸収に及ぼす影響

項目	区 名	満 水 栽 培					節 水 栽 培				
		赤土 0cm	10	20	30	50	0	10	20	30	50
玄 米 重 g		84	101	85	74	27	95	82	86	92	38
玄米 Cd 濃度 ppm		0.39	0.02	0.02	0.02	0.01	1.52	1.35	1.14	1.40	0.16

(注) 内径90cm, 高さ50cmのコンクリートわく試験で山土はこう積層赤土 (pH(H₂O) 5.8, SL), 汚染土は二日市水田作土 (pH(H₂O) 4.5, SL) に排煙ガス (Cd 0.65%) を添加して Cd 濃度を約 30ppm とした。(昭47成績)

9. 客土厚と水管理が Cd の吸収に及ぼす影響

水稻の Cd 吸収におよぼす客入山土層の厚さと水管理の影響を検討した。処理は汚染土の上に赤土 0・10・20・30cm客土区および全層赤土区を設け、水管理はそれぞれ常時灌水と節水栽培とした。

結果: 第7表のとおりで、玄米の Cd 濃度からみて客土による Cd 吸収抑制効果は水管理に大きく左右された。すなわち灌水栽培では客土10cmでも効果は大きい、節水栽培では客土30cmでも抑制効果は見られなかった。三池干拓地は用水不足地帯で、客土を想定した場合関連が大きいと考えられる。

10. 特異吸収植物の検索と転換作物の検討

10. 特異吸収植物の検索と転換作物の検討

Cd を特異的に吸収し、汚染された土壤の浄化に役立つ植物を自然界より検索し、また汚染農用地における有望な転換作物の検討を行っている。

ア) 特異吸収作物としてアカメヤナギ(新葉 Cd 150 ppm, 新枝 60ppm)・セイタカアワダチソウ(10ppm)・コンフリー・芝が有望であり、アカメヤナギは Cd 濃度最も高く、10a 当り Cd 吸収量は 20g 位と想定され、これは土壤中の全 Cd 量の 2% に相当する。イ) 転換作物としてはくわ・い草・キョウチクトウが有望である。

ウ) 花木類などの栽培は現地水田では排水など水管理に問題がある。(昭46・47成績)

11. 葉面吸収

Cd が根から吸収されて玄米に移行するほかに、大気中から水稻の葉をへて玄米に蓄積されることを室内実験的に確めた。

幼穂形成期・減数分裂期・出穂期・乳熟期に密封したドラフト内で、Cd 235mg および 23.5mg/0.97m² の塩化カドミウムを気化した大気と水稻を接触させ、収穫期に水稻の Cd 濃度を測定した。

結果：いつれの時期に処理しても玄米の Cd 濃度を高め、とくに収穫期に処理したものが一番玄米の Cd 濃度

を高めた。また処理の時期が生育の後期になるほど上位葉身・もみがらの Cd 濃度を高めた。

玄米中の Cd 濃度がほぼ同程度の経葉吸収と経根吸収を比較すると、経葉吸収では葉身が Cd 濃度と集積量が高いのに対し、経根吸収は下位葉鞘および稈が高い値を示した。(昭47成績)

注：以上のべた試験研究課題のほか、土壤汚染の問題点の核心にふれる「現地における降下ばいじん量の測定」および「現地水稻の葉面吸収」についても調査・試験を実施中であるが、まだ報告の段階に至っていない。

12. 改良対策の具体的計画

ア) 土壤汚染防止対策細密調査の結果から土壤汚染防止法に基づく対策地域の指定が 109ha について昭和48年8月30日に県によってなされた。

対策地域における具体的な改良対策の決定は48年度内になされる予定であるが、恐らく下層土まで汚染している三池干拓では50cmの客土、干拓以外の一般水田は20～25cmの排土客土を基本とした改良対策になるものと推察される。対策事業の実施は49年4月より3年計画で予定されている。

イ) Cd 発生源対策としては汚染源の精錬所は福岡県山保安監督局の監督下にあり、除じん装置の改善を48年9月末に完成を予定しているほか、集じんの強化が計画されている。