神通川流域の農家保有米カドミウム濃度について

Cadmium Concentration in Rice Eaten by Farmers in the Jinzu River Basin.

金沢大学医学部衛生学教室

福 島 匡 昭・石 崎 有 信

坂 元 倫 子・小 林 悦 子

Masaaki Fukushima, Arinobu Ishizaki, Michiko Sakamoto
and Etsuko Kobayashi

Department of Hygiene, School of Medicine, Kanazawa University, Kanazawa

Rice samples were collected from 77 farm-houses in and around the district where "Itai-itai" disease is endemic.

The Cd concentration of rice samples collected from the endemic district was higher than that in those from non-endemic district, moreover, within the endemic district the Cd concentration in rice from the most highly endemic areas was higher than in that from other parts of the district.

High correlation coefficients were observed between Cd concentration in rice field soil and that in rice, and also between Cd levels in the rice and the urinary abnormalities of the inhabitants.

In the endemic district, the Cd content of rice collected from the farm-houses where family members had a high incidence of proteinuria was higher than that from farm-houses where the family members had no proteinuria.

It was concluded that Cd in rice is one of the health hazards in this district.

I は じ め に

神通川流域に多発したイタイイタイ病（以下「イ病」と記載）は、腎性の骨軟化症として理解され¹⁾ その原因としてカドミウム (Cd) が考えられている²⁾。著者ら³⁾ は、先に神通川流域の水田土壌中の重金属量を測定して、Cd を含むこれら重金属が神通川河水に由来したこと、これら重金属が用水を介して水田土壌中に集積したことを明らかにした。また、イ病発生の地理的分布と、水田土壌中の Cd の分布とがよく並行していることを示した。

一方、この地域の農産物は水田土壌の重金属汚染の影響を受けて、その Cd 濃度の高いことも報告されているが⁴⁻⁶⁾、この地方の主な農産物は米であり、住民は当然それを主食としている。この地域の Cd による環境汚染においては、Cd の人体への侵入は、飲料水と食品を通じての経路以外には考えられないのであるが、米は食品のうちで最も大きな部分を占めている地元産品であるから、この地方の農家保有米の Cd 濃度とその分布を明かに

にすることは現在の住民の Cd 摂取状況の把握に必要であり、またさらに水田土壌汚染とイ病発生との関連を追求する上に欠くことの出来ない要素である。

II 調 査 方 法

(1) 試料の採取

イ病発生地を中心として、発生地域およびその周辺の部落から、原則として各部落につき 1 軒の農家の保有米を収集した。保有米の収集にあたっては、収集時に飯米としていたうるち精米のほか、保存用のうるち玄米ともち米（精米と玄米を保有している農家ではその両者）を出来る限り収集したが、うるち玄米ともち米については収集出来ない場合もあった。保有米を収集した農家数と各保有米試料数は表 1 に示す通りである。

収集時期は昭和43年3月であり、収集された米は昭

表 1 分析に供した
保有米試料数

試料採取農家数	77
うるち玄米	49
うるち精米	77
もち玄米	16
もち精米	57

和42年度産米である。

(2) 分析方法

精米と玄米は、いずれも採取した状態のまま分析に供

した。従って精米の程度は統一されていないが、農家の常として10%精米(白米)にはほぼ相当する。また分析値は風乾重量あたりで示されている。

表2 農家保有米の Cd, Zn 分析値

部 落 名		Cd (ppm)								Zn (ppm)			
		うるち玄米		うるち精米		もち玄米		もち精米		うるち玄米	うるち精米	もち玄米	もち精米
濃 厚 発 生 地	青 島	0.33	A改	0.29	A改	0.82	J	0.72	J	20.7	23.4	20.7	17.7
	十 五 丁	0.41	O	0.94	O			2.24	J	24.9	23.4		20.7
	新 屋	0.82	B	0.78	B	3.00	J	2.90	J	26.7	18.4	25.7	19.7
	成 子 A			0.40	C			0.42	J		18.6		17.9
	B	0.18	C	0.56	C			0.82	J	24.9	16.6		24.4
	横 野	0.62	A	0.28	O			0.89	J	24.7	19.9		18.9
	道 場	0.33	A	0.27	A	0.24	J	0.22	J	23.2	23.4	22.2	19.4
	堀	0.42	A	0.32	A	0.78	J	0.63	J	21.9	15.9	22.2	18.9
	中 名	1.76	A	1.43	A	0.96	J	1.76	J	27.9	23.1	29.6	21.2
	添 島	0.76	B	0.66	B			1.40	J	23.4	24.6		20.2
	上 轡 田	0.45	A	1.32	A			0.76	J	29.4	24.6		28.2
	任 海			0.52	O			1.40	J		19.4		20.3
	新 保	0.13	G	0.21	G			0.10	J	24.4	18.4		15.7
	吉 倉	0.67	D	0.22	D					28.9	18.4		
	押 上	0.74	B	0.37	B			0.98	J	37.2	18.4		20.0
	惣 在 寺	0.07	O	0.18	O			0.22	J	22.3	14.1		17.2
軽 度 発 生 地	岩 木 A			0.27	O						17.6		
	B	0.66	A	0.29	A	0.31	J	0.28	J	25.7	14.6	22.7	19.7
	岩 木 新	0.13	B	0.18	B	0.34		0.30	J	19.9	16.4	21.2	21.7
	萩 ノ 島	0.62	O	0.92	O	2.48	J	2.56	J	27.9	20.5	25.7	19.2
	西神通A	0.34	O	0.40	O			0.70	M	23.7	16.4		25.2
	B	0.89	A	0.04	O					30.2	22.1		
	四 津 屋			0.30	C改						22.6		
	羽 根 屋	0.26	C改	0.34	C改			0.15	J改	23.7	21.6		20.7
	下 沢			0.42	O改			0.72	J改		20.4		29.7
	下 井 沢	0.34	A	0.32	A	0.40	J			18.9	17.6	23.2	
	砂 子 田			0.44	C			0.42	J		19.6		20.2
	塚原(婦中)	0.62	A	0.65	A			0.72	L	23.7	22.9		21.2
	鵜 坂	0.68	H	0.27	H			0.98	J	29.9	21.1		23.9
	東大久保			0.26	O						15.6		
	秋 ケ 島	0.06	G	0.25	O					29.4	20.6		
	神 通	1.48	B	0.92	B			1.16	J	40.2	20.6		19.9
生 地	塩	0.19	O	0.42	O	1.16	J	1.20	J	25.7	21.4	32.2	21.2
	下大久保A			0.20	C			0.30	J		20.1		21.7
	B	0.13	O	0.12	C			0.24	J	26.7	19.9		19.9
	上大久保			0.08	O			0.07	O		15.9		17.2
	大 開	0.17	C混	0.12	C混					24.2	20.4		
	高 内			0.09	O			0.11	O		16.4		18.2
	友 杉 A			0.38	O						23.6		
	B			0.46	O			0.40	O		16.6		24.7

部 落 名	Cd (ppm)								Zn (ppm)			
	うるち玄米		うるち精米		もち玄米		もち精米		うるち玄米	うるち精米	もち玄米	もち精米
神通水系 非発生地	野飼			0.14	O ¹⁾ 非 ²⁾			0.22	J ¹⁾ 非 ²⁾	20.4		23.9
	城生			0.09	O混			0.48	J混	18.9		17.7
	滅鬼	0.24	A	0.26	A	0.17	J			17.1	25.7	
	浜の子	0.15	A非	0.12	A非			0.20	J非	21.4		20.4
	新村			0.15	O					17.6		
	上二杉	0.04	C	0.04	C			0.04	K	20.7		15.2
	西塩野	0.20	E	0.22	E			0.04	K	29.7		14.7
	下野A			0.32	O					18.9		
	B	0.60	O	0.54	O			0.17	O	24.9		16.7
	高田	1.00	O	0.87	O			0.44	J	21.9		19.7
	春日			0.39	O					15.9		
	葛原A			0.13	O非					17.1		
	B	0.28	O混	0.20	O混			0.05	J非	27.7		16.7
	加納	0.03	B	0.03	B			0.18	J	34.9		21.2
	麦島			0.21	H			0.32	K	19.6		18.7
神通水系 非発生地	笹津	0.36	H	0.32	O			1.00	J	26.5		22.7
	御門	0.82	A	0.80	A			0.70	J	26.4		23.2
	宮ヶ島	0.67	E	0.52	I	0.76	J	0.75	J	30.2	33.7	22.4
	西本郷	0.72	E	0.24	F			0.41	J	25.0		21.7
	大沢野A			0.15	O			0.07	N	17.1		17.2
	B	0.08	I	0.05	O					23.5		
	荻原	0.27	A非	0.53	A非	0.13	J非			22.9	21.2	
	荒屋	0.18	A	0.16	A	0.18	J混	0.16	J混	24.8	17.2	20.2
非神通水系 非発生地	黒田			0.12	C					17.0		
	中島	0.07	A	0.05	A			0.10	J	20.4		18.9
	田中			0.05	O			0.04	J	20.6		16.4
	二口	0.20	C	0.26	C	0.36	J	0.36	J	25.5	26.5	20.0
	蟻川			0.18	O			0.31	J	19.4		18.2
	青柳	0.23	B	0.17	B			0.11	K	26.7		15.2
	新場			0.11	O					14.9		
	養寺	0.20	B	0.32	B			0.17	K	24.7		12.2
	大杉			0.11	F	0.15	J	0.17	J	17.9	20.7	21.0
	大野			0.11	O					16.6		
	田屋	0.16	A	0.06	A			0.52	K	19.9		19.9
	下吉川	0.12	A	0.11	A					25.2		
非神通水系 非発生地	黒瀬			0.25	A			0.25	J	23.5		20.5
	下熊野			0.24	A			0.52	J	20.5		19.5

註 1) A, B……は水稻の品種を示す。

A: 新木 B: 黒部 C: よもまさり D: よもひかり E: 草笛 F: 万両 G: 日本晴 H: 豊年早生
I: 越路早生 J: 新大正もち K: こがわもち L: かぐらもち M: 中二もち N: 越後ねばり O: 不明及び混合

2) 神通水系部落の1部には、非神通水系の水田や、神通水系と非神通水系の混合水田が混在している。農家保有米は、水田水系別に保存されているわけではないが、収集時に非神通水系または混合水系水田でとれた米であると思うといった試料については、それぞれ「非」「混」と注記した。また、土地改良の完了していた水田については「改」と注記した。

Cd の分析は、湿式灰化し、APDC-MIBK 抽出後原子吸光光度計日本ジャーレルアッシュ AA-1 型で測定す

る方法⁷⁾、亜鉛(Zn)は、灰化液を希釈して水溶液として原子吸光光度計パーキンエルマー 303 型で測定する 方法⁷⁾

によった。

Ⅲ 成 績

(1) 農家保有米の Cd 濃度とその分布

全試料の分析結果は表 2 の通りである。うるち米の Cd 濃度の地理的分布は図 1 に、もち米の Cd 濃度の地理的分布は図 2 に示した。神通川兩岸の熊野川と井田川に囲まれた地域に高濃度のものが分布している。そして、

これら米の Cd 濃度の高いものの分布している地域は、イ病発生地域⁸⁾ とよく一致している。

調査した部落をイ病の発生状況別に区分して、保有米 Cd 濃度の平均値をみたのが表 3 である。後述するように、このような収集方法で得た試料では、精米と玄米との間の Cd 濃度の差違はほとんど現われなかったので、この両者をあわせた平均値も算出した。イ病発生状況の区分は、昭和 42 年度の住民検診の際の有病率⁸⁾ によった

図 1 うるち米の Cd 濃度の分布

図 2 もち米の Cd 濃度の分布

表 3 イタイイタイ病発生状況別にみた米の Cd 濃度 (ppm)

	濃厚発生地			軽度発生地			神通水系非発生地			非神通水系非発生地		
	試料数	平均値	標準誤差	試料数	平均値	標準誤差	試料数	平均値	標準誤差	試料数	平均値	標準誤差
うるち精米	20	0.521	±0.084	20	0.324	±0.047	23	0.282	±0.048	14	0.153	±0.023
うるち玄米	17	0.535	±0.096	11	0.469	±0.128	15	0.376	±0.079	6	0.163	±0.025
うるち米合計	37	0.527	±0.062	31	0.375	±0.055	38	0.319	±0.043	20	0.156	±0.017
もち精米	18	1.033	±0.199	13	0.552	±0.109	16	0.327	±0.071	10	0.255	±0.054
もち玄米	8	1.116	±0.370	2	0.780		4	0.310	±0.150	2	0.255	
もち米合計	26	1.059	±0.175	15	0.582	±0.103	20	0.324	±0.063	12	0.255	±0.046

ものであるが、濃厚発生地としたのは部落内の50歳以上の女子についての有病率が10%以上の地域であり、軽度発生地としたのは、10%より小さい率で患者および容疑者をみた地域である。

精米と玄米をあわせた平均値では、濃厚発生地のうるち米は 0.53ppm、もち米は 1.06ppm、軽度発生地のものは、うるち米 0.38ppm、もち米 0.58ppm であり、非神通水系地の平均 0.16ppm、および 0.26ppm と比べて明かに高い。しかも、うるち米、もち米とも濃厚発生地、軽度発生地、神通水系非発生地順に米の Cd 濃度の平均値が低下している。(表4)

表4 イタイイタイ病発生状況別にみた Cd 濃度平均値の差の検定

	濃厚発生地	軽度発生地	神通水系非発生地	非神通水系非発生地
濃厚発生地		$P \approx 0.05$	$P < 0.025$	$P < 0.005$
軽度発生地	$P \approx 0.05$		NS	$P < 0.005$
神通水系非発生地	$P < 0.005$	$P < 0.05$		$P < 0.025$
非神通水系非発生地	$P < 0.005$	$P \approx 0.025$	NS	

NS : $P > 0.1$

表の斜線より右上はうるち精米、
左下はもち精米

日本産の米の Cd 濃度について、森次、小林⁵⁾は、全国の農業試験場より集めた資料で平均 0.066ppm (白米、乾燥重量当り) であったと報告している。これに対し今回の調査に於ける非神通水系地域の保有米の Cd 濃度は、平均値が 0.15ppm (精米、風乾重量当り) であってかなり高い値である。この点については、今回調査にとりあげた非神通水系地域のうち熊野川水系の地域は、神通水系の用水が水田に使用された後の排水が熊野川に流入する地点の下流から採水している地域であることや、神通水系に隣接する水田には洪水のとき神通川の氾濫の影響は受けるものもあることも考慮しなければならない。神通川と全く関係がないと考えられる黒田部落、中島部落、田中部落、下吉川部落などの井田川水系では、米の Cd 濃度は 0.04~0.12ppm であって、森次、小林の報告した値に近い濃度であるのに対し、熊野川下流の安養寺、下熊野、蜷川、二口等の各部落では 0.2ppm 以上を示している。なお、熊野川については神通川の影響のほか、はるか上流に過去には小さな鉱山があったことも影響しているかもしれない。

(2) うるち米ともち米の Cd 濃度の比較

表3に見られるように本病発生地の米の Cd 濃度は、もち米の方がうるち米よりも平均値が高い。また後述の

図3あるいは図4に見られるように高濃度の Cd はもち米だけに現れている。この地域では重金属の稲作被害に対してうるち米よりももち米の方が抵抗力の強いことが経験上知られており、用水から直接引水している水田や、水口に近くて稲作被害の強かったところにもち米を植える慣習になっている。したがって特に土壌中の Cd 濃度の高いところにもち米を植えることになり、これがうるち米との間に差を生じた原因の最も主なものであろう。しかし後述の稲刈りの成績からみるともち米は Cd を貯溜しやすい傾向のあることは否定できない。

(3) 玄米と精米との Cd 濃度差

同一農家で、玄米と精米の両方を収集し分析することの出来た例について、Cd 濃度差 (玄米 Cd 濃度 - 精米 Cd 濃度) をみたのが表5である。今回の試料では、同一農家保有米の玄米と精米の Cd 濃度の差は統計的に有意でなかったばかりでなく、その濃度差の標準偏差はイ病発生地では 0.3ppm 以上という発生地保有米の平均 Cd 濃度に匹敵する値となっている。このことは同一農家の収穫する米でもその Cd 濃度に著しく大きな変動のあることを示している。玄米を精白することによる Cd 濃度の低下は10%以下であって、他の無機成分のように著しくは低下しないことが報告されている⁵⁾。

表5 同一農家保有米の玄米と精米の Cd 濃度差 (ppm)

	農家数	濃度差の平均値	標準偏差
濃厚発生地 { もち米	8	-0.055	±0.309
{ うるち米	17	-0.007	±0.355
軽度発生地 { もち米	1	-0.04	
{ うるち米	11	0.12	±0.339
神通水系 { もち米	2	0.03	
非発生地 { うるち米	15	0.05	±0.150
非神通水系 { もち米	2	-0.02	
非発生地 { うるち米	6	0.002	±0.080
合計	62	0.024	±0.268

(4) Zn 濃度について

精米の Zn 濃度は約 20ppm 程度にはほぼ一定に保たれる性質が強いようであり、イ病発生地に高い傾向は認められるが、その増加の程度は小さい。(表6) もち米とうるち米とで濃度に差が認められない。

米の Zn は Cd と異り、精白することによりかなり減少するようで、玄米の Zn 濃度は精米の Zn 濃度より高い。このことは米の Zn は Cd とちがって果皮や胚にはるかに多く含まれていることを示しており、一般に灰分

表 6 イタイイタイ病発生状況別にみた米の Zn 濃度 (ppm)

	濃厚発生地			軽度発生地			神通水系非発生地			非神通水系非発生地		
	試料数	平均値	標準誤差	試料数	平均値	標準誤差	試料数	平均値	標準誤差	試料数	平均値	標準誤差
うるち精米	20	19.5±0.7		20	19.8±0.6		23	18.6±0.6		14	18.9±0.8	
うるち玄米	17	25.5±1.0		11	26.9±1.7		15	25.7±1.0		6	23.7±1.2	
もち精米	18	20.1±0.7		13	21.8±0.9		16	19.5±0.7		10	18.2±0.9	
もち玄米	8	23.8±1.1		2	27.7		4	24.5±3.5		2	23.6	

はこれらの部分に著しく多いのである。

(5) 水田土壌中 Cd 濃度と米の Cd 濃度との関係

昭和42年3月に採取した水田土壌の Cd 濃度³⁾と、今回の農家保有米 Cd 濃度との相関を部落別（小さな部落は隣接部落と合せて一部落とした）にみたのが図3である。土壌を採取した水田と、保有米を収集した農家とは同一部落ではあるが別々の農家であり、土壌の Cd 濃度は用水から直接引水している水田の水口、中央、水尻の3ヵ所から採取した上層の土壌の値の平均である。また両濃度とも部落ごとに1～数試料を平均している。部落別にみた水田土壌 Cd 濃度平均値と保有米 Cd 濃度平均値との相関係数は、うるち米で+0.55、もち米で+0.57であってともに有意な正相関を示し、土壌の Cd 濃度が高い部落では米の Cd 濃度も高い傾向のあることを示している。これらの試料が集められた頃は、用水中の Cd は検出限界以下であったから³⁾、これら保有米の高い Cd 濃度は水田土壌の Cd に由来したと判断してよい。しかし土壌と米はそれぞれ同一部落内ではあるが、別々の農

家から集められたものであって、両者間の直接移行関係を示しているとはいえないので、別に株別に米を採取するとともにその稲株の場所から上層土壌を採取して、水田土壌の Cd 濃度とそこに植えられた稲作にみのった米の Cd 濃度との関係を観察した。（米の Cd はジチゾン法⁶⁾、米の Zn と土壌の分析は原子吸光法⁷⁾³⁾）その成績は図4に示した通りで、土壌の Cd 濃度とうるち玄米の Cd 濃度との間の相関係数は+0.77（試料数16）であって、部落単位で観察した場合よりは高い相関が認められるが、土壌 Cd 濃度が一定でも米の Cd 濃度にはやはりかなりの差がみられた。

1) 部落平均値

図 3 部落別にみた水田土壌 Cd 濃度と農家保有米 Cd 濃度との相関

図 4 株刈りをした米とその水田上層土壌との Cd, Zn 濃度の関係

株刈りした試料の中にもち米が含まれていた。これは僅か1水田からの3試料にすぎないが、もち米は、同じ Cd 濃度の土壌でのうるち米に比べてより多く Cd を含んでいた。Cd 汚染水田では、もち米の方がより高濃度に Cd を蓄積する性質があるようにも思われる。また、この図4の中で、矢印で結んだ例は、ちょうど刈入れの時期にはこの水口の米だけが未熟だったため、1ヵ月後に完熟するのを待って刈り取った例である。この例では3.36ppm だった Cd が完熟した1ヵ月後には2.02ppm に低下していた。この1試料だけで判断するのは早計かも知れないが、完熟すると Cd 濃度は未熟のときよりも低下するもののようである。

小林⁹⁾は汚染のない土壤に、Zn を添加すると米の Cd 濃度が低下することを報告している。神通川流域水田土壤には Cd とともに Zn も増加しているので、土壤中 Zn 濃度が米の Cd 濃度に及ぼす影響を検討してみた。

うるち玄米の Cd 濃度と土壤 Cd 濃度との相関係数 (+0.77), 米の Cd と土壤 Zn との相関係数 (+0.70), 土壤の Cd と土壤 Zn との相関係数 (+0.85) とから、土壤の Cd を一定と考えた時の米の Cd と土壤 Zn との偏相関係数を算出すると、+0.15, ($P>0.1$) となり、今回の観察では米の Cd 濃度が土壤の Zn 濃度による影響を受けているとは云えない結果であった。

株刈りした試料での土壤中 Zn 濃度と米の Zn 濃度との関係は図4にみる通りで、土壤の Zn が高いと玄米の Zn 濃度も高くなる傾向のあることを示している。土壤の Zn 濃度が 200ppm より高いところの玄米の Zn 濃度は、土壤中 Zn 濃度がそれより低いところでとれた玄米より少し高い。しかしながら土壤の Zn が 200ppm 以上では、玄米の Zn 濃度はほとんど変らない値を示している。

(6) 住民の尿所見と米の Cd 濃度との相関についての部落別観察

昭和42年住民検診において50歳以上の男女のうち、尿検査で蛋白と糖両者ともに陽性であった者の出現率を部落別に見たもの¹⁰⁾と、農家保有米の部落平均 Cd 濃度との相関を観察した成績が図5である。両者の間には、うるち米で+0.68, もち米で+0.82という高い正の相関関係がみられる。この高い相関の認められる事実は、直ちに米の Cd が人体に対する悪影響の主要因であることを示すものではないが、環境が Cd で汚染されたとき、その影響の現れ方が米の Cd 含有量とその部落住民の尿の異常所見発現率との間に強い並行性があることを示して

図5 部落別にみた農家保有米 Cd 濃度と尿有所見率との相関

いる。したがって、米の Cd 濃度の増加はその地域の環境汚染の人体への影響を知るための指標として充分価値のあるものである。

(7) 米採取農家の尿所見と保有米 Cd 濃度との関係

神通川流域では、尿所見やイタイタイ病患者のみられるのは、ほぼ50歳以上の住民なので、今回保有米を採取した農家のうち患者発生地域のものであって、50歳以上の家族のあるものについて患者の有無、尿異常所見者の有無によって区分して、その保有米の Cd 濃度を検討した。1農家の50歳以上の家族数は1~3名であり、またこれらの異常所見の有無は、昭和42, 43年の検診成績によるものであって、その農家の過去の状態にまでさかのぼって検討したものではない。

成績は表7に示す如くで、尿蛋白陽性者(患者を含む)のいる農家のもち米、うるち米の平均 Cd 濃度は尿蛋白陽性者のいない農家のそれに比して約2倍の濃度であっ

表7 農家の検診成績とその農家の保有米 Cd 濃度 (ppm) (イタイタイ病発生地)

		患者・尿蛋白陽性者のいる農家		尿蛋白陽性者のいない農家		患者のいる農家(再掲)	
		試料数	平均±標準誤差	試料数	平均±標準誤差	試料数	平均±標準誤差
うるち米	濃厚発生地	29 (15)	0.58 [†] ±0.07	7 (4)	0.34±0.10	11 (6)	0.44 ±0.07
	軽度発生地	24 (14)	0.41 ±0.07	5 (4)	0.26±0.07	6 (3)	0.63 ±0.20
	計	53 (29)	0.50* ±0.05	12 (8)	0.31±0.07	17 (9)	0.51 [†] ±0.08
もち米	濃厚発生地	21 (14)	1.18* ±0.20	5 (4)	0.54±0.22	8 (5)	1.08 ±0.34
	軽度発生地	11 (10)	0.71 ±0.12	3 (3)	0.30±0.10	4 (3)	1.06**±0.12
	計	32 (24)	1.02**±0.14	8 (7)	0.45±0.14	12 (8)	1.07* ±0.23

試料数欄の () 内は農家数

尿蛋白陽性者のいない農家との比較 †: $P<0.1$ * : $P<0.05$ ** : $P<0.01$

た。さらにイ病発生の高率な地区と低率な地区に区分してみても、うるち米、もち米とも、その平均 Cd 濃度は、尿蛋白陽性者のいる農家で高い値を示し、しかも、居住地の発生状況による差よりもその農家に尿所見のあるものがいるかないかによる差の方が大きい。

尿蛋白陽性者のいた農家のうち、調査時にイ病患者のいた農家からの保有米 Cd 濃度は、表 7 に再掲した如くうるち米で 0.51ppm、もち米で平均 1.07ppm であってこれは尿所見のある者がいない農家より明かに高いけれども、尿所見のある者のいる農家の中で特に高い値を示しているとはいえない。しかし、居住地のイ病発生状況別にみると軽度発生地では患者のいる農家の方が、やゝ高い Cd 濃度を示しており、濃厚発生地では尿所見のある者がいる農家全体と同じかやゝ低い濃度を示している。そして現在患者のいる農家に限れば米の平均 Cd 濃度は、濃厚発生地でも軽度発生地でもほぼ同じであった。

Ⅳ 考 察

神通川流域に発生したイタイイタイ病は Cd による外因性の Adult Fanconi Syndrom として理解され Cd の侵入経路は、食品と飲料水とからであると考えられている。

著者らは、イタイイタイ病発生地及びそれに隣接する地域の農家保有米を集収し、その Cd 及び Zn 濃度を測定した。

Cd 濃度の高い米の分布している地域は、既報³⁾の水田土壌 Cd の高い地域と一致し、また、患者発生地域とも一致している。

水田土壌の Cd 濃度と米の Cd 濃度との間には、部落別観察でも、株刈りをした米とその稲株のあった土壌との間でも相関関係が認められ、水田土壌に Cd が多い程その水田にみのった米に Cd が多く蓄積される傾向のあることを示している。今回の試料が集収された頃は、用水中の Cd は検出限界以下であったから、これら米に蓄積された Cd は水田土壌に由来するものであろうが、株刈りの成績からみても判る通り土壌中 Cd 濃度によって一義的に米の Cd 濃度が決まるものではないようである。米の品種、土壌の性質、栽培方法等種々の影響を強く受けるのであろう。しかしこの土壌と米の Cd 濃度の関係を考える場合に、土壌中の Cd の存在形態も考慮しなければならない。神通川流域の水田土壌に蓄積した Cd は、少なくとも 2 つのメカニズムで流入したと判断されているから³⁾、少なくとも 2 つ以上の形態の異なる Cd が、水田土壌に存在していると推定してよいはずであるが、

現在のところ水田土壌中の Cd の存在形態については何も判っていない。

小林ら¹¹⁾のポット栽培実験、喜田村ら¹²⁾の Cd 汚染水田での体験でも、土壌中 Cd 濃度と米の Cd 濃度とは並行しているが、これらの成績と神通川流域の今回の結果とを比較すると、神通川流域では土壌の Cd 濃度がそれ程高くはないにもかかわらず、米の Cd 濃度は高いという特徴が見られる。小林らの成績でも、喜田村らの報告例でも、土壌の Cd 濃度が約 200ppm 以上になってようやく米の Cd 濃度が 1ppm に達しているのに対し、神通川流域では、僅か数 ppm の Cd を含む土壌で、米の Cd が 1ppm に達している。神通川流域を汚染した Cd は、水稻に対して影響の大きい形態であったことが充分推定される。神通川流域水田の水口では強く稲の生育が障害されたことから考えると、水田水口に多くの Cd を蓄積せしめた機序で流入した Cd は、生物に対し強く影響する形態だったと判断してよいであろう。そして恐らくそのために、同一農家でも水田によって著しい汚染の差があり、従って保有米の Cd 濃度にも大きな差がみられることになったものと思われる。

保有米の Cd 濃度と住民の尿異常所見発現率との関係についての部落別観察成績は、米の Cd 濃度と、この地域住民の腎障害との間に強い共通要因が存在することを示している。また他方、保有米の Cd 濃度は、イタイイタイ病濃厚発生地で最も高く、軽度発生地、非発生神通水系地の順に低くなっていて、この両者の間にも共通要因が存在している。

後述する如く、過去には激しかった神通川流域の汚染も現在ではほとんど見られなくなっているから、現在の米の Cd 濃度は、過去の汚染の名残りとしてその相対的な強さを示すにすぎないが、そういう観点からこの地域に発生した健康障害との関係を吟味することは出来る。

保有米を集収したイ病発生地農家のうち、患者や尿蛋白陽性者のいる農家からの保有米は Cd 濃度が高く、尿所見のみられない農家からの保有米は Cd 濃度が低かった事実は、この地域に発生した健康障害が、その農家の過去の水田汚染と密接に関連していることを示している。先に述べた健康障害と米の Cd 濃度との共通要因は、米に代表される農産物が人体への Cd 侵入の主要な経路の 1 つであったことを思わせる。特にイ病患者のいる農家からの保有米 Cd 濃度が、患者発生の高率な地域でも低率な地域でもほぼ同程度であったことは重視されるべきであることと考える。

今回の農家保有米の Cd 濃度は、イ病濃厚発生地で平

均 0.53ppm (うるち米) にすぎなかった。本病発生地産米の Cd 濃度については、森次・小林⁵⁾ の分析値から算出すると平均 0.70ppm (但し濃厚発生地うるち米 9 試料)、石崎ら⁶⁾ の報告では平均 0.9ppm (5 試料) であり、今回の 0.53ppm はこれらに比してやや低い。森次らの試料は昭和34年頃のものであり、石崎らは昭和38年産米と推定されるから、この間に米の Cd 濃度が低下したことを示しているようにも見える。しかしいずれの試料も汚染が低下して以後のものであって、米の被害の激しかった頃の濃度とは相当に異っていると考えなければならない。過去においてはこの地域水田は水口より流入する毒砂のため稲の発育障害が著しく、その一部は収穫皆無となったのであって¹³⁾、今回の調査時には収穫のおくれさえも見られない所が多く、僅かに 1 水田で水口付近の米のみのりがおくれている 1 ヶ月後に株刈りをしなければならない例があっただけにすぎない。そのほか、過去には杉の木の発育が、著しく障害されていたこと¹⁴⁾、水田の Cd 濃度も以前にはより高濃度であったことを示す現象⁹⁾ も観察されている。小林ら¹¹⁾ によると、完全にみのったうるち米の Cd 濃度の限界は 3ppm 程度であるが、収穫皆無の水田が見られた頃のうるち米の Cd 濃度はこの程度のものであったであろう。もち米の Cd 濃度がうるち米に比して著しく高かったのは、すでに述べたように、汚染の強い水口水田に植える慣習によるものであるが、発育障害がみられず、土壌の Cd もそれ程高くない所で 4ppm をこえるもち米がみられたことは、もち米が鉍毒に強いだけでなく、Cd を蓄積し易い傾向のあることを思わせる。しかしながら森次⁵⁾ らは非汚染地においてはもち米とうるち米とで Cd 濃度に差を認めてはいない。

神通川流域水田土壌には、Zn も多量に存在している。土壌の Zn 濃度が高くなると、米の Zn 濃度も高くなる関係にあることがみられた。実験的にも、小林ら¹¹⁾ は、ZnO を添加すると米の Zn もいくらか増加することを見ている。今回の保有米の精米では、非神通水系地平均 19ppm に対し、イ病発生地では 20ppm でありその増加の程度は少い。小林らの成績でも 30ppm 程度が上限のように思われる。神通川流域水田土壌に著しく多い Zn が、米に対して異常といえる蓄積増加をもたらさない事実、Cd の場合と著しく異っている。

自然界では、Cd と Zn は共存している場合が多いが、生物体内では異った動きをすることは明かである。植物にとっても Zn は必須金属であるが、Cd については何も知られていない。Zn の人体に対する毒性は著しく低

いのであるが、その上米の蓄積がほとんどみられないことからみても、この地域水田土壌の Zn が直接人体に強く影響を与えた可能性は乏しいものと思われる。

V ま と め

神通川流域及びそれに隣接する地域の農家保有米を採取し、Cd と Zn 濃度を分析した。

イタイイタイ病発生地の米の Cd 濃度は非発生地に比して著しく高く、しかも有病率の高い地域ほど米の Cd 濃度も高い関係がみられた。

水田土壌の Cd 濃度と米の Cd 濃度との間には強い関連性が認められ、米の Cd 濃度と住民の尿異常所見の率との間にも高い正の相関関係が認められた。

これに反し米の Zn 濃度は、この地水田土壌中 Zn 濃度の著しい増大にもかかわらず僅かな増加しか認められなかった。

本病発生地農家保有米の Cd 濃度が、尿に異常所見のみられる農家 (患者のいる農家) で高く、尿所見の見られない農家で低かったことは、米の Cd がこの地における健康障害発現の一要因であったことを推定させる。

今回の農家保有米の Cd 濃度は、本病濃厚発生地で平均 1.06 (もち米) および 0.53ppm (うるち米) 程度にすぎなかった。しかしこの地の重金属汚染の激しかった過去においては、イ病多発地帯の米の Cd 濃度はこれより高かったものと推定される。

本論文の一部要旨は第27回日本公衆衛生学会総会において報告した。また、本研究の一部は厚生省公害調査研究費によるものである。

文 献

- 1) 武内重五郎, 篠田 昭, 小林一和, 中本 安, 高沢 至, 黒崎正夫: イタイイタイ病の腎障害, 内科, 21, 876-884 (1968).
- 2) 石崎有信, 福島匡昭: イタイイタイ病, 日衛誌, 23, 271-285 (1968).
- 3) 福島匡昭, 石崎有信, 坂元倫子, 林 悦子: 神通川流域水田土壌中の重金属分布状況の調査, 日衛誌, 24, 526-535 (1970).
- 4) 萩野 昇, 吉岡金市: イタイイタイ病の原因に関する研究について, 日整会誌, 35, 812-814 (1962).
- 5) 森次益三, 小林 純: 生物体内における微量金属の研究 (第2報), 農学研究, 50, 37-49 (1963).
- 6) 石崎有信, 野村亨一, 田辺 釧, 坂元倫子: いわゆるイタイイタイ病患者の尿中重金属排泄量, 日衛

- 誌, 20, 261-267 (1965).
- 7) 石崎有信, 福島匡昭, 坂元倫子: 生物体内の Cd の分布について(第1報), 日衛誌, 24, 375-379 (1969).
- 8) 石崎有信, 福島匡昭, 加藤孝之, 河野俊一: 住民検診結果によるイタイイタイ病患者について, 日衛誌, 23, 193 (1968).
- 9) 小林 純: イタイイタイ病の原因と金属鉱山による河川の汚濁 (第3報), 日衛誌, 23, 195 (1968).
- 10) 石崎有信, 福島匡昭, 能川浩二, 坂本倫子, 倉知照, 林 悦子: イタイイタイ病発生地区住民の検尿成績, 第26回日本公衆衛生学会講演集 No. 3, 155 (1968).
- 11) 小林 純, 村本茂樹: 土壌への Cd, Zn, Pb の添加量が米麦の収量とそれら金属の含有量とに及ぼす影響, 日衛誌, 24, 66 (1969).
- 12) 喜田村正次, 塚本利之, 早川 清, 柴田孝子: 某工場排水中のCd問題について, 日衛誌, 24, 68 (1969).
- 13) 重杉俊雄: 神通川誌, 134-137, 富山漁業協同組合, 富山市 (1955).
- 14) 石崎有信, 福島匡昭, 倉知照, 坂元倫子, 林悦子: 神通川流域の杉の年輪と Cd, Zn 含有量との関係, 日衛誌, 25, 376-382 (1970).

(受付1973年8月13日)