

微量カドミウムの吸収に関する実験的研究

〔I〕ラットおよび猫についての吸収実験

金沢大学医学部衛生学講座（主任：石崎有信教授）

坂 元 倫 子

（昭和49年2月18日受付）

Cd中毒については、人数は少いがいろいろの形のもの古くから報告されている^{1)~3)}。富山県に多発したイタイタイ病の原因は、Cdが経口的に水や米などの食品を介して永年にわたって摂取されたためであることが明らかにされて以来^{34)~36)}、わが国においてもCdによる環境汚染、とくに飲料水あるいは米などの食品の汚染が大いに問題とされるようになった。一方われわれは、なんら人工的な汚染のない地域でとれた軟体動物の内臓にかなり高濃度のCdが含まれるものあることを見出したが³⁷⁾、これら自然界にみられる高濃度Cdと、Cdの汚染地の米などにみられる異常に高い濃度のCdと、各種のCd化合物とが人体にいかなる影響をおよぼすかを明らかにすることも重要であろうと考えた。

経口的に摂取された有害金属の動物に対する影響を考えると、まず吸収と排泄の関係が明らかにされなければならない。Cdの連続経口投与実験による吸収と排泄の関係についてはいくつかの報告がある^{38)~41)}。しかしCd化合物の種類による吸収や蓄積の相違につ

いての報告は、土屋ら⁴²⁾、後藤ら⁴³⁾などの数列にすぎない。そこで自然食品に見られる高濃度Cdと汚染地米およびこれらに関連のある二、三のCd化合物について、その吸収や蓄積に差があるか否かについての動物実験を計画した。

微量重金属の動物に対する影響は当然種属差が大きいものと考えられる。したがって最終的には人体に対する影響を推定する根拠としては、従来行われているようなけっ歯類のみについての実験では不十分であろうと考え、ラットだけでなく食肉類である猫についても実験を行った。

実験方法および実験結果

実験方法の要点は表1に示した通りである。

実験 I：ラットを用いた吸収実験

4種のCd化合物をとりあげ、Cdの摂取と尿尿への排泄との関係についてラットを用いて比較した。

1. 実験方法

1) 実験動物および実験期間

表1. 実験動物および実験期間

	実験動物	体 重	匹 数	Cd 種類・投与方法	投与期間	観察期間
実験 I	雑種ラット	300 (g)	{ ♂ 8 ♀ 8	CdCl ₂ CdSO ₄ フィチン酸Cd } 飲水 ばい貝肝臓 煮汁	1 日	30 日
実験 II	雑 種 猫	2 ~ 3 (kg)	{ ♂ 3 ♀ 3	CdSO ₄ 飲水 汚染地米 } 餌 ばい貝肝臓	6 日	12 日

Experimental Studies on Absorption of Orally Administered Cadmium Compounds and Cadmium in Foods (I) on the Excretion of Cadmium in Rats and Cats
Michiko Sakamoto, Department of Hygiene (Director : Rrof. A. Ishizaki), School of Medicin, Kanazawa University.

体重300g前後の成熟雑種ラットを用いた。一回の実験ではCdのそれぞれの種類につき2匹ずつ計8匹を割り当てた。雄の時は雄だけ、雌の時は雌だけを用いて、1ヵ月交代に採尿ケージに入れ、30日間にわたって尿尿を集めた。同じ実験を4回繰り返した。実験を行った時期は昭和45年7月から昭和46年9月までであった。

2) 飼料

後述する予備実験からもわかるように市販の固型飼料ではCdがかなり含まれており、実験条件として良くなかった。また低蛋白低Ca餌はCdの吸収を高めるとされているので⁴⁴⁾、表2aに示したような人工合成飼料を用いた。この組成ではCd含有量は0.01ppm程度に下げることができた。

栄養素の分析結果は表2bのごとくであった。餌および飲料水は自由に摂取させ、飲料水は蒸留水を用いた。実験に入る1週間前から合成飼料を与えた。

3) Cdの種類および投与方法

i) $CdCl_2$: Cdの無機化合物の代表として、動物実験によく使用され、またCd化合物が胃液に溶けた場合を考え、 $CdCl_2$ を用いた。

ii) $CdSO_4$: 現実のCdによる環境汚染の主なものは、鉱山排水によるものであり、CdSから出発しているので、水溶性の形としては $CdSO_4$ だけが考えられるので、その水溶液についても観察することにした。

iii) フイチン酸カドミウム : Cd汚染食品として今日問題になっている最も重要なものは米である。米中のCdは恐らくフイチンと結合している部分も多いと推定される。フイチン酸とCdが結合していても、消化吸收過程でフイチン酸の影響をうけることは十分考えられる。白米中のフイチンの量は約1000ppm程度である⁴⁵⁾。この割合を考えてフイチン酸カルシウムから出発して、次のような操作でフイチン酸とCdの入った液を調製した。これを仮にフイチン酸Cdと呼ぶことにする。

フイチン酸カルシウムの約30gに蒸留水200mlを加え、1N HCl溶液30~40mlを加えて強酸性(pHは0.5~1.0)とする。2N Na_2SO_4 溶液を少しずつ加え、Cd SO_4 を沈澱させる(pHは約1.5)。濾過後濾液をN/10 NaOH溶液で中和し、再び濾過しその濾液を用いる。フイチン: Cdの比が1000:1になるように $CdCl_2$ 溶液を加える。この濃度では半透明のけん濁液のみであり、実験期間中では沈澱を生じなかった。

iv) ばい貝肝臓煮汁 : われわれの観察した食品中で、ばい貝肝臓が最もCd濃度が高く、4例の平均値が、新鮮物当り189ppmで、うち1例に420ppmのも

のもあった。そこで自然食品に見られるCdの代表としてばい貝肝臓を用いることにした。ばい貝肝臓は新鮮物は使いにくいので、これに約20倍の蒸留水を加え、約20分間煮出し、濾過し、Cdを定量後、1.0ppmに希釈した。

4種のCd飲料水(Cdとして1.0ppm)は、なるべ

表2a. 飼料の組成
実験I. 低蛋白・低Ca餌

小麦でんぷん	78
カゼイン	10
大豆油	5
塩類*	3
ビタミン類**	1
肝油	1
乳糖	1
濾紙	1

* 塩類 (3g 中)

NaCl	84.4 mg
Na_2CO_3	176.3 mg
K_2CO_3	387.9 mg
$MgCO_3$	114.4 mg
$ZnCO_3$	4.2 mg
$FeSO_4 \cdot 7H_2O$	13.6 mg
$CaSO_4 \cdot 5H_2O$	2.2 mg
$MnSO_4 \cdot H_2O$	16.9 mg
KI	0.004 mg
$Ca(H_2PO_4)_2 \cdot H_2O$	250 mg
乳糖を加えて3gとする	

** ビタミン類 (1g 中)

ニコチン酸アミド	2.9 mg
パントテン酸 Ca	2.3 mg
イノシトール	11.8 mg
塩化コリン	150.0 mg
V.B ₁ · HCl	0.6 mg
V.B ₂	0.6 mg
V.B ₆	0.3 mg
V.C	5.9 mg
その他(微量のビオチン・葉酸・V.B ₁₂ 含む)	0.3 mg
乳糖を加えて1gとする	

く大量を飲用させるためと、餌の直接的な影響をさけるために、ぶどう糖の5%、食塩の0.5%を含む溶液に調製し、Cd投与期は餌を与えずに、24時間飲料水のみを与えた。

被験動物とCdの種類との組合せは無作意化した。

4) 分析方法

尿尿は1週間ごとにプールして集めた。尿は濃硝酸の適量を加えて十分に加温溶解し、その一部を硝酸、過塩素酸で湿式灰化し、日本公衆衛生協会Cd中毒研究班が尿中Cdの測定法の標準法として採用している方法⁴⁶⁾にしたがって分析した。尿および餌は硫・

硝酸で湿式灰化し、APDC-MIBK抽出し、原子吸光光度計(日本ジャーレルアッシュAA-I型)で測定した⁴⁷⁾。

2. 実験結果

1) 予備実験

投与したCdが何日間までに排泄されるかを知ることがを主目的として次の予備実験を行った。雌ラットの4匹に、日常与えているオリエンタル固型飼料を与え、CdSO₄のCdとして1.0ppmを含む水溶液を、Cd投与方法に記述したのと同じ方法で投与し、初めの4日間は1日ごとに、その後は3日間ごとに尿および尿を採取し排泄状況を観察した。

その結果は表3に示したごとくである。またその1例を代表として図1に示した。予想されたことではあるが、固型飼料にはCdが0.1ppmも含まれているために排泄量のベースが高く実験には不相当であることがわかった。また投与Cdは3日間までにほとんど排泄され、投与後10日間以内に投与前と同じレベルに低下することがわかった。尿への排泄は最高で1日当り0.08μgにすぎなかった。

2) 本実験の結果

i) 尿中Cdの排泄の時間的経過

表2b. 栄養素の分析値 (100g中)

蛋白質	8.5 g
脂肪	6.1 g
糖質	70.5 g
Ca	42 mg
P	180 mg

表3. 予備実験におけるCd摂取量および尿尿中排泄量

ラットNo.		1	2	3	4
Cd	水 (μg)	63.0	123.0	140.8	90.2
飼	料 (μg)	20.8	19.5	23.2	20.6
摂	取 量 (μg)	83.8	142.5	164.0	110.8

尿 中 排 泄 量

投与前	3日間 (μg/日)	3.23	0.59	1.85	3.42
投与後	1日目 (μg/日)	13.40	46.40	29.50	42.90
	2日目 (μg/日)	33.60	33.50	78.90	34.10
	3日目 (μg/日)	8.97	20.40	9.56	10.50
	4日目 (μg/日)	3.15	—	7.31	4.16
	5~7日目 (μg/日)	3.07	9.07	5.03	2.84
	8~10日目 (μg/日)	1.84	2.10	2.10	1.23
	11~13日目 (μg/日)	2.27	3.47	2.88	2.50
総	計 (μg)	80.70	144.20	166.40	111.40

尿 中 排 泄 量

投与前	3日間 (μg/日)	0.017	0.023	0.030	0.020
投与後	2日目 (μg/日)	0.020	0.020	0.020	0.040
	3~7日目 (μg/日)	0.080	0.074	0.080	0.044
	8~13日目 (μg/日)	0.010	0.014	0.053	0.010

投与したCdの尿への排泄は各群いずれにおいても、Cd投与後1週間でほとんど終るようである。その1例を各群ごとに、雌雄別に1日当りのCd μg で図2に示した。

ii) 尿中Cd排泄率

摂取量については、まず飲料水は投与直前にサンプルを取り、さらに投与後の残りを別に取り、Cd量を分析してチェックした。投与前後のCd量の差を摂取

量とした。こぼれ水は給水瓶の下においた受皿を蒸留水で数回洗って集め、Cd量を分析し、摂取量から差し引いた。1回の実験の摂取量は、ばい貝肝臓煮汁群は39~191 μg で、その他の群は63~323 μg であった。

尿への排泄経過については、最初3日ごとに3回、後に1週間ごとに追跡を行い、Cdの排泄が1日当りにつき投与前の量と同じ程度になるまで観察を行ったが、予備実験と異り約1ヶ月間の観察が必要ながわかったので、30日間の尿を集めることにした。

この30日間の尿中Cd量を摂取量で割って排泄率とした。

排泄率は表4に示した通りである。雌ではCdCl₂群やCdSO₄群など水溶性Cd化合物の排泄率は、平均値でおのおの73.1%および77.8%であり、フィチン酸Cd群は67.6%でかえって低い数値を示し、ばい貝肝臓煮汁群は81.6%でやゝ高い数値を示した。

雄でも雌と同様の傾向が見られ、CdCl₂群とCdSO₄群はおのおの77.9%、80.8%を示し、フィチン酸Cd群は74.2%でやゝ低い数値を示したが、ばい貝肝臓煮汁群は81.6%で最も高い排泄率を示した。

したがって残留率は雌雄の平均で、CdCl₂群は24.5%、CdSO₄群は20.7%、フィチン酸Cd群は29.1%、

図1. 尿中 Cd 排泄状況 (固型飼料の場合)

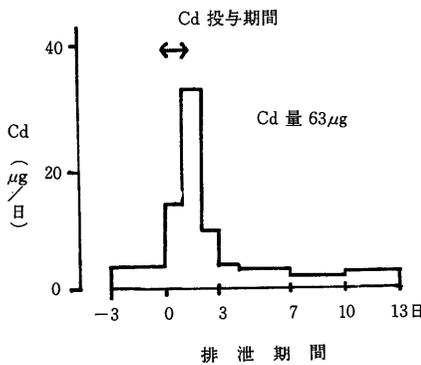


図2. 尿中 Cd 排泄状況 (ラット)

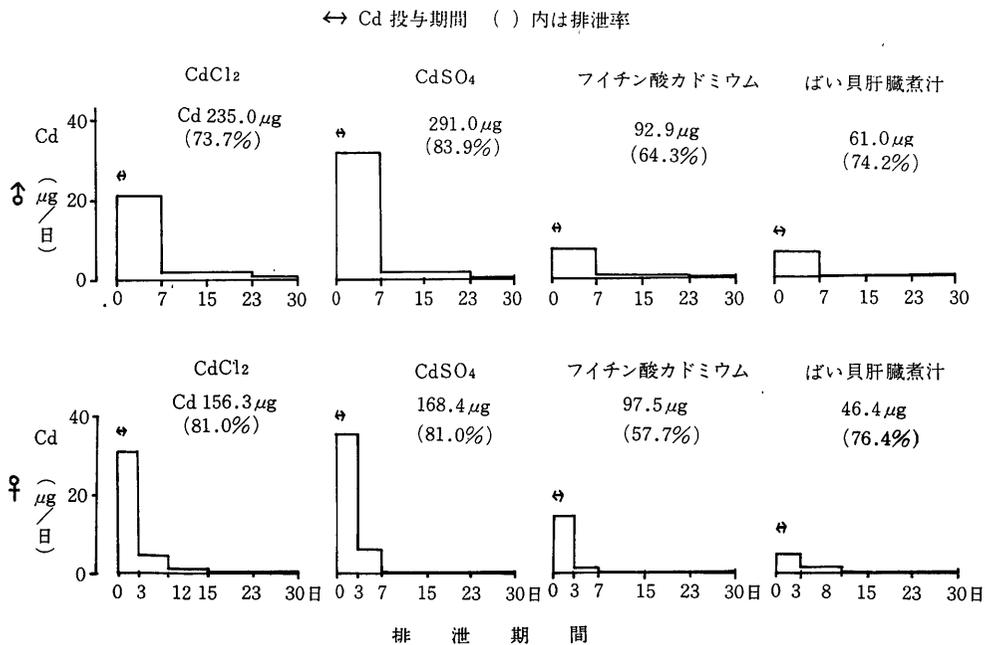


表4. Cd投与後の尿中Cd排泄率(%) (ラット)

性別 Cd種類 実験No.	♂				♀			
	CdCl ₂	CdSO ₄	フィチン酸 Cd	ばい貝肝臓煮汁	CdCl ₂	CdSO ₄	フィチン酸 Cd	ばい貝肝臓煮汁
1	60.7	67.6	—	89.9	78.1	87.2	41.6	98.0
	70.1	60.7	55.1	73.1	79.4	90.7	67.1	84.6
2	88.9	84.4	86.2	97.2	69.3	81.0	90.5	99.0
	86.9	89.1	77.5	95.9	81.0	72.3	57.7	98.2
3	73.7	83.9	64.9	62.5	50.2	59.4	44.4	62.3
	71.5	82.0	64.3	74.2	63.8	51.0	62.1	66.9
4	—	97.7	79.9	70.9	88.3	94.5	90.9	76.4
	93.4	—	91.6	89.2	74.9	86.2	86.6	67.6
実験数	7	7	7	8	8	8	8	8
平均値	77.9	80.8	74.2	81.6	73.1	77.8	67.6	81.6
標準誤差	4.52	4.77	4.97	4.59	4.20	5.51	7.03	5.46

ばい貝肝臓煮汁群は18.4%となった。

表4に示した数値についての分散分析法による統計的検定の結果は表7に示した通りである。実験期による差の分散が著しく有意であったことは、この実験が何かかわからない条件の差に強く支配されたことを示すものであって、実験としては成功したものとはいえないようである。しかしながらCdの種類による差が有意であったことは無視できないと考える。また性別による差は現れなかったが、このような短期の実験では当然のことと思われる。

尿への排泄についても観察したが、予備実験の場合よりも更に微量であって、1日0.01μgを越すものはなく、実用的には無視しうる程度であった。

実験II：猫を用いた吸収実験

1. 実験方法

1) 実験動物および実験期間

食肉類の実験動物としては犬がよく代謝実験に使用されており、猫についての実験は聞かないが、猫は犬に比べて小型で、しかも扱い易いことが便利であり、さらにまた猫は砂箱に尿をする習性があるので尿を集めるのに好都合で、尿中排泄のみを観察する実験には用いると考えた。

2~3kgの成熟した雑種猫の雌雄3匹ずつを用いた。猫を金網で作った棚に1匹ずつ入れ、海砂を入れたバットを用いて尿を12日間集めた。海砂は希塩酸で洗って、水洗後乾燥して用いた。実験を行った時期は昭和46年5月から昭和47年5月までであった。

2) 飼料

表5a. 飼料の組成

実験IIの餌

米飯	100
煮干	30
食塩	1

表5b. 栄養素の分析値

(100g中)

実験II

蛋白質	22.8 g
脂肪	1.1 g
糖質	32.6 g
Ca	170 mg
P	960 mg

家庭で養われていた猫を用いたので、それまでの餌の条件を考え、米飯と煮干しを10:3の割合に混ぜた餌を用いた。餌の組成は表5a、栄養素の分析結果は表5bのごとくで、Ca:pの比は1:5であり、高Ca高蛋白餌であった。餌および飲料水は自由に摂取させ、飲料水は水道水を用いた。

3) Cdの投与方法

現実的な条件を考えて、Cdの種類は次の3種を用いた。Cd汚染地産米としては、石川県産でCdを0.9ppm含むものを用いた。CdSO₄は蒸留水にCdとして1.0ppmの割合に溶かして、1日に1回につき約10mlを5~8回、半ば強制的に駒込ピペットで飲用させ、その総量を正確に確めた。ばい貝肝臓はゆでて、ゆで汁は捨てた後乾燥粉末とし、乳糖で希釈して、1日50μgずつを餌に混ぜた。このCd量は汚染地米を用いた場合と餌中の濃度が近似するようにして決めた。

被験動物とCdの種類との組合せは無作意化し、Cd投与は6日間あて継続した。ばい貝肝臓は繰り返し3

回, CdSO₄とCd米は数値のばらつきが大きかったために前者は4回, 後者は7回の繰り返し実験を行った. Cd投与後の残余影響をさけるために, 少なくとも2週間の休止期間をおいた.

4) 分析方法

猫の排便は1日1回が原則なので, 排便後なるべく速やかに, 海砂を附着したまゝ分離し, 3日分ごとにブールした. これを硝酸(1:3)の適量で洗い込み, 約60°C前後に8時間加温, 尿を溶解し, 海砂を分離して洗い込み, 液量を一定量(250ml)とし, その一部を分析に供した. 分析方法は実験Iと同様である.

2. 実験結果

1) 尿中Cd排泄の時間的経過

CdSO₄群では, 投与後最初の3日間はかなり高かったが, 次の3日間では更に高い排泄が見られた. Cd米群やばい貝肝臓群では, 最初の3日間が最も高く, その後段階的に減少した. その1例を各群ごとに, 雌雄別に1日当りのCd μ gで図3に示した.

2) 尿中Cd排泄率

摂取量は, 投与した分の食べ残しを毎日別に集めてCd量をチェックし, 投与量から差し引いて求めた. 1回の実験の摂取量はCdSO₄水が330~486 μ g, Cd米が133~402 μ g, ばい貝肝臓が253~289 μ gであった.

図3. 尿中 Cd 排泄状況 (猫)

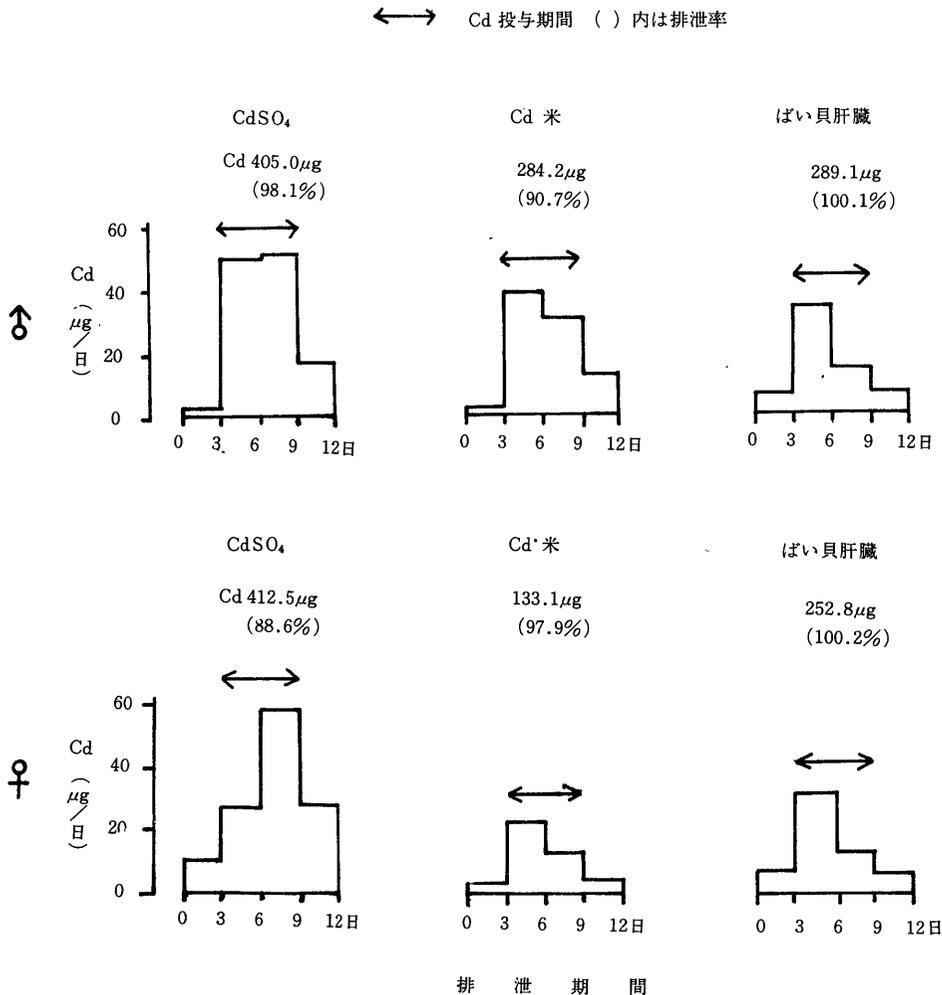


表6. 各種 Cd 投与後の尿中排泄率 (%) (猫)

実験No.	♂		♀			
	CdSO ₄	Cd 米	ばい貝肝臓	CdSO ₄	Cd 米	ばい貝肝臓
1	96.0	90.7	101.4	98.6	88.6	99.7
2	98.1	98.7	99.9	88.6	97.9	99.7
3	99.4	98.8	100.1	86.9	93.5	100.2
4	98.0	88.5	—	93.4	94.6	—
5	—	96.1	—	—	98.0	—
6	—	100.2	—	—	95.5	—
7	—	87.3	—	—	78.3	—
実験数	4	7	3	4	7	3
平均値	97.9	94.3	100.5	91.9	92.3	99.9
標準誤差	0.70	2.03	0.47	2.63	2.63	0.17

表7. 分散分析による検定

実験 I : ラットの場合

	S.S.	d.f.	m.s.	F
性別	205.6	1	205.6	2.34
Cd 種類	1051.4	3	350.5	3.99*
実験期間	4324.6	3	1441.6	16.40**
性別 × Cd 種	95.0	3	31.7	0.36
Cd 種 × 期間	2017.3	9	224.1	2.55*
性別 × 期間	1222.7	3	407.6	4.64**
性別 × Cd 種 × 期間	1048.6	9	116.5	1.33
R	2548.5	29	87.9	

* P<0.05, ** P<0.01

実験 II : 猫の場合

	S.S.	d.f.	m.s.	F
Ca 種類	197.5	2	98.7	3.85*
R	640.5	25	25.6	
性別	56.3	1	56.3	1.87
R	781.7	26	30.1	

* P<0.05

排泄量の観察はラットと同様に3日分ごとに行ったが、期間が長引くと、猫は運動不足のために消化器の働きが弱くなるのか、軟便になりがちであったために正常な吸収は求め難くなるので、約2週間が限度であろうと考え、12日間の尿を見ることにした。

摂取量と、この12日間の排泄量の比を求めて、便宜上の排泄率とした。

結果は表6に示した通りである。雄では、CdSO₄

群が平均値で97.9%を示し、Cd米群は94.3%とやや低値を示したが、ばい貝肝臓群は100.5%が高かった。雌でも同様の傾向が見られ、CdSO₄群は91.9%を示し、Cd米群は92.3%でほぼ同じ値を示したが、ばい貝肝臓群は99.9%が高かった。

したがって残留率は雌雄の平均で、CdSO₄群は5.1%、Cd米群は6.7%で、ばい貝肝臓群は0%と見なしでよいようである。

排泄率についての分散分析法による統計的検定の結果は表7に示した通りである。Cdの種類による差は有意であり、ばい貝肝臓群は他群に比べて排泄率の高いことを示している。性別による差は有意でなかった。

考 察

微量物質ことに重金属の消化管からの吸収の量的な関係を正確に知ることは甚だ困難であって、一般に放

放射性同位元素による実験が行われているが、これではどうしても短期間の人為的な条件に偏りがちになる。最近Cdの分析方法が進歩したので、普通の分析法によってもある程度吸収実験の目的を達しうると考えた。主目的がCd化合物の形態によって吸収に相違があるか否かを知ることにあつたので、正確な意味の吸収率は把握できなくても、摂取量と尿中排泄量を観察して排泄率を求めることによって吸収の大小の比較は可能であろうと考えた。

残留率は100%から排泄率を差し引けば求め得るが、これは正味の吸収率を示すものではない。経口的に摂取されたCdは腸管粘膜に附着したまゝ、あるいは腸管上皮細胞に取り入れられてもそのまま移動せず、細胞の剥脱とともに排泄される部分が想定されるからである。従つて残留率は重視しないことにした。

尿中へのCdの排泄の時間的経過は、ラットや猫ではいずれも、Cd投与後1週間以内に大部分が排泄され、それ以後の排泄はごく少量であり、尿への排泄はごく微量であった。Millerら⁴⁸⁾は¹⁰⁹CdCl₂を山羊に経口投与後、5日以内に90%以上が尿に排泄され、Cd投与2日後に高度の排泄が見られ、尿への排泄は非常に少かつたとしており、更にMillerら³⁹⁾は牛にCdCl₂を2週間経口投与し、82%が尿に排泄されたとしていることとかなりよく一致している。Fribergら⁴⁹⁾によれば、動物のCd吸収率は約10~40%位であるとのべている。

尿中Cd排泄率は、ラットでは68~82%を示し、猫では92~99%で、猫の方がラットより排泄率が高かつた。猫の餌は高蛋白高Ca餌であつたので飼料の組成の差によるものとも考えられる。しかしラットに高蛋白高Ca餌を与えた予備実験と比較してもやはりラットの方が排泄率は低い。

要するにラットの方が猫よりよくCdを吸収するようである。この原因は食物の腸内における滞留期間が猫よりはるかに長いためであろうという推定も成立つ。

食肉類である猫の方が、けっ菌類のラットより排泄率が高かつたことから、Cdの吸収には動物の種属による差が大きいといえるようである。したがって人体に対する影響をラットを用いた実験から推定する場合には、かなり問題があり、許されるならば人間に近似している猿などを用いた実験が望ましいであろう。

ラットおよび猫ではともに、Cd化合物の種類による吸収に差が認められ、水溶性であるCdCl₂とCdSO₄はほとんど差がなく、フィチン酸を加えたCdおよびCd米の場合は水溶性のものほとんど差がみられなかつたが、ばい貝肝臓やその煮汁ではCdの吸収が悪く、排泄率が明らかに高かつた。特に猫ではばい貝肝臓中のCdは全く吸収されないまゝ排泄された。土屋ら⁴²⁾は塩化カドミウム、硫酸カドミウム、ステアリン酸カドミウムの3種のCd化合物をマウスに連続経口投与し、投与Cd化合物の種類による差は非常に少かつたとしている。ラットではフィチン酸を加えたCdが水溶性のCdとほとんど差がなく、猫でも米中のCdの排泄が水溶性のCdに比べて決して多くなかつた。

Oberleasら⁵⁰⁾は豚では穀類のZnはフィチンのために吸収が妨げられるとし、Cowanら⁵¹⁾はリン酸やフィチン酸が多量にあるとFeと結合して不溶性になり吸収が妨げられ、Caが豊富ならばCaと結合し、フィチンの影響はなく、ラットでは妨げられないとしている。しかしZnと同属のCdは米中のフィチン酸のために吸収が妨げられないことを、今回のラットや猫の実験で示すようである。

Cdの毒性は餌の種類によってその現れ方が大いに異なることが知られている。Wilsonら⁵²⁾は低蛋白質で灰分の少い餌を与えた動物の方が良質の餌の群よりもCd中毒が早く現れたとしている。またCdの吸収にも差が生ずることがいわれており、鈴木ら⁴⁴⁾はマウスに^{115m}CdCl₂を経口投与し、高蛋白餌の方が残留率が低く、また大量のCdを投与すると、高Ca食より低Ca食の方が消化管に保留されるとしている。石崎ら⁵³⁾は低濃度の1~10ppmを米に添加し、ラットを飼育し、低蛋白低Ca食群では肝臓、腎臓のCd濃度が高かつたとし、同様に小林ら⁵⁴⁾はCd汚染玄米でマウスを飼育し、低Ca食の方が臓器蓄積を促したと報告している。

ラットを用いた予備実験では残留率が低かつたことは、市販の固型飼料が高蛋白、高Ca餌であつたため従来知見と一致している。今回のラットの実験では、蛋白質は8.5%であるからかなり質の悪い餌であり、Caは0.04%でかなり低値であるから、Cdのとくに吸収され易い状態で比較したものであるといえよう。

今回のような短期実験では当然予想されたことではあるが、性別による相違を認めることができなかった。安藤ら⁴¹⁾はCdCl₂の5mg/kg/日および20mg/kg/日をラットに30日間連続経口投与し、その吸収、排泄および体内分布は性別による相違を認めなかつたと同様の報告をしている。

結 論

環境汚染の場合にしばしば食品中にみられる程度の

1.0ppmの低濃度で、Cd形態の種類によって吸収に差があるか否かを実験的に確かめようと試みた。

1. ラットおよび猫ではいずれも、Cdの種類によって尿中排泄率に差が認められ、水溶性Cd化合物とフイチン酸を加えたCdおよび汚染地産米のCdの間にはほとんど差がなく、ばい貝肝臓中のCdの排泄率は高かった。

2. 猫はラットに比べて排泄率が高かった。

3. 性別によってCd排泄率に差を認めることができなかった。

終わりに、本研究に対し御指導、御校閲を賜りました石崎有信教授に深く感謝いたします。また御指導をいただいた福島匡昭助教授に感謝します。

本研究の一部は昭和46年度文部省科学研究費の補助によって行った。

なお、本論文の要旨は昭和48年4月の第43回日本衛生学会総会において発表した。

文 献

- 1) Tracinski : Deutsche Vrtschr. öffentl. Gesundheitspfl., **20**, 59 (1888) cit. by Friberg, L.
- 2) Stephens, G. H. : J. industr. Hyg., **2**, 129 (1920).
- 3) Legge, T. M. : Ann. Rep. Chief. Inspect. Factories 1923 London, 74 (1924).
- 4) Schwartz, A. M. : Z. Gew. Hyg., **36**, 190 (1930).
- 5) Bulmer, F. M. R., Rothwell, H. E. & Frankish, E. R. : Canad. J. publ. Hlth., **29**, 19 (1938).
- 6) Mancoli, G. : Rass. Med. Industr., **11**, 632 (1940).
- 7) Cangelosi, J. T. : U. S. nav. med. Bull., **39**, 408 (1941).
- 8) Frant, S. & Kleeman, I. : J. Amer. med. Ass., **117**, 86 (1941).
- 9) Nicaud, P., Lafitte, A. & Gros, A. : Arch. Mal. Prof., **4**, 192 (1942).
- 10) Spolyar, L. W., Keppler, J. F. & Porter, H. G. : J. industr. Hyg., **26**, 232 (1944).
- 11) Lufkin, N. H. & Hodges, F. T. : U. S. Naval Med. Bull., **43**, 1273 (1944).
- 12) Paterson, J. C. : J. industr. Hyg., **29**, 294 (1947).
- 13) Princi, F. : J. industr. Hyg., **29**, 315 (1947).
- 14) Hardy, H. L. & Skinner, J. B. : J. industr. Hyg., **29**, 321 (1947).
- 15) Friberg, L. : J. industr. Hyg., **30**, 32 (1948).
- 16) Friberg, L. : Acta med. scand., **138**, 1 (1950).
- 17) Baader, E. : Dtsch. Med. wschr., **76**, 484 (1951).
- 18) Cotter, B. H. : Arch. industr. Hyg., **3**, 495 (1951).
- 19) Lane, R. E. & Campbell, H. C. B. : Arch. Environm. Health, **11**, 118 (1954).
- 20) Bonnell, J. H. : Brit. J. industr. Med., **12**, 385 (1955).
- 21) Bauer & Le. Scao : Arch. Mal. prof., **17**, 93 (1956).
- 22) Christensen, F. C. & Olsen, E. C. : Arch. industr. Hlth, **16**, 8 (1957).
- 23) Bonnell, J. H., Kazantzis, G. & King, E. : Brit. J. industr. Med., **16**, 135 (1959).
- 24) Smith, J. P., Smith, J. C. & McCall, A. J. : J. Pathol. Bacteriol., **80**, 287 (1960).
- 25) Adams, R. G. & Crabtree, N. : Brit. J. industr. Med., **16**, 216 (1961).
- 26) Adams, R. G. & Crabtree, N. : Brit. J. industr. Med., **16**, 216 (1961).
- 27) Kazantzis, G., Flynn, F. V., Spowage, J. S. & Trott, D. G. : Quarterly, J. Medicine, **126**, 165 (1963).
- 28) Kleinfeld, M. : Arch. Environm. Health, **10**, 942 (1965).
- 29) Bonnell, J. A. : Ann. occup. Hyg., **8**, 215 (1965).
- 30) Suzuki, S., Suzuki, T. & Ashizawa, M. : Ind. Health, **3**, 73 (1965).
- 31) Dunphy, B. : J. occup. Med., **9**, 22 (1967).
- 32) Tsuchiya, K. : Arch. Environ. Health, **14**, 875 (1967).
- 33) Adams, R. G., Harrison, J. F. & Scott, P. : The Quarterly J. Med., **38**, 425 (1969).
- 34) 日本公衆衛生協会イタイタイ病研究班 : 東京, 日本公衆衛生協会, 1968.
- 35) 福島匡昭・石崎有信・坂元倫子・林悦子 : 日衛誌, **24**, 526 (1970).
- 36) 福島匡昭・石崎有信・坂元倫子・小林悦子 : 日衛誌, **28**, 406 (1973).

- 37) 石崎有信・福島匡昭・坂元倫子：日衛誌，25，207 (1970).
- 38) Decker, L. E., Byerrum, R. U., Decker, C. F., Hopert, C. A. & Langham, R. F. : A. M. A. Arch. Ind. Health, 18, 228 (1958).
- 39) Miller, W. J., Lampp, B., Powell, G. W., Salotti, C. A. & Blackmon, D. M. : J. Dairy. Sci., 50, 1404 (1967).
- 40) 浦久保五郎・長谷川明・大森義仁・高仲 正・小野田欽一：日本薬学会第92年会講演要旨集Ⅲ，194頁大阪，日本薬学会，1972.
- 41) 安藤正典・佐谷戸安好・外村正治：衛生化学，19, 73, (1973).
- 42) 土屋健三郎・関 幸雄：第44回日本産業医学会講演集，140頁，東京，日本産業衛生学会，1971.
- 43) 後藤たへ・遠藤 一：栄養と食糧，25, 363 (1972).
- 44) Suzuki, S., Taguchi, T. & Yokohashi, G. : Ind. Health, 7, 155 (1969).
- 45) 土屋重義：栄養と食糧，6, 120 (1953).
- 46) カドミウム中毒症等に関する分析法の標準化に関する研究—昭和45年度研究報告，東京，日本公衆衛生協会，1971.
- 47) 石崎有信・福島匡昭・坂元倫子：日衛誌，24，375 (1969).
- 48) Miller, W. J., Blackmon, D. M., & Maltin, T. G. : J. Dairy Science, 51, 1836 (1968).
- 49) Friberg, L., Piscator, M. & Nordberg, G. : Cadmium in the Environment, p.30, Cleveland, The Chemical Rubber, 1971.
- 50) Oberleas, D., Muhrer, M. E., & Ox Dell, B. L. : J. Anim. Sci., 21, 57 (1962).
- 51) Cowan, J. W., Esfahani, M., Salji, J. P. & Azzam, S. A. : J. Nutr., 90, 423 (1966).
- 52) Wilson, R. H. & F. DeEds : Arch. Indust Hygiene, 1, 73 (1950).
- 53) 石崎有信・福島匡昭・倉知 照・林 悦子：日衛誌，25, 75 (1970).
- 54) 小林 純・中原裕子・長谷川利子：日衛誌，26，401 (1971).

Abstract

In experiment 1, male and female rats were given 1 ppm cadmium in drinking water for 24 hours, and the cadmium excretion in feces and urine was determined. The forms of cadmium in drinking water were cadmium chloride, cadmium chloride with phytic acid, cadmium sulfate and cadmium contained in the liver of *Babylonia Japonica* (a roll shell).

In experiment 2, male and female cats were given 1 ppm cadmium in their drinking water or in their diet for 6 days and the cadmium excretion in feces was determined. Cadmium sulfate, rice produced in the cadmium-polluted area and the liver of the shell were used as the source of cadmium.

Results were as follows :

1) The fecal excretion rate was higher when cadmium in the shell liver was given. Phytic acid did not influence the fecal excretion rate, and cadmium in rice was excreted at the same rate as the water-soluble cadmium compounds.

2) The fecal excretion rates of cadmium in the cats were higher than those in the rats.

3) The sex difference in cadmium excretion rate was not noticed in these experiments.