

- effects of cadmium exposure in cadmium nonpolluted areas in Japan, *Environ. Res.*, 84:44-55.
- Suzuki, S., Taguchi, T. and Yokohashi, G. (1969) Dietary factors influencing upon the retention rate of orally administered $^{115}\text{mCdCl}_2$ in mice, *Ind. Health*, 7:155-162.
- 竹内 啓(1973)許容基準の決め方—汚染に対する許容基準の問題—, *応用統計学*, 3:1-13.
- 豊田正武, 松田えり子, 五十嵐敦子, 斎藤行生(1998)日本における環境汚染物質の1日摂取量の推定およびその由来の解析, *食品衛生研究*, 48(9):43-65.
- 通商産業省公害保安局(1970)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, 昭和45年11月), 14頁および参考資料, カドミウム使用工場水質分析結果一覧(45年11月1日), 21頁.
- Watanabe, T., Zhang, Z.-W., Moon, C.-S., Shimbo, S., Nakatsuka, H., Matsuda-Inoguchi, N., Higashikawa, K., Ikeda, M. (2000) Cadmium exposure of women in general populations in Japan during 1991-1997 compared with 1977-1981, *Int. Arch. Occup. Environ. Health*, 73:26-34.
- Watanabe, Y., Kobayashi, E., Okubo, Y., Suwazono, Y., Kido, T., Nogawa, K. (2002) Relationship between cadmium concentration in rice and renal dysfunction in individual subjects of the Jinzu River basin determined using a logistic regression analysis, *Toxicol.* 192:93-101.
- 山本勇夫, 松田和子, 佐藤千鶴子(1992)北海道沿岸魚介類中の重金属について, *日本栄養・食糧学会誌*, 45:186-197.
- Yamanaka, O., Kobayashi, E., Nogawa, K., Suwazono, Y., Sakurai, I., and Kido, T. (1998) Association between renal effects and cadmium exposure in cadmium-nonpolluted area in Japan, *Environ. Res.*, 77:1-8.

参考資料 1

カドミウム環境汚染要観察地域に関する44年度研究・調査の要約 および厚生省の見解と今後の対策（抜粋）

昭和45年7月7日

厚生省環境衛生局公害部

2-3 保有米のCd濃度の考え方について(Cd摂取減少対策)

カドミウム中毒の診断の場合、尿中に高濃度のCdが検出されることが、1つの大きな決め手である。Cd環境汚染要観察地域住民健康調査方式においては、尿中Cd濃度 $30\mu\text{g/L}$ を第一次検診から第二次検診へのスクリーニングの基準の1つとしている(引用者注: $30\mu\text{g/L}$ は米国の労働衛生の基準値 $100\mu\text{g/L}$ の3分の1にしたと説明されていた)。

Cdを含む食品の摂取によって、第二次検診へまわるようなこの尿中Cd濃度($30\mu\text{g/L}$)をもたらさないためには、注1、に示す計算から、保有米中のCd濃度を(新鮮物として)平均(注2)0.9 ppm(9-10%精白米中Cd濃度、玄米ならば1.0 ppmとする)未満とすることが適当であり、この濃度以上の自家保有米を常時継続的に摂取しないような方策がとられることが望ましい(平均として約1/4の安全率を見込んでいる)。

この措置については、これら米のCd汚染を惹起した企業の責任において行われるべきものであると考える。

なお、高濃度のCdを含む米が生産された水田土壌についての対策に関しては、農林省、関係県農林部局等において検討されるよう申し入れる。

(注1)尿中Cd濃度 $30\mu\text{g/L}$ は、成人の平均1日尿量を1.5 Lとすれば、 $45\mu\text{g/day}$ に相当し、図5の回帰方程式($y=33.9x+2.5$)から、この尿中Cd排泄量(y)に対応するCd摂取量(x)は、1.254 mgである。さて、摂取蓄積研究班報告、結論(1)に述べられているように、国民栄養調査方式による平均1人1日食品摂取量は、1263.5 gであるので、この中に上記Cd量1.254 mg が含有されていると、Cd濃度は、 $1.254\text{ mg} \div 1263.5\text{ g} = 0.99\text{ ppm}$ となる。

そこで、要観察地域地元産食品中Cd濃度をA(ppm)、要観察地域以外の地域(これを他地域という)産の食品中Cd濃度をB(ppm)、地元産食品摂取量と他地域産食品摂取量との比(地元/他地域)をRとすると食品中の平均Cd濃度が0.99 ppm未満であるためには、次の不等式が満足されなければならない。

$$(A \times R + B \times 1) / (R + 1) < 0.99 \quad \text{即ち} \quad A < [(0.99 - B) / R] + 0.99 \quad (\text{注3})$$

Bは表3から0.04-0.13 ppm, Rは表4から0.74-2.38の範囲にある(引用者注:表3,4は省略)。最も安全をみて、BとRを最大値(それぞれ0.13 ppm, 2.38)とすると $A < 1.35\text{ ppm}$ となる。すなわち、第二次検診へまわるような尿中Cd濃度($30\mu\text{g/L}$)をもたらさないためには、地元食品中Cd濃度(A)を平均1.35 ppm未満とすべきである。

次に、要観察地域の地元産米(保有米)中Cd濃度(実際に食される形態として、9-10%精白米中濃度とする)をa(ppm)、米を除く地元産食品中Cd濃度をb(ppm)、地元産米(保有米)摂取量と米を除く地元産食品の摂取量との比(保有米摂取量/米を除く地元産食品摂取量)をrとすると、地元産食品中平均Cd濃度が1.35 ppm未満であるためには、次の不等式が満足されなければならない。

$$(a \times r + b \times 1) / (r + 1) < 1.35 \quad \text{即ち} \quad a < [(1.35 - b) / r] + 1.35$$

さて、摂取蓄積研究班報告表4から計算すると、bは0.16-0.35 ppm, rは0.57-1.1の範囲内にある。
 最も安全を見て、bを最大値の2倍、rを最大値(それぞれ0.70 ppm, 1.1)とすると、保有米中Cd濃度a< 1.94 ppmとなる。

ところで、この濃度(1.94 ppm)は、最初に基礎として、平均の食品摂取量(1263.5 g)から出発しているので、地域住民の健康保護の観点から、個人差を考慮して安全率を1/2以上とって、平均0.9 ppm未満(9-10 %精白米中Cd濃度)とすることが適当である。

(注2) 保有米については、対象所帯が保有しているすべての俵および袋から均等にとり出したものを十分混合して、その中から400 gをとり、200 gずつに分けて分析試料とし、2カ所の分析機関で分析を行い、いずれの分析値も前記の数値をこえないことが望ましい。いずれか一方のみがこえた場合は再検査を行うべきである。

水田から採取する場合は、その所帯が所有しているすべての水田から、もみを水口、中央、水尻に分けて均等に採取して充分混合し、その中から400 g(玄米として)を分析試料として、以下上記と同様に分析を行う。

(注3) 図3の回帰方程式($y=38.9x+1.9$)から計算すると、 $30 \mu\text{g/L}$ は摂取食物中Cd濃度0.72 ppmに対応する。しかし、摂取食物には、水分が含まれているのでこれを訂正すると、 $0.72 \text{ ppm} \times (1819 \text{ g} / 1263.5 \text{ g}) = 1.04 \text{ ppm}$ (* 摂取食物平均重量、摂取蓄積研究班報告12頁)となり図5の回帰方程式を使った場合(0.99 ppm)より大きくなる。そこで安全サイドに立ってより厳しい数値の得られる図5の回帰方程式を用いた。

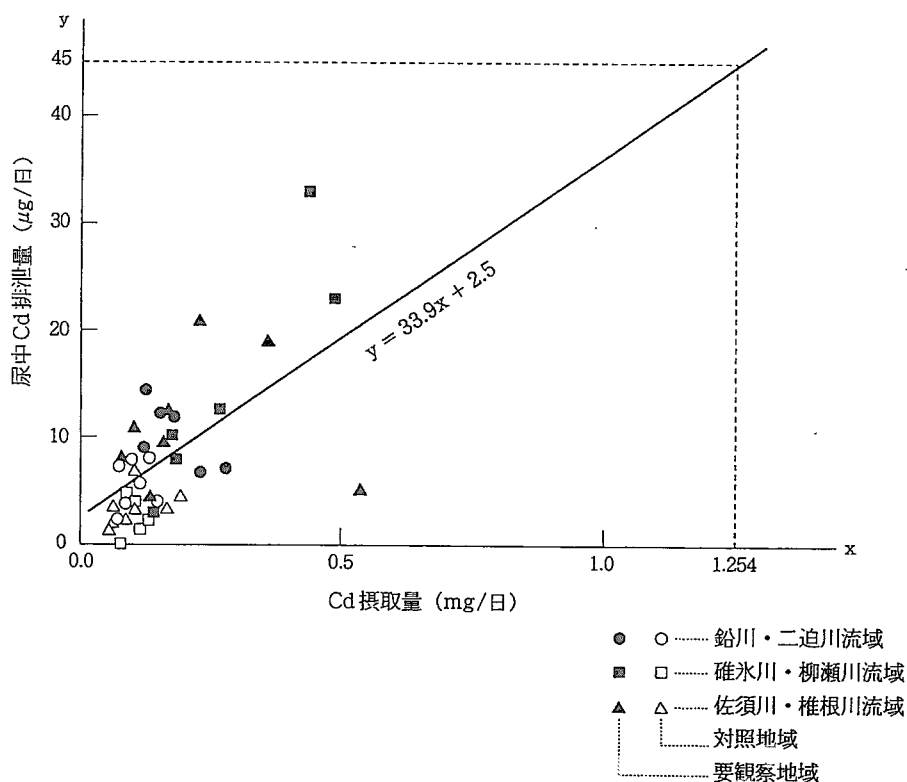


図5 カドミウム摂取量と尿中カドミウム排泄量

厚生省環境衛生公害部(1970)の図を書き直した

参考資料 2

米のカドミウムの安全基準についての報告

1970. 7. 24

微量重金属調査研究会

カドミウムによる米の汚染について、厚生省は昨年米のカドミウム(Cd)濃度を指標とする環境汚染の判断尺度として0.4 ppmの数値を定め、また、先般Cd環境汚染要観察地域における保有米の安全基準として、玄米1.0 ppm(精白米0.9 ppm)の数値を発表した。

環境汚染基準と安全基準を同一視することによる誤解および安全基準が食品としての米一般について設定されていないことによる一般の不安が生じたため、本研究会は厚生省の依頼により、Cdを含んだ米の安全性について検討を行った。

なお、先般厚生省が発表した安全基準はCd摂取量と尿中Cd排泄量との相関関係を基礎とし、Cd環境汚染要観察地域住民健康調査方式における第一次検診から第二次検診への、スクリーニングの基準の一つとして採用されている30 $\mu\text{g}/\text{L}$ を出発点として計算し、このような尿中Cd濃度をもたらさないためには、保有米中のCd濃度を1.0 ppm未満(玄米)とすべきであるというものであるが、本研究会は別の観点に立って本問題の検討を行った。

米のカドミウム含有量に関し、上述の1.0 ppmを取り上げた場合、大人が1日に摂取するCdの量を求めると、米の1日平均摂取量は334.7 g(昭和41年11月国民栄養調査成績)であるので、大き目みて500gとすると、その中に500 μg のCdが含まれている。次に、汚染地域における米以外の食物に由来するCd1日摂取量は約82-150 μg (昭和44年度厚生省公害調査研究費による)であるので、その最高を採って米のCdに加えると650 μg となる。さらに、水に由来するものとして実態の最高値0.01 ppmのものを一日1.5 L摂るとするとCd摂取量は15 μg となり、合計665 μg の摂取量となる。このようなCdの連続摂取が安全か否かということになる。

さて、労働衛生において、わが国ほか諸外国ではCdヒュームの場合0.1 mg/m^3 が空気中の許容濃度として採用されている。しかし、この濃度は必ずしも安全であるとはいえないという報告もあるので、この値を0.05 mg/m^3 とすれば、8時間の吸気中のCd量は約500 μg となる。十分に安全を見込んでかりにその10%が血中に入るとすればその量は約50 μg と推定される。

一方、経口摂取した場合の腸管吸収についての研究は多くはないが、現在まで知られている知見によると、その吸収率は一般に低く、マウスにおいて2.0%と報告されているので、この数値を採用すると、前述の665 μg の2.0%である13 μg が血中に入ることになる。この数値は前述の経気道摂取による血中移行量約50 μg に比べて低い。

Cdによる人の慢性中毒については、従来Cdの吸入による中毒例が多数報告され、その最も主な中毒症状は肺と腎の障害であり、前者は吸入されたCdの局所に与える反応によるものと考えられるので、経口摂取時には腎障害を指標として考えるべきであろう。

従来、Cdの動物実験における慢性毒性研究は少なくないが、食品の許容濃度設定という立場から参考としうるものはきわめて限られている。しかし、Anwarらが犬で行った実験は有用であると考えられる。

この実験は、Cdを水に加えて4年間与えたものであるが、10 ppmの濃度で有意の腎障害を認めなかったという。この濃度から犬が毎日摂取するCd量を計算すると約1,000 $\mu\text{g}/\text{kg}$ となる。さらに他のいくつかの動物実験においてCdを水溶液として与えるよりも飼料に混ぜて投与した場合の方が毒性の発現が弱いという事実を勘案すると、さきに述べた大人1日665 μg (13 $\mu\text{g}/\text{kg}$)という値は十分の安全性があると考えられる。

先述のごとく現存する科学的事実に基づいて検討した結果1.0 ppmという数値については、これが人体に有害であると判断することは出来ない。しかし、このような判断に至った科学的事実、たとえば慢性毒性や吸収等の問題については、なお研究すべき点があるので、早急にこれを行いその結果をまってさらに安全性を検討する必要があると考えられる。