

表1 カドミウムの最大基準値案(Step3)

| 食 品 | 最大基準値案(mg/kg) | 備考 |
|----------------------------|---------------|---|
| 果 物 | 0.05 | |
| 小麦粒 | 0.2 | ふすまと胚芽を含む |
| 精 米 | 0.2 | |
| 大豆とピーナッツ | 0.2 | |
| 牛, 家禽, 豚, 羊の肉 | 0.05 | |
| 軟体動物 | 1.0 | |
| 馬 肉 | 0.2 | |
| 野 菜 | 0.05 | 葉菜, 新鮮ハーブ, 茎菜・根菜, きのこと, トマト, 皮むき馬鈴薯を除く |
| 皮むき馬鈴薯, 茎菜, 根菜 | 0.1 | セロリアックを除く |
| 葉菜, 新鮮ハーブ, きのこと, セロリアック | 0.2 | |

訳注: 現物当たり mg/kg=ppm.

6) 日本の食品中カドミウム濃度

食品中カドミウム濃度の調査例は少なくない。ここでは農林水産省(2002b)の調査を中心に、日本の食品中カドミウム濃度について検討する。なお、これらの作物は非汚染土壌で栽培されたものである。畑地については0.1M-HCl抽出法による土壌中カドミウム濃度の分析をしているが、各作物栽培土壌中カドミウム濃度の最大値は最小で0.15 ppm, 最大で0.62 ppmであった。農林水産省によるこの調査は既にJECFAに提出された。

単位はppm(=mg/kg)で表示した。値は現物当たり、すなわち穀類、豆類は風乾重量当たり、その他は新鮮重(生重)量当たりで表示してある。なお、表2ではCCFAC最大基準値案およびその半量値以上の比率も示した。ただし、最大基準値案が0.05 ppmの場合には0.02 ppmを半量値とした。

6-1) 穀類

表2に示した農林水産省調査によれば、米中カドミウム濃度がCCFAC最大基準値案である0.2 ppmを超える割合は3.3%、0.1 ppmを超える割合は16.8%であった。また、東京都が行っている都内搬入米中カドミウム濃度調査(小野塚ら, 1999)では、0.2 ppmを超える割合は4.3%、0.1 ppm以上を超える割合は18.5%であった。0.2 ppmを超える割合は年度によってかなり変動し、1981年度から1998年度において最小は1.0%(1995)、最大は7.2%(1998)であった。以上より、CCFAC最大基準値案0.2 ppmを超える割合は約3~4%と考えられる。

表2によれば、小麦中カドミウム濃度がCCFAC最大基準値案である0.2 ppmを超える割合は3.1%であり、0.1 ppmを超える割合は22.3%であった。

6-2) 豆類

表2によれば、大豆中カドミウム濃度がCCFAC最大基準値案である0.2 ppmを超える割合は16.7%、0.1 ppmを超える割合は49.4%であった。大豆中カドミウム濃度はかなり高いよう

表2. 農林水産省による農作物等に含まれるカドミウム実態調査の概要

穀類・豆類は風乾重量あたり、他は新鮮重(生重)量当たり

| 品 目 | 調査点数 | 最大値 ppm | (A) | (A) の | (B) | (B) の | 土壤中カドミウム濃度の最大値 | |
|--------------------|-------|------------|---------------------|------------|----------------------|------------|----------------|------|
| | | | CCFAC 最大基準値案 ppm | 超過率 (%) | (A) の 二分の一 ppm | 超過率 (%) | n | ppm |
| 穀 類 | | | | | | | | |
| 玄米 | 37250 | 1.20 | 0.2 | 3.3 | 0.1 | 16.9 | - | - |
| 小麦 | 381 | 0.47 | 0.2 | 3.1 | 0.1 | 22.3 | 31 | 0.47 |
| 豆 類 | | | | | | | | |
| 大豆 | 462 | 0.66 | 0.2 | 16.7 | 0.1 | 49.4 | 288 | 0.55 |
| 野菜類 | | | | | | | | |
| えだまめ | 24 | 0.02 | 0.05 | 0.0 | 0.02 | 8.3 | 3 | 0.30 |
| グリーンピース | 14 | 0.05 | 0.05 | 0.0 | 0.02 | 7.1 | - | - |
| (a) 葉菜 | | | | | | | | |
| ほうれんそう | 329 | 0.49 | 0.2 | 3.0 | 0.1 | 12.5 | 41 | 0.36 |
| しゅんぎく | 39 | 0.12 | 0.2 | 0.0 | 0.1 | 7.7 | 9 | 0.40 |
| ねぎ | 112 | 0.16 | 0.2 | 0.0 | 0.1 | 0.9 | 50 | 0.57 |
| にら | 22 | 0.16 | 0.2 | 0.0 | 0.1 | 4.5 | 3 | 0.16 |
| ゆりね | 23 | 0.17 | 0.2 | 0.0 | 0.1 | 69.6 | - | - |
| にんにく | 95 | 0.20 | 0.2 | 0.0 | 0.1 | 8.4 | - | - |
| (b) 根菜・茎菜 | | | | | | | | |
| さといも | 217 | 0.33 | 0.1 | 11.1 | 0.05 | 28.1 | 23 | 0.62 |
| やまのいも | 68 | 0.18 | 0.1 | 1.5 | 0.05 | 14.7 | 15 | 0.27 |
| ごぼう | 123 | 0.23 | 0.1 | 5.7 | 0.05 | 25.2 | 6 | 0.23 |
| 人参 | 134 | 0.16 | 0.1 | 1.5 | 0.05 | 9.7 | 31 | 0.44 |
| アスパラガス | 40 | 0.08 | 0.1 | 0.0 | 0.05 | 5.0 | 10 | 0.33 |
| (c) その他の野菜 | | | | | | | | |
| なす | 290 | 0.17 | 0.05 | 7.6 | 0.02 | 26.9 | 37 | 0.50 |
| トマト | 130 | 0.05 | 0.05 | 0.0 | 0.02 | 5.4 | 48 | 0.39 |
| ピーマン・ししとう | 130 | 0.04 | 0.05 | 0.0 | 0.02 | 19.2 | 35 | 0.33 |
| オクラ | 136 | 0.22 | 0.05 | 25.0 | 0.02 | 78.7 | 4 | 0.15 |
| ブロッコリー | 32 | 0.04 | 0.05 | 0.0 | 0.02 | 9.4 | 11 | 0.35 |
| カリフラワー | 20 | 0.04 | 0.05 | 0.0 | 0.02 | 5.0 | - | - |
| スイートコーン | 29 | 0.03 | 0.05 | 0.0 | 0.02 | 3.4 | 8 | 0.33 |
| いちご | 50 | 0.04 | 0.05 | 0.0 | 0.02 | 4.0 | 18 | 0.49 |
| ツリーナッツ類 (e) ツリーナッツ | | | | | | | | |
| くり | 4 | 0.02 | 0.05 | 0.0 | 0.02 | 50.0 | 4 | 0.17 |
| 肉類 (f) 肉類 | | | | | | | | |
| 牛肉 | 116 | 0.05 | 0.05 | 0.0 | 0.02 | 5.2 | - | - |
| 豚肉 | 121 | 0.07 | 0.05 | 1.7 | 0.02 | 4.1 | - | - |
| 鶏肉 | 26 | 0.03 | 0.05 | 0.0 | 0.02 | 11.5 | - | - |
| 軟体動物 | | | | | | | | |
| アカガイ | 3 | 0.68 | 1.0 | 0.0 | 0.5 | 100.0 | - | - |
| ホタテ(貝柱) | 57 | 0.51 | 1.0 | 0.0 | 0.5 | 3.5 | - | - |
| マガキ | 45 | 0.68 | 1.0 | 0.0 | 0.5 | 11.1 | - | - |
| シジミ | 64 | 0.77 | 1.0 | 0.0 | 0.5 | 28.1 | - | - |
| スルメイカ | 56 | 1.30 | 1.0 | 5.4 | 0.5 | 14.3 | - | - |

備考

- 1) 分類は、農水省調査による分類及び品名は変更せずそのまま使用した。
- 2) 収穫前と収穫後の調査がそれぞれある場合は、収穫後の調査を記した。
- 3) 超過率は、「超えるもの」の点数を調査点数(総数)で除し、100を乗じて%で表した。
- 4) (B): CCFAC最大基準値案が0.05 ppmの場合は0.02 ppmとした。
- 5) (B)を超える割合が、0%の下記の品目は、表から除外した。

その他穀類(大麦、裸麦、そば)、その他豆類(小豆)、さやえんどう、さやいんげん、未成熟空豆、キャベツ、白菜、チンゲンサイ、その他アブラナ科葉菜(こまつな、みずな)、レタス、みつば、セルリー、ふき、たまねぎ、馬鈴薯、甘藷、大根、れんこん、しょうが、空芯菜、きゅうり、かぼちゃ、すいか、メロン、なし、ブドウ、リンゴ、桃、さくらんぼ、柿、キウイフルーツ、柑橘類、馬肉、アワビ、コウイカ、サザエ、ハマグリ、アサリ、イダコ、マダコ

である。

6-3)野菜類

表2に示した野菜類でCCFAC最大基準値案およびその半量値を超えるものは次の通りである（なお、カッコ内の数字はそれぞれCCFAC最大基準値案およびその半量値を超える割合）。ほうれんそう(3.0, 12.5%), さといも(11.1, 28.1%), やまのいも(1.5, 14.7%), ごぼう(5.7, 25.2%), 人参(1.5, 9.7%), なす(7.6, 26.9%), オクラ(25.0, 78.7%)であった。また、CCFAC最大基準値案を超えるものはなかったが、その半量値を超える割合が5%以上のものは、えだまめ(8.4%), グリンピース(7.1%), しゅんぎく(7.7%), ゆりね(60.9%), にんにく(8.4%), アスパラガス(5.0%), トマト(5.4%), ピーマン・ししとう(19.2%), ブロッコリー(9.4%), カリフラワー(5.0%)であった。なお、トマトはCCFAC最大基準値案では除外されているが、第32回CCFAC会議では野菜（最大基準値案0.05 ppm）に入れられていたので、その値を採用した。

オクラはCCFAC最大基準値案を超える割合が非常に高く、その濃度分布は0.02~0.03 ppmの頻度が最も高く(22%), 濃度分布も正規分布に近似しているの、作物特性としてカドミウム吸収率が高い可能性もある。葉菜は従来から他の野菜類よりもカドミウム濃度が高いことが知られており、葉菜のCCFAC最大基準値案は、野菜類の中で最も高い0.2 ppmである。先述のように、ほうれんそうがCCFAC最大基準値案を超える割合は3.0%であり、試料数も329点と野菜類中で最も多く、注目されるべき作物と考えられる。

6-4)果樹類およびツリーナッツ類

表2に示した果実類のカドミウム濃度はいずれも低かった。また、ツリーナッツ類はくりしか分析していなかったが、CCFAC最大基準値案の半量値を超えるものが4点中2点あった。

6-5)肉類

表2に示した肉類のうちCCFAC最大基準値案及びその半量値を超えるものは、豚肉(1.7, 4.1%)であり、牛肉と鶏肉では半量値を超える割合がそれぞれ5.2および11.5%であった。

石崎ら(1970)は市販品を分析し、カドミウム濃度の平均値として牛肉0.054 ppm, 牛肝臓0.097 ppm, 牛腎皮質1.80 ppm, 牛腎髄質0.26 ppm, 牛乳0.003 ppm, 豚肉0.016 ppm, 豚肝臓0.055 ppm, 豚腎皮質0.66 ppm, 豚腎髄質0.21 ppm, 鶏肉0.027 ppm, 鶏肝臓0.20 ppm, 鶏腎臓1.90 ppm, 鶏卵卵黄0.029 ppm, 鶏卵卵白0.002 ppm, 鯨肉0.33 ppmであった。CCFAC基準値案にはない家畜内臓の濃度が肉の濃度に比べて顕著に高かった。肉類では鯨肉が家畜類の肉よりも高値を示した。

6-6)魚介類

軟体動物のCCFAC最大基準値案は1.0 ppmで、他の食品の最大基準値案よりかなり高い。表2において、軟体動物でCCFAC最大基準値案を超えるものはスルメイカ(5.4%)のみであるが、半量値を超えるものには、アカガイ(100.0%), ホタテ貝柱(3.5%), マガキ(11.1%), シジミ(28.1%)があった。また、スルメイカも14.3%がCCFAC最大基準値案の半量値を超えていた。このようにこれらの食品中カドミウム濃度は高い傾向にある。

表3. 甲殻類及び海草類中に含まれるカドミウム濃度調査例

ppm 新鮮重(生重)量当たり

| 品目 | 調査点数 | 最小値 | 最大値 | 平均値又は中央値 | CCFAC最大基準値案 | 文献 |
|---------|------|------|------|----------|-------------|--------------|
| 甲殻類 | | | | | | |
| エビ | 20 | 0.00 | 1.23 | 0.10 | (0.5) | 厚生省(1982) |
| エビ | 127 | ND | 0.47 | 0.05 | (0.5) | 岡ら(1987) |
| クルマエビ | 15 | ND | 0.41 | 0.07 | (0.5) | 農林水産省(2002a) |
| カニ | 15 | 0.04 | 1.51 | 0.47 | (0.5) | 厚生省(1982) |
| カニ | 3 | 0.10 | 1.15 | 0.46 | (0.5) | 池辺ら(1991b) |
| ベニズワイガニ | 15 | 0.04 | 0.35 | 0.13 | (0.5) | 農林水産省(2002a) |
| シャコ | 37 | 0.12 | 0.70 | 0.32 | (0.5) | 岡ら(1987) |
| 海草類 | | | | | | |
| ワカメ | 5 | 0.07 | 1.44 | 0.35 | — | 厚生省(1982) |
| コンブ | 15 | 0.02 | 0.27 | 0.09 | — | 厚生省(1982) |
| コンブ(乾燥) | 3 | 0.17 | 0.53 | 0.37 | — | 池辺ら(1991a) |
| ヒジキ(乾燥) | 3 | 0.18 | 0.51 | 0.37 | — | 池辺ら(1991a) |
| ワカメ(乾燥) | 3 | 0.03 | 0.26 | 0.16 | — | 池辺ら(1991a) |

備考

- 1) CCFAC最大基準値案は、第33回CCFAC(2001年)までのものである。
- 2) ND: 検出限界以下。
- 3) 池辺ら(1991a)による海草類(コンブ、ヒジキ、ワカメ)は、乾物重量当たりの濃度でありそのまま表示した。
- 4) 分析値は、少数以下2桁にまるめた。

表4. 日常食からのカドミウム1日摂取量の年次推移(1998~2001)

単位 = $\mu\text{g}/\text{人}/\text{日}$

| 食品群 | 分析年 | 機関数 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 合計 |
|-----|--------|-----|------|------|-------|------|--------|-----|------|-------|------|------|------|-------|------|------|-----|
| | | | 米 | 雑穀・芋 | 砂糖・菓子 | 油脂 | 豆・豆加工品 | 果実 | 有色野菜 | 野菜・海草 | 嗜好品 | 魚介 | 肉・卵 | 乳・乳製品 | 加工食品 | 飲料水 | |
| | 1998 | 10 | 10 | 2.4 | 0.43 | 0.08 | 0.6 | 2.7 | 1.7 | 4.9 | 0.50 | 3.9 | 0.27 | 0.17 | 0.06 | 0.21 | 28 |
| | 1999 | 10 | 10 | 2.3 | 0.39 | 0.03 | 1.3 | 0.5 | 2.0 | 3.4 | 0.64 | 6.8 | 0.27 | 0.22 | 0.03 | 0.09 | 28 |
| | 2000 | 10 | 8 | 2.1 | 0.20 | 0.01 | 1.2 | 0.1 | 1.3 | 5.2 | 0.28 | 2.0 | 0.21 | 0.11 | 0.04 | 0.05 | 21 |
| | 2001 | 10 | 15 | 2.9 | 0.30 | 0.02 | 1.2 | 0.2 | 1.8 | 3.3 | 0.64 | 3.8 | 0.18 | 0.08 | 0.04 | 0.08 | 30 |
| | 平均 | | 11 | 2.4 | 0.33 | 0.03 | 1.1 | 0.9 | 1.7 | 4.2 | 0.51 | 4.1 | 0.23 | 0.15 | 0.04 | 0.11 | 27 |
| | 寄与率(%) | | 40.7 | 8.9 | 1.2 | 0.1 | 4.1 | 3.3 | 6.3 | 15.6 | 1.9 | 15.2 | 0.9 | 0.6 | 0.1 | 0.4 | 100 |

結果は、N.D. = LOD/2 として計算した場合の各機関の平均値で示した。

備考

- 1) 農林水産省ホームページから転載 (URL <http://www.maff.go.jp/cd/PDF/an6.pdf>)
- 2) 寄与率は計算し原表に追加した。

農林水産省調査では、ホタテは貝柱のみを分析しているが、内臓部分のカドミウム濃度は高く、特に中腸腺（通称ウロ）は13.0～70.2 ppmという高濃度のカドミウムを蓄積しており（中山ら，1995）食用には適さない。

甲殻類については、第33回CCFAC会議(2001年)までは0.5 ppmの最大基準値案があった。しかし、第34回CCFAC会議(2002年)で「カドミウム暴露への寄与が少ないことから、基準値の検討を中断すること」を決定した。しかし、表3に示したように、最大値でエビ1.23 ppm、カニ1.51 ppm、シヤコ0.70 ppmであり、かつてのCCFAC最大基準値案を超えているものが見られるので、仮にCCFACにおいて最大基準値が設定されなくとも、日本人によるこれら食品の摂取量は多いので独自に耐容基準値を設定することが望まれる。

魚類は全般的にカドミウム濃度が低い（池辺ら，1991b；山本ら，1992）。

なお、家畜・家禽類，魚類，軟体動物，甲殻類では、一般に肉よりも内臓に高濃度のカドミウムが蓄積しており（石崎ら，1970），注意する必要がある。

6-7)海草類

農林水産省(2002b)の調査には海草のデータは見られない。しかし、表3に示したようにワカメでは最大値1.44 ppmが検出された例（厚生省，1982）もある。前述の甲殻類に対する対応と同様に、海草類についても日本独自の耐容基準値を設定することが望まれる。

6-8)若干の考察

以上の農作物中カドミウム濃度について考察する。これらのデータは土壤汚染が特に考えられない農用地で収穫された作物を扱っている。しかし、畑地では土壤汚染の規制がないこともあり、特に汚染地ではこれらよりも高濃度のカドミウムを含む作物が生産されている可能性がある。生産者サイドに立脚する官庁が発表する数値には、カドミウム濃度の高い作物を生産する地域の経済的損失を回避しようとする意志が働きかねないので、消費者にとって最も望ましいのは第三者機関による食品中のカドミウム濃度の定期的なモニタリングとその情報開示である。これは生産者にとっても望ましいことであろう。

7) 日本人のカドミウム摂取量と食品別摂取寄与率

7-1)カドミウム摂取量

カドミウム摂取量に関する調査も少なからずある。表4は農林水産省の調査結果である（農林水産省,2002b）。表4によれば、1998年から2001年の調査で1日1人当たり28, 28, 21, 30 μg 、平均27 μg であった。豊田ら(1998)による1986年から97年までの調査では1日1人当たり36, 27, 29, 28, 26, 28, 28, 36, 26, 27, 28, 34 μg であり、12年間の平均で29 μg であった。Ikeda et al.(2000)は、1991年から97年にかけて日本全国30地域において非喫煙女性607人の調査を行ったが、全国平均は1日1人当たり24.7 μg であった。また、北海道は低く(51人, 18.7 μg)、北陸は高い(75人, 53.2 μg)傾向が認められた。Watanabe et al.(2000)は全国27地域において、1977-81年(399人)および1991-97年(588人)の調査を非喫煙女性について行い、その間におけるカドミウム摂取量の変化を見ている。その結果、1977-81年は1日1人当たり37.5 μg であったが、1991-97年には25.5 μg に減少していた。

以上の調査結果から、最近における日本人の平均的なカドミウム摂取量は、1日1人当たり30 μ gで、20-50 μ gの範囲にあると推定される。

7-2)食品別摂取寄与率

表4によれば、食品別摂取寄与率は、米(40.7%)、野菜・海草(15.6%)、魚介(15.2%)、雑穀・芋(8.9%)、有色野菜(6.3%)、豆・豆加工品(4.1%)、果実(3.3%)、その他(5.2%)であり、米の寄与率が最も高かった。飲料水の寄与率は小さく0.11 μ g/人/日であり、寄与率は0.4%であった。また、豊田ら(1998)によれば、寄与率は米50%、野菜・海草類15.7%、魚介類10.0%、有色野菜類5.7%、豆・豆加工品4.0%であり、米の寄与率が最も高かった。

現在の大気中カドミウム濃度から計算すると、大気からの寄与率は小さい(小野塚, 2002)。タバコからの寄与は無視できず、1日20本喫煙する人は食物由来にほぼ匹敵する量のカドミウムを吸収すると推定される(小野塚, 2002)。

8) 一般環境中カドミウムによる健康影響

8-1)イタイイタイ病

イタイイタイ病は、富山県神通川流域に居住する中年以降の女性に多発した、激しい痛みを訴え、少しの外力でも骨折する奇病であった。イタイイタイ病は大正年間より流行していたと推察されるが、昭和30年代に地元開業医の荻野 昇博士らがカドミウムが原因であると主張したのを受けて、総合的に研究が推進され、前述のように1968(昭和43)年5月厚生省はイ病の原因は神岡鉱山より排出されたカドミウムであるという見解を発表した。

イタイイタイ病の臨床像は、腎尿細管障害を主とする腎障害と骨軟化症、骨粗鬆症を混合する骨障害が特徴とされる。血液所見では血液アルカリフォスファターゼの上昇、カルシウム、無機リンの低下、貧血、尿所見では蛋白質、特に低分子量蛋白質、糖、アミノ酸(全般性)の排泄増加が特徴的所見である。イタイイタイ病患者の腎病理組織学的所見は、糸球体に著変なく、尿細管の萎縮、拡張、上皮の変性が著しく、これはカドミウムによる腎障害に特徴的であるとされている。2001年1月におけるイタイイタイ病認定患者は184人、うち生存者5人、要観察者114人、うち生存者5人、要観察解除者143人、うち生存者17人である。

8-2)カドミウムの腎臓への影響

カドミウムが体内に吸収されて最初に影響の出現する臓器(標的臓器)は腎臓であり、特に近位尿細管障害が最も早期に影響される。近位尿細管障害の最も鋭敏な指標は尿中低分子量蛋白質であり、 β_2 -ミクログロブリン、レチノール結合蛋白質、 α_1 -ミクログロブリンなどが通常は障害の指標として用いられる。一方、カドミウムは糸球体機能障害を生じることがカドミウム労働者、カドミウム汚染地域住民で報告されている。病理組織学的には、糸球体はほぼ正常とされているので間質の変化、ネフロン数の減少などがその機序として考えられる。このようなカドミウムによる腎機能障害は不可逆性のものか、また、最終的に腎不全まで進行するかが現在の論争点の一つである。カドミウム汚染地域住民についての長期の観察結果からは、カドミウム暴露消失後も尿細管障害、糸球体障害とも進