

食品からのカドミウム摂取の現状に係る 安全性確保について（案）

1. 物理、化学的特性

原子番号 48、12(2B)族(亜鉛、水銀と同族) 原子量 112.40、同位体(106(1.25%)、108(0.89%)、110(12.49%)、111(12.80%)、112(24.13%)、113(12.22%)、114(28.73%)、116(7.49%))¹。
単体では銀白色。融点 320.8、沸点 765 であり、いずれも金属元素の中では低い。気化したものは大気中で速やかに酸化され酸化カドミウムを生じる。蒸気圧は比較的高い。

2. カドミウムの採鉱、精練及び用途

カドミウムはクラーク数*が比較的微量な元素であり、自然界で純度の高い鉱石は見当たらない。カドミウムは亜鉛生産の副産物である。1817 年にはじめて炭酸亜鉛から精製が行われ、1920 年代以降、カドミウム電気鍍金の発展に伴って商業生産の重要性が高まり、急速に生産量が増大した²。

カドミウムの主な用途は、鉄鋼の保護用鍍金、ポリ塩化ビニル(PVC)の安定剤、プラスチック・ガラス製品の着色料、ニッカド電池の電極材料、様々な合金の成分の 5 分野に分けられる。

3. カドミウムの分布、変化

3.1 自然界における発生と循環

カドミウムは地球の地殻に広く分布し、その平均濃度は約 0.1mg/kg である。堆積岩中にしばしば高濃度で蓄積し、海底のリン鉱石に 15mg/kg 含まれている³。風化作用により膨大な量のカドミウムが河川を通じて海洋に流れ込み、地球規模のサイクルとなっている。年間 1 万 5 千トンの流入であると推測されている⁴。

大気へのカドミウム放出源は主に火山活動であり、地球規模での放出量の定量化は困難であるが、年間 500 トン程度と見積もられている⁵。

海洋表層水の溶存カドミウムの鉛直分布は上層で減少し、深くなるにつれ増加する。これは、栄養物の濃度のパターンに対応している⁶。上層の植物プランクトンにカドミウムが吸収され、生物の死骸などの有機堆積物として深海に輸送され、その後放出されるためだと考えられている。対照的に、湧昇流のある海域では表層にカドミウムが豊富であり、人間の活動によらず、プランクトンにおけるカドミウムレベルを上昇させている^{6,7}。これらの高い生産性を有する海域における沈殿物は、有機堆積物としてもたらされたことにより、高い濃度のカドミウムを含んでいる⁸。

3.2 水系から土壌への堆積

カドミウムで汚染された河川は、農業用灌漑や浚渫された堆積物の処分、洪水などにより周囲の土地を汚染している^{9,10}。

鉱業地から流出する水に含まれるカドミウムは、土壌粒子によって急速に吸収されることから、大量のカドミウムを取り込んで輸送する河川においても河川中の溶存カドミウム濃度が低いことを示している¹¹。河川は発生源からかなりの距離にカドミウムを輸送でき、日本では、灌漑用水で発生源から 50km 先まで土壌が汚染された地域がある¹²。

3.3 土壌からの植物への吸収

自然レベルあるいは汚染土壌中の高濃度のカドミウム^{13,14}によって、生育する植物のカドミウム吸収を増加させることが示されている。

植物のカドミウム蓄積に影響を及ぼす重要な要因は、土壌の pH とカドミウム濃度であり¹⁵、土壌の pH は、土壌溶液のカドミウム濃度を決定づける要因である。土壌粒子のカドミウム吸収性は、酸性土壌よりも中性土壌もしくはアルカリ性土壌の方が大きく、土壌粒子中のカドミウム

* 地球の地殻中に存在する元素の平均重量パーセント。(化学大辞典(東京化学同人)より)

1 レベル増大をもたらす。結果として、土壌 pH が上昇すると、土壌溶液中のカドミウム濃度は減
2 少し、植物のカドミウム吸収は低下する。

3 土壌と土壌溶液中のカドミウム分布に影響を及ぼす他の要因としては、陽イオンの交換容量と、
4 マンガンや鉄の水酸化物、有機物、炭酸カルシウムの含有量が考えられている。これらのパラメ
5 ータの増加により、土壌溶液中のカドミウムレベルは減少し、植物のカドミウム吸収は減少する。

6 異なる発生源からカドミウムで汚染した土壌の比較研究は、上記の土壌要因の重要性を説明し
7 ている¹³。英国 Shipham の土壌は総カドミウムレベル (total cadmium level) が最も高いが、土壌
8 溶液濃度は他の土壌よりも低い。Shipham の土壌中の溶解しているカドミウム (soluble cadmium,
9 0.04%) の割合は低く、土壌中の高い pH (7.7) と炭酸カルシウム、水酸化物の高い含有量と関連
10 があった。対照的に、日本の神通川流域の水田の土壌は 4% の溶解しているカドミウム (soluble
11 cadmium) を含み、低い pH (5)、炭酸カルシウム含有量は低く、水酸化物の濃度は非常に低かつ
12 た¹³。
13

14 3.4 水中及び地上生物への移行

15 水圏生態系において、湧昇流がある海域の植物プランクトンは、カドミウムを高いレベルで含
16 んでいる⁷一方で、低いレベルの汚染海域においてさえ、プランクトン食性の軟体動物が有意な濃
17 度でカドミウムを蓄積しうる¹⁶。特にカキはカドミウム蓄積生物であることが知られており、ニ
18 ュージーランドで 8mg/kg 湿重量の蓄積が記録されている¹⁷。カニやロブスターのような食用にさ
19 れる甲殻類の肝臓などに相対的に高濃度のカドミウムを含んでいるものもある¹⁸。

20 海鳥や海洋ほ乳類は腎臓や肝臓におけるカドミウム濃度は著しく高い^{19,20,21}。これらの水圏生物に
21 においては、摂餌習性と長命により蓄積すると考えられている。

22 陸上のコケと地衣類は大気中から金属を保持する能力が高く、これらの植物は、発生源から局
23 地的な汚染及びカドミウム堆積の地域的傾向の地図作成に使われた²²。幾つかのキノコの子実体
24 は、カドミウム非汚染地域でも、著しく高いカドミウム濃度を示している。
25
26
27

28 4 . 環境濃度およびヒトへの曝露

29 30 4.1 吸入曝露

31 吸入曝露には、職業曝露と喫煙による曝露がある。吸入曝露の場合は、粉じんやフュームとし
32 て直接呼吸器に入り、吸収率が高く、血液に移動し体循環に入る。また、鉱山や精錬工場などの
33 労働環境で粉じんやフュームを吸入する場合は他の重金属も複合的に曝露していると考えられる。
34

35 4.1.1 喫煙による曝露

36 たばこの煙の中にもカドミウム含有量が高く、喫煙によりカドミウム曝露量は、人によれば多
37 くなる。
38

39 40 4.2 経口曝露

41 4.2.1 飲料水からの曝露

42 飲料水からのカドミウム曝露量は、その地域の表層水または地下水を利用している場合には、
43 その地域の地殻および土壌のカドミウム汚染レベルに大きく左右される。特に、鉱山の廃坑、鉱
44 滓貯留場所などから、地下水や雪解け水としてしみ出してくる表層水を飲料水とする場合、WHO
45 の飲料水基準を超える水になる場合もある。

46 米国ワシントン州オカノガン郡の廃坑からの水は、ヒ素が 1~298µg/L、カドミウムが 0~5 µg/L
47 であり、この水源を利用する者の発がんリスクおよびそれ以外の健康障害のリスクは高まってい
48 る (Peplow D, Edmonds R.,2004)。韓国の金銀山の廃坑の下流の農業用地の土壌中平均重金属濃度
49 はヒ素 230mg/kg、カドミウム 2.5mg/kg であり、鉱山近辺の小川を水源とする飲料水中での濃度は、
50 ヒ素 246µg/L、カドミウム 161µg/L であり、明らかに基準を超えた汚染が存在している (Lee JS,
51 2005)。

52 水源となる地下水、雪解け水、地表水のカドミウム汚染レベルの違いにより曝露量が異なるが、
53 一般的に飲料水中のカドミウムレベルは低く、水質管理が行き届いている国・地域ではカドミウ
54 ム曝露が問題になることはない。

1
2 4.2.2 食品からの曝露

3 食品中のカドミウム濃度は各国で調べられている(表1)。米国における非汚染地産の未加工農
4 作物のカドミウム全国調査の結果(Wolnik, et al 1983, 1985)、カドミウムがほとんどの食材に通常
5 含まれることは明らかになった(表2)。

6 カドミウムで汚染された土地で生育した農作物は、通常のものと比較して高いレベルでカドミ
7 ウムを含んでいる。英国の3汚染地域で生育した野菜のカドミウム濃度は、土壌のカドミウム濃
8 度が著しく高いShiphamで高い数値を示し、葉物野菜における最高濃度が注目される(表3)。主
9 食となるジャガイモは3汚染地域で同様の数値を示し、これらは対照調査より約5倍大きかった。

10 日本における農作物等に含まれるカドミウム全国調査の結果(農林水産省 2002、水産庁 2003)
11 では、動物の内臓(肝臓、腎臓)や海産物にカドミウム濃度が高いものが多い。特に、貝類、頭
12 足類などの内臓にはカドミウムが高い(表4)。日本人は米飯の摂取量が大きいため、カドミウム
13 曝露量の半分が米の摂取によることになる。カドミウム土壌汚染地域でも非汚染地域でもその比
14 率にあまり変わりはない。

15
16
17
18 表1 国別の食品におけるカドミウム濃度(湿重量 µg/kg での数値)

19

食 品	英国 ^a	フィンランド ^b	スウェーデン ^c	デンマーク ^d	オランダ ^e
パン、シリアル	20-30	20-40	31-32	30	25-35
肉類	< 20-30	< 5-5	2-3	6-30	10-40
内蔵等					
豚の腎臓	450	180	190	1000	
豚の肝臓	130	70	50	100	
魚介類	< 15	< 5-20	1-20	14	15
卵	< 30	< 4	1	< 10	2
乳製品	< 20-30	< 3-20	1-23	< 30	10-30
砂糖・ジャム	< 10	< 10	3	30	5
果物	< 10	< 2	1-2	11	5
野菜					
キャベツ	< 10	5	4	10	
カリフラワー	< 20	10	10		
ホリン草	120	150	43		
ブロッコリー	10	10			
豆類	< 10-30	< 2-30	1-4	15	
レタス	< 60	50	29	43	
ジャガイモ	< 30	30	16	30	30
ニンジン	< 50	30	41		

41 ^a Bucke 他(1983), ^b Koivistoinen(1980), ^c Jorhem 他(1984),

42 ^d Andersen(1979), ^e RIVM(1988)

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35

表2 米国の数地域の主な農作物におけるカドミウム濃度^a

農作物	検体数	カドミウム濃度 (mg/kg 湿重量)		
		中央値	最小値	最大値
米	166	0.0045	< 0.001	0.23
ピーナッツ	320	0.060	0.010	0.59
大豆	322	0.041	0.002	1.11
小麦	288	0.030	< 0.0017	0.207
じゃがいも	297	0.028	0.002	0.18
人参	207	0.017	0.002	0.13
玉葱	230	0.009	0.001	0.054
レタス	150	0.017	0.001	0.160
ほうれん草	104	0.061	0.012	0.20
トマト	231	0.014	0.002	0.048

^a Wolnik 他 (1983, 1985)

表3 英国における汚染地域で生育した野菜の平均カドミウム濃度 (µg/kg 湿重量)^a

場 所	カドミウム汚染源	キャベツ	葉物サラダ	ジャガイモ
Shipham	亜鉛鉱山	250 ^b	680	130
Walsall	銅精錬所からの大気	73	190	103
Heathrow	下水汚泥	24	180	150

^a WHO(1992) Cadmium, Environmental Health Criteria 134.

^b 中央値

表4 日本における農作物等に含まれるカドミウムの実態調査結果^{a,b}

	農作物等	検体数	カドミウム濃度 (mg/kg 湿重量)	
			最小値	最大値
6	米(玄米)	37,250	< 0.01	1.2
7	小麦	381	< 0.017	0.47
8	大豆	462	< 0.01	0.66
9	小豆	14	< 0.01	0.03
10	ほうれん草	329	< 0.01	0.49
11	キャベツ	101	< 0.01	0.011
12	白菜	108	< 0.01	0.056
13	レタス	88	< 0.01	0.08
14	玉葱	103	< 0.01	0.07
15	じゃがいも	23	< 0.01	0.08
16	さつまいも	31	< 0.01	0.012
17	さといも	103	< 0.01	0.33
18	ごぼう	123	< 0.01	0.23
19	人参	31	< 0.01	0.04
20	大根	101	< 0.01	0.05
21	なす	290	< 0.01	0.17
22	トマト	130	< 0.01	0.05
23	ピーマン	130	< 0.01	0.04
24	キュウリ	81	< 0.01	0.02
25	かぼちゃ	23	< 0.01	0.011
26	ブロッコリー	32	< 0.01	0.04
27	メロン	23	< 0.01	0.02
28	いちご	50	< 0.01	0.04
29	なし	42	< 0.01	0.03
30	牛肉	116	< 0.01	0.05
31	豚肉	121	< 0.01	0.07
32	鶏肉	26	< 0.01	0.03
33	アワビ	15	0.02	0.07
34	アワビ(内臓)	15	2.20	5.60
35	ホタテ(貝柱)	57	0.01	0.51
36	ホタテ(うろ)	72	1.30	16.00
37	マガキ	45	0.10	0.68
38	サザエ	15	< 0.01	0.10
39	サザエ(内臓)	15	1.20	9.50
40	シジミ	64	0.03	0.77
41	ハマグリ	48	0.02	0.14
42	アサリ	51	0.02	0.17
43	マダコ	24	< 0.01	0.07
44	スルメイカ	56	0.03	1.3
45	スルメイカ(肝臓)	41	6.60	96.00
46	イカ塩辛	30	0.09	9.90
47	カツオ	15	< 0.01	0.04
48	カツオ塩辛	10	0.17	1.10
49	マイワシ	15	< 0.01	0.03
50	ガザミ	30	< 0.01	0.29
51	ガザミ(みそ)	30	0.09	1.90
52	クルマエビ	35	< 0.01	0.41
53	ケガニ	30	0.02	0.17

1	ケガニ（みそ）	15	0.79	3.50
2	ベニズワイガニ	30	0.04	0.48
3	ベニズワイガニ（内臓）	15	2.30	23.00
4	ホッコクアカエビ	45	0.02	0.57
5	ウニ	45	0.02	0.34
6	ウニ塩辛	6	< 0.05	0.21

^a 農林水産省（2002）農作物等に含まれるカドミウムの実態調査について

^b 水産庁（2003）水産物に含まれるカドミウムの実態調査について

4.2.3 他の曝露経路

土壌および大気からの曝露がこの分類に当たる。

4.3 カドミウム曝露量

4.3.1 喫煙からの曝露量

たばこ 1 本は約1～2μgのカドミウムが含まれており、その約10%が吸入されるとの報告がある（Friberg L, et al. 1974）。喫煙によって吸入されるカドミウムの約50%が吸収されると仮定すると（Elinder, et al. 1976）、1日に20本吸う人は、カドミウム約1μgを吸収すると推定される。

一般集団を生物学的にモニタリングしたところ、喫煙によって血中カドミウム濃度及び腎カドミウム濃度が増加し、スウェーデンでは喫煙者の血中カドミウム濃度及び腎カドミウム濃度は、非喫煙者の4～5倍及び2～3倍であると報告されている（Elinder C G, et al. 1976, Vahter M, et al. 1982, Benschryd I, et al. 1994, Nilsson U, et al. 1995）。

4.3.2 食品からの曝露量

4.3.2.1 我が国における非汚染地帯の一般住民

非汚染地域での一般住民の曝露量については、1977年よりWHOによるGlobal Environmental Monitoring System (GEMS)の一環として、国立医薬品食品衛生研究所が厚生省生活衛生局の助成を受け地方衛生研究所8～12機関と協力して食品中汚染物質の摂取量調査を実施している。この調査結果によると、カドミウムの摂取量は経年的に変化はなく、過去10年間（1990～1999年）の平均一日摂取量は28.9μg/dayであり、FAO/WHO JECFA が設定したPTWIの約50%である。カドミウムの14食品群別摂取量の占める割合は、米類由来の摂取が36.5%、魚介類24.5%、野菜・海草類12.0%、雑穀・芋類8.1%、および有色野菜類7.1%である。なお、玄米中カドミウム濃度には大きな変化はない（国立医薬品食品衛生研究所食品部、2000）。

4.3.2.2 我が国における汚染地域の一般住民

現在国内で最も曝露が高いと思われる地域でトータルダイエット・スタディー（TDS）の手法で食品サンプルを収集して曝露量を算定し、同時に陰膳法^{*}による調査が行われた。TDS方式で求められた結果は、平均値1.15 μg/kg bw /day、すなわち7日間に換算して8 μg/kg bw/weekとなり、PTWIを超える結果となった。陰膳法による一日摂取量は0.44μg/kg bw /dayとなり、陰膳法が約半分の結果を示していた。陰膳法では、個人内の日間変動が献立により大きく変動することから、特に魚介類、根菜類の摂取がある時に高い値を示すことが示されている（香山ら、2004）。

4.3.2.3 その他

ほとんどすべての国で、平均カドミウム摂取量はPTWI以下である。ただ、小児で体重あたりに計算するとPTWIを超える状況もある。フィンランドでは、平均カドミウム摂取量は10μg/dayであるが、対象の5～10%の人は20μg/dayを超える（Louekari K.,1992）。

^{*} 最もカドミウム曝露の高い地域の農家女性 17 名を対象に、平成 15 年 12 月中旬に 3 日の期間で行われ、朝、昼、夕食及び間食の陰膳が作成された。なお、対象者は過去に健康調査に参加した者が選ばれている。

5. ヒトにおけるカドミウムの動態および代謝・・・別添1

放射性同位元素の経口投与の体内残存率測定研究におけるカドミウムの残存率は、2～8%を示している。摂取量と排泄量の収支（バランス）研究によるバランス率は、摂取量と年齢に強く影響されていた。ヒトでは、鉄欠乏でカドミウム吸収が増加し、高繊維食がカドミウム吸収を抑制するという報告がある。動物実験では、低カルシウム、低亜鉛、低蛋白、クエン酸でカドミウム吸収が増加するという報告がある。

血液中では主にアルブミン、メタロチオネイン（MT）と結合した状態でカドミウムは移動する。ヒトの長期低濃度曝露では、全負荷の約 1/3 が腎皮質、約 1/4 が肝臓、約 1/4 が筋肉に蓄積し、脳、脂肪組織、骨への蓄積は少ない。カドミウムは胎盤を通過せず、胎児や新生児の体内カドミウム負荷量は無視できるレベルである。

尿中には、おおむね体負荷の 0.01%程度が Cd - MT などとして排泄される。糞中排泄の大部分は摂取食物中のカドミウムを反映し、尿中排泄量の 100 倍以上である。なお、ヒトにおける消化管上皮や胆汁排泄に関するデータは無い。

6. カドミウムによるヒトにおける有害性評価

6.1 急性影響及び慢性影響について・・・別添2

6.1.1 急性影響

カドミウム金属やカドミウム含有物が高温に加熱された時のフュームによる曝露後、短時間で労働者の死亡例が報告されている。急性症例の主要症状には、肺炎や肺水腫による呼吸困難があり、致命的な場合がある。一方、経口摂取においては、1940-50 年代、酸性食品や飲料で調理用具や容器の表面から溶出したカドミウムによりひどい吐き気や嘔吐、腹痛を伴う急性食中毒の症例が発生した。

6.1.2 慢性影響

カドミウムの長期曝露による慢性影響における有害性については、腎臓が主要な標的臓器であることが広く認められている。富山県神通川流域に多発したイタイイタイ病患者の腎機能障害は、近位尿細管における再吸収障害が主体であること（村田、1971）、腎性糖尿、アミノ酸尿、尿細管リン再吸収率の低下が見られ、イタイイタイ病の腎障害は病態生理学的に見て Fanconi 症候群であると規定されている（武内ほか、1969、Aoshima、1999）。イタイイタイ病に見られる骨軟化症は、カドミウムによる尿細管障害によるものと考えられている（斎藤ほか 1978）。なお、細胞培養実験、動物実験の成績に基づき、腎機能障害を経ずにカドミウムの骨への直接的な影響による骨量減少から骨代謝異常が生じて骨粗鬆症が生じることが示唆されているが、臨床・疫学研究上、否定的な調査報告も報告されている（Horiguchi et al., 2005）

発ガン性については、実験動物においてはラットに精巣、肺、造血系、前立腺等に腫瘍の発生が認められるが、マウスやハムスターでは、発ガンについて否定的な報告が多い。IARC（1993）ではカドミウムの発ガン性に関する評価はグループ 1（ヒトにおいて発ガン性があると判断するために十分な証拠がある。）とされているが、この基となった調査研究における曝露モデルの推定に疑義があり、疫学研究の難しさを反映した状況になっているとの報告もある（小山ら、2002）。また、日本のカドミウム土壌汚染地域における調査でも、カドミウムと発ガンについて明確な関連性は報告されていない。

6.2 曝露指標及び影響指標にある臨床及び疫学研究（表）・・・別添3

我が国においては、富山県婦中町、兵庫県生野、石川県梯川流域、秋田県小坂町、長崎県対馬など鉱山等によりカドミウムの汚染を受けた地域における多数の疫学研究がされている。

海外においても、ベルギー、スウェーデン、英国、旧ソ連、中国、米国における疫学研究報告がある。

これら疫学調査の曝露指標としては、尿中カドミウム濃度、血中カドミウム濃度、カドミウム摂取量などが使用されている。また、影響指標としては、蛋白、糖、アミノ酸、プロリンの尿中濃度、

1 蛋白、糖、アミノ酸、プロリン、レチノール結合蛋白 (RBP)、 2 マイクログロブリン (2 -
2 MG)、 1 マイクログロブリン (1 - MG)、 *N*-acetyl- *D*-glucosaminidase (NAG) などが使用さ
3 れている。

6 7 . これまでの国際機関での評価

8 7.1 IARC

9 IARC は、カドミウムとカドミウム化合物の発がん性について、カドミウムとカドミウム化合物
10 をグループ 2A (ヒトに対して発がん性の可能性がある) と分類していた (IARC 1987) が、動物
11 実験及びヒトで十分な証拠があるとして、グループ 1 (ヒトに対して発がん性がある) に分類し
12 た (IARC 1993)。

14 7.2 JECFA

15 第 16 回 JECFA (1972) での評価

16 各国のカドミウムの曝露状況から、腎皮質のカドミウムが 200mg/kg を超えると腎障害が起こる
17 可能性があり、腎のカドミウムレベルを現在 (スウェーデン 30mg/kg wet weight、米国 25-50 mg/kg
18 wet weight、日本 50-100 mg/kg wet weight) 以上に増加させるべきではない。1 日当たりのカドミウ
19 ムの吸収率を 5% とし、1 日当たりの体内負荷の排出量を 0.005% とした場合、1 日当たりのカドミ
20 ムの総摂取量が 1 μ g/kg 体重/日を超えなければ、腎皮質の蓄積量は 50mg/kg を超えることはあ
21 りそうにないことから、暫定耐容週間摂取量 (PTWI) として、400 ~ 500 μ g/人/週を提案した。

22 第 33 回 JECFA (1989) における評価

23 PTWI として 7 μ g/kg 体重/週と表現を改訂した。

24 第 41 回 JECFA (1993) における評価

25 第 33 回 JECFA における評価が維持された。

26 第 55 回 JECFA (2000) における評価

27 従来からの PTWI では、ハイリスクグループの腎障害の発生率が 17% となる PTWI を下げるべ
28 きとの Järup らの論文の主張が検討された。職業現場でのカドミウムによる腎障害が発生しない尿
29 中カドミウム濃度を 2.5 μ g/g cr とする Järup らの論文に基づき、推定されたパラメータによるコン
30 パートメントモデルを用いてカドミウムの耐容摂取量が試算されたが、リスクの見積が不正確で
31 あるとして従来からの PTWI 7 μ g/kg 体重/週が維持された。

32 第 61 回 JECFA (2003) における評価

33 腎尿細管の機能障害はカドミウムの毒性による重要な健康影響であることを再確認した。また、
34 「高度な生物学的指標を用いた研究では、尿中カドミウム濃度が 2.5 μ g/g cr 以下で腎機能及び骨・
35 カルシウム代謝の変化が示されているが、これらの変化の健康的意義が解明されていない。さら
36 に、尿中カドミウム濃度と腎機能に関連した生物学的指標に関して多くの研究が行われているが、
37 研究者によって結果が一致しない。」ことを示した。

38 その上で、我が国の疫学調査結果も含めて評価した結果、PTWI を変更するまでの根拠がないと
39 して、従来からの PTWI を維持した。

41 7.3 WHO 飲料水水質ガイドライン値 (第 2 版及び第 3 版)

42 カドミウムの食事からの吸収率を 5%、1 日当たり排出率を 0.005% と仮定して、JECFA は腎皮
43 質におけるカドミウム濃度が 50mg/kg を超えないために、カドミウムの総摂取量は 1 日 1 μ g/kg 体
44 重を超えるべきではないと結論した。それ故、暫定耐容週間摂取量 (PTWI) は、1989 年に 7 μ g/kg
45 体重/週に設定され、1993 年に再確認、2000 年に検討がなされたが、現在はこの値が維持されて
46 いる。

47 ガイドライン値は、飲料水として PTWI の 10% を割り当て、0.003mg/L とした。

49 7.4 米国 EPA

50 ・経口 RfD

51 ヒトの腎皮質中カドミウム濃度 200 μ g /g は、重篤な蛋白尿が生じない最も高いレベルである
52 (U.S EPA, 1985)。毒物動態モデルは、200 μ g /g となるヒト経口の慢性曝露レベル (NOAEL) を
53 決めるのに有効であり、一日当たりでカドミウムの体内負荷量の 0.01% が排出されると仮定して
54 いる (U.S EPA, 1985)。食物からカドミウム吸収量を 2.5%、飲料水からの場合を 5% と仮定する

と、慢性曝露の NOAEL (すなわち、腎皮質中カドミウム濃度が 200 μ g /g となるレベル) はそれぞれ、飲料水で 0.005mg/kg 体重/日、食物で 0.01mg/kg 体重/日となることが毒物動態モデルで予測される。飲料水の NOAEL0.005mg/kg 体重/日と不確実係数 10 に基づき、0.0005 mg/kg 体重/日の RfD が算出された。同様に食物でも 0.001 mg/kg 体重/日の RfD が算出された。

影響 (Critical Effect)	用量	不確実係数 (UF)	修正係数 (MF)	参照用量 (RfD)
重篤な蛋白尿	NOAEL(water): 0.005 mg/kg 体重/日	10	1	0.0005 mg/kg 体重/日
慢性曝露を含めた疫学調査	NOAEL(food): 0.01 mg/kg 体重/日	10	1	0.001 mg/kg 体重/日

U.S EPA, 1985. Drinking water Criteria Document on Cadmium. Office of Drinking Water, Washington,D.C

ヒト及び動物の膨大な量の毒性データを入手できること、経口 RfD が確定されていること(全てではないとしても)に関しては、カドミウムは特異である。RfD は、重篤な蛋白尿が生じない最も高い腎皮質中カドミウムレベルに基づいている。毒物動態モデルは、影響が生ずる臨界のデータが不足していることから、最も高い曝露レベルを確定することに使われている。摂取して体内に吸収されるわずかなカドミウム量は、曝露源(例えば、食物と飲料水)とともに変わっていくようなので、RfD を決定する毒物動態モデルを使うときは、吸収における違いを考慮することが必要である。

・発がん性

EPA は B1 (ヒトの発がん性の可能性がある) に分類している。

カドミウムの産業衛生疫学調査から限られた証拠は investigator と調査集団を横断して一致している。ラットとマウスの吸入、筋・皮下注射による発がん性について十分な証拠がある。ラットとマウスを用いた 7 つの研究では、カドミウム塩(酢酸塩、硫酸塩、塩化物)の経口投与では、発がん性を示さなかった。

8 . 食品健康影響評価

8.1 有害性の確認

- 8.1.1 腎機能への影響
- 8.1.2 呼吸器への影響
- 8.1.3 発がん影響
- 8.1.4 その他

8.2 用量反応評価

- 8.2.1 臨床・疫学研究
- 8.2.2 曝露指標
- 8.2.3 影響指標
- 8.2.4 その他

8.3 日本人のカドミウム曝露量

9 . 結論及び今後の課題

参考文献 (1 . ~ 3 .)

¹ Oki.,ed(2001) Encyclopedic dictionary of chemistry, 1st, TOKYO KAGAKU DOJIN, 453-454.

- 1 ² Wilson B.(1988a) Investigation of trace metals in the aqueous environment: Final report(January
2 1986-December 1987), Houston, Texas Southern University, p.28(Report No.DOE/CH/10255-T1, prepared
3 for the US Department of Energy, Washington).
- 4 ³ GESAMP(1984)IMO/FAO/UNESCO/WMO/IAEA/UN/UNEP Joint Group of Experts on the Scientific Aspects
5 of Marine Pollution: Report of the Fourteenth Session, Vienna,26-30 March, 1984, Vienna, International
6 Atomic Energy Agency(Reports and Studies No.21).
- 7 ⁴ GESAMP(1987)IMO/FAO/UNESCO/WMO/IAEA/UN/UNEP Joint Group of Experts on the Scientific Aspects
8 of Marine Pollution: Report of the Seventeenth Session, Rome, Geneva, World Health
9 Organization(Reports and Studies No.31).
- 10 ⁵ Nriagu J.O.(1979) Global inventory of natural and anthropogenic emissions of trace metals to
11 atmosphere.Nature(Lond.),279:409.
- 12 ⁶ Boyle E.A., Scalter F. & Edmond J.M.(1976) On the marine geochemistry of
13 cadmium.Nature(Lond.),263:42-44.
- 14 ⁷ Martin J.H. & Broenkow W.W.(1975) Cadmium in plankton:elevated concentrations off Baja California.
15 Science, 190:884-885.
- 16 ⁸ Simpson W.R.(1981) A critical review of cadmium in the marine environment.Prog.Oceanogr.,10:1-70.
- 17 ⁹ FORSTNER,U. (1980) Cadmium in the environment, Part . In: Nriagu,J.O., ed. Cadmium in polluted
18 sediments, New York, Chichester, John Wiley & Sons, pp. 305-363.
- 19 ¹⁰ Sangster B., De Groot G., Loeber J.G., Derks H.J.G.M., Kranjnc E.I. & Savelkoul T.J.F. (1984) Urinary
20 excretion of cadmium, protein, beta-2-microglobulin and glucose in individuals living in a
21 cadmium-polluted area. Hum. Toxicol., 3: 7-21.
- 22 ¹¹ YAMAGATA,H. & SHIGEMATSU,I. (1970) Cadmium pollution in perspective. Bull. Inst. Public Health
23 (Tokyo) , 19: 18-24.
- 24 ¹² Tsuchiya K., ed(1978) Cadmium studies in Japan: a review, Amsterdam, Oxford, New York, Elsevier Science
25 Publishers, 376pp.
- 26 ¹³ ALLOWAY, B.J., THORNTON,I., SMART,G.A, SHERLOCK,J.C., & QUINN,M.J. (1988) Metal availability.
27 Sci. total Environ., 308: 137-142 (in German) .
- 28 ¹⁴ LUND,L.J., BETTY, E.E., PAGE, A.L.,&ELLIOTT, R.A.(1981) Occurrence of naturally high Cadmium levels
29 in soils and its accumulation by vegetation.J.environ.Qual.,10:551-556.
- 30 ¹⁵ DAVIS,R.D. & COKER,E.G. (1980) Cadmium in agriculture, with special reference to the utilization of
31 sewage sludge on land, Medmenham, United Kingdom, Water Reseach Centre (Technical Report TR/139) .
- 32 ¹⁶ RYAN,G.W., LANGSTON,W.J., & HUMMERSTONE,L.G. (1980) The use of biological indicators of
33 heavy-metal contamination in estuaries with special reference to an assessment of the biological availability
34 of metals in estuarine sediments from south-west Britain, Citadal Hill, Devon, The Marine Biological
35 Association of the United Kingdom, 73 pp (Occasional Publication No.1) .
- 36 ¹⁷ Nielsen S.A. (1975) Cadmium in New Zealand dredge oysters, geographic distribution. Int. J. environ. Anal.
37 Chem., 4: 1-7.
- 38 ¹⁸ Buchet,J.P., Roels,H., Lauwerys,R., Vandevoorde,A., & Pycke J.M. (1983) Oral daily intake of cadmium, lead
39 manganese, copper, chromium, mercury, calcium, zinc, and arsenic in Bergium. Food chem. Toxicol., 21:
40 19-24
- 41 ¹⁹ Martin J.H. Elliott P.D., Anderlini V.C. Girvin D., Jacobs S.A., Risebrough R.W., DeLong R.L. & Gilmartin W.G.
42 (1976) Mercury –selenium-bromine imbalance in premature parturient California sea lions. Mar. Biol., 35:
43 91-104.
- 44 ²⁰ Stoneburner D.L. (1978) Heavy metals in tissues of stranded short-finned pilot whales. Sci. total Environ., 9:
45 293-297.
- 46 ²¹ Nicolson J.K. & Osborn O (1983) Kidney lesions in pelagic seabird with high tissue levels of cadmium and
47 mercury. J.Zool. (Lond.) , 200: 88-118.
- 48 ²² MARC (1986) Biological monitoring of environmental contaminants (plants) , London, Monitoring and
49 Assessment Research Centre, Chelsea College, University of London, 247 pp(MARC Report Number 32) .
- 50
- 51 参考文献 (4)
- 52 Lee JS, Chon HT, Kim KW. Human risk assessment of As, Cd, Cu and Zn in the abandoned metal mine site.
53 Environ Geochem Health. 2005 Apr;27(2):185-91.
- 54 Louekari K. Estimation of dietary intake of cadmium: reliability of methods. IARC Sci Publ. 1992;(118):163-7.
55 Review.
- 56 Peplow D, Edmonds R. Health risks associated with contamination of groundwater by abandoned mines near
57 Twisp in Okanogan County, Washington, USA. Environ Geochem Health. 2004 Mar;26(1):69-79.

- 1 Puklova V, Batariova A, Cerna M, Kotlik B, Kratzer K, Melichercik J, Ruprich J, Rehurkova I, Spevakova V.
2 Cadmium exposure pathways in the Czech urban population. *Cent Eur J Public Health*. 2005
3 Mar;13(1):11-9.
- 4 Wolink K.A., Fricke F.L., Caper S.G., Braude G.L., Meyer M.W., Satzger R.D. & Bonnin E. (1983) Elements in
5 major raw agricultural crops in the United States. I. Cadmium and lead in lettuce, peanuts, potatoes,
6 soybeans, sweet corn, and wheat. *J. agric. Food Chem.*, 31: 1240-1244.
- 7 Wolink K.A., Fricke F.L., Caper S.G., Meyer M.W., & Satzger R.D. & Gaston C.M. (1985) Elements in major
8 raw agricultural crops in the United States. 3. Cadmium, lead, and eleven other elements in carrots, field
9 corn, onion, rice, spinach, and tomatoes. *J. agric. Food Chem.*, 33: 807-811.
- 10 ANDERSEN,A. (1979) [Lead, cadmium, copper and zic in the Danish diet], Copenhargen, Statens
11 Levendsmiddelinsttitut, 89 pp, (Report No.40) (in Danish) .
- 12 BUCKE,D., NORTON,M.G., & ROLFE,M.S. (1983) Field assessment of effects of dumping wastes at sea: .
13 Epidermal lesions and abnormalities of fish in the outer Thames estuary, London, Ministry of Agriculture,
14 Fisheries and Food, 29 pp (Technical Report No.72) .
- 15 JORHEM,L., MATTSON,P., & SLORACH,S. (1984) Lead, cadmium, zinc and certain other metals in foods on
16 the Swedish market. *Var Foda*, 36: Suppl. 3.
- 17 KOIVISTOINEN,P.(1980)Mineral element composition of Finnish Foods: N, K, Ca, Mg, P, S, Cu, Mn, Zn, Mo,
18 Co, Ni, Cr, F, Se, Si, Rb, Al, B, Br, Hg, As, Cd, Pb, and Ash. *Acta agric. Scand.*, 22: Suppl.
- 19 RIVM (1988) In: Ros,J.P.M. & Sloof,W., ed. Integrated criteria document cadmium, Bilthoven, The
20 Netherlands, National Institute of Public Health and Environmental Protection (RIVM-Report
21 No.758476004) .
- 22 WHO (1992) Cadmium, Environmental Health Criteria 134.
- 23 Friberg L, Piscator M, Nordberg G, Kjellstrom T. Cadmium in the environment, 2nd ed. Cleveland(OH):
24 CRC Press,1974
- 25 Elinder C G, Kjellstrom T, Lind B, Linnman L, Piscator M, Sundstedt K. Cadmium exposure from smoking
26 cigaretters: variations with time and country where purchased. *Environ Res* 1983; 32: 220-7.
- 27 Elinder C G, Kjellstrom T, Linnman L. Cadmium concentration in kidney cortex, liver, and pancreas among
28 autopsied Swedes. *Arch Environ Health* 1976; 31: 292-302.
- 29 Vahter M, editor. Assessment of human exposure to lead and cadmium through biological monitoring.
30 Stockholm: National Swedish Institute of Environmental medicine and Department of Environmental
31 Hygiene, Karolinska Institute 1982.
- 32 Bensryd I, Rylander L, Hogstedt B, Aprea P, Bratt I, Fahraeus C, et al. Effect of acid precipitation retention
33 and excretion of elements in man. *Sci Total Environ* 1994; 145: 81-102.
- 34 Nilsson U, Schutz A, Skerfving S, Mattsson S. Cadmium in kidneys in Swedes measured in vivo using
35 X-ray fluorescence analysis. *Int Arch Occup Environ Health* 1995; 67: 405-11.
- 36 国立医薬品食品衛生研究所食品部 (2000) 日本におけるトータルダイエツト調査 (食品汚染物の 1 日
37 摂取量) 1997 ~ 1999 年度
- 38 農林水産省 (2002) 農作物等に含まれるカドミウムの実態調査について
- 39 水産庁 (2003) 水産物に含まれるカドミウムの実態調査について
- 40
- 41 参考文献 (6)
- 42 村田 勇. イタイイタイ病の研究. *日本医師会雑誌* 1971; 65: 15-42.
- 43 武内重五郎, 中本 安. イタイイタイ病. *現代内科学大系* 1969 年刊追補, 366-394, 1969, 中山書店
- 44 Aoshima K. Environmental cadmium pollution and its health effects on inhabitants in Japan. Jinzu River basin:
45 Clinical findings in Itai-itai disease. *In Advances in the Prevention of Environmental Cadmium Pollution
46 and Countermeasures*, 13-19, Nogawa K, Kurachi M, Kasuya M. (Eds.), Eiko Laboratory, Kanazawa, 1999.
- 47 斎藤 寛, 部 幸三, 永井謙一, 有川 卓. カドミウム環境汚染による慢性カドミウム中毒の研究
48 カドミウムによる健康影響の早期診断ならびにカドミウム負荷量と健康影響発現の間の量・効果
49 関係の検討, “ 中毒学と栄養学 その方法論的接点”(鈴木継美, 井村伸正, 鈴木庄亮編) pp.85-99,
50 1978, 東京, 篠原出版
- 51 Horiguchi H, Oguma E, Sasaki S, Miyamoto K, Ikeda Y, Machida M, Kayama F. Environmental exposure to
52 cadmium at a level insufficient to induce renal tubular dysfunction does not affect bone density among
53 female Japanese farmers. *Environ Res*. 2005; 97: 83-92.
- 54 IARC, IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, VOL. 58, 1993, p119 (未入手)
- 55 小山 洋, 鬼頭英明, 佐藤雅彦, 遠山千春. 低用量カドミウム曝露と健康影響: (1) 遺伝子傷害性

1 と発がん性. 2002; 57: 547-55.

2

3 参考文献 (7 .)

4 IARC, IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, VOL. 58, 1993, p119 (未入手)

5 JECFA, EVALUATION OF CERTAIN FOOD ADDITIVES AND THE CONTAMINANTS MERCURY, LEAD,

6 AND CADMIUM: Sixteenth Report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives, 1972,

7 p20-p24

8 JECFA, EVALUATION OF CERTAIN FOOD ADDITIVES AND THE CONTAMINANTS: Thirty-third Report

9 of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives, 1989, p28-p31

10 JECFA, EVALUATION OF CERTAIN FOOD ADDITIVES AND THE CONTAMINANTS: Forty-first Report

11 of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives 1993, p28-p30

12 JECFA, EVALUATION OF CERTAIN FOOD ADDITIVES AND THE CONTAMINANTS: Fifty-fifth Report of

13 the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives, 2001, p61-p69

14 JECFA, EVALUATION OF CERTAIN FOOD ADDITIVES AND THE CONTAMINANTS: Sixty-first Report of

15 the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives, 2004, p127-p132

16 WHO, Guidelines for Drinking Water Quality, Third edition, 2004, p317-p319

17 WHO, Guidelines for Drinking Water Quality, Second edition(日本語版), VOL.2, 1997, p178-p184

18 U.S EPA, Drinking water Criteria Document on Cadmium, 1985 (未入手)

19