

< 食品安全委員会委員名簿 >

(2006年6月30日まで)

寺田雅昭 (委員長)  
寺尾允男 (委員長代理)  
小泉直子  
坂本元子  
中村靖彦  
本間清一  
見上 彪

(2006年12月20日まで)

寺田雅昭 (委員長)  
見上 彪 (委員長代理)  
小泉直子  
長尾 拓  
野村一正  
畑江敬子  
本間清一

(2006年12月21日から)

見上 彪 (委員長)  
小泉直子 (委員長代理\*)  
長尾 拓  
野村一正  
畑江敬子  
廣瀬雅雄\*\*  
本間清一

\* : 2007年2月1日から

\*\* : 2007年4月1日から

(2009年7月1日から)

小泉直子 (委員長)  
見上 彪 (委員長代理\*)  
長尾 拓  
野村一正  
畑江敬子  
廣瀬雅雄  
村田容常

\* : 2009年7月9日から

< 食品安全委員会汚染物質専門調査会専門委員名簿 >

(2005年9月30日まで)

安藤正典  
井口 弘  
大前和幸  
香山不二雄  
川村 孝  
佐藤 洋 (座長)  
菅原和夫  
千葉百子  
津金昌一郎  
遠山千春  
富永祐民  
前川昭彦

(2007年9月30日まで)

安藤正典  
井口 弘  
圓藤陽子  
大前和幸  
香山不二雄  
川村 孝  
佐藤 洋 (座長)  
千葉百子  
津金昌一郎  
遠山千春  
広瀬明彦  
前川昭彦

< 食品安全委員会化学物質・汚染物質専門調査会専門委員名簿 >

(2007年10月1日から)

佐藤 洋\* (座長)  
立松正衛 (座長代理)

阿部宏喜  
安藤正典\*  
井口 弘\*  
圓藤吟史\*\*  
圓藤陽子\*  
太田敏博  
大前和幸\*  
奥田晴宏

香山不二雄\*  
川村 孝\*  
河野公一  
佐々木久美子  
渋谷 淳  
千葉百子\*\*  
津金昌一郎\*

遠山千春\*\*  
永沼 章  
長谷川隆一\*  
広瀬明彦\*  
前川昭彦\*  
安井明美  
鰐淵英機

※：幹事会

\*：汚染物質部会

< これまでの経緯 >

我が国の米中のカドミウム濃度は、他国に比べて高い傾向にあり、米からのカドミウム摂取量は、食品全体の約半分を占めている。米中のカドミウム濃度は、1970年の食品、添加物等の規格基準（昭和34年厚生省告示第370号）の一部改正により「米にカドミウム及びその化合物がCdとして1.0ppm以上含有するものであってはならない」と定められている。また、0.4ppm以上1.0ppm未満の米は、1970年以降、農林水産省の指導により非食用に処理されてきた。一方、国際機関においては、1989年の第33回FAO/WHO合同食品添加物専門家会議（JECFA）で暫定耐容週間摂取量が7 $\mu$ g/kg体重/週に設定され、2003年の第61回JECFAでもこの値が維持された。また、2006年の第29回コーデックス委員会総会では、食品中の基準値として精米が0.4mg/kg（ppm）、海産二枚貝（カキ及びホタテガイを除く）及び頭足類（内臓を除去したもの）が2.0mg/kg（ppm）とされた。

このような国際状況から、玄米を含めた食品における規格基準を国際基準に適合させることが求められ、2003年7月に厚生労働省から食品安全基本法第24条第3項に基づき、「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」に係る食品健康影響評価が食品安全委員会に依頼され、2008年7月に耐容週間摂取量を7 $\mu$ g/kg体重/週と設定した。

2009年2月、この耐容週間摂取量に基づいて米（玄米及び精米）のカドミウムの成分規格を1.0ppmから0.4ppmに改正するため、厚生労働省から食品安全基本法第24条第1項に基づく食品健康影響評価が依頼された。その後、2009年3月に耐容週間摂取量を2.5 $\mu$ g/kg体重/週とするEFSAの評価が公表された。そこで、本評価においては、EFSAの評価を中心に新たな知見の確認・整理を行い、「汚染物質評価書 カドミウム（第2版）」としてまとめた。

## 要 約

カドミウムは、原子番号 48、元素記号 Cd、原子量 112.411、密度  $8.65\text{g/cm}^3$  ( $25^\circ\text{C}$ ) の銀白色の重金属であり、土壌中、水中、大気中の自然界に広く分布している。このため、ほとんどの食品中に環境由来のカドミウムが多少なりとも含まれる。過去、我が国においては、鉱山を汚染源とするカドミウム汚染地域が数多く存在し、イタイイタイ病の発生を契機に、一般環境でのカドミウム曝露に関する疫学調査が数多く実施された。これまでの知見から、カドミウムの長期低濃度曝露における食品健康影響評価のためには、因果関係が証明されている腎臓での近位尿細管機能障害を指標とすることがもっとも適切である。

したがって、今回のリスク評価における耐容週間摂取量は、国内外における多くの疫学調査や動物実験による知見のうち、特に一般環境における長期低濃度曝露を重視し、日本国内におけるカドミウム摂取量が近位尿細管機能に及ぼす影響を調べた 2 つの疫学調査結果を主たる根拠として設定された。すなわち、カドミウム汚染地域住民と非汚染地域住民を対象とした疫学調査結果から、ヒトの健康に悪影響を及ぼさないカドミウム摂取量として算出された量は  $14.4\mu\text{g/kg}$  体重/週以下であった。また、別の疫学調査結果から、非汚染地域の対照群と比較して  $7\mu\text{g/kg}$  体重/週前後のカドミウム曝露を受けた住民に過剰な近位尿細管機能障害が認められなかった。これらのことから、カドミウムの耐容週間摂取量は、総合的に判断して  $7\mu\text{g/kg}$  体重/週に設定した。

現在、日本人の食品からのカドミウム摂取量の実態については、1970 年代後半以降、大幅に減少してきており、導き出された耐容週間摂取量の  $7\mu\text{g/kg}$  体重/週よりも低いレベルにある。また、近年、食生活の変化によって 1 人当たりの米消費量が 1962 年のピーク時に比べて半減した結果、日本人のカドミウム摂取量も減少してきている。したがって、一般的な日本人における食品からのカドミウム摂取が健康に悪影響を及ぼす可能性は低いと考えられる。

## 1. 物理、化学的特性

原子番号 48、元素記号 Cd、原子量 112.411、12 (2B) 族、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%))、密度 8.65g/cm<sup>3</sup> (25°C)、単体で銀白色。単体の融点は 320.8°C、沸点は 765°C であり、いずれも金属元素の中では低い (文献 1-1)。

気化したカドミウムは、大気中で速やかに酸化され、フューム<sup>1</sup>を生じる。

## 2. 採鉱、精練及び用途

カドミウムは、自然界で純度の高い鉱石としては見当たらず、亜鉛鉱石中に亜鉛の 1/200 程度の濃度で含まれている。通常、亜鉛生産の副産物として生産されてきた。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ともな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 (文献 2-1)。

カドミウムの主な用途は、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、ニッケル・カドミウム蓄電池の電極材料、様々な合金の成分となっている。

## 3. 分布と移動

### 3.1 自然界における存在と循環

カドミウムは、地球の地殻に広く分布するが、その平均濃度が約 0.1mg/kg であり、クラーク数<sup>2</sup>が比較的小さい元素である。堆積岩中にしばしば高濃度に蓄積され、海底のリン鉱石に 15mg/kg 程度含まれている (文献 3-1)。風化作用により年間 1 万 5 千トンのカドミウムが海洋に流入すると推測されている (文献 3-2)。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推計は困難であるが、年間 500 トン程度と見積もられている (文献 3-3)。

海洋のカドミウム濃度の垂直分布は、表層で低く、深くなるにつれて高くなる。これは、栄養塩類の濃度分布パターンに対応している (文献 3-4)。カドミウムは、栄養塩類と同様に表層の植物プランクトンに吸収され、生物の死骸などの有機物として深層へ輸送される。これと対照的に湧昇流が発生する海域では、深層から輸送される栄養塩類と同様に表層のカドミウム濃度が増加する (文献 3-4、3-5、3-6)。このように海洋におけるカドミウム濃度の鉛直分布は、有機物の沈降や湧昇流の影響を受けて変化すると考えられている。

### 3.2 水系から土壌への堆積

カドミウムは、大部分が土壌粒子等に急速に吸着され、一部が水に溶解する。鉱工業地などから河川へ流出したカドミウムは、河川流域に広がって土壌汚染地域を拡大する。カドミウムによる土壌汚染は、洪水、灌漑用水、浚渫された堆積物の処分等を通じて更に拡大する (文献 3-7、3-8、3-9)。

### 3.3 土壌から植物への吸収

土壌中のカドミウムは、植物に吸収される。 (文献 3-10、3-11)。植物のカドミ

<sup>1</sup> フューム：ガス状となった物質が空气中で微細粒子となったもの。有機物の場合は、不完全燃焼により発生する粒子とガスの混合体は煙と呼ばれ、この粒子がフュームに相当する。

<sup>2</sup> クラーク数：地球の地殻中に存在する元素の平均重量パーセント。

ウム蓄積に影響を及ぼす重要な要因としては、土壌のカドミウム濃度と pH である（文献3-12）。土壌の pH が上昇すると、土壌粒子のカドミウム吸着性が大きくなり、土壌粒子中のカドミウム濃度を増大させ、逆に土壌溶液中のカドミウム濃度を減少させることから、植物のカドミウム吸収は低下する。

土壌と土壌溶液中のカドミウム分配に影響を及ぼす他の要因としては、陽イオン交換容量や、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などが考えられており、水田においては、土壌の酸化還元電位が影響を及ぼすことも報告されている。

#### 3.4 水中及び地上生物への移行

水圏生態系において、湧昇流が発生する海域における植物プランクトン中のカドミウム濃度は高く（文献3-5）、カドミウム汚染が少ない沿岸域におけるプランクトン食性の軟体動物にも高濃度のカドミウムを蓄積しているものがある（文献3-13）。例えば、ニュージーランドのカキにおいて、8mg/kg 湿重量のカドミウムの蓄積が記録されている（文献3-14）。また、カニやロブスターのような食用の甲殻類の肝臓<sup>3</sup>などにおいても、高濃度のカドミウムが蓄積されているものもある（文献3-15）。

海鳥や海棲ほ乳類の腎臓や肝臓におけるカドミウム濃度は、著しく高い（文献3-16、3-17、3-18）。これらの水圏生物は、摂餌習性と寿命が長いことによりカドミウムを体中に蓄積すると考えられている。

陸上のコケと地衣類は、大気中の金属を保持する能力が高いことから、これらの植物中のカドミウム濃度を測定し、カドミウムによる大気汚染の分布を示す地図を作成するために使われた（文献3-19）。

### 4. ヒトへの曝露経路と曝露量

#### 4.1 吸入曝露

吸入曝露では、カドミウムが粉じんやフェームとして呼吸器に直接入って吸収され、血液中に移動して体を循環する。吸入曝露には、職業曝露と喫煙による曝露がある。職業曝露の場合、鉱山や精錬工場などの労働環境で粉じんやフェームを吸入するとともに、他の重金属にも複合的に曝露されていると考えられている。

喫煙による曝露の場合、たばこの煙の中にカドミウムが多く含まれていることから、喫煙する人は喫煙しない人よりもカドミウム曝露量が多くなると考えられている（4.3.1 喫煙からの曝露量を参照）。

#### 4.2 経口曝露

##### 4.2.1 飲料水からの曝露

飲料水からのカドミウム曝露量は、表層水または地下水を利用している場合、地殻及び土壌のカドミウムレベルに大きく左右される。特に、鉱山の廃坑、鉱滓貯留場所などからの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、その水は世界保健機関（WHO）の飲料水基準<sup>4</sup>を超える場合もある。

米国ワシントン州オカノガン郡の廃坑からの水には、カドミウムが 0~5µg/L、ヒ素が 1~298µg/L 含まれており、この水源を利用する人の発がんリスク及びそれ以外の健康障害のリスクが高いとの報告がある（文献4-1）。韓国の金銀鉱山の廃坑の下流

<sup>3</sup> 肝臓：節足動物や軟体動物の消化管の中腸部分に開口する盲嚢状の器官のことで、中腸腺とも呼ばれる。カニのいわゆる蟹味噌やイカの塩辛に用いるワタなどがこれに相当する。

<sup>4</sup> 飲料水基準：後述の「7.3 WHO 飲料水水質ガイドライン値（第2版及び第3版）」参照。

の農業用地の土壤中平均重金属濃度はヒ素 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の濃度は、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（文献4-2）。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、一般的に飲料水中のカドミウム濃度は低い。我が国のように法律によって水質基準が設定され、水質検査などの管理が義務づけられている国や地域では飲料水によるカドミウム曝露が問題になることはない。

#### 4.2.2 食品からの曝露

日本における食品に含まれるカドミウムについて、農林水産省（2002）が行った全国調査の結果（文献4-3、4-4）によると、特に貝類、頭足類などの内臓にはカドミウムが多く含まれる（表1）。日本人は米飯の摂取量が多いため、米摂取によるカドミウム曝露量の割合が高い。図1に各国において50以上のコメのカドミウムを分析した結果を示した。日本産の米1kg中に含まれるカドミウム量は、平均して0.06mg (ppm) であり、外国産の米1kg中に含まれるカドミウム量は、文献情報によれば、平均して0.01~0.2 mgである（文献4-5）。

食品中のカドミウム濃度は各国で調べられている（表2）。米国における非汚染地産の未加工農作物のカドミウム全国調査の結果（文献4-6、4-7）、カドミウムがほとんどの食材に含まれることが明らかになった（表3）。

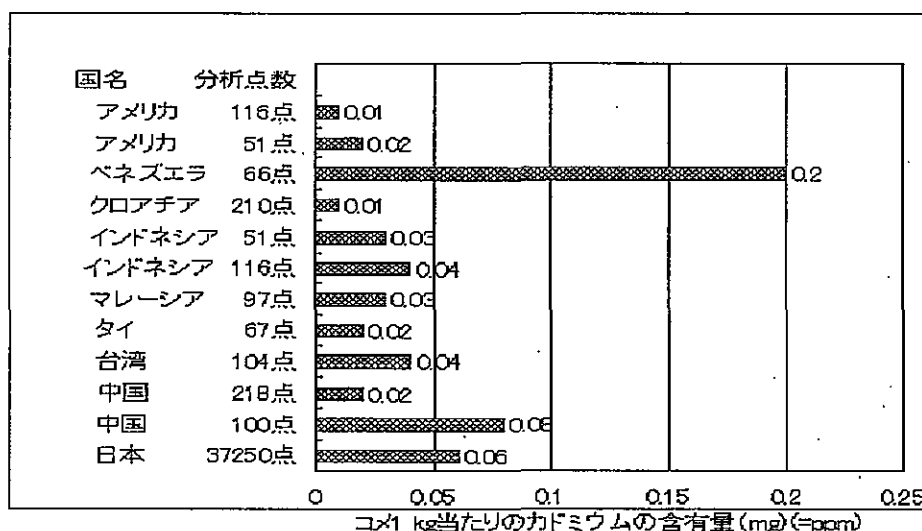
カドミウムで汚染された土地で育った農作物は通常のものと比較して高い濃度のカドミウムを含んでいる。英国の3汚染地域で育った野菜のカドミウム濃度を比較したところ、土壌のカドミウム濃度が著しく高いShiphamで高い数値を示している（表4）。主食となるジャガイモは3汚染地域で同様の数値を示し、これらは、表2及び表3の調査結果より約5倍高かった。

表1 日本における食品に含まれるカドミウムの実態調査

食品	検体数	カドミウム濃度 (mg/kg 湿重量)		
		最小値	最大値	平均値
米 (玄米)	37,250	< 0.01	1.2	0.06 (中央値:0.04)
小麦	381	< 0.01	0.47	-
大豆	462	< 0.01	0.66	-
小豆	14	< 0.01	0.03	-
ホウレン草	329	< 0.01	0.49	-
キャベツ	101	< 0.01	0.01	-
白菜	106	< 0.01	0.06	-
レタス	88	< 0.01	0.08	-
玉葱	103	< 0.01	0.07	-
ジャガイモ	23	< 0.01	0.06	-
さつまいも	31	< 0.01	0.01	-
さといも	217	< 0.01	0.33	-
ごぼう	123	< 0.01	0.23	-
ニンジン	31	< 0.01	0.04	-
大根	101	< 0.01	0.05	-
なす	290	< 0.01	0.17	-
トマト	130	< 0.01	0.05	-
ピーマン	130	< 0.01	0.04	-
キュウリ	81	< 0.01	0.02	-

かぼちゃ	23	< 0.01	0.01	-
ブロッコリー	32	< 0.01	0.04	-
メロン	23	< 0.01	0.02	-
いちご	50	< 0.01	0.04	-
なし	42	< 0.01	0.03	-
牛肉	116	< 0.01	0.05	-
豚肉	121	< 0.01	0.07	-
鶏肉	26	< 0.01	0.03	-
アワビ	15	0.02	0.07	0.04
アワビ (内臓)	15	2.2	5.6	3.1
ホタテ (貝柱)	57	0.01	0.51	0.12
ホタテ (うろ)	72	1.3	16.0	5.8
マガキ	45	0.10	0.68	0.30
サザエ	15	< 0.01	0.10	0.05
サザエ (内臓)	15	1.2	9.5	4.7
シジミ	64	0.03	0.77	0.37
ハマグリ	48	0.02	0.14	0.07
アサリ	51	0.02	0.17	0.06
マダコ	24	< 0.01	0.07	0.01
スルメイカ	56	0.03	1.3	0.29
スルメイカ (肝臓)	41	6.6	96.0	33.9
イカ塩辛	30	0.09	9.9	2.6
カツオ	15	< 0.01	0.04	0.01
カツオ塩辛	10	0.17	1.1	0.64
マイワシ	15	< 0.01	0.03	0.01
ガザミ	30	< 0.01	0.29	0.07
ガザミ (内臓)	30	0.09	1.9	0.69
クルマエビ	35	< 0.01	0.41	0.04
ケガニ	30	0.02	0.17	0.08
ケガニ (内臓)	15	0.79	3.5	2.0
ベニズワイガニ	30	0.04	0.48	0.16
ベニズワイガニ (内臓)	15	2.3	23.0	11.7
ホッコクアカエビ	45	0.02	0.57	0.11
ウニ	45	0.02	0.34	0.17
ウニ塩辛	6	< 0.05	0.21	0.09

※ 「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」及び「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」から引用 (文献 4-3、4-4)



※ 食品中のカドミウムに関する情報（文献4-5）より引用

図1 日本産と外国産の米中カドミウム含有量（平均値）

表2 国別食品中カドミウム濃度

(単位:  $\mu\text{g}/\text{kg}$  湿重量)

食品	英国 <sup>a</sup>	フィンランド <sup>b</sup>	スウェーデン <sup>c</sup>	デンマーク <sup>d</sup>	オランダ <sup>e</sup>
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
内臓等					
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・シロップ	< 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		
ホウレン草	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		

<sup>a</sup> Bucke et al. (1983) より引用 (文献4-8)

<sup>b</sup> Koivistoinen (1980) より引用 (文献4-9)

<sup>c</sup> Jorhem et al. (1984) より引用 (文献4-10)

<sup>d</sup> Andersen (1979) より引用 (文献4-11)

<sup>e</sup> RIVM (1988) より引用 (文献4-12)



表3 米国の農作物中カドミウム濃度

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
ジャガイモ	297	0.028	0.002	0.18
ニンジン	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
ハウレン草	104	0.061	0.012	0.20
トマト	231	0.014	0.002	0.048

※ Wolnik et al (1983, 1985) より引用 (文献4-6、4-7)

表4 英国の汚染地域で生育した野菜中の平均カドミウム濃度

場 所	カドミウム汚染源	(µg/kg 湿重量)		
		キャベツ	葉物野菜	ジャガイモ
Shipham	亜鉛鉱山	250 *	680	130
Walsall	銅精錬所からの排気	73	190	103
Heathrow	下水汚泥	24	180	150

\* 中央値

※ WHO (1992) Cadmium, Environmental Health Criteria 134. より引用 (文献4-13)

### 4.3 曝露量

#### 4.3.1 喫煙による曝露量

たばこ1本に約1~2µgのカドミウムが含まれており、その約10%が肺に吸入される(文献4-14)。喫煙によって吸入されるカドミウムの約50%が体内に吸収される(文献4-15)と仮定すると、1日に20本喫煙する人は、約1~2µgのカドミウムを吸収すると推定される。

喫煙によって血液中カドミウム濃度及び腎カドミウム濃度が増加する。スウェーデンでは、喫煙者の血液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(文献4-16、4-17、4-18、4-19)。

#### 4.3.2 食品からの曝露量

##### 4.3.2.1 日本における非汚染地域の一般住民

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地方衛生研究所8~12機関と協力して食品中汚染物質のトータルダイエットスタディ法(TDS法)<sup>5</sup>による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

<sup>5</sup> トータルダイエットスタディ法(TDS法)：広範囲の食品を小売店等で購入し、必要に応じて摂取する状態に加工・調理した後、分析し、食品群ごとに化学物質の平均含有濃度を算出する。これに特定の集団における食品群の平均的な消費量を乗じることにより、化学物質の平均的な摂取量を推定する。マーケットバスケット方式とも呼ばれる。