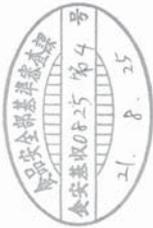


大



府食第789号
平成21年8月20日

厚生労働大臣
舛添 要一 殿

食品安全委員会

委員長 小泉 直子



食品健康影響評価の結果の通知について

平成21年2月9日付け厚生労働省発食安第0209014号をもって貴省から当委員会に意見を求められた米のカドミウムの成分規格改正に係る食品健康影響評価の結果は下記のとおりですので、食品安全基本法(平成15年法律第48号)第23条第2項の規定に基づき通知します。

なお、食品健康影響評価の詳細は別添のとおりです。

記

カドミウムの耐容週間摂取量を7 µg/kg 体重/週とする。

参考資料3

汚染物質評価書

カドミウム

(第2版)

2009年8月
食品安全委員会

目次

＜審議の経緯＞	4	6.2.3.1 骨への影響に関する知見	30
＜食品安全委員会委員名簿＞	5	6.2.3.2 骨・カルシウム代謝異常とその診断法	32
＜食品安全委員会汚染物質専門調査会専門委員名簿＞	5	6.2.4 呼吸器への影響	32
＜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＞	6	6.2.4.1 上気道	32
＜これまでの経緯＞	6	6.2.4.2 下気道	32
要約	7	6.2.5 高血圧及び心血管系への影響	33
1. 物理、化学的特性	8	6.2.6 発がん	34
2. 探鉱、精練及び用途	8	6.2.7 生命予後	35
3. 分布と移動	8	6.2.8 神経・内分泌・生殖	36
3.1 自然界における存在と循環	8	7. これまでの国際機関等での評価	38
3.2 水系から土壌への堆積	8	7.1 IARC	38
3.3 土壌から植物への吸収	8	7.2 JECFA	38
3.4 水中及び地上生物への移行	9	7.3 WHO 飲料水水質ガイドライン値	39
4. ヒトへの曝露経路と曝露量	9	7.4 米国環境保護庁 (US EPA)	39
4.1 吸入曝露	9	7.4.1 経口参照用量 (RfD)	39
4.2 経口曝露	9	7.4.2 発がん性	39
4.2.1 飲料水からの曝露	9	7.5 欧州食品安全機関 (EFSA)	40
4.2.2 食品からの曝露	10	8. 食品健康影響評価	47
4.3 曝露量	13	8.1 有害性の確認	47
4.3.1 喫煙による曝露量	13	8.1.1 腎機能への影響	47
4.3.2 食品からの曝露量	13	8.1.2 呼吸器への影響	47
4.3.2.1 日本における非汚染地域の一般住民	13	8.1.3 カルシウム代謝及び骨への影響	47
4.3.2.2 日本における汚染地域の一般住民	15	8.1.4 発がん性	47
4.3.2.3 その他	15	8.1.5 高血圧及び心血管系への影響	48
5. ヒトにおける動態及び代謝	16	8.1.6 内分泌及び生殖器への影響	48
5.1 腸管からの吸収	16	8.1.7 神経系への影響	48
5.2 輸送	19	8.2 用量-反応評価	48
5.3 蓄積・分布	19	8.2.1 曝露指標	48
5.4 排泄	21	8.2.1.1 生物学的曝露指標	48
5.5 生物学的半減期	23	8.2.1.2 カドミウム摂取量	49
5.6 生物学的曝露指標	23	8.2.2 影響指標	49
5.7 マタロチオネイン (MT)	23	8.2.3 曝露指標と影響指標の関連	50
6. ヒトにおける有害性評価	24	8.2.3.1 尿中カドミウム排泄量を曝露指標とした疫学調査	50
6.1 急性影響	24	8.2.3.2 摂取量を曝露指標とした疫学調査	52
6.1.1 吸入曝露	24	8.2.3.3 JECFA による評価から推定した摂取量	54
6.1.2 経口摂取	24	8.2.3.4 耐容摂取量の設定	55
6.2 慢性影響	24	8.3 ハイリスクグループ	55
6.2.1 腎臓への影響	24	9. 結論	56
6.2.2 カドミウム土壌汚染地域住民における影響	26	10. まとめ及び今後の課題	56
6.2.2.1 近位尿管機能障害の診断基準	26	＜参考＞	57
6.2.2.2 近位尿管機能異常の検出とその予後	28	日本人の食品からのカドミウム曝露状況	57
6.2.2.3 近位尿管機能障害の検出方法及び診断基準	28	＜本評価書中で使用した略号＞	59
6.2.3 カルシウム代謝及び骨への影響	30	＜引用文献＞	60
		＜第2版関係 引用文献＞	72
		＜第1版関係 別添＞	73
		環境及び職業曝露等に関する臨床及び疫学研究の知見	73
		1. 環境曝露による健康影響	73

1.1	富山県婦中町	73
1.2	兵庫県生野	75
1.3	石川県榑川流域	76
1.4	秋田県小坂町	77
1.5	長崎県対馬	77
1.6	全国規模の研究	78
1.7	他の日本の研究	79
1.8	ベルギー、Cadmibel 研究	80
1.9	スウェーデン、OSCAR 研究	81
1.10	英国 Shiphams 地域	81
1.11	日ソ連	82
1.12	中国	82
1.13	米国	83
2.	職業曝露による健康影響	83
3.	その他の曝露による健康影響	84
	<別添引用文献>	86

<審議の経緯>

—第1版関係—		
2003年	7月 1日	厚生労働大臣より食品健康影響評価について要請(厚生労働省発食安第0701021号)、関係書類の接受
2003年	7月 18日	第3回食品安全委員会(要請事項説明)
2003年	10月 10日	第1回汚染物質専門調査会
2003年	12月 10日	第2回汚染物質専門調査会
2005年	12月 2日	第11回汚染物質専門調査会
2006年	3月 14日	第12回汚染物質専門調査会
2006年	7月 27日	第13回汚染物質専門調査会
2006年	10月 31日	第14回汚染物質専門調査会
2006年	12月 26日	第15回汚染物質専門調査会
2007年	1月 23日	第16回汚染物質専門調査会
2007年	7月 3日	第17回汚染物質専門調査会
2007年	10月 2日	第1回化学物質・汚染物質専門調査会
2007年	11月 28日	第1回化学物質・汚染物質専門調査会幹事会
2008年	1月 16日	第2回化学物質・汚染物質専門調査会幹事会
2008年	5月 13日	第3回化学物質・汚染物質専門調査会幹事会
2008年	5月 29日	第240回食品安全委員会(報告)
2008年	5月 29日	より2008年6月27日 国民からの御意見・情報の募集
2008年	7月 1日	化学物質・汚染物質専門調査会座長より食品安全委員会委員 長へ報告
2008年	7月 3日	第245回食品安全委員会(報告) (同日付で厚生労働大臣に通知)
—第2版関係—		
2009年	2月 9日	厚生労働大臣より食品安全基本法第24条第1項に基づき米 のカドミウムの成分規格改正に係る食品健康影響評価につ いて要請(厚生労働省発食安第0209014号)、関係書類の接 受
2009年	4月 7日	第1回化学物質・汚染物質専門調査会汚染物質部会
2009年	5月 28日	第2回化学物質・汚染物質専門調査会汚染物質部会
2009年	6月 11日	第5回化学物質・汚染物質専門調査会幹事会
2009年	6月 25日	第291回食品安全委員会(報告)
2009年	6月 25日	より2009年7月24日 国民からの御意見・情報の募集
2009年	8月 18日	化学物質・汚染物質専門調査会座長より食品安全委員会委員 長へ報告
2009年	8月 20日	第298回食品安全委員会(報告) (同日付で厚生労働大臣に通知)

<<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 (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
園藤陽子
大前和幸
香山不二雄
川村 孝 (座長)
佐藤 洋
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*
園藤吟史**
園藤陽子*
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7µg/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7µg/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2.5µg/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 8.65g/cm^3 (25°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管機能障害を指標とすることも適切である。

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^3 (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)。酸化したカドミウムは、大気中で速やかに酸化され、フェューム¹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²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、海底のリン鉱岩に 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、浸漑用水、液棄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

¹ フェューム：ガス状となった物質が空気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塵と呼ばれ、この粒子がフェュームに相当する。
² 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（文獻 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

水生生態系において、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（文獻 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（文獻 3 - 13）。例えば、ニュージーランドのカキにおいて、8mg/kg 強重量のカドミウムの蓄積が記録されている（文獻 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（文獻 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（文獻 3 - 16、3 - 17、3 - 18）。これらの水生生物は、摂食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ため、これらの植物中のカドミウム濃度を測定し、カドミウムの分布を示す地図を作成するために使われた（文獻 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ュ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ュームを吸入することともに、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している場合、地盤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（文獻 4 - 1）。韓国の金銀鉱山の廃坑の下落

³ 肝臓腫瘍や軟体動物の消化管の中腸部分に開口する巨嚢状の器官のことで、中間臓とも呼ばれる。カニのいわゆる蟹味噌やイカの墨などに用いられるワタなどがこれに相当する。

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

の農業用地の土壌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（文獻 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は、農林水産省（2002）が行った全国調査の結果（文獻 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（文獻 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（文獻 4 - 6、4 - 7）、カドミウムはほとんどの食材に含まれることが明らかになった（表 3）。

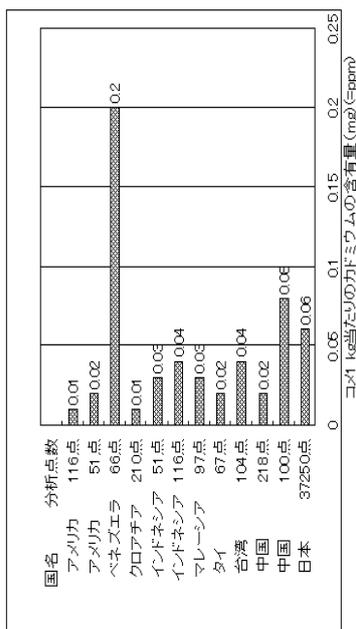
カドミウムで汚染された土地で育った農作物は通常のものと比較して高い濃度のカドミウムを含んでいる。英国の 3 汚染地域で育った野菜のカドミウム濃度を比較したところ、土壌のカドミウム濃度が著しく高い（Sliphram）で高い数値を示している（表 4）。主食となるジャガイモは 3 汚染地域で同様の数値を示し、これらは、表 2 及び表 3 の調査結果より約 5 倍高かった。

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	-
ブロンコリー	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
マイアヒ	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

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・シリアル	< 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		
ホウソウ	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		

^a Bucke et al. (1983) より引用 (文献 4-8)

^b Koivistoinen (1980) より引用 (文献 4-9)

^c Jorhem et al. (1984) より引用 (文献 4-10)

^d Andersen (1979) より引用 (文献 4-11)

^e 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)		最大値
		中央値	最小値	
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
ホウレン草	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	キャベツ	薬物野菜	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)。

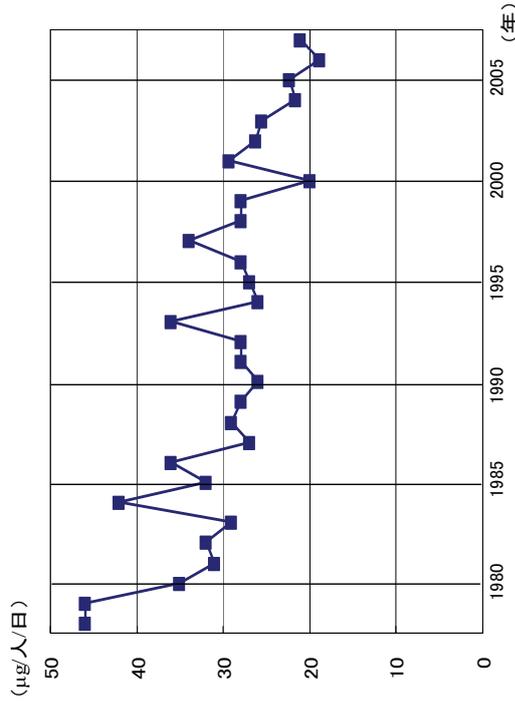
4.3.2 食品からの曝露量

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レクトスタッド法 (TDS法)⁵ 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

⁵ トータルダイエレクトスタッド法 (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量を算出する。これに特定の集団における食品群の平均的な消費量をもとに、化学物質の平均的な摂取量を推定する。マーケティングデータベース方式とも呼ばれる。

ムの摂取量は、1970年代後半に46µg/人/日であったが、それ以降、かなり減少してきており、2007年に21.1µg/人/日 (体重53.3kg⁶で2.8µg/kg体重/週) となっている。これは、1989年に開催された第33回FAO/WHO合同食品添加物専門家会議 (JECFA) で設定された暫定耐容週間摂取量 (PTWI)⁷ 7µg/kg体重/週である (図2)。また、14食品群からのカドミウム摂取量の割合は、米類由来の摂取が37.2%、野菜・海藻類16.6%、魚介類16.1%、雑穀・芋類12.9%、その他17.2%である (文献4-20, 4-21)。



※ 日本におけるトータルダイエレクト調査 (文献4-20) 及び食品中の有害物質等の摂取量の調査及び評価に関する研究 (文献4-21) より引用

図2 食品からのカドミウム摂取量の推移

食品中のカドミウムは、1970年に食品衛生法の食品、添加物等の規格基準で「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」と定められているが、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いることから、実質的には0.4ppm未満の米のみが市場に流通している状況、すなわち、0.4ppm以上の米からのカドミウム曝露を受けない状況が維持されてきていると考えられる。独立行政法人国立環境研究所 (2004) は、平成7年から平成12年までの6年間の国民栄養調査による摂取量データと農林水産省の実態調査による食品別カドミウム濃度データから確率的曝露評価手法 (モンテカルロシ

⁶ 平成10年から平成12年度の国民栄養調査に基づく日本人の平均体重 (全員平均53.3kg、小児平均55.8kg、妊婦平均55.6kg)。
⁷ 暫定耐容週間摂取量 (Provisional Tolerable Weekly Intake) とは、現時点の最新の科学的知見に照らして、人が一生にわたって摂取しても健康に対する有害な影響が現れないと判断される用量を、体重1kg当たり、かつ1週間当たりの摂取量として表示した数値のことである。

表5 各国における食品中の一日あたりの平均カドミウム摂取量

国名	カブリック方法*	平均カドミウム摂取量(μg/日)	参考文献
一般的な地域			
ベルギー	D	15	Buchet et al. (1983)
フィンランド	M	13	Koivistoinen (1980)
日本	D	31	Yamagata & Iwashima (1975)
日本	D	48	Suzuki & Lu (1976)
日本	D	49	Ushio & Dognuehi (1977)
日本	D	35	Iwao (1977)
日本	M	49	Ohmoto & Sumiya (1981)
日本 (3地域の平均)	D	59	Iwao et al. (1981a)
日本	D	43.9 (男性) 37.0 (女性)	Watanabe et al. (1985)
ニュージーランド	D	21	Guthrie & Robinson (1977)
スウェーデン	D	10	Wester (1974)
スウェーデン	M	17	Kjellström (1977)
英国	M, D	10-20	Walters & Sherlock (1981)
米国	M	41	Mahaffey et al. (1975)
カドミウム土壌汚染地域			
日本	M	211-245	Japan Public Health Association (1970)
日本	D	180-391	"
日本 (3地域の平均)	D	136	Iwao et al. (1981a)
英国	M	36	Sherlock et al. (1983)
英国	D	29	Sherlock et al. (1983)
米国	D	33	Spencer et al. (1979)

* M - 食品サンプルを個々に分析 (TDS法)

D - 陰膳法

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

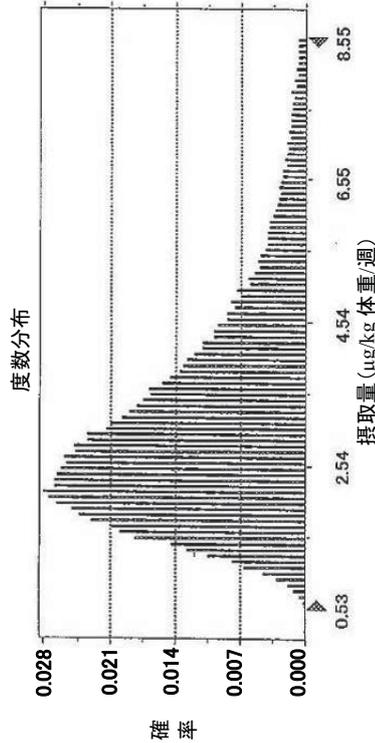
5. ヒトにおける動態及び代謝

5.1 腸管からの吸収

表6にヒトにおけるカドミウムの腸管吸収に関するポラテンティアを対象とした調査研究の一覧を示す。ポラテンティア調査研究の結果は、①カドミウムの放射性同位元素を経口投与後の体内残存率測定研究 (表6のタイプ欄にRと表示)、②摂取量と排泄量の収支 (バランス) に関する研究 (表6のタイプ欄にBと表示)、③腸管内での取り込み率の推定に関する研究 (表6のタイプ欄にUと表示)の3タイプに分類できる。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%程度を示しているが、放射性カドミウムの残存放射線量測定が経口投与から数週間以上を経て実施されており、その期間中のカドミウムの腸管への再排泄や尿中排泄を反映していないので、真の吸収率を過小評価している可能性が高いとの見方もある。

摂取量 (Cd-I) と排泄量の差を摂取量で除した収支研究によるバランス率 (以下、バランス率) は、摂取量と年齢に強く影響されている。図4に Horiguchiら (2004) (文献5-1) の図を示し、図5に表6に示した各報告の摂取量と年齢の代表値を用いた場合のバランス率を示した。バランス率は、年齢に依存して低下し、摂取量に依存して増加していることが明らかである。この2変数を説明変数とし、バランス率を

ミュレーション) を適用し、日本人のカドミウム摂取量分布⁸⁾の推計を行っている。この結果、現状の0.4ppm以上の米を流通させない場合におけるカドミウム摂取量は、算術平均値3.44μg/kg体重/週、中央値2.92μg/kg体重/週、95パーセンタイルで7.18μg/kg体重/週であると報告されている (図3) (文献4 - 22)。



※ 日本人のカドミウム曝露量推計に関する研究より引用 (文献4 - 22)

図3 日本人のカドミウム摂取量の分布

4.3.2.2 日本における汚染地域の一般住民

現在、国内でもっとも曝露が高いと考えられる地域で食品サンプルが収集され、TDS法⁹⁾で曝露量が算定された。同時に陰膳法¹⁰⁾による調査が行われた。TDS法で求められた結果は、平均値1.15 μg/kg 体重/日、すなわち7日間に換算して8 μg/kg 体重/週となり、JECFAのPTWIである7 μg/kg 体重/週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 体重/日となり、陰膳法がTDS法の約半分の結果を示していた。陰膳法では、個人の正確な曝露量を得ることが出来るが、特に魚介類や根菜類を摂取した場合に高い値を示すなど個人内の日間変動が顕立によって大きくなることから知られている (文献4 - 23)。

4.3.2.3 その他

ほとんどすべての国の一般的な地域における平均カドミウム摂取量は、JECFAのPTWI以下である (表5)。

⁸⁾ この摂取量分布は、計算上のものであり、分布図の右側部分は、統計学的に非常に顕著な差が大きく、非常に確率が低い場合も考慮されている領域である。したがって、実際にはPTWIを超える人は、ほとんどいないと考えるのが妥当である。

⁹⁾ ここでは、もっともカドミウム曝露が高い地域とそれに隣接する地域で食品13種から530サンプルを採取し、カドミウムの濃度の測定及び摂取量の推定を行って推定している。

¹⁰⁾ 陰膳法：調査対象者が食べた食事と全く同じものを1日の食事に含まれる化学物質の総量を測定することにより、調査対象者が食べた食品に由来する化学物質の摂取量を推定する。ここでは、もっと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、夕食及び朝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。

