

### 3 指定区域の指定に係る基準【法第5条第1項関係】

土壤汚染による健康リスクの管理を図るべき土地の基準（指定基準）のうち、地下水等の摂取によるリスクについては、本年1月に取りまとめられた中央環境審議会答申「今後の土壤環境保全対策の在り方について」において、「地下水等の摂取に係る健康影響を防止する観点からは、地下水等への溶出に着目して現行の土壤環境基準（溶出基準）が定められており、これを用いることとする。」とされたことから、地下水等の摂取によるリスクに係る基準（以下「土壤溶出基準」という。）は現行の土壤環境基準（溶出基準）とすることとする。

一方、直接摂取によるリスクについては、同答申において、「感受性の高い集団も念頭に置き、汚染土壤を通じた長期的な暴露を前提として、健康影響に係るリスクについて、何らかの管理が必要と考えられる濃度レベルとして設定する。」とされるとともに、昨年8月に取りまとめられた土壤含有量リスク評価検討会報告書「土壤の直接摂取によるリスク評価等について」（別添資料）において、「汚染土壤の直接摂取を通じた長期的な暴露による人の健康に対する有害物質のリスクについて、何らかのリスクの低減が必要と考えられる濃度レベル」として算定された「要措置レベル（以下「検討会算定値」という。）」を踏まえ、同答申において「『要措置レベル』を基に検討」することとされた。

以上のことを踏まえ、法第5条第1項の指定基準のうち、直接摂取によるリスクに係る基準（以下「土壤含有基準」という。）について、検討会算定値を基に「暴露される時期及びその期間」等の考え方に基づき個別物質毎に検討した場合の結果を整理した。

#### 3 - 1 個別物質毎に検討した場合の結果

##### （1）基本的考え方

###### 暴露される時期及びその期間

一生涯にわたって暴露（摂取）される総量が問題となる物質であるカドミウム以外については、体内での半減期が比較的短いことから、生涯にわたり当該物質への暴露量が常に一定量以下であることが望ましく、土壤摂取量の多い子供の期間においても達成されるようにすることが考えられる。

しかしながら、一方で、土壤摂取に伴う暴露評価については、暴露頻度の設定値（365日）、1日当たりの土壤摂取量（大人 100mg、子供 200mg）及び土壤中の対象物質の含有量の測定方法の中で安全率を見込んで既に設定又は今後設定することとしていることから、水道水質基準の設定に際して急性影響又は比較的短期的な影響を勘案して設定されている物質（六価クロム、ふっ素及びシアン）を除き、土壤含有基準は土壤摂取量の多い子供の期間に限定せず、人の平均的な飲料水の摂取量（2L）や1日当たりの土壤摂取量を用いて算定された検討会算定値と同じ値とする。

また、六価クロム、ふっ素及びシアンについては、上記の土壌摂取量の多い子供の期間においても達成されるようにする。

参考 1 : 各物質の半減期

### その他

年間に 1、2 回程度見られるといわれている幼児の非意図的な土壌の多量の摂食( 1 回に 10g 程度 ) に伴う急性影響が懸念される物質 ( 六価クロム、ふっ素及びシアン ) については、この急性影響の観点からも問題のない濃度レベルとなるよう考慮する。

参考 2 : 重金属等の致死量及び中毒濃度レベル

参考 3 : その他参考資料

## ( 2 ) 個別物質毎の検討結果

### 1 ) 水銀

我が国の水銀に係る水道水質基準については、1992 年に、疫学上の結果を基とすれば 0.001mg/L 以下であるが、水道水質基準の見直しに当たっては継続性を考慮して従来までの値どおり 0.0005mg/L 以下とされてきたものであることから、飲料水からの理論最大摂取量から算定する場合には、検討会算定値で用いた水道水質基準である 0.0005mg/L 以下ではなく、0.001mg/L 以下の値によることとする。

上記に基づき算定すると土壌含有基準は 15mg/kg 以下となる。

### 2 ) カドミウム

土壌含有基準は検討会算定値と同じ 150mg/kg 以下とする。

なお、現在、WHO 等において再評価がなされており、それら動向を踏まえ、今後、我が国の米の食品規格基準等が見直される可能性がある ( WHO 等 ( JECFA ) において、1993 年に PTWI として  $7 \mu\text{g/kg/週}$  と確認されているところである。 )

これにより、仮に我が国の関連するその他の基準等が見直されることとなった場合には、土壌含有基準についても必要に応じ再検討することとなる。

### 3 ) 鉛

土壌含有基準は検討会算定値と同じ 150mg/kg 以下とする。

なお、我が国における水道の水質基準については、既に本年 3 月に現行の 0.05mg/L 以下から 0.01mg/L 以下と変更するとされたところであり、来年 4 月より施行されることとなっている。

#### 4) 砒素

土壤含有基準は検討会算定値と同じ 150mg/kg 以下とする。

#### 5) 六価クロム

我が国の水道の水質基準は、1950 年にクロムの毒性について六価クロムの急性影響を考慮して吐き気等の症状が生じない濃度レベルに安全率を見込んで設定されたものであるが、その後の見直しを経て、1992 年においても、従来通り六価のものに着目し、従来通り 0.05mg/L 以下とされている。

このため、飲料水からの理論最大摂取量から算定する場合には、このような六価クロムの急性影響も勘案し、幼児期の土壤の摂食に伴う暴露量が飲料水からの理論最大摂取量と同程度となるよう算定する。

上記に基づき算定すると土壤含有基準は 250mg/kg 以下となる。

この濃度レベルであれば、年間 1、2 回程度見られるといわれている幼児の非意図的な土壤の多量の摂食（1 回に 10g 程度と推定）に伴う急性影響も問題がないと考えられる。

#### 6) ふっ素

我が国の水道の水質基準については、1992 年に、斑状歯発生予防の観点から 0.8mg/L 以下とすることとされている。

このため、斑状歯発生予防の観点から幼児期の土壤の摂食に伴う暴露量が飲料水からの理論最大摂取量と同程度となるよう算定する。

上記に基づき算定すると土壤含有基準は 4000mg/kg 以下となる。

この濃度レベルであれば、年間 1、2 回程度見られるといわれている幼児の非意図的な土壤の多量の摂食（1 回に 10g 程度と推定）に伴う急性影響も問題がないと考えられる。

#### 7) ほう素

土壤含有基準は検討会算定値と同じ 4000mg/kg 以下とする。

#### 8) セレン

土壤含有基準は検討会算定値と同じ 150mg/kg 以下とする。

## 9) シアン

我が国の水道水質基準はシアンの急性毒性も勘案して設定されており、飲料水からの理論最大摂取量から算定する場合には、このようなシアンの毒性を勘案し、土壌中の含有量の測定・評価は全シアンではなく遊離シアンとするとともに、幼児期の土壌の摂食に伴う暴露量が飲料水からの理論最大摂取量と同程度となるよう算定する。

この場合、我が国のシアンに係る水道水質基準については、1992年に、毒性試験の結果を基とすれば0.06mg/L以下と算出されるが、水道水質基準の見直しに当たっては継続性を考慮して従来までの値どおり0.01mg/L以下とされてきたものであることから、水道水質基準である0.01mg/L以下又は0.06mg/L以下とすることが考えられる。

各々の値に基づき算定すると土壌含有基準は遊離シアンとして、水道水質基準である0.01mg/L以下からは50mg/kg以下、0.06mg/L以下の値から300mg/kg以下となる。

この場合、遊離シアンとして50mg/kg以下であれば、年間1、2回程度見られるといわれている幼児の非意図的な土壌の多量の摂食(1回に10g程度と推定)に伴う急性影響も問題がないものと考えられる(300mg/kg以下では問題がないとは言えない。)

以上のことから土壌含有基準は遊離シアンとして50mg/kg以下となる。

### (3) 土壌中の対象物質の含有量の測定方法

土壌中の対象物質の含有量の測定方法については、土壌環境中での化合物の形態の変化及び土壌からの対象物質の体内での摂取の実態を考慮して、一定の安全性は見込むが完全分解による全量分析までは行わないような分析法とする。

具体的には、金属類の全量を測る方法として知られているアルカリ溶融法やふっ酸混酸分解法といった分解力の非常に強い方法を用いず、土壌環境中での化合物の形態の変化及び土壌からの対象物質の体内での摂取の実態の双方を考慮して別紙3-1のとおりとする。

#### 3-2 土壌含有基準について

以上のことから、土壌含有基準については、上記において検討会算定値を基に個別物質毎に検討した結果として算定される値とすることとする(別紙3-2)。

## 別紙 3 - 1 土壤含有基準に係る測定方法

指定基準のうち、土壤含有基準に係る測定方法の概要は以下のとおりとする。

### 1 試料

採取した土壤を風乾し、中小礫、木片等を除き、土塊、団粒を粗砕した後、非金属製の 2 mm の目のふるいを通過させて得た土壤とする。

### 2 抽出方法

#### ( 1 ) 水銀、六価クロム及びシアン以外の物質

1 N ( 規定 ) 塩酸により抽出する。

#### ( 2 ) 六価クロム及びシアン

六価クロム

水により抽出する。

シアン

弱酸性で蒸留抽出する。

#### ( 3 ) 水銀

無機水銀

1 N ( 規定 ) 塩酸により抽出する。

アルキル水銀による汚染のおそれがある場合のアルキル水銀  
アルカリ分解後、塩酸、トルエンにより抽出する。

### 3 その他の事項

#### ( 1 ) 抽出時の温度管理

室温 ( 25 ) とする ( シアンを除く。 )。

#### ( 2 ) 抽出時の固液比

1 N ( 規定 ) 塩酸により抽出する方法及び水により抽出する方法については、土壤 1  
に対して溶媒は 30 ~ 50 程度をベースに設定する。

### 4 測定に係るフロー図

図 1 ~ 3 のとおり ( 測定方法の詳細は上記 1 ~ 3 及び本図に基づいて環境大臣が定める。 )。

図 - 1 1 N塩酸抽出法(六価クロム、遊離シアンを除く)

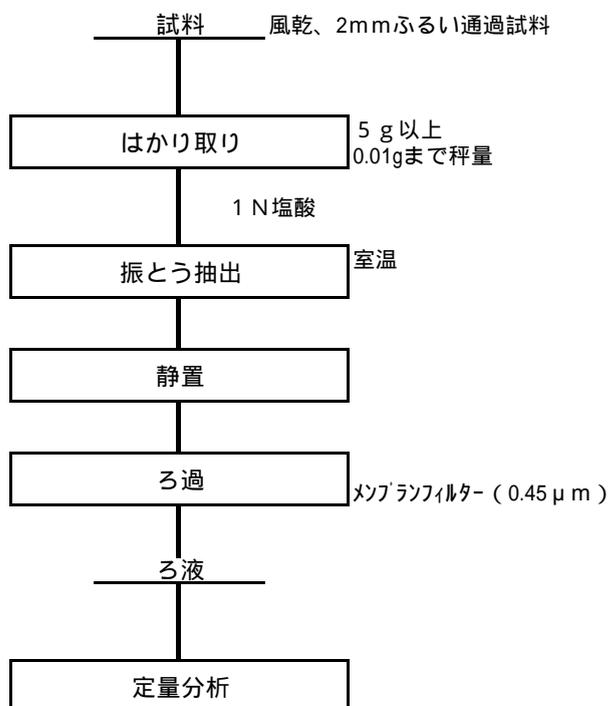


図 - 2 水抽出法 (六価クロム)

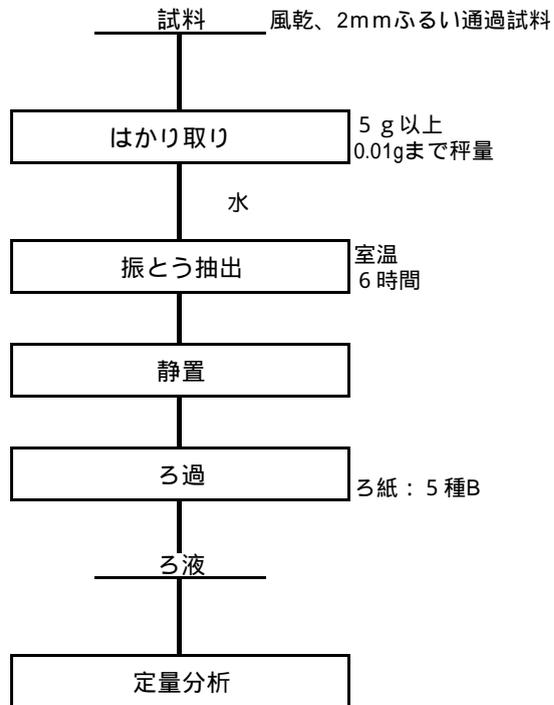
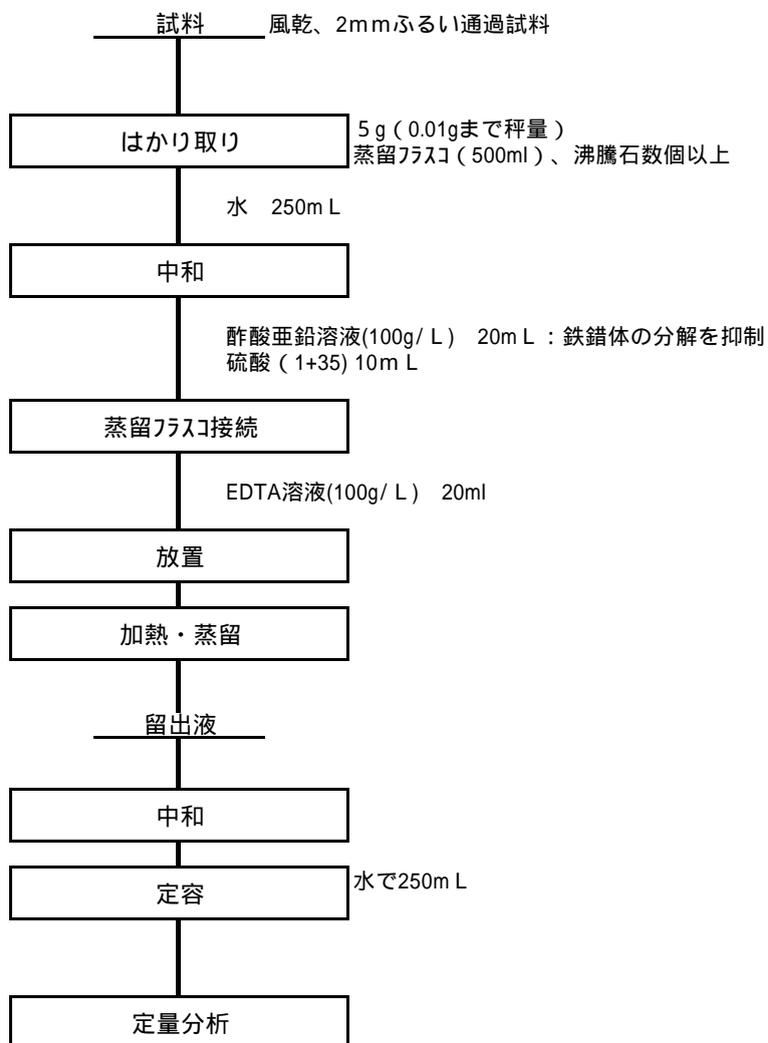


図 - 3 蒸留法 (遊離シアン)



### 別紙 3 - 2 土壤含有基準

	土壤含有基準 - 個別物質毎に検討した結果として算定された値 -		参 考  検討会算定値 (要措置レベル) (mg/kg)
	数 値  (mg/kg)	備 考  検討会算定値と異なる理由	
水 銀	1 5	水道水質基準の設定根拠による	9
カドミウム	1 5 0		暫定値 1 5 0
鉛	1 5 0		1 5 0
砒 素	1 5 0		1 5 0
六価クロム	2 5 0	水道水質基準の設定根拠を考慮	9 0 0
ふっ素	4 0 0 0	水道水質基準の設定根拠を考慮	1 0 0 0 0
ほう素	4 0 0 0		4 0 0 0
セレン	1 5 0		1 5 0
シアン	遊離シアンとして 5 0	水道水質基準の設定根拠を考慮するとともに、遊離シアンとして測定・評価	全シアンとして 3 5 0

## 各物質の半減期

表 各物質の半減期

	試験対象	形態	半減期	出典
総水銀（無機）	魚類	塩化第二水銀	90～140日	生物濃縮 環境科学特論 山県 登（編）産業図書
総水銀（有機）	ヒト	メチル水銀	70～74日	生物濃縮 環境科学特論 山県 登（編）産業図書
総水銀（有機）	魚類	塩化エチル水銀		生物濃縮 環境科学特論 山県 登（編）産業図書
	マウス	メチル水銀	6日	生物濃縮 環境科学特論 山県 登（編）産業図書
	ラット	メチル水銀	70～80日	生物濃縮 環境科学特論 山県 登（編）産業図書
	サル	メチル水銀	150日	生物濃縮 環境科学特論 山県 登（編）産業図書
カドミウム	ヒト	-	全身半減期 16年 腎皮質半減期 18～33年	金属とヒト エコトキシコロジーと臨床 和田 攻（著）朝倉書店
	サル	-	5年	金属とヒト エコトキシコロジーと臨床 和田 攻（著）朝倉書店
鉛	ヒト	-	10年（骨）	財団法人 労働科学研究所 <a href="http://www.isl.or.jp/topics-keyword/keyword4.html">http://www.isl.or.jp/topics-keyword/keyword4.html</a>
	ヒト	無機鉛	血中および軟部組織半減期 28～36日（骨はこれよりはるかに長い。）	化学物質の安全性評価 国連 I P C S 環境保健クライテリア抄訳 第3集 国立医薬品食品衛生研究所（編）化学工業日報社
砒素	ヒト	-	体内 40～60時間	Buchet JP, lauwery R, Roels H, 1981b: urinary excretion of inorganic arsenic and its metabolites after repeated ingestion of sodium metarsenite by volunteers. Int Arch Occup Environ Health 48:111-118.
六価クロム	ラット	-	35～40時間	ATSDR
ふっ素	ヒト	-	血液中半減期 3.3時間（尿と骨へ移行）	生物濃縮 環境科学特論 山県 登（編）産業図書
ほう素	ヒト	ほう酸	12時間	University hospital Medical Information Network より出典（東京大学）
セレン	ラット	-	1.7日	副島妙子ら（1996）ラットにおける亜セレン酸ナトリウム投与後の Se の尿中排泄, NMCC 共同利用研究成果報文集 (NMCC Annual Report), 68-72, 4 1996.
シアン化合物	ヒト	-	体内 20～60分間	Hartung, R. 1982. Cyanides and nitriles. In: Clayton GD, Clayton FE, eds. Patty's industrial hygiene and toxicology Vol C, 3rd ed New York. NY: John Wiley and sons 4845-4900

## 重金属等の致死量及び中毒濃度レベル



表 1 致死量から算出した土壌濃度レベル

	試験対象	値の定義	化合物形態	致死濃度 [mg/kg]	元素換算 致死濃度 [mg/kg]	土壌摂食量 (子供)[g]	体重 (子供)[kg]	安全係数 [-]	土壌濃度 レベル [mg/kg]	要措置 レベル [mg/kg]
水銀	ヒト	致死量	塩化水銀	10 ~ 42, 29 ~ 50	10	10	10	10	1000	9
カドミウム	ヒト	致死量	塩化カドミウム	1840, 25	25	10	10	10	2500	150
鉛	ヒト	LD <sub>Lo</sub>	形態不明	450 <sup>*1</sup>	450	10	10	10	45000	150
砒素	ヒト	致死量	As <sup>3+</sup>	22,98, 108,121	22	10	10	10	2200	150
六価クロム	ヒト	致死量	二クロム酸カリウム、 クロム酸	4.1, 7.5, 29	4.1	10	10	10	410	900
ふっ素	ヒト	致死量	ふっ化ナトリウム (ふっ化物)	41,50, 50-225, 66-83,75, 83-167	41	10	10	10	4,100	10,000
ほう素	ヒト	致死量	ほう酸	505, 765	505	10	10	10	50,500	4,000
セレン	-	-	-	-	-	10	10	10	-	150
シアン化合物	ヒト	致死量	シアン化合物	0.56, 1.52(平均)	0.56	10	10	10	56	350

出典：ATSDR Toxicological Profile (\*1 国立環境研究所 化学物質データベースより)

算出式：急性毒性値[mg/kg] / 10 = 土壌濃度レベル[mg/kg] × 10[g] / 10[kg]

注) 種差は考慮していない。

表2 中毒症状から算出した土壌濃度レベル

	試験対象	症状	化合物形態	元素換算 中毒量 [mg/kg]	土壌摂取量 (子供) [g]	体重 (子供) [kg]	安全係数 [-]	土壌濃度 レベル [mg/kg]	要措置レベル [mg/kg]
水銀	ヒト	急性腎不全、血尿、乏尿症	塩化水銀	30	10	10	10	3,000	9
カドミウム	ヒト	心室筋肉性振動、出血性胃腸炎	塩化カドミウム	25	10	10	10	2,500	150
鉛	-	-	-	-	-	-	-	-	150
砒素	ヒト	呼吸困難、肺出血と水腫、心室筋肉性振動、胃腸潰瘍等	As( )	121	10	10	10	12,100	150
	ヒト	頻脈、嘔吐と下痢	As( )	19				1,900	
	ヒト	出血性気管支炎、肺腫、急性腎不全等	As( )	8				800	
	ヒト	嘔吐と下痢	As( )	13				1,300	
	ヒト	呼吸困難等	As( )	22				2,200	
	ヒト	速脈、腹痛、嘔吐等	As( )	6				600	
六価クロム	ヒト	肺充血、心臓停止、腸出血	クロム酸カリウム	29	10	10	10	2,900	900
	ヒト	肝壊死、腸出血等	クロム酸カリウム	7.5				750	
	ヒト	腸出血等	CrO <sub>3</sub> ( )	4.1				410	
ふっ素	-	-	-	-	-	-	-	-	10,000
ほう素	ヒト(3~5日)	呼吸器官充血、肝臓異常等	ほう酸	505	10	10	10	50,500	4,000
	ヒト(3~5日)	腎臓異常	ほう酸	765				76,500	
セレン*	ヒト (2ヶ月3週間)	脱毛、爪に白い縞ができる、吐き気、嘔吐、すっぱい牛乳のような息	セレン補助剤 (主にセレン酸ナトリウム)	35	10	10	10	3,500	150
シアン	ヒト	呼吸異常、心臓肥大、昏睡等	シアン化カリウム	15	10	10	10	1,500	350

出典：Toxicological Profile, ATSDR

算出式：急性毒性値[mg/kg] / 10 = 土壌濃度レベル[mg/kg] × 10[g] / 10[kg]

注) 種差は考慮していない。

## その他参考資料

## 諸外国における土壌摂食量

## 1 目的

諸外国がリスク評価に用いた土壤摂取量に関する情報を収集し、日本のダイオキシン土壤環境基準設定時に使用した土壤摂取量の妥当性を検証する。

## 2 土壤摂取量デフォルト値

### 諸外国における土壤摂取量

イギリス、アメリカ、ドイツ及びオランダの代表的な4モデルに使われている土壤摂取量を1 - 1に示した。また、4モデル及び日本の土壤摂取量設定の根拠となった文献を表1 - 2にまとめた。

表1 - 1をみると、諸外国における土壤摂取量は、平均値あるいは中央値から設定しており、大人10~60mg/day、子供60~123 mg/dayであった。一方、日本は大人100mg/day、子供200mg/dayであり、諸外国の文献を元に安全側にたって設定しており、95パーセンタイル値付近の値を用いている。また、表1 - 2をみると、日本の設定根拠となった文献は、4モデルのうちイギリス、オランダ、アメリカのモデルの設定根拠となった文献をほぼ網羅していることがわかる。

日本の設定値と諸外国モデルに使用されている土壤摂取量が異なっているのは、日本の設定値は安全側にたち、95パーセンタイル値付近で設定しているが、諸外国は中央値、平均値を設定値としているためである。アメリカ、オランダでは安全側の評価を行うときに使用する土壤摂取量として、95パーセンタイル値である400mg/dayと200mg/dayを挙げている。

また、土壤中のダイオキシン類に関する検討会第一次報告以降の土壤摂取量に関する文献を調査したところ、新たな知見は得られなかった。

上記の4モデル以外に、アメリカ、ドイツの土壤浄化基準等設定時に使用するモデルの土壤摂取量デフォルト値を表1 - 3に示した。アメリカでのデフォルト値は大人100 mg/day、子供200 mg/day<sup>4),5)</sup>(最大摂取量は600 mg/day)、ドイツでは子供500 mg/day<sup>6)</sup>であった。

### 日本における土壤摂取量

環境省が平成12年度に行った土壤摂取量調査結果によると、Al、Ti、Yの3つのトレーサーによる95パーセンタイル値は、大人140mg/day(86.4~200.4mg/day)、子供166mg/day(52.5~271.9mg/day)であった<sup>8)</sup>。

## 3 結論

諸外国の土壤摂取量調査では、中央値あるいは平均値をとった場合、その土壤摂取量は、日本に採用されている土壤摂取量より低い。安全側にたって、95パーセンタイル値付近での土壤摂取量を見た場合、日本が採用している土壤摂取量(大人100mg/day、子供200mg/day)は妥当なものであると考えられる。

表 1 1 各モデルにおける土壌摂食量デフォルト値<sup>1),2),3)</sup>

モデル名	モデル作成国	設定経緯	対象年齢		土壌摂食量 [mg/day]		暴露期間 [day/year]		年平均土壌摂食量 [mg/day]	
			大人	子供	大人	子供	大人	子供	大人	子供
CLEA	イギリス	1998年設定	7歳以上	1~6歳	60	80 (5000)	365	365 (15)	60	80 (114)
CaITOX	アメリカ	1993年設定	15~70歳	0~15歳	10	60	365	365	10	60
		1997年再評価	-	-	50	100 400*	365	365	50	100
UMS	ドイツ	1997年設定	9歳以上	1~3歳 4~8歳	30	250 150	190	180 180	16	123 74
CSOIL	オランダ	1994年設定	7~70歳	1~6歳	50	150	365	365	50	150
		2001年再評価	7~70歳	1~6歳	50	100 200*	365	365	50	100
	日本	土壌中のダイオキシン類に関する検討会第一次報告	-	-	100	200	365	365	100	200

()内は故意摂食。5g/日で算出。

\*：安全側の評価を行うときに使用する土壌摂食量（95%値）。



表 1 3 土壤基準設定モデルのデフォルト値

国名	機関名(年)	土壤摂食量 [mg/day]		モデルの位置付け	出典
		大人	子供		
アメリカ	U.S.EPA(1991)	100	200	スーパーファンド法での各サイトにおける暫定修復目標参考値設定の参考値を算出するモデル	4)
	U.S.EPA(1996)	100	200	スーパーファンド法での NPL サイトにおける詳細調査実施の要否を判断する土壤中濃度を算出するモデル	5)
	U.S.EPA(2000)		100 600*	土壤中からのダイオキシン暴露量推定モデル	6)
ドイツ	BMU(1999)		500	土壤保全法のスクリーニングレベル設定に使用するモデル	7)

\*:最大摂取量

参考資料 諸外国の土壤汚染暴露モデルにおける土壤摂食量デフォルト値の検討について

a. CSOIL<sup>2)</sup>

a-1 設定時のデフォルト値

デフォルト値

小児の土壤摂食量：150 mg/day

大人の土壤摂食量：50 mg/day

表 1 - 1 摂食量設定の根拠になった論文 (Hawley, 1985)<sup>3)</sup>

対象	暴露状況	暴露媒体	暴露量 (mg/day)	暴露期間 (day/year)	土壤含有量	年平均土 壤摂食量 (mg/day)
子供 (2.5歳)	屋外(夏)	土壤	250	130	1	90
	室内(夏)	土壤粒子	50	182	0.8	20
	室内(冬)	土壤粒子	100	182	0.8	40
	合計					150
大人	屋上での仕事(年間)	土壤粒子	110	12	0.8	3
	室内での仕事(年間)	土壤粒子	0.56	365	0.8	0.5
	屋外での仕事(夏)	土壤	480	43	1	57
	合計					60.5

年平均土壤摂食量：(250 mg/day × 130 day/year) / 365 day/year = 89.04 mg/day

a-2 再評価時の摂食量

初期の設定値は物理化学的なデータによって決定したため、トレーサー法を用いた以下の文献を考慮することにより、より信頼性の高いパラメーターを設置するために行った。

CSOILは、庭のある家を暴露シナリオとしており、通常の状態の暴露を考えている。しかし、リスクアセスメントの観点では、90%値、95%値を使用するのがよいと思われる。

デフォルト値(変更なし)

小児の土壤摂食量：150 mg/day

大人の土壤摂食量：50 mg/day

小児の土壤摂食量の求め方

ア. 参考論文：8件

イ. トレーサ法による摂食量は平均値で 61 - 179mg/day、この平均は 102mg/day、90%値による摂食量は 150 mg/day、95%値による摂食量は 200mg/day。

ウ. 100mg/day が妥当であるが、リスク評価の観点からワーストケースを考慮し、90%と95%値による摂食量はそれぞれ 150 と 200mg/day を選択する。

表 1 - 2 再評価に使用した論文(子供)

著者名	年	摂食量(mg/day)					その他	
		平均	中央値	90%値	95%値	幾何平均値	被験者の数 (人)	方法 (トレーサー)
Binder et.al.	1986	<b>108</b>	<b>88</b>		<b>386</b>	<b>65</b>	59	LTM
Clausing et.al.	1987	<b>105</b>	<b>82</b>	<b>162</b>	<b>201</b>	<b>90</b>	18	LTM
		<b>49</b>	<b>48</b>	75	79	45	入院患者	LTM
Calabrese et.al.	1989	<b>131</b>	<b>26</b>		<b>202</b>		64	Al,Si,Yの平均
Davis et.al.	1990	<b>61</b>	<b>42</b>				101	Al,Siの平均
Van Wijnen et.al.	1990	<b>162</b>	<b>114</b>			<b>111</b>	166	LTM
		<b>93</b>	110			<b>74</b>	入院患者 15	
Stanek & Calabrese	1995	<b>179</b>	<b>45</b>	<b>186</b>	<b>208</b>		64	Al,Siの合計
Stanek & Calabrese	1995	<b>113</b>	37	<b>194</b>	<b>249</b>			Al,Si,Tiの中央値
		<b>104</b>	<b>37</b>	<b>156</b>	<b>217</b>		229	Al,Si,Y,Zrの中央値
Calabrese et.al.	1997	7	1	73	160		64	Al,Si,Y,Zrの中央値
平均		<b>102</b>	<b>42</b>	<b>150</b>	<b>230</b>	<b>49</b>		

LTM(limiting tracer method) : 3種類の元素 ( Al,Si,酸不溶残留物 ) の排泄物と土壌中存在量を測定する方法。

摂取量、摂取期間等に幅はあるが、以上の文献は、庭のある住宅におけるデータであり、このモデルの暴露シナリオに適していることから、これらのデータを平均したものが1日の摂食量として適合している。

また、近年のリスクアセスメントのデータは、イギリスで 114mg/day、ドイツで 123mg/day、アメリカで 100mg/day であることから、以下のように結論付けた。

- ・庭のある家に住む子供の最適なデフォルト値は 100mg/day である。
- ・文献値にばらつきがあるため、中央値 100mg/day と 90%値の 150mg/day の中間である 125mg/day が使用されてきたが、最悪の場合を想定すると 90%値や 95%値である 150、200mg/day を選択するのが妥当であると思われる。

#### 大人の土壌摂食量の求め方

ア．参考論文：2件

イ．事例 1 ( Calabrese et al,1990 ) でトレーサ法による平均摂食量は 39mg/day。

事例 2 ( Stanek et al. 1997 ) でトレーサ法による平均摂食量は 53mg/day。

ウ．現行の摂食量 50mg/day は次の理由で、妥当であるとした。

- ・上述の両研究事例の範囲内 ( 39 - 53mg/day ) であること ( Stanek らの研究で 90%値による摂食量が 200mg/day であるが、不確実性が大きい ) 。
- ・UK、ドイツ、US の平均摂食量がそれぞれ 60,50,16mg/day であること。

表 1 - 3 再評価に使用した論文(大人)

著者名	年	摂食量(mg/day)					その他	
		平均	中央値	90%値	95%値	幾何平均値	被験者の数 (人)	方法 (トレーサー)
Calabrese et.al.	1990	<b>38</b>	<b>29</b>				6	Al,Si,Y,Zr の中央値
		<b>39</b>	<b>30</b>					Al,Si,Y,Zr の平均
Stanek et.al.	1997	<b>6</b>	<b>-11</b>	<b>201</b>	<b>331</b>		10	4W ave
		<u>67</u>	-14	384	620			1W
		<u>44</u>	18	210	376			2W
		<u>49</u>	-5	269	285			3W
		<u>-137</u>	-143	21	100			4W

下線部の平均は 53mg/day。

Stanek らのデータの平均値は 6mg/day となっているが、第 4 週の結果は他の週のデータとかなり異なっているため除外して考えると平均値は 53mg/day となる。以上の 2 文献を考慮すると摂食量は 40 ~ 50mg/day となり、これが妥当な結果であると思われる。また、90%値である 200mg/day は実質的な値ではない。

また、近年のリスクアセスメントのデータは、イギリスで 60mg/day、ドイツで 16mg/day、アメリカで 50mg/day であることから、以下のように結論付けた。

- ・今までの設定値である 50mg/day を採用する。

b. CalTOX<sup>2) 3)</sup>

b-1 設定時のデフォルト値

デフォルト値

小児の土壌摂食量：60mg/day

大人の土壌摂食量：10 mg/day

b-2 再評価時の摂食量（モデルにはまだ使用されていない）

デフォルト値

小児の土壌摂食量：100 mg/day

大人の土壌摂食量：50 mg/day

小児の土壌摂食量の求め方

ア．参考論文：7件

イ．トレーサ法による摂食量は中間値が 39 - 271mg/day、平均は 146mg/day（土壌摂食のみ）、191mg/day（土壌 + 土壌粒子摂食）、95%値による摂食量は 106 ~ 1432mg/day、平均は 383mg/day（土壌摂食のみ）、587mg/day（土壌 + 土壌粒子摂食）

ウ．トレーサーとしてチタンを使用している文献 5 件のうち、異色児を含めていない文献 4 件の中央値の平均は 100mg/day。

以上のデータより、中間値による摂食量 100mg/day を選択した。

大人の土壌摂食量の求め方

ア．参考研究事例：3例

イ．事例 1（Hawley,1985）による摂食量は 60.5mg/day。

事例 2（Krablin,1989）による摂食量は 10mg/day。

事例 3（Stanek et al.1990）のトレーサーによる摂食量は 30 ~ 100mg/day。

ウ．以上から工業地では 50mg/day、住居、農地では 100mg/day とした。

以上から不確実性は高いが 3 文献の中間値である 50mg/day が妥当である。

【参考文献】

- 1) RIVM Evaluation and revision of the CSOIL parameter set, RIVM report 711701 021 (2001)
- 2) RIVM Evaluation of model concepts on human exposure, report 711701 022 (2001)
- 3) US-EPA Exposure Factors Handbook(1997)
- 4) US-EPA Risk Assessment Guidance for Superfund: Volume 1- Human Health Evaluation Manual (Part B, Development of Risk-based Preliminary Remediation Goals)(1991)
- 5) US-EPA Soil Screening Guidance :User's Guide(1996)
- 6) US-EPA Exposure and Human Health Reassessment of 2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-p-Dioxin(TCDD) and Related Compound Part 1: Estimating Exposure to Dioxin-Like Compounds Volume 4:Site-Specific Assessment Procedures(2000)
- 7) BMU Promulgation of Methods and Standards for Derivation of Test Thresholds and Measures Thresholds pursuant to the Federal Ordinance on Soil Protection and Contaminated Sites(1999)
- 8) 環境省 平成 12 年度土壌摂食量調査 (平成 13 年)

## 平成 12 年度土壤摂食量調査報告書（抜粋版）

## 5 . 土壌摂取量の検討

### 5 - 1 実際に回収された食物及び大便試料を用いた土壌摂取量の検討

土壌摂取量の検討を行うにあたり、A , B 両地区の成人及び幼児併せて 66 名の全通常摂取試験の被験者について、下記の事項を整理して、表 5-1-1(1) ~ (4)にまとめた。

試料中の各元素総量

試料重量：実際に回収された 1 週間分の食物及び大便の調整試料重量

灰化重量：乾燥・灰化处理によって得られた、実際に回収された 1 週間分の食物及び大便の灰化全重量

各元素総量：各被験者の食物及び大便の灰化試料重量と灰化試料中の各元素濃度から算出された各元素の総量（元素濃度が定量下限値未満であった試料については、定量下限値を用いて算出し、頭に「<」を付して表示した。）

土壌摂取量

各元素毎に、下記の計算式で算出した土壌摂取量 (mg/day)

(大便中元素総量(μg) - 食物中元素総量(μg))

/ A , B 両地区毎の土壌中各元素の平均濃度(μg/g) / 7 (day) × 1000

(食物試料中の濃度が定量下限値未満の元素については空欄とする。)

備考

食物及び大便試料の回収状況、薬品の服用状況について要約した。

食物の回収状況については下記のような表現とした。

陰少：「陰膳」の量が摂取した食物量より少なかった品目数

陰無：「陰膳」の提供されなかった品目数

表 5-1-2 は、66 名の全被験者を対象として算出した各元素毎の土壌摂取量を両地区の成人、幼児別に総括して示したものである。試料によって定量下限値未満となった元素については算出対象から省いている。また、B 地区成人の 1 名は調査期間中排泄が無く算出不能であった。

表 5-1-1(1) 土壤摂取量検討資料総括表

A地区	各元素総量										備考	
	試料重量 (g)	灰化重量 (g)	Si (μg)	Al (μg)	Ti (μg)	Y (μg)	Zr (μg)	U (μg)	Hf (μg)	Sc (μg)		
成人 1-	食物	8090	59.17	79900	22300	189	6.98	29.6	2.63	< 1.2	< 27	食事 7 日目 1 品目分不足 (陰無し) 薬品服用無し 全大便回収
	大便	484	11.85	41900	29400	434	8.90	21.3	2.44	0.62	< 5.5	
	土壤摂取量(mg/day)			-23.0	15.9	9.3	24.9	-19.5	-31.9			
成人 2-	食物	9500	65.18	111000	20300	424	4.56	21.5	3.81	< 1.3	< 30	食事全 6 品目分不足 (全陰無し) 薬品服用 1 回、提供有り 大便 7 日目 1 回分不足
	大便	2018	26.14	1210000	42100	13000	8.57	51.0	10.5	1.1	< 12	
	土壤摂取量(mg/day)			665.3	48.8	475.3	52.1	69.3	1121.7			
成人 3-	食物	12170	81.95	149000	55600	623	11.0	29.5	8.44	< 1.6	< 38	食事全 2 品目分不足 (全陰無し) 薬品服用 1 回、提供無し 全大便回収
	大便	834	16.83	75600	51200	1450	12.4	13.3	9.26	< 0.34	< 7.7	
	土壤摂取量(mg/day)			-44.4	-9.9	31.3	18.2	-38.1	137.5			
成人 4-	食物	12430	82.92	126000	15900	431	< 4.81	< 21.6	4.51	< 1.7	< 38	食事全 20 品目分不足 (全陰少) 薬品服用無し 大便 4 日目 1 回分不足
	大便	1231	20.20	88500	28500	7250	3.33	18.4	4.52	0.48	< 9.3	
	土壤摂取量(mg/day)			-22.7	28.2	257.7			1.7			
成人 5-	食物	16970	60.26	178000	25000	4540	3.56	< 15.7	2.65	< 1.2	< 28	食事全 1 9 品目分不足 (陰少14、陰無し5) 薬品服用 6 回、提供有り 大便 6 日目 7 日目 2 回分不足
	大便	1041	12.92	73800	49500	6650	13.7	6.46	4.55	< 0.26	< 5.9	
	土壤摂取量(mg/day)			-63.1	54.9	79.7	131.7		318.6			
成人 6-	食物	7940	77.69	109000	34900	482	< 4.51	< 20.2	6.54	< 1.6	< 36	食事全 4 品目分不足 (陰少3、陰無し1) 薬品服用無し 大便 4 日目 6 日目 2 回分不足
	大便	396	11.41	49900	20000	695	5.45	9.01	3.93	0.26	< 5.2	
	土壤摂取量(mg/day)			-35.8	-33.4	8.0			-437.6			
成人 7-	食物	12420	108.92	134000	51000	251	< 6.32	< 28.3	2.10	< 2.2	< 50	食事全 24 品目分不足 (陰少23、陰無し1) 薬品服用無し 全大便回収
	大便	1225	15.28	58700	46000	1480	6.85	6.26	3.41	< 0.31	< 7.0	
	土壤摂取量(mg/day)			-45.6	-11.2	46.4			219.7			
成人 8-	食物	13640	106.19	175000	39500	382	< 6.16	< 27.6	1.16	< 2.1	< 49	食事全 4 品目分不足 (全陰少) 薬品服用 33 回、提供無し 全大便回収
	大便	818	17.60	176000	42100	40700	17.6	19.2	5.12	0.63	< 8.1	
	土壤摂取量(mg/day)			0.6	5.8	1523.7			664.0			
成人 9-	食物	17280	152.25	260000	31800	974	< 8.83	48.7	2.50	< 3.0	< 70	食事全 8 品目分不足 (全陰無し) 薬品服用 1 回、提供有り 全大便回収
	大便	1610	31.24	102000	30700	872	17.2	23.4	5.25	< 0.62	< 14	
	土壤摂取量(mg/day)			-95.6	-2.5	-3.9			-59.4	461.1		
成人 10-	食物	8590	68.96	99300	11000	234	4.14	< 17.9	2.67	< 1.4	< 32	食事全 44 品目分不足 (陰少38、陰無し5) 薬品服用無し 大便 5 日目 7 日目 2 回分不足
	大便	410	8.66	32600	11300	577	3.44	8.23	3.65	< 0.17	< 4.0	
	土壤摂取量(mg/day)			-40.4	0.7	13.0	-9.1		164.3			
成人 11-	食物	10200	73.06	110000	9720	307	< 4.24	< 19.0	2.52	< 1.5	< 34	全食事回収 薬品服用無し 全大便回収
	大便	286	13.18	54200	14400	1330	6.52	11.3	3.44	< 0.26	< 6.1	
	土壤摂取量(mg/day)			-33.8	10.5	38.7			154.3			
成人 12-	食物	12320	88.04	136000	50900	546	13.4	81.9	5.03	< 1.8	< 40	食事全 8 品目分不足 (陰少2、陰無し6) 薬品服用 1 回、提供有り 全大便回収
	大便	1100	21.07	569000	33900	2470	14.6	41.9	7.40	1.0	< 9.7	
	土壤摂取量(mg/day)			262.1	-38.1	72.7	15.6	-94.0	397.4			
成人 13-	食物	16060	77.88	172000	50500	2090	11.8	< 20.2	4.03	< 1.6	< 36	食事全 20 品目分不足 (陰少12、陰無し8) 薬品服用 1 回、0.5 回分提供無し 全大便回収
	大便	750	10.15	53200	56700	1170	6.30	7.61	2.87	< 0.20	< 4.7	
	土壤摂取量(mg/day)			-71.9	13.9	-34.8	-71.4		-194.5			
成人 14-	食物	11020	74.14	128000	32600	549	5.78	36.3	2.26	< 1.5	< 34	食事全 3 品目分不足 (全陰無し) 薬品服用無し 全大便回収
	大便	858	24.59	81600	31700	4350	18.7	15.5	5.19	< 0.49	< 11	
	土壤摂取量(mg/day)			-28.1	-2.0	143.7	167.8	-48.9	491.3			
成人 15-	食物	14040	83.94	161000	28000	5130	6.55	< 21.8	1.55	< 1.7	< 39	食事全 8 品目分不足 (全陰無し) 薬品服用 1 回、提供有り 大便 6 日目 1 回分不足
	大便	580	27.92	97700	70400	7150	13.0	16.8	5.17	< 0.56	< 13	
	土壤摂取量(mg/day)			-38.3	94.9	76.3	83.8		607.0			
成人 16-	食物	11120	77.99	121000	16400	640	8.50	28.1	2.32	< 1.6	< 36	食事全 24 品目分不足 (陰少13、陰無し11) 薬品服用 36 回、提供無し 大便 6 日目 1 回分不足
	大便	408	6.72	255000	19600	43900	15.3	73.9	3.73	1.47	< 3.1	
	土壤摂取量(mg/day)			81.1	7.2	1634.9	88.3	107.6	236.4			
成人 17-	食物	10280	72.99	119000	9490	336	< 4.23	< 19.0	10.9	< 1.5	< 34	食事全 32 品目分不足 (陰少25、陰無し6) 薬品服用無し 全大便回収
	大便	1040	16.75	93500	38700	1940	19.8	15.2	8.93	0.34	< 7.7	
	土壤摂取量(mg/day)			-15.4	65.4	60.6			-330.3			
成人 18-	食物	10640	79.68	97200	38200	319	< 4.62	< 20.7	4.82	< 1.6	< 37	食事全 7 品目分不足 (全陰少) 薬品服用無し 大便 7 日目 1 回分不足
	大便	622	13.90	59200	44100	1300	29.7	19.2	4.73	0.88	< 6.4	
	土壤摂取量(mg/day)			-23.0	13.2	37.1			-15.1			
成人 19-	食物	14480	144.17	176000	< 13400	375	< 8.36	< 37.5	6.85	< 2.9	< 66	食事全 2 品目分不足 (陰少1、陰無し1) 薬品服用 2 回、提供有り 全大便回収
	大便	526	22.80	114000	44200	2420	23.7	39.4	6.82	0.89	< 10	
	土壤摂取量(mg/day)			-37.5		77.3			-5.0			

表 5-1-1(2) 土壤摂取量検討資料総括表

A地区	各元素総量										備考	
	試料重量 (g)	灰化重量 (g)	Si (μg)	Al (μg)	Ti (μg)	Y (μg)	Zr (μg)	U (μg)	Hf (μg)	Sc (μg)		
幼児 1-	食物	5300	64.97	68200	28300	572	17.6	24.0	3.70	< 1.3	< 30	食事全6品目分不足(全陰無し) 薬品服用36回、提供無し 全大便回収
	大便	438	13.55	49900	20500	436	25.2	33.1	3.13	0.77	< 6.2	
	土壤摂取量(mg/day)			-11.1	-17.5	-5.1	98.7	21.4	-95.6			
幼児 2-	食物	5940	48.77	78000	26000	444	3.41	20.5	8.10	< 0.98	< 22	食事全9品目分不足(全陰無し) 薬品服用無し 大便5日9回分不足
	大便	250	6.73	36700	12300	1610	7.74	3.90	2.60	< 0.13	< 3.1	
	土壤摂取量(mg/day)			-25.0	-30.7	44.1	56.2	-39.0	-922.2			
幼児 3-	食物	6870	44.15	120000	19400	322	3.75	< 11.5	1.57	< 0.88	< 20	食事全3品目分不足(陰少1、陰無し2) 薬品服用9回、提供無し 全大便回収
	大便	206	5.49	58200	19500	416	8.34	8.29	2.07	0.22	< 2.5	
	土壤摂取量(mg/day)			-37.4	0.2	3.6	59.6		83.8			
幼児 4-	食物	10500	121.58	105000	12500	2950	< 7.05	< 31.6	4.43	< 24	< 56	食事全10品目分不足(陰少9、陰無し1) 薬品服用24回、20回分提供無し 全大便回収
	大便	846	21.89	71100	19900	19400	8.65	15.8	5.21	0.44	< 10	
	土壤摂取量(mg/day)			-20.5	16.6	621.7		130.8				
幼児 5-	食物	5960	31.33	63000	12400	185	< 1.82	< 8.15	0.714	< 0.63	< 14	食事全28品目分不足(陰少26、陰無し2) 薬品服用1回、提供有り 全大便回収
	大便	156	4.91	48100	14300	1850	6.28	9.08	1.49	0.27	< 2.3	
	土壤摂取量(mg/day)			-9.0	4.3	62.9		130.1				
幼児 6-	食物	6780	51.59	103000	5420	253	< 2.99	< 13.4	3.06	< 1.0	< 24	食事全2品目分不足(陰少1、陰無し1) 薬品服用無し 大便4日目6日目2回分不足
	大便	566	10.36	69900	17000	487	8.82	22.8	4.05	0.44	< 4.8	
	土壤摂取量(mg/day)			-20.0	25.9	8.8			166.0			
幼児 7-	食物	6270	55.54	74400	13800	128	< 3.22	< 14.4	1.55	< 1.1	< 26	食事全30品目分不足(陰少28、陰無し1) 薬品服用6回、3回分提供無し 大便5日目1回分不足
	大便	336	9.56	40700	20600	629	7.76	3.25	3.13	< 0.19	< 4.4	
	土壤摂取量(mg/day)			-20.4	15.2	18.6			264.9			
幼児 8-	食物	7320	42.95	105000	39900	258	3.56	< 11.2	0.928	< 0.86	< 20	食事全3品目分不足(全陰少) 薬品服用14回、提供無し 大便6日目7日目2回分不足
	大便	434	11.44	61400	174000	300	14.2	5.15	4.46	< 0.23	< 5.3	
	土壤摂取量(mg/day)			-26.4	300.3	1.6	138.2		592.2			
幼児 9-	食物	9990	73.03	119000	13100	299	8.47	21.9	3.17	< 1.5	< 34	食事全5品目分不足(全陰無し) 薬品服用無し 大便2日目5日目125回分不足
	大便	202	6.49	48800	27100	694	8.44	13.0	4.67	0.38	< 3.0	
	土壤摂取量(mg/day)			-42.5	31.3	14.9	-0.4	-20.9	251.5			
幼児 10-	食物	5320	32.22	46700	10700	242	7.22	< 8.38	1.48	< 0.64	< 15	食事全50品目分不足(全陰少) 薬品服用無し 全大便回収
	大便	492	8.67	36900	18100	633	9.36	5.46	3.71	< 0.17	< 4.0	
	土壤摂取量(mg/day)			-5.9	16.6	14.8	27.8		373.9			
幼児 11-	食物	6420	53.85	78600	11300	248	< 3.12	14.0	2.20	< 1.1	< 25	食事7日目1品目分不足(全陰無し) 薬品服用無し 全大便回収、6、7&8日目無し
	大便	150	4.09	24100	3710	263	2.13	4.09	1.79	0.094	< 1.9	
	土壤摂取量(mg/day)			-33.0	-17	0.6		-23.3	-68.7			
幼児 12-	食物	9500	108.63	97200	50300	326	18.9	< 28.2	7.09	< 2.2	< 50	食事全5品目分不足(陰少2、陰無し3) 薬品服用無し 全大便回収
	大便	494	11.60	31100	39800	500	14.0	6.73	6.64	< 0.23	< 5.3	
	土壤摂取量(mg/day)			-40.0	-23.5	6.6	-63.6		-75.5			
幼児 13-	食物	8640	58.73	112000	28500	429	12.3	16.4	3.13	< 1.2	< 27	食事全22品目分不足(陰少14、陰無し8) 薬品服用無し 全大便回収
	大便	358	11.40	57500	45000	733	10.9	9.69	2.93	0.32	< 5.2	
	土壤摂取量(mg/day)			-33.0	36.9	11.5	-18.2	-15.8	-33.5			
幼児 14-	食物	7740	61.47	78700	16500	375	7.93	34.4	2.42	< 1.2	< 28	食事6日目2品目分不足(全陰無し) 薬品服用無し 全大便回収
	大便	452	10.87	42100	13900	7520	24.1	7.94	3.09	< 0.22	< 5.0	
	土壤摂取量(mg/day)			-22.2	-5.8	270.0	210.0	-62.2	112.3			
幼児 15-	食物	8480	74.49	75200	44900	268	< 4.32	35.0	1.81	< 1.5	< 34	食事全4品目分不足(全陰無し) 薬品服用無し 大便3日目1回分不足、7&8日目無し
	大便	310	10.49	31300	39800	382	4.67	6.50	1.36	< 0.21	< 4.8	
	土壤摂取量(mg/day)			-26.6	-11.4	4.3		-67.0	-75.5			
幼児 16-	食物	6000	49.38	49100	13400	217	3.95	15.3	0.938	< 0.99	< 23	食事全19品目分不足(陰少6、陰無し13) 薬品服用無し 大便6日目1回分不足、7&8日目無し
	大便	100	3.00	6780	2420	91.5	6.12	2.16	0.292	< 0.060	< 1.4	
	土壤摂取量(mg/day)			-25.6	-24.6	-4.7	28.2	-30.9	-108.3			
幼児 17-	食物	6300	48.10	56300	14400	178	3.17	< 12.5	4.91	< 0.96	< 22	食事全30品目分不足(陰少28、陰無し3) 薬品服用3回、提供無し 大便3日目6日目2回分不足
	大便	382	7.27	17800	14500	286	12.0	3.42	4.58	< 0.15	< 3.3	
	土壤摂取量(mg/day)			-23.3	0.2	4.1	114.7		-55.3			
幼児 18-	食物	8540	78.04	79600	23100	211	< 4.53	< 20.3	4.71	< 1.6	< 36	食事全5品目分不足(陰少4、陰無し1) 薬品服用無し 大便3日3回分不足
	大便	164	2.86	15200	6780	154	2.43	3.80	1.03	0.066	< 1.3	
	土壤摂取量(mg/day)			-39.0	-36.5	-2.2			-617.0			
幼児 19-	食物	10720	87.11	91500	14300	< 209	< 5.05	< 22.6	4.06	< 1.7	< 40	食事全3品目分不足(陰少2、陰無し1) 薬品服用6回、提供有り 全大便回収
	大便	384	12.50	36800	37600	876	14.8	4.63	3.79	< 0.25	< 5.8	
	土壤摂取量(mg/day)			-33.1	52.2				-45.3			

表 5-1-1(3) 土壤摂食量検討資料総括表

B地区	各元素総量											備考
		試料重量 (g)	灰化重量 (g)	Si (μg)	Al (μg)	Ti (μg)	Y (μg)	Zr (μg)	U (μg)	Hf (μg)	Sc (μg)	
成人 A-	食物	10080	88.78	170000	19300	444	9.77	38.2	5.72	< 1.8	< 41	食事全11品目分不足 (陰少8、陰無し3) 薬品服用1回、提供無し 全大便回収
	大便	678	27.82	156000	81200	1600	32.3	68.7	13.6	1.8	< 13	
	土壤摂食量(mg/day)			-6.8	128.7	41.5	284.8	50.4	970.4			
成人 B-	食物	12920	111.74	188000	33400	637	8.16	73.7	2.41	< 2.2	< 51	食事全4品目分不足 (全陰無し) 薬品服用無し 全大便回収
	大便	680	18.86	176000	87500	3890	10.6	40.5	5.88	1.1	< 8.7	
	土壤摂食量(mg/day)			-5.8	112.5	116.8	30.8	-54.9	427.3			
成人 C-	食物	8980	72.95	145000	< 6780	657	13.9	57.6	2.95	< 1.5	< 34	食事5日目1品目分不足 (陰無し) 薬品服用4回、3回分提供無し 全大便回収、7&8日目無し
	大便	346	15.78	124000	29800	1080	22.9	14.5	16.4	0.41	< 7.3	
	土壤摂食量(mg/day)			-10.2		15.2	113.8	-71.3	1656.4			
成人 D-	食物	5400	58.65	66300	14300	176	< 3.40	< 15.2	2.52	< 1.2	< 27	食事全34品目分不足 (陰少13、陰無し21) 薬品服用3回、提供無し 大便3日目1回分不足
	大便	752	11.51	49100	40400	4790	4.47	19.6	2.81	0.60	< 5.3	
	土壤摂食量(mg/day)			-8.4	54.3	165.6			35.7			
成人 E-	食物	11660	97.27	173000	11600	1160	15.4	< 25.3	5.34	< 1.9	< 45	食事全4品目分不足 (全陰無し) 薬品服用無し 全大便回収
	大便	324	9.57	82200	21000	2240	12.4	14.8	7.89	0.43	< 4.4	
	土壤摂食量(mg/day)			-44.1	19.5	38.8	-37.9		314.0			
成人 F-	食物	14820	136.27	151000	35000	518	< 7.90	42.2	4.78	< 2.7	< 63	全食事回収 薬品服用無し 全大便回収
	大便	1073	29.22	63700	31300	1340	10.8	45.3	9.93	1.8	< 13	
	土壤摂食量(mg/day)			-42.4	-7.7	29.5		5.1	634.2			
成人 G-	食物	7960	64.13	109000	9360	353	6.48	< 16.7	2.62	< 1.3	< 29	全食事回収 薬品服用無し 大便排泄無し
	大便	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	土壤摂食量(mg/day)											
成人 H-	食物	10840	112.33	142000	11200	14800	< 6.52	< 29.2	2.34	< 2.2	< 52	食事全6品目分不足 (全陰少) 薬品服用7回、6回分提供無し 全大便回収
	大便	406	15.57	181000	37100	67600	13.6	106	9.78	2.58	< 7.2	
	土壤摂食量(mg/day)			19.0	53.9	1895.2			916.3			
成人 I-	食物	10720	76.97	138000	11100	677	29.7	< 20.0	2.26	< 1.5	< 35	食事全27品目分不足 (陰少21、陰無し6) 薬品服用無し 全大便回収
	大便	1080	25.01	91500	29000	2140	24.3	8.25	6.58	< 0.50	< 12	
	土壤摂食量(mg/day)			-22.6	37.2	52.5	-68.3		532.0			
成人 J-	食物	5890	49.10	67800	11800	206	3.68	< 12.8	0.756	< 1.0	< 23	食事全12品目分不足 (陰少5、陰無し7) 薬品服用1回、提供有り 大便8日目2回分不足
	大便	320	9.52	39600	23900	1270	9.81	13.5	2.45	0.40	< 4.4	
	土壤摂食量(mg/day)			-13.7	25.2	38.2	77.5		208.6			
成人 K-	食物	8840	88.01	112000	16900	282	9.59	35.2	2.78	< 1.8	< 40	食事全10品目分不足 (全陰少) 薬品服用3回、1回分提供無し 全大便回収
	大便	674	13.41	82700	23900	2740	15.4	27.9	5.22	0.78	< 6.2	
	土壤摂食量(mg/day)			-14.2	14.6	88.2	73.5	-12.1	300.5			
成人 L-	食物	3520	37.92	42100	6110	144	2.24	< 9.86	0.576	< 0.76	< 17	食事全52品目分不足 (陰少23、陰無し29) 薬品服用無し 大便3日目1回分不足
	大便	304	8.44	111000	20800	2540	13.0	17.9	4.25	0.68	< 3.9	
	土壤摂食量(mg/day)			33.5	30.5	86.0	136.0		452.5			
成人 M-	食物	7420	60.03	103000	8040	216	< 3.48	< 15.6	1.23	< 1.2	< 28	食事全60品目分不足 (陰少50、陰無し10) 薬品服用42回、40回分提供無し 全大便回収
	大便	1040	16.56	253000	17100	46400	6.33	19.7	2.38	0.55	< 7.6	
	土壤摂食量(mg/day)			72.9	18.8	1657.7			141.6			
成人 N-	食物	13940	111.86	178000	45600	459	16.8	< 29.1	5.57	< 2.2	< 51	食事全2品目分不足 (陰少1、陰無し1) 薬品服用無し 全大便回収
	大便	616	17.02	121000	25000	4020	25.2	25.5	5.14	0.77	< 7.8	
	土壤摂食量(mg/day)			-27.7	-42.8	127.8	106.2		-53.0			

表 5-1-1(4) 土壤摂取量検討資料総括表

B地区	各元素総量										備 考	
	試料重量 (g)	灰化重量 (g)	Si (μg)	Al (μg)	Ti (μg)	Y (μg)	Zr (μg)	U (μg)	Hf (μg)	Sc (μg)		
幼児 A-	食物	8080	74.92	99600	31500	412	26.8	33.7	8.54	< 1.5	< 34	食事全14品目分不足 (陰少8、陰無し6) 薬品服用1回、提供無し 全大便回収
	大便	712	16.21	97300	59800	1400	29.8	41.0	8.32	1.2	< 7.5	
	土壤摂取量(mg/day)			-1.1	58.8	35.5	37.9	12.1	-27.1			
幼児 B-	食物	8190	74.99	115000	14300	390	24.1	50.2	3.39	< 1.5	< 34	食事6日目2品目分不足 (陰無し) 薬品服用3回、1回分提供無し 全大便回収
	大便	208	6.36	99000	35600	408	16.1	6.68	3.18	0.23	< 2.9	
	土壤摂取量(mg/day)			-7.8	44.3	0.6	-101.1	-72.0	-25.9			
幼児 C-	食物	6560	68.21	82500	9140	362	9.75	69.6	3.30	< 1.4	< 31	食事3日目2品目分不足 (陰少1、陰無し1) 薬品服用無し 全大便回収
	大便	578	9.93	63300	19400	384	17.2	25.5	6.76	0.75	< 4.6	
	土壤摂取量(mg/day)			-9.3	21.3	0.8	94.2	-72.9	426.1			
幼児 D-	食物	4600	37.10	59400	4080	111	2.75	< 9.65	1.79	< 0.74	< 17	食事全11品目分不足 (陰少5、陰無し6) 薬品服用無し 大便3日目1回分不足
	大便	348	4.71	22900	5890	323	4.19	4.00	2.33	0.12	< 2.2	
	土壤摂取量(mg/day)			-17.7	3.8	7.6	18.2		66.5			
幼児 E-	食物	8520	70.64	136000	31400	509	19.2	< 18.4	5.43	< 1.4	< 32	全食事回収 薬品服用無し 全大便回収
	大便	386	7.97	83700	40600	772	9.17	21.0	6.54	0.57	< 3.7	
	土壤摂取量(mg/day)			-25.4	19.1	9.4	-126.8		136.7			
幼児 F-	食物	9540	93.32	101000	25800	196	10.1	< 24.3	3.98	< 1.9	< 43	全食事回収 薬品服用無し 大便6日目1回分不足
	大便	362	12.93	69600	23100	715	9.27	22.5	5.11	0.71	< 5.9	
	土壤摂取量(mg/day)			-15.3	-5.6	18.6	-10.5		139.2			
幼児 G-	食物	7700	77.85	94200	< 7240	654	8.41	< 20.2	1.67	< 1.6	< 36	食事全5品目分不足 (全陰無し) 薬品服用無し 大便3日目1回分不足、5、6、7&8日目無し
	大便	94	1.92	9330	2730	156	3.01	5.22	0.668	0.17	< 0.88	
	土壤摂取量(mg/day)			-41.2		-17.9	-68.3		-123.4			
幼児 H-	食物	8260	83.78	104000	10300	302	11.6	< 21.8	3.13	< 1.7	< 39	食事全6品目分不足 (全陰少) 薬品服用12回、提供無し 全大便回収
	大便	358	10.80	61900	22500	1180	11.8	21.8	5.81	0.66	< 5.0	
	土壤摂取量(mg/day)			-20.5	25.4	31.5	2.5		330.0			
幼児 I-	食物	6970	71.41	97100	11100	543	25.9	< 18.6	4.13	1.5	< 33	食事全28品目分不足 (陰少21、陰無し7) 薬品服用無し 全大便回収
	大便	368	18.66	56200	34100	810	29.5	< 4.85	5.28	< 0.37	< 8.6	
	土壤摂取量(mg/day)			-19.9	47.8	9.6	45.5		141.6			
幼児 J-	食物	7670	64.24	81600	6940	270	7.97	< 16.7	1.84	< 1.3	< 30	食事全5品目分不足 (陰少2、陰無し3) 薬品服用無し 大便8日目1回分不足
	大便	294	5.84	28700	19000	436	8.18	< 1.52	2.03	< 0.12	< 2.7	
	土壤摂取量(mg/day)			-25.7	25.1	6.0	2.7		23.4			
幼児 K-	食物	7020	68.18	100000	13800	184	10.4	< 17.7	2.22	< 1.4	< 31	食事全13品目分不足 (陰少11、陰無し2) 薬品服用無し 全大便回収
	大便	476	8.83	65200	39200	7800	14.0	7.24	4.26	0.50	< 4.1	
	土壤摂取量(mg/day)			-16.9	52.8	273.4	45.5		251.2			
幼児 L-	食物	4740	41.51	76000	22700	170	3.90	< 10.8	1.17	< 0.83	< 19	食事全41品目分不足 (陰少12、陰無し29) 薬品服用無し 大便8日目1回分不足、7日目無し
	大便	136	3.33	30200	8230	283	5.96	5.93	1.65	0.20	< 1.5	
	土壤摂取量(mg/day)			-22.3	-30.1	4.1	26.0		59.1			
幼児 M-	食物	4850	33.38	61100	6280	167	5.07	< 8.68	1.11	< 0.67	< 15	食事全28品目分不足 (陰少16、陰無し12) 薬品服用無し 大便4日目1回分不足、6、7&8日目無し
	大便	98	2.04	16200	8060	273	3.90	2.20	1.02	0.069	< 0.94	
	土壤摂取量(mg/day)			-21.8	3.7	3.8	-14.8		-11.1			
幼児 N-	食物	8050	77.95	108000	12400	257	21.4	30.4	3.00	1.6	< 36	食事全2品目分不足 (全陰無し) 薬品服用無し 大便3日目1回分不足
	大便	452	9.07	52200	18200	809	24.0	14.1	3.37	0.41	< 4.2	
	土壤摂取量(mg/day)			-27.1	12.1	19.8	32.9	-27.0	45.6	-94.4		

表 5-1-2 土壌摂取量総括表

対象元素	被験者	土壌摂取量(mg/day)					データ数
		平均値	中央値	標準偏差	範囲	百分位(95)	
Si	A地区成人	20.6	-33.8	173.5	-95.6 ~ 665.3	302.4	19
	幼児	-26.0	-25.6	10.4	-42.5 ~ -5.9	-8.7	19
	B地区成人	-5.4	-10.2	31.7	-44.1 ~ 72.9	49.3	13 *
	幼児	-19.4	-20.2	9.7	-41.2 ~ -1.1	-5.5	14
Al	A地区成人	14.6	8.9	33.7	-38.1 ~ 94.9	69.8	18
	幼児	17.5	0.2	72.7	-36.5 ~ 300.3	77.0	19
	B地区成人	37.1	27.9	47.1	-42.8 ~ 128.7	119.8	12 *
	幼児	21.4	21.3	25.4	-30.1 ~ 58.8	55.2	13
Ti	A地区成人	239.3	60.6	486.1	-34.8 ~ 1634.9	1534.8	19
	幼児	59.8	7.7	153.8	-5.1 ~ 621.7	322.8	18
	B地区成人	334.8	86.0	643.1	15.2 ~ 1895.2	1752.7	13 *
	幼児	28.8	8.5	71.7	-17.9 ~ 273.4	118.8	14
Y	A地区成人	50.2	38.5	70.1	-71.4 ~ 167.8	151.6	10
	幼児	59.2	56.2	77.6	-63.6 ~ 210.0	174.1	11
	B地区成人	79.6	77.5	103.2	-68.3 ~ 284.8	225.3	9 *
	幼児	-1.2	10.5	60.7	-126.8 ~ 94.2	62.5	14
Zr	A地区成人	-11.9	-38.1	73.0	-94.0 ~ 107.6	96.1	7
	幼児	-29.7	-27.1	27.9	-67.0 ~ 21.4	8.4	8
	B地区成人	-16.6	-12.1	48.6	-71.3 ~ 50.4	41.3	5 *
	幼児	-40.0	-49.5	40.8	-72.9 ~ 12.1	6.2	4
U	A地区成人	208.5	164.3	370.4	-437.6 ~ 1121.7	709.8	19
	幼児	0.5	-33.5	331.6	-922.2 ~ 592.2	395.7	19
	B地区成人	502.8	427.3	462.6	-53.0 ~ 1656.4	1244.8	13 *
	幼児	102.3	62.8	150.0	-123.4 ~ 426.1	363.6	14

\*: 大便試料がない被験者を含まない。  
: 定量下限値未満のデータを含まない。

各元素毎に算出された土壌摂取量は、以下のとおりである。

ケイ素は、A地区成人の平均値を除き、平均値、中央値共に負の値となった。A地区成人については、665.3mg/dayと特異的に高い値の被験者がいたためである。

アルミニウムは、A地区成人の平均値が14.6mg/day、中央値が8.9mg/day、幼児の平均値が17.5mg/day、中央値が0.2mg/day、B地区成人の平均値が37.1mg/day、中央値が27.9mg/day、幼児の平均値が21.4mg/day、中央値が21.3mg/dayとなった。アルミニウムについては、両地区の成人及び幼児を併せ最小-42.8mg/dayから最大300.3mg/dayまでの値の間でばらついている。

チタンについてみると、成人の平均値は幼児に対し4~11倍以上大きい。1,500mg/day以上を超える特異な土壌摂取量値を示す被験者がA地区成人に2名、B地区成人に2名存在することが大きな要因と考えられる。

イットリウムは、A地区成人の平均値が50.2mg/day、中央値が38.5mg/day、幼児の平均値が59.2mg/day、中央値が56.2mg/day、B地区成人の平均値が79.6mg/day、中央値が77.5mg/day、幼児の平均値が-1.2mg/day、中央値が10.5mg/dayであった。

ジルコニウムは、両地区の成人及び幼児の平均値及び中央値共に負の値となった。

ウランは、チタンと同様両地区とも成人の値が幼児に対して大幅に大きな値となっている。両地区の成人とも1,000mg/dayを超える被験者がいたことによるものと思われる。

以上のように、実際に回収された食物及び大便試料を用いて算出した土壌摂取量は、トレーサー元素として選択した各元素毎、あるいは成人と幼児の間で値のばらつきが非常に大きい結果となった。この原因として、試料とした食物や大便の回収状況、薬品の服用状況等によ

る影響が考えられた。また、各元素とも負の値が得られており、トレーサーとした各元素の体内吸収、大便以外の尿や汗等からの各元素の対外排出等がその原因として考えられた。

## 5 - 2 抽出した試料を用いての土壌摂取量の再検討

66名の被験者全試料を用いた土壌摂取量の算出結果は、非常にばらつきの大きな結果となった。特に、特異的に大きな値があると平均値を引き上げ、中央値との差が大きくなる。

そこで、土壌摂取量の算出に影響を与えると考えられる要因を抽出し、その要因にあてはまる被験者を解析対象者から省き土壌摂取量の再検討を行った。

### (1) 土壌摂取量の算出に影響を与える要因の抽出

3章で報告した調査結果から、土壌摂取量算出に対して影響を与える要因として、次のような要因が挙げられる。

食物試料の回収状況

大便試料の回収状況

薬品の服用状況

以上の各影響要因について、土壌摂取量算出に対して与える影響を以下に考察した。

食物試料の回収状況

食物試料の全回収被験者は、A地区成人1名、B地区成人2名及び幼児2名のみで、ほとんどの被験者が全摂取食品目数に対してなにがしかの食品あるいは重量の不足となった。不足状況も各被験者によりまちまちで、土壌摂取量の算出に影響を与える要因として、実際に摂取した量よりも提供された「陰膳」の少ない「陰少」や、外食等により食品そのものが提供されなかった「陰無」が考えられる。しかしながら、標本摂取試験の被験者の試験結果によると、各日毎の食品がほとんど回収された場合であっても各日毎の摂取元素総量の変動幅が大きいことが確認されている。このことから、未回収の食品目や回収量の少ない食品目による試料中の各元素量の変動影響が土壌摂取量の算出にそれほど大きい影響を与えるものではないものと判断した。

大便試料の回収状況

排泄された大便の全てが回収された被験者は、A地区成人11名、幼児10名、B地区成人10名、幼児7名であった。大便試料については、その灰化試料重量が食物灰化試料重量に比べて成人で1/5、幼児で1/7と小さく、未回収による土壌摂取量の算出に与える影響は大きいものと判断した。一方、排泄された全部の大便が回収されたとしても、調査最終日の8日目以前から8日目まで連続して排泄のない被験者の場合にも土壌摂取量の算出に与える影響は大きいと判断した。

薬品の服用状況

3-2(3)で述べたとおり、薬品の服用（特に錠剤）が試料中の元素総量（特にチタン）に与える影響が大きいことが確認されている。したがって、薬品の提供の有無は、土壌摂取量の算出に影響を与えるものと判断した。

以上の考察から、土壌摂取量の算出に影響を与える被験者を抽出し、対象から除外する作業を行った。具体的には、以下の影響要因をもつ被験者を解析対象者から削除した。

大便が1回でも回収できなかった被験者

排泄された全部の大便が回収された被験者であっても、調査最終日の8日目以前から8日目まで連続して排泄のない被験者、及び9日目の大便が回収された被験者

服用した薬品が1回でも試料として提供されなかった被験者

以上の条件から、土壌摂食量の算出対象者を抽出すると、A地区成人8名、幼児6名、B地区成人5名、幼児4名となった。両地区併せ成人13名、幼児10名が解析対象者となる。

(2) 土壌摂食量の再算出結果

表5-2-1は、抽出した解析対象者個別の土壌摂食量算出結果を示したものである。食物試料の分析結果で「定量下限値未満」となった元素については、定量下限値を用いて算出した。

表5-2-1 抽出した解析対象者個別の土壌摂食量算出結果

<A地区成人>

	土壌摂食量(mg/day)						
	Si	Al	Ti	Y	Zr	U	Hf
1 -	-23.0	15.9	9.3	24.9	-19.5	-31.9	-65.8
7 -	-45.6	-11.2	46.4	6.9	-51.8	219.7	
9 -	-95.6	-2.5	-3.7	108.7	-59.4	461.1	
11 -	-33.8	10.5	38.7	29.6	-18.1	154.3	
12 -	262.1	-38.1	72.7	15.6	-94.0	397.4	-90.7
14 -	-28.1	-2.0	143.7	167.8	-48.9	491.3	
17 -	-15.4	65.4	60.6	202.2	-8.9	-330.3	-131.5
19 -	-37.5	69.0	77.3	199.2	4.5	-5.0	-227.9

<A地区幼児>

	土壌摂食量(mg/day)						
	Si	Al	Ti	Y	Zr	U	Hf
5 -	-9.0	4.3	62.9	57.9	2.2	130.1	-40.8
10 -	-5.9	16.6	14.8	27.8	-6.9	373.9	
12 -	-40.0	-23.5	6.6	-63.6	-50.4	-75.5	
13 -	-33.0	36.9	11.5	-18.2	-15.8	-33.5	-99.8
14 -	-22.2	-5.8	270.0	210.0	-62.2	112.3	
19 -	-33.1	52.2	25.2	126.6	-42.2	-45.3	

<B地区成人>

	土壌摂食量(mg/day)						
	Si	Al	Ti	Y	Zr	U	Hf
B -	-5.8	112.5	116.8	30.8	-54.9	427.3	-87.3
E -	-44.1	19.5	38.8	-37.9	-17.4	314.0	-116.7
F -	-42.4	-7.7	29.5	36.7	5.1	634.2	-71.4
I -	-22.6	37.2	52.5	-68.3	-19.4	532.0	
N -	-27.7	-42.8	127.8	106.2	-6.0	-53.0	-113.5

<B地区幼児>

	土壌摂食量(mg/day)						
	Si	Al	Ti	Y	Zr	U	Hf
C -	-9.3	21.3	0.8	94.2	-72.9	426.1	-51.6
E -	-25.4	19.1	9.4	-126.8	4.3	136.7	-65.9
I -	-19.9	47.8	9.6	45.5		141.6	
K -	-16.9	52.8	273.4	45.5	-17.3	251.2	-71.4

網かけは食物灰化試料中濃度が定量下限値未満であったため、定量下限値を用いて算出した土壌摂食量。

表5-2-2(1)は、抽出した解析対象者による各元素毎の土壌摂取量を両地区の成人、幼児別に総括して示したものであり、表5-2-2(2)は、A、B両地区併せて成人、幼児別に総括して示したものである。

表5-2-2(1) 解析対象者による各元素毎の土壌摂取量の総括表

対象元素	被験者	土壌摂取量(mg/day)					データ数
		平均値	中央値	標準偏差	範囲	百分位(95)	
Si	A地区成人	-2.1	-31.0	109.5	-95.6 ~ 262.1	165.0	8
	幼児	-23.9	-27.6	14.0	-40.0 ~ -5.9	-6.7	6
	B地区成人	-28.5	-27.7	15.7	-44.1 ~ -5.8	-9.2	5
	幼児	-17.9	-18.4	6.7	-25.4 ~ -9.3	-10.4	4
Al	A地区成人	13.4	4.3	37.0	-38.1 ~ 69.0	67.7	8
	幼児	13.5	10.5	27.9	-23.5 ~ 52.2	48.4	6
	B地区成人	23.7	19.5	58.1	-42.8 ~ 112.5	97.4	5
	幼児	35.3	34.6	17.5	19.1 ~ 52.8	52.1	4
Ti	A地区成人	55.6	53.5	45.6	-3.7 ~ 143.7	120.5	8
	幼児	65.2	20.0	102.4	6.6 ~ 270.0	218.2	6
	B地区成人	73.1	52.5	45.8	29.5 ~ 127.8	125.6	5
	幼児	73.3	9.5	133.5	0.8 ~ 273.4	233.8	4
Y	A地区成人	94.4	69.2	85.4	6.9 ~ 202.2	201.2	8
	幼児	56.8	42.9	99.3	-63.6 ~ 210.0	189.2	6
	B地区成人	13.5	30.8	68.5	-68.3 ~ 106.2	92.3	5
	幼児	14.6	45.5	97.0	-126.8 ~ 94.2	86.9	4
Zr	A地区成人	-37.0	-34.2	32.3	-94.0 ~ 4.5	-0.2	8
	幼児	-29.2	-29.0	26.0	-62.2 ~ 2.2	-0.1	6
	B地区成人	-18.5	-17.4	22.6	-54.9 ~ 5.1	2.9	5
	幼児	-28.6	-17.3	39.8	-72.9 ~ 4.3	2.1	3
U	A地区成人	169.6	187.0	283.9	-330.3 ~ 491.3	480.7	8
	幼児	77.0	39.4	168.9	-75.5 ~ 373.9	313.0	6
	B地区成人	370.9	427.3	265.2	-53.0 ~ 634.2	613.8	5
	幼児	238.9	196.4	135.5	136.7 ~ 426.1	399.9	4
Hf	A地区成人	-129.0	-111.1	71.3	-227.9 ~ -65.8	-69.5	4
	幼児	-70.3	-70.3	41.7	-99.8 ~ -40.8	-43.8	2
	B地区成人	-97.2	-100.4	21.7	-116.7 ~ -71.4	-73.8	4
	幼児	-63.0	-65.9	10.2	-71.4 ~ -51.6	-53.0	3

表5-2-2(2) A, B両地区併せた解析対象者による各元素毎の土壌摂取量の総括表

対象元素	被験者	土壌摂取量(mg/day)					データ数
		平均値	中央値	標準偏差	範囲	百分位(95)	
Si	A B地区成人	-12.3	-28.1	85.2	-95.6 ~ 262.1	101.4	13
	幼児	-21.5	-21.1	11.5	-40.0 ~ -5.9	-7.3	10
Al	A B地区成人	17.4	10.5	44.1	-42.8 ~ 112.5	86.4	13
	幼児	22.2	20.2	25.7	-23.5 ~ 52.8	52.5	10
Ti	A B地区成人	62.3	52.5	44.6	-3.7 ~ 143.7	134.2	13
	幼児	68.4	13.2	108.5	0.8 ~ 273.4	271.9	10
Y	A B地区成人	63.3	30.8	86.6	-68.3 ~ 202.2	200.4	13
	幼児	39.9	45.5	95.3	-126.8 ~ 210.0	172.5	10
Zr	A B地区成人	-29.9	-19.4	29.4	-94.0 ~ 5.1	4.7	13
	幼児	-29.0	-17.3	28.6	-72.9 ~ 4.3	3.5	9
U	A B地区成人	247.0	314.0	284.3	-330.3 ~ 634.2	572.9	13
	幼児	141.8	133.4	170.2	-75.5 ~ 426.1	402.6	10
Hf	A B地区成人	-113.1	-102.1	51.7	-227.9 ~ -65.8	-67.8	8
	幼児	-65.9	-65.9	22.4	-99.8 ~ -40.8	-43.0	5

各元素毎に算出された土壌摂取量は、以下のとおりである。

ケイ素は、両地区の成人及び幼児で、平均値及び中央値共に負の値となった。A地区成人の1名が262.1mg/dayと特異的に高い値を示した以外は全て負の値となっている。

アルミニウムは、A地区成人の平均値は13.4mg/day、中央値4.3mg/day、幼児の平均値は13.5mg/day、中央値10.5mg/day、B地区成人の平均値は23.7mg/day、中央値19.5mg/day、幼児の平均値は35.3mg/day、中央値34.6mg/dayであった。両地区併せると、成人の平均値は17.4mg/day、中央値10.5mg/day、幼児の平均値は22.2mg/day、中央値20.2mg/dayであった。負の値となる試料の存在が平均値や中央値に影響を与えている。また、値のばらつきの幅は幼児より成人のほうが大きい。

チタンは、A地区成人の平均値は55.6mg/day、中央値53.5mg/day、幼児の平均値は65.2mg/day、中央値20.0mg/day、B地区成人の平均値は73.1mg/day、中央値52.5mg/day、幼児の平均値は73.3mg/day、中央値9.5mg/dayであった。両地区併せると、成人の平均値は62.3mg/day、中央値52.5mg/day、幼児の平均値は68.4mg/day、中央値13.2mg/dayであった。特に、A地区及びB地区共に摂取量が270mg/day以上となる幼児の被験者の存在が平均値を引き上げている。中央値で比較すると成人の値の方が大きくなる。特にB地区では、幼児4名の被験者のうち3名は10mg/day未満の摂取量と幼児の方に値のばらつきが大きい。

イットリウムは、A地区成人の平均値は94.4mg/day、中央値69.2mg/day、幼児の平均値は56.8mg/day、中央値42.9mg/day、B地区成人の平均値13.5mg/day、中央値30.8mg/day、幼児の平均値は14.6mg/day、中央値45.5mg/dayであった。両地区併せると、成人の平均値は63.3mg/day、中央値30.8mg/day、幼児の平均値は39.9mg/day、中央値45.5mg/dayであった。地区毎の差の大きい結果となったが、負の値となる試料や食物灰化試料が定量下限値未満を示す試料の存在が平均値や中央値に影響を与えている。

ジルコニウムは、ケイ素と同様、両地区の成人及び幼児の平均値が負の値となった。

ウランは、A地区成人の平均値は169.6mg/day、中央値187.0mg/day、幼児の平均値は77.0mg/day、中央値39.4mg/day、B地区成人の平均値は370.9mg/day、中央値427.3mg/day、幼児の平均値は238.9mg/day、中央値196.4mg/dayであった。両地区併せると、成人の平均値は247.0mg/day、中央値314.0mg/day、幼児の平均値は141.8mg/day、中央値133.4mg/dayであった。地区毎の差、成人と幼児の差の大きい結果となった。ウランから算出される土壌摂取量は他の元素から算出される摂取量よりも大きく、また標準偏差も大きく値の幅も負の値から正の値までばらつきが大きい。

ハフニウムは、ケイ素と同様、両地区の成人及び幼児で、平均値及び中央値共に負の値となった。食物灰化試料に加えて大便灰化試料においても定量下限値未満となる試料が多いため、算出に用いた試料数も少ない。

### 5 - 3 検討結果の総括

A地区及びB地区の成人及び幼児全 66 人の被験者を対象とした通常摂食試験で、実際に回収された食物及び大便試料を用いて算出した土壌摂食量は、トレーサー元素として選択した各元素毎、あるいは成人と幼児の間で値のばらつきが非常に大きい結果となった。この要因として考えられた食物や大便試料の回収状況、薬品の服用状況等から、対象被験者を両地区の成人及び幼児併せて 23 人に絞り、再検討を行った。

結果の総括を行うにあたり、被験者 23 人の食物灰化試料中の各元素濃度と各地区の土壌中平均元素濃度から下記式によって  $F_c / S_c$  値を求め、表 5-3-1 に示した。なお、定量下限値未満の試料については定量下限値を用いて算出した。なお、ハフニウムは全て定量下限値未満であったため表から省いた。

食物灰化試料中の各元素濃度( $\mu\text{g/g}$ ) / 地区毎の土壌中各元素の平均濃度( $\mu\text{g/g}$ )

表 5-3-1 解析対象者の  $F_c / S_c$  値

	F <sub>c</sub> /S <sub>c</sub>					
	Si	Al	Ti	Y	Zr	U
1 -	0.0057	0.0059	0.0008	0.0107	0.0082	0.0522
7 -	0.0052	0.0073	0.0006	0.0053	0.0043	0.0227
9 -	0.0072	0.0033	0.0017	0.0053	0.0053	0.0192
11 -	0.0064	0.0021	0.0011	0.0053	0.0043	0.0405
12 -	0.0065	0.0091	0.0016	0.0138	0.0153	0.0670
14 -	0.0073	0.0069	0.0020	0.0071	0.0081	0.0358
17 -	0.0069	0.0020	0.0012	0.0053	0.0043	0.1761
19 -	0.0052	0.0015	0.0007	0.0053	0.0043	0.0558
B -	0.0057	0.0044	0.0014	0.0065	0.0076	0.0186
E -	0.0061	0.0017	0.0030	0.0140	0.0030	0.0472
F -	0.0038	0.0037	0.0010	0.0051	0.0036	0.0302
I -	0.0061	0.0021	0.0022	0.0342	0.0030	0.0252
N -	0.0054	0.0059	0.0010	0.0133	0.0030	0.0428
5 -	0.0085	0.0062	0.0016	0.0053	0.0043	0.0268
10 -	0.0061	0.0052	0.0020	0.0204	0.0043	0.0538
12 -	0.0038	0.0073	0.0008	0.0158	0.0043	0.0766
13 -	0.0081	0.0076	0.0019	0.0190	0.0046	0.0626
14 -	0.0054	0.0042	0.0016	0.0117	0.0092	0.0462
19 -	0.0044	0.0026	0.0006	0.0053	0.0043	0.0547
C -	0.0041	0.0020	0.0013	0.0127	0.0118	0.0417
E -	0.0066	0.0065	0.0018	0.0241	0.0030	0.0663
I -	0.0046	0.0023	0.0019	0.0320	0.0030	0.0499
K -	0.0050	0.0030	0.0007	0.0135	0.0030	0.0280
平均値	0.0058	0.0045	0.0014	0.0126	0.0055	0.0495
範囲	0.0038	0.0015	0.0006	0.0051	0.0030	0.0186
	0.0085	0.0091	0.0030	0.0342	0.0153	0.1761

網かけは食物灰化試料中濃度が定量下限値未満であったため、定量下限値として算出したもの。

太字は  $F_c / S_c$  の最小値。

$F_c / S_c$  値の小さい元素が土壌以外の経路からの摂食が少ない元素と仮定し、各被験者について  $F_c / S_c$  値が最も小さい元素を抽出した。その結果、23 名中、チタンが抽出された被験者が 21 名、アルミニウムが抽出された被験者が 2 名となった。 $F_c / S_c$  値の平均値をみても、最も値の小さい元素はチタン、次いでアルミニウムとなった。

チタンから算出される土壌摂食量は、A, B 両地区併せると、成人の平均値が 62.3mg/day、中央値 52.5mg/day、幼児の平均値が 68.4mg/day、中央値 13.2mg/day という量が得られている。

が、幼児の摂食量には注意を要する。A, B両地区共に摂食量が270mg/day以上となる幼児の被験者が存在し、平均値を引き上げており、値のばらつきの幅が成人より大きい。中央値で比較すると成人の値の方が大きくなる。特にB地区では、4名の被験者のうち3名が10mg/day未満の摂食量となっている。

アルミニウムは、チタンとは逆に成人の方が値のばらつきが大きい、全体的にはチタンに比べるとばらつきは小さい。アルミニウムから算出される土壌摂食量は、両地区併せると、成人の平均値が17.4mg/day、中央値10.5mg/day、幼児の平均値が22.2mg/day、中央値20.2mg/dayとなる。アルミニウムについては、負の値の存在が平均値や中央値に影響を与える。

イットリウムはFc/S<sub>c</sub>値がチタンやアルミニウムより高かつ食物灰化試料の半数近くが定量下限値未満となっているなかでの評価となるが、算出される土壌摂食量は、両地区併せると、成人の平均値が63.3mg/day、中央値30.8mg/day、幼児の平均値が39.9mg/day、中央値45.5mg/dayとなる。イットリウムについてもアルミニウムと同様に、負の値の存在が平均値や中央値に影響を与える。

ケイ素やジルコニウムは平均値や中央値に負の値を与え、ウランのFc/S<sub>c</sub>値はチタンやアルミニウムより10倍以上高い。

以上のことから、本調査による土壌摂食量の検討結果として、1日当たりの土壌摂食量は、チタン、アルミニウム及びイットリウムの土壌摂食量の平均値や中央値から、両地区の成人及び幼児を併せ10~70mg/day程度の範囲の値をとるものと推定した。

幼児と成人の土壌摂食量の差は、アルミニウムでみると幼児の方がB地区でやや大きい結果が得られているが負の値の存在を考慮する必要がある。チタンでみると幼児の値のばらつきが大きく中央値では成人の方が大きいという結果となった。イットリウムでみるとA地区では平均値、中央値ともに成人の方が大きく、B地区では平均値、中央値ともに幼児の方が大きいという結果となったが、アルミニウムと同様負の値の存在と定量下限値未満となる食物灰化試料の存在を考慮する必要がある。

3-6の行動調査結果に記したように、保護者、幼稚園の保育士等の目の届く範囲での記録ではあるが、幼児の土壌との接触度合いが成人よりも明らかに多いことが確認されている。

一方、別途行った幼稚園への聞き取りでは、両地区とも外遊びの後や食事の前の手洗いを励行されていることから、土壌と接触する度合いが多い割には土壌をそのまま摂食することが少ない可能性がある。

地区別の差では、アルミニウムでみるとB地区の成人及び幼児の摂食量がA地区よりも大きく、イットリウムでみるとA地区の成人及び幼児の摂食量がB地区よりも概ね大きいという結果が得られているがここでも負の値の存在とイットリウムにおける定量下限値未満となる食物灰化試料の存在を考慮する必要がある。チタンでみると幼児のばらつきの差が大きく両地区の差は明らかではない。

以上のように、1日当たりの土壌摂食量として一応の値は得られたものの、アルミニウムについては負の値をとる試料、イットリウムについては負の値をとる試料と定量下限値未満となる食物灰化試料があり、チタンについては値のばらつきが大きいという点を考慮する必要がある。なお、土壌摂食量の算出結果で負の値をとる一因として、摂食した各元素の体内吸収や尿、汗等の大便以外の体外への排出が考えられる。

#### 5 - 4 今後の課題

本調査では、通常摂食試験の被験者として成人及び幼児併せて 66 名、標本摂食試験の被験者として成人 3 名の協力が得られたが、通常摂食試験においては食物や大便の回収状況や薬品の服用状況から解析対象者を 23 名に絞り込むこととなり、標本摂食試験においては調査期間中の大便の排泄が少なく、概ね評価できたのは 1 名であった。

以上の状況を踏まえ、今後、同様な試験を行う場合に留意すべき点を以下に挙げる。

通常摂食試験の被験者に対し、ある程度の管理をすること。

今回の調査では、通常摂食試験の被験者に対し、通常的生活習慣を替えずに自然に振る舞っていただくこととして依頼した。したがって、食物試料の回収のための「陰膳」は完全に同一のものではなくとも良いこととし、また、外食もやむを得ないものとした。食物試料が完全に回収された被験者は全体で 5 名と、ほとんどの被験者に大なり小なり食物の回収不足が生じている。検討では食物試料の回収状況を反映させることはしなかったが、土壌摂食量の算出に影響を与えているものと思われる。

したがって、被験者に対して日々摂食する食物試料についてはしっかり管理する必要があるものと考ええる。

通常摂食試験の被験者をスクリーニングすること。

今回の調査では、薬品の服用とその提供状況が土壌摂食量の算出に影響を与えた。したがって、被験者選定段階で予備調査を行って薬品の服用が日常化している被験者は除外する等の措置が必要である。

また、同様に、大便の排泄状況についても予備調査を行っておきたい。大便の排泄状況は、被験者の個人差が大きく、また調査の緊張感により排泄周期が狂うこともある。これらの状況を事前に把握した上で、適切な被験者を選定したい。

さらに、被験者の年齢や性別なども選定課題であり、試験期間も今回のような一律 1 週間という期間ではなく、例えば連続した 2 週間、1 週間の休止期間を置いてまた次の 1 週間等、よりデータの均質化を求めることも必要と考える。その場合には、多数の被験者を求める必要は必ずしもないものと考ええる。

標本摂食試験の被験者をスクリーニングすること。

標本摂食試験の被験者についても通常摂食試験の被験者と同様、被験者選定段階でのスクリーニングが必要である。試験にあっても排泄周期が安定しており、かつ 1 日の排泄量の大きい被験者を選ぶ必要がある。

幼児の被験者の対象年齢

本調査で対象とした幼児の被験者の年齢は 3 歳～ 6 歳であったが、これまで報告されている欧米の幼児の被験者の年齢は 1 歳～ 4 歳ぐらいまでが多い。幼児においては、年齢差による行動様式の違いは大きいものと考えられるので、幼児の被験者の選定時には対象年齢に留意する必要がある。

試験内容の検討

土壌摂食量試験の精度を一層向上するために、以下のような試験内容を検討する必要がある。

ア. 管理下におけるトレーサー試験

健康な成人被験者を集め、管理下において、標準土壌をトレーサーとして与え、かつ食物試料も調整して支給する等、被験者を管理して試験を行う。

イ. 尿の回収

大便に加え尿も試料として回収する。

ウ. 歯みがき粉等のチェック

歯みがき粉、口紅等の化粧品の被験者の口に入る可能性のある物のチェックを行う。

## 土壤中の重金属の体内における溶出について

## 1 目的

土壌を経口摂取した場合に、土壌中の重金属がヒト体内で溶出される可能性に関する情報を収集し、整理する。

## 2 ヒト器官を模擬した実験

ヒト器官（胃、腸）の条件を模擬した溶液で土壌中の重金属を溶出させ、溶出した重金属の量からヒト体内での溶出割合を推測する実験例がある。それによると、土壌中の重金属の全量の2、3割程度しか溶出しない事例が多いが、7割程度溶出した事例もあった（鉛精錬所汚染土）。この実験方法では、土壌種類、重金属の汚染状況（人為汚染の有無）により実験結果が大きく左右される。

## 3 土壌中の重金属の存在形態別の移動特性から考慮したヒト体内での溶出

### 土壌中の重金属の存在形態

重金属の土壌中における存在形態は、交換態、炭酸塩結合態、鉄マンガン結合態、有機物結合態、難溶態がある。ヒト器官を模擬して使用した酸、有機溶媒等の実験条件において、溶出しやすい存在形態は、ヒト器官（胃、腸）の条件下においても溶出される可能性は極めて高いと考えられる。

### 実験例

日本全国20ヶ所汚染土中の重金属の存在形態（表2-1）<sup>1)</sup>では、難溶態部分が57%以下であったため、難溶態以外の比較的溶出しやすい部分は、土壌含有量の43%以上であると推算できた。

非汚染土中のカドミウムの存在形態（表2-2）<sup>2)</sup>では、難溶態の部分が10～55%であるので、溶出しやすい部分は45～90%と推算できた。

また、土壌中の重金属の存在形態（表2-3）<sup>3)</sup>では、カドミウムと鉛の含有量が3 mg/kg 以上の場合、それぞれの難溶態が12%と10%であり、溶出しやすい部分はおよそ90%以上であった。

## 4 結論

実験事例により、土壌、特に汚染土壌中の重金属の難溶態以外の部分はおよそ5～10割程度であった。

表1 全国20ヶ所汚染土壌中の重金属の存在形態

含有量：mg/kg

試料	pH	カドミウム		鉛		砒素		セレン	
		含有量	難溶態 %	含有量	難溶態 %	含有量	難溶態 %	含有量	難溶態 %
A	7.1	0.4	47.5	77	21.9	58	0.5	<1	-
B	7.6	1.4	42.3	904	6.2	11	0.3	<1	-
C	9.8	24	20.1	1,570	17.6	21	0.8	<1	-
D	8	0.3	55.5	44	44.4	6	3.1	<1	-
E	8.1	0.4	49.4	67	16.6	13	3.8	<1	-
F	8.2	0.2	47.7	553	8	3	0.2	<1	-
G	7.9	1.6	13.3	97	41.8	23	88.9	<1	-
H	8.5	0.1	2.4	32	35.7	661	44.6	<1	-
I	8.3	5.7	12.1	589	12.5	17	57.8	<1	-
J	7.9	0.8	5.1	499	27.1	4	63.6	<1	-
K	7.8	0.3	18.9	18	71.9	6	76	<1	-
L	9.1	0.6	6.6	391	14.8	14	70.9	<1	-
M	7.7	<0.1	6.2	98	6.3	13	53.7	<1	-
N	7.1	0.8	15.4	95	55.7	10	74.5	<1	-
O	9.6	0.1	0.8	65	12.1	56	27.6	<1	-
P	4.2	32	56.9	11,700	4.8	1,050	0	11300	0.3
Q	7.7	805	3.1	53	13.6	10	77.2	1680	0.3
R	7.5	<0.1	44.8	21	13.1	8	0.4	<1	-
S	7.8	1	44.2	2,370	5.1	580	0	<1	-
T	8	1	3.7	67	27.3	17	81.2	<1	-

表2 日本非汚染土カドミウムの存在形態  
(Cd)

土壌種類	pH	難溶態 (%)
黒ぼく土	4.7	20
	5.7	55
赤黄色土	4.9	10
	5.3	25

表3 土壌中の重金属の存在形態

元素	含有量 (mg/kg)	難溶態 (%)
Cd	< 0.5	58.7
	0.5 ~ 3	20.1
	> 3.0	11.9
Pb	20	30
	> 20 ~ 200	10.5
	> 200	9.6

【参考文献】

- 1) 社団法人土壌環境センター：平成9年環境庁委託業務結果報告書：「土壌環境リスク管理手法調査」  
重金属の溶出特性に関する基礎調査。1998
- 2) 定元裕明・飯村康二・本名俊正・山本定博：土壌中重金属の形態分別法の検討。日本土壌肥料学雑誌 65(6) 645-653,1994