

## 土壤汚染対策法に係る技術的事項についての 考え方の取りまとめ案

	頁
背景	・・・ 1
土壤汚染対策法に係る技術的事項について	・・・ 2
1 特定有害物質【法第2条第1項関係】	・・・ 2
2 土壤汚染状況調査の方法【法第3条第1項関係】	・・・ 4
3 指定区域の指定に係る基準【法第5条第1項関連】	・・・ 22
4 指定区域台帳に記載する調査結果に関する事項【法第6条第2項関連】	・・・ 67
5 汚染の除去等の措置の実施に関する技術的基準【法第7条第4項関連】	・・・ 70
6 土地の形質の変更の施行方法に係る基準【法第9条第4項関連】	・・・ 88
7 その他	・・・ 89
おわりに	・・・ 90

### 別添資料

土壤ガス調査法（案）

「土壤の直接摂取によるリスク評価等について」（平成13年8月  
土壤の含有量リスク評価検討会報告書）

## 背景

平成 14 年 1 月の中央環境審議会答申「今後の土壌環境保全対策の在り方について」を踏まえ取りまとめられた土壌汚染対策法案が第 154 回国会において成立し、同年 5 月に公布された。

また、同答申では、今後の課題として、今回の制度の実施に向けてはその円滑な施行が図られるよう、今後、更に、技術的事項として、対象とする土壌汚染に係る基準のうち、汚染土壌の直接摂取に係る基準の具体的な数値（要措置レベルを基に検討）、国の定める調査の方法（分析方法を含む）、リスク低減措置に係る国の技術的基準（当該土地の周辺の地域での地下水の飲用利用の有無等の考慮の考え方等を含む。）、土地の改変等に伴う新たな環境リスクの発生の防止に係る国の技術的基準、その他について、中央環境審議会において関係する専門家の参加を得て審議する必要があるとされた。

そのため、土壌汚染対策法の公布を受け、同法の施行のために必要な土壌汚染状況調査の方法、指定区域の指定に係る基準、汚染の除去等措置に係る技術的基準等の技術的事項等について、平成 14 年 6 月に中央環境審議会に諮問された。

本専門委員会は、これについて調査審議するため同審議会土壌農薬部会に設置されたものであり、このたび、その結果を以下のとおり取りまとめた。

## 土壤汚染対策法に係る技術的事項について

### 1 特定有害物質【法第2条第1項関係】

本制度の対象物質となる法第2条第1項の特定有害物質は、「それが土壤に含まれることに起因して人の健康に係る被害を生ずるおそれがあるもの」であり、

特定有害物質が含まれる汚染土壤を直接摂取することによるリスク（直接摂取によるリスク）

特定有害物質が含まれる汚染土壤からの特定有害物質の溶出に起因する汚染地下水等の摂取によるリスク（地下水等の摂取によるリスク）

の2種類のリスクの観点から選定する。

具体的には、の地下水等の摂取によるリスクの観点からは、地下水等の摂取の観点から定められた土壤の汚染に係る環境基準における溶出基準項目を対象物質とするとともに、そのうち、人が直接摂取する可能性のある表層土壤中に高濃度の状態で蓄積し得ると考えられる重金属等について、の直接摂取によるリスクの観点から対象物質とすることが適当である（別紙1-1参照）。

別紙 1 - 1 法第 2 条第 1 項の特定有害物質

項 目	地下水等の摂取によるリスク	直接摂取によるリスク
カドミウム		
鉛		
六価クロム		
砒 素		
総水銀		
アルキル水銀		-
セ レ ン		
ふ っ 素		
ほ う 素		
シ ア ン		
ジクロロメタン		-
四 塩 化 炭 素		-
1,2-ジクロロエタン		-
1,1-ジクロロエチレン		-
ジス1,2-ジクロロエチレン		-
1,1,1-トリクロロエタン		-
1,1,2-トリクロロエタン		-
トリクロロエチレン		-
テトラクロロエチレン		-
ベ ン ゼ ン		-
1,3-ジクロロベンゼン		-
P C B		-
チ ウ ラ ム		-
シ マ ジ ン		-
チオベンカルブ		-
有機燐		-

## 2 土壤汚染状況調査の方法【法第3条第1項関係】

### 2 - 1 土壤汚染状況調査の対象となる土地の範囲について

法第3条第1項の規定による土壤汚染状況調査を行う土地の範囲については、特定有害物質を製造、使用又は処理していた有害物質使用特定施設が存在する一連の土地全体に土壤汚染の可能性があると考えられることから、原則として、使用が廃止された有害物質使用特定施設に係る「工場又は事業場の敷地であった土地のすべての区域」とする。

なお、土地の履歴情報から工場・事業場が設立された当時から管理棟であったこと、大学の敷地で有害物質使用特定施設を設置している研究棟等とは別の教室棟、講堂等であったことが確実である等、汚染が存在する可能性が低い部分として区画して都道府県知事が確認できる場合には、調査方法により、基本とする試料採取地点の密度よりも粗い密度で試料採取地点を選定して差し支えないこととする（2 - 3 参照）。また、土地の履歴情報から工場・事業場が設立された当時からグラウンド、従業員用駐車場等であったことが確実である等、汚染が存在する可能性がないと考えられる部分として区画して都道府県知事が確認できる場合には、当該区画は試料採取を行わなくても良いこととする（別紙2 - 1 参照）。

### 2 - 2 特定有害物質ごとに行うべき調査について

土壤汚染状況調査の対象となる物質は、法第3条の調査の場合は有害物質使用特定施設において使用等していた物質、法第4条の調査の場合は都道府県知事が人の健康に係る被害が生ずるおそれのあるものとして特定した物質とする。

土壤環境基準における溶出基準項目のうち、重金属等については土壤含有量調査及び土壤溶出量調査を、揮発性有機化合物については土壤ガス調査及び土壤溶出量調査を、その他農薬等の項目については土壤溶出量調査を行うこととする。

なお、揮発性有機化合物については土壤溶出量調査を行うことが原則ではあるが、揮発性有機化合物は土壤中に存在する場合にはより深部に浸透しやすいものの、揮発したガスが土壤の表層部分において検出されやすいという特性があることから、土壤ガス調査と土壤溶出量調査を組み合わせた調査を行うこととするものである（別紙2 - 2 参照）。

また、調査対象物質が1,1,1-トリクロロエタンの場合には、その分解生成物である1,1-ジクロロエチレンを、トリクロロエチレンの場合には、同じく1,1-ジクロロエチレン及びシス-1,2-ジクロロエチレンの調査を、テトラクロロエチレンの場合には、同じくトリクロロエチレン、1,1-ジクロロエチレン及びシス-1,2-ジクロロエチレンの調査を併せて行うこととする。

## 2 - 3 具体的な調査方法について

### (1) 調査試料の採取地点

採取地点の選定の方法については、調査対象となる範囲内における採取地点の密度を定め、一定の方法により一義的に採取地点が定まるようにすることとする。

具体的には、土壤汚染調査・対策事例及び対応状況に関する調査結果より 100m<sup>2</sup> に 1 地点の密度で調査を実施すれば汚染が存在した場合にほぼ発見できるものと考えられることから（別紙 2 - 3 参照）、土壤含有量調査、土壤溶出量調査及び土壤ガス調査の各調査とも 100m<sup>2</sup> に 1 地点以上の割合で調査地点を均等に選定することを基本とする。採取地点を確定する方法としては、例えば、対象となる土地を最北端の 1 地点を起点として東西南北方向に 10m 四方の格子状に区画し、1 区画内において 1 点以上を採取地点とする。その際、区画内に有害物質使用特定施設及び関連する配管、地下ピット、排水枡など、特定有害物質を使用等する施設の直下や周辺は特に土壤汚染が存在する可能性が高い場所であることから、このような場所が必ず採取地点となるようにすることとし、特段汚染の可能性が高い場所が存在しない場合には区画の中央を採取地点とすることとする。

なお、資料等調査等により特定有害物質による汚染が存在する可能性が低い部分については、都道府県知事が確認の上 900 m<sup>2</sup> に 1 地点以上の割合で調査地点を均等に選定することができることとする。この場合は、対象範囲を東西南北方向に 30m 四方の格子状に区画し、各区画の中央を採取地点とする。この際、揮発性有機化合物以外の物質については 1 調査地点につき 5 地点均等混合法（中心及び中心から東西南北方向に 10m の地点の 5 か所）により調査を行うこととする。なお、法第 5 条第 1 項の指定区域の指定に係る基準（以下「指定基準」という。）を超過した区画については、指定区域の範囲をさらに絞り込むため当該区画をさらに 10m 四方の格子状に区画し、各区画の中央を採取地点とすることができることとする（区画と指定区域の指定方法との関係について、別紙 2 - 4 参照）。

また、土壤汚染の存在が明らかとなった時点において、土地所有者等が全ての区画を調査せずに調査していない区画を指定区域として良いと希望する場合には、調査の効率化及び調査費用の低減化の観点からその選択を認めることとする（別紙 2 - 5 参照）。

### (2) 調査試料の採取深度等

#### 1) 重金属等及びその他農薬等

重金属等及びその他農薬等の採取深度については、これらの物質は汚染が存在した場合には土壤の表層部分に当該物質が存在していることが多いことから、土壤含有量調査及び土壤溶出量調査の両方に用いる試料を表層部から採取することとし、具体的には、表層の土壤及びその直下から表層 50cm 下の間の土壤を深さ方向に均等に採取し、それ

らの同量を均等に混合して一試料とすることとする。

## 2)揮発性有機化合物

揮発性有機化合物における土壌ガス調査の採取深度については、汚染が存在した場合に土壌ガスを検知できる深度とすることとし、具体的には、表層より概ね 1m の地中において土壌ガスを採集することとする（最初の帯水層が表層から 1m 以内にあるため土壌ガスが採取できない場合にあっては、当該帯水層の地下水を採取することとする）。

採取した土壌ガスがすべて不検出の場合には調査を終了することとなるが、そうでない場合はボーリング調査を行う。ボーリング調査は、土壌ガス濃度が相対的に高い調査地点のすべてにおいて、表層から 10m まで（最初の帯水層の底が表層から 10m 以内にある場合は帯水層の底まで）ボーリングを行い、表層、表層から 50cm 下及び表層から 1m ごとに 10m の深度まで（最初の帯水層の底が表層から 10m 以内にある場合は帯水層の底まで）採取して、各々を測定試料とし、土壌溶出量を測定することとする。その際、汚染の存在が認められた時点でボーリング調査を終了することができる。また、土壌ガス濃度が相対的に高い調査地点が 1 地点しかなく、そこでのボーリング調査で汚染が認められなかった場合には、土壌ガスが検出された範囲内でもう 1 か所ボーリング調査を行い、汚染が存在しないことを確認することとする。

なお、土壌ガス調査により当該物質が検出された調査地点があった場合には、ボーリング調査を行うことなく土壌ガス調査により検出されたことをもって指定区域とすることができる。

## (3) 周辺に飲用利用がある場合等の調査

これらの調査により汚染がない場合であっても、当該土地の周辺に地下水の飲用利用がある場合等で、当該土地の周辺の地下水に汚染がある、又は当該土地に土壌汚染が存在することが明らかであるため、法第 4 条第 1 項の調査が命じられた場合には、次の調査を行うこととする。

### 1)当該土地の周辺の地下水に汚染がある場合

当該土地の汚染の可能性が高い場所 1 地点においてボーリング等による地下水汚染調査を行うこととする。この結果、地下水の汚染が判明した場合は、さらに当該土地の汚染状況についてボーリングによる土壌溶出量調査を行うこととする。

### 2)当該土地に土壌汚染が存在することが明らかな場合

当該土地の土壌汚染が存在することが明らかな場所 1 地点以上においてボーリング等による地下水汚染調査及び土壌溶出量調査を行うこととする。

#### (4) 特定有害物質ごとの測定方法

特定有害物質ごとの測定方法については、土壌溶出量については土壌環境基準の測定方法を用いることとする。

また、土壌ガスの具体的な測定方法については、調査対象となる土地に揮発性有機化合物が存在した場合にはその多くを検出することができる程度の検出精度が必要であり、これを踏まえ、採取した土壌ガスをガス・クロマトグラフ等により分析する土壌ガス調査法（別添資料）によることとする。

注）土壌含有量の測定方法については、法第5条第1項の指定区域の指定に係る基準の検討と併せて検討する。

#### (3) の「周辺に飲用利用がある場合等」の考え方

土壌汚染が存在する土壌から特定有害物質が地下水に溶出した場合に、当該特定有害物質を含む地下水が到達し得ると考えられる一定の範囲内において、飲用利用がある場合等のことをいう。

なお、この「一定の範囲内」については、特定有害物質の種類、各々の土地における地質や地下水の状況等により異なるものであり、一概に整理できるものではないが、これまでに地下水汚染が判明した事例における汚染源から基準超過井戸までの最長距離等の実態（別紙2-6）や、揮発性有機化合物及び重金属類の土壌汚染に起因する地下水汚染に関するシミュレーション結果（別紙2-7）から概ね数百 m ~ 数 km の範囲と思われる。

また、「飲用利用がある場合等」については、水質汚濁防止法に基づく地下水浄化措置命令の発動要件と同様に、次のいずれかの要件に該当する場合とすることとする。

人の飲用に供せられ、又は供されることが確実である場合

水道法に規定する水道事業、水道用水供給事業又は専用水道のための原水として取水施設より取り入れられ、又は取り入れられることが確実である場合

災害対策基本法に規定する都道府県地域防災計画等に基づき災害時において人の飲用に供される水の水源とされている場合

水質環境基準が確保されない公共用水域の水質の汚濁の主たる原因となり、又は原因となることが確実である場合

## 別紙 2 - 1 法第 3 条第 1 項の調査の対象となる土地の範囲について

### (1) 基本的な考え方

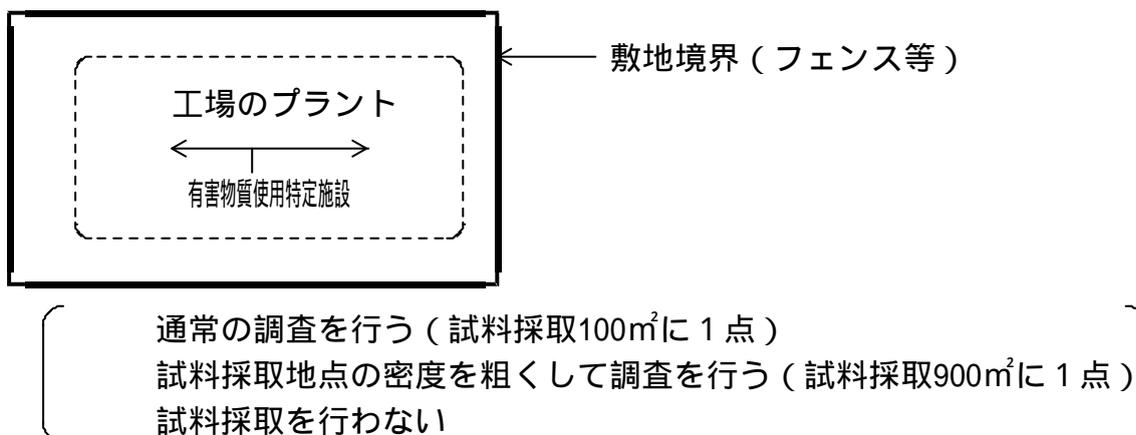
法第 3 条第 1 項の調査の対象となる土地の範囲は、特定有害物質を製造、使用、処理する施設が存在する一連の土地全体に土壤汚染の可能性があることから、「工場又は事業場の敷地であった土地の全ての区域」とする。

なお、事業場の土地のうちから汚染が存在する可能性が低い部分（事務所、管理棟など）を区画して都道府県知事が確認できる場合には、調査方法において、試料採取地点の密度を粗くする取扱いをする。また、汚染が存在する可能性がないと考えられる部分（グラウンド、従業員用駐車場等）を区画して都道府県知事が確認できる場合には、試料採取を行わなくても良いこととする。

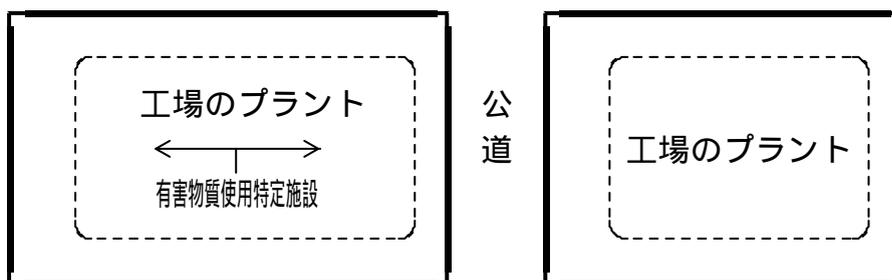
### (2) 具体的な範囲について

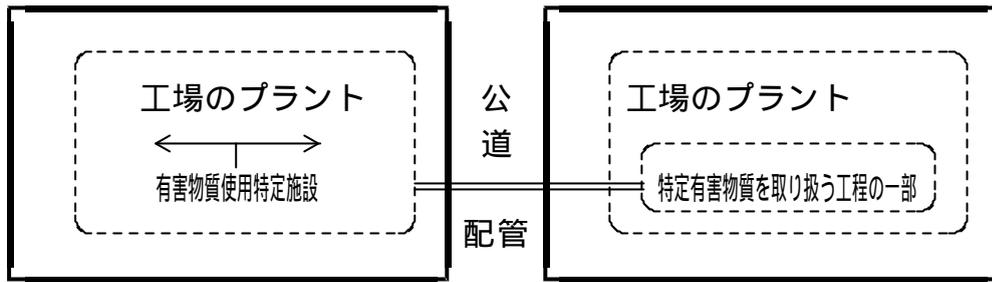
#### ア．通常の工場・事業場

- 1) 有害物質使用特定施設が設置されていた場所だけではなく、工場・事業場の敷地全体を通常の調査の対象とする。



- 2) 工場・事業場の敷地が公道等により区分され、その一方には有害物質使用特定施設が設置されていない場合は、その敷地は通常の調査の対象としない。（ただし、配管が接続され特定有害物質を取り扱う工程の一部が置かれている場合、特定有害物質を取り扱う工程からの排水を受け入れている場合には、通常の調査の対象とする。）

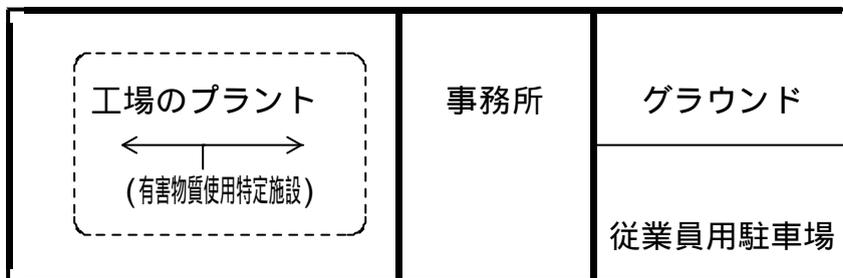




イ．汚染の可能性が低い部分を含む広大な工場・事業場

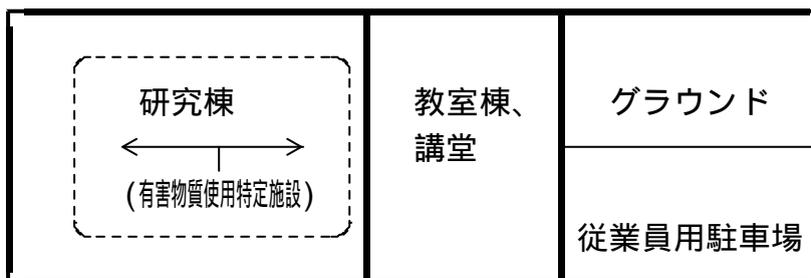
- 1) 広大な工場・事業場において、当該工場・事業場の操業中には事務所等としてのみ用いられたことが確認できる部分については、試料採取地点の密度を粗くすることができる。

また、グラウンド、従業員用駐車場等の敷地は、試料採取を行わなくて良い。



- 2) 大学については、教室棟、講堂等としてのみ用いられたことが確認できる部分については、試料採取地点の密度を粗くすることができる。

また、グラウンド、従業員用駐車場等の敷地は、試料採取を行わなくて良い。



## 別紙 2 - 2 揮発性有機化合物の土壤汚染状況調査について

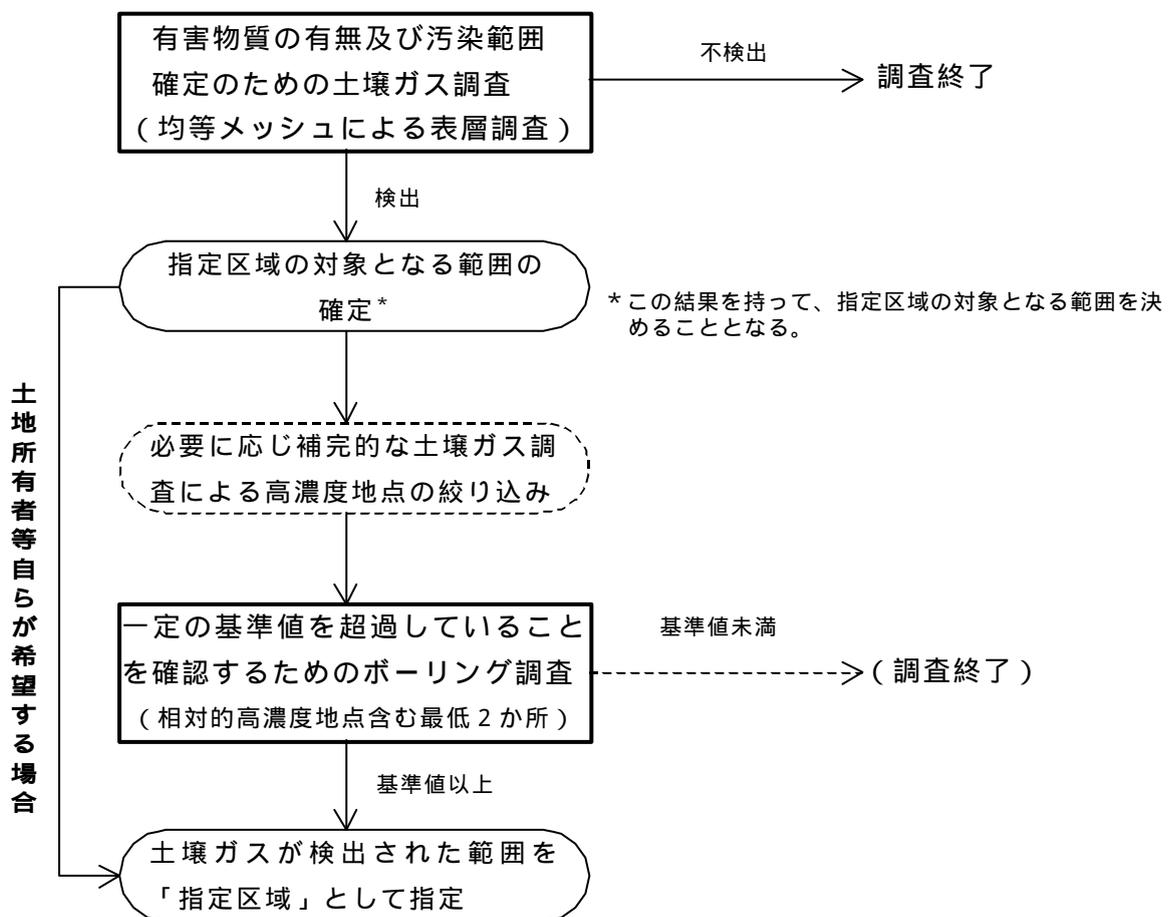
### 1. 揮発性有機化合物の土壤汚染状況調査と指定区域の指定

土壤汚染対策法に基づき実施される土壤汚染状況調査については、可能な限り簡易かつ低コストで汚染の存在が的確に把握できるようにする必要がある。

このため、土壤中の揮発性有機化合物の地下水への溶出に係る溶出量調査については、揮発性有機化合物の特性である揮発性を利用して、まず、表層において土壤ガス量を測定することにより土壤中の有害物質の存在の有無を確認するとともに、汚染の範囲を確定する。次に、汚染の存在が確認された場合には、土壤ガス調査により相対的に高濃度の地点をボーリング調査し、土壤中の有害物質の溶出量が法第5条第1項の指定区域の指定に係る基準値以上であることを確認して指定区域として指定する。なお、相対的に高濃度の地点を含む最低2か所についてボーリングを行って、何れも有害物質の溶出量が基準値を下回った場合には、基準値未滿の土壤汚染として調査を終了するものとする（1か所目で基準値の超過が認められた場合は、ボーリングは1か所でよい）。

なお、表層の土壤ガス調査により有害物質が検出された場合には、その下に基準値を超える汚染土壌の存在する可能性が高いことから、土地所有者等がより低コストでの調査を望む場合には、土壤ガス調査の結果のみで指定区域として指定することとする。

### 2. 調査から指定に至る手順



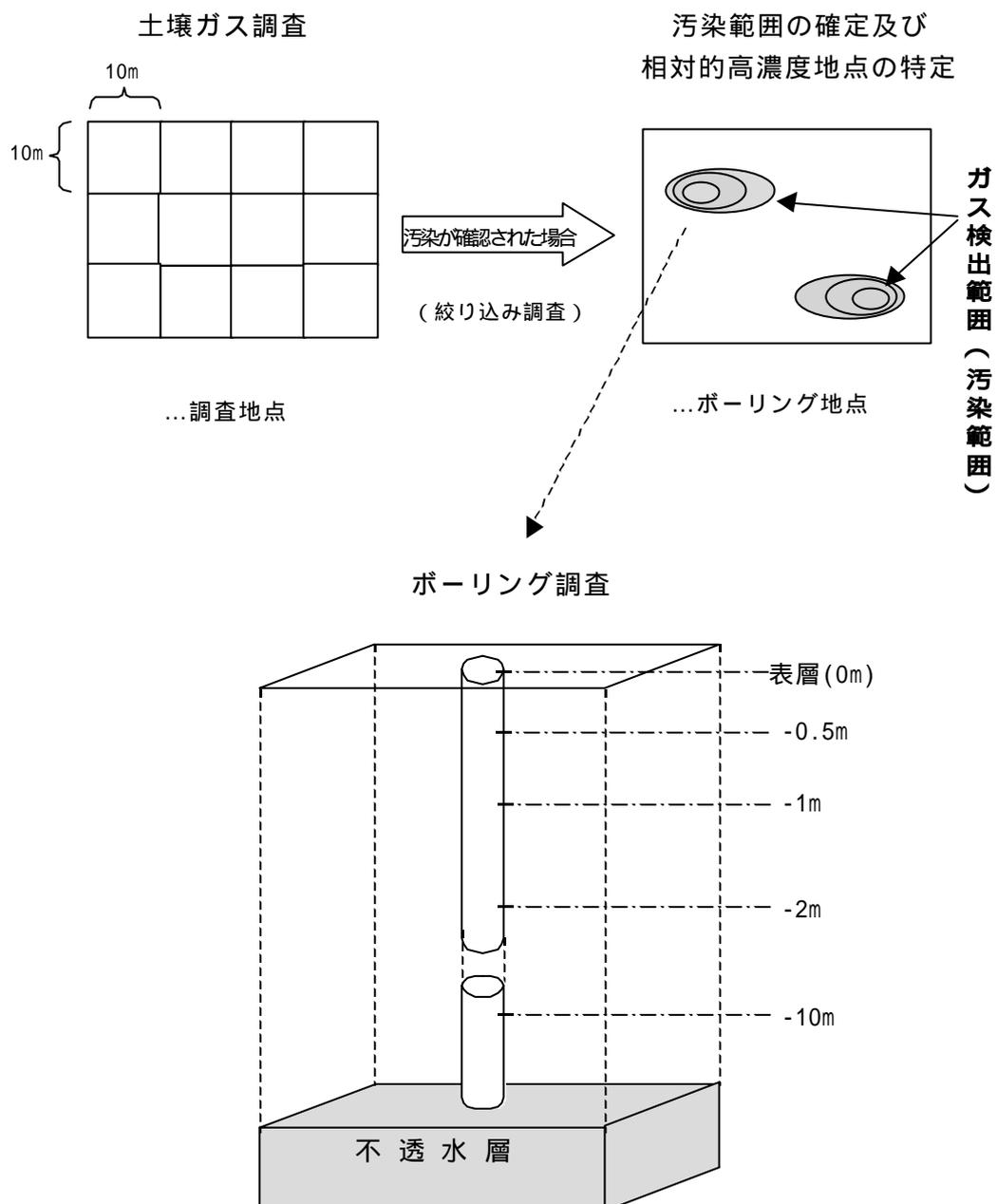
### 3. 土壌ガス調査に基づく汚染範囲確定の考え方

本調査方法は、基準値を超える汚染土壌の有無を確認することを第一目的としていることから、基準値を超える汚染土壌の範囲を完全に確定することはできず、確定のためにはより多くのボーリング調査を行う必要がある。

したがって、指定区域として汚染範囲を指定する際には、土壌ガス調査により有害物質が検出された範囲を汚染範囲として指定することとする。

この考え方による汚染範囲は、実際の汚染範囲よりも広めに設定されることが考えられるが、汚染の除去等の措置として実施されることとなるモニタリング調査についてはボーリング地点において行えば良く、また、封じ込めや浄化（掘削除去、現位置浄化等）を行う場合は必要に応じ汚染範囲を確定しながら措置を実施することとなるため、実態上問題は生じないものと思われる。

#### 【調査及び汚染範囲のイメージ図】



## 別紙 2 - 3 土壤汚染調査の試料採取地点の密度について

平成 12 年度土壤汚染調査・対策事例及び対応状況に関する調査結果（環境省環境管理局水環境部）によると、これまで判明した土壤環境基準を超過している事例のうち汚染面積が把握されているものについては、下図のとおりであり、汚染面積が 100m<sup>2</sup> 以上の事例が 330 事例中 267 事例と約 80%（重金属等は 201 事例中 174 事例で約 86%、VOC は 129 事例中 93 事例で約 72%）であることから、概ね 100m<sup>2</sup> に 1 点以上の密度で表層土壤の調査を実施すれば、土壤汚染の状況がほとんど把握できるものと考えられる。

より詳細には次のとおり	180 m <sup>2</sup> 以上	約 66%
	225 m <sup>2</sup> 以上	約 62%
	400 m <sup>2</sup> 以上	約 52%
	625 m <sup>2</sup> 以上	約 44%

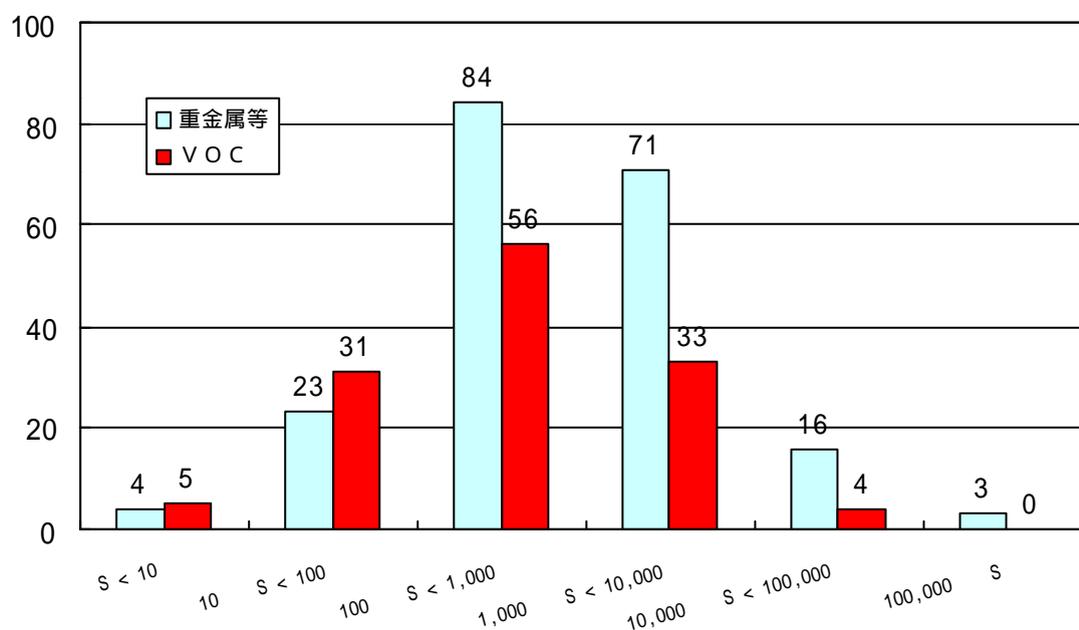


図 汚染面積 (m<sup>2</sup>) 毎の事例数

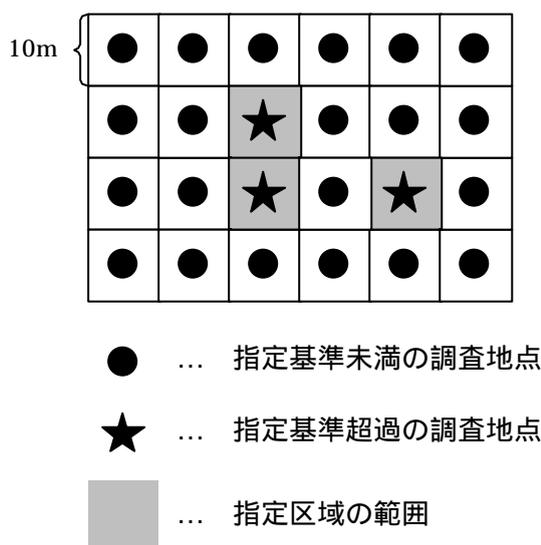
## 別紙 2 - 4 区画と指定区域の指定方法について

指定区域の指定については、格子状に区画した区画ごとに判断することとし、区画内で採取した土壌が法第 5 条第 1 項の指定に係る基準（以下「指定基準」という。）を超えている場合には当該区画全体を指定区域とすることを基本とする。

この場合、基本の 100 m<sup>2</sup>の格子状に区画した土地の場合、汚染の存在する可能性が低い部分として 900 m<sup>2</sup>の格子状に区画した場合、それぞれの調査地点及び指定区域は次のようになる。

### 100 m<sup>2</sup>の格子状に区画した場合

100 m<sup>2</sup>に区画した場合は、区画内の 1 点を調査した結果、指定基準を超過した 100 m<sup>2</sup>の区画ごとに指定区域となる（飛び地もあり得る）。

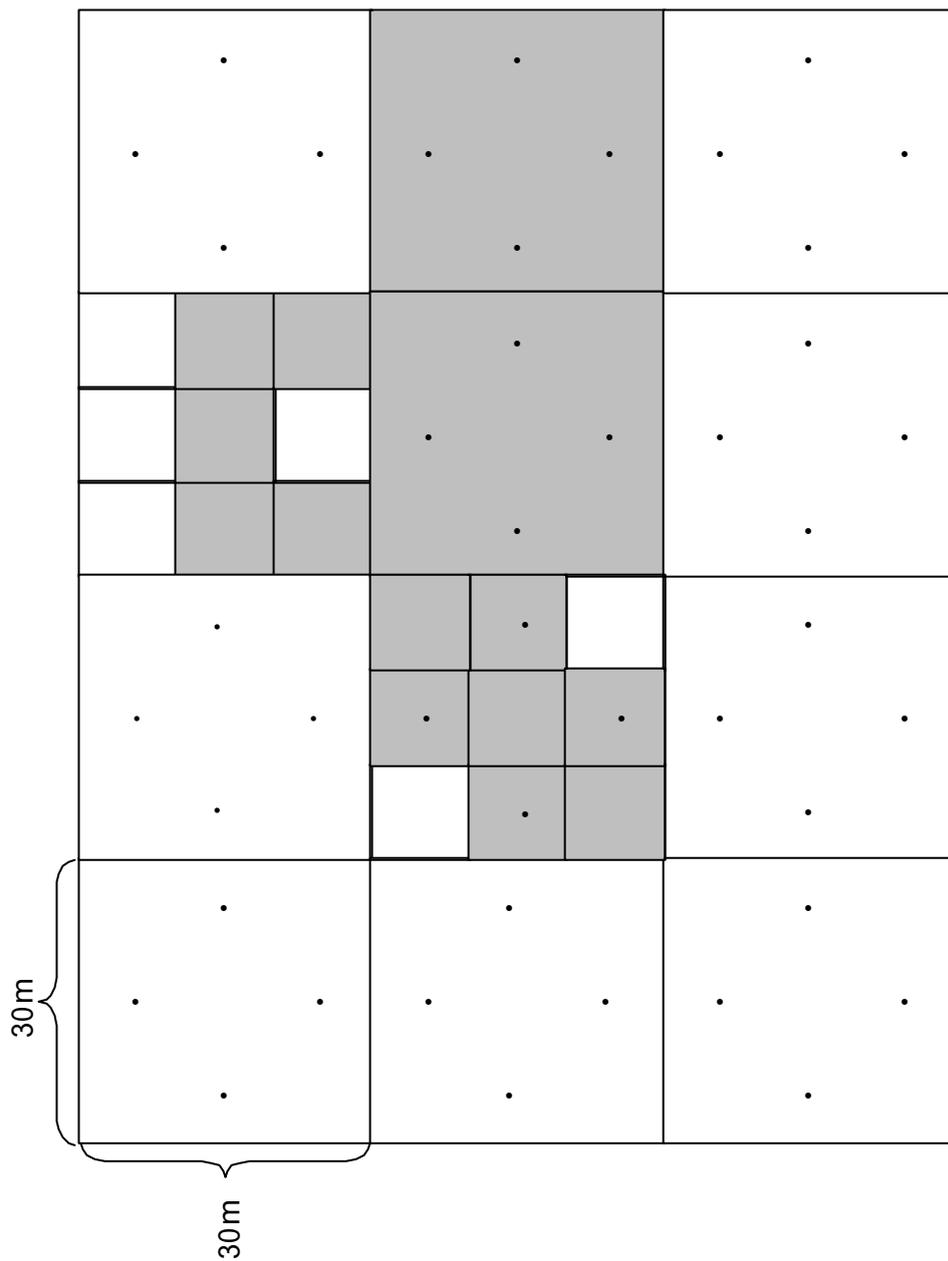


### 900 m<sup>2</sup>の格子状に区画した場合

900 m<sup>2</sup>に区画した場合は、区画内を 5 地点均等混合法により調査した結果、指定基準を超過した 900 m<sup>2</sup>の区画ごとに指定区域となる（飛び地もあり得る）。

指定基準を超過した 900 m<sup>2</sup>について、指定区域の範囲をさらに絞り込むために内部を 100 m<sup>2</sup>ごとに区画した場合には、新たな 9 区画ごと又は 9 区画のうち 5 地点均等混合法で試料採取をしていない 4 区画ごとに区画内の 1 点を調査し、その結果、指定基準を超過しなかった 100 m<sup>2</sup>の区画については指定区域から除外されることとなる。

汚染の存在する可能性が低い部分として900 m<sup>2</sup>の格子状に区画した場合



- ... 指定基準未満の調査地点      ● ... 5地点均等混合法の試料採取地点
- ★ ... 指定基準超過の調査地点
- ... 指定区域の範囲

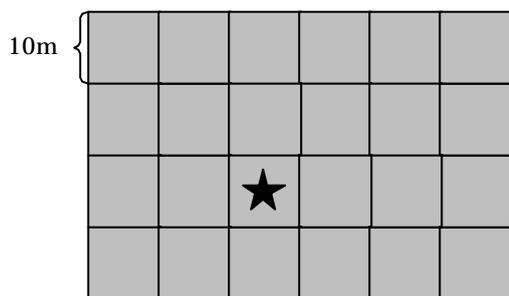
## 別紙 2 - 5 土壤汚染状況調査における土地所有者等の選択について

土壤汚染状況調査は 100 m<sup>2</sup>に 1 地点の密度の区画の全てで調査を行うことを基本としているが、調査を行って、例えば最初の 1 区画目において土壤汚染が明らかとなった時点において、土地所有者等が汚染の範囲を詳細に調査した上で汚染の除去等の措置を実施しようと考えた場合には、それ以上の区画の調査は汚染範囲確定のための詳細な調査と重複してしまう可能性がある。

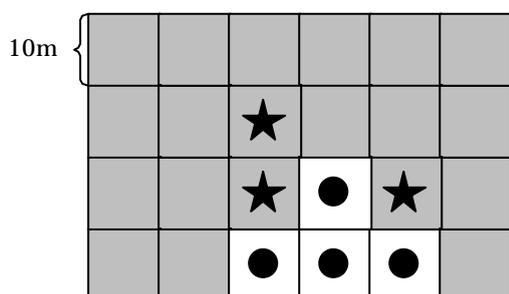
このため、土壤汚染の存在が明らかとなった時点において、土地所有者等が全ての区画を調査せずに調査していない区画を指定区域として良いと希望する場合には、その選択を認めることとする。この際、調査の効率化及び調査費用の低減化の観点から、調査を行う区画の選択は土地所有者等が工夫して行うこととなる。

この場合、調査結果と指定区域との関係については、調査して指定基準を超過した区画及び調査を行わなかった区画を指定区域とし、調査して指定基準未満の区画が存在した場合については、その区画を指定区域から除外することとする。

ケース 1：最初の 1 区画で汚染が判明して調査を終了した場合



ケース 2：何区画か調査した後に調査を終了した場合



● ... 指定基準未満の調査地点

★ ... 指定基準超過の調査地点

■ ... 指定区域の範囲

別紙 2 - 6 - 1 汚染源（推定）から基準超過井戸までの最長距離等について

(VOC)

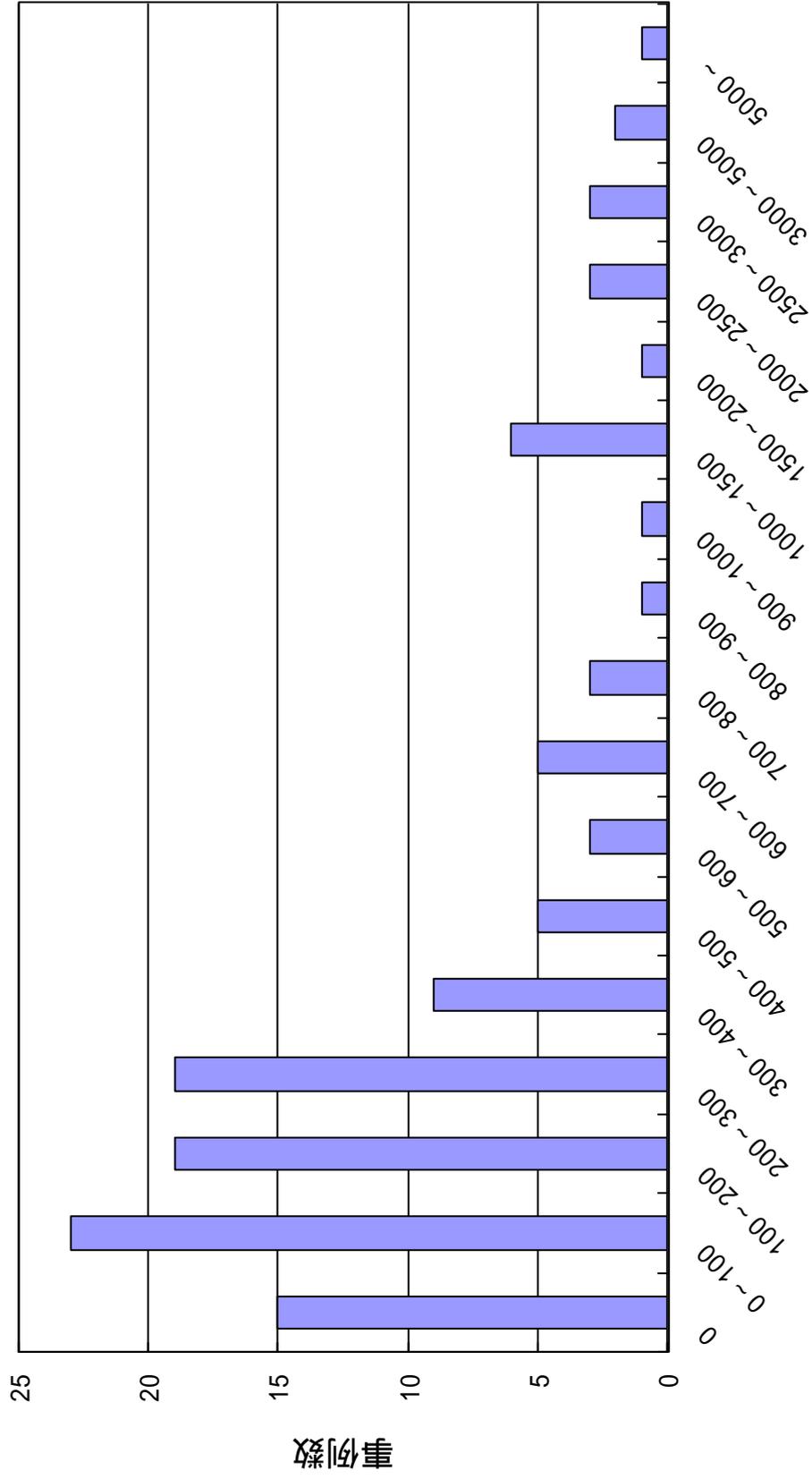
	基準超過井戸までの最長距離	汚染源地下水最高濃度(対基準比)	汚染源土壌最高濃度(対基準比)	主要な汚染物質
1	0	CDCE ; 17	TCE ; 90	CDCE
2	0	70		CDCE
3	0	1,250	2,700	PCE
4	0	5	3	PCE
5	0	6		PCE
6	0	100	170	PCE
7	0	500	21	PCE
8	0	6		PCE
9	0	78		PCE
10	0	72		PCE
11	0	59		PCE
12	0	2		PCE
13	0	370	15,700	TCE
14	0	13	500	TCE
15	0	7,500	180	PCE
16	10			PCE
17	10	12,000		PCE
18	20	7,800	198,000	PCE
19	25	27,000	2,600	ベンゼン
20	30	11,000	970	PCE
21	30	520		PCE
22	30		110	PCE
23	30			TCE
24	40	56	210	PCE
25	40	1.2		PCE
26	45		2,400	PCE
27	50	270		PCE
28	50	1,100		PCE
29	70	6		PCE
30	70	25,700	4,000	PCE
31	75		100	PCE
32	80			PCE
33	80			TCE
34	90	2,100	1,100	PCE
35	90	800		PCE
36	90			TCE
37	100	19		CDCE
38	100	30		CDCE
39	110	2		PCE
40	110	16,000	10,000	PCE
41	120	1,800		PCE
42	120	1,500		PCE
43	130			MC
44	130	400		PCE
45	130			PCE
46	140	400		PCE
47	150	3,500		PCE
48	150	5.4		TCE
49	160	230		PCE
50	170	6		TCE
51	180			PCE
52	190	8	220	PCE
53	190	39		PCE
54	200			PCE
55	200			PCE
56	200	860		PCE
57	200	20		TCE
58	210			PCE
59	210			PCE
60	210	TCE ; 7 CDCE ; 6	TCE ; 27 CDCE ; 26	CDCE
61	220	PCE ; 3,400		CDCE
62	220	18,500		TCE
63	230			PCE
64	230	20,000	25,000	PCE
65	240			PCE
66	240			TCE、MC
67	260			PCE
68	260			PCE
69	260			PCE
70	260	4,500	100	PCE

	基準超過井戸までの最長距離	汚染源地下水最高濃度(対基準比)	汚染源土壌最高濃度(対基準比)	主要な汚染物質
71	270			PCE
72	280	620	120	PCE
73	290	CDCE ; 80	11,800	PCE
74	290	9,100		TCE
75	300	6,400	20,000	PCE
76	300			TCE
77	310			TCE
78	320		TCE ; 17,000 CDCE ; 220	CDCE
79	320	TCE ; 1,600 PCE ; 1,200	100,000	TCE、PCE
80	330	8		PCE
81	370	770	1,000	PCE
82	380			PCE
83	380	530	140	TCE
84	400	16,000	14,000	PCE
85	400			TCE
86	410			PCE
87	420			PCE
88	430	10		TCE
89	450	46		PCE
90	450			PCE
91	540			PCE
92	570	4,500	2,000	PCE
93	600	TCE ; 19,900 CDCE ; 3,250	TCE ; 9,300	TCE
94	620			PCE
95	650	660	24	PCE
96	670	130		PCE
97	700	2		PCE
98	700		PCE ; 258 TCE ; 14	TCE
99	730			TCE
100	740	1	38	PCE
101	750	500	8.5	PCE
102	830			ベンゼン
103	980		12,000	PCE
104	1,060			PCE、TCE
105	1,200	9,500		PCE
106	1,200	12,000,000		TCE
107	1,300	8,300	6,700	TCE
108	1,400			PCE
109	1,480			PCE
110	1,940			PCE
111	2,040	140		PCE
112	2,200	10	3.6	TCE
113	2,200			TCE、PCE
114	2,600	3,700	25	TCE
115	2,900			PCE
116	2,900	40		TCE
117	3,430	30,000	200,000	TCE
118	4,000	13		TCE
119	10,700			TCE

(重金属等)

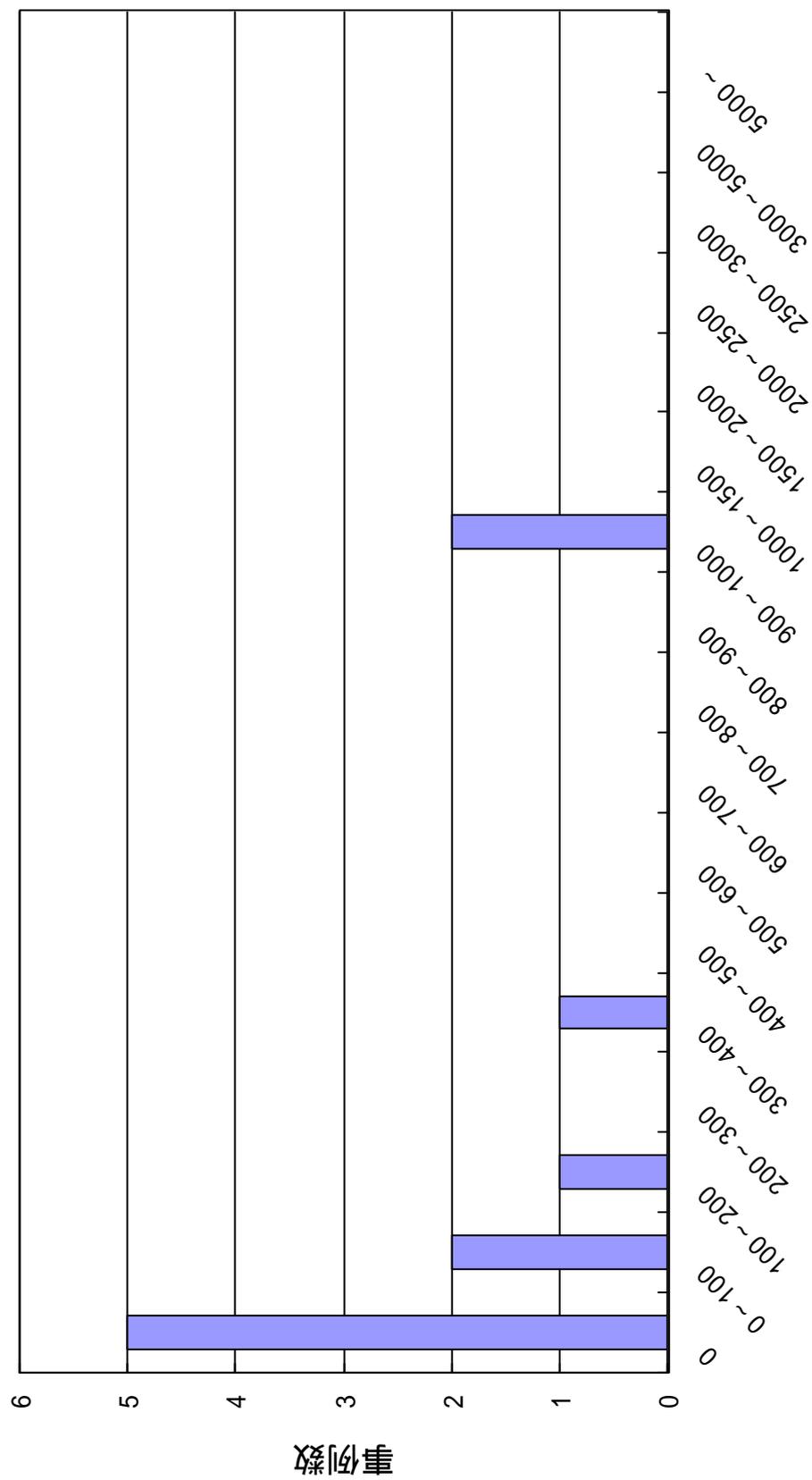
	基準超過井戸までの最長距離	汚染源地下水最高濃度(対基準比)	汚染源土壌最高濃度(対基準比)	主要な汚染物質
1	0	1,000		Cd
2	0	130		Cr6
3	30	220		Cr6
4	50	930		Cr6
5	180			Cr6
6	1,000			Cr6
7	1,000			Cr6
8	400	8	20	F
9	0	16	42	CN
10	0	3	34	Pb
11	0		23	Pb

別紙 2 - 6 - 2 揮発性有機化合物による地下水汚染の広がり頻度分布



汚染源（推定）から基準超過井戸までの最長距離（m）

別紙 2 - 6 - 3 重金属による地下水汚染の広がり頻度分布



汚染源 (推定) から基準超過井戸までの最長距離 (m)

別紙 2 - 7 - 1 地下水汚染シミュレーション結果一覧表（揮発性有機化合物）

解析ケース	1-1	1-2	1-3	2-1	2-2	3-1	3-2	3-3	4-1	5-1	5-2
対象地の地質・地下水特性に関するパラメータ											
地下水の流速 (m/年)	1.05	10.5	105	105	105	105	105	105	105	105	105
拡散係数 縦分散度 (m)	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
横分散度 (m)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
汚染物質の特性に関するパラメータ											
吸着特性 遅延係数	1.85	1.85	1.85	1.85	1.85	1.85	1.85	1.85	1.85	1.85	1.85
分解特性 半減期 (年)	13.9	13.9	13.9	3.5	7	13.9	13.9	13.9	13.9	13.9	13.9
汚染源の状態に関するパラメータ											
汚染物質の量 (kg)	定濃度汚染源 10m x 10m	定濃度汚染源 1m x 1m	定濃度汚染源 10m x 10m	定濃度汚染源 10m x 10m							
汚染源の規模 (m <sup>2</sup> )	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	10
汚染源の地下水濃度 (mg/L)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	1	10
汚染物質流出終了時間 (年)						0.22	1.11	5.57			
<b>汚染地下水の到達距離</b>											
汚染物質が漏出後 10年 (m)	40	190	1220	1120	1170	845	945	955	1125	820	1020
汚染物質が漏出後 30年 (m)	80	370	2620	1990	2420	2125	2275	2275	2475	1800	2270
汚染物質が漏出後 50年 (m)	105	510	3800	2120	3320	3085	3375	3455	3500	2370	3320
汚染物質が漏出後 100年 (m)	135	760	6180	2120	3870	消滅	消滅	5830	5750	2450	4750
<b>地下水汚染が到達する最大距離 (m)</b>	148	890	7200	2120	3870	3260	4500	5830	6100	2450	4750

別紙 2 - 7 - 2 地下水汚染シミュレーション結果一覧表（揮発性有機化合物；3次分解）

解析ケース	3次分解			1			2			3				
	対象地の地質・地下水特性に関するパラメーター													
計	地下水の流速 (m/年)		105				105					10.5		
	拡散係数 縦分散度 (m)		10				10					10		
	横分散度 (m)		1				1					1		
算	汚染物質の特性に関するパラメーター		PCE	TCE	DCE									
	吸着特性 遅延係数		1.85	1.714	1.714	1.85	1.714	1.714	1.85	1.714	1.714	1.85	1.714	1.714
	分解特性 半減期 (年)		0.99	0.88	0.15	1.97	4.53	7.88	13.9			13.9		13.9
条	汚染源の状態に関するパラメーター													
	汚染物質の量 (kg)		定濃度汚染源			定濃度汚染源			定濃度汚染源			定濃度汚染源		
	汚染源の規模 (m <sup>2</sup> )		10X10			10X10			10X10			10X10		
件	汚染源の地下水濃度 (mg/L)		100			100			100			100		
	汚染物質流出終了時間 (年)													
<b>汚染地下水の到達距離</b>														
	汚染物質が漏出後 10年 (m)		PCE	TCE	DCE									
	汚染物質が漏出後 30年 (m)		830	835	690	1100	1150	1050	1075	825		1075	825	
	汚染物質が漏出後 50年 (m)		1145	1175	815	2050	2500	2550	2375	2175		2375	2175	1775
	汚染物質が漏出後 100年 (m)		1145	1175	815	2250	3500	3850	3525	3425		3525	3425	3075
<b>地下水汚染が到達する最大距離</b>														
			1145	1175	815	2250	4150	6700	8125	8075		8125	8075	8175

別紙 2 - 7 - 3 地下水汚染シミュレーション結果一覧表(重金属)

解析ケース	1-1	1-2	1-3 (2-1) (4-1)	2-2	2-3	3-1	3-2	4-2
対象地の地質・地下水特性に関するパラメーター								
地下水の流速 (m/年)	1.05	10.5	105	105	105	105	105	105
拡散係数 縦分散度 (m)	5	5	5	5	5	5	5	5
横分散度 (m)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
汚染物質の特性に関するパラメーター(対象物質)								
吸着特性 k	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4
n	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.45
汚染源の状態に関するパラメーター								
汚染物質の量 (kg)	定濃度汚染源	定濃度汚染源	定濃度汚染源	定濃度汚染源	定濃度汚染源	100	200	定濃度汚染源
汚染源の規模 (m <sup>2</sup> )	5×5	5×5	5×5	5×5	5×5	5×5	5×5	5×5
汚染源の地下水濃度 (mg/L)	10	10	10	1	0.1	10	10	10
汚染物質流出終了時間 (年)						3.45	6.9	
<b>汚染地下水の到達距離</b>								
汚染物質が漏出後 10年 (m)	8	25	104	63	21	103	104	10.5
汚染物質が漏出後 30年 (m)	13	47	235	142	38	210	230	15.5
汚染物質が漏出後 50年 (m)	17	65	354	213	42	293	326	19.5
汚染物質が漏出後 100年 (m)	25	104	632	379	43	462	522	28.5

### 3 指定区域の指定に係る基準【法第5条第1項関連】

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、この観点からの基準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、土壤汚染対策法第5条第1項の指定区域の指定に係る基準のうち、汚染土壤の直接暴露の経路に係る土壤含有基準（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、土壤中の含有量の測定・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、強酸による抽出法をベースに策定することとする(六価クロム、シアン及びふっ素については水抽出法や蒸留法をベースに個別に策定する)。

### 3 - 2 汚染土壌の直接暴露の経路に係る土壌含有基準について

以上のことから、汚染土壌の直接暴露の経路に係る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場合の結果算定される値としてはどうか。

汚染土壌の直接暴露の経路に係る土壌含有基準

	個別物質毎に検討した場合の結果		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
	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
ヒト		-	10年（骨）	財団法人 労働科学研究所より出典 <a href="http://www.isl.or.jp/topics-keyword/keyword4.html">http://www.isl.or.jp/topics-keyword/keyword4.html</a>
	ヒト	-	血中および軟部組織無機鉛半減期 28～36日だが、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 環境保険クワイテリア抄訳 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, lauvery 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
フッ素	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
ホウ素	ヒト	ホウ酸	1.2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	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>50</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
フッ素	ヒト	致死量	ふっ化ナトリウム (フッ化物)	41,50, 50-225, 66-83,75, 83-167	41	10	10	10	4,100	10,000
ホウ素	ヒト	致死	ホウ酸	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出典(このデータは RTECS より出典))

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
	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
砒素	-	-	-	-	-	-	-	-	150
	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(5 <sup>+</sup> )	121				12,100	
	ヒト	頻脈、嘔吐と下痢	AS(5 <sup>+</sup> )	19				1,900	
	ヒト	出血性気管支炎、肺腫、急性腎不全等	AS(3 <sup>+</sup> )	8	10	10	10	800	150
	ヒト	嘔吐と下痢	AS(3 <sup>+</sup> )	13				1,300	
	ヒト	呼吸困難等	AS(3 <sup>+</sup> )	22				2,200	
	ヒト	速脈、腹痛、嘔吐等	AS(3 <sup>+</sup> )	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				2,900	
	ヒト	肝壊死、腸出血等	クロム酸カリウム	7.5	10	10	10	750	900
	ヒト	腸出血等	CrO <sub>3</sub> ( )	4.1				410	
フッ素	-	-	-	-	-	-	-	10,000	
ホウ素	ヒト(3~5日)	呼吸器官充血、肝臓異常等	ホウ酸	505	10	10	10	50,500	4,000
	ヒト(3~5日)	腎臓異常	ホウ酸	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壌摂食量に関する情報を収集し、日本のダイオキシン土壌環境基準設定時に使用した土壌摂食量の妥当性を検証する。

## 2 土壌摂食量デフォルト値

### 諸外国における土壌摂食量

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壌摂食量を1 - 1に示した。また、4モデル及び日本の土壌摂食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、諸外国における土壌摂食量は、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壌摂食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壌摂食量として、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、土壌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壌摂食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、ドイツの土壌浄化基準等設定時に使用するモデルの土壌摂食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>(最大摂食量は600 mg/day)、ドイツでは子供500 mg/day<sup>6)</sup>であった。

### 日本における土壌摂食量

環境省が平成12年度に行った土壌摂食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

諸外国の土壌摂食量調査では、中央値あるいは平均値をとった場合、その土壌摂食量は、日本に採用されている土壌摂食量より低い。安全側にたって、95パーセンタイル値付近での土壌摂食量を見た場合、日本が採用している土壌摂食量(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	Al,Si,Y, Zr の中 央値
		<u>67</u>	-14	384	620			1W	
		<u>44</u>	18	210	376			2W	
		<u>49</u>	-5	269	285			3W	
		-137	-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 . 土壌摂食量の検討

### 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食量の検討

土壌摂食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 名の全通常摂食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。）

土壌摂食量

各元素毎に、下記の計算式で算出した土壌摂食量 (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」の量が摂食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食量を両地区の成人、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19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26、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、未回収の食物品目や回収量の少ない食物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/Sc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/Sc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する。

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する。

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3mg/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		ヒ素		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	4.5	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)	pH	難溶態 (%)
Cd	<0.5		58.7
	0.5~3		20.1
	>3.0		11.9
Pb	<0.5		30
	0.5~3		10.5
	>3.0		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

#### 4 指定区域台帳に記載する調査結果に関する事項【法第6条第2項関係】

土壤汚染状況調査の結果については、それに基づいて指定された指定区域の範囲及び土壤汚染の状況として、法第6条第2項の規定により調製された台帳に記載されることとなる。

具体的には、台帳の帳簿に指定区域の所在地、面積等を記載するとともに、指定区域内の土壤汚染の状況として、調査年月日、特定有害物質の名称、適合しない基準項目（含有基準又は溶出基準）及び調査実施機関名を記載することとする。

さらに、各試料採取地点ごとの調査対象となった特定有害物質の含有量及び溶出量、試料採取及び分析の日時並びに方法等を帳簿の別紙として添付（別紙4 - 1参照）するとともに、調査対象地における試料採取地点を明示した図面（別紙4 - 2参照）を添付することとする。

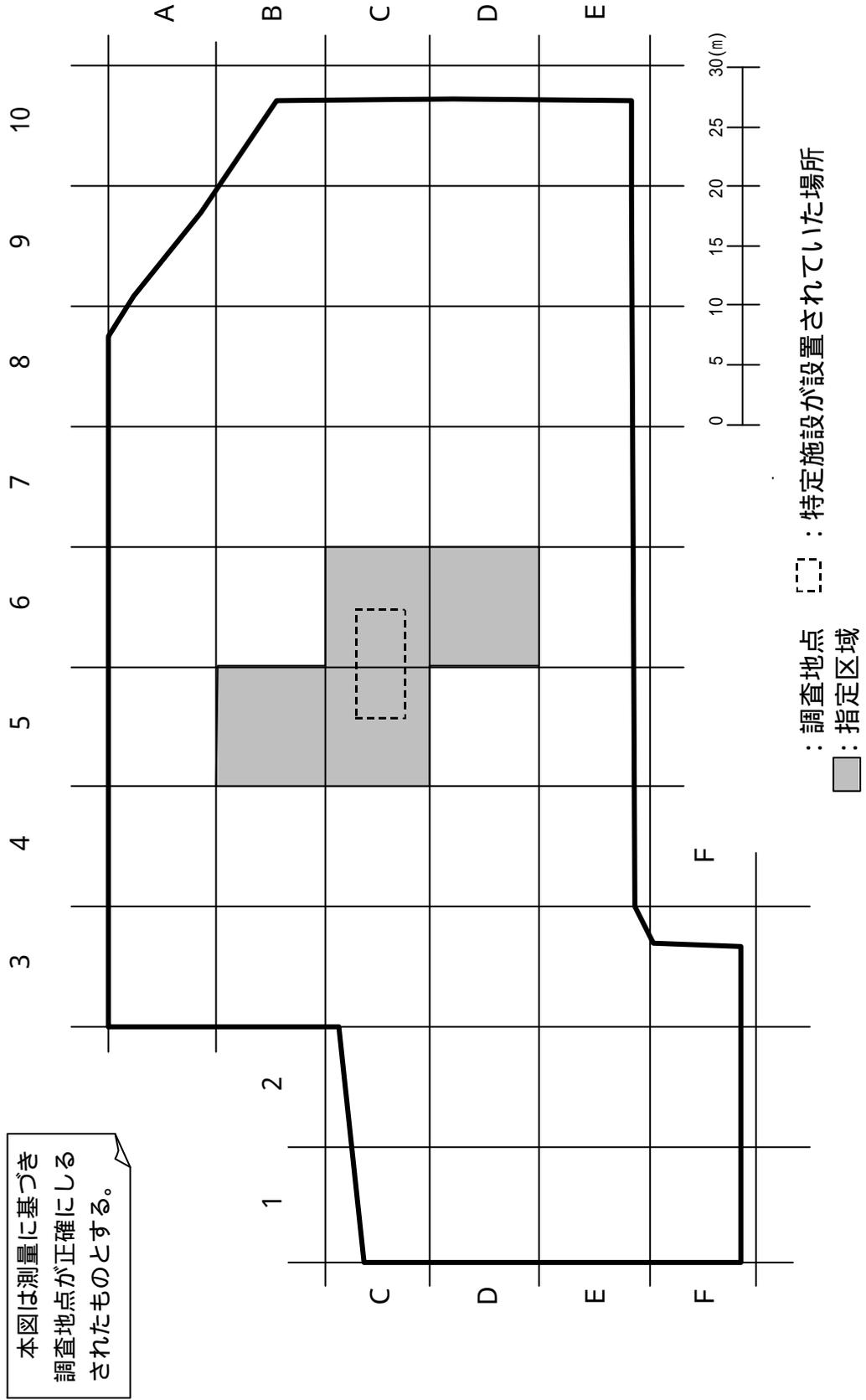
別紙 4 - 1 調査対象地の汚染の状況  
 (鉛と砒素が調査対象となった場合のイメージ)

調査地点	試料採取日	試料分析日	試料採取量	鉛		砒素	
				含有量	溶出量	含有量	溶出量
基準値	-	-	-	###mg/kg	0.01mg/l	\$\$\$mg/kg	0.01mg/l
A - 1	月×日	月 日	__g	500	0.1	300	0.5
A - 2	月×日	月 日	__g	600	0.2	400	0.5
A - 3	月×日	月 日	__g	500	0.2	200	0.5
...	...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...	...
B - 1	月×日	月 日	__g	1000	0.2	300	0.1
B - 2	月×日	月 日	__g	1200	0.1	400	0.3
B - 3	月×日	月 日	__g	900	0.2	500	0.2
...	...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...	...
C - 1	月 日	月 日	__g	200	0.2	300	0.02
C - 2	月 日	月 日	__g	200	0.1	300	0.02
C - 3	月 日	月 日	__g	300	0.1	300	0.02
...	...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...	...

分析方法

鉛含有量、鉛溶出量、砒素含有量、砒素溶出量のいずれも、平成14年 月環境省告示第 号に規定する方法

別紙 4 - 2 調査対象地における調査地点及び指定区域の範囲



## 5 汚染の除去等の措置の実施に関する技術的基準【法第7条第4項関係】

土壌は水や大気と比べ移動性が低く、土壌中の有害物質も拡散・希釈されにくいいため、土壌汚染は水質汚濁や大気汚染とは異なり、汚染土壌から人への有害物質の暴露経路の遮断により、直ちに汚染土壌の浄化を図らなくても、リスクを低減し得るという特質がある。

このため、直接摂取によるリスクについては、汚染土壌の浄化以外に、土地の利用状況等に応じて、指定区域への立入禁止、汚染土壌の覆土・舗装といった方法を適切に講じることによっても、適切にリスクを管理することが可能である。

また、地下水等の摂取によるリスクについても、汚染土壌の浄化以外に、有害物質が地下水等に溶出しないように、遮断又は封じ込め等を行う方法、あるいは、土壌は汚染されていても有害物質がまだ地下水には達していない場合には、指定区域内で地下水のモニタリングを実施し、必要が生じた場合に浄化又は遮断・封じ込めといった方法により、適切にリスクを管理することが可能である。

以上を踏まえ、直接摂取によるリスクの観点から必要な措置と地下水等の摂取によるリスクについて、各々に適用できる措置に分けて定めることとする。

### (1) 直接摂取によるリスクの観点から必要な措置

指定基準のうち含有基準を超える指定区域について措置を命ずる場合にあっては、次に掲げる措置のいずれか又はこれらの措置を組み合わせるものとする。

なお、汚染の程度及び利用の状況等により、実施される措置が一義的に定まることが望ましい(別紙5-1参照)。

立入禁止措置

舗装措置

覆土措置

その他の覆い措置

指定区域外土壌入れ換え措置

指定区域内土壌入れ換え措置

原位置封じ込め措置

遮水工封じ込め措置

遮断工封じ込め措置

掘削除去措置

原位置浄化措置

注： 及び がいわゆる浄化措置(指定区域の解除)に該当し、措置の際に含有基準を超える汚染範囲を確定して、深さの如何にかかわらずそのすべてを浄化することとなる。

## (2) 地下水等の摂取によるリスクの観点から必要な措置

指定基準のうち溶出基準を超える指定区域について措置を命ずる場合にあっては、まず、指定区域内において地下水への特定有害物質の溶出の有無を確認するための措置（地下水の水質のモニタリング）を行い、水質汚濁防止法の地下水の浄化基準（以下「浄化基準」という。）を超過した際には（ただし、土地所有者等が地下水の水質のモニタリングを行わずに直ちに汚染の除去等の措置を行うことを希望する場合には直ちに）、次に掲げる措置のいずれか又はこれらの措置を組み合わせるものとする。（地下水の浄化基準を超過していない場合は、引き続き地下水の水質モニタリングを実施する。）

なお、汚染の程度及び措置技術の適用可能性等により、実施される措置が一義的に定まることが望ましい（別紙5 - 1参照）。

原位置不溶化措置（重金属等に限る）

不溶化埋め戻し措置（重金属等に限る）

原位置封じ込め措置

遮水工封じ込め措置

遮断工封じ込め措置（揮発性有機化合物を除く）

掘削除去措置

原位置浄化措置

注： 及び がいわゆる浄化措置（指定区域の解除）に該当し、措置の際に溶出基準を超える汚染範囲を確定して、そのすべてを浄化することとなる。

## (3) 地下水の水質のモニタリングの方法

地下水の水質モニタリングの方法は、次のとおりとする。

- 指定区域内の最も土壌溶出量が多い調査地点において汚染土壌の下の最初の帯水層までのボーリングを行い、当該地点における地下水の水質を、環境大臣が定める方法により最初の1年は定期的に年4回以上測定し、その後1年に1回以上測定すること。なお、浄化基準を10年以上超えない場合には、2年程度に1回の測定でよいこととする。

## (4) 各措置の具体的内容について

立入禁止措置

- 指定区域の周囲に、みだりに人が指定区域に立ち入るのを防止することができる囲いを設けること。
- 指定区域の外に特定有害物質及び特定有害物質を含む汚染土壌が飛散、揮散及び流出（以下「飛散等」という）しないよう、当該区域内全面をシートにより覆う等の必要な措置を講ずること。

- ・ 入り口の見やすい箇所に、関係者以外の立入りを禁止することを表示する立札その他の施設を設けること。

措置の実施後は、土地所有者等において関係者以外の立入りや、特定有害物質又は特定有害物質を含む汚染土壌の飛散等がないよう定期的に点検することが望ましい。

#### 舗装措置

- ・ 汚染土壌の存在する範囲の上面を、厚さが 10cm 以上のコンクリートの層、又は厚さが 3cm 以上のアスファルトの層により覆うこと。その際に、覆いの損壊を防止するために必要な措置を講ずること。

措置の実施後は、土地所有者等において覆いを定期的に点検し、覆いの損壊のおそれがあると認められる場合には、速やかに覆いの損壊を防止するために必要な措置を講ずることが望ましい。

#### 覆土措置

- ・ 汚染土壌の存在する範囲の上面を砂利等の仕切りにより覆った上で、厚さが 50cm 以上の汚染されていない土壌の層により覆うこと。その際に、覆いの損壊を防止するために必要な措置を講ずること。

措置の実施後は、土地所有者等において覆いを定期的に点検し、覆いの損壊のおそれがあると認められる場合には、速やかに覆いの損壊を防止するために必要な措置を講ずることが望ましい。

#### その他の覆い措置

- ・ 舗装措置又は覆土措置ができない傾斜地等の場所において、モルタルの吹付け等、舗装又は覆土以外の覆いにより汚染土壌の存在する範囲の上面を覆うこと。その際に、覆いの損壊を防止するために必要な措置を講ずること。

措置の実施後は、土地所有者等において覆いを定期的に点検し、覆いの損壊のおそれがあると認められる場合には、速やかに覆いの損壊を防止するために必要な措置を講ずることが望ましい。

#### 指定区域外土壌入れ換え措置

- ・ 汚染土壌の範囲内において土壌を深さ 50cm 以上掘削除去し、その上面を砂利等

の仕切により覆った上で、厚さが 50cm 以上の掘削した汚染土壌から特定有害物質を除去した土壌又は汚染されていない別の土壌の層により覆うこと。その際に、覆いの損壊を防止するために必要な措置を講ずること。

- ・ 掘削した汚染土壌を他の場所へ搬出してはならないこと（当該土壌からの汚染の除去又は当該土壌の適正な処分のため当該土壌を他の場所へ搬出する場合を除く）。
- ・ 掘削した汚染土壌からの汚染の除去又は当該土壌の適正な処分のため当該土壌を他の場所へ搬出する場合には、搬出中に特定有害物質又は特定有害物質を含む汚染土壌が周辺に飛散等しないようにするとともに、汚染土壌の搬出先において、周辺環境に特定有害物質による汚染を拡散させることなく汚染土壌からの汚染の除去又は適正な処分が行われたことを確認すること。

措置の実施後は、土地所有者等において覆いを定期的に点検し、覆いの損壊のおそれがあると認められる場合には、速やかに覆いの損壊を防止するために必要な措置を講ずることが望ましい。

#### 指定区域内土壌入れ換え措置

- ・ 汚染土壌の範囲及び当該範囲内における汚染土壌の深さをボーリング調査により確認した後、汚染土壌及び汚染土壌の下の汚染されていない土壌を掘削除去し、汚染土壌を埋め戻してその上面を砂利等の仕切により覆った上で、厚さが 50cm 以上の汚染されていない土壌の層により覆うこと。その際に、覆いの損壊を防止するために必要な措置を講ずること。

措置の実施後は、土地所有者等において覆いを定期的に点検し、覆いの損壊のおそれがあると認められる場合には、速やかに覆いの損壊を防止するために必要な措置を講ずることが望ましい。

原位置封じ込め措置（溶出量値（金属等を含む産業廃棄物に係る判定基準を定める省令（昭和 48 年総理府令第 5 号）別表第 1 に掲げる数値：物質により溶出基準の 10～30 倍となる。以下同じ。）以下の汚染土壌又は不溶化により溶出量値以下となった重金属等による汚染土壌に限る）

- ・ 汚染土壌の範囲及び当該範囲内における汚染土壌の深さをボーリング調査により確認し、汚染土壌の範囲を囲むようにして、汚染土壌の下の最初の不透水層（厚さが 5m 以上であり、かつ、透水係数が毎秒 100nm（岩盤にあってはルジオン値が 1）以下である地層又はこれと同等以上の遮水の効果を有する地層）まで鋼矢板等の遮水壁を打ち込むこと。その上面を厚さが 10cm 以上のコンクリートの層、又は厚さ

が 3cm 以上のアスファルトの層により覆うこと。その際に、覆いの損壊を防止するために必要な措置を講ずること。さらに、必要に応じ厚さが 50cm 以上の汚染されていない土壌の層により覆うこと。

- ・ 溶出基準を超える指定区域にあっては、封じ込め措置を行った場所の周縁の地下水の下流側 1 か所以上に観測井を設け、環境大臣が定める方法により 1 年に定期的に 4 回以上測定し、浄化基準を超過しない状態が 2 年間継続することを確認すること。
- ・ 封じ込め措置を行った場所の内部 1 か所以上に観測井を設け、封じ込め措置の周縁の地下水が浄化基準を超過しない状態が 2 年間継続するまで適宜地下水位を測定して地下水位の上昇がないことを確認すること。

措置の実施後は、土地所有者等において覆いを定期的に点検し、覆いの損壊のおそれがあると認められる場合には、速やかに覆いの損壊を防止するために必要な措置を講ずることや、必要に応じて適宜封じ込め措置周縁の観測井の地下水質が浄化基準を超過していないこと及び封じ込め措置の内部の観測井の地下水位の上昇がないことを確認することが望ましい。

遮水工封じ込め措置（溶出量値 以下の汚染土壌又は不溶化により溶出量値 以下となった重金属等による汚染土壌に限る）

- ・ 汚染土壌の範囲及び当該範囲内における汚染土壌の深さをボーリング調査により確認した後、汚染土壌を掘削除去し、掘削除去した後の底面及び側面に、不織布その他の物の表面に遮水シートを敷設した遮水層又はこれと同等以上の効力を有する遮水層を敷設して汚染土壌を埋め戻し、その上面を厚さが 10cm 以上のコンクリートの層、又は厚さが 3cm 以上のアスファルトの層により覆うこと。その際に、覆いの損壊を防止するために必要な措置を講ずること。さらに、必要に応じ厚さが 50cm 以上の汚染されていない土壌の層により覆うこと。
- ・ 溶出基準を超える指定区域にあっては、封じ込め措置を行った場所の周縁の地下水の下流側 1 か所以上に観測井を設け、環境大臣が定める方法により 1 年に定期的に 4 回以上測定し、浄化基準を超過しない状態が 2 年間継続することを確認すること。
- ・ 封じ込め措置を行った場所の内部 1 か所以上に観測井を設け、封じ込め措置の周縁の地下水が浄化基準を超過しない状態が 2 年間継続するまで適宜地下水位を測定して地下水位の上昇がないことを確認すること。

措置の実施後は、土地所有者等において覆いを定期的に点検し、覆いの損壊のおそれがあると認められる場合には、速やかに覆いの損壊を防止するために必要

な措置を講ずることや、必要に応じて適宜封じ込め措置周縁の観測井の地下水質が浄化基準を超過していないこと及び封じ込め措置の内部の観測井の地下水位の上昇がないことを確認することが望ましい。

#### 遮断工封じ込め措置（揮発性有機化合物を除く）

- ・ 汚染土壌の範囲及び当該範囲内における汚染土壌の深さをボーリング調査により確認した後、汚染土壌を掘削除去し、掘削除去した後の外周に、一軸圧縮強度が $1\text{mm}^2$ につき 25 ニュートン以上で、水密性を有する鉄筋コンクリートで造られ、かつ、その厚さが 35cm 以上であるもの又はこれと同等以上の遮断の効力を有する外周仕切設備に汚染土壌が接する面が遮水の効力を有する材料で十分に覆った上で汚染土壌を埋め戻し、その上面を厚さが 10cm 以上のコンクリートの層、または、厚さが 3cm 以上のアスファルトの層により覆うこと。その際に、覆いの損壊を防止するために必要な措置を講ずること。さらに、必要に応じ厚さが 50cm 以上の汚染されていない土壌の層により覆うこと。
- ・ 溶出基準を超える指定区域にあっては、封じ込め措置を行った場所の周縁の地下水の下流側 1 か所以上に観測井を設け、環境大臣が定める方法により 1 年に定期的に 4 回以上測定し、浄化基準を超過しない状態が 2 年間継続することを確認すること。
- ・ 封じ込め措置を行った場所の内部 1 か所以上に観測井を設け、封じ込め措置の周縁の地下水が浄化基準を超過しない状態が 2 年間継続するまで適宜地下水位を測定して地下水位の上昇がないことを確認すること。

措置の実施後は、土地所有者等において覆いを定期的に点検し、覆いの損壊のおそれがあると認められる場合には、速やかに覆いの損壊を防止するために必要な措置を講ずることや、必要に応じて適宜封じ込め措置周縁の観測井の地下水質が浄化基準を超過していないこと及び封じ込め措置の内部の観測井の地下水位の上昇がないことを確認することが望ましい。

#### 掘削除去措置（掘削浄化埋め戻しも含まれる）

- ・ 汚染土壌の範囲及び当該範囲内における汚染土壌の深さをボーリング調査により確認した後、汚染土壌を掘削除去し、掘削した汚染土壌から特定有害物質を除去した土壌又は汚染されていない別の土壌により埋め戻すこと。
- ・ 溶出基準を超える指定区域にあっては、埋め戻しの後に指定区域内の 1 か所以上に観測井を設け、環境大臣の定める方法により 1 年に定期的に 4 回以上測定し、浄化基準を超過しない状態が 2 年間継続することを確認すること（指定区域内の地下水が浄化基準を超過しないうちに掘削除去措置を実施した場合には、1 回の確認で

よい。

- ・ 掘削した汚染土壌を他の場所へ搬出してはならないこと（当該土壌からの汚染の除去又は当該土壌の適正な処分のため当該土壌を他の場所へ搬出する場合を除く）。
- ・ 掘削した汚染土壌からの汚染の除去又は当該土壌の適正な処分のため当該土壌を他の場所へ搬出する場合には、搬出中に特定有害物質又は特定有害物質を含む汚染土壌が周辺に飛散等しないようにするとともに、汚染土壌の搬出先において、周辺環境に特定有害物質による汚染を拡散させることなく汚染土壌からの汚染の除去又は適正な処分が行われたことを確認すること。

#### 原位置浄化措置

- ・ 汚染土壌の範囲及び当該範囲内における汚染土壌の深さをボーリング調査により確認した後、原位置抽出法又は原位置分解法等により汚染土壌から原位置にて有害物質を取り除くこと。
- ・ 含有基準を超える指定区域にあっては、原位置での浄化後に浄化した範囲 100 m<sup>2</sup>に 1 地点の割合で浄化を行った深度までボーリングを行い、1m ごとの深度において採取した試料について、特定有害物質ごとに定める測定方法により土壌含有量を測定し、含有基準に適合することを確認すること。
- ・ 溶出基準を超える指定区域にあっては、原位置での浄化後に指定区域内の 1 か所以上に観測井を設け、環境大臣の定める方法により 1 年に定期的に 4 回以上測定し、浄化基準を超過しない状態が 2 年間継続することを確認すること。

#### 原位置不溶化措置（溶出量値 以下の重金属等による汚染土壌に限る）

- ・ 汚染土壌の範囲及び当該範囲内における汚染土壌の深さをボーリング調査により確認し、汚染土壌の範囲に汚染土壌中の重金属等を不溶化するための薬剤を注入、あるいは注入・攪拌すること。不溶化の実施後、不溶化した範囲 100 m<sup>2</sup>に 1 地点の割合で不溶化を行った深度までボーリングを行い、1m 毎の深度において採取した試料について、特定有害物質ごとに定める測定方法により土壌溶出量を測定し、溶出量基準に適合することを確認すること。
- ・ 指定区域の外に不溶化した汚染土壌が飛散し、及び流出しないように必要な措置を講ずること。
- ・ 原位置不溶化措置を行った場所の周縁の地下水の下流側 1 か所以上に観測井を設け、環境大臣が定める方法により 1 年に定期的に 4 回以上測定し、浄化基準を超過しない状態が 2 年間継続することを確認すること。

〔 措置の実施後は、土地所有者等において不溶化した汚染土壌の飛散等がないよ 〕

う定期的に点検するとともに、必要に応じて適宜原位置不溶化措置周縁の観測井の地下水質が浄化基準を超過していないことを確認することが望ましい。

不溶化埋め戻し措置（溶出量値 以下の重金属等による汚染土壤に限る）

- ・ 汚染土壤の範囲及び当該範囲内における汚染土壤の深さをボーリング調査により確認した後、汚染土壤を掘削除去し、掘削した汚染土壤に重金属等を不溶化するための薬剤を注入・攪拌すること。
- ・ 不溶化した土壤のおおむね 100m<sup>3</sup> ごとに、5 か所から 100g ずつ採取して均等に混合した試料について、特定有害物質ごとに定める測定方法により土壤溶出量を測定し、溶出基準に適合することを確認の後、当該土壤を掘削した場所に埋め戻すこと。
- ・ 指定区域の外に不溶化した汚染土壤が飛散等しないように必要な措置を講ずること。
- ・ 不溶化埋め戻し措置を行った場所の周縁の地下水の下流側 1 か所以上に観測井を設け、環境大臣が定める方法により 1 年に定期的に 4 回以上測定し、浄化基準を超過しない状態が 2 年間継続することを確認すること。

措置の実施後は、土地所有者等において不溶化した汚染土壤の飛散等がないよう定期的に点検するとともに、必要に応じて適宜不溶化埋め戻し措置周縁の観測井の地下水質が浄化基準を超過していないことを確認することが望ましい。

[ 別紙 5 - 2 措置のイメージ図参照 ]



## 2. 地下水等への溶出に係る措置

地下水等が未だ汚染されていない場合には、原則として地下水モニタリングを命ぜらざることをし、地下水等が汚染されている場合又は地下水モニタリングにより対象物質が検出されるに至り地下水浄化基準を超過するおそれがある場合には、以下のとおりとする。

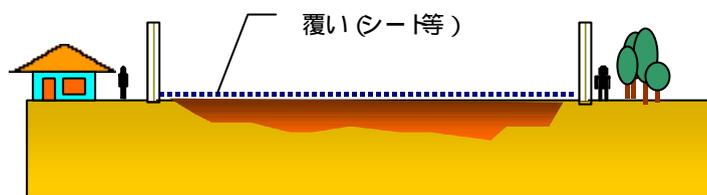
措置を「不溶化等」「原位置封じ込め（上部は覆土に限る）」「遮水工封じ込め」「遮断工封じ込め」及び「浄化」の5つにグループ分けし、命令は、汚染の状況、措置技術の適用可能性等を踏まえ、その1つを特定して命ぜらざることをとする。「遮断工封じ込め」及び「浄化」の5つにグループ分けし、汚染の状況等から見て、原位置封じ込めに技術的に措置の実施が可能であつてかつ十分に周辺の地下水等への影響を防止又は遮断できると判断される場合には、原則としてこの措置（上部は覆土に限る）を命ぜらざることをとする。ただし、汚染の状況等から見て、原位置封じ込めでは技術的に十分に周辺の地下水等への影響を防止又は遮断できると判断され、遮断工封じ込め（上部は覆土に限る）を命ぜらざることをとする。また、汚染の状況等から見て、これら不溶化又は封じ込めでは技術的に困難である場合は、遮断工封じ込め（上部は覆土に限る）を命ぜらざることをとする。

### 地下水等が汚染されている場合、又は地下水モニタリングにより対象物質が検出されるに至り地下水浄化基準を超過するおそれがある場合

措置グループ	具体的な措置	命令が行われる場合	対応する土地の利用方法	具体的なケース
不溶化等	原位置不溶化 不溶化埋め戻し 原位置封じ込め (上部が舗装等)	土地所有者等と汚染原因者が共に希望する場合作業で、汚染の状況等から見て、技術的に措置の実施が可能であつてかつ十分に周辺の地下水等への影響を防止又は遮断できると判断される場合に、この措置を命ぜらざる（不溶化は重金属等に限る。）。	上部を舗装等するか、覆土等するかにより土地利用の範囲が異なるが、土(盛土)の場合には、土(盛土)の管理に支障のない限り、上部利用に制限はない。	【舗装等】 道路、駐車場、商用地等 【覆土(盛土)】 都市公園、運動場、戸建て住宅、マンション、学校等
原位置封じ込め (上部は覆土に限る)	同 左	汚染の状況等から見て、技術的に措置の実施が可能であつてかつ十分に周辺の地下水等への影響を防止又は遮断できると判断される場合に、この措置を命ぜらざる。	措置の管理に支障のない限り、上部利用に制限はない。	
遮水工封じ込め	同 左	汚染の状況等から見て、技術的に措置の実施が可能であつてかつ十分に周辺の地下水等への影響を防止又は遮断できると判断される場合に、この措置を命ぜらざる。		
遮断工封じ込め	同 左	汚染の状況等から見て、上記措置では技術的に十分に周辺の地下水等への影響を防止又は遮断できると判断される場合を除き上部は覆土とする。）。		
浄化	掘削除去 原位置浄化	揮発性有機化合物により高濃度（溶出基準の10倍程度以上）に汚染された技術的に不溶化や封じ込めが困難な場合等に、この措置を命ぜらざる。なお、この場合、経済的に合理的な措置の方を命ぜらざる。	浄化後はあらゆる土地利用が可能。	

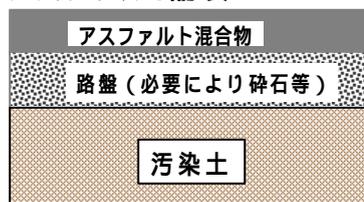
\*：土地所有者等と汚染原因者が共に希望する場合作業にもこの措置を命ぜらざる（遮断工封じ込めの場合には揮発性有機化合物を除く。）。

## 立入禁止措置

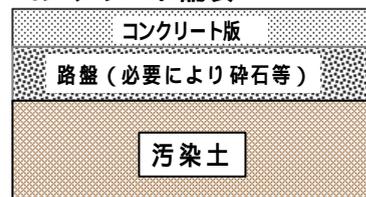


## 舗装措置

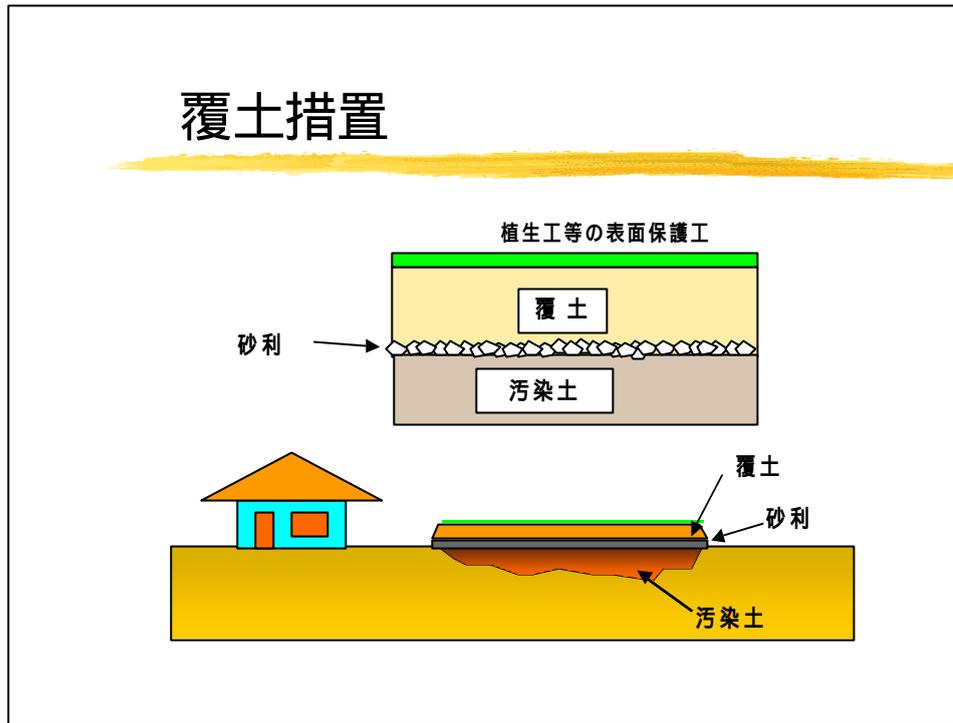
### アスファルト舗装



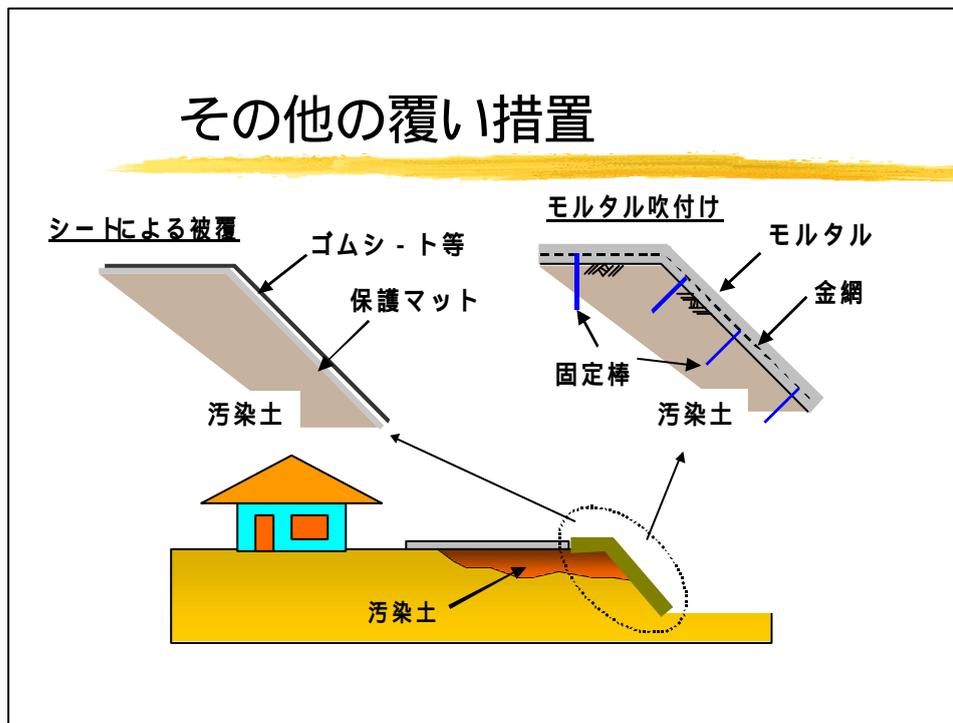
### コンクリート舗装



## 覆土措置

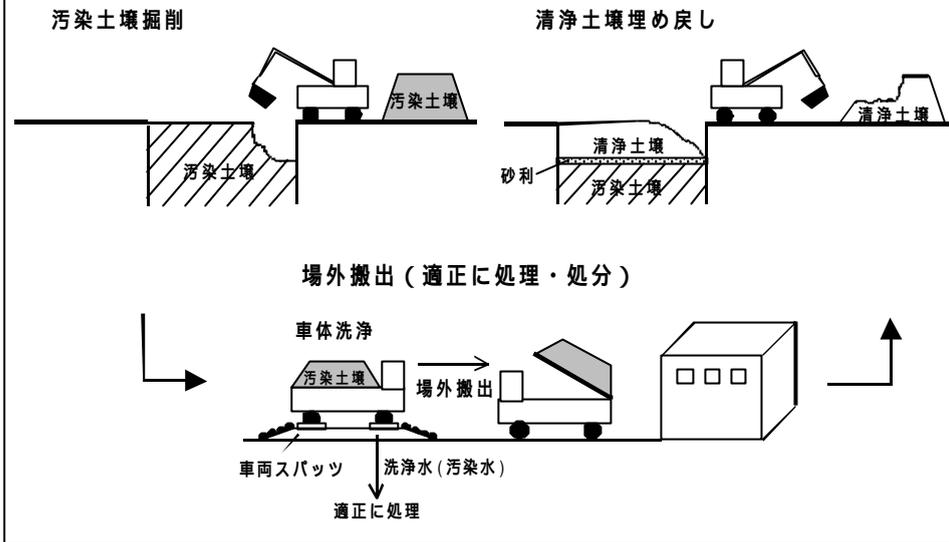


## その他の覆い措置



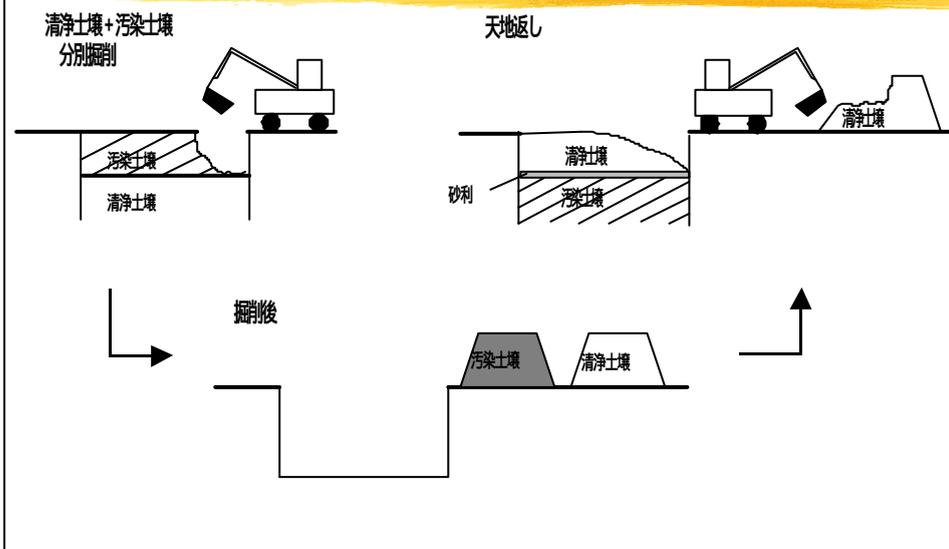
## 指定区域外土壌入れ替え措置

汚染土壌掘削 場外搬出 清浄土壌埋め戻し

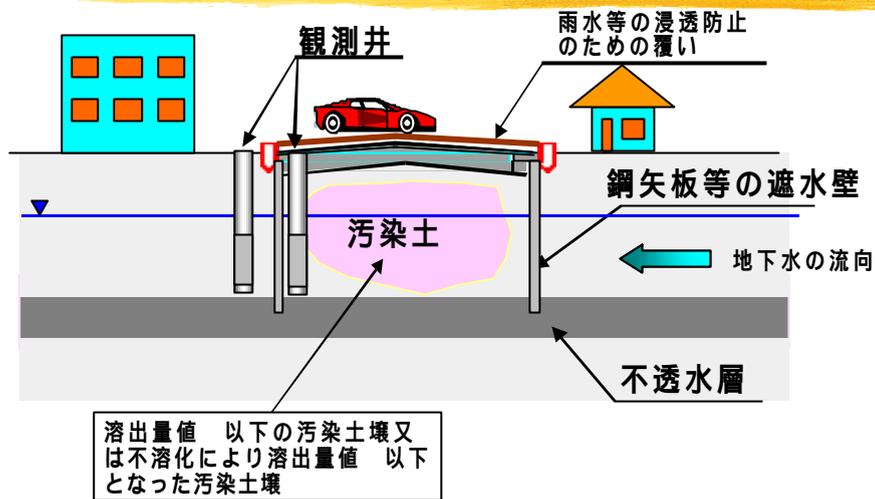


## 指定区域内土壌入れ替え措置

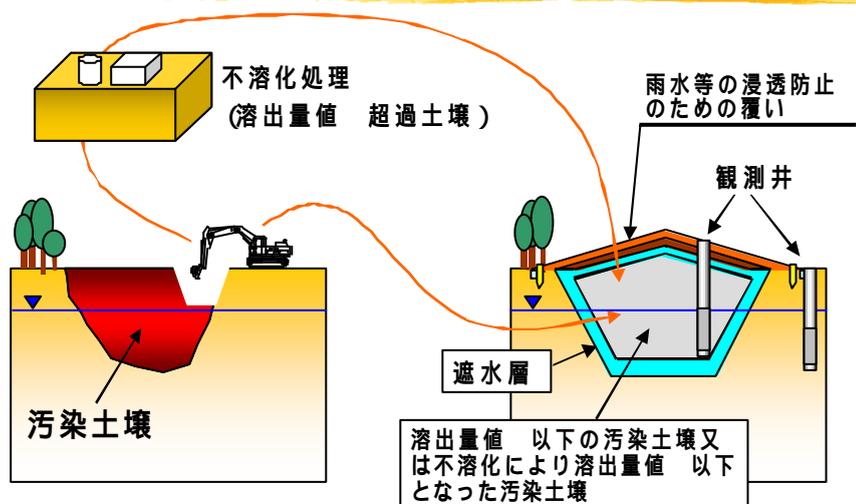
清浄土壌+汚染土壌の掘削 天地返し



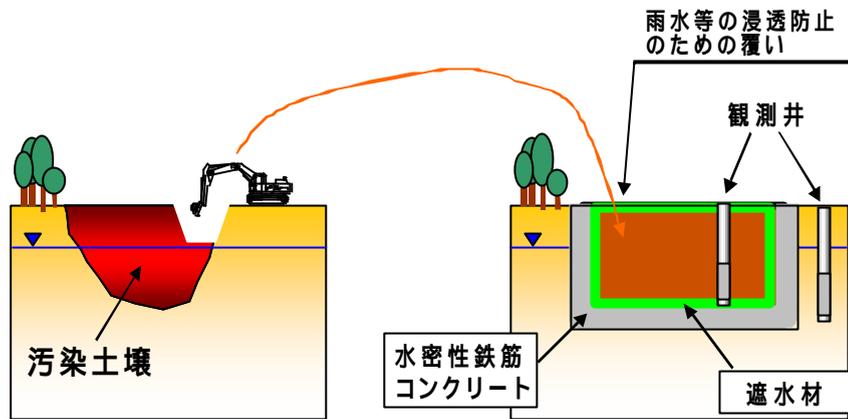
## 原位置封じ込め



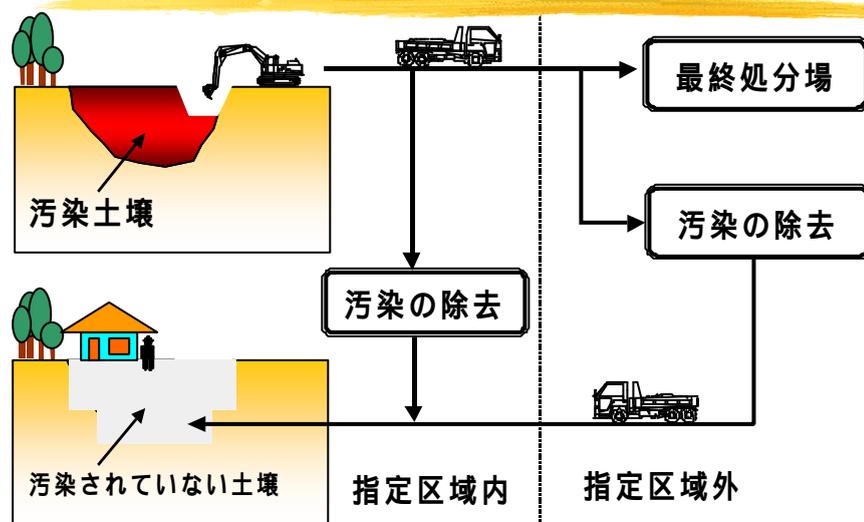
## 遮水工封じ込め措置



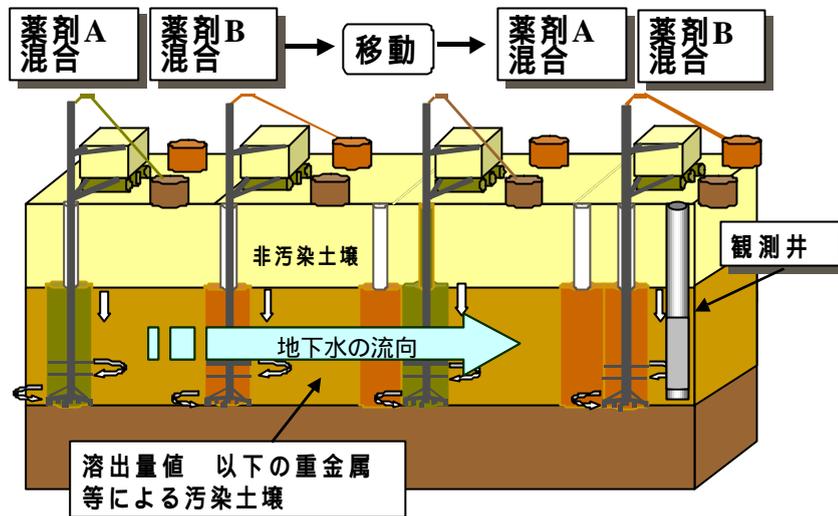
## 遮断工封じ込め措置



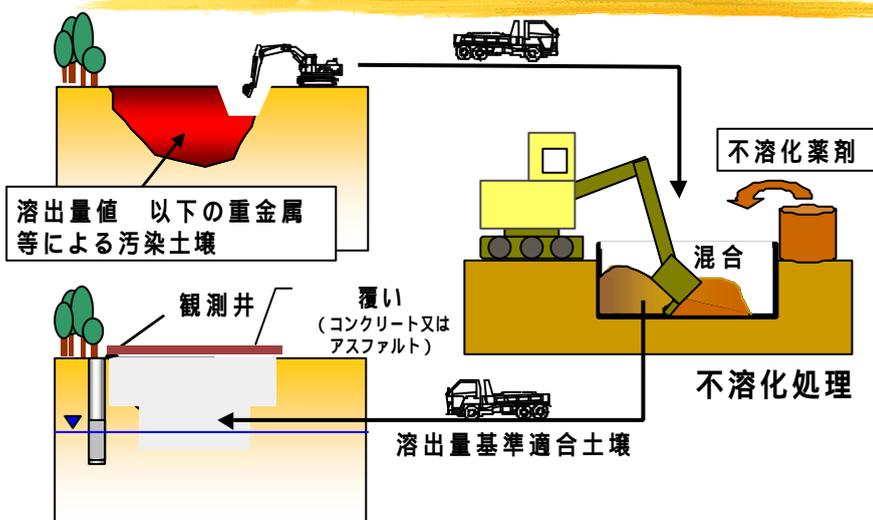
## 掘削除去措置



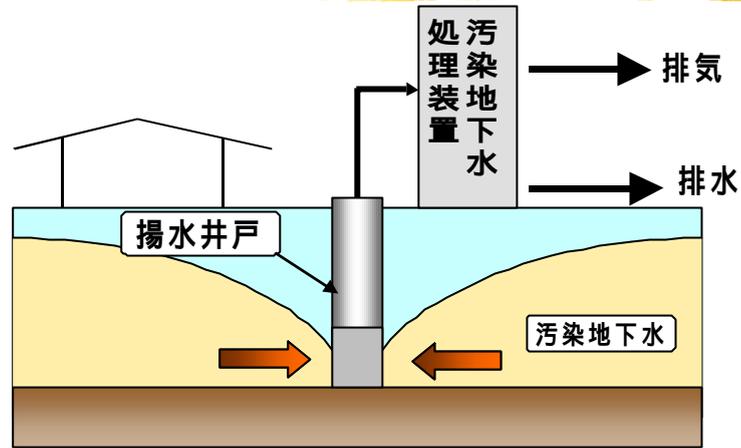
## 原位置不溶化措置



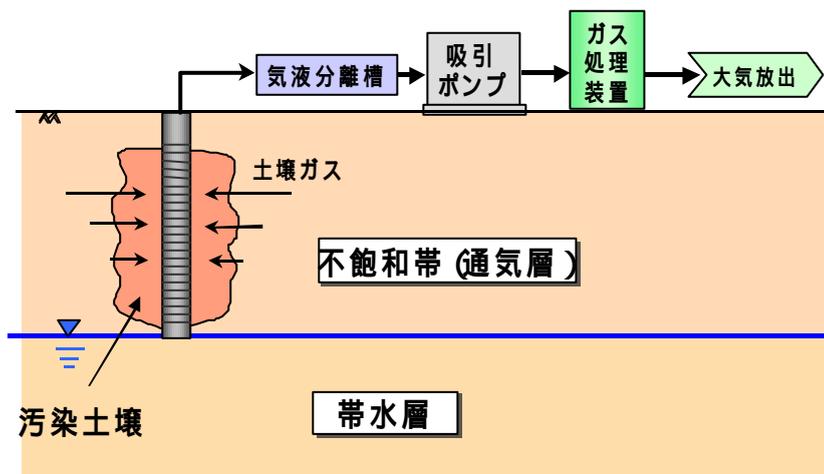
## 不溶化埋め戻し措置



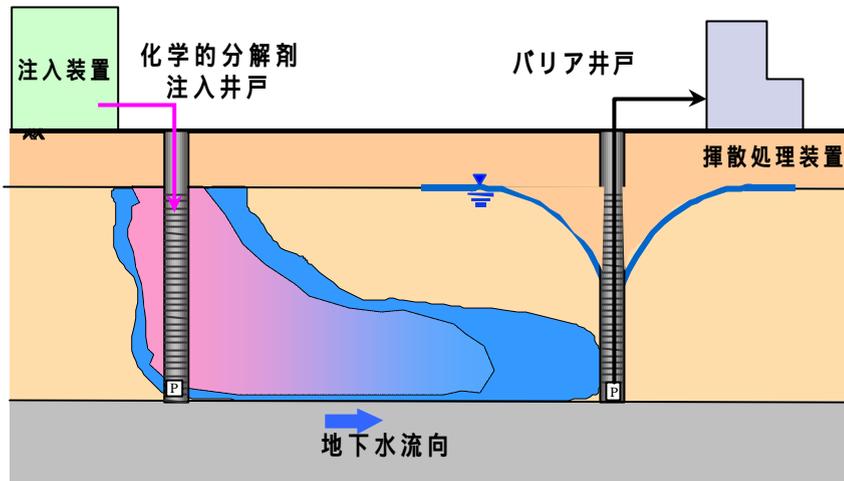
## 原位置浄化措置 (地下水揚水処理法)



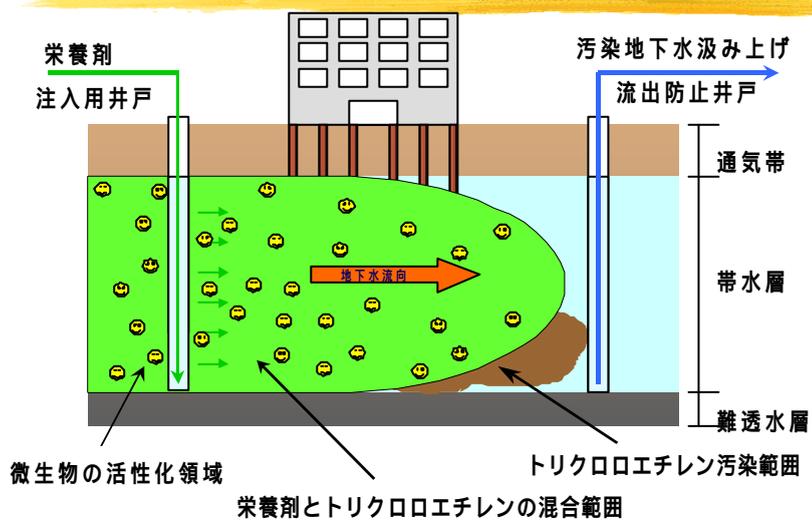
## 原位置浄化措置 (土壌ガス吸引法)



## 原位置浄化措置 (原位置分解処理法)



## 原位置浄化措置 (微生物分解処理法)



## 6 土地の形質の変更の施行方法に係る基準【法第9条第4項関係】

土地の形質の変更の施行方法に係る基準としては、土地の形質の変更の際に遵守すべき事項と、形質の変更の際に指定区域内の土壌を指定区域外に搬出する場合の方法について、以下の内容とすることとする。

### (1) 土地の形質の変更の際に遵守すべき事項

- ・ 指定区域内の土地の形質の変更の際に、汚染土壌が露出して、当該指定区域の外に特定有害物質及び特定有害物質を含む汚染土壌が飛散、揮散及び流出（以下「飛散等」という）しないようにすること。
- ・ 指定区域内の土地の形質の変更の際に、汚染土壌が当該指定区域内の帯水層に接するような状態にならないようにすること。
- ・ 指定区域内の土地の形質の変更を行った後には、法第7条第4項の技術的基準に適合した状態とすること。

### (2) 土地の形質の変更の際の土壌の搬出の方法

- ・ 指定区域内の土壌を他の場所へ搬出してはならない（当該土壌からの汚染の除去又は当該土壌の適正な処分のため当該土壌を他の場所へ搬出する場合を除く）。
- ・ 当該土壌からの汚染の除去又は当該土壌の適正な処分のため当該土壌を他の場所へ搬出する場合には、搬出中に汚染土壌が周辺に飛散等しないようにするとともに、汚染土壌の搬出先において、周辺環境に特定有害物質による汚染を拡散させることなく汚染土壌からの汚染の除去又は適正な処分を行うこと。

## 7 その他

### 7 - 1 土壌の特定有害物質による汚染により人の健康に係る被害が生ずるおそれがある土地の考え方【法第4条第1項関係】

法第4条第1項の土壌汚染状況調査は「土壌の特定有害物質による汚染により人の健康に係る被害が生ずるおそれがある」土地に対して命じられるものであり、この土地に該当する要件としては、「土壌汚染又は地下水汚染の判明している土地」又は「土壌汚染が存在する蓋然性の高い土地であって暴露の可能性がある場合」と考えられる。

の場合の具体的な例としては、直接摂取によるリスクの観点からは、例えば、

- (1) 隣地で表層土壌の汚染が発見され、当該土地の履歴等から表層で土壌汚染の存在する蓋然性の高い土地、又はこれに類する情報等から表層で土壌汚染の存在する蓋然性が高いと判断される土地で、不特定多数の人が立ち入ることができる状態になっている場合、

地下水等の摂取によるリスクの観点からは、例えば、

- (2) 近隣で地下水汚染が発見され、地下水の流動や当該土地の履歴等から当該汚染の原因と推定される土壌汚染の存在する蓋然性の高い土地で、当該土地の周辺地域での地下水の飲用利用等がある場合

が想定され、種々の観点から総合的に判断する。

### 7 - 2 土壌の特定有害物質による汚染により、人の健康に係る被害が生じ、又は生ずるおそれがある土地の考え方【法第7条第1項関係】

法第7条第1項の汚染の除去等の措置は「土壌の特定有害物質による汚染により、人の健康に係る被害が生じ、又は生ずるおそれがある」指定区域内の土地に対して命じられるものであり、この土地に該当する要件としては、指定区域内の土地が「暴露の可能性がある場合」と考えられる。

具体的には、例えば、

- (1) 直接摂取によるリスクの観点から指定区域とされた土地が、不特定多数の人が立ち入ることができるような状態となっている場合、
- (2) 地下水等の摂取によるリスクの観点から指定区域とされた土地が、当該土地の周辺地域での地下水の飲用利用等がある場合

が想定される。

## おわりに

今回の調査審議により、土壤汚染対策法の施行のために必要な土壤汚染対策法に係る技術的事項等については概ね取りまとめられたものと考えられる。

一方、現在、廃棄物・リサイクル制度の基本問題の一環として、中央環境審議会の廃棄物・リサイクル部会において汚染土壤等について別途検討されているところであるが、汚染土壤の不適切な取扱いにより汚染が拡大することのないよう、土壤汚染対策法においても指定区域からの汚染土壤の搬出を規制する等その的確な施行を確保することが必要であろう。

また、今後、実際に現場において、都道府県等、土地所有者等、指定調査機関及び措置実施機関等が同法に基づく措置を円滑かつ的確に進められるよう、国において、本報告を踏まえより詳細かつ具体的なガイドライン等を策定することが望まれる。

別添資料

# 土壤ガス調査法（案）

試料採取方法 ... 1

分析 方 法 ... 7

## 試料採取方法

1. 適用範囲 この規格は、土壤ガス中の揮発性有機化合物のうち、ジクロロメタン、四塩化炭素、1,2-ジクロロエタン、1,1-ジクロロエチレン、シス-1,2-ジクロロエチレン、1,1,1-トリクロロエタン、1,1,2-トリクロロエタン、トリクロロエチレン、テトラクロロエチレン、1,3-ジクロロプロペン、ベンゼンの 11 物質の採取方法について規定する。

備考 この規格において土壤ガスとは、表層から 1m 程度下の土壤中に存在する間隙ガスをいう。

2. 共通事項 共通事項は、次のとおりとする。

JIS K 0050 化学分析方法通則

JIS K 0101、JIS K 0102、JIS K 0211、JIS K 0215 分析化学用語

### 3. 試料採取孔

#### 3.1 試料採取孔の構成

3.1.1 採取孔 直径 20～30mm 程度、深さ 0.8～1m の裸孔で、鉄棒等の打ち込みなどにより穿孔されたもの。地表面がアスファルトやコンクリート等で舗装されている場所においては、コアカッター、ドリル等で舗装部が削孔される。

3.1.2 保護管 採取孔内に設置される管で、底面または下部側面に開口部をもち、上部 50cm 以上を無孔管とし、管頭をゴム栓・パッカー等で密閉することが可能なもの。採取孔と保護管の間は土壤ガスが通過しないように密閉し、舗装面に設置した採取孔に保護管を設置した場合は保護管と舗装面の間も密閉する。

3.2 材質 保護管には、揮発性有機化合物を吸着しない材質の管を使用する。

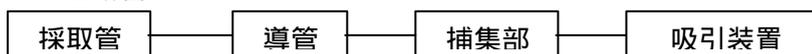
例：ステンレス管、アルミ管

### 4. 試料採取装置

4.1 装置の構成 試料ガス吸引採取方式は、次による。

a) 試料ガス吸引 - 捕集方式化学分析による場合

捕集部が地上にある場合



捕集部が地下にある場合



4.2 材質 採取管、導管の材質は、次の条件を満たすものを選択する。

- a) 化学反応、吸着反応などによって、土壤ガスの分析結果に影響を与えないもの。
- b) 土壤ガス中に含まれる腐食性成分によって、腐食されにくいもの。

使用例を、次に示す。

採取管・導管：テフロン管

4.3 採取管 採取管は次のとおりとする。

- a) 採取管の内径は問わないが、内径と試料ガスの流量、採取管の強度及び洗浄のしやすさ等を考慮して選ぶ。
- b) 採取管は使い捨てか、繰り返し使用する場合はよく洗浄後<sup>(1)</sup>に使用する。

注<sup>(1)</sup> 洗浄例を次に示す。

内径 1～5mm の場合、エアー洗浄・加熱除去

内径 5～25mm の場合、エアー洗浄・加熱除去・中性洗剤を使用した水洗浄 - 乾燥

- c) 採取管の長さは、保護管の開口部付近まで挿入できるものとする。
- d) 保護管内部が 4.2 の性質を持つ素材であれば、採取管は保護管と別である必要はなく、保護管を延長したものでよい。

4.4 導管 導管は次のとおりとする。

- a) 導管の内径は、採取管の外径にあったもので、導管の長さ、吸引ガス流量、吸引ポンプの能力などを考慮して選ぶ。導管の長さは、なるべく短くする。
- b) 導管は、採取管と分かれたものである必要はなく、採取管をそのまま延長したものでよい。

4.5 捕集部 化学分析に用いる捕集部は、ガラス製の減圧捕集瓶、合成樹脂フィルム製捕集バッグなどの捕集容器、または揮発性有機化合物を吸着する濃縮管などからなる。接続には、シリコーンゴム管、ふっ素ゴム管、軟質塩化ビニル管、肉厚ゴム管などを用いる。

4.5.1 減圧捕集瓶 試料ガスをガスの状態で捕集するための内容量 100mL のガラス製の瓶またはステンレス製のキャニスター<sup>(2)</sup>。

注<sup>(2)</sup> 絶対圧力 1kPa { 7.5mmHg } 以下を 1 時間以上保持できるものであること。

4.5.2 捕集バッグ 試料ガスをガスの状態で捕集するための分析対象成分の吸着、透過及び変質を生じないふっ素樹脂又はポリプロピレンなどの合成樹脂フィルム製で内容積約 3l 以下のもの。

4.5.3 捕集濃縮管 ガラス製の管で、内部をアセトンなどで洗浄乾燥後、捕集剤<sup>(3)</sup>を充てんし、両端をシリカウールでふさぎ、これを窒素気流中で加熱し、分析上の妨害となるものを除去したものの<sup>(4)(5)</sup>。

注<sup>(3)</sup> 捕集剤には、適用対象とする揮発性有機化合物を吸着し、かつ、200 前後で速やかに揮発性有機化合物を放出する性能を持つものを用いる。

また、捕集剤の捕集能力は、捕集時の温度、捕集物質の種類と濃度、捕集ガスの吸引流量などによって異なるため、あらかじめ濃縮捕集効率を確認しておく。

捕集剤には、多孔性高分子型（ポラスポリマー）及び吸着型（活性炭、合成ゼオライト）充てん剤などがある。

(4) 例えば、ポラスポリマービーズ 0.6g を充てん、窒素気流中、230 で約 2 時間加熱処理するとよい。

(5) 密封時に必ずふっ素樹脂栓を用いる。

4.6 吸引装置 吸引装置は吸引ポンプ、ガス流量計、気密容器などからなる。

4.6.1 吸引ポンプ 所定流量を保証する能力をもち、試料ガスに接触する部分には、測定対象成分に対して不活性で、かつ、試料ガスに対して汚染源にならない材質のものを用いる。

4.6.2 ガス流量計 濃縮管を用いて試料ガスを採取する場合のガス吸引量を測定可能な機器。積算流量あるいはガス吸引速度を測定できるものとし、ガス吸引速度を測定する場合には別途ガス吸引時間を計測して流量を算出するものとする。

4.6.3 気密容器 捕集バッグを用いて試料ガスを採取する場合に使用する容器で内部を気密にできるもの<sup>(6)</sup>。内部に捕集バッグを装着し、容器内を減圧状態にすることで装着した捕集バッグ内に試料ガスを吸入するために使用する。

注<sup>(6)</sup> 気密容器は一般に一部が透明または半透明樹脂製のものが使用されている。

4.7 注射筒 JIS T 3201 に規定する容量 100mL のもの。あらかじめ、JIS K 0050 の 9.3.1（全量ピペット）に準じて体積の器差づけをしておく。

## 5. 試料採取

土壌ガスの試料採取は、雨天時および地上に水たまりがある状態の場合には行わないこととする。

### 5.1 減圧捕集瓶法による試料採取

#### 5.1.1 試料採取孔の設置

採取孔を掘削して孔内に保護管を挿入し、保護管の上部をゴム栓等で密栓した後、一定時間放置する。放置時間については 30 分以上とし、地点による時間のばらつきを極力小さくする。

#### 5.1.2 減圧捕集瓶の準備

a) 減圧捕集瓶は漏れ試験<sup>(7)</sup>を行っておく。

注<sup>(7)</sup> 絶対圧力 1.33kPa 程度まで減圧した場合、1 時間放置後の圧力が約 0.67kPa 以

内であれば漏れがないとみなす。

### 5.1.3 捕集部の組立て

- a) あらかじめ 1kPa {7.5mmHg} 以下の真空中に減圧捕集瓶を脱気しておく
- b) 脱気が終了した減圧捕集瓶を導管に接続する。

### 5.1.4 採取管・導管の取り付け

- a) 保護管上部の密栓を開封後、速やかに保護管内に採取管を挿入し、保護管の開口部付近から土壤ガスを採取できるように採取管を設置する。
- b) 吸引ポンプ等で、採取管容量の約 3 倍の試料ガスを吸引する。
- c) 採取管に導管を接続する。

### 5.1.5 試料ガスの採取

減圧捕集瓶の弁を開放し、導管を通じて試料ガスを採取する<sup>(8)</sup>。

注<sup>(8)</sup> 管径の大きい導管では、管内に試料ガスを満たした状態で採取する。

## 5.2 減圧捕集瓶を用いた食塩置換法による試料採取

### 5.2.1 試料採取孔の設置 5.1.1 による。

### 5.2.2 飽和食塩水入り減圧捕集瓶の準備

- a) 減圧捕集瓶は 5.1.2 と同様に漏れ試験を行っておく。
- b) 減圧捕集瓶に飽和食塩水<sup>(9)</sup>を充てんし、弁を閉じて密栓する。

注<sup>(9)</sup> 飽和食塩水は、脱気水 1L に対して食塩約 36g を混合し、調整する。

### 5.2.3 捕集部の組立て

- a) 飽和食塩水を満たした減圧捕集瓶を導管に接続する。
- b) 減圧捕集瓶のセプタムに注射筒を刺す。

### 5.2.4 採取管・導管の取り付け 5.1.4 による。

### 5.2.5 試料ガスの採取

減圧捕集瓶の弁を開放し、飽和食塩水を注射筒内に吸引することにより、減圧捕集瓶内の飽和食塩水を試料ガスに置換する<sup>(10)</sup>。

注<sup>(10)</sup> 管径の大きい導管では、管内に試料ガスを満たした状態で採取する。

## 5.3 捕集バッグ法による試料採取

### 5.3.1 試料採取孔の設置 5.1.1 による。

### 5.3.2 捕集バッグの準備 捕集バッグの準備は次による。

- a) 捕集バッグは、あらかじめ測定対象成分が吸着または脱着しないことを確認したもので、容量 3L 以下のものを用いる<sup>(11)</sup>。
- b) 捕集バッグには漏れがないことを確認しておく<sup>(12)</sup>。

注<sup>(11)</sup> 捕集バッグに清浄乾燥空気（合成空気）などを充てん乾燥し、更に赤外線ランプなどでバッグを 40 程度に加熱して吸着ガスの脱離を行った後、空気を

排出する。この操作を数回繰り返し、測定対象成分が妨害しないことを確認しておく。

注<sup>(12)</sup> 捕集バッグに全容積の 60～80%の清浄乾燥空気（合成空気）などを充てんし、清浄水（水道水や蒸留水等）中に捕集バッグ全体を浸して軽く押し、気泡がなければ漏れがないと判断する。

5.3.3 捕集部の組立て 捕集部の組立ては、次の手順で行う。

- a) 脱気した状態の捕集バッグを気密容器に入れ、捕集バッグに付いている合成樹脂製スリーブを導管と接続する。
- b) 気密容器を吸引ポンプに接続する。

5.3.4 採取管・導管の取り付け 5.1.4 による。

5.3.5 試料ガスの採取 試料ガスの採取は、次の手順で行う。

- a) 吸引ポンプを稼働し、気密容器内を減圧する。
- b) 気密容器内の減圧により、試料ガスを捕集バッグ内に採取する。
- c) 試料ガス採取後、スリーブにシリコンゴム栓を施す。

5.4 捕集濃縮管による試料採取

5.4.1 試料採取孔の設置 5.1.1 による。

5.4.2 捕集濃縮管の準備 不活性気体気流中での加熱により分析上の妨害成分を除去した後の捕集濃縮管を用意する。

5.4.3 捕集部の組立て

捕集濃縮管の片側に導管を接続し、反対側に吸引ポンプを接続する。

5.4.4 採取管・導管の取り付け 5.1.4 による。

5.4.5 試料ガスの採取

- a) 捕集濃縮管に接続した吸引ポンプで一定速度により一定量の試料ガスを吸引し、試料ガス中の対象化学成分を捕集濃縮管内の捕集剤に吸着させる<sup>(13)</sup>。
- b) 試料ガスを採取した後、個別容器に保管またはふっ素樹脂栓で捕集濃縮管を密栓する。現地分析を行わない場合は、デシケータの中に保存する。

注<sup>(13)</sup> 試料ガスの吸引流量は約 100mL/min とし、吸引量は 100mL を標準として試料ガス中の対象化学成分の濃度に応じて調節する。

6. 試料の運搬と保管

6.1 運搬と保管

- a) ガス試料は、冷暗状態で容器の内側が結露しないように運搬、保管されることとし、できるだけ早く分析に供することとする。
- b) 現地で分析する場合は、ガス試料を採取してから 24 時間以内に分析することとする。
- c) 現地以外の分析室に持ち帰り分析する場合は、ガス試料を採取してから 48 時間以内に

分析することとする。

## 6.2 運搬・保管による濃度変化の試験

現地以外にある分析室でガス試料を分析する場合は、運搬による濃度減少を評価するため、あらかじめ既知濃度の試料を準備し、分析試料と同様に取り扱い、運搬・保管の影響を評価する。

- a) 現地で既知濃度のガス試料（標準ガス等）を捕集容器に採取するか吸着管に吸着・吸収させ、運搬テスト用試料を作成する。運搬テスト用試料は2検体作成する。
- b) 分析試料と同じ状態で運搬・保管し、分析する。
- c) 分析結果と既知ガス濃度の差が±20%以内であれば、分析結果をそのまま報告する。
- d) 分析結果と既知ガス濃度の差が±20%以上であれば、ガス濃度を次式で求める。

報告値 =

$$\text{試料分析結果} \times \frac{\text{運搬テスト用試料既知濃度}}{\text{運搬テスト用試料実測値の平均}}$$

## 7. 安全に関する事項

7.1 事前調査項目 試料ガスの採取に当たって、次の項目を調査要員自身が調査して安全を確保する。

### 7.2 調査要員の安全確保

- a) 採取位置までの通路及び器材の運搬路
- b) 採取装置の設置可能な場所の有無と足場の確保
- c) 給電、給水などの入手経路
- d) 防護メガネ、防塵マスク、防護手袋等の必要な保護具

## 8. 報告事項

土壌ガス試料採取について、次の事項を報告する。

- a) 試料採取日時
- b) 試料採取地点名
- c) 試料採取位置（採取地点の位置図を必ず添付）
- d) 試料採取方法・器具
- e) 採取時の天候
- f) 試料の保管・運搬方法
- g) その他、特記すべき事項

## 分析方法

### 1. 適用範囲

この規格は、土壤ガス中の揮発性有機化合物のうち、ジクロロメタン、四塩化炭素、1,2-ジクロロエタン、1,1-ジクロロエチレン、シス-1,2-ジクロロエチレン、1,1,1-トリクロロエタン、1,1,2-トリクロロエタン、トリクロロエチレン、テトラクロロエチレン、1,3-ジクロロプロペン、ベンゼンの11物質について試験方法を規定する。

**備考** この規格において土壤ガスとは表層から1m程度下の土壤中に存在する間隙ガスをいう。

### 2. 共通事項

共通事項は、次のとおりとする。

#### (1) 通則

化学分析に共通する一般事項は、JIS K 0050（化学分析方法通則）及びガスクロマトグラフ法に共通する一般事項は、JIS K 0114（ガスクロマトグラフ分析のための通則）による。

**備考** 試薬は、品目指定されている場合はJISマーク表示品の最上品位のものを用いる。尚、JISマーク表示品がない場合は、試験に支障のないものを用いる。

#### (2) 定量範囲

ガスクロマトグラフ法及び質量分析法の定量範囲は試料中の目的成分の濃度 volppm で示す。

#### (3) 分析の繰り返し精度

通常の試料の試験における変動係数で示す。

### 3. 試料

#### 3.1 採取操作

試料の採取は土壤ガス調査の試料採取方法に従い、直接捕法、固体捕集法によって採取した土壤ガスを試料とする。

#### 3.2 試料の取扱い

揮発性有機化合物は揮発しやすいので、現地で分析する場合は、ガス試料を採取してから24時間以内に分析することとする。現地以外の分析室に持ち帰り分析する場合は、0~10℃の冷暗所に保存し<sup>(1)</sup>、ガス試料を採取してから48時間以内に分析することとする。

注<sup>(1)</sup> 外部からの揮発性有機化合物による汚染に十分注意する。

### 4. 結果の表示

結果の表示には、用いた試験方法を明記する。

## 5 . 分析方法

分析方法は光イオン化ガスクロマトグラフ法(GC-PID)、水素イオン化検出器を用いるガスクロマトグラフ法(GC-FID)、電子捕獲検出器を用いるガスクロマトグラフ法(GC-ECD)、電気伝導度検出器を用いるガスクロマトグラフ法(GC-ELCD)、ガスクロマトグラフ質量分析法(GC-MS)、質量分析法とし、表 1 に検出器の特徴を示す。

試料濃度、機器の安定性、応答の直線性等を考慮し、定量下限値に合わせて各種測定機器へ試料ガスの注入量を設定する。

試験方法はガス試料中に含まれる物質濃度の定量が可能でかつ 0.05 volppm 以下の検出下限値を担保できる方法を用いる。

測定は分析精度が担保できる環境であれば室内、車体、野外のいずれで実施しても良い。

表 1 揮発性有機化合物の測定に用いる検出器の特徴

検出器	特徴
GC-PID	芳香族、不飽和炭化水素類に選択的に応答し、アルカン化合物には応答せず。
GC-FID	炭素数に比例して応答。比較的高濃度域の定量に向いている。
GC-ECD	塩素原子を 3 個以上含む分子に対して非常に高感度。
GC-ELCD	応答は塩素、臭素の数に比例。安定性がある。
GC-MS	選択性が高いために、共雑物の影響を受けることなく定性・定量が可能。
質量分析計	GC-MS より選択性は劣るが、物質同定および定量が可能。

## 6 . 試薬

a) 混合標準液原液 (各 1mg/mL): 市販品の混合標準液を使用する。アンプルの保存は冷暗所とする。(2)

注(2) 国または公的検査機関が濃度を保証する「ガス一次標準」「ガス二次標準」を使用して作成した混合標準ガスを使用することも可能とする。

b) 混合標準液 (各 50 µg/mL): 全量フラスコ 20mL に少量のメタノールを入れ、これに混合標準液 (各 1mg/mL) 1mL を泡立てないようにとり、メタノールを加えて 20mL に定容し、使用時に調製する。

c) メタノール JIS K 8891 に規定する試薬を用いる。

- d) ヘリウム（純度 99.999vol%以上）
- e) 窒素（純度 99.999vol%以上）

## 7. 器具及び装置

### 7.1 器具

- a) 検量線用ガス瓶（捕集瓶）<sup>(3)(4)</sup>

内容量 1000mL のガラス製の瓶

注<sup>(3)</sup> 絶対圧力 1kPa { 7.5mmHg } 以下を 1 時間以上保持できるものであること。

<sup>(4)</sup> あらかじめ、内容積を検量線用ガス瓶に水を満たしたときの質量から JIS K 0050 の 9.3.2 (全量フラスコ) に準じて測定しておく。また、検量線用ガス瓶の内部に窒素を充填し、この窒素中に分析上妨害となるものが含まれないことを確認する。

- b) 捕集濃縮管 ガラス製の管で、内部をアセトンなどで洗浄乾燥後、捕集剤<sup>(5)</sup>を充てんし、両端をシリカウールでふさぎ、これを窒素気流中で加熱し、分析上の妨害となるものを除去したもの<sup>(6)(7)</sup>。土壌ガス試料の採取に用いたものと同じ種類のものを使用する。

注<sup>(5)</sup> 捕集剤には、適用対象とする揮発性有機化合物を吸着し、かつ、200 前後で速やかに揮発性有機化合物を放出する性能をもつものを用いる。

また、捕集剤の捕集能力は、捕集時の温度、捕集物質の種類と濃度、捕集ガスの吸引流量などによって異なるため、あらかじめ濃縮捕集効率を確認しておく。

捕集剤には、多孔性高分子型（ポラスポリマー）及び吸着型（活性炭、合成ゼオライト）充てん剤などがある。

<sup>(6)</sup> 例えば、ポラスポリマービーズ 0.6g を充てん、窒素気流中、230 で約 2 時間加熱処理すると良い。

<sup>(7)</sup> 密封時に必ずふっ素樹脂栓を用いる。

- c) 標準液作成器具

全量フラスコ、全量ピペットは十分洗浄したのち、メタノールで洗浄、乾燥したもの。

- d) ガスタイトシリンジ<sup>(8)</sup>

0.25~5mL を採取できるもの。

- e) マイクロシリンジ<sup>(8)</sup>

1~200  $\mu$ L を採取できるもの。

注<sup>(8)</sup> 使用するガスタイトシリンジ及びマイクロシリンジは、空試験用、低濃度測定用、高濃度測定用の 3 本（同一ロット）を用意しておくことよい。また、ガスタイトシリンジとマイクロシリンジは各自で精度の確認をする。

### 7.2 装置<sup>(9)</sup>

注<sup>(9)</sup> 装置は、所定の定量範囲の感度が調節できるもの又は同等の方法が行えるものを使用することとし、各装置ともに、繰り返し精度として変動係数で 10~20%で

あることを確認して使用する。

#### 7.2.1 ガスクロマトグラフ

光イオン化検出器を用いるガスクロマトグラフ<sup>(10)</sup>

水素イオン化検出器を用いるガスクロマトグラフ

電子捕獲検出器を用いるガスクロマトグラフ

電気伝導度検出器を用いるガスクロマトグラフ

注<sup>(10)</sup> 光イオン化検出器の UV ランプは、測定対象物質の検出が可能なものを使用する。例 10.2eV、11.7eV

#### 7.2.2 ガスクロマトグラフ質量分析計

#### 7.2.3 質量分析計

### 8 . 操作

#### 8.1 直接捕集法

直接捕集法によってガス採取した場合はその一定量を正確に分取して測定機器に注入し、測定結果を記録する。試料導入量は 0.2 ~ 1.0mL とし、あらかじめ作成した検量線の範囲内に入るように調節する。試料ガス中の対象物質の濃度はクロマトグラムから対象物質のピーク面積又はピーク高さを測定し、あらかじめ作成した検量線から求める。

#### 8.2 固体捕集法

固体捕集法の場合は検量線用ガス瓶からガスタイトシリンジを用いて、検量線用ガスを正確に分取し、シリコーンゴム栓をした濃縮管に注入する。

この濃縮管を気化導入管に接続し、付属の熱脱着装置で気化させたガスの全量を測定機器に注入して測定結果を記録する。尚、測定機器の分析条件は事前に設定しておく。

試料導入量は 100 ~ 500mL とし、あらかじめ作成した検量線の範囲内に入るように試料量を調節する。試料ガス中の対象物質の濃度はクロマトグラムから対象物質のピーク面積又はピーク高さを測定し、あらかじめ作成した検量線から求める。

### 9 . 検量線の作成

#### 9.1 直接捕集法の場合 ( 検量線用ガス瓶による調整 )

- a) あらかじめ 1kPa { 7.5mmHg } 以下の真空中に検量線用ガス瓶を脱気しておく。
- b) 混合標準液 ( 50 µg/mL ) を 5 µL マイクロシリンジで上記 1L の検量線用ガス瓶に注入する。
- c) 検量線用ガス瓶の弁を開放し、測定対象物質を含まない空気を流入させて、検量線用ガス瓶内の圧力状態を大気圧に戻す。
- d) 検量線用ガス瓶の弁を閉じて密閉し、混合標準液を気化した状態にさせ、各物質について 0.05 volppm 前後の濃度の標準ガスを調整する。ここで、テトラクロロエチレン、トリクロロエチレンの標準ガス濃度は、0.0337 volppm, 0.0425 volppm となる。各測定対象物

質のガス濃度は予め算定しておく。

- e) 上記同様の操作を行い、0.05volppmを上回る2水準の濃度<sup>(11)</sup>の標準ガスを調整する。  
注<sup>(11)</sup> 0.05volppmを上回る2水準の濃度は、0.5volppmおよび5.0volppmを目安とし、使用する装置の定量範囲内で2段階の濃度を設定する。
- f) 以上3水準の標準ガスを測定機器に導入し、測定対象物質のガス量(μL)とピーク高さ又はピーク面積との関係線をそれぞれ作成する。検量線の作成は、試料測定時に行う。

## 9.2 固体捕集法の場合

- a) あらかじめ1kPa {7.5mmHg}以下の真空中に検量線用ガス瓶を脱気しておく。
- b) 混合標準液(50μg/mL)を5μLマイクロシリンジで上記1Lの検量線用ガス瓶に注入する。
- c) 検量線用ガス瓶の弁を開放し、測定対象物質を含まない空気を流入させて、検量線用ガス瓶内の圧力状態を大気圧に戻す。
- e) 検量線用ガス瓶の弁を閉じて密閉し、混合標準液を気化した状態にさせ、各物質について0.05volppm前後の濃度の標準ガスを調整する。ここで、テトラクロロエチレン、トリクロロエチレンの標準ガス濃度は、0.0337volppm,0.0425volppm,となる。
- f) またa)と同じ手順で準備した検量線用ガス瓶に混合標準液(1mg/mL)を200μLマイクロシリンジで上記1Lの検量線用ガス瓶に注入する。
- g) 検量線用ガス瓶の弁を閉じて密閉し、混合標準液を気化した状態にさせ、各物質について25~35volppm前後の濃度の標準ガスを調整する。ここで、テトラクロロエチレン、トリクロロエチレンの標準ガス濃度は、26.96volppm,34.0volppm,となる。各測定対象物質のガス濃度は予め算定しておく。
- i) e)で作成した標準ガスを捕集濃縮管に1.0mL注入し標準試料を作成する。またg)で作成した標準ガスを捕集濃縮管に0.5~10mL注入し、0.05volppmを上回る2水準の濃度<sup>(12)</sup>の標準試料を作成する。  
注<sup>(12)</sup> 0.05volppmを上回る2水準の濃度は、0.5volppmおよび5.0volppmを目安とし、使用する装置の定量範囲内で2段階の濃度を設定する。
- h) これらの捕集濃縮管を気化導入管に接続し、付属の熱脱着装置で気化させたガスの全量を測定機器に注入し、測定対象物質のガス量(μL)とピーク高さ又はピーク面積との関係線をそれぞれ作成する。検量線の作成は、試料測定時に行う。

## 10. 定量及び計算

試料ガス中の測定対象物質濃度は、次式を用いて体積濃度(volppm)で算出し、有効数字を2桁として3桁目以降を切り捨てて表示する。

$$C = (V_c / V_s) \times 10^3$$

ここに、C：試料ガス中の測定対象物質濃度 (volppm)

Vc：検量線から求めた試料ガス中の測定対象物質ガス量(μL)

Vs：ガスクロマトグラフ分析に用いた試料ガス量 (mL)

## 11. 報告事項

土壌ガス分析について、次の事項を報告する。

a) 試料採取日時

b) 試料採取地点

調査対象地全体と試料採取地点各々の関係がわかる図面等、および各試料名、試料番号の詳細がわかる資料とする。

c) 試料番号

記号と番号の組合せ等により、各試料採取地点の関連がわかるものが望ましい。

d) 採取方法

「土壌ガス調査における試料採取方法」に従い実施した採取方法、採取量などについて明示する。

e) 分析方法

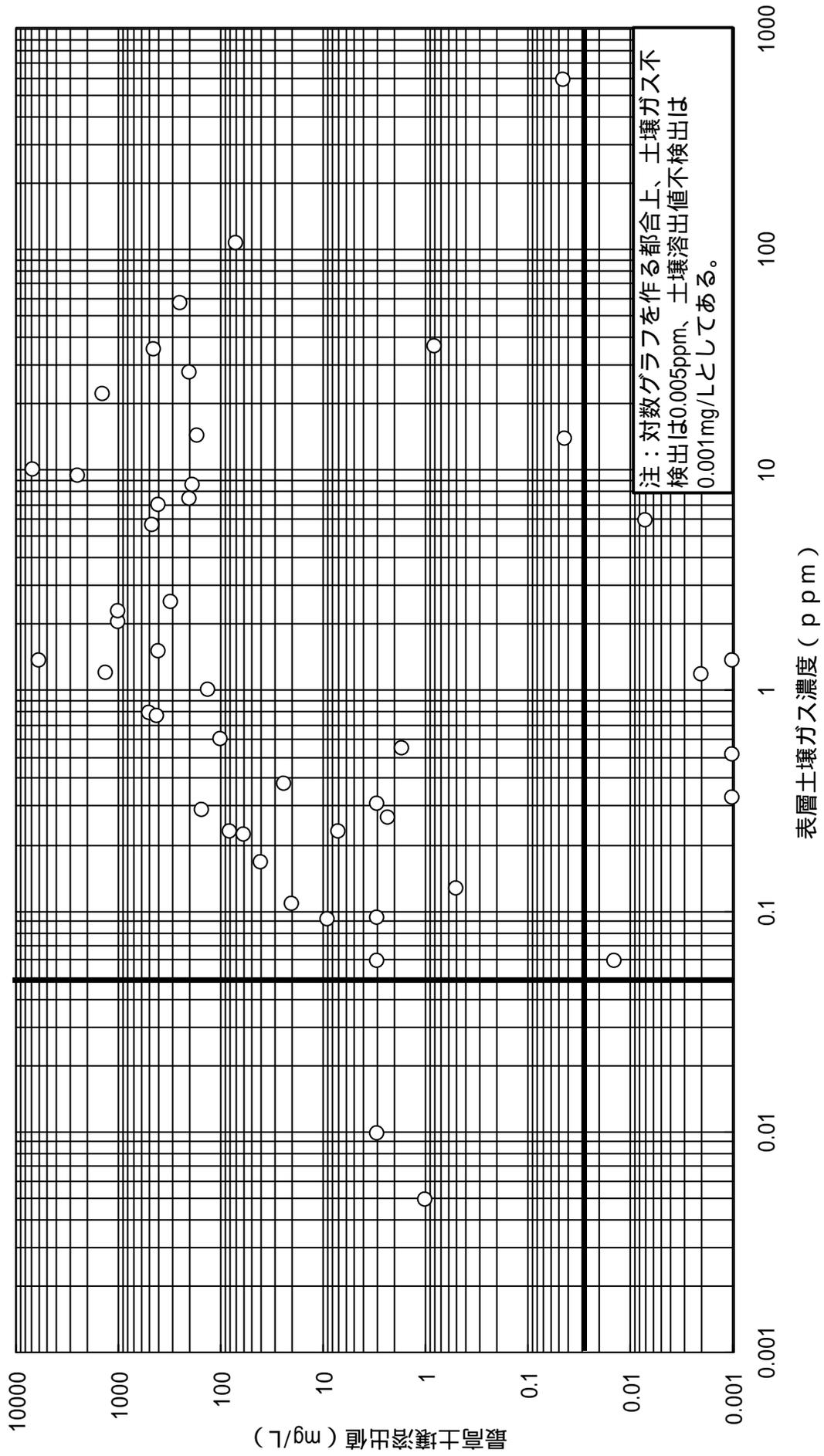
実施した分析方法、装置名、濃縮方法、試料量と共に、各分析方法に応じて、精度に関わる分析条件について、できるだけ詳細に明示する。

f) 分析値

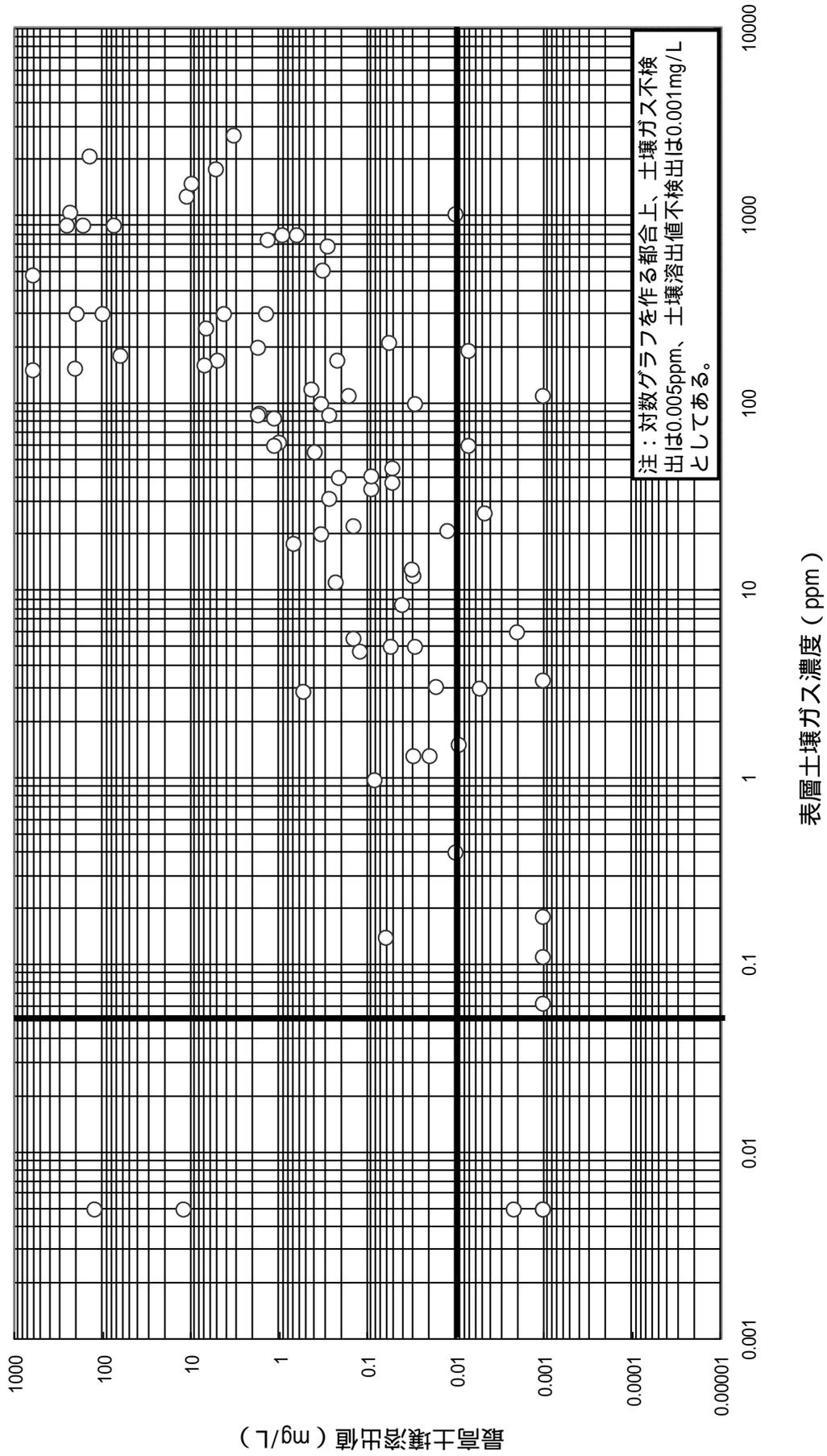
g) 定量下限値

h) その他特記すべき事項

(参考) 表層土壌ガス濃度と最高土壌溶出値の関係(トリクロエチレン)



(参考) 表層土壌ガス濃度と最高土壌溶出値の関係 (テトラクロロエチレン)



最高土壌溶出値 (mg/L)

表層土壌ガス濃度 (ppm)

# **土壤の直接摂取によるリスク評価等について**

**平成13年8月**

**土壤の含有量リスク評価検討会**

## 検討経過

第1回（平成12年6月22日）

第2回（平成12年11月24日）

第3回（平成13年2月23日）

第4回（平成13年3月8日）

第5回（平成13年7月5日）

第6回（平成13年8月2日）

## 土壌の含有量リスク評価検討会委員名簿

大野泰雄	国立医薬品食品衛生研究所薬理部長
櫻井治彦	中央労働災害防止協会労働衛生調査分析センター所長
佐藤 洋	東北大学大学院医学系研究科教授
鈴木庄亮	群馬大学医学部公衆衛生学教室教授
中杉修身	国立環境研究所化学物質環境リスク研究センター長
永沼 章	東北大学大学院薬学研究科教授
林 裕造	元国立医薬品食品衛生研究所安全性生物試験研究センター長
平田亜古	宮城学院女子大学助教授
米谷民雄	国立医薬品食品衛生研究所食品添加物部長
吉永 淳	東京大学大学院新領域創成科学研究科助教授

（ : 検討会座長）

# 目次

	頁
1 目的	・・・ 1
2 土壌汚染の暴露経路のとらえ方	・・・ 2
3 汚染土壌の直接暴露の経路に係るリスク評価及び要措置レベル	・・・ 4
4 表層土壌の汚染の実態	・・・ 7
5 表層土壌が汚染された土地におけるリスク管理の方法について	・・・ 8
6 今後の対応等	・・・ 9
別添1：土壌汚染の暴露経路のとらえ方	・・・ 10
別添2：土壌の摂食等による有害物質の摂取量の算定方法	・・・ 11
別添3：個別重金属等の要措置レベルの算定	・・・ 13

## 1 目的

環境基本法に基づき平成3年に設定された現行の土壤環境基準のうち、水質を浄化し及び地下水をかん養する機能を保全する観点から、水質環境基準のうち人の健康の保護に関する環境基準の対象となっている項目について、土壤（重量：g）の10倍量（容量：ml）の水でこれらの項目に係る物質を溶出させ、その溶液中の濃度が、各々の水質環境基準の値以下であることを環境上の条件としている基準（以下このような観点から設定した環境上の条件を「溶出基準」という。）は、人への暴露という観点からは、土壤に含まれる有害物質が地下水に溶出し、その地下水を摂取するという経路について設定されているものである。

一方、平成12年1月より施行されたダイオキシン類対策特別措置法におけるダイオキシン類に係る土壤環境基準は、地下水を経由する経路ではなく、汚染土壤を摂食又は皮膚接触（吸収）するような暴露経路（直接摂取）について設定された。

本検討会では、このような新たな動きを踏まえ、現行の溶出基準がとらえていない土壤中の有害物質の暴露経路について検討するとともに、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（以下「要措置レベル」という。）の検討を行った。

また、併せて、汚染土壤の直接暴露のリスクの低減のための措置の考え方（リスク管理の方法）についての整理を試みた。

本報告書は、本検討会におけるこれらの検討結果としてとりまとめたものである。

## 2 土壤汚染の暴露経路のとらえ方

- (1) 汚染土壤に起因する有害物質の人等への暴露経路については、「人の健康の保護の観点」及び「生活環境（生態系を含む）の保全の観点」に整理でき、それぞれについて、「汚染土壤の直接暴露」及び「他の媒体（大気、公共用水域、地下水）を通じての暴露」に分けられ、

人の健康の保護の観点からの暴露経路は、

- 1) 汚染土壤の直接暴露（汚染土壤の摂食<sup>\*1</sup>及び皮膚接触（吸収））
- 2) 他の媒体（大気、公共用水域、地下水）を通じての暴露  
地下水等（への溶出） 飲用等  
大気中（への揮散） 吸入  
公共用水域（への土壤粒子の流出） （魚介類への蓄積） 摂食  
農作物、家畜（への蓄積） 摂食

（\*1：飛散による土壤粒子の摂取を含む。）

生活環境（生態系を含む）の保全の観点からの暴露経路は、

- 3) 汚染土壤の直接暴露  
生活環境（不快感等）  
農作物、農作物以外の飼料用植物の生育阻害  
生態系への影響
- 4) 他の媒体（大気、公共用水域、地下水）を通じての暴露  
生活環境（飲料水の油膜等）  
生態系への影響

と整理できる（別添1）。

- (2) 2) の 暴露経路については、現在、溶出基準が設定されているところである。

- (3) 2) の 暴露経路については、トリクロロエチレン等4物質について大気環境基準が設定されているが、これらを含む揮発性有機化合物は、

- ・ これまでに汚染土壤に起因する大気汚染の事例や大気濃度レベル測定結果の報告がないこと
- ・ これまでの知見では、汚染土壤の上の大人の鼻や口の高さに相当する1.5mの高さで大気環境基準を超過するレベルの大気汚染を引き起こす汚染土壤は土壤溶出基準も超過する可能性が高いこと（トリクロロエチレン等4物質）
- ・ 大気環境基準を超過する可能性のある汚染土壤の濃度レベルは、モデルによる計算である程度の推計は可能であるが、汚染の規模や範囲、その深さ、土質、暴露される場所の地形や気象条件等によりかなり変動するものと考えられ、また、新たな負荷がないような場合には、時間とともに土壤濃度が減少し、大気中へ揮散する量も減少していくものと考えられること
- ・ 大気への揮散によるリスクを評価するには、例えば、土壤ガスのような含有量以外の指標が適切かもしれないこと

から、また、揮発性のある水銀についても、これまでに汚染土壤に起因する大気汚染の事例の報告等がないこと、大気環境基準については現在検討中であることから、この暴

露経路について、直ちに要措置レベルを検討する必要はないと考えられる。

この暴露経路については、現時点では必ずしも関連するデータ等が十分とは言えないため、今後は、表層土壌の調査に際して、汚染地の地上 1.5m の大気濃度の測定を行い、大気環境基準を超過した場合は連続測定する等、汚染地での大気濃度の実態把握や調査研究に努め、必要があれば改めて検討を行うものとする。

(4) 2) の 、 3) の 及び 並びに 4) の の暴露経路については、十分なデータや知見が得られておらず、現時点ではリスク評価及び要措置レベルの検討は困難である。

今後は、関連するデータの蓄積等に努めるものとする。

(5) 2) の 及び 3) の の暴露経路については、現在、土壤環境基準（農用地基準）が設定されているところである。

(6) なお、本検討会では、溶出基準でとらえられていない暴露経路について、要措置レベル等の検討を行うものであるが、現行の溶出基準において考慮されていない飲料水の油膜等（4) の ) の暴露経路及び要措置レベルについては、その実態等を踏まえて別途検討することが望まれる。

(7) 以上のことから、1) の「汚染土壌の直接暴露」に係る経路について、現在溶出基準が設定されている項目（以下「有害項目」という。）を対象に、長期（慢性）毒性等の関連する文献やデータを収集整理し、要措置レベルについて検討することとする。

### 3 汚染土壌の直接暴露の経路に係るリスク評価及び要措置レベル

食物等からの化学物質の摂取割合については、例えば、農薬では、作物からの摂取割合を8割、飲料水からの摂取割合を1割、その他からの摂取割合を1割とすることを基本として登録保留基準が設定されている。

また、最近では、ダイオキシン類対策特別措置法（以下「ダ法」という。）に基づき、大気、水質、土壌に係る環境基準が設定されているが、土壌については、汚染土壌からの直接摂取（摂食及び皮膚接触）による健康影響が懸念されたことから、当該暴露経路に係る土壌環境基準が設定されている。これらダイオキシン類に係る土壌等の環境基準値から TDI に占める割合を計算すると、土壌からの摂取割合は十数%程度（食物や飲料水からの吸収率と土壌からの吸収率の差異を考慮しない場合には7～8%程度）となっている。また、この数値レベルが、ダ法における対策発動の要件にもなっている。

人の健康に対する影響が懸念される汚染土壌の直接暴露については、土地の利用目的やそこでの暴露可能性について様々な場合が想定されるが、要措置レベルについては、以下のような考え方を基に算定することが考えられる。

#### （1）土壌の摂食等による有害物質の摂取量

土壌の摂食等による有害物質の摂取量については、ダイオキシン類に係るリスク評価における考え方を踏まえ、別添2の考え方によることが適当である。

#### （2）汚染土壌の直接摂取に伴う要措置レベルの考え方

汚染土壌の直接摂取に伴う要措置レベルについては、ここでは、

我が国で設定した TDI 等がある場合には、TDI 等の配分の目安として概ね 10 %程度、

我が国で設定した TDI 等がない場合には、

汚染土壌からの当該物質の摂取量が飲料水からの摂取量（人の健康の保護の観点から設定されている場合）と同程度とすることを基本とし、その際、併せて WHO 等における TDI 等も勘案することとする。

なお、その際、その他の主要な暴露経路である食物や飲料水経由の摂取量がそれぞれの基準値等から算定される摂取量（理論最大摂取量）の合計として TDI 等の9割を超えると計算又は推定される場合等、汚染土壌からの直接摂取（摂食及び皮膚接触）による当該有害物質の摂取量を加えると総摂取量として TDI 等を超過するおそれのある場合について考慮する。

### (3) 要措置レベルの算定について検討する有害項目

有害項目のうち、揮発性有機化合物、PCB 及びチウラム等（農薬）については、次のような事情にあることから、要措置レベルの算定の検討は重金属等について行うこととする。

#### 揮発性有機化合物

揮発性有機化合物については、土壌中での下層への移動性や大気中への揮発性が高く、その後の負荷がないような状態では、一般には、表層土壌中に、高濃度の状態のまま長期（複数年）蓄積するような状況はないと考えられるため、長期毒性（慢性毒性）の観点から、表層土壌中の有害物質の含有量としての要措置レベルを算定する必要はないと考えられる。

#### PCB

PCB については、蓄積性が高く、表層土壌中に高濃度に含有していた汚染事例の報告がある。

また、現在、暫定許容摂取量は  $5 \mu\text{g/kg/日}$  であり、魚介類等について暫定規制値が設定されている。水質環境基準については検出されないこととされ、飲料水が定量下限値レベルの濃度であったと仮定した場合には、当該摂取量の概ね 0.4 % 程度を飲料水から摂取することとなる。ちなみに、土壌中の含有量として暫定許容摂取量の 10 % 程度を割り振ると  $400\text{mg/kg}$  となる。

一方、PCB の中で毒性の強い  $\text{コ}^{\circ}\text{ヲ}$ -PCB については、既にダイオキシン類の中の異性体として位置づけられて、ダ法の中で土壌の直接摂取の観点からの土壌に係る環境基準値が設定されて汚染土壌に係る対策がとられている。これまでの知見では、土壌中の PCB に占める  $\text{コ}^{\circ}\text{ヲ}$ -PCB の割合は 1 ~ 15 % と推定されているところである。また、東京都が昨年度に実施した大田区の区道下のダイオキシン類に係る環境調査の中で PCB とダイオキシン類としての  $\text{コ}^{\circ}\text{ヲ}$ -PCB との濃度の関係について解析した結果によると、当該 PCB については概ね PCB 濃度が  $25\text{mg/kg}$  を超過するとダイオキシン類としての  $\text{コ}^{\circ}\text{ヲ}$ -PCB の濃度が土壌環境基準である  $1,000\text{pg-TEQ/g}$  を超過する可能性が高いことが推定されている。

以上のことから、PCB による表層土壌の汚染については、ダイオキシン類として調査を行い、土壌環境基準の達成の有無について把握することにより必要な措置を講ずれば足りると考えられる。

なお、PCB については、PCB の製品や非意図的発生源の種類毎に PCB に含有する  $\text{コ}^{\circ}\text{ヲ}$ -PCB の割合が大きく異なること、 $\text{コ}^{\circ}\text{ヲ}$ -PCB の生物濃縮がダイオキシンよりも 1 桁程度高いこと等から、今後とも必要な知見の充実等に努めることが必要である。

#### チウラム、シマジン、チオベンカルブ、有機燐及び 1, 3 - ジクロロプロペン

これら物質は一般に農薬として使用されるものであり、土壌中での分解が早く、長期間高濃度に土壌が汚染されるようなことはないと考えられるため、要措置レベルの算定の対象から除外した。

ただし、農作業を行う人の労働環境としての安全性の配慮が必要であること、及びチ

ウラムについては農業用以外の用途もあることに留意しておく必要がある。

( 4 ) 個別重金属等の要措置レベルの算定

個別重金属等の要措置レベルの算定については、別添 3 のとおりとすることが適当である。

#### 4 表層土壌の汚染の実態

重金属等について、これまでに環境省において把握している調査結果から、土壌中のこれら項目の含有量が測定されているデータを収集・整理して、個別物質毎の表層土壌について汚染の実態をとりまとめ、上記3で算定した要措置レベルとの対比を行った。

なお、ここでの表層土壌は、表層から50cm未満の深さまでの土壌である。

また、これらデータは、人為的な汚染のないようなバックグラウンドの状況を把握するために実施したものが混在しており、データの解析結果の評価に際しては、その点に留意する必要がある。

##### 総水銀

表層土壌中の含有量について測定された結果では、740 サンプル中、11 サンプルで要措置レベルの9 mg/kg を超過した。

##### カドミウム

表層土壌中の含有量について測定された結果では、755 サンプル中、5 サンプルで要措置レベルの150mg/kg を超過した。

##### 鉛

表層土壌中の含有量について測定された結果では、777 サンプル中、53 サンプルで要措置レベルの150mg/kg を超過した。

##### 砒素

表層土壌中の含有量について測定された結果では、528 サンプル中、18 サンプルで要措置レベルの150mg/kg を超過した。

##### 六価クロム

表層土壌中の含有量について測定された結果では、38 サンプル中、12 サンプルで要措置レベルの900mg/kg を超過した。

##### ふっ素

表層土壌中の含有量について測定された結果では、142 サンプル中、要措置レベルの10,000mg/kg を超過したものはなかった（最大640mg/kg）。

##### ほう素

表層土壌中の含有量について測定された結果では、177 サンプル中、要措置レベルの4,000mg/kg を超過したものはなかった（最大1,040mg/kg）。

##### セレン

表層土壌中の含有量について測定された結果では、176 サンプル中、要措置レベルの150mg/kg を超過したものはなかった（最大30mg/kg）。

##### シアン化合物又は全シアン

表層土壌中の含有量について測定された結果では、28 サンプル中、要措置レベルの350mg/kg を超過したものはなかった（最大51mg/kg）。

## 5 表層土壌が汚染された土地におけるリスク管理の方法について

(1) 本検討会は、土壌汚染の暴露経路のとらえ方、有害物質の要措置レベルの検討を目的としたものであるが、表層土壌が汚染された土地（以下「汚染地」という。）のリスク管理の方法についても整理を試みた。

土壌中の有害物質の健康リスクについては、大気等の他の環境媒体とは異なり、移動性が特に低く、ほとんど拡散・希釈されないため、暴露経路そのものの遮断が可能

暴露の機会そのものが土壌の表層の状態（裸地、又はコンクリート等の舗装地であるか等）に大きく左右されるという特徴がある。

従って、その健康リスクの低減のための管理の方法については、一般に、次の「暴露管理（汚染土壌と接触する機会の抑制）」、「暴露経路遮断（汚染土壌との接触の抑制）」及び「汚染土壌の浄化」の3つの方法が考えられる。

### 暴露管理（汚染土壌と接触する機会の抑制）

汚染土壌と接触することのないよう、汚染地を柵で囲む等することにより土壌が存在する土地への不特定多数の人の立入りを禁止又は制限する方法が考えられる。

### 暴露経路遮断（汚染土壌との接触の抑制）

暴露経路遮断、すなわち汚染土壌との接触を抑制する措置として、「覆土・舗装」及び「封じ込め」が考えられ、「覆土・舗装」については、汚染地全体の表面を隙間なく、汚染土壌が露出することのないよう、汚染されていない土砂等により一定以上の厚さで覆土することや、アスファルトやコンクリート等により適切な厚さ及び強度を保ちながら舗装すること等の方法が考えられ、「封じ込め」については、掘削除去して不溶化等の必要な処理をしたり、掘削せずにそのまま不溶化する等して当該土地内に封じ込める方法が考えられる。

### 汚染土壌の浄化

汚染土壌の浄化措置として、汚染土壌を掘削除去し、有害物質を洗浄・分離して汚染地内に埋め戻す等により処理する方法、汚染土壌を原位置のまま分解又は抽出して処理する方法、及び汚染土壌を掘削除去して最終処分場等に適切に処分する方法が考えられる。

(2) また、これら汚染地については、一定レベルのリスクの管理を行っている又は行った状態にある土地であるので、例えば、その旨を登録管理する、汚染土壌の搬出・利用を防止する等の措置も併せて検討する必要がある。

## 6 今後の対応等

土壌の直接摂取によるリスクについては、以上検討してきたとおり、今後の汚染実態調査により、表層土壌において要措置レベルを超過するような多数の汚染事例が顕在化してくることが想定されることから、そのリスク低減のための方策について早急に検討を行うことが必要である。

## 土壤汚染の暴露経路のとらえ方

土壤汚染に起因する有害物質の暴露経路については、以下のように整理できる。

### 1 人の健康の保護の観点

#### ( 1 ) 汚染土壤の直接暴露

汚染土壤の摂食\*<sup>1</sup>及び皮膚接触(吸収)【現行のダイオキシン類に係る土壤環境基準】

#### ( 2 ) 他の媒体(大気、公共用水域、地下水)を通じた暴露

地下水等(への溶出) 飲用等【現行の土壤環境基準(溶出基準)】

大気中(への揮散) 吸入

公共用水域(への土壤粒子の流出) (魚介類への蓄積) 摂食

農作物、家畜(への蓄積) 摂食【現行の土壤環境基準(農用地基準)】

### 2 生活環境(生態系を含む)の保全の観点

#### ( 1 ) 汚染土壤の直接暴露

生活環境(不快感等)

農作物、農作物以外の飼料用植物の生育阻害【現行の土壤環境基準(農用地基準)】

生態系への影響

#### ( 2 ) 他の媒体(大気、公共用水域、地下水)を通じた暴露

生活環境(飲料水の油膜等)

生態系への影響

( \* 1 : 飛散による土壤粒子の摂取を含む。 )

## 土壌の摂食等による有害物質の摂取量の算定方法

### 1 対象とする暴露経路

摂食及び皮膚接触（考慮が必要な場合）とする。

### 2 暴露期間

(1) 長期的な暴露を対象とする。

(2) 具体的には、一般に自然的原因により広範囲に存在している重金属等については、非汚染土壌の上に居住しても一定の暴露を受けるため、汚染土壌の上に 70 年居住するものとし、一般に人為的原因により局所的にしか存在しないものと考えられるダイオキシン類、PCB、トリクロロエチレン等の揮発性有機化合物等については、汚染土壌の上に一生居住し続ける可能性は一般には高くないものと考え、汚染土壌の上に 30 年、非汚染土壌の上に 40 年居住するものとしてリスク評価を行う（子供の時期は 6 歳までの 6 年間、大人はその後 70 歳までの 64 年間とし、子供の時期は汚染土壌の上で居住するものとして評価）。

### 3 土壌の摂食（消化管を経由する経口摂取）のシナリオ

(1) 1日当たりの土壌摂食量

ここでは、ダイオキシン類に係るデフォルト値として、子供 200mg/day、大人 100mg/day が採用されていること、平成 12 年度に実施した「土壌摂食量調査」の結果でも概ね同デフォルト値の範囲内にあり、同調査結果をもって直にはデフォルト値の見直しを行う必要はないと考えられることから、同デフォルト値に基づいて要措置レベルを検討する。

(2) 土壌中の有害物質の吸収率

リスク評価の基となる TDI（耐容一日摂取量）等を設定する際には、体内負荷量に基づいて評価を行っているダイオキシン類を除いて、吸収率が考慮されていない。さらに、土壌中の有害物質の摂食による吸収率については、今回検討した項目では通常食物や飲料水を経由した吸収率と比較して有意に低くなるような知見は得られなかったことから、許容摂取量との比較による要措置レベルの算定に際しては特に考慮しないものとする。

(3) 暴露頻度

ダイオキシン類に係るデフォルト値から、年間 365 日とする。

### 4 土壌及び巻き上げられた土壌粒子の皮膚接触（皮膚吸収）

物質によっては関連する知見のないものもあり、また、ダイオキシン類の場合には皮膚が

らの吸収率を1%と評価しているものの、知見の得られているその他の物質の多くは吸収率1%未満で土壌の摂食による摂取量の数%程度であると見込まれ、土壌及び巻き上げられた土壌粒子の皮膚接触による吸収率は、現行の土壌環境基準の項目のいずれについても特に高いという知見は得られていないことから、ここでは皮膚接触吸収による摂取量は、吸収率が比較的大きいと知見(1%より大きいと評価)が得られているものを除き、土壌の摂食による摂取量と比較して小さいものとして考慮しないものとする。

なお、土壌及び巻き上げられた土壌粒子の皮膚接触(皮膚吸収)による吸収率が比較的大きいものについては、

- (1) 皮膚面積あたりの土壌の皮膚接触量については、ダイオキシン類に係るデフォルト値から、 $0.5\text{mg}/\text{cm}^2$
- (2) 暴露する皮膚面積については、ダイオキシン類に係るデフォルト値から、子供  $2,800\text{cm}^2$ 、大人  $5,000\text{cm}^2$
- (3) 暴露頻度については、ダイオキシン類に係るデフォルト値から、晴天率  $0.6 \times \{ \text{子供 毎日}(7/7)、\text{大人 週末}(2/7) \}$  として考慮するものとする。

## 5 土壌の摂食等による有害物質の摂取量の算出

### (1) 有害物質の摂食による摂取量

有害物質の摂食による摂取量の算出は、

$$(\text{摂取量}) = (\text{土壌中の含有濃度}) \times (\text{土壌摂食量})$$

摂取量	: 1日当たりの土壌からの有害物質の摂食による摂取量
土壌中の含有濃度	: 土壌中の有害物質の含有濃度
1日当たりの土壌摂食量	: 1日当たりの土壌の摂食量

とする。

### (2) 有害物質の皮膚接触による摂取量

有害物質の皮膚接触による摂取量の算出は、

(摂取量)

$$= (\text{土壌中の含有濃度}) \times (\text{皮膚面積当たりの接触量}) \times (\text{皮膚面積}) \times (\text{吸収率}) \times f$$

摂取量	: 1日当たりの土壌からの有害物質の皮膚吸収による摂取量
土壌中の含有濃度	: 土壌中の有害物質の含有濃度
皮膚面積当たりの接触量	: 1回当たりの $0.5\text{mg}/\text{cm}^2$
皮膚面積	: 土壌に暴露する皮膚面積 子供 $2,800\text{cm}^2$ 、大人 $5,000\text{cm}^2$
吸収率	: 土壌中の有害物質の皮膚接触による吸収率
f	: 晴天率(0.6) × 1日当たりの接触回数の頻度 子供 7/7、大人 2/7

とする。

## 個別重金属等の要措置レベルの算定

- 1 個別物質ごとの耐容（許容）一日摂取量（TDI 等）等には、我が国で水質基準を検討する際に採用された TDI 等、WHO が設定している TDI 等及びそのもととなった FAO と WHO ジョイント委員会（JECFA：Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives）が設定している PTWI（暫定週間耐容摂取量）、米国 EPA の算定した経口曝露の RfD（Reference Dose：日許容量）等がある。

ここでは、我が国の他の基準との整合を図る観点から、評価の指標は、一義的には、我が国の基準を設定する際に用いているものを採用することとし、

TDI 等に基づいて設定されている場合には、汚染土壌からの当該物質の摂取量を同 TDI 等の概ね 10 %程度を目安として配分し、

TDI 等に基づいて設定されていない場合には、汚染土壌からの当該物質の摂取量（理論最大摂取量）が飲料水からの摂取量（理論最大摂取量）と同程度となるようそれぞれ評価した。なお、TDI 等に基づいて設定されていない場合には、併せて、WHO 等における TDI 等も勘案した。

なお、数値については、有効数字 2 桁とし、切り捨てにより、2 桁目は 0 又は 5 とする。

また、この場合の飲料水からの摂取量（理論最大摂取量）すなわち水道の水質基準値から算定した基準内の上限の摂取量（以下「水道からの理論最大摂取量」という。）は、

$(\text{水道の水質基準値：A mg/L}) \times (1 \text{ 日当たりの飲料水の摂取量：2 L}) / (\text{日本人の平均体重：50kg})$

とする。

- 2 上記の考え方により算定した場合の個別重金属等の要措置レベルは次のとおりである。

なお、ここでは、暴露期間については、全シアン又はシアン化合物については汚染土壌の上に 30 年、非汚染土壌の上に 40 年居住するものとして、その他については汚染土壌の上に 70 年居住するものとして、それぞれリスク評価を行うこととした。

### （1）総水銀

我が国における許容摂取量及び水道水質基準の設定経緯等

我が国においては、1973 年に、専門家会議での検討結果を踏まえ、魚介類の水銀の暫定的規制値の設定に際し、総量規制として体重 50kg の成人の 1 週間のメチル水銀の暫定的摂取量（許容量）を 0.17mg/週と設定されている。

一方、総水銀とは、アルキル水銀等の有機水銀と無機水銀との総称であり、無機水銀は、体内や公共用水域内等では有機水銀化する場合があるとされるため簡単に無視できない。このため、これら水銀を一括して、「総水銀」として環境基準の対象としており、我が国の水銀に係る水道基準については、1992 年に疫学上の結果を基とすれば 0.001mg/L であるが、基準の継続性を考慮して従来までの値どおり、0.0005mg/L

以下とされている。

また、WHO 等 (JECFA) において、1988 年に、PTWI として、総水銀で  $5 \mu\text{g/kg/週}$ 、メチル水銀で  $3.3 \mu\text{g/kg/週}$  と確認されているところであり、この値は体重  $50\text{kg}$  当たりに換算すると概ね  $0.17\text{mg/週}$  と同じ値となる。

#### 要措置レベル

以上のことから、要措置レベルについては、汚染土壌からの当該物質の摂取量が現行の水道からの理論最大摂取量と同程度となるよう算定すると、 $9.0\text{mg/kg}$  となる。

なお、仮に我が国の暫定的摂取量 (許容量) を基に、WHO 等におけるメチル水銀と総水銀の比率により総水銀の暫定的摂取量 (許容量) を換算すると概ね  $0.7 \mu\text{g/kg/日}$  となり、この暫定的摂取量 (許容量) の  $10\%$  程度を割り振ると、 $30\text{mg/kg}$  となり、また、我が国の暫定的摂取量 (許容量) を総水銀の暫定的摂取量 (許容量) と見なして  $10\%$  程度を割り振ると、 $20\text{mg/kg}$  となる。

### (2) カドミウム

#### 我が国における許容摂取量及び水道水質基準の設定経緯等

我が国における水道の水質基準は、1969 年、地表水及び地下水において亜鉛の  $1/100 \sim 1/150$  程度のカドミウムが含まれていることや亜鉛に係る飲料水の基準 ( $1.0\text{mg/L}$  以下) から水道水には  $0.01\text{mg/L}$  以下のカドミウムが含まれていると推定されること、また、WHO 国際基準等で飲料水中のカドミウムの許容量が  $0.01\text{mg/L}$  とされていたことから、飲料水中で  $0.01\text{mg/L}$  以下と定められた。

その後、1992 年の時点での再評価の際にも従来通りとされ、水道の水質基準については飲料水中で  $0.01\text{mg/L}$  以下と定められているところである。

#### 要措置レベル

以上のことから、要措置レベルについては、WHO 等 (JECFA) における再評価が確定されるまでの間は暫定的なものとして、WHO 等 (JECFA) における再評価及びその結果を踏まえた我が国における再評価の結果を待って、最終的な値を設定することとなるが (2003 年には WHO 等 (JECFA) において PTWI の再評価がなされる予定。) その場合の暫定的な要措置レベルは、汚染土壌からの当該物質の摂取量が現行の水道からの理論最大摂取量と同程度となるよう算定すると、 $150\text{mg/kg}$  となる。

なお、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り、要措置レベルはこの PTWI の  $30\%$  程度となる。

### (3) 鉛

#### 我が国における許容摂取量及び水道水質基準の設定経緯等

我が国における水道の水質基準は、1992 年に、日本人の血液中の鉛濃度・暴露量は、世界的にみても低いレベルにあることを考慮して  $0.05\text{mg/L}$  以下とされている。

また、鉛の蓄積性を考慮して長期目標として  $0.01\text{mg/L}$  以下と設定し、概ね 10 年間に鉛管の布設替えを行い、鉛濃度の段階的な低減化を図ることとされている。

#### 要措置レベル

以上のことから、要措置レベルについては、汚染土壌からの当該物質の摂取量が長期目標としての水道からの理論最大摂取量と同程度となるよう算定すると、 $150\text{mg/kg}$  となる。なお、この濃度レベルについては、自然的原因により超過する可能性があることから、基準値の設定にあたっては、この点に留意する必要がある。

なお、WHO 等 (JECFA) において、1993 年に、PTWI として、 $25 \mu\text{g/kg/週}$  と確

認められているところであり、要措置レベルはこの PTWI の 10 % 程度となる。

#### (4) 砒素

我が国における許容摂取量及び水道水質基準の設定経緯等

我が国における水道の水質基準は、それまで慢性中毒の危険から安全性を見込んで 0.05mg/L 以下とされていたが、WHO での飲料水の水質ガイドラインの変更やその後の新たな知見の集積も踏まえて、1992 年、0.01mg/L 以下に改正されている。

要措置レベル

以上のことから、要措置レベルについては、汚染土壌からの当該物質の摂取量が現行の水道からの理論最大摂取量と同程度となるよう算定すると、150mg/kg となる。

なお、WHO 等 (JECFA) において、1988 年に、PTWI として、15  $\mu$ g/kg/週と確認されているところであり、要措置レベルはこの PTWI の 10 数%程度となる。

#### (5) 六価クロム

我が国における許容摂取量及び水道水質基準の設定経緯等

我が国の水道の水質基準は、1992 年に、クロムの毒性については従来通り六価のものに着目することが適当であることから、従来通り 0.05mg/L 以下とされている。

要措置レベル

以上のことから、要措置レベルについては、汚染土壌からの当該物質の摂取量が現行の水道からの理論最大摂取量と同程度となるよう算定すると、900mg/kg となる。

なお、WHO では、吸入発がん性と遺伝子毒性を考慮すると、現在の飲料水の水質ガイドライン値に疑問があるが、新しい値を導く毒性学的データがサポートされておらず、現在のガイドライン値が健康に重大なリスクを与えないと考えられることから、再評価されるまで 0.05mg/L を暫定ガイドライン値 (クロム) とするとされているところである。

また、六価クロムの土壌中の含有量の把握は、現在一般に底質調査方法において用いられている分析法 (水による抽出法) に準拠して測定が行われていること、及び六価クロムについては、大気から吸入暴露に伴う鼻粘膜等への直接的影響が懸念され、産業労働上の大気中の許容濃度が設定されているところであり、上記の要措置レベルが経口暴露に伴う影響であることから汚染土壌の飛散による影響について留意する必要がある。

#### (6) ふっ素

我が国における許容摂取量及び水道水質基準の設定経緯等

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従来通り 0.8mg/L 以下とすることとされている。

要措置レベル

以上のことから、要措置レベルについては、汚染土壌からの当該物質の摂取量が現行の水道からの理論最大摂取量と同程度となるよう算定すると、10,000mg/kg となる。

(7) ほう素

我が国における許容摂取量及び水道水質基準の設定経緯等  
我が国における TDI として、 $96 \mu\text{g/kg/日}$  が設定されている。

また、我が国の水道の水質については監視項目として設定されており、1998 年に、それまでの  $0.2\text{mg/L}$  以下から  $1\text{mg/L}$  以下に改正されている。

要措置レベル

以上のことから、要措置レベルについては、我が国の TDI の 10 % 程度を割り振ると  $4,000\text{mg/kg}$  となる。

(8) セレン

我が国における許容摂取量及び水道水質基準の設定経緯等  
我が国の水道の水質基準については、1992 年に、従来通り  $0.01\text{mg/L}$  以下とすることとされている。

要措置レベル

以上のことから、要措置レベルについては、汚染土壌からの当該物質の摂取量が現行の水道からの理論最大摂取量と同程度となるよう算定すると、 $150\text{mg/kg}$  となる。

また、WHO では、ヒトの NOAEL (最大無作用量) を  $4 \mu\text{g/kg}$  体重日と見積もっているところであり、要措置レベルはこの NOAEL の 10 % 程度となる。

(9) 全シアン又はシアン化合物 (以下「シアン」という。)

我が国における許容摂取量及び水道水質基準の設定経緯等  
シアンの経口致死量は人間の事故による事例、動物実験の結果に基づく考察等により、シアン化カリではほぼ  $150 \sim 300\text{mg/人}$  と考えられており、これをシアンに換算した場合、 $60 \sim 120\text{mg/人}$  が半数致死量と考えられる。シアン等の劇物については、通常 100 倍程度の安全率を見込むので、その許容限度を  $1 \text{mg/人}$  と定めることができる。通常、人間が 1 回に飲用する水の量は  $500\text{mL}$  程度であるから、飲用時における許容限度は一応  $2 \text{mg/L}$  と考えられる。水道水については、これに更にどの程度の安全率を見込むかについては諸説があり、諸外国の例をとれば、当時  $0.2 \sim 0.01\text{mg/L}$  となっており、我が国の飲料水の水道の水質基準については、これらを参考にして、「検出されないこと」(定量限界は、 $0.01\text{mg/L}$ ) と定められ、1992 年には、下記 TDI の根拠となった研究結果から、 $0.06\text{mg/L}$  が算出されるが、我が国における基準の継続性を考慮して、現行値どおりシアンとして  $0.01\text{mg/L}$  以下とされているところである。

また、WHO では、1992 年に、TDI として、 $12 \mu\text{g/kg/日}$  と設定されているところであり、現行の水道からの理論最大摂取量はこの TDI の 3 % 程度となる。

シアンについては、急性毒性 (半数致死量) の値に劇物としての通常の安全率を見込むとともに更に安全率を見込んでいる等、生涯にわたる連続的な摂取をしても人の健康に影響が生じない水準を基とし安全性を十分考慮して基準値が設定されている。

#### 要措置レベル

以上のことから、要措置レベルについては、汚染土壌からの当該物質の摂取量が現行の水道からの理論最大摂取量と同程度となるよう算定すると、350mg/kg となる。

## 揮発性有機化合物について

揮発性有機化合物については、直ちに要措置レベルを算定する必要はないとしたところであるが、参考のため、個別物質毎に毒性等について整理した。

### トリクロロエチレン

我が国の水道の水質基準については、1992 年に、WHO 等の TDI 等の根拠となっている Buben ら(1985)をもとに算出すると 0.06mg/L なるが、発がん性のおそれを考慮して、従来通り 0.03mg/L 以下とすることとされている。

また、WHO 等では、1996 年に、TDI として、23.8  $\mu$ g/kg/日が設定されている。

さらに、急性毒性については、WHO 飲料水ガイドライン（第 2 版）や日本水道協会「上水試験方法」において、ラット及びマウスで LD<sub>50</sub>が 2.4 ~ 4.9g/kg 体重となっている。

### テトラクロロエチレン

我が国の水道の水質基準については、1992 年に、WHO 等の TDI 等の根拠となっている Buben ら(1985)、Hayes ら（1986）をもとに算出すると 0.04mg/L なるが、発がん性のおそれを考慮して、従来通り 0.01mg/L 以下とすることとされている。

また、WHO 等では、1996 年に、TDI として、14  $\mu$ g/kg/日が設定されている。

さらに、急性毒性については、WHO 飲料水ガイドライン（第 2 版）や日本水道協会「上水試験方法」において、4.2 ~ 6 g で人に酩酊、知覚異常及び陽気といった中枢神経系への影響、マウス等で LD<sub>50</sub>が 8.8 ~ 10.8g/kg 体重等となっている。

### ベンゼン

我が国の水道の水質基準については、1992 年に、IRIS（1990）を基に、発がん性のおそれを考慮して、0.01mg/L 以下とすることとされている。

また、WHO 等では、発がんリスクを見積もり、10<sup>-5</sup> に対応する飲料水濃度を 0.01mg/L であると推定している。

さらに、急性毒性については、WHO 飲料水ガイドライン（第 2 版）や日本水道協会「上水試験方法」において、ラット及びマウスで LD<sub>50</sub>が 1 ~ 10g/kg 体重となっている。

### ジクロロメタン

我が国の水道の水質基準については、1992 年に、WHO 等の TDI 等の根拠となっている Serota ら(1986)をもとに、発がん性のおそれを考慮して、0.02mg/L 以下とすることとされている。

また、WHO 等では、1996 年に、TDI として、6  $\mu$ g/kg/日が設定されている。

さらに、急性毒性については、WHO 飲料水ガイドライン（第2版）や日本水道協会「上水試験方法」において、ラット及びマウスでLD<sub>50</sub>が2g/kg体重程度となっている。

#### 四塩化炭素

我が国の水道の水質基準については、1992年に、WHO等のTDI等の根拠となっているBruckerら(1986)をもとに、発がん性のおそれを考慮して、0.02mg/L以下とすることとされている。

また、WHO等では、1996年に、TDIとして、0.71 µg/kg/日が設定されている。

さらに、急性毒性については、WHO 飲料水ガイドライン（第2版）や日本水道協会「上水試験方法」において、ラット及びマウスでLD<sub>50</sub>が1～12.8g/kg体重となっている。

#### シス - 1 , 2 - ジクロロエチレン

我が国の水道の水質基準については、1992年に、WHO等のTDI等の根拠となっているBruckerら(1986)をもとに、0.04mg/L以下とすることとされている。

また、WHO等では、1996年に、TDIとして、17 µg/kg/日が設定されている。

さらに、急性毒性については、WHO 飲料水ガイドライン（第2版）や日本水道協会「上水試験方法」において、ラットでLD<sub>50</sub>が0.77g/kg体重となっている。

#### 1 , 2 - ジクロロエタン

我が国の水道の水質基準については、1992年に、発がん性のおそれを考慮して、0.004mg/L以下とすることとされている。

また、WHO等では、雄ラットの78週間経口投与試験での血管肉腫の結果から、線形多段階モデルにより飲料水濃度の0.3mg/L、0.03mg/L、0.003mg/Lに対応する飲料水のユニットリスクをそれぞれ10<sup>-4</sup>、10<sup>-5</sup>、10<sup>-6</sup>であると推定している。

さらに、急性毒性については、WHO 飲料水ガイドライン（第2版）や日本水道協会「上水試験方法」において、ラット、マウス等でLD<sub>50</sub>が0.5～0.9g/kg体重程度となっている。

#### 1 , 1 - ジクロロエチレン

我が国の水道の水質基準については、1992年に、WHO等のTDI等の根拠となっているQuastら(1983)をもとに、0.02mg/L以下とすることとされている。

また、WHO等では、1996年に、TDIとして、9 µg/kg/日が設定されている。

さらに、急性毒性については、WHO 飲料水ガイドライン（第2版）や日本水道協会「上水試験方法」において、ラット、マウス等でLD<sub>50</sub>が0.2～5.8g/kg体重程度となっている。

#### 1 , 1 , 1 - トリクロロエタン

我が国の水道の水質基準については、1992年に、臭味発生防止の観点から、現行通り0.3mg/L以下とすることとされている。水質環境基準については、慢性毒性を考慮して1mg/L以下とされている。

また、WHO 等では、1996 年に、TDI として、580  $\mu$ g/kg/日が設定されている。

さらに、急性毒性については、WHO 飲料水ガイドライン（第 2 版）や日本水道協会「上水試験方法」において、ラット、マウス等で LD<sub>50</sub>が 5.7 ~ 14.3g/kg 体重となっている。

#### 1, 1, 2 - トリクロロエタン

我が国の水道の水質基準については、1992 年に、発がん性を考慮して、0.006mg/L 以下とすることとされている。

さらに、急性毒性については、日本水道協会「上水試験方法」において、マウスで LD<sub>50</sub>が 0.4 ~ 0.5g/kg 体重程度となっている。