

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^{*1}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（への土壌粒子の流出） （魚介類への蓄積） 摂食
農作物、家畜（への蓄積） 摂食

（*1：飛散による土壌粒子の摂取を含む。）

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壌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、時間とともに土壌濃度が減少し、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、土壌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 400mg/kg となる。

一方、PCB の中で毒性の強い C_{10} -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 C_{10} -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 C_{10} -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 25mg/kg を超過するとダイオキシン類としての C_{10} -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 C_{10} -PCB の割合が大きく異なること、 C_{10} -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で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。