

Appendix-3. いわゆる自然的原因による基準不適合について

いわゆる自然的原因による基準不適合について

1. 考え方

いわゆる自然的原因による基準不適合に該当するか否かを判断するに際しては、基準不適合の原因が不明であること、土壤汚染状況調査において、土壤汚染が地質的に同質な状態で広がっていることに加え、特定有害物質の種類、含有量等を総合的に勘案することが適当である。

2. いわゆる自然的原因による基準不適合であることの判断材料

2.1 土壤溶出量基準に適合しない場合

次の三つの観点からの検討を行い、これらのいずれの観点も一定の条件を満たすときには、土壤溶出量基準に適合しない場合であっても、当該土壤に含まれた特定有害物質は専らいわゆる自然的原因によるものである可能性が高いと判断できる材料となる。

- 特定有害物質の種類等
- 特定有害物質の含有量の範囲等
- 特定有害物質の分布特性

2.1.1 特定有害物質の種類等

我が国における実態によれば、いわゆる自然的原因により土壌溶出量基準に適合しない可能性が高い物質は、砒素、鉛、ふっ素及びほう素の4種類の重金属等である。

また、水銀、カドミウム、セレン及び六価クロムについても、いわゆる自然的原因により土壌溶出量基準に適合しない可能性がある。

これらの物質による土壌溶出量基準不適合がいわゆる自然的原因である可能性を評価するためには、対象となる土地の履歴や周辺の同様な事例、対象地周辺の堆積環境と後背地の状況、海域との関係等の状況を総合的に勘案する必要がある。

また、溶出量が土壌溶出量基準の概ね10倍を超える場合は人為的原因である可能性が高いが、その場合であってもいわゆる自然的原因である場合もある。

土壌環境センターが会員各社を対象として実施した自然起源の土壌汚染（いわゆる自然的原因による土壌溶出量基準不適合）の実態に関するアンケート調査（平成14年10月実施 45社回答）によると、自然起源の土壌汚染と判断した事例の数が最も多い物質は砒素であり、次いで鉛、ふっ素、水銀の順となる（表-1）。

表-1 自然起源の土壌汚染と判断された事例数（土壌環境センターアンケート結果）

物質名	砒素	鉛	ふっ素	ほう素	水銀	カドミウム	セレン	六価クロム
事例数	31	18	14	1	8	4	2	0

表に見られるとおり、砒素は自然起源による土壌汚染の過半数を占めることが分かる。また、鉛、ふっ素の事例も1/3程度を占める。アンケート調査が必ずしも日本全国の事例をすべて網羅したものではないことを勘案すれば、これらの3種の重金属等ではいわゆる自然的原因による土壌溶出量基準不適合が発生する可能性が高いと判断できる。また、ほう素については本アンケート調査における事例数は少ないものの、いわゆる自然的原因の土壌汚染が原因と考えられる地下水汚染の事例の報告がかなりある。一方、水銀、カドミウム、セレンについては、本アンケート調査結果を見る限りにおいては全国的に広く分布するといえないものの、自然起源の土壌汚染と判断された事例が存在する。したがって、これらの物質については、当該土地における当該物質の使用履歴、当該土地の造成履歴、対象地周辺の堆積環境と後背地の状況、海域との関係等を総合的に勘案し、いわゆる自然的原因により土壌中に特定有害物質が含まれる可能性を判断する。また、六価クロムについては上記のアンケート調査では土壌汚染の事例が見られなかったが、蛇紋岩帯が分布している地域ではいわゆる自然的原因により地下水中の特定有害物質の濃度が土壌溶出量基準に適合しない汚染の事例があることから、周辺の地質条件によっては自然起源の土壌汚染の可能性が考えられ、同様に判断する。

さらに、自然起源の重金属等が極端に高濃度で存在することは通常考えられない。自治体ヒアリングでは、三つの自治体においては（東京都、川崎市、大阪府）、溶出量が環境基準値のオーダーであることがいわゆる自然的原因である可能性の判断材料の一つにあげられている。したがって、溶出量が土壌溶出量基準の概ね10倍を超える場合は、人為的原因である可能性が比較的高くなり、いわゆる自然的原因であるかどうかの判断材料の一つとなり得る。

2.1.2 特定有害物質の含有量の範囲等

特定有害物質の含有量（全量分析）が概ね我が国における自然的レベルの範囲内にあることが、いわゆる自然的原因による汚染であるかどうかの判断材料の一つとなる。

ただし、これを超える場合でも、周辺の土壤中における当該重金属等の含有量の状況からバックグラウンドと同等の含有量であること等が認められた場合には、自然的レベルの範囲内にあるものと考えられる。

いわゆる自然的原因は総合的に判断するので、含有量のみで判断しないよう留意されたい。

表-2 自然的レベルの範囲内と見なせる含有量(全量分析)の上限値の目安 (mg/kg)

物質名	砒素	鉛	ふっ素	ほう素	水銀	カドミウム	セレン	六価クロム
上限値の目安	39	140	700	100	1.4	1.4	2.0	—

※ 法に基づく土壌含有量の測定方法（酸抽出法等）により表-2 に示すレベルを超えた場合には、人為的原因による可能性が高いと判断する。

※ 酸抽出法の物質で、その測定値のすべてが表に示す数値の範囲内にある場合は、当該測定値のうち最も高い試料について全量分析による含有量を求め、この値と表-2 の値を比較する。

※ 全量分析の分解及び測定方法については表-3 を参照。

(1) 土壤中の重金属等の含有量が自然的レベルとみなせる範囲

重金属等は自然界に存在するものであるため、人為的な作用が及ばない土壌であっても土壌中に重金属等が含有される。環境庁が平成 11 年度に実施した含有量参考値再評価業務では、全国 10 都市の延べ 193 地点で土壌試料を採取し、含有量の測定（全量分析）とその統計解析が行われている。この統計解析結果に基づけば、土壌中の重金属等の含有量の平均値+3 σ は表-2 の数値となるが、平成 11 年 1 月の「土壌・地下水汚染に係る調査・対策指針」においては、平均値+3 σ の値を「これを上回れば何らかの人為的負荷があるものと認められる値として設定したもの（「市街地土壌汚染問題検討会報告書」昭和 61 年 1 月環境庁水質保全局）として含有量参考値としており、表-2 の数値を超える場合には、人為的な作用が及んでいる可能性が高いと考えられる。なお、表-2 の上限値の目安は、全国主要 10 都市で採取した市街地の土壌中の特定有害物質の含有量の調査結果を統計解析して求めた値（平均値+3 σ ）であるので、鉱脈・鉱床の分布地帯等の地質条件によっては、この上限値の目安を超える場合があり得ることに留意する必要がある。

なお、十分な数の含有量測定値が求められた場合には、含有量の統計解析により、人為的原因の可能性が高い範囲をサイトごとに求めることもできる。

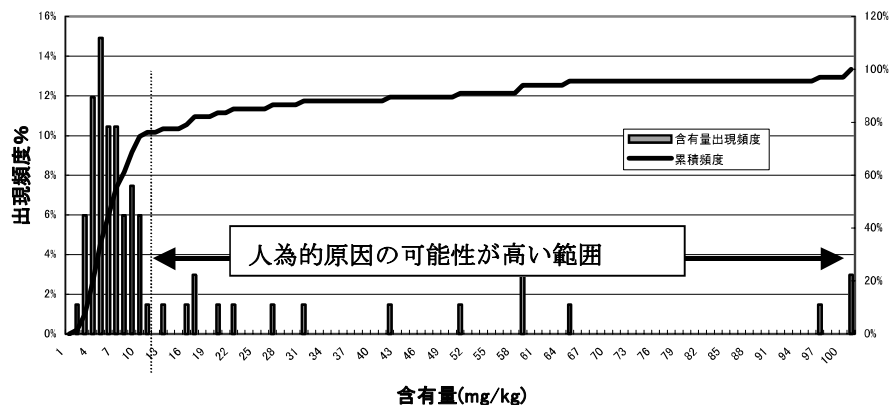


図-1 含有量の統計解析による判定例

(2) 含有量の測定法

含有量の測定方法には、土壌中に含まれた重金属等を強い酸やアルカリで分解し全量を測定する方法（全量分析）と、土壌中の重金属等が体内で摂取される実態を考慮してより弱い酸で抽出して測定する方法（酸抽出法）が考えられる。環境庁により平成 11 年度に実施された市街地土壌中の重金属等含有量調査では前者が用いられており、また、自治体が保有する重金属等の含有量情報のほとんどもこの手法である。一方、法に基づく含有量の測定のひとつは後者の 1 規定の塩酸で抽出する方法が用いられる。

酸抽出法により測定された含有量は、全量分析による値と比べて明らかに小さくなる。したがって、土壌汚染状況調査等により測定された含有量（酸抽出法）が表-2 に示すレベルを超えていれば、全量分析による測定を行うことなく、当該土壌中の重金属等の含有量が自然的レベルであるとはみなせないと判断することもできる。

また、酸抽出法による含有量が表-2 に示すレベルの範囲内の場合は、同試料により全量分析を行う必要があるが、全量分析による含有量は必ずしもすべての試料について行う必要はない。酸抽出法により測定された含有量が最も高いもの（3 試料程度が望ましい）について、全量分析による含有量の測定を行い、その値が表-2 に示すレベルの範囲内であれば、いわゆる自然的原因であるか否かを判断する際の考慮要素の一つになるものと考えることができる。

表-3 全含有量分析方法

物質名	前処理方法	測定方法
砒素	酸分解（硝酸－硫酸）	水素化物発生原子吸光光度法
鉛	酸分解（硝酸－塩酸）	フレイム原子吸光光度法
ふっ素	アルカリ融解（炭酸ナトリウム）－水蒸気蒸留	ランタン－アリザリンコンプレキソン吸光光度法
ほう素	アルカリ融解（炭酸ナトリウム）	メチレンブルー吸光光度法
水銀	酸分解（硝酸－硫酸－過マンガン酸カリウム）	還元気化原子吸光光度法
カドミウム	酸分解（硝酸－塩酸）	フレイム原子吸光光度法
セレン	酸分解（硝酸－硫酸）	水素化物発生原子吸光光度法

(3) 地域特性の考慮等

重金属等を含む鉱床が近傍に分布しているなど、地域の条件によっては、人為的作用を受けない土壌であっても表-2 を超える含有量が見られることが予想される。このような場合には、以下の手法を用いて、当該土壌中の重金属等の含有量が自然的レベルであるかどうかを判断する。

① バックグラウンド濃度との比較

当該土地の周辺の人為的な影響を受けていない土地の重金属等の含有量の測定値と、当該土地内で測定された含有量とが同じレベルであること。

② 化合物形態等の確認

鉛を例とすると、土壌中での存在形態が「鉱物中に含有されるもの（方鉛鉱（硫化鉛）等の鉛

鉱物や土壌中の微生物が作る硫化鉄鉱物中の鉛等)、「有機物に含有されるもの(フミン等の腐植有機物とキレート化合物を形成している鉛)」及び「吸着・イオン交換により土壌に含有されるもの(鉱物(粘土鉱物やゲータイト等)の表面等に吸着やイオン交換により保持されている鉛)」の場合は自然由来である可能性がある。一方、天然には見出しにくい形態(例えば金属鉛、酸化鉛等)で存在する場合は人為的汚染と考えられる場合もある。また、鉛の場合、同位体比($^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ vs $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$)から判別することも可能である。ただし、これらの分析には設備や経験等が必要であることから、対応が可能な機関は、例えば、大学、国、自治体の研究機関に限られる。

2.1.3 特定有害物質の分布特性

特定有害物質の含有量の分布に、当該物質の使用履歴場所等との関連性を示す局在性が認められないことが、いわゆる自然的原因による汚染であるかどうかの判断材料の一つとなる。

東京都、大阪府、千葉県、新潟県、川崎市を対象とした自治体ヒアリングでは、いずれの自治体においても、土壤汚染がいわゆる自然的原因であることの判断方法として、汚染物質の分布状況の特性を考慮するとの回答が得られた。また、土壤環境センターの会員各社を対象としたアンケート調査でも、自然起源と判断する根拠として最も多いのが、「基準超過の範囲が一様に分布しており、人為的原因とは考えられなかった」ことである。したがって、土壤中の当該特定有害物質の分布特性から判断する方法は、一般的な手法として広く用いられていると考えても良い。ただし、分布特性を評価するための指標には、溶出値が用いられることが多く見られるが、ここでは以下の理由により含有量を指標とした評価を行うこととする。

(1) 含有量を指標として用いる理由

土壤中に含まれる特定有害物質の量を測定する方法には、溶出量と含有量がある。溶出量は溶出条件による変化を受けやすいことから、溶出量をいわゆる自然的原因の指標とすることは適当ではない。一方、含有量は溶出量と比べて測定条件による変化を受け難いことから、一般的な判断指標として用いるときには含有量を採用することが望ましい。なお、含有量の測定方法には、従来用いられていた全量分析による方法と、法に基づく方法（酸抽出法等）があるが、含有量の分布特性を把握する目的においては方法を統一すればいずれの方法を用いても良いと考えられる。

(2) 含有量の調査密度

特定有害物質の含有量の分布（平面的な分布）から局在性の有無を判断するためには、土壤汚染状況調査により十分な密度で含有量が測定されている必要がある。具体的には、汚染が存在するおそれがある部分として100 m²に1地点調査を行うこととされている範囲については100 m²に1地点、汚染が存在するおそれが少ない部分として900 m²に1地点調査を行うこととされている範囲については少なくとも900 m²に1地点の密度（1調査地点につき5地点均等混合法により調査）で調査が行われている必要がある。

(3) 含有量の分布による判断

人為的な土壤汚染では、汚染物質が浸透した地点の周囲で特定有害物質の含有量の高まりが見られる事例が多い。また、汚染物質が地表から地下へ浸透した場合には、深くなるとともに含有量が低下する傾向を示す。一方、土壤中に含まれた特定有害物質がいわゆる自然的原因によりもたらされた場合には、このような局所的な含有量の高まりや減衰の傾向は見られない。ただし、地層や盛土を構成する地質がシルト質の場合には、砂質の地層と比べて含有量が高くなる傾向が見られる。したがって、以下の手順により、これが人為的原因による含有量の高まりであるかどうかの判断を

行う。

- ① 土壤汚染状況調査の対象となる、地表部分の土壤に含まれる特定有害物質の含有量の平面分布に局在性が認められない場合には、人為的原因である可能性は低いと判断する。ここで、局在性とは、ある地点を中心とした含有量の集中が見られることをいう。
- ② 含有量の平面分布に局在性が認められるが、この場所と特定有害物質を使用した特定施設及びそれに関連した施設の位置等との関連性がない場合には、含有量の中心部分で深度 5 m 程度までのボーリング調査を行う。一定深度ごとの土壤試料を採取し、含有量の深度方向の分布、及び土質との関連性を検討する。この結果、同一地層内で含有量の深度方向の減衰が見られない場合には人為的原因である可能性は低いと判断する。
- ③ 含有量の平面分布に局在性が認められ、この場所と特定有害物質を使用した特定施設及びそれに関連した施設の位置等と関連性がある場合には、人為的原因である可能性が高いと判断する。
- ④ このような場所において地下深部にまで土壤溶出量基準不適合が見られる場合でも、含有量又は溶出量の深度方向の明らかな連続的な低下が同一地層内で見られないこと等、特定有害物質の浸透による影響を受けている可能性が低いと判断することができる深度以深では、人為的原因による土壤汚染の可能性は低いと判断する。

上記の手順により、人為的原因による含有量の高まりである可能性が低いと判断された範囲は、いわゆる自然的原因による可能性が高いと総合的に判断できる。

2.2 土壌含有量基準に適合しない場合

次の二つの観点からの検討を行い、これらのいずれの観点も一定の条件を満たすときには、土壌含有量基準に適合しない場合であっても、当該土壌に含まれる特定有害物質は専らいわゆる自然的原因によるものである可能性が高いと判断できる。なお、これまでの知見からは、いわゆる自然的原因により土壌含有量基準に適合しない可能性がある物質は鉛及び砒素であると考えられる。

- バックグラウンド濃度又は化合物形態等から、当該土壌中の特定有害物質が専らいわゆる自然的原因によるものであることが確認できること
- 含有量の分布に、当該物質の使用履歴場所等との関連性を示す局在性が認められないこと

重金属等の含有量（全量分析）の自然的レベルの範囲の目安と含有量基準（酸抽出法）の関係を表-4 に示した。ただし、いわゆる自然的原因は総合的に勘案するもので含有量のみで判断しないよう留意されたい。

表-4 自然的レベルの範囲の目安値と含有量基準の対比（mg/kg）

物質名	砒素	鉛	ふっ素	水銀	カドミウム	セレン	ほう素
自然的レベル	39	140	700	1.4	1.4	2.0	100
含有量基準	150	150	4,000	15	150	150	4,000
比率	0.26	0.93	0.18	0.09	0.01	0.01	0.03

自然的レベルの範囲の目安が全量分析に基づくものであるのに対し、含有量基準が酸抽出法に基づくものであるとの相違はあるが、鉛及び砒素を除けば自然的レベルは含有量基準よりも十分に小さい値となっている。したがって、鉛及び砒素を除く物質では、含有量基準を超えれば人為的原因によるものである可能性が高いといえる。

また、これがいわゆる自然的原因であると判断するためには、周辺の人為的な影響を受けていない土地における土壌中の特定有害物質の含有量（バックグラウンド濃度）との比較又は化合物形態等の測定により、当該土壌中に含まれた特定有害物質が専らいわゆる自然的原因によるものであることを確認する必要がある。

さらに、2.1.3 と同様に、特定有害物質の分布特性を確認の上、いわゆる自然的原因について判断する。