

地盤汚染の修復

Remediation of Contaminated Land

嘉 門 雅 史 (かもん まさし)

京都大学大学院教授 地球環境学堂

1. 地盤汚染の現状

山紫水明の国とは我が国のキャッチフレーズであったというように、過去形で語らねばならない状況にまで我が国の土壌や地下水は広く汚染されている。各地に見られる不法な投棄処分や山間谷地部に設置された廃棄物最終処分場からの有害物の浸出は清らかな河川を著しく汚し、その結果として湖沼や海洋の汚染につながっている。また、農地への過剰な施肥は硝酸性窒素の大きな汚染源となっている。さらに、都市部の工場跡地などにおける有害物質による地盤汚染の状況は各地で報告されている。有害な廃棄物の排出は文明社会の発達と表裏一体をなすものであるが、21世紀の地球が人類にとって次代へ継承しうる空間とするためには、過去の負の遺産を解消すると共に、現在の人間活動による地盤環境への負荷を可能な限り低減しなければならない。

地盤環境への汚染源は数多い。イタイイタイ病の原因となったカドミウムをはじめとする六価クロム、砒素、水銀、鉛などの重金属、ハイクロ汚染の原因であるトリクロロエチレンやテトラクロロエチレンなどの人工化学物質のほか、シアンや農薬、油類、放射性物質、酸性雨など汚染物質は多岐に及んでいる。近年では、ベトナム戦争で枯葉作戦に用いられたことで有名なダイオキシンによる地盤汚染が最重要の課題の一つとなっている。地盤汚染の原因は、一般に汚染物質を含む材料の貯蔵施設や埋設管などからの漏洩、ならびに廃棄物の投棄などの事業活動に伴って副次的に派生するものである。地盤汚染の調査は対象物質ごとに各種の方法を有機的に組み合わせて的確に実施する必要がある、地形と地盤条件とを加味して考察することが必須である。平成11年には当時の環境庁水質保全局から「土壌・地下水汚染に係る調査・対策指針及び運用基準」が提示されており、基本的にはこれに基づいて各自治体等で具体の条例等が整備されつつあるが、環境基準を超過するレベルまで汚染が進行している場面に各地でしばしば遭遇している。このような状況に鑑み、平成14年5月に「土壌汚染対策法」が制定され、平成15年1月から施行されることになった。この法律によれば、汚染物質とは土壌環境基準対象有害物質であるとし、以下の3項目を主たる行為として義務付けている。

- (1) 有害物質を扱う工場を廃止したり、跡地を住宅地などに転用したりする際に、土地所有者が土壌調査

を実施する。

- (2) 汚染が判明した場合には都道府県がその土地を「指定区域」として台帳へ登録する。
- (3) 土地所有者や土地汚染者が汚染物質の除去や覆土などの安全対策を実施する。

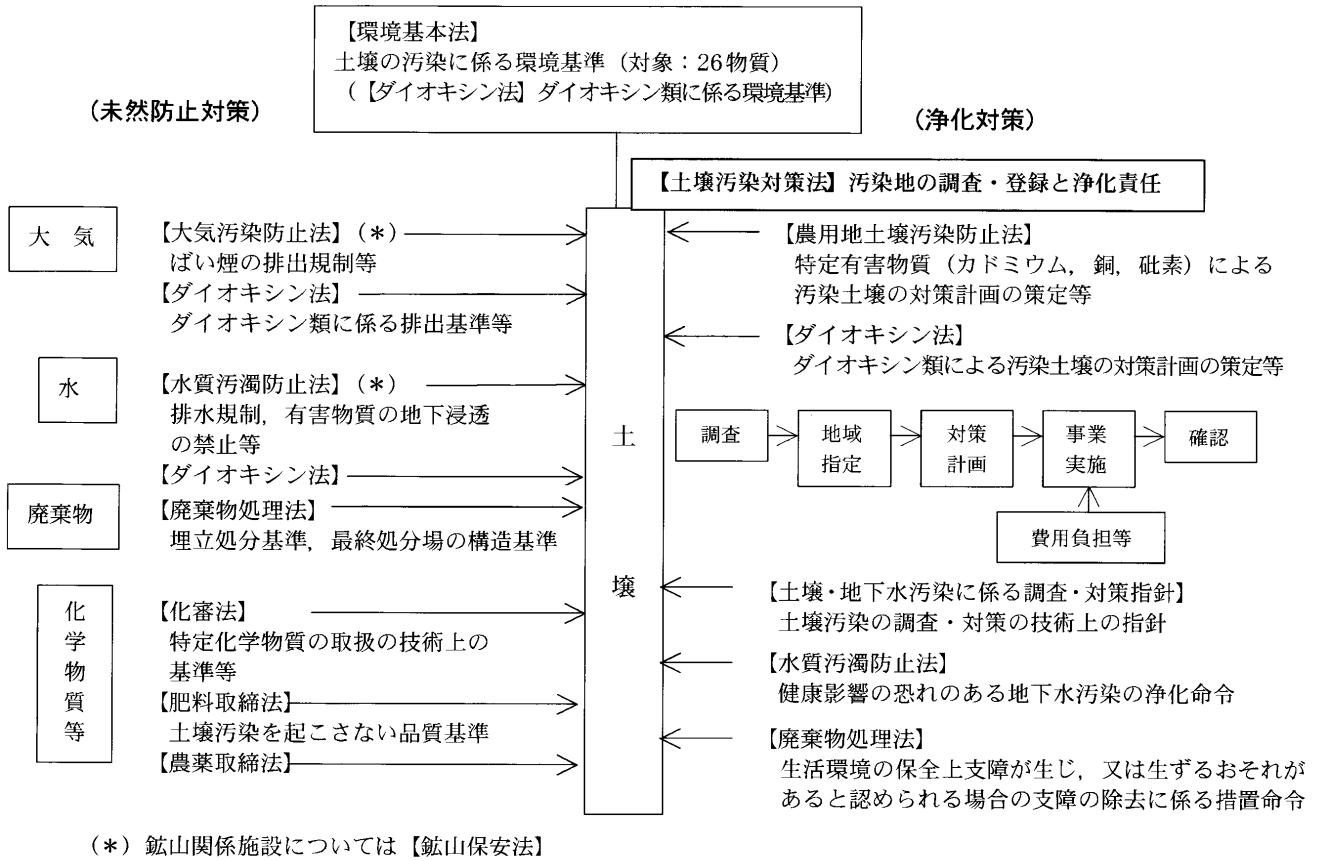
なお、自然的原因により有害物質が含まれている土地は対象からはずしているが、何らかのリスク対策が人の活動の結果として必要になった土地については、リスク管理地として指定して、必要な措置を講ずることとされた。また、浄化が確認されて初めて台帳から削除（指定区域を解除）されるが、覆土や舗装などでは台帳に措置を記入するのみで、指定区域のままとすることになっている。

今後の土地評価に当たっては、この法律に基づいて「土壌汚染」が重要な評価項目となり、しかも土地所有者に汚染対策義務を課しているため、土地の資産価値を大きく左右することになる。これに対応して、土壌汚染に伴う「環境リスク」を資産評価の面から算定する事業が不動産業界では始まっており、我が国の金融システムがグローバリゼーションの時代と言いながらも、依然として土地を担保にした融資体制が基本であることから、銀行の不良債権が現状以上に拡大する懸念が極めて大きいものである。

有害物質が管理され得ない領域へ漏出しないように十分な配慮を行うと共に、既に漏出して汚染された地盤にあっては、その浄化に早急に着手する必要がある。

2. 汚染地盤修復の基本的考え方

地盤環境の汚染は我が国のみならず欧米諸国においても多発しており、汚染地盤の管理や修復に向けた取り組みがなされている。土壌汚染対策の体系を図1のようにまとめることができる。環境汚染の未然防止にかかわる体系と、地盤汚染浄化対策にかかわる体系とに区分して表現している。具体的な汚染対策手法としては、汚染源を封じ込める方法と、汚染地盤から有害物質を除去する浄化方法との二つに大別される。後者の方法は本質的に地盤環境から有害な汚染物が無くなるという点で修復技術としては望ましい。浄化技術の確立のためには、浄化レベルの設定の合理性の議論を避けてとおれない。浄化の発動基準を環境基準との関連で示すと表1の通りである。汚染除去のレベルをどのように設定するかは重要な課題であり、効果の永続性の評価を考えると、むしろ前者の方法が有利となることもある。最近の欧米での



図－1 土壌汚染防止対策の体系

表－1 環境基準と発動要件について

	環境基準			発動要件		
	暴露経路・種類		摘要対象	根拠法、発動要件	対策目標	環境基準を超えても発動要件不適用のケース
土 壌	健康項目	1 土壌の直接摂取（含有量）DXNのみ 1000pg/g	1) 全国一律 ▲ 処分場を除く	【ダ法】環境基準を超え、かつ暴露の可能性を考慮	環境基準	事業場であって事業者のみが立ち入る場所等
		2 地下水経由（溶出量） 例：As 0.01mg/l	2) 全国一律 ▲ 処分場・自然由来を除く	（なし）		
		3 農作物経由（コメ中量） Cdのみ 1mg/kgコメ	3) 農用地のみ	【農用地土染法】 環境基準＝発動要件の超過 *影響発生の可能性を考慮	環境基準	なし
	生活環境	農作物の生育（可溶態量） 銅 125mg/kg As15mg/kg	農用地のみ			
地 下 水	健康項目	地下水の飲用 例：Cd 0.01mg/l As0.01mg/l	4) 全国一律（自然由来も含む） *表流水が全国一律のため	【水濁法】環境基準を超え、かつ飲用に供される地下水 *暴露の可能性を考慮	環境基準	飲用に供されない地下水
公 共 用 水 域	健康項目	1 飲料水経由 例 トリクロ 0.03mg/l 2 魚類経由 例 PCB 不検出 *基準は小さい方で設定	○全国一律（自然由来も含む）。 ▲ホウ素・フッ素は海域全体が自然由来のため適用対象外。 *従来の項目は水域の一体性から一律。	（排水基準は環境基準を達成することを目的とし、希釈を考慮）	環境基準	（公共用水域に排出される排水は全適、ただし施設限定・規模限定あり）
	生活環境	自然環境保全、水道、水産、工業用水、環境保全	5) 河川・湖沼・海域の別ごとの利水目的別	（総量規制は環境基準を目標）		
大 気	健康項目	呼吸経由 例 DXN 0.6pg/Nm3	6) 全国一律 ▲工業専用地域、車道等、一般公衆が通常生活しない場所を除く	（技術等を勘案）	環境基準	施設・規模限定あり。 環境基準適用外の湖上にも排ガス規制適用。

取り組みは、積極的に汚染物質を分解・除去するエアースパーキングやバイオ化学を用いたアクティブレメデー

ションが、浄化期間の長期化やコストが増大したり、しかも効果に限界があったりすることが問題となっている。

そのため従来から良く用いられている固化を主体にした封じ込め処理に重点をおいて、公共域へ有害物質が漏出しないことを第一義とする対策方法や、汚染サイトの境界部分に透水性の反応物質を設置して浄化をするといったパッシブレメデーションを指向するようになっている。今や欧米技術の導入時期を脱し、我が国地盤環境条件に合致した独自の技術開発が実施されつつある。

いずれにしても地盤汚染修復技術は今後一層多方面での研究開発が進められることが必要であり、具体的な取り組みも確実に進展するものと期待される。

3. 地盤環境のリスク評価

我が国では、土壌・地下水汚染の浄化目標値として、先に示した環境基準値を採用する「基準設計」的な手法が従来から取られている。しかしながら、米国におけるRBCA (Risk-Based Corrective Action) に代表されるような土壌・地下水汚染対策における「性能設計」的な考え方として、対策の実施によって人の健康および環境への負の影響がどの程度解消されるのかを定量化する、環境リスク評価に基づく設計手法が注目されている。この手法を導入することにより、対策方法の効果を人や環境に対するリスクの低減という観点で示すことができるため、対策の妥当性が明らかにできるとともに、最も効率的な対策方法を選択することができる。

環境リスク評価は大きく三つの段階に分けられる。汚染物質が人をさす経路（暴露経路）による汚染物質摂取量を算出する暴露評価 (Exposure Assessment)、汚染物質の毒性、発がん性定数を算出する毒性評価 (Toxicity Assessment)、そして最後に上記二つの評価から総リスク量を算出するリスク特定 (Risk Characterization) である。土壌汚染サイトにおいて環境リスク評価を導入する際には、暴露評価に先立って汚染物質の輸送評価を行い、サイトに由来する汚染物質の輸送経路を同定し、地下水、大気、土壌といった媒体中の汚染物質の存在量を長期的に予測する必要がある。現状では、汚染物質の輸送経路として地下水のみが評価の対象となっていること、長期的な汚染物質の挙動評価が困難であるなど多くの課題がある。土壌汚染サイトを対象とした

環境リスク評価に基づく設計手法の確立、およびその信頼性を向上させることは喫緊の課題であろう。

4. 今後の動向と方策—結論にかえて

地盤環境の汚染は一般大衆の目に触れることが極めて少ないことから、従来は事態が深刻化して初めて対策に取りかかることが多かった。さらに汚染者としての企業は、自社のイメージが低下することを恐れて可能な限り汚染の事実を秘密にするように試みがちであった。また、汚染物質が当初は汚染物質であるとは全く認識されずに、逆に有用物質として用いられていたものも少なくない。

「土壌汚染対策法」はこのような旧弊を一挙に解決しうる可能性を秘めているが、現実の社会経済情勢はスムーズな地盤環境浄化へ移行しうるだけの余力が極めて限定されている状況下におかれている。今後は不動産の売買に際して、地盤の汚染調査、場合によっては汚染浄化対策を負荷した上での契約にならざるを得ない。工場跡地などでは土地資産の著しい低下にもつながることが頻発する恐れがあるだけでなく、土地所有すること自体が浄化責任の発生による負担増をもたらすものである。

環境省所管の土壌環境センターの試算では、調査や浄化に必要な予算は13兆円に及ぶとしているが、このような膨大な費用を誰が負担できるであろうか。十分な資金を有するとされる大企業でさえも、20世紀末の失われた10年間に企業体力を消耗させており、資金手当は容易ではない。まして中小企業では言うまでもない。さらに汚染の対象によっては複数の汚染者がかかわることも多く、単に優遇税制のみではなく公的な資金を投入して積極的な汚染浄化の推進を行うなどの法制度の整備が早急に必要である。

ここでは地盤汚染の現状とその対策の動向を紹介し、「土壌汚染対策法」の施行によって、今後は汚染原因者のみならず土地所有者が自己の所有した土地の汚染調査と、汚染判明時には浄化責任が問われることになる状況を解説した。今後の方策として、汚染浄化レベルの設定に基づいた環境リスク評価を地盤環境の保全技術の基本とすることが、適正な汚染対策として必須のものであると考えられる。