



土壌汚染対策をめぐる最近の状況と リスク評価の導入による効果

(社) 土壌環境センター
リスク評価適用性検討部会

なかしま
中島

まこと
誠

はじめに

土壌汚染は 20 世紀の産業の発展に伴う負の遺産であるといわれており、世界各国で土壌汚染による問題の解決に向けての取り組みが行われてきている。

土壌汚染に対する対策では、土壌汚染に起因する環境への悪影響の恐れ（環境リスク）を問題の生じない状態で管理すること、すなわちリスク管理を目的として、人の健康や生活環境および生態系への悪影響を防止するためにそれぞれの国の実情に応じた形でリスク評価を活用した土壌汚染対策の仕組みが確立されている。

わが国でも、土壌汚染対策法（土壌法）が施行され、人の健康被害の防止を目的としたリスク管理の考え方が土壌汚染対策に取り入れられている。しかしながら、土壌汚染の存在が個人所有物である土地の資産価値の低下を招いてしまうこと、およびリスク管理の考

え方が社会的に十分に浸透していないことなどから、環境リスクが重度なものか軽度なものかに関係なく汚染土壌がすべて掘削除去されているケースが多く、効果的なリスク管理がなされているとはいえない状況にある。

そのため、土壌法の施行から 5 年が経過したことを受けて設置された環境省水・大気環境局長諮問による「土壌環境施策に関するあり方懇談会」の報告¹⁾では、サイトごとの汚染状況に応じた合理的かつ適切な対策の促進方策について検討すべきであるとの指摘がなされ、土壌汚染のリスクや法律の考え方に関する国民への普及・啓発活動のいっそうの推進とともに、土地の利用用途ごとの対策発動基準を定めることを検討し、欧米におけるサイトアセスメントの手法や運用実態について知見を深めてわが国で導入するとした場合の手法や技術的事項について検討していくべきであることが指摘されている。

社団法人土壌環境センター（GEPC）では、リスク評価適用性検討部会を設置し、欧米におけるリスク評価の実態や土壌汚染対策プロ

プロジェクトで果たしている役割を把握し、実際にどのような場面でリスク評価が適用できるのか、リスク評価の有効性や課題は何かなどについてとりまとめ、わが国の今後の土壤汚染対策におけるリスク評価を考えるうえでの基本的な考え方を構築するための研究を2004年度から2007年度にかけて実施してきた。本稿では、わが国における最近の土壤汚染対策の状況を概説し、諸外国の土壤汚染対策におけるリスク評価の活用状況を紹介したうえで、わが国の土壤汚染対策にリスク評価を導入することにより見込める効果について紹介する。

1. 土壤汚染対策法の概要

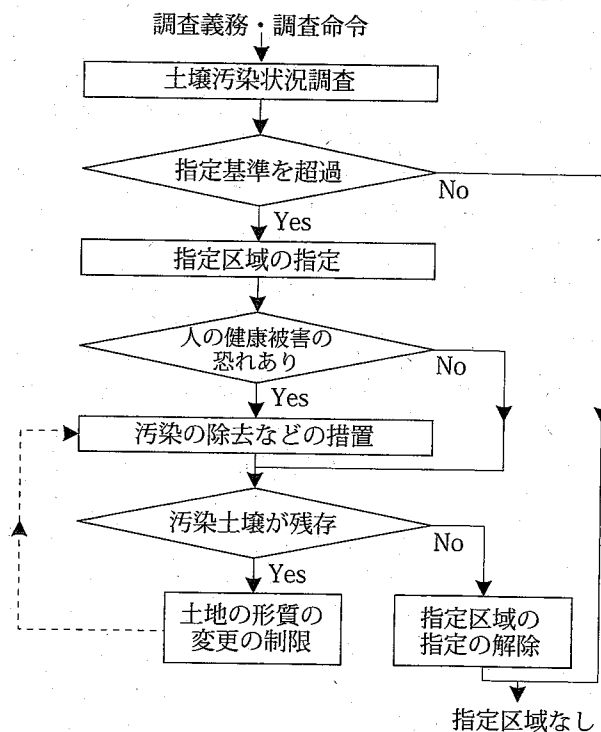
土壤法はわが国で初めて市街地の土壤汚染問題を取り扱った法律であり、2003年2月15日に施行された。土壤法の目的は、土壤汚染による人の健康被害の恐れを防止することであり、特定有害物質（25物質）が含まれる汚染土壌を直接摂取することによるリスク（直接摂取によるリスク）および汚染土壌からの特定有害物質の溶出に起因する汚染地下水などの摂取によるリスク（地下水などの摂取によるリスク）の2つの摂取経路（暴露経路）が対象とされている。

第1表 土壤汚染対策の手法

分類	措置名	対象とするリスク	
		直接摂取によるリスク	地下水等の摂取によるリスク
暴露管理	立ち入り禁止	○	—
	地下水の水質の測定	—	○
暴露経路遮断	舗装	○	—
	盛り土	○	—
	土壌入れ替え	○	—
	不溶化	—	○
	封じ込め	—	○
土壤浄化	土壤汚染の除去	○	○

(注) ○ 適用可, — 適用不可

第1図 土壤汚染対策法の調査・対策の概要



第1図に土壤法の概要を示す。土壤法では、土地の所有者等に対して有害物質使用特定施設の廃止時に土壤汚染の状況を調査することを義務づけており（3条調査）、土壤汚染により人の健康に被害が生じる恐れがあると認められる場合に都道府県知事などが土地所有者等に対して同様の調査を命令することができることとなっている（4条調査）。この土壤汚染状況を把握するための調査（土壤汚染状況調査）で土壤法に定める指定基準（土

壌溶出量基準、土壌含有量基準）を超過する汚染土壌が判明した場合には、土壤汚染が存在する土地の範囲が都道府県知事などにより指定区域として指定・公示され、指定区域台帳が閲覧に供される。また、指定区域については、人に健康被害が生じる恐れがある場合にその恐れをなくすために

必要な対策を「汚染の除去等の措置」（以下、措置）として都道府県知事などが土地所有者に対して命ずることができるようになっており、人の健康被害が生じる恐れがない状態の指定区域に対しては汚染の拡散や汚染土壤の不適切な搬出を防止して管理していくために土地の形質の変更に制限が加えられている。この措置として、第1表に示すような方法が定められており、盛土や封じ込めによる暴露経路の遮断を基本に命じられることになっている。

暴露管理、暴露経路遮断、土壤浄化によるリスク低減化の概念は第2図に示すとおりである。リスク管理という点では土壤浄化においてリスク受容体である人が汚染物質を摂取する段階で健康リスクが許容範囲内にあればよい。しかし、土壤法における土壤浄化、すなわち土壤汚染の除去では、いかなる土地利用を行っても土壤汚染による人の健康被害が生じる恐れがなくなるように、汚染源の土壤または土壤からの浸透水を人が摂取するとしても健康リスクが許容範囲内にある状態を達成することが求められる。暴露経路を遮断するための手法が採用される場合には、指定

区域として対策によるリスク低減効果を継続して維持・管理し、指定区域から搬出される汚染土壤の適正な取り扱いを行っていくことになり、土壤汚染の除去によりいかなる土地利用を行っても土壤汚染による人の健康被害が生じる恐れがなくなった場合、すなわち土地利用状況などによらない一律の基準である指定基準に適合する状態になった場合には指定区域の指定が解除される。

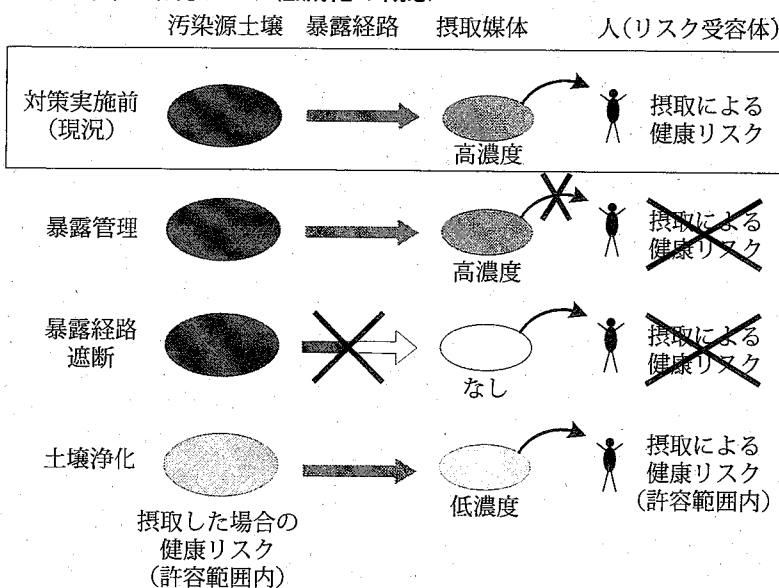
2. 最近の土壤汚染対策の状況

わが国の土壤汚染対策の実施状況について、環境省（庁）が都道府県および政令市を対象に実態調査を毎年実施している²⁾。

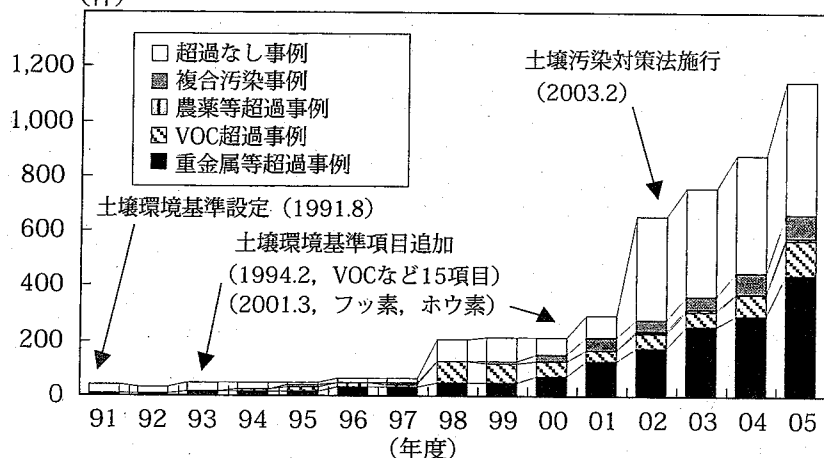
第3図は1991年度以降について、土壤中の有害物質の濃度についてなんらかの測定が行われた調査事例および調査により土壤環境基準または土壤法の指定基準を超える汚染が判明した超過事例の年度別件数の推移を示している。2005年度の調査事例は1149件、超過事例は667件（調査事例の58.1%）となっており、調査事例件数、超過事例件数ともに年々増加してきていることが分かる。

土壤汚染の調査・対策件数については、土壤汚染調査・対策事業を行っている企業で構成されるGEPCでも2002年度より実態調査を行っており、GEPCの会員企業（2006年度実態調査実施時171社）の年度別の受注実績を整理・公表している。これによると、2006年度の土壤調査受注件数は1万2434件（土壤法契機124件、条例・要綱契機1146件、自主調査1万1164件）、土壤汚染対策受

第2図 環境リスク低減化の概念



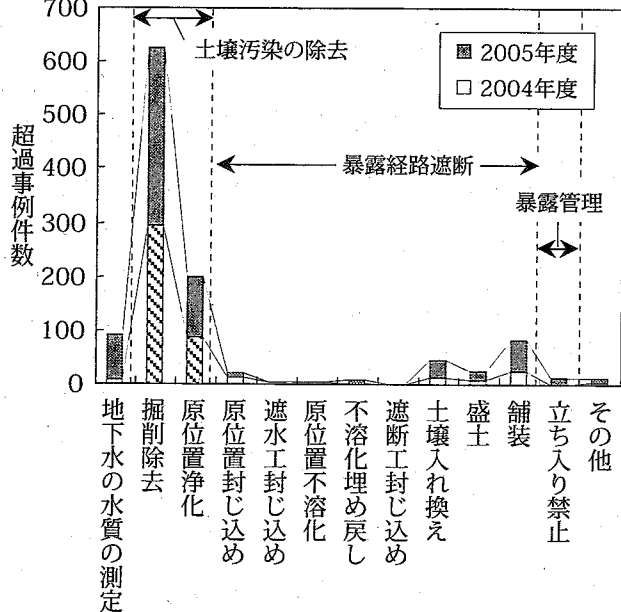
第3図 年度別の土壤汚染調査事例数
(件)



注件数は2356件（土壤法契機65件，条例・要綱契機291件，自主対策2000件）となっており³⁾，この数字に複数契約などが重複してカウントされている分も含まれていることを踏まえて考えたとしても，多くは企業が自主的に行っているものであることが分かる。

土壤汚染対策（措置）の実施内容について，環境省による実態調査²⁾では第4図に示す状況が土壤法施行後の2004～2005年度の状況として把握されている。現状として，土壤環境基準または指定基準を超過する

第4図 土壤汚染対策の実施内容
(件)



土壤汚染をすべてなくすために土壤汚染の除去が行われているケースが多く，掘削除去が625件（対策実施事例数829件の75.4%），原位置浄化が200件（同24.1%）となっている（複数の方法が同一サイトで用いられていることによる重複回答あり）。同様に，GEPCによる2006年度の実態調査³⁾では，直接

摂取リスクおよび地下水などの摂取によるリスクに対して第2表に示す状況が把握されている。土壤汚染の除去の採用件数が直接摂取リスクに対する措置の80%，地下水などの摂取によるリスクの63%に及んでいることが分かる。

このように，土壤汚染をなくすための措置，なかでも汚染土壤の掘削除去が行われている割合が他の土壤汚染を残しながらリスク管理を継続して行っていく措置の割合に比べて非常に多くなっているのが現状であり，対策費用の高額化につながっている。そのため，高額な土壤汚染調査・対策費用が負担となり浄化を完了できないまま，あるいは土壤汚染の疑いのあるまま有効活用できずに塩漬けになる土地，すなわちブラウンフィールドの増加がわが国でも深刻化してくるのではないかと危惧されており，汚染の程度や土地利用状況に応じた合理的で適切な対策が実施されていくような施策の推進が課題とされている¹⁾。

第2表 土壤汚染対策の内訳

対象とするリスク	土壤汚染の除去	土壤汚染の除去以外
直接摂取によるリスク	915件 (80%)	234件 (20%)
地下水などの摂取によるリスク	979件 (63%)	570件 (37%)

(注) 土壤環境センターによる

3. 土壤汚染の環境リスク管理

土壤汚染による汚染物質の暴露経路を第5図に示す。土壤法では、これらのうち、汚染土壤の摂食および汚染地下水の飲用の2つを対象に環境リスクへの対応を定めている。

一般に、環境リスクへの対応方法にはハザード管理とリスク管理の2つがあり、採用が可能となる対策方法はそれぞれ第3表に示すように整理できる。

土壤汚染に対するハザード管理とリスク管理を考えると、ハザード管理では許容できないレベルの有害性をもつ物質が土壤・地下水中に存在してはいけないことになり、汚染された土壤・地下水を完全に（基準に適合するレベルまで）浄化するしか対策手段がなくなってしまう。これに対して、リスク管理では暴露する可能性のある化学物質による環境リスクの大きさが許容される範囲内に抑えら

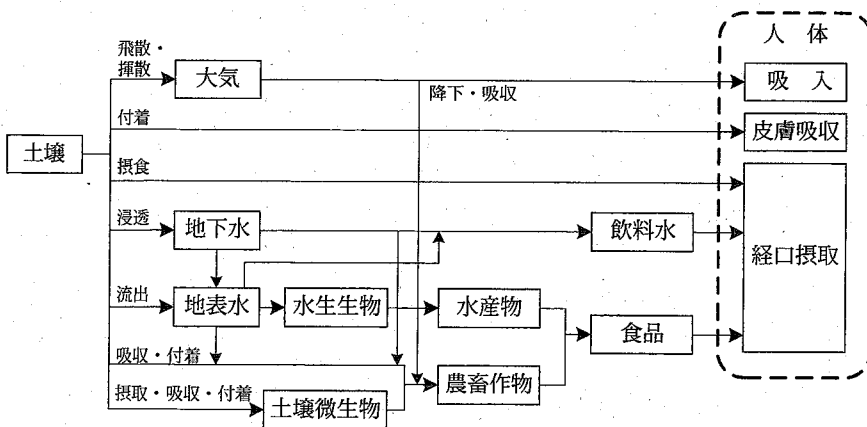
ればよいと、許容できないレベルの有害性をもつ物質が土壤・地下水中に存在しているとしても、その物質に暴露する可能性をなくす、あるいは暴露量を許容される範囲内に抑えるという対応をとることが可能である。そのため、汚染土壤の完全浄化以外に、暴露管理、暴露経路遮断および暴露量低減といった対策手段の採用も可能になる。

環境リスクの低減において、発生源である汚染土壤に含まれる汚染物質をなくす（基準に適合させる）というハザード管理的な方法は最も分かりやすく、理想的な対策方法である。しかしながら、土壤から汚染物質を完全に除去するには莫大な対策費用が必要になることが多く、確実に汚染物質の完全除去を達成することができる方法も汚染土壤の掘削除去などに限られている。このようなことを考えると、“ゼロリスク”とする方法だけでなく、それよりも少ない費用で許容されるレベルまで環境リスクを低減し、その状態が維持されるよう残った汚染土壤を管理していくという

リスク管理的な方法もフレキシブルに採用していくことが望ましいと考えられる。

土壤汚染の環境リスク管理においては、対策実施前の現況における環境リスクの程度がどのくらいであり、どのような対策をどのような規模で行えば許容されるレベルに

第5図 土壤汚染による汚染物質の暴露経路図



第3表 土壤汚染対策におけるハザード管理とリスク管理

管理方法	ハザード管理	リスク管理	代表的な対策方法
土壤浄化, 地下水浄化	○	○	原位置浄化, 除去 (抽出)
暴露管理	×	○	立ち入り禁止, モニタリング
暴露経路遮断	×	○	盛り土・覆土, 遮水・遮断, 不溶化, 封じ込め
暴露量低減	×	○	原位置浄化, 除去 (抽出), MNA*1, ENA*2, 透過性地下水浄化壁

(注) *1. Monitored Natural Attenuation (科学的自然減衰)

*2. Enhanced Natural Attenuation (自然減衰促進)

環境リスクを低減できるのかをはっきりさせる必要があるため、環境リスクの大きさを定量的に計算で求めて評価する一連の作業、すなわち環境リスク評価が必要かつ重要になる。

4. リスク評価を活用した リスク管理

土壌汚染対策におけるリスク評価の活用は欧米を中心に進んでいる。米国、ドイツ、英国、カナダ、オーストラリアの状況を見てみると、リスク評価導入の経緯は各国の事情により様々であるが、土壌汚染問題が認識された初期の段階で一律の基準値や画一的な対策を導入して過剰な対策や費用の増大という問題を招いたために、それらの問題を解決するために合理的な考え方として導入されてきたという点で共通している。

第4表はこれらの国で採用されている基準値の違いを整理したものである。わが国では調査の必要性を判断する値、対策の必要性を判断する値、対策目標値のいずれも土地利用などによらない一律の基準値1つで対応しているのに対して、これらの国では土地利用ごとの基準値が設定されていたり、サイトごとのリスク評価による値を採用するように

第4表 各国で採用されている基準値の違い

	米国	オーストラリア	英国	カナダ	ドイツ	オランダ	日本(参考)
調査の必要性 (汚染の可能性) を判断する値	L	L			L	F	
対策の必要性を 判断する値			LS	LS			F
対策目標値	S	S			LS	L	

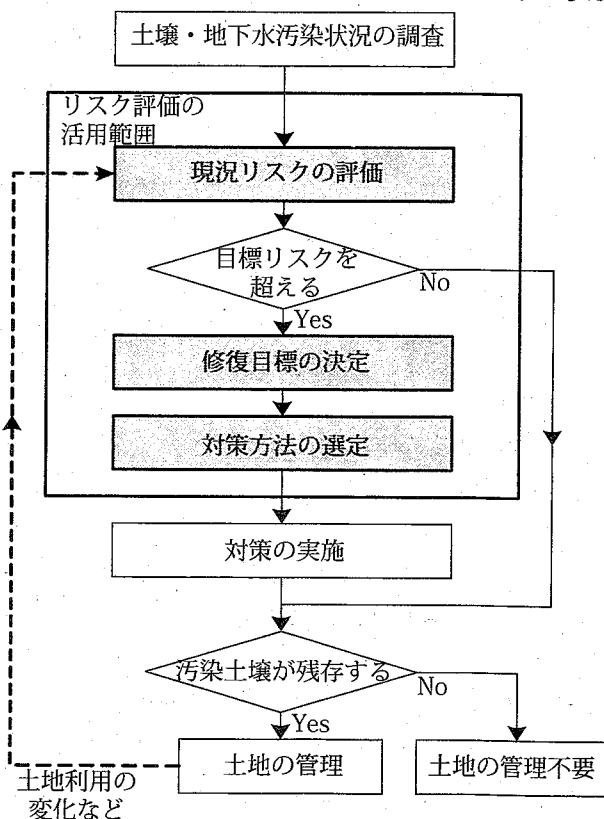
(注) S: サイトごとの基準値, LS: 土地利用ごとの基準値(サイトごとの基準値も認められている), L: 土地利用ごとの基準値, F: 一律の基準値

なっていたりして、土地の利用状況による汚染物質の暴露経路の違いや汚染物質を含む環境媒体(土壌、水、空気など)の摂取期間や摂取頻度の違い、サイトごとに特有な水文地質特性、土壌特性、気象条件、地表面の被覆状況、建物構造などの条件の違いを踏まえた土壌汚染の評価や対策が行われている。

リスク評価適用性検討部会による検討の結果、わが国においても汚染の状況や土地の利用形態など、サイト特有の条件を考慮したかたちでリスク評価を行い、サイトごとに適切な対策目標を設定してリスク管理を行っていくという方法が合理的であり、それを実現するためには以下のような科学的手法に基づきリスク評価の活用が必要であるとの結論に至った。

- ①現状(土壌汚染対策実施前)における人の健康リスク(現況リスク)を評価する。
- ②人の健康リスクが許容範囲を超える場合

第6図 リスク評価を用いた土壌汚染対策の手順



第5表 対策方法選択のための検討表の例

対策方法	A案	B案	C案	D案
目標リスク達成	◎	◎	○	×
対策コスト	×	○	○	◎
その他条件	△	◎	○	○
総合評価	△	◎	○	×

(注) ◎優, ○良, △劣, ×不可

は対策目標を決定する。

③対策方法の選択肢について、対策実施後に残存する人の健康リスクを評価し、対策目標が達成可能な対策方法を複数抽出したうえで、ほか他のいろいろな観点から対策方法を選択する。

このようなリスク評価の活用方法は米国の RAGS (Risk Assessment Guidance for Superfund)⁴⁾ にならったものであり、すでに米国において合理的な対策方法の選定に有効であることが確認されている。

第6図に、このようなかたちでリスク評価を活用する場合に想定される土壤汚染対策の流れを示す。対策方法の選定では、第5表に例を示すように、複数の対策方法の選択肢について対策目標を達成できるかどうかを評価し、さらにコストその他の条件について相対的な評価を行って、総合的に各選択肢の適用性および有効性を評価することになる。

このようなリスク管理の枠組みを構築することにより、非常にフレキシブルな対応が可能になるものと思われる。

5. リスクコミュニケーションにおける活用

土壤汚染問題では、土壤・地下水汚染の事実を把握した事業者（汚染原因者や土地所有者）がその事実や対応について自ら情報公開し、住民、事業者、自治体などのすべての利害関係者がその土壤汚染によるリスクなどに関する情報を共有し、相互に意思疎通を図りながら円滑に土壤汚染対策を進めていくこと

が理想的である。このとき、土壤汚染による環境リスクを客観的な共通の“ものさしの目盛り”でとらえることが重要で、その共通の“ものさし”および“目盛り”としてリスク評価が有効に機能するものと考えられる。

おわりに

わが国の土壤汚染対策の現状を踏まえると、リスク評価の導入は合理的かつ適切な土壤汚染対策を科学的な客観性に基づき促進するために有効であると考えられる。しかしながら、土壤汚染のリスク評価そのものが社会的に根づいていない状況にあり、その考え方や有効性についての普及・啓発が大きな課題となっている。

リスク評価適用性検討部会では、土壤汚染に興味をもった人にリスク評価の活用について広く理解してもらうための実務者向け入門書⁵⁾を執筆・編集し、上智大学大学院地球環境科学研究科の中杉修身教授の監修により出版した。実務者に限らず、多くの方にご一読いただけると幸いである。

<参考文献>

- 1) 土壤環境施策に関するあり方懇談会「土壤環境施策に関するあり方懇談会報告」p.18 (2008)
- 2) 環境省水・大気環境局「平成17年度土壤汚染対策法の施行状況及び土壤汚染調査・対策事例等に関する調査結果」p.62 (2007)
- 3) 土壤環境センター「土壤汚染状況調査・対策に関する実態調査結果(平成18年度)」(2007)
- 4) U.S.EPA, Risk assessment guidance for superfund (RAGS) human health evaluation manual, Part A-Volume 1 Interim final, EPA/540-1/89/02, (1989)
- 5) 中杉修身監修, 社団法人土壤環境センター技術委員会リスク評価適用性検討部会編・著『実務者のための「土壤汚染リスク評価」活用入門』, 化学工業日報社 p. 327 (2008年)