S4-09　わが国の土壌汚染対策におけるリスク評価手法の活用方策

○ 奥田信康[1]・佐々木哲男[1]・高階修[1]・立野久美[1]・中島誠[1]・サステイナブル・アプローチ部会[1]
[1]土壌環境センター

1. はじめに

わが国の土壌汚染対策におけるリスク評価方法について検討

① リスク評価の活用方策案の作成
- ・リスク評価の活用方法(案)
- ・土壌汚染対策におけるリスク評価活用上の留意点

② リスク評価普及促進のための資料作成
- ・土壌汚染のリスク評価に関するガイダンス(一般向け・実務者向け)
- ・サイト環境リスク評価モデル(SERAM)の作成と計算ツール開発

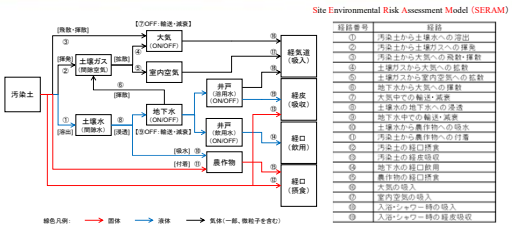


図1　本部会で作成したサイト環境リスク評価モデルの曝露経路

2. 階層アプローチによるリスク評価

土壌汚染による人の健康リスクを合理的に定量評価

階層1評価
曝露される人（受容体）の全てが汚染源エリア内に存在している状態を想定し、その中で最も汚染物質の曝露量が大きくなる受容体を対象に、曝露経路ごとのリスクを算定する。

階層2評価
曝露される人（受容体）が実際の汚染源との位置関係のまま存在している状態を想定し、オンサイト及びオフサイトそれぞれの受容体について曝露経路ごとのリスクを算定する。

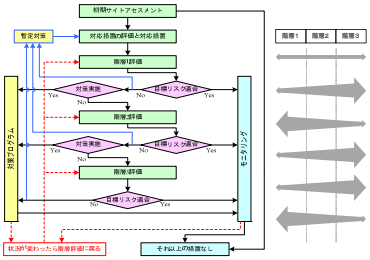


図2　階層アプローチのフローと特徴

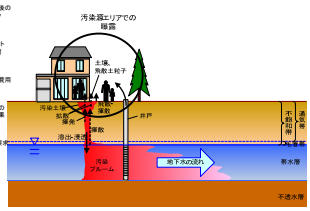


図3　階層1評価のシナリオ

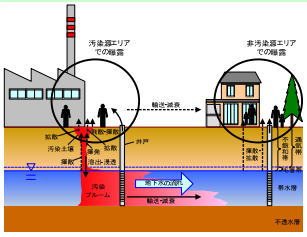
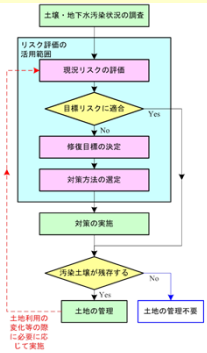


図4　階層2評価のシナリオ

3. リスク評価の活用方法

土壌汚染による人の健康リスクを定量評価し、適切かつ合理的な対応策を立案



修復目標の決定
リスク管理の方法ごとに、以下のように決定

①汚染源で土壌浄化または地下水浄化を行う場合
⇒目標となる濃度レベルの達成

②曝露経路において曝露量低減を行う場合
⇒目標となる摂取媒体（土壌、水または空気）中の汚染物質濃度の達成

③曝露経路遮断を行う場合
⇒健康リスクを目標リスク以下とするために必要な曝露経路の遮断の完了

④曝露管理を行う場合
⇒健康リスクを目標リスク以下とするために必要な曝露管理（摂取媒体（土壌、水または空気）の摂取の防止）

上記の「修復目標」にさらに総合的な評価項目を加味し「対策方法の選定」を行う

図5　リスク評価を用いた土壌汚染対策の流れ

4. ケーススタディ

汚染土壌に起因する人の健康リスクを定量評価

タイトル：水銀による土壌・地下水汚染事例

サイトの概要、汚染状況、リスク評価の目的

◆サイトの概要

土質　：砂質土主体の埋土（GL.0～-1.0m）
シルト層（GL.-1.0～-1.5m）
砂層（GL.-1.5～-6.0 m）実測水層

地下水位：GL-1.5 m
土地利用：オンサイト（工場）、
オフサイト（戸建住宅・集合）
リスク受容体：従業員（オンサイト）、
住民（オフサイト）
実測地点距離：100m

◆設定した汚染状況

汚染物質：水銀（非常がん性）
汚染範囲：人為的
土壌汚染状況：　平面範囲 4,000 m²　最高濃度（全含有量）94,000 mg/kg
地下水汚染状況：地下水中水銀濃度 0.014 mg/L

◆リスク評価の目的

類似性を有する水銀の土壌・地下水汚染による各曝露経路における現況リスクを算定し、効果的な土壌汚染源の除去対策、もしくは曝露経路の遮断を行うことを目的とする。

入力パラメータ	モデル入力値
汚染源の深さ(汚染土壌の厚さ)	0m
汚染土壌の厚さ	1m
地下水の深さ	-1.5m
汚染物質濃度(土壌)	5×10⁴ 実測（土質パラメータの土質から設定）
埋土層の深さ	6.5m
浸透速度	1.0×10⁻⁶m/s（仮定）
飽和度	0.8(-) （地下水位変動を考慮した値）※2
地下水流速	3.0m/s （アフォガイド値）
土地利用	オンサイト(工場)、オフサイト(居住地・戸建)
汚染源の幅	40m
地下水流れに沿った汚染源の長さ	100m
水平方向拡散	1.2m/s （仮定）
大気混合層の高さ	2m （アフォガイド値）
空気ゾーンの長さ	1.5m （アフォガイド値）

リスク目標値（目標ハザード比：THQ=1）以上

◆曝露経路評価

- 土壌由来：HQ=3.8×10^{-3}
- 地下水由来：HQ=1.9×10^{-4}

◆曝露経路評価

①オンサイト：工場
（地下水飲用・入浴なし）

土壌由来：HQ=1.9×10^{-2}
屋外空気吸入経路、表層土壌の粉塵による直接摂取（経皮・皮膚吸収）経路が THQ を上回った。
地下水由来：HQ=1.7×10^{-4}
THQ を下回ったため、地下水汚染由来に関する対策は不要と判断される。

図　オンサイト曝露フロー

②オフサイト：戸建住宅（木造）
（地下水飲用・入浴あり）

土壌由来：HQ=5.2×10^{-2}（主に屋外空気）
屋外空気吸入経路、土壌溶出由来の地下水飲用経路が THQ を上回った。

地下水由来：HQ=3.7×10^{-4}
THQ を下回ったため、地下水汚染由来に関する対策は不要と判断される。

図　オフサイト曝露フロー

5. リスク評価の活用場面と活用時の留意事項

汚染土壌に起因する人の健康リスクを定量評価

表1　土壌・地下水汚染対策におけるリスク評価の活用場面

対策の流れ	目的	対応	アウトプット	土対法比較
現況リスク評価	対策前の汚染状態の環境リスクを評価	・目標リスクと比較し、対策の必要性を判断	現状の土地利用に基づく目標リスク	・土壌溶出量基準(一律)・土壌含有量基準(一律)・地下水基準(一律)との比較
修復目標の決定	環境リスクを目標リスク以下とするためのリスク管理方法別の目標	・汚染源対策：汚染源濃度 ・経路遮断：遮断完了 ・曝露管理：曝露機会削除 ・曝露量低減：摂取媒体量の低減	リスク管理方法ごとの修復目標	・土壌汚染状況調査結果に基づき、実施可能な措置を選択 ・土地利用用途として、周辺の地下水利用の有無、第三者の立ち入り、子供の遊び場等を考慮
対策方法の選定	複数の対策方法案から、修復目標が達成可能な方法を選択	リスク評価に、総合的な（定量・定性）評価を加え、判断 ・法、条例の他項目の基準 ・対策効果の持続性 ・汚染物質の有害性等の減少 ・対策効果の即効性 ・対策費用 ・コミュニティーの承諾　など	サイトにとって適切な対策方法	・措置ごとに対策完了判断項目が設定 ・行政が求めるのは、最低限必要な措置（汚染の管理） ・場外搬出に厳格な管理・規制を設定 ・オンサイト処理を推奨？
対策完了の判定	選定した対策方法が、正しく実施され、環境リスクが目標リスク以下となったことの確認	・判定者：発注者・行政の承認 ・結果の信頼性 ・当初計画からの変更 ・記録の継承	対策完了報告書	・対策完了後の土壌・地下水の測定結果が基準を満足していること ・曝露経路が遮断されていること、または曝露管理ができるようになったこと ・指定が解除されれば、台帳から情報が削除
対策完了後の対応	環境リスクが目標リスクを再度、超過しないことの確認	・再確認の社会的仕組みRAGS[注]：5年レビュー　など ・ステークホルダーへの情報公開	経年後、評価結果	・汚染の管理措置では、定期的なモニタリング必要（当初2年間は年4回、それ以降は自治体の対応による） ・措置完了後には義務なし

表2　リスク評価活用時の留意事項

No	項目	内容
1	リスク評価の信頼性の確保	リスク評価における条件設定やモデル構築について、自らが求めるリスク評価結果となるような恣意的な操作を行わないことが必須であり、設定条件や設定値は全て報告書に明記し、明らかにすることが必要である。
2	リスク評価に使用するリスク評価モデル	リスク評価の結果は、様々な仮定のもとに算定される結果であることから、目的に合った評価モデルを使用することが重要である。
3	リスク評価に用いる設定値	リスク評価モデルに組み込むパラメーターや係数等は、根拠のある適切な値を使用する必要がある。
4	リスク評価に用いる汚染濃度	土壌汚染対策におけるリスク評価の汚染土壌濃度入力値には土壌全含有量を用いるのが一般的である。なお、調査データとして土壌溶出量が入手しやすいが、土壌溶出量と土壌全含有量との間には普遍的な相関は認められず、土質やサイト条件等の影響を受けるため、現時点では土壌溶出量から土壌全含有量の推定は行わないこととした。
5	リスク評価の対象とする有害性	土壌汚染対策におけるリスク評価では、長期的な慢性毒性により健康リスクを評価するのが基本である。一般的には、慢性毒性の方が急性毒性よりも低い濃度で影響が発現することから、多くの場合は慢性毒性による健康リスクの評価を行えば急性毒性によるリスクも考慮できていると考えられる。
6	リスク評価モデルの適用性の確認	リスク評価において、サイトの状況が設定した条件から外れている場合には、リスク評価モデルを見直し、適切な条件の下で再計算する必要がある。
7	対策実施後の扱い	土壌・地下水中に汚染物質が残存した状態となる対策方法を選定した場合、モニタリングを実施し、長期的な効果の持続性について確認する必要がある。また、サイトの状況や利用状況が変化した場合には、リスク評価モデルの見直しを行い、最適なモデルを用いたリスク評価を継続する必要がある。
8	使用者責任	リスク評価結果は、リスク評価を実施するユーザーの責任の範囲で使用するものである。

6.　まとめ

本報告で紹介した「リスク評価手法を活用して土壌・地下水汚染による環境リスクを合理的に解決する」考え方は、欧米での土壌・地下水汚染対策に早くから取り入れられ、問題の解決に活用されている。また、これからのわが国の土壌汚染対策でも、対象とする土地の条件を考慮したリスク評価の活用が重要になると思われる。

土壌・地下水汚染対策におけるリスク評価の考え方およびその必要性や使い方について理解を深め、さらに、リスク評価の活用の一助となれば幸いである。