

S3-04 ライフサイクルCSM手法の活用方法の検討

○奥田信康¹・宮田彰¹・白井昌洋¹・折茂芳則¹・大西絢子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

土壌汚染に起因する対象サイトでのヒト健康への影響のリスク評価を実施するためには、評価対象サイトの状況を的確に把握することが極めて重要である。そこで、土壌環境センター技術委員会サステイナブル・アプローチ検討部会では、複雑な土壌汚染問題の状況を把握するために、諸外国で用いられているサイト概念モデル(Conceptual Site Model: CSM)の活用方法を調査した。その結果、プロジェクトの進行状況に応じて、CSMの内容のブラッシュアップをはかるライフサイクルCSM手法の有用性を見出し、ケーススタディによる検証を行った。本報告では、その結果について紹介する。

2. 土壌汚染対策に用いるサイト概念モデル(CSM)の基本要素

CSM構築の基本的考え方

- ✓ シンプルで簡潔な方法で汚染サイトの状況を表現する。
- ✓ 汚染源、経路、受容体を明らかにし、汚染物質の輸送を制御するプロセスを説明する。
- ✓ 全ての利害関係者に対し、サイトの汚染状況および潜在的な曝露シナリオの共通の理解を促進する。

表1 CSM構築の基本要素¹⁾

基本要素	検討内容
①汚染物質の特定	土壌、地下水、空気、およびその他の媒体に存在する潜在的な汚染物質の種類・濃度を把握する。
②発生源の特定	潜在的な汚染の発生源を特定する。
③潜在的な汚染物質の移行経路の特定	地下水、地表水、土壌、堆積物、生物相および空気等の環境媒体において、潜在的な汚染物質が発生源から受容体へどのように移動するかを特定する。
④バックグラウンド評価	敷地内の汚染物質の濃度を、敷地内の活動に影響を受けていない類似した近隣地域での濃度と比較し、汚染物質のバックグラウンド範囲を特定する。
⑤受容体の特定	潜在的な汚染の影響を受ける受容体を特定する。
⑥システム境界の決定	CSMの対象範囲の決定または、システム境界を決定する。

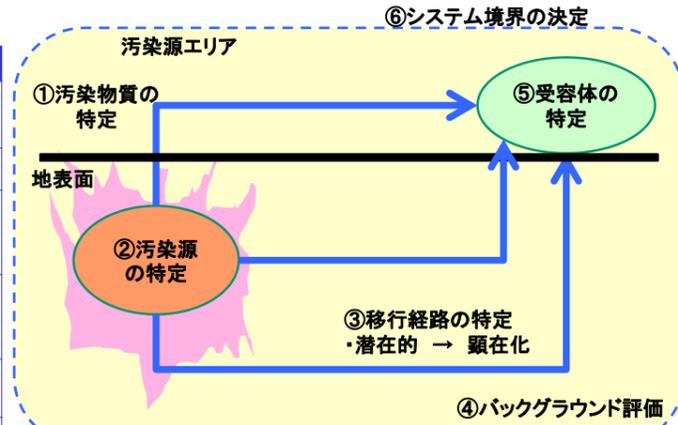


図1 CSM構築の基本要素

3. ライフサイクルCSMの活用方法

環境浄化ステップ	名称	ライフサイクルCSMの実施内容 ²⁾	ケーススタディ: 某医療機器製造工場における土壌調査・対策事例 (土壌汚染対策法施行前に、土地売却に伴う自主調査・対策を行った事例)													
サイト評価	予察的CSM	利用可能なサイト関連既存情報を収集し、評価対象地の包括的な状況の把握を目的とする。地形、地層、表層地下水の状況、汚染源の推定範囲など、単純なスケッチで対象地の状況を包括的に把握する。 	1) サイトの状況(図5) ✓ 昭和60年代前半に操業を開始(敷地面積9,500 m ²) ✓ 工場における主な作業工程: 脱脂(テトラクロロエチレン:PCE)、塗装(鉛含有)、焼却 2) 予察的CSM評価結果 ✓ 地層断面図(図6)より、地層構成を把握した。 ✓ 経路ネットワーク受容体図(図7)を作成し、工場従業員と周辺住民に対する影響を把握する必要性を特定した。 													
	ベースラインCSM	計画的取組の戦略成果として、予察的CSMを改善し、ステークホルダーの合意・相違内容を文書化する。不確実性の仮説、データギャップ、関係者のニーズ、修復計画の検討に活用する資料となる。 	表2 サイト評価結果(CSM開発の基本要素の評価結果) <table border="1"> <thead> <tr> <th>基本要素</th> <th>評価結果</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>汚染物質の特定</td> <td>・土壌、地下水、空気中存在する汚染物質として、工場で使用されたPCE及び鉛と、敷地内での焼却による副産物としてダイオキシン類が考えられる。 ・周辺の工場で使用された汚染物質による汚染の可能性もある。</td> </tr> <tr> <td>発生源の特定</td> <td>・工場内の推定発生源(3ヶ所)。PCEを使用した脱脂工程、PCEをふき取ったウエスの焼却灰・残渣埋設場所、鉛含有塗料カス廃棄場所。 ・自治体実施の地下水水質測定の結果、広域PCE地下水汚染を確認。</td> </tr> <tr> <td>潜在的な汚染物質の移行経路の特定</td> <td>・汚染物質の移行経路は、揮発揮散による吸引、土粒子飛散による経口摂取及び直接摂取による皮膚接触が考えられる。 ・対象外の移行経路: 地下水飲用、農作物からの経口摂取、シャワー等による皮膚接触の経路の可能性はない。</td> </tr> <tr> <td>バックグラウンド評価</td> <td>・既存のバックグラウンドデータは入手できなかった。</td> </tr> <tr> <td>受容体の特定</td> <td>・敷地内: 現在は工場の操業を停止しており、受容体はないとする。 ・敷地外: 下流側に民家があるため、オフサイトの住民が受容体。 ・生態系受容体は対象外とする。</td> </tr> <tr> <td>システム境界の決定</td> <td>・敷地境界部から150 mと仮定する。</td> </tr> </tbody> </table> 	基本要素	評価結果	汚染物質の特定	・土壌、地下水、空気中存在する汚染物質として、工場で使用されたPCE及び鉛と、敷地内での焼却による副産物としてダイオキシン類が考えられる。 ・周辺の工場で使用された汚染物質による汚染の可能性もある。	発生源の特定	・工場内の推定発生源(3ヶ所)。PCEを使用した脱脂工程、PCEをふき取ったウエスの焼却灰・残渣埋設場所、鉛含有塗料カス廃棄場所。 ・自治体実施の地下水水質測定の結果、広域PCE地下水汚染を確認。	潜在的な汚染物質の移行経路の特定	・汚染物質の移行経路は、揮発揮散による吸引、土粒子飛散による経口摂取及び直接摂取による皮膚接触が考えられる。 ・対象外の移行経路: 地下水飲用、農作物からの経口摂取、シャワー等による皮膚接触の経路の可能性はない。	バックグラウンド評価	・既存のバックグラウンドデータは入手できなかった。	受容体の特定	・敷地内: 現在は工場の操業を停止しており、受容体はないとする。 ・敷地外: 下流側に民家があるため、オフサイトの住民が受容体。 ・生態系受容体は対象外とする。	システム境界の決定
基本要素	評価結果															
汚染物質の特定	・土壌、地下水、空気中存在する汚染物質として、工場で使用されたPCE及び鉛と、敷地内での焼却による副産物としてダイオキシン類が考えられる。 ・周辺の工場で使用された汚染物質による汚染の可能性もある。															
発生源の特定	・工場内の推定発生源(3ヶ所)。PCEを使用した脱脂工程、PCEをふき取ったウエスの焼却灰・残渣埋設場所、鉛含有塗料カス廃棄場所。 ・自治体実施の地下水水質測定の結果、広域PCE地下水汚染を確認。															
潜在的な汚染物質の移行経路の特定	・汚染物質の移行経路は、揮発揮散による吸引、土粒子飛散による経口摂取及び直接摂取による皮膚接触が考えられる。 ・対象外の移行経路: 地下水飲用、農作物からの経口摂取、シャワー等による皮膚接触の経路の可能性はない。															
バックグラウンド評価	・既存のバックグラウンドデータは入手できなかった。															
受容体の特定	・敷地内: 現在は工場の操業を停止しており、受容体はないとする。 ・敷地外: 下流側に民家があるため、オフサイトの住民が受容体。 ・生態系受容体は対象外とする。															
システム境界の決定	・敷地境界部から150 mと仮定する。															
サイト調査	サイト特性評価CSM	ベースラインCSMを出発点として各種調査結果を反映させ、サイト特性の把握を目的に作成する。サイト特性評価CSMは、汚染源、移行経路、受容体の現況を特定する資料であり、これにより現況リスクの評価や対策方法のスクリーニングを行うことができる。 	◆ サイトの概況・詳細調査の結果、土壌・地下水の汚染範囲を下図のように確定した。 ◆ 土壌(対象物質:PCE)の対策範囲 黄色部: 対策深度1.5 m × 720 m ² = 1,080 m ³ 赤色部: 対策深度2.5 m × 930 m ² = 2,325 m ³ 対策土量 : 合計3,405 m ³ 													
	対策方法選定	対象サイトでの対策設計を最適化するための実験や本対策での技術的検討の際に用いる。物理的特性データ、地質学的・水理学的条件、汚染物質の濃度分布などを詳細に把握し、浄化効果に影響を及ぼす要因の検討などを行うことができる。 	◆ 対象地における対策方法検討の目的、汚染物質ごとの確認事項について整理を行った。 1) 鉛(含有量)及びダイオキシン類 ✓ 鉛及びダイオキシン類とも土壌汚染のみが確認され、対策深度は表層付近(0.5 m及び0.75 m)。 ✓ 曝露対象は従業員のみ。大半が裸地のため、曝露経路遮断のために、被覆または掘削除去が必要。 ✓ 売却予定先の購入条件に基づき、対策として掘削除去を選択し、行政に承認された。 2) PCE ✓ 土壌汚染は汚染源と想定された敷地西側付近に限定され、汚染範囲は面積1,650 m ² 、土量3,405 m ³ 。 ✓ 地下水汚染は敷地のほぼ全域だが、責任範囲は土壌汚染範囲のみと判断。周辺に飲用井戸はない。 ✓ 曝露を受ける対象が存在しないが、売却予定があり、基準超過土壌部分は掘削除去、地下水汚染は遮水壁内の汚染地下水を揚水し、基準達成確認後対策完了とする。 3) 対策工法決定のための調査項目 ✓ 対策工法を決定するために、対策を実施する前に、不透水層を確認するためのボーリング調査、地下水の化学特性試験、簡易排水処理施設の処理能力試験(破過試験等)の検討・追加調査を実施。 本サイトでは、上記のような土壌・地下水の対策を実施し、当初計画期間内で対策完了とすることができたので、対策工法を見直すことが無く修復/緩和CSMには該当しない。 ✓ 対策完了の確認方法: 土壌については、掘削除去時に底面の土壌を採取し、基準以下を確認した。地下水については、遮水壁内部の地下水濃度が一旦基準達成することをゴールに設定した。敷地外の地下水汚染の存在が把握されていたことから、対策後の地下水モニタリングは実施していない。 本サイトについては、対策完了後に売却されたので、修復後CSMには該当しない。 ✓ 土壌汚染対策が無事完了すると、現在は、指定台帳から記録が削除され、記録が継承されない。本ケースの工場跡地のようなサイトでは、基準を超過する土壌・地下水汚染の存在が懸念されるため、適切に調査・対策を実施し、さらに、対策完了確認されることで、ヒト健康リスクを極めて小さくすることができる。しかし、第三者に納得してもらうには、きちんとした記録の継承が必須となる。													
対策実施	修復/緩和CSM	修復/緩和CSMは、対策の実施内容を記録し、対策中に適宜更新され、最終的に修復目標の達成を文書化する。対策計画の管理および修復方法の改善、長期的な保守などに活用される。														
建設後の活動	修復後CSM	修復目標を達成したサイトの対策内容と結果を取りまとめたものである。残置する汚染状況を整理し、物理化学、地質学、水文地質学的情報を集約し、円滑な再利用計画を実現することが期待される。														

4. おわりに

- ✓ 土壌・地下水汚染対策にCSMを適用することで、汚染サイトの汚染源の現状、汚染物質の挙動、曝露を受ける可能性などの可視化促進が期待できる。
- ✓ 汚染物質を適切に管理し、健康被害の未然防止を徹底した上で、対象地の状況に応じた複数の対策案を準備できれば、その中から最適な方法の選択が可能になる。ライフサイクルCSM手法はこれらを支援する有用な手法の一つである。
- ✓ 今後、種々の場面で活用するためには、具体的なCSM構築の手順の確立、評価に必要な各種パラメーターの入手方法及び現場での調査方法、有用な活用事例の充実などの活動が必要となるため、引き続き検討を進めていく所存である。

参考文献
 1) ASTM E1689-95(2014): Standard Guide for Developing Conceptual Site Models for Contaminated Sites
 2) U.S.EPA(2011): Environmental Cleanup Best Management Practices : Effective Use of the Project Life Cycle Conceptual Site Model(EPA 542-F-11-011) July 2011