S4-28　地下水汚染の拡散防止措置における CSM構築方法を活用したモデル化

○大西絢子[1]・田中宏幸[1]・松村綾子[1]・奥田信康[1]・高畑　陽[1]
リスク評価を活用した地下水汚染の拡散防止措置検討部会[1]　　[1]土壌環境センター

1. 背景および目的

地下水汚染を抱えた稼働中の事業所等においては、地下水汚染が敷地外へ拡散することで様々なリスクが発生する。当部会では、地下水汚染の敷地外への拡散を防止するための措置の手順を示した手引き[1)]を提供することを目的に活動を行っている。

手引きでは、敷地内に地下水汚染が発覚した場合に、管理目標を達成させるための措置内容をリスク評価により判断することを目指している。その過程において、利害関係者間で適切にリスクコミュニケーションを行うことが重要であり、そのためには地下水汚染状況を分かりやすくモデル化（可視化）することが必要である。

本報では、手引きに掲載予定であるサイト概念モデル（CSM（Conceptual Site Model））を活用して地下水汚染状況を示す方法と、地下水汚染の敷地境界外への拡散防止に活用するための考え方について述べる。

2. 地下水汚染の拡散防止措置の手順

手順は、時系列的に5つのステップで構成される。（図-1参照）

CSMを活用した地下水汚染状況のモデル化を全ステップで実施することで、可視化した地下水汚染状況の変遷を的確に把握することが可能となる。

STEP1 地下水汚染地の情報収集でのモデル化	サイトの情報収集
STEP2 地下水汚染状況の評価	観測井戸での調査による拡散リスクの評価
STEP3 地下水汚染に対する措置	浄化対策or拡散防止対策
STEP4 地下水モニタリング措置	拡散リスクが低い場合に導入
STEP5 措置の完了	措置完了時の状況を評価

図-1　地下水汚染の拡散防止措置の検討手順

一般的な土壌・地下水汚染対策におけるCSM構築の目的は、汚染物質によるヒトへの健康影響評価のリスク評価を行うことであり、6項目の基本要素から構築される。（図-2参照）

一般的なCSMの考え方に基づき、地下水汚染の敷地境界外への拡散防止を主目的としたモデル化を検討し、7項目の基本要素を定めた。（図-3参照）

3. 地下水汚染の拡散防止措置に特化したCSMの活用

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・濃度レベルの把握
②汚染源の特定	潜在的な汚染源の特定
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にどのように移動するのかの特定
④バックグラウンド評価	敷地内の汚染の影響を受けていない範囲の特定
⑤受容体の特定	潜在的な汚染物質の影響を受ける受容体の特定
⑥システム境界の決定	CSMの対象範囲または、システム境界の決定

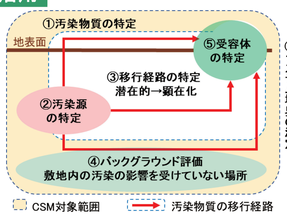

図-2　土壌汚染の地上部での受容体への影響を把握するためのCSM構築の基本要素

基本要素	検討内容
①地下水汚染の検出	敷地内の観測井戸で地下水汚染状況を確認（汚染物質の種類・濃度レベルを把握）
②地下水の移行経路	対象帯水層中の地下水の移行状況を把握（地盤の地層構成・帯水層の位置と透水性、地下水流向）
③敷地境界の位置	地下水流向の下流側での敷地境界の位置を把握（地下水汚染検出地点から下流側敷地境界部までの距離）
④汚染評価地点の濃度	地下水汚染の敷地外流出の有無の把握（敷地境界付近の汚染評価地点での地下水濃度）
⑤地下水中の汚染物質挙動	対象帯水層内の地下水中での汚染物質の挙動に関する特性の把握（自然減衰による汚染物質濃度の減少）
⑥汚染源の把握	敷地内汚染源の有無・汚染源対策の実施による地下水汚染への影響の可能性把握
⑦敷地外からの影響	敷地外からの汚染物質の流入の可能性把握

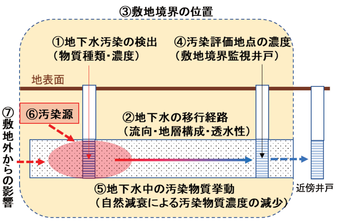

図-3　地下水汚染の敷地境界外への拡散を防止するためのCSM構築の基本要素

4. STEP1　地下水汚染地の情報収集でのモデル化

得られる情報から地下水汚染状況を把握したい！

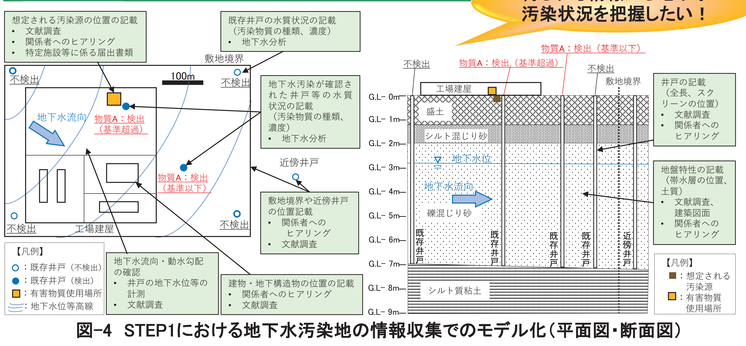

図-4　STEP1における地下水汚染地の情報収集でのモデル化（平面図・断面図）

表-1　STEP1における地下水汚染地の情報収集でのCSM構築のためのチェックシート

調査項目	調査方法例	評価STEPでの重要度	チェック
①地下水汚染の検出			
井戸の位置、構造（全長、スクリーン位置）の把握	・井戸構造図の確認	○	□
汚染物質の特定	・地歴調査結果 ・過去の地下水調査結果	◎	□
既存井戸の地下水中の汚染物質の濃度の把握		○	□
必要に応じて新たに設置した観測井戸の地下水中の汚染物質の濃度の把握		△	□
②地下水の移行経路			
地下水流向の把握※	・過去の調査記録 ・既設井戸の地下水位測定	◎	□
地質状況（地下水位、帯水層の位置、土質）の把握	・住宅図の確認 ・地形、地質図の確認	◎	□
拡散経路における物理的阻害要因の把握（建屋、設備、地下構造物等の位置）	・建築図面の確認 ・現地確認	○	□
③敷地境界の位置			
敷地境界位置の確認※	・敷地図面の確認	◎	□
地下水汚染検出地点から下流側敷地境界部までの距離の測定	・距離測定	○	□
④汚染評価地点の濃度			
敷地境界近の地下水中の汚染物質の濃度	・過去の地下水調査結果の確認	○	□
	・新たな地下水調査	△	□
⑤地下水中の汚染物質の挙動			
近傍井戸の水質記録（汚染物質や自然減衰の兆候を判断する水質項目）	・過去の地下水調査結果	△	□
⑥汚染源の把握 ※			
地下水汚染が確認された場所、汚染物質の漏洩事故等の発生場所の把握	・関係者へのヒアリング ・現地確認 ・特定施設等に係る届出書類の確認 ・井戸構造図	◎	□
地下水汚染が確認された時期、汚染物質の漏洩事故等の発生時期、発生状況の把握		◎	□
汚染物質の使用保管場所や配管ルートの把握		◎	□
側溝等の排水経路の把握		○	□
過去の土壌・地下水調査結果の確認		○	□
⑦敷地外からの影響			
周辺の事業所等の確認	・住宅地図等	△	□
河川・湖沼等の状況確認	・過去の水質測定結果 ・行政へのヒアリング	△	□

※：土壌汚染対策法に準じた地歴調査方法を活用可能　　凡例：◎必須　○重要　△任意

5. STEP2　地下水汚染状況の評価でのモデル化

得られた調査結果から地下水汚染の状況把握と今後の方針を検討したい！

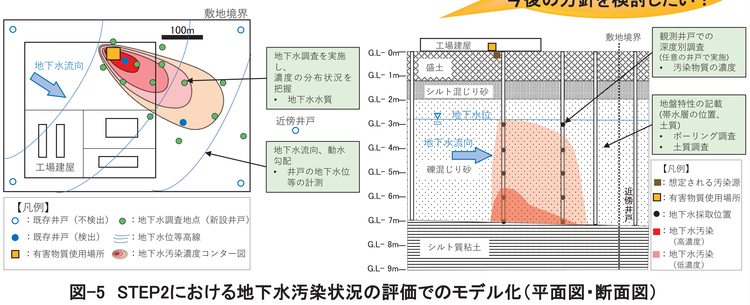

図-5　STEP2における地下水汚染状況の評価でのモデル化（平面図・断面図）

表-2　STEP2における地下水汚染状況の評価でのCSM構築のためのチェックシート

調査項目	調査方法例	評価STEPでの重要度	チェック
①地下水汚染の検出			
観測井戸の地下水中の汚染物質の濃度の把握	・地下水調査	◎	□
②地下水の移行経路			
地下水位、地下水流向、動水勾配の把握	・ボーリングコアによる土質調査 ・現地確認 ・地下水流向、流速調査 ・現場透水試験	◎	□
地質状況（帯水層の位置、土質状況）の把握		◎	□
透水係数、間隙率、地下水流速の把握		△	□
③敷地境界の位置			
汚染源から下流側敷地境界までの距離	・距離測定	○	□
④汚染評価地点の濃度			
敷地境界付近の地下水中の汚染物質の濃度	・地下水調査	◎	□
⑤地下水中の汚染物質の挙動			
近傍井戸の水質測定（汚染物質や自然減衰の兆候を判断する水質項目）	・地下水調査	△	□
⑥汚染源の把握			
地下水中の汚染物質の濃度、分布状況の把握	・地下水調査 ・土壌調査	◎	□
汚染源の箇所数の確認（単一箇所、又は複数箇所）		○	□
深度別の地下水中の汚染物質の濃度、分布状況の把握		○	□
土壌中の汚染物質の濃度、分布状況の把握		△	□
⑦敷地外からの影響			
汚染源より上流側での地下水中の汚染物質の濃度	・地下水調査	○	□
汚染源より上流側での土壌中の汚染物質の濃度	・土壌調査	△	□

凡例：◎必須　○重要　△任意

6. STEP3,4　地下水汚染に対する措置でのモデル化

継続的な調査結果から浄化対策や拡散防止の措置による効果（STEP3）と、地下水モニタリング措置への変更（STEP4）、完了（STEP5）の判断をしたい！

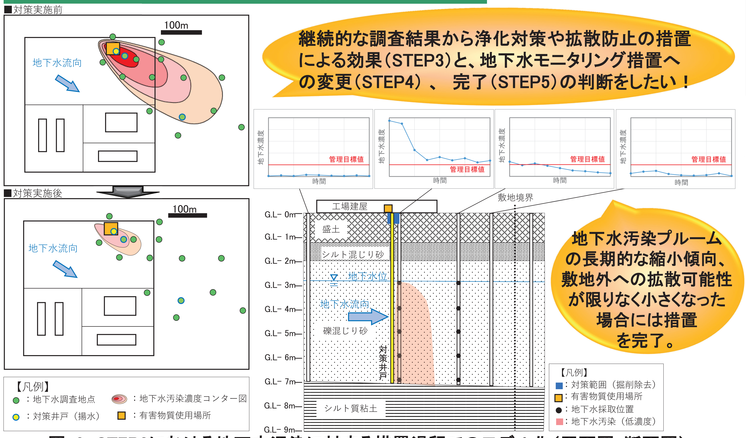

図-6　STEP3における地下水汚染に対する措置過程でのモデル化（平面図・断面図）

表-3　STEP3における地下水汚染に対する措置でのCSM構築のためのチェックシート

調査項目	調査方法例	評価STEPでの重要度	チェック
①地下水汚染の検出			
観測井戸の地下水中の汚染物質の濃度の把握	・地下水調査	◎	□
②地下水の移行経路			
透水係数、間隙率、地下水流速等、措置に必要な土質パラメータの把握	・ボーリングコアによる土質確認 ・土質調査 ・地下水流向、流速調査 ・現場透水試験	○ （過去の調査結果を兼用可）	□
③敷地境界の位置			
汚染源の下流側に相当する敷地境界部の位置	・調査結果を踏まえて適切か確認	◎	□
④汚染評価地点の濃度			
敷地境界付近の地下水中の汚染物質の濃度	・地下水調査	◎	□
⑤地下水中の汚染物質の挙動			
近傍井戸の水質測定	・地下水調査	△	□
水温、pH、ORP、硝酸性窒素・硫酸イオン濃度等、自然減衰の指標要因を確認			□
⑥汚染源の把握			
措置による地下水中の汚染物質の濃度変化、分布状況の把握	・地下水調査	○	□
深度別の地下水中の汚染物質の濃度、分布状況の把握		△	□
措置による土壌中の汚染物質の濃度変化、分布状況の把握	・土壌調査	△	□
⑦敷地外からの影響			
汚染源より上流側での地下水中の汚染物質の濃度変化	・地下水調査	○	□
汚染源より上流側での土壌中の汚染物質の濃度変化	・土壌調査	△	□

凡例：◎必須　○重要　△任意

※図-4～図-6、表-1～表-3は講演要旨から微修正実施済み

7. まとめ

1）地下水汚染の拡散防止措置の手順は、地下水汚染が発覚してから措置が完了するまでの過程を、時系列的にSTEP1～STEP5で構成した。
2）汚染物質によるヒトへの健康影響のリスク評価で活用されるCSMを、地下水汚染の拡散防止措置に特化したCSMとして活用することで、地下水汚染のモデル化の方法を検討した。
3）STEP1（地下水汚染地の情報収集）、STEP2（地下水汚染状況の評価）、STEP3、4（地下水汚染に対する措置）でのモデル化の方法を示した。平面図や断面図、チェックシートを利用することにより、ブラックボックスであった技術者の思考が可視化できるようになった。
4）地下水汚染状況を可視化することは、利害関係者に対する説明への活用だけでなく、技術者が地下水汚染の措置を検討する際の情報整理や、未熟な技術者への教育等にも活用できる。

参考・引用文献
1）高畑陽ほか(2019)：土壌・地下水汚染に対する地下水モニタリング措置の検討，第25回 地下水・土壌汚染とその防止対策に関する研究集会講演集，pp. 516-520.
2）奥田信康・高畑陽・穴吹太陽・佐藤徹朗・舟川将史・地下水汚染のサイト評価手法の活用検討部会(2022)：地下水調査を中心としたサイト評価と地下水汚染の拡散防止措置の手順に関する提案，第27 回 地下水・土壌汚染とその防止対策に関する研究集会講演集，pp. 335-340.
3）ASTM E1689-95(2014)：Standard Guide or Developing Conceptual Site Models for Contaminated Sites.
4）和知剛・高木一成・佐藤徹朗・高畑陽・リスク評価を活用した地下水汚染の拡散防止措置検討部会(2023)：地下水汚染機構の解明を目的とした深度別地下水調査とその実施方法，第28回 地下水・土壌汚染とその防止対策に関する研究集会講演集，pp. 328-333.

一般社団法人 土壌環境センター
GEPC Geo-Environmental Protection Center