

【5-1701】 土壌・地下水中のクロロエチレン等の分解・吸脱着等挙動解析と汚染状況評価技術の開発 (H29~H31)

研究代表者 小林 剛 (横浜国立大学)

1. 研究開発目的

本研究では、塩素化エチレン・エタン類の土壌・地下水中の微生物による分解挙動や吸脱着や気化・拡散挙動を明らかにして、多次元(飽和・不飽和層での3次元的な媒体間挙動)シミュレーションにより移送挙動を計算、評価する。更には、実汚染サイトでの汚染物質の拡がりや土壌中挙動に関する情報を収集・解析・評価し、クロロエチレンによる土壌汚染サイト(後述する「浄化済サイト」)において、挙動予測結果や汚染調査手法等の検証ならびに原位置浄化の評価を行う。得られた知見に基づき、研究開発背景で示した(1)~(3)の課題に関して、クロロエチレンの土壌中挙動の調査手法や対策手法についての考え方を提言する。

2. 研究の進捗状況

①「塩素化エチレン・エタン類の吸脱着挙動、気化・拡散挙動に関する研究」では、塩素化エチレン類5種を中心に吸脱着挙動および土壌間隙中での気化挙動と拡散挙動について調査し、今年度は特に吸着平衡定数に関してデータ整理を進めた。また、10種の土壌で吸着平衡を測定し、クロロエチレン(VC)は他の塩素化エチレンと比較して数~数十分の1の吸着性であること、無機鉱物への吸着が無視できないことを明らかにした。土壌中気化拡散挙動測定実験装置を作成、実験準備を行った。各挙動と土壌の特性値との関係を解析し、従来の規制物質の知見との整合性の確認等を開始した。

②「塩素化エチレン・エタン類の分解挙動に関する研究」では、塩素化エチレン類5種の分解を中心に、分解経路と分解微生物に関する体系的な調査研究を実施し、分解速度の中や分解に影響を及ぼす環境雰囲気等を明らかにするとともに、関連資料とデータを基盤情報として取りまとめる作業を進めた。実測調査から、VCは他の塩素化エチレンと比べて分解速度が数十分の1と遅いことを明らかにした。VCは高毒性で微生物分解への阻害の影響が大きいため、微生物分解におけるVC濃度の影響、親物質のVC分解への影響について実験研究を開始した。文献調査と分解実験結果から、塩素化エチレン類の分解速度情報の取りまとめを進めた。

③「多次元シミュレーションに基づく土壌・地下水中の挙動の予測解析に関する研究」では、PCEからエチレンまでの分解経路を対象とし、①我が国の一般的な地下水流動データ(帯水層厚、動水勾配、透水係数等)の整理、②基本解析モデル条件の決定、③今年度は影響が大きいPCEからエチレン以降(無害化)までの分解データを用い帯水層での吸着・分解を考慮した3次元シミュレーション(MODFLOWとMT3D)を実施し、汚染源濃度と帯水層中での到達距離の関係を評価できるようにした。分解定数のパラメータスタディを実施し、特にTCEやcis-DCEの分解により、VCの基準超過が懸念されるケースが少なくない可能性が示された。

④「実現場における汚染状況調査と挙動予測の検証および原位置浄化手法の評価に関する研究」では、土壌ガスと地下水中の塩素化エチレン類汚染の実態把握のため、実汚染サイトにおいて、観測井戸の設置により地下水中の詳細な塩素化エチレン類の濃度分布を明らかにした。その結果、過去にはcis-DCEが地下水中の主要なVOCだったが、一部VCに自然に変化したことが明らかとなった。さらに深さ0.5、1.0m付近の土壌ガスからVCを検出できることがわかった。しかし土壌ガス中と地下水中でVC濃度の相関が見られない井戸もあり、確実に地下水汚染と土壌ガス濃度を関連付けられるサンプリング手法の検討が必要と考えられた。

3. 環境政策への貢献(研究代表者による記述)

2017年4月からクロロエチレン(VC)が土壌汚染対策法の特定有害物質として新たに追加され、

汚染の現状把握だけでなく、調査・対策法や汚染到達範囲の評価方法の構築が喫緊の課題である。さらに調査や対策のためのガイドライン改訂について関連の環境省委員会で検討が進められている。本研究はこれらに資する基盤情報の整備と汚染実態の把握、適切な調査・対策手法、留意事項等を検討・提言を行うこととしている。特に VC が他の塩素化エチレン類等から地下水中で生成する場合、法で定められた表層土壌ガス調査では発見できない懸念もある。そこで、VC の生物化学的、物理化学的特性等に応じた、適切なモニタリング手法等が確立のための研究や調査が進められており、適切な汚染対策の指示など環境政策に貢献できると考えられる。

また、土壌汚染対策法では、要措置区域の判定の考え方として、「汚染土壌から特定有害物質が地下水に溶出した場合に、当該特定有害物質を含む地下水が到達し得る範囲（以下「到達範囲」）において飲用井戸がある場合」と定めており、この「到達範囲」は個々の事例毎に地下水の流向・流速等や地下水質の測定結果に基づき設定することが望ましいとされているが、現在はこの考え方は適用されずに揮発性有機化合物での一般値 1000m が用いられている。本研究で得られる塩素化エチレン・エタン類と分解生成物の分解速度や吸着平衡定数等の知見とシミュレーション結果の活用により、高精度な汚染物質/汚染源濃度別の「到達範囲」について予測評価することが可能となる。現在、研究メンバーも参加する環境省委員会では、「到達範囲」について安全側の計算条件を設定した簡易な予測計算ツールの開発が進められているが、本研究では VC の挙動予測で重要となる分解生成挙動や深さ方向の拡がりも考慮して予測し、環境省の簡易ツールがどのような計算条件で危険側の予測となるのか等を検証し、留意事項として整理することとしている。

今年度の成果として、①VC は従来の規制物質と比べて吸着性が低く拡がりやすいこと、②浄化済あるいは汚染浄化中のサイトで残存する親物質から VC が自然に生成しうること、③特に VC は分解性が低く規制値も厳しいことから cis-DCE や TCE 汚染サイトでは基準値が達成できていたとしても分解生成により基準値を超過する懸念が少なくないこと、④地下水中で生成した VC の把握は表層土壌ガス調査では困難な実態があることを明らかにしてきている。これらは環境政策上、非常に有用な知見であり、各参画メンバーが環境省の多くの検討委員会の委員長や委員として、研究成果を踏まえた意見として情報発信する。

4. 委員の指摘及び提言概要

きわめて着実に進展していると評価される。個別の研究としても、興味深い成果が得られている。

一方で、総合的にどのように現場で利用するか、ガイドラインに反映させるかがわかりにくい。VC の挙動やリスクも考慮した親物質の規制、対策についての提案まで進むことが望まれる。

5. 評点

総合評点：A