

審査の結果の要旨

論文提出者氏名 三宅 西作

本論文は、「活性炭素繊維による土壌・地下水汚染浄化に関する工学的研究」と題し、揮発性有機化合物（VOC）に汚染された土壌および地下水を浄化する装置の排ガスから活性炭素繊維による吸着によってVOCを除去・回収するプロセスに関して、基礎的現象の機構解明ならびに汚染現場における実機スケールの一連の実験を行うことにより、同プロセスの設計のための手法を構築したものであり、6章からなる。

第1章は緒論であり、近年のわが国の土壌・地下水汚染の状況と、それに対応するための種々の浄化プロセスを、特にトリクロロエチレン（TCE）やテトラクロロエチレン（PCE）などの有機塩素化合物による汚染に的を絞って整理している。その中で、特にエアーストリッピング法ならびに土壌ガス吸引法が、処理効率が高く比較的 low コストの汚染浄化法であるものの、これらのプロセスには適切な排ガス処理が組込まれるべきであり、それには活性炭素繊維（ACF）を用いる吸着法が望ましいと結論づけている。このような背景から、本論文の目的を、TCEおよびPCEのACFへの吸着に対する共存水蒸気の影響の定量的評価とその軽減策の提案、ならびに実機スケールの装置を用いた実汚染現場での浄化処理の実証であるとし、本論文の構成を示している。

第2章は、TCEとACFの水蒸気共存下での吸着平衡関係の定量的記述と予測法について述べている。まず、各種の試料ACFに対する水蒸気の吸着平衡関係を小型カラム実験から求め、続いて所定の分圧に調整・制御された水蒸気共存する条件下でのTCEの破過曲線を測定し、相対湿度とTCEの平衡吸着量の関係を定量的に解明している。一連の実験結果をDubinin-Radushkevich式（DR式）により解析し、水蒸気共存してもTCEの飽和吸着量には差異がなく一定であるが、その吸着特性エネルギーは相対湿度の増加に伴って減少することを見出し、さらにこの減少と水の細孔充填率の間の定量的な関係を見出している。このことによって、任意の相対湿度下でのTCEの吸着平衡関係を予測することを可能にしている。

第3章は、低濃度のTCEによる地下水汚染サイトに設置したエアーストリッピング装置の排ガスから、ACFによる吸着によってTCEを吸着・除去するプロセスの設計と操作についてまとめている。第2章で得られた知見に基づいて、吸着槽の温度を適切に上昇させて相対湿度を下げることによって、吸着温度の上昇による吸着容量の減少よりも、相対湿度の低下による吸着容量の増大が大きくなり、共存水蒸気の影響を殆ど受けられない操作が可能となることを提案し、実験的に実証してい

る。また、ACFの充填層吸着における破過曲線は軸方向混合拡散によって支配されることを見出し、ペクレ数によって破過挙動が表現できることを、実験値と数値計算の比較によって明示している。

第4章は、高濃度のTCEによる地下水汚染サイトに設置したエアーストリッピング装置の排ガスから、ACFによる吸着によってTCEを吸着・除去し、さらに使用済のACFをスチーム再生することによって、ACFの繰返し利用とTCEの脱着・回収を同時に可能にするプロセスの設計と操作についてまとめている。まず、高濃度TCE含有エアーストリッピング排ガスの処理において、第3章と同様に加温調湿したACF吸着処理が有効であることを示し、続いてスチーム再生によって吸着したTCEのほぼ全量が極めて速やかに脱着され、液体TCEとして回収できることを定量的に示し実証している。

第5章は、PCEをはじめとする多数のVOCによる土壤汚染サイトに設置した土壤ガス吸引装置の排ガスから、ACFによる吸着によってVOCを吸着・除去し、さらに使用済のACFをスチーム再生するプロセスの設計と操作についてまとめている。まず、吸引土壤ガスからのPCEの吸着・除去と回収が第4章と同様のプロセスで可能であることを実験的に実証し、PCE以外のVOCの影響が第2章の共存水蒸気の影響よりも大きい場合があることに留意すべきであるとまとめている。また、提案するプロセスの経済性評価を行い、粒状活性炭を用いた従来の吸着プロセスと比較して、経済的にも有利であることを示している。

第6章は総括であり、本研究で開発したプロセスの設計手法を整理し、今後の研究課題と将来展望を述べている。

以上を要するに本論文は、わが国で深刻化している土壤・地下水汚染問題に対応するための技術を提案し、その実用化までの長年にわたる研究開発をまとめたものであり、工学的に高い価値を有し化学システム工学への貢献は大きいものと考えられる。よって、本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。