

氏 名 菅野 雄一

授与した学位 博士

専攻分野の名称 環境学

学位授与番号 博甲第4170号

学位授与の日付 平成22年 3月25日

学位授与の要件 環境学研究科 資源循環学専攻

(学位規則第5条第1項該当)

学位論文の題目 油汚染土壌・地下水のリスク評価のためのパラメータの測定法の研究

論文審査委員 教授 西垣 誠 教授 河原 長美 准教授 鈴木 茂之

学位論文内容の要旨

平成15年の土壌汚染対策法の施行により、土壌・地下水汚染の調査・対策の必要性が一般に認知されてきた。現在、土壌汚染が存在し、過剰な対策費がかかるため、有効活用されていない遊休地として、塩漬けとなっているブラウンフィールドが大きな問題となっている。この問題を解決するためには、土壌・地下水汚染のリスクを評価し、リスクを管理しながら土地を利用できる方法を適用すべきである。また、最近では、地球温暖化および燃料資源の高騰に対応するため、植物由来のバイオエタノールが生産されている。バイオエタノールはイソブチレンとの化合物であるETBE（エチル・ターシャリー・ブチルエーテル）として、ガソリンに添加される。ETBEは欧米において、土壌・地下水汚染の問題をもたらしたMTBE（メチル・ターシャリー・ブチルエーテル）と類似した化学構造を有する。今後、大量に使用されるETBEが地中へ漏洩すると、MTBEと同様に広範囲で地下水汚染を引き起こす可能性がある。ETBEの土中での挙動の把握および測定法の確立は急務な課題である。このような現状を鑑み本研究では、油汚染のリスク評価を行うためのパラメータの測定法について研究した。

本研究では研究事例の少ないETBEの飽和帯での挙動とETBEの測定法を研究した。実験の結果より、ETBEは砂地盤には吸着しないことを示した。GC-FID法によるTPH分析により、ETBEが同定できることを示した。臭気計を利用したETBEの簡易測定方法を提案した。

非水溶性の油が土中で漏洩し移動するとき、地盤内の流体は油、水、空気となる。土中内での油の挙動の解析は、油-水-空気の三相浸透流解析を行う必要がある。この解析には、三相の毛管上昇高-飽和度-相対透過係数の関係（PSKR）を実験により求める必要がある。本研究では、地下水の不飽和浸透特性のための実験装置（瞬時水分計測法）の適用性を検証し、油を含む三相系においても有効な方法であることを示した。また、Green and Amptの浸潤方程式（GAMモデル）を油-水-空気の三相系に応用した手法を提案し、実験によりその適用性を検証した。その結果、GAMモデルより不飽和透水係数はある程度の精度を求めることができると及び毛管上昇高にはばらつきがあることが確認された。

油に含まれる芳香族炭化水素はベンゼン環を有する。そのベンゼン環の励起発光現象を利用して、蛍光発光装置によって油の含有量を測定できる。また、ADR法は媒体の誘電率から体積含水率を測定方法である。これら2つの方法を組み合わせることによって、原位置で体積含油率と体積含水率の同時測定を行うことができる可能性を室内実験により示した。

地下水環境に配慮した土壌・地下水汚染対策への提言と題して、揮発性有機化合物の浄化工事において複数の工法を適用した時の地下水の水質の変化を示すことにより、浄化工事に伴う水質の変化への配慮を提言した。また、河川堤防近接部での機械油による汚染対策事例を示し、地下水流動を阻害しない遮水対策工の事例を挙げ、汚染対策に伴う地下水流動阻害の低減を図る工法の選定及び地下水流動調査の重要性を示した。

論文審査結果の要旨

本研究は現在、社会的に問題となっている環境問題の中の地盤環境問題に対して、如何にその危険性を評価するためかの研究である。すなわち、地球温暖化対策および燃料資源の高騰を受けて、生産需要が拡大しているバイオガソリンに焦点を当てている。バイオガソリンはイソブチレンとの化合物であるETBE (Ethyl Tertiary-Butyl Ether) としてガソリンに添加され使用される。ETBEは欧米で地下水汚染を引き起こしたMTBE (Methyl Tertiary-Butyl Ether) と類似した化学的構造を有する。MTBEとETBEは水への溶解性が高いため、地下環境へ漏洩すると、広い範囲が汚染されることになる。これまで、MTBEに関する研究は欧米を中心に進められてきたが、ETBEの挙動およびその測定法に関する研究は少ない。

このような社会背景より、油汚染土壌・地下水のリスク評価を行うためのパラメータの測定法の研究は非常に有意義な研究である。具体的には、(1) ETBEの土中での挙動把握と測定法、(2) 油-水-空気の三相流の不飽和浸透特性の測手法、(3) 原位置で油と水が混在する中で各々の含有率を同時測定する原理(4) 地盤・地下水環境に配慮した対策工法に関する提言している。

(1) において、カラム試験とバッチ試験によりETBEの吸着特性及びETBEのガソリンからの溶出特性、ETBEの濃度の測定法としてGC-FID法によるTPH分析、臭気計による簡易測定法を提案している。

(2) において、油-水-空気の三相流の不飽和浸透特性を求める方法として、土と水の不飽和浸透特性を求める瞬時水分計の適用性を実験により検証し、有効性を確認している。また、Green and Amptの浸潤方程式を流用して、三相流の不飽和浸透特性を簡便法で求める手法を提案している。室内実験により、それらの手法の適用性を評価している。

(3) において、蛍光分析装置と誘電率の併用による原位置での油と水の含有量の測定法の原理を提案している。技術開発が進めば、実現可能性が高い有用な技術である。

(4) において、汚染対策技術を適用する上での地下環境への配慮について論述している。浄化工事を行う上で、重要な考え方である。

このように、本研究はきわめて独創的かつ有用的であり、地盤環境問題の解決に大きく寄与するものであり、ここで得られた結果は、環境学的な意義が大きい。したがって、これらの成果より、本論文は博士学位論文に値するものと認定する。