

氏名(本籍)	田中宏幸(東京都)			
学位の種類	博士(環境学)			
学位記番号	博甲第6532号			
学位授与年月日	平成25年3月25日			
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当			
審査研究科	生命環境科学研究科			
学位論文題目	重油汚染地下水に対するバイオレメディエーションの浄化目標と適用性			
主査	査	筑波大学教授	農学博士	内山裕夫
副査	査	筑波大学教授	農学博士	杉浦則夫
副査	査	筑波大学准教授	博士(工学)	野村暢彦
副査	査	筑波大学准教授	博士(学術)	中島敏明

論文の内容の要旨

土壌汚染対策法で汚染を残留した対応が推奨される一方、土地取引に伴う対策では環境基準までの浄化が依然として主流となっており、汚染サイト利用の停滞の一因ともなっている。また、油汚染については油汚染対策ガイドラインが策定されており、油膜・油臭を第一の指標とした対応が示されている。しかし、油分とは様々な油種の総称であり、油臭の強さや毒性は種類によって異なっている。以上の二つの問題に対して、リスク管理の導入が期待されており、欧米では既に土地利用用途別の浄化目標値の設定や、汚染サイトの利用促進策の整備が進んでいる。

そこで本研究では、まず油汚染サイトを対象にその浄化目標について検討した。飽和帯水層に存在するA重油に由来した汚染地下水を飲用として利用する場合と、ガス態として屋外や室内において吸引する場合を想定して健康リスク評価を行った。その結果、ガス吸入では健康影響は問題にならないのに対し、地下水の飲用では極めて厳密な汚染低減が要求されることが判明した。また、ガス吸入を考慮した浄化目標としては、健康リスクではなく、油臭を指標とすることが望ましいと判断した。

飽和帯水層の汚染対策には、掘削除去よりも原位置浄化が合理的で、特に、ベンゼン等の軽質な成分以外にもバイオレメディエーションが適していると考えられるが、原位置浄化による浄化効果に関しては、充分にはデータの蓄積が行われておらず、カラム装置により地盤条件を再現した実験を行った。まず、長さ20cmの土壌カラムで71日間の処理を行った結果、微生物分解による低減効果が認められ、溶存酸素(DO)の供給量と油分低減量の関係を明らかにした。次に、長さ100cmのカラムを用いて同様の実験を行い、DO供給量によって油分の低減量が異なることを確認した。この際、DOの供給が少ない領域では油分濃度のばらつきの大きい現象が生じたため、統計的手法を用いて局所的な浄化効率の低下について解析を行った。この濃度のばらつきは適正な浄化効果の把握を妨げる可能性があるため、施工時のモニタリングでは分析検体数を増やし平均値として評価することが望ましいことが示された。

以上の実験結果をもとに、ケーススタディとして標準的な処理条件を設定し、浄化期間を試算した。本研究で主な対象物質としたA重油の場合、油臭を嗅覚による5段階評価の臭気強度2を達成させるためのTPH 200 mg/kgまでの汚染低減には、2年を要することになる。また、適用する濃度としては、1,000 mg/kg

以下が望ましいことが分かった。

一方、日本におけるリスク管理型の土地利用の可能性を把握するために、市民を対象とした意識調査を行った。その結果、汚染残置を容認し、駐車場、倉庫、事務所等であれば利用可能との意識が住民の大半を占めることが明らかとなった。また、健康のほか周辺環境への影響の考慮も重視され、経済的な原位置浄化等によって少しずつ汚染低減策を講じることが望まれていた。

以上のことにより、促進型ナチュラルアテニュエーション（Enhanced Natural Attenuation：ENA）としての原位置バイオレメディエーションについて、浄化期間と対象濃度範囲を把握することができ、また、社会的に受け入れられる汚染低減の手法であると判断できた。

審査の結果の要旨

バイオレメディエーションを安全・安心な社会の構築に貢献する技術とするためには、「有効性」「安全性」「経済性」の三つの側面からレベルアップすることが必要だが、学术界においては主に「有効性」を、産業界では「経済性」について取り組んでいる。本研究では、上記三つの側面から総合的に取り組むという新規性に富んだ試みがなされた。

飽和帯水層の油汚染に対する原位置浄化法の浄化効果について、DO 供給量と油分分解量の関係、および DO 供給量が少ない場合には分解に大きな変動が生じることを明らかにし、施工時にはモニタリングの分析検体数を増やして平均値をもって評価することを提案した。実際の作業現場に適用できる貴重な成果である。また、好気的な浄化法の作業期間を予測できるシミュレーション法を提起した。さらに、市民を対象とした意識調査によりリスク管理型の土地利用が可能であることを示した。以上のように、バイオレメディエーションの「有効性」「安全性」「経済性」の三つの側面に取り組み、当技術の新たな展開に繋がる成果を示したことは、高く評価することが出来る。

平成 25 年 1 月 22 日、学位審査委員会において、審査委員全員出席のもとに論文の審査及び最終試験を行い、本論文について著者に説明を求め、関連事項について質疑応答を行った。その結果、審査委員全員によって合格と判定された。

よって、著者は博士（環境学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。