

審査の結果の要旨

氏名 関卓 (グァン ツウオ)

農村地域において農業用機械や車両の多くは依然としてディーゼルエンジンを採用しており、燃料として軽油を使っている。そこでは、給油時のミスや燃料タンクの損傷など様々な原因で軽油による土壤汚染が頻発している。農地においては、汚染のない可食な作物を多く生産する観点で、軽油汚染の対策が重要な課題となっている。このような油汚染浄化の手段として界面活性剤を用いた原位置浄化法の開発が進められている。しかし、浄化後の土壤の状態について、農地土壤としての生産性が維持できるかどうかという観点の検討はあまり行われていない。本研究では、圃場に設置した土壤槽において実際に軽油汚染を行い、その後 2 年間の野外養生実験を実施した。土壤槽から随時、かく乱試料、不かく乱試料を採取して①汚染後の時間の経過に伴う汚染油物質の移動の評価を行った。さらに、界面活性剤を用いた油汚染浄化を室内カラム実験ならびに吸着離脱実験で検討し、②界面活性剤を用いた浄化による油汚染浄化の効率を評価し、さらに、③汚染浄化前後のコロイド生成量、土壤の物理性ならびに土壤構造の変化を検討することで、界面活性剤による浄化後に生じ得る土壤物理性の変化を評価した。

界面活性剤は、合成洗剤等に用いられる鎖状アルキルベンゼンスルホン酸 (Linear alkylbenzene sulfonates: 以下、LAS,) を用いた。供試土は、揚子江上流の農業地域に広く分布する紫色土を用いた。この土壤は、土壤構造がぜい弱で分散しやすいため、界面活性剤を用いた浄化後の土壤物理性の劣化、さらには、農地の生産性の低下が懸念されているがこれを検討した研究は今まで行われていない。

軽油に含まれる化学物質として鎖状で炭素が 12 個から 28 個までの C_{12} から C_{28} の n-アルカンを対象に研究を行った。まず、界面活性剤 (LAS) の固体への吸着を評価する手法や土壤中の n-アルカンを精度よく分析するための抽出方法の検討から研究を開始し、良い精度で分析ができることが確認できた後に本実験を行った。結果として、炭素数が少ない C_{12} から C_{16} の n-アルカンは、土壤中の濃度が汚染後 1 年間以内に大きく減少した。その一方で、炭素が多く、直鎖の長い (C_{18} から C_{28}) n-アルカンは、わずかしかな濃度が低下しなかった。n-アルカンの大部分は、地表面近傍に留まり、下方への移行は少量であった。さらにもう 1 年養生すると、地表近傍の C_{18} - C_{28} n-アルカンの濃度はさらに低下し、逆に下方 (深さ 17 cm 程度) で長鎖の n-アルカン濃度の増加がみられた。これらの結果から、短鎖の n-アルカンの分解が速いこと、分解の遅い長鎖の炭化水素 (n-アルカン) は、何らかの形で、土壤中下方への移行を示すこと、さらに分解の遅い長鎖の油成分を対象に浄化の効率を検討すべ

きであることが確認された。

汚染土壌槽から採取した不かく乱試料を用いて、LAS 溶液を洗浄剤として与え、n-アルカンの除去ならびにコロイド物質の生成・移動を評価した。LAS による洗浄で n-アルカンの 14~96%が除去された。また、汚染後、時間が経過すると LAS による洗浄効率が低下する傾向を示した。したがって、油汚染の浄化は汚染事故後すぐに行うべきであるといえる。

LAS 溶液による浄化では、土壌が分散し、コロイドの流出が促進された。分散によって生じたコロイドは、土壌中を下方に移動し、カラム下端から流出するとともに、一部が途中の土壌中の間隙に引っかかって間隙閉塞を生じる。n-アルカンは、コロイドに収着して一緒に移動し、途中で目詰まりすることがある。土壌槽による野外養生実験で、下方の土層で n-アルカン濃度の増加がみられたのは、これが原因であると考えられる。LAS による浄化の前後に X 線 CT 撮影用の不かく乱試料を採取し、間隙構造の変化について評価を行った。その結果、LAS で n-アルカンを除去した試料では、太い孔隙が顕著に減少していたことが明らかになった。これは、上述した目詰まりの発生と対応する結果である。

界面活性剤には、油成分の土壌からの脱離を促進する浄化効率がある一方で界面活性剤による土壌の分散とコロイド生成の促進が、コロイド移動による汚染油物質の移動促進や土壌物理性の劣化といった負の効果を生む可能性があることが示された。これらを考慮すると、紫色土壌のような土壌構造が弱い土壌においては、界面活性剤を用いた軽油汚染の浄化において、農地として使う観点で土壌の物理性の劣化を防ぐための工夫が不可欠であると言える。

これらの研究成果は、学術上応用上寄与するところが少なくない。よって、審査委員一同は本論文が博士（農学）の学位論文として価値あるものと認めた。