

令和6年度環境・社会理工学院共通経費による顕彰と研究助成 成果報告書

所属系・役職	助教
氏名（フリガナ）	吉川 友孝（ ヨシカワ トモタカ ）
研究題目	アルカリ性地盤における木質系有機物から溶出した TOC の粘性土地盤 間隙捕集効果
受賞名（1つ選択）	若手研究奨励賞、創成的研究奨励賞
研究の背景 環境保全と資源循環型社会の実現に向け、廃棄物の資源化と CO₂削減は重要課題である。鉄鋼スラグは水硬性を活かし地盤改良に利用されるが、販路拡大が課題である。また、木質材料は、成長過程で CO₂を吸収・固定した再生可能資源であり、地盤材料として使用することで固定炭素を地中に保持し、温室効果ガスの排出抑制に寄与し得る。本研究では、鉄鋼スラグと木質材料を混合した新たな地盤材料の開発を通じ、カーボンネガティブ効果と資源循環を両立する。一方で、高アルカリ性により木質成分が溶解・溶出し、環境へ悪影響を及ぼす可能性が懸念される。特に有機物の溶出による溶存酸素の低下など、生態系への影響が懸念されるが、地盤材料における TOC 溶出へ着目した研究はほとんど見られない。	
研究の概要と成果 本研究は、鉄鋼スラグと木質材料を混合した地盤材料から溶出する有機成分（TOC：全有機炭素）が周辺地盤に与える環境影響を評価することを目的とする。特に、TOC の地中における物理的吸着・間隙捕集効果の可否およびそのメカニズムを明らかにし、環境安全性を検証することをねらいとしている。具体的には、模擬酸性雨を本研究材料上部から流下させ、得られた排水溶液を分析対象として、その中に含まれる有機炭素が土によって物理的に吸着されるか、また、土の間隙中に捕集されるかを検証した。特に後者については、実験手法の構築から行った。 まず、砂および粘土試料を用いたバッチ吸着試験を実施した結果、いずれの試料においても TOC の顕著な吸着は確認されなかった。これは、高 pH 条件下でヘミセルロースやリグニンなどの分解産物（TOC として測定される物質）と土粒子表面がともに負に帯電し、静電的反発によって吸着が妨げられた可能性がある。ただし、これはあくまで一つの仮説であり、他の要因の可能性も否定できない。また、吸着試験後に測定された pH は、特に粘土試料において 9.7 まで大きく低下していた。ICP 試験の結果から、これは Ca²⁺が粘土粒子の表面に吸着され、代わりに Na⁺が溶出するイオン交換反応が生じたことが一因と考えられる。 さらに、粘性土地盤中における有機炭素の間隙捕集効果および深度方向の濃度分布を評価するため、薄型の円筒カラム装置を新たに作製した。この装置は、粘性土の低透水性に起因する実験の長時間化という課題に対応することを目的としたものである。装置の構成にあたっては、粘土供試体とカラム内壁との間に水みちが形成されないことを確認する必要がある。その検証も本研究の一環として実施した。装置の妥当性を確保するために相応の検討と調整を行った上で、本試験に使用した。本装置を用いたカオリン粘土供試体に対する間隙捕集試験の結果、有機炭素の捕集効果は一定程度認められたが、その効果は限定的であることが分かった。ただし、現段階では粘土の種類、間隙径（乾燥密度）、および注入速度の影響を十分に検討できておらず、本試験結果はあくまで初期段階における一例として捉える必要がある。 なお、本装置では試験水を一定速度で安定的に注入するため、調整可能な圧入装置を併設しており、今後の流速依存性評価にも対応可能な構成とした。また、溶出液中の TOC は 0.45 μm フィルターでろ過した上で分析しており、溶解性有機物に限定した濃度変化を評価している。本試験で得られた溶出液中の TOC 濃度は最大で約 120 mg/L に達した。この値は日本国内の排水基準に直接的には該当しないものの、仮に TOC と COD の間に一般的に報告されている正の相関（COD ≈ 2-3 × TOC）を適用した場合、対応する COD は概算で約 240-360 mg/L に相当する。水質汚濁防止法に基づく COD 排水基準（120 mg/L 以下）と比較すると、本研究材料からの溶出液は基準を超過する可能性がある。この結果は、本材料の適用にあたり、水質保全の観点からの動態評価や浸出制御策の検討が必要であることを示唆する。	
今後の展望 地盤中における TOC の挙動をより多角的に評価するため、粘土の種類や乾燥密度の違いによる間隙構造の影響、および注入速度や流下条件の違いが TOC の捕集挙動に与える影響を系統的に検討する予定である。また、今回の試験では捕集効果が限定的であったことから、地盤中での有機物の分解・変質挙動や、長期的な滞留と移動に関する挙動解明にも取り組みたい。さらに、捕集されなかった有機成分が環境中に与える潜在的影響（地下水汚染、嫌気環境の形成など）を含めた総合的なリスク評価の枠組みを構築することで、本研究材料の安全性評価をより信頼性の高いものとし、社会実装に向けた基礎的知見を蓄積することを目指す。	

※このページは学院内に公開するので、他分野の教員でも理解できる書き方を心掛けて下さい。