

審査の結果の要旨

氏名 ホセイン モハメッド アベド

本研究は、「Competitive adsorption dynamics and speciation of heavy metals in soil system below rainwater infiltration facilities」と題して、8つの章から論文を構成している。

第1章では、研究の背景と目的、および論文の構成を述べている。

第2章では、雨水浸透施設、都市域における重金属の発生源、土壌による重金属の競合吸着特性や存在形態に関する過去に知見について詳細に整理している。

第3章では、実験に用いた土壌の採取場所やその方法、前処理を含めた土壌中の重金属分析方法、BCR 逐次抽出法による存在形態別の重金属定量法などを整理している。

第4章では、雨水浸透施設が20年以上前から導入されている練馬区地域から柱状の土壌コアを入手して、その深さ方法の物性値や存在状態別の重金属分布を調査している。約1m程度の表層土壌と下層の関東ローム土壌の特性値の違いが重金属の保持能力特性が大きく異なることを明らかにしている。そして、表層及び下層のコンポジット土壌を用いた酸性条件での重金属吸着実験を実施して、表層土壌の吸着ポテンシャルの高さとイオン交換部位や炭酸塩への吸着部位が深く関与している可能性を示唆する知見を得ている。

第5章では、競合的な吸着平衡関係を調べるために、表層及び下層の土壌について、それぞれ6種類の重金属 (Zn, Cd, Ni, Cu, Pb, Cr) を単独添加および二種類の重金属を添加する計21ケースの吸着実験を4段階の濃度条件 (0.1, 0.2, 0.3, 0.5mM) で実施した結果を報告している。Cr, Pb, Cuは相対的に高い吸着ポテンシャルを有していること、同時にZn, Cd, Niは移動性が高いことを示している。そして、BCR 逐次抽出法による存在形態別の重金属量を測定した結果から、前者の重金属類の吸着はイオン交換部位や炭酸塩への吸着部位だけでなく、有機物や鉄・マンガン酸化物の吸着部位も大きく貢献していることに対して、後者の重金属類の吸着は、イオン交換部位や炭酸塩への吸着部位のみが主たる支配していることを実験的に明らかにしている。

また、Langmuir 平衡式と Freundlich 平衡式の適用可能性とその係数値を求めて、競合的な吸着関係を定量的に整理している。そして、この競合関係は表層土壌と若干性格を異にしているが、下層土壌でより顕著であることを明らかにしている。

第6章では、雨水浸透施設内の堆積物を採取して、Zn, Cd, Pbが土壌に比較すると高濃度に保持されていることを確認した上で、堆積物中重金属の溶出ポテンシャルを調査した結果を示している。イオン交換部位や炭酸塩への吸着重金属のように移動性の高い画分量が、溶出ポテンシャルを支配することを明らかにした。そして、雨水浸透施設に流入する道路排水中の有機物による錯体形成、酸性雨によるpH低下、堆積物の蓄積による嫌気・還元状態化を想定して、各影響要因が溶出に及ぼす影響を調べた結果、有機物による錯体形成やpH低下により、イオン交換部位や炭酸塩への吸着部位だけでなく有機物の吸着部位の重金属にも影響を与える可能性を指摘している。したがって、移動性が高いZn, Cd, Niだけでなく、Pb, Cuも堆積物からの溶出もありえることを示して

いる。一方、Crはその存在形態は変化するものの、溶出しにくいことを明らかにした。

7章では、高速道路の清掃時に回収される道路塵埃を用いて模擬道路排水を作成して、関東ローム土壌を充填したカラムに連続および間欠通水することにより、土壌による重金属の吸着や蓄積を調べた結果を示している。溶存態の重金属としての浸出はないものの、コロイド状態でのカラム内移動の可能性が考えられること、間欠通水は連続通水に比較すると土壌中の有機物分解を進行させ、有機物に吸着する重金属量が低下する可能性などを示している。また、道路排水中のCaの表層部への蓄積により、Cu, Cr, Pbがより移動性の高い吸着部位に変換するため、pH低下により溶出しやすい可能性も指摘している。

第8章では、上記の研究成果から導かれる結論と今後の課題や展望が述べられている。

以上の成果では、都市域の雨水浸透施設の周辺土壌を対象に、重金属の存在状態や環境条件変化に対する挙動に関して行った多くの実験や競合的な吸着特性に関する考察を行っている。これらの知見は、雨水浸透施設内に保持された重金属による地下水汚染の可能性を検討する際に役立つだけでなく、都市ノンポイント汚染対策や雨水浸透施設の設計や維持管理の在り方に有用なデータや知見を提供しており、都市環境工学の学術の進展に大きく寄与するものである。

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。