

汚染された鉱山土壌の改善におけるバイオ炭を評価するための自動フロー抽出

群馬大学大学院理工学府 環境創生部門 篠崎春香

近年、多くの工業地域の土壌に高濃度の汚染物質が存在している。土壌や堆積物中に存在する微量元素の量を明らかにするため行う単抽出や逐次抽出には、バッチ式試験が過去数十年にわたって用いられていた。しかし、現在では、フロー抽出が提案され、バッチ式に代わる方法として用いられている。

Rosende[1]らは、自動フロー抽出法を用い、汚染された鉱山土壌の浄化におけるバイオ炭の効率性を評価するための方法を提案し、検討を行った。また、バイオ炭により汚染土壌が改善したかどうか等を明らかにするため、バッチ式の植物毒性試験を行い、本システムで得られた結果と比較検討を行い、関係性を明らかにした。

Fig. 1 に実験に使用したシステムの概略図を示す。このシステムは、FIALab-3000 シーケンシャルインジェクションシステムをベースに構成されている。抽出液（ CaCl_2 溶液）を自動的に吸引し試料の充填されたミニカラムに連続的に供給するためのシリンジポンプ、ソレノイド 3 方バルブ、及びカラムを通過した抽出液を逐次自動的に集めるためのオートサンプラーが装備されていて、すべての動作は FIALab 社製のソフトウェアで制御できるようになっている。サンプルカラムは、中心に試料を入れる容器があり、上下それぞれ、シリコンガasket・メンブランフィルター・フィルターサポート・o-リング・キャップで挟み込まれている。サンプルカラムの材質は茶色がかった透明のポリスルホンとすることで内部の固体粒子の流動挙動を確認できるように工夫されている。この容器には、試料は最大 5 g 充填することができる。実際の実験では、サンプルカラムに試料（土壌またはバイオ炭混合土壌）を 1 g 充填し、シリンジポンプで $1 \times 10^{-3} \text{ mol L}^{-1}$ CaCl_2 溶液を流量 2.5 または 5.0 mL min^{-1} で 5 mL 送液する。サンプルカラムを通過した抽出液はオートサンプラーに捕集され、抽出液中に含まれる微量元素は ICP-OES で定量される。土壌試料によっては、配管内の圧力が上昇してしまうため、流量を小さくすることや土壌試料を 0.5 g に減らす代わりに PTFE チップを 0.5 g 加えることにより圧力の上昇を防ぐことが可能となった。

このシステムを使って得られた結果から、微量元素の

平均累積濃度を算出する方法によれば、以前から行われている植物毒性試験に比べ、わずか 10 分と短い時間で金属固定化に対するバイオ炭の効率の評価が行えることが示唆された。また、平均累積濃度 $\alpha(t)$ は以下の式に当てはまることが明らかとなった。

$$\alpha(t) = A(1 - e^{-k_A t}) + B(1 - e^{-k_B t})$$

A, B : 最大抽出量(A : 容易に抽出 B : ゆっくりと抽出)

k_A, k_B : 速度定数 t : 時間

フローシステムで得られたバイオ炭による微量元素の固定化の結果及び植物毒性試験（発芽成功率・芽の伸長率）の結果から、バイオ炭によって微量元素が固定化されるほど植物がよく成長することが分かった。しかし、バイオ炭の原料の種類によっては、微量元素が固定化しにくい種類もあったため、バイオ炭の選択は今後検討が必要である。

以上に示すように、自動フロー抽出システムによるスクリーニング方法により、微量元素で汚染された鉱山土壌の改善のためのバイオ炭の効果を迅速かつ自動的に評価することが可能となった。さらに本法は、他の試験と比較して著しく短時間で評価でき、有用な方法であるといえる。

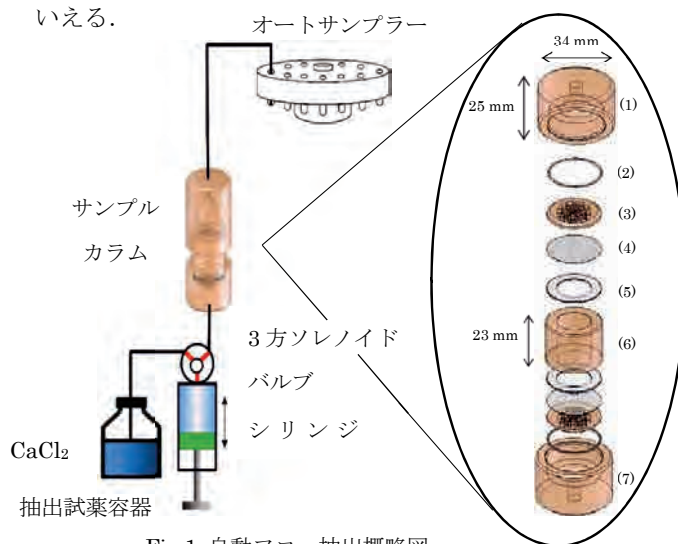


Fig.1 自動フロー抽出概略図

(1)上キャップ、(2) o-リング、(3)フィルターサポート、(4)メンブランフィルター、(5)シリコンガasket、(6)サンプル容器、(7)下キャップ

(1) M. Rosende, L. Beesley, E.M. Jimenez, M. Miro, *Talanta*, **148**, 686-693 (2016).