

DMSA・DMPSを用いた汚染土壌からの有害重金属の抽出

Extraction of hazardous heavy metals in contaminated soil using DMSA and DMPS

澤田 章 [1]

Akira Sawada[1]

[1] 産総研・環境管理技術

[1] EMTech, AIST

重金属は分解によって自然減衰することがなく、汚染が土壌そのものや介在した地下水系を通じて慢性的に影響を及ぼす。現在、重金属による土壌汚染の拡大は世界的な規模で懸念されており、早急な対策が必要とされている。重金属汚染土壌の多くは、重金属を除去するか不溶化させる浄化方法がなされている。その中でも、金属と錯形成する抽出剤を使用した洗浄方法の報告例が多い。これは、比較的短期間で汚染土壌を処理でき、使用する薬剤を変えることで、様々な汚染土壌に対応しうるためである。特に、EDTAを使用した例が多く報告されている。しかし近年になって、EDTAなどの従来使用されてきた抽出剤は生物分解性が低く、長い間環境に残留することが明らかになった。また、洗浄した土壌は元の場所に戻すなど再利用されるため、単純に汚染物質を取り除いただけではなく、抽出剤が残留せず、環境にも害を与えないようにする方法が要求されてきている。

本研究では、重金属汚染土壌の抽出剤としての要求を満たしうるものとして、DMSA・DMPSに着目した。DMSA (ジメルカプトコハク酸)・DMPS (ジメルカプトプロパンスルホン酸) は、主に鉛や亜鉛・銅・砒素などで被毒されたとき、経口投与される解毒剤である。化学的な構造として、隣接した位置にチオール基を2個有し、これらがソフトな性質を有する金属と結合する。また、カルボキシル基やスルホニル基も有するため、液性が中性付近において試薬そのもの及び生じた錯体が水溶性である。さらに、これらは生分解性である。本研究では、これらの抽出剤が汚染土壌の浄化剤としての使用可能性について調査するために、目的となる重金属の抽出率と土壌の主要構成要素の溶出量について評価を行った。

抽出剤の抽出能力の評価を行うため、以下のバッチ試験で調査した。ポリエチレン製の遠心管に、土壌1gを入れ、20mLの抽出剤を加え、2~24時間室温で振とうさせた(200rpm)。抽出剤は、濃度が約4.5mM、溶液pHが中性になるように調製した。抽出操作で生じたスラリーを8000rpmの回転速度で15分間遠心分離した後、上澄みを0.45 μmのメンブランフィルターでろ別した。この溶液をICP-AESで、目的となる重金属と土壌からの溶出量を分析した。また、比較のため、クエン酸・EDTA・EDDS ((S,S)-エチレンジアミンコハク酸)・NTA (ニトリロ三酢酸) による抽出も調査した。

図1は各抽出剤によって抽出された重金属の抽出率(%)を示す。この試験で使用した土壌は鉱山廃水で汚染された河川流域で採取したものである。土壌の主要構成要素は、 Al_2O_3 :22、 SiO_2 :56、 Fe_2O_3 :7.6(%)であり、ほとんどが0.075mm以上の砂であった。王水で擬似全分解し、分析した結果、主に銅(140 ± 14)と亜鉛(1192 ± 86)・鉛(620 ± 32)で汚染されていた(単位はそれぞれ $mgkg^{-1}$)。従って、目標となる重金属量は約 $23.4molkg^{-1}$ であり、抽出剤は目標となる金属の約3.8倍量である。この条件下で抽出を行ったところ、EDTAの場合、銅・亜鉛・鉛の全てに有効であり、60%以上が抽出された。また、EDDSとNTAでは、銅・亜鉛の40%以上が抽出されたが、鉛は全く抽出されなかった。一方、DMSA・DMPSの場合、前述の抽出剤より低く10~40%が抽出された。DMPSの抽出率はEDTAの半分程度であるが、銅・亜鉛・鉛の全てに対して有効と考えられる。図2は同様に土壌の主要構成要素の溶出量を示したものである。この図から従来の抽出剤はDMSA・DMPSの場合と比べて、アルミニウムと鉄の溶出量が著しいことが分かる。従来の抽出剤は目標となる重金属の選択性に乏しく、土壌そのものを溶解していることが伺える。これらの結果から、DMSA・DMPSは抽出効率において従来のものより劣るが、土壌構成要素の溶解は低減できることが分かる。また、生分解性に優れるため、今後はどのような土壌や他の応用に対して有効であるかを明確にしたい。

