

アルミニウムイオン溶出の観点における浄水汚泥の道路の路盤・路床材料としての利用の検討

茨城大学 学生会員 ○渡邊保貴 正会員 小峯秀雄
 フェロー会員 安原一哉 正会員 村上 哲
 日立市 非会員 豊田和弘

1. はじめに

現在、産業廃棄物として水道事業から排出される浄水汚泥を道路の路盤・路床材料として利用することが期待されており、締固め試験や CBR 試験などの力学特性の調査が行われている¹⁾。しかし、浄水汚泥には凝集剤として使用されるポリ塩化アルミニウム(PAC)が含まれており、その主成分であるアルミニウムが植物の根の伸長を阻害するということが問題がある²⁾。したがって、溶出したアルミニウムイオン(Al³⁺)が植物に与える影響について事前に調査する必要があると言える。本研究では、平成3年環境庁告示第46号(以後、環告46号)を援用したバッチ式溶出試験と施工後の環境を模擬したカラム式溶出試験を実施し、Al³⁺溶出濃度と溶出メカニズムを調査することで、浄水汚泥を道路の路盤・路床材料として利用することを検討する。

2. 試料の粒径を詳細に区分したバッチ式溶出試験

本研究では試料の粒径を詳細に区分してバッチ式溶出試験を実施した。それは固体状まで乾燥した浄水汚泥が吸水による状態変化を起こしにくい物質であり³⁾、材料選定において粒径が重要になると考えたためである。使用した試料は茨城県日立市森山浄水場にて発生した浄水汚泥であり、その基本的性質を表-1に示す。1時間あたり平均PAC使用量は、各浄水汚泥の含まれていた原水の浄化処理で使用されたPACの1時間あたりの平均使用量である。溶出試験の試料は110℃に設定した乾燥炉で24時間乾燥させた浄水汚泥を手作業で破碎し、ふるいわけにより粒径を区分した。その後の手順は環告46号に準拠して行い、Al³⁺溶出濃度は多項目迅速水質分析計DR2010(HACH社製)を用いて測定した。図-1は最大粒径とAl³⁺溶出濃度の関係を示している。最大粒径とは、試料の粒径区分における最大値であり、比表面積を小さく考えることで試験結果を安全側に判断している。Al³⁺溶出濃度は水質基準値を下回っており、取水源である久慈川(Al³⁺濃度0.3~0.18mg/L)と比較しても、環境への影響はないと考えてよいと言える。全体の傾向としては最大粒径が増大するに伴いAl³⁺溶出濃度は減少する傾向にあった。しかし、表-1に示した1時間あたり平均PAC使用量より、試料Bには溶出せずに含有されているAlが存在すると考えられる。

表-1 浄水汚泥の基本的性質

試料名	A	B	C
発生時期	H18.2.3~2.16	H18.4.20~5.18	H18.11.8~11.26
土粒子の密度ρ _s (g/cm ³)	2.48	2.51	2.60
液性限界w _L (%)	330	275	420
塑性限界w _P (%)	167	140	177
強熱減量L(%)	25.9	26.1	25.8
1時間あたり平均PAC使用量(L)	1.96	3.19	1.92

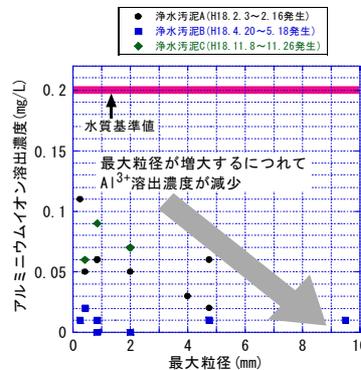


図-1 アルミニウムイオン溶出濃度と最大粒径の関係

3. 施工後の環境を模擬したカラム式溶出試験

環告46号を援用したバッチ式溶出試験では浄水汚泥のAl³⁺溶出を適正に評価できるとは言えない。そこで現場の状況を模擬して評価することが必要と考えている。浄水汚泥を道路の路盤・路床材料として利用することを想定すると、降雨によるAl³⁺の溶出が考えられるため、本研究では表-2に示す通り、降雨を模擬してカラム式溶出試験の条件を設定した。使用した試料は表-1で試料Bと表示される浄水汚泥である。試

キーワード 浄水汚泥 環境影響評価 溶出試験

連絡先 〒316-8511 茨城県日立市中成沢町4-12-1 茨城大学工学部都市システム工学科 TEL 0294-38-5162

料 B を選定した理由はバッチ式溶出試験の結果に対し、表-1 の 1 時間あたり平均 PAC 使用量より Al を最も含有していると考えたことである。乾燥密度と初期含水比は森山浄水場より発生した浄水汚泥の最大乾燥密度と最適含水比とした¹⁾。試料の最大粒径はバッチ式溶出試験において Al³⁺の溶出が顕著であった 0.25mm とした。流入条件は降雨を想定して上部から下部への通水とし、試料の 10 倍質量の蒸留水を通水することで環告 46 号と溶出条件を整合させた。図-2 はカラム式溶出試験における流出量と Al³⁺溶出濃度の関係を示している。Al³⁺は 0.03mg/L 以下の濃度である一定の変動幅を有して溶出し続けた。1500mL の蒸留水を通水した時点での累積 Al³⁺溶出濃度は 0.18mg/L となった。バッチ式溶出試験の Al³⁺溶出濃度 0.02mg/L という値に対し、カラム式溶出試験では Al³⁺溶出量が増大する傾向にあることがわかった。

4. アルミニウムイオン溶出メカニズム

浄水汚泥の Al³⁺の溶出は団粒の比表面積に依存していると考えている。図-1 において最大粒径が増大するに伴い Al³⁺溶出濃度が減少する傾向にあったことから、比表面積すなわち水との接触面積が Al³⁺溶出の要因の一つとして考えられる。浄水汚泥の生成過程で PAC が架橋結合によりフロックを形成することからは、図-3 に示すように Al が浄水汚泥中に均等に分布し、架橋結合の切れたアルミニウム成分が溶出していると考えられる。このメカニズムをカラム式溶出試験の結果と照合すると、Al³⁺溶出濃度が継続することから整合性が確認できる。したがって溶出する Al³⁺は団粒の比表面積に依存していると考えられる。

5. 道路の路盤・路床材料としての利用の検討

以上の Al³⁺溶出メカニズムから浄水汚泥を路盤・路床材料として利用することを検討した。ここでは、Al³⁺が植生に与える影響の度合いを定量化することが難しいため、影響の有無ではなく、影響を軽減する方法が重要であると考えた。図-3 に示すように、団粒の比表面積が小さくなる条件、例えば、大きな粒径での使用や細粒化を抑制する環境での使用が好ましい。溶出水に関しては、水流のある環境での使用が好ましい。これは溶出水が蓄積することによる Al³⁺濃度の増加を防ぐためである。

6. 結論

浄水汚泥の Al³⁺溶出濃度と溶出メカニズムを調査するため、バッチ・カラム式溶出試験を行った。水質基準においては浄水汚泥を道路の路盤・路床材料として利用することは可能であると判断できた。その際、Al³⁺が植物に与える影響を考慮し、Al³⁺の溶出を軽減するための工夫を凝らすことが重要であると考えた。

参考文献

- 1) ベ・ジェヒョン・小峯秀雄・安原一哉・村上哲・鹿志村清勝・豊田和弘：力学的特性による浄水汚泥の道路構成材料への利用に関する評価，第 42 回地盤工学研究発表会(投稿中)，2007.
- 2) 松本英明：酸性土壌とアルミニウムストレス，根の研究(Root Research)，12 (4)，pp.149-162，2003.
- 3) 渡邊保貴・小峯秀雄・安原一哉・村上哲・豊田和弘：浄水汚泥のスレーキング特性，第 3 回地盤工学会関東支部研究発表会講演集，pp.340-342，2006.

表-2 カラム式溶出試験の条件

カラム試験機	
アクリル容器内径(mm)	75
アクリル容器高さ(mm)	300
試験条件	
試料名	浄水汚泥(試料B)
想定状況	路盤・路床への雨水の浸入
乾燥密度(g/cm ³)	1.061(目標値1.142)
試料の初期含水比(%)	34
試料の最大粒径(mm)	0.25
試料の乾燥質量(g)	150
流入条件	試料の10倍質量を上部から下部に流す
固液比	1:10(蒸留水を使用)
流入量(mg/h)	250

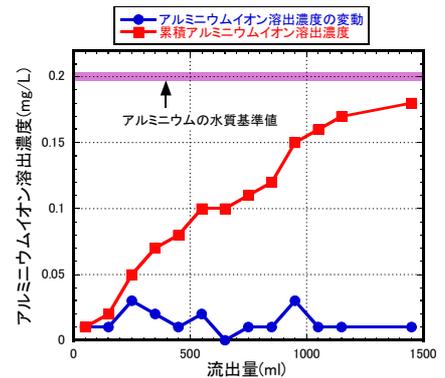


図-2 カラム式溶出試験における流出量とアルミニウムイオン溶出濃度の関係

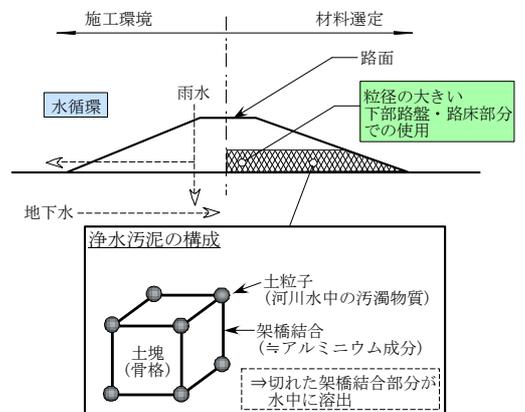


図-3 アルミニウムイオンの溶出を考慮した道路の路盤・路床材料としての利用