

浄水汚泥の破碎性を考慮した溶出試験によるアルミニウム溶出特性調査

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
 茨城県日立市企業局上下水道部浄水課 非会員 豊田和弘

1. はじめに

水道事業で発生する浄水汚泥には凝集剤として添加されたポリ塩化アルミニウム(PAC)が含まれ、その主成分であるアルミニウムは水道水の水質基準において規制を受ける。浄水汚泥を地盤材料として有効利用、例えば河川堤防や水域周辺の盛土などを想定すると、降雨により浄水汚泥からアルミニウムが溶出し、その溶出水が水域に流入することが懸念される。そこで、アルミニウムに着目した環境影響評価が必要になる。また、浄水汚泥は破碎性の認められる材料である。日本では廃棄物地盤の汚染度判定に平成3年環境庁告示第46号に準拠した溶出試験(以後、環告46号溶出試験と記述する)を用いる。しかし、破碎性が溶出特性に関係すると考えられる浄水汚泥への環告46号溶出試験の適用性については未確認である。そこで、材料の破碎性が溶出試験の結果に及ぼす影響を調査するため、本研究では破碎性を考慮した溶出試験として24時間振とう溶出試験を繰り返し行い、浄水汚泥のアルミニウム溶出特性を調査した。

表-1 浄水汚泥の物理的・化学的性質

| 試料名 | A | B | C | D |
|---|------------------------|-----------------------|------------------------|-------------------------|
| 採取年月日 | 2006 /5/10 | 2006 /6/14 | 2006 /10/10 | 2006 /12/13 |
| 発生時期 | 2006 /1/30 ~2/15 | 2006 /2/3 ~2/16 | 2006 /4/20 ~5/18 | 2006 /11/8 ~11/26 |
| 土粒子の密度 ρ_s (g/cm ³) | 2.46 | 2.48 | 2.51 | 2.60 |
| 液性限界 w_L (%) | 320 | 330 | 275 | 420 |
| 塑性限界 w_P (%) | 147 | 167 | 140 | 166 |
| 塑性指数 I_P | 173 | 163 | 135 | 243 |
| 強熱減量 L_c (%) | 27.3 | 25.9 | 26.1 | 25.8 |
| 活性炭混入の有無 | 有 | 無 | 無 | 無 |

2. 使用した試料

本研究では、浄水汚泥の性質の季節的変動を考慮して、茨城県日立市森山浄水場にて4回のサンプリングを行った。それらの物理的・化学的性質を表-1に示す。浄水汚泥は有機物を多く含むため、土粒子の密度が関東ローム(2.70g/cm³)より小さくなったと考えられる。液性限界・塑性限界は脱水過程で測定した。脱水後すなわち自然含水比($w_0=10\sim40\%$)の試料ではNPとなった。事前にすべての試料に対して行った環告46号溶出試験の結果を表-2に示す。その中で最も再現性の高い試料Dを24時間振とう溶出試験では使用した。

表-2 浄水汚泥の環境庁告示第46号

溶出試験結果

| 試料名 | A | B | C | D | |
|---|-----|------|------|-------|------|
| 試験回数(回) | 4 | 4 | 15 | 3 | |
| Al ₂ O ₃ 濃度 (mg/L) | 最大値 | 0.20 | 0.12 | 0.03 | 0.16 |
| | 最小値 | 0.09 | 0.04 | >0.01 | 0.10 |
| | 平均値 | 0.14 | 0.10 | 0.01 | 0.13 |

表-3 日本とオランダの溶出試験方法

| | 日本 | オランダ |
|---------|-----------------------------|------------------|
| | 平成3年環境庁告示第46号 | シリアルバッチ(NEN7343) |
| 試料粒径 | <2mm | <3mm |
| 溶媒 | 蒸留水+HCl | 脱イオン水 |
| pH | 5.8~6.3 | 4 |
| 試料量(g) | >50 | 20 |
| 液固比 | 10 | 20 |
| 攪拌方法 | 平行振とう | 振とう |
| 溶出時間(h) | 6 | 24×5段階 |
| 抽出回数 | 1 | 1~5 |
| 固液分離法 | 遠心3000rpm20min +0.45mmMF | 45mmMF |

3. 24時間振とう溶出試験

浄水汚泥は破碎性の認められる材料であるため、浄水汚泥の環境影響評価には破碎性を考慮した評価が必要である。表-3は日本とオランダの溶出試験方法(NEN7343)を比較したものである¹⁾。溶出時間と抽出回数について両国間で明確な差異がある。そこで、本研究では①抽出時間を24時間、②抽出回数を3回の二点で環告46号を変更して溶出試験を行った。

試験手順としては、第一に、110℃に設定した乾燥炉を用いて脱水した試料をふるいわけすることで浄水汚泥の団粒径を区分した。これは、団粒の破碎状況を調査するためである。ここで、ふるいわけにより決定された団粒径を本研究における粒径と定義した。団粒の破碎状況を明確にするため2mm粒径以上の試料も用いた。次に、浄水汚泥を蒸留水と液固比10:1で混合し、24時間振とうした。振

キーワード 浄水汚泥 有効利用 溶出試験 アルミニウム

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 0294-38-5163

とう後は 30 分間静置し、振とう液を遠心分離、ろ過した。振とうで使用した浄水汚泥は回収し、ふるいわけをすることにより粒度分布を調査した。2 回目以降の振とうでは、回収した浄水汚泥の中から初回で使用した粒径区分に該当する浄水汚泥のみを使用した。アルミニウムの測定項目は Al_2O_3 とした。 Al_2O_3 は PAC の生成時に 10~11wt% 使用されるためである。測定には多項目迅速水質分析計 DR/2010 (HACH 社) を用いてアルミノン法により測定を行った。本計測器の分解能は 0.01mg/L である。なお、蒸留水中の Al_2O_3 濃度は定量下限値未満であった。

4. 浄水汚泥の破碎性がアルミニウム溶出特性に与える影響

図-1 は 24 時間振とうの繰り返し回数と Al_2O_3 濃度の関係である。試験で使用した浄水汚泥の粒径区分はそれぞれ、0.250mm 以下、0.850~2.00mm、2.00mm~4.75mm であり、各区分の最大値を最大粒径として整理した。最大粒径 0.250mm の浄水汚泥では、試料回収とふるいわけが困難であったため、1 回目のみの実施となった。第一に、振とう 1 回目の結果に着目すると、最大粒径が大きいほど Al_2O_3 濃度が低くなる傾向が認められた。このことから、溶出特性が浄水汚泥の比表面積に依存することが推察される。環告 46 号の結果と比較すると、振とう時間が 24 時間になったことによる差異は認められなかった。次に、最大粒径 4.75mm の浄水汚泥では、振とうの繰り返しによる Al_2O_3 濃度の低下が認められた。しかし、最大粒径 2.00mm の浄水汚泥においては同様の傾向は認められなかった。図-2 は振とう後の浄水汚泥の粒径加積曲線である。これより、浄水汚泥が試験中に破碎し、細粒化していることが確認できた。破碎の程度は均等係数から最大粒径 4.75mm の浄水汚泥の方が顕著であった。また、同量のアルミニウムを含む条件において、破碎性の大きかった最大粒径 4.75mm の浄水汚泥の方は継続的にアルミニウムが溶出する傾向が認められた。破碎性の差異は浄水汚泥のスレーキング特性²⁾によるもので、単位体積あたりの空隙量の多い試料ほど、水浸時の亀裂は生じやすいためである。以上より、浄水汚泥のアルミニウム溶出特性は材料の比表面積に依存するため、団粒の破碎はアルミニウムの溶出に寄与すると言える。

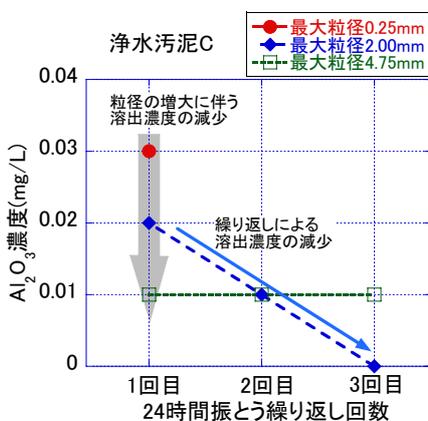


図-1 24 時間振とう溶出試験の繰り返し回数と Al_2O_3 溶出濃度の関係

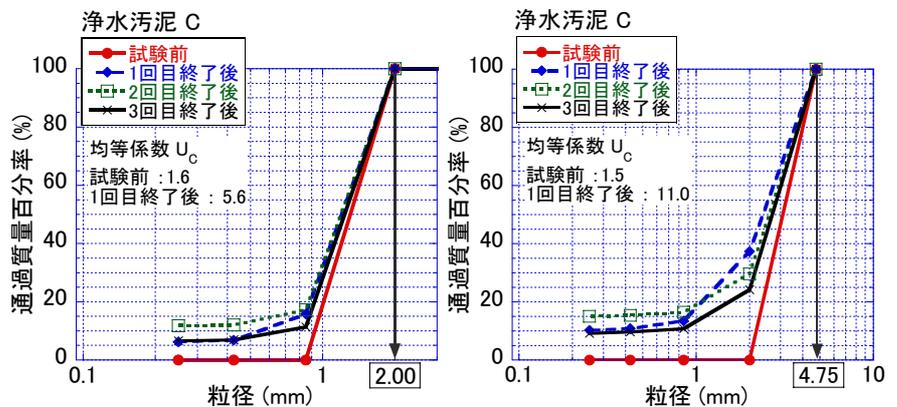


図-2 24 時間振とう溶出試験の各繰り返し段階における浄水汚泥の粒径加積曲線 (左: 粒径 0.85~2.00mm, 右: 粒径 2.00~4.75mm)

5. 結論

24 時間振とう溶出試験を繰り返し行うことで、浄水汚泥の破碎性とアルミニウム溶出特性の関係を調査した。試験結果に基づき、浄水汚泥のアルミニウム溶出量は比表面積に依存するため、団粒の破碎によりアルミニウムは溶出しやすい傾向を示すことが認められた。環告 46 号への適用性については、浄水汚泥を大きい団粒で使用する場合には、抽出回数を増やすことで、施工時や共用後の破碎を想定した評価が必要と考えられる。

参考文献

1) 嘉門雅史, 乾徹, 宮城大助, 勝見武: 鉄鋼スラグの地盤材料としての有効利用に伴うフッ素の溶出挙動とその環境影響の評価, 京都大学防災研究所年報, 第 47 号 B, 2004. 2) 渡邊保貴, 小峯秀雄, 安原一哉, 村上哲, 豊田和弘: フィルタープレスによる脱水ケーキを模擬した試料での浄水汚泥の促進スレーキング試験, 第 42 回地盤工学会研究発表会, CD-ROM, 2007.