

余剰汚泥からのマグネシウムとカルシウムの分離に関する研究

岩手大学 学生会員 ○太田翔也 高橋健太 三上風
岩手大学 正会員 石川奈緒 伊藤歩 海田輝之

1. はじめに

下水汚泥には肥料の必須元素であるリンが豊富に含まれており、そのリンを回収・利用することが求められている。しかしながら、嫌気性条件下での汚泥処理過程でリン酸マグネシウムアンモニウム(MAP)やヒドロキシアパタイト(HAP)が生成し、その一部が送泥管内部の閉塞を引き起こし、このことがリンの効率的な回収・利用を妨げる一因となっている。そこで、汚泥処理過程における MAP や HAP 生成の抑制を目的として、キレート剤や凝集剤を用いた余剰汚泥からのマグネシウムとカルシウムの分離を試みた。

2. 実験材料及び方法、条件

i) 実験材料

本研究に用いた試料(下水汚泥)は、岩手県盛岡市の都南浄化センター(処理方式:標準活性汚泥法、流入水日平均:109,700 m³/日)から採取した返送汚泥(固形物濃度 7 g/L)とした。抽出試薬として、硫酸、キレート剤である EDDS (エチレンジアミン-N,N'-ジコハク酸)、EDTA (エチレンジアミン四酢酸)、凝集剤である Al₂(SO₄)₃ (硫酸アルミニウム)を用いた。なお、実験器具は全て硝酸で洗浄処理したプラスチックまたはガラス製の物を使用した。

ii) 実験方法及び条件

採取した試料はクーラーボックスにて保存し、当日中に pH の測定、全固形物濃度測定のための乾燥(試料:約 50 g、蒸発残留物:110 °C, 24 h、強熱残留物:600°C, 1 h)を行った。採取した余剰汚泥の主要元素と微量元素の濃度を表-1 に示す。抽出実験は、汚泥の pH を希硫酸により 5, 4 に調整した条件、EDDS または EDTA を 0.5, 1, 5, 10 g/L となるように添加した条件、硫酸アルミニウムを 10, 50, 300, 500 mg/L となるように添加した条件で行った(表-2)。実験条件ごとに濃度調整した試薬を汚泥に加え、振とうフラスコで振とう(120 rpm)した。

表-1 余剰汚泥中の主要元素と微量元素の濃度

金属	P	Ca	Mg	Al	Fe	K	Zn	Cu	Na	Mn
全濃度	129	61.5	28.9	26.6	75.4	44.6	2.26	1.14	38.5	2.55
溶解性濃度	10.8	15.2	4.65	0.07	0.15	12.4	0.02	0.08	27.9	0.24

(単位:mg/L)

試料の採取は振とう後 1, 6, 12, 24, 48 時間目に行い、遠心分離(10,000 rpm, 10 min)し、上澄み液 20 mL をろ過(ろ紙の孔径:0.45 μm)した後、溶解性金属濃度の分析のために硝酸と塩酸を用いた前処理を行った。前処理後の試料を ICP 発光分析装置(Shimadzu, ICPE-9000)を用いて内部標準法により分析を行った。なお、汚泥中の金属含有量についても同様の前処理及び分析方法により分析した。

表-2 実験条件

抽出試薬	濃度	pH
H ₂ SO ₄	-	5, 4
EDDS	0.5, 1, 5, 10 g/L	無調整
EDTA	0.5, 1, 5, 10 g/L	無調整
Al ₂ (SO ₄) ₃	10, 50, 300, 500 mg/L	無調整

3. 実験結果

今回用いた余剰汚泥は全ての条件において初期 pH が約 7 のものであった。図-1 は各実験条件での P, Ca, Mg の溶出率を比較したグラフである。縦軸が溶出率(%), 横軸は経過時間(h)となっている。

まず、硫酸を用いた pH の影響を見ると、P, Ca, Mg の全てにおいて pH4 の汚泥の方が pH5 よりも溶出率が高くなった。EDDS を各濃度で添加した場合、P, Ca, Mg の全てにおいて溶出率は上昇した。特に、EDDS の濃度が 5 g/L, 10 g/L の場合は顕著に溶出率の上昇がみられ、濃度 0.5 g/L, 1 g/L では無添加(0 g/L)の条件と同程度の溶出率であった。EDTA を各濃度で添加した場合、高い濃度では溶出率が 100%に達した。P, Mg において 0.5 g/L と 1 g/L での溶出率がほぼ同値であったのに対し Ca では差があった。硫酸アルミニウムを各濃度で添加した場合、これまでに抑えられなかった P の溶出をかなり抑えることができた。特に、濃度 500 mg/L の場合では 24 時間経過時点で Ca 及び Mg の溶出率は 50%に達し、P はほぼ横ばいで 0%に近い溶出率を維持した。この理由として、汚泥から溶出した PO₄³⁻が Al³⁺と結合し、リン酸アルミニウムとして沈殿したためと考えられる。全体的に希硫酸添加による pH 調整、EDDS, EDTA 添加の条件における P と Mg のグラフは同様の形となった。

キーワード: 余剰汚泥、リン、リン酸マグネシウムアンモニウム(MAP)

連絡先: 岩手大学(盛岡市上田 4-3-5 TEL-FAX 019-621-6449)

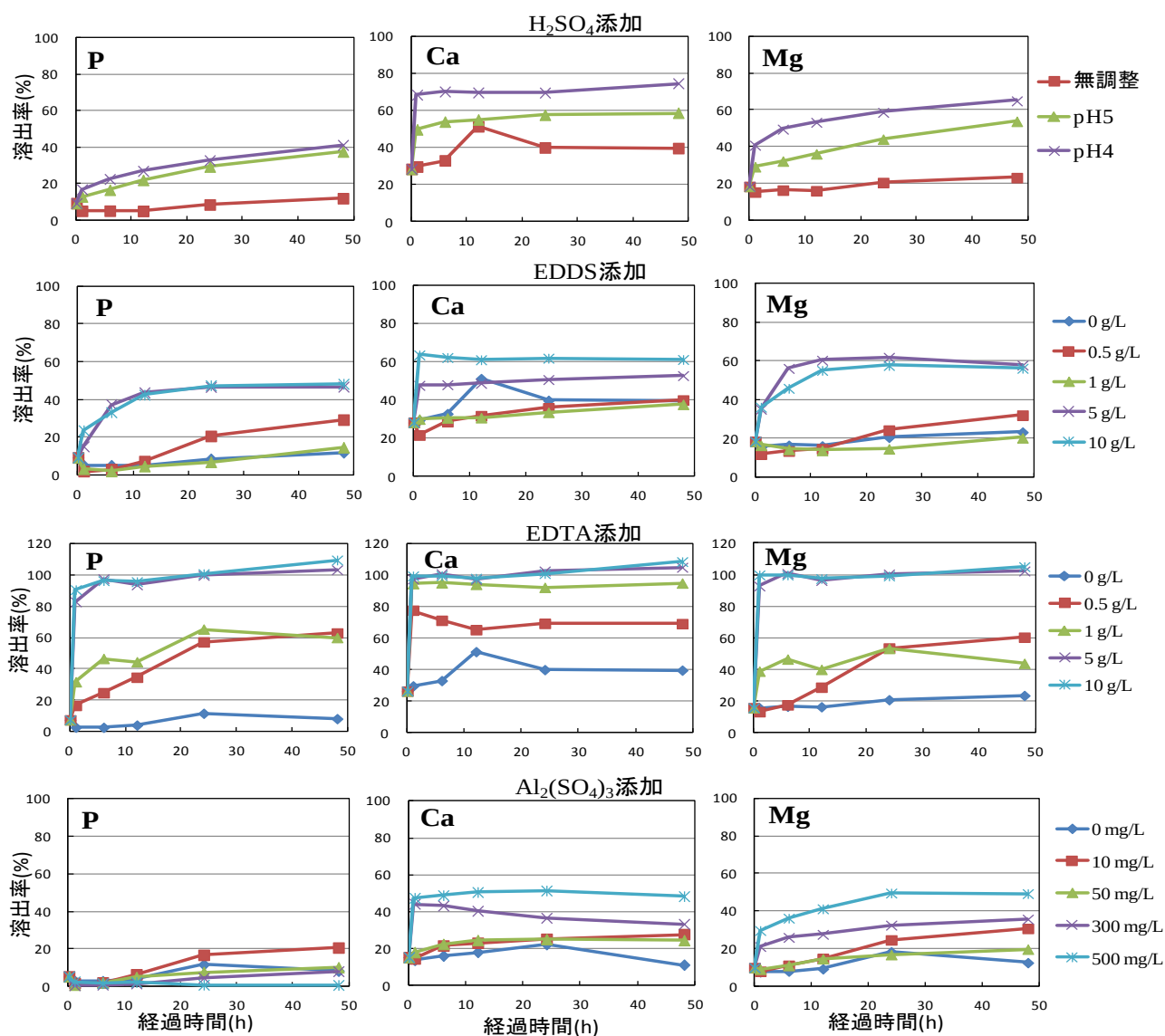


図-1 各実験条件での溶出率の経時変化

図-2 は縦軸にそれぞれ Ca, Mg の溶出率、横軸に P の溶出率をとった pH 調整、EDDS, EDTA 添加条件での相関図である。相関係数を見ると、Mg では値が 1 に近く非常に相関が強いことがわかる。このことから、汚泥中の P は Mg と結合した状態で存在しており、pH の調整や EDDS, EDTA の添加により Mg が溶出する際に P も同時に抽出されたのではないかと考えられる。

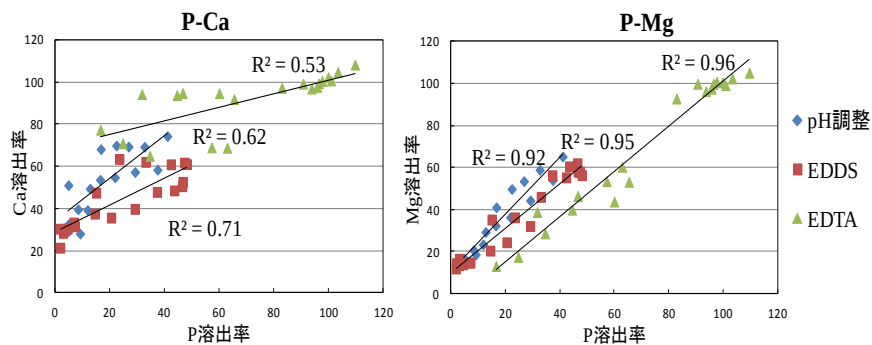


図-2 P と Ca, Mg の溶出率相関図

4.まとめ

EDDS, EDTA の添加では P を汚泥中に保持し、Ca, Mg のみを溶出させることはできなかった。硫酸アルミニウムを添加することによって P を汚泥内に沈殿させ MAP や HAP の析出をある程度は抑えることが期待できるが、コストの問題や 50% 程の溶出率では不十分であると考えられ、さらなる検討が必要であると言える。

参考文献

- 1) (社) 日本下水道協会 下水道試験法 (上下巻) 1997 年版