

余剰汚泥分離液からの肥料成分の回収に関する研究

岩手大学理工学部 学生会員 ○小島有裕 下田渉

岩手大学理工学部 非会員 笹本誠 正会員 石川奈緒 伊藤歩

1.はじめに

下水汚泥には P や K といった有用元素類が豊富に含まれており、その緑農地への利用が求められている。一方で、汚泥の嫌気性消化槽内でのリン酸マグネシウムアンモニウム ($\text{MgNH}_4\text{PO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 、MAP) の生成を抑制し、送泥管の閉塞を予防するための対策として消化槽への Mg 負荷を低減させる手法が考えられる。

本研究では、嫌気好気活性汚泥法から生じる余剰汚泥を無酸素状態で培養し、P、K、Mg、Ca などの元素類を溶出させた。また、無酸素培養後の余剰汚泥のろ液を採取した。そのろ液から元素類を回収するために、市販の活性炭による吸着実験と電気透析装置による分離濃縮実験をそれぞれ行った。

2.実験方法

本研究では、余剰汚泥の無酸素培養によって P、K、Mg などの元素類を溶出させた後に、機械濃縮機で分離液に移行させ、その分離液から元素類を回収するための技術開発を目指している。

岩手県北上川上流流域下水道の都南浄化センターにおいて、余剰汚泥を 20 L ポリタンクに採取し、2 日間 25 °C の恒温室内で無酸素培養を行い、培養後の汚泥の状態を確認し、汚泥を沈降させた後、その上澄み液を灯油用ポンプで採取し、ろ紙(定性ろ紙 No.1、6 μm)でろ過をした。なお、上澄み液に SS が多く含まれる場合はナイロンメッシュでろ過した後に、ろ紙でろ過を行った。このろ液を機械濃縮機による分離液とみなした。その後、余剰汚泥と分離液(ろ液)の分析を行った。この 2 種類の試料について、pH、ORP (IM-32P 型)、DO (DO-31P 型)、水温、元素類の全量濃度及び溶解性濃度 (ICP-AES)、 $\text{NH}_4\text{-N}$ (オートアナライザーによるインドフェノール法)、DOC (TOC メーター)、TS (乾燥機)、VS (電気炉) を測定した。なお、元素類の全量濃度及び溶解性濃度については、まず採取した汚泥を

遠心分離 (3000 rpm、10 分間) し、上澄み液を 0.45 μm のメンブレンフィルターでろ過した。汚泥とそのろ液 (25 mL、3 連) をビーカーに採取して硝酸と塩酸を加えて加熱分解し、0.45 μm のメンブレンフィルターでろ過した後に、ICP-OES で測定した。分析は下水試験方法に従って行った。

次に、活性炭(株式会社 UES、KD-GW-A-1000、ヤシ殻活性炭 活力炭粒状、20×50 mesh)を用いた吸着実験を行い、活性炭によって分離液中の元素類をどのくらい吸着できるのかを調査した。実験は 3 連で行った。80 mL の遠沈管に分離液(70 mL)を採取し、そこに活性炭を濃度が 1 g/L、10 g/L となるように分離液と活性炭を混合し、初期 pH を測定した後、振とう(120 ppm、25 °C)を開始した。経時的(0 時間、1 日、2 日、3 日、5 日、7 日)に試料を採取し pH を測定した後、遠心分離を行い、上澄み液をろ過(孔径 0.45 μm のメンブレンフィルター)した。そのろ液を酸で前処理した後、元素類(ICP-OES)を分析した。また、ろ液の $\text{NH}_4\text{-N}$ をオートアナライザーで分析した。なお、活性炭濃度が 10 g/L の試料に関しては、pH を 9 及び 10 に調整し、無調整(6.4)の条件も検討した。pH 調整には 1 mol/L の NaOH 溶液を使用した。

次に、分離液を電気透析メーカー((株)サンアクティス 上富田工場 研究室)に送り、多価イオン交換膜を用いた電気透析(ED)を行い、これによって元素類を分離濃縮できるかを調査した。分離液に SS が残留していたため、ろ布(孔径: 100 μm)でろ過し、そのろ液を供給液とした。電気透析の条件は、使用膜が CSE/ASE (総有効面積: 550 cm^2)、供給液と濃縮液(イオン交換膜を介して移動するイオンを受ける溶液を意味し、精製水を使用)の量がそれぞれ 887 g(終了時:785 g)と 440 g(終了時:335 g)、電極液が 5% NaNO_3 水溶液 500 g、電圧が 10 V (定電圧)であった。電気透析メーカーか

キーワード: 余剰汚泥 無酸素培養 栄養塩回収 吸着 電気透析

連絡先: 岩手大学 岩手県盛岡市上田 4-3-5 TEL: 019-621-6449

ら ED 後の供給液及び濃縮液とそれらの物性値データを受け取った。供給液及び濃縮液については、酸で前処理した後に元素類の濃度を分析した。

3.実験結果及び考察

表-1 に余剰汚泥と分離液の元素類の全量濃度及び溶解性濃度を示す。余剰汚泥は無酸素培養前のものとし、分離液は無酸素培養後の汚泥の上澄み液のろ液である。余剰汚泥と分離液の溶解性濃度を比較すると、分離液のほうが高いことから、無酸素培養によって余剰汚泥の活性汚泥微生物から元素類が溶出されたことが分かった。P、K、Mg および Ca の溶出率((分離液の溶解性濃度-余剰汚泥の溶解性濃度)/余剰汚泥の全量濃度×100)はそれぞれ 63.9%、63.2%、63.6%、41.3%であった。

図-1 に吸着実験における分離液の元素類濃度の経時変化を示す。P は時間による変化は見られず、活性炭を添加した場合と添加しない場合で比較すると、添加した場合の方が若干濃度が低下したため、わずかに吸着したことが分かった。K は全体的にほとんど変化がなかった。Mg と Ca は pH が高いほど濃度が大きく減少した。

mg/L		P	K	Mg	Ca
余剰汚泥	全量濃度	360	104	80.9	79.4
	溶解性濃度	32.4	23.3	6.60	18.5
分離液	全量濃度	236	93.1	55.0	34.6
	溶解性濃度	231	65.4	51.5	32.8

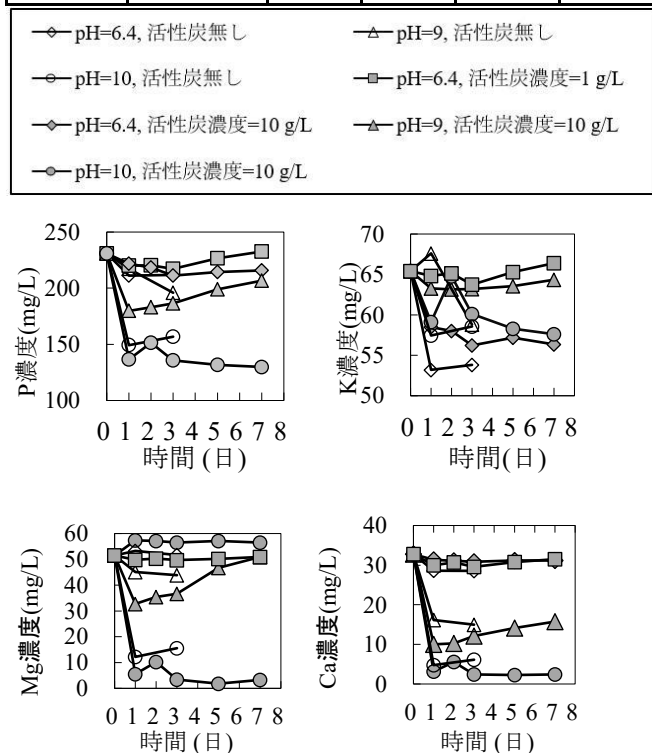


図-1 吸着実験における分離液の元素類の経時的変化

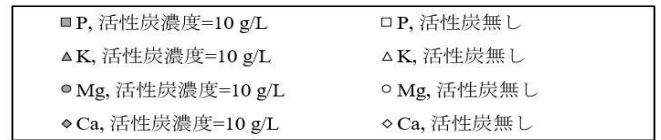


図-2 吸着実験における分離液の元素類の減少率

表-2 ED 前後の供給液と ED 後の濃縮液の元素類濃度

mg/L	P	K	Mg	Ca
ED 前供給液	204	86.8	49.9	26.0
ED 後供給液	4.0	10.6	0.8	0.1
ED 後濃縮液	333	105	4.00	-

少した。これは pH 調整に使用した NaOH が Mg 及び Ca と反応して $Mg(OH)_2$ 、 $Ca(OH)_2$ が生成されたためであると考えられる。活性炭を添加すると濃度がさらに低下した。図-2 には吸着実験における pH ごとの元素類の 1 日目と 3 日目の減少率(=(初期濃度-1 日目または 3 日目の濃度)/初期濃度)を示した。pH が高いほど、減少率が増加する傾向が見られた。

表-2 に ED 前後の供給液と ED 後の濃縮液の元素類濃度を示す。P と K は ED 後に供給液の濃度が減少し、濃縮液の濃度が増加していることから、ED により分離濃縮できることが分かった。Mg と Ca は供給液からの移動はできたものの、濃縮液の濃度が ED 前供給液よりも低いため、濃縮を確認できなかった。

4.まとめ

48 時間の無酸素培養によって余剰汚泥から元素類が溶出し、溶出率は P が 63.9%、K が 63.2%、Mg が 63.6%、Ca が 41.3%であった。吸着実験については、分離液の pH を 9 と 10 に調整した場合、P、Mg 及び Ca 濃度が低下し、活性炭濃度を 10 g/L に増やしたところ、元素類はわずかながら活性炭に吸着した。また、P と K のほとんどが電気透析によって供給液から取り除かれ、濃縮液に移動することが分かった。

謝辞：本研究の一部は、JSPS 二国間交流事業共同研究（JPJSBP120219202）の補助を受けて実施した。