

リン回収を目的とした汚泥処理過程での元素類の挙動調査に関する研究

岩手大学 学生会員 ○新留史也 高橋健太

正会員 石川奈緒 伊藤歩 海田輝之

(公財) 岩手県下水道公社 千田美和 佐藤卓

1.はじめに

本研究は下水処理場の汚泥処理過程で管内やタンクの壁面に付着し除去作業が必要となるリン酸マグネシウムアンモニウム(MAP)の生成の抑制法や、リン回収のための焼却灰へのリン移行率の向上手法の開発を最終目的としている。本報告では平成 24 年 9 月～平成 25 年 1 月の期間で、重力および機械濃縮汚泥、混合濃縮汚泥および消化汚泥について、リン、マグネシウム及びカルシウムなどの存在量を調査し、濃縮汚泥における元素類の負荷量や消化前後での元素類の収支について検討した。

2. 実験材料及び実験方法

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、流入水量日平均:108,641m³/日)より、重力濃縮汚泥、機械(遠心)濃縮汚泥、混合濃縮汚泥(消化前)、消化汚泥(消化後)の4種類を平成 24 年 9 月～平成 25 年 1 月まで1カ月ごとに採取した。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

採取した試料はクーラーボックスに保存し、実験室に持ち帰り、pHの測定、全固形物濃度測定のための乾燥(試料:約50g, 蒸発残留物:110℃, 24h, 強熱残留物:600℃, 1h)、元素類の全濃度分析の前処理のためのビーカーへの試料採取、溶解性濃度分析のための遠心分離(10,000rpm)と、ろ過(ろ紙の孔径:1μm)および元素類分析のための酸を用いた前処理を試料採取の当日中に行った。元素類(全濃度および溶解性濃度)の分析のための酸を用いた処理は、汚泥またはろ液を塩酸と硝酸による分解法(処理の最後に塩酸(1+1)を無添加)を用いて行った。前処理後の試料について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。汚泥性状を表-1に示す。

各汚泥の発生量は、処理場の月報を参考とし重力濃縮汚泥と機械濃縮汚泥については混合濃縮槽の各移送量、消化汚泥量については消化槽引抜量とした。元素類の収支を把握するために、汚泥中の元素存在量(負荷量)の計算に当たっては、日変化が非常に大きいことから、表-2に示す月当たりの汚泥発生量を用いて、以下の計算式により算出した。

$$\text{元素存在量[t/月]} = \text{元素濃度[mg/L (=g/m}^3\text{)]} \times \text{汚泥発生量[m}^3\text{/月]} \times 10^{-6}[\text{t/g}]$$

表-1 汚泥性状

項目	重力濃縮汚泥			機械濃縮汚泥			混合濃縮汚泥			消化汚泥		
	pH	TS	VS	pH	TS	VS	pH	TS	VS	pH	TS	VS
H24.9	4.7	36	27	6.4	36	22	5.1	32	27	7.8	19	14
10	4.5	31	28	6.4	41	30	5.1	32	30	7.6	12	12
11	5.3	48	34	6.5	43	32	5.6	39	30	7.5	15	11
12	5.3	44	36	6.4	44	33	5.6	40	34	7.6	14	10
H25.1	5.1	37	33	6.2	42	34	5.5	37	32	7.6	14	9

(単位: g/L)

表-2 汚泥発生量の概要(H24年9月～H24年12月)

項目	重力濃縮汚泥	機械濃縮汚泥	混合濃縮汚泥	消化汚泥
H24.9	11548	5570	18097	17796
10	11518	5475	17939	17400
11	8670	4542	13770	14057
12	8658	4868	14113	14581
平均	10099	5114	15980	15959

(単位: m³/月)

3. 実験結果及び考察

図-1は、各汚泥でのP及びMgの全濃度の月別変化を示している。縦軸が濃度(mg/l)、横軸が汚泥を採取した月を表記している。P及びMgの重量濃縮汚泥の5ヶ月間の平均は313mg/lと59mg/l、機械濃縮汚泥が1863mg/lと456mg/l、混合濃縮汚泥が904mg/lと216mg/l、消化汚泥が824mg/lと190mg/lである。全体的にみると、10月の濃度が他の月に比べ高いのが分かる(重力濃縮汚泥を除いて)。重力濃縮汚泥と機械濃縮汚泥でPとMgの濃度を比較してみると、機械濃縮汚泥の方が圧倒的に高いのが分かる。

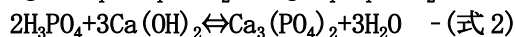
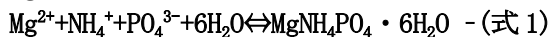
キーワード: リン、濃縮汚泥、リン酸マグネシウムアンモニウム(MAP)

連絡先: 岩手大学(盛岡市上田 4-3-5 TEL・FAX 019-621-644

図-2 は、H24 年 9 月～H24 年 12 月までの元素類の存在量(負荷量)の平均を元素別に示したものである。縦軸が存在量(t/月)、横軸が各採取箇所を表記している(※図中の「重力+機械」は重力濃縮汚泥と機械濃縮汚泥の元素量の計算上での合計を表す)。グラフ上のバーは、上限は5カ月間での最大値、下限は最小値を、平均値を中心として上下に示している。

図-2 より、MAP 形成の要因である P と Mg の濃縮汚泥中の存在量については、重力濃縮汚泥に比べて機械濃縮汚泥の方が高くなる結果となった。Mg は P と反応し MAP を形成する。そのため、MAP 形成の要因である Mg を汚泥から抽出し、MAP の形成を抑制するのであれば、Mg の存在量の高い機械濃縮前の余剰汚泥から行うのが望ましいと考えられる。一方、重力濃縮汚泥と機械濃縮汚泥の元素量の合計と混合濃縮汚泥の元素量との間で良好な収支が得られなかった。溶解性の P, Mg, Ca の存在量は混合濃縮汚泥で増加する傾向にあり、濃縮汚泥中の元素の一部が汚泥濃縮後から混合濃縮汚泥槽に移送される過程や、混合濃縮汚泥槽内で溶出したと考えられる。

混合濃縮汚泥と消化汚泥について全量を比較すると、消化前後で存在量の減少が見られる。以下より、Mg と Ca の減少量より P の減少量を推測する。



(式 1) は MAP ($\text{MgNH}_4\text{PO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) 生成の化学反応式であり、Mg と P がモル比 1 : 1 で反応している。(式 2) はリン酸カルシウム生成の化学反応式であり、Ca と P がモル比 3 : 2 で反応している。以上より、Ca と Mg の全量の減少モル量に対する計算上での P の減少モル量は、

$$\text{Mg(モル量)} + (2/3)\text{Ca(モル量)} = 22.1\text{kmol}$$

である。実際減少した P の mol 量は 42.6kmol であり、計算上での P の減少モル量と近い値となった。したがって、消化後の P 存在量の減少は、Mg や Ca と反応して生成されたリン酸化合物の沈殿物の一部が、消化タンク内に残存したためと考えられる。しかし、汚泥処理過程で消失している P の存在量は当浄化センターの試算によると年間約 70t であり、消化タンク内に残存したであろう P の存在量とは程遠い。したがって、大半の P が消化工程以降で消失していると推測される。そのため、今後は採取箇所を脱水の直前に移し、同じ調査を行う必要がある。

4. まとめ

本研究により機械濃縮汚泥での Mg の負荷量が高いことが分かり MAP 形成を抑制する方法として、機械濃縮汚泥の Mg 量と Ca 量を低減することが考えられる。一方、消化タンクでの MAP の残存は全体のリン存在量のごく一部であることが分かった。

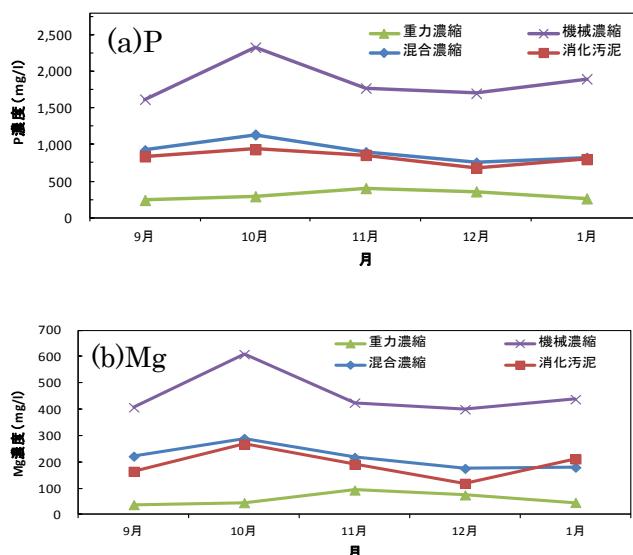


図-1 各汚泥での P 及び Mg の全濃度の月別変化

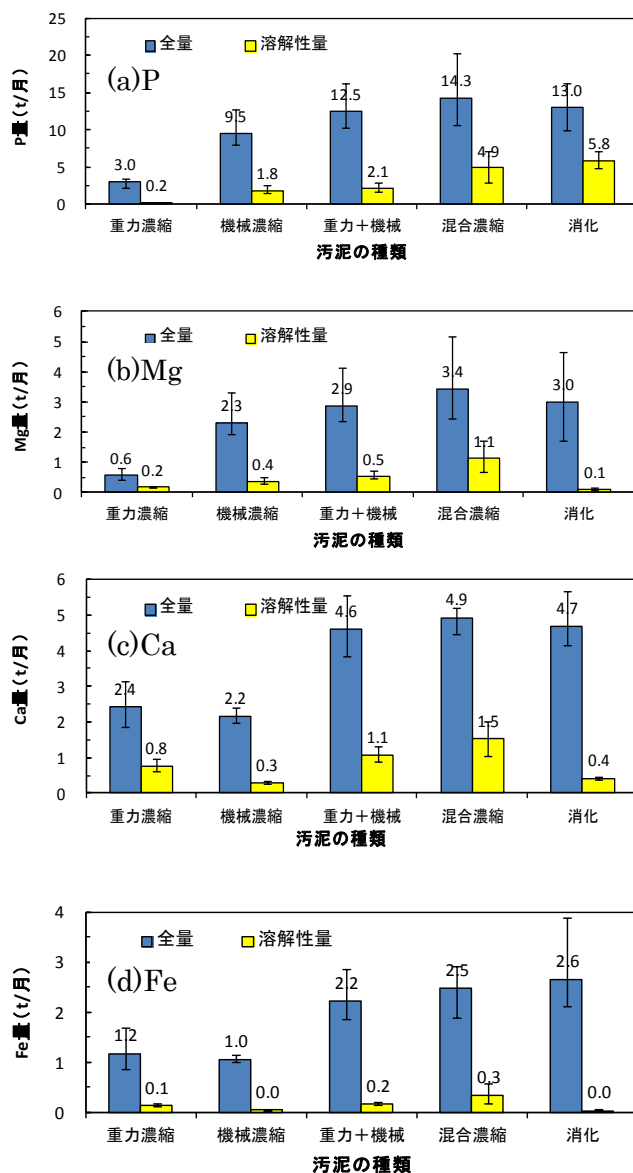


図-2 各元素の存在量