

N-3 肥料原料としての汚泥処理返流水

日本下水道事業団 福田寛允、荒井俊博、○佐々木稔
ユニチカ株式会社 岡田佐智子

1. はじめに

下水汚泥処理の工程において発生する返流水に、窒素やリンといった栄養塩や有機物等が高濃度に含まれていることは周知の事実である。また、そうした負荷のために、汚泥処理返流水が水処理に少なからぬ影響を与えることも知られている。汚泥処理返流水に含まれる栄養塩類等を、効率よく除去・回収する技術が開発されれば、栄養塩類の肥料としての有効利用が可能となり、同時に返流水による水処理過程への負荷の軽減も達成できる。そこで、返流水中に含まれているリン酸及びアンモニウムをリン酸アンモニウムマグネシウム（以下MAPと略記）の形態で回収除去する技術の開発に着手した。平成4年度は、処理場の返流水の実態調査と、実際の返流水を用いたジャーテストを行い、リン回収の可能性を検討した。

2. 基本原理

本法の基本原理は、アルカリ雰囲気でアンモニウムとリン酸イオンが存在する水溶液中に、マグネシウムイオンを添加すると、以下の化学反応式で示される反応によってMAP結晶が生成するというものである。



アルカリ雰囲気という条件は、このMAPの溶解度積Kが以下のような式で表現されるため、pHが高いほど結晶が生成しやすいという理由による。

$$K = [\text{Mg}^{2+}] [\text{NH}_4^+] [\text{HPO}_4^{2-}] [\text{OH}^-] \\ = 7.8 \times 10^{-15} \quad ((\text{mol/l})^4)$$

下水処理場の汚泥処理返流水、特に嫌気性消化工程以降のプロセスから発生する返流水には、リン酸イオンとアンモニウムイオンの両方が高濃度に含有されていると考えられるため、このMAP法を適用してリン酸及びアンモニウムの回収が可能であると考えられた。

3. 返流水の実態調査

研究の第1段階として、島根県の宍道湖東部浄化センターとS県F処理センターの2箇所の処理場で、発生している返流水の水質、含有しているリン・窒素等の濃度の調査を行った。その結果を表-1に示す。

表-1 返流水分析結果

処 理 場 名		宍道湖東部浄化センター		F 処理センター
試 料 名		余剰汚泥加圧浮上分離液	消化汚泥脱水ろ液	消化汚泥脱水ろ液
水 質 項 目	pH	6.6	7.4	7.8
	TOC	95.5	176	90.6
	T-N	74.8	398	103
	NH ₄ -N	37.2	189	82.4
	T-P	47.1	173	8.59
	PO ₄ -P	26.2	170	8.50

pH以外の濃度単位は全てmg/lである。またF処理センターでは、フロー上でS浄化センターの加圧浮上分離液に相当する余剰汚泥の重力濃縮分離液が採取できなかった。

両処理場とも汚泥処理工程に嫌気性消化槽を有しており、脱水ろ液は消化汚泥を脱水したろ液である。宍道湖東部浄化センターの場合にはステップ法等の生物学的脱窒脱リンを行っていることもあり、その脱水ろ液には高濃度のリン酸とアンモニアが含まれていた。また、標準活性汚泥法のF処理場の場合は、その汚泥処理返流水中のリン酸の濃度が比較的低かった。また、どちらの処理場の場合にもモル比に換算したリン酸とアンモニアの比率は、アンモニアがリン酸の数倍以上であり、MAP生成反応のリン酸とアンモニアのモル比1:1と比較して圧倒的にアンモニアが過剰であり、MAP法は返流水中からのリン酸除去には有効だが、アンモニア除去にはリン酸除去ほどは有効ではないことが判明した。また、両処理場の比較により、生物学的な高度処理を行っている処理場の方が、標準法の処理場よりもその返流水へのMAP法の適用できる可能性が高いことが判明した。

4. ジャーテスト

実際にリン酸及びアンモニアが高濃度に含まれていた宍道湖東部浄化センターの返流水を用いて、MAP法の原理が適用可能であることを確認するためのジャーテストを行った。試料としては、宍道湖東部浄化センターの汚泥処理工程から発生している、①初沈汚泥の重力濃縮分離液、②余剰汚泥の加圧浮上濃縮分離液、③消化汚泥の脱水ろ液を採取し、さらにそれらを平常運転時の流量比に応じて混合した試料④(①と③の混合物)、⑤(②+③)、⑥(①+②+③)を調製し、合計6種をジャーテストに使用した。ジャーテストは、ビーカーにとった各試料に、それぞれが含まれている $\text{PO}_4\text{-P}$ とモル比で等量となるだけのマグネシウムを塩化マグネシウム水溶液によって添加した後、水酸化ナトリウム水溶液でpHを9.0に調整し、攪拌してMAPを析出させるという方法で行った。静置後に採取した上澄み液をMAP法で処理した返流水とみなし、そのリン酸態リン濃度をMAP生成反応前と比較し、リン酸態リンをどれだけ回収できたかを算定した。テストは2回行い、その結果が以下の図-1、2及び表-2である。

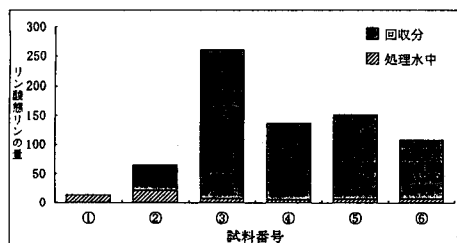


図-1 ジャーテスト結果 (第1回)

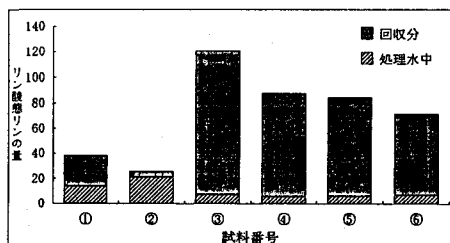


図-2 ジャーテスト結果 (第2回)

図-1、2の「リン酸態リンの量」は、返流水1あたりふくまれているリン酸態リンの重量(単位mg)であり、「回収分」と「処理水中」の合計が試料に含まれていた量で、「処理水中」がMAP法処理をした後の返流水中の量、回収分はその比較より算定した量である。

テストの結果、返流水中のリン酸態リンを回収できた割合を計算したものが、右の表-2である。これより明らかになったことは、リン酸及びアンモニアを高濃度に含んだ汚泥処理返流水、具体的に宍道湖東部浄化センターの場合、消化汚泥の脱水ろ液(試料③)やそれに他プロセスからの返流水を混合したもの(試料④～⑥)については、MAP法を適用することで、リン酸態リンの約90%以上の除去・回収が図れるということである。

5. 肥料としてのMAP

このMAPという物質には基本原理の項で説明した溶解度積が示しているように、中性～アルカリ性の領域では水に対する溶解度が低いという性質がある。この性質により、流入水中のマグネシウム濃度が高い処

表-2 リン酸態リン回収率

試料番号	第1回	第2回	平均
①	0.0%	71.1%	35.6%
②	67.7%	20.0%	43.9%
③	97.2%	94.0%	95.6%
④	95.9%	91.5%	93.7%
⑤	96.0%	90.4%	93.2%
⑥	93.9%	89.0%	91.5%

理場などでは、汚泥処理工程で汚泥から吐き出されたリン酸とマグネシウム、アンモニアがMAPのスケールを形成し、配管が閉塞するといったトラブルが起きた例もある。ところが、このMAPはクエン酸には非常によく溶解するという性質も有している。そのため、これを肥料として施用した場合には、降雨によっては流亡しにくく、しかも植物にとってはリン・窒素源として利用可能であるという特徴を備えていることになる。MAPは単独又は従来のリン肥料と混合して施用することで、高品位のリン肥料になると考えられている。

6. まとめと今後の展開

平成4年度の調査により、下水及び汚泥の処理法によっては100mg/lオーダーのリン酸やアンモニアが含まれていること、そしてそのリン酸を回収・除去する方法としてMAP法が有望であることが判明した。これによって、汚泥処理返流水にMAP法を適用することで、リンの返流負荷を大幅に削減できるだけでなく、返流水そのものが有望な肥料原料となり得るという知見を得た。

この結果を踏まえて、平成5年度には既に前出の宍道湖東部浄化センターに、下の図-3に示すフローの実証実験プラントを設置し、実プラントの返流水を用いた実証実験を開始している。

最後に、調査研究に御協力を頂いた島根県宍道湖東部浄化センターとそのスタッフに、深く感謝の意を表明します。

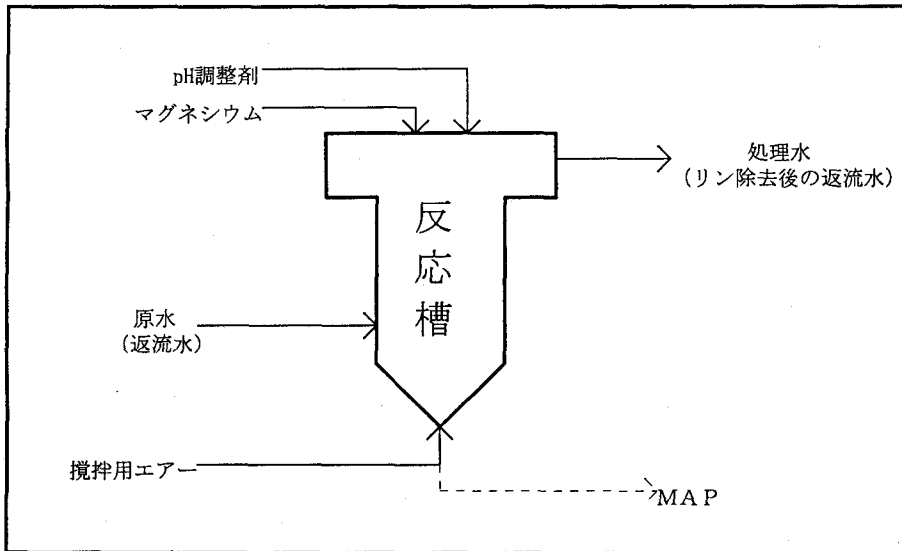


図-3 実証実験プラントのフロー図

参考文献

- 1) 津野洋、宗宮功、吉野正章、”消化槽脱離液からのストラバイトの回収に関する研究、土木学会第45回年次学術講演集(1990)