活性汚泥から抽出したポリリン酸の MAP 法への適用

道財 健斗¹・久場 隆広²

¹学生会員 九州大学大学院工学府都市環境システム工学専攻 (〒819-0395 福岡市西区元岡 744 番地)

E-mail: k.dousai2626@gmail.com

²正会員 九州大学大学院工学研究院環境社会部門 (〒819-0395 福岡市西区元岡 744 番地)

E-mail: kuba@civil.kyushu-u.ac.jp

近年のリン鉱石の輸入価格高騰や輸入量減少により、下水処理場からのリン資源回収に注目が集まっている。その技術の一つである MAP 法は、リンを高効率に回収し、その回収物を化成肥料として販売できる優れた方法であるが、多量のマグネシウム薬剤の添加が必要となることから、コストの高さが問題となっている。本研究では、HEATPHOS 法を適用し、ポリリン酸から MAP を形成することによるマグネシウム添加量削減の可能性を評価した。活性汚泥を 70℃ 80 分加熱することにより抽出させたポリリン酸を多量に含有する溶液に MAP 法を適用した結果、ポリリン酸から MAP を形成することが可能であることが確認された。その形成に要した Mg 量はリン酸イオンを多量に含有する溶液に比べ、約 1/2 となり、ポリリン酸によるマグネシウム薬剤添加量削減が可能であることが明らかとなった。また、両溶液のリン回収率について比較したところ、ポリリン酸多量の溶液が 7.4% 大きい値を示した。

Key Words: activated sludge, phosphorus recovery, MAP, HEATPHOS method, polyphosphate

1. はじめに

世界的なリン鉱石の枯渇と主要リン産出国の輸入制限により、リン鉱石非産出国ではその輸入価格の高騰と輸入量の減少が問題となっている。今後、人口増加等によりリンの需要はさらに高まるとされていることから、環境中に排出されているリン資源の回収・再資源化が求められている。

横山ら¹⁾が示した日本国内におけるリンのマテリアルフローによると、リン資源は下水処理場の活性汚泥内や製鋼業におけるスラグに集約されている。よって、この 2 か所からリンを回収することが効率的であり、有効な手段と言える。本研究では、下水処理場の活性汚泥に注目した。

下水中のリン除去を行う高度処理の一つである嫌気-好気法では、活性汚泥がリンを蓄積し、その汚泥を引き抜くことによってリン除去を達成している。この活性汚泥からリンを抽出させ、金属塩を生成させることによってリン資源を回収する方法が多く開発されている。そのうちの一つが MAP 法である。

MAP 法は、消化脱離液のような高濃度のリン酸イオンを含む排水において、マグネシウムイオンとア

ンモニウムイオンを反応させ、リン酸マグネシウムアンモニウム六水和物を形成させる技術である。嫌気-好気法を採用する下水処理場に組み込みやすく、アンモニウムイオンの同時除去が可能である。また、回収物をリン、窒素、マグネシウムを含んだ化成肥料として販売可能、といった長所を持つ。しかし、必要な薬品量が多く、用途が肥料に限られること等により、回収物の製造価格と販売価格が釣り合わない、といった短所も持ち合わせている。特に、処理工程で必要となるマグネシウム源の塩化マグネシウムによるコストは大きな問題である。萩野ら²⁾によると、2005 年時における MAP の引き取り価格は 0~28 円/kg であるが、1kg の MAP を生産するのに必要な塩化マグネシウムのコストは 53 円程度となっている。

本研究では、MAP 法におけるマグネシウム薬剤の添加量削減のため、HEATPHOS 法³⁾に注目した。HEATPHOS 法は、汚泥を加熱処理することでポリリン酸を抽出させ、その上澄み液に塩化カルシウムを添加することでリン酸カルシウムを形成させる技術である。従来の HAP 法のようにリン酸イオンから形成する場合に比べ、必要な塩化カルシウム添加量

の削減が可能である。このことから、MAP の形成に関して、リン酸イオンからではなくポリリン酸から形成することによって、HEATPHOS 法と同様に必要なマグネシウム薬剤の削減が可能なのではないか、と考えた。

本研究では、リン-マグネシウム（以降、Mg）-アンモニウムイオン（以降、 NH_4^+ ）からなる結晶物を総じて MAP と呼称する。従来の MAP 法に上述した HEATPHOS 法を適用して、コストの点で問題となっているマグネシウム薬剤の削減を目標とし、ポリリン酸から MAP 生成が可能であるか、またリン酸イオンから生成するものと比較して、形成に必要な Mg 量にどの程度の差が生まれるか検討することを目的とした。

ポリリン酸とリン酸イオンの MAP 形成能を比較するため、ポリリン酸態リン（以降、Poly-P）の割合が大きい溶液とリン酸イオン態リン（以降、Pi）の割合が大きい溶液の 2 つに対して MAP を形成させ、MAP 形成後の溶液に残留する全リン（以降、T-P）、Mg 濃度を測定した。

2. 方法

(1) 試料採取・前処理

本研究では試料として、嫌気-好気法を採用している下水処理場の好気槽最後段の活性汚泥を用いた。MLSS は約 1500mg/L に維持されている。その活性汚泥を 1L のポリプロピレン製ビンに採取した後、実験室への運搬に約 1 時間を要した。ビン内は嫌気状態となっているため、活性汚泥は多量のリンを液中に放出する。活性汚泥がリンを体内に蓄積した状態となるよう、60 分間曝気した。20 分静置し浮遊物を沈殿させ、サイフォンを用いて上澄みを分離し、MLSS が約 3000mg/L となるよう、2 倍程度に濃縮した。

以下に示す実験 I-IV は、各 4 サンプル、実験回数 1 回である。

(2) 実験 I: リン収支と加熱処理時間の検討

実験 I では、活性汚泥の適切な加熱処理時間を検討するため、各加熱処理時間における上澄み液の Pi 濃度と Poly-P 濃度を測定した。また、処理前後のリン収支を確認するために、加熱処理前後の汚泥内 T-P 濃度と加熱処理後の上澄み液 T-P 濃度を測定した。

加熱処理前の汚泥内 T-P は、下水試験方法（上巻）-1997 年版⁻⁴⁾に従い、乾式灰化法で前処理を行い、

モリブデン青吸光光度法を用いて測定した。

加熱処理前の汚泥内 T-P 以外の項目は、全て加熱処理後の試料を対象としている。（1）で濃縮した汚泥 10mL を共栓試験管にとり、70℃の恒温槽に入れて加熱した。加熱処理時間は、0 分、20 分、40 分、60 分、80 分、100 分に設定した。設定した加熱処理時間に到達した後、即座に流水で冷却し、上澄み液中のポリリン酸の加水分解を防止した。処理水が十分に低温となった後、プラスチック製遠心管に移し、3500rpm で 5 分間遠心分離した。下水試験方法（上巻）-1997 年版⁻⁴⁾に従い、分離した上澄み液内 Pi、Poly-P、T-P 濃度を測定し、分離した汚泥については、T-P を測定した。

(3) 実験 II: 2 種類の加熱処理水の準備

実験 II では、活性汚泥からポリリン酸が多量に抽出するよう適切な時間で加熱した処理水（以降、Poly-P 溶液と呼ぶ）と、ポリリン酸をリン酸イオンに加水分解するため活性汚泥の加熱時間を 300 分と長くした処理水（以降、Pi 溶液と呼ぶ）の 2 種類について、Pi、Poly-P、T-P、アンモニア性窒素（以降、 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ ）、Mg、Ca の濃度を測定し、それらの結果からアンモニウム薬剤とマグネシウム薬剤の適切な添加量を検討した。

Pi、Poly-P、T-P 濃度については下水試験方法（上巻）-1997 年版⁻⁴⁾に従ってモリブデン青吸光光度法を用いて測定し、 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 濃度については衛生試験法・注解（2005）⁵⁾に従いインドフェノール法を用いて測定した。Mg、Ca 濃度については下水試験方法（下巻）-1997 年版⁻⁶⁾に従って前処理を行い、ICP 発光分光分析装置（PerkinElmer, Optima5300DV）を用いて測定した。

(4) 実験 III: 生成物の検証

実験 III では、Poly-P 溶液に硫酸マグネシウム溶液、塩化アンモニウム溶液を添加し、弱アルカリ条件（pH9.5）に調整することで、ポリリン酸から MAP が形成されるか検証することを目的とした。

Poly-P 溶液 10mL を試験管にとり、硫酸マグネシウム溶液（50mM）1mL と塩化アンモニウム溶液（100mM）1mL を添加した。その溶液で MAP 形成が促進されるように pH を 9.5 に調整するため、薬剤添加後の Poly-P 溶液に NaOH 溶液（40g/L）を 1 滴（0.05mL）ずつ滴下し、pH メーターを用いて pH を測定した。本実験における Poly-P 溶液の初期 pH は約 4.8 であり、おおよそ pH9.5 となるまでに 5 滴の水酸化ナトリウム溶液を要した。pH 調整が完了した時点から、90 分間静置した。その後、溶液中に沈

図-1 活性汚泥の各加熱処理時間における Pi と Poly-P の抽出量

表-1 80 分加熱処理水 (Poly-P 溶液) の加熱前後汚泥内 T-P と加熱後上澄み液内 Pi, Poly-P, T-P 濃度

測定項目	mgP/L
加熱前汚泥内T-P	126.5
加熱後汚泥内T-P+上澄み液内T-P	118.9
加熱後汚泥内T-P	27.2
Pi	29.5
加熱後上澄み液内 Poly-P	56.2
T-P	91.7

表-2 Poly-P 溶液, Pi 溶液中の各成分の濃度 (mg/L)

測定項目	Poly-P溶液	Pi溶液
T-P	91.7	105.8
Pi	29.5	81.0
Poly-P	56.2	17.6
その他のリン	6.0	7.2
NH ₄ ⁺ -N	44.5	65.9
Mg	14.8	15.1
Ca	9.1	8.4

殿した固形物をスライドガラスにとり、光学顕微鏡で観察した。また、0.1 μ m メンブレンフィルターを用いてシリンジでろ過し、そのろ液中の Pi, Poly-P, T-P, Mg, NH₄⁺-N 濃度を測定した。各濃度の測定は実験Ⅱの方法と同様である。

(5) 実験Ⅳ:T-P 回収率・Mg 回収量の測定

実験Ⅳは、ポリリン酸の MAP 形成能をリン酸イオンの形成能与比較することを目的とした。Poly-P 溶液と Pi 溶液で MAP を形成させ、溶液に残留する T-P, Mg 濃度を測定することで、T-P 回収率, Mg 回収量を求め、比較した。各濃度の測定は実験Ⅱの方

法と同様である。

また、本研究の目的はマグネシウム薬剤添加量削減の検討であるため、Mg と同様に MAP の構成要素の一つである NH₄⁺については考察を行っていない。

3. 実験結果

(1) 加熱処理時間とポリリン酸抽出量の関係

0~100 分の各活性汚泥加熱処理時間における Pi, Poly-P の抽出量 (実験Ⅰ) を図-1 に示す。

図-1 より、加熱処理時間が増加するごとに、Pi, Poly-P とともに抽出量は増加する傾向が見られた。Pi に関しては、40 分以上では抽出量が約 30 mg/L でほぼ横ばいとなったが、Poly-P は 40 分以降も増加を続け、80 分付近で最大を示した。80 分以降では Poly-P 抽出量の減少が確認された。よって、本研究で用いる活性汚泥に対しては、ポリリン酸量が最大となる適切な加熱処理時間を 80 分とした。

また、加熱処理前の汚泥内 T-P, 加熱処理後の汚泥内 T-P, 加熱処理後の上澄み液内 Pi, Poly-P, T-P 濃度を表-1 にまとめる。

表-1 より、本実験における加熱前後のリン収支は 94.0% であり、概ね取れていた。また、活性汚泥から抽出された T-P に対する Poly-P の抽出率は約 61.3%、Pi の抽出率は約 32.2% であった。残りの約 6.5% は、有機態リンなどのその他のリンで構成されていると考えられる。

(2) 薬剤添加量の検討

Poly-P 溶液, Pi 溶液中の Pi, Poly-P, T-P, NH₄⁺-N, Mg, Ca 濃度を測定した結果 (実験Ⅱ) を表-2 に示す。

それぞれの溶液の Pi, Poly-P の抽出量を見ると、Poly-P 溶液に比べ、Pi 溶液は Pi の割合が大きい。前述した Poly-P 溶液の T-P に対する Pi, Poly-P の割合と比較して、Pi 溶液の T-P に対する Pi の割合は 76.6%、Poly-P は 16.6% であり、Poly-P の割合には、3 倍程度の差がある。また、MAP 形成に影響を与える要素として、Ca による HAP 形成が挙げられるが、各溶液中の Ca 濃度は T-P に比べて 1/10 以下と小さく、HAP 形成は進行しないと考えられる。以上のことから、リン酸イオンとポリリン酸の MAP 形成能の比較を行うことが可能と判断した。

勝浦ら⁷⁾は、Pi 濃度が 100mg/L である場合、MAP 生成によるリン回収は、NH₄⁺-N/Pi モル比 2.2 以上、Mg/Pi モル比 1.3 以上で存在することが好ましいとしている。また、NH₄⁺-N と Mg は、上の条件より過

表-3 薬剤添加後の各溶液の T-P に対する $\text{NH}_4^+\text{-N}$, Mg のモル比

	成分項目	モル比
Poly-P溶液	T-P	1
	$\text{NH}_4^+\text{-N}$	4.45
	Mg	1.89
Pi溶液	T-P	1
	$\text{NH}_4^+\text{-N}$	4.31
	Mg	1.65

図-2 Poly-P 溶液で生成された結晶物

図-3 結晶物生成前後の Poly-P 溶液中 T-P, Mg, $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 濃度

剰に存在していても MAP 形成に変化はないことが分かっているため、その条件より過剰に添加することとした。検討の結果、加熱処理水 10mL に対して、100mM 塩化アンモニウム溶液を 1mL、50mM 硫酸マグネシウム溶液を 1mL 添加することとした。薬剤

図-4 各溶液における回収 T-P と残留 T-P の割合

添加後の各溶液 12mL の T-P, $\text{NH}_4^+\text{-N}$, Mg について、T-P を 1 としたときのモル比を表-3 に示す。

(3) 生成された結晶物の観察と結晶物生成後の成分濃度測定

Poly-P 溶液に各薬剤を添加し、pH9.5 に調製した溶液を静置したところ、わずか 3 分程度で白いフロック状の沈殿物が確認された（実験Ⅲ）。

生成された沈殿物を光学顕微鏡で観察した結果、図-2 のとおり、微小な数個の結晶物が積層した結晶体を確認された。

結晶物生成前後の Poly-P 溶液に含まれる T-P, $\text{NH}_4^+\text{-N}$, Mg 濃度を図-3 に示す。図-3 から、結晶物生成により T-P, Mg, $\text{NH}_4^+\text{-N}$ すべてにおいて濃度が顕著に減少していることが確認された。

また、Poly-P 溶液について、MAP 形成により回収されたリンの形態別割合は、Pi が 9.6%、Poly-P が 90.4% であり、Poly-P が非常に優先した結果となった。

(4) リン回収量の比較

Poly-P 溶液と Pi 溶液における回収 T-P と残留 T-P の割合を図-4 に示す（実験Ⅳ）。両者の回収率には 7.4% の差があり、Poly-P 溶液が Pi 溶液に比べ、よりリン回収量が大い、という結果が示された。

(5) Mg 回収量の比較

各溶液の回収 T-P に対する回収 Mg のモル比を図-5 に示す。図-5 より、MAP 形成に要した Mg 量は Poly-P 溶液が Pi 溶液に対して約 1/2 という結果となった。

図-5 各溶液の回収 T-P に対する回収 Mg のモル比

4. 考察

(1) 汚泥の加熱処理によるリン抽出についての考察

Kuroda ら³⁾の示す活性汚泥の加熱処理によるポリリン酸抽出の実験結果では、MLSS が 2500-3200mg/L の活性汚泥 25mL を 70℃ で加熱した場合、60-80 分でポリリン酸抽出量が最大に達し、Pi が約 20mL、Poly-P が約 80mL 抽出された、としている。本実験と比較すると、最大を示す加熱時間や抽出量の増加傾向はほぼ同様である。Poly-P に対する Pi の割合に差異が生じているが、Kuroda らが用いた活性汚泥は人工的な下水を用いた実験室内の循環システムに 1 か月以上投入されたものであるのに対し、本実験では実際に運転している下水処理場の好気槽最後段の活性汚泥を用いたため、それぞれの活性汚泥が保持しているリン酸イオンとポリリン酸の量に差異がある、と考えられる。そのため各抽出量に差が生まれたものと考察する。

(2) MAP 生成の確認

Poly-P 溶液に薬剤を添加し、pH を 9.5 に調整したところ、わずか 3 分程度で沈殿物が生じたが、勝浦ら⁷⁾は、MAP の生成反応は、1~2 分の瞬時に起こるとしており、この現象は記述と一致する。MAP 結晶は、反応直後においては針状をしており、時間が経過するにつれて、結晶表面に新たな結晶が積層していくが、図-2 からその様子が見られている。

Poly-P 溶液に硫酸マグネシウム溶液と塩化アンモニウム溶液を添加せず、pH を 9.5 に調整したところ、溶液中に固形物は生成されず、図-2 のような結晶物も確認できなかった。そのため、この結晶物は硫酸マグネシウム溶液と塩化アンモニウム溶液の添加によって生成されたものである、と結論づけられる。Mg と NH_4^+ が過剰に存在することによって生成される結晶物は、MAP 以外では考え難い。Mg は強

アルカリ条件下で水酸化マグネシウム ($\text{Mg}(\text{OH})_2$) を形成するが、これは無色のコロイド状沈殿物であり、pH9.5 の弱アルカリ条件下で生成される物質ではないため、本実験で確認されたものとは異なる。活性汚泥を加熱処理した後の上澄み液には種々雑多な成分が含まれていると推測されるが、多量の沈殿物が生成されるには、その沈殿物を構成している成分が高濃度に存在している必要がある。Poly-P 溶液中に高濃度で存在し、なおかつ結晶物の構成因子となりうる元素はリンの他には無い、と考える。以上のことから、形成された結晶物は MAP である可能性が高い。

加えて図-3 より、結晶物の形成によって T-P、 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 、Mg のすべてにおいて濃度の減少が確認された。MAP の構成因子である 3 要素が顕著に減少していること、さらに図-2 の結晶物の形状から、本実験によって形成されたのは MAP である、と判断できる。

(3) リン回収率の向上とその利点

図-4 より、Poly-P 溶液と Pi 溶液のリン回収率には 7.4% の差が生じた。MAP 形成によるリン回収率がリン酸イオン、ポリリン酸というリンの形態による影響を受けないと仮定すると、表-2 より Pi 溶液の T-P 濃度が Poly-P 溶液より高いため、Pi 溶液の方がリン回収率は高くなる、と考えられる。しかし実験 IV より、Poly-P 溶液の方がリン回収率の高い結果となったため、この 7.4% という差は有意なものであり、活性汚泥内のリンをリン酸イオンでなくポリリン酸として抽出させた方がリン回収率という点では有利である、と考察する。

リン回収物を肥料として生産していくことを考えると、より安定した製造が必要となることから、リン回収率を向上させ、リン回収物を大量に生成することは重要である。また、リン回収率の向上は、下水処理過程への返流水によるリン負荷を低減することが可能となる。以上のことから、ポリリン酸から MAP を形成することは従来の方法に比べ大きなメリットとなる。

(4) Mg 回収量減少についての考察

図-5 より、各溶液の回収 T-P に対する回収 Mg のモル比は、Poly-P 溶液が 0.77、Pi 溶液が 1.56 である。Poly-P 溶液は Pi 溶液の約 1/2 の Mg 回収量となっており、ポリリン酸からの MAP 形成による Mg 回収量はリン酸イオンを大きく下回るものである、と結論付けられる。

HEATPHOS 法によって形成されたリン酸カルシ

ウムの組成比では、カルシウム量が少ないことが報告されている⁸⁾。本実験の結果から、MAP 形成の場合でもポリリン酸を用いることで、マグネシウム薬剤の添加量を削減することが可能だと言える。その理由として、リンがポリリン酸の状態で Mg, NH_4^+ と結合した場合の MAP の組成比が、リン酸イオンから結晶化された MAP と異なることが考えられる。通常、MAP はリン酸イオン、Mg, NH_4^+ がそれぞれ等モルずつ反応して形成される。それと同様に、ポリリン酸がポリマー構造を有したまま Mg, NH_4^+ と等モルで反応した場合、MAP1 分子当たりの P/Mg モル比が小さくなり、回収される Mg 量は減少することが考えられる。本研究では、ポリリン酸がポリマー構造を有したまま MAP を形成しているか、という点について明確に出来ておらず、今後結晶物の構造や組成比について分析する必要があるが、各溶液における Mg 回収量の比較から、ポリリン酸が分解されることなく MAP を形成している可能性が高い。さらに、結晶物の形成により回収された T-P 中、Pi と Poly-P の割合を測定すると、約 9 割が Poly-P であった。Poly-P の減少量が大いことから、ポリリン酸のポリマー構造が崩壊することなく MAP を形成したことが考えられる。

ポリリン酸から形成した場合の Mg 回収量が少ないことが確認されたため、活性汚泥からのポリリン酸抽出率をさらに引き上げることによって、MAP 法のコスト削減に多大な効果を得ることが出来る、と考えられる。実験Ⅰにおけるポリリン酸抽出率は約 60% で、残りの約 40% はリン酸イオンあるいはその他のリンの形態をとっている。活性汚泥内の多くの微生物は、ATP (アデノシン三リン酸) を利用してポリリン酸を合成する酵素を持ち⁸⁾、その酵素の働きによって体内に取り込んだリン酸イオンはほぼ全てポリリン酸となっている。そのため、加熱処理の方法次第では、さらに多量のリンをポリリン酸として抽出することができる可能性もある。そうすることで、さらなるマグネシウム薬剤の削減を図ることが出来る。また、これはリン回収率の向上についても同様のことが言える。

5. 結論

活性汚泥から抽出したポリリン酸に MAP 法を適用した場合の MAP 形成能を実験的に検討し、以下の結論を得た。

薬剤添加によって白いフロック状の沈殿物が生じた。形成物を光学顕微鏡で観察したところ、多数の結晶物が確認された。また、MAP 形成後に加熱処理水に残留する T-P, $\text{NH}_4^+\text{-N}$, Mg 濃度を測定した結果、顕著な減少が全ての成分で生じていたため、結晶物は MAP であると判断した。その MAP がポリリン酸から形成されたものであるかを調べるため、各溶液に残留する Pi, Poly-P 濃度を測定し、MAP 形成前の濃度と比較した結果、Poly-P の大幅な減少が確認された。そのため、ポリリン酸からの MAP 形成が可能であることが明らかとなった。

ポリリン酸の MAP 形成能を評価するため、リン酸イオンの割合が多い溶液とポリリン酸の割合が多い溶液の T-P 回収率、Mg 回収量を比較したところ、ポリリン酸の割合が多い溶液の方が T-P 回収率が約 7% 高く、Mg 回収量が 1/2 程度少ない結果となった。そのため、活性汚泥からポリリン酸を抽出することは、リン回収率を向上させ、マグネシウム薬剤の添加量削減に有効である、と結論付けられた。

参考文献

- 1) 横山一代, 久保裕也, 森一広, 岡田秀彦, 竹内秀次, 長坂徹也: 強磁場を利用した製鋼スラグからのリンの分離回収, 鉄と鋼, Vol. 92, No. 11, pp. 683-689, 2006
- 2) 萩野隆生, 平島剛: 下水汚泥からのリン回収プロセスの開発, 環境資源工学, Vol. 52, No. 4, pp. 172-182, 2005
- 3) Kuroda, A., Takiguchi, N., Gotanda, T., Nomura, K., Kato, J., Ikeda, T., Ohtake, H. : A Simple Method to Release Polyphosphate from Activated Sludge for Phosphorus Reuse and Recycling, BIOTECHNOLOGY AND BIOENGINEERING, Vol. 78, No. 3, 2002
- 4) (社)日本下水道協会: 下水試験方法(上巻), pp. 191-199, 1997 年改訂版
- 5) 日本薬学会: 衛生試験法・注解(2005), pp. 720-721, 金原出版, 2005
- 6) (社)日本下水道協会: 下水試験方法(下巻), pp. 215-216, 1997 年改訂版
- 7) 勝浦英雄, 上野泰功: 下水からのリン資源回収システム造粒脱リンプロセス, 環境技術, Vol. 27, No. 6, pp. 3-8, 1998
- 8) 黒田章夫, 滝口昇, 加藤純一, 大竹久夫: リン資源枯渇の危機予測とそれに対応したリン有効利用技術開発, 環境バイオテクノロジー学会誌, Vol. 4, No. 2, pp. 87-94, 2005

(2015. 5. 22 受付)

POLYPHOSPHATE RECOVERY FROM SEWAGE SLUDGE AS MAGNESIUM AMMONIUM PHOSPHATE AND ITS FORMING ABILITY

Kento DOUSAI, Takahiro KUBA

Several processes for effectively recovering phosphorus have been developed because of its shortage crisis all over the world and serious environmental problems like eutrophication which was attributed to the excess discharge of phosphate compounds. In enhanced biological phosphorus removal processes, activated sludge microorganisms accumulate large quantities of polyphosphate (Poly-P), e. g., under anaerobic-aerobic conditions in wastewater treatment plants. Most of the Poly-P can be released from activated sludge simply by heating it at 70°C for about 1.5h, i. e., 'HEATPHOS' method. Generally, magnesium ammonium phosphate (MAP) which is one of phosphorus recovery materials is crystallized from not Poly-P but orthophosphate (Pi). The purpose of this study is to identify whether the released Poly-P can be crystallized as MAP and to evaluate its forming ability. MgSO₄ and NH₄Cl were added into the supernatant liquid of activated sludge heated at the above-mentioned conditions. Then the amount of Pi, Poly-P, total phosphorus, ammonium-nitrogen, and magnesium contained in the supernatant liquid was measured. The results were as follows. (1) Approximately 47% of the total phosphorus in the heated supernatant liquid was recovered as MAP at pH9.5. In the case of the liquid containing Poly-P, the recovery rate of phosphorus was higher than 'Pi processes' that MAP is crystallized from Pi. (2) The precipitate which was formed from Poly-P contained less Mg than MAP which is recovered by 'Pi processes'. In conclusion, the phosphorus in activated sludge can be more effectively recovered by crystallizing MAP from Poly-P.