



| | |
|------------------|---|
| Title | 2槽式流動層MAPリアクターによる高効率りん回収方法の開発 |
| Author(s) | 島村, 和彰; 石川, 英之; 沢井, 賢司; 田中, 俊博 |
| Citation | 衛生工学シンポジウム論文集, 11, 103-106 |
| Issue Date | 2003-10-31 |
| Doc URL | http://hdl.handle.net/2115/7056 |
| Type | bulletin (article) |
| Note | 第11回衛生工学シンポジウム（平成15年11月6日（木）-11月7日（金）北海道大学学術交流会館）. 一般セッション . 2 水処理 . 2-2 |
| File Information | 11-2-2_p103-106.pdf |



[Instructions for use](#)

2-2 2槽式流動層 MAP リアクターによる高効率りん回収方法の開発

島村和彰、石川英之、沢井賢司、田中俊博 ((株)荏原製作所)

1. はじめに

嫌気性消化槽の脱離液からりんを回収する方法として、MAP (りん酸マグネシウムアンモニウム) 法がある。流動層リアクターを用いた MAP 法は、リアクター内で流動している MAP 結晶表面で新たな MAP を析出させることで、反応と固液分離を一緒に行うことができる長所がある。しかし、1槽式のリアクターでは、リアクター内の MAP 粒径は処理過程で肥大化し反応表面積の減少及び流動状態が不十分となり、りんの回収率が低下するという問題があった。筆者らは、従来以上の処理性能を得るために、長期安定して高回収率を維持することを目的とした2槽式のリアクターを考案し開発を進めてきた。2槽式リアクターはメインリアクターとサブリアクターからなり、サブリアクターで生成した種晶を適時メインリアクターに供給することで粒径を平準化できる。

また、MAP を生成させるには、少なくともりんと当量のマグネシウムが必要であり、マグネシウム塩の薬品コスト低減は必須である。

今回、安価な水酸化マグネシウムの適用性を検討すると共に、パイロットプラントで2槽式リアクターの実証試験を行った。以下、結果について報告する。

2. 実験方法

2-1. 水酸化マグネシウム適用性の検討

2-1-1. 概要

水酸化マグネシウムの適用性について検討を行った。実験は実験 A と実験 B の2ケースとした。実験 A は水酸化マグネシウム単独、実験 B は水酸化マグネシウムと pH 調整用の硫酸を併用した。両実験のりん回収率を比較した。なお、りん回収率は (a) 式で算出し、計算式は表 5 にまとめる。

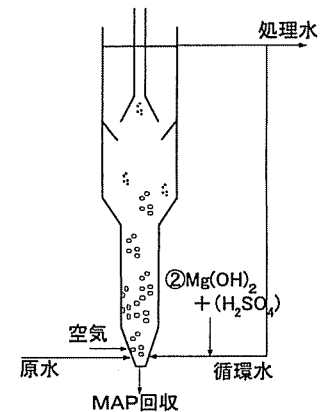


図1 1槽式リアクター

2-1-2. 実験方法と条件

原水は嫌気性消化の脱離液とした。実験は図 1 に示すような1槽式のリアクターで行った。リアクターに予め生成した粒径約 0.5~1.0mm の種晶を充填した。原水及び循環水は、リアクター底部から上向流で通水した。処理水は、上部から流出させ処理水の一部を循環水とした。実験 A では、水酸化マグネシウムを循環水に添加した。実験 B では水酸化マグネシウムを循環水に添加すると共に更に硫酸を添加した。硫酸の添加は、循環水の pH が 8.2 となるように調整した。

実験条件を表 1 に示すいずれの実験も、りん容積負荷は約 23kg/(m³·d) で一定とした。りん容積負荷を (b) 式に示す。原水 T-P は約 300mg/L であった。

表1 実験条件

| 実験番号 | 実験A | 実験B |
|-----------------------------------|------|------|
| <原水の性状と反応条件> | | |
| 原水T-P (mg/L) | 281 | 276 |
| 原水NH ₄ -N (mg/L) | 1030 | 1040 |
| 反応pH (-) | 8.8 | 8.1 |
| Mg/P重量比 (-) | 1.0 | 1.3 |
| <メインリアクター> | | |
| りん容積負荷 (kg-P/(m ³ ·d)) | 23 | 20 |
| 流量 原水 (m ³ /hr) | 2.8 | 2.5 |
| 流量 循環水 (m ³ /hr) | 12.4 | 12.5 |
| MAP静置高 (m) | 2 | 2 |

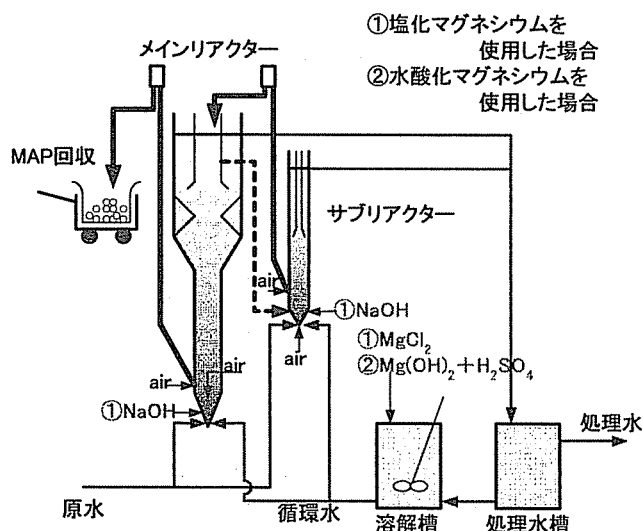


図2 パイロットプラント

表2 装置仕様

| メインリアクター | 反応部 | 直径 (cm) | 35 |
|----------|---------|---------|-----|
| | | 高さ (m) | 2.2 |
| メインリアクター | 沈殿部 | 直径 (cm) | 80 |
| | | 高さ (m) | 1.8 |
| | エアリフト管 | 直径 (cm) | 6.5 |
| | | 水深 (m) | 2.4 |
| | 揚程 (m) | 0.5 | |
| サブリアクター | 反応部 | 直径 (cm) | 25 |
| | (含む沈殿部) | 高さ (m) | 2.4 |
| | エアリフト管 | 直径 (cm) | 4.0 |
| | | 水深 (m) | 1.7 |
| | 揚程 (m) | 1.0 | |

2-2. パイロットプラント実験

2-2-1. 概要

処理量 20m³/d の 2 槽式リアクターのパイロットプラントを M センターに設置し実証試験を行った。実験は実験 1 と実験 2 の 2 ケースとした。実験 1 はマグネシウム源に塩化マグネシウムを用い、実験 2 は水酸化マグネシウムを用いた。

2-2-2. 実験方法と条件

原水は同様に嫌気性消化の脱離液とした。2 槽式リアクターの概略図を図 2、装置仕様を表 2 に示す。メインリアクターの運転方法は図 1 の 1 槽式のリアクターと同じである。サブリアクターはメインリアクター同様に原水及び循環水をリアクター底部から上向流で通水した。サブリアクターでは種晶を生成し、これを適時メインリアクターに供給した。種晶の生成方法は、メインリアクター上部に浮遊している微細 MAP 及びサブリアクターで生成した MAP 核を約 0.3mm まで成長させた。実験 1 は、溶解槽に塩化マグネシウムを添加し pH 調整用の水酸化ナトリウムを各リアクター底部に供給した。

実験 2 は、溶解槽に水酸化マグネシウムと硫酸を添加し、硫酸の添加は溶解槽の pH で制御した。

微細 MAP と種晶の移送は、サブリアクターに併設したエアリフトポンプを用いて同時に行った。移送頻度は 3 日に 1 回として全量の種晶を移送した。生成した MAP の回収は、メインリアクターに併設したエアリフトポンプを用いて 1 日に 1 回行った。

実験条件を表 3 に示す。両実験は、薬品の種類及び添加方法が異なる以外、他の操作条件は同一とした。原水の性

表3 パイロットプラントの実験条件

| | 実験1 | 実験2 |
|-----------------------------------|----------|-----------|
| マグネシウム源 | 塩化マグネシウム | 水酸化マグネシウム |
| <原水の性状と反応条件> | | |
| 原水 T-P (mg/L) | 270 | 260 |
| 原水 NH ₄ -N (mg/L) | 971 | 999 |
| 反応 pH (-) | 8.1 | 8.1 |
| Mg/P 重量比 (-) | 1.0 | 1.0 |
| <メインリアクター> | | |
| りん容積負荷 (kg-P/(m ³ ·d)) | 18 | 17 |
| 流量 原水 (m ³ /hr) | 0.5~0.8 | 0.5~0.8 |
| 循環水 (m ³ /hr) | 1.0~1.6 | 1.0~1.6 |
| MAP 静置高 (m) | 2.2 | 2.3 |
| <サブリアクター> | | |
| 流量 原水 (m ³ /hr) | 0.06 | 0.07 |
| 循環水 (m ³ /hr) | 0.12 | 0.14 |

状は、両実験とも原水 T-P は約 300mg/L、NH₄-N は約 1000mg/L である。原水量は 0.5m³/hr 或いは 0.8m³/hr で循環水量は原水量に対し 2 倍とした。サブリアクターの原水量はメインリアクターの原水量が 0.5m³/hr の場合で、0.06~0.07m³/hr とした。

3. 実験結果と考察

3-1. 水酸化マグネシウム適用の検討

実験 A 及び実験 B の反応 pH 及び処理水質変化を図 3 に示す。実験 A では、原水の pH 8.2 に対し、処理水の pH は 8.8 まで上昇した。原水 T-P は約 280mg/L で、処理水の T-P は 50~130mg/L であった。実験 B では、原水 pH 8.2 に対し、処理水 pH は 8.1 であった。原水 T-P は約 280mg/L で、処理水の T-P は 20mg/L 以下まで低下した。処理水 PO₄-P はいずれの実験でも 6mg/L 以下であった。

図 4 にりん回収率の比較を示す。りん回収率は、実験 A の場合で 73%、硫酸を併用した実験 B の場合で 95% であり、後者が 22 ポイント高かった。

リアクター内で最も過飽和度が高くなるのは、原水及び循環水がリアクターに流入する部分(以下原水流入部という)である。そこで、原水流入部のイオン積と平衡状態の溶解度積との比(以下過飽和度比という、計算式は(C)式に示す)を計算すると実験 A は 14、実験 B は 2.5 であり、前者は後者にくらべ 5.6 倍高かった。実験 A は反応 pH が 8.8 と高いことで過飽和度比が高くなり、微細な MAP が多数析出して、処理水と共に流出したためにりん回収率が低かったと考えられる。これに対し実験 B では、硫酸によって pH 上昇を抑えることで、高過飽和度になることなく、微細な MAP の析出を抑えることができたため、りん回収率が上昇したと考えられる。

安価であるが難溶性の水酸化マグネシウムを、りん濃度が 300mg/L と高濃度の廃水に適用する場合、硫酸を併用することでりん回収率を低下させることなく利用できることが分かった。

3-2. パイロットプラント実験

処理結果を図 5 に、平均の水質を表 4 に示す。図 5 より、実験 1 と実験 2 の原水 pH は 7.8~8.2 であり、処理水の pH は、実験区 1 の場合が 7.8~8.3、実験区 2 が 8.0~8.2 であった。原水の T-P は 250~300mg/L、PO₄-P は 200~250mg/L であった。両実験区において、処理水 T-P は 10~25mg/L、処理水 PO₄-P は 3~10mg/L であった。約 80 日間連続運転しても、処理水りん濃度の変動はほとんど見られず、安定して処理することができた。

表 4 より、りん回収率は実験 1 で 94%、実験 2 で 93% であり、両実験ともに高回収率を維持することができた。また、水酸化マグネシウムを用いた場合でも硫酸と併用することで、塩化マグネシウムを用いた場合と同等のりん回収率を得ることが可能であることが実証された。

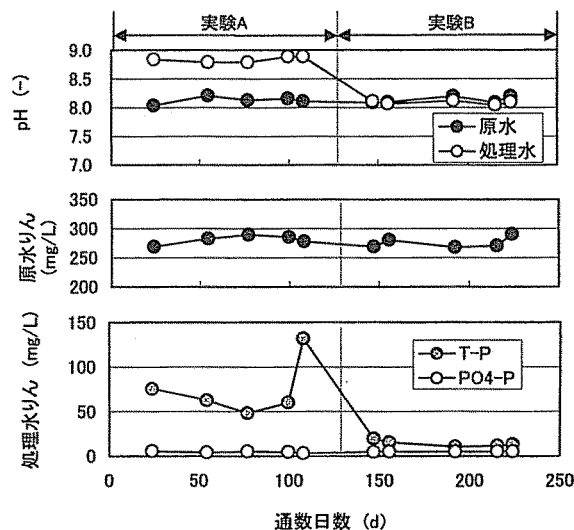


図3 実験A及びBの処理結果

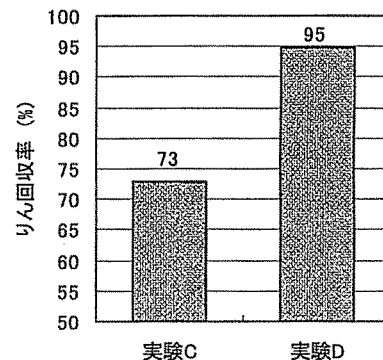


図4 りん回収率の比較

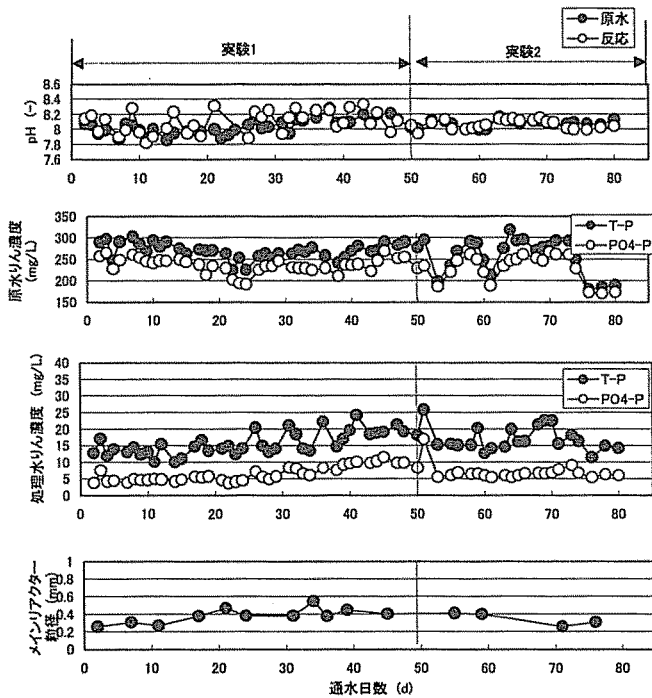


図5 経日変化

メインリアクターの粒径をみると、図5より、実験区1及び実験区2でMAP平均粒径は概ね0.4mmであり安定していた。今回用いた2槽式リアクターでは、実験条件で述べたように、サブリアクターで種晶を生成し、種晶をメインリアクターに3日に1回供給したこと、MAP回収時に分級工程を設け、比較的粒径の大きなMAPを1日1回抜き出したことで、メインリアクター内の粒径が平準化し、高回収率を維持できた。

4. まとめ

高回収率を維持可能で、且つ薬品コストを低減したりん回収システムの開発を行った。嫌気性消化脱離液を対象に、水酸化マグネシウムの適用性の検討及び2槽式リアクターの実証試験を行った。試験結果より以下のことが分かった。

- (1) 水酸化マグネシウムが適用可能なシステムを考案したところ、硫酸を併用すれば、原水りん濃度=300mg/Lと高濃度廃水においても回収率を低下させることなく利用可能である。
- (2) 原水T-Pが250~300mg/Lであるのに対し、りん回収率は、塩化マグネシウムを用いた場合でも、水酸化マグネシウムを用いた場合でも90%以上であった。処理水質は大きく変動することもなく安定した処理を行うことができ、2槽式リアクターの処理性能を実証することができた。

表4 パイロットプラント処理水質

| | | 実験区1 | 実験区2 |
|--------------------|------------|------|------|
| pH | 原水 (-) | 8.0 | 8.1 |
| | 処理水 (-) | 8.1 | 8.1 |
| M-アルカリ度 | 原水 (mg/L) | 3230 | 3330 |
| | 処理水 (mg/L) | 2790 | 2890 |
| SS | 原水 (mg/L) | 248 | 217 |
| | 処理水 (mg/L) | 217 | 158 |
| T-P | 原水 (mg/L) | 270 | 260 |
| | 処理水 (mg/L) | 15.7 | 17.1 |
| PO ₄ -P | 原水 (mg/L) | 236 | 230 |
| | 処理水 (mg/L) | 6.4 | 6.9 |
| NH ₄ -N | 原水 (mg/L) | 971 | 999 |
| | 処理水 (mg/L) | 848 | 862 |
| りん回収率 (%) | | 94 | 93 |

表5 計算式

| 項目 | 単位 | 計算式 | 式番号 |
|--------|------------------------------|---|-----|
| りん回収率 | (%) | $(T-P)_{Rw} - (T-P)_{Tw} / (T-P)_{Rw} \times 100$ | (a) |
| りん容積負荷 | (kg-P / (m ³ ·d)) | $(T-P)_{Rw} \times Q / V$ | (b) |
| 過飽和度比 | (-) | $([PO_4-P] [NH_4-N] [Mg] [OH]) / K_{sp}$ | (c) |

T-P: 全りん濃度 (kg/m³)

添字Rw: 原水

Q: 原水流量 (m³/d)

添字Tw: 処理水

V: MAP充填容積 (m³)

[]: モル濃度 (mol/L)

K_{sp}: 溶解度積