

簡易型リン回収装置の回分式活性汚泥浄化槽への適用

誌名	日本養豚学会誌 = The Japanese journal of swine science
ISSN	0913882X
著者名	川村,英輔 田邊,眞 竹本,稔 上山,紀代美 鈴木,一好
発行元	日本養豚学会
巻/号	48巻2号
掲載ページ	p. 58-67
発行年月	2011年6月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



原 著

簡易型リン回収装置の回分式活性汚泥浄化槽への適用

川村英輔・田邊 眞・竹本 稔*・上山紀代美*・鈴木一好**

神奈川県農業技術センター畜産技術所, 海老名市, 243-0417

* 神奈川県農業技術センター, 平塚市, 259-1204

** (独)農業・食品産業技術総合研究機構 畜産草地研究所, つくば市, 305-0901

(2010年10月27日受付, 2011年2月16日受理)

要 約 塩ビ管で作成した簡易型 MAP 回収装置 (反応容積 200 ℓ) を養豚場の回分式活性汚泥浄化施設に設置し, ふん尿分離豚舎汚水からのリン回収を試みた。曝気強度 45 m³/m³・時, HRT 1 hr, 自家調整した約 30% の MgCl₂ 溶液を汚水量に対して 0.1% 添加する条件で運転したところ, 反応前後の汚水性状から水溶性リン酸態リンの結晶化率は 60~69% となった。また反応槽内に浸漬したステンレス製の網カゴの表面に付着させて回収した MAP 重量は, 投入汚水量あたり 12.8~41.0 g/m³ であった。なお回収した MAP はリン純度 96~98% であり, 銅や亜鉛と言った重金属類の含有量は化成肥料と同等かやや少なかった。夏季の 42 日間のリン収支を試算したところ, 結晶化した水溶性リン酸態リン量の内, 11% が MAP として回収できたが, 残りは反応後の汚水とともに装置の外に排出されていた。

以上のことより, 塩ビ管で作成した簡易型 MAP 回収装置は回分式活性汚泥処理施設への適用が可能であるとともに, 豚舎からのふん尿分離汚水中の水溶性リン酸態リンを結晶化し, リン純度 96% 以上の MAP 回収が可能であることが確認された。

緒 言

ふん尿混合の豚舎汚水には, 肥料成分となり得る窒素やリンが多量に含まれているが, 畜舎でのふん尿分離を前提とした家畜用の活性汚泥浄化施設の場合においても, 畜舎でのふん尿分離過程で, ふんの一部が尿中に混合されるため, 汚水中

に窒素やリンが相当量含まれており, 特にリン結晶化法 (反応式 $\text{HPO}_4^{2-} + \text{NH}_4^+ + \text{Mg}^{2+} + \text{OH}^- + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{MgNH}_4\text{PO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O}$) に必要となる水溶性リン酸態リンが 50 mg/ℓ 含まれることを川村ら (2011a) は報告している。また, 川村ら (2011b) は, 考案した塩ビ管を用いた簡易型 MAP 回収装置により高純度なリン酸マグネシウ

Application of a Simple Form MAP Reactor for Phosphorus Recovery in the Sequencing Batch Reactor

E. KAWAMURA, M. TANABE, M. TAKEMOTO*, K. KAMIYAMA* and K. SUZUKI**

Livestock Industry Technology Station, Kanagawa Agricultural Technology Center, Ebina-shi 243-0417, Japan

* Kanagawa Agricultural Technology Center, Hiratuka-shi, 259-1204, Japan

** National Institute of Livestock and Grassland Science, Tsukuba-shi 305-0901, Japan

連絡者: 川村英輔 (E-mail: kawamura.7pyx@pref.kanagawa.jp Tel. 046-238-4056)

ムアンモニウム (MAP) を回収可能なことを報告している。

連続式活性汚泥浄化施設へのリン結晶化法の適用は、沖縄県や佐賀県で実施されている。その方法は、汚水貯留槽や最初沈殿槽などを改良し、槽下部からの曝気により pH 調整を行うことで、豚舎汚水中の水溶性リン酸態リンの結晶化を誘導している。反応後の汚水は、前述の槽とは別の槽で貯留することができる構造となっている。(鈴木ら, 2007, 脇屋ら, 2009)。

しかし、回分式活性汚泥浄化施設は、槽の数が少なく MAP 反応前の汚水と MAP 反応後の汚水を別々に貯留できる槽がないため、連続式活性汚泥浄化施設のように既存施設を利用してのリン結晶化法の適用は出来ない。回分式活性汚泥浄化施設にリン結晶化法を適用するには、新たな施設(槽)が必要であり、槽の増設には高額なコストがかかるため、川村らは塩ビ管を用いた低コストな簡易型 MAP 回収装置を考案した (2011b)。

そこで本研究では、この簡易型 MAP 回収装置を養豚場の回分式活性汚泥浄化施設に適用し、ふ

ん尿分離豚舎汚水中の水溶性リン酸態リンを結晶状 MAP に誘導して MAP の回収を試みた。

材料及び方法

神奈川県相模原市の養豚場(母豚60頭一貫経営)内の回分式活性汚泥浄化施設でリン回収試験を行った。この浄化施設は、ふん尿分離汚水を処理対象として、日処理汚水量 $8.93 \text{ m}^3/\text{日}$ (肥育豚換算600頭)で設計されており、容積 85 m^3 のコンクリート製の楕円形状の曝気槽を有している。

MAP 回収装置の構造は、直径 500 mm の塩ビ管で作った反応槽(反応容積 200 l)と直径 300 mm の塩ビ管で作った消泡槽からなる。反応槽は、槽下部に合成樹脂製散気盤(セルポール工業(株)セルポールマークII型)(糸井, 1995)を設置し、無給油式回転真空ポンプ(オリオン機械販売(株)KRF25)による曝気を行った(図1)。ブローワーの出力は、インバーター制御することで曝気量を調整した。汚水及びマグネシウム液は、槽上部から投入し、その同量の汚水が槽下部に伸びたオーバーフロー管から溢れ出る構造とした。試験

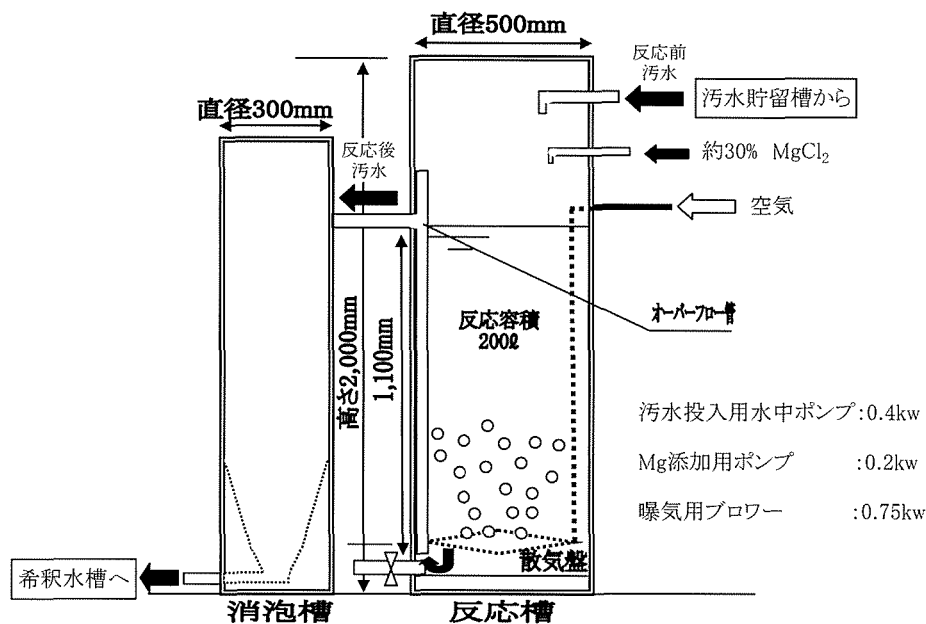


図 1. 塩ビ管を用いた簡易型 MAP 回収装置の概略図。

Fig. 1. Layout of the simple MAP reactor made with PVC pipe.

は、川村ら(2011b)の方法に準拠し、約50ℓの汚水及び自家調整した約30%の塩化マグネシウム溶液約0.5ℓ(マグネシウム溶液の添加量を汚水量の0.1%)をタイマー制御により15分に1回の間隔で間欠に流入させた(HRT1時間)。オーバーフロー管から溢れ出た処理汚水及び排気は、消泡槽の上部から投入した。反応槽内には、MAP附着資材としてステンレス製の網カゴを用い、直径150~300mmの網カゴを四重にしたものを4段に重ねて浸漬した。

塩化マグネシウム溶液の調整は、フレーク状の工業用塩化マグネシウム(仁尾興産株式会社製: $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ として98%以上含有)100kgに対して、200ℓの水を加え、攪拌機((株)マキタ UT 2204)により数分程度攪拌し溶解させた。

本装置は、回分式活性汚泥浄化施設の振動篩脇の空きスペースに設置し、網目幅1mmの振動篩で粗大固形物を除去した汚水が貯留してある汚水貯留槽から水中ポンプにより汚水を汲み上げて反応槽内に投入し、オーバーフロー管から溢れ出た汚水は消泡槽を通して希釈水槽に流入させた(図2)。本装置の運転条件は、川村ら(2011b)の報告に準拠し、曝気強度 $45 m^3/m^3 \cdot 時$ 、汚水滞留時間(HRT)1.0時間、1日の処理汚水量 $4.8 m^3/日$ と設定した。

反応槽への投入汚水量及び曝気量は、電磁式流量計((株)山武 MGG10C型変換器及びMGG11F型検出器)及びガスモニター((株)山武 CMG250 A030000100)にて計測した。反応槽投入汚水(以下反応前汚水)及び反応槽からオーバーフローした汚水(以下反応後汚水)を1週間に1回の頻度で採取し、各汚水性状の分析を実施した。

試験期間は、豚舎汚水中の水溶性リン酸態リン(以下水溶性 $PO_4\text{-P}$)濃度の年間変動を考慮して4期間に区切ると共に本装置の運転状況、リン結晶化能力、回収MAP量の各項目を調査した。

汚水性状の分析項目は、pH、水溶性 $PO_4\text{-P}$ 、結晶性リン酸態リン(以下結晶性 $PO_4\text{-P}$)、水溶性マグネシウム(以下水溶性 Mg)、結晶性マグネシウム(以下結晶性 Mg)、水溶性カルシウム(以下水溶性 Ca)、結晶性カルシウム(以下結晶性 Ca)、水溶性アンモニウムイオン(以下水溶性 $NH_4\text{-N}$)、結晶性アンモニア(以下結晶性 $NH_4\text{-N}$)とした。なお採取した汚水は、3,000rpmで10分間遠心分離した後、上澄液を分析した(水溶性分画濃度)。また、5N塩酸を最終濃度0.1Nとなるように汚水に加え、結晶を溶解させた後、3,000rpmで10分間遠心分離した後、上澄液を分析した(全分画濃度)。全分画濃度から前述の水溶性分画を差し引いたものを結晶性分画濃度とした。

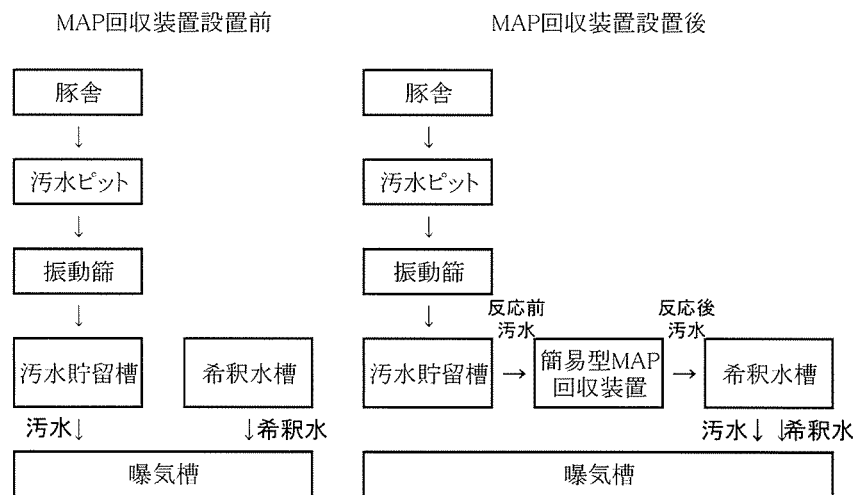


図 2. 豚舎汚水の処理フロー図。

Fig. 2. The processing flow figure of swine wastewater.

汚水の各分析は、下水試験方法（建設省都市下水道部・厚生省生活衛生局水道環境部，1997）に準じて、pHはガラス電極法、リンはモリブデン酸青吸光度法、マグネシウム、カルシウム、アンモニウムイオンはイオンクロマトグラフ（東亜DKK ICA-2000）により実施した。回収したMAPは、肥料分析法（農林水産省農業環境技術研究所，1987）に準じて、リン酸はバナドモリブデン酸アンモニウム法、マグネシウム、カルシウムは原子吸光測定法により実施した。

結 果

試験期間中の装置稼働条件を表1に示した。

各試験期間の反応槽への汚水の積算通水量は、143.5～210.0 m³であり、1日あたりに換算すると4.1～5.0 m³であった。また、HRTは0.85～1.0時間ではほぼ設定どおりの運転条件であった。曝気量は7.0～9.8 m³/時（曝気強度に換算すると35～49 m³/m³・時）で、装置全体で使用した電力量は、汚水量1 m³あたり2.2～2.4 kWh/m³で、添加した約30%塩化マグネシウム溶液は、汚水量1 m³あたり0.8～1.3 lであった。

表2に試験期間中におけるリン結晶化率を示した。反応前汚水の水溶性PO₄-P濃度及び水溶性Mg/PO₄-P比（モル比）は、試験1で37.2 mg/l及び0.3、試験2で40.2 mg/l及び0.6、試験3で

68.3 mg/l及び0.4、試験4で56.2 mg/l及び0.7であった。また反応後汚水の水溶性Mg濃度は、試験1で64.6、試験2で44.0、試験3で41.6、試験4で98.2 mg/lであった。上記汚水条件における水溶性PO₄-Pのリン結晶化率は、試験1で66.4、試験2で60.0、試験3で69.4、試験4で65.8%であった。

次に試験期間中のMAP回収量を表3に示した。試験1から試験4で回収したMAP重量は、それぞれ2.5、2.0、8.6、3.4 kgであり、積算通水量から算出した反応槽への投入汚水1 m³あたりのMAP回収量は、17.4、12.8、41.0、19.6 g/m³となった。

試験3において42日間で反応槽に投入した投入汚水量210 m³と反応前後の汚水中の水溶性及び結晶性PO₄-Pの濃度から、反応槽におけるリン収支を算出した（図3）。また、網カゴにより付着MAPとして回収した重量は、8.6 kgであった（図4）。反応槽内に投入した水溶性PO₄-P量は14.3 kgで結晶化した水溶性PO₄-P量は9.9 kgと推計された。結晶化した水溶性PO₄-Pの内、網カゴにより付着MAPとして回収したリン量は1.1 kg、反応後の汚水とともに系外に流出したリン量は8.8 kgであった。

回収したMAPの肥料成分値及び金属含有量を表4に示した。

表 1. 試験期間中の装置稼働条件

Table 1. Equipment operation conditions during the testing period

		通水 日数 (日)	積算 通水量 (m ³ 汚水)	HRT (時)	曝気量 (m ³ /時)	曝気強度 (m ³ /m ³ ・時)	使用 電力量 (kWh)	使用 Mg量 (ℓ)
試験1	3～4月	35	143.5	0.85	8.3	42	311.0 (2.4)	112 (0.8)
試験2	5～6月	35	156.6	0.93	9.8	49	370.5 (2.4)	157 (1.0)
試験3	7～9月	42	210.0	1.0	9.4	47	458.0 (2.2)	230 (1.1)
試験4	9～10月	42	173.5	0.86	7.0	35	404 (2.3)	232 (1.3)

* () 内は、汚水量1 m³あたりに換算した数字

表 2. 試験期間中に

Table 2. The crystallization rate of soluble

				pH	結晶性 PO ₄ -P (mg/ℓ)	水溶性 PO ₄ -P (mg/ℓ)
試験 1	3~4月	n=8	反応前	8.11±0.2	11.6± 9.9	37.2±13.6
			反応後	8.29±0.2	39.0± 5.2	12.5± 5.3
			結晶化率			66.4%
試験 2	5~6月	n=7	反応前	8.01±0.2	6.9± 4.0	40.2±10.5
			反応後	8.28±0.1	54.2±17.8	15.0± 3.6
			結晶化率			60.0%
試験 3	7~9月	n=17	反応前	7.76±0.2	20.2±11.4	68.3±14.6
			反応後	8.07±0.1	70.8±17.8	20.9±14.6
			結晶化率			69.4%
試験 4	9~10月	n=7	反応前	7.79±0.2	7.2± 6.8	56.2±13.6
			反応後	8.06±0.1	50.1±16.3	19.2± 6.3
			結晶化率			65.8%

平均値±標準偏差

表 3. 試験期間中の MAP 回収量

Table 3. Amount of MAP recoveries during the testing period

		通水 日数 (日)	積算 通水量 (m ³ 汚水)	MAP 回収量 (kg)	汚水量 あたりの 回収 MAP 量 (g/m ³)
試験 1	3~4月	35	143.5	2.5	17.4
試験 2	5~6月	35	156.6	2.0	12.8
試験 3	7~9月	42	210.0	8.6	41.0
試験 4	9~10月	42	173.5	3.4	19.6

表の理論値は、100% MAP のリン酸及び苦土含有率を示している。回収した MAP の理論値に対するリン酸含有割合は、試験 1 で 96%、試験 2 で 96%、試験 3 で 98%、試験 4 で 96% となり、いずれの値も 96% 以上と不純物の少ない MAP が回収されていた。また、試験 2 で回収した MAP の金属含有量は、銅が 13.22、亜鉛が 37.10 mg/kg であったが、カドミウム、鉛及びクロムは検出されなかった。

考 察

実証農場の豚舎から排出されるふん尿分離汚水における水溶性 PO₄-P 濃度 (反応前汚水) は、3~6 月までは 40 mg/ℓ 程度、7 月以降は 50 mg/ℓ 以上で MAP 回収が可能であると考えられた。水溶性 Mg/PO₄-P 比 (モル比) がいずれも 1 以下であることから、汚水中の水溶性 PO₄-P の結晶化を促進するためには、マグネシウムの添加が必要で

おけるリン結晶化率

PO₄-P during the testing period

結晶性+水溶性 PO ₄ -P (mg/ℓ)	結晶性 Mg (mg/ℓ)	水溶性 Mg (mg/ℓ)	結晶性+水溶性 Mg (mg/ℓ)	水溶性 Mg/PO ₄ -P
48.9±15.1	28.3±13.5	6.0±11.3	34.3± 6.5	0.3±0.5
51.4± 7.4	44.9±10.5	64.6±38.6	109.5±46.4	
47.5±10.6	10.9± 3.6	21.1±10.8	32.0± 8.1	0.6±0.3
69.2±17.7	46.7±11.9	44.0± 8.9	90.7±12.3	
88.5±18.9	31.3±31.2	25.6±10.1	56.9±34.5	0.4±0.2
91.7±19.7	68.7±18.4	41.6±13.3	110.3±24.0	
63.5±15.7	13.7±16.5	23.6±16.0	37.3± 8.3	0.7±0.5
69.3±18.9	45.0±17.0	98.2±83.9	143.2±90.2	

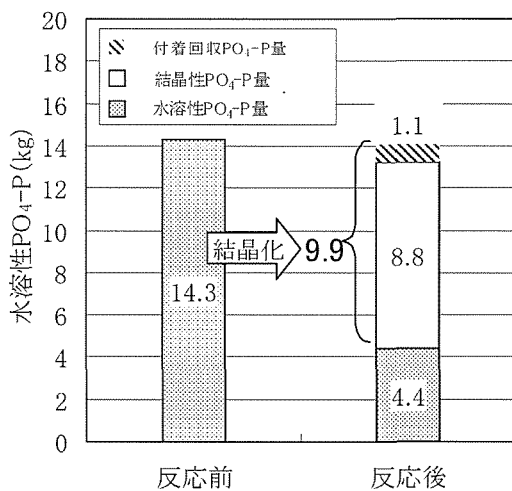


図 3. 夏季 42 日間における水溶性 PO₄-P の収支 (試験 3).

Fig. 3. Estimated material flows of soluble PO₄-P for a 42-day period of operation in summer.

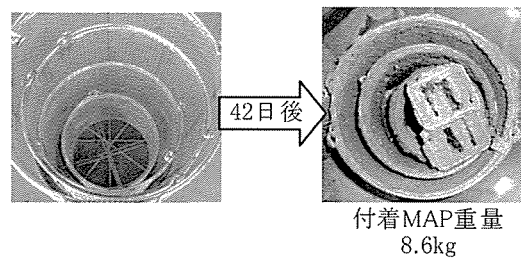


図 4. 付着部材への MAP 付着状況 (試験 3).

Fig. 4. MAP recovery with stainless steel nets for a 42 Day operation in summer.

あった。試験では、マグネシウム溶液を添加し、水溶性 Mg/PO₄-P 比を 1 以上にしたところ、水溶性 PO₄-P のリン結晶化率は 60~69% であった。試験期間中の反応後汚水の水溶性 Mg 濃度が 40 mg/ℓ 以上とリン結晶化に必要なマグネシウムが充足できていたと考える。一方、消化汚泥の脱水ろ液を対象とした造粒脱リン装置では、水溶性 PO₄-P 濃度が 50 mg/ℓ 程度の低濃度の場合、リン結晶化率 70% 以上を確保するためには、反応

表 4. 回収 MAP の肥料成分値及び金属含有量

Table 4. Fertilizer ingredient value and content of a heavy metal of the recovered MAP

		く溶性 リン酸 (%)	く溶性 苦土 (%)	く溶性 石灰 (%)	Cu (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Ni (mg/kg)	Cr (mg/kg)
	理論値	28.99 (100)	16.25 (100)	—	—	—	—	—	—	—
試験 1	3~4月	27.85 (96)	15.10 (93)	0.04	—	—	—	—	—	—
試験 2	5~6月	27.72 (96)	14.76 (91)	0.08	13.22	37.10	n.d.	n.d.	0.12	n.d.
試験 3	7~9月	28.45 (98)	15.62 (96)	n.d.	—	—	—	—	—	—
試験 4	9~10月	27.85 (96)	— (—)	—	—	—	—	—	—	—

() 内は、理論値に対する割合
n.d. は、検出限界以下

槽内の pH 8.3 以上が必要であり、リン結晶化率 80% 以上を確保するためには、pH 8.5~8.6 まで上げなければならないと阿部ら (1995) は指摘している。試験 1~4 における反応後汚水の pH が 8.0~8.2 以下でリン結晶化率が 60~69.4% 以下であったことから、pH を 8.3 以上に上げることでリン結晶化率が向上することが示唆された。

次に本装置の MAP 回収量は、12.8~41.0 g/m³ で、川村ら (2011b) の報告のリン回収能力と同等の性能を発揮することができた。反応前汚水の水溶性 PO₄-P 濃度が低い試験 1 及び 2 では、汚水量 1 m³ からそれぞれ 12.8, 17.4 g/m³、反応前汚水の水溶性 PO₄-P 濃度が高い試験 3 では、汚水量 1 m³ から 41.0 g/m³ の MAP を回収しており、反応前汚水の水溶性 PO₄-P 濃度が高いほど汚水量 1 m³ あたりの回収 MAP 量が増加する傾向が見られた。また、鈴木 (2007) が実施した曝気-沈殿一体型リアクターによる MAP 回収試験では、水溶性 PO₄-P 濃度が 100 mg/l 以上と高い豚舎汚水を用いることで汚水量 1 m³ から最大 171 g/m³ の MAP が回収できることを報告しており、反応前汚水の水溶性 PO₄-P 濃度が高い豚舎汚水を用いることで本装置においてもより多くの MAP が回

収できることが示唆された。

回収した MAP のリン純度は、水溶性 PO₄-P 濃度が低い春季には、回収 MAP のリン純度が 96% であったが、水溶性 PO₄-P 濃度が高い夏季には 98% となった。これは川村ら (2011b) の報告でも同様の結果を得ていることから回収 MAP のリン純度は、豚舎汚水の水溶性 PO₄-P 濃度に影響を受けているものと思われた。

一方、図 3 の水溶性 PO₄-P 収支からは、反応槽内に投入した水溶性 PO₄-P 量 14.3 kg のうち 69% にあたる 9.9 kg が結晶化したが、付着部材により回収できたのは、結晶化したリンのうち 11% にあたる 1.1 kg であった。SUZUKI ら (2007) が行った曝気-沈殿一体型リアクターによる豚舎汚水からのリン回収試験において、HRT が 2.7 時間及び 3.6 時間の時に水溶性 PO₄-P の結晶化率は、66% 及び 73% であった。またステンレス製の付着部材により回収できたリン量は、それぞれ 12% 及び 19% となった。本装置は、HRT を 1 時間とすることで小さな反応槽でより多くの豚舎汚水を処理する設計としているが、反応槽内での汚水滞留時間が短いために、反応槽内の汚水の入替えが速度が速く付着部材に付着できなかった MAP が

反応後汚水とともに槽外へ越流したものと考えられた。さらに試験に用いたステンレス製の付着部材の表面積は、SUZUKIら(2007)の約 3m^2 (1.5mm 径線)に対して、約 2.7m^2 (0.8mm 径線)と10%も少ないことから、MAPが付着部材表面に付着しきれなかった可能性もある。これらのことから、MAP回収率の向上のためには、HRTを長くすることと付着部材の表面積を大きく取ることと改善できる可能性が示唆された。

白毛(2005)は、リン結晶化反応において、不安定域では瞬時に反応が起こり、MAPは微細結晶(微細MAP)となるが、準安定域においては微細結晶は成長して粒径の大きいMAP粒子が生成する。また安定域では反応が起こらず、それぞれのイオン状態で存在し結晶の析出は起こらない領域であると述べている。飯島(2008)は、リン結晶化反応を利用した造粒脱リン設備の運転に関して、反応塔からSSとともに微細MAPが流出し、リン除去率が低下することを指摘している。反応塔の後段部に液体サイクロンを設置し、微細MAPを反応塔に返送することでリン除去率の向上が図れることを報告している。

これらのことからふん尿分離豚舎汚水を対象とした本装置のリン結晶化率及びMAP回収率向上のためには、先ず阿部ら(1995)が指摘しているpH 8.3以上へのpH上昇によるリン結晶化率80%以上の確保が必要である。次に、HRTが大きくなるよう運転条件を検討するか装置設計の段階で反応槽容積を大きくする必要がある。また本装置でのリン結晶化反応がどの領域で起こっているのかを明らかにし、粒径の大きなMAP粒子が生成する準安定域での装置稼働により、付着部材表面での結晶成長を促進しMAP回収率を向上させる必要がある。場合によっては微細MAPを回収する機能の付加が必要であると思われる。

次に本試験におけるMAPの回収であるが、図4のように網カゴ全表面にMAPが付着するが、網カゴを金槌で叩いたり、ブラシなどで擦ることで簡単に網カゴから剥離させることが可能であった。本試験で豚舎汚水から回収したMAPのリン純度は96%以上で、試験2で回収したMAPを用いた上山ら(2009)の小松菜による植害試験で

は、植害は確認されなかった。一方、豚舎汚水から回収したMAPには、豚舎汚水に含まれる銅や亜鉛と言った重金属類の含有も危惧されたが、上山(2007)や真境名(2007)も報告しており、化成肥料と同等かやや少ない含有量であった。今後は、季節ごとに重金属類の濃度が異なるか調査する予定である。また、MAPの肥効特性はリンを含んだ化成肥料と同等であることから、ふん尿分離豚舎汚水から回収したMAPは、化成肥料の代替リン資材として利用できることが明らかとなった。

以上のことより、塩ビ管で作成した簡易型MAP回収装置は回分式活性汚泥処理施設への適用が可能であるとともに、豚舎からのふん尿分離汚水の水溶性 $\text{PO}_4\text{-P}$ を結晶化し、リン純度96%以上のMAP回収が可能であることが確認されたが、結晶化したリンの内、回収できたのは11%であることから、今後は回収率の向上を図る必要がある。近い将来枯渇することが予測されているリン鉱石の代替えとしての化成肥料としての需要に答えるべく、回収率の向上を図るとともに生産コストについても今後の検討課題としたい。

謝 辞

本研究は、「新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業」の研究課題である「結晶化法によるリン除去回収技術の簡易化・低コスト化手段の開発(課題番号:18066)」により実施されました。本研究にご協力いただいた共同研究を進めた(独)畜産草地研究所、佐賀県畜産試験場、佐賀県畜産技術センター、沖縄県畜産研究センター、沖縄県農業研究センター、神奈川県農業技術センターその他の関係各位にお礼申し上げます。

文 献

- 阿部静夫・室須美夫:1995, 福岡市の高度処理とMAP法の開発について, 下水道協会誌, 32, 89-96.
 飯島 弘:2008, MAP法におけるりん・窒素の回収と利用, 下水道協会誌, 45, 20-23.
 糸井道雄:1995, 生活排水処理施設における機械設備(その4), 用水と排水, 37, 37-50.
 上山紀代美・竹本 稔・田辺 眞・川村英輔・鈴

- 木一好：2007, 豚ふん尿から回収されたリン酸結晶の肥料評価, 土肥要旨集第53集, 148.
- 上山紀代美・竹本 稔：2009, 結晶化法により豚ふん尿から回収された肥料成分の農業利用の法の確立, 神奈川県農業技術センター平成20年度試験研究成績書(農業環境), 45-146.
- 川村英輔・田邊 眞・鈴木一好：2011a, リン結晶化法を用いた豚舎污水からのリン回収の可能性, 日豚会誌, 48, 1-9.
- 川村英輔・田邊 眞・竹本 稔・上山紀代美・鈴木一好：2011b, 塩ビ管を用いた簡易型MAP回収装置によるふん尿分離豚舎污水中のリン回収技術の検討, 日豚会誌, 48, 10-19.
- 建設省都市下水道部・厚生省生活衛生局水道環境部監修：1997, 下水道試験方法(下巻)1997年版, 日本下水道協会, 東京.
- 真境名元次・比嘉明美・亀谷 茂・鈴木直人・鈴木一好：2007, 豚ふん尿から回収されたリン酸結晶の肥料評価, 土肥要旨集, 第53集, 149.
- 白毛宏和：2005, MAP法によるリン回収資源化システム, 環境バイオテクノロジー学会誌, 4, 109-115.
- 鈴木一好：2007, MAP付着回収法による豚舎污水からのリン回収技術. 畜産の研究, 61, 275-280.
- SUZUKI, K., Y. TANAKA, K. KURODA, D. HANAJIMA, Y. FUKUMOTO, T. YASUDA and M. WAKI : 2007, Removal and recovery of phosphorous from awine wastewater by demonstration crystallization reactor and struvite accumulation device, Bioresour. Technol., 98, 1573-1578.
- 鈴木直人・稲嶺 修・宮城正男・鈴木一好：2007, リン結晶化促進用マグネシウム剤としての海水利用の検討. 沖縄県畜産研究センター試験研究報告書, (45), 49-52.
- 脇屋裕一郎・坂井隆宏・古田祥知子・関戸正信・河原弘文・鈴木一好：2009, 陶器部材を用いた豚舎污水からのリン除去・回収技術, 日豚会誌, 46, 159-170.
- 米田猛弘：2007, 島根県における造粒脱りん(MAP)施設の現況, 再生と利用, 17, 78-81.

Application of a Simple Form MAP Reactor for Phosphorus Recovery in the Sequencing Batch Reactor

Eisuke KAWAMURA, Makoto TANABE, Minoru TAKEMOTO*,
Kiyomi KAMIYAMA* and Kazuyoshi SUZUKI**

Livestock Industry Technology Station, Kanagawa Agricultural Technology Center

* Kanagawa Agricultural Technology Center

** National Institute of Livestock and Grassland Science

A simple form MAP reactor (200 liters capacity) was made with PVC pipe, then installed in a sequencing batch reactor of a swine wastewater treatment facility. Phosphorus recovery by struvite crystallization method was attempted using swine wastewater taken out from a feces-and-urine separate-type piggery. Hydraulic retention time of 1 hour was required with an aeration of $45 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1} \text{ m}^{-3}$. A solution of 30% MgCl_2 , 0.1% of the swine wastewater volume, was dropped into the reactor. Under these conditions, 60–69% of soluble $\text{PO}_4\text{-P}$ was crystallized. The reactor was equipped with stainless steel nets as an MAP accumulation device, and 12.8–41.0 g of MAP per 1 m^3 of swine wastewater was recovered as MAP. The recovered MAP had 96–98% purity, and the content of heavy metals such as copper and zinc, was comparable to that of chemical fertilizer. Estimation of mass flows of phosphorous for a 42-day period of operation in summer showed that 11% of crystallized soluble $\text{PO}_4\text{-P}$ had been recovered as MAP, while 89% of crystallized soluble $\text{PO}_4\text{-P}$ was discharged from the equipment with the swine wastewater. Purity of the recovered MAP was 96% or more.

Jpn. J. Swine Science, 48, 2 : 58–67

Key words : phosphorous recovery, struvite crystallization method, simple form MAP reactor, swine wastewater, sequencing bath reactor