

陶器部材を用いた豚舎汚水からのリン除去・回収技術

誌名	日本養豚学会誌 = The Japanese journal of swine science
ISSN	0913882X
著者	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
巻/号	46巻3号
掲載ページ	p. 159-170
発行年月	2009年9月

原 著

陶器部材を用いた豚舎污水からのリン除去・回収技術

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***

佐賀県畜産試験場, 武雄市山内町, 849-2305

* 佐賀県杵島農業改良普及センター, 杵島郡白石町, 849-1111

** 佐賀県畜産技術センター, 西松浦郡有田町, 844-0022

*** 畜産草地研究所, つくば市, 305-0901

(2009年3月30日受付, 2009年5月20日受理)

要 約 有用資源であるリンの回収・再資源化技術として, リン酸の結晶化反応を利用した豚舎污水からのリン除去・回収技術が開発されているが, この技術を普及させるためには, 簡易化・低コスト化を図るとともに, 結晶物 (MAP: Magnesium Ammonium Phosphate) の回収効率を高める必要がある。佐賀県は陶磁器の産地であり, 素焼きセラミックスは多孔体構造であるため, 結晶物の付着性が高く, また MAP 反応の誘発に必要な Mg 液に浸漬処理することで多孔体部分に Mg が付着して結晶物回収量が増加する可能性が考えられる。そこで, 陶器系材料を利用した回収部材を作成し, 部材の形状および Mg 液に浸漬処理をした場合の結晶物回収に及ぼす影響について調査を行った。MAP 反応槽は, 佐賀県畜試施設および農家実証施設の既存標準活性汚泥処理施設の 2 箇所に設置して, 曝気用散気管および塩化マグネシウム (以下 $MgCl_2 \cdot 6H_2O$) 溶解タンクを設置して, 曝気および 30% $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ 液の添加 (10 L/日) を行った。回収部材は陶器系材料を利用して, 凹凸構造の異なる 2 種類を作成し, 容器に固定して MAP 反応槽に投入し, 成分除去および MAP 回収状況について調査を行った。また, 供試した回収部材の半量について, 30% $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ 液に浸漬処理を行い, 未処理部材との比較も併せて行った。供試污水は, 豚舎から排出された污水を固形物除去後に MAP 反応槽に 1 日当たり 30~50 回程度に分割して投入した。試験期間中の污水中成分について, MAP 反応の誘発により全リンおよび水溶性リンが除去され, また, 他の水質項目についても MAP 反応に影響を及ぼすことなく 90% 以上の高い除去率が得られた。回収部材における全付着結晶等量は, 佐賀県畜試施設および農家実証施設のどちらも凹部分が狭い星型部材の方が多くなることが確認され, また, 30% $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ 液に浸漬処理した回収部材が, 未処理部材と比べて顕著に多くなった。回収した結晶物は, X 線解析および成分分析を行った結果, MAP であることが確認された。

Removal and Recovery of Phosphate from Swine Wastewater with Ceramics

Y. WAKIYA, T. SAKAI*, S. FURUTA**, M. SEKIDO**, H. KAWAHARA and K. SUZUKI***

Saga Prefectural Livestock Experiment Station, Yamauchi-cho, Takeo-shi 849-2305, Japan

* Saga Prefectural Kishima Agricultural Extension Center, Shiroishi-cho, Kishima-gun 849-1111, Japan

** Saga Ceramics Research Laboratory, Arita-cho, Nishimatsuura-gun 844-0022, Japan

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

連絡者: 脇屋裕一郎 (E-mail: wakiya-yuuichirou@pref.saga.lg.jp Tel. 0954-45-2030)

緒 言

畜産業を安定的に営むためには、環境問題に迅速に対応することが求められており、平成16年11月に「家畜排せつ物の管理の適正化及び利用の促進に関する法律」が本施行され、施設の適切な管理とともに資源の利用促進を図ることが求められている。

家畜排せつ物のうち、ふん等の固形物はたい肥化により、地力増進に欠くことができない資源としての利活用が進捗している。

しかし、尿汚水については、圃場面積、貯蔵、運搬等の制約が多く、飼養規模によっては浄化処理を行うことが前提となる。家畜尿汚水の浄化処理方法としては、微生物を利用した活性汚泥処理が一般的に利用されており、さらに、凝集剤や黒ボク土等による高次処理技術が開発されているが¹⁻³⁾、汚泥処理や土壌の交換等の課題点があり、より簡易な処理方法が求められている。

一方で、リンは石油等と同様に枯渇が懸念される資源であるが、日本はその全量を輸入に依存しており⁴⁾、リンを含有する汚水等からリン資源を回収しリサイクル利用することが求められている。

リンの回収・再資源化技術として、下水道分野ではリン酸マグネシウムアンモニウム(MAP)の結晶として回収する方法(MAP法)が多く導入されており⁵⁻⁷⁾、豚舎汚水についても鈴木らが汚水のpH調整を曝気で行うことを特徴とした専用MAPリアクターを考案している⁷⁾。また、当該リアクターの曝気部内に浸漬させた回収用部材にMAPを付着させて回収し、さらに、リン除去効率向上へのニガリ液(MgCl₂液)添加の有効性も明らかにしている⁸⁻⁹⁾。

しかし、この技術を普及させるためには、簡易化・低コスト化を図ることが必要であり、特に、家畜排せつ物法の施行に伴い新規に汚水処理施設を設置した養豚経営においては設備設置コストおよび運転コストの低減化が強く望まれている。また、回収用部材において、鈴木らは粗面ステンレス材を用いた有効性を明らかにしているが⁸⁾、部材の流通等を考慮して、地域に応じた部材を選定

する必要がある。

佐賀県は陶磁器の産地であり、畜産排水における浄化処理における生物担体としての素焼きセラミックスの有効性が確認されている¹⁰⁻¹²⁾。素焼きセラミックスは多孔体構造であるため、MAP等結晶物の付着性が高く、さらにMAP反応の誘発に必要なMg液に浸漬処理することで多孔体部分にMgが付着して結晶物の回収量が増加する可能性が考えられる。

そこで、本試験では陶器系材料を利用したMAP回収部材を作成し、部材の形状およびMgCl₂・6H₂O液に浸漬処理をした場合に、リン除去・回収に及ぼす影響について調査を行った。

材料および方法

供試施設は、佐賀県畜試および県内養豚農家の既存標準活性汚泥処理施設の2箇所を実施して、既存施設の沈殿槽および流量調整槽に仕切り板を設置し、汚水中のpHを曝気により調整するために散気装置を設置した。送風機は既存の浄化処理用ブローアを利用した。また、MgCl₂・6H₂O液をMAP反応槽に添加するためにMgCl₂・6H₂O液溶解タンクを設置した。佐賀県畜試施設は、最初沈殿槽(7.5m³)を改造してMAP反応槽(1.8m³)とし、施設における処理対象頭数は母豚60頭一貫規模(肥育豚600頭換算)、日平均汚水量は平均6.6m³、設置コストは、工事費、機器類および回収部材込みで約130万円となった(図1)。また、農家実証施設は、流量調整槽(7.5m³)を改造してMAP反応槽(2.4m³)とし、施設における処理対象頭数は、母豚120頭繁殖経営規模(肥育豚465頭換算)、日平均汚水量は平均3.2m³、設置コストは、工事費、機器類および回収部材込みで約140万円となった(図2)。

回収部材は陶器系材料を利用して、凹凸構造の異なる2種類の部材を作成した。回収用部材は、水田土壌、砂等を原料とし、主要原料成分はSiO₂ 71%、Al₂O₃ 20%、Fe₂O₃ 4.5%、Na₂O+K₂O 2.0%となっている。原料を星型およびスプロケット型(内径56mm×外径80mm×長さ300mm)に成形後、1,060~1,080℃で約2時間焼成を行い、部材として供試した(図3)。

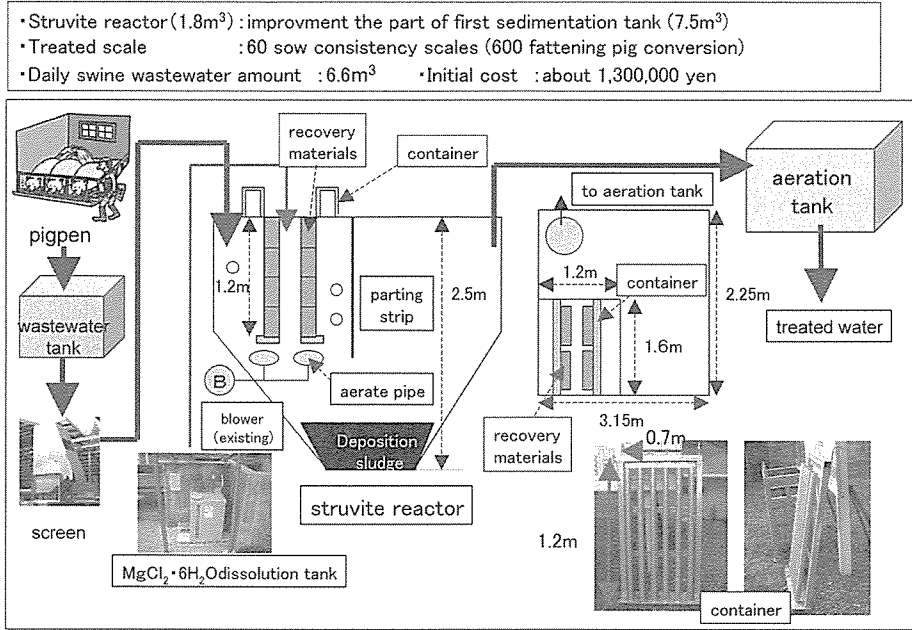


図 1. MAP 反応槽概要 (佐賀県畜試施設)

Fig. 1. Struvite reactor (Equipment at Saga Prefectural Livestock Experimental Station)

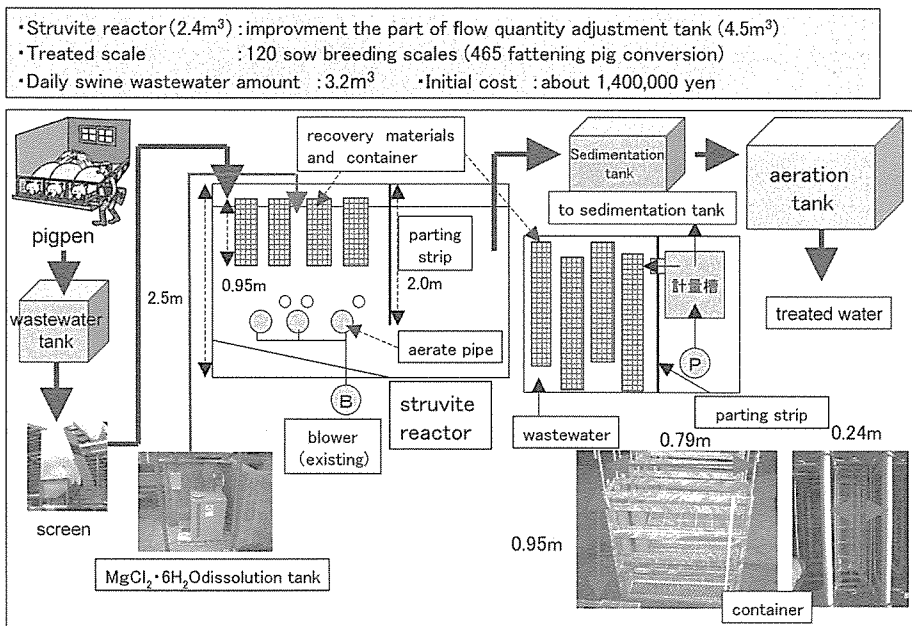


図 2. MAP 反応槽概要 (農家実証施設)

Fig. 2. Struvite reactor (Equipment at the hog raising farmhouse)

試験は、2種類の回収部材を取付金具および容器に設置してMAP反応槽に投入し、MAP反応による成分除去および部材形状におけるMAP回収状況について調査を行った。また、供試した回収部材の半量については、30% $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ 液に浸漬処理を行い、未浸漬部材との回収量の比較も併せて行った(図4)。各施設における回収部材は、佐賀県畜試施設では星型部材48本、スプロケット型部材48本の計96本、農家実証施設では、星型部材64本、スプロケット型部材64本の

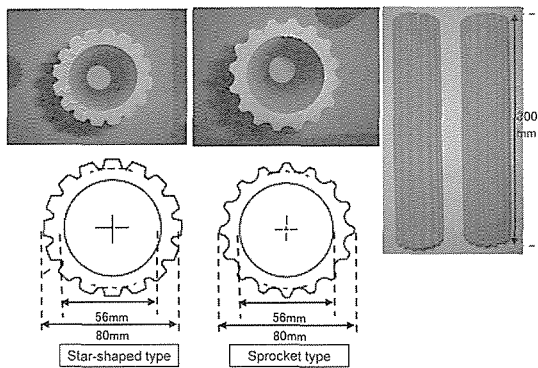


図3. 供試回収用部材

Fig. 3. Recovery materials for investigating

計128本を供試した(図5)。

供試汚水は、豚舎から排出された汚水を0.5mmのスクリーンで固形物を除去して1日当たり30~50回程度に分割してMAP反応槽に投入し、曝気および30% $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ 液の連続添加(10L/日)を行った。試験期間は、佐賀県畜試施設では147日(平成20年7月8日~12月4日)、農家実証施設では87日(平成20年7月22日~10月7日)で実施した。

測定項目について、水質調査項目として、原水、MAP反応後汚水、最終処理水は、pH、全リン(以下T-P)、水溶性リン酸態リン(以下水溶性 PO_4 -P)、結晶性リン酸態リン(以下結晶性 PO_4 -P)、全マグネシウム(以下T-Mg)、水溶性マグネシウム(以下水溶性Mg)、生物化学的酸素要求量(以下BOD)、化学的酸素要求量(以下COD)、全窒素(以下T-N)および浮遊物質(以下SS)を測定した。

また、試験終了時に回収部材表面への全付着結晶等量を測定し、X線解析および成分分析を行った。成分分析項目として、リン酸(以下 PO_4)、アンモニア性窒素(NH_4)、マグネシウム(以下Mg)、カルシウム(以下Ca)、カリウム(以下K)、有機物および水分を測定した。

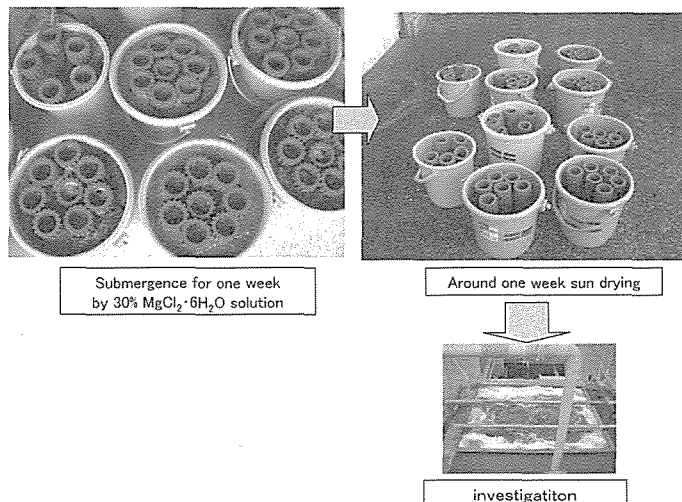


図4. 回収部材Mg液浸漬処理方法

Fig. 4. Method for the Mg solution submergence of recovery materials

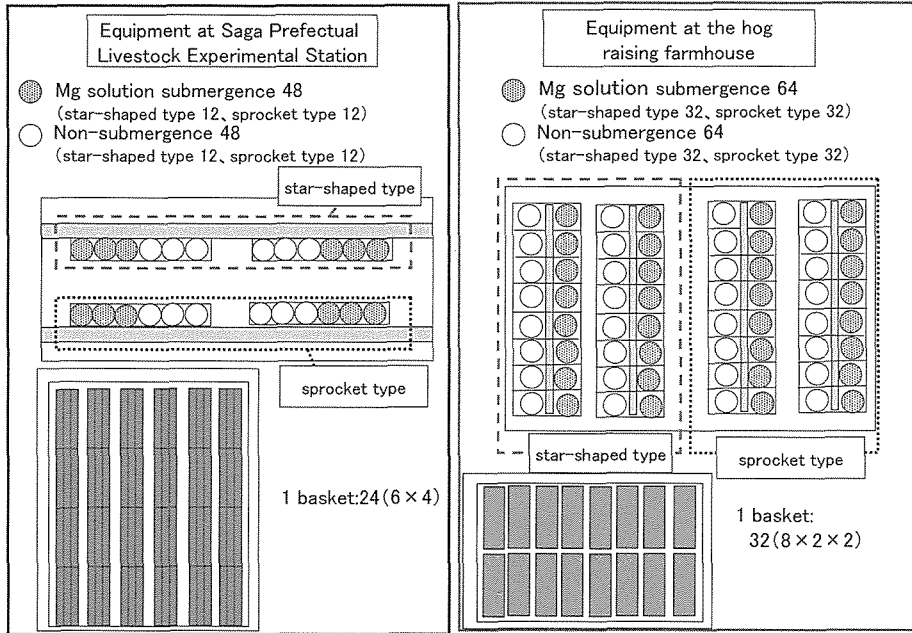


図 5. 回収部材設置概要

Fig. 5. Setting method recovery materials

各項目の測定方法として、水質調査項目は常法¹³⁾に準じて、pHはガラス電極法、T-P、水溶性PO₄-P、結晶性PO₄-Pはバナドモリブデン酸青吸光光度法、T-Mg、水溶性MgおよびT-Caはフレーム原子吸光法、BODは20℃5日間培養による酸素消費量、CODは酸性過マンガン酸カリウム法、T-Nはケルダール蒸留法でTk-Nを算出後NO_x-Nを加算、SSはガラス繊維濾紙法により測定した。水溶性PO₄-Pおよび水溶性Mgは3000rpmで10分間遠心分離した後の上澄みを分析した。回収した結晶物について、PO₄はバナドモリブデン酸青吸光光度法、Mg、Ca、Kはフレーム原子吸光法、NH₄はインドフェノール青吸光光度法、有機物含量は1NHCl処理による不溶性分画とした。X線解析は、X線解析装置(X'Pert Pro, PANalytical社製)において測定を行った。

結 果

表1および表2に試験期間中の污水成分除去の推移を示す。佐賀県畜試施設および農家実証施設

において、原水中のpHが7.8と高く結晶性PO₄-P濃度が水溶性PO₄-P濃度を上回ったが、MAP反応槽を設置して曝気処理を行うことでpHが上昇し、MgCl₂・6H₂O液を添加することでMAP反応が誘発され、T-Pおよび水溶性PO₄-Pの除去が確認された。特に、農家実証施設におけるMAP反応後の水溶性PO₄-P除去率は85.2%と顕著に高くなった。しかし、各施設における曝気処理後の最終処理水中の水溶性PO₄-P濃度は、MAP反応後と比べて増加する傾向が確認された。BOD等の他の水質項目については、原水と最終処理水とを比較すると、MAP反応に影響を及ぼすことなく90%以上の高い除去率が確認された。最終処理水中の水溶性Mg濃度については、佐賀県畜試施設では平均57.5mg/l、農家実証施設では平均52.7mg/lとなった。

表3に回収部材形状における部材表面への全付着結晶等量を示す。試験の結果、畜産試験場施設および農家実証施設において、凹部分が狭い星型部材の方が全付着結晶物等量が多くなることが確

表 1. 試験期間中の汚水成分除去の推移 (佐賀県畜試施設)

Table 1. Change of the swine wastewater ingredient removal during testing period (Equipment at Saga Prefectural Livestock Experimental Station)

Investigation place	pH	Total P (mg/l)	Soluble PO ₄ -P (mg/l)	Crystallized PO ₄ -P (mg/l)	Total Mg (mg/l)	Soluble Mg (mg/l)
Wastewater	7.8±0.2	219.9±67.1	48.6± 8.6	83.8± 76.0	60.8±12.5	25.2± 6.5
Through struvite reactor	7.9±0.1	47.3±41.0	21.9± 3.5	59.6±117.5	79.1±81.1	35.1±10.5
Treated water	6.2±1.2	58.8±24.3	45.6±16.2	0.5± 3.2	57.8±14.6	57.5±10.2
Struvite reactor removal rate	—	78.5%	54.9%	—	-30.0%	-39.2%
Whole institution removal rate	—	73.3%	6.2%	—	5.0%	-128.0%
Investigation place	BOD (mg/l)	COD (mg/l)	SS (mg/l)	Total N (mg/l)		
Wastewater	2258.8±1219.0	1694.3± 670.7	5225.3±1657.0	759.2±293.2		
Through struvite reactor	1050.5±1341.7	958.8±1212.4	3006.3±2575.4	588.9±454.6		
Treated water	15.6± 20.5	96.4± 60.8	23.3± 26.4	29.2± 27.0		
Struvite reactor removal rate	53.5%	43.4%	42.5%	22.4%		
Whole institution removal rate	99.3%	94.3%	99.6%	96.2%		

Mean±Standard deviation.

認められた。

表4に回収部材Mg浸漬処理における部材表面への全付着結晶等量を示す。30% MgCl₂・6H₂O液に浸漬処理をした回収部材は、未処理部材と比べて顕著に全付着結晶物等量が多くなり、特に、佐賀県畜試施設においては未処理部材と比較して約3倍量の全付着結晶等量が得られた。

図6に回収した結晶物のX線解析結果を、表5

に結晶物成分値を示す。X線解析の結果、回収された結晶物において、両施設においてMAP特有のピークが確認された。また、農家実証施設においては、MAPのピークと併せて、CaCO₃に特有なピークが確認された。さらに、成分分析において、高濃度のPO₄、NH₄、Mgが検出されたことにより、結晶物がMAPであることが確認された。

表 2. 試験期間中の汚水成分除去の推移 (農家実証施設)

Table 2. Change of the swine wastewater ingredient removal during testing period (Equipment at the hog raising farmhouse)

Investigation place	pH	Total P (mg/l)	Soluble PO ₄ -P (mg/l)	Crystallized PO ₄ -P (mg/l)	Total Mg (mg/l)	Soluble Mg (mg/l)
Wastewater	7.8±0.4	294.4±148.6	33.8±27.2	80.1±63.6	115.1±56.8	24.0± 9.1
Through struvite reactor	8.1±0.2	170.5± 80.9	5.0± 3.7	25.1±62.7	114.4±62.0	61.0±24.2
Treated water	5.5±0.7	32.5± 11.5	26.7± 9.0	2.4± 3.4	45.7±21.9	52.7±10.6
Struvite reactor removal rate	—	42.1%	85.2%	—	0.6%	—154.9%
Whole institution removal rate	—	89.0%	21.1%	—	60.3%	—119.8%
Investigation place	BOD (mg/l)	COD (mg/l)	SS (mg/l)	T-N (mg/l)		
Wastewater	2626.3±858.3	1968.0±600.5	7514.0±3543.5	1135.9±433.8		
Through struvite reactor	1003.9±374.4	1202.9±410.5	4755.4±2675.5	774.6±239.8		
Treated water	5.2± 4.0	80.5± 25.2	6.6± 26.9	69.9± 81.4		
Struvite reactor removal rate	61.8%	38.9%	36.7%	31.8%		
Whole institution removal rate	99.8%	95.9%	99.9%	93.8%		

Mean±Standard deviation.

考 察

佐賀県畜試および実証農家の既存標準活性汚泥処理施設に MAP 反応槽を設置して, MAP 反応によるリン除去・回収技術の実証規模での試験を行った結果, 他の水質項目に影響を及ぼすことなく MAP 反応による T-P および水溶性 PO₄-P が除去され, 回収部材による MAP 等結晶物の回収

が可能であることが確認された。

豚舎汚水において, 鈴木は pH が低い (pH < 7.5) 豚舎汚水では PO₄ や, Mg, Ca は水溶性の形で存在する比率が高いが, pH が高い (pH > 7.5) 豚舎汚水では結晶の形で存在する比率が高いと報告しており⁷⁾, 本試験においても佐賀県畜試施設および農家実証施設における原尿の平均 pH が 7.8 と高く推移したために, 結晶性 PO₄-P 濃度が

表 3. 回収部材形状における部材表面への全付着結晶等量

Table 3. Total crystal amount with recovery materials of the shape distinction

Investigation place	Equipment at Saga Prefectural Livestock Experimental Station		Equipment at the hog raising farmhouse	
	Star-shaped type	Sprocket type	Star-shaped type	Sprocket type
all crystal amount with recovery materials	783.9g/48	595.8g/48	721.9g/64	458.4g/64

- 1) Each examination ward recovery materials numbers
 Equipment at Saga Prefectural Livestock Experimental Station 48
 (Mg solution submergence 24, Non-submergence 24)
 Equipment at the hog raising farmhouse 64
 (Mg solution submergence 32, Non-submergence 32)
- 2) Recovery materials surface area per one
 Star-shaped type 1439.5cm², Sprocket type 1521.1cm²

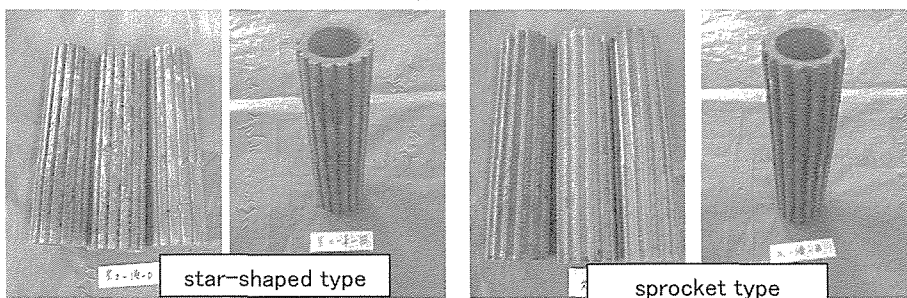
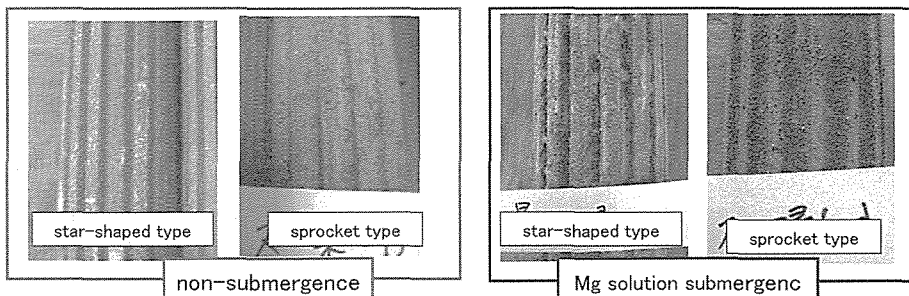


表 4. 回収部材 Mg 浸漬処理における部材表面への全付着結晶等量

Table 4. Total crystal amount with recovery materials of the magnesium submergence distinction

Investigation place	Equipment at Saga Prefectural Livestock Experimental Station		Equipment at the hog raising farmhouse	
	Mg solution submergence	Non-submergence	Mg solution submergence	Non-submergence
all crystal amount with recovery materials	1018.4g/48	361.3g/48	731.2g/64	449.1g/64

- 1) Each examination ward recovery materials numbers
 Equipment at Saga Prefectural Livestock Experimental Station 48
 (Star-shaped type 24, Sprocket type 24)
 Equipment at the hog raising farmhouse 64
 (Star-shaped type 32, Sprocket type 32)
- 2) Recovery materials surface area per one
 Star-shaped type 1439.5cm², Sprocket type 1521.1cm²



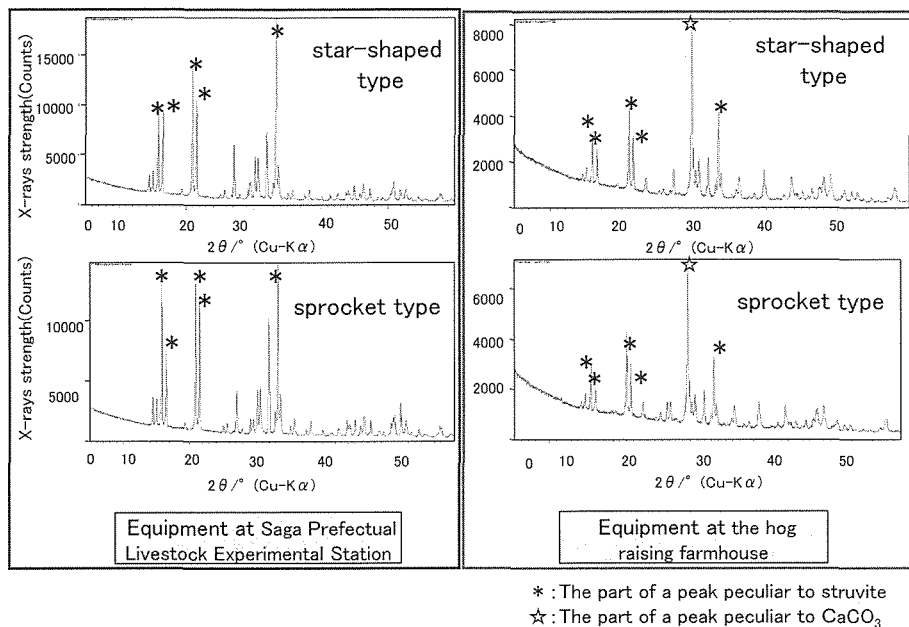


図 6. 回収した結晶物の X 線解析結果
 Fig. 6. X-rays analysis result of the recovery crystal

表 5. 回収した結晶物の成分値
 Table 5. Ingredient of recovery crystal

Equipment at Saga Prefectural Livestock Experimental Station				Equipment at the hog raising farmhouse					
	Star-shaped type		Sprocket type			Star-shaped type		Sprocket type	
	Weight%	mol/kg	weight%	mol/kg		Weight%	mol/kg	weight%	mol/kg
PO ₄	33.7	3.55	34.6	3.64	PO ₄	21.2	2.23	19.5	2.05
Mg	9.1	3.73	9.1	3.76	Mg	5.2	2.14	5.1	2.10
NH ₄	6.0	3.31	6.4	3.54	NH ₄	3.6	1.99	2.4	1.35
Ca	0.012	0.003	0.011	0.003	Ca	1.230	0.307	1.392	0.347
K	0.014	0.004	0.034	0.009	K	0.018	0.005	0.018	0.005
Organic matter ¹⁾	7.8	—	7.4	—	Organic matter ¹⁾	12.5	—	11.4	—
Others (H ₂ O etc)	43.5	—	42.4	—	Others (H ₂ O etc)	56.3	—	60.2	—

¹⁾particle more than 1 μm of the infusiblens in 1NHCl

水溶性 $\text{PO}_4\text{-P}$ 濃度を上回ったことが考えられる。今後は、原水 pH が上昇した原因を調査して、原水 pH を 7.5 以下に改善することで、MAP 反応に必要な水溶性 $\text{PO}_4\text{-P}$ 濃度が高くなり、さらなる MAP 等結晶物の回収量が期待できる。また、最終処理水中の水溶性 $\text{PO}_4\text{-P}$ 濃度が MAP 反応後と比べて増加した原因として、鈴木らは一度高 pH にした後に pH を再び低下させると各水溶性成分濃度とも上昇することを明らかにしており¹⁴⁾、本試験においても曝気槽での過曝気により最終処理水中の pH が低下したことで、MAP 反応槽から活性汚泥槽に超越した結晶化 MAP が再溶解したことが考えられるため、豚舎汚水を MAP 反応の誘発のために一度高 pH 化させて結晶化させた後は、曝気処理後に処理水として放流するまで汚水の pH の低下を抑制させることが必要となる。最終処理水中の水溶性 Mg 濃度について、鈴木らは、最終処理水中の水溶性 Mg 濃度を 50 mg/l 程度に設定することが効率的そして経済的なリン除去の条件となつており⁹⁾、本試験においても添加量は適切であったと考えられるが、原水中の水溶性 $\text{PO}_4\text{-P}$ 濃度および MAP 反応槽の容量に応じた適切な添加量を検討する必要がある。

供試した回収部材において、スプロケット型よりも星型の方が結晶物の回収量が多くなったが、凹部分が狭いことで結晶等量の付着性が向上したことが推察された。また、30% $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 液に浸漬処理をすることで、未処理部材と比べて顕著に結晶物の回収量が多くなった。その理由としては、緒言において推測したとおり、浸漬処理を行うことで素焼きの特性である多孔体構造に Mg の種結晶が形成されたことで、結晶の形成および付着が促進されたことが考えられる。

回収した結晶物において、農家実証施設では CaCO_3 に特有なピークが確認されたが、佐賀県畜試施設における結晶物と比較して、MAP の主成分である PO_4 、Mg、 NH_4 の含有割合が低かったことで CaCO_3 の含有割合が高くなったことが考えられるため、今後は MAP の純度をさらに高めるために、曝気強度の調整等検討する必要がある。

また、豚舎汚水中の P 濃度はふん尿混合割合が

高まるほど増加する傾向にあるが¹⁵⁾、本試験における対象汚水は浄化処理を前提としたふん尿分離汚水であるため、今後は高濃度水溶性 $\text{PO}_4\text{-P}$ 濃度を含有するふん尿混合汚水を対象としたリン除去・回収試験を実施して、MAP 等結晶物回収量の増加を図る必要がある。

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。本研究に御協力いただいた実証農家および共同研究を進める（独）畜産草地研究所、佐賀県畜業技術センター、神奈川県畜産技術センター、神奈川県農業研究センター、沖縄県畜産研究センター、沖縄県農業研究センターその他関係者各位に御礼申し上げます。

文 献

- 1) MORI, T., M. SAKIMOTO, T. MORI and T. SAKAI: Decolorization of wastewater from a livestock barn using andsols. *Animal Science Journal*, **68** (10), 940-947, 1997.
- 2) 木庭研二・酒見武典：豚尿汚水の浄化処理技術に関する研究—凝集剤による浄化放流水の脱色と水質汚濁物質の除去効果—, 熊本畜研成績, 261-266, 1996.
- 3) 木庭研二・酒見武典：豚尿汚水の浄化処理技術に関する研究—無機凝集剤による浄化放流水の脱色と水質汚濁物質の除去実用化試験—, 熊本畜研成績, 221-228, 1997.
- 4) 越野正義：リンの循環利用とその展望，再生と利用，**26** (98), 6-12, 2003.
- 5) 阿部静夫・室須美夫：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** (389), 89-96, 1995.
- 6) 深瀬哲朗：最新のリン除去装置，日本畜産環境研究会報告，**3**, 18-23, 1999.
- 7) 鈴木一好：結晶化法による豚舎汚水中のリンの除去及び回収，日豚会誌，**39**, 101-111, 2002.
- 8) 鈴木一好：結晶化法による豚舎汚水からのリン回収に関する検討。第 37 回 日本水

- 環境学会年会講演集, 608, 2003.
- 9) 鈴木一好・田中康男・黒田和孝・花島大・福本泰之: Mg 添加による曝気・沈殿一体型リアクターを用いた豚舎汚水中リン酸除去性能の向上, 第 38 回日本水環境学会年会講演集, 640, 2004.
- 10) 脇屋裕一郎・坂井隆宏: セラミックスを担体とした生物膜法と土壌濾過を組み合わせた汚水浄化処理法の開発. 農業施設, **33**, 1-10, 2002.
- 11) 脇屋裕一郎・勝木宏昭・古田祥知子・古川敬通・坂井隆宏: 低コストセラミックスを利用した浄化処理試験. 西畜会報, **45**, 45-50, 2002.
- 12) 脇屋裕一郎・勝木宏昭・古田祥知子・古川敬通・坂井隆宏・岩永致悦: 低コストセラミックスを利用した浄化処理試験 (第 2 報) 形状の変化が物理性状および浄化に及ぼす影響. 西畜会報, **46**, 47-53, 2003.
- 13) 建設省都市下水道部・厚生省生活衛生局水道環境部監修: 下水道試験法 (下巻) 1997 年版, 日本下水道協会, 1997.
- 14) 鈴木一好・田中康男・和木美代子・長田隆: アルカリ添加による豚舎汚水中のリン除去に関する検討, 第 55 回関東畜大会講要, 5, 2000.
- 15) 鈴木一好・田中康男・長田隆・和木美代子: 豚舎汚水中の P, Mg, Ca 濃度と MAP 法等適用の可能性, 第 11 回廃棄物学会研究発表講演論文集, 359-361, 2000.

Removal and Recovery of Phosphate from Swine Wastewater with Ceramics

Yuichiro WAKIYA, Takahiro SAKAI*, Sachiko FURUTA**, Masanobu SEKIDO**, Hirofumi KAWAHARA and Kazuyoshi SUZUKI***

Saga Prefectural Livestock Experiment Station, Yamauchi-cho, Takeo-shi 849-2305, Japan

* Saga Prefectural Kishima Agricultural Extension Center,
Shiroishi-cho, Kishima-gun 849-1111, Japan

** Saga Ceramics Research Laboratory, Arita-cho, Nishimatsuura-gun 844-0022, Japan

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

The phosphorus removal and recovery technology from swine wastewater which used struvite crystallization as recovery and recycling technology of phosphorus as drying up resources is developed, but it is necessary to install equipment of simple structure and low cost to spread this technology and to raise recovery efficiency of the struvite.

Therefore we made struvite recovery materials using ceramics and investigated it about influence to give to crystallization when it processed on that shape and the $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ solution submergence.

The crystallization reactors were remodeled the part of existing standard activated sludge treatment equipment at Saga Prefectural Livestock Experimental Station and the hog raising farmhouse in saga prefecture and they were installed aerate pipe and $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ dissolution tank and offered it for an examination.

The struvite recovery materials were made by pro-ceramics; and different two kinds (star-shaped type and sprocket type) of the unevenness structure (56 mm × 80

mm×300 mm) and they were fixed in a container and cast it into struvite reactors and conducted an investigation into the struvite recovery situation in the ingredient removal and the material shape. In addition, half quantity of recovery materials were submerged in 30% $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ solution and which did test, and were able to put the comparison between non-submerged materials together.

Test swine wastewater drained from a pigpen was divided into around 30-50 times per day to struvite reactors after the removal with screen of 0.5mm, and aerated them and performed the addition (10 L per day) of 30% $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ solution.

About an ingredient out of the swine wastewater during testing period, all phosphoruses and water-soluble phosphorus were removed by induction of the struvite crystallization, and the 90% high removal rate older than was provided without having an influence on struvite reactors about the other quality of the water items.

As for total crystal amount with recovery materials, star-shaped materials that a reentrant share was narrow both of the Equipment at Saga Prefectural Livestock Experimental Station and the hog raising farmhouse were increased and the recovery materials which submerged in 30% $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ solution were conspicuously increased in comparison with non-submerged materials.

As a result of having analyzed for X-rays and ingredient analysis, as for the recovery crystal, that it was struvite was confirmed.

Jpn. J. Swine Science, **46**, 3 : 159-170

Key words : phosphorus removal and recovery, recovery materials, ceramics, Mg solution submergence