

結晶化法による豚舎汚水中リン除去回収技術の 高濃度汚水貯留槽への適用方法の確立

(1) リン結晶化促進マグネシウム剤としての海水利用の検討

鈴木直人 稲嶺修 宮城正男 鈴木一好*

I 要 約

豚舎汚水中リンの結晶化法による除去回収において、結晶化を促進するマグネシウム (Mg) 剤の代替として、Mg を多く含有する海水の可能性を検討するため、汚水貯留槽にばっ気装置、結晶化反応槽、海水添加装置等を付設した実証試験装置を利用した検討を行った。原水を結晶化反応槽へ投入し、海水を原水に対して 0% (無添加区)、2% (2% 添加区)、4% (4% 添加区) および 6% (6% 添加区) の割合で同時添加したところ、結果は以下のとおりであった。

1. pH は、原水で 7.45~7.56 であり、結晶化反応槽内汚水で、8.14~8.35 と上昇したが、海水添加割合による差異はなかった。また、EC およびアルカリ度についても、海水添加割合による大きな変化はなかった。

2. 結晶化反応槽内の水溶性リン酸態リン濃度は、無添加区 34.6mg/l、2% 添加区 18.5mg/l、4% 添加区 16.7mg/l および 6% 添加区 12.4mg/l となり、海水添加割合が高まるごとに濃度低下する傾向にあった。

以上より、海水は、リン結晶化促進 Mg 剤の代替としての活用が可能であること、さらに pH、EC、アルカリ度に海水添加による大きな変化がなかったことから、浄化処理への影響も少ないことが示唆された。

II 結 言

豚舎汚水中のリンは比較的高濃度であることが知られており¹⁾、汚水の浄化放流における環境規制項目の一つである。リンの一律排水基準値は日間平均値 8mg/l であり、この基準値の遵守には凝集剤等の薬剤による高コストな方法が一般的で、農家が採用しにくい状況となっている。また、リン資源はほぼ全量を輸入に頼っていることから枯渇が懸念され、汚水や廃棄物等からのリンの再資源化の動きはますます強まるものと思われる。本研究では、近年研究が進められているリン結晶化法 (Magnesium Ammonium Phosphate: MAP 法)^{2~4)} を基礎技術として、沖縄県内に多い高濃度汚水に用いる。さらに、汚水貯留槽の結晶化反応槽としての活用や結晶化を促進する Mg 剤⁵⁾ (ニガリ液) の代替として、ニガリ液の原料となり、Mg を多く含有する海水を利用することにより低コスト・簡易化し、農家への普及を図る。海水によるリン結晶化促進について、筆者ら⁶⁾ は汚水 pH をアルカリに調製し、海水添加したピーカーテストにおいて、添加割合が高まるごとに水溶性リン酸濃度が低下したと報告している。そこで本試験では、海水によるリン結晶化促進について実証施設にて検討を行ったので報告する。

III 材料および方法

1. 試験期間および場所

試験は、2007年2月から6月に沖縄県畜産研究センター内で行った。

2. 供試海水および供試汚水

供試海水の性状を表1に示した。試験に供した海水は、沖縄県畜産研究センター近隣 (東シナ海) の海水を供した。また、供試汚水は、沖縄畜産研究センター内豚舎から排出されたふん尿混合の汚水を、固液分離機 (振動ふるい、網目間隔 0.5mm) に通した液分とした。

表1 海水水質

pH	EC mS/m	アルカリ度 mg/l	NH ₃ -N mg/l	水溶性P mg/l	水溶性Mg mg/l
8.18	5.01	1303.9	0.31	0.3	1632.0

* (独) 畜産草地研究所

3. 方法

試験は、豚舎に併設の汚水貯留槽に散気管(YD-1 山幸社製), 流量計(FLT-N 日本フローセル社製), インバータ(FR-S 三菱社製), 送風用プロア(富士ターボプロア 1.5Kw), 空気送風管およびリン回収カゴ(MAP 反応槽)を付設した実証試験装置(図1)を作成して行った。方法について, 原水は, 固液分離機(振動ふるい 網目間隔 0.5mm)を通し, 一時貯留槽に貯留した。その後, 試験装置の第一槽(1.2m×1.3m×0.9m, 有効容積 1.0m³)内の MAP 反応槽(0.4m×1.0m×0.8m)に, 一時貯留槽から水中ポンプで, 制御盤により1時間おきに42 lずつ24回に分けて3口に分けた汚水投入口から投入した。また, 海水は, タンク(1m³)から水中ポンプで, 制御盤により原水投入と同時に3口に分けた海水投入口から投入した。さらに, 第一槽内のばっ気は, インバータおよび流量計で調整しながら33.3 l/minで送風した。海水添加割合は3週間ごとに変更し, 試料は, 最初の1週間を馴致期間として, 後の2週間に原水とMAP 反応槽内から採取した。

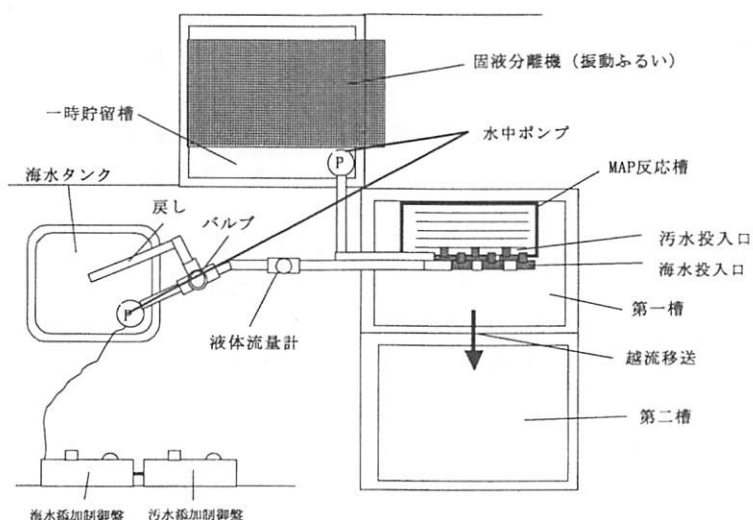


図1 実証試験装置の概図

4. 試験区分

海水は, 投入原水に対して0% (海水添加なし), 2% (20 l/日, 0.84 l/回), 4% (40 l/日, 1.68 l/回) および6% (60 l/日, 2.52 l/回) 相当量を添加し, 試験区分を, それぞれ無添加区, 2%添加区, 4%添加区および6%添加区とした。

5. 調査項目

調査項目および分析方法を表2に示した。調査項目は, 汚水性状 (pH, 導電率(EC), アルカリ度), 汚水成分濃度 (アンモニア態窒素 (NH₃-N), 水溶性リン酸態リン (水溶性P), 水溶性マグネシウム (水溶性Mg)) とした。

表2 調査項目および測定法

調査項目	測定法
pH	pH計 (セフンイーシー モトラート社製)
EC	ECメーター (東亜ディーケー社製)
アルカリ度	常法 ⁷⁾
アンモニア態窒素 (NH ₃ -N)	アンモニア態窒素メーター (セントラル科学社製)
水溶性リン酸態リン (水溶性P)	遠心分離-原子吸光光度法 ^{7, 8)}
水溶性マグネシウム (水溶性Mg)	〃

IV 結果および考察

1. 汚水性状

原水および MAP 反応槽内の汚水性状を、表 3 に示した。pH は、原水で 7.45~7.56 であり、MAP 反応槽内で、8.14~8.35 となった。脇ら⁹⁾は、ばっ気により排水中の二酸化炭素等無機態炭素を追い出すことで、pH が上昇されるとしている。筆者ら¹⁰⁾は、ばっ気量を変えて実施した室内試験において、pH はばっ気を行った区で上昇傾向を示し、ばっ気強度が強まるごとに高い値を示したと報告している。本試験においても同様に反応槽内の pH は、上昇し 8 以上の数値となった。2%添加区は 8.14 と他の区に比べ低い値であったが、原水と比較した上昇度では、各区間に大きな差異はなく、また海水添加割合による差異もなかった。このことから、海水添加による pH 上昇への影響は少ないと考えられた。EC は、原水と比べ MAP 反応槽内で無添加、2%添加および 4%添加区で低く、6%添加区で高い値を示したが、各区大きな差異はなかった。本試験で供した海水は、EC5.01mS/cm と原水よりも低く、6%程度までの添加であれば、汚水中 EC の大きな変化はないと考えられた。アルカリ度は、下水処理において生物学的硝化、凝集沈殿等の処理効果を左右する重要な因子である⁶⁾。各区アルカリ度は、原水に比べ反応槽内で低下する傾向にあったが、海水による影響はみられなかった。これらの結果から、海水添加による浄化処理への影響は少ないと考えられた。

表 3 汚水性状

区分		pH	EC (mS/cm)	アルカリ度 (mg/l)
無添加区	原水	7.55±0.05	11.26±0.05	5105.3±203.1
	MAP反応槽内	8.35±0.08	10.41±0.05	4804.4±224.0
2%添加区	原水	7.45±0.09	8.71±0.03	3971.9±158.2
	MAP反応槽内	8.14±0.15	8.62±0.03	3701.1±137.4
4%添加区	原水	7.56±0.05	13.47±0.34	5406.2±238.5
	MAP反応槽内	8.35±0.08	12.79±0.04	4774.3±310.8
6%添加区	原水	7.53±0.08	10.47±0.08	4704.1±348.9
	MAP反応槽内	8.30±0.07	11.74±0.06	4333.0±432.8

注) n=10

2. 汚水成分濃度

原水および MAP 反応槽内の汚水成分濃度を表 4、水溶性 P の濃度低下率を図 2、反応槽内の水溶性 P と水溶性 Mg の関係を図 3 に示した。

原水中水溶性 P 濃度は、57.4~73.1mg/l であり、MAP 反応槽内の水溶性 P は、無添加区 34.6mg/l、2%添加区 18.5mg/l、4%添加区 16.7mg/l および 6%添加区 12.4mg/l となった。

原水に対する MAP 反応槽内の水溶性 P 濃度低下率は、海水添加割合が高まるごとに上昇する傾向にあり、4%添加区と 6%添加区間を除き、5%水準で有意差が認められ、海水添加により結晶化が促進されたことを示唆する結果となった。

鈴木⁴⁾は、処理水中の水溶性マグネシウム濃度を 50mg/l 程度となるように添加量を設定することが、効率的そして経済的なリン除去の条件となるとしている。本試験においても、図 3 で示すように MAP 反応槽内の水溶性 P と水溶性 Mg の関係についてみると、水溶性 P の濃度は、水溶性 Mg 濃度約 50mg/l 程度まで顕著に低下し、その後ほぼ横並びに推移した。このことから、沖縄県畜産研究センターの汚水では、4~5%程度が最も効果的かつ効率的な海水添加割合であると考えられた。

区分		水溶性P	水溶性Mg	NH ₃ -N
無添加区	原水	73.1±4.1	41.4±8.8	1421.1±86.2
	MAP反応槽内	34.6±5.4	26.3±11.7	1338.1±70.5
2%添加区	原水	57.4±6.6	80.3±8.7	1009.0±58.2
	MAP反応槽内	18.5±6.0	76.4±11.6	949.5±37.3
4%添加区	原水	65.6±12.3	38.9±10.3	1594.9±91.2
	MAP反応槽内	16.7±5.2	45.8±14.6	1479.0±87.4
6%添加区	原水	67.9±8.3	47.4±13.8	1231.3±104.3
	MAP反応槽内	12.4±2.7	68.9±12.4	1138.9±64.6

注)n=10

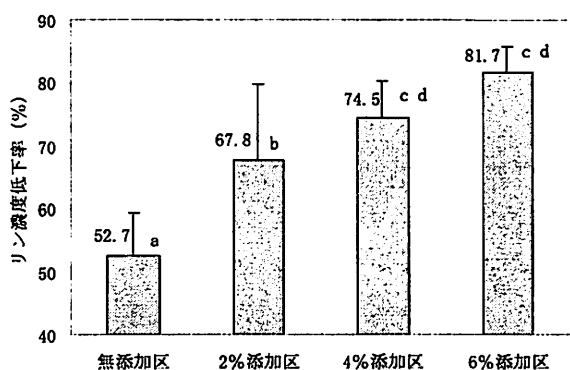


図2 水溶性Pの濃度低下率(原水比)
注) 小文字異符号間に5%水準で有意差あり。

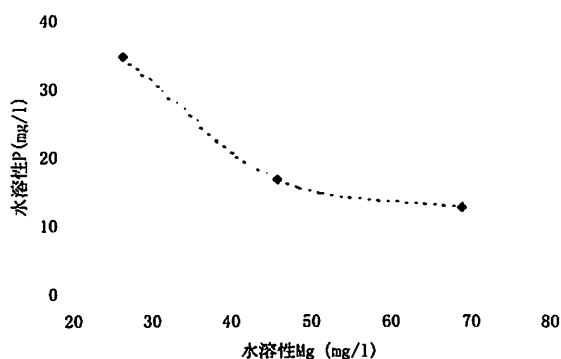


図3 反応槽内の水溶性Pと水溶性Mgの関係

以上より、MAP 反応槽内への海水添加により、添加割合が増すごとに汚水中水溶性 P 濃度は低下し、筆者らが行ったビーカーテスト⁶⁾と同様な結果となったことから、海水は結晶化促進 Mg 剤としての活用が可能であること、さらに pH, EC, アルカリ度および NH₃-N 濃度等に海水添加による影響がなかったことから、浄化処理への影響も少ないことが示唆された。

V 引用文献

- 1) 農文協編 (2004) 畜産環境対策大事典, 18, 農文協
- 2) 鈴木一好 (2002) 豚舎汚水中リンの結晶化法による除去および回収, 畜産技術, 571, 11-19
- 3) 鈴木一好 (2002) 結晶化法による豚舎汚水中リンの除去および回収, 日豚会誌, 39(2), 101-111
- 4) 鈴木一好 (2005) MAP 付着回収法による豚舎汚水からのリン回収技術, 畜産の研究, 59(1), 98-104
- 5) 農文協 (2004) 農業技術大系畜産編, 552 の 11 の 4, 農文協
- 6) 鈴木直人・坂井隆宏・鈴木一好・黒田和孝・花島大・福本泰之・安田知子 (2005) 豚舎汚水処理における MAP 反応促進に向けた Mg 源としての海水利用の可能性, 日本畜産学会第 105 回大会講演要旨, 118
- 7) 日本下水道協会編 (1997) 下水試験方法 (1997 年版), 日本下水道協会
- 8) 鈴木一好・渡辺武・Vo LAM (2001) ベトナム・メコンデルタにおけるバイオガスダイジェスター排出液中のリン酸, アンモニウム, ミネラル濃度およびこれら成分の結晶化, 第 12 回廃棄物学会研究発表会講演論文集, 330-332
- 9) 脇信利・近藤久幸・西田政司 (1987) エアレーションによる消化槽脱離液からのリン除去の検討, 用水と排水, 29, 636-640
- 10) 鈴木直人・稲嶺修・与古田稔 (2006) 豚ふん尿液肥化技術の確立(1)豚舎排水のばっ気処理強度の違いによる肥料成分濃度推移, 沖縄畜研セ研報, 44, 59-64