

〈特集〉 賛助会員企業 最新技術紹介 水ing株式会社

資源・エネルギー回収を目的とした汚泥処理技術

西井啓典

¹⁾ 水ing(株) (〒108-8470 東京都港区港南1-7-18 E-mail: nishii.akinori@swing-w.com)

概要

下水汚泥には下水に含まれるエネルギーや資源が凝縮されており、その回収・利用技術が注目されている。ここでは当社で開発した下水に含まれるリン及びエネルギーの回収技術である機械攪拌式MAP法及び高濃度・高効率消化システムを紹介する。機械攪拌式MAP法は消化液から直接MAP（リン酸マグネシウムアンモニウム）を生成させ、利用しやすい形態でのリン回収が可能な技術である。高濃度・高効率消化システムはシステム自体での消費エネルギーを抑えることにより有効利用可能なガス量を最大化した技術である。

キーワード：汚泥処理, 下水液, リン回収, 省エネ
原稿受付 2013.3.29

EICA: 18(1) 20-21

1. 資源・エネルギー回収型汚泥処理技術

1.1 機械攪拌式MAP法

(1) はじめに

下水中に多く含まれるリンは閉鎖性水域における富栄養化の原因物質となる一方、産出国に限られた希少資源であり、今後の人口増加に伴ってその重要性が高まっていくものと考えられる。

当社で開発した機械攪拌式MAP法は、下水処理プロセスの中で最もアンモニア及びりん濃度が高くなる消化液から直接MAP（リン酸マグネシウムアンモニウム）を生成させ分離・回収できる技術であり、次のような効果がある。

- ・高効率なリン除去・回収
- ・MAP析出による汚泥処理配管、機器への悪影響（目詰まりや磨耗）を低減
- ・有効利用可能な形態でのリン回収

(2) 実証実験事例

2005～2007年にB市下水処理場内にFig.1に示す処理量6m³/dおよび50m³/dの実証試験機を設置し、消化液を対象とした実証試験を行った¹⁻³⁾。

Table 1, Table 2に実証機仕様および試験条件と結果を示す。処理量によらず、PO₄-P除去率80%以上、リン回収率90%以上の処理性能が確認されたこと

Table 1 Specification of Pilot Plant

項目	仕様	項目	仕様
処理量	6m ³ /d	処理量	50m ³ /d
全高	約3,000mm	全高	約6,000mm
リアクタ直径	800mm	リアクタ直径	1,600mm

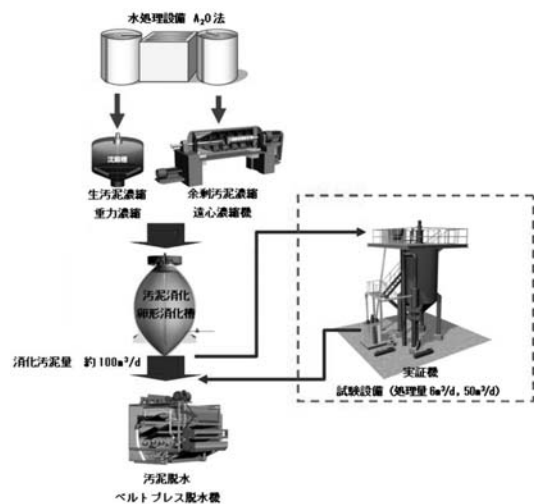


Fig. 1 Overview of Pilot Plant

とから、機械攪拌式MAP法により、消化液中でも効率の良い晶析反応が進行したと考えられる。

1.2 高濃度・高効率消化システム

(1) はじめに

下水汚泥の持つエネルギーを利用する有効な方法として、汚泥の嫌気性消化が挙げられるが、その導入に多大なコストがかかり十分に普及していないのが現状である。そこで当社では、従来よりも高効率かつ安価な嫌気性消化システムとして高濃度・高効率消化システムを開発中である。

高濃度・高効率消化システムは、従来の汚泥消化プロセスの各指標を見直すことで（Table 3）、効率化・小型化し、システムの使用エネルギーを大幅に削減した省エネ、低コストシステムであり、次のような効果がある。

Table 2 Operating Parameters and Results

		2005年9月 ～ 2006年3月	2006年9月 ～ 2007年3月
〈運転条件〉			
処理量	(m ³ /d)	6	53
攪拌方式	(—)	機械攪拌	機械攪拌
反応 pH	(—)	8.2	8.1
原汚泥 PO ₄ -P	(mg/L)	204	218
原汚泥 NH ₄ -N	(mg/L)	799	678
原汚泥 TS	(g/L)	16.7 (12.9~22.4)	13.1 (8.4~15.6)
PO ₄ -P 容積負荷量	(kg-P/m ³ -rea · d)	2.4	2.3
Mg 添加率 (Mg/P モル比)	(—)	1.6	1.5
〈処理能力〉			
T-P 原汚泥 処理汚泥	(mg/L)	762	637
		522	454
PO ₄ -P 原汚泥 処理汚泥	(mg/L)	204	218
		25	22.4
リン回収率 ^{注1)}	(%)	94	156
PO ₄ -P 除去率	(%)	87.7	89.7

注1) リン回収率 (%) = $\{(T-P_{in}) - (T-P_{out})\} \div \{(PO_4-P_{in}) - (PO_4-P_{out})\}$
 (100% を越えるのは、消化汚泥中の自然生成 MAP を回収したため)
 PO₄-P_{in} (mg/L) : 原汚泥の PO₄-P 濃度
 PO₄-P_{out} (mg/L) : 処理泥の PO₄-P 濃度
 T-P_{in} (mg/L) : 原汚泥の T-P 濃度
 T-P_{out} (mg/L) : 処理汚泥の T-P 濃度

Table 3 Design Criteria

	従来法	本 法
消化日数 (日)	20~30	15
投入汚泥濃度 (%)	2~4	8
消化温度 (℃)	35~37	同左

- ・有効利用可能な消化ガスの増大 (原料加温熱量, 消化槽の放熱量の大幅な低減による)
- ・消化タンクの小型化 (従来比 1/8~3/8) による建設コストの削減

(2) 投入汚泥の高濃度化

消化槽の有効容量 V (m³) は

$$V = Q \cdot T$$

Q : 投入汚泥量 (m³/d), T : 消化日数 (d)

で表され、投入汚泥量 Q が小さいほど消化槽容量は小さくて済む。すなわち、投入汚泥濃度を高めるほど Q は小さくなり消化槽をコンパクトにすることができる。

また、 Q が小さいほど原料の加温に要する熱量は少なくなり、消化槽容量が小さいほど消化槽表面積が少なくなるため、消化槽からの放散熱量も少なくなる。

よって、投入汚泥の高濃度化は消化槽の小型化 (=低コスト化) につながり、消化設備での消費熱量の低減 (省エネ化) につながるのである。

しかし、投入汚泥を過度に濃縮した場合、消化汚泥中のアンモニア濃度の上昇による発酵阻害、反応効率低下の可能性が考えられる。従って、効率的な濃縮が

可能な濃度範囲で、アンモニア阻害が発生しないと予想される濃度 (TS: 約 8%) を投入汚泥濃度とし、投入汚泥量 (容量) を従来比 1/4~1/2 とした。

(3) 消化日数の最適化

Fig. 2 は中温消化 (消化温度 35~37℃) の連続運転データ (社内データ) から消化日数とガス発生量の関係を図示したものである。

Fig. 2 から、消化日数 15 日程度で最終的な総発生ガス量の 90% 以上が得られることが分かる。エネルギー回収装置としての効率を考慮して高濃度・高効率消化システムでは消化日数を 15 日とした。従来の消化設備では消化日数が 20~30 日であるため、高濃度・高効率消化システムでは消化槽容量が従来比 1/2~3/4 となる。投入汚泥の高濃度化と合わせると高濃度・高効率消化システムの消化槽容量は従来と比較して 1/8~3/8 に低減できる。

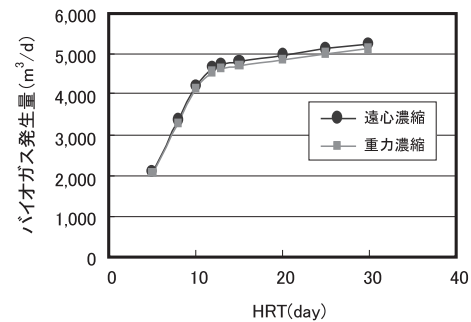


Fig. 2 Relationship between Hydraulic Retention Time and Biogas Generation

当社ではこれらの効果について実験室規模での検証を行い、

- ・投入汚泥濃度約 8%, 消化日数 15 日での安定した連続消化処理が可能であること
- ・高濃度・高効率消化では有機物分解率、ガス発生量が従来より低下するものの、自身での消費エネルギーが少ないため、有効利用可能エネルギーを増やすことができること

を確認済みである⁴⁾。近日中にパイロットプラントによる実証試験を行う予定である。

参考文献

- 1) 島村和彰: 晶析技術を利用したリン回収 —— 荏原グループの取り組み紹介 ——, 環境浄化技術, Vol. 8, No. 10, pp. 11-15 (2009)
- 2) 島村和彰ら: 汚泥からのリン回収プロセス —— 晶析技術と液体サイクロン分離 ——, 環境浄化技術, Vol. 8, No. 1, pp. 40-43 (2009)
- 3) 島村和彰ら: メタン発酵液からのリン回収プロセスにおける晶析操作, 化学工学論文集, Vol. 35, No. 1, pp. 127-132 (2009)
- 4) 西井啓典ら: 高濃度・高効率汚泥消化技術の開発, 第 49 回下水道研究発表会講演集, pp. 1015-1017 (2012)