

日本ガイシ（株） 稲垣智亮、○鈴木重浩

1. はじめに

下水処理により大量に発生する汚泥の処理処分が重要な社会的課題となっている。汚泥の嫌気性消化は、埋立て時の汚泥の安定化、無害化、減容化、脱水性の向上等の処理性の向上、また有価資源としてのメタンガスの回収、及びメタンガス発電技術の発達とその売電市場の広がりの可能性、さらには現代社会の消費生活の変化に伴う汚泥有機分の質的变化による潜在エネルギーの増加という点から有用な処理法として研究がなされてきている。

嫌気性消化処理は汚泥の可溶化反応が律速となり、長い処理時間を必要とするが、我々は余剰汚泥、初沈汚泥それぞれについてその嫌気性消化の前処理として熱アルカリ処理が有効であり、嫌気性消化の効率化が図れること、また熱アルカリ処理と消化槽 pH 8 付近の嫌気性消化を組み合わせることによって、メタンガス含有率80%以上のエネルギー利用の面からも有効な消化ガスを高効率に得られるという知見がベンチスケール実験から得られた。¹⁾ 今回はベンチスケール実験の結果をもとに汚泥処理量100L/日程度の規模でのオンサイト実験をおこない、その処理状況および本処理法のエネルギー回収の面からコストメリットについて検討を行ったので以下に報告する。

2. 実験装置および実験方法

2-1. 実験フローおよび実験装置

図. 1に示すように、余剰汚泥、初沈汚泥を各々濃縮した後、それぞれ別の熱アルカリ処理槽において可溶化処理した後、混合して嫌気性消化を行い、それぞれ所定の pH、温度となるように制御を行った。汚泥は30～60分おきにパルス的に投入し、余剰汚泥、初沈汚泥は体積として1対1で投入した。

2-2. 実験条件

供試汚泥性状は表 1 に示す通りであり、また表 2 に実験条件を示す。

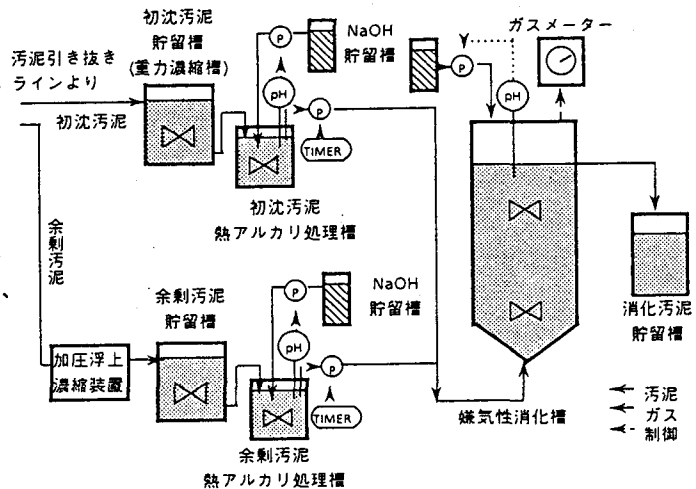


図.1 フロー図

表 1. 供試汚泥性状

	初沈汚泥	余剰汚泥
TS(mg/ℓ)	26000	20000
VS(mg/ℓ)	22000	18000
SS(mg/ℓ)	24000	18000
VSS(mg/ℓ)	20000	16000

表 2. 実験条件

汚泥の種類	熱アルカリ処理			嫌気性消化		
	pH	温度	処理時間	pH	温度	消化日数
初沈汚泥	9	37℃	44→35hr	7.6~8	37℃	25→20日
余剰汚泥	9.5	70℃	38→30hr			

3. 処理結果

表3. 消化日数25日における処理性能

	消化日数	消化槽pH	VS減少率	SS減少率	メタン発生量	メタン割合
オンサイト実験	25日	7.63	68%	69%	504ml/g-減少VS	71.8%
ベンチスケール実験1	10日	7.6	70%	61%	550ml/g-減少VS	72.0%
ベンチスケール実験2	10日	8.1	66%	53%	715ml/g-減少VS	85%

表3に消化日数25日における処理性能について示す。本研究ではベンチスケール実験2の消化槽pH8付近の消化を目標としているが、現状では消化槽pH7.6での処理であり、消化日数は異なるもののベンチスケール実験1と同様の処理となっている。そしてベンチスケール実験1と比較した場合、VS減少率、メタン発生量など処理性能はほぼ同等の結果が得られており、今後消化槽pH8付近の消化においてもベンチスケール実験と同様の結果が期待できる。

4. 処理コストおよびエネルギー回収試算結果

4-1. 試算仮定条件

表4に処理コストおよびエネルギー回収について試算を行うにあたっての処理対象規模を示す。流入下水水量として2万m³/日とし、初沈汚泥および余剰汚泥

表4. 処理対象規模

流入下水水量	2万m ³ /日
発生初沈汚泥	7.0m ³ /日 (TS=2.3%, VS=2.1%)
発生余剰汚泥	7.6m ³ /日 (TS=2.1%, VS=1.7%)

は重力濃縮で得られたものと仮定した。

表5. 本処理法と対象系との比較

	本処理法	対象系1	対象系2
処理フロー	熱アルカリ処理+消化(pH8)	消化のみ	消化のみ
消化ガス利用法	燃料電池	燃料電池	ガス発電
消化日数	10日	20日	20日
VS減少率	66%	55%	55%
メタン発生量	715ml/g-減少VS	520ml/g-減少VS	520ml/g-減少VS
メタンガス割合	85%	61%	61%

表5に本処理法と対象系との各仮定条件を示す。本処理法は熱アルカリ処理の後消化槽pH8の嫌気性消化を行い、得られた消化ガスを燃料電池発電に利用し、エネルギーを回収するものである。対象系

はそれぞれ嫌気性消化を行った後、対象系1では消化ガスを燃料電池発電に利用し、対象系2では消化ガスをガスエンジン発電に利用し、エネルギーを回収するものである。またそれぞれの消化性能はベンチスケール実験の値を用いた。

表6にエネルギー回収試算条件を示す。水酸化ナトリウムは熱アルカリ処理と消化槽のpH調整を行う際に用いる他に、消化ガスを燃料電池発電に利用する際にその前処理として消化ガスのメタン含有率を90%以上とする必要があり、消化ガス中の二酸化炭素を充填塔においてアルカリ水溶液(下水処理水)に吸収させる(吸収量: 0.28m³-CO₂/m³処理水)ため

表6. エネルギー回収試算条件

項目	条件
水酸化ナトリウム	70円/kg
アンモニア	380円/kg
燃料電池発電効率	40%
燃料電池熱利用効率	44%
ガス発電発電効率	30%
ガス発電熱利用効率	37%
メタン低位発熱量	8550kcal/m ³
電力値段換算	20円/kwh

のアルカリ剤として用いる。またアンモニアは消化ガスをガスエンジン発電に利用した時に発生するNO_xを除去する必要があり、そのNO_xをアンモニアで接触還元する場合に用いる。

4-2. エネルギー回収試算結果の検討

図2、図3に本処理法と対象系におけるエネルギー回収試算結果を示す。本処理法では前述した通り、熱アルカリ処理、消化槽のpH調整および消化ガスの前処理に水酸化ナトリウムを用い、対象系1では消化ガスの前処理に水酸化ナトリウムを、対象系2ではガスエンジン発電の排ガス処理にアンモニアを用いるが、その量は値段換算で対象系1の約2倍、対象系2の約10倍であり、薬品コストが対象系と比較して高いという結果となる。しかしながらメタン発生量は本処理法では対象系1の約1.7倍であり、それに伴いメタンガス発電量も約1.7倍となる。対象系1と対象系2はメタンガス発生量は等しいが、発電効率の差により対象系1は対象系2の約1.3倍の発電量となる。そして合計回収エネルギーは燃料電池発電を行う対象系1の方がガスエンジン発電を行う対象系2よりもやや多くエネルギーを生み出すことが可能である。燃料電池発電を行う本処理法と対象系1とでは本処理法の方が、薬品コストは多くかかるもののメタン発生量多く、合計として本処理法は対象系の約1.4倍のエネルギーの回収が可能である。

熱アルカリ処理および嫌気性消化のための加温は、本処理法及び対象系において最終的に常温の汚泥を37℃まで加温すると

いう意味においては同一であり、エネルギー損失がない場合には加温に必要な熱エネルギーは等しい。また回収されるガス発熱量はメタンガス発生量の等しい対象系1と対象系2とでは熱利用効率の良い対象系1がやや良く、本処理法は対象系1よりメタンガス発生量が多く熱量としての回収エネルギーも多い。そして熱量としての合計回収エネルギーは2つの対象系においては回収エネルギーが負となり、加温のための熱供給が必要であるが、本処理法では加温のための熱量は発電時に回収される熱量で十分である。

以上のように値段換算としても熱量としてもガスエンジン発電よりも燃料電池発電のほうがやや回収エネルギー量は多く、熱アルカリ処理を行う本処理法はメタンガス発生量が多いため熱アルカリ処理を行わない対象系よりも値段換算としても熱量としても多くのエネルギー回収が可能であり、本処理法は薬品を多く使用してもそれ以上の創エネルギーが可能な処理法であるといえる。

5. まとめ

①熱アルカリ処理+消化槽pH8付近の消化処理は通常の消化処理に比べて薬品を多く消費するが、その使用量に見合う以上のエネルギー回収が可能な処理法である。

6. 参考文献

1) 鈴木ら：第31回下水道協会研究発表会講演論文集 pp570-572

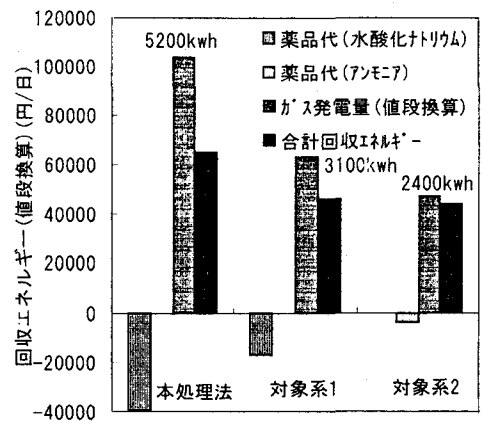


図2. 各処理における回収エネルギー(値段換算)

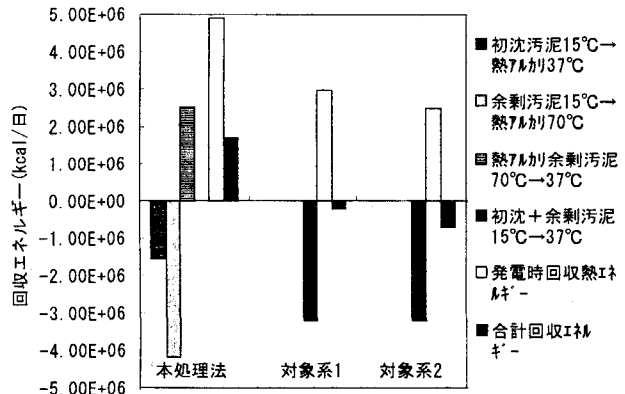


図3. 各処理における回収エネルギー(熱量)