

アルカリ処理による濃縮余剰汚泥のバイオガス増産に関する検討

資源エネルギー循環研究室 学部4年 NGUYEN VIET THANH

指導教員 小松俊哉 姫野修司

1. 背景及び目的

下水汚泥のエネルギー及び減量化に、嫌気性消化（メタン発酵）は広く採用されている。下水処理施設から発生する汚泥のうち、余剰汚泥は活性汚泥法の最終沈殿タンクで発生し、微生物細胞が主体であるため、易分解性有機物質の濃度は低く、メタン発酵の効率は低い。そのため、簡易かつ低コストで汚泥を分解・可溶化し、消化を促進させる方法として NaOH によるアルカリ前処理を行う方法がある。

そこで本研究では、アルカリによる処理を行うことで、難分解性である余剰汚泥に対して固形有機物質の分解を行い、バイオガス生成量の増大を図ることを目的とする。

具体的には、

- ①メタン生成に効果的なアルカリ前処理条件を明らかにすること。
- ②これまで研究例が少ない連続式嫌気性消化実験におけるアルカリ前処理の効果を明らかにすること。を目的として実験を行った。

2. 実験項目

県内の下水処理場から濃縮余剰汚泥を入手して、

- ①可溶化実験 ②回分式嫌気性消化実験 ③連続式嫌気性消化実験を実施した。

すべて、TS2%汚泥条件、高濃度汚泥条件（無希釈 TS 約 4%）ともに実施した。本報告では高濃度汚泥条件の結果を記載する。

3. 可溶化実験

可溶化実験では、アルカリ濃度及び時間の影響を調べた。本実験における溶解性 COD の変化を図-1 に示す。NaOH 濃度 0.1N の効果は 0.05N と比較して増加が大きかった。時間の影響については 0.05N, 0.1N とともに 6 時間ではほぼ最大値に達したことから、6 時間で十分に効果が得られるとした。

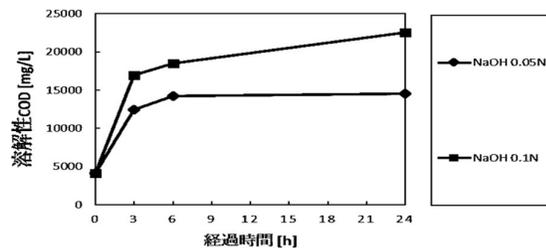


図-1 アルカリ処理による溶解性 COD 濃度推移

4. 回分式嫌気性消化実験

4.1. 実験方法

回分実験は、液量 300mL（種汚泥 150mL）、基質濃度 3.0gTS/L(未処理基準)で行った。未処理及び HCl を用いて中和した汚泥と中和しない汚泥を用いて 20 日間実施した。汚泥の嫌気性消化処理前の性状（アルカリ処理 6h）を表-1 に示す。ブランク系も設定し、結果は正味の値で評価した。

表-1 汚泥性状

系列	未処理	0.05N	0.1N
TS [%]	3.86	3.95	4.21
VS [%]	3.48	3.38	3.11
pH [-]	6.5	8.3	10.0
溶解性 COD [mg/L]	3200	9180	10100

4.2. 結果と考察

図-2 に投入 VS あたりの正味のメタンガス発生量の推移を示す。0.1N の条件でメタンガス量の増加率は高く、未処理に対して、0.1N・中和なし処理の系列で約 26%、0.1N・中和あり処理の系列で約 34%であった。中和ありの 0.1N と中和なしの 0.1N を比較すると、中和をした方が効果が高くなった。この一因として、pH が中和ありでは 7.6 だったのに対し

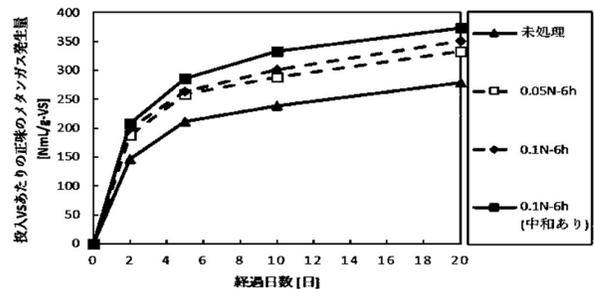


図-2 投入 VS あたりの正味のメタンガス発生量

て、中和なしでは 7.9 と高かったことが考えられる。

表-2 に実験終了時の消化特性を示す。高濃度濃縮余剰汚泥での回分式実験の平均 pH は中和なしの系では若干高くなったが 8 未満であり、溶解性 COD (0.23~0.37 g-COD/L)、アンモニア性窒素 (0.76~0.87 g-N/L) はメタン発酵に阻害を与えるほどの値は見られなかった。pH が高いほどバイオガス中のメタ

ン含有率が高くなるため、メタンガス増加率はバイオガス増加率よりも高くなり、0.1N 中和ありの系は未処理に比べて34%増加した。また、アルカリ処理では未処理に比較してTS分解率が低いものの、中和あり系以外ではVS分解率が高くなることも確認された。

表-2 消化特性

項目	単位	ブランク	未処理	0.05N	0.1N	0.1N (中和あり)
pH	-	7.8	7.6	7.7	7.9	7.6
累積ガス発生量	NmL	282	612	663	658	718
正味のガス発生量	NmL	-	330	381	376	436
ガス増加率	%	-	-	15	14	32
正味の投入 VS 当たりのガス発生量	NmL/g-VS	-	407	471	464	538
メタン含有率	%	68	68	70	72	69
累積メタンガス発生量	NmL	191	417	461	475	493
正味のメタンガス発生量	NmL	-	226	270	284	302
メタンガス増加率	%	-	-	19	26	34
正味の投入 VS 当たりのメタンガス発生量	NmL-CH ₄ /g-VS	-	279	333	350	373
TS 分解率	%	14.3	22.5	21.5	20.2	14.5
VS 分解率	%	15.3	27.3	27.9	27.9	22.9
正味の TS 分解率	%	-	42.7	38.1	32.1	6.8
正味の VS 分解率	%	-	54.2	56.4	56.7	37.4
溶解性 COD	g-COD/L	0.228	0.250	0.303	0.275	0.366
アンモニア性窒素	g-NH ₄ -N/L	0.755	0.871	0.843	0.820	0.862

5. 連続式嫌気性消化実験

5.1. 実験方法

バイアル瓶に全液量 300mL 及び基質(TS3.7%程度)を2日毎に20g引き抜き・投入を行い、連続実験を実施した。系列は未処理及び中和した汚泥と中和しない汚泥で滞留日数を30日で実施した。運転が安定したら(22日目以降)、2日毎に30g引き抜き・投入を行い、滞留日数を20日に短縮した。ただし、36日目から44日目までは引き抜き・投入を停止している。測定はガス発生量、pHを引き抜きの際に測定し、6~8日に1回程度、ガス組成、TS、VS、溶解性

COD、アンモニア性窒素の項目を測定した。嫌気性消化処理前の汚泥性状(アルカリ処理6h)を表-3に示す。

表-3 汚泥性状

系列	未処理	0.1N
TS [%]	3.71	4.02
VS [%]	3.31	3.24
pH [-]	6.1	10.3
溶解性 COD [mg/L]	4150	18500

5.2. 結果と考察

図-3にバイオガス発生量の推移を示す。未処理、中和ありの系では初期以降ガス発生量を安定した運転が確認できた。一方、中和なしの系はガス発生量が急激に低下した。しかし、断続後、中和なしの系のガス発生量は急激に高くなり、その後は落ち着いたが、他の2系と同等のバイオガス発生量を継続した。

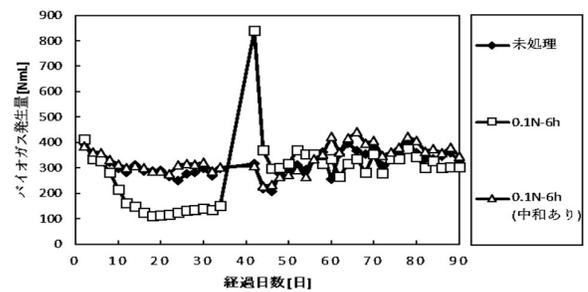


図-3 バイオガス発生量推移

図-4にpH経日変化を示す。pHは初期で比較的大きく変化して、その後は落ち着き、中和なしの系においても馴致の効果により高pH(約8.4)においても安定した運転を行えることが示された。図-5に消化汚泥のTS濃度を示す。アルカリ処理系では未処理に比べてガス量が増加していたが、TSが未処理より増加していた。添加したNaOH及びHClの影響と考えられる。図-6に消化汚泥のVS濃度を示す。アルカリ処理の系列は未処理と比較して汚泥中有機物の減少で安定した効果が得られた。

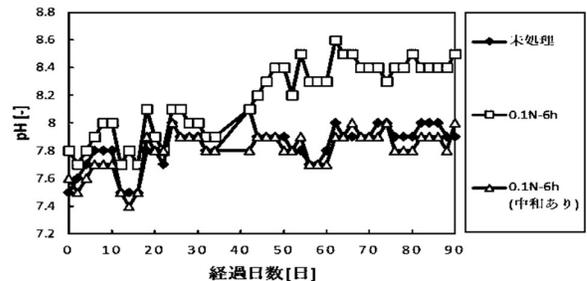


図-4 pH経日変化

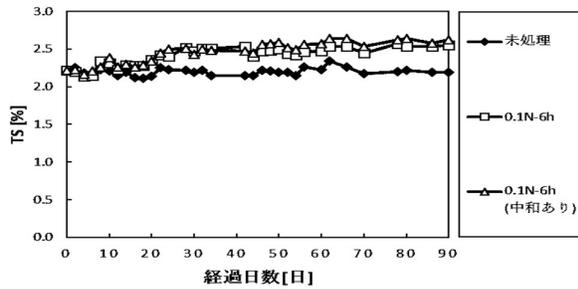


図-5 TS濃度の経日変化

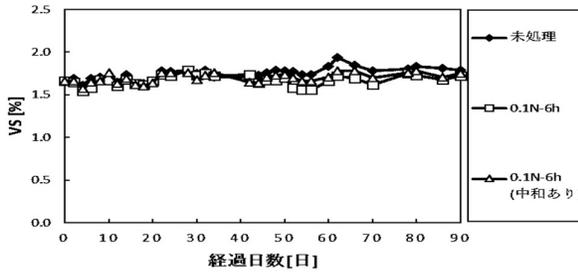


図-6 VS濃度経日変化

表-4 に消化特性を示す(安定していた 48 日以降の平均値). メタン発生量は未処理よりも増加し, 中和あり処理の系列, 中和なし処理の系列ともに増加率は約 7%であった. VS 除去率もアルカリ処理系の方が高かった.

表-4 48 日以降の消化特性(平均値)

系列	単位	未処理	0.1N	0.1N(中和あり)
pH	-	7.9	8.4	7.9
ガス発生量	NmL/2日	342	324	367
ガス増加率	%	-	-5	7
メタン含有率	%	69	78	69
メタン発生量	NmL/2日	236	253	253
メタン増加率	%	-	12	7
投入 VS 当たりのガス発生量	NmL/g-VS	516	490	555
TS 分解率	%	40	33	30
VS 分解率	%	50	54	52
溶解性 COD	g-COD/L	2.39	2.37	2.83
アンモニア性窒素	g-NH ₄ -N/L	2.02	1.82	1.98

6. 結論

- ・ アルカリ濃度 0.1N, 可溶化時間 6h が効率的な可溶化条件であった.
- ・ 回分実験では中和した 0.1N の系がメタン増産に最も効果があった.
- ・ 連続実験においてもアルカリ前処理の効果が認められた. さらに, 長期間の運転により中和なし・高 pH 条件においても安定した運転が行え, VS 除去率もアルカリ処理系の方が高かった.

以上より, アルカリ前処理は, 運転初期から安定した運転を行うためには中和剤として酸の添加が必要であるが, メタン増産に有用な方法であると考えられる.