

## 前凝集沈殿汚泥の嫌気性消化から発生するガス組成に関する検討

京都大学 (学) ○梅染俊行, (正) 高岡昌輝, (フェロー) 武田信生

### 1. はじめに

嫌気性消化法は、発生したメタンガスがエネルギー源として利用できることから再評価されるべきプロセスである。近年、消化ガスの新しい利用法として燃料電池プラントの適用が検討されている。これまで以上にガスの成分管理が重要となってきたが、消化ガス組成の微量成分に関する知見は少ない。嫌気性消化から発生するガスは対象となる汚泥の性状によって影響される。また、最近では下水の高度処理の一つとして前凝集沈殿法の採用が検討されはじめ、この凝集剤を含む汚泥の嫌気性消化特性に関する知見の集積が望まれている。そこで本研究では、塩化第二鉄、塩化第二鉄+高分子ポリマーを添加した前凝集沈殿汚泥、初沈汚泥について半連続式嫌気性消化実験をおこない、嫌気性消化特性および発生するガス組成に関する検討をおこなった。

### 2. 実験方法

嫌気性消化実験には、K処理場の初沈汚泥を用いて2ヶ月間実験室にて培養、馴致したものを種汚泥として用い、K処理場の初沈汚泥、凝集剤に塩化第二鉄を用いた汚泥(以下、一液薬注凝沈)、および塩化第二鉄と高分子ポリマーを用いた汚泥(以下、二液薬注凝沈)を供試汚泥とした。表-1に供試汚泥の性状を示す。凝集剤注入条件は、一液薬注凝沈については、塩化第二鉄が22mgFe/L-原水添加、二液薬注凝沈については、塩化第二鉄が0.2mg-Fe/mg-原水 SS(22mgFe/L-原水程度に相当)、高分子ポリマーとしてアニオンポリマーが0.5 mg/L-原水である。塩化第二鉄の添加量条件は同程度あったが、表-1に示すように一液薬注凝沈の鉄含有量は、単位SS当りで二液薬注凝沈の約5倍~10倍と高濃度であった。

表-1 実験供試汚泥

	TS (mg/L)	VTS (mg/L)	SS (mg/L)	VSS (mg/L)	T-Al (mg/L)	S-T-Al (mg/L)	T-Fe (mg/L)	S-T-Fe (mg/L)	T-P (mg/L)	S-T-P (mg/L)	T-Fe (mg/mgSS)
種汚泥(注)	16750	10490	15050	9610	442	12	306	10	281	27	0.0203
初沈汚泥(平均)	38540	30580	35760	28600	544	4	385	49	303	13	0.0108
一液薬注凝沈1	22310	15260	20760	14440	258	0	2535	47	414	1	0.1221
一液薬注凝沈2	21790	16790	20520	16060	566	0	1293	58	296	3	0.0630
二液薬注凝沈	21600	17220	19420	15760	280	8	235	48	160	12	0.0121

注:本実験室にてK処理場の初沈を用いて馴致したもの

嫌気性消化実験は、半連続式とし、実験期間は2ヵ月以上おこなった。有機物負荷を同程度にする目的でVTSを基準に、濃縮、希釈をおこなった後、種汚泥と供試汚泥を2:1の割合で混合して実験を開始した。SRT=HRT:20日とし汚泥の引き抜きと投入は一日一回おこなった。定常状態での有機物負荷は0.70~0.85(kg-VTS/m<sup>3</sup>·day)とした。消化温度は36±1℃に保ち、攪拌は機械式攪拌とした。実験装置を図-1に示した。

### 3. 実験結果と考察

#### (1)汚泥分解率およびガス発生量

汚泥分解率(投入汚泥VTS分解率)では、平均値を比べると、

二液薬注凝沈:65% > 初沈汚泥:63% > 一液薬注凝沈:55%

であり、二液薬注凝沈が高かった。また、投入汚泥当りのガス発生量について40日以降の平均をとって比較すると、

二液薬注凝沈:697mL/g-投入VTS > 初沈汚泥:478mL/g-投入VTS

> 一液薬注凝沈:229mL/g-投入VTS

であった。二液薬注凝沈のガス発生量がすぐれていた。

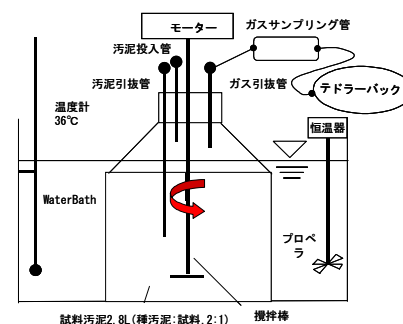


図-1 実験装置

Key Word : Pre-Coagulated Sludge, Anaerobic Digestion, Anaerobic Digester Gas, Ferric Chloride

連絡先 : 〒606-8501 京都市左京区吉田本町 京都大学工学研究科環境工学専攻

高岡昌輝 TEL075-753-5177 FAX075-753-5170 [takaoka@epsehost.env.kyoto-u.ac.jp](mailto:takaoka@epsehost.env.kyoto-u.ac.jp)

## (2)鉄のメタン発酵阻害

一液薬注凝沈では、ガス発生量の減少、VFAの蓄積、総アルカリ度とpHの低下おこり、メタン発酵阻害がおきたと考えられた。図-2に一液薬注凝沈のガス発生量/汚泥分解率を、図-3に一液薬注凝沈の鉄濃度変化を示した。pHが6.8以下になっていた400~600時間後の間、NaOH(40mg/L)を1日当り約10mL投入した。pHは、6.5を下まわることにはなかった。pH低下がメタン発酵阻害の原因になったとは考えられない<sup>1)</sup>。発酵阻害が出始めた400時間後には、T-Fe:1460mg/L、S-T-Fe:80mg/Lに達した。ガスの発生が停止した600時間後には、T-Fe:1448mg/L、S-T-Fe:153mg/Lになった。このT-Feは、初沈汚泥の平均濃度190mg/Lの約7.7倍であり、SSに対する濃度でも約5倍であり高濃度に蓄積したといえ、阻害原因は鉄濃度だと考えられる。その後SSに対する濃度を見ると増加しているにもかかわらず、650時間後には再びガスが発生するようになった。S-T-Feは、672時間後には73mg/Lに減少していた。Fe<sup>3+</sup>、Fe<sup>2+</sup>が硫化水素(HS<sup>-</sup>)により不溶性の硫化鉄(FeS)となったと考えられる。金属塩類が不溶性の硫化物となった場合、毒性がなくなるといわれている<sup>2)</sup>。S-T-Feの濃度が大きく増加した時期に、メタン発酵阻害が出始め、S-T-Feの濃度が低下した時期にガス発生が回復したことを考えると、メタン発酵菌に対する鉄の毒性は、主に鉄イオンによるものだと考えられる。

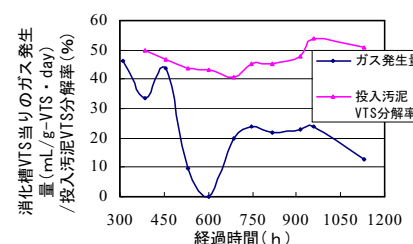


図-2 ガス発生量/汚泥分解率

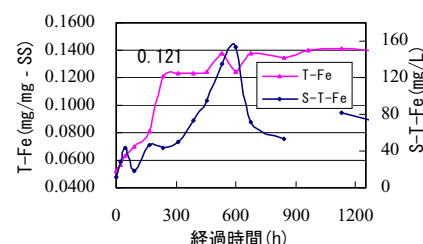


図-3 鉄濃度変化

## (3)発生ガス組成

40日以降の発生ガス組成は、ほぼ一定と考え、3回の測定結果の平均値を表-2に示した。

窒素、酸素濃度がやや高くなったのは、攪拌シール部より空気が混入したためである。一液薬注凝沈では、発酵阻害の影響でメタン濃度が47.8%と低くなり、二酸化炭素濃度が37.5%と高くなった。硫化水素の濃度は一般に数十ppm~数百ppm発生するといわれているが、いずれも数ppmであった。これは、供試汚泥のS-T-Feをみるといずれの汚泥も高かったことから、発生した硫化水素はFe<sup>2+</sup>、Fe<sup>3+</sup>と硫化物をつくり、沈殿したと考えられる<sup>1)</sup>。凝集剤として加えられたFe<sup>3+</sup>は、硫化水素の発生も抑制すると考えられる。いずれの汚泥でも微量成分に大きな差は見られなかった。

表-2 ガス組成

	初沈汚泥	一液薬注凝沈	二液薬注凝沈
CH <sub>4</sub> (%)	61.2	47.8	57.6
CO <sub>2</sub> (%)	32.3	37.5	34.9
H <sub>2</sub> S(ppm)	4.4	2.3	1.4
CO(ppm)	50	31	46
N <sub>2</sub> O(ppm)	N.D	N.D	N.D
NO <sub>x</sub> (ppm)	N.D	N.D	N.D
塩化物(ppm)	1未満	1未満	4
	2.6 <sup>注</sup>	N.M	1.7 <sup>注</sup>
NH <sub>4</sub> (ppm)	N.D	N.D	N.D
	115 <sup>注</sup>	N.M	217 <sup>注</sup>
水分(%)	2.3	1.7	2.2
N <sub>2</sub> (%)	5.4	10.9	4.3
O <sub>2</sub> (%)	1.1	3.8	1
H <sub>2</sub> (ppm)	20	10	10

N.D:検出限界値以下

N.M:測定せず

注 凝縮した水分中濃度を測定

## 4. まとめ

以下に本研究で得られた知見をまとめた。

- ・一液薬注凝沈では、塩化第二鉄の影響で鉄が高濃度に蓄積しメタン発酵阻害が見られた。鉄イオンの蓄積が、メタン生成菌に阻害を及ぼしたと考えられ、影響が顕著にみられ始めた濃度は、溶解性鉄濃度:80mg/Lであり、ガス発生が停止した濃度は、溶解性鉄濃度:150mg/Lであった。
- ・凝集剤として加えられた塩化第二鉄は、リン溶出抑制だけでなく、硫化水素の発生も抑制する効果がある。
- ・二液薬注凝沈は、初沈汚泥、一液薬注凝沈に比べ汚泥分解率、ガス発生量にすぐれる。
- ・汚泥の発生ガス組成は、メタン発酵阻害がおこった一液薬注凝沈では、メタンの割合が低下し二酸化炭素の割合が増加したが、それ以外は汚泥による大きな差は、見られなかった。

## 【参考文献】

- 1)R.E.Speece 原著, 松井三郎・高島正信監訳:産業排水処理のための嫌気性バイオテクノロジー, 技報堂出版, pp.60, 338(1999)
- 2)井出哲夫:水処理工学—理論と応用, 技報堂出版, pp.370~376(1993)