

嫌気性消化タンクの消化率指標に関する一考察

東北大学工学部 正員 佐藤 和明

1. 本論の目的

下水汚泥および尿の嫌気性消化において、その消化処理の程度を表すものとして消化率が最も一般的に有効な指標であると考えられている。消化率の従来計算式は、下水汚泥の消化に基づいて欧米で旧来から使用されてきたものである。わが国においてはこれをし尿の消化にも適用してきたが、この場合はいくつもの問題点があることが指摘され、その修正式が示された¹⁾。又、消化ガス量が精度よく計量されるようになり、また時々は、ガス量から消化率を計算する手法が提案された²⁾。これらの検討は既に20年程以前に行われており、日常の消化タンクの管理にはそれ程の精度を必要とせず、又、従来法が最も簡便であることにより、現在では従来法以外の手法は殆ど顧みられていないのが現状である。しかしながら、積極的に消化ガスの有効利用および消化機能の向上を図ろうとする場合には、消化タンクの物質収支に基づく精度のよい消化率を求めていくことが基本となるものと考えられ、現時点においても消化率指標の有効性について再検討することは意義のあることと思われる。

2. 消化率の検討

表-1は下水処理場の消化タンクの有機物収支に関する調査結果とまとめられたものである。この調査では、各汚泥濃度、有機物濃度は実測を行い、投入量、引分量、ガス発生量は、調査日に対応した月間の管理データを用いた。なお消化ガス1m³の重量は1.12kg (CH₄ 68%, CO₂ 32%) として計算し、脱離液量は投入汚泥量に加温蒸気量を加えたものから消化汚泥量を差し引いて求めた。有機物収支をまとめると、収支が100%からかなり離れているものがある。

表-1 消化タンクの有機物収支計算表

まず問題点として指摘される。

発生ガス量の重量換算から消化率を求める式は次のとおりである。

$$D = \frac{B \cdot P_g}{A \cdot V_{ns}} \times 100 \dots (1)$$

B: 消化ガス発生量 (m³/d)

A: 投入汚泥量 (m³/d)

P_g: 消化ガスの密度 (kg/m³)

V_{ns}: 投入汚泥中の有機物濃度 (%)

これに対し、従来より一般的に用いられてきた消化率は次式で表わされる。

$$D = \left(1 - \frac{V_{s1} \cdot A_{ns}}{A_{s1} \cdot V_{ns}}\right) \times 100 \dots (2)$$

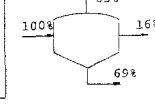
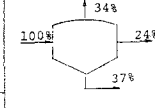
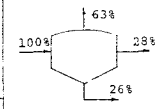
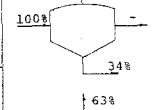
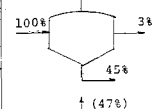
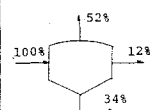
V_{s1}: 消化汚泥の有機物濃度 (%)

A_{s1}: 消化汚泥の強熱減量物 (%)

V_{ns}: 投入汚泥の有機物濃度 (%)

A_{ns}: 投入汚泥の強熱減量物 (%)

処理場 No.	処理場概要	消化力破壊	収支計算項目	1 投入汚泥	2 消化汚泥	3 脱離液	4 収熱量
1 調査期: 56.10	合流一部合流 日平均処理水量: 46900m ³ /d L底投入有 消化処理	2段中温 消化温度: 38°C 消化日数: 20d(40d)	日平均量 m ³ /d	354	232	146	3500
			TS %	3.24	2.14	1.23	-
			VS %	2.14	1.10	0.63	-
			VS/TS %	66.2	51.2	51.2	-
			TS t/d	11.47	4.98	1.79	3.92
			VS t/d	7.59	2.55	0.92	3.92
2 56.12	合流 1130000m ³ /d L底投入有 消化処理	2段高温 50°C 9d(12d)	日平均量 m ³ /d	1374	1233	141	17950
			TS %	2.69	1.70	1.13	-
			VS %	2.05	1.02	0.65	-
			VS/TS %	76.1	59.8	57.2	-
			TS t/d	36.96	20.96	1.59	20.10
			VS t/d	28.12	12.53	0.91	20.10
3 56.10	合流 20100m ³ /d L底投入有 消化処理	2段中温 38°C 20d(40d)	日平均量 m ³ /d	67.1	69.7	-	(1000)
			TS %	4.19	1.76	-	-
			VS %	3.55	1.17	-	-
			VS/TS %	84.7	66.7	-	-
			TS t/d	2.81	1.23	-	-
			VS t/d	2.38	0.82	-	-
4 57.9	合流合流 4600m ³ /d L底投入有 24.5kl/d	2段中温 37°C 22d(44d)	日平均量 m ³ /d	54.5	11.0	46.8	576
			TS %	3.67	5.90	1.61	-
			VS %	1.88	2.45	0.62	-
			VS/TS %	51.2	41.5	38.7	-
			TS t/d	2.01	0.65	0.75	(1.12)
			VS t/d	1.03	0.27	0.29	(1.12)
5 57.9	合流 66300m ³ /d	2段中温 38°C 21d(43d)	日平均量 m ³ /d	304	105	213	1899
			TS %	2.70	3.54	1.16	-
			VS %	1.66	1.80	0.56	-
			VS/TS %	61.5	50.8	48.2	-
			TS t/d	8.21	3.72	2.47	1.70
			VS t/d	5.05	1.89	1.19	1.70
6 57.9	合流一部合流 163000m ³ /d	2段中温 35.5°C 21d(41d)	日平均量 m ³ /d	692	462	279	6430
			TS %	2.47	3.12	1.19	-
			VS %	1.59	1.64	0.63	-
			VS/TS %	64.4	52.7	52.9	-
			TS t/d	17.09	14.45	3.33	7.20
			VS t/d	11.01	7.62	1.76	7.20



以上2通りの計算式で求めた各消化タンク毎の消化率の値を表-2に示す。いくつかの箇所では

表-2 2通りの算出式による消化率の値の比較

対象タンク施設	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6
発生ガス量 による消化率 %	52	71	(47)	63	34	65
汚泥成分 による消化率 %	46	53	64	32	35	39

また、2者の値が一致しない理由を挙げると、①現場データであるため、ガス量、汚泥投入量の値が不正確、②仮定したガス成分組成が実態と異なっている、③従来法では脱離液の項を無視しているのど正確な消化率が出ない、等が考えられる。

表-3 消化ガス成分とガス重量密度

ガス成分 容量 %	CH ₄	60	65	70	75
	CO ₂	40	35	30	25
ガス重量密度 ρ_g kg/m ³		1.21	1.15	1.09	1.03

$$\rho_g \text{ CH}_4 = 0.714 \text{ g/l} \quad \rho_g \text{ CO}_2 = 1.96 \text{ g/l}$$

この内、②については表-3に示したようなガス成分の状況によれば約1割の誤差が出る可能性がある。

表-4 バッチ式消化実験における有機物収支

③については、脱離液も含めた物質収支と

基として修正式(4)の様に提案されている。

$$D = \left\{ 1 - \frac{V_{s1}(1-X) + V_{s2}X}{V_{ns}} \right\} \times 100 \dots (3)$$

ここに V_{s1} は脱離液中の有機物濃度、 X は投入汚泥量に対する脱離液量の比率であり、強熱残渣留期間の物質収支上式で成立する。

$$A_{ns} = A_F \cdot X + A_{s1} \cdot (1-X) \dots (4)$$

表-1より明らかなように、下水汚泥の消化の場合、脱離液と消化汚泥の有機物含有率

はほぼ同一である。よって、 $V_{s1}/A_{s1} = V_{s2}/A_{s2}$ という条件で(3)式に代入すると、簡単な式の変形により(3)式に帰着することになる。つまり有機物収支に基づく(3)式が下水汚泥の場合、従来式(2)と同型となることとなる。

3. 汚泥消化における有機物収支の検討

以上の考察により、もし消化タンクにおいて有機物収支が成立するならば、ガス量から求めた消化率と汚泥成分から求めた消化率は同一の値となることと予測される。そこで有機物収支の成立を確認するため、下水汚泥のバッチ式消化実験のデータの解析を行った。表-4には、3種の異なる汚泥に対する生汚泥、消化汚泥、ガス量のデータを示した。また投入した汚泥量10Lに対し、それぞれ有機物減量、COD₀減量の値を計算した。この表より、COD₀については減量が丁度メタンガスのCOD換算量と等しくなり満足のいく収支関係となり、発生ガスの換算重量は有機物減量よりも1割程度小さく、ということと判明した。この原因は、発生した炭酸ガスの一部が消化液中に重炭酸塩として溶解し、これが有機物収支に、このためと考察された。アルカリ度の増分より、消化液中に溶解した炭酸ガスの重量を計算すると表に示す値となり、ほぼ発生ガス重量の不足分を補うべきものであることがわかった。その他、窒素分のアンモニア化なども、有機物収支に影響を与えるものと考えられるが、その割合は比較的小さいとみることが出来る。

4. まとめ

①消化タンクでの有機物収支が成立するならば、下水汚泥の場合、ガス量に基づく消化率は従来の消化率算定式の値と等しくなる。②バッチ実験における有機物収支の検討の結果、発生したガス重量は有機物の減量に比べ、1割程度少く、これは炭酸ガスが消化液中に溶解することによるものと考えられる。③よって精度よく消化タンクでの有機物収支をとる場合は、溶解炭酸ガス量の補正を行うか、またはCODベースの収支をとる必要がある。

《参考文献》 1) 河津勇 "消化槽中の有機物収支と確認方法について", 水道協会誌 第215号(1957) 2) 野中一郎 "消化槽の管理に関する研究", 水道協会誌 第216号(1960)