

II-102

嫌気性酸生成相における水素ガス生成と物質収支に及ぼすC/N比の影響

日本大学大学院 学生員 ○小木曾直行
日本大学工学部 正 員 中村玄正
日本大学工学部 正 員 松本順一郎

1. はじめに

下水汚泥やし尿および産業廃水の嫌気性消化においてはメタンガスがエネルギーとして回収され、加温式汚泥消化の燃料に用いられたり消化ガス発電に用いられしたりしている。嫌気性処理プロセスで生成するその他の有用物質としては水素、エタノール、酢酸などが考えられる。

本研究は嫌気性処理の酸生成相で生成する水素ガスを回収することを目的とした一連の研究の一環であり、C/N比の違いにより細菌の増殖および水素ガス生成に影響が出るので、これを検討することを目的としている。実験はC/N比を2,5,10,15,30,90の6段階に設定して同時比較実験を行った。

2. 実験方法

図-1に実験装置の概略を示す。嫌気性ケモスタット型反応槽を6槽並列に設置し、反応槽内温度を $30 \pm 1^\circ\text{C}$ に設定した。流入基質は表-1に示すように、水道水にグルコース(11,700mg/ℓ)と栄養塩を加え、さらにC/N比が2,5,10,15,30,90になるように塩化アンモニウムを加えて作成した。pHはNaOHを用いて各槽とも5.0~6.5に調整した。SRTは各槽とも4時間に設定した。実験に供した汚泥は、郡山市の終末処理場の消化汚泥をグルコースで約2ヵ月間馴致したものを用いた。C/N比の設定に当たっては15~30日にわたり徐々に移行し、揮発性有機酸濃度およびガス生成量が安定してから定常分析に入った。

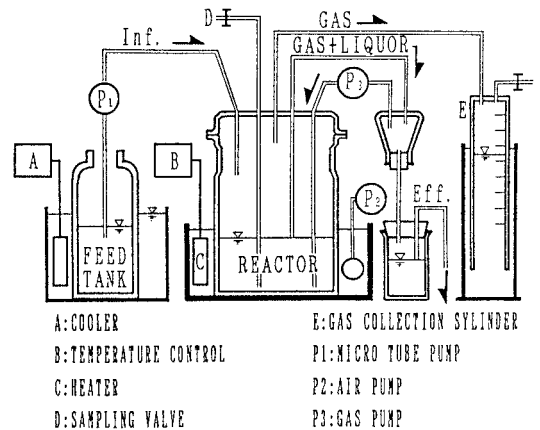


図-1 実験装置の概略図

3. 実験結果と考察

図-2にC/N比とグルコース分解率の関係を示す。グルコース分解率は、C/N比2~30では95%以上であった。C/N比90では塩化アンモニウム濃度が低く、窒素が不足し増殖制限因子になったためにグルコース分解率は80%と低かった。C/N比が小さくなる場合には高濃度アンモニウム塩による遊離アンモニアの毒性作用が考えられる。遊離アンモニアはpH7.2から増加し、pH11以上ではほとんど NH_3 として存在する。一般的にはアルカリ側の限界が問題になることは少ないが、C/N比が小さい場合にはpHが高くないよう注意する必要がある。

図-3にC/N比と NH_4^+-N 濃度の関係を示す。C/N比30と90では流出 NH_4^+-N 濃度がほぼ0mg-N/ℓであり、塩化アンモニウムがほとんど消費されたことを示している。C/N比30と90では塩化アンモニウムが不足しているので、細菌の増殖からするとC/N比は15以下が望ましい。すなわちC/N比が15以下でないとき窒素が不足することが分かった。また塩化アンモニウムの消費はC/N比が低いほ

表-1 基質・栄養塩組成

Glucose	11700	mg/ℓ
Yeast extract	100	mg/ℓ
$\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$	86.5	mg/ℓ
KH_2PO_4	130.0	mg/ℓ
$\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	80.0	mg/ℓ
$\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	12.5	mg/ℓ
$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	4.0	mg/ℓ
$\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	0.75	mg/ℓ
$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	20.0	mg/ℓ
$\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	0.125	mg/ℓ
H_3BO_3	0.17	mg/ℓ

C/N ratio	2	NH_4Cl	8942	mg/ℓ
	5		3577	mg/ℓ
	10		1789	mg/ℓ
	15		1193	mg/ℓ
	30		596	mg/ℓ
	90		199	mg/ℓ

ど高くなる傾向がある。

図-4にC/N比とガス生成速度の関係を示す。ガス生成速度は H_2 、 N_2 、 CH_4 、 CO_2 の組成割合と水上置換法で回収したガスの量から算定した。 H_2 生成速度が最も大きかったのはC/N比15であり909 $ml/l \cdot day$ を示した。しかしC/N比の違いによる H_2 生成速度への影響はあまり顕著に見られなかった。 H_2 生成速度への影響は、C/N比よりもメタン生成反応のほうが大きかった。

表-2に COD_{Cr} 収支率を示す。VSSの割合はC/N比90で最も低くなっており、窒素源が不足して細菌の増殖が制限されたことが COD_{Cr} 収支率からも確認できた。揮発性有機酸の割合はC/N比が低くなるほど高くなった。各C/N比とも揮発性有機酸、エタノール、VSSの占める割合が高く、これらと比較して H_2 、 CH_4 の割合は低い。すなわち有機物が液相中に残っており、ガス化していないことが分かった。本実験では水素ガス回収が目的であるため、メタン生成細菌をwash-outするために滞留時間を4時間にした。そのために有機物がガス化するところまで行かなかったと考えられる。水処理の観点からも液相中に有機物が残っているのでこれを除去しなければならない。また、ガスについては CH_4 の割合が H_2 より高くなっている。これは実験期間が長期に及んでメタン生成細菌が反応槽の内部に付着して増殖したことが原因と考えられる。

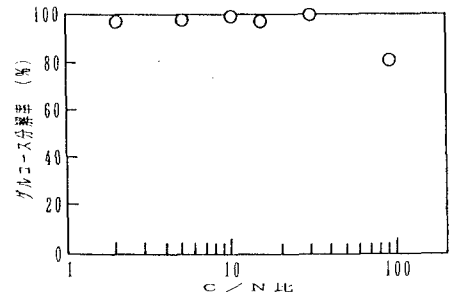


図-2 C/N比とグルコース分解率の関係

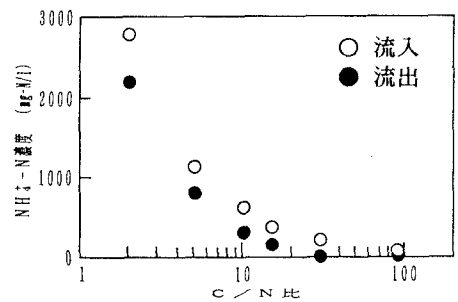


図-3 C/N比と NH_4-N 濃度

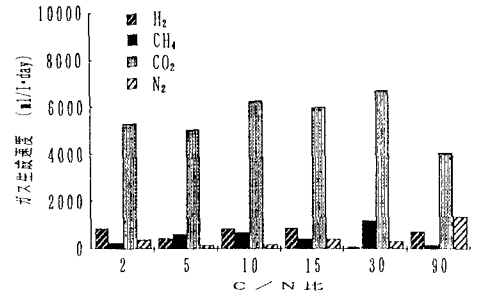


図-4 C/N比とガス生成速度の関係

表-2 COD_{Cr} 収支率

C/N比	流入 COD_{Cr} (%)	流出 COD_{Cr} (%)									GAS (%)		Recovery (%)
		流出グルコース	酢酸	プロピオン酸	酪酸	吉草酸	乳酸	エタノール	VSS	Others	H_2	CH_4	
2	100.0	3.6	17.2	13.8	27.9	6.9	1.8	19.2	9.4	—	0.87	1.06	101.7
5	100.0	3.0	7.7	8.6	19.5	6.7	3.1	15.2	9.2	17.0	0.46	2.53	93.1
10	100.0	1.5	3.5	3.2	10.1	3.0	0.8	16.3	12.6	45.0	0.91	2.93	99.7
15	100.0	3.6	3.1	3.8	6.3	3.1	2.5	16.0	12.5	42.5	0.92	1.95	96.3
30	100.0	0.9	1.7	1.6	3.9	2.1	1.0	11.1	16.4	63.9	0.10	5.09	107.9
90	100.0	22.4	3.0	0.9	7.6	0.4	0.1	15.6	4.1	39.6	0.81	0.84	95.4

4. まとめ

- (1) H_2 生成速度が最も大きかったのはC/N比15であり909 $ml/l \cdot day$ を示した。しかしC/N比の違いによる H_2 生成速度への影響はあまり顕著に見られなかった。
- (2) C/N比30と90では塩化アンモニウムが不足して窒素が増殖制限因子になっているので、細菌の増殖からするとC/N比は15以上が望ましい。