

II-567

嫌気性酸生成相におけるガス生成に及ぼすC/N比の影響

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

1. はじめに

嫌気性処理プロセスから生成する有用物質にはメタンガス、水素ガス、エタノールなどがあり、このうちメタンガスについては既に消化ガスを回収して燃料として使用されている。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る。本報告ではC/N比の違いにより菌体量が異なり水素ガス生成へ影響が出るのでこれを検討することを目的としている。実験は嫌気性バッチ型反応槽6槽を用い、C/N比を2,5,10,15,30,90に設定して同時比較実験を行った。嫌気性酸分解過程で生成する水素ガスを回収するための最適C/N比を検討するとともに、COD収支率より基質分解状況についても検討した。

2. 実験方法

実験装置の概略を図-1に示す。嫌気性バッチ型反応槽を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。流入基質は水道水に表-1に示すグルコース(11700mg/ℓ)と組成成分を加え、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5.0～5.5に調整した。SRTは各槽とも4hr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か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、その後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。分析項目はpH、ORP、COD_{Cr}、VFA法、揮発性有機酸濃度、エタノール、ガス組成等を行った。

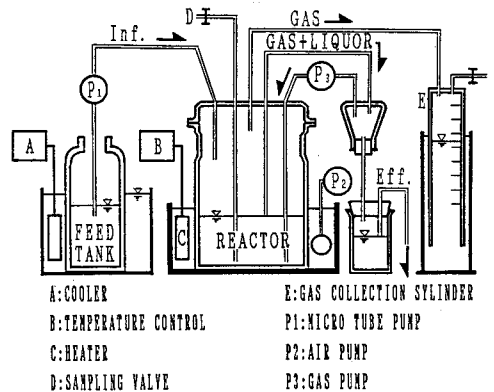


図-1 実験装置の概略図

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15で最大値92%を示した。C/N比が15より小さくなるとグルコース分解率は徐々に低くなった。C/N比2では分解率59%であった。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および高pH値が消化効率を低下させると考えられる¹⁾。本実験においてはpHを5.0～5.5に調整して実験を行ったことから、分解率の低下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によるものと考えられる。しかし菌体の平均的要素組成である $\text{C}_6\text{H}_7\text{NO}_2$ から計算されるC/N比は5であり、C/N比5において高い分解率が得られた研究もある²⁾。本実験では、C/N比5において分解率71%と低い値を示したことから、今後検討する必要がある。一方C/N比が大きいと窒素濃度が増殖制限因子になったり、pH緩衝能が十分でないことによるpHの低下が問題となる。今回の実験ではC/N比90のグルコース分解率は76%と低い値であり、pHを5.0～5.5に調整したことから窒素濃度が増殖制限因子になった可能性がある。

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_4	0.17	mg/ℓ

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

図-3にC/N比とVSS濃度の関係を示す。VSS濃度はC/N比15で最大値1365mg/ℓを示した。C/N比が15より大きくなるに従いVSS濃度は低くなった。すなわちC/N比が30以上では窒素濃度が増殖制限因子となっており、そのためにVSS濃度が低くなった。C/N比が10より小さいと、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によりVSS濃度は低くなると考えられる。

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TCD式ガスクロマトグラフで検出した 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、 $1725\text{ml}/\text{g} \cdot \text{day}$ を示した。C/N比が10から小さくなるにつれ、VSS濃度が低くなりグルコース分解率も低下するので、 H_2 生成速度およびガス全体の生成速度は小さくなった。C/N比90を除いて各C/N比ともガス組成割合にほとんど違いはなく、 H_2 約13%、 N_2 約5%、 CH_4 0.3~3.2%、 CO_2 約80%であった。C/N比90では N_2 が約50%の割合で検出されたが、これについてはさらに検討する必要がある。

各C/N比における基質分解状況を把握するためにCOD収支率を表-2に示した。CODの回収率は70~87%の範囲であった。 H_2 生成のためには菌体濃度を高くすることが重要である。C/N比10と15ではVSSの割合が10%以上であり、他のC/N比と比較して菌体の占める割合が高い。そのためガスの生成速度も大きく H_2 の割合が高くなった。 H_2 の割合は0.56~1.65%でありCOD全体に占める割合は低い。酸生成相から H_2 を回収するためには、 H_2 がメタン生成細菌により資化され CH_4 に変換されるのを抑制する必要がある。従って CH_4 はほとんど生成しないように制御されるため、生成する気体は H_2 と CO_2 が大部分を占める。CODの液相中からの除去に関してはほとんど H_2 のみとなり、CODの除去に関しては別に処理法を考えなければならない。イタールはSRTを4hrと短く設定したことから比較的高い割合であった。揮発性有機酸は酪酸の占める割合が高く、次いで酢酸、プロピオン酸の順であった。イタールと揮発性有機酸のCOD全体に占める割合は高いが、それと比較して H_2 の占める割合は低い。SRTを長くして酸発酵をさらに進め H_2 の割合を高めたいが、それを行うと CH_4 の割合が高くなるので今回の実験ではSRTを4hrに設定した。

表-2 COD収支率

C/N ratio	COD influent (%)	COD effluent (%)								Gas (%)		Recovery (%)
		Glucose effluent	Acetic acid	Propionic acid	Butyric acid	Valeric acid	Ethanol	VSS	Others	H_2	CH_4	
2	100.0	34.5	5.7	3.4	8.4	0.7	18.1	4.2	8.0	0.56	0.05	83.6
5	100.0	26.2	7.1	5.4	12.9	1.5	18.4	4.7	9.3	0.78	0.73	87.0
10	100.0	16.3	8.3	7.9	14.4	2.2	17.5	10.1	3.5	1.18	0.41	81.9
15	100.0	6.9	6.4	4.0	15.2	0.9	23.8	14.2	6.9	1.65	0.37	80.4
30	100.0	13.2	4.6	7.8	10.6	1.8	19.1	6.1	5.9	0.78	0.62	70.5
90	100.0	20.2	6.7	1.1	11.8	0.5	18.7	2.9	11.3	1.29	3.40	77.9

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であった。
- (2) C/N比が30以上では窒素濃度が増殖制限因子となっており、VSS濃度が低く H_2 生成速度も小さい。
- (3) C/N比が10より小さいと、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、VSS濃度は低くなり、 H_2 生成速度は小さくなる。

参考文献 1) Sanders, F.A., and Bloodgood, D.E., Jour. WPCF, Vol. 37, 1741 (1965)

2) 遠藤銀朗 「嫌気性消化の酸生成相に関する研究」 東北大学博士論文 (1980)

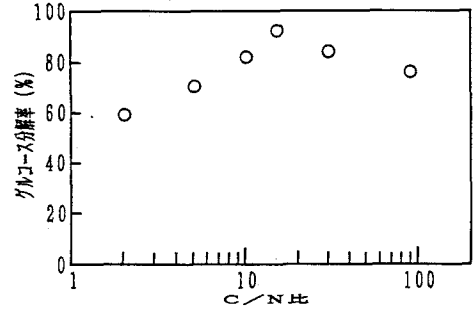


図-2 C/N比とグルコース分解率の関係

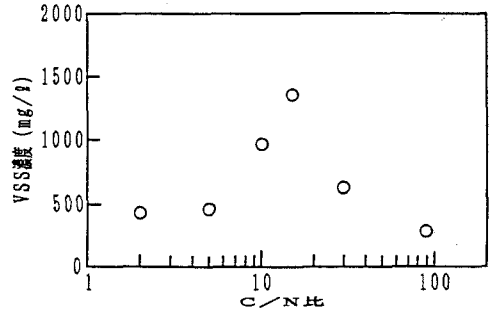


図-3 C/N比とVSS濃度との関係

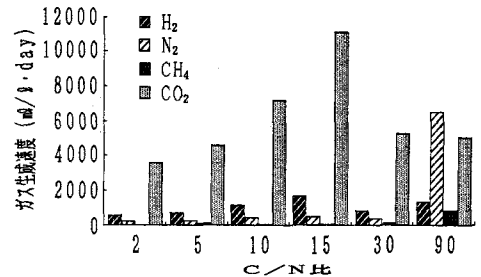


図-4 C/N比とガス生成速度の関係