

VII-11

連続的水素発酵におけるアンモニア性窒素の影響

東北大学工学部土木工学科 学生会員○米本 剛史
東北大学大学院工学研究科 堆 洋平
東北大学大学院工学研究科 フェロー 野池 達也

1. はじめに

バイオマスからの生物学的エネルギー回収は再生可能なエネルギー回収方法である。バイオマスからの生物学的エネルギー回収方法のひとつとして、嫌気性消化プロセスを用いた水素メタン生成システムが挙げられるが、同システムはバイオマスとして有機性排水を利用した場合、廃水処理も同時に行うことができる。本研究においては、排水中のアンモニア性窒素を、菌体合成に必要な窒素であると同時に水素生成に阻害を及ぼす可能性のある因子¹⁾としてとらえ、嫌気性水素発酵における最適 C/N 比、およびアンモニア性窒素による阻害の有無について検討した。

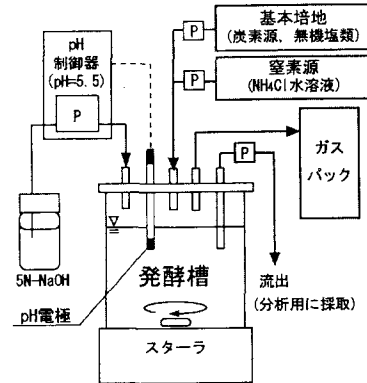


図-1 実験装置

2. 実験方法

本実験では、アンモニア性窒素(NH_4Cl)を窒素源として用い、窒素濃度の異なる5系列での連続的水素発酵実験を行った。実験装置を図-1に示す。有効容量500mlのケモスタット型発酵槽を5系列用意し、培養開始時に菌種を接種し、5系列共通の基本培地および系列別の濃度の NH_4Cl 水溶液を流入させ培養した。

種菌には、大豆粕由来の水素生成混合細菌群を用いた。基本培地には炭素源として可溶性でんぷん(15g/L (6.7g-C/L))を用い、さらに無機塩類を加えた²⁾。窒素濃度は表-1のとおり30~2,000mg/Lの範囲で設定した。培養温度は35℃、pHはNaOHを用い 5.5 ± 0.1 に制御した。HRT14時間となるよう培地の流入および発酵液の流出を設定した。

分析項目は、水素生成量、流出発酵液中の代謝産物、VSS、炭水化物、および $\text{NH}_4^+\text{-N}$ の各濃度とした。

3. 実験結果

2ヶ月間の連続培養を行い、そのうち水素生成が安定した10日間の実験データを各系列の代表値とした。

図-2に水素生成速度および菌体濃度を示す。水素生成速度は、窒素濃度30~300mg-N/Lでは窒素濃度の上昇とともに増大したが、300mg-N/L以上の3系列において $3.6 \sim 4.3 \text{ L} \cdot \text{day}^{-1} \cdot \text{L}^{-1}$ となり大きな変化は見られなかった。

表-1 各系列の窒素濃度

系列	R1	R2	R3	R4	R5
$\text{NH}_4^+\text{-N}$ 濃度 (mg-N/L)	30	100	300	1250	2000
C/N 比	222	67	22	5.3	3.3

菌体濃度も同様に窒素濃度30~300mg-N/Lでは窒素濃度の増加とともに増加し、300mg-N/L以上の3系列ではほぼ一定となった。表-2に残留アンモニア性窒素濃度を示す。投入アンモニア性窒素濃度30~100mg-N/Lの系列で窒素の全量が消費されていた。

図-3に代謝産物濃度を示す。今回の実験における主要な代謝産物は酢酸、酪酸、乳酸、カプロン酸であった。酢酸および酪酸は、窒素濃度30~300mg-N/Lでは窒素濃度の上昇とともに増大した。窒素濃度300mg-N/L以上では、酢酸および酪酸が主要生成物であり、それぞれ3,000~4,000mg/Lの生成がみられた。乳酸は窒素濃度30~100mg-N/Lの系列において高い濃度を示したが、窒素濃度300mg-N/L以上の系列においてその生成はわずかであった。

図-4に炭水化物分解率を示す。炭水化物分解率は窒素濃度30~300mg-N/Lでは窒素濃度の上昇とともに上昇したが、同300mg-N/L以上の条件では約90%に達し一定となった。

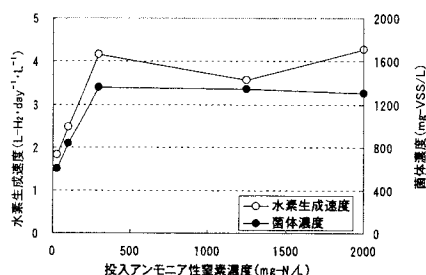


図-2 水素生成速度および菌体濃度

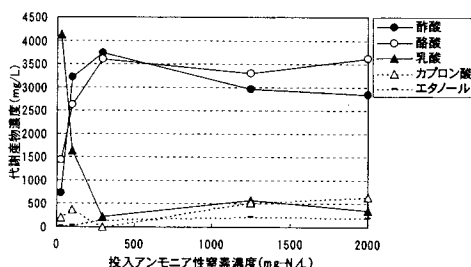


図-3 主要な代謝産物濃度

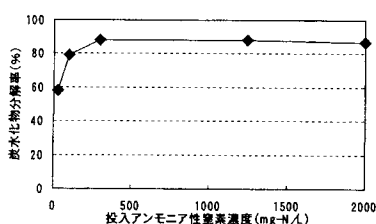


図-4 投入アンモニア性窒素濃度と炭水化物分解率との関係

表-2 残留アンモニア性窒素濃度 (単位は mg-N/L)

投入 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 濃度	30	100	300	1250	2000
残留 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 濃度	0	0	134	1085	1779

4. 考察

窒素濃度 30~100mg-N/L においては、水素生成速度および菌体濃度が窒素濃度の上昇とともに増加した。この理由について、まず窒素の全量が菌体合成に用いられていることから、窒素の不足により細菌の増殖が制限されていることが考えられる。このことに加え、発酵代謝の形式の違いが考えられる。窒素濃度 30~100mg-N/L においては、水素生成型の代謝産物であると考えられている酢酸および酪酸の生成は少なく、逆に乳酸の生成が多くなっている。炭水化物からの乳酸の生成は次式で表される発酵形式により行われる。



この発酵形式において水素は発生しないため、炭素源が乳酸生成に多く用いられている R1 および R2 (30~100mg-N/L) においては水素発酵に不利な発酵代謝状況となっていると考えられる。このように炭素源が多く残存している状況での乳酸生成は既往の研究においても報告例がある³⁾。

一方、窒素濃度 300~2,000mg-N/L において水素生成速度がほぼ等しくなっているのは、菌体濃度が窒素濃度によらず約 1,300mg/L にとどまっているからであると考えられる。また、アンモニア性窒素濃度 2,000mg-N/L 以下の範囲において、細菌の増殖および水素生成に対しアンモニア性窒素による阻害はみられなかった。

これらのことから、窒素濃度 300~2,000mg/L, C/N 比で 3.3~22 の範囲において C/N 比は水素発酵にほとんど影響しないと考えられる。

5. 結論

炭素 (でんぶん) 濃度 15g/L のもとでアンモニア性窒素濃度の影響を検討した結果、以下の結論が得られた。

- 1) 窒素濃度 30~300mg-N/L の範囲においては窒素濃度の上昇とともに水素生成速度および菌体濃度が増加したが、300~2,000mg-N/L の範囲においては窒素濃度の差異による影響は見られなかった。
- 2) C/N 比 3.3~22 の範囲において菌体濃度および水素生成は C/N 比の影響を受けず、水素発酵は順調に行われた。C/N 比 22 以上では窒素の不足が菌体増殖ならびに水素生成速度を制限していると考えられる。
- 3) アンモニア性窒素 2,000mg-N/L 以下の範囲において、水素生成に対しアンモニア性窒素による阻害は見られなかった。

参考文献

- 1) 藤島繁樹, 宮原高志, 角田俊司, 野池達也: 嫌気性消化におけるアンモニア性窒素の影響, 土木学会論文集, No.650, 33~40, 2000
- 2) 李東烈, 野池達也: 膜分離型反応槽を用いた連続的水素発酵, 環境工学研究論文集, 第 40 巻, 353~362, 2003
- 3) D.Y.Lee, Y.Y.Li, T.Noike: Influence of Substrate Concentration on the Bio-Hydrogen Production in Membrane Bioreactor, *Proceedings of the 2nd International Workshop on Innovative Anaerobic Technology*, 97~100, 2004