

## VII-141

## 嫌気性細菌による有機性廃棄物からの水素生成に関する基礎的研究

日本大学大学院 学生員 ○佐藤靖敏

日本大学大学院 学生員 吉田光範

日本大学工学部 正 員 中村玄正

## 1. はじめに

近年、エネルギー問題に加え地球温暖化や廃棄物との関連など、様々な環境問題と密接に関わりを持つテーマとなってきた。特に生活廃棄物として発生する下水汚泥や家庭生ゴミは、リサイクル、エネルギーとしての利用価値は大きいものである。片岡ら<sup>2)</sup>は、有機性廃棄物である生ゴミからのメタンガス回収を目的とした研究を行っている。しかし、エネルギー利用面でメタンガスより優れている水素ガス回収を目的とした水野ら<sup>3)</sup>は、食品加工廃棄物である「おから」からの水素生成に関する研究を行っている。このように有機性廃棄物から理想的なエネルギーである水素を回収することは、有効かつ合理的であると考えられる。

本研究は、有機性廃棄物からの水素ガス回収を目的とした基礎実験である。人工廃液を廃棄物の前処理によって得られた可溶性溶液に見立て、半連続実験により嫌気性酸生成相における水素生成の可能性を滞留時間の点から検討した。さらに環境因子の変化に伴う基質分解特性および累積水素生成量を回分実験より調べ、水素生成に適した滞留時間を明らかにすることを目的としている。

## 2. 実験方法

## 2.1 実験装置

本研究に用いた実験装置の概略図を図.1に示す。液相部 2.0 l、気相部 0.35 l の硬質ガラス製円筒型反応槽であり、攪拌はガス攪拌方式である。恒温槽にヒーターを設置し温度調節器によって  $35^{\circ}\text{C} \pm 1$  に設定した。

## 2.2 複合基質および種汚泥

表.1 に本研究に用いた複合合成基質表を示す。吉田ら<sup>4)</sup>は、ショ糖 11130mg/l、タンパク質 2080mg/l の複合基質の時、水素生成に最適であると報告している。また、片岡ら<sup>2)</sup>は、生ゴミの前処理として熱処理を施す際に pH を変化させ、低 pH では糖類の可溶性に高 pH ではタンパク質の可溶性に効果的であると考察している。本研究の複合基質は、高糖類低タンパク質濃度であり、混合割合は COD<sub>Cr</sub> 比率で 8:2 とし、その他無機栄養塩類を添加した。種汚泥は食品工場から採取したものを図.1 に示す反応槽に接種し設定した複合基質濃度で約 1 ヶ月間馴養したものを使用した。

## 2.3 実験条件

表.2 に滞留時間の実験条件を示す。滞留時間を変化させた計 3 基の Reactor を R1, R2, R3 と称した。また、pH 調整による水素生成割合の変化を観察するために Phase I, Phase II, Phase III と 3 段階に設定し、各 20 日間を目途に pH 緩衝剤を用いて pH 調整を行った。

## 2.4 半連続実験および回分実験

本研究の半連続実験では、fill and draw 方式により 1 日 1 回、汚泥引き抜きと基質投入を行った。各 Phase 終了時に回分実験を計 3 回行い、pH 変化に伴う基質分解特性および累積水素生成量を経時的視点から観察した。

キーワード：嫌気性細菌、有機性廃棄物、水素

963-1165 郡山市田村町徳定字中河原 1 衛生工学研究室 TEL 0249-56-8707 FAX 0249-56-8858

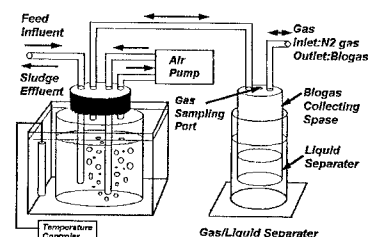


図.1 実験装置概略図

表.1 複合合成基質表 (mg/l)

| Carbon and Nitrogen Sources               |        |                                                 |
|-------------------------------------------|--------|-------------------------------------------------|
| Sucrose                                   | 11,130 |                                                 |
| Protein                                   | 1,785  |                                                 |
| $\text{NH}_4\text{HCO}_3$                 | 2,330  |                                                 |
| Nutrient Compositions                     |        |                                                 |
| $\text{Na}_2\text{HPO}_4$                 | 48     | $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 1.05  |
| $\text{KH}_2\text{PO}_4$                  | 182    | $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 28    |
| $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ | 112    | $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 0.175 |
| $\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ | 18.2   | $\text{H}_3\text{BO}_3$ 0.238                   |
| $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ | 5.6    | YEAST EXTRACT 50                                |

表.2 実験条件

| Reactor No.                               | R1                                        | R2    | R3     |
|-------------------------------------------|-------------------------------------------|-------|--------|
| Experimental series                       |                                           |       |        |
| Phase I                                   | pH control ( $\text{NaHCO}_3$ 1,400 mg/l) |       |        |
| Phase II                                  | pH control ( $\text{NaHCO}_3$ 2,800 mg/l) |       |        |
| Phase III                                 | pH non-control ( $\text{NaHCO}_3$ 0 mg/l) |       |        |
| Complex substrate volume VS Sludge volume |                                           |       |        |
|                                           | 3:17                                      | 3:7   | 9:11   |
| HRT(day)                                  | 6.7                                       | 3.3   | 2.2    |
| C/N ratio                                 |                                           | 12    |        |
| Complex substrate loading (mgCOD/day)     |                                           |       |        |
|                                           | 4,364                                     | 8,722 | 13,085 |

### 3. 実験結果および考察

図.2 に水素生成割合の経日変化を示す。pH 調整により経日的な変化に伴い R1,R2 は Phase II で 50.7,54.7%、R3 は Phase I で 51.2%であり水素生成割合の最大値を示した。また、pH 未調整の Phase III では R1,R2,R3 は、17.7,40.6,25.9%の最低値を示した。図.3 各 Phase II, III の終了時に行った計 2 回の回分実験における基質分解特性を示す。R1,R2,R3 とともに 3 回目の回分実験では、ショ糖の分解速度が最も遅く、pH 未調整の影響が現れていた。また、タンパク質に至っては、R1,R2,R3 とともに 2 回目、3 回目の回分実験において同様な傾向を示した。尚、2 回目の回分実験よりタンパク質の分解率は R1,R2,R3 で 34.9,3.6,44.7%と高負荷および低負荷時の分解率が高かった。図.4 に計 3 回の回分実験における累積水素生成量を示す。累積水素生成量に関しては 2 回目に行った回分実験での水素生成量が最も多く、R1,R2,R3 では 139,389,638ml/2l・day であった。Akashah ら<sup>9)</sup>は、本研究と同じ種汚泥を用いて、グルコース(11700mg/l)を単一基質とし負荷量 8760mgCOD/day で回分実験を行った結果、水素生成割合は 22%で累積水素生成量は 262ml/2l・day であった。このことより、基質によって水素の生成量に影響が現れたと考えられる。表.3 に 2 回目の回分実験における pH、代謝産物および累積水素生成量の比較を示す。R1,R2,R3 とともに pH は実験開始時に 6.5 以上であったが 24 時間後には 4.99,4.73,4.90 に低下した。代謝産物では、酢酸と酪酸が主な生成物であった。kgCOD 当りの累積水素生成量では R3 が最も高く 0.055、R2 で 0.050、R1 では 0.036m<sup>3</sup>/kgCOD であり、滞留時間が短く負荷量が高い程、累積水素生成量に顕著な傾向が現れた。従って、R3 に用いた条件である滞留時間 2.2day が水素生成に適していたと推察された。

### 4. まとめ

- (1)滞留時間の影響について実験の結果、経日的な変化に伴い pH を調整することにより R1,R2,R3 において最大水素生成割合が 50.7,54.4,51.2%、pH 未調整により R1,R2,R3 は 17.7,40.6,25.9%の最低値を示した。
- (2)2 回目の回分実験よりタンパク質の分解率は R1,R2,R3 で 34.9,3.6,44.7%と高負荷および低負荷時の分解率が高かった。また累積水素生成量は、R1,R2,R3 で 0.036,0.050,0.055m<sup>3</sup>/kgCOD であり、滞留時間が短いほど高かった。
- (3)本研究での水素生成に適した複合基質濃度および滞留時間は、ショ糖 11130mg/l、タンパク質 2080mg/l であり、滞留時間 2.2day、負荷量 13085mgCOD/day であった。

### 参考文献

- 1)中村ら:生活圏内発生有機物の循環利用社会システムの開発について、土木学会東北支部講演概要,pp.758-759,1998
- 2)片岡ら:生ゴミの嫌気性消化における前処理効果に関する研究,第 32 回日本水環境学会年會講演集,pp.335,1998
- 3)水野ら:嫌気性細菌による食品加工廃棄物からの水素生成,土木学会論文集,No.573/VII-4,pp.111-117,1997
- 4)吉田ら:嫌気性酸生成相における複合基質からの水素生成について,第 6 回環境技術シンポジウム講演集
- 5)Akashah, M et al: Study on sludge characteristics and biogas production in various phase evolution of anaerobic system,

Proc.8th International Conf.on Anaerobic Digestion, Vol.3,pp.125-128

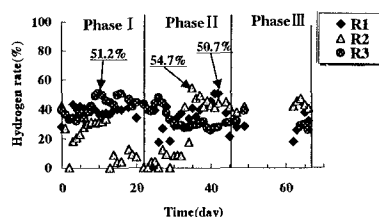


図.2 水素生成割合の経日変化

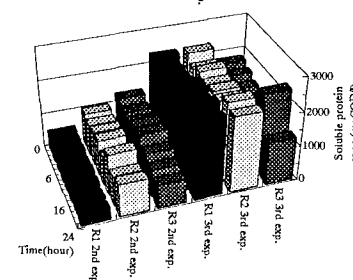
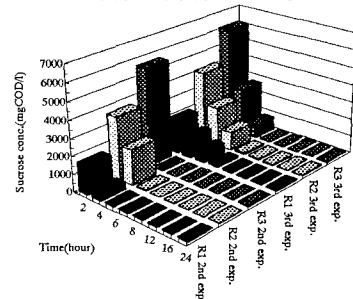


図.3 回分実験による基質分解特性

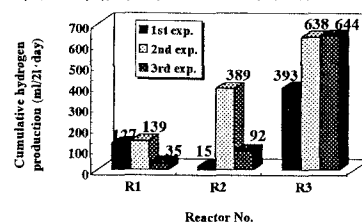


図.4 回分実験による累積水素生成量

表.3 回分実験結果

| Reactor No.                                     | R1      |       | R2      |       | R3      |       |
|-------------------------------------------------|---------|-------|---------|-------|---------|-------|
|                                                 | Initial | Final | Initial | Final | Initial | Final |
| pH                                              | 6.51    | 4.99  | 6.58    | 4.73  | 6.90    | 4.90  |
| Sucrose(mgCOD/l)                                | 1655    | 19    | 3621    | 39    | 5627    | 39    |
| S. protein(mgCOD/l)                             | 495     | 322   | 986     | 951   | 1257    | 695   |
| VFA(mgCOD/l)                                    |         |       |         |       |         |       |
| Acetate                                         | 385     | 365   | 708     | 1087  | 1002    | 1587  |
| Propionate                                      | 39      | 44    | 58      | 166   | 124     | 183   |
| Butyrate                                        | 473     | 479   | 565     | 1010  | 1181    | 1605  |
| Valerate                                        | 35      | 29    | 33      | 77    | 88      | 99    |
| Ethanol                                         | 58      | 198   | 211     | 829   | 289     | 1013  |
| Hydrogen rate(%)                                | 33.8    |       | 43.0    |       | 38.0    |       |
| Hydrogen production (m <sup>3</sup> /kgCOD・day) | 0.036   |       | 0.050   |       | 0.055   |       |