

Ⅶ-197

UASB 法におけるグラニユール形成機構に関する実験的研究

山口大学 今井 剛 山口大学○近藤聡士 山口大学 浮田正夫  
山口大学 関根雅彦 宇部高専 深川勝之 大阪工大 中西 弘

1. はじめに

上向流嫌気性スラッジブランケット（Upflow Anaerobic Sludge Blanket : UASB）法は、嫌気性処理法の1つで、処理効率の高い処理法として注目されている。UASB法での処理効率は、自己造粒機構によるグラニユールの形成に大きく依存する。しかしながら、その形成過程およびグラニユール形成の判断基準については未だ確立されているとはいえず、それらに関する研究も少ない。そこで、本研究ではUASB法を対象にスタートアップ実験を行い、その実験結果からグラニユール形成過程に関する検討を行った。

2. 実験装置および方法

本実験では表-1に示す人工廃水を用いて、図-1に示すUASB装置（内径：92mm、高さ：1500mm、有効容積：10.52l）におけるグラニユール形成過程解析のためのスタートアップ実験を行った。この装置2基（後述の運転条件により#1、#2と略す）を用いて、表-2に示す負荷条件で連続運転を行った。#1においては水理学的滞留時間（HRT）は一定のまま基質濃度の上昇により、また#2においては基質濃度は一定のままHRTを減少させることにより負荷を上昇させ、その違いによるグラニユール形成過程の相違を把握することを試みた。さらに、連続運転結果、各運転段階における菌の基質消費活性試験、走査型電子顕微鏡（Scanning Electron Microscope : SEM）による菌の定期的な観察および画像解析装置を用いたグラニユールの粒径分布の測定を通してグラニユール形成過程の解析を行った。

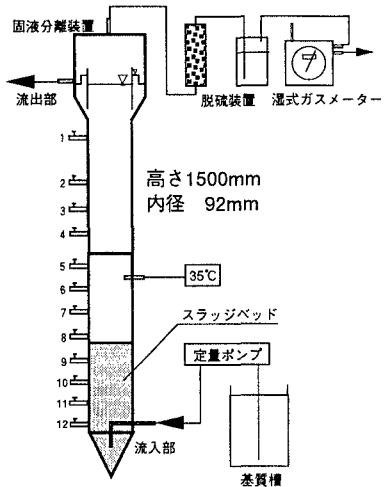


図-1 UASB装置概略図

表-1 人工基質組成表  
(10000mg-COD/l)

|                                 |                                                              |
|---------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| Glucose                         | 9.385 (g/l)                                                  |
| A                               | 2.00 (ml/l)                                                  |
| B                               | 10.00 (ml/l)                                                 |
| C                               | 1.00 (ml/l)                                                  |
| NaHCO <sub>3</sub>              | 6.0 (g/l)                                                    |
| K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> | 4.0 (g/l)                                                    |
| 酵母エキス                           | 100 (mg/l)                                                   |
| A                               | (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> 350.0 (g/l) |
|                                 | KCl 75.0 (g/l)                                               |
|                                 | NH <sub>4</sub> Cl 85.0 (g/l)                                |
| B                               | FeCl <sub>3</sub> ·6H <sub>2</sub> O 42.0 (g/l)              |
|                                 | MgCl <sub>2</sub> ·6H <sub>2</sub> O 81.0 (g/l)              |
|                                 | MgSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O 25.0 (g/l)              |
|                                 | CoCl <sub>2</sub> ·6H <sub>2</sub> O 1.8 (g/l)               |
| C                               | CaCl <sub>2</sub> ·6H <sub>2</sub> O 150.0 (g/l)             |

3. 実験結果および考察

図-2に上昇線流速、COD除去率、pH、SSの経時変化を示す。連続運転期間を通じて#1、#2ともにCOD除去率はrun2（pH阻害による除去率低下が起こった）を除いて約90%と高い処理効率を維持した。なお、pH阻害は緩衝剤の量を誤って半減させたために生じた。pH阻害からの回復は#2と比較して、#1の方が早かった。これは表-1から分かるように、run2においては#1の方がHRTが短く、流入基質が速やかに入れ替わったためであると推定される。#1ではrun3（負荷2.0kg-COD/m<sup>3</sup>/day）からrun4（負荷3.0kg-COD/m<sup>3</sup>/day）に容積負荷を上昇させた直後、2600mg-SS/lと著しい汚泥の流出が確認され、その後#1の装置内で汚泥の浮遊が観察されるようになった。run4におけるSSの流出量の増加は一時的なもので速やかに減少したこと、COD除去率は増加していたこと、揮発性脂肪酸（VFA）の蓄積量が減少したこと等から、容積負荷3.0kg-COD/m<sup>3</sup>/dayにおいて、自己造粒機能が高まりグラニユール化が進行したものと推定される。図-3に菌の活性試験の結果を示す。グルコース基質は酸生成菌の、酢酸基質は酢酸資化性メタン生成菌の、水素基質は水素資化性メタン生成菌の活性を示す指標となる。run2を除けば各基質消費活性は、#2においては概ね増加傾向にあるが、#1においてはrun3をピークに横ばいか、低下傾向にあることがわかる。このことから、高活性の菌をグラニユール内に保持するためには、HRTを短縮させる、すなわち線流速を上昇させる方が有利といえる。また、実験結果から、#1では酢酸（HAc）を分解するメタン生成菌、グルコース（Glu）を分解する酸生成菌の活性が、スラッジ

表-2 運転条件

|      | 期間<br>(day) | 基質濃度 (mg-COD/l) |      | HRT (day) |      | 負荷<br>(kg-COD/m <sup>3</sup> /day) |
|------|-------------|-----------------|------|-----------|------|------------------------------------|
|      |             | #1              | #2   | #1        | #2   |                                    |
| run0 | 6           | 500             | 500  | -         | -    | 馴致期間                               |
| run1 | 19          | 500             | 2000 | 1         | 4    | 0.5                                |
| run2 | 41          | 1000            | 2000 | 1         | 2    | 1.0                                |
| run3 | 21          | 2000            | 2000 | 1         | 1    | 2.0                                |
| run4 | 21          | 3000            | 2000 | 1         | 0.67 | 3.0                                |
| run5 | 50          | 4000            | 2000 | 1         | 0.5  | 4.0                                |
| run6 | 70          | 6000            | 2000 | 1         | 0.33 | 6.0                                |
| run7 | 27          | 9000            | 2000 | 1         | 0.22 | 9.0                                |

keyword: UASB, グラニユール, グラニユール形成過程, 線流速, スタートアップ

山口大学工学部：〒755 宇部市常盤台2557 TEL: 0836-35-9111 Fax: 0836-35-9429

ベッドの上部と下部であまり差がなかったことから、汚泥は沈降状態ではなく浮遊状態であったことが分かる。#2においては主にメタン生成菌の活性は上部、酸生成菌は下部で高くなっていたことから、汚泥の沈降性が良好でスラッジベッドが形成され、マクロな菌の棲み分けが起こったものと推定される。実体顕微鏡等によりグラニュル化が進行していると判断されたrun3からグラニュルが多数確認されたrun7を通じて、両装置のスラッジベッド全体でメタン生成菌の活性度の平均値は0.01mg-COD/hr/mg-VSS（本実験の種汚泥は0.006mg-COD/hr/mg-VSS）以上を維持しており、この数値がグラニュル形成基準の1つの指標になると考えられる。図-4に画像解析装置により測定したグラニュルの粒径分布を示す。種汚泥の時点で稀にはあるが0.3mm程度の菌塊が見られたことおよびサンプル処理操作時の誤差を考慮し、0.4mm以下のものは計数しなかった。また、得られたデータ数にはばらつきがあったため総数を1000個に換算した値を用いた。#1では時間経過における差があまり見られないが、#2では粒径が経時的に大きくなる傾向を持つことがわかる。写真-1に、SEMにより撮影された、run6（184日目）におけるグラニュルの写真を示す。SEMによる菌相の観察から、種汚泥では糸状菌が低密度に存在するのみであったが、run6では#1でスラッジベッドの上部、下部において球菌と糸状菌が混在し、#2では上部で球菌、下部で糸状菌が優占種となっていることが観察された。このことから、スラッジベッドが流動状態であった#1では菌の棲み分けは起こらず、沈降性が良好であった#2において、マクロな菌の棲み分けが起こったものと考えられる。

#### 4. まとめ

グラニュル化は容

積負荷で3.0kg-COD/m<sup>3</sup>/day程度から促進されることが実験的に確認された。また、HRTを徐々に短縮させ、線流速を上昇させることによる負荷上昇を行った方がグラニュルの粒径が順調に成長し、活性の高い菌が集積されることが明らかとなった。グラニュルの形成はおおよそ、画像解析等で0.4mm程度以上の粒径のものが確認されることが、メタン生成菌の活性度が0.01mg-COD/hr/mg-VSS程度以上となることが形成判断基準として提案できると考えられる。

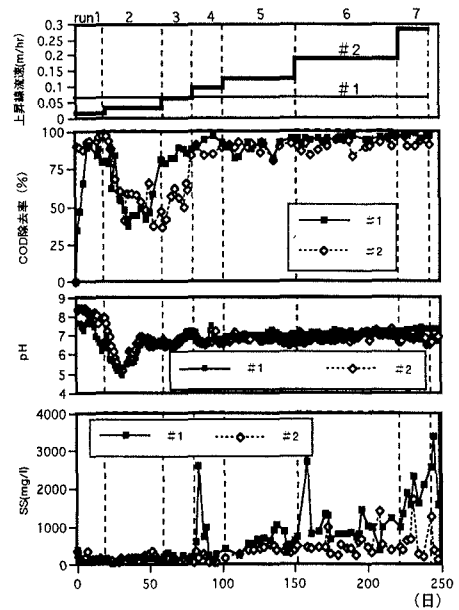


図-2 上昇線流速、COD除去率、pH、SSの経日変化

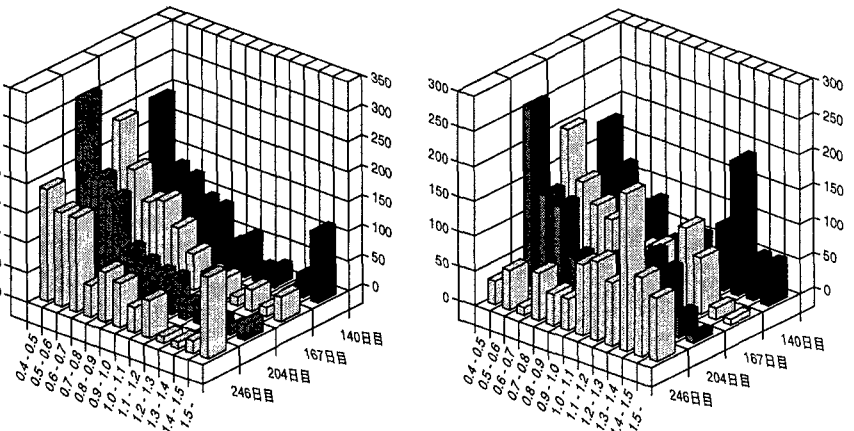


図-4 粒径分布グラフ(左:#1,右:#2)

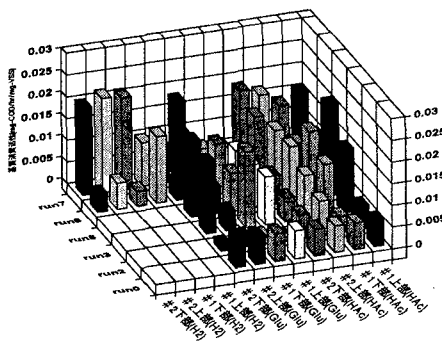


図-3 runごとの基質消費活性の変化

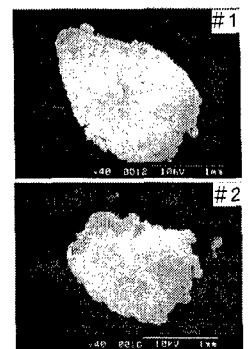


写真-1 グラニュルのSEM写真