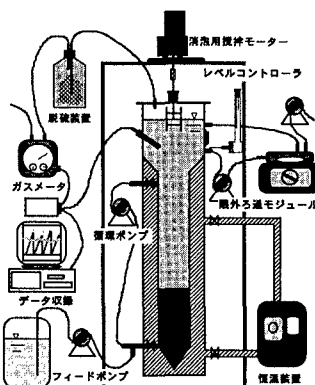


## UF 膜プロセスを付加した UASB リアクターにおける高速造粒機構

国立公衆衛生院 正会員 井上 雄三  
 (株)西原環境衛生研究所 正会員 ○高橋 潤一  
 国立公衆衛生院 学 寺島 智恵

1. はじめに UASB 法はスタートアップに時間がかかり(3~6 カ月)、グラニューール形成が不安定で熟練を要し、グラニューール可能な廃水は浮遊物質成分の少ない食品化工などの溶解性有機物を主体とする廃水に限られていることなど、幾つかの制限を有している。しかし、UASB に限外ろ過膜(Ultra Filtration: 以下 UF 膜)を付加することによって、グラニューール活性が著しく向上することが明らかとなり<sup>1)</sup>、グラニューールが困難な廃水にも適用できる可能性が高くなってきた。そこで本研究では、高効率造粒メタン発酵開発のために、UASB-UF リアクターにおける高速造粒機構の解明をおこなう。

2. 実験方法 実験装置を図1に示す。反応槽は沈殿部の内径 60mm、上部の内径 115mm、容量 4.1L と沈殿部の内径 100mm、上部の内径 150mm、容量 14.5L の 2 種類のアクリル樹脂製カラムを用いた。合成排水は、スキムミルクを主成分とした基質で行った。スラッジ層上部の溶液を 1.7 (mL/min) で反応槽下部に循環させ、合成廃水を反応槽下部から間欠的に注入した。処理水は、槽内液量が一定になるように引き抜いた。UF 膜は反応槽内上部より 500 (mL/h) で限外ろ過モジュールを循環させ、吸引 30Pa 程度で流入量に等しい量を引き抜いた。UF 膜を付加していない系は、処理水(反応槽上部溶液)を排出ポンプでそのまま引き抜いた。



3. 結果および考察 一連の小径リアクター実験で 2 回(NUFSC1: 運転開始後 33 日目, UFSC2: 運転開始後 45 日目)グラニューール形成が確認された。その時点の前後においてグラニューールに関係ある因子を表 1 にまとめる。

図1 UASB リアクター概略図

グラニューールが形成された反応槽では pH、コロイド電荷、高分子有機物、カルシウムイオン、リン酸イオン、全有機酸の因子が変化を示したのに対し、グラニューールが形成されなかった反応槽ではこれらの因子はほとんど変化を示さなかった。この変化には 2 つのパターンがあった。すなわち有機酸の蓄積による pH の低下(NUF 膜 SC1)、および高分子有機物の蓄積によるコロイド電位の低下(UF 膜 SC2)であった。2 回の小径実験結果から、グラニューール形成にはこれらの因子が密接に関係していることが推察された。しかし、形成されたグラニューール層の

表 1 小径リアクターにおけるグラニューール形成因子

| 槽内液凝集因子       | UF<br>SC1 | NUF<br>SC1 | UF<br>SC2 |
|---------------|-----------|------------|-----------|
| pH            | 一定        | 低下         | 低下        |
| コロイド電位(meq/L) | -1.3      | -0.2       | -1.9      |
| 高分子有機物濃度(g/L) | 1.1       | 0.1        | 0.9       |
| カルシウムイオン濃度    | 一定        | 増加         | 減少        |
| リン酸イオン濃度      | 一定        | 一定         | 減少        |
| 全有機酸濃度        | 一定        | 増加         | 減少        |
| グラニューール形成     | ×         | ●          | ●         |

高さは 15cm 以上には達することではなく、その後グラニューールが上昇気泡によって巻き上げられ、安定して成長することができず強固なグラニューールを造りあげることはできなかった。

そこで、内径 10cm の大径リアクターを用い UF 膜を付加したグラニューール形成実験をおこない、グラニューール形成の不安定性について検討を加えた。その結果、運転開始後 12 日目に半日~1 日という極めて短い時間にグラニューール層の急激な形成が起こった(図 3)。図 2 に SS 濃度の経日変化、図 3 に底部のグラニューール層の高さの経日変化を示す。SS 濃度は負荷の増大に伴うガス発生速度(気泡上昇量)の増加によって次第に

キーワード: UASB、スタートアップ、グラニューール形成、物理化学的形成因子、物理的破壊因子

連絡先: 住所 東京都港区白金台 4-6-1、電話 03-3441-7111(内線 429)、Fax 03-3446-4830

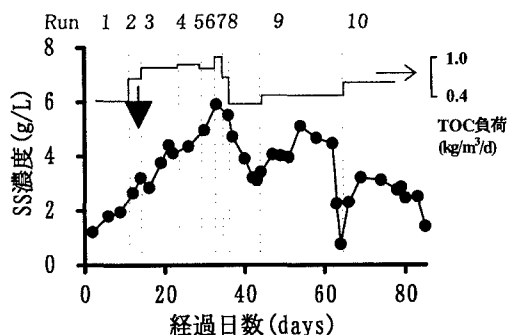
増加した。一方、グラニューール層の高さは約 25cm にも達し、小径リアクターにおけるグラニュレーション現象と大きな伊違いを示した。グラニューールが形成された後、層高さは図に示すように SS 濃度の増加にもかかわらず約 2 週間で 55cm 程度にまで成長した。しかしながら、その後のグラニューール層の成長は停止するだけでなく、小径リアクターと同様、グラニューールの巻き上げが生じ同層が非常に不安定となった。そこで負荷をまた下げると、グラニューール層の高さの急激減少が起り、層上部で破碎されスラッジ化した層が形成された。そこで、負荷を上げたところグラニューールが成長したが、60cm 程度に達すると、同様にグラニューール上層部が不安定となり破壊と巻き上げが生じた。なお、グラニューール層上部のスラッジブランケットの SS 濃度は、図に示すように負荷の増減に対応している（40 日前後）。以上グラニューール形成パフォーマンス（小径リアクターにおけるグラニューール層の高さ、大径リアクターにおける最大成長高さ、巻き上げ、グラニューール上部層でのグラニューールの破壊）より pH、コロイド電位、高分子有機物のような物理化学的因子（グラニューール形成因子）と気泡上昇フラックスのような物理的因子（グラニューール破壊因子）のバランスによって大きく変化することが示唆された。そこで破壊因子の影響を削減することによってグラニューール形成にどのような変化が起こるかを調べた。破壊に関する因子としてスラッジブランケット層の SS 濃度および高粘性（気泡の上昇によって巻き上げられたグラニューールがスラッジブランケット層に長時間滞留、気泡衝突、剪断破壊）およびグラニューール層の高さの増加（グラニューール層を上昇する気泡は、会合を繰り返し次第に大きくなり上昇速度が増加し剪断力が増加）を考察した。まず、前者の影響を調べるためにリアクター内液の直接排出によって SS 成分と高分子有機物を低下させた（SS 濃度 750mg/L まで低下）ところグラニューール層の高さは 50cm 程度まで回復したがグラニューールが再び巻き上げられた。次にグラニューールの大量引き抜き（1400mL、グラニューール層の高さ 50→31cm）を行った。図から明らかなように、僅か 2 日間で 20cm のグラニューール層が形成され、グラニューール形成活性が極めて高いことが示された。また、この間 Fig2 に示すように SS 濃度が 2.5g/L から 1.4g/L まで急激に低下した。以上のことから、グラニューールは層下部において形成されるが、気泡上昇によって層上部にいくと剪断力による破壊力が強くなり一定の層の高さまでにしか成長できんないものと推察された。

4. 結論 1) グラニューール形成は pH の変動、コロイド電荷、高分子有機物の蓄積、カルシウムイオン、リン酸イオンなどの因子が密接に関係していることが明らかとなった。

2) 小径・大径リアクターによるグラニューール形成実験から、グラニューール形成が 1) の高分子有機物の蓄積や  $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{PO}_4^{3-}$ 、などの物理化学的形成因子と物理的破壊因子（ガス発生等による剪断力）のバランスによって生じることが示された。

#### 5. 文献

- 1) 井上, 土居, 神山: UF 膜-上向流嫌気性スラッジブランケット型リアクターのグラニューール促進作用, 第 45 回土木学会年講, pp. 1084-1085, (1990)
- 2) 井上, 高橋, 田中: 限外ろ過膜を用いた UASB リアクターにおけるスタートアップ時のグラニューール形成促進機構, 環境工学研究フォーラム講演集, pp. 72-74, (1996)



→ はグラニューール形成を示す

図 2 SS 濃度の経日変化

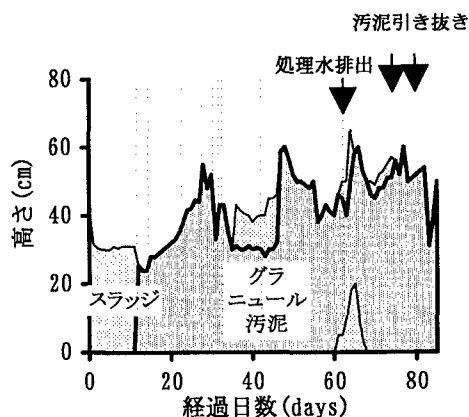


図 3 底部の汚泥高さの経日変化