

高温 UASB 法におけるグラニュール早期形成手法に関する実験的研究

山口大学 ○荒井 大（学） 今井 剛（正） 周 偉麗（学）

山口大学 浮田正夫（正） 関根雅彦（正） 樋口隆哉（正）

カジマアクアテック（株） 松本直樹

1. 研究背景及び目的

現在、我が国では従来の「大量生産・大量消費・大量廃棄」的経済システムによってさまざまな環境問題が引き起こされている。このような現状から脱するべく廃水処理分野では資源循環型の処理法として、嫌気性処理法の有用性が再認識されるようになった。中でも UASB(Upflow Anaerobic Sludge Blanket) 法は、グラニュール形成によるリアクター内での高濃度菌体保持により高速・高効率処理を可能にしている。しかし、ある種の工場では高温かつ高濃度の廃水を排出するので、冷却に関わる設備や消費するエネルギーを考慮すると、高温 UASB 法の導入が望ましい。しかしながら、高温域におけるグラニュールの形成機構に関する知見は乏しく、未だ適切な立ち上げ手法が確立されていない。そこで本研究では、グラニュール早期形成(立ち上げ期間の短縮)に着目して実験を行う。

2. 実験装置及び実験方法

2.1 実験装置

図 1 に実験装置の概略図を示す。内径 92mm、高さ 1500mm、有効容積 10.52L のラボスケールの実験装置である。本研究におけるすべての立ち上げ実験で、宇部市東部浄化センターから採取した消化汚泥を種汚泥として使用した。

2.2 高温域におけるグラニュール形成の確認

中温度域における UASB 法は我が国でも嫌気性処理法の中核として着実に実績を伸ばし、既に成熟した技術とみなされている。しかし、高温域のグラニュール形成は中温度域のグラニュール形成に比べて困難であることが経験的に知られている。そこでこの立ち上げ実験では高温域におけるグラニュール形成を確認するため、高温 UASB 装置において通常負荷型の条件で運転を行った。基質はグルコース及びスキムミルクを用いた。紙面の関係でグルコース基質の運転条件のみを表 1-1 に示す。

2.3 高温域におけるグラニュールの早期形成

UASB 法のグラニュールの形成は、技術的な経験や長期間を要し、それが大きな欠点となっていることからグラニュール早期形成手法の一刻も早い確立が望まれている。そこで、昨年度の研究では中温 UASB 法において流量と基質濃度を適切に設定(高負荷型)することでグラニュールの早期形成を可能にした。この立ち上げ実験では高温域においても同様の手法でグラニュールの早期形成が可能であるかを 2.2 の実験と比較することで検討した。基質はグルコース及びスキムミルクを用いた。紙面の関係でグルコース基質の運転条件のみを表 1-2 に示す。

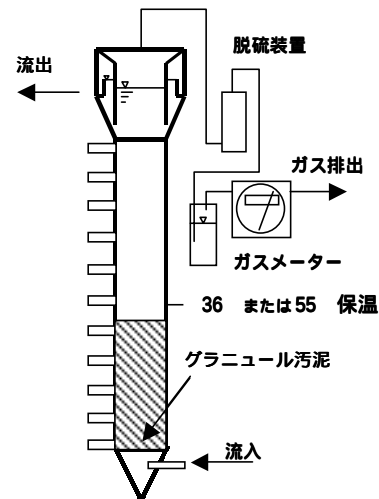


図1 実験装置概略図

表1-1 55 通常負荷型運転条件

run	経過日数 (day)	基質濃度 (mg-COD L ⁻¹)	流量 (L day ⁻¹)	容積負荷 (kg-COD m ⁻³ day ⁻¹)
1	0 ~ 3	2000	5	0.95
2	3 ~ 7	4000		1.90
3	7 ~ 12	7000		3.33
4	12 ~ 17	10000		4.75
5	17 ~ 25	15000		7.13
6	25 ~ 30	15000	7	9.98
7	30 ~ 35	15000	10	14.26
8	35 ~ 42	15000	15	21.39
9	42 ~ 47	20000		28.52
10	47 ~ 50	25000		35.65
11	50 ~ 52	30000		42.78
12	52 ~	25000		35.65

表1-2 55 高負荷型運転条件

run	経過日数 (day)	基質濃度 (mg-COD L ⁻¹)	流量 (L day ⁻¹)	容積負荷 (kg-COD m ⁻³ day ⁻¹)
1	0 ~ 3	2000	5	0.95
2	3 ~ 7	5000		2.38
3	7 ~ 11	10000		4.75
4	11 ~ 14	20000		9.51
5	14 ~ 18	30000		14.26
6	18 ~ 22	10000	15	14.26
7	22 ~ 28	10000	25	23.76
8	28 ~ 34	10000	30	28.52
9	34 ~	10000	40	38.02

表1-3 36 高負荷型運転条件

run	経過日数 (day)	基質濃度 (mg-COD L ⁻¹)	流量 (L day ⁻¹)	容積負荷 (kg-COD m ⁻³ day ⁻¹)
1	0 ~ 3	2000	5	0.95
2	3 ~ 7	5000		2.38
3	7 ~ 10	10000		4.75
4	10 ~ 14	20000		9.51
5	14 ~ 17	30000		14.26
6	17 ~ 21	10000	15	14.26
7	21 ~ 25	10000	25	23.76
8	25 ~ 30	10000	40	38.02
9	30 ~	10000	30	28.52

キーワード 高温 UASB、グラニュール、過負荷、細胞外ポリマー、グラニュール早期形成

連絡先 〒755-8611 宇部市常盤台 2-16-1 TEL0836-85-9312 FAX0836-85-9301

2.4 中温 UASB 法と高温 UASB 法の立ち上げ時の性能比較

嫌気性処理において高温菌の方が中温菌に比べて活性が高いことは一般的に知られた事実である。そこでこの立ち上げ実験では高温 UASB 法における立ち上げ時の処理効率の高さを確認するため、同一負荷条件で中温 UASB 法を運転し、2.3 の実験と比較した。基質はグルコース及びスキムミルクを用いた。紙面の関係でグルコース基質の運転条件のみを表 1-3 に示す。

3. 実験結果および考察

3.1 高温 UASB 法のグラニューール形成の確認

実験開始後、毎日装置内の汚泥を採取し、グラニューール形成過程の経日変化を実体顕微鏡により観察した。その結果、高温 UASB 法においてもグラニューールの形成が確認されたことから、高温 UASB 法のグラニューール形成促進の可能性が示された。

3.2 負荷条件の変化によるグラニューール形成時期の比較

次に細胞外ポリマー(ポリマー抽出液中のタンパク質及び糖類の和:以下ポリマーと呼ぶ)含有率の経日変化を図 2、図 3 に示す。ここでポリマーに注目したのはポリマーの有する強い粘着性がグラニューール形成の大きな要因となっているからである。高負荷型では運転初期にポリマー蓄積期間を設けてポリマーの蓄積を促進した結果、スキムミルク基質において顕著なポリマーの蓄積がみられ、グラニューールの形成は約 40 日から約 25 日と 15 日の短縮(38%の短縮)を実現でき、通常負荷型と同様な増加傾向だったグルコース基質では約 50 日から約 40 日と 10 日の短縮(20%の短縮)を実現した。スキムミルク基質でポリマー蓄積期間に顕著な増加がみられたのはポリマーの成分の 80%-90%がタンパク質で構成されていることから反応槽内の基質をポリマーとして利用できたからであると推察される。グラニューールの早期形成は、容積負荷を高負荷型で運転することにより促進でき、なかでも初期段階にポリマーが蓄積されやすかったスキムミルク基質はグラニューール形成をさらに早めることが可能であることがわかった。

3.3 高温 UASB 法の高効率処理の確認

中温 UASB 法と高温 UASB 法の処理性能について比較する。グルコース基質における除去率の経日変化を図 4、図 5 に示す。中温 UASB 法、高温 UASB 法ともに run2 を過ぎた頃から高温・中温両 UASB 法ともに 80-90%以上の高い除去率を示し、良好に処理が行われた。run4 以降は高温 UASB 法で揮発性脂肪酸(酢酸、プロピオン酸、酪酸等)の蓄積による一時的な pH の低下がみられたが、中温 UASB 法と比較して高い除去率を維持しながらグラニューール形成に至った。高温 UASB 法の除去性能の高さは発生ガス量が中温 UASB 法に比べ 2~3 倍も高かったことや、別に実施した活性試験からメタン生成菌の活性度の上昇が大きかったことから裏付けられた。またスキムミルク基質の場合も同様な結果が得られたことから、高温 UASB 法は中温 UASB 法に比べて高い除去性能を有することがわかった。また本実験で実施した以上の高い容積負荷を許容することが示唆されており、2.2 の結果を踏まえると、さらなるグラニューール早期形成が可能であるといえる。

4. まとめ

高温 UASB 法においてもグラニューールは形成され、グラニューールの早期形成は高負荷型運転に設定することにより可能であった。さらに細胞外ポリマーが蓄積されやすいスキムミルク基質で大幅な期間短縮を可能にした。また、高温 UASB 法の除去性能の高さから、本実験で確認された以上のグラニューール早期形成の可能性があると見える。

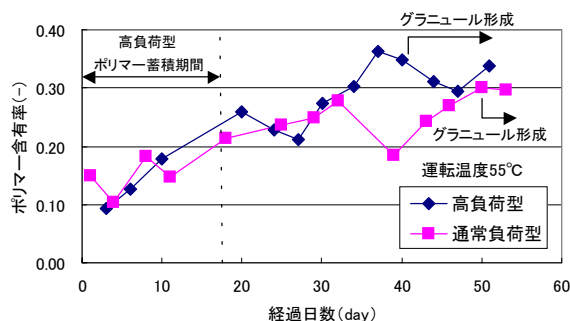


図2 ポリマー含有率の経日変化(グルコース)

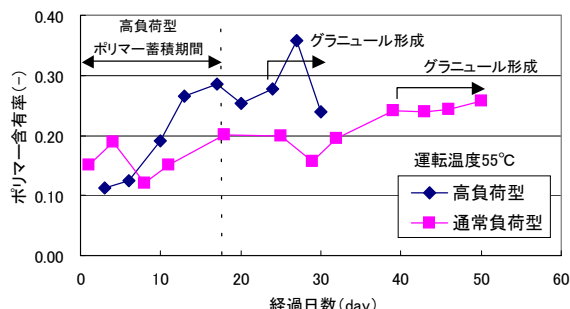


図3 ポリマー含有率の経日変化(スキムミルク)

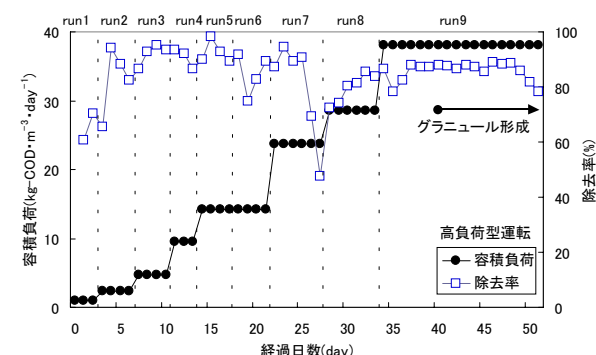


図4 高温UASB法の除去率の経日変化

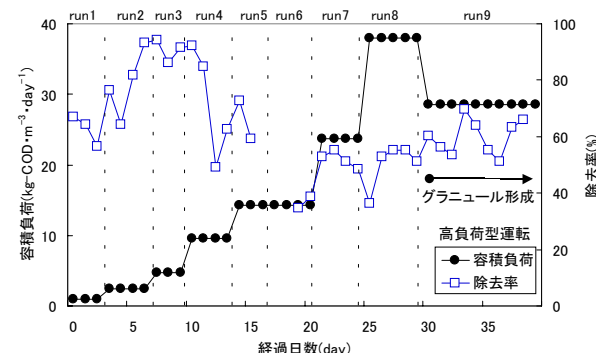


図5 中温UASB法の除去率の経日変化