

UASB 法におけるグラニユールの形成促進手法に関する検討

山口大学 ○ 荒井 大、今井 剛、浮田正夫
山口大学 周 偉麗、関根雅彦、樋口隆哉

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引き起こされた環境汚染が問題となっている。このような現況を改善すべく、平成12年に循環型社会形成推進基本法が成立し、環境への負荷を低減するための循環型社会の構築が模索されている。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。なかでも、上向流嫌気性スラッジブランケット(Uplow Anaerobic Sludge Blanket : UASB)法は、高速処理が可能であり、高濃度廃水処理に適用可能な処理法として注目されている。UASB法の大きな特徴は、嫌気性微生物の自己固定化機能により、沈降性の優れた粒径0.5～2mm程度のグラニユールが形成され、高速・高濃度廃水処理を可能にしていることである。しかし、この形成に長期間を要し、その形成機構が未だ解明されていない。

そこで本研究では、グラニユールの形成段階において何が主要因子になるのかに注目し、グラニユールの形成促進手法に関して実験的検討を行う。

2. 実験装置及び方法

図1に本研究で用いた実験装置の概略図、表1に人工基質の組成表を示す。なお、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。

2.1 細胞外ポリマーの形成過程に注目した立ち上げ実験

これまでの研究より、グラニユール形成では(菌の増殖→細胞外ポリマーの形成→凝集→沈降)という一連の過程を経ることが明らかとなっている。しかし、細胞外ポリマー形成の定量的評価は未だなされていない。そこで、この立ち上げ実験では細胞外ポリマーの形成過程に注目し、その量をVSSで除した細胞外ポリマー含有率を用いてその定量的評価を試みた。なお、細胞外ポリマーは汚泥より冷温抽出法によって抽出し、抽出液中のタンパク質及び糖類の和を細胞外ポリマー量とした。この立ち上げ実験では、基質としてグルコースを用い、低負荷の場合と高負荷の場合とで運転を行い比較した。また、基質の違いが細胞外ポリマーの形成にどのように影響するかを比較するために、基質としてグルコースを用いた場合及びスキムミルクを用いた場合とで高負荷で運転を行った。また、昨年度の研究でなされたグルコースを基質とした場合のグラニユールの高速形成の再現性を確認した。表2-1に運転条件を示す。

2.2 細胞外ポリマー形成後の沈降性に注目した立ち上げ実験

グラニユール形成過程の最終段階である凝集、沈降性の評価を、UASB反応槽内の高さ方向のVSS濃度分布のみで判断することは困難である。これは、装置底部において増殖した菌と凝集し沈降した菌とを区別できないためである。そこで、この立ち上げ実験では細胞外ポリマー形成後の凝集、沈降性に注目し、装置底部の汚泥の比重値によりその沈降性について検討した。この立ち上げ実験では、基質としてグルコースを用い、低負荷の場合及び高負荷の場合とで運転を行い比較した。

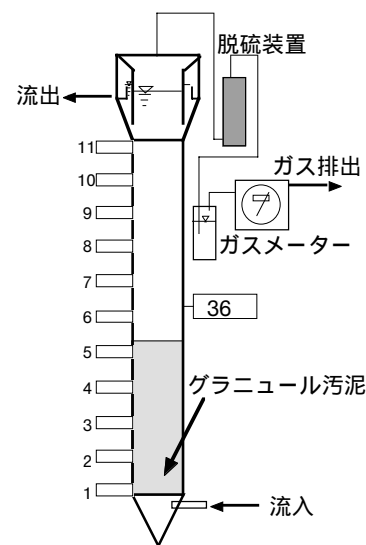


図1 実験装置の概略図

表1 人工基質の組成表(10000mg-COD/L)

グルコース基質		スキムミルク基質		無機塩類	
グルコース	9.4 (g/L)	スキムミルク	9.3 (g/L)	A	(NH ₄) ₂ HPO ₄ 350 (g/L)
A	2.0 (mL/L)	A	-		KCl 75.0 (g/L)
B	10 (mL/L)	B	-		NH ₄ Cl 85.0 (g/L)
C	1.0 (mL/L)	C	-		FeCl ₃ ·6H ₂ O 42.0 (g/L)
NaHCO ₃	4.0 (g/L)	NaHCO ₃	4.0 (g/L)	B	MgCl ₂ ·6H ₂ O 81.0 (g/L)
K ₂ HPO ₄	4.0 (g/L)	K ₂ HPO ₄	4.0 (g/L)		MgSO ₄ ·7H ₂ O 25.0 (g/L)
酵母エキス	0.10 (g/L)	酵母エキス	0.10 (g/L)		CoCl ₂ ·6H ₂ O 1.80 (g/L)
				C	CaCl ₂ ·6H ₂ O 150 (g/L)

表2-1 2.1の立ち上げ実験の運転条件

run	経過日数	低負荷型		高負荷型	
		基質濃度	流量	基質濃度	流量
	day	mg-COD/L	L/day	mg-COD/L	L/day
1	0 ~ 14(4)	500	5	2000	5
2	14(4) ~ 28(8)		10	10000	
3	28(8) ~ 40(15)	30000			
4	40(15) ~ 56(19)	2000	8000	20	
5	56(19) ~ 70(40)			40	
6	70 ~ 88	4000	20		

(1)内は高負荷型を示し、高負荷型はグルコースとスキムミルクを用いた

表2-2 2.2の立ち上げ実験の運転条件

run	経過日数	低負荷型		高負荷型	
		基質濃度	流量	基質濃度	流量
	day	mg-COD/L	L/day	mg-COD/L	L/day
1	0 ~ 14(3)	500	5	2000	5
2	14(3) ~ 27(7)			10000	
3	27(7) ~ 42(15)	1000	10	30000	
4	42(15) ~ 56(19)	2000			8000
5	56(19) ~ 75(36)			20	
6	75 ~ 95	4000			

(1)内は高負荷型を示し、低負荷型はグルコースとスキムミルクを用いた

キーワード：UASB・グラニユール・過負荷・細胞外ポリマー・グラニユール形成促進

連絡先：〒755-8611 宇部市常盤台2-16-1 TEL0836-85-9312 FAX 0836-85-9301

また、基質の違いが汚泥の沈降性にどのように影響するかを比較するために、基質としてグルコースを用いた場合及びスキムミルクを用いた場合とで低負荷で運転を行った。表2-2に運転条件を示す。

3. 実験結果及び考察

3.1 細胞外ポリマーの形成に関する比較

各装置における細胞外ポリマー含有率の経日変化を図2に示す。高負荷型ではグルコース基質及びスキムミルク基質ともにrun3からrun4にかけて増加していることが確認された。また、スキムミルク基質の方が全体的に細胞外ポリマー含有率が高い傾向を示した。低負荷型では、run4前半までは徐々に増加し、run4後半からrun5にかけて急激に増加していることが確認された。これらは、実体顕微鏡による汚泥の観察結果から判断された細胞外ポリマーの形成時期と一致していた。また、グルコース基質の高負荷型及び低負荷型では、グラニュールが形成された時期には細胞外ポリマー含有率が減少していた（図2の矢印を参照）。スキムミルク基質の高負荷型では、細胞外ポリマーが形成され凝集はしたものの、グラニュール形成には至らず汚泥がペースト状に崩壊した。そのため、細胞外ポリマーの形成後の評価は困難であった。高負荷型と低負荷型の比較により、細胞外ポリマーは投入基質濃度を高くし、槽内を過負荷状態にすることでその形成を促進できると考えられる。したがって、グラニュール形成過程において細胞外ポリマーの形成までの期間は、投入基質濃度の増加によって負荷を上昇させてその形成を優先させ、その後、グラニュール形成のための凝集過程（流量の増加による負荷の上昇）に移行させるべきであると考えられる。また、グルコース基質の高負荷型ではほぼ1ヶ月でグラニュールが形成され、グラニュールの高速形成の再現性が確認された。

3.2 細胞外ポリマー形成後の汚泥の沈降性に関する比較

各装置における装置下部の比重値の経日変化を図3に示す。高負荷型では細胞外ポリマーが形成されたrun3において比重値が増加し、流量を急激に増加させたrun4で比重値が著しく減少した。run3では細胞外ポリマーが顕著に蓄積された時期と比重値が大きくなった時期が一致していたことより、細胞外ポリマーの影響により比重値が大きくなったものと考えられる。また、run4では流量を急激に増加させ基質濃度を低下させたことにより細胞外ポリマーが減少し、比重値が減少したと考えられる。また、運転開始時とグラニュールが形成された時期を比較すると比重値が増加したことがわかる。これは、汚泥の自己固定化機能により槽外への流出を防ぐために菌同士が凝集し、比重値が増加したと考えられる。低負荷型においても、グルコース基質及びスキムミルク基質ともに細胞外ポリマーが形成されたrun5から比重値が増加したことが確認された。また、全体的にスキムミルク基質の方が比重値が大きくなる傾向を示した。これは、スキムミルク基質では細胞外ポリマーが蓄積されやすいため、比重値が大きくなったと考えられる。運転条件の違いでは高負荷型の方が比重値が高い傾向を示し、低負荷型では基質の違いによるグラニュール形成までの時間的な差はなかった（立ち上げから約90日間）。

4. まとめ

グラニュール形成過程において細胞外ポリマー形成までの期間は、流量一定のもと投入基質濃度を高くし細胞外ポリマーの形成を優先させ、その後、グラニュール形成のための凝集過程に移行させることにより、グラニュール形成の促進が可能であることが明らかとなった。運転条件の違いでは高負荷型の方が汚泥の沈降性が大きくなる傾向を示し、低負荷型では基質の違いによるグラニュール形成までの時間的な差はなかった。また、スキムミルク基質の高負荷型では細胞外ポリマーが形成され凝集はしたものの、グラニュール形成には至らなかった。

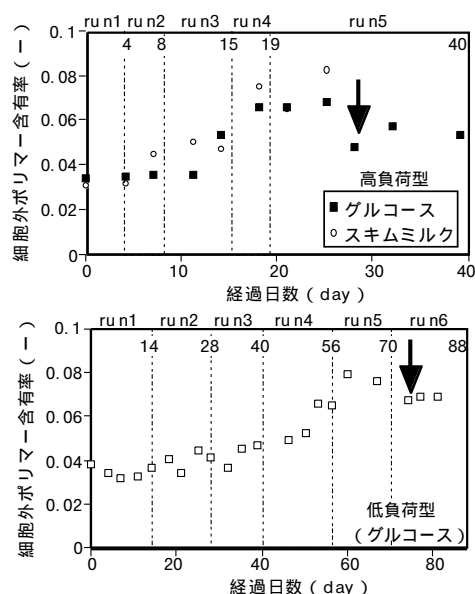


図2 各装置における細胞外ポリマー含有率の経日変化

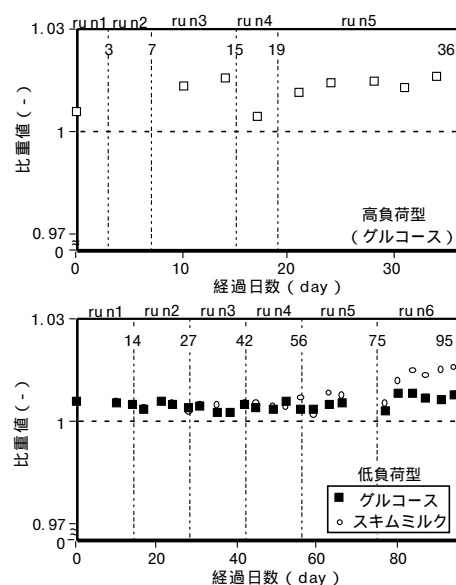


図3 各装置における比重値の経日変化