

UASB法におけるグラニールの形成機構に関する実験的研究

山口大学○荒金光弘、今井 剛、浮田正夫、関根雅彦、樋口隆哉
宇部工業高等専門学校 深川勝之

1. 研究目的

近年、省資源・省エネルギー型の廃水・汚泥処理法の開発の必要性が認識されてきており、有効な処理法の確立を目指してさまざまな研究が行われている。なかでも嫌気性処理法の代表的なプロセスのひとつである上向流嫌気性スラッジブランケット(Upflow Anaerobic Sludge Blanket : UASB)法は、高速処理が可能であり、高濃度廃水に適用可能な処理法として注目されている。この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形成される、沈降性の優れた粒径0.5～2mmのグラニールの形成である。しかしながら、その形成までに長期間を要し、その形成機構がまだ解明されていない。そこで本研究では、グラニ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、グラニール形成の機構解明に関する実験的研究を行う。

2. 実験装置及び方法

本研究では、グラニール形成の高速化を目指して、異なる負荷条件のもとで立ち上げ実験を行った。

2.1 生物学的条件の違いに注目した立ち上げ実験(第1期立ち上げ実験)

第1期立ち上げ実験は、すでに形成されたグラニールをすりつぶした汚泥と、宇部市東下水処理場から採取した消化汚泥をそれぞれ同一SS濃度、負荷条件の下で運転を行い、立ち上げを行った。この2基の実験装置では、立ち上げ開始から、汚泥中のグラニール形成に関わる菌の割合を変えることにより、グラニール形成までに要する時間に差が出るとの予測のもとで行った。

2.2 物理的条件の違いに注目した立ち上げ実験(第2期立ち上げ実験)

第2期立ち上げ実験は、第1期の生物学的条件の違いによる実験に対し、物理的条件(運転条件)の違いに着目して実験を行った。この実験では、植種汚泥としてすべて消化汚泥を使用した。また、これまでは良好な処理成績(除去率90%以上)を維持しながら負荷を段階的に上昇させたが、今回は過負荷条件(ただし除去率は70%以上)のもとで実験を行った。また、流量や濃度がどのようにグラニール形成に関わってくるのかを調べるために、濃度変化型と流量変化型に分けて行った。なお、混合型は濃度・流量を組み合わせた方法である。図1に実験装置図、表1に実験装置の運転条件、表2に人工基質組成表を示す。

3. 結果と考察

3.1 グラニールすりつぶし汚泥と消化汚泥を用いた立ち上げの比較実験 (第1期立ち上げ実験)

汚泥中のグラニール形成に関わる菌の割合を変えるという、生物学的な条件の違いに注目して立ち上げを行ったこの実験の結果は、どちらもグラニール形成までの時間的な差はほとんどなかった(形成まで約3ヶ月)。両装置とも運転条件は同じであったため、菌の割合・種類などの生物学的条件は、グラニール形成の主要因子ではなく、一旦分散した汚泥がグラニールを再形成するには、消化汚泥からグラニールを形成させるのと同程度に時間を要すると考えられる。また、この実験を通してグラニール形成には、(細胞外物質の形成→凝集→沈降)の過程を経ることが確認できた。

3.2 立ち上げ時における廃水の流量・濃度の影響に関する比較実験 (第2期立ち上げ実験)

図2に槽内上部におけるSS状の菌に関する活性度の比較、図3、表3に槽内汚泥の粒度の経日変化及び各槽内汚泥の粒度データを示す。また、図4に流出VSS濃度、図5に高さ方向のVSS濃度を示す。全体的を通して、第1期よりも第2期の方がメタンガス生成率、除去率ともに低かったが、細胞外物質の形成までに要する時間の短縮が確認できた(形成まで約1ヶ月半)。これは、運転条件を過負荷状態にしたことが大きく関わっていると考えられる。図2から、SS状で存在する菌について、流量変化型が濃度変化型より高い活性を示す傾向にあることが分かる。ただし、これらは、槽内上部(図1のNo.10)のSSとして存在する菌の活性度であ

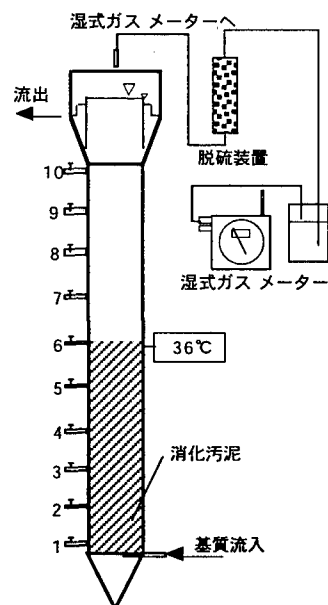


図1 実験装置の概略図

表1-1 実験装置の運転条件(第1期)

run	経過日数	基質濃度	流量	容積負荷	HRT
	(day)	(mg-COD/ℓ)	(ℓ/day)	(kg-COD/m ³ /day)	(day)
1	0 ~ 15	500	5	0.20	2
2	15 ~ 25		1000	10	0.50
3	25 ~ 39	1.00			
4	39 ~ 57	1.90			
5	57 ~ 84	2000	20	3.80	0.5
6	84 ~ 104	4000		7.60	

表1-2 実験装置の運転条件(第2期)

run	経過日数	濃度変化型(流量一定)		流量変化型(濃度一定)		混合型	
		流量 ℓ/day	濃度 mg-COD/ℓ	流量 ℓ/day	濃度 mg-COD/ℓ	流量 ℓ/day	濃度 mg-COD/ℓ
run1	0~14	10	2000	1	10000	5	2000
run2	14~28		5000	5			10000
run3	28~42		10000	10		10	5000
run4	42~65		20000	20		20	

表2 人工基質組成表

Glucose	9.4 (g/ℓ)
A	2.0 (mℓ/ℓ)
B	10.0 (mℓ/ℓ)
C	1.0 (mℓ/ℓ)
NaHCO ₃	4.0 (g/ℓ)
K ₂ HPO ₄	4.0 (g/ℓ)
酵母エキス	100 (mg/ℓ)
A	(NH ₄) ₂ HPO ₄ 350.0 (g/ℓ)
B	KCl 75.0 (g/ℓ)
	NH ₄ Cl 85.0 (g/ℓ)
	FeCl ₂ · 6H ₂ O 42.0 (g/ℓ)
	MgCl ₂ · 6H ₂ O 81.0 (g/ℓ)
	MgSO ₄ · 7H ₂ O 25.0 (g/ℓ)
C	CoCl ₂ · 6H ₂ O 1.8 (g/ℓ)
	CaCl ₂ · 6H ₂ O 150.0 (g/ℓ)

(10000 mg-COD/ℓ)

るため、それらが処理水とともに排出された可能性が高く、グラニュール形成に関わる菌の保持という点では、濃度変化型の方が適していると考えられる。また、このことは最終的な汚泥のグラニュール保持量にも影響すると考えられる。図3から、run1ではある一定の範囲の粒径が多くを占めており、run4ではその偏りがだんだん少なくなり、粒径が大きく成長していることが伺える。表3について、50%積算径は汚泥のメジアン径を示し、積算径%は53(μm)以下の粒径の占める割合を示している。濃度変化型、流量変化型ともにrun4において、汚泥の粒径が著しく変化していることが分かる。流量変化型については、流量変化により汚泥同士の接触回数が増加し、凝集して径が大きくなったものと考えられる。濃度変化型に関しては、この反応槽内のみに細胞外物質とは異なる別の物質が確認された。この物質は白色でやわらかく、形が球状(3~5mm)や糸状のものであった。そして、これが粒度を測定する際に影響を与えることから、濃度変化型に関しては、粒度を大きく見積もり過ぎている可能性がある。このことから流量変化型の方が粒径を大きく成長させることができると考えられる。混合型については、図4から、run1,run2で安定していた流出VSS濃度がrun3になると急激に増加したことが分かる。これは、流量変化による槽内菌の一時的な流出であると考えられる。図5から、流量変化を行った後(42日目)に汚泥の保持量の増加が確認できる。これは、流量変化によって菌の凝集・沈降性が高められたことによると考えられる。

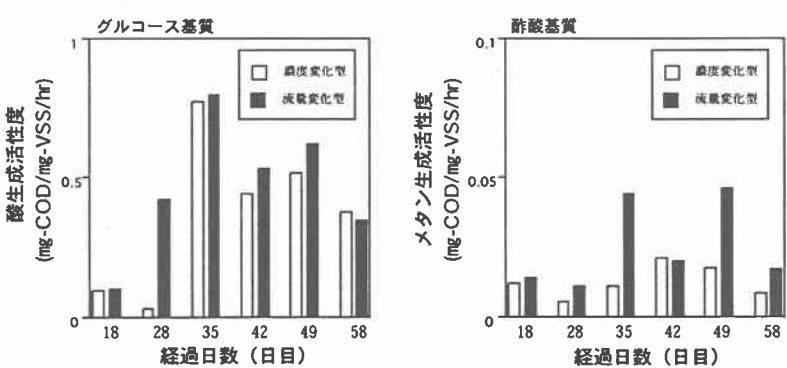


図2 槽内上部におけるSS状の菌に関する活性度の比較

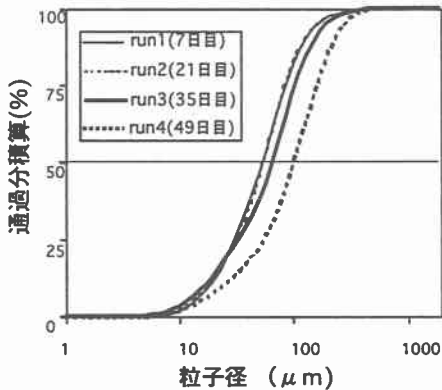


図3 槽内汚泥の粒度の経日変化(濃度変化型)

表3 各槽内汚泥の粒度データ

	濃度変化型(流量一定)		流量変化型(濃度一定)		混合型	
	50%積算径(μm)	積算径%(53 μm)	50%積算径(μm)	積算径%(53 μm)	50%積算径(μm)	積算径%(53 μm)
run1(7日目)	53.510	49.491	54.700	48.273	52.772	50.226
run2(21日目)	60.076	43.068	56.393	46.533	62.634	41.008
run3(35日目)	67.996	38.682	55.822	47.291	51.904	51.006
run4(49日目)	100.962	23.572	120.490	20.740	55.835	48.539

以上より、初めに濃度変化によって槽内に菌を多く保持させ、次に流量変化によって、菌の凝集を促進させることが可能になったものと考えられる。表3では、混合型についてはあまり良好な結果は出てはいないが、目視により、粒径は確実に成長していたことが観察された。

4. まとめ

グラニュール形成では、(細胞外物質の形成→凝集→沈降)の一連した過程を経ると推定された。グラニュール形成に関しては、生物学的条件ではなく物理的条件を適当に設定することにより高速化が可能である。また、槽内を過負荷状態に保つ方法によって、グラニュール形成を高速化することが可能であることが明らかとなった。その運転条件としては、濃度変化による負荷上昇によって槽内の菌の保持量を増加させ、次に流量変化による負荷上昇によって菌の凝集を促進させ、沈降性を増加させることが可能であると考えられる。また、混合型については凝集による比較検討が困難であったため、このような場合に代替となる指標を見い出すことが今後の課題である。これまでの立ち上げ実験の容積負荷よりもさらなる過負荷条件によって、早期に細胞外物質を形成させた後に、流量を上げ、負荷を低下させることによって、凝集・沈降性の優れたグラニュールが形成できるかどうかについて今後実験を行う予定である。

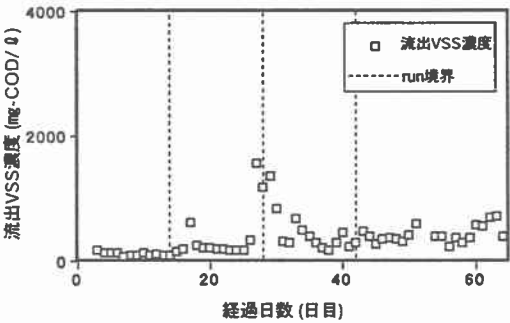


図4 流出VSS濃度(混合型)

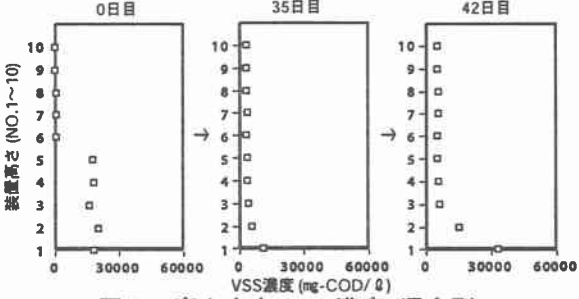


図5 高さ方向VSS濃度(混合型)