

山口大学工学部○近藤聡士、今井 剛、浮田正夫、眞崎達也
宇部高等工業専門学校 深川勝之 大阪工業大学 中西 弘

1 はじめに

これまでの研究によって、UASB法の実廃液に対する処理能の高さはよく知られており、実プラントも多く稼働している。この処理能に大きく関わりを持つものがグラニュールであるが、グラニュールの形成過程、とりわけグラニュールの形成の判断基準については現状では定式化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、本研究では連続運転によるスタートアップ時に焦点を合わせ、解析および観察からグラニュール形成過程に関する解析を行い、グラニュール形成判断基準に関する検討を試みた。

2. 実験装置および方法

本実験に用いた人工廃液をTable-1に示す。この人工廃液を対象にFig-1に示すUASB装置（内径：92mm，高さ：1500mm，有効容積：10ℓ）によるグラニュール形成の解析のためのスタートアップ実験を行った。この装置を2基用いて、リアクター

内を35℃に保持し、Table-2、3に示す条件で連続運転を行った。本実験では種汚泥として、宇部市東部下水処理場から採取してきた消化汚泥（種汚泥：SS＝20000mg/ℓ）を6ℓ投入した。run0において、菌体を馴致するために6日間の回分運転を行った。#1においてはHRTは一定に設定して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に設定してHRTを低下させることにより負荷の上昇を行い、その違いによるグラニュール形成の相違を確認することを試みた。さらに、連続運転結果（COD，SS経日変化）とrun0，run2，run3およびrun5における菌体の活性試験および走査型電子顕微鏡（SEM）による菌体の観察をもとに解析を行った。活性試験の基質としては、酢酸(1000mg-COD/ℓ)とグルコース(1000mg-COD/ℓ)を用いた。今後はこれらの分析に加えて、画像解析装置を用いてグラニュールの粒径・粒度分布を測定する予定である。

3. 実験結果および考察

Fig-2(a)，(b)にCODの経時変化を示した。連続運転期間中に#1，#2と

Table-1 人工基質組成

Glucose	9.385[g/l]
A	2.00 [ml/l]
B	10.00 [ml/l]
C	1.00 [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 ₃ ・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]
	CoCl ₂ ・6H ₂ O	1.8[g/l]
C	CaCl ₂ ・6H ₂ O	150.0[g/l]

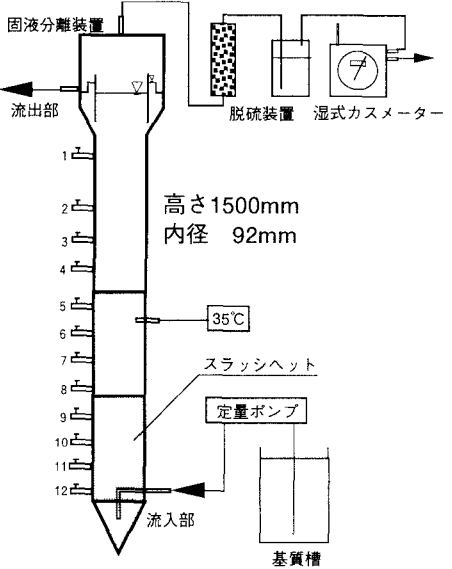


Fig-1 実験装置の概略図

Table-2 #1 実験条件

RUN	0	1	2	3	4	5
運転時間(day)	6	19	41	21	21	14
HRT	0	1	1	1	1	1
濃度(mg-COD/l)	500	500	1000	2000	3000	4000
負荷(mg-COD/l/day)		500	1000	2000	3000	4000

Table-3 #2 実験条件

RUN	0	1	2	3	4	5
運転時間(day)	6	19	41	21	21	14
HRT	0	4	2	1	0.667	0.5
濃度(mg-COD/l)	500	2000	2000	2000	2000	2000
負荷(mg-COD/l/day)		500	1000	2000	3000	4000

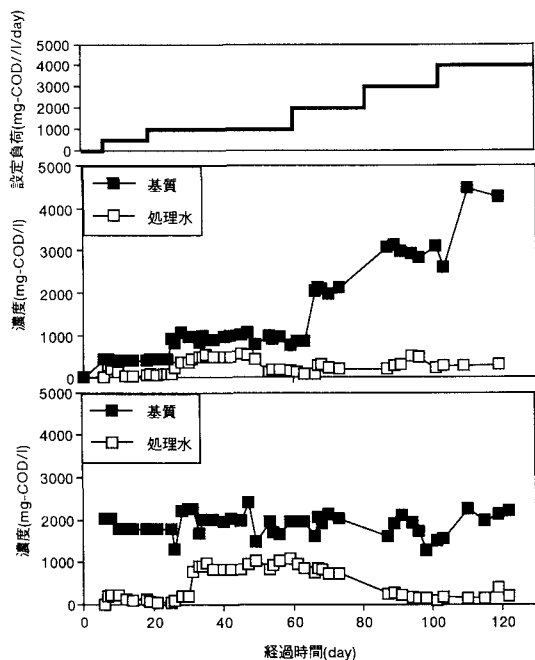


Fig-2 COD 負荷と COD 経時変化

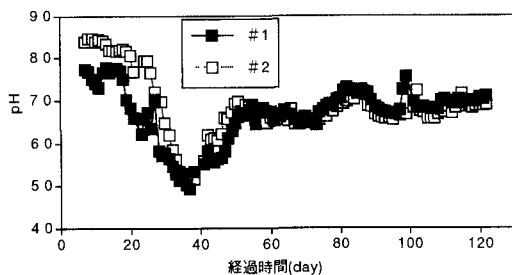


Fig-3 pH の経時変化

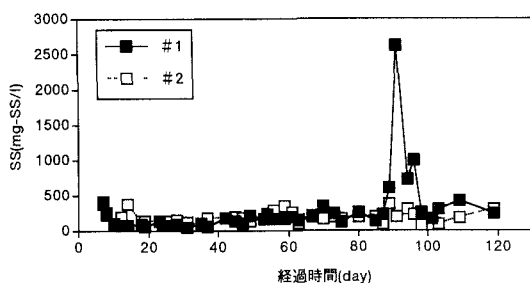


Fig-4 SS の経時変化

もにCOD除去率は約90%と安定した処理能を得ることができた。#1においてCOD除去率が90%に達するのに、スタートアップから9日間要したのに対して、#2においてはスタートアップ当初からCOD除去率が90%に達していた。Fig-3にUASB装置からの処理水のpHの経時変化を示した。pHが28日目から低下し始め、pH5.0付近まで低下した。この原因はバッファの量が不足したために、装置内のpHの低下したものと推測される。これにともない、COD除去率も40%近くまで低下した。嫌気性処理においては装置内のpHが6以下になると、メタン発酵が停止し処理が悪化するといわれているが、この実験においてもpH6.0以下になると処理性能の低下がみられた。pH阻害後の回復には、約30日間を費やした。この時の回復は#2と比較して、#1のほうが早かった。このとき#1はHRT=1day、流入基質濃度1000mg-COD/l、#2はHRT=2day、流入基質濃度2000mg-COD/lであり、流入基質濃度が高かった#2の方が回復が遅れたものと考えられる。Fig-4にUASB装置からの処理水のSSの経時変化を示した。連続運転期間中、#2は100~200mg-SS/lであったが、#1はrun3からrun4に容積負荷を上昇させた直後(2.0kg-COD/m³/day ⇒ 3.0kg-COD/m³/day)、2600mg-SS/lと著しい汚泥のウォッシュアウトが確認された。これを境に#1のUASB装置内での汚泥の浮遊が観察されるようになった。一方、#2の装置内では汚泥の浮遊は観察されずに、汚泥床は安定していた。Fig-5に菌体の活性試験の結果を示した。run0と比較してrun2は活性度が低下しているが、これは前述のpH阻害の影響であると考えられる。run2の時の活性度を除けば、酢酸基質を用いた菌体の活性度は負荷の上昇とともに増加したことがわかる。#1におけるrun5の活性度は、run0と比較して3倍以上となったが、グルコース基質を用い

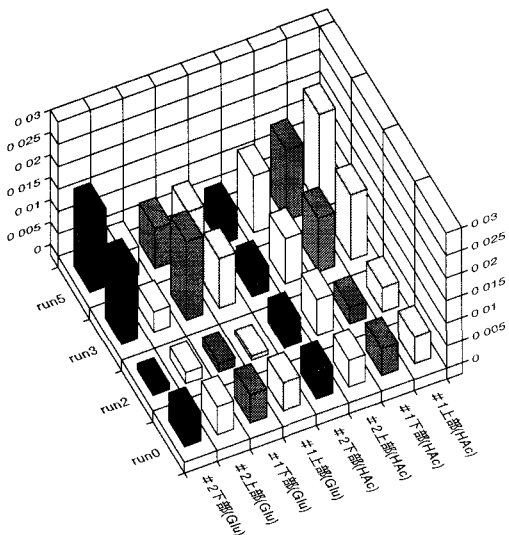


Fig-5 活性試験結果

た菌体の活性度は約1.5倍とそれほど増加していない。このことから、#1ではメタン生成菌の活性度は高くなったが、酸生成菌の活性度はさほど増加しなかったものと考えられる。そして、メタン生成菌、酸生成菌の両方ともに上部と下部の活性度の差がみられなかったことから、槽内で汚泥は沈降状態でなく浮遊状態であったことが裏づけられる結果となった。#1の活性度は#2と比較して高かったが、その原因として汚泥が浮遊状態で存在していたことにより菌体と有機物の接触の機会が多くなり、VSSあたりの活性度は#1の方が高くなったものと考えられる。#2においてはメタン生成菌の活性度は上部、酸生成菌は下部での活性度が高くなっている。このことから、スラッジベットの形成され汚泥の沈降性が良好であったことがわかる。グラニूल化に影響を及ぼす重要な要因として容積負荷と上昇線流速が挙げられる。Fig-6は上昇線流速の各runごとの変化を示したものである。COD、SSの経時変化から、グラニूल形成過程において上昇線流速が高い方がよいことわかる。

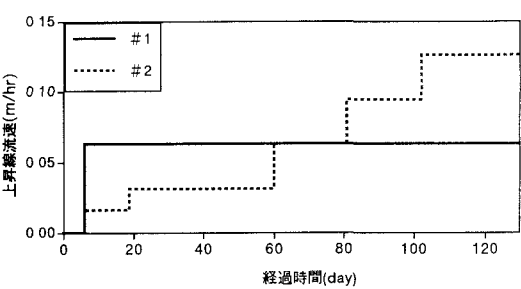


Fig-6 上昇線流速

photo-1、2は種汚泥のSEM写真である。run5においてグラニूलの生成が確認された（実験開始後約120日

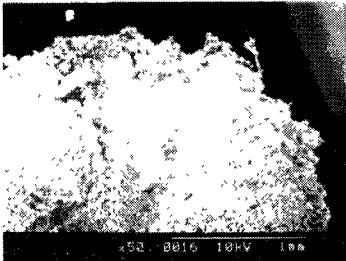


photo-1 種汚泥全体像



photo-3 #1のグラニूलの全体像

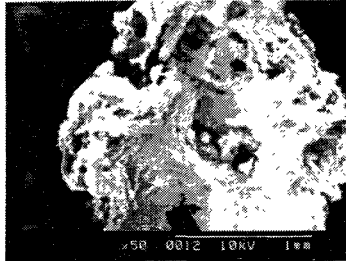


photo-5 #2のグラニूलの全体像

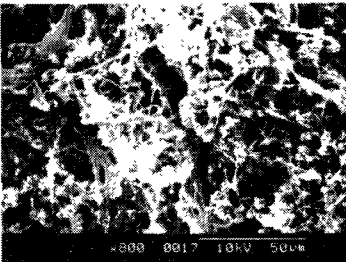


photo-2 種汚泥の菌相

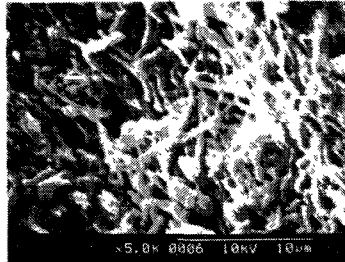


photo-4 #1のグラニूलの菌相

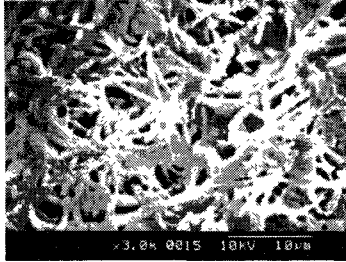


photo-6 #2のグラニूलの菌相

目)が、その際のSEM写真がphoto-3(#1),photo-5(#2)である。これらの粒径はともに約2mmで差はなかったが、photo-4(#1 グラニूल拡大写真)から#1のスラッジベット下部から採取した菌体には球菌、桿菌およびMethanorhix様の糸状菌、photo-6(#2グラニूल拡大写真)から#2のスラッジベット下部から採取した菌体には桿菌とMethanorhix様の糸状菌が確認され、菌相に違いがみられた。

4. まとめ

菌体に同じ容積負荷を与えた場合にも、HRTを変化させて負荷を上昇させたものの方が、良好な汚泥の沈降性が確認された。グラニूल形成の重要な要因として上昇線流速が挙げられるが、本実験では0.12m/h～0.15m/hでグラニूलの促進が進んだと考えられる。菌体の活性試験の結果からも、HRTによって負荷を上昇させた方では、スラッジベットにおける菌層の棲み分けがみられた。今後の予定としては、グラニूल形成過程において定期的に画像解析を行い、グラニूल形成判断基準について検討を行いたい。