

UASB 法におけるグラニュレーションに対する
上昇線流速及び基質濃度の影響

山口大学 今井 剛 (株)日立プラント建設○近藤聡士 山崎建設(株) 岡山恭之
山口大学 浮田正夫、関根雅彦 大阪工大 中西 弘 宇部高専 深川勝之

1. はじめに

近年、嫌気性処理プロセスの中で最も処理効率の高い処理法として上昇流嫌気性スラッジブランケット (Upflow Anaerobic Sludge Blanket:UASB)法が注目されている。これは、微生物自身の自己造粒機能を利用したもので、上昇流を与えることにより沈降性に優れた緻密なアグリゲート増殖体(グラニュールと称す)を形成させ、メタン生成菌の高濃度保持を可能としたものである。しかしながら、現段階においてUASB法におけるグラニュール形成のメカニズムがほとんど解明されていないことから、造粒過程を明らかにすることはきわめて重要である。本実験では、UASB法におけるグラニュール形成に対して最適な上昇線流速を推定し、さらにその上昇線流速を用いて最適な基質濃度を推定することを目的とする。

2. 実験方法

本実験で用いた実験装置の概略を図-1に示す。装置本体は、底面積が33.2cm²、高さが30cm、有効反応容積が1ℓである。最適線流速推定実験においてはこの装置を6基用い、表-1に示す運転条件のもとでスタートアップ実験を行った。最適基質濃度推定実験においては4基用い、表-2に示す運転条件のもとでスタートアップ実験を行った。基質はこれまでの研究よりグラニュール化が促進されやすいとされるグルコースを用いた。用いた基質の組成を表-3に示す。

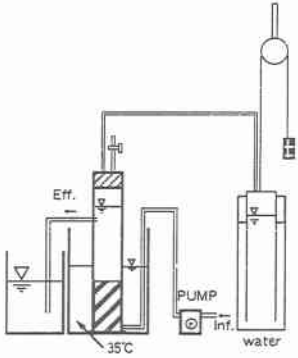


図-1 UASB 装置概略図

3. 最適上昇線流速推定実験における結果と考察

本実験におけるCOD除去率を図-2に示す。運転初期においては、上昇線流速の速いものほど除去率が低かった。この理由は、運転の開始直後から馴致なしで設定流速で運転したことにより、上昇線流速の速い装置では処理がなされないまま系外に流出された結果によると考えられる。しかしながら、グラニュールの形成が確認された70日目以降は全て90%以上の良好な処理成績が得られたことから、グラニュールの形成にともなって菌が集積したことがわかる。

次に、VIAL回分実験による活性試験の結果を図-3に示す。グルコース (Glu) は酸生成菌により酢酸 (HAc)、プロピオン酸 (HPr) および水素 (H₂) に分解される。プロピオン酸も酸生成菌により、酢酸および水素に分解される。酢酸および水素は酢酸資化性メタン生成菌および水素資化性メタン生成菌によりメタンに変換される。そ

表-1 最適上昇線流速推定実験における運転条件

	上昇線流速 (cm/day)	HRT (day)	基質濃度 (mg-COD/ℓ)
#1	15	2.00	1000
#2	45	0.67	
#3	60	0.50	
#4	81	0.37	
#5	166	0.18	
#6	287	0.10	

表-3 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 (mℓ/ℓ)
K ₂ HPO ₄	4.0 (mℓ/ℓ)
酵母エキス	100 (mg/ℓ)

表-2 最適基質濃度推定実験における運転条件

	上昇線流速 (cm/day)	HRT (day)	基質濃度 (mg-COD/ℓ)
#1	120	0.25	500
#2			1000
#3			2000
#4			4000

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)
C	MgSO ₄ · 7H ₂ O	25.0 (g/ℓ)
	CoCl ₂ · 6H ₂ O	1.84 (g/ℓ)
	CaCl ₂ · 6H ₂ O	150.0 (g/ℓ)

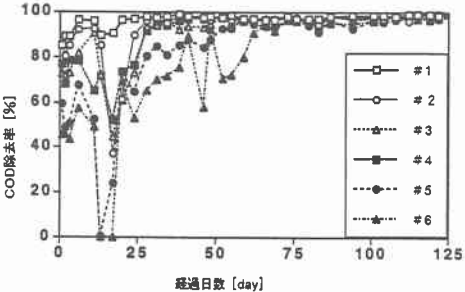


図-2 最適上昇線流速推定実験におけるCOD除去率の経時変化

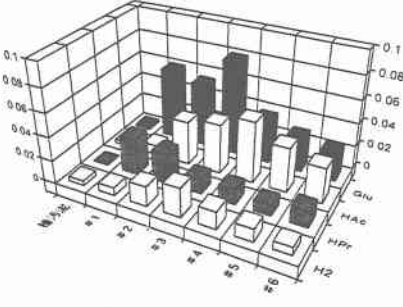


図-3 最適上昇線流速推定実験における活性試験結果

ここで、各基質におけるグラニューール内の菌体活性を求め、どの装置においてメタン生成活性が高かったかを把握するため、VIAL 回分実験を行なった。グルコースについては投入基質として用いたため、各装置とも高い値が得られた。プロピオン酸については分解速度が遅いため流速が遅い装置の方が活性が高まる傾向にあった。酢酸と水素のそれぞれの消費活性を加えた値がメタン生成菌としての活性度になるが、#4 がもっともメタン生成活性が高い結果となった。

写真-1 は運転 105 日目における #5 のグラニューールである。70 日目に行った実体顕微鏡による観察から #5 において最初にグラニューールが確認され、以降の観察からも各装置の中でもっとも締め固まった良好なグラニューールが形成された。

以上の結果から最適上昇線流速は #4 ~ #5 の間にあると考えられ 120 cm/day と推定された。

4. 最適基質濃度推定実験における結果と考察

本実験における COD 除去率を図-4 に示す。高負荷のため、槽内に蓄積した揮発性脂肪酸 (VFA) が pH 阻害をもたらし、阻害からの回復に時間がかかった #3, #4 において処理成績が低かったことがわかる。運転最終段階における 80 日目を過ぎてても #3, #4 は 60 ~ 70 % 程度までしか除去率が上がらなかったことから 1000 mg-COD/ℓ を越える濃度の基質をスタートアップ期の汚泥に投入すると、処理効率に関しては良い成績が得られないことがわかった。

図-5 に VIAL 回分実験による活性試験の結果を示す。グルコースおよびプロピオン酸を基質とする菌の消費活性の合計を酸生成菌の活性度とすると、#4 における酸生成活性がもっとも高かったことがわかる。これは投入基質濃度が高かったため、槽内でグルコース分解酸生成菌が高濃度に集積した結果と考えられる。反対に酢酸、プロピオン酸および水素基質における活性度は #4 が低かったことから、#4 の槽内では酸生成菌が優占種となり、メタン生成菌が棲息困難な状況であったと推測される。酢酸を基質とする酢酸酸化性メタン生成菌および水素を基質とする水素酸化性メタン生成菌の活性度は #3 がもっとも高かったことから #3 においてメタン生成菌の集積が良好であったことがわかる。

写真-2 に #3 および #4 におけるグラニューールの菌相を示す。#3 においては表面に酸生成菌とみられる連鎖桿菌が観察され、内部にメタン生成菌とみられる糸状菌が高密度に集積しているのが確認された。これはメタン生成菌によるグラニューールの菌相として理想的な構造であり、基質の効率的な処理が進行していたと考えられる。#4 においては、酸生成菌とみられる短桿菌および球菌が高密度集積していることがわかる。また、活性試験において酸生成活性が顕著に高かったことから、#4 の槽内では酸生成菌が優占種であったと考えられる。

以上の結果から最適な基質濃度は #3 の 2000 mg-COD/ℓ と推定された。

5. おわりに

以上の結果より、グラニューールが形成されるまでのスタートアップ期における最適な上昇線流速および基質濃度は 120 cm/day および 2000 mg-COD/ℓ であることが実験的に推定された。また、基質濃度を 2000 mg-COD/ℓ 以上に設定すると槽内に VFA が蓄積するため、pH 阻害によりメタン生成菌が失活することがわかった。



写真-1 最上昇線流速推定実験において生成したグラニューール（#5、105日目）

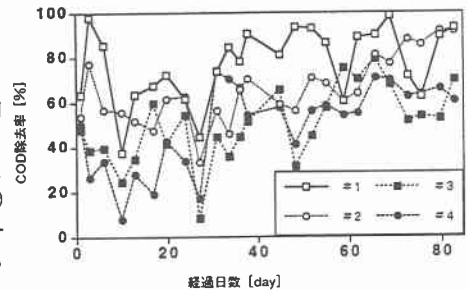


図-4 最適基質濃度推定実験における COD 除去率の経時変化

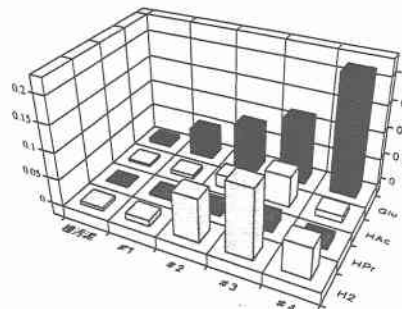


図-5 最適基質濃度推定実験における活性試験結果

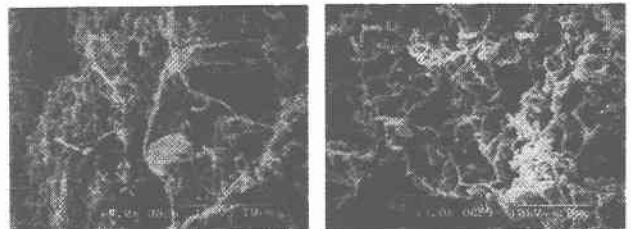


写真-2 最適基質濃度推定実験において生成したグラニューールの菌相 (写真左 #3、82日目) (写真右 #4、82日目)