

高温UASBリアクターの過負荷による処理性能の破綻と回復

水圏土壌環境制御研究室 河島正明
指導教員 大橋晶良

1. はじめに

高温UASBリアクターは中温プロセスに比べて2〜3倍高いメタン生成活性を有する一方、阻害物質やショックロードなどの環境変動に弱いという難点を持ち、その際生成するプロピオン酸の蓄積が問題点として指摘されている。これらを回避するための技術開発には、まずショックロードに対するリアクターの破綻および自己回復の過程におけるリアクター内の挙動を詳細に知る必要があるが、これらに関する知見は少ない。本研究では、定常状態に運転された高温UASBリアクターを人為的な過負荷環境に暴露させることにより、破綻と回復に至る過程を調査した。

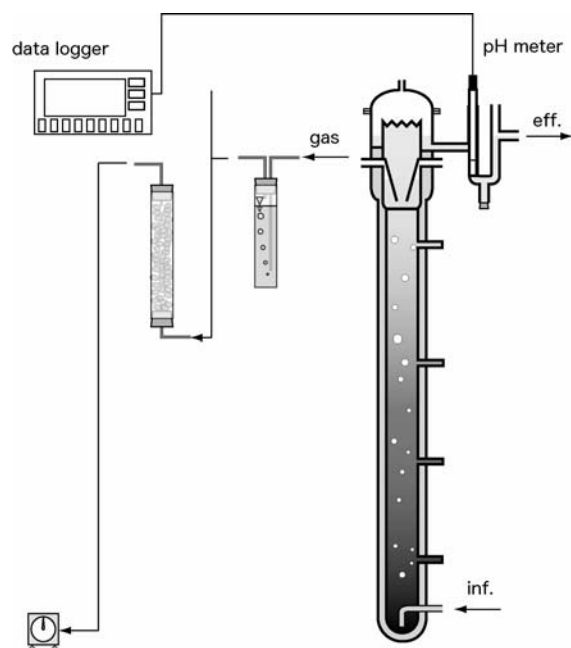


図1 高温 UASB リアクター概要

2. 実験方法

本実験で用いた高温UASBリアクターの概要を図1に示した。容積は3.0 Lで、ウォータージャケットを用いて55°Cに保った。供給基質は、炭素源としてスクロース、酢酸、プロピオン酸をCOD比で2:1:1で混和し、その他にミネラルと微量元素を混合したものを恒温器で加温して供給した。スタートアップ期間はCOD濃度1700mgCOD/L、OLRは7.3kgCOD・m⁻³・day⁻¹で定常状態となるまで段階的に負荷を上げて運転した。また、バッファーとして重炭酸ナトリウムを流入基質のCOD濃度に合わせ1700mg/L添加した。

過負荷実験はHRTを固定し流入基質のCOD濃度を上げることで過負荷環境を作った。一定期間暴露したのち、基質を定常状態のものに戻し、自己回復の挙動を観察した。基質中の有機酸である酢酸、プロピオン酸はどちらもナトリウム化合物を用いており、流入水のpHは7.0-7.5の中性を示した。実験は計5回行い、それぞれCOD濃度、バッファー添加量、有機源の比率、暴露期間を変化させている。

3. 実験結果

表1に本実験の実験条件および流出水の最小pH、破綻の有無を示した。実験1、2では有機源であるスクロース、酢酸ナトリウム、ブ

表1 過負荷実験概要

	substrate	負荷	Buffer	暴露時間(d)
1	COD源全てを増量	5倍	5倍	0.5
2	COD源全てを増量	10倍	10倍	0.25
3	COD源全てを増量	10倍	1倍	0.25
4	sucroceのみ増量	10倍	1/10倍	1.0
5	sucroceのみ増量	10倍	1/10倍	3.0
6	propionateのみ pH5.0	10倍	1/10倍	0.5
7	sucroceのみ増量	10倍	1/10倍	2.0

ロピオン酸ナトリウムと併せて重炭酸ナトリウム、ミネラル、微量元素を含む基質組成の全ての成分をOLRに示した値だけ倍増させることによりそれぞれ5倍、10倍の過負荷を暴露した。さらに実験3ではミネラル、微量元素は定常時と同等とし、重炭酸ナトリウムの添加量を定常時の1/10である170mg/Lまで削減しpHの低下を狙った。しかし、これらの条件では、致命的なpHの低下には至らず、逆に過負荷暴露中にも関わらずpHの上昇とメタン生成速度の増加が見られた。これは酢酸、プロピオン酸資化性の細菌にダメージを与えるまでには至らず、むしろ活性が上がったことにより、メタンの生成が促された結果であると言える。例として図2に実験3のpHとメタン生成速度の挙動を示す。

実験4、5では更に糖分解由来のプロトン生成によるpH低下を狙い、酢酸ナトリウム、プ

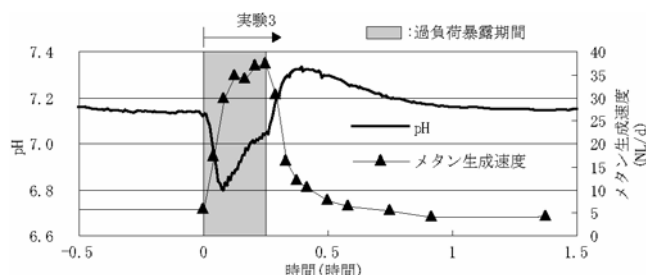


図2 過負荷実験3結果

ロピオン酸ナトリウムの濃度は定常状態と同等とし、スクロースのみの濃度を上げることにより流入CODを10倍まで上げた。

実験1-4においては暴露終了後、2-3HRT程度で定常時のpHまで戻り、基質の置換に伴って流出水および発生ガスも定常時のパラメータと同等になったため、これらの過負荷条件はリアクターに大きなダメージを与えなかったと考えられる。実験4のpHとCOD除去率の挙動を図2に示す。実験4では暴露終了時点でpHは4.95まで低下したが、pHは暴露終了後から0.84日後、COD除去率は1.12日後に定常時と同等までに回復した。

実験5ではpHは4.42まで低下し、本実験で唯一メタン生成速度が0.0 NL/Lまで低下した。定常状態に戻るまでにpHは14.7日

(52.8HRT)、COD除去率は16.2時間(58.1HRT)を要した(図3)。また、実験5では実験1-4には見られなかった水素分圧の上昇とn-酪酸の蓄積が見られた。暴露終了後、酢酸は徐々に消費され、9日程度に77mgCOD/Lまで低下したのに対し、プロピオン酸は9日ごろまで消費されずに蓄積し、108mgCOD/Lまで低下したのは暴露終了から13日目だった(図4)。これより有機酸の分解過程で律速と言われているプロピオン酸の分解が、破綻後の回復においても示されたと言える。

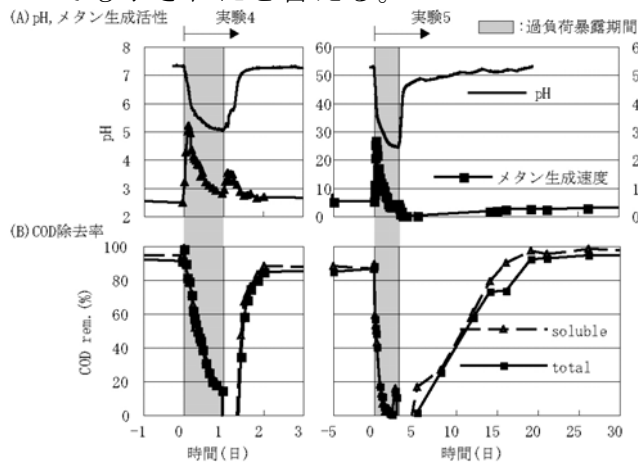


図3 過負荷実験4、5結果

これらの実験により、リアクターの破綻は有機物過負荷による直接的な原因ではなく、pHの低下による間接的なものであると考えられる。また、プロピオン酸の蓄積に関しても、それ自身がリアクターの破綻を招くものではなく、一旦蓄積すると回復に長期間を要することが再確認できた。

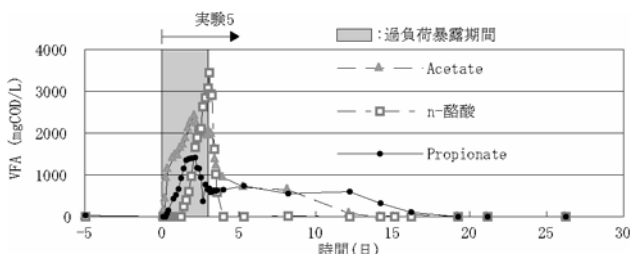


図4 過負荷実験5におけるVFA