

II-500 脱窒素グラニューール形成に関する基質濃度と初期凝集の影響

大成建設 生物学研究所 ○(正)友沢 孝 斉藤 祐二 (正)帆秋 利洋

1. はじめに

上向流式リアクターによる脱窒素自己固定化法については、これまでの研究事例は原水の硝酸濃度200 ~ 1,000 mg/l を対象にしたものが多い。生活排水処理等での脱窒素プロセスでは硝酸濃度はせいぜい50mg/l 以下であるので、実プラントで自己固定化脱窒素法を用いる場合に、こうした低濃度域でのグラニューール形成の可能性を把握しておく必要がある。また自己固定化法の弱点としてグラニューール形成に時間がかかることが指摘されている。グラニューール形成を現象的にみると、汚泥の凝集—集塊化—肥大化に分けられるが、一つの手法として初期の凝集—集塊化段階を早めてグラニューールの早期形成を図ることが考えられる。

本実験では脱窒素プロセスを対象とし、低濃度硝酸基質でのグラニューール形成の可能性と初期凝集促進がグラニューール形成に及ぼす影響について調べた。

2. 実験方法

(1) 低濃度硝酸基質によるグラニューール形成実験

有効容積900 ml (60 mm φ × 300 mm H) の上向流リアクター4本を用い、各リアクターへのNO₃-N 濃度を5, 10, 20, 50 (mg/l) とした。水素供与体にはメタノールを用いN濃度の4倍量とした。種汚泥は下水処理場より採取した活性汚泥 (MLSS10, 500, MLVSS8, 300mg/l) をリアクターへそれぞれ600 mlずつ投入した。各リアクターにはスタートアップ直後のSSウォッシュアウトを抑制するため、平板型の攪拌機を設置し3rpmに制御した。実験条件を表-1に示す。表中の各Run への移行は、N除去率80%以上の処理性能が3日間以上継続したのを確認後行った。N負荷は基質の流入量をコントロールすることによって上昇させた。

(2) 初期凝集促進によるグラニューール形成実験

有効容積5.1 l (80 mm φ × 1000mm H) の上向流リアクターを2本用意し、1本には下水処理場より採取した活性汚泥をそのまま種汚泥として3l 投入した。他方にはこの種汚泥に300 mg/l 濃度のカチオン系高分子凝集剤を配合し、人為的に凝集反応させたものを投入した。基質濃度および供給量は同一とし、N容積負荷を同じステップで上昇させ両者の比較を行った。実験条件を表-2に示すが、基質中の水素供与体にはメタノールを使用し、濃度はNO₃-N の3.5倍量とした。

なお両実験とも25±2℃の室温条件下で行い、分析はNO₃-N、NO₂-N はイオンクロマトグラフ、TOC は全有機炭素計、細胞外ポリマー中の糖はwater-phenol法で抽出後、アンスロン法により620nm で比色定量(自記分光光度計)し、グルコース換算量で求めた。

3. 結果および考察

低濃度硝酸基質実験のNO₃-N 除去率の経時変化を図-1に示す。N濃度20, 50 mg/l の条件は5日目まで除去性能が50%程度と低いが、それ以降は5, 10 mg/l の条件と同様にN除去率100%に達した。図

図-2に27日目のグラニューール粒径累積分布を示す。これは各リアクターの全汚泥を5種類のふるい(目開き0.075, 0.149, 0.42, 0.85, 2.0 mm)によって分画し、湿重量%で表わしたものである。基質濃度が低くなるに

表-1 実験条件

Run.No.	HRT (hr)	L.V. (cm/hr)	No.1 (5ppm)	No.2 (10ppm)	No.3 (20ppm)	No.4 (50ppm)
1	2.11	15.15	0.05	0.11	0.20	0.51
2	1.56	19.40	0.06	0.12	0.24	0.60
3	1.01	31.68	0.11	0.21	0.43	1.07
4	0.73	43.83	0.15	0.30	0.59	1.48

表-2 実験条件

Run.No.	NO ₃ -N (mg/l)	HRT (hr)	N容積負荷 (kg-N/m ³ -day)	期間 (day)
1	5.0	6.0	0.20	0-5
2	10.0	4.4	0.55	6-22
3	15.0	4.4	0.82	23-34
4	20.0	4.4	1.05	35-43
5	20.0	3.0	1.60	44-45
6	20.0	1.5	3.20	46-48

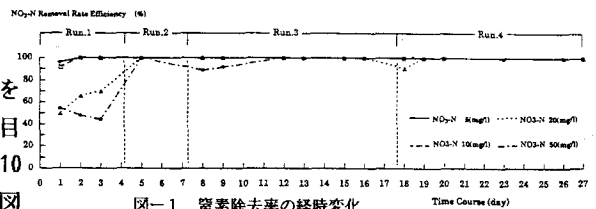


図-1 窒素除去率の経時変化

つれ、粒径が小さくなっているが、N濃度10mg/lの条件でも0.5 mm以上のものが50%存在する。50mg/lでは1 mm以上が50%となっている。写真-1にグラニュール状態を示す。4本のリアクターとも投入時のフロック状態ではなく、明らかな粒子状を呈している。こうした結果は、グラニュール形成は基質濃度（負荷）による菌体増殖量との関係が深いことを示すが、今回の実験では5 mg/lの低濃度でも微小核が形成された。この微小核が低負荷運転を続けて通常いわれる1~2mmのグラニュールに成長するかどうかは、より長期の検討を行う必要がある。

図-3は初期凝集効果の比較実験でのNO₃-N除去率の経時変化である。5日目まで性能はあがらないが、8日目まで一旦除去率が低下して、その後急激に向上し20日目には両リアクターともほぼ100%に達している。凝集剤を添加したリアクター（No.2）の方が少し除去率が高い。汚泥ベッド高さの変化は図-4に示すように、添加をしていない通常汚泥を用いたNo.1も5日目までには圧密沈降し、No.2と変わらなくなった。グラニュール化の進行状態は両者とも全く変わらず、20日目過ぎから粒径1 mm以上のグラニュールが確認され、28日には完全なグラニュールのベッドが形成された。このことはグラニュールの形成は初期の物理的な汚泥の凝集集塊化作用の影響は受けず、先の実験結果ともあわせて、基本的には菌の増殖過程の中で粒状化が進むものであると考えられる。

図-5はリアクター下部より採取（ベッド高5 cmの箇所）したサンプルの細胞外ポリマー中の糖成分の変化である。これを図-3と対比するとNO₃-N除去率が上昇していく25日頃までは糖/VSSは減少していくが、除去率がほぼ100%になりグラニュール形成が認められた26日以降は糖濃度が増加する傾向となっている。この原因としては増殖期の代謝特性、菌体量とN負荷の関係、グラニュール化進行の影響などが考えられるが詳細は今後の課題である。

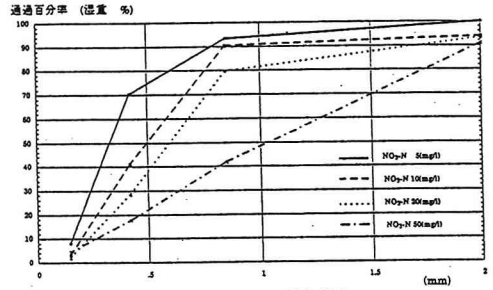


図-2 グラニュール粒径分布

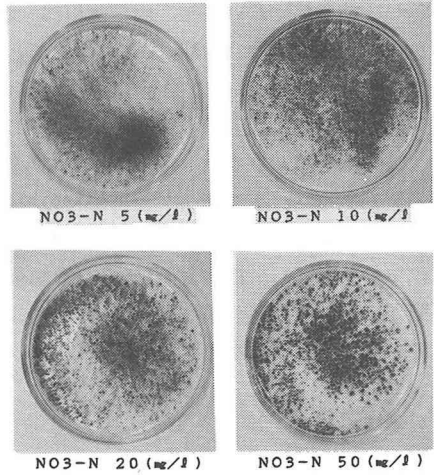


写真-1 27日後のグラニュール形成状態

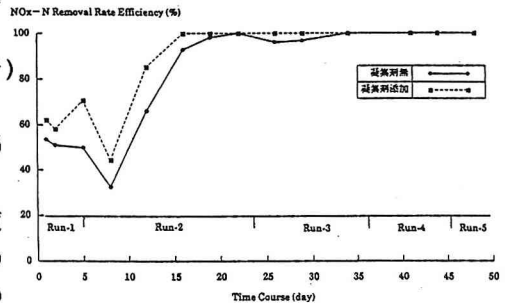


図-3 窒素除去率の経時変化

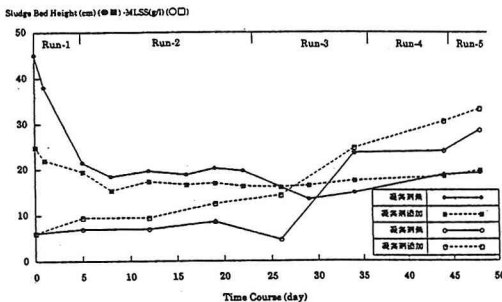


図-4 ベッド高さ、MLSSの経時変化

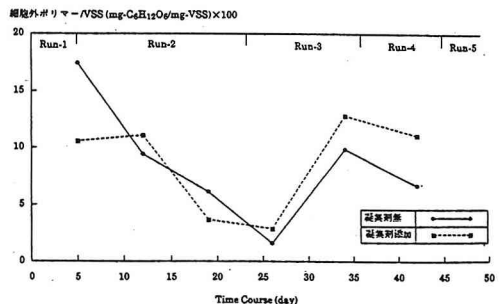


図-5 細胞外ポリマー（糖）/VSSの経時変化