

II-552

嫌気性流動層バイオリアクターにおける下水の造粒機構

北海道大学工学部 泥谷真樹 清水達雄 丹保憲仁
工藤憲三
月島機械㈱ 濱口利男 中林 昭

1. はじめに

著者らは凝集剤を用いて有機物、SS、リン化合物などを高速除去する嫌気性流動層バイオリアクタープロセス(AFBプロセス)を硝化液循環方式による生物学的脱窒法へ組み込んだ高度処理システムを提案している。このシステムでは、AFBプロセスにおいて沈降性の優れた造粒汚泥の形成が処理効率に大きく影響する。そこで本研究では造粒汚泥の形成機構と特性について検討した結果、高密度ペレット形成に糸状性細菌が関与していることを明らかにしたので、その結果を報告する。

2. 実験装置と実験方法

図1に実験装置の概略図を示す。凝集剤(ポリ塩化アルミニウム; PACと弱アニオンポリマー)を添加する高効率な固液分離機能を有するAFBプロセスと好気性生物処理プロセスとを組み合わせた処理システムにより連続実験を行った。造粒汚泥およびその構成細菌は位相差顕微鏡および走査電子顕微鏡を用いて観察した。また造粒汚泥から抽出した細胞外ポリマーの全糖量、蛋白質量および分子量などを検討した。

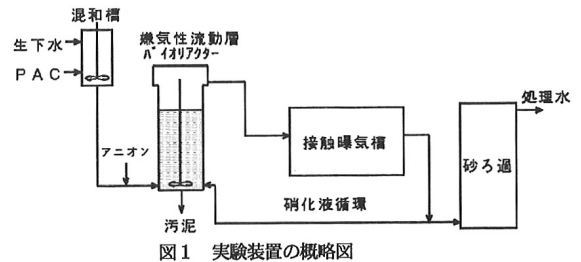
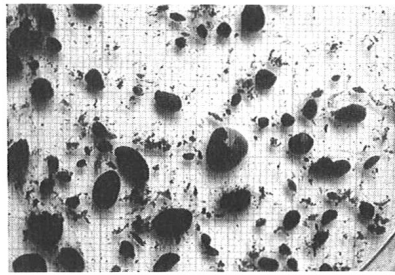


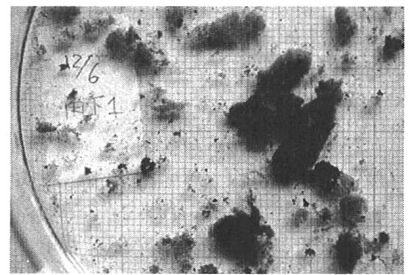
図1 実験装置の概略図

3. 実験結果と考察

3-1 造粒汚泥の顕微鏡観察 写真1にAFBプロセス内で夏期(水温15℃以上)と冬期(水温8~15℃)に形成される造粒汚泥フロックを撮影したものである。高水温期の造粒汚泥フロックは黒色の球形あるいは米粒形の高密度ペレットであったが、一方冬期では褐色の空隙率の高い汚泥フロックが形成した。夏期の造粒汚泥の顕微鏡写真(写真2)からフロック内部および表面に糸状性細菌がフロックに絡み合って増殖することが明らかになり、高密度な造粒汚泥の形成に関与していると考えられた。そこでこの糸状性細菌の特性について検討した。写真3は糸状性細菌の位相差顕微鏡写真である。細胞内に黒色の硫黄粒と茶褐色のボルチン粒が存在し、滑り運動性、グラム陰性菌であることが判った。



(a) 夏期



(b) 冬期

写真1 造粒汚泥フロック

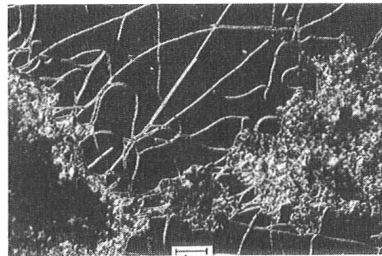


写真2 造粒汚泥フロックの顕微鏡写真

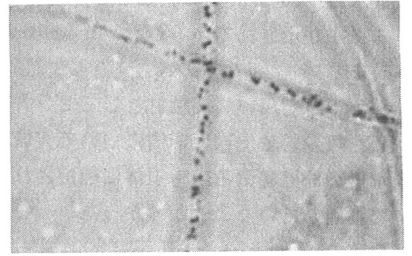


写真3 糸状性細菌の硫黄粒とボルチン粒

次に硫化水素酸化能、オキシターゼ活性、カタラーゼ活性などの生理的試験を行った。硫化水素酸化能試験では、試験管の下層部に硫化ナトリウムを含む無機寒天培地を入れ、上層に軟寒天無機培地を重層した二

層培地を用いて、糸状性細菌の増殖を観察した。その結果、硫化ナトリウムを含む培地では下層から拡散してくる硫化水素と上層からの酸素が利用できる位置に白色の円板状コロニーが形成されたが、硫化ナトリウムを含まない培地では形成されなかった（写真4）。表1は造粒汚泥の糸状性細菌の顕微鏡観察および生理

的試験の結果を活性汚泥プロセスなどで見られる各種の糸状性細菌の特性と比較したものである。この表からAFBプロセスで高密度フロック形成に関与している糸状性細菌は

*Beggiatoa sp.*であることが判明した。写真4 *Beggiatoa* の増殖

AFBプロセスへは流入下水および好気槽からの循環処理水が流入するので溶存酸素の供給が連続的に行われる。またAFBプロセス内には図2に示すように硫酸塩還元菌が $2 \times 10^6 \sim 8 \times 10^7$ 個/ml存在し、硫酸塩還元活性（図3）があり、硫化水素が発生しているので微好気性の*Beggiatoa sp.*の増殖は可能であると考えられる。

3-2 AFBプロセスで生成される細胞外ポリマー UASBリアクターなどにおいて自己造粒化に細胞外ポリマーが関与していることが報告されている。AFBプロセスにおける造粒汚泥の細胞外ポリマーをEDTAで抽出し、全糖濃度と蛋白質濃度を測定した。図4に示すように高水温期に形成される造粒汚泥には低水温期の造粒汚泥に比して約2倍の細胞外ポリマーが形成されることが判明した。

4. まとめ 低水温期には主として凝集剤（PACと弱アニオンポリマー）の作用によって下水の造粒化が行われるが、水温15℃以上では糸状性細菌が関与し、高密度造粒汚泥が形成した。この糸状性細菌は*Beggiatoa sp.*と同定された。細胞外ポリマーも造粒汚泥形成に関係していると思われたが、その凝集作用は今後の検討課題である。

表1 造粒汚泥内糸状性細菌と各種糸状性細菌の特徴の比較

	造粒汚泥の糸状性細菌	<i>Beggiatoa sp.</i>	<i>Thiothrix</i>	<i>Leucothrix</i>	Type 021N
グラム染色	—	—	—	—	—
ロゼット生成	—	—	+	+	+/-
ゴニジア生成	—	—	+	+	+/-
結び目	—	—	+	+	+
滑り運動	+	+	+	+	+
硫黄粒	+	+	+	—	+
ボルチン粒	+	+	+	+	+
オキタゼ活性	—	+/-	+	+	+
カラゼ活性	—	—	+/-	+	+/-
硫化水素酸化	+	+	+	—	+

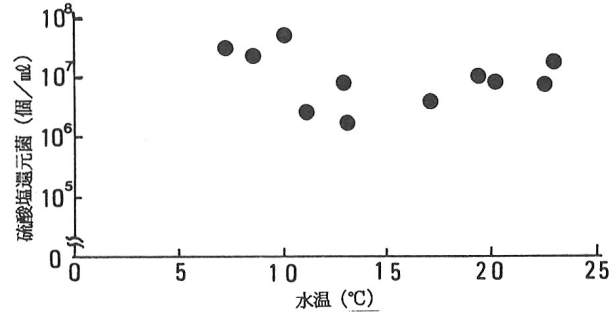
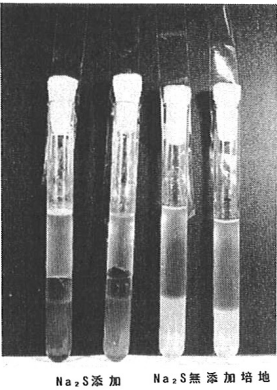


図2 硫酸塩還元菌の菌数と水温との関係

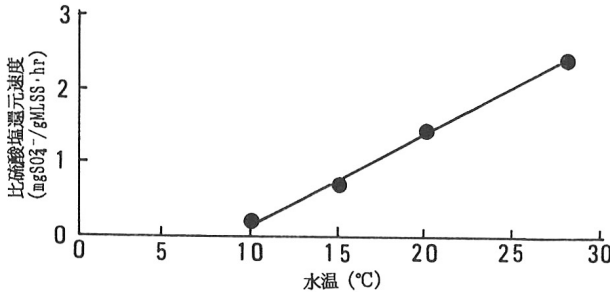


図3 比硫酸塩還元速度と水温との関係

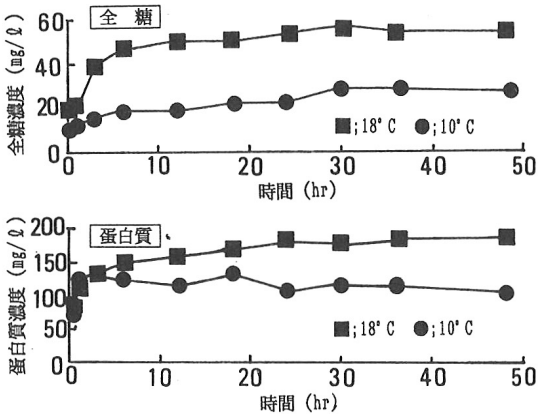


図4 細胞外ポリマーの抽出