

## 脱窒処理生物膜の平板上における形成・生長過程

呉工業高等専門学校 正 員 ○大橋 晶良  
 長岡技術科学大学 正 員 原田 秀樹  
 長岡技術科学大学 正 員 桃井 清至  
 広島県 大垣 英俊

## 1. はじめに

生物膜排水処理装置の処理性能を予測・評価し、合理的な設計・操作方法を確立するためには、反応器内の生物膜量の長期的な挙動を把握する必要がある。しかしながら、生物膜の形成・生長過程、剝離と再生に関する知見が乏しいために生物膜量の予測を困難にしている。そこで、本研究は生物膜の形成・剝離機構の解明を目的としており、本報では平板上に付着・増殖させた脱窒生物膜の生長過程をビデオ撮影等で観察して、若干の知見が得られたので報告する。

## 2. 実験方法

生物膜は、図-1に示してある実験装置の水槽（アクリル板  $20 \times 100 \times 30$  cm）の底面に設置してある支持板（透明の塩化ビニール板）上に形成・生長させた。支持板の大きさは厚さ6mmの  $10 \times 10$  cmと  $5 \times 10$  cmの2種類で、それぞれ8枚、16枚ある。生物膜形成前の水深は2cmである。流量は、基質タンクから  $28 \text{ mL/min}$  と循環タンクから  $2340 \text{ mL/min}$  の合計  $2368 \text{ mL/min}$  である。脱窒生物膜を対象としているため、基質は硝酸ナトリウムとメタノールの人工下水を用い、基質タンク内の濃度をそれぞれ  $500 \text{ mg-N/L}$ 、 $1500 \text{ mg/L}$  とし、若干の無機塩類が添加してある。また、りん酸緩衝液（イオン強度0.01）でpHを7にしている。水温は  $25^\circ\text{C}$  に制御した。生物膜から剝離する生物を捕獲するために、循環タンク内にフルイ（0.25mm）を浸水させてある。運転は、都市下水処理場の活性汚泥を植種して開始し、105日間行った。生物膜生長過程の観察は次の方法によって行った。

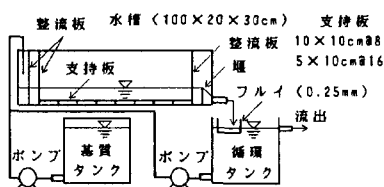


図-1 実験装置の概略図

- ① ビデオ撮影……実験期間中、水槽の中央部に設置したビデオカメラ（S-VHS）で、支持板（ $10 \times 10$  cm）上に付着・形成していく生物膜を5分または2分間に1秒の間欠撮影した。
- ② 生物膜厚さおよび表面の凹凸……写真測量に準じて、ビデオ撮影した支持板の生物膜表面の写真2枚（60%の重なりをもつ）を撮影し、4つ切りサイズに拡大した写真で立体視をしながら、121点の視差差を測定し、各点の膜厚を算出した。
- ③ 生物膜表面および支持板付着面の画像処理……画像処理装置を用いて、ビデオ撮影している支持板の生物膜が形成せれていない、あるいは剝離した部分（以下、剝離部と呼ぶ）と支持板の裏面から判断した支持板表面と生物膜との空隙部分（以下、空洞部と呼ぶ）の面積等を測定した。
- ④ 生物膜量……約1週間間隔で水槽から支持板を1枚（ビデオ撮影板以外）ずつ取り出し、生物膜の湿潤、乾燥重量および細胞外ポリマー成分を測定した。剥ぎ取られた支持板は再び水槽内へ設置し、運転終了日には、全ての支持板を取り出して生物膜量等を測定した。
- ⑤ 剝離量……生物膜量の測定後に循環タンクおよび水槽内を洗浄して、約24時間後のフルイ残留生物量を求めた。またフルイを通過した量は、循環タンク内の浮遊生物量（SS）から算出した。

## 3. 実験結果および考察

定期的に取り出した生物膜（分析支持板）と運転終了時の生物膜の経過日数における単位面積当りの生物膜湿潤重量を図-2に示す。分

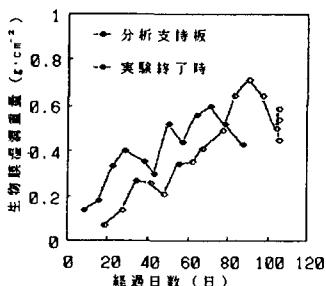


図-2 生物膜湿潤重量

析支持板の経日変化では、40日目前後に第1回目の大きな剝離をして湿潤重量が減少しているが、その後90日目頃まで増加して、再び大規模な剝離に至っている。ただし、ビデオ撮影から60～70日目頃にもかなりの剝離が観察されており、この期間の生物膜生長速度は多少鈍いようである。実験終了時の経日変化では、分析支持板よりも図中の左側にあり、数日速く生長している。これらの支持板を水槽に設置した時には、すでに周りの支持板に生物膜が形成されており、剝離した生物が支持板に沈殿・付着したために生長が速くなったと考えられる。

生物膜厚さの測定をもとに生物膜表面の形状(34, 38, 48日目)をBスプライン曲面で表した透視図を図-3に示す。34日目では1mm以上の膜厚に達する部位もあり、想像以上に肥大した生物膜が形成されたが、流体せん断応力が小さかったことに起因していると考えられる。34日目までは大きな剝離はなかったが、38日目には一定程度の大規模な剝離を起している。48日目では大部分が剝離したが、依然として剝離をせずに増大している部分も残されている。

基質の硝酸態窒素除去率を図-4に示す。38日目までは除去率が着実に上がっており、生物膜の生長に対応したものと思われる。しかしそれ以降、生物膜量は増加していたにも拘らず、除去率は多少の変動をしながらも限界に達したようである。このことは、40日目頃から生物膜内に基質が浸透していない部位ができたことを示唆している。

単位付着面積、単位時間当りの生物膜から剝離する生物量の経日変化を図-5に示す。40～50日目に大規模な剝離(第Iの剝離)が起こり、生物膜量が減少したために剝離量は一旦少なくなっている。しかしその後、生物膜量が増加していき、剝離量も増加傾向にある(第IIの剝離)。100日目頃には、第Iの剝離と同じくらいの量に達して(第IIIの剝離)、再び減少している。

第I, II, IIIの剝離形態は、ビデオ観察から図-6に示す模式図のようであった。第Iの剝離は、生物膜と支持体との間に空洞が形成され、これが次第に大きくなり、ついには生物膜が支持板からきれいに、しかも大きく剝離したものである。第IIの剝離は、脱窒による窒素ガスと思われる小さな空隙が生物膜内に多量にでき、ガスの浮力によって生物膜の途中から一部分が剝離したものである。第IIIの剝離は、空洞部は小さいものの再び形成され、この部分から周りに少しの生物膜が支持板に付着した状態で剝離したものであった。

図-7には、画像処理から判定した剝離部および空洞部面積の支持板に対する割合を示した。30日目頃に大きな空洞が形成され、その後は殆どないが、再び90日目頃から大きくなっており、この空洞部の形成が剝離に大きな影響を及ぼすと推察される。

#### 4. おわりに

本研究は流体せん断応力が小さい場合であって、大きな応力を有する場合の検討が今後必要である。

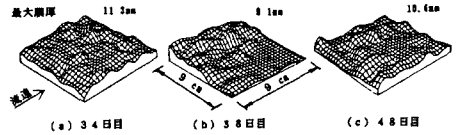


図-3 生物膜の表面形状

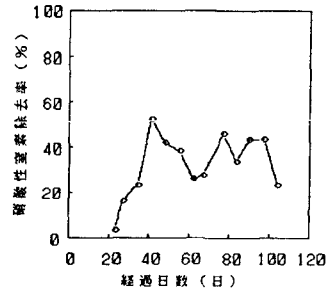


図-4 基質除去率

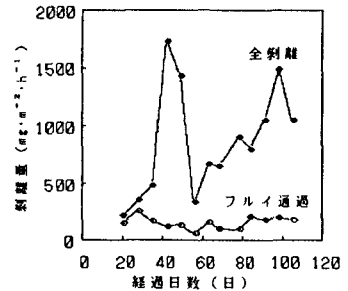


図-5 剝離量

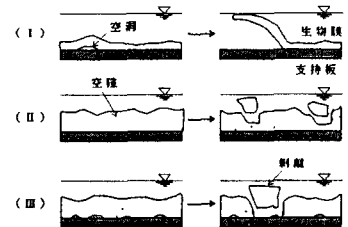


図-6 剝離形態の模式図

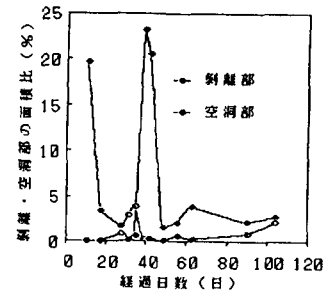


図-7 剝離・空洞部の面積