

(VII-3) 一方向及び往復流下における生物膜の基質消費速度と形態に関する検討

武蔵工業大学 学生会員 和田 基幸
武蔵工業大学 正会員 長岡 裕
武蔵工業大学 峯岸 良

1. はじめに

生物膜の有機物を分解する能力は、水処理の分野で活用されている。また生物膜は置かれている環境により、有機物の分解において異なる性質を示す。本研究では開水路に一方向流、縦型水路に往復流を形成し、それぞれ生物膜を付着させ、生物膜の基質消費速度、形態について比較検討を行なった。

2. 実験装置

一方向流の装置を図1に示す。この装置は、高さ10cm、幅8.5cm、長さ100cmの亚克力製の開水路である。水路の上流側には流れを安定させるため、整流板として鉄網を設け、下流側には水深を3.5cm(水量4.5L)に保つため、越流堰とドレーンを設けた。生物膜は水路底面に付着させた。

往復流の装置を図2に示す。この装置は、高さ80cm、幅30cm、奥行き20cmの亚克力製の水槽に、高さ80cm、幅20cm、板厚3mmの亚克力板を8cm間隔で3枚配置したものである。この亚克力板を上下させることによって往復運動を与える。水深80cm(水量48L)に保つため、ドレーンを水槽上端から25cmのところ左右共に設けた。生物膜は亚克力板に付着させた。

また両装置ともに、水路内の水はマグネットポンプにより循環し、流入する水道水と植種である丸子川の水はタンクにため、水温28℃でチューブポンプにより供給した。基質はグルコースを主成分としたものを10L作成し、冷蔵庫の中で攪拌しながらマイクロチューブポンプにより投入量0.138L/hで供給した。

3. 実験方法

実験開始から生物膜が剥離するまで1日2回、水路中間部及び基質タンクの2ヶ所で水を採取し、グルコース定量法によりグルコース濃度を測定し、基質消費速度の指標である比フラックスを算出した。比フラックスは単位面積あたり基質消費速度を流水中基質濃度で除したもので速度次元をもち、式(1)で表される。

$$f = \frac{(C_{in} - C) \cdot Q}{A \cdot C} \quad (1)$$

C_{in} : 流入グルコース濃度(mg/L) C : 水路中間部のグルコース濃度(mg/L)
 Q : 水道水+丸子川水+基質流入量(L/h) A : 生物膜付着面積(cm^2)

また、デジタルカメラにより生物膜の形態を撮影した。グルコース濃度と膜の厚みの測定例を図3に示す。

4. 実験結果及び考察

4. 1 基質消費速度

図4に比フラックスとレイノルズ数の関係を示す。尚、グラフのプロットは一回の実験における基質消費が最大になった時の値である。また、レイノルズ数は、一方向流は式(2)、往復流は式(3)で定義する。

キーワード：生物膜、一方向流、往復流

連絡先：〒158-0087 東京都世田谷区玉堤 1-28-1 武蔵工業大学工学部土木工学科水工学研究室

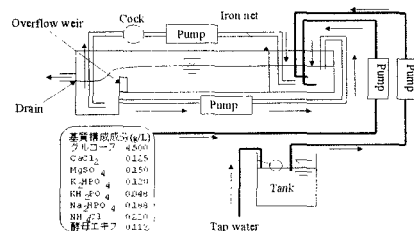


図1 実験装置(一方向流)

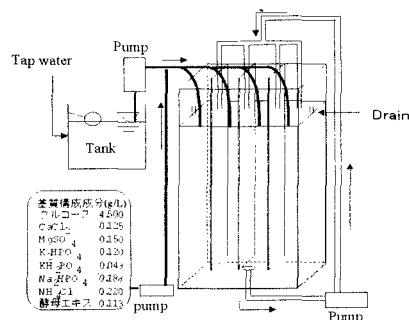


図2 実験装置(往復流)

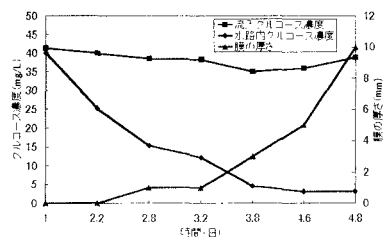


図3 グルコース濃度と膜の厚さの一例

$$Re = \frac{\bar{u} \cdot R}{\nu} \quad (2) \quad Re = \frac{u_{bm} \cdot a_{bm}}{\nu} \quad (3)$$

$\bar{u}$: 断面平均流速 (cm/s)

ν : 動粘性係数 (cm²/s²)

R : 径深 (cm)

u_{bm} : 水平流速 (cm/s)

a_{bm} : 水粒子軌道振幅 (cm)

生物膜を一方向流の底面に付着させたもの(本実験)と中塾⁽¹⁾による縦型水路(長方形の管路を鉛直に設置し, 側面に生物膜を付着させた)実験を比較すると, かなり一方向流底面の生物膜の基質消費が大きい. これは, 図5に示される膜の厚さとレイノルズ数の関係から, 底面では側面に比べ膜が堆積しやすく, 膜が厚くなり表面積が大きいために基質消費が盛んに行われていると考えられる. また, 一方向流側面の生物膜と往復流側面の生物膜を比べてみると, 往復流の生物膜の基質消費が大きい. これは図5を見ると膜の厚さはほぼ同じであるが, 図6, 図7で生物膜近傍の流速の時間変化をみると, 往復流では一方向流に比べ流速変動が激しいことから, 流下方向に対して膜の両面から強い揺動を引き起こされている事が予想されるため, これにより膜の下部まで十分に基質が供給され, 活発に基質消費が行われていることが原因と考えられる.

4. 2 膜の形態

次に, 膜の形態について考察する. 図8, 図9にそれぞれ一方向流下の生物膜, 往復流下の生物膜を示す. 図8の一方向流の膜はふわふわとした綿のようであった. 図9の往復流の膜はしっかりと固まっていて, 糸のようであり全体で見ると毛皮のように毛羽立つようになっていた. この形状の違いは, 流れに起因すると思われる. 往復流下では, 一方向流下に比べ, 両側から力を受けるため付着面と垂直に糸状の膜が形成され, 一方向流下では片側から強い力を受けるものの, 片側では膜の陰になり比較的穏やかな流れの部分があり, それにより綿状の膜が形成されると考えられる. 糸状の膜は綿状の膜に比べ活発に動き, 膜の根本まで基質が供給されやすい形をしているので, この形状が, 基質消費を盛んにしていることも考えられる.

5. まとめ

底面に付着した生物膜は, 側面に比べ堆積しやすく, 表面積が大きくなるため基質消費が盛んである. また, 一方向流下の綿状の生物膜よりも, 往復流下の糸状の生物膜は, 両面から強い揺動を引き起こされるため, 膜下部まで基質消費が活発に行なわれている.

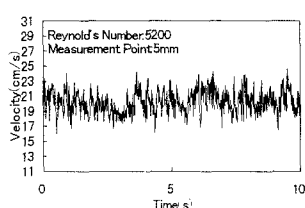


図6 流速 (一方向流)

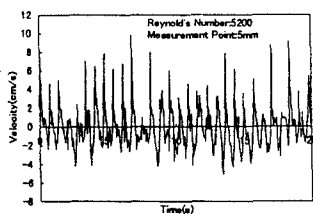


図7 流速 (往復流)

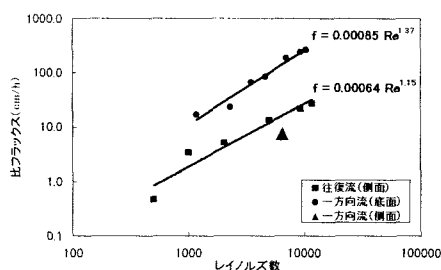


図4 比フラックスとレイノルズ数の関係

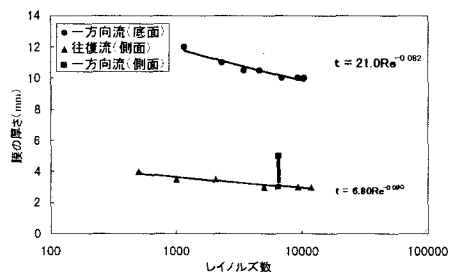


図5 膜の厚さとレイノルズ数の関係



図8 一方向流下の生物膜 (上から撮影)

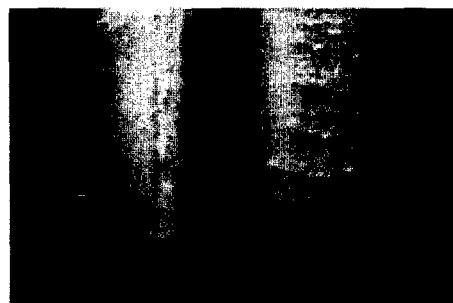


図9 往復流下の生物膜 (斜め横から撮影)

参考文献

- 1) 中塾 智親: 生物膜による基質消費特性, 武蔵工業大学大学院卒業論文, 1997
- 2) 松村 昌広: 付着生物膜状の流れの構造が基質の輸送機構に与える影響, 武蔵工業大学卒業論文, 1994