

II-517 付着生物膜の揺らぎを考慮した基質の輸送機構

武蔵工業大学 正会員 長岡 裕

東京大学大学院

Sivapragasam Kugaprasatham

東京大学工学部

正会員 大垣眞一郎

1. はじめに

付着生物膜を利用した水処理システムは広く用いられているが、低基質濃度系においては付着微生物への基質の輸送過程が反応全体の律速になり、生物膜近傍における流体運動が基質除去特性を大きく左右すると考えられる¹⁾。本研究ではグルコースを基質とした系における付着微生物膜を取り上げた。系内のグルコース濃度を低く設定し（ $<20 \text{ mg l}^{-1}$ ）、流体運動に伴う糸状の付着微生物の揺らぎと基質輸送過程との関連について実験的に検討を行った。

2. 実験装置と実験方法

実験装置の概要をFig. 1に示す。直径40cm、高さ60cmの透明塩化ビニール製円筒を反応槽として用いた。中心には十字形攪拌板が取り付けられ、この大きさと回転速度の変化によって多様な流水条件を得た。実験条件の一覧をTable 1に示す。各条件の流速と乱流強度は、付着微生物のない系において、ホットフィルム流速計に依って壁面から4mmの場所において測定したものである。壁面の上部と下部、および攪拌板は定期的に掃除を行い、壁面中心部のみを付着面とした。基質はグルコース、酵母エキスを栄養塩類を加えたものを用いた。流入基質の滞留時間は0.5～1.0h、水温は20～22℃に保った。

実験室にて培養中の活性汚泥を植種して最大流速条件（基底条件）にて運転を行い、生物膜が正常に達した後に流水条件を短期間（24時間以内）の間に次々に変化させ、基質輸送力の変化に伴う

基質除去フラックスの可逆的な変化を測定した。フラックスは流入と流出グルコース濃度（アンスロン法により定量）の差より計算した。実験はグルコース高濃度系（ $>12 \text{ mg l}^{-1}$ ）およびグルコース低濃度系（ $<10 \text{ mg l}^{-1}$ ）の2条件についてそれぞれ行った。

3. 結果と考察

流入グルコース濃度と流水条件（壁面近傍の乱流強度）を変化させて得た基質除去フラックスの変化をグルコース高濃度系、低濃度系についてまとめてFig. 2に示す。壁面近傍流速の減少に伴って基質除去フラックスも減少をしていることがわかる。

反応が基質濃度に関して1次反応であると考え、グルコース除去フラックスを槽内グルコース濃度で除して比フラックス（Fig. 2の勾配に相当する）を計算し、付着生物膜反応の大きさを表す指標とした。流速の減少に伴う比フラックスの減少をその直前における基底流速条件（最大流速条件）下の比フラックスに対する比として無次元化して考え、壁面近傍乱流エネルギーとの関係をFig. 3に示した。両条件共に乱

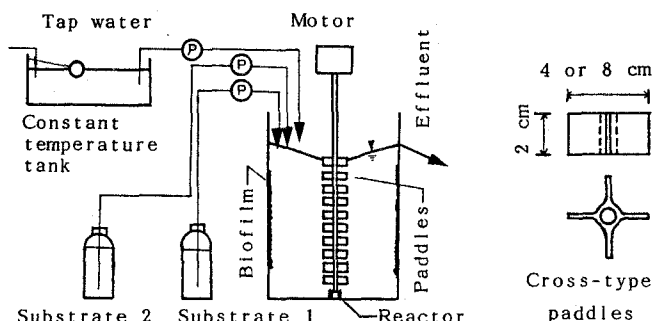


Fig. 1 Experimental set-up.

Table 1. Hydraulic Conditions

Paddle width (cm)	Rotational speed (rpm)	Velocity (cm/s)	Turbulent Intensity
8	400	40.3	6.6
8	300	28.5	4.3
8	200	18.8	3.7
4	600	15.2	3.3
4	200	3.9	1.3
shaft	300	0.3	0.1

流エネルギーの0.38～0.39乗に比例してフラックスが支配されている。

両条件における付着生物膜の形態、付着量をTable 2に示す。最大流速条件においては糸状生物膜は流れの中で激しく揺らいでいたが、流速の減少と共に揺らぎも小さくなっており、付着生物膜内部への基質輸送を揺らぎの現象が支配していると考えられる。長岡ら²⁾は糸状生物膜内部の乱流拡散係数を生物膜近傍の乱流強度に比例する形で与えるモデルを提案し、付着生物膜の比フラックスは乱流エネルギーの0.25乗に比例するとしたが、本実験は、より大きい指数の値となっており、糸状生物膜の揺らぎの現象を考慮した新しい生物膜モデルの開発の必要があるといえる。

4. 結論

グルコースを中心とした基質（流水中濃度 $< 20 \text{ mg l}^{-1}$ ）によって付着生物膜を培養し、生物膜近傍の流れの条件と基質除去フラックスとの関係について調べた結果以下の結論を得た。

- ①付着微生物は糸状になり、流水中での揺らぎの現象が生物膜内部への物質輸送を支配すると考えられる。
- ②糸状の生物膜の形状に拘らず、基質除去フラックスは壁面近傍での乱流エネルギーの0.38～0.39乗に比例した。

参考文献

- 1)長岡ら(1990),低基質濃度系における付着微生物活性と流水条件との関係,第24回水質汚濁学会講演集
- 2)長岡ら(1988),付着生物膜活性と乱流,第22回水質汚濁学会講演集

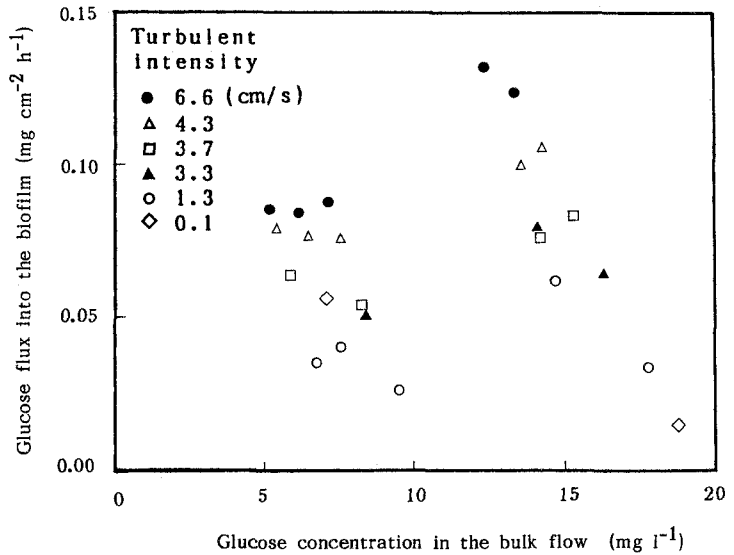


Fig.2 Relationship between glucose flux into the biofilm and glucose concentration in the bulk flow under different hydraulic conditions.

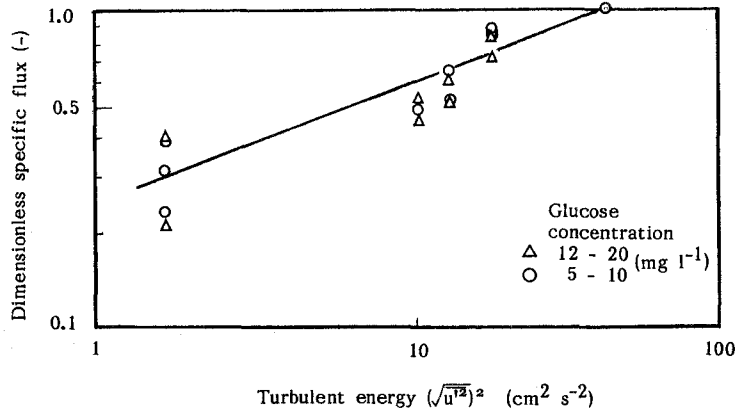


Fig.3 Ratio of specific fluxes with turbulent energy for filament-type biofilms.

Table 2 Characteristics of filamentous-type biofilm

Glucose Concentration in the Reactor (mg l^{-1})	Biomass Density ($\text{mg-dry-weight cm}^{-2}$)	Averaged Length (mm)
12 - 20	1.4 - 1.6	7 - 8
5 - 10	0.8 - 1.1	12 - 15