

Ⅶ-152

微小電極による生物膜内の酸素消費及び窒素消長機構の解明

西原環境衛生研究所 正会員 風間哲也
長岡技術科学大学工学部 正会員 原田秀樹、大橋晶良、珠坪一晃

1. はじめに

生物膜法による水処理プロセスを高効率化するためには、生物膜内での硝化細菌群や他栄養細菌群による基質や酸素をめぐる生態学的な相互作用を定量的に把握する必要がある。著者はイオン選択性電極であるアンモニア、硝酸性窒素、pH微小電極および酵素電極のグルコースとDO微小電極を開発しており、これらの微小電極をUASBグラニュール内での基質プロファイル測定に適用し、グラニュール内の生態学的構造を検討してきた。本報告では、本研究で開発した微小電極を硝化細菌群及び他栄養細菌群の集積培養を適当な混合比で人為的に作成した生物膜に適用して、様々な基質条件下でのアンモニア性窒素、硝酸性窒素、DO、pH、グルコース濃度のマルチプロファイル測定し、得られたマルチプロファイルにより生物膜の硝化細菌及び他栄養・脱窒細菌による硝化・脱窒及び有機物除去特性について評価を行った。

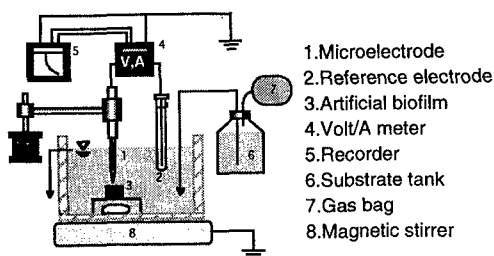


図1 生物膜内の基質濃度プロファイル測定装置

2. 実験方法

2. 1 生物膜

実験に使用した生物膜は、人為的な3種類の生物膜であり、以下に示すような2種類の集積培養液をTable 1に示した混合比（SS当たり）で混合し、遠心機によって型枠中に締め固めて作成した。型枠（直径7mm、厚さ1mm）を遠沈管底部に固定し、集積培養液を投入して遠心分離（1500rpm、1min）することで、膜密度が約50g VSS/lの生物膜が形成された。集積培養液（1）の硝化細菌集積培養は塩化アンモニウム基質培養汚泥（反応槽容積2L、容積負荷 1200mgN/L/day、pH 7、温度 30℃、有機炭素源なし）、（2）の脱窒細菌集積培養はグルコース基質培養汚泥（反応槽容積 2L、容積負荷 1500mg NO₃-N/L/day、pH 7、温度 30℃）を用いた長期連続培養によって用意した。

2. 2 実験装置及び測定方法

生物膜内の基質濃度プロファイル測定装置をFig. 1に示す。2.1で述べた型枠に締め固めて作成した生物膜をフローセル中にセットした後、Table 1に示した実験条件のバルク液を連続的に供給し、3時間平衡化させた後にプロファイルの測定を行った。各微小電極を50μmあるいは100μmピッチで生物膜内に貫入しておき、各貫入深さでの電圧値あるいは電流値を測定し、あらかじめ作成した検量線から各基質濃度を計算した。バルク液の温度は25℃に制御した。基質条件は、生物膜内での硝化細菌、脱窒細菌と他栄養細菌の基質競合関係を調べることを主な

表1 基質条件（単位：mg/l）

	硝化生物膜	混合生物膜	脱窒生物膜
硝化菌：脱窒菌	100：0	50：50	0：100
	S1	S2	S3
NH ₄ -N	5	5	5
NO ₃ -N	5	5	20
Glucose	0	100	100
DO	8	8	8
Buffer(mM)	0.4	0.4	0.4
	S5	S6	S7
NH ₄ -N	5	5	5
NO ₃ -N	5	5	20
Glucose	0	0	100
DO	8	20	8
Buffer(mM)	25	25	25

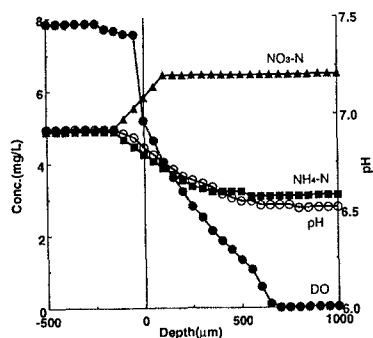


図2 基質S1における硝化菌生物膜内のプロファイル

キーワード 生物膜、硝化・脱窒、他栄養細菌、微小電極

株式会社 西原環境衛生研究所 〒108 東京都港区芝浦三丁目6番18号 T03-3455-4821
長岡技術科学大学 〒940-21 新潟県長岡市上富岡町1603-1 Tel 0258-46-6000

目的に、1)グルコースの添加・無添加での比較、2)DO濃度を変化させた場合、3)バッファ強度を変化させた場合での相互比較が容易になるようにS1～S8を設定した。

3. 実験結果及び考察

Fig.2に硝化生物膜内の基質S1におけるマルチプロファイルを示した。図より、硝化生物膜では硝化反応によりアンモニア性窒素が消費され、消費された窒素量とほぼ等量の硝酸性窒素が蓄積していることが分かる。この時、硝化反応はアンモニア性窒素が約2mg N/lまで消費された600 μ m付近で停止しており、DO濃度がほぼ同一深度で0となっているため、酸素律速により硝化が抑制されたと考えられる。そこでバルクのDO濃度を酸素ばっきにより8から20mg/lに上昇させた場合の基質S4でのマルチプロファイル結果をFig.3に示す。しかし図が示すように、この条件では溶存酸素が生物膜深部にも浸透しているにも関わらず、アンモニア性窒素の消費量は大きくなっていない。これは硝化反応の進行に伴いpHが低下したために、硝化細菌の活性が減衰し、溶存酸素が生物膜内で有効に利用されなかったために、硝化が促進しなかったと推察される。一方、生物膜内のpHを一定値に維持するためにバルクのバッファ強度を25mMに上昇させた場合（基質S8）、Fig.4に示すように硝化活性が保たれ、低レベルまでアンモニア性窒素が消費された。

混合生物膜の基質S7におけるマルチプロファイルを図5に示す。硝化細菌と脱窒細菌が共存した生物膜では、硝化生物膜に比較してアンモニア性窒素および硝酸性窒素が多く消費されている。硝酸性窒素の減少は脱窒作用によるものであるが、アンモニア性窒素の減少は硝化によるものだけでなく、菌体の増殖に使われた可能性が高い。従って、グルコースも速やかに消費され、生物膜深部までは到達していない。一方、基質S7における脱窒生物膜ではFig.6に示すように、グルコースと硝酸性窒素の消費は混合生物膜と同様であるが、硝化が進行しないためにアンモニア性窒素の消費が少なかったと考えられる。

4. まとめ

生物膜での酸素消費および窒素の消長は、主に酸素をめぐって硝化細菌、他栄養細菌及び脱窒細菌が複雑に相互作用するが、生物膜内は酸素律速になりやすいため、単一の細菌群で構成される生物膜の窒素消費は思うように期待できず、硝化細菌と脱窒細菌の共生生物膜の方が窒素除去は進行しやすいことが、微小電極を用いたプロファイル測定より明らかになった。

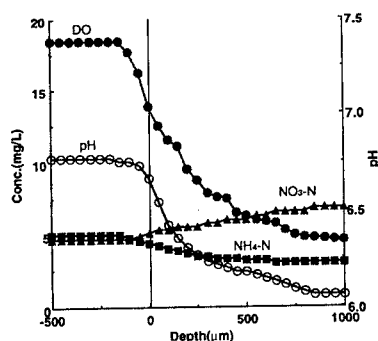


図3 基質S4における硝化菌生物膜内のプロファイル

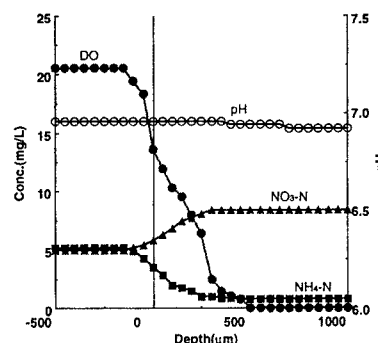


図4 基質S8における硝化菌生物膜内のプロファイル

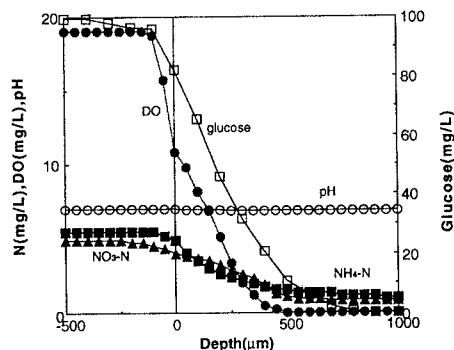


図5 基質S7における混合生物膜内のプロファイル

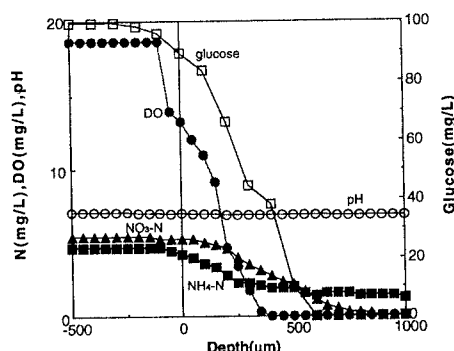


図6 基質S7における脱窒生物膜内のプロファイル