

回転円板付着生物膜における 基質除去速度に関する一考察

鹿児島工業高専 正員 ○西留 清 森山克美
宮崎大学工学部 正員 渡辺義公 石黒政儀

1. はじめに

下水を固定生物膜で処理する場合、付着生物の活性度は流入水量、水質(DO, TOC, $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度)、汚濁負荷量、および水温等により変化すると考えられる。また、有機物濃度と $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度の比によっても付着生物の活性度は変化すると考えられるが、予め設定した水量負荷で処理水質がほぼ定常状態になれば生物膜内基質濃度分布や付着生物の活性度も定常状態になると考えられる。この定常状態付着生物の活性度が膜深さ方向にどのように分布するかによって、処理水中の有機物濃度、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度、およびこれらの比は変化する¹⁾。しかしながら、膜深さ方向の生物活性度分布、基質濃度分布の測定は現状では難しい。そこで本文では、円板付着生物の増殖過程、および定常状態生物膜を用いた回転円板による回分実験、浮遊性生物による回分実験により付着生物の活性度と基質除去速度を検討する。

2. 付着生物の増殖過程

実験に使用した回転円板装置は鹿児島高専下水処理場に設置された。円板槽は2槽直列、流入原水としては前記処理場流入水を用いた。円板回転速度10rpm、流入水量2ℓ/分に設定し、円板装置を始動した。その他の実験条件および実験装置等については参考文献2を参照されたい。また円板1槽下にはイムホフ槽を設けている。図-1は円板始動日(S.59.5.12)からの経過日数と付着生物膜厚、および付着生物濃度の関係である。円板1槽は円板表面積当たりの有機物負荷が高いため付着生物膜は円板2槽に比較して増殖速度の大きい他栄養性細菌が優占種となり、生物膜は厚くなると考えられる。円板2槽は円板表面積当たりの有機物負荷が低くなるため付着生物膜は円板1槽に比較して増殖速度の小さい硝化菌が優占種となり、生物膜は薄くなると考えられる。円板始動日から約30日経過後は付着生物膜厚は1槽約1200 μm 、2槽約500 μm とほぼ一定となり、生物の活性度が安定したと考えられる。円板付着生物濃度は、増殖過程にある生物膜厚と定常状態での生物膜厚でも約50000mg/ℓであり、付着生物濃度は生物増殖過程にさほど関係しないと考えられる。

3. 回転円板による回分実験結果とその考察

回転円板による回分実験は生物の活性度が安定したと考えられる4週間後から行なわれた。定常状態の円板1槽ではTOC(全有機炭素)除去率が高く、硝化はわずかし生じておらず、円板2槽では円板1槽に比べ硝化率が高く、TOC除去率はわずかであった²⁾。図-2は、水温28℃で流入原水を用いた円板1槽による回分実験結果である。TOC(ろ液)は接触時間3時間まで急激に減少し、その後は、ほぼ一定濃度(20mg/ℓ)を保っている。一方、硝化は3時間後から生じ、DO濃度も徐々に高くなっている。以上のことからDOが浸入する生物膜表面近傍は他栄養性細菌が存在したためTOC酸化が主に生じ、TOC酸化にDOが消費されなくなるとDOが生物膜深部に浸入し硝化が生じたと考えられる。従って、生物膜表層は他栄養性細菌濃度が高く、深部は硝化菌濃度が高いと考えられる。図-3は、平均水温13℃での円板1槽と2槽での流入原水を用いた回分実験結果である。単位生物膜表面積当たりの硝化速度 V_t (g/m²/日)は、式(1)で表わされる。

$$V_t = \frac{V \cdot R_n}{A} \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$R_n = \frac{C_{b0} - C_{bt}}{t} \quad \dots\dots\dots (2)$$

図-3から求まる V_t は円板1槽で0.38、円板2槽で0.60である。円板2槽での V_t が高いことは円板2槽の生物相が円板1槽に比べ硝化菌が優占と考えられる。すなわち、定常状態では円板1槽でTOCがある程度除去された処理水が円板2槽へ流入しているため、円板1槽に比べ円板2槽では他栄養性細菌は少なく、硝化菌が優占に存在し、硝化菌の活性度が高くなったと考えられる。

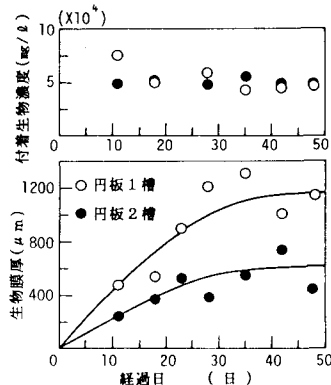


図-1 経過日数と付着生物膜厚、および付着生物濃度の関係

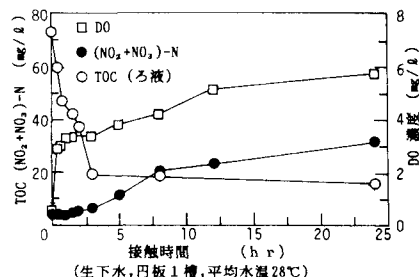


図-2 付着生物による回分実験

図-4はTOCを含まない人工下水³⁾を用いて行った回分実験の結果である。TOCを含まない人工下水を用いて回分実験を行う場合、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 減少速度は $\text{NO}_3\text{-N}$ 生成速度にほぼ等しいので、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 減少速度を硝化反応速度 R_n とした。 V_t は円板1槽で1.71(平均水温28℃)、0.53(平均水温13℃)、円板2槽で1.37(平均水温13℃)となる。本実験からも円板2槽が円板1槽に比べ硝化菌が優占と考えられる。また、人工下水を用いて求めた V_t は図-3の生下水で求めた V_t よりいずれも高くなっている。すなわち、生下水では硝化が生じてTOC酸化にD0がある程度消費されているため、硝化速度は人工下水に比べ低く、人工下水ではTOC酸化に消費されていたD0も硝化のために消費され、硝化速度は高くなったと考えられる。従って、生下水と人工下水の回分実験からも生物膜表面近傍に他栄養性細菌が、生物膜深部に硝化菌が優占に存在していると考えられる。

4. 浮遊性生物による回分実験結果とその考察

実験に使用した生物は図-2で示した実験条件で培養した円板1槽付着生物膜を剥がしたものであり、曝気槽容積3ℓ、MLSS 3930mg/ℓ、水温28℃、曝気強度0.6ℓ/分/ℓである。全硝化菌濃度 X (mg/ℓ)をMLSS濃度で表示すると、硝化反応速度 R_d (g/m³/日)は式(3)で示される。

$$-\frac{dC_n}{dt} = R_d = r_d \cdot X \quad \dots\dots\dots (3)$$

図-5は人工下水を用いて行った実験結果である。MLSSがすべて硝化菌であったと仮定すると、生下水で培養した r_d は、0.045(1/日)である。一方、人工下水で培養した r_d は0.175(1/日)である⁴⁾。両実験の r_d を比較すると、生下水で培養した円板1槽の付着生物の r_d は人工下水の0.26倍となる。すなわち、付着生物量の約25%が人工下水で培養した硝化菌量となり、残りが主に他栄養性細菌であったと考えられる。一方、式(1)で求めた水温28℃で培養した V_t は1.63g/m³/日で、人工下水で培養した V_t は4.08g/m³/日であり³⁾、これらの比は0.40:1となる。浮遊性生物へは液本体の低濃度D0が供給されるが、回転円板付着生物へは主に大気中から酸素が供給されるため生物膜内D0濃度は高く、全付着生物量に対する硝化菌量が約25%でも膜深部の硝化菌は比較的高い硝化反応速度を維持していると考えられる。

5. おわりに

本文では、回転円板付着生物の増殖過程を明らかにし、定常状態での付着生物が膜深さ方向にどのような活性度分布で、どの程度の基質除去速度を示すかについて検討を加えるため、生下水および有機炭素を含まない人工下水による回分実験を行った。結果を要約すると次の通りである。(1)有機物濃度が高い場合、付着生物膜の表面近傍では他栄養性細菌、深部では硝化菌の活性度が高く、付着生物膜は他栄養性細菌が優占種となる。(2) $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度が高く、有機物濃度が低い場合、付着生物膜の硝化菌量は増加し、硝化菌の活性度は高くなる。なお、本研究の一部は昭和59年度科学研究費補助金(奨励研究(A))の助成を受けたことを記す。

一記号表—

A:有効全円板面積(m²)、 C_{b0} : $t=0$ における液本体 $\text{NO}_2\text{-N}$ と $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度の和(mg/ℓ)、 C_{bt} : $t=t$ における液本体 $\text{NO}_2\text{-N}$ と $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度の和(mg/ℓ)、 C_{b0} : $t=0$ における液本体 $\text{NO}_2\text{-N}$ と $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度の和(mg/ℓ)、 C_n : $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度(mg/ℓ)、 R_n :硝化反応速度(g/m³/日)、 V :接触槽容積(m³)、 r_d :硝化反応速度係数(1/日)、 t :接触時間(日)

一参考文献—

1)西留,森山:回転円板法による有機物酸化・硝化過程の生物膜モデル,鹿児島高専研究報告第18号, pp. 77-85, 2(1984) 2)西留,森山,脇田,内村:回転円板法によるBOD除去・硝化に関する研究,昭和57年度土木学会西部支部研究発表会, pp.226-227, 2(1983) 3)渡辺,石黒,西留:回転円板法の浄化機構に関する研究(I),下水道協会誌, Vol.15, No.172, pp.24-34, 9(1978) 4)渡辺,石黒,西留:回転円板法の浄化機構に関する研究(II),下水道協会誌, Vol.17, No.195, pp.14-23, 8(1980)

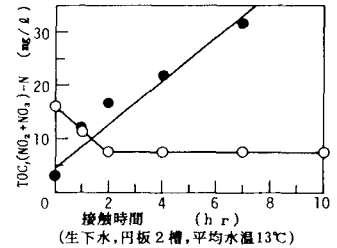
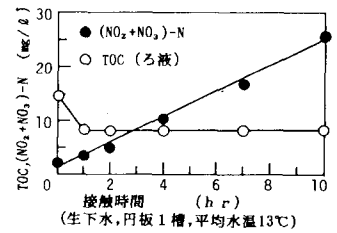


図-3 付着生物による回分実験

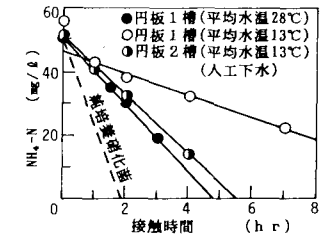


図-4 付着生物による回分実験

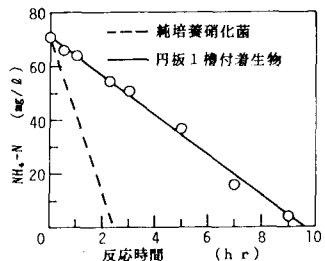


図-5 浮遊性生物による回分実験