

回転円板法における水質変化と 付着生物相に関する一考察

鹿児島工業高専 正 員 西留 清 森山克美
鹿児島工業高専 学生員 〇外村雅生

1. はじめに

下水を固定生物膜で処理する場合、付着生物相は流入水量、水質(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生物相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相も定常状態になると考えられる。この定常状態付着生物相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。²⁾しかしながら、膜深さ方向の生物濃度分布、基質濃度分布の測定は現状では難しい。そこで本文では、回転円板による回分実験、浮遊性生物による回分実験、および液本体DO濃度の挙動により付着生物相を検討する。

2. 回転円板による実験結果とその考察

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。円板装置の諸元については参考文献2を参照されたい。円板回転速度10rpm、流入水量2ℓ/分に設定し、生物相が安定したと考えられる4週間後から実験を行った。定常状態の円板1槽ではTOC(全有機炭素)除去率が高く、硝化はわずかしき生じておらず、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。図-1は、水温28℃で、円板1槽で流入原水を用いた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-2、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。定常状態では、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。

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

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

図-2、3から求まる V_t は円板1槽で0.38、円板2槽で0.45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たと考えられる。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、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 生成速度はほぼ等しいので、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 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-2、3の生下水で求めた V_t よりいづれも高くなっている。すなわち、生下水では硝化が生じだしてもTOC酸化にDO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DO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

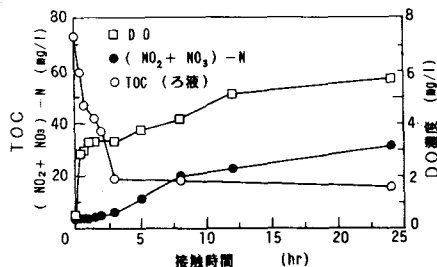


図-1 付着生物による回分実験
(生下水, 第1槽, 水温28℃)

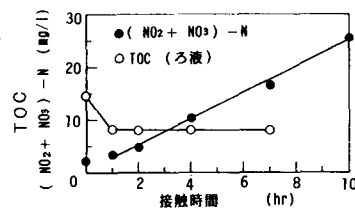


図-2 付着生物による回分実験
(生下水, 第1槽, 水温13-17℃)

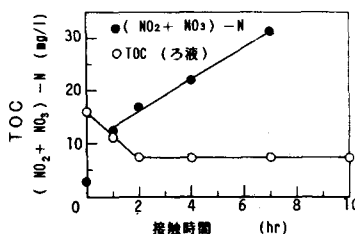


図-3 付着生物による回分実験
(生下水, 第2槽, 水温13-17℃)

膜深部に硝化菌が優占に存在していると考えられる。

3. 浮遊性生物による実験結果とその考察

実験に使用した生物は図-1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、曝気槽容量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/m²/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、 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1.71 g/m²/日で、人工下水で培養した V_t は4.08 g/m²/日であり³⁾、これらの比は0.46:1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。

4. 液本体D0濃度の挙動とその考察

図-6は回転円板2槽による回分実験の液本体D0濃度と接触時間の関係である。硝化反応は生下水を用いた場合には約5時間で、人工下水を用いた場合には約5.5時間で終了した。接触時間2時間後は液本体D0濃度が、生下水および人工下水ともほぼ同様に上昇している。このことは、生物膜内の基質濃度分布は異なっても生物膜内での酸素消費量はほぼ等しく、生物膜から液本体への酸素供給量も等しくなると考えられる。水道水を用いた場合、大気中で生物膜へ供給されたD0は生物膜内で消費されないため液本体D0濃度は急激に上昇している。したがって、図-6の2本の実線で示すD0濃度の差は生物膜内の酸素消費量の指標と考えられる。

5. おわりに

本文では、定常状態での回転円板付着生物が膜深さ方向にどのように分布し、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、人工下水、および水道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は他栄養性細菌が、深部に硝化菌が存在し、付着生物膜は他栄養性細菌が優占種となる。(2)NH₄-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する。(3)生物膜内基質濃度分布が異なっても生物膜内酸素消費量は等しい。

—記号表— A:有効全円板面積(m²)、C_{b0}:t=0における液本体NO₂-NとNO₃-N濃度の和(mg/ℓ)、C_{bt}:t=tにおける液本体NO₂-NとNO₃-N濃度の和(mg/ℓ)、C_{b0}:t=0における液本体NO₂-NとNO₃-N濃度の和(mg/ℓ)、C_n:NH₄-N濃度(mg/ℓ)、R_n:硝化反応速度(g/m²・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)

—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)

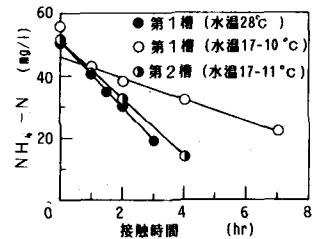


図-4 付着生物による回分実験 (人工下水)

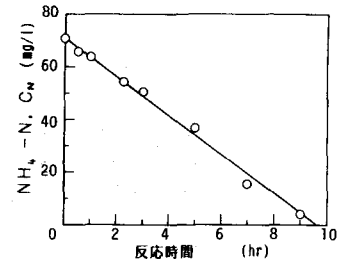


図-5 浮遊性生物による回分実験

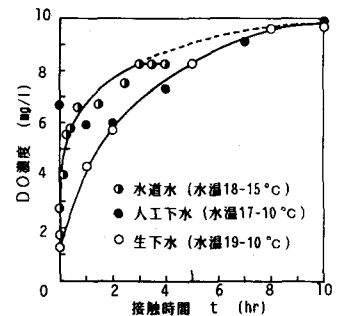


図-6 液本体D0濃度と接触時間の関係