

II-507 生物学的有機物酸化・硝化反応について

鹿児島高専 正会員 西留 清

1. はじめに 主に有機物とアンモニア性窒素からなる廃水を浮遊性および固定性微生物により処理すると、反応槽内の炭素系有機化合物に起因するBODが 20mg/l 以下になった時、硝化が起こるといわれている。この原因として、硝化菌の比増殖速度が他栄養性細菌のそれより小さい、反応槽内の基質(有機物、アンモニア、酸素)濃度の高低による硝化反応阻害が起こる等が考えられる。しかし、他栄養性細菌および硝化菌の各々の培養条件(主に反応槽内基質濃度)が満足されれば有機物除去と硝化が、独立した生物反応として同一の反応槽内で進行すると考えられる¹⁾。また、BOD濃度が 200mg/l 、アンモニア濃度 50mg/l 程度の下水ではこれらの基質濃度による硝化反応阻害は起こらず、硝化速度定数はDO濃度、あるいはエアレーション強度により決まると考えられている^{1, 2)}。そこで、人工下水で培養した硝化菌(以下、硝化菌と称す)と下水処理場返送汚泥(他栄養性細菌が優占)を用いた浮遊性微生物による回分および連続流実験により得られた基質除去速度から硝化反応阻害の原因を検討した。

2. 回転円板付着微生物膜による有機物酸化・硝化 図-1は連続流で運転されていた回転円板付着生物膜による回分実験結果である³⁾。液本体TOC(ろ液)濃度は接触時間3時間まで急激に減少し、その後は、ほぼ一定濃度(約 20mg/l)を保っている。一方、硝化は2時間後から徐々に生じ、DO濃度も 3mg/l から徐々に高くなっている。このことからDOが初期に侵入する生物膜表面近傍は主に他栄養性細菌が存在しているためTOC酸化が初期に生じ、TOC酸化にDOが消費されなくなるとDOが生物膜深部に侵入し、硝化が生じたと考えられる。従って、生物膜表面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。あるいは、生物膜内は他栄養性細菌及び硝化菌濃度とも一様であるが、TOC酸化速度はDO濃度が低い初期でも高く、硝化速度は低く、TOC酸化にDOが消費されなくなると生物膜内DO濃度が高くなり、硝化速度が高くなったと考えられる。

3. 浮遊性微生物による有機物酸化・硝化 図-2は浮遊性微生物(硝化菌、返送汚泥)による生下水を用いた回分実験結果である⁴⁾。反応槽内TOC濃度は約 35mg/l (BOD換算で約 70mg/l)と高いが、硝化菌によるアンモニア除去は一定速度で生じている。このことは、他栄養性細菌が反応槽内に存在しなければアンモニア除去は0次反応であると言える。一方、返送汚泥によるTOC除去は10時間まで一定速度で生じているが、返送汚泥中に硝化菌が存在していなかったか、あるいはアルカリ度不足のため、アンモニア濃度の低下はほとんど見られない。図-3は浮遊性微生物(硝化菌、返送汚泥、硝化菌と返送汚泥の混合菌)による生下水を用いた回分実験結果である³⁾。反応槽内には硝化反応に必要なアルカリ度を添加した。硝化菌と返送汚泥の混合割合は約1/2である。返送汚泥、および硝化菌と返送汚泥の混合反応槽において、有機性窒素がアンモニア窒素に変化し、また生物膜分解可能なTOC酸化がほぼ終了し、DOが硝化のみに消費され始めたと考えられる反応槽内アンモニア濃度が 10mg/l 以下でのアンモニア除去速度定数 K_a は硝化菌槽(ru n2-1)が約 $0.00136(\text{gNH}_4\text{-N/時/gMLSS})$ 、硝化菌と返送汚泥の

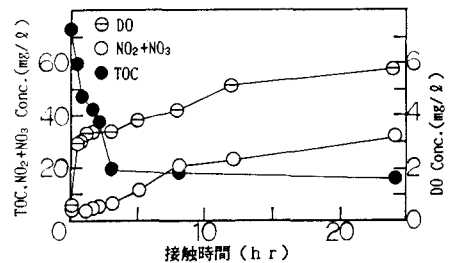


図-1 回転円板付着生物膜による有機物酸化・硝化

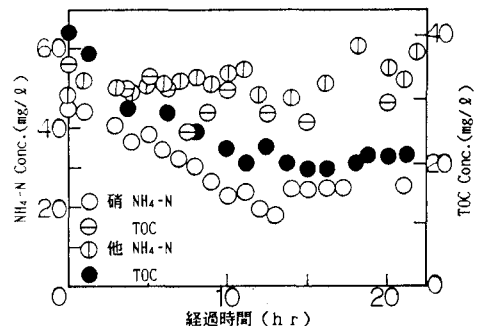


図-2 浮遊性生物による有機物酸化・硝化

混合槽(run2-2)が約0.00068 ($\text{gNH}_4\text{-N/時/gMLSS}$)、および返送汚泥槽(run2-3)が約0.00039 ($\text{gNH}_4\text{-N/時/gMLSS}$)である。run2-1の $K_a/2$ とrun2-3の $K_a/2$ との和は約0.00070 ($\text{gNH}_4\text{-N/時/gMLSS}$)となり、硝化菌と返送汚泥を半分ずつ混合したrun2-2の実験結果ともほぼ一致する。すなわち、他栄養性細菌および硝化菌の各々の培養条件が満足されれば有機物除去と硝化が、独立した生物反応として同一の反応槽内で進行したと考えられる。また、run2-1とrun2-3の K_a 値から推定すると、返送汚泥中に約25%の硝化菌が存在していたと考えられる。

4. 生下水で培養した硝化菌による硝化 図-4は返送汚泥(初期MLSS=2550mg/l,硝化菌濃度510mg/lと推定)、硝化菌と返送汚泥の混合菌(初期MLSS=2230mg/l,硝化菌濃度1200mg/lと推定)による回分実験結果である⁴⁾。各々の沈降汚泥1000ccに生下水2000ccと硝化反応に必要なアルカリ度を1日に一回加える fill and draw 方式により培養し、0, 4, 11, 19 日経過時の回分実験を行った。反応槽内MLSSは若干増加しているが、硝化菌の比増殖速度が他栄養性細菌のそれより小さいことから、この期間の反応槽内硝化菌濃度が一定とすると、実験結果(アンモニア濃度が10mg/l以下)より求めた K_a は経過日数に関係なく共に約0.0059 ($\text{gNH}_4\text{-N/時/g硝化菌}$)である。すなわち、硝化菌が他栄養性細菌と混合され、TOCを含む生下水で培養されても硝化菌の培養条件が満足されればその活性は低下しないと言える。

5. おわりに 生物学的有機物酸化・硝化反応においてTOCが高い反応槽では他栄養性細菌が優占し、TOCが低下するにつれて硝化菌が優占する。酸素が反応槽に一定量のみ供給されている場合TOC濃度が高い反応槽の酸素濃度は低い、他栄養性細菌は低い酸素濃度においてもTOC酸化反応に高い活性を持つ。硝化菌は、反応槽の酸素がTOC酸化反応に利用されず反応槽の酸素濃度が高くなるとアンモニア酸化反応に高い活性を持つ。本研究の結果以下の結論が得られる。

- 1) 回転円板付着生物膜表面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。あるいは、生物膜内は他栄養性細菌及び硝化菌濃度とも一様であるが、TOC酸化速度はDO濃度が低い初期でも高く、硝化速度は低く、生物膜内DO濃度が高くなると硝化速度が高くなると考えられる。
- 2) 他栄養性細菌が反応槽内に存在しなければ硝化菌によるアンモニア酸化は0次反応である。また、他栄養性細菌と硝化菌の混合槽において他栄養性細菌および硝化菌の各々の培養条件(特に、酸素濃度)が満足されれば、有機物除去と硝化が独立した生物反応として同一の反応槽内で進行すると考えられる。
- 3) 硝化菌が他栄養性細菌と混合され、TOCを含む生下水で培養されても硝化菌の培養条件が満足されればその活性は低下しない。

参考文献

- 1) 森山克美:活性汚泥法の浄化機構に関する基礎的研究,九州大学工学博士学位論文,昭和60年2月
- 2) 渡辺義公,西留清,石黒政儀: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, 14-23, 8(1980)
- 3) 西留清,森山克美,渡辺義公,石黒政儀: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,土木学会第40回年講第2部, 957-958, 9(1985)
- 4) 西留清,松永俊彦,田中隆:生物学的有機物酸化・硝化に関する基礎的研究,土木学会西部支部研究発表会, 280-281, 3(1988)

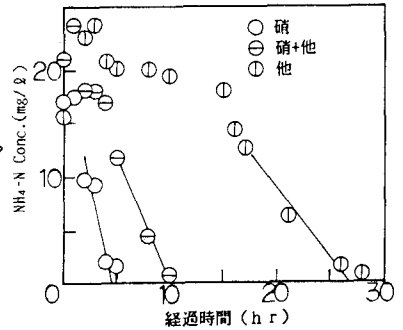


図-3 浮遊性生物による回分実験

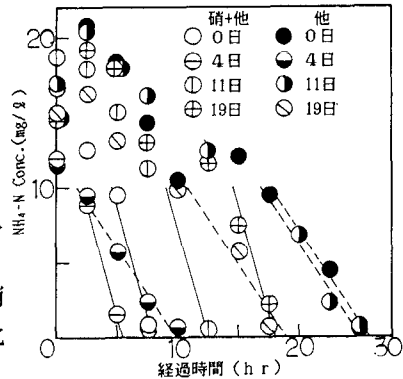


図-4 生下水培養菌による回分実験