

生物学的硝化反応に及ぼす影響因子に関する研究

鹿児島高専 ○学 重野達史 正 西留 清
宮崎大学 正 渡辺義公
九州大学 正 楠田哲也

1. はじめに

生物学的硝化反応に影響を与える因子として、BOD負荷率、pH、温度、基質(有機物、 $\text{NH}_4\text{-N}$)濃度、DO濃度等がある。主に有機物と $\text{NH}_4\text{-N}$ 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が低くなった時、硝化が起こる^{1,2)}。この原因として、反応槽内のMLSS、基質および酸素濃度の高低による硝化反応阻害および酸素摂取の難易差等が考えられる。しかし、他栄養性細菌および硝化菌の各々の培養条件(主に反応槽内基質と酸素濃度)等が満足され、他栄養性細菌および硝化菌が存在す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、BOD濃度が200mg/l、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 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した報告がある^{3,4)}。このように、いくつかの研究が、この問題解明のためになされているが、細部について未だ不明な点も少なくない。そこで、人工下水で培養した硝化菌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実験により得られた基質除去速度から主に反応槽内のMLSS、基質および酸素濃度の高低による硝化反応阻害の原因について検討を加えた。

2. 実験装置と実験方法

実験は参考文献⁵⁾と同じ装置で行った。生物学的有機物酸化・硝化反応において反応槽内のMLSS、基質および酸素濃度の高低により、なぜ硝化速度が低下するのかを明らかにするために表1～3に示す浮遊性微生物による実験を行った。人工下水培養硝化菌(以下硝化菌と称す)は、鹿児島高専下水処理場返送汚泥(以下返送汚泥と称す)に人工下水⁵⁾を1週間に2回加えるfill and draw方式により培養された。この硝化菌(図表では硝と略す)と、返送汚泥(図表では他と略す)を用いて以下の回分実験を行った。なお、本文では $\text{NH}_4\text{-N}$ 除去速度 $R_a(\text{g/h})$ をMLSS(α ・硝化菌)で除した値を硝化速度係数 $k_a(\text{gNH}_4\text{-N/gMLSS/h})$ とした。 α はMLSS中の硝化菌存在率を現すが便宜上 $\alpha = 1$ とした。

3. 結果と考察

3-1 有機炭素濃度が硝化反応に及ぼす影響

図1は反応槽内グルコースTOC濃度を0,16,32,80,160(mg/l)とした回分実験結果である。実験中の反応槽内DO濃度はいずれも4(mg/l)以上であり、後述(series 2)するように酸素濃度による硝化反応律速は殆どないと考えられる。また、反応槽に他栄養性細菌が殆ど存在しないため2番ろ紙でろ過したろ液TOCは酸化されなかった。反応槽内DO濃度が最も変化しない50～100(min)の硝化速度はほぼ等しく、このことは、硝化菌だけが存在する反応槽では硝化反応にTOC濃度は無関係であり、阻害作用を及ぼさないことを示している。

3-2 酸素濃度および曝気量が硝化反応に及ぼす影響

図-2はseries 2の実験結果の一部(series 2-1)である。反応槽に NH_4Cl を投入する以前から反応槽を曝気していたため、いずれの実験においても初期DO濃度は高い。このためそれぞれの

硝化反応速度係数は、ほぼ変動しないもっと低いDO濃度範囲で求めた。図

表-3は硝化反応速度係数(k_a)とDO濃度の関係である。硝化反応速度係数はDO濃度が0～約3(mg/l)までは急激に高くなり、3(mg/l)以上になるとさほど高くなっていない。図中の実線は最大硝化速度係数を0.003(1/h)としたと

表-1 実験series 1

(反応槽内平均MLSS=2760 mg/l)

実験番号	1-1	1-2	1-3	1-4	1-5
$\text{NH}_4\text{Cl}(\text{mg/l})$	76.7	76.7	76.7	76.7	76.7
$\text{NaHCO}_3(\text{mg/l})$	240	240	240	240	240
ろ液TOC(mg/l)	25	35	45	85	165

表-2 実験series 2

(反応槽内平均MLSS=3580 mg/l)

実験番号	2-1	2-2	2-3	2-4	2-5
$\text{NH}_4\text{Cl}(\text{mg/l})$	76.7	76.7	76.7	76.7	76.7
$\text{NaHCO}_3(\text{mg/l})$	240	240	240	240	240
曝気量(l/min)	6	88	133	267	667

表-3 実験series 3

実験番号	3-1	3-2	3-3	3-4
MLSS(mg/l)	65	326	652	967
DO濃度(mg/l)	6.6	6.1	6.1	5.0

きのMonodの式によって現した硝化速度係数である。図中に示す k_o の値を森山³⁾は 2.0mg/l (MLSS=690~1000 mg/l)であると報告している。筆者等の計算では $k_o=0.4\text{mg/l}$ で実験値とほぼ一致する。

3-3 反応槽内硝化菌濃度が硝化反応に及ぼす影響

渡辺等⁴⁾は、人工下水を用いて反応槽内硝化菌濃度が硝化反応に及ぼす影響(MLSS=250~8000 mg/l , エアレーション強度=0.6~3.3 l/l/min)を報告しているが、この実験ではDO濃度の測定がなされていなかった。筆者等はserise2で明らかにしたようにDO濃度が硝化速度係数に殆ど影響を与えないDO濃度を保って実験を行った。表中に示すDO濃度は実験中の最低濃度である。図-4は硝化菌濃度(MLSS)と硝化速度係数の関係である。MLSSが1000 mg/l 以内では硝化速度係数は約0.0085(1/h)となり、殆ど変わらないと言える。しかしながら、渡辺等の実験ではMLSSが200と1000 mg/l での硝化速度係数はエアレーション強度が3.3 l/l/min で0.067と0.038(1/h)、0.6(l/l/min)で0.065と0.021(1/h)となり、約2~3倍の差が生じている。水温はいずれの実験でも25℃であり、硝化速度係数をMLSS=200(mg/l)と比較すると筆者等の求めた値は渡辺等の約1/8(0.0085/0.067)である。したがって、MLSS中の硝化菌存在量が渡辺等の実験では8倍大きかったと言え、MLSS濃度が高くなるほどDOが浮遊しているフロック最深部まで浸透せず、MLSS当りの活性硝化菌量が減少し、MLSS濃度が硝化反応に影響を及ぼしたと言える。

4. おわりに

本研究の結果以下の結論が得られる。

- 1)硝化菌だけが存在する反応槽では、硝化菌によるアンモニア酸化は零次反応であり、硝化反応にTOC濃度は無関係である。
- 2)硝化反応速度定数は、DO濃度が0~約3(mg/l)までは急激に高くなり、3(mg/l)以上になるとさほど増加しない。
- 3)反応槽内DO濃度が高く、しかもMLSS中の活性硝化菌が変化しない限りMLSS濃度は硝化速度係数に影響を及ぼさない。

参考文献

- 1)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)
- 2)E.L.Stover and D.F.Kincannon: One-Step Nitrification and Carbon Removal, Water and Sewage Works, Vol.122, No.122, June, 1975, 66-69
- 3)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
- 4)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)
- 5)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)

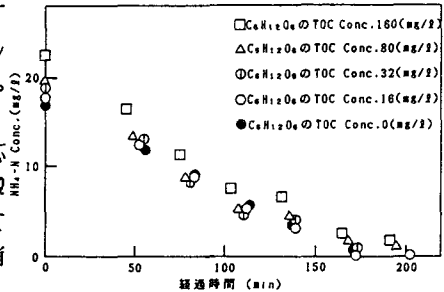


図-1 回分実験(serie 1)

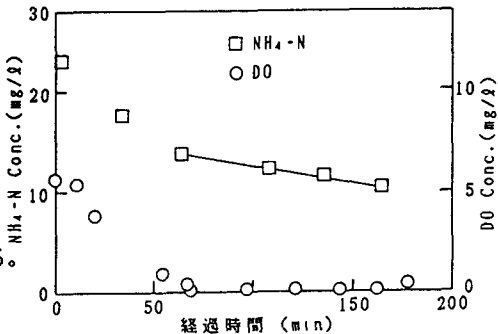


図-2 回分実験(serie 2-1)

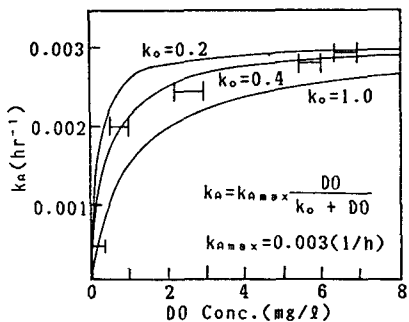


図-3 硝化反応速度係数とDO濃度の関係

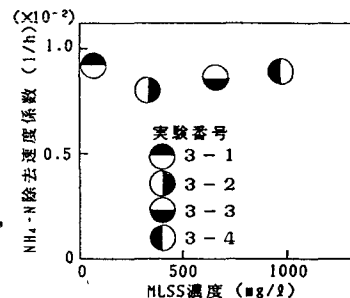


図-4 MLSS濃度とNH₄-N除去速度係数の関係