

# 15 エアレーションタンクでの硝化と影響因子について (その2)

水質管理課

○ 蓮野智久  
坂本俊彦  
片山昌子

## 1. はじめに

活性汚泥法による処理においては、炭素系の処理だけではなく、窒素系の処理も重要である。エアレーションタンクで硝化促進型の運転をすると、処理水質が安定するということが報告されており、本市でも、エアレーションタンクの運転は硝化を進める方向で行っている。筆者らは硝化反応の影響因子として空気量に注目し、前報では、空気量と酸素供給速度、呼吸速度、硝化速度、溶存酸素濃度の関係を説明し、炭素系の有機物濃度の硝化に与える影響について調査を行った。今回は、夏季と冬季に活性汚泥の硝化速度を水温、空気量を変えて測定し、同時にアンモニア酸化細菌（以下、亜硝酸菌）と亜硝酸酸化細菌（以下、硝酸菌）の菌数の測定を併せて行い、活性汚泥の硝化能力について調べたところ、一定の知見が得られたので報告する。

## 2. 硝化速度、空気量、呼吸速度、溶存酸素濃度の関係

前報で述べたように、活性汚泥の呼吸速度 $R_r$ は、一般の通性好気性菌による炭素系の呼吸速度 $ATU-R_r$ と亜硝酸菌、硝酸菌による窒素系の呼吸速度 $N-R_r$ に分けられる。活性汚泥中の亜硝酸菌、硝酸菌の数が $10^5 \sim 10^7$ のオーダーであるのに対して、通性好気性菌の数は $10^8 \sim 10^9$ といわれており、通性好気性菌の数が1桁以上多いため、供給された酸素は通性好気性菌に優先的に利用されると考えられる。その結果、 $ATU-R_r$ は呼吸速度の基礎部分として存在し、酸素の供給速度が $ATU-R_r$ を上回った時、この差分を $N-R_r$ として利用することができると考えられる。そして、酸素供給速度と $R_r$ の差が溶存酸素濃度として表される。

(図-1)

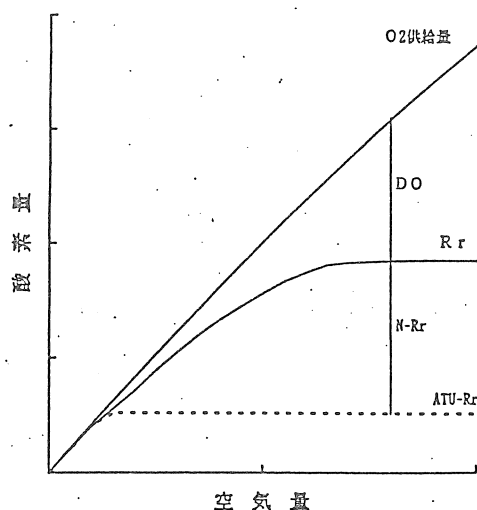


図-1 空気量とDOと硝化速度

## 3. 実験方法および実験条件

### ①硝化実験

硝化実験に用いた装置は容量5リットルのリアクターで、前報での実験に用いたものと同じである。水温、空気量及び攪拌条件は精度良くコントロールすることができる。表-1に実験の条件を示す。硝化の進みやすい時期（10月4日）と進みにくい時期（2月6日）に水温、空気量を変えて硝化実験を行い、各形態別の窒素、 $R_r$ 、 $ATU-R_r$ 、DOの測定をし、硝化速度を求めた。

### ②亜硝酸菌数、硝酸菌数の測定

活性汚泥の硝化速度を測定した時の亜硝酸菌数、硝酸菌数について、抗原抗体反応による凝集作用を利用した簡易測定キットを用いて測定した。

### ③エアレーションタンク機能調査

実施設での硝化速度の状況を知るために、7月と2月にエアレーションタンクの機能調査を行った。4分割された中部下水

表-1 実験条件

日付	10/4	2/6
水温 (°C)	15, 20, 25	15, 20, 25
M L S S (mg/l)	1480, 1400, 1650	1800, 1650, 1700
空気量 (ml/分)	300, 600, 1000	300, 600, 1000
回転数 (rpm)	100	100
原水 NH <sub>4</sub> -N (mg/l)	8.0	13.2

処理場のエアレーションタンクの各槽を水塊を追跡する形で、各形態の窒素、Rr、ATU-Rr、DOの測定を行い、槽ごとに硝化速度を求めた。

#### 4. 結果及び考察

##### ①硝化実験

図-2, 3にそれぞれ、10月と2月に行った硝化実験の硝化速度と水温、空気量の関係を示す。10月の結果では15℃の硝化速度は、どの空気量でも2mgN/g\*H位であった。空気量300ml/分では20℃になってもあまり大きくなり、25℃では低下した。空気量600ml/分、1000ml/分の場合、20℃では、両者とも、硝化速度が大きくなったが、25℃では、600ml/分は低下し、1000ml/分は20℃の場合とほとんど変わらなかった。2月の結果は、空気量300ml/分では水温が上がるにつれ硝化速度が小さくなった。空気量600ml/分では20℃までは硝化速度は変わらなかったが25℃では小さくなった。空気量1000ml/分では硝化速度は20℃で大きくなったが25℃では変わらなかった。硝化の進みにくい低水温期であるにも関わらず、硝化速度の最大値は10月の3mgN/g\*H弱に対して2.5mgN/g\*H程度と、あまり差はなかった。図-4に硝化実験開始60分後に測定した10月と2月のATU-Rrの水温による変化を示す。ATU-Rrは2月の方が10月よりも高い値を示しており、また、両者とも、水温が上がると、大きくなり、25℃の値は15℃の約2倍であった。一般に水温が上がると、硝化菌の活性が増し、硝化速度も大きくなると考えられるが、呼吸の基礎部分であるATU-Rrも大きくなるため、空気量が制限された条件下では硝化速度が大きくなるとは限らない。2月の結果では、空気量300ml/分、600ml/分の

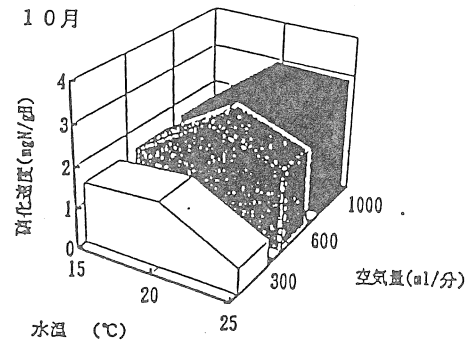


図-2 空気量と水温と硝化速度の関係

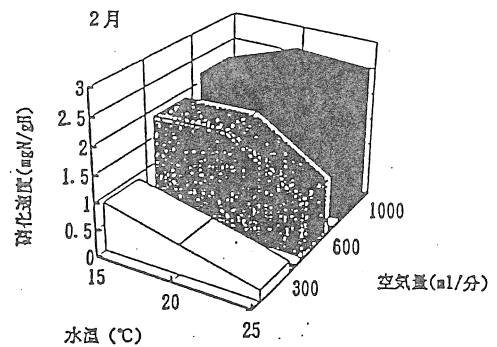


図-3 空気量と水温と硝化速度の関係

RUNで水温が高くなっても硝化速度が大きくなり、むしろ低下する傾向があるのは、その高い炭素系の酸素消費速度のためだといえる。そしてこの場合、水温が低い方が硝化速度は大きいので、ブロー能力が窒素の負荷まで考えると十分でない下水処理場の場合、水温の高く、ATU-Rrが大きい時期にかえて硝化が進みにくいことも考えられる。実際に、筆者らは、中部下水処理場の維持管理上、水温が25℃を超える8月、9月よりも、20℃程度の11月、12月の方が硝化が進みやすかったことを経験している。表-2に空気量2000ml/分で硝化実験を行った時の硝化速度の最大値とその時のDO濃度を示す。図-2, 3で硝化速度の最大値に大きな差はなかったが、空気を十分供給した場合、その差はもっと小さく、むしろ2月の方が大きい値であった。硝化の進みやすいといわれている10月でも、進みにくいといわれている2月でも活性汚泥の硝化能

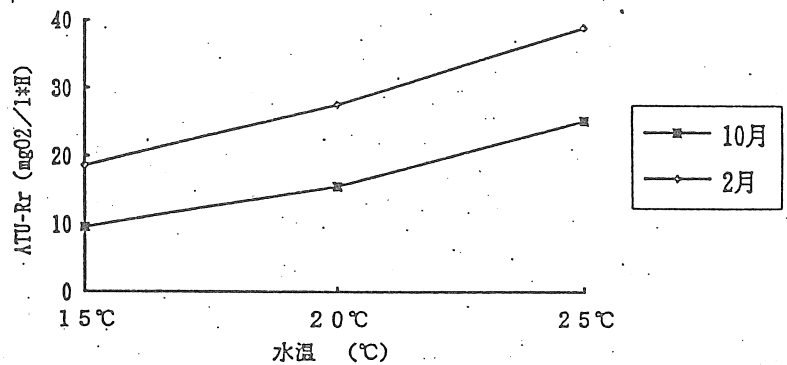


図-4 ATU-Rrの水温による変化

表-2 硝化速度 最大値

		15℃	20℃	25℃
2月20日	速度	2.0mg/gH	3.6mg/gH	3.8mg/gH
	DO	7.4mg/gH	6.0mg/gH	4.2mg/gH
10月17日	速度	-	3.4mg/gH	-
	DO	-	4.9mg/gH	-

空気量 2000ml/分

図-2, 3で硝化速度の最大値に大きな差はなかったが、空気を十分供給した場合、その差はもっと小さく、むしろ2月の方が大きい値であった。硝化の進みやすいといわれている10月でも、進みにくいといわれている2月でも活性汚泥の硝化能

力には差はないといえよう。

②亜硝酸菌数, 硝酸菌数の季節変化

今回, 亜硝酸菌数, 硝酸菌数の測定に用いた測定キットでは, サンプルを2倍づつ希釈していき, 亜硝酸菌, 硝酸菌がある一定濃度以上あれば凝集反応を起こす抗体ラテックスを添加し, 凝集反応を起こした希釈水準を調べることで菌数を測定する方法を用いている。表-3に測定結果を示す。亜硝酸菌数は, いつも同じ菌数であった。硝酸菌数は10月17日のMLSSの低い系列, 2月, 3月に低い傾向があった。しかし, 今回の測定方法では希釈段階が1段違うだけなので, はっきりとした差があるとはいえないだろう。

表-3 硝化菌数測定結果

日付	系列	MLSS	亜硝酸菌	硝酸菌
9月26日	1系	1460mg/l	$6.4 \times 10^{-6}$	$6.4 \times 10^{-5}$
10月17日	1系	1880mg/l	$6.4 \times 10^{-6}$	$6.4 \times 10^{-5}$
	2系	1330mg/l	$6.4 \times 10^{-6}$	$3.2 \times 10^{-5}$
2月6日	1系	1570mg/l	$6.4 \times 10^{-6}$	$3.2 \times 10^{-5}$
2月8日	1系	1700mg/l	$6.4 \times 10^{-6}$	$3.2 \times 10^{-5}$
3月13日	1系	1930mg/l	$6.4 \times 10^{-6}$	$6.4 \times 10^{-5}$
	2系	1660mg/l	$6.4 \times 10^{-6}$	$3.2 \times 10^{-5}$

亜硝酸菌数, 硝酸菌数とも, 1年を通じてそれ程大きな変動はしていないと考えられる。そのため, 表-2のように活性汚泥の硝化能力には差が無かったのだろう。

③エアレーションタンクでの硝化の状況

図-5に7月と2月に行ったエアレーションタンク機能調査の結果を示す。7月の結果では1槽目から小さい値ではあるが硝化が始まり2, 3槽目で大きな値を示した。4槽目では硝化は終わっており, RrとATU-Rrはほぼ同じ値を示していた。2月はATU-Rrの高い1槽目では硝化は全く起こっておらず, ATU-Rrの下がった2槽目から硝化が始まった。高いATU-Rrのために硝化速度が影響を受けていたといえよう。2月の調査時には最終沈殿池の工事のため, 負荷を軽くしていたので送気量を小さくして運転していた。このことも2月の調査時の硝化速度が小さかったことに影響していたと考えられる。しかし, どちらの場合も, 硝化は完了していた。亜硝酸菌, 硝酸菌が利用した基質の量に比例した数だけ増殖するのだと考えると, 基質となるエアレーション

		7月11日			
		水温 26.2℃ MLSS 1800mg/l			
		1槽目	2槽目	3槽目	4槽目
Rr		28.7mgO <sub>2</sub> /l*H	25.6mgO <sub>2</sub> /l*H	18.4mgO <sub>2</sub> /l*H	7.6mgO <sub>2</sub> /l*H
ATU-Rr		14.0mgO <sub>2</sub> /l*H	12.0mgO <sub>2</sub> /l*H	10.2mgO <sub>2</sub> /l*H	8.1mgO <sub>2</sub> /l*H
DO		-	1.4mg/l	4.0mg/l	7.3mg/l
硝化速度		1.2mgN/l*H	3.0mgN/l*H	4.2mgN/l*H	0.2mgN/l*H
空気量		555m <sup>3</sup>	511m <sup>3</sup>	590m <sup>3</sup>	527m <sup>3</sup>
		2月6日			
		水温 16.3℃ MLSS 1700mg/l			
		1槽目	2槽目	3槽目	4槽目
Rr		21.6mgO <sub>2</sub> /l*H	20.4mgO <sub>2</sub> /l*H	18.0mgO <sub>2</sub> /l*H	15.6mgO <sub>2</sub> /l*H
ATU-Rr		19.2mgO <sub>2</sub> /l*H	16.8mgO <sub>2</sub> /l*H	13.2mgO <sub>2</sub> /l*H	10.8mgO <sub>2</sub> /l*H
DO		0.11mg/l	1.3mg/l	2.6mg/l	3.6mg/l
硝化速度		0mgN/l*H	1.07mgN/l*H	2.26mgN/l*H	1.68mgN/l*H
空気量		384m <sup>3</sup>	384m <sup>3</sup>	408m <sup>3</sup>	378m <sup>3</sup>

図-5 エアレーションタンク調査結果

タンクに流入してくるNH<sub>4</sub>-Nの量に見合った数だけ亜硝酸菌, 硝酸菌が存在できることになる。そのため1年を通して亜硝酸菌, 硝酸菌の数が変わらないのだということが考えられる。

硝化速度の最大値は7月11日の3槽目で4.2mgN/l\*H, 2月6日の3槽目で2.26mgN/l\*Hであった。これは, gSS当たりでは2.3mgN/g\*H, 1.3mgN/g\*Hであり, 活性汚泥の硝化能力(表-2)の6割程度であった。エアレーションタンク内では, 前半は高いATU-Rrのため, 空気量が不足し, 硝化速度が小さくなるのだと考えられる。冬季のATU-Rrの高い時期に効率的に硝化を進めるためには, 前半の空気量を確保することが大切であろう。

5. まとめ

今回の調査の結果, 活性汚泥の硝化能力には1年を通じて大きな差のないことがわかった。硝化速度は空気量, 有機物濃度, 水温の影響を受け, 硝化促進のためには空気量を確保する運転と炭素系の負荷と窒素系の負荷に見合ったブロー, 散気装置の能力が必要である。