

II-32 硝化に関する研究（汚泥硝化能力の簡単な測定方法）

勤務先 札幌市創成川処理場
 会員資格 無し
 著者名 西岡 輝
 紅露 尚志

1. はじめに

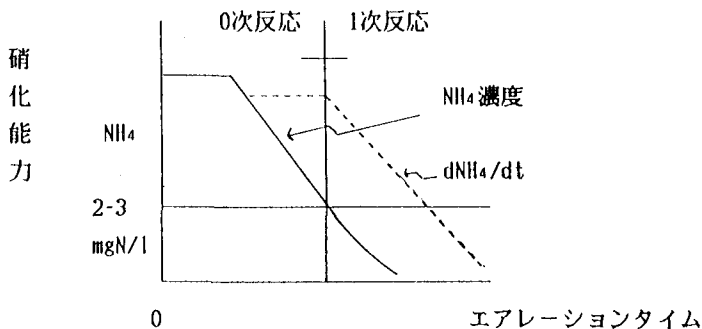
硝化に関する研究が下水道協会誌等をにぎわしてから、10数年たつ。実際、当創成川処理場及び札幌市内各処理場においても、処理水の窒素酸化に係るBOD値（いわゆるNOD値）が高く、BOD値が単に有機物汚濁の指標ではないことが多く起こっている。また、硝化を進めるために、いたずらに送気量を増すことには問題がある。（補足-1, 2, 3 参照）

汚泥の硝化能力は、最大硝化速度（ dNH_4/dt_{max} ：最大アンモニア除去速度： NH_4 濃度に関係なく一定、図1参照）をもって指標とすべきと考えられている。この指標と汚泥中の硝化菌数との間には相関が見られた。（図-2参照）

しかし、最大硝化速度も硝化菌数もその測定に時間を要するため、この最大硝化速度に対応すると考えられる酸素消費速度（硝化に係る最大酸素消費： NRR ）を汚泥の硝化能力の指標として代用できないか調査したところ、双方に高い相関が見られたのでここで報告する。

2. 試験方法

- 1) MLDO 隔膜電極法
- 2) NH_4-N 下水試験方法のインドフェノール青吸光光度法
- 3) NO_2-N 下水試験方法のN-(1-ナフチル)エチレンジアミン吸光光度法
- 4) NO_3-N STANDARD METHODのUV法
- 5) C-BOD ATU 2mg/l 添加
- 6) NA（硝化菌活性） NH_4-N 10mg/l 添加
- 7) 硝化菌数（アンモニア酸化細菌数） 土壤微生物実験法のMPN法



$$(dNH_4/dt) = (MLDO / (I_{ln} + MLDO)) * (NH_4 / (K_n + NH_4)) * V_{max} * C^{(1-2\theta)}$$

但し、 I_{ln} , K_n , V_{max} , C は定数である。

図-1 曝気時間とアンモニア濃度及びアンモニア除去速度との関係

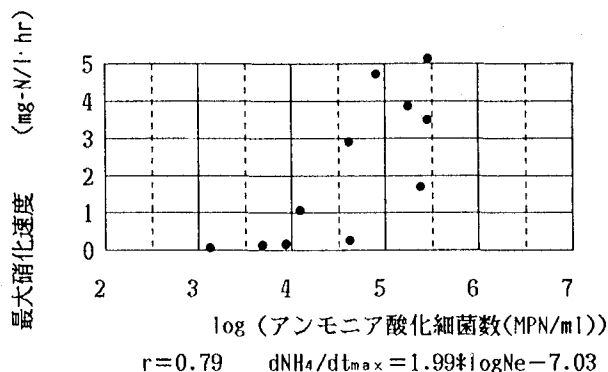


図-2 モデルエアレーションタンクにおける最大硝化速度と硝化細菌数の関係

3. 汚泥の硝化能力の簡単な測定方法

3-1 方法

1) $d\text{NH}_4/dt_{\max}$ の測定

各施設の返送汚泥と創成川処理場の初沈出水を混合曝気し、一定時間中における NO_2 と NO_3 の濃度の増分を測定した。(ただしこの時の $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度は 3mg/l 以上のものを採用した。)

2) $\text{NRr}_{\max}$ の測定

MLSSに NH_4 を添加し(10mg/l 以上)測定した酸素消費速度($\text{R}_{\text{add NH}_4}$)とATUを添加(10mgATU/l)して測定した酸素消費速度($\text{R}_{\text{add ATU}}$)の差として求めた。

$$\text{NRr}_{\max} = \text{R}_{\text{add NH}_4} - \text{R}_{\text{add ATU}}$$

3-2 結果及び考察

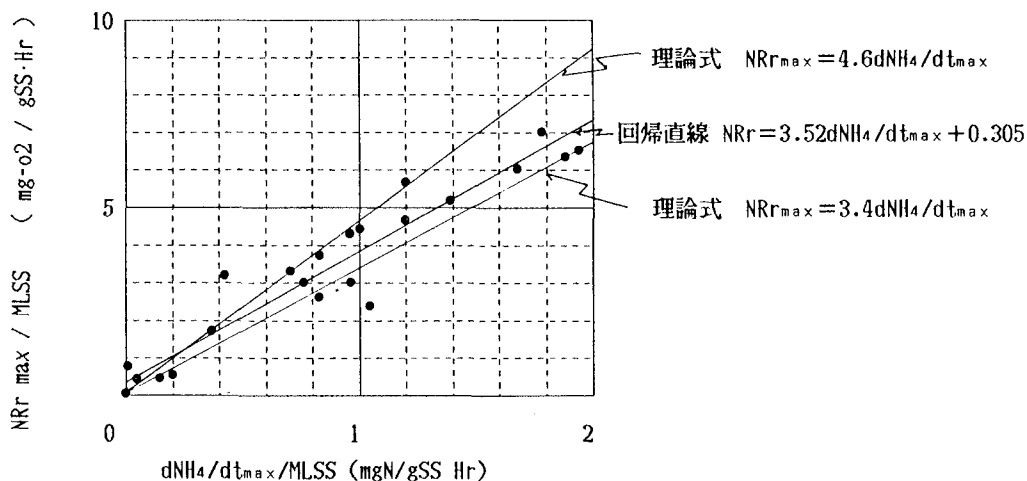


図-3 $d\text{NH}_4/dt_{\max}$ と $\text{NRr}_{\max}$ の関係 $r=0.96$

最大酸素消費速度 (dNH_4/dt_{max}) と硝化に係る最大酸素消費速度 (NR_{max}) の間には、図-3に示す様に相関が認められた。

従って、 NR_{max} は汚泥硝化能力 (最大硝化速度) の代用指標となり得るだろう。

また、図-3の回帰直線は、 NH_4 が全て NO_3 まで酸化する時の (1gのアンモニア性窒素を硝酸性窒素まで酸化するのに4.6gの酸素が必要) 理論式 $NR=4.6(dNH_4/dt_{max})$ と NH_4 が NO_2 まで酸化する時の (1gのアンモニア性窒素を亜硝酸性窒素まで酸化するのに3.4gの酸素が必要) 理論式 $NR=3.4(dNH_4/dt_{max})$ との間に位置している。

このことは、實際上 $NH_4-NO_2-NO_3$ という一連の反応において、 NH_4-NO_2 反応が律速反応であることからエアレーションタンク末端に於てそのほとんどが硝酸性窒素のかたちで、一部がアンモニア性窒素及び亜硝酸窒素のかたちで存在していることを示している。

3-3 まとめ

処理場を維持管理していく上で、硝化は大きな問題となっている。これに着目した運転が必要となっている。

エネルギー的観点から観て運転方法は硝化抑制型が望ましく、 NR_{max} は運転管理していく上での一つの指針値になりえるだろう。

今後の課題としては、 NR_{max} と各種操作要因 (SRT, MLDO等) との関係を明らかにすること、硝化菌の増殖を含めて NR_{max} と NOD との関係を調べること、更には硝化を人為的に操作していくことにある。

補足-1

創成川処理場においては、SS、PHに関しては通常の運転 (MLSS 1500~2000mg/l、空気倍率4~5倍、SRT 4~8日) をしている限り、規制値を上回することは在り得ない。

また、大腸菌数に関してはエアレーションタンク末端のDOを1.5mg/l程度与えておけば規制値をクリアできるし、その必要性生じ次第塩素滅菌により対応できる。

しかし、BODに関する限り、C-BODは5mg/l以下と安定しているものの、NODに対しては、その変動が著しく、また、硝化に着目した操作方法も確立しておらず、BODが容易に規制値を上回る危険性がある。

今、硝化を考慮した運転方法は表-1に示した様に3通りがある。

表-1

(NH ₄ -N濃度)	メリット	デメリット
完全硝化 (1mg/以下)	1)NODが発現しない。 2)河川での酸素消費もない。	1)送気量が増大する。 2)終沈で汚泥が浮上しやすくなる。
不完全硝化 (1-10mg/l)	無し	1)NODの発現する可能性 2)送気量も硝化停止に比べ増大する。(MLDOで 処理状況を判断しづらくなる。) 3)終沈で汚泥が浮上しやすい。 4)河川での酸素消費(NOD)は残る。
硝化抑制 (10mg/l以上)	1)送気量の減少 2)MLDOで処理状況が判別し易くなる 3)脱窒による汚泥浮上はない	1)NODの発現する可能性は少ない 2)河川での酸素消費(NOD)は残る

これらの運転状況を定量的に把握するため、アンモニア濃度及びMLDOの測定が考えられるが、NH₄-N、MLDOを測定しただけでは、上述した3通りのうちどの運転となっているか判断しかねる。

そこでNR_{rmax} (汚泥硝化能力) という考えを導入した。

補足-2

硝化に着目し積極的にNODを抑えるといった運転方法は完全硝化と硝化抑制とが考えられる。61年9月末、当創成川処理場に於て送気量を増すことによる(空気倍率を6.2倍から9.4倍)完全硝化を目指したが、エアレーションタンク内で硝化はある程度進行したものの、処理水中のアンモニア濃度が2~3mg/l程度にしか落ちず硝化菌活性も高かったため不完全な硝化進行にしかならず結局NODを下げる積極策にはならなかった。

このこと及び経済性を考えても積極的にNODを抑える方法としては硝化菌活性を安定して抑制する硝化抑制型運転をしてゆくことが妥当だと考えられる。

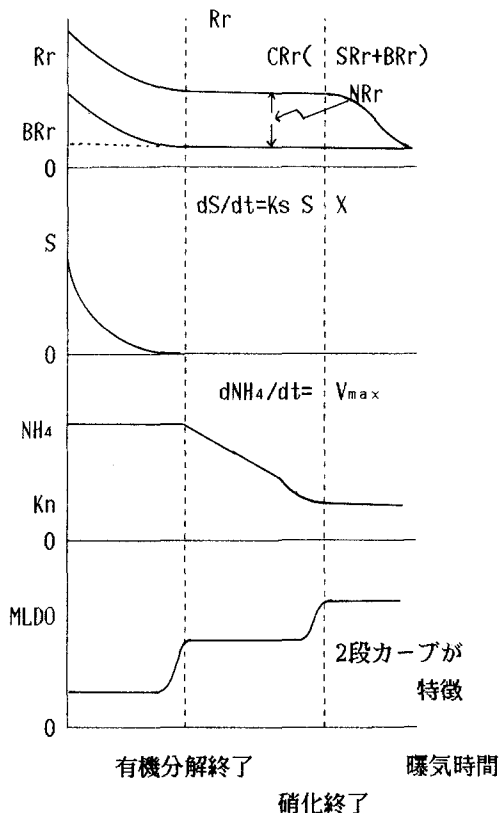
補足-3

硝化反応に影響を与える因子として、水温、PH、アルカリ度、MLDO、NH₄-N、SRT等が考えられるが、実際上の操作因子としてはMLDOとSRTが挙げられる。

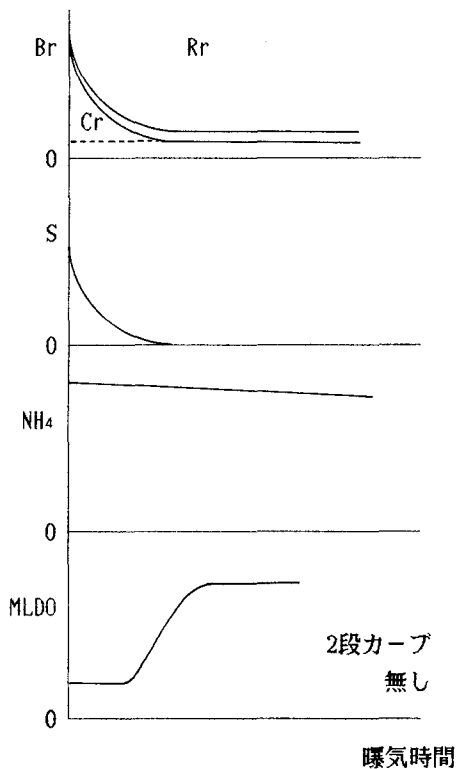
完全硝化型運転をするためには1) SRTを硝化菌の増殖速度(水温の関数)の逆数より長くすること、2) MLDOは2mg/l以上にすることが、一方、硝化停止型運転をするためには1) SRTを硝化菌の増殖速度(水温の関数)の逆数より短くすること(制限曝気を含む)が、2) MLDOは有機物分解及び大腸菌群除去に支障のない程度(1mg/l程度)にすることが必要である。

補足-4 汚泥の硝化能力とMLDOの関係

1) 汚泥の硝化能力大の場合



2) 汚泥の硝化能力小の場合



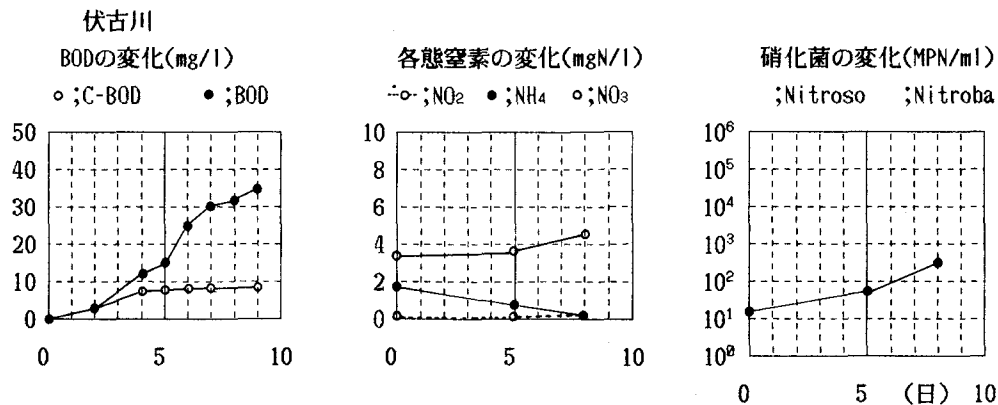
4. 参考 BOD測定時のふらん瓶中の硝化菌数とNODの関係

ふらん瓶中初期(0日目)の硝化菌数とNA(硝化菌活性)との間には相関が無いことが言われている。

(NODの影響因子に関する考察 第22回下水道研究発表会講演集より)

そこで、BOD及びふらん瓶中の各窒素形態、硝化菌数の経日変化を調べてみた。

(図-4)



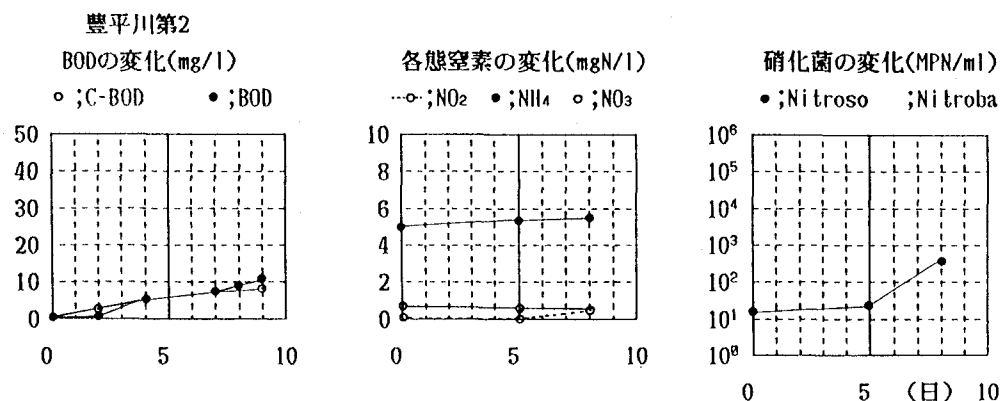


図-4 BOD及びふらん瓶中の各窒素形態、硝化菌数の経日変化

上図に示すように硝化菌はふらん瓶中で確実に増加していることが分かる。しかし、その増殖速度は施設によって異なるようである。例えば、伏古川(処)、豊平第2(処)ともに0日目の硝化菌数は同じく、後者の処理水の方が、DO消費速度も小さく、しかも、NH₄濃度も高いにもかかわらずその増殖速度は前者に比べて小さい。この原因としては、処理水の水質及び施設のなものが考えられるが明らかではない。

4-2 方法

処理水BOD測定時における0日、5日、8日目のふらん瓶中のアンモニア酸化細菌数と、NOD* (希釈倍率を掛ける前の値)の増加速度の関係をみた。(図-5)

但し、それ等のデータはNH₄-N濃度の影響をできるだけ除外するために、NH₄-N濃度が、1mg/l以上のものとした。

4-3 結果

- 1) 図-5より、ふらん瓶中の硝化菌数と $dNOD^*/dt$ (硝化に係わる酸素消費速度)の間には、相関がみられる(相関係数 $r=0.67$) が、かなりばらつく。

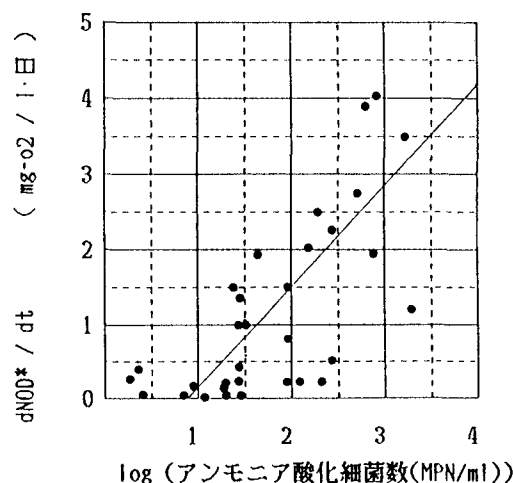


図-5 アンモニア酸化細菌数とNOD*の増加速度の関係