

— 硝化反応に及ぼすDOの影響 —

九州大学 工学部 学生員 古賀 亮一
学生員 森山 克美
正 員 栗谷 陽一

1.はじめに 生物学的廃水処理におけるBOD細菌と硝化菌の混合培養系に関する従来の研究では、各々の制限基質としてBOD, $\text{NH}_4\text{-N}$ を採用している。本研究は、硝化反応に及ぼすDOの影響が顕著であることに着目し、BOD除去-硝化混合プロセスに及ぼすDOの影響を明らかにしようとするものである。本文では、DO制限下において活性汚泥を用いた回分実験、及び平均細胞滞留時間制御による連続流実験を行い、硝化反応の制限基質としてDOを速度論的に取り扱うことの妥当性について検討を加える。

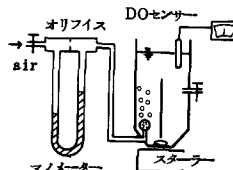


図-1 回分式実験装置

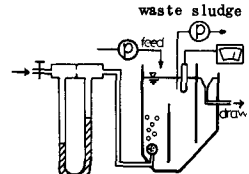


図-2 連続流実験装置

表-1 培地組成

NH_4Cl	0.382
NaHCO_3	1.21
K_2HPO_4	1.0
NaCl	0.3
$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	0.2

(g/l)

表-2 培地組成

Glucose	0.20
NH_4Cl	0.382
NaHCO_3	1.21
K_2HPO_4	0.30
K_2HPO_4	1.05
NaCl	0.3
$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	0.2

2.実験方法 1)回分実験 DO制限下における回分実験は図-1に示す完全混合型曝気槽を用い、曝気量の小さいものはスターラーを用い攪拌強度を高めた。曝気量は、DO濃度が0.3~8mg/lの所定の値になるようにバルブで調整した。曝気量の定常性はモニターで監視し、所定時間毎にDO濃度、及び各物質を測定した。硝化実験、及びBOD除去-硝化実験の培地組成は表-1, 2に示す。

2)連続流実験 平均細胞滞留時間制御による連続流実験は、図-2に示す曝気装置を用い、水理学的滞留時間 $\theta = 6$ hr, 平均細胞滞留時間 $\theta_c = 20$ dayに設定した。流入基質濃度はグルコース100mg/l, $\text{NH}_4\text{-N}$ 50mg/lで、他の無機塩類は表-2と同様である。実験に用いた汚泥は、都市下水処理場返送汚泥を表-1、及びグルコース濃度、 NH_4Cl 濃度を各々0.25g, 1gにした表-2と同様の培地で数ヶ月培養したものである。なお、水質分析は0.45μmミリポアフィルター濾液について下水試験法により行った。

3.実験結果と考察 1)回分実験 硝化実験の代表的な水質変化を示すものとして、DO 2.29mg/lにおける回分実験の結果を図-3に示す。 $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度は直線的に減少しており、本実験の濃度範囲においては硝化反応が $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度に関して0次反応であることが分る。また、硝化反応は亜硝酸型となっている。一斉、DO濃度は、0.5~2.5hrの間でほぼ一定値であり、硝化反応により消費される酸素量と曝気により供給される酸素量が平衡している。図-4にDO濃度をパラメータにした各曝気槽の $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度の変化を示す。これによるとDO濃度0.3~6.83mg/lまで総て硝化反応は、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度に関して0

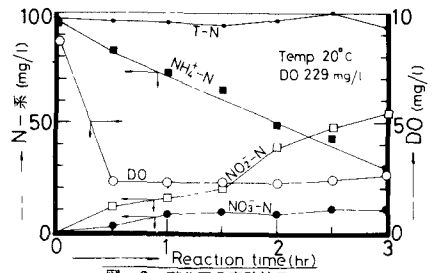


図-3 硝化回分実験結果-1

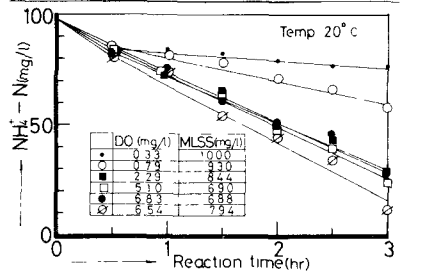


図-4 硝化回分実験結果-2

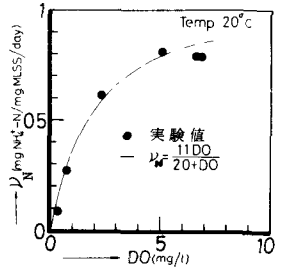


図-5 比消費速度 μ とDO濃度

次反応となり除去速度がDO濃度に依存していることが分る。そこでDOが一定になっている時間内における NH_4^+-N の比消費速度 V_N を求め、DOに対してプロットしたものが図-5である。明らかに、比消費速度がDOの関数となっており、DOを制限基質としたMonod式で近似できることが分る。次に、BOD除去-硝化混合プロセスにおける回分実験結果を示す。代表的な水質変化を図-6に示す。 NH_4^+-N 、CODは直線的に減少しており、硝化実験と同様の0次反応となっている。また、この場合硝化反応は、硝酸型となっている。図-7は、DO濃度をパラメーターにした各曝気槽の NH_4^+-N 、COD濃度の変化を示すものである。図によるとCOD除去速度は、DOが約1mg/l以下の場合を除いてほぼ等しく、DOの影響を殆ど受けていないことが分る。一方、 NH_4^+-N 除去速度は、各DO濃度に対してかなりの差が見られ、DOに依存していることが分る。次に、 NH_4^+-N 、CODの比消費速度をDO濃度に対してプロットしたものを図-8に示す。CODの比消費速度は、 NH_4^+-N に比べると著しく大きく、またDO1mg/l以上では殆ど変化していない。 NH_4^+-N の比消費速度は、図-5に示した硝化実験で得られたものと同等な関数形をしていることが分る。以上のことから硝化反応については、硝化菌による NH_4^+-N の酸化に及ぼす NH_4^+-N およびDOの影響が、双方に關するMonod式の積で近似できると考えられる。次に、窒素系の継起反応について考察を加える。図-3、4に示す硝化実験における亜硝酸型硝化反応によれば、 $\text{NH}_4^+-\text{N} \rightarrow \text{NO}_2^--\text{N} \rightarrow \text{NO}_3^--\text{N}$ という継起反応の中で、亜硝酸化がDOの影響を受け、 NO_2^--N 生成速度が図-4に示す NH_4^+-N 除去速度となって現れている。一方、BOD除去-硝化混合プロセスにおける硝酸型硝化反応では、 $\text{NO}_2^--\text{N} \rightarrow \text{NO}_3^--\text{N}$ の反応過程は十分進行することを図-6は示している。

このことは、亜硝酸化の過程、すなわち、NitrosomonasがDOの影響を受けていることを意味する。

2)連続流実験 回分実験の結果によると、硝化菌の増殖速度も、 NH_4^+-N の比消費速度と同様にDOの影響を受けることになる。曝気槽内DO濃度が低い場合、処理システムからの硝化菌のwash-outを避けるためには、平均細胞滞留時間を長くする必要がある。本実験では、DOを8mg/l以上とし硝化菌

の増殖速度を最大に保ちながら $\theta_c=20$ dayとして運転を行った。水質分析は、7日目から3日毎に行い、その結果を図-9に示す。運転開始後2週間程でMLSSは定常となり、汚泥引き抜き速度と増殖速度がバランスしていることが分る。この時の流出水中 NH_4^+-N 濃度は、4mg/l程度になっており、硝化菌はwash-outしていないことが分る。しかしながら、今回の連続流実験は、BOD除去-硝化混合プロセスに及ぼすDOの影響を把握するには不十分であり、今後DOあるいは θ_c を変化させ、その影響を明確にしていきたい。

—参考文献— 1) 達矢泰典他；生物学的脱窒素法の中間工業化試験，用水と废水，Vol 12，No 12，1970

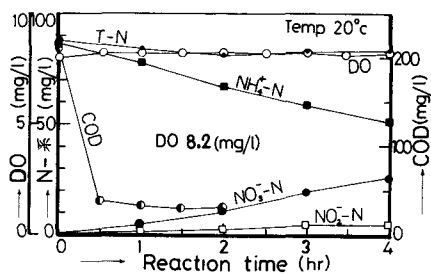


図-6 BOD除去-硝化回分実験結果-1

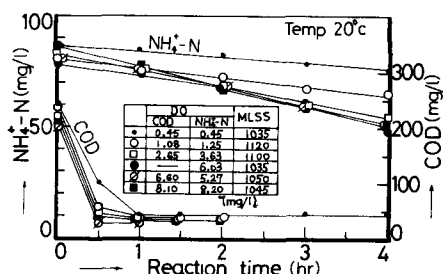


図-7 BOD除去-硝化回分実験結果-2

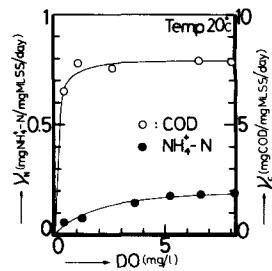


図-8 比消費速度 V とDO濃度

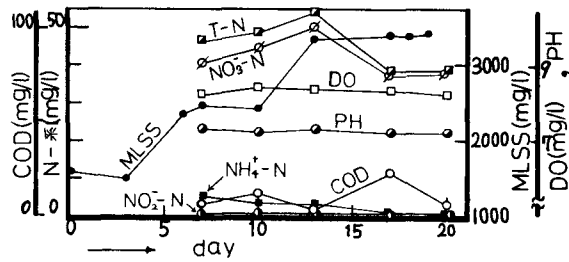


図-9 連続流実験結果