

II-163

炭素および窒素収支からみた硝化液循環プロセスの化学量論的考察

東京理科大学 （正）柏谷 衛 （正）出口 浩 ○（学）田中 育

1. はじめに

硝化液循環プロセスでは、硝化反応および脱窒反応により液相中の窒素化合物が形態を変えながら窒素ガスへと変換されていく。窒素を除去するためのこの二つの反応においても、炭素化合物が関与しており、これらには、化学量論的な関係が成り立つ。本研究は、気相中の炭酸ガスを含めた炭素収支と窒素収支から、炭素化合物と窒素化合物について化学量論的に考察したものである。

2. 実験装置および実験方法

実験は、回分式生物処理装置（有効容積30ℓ）1基により行った。1サイクルの時間配分は、無酸素工程90分、好気工程110分、沈殿30分、排水10分の合計240分とした。循環比は3とし、基質は、スキムミルクをベースとした人工下水（BOD:TOC:T-N:T-P=200:106:40:8($\text{mg } \ell^{-1}$))を1サイクル当り7.5ℓ供給した。処理の進行にともない反応タンク内水質を測定し、さらに、発生した炭酸ガス濃度を連続的に測定した。炭酸ガス濃度の測定においては、反応タンクを覆蓋し、エアープンプにより攪拌された覆蓋内部の空気を、キャリアガス流路を介して炭酸ガス濃度測定器に定量的に吸引導入して計測した。¹⁾

3. 実験結果および考察

3.1 系全体での炭素収支と窒素収支

1サイクル中の炭素化合物および窒素化合物の経時変化の例を図-1および図-2に示す。このときの炭素と窒素の収支を例として図-3、図-4に示す。

TOCの経時変化に着目すると、運転開始後15分までにTOCの77%が消失し、それ以降は約200mgで一定となった。これは、TOCのほとんどが初期吸着により除去されたことによると考えられる。次に、運転開始時と終了時の炭素収支についてみてみると、炭素405mgが消失していた。これは、細胞合成に使用されたものと考えられる。この消失した炭素量は、除去TOC量698mgの58%であり、今回の実験での汚泥転換率（TOC換算）0.53とほぼ一致する。

無酸素工程でのIC累積量および $\text{CO}_2\text{-C}$ 累積量の経時変化をみると、IC累積量は増加し、 $\text{CO}_2\text{-C}$ 累積量は0mgで気相への $\text{CO}_2\text{-C}$ の放出は認められなかった。無酸素工程におけるICの増加は281mgであった。このうち、持込み酸素により発生したICは53mgであったので、脱窒反応より発生したICは228mgである。脱窒反応により、 $\text{NO}_x\text{-N}$ 282mgが減少していることから、 $\text{NO}_x\text{-N}$ 1mgが脱窒されるとIC 0.81mgが発生されることになる。

好気工程においては、エアレーションが開始されると液相中のICが大気中に放出されて $\text{CO}_2\text{-C}$ として計測された。IC累積量および $\text{CO}_2\text{-C}$ 累積量の和でみると、硝化反応終了時には30mg消失したことが認められた。しかし、 $\text{NH}_4\text{-N}$ が皆無となった後に、IC累積量および $\text{CO}_2\text{-C}$ 累

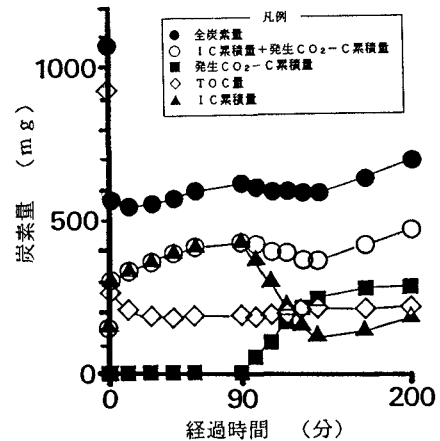


図-1 1サイクル中の炭素化合物の経時変化

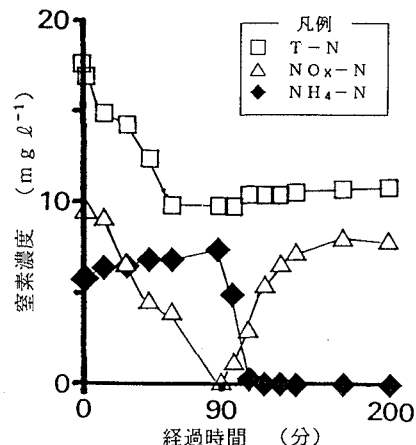
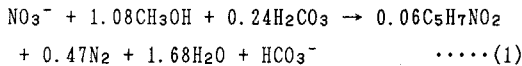


図-2 1サイクル中の窒素化合物の経時変化

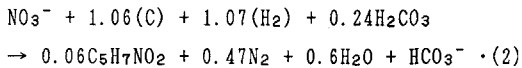
積量の和は増加していく。有機物の酸化は終了しているの、これは、微生物の呼吸によるものと考えられる。

3. 2 無酸素工程での炭素と窒素の関係

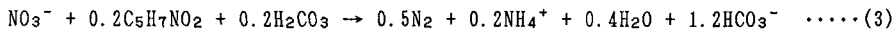
無酸素工程における炭素および窒素の収支から、 $\text{NO}_x\text{-N}$ 1mgの脱窒から、IC 0.81mgが発生した。すなわち、 $\text{NO}_x\text{-N}$ 1mol当り、IC 0.94molが発生したことを意味する。EPA Manualによると、脱窒反応は、メタノールを水素供与体とし、細胞合成を考慮した反応式として式(1)で表されている。²⁾



これより、炭素源として炭素原子 (C)を用い、電子受容体として水素分子 (H_2)を用いた脱窒反応の式を導くと式(2)で表される。



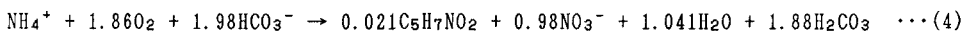
式(1)および式(2)のいずれにおいても、 $\text{NO}_x\text{-N}$ 1molの脱窒によってIC 0.76molが発生することになり、今回の実験結果よりもICの発生量が少なくなった。この理由として、原子状の酸素を使った内生呼吸によるIC累積量の増加が考えられる。原子状の酸素を使った内生呼吸の反応式は式(3)に表すことができる。



この反応式によると、 $\text{NO}_x\text{-N}$ 1molに対してIC 1molが発生することになり、式(1)および式(2)と比較して、 $\text{NO}_x\text{-N}$ 1molに対してICは 0.24mol多く発生することになる。このことを実験結果にあてはめると、微生物は分子状の酸素のない状態では、原子状の酸素を使って呼吸していることが示された。

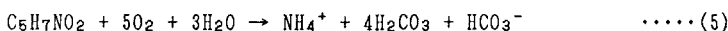
3. 3 好気工程での炭素と窒素の関係

硝化反応において消失したIC累積量および $\text{CO}_2\text{-C}$ 累積量との和 30mgは、硝化菌の合成に使用されたと考えられる。硝化菌が $\text{C}_5\text{H}_7\text{NO}_2$ で表されるとすると、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 226mgが硝化されていたので、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 1molに対して硝化菌が0.03mol合成されたこととなる。これは、EPA Manualによる細胞合成を考慮した硝化反応の式²⁾：

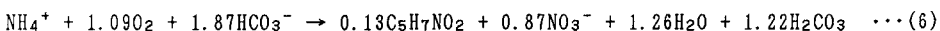


における $\text{NH}_4\text{-N}$ と硝化菌 ($\text{C}_5\text{H}_7\text{NO}_2$) のモル比0.02とほぼ一致する。

しかし、硝化反応終了後、内生呼吸によりICが発生しているとなると、硝化反応がおきている間でも、内生呼吸が行われていると考えられる。



式(5)より、内生呼吸により生じる ICと $\text{NH}_4\text{-N}$ を考慮すると、硝化反応により消失したIC累積量および $\text{CO}_2\text{-C}$ 累積量の和は142mgとなり、硝化された $\text{NH}_4\text{-N}$ 量は246mgとなる。これより、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 1mol当り硝化菌が0.13mol合成される関係が求められる。これらの関係から、細胞合成を考慮した硝化反応の式は、式(6)に表される。



このことから、細胞合成を考慮した硝化反応の式(4)は、内生呼吸をも考慮した硝化反応の式であると考えられる。今回の実験結果から、内生呼吸の式(5)と細胞合成を考慮した硝化反応の式(6)の割合は、1 : 9.7となり、この割合で合成された式は、式(4)とほぼ一致する。

《参考文献》1) 出口 浩, 柏谷 衛：炭酸ガス発生量の連続測定からみた生物処理プロセスの評価, 第25回水質汚濁学会講演集, (1991) 2) EPA : PROCESS DESIGN MANUAL FOR NITROGEN CONTROL, (Oct.1975)

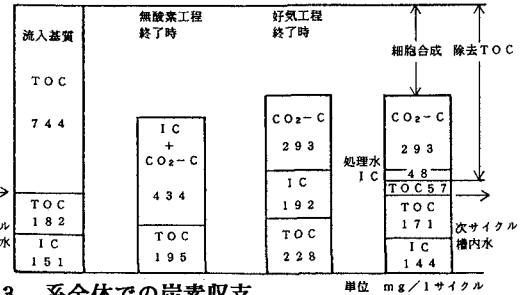


図-3 系全体での炭素収支

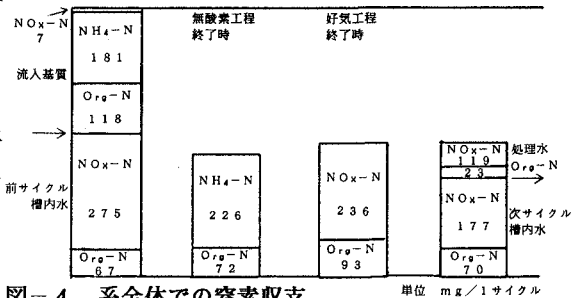


図-4 系全体での窒素収支