

清水建設(株)技術研究所 正員 平山 照康

1 はじめに

循環脱窒法はフンプス方式の脱窒法に比べて処理薬品量が軽減できる利点がある。前報では循環脱窒法の効率化を目的とした2段型循環脱窒法について報告した。今回は硝化槽に用いた充填材を波板式プラスチック充填材からかき殻に変えて、人工下水の連続処理実験を行った。その結果、pHの自動調整機能に関し若干の知見が得られたので報告する。

2 実験装置および実験方法

実験装置を図-1に、また実験条件を表-1に示す。実験装置は、第1脱窒槽(DN1)、第1硝化槽(N1)、第2脱窒槽(DN2)、第2硝化槽(N2)の4槽で構成されている。ここで、N1、N2の充填材として、かき殻を半分に割ったものを用い、ランダムに充填した。かき殻の物性について表-2に示す。かき殻の成分の90%以上は炭酸カルシウムであり、また少量の各種ミネラルが含まれている。処理対象廃水は前回と同様のパプトン、肉エキスを主体とした人工下水($BOD\ 100\sim120\text{mg/l}$ 、 $T-N\ 35\sim40\text{mg/l}$)である。なお、実験水温を15℃に調節した。

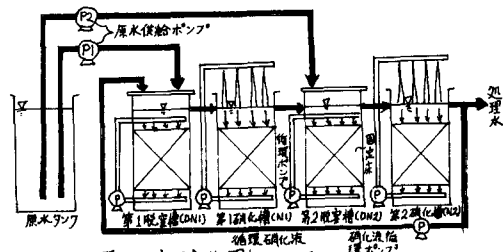


図-1 実験装置概略図

表-1 実験条件

循環比	1.0~2.5
原水添加比	1:1
処理水量	70 l/日
脱窒槽容量	18.5 l
硝化槽容量	37.0 l
充填材充填率	73%

表-2 かき殻の物性

平均長	8.8 cm
平均幅	5.2 cm
平均高	2.9 cm
$CaCO_3$	92.86%
MgO	0.30%
P_2O_5	0.15%
K_2O	0.05%
全窒素	0.10%

3 実験結果

3-1 循環比と全窒素除去率との関係

前報では、循環比が2.5以上になると、①脱窒槽において水素供与体の濃度が低下すること、および②循環液からの持ち込み酸素絶対量が増加すること等に起因して、全窒素除去率が低下することを報告した。

今回は、循環比1および2における全窒素除去率の比較検討を行った。その結果を図-2に示す。全窒素除去率は、前報の人工の充填材を用いた時の値よりもおよそ10%向上し、循環比1で70%前後、循環比2で70~75%の値が得られた。本循環比の条件では、循環比の増大に伴う全窒素除去率の向上はそれ程顕著ではなかったが、どちらの循環比においても1段型の理論除去率より高い値が得られた。図-3は、硝化槽におけるTK-N負荷とTK-N除去速度の関係を示したものである。同図から、かき殻を用いたほうが人工の充填材を用いた時より、TK-N除去速度(硝化速度)の値が高い。この硝化速度の増加により、装置全体の全窒素除去率が向上したものと考えられる。なお、図-3では、TK-N負荷の増大に伴い、人工充填材とかき殻充填材との除去速度の差が大きくなる。これは、硝化性能の低下に伴い、内部循環するTK-N量が増加するためである。

3-2 硝化槽におけるpHの自動調整機能について

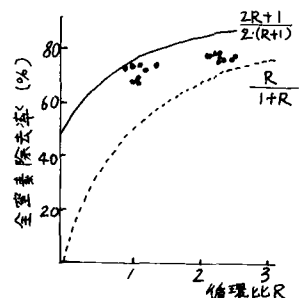


図-2 循環比と全窒素除去率との関係

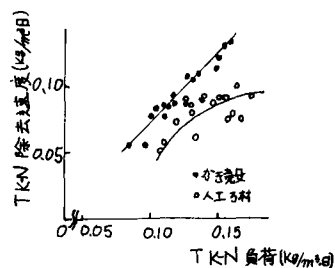


図-3 TK-N負荷とTK-N除去速度との関係

硝化槽における各種形態窒素、カルシウムイオン濃度、Mアルカリ度の物質収支をとり、それらの関係を求めた。図-4に $\text{NO}_x\text{-N}$ 生成量とMアルカリ度消費量との関係を示す。化学量論的には、生成した $\text{NO}_x\text{-N}$ 1gあたり7.14gのMアルカリ度を消費する。図-4では $\text{NO}_x\text{-N}$ 生成量に対して、Mアルカリ度の消費量は、 $y=7.14x$ の直線より低い。ところで、図-5は $\text{NO}_x\text{-N}$ 生成量と Ca^{2+} 溶出量との関係を示したものである。これより $\text{NO}_x\text{-N}$ 生成量が増加すると、高い相関を持って Ca^{2+} の溶出量の増加がみられた。いま、図-4に示すMアルカリ度消費量に、図-5のかき殻からの Ca^{2+} 溶出量をMアルカリ度に換算した値を加えたところ、 $y=7.14x$ の直線に良く一致した。(図-6参照)さらに、人工の充填材を用いた時には硝化槽のpHが6.5前後であったのが、今回はpH7.5と硝化反応に好適な値に保持されていた。これらの結果から、かき殻を充填材として用いた場合は、Mアルカリ度の低下、ひいてはpHの低下を、かき殻からの Ca^{2+} の溶出という形で防止できていることがわかった。このことはMアルカリ度の低い廃水の循環脱窒処理において、pH調整のためのアルカリ剤を添加することなく、良好な処理が可能であることを示唆している。

3-3 各反応槽における有機性窒素の分解について

有機性窒素は脱アミノ反応によりアンモニア性窒素となる。好気的な生物処理条件では、この反応が自然に進行することは良く知られている。しかし、脱窒槽のように溶存酸素が殆どない状態において、上記分解反応がどの程度達成されるかは、よく知られていない。図-7に、一例として循環比=1における有機性窒素の収支を示す。同図から、硝化槽よりも脱窒槽におけるほうが有機性窒素の分解量が大きく、全有機性窒素分解量の65%が、DN1、DN2の両脱窒槽でうけもたれていた。この結果、脱窒反応のようにDOが殆ど存在しない状態においても上記脱アミノ反応が十分に進行することがわかった。図-8は各脱窒槽における $\text{NO}_x\text{-N}$ 除去量とMアルカリ度増加量との関係を示したものである。 $\text{NO}_x\text{-N}$ 除去量の増加とともにMアルカリ度増加量も増大する傾向にあるが、 $\text{NO}_x\text{-N}$ 除去量に対してMアルカリ度の増加量は $y=3.57x$ より大きい。これは、前述の脱アミノ反応によって、脱窒に起因する以外のMアルカリ度が生成することを裏づけるものである。

4 おわりに

かき殻を硝化槽の充填材として用いることにより、硝化槽pHが硝化反応に好適な状態で維持され、システム全体の全窒素除去率が向上した。循環比が1と2とでは、全窒素除去率で5%程度しか向上しなく、1段階の理想曲線との除去率の比較、およびエネルギー消費の点から考えると、循環比1でも十分効果的な運転条件であると考えられる。また、有機性窒素の脱アミノ反応による分解は、脱窒槽のような嫌気性条件下でも十分起こることが確認された。

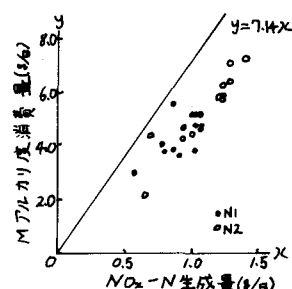


図-4 $\text{NO}_x\text{-N}$ 生成量とMアルカリ度消費量との関係

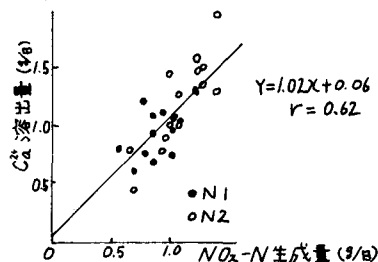


図-5 $\text{NO}_x\text{-N}$ 生成量と Ca^{2+} 溶出量との関係

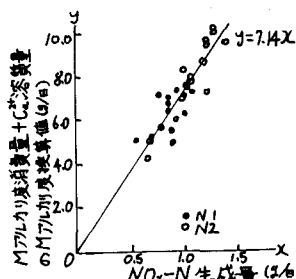


図-6 $\text{NO}_x\text{-N}$ 生成量と Ca^{2+} 溶出量からのMアルカリ度換算値をアラスしたMアルカリ度消費量との関係

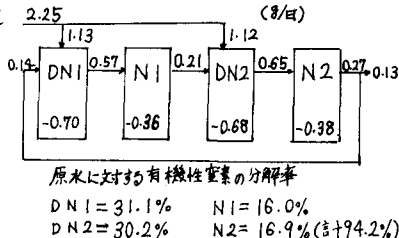


図-7 有機性窒素の収支

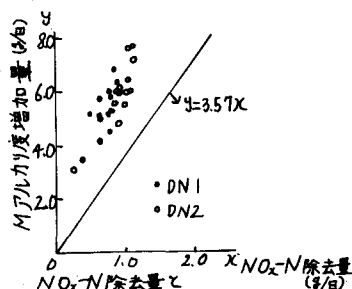


図-8 $\text{NO}_x\text{-N}$ 除去量とMアルカリ度増加量との関係