

1 はじめに

近年、湖沼、沿岸水域における富栄養化現象は、水質の著しい悪化をもたらし、琵琶湖、霞ヶ浦にみられるように大きな社会問題となっている。一般家庭、工場、あるいは終末処理場からの排出水中に含まれる窒素、磷がこれら富栄養化現象の主要因である。このうち廃水の窒素を除去する技術として、生物処理を主体とした循環脱窒法が、処理に必要な薬品を軽減できることから最近注目されている。本報告は循環脱窒法の効率化を計ることを目的として、硝化および脱窒工程を2段にした2段型循環脱窒法について検討を行ったものである。

2 2段型循環脱窒法について

現在までに考えられている循環脱窒法の多くは、図-1に示すような1段型の循環脱窒法である。これは前段に脱窒工程、後段に硝化工程を置き、硝化工程での硝化液を脱窒工程へ返送し、原水に含まれる有機汚濁物質を栄養源として循環脱窒をするものである。この場合、硝化工程での硝化率を100%、脱窒工程での脱窒率を100%とし、循環比(循環水量/処理水量)をRとすると、全窒素除去率E(%)は式①で表わされる。

$$E = \{R / (1+R)\} \times 100 \quad \text{--- ①}$$

次に、この1段型の硝化・脱窒工程を2段にした場合について考えてみる。(図-2参照)。この方法において1段型と同様、硝化率、脱窒率をそれぞれ100%、さらに第1脱窒工程および第2脱窒工程への原水の添加量をそれぞれ $R_1 \cdot Q$ 、 $R_2 \cdot Q$ (R_1, R_2 ; 原水分割添加比 $R_1 + R_2 = 1$)とすれば全窒素除去率E(%)は式②で表わすことができる。

$$E = \{1 - (1 - R_1) / (1 + R)\} \times 100$$

$$= \{1 - R_2 / (1 + R)\} \times 100 \quad \text{--- ②}$$

ここで等量分割添加($R_1 = R_2 = 0.5$)を考えた場合、式②は

$$E = \{(2R + 1) / 2 \cdot (1 + R)\} \times 100 \quad \text{--- ③} \quad \text{となる。}$$

循環比Rを3とすると式①、③より、1段型では $E = 75\%$ 、2段型では $E = 87.5\%$ が得られ、2段型のほうが同一循環比では効率がよいことがわかる。

3 2段型循環脱窒法の効果予測

2段型循環脱窒法では全窒素除去率が式②で与えられるが、これをRと R_1 の関係で図-3に示す。図-3より $R = 1.0$ の時に、つまり第1脱窒工程に全量原水を添加した時に、Rにかかわらず全窒素除去率が常に100%となる。ところが現実的には硝化率あるいは脱窒率を100%の値で得ることは困難である。前回報告⁽¹⁾の1段型循環脱窒実験では、脱窒工程における流入COD/N比と NOx-N 除去率との間に強い相関があった。(図-4参照) また、硝化工程においてもTKN負荷とTKN除去速度との間に相関関係があった。(図-5参照) これらの処理実験で得られた結果をもとにし

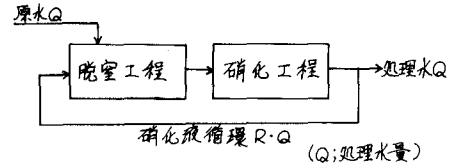


図-1 1段型循環脱窒法

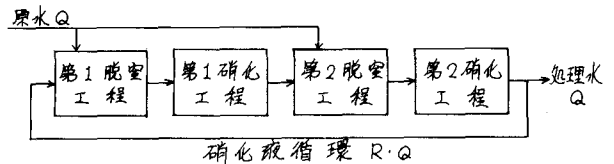


図-2 2段型循環脱窒法

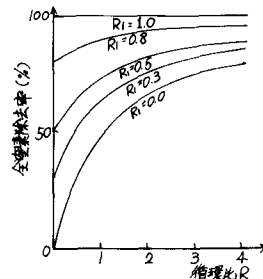


図-3 循環比と全窒素除去率との関係

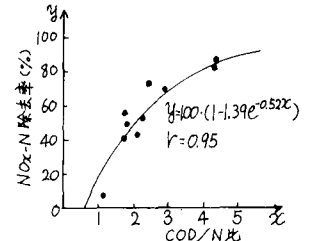


図-4 COD/N比と NOx-N 除去率との関係

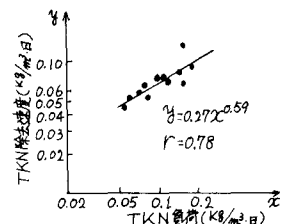


図-5 TKN負荷とTKN除去速度との関係

て、ある廃水流量、滞留時間、原水のCOD、TKN濃度を与えた場合に、1段型、2段型循環脱窒法それぞれの全窒素除去率を算定する計算プログラム(図-6)を作成し、循環比と全窒素除去率との関係、分割添加比と全窒素除去率との関係等を求めた。

4 計算結果

図-7に循環比と全窒素除去率との関係を、滞留時間をパラメータとして、1段型、2段型のそれぞれの場合について示す。なお2段型については等量分割添加($R1=R2=0.5$)の条件で示した。図-7より、2段型のほうが1段型よりすべての循環比において全窒素除去率が高い。両場合とも循環比が高いほうが、また滞留時間が長いほうが全窒素除去率が高いことがわかった。図-8に2段型循環脱窒法における第1脱窒槽Aの原水分割添加比($R1$)と全窒素除去率との関係を循環比 R をパラメータとして示す。図-8より、循環比 R の低いところでは $R1$ がほぼ中央付近で最大の除去率が得られている。しかし、循環比が大きくなるにつれて除去率のピークが $R1$ の値が大きいくほうに移動している。これは循環比が大きいくほど第1脱窒槽に多量に原水を添加したほうが効率が良いことを意味している。しかしながら、循環比が大きくなるほど全窒素除去率の最大値と最小値の差は小さくなっている。

5 2段型循環脱窒法の連続実験について

現在、固定床を用いた2段型循環脱窒実験を継続中である。処理対象廃水は前回報告の1段型の場合と同様、パプトン、肉エキスを主体とした人工下水(COD 45~50 mg/l, TKN 30~35 mg/l)である。実験条件を表-1に示す。また得られた結果の一部を図-9、図-10に示す。図-9は、循環比と全窒素除去率の関係を、実測値と理論曲線について示したものである。循環比が2付近までは、循環比の増大とともに全窒素除去率が上昇し、今回の計算機による理論曲線に近いが、循環比をさらに増大させていくと、全窒素除去率が低下していく傾向にある。これは循環硝化液、あるいは第1硝化槽から第2脱窒槽Aの流出液に存在する溶存酸素により、本来脱窒に使われるべき有機汚濁物質が消費されてしまったことに起因していると考えられる。そこで、今後の検討事項として、現在、循環硝化液のDOを汚泥等に接触させて取り除いたり、各脱窒槽にメタノール等の有機物を補添したりして、脱窒効率の向上を計る実験を予定しており、これらの結果については、次回に報告したい。

表-1 実験条件

項目	単位	数 値
循環比 R	-	1.0
分割添加比	-	0.5
槽有効容量	ℓ	55.5
脱窒槽硝化濃度	-	1:2
全滞留時間	時	20

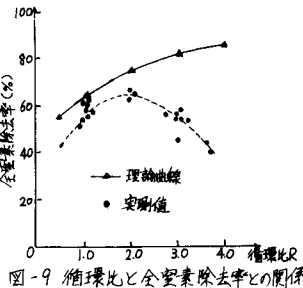


図-9 循環比と全窒素除去率との関係

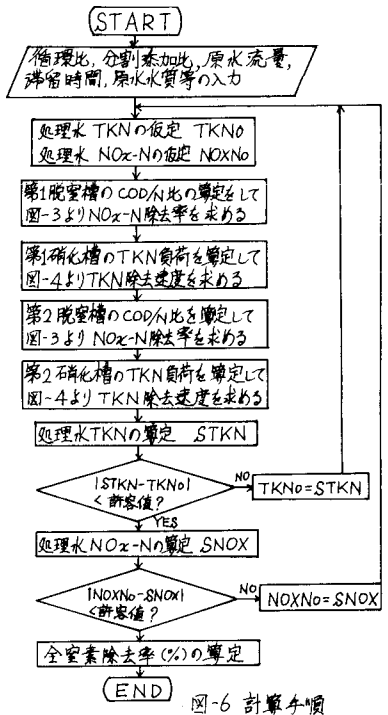


図-6 計算手順

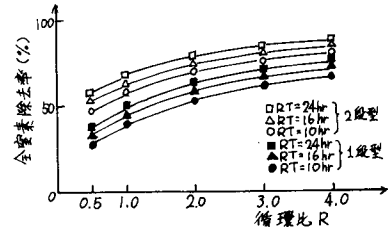


図-7 循環比と全窒素除去率との関係

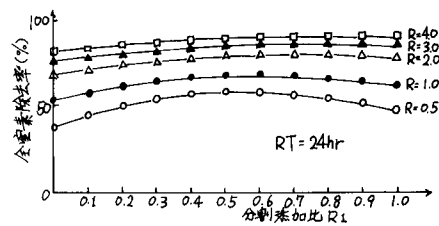


図-8 分割添加比と全窒素除去率との関係

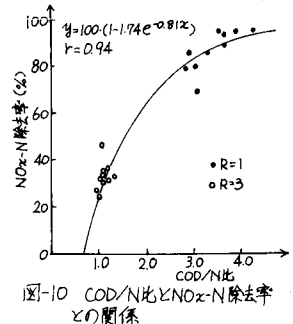


図-10 COD/N比とNOx-N除去率との関係