

早稲田大学理工学部

正員 遠藤 郁夫

学員 井上 芳郎

学員 ○ 長妻 久美

1. 緒論

生物学的処理の基礎的諸要素を考えると、生物学的に窒素を除去するためには次の2通りの方法を考えることができる。1つは生物学的脱窒素法である。すなわち、活性汚泥法の生物増殖相を減衰増殖期から細胞内呼吸期にもって行き、十分酸化状態を維持進行させ、窒素を亜硝酸塩、更に硝酸塩に変化させる。処理水の硝酸塩を脱窒素菌によって脱窒素を行なう。しかし、脱窒素を遂行する菌は他栄養菌であるから、この場合エネルギー源となるような利用可能な炭素源を添加して脱窒素を行なわせる方法である。他のもう1つの方法は、生物学的処理を高いBOD負荷のもとで行ない、酸化と合成を治癒に行わせる。すなわち、対数増殖期で運転管理が可能なような処理方式である。この際の微生物は極めて活動的で、分散状態か、或は、膨化状態(Bulking state)で、生物学的凝集をしないから、従来の活性汚泥法では固液分離が困難となる。そこで、大きなBOD負荷、つまり、対数増殖期で処理施設を運転管理し、固液分離を容易にして、処理効率を高めるには、超効率散水汚床法、或は、回転汚床法(回転円板接触法でもよい)などを考えなければ困難である。処理効率については、F: M比が大きければ処理効率が低下するので、返送比を高め、高いBOD負荷のもとで、微生物との接触時間を十分維持して、高いBOD除去率および $\text{NH}_3\text{-N}$ 除去率を得ようとするプロセスである。この方法が超効率散水汚床法の特徴である。しかしながら、微生物は、完全に有機物や $\text{NH}_3\text{-N}$ を除去することはできないから、生物学的脱窒素法は、これ自体で完全なものではなく、更に砂濾過、活性炭吸着、イオン交換などの後処理を必要とすることは極めて重要なことである。本報告は超効率散水汚床法によって生物学的に窒素を除去するための基礎的研究の一部である。

2. 実験方法

超効率散水汚床法の実験装置は、図-1で示すような高い返送比をもつ散水汚床の実験装置を用い、下水処理場に設置した。同型並列式で、一方に磁製球(直径5cm)、他方にアラスタックス(冷却塔用充填材)を汚材とした。内径60cm、汚床の深さは、それぞれ、2.3m、2.5mであった。流入水は、下水処理場における最初次級池流出水を使用した。散水は、固定したノズルを使用し、汚材上部に設けた定水位装置で行なった。

3. 実験結果の考察

超効率散水汚床における汚床の淨化機構およびその効率は、散水汚床と同様、滞留時間すなわち、下水と生物膜との接触時間に大きく左右される。一般に、平均接触時間は次のように表わすことができる。

$$t = C \cdot D / Q^n \quad (1)$$

ただし、 t : 接触時間、 D : 汚床深さ、 Q : 散水負荷、 C, n : 一定となる。淨化効率は、

$$L_e / L_0 = \exp(-K \cdot t) \quad (2)$$

ただし、 L_e : 流出水BOD残量、 L_0 : 流入BOD、 K : 一定となる。従って、(1)式(2)式より

$$L_e / L_0 = C \cdot Q^n \quad (3)$$

$$L_e / L_0 = \exp(-K \cdot D^n / Q^n) \quad (\text{ただし } m: \text{一定}) \quad (4)$$

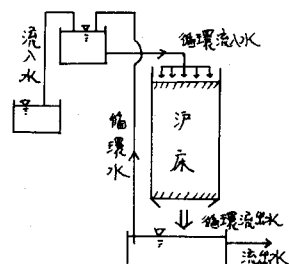


図-1 実験装置図

となる。この様に浄化効率は接触時間と大きく左右されることがわかる。接触時間は、汚材の物理的性質にもよるが汚床の深さが大きく、散水負荷が小さくなる程大きくなることを考えられる。一定の深さの汚床では接触時間を大きくするもたて、一つは散水負荷を小さくすること、他に下水の汚床通過回数を増加することなどがあふ。前者が標準散水汚床であり、後者が超高率散水汚床である。処理水の返送について得られた汚床の有効通過回数Fは次のように表わすことができる。すなわち、

$$F = (1+N) / \{1 + (1+f_w)N\}^2 \quad (5)$$

ただし、I:流入量、R:返送量、 $N=R/I$:返送比、 f_w :加重値、となる。

$$\text{ここで } F \text{ が } N \text{ だけの関数とすると、} N = (2f_w - 1) / (1 - f_w) \quad (6)$$

$$\text{この時、} F \text{ は最大となり、} F_{max} = 1 / 4f_w(1 - f_w) \quad (7)$$

一般の散水汚床に対して f_w は0.9に近いとされている。 $f_w=0.9$ とするとその時の最大値は $F_{max}=2.78$ となる。下水が汚床を流下する場合汚材表面を全部覆って、一様に流れる散水負荷は、粒径50mmでは、150~250 $\text{m}^3/\text{m}^2/\text{日}$ である。

返送比とBOD除去率との関係を図-2に示した。返送比が8附近で飽和状態となり、25位までアラウト領域を示すことが認められた。返送比8~15、すなわち、流入水負荷10~18 $\text{kg}/\text{m}^2/\text{日}$ の範囲内でBOD除去率80%以上を得ることができた。図-3は流入水負荷とBOD除去率を示したものである。流入水負荷10~20 $\text{kg}/\text{m}^2/\text{日}$ の範囲であれば循環流入水負荷を150~200 $\text{kg}/\text{m}^2/\text{日}$ で高い処理効率を得ることができた。図-4はBOD負荷とBOD除去率との関係である。この図からBOD除去率が広い範囲で非常に高いことが認められる。超高率散水汚床は負荷の変動に非常に安定しているといえる。また、BOD負荷12 $\text{kg}/\text{m}^2/\text{日}$ 以下ではBOD除去率85%以上を期待することができ。図-4および図-5から、BOD負荷12 $\text{kg}/\text{m}^2/\text{日}$ は、微生物相の対数増殖期の上限と考えられる。 $\text{NH}_4\text{-N}$ の除去率は、この点で最大値を示し40~60%、リン酸塩では、30~40%位であった。流入水負荷を10 $\text{kg}/\text{m}^2/\text{日}$ とすれば、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、リン酸塩の除去率はそれぞれ、60%、40%となった。更に、砂汚過することにより、 $\text{NH}_3\text{-N}$ およびリン酸塩の除去率は、20~80%となり放流水中の濃度は両者とも2~4ppm程度であった。

4. 総括および結論

超高率散水汚床は、散水汚床法の特徴を効果的にいかし、高いBOD負荷のもとに安定した高効率の処理率を得るために開発されたアパレスである。まだパイロットプラントの段階であるが、微生物の細胞質の合成による生物学的窒素除去法の一つであると考える。現在2級目または3級目で炭素源を供給して窒素除去も行なう、多段超高率散水汚床法について実験的検討を加えている。

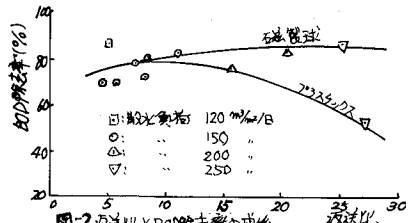


図-2 返送比とBOD除去率の関係

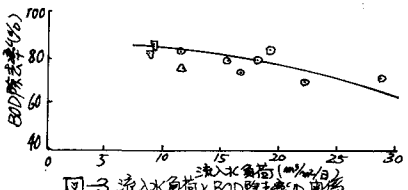


図-3 流入水負荷とBOD除去率の関係

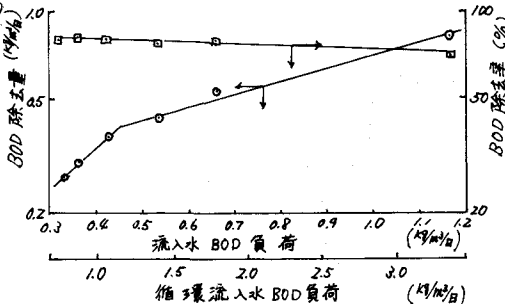


図-4 BOD負荷とBOD除去率の関係

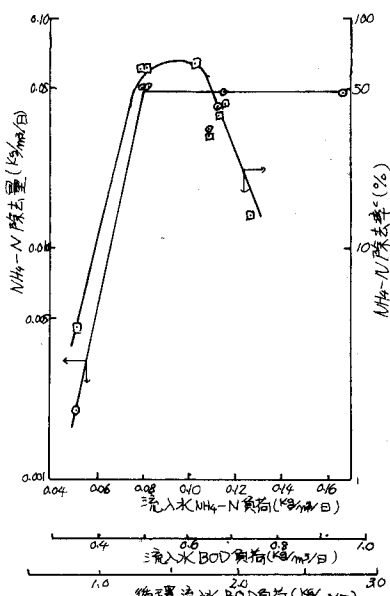


図-5 $\text{NH}_4\text{-N}$ 負荷と $\text{NH}_4\text{-N}$ 除去率の関係