

東北大学工学部 学生員 ○玉川 純

東北大学工学部 正会員 佐藤 敦久

東北大学工学部 正会員 高崎みつる

1. はじめに

生物処理に関する研究報告を見てみると、 $\text{NH}_4\text{-N}$ やBODなどの基質濃度が高い場合には、かなり高い除去率を示している。これに対して、基質濃度が、 $\text{NH}_4\text{-N}$ で、 $0.1\sim 0.2\text{ (mg/l)}$ 程度の場合には、その除去率が非常に低くなり、時には、その値が負になる場合さえあり、共通した見解を見い出せない場合が多い。そこで、処理槽内部に目を向けてみると、実際の処理槽内部では生物膜への取り込み(除去)の他に、生物膜自体の分解による溶出、また処理槽の底に溜まった汚泥からの溶出も起こっている。そこで、本報では、処理槽内の物質収支を考え、さらに、小さな処理槽の実験から実用規模処理槽の処理性能を推定できるかどうかを、特に $\text{NH}_4\text{-N}$ について検討してみた。

2. 実験方法および実験条件

実験は図-1のようなベンチスケールの処理槽を用い、中央間欠ばつ気方式と、中央プロペラ攪拌方式の2系統で、計4個の処理槽で行った。ハニコーンチューブには、実験に先立ち約1ヶ月間程通水して生物膜を付着させて置いた。実験は①(ハニコーン+汚泥)による総合処理実験、②ハニコーンのみによる基質除去実験、③汚泥のみによる溶出実験、についてバッチ条件で行った。基質濃度の違いによる影響を調べるために、 NH_4Cl を各段階ごとに添加した。

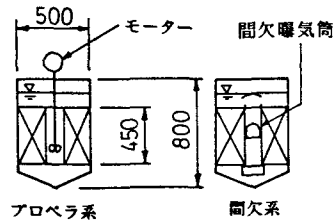


図-1 ハニコーン処理槽

3. 実験結果および考察

(i) ハニコーンのみによる基質除去実験の結果

$\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度の経時変化を図-2に示す。この時の平均水温は 12.4°C で、pHは $7.3\sim 7.7$ であった。

$\text{NH}_4\text{-N}$ の硝化は、

$$C/C_0 = \exp(-K_b \cdot t)$$

で表され、縦軸に $\log(C/C_0)$ 、横軸に時間 t を示した図-3から、 K_b を求めることができる。 K_b が大きい程処理性能が高いことを示すが、この図から、間欠、プロペラの両方の系において、基質濃度が高い方(NH_4Cl を多く添加した方)が基質除去速度係数 K_b の値が小さくなるのがわかる。通常の原水濃度($0.2\sim 0.6\text{ (mg/l)}$)では、間欠系で $K_b \approx 0.3$ 、プロペラ系では $K_b \approx 0.33$ であることが分かった。また、 K_b は $K_b = A_b \cdot k_b / V$ (A_b は生物膜面積、 V は槽容積)であるから、比基質除去速度係数 k_b は、間欠系で $k_b \approx 0.0231$ 、プロペラ系 $k_b \approx 0.00257$ である。

(ii) 汚泥からの溶出実験 汚泥からの溶出による $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度の経時変化を図-4に示す。この時の平均水温は 13.9°C で

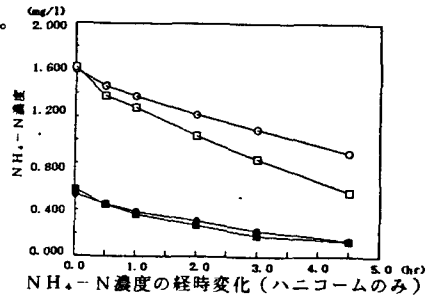


図-2

○ 間欠-1 ($C_0=1.6000\text{ (mg/l)}$) $K_b = 0.12531$ $R=0.999$
 ● 間欠-2 ($C_0=0.5340\text{ (mg/l)}$) $K_b = 0.29688$ $R=0.997$
 □ プロペラ-1 ($C_0=1.6177\text{ (mg/l)}$) $K_b = 0.23019$ $R=0.997$
 ■ プロペラ-2 ($C_0=0.5781\text{ (mg/l)}$) $K_b = 0.33058$ $R=0.993$

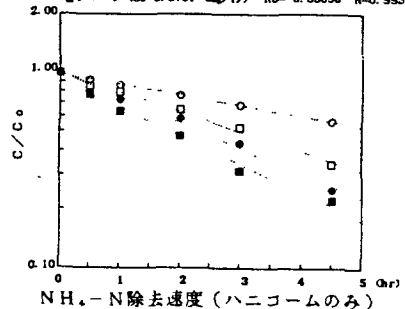


図-3

pHは7.4~7.8であった。汚泥からの溶出は、

$$(dC/dt) = A_s \cdot k_s \cdot (C_s - C)$$

で表されるが、 $C_s \gg C$ と考えられるから、

$$C = (A_s/V) \cdot k_s \cdot C_s \cdot t + C_0 = K_s \cdot t + C_0$$

(A_s は汚泥表面積； C_s は汚泥間隙水中の基質濃度； C_0 は初期濃度)となり、グラフの傾きから K_s が求められる。これによると、間欠、プロベラの系ではほぼ同じ値を示し、約 $K_s \approx 0.0024$ であった。故に、 $C_s = 6$ (mg/l)とすると、比溶出速度係数は、 $k_s \approx 0.00016$ となる。尚、実験に際し、ハニコムを引き上げる際に生物膜が多少剥離したり、汚泥が巻きあがったりしたため、後半の2点から上述の K_s, k_s の値を求める方がより現実的な近似と言えるだろう。

4. まとめ

図-5の点線は、以上の実験より求めた k_b および k_s を水温と NH_4 -塩添加の影響について補正し、次の物質収支式

$$(dC/dt) = (A_b/V) \cdot k_b \cdot C + (A_s/V) \cdot k_s \cdot C_s$$

に代入して描いた濃度曲線である。また、各プロットは、(ハニコム+汚泥)の総処理実験の結果である。この時の平均水温は14.3℃でpHは7.3~7.7であった。濃度曲線と各プロットを比較してみると、初期濃度 $C_0 = 2.7$ (mg/l)の場合はあまり一致していない。これは、ここで用いた生物膜が2.7 (mg/l)というような高濃度を経験していなかったためであると考えられる。しかしながら、初期濃度が通常の原水濃度付近の約0.6 (mg/l)の場合には、ほぼ計算値と一致している。

次に、ベンチスケールの実験から、実用プラントの処理性能を予測できるかどうかということについて検討してみた。水温がほぼ同じ春期の間欠曝気大型処理槽(1m×1m×4m)の処理結果と、本実験結果を比較してみた。大型処理槽の処理結果(図-6)は、ほぼ常に NH_4 -Nが70~80%除去されていた。これに対して、滞留時間を2時間として本実験結果を上式に当てはめて、除去率を求めてみると約68%となった。ベンチスケールの実験において生物膜が多少剥離したことを考慮すれば、両者は殆ど一致していると考えられる。

したがって、比基質除去速度係数 k_b は、ハニコムチューブ内の循環流速や水温の影響を受けるが、それらの条件が一致すれば、ベンチスケールの実験から実用プラントの処理性能を予測することも可能であることが、本実験から得られた。

5. おわりに

ハニコム生物処理法を実用化する場合、本実験から、パイロットプラントを作らなくてもベンチスケールの処理槽の実験だけでその処理性能を予測できることがわかった。しかし、原水水質が変われば他の実験結果からでは処理性能の予測は難しく、その度に、対象原水を用いて予備実験をしなければならないと考えられる。そこで、そのような予備実験を行わなくても済むように、今後、処理性能に及ぼす影響因子について、さらに検討を加える必要があると考えられる。

<謝辞> 実験を行うに当たり、御協力を戴きました東北大学工学部学生宮崎節夫氏に心から感謝致します。

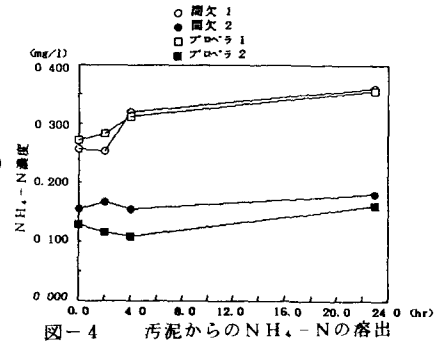


図-4 汚泥からの NH_4 -Nの溶出

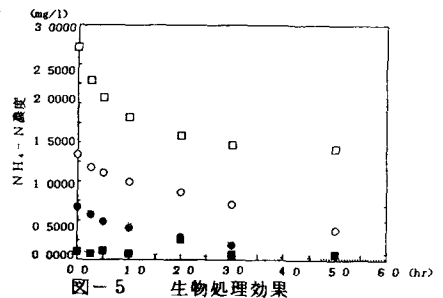


図-5 生物処理効果

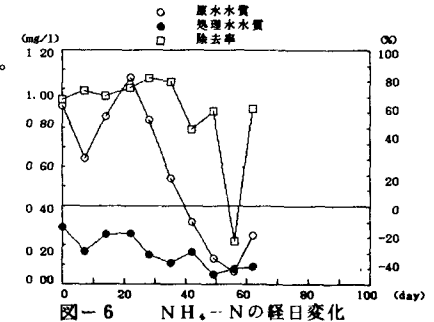


図-6 NH_4 -Nの経日変化