

II-104

上水のハニコーン式生物処理における懸濁物質収支に関する基礎的研究

福島高専 正会員 ○原田正光
東北大学 正会員 佐藤敦久

1. はじめに

釜房湖及び霞ヶ浦における処理実験から、ハニコーン式生物処理はSS、特に藻類など懸濁物質の除去に優れていることがわかった¹⁾²⁾。また、付着物及び沈澱物は懸濁物質の流入負荷の影響を強く受けることが確かめられた³⁾。しかしながら、懸濁物質の除去の機構については不明な点が多く、付着除去及び沈澱除去についてその除去速度定数を求めるなど、速度論的に懸濁物質の除去について検討を行った例は少ない。そこで、本研究では、懸濁物質の除去における付着と沈澱による処理の機構について、槽内物質収支モデルを作成し、更に現場実験を通して検討を行った。

2. 物質収支モデル

2-1. 連続式処理実験

懸濁物質の除去は生物膜への付着と底部への沈澱によると考え、水槽を図-1に示すⅠ～Ⅲの3領域に分割して、水槽全体における物質収支を検討した。領域Ⅰ内では完全混合であり、かつ懸濁物質の付着及び沈澱による除去は起こらないと仮定すると、物質収支式は、

$$V_I (dC_I / dt) = qC_0 + QC_3 - QC_I - qC_I \quad \cdots \textcircled{1}$$

となる。ここに、 V_I ：領域Ⅰの体積(m^3)、 C_0 ：流入水中の濃度(g/m^3)、 C_I ：領域Ⅰからの流出水中の濃度(g/m^3)、 C_3 ：領域Ⅲから領域Ⅰへの流入水中の濃度(g/m^3)、 q ：処理水量(m^3/hr)、 Q ：循環水量(m^3/hr)である。尚、濃度はいずれもSS濃度を表す。次に、領域Ⅱを更に微小部分に分割して、その内部で完全混合及び生物膜への付着による除去を仮定した物質収支式を立て、それを領域Ⅱ全体で考えると、

$$V_{II} (dC_{II} / dt) = QC_I - QC_2 - k_{a1} V_{II} C_{II} \quad \cdots \textcircled{2}$$

となる。ここに、 k_{a1} ：付着による除去速度定数($1/hr$)、 V_{II} ：領域Ⅱの体積(m^3)、 C_{II} ：領域Ⅱの平均濃度(g/m^3)、 C_2 ：領域Ⅱからの流出水中の濃度(g/m^3)である。領域Ⅲにおいても微小部分を考えて、このボックス内では沈澱による除去が起こると仮定した物質収支式を立て、それを領域Ⅲ全体で考えると、

$$V_{III} (dC_{III} / dt) = QC_2 - QC_3 - k_{s1} V_{III} C_{III} \quad \cdots \textcircled{3}$$

となる。ここに、 k_{s1} ：沈澱による除去速度定数($1/hr$)、 V_{III} ：領域Ⅲの体積(m^3)、 C_{III} ：領域Ⅲの平均濃度(g/m^3)である。ここで、 $V_{II} = k_2 V \quad \cdots \textcircled{4}$ 、 $V_{III} = k_3 V \quad \cdots \textcircled{5}$ 、 $C_{II} = (C_I + C_2) / 2 \quad \cdots \textcircled{6}$ 、 $C_{III} = (C_2 + C_3) / 2 \quad \cdots \textcircled{7}$ とおくと、定常状態において②、③式から、

$$C_2 = \frac{2Q - k_a V}{2Q + k_a V} C_I \quad \cdots \textcircled{8}, \quad C_3 = \frac{2Q - k_s V}{2Q + k_s V} C_2 \quad \cdots \textcircled{9}$$

が得られる。ここに、 k_a ：見かけの付着除去速度定数($=k_{a1}k_2$)($1/hr$)、 k_s ：見かけの沈澱除去速度定数($=k_{s1}k_3$)($1/hr$)である。(8)、(9)式を(1)式に代入して、 C_I を求めると近似的に、

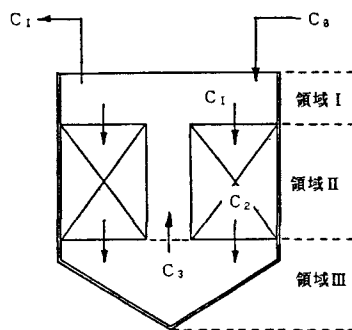


図-1 槽内領域の区分

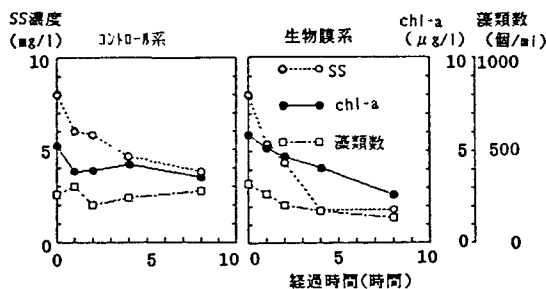


図-2 回分実験結果

$$C_I = \frac{C_0}{1 + (k_a + k_s)T} \quad \dots ⑩$$

となる。ここに、 T ；滞留時間(=V/q)(hr)である。

2-2. 回分式処理実験

濃度 C_I の原水が n 回の循環によって得られる処理水の濃度 C_n は、⑧及び⑨式を用いて、

$$C_n = \left\{ \frac{(2Q - k_s V)(2Q - k_a V)}{(2Q + k_s V)(2Q + k_a V)} \right\}^n \cdot C_0 \quad \dots ⑪$$

と表される。時間 t の間に循環する回数は $n=Qt/V=$

t/α で表されるから、 α を用いて式を整理すると、

$\ln(C_n/C_0) = -(k_a + k_s)t \quad \dots ⑫$ と近似できる。従って、コントロール系及び生物膜系から得られる除去速度定数 K_{sd} 、 K_{at} は、それぞれ、 $K_{sd}=k_s \quad \dots ⑬$ 、 $K_{at}=k_s+k_a \quad \dots ⑭$ で与えられる。

3. 実験方法

実験には、昭和62年4月から2ヶ月間ほど、福島県下Aダム湖水を導いて馴致したハニームチューブを用いた。処理槽は材質20mmのハニームチューブを充填した容量175ℓの水槽であり、槽内はブレードにより中央部上向流速が0.085m/secとなるように攪はんされている。また、流入水量は滞留時間が2時間になるように設定されている。回分実験は、生物膜が付着したハニームチューブが存在する生物膜系と生物膜の付着がないハニームチューブが存在するコントロール系の2つの実験系を作成し、馴致期間と同様の攪はん条件にて行った。これらの処理槽において実験開始0、1、2、4、8時間後にビュレットを用いて槽中央部表面から採水を行い、SS、クロロフィルa、藻類数を測定した。

連続実験は回分実験と同時に、別の生物膜系を用いて滞留時間が2時間になるように通水をしながらい、実験開始から3時間ごとに48時間経過するまで流入水及び流出水のSS濃度を測定した。

4. 結果及び考察

図-2は回分式処理実験から得られた結果である。この結果から除去速度定数を求めると懸濁物質に関して、 $K_{sd}=0.131/\text{hr}$ 、 $K_{at}=0.371/\text{hr}$ であるから、⑬及び⑭式を用いて見かけの沈澱除去速度定数 k_s 及び見かけの付着除去速度定数 k_a を求めると、 $k_s=0.131/\text{hr}$ 、 $k_a=0.241/\text{hr}$ となる。また、本実験装置は $V_1=90\ell$ 、 $V_2=37.5\ell$ であるから、④及び⑤式より $k_2=0.51$ 、 $k_3=0.21$ となり、付着による除去速度定数及び沈澱による除去速度定数はそれぞれ $k_{a1}=0.471/\text{hr}$ 、 $k_{s1}=0.621/\text{hr}$ と計算される。求めた定数はいくつかの仮定を含んではいないものの、流入水の水質と循環の状況及びそれらによって特徴付けられる生物膜の性質などに影響される数値である。即ち、生物処理における処理の効率をあらわす定数である。今回求めた値は、こうした定数の第1近似であると言えるが、このような現場実験を繰り返し行うことにより、更に正確な定数を求めることができるものとする。図-3は連続処理実験における流入水及び流出水中のSS濃度の変化を示す。図中の点線は、(10)式に $T=2\text{hr}$ 、 $k_s=0.131/\text{hr}$ 、 $k_a=0.241/\text{hr}$ 及び流入水中のSS濃度を代入して、流出水中のSS濃度を推定した計算結果である。実験の前半では、実験値と計算値が大きく違っていた。これは、実験開始時に剥離した生物膜の影響により、流出水中のSS濃度が実際の値よりも大きくなったためではないかと考えられる。しかしながら、実験の後半では実験値と計算値はほぼ一致しており、物質収支モデルから導いた計算式及び回分実験から求めた除去速度定数を用いて、実際の処理の状況を表し得ることが示された。

5. おわりに

回分実験より、懸濁物質除去における付着速度定数及び除去速度定数を得ることができ、これらの定数を用いて実際の連続運転の様子を表すことができた。 k_{a1} 及び k_{s1} は、原水水質及び槽内循環によって決定される定数であり、処理性能を向上させるにはこれらの値が大きくなるような工夫をする必要がある。

(参考文献) 1)原田他;水協誌, Vol.57, No.6, pp.37~45, 2)原田他;福島高専紀要, No.24, pp.49~55,

3)HARADA et al; Proc. of the 6th ASPAC conf., pp.265~276

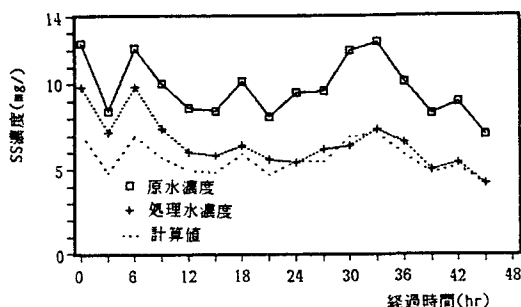


図-3 連続実験結果