

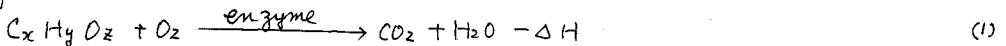
超高率散水濾床に関する基礎的研究

早稲田大学 理工学部 正員 遠藤郁夫
学生員 〇野田典宏

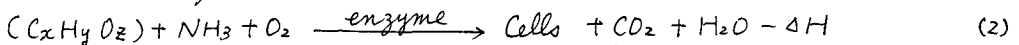
1. 緒論

活性汚泥法による下水処理では、有機物の80~90%除去することが出来る。また、BOD 10 ppm 程度の処理水を得ることは、必ずしも困難ではない。しかしながら、このためには、負荷をかなり小さくすることが肝要である。すなわち、曝気時間を増すとか、BOD負荷を約30 kg/MLSS 100 kg・日にすることが重要な鍵となる。その様な状態の下における生物学的酸化は、(1)式、(2)式は勿論のこと(3)式の反応も多いに右に進むことになる。すなわち

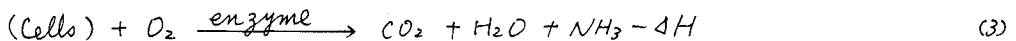
Organic Matter Oxidation



Cell Material Synthesis



Cell Material Oxidation



となる。従って、処理水には、浮遊物質、および窒素態の増加が考えられる。

公共水域の水質保全、或は、処理水の再利用という資源的立場からすれば、処理水のBODが低いことも重要であるが、窒素 或は磷などが出来るだけ少ないことが極めて大切である。結局、以上の2つの条件を解決するためには、活性汚泥法は、必ずしも適当な処理法ではないといえる。

本研究は、負荷の変動に比較的安定していると共に、高い処理率をもつ超高率散水濾床(Super-rate Biofilter)について検討を行なったものである。

超高率散水濾床(図-1)における濾床の浄化機構および、その効率、散水濾床と同様、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、

$$t = C \cdot D / Q^n \quad (4)$$

ただし、 t = Contact time

D = Filter depth

Q = Hydraulic loading

C, n ; constant

(1,2)

となる。浄化効率、

$$L_e / L_o = \exp(-K \cdot t) \quad (5)$$

ただし L_e = BOD remaining in filter effluent

L_o = BOD applied to the filter after mixing recycle

K ; constant

となる。1), 3) 従って, (4), (5)式から

$$L_e/L_0 = C \cdot Q^n \quad (6)$$

$$L_e/L_0 = \exp(-K D^m Q^n) \quad (7)$$

となる。4) この様に、浄化効率、接触時間に大きく左右されることがわかる。接触時間は、濾材の物理的性質にもよるが、濾床の深さが、大きく 散水量負荷が小さくなる程、大きくなることが考えられる⁸⁾。一定の深さの濾床では、接触時間を大きくするためには、1つは、散水量負荷を小さくすること、他に、下水の濾床通過回数を増加することなどがある。前者が、標準散水濾床であり、後者が 超高率散水濾床である。

処理水の返送によ、て得られる平均濾床通過回数は、次のように表わすことができる。

$$F' = (I + R) / I = 1 + R/I \quad (8)$$

ただし、 F' = 循環率 (Recirculation factor)

I = 流入水量

R = 返送水量

$N = R/I$ = 返送比

となる。5) 6) 又、これは、次の様に表わすことができる。

$$F' = 1 \cdot \frac{I}{I+R} + 2 \cdot \frac{I}{I+R} \frac{R}{I+R} + 3 \cdot \frac{I}{I+R} \left(\frac{R}{I+R}\right)^2 + \dots \quad (9)$$

しかし、下水は、濾床を通過するに従って、BOD除去能力が低下することを考慮して、加重値 f_w (weighting factor, $f_w < 1$) を導入すると、濾床の有効通過回数 F は、次の通りである。

$$F = 1 \cdot f_w \frac{I}{I+R} + 2 \cdot f_w \frac{I}{I+R} \frac{R}{I+R} + 3 \cdot f_w \frac{I}{I+R} \left(\frac{R}{I+R}\right)^2 + \dots \quad (10)$$

故に

$$F = \frac{1 + R/I}{[1 + (1-f_w) R/I]^2} = \frac{1 + N}{[1 + (1-f_w) N]^2} \quad (11)$$

となる。ここで F が N だけの関数だとすると

$$N = (2f_w - 1) / (1 - f_w) \quad (12)$$

の時、 F は最大となる。その値は、

$$F_{\max} = \frac{1}{4f_w(1-f_w)} \quad (13)$$

である。

一般の散水濾床に対して、 f_w は 0.9 に近いとされている。今、 $f_w = 0.9$ と仮定すると⁵⁾、 N は 1 となり、その時の最大値は $F_{\max} = 2.78$ となる。下水が、濾床を流下する場合、濾材表面を、全部覆って、一様に流れる散水負荷は、粒径 50mm の球では、 $150 \sim 250 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{day}$ といわれる^{7), 10)}。

2. 実験方法

合成下水とハム工場廃水の実験に使用した散水濾床は、塩化ビニル製で、円筒 23 cm、濾床深さ 2.7 m で、濾材は、直径 50 mm の磁製球を用いた。(図-1) 散水方法は、固定したノズルを使用し、濾床上部に設置した貯留槽から、一定水位で自然流下とした。

合成下水では、散水負荷を $150 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{day}$ として、流入水負荷を $15 \sim 30 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{day}$ とした。合成下水の BOD は、実験期間中、ほぼ $110 \sim 120 \text{ ppm}$ であった。

ハム工場廃水では、流入水負荷を $15 \sim 17 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{day}$ と、ほぼ一定として、循環流入負荷を、

150, 200 および, $250 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{日}$ として、実験を行った。ハム工場廃水の BOD は、 $100 \sim 150 \text{ ppm}$ であった。

3. 実験結果と考察

(1) 合成下水

汚床と沈殿池を含めた BOD 除去率と流入水負荷との関係を、図-2 中に ○印で示した。(以下 ○印は、合成下水である。) 流入水 BOD $110 \sim 120 \text{ ppm}$, 散水負荷 $150 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{day}$ という条件のもとで、BOD 除去率は、流入水負荷 $10 \sim 30 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{day}$ の範囲では、水温が 6°C でも 85% 以上と極めて高い処理効率が得られた。

又、 $30 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{day}$ 以上の流入水負荷では、処理効率的減少することが認められた。

図-3 は、BOD 除去率と汚床の BOD 負荷との関係である。BOD 除去率は、BOD 負荷 $1.2 \text{ kg}/\text{m}^2 \cdot \text{day}$ 付近から減少している。すなわち、除去率 85% 以上を期待することのできる BOD 負荷は、 $1.2 \text{ kg}/\text{m}^2 \cdot \text{day}$ が限界と考えることができる。このことは、高率散水汚床の限界 BOD 負荷 $1.2 \text{ kg}/\text{m}^2 \cdot \text{day}$ と照合することは、極めて興味あることである。

図-4 は、返送比と BOD 除去率との関係である。この図にみられるように、返送比は 7~8 付近で最大値を示している。このことは、さきに述べた $N=8$ の時最大値を示すこととよく一致している。BOD 除去率 85% 以上を示す返送比は、7 以上であると考えられる。

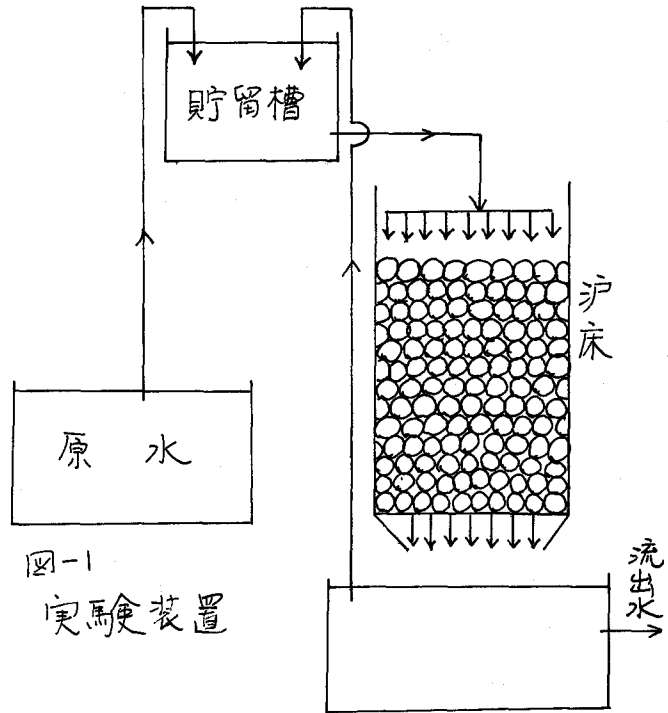


図-1
実験装置

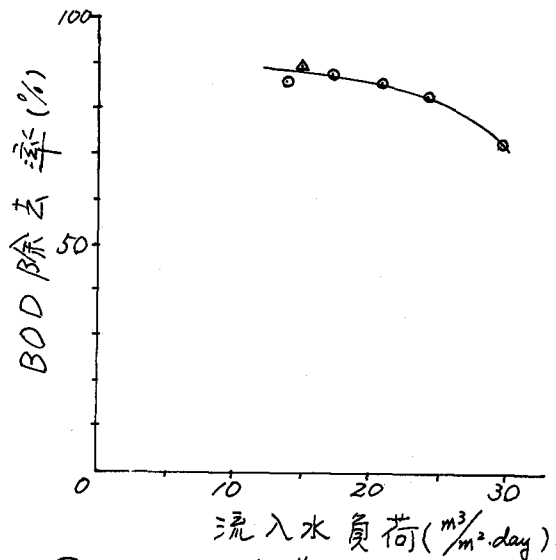


図-2 流入水負荷と BOD 除去率

(D). ハム工場廃水

(1)の実験結果を基礎とし、循環流入水負荷 $150 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{day}$ 、流入水負荷 $15 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{day}$ として、ハム工場廃水で実験を行った。

廃水の BOD は $100 \sim 150 \text{ ppm}$ であつた。原水、及び処理水の性質は、表-1 に示した。

流入水負荷、BOD 負荷、及び、返送比に対する BOD 除去率の関係を、図-2, 3, 4 の上に、 Δ 印で示した。

合成下水と同様に、BOD 除去率は 85% 以上の処理効率をたえず得ることが出来た。

表-1 でわかるように、 100 ppm 前後の油脂類は、 80% 以上除去することができた。

アンモニア性窒素の除去率も、極めて高いことが認められた。

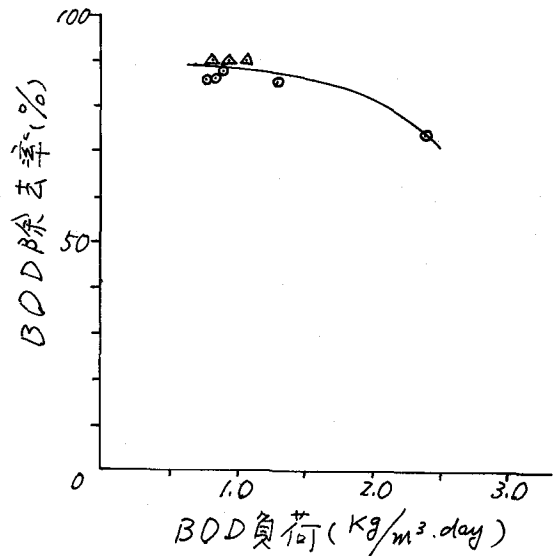


図-3 BOD 負荷と BOD 除去率

4. 総括 および 結論

散水汙床の実験装置を用いて、超高率散水汙床について、ヒューマス、酸素収支など、生物膜関係については、実験的検討の段階で必ずしも十分な資料について、解析したものではないが、次のような結論とすることができた。

1)、循環流入水負荷 $150 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{day}$ 返送比 7 ~ 11 と示した場合、流入水負荷 $1.2 \text{ kg}/\text{m}^2 \cdot \text{d}$ 等の負荷条件では、BOD 除去率 85% 以上を期待することができた。

2)、油脂類、およびアンモニア性窒素等は、極めてよく除去することが出来た。

3)、超高率散水汙床は、散水汙床の特性を生かしながら、高い処理効率を得ることが

認められ、三次処理を前提とした生物処理として考えることが出来る。

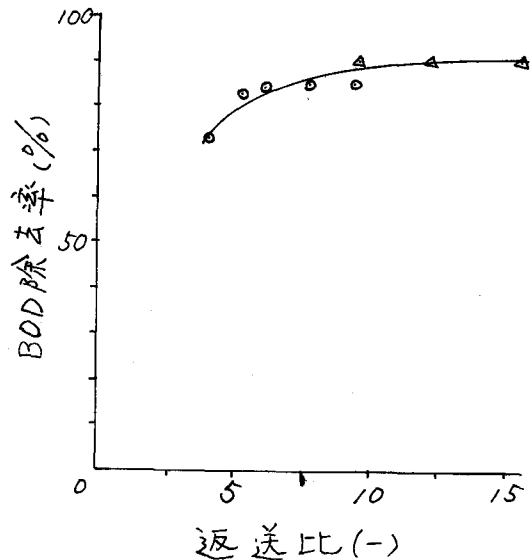


図-4 返送比と BOD 除去率

<参考文献>

1). Howland, W. E

Proc. 12th Ind.

Waste conf. Purdue

Univ. P435 (1958)

2). Schulze, K. L

Sewage and Industrial

Wastes 29.4

(1957)

3). Schulze, K. L.

Proc. Third Bio-

logical Waste Treat-

ment Conference

Manhattan College

(1960)

4). Eckenfelder, W. W.

O'Connor, D. J.

Biological Waste

Treatment

P221~247 (1961)

Pergamon

5). Fair, G. M. Geyer, J. C. Waste Supply and Waste-water Disposal

P718~P732 (1954)

6). Fair, G. M. Geyer, J. C., Okun, D. A. Water and Waste-water

Engineering Vol. 2 22-16 (1968)

7) 左合正雄 衛生工業協会誌 27 11号 pp 1~8 (1953)

8) 遠藤郁夫, 鎌田 修 ; 散水床に関する実験的研究(1), 土木学会第21回 年次講演会講演

概要 II-145 昭和41年

9), 左合正雄. 水道協会雑誌 239号 pp 30~41 (1954)

10), 左合正雄 水道協会雑誌 241号 pp 14~20 (1954)

表-1 ハム工場廃水及W処理水 (流入水負荷 $15 \frac{m^3}{m^2 \cdot day}$ 循環流入水負荷 $150 \frac{m^3}{m^2 \cdot day}$)

	原水	循環流入水	循環流出水
水温(°C)	18.5	22.0	22.0
PH	6.9	8.1	8.3
透視度	15.3	30以上	30以上
COD (PPM)	22.8	8.0	7.3
BOD (PPM)	108.2	15.6	11.4
T.S (PPM)	712	702	638
D.S (PPM)	452	399	384
S.S (PPM)	260	303	254
T-N (PPM)	7.35	4.20	4.20
NH ₃ -N (PPM)	4.87	0.18	0.0
NO ₂ -N (PPM)	0.0	0.15	0.10
油脂類 (PPM)	57~108	22~35	11~15

注)

1

2

3

4

5

6

注) 1. 蒸発残留物 2. 溶解性物質

3. 浮遊物質 4. 総窒素

5. アンモニア性窒素 6. 亜硝酸性窒素