

K-ろ材使用曝気槽のBOD除去と余剰汚泥

第一工業大学 正員 樋渡 重徳
 第一工業大学 正員 石井 勲
 第一工業大学 正員 田中 光徳
 鹿児島県水質検査事業(協) 正員 ○ 田中 克幸

1. はじめに

生物膜法では各種ろ材が使用されている。ろ材の役割は生物を曝気槽に保持することである。有機物は生物化しSSとなって水と分離し、これによって汚水のBOD除去が行われる。有機物は生物体内で一部が酸化され一部が同化に使われる。

仮定として曝気槽からまったく生物としてのSSが流出せず、生物活性が維持されたまま槽内に保持された場合のBOD除去と余剰汚泥について考察した。そして十分な時間が経過した後の数学的結果が、K-ろ材(乳酸菌飲料廃容器の底部を除去したもの)使用の曝気槽に生じている。これを報告する。

2. BODとSSの経時変化

曝気槽に流入したBODと曝気槽生物濃度の経時変化を数式にて表現する。

酸素要求量式から

$$O_2 = a \cdot Lr + b \cdot Sa \quad (1)$$

O_2 は単位時間に曝気槽が吸収する酸素量であるから、酸素利用速度をRr、曝気槽容量をVとすれば $O_2 = V \cdot Rr$ 。

酸素利用速度係数をkr、曝気槽生物濃度をX とすれば

$$O_2 = Rr \cdot V = V \cdot kr \cdot X \quad (2)$$

また $Sa = V \cdot X$ 、 $Lr = Q \cdot (Ci - C)$ 、以上の式より

$$V \cdot kr \cdot X = a \cdot Q \cdot (Ci - C) + b \cdot V \cdot X \quad (3)$$

両辺をV で割って $l = V/Q$ で置き換えれば

$$X = \frac{a}{T \cdot (kr - b)} (Ci - C) \quad (4)$$

槽内のBOD除去が一次反応モデルに従うとすれば

$$-\frac{dC}{dt} = k \cdot X \cdot C \quad (5)$$

(4)、(5)より

$$\frac{dC}{dt} = -k \cdot \frac{a}{T \cdot (kr - b)} (Ci - C) \cdot C \quad (6)$$

これを解いて

$$C = \frac{Ci}{1 + P \cdot \exp(A \cdot Ci \cdot t)} \quad (7)$$

$$\text{ここで } A = k \cdot \frac{a}{T \cdot (kr - b)} \\ P : \text{積分定数} \quad (8)$$

C_i : 曝気槽流入BOD	(mg/l)
C : 曝気液BOD	(mg/l)
O_2 : 酸素要求量	(mg/日)
a : 係数	
b : 係数	
Lr : BOD除去量	(mg/日)
Sa : 曝気槽内SS量	(mg)
X : 曝気槽内SS濃度	(mg/l)
Rr : 酸素利用速度	(mg/l/日)
kr : 酸素利用速度係数	(1/日)
Q : 流入速度	(l/日)
V : 曝気槽容量	(l)
T : 滞留時間	(日)
t : 時間	(日)
k : 係数	

注: 単位はmg、l、日に統一している。

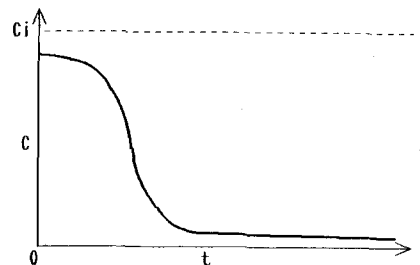


図 1 曝気槽内BOD経時変化

またSSについては(4)、(7)より

$$X = \frac{A}{K} (C_i - C) = \frac{A \cdot C_i}{K} \cdot \frac{P \cdot \exp(A \cdot C_i \cdot t)}{1 + P \cdot \exp(A \cdot C_i \cdot t)} \quad (9)$$

$k > 0$ 、 $I > 0$ 、 $a > 0$ 、であり、活性汚泥法の代表的な値から
 $R_r = 15 \cdot 24 \text{ mg/l/日}$ 、 $SS = 2000 \text{ mg/l}$ とすれば $kr = 0.18$ 。また
 $b = 0.1$ とすれば $kr - b = 0.18 - 0.1 = 0.08 > 0$ であるから(8)より $A > 0$ 。
 故に

$$\lim_{t \rightarrow \infty} C = 0 \quad (10)$$

$$\lim_{t \rightarrow \infty} X = \frac{A \cdot C_i}{K} = \text{Const.} \quad (11)$$

以上より時間の経過とともに曝気槽内BODは0に限りなく近づきSS濃度が一定値になることがわかった。それぞれの経時変化を、図1、図2に示す。

3. 曝気槽の構造と機能

曝気槽の前段に腐敗槽を設置し、できるだけ溶解性BODが曝気槽へ流入するようになっている。また、中央にドラフトチューブ、その周辺にK-ろ材をランダムに充填する。ドラフトチューブの中心に散気管が位置しているので、曝気槽内の汚水は、エアリフトポンプの原理で槽内を循環する(図3参照)。ろ材の比表面積は約 $130 \text{ m}^2 / \text{m}^3$ と大きくSS捕捉効果のあることが知られている。従って、生物膜の急激な脱落現象はあまり見られず、流入する有機物を生物化し、それを槽内に保持する。

4. まとめ

(10)式のSS濃度を保持する能力があれば、BODは0に近づき、曝気槽生物濃度は一定となるので、余剰汚泥は発生しないことになるが、実際は困難である。活性汚泥法では、高濃度の活性汚泥を保持し難く、BOD容積負荷を小さくすると汚泥の解体が生じることになる。生物膜法では、生物膜をろ材で保持するが、剥離してしまった生物膜は流出してしまう。現在の曝気槽はSSの保持が可能であっても、SSの捕捉は困難であり、そのため沈澱槽を設けねばならない。

K-ろ材は、単位が筒状のランダムな集合体である。これはSS捕捉性があり、SSを閉じ込める。曝気槽のBODは低く、余剰汚泥の発生量も小さい。施設1、2はそれぞれ昭和61年8月、同62年6月から稼動しているが、ともに現在まで逆洗と余剰汚泥の返送を行っていない。第2曝気槽の平均BODは施設1が 3.2 mg/l 、施設2が 4.8 mg/l であり、完全とは言えないまでも本曝気槽は式(10)、(11)の状態が成立していると考えられることができる。

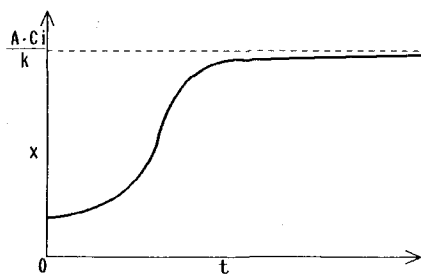


図 2 曝気槽内SS経時変化

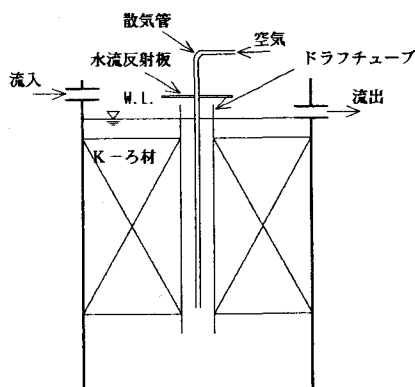


図 3 曝気槽構造

	施設1	施設2
稼動年月	86/08	87/06
人槽(人)	5	5
実使用人員(人)	5	3
第1腐敗槽(㎡)	1.64	1.16
第2腐敗槽(㎡)	0.55	0.57
第3腐敗槽(㎡)	0.55	—
予備ろ過槽(㎡)	0.55	0.57
第1曝気槽(㎡)	1.31	1.04
第2曝気槽(㎡)	1.31	1.03

表 1 人槽と単位装置容量

	施設1	施設2	(検査期間)
平均値	3.2	4.8	*施設1
最大値	5.5	12.6	86/09~87/10
最小値	1.7	1.9	
試料数	6	8	*施設2 87/06~87/12

(単位:mg/l)

表 2 第2曝気槽のBOD濃度