

2. 化 学 部

2.1 つけ物工場排水の回分式活性汚泥処理

蓑輪迪夫, 伊藤博雄, 清留和枝

Treatment of waste water from salted vegetables works by Batch flow activated Sludge process.

Michio MINOWA, Hiromasa ITO and Kazue KIYODOME.

つけ物工場とくに干し大根漬, 生大根漬工場排水の回分式活性汚泥法による処理に関しての, 基礎的な検討を行った。

BOD容積負荷は, $0.7 \text{ kg} \cdot \text{BOD} / \text{m}^3 \cdot \text{日}$ 以上では, BOD成分の処理も不十分で, 透視度も悪い結果が得られ, $0.5 \text{ kg} / \text{m}^3 \cdot \text{日}$ 程度あるいはそれ以下で計画することが望ましい。

BOD 去速度定数は, 25°C で $2.91 \times 10^{-4} (\text{VSS} \cdot \text{mg} / \text{l} \cdot \text{h})^{-1}$, 15°C で $1.65 \times 10^{-4} (\text{VSS} \cdot \text{mg} / \text{l} \cdot \text{h})^{-1}$ であった。

汚泥増殖に関する変数は, 混合排水, および調味廃液を試料とし, $a = 0.74$, および $a = 0.68$, $b = 0.008$, および $b = 0.016$, であり, 酸素利用に関する変数は, $a' = 0.73$, $b' = 0.07$ という結果を得た。

1. はじめに

つけ物製造工場は, 鹿児島県下に50数工場あり, 県下食品製造業の中でも重要な地位を占めている。

これらの工場はおもに大根を原料として, 干し大根漬, 生大根漬を製造しているが, 一部は高菜漬けや, らっきょ漬などを製造しているところもある。

これらの工場のうち比較的規模が大きく, 排水量が県による上乘せ排水基準適用水域で 30 m^3 以上それ以外は 50 m^3 以上のものは, 活性汚泥法などの生物処理を行っている。

しかしこれらの工場の排水処理も, 必ずしも順調に運転されているとはいえず, バルキングやその他のトラブルを起すものもあり, 電力費などの経費がかかり, 維持管理上の問題も多い。

今後処理装置未設置の工場や処理装置の維持管理, 経費節減などを適正に行うために, 処理につ

いて基礎的なことを知る必要がある。

本報では以下に, つけ物排水(干し大根漬, 生大根漬)の回分式活性汚泥処理法について基礎的な検討を行った結果について報告する。

2. つけ物工場排水の水質および実験の方法

2.1 水 質

つけ物製造工場排水の水質については, すでにその一部について報告している。¹⁾

表1に干し大根漬け, および生大根漬け工場の排水の分析例を示す。

排水は, おもにつけタンクの残液, 大根の洗浄水, 調味液の廃水, 殺菌の冷却水などである。

このうちタンクの残液は, 生大根漬けの場合, 大根収獲時の一押し残液, その後の2押し, 3押しとあり, 干し大根漬けの場合は漬込み残液であり, これらタンク残液は, タンクの中に少量残る

表 1. つけ物工場排水分析例

試 料 \ 項 目	P H	水 温 C°	C O D mg/l	B O D mg/l	T O C mg/l	S S mg/l	T-N mg/l	T-P mg/l	C l- mg/l
U 工 場 混 合 排 水	4.0	33.2	976	1,340	1,230	495	110	17.7	—
〃	3.7	30.1	795	1,930	1,010	224	84	15.7	—
K 工 場 混 合 排 水	4.0	20.1	1,030	1,770	670	536	130	25.5	—
〃	4.7	27.2	760	1,350	890	988	210	14.2	1,420
〃	5.8	11.8	1,760	2,560	1,500	400	110	7.5	2,020
〃	4.1	23.4	1,863	3,023	1,800	532	160	20.2	2,960
N 工 場 混 合 排 水	6.9	28.6	776	534	530	1,640	93	27.2	2,860
〃	4.6	10.3	1,020	1,440	1,100	642	93	16.1	1,690
生大根漬, 1 押し残液	5.8	17.5	3,480	4,410	—	79.5	—	—	57,000
〃	6.3	17.5	106	80.9	—	305	—	—	427
〃 2 押し残液	5.6	13.5	31,878	56,250	—	—	—	—	—
〃 3 押し残液	5.2	14.0	35,800	40,400	—	436	—	314	61,400
〃 3 押し大根洗浄水	6.0	14.0	1,170	1,690	—	100	—	132	2,160
〃 塩分調整晒水	5.1	16	15,700	21,600	—	119	—	152	27,400
〃 調 味 残 液	4.4	16	22,100	29,300	—	40	—	134	36,000
干し大根漬 漬込残液	5.7		78,860	105,300	—	—	5,367	693	133,300
〃	5.3	14	99,000	121,000	—	696	—	1,060	52,900
洗 淨 排 水	6.1		2,620	2,900	—	358	131	31	3,300
調 味 廃 液	4.1		17,410	25,100	—	1,851	—	181	35,500
〃	4.5	14	102,000	129,000	—	242	—	483	34,000
〃			39,620	58,800	16,420	532	2,220	395	39,700

程度で水量は少ないが、表 1 のように、BOD は、数千から数万あるいは 10 万 mg/l 程度と高い。

大根洗浄水は、タンクから取り出した大根を洗浄するときに排出されるもので BOD は、数十から 2～3 千 mg/l 程度である。

調味液廃水は、調味液の配合によって異なるが、BOD 数万から十数万 mg/l と高い濃度を示すが水量は少ない。

殺菌冷却水は、包装した製品の加熱殺菌時の冷却水で水量は多いがほとんど汚濁されておらず、普通処理は不要である。

以上のような水が混合されて排出されるが、混合排水の水質は表 1 のように、BOD 580～3,020 mg/l、COD は 760～1,860 mg/l、TOC 530～1,800 mg/l、T-N 84～210 mg/l、T-P 7.5～27.2 mg/l、塩素イオン 1.420

～2,860 mg/l の値を示しており、この程度の範囲の水質が一般的なものと考えられる。

BOD:N:P は 100:4.3～15.9:0.7～4.7 (一例は 0.3) であり、BOD/COD は 1.37～2.48 (一例だけ 0.75) で生物処理に比較的適した排水と考えられる。

2.2 実験の方法

(1) 活性汚泥の馴養

汚泥は U つけ物工場の活性汚泥を採取し、実容積 45 l の槽で、K 漬物工場の排水を用い、1 ヶ月間馴養を行った。

この間日曜以外の毎日 BOD 容積負荷として 0.3～0.4 g/l・日となるように排水を加え、朝曝気をとめ、2 時間汚泥を沈降させ、上澄水 15 l 引抜き排水および水を加えて 45 l とし、曝気を行った。

この結果汚泥の沈降性や処理水の透視度もよく良好な汚泥を得た。

(2) 回分活性汚泥試験

回分活性汚泥試験は、15 l (有効) の水槽4槽の各々に(1)で馴養した汚泥を一定量加え、各槽のBOD負荷量を変えて排水を加え、回分処理試験を行い、汚泥の増殖やBOD除去の状態などを調べた。

実験1では試料としてK工場の混合廃水を、実験2では調味廃液を用いた。

(3) 酸素消費量の測定

2 l のビーカー4個に活性汚泥を一定量とり、試料をBOD負荷量を変えて加え、全量を2 l とし9時から翌日9時まで24時間曝気を行い、その間0, 30分, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 24の各経過時間毎に酸素利用速度を測定し、MLVSSに対す

ppmで5分間遠心分離後の液についてCOD, BODの測定を行った。

(5) 分析方法

分析はつぎに記す方法により行った。

- ①pH: 水温: 掘場製水質チェッカーU-7を用いた。
- ②COD: JIS K 0 1 0 2 過マンガン酸カリウム, 10 0°Cにおける酸性酸化法
- ③BOD: JIS K 0 1 0 2 一般希釈法
- ④SS: JIS K 0 1 0 2 GFPろ過法
- ⑤MLSS: 遠心分離法
- ⑥MLVSS: 遠心分離乾燥後55 0~60 0°Cで灰化
- ⑦T-N, TOC: 住化ガスクロ方式全有機炭素・全窒素分析装置GCT-12型使用
- ⑧T-P: JIS K 0 1 0 2 モリブデン青法

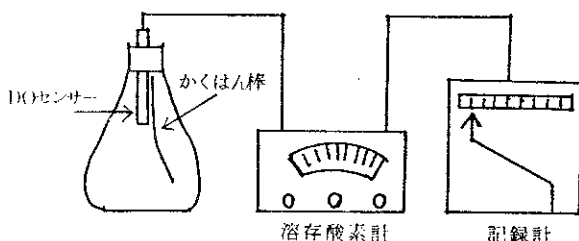


図1. 酸素利用速度の測定装置

る酸素利用量などを求めた。

酸素利用速度の測定は、図1に示す装置を用いた。

なお溶存酸素計は、YSI DOメーター57型を用いた。

(4) BOD除去速度の測定

水温を25°C, 15°Cに保ち、各々の温度におけるBOD除去速度の測定を行った。

実験に用いた水槽は15 l 容のものを用い、各々を25°Cについてはヒーターで、15°Cにおいては、恒温槽で定温に保った。

採水は排水を添加して混合した直後および2, 4, 7, 10, 24時間経過後に採水し、2,000

3. 実験の結果および考察

3.1 処理実験結果

実験1では、つけ物工場の混合排水を試料とし、実験2では、調味廃液を試料として回分活性汚泥処理試験を行った。

結果を表2, 3に、原水、処理水などの水質を表4に示す。

実験1では、BOD容積負荷0.18, 0.36 g/l・日では、処理水の透視度もよく、BODも1 mg/l以下で良い処理水を得られたが、0.73では、処理水のBODも5.7 mg/l, SS25.5 mg/lとやや悪く、透視度も1.5 cmと濁りが多い。

BOD容積負荷1.27 g/l・日では、処理水の水質もBOD4.78 mg/l, SS34.0 mg/l, 透視度も1.3 cmと悪く、処理が不十分である。

BOD容積負荷は、0.7 g/l・日程度でも処理は可能と考えられるが、0.5 g/l・日程度以下の方が望ましいと考えられる。

負荷BODに対する汚泥の増殖率は、BOD容積負荷0.18のとき60.8%, 0.36のとき70.6%,

表 2. つけ物排水回分活性汚泥試験結果
(混合排水)

項 目	No.	1	2	3	4
原 液 BOD	mg/l	3,020	"	"	"
曝 気 槽 容 量	l	10	10	10	10
排 水 添 加 量	l	0.6	1.2	2.4	4.2
BOD容積負荷	g・BOD/l・日	0.18	0.36	0.73	1.27
BOD・MLVSS負荷	$\frac{g \cdot BOD}{g \cdot VSS} \cdot 日$	0.052	0.096	0.17	0.28
MLVSS 初 濃 度	mg/l	3,496	3,776	4,344	4,554
5 日 後 の MLVSS	mg/l	4,046	5,054	6,484	7,000
一日平均汚泥増殖量 (VSS)	g/l・日	0.11	0.256	0.428	0.49
処 理 水 質 BOD	mg/l	0.8	0.9	57.0	478
負荷 BOD に対する汚泥増殖率 (VSS)	%	60.8	70.6	59	38.5
Lr (除去 BOD 量)	VSS g	1.80	3.62	6.69	7.92
△S (汚泥増殖量)	VSS g	1.10	2.56	4.28	4.89
S (汚泥濃度)	VSS g	35	37.8	43.4	45.5
△S/S		0.032	0.068	0.099	0.107
Lr/S		0.052	0.096	0.154	0.174

表 3. つけ物排水回分活性汚泥試験結果

項 目	No.	1	2	3	4
原 液 BOD	mg/l	58,000	"	"	"
曝 気 槽 容 量	l	10	10	10	10
排 水 添 加 量	ml/日	35	70	120	180
BOD容積負荷	g・BOD/l・日	0.203	0.406	0.696	1.044
BOD・MLVSS負荷	$\frac{g \cdot BOD}{g \cdot VSS} \cdot 日$	0.079	0.153	0.266	0.391
MLVSS 初濃度	mg/l	2,562	2,646	2,616	2,670
7 日 後 の MLVSS	mg/l	3,400	4,184	5,914	7,238
1 日 平 均 汚 泥 増 殖 量 (VSS)	g/l・日	0.12	0.22	0.47	0.65
処 理 水 水 質 BOD	mg/l	1.0	1.8	4.0	7.4
負荷 BOD に対する汚泥増殖率	%	59	54.1	67.7	62.5
Lr (除去 BOD 量)	g	2.03	4.07	6.95	10.42
△S (汚泥増殖量)	VSS g/日	1.2	2.2	4.7	6.5
S (汚 泥 量)	g	25.6	26.5	26.2	26.7
△S/S		0.047	0.083	0.180	0.243
Lr/S		0.079	0.154	0.265	0.390

表 4. 回分活性汚泥試験原水、処理水の水質

試料	項目	pH	水 温	COD mg/l	BOD mg/l	SS mg/l	TOC mg/l	T-N mg/l	T-P mg/l	透視度 cm	SV ₃₀ %	MLSS mg/l	SVI
原 水 混 合 水		4.1	23.4	1,863	3,023	532	1,800	160	20.2	—	—	—	—
調 味 液 廃 液				39,620	58,830		16,420	2,220	395	—	—	—	—
実 験 1	処理水 No. 1	7.4	22.0	104	0.8	3.0	106	5.6	3.0	30以上	36	4,628	77.8
	〃 No. 2	7.5	21.9	14.7	0.9	1.0	158	45	4.0	30以上	42	5,748	73.1
	〃 No. 3	7.1	21.9	46.9	57.0	25.5	343	104	7.4	15	79	7,348	107.5
	〃 No. 4	6.8	22.3	183	478	340	275	545	5.7	13	87	7,874	110.5
実 験 2	処理水 No. 1	7.7	17.9	7.6	1.0	—	—	—	—	30以上	26	3,810	68
	〃 No. 2	7.5	17.9	14.2	1.8	—	—	—	—	30以上	30	4,630	64.8
	〃 No. 3	7.2	18.0	27.8	4.0	—	—	—	—	30以上	30	6,482	46.3
	〃 No. 4	7.4	18.1	37.1	7.4	—	—	—	—	30以上	38	8,030	47.3

0.73 のとき、5.9%、1.27 のとき、38.5% となり、比較的低負荷の場合でも増殖率は大きくなっている。

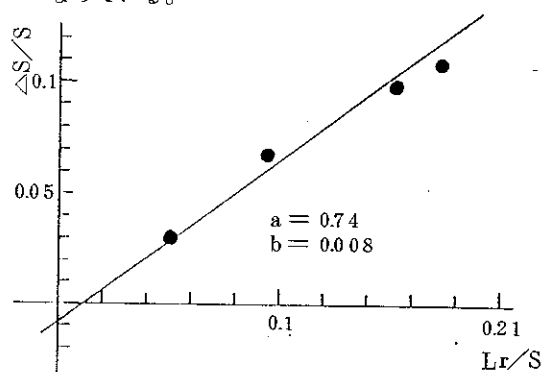


図 2. 活性汚泥の増殖率（混合排水）

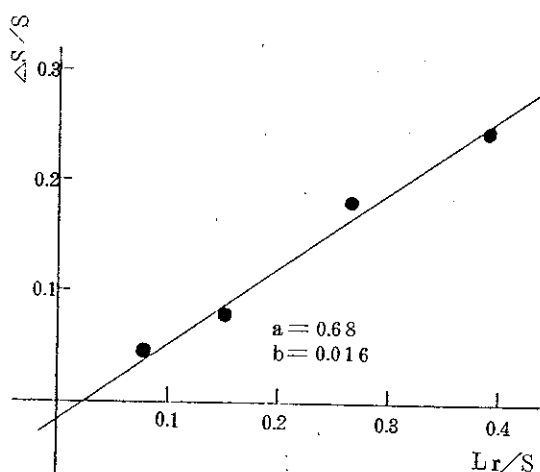


図 3. 活性汚泥の増殖率（調味廃水）

BOD容積負荷の高い0.73、1.27のとき増殖率が低いのは、処理水のSSが高く、汚泥が流出したためと考えられる。

汚泥の増殖に関する項目を表3に、除去BOD量/汚泥濃度と、汚泥増殖量/汚泥濃度の関係を図2に示す。

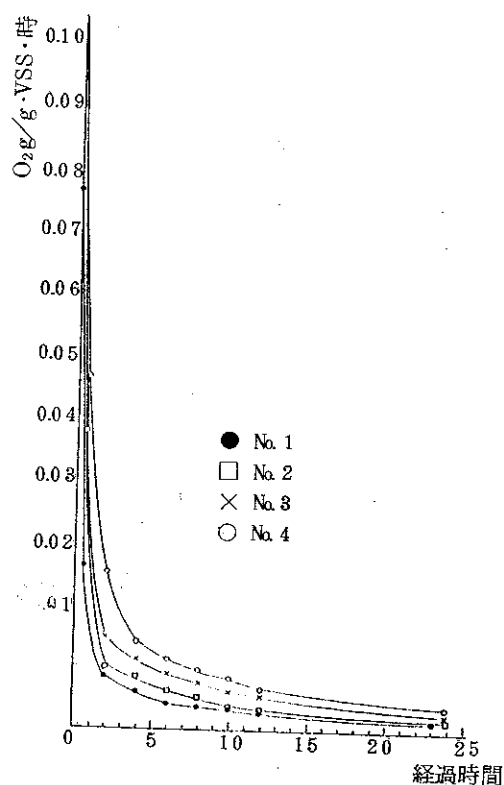


図 4. 時間経過と酸素消費量

これにより汚泥増殖に関する変数 a , b を求めた。

なお汚泥増殖に関してつぎの式を用いた。

$$\frac{\Delta S}{S} = a \cdot \frac{L_r}{S} - b$$

ただし、

ΔS (g/日) : 汚泥増殖量

S (g) : 曝気槽内のMLVSS量

a : 除去BODの汚泥転換率

b : 体内呼吸による自己酸化率

図2より、 $a = 0.74$, $b = 0.008$ を得た。

実験2では、表3のように、BOD容積負荷0.2, 0.4, 0.7, 1.0 g/l・日で実験を行ったが、処理水のBODは、1~7.4 mg/lで良く処理されているが、透視度は、BOD容積負荷0.7 g/l・日

で2.2 cm, 1.0 g/l・日で1.0 cmと悪くなっている。

汚泥の増殖率は、5.9~67.7%となっている。

実験1と同様に汚泥増殖に関する項目を表3、図3に示す。

図3より $a = 0.68$, $b = 0.016$ を得た。

実験1と同様汚泥の自己酸化率は少ない。

今回の実験中、汚泥は良好で、BOD容積負荷がかなり高い場合でも、検鏡の結果糸状菌はみられなかった。

3.2 酸素消費量の測定

一定量のMLVSSに対し、BOD負荷量を変え、酸素の消費量を求めた。

結果を表5および図4に示す。

表5. 酸素消費量測定結果

項 目	Na	1	2	3	4
処理後水質 BOD mg/l		1.0	1.6	1.9	1.8
L_r 除去されたBOD量 g		0.251	0.502	0.754	1.006
S MLVSS量 g		3.216	"	"	"
L_r/S 除去BOD g/g・VSS・日		0.078	0.156	0.235	0.313
R_o/S 酸素消費量 O_2 g/g・VSS・日		0.126	0.171	0.238	0.299
BOD容積負荷 g/l・日		0.127	0.253	0.379	0.505
BOD・MLVSS負荷 g/g・VSS・日		0.039	0.079	0.118	0.157

24時間の酸素消費量は図4において、各BOD負荷量ごとに図積分して求めた。

また除去BOD量(g)/MLVSS(g)日と酸素消費量 O_2 g/MLVSS(g)日の関係を図5に示す。

図5から酸素利用に関する変数 a' , b' を求めた。

なお酸素消費量の計算はつぎの式による。

$$\frac{R_o}{S} = a' \cdot \frac{L_r}{S} + b'$$

ただし、

R_o (g/日) : 必要酸素量

L_r (g・BOD/日) : 除去されたBOD量

S (g) : 活性汚泥量 (MLVSS)

a' : 除去されたBODのうち増殖のための利

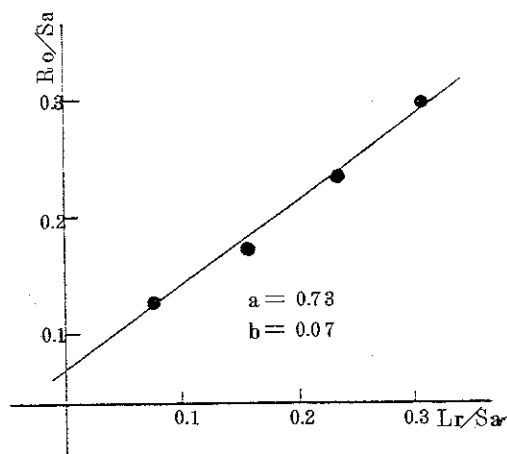


図5. 活性汚泥の酸素吸収率と汚泥負荷の関係

表 6. BOD 除去速度

25℃					15℃			
経過時間	水温	pH	COD mg/l	BOD mg/l	水温	pH	COD mg/l	BOD mg/l
0	24.5	5.4	183	382	14.2	5.1	196	406
2	24.8	6.8	67.6	90.8	15.6	6.8	87.8	174
4	24.8	7.2	25.0	4.5	14.4	7.2	37.0	23.7
7	25.0	7.2	18.8	2.4	15.2	7.2	23.3	4.5
10	25.0	7.3	17.4	1.7	15.1	7.2	20.4	3.3
24	24.7	7.7	17.6	1.6	14.8	7.6	17.2	2.1

用率

b' : 体内呼吸による自己酸化率

図より $a' = 0.73$, $b' = 0.07$ を得た。

3.3 BOD除去速度の測定

水温を 25℃ と 15℃ に保ち、それぞれにおける BOD 除去速度を求めた。

結果を表 6、図 6 に示す。

表 6 のように、25℃ においては、BOD 初濃度、382 mg/l が 2 時間で 90.8 mg/l、4 時間で 4.5 mg/l となり、15℃ では、初濃度 BOD 406 mg/l が 2 時間で 174 mg/l、4 時間で 23.7 mg/l、7 時間で 4.5 mg/l となった。

BOD の除去が、4.5 mg/l 程度まで、片対数グラフでは直線とみなされ、一次反応の式にしたがうとしてつぎの式で計算すると、

$$K = \frac{2.303 \cdot \log LO/L}{Sa \cdot t}$$

K : BOD 除去速度定数 (1/MLVSS mg/l · h)

Sa : 活性汚泥濃度 (MLVSS mg/l)

t : 時間

Lo : BOD 初濃度 (mg/l)

L : t 時間後の BOD 濃度 (mg/l)

25℃ における K は、 $2.91 \times 10^{-4} (\text{mg/l} \cdot \text{h})^{-1}$ 、15℃ においては、 $1.65 \times 10^{-4} (\text{mg/l} \cdot \text{h})^{-1}$ となる。

前報¹⁾では、大島紬絹糸の精練排水の回分式活性汚泥処理についての結果を報告し、25℃ においては、K は $1.45 \times 10^{-4} (\text{mg/l} \cdot \text{h})^{-1}$ 、15

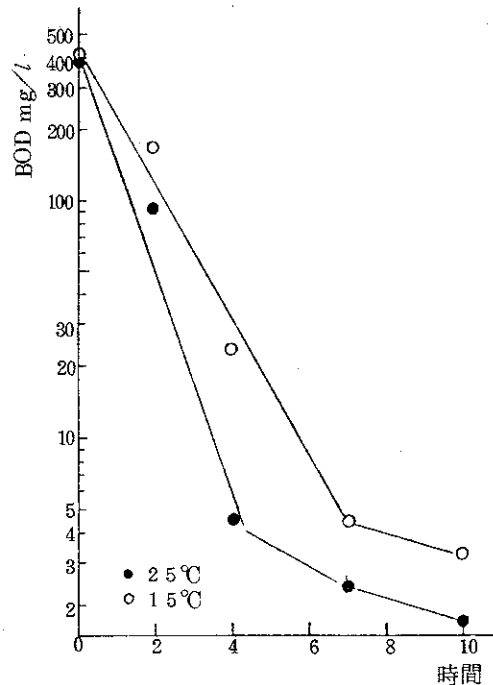


図 6. BOD 除去速度

℃ において、 0.74×10^{-4} の結果を得ているが、これらにくらべるとつけ物工場排水の場合分解が速い。

また絹精練廃水の場合水温 10℃ の差で速度定数は 2 倍速くなっているが、この場合も大凡 2 倍となっている。

4. おわりに

つけ物工場排水 (干し大根漬け、生大根漬け) の回分式活性汚泥法について基礎的な資料を得る

目的で検討を行った。

実験の結果では、BOD容積負荷は $1.27 \text{ g/l} \cdot \text{日}$ では処理がうまく行かず、 $0.7 \text{ g/l} \cdot \text{日}$ でも、処理水のBOD、透視度もやゝ悪く、厳しい水質基準値や、水量、水質の変動に対応するためには、 $0.5 \text{ g/l} \cdot \text{日}$ 以下で計画することが望ましい。

汚泥の増殖率はかなり高い。

一般によく使用されている、汚泥の増殖に関する変数は混合排水で $a = 0.74$ 、 $b = 0.008$ 、調味廃液のみの場合 $a = 0.68$ 、 $b = 0.016$ 、酸素利用に関する変数は、 $a' = 0.73$ 、 $b' = 0.07$

を得た。

BOD分解速度定数は、 25°C で $2.91 \times 10^{-4} (\text{VSSmg/l} \cdot \text{h})^{-1}$ 、 15°C で $1.65 \times 10^{-4} (\text{VSSmg/l} \cdot \text{h})^{-1}$ であった。

現在県下に多くのつけ物工場が活性汚泥処理を行っているが、これらの維持管理に、あるいは、新設時にも以上の結果が参考になると考えられる。

文 献

- 1) 伊藤, 荻輪, 清留, 水元 鹿工試年報 **24**.37 (1977)
- 2) 荻輪, 伊藤, 清留 鹿工試年報 **28**.45 (1981)