

2. 化 学 部

2.1 絹精練排水の回分式活性汚泥処理

養輪迪夫, 伊藤博雄, 清留和枝

Treatment of Silk Scouring Waste Water by Batch flow Activated
Sludge process

Michio MINOWA, Hiromasa ITO and Kazue KIYODOME

絹精練排水の回分式活性汚泥法に関しての基礎的な検討を行った。

BOD 負荷が適正であれば, 処理が良く行われる。BOD 容積負荷は, $0.7 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{日}$ 程度までは, 処理可能であるが, 余裕をみて, $0.5 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{日}$ 程度あるいはそれ以下で計画することが望ましい。

汚泥増殖に関する変数, $a = 0.65$, $b = 0.064$, また酸素利用に関する変数 $a' = 0.79$, $b' = 0.19$ を得た。BOD 除去は, ある濃度の範囲までは, 一次反応の式にしたがい, BOD 除去速度定数は, 25°C で $1.45 \times 10^{-4} (\text{VSS mg/l} \cdot \text{hr})^{-1}$, 15°C で, $0.74 \times 10^{-4} (\text{VSS mg/l} \cdot \text{hr})^{-1}$ であった。

1. はじめに

大島紬工場から排出される排水は, 絹糸の染色 (化学染色およびどろ染め, あるいは植物染め) や, 精練などの工程からのものである。

染色のみを行っている工場はかなり多いが, 染色および精練などを一貫して行っている工場は, 比較的少ない。

化学染色排水, どろ染めあるいは植物染め排水, 精練排水などの水質およびこれら排水の凝集処理法について研究を行い, 結果についてすでに報告を行ってきた。^{1) 2)}

精練排水は, 水量は比較的少ないが, BOD が高く, この排水の処理を行うには, 染色排水, 洗水などと混合され希釈されたものを凝集処理することにより, ある程度 BOD を低下させることはできる。

しかし県による上乗せ条例などにより厳しい水量, 水質基準値を達成するためには, 活性汚泥法のような生物処理法を行う必要がある。

絹精練排水の処理についてはすでにいくつかの

研究がなされており,^{3) 4) 5)} 実施例も多い。

本県内においても, 数工場が, 活性汚泥法を採用しているが, BOD 負荷量の過大, 曝気不足など, 種々の原因でトラブルを生じ, 順調に稼動しているとは言えないところもある。

絹精練排水は, BOD は高いが, 水量は比較的少く, 回分式活性汚泥法による処理が適当と考えられる。

本報では以下に, 絹精練排水の回分式活性汚泥法について, 基礎的な検討を行ったので報告する。

2. 絹精練排水の水質および実験の方法

2.1 水 質

大島紬工場において, 生糸の精練に使用される薬剤は, 石けん, 重炭酸ナトリウム, あるいは炭酸ナトリウム, 界面活性剤, トリポリリン酸塩などがおもなものであるが, 薬剤量, 配合は工場によって多少の違いがある。

精練排水は, 精練後排出される液 (以下原液という) が BOD が高く, あと原液とはほぼ同量の湯

表 1. 絹精練排水分析結果

試 料	PH	CODmg/l	BODmg/l	TOCmg/l	T-Nmg/l	T-Pmg/l	SSmg/l
TA工場原液	8.9	5,400	12,200	8,680	1,850	228	—
TM工場 "	8.8	4,520	8,720	5,500	1,400	277	1,240
KW工場 "	9.0	6,660	15,900	9,400	2,100	31	3,880
K 工場 "	8.8	5,490	10,400	5,720	1,170	134	—
"	8.9	5,690	10,700	5,770	1,190	136	—
"	8.8	5,290	11,000	6,570	1,630	150	—
"	8.8	4,330	8,250	5,680	1,180	134	—
"	9.1	5,780	11,900	6,760	1,470	128	—
湯 洗 い 水	8.9	620	1,430	—	—	—	—
混 合 排 水	6.9	600	3,270	—	—	—	—

洗い水、大凡2倍量の水洗水が排出され、その水量は、使用生糸の80～100倍量である。

精練排水の水質分析例を表1に示す。

表1のように、精練原液はBOD10,000～16,000mg/lでこれが湯洗い水、水洗水と混合され、希釈されて、3,000mg/l程度となっている。

またT-N（全窒素）は、原液で1,000～2,000mg/l，T-P（全りん）は使用されているトリポリりん酸などの量により異なるが、120～280mg/l，BOD：N：Pの割合は100：11～16：1.1～3.2となっている。

またBOD/CODは1.9～2.4でこれからみて、窒素分がかなり多いが、生物処理に適した排水と考えられる。

2.2 実験方法

2.2.1 活性汚泥の馴養

活性汚泥は、鹿児島市下水処理場の汚泥を種汚泥とし、実容積45lの槽を用い、精練排水を加えて約1ヶ月半馴養した。

この間一週間に一度工場より原液を採取し、日曜以外の毎日1.5l（BOD容積負荷として0.35～0.4g・BOD/l・日となる）を加え朝一定時刻にタイマーで曝気を止め、2時間汚泥を沈降させた上澄液を15l引抜き、精練原液1.5lを加え、水で45lとし、曝気を行うという方法を行った。

曝気は9.5Wの小型エアポンプを用いた。

この結果、汚泥の沈降性、処理水の透視度もよく、検鏡の結果も良好な汚泥を得た。

2.2.2 回分活性汚泥試験

回分活性汚泥試験は、馴養に用いたものと同じ45l槽を用い、MLSS濃度を調整し、1週間継続して毎日、同BOD負荷量を加え、毎朝15l上澄水を排出し、原液を加え45lとし曝気を行い、BOD負荷量を変え、汚泥の増殖率、BOD除去の状態などの実験を行った。

なお実験5は4.5lの槽で行った。

2.2.3 酸素利用量の測定

つぎにMLVSSに対するBOD負荷量を変え、酸素利用量の測定を行った。

2lのビーカー4個に活性汚泥を一定量とり、精練原液をBOD負荷量を変えて加え、全量を1.5lとし、9時から翌日9時まで24時間曝気を行い、その間9、11、13、19、22、9時の計6回各試料の酸素利用速度を測定し、MLVSS

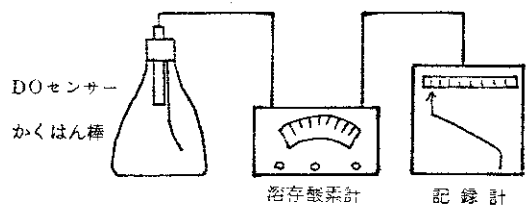


図 1. 酸素利用速度の測定装置

に対する酸素利用量を求めた。

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。

2.2.4 BOD除去速度の測定

水温を25℃および15℃に保ち、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、この水槽を恒温水槽の中に入れ、外槽に水を循環して25℃、15℃に保った。

なお25℃においては2時間おきに、15℃においては3時間おきに試料を採取し、2000RPM、5分間遠心分離後の液についてCOD、BODの測定を行った。

2.2.5 分析方法

分析は下記の方法により行った。

(1)PH：硝子電極日立堀場D-5型を使用

(2)COD：JIS K0102 過マンガン酸カリウムによる酸性酸化法

(3)BOD：JIS K0102 一般希釈法

(4)SS：JIS K0102 GFPろ過法

(5)MLSS：遠心分離後105℃乾燥秤量

(6)MLVSS：同上 600℃灼熱減量

(7)T-N, TOC：住化ガスクロ方式全有機炭素、全窒素分析装置GCT-12N型使用

(8)T-P：JIS K0102モリブデン青法

3. 実験の結果および考察

3.1 処理実験結果

回分活性汚泥処理試験の結果を整理して表2に処理水の水質などを表3に示す。

BOD容積負荷 $0.35 \text{ g/l} \cdot \text{日}$ では、処理水のBODは、 $1.2 \sim 3 \text{ mg/l}$ 、SS 8.6 mg/l 、透視度

表2 精練排水回分活性汚泥試験結果

項 目	実験 NO.	1	2	3	4	5
原 液 BOD mg/l		10,400	10,700	11,000	8,250	11,900
排 水 添 加 量 l		15	2	3	4	0.45
曝 気 槽 容 量 l		45	45	45	45	45
BOD容積負荷 $\text{g} \cdot \text{BOD} / \text{l} \cdot \text{日}$		0.35	0.48	0.73	0.73	1.2
BOD, MLSS負荷 $\text{g} \cdot \text{BOD} / \text{g} \cdot \text{MLSS} \cdot \text{日}$		0.12	0.16	0.120	0.22	0.35
MLSS 初 濃 度 mg/l		2,800	2,990	3,590	3,300	3,420
(x日)後MLSS濃度 mg/l		(5日)2,970	(5日)3,550	(3日)4,290	(5日)4,900	(6日)5,110
一日平均汚泥増殖量 $\text{g/l} \cdot \text{日}$		0.034	0.112	0.233	0.32	0.282
処理水水質BOD mg/l 当日(前日)		1.2(2.9)	7.5(94)	9.3(7.6)	28.4(25.4)	106(121)
負荷BODに対する汚泥増殖率%		9.8	23.6	31.7	43.6	24
Lr(除去BOD量) g		1563	2132	32.9	32.5	529
△Si(汚泥増殖量) g		1.53	5.04	10.49	14.4	1.27
S'(汚泥濃度) g		126	134.6	161.6	148.5	153.7
$\frac{\Delta S}{S'}$		0.012	0.037	0.065	0.097	0.083
$\frac{L_r}{S'}$		0.124	0.158	0.204	0.219	0.342

表 3. 回分式活性汚泥処理水の水質

試料	pH	水温 °C	COD mg/l	BOD mg/l	TOC mg/l	SS mg/l	T-N mg/l	T-P mg/l	透視 度 cm	SV 30%	MLSS mg/l	SVI	BOD 容積負荷
実験No.1	7.0	29.0	9.9	1.2	6.6	8.6	8.4	2.7	30	44	2,890	152	0.35
2	7.5	29.4	20.0	9.4	22.5	16.2	15.3	5.0	23	34	3,200	106	0.48
3	7.2	27.7	21.1	9.3	15.3	12.8	63.2	11.3	30	60	4,290	140	0.73
4	7.5	25.4	44.3	28.4	32.1	22.4	78.0	12.0	20	33	4,320	76	0.73
5	8.0	27.4	103	106	96.0	80.3	154.0	17.6	5	36	5,110	70	1.2

も 30 cm 以上で良い処理水を得た。

SV₃₀ は 44 %, SVI 152 とやゝ汚泥の沈降性が悪い傾向がみられたが、4 日目 134, 5 日目 131 と徐々に回復し、検鏡の結果も良好な汚泥であった。

BOD容積負荷 0.48 g/l・日 では、処理水の BOD 7.5~9.4 mg/l, 透視度 23~28 cm, SS 162 mg/l, SV₃₀ 34 %, SVI 106 と良好な結果が得られた。

BOD容積負荷 0.73 g/l・日 の場合、実験No.3 では、処理水の BOD 7.6~9.3 mg/l, 透視度も

れた。

BOD容積負荷 1.2 g/l・日 では、BOD 106~120 mg/l, 透視度 5 cm, SS 80 mg/l と、処理水の水質はあまり良くなく過負荷と考えられる。

負荷 BOD に対する汚泥の増殖率は、表 2 にみるように、BOD容積負荷 0.35 g/l・日 のとき BOD 負荷量に対して 9.8 %, 0.48 g/l・日 で 23.6 %, 0.73 g/l・日 で 31.7 および 43.6 % となっている。

容積負荷 1.2 g/l・日 のとき 24 % と少なくなっているが、これは処理水の透視度も悪く SS もないことから、汚泥の一部が流出したためと考えられる。

つぎに汚泥の増殖に関する項目を表 3 に、増殖に関する変数 a, b, を求めるため、L_r/MLSS・日と△S_i/MLSS・日の関係を図 2 に示す。

なお汚泥増殖に関してつぎの式を用いた。

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

ただし

△S_i [g/日]: 汚泥増殖量 (1 日当り)

S' [g]: 曝気槽内の MLSS 量

L_r [gBOD/日]: 除去された BOD 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 = 0.65, b = 0.064 を得た。

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、

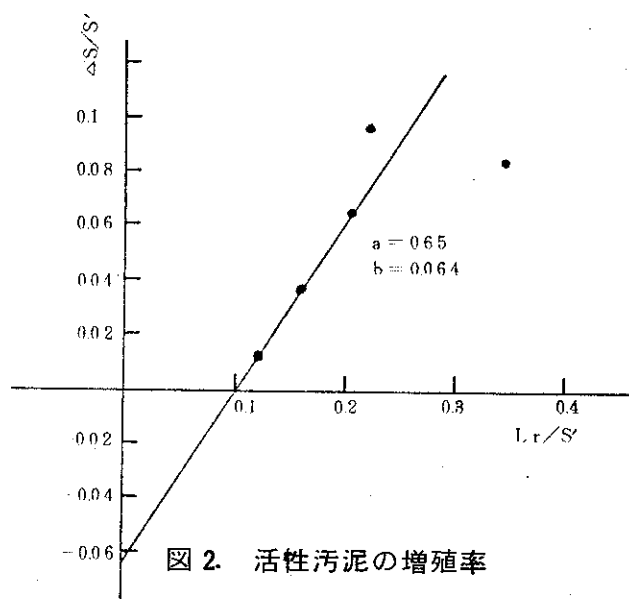


図 2. 活性汚泥の増殖率

30 cm と良好であったが、No. 4 では、BOD 254 ~ 28.4 mg/l, 透視度 20 cm と やゝ濁りがみら

表 4 酸素消費量測定結果

項 目 \ 実験No	1	2	3	4
BOD 量 g	0.298	0.597	0.895	1.193
処理後水質BODmg/l	6.4	6.6	12.3	20.7
除去された BODg	0.288	0.587	0.876	1.162
VSS g	2.53	"	"	"
除去 BOD g/g・VSS・日	0.114	0.232	0.346	0.459
酸素消費量O ₂ g/g・VSS・日	0.280	0.370	0.476	0.555
BOD容積負荷 g/l・日	0.199	0.398	0.597	0.795
BOD・VSS負荷g/g・VSS・日	0.118	0.236	0.354	0.472

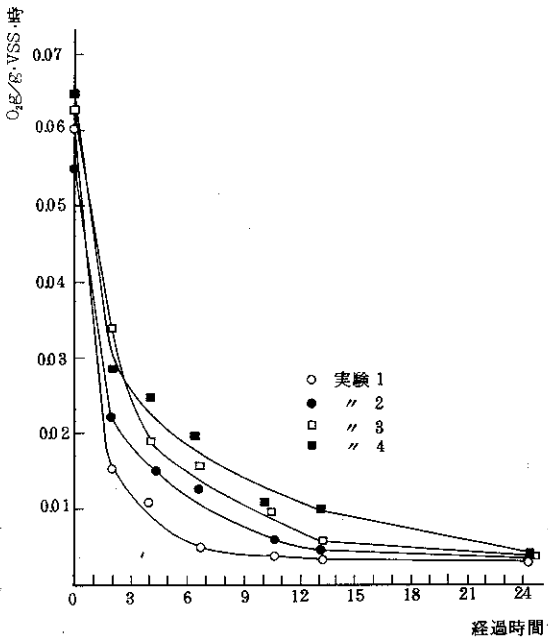


図 3. 時間経過と酸素消費量

24時間の酸素消費量を求めた。

結果を表4および図3に示す。

24時間の酸素消費量は図3において、各BOD負荷量ごとに図積分して求めた。

また酸素利用に関する変数 a' 、 b' を求めるため $g \cdot BOD / g \cdot MLVSS \cdot 日$ と $O_2 g / g \cdot MLVSS \cdot 日$ との関係を図4に示す。

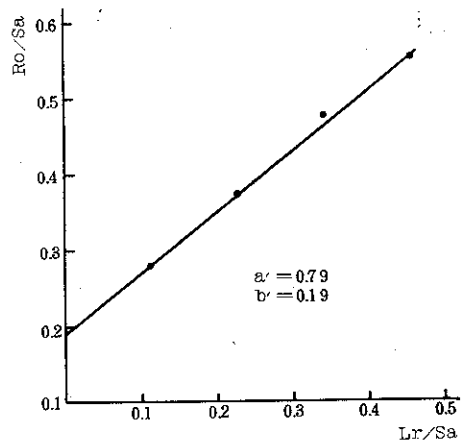


図 4. 活性汚泥の酸素吸収率と汚泥負荷の関係

なお酸素消費量の計算は、つぎの式による。

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

ただし

$R_o [g/日]$: 必要酸素量

$L_r [g \cdot BOD/日]$: 除去されたBOD量

$S_a [g]$: 活性汚泥量 [MLVSS]

a' : 除去されたBODのうち増殖のための利用率

b' : 体内呼吸による自己酸化率

図より $a' = 0.79$ 、 $b' = 0.19$ 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5-1、5-2および図5に示す。

BODの除去が一次反応にしたがうとして、つぎの式で計算すると、

$$K = \frac{2.303 \log L_0/L}{S_a \cdot t}$$

ただし K: BOD除去速度定数

[1/MLVSS・mg/l・h]

S_a [g]: 活性汚泥量 (MLVSS)

t: 時間

L_0 [mg/l]: BOD初濃度

L [mg/l]: t時間後のBOD濃度

表5-1 BOD除去速度 (25℃)

経過時間	水温 C°	CODmg/l	BODmg/l
0	24.8	148	257
2.3	25.0	87.9	98.6
4.3	25.0	55.7	50.8
6.3	25.0	25.3	14.7
8.3	25.0	21.3	10.3
原液水質		5,350	13,300

(備考) MLSS 3,480mg/l,

BOD容積負荷 0.44g/l・日

MLVSS 3,116mg/l,

BOD VSS 負荷 0.143g/VSS・日

表5-2 BOD除去速度 (15℃)

経過時間	水温 C°	CODmg/l	BODmg/l
0	15.2	178	373
3	15.8	106	154
6	15.6	66.9	83.3
9	15.3	38.3	36.9
12	14.9	37.5	34.8
原液水質		5,060	10,100

(備考) MLSS 3,765mg/l,

BOD容積負荷 0.34g/l・日

MLVSS 3,463mg/l,

BOD VSS 負荷 0.098g/VSS・日

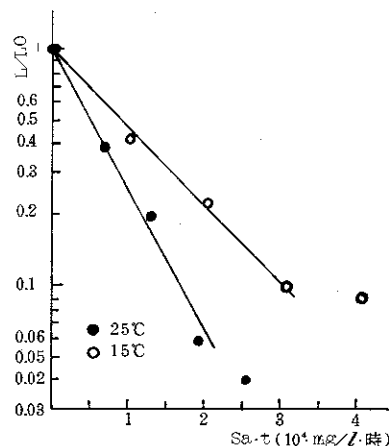


図5. BOD除去速度

25℃におけるKは、 1.45×10^{-4} (mg/l・h)⁻¹、15℃においては 0.74×10^{-4} (mg/l・h)⁻¹となる。

この実験の温度の範囲において、水温10℃の差により速度定数は大凡2倍となっている。

温度は、化学的および生化学的反應の反應速度に影響をおよぼすことは良く知られており、生物学的活性度の最適範囲内での反應の多くは、温度が10℃上昇することによりその反應速度が2～3倍増加することが知られている。

生物学的反應の反應速度に対する温度の影響については、

$$0.0315 = \frac{\log K_1 - \log K_2}{t_1 - t_2}, \text{ Wuh rman (1954)}$$

$$\frac{Kt}{K_{25}^{\circ C}} \times 100 = 0.716 t^{1.54}$$

SawyerとRohlich(1939)

$$Kt = K_{20}^{\circ C} \times 1.065^{(t-20)}$$

Phelps(1944)

などの式がある。⁶⁾

25℃および15℃における実験の結果を

Wuhrman および phelps の式にあてはめると

$$0.03 = \frac{\text{Log}K_1 - \text{Log}K_2}{t_1 - t_2}$$

$$K_1 = K_2 \times 1.072^{(t_1 - t_2)}$$

となりかなりよく一致する。

4. おわりに

絹精練排水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。

BOD容積負荷は、 $0.7 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{日}$ でも処理は可能であるが、厳しい水質基準値に対応するためにはやゝ難があり、 $1.1 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{日}$ 程度では処理水のBOD, SS もかなり高く、濁りも増え処理が困難である。

実際には、負荷の変動も多い業種であり、BOD容積負荷は $0.5 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{日}$ 以下で計画することが望ましい。

汚泥増殖に関する変数 a , b , 酸素利用に関する変数 a' , b' , BOD除去速度定数, その水温による差などを求めた。

これらの実験結果から、絹精練排水の回分式活性汚泥処理を計画する場合の基礎的資料を得た。

精練排水のほかに、化学染色、どろ染めあるいは植物染めなどの排水もあり、これらの排水は、凝集処理してのち精練排水と混合し、活性汚泥処理するか、精練排水のみを活性汚泥処理し、凝集処理した染色排水と混合し排出する、あるいは精練排水と染色排水を混合し凝集処理したのち生物処理を行うなどいくつかの組合せが考えられる。

これは工場の工程の種類、操業の状態、排水の水質基準値などによって考える必要がある。

文 献

- 1) 蓑輪, 田畑, 伊藤, 森山 公害 8, 20 (1973)
- 2) 蓑輪, 伊藤 鹿工試年報 23, 38 (1977)
- 3) 前田, 溝淵, 菅, 市川 醸工 52 684 (1974)
- 4) 倉石, 神奈川県繊維工業指導所業務報告 昭50, 51, 52年
- 5) 繊維工業の排水処理技術に関する研究 昭和48年 中小企業庁
今井ほか, 滋賀県繊維工業指導所
今井ほか, 京都府繊維指導所
小口ほか, 長野県繊維工業試験場
- 6) W・Wエツケンフェルダー, D. J. オコンナー著
岩井重久訳“ 廃水の生物学的処理 ”コロナ社 昭和40年