

2. 化 学 部

2.1 かつお節製造工場排水の回分式活性汚泥処理

蓑輪迪夫, 伊藤博雅, 西 和枝

Treatment of Waste Water from dried Bonito Works by Batch flow activated Sludge Process

Michio MINOWA, Hiromasa ITO and Kazue NISHI

かつお節製造工場排水の, 回分式活性汚泥法による処理について, 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, 処理が不十分となり, $0.5 \text{ kg} \cdot \text{BOD} / \text{m}^3 \cdot \text{日}$ 以下で計画することが望ましい。

BOD除去速度定数は, 15°C で $0.8 \times 10^{-4} (\text{VSS} \cdot \text{mg} / \text{l} \cdot \text{h})^{-1}$, 20°C で $2.4 \sim 2.6 \times 10^{-4} (\text{VSS} \cdot \text{mg} / \text{l} \cdot \text{h})^{-1}$, 30°C で $2.4 \sim 3.55 (\text{VSS} \cdot \text{mg} / \text{l} \cdot \text{h})^{-1}$ であった。

汚泥増殖に関する変数は, $a=0.72, 0.79, b=0.02, 0.022$ となった。

また酸素利用に関する変数は, $a'=0.9, b'=0.07$ の結果を得た。

1. はじめに

かつお節製造工場は, 鹿児島県下において, 枕崎市および山川町の市町に集中し, 両市町において, 重要な産業となっている。

本県のかつお節総生産量は, 昭和58年12,477トンであり, 原料かつおは, 地元33418トン, 地域外(主に焼津漁港)31,113トン計64531トン¹⁾となっている。

かつお節製造工場の排水は, 従来はほとんどが無処理のままで放流されていたが, 枕崎市では, 公共下水道が, 59年4月完成し, 枕崎市内の製造業の多くが同下水道を利用するようになったこと, 山川町においても工場団地の建設の計画があることなどから排水処理に関する問題が大きくなってきている。

本報では以下にかつお節工場排水を回分式活性汚泥法で処理する場合の基礎的な検討を行った結果について報告する。

2. かつお節工場排水の水質および実験の方法

2.1 かつお節製造工場の排水の水質について²⁾は, すでに報告を行っている。

かつお節製造工場の工程の概略を図1に示す。

図1のように排水は, 解凍水, 解体水, 煮熟排

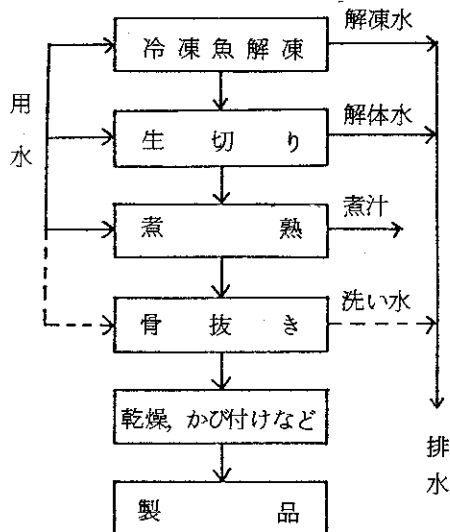


図1 かつお節製造工程概略図

水、骨抜き洗い水などがそのおもなものである。

このうち解凍水は、冷凍魚をタンク中で水に浸漬し、解凍を行った後に排出されるもので、普通前夜から翌朝にかけ2～3回水の入れ換えを行う。

解体水は、頭切り、開復、三枚卸しなどの作業のさいに出る血水および洗い水などである。

煮熟排水は、タンクの中でかつおの煮熟を行った後の、タンクの残液や、煮熟中に水を注加したときのオーバーフロー水、などである。

骨抜き洗浄水は、煮熟した後のかつおを水中で骨や背皮などを取る作業により排出されるもので、

この作業が行われるのは、全製品のうち50%程度といわれる。

かつお節製造工場の排水の水質を、前の報告から整理して表1に示す。

分析結果では、測定値にかなりの巾があるが、これは使用する水量にもより、前報では原料かつお1トン当りのBOD負荷量を、21～37kg/トン平均27.5kg/トンとした。

また煮熟水を除き、解凍水と解体水の場合、7.4kg～11kg、平均9kg/トンとしている。

また骨抜き洗い水が加わると、1kg/トン加算

表1 かつお節製造工場廃水分析結果

	PH	CODmg/l		BODmg/l		TOCmg/l		K-Nmg/l		T-Pmg/l		n-hex
		平均値	試料数	平均値	試料数	平均値	試料数	平均値	試料数	平均値	試料数	抽出物mg/l
解凍水	6.3～6.7	360～2900		500～5500		250～3400		110～1200		15～200		12～50
		896	10	1607	10	905	10	360	10	72	10	
解体水	6.5～6.9	1400～3900		2400～5700		1800～4600		470～1500		38～500		15～80(430※)
		2410	10	3940	10	2960	10	866	10	154	10	
煮汁	5.9～6.2	2300～9400		4000～20000		2400～13000		730～4000		50～960		900～2800
		5206	16	8394	16	5769	16	1937	16	420	16	
骨抜き洗い水	6.0	1300		1600		1700		—		—		380

※ n-hex430mg/l と多いものは、北陸方面のかつおを原料としたものである。

され、平均10kg/トンとなる。

また解凍水、解体水、煮熟水の各平均値についてBOD/CODの値およびBOD:N:Pの比などをみると、解凍水でBOD/COD=1.8、BOD:N:P=100:22:4.4、解体水でBOD/COD=1.6、BOD:N:P=100:22:4、煮熟水でBOD/COD=1.6、BOD:N:P=100:23:5となり、生物処理に適した排水であると考えられるが、窒素が多く、処理過程中に硝化によるトラブルの発生に注意する必要がある。

油分は、解凍水でn-hex抽出物として12～50mg/l、解体水は、15～80mg/lであるが、1例として430mg/lを示すものがあつた。

これは、北陸方面のかつおを原料としたもので

あり、南方産のものでは、油分が少なく、普通、かつお節原料としては、南方産のものがほとんどのようである。

煮熟排水では、900～2,800mg/lとかなり多い。骨抜き洗い水は380mg/lであった。

2.2 実験の方法

(1) 汚泥の馴養

実験に用いた汚泥は、K水産加工工場の活性汚泥処理装置の余剰汚泥を採取し、15lの槽2槽を用い、かつお節工場の排水を用いて、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、0.3～0.4g/l・日となるように排水を加え、朝曝気を止め、2時間汚泥を沈降させ、上澄水5lを

引抜き、排水および水を加えて15 lとし曝気を行った。

この結果、汚泥の沈降性も良く、処理水の透視度も30cm以上の良好な汚泥を得た。

(2) 回分活性汚泥試験

試験は5 l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除去の状態を調べた。

(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、1、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に対する酸素利用量などを求めた。

酸素利用速度の測定は図2に示す装置を用いた。

なお溶存酸素計はYSIDOメーター57型を用いた。

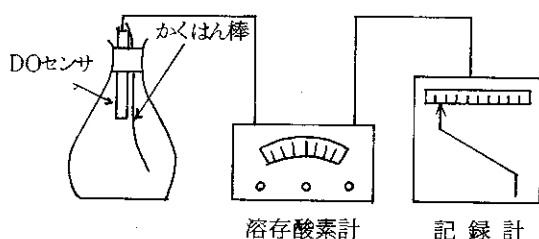


図2 酸素利用速度の測定装置

(4) BOD除去速度の測定

水温を15°、20°、25°、30°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容のものを行い、各々をヒーターあるい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、各経過時間毎に採水し2000 rpmで5分間遠心分離後の液についてCOD、BODなどの測定を行った。

(5) 分析方法

分析はつぎに記す方法により行った。

①PH、水温：堀場製水質チェッカーU-7を用いた。

②COD：JISK0102 過マンガン酸カリウム、100°Cにおける酸性酸化法

③BOD：JISK0102 一般希釈法

④SS：JISK0102 GFRろ過法

⑤MLSS：遠心分離法

⑥MLVSS：遠心分離乾燥後600°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：JISK0102 モリブデン青法

⑨n-hex抽出物質：JISK0102 n-ヘキサン抽出後80°Cで乾燥秤量

3 実験の結果および考察

3.1 処理実験結果

かつお節製造工場の混合排水（解凍水1+解体水2+煮熱水0.5の割合で混合したもの）を用い、試験を行った結果を実験1を表2に、実験2を表3に、また各々の原水および処理水の水質分析結果を表4に示す。

なお実験1は冬期の水温9.4°～10.6°Cの低い時期に、実験2は初夏の水温22.4°～25°Cの時期に行ったものである。

実験1では、BOD容積負荷が、0.21g/l・日、0.42g/l・日では、処理水の透視度も良く、BODも9.8、15.1mg/lと良い処理水を得たが、0.74g/l・日では、処理水の透視度5cm、BOD52.6mg/l、1.15kg/l・日では、透視度1cm、BOD1730mg/lと悪く、処理がよく行われない。

負荷BODに対する汚泥（MLVSS）の増殖率は、BOD容積負荷0.21のとき42.3%、0.42で55.1%であり、0.74のとき50.7%、1.15で35.5%と低くなっているのは、処理水の透視度が悪いことからみて、処理水の放流とともにSS分が流出している故と考えられる。

汚泥の増殖に関する項目を表2に、除去BOD量/汚泥濃度（VSS）と汚泥増殖量/汚泥濃度

(VSS)の関係を図3に示す。

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3より $a=0.79$, $b=0.022$ を得た。

つぎに実験2において, BOD容積負荷 $0.2\text{g/l}\cdot\text{日}$, $0.4\text{g/l}\cdot\text{日}$, $0.6\text{g/l}\cdot\text{日}$ では処理水の透視度も 30cm 以上, BOD も良く除去されているが, $0.8\text{g/l}\cdot\text{日}$ では, BODは, 29.1mg/l と

表2 かつお節排水回分活性汚泥試験結果

実 験 1

項 目	No.	1	2	3	4
原 液 BOD mg/l		6,400	//	//	//
曝 気 槽 容 量 l		5	5	5	5
排 水 添 加 量 l		0.17	0.33	0.58	0.90
B O D 容 積 負 荷 $\text{g}\cdot\text{BOD}/l\cdot\text{日}$		0.218	0.422	0.742	1.152
BODMLVSS負荷 $\text{g}\cdot\text{BOD}/\text{g}\cdot\text{VSS}\cdot\text{日}$		0.065	0.126	0.226	0.359
M L V S S 初 濃 度 mg/l		3,340	3,340	3,282	3,212
10日後 M L V S S 濃 度 mg/l		4,858	6,440	7,806	8,066
1日平均 M L V S S 増 殖 量 mg/l		92	232.8	376.2	408.6
処 理 水 質 B O D mg/l		9.3	15.1	52.6	1,730
負荷BODに対する汚泥増殖率 (VSS) %		42.3	55.1	50.7	35.5
L_r (除去BOD量) g		1.057	2.10	2,726	1,592
ΔS (汚泥増殖量) VSS g		0.460	1,164	1,881	2,043
S (汚泥濃度) VSS g		16.7	16.7	16.41	16.06
$\Delta S / S$		0.0275	0.0697	0.1146	0.1272
L_r / S		0.063	0.1257	0.166	0.099

表3 かつお節排水回分活性汚泥試験結果

実験 2

項目	No.	1	2	3	4
原液 BOD mg/l		4,965	//	//	//
曝気槽容量 l		5	5	5	5
排水添加量 l		0.2	0.4	0.6	0.8
BOD容積負荷 g・BOD/l・日		0.2	0.4	0.6	0.8
BODMLVSS負荷 g・BOD/g・VSS・日		0.071	0.142	0.205	0.288
MLVSS 初濃度平均		2,785	2,791	2,903	2,757
MLVSS 1日増殖量範囲 mg/l		47~170	94~310	274~468	308~652
1日平均MLVSS増殖量 mg/l		99.7	209	375	523
処理水質 BOD mg/l		3.1	5.8	6.1	29.1
負荷BODに対する汚泥増殖率 (VSS) %		50.2	52.6	62.9	65.8
Lr (除去BOD量) g		0.987	1.973	2.963	3.908
△S (汚泥増殖量) VSS g		0.499	1.045	1.875	2.615
S (汚泥濃度) VSS g		13.925	13.955	14.515	13.79
△S/S		0.036	0.075	0.129	0.19
Lr/S		0.071	0.141	0.204	0.283

表4 回分活性泥試験原水，処理水の水質

実験 No.	試料	PH	水温	COD mg/l	BOD mg/l	SS mg/l	T-N mg/l	T-P mg/l	透視度 cm	SV 30%	MLSS mg/l	SVI	Cl ⁻ mg/l	n-hex mg/l
実験 1	原液	6.2	18.2	2700	6400	860	1600	175	-	-	-	-	-	-
	1	6.9	10.8	40.8	9.3	-	62	0.7	30<	26	4858	54	-	-
	2	7.6	11.0	58.4	15.1	-	190	0.4	30	31	6440	48	-	-
	3	8.0	11.9	108	52.6	-	880	35.1	5	41	7806	58	-	-
	4	8.2	11.2	728	1730	-	950	94.6	1	42	8066	52	-	-
実験 2	原液	6.1	23.2	2430	4965	-	1017	132	-	-	-	-	3000	178
	1	6.0	23.3	263	3.1	-	30.0	7.3	30<	16	3018	53	173	-
	2	5.9	23.4	51.6	5.8	-	61.4	12.2	30<	17	3564	48	307	-
	3	6.0	23.4	78.4	6.1	-	86.0	19.6	30	18	3736	48	419	-
	4	6.6	22.9	105	29.1	-	131.5	27.4	8	17	3906	44	560	-

比較的良好いが、透視度が8cmと悪い。

汚泥 (MLVSS) の増殖量および負荷BODに対する増殖率は、表3のように、BOD容積負荷 0.2 g/l・日で、MLVSSの1日当り増殖量は47~170 mg/l 平均99.7mg/l で、負荷BOD量に対して50.2%、0.4 g/l・日で94~310mg/l、平均209mg/l で52.6%、0.6 g/l・日で274~468mg/l、平均375mg/l で62.9%、0.8 g/l・日で308~652mg/l 平均523mg/l で65.8%となっている。

実験2においての除去BOD量、汚泥増殖量、汚泥濃度(VSS)と汚泥濃度(VSS)の関係を図4に示す。

実験1の場合と同様に汚泥増殖に関する変数 a, b を求め a=0.72, b=0.02 を得た。

以上の結果、回分式活性汚泥法でかつお節工場排水を処理する場合、BOD容積負荷が高いと処理が良くなく、0.8 g/l・日程度で処理が不十分となり、0.5 g/l・日以下が望ましい。

また排水のBOD:N:Pは表4でみると100:25:2.7

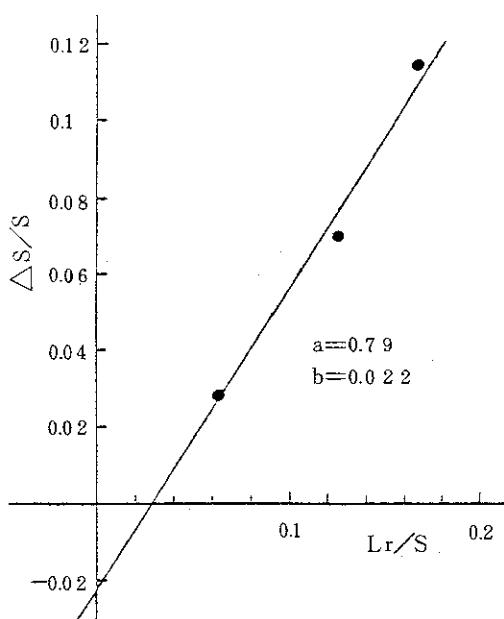


図3 活性汚泥の増殖率（実験1）

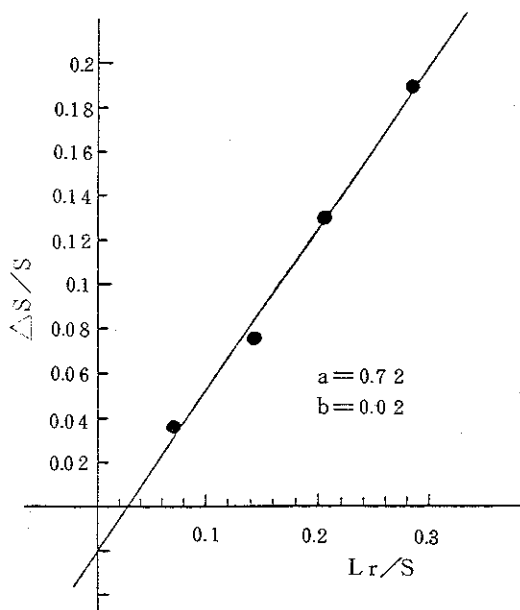


図4 活性汚泥の増殖率（実験2）

あるいは 100:20:2.7 と N,P, とくに N が多い。

この故に曝気処理中に消化による PH の低下、曝

気停止中の汚泥の再浮上など起しやすいので実装置の場合も運転管理を十分考えて行なう必要がある。

原水の油分は、実験に用いた原水の 1 つは、n-hex で 173 mg/l であり、実験ではほとんど影響はなかった。

しかし煮熟排水が多く混入する場合油分が多くなることもあり、浮上槽のような油分離装置を設ける必要もあると考えられる。

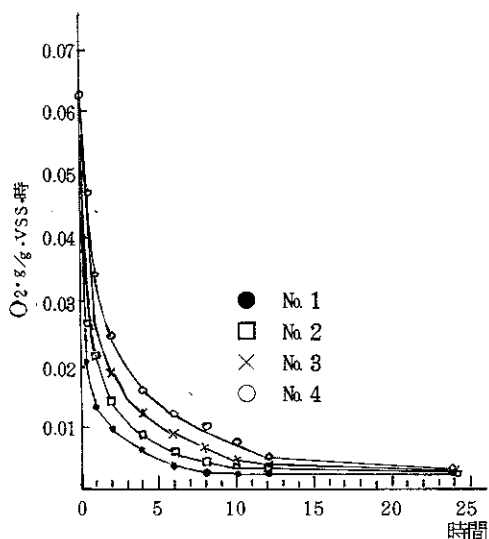


図5 時間経過と酸素消費量

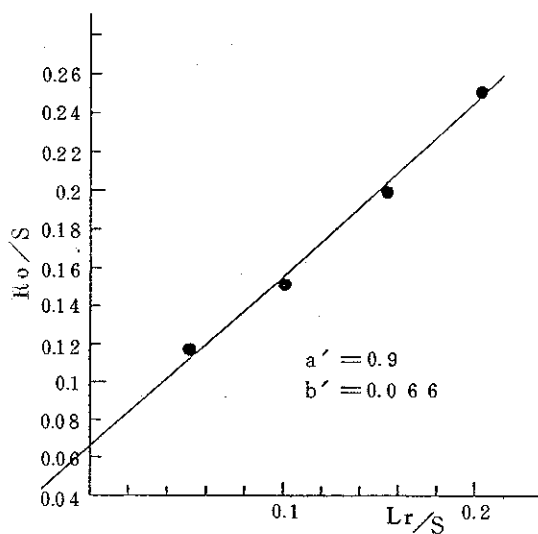


図6 活性汚泥の酸素吸収率と汚泥負荷の関係

3.2 酸素消費量の測定

曝気に要する酸素消費量を求めるため、一定量の汚泥 (MLVSS) に対し BOD 負荷量を変え酸素消費量を測定した。

結果を表 5, 図 5 に示す。

24時間の酸素消費量は, 図 5 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 / MLVSS (g)・日 と 酸素消費量 O₂ g / MLVSS (g)・日の関係を図 6 に示す。

図 6 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 (gBOD/日): 除去された BOD 量

S (g): 活性汚泥量 (MLVSS)

表 5 酸素消費量測定結果

項 目	No.	1	2	3	4
処 理 水 BOD mg/l		1.9	3.2	5.6	9.7
L _r : 除去された BOD 量 g		0.170	0.341	0.510	0.676
S: MLVSS 量 g		3.315	3.315	3.315	3.315
L _r /S 除去 BOD g/g・VSS・日		0.051	0.103	0.154	0.204
R _o /S 酸素消費量 O ₂ g/g・VSS・日		0.116	0.150	0.198	0.250
BOD 容 積 負 荷 g/l・日		0.087	0.174	0.261	0.348
BOD MLVSS 負荷 g/g・VSS・日		0.052	0.105	0.157	0.210

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' = 0.9, b' = 0.066 を得た。

これらの結果は, 実装置設置の場合の参考とすることができる。

3-3 BOD 除去速度の測定

水温を実験 1 では 15℃, 25℃ に, 実験 2 では, 20℃, 30℃ に実験 3 では 20℃, 30℃ に保ち, 処理を行い, 一定時間経過毎に採水し, COD, BOD などの測定を行った。

結果を表 6, 図 7 に示す。

実験 1 では, 15℃ で初濃度 BOD 362 mg/l が 8 時間で 143 mg/l に, 25℃ では 315 mg/l が 8 時間で 80 mg/l となった。

実験 2 では, 20℃ で初濃度 BOD 381 mg/l が, 4 時間で 22.2 mg/l, 6 時間で 122 mg/l, 30℃ では BOD 421 mg/l が, 4 時間で 19.5 mg/l, 6 時間で

98 mg/l となり, 実験 3 では 20℃ で初濃度 BOD 339 mg/l が, 3 時間で 19 mg/l, 4.5 時間で 8.5 mg/l, 30℃ で 372 mg/l が, 3 時間で 21.7 mg/l, 4.5 時間で 9.8 mg/l となっている。

図 7 のように片対数グラフで, 実験 1 では 8 時間, 実験 2 では 4 時間, 実験 3 では 3 時間ぐらいまで直線上に低下し, その後 BOD が 10~20 mg/l 程度まで分解されると分解速度が遅くなる傾向がみられる。

片対数グラフ上で, 直線的に分解されるところまでの BOD の除去速度が一次反応の式にしたがうとしてつぎの式で MLVSS 当りの反応速度定数 K_s を計算すると,

$$K_s = \frac{2.303 \cdot \log L_o/L}{S a \cdot t}$$

K_s: BOD 除去速度定数 (MLVSS・mg/l・h)⁻¹

S a: 活性汚泥濃度 (MLVSS mg/l)

t: 時間

表6 BOD除去速度

実験 No	経過時間	15℃				25℃			
		水温	PH	COD	BOD	水温	PH	COD	BOD
1	0	14.2	7.4	140	362	27.4	7.1	123	315
	2	14.3	7.6	76.9	165	25.1	7.5	74.2	151
	4	14.3	7.5	47.8	82.1	24.8	7.6	41.1	43.9
	6	14.3	7.5	36.4	34.8	25.2	7.4	30.1	23.0
	8	14.8	7.4	29.7	14.3	25.1	7.3	24.4	10.5
	24	16.1	6.5	46.8	9.6	25.1	6.1	47.7	8.0
		MLVSS4810mg/l, $K_s=0.8 \times 10^{-4}$ (6hr)				MLVSS8146mg/l, $K_s=1.4 \times 10^{-4}$ (6hr)			
2	経過時間	20℃				30℃			
		水温	PH	CODmg/l	BODmg/l	水温	PH	CODmg/l	BODmg/l
	0	20.1	7.5	127	381	29.8	7.4	120	421
	2	19.8	7.4	61.5	72.6	29.8	7.4	60.5	64.0
	4	19.7	7.1	42.6	22.2	30.1	7.2	41.4	19.5
	6	19.7	7.1	40.2	12.2	30.1	7.0	48.9	9.8
	8	19.6	6.9	44.6	10.8	30.3	6.5	56.7	5.1
	24	20.1	5.5	43.1	2.6	29.3	5.7	36.5	2.7
		MLVSS2952mg/l, $K_s=2.4 \times 10^{-4}$ (4hr)				MLVSS3172mg/l, $K_s=2.4 \times 10^{-4}$ (4hr)			
3	経過時間	20℃				30℃			
		水温	PH	CODmg/l	BODmg/l	水温	PH	CODmg/l	BODmg/l
	0	21.5	7.4	179	339	30.1	7.4	188	372
	1.5	21.3	7.5	68.4	87.0	30.1	7.0	76.9	83.8
	3	20.2	7.4	47.5	19.0	30.2	7.5	53.4	21.7
	4.5	20.2	7.3	49.5	8.5	30.3	7.2	54.9	9.8
	6	18.6	7.1	57.0	8.8	30.3	6.9	74.8	5.8
		MLVSS3624mg/l, $K_s=2.65 \times 10^{-4}$ (3hr)				MLVSS2826mg/l, $K_s=3.35 \times 10^{-4}$ (3hr)			

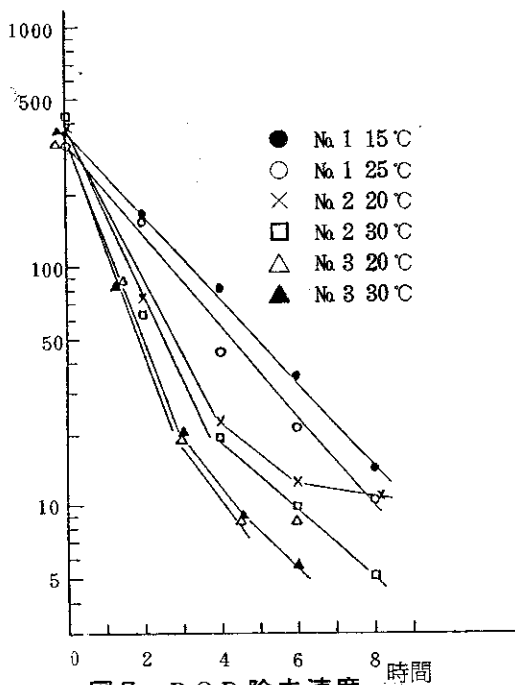


図7 BOD除去速度

L_0 : BOD初濃度 [mg/l]

L : t 時間後のBOD濃度 [mg/l]

実験1では、15℃6時間までの K_s は 0.8×10^{-4} ($VSS \cdot mg/l \cdot h$) $^{-1}$ (以下同じ) 25℃で 1.4×10^{-4} , 実験2では、20℃で 2.4×10^{-4} , 30℃で 2.4×10^{-4} ~ 3.35×10^{-4} でありかなり分解は早い。

BODの分解が進むとともに硝化が起り、PHの低下もみられる。

実装置の場合もこれらのことを考慮して運転管理する必要がある。

4 おわりに

かつお節製造工場排水を回分式活性汚泥法で処理を行う場合の基礎的な検討を行った。

実験の結果BOD容積負荷が適当であれば処理は良く行われ、BOD容積負荷が $0.7 kg/m^3$ 程度

では処理水の透視度も悪くなり処理が不十分で、 1.1 kg/m^3 では困難であり、 $0.5 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{日}$ 以下が望ましい。

汚泥の増殖量は、BOD負荷量によるが、MLVSSとして、BOD容積負荷 $0.2 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{日}$ でBOD負荷量の42~50%、0.4で52~55%、0.6で63%、0.8で66%程度となった。

一般によく使用されている汚泥の増殖に関する変数は、 $a=0.79, 0.72, b=0.02, 0.022$ という結果を得た。

また酸素利用に関する変数は、 $a'=0.9, b'=0.066$ を得た。

BOD除去速度は、BODの分解が $10 \sim 20 \text{ mg/l}$ 程度までは一次反応の式にしたがうとして、

その除去速度定数は、 15°C で $0.8 \times 10^{-4} (\text{VSS} \cdot \text{mg/l} \cdot \text{h})^{-1}$ 20°C で $2.4 \sim 2.6 \times 10^{-4}$ 、 30°C で $2.4 \sim 3.35 \times 10^{-4}$ という結果であった。

かつお節工場排水は、血水などが多いため、BOD:N:PはNとPが多い、このため糸状菌の発生などによる障害は比較的起りにくいと考えられるが、硝化による汚泥の浮上、処理水のPHの低下などが起る可能性が多く維持管理について十分考える必要がある。

なお本研究にあたり、試料の採取などについて枕崎水産加工業協同組合の方々の御協力を得たことに深く感謝します。

文 献

- 1) 鹿児島県水産試験場 うしお 第221号(昭和59年7月)
- 2) 養輪, 伊藤, 間世田, 清留 鹿工試年報 25.45 (1978)