

# 季節操業工場廃水処理における異常現象対応技術の開発に関する研究(1)

— パイナップル果実加工場の廃水処理装置における異常現象の調査と工場操業形態に準じた処理実験 —

化学室 比嘉三利 宮城周子  
照屋輝一

## まえがき

季節操業型業種には代表的なものとしてパイナップル果実加工業をはじめ、製糖業、清涼飲料業、乳製品製造業およびビール製造業等がある。季節操業工場は原料の収穫期が、あるいは製品需用の急激な増大がある時期に集中するなど、年間の操業形態が一定しないことが特徴になっている。これらの業種の工場廃水は生物学的処理法(活性汚泥法等)で処理を行なっているが、季節的に水量、水質に変動があり、その影響のためか時に廃水処理施設で、①曝気槽での異常発泡、②処理水水質の悪化、③活性汚泥の沈降性不良等の異常現象が発生する場合があります、その対策が廃水処理施設の管理上の大きな問題となっているが、この異常現象の解明と対策については未だ確立されたものはない。そこで当場では季節操業型工場廃水処理施設の適正な維持管理技術の確立を目的として調査、研究を実施しているが、今回典型的な季節操業であるパイナップル果実加工場の回分式活性汚泥法処理施設での問題点を把握するため、実装置の調査と工場操業形態に準じた室内処理実験を行ない、2、3の知見を得たのでその結果を報告する。

## 1. 実装置の調査

パイナップル果実加工は図1に示すように典型的な季節操業である。年間の操業日数は約120日で6月、7月の2か月間は完全に休止状態になり、8月～10月に操業が集中する傾向がある。従って、廃水処理施設もこの操業形態に準じて稼動することになるので、季節操業の影響を把握するため、閑散期操業時と最盛期にA、B工場を対象にしてそれぞれ調査を行なった。

廃水の処理フロー<sup>2)</sup>は図2に示すように両工場とも同じであり、廃水量はA工場が約200 m<sup>3</sup>/日、B工場は約300 m<sup>3</sup>/日である。また、設計BOD容積負荷は0.56 kg/m<sup>3</sup>日(BOD汚泥負荷0.15 kg/kg MLSS・日)である。

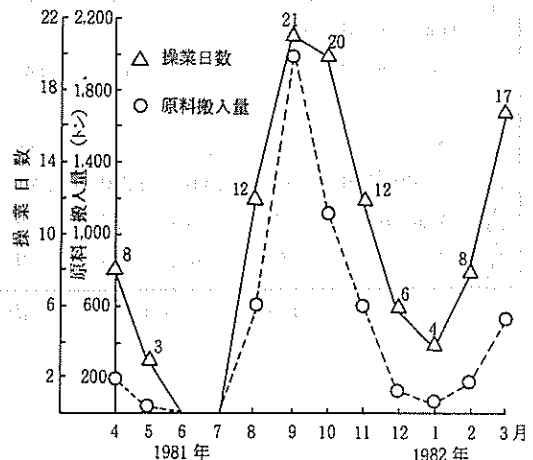


図1 原料搬入量と操業日数<sup>1)</sup>

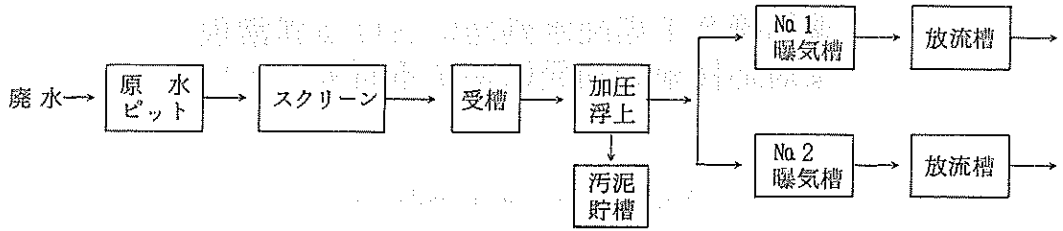


図2 パイナップル果実加工場廃水処理フロー

調査は処理効率と活性汚泥の性状（沈降性）等に主眼を置いた。調査結果は表1、表2、図3および図4にそれぞれ示す。

表1 原廃水と処理水水質および活性汚泥の性状（A工場）

調査年月日		1981 3.11～3.12		1981 9.8～9.9		1981 9.26～9.27		1982 2.23～2.24		1982 3.9～3.10	
曝気槽		No. 1	No. 2	No. 1	No. 2	No. 1	No. 2	No. 1	No. 2	No. 1	No. 2
※ 原 廃 水	外 観	淡黄色		淡黄色		淡黄色		淡黄色	淡黄色	淡黄色	淡黄色
	透視度(cm)	9		5		5		—	—	—	—
	pH	6.66		5.32		6.43		6.24	6.38	5.65	6.29
	COD(mg/L)	598		1,548		1,129		1,093	825	1,238	675
	BOD(〃)	760		3,096		1,856		1,174	979	1,418	915
	TOC(〃)	432		—		926		748	570	885	540
	SS(〃)	135		300		235		131	118	119	129
処 理 水	外 観	緑色		淡茶色	淡茶色	淡茶色	淡茶色	淡茶色	淡茶色	淡茶色	淡茶色
	透視度(cm)	10.5		5	4	6.5	3.5	—	—	—	—
	pH	7.85		6.95	7.15	7.40	7.65	7.99	7.99	7.20	7.68
	COD(mg/L)	3.8		96	98	46.4	82.9	22.7	6.8	24.8	6.1
	BOD(〃)	1.0		172	130	24.3	50.6	2.4	1.1	15.1	2.7
	TOC(〃)	16		—	—	39.1	99	—	—	25.0	10.5
	SS(〃)	37		110	154	69	136	8.5	14.5	30.5	8.3
活 性 汚 泥 の 性 状	外 観	茶色	茶色	茶色	茶色	茶色	茶色	茶色	灰茶色	淡茶色	灰茶色
	MLSS(mg/L)	2,760	2,706	4,240	5,490	4,575	4,635	2,640	2,370	2,100	3,165
	SV <sub>30</sub> (%)	75	64	93	98	97	98	98	69	94	78
	SVI	272	237	219	179	212	211	371	291	448	246

備考 ※コンポジットサンプル 一欠測

表2 原廃水と処理水水質および活性汚泥の性状 (B工場)

調査年月日		1981 3.11 ~ 3.12		1982 2.23 ~ 2.24		1982 3.9 ~ 3.10		1982 9.16 ~ 9.17		1983 3.11 ~ 3.12	
曝気槽		No 1	No 2	No 1	No 2	No 1	No 2	No 1	No 2	No 1	No 2
※ 原 廃 水	外観	淡黄色		淡黄色		淡茶黄色		茶黄色		茶黄色	
	透視度 (cm)	3.5		-		-		3		6	
	PH	5.10		5.35		6.35		5.30		6.80	
	COD (mg/l)	617		1,909		1,126		1,917		860	
	BOD ( " )	965		2,096		1,362		2,100		1,122	
	TOC ( " )	554		1,292		778		1,768		-	
	SS ( " )	173		149		143		240		130	
処 理 水	外観	淡茶色		淡茶色	淡茶色	淡茶色		淡茶色	淡茶色	淡茶色	淡茶色
	透視度 (cm)	5	-	-	-	-	5	2.5	30<	11	
	PH	7.32	-	7.60	7.85	7.30	7.10	7.0	7.75	7.85	
	COD (mg/l)	86.4	-	16.3	16.5	14.3	60	175	12	28	
	BOD ( " )	109	-	2.9	1.9	1.6	26.3	297	3.1	3.7	
	TOC ( " )	102	-	-	-	15.5	13.5	82	-	-	
	SS ( " )	126	-	21	25	19.5	100	204	17	32	
活 性 汚 泥 の 性 状	外観	灰茶色		茶色	茶色	茶色	茶色	淡茶色	淡茶色	茶色	茶色
	MLSS (mg/l)	5,297		3,010	5,380	3,450	5,455	7,535	8,690	1,830	2,110
	SV <sub>30</sub> (%)	95		97	98	96	99	99	100	96	97
	SVI	179		322	182	278	182	131		525	460

備考 ※コンポジットサンプル、一欠測

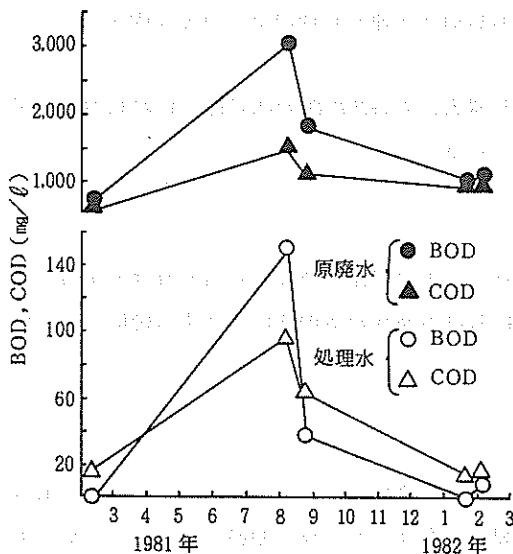


図3 BODとCODの変化 (A工場)

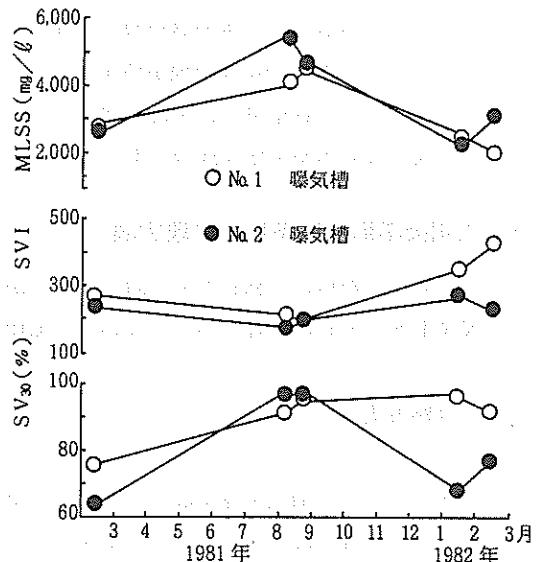


図4 SV<sub>30</sub>、SVI、MLSSの変化 (A工場)

## 1.1 原廃水と処理水水質

原廃水のBODは両工場とも閉散期には1,000 mg/ℓ前後であるが、最盛期では閉散期の2～3倍の高い値を示す。また、処理水水質は原廃水に対応して変化し、閉散期には放流基準BOD(日間平均120 mg/ℓ、最大160 mg/ℓ)に十分適合して問題はないが、最盛期では放流基準前後の値を示し、処理水水質は良くない。この要因は、2か月間の休止期間中になんらかの原因で活性汚泥の活性が低下することと、またこの時期に操業が集中するために廃水の汚濁が高く過負荷となり、処理水水質が悪化することなどが考えられる。すなわちこの最盛期での処理施設の維持管理が極めて重要な課題と位置づけられる。

## 1.2 活性汚泥の性状

活性汚泥法による廃水処理では、活性汚泥フロックと処理水を分離する工程が極めて重要である。活性汚泥の沈降性の指標として、汚泥沈降容積(SV)と汚泥沈降容積指標(SVI)がある。A工場の場合、SV<sub>30</sub>64～98%、SVI 179～448を示し、また、B工場ではSV<sub>30</sub>96～100%、SVI 131～525を示す。一般にSVIは50～150が好ましいとされており、調査時点では両工場の活性汚泥とも全般的に沈降性は良好ではなかった。活性汚泥の沈降性を悪くする要因に糸状性細菌の増殖があるが、検鏡では、これらの細菌の著るしい増殖は認められず、沈降性の悪化はその他の要因、たとえば栄養源(N, P)のアンバランス、また、廃水の粘性の影響も考えられるが、詳細は明らかではない。なお、シリンダー計測による沈降性と実装置での沈降状況は完全に一致しないことが知られており、SVI 200以上でも処理水への汚泥の混入が少なく、処理が順調である場合もある。

曝気槽内の活性汚泥濃度(MLSS)は設計では約4,000 mg/ℓであるが、A工場では約2,100～5,400 mg/ℓ、B工場は約1,800～8,100 mg/ℓとなっており、バラツキがある。現場でのMLSSの調整はシリンダーでの計測によるSVを目安にしているため、沈降性が悪いと過剰に引抜いてしまうこと、また最盛期に曝気槽で粘調性の異常発泡が起り、活性汚泥が泡に付着して槽外に流出する場合があります。これらの要因により安定しないことが考えられる。活性汚泥法では、浄化に関与する微生物(MLSS)と廃水のBODとの比(BOD負荷)が運転管理の上で重要な因子となっており、MLSS濃度の適正な管理が望まれる。

以上の実装置の調査結果は、①最盛期での効率的処理法、②活性汚泥の沈降性悪化の原因の解明と対応技術の確立等が重要な課題であることを示している。

## 2. 工場操業形態に準じた処理実験

実装置の調査から、運転管理上の諸々の問題があり、適正な運転管理技術の指導方針とするため、工場操業形態に準じた処理実験を行ない、季節操業における廃水の処理性に及ぼす影響について検討した。

### 2.1 実験方法

#### (1) 試料

パイナップル果実加工工場廃水はパイナップル果汁液を水で希釈したのとほぼ同様な水質で排出されるので、本実験では、パイナップル果汁液(工場製品)をガーゼ1枚で濾過して、これを水道水で適宜希釈したものを原水として使用した。パイナップル果汁液の分析結果は表3に示す。

表3 パイナップル果汁分析結果

外 観	黄 色 濁
透 視 度 (cm)	0
pH	3.88
COD (mg/l)	72,400
BOD ( " )	93,800
TOC ( " )	45,000
SS ( " )	5,160
*窒 素 ( " )	975
リ ン ( " )	138
全 蒸 発 残 留 物 ( " )	89,700
強 熱 残 留 物 ( " )	4,300
強 熱 減 量 ( " )	85,400

※ ケルダール法

(2) 活性汚泥

Aパイナップル加工場の廃水処理施設の活性汚泥を使用した。

(3) 分析方法

一般水質項目は JIS K 0102 ( 1981 年 ) に、また活性汚泥の試験は下水試験方法 ( 1974 年 ) に準じて行なった。

(4) 実験装置

実験装置の概略図は図5に示す。曝気槽はアクリル板製で、実容積は10ℓであり、槽内の温度を一定に保つため、恒温水槽中に設置されている。曝気槽内の温度、pH、溶存酸素 ( DO ) および酸化還元電位 ( ORP ) が自記記録でき、また廃水添加、曝気、汚泥沈降および処理水排出等の処理操作はタイマーにより任意に設定できる。

(5) 処理条件

工場の操業形態に準じて、表4に示すように実験区をI~Xに設定した。すなわち原水の給水方法 ( 間欠、連続 )、給水量および水質を工場操業形態に準じて設定した。なお、2か月間の休止実

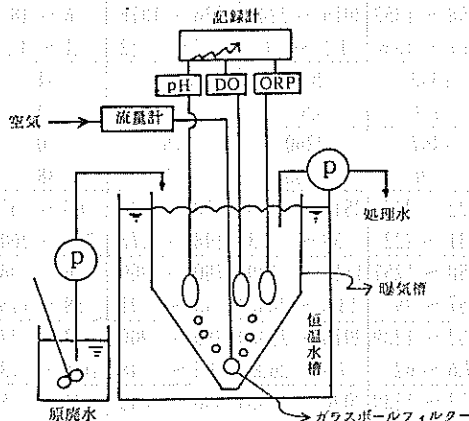


図5 実験装置

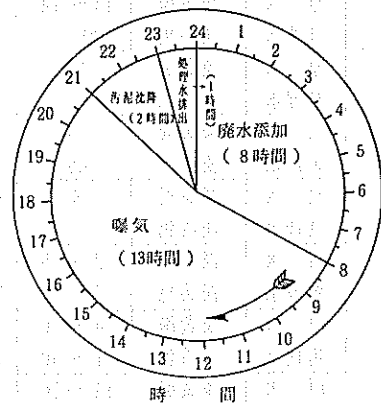


図6 処理操作内容

験中は原水の給水を行わず、活性汚泥の活性維持のため、7日間ごとに3時間の間欠曝気を行なった。

処理方式は実装置と同様に制限曝気式回分処理法とした。その操作内容は図6に示す。

実験は処理効率ならびに活性汚泥の性状（沈降性）等に主眼を置いた。

表4 処理条件

実験区	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
実験日数	30		60	30		7	10	30		
原水給水	2回/週	1回/週	間欠曝気	3回/週	連続	連続	連続	連続	2回/週	1回/週
原水量(ℓ)	2.5			2.5	1	3	2.5			
原水BOD(mg/ℓ)	約2,000			約2,000		約3,500		約2,000		
BOD容積負荷(kg/㎡、日)	約0.5			約0.5	約0.2	約1.0	約0.5			
栄養源	原水にN(尿素)、P(リン酸ニカリウム)を補添、BOD:N:P=100:5:1									
原水pH	無調整									
MLSS(mg/ℓ)	約5,000~6,000									
曝気槽水温	25℃									
曝気槽(DO)	最終的に50%以上									

## 2.2 実験結果及び考察

表5 各実験区における原水と処理水水質

実験区	種別	外観	透視度cm	pH	COD mg/ℓ	BOD mg/ℓ	TOC mg/ℓ	SS mg/ℓ
I	原水	淡黄濁	12~25	5.02~6.22	983~1905	1324~2295	645~1253	18~36
	処理水	淡茶色	30<	8.11~8.14	4.6~6.8	0.7~0.8	9~13.5	2
II	原水	淡黄濁	12~15	4.82~5.05	1448~2000	1730~2615	954~1254	33~41
	処理水	淡茶色	30<	8.08~8.10	5.6~8.7	0.6~1.2	6.0~12	0.5~1.2
III	休止実験							
IV	原水	淡黄濁	13~14	4.65~4.74	1158~1352	2016~2240	836~1076	36~48
	処理水	淡茶色	30<	7.98~8.12	6.7~10.6	1.1~2.1	7~12	1.1~3.1
V	原水	淡黄濁	13	4.65	1333	2064	817	34
	処理水	淡茶色	30<	7.90	11.9	3.5	11	7.2
VI	原水	淡黄濁	13	4.62	1467	2260	875	30
	処理水	淡茶色	8.5	7.49	98	35	72	88
VII	原水	淡黄濁	8	4.40~4.44	2222~2476	3510~3990	1410~1640	63~67
	処理水	淡茶色	5	7.80~7.82	131~222	58~73	108~176	236~260
VIII	原水	淡黄濁	12~15	4.58~4.68	1158~1257	1616~2100	780~900	36~38
	処理水	淡茶色	7~10	7.50~7.90	57~99	13.6~38.6	43~91	58~115
IX	原水	淡黄濁	14~16	4.55~4.60	1152~1239	2075~2248	880~900	33~37
	処理水	淡茶色	11~30	7.70~7.95	27.6~62	7.9~26.8	24.5~48	16.8~73
X	原水	淡黄濁	14~16	4.48~4.60	1172~1230	2090~2095	800~840	31~35
	処理水	淡茶色	30<	7.54~7.70	25~27.2	7.8~8.8	24~25	11~14

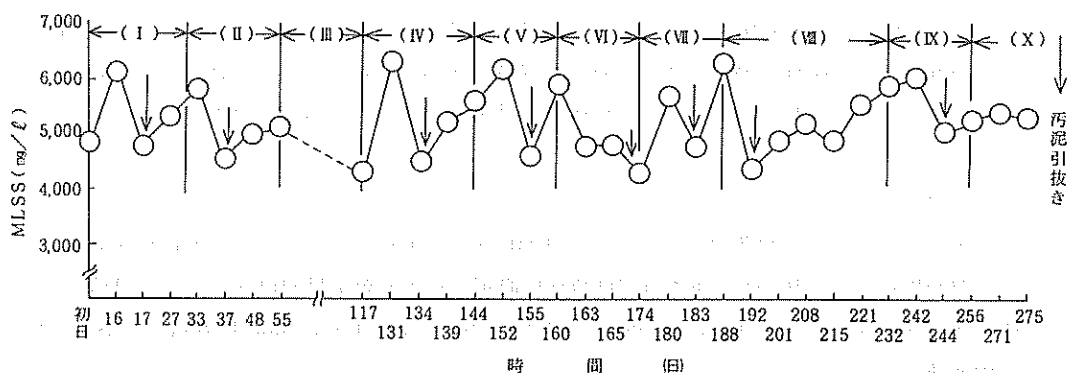


図7 各実験区におけるMLSSの変化

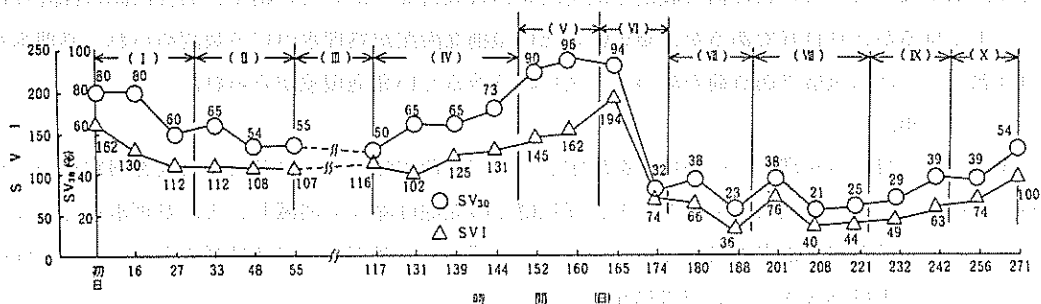


図8 各実験区におけるSV<sub>30</sub>とSVIの変化

各実験区における原水と処理水水質の分析結果は表5に示し、MLSSの変化は図7、SV<sub>30</sub>とSVIの変化は図8にそれぞれ示す。

各実験区での処理結果の概要は次のとおりである。

(1) 実験区Ⅰ、Ⅱ

間欠操業を想定して、1回/週～2回/週の間欠給水を行なった。原水のBOD約2,000 mg/lに対し、BOD除去率は約99%を示し、処理水水質は良好である。また、活性汚泥の沈降性も問題がなく、処理は順調であった。

(2) 実験区Ⅲ

操業休止期を想定して60日間原水の給水を停止し、その間は間欠曝気を行なった。休止58日目のMLSSは休止直前と比較して約20%の減少があったが、これは飢餓曝気による自己酸化、また長期の嫌気静置による腐敗等で減少することが考えられる。活性汚泥のSVIは116を示し、休止前より沈降性はやや悪くなる。なお、本実験では7日間経過ごとに、3時間の間欠曝気を行なったが、この曝気の回数、時間等は季節、気温、水温等の諸条件を考慮して適宜に増減することが必要とされ、今後の検討を要する課題である。

(3) 実験区Ⅳ～Ⅴ

2か月間の休止後、間欠操業から連続操業への移行を想定して、3回/週給水を一定期間続け、

その後連続給水を行なった。間欠給水では処理水水質は良好であるが、処理が進むにつれて活性汚泥のSVIは高い値を示す傾向がある。この傾向は連続給水に入っても続き、給水6日目にSVI160を示し、活性汚泥の沈降性は極めて悪くなり、実験続行が不可能になった。活性汚泥の検鏡では糸状性細菌の増殖は認められず、なんらかの要因で活性汚泥が粘質性を帯び沈降性が悪化したものと考えられる。

#### (4) 実験区VI

実験区Vで活性汚泥の沈降性が悪くなり、実験続行が不可能になったので、その回復を試みるため、BOD容積負荷を約 $0.2 \text{ kg}/\text{m}^3 \cdot \text{日}$ の低負荷に設定した実験を7日間行なった。その結果、活性汚泥の沈降性は徐々に良くなり、最終的にSVIは100以下を示し、沈降性の改善が図られた。

#### (5) 実験区VII

沈降性が回復した後、最盛期操業を想定して、原水のBODを約 $3,000 \text{ mg}/\ell$ にし、BOD容積負荷は約 $1 \text{ kg}/\text{m}^3 \cdot \text{日}$ の高負荷に設定した実験を10日間行なった。その結果、活性汚泥の沈降性はSVIで見ると良好であるが、凝集性の悪い微細な汚泥が処理水中に多数認められ、処理水水質は悪く、また曝気槽で過負荷のためと考えられる著しい発泡現象がみられた。

#### (6) 実験区VIII, IX, X

操業ピーク時から平常操業への移行を想定して、高負荷実験からBOD容積負荷を通常負荷( $0.5 \text{ kg}/\text{m}^3 \cdot \text{日}$ )にもどし連続給水を行なうと、曝気槽での発泡は徐々に消滅し、また処理水水質も良くなった。その後の間欠給水実験(2回/週、1回/週)でも処理水水質は良好であり、また活性汚泥のSVIは100前後を示し、処理は順調であった。

以上の実験結果をまとめると、

- ① 間欠給水実験では、処理水水質および活性汚泥の性状も良好であり、処理上の問題はなかった。
- ② 2か月間の休止後に活性汚泥の沈降性が悪化する。この場合、BOD容積負荷を低負荷にすると沈降性の改善が図られる。
- ③ 高負荷では処理水水質の悪化と曝気槽での著しい発泡現象が発生する。

となる。

本実験から、パイナップル果実加工場の廃水処理では、2か月間の休止期と最盛期による過負荷のために、水質および活性汚泥の沈降性の悪化ならびに曝気槽の発泡等の処理上の異常現象が発生の可能性が大きくなるものと推察される。従って、その対応策が廃水処理施設の維持管理の上で最も重要な課題と考えられる。

### 3 ま と め

パイナップル果実加工場廃水の回分式活性汚泥法による処理において、実装置の調査から、最盛期には曝気槽での異常発泡、処理水および活性汚泥の沈降性の悪化等の問題が観察された。その原因は長期の休止期間後の最盛期に操業が集中するためと考えられる。そこで、工場操業形態に準じた室内処理実験を行ったところ、休止後に同様な処理トラブルが観察され、長期の休止状態から短期間に最盛期に入ることが、廃水処理におけるトラブルの大きな要因であると考えられ、パイナップル果実加工場廃水処理では、

- (1) 操業休止期間中の適正な活性汚泥の管理



## (2) 最盛期における高負荷対策としての高濃度廃水の分別処理

等が解決すべき課題と考えられる。そこで、今後は現場で適切な対策が講じられるように、(1)については活性汚泥の栄養源としての製糖廃蜜、鶏糞等の効果的利用について、(2)については濃厚廃水の単純曝気等での汚濁の低減による活性汚泥法との併用処理についての検討が必要と考えられる。

## 参 考 文 献

- (1) パイナップル関係資料、沖縄県農林水産部（昭和57年7月）
- (2) 白石皓二、制限曝気式回分活性汚泥方式の研究と実施例、P P M 12 No 3（1981）
- (3) 太宰宙朗、微工研ニュース 51 12月（1979）

編 集 沖縄県工業技術センター

発 行 沖縄県工業技術センター

〒904-2234 沖縄県うるま市字州崎 12 番 2

T E L (098)929-0111

F A X (098)929-0115

U R L <https://www.pref.okinawa.lg.jp/site/shoko/kogyo/>

著作物の一部および全部を転載・翻訳される場合は、当センターに

ご連絡ください。