酵母を用いた醸造廃水処理

光 富 勝 義*

Treatment of Brewing Waste Water Using the Special Yeasts

Katsüyoshi MITSUTOMI

1. 緒 言

一般に醸造廃水は冬期間の操業からのものが主で、他の季節は壇詰め工程からの廃水、カーボン汙過機からの廃水のみとなる。大部分の清酒工場の洗米廃水は洗壇工程からの廃水を除いて、10~30 m³/日程度で、COD 濃度も500~1500 ppm と変動範囲が大きい。

一方洗壇工程からの廃水の COD 値は35~40 ppm 以下が多く、pH 値が高いので通常は pH 値の自動制御のみで工場外に排出されている。

壇詰め工程からの廃水は、比較的温度が高く、pH 値は低く、COD 値も極めて高いのが通例であると考えられる。

冬期間の洗壇工程以外からの廃水の汚濁質の主体は洗米、浸漬工程からの澱粉その他の糠類、壇詰め工程からの清酒分、カーボン汙過機からの含酒廃水、清酒タンク、モロミタンク、蔵汙過機等からのもので、殊に含酒廃水の量と質が変動しているのが実情と考えられる。

これら含酒廃水の量と質の変動が醸造廃水の生物処理を困難にしている主因と考えられる。したがって生物処理を困難なものにしている、これ等含酒廃水を何らか別の質的变化へ転化し、微生物の栄養源として活用することが必要である。

ある種の酵母は一般にアルコール耐性が強く、それを資化する能力があると共に澱粉質、糖分をも資化する性能を有するものがあり¹⁾、又その増殖、耐久性に極めて勝れており、含酒廃水に酵母を利用する処理方式を国税庁醸造試験所と協同研究開発し、実操業プラントに応用して好成績を収めたので、ここに報告すると共に皆様の御批判を戴きたい次第である。

2. 酵母菌の糖資化性及び選択

醸造試験所での樹液酵母菌株のスクリーニングの結果

* 東邦亜鉛株式会社関連事業部
昭和52年9月17日受理

果¹⁾、*Hansenula anomala*, A. B.: *Saccharomyces cerevisiae*, C: *Pichia acaciae*, D: *Pichia nakazawae*, E: *Debaryomyces hansenii*, F: *Candida species*, G: H: 等が優良株として考えられ、これ等酵母菌株の登録、委託を行った。

これら酵母の糖質化性を示すと第1表の通りである¹⁾。

H. anomala, *P. acaciae* は共に著しく発泡し、含酒廃水処理上問題が生ずるため、Nunokawa et al²⁾ の方法に準じて泡無し酵母菌株を分離した。

これらの方法によって、*H. anomala* 属の A-yeast B-yeast 及び D-yeast、の泡無し酵母を醸造試験所で開発した。当初酵母菌株の中、含酒廃水処理後の生物処理を容易にするため、菌体の被膜の薄い B-yeast の利用を考えたが、COD の除去率が第2表¹⁾に示す通り、含酒廃水のみならず、含酒廃水と洗米廃水の混合液に対しても A-yeast が最もすぐれていることが判明したので、実用化の段階に至って A-yeast を利用する事にした。

さらに第1表から明らかな様に、これ等酵母はいずれも澱粉を資化する等雑食性に富んでいることも明らかになった。さらに糖、アルコール、オリゴ糖をも資化することが認められた。

A-yeast, B-yeast, E-yeast の酵母の工業的生産をオリエンタル酵母株式会社に委託し、これらに関する技術開発の協同研究を行った。その結果 B-yeast が酵母菌体も大きく、S, G も大きく、工業的生産に有利であることが分ったが、COD の除去率の観点から A-yeast の工業的生産規模に持って行く様にした。

短期間の工業的生産規模のテスト段階であったが、10¹⁰ ケ/g の A-yeast のプレス酵母(水分80%前後)を生産段階に乗せる様にすることが可能となった。

現場での耐久テストの結果、4~5°C の冷蔵庫に保存することに依り、4カ月前後酵母菌は生存保存することが可能なる事も分った。

第1表 酵母の糖資化性

	H. anomala B	P. acaciae D	P. nakazawae E	D. hansenii F	C. sP G
Glucose	+	+	+	+	+
Sucrose	+	—	+	+	+
Maltose	+	+	+	+	+
Galactose	—	+	+	+	+
Lactose	—	—	—	+	+
Melibiose	—	—	—		
Raffinose	+	—	—	+	+
α -Methyl glucoside	+	+	+	+	+
D-Ribose	—	+	—	+	+
O-Xylose	+	—	+	+	+
L-Arabinose	+	+	+	+	+
Cellobiose	+	+	+	+	+
Salicin	+	+	+	—	+
Inulin	—	—	—	+	+
Soluble starch	+	+	+	+	+
Cellulose				+	+
D-Mannitol	+	+	+	+	+
Sorbitol	+	+		+	+
Ethanol	+	+	+	+	+
Glycerol	+	+	+	+	+

第2表 低温処理での COD の除去率

	温 度 °C	S ¹⁾ 9950 ²⁾	S 5580	RW+S (1:4) 2670	RW+S (2:3) 890	RWS+S (3:2) 420
H. anomala	15	78.1	77.3	76.7	84.1	71.8
A	10	59.4	55.6	62.0	75.3	59.5
H. anomala	15	63.9	71.0	65.7	83.4	72.0
B	10	54.7	54.3	54.0	70.0	56.5
S. cerevisiae	15	53.8	57.2	25.9	53.8	49.6
C	10	53.0	55.0	54.5	59.2	45.8
C. sP	15	63.9	66.2	58.0	77.5	70.1
H	10	60.5	59.3	58.0	68.5	62.3
C. sP	15	57.4	60.4	42.5	63.0	69.4
G	10	52.0	52.7	54.5	64.7	47.5

1) S, 清酒希釈液, RW, 洗米水, RWS, 洗米水上澄液
() : COD 混合比

2) COD ppm

3. 酵母に依る COD 除去に及ぼす温度の影響

堰詰め工程からの廃水を除いては、醸造廃水は主として冬期間に排出されるので、COD 除去率に及ぼす温度のファクターが大きな要因になると考えられる。

吉沢等は A-yeast, B-yeast, C-yeast, G-yeast, H-yeast

を用いて清酒希釈水、清酒+洗米廃水混合液におよぼす影響を醸造試験所でテストした、その結果を第2表に示す。

この表から明らかなように A-yeast が各温度共 COD の除去率が高く、さらに温度差に依る影響が顕著に現れている。

したがって現場操業の場合は含酒廃水のみを酵母で処理する方式を採用し、温度管理はスチームインゼクション、あるいはサーモスタット付パイプヒーターで 15～25℃ に調節を行っている。

スチームインゼクションの場合は清酒工場の余剰スチームを利用出来る事、雑菌あるいは乳酸菌が多量に発生した場合は 50～70℃ に液温をアップし、殺菌冷却後、酵母菌株を 0.1%溶解投入する事に依り、24時間後には 10⁸ヶ/ml の酵母菌体数をキープ出来る様になる利点がある。

酵母処理槽内の pH 値は、清酒含有量が減じ、COD 値が減ずると漸次上昇するが、一定の含酒廃水量が毎日投入処理される様な方式にしておく限りにおいては、3～5 をキープするし、雑菌の混入は全く認められず、乳酸菌のみが顕鏡下で散見された。

4. 酵母による清酒希釈液、清酒洗米廃水混合液に対する除去テスト

4-1 A-YEAST に依る清酒希釈液に対するの除去テスト

清酒を希釈し COD を約 8,000 ppm になる様にし、DAP 1,000 ppm 添加して、48時間の滞留時間を有するジャーテスターで、醸造試験所において攪拌、通気を行った結果を第1図に示す。

清酒希釈液の COD 濃度は初期濃度に対し24時間後の

第1図 A-yeast に依る清酒希釈水に対する COD 除去テスト結果

それは 2,000～3,000 ppm に低下した。処理水の COD 値は略半減した。この処理液を PAC 150 ppm, A-110 5 ppm, pH 6～7 で凝沈しても凝集性悪く、1,000 ppm 以下にすることは極めて困難であった。

処理液の pH 値は 3～4 を保っていたが、実験開始後 pH 値が上昇し、22日目には中性になった。しかし、顕鏡テストの結果 A-yeast の菌体数は 10⁸ヶ/ml をキープしていた。

処理液の COD 値が低下するにつれて pH 値は上昇傾向をたどる様で、処理液が 1,000 ppm 前後になると酵母処理槽内の pH 値は中性近くなる。しかし顕鏡下では乳酸菌が多少みられる程度で、その他の雑菌の発生はみられなかった。

現場操業の場合も、これに似た現象がみられ、清酒分の栄養源が減少すると pH 値は漸増するが、乳酸菌以外の雑菌は pH 値が 6～7 になってもみられなかった。

4-2 A-YEAST に依る清酒希釈水、洗米廃水混合液に対する COD 除去テスト

清酒 COD : 洗米廃水 COD 1 : 1 になる様に調整し、滞留時間20時間としてジャーテストを行った。栄養源としては DAP 1,000 ppm 添加し、A-yeast に依る酵母処理を行った。

実験の結果は第2図に示す。

原水の COD 濃度は 1,500 ppm から 3,500 ppm の範囲内に変動したが、処理水の COD 濃度は 900 ppm か

第2図 A-yeast に依る清酒洗米廃水混合液 COD に対する除去テスト結果

ら 1,700 ppm の変動範囲内に収まり、凝沈処理することに依り 100~500 ppm にする事が可能となった。しかし凝沈の際に大量の PAC, PAA を要すること、沈澱スラッジが多いことが難点であると考えられる。処理水の pH 値は実験開始後 8 日頃迄は毎日 24 時間経過すると中性近くなったために、酸で pH 値を 4 に下げる必要があったが、その後 20 日頃迄は pH 値は略 3 をキープすることが出来たが、その後再度処理液は中性近くなり、pH 値の調整を必要とした。

4-3 洗米廃水のみに対する酵母処理テスト

清酒分を含有しない洗米廃水のみを対象とし、前項と同様な方法で滞留時間 20 時間 DAP 1,000 ppm を添加して A-yeast に依る酵母処理を行った。

原水の初期 COD 濃度は毎日変動し可成りばらついた。初期濃度は 3000 ppm 程度であったが、24 時間経過後の COD 濃度は可成り低下した。

処理水の pH 値を 4 に調整しておいても、24 時間後には中性迄上昇し、毎日 pH の調整を必要とした。清酒希釈水処理あるいは含有清酒洗米廃水の処理時と異り、 10^8 ケ/ml の酵母菌体数を保つことが困難で、実験開始後 20 日目頃から酵母菌体数は直線的に減少して来た。

処理水の COD 濃度は 50% 程度低下しており、PAC, PAA に依る凝沈では 100~400 ppm となり SS 含の COD 濃度と凝沈後の COD 濃度との間に可成りの差がみられた。即 20 時間の酵母処理では、高分子の有機質である澱粉が可成り未分解で残っていることが推測される。

第3図 A-yeast に依る洗米廃水に対する COD 除去テスト結果

これらのことは前項においても同様である。これらのことから酵母処理時間は 30 時間程度は望ましいし、又酵母菌の増殖からみて洗米廃水のみには適用するよりも、清酒含有廃水のみを処理するか、含清酒洗米廃水に適用することが得策と考えられる。

5. 酵母を利用した含酒洗米廃水の連続生物処理

清酒希釈水 COD 8,000 ppm とし、家庭洗米廃水 COD 設定値 1,000 ppm として先ず、清酒希釈液を酵母処理槽で 24 時間処理を行い、完全にアルコール糖分を分解資化して、洗米廃水と混合し、ハニカムバイオレーターで 24 時間生物処理を連続 17 日間に亘って行った。ハニカムセルには実験に先立ち給食センターからの活性汚泥菌を馴致付着させた。その結果を第 3 表に示す。

連続酵母処理を清酒希釈水に対して行う場合、酵母処理槽内での充分な機械的攪拌とエアレーションを行うことに依り、経日と共に COD の除去率は向上し、最高 70 % の COD を除去した。この酵母に依って処理された液を PAC を用いて凝沈を行っても表から明らかな様に COD 値に大差がみられなかった。

しかし、酵母処理槽の pH 値は 3~4 をキープし、毎日一定の含清酒廃水を酵母処理槽にフィードすることに依って pH 値は維持出来ることが明らかとなった。

清酒分は酵母に依って完全に分解され、エステル臭を発生し、白濁ミルク状となった。

家庭洗米をこの酵母処理液と混合の後 COD 負荷比 5 : 3 ハニカムバイオレーターに依る接触酸化曝気処理を行った。バイオレーターの滞留時間は 24 時間で COD

第4図 酵母を利用した含酒洗米廃水の連続テスト系統図

含酒原水設定値 8,000 ppm (COD)
洗米廃水設定値 1,000 ppm (COD)
酵母処理槽滞留時間 24時間
ハニカムバイオレーター滞留時間 24時間
COD 負荷比率 洗米廃水 COD : 清酒希釈水 COD = 5 : 3

第3表 酵母を利用した含酒洗米廃水処理テスト結果

経過日	含酒原水 COD ppm	酵 母 処 理 水 特 性			洗米廃水 COD ppm	混合原水 COD ppm	ハニカム処理水	
		pH	SS 含 COD ppm	PAC 処理水 COD ppm			SS 含 COD ppm	PAC 処理水 COD ppm
1	8870	3.49	6710	3970	1030	1440	107	91
2	7580	3.63	3510	3410	1100	1260	103	77
3	8450	3.50	4220	3840	1010	1240	82	73
4	7780	3.44	4030	3650	1110	1320	104	58
5	7680	3.42	4020	3830	990	1200	80	54
6	8420	4.37	4210	3910	1110	1330	80	60
7	7850	3.58	4770	3930	1020	1280	77	65
8	6520	3.53	3720	3510	1040	1230	74	37
9	8460	3.68	4680	4210	1100	1350	84	42
10	6810	3.71	4730	4130	1050	1310	79	39
11	8830	3.22	3840	1920	980	1180	73	34
12	7560	3.22	2500	2150	990	1100	79	32
13	7520	3.17	2330	1500	1010	1100	79	32
14	8550	3.22	2070	1240	1020	1090	65	32
15	7940	3.29	3010	2350	980	1120	74	22
16	7520	3.43	3130	2720	990	1140	75	33
17	7510	3.41	3210	2220	1100	1250	75	63

容積負荷は $1.2 \text{ kg/m}^3/\text{day}$ 程度であったが、ハニカムバイオレーター処理水の SS 含の COD 値は $70 \sim 80 \text{ ppm}$ に、PAC 凝沈に依って $30 \sim 40 \text{ ppm}$ をキープする事が出来る様になり、ハニカムチューブのチョーキング、スラッジの著減現象が現われ好成績を得る見通しが得られた。

6. 酵母を利用した含酒洗米混合廃水に対する連続テスト

酒造工場からの洗米廃水の質的特性値は一般家庭の洗米廃水のそれとは異なることが考えられるので、比較的前者の洗米廃水に近似した廃水を人工的に作るため、米白糠を 160 mesh で篩分け、その網下産物を所定量、清水に溶解懸濁し、テスト中はポータブルアジデーターで連続攪拌を行った。

酒造工場からの含酒廃水量は堰詰め工程からのロス、カーボン戸過機の洗浄、蔵戸過機の洗浄、清酒タンク、モロミタンクの洗浄方法等に依り大幅に変動するが、一応、清酒分の COD : 白糠含有水の COD $2 : 5$ になる様に、さらに混合液の COD を $2,000 \text{ ppm}$ になる様に毎日作成、1 槽 120 l の大型ハニカムバイオレーターを用いて連続テストを行った。

連続テストは夏に行った関係上試料の経日変化が、前項のテストと同様に著しいことが考えられたこと、及び雑菌の発生の懸念が生じたため、硫酸にて供試試料を pH 値 $4 \sim 4.5$ に調整すると共に、DAP を 100 ppm 添

加した。

第5図に連続テストの系統図を示す。

酵母処理槽の pH 値は $2.8 \sim 3.0$ に低下するため、酵母処理後に pH 中和槽を設け、NaOH で pH 値 $6 \sim 7$ にして、バイオレーターにフィードし、生物処理を行った。酵母処理時間は酵母処理槽内の酵母菌体数を 10^8 個/ml にキープするため、24時間になる様、フィード量を定量ポンプで 20.5 ml/min になる様にした。

第5図 酵母を利用した含酒廃水の連続テスト系統図

第4表 含酒洗米废水混合液に対する酵母及び生物処理テスト結果

日付	経過 日数	酵母 補給	原 水		酵 母 処 理 槽			中和槽 pH	HB-No. 1			HB-No. 2			酵母処理 のCOD 除 去%
			COD	pH	酵母数	COD	pH		自沈 COD	pH	凝沈 COD	自沈 COD	pH	凝沈 COD	
9/23	1		2,117	3.3	1.6×10^8	1,801	4.0	6.0	144	8.4	18	54	8.3	11	14.9
24	2		2,106	2.8	2.4×10^8	1,351	2.8	6.1	165	8.4	17	51	8.4	12	35.8
25	3		2,082	3.1	2.1×10^8	1,954	(5.0)	6.1	148	7.4	15	47	8.7	15	6.2
26	4	(PM) 2.5 l	2,429	3.2	6×10^7	1,824	3.2	6.1	145	7.5	14	37	8.0	11	24.9
27	5	(PM) 20 l	1,981	3.1	1.6×10^7	1,509	(5.8)	6.5	141	7.2	18	53	7.8	15	23.8
28	6		2,217	3.2	1.2×10^8	1,887	2.9	4.6→6.5	141	7.0	14	49	7.2	13	14.9
29	7		1,888	3.0	1.2×10^8	2,516	2.8	4.7→6.9	193	6.9	15	67	6.8	16	33.3
30	8		1,816	2.8	1.2×10^8	3,020	2.8	7.0	208	7.1	30	45	6.5	13	66.3
10/1	9		1,950	2.9	1.4×10^8	2,547	2.9	7.0	184	7.3	28	40	6.4	16	30.6
2	10		1,744	2.8	1.2×10^8	1,293	2.9	6.9	60	7.5	32	45	6.4	2.4	25.9
3	11		1,876	3.0	8×10^7	1,568	2.9	7.0	48	7.5	36	39	6.3	3.2	16.4
4	12		1,681	2.9	1.0×10^8	1,420	3.0	7.0	41	7.4	33	45	6.8	22	15.5
5	13	(PM) 10 l	1,788	3.2	8×10^7	1,222	3.1	7.2	35	7.4	26	36	7.1	19	31.7
6	14		2,255	3.3	6×10^7	1,356	3.1	6.7	40	7.5	42	35	7.1	32	39.8
7	15		2,091	3.2	1.6×10^8	2,115	2.9	6.5	40	7.5	19	27	7.3	19	-1.1
8	16		2,219	3.4	1.0×10^8	1,635	3.3	7.1	48	7.7	22	22	7.3	14	26.3
9	17		2,053	3.2	1.2×10^8	1,531	3.3	7.4	46	7.6	21	22	7.5	19	25.4
10	18		2,200	3.2	1.0×10^8	1,618	3.8	7.2	38	7.2	17	20	7.6	11	26.5
11	19		2,080	3.1	1.0×10^8	1,540	3.1	7.3	40	7.4	19	22	7.5	14	26.0
12	20		2,110	3.1	1.0×10^8	1,640	3.2	7.0	42	7.3	23	23	7.4	13	22.3

12日, 13日は清酒混入を中止した。

酵母数: 1ml 中の酵母数を示す。

COD: ppm

自 沈: サンプリング後2時間静置して上澄液を採取したもの

凝 沈: PAC 40 ppm, pAA 2.5 ppm, pH 7.0 に調正後1~2時間静置して上澄液を採取したもの

酵母処理槽への補給用酵母液は次の初期条件の下で空気曝気を行って培養した。

清水: 20 l 白糖: 22 g 清酒: 57 ml ブドウ糖: 200 g DAP: 20 g

A-yeast: 10^{10} ケ/ml のもの1 l pH: 3.3~3.5

尚隔日如に白糖: 22 g 清酒: 57 ml ブドウ糖: 200 g DAP: 20 g を補給の上 pH 値を3.3~3.5に調整した。

なお堰詰工程が土曜・日曜に休みになることもありうる
と想定し, 2日連続テスト中, 清酒の混入を中止し,
その影響が現れるか否かを検すると共に再度清酒を混入

第6図 含酒洗米废水混合液に対する酵母及び生物処理テスト結果

し, バイオレーター内での処理の復元能力を検した。

実験結果を第4表, 第6図に示す。

これらの結果から明らかな様に酵母処理槽で COD の除去率は低く, 一般に20~30%程度であった。培地に白糖を使用したことも COD 除去率低下の一因をなしていると考えられる。

酵母処理槽中の酵母菌体数が経日漸減の傾向があったため, 実験開始後4日目に種酵母液を2.5 l 入れ換え, 5日目に20 l 種酵母液 (2.8×10^8 ケ/ml 菌体数を保持しているもの) と入れ換えなければならなかった。

種酵母液は pH 3.3~3.5 にしていたが, A-yeast 以外に乳酸菌が顕微鏡下にみられた。

なお試験原水の pH を3.0あるいはそれ以下においても, 酵母処理槽中には乳酸菌の発生がみられた。

酵母処理槽内の菌体数が異状に低下した4日目・5日目に多量の種酵母液を補給入れ換えたため原水の COD

濃度よりも酵母処理槽での COD 濃度が高くなり、COD 除去率は $\ominus$ 値を示した。即酵母処理槽内ではアジテーションとエアレーションを行っているが、培養種酵母液中の白糠 SS の分解が酵母に依って完全に行れるのに数日間を要したこと、その間未分解の SS 分が残存したため及び酵母自身に依る COD 値のアップ等に依り COD 値が高くなったものと考えられる。

バイオレーターのハニカムセルの表面層の生物層膜が酵母処理液に順応し得る状態になるのに9日程度要したこと及び酵母に依って白糠の SS 分が分解され、微生物が経口吸入消化し得るようになったこと等に依って、10日目以降酵母処理槽の COD 除去率が増加し、それと共に HB-No. 1 での自沈の COD 値が急低下した。それ以降 40 ppm をキープすることが出来る様になった。

HB-No. 1, HB-No. 2 の実験開始前の活性汚泥の馴致は種汚泥を給食センターから持って来て家庭洗米廃水で行ったため、HB-No. 1, HB-No. 2 の pH 値の変化は全く略同値を示したが、連続テストに入り経日と共に HB-No. 2 の pH 値が低下し始め、11日目には6.3迄低下した。その後 pH 値は急速に上昇し、7.3~7.4に回復した。

さらに興味を引くことは HB-No. 1 の自沈の COD 値が酵母処理槽の COD 除去率に依って大きく変化するが、HB-No. 2 自沈の COD 濃度は大きな変動を受けず、むしろ漸減して行った。

即ち第1槽目は負荷の変動に対するバッファ的役割を果していることも明らかとなった。

なお連続テスト中ハニカムセルの上面及びセル周壁にクロレラが発生し、HB-No. 1, HB-No. 2 内での発泡もなくセル内のチョーキングもみられなかった。これらのことから酵母処理槽内での A-yeast に依る酵母に依って、SS 分の極めて多い、米白糠の高分子有機物が低分子有機物に分解、溶解され、微生物に吸収消化され易いものに变化してしまったためと考えられる。

実験開始後12日目、13日目に清酒混入を中止した、この結果 HB-No. 1 の自沈の COD 値が若干高くなった様な傾向を示したが、清酒投入再開後直ちに回復し、その速度も速く、清酒廃水が2~3日中止されても生物処理にはほとんど影響がないと考えられる。

HB-No. 2 の生物処理結果には全くその影響はみとめられなかった。

しかし、これらの実験の結果から洗米廃水と含酒廃水を混合処理するには、大規模酒造工場では処理槽の滞留時間を24時間以上保つことが必要のため処理槽が大きくなること及び酵母菌体数が漸減し、正規の 10^8 個/ml のオーダーをキープするための種酵母の量を考えると得策でなく、洗米廃水に比較して極めて少量の高濃度の COD を有する含酒廃水のみを酵母処理する方式が望ましいと

考えられると共に清酒分の混入が酵母の栄養源として望ましいことが明らかになった。

7. 酵母を利用した醸造洗米廃水への実操業

7-1 概 要

今迄の諸試験から含酒廃水（堀詰工場からの廃水、カーボン汙過機の洗水、蔵汙過機の洗水、清酒タンク、モロミタンク等の洗水）を A-yeast で単独に酵母処理を行った方が、酵母菌体数の増殖、酵母菌体数の維持及び酵母処理費等から考えて得策であることが分ったため、実操業では酵母処理槽を既存のホロー製タンクを利用する事にした。

なお、酵母処理槽には温度維持のためと雑菌発生時に対処するためスチームインジェクションを行える様にした。

酵母処理槽より毎日定量原水曝気槽に送り、洗米廃水、浸漬水と混合曝気処理を行い、その後直接モジュールを充填したバイオレーターに送り、生物処理を行った。

7-2 処理方式

処理方式は第7図に示す通りである。

7-3 各廃水の特性値

各廃水の特性値を示すと第5表の通りである。

第5表の廃水の特性値から含酒廃水中の COD 負荷量

第7図 某清酒醸造工場廃水処理装置

第5表 原 水 の 特 性 値

	量 洗	COD (ppm)	SS(ppm)	pH
米廃水, 浸漬水, 雑水	17 m³/d	1,100	1,000	6～7
蔵戸過機洗水	400 l/2週間	35,000	200	6～7
清酒タンク洗水	200～300 l/2週間	42,000	200	6～7
其 の 他				
モロミタンク洗水	200～300 l/2週間			
堰詰め戸過機洗水	200～300 l/4日			
モロミタンク洗水ビン詰め戸過機洗水の COD 値は蔵戸過機洗水と清酒タンク洗水の 平均値を採用。				
(イ) 日間平均タンク及び戸過機洗水量				
清酒タンク洗水	200～300 l/2週間			
モロミタンク洗水	40～50 l/日=560～700 l/2週間			
蔵戸過機洗水	400 l/2週間			
堰詰め戸過機洗水	200～300 l/4日=700～1,050 l/2週間			
計	1,860～24,50 l/2週間=175 l/日			
(ロ) 日間 COD 負荷量				
蔵戸過機洗水	400 l/14日×35,000 ppm÷1,000 g/日=1 kg/日			
清酒タンク洗水	300 l/14日×42,000 ppm÷900 g/日=0.9 kg/日			
モロミタンク洗水	50 l/日×{(35,000+42,000)×1/2 ppm}=1.925 g/日1.9kg/日			
堰詰め戸過機洗水	300 l/4日×{(35,000+42,000)×1/2 ppm}=2,888 g/日=2.9 kg/日			
全洗水 COD 日間負荷量	6.7 kg/日			
(ハ) 洗水廃水, 浸漬水, 雑水の日間 COD 負荷量				
	1.7 m³×1,100 ppm=18.7 kg/日			

第6表 設 備 機 械

1	ブ ロ ヲ ー	2.2 KW 0.4 kg/cm²×2台
2	酵 母 処 理 槽	1.250 f ×1.250 H ホーロー引きタンク
	攪 拌 機	HV-8102 0.2 KW 300 rpm 200 V 60 HZ
	ポ ン プ	型式 SP-25 0.03 m³/mm 6.5 m
	電 動 機	0.2 KW 200 V 60 HZ 4 P モーター直結
3	原 水 曝 気 槽	2,080 f ×4.040 H 鉄製内面エポタール塗装内部エア吹込
	ポ ン プ	型式 SP-25 0.03m³/mm 6.5 m
	電 動 機	0.2 KW 200 V 60 HZ 4 P モーター直結
4	バ イ オ レ ー タ ー	9.7 m³×4 槽直列 鉄製内面エポタール塗装 外装グラスウール保温処理
5	調 整 槽	500 W×500 L×600 D 塩ビ鉄枠補強 2槽直列
	攪拌機 No. 1	HV-8101 200 V 60 HZ 0.1 KW 300 rpm シャフト sus-27
	No. 2	HGR-8801-50 200 V 60 HZ 0.1 KW 60 rpm sus-27
6	沈 降 槽	1.500 W×1.500 L×3.450D SS-41 エポタール塗装
	処 理 槽	30 m³/24Hr
	沈 降 室	2m³ 傾斜板塩ビ20枚挿入
	濃 縮 室	1m³
7	循 環 用 ポ ン プ	型式 SP-25 0.01 m³ 6.5 m
	電 動 機	0.2 KW 200 V 60 HZ 4 P モーター直結
8	フ ィ ル タ ー プ レ ス	500 m³m×600 m/m×20 R 戸過面積 25.2 m²
		戸枠ポリプロピレン
	ダイヤフラムポンプ	7 kg/cm³ 20.4 l/mm 0.75 KW

第8図 酵母反応槽 COD の経日変化

は極めて高く、洗米廃水、浸漬水等の COD 負荷量の30%弱に達する。

したがって含酒廃水中の COD 値を、酵母で処理して清酒分を質的に変え、これを低くすることが廃水処理装置をコンパクトにする一要因と考えられる。

7-4 実操業成績

各装置の仕様、特性値を第6表に示す。

酵母処理槽内の COD 値の経日変化を第8図に示す。

酵母処理槽中にはプレス酵母を0.1%投入して含酒廃水を処理した。

15℃～25℃に液温を保つことに依り除去率は極めて高く、酵母の補給は新に行う必要はなく菌体数も10⁸ヶ/mlをキープする事が出来た。

酵母処理槽内の pH 値は前項の実験の場合と同様 COD 値が1,000 ppm 以下になると中性に近くなるが、再度含酒廃水を投入することに依って pH は低下し5以下をキープ出来た。

操業成績を第7表第9図に示す。

酵母処理液を毎日定量原水曝気槽にフィードしていること及び連続曝気槽中に微生物が発生し、洗米原水1,000～1,200 ppm の COD 値に対し、HB-No. 1 にフィードされる原水の COD 値は700～900 ppm に低下し、最終放流水の COD 値も40 ppm 以下に維持することが可能となった。

現在、高速沈降槽のスπιゴットからのスラッジはフィルタープレスで脱水後水分60～70%として焼却処分している。

今後汚泥貯溜槽を新設し、曝気を続け乍ら活性汚泥菌を原水曝気槽に一部返送し、酵母菌に依ってアルコール、澱粉等を分解し、それ自身の有する N 源 (A-yeast は水分、72.36% : N 6.0.9% : P 0.80% で N 源に富んでいる) を微生物の栄養源として活用し、原水曝気槽内での

第7表 某清酒醸造工場廃水処理装置運転成績

表洗米廃水量 17 m³/日

月日	原水 特性		接触酸化曝気槽 No. 1		放流水 COD ppm
	pH	COD ppm	液温 °C	pH	
2月 10日	7.1	870	17.5	7.4	181
11	7.25	920	17.0	7.4	229
12	7.15	960	15.0	7.3	354
13	6.85	980	16.0	7.2	465
14	6.9	990	15.0	7.25	333
15	6.5	780	16.5	7.3	343
16	6.95	760	16.5	7.2	242
17	6.95	870	16.0	7.05	310
18	6.8	800	15.0	7.35	627
19	7.0	910	18.5	7.15	257
20	6.4	880	21.0	6.8	284
21	6.4	820	19.0	7.15	287
22	6.8	730	15.5	7.1	402
23	6.9	940	15.5	7.2	346
24	6.5	930	16.0	7.15	607
25	7.2	790	17.5	7.05	505
26	6.95	710	17.0	7.1	449
27	7.0	900	19.0	7.0	296
28	6.9	890	16.5	6.8	307
3月 1日	7.0	910	17.5	6.8	337
2	6.7	890	17.0	6.9	327

第9図 某清酒醸造工場廃水処理装置成績

COD の除去を助長させると共に、バイオレターにも活性汚泥菌の一部を返送して固着微生物層群と浮遊微生物層群の相乗効果を利用し、完全消化型のスラッジの出ない処理装置に改善して行くことも考えている。

8. 結 び

- 8-1 国税庁醸造試験所と協同研究開発に依り、澱粉、アルコール等を資化する泡無し酵母を開発した。
- 8-2 COD の除去率の高い A-yeast の工業的規模の

生産に、オリエンタル酵母株式会社と協同研究して乗せる事が出来た。

- 8-3 酵母処理は温度の影響を受け易く 15°C 以上の液温が望ましい。
- 8-4 洗米廃水処理に酵母を度用する場合、酵母菌体数の保持に問題があるし、10⁸ヶ/ml のキープは極めて困難である。
- 8-5 洗米廃水に含酒廃水を混合して酵母処理する場合、酵母反応槽の滞留時間は24~30時間程度が望ましいが、大規模な清酒工場には原水槽以外に酵母反応槽の大型のものが必要であること、凝沈するのに多量の PAC を要し、スラッジが多い等の難点が考えられる。
- 8-6 含酒廃水に対しての酵母処理は COD の除去率からすれば極めてすぐれている方法であるが、この処理液は大量の PAC. PAA を使用しない限り凝集が困難である。

処理液の COD 値が 1,000 ppm 以下になると pH 値が中性近くなるが、含酒廃水を再投入する事に依り pH は 4~5 に低下する。

雑菌としては乳酸菌が散見されるが、pH 3~4 でも、A-yeast の増殖は大である。

- 8-7 含酒廃水 COD 8,000 ppm を酵母で処理し、家庭洗米廃水 COD 1,000 ppm と混合、ハニカムバイオレーターで連続テストを17日間に亘って行った。

含酒廃水に対しては COD 除去率は極めて高く最高70%にも達した。生物処理時間は24時間で 1.2 kg/m³/day の COD 負荷量であったにも拘らず、ハニカムチューブのチョーキングはなく、処理液の COD は PAC. PAA 凝沈処理で 30~40 ppm となった。

- 8-8 白糠を利用した懸濁液に清酒を混合し、酵母処理槽の滞留時間を24時間としたが、培地に白糠

を利用したためか COD 除去率は20~30%にすぎなかった。

酵母菌体数の変化が大きく酵母処理槽の種酵母の入れ替えを行う必要があったが、10日目以降酵母処理槽の COD 除去率が増加し、それと共に HB-No. 1 の自沈の COD 値が急低下した。それ以降 40 ppm をキープすることが出来た。

HB-No. 1 の COD 値は酵母処理槽の COD 除去率の影響を受けるが、HB-No. 2 は、ほとんど影響を受けず漸減して行った。

清酒投入を2日間中止したが HB-No. 1 の自沈の COD 値が若干高くなった様な傾向を示したが再投入に依り直ちに回復し、その速度も早く、生物処理にはほとんど影響がないと考えられる。

- 8-9 某酒造メーカーの含酒廃水を酵母処理し、原水曝気槽に定量フィードすることに依り、又原水曝気槽を連続曝気することに依り原水曝気槽での COD の低下が行われ、生物処理槽に直送して処理することに依り COD を 30~40 ppm 以下にする事が可能となった。

最後に本研究開発の御指導を戴いた国税庁醸造試験所 野白所長、吉沢室長、百瀬主任研究員、有賀研究員、野口研究員、種酵母を提供して戴いた小玉健吉博士及び酵母の工業的生産に御協力と御援助を戴いたオリエンタル酵母株式会社大橋所長、荒川主任研究員に深謝申し上げます。

参 考 文 献

- 1) 吉沢 淑, 百瀬洋夫, 有賀義裕, 神田晃敬, 西田一秀, 野口昭, 小玉健吉, 酵母を用いる清酒製造廃水の処理 (第1報): 醸協第71巻第11号
- 2) Y. Nunokawa, H. Toba and K. Ouchi: Ferment, Technol 49 959 (1971)