

(10) 酵母による高濃度有機性排水の処理特性

HIGH RATE PERFORMANCE AND CHARACTERISTICS OF FOOD
PROCESSING WASTEWATER TREATMENT USING YEAST.

千種 薫*・矢口淳一*・大下信子*・石川久男*・渡辺義公**

Kaoru CHIGUSA*, Junichi YAGUCHI*, Nobuko OSHITA*, Hisao ISHIKAWA*, Yoshimasa WATANABE**

ABSTRACT; A new treatment process involving yeast utilization was developed to treat potent wastewater from a dried food products factory. Using wastewater, three yeast strains were isolated from an enrichment culture. The first treatment facility, seeded with the mixture of the isolated yeasts, was installed at the dried food products factory in 1989. After four years, the treatment performance was investigated for a year. The yeast treatment process was able to remove over 95% of BOD even when operating under extremely high loads of $16\text{kgBOD}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{d}^{-1}$, and responded to a load variation of $5\sim 16\text{kgBOD}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{d}^{-1}$. Moreover, this process could decompose the suspended solids and reduce both air supply and sludge yield. On the other hand, the limitations of yeast treatment lay in terms of the quality of treated water. About 120mg l^{-1} of BOD always remained in the yeast treated water, and nitrogen and phosphorus could not be removed except for the amounts required for yeast cell synthesis. However, the quality of effluent could be improved by combining the yeast treatment and bacterial treatment processes.

KEYWORDS; yeast, pellet formation, high-load treatment, stability, solid hydrolysis

1.はじめに

食品工場は農畜産物を原料として加工する業種であるから、その工場排水の主成分は有機物であり、比較的高濃度で腐敗し易い特性をもっている。また、農畜産物の加工度が他の製造業と比べて低いために汚濁負荷量は高く、原料の供給や製品の需要に伴う季節変動も著しいので、処理施設にかかる負荷変動も大きい。

これらの食品工場排水に対して、従来は加圧浮上装置で固形分を除去した後に活性汚泥法を行なってきた。しかし、洗剤により乳化された油分は浮上分離せずに通過し、固形分は含有率が高いとその何割かは凝集剤と接触できずに通過して活性汚泥槽へ流入する。その結果、活性汚泥槽は負荷変動が助長されるばかりでなく、処理に困難をきたすことも多い。また、除去された固形分の処分には多大の労力と費用がかかり、処分地の確保も年々難しくなっている。このような活性汚泥法による処理が不安定な工場排水の対策として加圧浮上前の排水基質を直接資化できる微生物を分離し処理を行えば負荷変動に対応できるし、高負荷運転も可能になり、汚泥処分量も軽減できるはずである。

そこで、乾燥食品工場排水を用いて集積培養を行い資化微生物を分離したところ、優占種として3株の酵母が分離された。分離酵母の特徴を生かしてプロセスを確立し、1989年に酵母による処理の1号機が乾燥食

*(株)西原環境衛生研究所 (Nishihara Environmental Sanitation Research Co., Ltd.)

**北海道大学工学部衛生工学科 (Department of Sanitary Engineering, Faculty of Engineering,
Hokkaido University)

品工場で稼働した。¹⁾ 稼働後の追跡調査を1993年に行い、1年間の運転実績をまとめた結果、酵母による処理の特性や知見が多く得られたので報告する。

2. 材料および方法

2.1 排水の性状

対象排水はドライフードや固形スープを生産する乾燥食品工場排水であり、肉、魚介類、野菜、卵等を凍結乾燥する際の原料の搾汁と調味料廃液が主な成分となる。製品が限定されるために、排水組成の変動は比較的少ないが、濃度変動が大きい排水である。

原水調整槽内での排水濃度は平均でCODcr 6600mg/L⁻¹、BOD 4050mg/L⁻¹であり、腐敗し易い特性があるためpHは4.4と低い。排水組成はCODcr換算で揮発性脂肪酸48.5%、脂質27.5%、タンパク質11.2%、アミノ酸7.7%、炭水化物4.7%、不明0.4%である。

排水組成の43%が固形分であり、脂質、タンパク質ならびに炭水化物の大部分がこれに相当する。これらの固形分は従来、加圧浮上装置で分離除去されていた成分である。残りの57%が溶解性物質で、揮発性脂肪酸、アミノ酸ならびに炭水化物の一部がこれに当たる。

排水の栄養バランスは年間通じて変化は少なく、BOD : N : P = 100 : 4 ~ 5 : 1 である。

2.2 供試酵母

乾燥食品工場排水に対して高い資化性をもつ微生物として集積された3株の酵母；*Candida edax* (*C.edax*)、*Trichosporiella flavificans* (*T.flavificans*) および *Trichosporon capitatum*¹⁾ (*Tri.capitatum*) を大量培養し、分離時の割合 (4 : 3 : 3) で混合して立ち上げ時の種酵母とした。3株を混合した理由は、基礎実験において単菌で処理するよりも混合した方が処理水質が良好になり相乗効果が得られたためである。

種酵母の添加量は乾物量で80kgであり、立ち上げ時に一度添加しただけである。供試酵母はいずれも菌糸、偽菌糸を形成して生育する菌株であるため物理的な絡みによりペレット化する特徴をもつ。また、TCA サイクルを経て有機物を除去する酸化回路をもつ菌株であり、カビに近似した菌種である。

2.3 実用装置運転

(1) フローシート

1989年に設置された実用装置のフローシートをFig.1に示す。工場廃液は1mm目スクリーンで除渣後、原水調整槽を経て直接酵母反応槽へ移送される。加圧浮上装置は設置していない。酵母混合液は沈殿槽で自然沈降により固液分離された後、沈殿した酵母は酵母反応槽へ返送されるとともに一部は余剰酵母として引き抜かれ脱水される。酵母処理水は次段の接触酸化槽で処理され河川放流される。実用装置のフローシートは二段処理であり、加圧浮上装置の代わりに前処理として酵母処理を採用し、負荷変動に対応できるプロセスとして開発された。反応槽容積は、酵母反応槽40m³、酵母沈殿池16m³、接触酸化槽130m³、最終沈殿池16m³である。酵母反応槽は縦長の構造体であり、反応槽内には

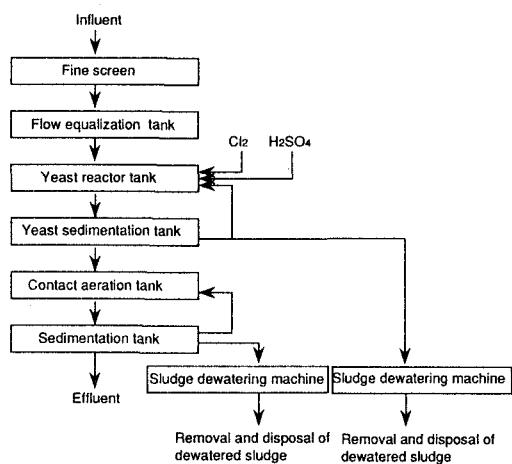


Fig.1 Process schematics

ベレット化を促進するための装置が設置してある。

酵母反応槽への硫酸の添加は酵母の至適pHであるpH5.0付近に維持するためであり、塩素の添加は細菌類との競合をさけるためである。また、接触酸化槽には水酸化ナトリウムを添加できる補完設備が設置されている。

(2)運転条件

運転条件をTable.1に、目標水質をTable.2に示す。目標水質は県条例²⁾により放流先の河川に対して定め

Table 1 Operating condition

Parameter	Design value ¹⁾		Actual value	
	Yeast reactor tank	Contact aeration tank	Yeast reactor tank	Contact aeration tank
Throughput (m ³ ・d ⁻¹)	100	100	75-130	75-130
Tank volume(m ³)	40	130	40	130
BOD volume load(kg・m ⁻³ ・d ⁻¹)	10	0.6	5.5-16.0	0.08-0.12
Sludge concentration(mg・l ⁻¹)	8000-10000	2000-3000	9000-12000	1000-1500
BOD sludge load(kg・kg ⁻¹ ・d ⁻¹)	1.0-1.3	0.2-0.3	0.6-1.3	0.10-0.13
Oxygen Demand (kgO ₂ (kg・removedBOD) ⁻¹ ・d ⁻¹)	0.6	1.0	0.6	—
DO(mg・l ⁻¹)	0.3	3.0-4.0	0.3-1.1	2.0-4.0
pH	4.5-5.5	5.8-8.6	5.0-6.0	6.8-7.7
Water temperater(℃)	—	—	25-41	15-33

られた規制値である。酵母反応槽はBOD容積負荷10 kg・m⁻³・d⁻¹で設計され、BOD除去率 80%を目標とする。酵母濃度は8000～10000 mg l⁻¹と高濃度に保持し、BOD酵母負荷1.0kg・kg⁻¹・d⁻¹を目安に運転する。酵母反応槽のpHは後処理のことを考えて設計よりやや高めのpH 5.0～6.0で運転した。

また、後段の接触酸化槽はBOD容積負荷 0.6 kg・m⁻³・d⁻¹で設計され、Table.2の目標水質が義務づけられている。実際の負荷は酵母反応槽での除去率が高すぎるため、設計負荷の1/5～1/7で運転された。

(3)処理性能の追跡調査

1989年11月に運転開始以来酵母処理施設は順調に機能し、処理性能上の問題は生じなかった。そこで4年目に当たる1993年1月から1年間一ヶ月に一度の割合で、性能追跡調査を行った。処理性能としては、目標水質の達成、処理水質の安定性、酵母による処理限界ならびに排水成分の分解性の差異を調査した。さらに酵母処理における必要酸素量、汚泥生成量ならびに必要栄養バランスにみられる処理特性を調べた。

(4)固形分の分解実験

排水中の43%が固形成分であるから、酵母処理プロセスの固形成分分解能を確認するためにフラスコ実験を行った。固形成分である脂質、タンパク質、および不溶性炭水化物に類似した基質を選定し、排水中と同濃度になるように添加して分解性を調べた。実験は、500mlフラスコに基質とろ過滅菌した酵母処理水150 mlを添加し、25℃で24時間振とう後の成分を分析した。脂質の分解性は植物油脂の加水分解能で代表させ、酵母処理水に0.1mlの市販大豆油を添加して24時間後のヘキサン抽出物質中の酸価、ケン化価³⁾からリパーゼの存在を判定した。タンパク質の分解では酵母処理水に牛血清アルブミン粉末を600mg l⁻¹になるように添加し、24時間後に減少率を調べるとともに遊離アミノ酸を分析した。炭水化物は含有率の高い市販のカラメルを300mg l⁻¹の濃度で添加し、不溶性炭水化物の減少率を調べた。市販のカラメルは不溶性炭水化物を

Table 2 Design value of water quality

Analysis	Influent	Effluent
BOD (mg・l ⁻¹)	4000	30
CODMn (mg・l ⁻¹)	1200	40
SS (mg・l ⁻¹)	500	40
Hexane extracts (mg・l ⁻¹)	—	5
pH	—	5.8-8.6

70 % 含有し、還元糖も 5 % ほど検出された。

(5)除去能におよぼす温度ならびにpHの影響

酵母混合液の温度とpHによる影響を調査した。500ml振とうフラスコに150mlの排水と1.0kgBOD $\cdot$ (kg酵母) $^{-1}\cdot$ d $^{-1}$ に相当する量の酵母を添加し、水温を10~50℃まで変えて実装置の酵母反応槽の水滞留時間に当たる9時間振とうして、遠心分離後の上澄み液のBOD除去率を求めた。pHによる影響も同様にして、硫酸と水酸化ナトリウムによりpH調整を行い、BOD除去率を求めた。

2.4分析方法

一般分析ならびに脂質の分析は下水道試験法に準拠したが、ヘキサン抽出物質中の酸価ならびにケン化価は基準油脂分析試験法³⁾に沿った。タンパク質はケルダール法により有機態窒素を検出後、アミノ態窒素を差し引き、6.25を乗じて算出した。アミノ態窒素は硫酸酸性下リントングステン酸でタンパク、ペプチドを沈殿除去後、バンスライク法⁴⁾で測定した。炭水化物はアンスロン硫酸法⁵⁾により分析した。

酵母の走査型電子顕微鏡観察の試料は2.5%グルタルアルデヒドで固定した後、エタノールで脱水し酢酸イソアミル溶液で置換したものを臨界点乾燥に供した。その後、金蒸着を施し、SEM(Hitachi 530型)により観察した。

3.結果と考察

3.1酵母フローラ

種酵母として添加したC.edax、T.flavificansならびにTri.capitatumの酵母槽内での出現状況を調査した結果、いずれの菌株も順調に増殖しており、10月の調査時にはC.edaxが約40%で優占し、T.flavificansとTri.capitatumが残りの半数ずつを占めていた。この割合は集積した際の分離結果に近似しており、反応槽内の酵母フローラは排水組成により決定される傾向が強いと推定された。3株の酵母は菌糸が物理的に絡み合っておりFig.2に示したようなベレットを形成していた。

Gomezら⁶⁾もAspergillus nigerがベレット状に生育することを報告している。

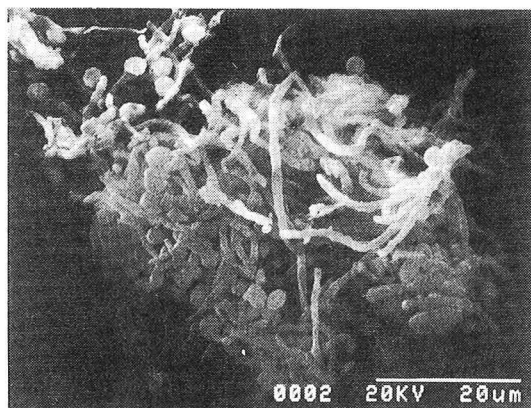


Fig.2 Scanning electron microscopic view of the yeast pellet

3.2処理性能

運転期間中における排水、酵母処理水ならびに放流水の濃度変動幅と平均値をTable.3に示す。表から酵母処理水のBOD除去率は常に95%以上が得られ、目標の80%に達成していた。目標を80%にした理由は、回分式の基礎実験でT.flavificansとTri.capitatumがともにBOD除去率80%程度¹⁾であり、この2菌株が優占した場合を危惧して決定したためである。結果的には基礎実験でC.edax:T.flavificans:Tri.capitatumを4:3:3で混合した際の水質がよく再現され、酵母処理水のBOD値は年平均で122mg l^{-1} が得られている。しかし、この結果を逆に見るとBODを100mg l^{-1} 以上常に残存させることになり、この付近が処理限界濃度と考えられた。したがって河川放流には後処理が必須であり、2段処理にせざるを得ない。酵母がBODを100mg l^{-1} 以上常に残存させる理由は、酵母のBOD除去反応におけるミカエリス定数 k_m 値⁷⁾が大きいためと推定される。すなわち、酵母菌体中の酵素は基質を飽和させるのに高い基質濃度を要求し、基質濃度が希薄になると作用しなくなるためと推定される。このことから、酵母による処理は下水には適用でき

Table 3 Result of plant operation

Analysis		Influent range (average)		Yeast treated water range (average)		Contact aeration effluent range (average)
BOD ($\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$)		2100-8700(4050)		110-164(122)		7-17(10)
BOD removal rate (%)		—		95-98 (97)		99 (99)
COD _{Cr} ($\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$)		3400-14100(6600)		450-820(565)		50-65(63)
COD _{Mn} ($\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$)		1500-6200(2800)		148-248(182)		18-35(22)
SS ($\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$)		810-2870(1377)		95-145(113)		8-18(10)
Hexane extracts($\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$)		280-1300(631)		11-23(16)		5<
Total N ($\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$)	Protein-N	110	59-189(96)	53	5-30(11)	19
	Amino acid-N	360	38-126(65)	207	13-38(32)	68
	NH ₄ -N	(183)	13-45(22)	(109)	35-139(66)	(37)
Carbohydrate ($\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$)		140-620(290)		21-90(44)		10<
VFA ($\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$)		2050-5400(3025)		95-215(121)		ND-5(1)
Total - P ($\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$)		20-83(39)		11-52(23)		5-21(9)
pH		4.1-4.7		5.0-6.0(5.8)		6.8-7.7(7.3)

ND : not detected

ないことになる。

接触酸化槽は、Table.1の運転条件にも記載したように設計条件の1/6の低負荷で運転されたが、放流水は平均でBOD 10mg l^{-1} 、COD_{Mn} 22mg l^{-1} 、SS 10mg l^{-1} 、ヘキサン抽出物質 5mg l^{-1} 未満が得られ、目標水質を十分にクリアーした。特にCOD_{Mn}値は従来の活性汚泥法より低減され、酵母と細菌類という異なった分解酵素をもつ微生物の組み合わせによる効果の1つであると考えられた。

3.3 処理水質の安定性

酵母反応槽における水温、BOD容積負荷、排水BOD濃度ならびに酵母処理水BOD値をプロットしてFig.3に示した。1年間に、BOD容積負荷は約3倍、排水濃度は約4倍変動するが、酵母処理水質は 120mg l^{-1} 前後で安定していた。この結果から酵母は負荷変動にも濃度変動にも強いといえる。

酵母反応槽が $16\text{kg BOD} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{d}^{-1}$ の超高負荷に対応できるのは、Table.1の運転条件にあるように酵母濃度を高く保持できることと、酵母がミカエリス定数の大きい微生物であるために高いF/M (Food/Microorganism)を至適とすることが考えられる。 $5.5 \sim 16.0\text{kg} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{d}^{-1}$ の幅広い範囲で水質が安定するのはFig.4にみられるように、この時のBOD酵母負荷である $0.6 \sim 1.3\text{kg} \cdot (\text{kg酵母})^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ の値がF/M比の許容範囲内にあるためと考えられる。

ついで放流規制値が厳しいヘキサン抽出物質に対して処理の安定性を追跡してFig.5に示した。図からヘキサン抽出物質負荷は $0.05 \sim 0.25\text{kg}(\text{kg酵母})^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ まで変化するが酵母処理水質は $14 \sim 23\text{mg l}^{-1}$ が得られ、さらに高い負荷でも対応できることを示唆している。

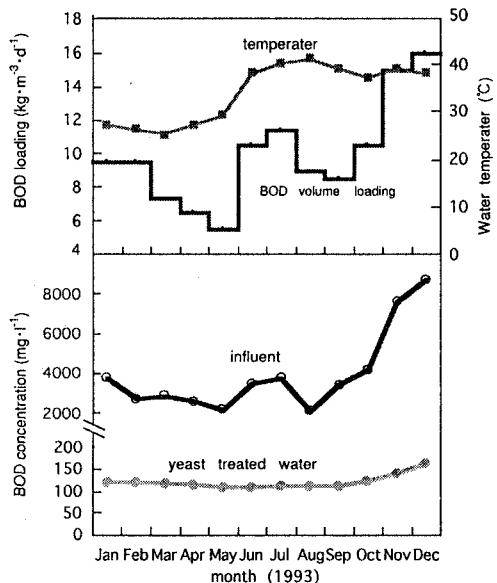


Fig.3 Monthly BOD loading and BOD concentration of yeast treated water

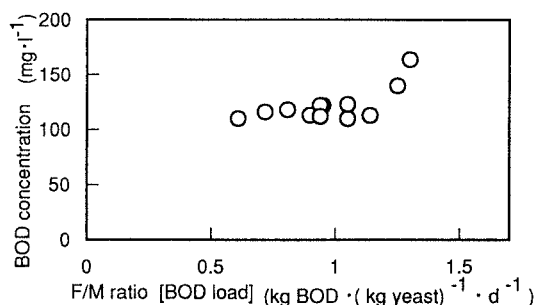


Fig.4 Relationship between F/M ratio and yeast treated water

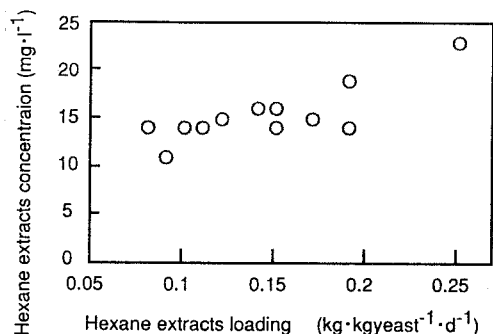


Fig.5 Relationship between hexane extracts loading and hexane extracts concentration

酵母によりヘキサン抽出物質が十分に除去されたために、接触酸化処理では5未満に低減された。

酵母処理水質が安定する理由は、F/M比の他に高い水温と良好な固液分離性が考えられる。

Fig.3の水温の経月変化にみられるように酵母槽は冬でも25℃以上に維持された。酵母は有機物を酸化して得たエネルギーATPを熱に変える性質があると報告⁸⁾されている。酵母槽の水温が高く保たれるので、接触酸化槽も外気温より5～6℃高い水温となり細菌類の活性が高く維持されて、水質の安定性に寄与していた。

固液分離性については反応槽内で酵母の菌糸、偽菌糸がFig.2に示した電顕写真のように物理的に絡み、ペレット状のフロックを形成してSVI値を低下させた。一旦ペレットが形成されると分岐した菌糸が絡んでいるため壊れにくく、固液分離性は良好であり、酵母濃度も10,000mg l⁻¹前後が保持されてSVI値は50mg l⁻¹を示していた。藤田ら⁹⁾も *Aspergillus niger* を用いてペレット形成を行い、固液分離性への効用を報告している。

3.4 酵母の基質資化特性

1993年10月の分析結果から酵母の排水成分に対する資化性の特徴をFig.6に示す。結果から酵母はどの基質もまんべんなく資化することが判明した。特に脂質、タンパク質等の固形分をVFAやアミノ酸等の溶解性成分と同等の速度で除去する特性が見られた。

3.5 酵母による固形分の分解

酵母による固形分の分解性を調べるために排水中のSSと固形成分である脂質、タンパク質、固形性炭水化物の合計値をプロットして、酵母処理水中の脂質、タンパク質、固形性炭水化物の合計値と比較し、Fig.7に示した。この結果より排水中のSS成分は酵母により着実に溶解性物質に変換され、加圧浮上装置が不要になることを示している。

酵母は真菌類に属する微生物であるため、菌体外酵素による固形分の分解が可能と考えられ、これを裏づ

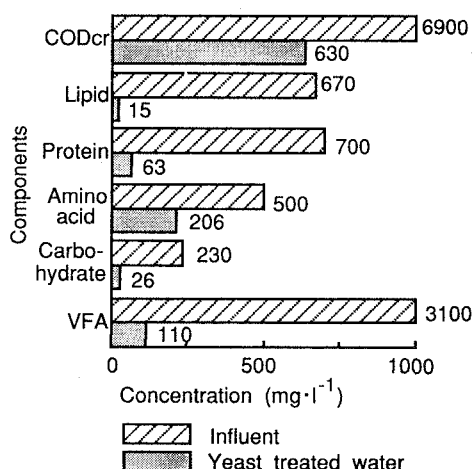


Fig.6 Removal of various components by yeasts

けるためにフラスコ実験を行った。その結果、脂質の分解性は大豆油添加後の酵母処理水中のヘキサン抽出物質の酸価が大豆油のケン化価とほぼ同等になったことで確認した。すなわちエステル結合した大豆油の脂肪酸は酵母処理水中に存在する菌体外酵素リパーゼの働きにより、24時間で加水分解されて遊離脂肪酸になったことを示している。タンパク質の分解性は酵母処理水にタンパク質として牛血清アルブミンを添加し、24時間経過後に55%のタンパク質が減少し、減少量の約80%が遊離アミノ酸として検出された結果から裏づけられた。炭水化物として添加したカラメルは不溶性成分の50%が分解され減少量の20%が還元糖として検出された。3成分のフラスコ実験より、排水中の固形分は酵母の菌体外酵素により分解され、低分子化されることが確認された。森村ら¹⁰⁾も焼酎蒸留廃液中の固形分は *Aspergillus usami* により効率良く分解され、溶解性物質に変換することを報告している。

3.6 除去能におよぼす温度とpHの影響

酵母混合液のBOD除去率におよぼす温度の影響を

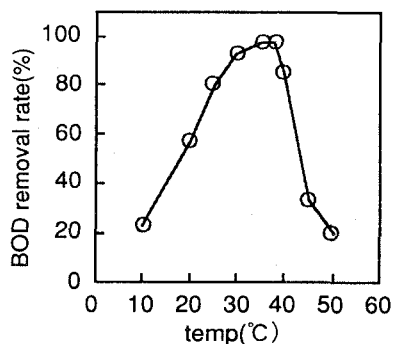


Fig.8 Effect of temperature on BOD removal rate

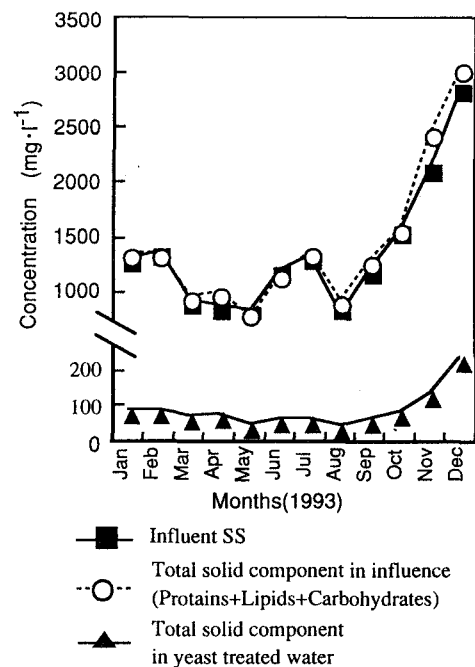


Fig. 7 Hydrolysis of solid

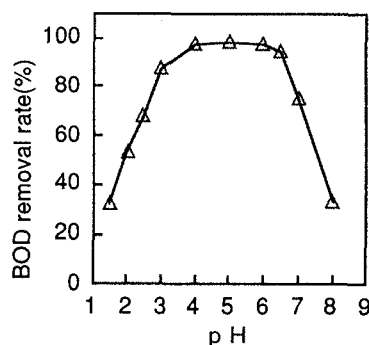


Fig.9 Effect of pH on BOD removal rate

Fig.8に示し、pHの影響をFig.9に示す。混合液中の3酵母の割合は *C.edax* 約4割、*T.flavificans* 3割、*Tri.capitatum* 3割であった。供試酵母の処理至適温度は30～38℃にあるが、40℃でも高い除去率を示し、酵母は高温に強い特徴がみられた。この特徴は3株とも37℃で生育し、さらに *Tri.capitatum* は45℃でも生育する同定試験に裏づけられる。増殖可能な温度以上になると脱水素酵素活性が影響を受け除去率が低下すると考えられるが、50℃でも酵母は死滅はせず、温度を下げると再び除去率が高くなることを確認した。

温度と比較するとpHの影響は少なく、pH3.0～6.5まで除去率はほぼ同じであり、pH5.0付近でやや高くなる。供試酵母は酸性側の幅広い範囲で高い活性をもつことがわかった。

3.7汚泥生成量と必要栄養バランス

酵母処理ならびに接触酸化処理における汚泥生成量を10月のデータから算出する。Table.4にデータを示す。酵母生成量は余剰酵母引抜き量から算出すると、0.22kg酵母/kg除去BODとなり、除去された窒素量ならびにリン量から算出するとそれぞれ0.21kg/kg、0.22kg/kgとなる。この結果から、酵母は菌体合成以外に窒素とリンを消費しない微生物であるといえる。

一方、接触酸化槽における余剰汚泥生成量は、Table.4から0.32kg汚泥/kg除去BODとなる。これより本施設の1日あたりの汚泥生成量は93.9kg/日となり、除去BODkgあたり0.22kgの生成量となる。この値は活性汚泥法の1/2~1/3に当たる。酵母生成量が少ない理由の1つに前述の生成エネルギーの熱への変換があげられる。

酵母生成量から、酵母処理に必要な排水の栄養バランスを求めると、窒素、リンの必要量は次式で表される。¹¹⁾

$$N(P) \text{ 必要量} = \text{汚泥生成量} \times \text{細胞示性式中の } N(P) \text{ 含量} \cdots \cdots (1)$$

$$= Y \times (\text{除去BOD量}) \times \text{細胞示性式中の } N(P) \text{ 含量} \cdots \cdots (2)$$

酵母示性式は $C_{71}H_{109}O_{37}N_{11}P$ で表され、細菌示性式は $C_{118}H_{170}O_5N_{17}P$ で表されるから、式(2)から必要な栄養バランスは酵母処理ではBOD:N:P=100:1.9:0.4となり、接触酸化処理ではBOD:N:P=100:3.9:0.5となる。

本施設へ流入するBODの95%が酵母槽で除去され、残りの5%が接触酸化槽で除去されているから処理全体に必要な排水の栄養バランスはBOD:N:P=100:2.1:0.3となり、排水中の窒素、リンは余ることになる。

3.8必要酸素量

酵母槽での必要酸素量はBOD除去速度と酸素消費速度の関係からFig.10で求めた。図から酵母槽に供給する酸素量は次式で表される。

$$\text{必要 } O_2 \text{ kg/日} = 0.51 \times \text{除去BOD kg/日} + 0.1 \times \text{酵母量 kg} \cdots \cdots (3)$$

(3)式にTable.4のデータと酵母槽容積 $40m^3$ 、酵母濃度 $10,000mg/l$ を加えて計算すると、

$$\begin{aligned} \text{必要 } O_2 \text{ kg/kg除去BOD} \\ = 0.6 \text{ kg } O_2 / \text{kg除去BOD} \cdots \cdots (4) \end{aligned}$$

となり、Table.1の設計条件と一致する。Table.1で酵母槽の溶存酸素濃度(DO)を $0.3mg/l$ 程度としたのは、菌糸、偽菌糸が絡み合った酵母フロックは通気性が良好でありフロック内外のDOが同じになり易く、余分なDOは不要になるためである。前述の森村ら¹⁰⁾も *Aspergillus usami* を用いた実験で、ペレットを形成させると剪断力の影

Table 4 Data on October '93

Throughput	($m^3 \cdot d^{-1}$)	100
Influent BOD concentration	($mg \cdot l^{-1}$)	4200
Yeast treated water BOD concentration	($mg \cdot l^{-1}$)	123
Effluent BOD concentration	($mg \cdot l^{-1}$)	11
Influent N concentration	($mg \cdot l^{-1}$)	220
Yeast treated water N concentration	($mg \cdot l^{-1}$)	146
N content in yeast cell	(%)	8.8 ¹²⁾
Influent P concentration	($mg \cdot l^{-1}$)	40
Yeast treated water P concentration	($mg \cdot l^{-1}$)	26
P content in yeast cell	(%)	1.5 ¹²⁾
Excess yeast volume	($m^3 \cdot d^{-1}$)	4.3
Excess yeast concentration	($mg \cdot l^{-1}$)	21000
Excess sludge volume	($m^3 \cdot d^{-1}$)	1.2
Excess sludge concentration	($mg \cdot l^{-1}$)	3000

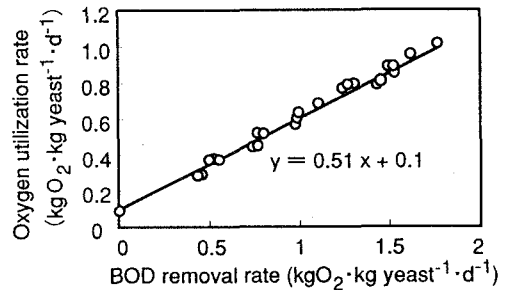


Fig.10 Relationship between BOD removed and oxygen demand

響を受けにくく、通気性も良いと報告している。

後処理の接触酸化槽での必要酸素量は $0.7\text{kg O}_2/\text{kg}$ 除去BODであった結果から本施設全体での必要酸素量は $0.61\text{kg O}_2/\text{kg}$ 除去BODとなり、活性汚泥法の約2/3になる。

これらの結果から、酵母による処理は省エネルギーになることがわかった。

4. 結 論

乾燥食品工場排水に対して資化率の高い酵母を分離して処理プロセスを確立した。実施の追跡調査から酵母反応槽では固形分が分解されるばかりでなく、高負荷運転が可能であり、送風量、汚泥生成量とも削減され省エネルギーになることが判明した。さらに酵母はF/M比の幅が広く、沈降性に優れ、反応熱により水温が高く維持される特性をもつので、処理水質の安定性が計れた。

一方、酵母による処理には限界があり、酵母処理水は常にBODを 120mg l^{-1} 前後残存させ、窒素、リンも菌体合成分しか除去しないが、後段に接触酸化槽を設けると従来の活性汚泥法より良好な水質となった。

参考文献

- 1) 千種薫、矢口淳一、戸崎敏雄；酵母による食品工場排水の処理、環境微生物工学研究法、技報堂、P.299-302 (1993)
- 2) 岡山県公害防止条例 (1987)
- 3) (社) 日本油化学協会、基準油脂分析試験法、(1971)
- 4) 小原哲二郎、鈴木隆雄、岩尾祐之監修；改訂食品分析ハンドブック、建帛社、P.48-367 (1982)
- 5) 日本生物工学会編、生物学実験書、培風館、P.20 (1992)
- 6) Gomez, R., Schnabel, I. and Garrido, J. ; Pellet growth and citric acid yield of Aspergillus niger. *Enzyme Microb. Technol.* 10, 188-191. (1988).
- 7) 合葉修一、永井史朗；生物化学工学、反応速度論、科学技術社、P.161 (1975)
- 8) 永井史朗；増殖収率と代謝熱の理論とその計算、発酵工学会誌、56(5) P.553-564 (1978)
- 9) Fujita, M., Iwahori, K. and Yamakawa, K. ; Pellet formation of fungi and its application to starch wastewater treatment. *Water Science & Technology*. 28(2), 267-274, (1993).
- 10) 森村茂、木田健次；焼酎蒸留廃液の麹菌培養による有効利用と固形分の除去、醸協、90(3), P.103~178, (1995)
- 11) 井出哲夫編著；水処理工学、理論と応用、技報堂出版、P.237 (1990)
- 12) 千種薫、西信俊、松丸美智代、嶺岸令久；公害と対策、25(15) P.1557-1563 (1989)