

第3部 食品工場における廃水処理の実施例

第3部 食品工場における廃水処理の実施例

第1章 食品原料と製造工程廃水

1.1 製品と廃水の特長

食品製造工場から排出される廃水の性状と排水量は製品の種類と製造方法の違いによって、それぞれ異なっている。また、惣菜工場や飲料工場のように作られる製品が季節により変わったり、製造量変動するために廃水の性状、排水量が大きく変わる場合もある。北海道で行われている澱粉製造工場や、多くの日本酒醸造工場のように年間の限られた期間だけにしか廃水を出さない工場もある。しかし、食品製造工場の廃水を処理する場合には、そのほとんどで生物処理を行っている。主な産業廃水の性状と処理方法を表3-1-1に示す。食品製造工場廃水の特徴はBOD、SS、油分が高く、腐敗しやすく、酸発酵を起して悪臭を発生させやすい。廃水処理を行う場合、好気性生物処理や嫌気性生物処理に障害を及ぼす油分や固形物の前処理を適切に行うことが重要である。

表3-1-1 ビール廃水処理に於ける嫌気性処理装置の性能

項目	仕様
槽内温度	35.5℃
槽内pH	7.2
汚泥負荷	0.31kg BOD/kgVSS/d
流入水BOD	1,420mg/ℓ
処理水BOD	104mg/ℓ
流入水SS	117mg/ℓ
処理水SS	135mg/ℓ
BOD 除去率	93%

1.2 処理方式の選択

廃水処理設備の建設に当たっては、食品製造工場廃水のみならず、いずれの廃水についても、廃水の特長、設置場所の条件、経済性などを考慮に入れて処理方式の選定を行うことが重要である。食品工場廃水の基本的な処理フローは調整槽+曝気槽+沈殿槽であり、1990年代初めまでは活性汚泥処理やラグーンが主流であった。近年は処理性能の向上、運転費の低減、環境への適合を図るために新しい処理方式が広まっている。その代表的なプロセスが嫌気性処理法であり、嫌気性菌の保持量を飛躍的に高める技術の開発により経済的に安定的な処理ができるようになった。そのため、下水道整備地域では嫌気性処理の処理水を直接下水道に放流することも可能となった。さらに、食品工場廃水は有機物を多く含むため、嫌気性処理が活性汚泥処理の前処理として用いられ、嫌気性処理と好気性処理のハイブリッド化により、メタンガスの生産による、大幅な省エネルギー化が図られるようになった。

活性汚泥処理の欠点の1つにバルキングの発生がある。これらに対しても、浮遊担体を用いた生物膜活性汚泥法や、沈殿池の代わりにUF膜分離を用いる装置の開発によりバルキング問題を避けることもできるようになった。最近では放流規制値が厳しくなっており、特に窒素除去の要求が高くなってきている。脱窒方法も循環式硝化脱窒二段法などのプロセスの開発や、浮遊担体で菌体の保持量を高めることのできるハードの開発によって処理性能が大幅に改善されている。高度処理においては、BOD、COD、SSの除去に凝集沈殿装置、高速砂ろ過装置、加圧浮上装置などが使われている。色度除去に対しては凝集沈殿、オゾン単独あるいはオゾンと紫外線照射（UV）を併用する方法や活性炭吸着装置が用いられる。

投棄費用が高騰している余剰活性汚泥の処理についても、余剰汚泥の発生をほとんど伴わない生物処理プロセスも実用化されており、廃水性状と放流水の規制値との関係によるが、余剰汚泥の発生を十分にゼロにすることも可能になってきた。図3-1-1に、廃水の特性、立地条件、処理目的と処理フローの概念的関係を示す。

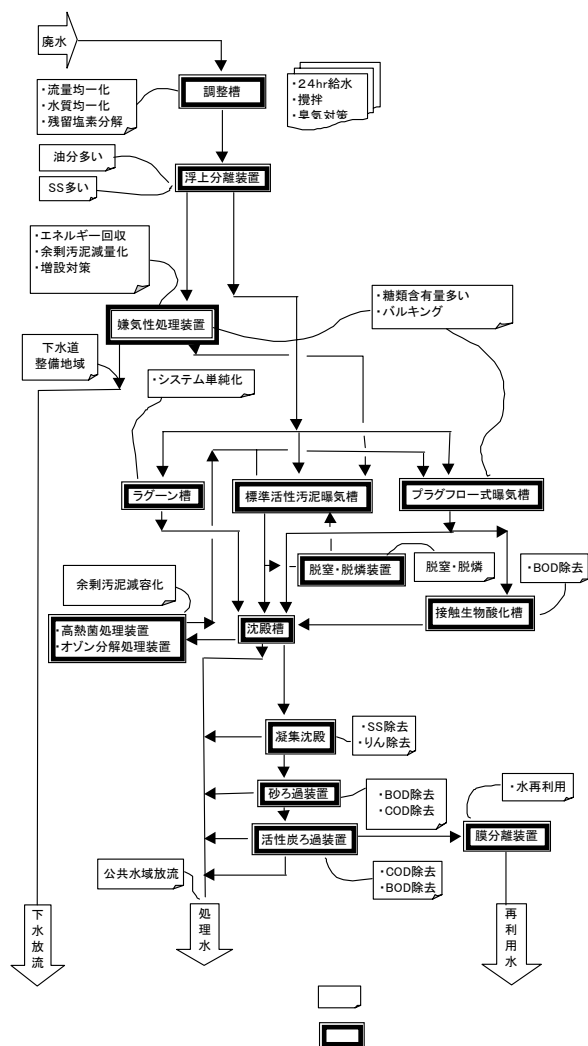


図3-1-1 食品工場廃水の処理要求と処理方式

第2章 飲料製品

2.1 廃水の水量と水質

清涼飲料（炭酸飲料）工場では、使用する水の性状が製品におよぼす影響が大きいため、薬剤凝集沈殿、砂ろ過、活性炭ろ過、脱気などの水処理をした飲料水よりも良質の用水を原料水として用いる。清涼飲料は図3-2-1に示されるように、この水に炭酸ガスと砂糖、シロップなどの甘味料、フレーバーを溶解して作る。廃水はその大半が缶、ガラスびんの洗浄排水と装置、容器、床などの洗浄排水である。廃水量は製品、工場によって差はあるが一般的には製品の10倍量の水を必要とする。したがって廃水量は製品量の10倍くらいとなる。一般的な廃水量は1、000標準ケース当りおおよそ50m³くらいが目安である¹⁾。炭酸飲料の一般成分を表3-2-1²⁾に示す。製造工程廃水性状の例を表3-2-2²⁾に示す。この表からも明らかなように、洗浄工程でアルカリ洗浄剤を使用するためにpHはアルカリ側である。また、BOD、SS濃度も高くそのまま公共用水域に放流することは環境汚染を引き起こすことになる。

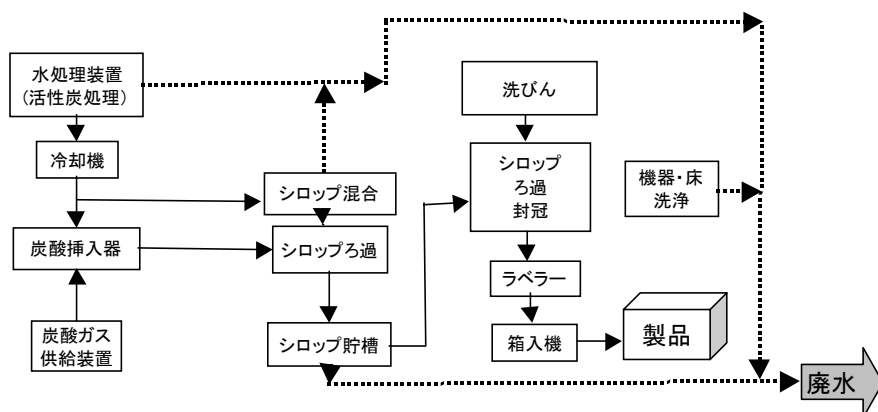


図3-2-1 炭酸飲料製造工程と廃水の排出

表3-2-1 炭酸飲料の性状

炭酸飲料	BOD (mg/l)	Total Solid (mg/l)	Total Acidity (mg/l)	pH
コカコーラ	67,400	114,900	1,526	2.4
ペプシコーラ	79,500	122,000	1,466	2.5
カナダドライ	64,500	101,300	3,150	2.4

表3-2-2 炭酸飲料廃水の性状

工場	pH	全アルカリ度 (mg/l)	BOD (mg/l)	SS (mg/l)
A	10.6~11.4	390	380	170
B	10.0~11.2	250	660	160
C	10.4~11.2	220	250	340
平均		290	430	220

2. 2 処理実施例³⁾

(1) 設計条件

主要製品	コーラ飲料		
容器	ガラスびん、PET ボトル、缶		
排水量	4, 000 m ³ /日	最大時間流量	300 m ³ /h
廃水水質	BOD	400 mg/ℓ	(日平均)
	pH	5.8~11.0	
	SS	50~70 mg/ℓ	
処理水水質	BOD	30 mg/ℓ	(日平均)
	pH	7.0~8.0	
	SS	20~30 mg/ℓ	

(2) 処理方法

この工場は排水基準が緩やかな場所にあり、また、廃水処理場を十分に確保できる場所であったため、余剰汚泥の発生量が極めて少なく、運転管理が容易なラグーン方式を採用した。図3-2-2にその設備の概要を示す。原水は沈砂池兼油分離槽で大きな固形物が除去された後、ラグーン槽に入り、活性汚泥により酸化分解される。ラグーン槽の総容量は20,000 m³、滞留時間が5日、BOD・MLSS 負荷は通常の活性汚泥処理の1/5~1/10と低いため、汚泥の自己酸化が進み、余剰汚泥の発生量は極めて少ない。ラグーン槽は4槽に仕切られており、各槽のエアレーターは間欠運転され、酸素の供給と攪拌が行われる。ラグーン最終槽は汚泥の沈降分離のための沈殿池を兼ねており、1日に4~7時間の曝気を行い、上澄水はエアレーター休止中に、12時間かけてゲートから放流される。一方、ラグーン最終槽の沈殿濃縮汚泥の一部はラグーン第1槽にポンプで返送される。炭酸飲料廃水は活性汚泥の栄養素の窒素とリンが不足するため、原水に尿素とリン安を添加している。

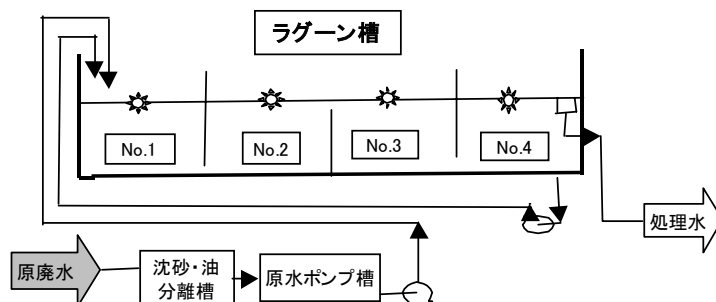


図3-2-2 炭酸飲料廃水処理装置概念図

(3) 処理結果

本設備は札幌に建設されており、冬季には外気温が -15°C 近くまで下るが、原水水温が高いためラグーン槽の水温は 8°C 以上に保たれており、良好な処理が年間を通じて得られている。原水水質の代表な例を表3-2-3に示す。また、処理水の1年間の平均値、最大値、最小値を表3-2-4に示す。本設備は1974年から廃水処理を開始したが、これまでに余剰汚泥の引き抜きは一度も行っていない。

表3-2-3 原廃水性状 (月平均値)

ライン	pH	COD	BOD	SS
1, 2	10.1	320	162	3.8
3, 4	10.0	175	151	16.6

表3-2-4 炭酸飲料廃水処理水の水質

項目	気温 $^{\circ}\text{C}$	水温 $^{\circ}\text{C}$	pH	COD (mg/ℓ)	BOD (mg/ℓ)	溶存酸素 (mg/ℓ)	SS (mg/ℓ)	透視度 (cm)	大腸菌数 (個/ $1\text{m}\ell$)
年平均	10.7	16.7	7.3	9.0	2.6	4.5	4.3	40	105
最大値	33	25.4	7.6	11.3	5.4	9.2	11.3	50	279
最小値	-15	8.5	7.1	7.8	1.6	1.7	2.4	20	2

2. 3 運転管理における留意点

運転管理が容易なラグーン方式であるがバルキングが発生する。BODと窒素、リンのバランスの管理を行いバルキングの発生を抑制することが大切である。また、BOD-MLSS負荷の極めて低い状態で運転されるため、原水中の窒素は酸化されて、硝酸塩となる。この硝酸塩はラグーン最終槽において無酸素状態に置かれると、容易に還元されて窒素ガスを発生させる。この窒素の微細気泡が汚泥に付着して汚泥の沈降不良を起すことがある。その結果、汚泥の流出が起り、ラグーン槽内のMLSSが減少し、処理水の水質を悪化させ、処理能力の低下を招く危険性がある。

参考文献

- 1) 井出哲夫：工場廃水とその処理、p.423 (技報堂、1978)
- 2) 外池良三：用水廃水便覧、p.781 (丸善、1992)
- 3) 藍原英樹：飲料工場における排水処理の現状、食品工場排水の最適処理ハンドブック、p.278、(サイエンスフォーラム、2002)

第3章 醸造製品

3. 1 ビール

3. 1. 1 廃水の水量と水質

ビールの製造は麦芽と副原料の米、コンスターチなどを仕込槽に入れて糖化させ、ろ液の麦汁にホップを加えて煮沸釜で熱処理を行い、次いで、7～10℃に冷却し、酵母を加えて7～10日間発酵させて作られる。ビール工場の廃水は製造方法、麦芽製造工程の有無などにより性状と廃水量が異なる。最近では麦芽製造工場で集中生産した乾燥麦芽を用いてビール発酵を行なうことが多いが、図3-3-1には全製造工程と排水系統の関係を示す。高濃度のBOD、SSを含んだ廃液は、仕込槽の後のろ過槽で分離したろ過残渣をスクリーンプレスで脱水する工程から多く排出される。絞りは栄養素に富んでいるため家畜の餌として利用される。

ホップ分離槽からも同様に高濃度のBOD、SSを含んだ分離液が排出される。主発酵槽では発酵が終わった酵母は分離され、洗浄されて再利用される。一部は乾燥して食品、医薬品などに再利用される。この工程からは主に洗浄水が廃液として排出される。後発酵槽では1～2ヶ月掛けて熟成が行われ、定期的に酵母の沈殿物を取り出して水洗をするために洗浄廃水が出る。

最後のろ過工程では熟成されたビールに含まれる残存酵母、不溶性のタンパク質、タンニンなどを除去する。このろ過には珪素土を使うことが多く、ろ過装置の洗浄水中に珪藻土多く流れ出し、廃水処理設備の流入部で沈降分離されて廃棄物として処分される。生ビールを製造する場合には熱殺菌が行なわれない。したがって、このろ過装置の洗浄は製品の微生物対策上重要であり、洗浄が強化されて行われるために多量の廃水が出る。最後に容器充填工程であり、回収びん、樽はアルカリ洗剤と酸洗剤を使って洗浄される。この時に内部に残っているビールと、びんに貼られていたラベルが排水中に排出される。ビールの生産量と排水量の関係については、概略の目安として、製品量の15～20倍量の排水があると言われている¹⁾。

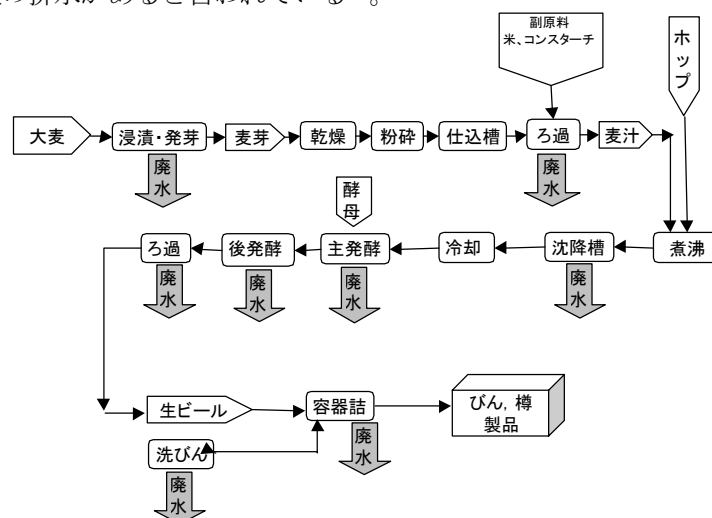


図3-3-1 ビール製造工程と廃水排出

3. 1. 2 処理実施例

(1) 設計条件

廃水量 7, 000 m³/日 (醸造廃水=5, 400 m³/日、びん詰=1, 600 m³/日)

廃水水質 BOD 1, 500 mg/ℓ (醸造廃水=1, 700 mg/ℓ、びん詰=300 mg/ℓ)

SS 65 mg/ℓ (醸造廃水=800 mg/ℓ、びん詰=150~300 mg/ℓ)

処理水水質 BOD < 20 mg/ℓ (嫌気性処理水<200 mg/ℓ、活性汚泥処理水<20 mg/ℓ)

SS < 20 mg/ℓ (嫌気性処理水<200 mg/ℓ、活性汚泥処理水<20 mg/ℓ)

(2) 処理方式

このビール工場は、活性汚泥処理装置で廃水処理を行っていたが、ビール増産に際し、廃水処理設備の見直しを行い、処理能力の増大と処理コストの低減を図るために嫌気性処理装置の追加を行った。処理フローを図3-3-2に示す。醸造廃水と、びん詰、缶詰より発生する混合廃水7, 000 m³/日はスクリーン槽で夾雑固形物を除去後、原水調整槽から、新設の嫌気性処理装置に6, 400 m³/日、既設の活性汚泥に600 m³/日に振り分けられて送られる。嫌気性処理される廃水は加圧浮上装置でSSを取り除き、苛性ソーダまたは塩酸でpH調整後に嫌気性処理槽に入る。槽内の温度は蒸気加温により36℃に保たれる。嫌気性処理槽で発生するメタンガスは脱硫され、ガスホルダーに蓄えられ、ボイラーの燃料に使われる。加圧浮上装置で分離されたスカムは既設活性汚泥装置の曝気槽で減容化される。一方、残りの600 m³/日の廃水は曝気槽に入り、沈殿池で汚泥を分離後、嫌気性処理水と混合されて下水道に放流される。嫌気性処理で発生する余剰汚泥(グラニュール汚泥)は、嫌気性処理槽からグラニュールが流出した時の補給用として貯槽に蓄えられる。活性汚泥の余剰汚泥はシクナーで濃縮され脱水されて場外に産業廃棄物として排出される。

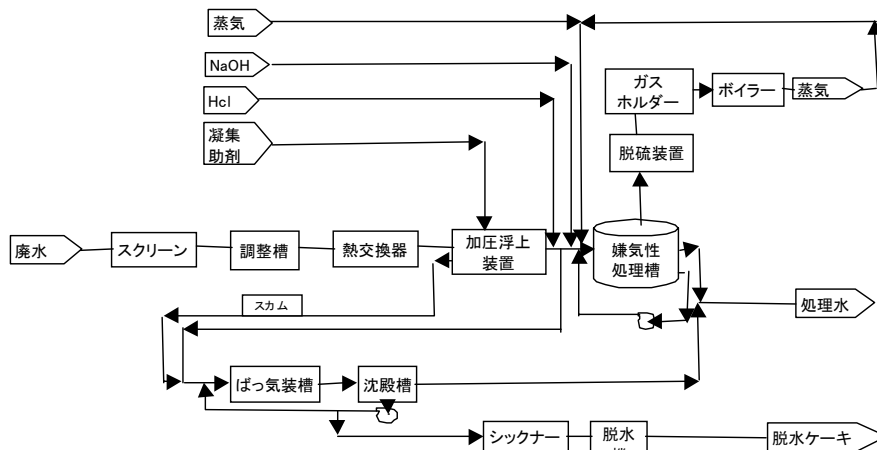


図3-3-2 ビール工場廃水処理フロー

(3) 処理結果¹⁾

本設備の主体が嫌気性処理になっているため、ここでは活性汚泥の性能については省略する。嫌気性処理装置の仕様を表3-3-1に示す。表中の汚泥負荷は嫌気性槽内汚泥(グラニュール汚泥)に対する BOD 負荷量を表し運転管理の重要な指標である。図3-3-3に BOD 汚泥負荷と温度と BOD 除去率の関係を示すが、嫌気性槽内の温度が下がると BOD の除去率が5%程度低下している。この図から、ビール廃水処理の場合、嫌気性処理槽の温度が28℃以上に保たれれば、BOD・MLSS 負荷0.6 kg/kgVSS・d くらいまでは安定した性能が得られるものと考えられる。本設備の通常の汚泥負荷は0.3 kg BOD/kg VSS・d 前後であり、常時安定的に BOD 除去率90%以上が得られている。図3-3-4に約3ヶ月間の負荷変動と処理性能を示す。大きな負荷変動があるにもかかわらず、安定した処理が行われていることを示している。

表3-3-1 ビール廃水処理に於ける嫌気性処理装置の性能

項目	仕様
槽内温度	35.5℃
槽内pH	7.2
汚泥負荷	0.31kg BOD/kgVSS/d
流入水BOD	1,420mg/l
処理水BOD	104mg/l
流入水SS	117mg/l
処理水SS	135mg/l
BOD 除去率	93%

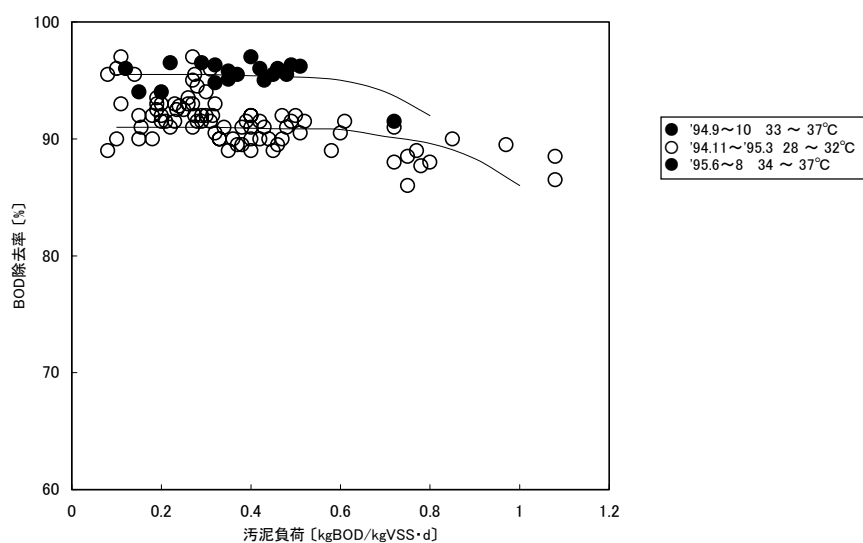


図3-3-3 BOD-MLSS 負荷と BOD 除去率の関係

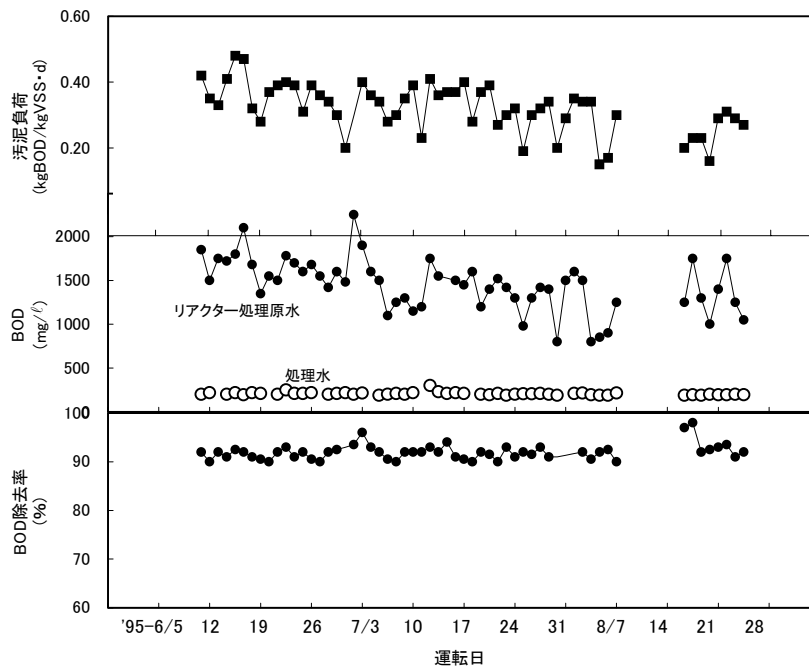


図3-3-4 ビール工場廃水処理における BOD-MLSS 負荷と BOD 除去

3. 1. 3 運転管理における留意点

産業廃水処理に用いられる嫌気性処理には、微生物をグラニュール状に粒状化させる UASB 法 (Up-flow Anaerobic Sludge Blanket) と、微生物を充填材表面に付着させる固定床法がある。UASB 法は固定床法に比べて、単位容積当たりの嫌気性菌の保有量が多く、高負荷運転ができるが、汚泥が流出する危険性がある。汚泥の流出の大きな原因は原水中の SS がグラニュール汚泥に付着し、発生ガスの離脱不良が起こるためである。原水流入 SS と嫌気性槽からの流出するグラニュール汚泥の関係を図3-3-5に示す。許容される流入 SS 量は、グラニュールの増殖量を超えない範囲であることが必要で、本処理装置の場合は約 400 mg/l であった。

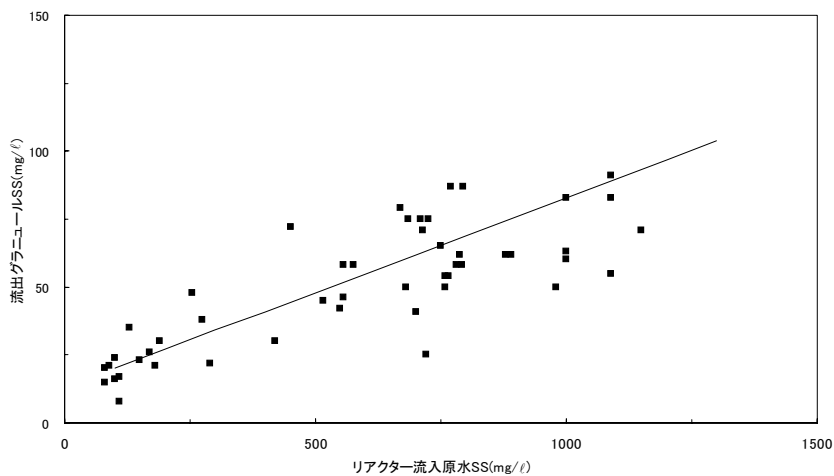


図3-3-5 流入廃水の SS と流出グラニュール SS の関係

3. 2 日本酒

3. 2. 1 廃水の水量と水質

清酒製造工程と廃水の排出される工程の関係を図3-3-6に示す。精米された白米は洗米機で糠を洗い落とす。この時に澱粉質が流れ出る。清酒製造工程の廃水の汚染源はほとんどがこの洗米工程から排出される。したがって米をいかに少ない水で洗うかによって、廃水処理設備への負荷が大きく変わってくる。最近では精米後の米をロータリーシフターや研米機で、糠をあらかじめ除去して、洗米廃水の量と濃度を下げる努力が行われている。また、洗米排水を循環使用することによって、排水量の削減が可能であり、廃水の濃度は高くなるが、沈殿槽の水量負荷が小さくなり、運転管理が容易になる。そのほかの排水は洗びん工程からのものと、機器の洗浄排水がある。しかし最近では、回収びんは洗びん業者が行っていることが多く、清酒工場から排出される洗びん廃水のBODは数mg/ℓと低いために、pH調整だけで放流されることが多い。清酒の生産量と排水量の関係の大雑把な目安としては、製品量の20～30倍量の廃水が出ると言われている²⁾。

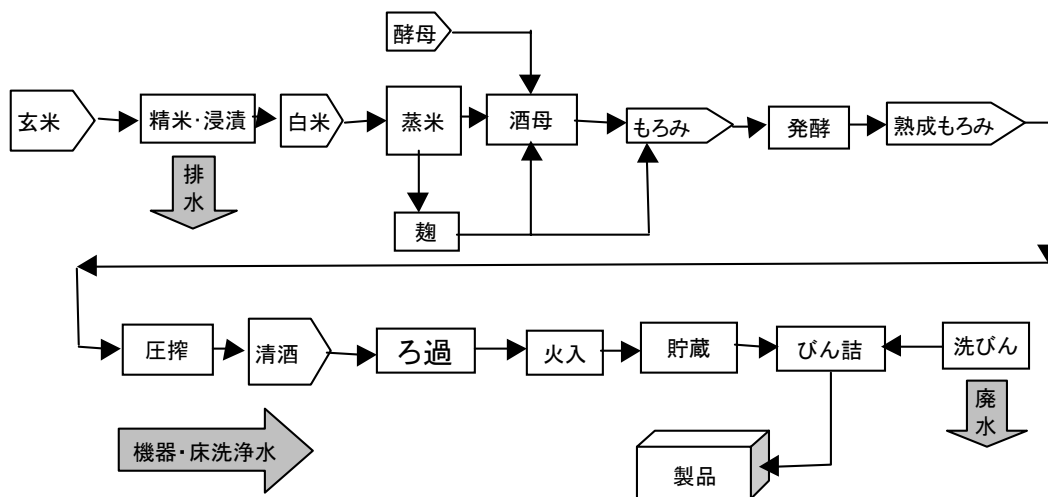


図3-3-6 清酒製造工程と廃水排出

3. 2. 2 処理実施例

(1) 設計条件

排水量	250 m ³ /日	(洗米廃水：雑廃水=120 m ³ /日：130 m ³ /日)
廃水水質	BOD 750 mg/ℓ	(洗米廃水 4,000 mg/ℓ)
	SS 120 mg/ℓ	(洗米廃水 5,000 mg/ℓ)
処理水水質	BOD < 20 mg/ℓ	
	SS < 30 mg/ℓ	

(2) 処理方式

本設備は良好な自然環境の中に設置されており、高度処理が行われている。図3-3-7に設備の概略フローを示す。洗米廃水は凝集沈殿槽で固形分を分離し、上澄水は雑廃水と一緒に曝気槽に送られる。活性汚泥処理の処理水は凝集沈殿によりSSを除去した後、砂ろ過を経て活性炭で処理され、塩素滅菌されて河川に放流される。洗米廃水中の窒素とリンが少ないので、尿素と磷酸アンモニウムを栄養塩として添加している。洗米廃水の沈殿固形物は家畜に無害な凝集剤を用いて濃縮、脱水して飼料にしている。

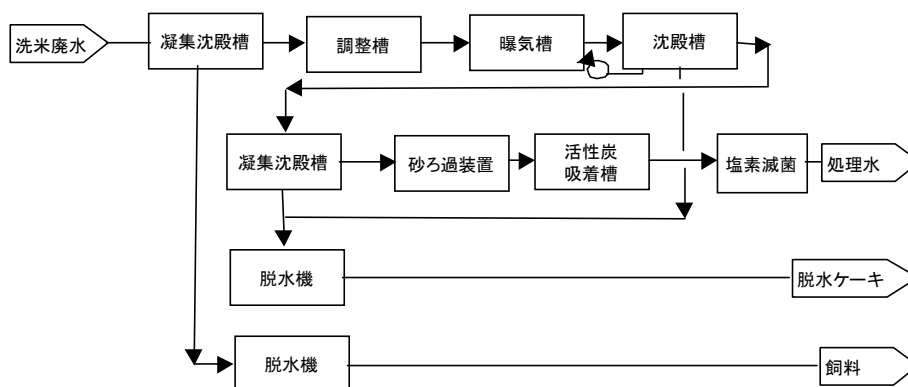


図 3-3-7 洗米工程廃水の処理フロー

(3) 処理結果

洗米廃水は凝集沈殿により BOD, COD を大幅に除去することができる。表3-3-2に供試洗米廃水の性状を、表3-3-3に凝集処理試験の結果を示す。排水直後の洗米廃水を凝集沈殿した時の、BOD 除去率は約85%、COD が約80%と高い値を示す。しかし、洗米廃水の腐敗の進行は早く、腐敗と共に BOD, COD の除去率は低下する。48時間室温で放置した洗米廃水を同じように凝集沈殿すると、BOD 除去率が35%、COD が56%に低下する。これは洗米廃水中の固形物が可溶化して、溶解性の BOD, COD 成分に変化し、かつ凝集しにくくなるためである。洗米廃水の凝集試験の結果の一例を図3-3-8に示す³⁾。この結果より、凝集剤として、PAC250A を加え、凝集助剤としてコーナンフロック3000S（非イオン性高分子凝集剤）を加えた場合の凝集SSの沈降性が極めて早いことが判る。凝集沈殿の上澄水は、活性汚泥処理で BOD が10mg/l前後にまで低下しているが、さらに高度処理されて BOD, SS 共に数mg/lの処理水を得ている。

表 3-3-2 試験に用いた洗米廃水の性状

外観	pH	SS(mg/l)	COD(mg/l)	BOD(mg/l)
白濁色	6.6	717	990	1,250

表 3-3-3 洗米廃水凝集沈殿処理結果

Run No.	薬注量(mg/ℓ)				凝集状態			処理水			
	硫酸 アルミ	PAC 250A	NaOH	コーナン フロック	フロック 状態	沈降性	フロック 量(%)	pH	SS (mg/ℓ)	COD (mg/ℓ)	BOD (mg/ℓ)
1	200	—	58	10	C	C	10	6.8	<50	230	215
2	300	—	105	10	C	C	12	6.7	<50	209	216
3	400	—	150	10	B2	B2	15	6.8	<30	196	215
4	500	—	200	10	B1	B1	16	6.8	<30	191	208
5	1,000	—	365	10	B3	B3	26	6.8	<30	179	185
6	—	200	15	10	C	C	10	7	<50	213	232
7	—	300	25	10	C	C	12	6.8	<30	219	232
8	—	400	42	10	B	B	15	6.9	<30	213	232
9	—	500	58	10	B	B	16	7	<30	213	221
10	—	1,000	94	10	C	C	23	6.8	<30	196	212

(注)凝集状態、沈降性 B:良好、B1:より良好、B3:最も良好、C:普通

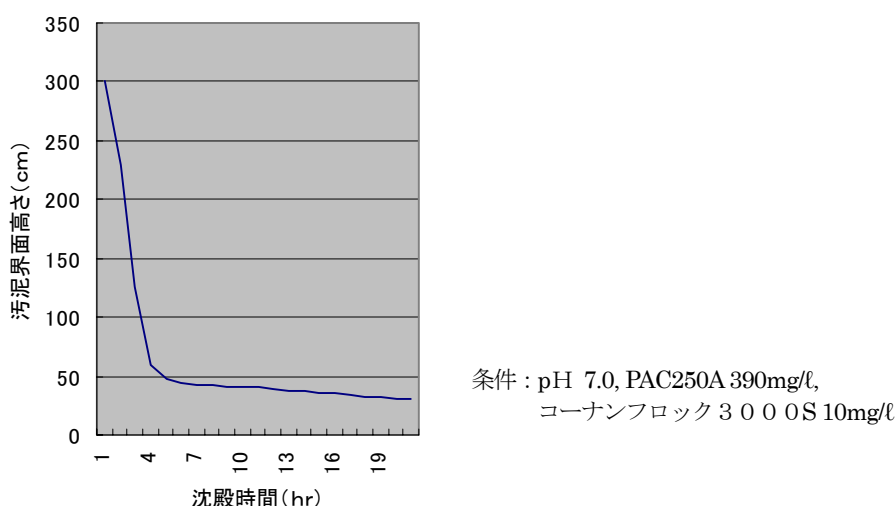


図 3-3-8 洗米廃水の凝集沈降試験結果

3. 2. 3 運転管理における留意点

廃水処理の安定的な運転を継続的に得るために重要な点は、凝集沈殿による前処理である。前述の通り、洗米廃水が腐敗を起す前に SS 分を凝集沈殿・濃縮して系外に出すことが大切である。また、清酒工場の廃水処理の活性汚泥の沈降性は悪い。これは窒素などの不足から、多糖類の分解過程が遅れて粘性が増し、汚泥が分散気味となり、沈降性が悪く、厚密性も悪くなる現象を起すためと考えられている。この現象はバルキングと呼ばれる。清酒工場廃水処理のバルキングは通常のバルキングと異なり、糸状菌が少なく、曝気槽に粘性のある泡が発生する。この解決には、窒素の添加やバルキング防止剤の使用が効果的である。清酒工場は季節操業が多く、長期間にわたり廃水が出てこないことが多い。この場合は、休止期間中、活性汚泥に廃糖蜜や糠などを栄養源として与えて保持しておく方法もあるが、近くに活性汚泥の入手できる下水処理場、または活性汚泥法による工場廃水処理設備があれば、休止期間中は曝気槽を空にしておき、廃水が再流入する数日前に、そ

こから汚泥を移送し、糠などで馴養を行いながら、廃水の受け入れに備える方法もある。

参考文献

- 1) 池本春樹：ビール工場廃水への PANBIC-G の適用、神鋼パンテック技報、Vol.39 No.2 (1996)
- 2) 外池良三：用水廃水便覧、p.774 (丸善、1992)
- 3) 園欽弥：洗米廃水の処理、日本醸造協会雑誌、67, 376 (1972)

第4章 油脂製品

4.1 廃水の水量と水質¹⁾

植物油は、なたね、とうもろこし、大豆を原料にして、図3-4-1に示す工程から作られる。製造工程は原料からの搾油工程と、油脂の精製工程に大別される。植物油の工業的採油法には圧搾法、抽出法、圧抽出法がある。圧搾法は乾燥、熱処理をした原料に圧力をかけて油を搾り出す方法であるが、原料中に油分が4～7%残る。抽出法はノルマルヘキサンを溶媒に用い、熱処理された原料から油分を抽出する。圧抽出法は圧搾後の原料の残油分を抽出法で行うものである。精製工程では、搾油された油の中に含まれるごみ、糖類、たんぱく質、ガム質(粘質性物質)、脂肪酸、色素、有臭物質などの不純物を取り除く。この工程には燐酸、苛性ソーダ、水が用いられる。また、ろ過助剤を用いてろ過精製が行われる。植物油製造工場では使われる水の使用原単位は工場の生産規模によって異なる。表3-4-1に年間処理原料量と用水別の使用比率、水量原単位を示す。水原単位は30～80m³/原料トンとかなりばらつきがある。工程別の用水の使用比率を表3-4-2に示す。冷却水を除く工程水の使用割合は低く、廃水の多くは精製工程にある脱酸工程と脱臭工程から排出される。脱酸工程の廃水の水質を表3-4-3に、脱臭工程の廃水の水質を表3-4-4に示す。

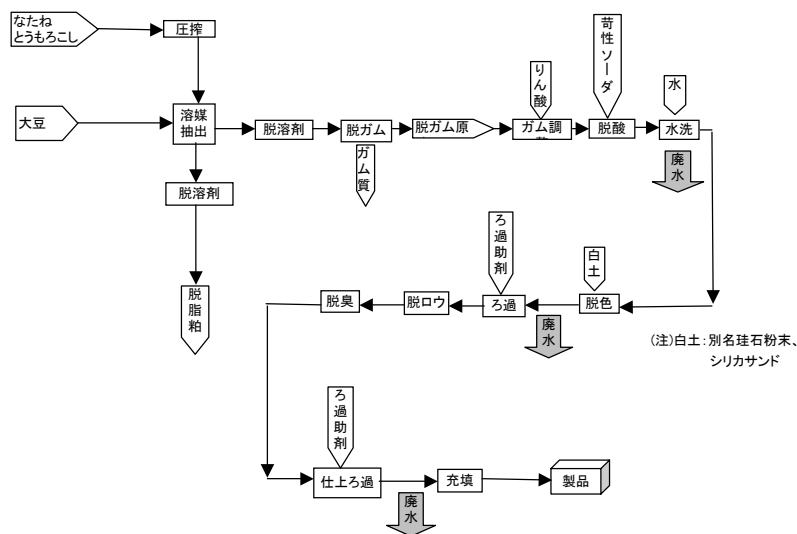


図3-4-1 植物油製造工程と廃水の排出

表 3-4-1 植物油製造工場の規模と水の使用量

原料処理量 年間、千トン	用水比率(%)					水量原単位 m ³ /原料トン
	上水	工業用水	回収水	海水	その他	
<10	5.0	18.5	12.1	0	64.4	35.9
10~50	2.1	8.7	45.3	25.1	18.8	36.7
50~100	1.0	8.5	11.0	73.4	6.1	83.1
100~300	0.8	2.5	70.6	26.0	0.1	62.2
≥300	0.5	7.3	56.0	36.2	0	31.0
平均	0.8	6.1	53.9	36.2	3.0	41.9

表 3-4-2 植物油製造工場の工程別水の使用比率 (%)

原料処理量 年間、千トン	圧搾・抽出工程		精製工程		洗びん 用水	ボイラー 用水	生活用水 他
	冷却水	工程水	冷却水	工程水			
<10	25.9	0	54.1	7.2	1.6	4.6	6.6
10~50	29.4	0.7	51	5.8	0.6	3.5	9
50~100	31.5	0.2	42.5	1.3	0.1	2.8	21.7
100~300	41.5	0.1	56.4	0.3	0.1	1.1	0.5
≥300	51.1	0	41.2	3.4	0.1	2.8	1.4

表 3-4-3 脱酸工程廃水の水質

pH	6~7
COD	400~7,400 mg/l
n-ヘキサン抽出物質	1,000~10,000 mg/l

表 3-4-4 脱臭工程廃水の水質

pH	中性
COD	50~100 mg/l
n-ヘキサン抽出物質	50~100 mg/l
SS	30~400 mg/l

4. 2 処理実施例

4. 2. 1 加圧浮上処理の実施例¹⁾

植物油製造工程の廃水に海水を混ぜると凝集作用を発揮する。日本の植物油製造工場は原料を輸入しているため、臨海地域に立地していることが多く、海水の入手は容易である。表 3-4-5 に大豆油廃水に塩を添加した時の COD の変化を示す。廃水 1 ℓ に対しておおよそ塩 30 g を加えて攪拌するとフロックを生じ、上澄水の COD は 90% 以上除去される。

表 3-4-5 植物油製造廃水の人工海水添加による塩析試験結果

RUN No.	廃水量	人口海水 ml	処理水 COD mg/l
1	100	200	574
2	100	300	193
3	100	400	133
4	100	100	447
5	100	100	275
6	100	200	247

原水 COD 7,400 mg/l

(1) 処理方式

加圧浮上二段処理のフローを図3-4-2に示す。一段目の加圧浮上装置には排水量とほぼ同じ量の海水を添加する。濃縮スカムは脱水処理されて場外に産業廃棄物として搬出される。一段目の加圧装置の処理水はpH調整と凝集剤の添加を行い、二段目の加圧浮上装置で処理されて放流される。スカムは一段目のスカムと同じように脱水される。その容量は廃水の約20%近くを占め、固形物濃度は5%位である。

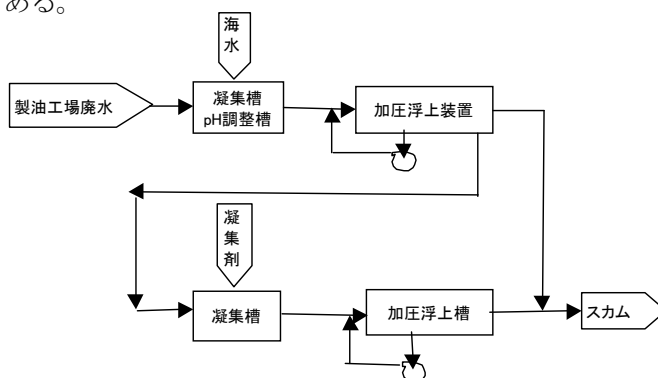


図3-4-2 植物湯製造工場廃水における加圧浮上処理フロー

(2) 処理結果

一段目の加圧装置のCOD除去率は90%以上であり、2段目でさらに80~90%のCOD除去率が得られる。いずれも処理水は無色透明である。

4. 2. 2 生物処理の実施例

(1) 設計条件

廃水量	600m ³ /日
廃水水質	BOD 8,000 mg/ℓ
	TOD 14,000 mg/ℓ
	SS 1,700 mg/ℓ
	窒素 400 mg/ℓ
処理水水質	BOD <280 mg/ℓ
	SS <280 mg/ℓ

(2) 処理方式

この処理設備は、廃水中の有機物からメタンを回収し、また、活性汚泥処理への負荷を軽減し、省エネを図ると同時に余剰汚泥の発生量を減らすことができる。処理設備の概略フローを図3-4

ー 3 に示す。原水は熱交換器で温度調整された後に嫌気性処理装置に入る。嫌気性処理槽内の水温は 36℃前後に保たれ、内部には充填材がほぼ 100% 充填浮遊している。その表面には嫌気性菌が保持されており、有機物を分解しメタンガスなどに変える。嫌気性処理装置の処理水は脱窒槽に入り、沈殿池から返送されてくる返送汚泥水中に含まれる硝酸を窒素ガスに還元する。脱窒槽を出た水は曝気槽に入り有機物の酸化分解と硝化が行われる。次に脱窒槽に入り、硝酸が再度還元され、脱窒が行われる。脱窒槽を出た水は沈殿池で汚泥を分離した後、処理水として放流される。沈殿池の汚泥と消化液は上流側の脱窒槽に返送される。嫌気性処理槽で発生したガスは脱硫装置で硫化水素を除去し、ボイラーの熱源に使われる。発生した蒸気は嫌気性処理槽の加温に用いられる。

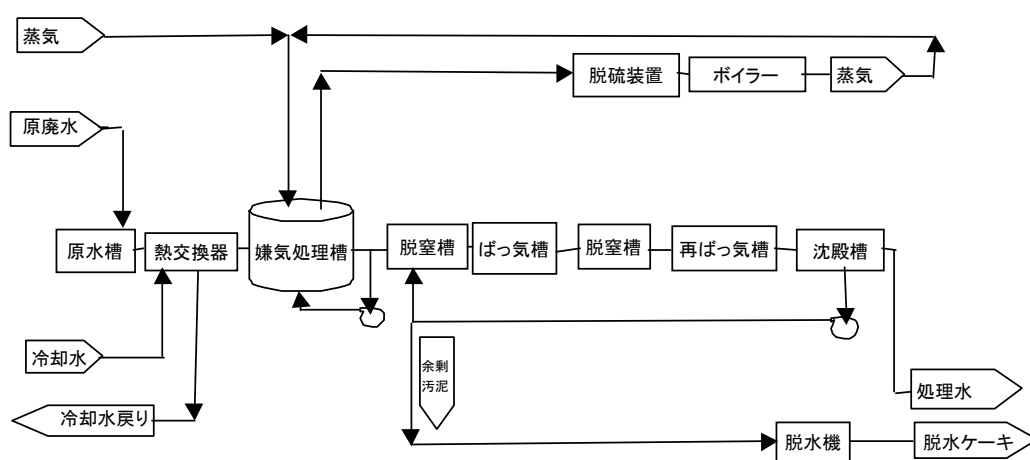


図 3-4-3 植物油製造工場廃水の生物処理フロー

(3) 処理結果

固定床式の嫌気性処理装置であり嫌気性菌の付着までいくぶん時間がかかったが、廃水の基質の変化と、急激な負荷変動に対する安定性が高く、BOD 除去率は 70%以上が安定的に得られる。後段の好気性処理装置では 90%以上の BOD 除去性能が安定的に得られる。ガス発生量は嫌気性処理装置の pH に見かけ上は左右される。嫌気性処理槽液がアルカリ側に行くほど炭酸ガスの溶解が高まるためにガス発生量は減少し、逆に pH が酸性側に行くとガス発生量は多くなる。pH 6~8 で運転されていれば発生ガス中に含まれるメタンガス量は理論値とほぼ同じ量が発生する。余剰汚泥の発生量は好気性処理の 1/3~1/5 で、設備導入の目的である省エネと発生汚泥量の削減は達成されている。

4.3 運転管理における留意点

植物油製造工場の廃水は比較的排水量が少なく変動も少ないが、多量の油分を含んでいるため、前処理の油分離槽で油を十分に取ることが重要である。嫌気性処理や活性汚泥処理を行っている場合には特に油分除去に注意が必要である。第 2 ステージの凝集加圧浮上処理では廃水のアルカリ度

や塩類濃度で凝集剤の効果が大きく変わるのでジャーテスターで最適な薬注条件を求めることが大切である。同時に、なたねを原料にする工程廃水と大豆を原料にする場合では凝集条件が異なるため、それぞれの凝集特性を把握して管理する必要がある。

参考文献

- 1) 堀一：油脂製品、食品工場排水の最適処理ハンドブック、p.308、サイエンスフォーラム（2002）

第5章 牛乳・乳製品

5. 1 廃水の水量と水質¹⁾

牛乳・乳製品の製造工程を図3-5-1に示す。牛乳・乳製品製造工場では用水は、洗浄、冷却・空調、ボイラー、生活用水などに用いられ、廃水の排出源は容器、機械、床などの洗い水、漏洩事故などによる原料・製品の流出、不合格製品・汚染原料製品の廃棄などがある。水の用途別の使用比率を図3-5-2に示す。洗浄水がおおよそ60%を占めており、牛乳・乳製品製造工場の廃水は製造終了後に行われる機器などの薬液洗浄前後のすすぎ水が主体である。水量原単位と廃水水質を表3-5-1に示す。牛乳・乳製品製造工場は夏場に生産量が増えるために、廃水量、汚濁負荷ともに最大となる。工場の操業状態によって廃水量と汚濁濃度は3倍以上の時間変動がある。日間変動も2倍程度あり、特に週末に負荷が増大する。

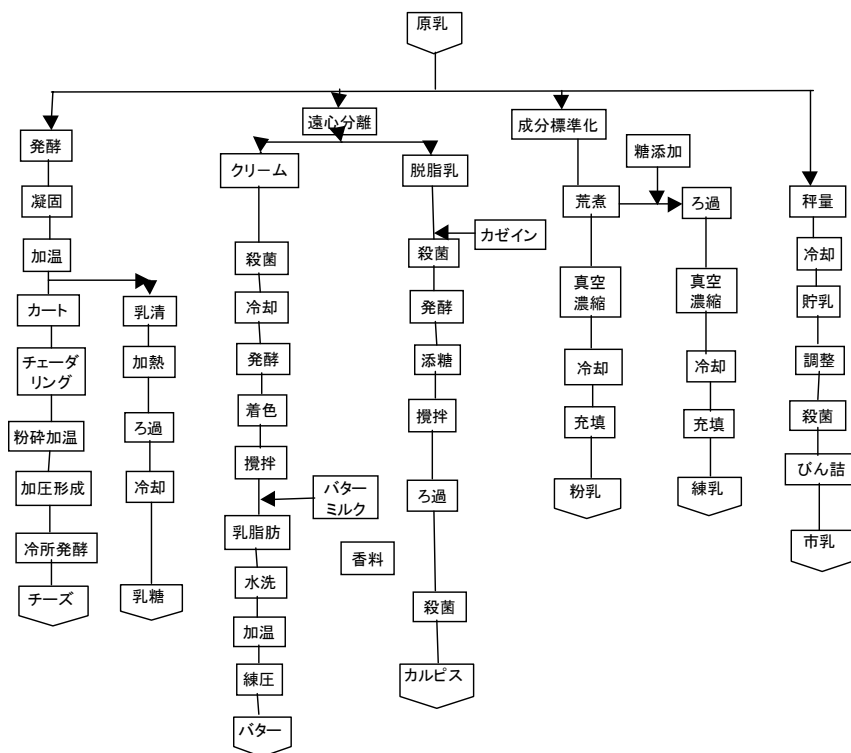


図3-5-1 乳製品製造工程

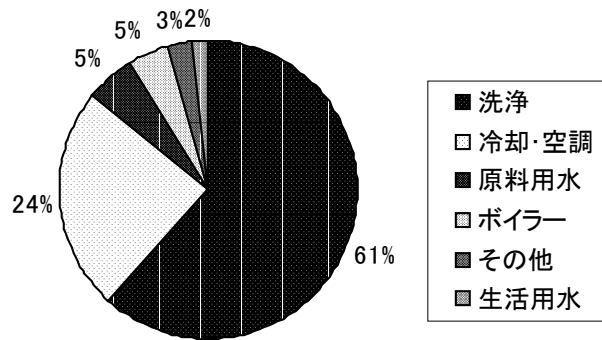


図 3-5-2 用途別用水の使用量の割合

表 3-5-1 牛乳・乳製品工場の廃水の水量と水質

製品	pH	BOD mg/l	COD mg/l	SS mg/l	油分※ mg/l	水量原単位 m ³ /トン
市乳・乳飲料	11	750	400	150	90	10
乳酪	10	600	300	100	60	3
デザート	11	750	350	250	130	13
冷菓	11	800	400	200	200	20

※ n-ヘキサン抽出物

5. 2 処理実施例

乳業工場の廃水処理に使われている標準活性汚泥処理の例を紹介する²⁾。

(1) 設計条件

廃水量 540 m³/12hr/日 (12時間操業)

廃水水質 pH 8.4

BOD 200 mg/l

処理水 pH 6~8

BOD 20 mg/l 以下

COD 20 mg/l 以下

SS 20 mg/l 以下

大腸菌 330個/ml 以下

(2) 処理方式

牛乳・乳製品製造工場の廃水は水量、汚濁負荷共に時間、日変動が大きいため標準活性汚泥法を採用する場合は、調整槽で廃水の質と量の均質化をできるだけ行ってから曝気槽に送ることが望ましい。一方、別の対策として、負荷変動に対して安定性が高く、比較的運転が容易な長時間曝気法

が採用されることがあるが、標準活性汚泥法より広い設置場所を必要とする。本設備の場合は標準活性汚泥法が採用された。牛乳・乳製品製造工場の廃水は BOD と窒素、磷のバランスが取れているので栄養塩を加える必要はない。標準活性汚泥法は長時間曝気法に比べて余剰汚泥の発生量が一般的には多いが、本設備では濃縮された余剰汚泥を好気性消化して、長時間曝気と同じ発生量に抑えている。図 3-5-3 に本設備の処理フローを示す。原水はスクリーンで夾雑固形物を除去され、調整槽で均一化を図りながら後段の曝気槽へ送られる。沈殿池で汚泥と分離されて塩素滅菌されて放流される。余剰汚泥は好気性消化槽で酸化分解されて減容化が図られる。

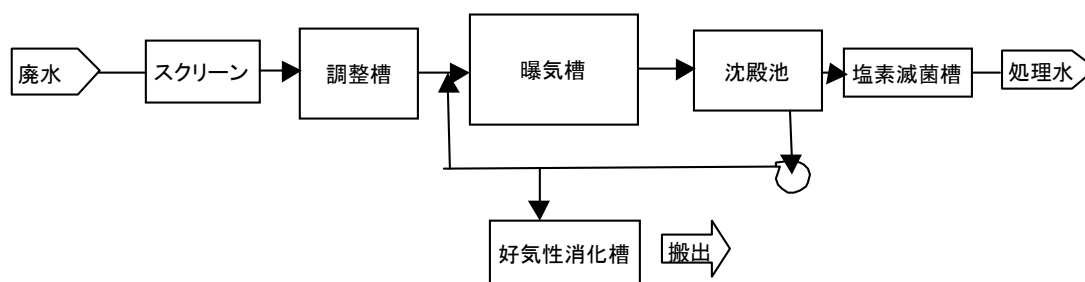


図 3-5-3 乳業工場廃水処理設備フロー

(3) 処理結果

本装置の運転結果を表 3-5-2 に示す。原水の汚染濃度が計画値より比較的低いですが、運転開始直後の MLSS 濃度が低かった時には、処理水の BOD は設計値の 20 mg/l をオーバーすることもあったが、MLSS の増加とともに処理水の BOD は低下した。余剰汚泥の好気性消化の曝気時間は約 10～20 日間であり、酸化されて減容化された汚泥を曝気槽に戻すことで、好気性消化後の余剰量と、処理水に流出する SS とが、ほぼバランスするために場外搬出の必要性はほとんどない。

表 3-5-2 乳業廃水の標準活性汚泥法による処理結果

月、日	原水				曝気槽		処理水			
	pH	BOD	COD	SS	MLSS	DO	pH	BOD	COD	SS
5月1日	7.6	121	41	6	1,200	4.2	7.1	19	7.0	22
5月5日	7.3	134	46	17	1,110	4.6	7.1	22	7.4	16
5月10日	7.4	110	36	8	1,308	3.2	7.2	16	5.1	18
7月10日	7.1	140	47	5	2,100	3.6	7.0	11	3.4	8
9月10日	6.8	96	31	3	1,860	2.8	7.0	14	5.2	6
10月10日	7.4	126	40	6	2,460	3.2	7.1	18	6.1	10
11月10日	7.6	118	40	4	3,120	3.8	7.2	12	4.2	8
12月10日	7.2	180	58	9	3,080	3.8	7.0	12	4.8	20

5. 3 運転管理における留意点

乳業廃水の場合には沈殿池での汚泥の沈降分離が難しくなり、処理水中の SS 濃度が高くなることがある。この現象は汚泥が過曝気になり、汚泥フロックの凝集性が悪くなり、分散状態となって沈降性が悪くなることによる。標準活性汚泥法と長時間曝気法における MLSS 濃度と汚泥の沈降性の指標である SV_{30} （汚泥を 30 分間静止沈降した時の汚泥界面高さの百分率）の関係を図 3-5-4¹⁾ に示す。一方、MLSS 濃度が高くなると、曝気槽の溶存酸素は低下し処理性能が低下する。この場合は汚泥の引抜を行って溶存酸素を 1~2 mg/l に回復する必要がある。

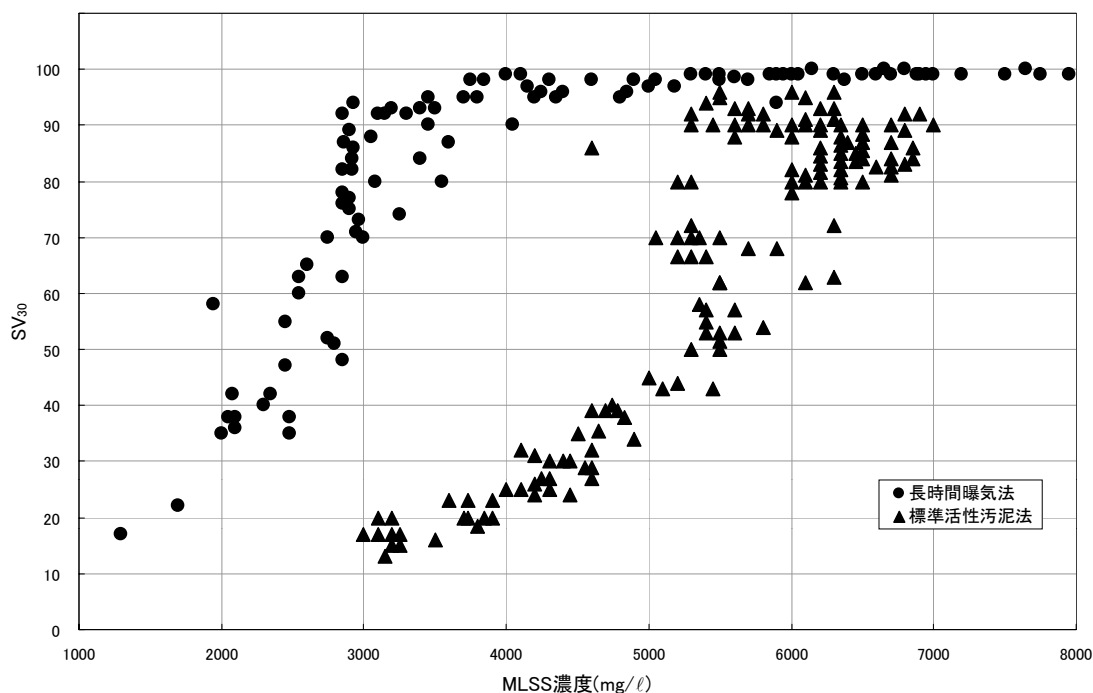


図 3-5-4 標準活性汚泥処理と長時間曝気における MLSS と SV_{30}

参考文献

- 1) 矢崎雅俊：牛乳・乳製品、食品工場排水の最適処理ハンドブック、p.298、サイエンスフォーラム（2002）
- 2) 食品工場における廃水処理について、神鋼ファウドラー技報、Vol.13, No.4（1970）

第6章 農産物加工製品

6. 1 廃水の水量と水質

農産物加工において用水を多量に使う産業には、小麦澱粉、じゃがいも澱粉、さつまいも澱粉、製糖などがある。じゃがいも澱粉工場は、じゃがいもの産地の北海道に集中しており、小麦澱粉と

精糖工場は原料を輸入にたよっているため、港の近くで、かつ、水の入手が容易な場所に在する。したがって、地理的な条件が廃水の処理方式を特徴付ける結果となっている。小麦澱粉製造工程で使用する水量は、原料小麦の7~15倍（重量比）であり、製造方法の違いによって大きな差がある。廃水はBODとSSが主体であり腐敗しやすい。小麦澱粉製造工程と廃水の排出箇所を図3-6-1に示す¹⁾。小麦澱粉製造廃水の代表的な水質を表3-6-1に示す。

じゃがいも澱粉製造工程で使用する水量は、じゃがいも1トンに対して13~44m³の水を使用する²⁾。廃水量原単位の差は廃水の主な排出源であるセパレート工程（粉碎原料から澱粉と乳液と粕に分離し、精製濃縮を行う工程）における澱粉回収率の違いによる。じゃがいも澱粉工場は比較的小規模の工場が多く、廃水量が多く、加えてBOD、SS濃度が高く、夏の終わりから初冬にかけての季節操業がほとんどである。じゃがいも澱粉廃水の代表的な水質を表3-6-2に示す。

さつまいもを原料とする澱粉製造工程の廃水量原単位は、じゃがいも澱粉廃水量の半分位であるが、BODの負荷はほぼ同じである。製糖工業は甘蔗とてんさいを原料とするが、日本では、甘蔗が用いることもほとんどなくなり、最近は輸入粗糖を原料とする精製糖工業に変わってきている。甘蔗糖の製造は、原料1トン当たり15~20倍量の水を必要とし、高濃度のBOD、SSを排出するが、輸入粗糖の場合は排水量も少なく、BOD、SS濃度も低い。

てんさい糖の製造工程では、原料を流送・洗浄するフリューム工程から原料の8~10倍量（重量比）の廃水が出るが、この廃水が全廃水量の50~60%を占めている。そのほかの主な廃水は、原料からしよ糖分を抽出する工程のライムケーキ廃水、廃糖蜜からしよ糖を回収するステフェン工程からの廃水、ステフェン法に代わるイオン交換樹脂廃水がある。廃水量は工場によって差があるが、原料に対してライムケーキ廃水が1.3倍量程度、ステフェン工程が30~40%、ステフェン法に代わるイオン交換樹脂廃水が25~30%と言われている³⁾。表3-6-3に、てんさい糖製造工程の廃水の性状を示す。

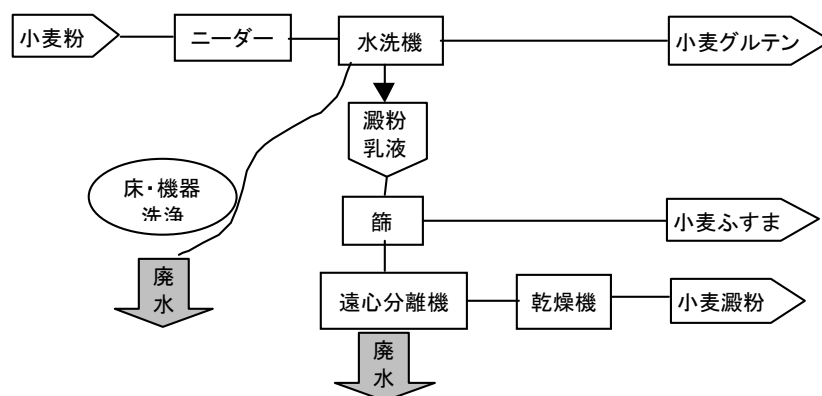


図 3-6-1 小麦澱粉製造工程と廃水の排出

表 3-6-1 小麦澱粉製造工程廃水水質 (pH を除く単位 mg/ℓ)

項目	最小	最大	平均
pH	4.4	5.4	—
TS	12,800	16,400	14,600
DS	10,140	12,000	11,100
SS	2,600	4,400	3,500
COD _{Cr}		20,600	18,750
BOD	9,400	13,200	11,300
TOC	4,600	5,800	5,200
T-N	500	600	550
T-P	170	190	180

表 3-6-2 ばれいしょ澱粉製造工程の廃水量と汚濁負荷 (原料 1 トン当り)

項目	フリューム 廃水	セパレート廃水		合計	
		従来法	濃厚脱汁法	従来法	濃厚脱汁法
廃水量 (m ³)	4.4~31	7~4		13~44	
BOD (kg)	0.1~2.0	13~15	6.2~16	14~56	17~40
SS (kg)	1.3~57	10~44	0.6~12	12~67	8~22

表 3-6-3 てんさい糖製造工程廃水の水質

項目	フリューム	ライムケーキ	ステフェン
pH	6.7~7.4		12.5
BOD (mg/ℓ)	200~630	1,420	4,000
SS (mg/ℓ)	700~3,090	2,860	1,300
TDS (mg/ℓ)		3,313	7,000

6.2 処理実施例 (小麦澱粉^{1) 4)})

小麦粉から小麦澱粉、小麦グルテンを製造する工場の廃水処理設備の概要を紹介する。本設備は既設の活性汚泥処理の前処理として導入され、省エネルギー、余剰汚泥の発生量の減量化、活性汚泥処理装置の安定運転を図ることができた。

(1) 設計条件

廃水量 最大 550m³/日 平均 500m³/日

廃水水質 COD_{Cr} 最大 20,000mg/ℓ 平均 16,000mg/ℓ

処理水水質 嫌気性処理装置処理水 COD_{Cr} 除去率 80%以上

(2) 処理方式

本廃水処理設備のフローを図3-6-2に示す。廃水は調整槽から熱交換器を経て嫌気性処理槽に入る。嫌気性処理の方式は内部に樹脂製の充填材が浮遊する固定床式で、pH 7、水温36℃付近に保たれる。pHは苛性ソーダで調整される。加温は蒸気で行われる。嫌気性処理槽で発生するガスは脱硫後ガスホルダーに貯えられ、製品乾燥の熱源に使われる。嫌気性処理装置を出た水は活性汚泥処理装置で処理され放流される。

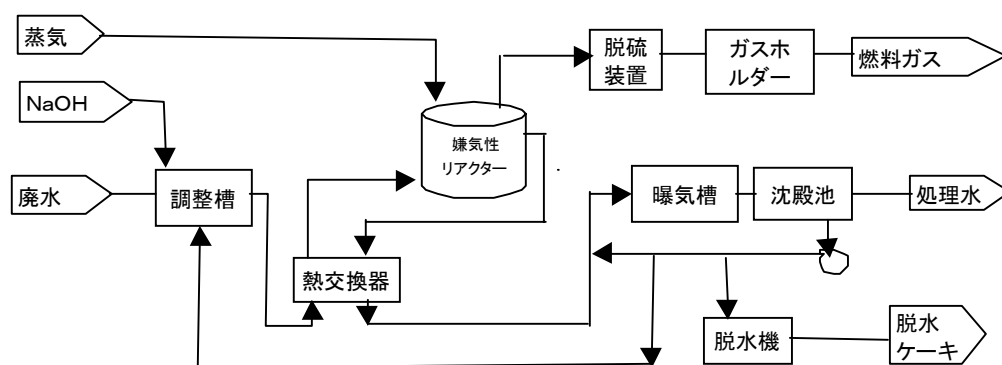


図3-6-2 小麦でんぷん廃水処理装置フロー

(3) 処理結果

嫌気性処理装置の立ち上げは、嫌気性菌の増殖速度が遅いため3ヶ月を要した。立ち上げ時の運転状態を図3-6-3に示す。この間は、投入COD_{Cr}量とメタンガス発生量の関係と、処理水中の有機酸濃度を監視しながら負荷の増加を図った。増殖メタン菌量を超える負荷がかかると酢酸、プロピオン酸などの有機酸が増加するので低級脂肪酸の濃度が数百mg/lを超えないように負荷調整を行った。嫌気性処理の処理結果を表3-6-4に示す。表3-6-5には活性汚泥処理の処理水質を示す。

6.3 運転管理における留意点（小麦澱粉）

固定床嫌気性処理装置は優れた安定性を有するが、増殖微生物により充填材の閉塞が生じるので定期的に嫌気性処理槽の底部から窒素ガスでパージを行うことが必要である。この時には脱離汚泥が曝気槽に流入するために活性汚泥処理の負荷が一時的に増加する。したがって、パージは年末・年始の休業時、または夏季休業時に年1回ないし2回に分けて行われる。嫌気性処理を活性汚泥の前処理として行うと活性汚泥のバルキングがほとんど解消され、沈殿池での汚泥の分離が容易になったが、窒素が増加した。この窒素の低減は、曝気槽の一部を嫌気状態にするか、間歇的に曝気を停めることにより容易に脱窒ができた。

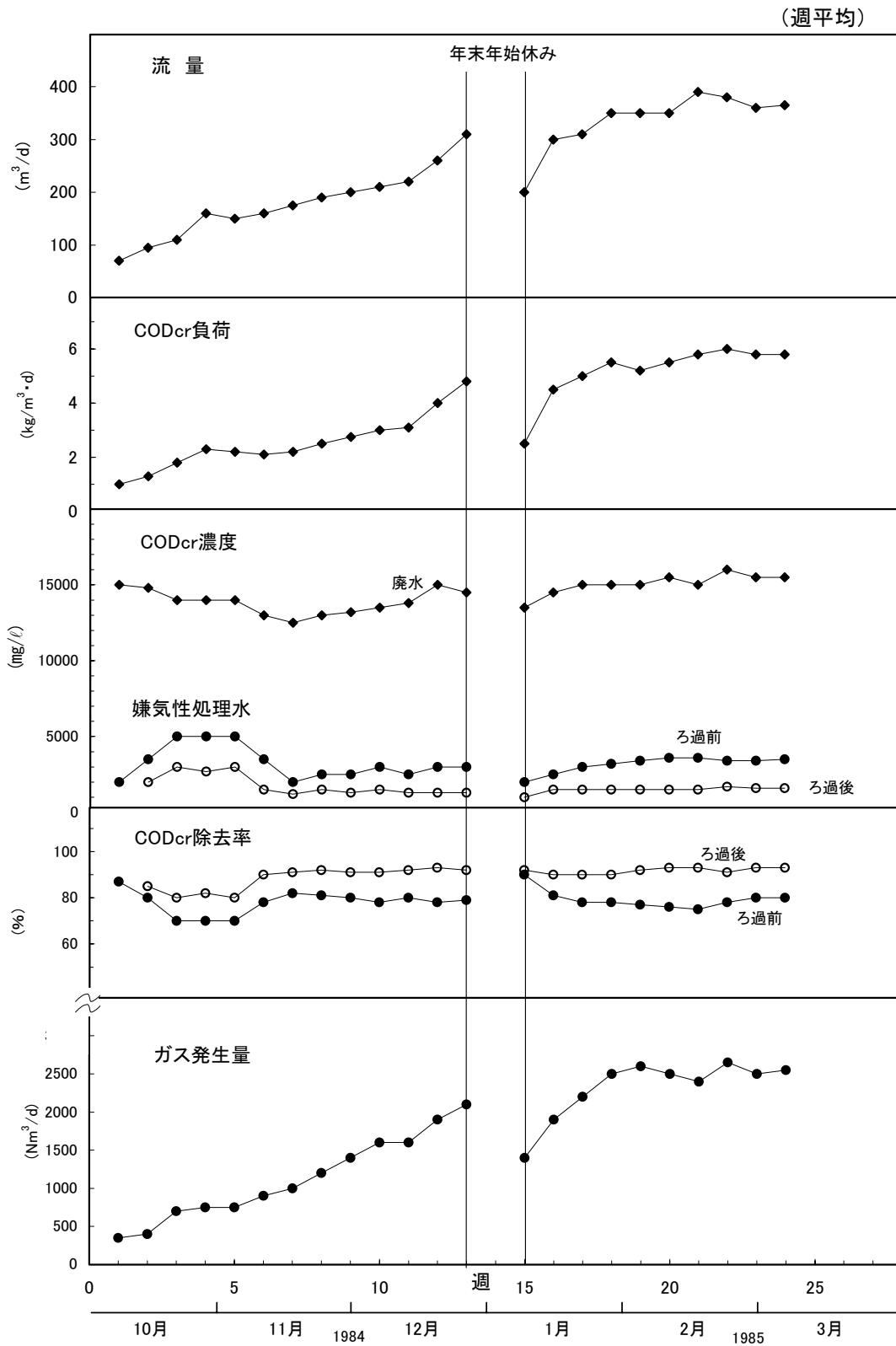


図 3-6-3 嫌気性処理における運転立ち上げ

表 3-6-4 小麦澱粉製造工場廃水の嫌気性処理結果 (月平均)

項目	4月	6月	8月	10月	12月	2月
廃水量 (m ³ /日)	386	359	343	395	400	424
廃水TOC (mg/ℓ)	4,860	5,063	5,350	4,602	5,495	5,382
処理水TOC (mg/ℓ)	2,252	1,785	1,874	1,650	2,029	2,135
pH	7.1	7.2	7.0	7.0	7.1	7.1
発生ガス量 (m ³ /日)	1,569	1,781	1,810	1,615	2,012	1,688
メタン濃度 (%)	67	71	72	71	71	71

表 3-6-5 小麦澱粉製造工場廃水の活性汚泥法による処理水の水質
(嫌気性処理の後処理として)

COD (mg/ℓ)	15~56
BOD (mg/ℓ)	22~46
pH	7.0~8.0
T-N (mg/ℓ)	40~70
T-P (mg/ℓ)	60~80

6.4 処理実施例 (じゃがいも澱粉)

北海道のじゃがいも澱粉工場は、夏の終わりから初冬にかけて季節操業され、また、広大な敷地を有するため、運転立ち上げが容易で、負荷変動に対しても安定性の高いラグーン方式が採用される例が多い。以下に代表的な設備を紹介する。

(1) 設計条件

廃水量 3,600 m³/日
 廃水水質 BOD 1,800 mg/ℓ
 処理水 pH 5.8~8.6
 BOD < 120 mg/ℓ
 SS < 150 mg/ℓ

(2) 処理方式

この澱粉工場からの廃水は調整槽を設けずに、曝気槽 (ラグーン) に直接流入する。曝気槽の容量は約 30,000 m³ の素掘りの池できており、37 kW のフローティング型機械式表面曝気機が 5 基設置されている。曝気槽の滞留時間は約 8 日間である。曝気槽の液はポンプで流量をコントロールしながら沈殿池に送られ、汚泥を分離後、処理水として放流される。工場排水の SS に対する基準値が緩やかなために、沈殿池の滞留時間は 6 時間で設計されている。沈殿池の汚泥は通常の活性汚泥処理と同様に曝気槽に返送される。

(3) 処理結果

廃水処理設備が設置された翌年の10月1ヶ月間の処理状況を表3-6-6に示す。ラグーンは初冬に生産が終わった後は、底部に溜まった汚泥が一部肥料として引き抜かれるが、翌年の操業開始まではそのまま放置されるのが普通である。工場の再開とともにラグーン槽は底部に溜まっている汚泥を用いて立ち上げを行う。操業がピークの10月の平均流入廃水量と平均BODは、それぞれ設計値の約85%と80%であり、処理水のBODは常に設計値をクリアしているが、SSが瞬間的にオーバーをしている。これは廃水処理設備を立ち上げた直後の不活性な汚泥の流失による一時的な現象である。曝気槽の水温は零度近くまで下がるが、BOD-MLSS負荷を0.05(kg BOD/kg MLSS・d)前後の低い値で設計しているため、水温低下に伴う処理水の悪化は見られない。

表3-6-6 ジャがいも澱粉製造工場廃水の処理結果

項目	廃水			処理水		
	平均	最大	最小	平均	最大	最小
廃水量 (m ³ /日)	3,040	3,360	2,760			
pH		6.8	5.7		7.5	7.0
SS (mg/ℓ)	602	3,730	176	119	188	54
CODmn (mg/ℓ)	939	2,440	409	85	116	60
BOD (mg/ℓ)	1,440	2,230	873	68	91	42
水温 °C		17	2		17	2

6.5 運転管理における留意点(ジャがいも澱粉)

長期運転休止により汚泥の嫌気化が進行すると糸状性バルキングが生じやすくなる。特にジャがいも澱粉廃水については、硫化物を100mg/ℓ前後含んでおり、糸状の硫黄細菌が異常に増殖する。この生物相の変化により、再立ち上げ時に元の生物相に戻るのに時間がかかる。この場合は、(1) 休止中汚泥が嫌気化しないように最低限度の曝気を行う、(2) 調整槽がある場合は濃厚廃水を貯留しておき、運転休止期間中は間歇的に投入する、(3) 運転立ち上げ時、活性汚泥フロックが解体している場合は凝集剤を添加して、沈殿池からの流出を防止して、MLSSの最低濃度を確保する、(4) 必要に応じて下水処理場から汚泥を搬入する。更に操業が再開される数日前から曝気を開始し、残留廃液または廃糖蜜を添加して汚泥の馴養を図ることが好ましい。特に汚泥が馴れない初期の段階から高い負荷が掛かると、沈殿池からのSSの流出が多くなる。ラグーンは好気性消化が同時に行われているために汚泥が分散しており、沈降性が悪く、沈殿池から汚泥が流出しやすい。流出がひどい時は、凝集剤を沈殿池のセンターウエルに直接連続添加することで抑えることができる。

参考文献

- 1) 村山隆二：小麦澱粉、食品工場排水の最適処理ハンドブック、p.318、サイエンスフォーラム (2002)
- 2) 黒川達爾雄：用水廃水便覧、p.784 (丸善、1992)
- 3) 雑賀幸之助：用水廃水便覧、p.760 (丸善、1992)
- 4) 東野宏昭：神鋼ファウドラ―技報、Vol.29, No.2 (1985)

第7章 惣菜製品

7. 1 廃水の水量と水質

惣菜工場は特定製品の惣菜を作る比較的小規模のものから、惣菜とともに菓子、パン、麺類など合わせて400種類におよぶ製品を作る大規模工場までがある。ここでは、年始の1日を除いて連続操業している多品種製造の大型工場の廃水処理を取り上げる¹⁾。用水量の原単位は製品により差が大きく、工程別のデータが得られない。一例として主原料の年間使用量が、小麦9,800トン、大豆3,600トン、こんにゃく粉137トンの工場で、製品として、麺類6,842トン、食パン5,900トン、菓子パン4,600トン、こんにゃく類2,700トン、豆腐類8,500トン、揚げ類1,400トンを製造している場合、35万m³の水を使い、その約80%を廃水として排出している。廃水量原単位に換算すると原料1トンに対して約20m³、製品1トンに対して約9m³となり、用水型の産業である。惣菜製造工場が高濃度廃水を排出する煮豆、納豆、玉子豆腐の製造工程を図3-7-1に、その廃水の水質を表3-7-1に示す。

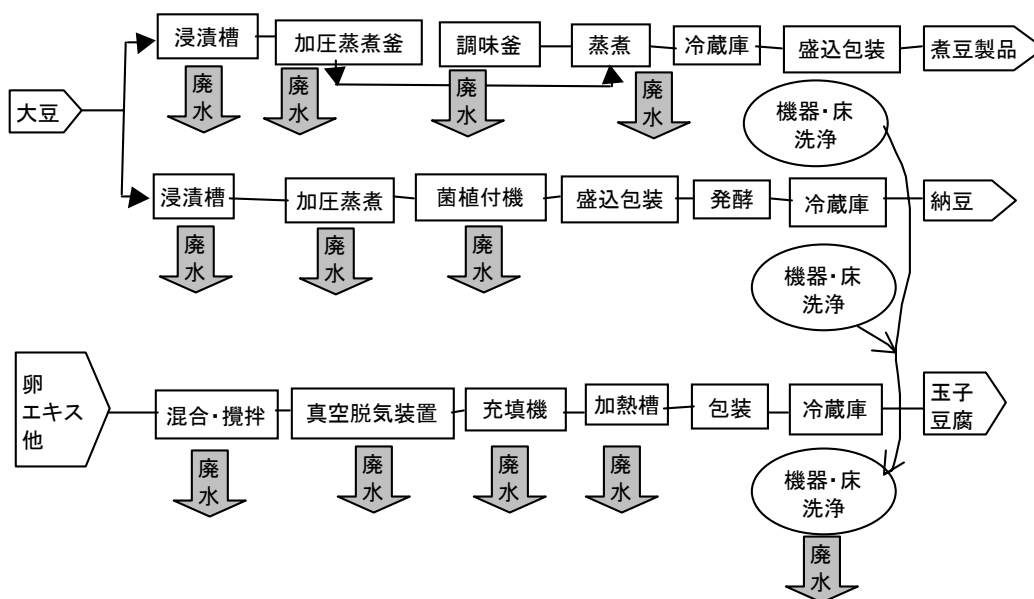


図3-7-1 大型惣菜製造工程と廃水の排出

表 3-7-1 惣菜製造工程別の廃水水質 (mg/ℓ)

項目	玉子豆腐			納豆			煮豆		
	高濃度	中濃度	低濃度	釜廃水	浸漬廃水	釜清掃廃水	浸漬廃水	真空釜煮汁	清掃廃水
BOD	6,260	486	82	814	100	117	2,370	358,000	2,220
TOC	3,340	272	29	572	96	90	1,360	222,000	1,470
S-TOC	1,450	175	22	499	93	102	1,290	196,000	780
SS	2,720	143	212	195	5	73	78	675	63
n-ヘキサン抽出物質	4,780	689	<5	<5	<2	<5	<5	6	<5
全窒素	438	38	2	84	8	41	52	799	13
全りん	22	4	1	8	1	10	20	152	4

7. 2 処理実施例

(1) 設計条件

廃水量 1, 600 m³ / 日 (高濃度廃水1, 505 m³ / 日、低濃度廃水650 m³ / 日)

廃水水質

高濃度廃水

pH 4.3
 BOD 2,310 mg/ℓ
 SS 550 mg/ℓ
 n-ヘキサン抽出物 110 mg/ℓ

低濃度廃水

pH 6.3
 BOD 760 mg/ℓ
 SS 130 mg/ℓ
 n-ヘキサン抽出物 50 mg/ℓ

処理水水質 (放流水)

pH 5~9
 BOD <200 mg/ℓ
 SS <200 mg/ℓ
 n-ヘキサン抽出物 <30 mg/ℓ

(2) 処理方式

本設備は下水道整備地域にあるため、図3-7-2に示されるように、低濃度排水と高濃度廃水を分けて処理をして下水道に放流する。低濃度廃水はスクリーンで夾雑固形物を除去し、凝集浮上処理をし、中和後放流する。高濃度廃水は低濃度廃水と同様にスクリーンで夾雑固形物を除去後、調整槽から熱交換器を経て嫌気性処理槽に送られる。嫌気性処理の方式は内部に樹脂製の充填材が浮遊する固定床式で、嫌気性槽内はpH7、水温36℃付近に保たれる。pHは苛性ソーダで調整され、加温は蒸気で行われる。嫌気性処理槽で発生するガスは脱硫されて、ガスホルダーに貯えられ、ボイラーの熱源に使われる。嫌気性処理装置をでた水は浮遊担体を保有する好気性処理装置で処理

される。次いで、担体の表面から剥離した汚泥と流入廃水中の SS を除去するために、塩化第二鉄と高分子凝集剤を添加して、凝集浮上槽で分離後、pH 調整をして下水に放流される。

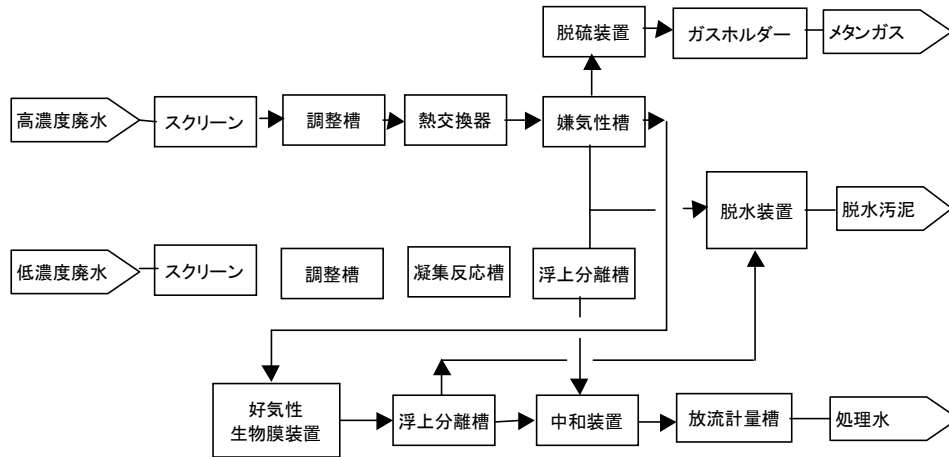


図 3-7-2 惣菜工場廃水処理フロー(下水放流)

(3) 処理結果

半月平均の1年間の水質変化について、高濃度廃水系を図3-7-3に、低濃度廃水系を図3-7-4に示す。流入廃水の BOD の季節変化は、高濃度系、低濃度系ともに2倍程度、また、SS 濃度については3倍程度の変動が見られる。高濃度系廃水処理の処理結果を1年間の平均値でみると、図3-7-5に示されるように、嫌気性処理装置で原水の BOD 1,860 mg/l が 650 mg/l 辺りまで安定的に下がり、後段の生物膜式好気性処理で、250 mg/l 前後まで下がる。さらに、凝集加圧浮上処理後の処理水の平均 BOD は 6 mg/l まで下がっている。低濃度廃水の処理水と混合して下水道に放流される水質については、図3-7-6に示される。

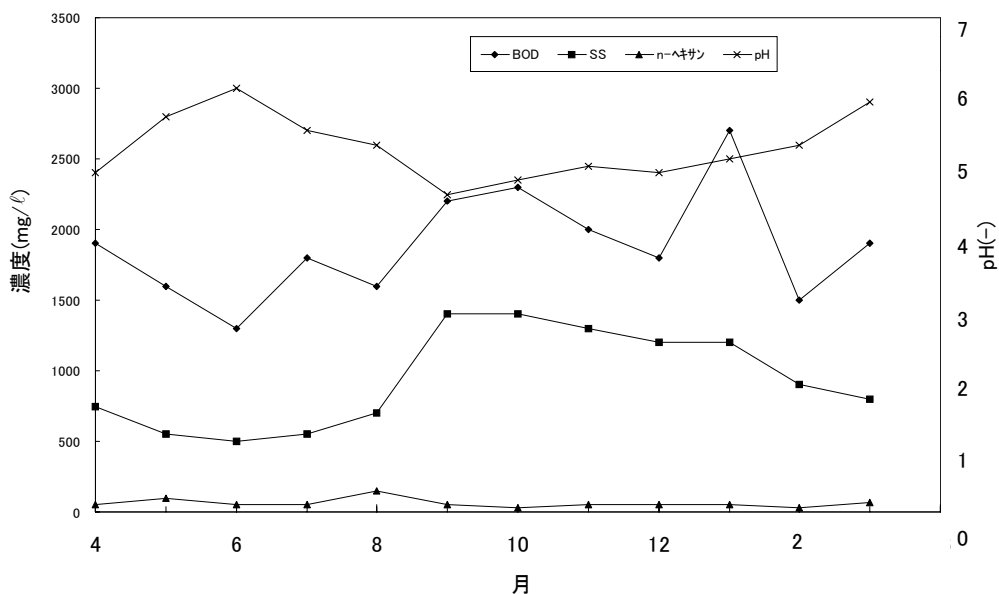


図 3-7-3 惣菜製造廃水の年間水質変化 (高濃度系)

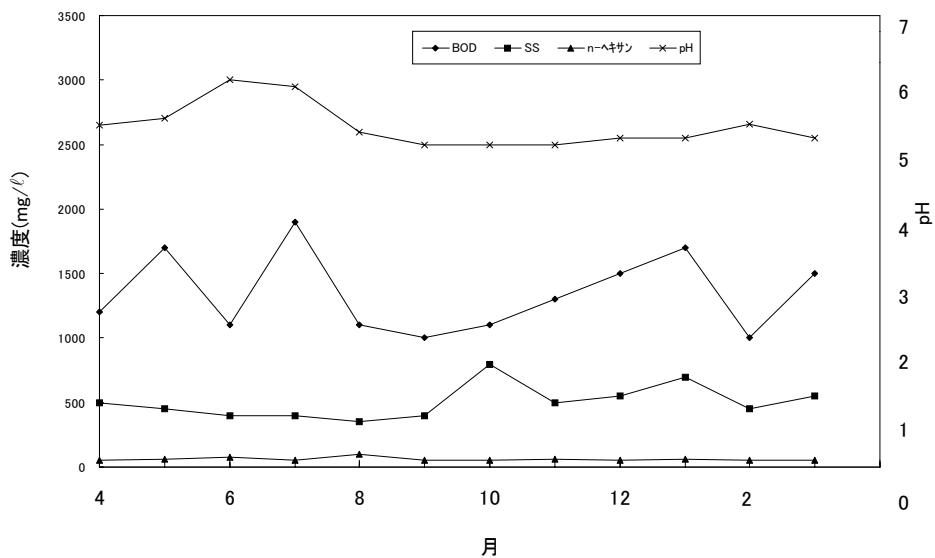


図 3-7-4 惣菜製造廃水の年間水質変化 (低濃度系)

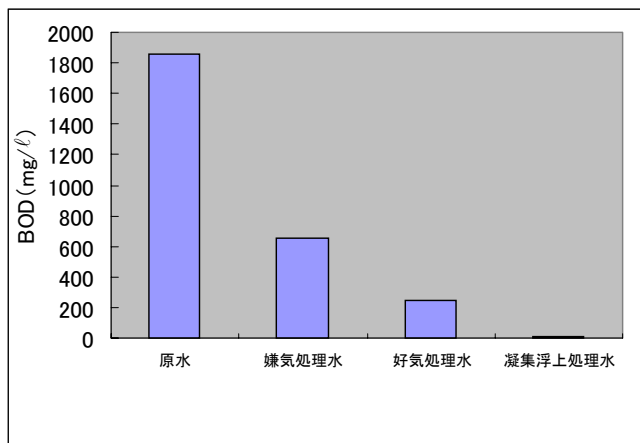


図 3-7-5 高濃度廃水系処理結果

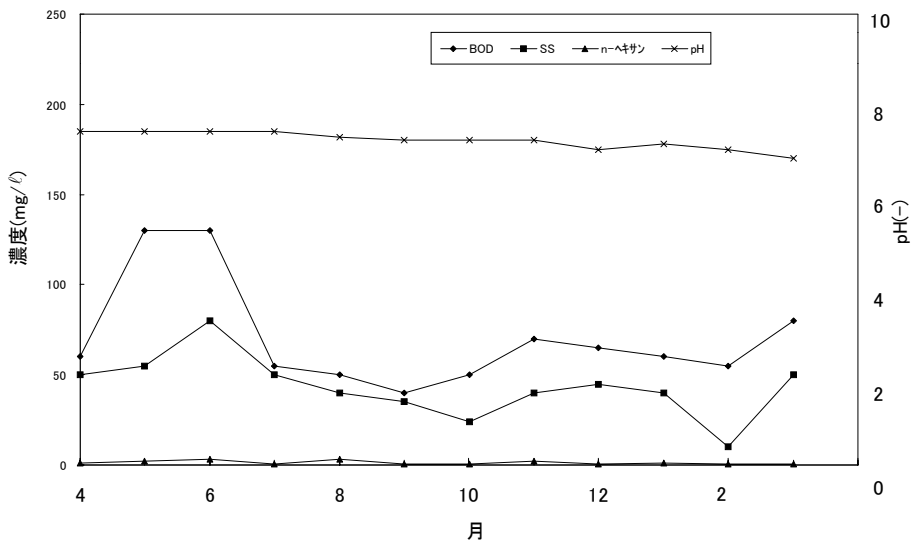


図 3-7-6 惣菜製造廃水の処理結果

7. 3 運転管理における留意点

食品製造工場では機器の洗浄に洗剤、消毒剤が用いられる。間違っても多量に使われたり、漏洩事故を起すと、嫌気性処理装置、好気性処理装置で異常な泡立ちを起す原因となる。特に殺菌剤の漏洩は一時的に嫌気性処理装置、好気性処理装置の生物活性を低下させ、処理水水質の悪化を招くので注意が必要である。また、廃水に含まれる固形物は槽底に蓄積すると腐敗して悪臭発生の原因となるので、廃水ピット、調整槽、加圧浮上装置などの定期的な清掃が望ましい。

参考文献

- 1) 副島武雄：食品工場排水の最適処理ハンドブック、p.345、サイエンスフォーラム（2002）

第8章 菓子など製品

8. 1 廃水の水量と水質

菓子製造工程廃水は製品の種類により様々である。また、季節変動も大きい。ここでは果肉ゼリーとカステラの製造工程廃水について紹介する¹⁾。果肉ゼリーは、びわなどの果物の果肉をゼリーの中に入れてもので、液糖などの原料を混合機で調合して、あらかじめ果肉を詰めたカップに充填する。廃水は機器洗浄水と、果肉を缶詰から取り出すときにこぼれるシロップと、シール機で溢れ出る調合液の洗浄排水が主である。図3-8-1に果肉ゼリーの製造工程と廃水の排出箇所を示す。カステラは鶏卵などの原料を調合して木箱に入れて焙焼釜で焼いて作る。カステラの製造工程を図3-8-2に示す。廃水は卵割機、混合機、充填機の洗浄排水と木箱の洗浄排水が主なものである。

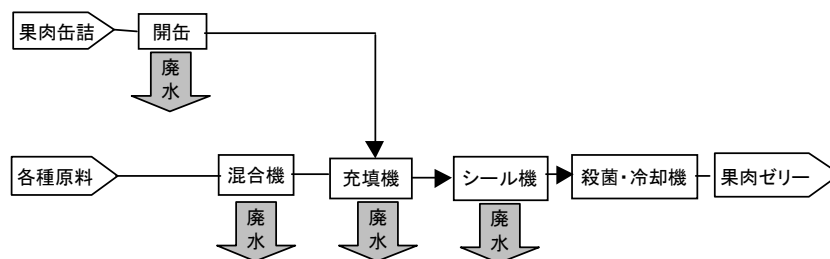


図 3-8-1 果肉ゼリー製造工程と廃水の排出

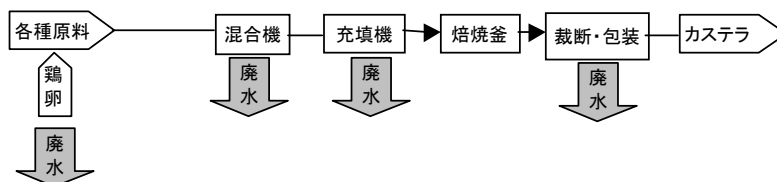


図3-8-2 カステラ製造工程と廃水の排出

8. 2 処理実施例

(1) 設計条件

廃水量		1 6 0 m ³ / 日
廃水水質	BOD	4, 0 0 0 mg / ℓ
	COD _{Mn}	2, 5 0 0 mg / ℓ
処理水水質	BOD	1 0 mg / ℓ (日間平均)
	COD _{Mn}	2 0 mg / ℓ (日間平均)

(2) 処理方式

ここで紹介する例は、放流水の基準値が厳しい場所にあるため、標準活性汚泥法と接触曝気槽の2段処理を行い、処理水悪化時の緊急用に凝集沈殿池を備えている。処理設備のフローを図3-8-3に示す。廃水は調整槽で流量の定量化調整と、不足している窒素とリンの添加が行われる。次いで曝気槽に入り、沈殿池で汚泥を分離後、接触曝気槽で残留 BOD と COD_{Mn} の再除去を行う。そして緊急用の凝集沈殿槽を経て塩素滅菌後に放流される。曝気槽はバルキングを防止するために10段のプラグフローになっている。余剰汚泥は濃縮槽で濃縮後、汚泥貯槽に貯え、定期的に移動脱水車で脱水をしてから搬出される。

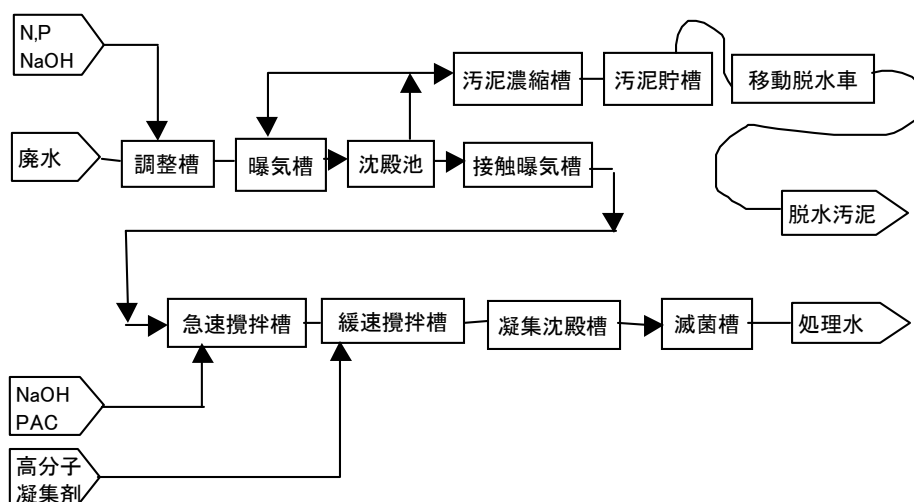


図3-8-3 菓子製造工場廃水処理設備のフロー

(3) 処理結果

本設備の廃水量、水質の季節変動は大きく、調整槽出口の BOD 濃度は2, 0 0 0 ~ 4, 5 0 0 mg / ℓの変動があるが、沈殿池出口では常時 BOD 5 ~ 3 0 mg / ℓ、COD_{Mn} 2 0 ~ 4 0 mg / ℓが得られる。最終処理水の BOD は2 ~ 1 5 mg / ℓ、COD_{Mn} 1 0 ~ 2 5 mg / ℓが得られ、緊急用の凝集沈

殿槽を使う事態は発生していない。果肉ゼリー廃水の栄養バランスは $BOD : N : P = 100 : 0.4 : 0.1$ 、カステラ廃水が $BOD : N : P = 100 : 0.2 : 0.1$ でいずれも N、P が不足する。本設備は浄化槽排水を受け入れることによって、窒素、リンの添加量の削減を図っている。さらに BOD の汚泥転換率と必要栄養塩の関係より N、P の添加量の管理を行っており、運転費の削減と富栄養化防止を図っている。例えば通常操業期には汚泥負荷が低くなり、汚泥転換率が 0.2 以下になれば栄養塩の添加は行っていない。

8.3 運転管理における留意点

糖類を多く含む廃水の活性汚泥処理においては、多糖類の蓄積による粘性バルキングが発生し、沈殿池における汚泥の分離が困難となることが一般的に多い。糖類が原因でバルキングを起しやすい菓子製造、製パン、果汁製造などの廃水を、好気性菌を用いて生物処理する場合のバルキング防止対策は、設備面と運転面の両面から考えられる。設備的には曝気槽に基質濃度勾配をつけるプラグフロー方式の採用や、嫌気部を設ける回分式活性汚泥法などがある。運転管理上からはバルキング誘引糸状菌の比増殖速度が他の細菌より遅いので、フロック形成菌の増殖速度を速める適正 BOD - MLSS 負荷 ($0.2 \sim 0.4 \text{ kg BOD} / \text{kg MLSS} \cdot \text{d}$) になるように MLSS 濃度を調整することや、曝気槽内の溶存酸素がゼロになったり過曝気にならないように曝気量を調節することでバルキングの防止ができる。本設備は実際にプラグフロー方式の採用と、曝気槽の各段の溶存酸素を一定レベルに保持するテーパードエアレーションを行ってバルキングの発生を防いでいる。また、二段目の接触曝気槽は糸状菌を保持し、沈殿池への流出を防ぐので、バルキング防止には有効な手段と考えられる。

参考文献

- 1) 大西正人：食品工場排水の最適処理ハンドブック、p.351、サイエンスフォーラム（2002）