資 料

油化学工業における廃水、廃棄物処理

岡 原 光 男

大阪大学工学部 (吹田市山田上)

Treatment of Sewage and Wastes in Oil and Fat Industry

Mitsuo OKAHARA

Applied Chemistry, Faculty of Engineering, Osaka University
(Yamada-kami, Suita, Osaka)

昨今は公害防止に関する法的規制強化はもとより、一般の監視の眼がますます厳しくなってきた、環境汚染防止技術をなおさらにすることは企業の存立にもかかわる問題になりつつある。公害防止技術については多くの単行本¹⁾、雑誌類²⁾が発刊され、技術講演会、講習会などもしばしば催されていて、技術者の必ス知識の一つになっている。

日本油化学協会においてもこのような社会情勢に堪えがみ昨年6月11日、関西支部主催で“油脂関連工場における公害防止技術”と題して、大気汚染と並んで環境汚染の主因をなしている廃水、廃棄物処理技術に関するパネルディスカッションを催し、多数の参加者を得て活発な意見の交換を見た。その折ご出席の講師の方々(カッコ内に講演テーマ)は、

大阪通商産業局公害保安課長	大内 義明氏
(公害関係諸法)	
大阪大学工学部	市川邦介教授
(水質汚濁防止について)	
財団法人大阪産業廃棄物処理公社業務部長	大庭忠男氏
(廃棄物処理)	
栗田機械製作所(株)プラント事業部長	岡 崎 稔氏
(生物化学的廃水処理)	
神鋼ファウドラ(株)排水処理技術部長	園 欣 也氏
(工場廃水の油水分離技術)	
田熊汽缶製造(株)取締役技術部長	細 川 潤氏
(汚泥処理法)	

の六氏であって、それぞれ御専門の立場から有益なご説明をいただいた。

折しも本年6月ストックホルムで開かれた国連人間環境会議においても、世界有数の公害国としてわが国の動向が注目された折でもあり、昨年のパネルにおいてお話しいただいた油化学領域における公害防止技術を、一部参加者のみの間でうめらすのは惜しく、油化学誌上に収録して広く油化学協会の会員全部に御紹介してはどうか

との意見が編集委員の間で強くなり、やや時期遅れの感があるが、その折の各講師のご講演の内容を資料として御紹介させていただく次第である。

1 含油廃水の処理

ここでは市川教授、園氏、岡崎氏および細川氏の講演をまとめて述べる。

廃水中の油分は石油エーテル、抽出物として示されるため動植物油脂類、リン脂質、脂肪酸、ワックス、グリース、鉱油などのほか色素、中高沸点化学物質なども含まれる。廃水中の油分は遊離状態または乳化状態として含まれ、業種別の含油廃水は表-1 に示すごとくである。

表-1 油 分 含 有 廃 水³⁾

廃 水	種 類	含有状態
ガス、コークス	鉱油(タール、フェノール)	乳化、遊離
機 械 工 場	潤滑油、切削油 燃料油、 ソルベント	乳化、遊離
水 産 加 工	魚 油	溶解、乳化
製鉄工場(圧延工程)	パーム油、合成乳化油	乳 化
製薬(ビタミン工場)	鯨 油	乳 化
石 油 精 製	鉱油(フェノール含有)	乳化、遊離
織 維 工 場		
綿、絹 精 練	油脂、ロウ、樹脂分	溶解、乳化
羊毛(洗毛、洗化炭)	羊脂、ラノリン	溶解、乳化
洗 タ ク 工 場	動、植、鉱物性油分	乳 化
と場、食肉加工	牛 脂、豚 脂	塊片、乳化
パ ル プ 工 場	樹脂、樹脂酸、脂肪酸	溶解、乳化
酪 農 工 場	脂 肪	溶解、乳化

このうち水産加工工場の廃水は洗浄水、煮沸水などに由来するため一般に BOD、SS 溶解性成分値も高く、タンパク質の分解によるアミン系化合物が含有される場合が多い。

石油精製工場からの含油廃水には精製、蒸留、接触分解などの各工程からの漏油に基づくものと、タンカーからのバラスト水によるものがある。

洗たく廃水は衣服その他の汚水成分として油分が洗剤によって乳化状態となって排出される。と場、食肉加工工場廃水には油脂のほかに肉片、血液なども含まれ腐敗しやすく、酪農場廃水にも同様の成分が含まれている。

これらの含油廃水による被害の例としては、魚貝類への油臭味の着臭、ノリへの付着、酸素溶解の妨害による植物性プランクトンの発育阻害、下水処理場における浄化機能の低下、引火、爆発の危険性、水の腐敗、植物生育阻害、飲用水、工業用水の汚染、海産生物の死滅に基づく魚獲の減少などが考えられ、エコシステムに及ぼす影響はきわめて大きい。

これらの含油廃水の処理方法としては、油分の含まれている状態、他の汚濁成分の質と量、有用成分の回収目的などによって異なるが、大別して物理的、化学的および生物学的方法に分けられる。

a) 物理的および化学的処理法^{3), 5)}

物理的処理方法の一つは比重の差を利用した浮上法(Flotation)で微細な空気アワを付着させて浮上を容易にする場合もある。一般に浮遊油類が大量の場合は重力式油水分離法が採用され、少量の浮遊油類の場合は空気ホウによる強制浮上法が有利である。強制浮上法の場合は空気ホウの発生方法によって次の4型式がある。

- 1) インペラーによって微細空気ホウをつくるカクハン式
- 2) 多孔板、散気板による空気吹込式
- 3) 真空下溶存空気を気ホウ化させる真空式
- 4) 加圧下に溶解させた空気を常圧にもどして気ホウを生成させる加圧式

図-1 浮上装置の概略図³⁾

このうち4)の加圧法は真空法に比して析出する気ホウ量を大きくしうるので、液中の懸濁物質に応じて気ホウ量の調節が可能である。なお浮遊している油分を浮上性の物質に変えるために凝集剤の使用など種々のくふうがこらされている(表-2)。浮上装置のフローシートの概略を図に示す。

浮上装置の機能は廃液中の油分など除去

表-2 浮上分離の実験と実装置との関連³⁾

項 目	実 験	実 装 置
浮遊している油分を浮上性の物質にかえる		
(1) 凝集性、気ホウの付着性の向上	凝集剤の選択(無機凝集剤、有機高分子電解質)	薬品注入装置 凝集反応ソウ
(2) 凝集フロックの破壊防止	浮上方式の検討	処理水の循環装置 流入ソウへの凝集フロックの導入装置
(3) 気ホウの形状と凝集フロックの浮上性	気ホウの発生方法の検討 凝集フロックの浮上速度の測定	加圧空気溶解装置 圧力調節装置 最適表面負荷を有する浮上分離ソウ
浮上スカムの除去	浮上スカムの容積測定	スカムかき取羽根と駆動装置

対象となる物質の濃度および装置での廃水の滞留時間によって決定される。装置の操作条件は処理水循環方式をとることが多く、循環水比:加圧水量/原廃水量 30~100%, 加圧力:3~4 kg/cm² G, 浮上分離ソウでの水量面積負荷:5~10 m³/m²/hr, 滞留時間 20~30 min の標準条件で、浮遊性懸濁物質の除去率 70~75%, 油分除去率 85~95% (ただし、廃水中の油分含有量 > 100 ppm とし) が達せられる。

またエマルション廃水の処理には、エマルションの破壊を目的とした遠心分離法、電気的方法や、吸着性をもつロ剤を通して油滴同士の結合をはかる方法などがあるが、もっとも有効なのは硫酸など強酸の添加による pH

表-3 化学工場エマルション廃水処理例³⁾

		実 験	設 計 値	装置運転成績	
				(1)	(2)
廃水の性質	pH	4.5	6.0~8.0	6.0~8.0	7.0~8.0
	濁 度	1,200	—	—	—
	C O D (ppm)	600	1,500~2,500	1,500~3,800	—
	S S (ppm)	1,600	200~1,600	—	—
	透 視 度	—	0.5 以下	0.5 以下	0.5 以下
処理条件	薬 剤				
	硫酸バンド (ppm)	500	500	460~500	350
	カセイソーダ (ppm)	150	150~220	140~200	100~200
	ハイモロック (ppm)	10	10	12~20	10~15
	加 圧				
処 理	滞留ソウ圧力 (kg/cm ² G)	3	4	4	4
	循環 比 (%)	30	50	50	50
	フロック浮上速度 (m/hr)	21~23	—	—	—
	フロック容積 (%)	2.9~3.3	—	—	—
	分離表面負荷 (m/hr)	—	5.8	5.8	5.8
結 果	水				
	pH	6.8~6.9	7.0~9.0	8.0~9.0	7.0~8.0
	濁 度	15~25	50 以下	10~30	5~30
	C O D (ppm)	10 以下	—	3~5	—
	S S (ppm)	30 以下	30 以下	8~23	—
質	透 視 度	25 以上	25 以上	15~28	30 以上

の低下, Ca, Mg 塩または海水などの添加による塩析などの化学的処理方法である。燈油を含むエマルション廃水については鉄塩, アルミニウム塩が良好な結果を与える。化学工場のエマルション廃水について pH 調節, 凝集処置を行なったのち, 加圧浮上法により油エマルションを除去した例を表-3 に示す。

また廃液処理の他の方法として, 廃液を蒸留によって濃縮し, 濃縮残分は焼却または廃棄する方法があり, 完全な廃液処理が要求される場合に適する。この方法による廃液処理装置は, ストレナー, 予熱器, プレートヒートエクスチェンジャー, 蒸発器, 真空発生機からなる。羊毛の精練工程から排出される洗炭炭廃水の処理後のドレン, 濃縮液の分析結果は表-4 に示すようである。

表-4 洗炭炭廃液, ドレンならびに濃縮液分析表^{a)}

	原 液 (ppm)	蒸発器 ドレン (ppm)	コンデンサ ードレン (ppm)	濃 縮 液	
				1/22(%)	1/48(%)
蒸発残分	14,000	—	300	30.1	66.7
油 脂 分	4,200	0	7	9.5	17.6
灼熱残分	4,000	—	—	10.17	18.9
C O D	—	1	19	—	—
水 分	98.6%	—	—	70	33.3
p H	—	6.6	6.3	—	—
備 考	5,000 kg/hr	4,509 kg/hr	2,235kg/hr	250 kg/hr	

なお, 濃縮物からはラノリン, コレステリンなどを回収しうる。

b) 生物化学的処理法^{a)}

生物化学的処理法は活性汚デ(泥)中の微生物によって有機物を分解する方法で, 低濃度の水溶性有機物を分解する方法としてもっとも経済的な方法である。従来都市下水処理法として発展してきたが, 最近では一般化学工場の廃水処理にも応用されるようになった。表-5 に

表-5 油脂化学工業廃水の分析例^{a)}

廃 水 源	搾油工場アルカリ廃水	搾油工場酸性廃水	洗 剤 工 場 ケン化廃水	洗剤工場 総合廃水	Hard 洗 剤 純	Soft 洗剤 純
外 観	淡 黄 色	茶色油浮遊	セッケン状固形物	—	—	—
pH	12.9	0.9	11.4	2.4	—	—
C O D _{Cr} ^{*1)} (ppm)	14,200	30,800	42,900	1,280	1,650	1,930
C O D _{Mn} ^{*2)} (ppm)	2,530	11,600	14,200	288	83	131
B O D ₅ ^{*3)} (ppm)	9,020	21,900	26,600	547	BOD ₁₀ < 5 12	BOD ₁₀ 460 1,420
S S (ppm)	794	583	5,560	12	—	—
n-ヘキサン抽出物 (ppm)	4,660	666	—	87.6	—	—
透 視 度 (ppm)	0.5	1	—	—	—	—
そ の 他	—	—	S S 以外は ろ過水	ABS 144	純品濃度 1,200 ppm	純品濃度 1,350 ppm

*1) 重クロム酸カリウムによる酸素消費量 (JIS K 0102 の 15)

*2) 過マンガン酸カリウムによる酸素消費量 (JIS K 0102 の 13)

*3) 生物学的酸素要求量 (JIS K 0102 の 16)

油脂化学工業廃水の分析例を示すが, 含油廃水を活性汚デイ法で処理する場合, 下水と異なる点は廃水中に細菌の栄養源がきわめて少なく, かつ細菌の発育阻害物質を含む場合があることで, 適当な前処理と栄養源の添加が必要とされる。

活性汚デイ処理装置は活性汚デイと廃水を混合して有機物質を酸化分解する暴気ソウと, 処理水と活性汚デイを分離する沈殿ソウおよび暴気ソウへ酸素を供給するための暴気装置より成り立っている。フローシートの一例を図-2 に示す。

廃水は原水ソウよりポンプによって中和ソウに送られ, 消石灰によって中和された後暴気ソウにはいる。暴気ソウ内でシックナーより返送される活性汚デイと混合され, さらに暴気ブロワーより供給される空気により酸化分解が行なわれる。

暴気ソウを出た液はシックナーで処理水と活性汚デイが分離され, 処理水は放流され活性汚デイは再び暴気ソウに返送される。活性汚デイ処理によって増殖した活性汚デイと原水中の浮遊物は汚デイ脱水機で脱水し, ケーキとして搬出処分される。

表-6 に洗剤工場(脂肪酸セッケン, 合成洗剤)の廃水のある期間活性汚デイ法で処理した結果を示す。この結果から明らかなように処理水中の残留 COD はかなり高く, 場合によっては活性炭吸着法, 凝集沈殿法など別の処理方法を組み合わせて用いる必要がある。

また活性汚デイ法で最終的に問題となるのは, 容量負荷 kg-BOD/m³・day であるが, この値は流入水の BOD と暴気ソウの滞留時間より計算される。

活性汚デイ処理を行なう際, 微生物が生育できる条件を整えるために炭素, 窒素, リンなどの栄養源が必要で, 炭素源としてはブドウ糖, 酢酸エチル, 窒素源には硫酸アンモニウム, 炭素, リン源にはリン酸ナトリウムなどが用いられる。通常活性汚デイ処理に必要とされる

窒素, リンの添加量は BOD:N:P=150:5:1 くらいとされている。

酸素の供給能力については, 界面活性剤を含む場合, 酸素の溶解能力が著しく低下するので注意を要する。一般に一工場からの廃水は都市下水のように変動することもなく, 微生物に有害な毒物, 重金属などの混入も比較的容易にチェックしうる。しかしながら活性

図-2 活性汚水処理装置フローシート⁴⁾表-6 洗剤製造工場廃水の活性汚水による処理結果⁴⁾

	暴 気 ソ ウ				流 入 水							処 理 水						
	S.V. (%)	MLSS (ppm)	D.T. (hr)	負 荷 (kg/m ² ・day)	pH	COD _{Mn} (ppm)	COD _{Cr} (ppm)	BOD (ppm)	N (ppm)	PO ₄ (ppm)	ABS (ppm)	pH	COD _{Mn} (ppm)	COD _{Cr} (ppm)	BOD (ppm)	N (ppm)	PO ₄ (ppm)	ABS (ppm)
4/23	25	1,760	17	1.6	10.5	490	1,700	1,120	35.5	21.1	—	7.6	35	122	60	Tr.	10.4	—
4/24	40	1,880	—	—	9.0	404	1,550	910	40.0	29.8	—	7.6	55	113	35	3.1	13.7	—
4/25	36	2,020	15	1.3	8.8	467	1,330	830	33.5	31.0	15.4	7.4	47	—	22	3.1	16.8	3.0
4/28	35	2,470	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4/29	38	2,700	16	1.6	9.0	546	1,620	1,050	39.0	—	—	7.2	32.6	110	26	—	—	—
4/30	37	3,200	—	—	8.9	350	1,230	850	—	—	—	7.1	32	92	23	—	—	—

汚水法は各種廃水についての処理実績の蓄積が非常に重要で、実績の積み重ねで技術的基礎が作られている。

c) 汚水処理法⁶⁾

前述の廃水処理施設において残存物として発生する汚水の処分が問題であるが、従来実用されてきた方法としては、大別して、1) 埋立または投棄処分、2) 資源としての活用を兼ねた処分法の二つがあり、前者はそのままあるいは濃縮、脱水、焼却後埋立に用いるか海洋に投棄するなどの方法であり、後者は肥料もしくは土壌改良剤として利用するか、焼却灰をコンクリート骨材、路盤材などとして活用を計る方法である。

現在一般に行なわれている汚水処理の基本方式はつぎの三つに分けられる。

- 1) 生汚水 → 濃縮 → 消化 → 天日乾燥または Lagoon 処分

- 2) 生汚水 → 濃縮 → 消化 → (洗浄)薬注・熱処理 → 機械脱水 → 焼却 → 処分

- 3) 生汚水 → 濃縮 → 湿式酸化 → 固液分離 → 機械脱水 → 処分

1)は従来よく行なわれたが、処分のために広い用地が必要なため次第に行なわれなくなっている。2)は最近もっとも普通に行なわれている方式で、薬注の場合は処理行程を衛生的にするため消化することが多い。大規模な施設では処分量を減らすため焼却プラントを設置することが盛んになってきたが、この場合には消化工程を省略することもある。3)は消化から焼却まで有機物の酸化処理で実施しようとした新しい試みで、わが国では尿処理に適用した例があるが、いまだ相当の開発研究を必要とすると思われる。いずれにせよ汚水の処理方法に

については処理行程が衛生的で二次公害の恐れがなく、汚
 デイの量的質的变化に適應性がよく、運転管理費が安
 く、最終処分が容易にできるなど種々の条件を満足させ
 る必要があり、これらの条件に適した諸種の装置が開発
 されている。

2 公害防止に関する法律

大阪通商産業局大内氏より公害発生施設設置の際の届
 出義務、排水基準遵守義務、汚染度測定、記録の義務、
 義務違反に対する罰則などを中心とする水質汚濁防止
 法、大気汚染防止法、騒音規制法などの新公害諸法に関
 する説明がなされた⁷⁾。

また、大阪産業廃棄物処理公社大庭氏より、一昨年末
 改正された清掃法(昭和 45 年 12 月 25 日法律 135 号)
 について説明があった⁸⁾。これによって産業廃棄物は一
 般廃棄物と区別して“事業活動に伴って生じた廃棄物の
 うち、燃えがら、汚デ、廃油、廃酸、廃アルカリ、廃
 プラスチック類、その他政令で定める廃棄物”として明
 確に規定され、事業者は自己の事業活動によって生じた
 廃棄物については、自らの責任で適正に処理すべきであ
 るとの事業者責任の精神が確立された。現状はかなりの
 部分が処理業者を通して処理されているが、最終的な責
 任はあくまで事業者にあり廃棄物処理体系において事業
 者の果たすべき役割として次のような事柄が提案され
 た。1) 必要な選別集積貯留、2) 再利用、再資源化への
 措置、3) 無害にして合法的な自己処分、4) 収集、輸送
 に際しての安全化・減量などの処理、5) 最終処分のため
 に必要な無害化・安定化の処理、6) 最終処分に至るま
 での費用負担

以上各講師の御講演を要約して述べたが、公害問題の
 前途がますます厳しさを増している現在、何らかの御参
 考になれば幸である。

終わりにこのパネルディスカッションで有益な御講演をいた
 だいた講師の方々ならびにパネルディスカッションの企画を
 立てられ、油化学誌上への発表についても種々便宜を計って下
 された大阪大学産業科学研究所 桜井洗教授はじめ日本油化学協
 会関西支部 常任幹事の皆様に厚くお礼申し上げる次第である。

(昭和 47 年 6 月 29 日受理)

文 献

- 1) 廃水、用水に関連したわが国の文献のみをあげる。
 Behrman, 山県訳, CA シリーズ (2), “水はみんなのも
 の一水をきれいにするための化学—”, 東京化学同人 編
 集委員会編, “用水廃水便覧”, 丸善
 用排水技術研究会編, [水] シリーズ 7 “用排水国内文献
 集”, 昭晃堂
 豊田, [水] シリーズ 2 “工業用水とその水質管理”, 昭晃
 堂
 鈴木, “工業用水処理”, 内田老鶴圃新社
 五十嵐, “污水化学総論—廃水処理とバイオ・アッセ
 ー”, 内田老鶴圃新社
 半谷, “水質調査法”, 丸善
 高橋 監修, 水力学大系 8 “水質汚濁の調査法”, 地人書
 館
 (社)日本工業用水協会編, “水処理実験法”, コロナ社
 阿部新七監修, 水力学大系 7 “水質汚濁と廃水処理” 地
 人書館
 C.R. Gunham, 内藤訳, “水質汚染防止と産業廃液処
 理”, 技報堂
 ガーンハム編著, 岡本ら訳, “産業廃水の制御”, 産業図
 書
 広瀬編, “工場廃水とその処理”, 技報堂
 エッケン・フェルダー, 市川, 前田訳, “産業廃水の処
 理”, 恒星社厚生閣
 小野, “用水廃水ハンドブック”(産業用水調査会)
 公害と防災編集委員会, 自然災害・公害対策技術シリー
 ズ No. 2, “水質汚濁”, 白亜書房
 Charles G. Wilber, 長瀬訳, “水質汚染の生物学的研
 究”, 恒星社厚生閣
- 2) “PPM”, 日刊工業新聞社
 “公害防止技術”, 有明社
 “技術と公害”, 技術と公害ジャーナル
 “公害と対策”, 公害対策技術同友会
 “公害”, 工業技術院公害資源研究所 など
- 3) 市川, “含油廃水の処理”, 日本油化学協会関西支部資料
- 4) 栗田工業株式会社資料, “生物化学的処理法—油脂化学工
 業廃水を中心として—”
- 5) 神鋼ファウドラ—株式会社資料, “工場排水の油水分離技
 術の進展と問題点”
- 6) 田熊汽缶製造株式会社資料, “汚泥の処理法”
- 7) 公害をなくすために中小企業者の手引(大阪通商産業局)
- 8) 大庭, “廃棄物処理について”, 日本油化学協会関西支部
 資料