油 水 分 離 機 に つ い て*

深見 進**・木野田精二**・畑中 勝美**
 廣田 元英***・大屋 尚彦***・伊藤 琢磨***

On the Oil Separator

Susumu FUKAMI, Seiji KINODA,
 Katsumi HATANAKA, Motohide HIROTA,
 Naohiko ŌYA and Takuma ITO

An aquatic environment in Japan is claimed to have been progressively improved on the whole, but as to the water pollution caused by oily wastes there remain severe problems yet.

Oily waste water is roughly distinguished into two types. The one is a waste water containing free oil droplets, which can be recovered with a relatively simple treatment and effected with the use of physical procedures. Another is a waste water containing emulsified oil, which is so minutely dispersed as to need chemical or physico-chemical treatments.

So far, many apparatuses have been developed to treat such oily waste waters, but few compact machines are found that can remove oily contaminants effectively.

So, we studied such machines in detail, and the experience in mineral processing has enabled us to develop a flotative oil separator which has a aeration mechanism like a flotation machine. Afterwards, we have developed a variant fitted with a static mixer instead of an aeration impeller. By applying these machines to the treatment of an effluent from the gas station's waste water ponds, many favorable performance data have been obtained.

1. は じ め に

最近の我が国における水質汚濁の状況は、総体的には改善の傾向が見られるといわれるが、環境基準の達成には、なお多くの困難があり、水質保全の一層の推進が必要とされている。

水質汚濁のうち油濁の占める割合は高く様々な態様での油分による水質汚濁の発生が公共用水域の水質汚染のひとつの大きな要因となっている。油分の排出源については、水質汚濁防止法によって、ほとんどの工場、事業場からの排水について汚染の許容限度である排水基準が適用されるが、経済的技術的に対応困難な業種も多く、法規制が必ずしも完全に実施されているとはいえない実

情にあると思われる。

こうした背景には金のかからない含油排水処理方法が確立されていないこともひとつの理由としてあげられる。

そこで、われわれはこれらの問題解決のひとつのアプローチとして、従来の同種装置に比し構造が簡単で、保守管理の容易な、浮選機の機構を利用した新型油水分離機の開発に取組み、このほど実用化に成功したので、この間の経過と本装置の概要を紹介する。

2. 油による環境汚染の現状

2.1 汚染の現状

油分による水質汚濁の排出源としては、石油精製業、石油化学工業、洗車施設を有するガソリンスタンド等の石油関連業および鉄鋼業、機械工業、金属加工業、食用油製造業、水産加工業等の鉱油・動植物油脂取扱業種など多岐に亘っている。また、石油タンクやタンカーの事故による流出、船舶からの排出、不法投棄等も突発的

* 昭和52年11月8日本会第59回例会において発表

** 日鉱エンジニアリング㈱開発室

*** 日本鉱業㈱中央研究所資源研究室
 昭和52年10月3日受理

であるが大量の排出源となることは周知のとおりである。

このような油濁は直接間接に重大な環境問題を惹起する。石油化学コンビナート地区における重油流出事故、赤潮の発生等は沿岸漁業はじめ、ノリ、ワカメ類の養殖業、海水浴場等に大きな被害を発生させ、大きな社会問題となっている。

海洋汚染のみならず、淡水域においても、農業への被害、河川の汚濁、飲料水の汚染等様々な被害が発生している。

2.2 法による規制

わが国の油分の排出規制は、水質汚濁防止法に基づき、工場、事業場の排水について行なわれている。

水質汚濁防止法は、水質汚濁に係る廃水を排出するおそれのある施設を特定施設として指定し、特定施設から公共用水域への排水について、第1表の総理府令による排出基準を適用している。さらに全国的基準に都道府県がそれより厳しい上乗せ基準を設定することができるとされている。ガソリンスタンド、整備工場等における関東、中国地区都県の上乗基準は第2表のようである。

2.3 廃水中の油分の形態

含油廃水は油の存在状態によって、次のように大別される。

1) 遊離状の含油廃水

2) エマルジョン状含油廃水

1)はフリーオイルを含む廃水の場合で油の粒径によって単純な機械的混合状態のものからエマルジョンに近い細かいものまで種々の段階が存在する。2)は乳化剤など表面活性剤を使用する廃水などにみられる安定なエマルジョン状の場合で、廃水処理にはもっともやっかいなものである。実際の廃水は1)と2)が共存する場合が大部分で、さらに各種のSSが混入しているものが多い。また水溶性の油分も一部の廃水には存在する。

第1表 特定施設の排水基準（抜粋）

項 目	許 容 限 度
pH	5.8～8.6（海域5.0～9.0）
n-ヘキサン鈹油類 (p.p.m)	5
SS (p.p.m)	200（日間平均 150）
BOD (p.p.m)	160（日間平均 120）
COD (p.p.m)	160（日間平均 120）

3. 含油廃水の処理方法

3.1 重力分離法

油と水の比重差を利用する最も基本的な処理法であり、前処理として非常に効果的である。構造的には単に分離槽だけの簡単なものから、API方式、さらに有効水平面を増加して処理能力の向上をはかったプレート式など種々のオイルセパレーターがある。第1図にAPIオイルセパレーターの構造を示した。重力分離法は遊離状の含油廃水処理には適しているが、エマルジョン状含油廃水の処理は困難で処理水の油分は15～30 ppmが限度といわれる。従って重力分離しただけで廃水を放流することはできない。また経済的にも設置面積が大きい等の欠点がある。

3.2 吸着・浮過法

分散油は、コアレササー等により油滴を粗粒化して重力分離する方法が採られたり、あるいは、吸油材を水面に浮かべたり、吸油材の充填層に廃水を圧入して分散油を吸着浮過する方法も行なわれている。しかし、この方法は、処理水の油分は5 ppmが限度といわれる。

活性炭などの吸着剤を用いて、油分を吸着除去する方法は一般に各種の機械的処理の高度処理段階で使用されるが、吸着能に制約のあることが実用上の隘路となっているようである。吸着剤としては活性炭のほかに天然有機物、酸性白土、珪藻土、活性アルミナ、多孔性合成樹脂などがある。

3.3 凝集法

重力分離方式で処理できないエマルジョンタイプの油分は無機および有機高分子凝集剤等を添加してブレーキングの後凝集させ、沈降分離あるいは浮上分離によって除去する。この方法は重力分離に比べて滞留時間が短かく、油分の除去率も一般に高い。また、凝集後の固液分離については沈降法に比較して浮上分離あるいは浮過法はかなりコンパクトな設備でよいが、浮過法については浮材の目詰りによる逆洗、浮材の交換等が避けがたい問題であり、それぞれ一長一短があり一概に比較はでき

第1図 API オイルセパレーター

第2表 都道府県の上乗せ基準

() 特に規制なく条例又は水質汚濁防止法の基準を適用

地区	項目 都道府県	水質汚濁防止法第3条第3項に基づく都道府県の排水基準を定める条例(上乗せ基準)					
		条例番号 公布日	水量規制	水質			備考
			< > 以上 《 》 以下	SS 最大/日平均	n-ヘキサン 鉱物油	n-ヘキサン 動植物油	
関東	東京	—	—	—	—	—	n-ヘキサン動植物油 5 ppm は江戸川, 多摩川水域, 10 ppm は荒川, 城南, 鶴見川, 東京湾水域
	茨城	—	—	—	—	—	油分 1 ppm は鹿島灘水域, 他水域, 鉱物油 5 ppm, 動植物油 10 ppm, 霞ヶ浦水域については水量新設のとき 20 m³/日以上
	栃木	第6号 47. 3. 28	<30>	50/40	5	10	
	群馬	第7号 47. 3. 21	<50>	60/50~180/150	5	30	SS 60/50 は利根川水域
	埼玉	第61号 46. 10. 15	<30> ^{新設} <10>	60/50~90/70	5	(30)	SS 60/50 利根川, 荒川上流水域, 他90/70
	千葉	第68号 46. 12. 25	<30>	90/70 130/110	3	(30)	第1, 第2, 第3種水域
	神奈川	第52号 46. 12. 15	<50>	甲新 15/10 甲旧 50/35 乙新 70/40 乙旧 90/70	3	甲 3 乙 5 海 10	甲水域: 水質保全湖沼および他の湖沼, 乙水域: 一般河川, 海域, 甲水域に排出する場合 50 m³/日 未満にも適用, SS のみ最高 160 ppm
中国	鳥取	第40号 48. 10. 16	<50> 《50》↔<25>	200/150 200/150	5 20 新 5	30 30 30	
	島根	第48号 48. 10. 16	<10> <25>	200/150 200/150	20 5	30 30	
	岡山	第65号 46. 12. 21	《50》	200/150	5	(30)	
	広島	第69号 46. 12. 24	<50> } 第1水域 } 第2水域 } 第3・4水域 }	90/70	8 12 20	} 8 20	
	山口	第5号 47. 3. 31	<50>	200/150	5	30	特に上乗せ基準なし

油水分離機について

ないが、結局、浮上分離法が原理的に多くの場合優位な方法と考えられる。

4. 新しい型式の油水分離機の開発

4.1 開発の経緯

前述のとおり、油濁水の処理には浮上分離法が現在、広く利用されており、その中では加圧浮上法が最も一般的である。加圧浮上法は加圧溶解せしめた空気を大気圧下で解放させ、凝集懸濁物を核として微細気泡を析出させることによって、見掛比重を小さくして浮上分離させるもので、少なくとも現象的には金属鉱山で広く用いられている浮選法によく似た方法である。われわれはこの点に着目して従来の加圧浮上装置に比し、より簡便な浮選機型の浮上分離装置を開発するため、昭和50年初頭から本研究に着手した。この間、本装置の心臓部である気泡発生装置に種々検討を加え、最終的にはインペラタイプ及びパイプ式ミキサーの気泡発生装置を有する2機種を開発した。

処理対象の含油廃水としては前述したように様々なものがあるが、開発段階では研究効率も考慮し、ガソリンスタンド廃水にしばって検討を進めた。

4.2 構造、機構

開発過程で、いくつかのスケールアップ段階を経て最終的に半実用機として設計、製作し、現地試験に供した

第2図 現地試験に使用した半実用機

第3表 ガソリンスタンド用油水分離機仕様

項 目	仕 様
1) 処 理 能 力	最大 3m ³ /H
2) 装置の大きさ	1500mm×600mm×1450mm (長さ×巾×高さ)
3) 機 器	
イ. 原 水 ポンプ	フロートスイッチ付水中ポンプ 口径 32mmφ 50ℓ/min×5mH 200V 250W モーター
ロ. エアレーター	インペラー式 940RPM 200V 400W 立型モーター
ハ. 薬注ポンプ	ダイヤフラム式 2台 (6W, 30W モーター)
ニ. スキンマー	ブレード式 10RPM 5W 減速モ ーター
ホ. スカム受台	1式
ヘ. 制 御 盤	1式

浮選機型の新型油水分離機を第2図に示した。本機の特徴は④の気泡発生装置にあり、インペラーの回転によって気泡を発生させる点は従来の浮選機と似ているが、微細気泡を多量に発生させるようにインペラー部に特に工夫がされている。また、インペラーの攪拌動力は極力気泡発生に消費させて、分離槽内のパルプの動揺を最小限度に小さくしてある点も大きな特徴といえる。

なお、第2図の半実用機によるデータを基礎に製作されたガソリンスタンド用実用機の仕様を第3表に示した。

4.3 処理方法

第2図において、原水パイプ①から供給された含油廃水中の油分等は条件槽②及び浮上槽③の下部において添加された薬剤により凝集され、気泡発生装置内において発生した微細気泡に接着浮上して隣接した分離槽⑤に流入し、ここで油分および固形物はスカムとしてスキンマー⑥によってかき取られ、処理水は中央部の取水パイプ⑦を通して排水される。

具体的な個々の廃水処理に当っては、薬剤の種類および添加量などに最適条件を選定することが必要で、この点は浮選技術の新しい応用分野として今後新たな展開が期待されるところである。

4.4 気泡発生方法の異なる油水分離機の開発

前述の気泡発生をインペラーにより行なわせる浮選機型のものと並行して開発したパイプ式ミキサーによる気泡発生型の油水分離機を第3図に示した。

本機は本質的には浮選機型のものと変らないが、発生気泡量の調整が可能など浮選機型とは別の特長を有し、用途によって適用範囲の異なるものである。

第3図 パイプ式ミキサー気泡発生油水分離機

5. 人工廃水による性能確認試験

5.1 人工廃水の調製

供試廃水として、実験室段階ではT市内のガソリンスタンドの実態調査結果に基づき、次のような人工廃水を調製して試験に供した。即ち、モーターオイル、ホットワックスおよび合成洗剤を100:30:15の混合比でモーターオイル濃度1500ppmに設定し、攪拌機で機械的にエマルジョン化したものを原水として、これを第4図に示すような方法で適宜希釈し、試験に供した。

5.2 油分の分析法

油分の分析は、JISに基づくn-ヘキサン抽出法および堀場製作所製の油分計(OCMA-200)によった。油分計は四塩化炭素抽出-赤外吸収を原理とするもので、n-ヘキサン法による分析値と油分計の値とは対象の油を同一

第4図 原水の供給方法

とすればよく一致した。

5.3 薬剤種類の検討

薬剤の種類はエマルジョンブレイカーとしての硫酸バンド、PACなどの無機凝集剤、助剤として各種の高分子凝集剤、さらに捕収性を付与するために、酸化鉱物浮選に通常用いられる種々の捕収剤等が使用される。高分子凝集剤及び捕収剤は同時に起泡剤としての働きもかねている。

ガソリンスタンド廃水用としては多くの場合、PAC、カチオンBB、ハイモロック M-366 の3種の薬剤が選定され、使用されている。

5.4 薬剤添加量の検討

薬剤の適正添加量を把握するために3種の薬剤の添加量を要因として添加量5, 10, 20ppmの3水準についてL₉わりつけによる試験を実施して、第4表に示す結果を得た。この結果を要約すると第5表のようで、この範囲の廃油油分濃度に対しては、PAC 10ppm, カチオンBB 10ppm, ハイモロック 20ppmの添加量が適当であることがわかった。

5.5 処理水量の影響

本機の処理能力を把握し、分離機の寸法を決定する設計基準を得る目的で、処理水量と処理水中の油分との関係をしらべた。その結果を第5図に示した。

第4表 L₉による試験結果

試 薬 添 加 量 (ppm)			油 分 値 (ppm)		除去率 (%)
PAC	カチオン BB	ハイモロ ック M-366	原 水	処理水	
5	5	5	41.6	4.4	89.5
5	10	10	52.8	3.2	93.9
5	20	20	39.2	1.5	96.2
10	5	10	32.4	2.0	93.8
10	10	20	39.6	2.2	94.5
10	20	5	54.4	1.3	97.7
20	5	20	58.4	0.8	98.7
20	10	5	40.4	8.1	79.9
20	20	10	46.0	1.8	96.0

第5表 結果の要約

要因	PAC			カチオンBB			ハイモロック M-366		
水準	5	10	20	5	10	20	5	10	20
処理水中の油分 (ppm)	3.0	1.8	3.6	2.4	4.5	1.5	4.6	2.4	1.5

第5図 処理水（水面積負荷）と処理水中の油分との関係

5.6 原水油分濃度の影響

薬剤の適正添加量は廃水中に含まれる油分およびSSの濃度によって変る。使用する薬剤の全添加量の廃水中の油分濃度との比と処理水中の油分との関係を第6図に示した。この結果から示されるように、廃水中の油分と要求される処理水中の油分から、必要な薬剤添加量は求められることになるが、われわれとしては処理水中の油分1 ppm以下を基準と規定して添加量を算定している。また図中に示したように、実際の廃水の場合は油分の他に固形懸濁物が混入しているので、これに消費される分だけ結果はずれてくるが傾向としては同様である。

第6図 薬剤添加量/原水中の油分と処理水中の油分との関係

第6表 循環水々量の影響

循環水々量 (ℓ/分)	原水油分 (ppm)	処理水油分 (ppm)	除去率 (%)
0	66.0	2.4	96.4
6.2	57.2	2.3	96.0
35.0	54.8	1.9	96.5

処理量：10 m³/h、試薬：PAC、カチオンBB、ハイモロック各10 ppm

5.7 処理水機内循環の効果

本機では、加圧浮上法における返送方式と同様に、気泡発生に供する水に極力清浄な水を使用して給廃水には強い攪拌や剪断力が直接作用しないようにすること、および分離槽底面への沈澱物の蓄積を防止することを目的として処理水をインペラーによる負圧を利用して一部循環させる方式としている。この方式によって長期間の運転でも槽内の清掃等はほとんど不要であり、実際問題として管理上の大きな長所となっている。

この循環水の水量が油分除去に及ぼす影響をしらべ第6表の結果を得た。

6. ガソリンスタンド排水に対する実施試験結果

6.1 都内のガソリンスタンドにおける結果

51年7月都内杉並区のT給油所で、同年11月板橋区の

写真 1

第7表 都内T給油所における現地試験成績

月 日	処 理 量 (m³/h)	油 分 (ppm)		油 分 率* 除 去 率 (%)	SS (ppm)		SS 除 去 率 (%)	COD (ppm)	
		原 水	処 理 水		原 水	処 理 水		原 水	処 理 水
7/13	1.0	21	<1	95.2	45	9	80.0	14	12
14	1.0	53	<1	98.1	40	9	77.5	29	19
15	1.0	41	<1	97.6	39	12	69.2	22	17
16	1.0	34	<1	97.1	28	8	71.4	14	15
17	1.0	41	<1	97.6	38	10	73.7	20	19
20	0.75	5	<1	80.0	—	—	—	—	—
21	0.75	5	<1	80.0	—	—	—	—	—
22	0.75	20	1.1	94.5	—	—	—	—	—
23	0.5	6	<1	83.3	—	—	—	—	—
24	0.5	110	2.4	97.8	22	8	63.6	14	28
26	0.5	32	<1	96.9	23	9	60.9	18	20

注) * 油分除去率は油分値 <1 を 1.0 として計算した。

第8表 都内給S油所における現地試験成績

月 日	処 理 量 (m³/h)	油 分 (ppm)		油 分 率* 除 去 率 (%)	SS (ppm)		SS 除 去 率 (%)	COD (ppm)	
		原 水	処 理 水		原 水	処 理 水		原 水	処 理 水
11/16	1.0	31	<1	96.8	490	91	81.4	22	21
17	//	29	1.8	93.8	—	—	60.0	130	48
18	//	330	1.3	99.6	300	49	83.7	—	—
19	//	290	<1	99.7	290	54	81.4	39	29
20	//	270	<1	99.6	140	20	85.7	10	17
21	//	330	1.9	99.4	580	72	87.6	—	—
22	//	300	<1	99.7	1300	10	99.2	43	42
24	//	320	<1	99.7	290	15	94.8	40	17
25	1.5	96	<1	99.0	260	14	94.6	21	27
26	//	83	<1	98.8	350	11	96.9	16	17
27	1.0	85	<1	98.8	130	20	84.6	18	13
28	//	99	<1	99.0	320	36	88.8	—	—

注) * 油分除去率は油分値 <1 を 1.0 として計算した。

第9表 実用機の処理成績

給 油 所	サンプリング 日 時	処 理 水 量 (m³/h)	処理水油分 (ppm)
D	4月22日午前	1.5	0.8
	4月22日午後	1.5	1.6
S	4月22日午前	1.5	0.4
	4月22日午後	1.5	1.6

S給油所でいずれも約2週間にわたって現地試験を実施した。これらの成績を第7表及び第8表に示した。

6.2 岡山市DおよびS給油所における結果

52年4月から岡山市の2箇所の給油所に本報告に係る油水分離機を納入し順調に稼動している。本機の設置状

況を写真1に示した。また納入試運転時に市下水道局においてサンプリング、分析された結果を第9表に示した。

7. む す び

従来の加圧浮上装置に比し、小型で簡便な浮選機タイプの油水分離機を開発したので、その概要について報告した。本機はすでにガソリンスタンド排水、メッキ工場排水等の処理に使用されて好評をかくしている。今後本機がさらに広汎にご活用いただくことを期待するものである。

最後に本研究の遂行に当り、絶大なるご協力を賜った日鉱石油販売株式会社ならびに岡山カクタス石油株式会社の関係各位に深甚なる謝意を表します。