



空気・水・土をきれいにする技術 特集

## 廃棄物を生まない理想の油水分離装置をめざして

Toward an Ideal Oil-Water Separation System to Prevent Waste Generation

福重 俊二 Shunji Fukushige

●経営 SG TC チーム

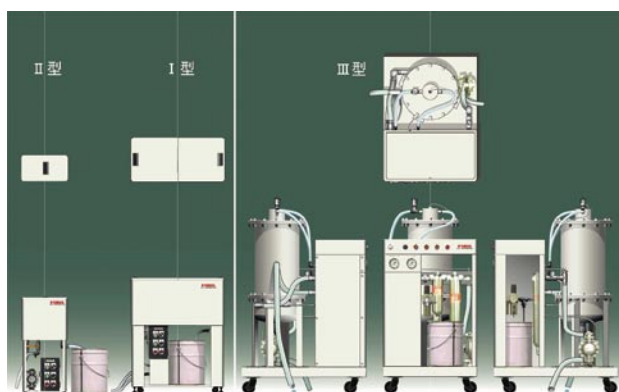


図1 油水分離装置

The purpose of an oil-water separation system is simply to separate oil from water and dispose of at least one of the two. The same can be said of the oil-water separation when applied to the cutting water or washing water used in the metal processing or machining that goes on in our factories. However, if it were possible to completely separate the oil and water that become mixed together in such processing work, wouldn't the oil portion no longer be a waste material? And, wouldn't it be possible to significantly lengthen the usable life of the cutting water or washing water by enabling reuse that would result in a great reduction in the amount of water used? Of course, such separation will be meaningless if the separation system produces other forms of waste such as exchangeable filters. For these reasons we at Yamaha Motor Co., Ltd. strove to develop a system capable of complete oil-water separation without depending on expendable items like filters that end up as new waste materials.

### 1 はじめに

油水分離装置というと、単純に油と水を分けて、少なくともいずれかを廃棄するという事が目的となる。我々の身近な金属や機械加工工程分野の切削水や洗浄水の油水分離においても同様である。しかし、もし加工工程の中で混じった水と油を完全分離できたら、油は廃棄物ではなくなるだろう。切削水や洗浄水の再利用、寿命延命が図られ、使用量の削減が大幅に進むだろう。当然、油水分離装置から交換フィルター等の新たな廃棄物を生み出しては意味がない。ヤマハ発動機(株)では理想的な完全分離とフィルター等、消耗品としての新たな廃棄物が出ない油水分離装置を目指した。

開発は1999年より特機事業部開発室と外部ベンチャーの技術者、そして環境施設室技術開発グループのアドバイスを受けながら、トライアルアンドエラーを繰り返しながら進めた。

## 2 油水分離装置：OL1型

浮上油や分散油を効率よく分離回収する為、まず水中に混濁する油を速く浮上させなければならない。化学的に結合（エマルジョン）していなければ、時間とスペースがあればいずれ油は分離浮上する、しかしそのようなスペースや何日もかける時間は生産現場には無い。そこで、水中の油粒子を大きくし、浮上力を付け、さらに浮上を促進させることを考えた。

### 2.1 粗粒化フィルター

我々は最初に、油水分離を効率的に進めるための水槽、油水分離層の開発に取り組んだ。まず水中の油粒子同士をくっつけて大きくする方法として、100L程度の小さな水槽に電極板を差込み、交流、直流を掛け、油粒子を帯電させて、物理的に粗粒化させる実験を行なった。しかし、液への悪影響が懸念された。実際、長時間運転すると金属イオンの溶出や、浮上してきた油の変色が起きた。また、電極が腐食し交換の必要性も指摘された。並行して親油性のポリプロピレンの粒を詰め込んだフィルター（PPフィルター）（**図2**）を作り、そこへ、油水を通過させる実験を重ねた。水中の油粒子はPPフィルターを通過後、油水分離層内で粗粒化し見事に浮上し、浮上効率も電極板より高いことが確認された。これならPPフィルターを定期的に洗浄すれば、交換する必要もない。

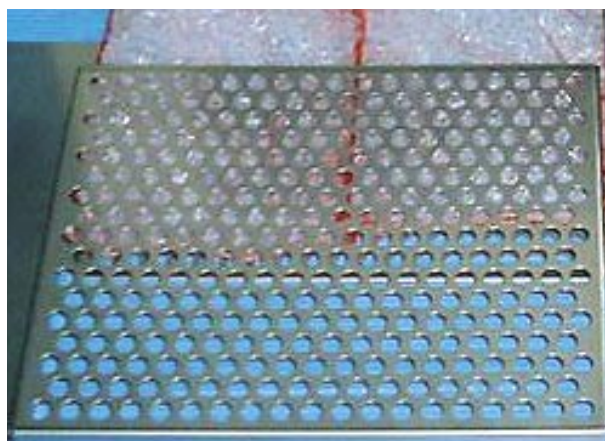


図2 PPフィルター

### 2.2 浮上促進傾斜板

次に、浮上を促進させる為、傾斜板を作成した（**図3**）。油粒子は、斜めに何枚も差し込まれた板と板の間隙を浮上移動するだけで傾斜板に付着し、層を成し、浮上が促進されるという原理である。傾斜板にはやはり親油性のポリプロピレンの板を使用した。長時間使用すると膨張により変形してし

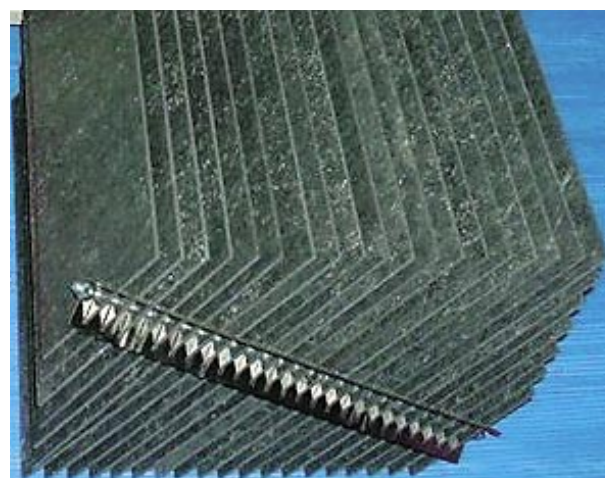


図3 浮上促進傾斜板

まった為、ポリプロピレンの板にガラス繊維を積層させることで、高温や長時間の使用でも変形しない傾斜板を製作した。また、清掃メンテナンスを考え、一体のモジュール構造とし、水槽から脱着出来るようにした。

PP フィルターと傾斜板の 2 段構造で浮上した油は最終段階で比重差分離するが、その前に、工作機械のタンクの水面に油と泡が混在している場合、分離槽の中でも分離された油の上に泡の層が形成され、回収されるのは泡ばかりで、油はなかなか排出されないという現象が起きた。「泡の立つ液には使用できません」となっている既成の油水分離装置も多い。これでは目的を果せない。試行錯誤を繰り返した結果、泡の下の油層域に合うスリットを何段か設けることで、油だけを排出することが可能になった（**図 4**）。ただし、泡立ちの無い油では、このスリットは外す。



図 4 最終回収口

### 2.3 油水分離槽に送るためのポンプ

ポンプの選定には、カスケードポンプやダイヤフラムポンプなど、何種類かのポンプで実験をした結果、吸引してくる油の粒子への物理的影響の比較的少なかったダイヤフラムポンプを使用することとなったが、流量コントロールに制限があった、なるべくゆっくり吸引したいとき、エア調整では限界があり、エアを絞るとポンプは停止した。一方、小さな水槽でダイヤフラムポンプを通常運転すると、油水分離する間もなく排出された。そこでポンプ側に流量コントロールバルブを新たに設計し、ポンプ本体でのコントロールを可能にした。これで油水分離槽内の油水分離の性質に応じて、滞留時間をコントロールすることが出来た。

### 2.4 回収ノズル（図 5）

工作機械のタンク内の液は常に循環している。それでも油は水面に近いところ程多い。処理しなければ、液の最上部には浮上油の膜が出来る。この油の膜によって酸欠状態になった水は嫌気状態になり腐敗する。特に夏場になると工場内が腐敗臭で満たされ、臭くてたまらないといったことがあるが、これは水溶性切削水等の腐敗臭が原因である場合が多い。



図 5 回収ノズル

油吸着ベルトを使ったオイルスキマーを使用して浮上油の回収を行なっているケースが多いが、ベルトに接触しないとなかなか回収できない為、十分に目的を果していないケースが多く見受けられる。そこで、我々は、80mmの口径を持つサクションを製作した。このサクションは、フロートとジャバラのカップに吸引パイプを差し込んだ構造で、ポンプによる吸引が開始されると、カップ内の水位が下がり、それにつれフロートも下がり、タンクの水面の液がカップ内に流入するといった原理で、非常に効率よく水面域の油水が取り込めた。実際実験を行なうと、4m×4mの表面積の水槽では、浮上油は5分から10分程度で無くなった。

こうして構成された機構に、回収油が満タンになると自動停止する機能を付け加え、デザイン的には、突起物をなくし、油を溜める為の何処にでもあるペール缶を装置内部に入れるようにし、油水分離装置 OL1 型（処理流量 900L/h）が完成した。現在処理流量 300L/h の OL2 型、2400L/h の OL3 型を加え 3 種類のラインナップとなっている（図 1）。

### 3 他流試合

社内で比較テストを行なった結果、油水分離装置 OL1 型は、他社製品を圧倒する分離性能を発揮した（図 6）。そこで我々はいきなり社外での評価に乗り出した。乱暴ではあるがこの油水分離装置が本当に世間でも通用するのか、それを知りたかった。自動車メーカーや部品メーカーで、デモテストをお願いした。各社快くデモテストに応じてくれた。水溶性切削液、鍛造の離型剤、洗浄液と試した。評価は高く、大手自動車メーカー、部品メーカーで採用された。しかし、中には自信を打ち砕くケースもあった。高温の脱脂洗浄液のデモテストではトラブル続きであった。一つ解決するとまた一つと、次から次に問題が発生した。小さなゴミ、70℃という高温と強アルカリ、そして、冬場気温が下がると、分離槽内の油の粘度が急激に上がり、硬い膜を形成し、油は排出されるどころか、下部の水が上部の油層を破り油回収側に水が多量に排出された。エア逆洗機構、耐アルカリ材質のポンプとバルブ、高粘度対策を施し1年掛かりで改良を続けた。

こうして、今までベルトで回収しきれなかった油の回収は勿論、排出した油の水分が数パーセント、水分が多いとして廃棄物処理されていた廃棄油の大幅削減が可能になり、さらに現在、現場では廃棄油を回収油として、リユースを進める方向で検討に入った。

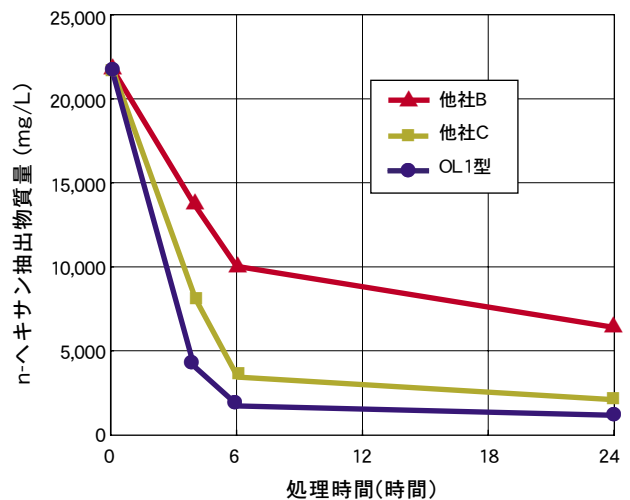


図 6 処理時間と油分（n-ヘキサン抽出物質量）の関係

## 4 回収油の再利用

OL1型で回収された油の水分が少ないことから、冷間ロール成型機を持つ大手自動車メーカーから課題が提示された。油で成型された部品を洗浄した液から油を回収し、もう一度再生油として成型機に戻せないかということである。回収した油には、劣化を抑える為、60℃以上の熱をかけてはいけない。処理時間も1時間以上かけてはいけない等の制約が付いた。勿論、これによる廃棄物を出してはいけない。エネルギーも最小限にとどめる必要がある。OL1型での分離テストを行なったところ、水分は1～1.5%。管理値は0.5%以下。そこで、もう一段水分を除去する為に、独自で自動真空脱水装置を開発した。油の水分は最高で0.04%という結果が出た。油の粘度も耐荷重も使用に耐えるものになった。

このように生産現場の環境が変われば新たな課題が出る。我々が直面した課題はまだほんの数例に過ぎないが、加工方法の進化や周囲の環境への取り組みによって課題は次から次と生まれてくるに違いない。

## 5 おわりに

資源の有効活用を図るため、多くの企業ではISO1400環境マネジメントシステムの下、目標値を設定して、改善に取り組んでいる。我々も廃棄物を廃棄物にしない、新たな廃棄物を生まない理想の油水分離装置を目指して、社内外の協力を得ながら一つ一つ進化していかなければならない。

### ■著者



福重 俊二