

クーラント廃液処理装置 BIO-FINE[®] (バイオフィン)

BIO-FINE[®] : Treatment Plant for the Waste Fluid of Aqueous Coolants

キーワード

クーラント、切削・研削油剤、アルカノールアミン、有害難分解性物質、活性汚泥、特定微生物、好気性微生物、微生物固定化、生物リアクター

技術開発部商品企画部

菅沢剛一
中谷恒二
川倉勝之

1. はじめに

わが国の河川、湖沼、海域などにおける水質汚濁の原因の半数近くは産業廃水によるものである。特に湖沼、海域などの閉鎖水域での水質改善と処理対策の推進が強く望まれており、法規制が強化されつつある。しかし産業廃水は、有害で分解しにくい物質を含む場合が多く、従来法では対処しきれず、適切な処理方法も確立されていないのが現状である。このような状況のなか、特定の微生物による廃水処理技術の確立が各方面から期待されている。

今回、㈱ネオスとの共同開発により、見い出された微生物を用いることによって水溶性クーラントを高濃度のまま処理することが可能になった。本稿では、その処理システムの概要と成果の一端を紹介する。

2. 廃液処理システムの概要

2.1 システム開発の背景

機械加工工場では、各種の切削・研削油剤（クーラント）が使用されており、これらは原液のまま使用する不水溶性と使用時に水で希釈する水溶性に大別できる。一般的に、低速重切削下では、不水溶性クーラントが多く用いられてきたが、近年の加工条件の高速化や作業環境上の理由と消防法上の規制により、水溶性クーラントへの転換が進んでいる。しかし、水溶性クーラントは、その性能の向上もさることながら、使用後の廃液処理という大きな課題を抱えている。

この種の廃液は、アルカノールアミンや、鉱物油、脂肪酸、界面活性剤などを多量に含み、COD(化学的酸素要求量)、BOD(生物化学的酸素要求量)の値が水質基準値を大きく上回るため、通常、何らかの処理を行ってから排出さ

れる。含有成分の中でアルカノールアミン以外の物質は、従来の物理化学的な凝集処理と活性汚泥処理により大部分が処理可能である。他方、アルカノールアミンは水との親和性が非常に高く、凝集処理ではほとんど除去できない。このような廃液を高濃度のまま活性汚泥で処理すると、活性汚泥中の微生物が死滅し、正常な運転が困難になったり、未分解物質が、そのまま放流されて二次汚染の原因になる。

そこで、水溶性クーラントの廃液を処理するために、生物リアクター方式のクーラント廃液処理装置(BIO-FINE)を開発した。

2.2 水溶性クーラントにおけるアミン化合物の役割

表1に一般的な水溶性クーラントの種類と含まれる成分の割合を示した。アミン化合物は水ベース合成油剤の防錆力、清浄性の向上、pHの制御、酸性化の中和と潤滑性に寄与し、トリエタノールアミン、ジエタノールアミン、モノエタノールアミンが広く用いられており、廃液中におよそ

表1 水溶性クーラントの成分組成⁽¹⁾

油剤の種類 成分	エマルジョン (W1種)	ソルブル (W2種)	ソリュージョン (規格外)
鉱油(基油)	50~80 %	0~30 %	- %
油脂および脂肪酸	0~30	5~30	-
極圧添加剤	0~30	0~20	-
界面活性剤	15~35	5~20	0~5
アルカノールアミン および無機アルカリ	0~5	10~40	10~40
有機インヒビター	0~5	5~10	0~20
無機インヒビター	-	0~10	0~20
防錆剤	2以下	2以下	2以下
非鉄金属防食剤	1以下	1以下	1以下
消泡剤	1以下	1以下	1以下
水	0~10	5~40	20~50
希釈倍率 外観	10~30 乳白色	30~50 半透明または透明	30~150 透明

10,000ppm含まれる。また、これらのアミン化合物は工作機の摺動面潤滑油などによるエマルジョン化を防ぐ（抗乳化）作用もあり、水溶性クーラントに欠くことのできない成分である。したがって、水質汚染の原因となるこれらのアルカノールアミンの処理は非常に重要な課題といえる。

2.3 BIO-FINEの特徴および従来法との比較

BIO-FINEは特定の好気性微生物を担体に固定化し、リサイクルさせる生物（バイオ）リアクター方式の廃液処理装置である。生物処理に用いる微生物は、酸素を必要とする好気性と酸素を必要としない嫌気性に分けられるが、維持管理の点から好気性微生物の方が取り扱いやすいと言える。本装置の、特徴と利点を以下に紹介する。

2.3.1 特徴

本装置には次のような特徴がある。

(1) 高濃度のアルカノールアミンの処理が可能

10,000ppmのアルカノールアミンを3日以内に処理できる。

(2) 設置スペースが少ない

希釈せずに処理できるので、反応槽が小さくなり、設置面積も少ない。したがって、中間処理装置として既存設備に容易に付加できる。

(3) 回分（バッチ）法であり操作が容易

0.5、2.0、5.0m³/バッチ 処理が可能で3タイプがあり、制御運転を自動的に行える。

(4) 汚泥発生量が少ない

微生物を固定化して利用するため、余剰汚泥が発生しにくく、しかも薬剤使用料が少ないのでスラッジ発生量も少ない。

(5) 省エネルギー方式である

常温、常圧で運転するため、消費電力が少ない。

このような生物処理を行うには、微生物を増殖させるための環境条件を整えて活性な状態を維持することが必要である。その条件を表2に示した。

表2 微生物の増殖に関する環境条件

条 件	
①	栄養物質の濃度、負荷量
②	水温、pH、溶存酸素濃度
③	滞留時間、処理水の循環
④	微生物濃度
⑤	微生物の生息場所
⑥	処理の段数（処理の分割）
⑦	攪拌速度および曝気量

2.3.2 特定微生物による生物処理と従来法との比較

従来から用いられている活性汚泥法もまた、好気性微生物を利用したプロセスであるが、200種以上の細菌や原生動物が代謝活動を行う混合培養系である。したがって多種類の有機化合物を含む廃液であっても低濃度であれば、かなりの成果が望める。しかし、特定の有機化合物を高濃度を含む場合は大量希釈が必要となる。さらに、有害な難分解性物質を含む場合、未処理のまま放流されたり、汚泥の活性低下に伴う各種のトラブルが発生する。また、わが国では、冬期と夏季で、20℃以上も反応槽の温度が異なることがあり、生物処理の反応速度に温度の影響が大きく現れる。そのため、安定した水質を確保するには、反応時間を十分に長くとることが要求され、おのずと大規模な設備と設置場所が必要となる。一方、特定微生物による処理には次のような利点がある。

- (1) 高濃度廃液を処理できるので、大量希釈が不要となり反応槽を小さくできる。
- (2) 特定の有機化合物に対する分解活性が高くなる。
- (3) 有害な難分解性物質の処理が可能である。
- (4) その微生物に最も適した環境条件を設定するので運転管理しやすい。

これらの特徴と利点は、水溶性クーラントのように有害で難分解性物質であるアルカノールアミンを高濃度を含む廃液の処理には非常に適している。

2.4 生物リアクターによる処理効率の向上

生物リアクターでは、微生物の生体系で行われる様々な生化学反応を利用している。これらの生化学反応はタンパク質で構成される酵素の触媒作用により促進される。触媒としての酵素は基質特異性、反応特異性が高く、常温、常圧などの生理条件下で非常に効率良く有機物を分解する。今回は難分解性物質を常温、常圧で分解する酵素を保有する微生物を特殊な担体に固定化し、菌体そのものを生体触媒として利用する方法を用いた。このような固定化生体触媒を用いる生物リアクターには表3に示すような長所がある。

表3 固定化生体触媒の長所

長 所	
①	連続的な処理（反応）が可能
②	微生物（酵素）を反復利用できるため効率が上がる
③	菌体密度が高まり処理（反応）時間が短縮化できる
④	副生成物が少ない
⑤	微生物（酵素）の安定性が増す
⑥	複雑で多段的な反応を単一のリアクターで実施可能

3. 生物リアクターシステムの構成

本システムは、回分法であり、スラッジおよび浮上油の分離を行う原水導入ユニットと物理化学的処理を行う前処理ユニットおよびシステムの心臓部ともいえる生物リアクターユニットから構成されている。各ユニット毎の作業はタイムチャートにしたがって制御運転される。そのシステムフローの概略を図1に示す。各々のユニットの特徴と役割を以下に紹介する。

3.1 原水導入ユニット

水溶性クーラントの廃液には切削・研削という工程の性質上、各種の金属粉や砥石の磨耗粉といったスラッジ類および工作機械摺動面の潤滑油などが混入する。工場において発生した廃液を原水槽に貯留することにより、スラッジ類が沈降し、油類は浮上する。しかし廃液を前処理槽へ移す際に、これらの一部が揚水ポンプで吸引されることは避けられない。そこで、まず油水分離槽によって、吸引されたスラッジ類と油を沈降もしくは浮上分離しながら、中間層の液をオーバーフローさせ、次工程へ供給する。

3.2 前処理ユニット

前処理ユニットは、前処理槽、精密濾過器および濾過水槽から成る。前処理槽では受け入れた廃液の酸処理を行う。酸処理により、有機酸や界面活性剤は不溶化し、エマルジョン化した油も解乳化する。これらの成分は徐々に凝集し、浮上する。酸処理終了後、循環ポンプにより、酸処理槽と精密濾過器の間を循環させながら透過液を濾液槽に蓄える。上記の操作により生物阻害成分を除去する。

3.3 生物リアクターユニット

生物リアクターユニットは調整槽と生物リアクターで構成されている。通常の運転時には、廃液が循環ポンプによ

り一定の流速で両者の間を循環される。調整槽と生物リアクターには、次のような特徴と役割がある。

(1) 調整槽

調整槽では、濾過水槽から送液された酸処理液の中和と循環中の高濃度のアミン含有廃液のpH調整や温度調整を行う。調整槽での操作は並置した生物リアクター中の微生物に対して急激な環境変動が起こることを緩和する作用がある。また調整槽に設置した攪拌機は、pH調整と温度調整を効率良く行うほか、大気中の酸素を溶解し、調整槽で溶存酸素が不足し嫌気状態になることを防ぐ役割も果たしている。

(2) 生物リアクター

今回、担体に固定化した微生物(図2参照)は(株)ネオスと共同開発したものであり、アルカノールアミンに対して高い分解活性を示す。担体表面に固定化された微生物は、高濃度のアルカノールアミンを分解資化し、最終的にアンモニアを生成する。この生物処理により無害化された液は、既存の排水処理施設に排出可能となる。担体に固定化した微生物は特許出願微生物であり、通産省工業技術院生命工学工業技術研究所に寄託済みである。

4. 生物リアクターシステムの適用 (水溶性クーラントの処理)

次に本システムの適用例を紹介する。今回の処理テストでは、1バッチ600ℓの処理能力をもつパイロットプラント(図3参照)を用い、JIS規格W2種(表1参照)に相当し、ソリュブルとソリュションの中間的性質をもつセミケミカルタイプの廃液について処理を行った。この種のクーラントは主として研削工程で使用されている。廃液は

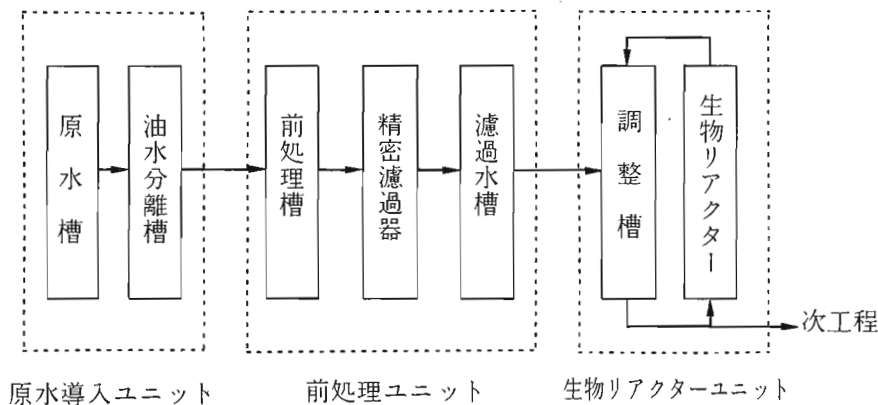


図1 システムフロー

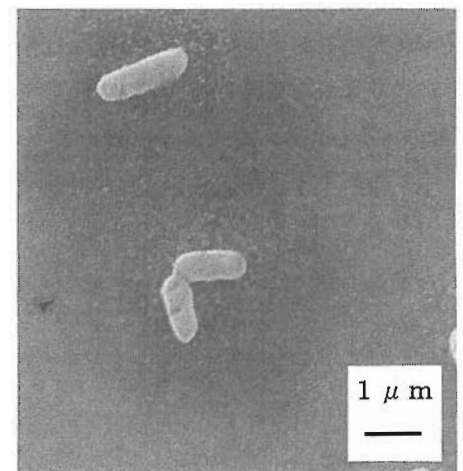


図2 アルカノールアミン分解菌

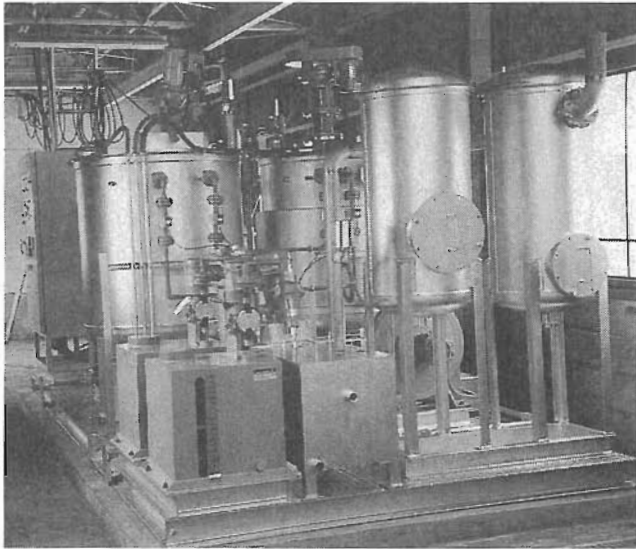


図3 装置の外観

pH9のアルカリ性を示し、金属や砥石の磨耗粉、浮上あるいはエマルジョン化した機械油が混入していた。この廃液に対して油水分離とスラッジ分離、酸処理、および精密濾過を施し、中和後に生物リアクターで処理を行った。生物処理中のトリエタノールアミンとアンモニウムイオンの経時変化を図4に示した。調製槽に導入した廃液に含まれるトリエタノールアミンの初期濃度はおよそ10,000ppmであったが、循環後約1時間で均一化され約5,000ppmになった。その後、循環と曝気を行い、固定化された生体触媒と接触を繰り返すことによって、36時間後には、ほぼ完全に分解できた。原水および生物処理後の水質測定結果を表4に示した。生物リアクターシステムにより原水に含まれたトリエタノールアミンがほぼ完全に分解されただけでなくCOD、BODも1/10以下に低減できた。

5. 処理システムの応用

以上、クーラント廃液処理装置(BIO-FINE: バイオフィン)は高濃度のアルカノールアミンを含む廃液を効率良く処理できるシステムであることを紹介した。

一方、水環境の規制強化とISO14000の広がりにより、各企業において、社内廃棄物の低減と自社内処理が推進されている。その結果、水溶性クーラントに対しても長寿命化と効率的な廃液処理方法の確立が望まれるのは必至である。今後はW1種相当のエマルジョンタイプに対しても長寿命化対策の一つとしてアルカノールアミン含有量を増加させる方向に進むものと考えられる。また従来、洗浄剤として広く用いられてきたフロン113や1,1,1-トリクロロエ

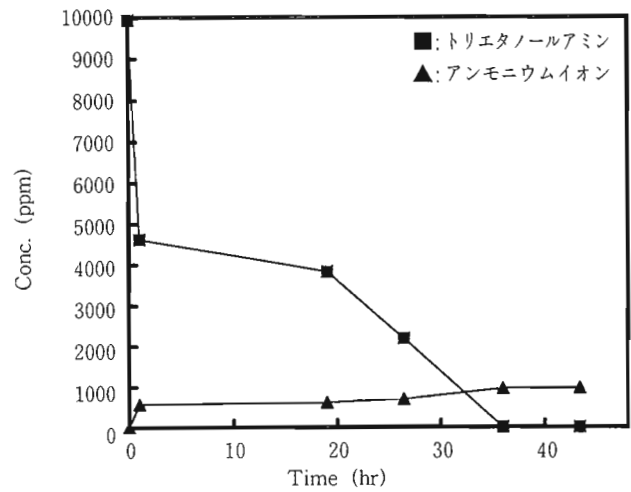


図4 水溶性クーラント廃液の処理例

表4 水質測定結果

測定項目	工程	原水	生物処理後
TEA*	(ppm)	10040	ND**
COD	(mg/l)	9820	710
BOD	(mg/l)	12600	600
pH	(-)	9.1	7.4

* トリエタノールアミン
** 検出されなかった

タンの全廃により、代替洗浄剤となる水系洗浄剤の成分としてモノエタノールアミンの使用量が増大しつつある。このような趨勢において、アルカノールアミンの処理は、さらに重要になるものと予想される。

6. おわりに

水環境の保全に関わる生物処理の動向とクーラント廃液処理装置の概要および、その成果の一端を紹介した。環境に関する規制強化と自主管理が推進されるにつれ、新しい廃水処理技術に対する期待がますます高まるものと予想される。したがって、特定微生物による廃液処理は、自然界の浄化作用に最も近く、環境に対する負荷が小さいため、将来、さらに重要な役割を担うものと考えられる。本稿が、機械加工分野のみならず広く、環境の保全と改善のための参考になれば幸いである。最後に、本開発を進めるにあたり終始、有益な助言を頂いた㈱ネオスの大川直士博士ならびに中央研究所の皆様へ深く感謝いたします。

文献

(1) 三木健義; 機械と工具, (9), p.19-25 (1991)