

# 省コストで環境負荷を低減する産業向け排水処理技術

Industrial Wastewater Treatment Technologies to Reduce Environmental Burdens at Low Cost

堤 剣治      山梨 伊知郎      深谷 太郎

■ TSUTSUMI Kenji      ■ YAMANASHI Ichiro      ■ FUKAYA Taro

近年、製造業のグローバル化や価格競争の激化により、多様な国や地域において省コストで環境負荷を低減する排水処理システムが求められている。

東芝は、このニーズに応えるため、“無薬注”をコンセプトに様々な排水処理システム TOSAQUA™ シリーズの開発を進めており、微細な懸濁物質や難脱水性の排水に対して、凝集剤を使用せず省コストで運転可能な無薬注ろ過処理システムを実用化し、環境負荷の低減に貢献した。また、油分を含みろ過に適していない排水に対しては、油分を選択的に吸着処理する機能粉を、1日当たりの排水処理量が1,000 t以上の大水量の場合に対しては、省スペースでイニシャルコストを低減できる超高速沈殿装置を、それぞれ実用化した。様々な状況に応じて最適な排水処理技術を適用できるようにして、省コストで環境負荷を低減するスマートな水ソリューションを提供できる。

Accompanying the globalization of manufacturing industries and intensification of price competition in recent years, there is an ongoing need for both cost saving and low environmental load in the field of wastewater treatment systems throughout the world.

As a solution to this issue, Toshiba has been developing the TOSAQUA™ series wastewater treatment system for industrial use based on the concept of utilizing nonchemical methods. We have successfully put a nonchemical feed filtration system that uses no coagulants into practical use for the treatment of wastewater with minute suspended solids and poor dewaterability, which is contributing to the reduction of environmental burdens. Moreover, we have developed the following technologies that further reduce initial costs: (1) a functional powder that can adsorb various oils, and (2) an ultrahigh-speed precipitation unit that can be installed in a small space. By incorporating these technologies into wastewater treatment systems as needed, we can provide a smart wastewater treatment system realizing the optimal solution with lower cost and lower environmental burden according to the volume of water treated.

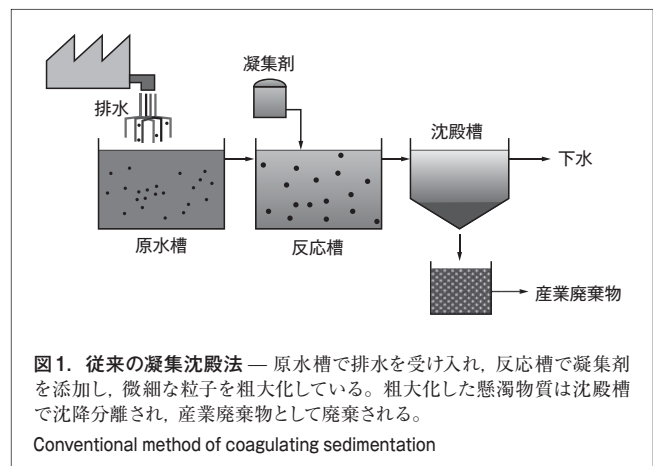
## 1 まえがき

近年、製造業のグローバル化により、地域、環境、及び文化の多様性に応じた水質汚濁への対応が求められている。また、価格競争の激化により、省コストで環境負荷を低減する水ソリューションが要求されている。従来の排水処理システムでは、薬品により汚濁物質を凝集し、沈殿槽や加圧浮上分離槽で固液分離を行い、水を浄化している。この際設定される薬品注入量は、排水される水質が変動した場合の最大負荷量を想定しているシステムがほとんどであり、ランニングコストの増加につながっていた。また、沈殿や加圧浮上分離には大型の装置が必要であり、処理量が変動した場合、柔軟に対応できなかった。

東芝は、それらの課題を解決するため、無薬注で繰り返し使用できる素材と、コンパクトで処理時間を短縮できる排水処理システムの開発を推し進めてきた。ここでは、それらの具体的な技術について述べる。

## 2 産業排水処理におけるスマートコンセプト

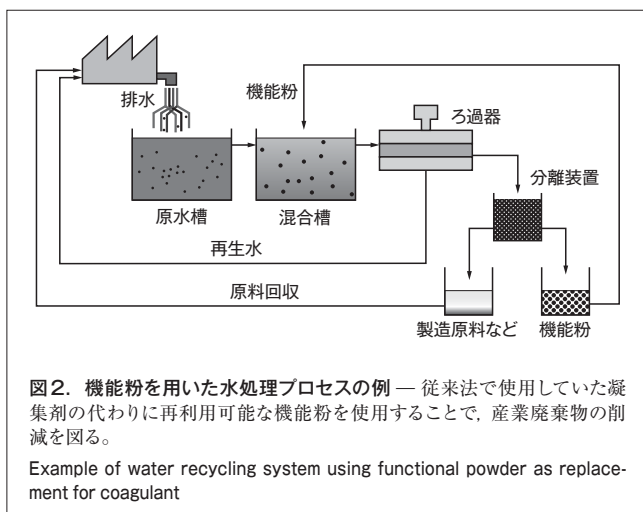
産業排水用の処理システムの開発は、製造工程で生じる特



定物質だけを排水から除去することで、水のリサイクル、資源の回収、及び汚泥の削減を同時に狙ったものである。

従来の排水処理では、様々な廃棄物が混在した状態の水に対し、汚濁要素を薬品で固めて凝集沈殿処理を行っていた。従来の凝集沈殿法の一例を図1に示す。

本来、有価物を選択的に回収する場合は、除去処理は他系統の排水と混合する前に、その排水中の対象物質だけを効率的



に処理することが望ましい。そこで当社は、薬品注入の代わりに、再利用可能な新素材（以下、機能粉と呼ぶ）を処理対象ごとに開発し、これをコア技術とした排水処理システムを設計している。機能粉を用いた排水処理システムの一例を図2に示す。

このシステムでは、主な排水処理であるろ過処理、吸着処理、凝集沈殿処理と機能粉を組み合わせることで、様々な排水を対象とした処理システムを構築できる。例えば、粒子径が小さい無機系排水についてはろ過助材用機能粉とろ過処理を用いた無薬注ろ過システム、また、凝集が難しい油分含有排水には吸着処理用機能粉とろ過の組合せによる処理など、排水の種類によって適切な処理方法を選択して適用できるようにしている。

一方処理水量の面では、産業排水では施設ごとに様々な処理能力が求められ、特に大水量に対して柔軟に対応する必要がある。これが可能なものとして当社は、超高速沈殿装置を実用化している。超高速沈殿装置は、従来の沈殿槽と比べ省スペースでコンパクトであるうえ、1日当たり1,000t以上という大水量でも処理することができる。

このように、様々な排水に対して環境に応じた多様性を考慮したシステムの適用が可能になり、省コストと省資源の視点でスマートな排水処理を実現できる。次章以降では、凝集剤を使用しない無薬注ろ過処理システム、排水中の油分を吸着する機能粉を用いたろ過処理システム、及び省スペースで、ユニット化により工事なしで設置できる超高速沈殿装置について具体的に述べる。

### 3 無薬注ろ過システム

無薬注ろ過システムは、プリント基板の製造工程から排出される銅などの金属類を含む排水、コンデンサの製造工程から排出されるニッケルとチタンを含む排水、及びガラスや半導体の製造工程から排出されるフッ素を含む排水など、無機排水を対象に製品化したシステムである。

難脱水性の排水や粒子径の小さい懸濁物質（以下、SSと記す）を含有する排水に対して、膜分離などのろ過処理を行うには、凝集剤と、珪藻土（けいそうど）などのろ過助剤を添加してろ膜の細孔の詰まりを防止する必要がある。凝集剤やろ過助剤はSSとともに廃棄されるため、ランニングコストの増加につながっている。

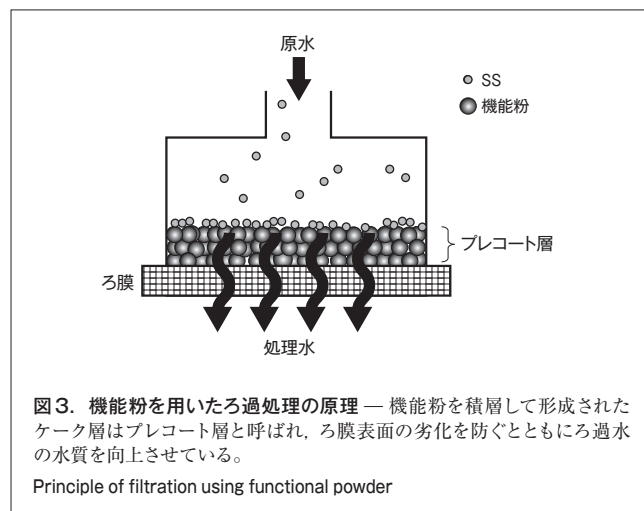
無薬注ろ過システムではろ過助材に機能粉を使用し、機能粉を回収してシステム内で循環利用することにより、省コストで環境負荷を低減する運用を可能にしている。事前にろ膜上に機能粉を積層してケーキ層を形成した後、対象排水をろ過処理する。この際形成されるケーキ層はプレコート層と呼ばれ、大半が機能粉であり、ろ膜に直接SSが接触することを防ぎ、ろ膜の劣化を防止する。

機能粉を使用したろ過処理の原理を図3に示す。

ろ膜にトラップされた機能粉とSSは洗浄工程で回収され、機能粉分離装置でそれぞれに分離された後、機能粉は再利用される。機能粉を使用したろ過処理のフローを図4に示す。

システム内で機能粉を循環して使用することで無薬注処理となり、従来の技術と比べ環境負荷を低減した運用ができる。

また、銅、ニッケルなどの金属類や、フッ素などを含む排水を処理する場合、従来の技術では、凝集剤を使用して凝集沈殿処理や加圧浮上処理を行っていた。この方法では、固液分離した後の汚泥は不純物を含むため、産業廃棄物として処分することが一般的であった。当社が提案する無薬注ろ過システムでは、凝集剤など不純物の原因となる薬品を添加せず、汚泥中の金属類やフッ素の純度を上げることで、産業廃棄物であった汚泥を有価物として回収できるようにした。一例として、1日当たりの排出量が360tで、フッ素を1,000 mg/L含む排水のランニングコストを、従来の凝集沈殿システムと比較して図5に示す。無薬注ろ過システムは、凝結剤や凝集剤などのコストが不要なのに加えて産業廃棄物処理費用も削減でき、全体のランニングコストは従来の凝集沈殿システムより約35%削減できる。



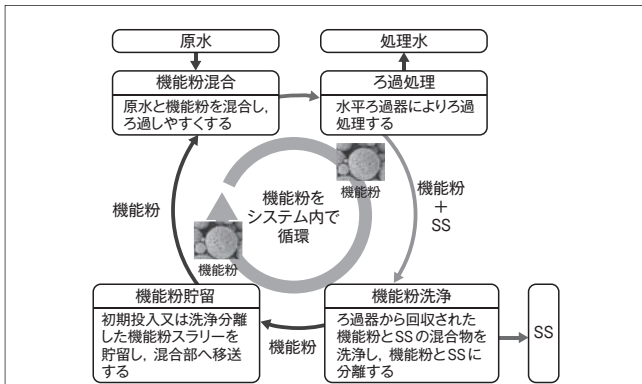


図4. 無薬注ろ過処理のフロー — 無薬注ろ過処理で使用する機能粉はシステム内で循環して使用されるので、従来のろ過助剤と比較して環境負荷を低減することができる。

Flow of filtration process using functional powder

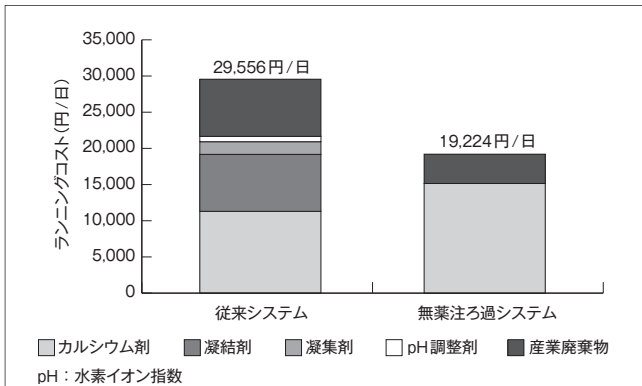


図5. フッ素含有排水のランニングコスト比較 — 無薬注ろ過システムは、凝結剤や凝集剤などのコストが不要なのに加えて産業廃棄物処理費用も削減でき、全体のランニングコストは従来の凝集沈殿システムより約35%削減できる。

Comparison of running costs of fluorine-containing wastewater treatment systems

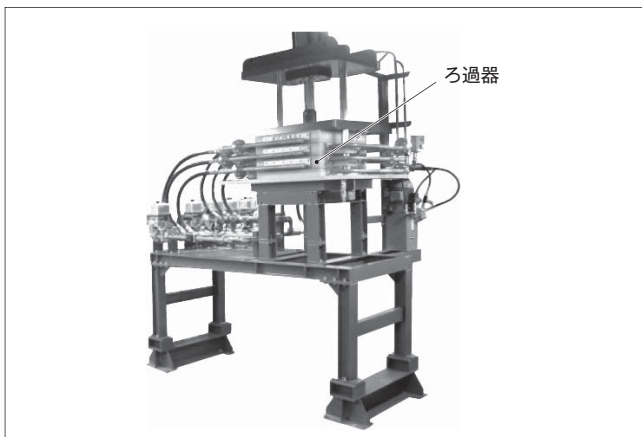


図6. 水平ろ過器 — 無薬注ろ過システムのろ過処理に使用される装置である。ろ過面が重力方向に対して垂直に設置されていることが特徴で、ケーキ層が均一に形成できるよう設計されている。

Horizontal filter

ろ過処理に使用されるろ過器は、ろ過面が重力方向に対して垂直に設置されていることが特徴で、機能粉のケーキ層が均一に形成できるように設計されている。また、対象排水の処理量の増加に伴い、ろ過面積を上げる必要があるため、ろ室を積層して複室化している。ろ過器の外観を図6に示す。

当社は、無薬注をコンセプトに様々な排水処理システム TOSAQUA™ シリーズの開発を進めており、微細なSSや難脱水性の排水に対して、凝集剤を使用せず省コストで運転可能な無薬注ろ過処理システムを実用化し、環境負荷の低減に貢献している。

#### 4 吸着とろ過の組合せによる油分含有排水の処理

油分を含有する排水を対象として、機能粉の開発を行った。油分含有排水の処理には、一般に加圧浮上処理法が用いられる。この処理方法では大量の凝集剤を排水に添加することが必要のため、大量の汚泥が発生するという欠点がある。排出される油分を純物質として取り出せれば、原料として再利用も可能であり、その分廃棄物が減るので環境負荷を低減できる。薬品処理を行うと、排水中の物質は薬品で固められた汚泥にしかならないが、機能粉に油分を吸着させ、分離して油分を回収することで、省コストでの運用が可能になる。

油用の機能粉は油分だけを選択的に吸着する。油分を吸着した機能粉はろ過器で回収される。通常油分を含有する水は難脱水性であり、ろ過に適していないが、水中の機能粉が油分を吸着することにより、ろ過性能が向上し、ろ過処理が可能になる。ろ過器から回収した機能粉は有機溶剤で洗浄することで、油分吸着能力を回復する。

1日当たりの排出量が600tで、油分を1,000 mg/L含む排水の加圧浮上法とランニングコストを比較して図7に示す。機

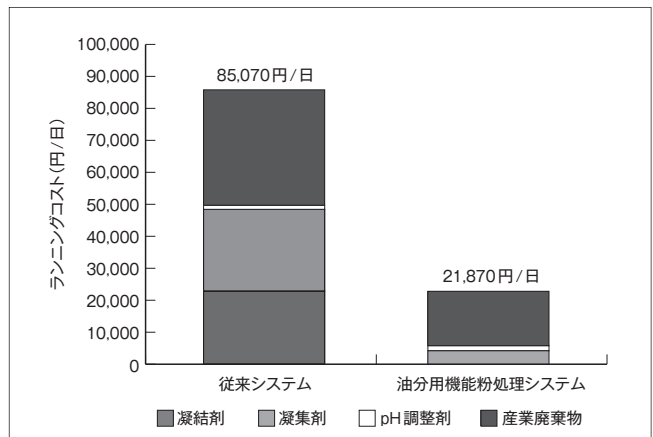


図7. 油分含有排水のランニングコスト比較 — 機能粉処理システムは、従来のシステムに比べて各種コストを大幅に削減でき、全体のランニングコストは従来のシステムより約74%削減できる。

Comparison of running costs of oil-containing wastewater treatment systems



能粉処理システムは、従来のシステムに比べて各種コストを大幅に削減でき、全体のランニングコストは従来のシステムより約74%削減できる。

## 5 超高速沈殿装置による凝集沈殿処理

凝集沈殿処理は、有機、無機を問わず、広く一般的に使用される排水処理方法である。通常の凝集沈殿処理では、SSを重力沈降させるため、排水を数時間滞留させなければならず、そのため巨大な沈殿槽を必要とする。

当社は、固液分離器にサイクロン型を採用することで、沈殿槽を省略して設備の省スペース化を進め、従来の凝集沈殿処理と比較してイニシャルコストの低減による省コストを達成した。この装置で使用するサイクロン型固液分離器は、巡回させた水流により発生する遠心力を用いて固液分離を促進するものである。

サイクロン型固液分離器の特長は、次の3点である。

- (1) 滞留時間が沈殿槽の数十分〜数百分と比べて数秒と短いために処理時間が短くて済み、沈殿槽が不要になって省スペース化できる。
- (2) 中空の本体とポンプだけで構成される簡単な構造であり、メンテナンス性が良い。
- (3) 数十 $\mu\text{m}$ から数百 $\mu\text{m}$ の粒子を除去可能である。

更に、サイクロン単独では分離できない微小径で軽比重の粒子に対しては、凝集剤を添加してフロック<sup>(注1)</sup>化した後にサイクロンで分離できるよう、このフロックを固く締まった状態にする迂流(うりゅう)槽を開発した。そして、凝集剤注入装置、迂流槽、及びサイクロン型固液分離器を組み合わせた処理能力430 $\text{m}^3$ /日の装置を3.66m(12フィート)のコンテナに実装し、設置スペースを従来の1/5程度に削減した装置を実用化した。装置の外観を図8に示す。

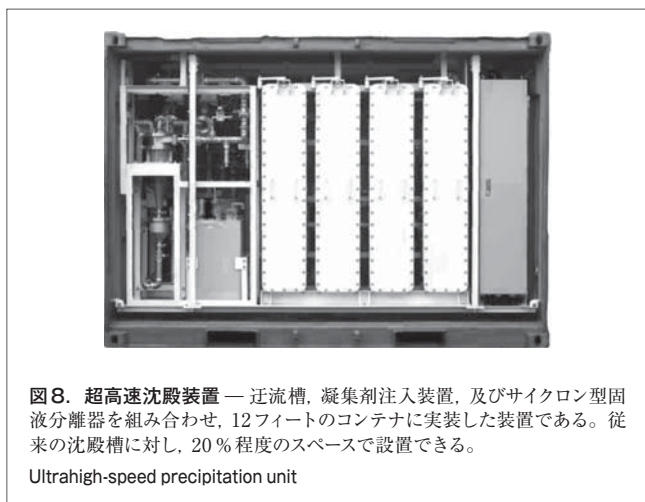


図8. 超高速沈殿装置 — 迂流槽、凝集剤注入装置、及びサイクロン型固液分離器を組み合わせ、12フィートのコンテナに実装した装置である。従来の沈殿槽に対し、20%程度のスペースで設置できる。

Ultrahigh-speed precipitation unit

(注1) 凝集作用により浮遊質が集合した大きな粒子。

また、このユニット化により、現地工事はコンテナの設置とユーティリティの接続だけとなり、従来の土木躯体(くたい)の製作に比べ、工事の工数削減と期間短縮を実現した。

更に、この装置でも無薬注とできるよう、凝集剤の代替となる機能粉の開発を進めている。この機能粉は、SSの電荷を中和し、機能粉自体に吸着して共沈させることで高速沈殿を図るものである。沈殿物は回収後、かくはんと洗浄で容易に分離できる特性を持っており、機能粉は再利用される。

## 6 あとがき

現在まで当社は、産業排水用の排水処理システムや素材へのソリューションに徹して製品開発を推し進め、産業排水に対する処理技術の基礎を築いてきた。

今後の産業向け排水処理分野のスマートなソリューションのあるべき姿を次のように考えている。

- (1) 製造工程と排水処理システムの負荷状況がモニタリングされており、相互データ通信により適切な排水処理システムに切替えができること。
- (2) 複数の製造工程と複数の排水処理システムで、水の循環ラインを随時組替えてできる自立的なシステムであること。

これらは、工場内での水循環をもたらず試みを示したものであり、従来から提案されているスマートグリッドの考え方を発展させ、エネルギー収支、水収支、及び物質収支など質の面を追求している。当社はこのようにして様々な要求に対する最適処理を図るが、それだけの多様な処理のバリエーションを有効に活用するには、単独の工場ではなく、スマートシティのように生産工程の状況が把握でき、最適制御されている都市に組み込むことがより望ましいと考えられる。

今後も多様な実績作りと継続した製品開発で、更にスマートなソリューションを実現していきたい。



堤 剣治 TSUTSUMI Kenji

社会インフラシステム社 水・環境エンジニアリングセンター  
水・環境ソリューション技術開発部。水処理装置の開発・設計に従事。

Water & Environmental Engineering Center



山梨 伊知郎 YAMANASHI Ichiro

社会インフラシステム社 水・環境エンジニアリングセンター  
水・環境プロセス技術部主幹。水処理装置の開発・設計に従事。

Water & Environmental Engineering Center



深谷 太郎 FUKAYA Taro

社会インフラシステム社 水・環境エンジニアリングセンター  
水・環境ソリューション技術開発部主務。水処理装置の開発・設計に従事。

Water & Environmental Engineering Center