

水質リスクの低減と水環境保全に貢献する 高性能・高効率水処理ソリューション

Water Treatment Solutions with High Performance and High Efficiency
for Reduction of Water Quality Risks and Water Environment Conservation

牧瀬 竜太郎

山形 英顕

大庭 雄二郎

■ MAKISE Ryutarō

■ YAMAGATA Hideaki

■ OBA Yujiro

上下水道や産業水処理分野では、水質リスクの低減と水環境保全のため、水の再生及び水資源を有効活用する排水の再利用に資する水処理ソリューションが求められている。

水処理プラントに要するスペースの低減が課題の一つであるが、代表的な水処理装置である沈殿槽は排水中のSS (Suspended Solid: 懸濁物質) を沈殿させて分離する際、SSの沈降速度が遅いため大きなスペースが必要になるという問題があった。そこで東芝は、槽内の流速の変動を緩和する独自構造を採用して従来の約4倍の処理速度を実現し、省スペースに寄与する高速沈殿槽を開発した。また、浄水場での水質リスクを低減するニーズも高まっている。従来のオゾン処理では、オゾン発生時の消費電力が大きいという問題があった。そこで、オゾンを発生させる放電管を小口径化して消費電力を約20%低減させ、装置の小型化も実現した高効率オゾン発生器TGOGS™を開発して実用化した。

In the fields of water supply and sewerage and industrial water treatment, water treatment solutions that play a critical role in the reuse of wastewater for recycling and the effective use of water resources are required in order to reduce water quality risks and conserve the water environment. A significant issue in relation to the sedimentation tanks commonly used at water treatment facilities is the need for a spacious site to store large volumes of water when removing suspended solids (SS) from the water, due to the low speed of sedimentation of SS.

To further increase the speed of sedimentation so as to reduce the installation space, Toshiba has developed a high-speed sedimentation tank applying its proprietary structure capable of reducing fluctuation of the water flow velocity in the tank. The high-speed sedimentation tank achieves a treatment speed of 4 m/h, about four times that of our conventional sedimentation tanks. Demand has also risen for ozone treatment systems to reduce water quality risks accompanying the deterioration in quality of treated water. However, the large amount of power consumed during ozone generation is a serious issue. In order to solve this issue, we have developed the TGOGS™ high-efficiency ozone generator and introduced it in practical applications. The TGOGS™ system achieves a reduction of approximately 20% in power consumption as well as reduced size due to downsizing of the diameter of the discharge tube.

1 まえがき

東芝は、人工的な水循環サイクルを形成する要素である上下水道や産業水処理分野において、水使用量の“低減”だけでなく、“再生”や“再利用”も含めて、限りある水資源の有効活用と、公共用水域への汚濁負荷量削減のため、水処理プラントの建設を通じた水処理ソリューションの提供に取り組んでいる。なかでも、顧客に提供する価値を更に高めるため、プラントに用いる各種水処理装置を独自に開発し、実用化することに注力している。

工場での生産活動には水の利用が必須だが、その過程で水は汚れ、多くの汚濁物質が含まれる状態になる。その汚濁物質を除去して水を再生し、環境に戻すことで、人工的な水循環サイクルが実現する。工場水循環サイクルを実現するためには水処理プラントを用いるが、敷地が限られていることが多く、その場合は生産設備に用いるスペースを最大化するために、水処理プラントを小さくする必要がある。代表的な汚濁物質の一つであるSS (Suspended Solid: 懸濁物質) は、水中に

浮遊する微細で不溶性の粒子であり、それを除去するための水処理ソリューションの一つに沈殿槽がある。沈殿槽はSSを沈降させて分離する装置であるが、SSの沈降速度が遅いため大きな槽が必要で、装置の大型化の原因になっていた。この問題を解決するため、当社は従来と同じ大きさで4倍の処理速度を持つ高速沈殿槽を開発した。

また、人工的な水循環サイクルの要素である浄水処理については、安全で安心な水質確保に対する意識が高まっている。浄水場では従来の沈殿・ろ過処理だけでは除去が難しいかび臭やカルキ臭の除去や、トリハロメタンなどによる水質リスクを低減するために、自然界でフッ素に次ぐ強い酸化力でそれらを分解するオゾンが使用されている。

排水の再利用も水資源を有効活用の重要な要素である。排水を再利用するときには排水の殺菌、脱色、及び脱臭が必要になるが、そこでも同様にオゾン処理が適用される。このように、オゾン処理は水循環サイクルの形成に資する水処理ソリューションであるが、従来はオゾンを発生させる際の消費電力が大きいという問題があった。当社は、高効率にオゾンを発生

させるオゾン発生器TGOGS™を開発して納入し、消費電力の削減と、水の再生及び再利用の実現に取り組んでいる。

ここでは、高速沈殿槽と高効率オゾン発生器TGOGS™の特長と具体的な適用事例について述べる。

2 高速沈殿槽

沈殿槽は、排水中のSSを重力により沈降分離する装置であり、水処理においてもっとも基本的な装置の一つである。前段で凝集剤を注入してSSをフロック（集塊）として粗大化させるプロセスを組み合わせることで、粒径が小さく沈降速度が遅いSSも沈殿させることができる。このように沈殿槽は幅広い性状の排水に対応できるため、汎用性が高い。

沈殿槽の性能を表す指標として、沈殿槽に流せる水の流量 Q (m³/h) を沈殿槽の面積 A (m²) で除して求める水面積負荷 U (m/h) がある。

$$U = Q/A \quad (1)$$

A が一定の場合、 U を大きくすると処理できる Q は増えるが、沈降しないまま流れ出るSSが増え、処理水質が悪化する。従来の沈殿槽では、処理水質を悪化させないために U を1 m/hより小さくすることが一般的だった。当社は沈殿槽に独自の構造を導入し、 U を大きくしてもSSの流出が少なく、処理を高速化できる高速沈殿槽を開発した。

また、 U を大きくすると同じ Q を処理するための A を小さくでき、装置サイズが小さくなるとともに、装置コストも低減できる。

2.1 従来の沈殿槽の問題点と高速沈殿槽の開発

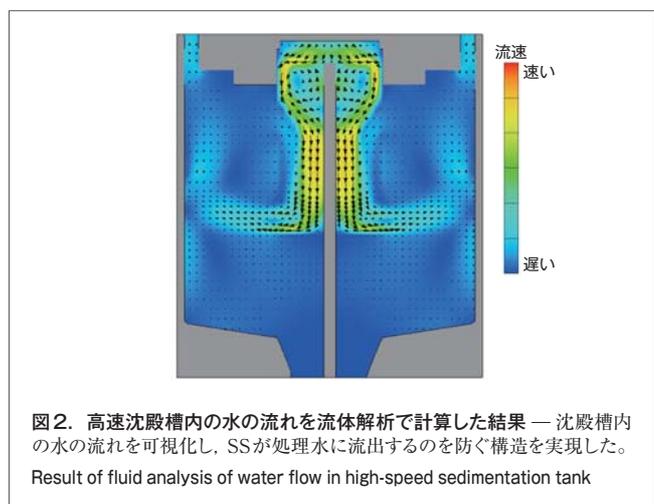
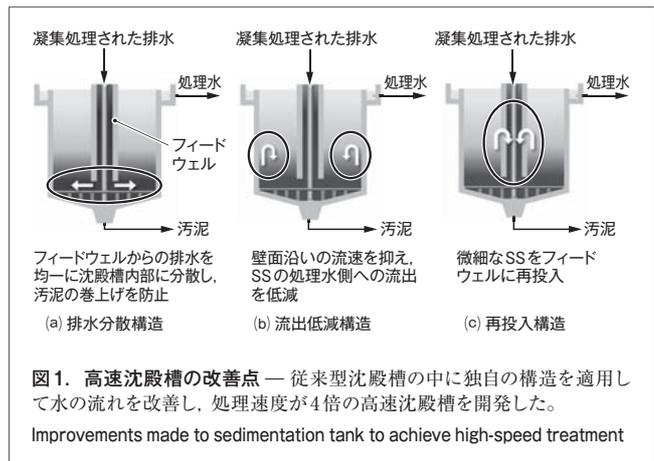
沈殿槽内の構造に独自の改良を加えることで、従来の問題点を解決し、 U の大きい高速沈殿槽を開発した。

排水は、沈殿槽の中心部にあるフィードウェルと呼ばれる流路を通して沈殿槽底部に流入し、SSを沈降分離しながら沈殿槽底部から沈殿槽壁面に向かって流れ、沈殿槽の側壁で上昇流となる。側壁を上昇した排水は沈殿槽上部で上澄み水となり越流堰（えつりゅうせき）を経て処理水として流出する。従来の沈殿槽で、 U が大きい場合に処理水質が悪化する主な原因は次の3点である。

- (1) 排水が沈殿槽底部に流入する際に、沈降している汚泥を巻き上げることで処理水質が悪化する。
- (2) 沈殿槽側壁の上昇流が速くなり、SSが処理水といっしょに流出する。
- (3) 沈殿槽上部で浮遊するSSが沈降しない。

当社の開発した高速沈殿槽では、これらの問題点を次のように改善した。

- (1) フィードウェル下部に排水分散構造を設け、排水の流路を変えることで沈殿槽底部に沈降している汚泥の巻き上げを低減する（図1(a)）。



- (2) 沈殿槽側壁面の流路を変えて流速を抑えることで、SSの処理水側への流出を低減する（図1(b)）。
- (3) 浮遊する微細なSSを再度フィードウェルに流入させ、フロックの粗大化を促す（図1(c)）。

これらの独自構造を持つ高速沈殿槽について、沈殿槽内部の水の流れやSSの動きを流体解析で計算したところ、高速沈殿槽では、 U を従来の4倍の4 m/hにしても、従来の沈殿槽と同等のSS分離性能を実現できるという結果が得られた。高速沈殿槽内の水の流れを流体解析で計算した例を図2に示す。

2.2 各種産業排水への適用

高速沈殿槽を製紙工場排水に適用した。この事例では、限られた敷地面積で大流量の排水を処理しなければならないため、従来の沈殿槽では十分にSSを除去できなかった。そこで、高速沈殿槽を適用し、フィールド試験により評価した。フィールド試験装置の外観を図3に示す。4 m/hという高い U でフィールド試験を行った結果、処理水のSS濃度が基準値以下まで処理されていることを確認した。

このように、高速沈殿槽を産業排水処理に適用することで、



図3. 高速沈殿槽のフィールド試験装置 — 流量調整から、薬剤注入による前処理、高速沈殿槽による処理までのフィールド試験を実施できる。
Equipment for field testing of high-speed sedimentation tank

限られたスペースでも、水を環境に戻すことができる状態まで再生できる。今後、産業排水処理への高速沈殿槽の適用を拡大し、水環境の保全に貢献していく。

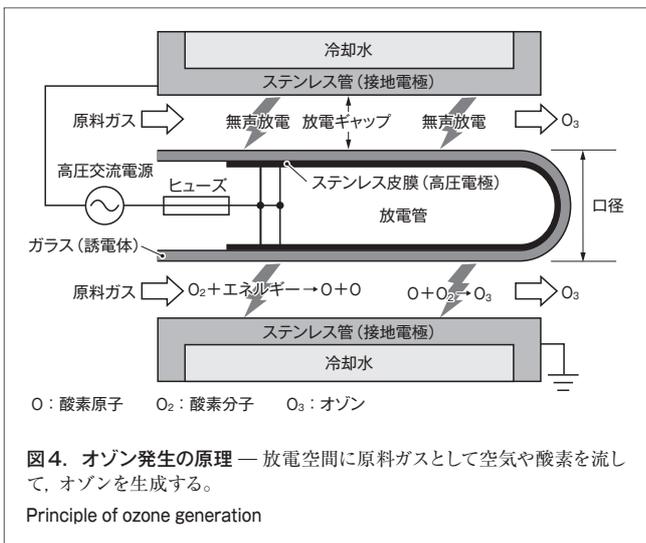
3 高効率オゾン発生器 TGOGS™

当社は、エネルギー効率が高く小型化が可能な高効率オゾン発生器 TGOGS™を開発し、上下水道や産業排水処理の分野に水処理ソリューションとして提供している。

3.1 オゾン発生器の高効率化

オゾンを大量に生成するための一般的な方法である無声放電方式は、ガラスなどの誘電体を介した電極間に高圧交流電源を印加することで、火花の出ない持続的な無声放電を発生させる(図4)。この放電空間に原料ガスとして酸素や空気を流し、酸素分子を酸素原子に解離し他の酸素分子と結合させることでオゾンを生成する。

オゾンは強い酸化力を持つので、オゾンによる腐食防止の



ために、オゾン発生器の缶体や、オゾンを移送する配管類にはステンレスが採用されている。

一方、オゾンを生成する放電管の高圧電極材としては、一般的にカーボンや、アルミニウム、ニッケルなどが使用されるが、これは、溶射やめっきなどによって、容易に放電管の内側に高圧電極になる皮膜を形成できるためである。しかし、ステンレスは融点が高く、軟化点の低いガラス誘電体に溶射などで皮膜を形成することができないため、高圧電極として採用する場合は、チューブや棒状のステンレスを使用する。

オゾン発生器の容量が大きくなると、実装される放電管の数も数百本や1,000本以上になり、チューブや棒状のステンレスを使用すると、オゾン発生器全体の質量が増大するという課題がある。これを解決するため、当社は常温スパッタ技術を用いてガラス誘電体の内側に約0.5 μm厚のステンレス皮膜を形成し、軽くて耐オゾン性に優れ、かつ信頼性の高い、独自の放電管を約40年前から採用している。

TGOGS™では、当社の特長であるステンレス皮膜を形成した信頼性の高い放電管を踏襲しつつ、放電管を極限まで小口径化した。これにより、放電ギャップ(放電空間の距離)が短く、均一になるとともに、放電ギャップ内の冷却効果が改善されることで放電管に投入できる単位面積当たりの電力量を増やすことができ、オゾン発生効率が向上した(図5)。

加えて放電管の小口径化で実装密度が向上し、当社の従来製品に比べて、設置面積を約40%、質量を約45%それぞれ低減して、オゾン発生器を小型・軽量化した。

TGOGS™は実機としての納入が開始されている(図6)。近年、浄水場の原水となる河川の水質悪化や、かび臭原因物質の発生などの水質リスクが顕在化しており、沈殿や、ろ過などの従来の処理だけでは十分な浄化処理ができない事例が大都市圏を中心に増加している。TGOGS™を従来の処理工程に追加して高度浄水処理システムを構築することで、これら

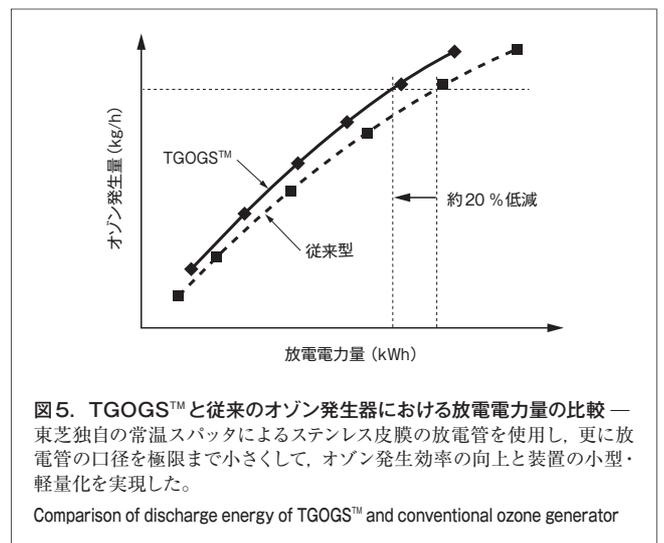




図6. 北千葉浄水場に設置されたTGOGS™ — 2014年12月から運転を開始し、より安全で良質な水道水を供給している。

TGOGS™ installed at Kitachiba Water Purification Plant

のリスクを高効率に低減する水処理ソリューションの実現に貢献していく。

3.2 水資源有効利用と水環境保全への適用

オゾン処理は、水質リスクの低減に貢献する浄水場の高度処理だけでなく、排水の再利用による水資源有効利用の実現や、難分解性物質の処理による水環境保全への貢献も期待されている。

水資源有効利用としては、下水処理水や工場排水の再利用が有効であるが、それには水質改善が必要になる。一例として下水高度処理について図7に示す。通常の下水処理水は河川などに放流されるが、更にオゾンによる高度処理を施すことで、噴水などの修景用水や、トイレ用水などに再利用できる。

また、近年多様化する処理対象の一つとして、医薬品や、農薬、殺虫剤などを由来とする環境ホルモンなどの難分解性物質があり、この処理手段として促進酸化処理（AOP）が注目されている。AOPは、オゾンに過酸化水素や紫外線を加え、オゾンよりも酸化力の高いOH（水酸基）ラジカルを積極的に生成して利用する処理方法で、環境ホルモンの分解や、浄水処理での効率的な臭気物質の分解、臭素酸生成の抑制など

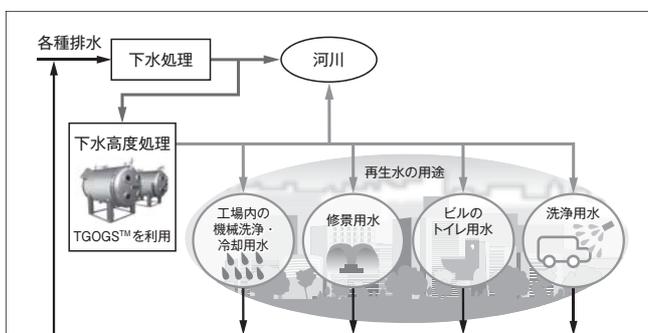


図7. 下水高度処理による再生水の用途 — 高度処理された再生水は様々な用途に使用でき、水資源の有効利用に貢献する。

Utilization of reused water obtained by advanced wastewater treatment

に効果がある。これまでオゾンだけでは処理が難しかった物質も分解でき、更なる水質リスク低減による水環境保全を目的とした水処理ソリューションとして期待されている。

4 あとがき

上下水道や産業水処理分野で水ソリューションを提供する、高速沈殿槽と高効率オゾン発生器TGOGS™の特長を示した。

今後、更なる開発を進め、当社の提供する水処理ソリューションに独自技術による高性能・高効率水処理装置を実装し、健全な水循環の維持に貢献していく。



牧瀬 竜太郎 MAKISE Ryutaro

インフラシステムソリューション社 水・環境システム事業部
水・環境プロセス技術部主査。水処理システムのエンジニアリング業務に従事。

Water & Environmental Systems Div.



山形 英顕 YAMAGATA Hideaki

インフラシステムソリューション社 水・環境システム事業部
水・環境プロセス技術部主務。水処理システムのエンジニアリング業務に従事。

Water & Environmental Systems Div.



大庭 雄二郎 OBA Yujiro

インフラシステムソリューション社 水・環境システム事業部
水・環境プロセス技術部。水処理プラントのプロセスエンジニアリング業務に従事。

Water & Environmental Systems Div.