インタビュー 栗田工業にきく

企業の水問題と処理技術の動向

「“水”を究め、自然と人間が調和した豊かな環境を創造する」を企業理念として掲げる栗田工業(株)は、水と環境のマネジメント企業として、水処理薬品、水処理装置、超純水供給の分野におけるトップランナーである。特集にあたって本誌では、水資源、処理コストの削減、技術開発についての現状を聞くとともに、我が国の工場・事業所で使われる水処理の最新技術について、プラント事業本部 技術サポートグループ グループリーダー 北辻 桂氏にインタビューした。

取材・文：本誌編集部／写真提供：栗田工業

水環境は業種や立地条件によって異なる

―― 日本の水資源、国内の工場における水の確保は現在どうなっているのでしょうか。

北辻：水資源の量の問題はあまりないといえます。その理由として、水を多量に使用する歴史のある石油化学、鉄鋼、紙パルプなどの工場は、昔から潤沢な水の取水権を確保しているからです。量の確保にはそれほど困っていません。しかも工業用水が利用できるので水の量に関してそれほど制約はありません。

クリタ開発センター

―― 内陸に立地することが多い電子産業には水不足がありませんか？

北辻：臨海工業地帯が各地にできたあとの比較的新しい産業、たとえば液晶、半導体、PC関連などの電子産業などでは、水資源確保と水コストの問題が顕在化しています。これらの産業で使う超純水では、多様な汚濁物質を含む河川の水を浄化するよりも管理下にある工程水を再利用したほうが低コストになるので、水のリサイクルが進んでいます。これらの工場では水をとても大切にしているので、伝統的産業とは水コストの評価がまったく異なります。

―― 水を大量に使用する製鉄業や紙パルプ業はいかがでしょうか。

北辻：あくまでも一般的な話ですが、伝統的産業では水利用に関して最終製品の製造コストが確実に下がるのであれば対策をとりますが、そうでなければあまり考えずに従来通り水を大量に消費する事業所が多いといえます。水を低コストで十分確保できている伝統的産業は設備が大規模で他社競争もあるので、水資源の節約に力を入れにくい状況があるようです。

―― 工業排水の再利用(再生水利用)について中国の大学と共同研究をしていらしたそうですが、現在の中国の状況はいかがですか？

北辻：中国は絶対的な水不足です。特に北京周辺などは慢性的な水不足に悩まされています。南の方はそれほどでもありませんが北は深刻な状況で、黄河地域の水不足のため、南の長江から数千キロの運河を築いて水を供給しています。水に困窮しているので、水の回収やリサイクルは日本よりかなり進んでいるといえるかもしれません。事実、取水に関して中国では大きな制約があるため、逆に水の再生利用が進んでいるといえます。下水処理場の隣に水再生処理場が設置されていることも珍しくありません。地域によっては、水がなければ下水も処理して使わざるを得ない状況です。

環境負荷の低減とコストダウン

―― 排水処理に関して、国内工場の動向はいかがでしょうか。

北辻：既存工場では費用対効果を考慮し、水処理設備をすべて新しくつくり直すことはあまりありません。だから、最小のコストで古いものを改修したり一部分だけを更新または増設したりすることが多くなります。以前は大規模な施設を使っていましたが、生産量の減少で少なくなった排水量に応じて規模を縮小し、逆に処理効率を上げる工夫もなされています。製造プロセスの変更に合わせて処理能力や効率を最適化することも多いです。最小のコストで必要な水処理をするというのが一般的です。

大震災以降は電気料金の問題があるので、やはり省エネの関心が高いですね。人件費に加えて高止まりしている電気代の節約、廃棄物発生量の低減、熱回収などあらゆるコストダウンについて当社に問い合わせがあります。これらが企業ニーズになっており我々のチャレンジ対象にもなっています。たとえば嫌気のメタンガスはボイラー利用と発電利用があります。そこで弊社の「バイオセーバーTK」という嫌気生物処理装置では、発生したバイオガスをエネルギー源として発電等に活用し、企業収益に貢献することができます。メンテナンスはセンサ技術を活用したシステム化も展開しており、変調をきたしてダウンする前にあらかじめ警報を出すことも可能になっています。

工場の現状にあわせたユニット型の処理装置

―― 排水処理装置の新規導入コストを削減する「標準型排水処理装置」が注目されています。開発の経緯や背景について教えてください。

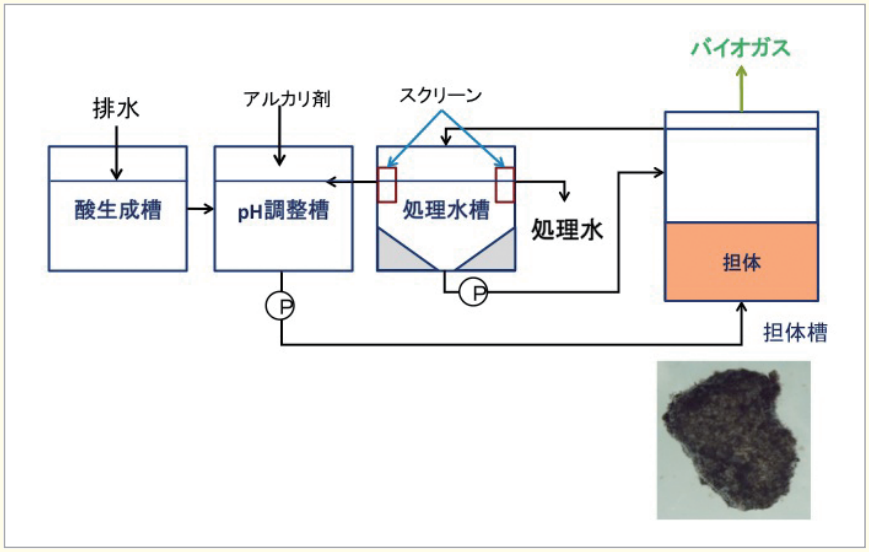
北辻：現在、広い更地に工場を建設し、水処理システムもゆったり配置できる状況は稀です。特に都市の近くに立地する食品工場等は敷地に余裕がありません。そこで日本の製造工場の実態に合致した最適条件で水処理システムを提供するというのが「標準型排水処理装置」開発のコンセプトです。

表１／水処理会社の取り組み事例

環境負荷の低減	省エネルギー、省資源、効率アップ
	廃棄物削減と廃熱／廃ガスの有効活用
	水の回収率向上、プロセス薬品の回収と再利用
省スペース・省力化	工場稼働率や排水性状の変動に応じた最適運転
	メンテナンス後の垂直立ち上げ
	センサ技術による維持管理の効率化、工場の安定操業

（栗田工業プラント事業本部技術部資料を一部改変）

図１／バイオセーバーTKのフロー



インタビュー 栗田工業にきく

北辻 桂 KITATSUJI Katsura
栗田工業株式会社 プラント事業本部 技術サポートグループ グループリーダー

コンクリート水槽からタワータンク型水槽へ

タワータンクを採用した標準型排水処理装置

たとえば、

- 古い設備では昨今の排水規制に追い付けなくなった。
- 工場新設時の廃液の質と量が変わっていて現在の濃度と量に応じた廃水処理をしたい
- 余分な処理能力や処理量を少なくしたい。又はもうちょっと処理能力を増やしたい。
- 生産量に応じて処理量の増減が自由にできるような設備が欲しい。
- 隣の工場に持ち運びができるようなコンパクトで維持管理が楽な水処理設備が必要。

といった工場側の生の声に基づいて開発しました。

通常、処理設備は工場独自の廃液特性にあわせてすべてオーダーメイドでつくられます。ハード面も鉄筋コンクリート水槽などを含め大きなスペースを必要とし、建設に要する時間やコスト面でも負担が大きいといった問題がありました。さらに工場側からも、製造品目が変化しても新しい工場を建設することなく対応したい、操業したまま増設したい、変化に応じた改良をしたい、という声があがりました。そこで、とりあえず設置して増設が容易にできるように考えました。たとえば、通常は水面約4mというブロアーの能力による高さ制限がありますが、処理能力アップのため10mにします。すると水圧が高くなるため酸素の溶解効率が上がります。装置はユニットなので工場の統合や移設時も簡単に移動ができます。一から土木工事をするのでなく、ユニットを工場で組み立てて現場で簡単に設置できます。

従来は①基礎工事、②型枠コンクリート工事、③水槽の内面処理、④水張り検査、といった手順が必要でした。ところが簡単な土間基礎をつくってそこに工場で組み立てた装置を設置するだけになります。配管も内面ライニングも工場で実施済みなので現場の作業は最小化することができました。国内工場の事情にあわせたコンパクトな装置といえます。

―― タワータンクは好気処理と嫌気処理の各ユニットがありますが、好気処理の原理と特長を教えてください。

北辻：「バイオプラネットSR」という好気処理生物処理システムによって活性汚泥の分散菌に有機物を分解させ、その菌を原生動物に捕食させ、最後に後生動物が原生動物を捕食した後で固液分離します。このように食物連鎖を高次化することで余剰汚泥を最大70%程度まで削減できます。

―― どの程度の規模やスペックの排水に適用できるのでしょうか？

北辻：大規模な排水処理で処理槽が数千m^3必要といった工場ではタワータンクを20塔以上設置することに

なり、逆にコストアップになります。通常は一塔あたり容量70m³なので5～6ユニットを設置するというイメージです。能力を少なくするにはユニットを撤去すればよく、逆に能力を上げるにはユニットを足せばいいということになります。嫌気処理も好気処理も品揃えしているので、たとえばBOD濃度が1,000mg/L(200～5,000mg/L)、排水量が日量500t(100～2,000m³/日)であればこういった組み合わせという目安があり、最適条件をアドバイスできます。

―― 外壁には再塗装が必要ですか?

北辻: タンクの断熱性はコンクリートよりも高く、FRPなので金属よりも軽く、30年以上の耐用性があります。表面はステンレスのような光沢があり外部塗装面は紫外線による劣化を防いでいます。基本的に金属タンクと異なり設置後15年程度は再塗装が不要です。

―― 市場の反応はいかがですか?

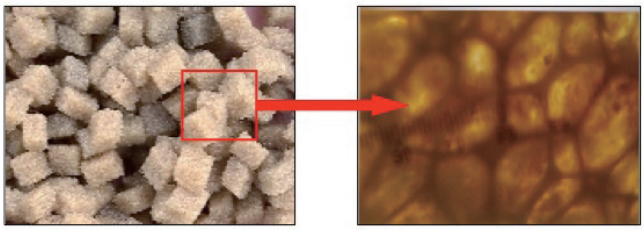
北辻: マーケットの反応は良好で、昨年の第1号導入企業からの評判も良好です。曝気用にターボブロアーを利用しているので電気代も比較的安いです。

バルキングを防ぐ技術

―― バルキング予防にも新しい技術があると聞いています。

北辻: 私は以前、活性汚泥の不具合の研究やバルキングなどの調査研究をやっていました。お客様の工場では様々なトラブルが発生しますが、そのときはベテランの担当者が経験に基づいて、こういう事態にはこう対処するといった個人のノウハウに基づいて対応しています。こういう症状ならこういった運転をする、という感じで古い設備を騙し騙ししながら管理しているところが多いのです。ところが団塊世代の定年、大量退職で工場からベテランがいなくなるため、工場としてはベテラン不在でもきちんと対応できるようにしなければなりません。

これらのニーズに少しでも対応しようとして開発したのが「バイオマイティSK」という排水処理装置です。15年程前に開発したものですが、未来を先読みしてつくったものです。それ以前の装置は標準活性汚泥というのが主流でした。下水処理に多く導入されている標準活性汚泥方式ではない流動床生物膜方式で、不具合が起きにくく、万が一バルキングや浮上スカムなどのトラブルが生じても誰でも簡単に対応できるというコンセプトで開発したのがこの装置です。反応槽の汚泥濃度管理などのメンテナンスも大幅に簡略化されるというメリットもあり、構造もシンプルなので経験の少ない方でも操作できトラブルにも簡単に対応できるという製品です。



担体(ポリウレタンフォーム)　　担体内に保持された菌体

―― 従来の砂利でなく担体を利用した理由は?

北辻: 担体利用を開発した契機は電子産業でした。電子産業では建屋の中に水処理装置を格納し水処理は建屋内で実施されます。従来の大規模な水処理装置を建屋内に収納するのは困難なのでコンパクトにする必要があり、効率のよい担体を利用することになりました。一定時間で逆洗が必要な砂利の固定床との比較では流動床は逆洗も不要というメリットもあります。

薬品投入を調整するシステム

―― センサ技術で薬品使用量を節約する工夫もされていますね。

北辻: 水処理薬品を一定量投入しようとしても、ピーク時に合わせざるを得ないので余分に消費することが多くなります。これに対してレーザー散乱光を使用して最適な凝集状態を検出して薬品の使用量を最適に制御できる手法を開発しました。濁度計の応用で、「光散乱センサ薬注最適化システム」といいます。手動での薬注量に比べて3割程度使用量が低減でき、工場の規模にもよりますが、投資に対して数か月から半年ぐらいで回収が可能になります。弊社はセンサには力を入れており、様々な手法を活用し、DO、ORP制御などの技術と手法を開発しています。

また凝集処理では有機凝結剤を併用することで,さらに無機凝結剤の大幅な低減効果もあります。ポリマーで荷電中和しますのでPACや塩鉄の消費量が劇的に減ります。ポリマーの単価は高いのですが、トータルコストは大幅に下がります。

インタビュー 栗田工業にきく

図２／光散乱センサ薬注最適化システム

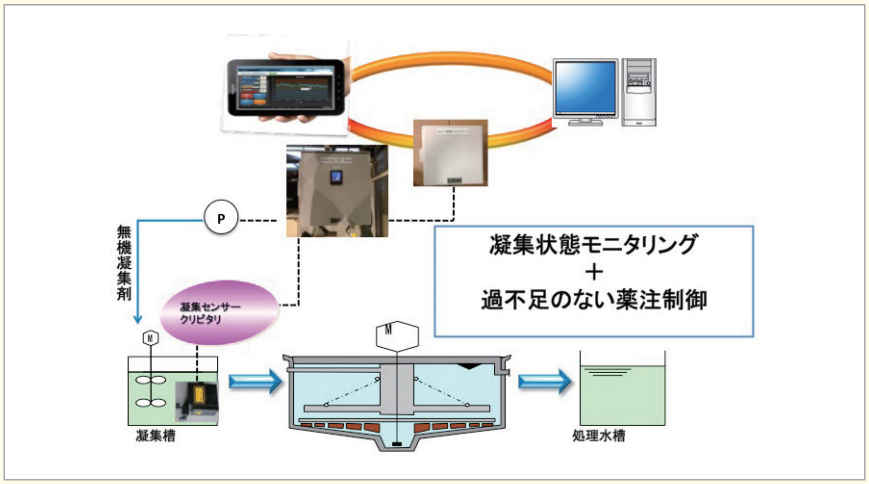
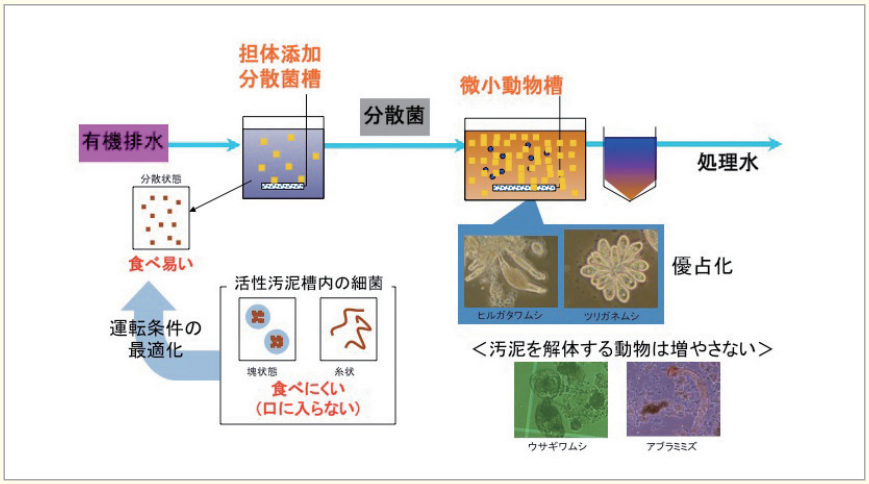


図３／バイオプラネットSR基本フロー



汚泥発生量を削減する技術

―― 余剰汚泥に関する技術は進んでいますか？

北辻：以前、「余剰汚泥を完全になくす」というコンセプトで研究開発を行い、汚泥を壊してもう一度活性汚泥で処理するという技術を実現しました。汚泥をバクテリアのエサにして循環処理させるイメージです。ところが、結果として汚泥は減りましたが他の不具合が多数出てきました。つまり、エネルギー使用量が減らない。汚泥を壊すエネルギー、我々の場合はオゾンの電気代がそれにあたるのですが、そのコストがかかる一方でした。そして汚泥の中に入っている無機物質は処理されずそのまま流れてしまう。処理水の中の無機分が逆に増えてしまう副作用が生じました。これは違うぞ、ということで発想を転換させて不具合をなくして省エネしながら汚泥を減らすという新たなコンセプトで技術開発をし、「バイオプラネットSR」という商品ができています」。

工場の水処理設備をクリタが所有管理

―― 最後に水供給事業についてお聞かせ下さい。これは比較的新しいビジネスモデルでしょうか？

北辻：2001年に本格的に開始してすでに15年の歴史があります。水供給というシステム全体を栗田工業が所有管理して廃水処理も造水も含め水サービスを多くのお客様に提供しています。複数の大型液晶工場にも本システムが導入され、工場内に栗田工業所有管理の水処理施設が設置されています。工場の工程水は100%近く水の再生がなされています。使ったあとで比較的きれいな水から優先して再利用しますが汚れた廃水も再生しています。

―― 本日は具体的なお話をいただきありがとうございました。

工場排水の基本ワード解説（初級編）

Key Word Explanation

▶活性汚泥法とは汚泥という単なる泥でなく微生物を活用

基本的に好気性微生物を利用して有機物を分解する方法であり、有機性工場排水に関して現在、最も普及している排水処理技術である。長い歴史をもち、様々な改良など技術開発が進んでいること及び汚水中の有機物等の除去率が高いといった特長がある。

活性汚泥法は反応槽（エアレーションタンク等）および微生物（活性汚泥）を処理液から分離する沈殿槽などで構成される。活性汚泥は多数の好気性微生物や浮遊物質などから成るゼラチン状のフロックで排水中に含まれる有機物を吸着して酸化する能力がある。沈殿槽では有機汚濁物質を大きなフロックに凝集して重力で沈降分離する。微生物がフロックを形成し固液分離しやすくすることが活性汚泥法の必要条件であるが沈殿槽の代わりにMF膜やUF膜などを利用する膜分離活性汚泥法も建設されている。

有機汚水槽の底から空気を長時間吹き込んでからばっ気を停止し静置すると、凝集した褐色の泥状物がゆっくり沈降する。この褐色の泥状物は汚水中の有機物や窒素・燐などを栄養源として発生した好気性の細菌類・原生動物などで、ちょうど澄んだ水に泥を溶かしたように見えることから、活きている泥、つまり「活性汚泥」という。この微生物を含む汚泥を人為的に有機排水に加え、ばっ気、沈殿を連続して実施する処理法を活性汚泥法という。

以下、水処理に関する基本ワードの解説をする。

▶高度処理（三次処理）

一般的に、排水処理の標準的な工程は一次処理（スクリーン、自然沈殿）と二次処理（活性汚泥法、凝集沈殿）であるが、さらに必要な場合その後に行われるのが高度処理である。高度処理が行われるのは、二次処理までで排水基準を達成できないとき、特に有害物質排出のおそれのあるとき、排水基準が条例などにより特に厳しいとき、処理水を循環再利用したいときなどである。その主な手法は、工場排水の場合は活性炭吸着、イオン交換、電気透析、逆浸透などがある。

▶化学的酸素要求量（COD, Chemical Oxygen Demand）

水中の有機汚濁物質を酸化剤で分解する際に消費される酸化剤の量を酸素量に換算したもの。値が大きいほど水質汚濁は著しい。諸外国では酸化剤に酸化力の強いクロム系薬品を利用するので日本のマンガン系酸化剤とは異なる測定結果となる。

▶水質汚濁に係る環境基準

水質保全行政の目標として、公共用水域及び地下水の水質について達成し維持することが望ましい基準を定めたもの。健康項目の基準達成率は最近99%に達しているが、生活環境項目は湖沼など閉鎖系水域などで基準達成率が低い傾向にある。

▶生活環境の保全に関する環境基準

環境基本法第16条に基づき定められている水質汚濁に係る環境基準のうち、生活環境を保全するうえで維持することが望ましい基準。pH、BOD、COD、SS、DO、大腸菌群数、ノルマルヘキサン抽出物質（油分など）、全窒素、全燐、全亜鉛について基準値が設定されている。

▶生物化学的酸素要求量（BOD, Biochemical Oxygen Demand）

水中の有機汚濁物質を分解するために微生物が必要とする酸素の量。値が大きいほど水質汚濁は著しい。

▶総量規制

一定の地域内の汚染物質・汚濁物質の排出総量を環境保全上許容できる限度にとどめるため、工場等に対し汚染物質・汚濁物質許容排出量を割り当てて、この量をもって規制する方法をいう。水質汚濁では排水量に汚濁物質の濃度を乗じたもの。水質汚濁ではCOD（化学的酸素要求量）、窒素及びりんについて、特定地域と特定水域を対象に実施されている。

▶二次処理

排水処理の工程の一つで、一次処理（スクリーン、自然沈殿）の後に行われる処理。二次処理では、活性汚泥法、凝集沈殿が用いられる。一般的な用語で厳格な定義はない。

▶排水基準

水質汚濁防止法で定められ、有害物質による汚染状態にあっては、排出水に含まれる有害物質の量について物質ごとに定める許容限度であり、それ以外の汚染状態にあっては生活環境項目ごとに定められる許容限度を指す。国が一律に定めるものと、都道府県が定めるものがある。

▶人の健康の保護に関する環境基準（健康項目）

人の健康を保護する上で維持することが望ましい基準であり、全公共用水域及び地下水につき一律に定められている。現在、公共用水域について27項目、地下水について28項目が定められている。

▶富栄養化

湖沼や内湾の水中に窒素、りん等の栄養塩が多い状態に遷移すること。藻類の異常繁殖により、アオコ、赤潮等の原因となる。湖沼や東京湾等の内湾で生活排水等の人為的な原因で急速に進行していることが問題になっている。

▶浮遊物質（SS, Suspended Solids）

水中に懸濁している直径2mm以下の不溶解性の粒子物質のことを指す。浮遊物質のほか、懸濁物質とも呼ばれる。水の濁りの原因となるほか、太陽光線の透過を妨げ、ひどい場合は魚類のえらを塞ぎ、窒息死させる危険がある。測定方法は一定量の水をろ紙でこし、乾燥してその重量を測る。数値(mg/l)が大きいほど濁りの度合いが大きいことを示す。

▶溶存酸素量（DO, Dissolved Oxygen）

水に溶解している酸素の量を示す。水生生物の生息に必要であり、数値が大きいほど水生生物の生息において良好な環境といえる。

以上、公開情報である環境省「環境アセスメント用語集」を参考に作成。なお、詳しい内容や最新情報は当協会発行「新・公害防止の技術と法規」2015版もしくは政府・行政機関などの資料を参照のこと。