



浄水場における水処理プロセス最適化 ツールとしてのTOC分析



近年、全有機炭素（TOC）は、消毒副産物（DBP）との関連性から、浄水施設の重要な水質分析ツールとなっています。TOCは単独では有害ではありませんが、消毒剤と反応すると有害な副生成物を生成する可能性があります。しかし、飲料水分野のTOC規制値は、必ずしもDBP規制やTOC監視要件を満たすものではありません。

また、TOCは水処理プロセスに関連するコストを最適化し、それによってコストを削減するための重要なパラメータでもあり、原水および配水システムの水質の健康および安全性の指標にもなります。

TOCは浄水プラントでの適用範囲が広いので、研究所やオンラインなど場所を問わず測定することができます。

規制に着目しましょう

USEPAの安全飲料水法のような消毒副産物の規制は、微生物病原体を死滅させるために使用される消毒剤とTOCが反応して生



じる副生成物と病原微生物のリスクを考えます。消毒副産物であるDBPは、浄水原水中の天然有機物（NOM）とその消毒プロセスとの相互作用から形成されます。TOCは、水中のNOMの量を決定する指標として利用されます。ハロ酢酸（HAAs）のようなDBPは、浄水場の分配システムを通過する間に形成されるため、NOMとの接触時間が長くなります。トリハロメタン（THMs）は、TOC、天然臭化物、塩素の相互作用から形成されます（図1参照）。EPAによってDBP前駆物質とみなされるTOCは、ラボまたはオンラインで監視することにより配管システム内のDBPレベルを予測することができます。

DBPレベルを下げるためには、浄水処理プロセスにおいて、TOCの大部分を除去する必要があります。凝集、粒状活性炭（GAC）フィルター、および陰イオン交換などの多種多様なプロセスを組み合わせるとTOCを除去します。

コストカット

浄水事業における処理工程の最適化により、ますます厳しくなる水質要求に対応するだけでなく、処理工程にかかるコストを削減することもできます。



多くの浄水施設は、高品質な水の生産のためTOCをモニタリングし多種多様な処理プロセスによるプロセスの最適化を行っています。

凝集剤

TOCを除去する主な処理プロセスの1つに、凝集が挙げられます。原水のアルカリ度およびTOCレベルに基づいたTOC除去率を示すシステムがアメリカの処理施設には必要です。一般的な凝集剤は、硫酸アルミニウム（通称：ミョウバン）、塩化第二鉄、硫酸第二鉄、およびポリ塩化アルミニウム（PAC1）です。水質目標値達成だけでなく、pH、アルカリ度、温度、汚泥などの多くの要因を考慮して適切な凝集剤を選択し適切な量を投入します。ジャーテスト、パイロットテストまたはプロセス全体の最適化は、特定の凝集スキームの効率をテストすることができますが、テスト結果を評価するにはTOCと濁度、両方の測定値を見なければなりません。

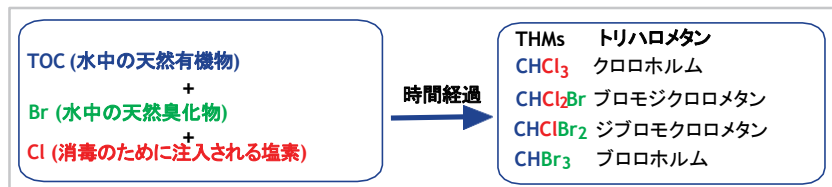


図1. TOC、臭化物、塩素から形成されるトリハロメタン（THMs）

活性炭

活性炭は、木材、泥炭、石炭、およびココナツ殻などの材料で作られた加工炭素の一種です。活性炭は、非常に多孔質で表面積が大きいことから、溶解した有機物、味や臭気のある化合物および複数の消毒副産物の吸着させるのに効果的です。顆粒状または粉末状の形で浄水処理プラントで最も一般的に使用されています。

粉末状活性炭(PAC)

PACは活性炭の粉末形態であり、季節的または短期的な問題解決のために使用されます。粉末活性炭は、大量入手が可能であり、通常はプロセスに直接追加されます。PAC用の注入口は原水と急速混合流域の水を取り込んで、それらを浄化します。PACは、通常、凝集プロセス前の水に添加され、汚泥として除去されます。PACは、味および臭いの問題を解決するためもしくは凝固助剤として使用され、フロックを形成する土台になります。TOCの除去にPACを使用する場合、実際に除去するTOCの量を把握しておき、添加量を最適化することが重要です。

顆粒状活性炭 (GAC)

GACは、PACに比べて比較的粒子サイズが大きいです。通常、GACは砂や無煙炭の代わりにフィルターに使用され、長期的な水質問題の解決策に適用されます。GACの吸着効率は経時的に低下し、最終的には交換または再活性化する必要があります。GACフィルターが原水から汚染物質を効果的に除去し、要求される水質を維持するために、TOC計を使用した水質モニタリングを実施することが多いです。GACで溶存有機物を除去する場合、事前にTOCをスパイクし、活性炭の交換または再活性化の必要があるかどうかを示します。

イオン交換

イオン交換は、特殊樹脂を使用して吸着剤を用いて帯電した汚染物質を水中から除去します。イオン交換は、多くは無機物の除去のために用いられてきましたが、フミン酸のような有機物を除去するための特殊なアニオン樹脂が開発されました。水が樹脂を通過すると、樹脂表面に蓄積された荷電イオンに電荷を帯びた汚染物質が吸着されることで、汚染物質が除去されます。イオン交換樹脂の再生は、一般的には塩溶液（塩化ナトリウム）で行われます。

処理方法を最適化するためには、適切な分析装置を使用した評価が重要です。図2はTOC計が従来の処理工程の中で利用できるポイントを示しています。

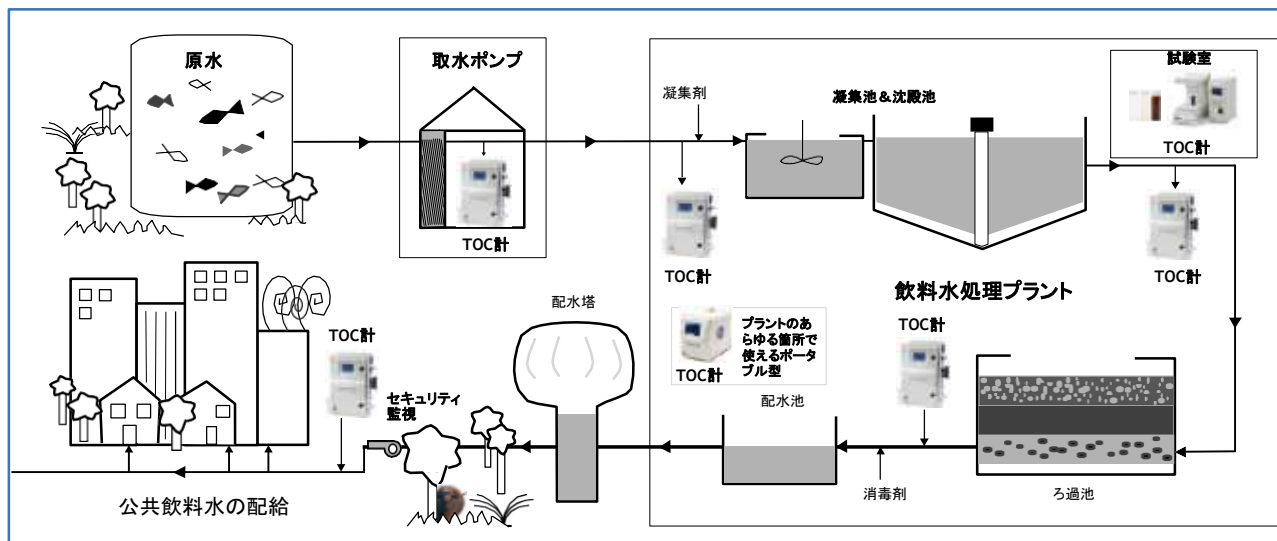


図2. 飲料水システムにおけるTOC

工程の強化

消毒技術

高濃度の鉄やマンガンなどの塩素要求物質が含まれる場合、消毒剤のより速い供給が必要です。



TOCもまた消毒剤を必要とする物質です。したがって、処理工程でTOCの除去効率が悪い程必要な消毒剤は多くなりコストも増加します。実際、消毒の工程では、TOCは天然の塩素要求物質と消毒剤を取り合います。したがって、ウイルスの不活性化を管理しつつTOCの濃度レベルを考慮する必要があります。

多くの処理場は、DBPを形成する可能性が高い塩素からクロラミンに消毒剤を切り替えています。これによりTHM（トリハロメタン）およびHAA（ハロ酢酸）の形成は減少しますが、まだ規制されていない他のDBPを形成する可能性があります。クロラミンは、ヨード酸およびニトロソアミン類のような多くの非ハロゲン化DBPを形成することが既に知られています。ヨード酸はDNA損傷のある最も有毒なDBPの1つとされており、N-ニトロソジメチルアミン（NDMA）などのニトロソアミン類もTHMよりも何倍も発癌性があることが知られています。

さらに、TOCは、依然として消毒工程において重要な役割を担っています。塩素を添加してからアンモニアを下流に添加する工程の場合、ウイルスの不活性化ができるのが一般的ですが、水中に一定のTOCレベルを維持しなければ、硝化工程で問題が発生する可能性があります。TOCは塩素化された物質であるため、塩素とアンモニアの比に影響し、過剰のアンモニアが存在すると硝化が始まってしまいます。

一般市民を守る

配水システムのセキュリティ監視

USEPAは、浄水事業者が意図的または非意図的な配水システムの汚染検出能力を向上させるために、



Water Security Initiative (水安全保障構想) : Interim Guidance on Planning for Contamination Warning System Deployment (汚染警告システム導入計画の暫定ガイダンス) を発表しました。このUSEPAの暫定ガイダンス文書は、汚染物質を検出するための最も重要なパラメータとしてTOC、塩素、および導電率の3つを設定しました。管理者は、公共の飲料水を保護するために、限られたユーザーが参加し、相互的に配水システムにおけるTOCの変化を監視することができるツールを必要としています。

測定誤差

地表水の環境の変化

浄水中のTOCの主な原因は、藻類、堆積物、水中の粒子を含む自然発生による植生の崩壊です。



水源のTOC含量は地域によって異なりますが、水域の種類や季節によって同じ水源内でも変化します。例えば、通常夏と秋にはより著しい藻類由来の有機物増加がみられます。工業用原料である多くの工業用溶剤、炭化水素、農薬、除草剤などの人工有機化学物質もTOCを増加させます。多くの地方自治体は、TOC計を使用して工業汚染の指標として、または水質の季節的变化と水処理工程を変更する必要性を予測するツールとして使用しています。

結論

TOC計は、幅広いアプリケーションに対応しており、DBPの規制に準拠した利便性の高いツールとして考えられ、プラントのプロセス制御を最適化することでコスト削減を支援します。この2つのアプリケーション以外にも、TOC計は、原水または配水システムの水質を監視し、消毒剤投入量の最適化にも役立ちます。



これらの重要なアプリケーションにおいて、Sievers TOC計のような信頼性が高く実績のある技術に加えて、使いやすい操作が可能な機器を持つことが不可欠です。Sievers TOC計は、外部の試薬、キャリアガスを使用せず、12ヶ月の校正安定性を提供し、現在世界中の何百もの地方自治体で使用されています。この機器はオンライン、ラボ、ポータブルの3タイプがあり、あらゆる水に関わる管理用途に役立ちます。Sievers TOC計は、オンライン測定や簡単なGrabサンプルの測定を可能にし、適切なTOC除去、DBP制御、およびコスト削減を支援します。

(翻訳：セントラル科学株式会社)

