第８　調 査 実 験

水道水がもたらす皮膚のぬるぬる感の原因調査

水質センター　監視課

１　概要

水質センターでは、水質に不安を感じるお客様からの依頼に基づき水質検査（飲用判定）を実施している。飲用判定が依頼される要因として、濁水や異物が含有したといった飲用に不適な水道水が供給された事例がある一方で、水道水がぬるぬるするといった飲用以外で不安を感じる声も寄せられている。そのような事例では、通常、水質検査の結果に異常はみられず、飲用に適するとして回答しているが、お客様の錯覚によるものなのか、実際にぬるぬるするような現象が生じているのか判然としない状況にある。そこで、水道水がもたらす皮膚のぬるぬる感について調査を行った。

２　文献調査結果

参考文献(1) において、温泉水の場合は種々のアルカリ（Na、K 塩）水溶液に手を浸したときに、皮膚の皮脂と水中のアルカリの反応により Na（K）石鹸が生成し、ぬるぬる感を与えることが示唆されている。この反応は pH８程度の中性に近い条件でも確認されている。

また、Ca、Mg イオン濃度が高いと Na（K）石鹸を分解するため、ぬるぬる感を阻害することも確認された。

更に、水中の Na、K、Ca、Mg イオン濃度を代入し、その水でぬるぬる感を感じるかどうか判定する式が明らかになっている。

３　水道水での検討結果及び考察

2016 年４月から 2021 年３月までの５年間の給水栓水質検査結果について、もっともぬるぬる感を感じる条件の Na、K、Ca、Mg イオン濃度を代入して計算を行ったところ、水道水の成分のみではぬるぬる感を感じづらいことが示唆された。

一方、汗の成分には Na イオンが水道水よりも高濃度で含まれており[2]、発汗等で汗の成分が皮膚上に残っている状態では、ぬるぬるを感じる可能性が考えられた。

お客様がぬるぬる感を訴えていた過去５年間の７件の依頼について確認を行ったところ、問合せは６月から 10 月に発生しており、汗をかきやすい高温期であることから、ぬるぬる感の問合せは発汗が影響した可能性がある。

参考文献

(1) S.OKOUCHI ら，Characteristics of Hot Spring Water Aff ecting on the Skin Soapy ，（J. Hot Spring Sci.），62，237-250（2012）

(2) J.Cohn ら，The excretion of trace metals in human sweat，DOI:10 1016/B978-0-444-00288-4 50036-0・Corpus ID:27301705

浄水場から給水栓自動水質計器までの流達時間の検証について

水質センター　監視課

１　はじめに

水質センター監視課では、23 区内 47 か所の給水栓自動水質計器（以下「給水栓」という。）の残留塩素濃度（以下「残塩」という。）が、47 か所それぞれに設定した許容下限値以上かつ「おいしさに関する水質目標」である 0.4mg/L 以下を達成するよう管理している。残塩の管理に当たっては、送配給水過程での残塩消費を考慮して、浄水場出口の残塩及び給水所の追加塩素注入率（以下「浄水場出口残塩等」という。）を設定している。残塩消費に関係する要因のうち、流達時間は、長いほど残塩消費量が大きくなり、浄水場出口残塩等の設定値を変えてから給水栓に影響するまでの時間でもあることから、残塩管理において重要な項目となっている。

２　流達時間の推定方法

(1) 電気伝導率を用いた推定

流達時間は、通常時は送配水過程でほぼ変動しない電気伝導率（以下「EC」という。）を指標として、降雨等による浄水の EC の変動が、給水栓に現れるまでの時間によって推定している。しかし、本方法は、EC が変動しない場合は推定が難しいこと、作業時間を要するため推定頻度を月１回としており、その後に水運用が変更された場合には推定結果を参考にできないこと、EC の変動のポイントを読み取る際に差が生じやすいことが課題である。

(2) 残塩を用いた推定

流達時間の推定方法として、浄水場出口残塩等の設定値を変えてから給水栓残塩が変動するまでの時間から推定する方法もあるが、残塩は送配給水過程で消費され、消費量はその時の水質等によって変化するため、変動を確認しづらいという課題があり、流達時間を求める手法として使用してこなかった。しかし、水質に変化がない場合には活用できる可能性がある。さらに、残塩は開庁日には毎日確認しており、直近の水運用状況を反映できることも利点である。今回、令和２年 11 月に金町浄水場出口の残塩を大きく変えた機会を捉え、残塩の変動から流達時間の推定を行った。

３　異なる推定方法による流達時間の比較

EC 及び残塩から推定した流達時間を比較したところ、対象とした 15 か所の給水栓のうち、13 か所で差の割合が±30%未満となり、両者の結果が概ね一致した。

また、残塩を用いた推定は、EC による推定が難しい、水質の変化がない状況でも可能であること、より高頻度に推定可能であること、EC による推定の検証に活用できることから、EC による推定の課題を補うと考えられた。

給水栓残留塩素濃度の実態調査

水質センター 監視課

１　はじめに

当局では、「おいしさに関する水質目標」の残留塩素濃度（以下「残塩」という。）の達成率を令和 12 年度に 94%とすることを目指している。高度浄水処理の導入や給水所への追加塩素注入設備の整備、給水栓自動水質計器によるリアルタイムの残塩監視等、総合的な取組により達成率は大きく向上してきた。その中でも残塩管理をきめ細かく行なう上で重要なのは、許容下限値の設定である。許容下限値とは、給水所等の配水区域において全域で残塩が確保できるように、その配水区域の自動水質計器で最低限確保すべき残塩濃度のことである。これまで監視課では、配水区域が変化した際などに、適宜、調査を実施することで配水状況の把握や許容下限値の見直しを行ってきた。令和元年度から令和２年度にかけて、配水状況が変化した区域において行った調査について報告する。

２　調査内容

下記の調査を実施した。

(1) 江北給水所の配水区域の拡大に伴う配水状況及び残塩実態調査

(2) 江東給水所、豊住給水所、晴海給水所及び豊洲増圧ポンプ所の配水区域の変化に伴う配水状況及び残塩実態調査

(3) 砧下浄水所の再開に伴う大蔵給水所配水区域への差込み等の配水状況及び残塩実態調査

３　調査結果

(1) 本配水区域の給水栓（No.７、No.９、No.10、No.11）周辺における配水状況を把握することができた。特に No.11 には、主に砧下浄水所の水が配水されていることがわかり、同系統の区域における残塩を考慮して、No.11 の許容下限値をこれまでの 0.40 mg/L から 0.35 mg/L に変更した。

また、大蔵給水所配水区域の末端地域における残塩を考慮し、No.10 の許容下限値を 0.35 mg/L から 0.37 mg/L に変更した。

(2) 本配水区域の北西部が低残塩地域となっていることがわかった。この地域でも 0.30 mg/L 以上の残塩が確保できるよう、給水栓（No.41）の冬期の許容下限値を新たに 0.38 mg/L に設定した。

(3) 本配水区域の給水栓（No.28、No.30、No.31、No.32、No.51、No.52、No.53）周辺における配水状況やそれぞれの給水栓に影響する給水所を把握することができ、残塩濃度を適切に管理できるようになった。

フローサイトメーターを用いた給水栓水中の細菌数の実態調査

水質センター　検査課

１　はじめに

水道の送配水過程における塩素の消失や水の滞留等による清浄度の劣化を評価する場合、一般細菌や従属栄養細菌を指標とすることが多い。しかし、これらは特定の培地で増殖する細菌のみ検出するため、水道水中の細菌の全体像を把握することが困難である。一方、フローサイトメーター（以下「FCM」という。）は、全ての細菌のDNAを蛍光染色して１細胞ずつ光学的に検出でき、清浄度をより詳細に評価できる。平成 30 年度の調査では、FCM が給水栓での細菌再増殖の状況を把握するために活用できると報告した。今回、同手法により通年で実態調査を行うことで、送配水過程における細菌の挙動をより詳細に把握し、送配水過程での細菌の増殖要因を推定した。

２　調査内容

(1) 給水栓での実態調査

自動水質計器が設置された区部 47 地点で月１回、細菌数を FCM で計測し、配水系統毎に比較した。細菌の増殖要因として①従属栄養細菌、②流達時間、③残留塩素、④水温を選定し、単回帰分析にて相関関係を調査した。

(2) 配水小管での実態調査

２(1) の調査で細菌数の多かった給水栓を選定し、同一配水系統の 13 か所の公園を対象に、細菌数、給水管及び配水小管の敷設年数、管路長との相関関係を調査した。

３　調査結果

(1) 配水系統ごとの比較と増殖要因の推定

朝霞、三郷、金町系統の給水栓では、夏季に細菌数が増加する地点が多く、特に配水系統の末端ほど多くなる傾向がみられた。一方、長沢系統の給水栓では４月から６月にかけて細菌数が増加したが、８月及び９月に減少に転じた。朝霞、三郷、金町系統の給水栓では、高水温期に細菌数と流達時間との間に正の相関（r=0.48～0.63）が、残留塩素とは弱い負の相関（r=-0.37～-0.42）が見られたが、水温及び従属栄養細菌との相関は認められなかった（r=-0.05～-0.21 及び r=-0.10～0.22）。

(2) 配水小管での増殖要因の推定

配水経路の末端に位置する公園ほど細菌数が増加する傾向が見られた一方で、配水小管がループする地点では配水経路の手前にも拘らず比較的多くの細菌数を検出した。これらの地点では残留塩素濃度の低下が見られ、水の滞留による影響と推定した。これらの地点を除くと、細菌数は管路長との間に強い正の相関が見られ、これが細菌の再増殖の要因であると推定した。

アルデヒド分析時に用いる脱塩素剤の影響調査

水質センター　検査課

１　はじめに

ホルムアルデヒドやアセトアルデヒド（以下「アルデヒド」という。）は浄水処理過程で生成する消毒副生成物の一種であり、告示法では採水後は 72 時間以内に測定することや、残留塩素（以下「残塩」という。）が含まれる場合の対応が規定されている。しかし、脱塩素剤として指定されている塩化アンモニウムは、残塩と反応してモノクロラミンが生成し、アルデヒドの保存性が損なわれるおそれがある。

そこで、本報告では４種類の脱塩素剤で脱塩素処理した場合、及び残塩を含む試料を保存した場合のアルデヒドの濃度変化を調査し、最適な脱塩素剤を検討した。

２　検討方法

脱塩素剤によるアルデヒドの濃度変化を調査するため、まず超純水に残塩濃度が 0.4 mg/L 程度になるよう次亜塩素酸ナトリウム溶液を添加し、塩化アンモニウム、チオ硫酸ナトリウム、アスコルビン酸ナトリウム及び亜硫酸水素ナトリウムで脱塩素処理した。その後、濃度が 10 μg/L 程度になるようアルデヒドを添加し、超純水添加試料とした。

また、実試料を保存した際の濃度変化を調査するため、告示法で規定されている塩化アンモニウム及びチオ硫酸ナトリウムで水道水の脱塩素処理を行った後、濃度が５、10 μg/L 程度になるようアルデヒドを添加し、水道水添加試料とした。

調製した各試料を冷暗所保存しつつ、０時間から 72 時間後まで 24 時間ごとに分取してアルデヒドの濃度を HPLC 法で測定した。

３　検討結果

(1) 超純水添加試料

塩化アンモニウム及びアスコルビン酸ナトリウムを添加した試料では、アルデヒドの濃度変化は見られなかったが、アスコルビン酸ナトリウムのみ、誘導体化試薬由来の沈殿物が析出した。チオ硫酸ナトリウムはホルムアルデヒドのみ３日間で濃度が７割以上減少し、亜硫酸水素ナトリウムはアルデヒドの濃度を確認できなくなった。

(2) 水道水添加試料

塩化アンモニウムを添加した試料では、アルデヒドの濃度変化はほぼ見られなかった。一方、チオ硫酸ナトリウムを添加した試料は、ホルムアルデヒドは３日間で濃度が３割程度減少したが、アセトアルデヒドの濃度変化はほぼ見られなかった。

以上の結果から、アルデヒドの分析に用いる脱塩素剤として、塩化アンモニウムが最適であり、採水後 72 時間以内の試料の保存性を確認した。

VOC 分析における誤差要因の推定と解決策の検討

水質センター　検査課

１　はじめに

VOC（揮発性有機化合物）は健康被害を引き起こすおそれがある化合物であり水道法や大気汚染防止法等で厳しい基準が定められている。VOC の分析に当たり水質センターでは検量線用試料の調整時の希釈は最大６段階で行っているが、揮発性の高い成分が多いため、適切な手順で標準液を調製しないと検量線が真値から大きく外れるといった課題がある。そこで、分析結果に誤差を生じさせる因子について影響度を評価し、精度不良の原因となる分析操作を見直すなど誤差の低減に努めた。

２　検証内容

精度不良となる主な原因は、①標準液調製時の不適切な操作、②装置劣化に伴う測定感度の低下、③検量線回帰式作成時の適切でない手順である可能性が高いと推定された。それぞれの原因から抽出した下記の因子について測定誤差の影響度を検証した。

①　：希釈溶媒の液温、混合攪拌の強さ、標準液調製工程に要する作業時間、標準液１本当たりの分取本数

②　：低濃度検量線と高濃度検量線の傾きの差異

③　：検量線で採用する回帰式の違いによる差異

３　検証結果

検証の結果、希釈溶媒の液温、標準液１本当たりの分取本数、検量線で採用する回帰式の違いによる差異の３点が測定結果にそれぞれ 10%程度の誤差を生じさせていることが分かった。具体的には、標準原液と溶媒の冷却により体積が変化すること、バイアル分取時に一部の VOC 成分が揮散すること及び低濃度側と高濃度側に分けて一次式で定量した場合に中濃度域の測定誤差が大きくなることが確認された。

４　まとめ

VOC の分析結果の精度が不良となる原因を推定し、そこから抽出した因子について、それぞれ誤差の影響度の検証を行った。誤差が 10%程度となった原因に対し、希釈溶媒を室温で使用する、一度に分取するバイアルの本数を減らす、全濃度域の標準液に対して二次回帰曲線で作成する、といった改善を行うことで VOC の分析精度を向上させることができた。

有機フッ素化合物の検査方法の検証

多摩水道改革推進本部調整部　技術指導課

１　はじめに

令和２年４月１日より有機フッ素化合物（以下「PFCs」という。）のペルフルオロオクタンスルホン酸（PFOS）及びペルフルオロオクタン酸（PFOA）が水質管理目標設定項目に設定され、暫定目標値 50ng/L（合算値）が定められた。多摩水では PFOS 及び PFOA 濃度が高い井戸水源を多く有するため、その対応は重要な課題である。分析面の課題として、厚生労働省から示された新たな公定法（以下「新公定法」という。）を用いた他の PFCs の一斉分析が挙げられる。そこで、新公定法とこれまで当局において阿部らが報告した方法（以下「従来法」という。）を基に行ってきた一斉分析法、環境省や米国環境保護庁（以下「USEPA」という。）の分析法との比較検討を行い、新公定法での一斉分析の可能性と妥当性を検証した。

２　検査方法の検証

当局ではこれまで、従来法を基に PFCs を一斉分析してきた。新公定法を検証するに当たり、まずは、従来法等と新公定法との比較検証を行った。

検証の結果、新公定法でも従来法と同様に一斉分析が可能であることが明らかとなった。しかし、細かい部分で違いが見られたことから新公定法について妥当性評価ガイドラインに基づく妥当性評価を行った。評価対象は、PFOS、PFOA 及びペルフルオロヘキサンスルホン酸（PFHxS）の合計３物質とした。添加回収試験の結果、３物質全てについて、検量線範囲２～50ng/L、定量下限値２ng/L において評価の基準を満たすことを確認した。

また、新公定法はサロゲート法であるため、共存する物質の影響で、安定した定量が困難であることや、偽陽性として検出される懸念がある。この確認のために、電気伝導度の高い試料水及び分岐鎖型の有機フッ素化合物を多く含む試料水を用いて標準物質の添加回収を行った。その結果、電気伝導度に起因する物質の影響は極めて小さく、直鎖及び分岐鎖ともに安定した測定が可能であることが示された。

３　一斉分析法による給水栓での PFCs の検出状況

多摩水では四半期に一度実施する多摩地区給水栓の定期試験に合わせて、PFOS 及び PFOA を管理しており、令和３年１月から２月にかけて新公定法による PFCs の検出状況を確認した。一斉分析の結果、PFOS、PFOA 及び PFHxS が検出された給水栓は６か所存在した。

また、PFOS 及び PFOA の高い原水において、PFHxS も検出される傾向があった。

有機フッ素化合物の除去方法の検討

多摩水道改革推進本部調整部　技術指導課

１　はじめに

有機フッ素化合物（以下「PFCs」という。）は、耐熱性や耐薬品性に優れ、撥水剤や泡消火剤の成分として幅広く用いられてきたが、難分解性のため環境中に長期間残存する特徴があり、また長期蓄積による生体毒性も疑われている。

多摩地区には PFCs 濃度が高い地下水が存在することから、PFCs 除去方法について把握するため、基礎的な調査・検討を行った。

２　除去剤の選定

米国など海外における PFCs 除去設備の導入事例の調査を行った結果、粒状活性炭（以下「GAC」という。）及びイオン交換樹脂（以下「IX」という。）による処理が有効と考えられた。そこで、1 種類の GAC と 11 種類の IX を選定し、各除去剤が十分量である図１の条件で一定時間攪拌処理した後の除去率を求めたところ、除去率は 94%～99%以上であった。除去率が良好な除去剤のうち、浄水処理への導入実績、調達性、取扱性等を考慮して表１の３種類の除去剤を選定し、連続通水実験を行うこととした。

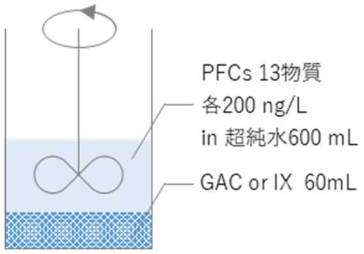

図１　予備実験概要

３　連続通水実験

コンディショニング済みの除去剤 5 mL を充填したカラムに、PFOS と PFOA の合算濃度が平均 46ng/L の若松給水所原水を約 1,100mL/h で連続通水した（図２）。処理水を定期的に採水して PFOS、PFOA、PFHxS、一般項目（濁度、色度、pH、EC、TOC、生臭気、塩素添加臭気）、陰イオン類を測定し、除去剤の寿命や処理水質の変化を確認した。

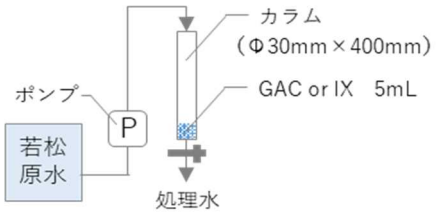

図２　連続通水実験装置概略図

実験結果を表１に示す。GAC では、処理水の PFCs 濃度が通水倍率（BV）26,329 で若松給水所原水とほぼ同程度となり、破過したと判断した。したがって、若松給水所原水を処理する場合、吸着寿命は BV26,000 と推定された。IX ２種類については、処理水の PFCs 濃度はそれぞれ BV220,000，250,000 時点で若松給水所原水の PFCs 濃度を十分に下回っており、GAC に比べて８倍以上の除去能があることがわかった。

表１　実験に用いた除去剤と実験結果

除去剤	主な特徴	破過となる通水倍率(BV)
GAC	当局の浄水場で導入実績あり	26,000
IX①	海外製、PFCs 除去可の知見あり	>220,000
IX②	日本製、原理的には PFCs 除去可だが未確認	>250,000

令和２年度における荒川第一調節池かび臭発生要因調査

水質センター　検査課

１　背景と目的

荒川の水位低下時に荒川第一調節池（以下「彩湖」という。）から秋ヶ瀬取水堰上流に補給が行われると、浄水場の原水水質が悪化することがある。実際、平成 28 年度に彩湖の 2-MIB 濃度が 30,000 ng/L まで上昇し、補給後に原水 2-MIB 濃度が急上昇した。令和元年度に行った調査では、湖水中の藍藻が 2-MIB の発生に寄与している可能性が示されたが、発生要因の特定には至らなかった。そこで、採水箇所と頻度を増やし、遺伝子解析による 2-MIB 産生種の同定及び藍藻発生要因の解析を行った。

２　調査方法

令和２年６月から令和３年１月にかけて彩湖の管理橋、機場、水門及び秋ヶ瀬取水堰にて計 34 回採水し、2-MIB 濃度等の水質と生物数を比較し発生要因の解析を試みた。特に、2-MIB 産生種と疑われた藍藻は単離培養を行い、2-MIB 産生能の確認及び遺伝子解析による種の同定を行った。

３　調査結果

９月中旬以降、藍藻数の増加に伴って 2-MIB 濃度が上昇し、管理橋表層では最大 1,800 ng/L 検出された。同時期に 2-MIB 産生種と疑われた藍藻が優占して増殖しており、遺伝子解析等の結果 *Oscillatoria raciborskii* と判明した。2-MIB 産生能が確認され、検出数と 2-MIB 濃度との間に強い正の相関（r=0.782）が見られたことから、この種を 2-MIB 発生の主な原因生物であると特定した。

発生要因の解析では、*Oscillatoria raciborskii* が観察されたほぼ全ての試料で T-N 0.6 mg/L 以上かつ T-P 0.04 mg/L 以上となっており、栄養塩の供給が発生の一因であると考えられた。実際に、彩湖では８月中旬から９月中旬にかけて水位が著しく低下しており、水質データから、底泥の巻き上げに伴って栄養塩が供給されたことが明らかであった。

以上の結果から、令和２年度の彩湖においては、水位の低下、底泥の巻き上げによって栄養塩が供給されたことが一因となり、2-MIB 産生種である *Oscillatoria raciborskii* が発生、増殖したことで 2-MIB 濃度の上昇が引き起こされたと考えられた。

藍藻由来のかび臭合成酵素遺伝子簡易検出法の検討

水質センター　検査課

１　はじめに

当局では水源河川及び浄水場原水の浄水処理障害生物を顕微鏡での形態判別法（以下「検鏡法」という。）により定期的に監視している。検鏡法は短時間で多くの生物を判別することが可能であるが、水道水の異臭味の原因であるかび臭を産生する藍藻については、種の判別までは難しい。そこで、対象の藍藻を単離培養し、培養液のかび臭原因物質の有無を確認することでかび臭産生種の有無を判別してきたが、培養に１か月程度を要し、すぐに結果が得られない等の課題があった。今回、環境水中のかび臭産生藍藻を迅速に判別するため、遺伝子検査技術を活用し、かび臭産生藍藻が保有するかび臭合成酵素遺伝子を簡易に検出できる方法を検討した。

２　調査内容及び結果

本調査では、(1)試料の濃縮方法、(2)遺伝子増幅の条件、(3)検出下限等について、藍藻を原水に添加した試料及び藍藻の存在する河川水等の実試料を用いて検討した。

(1) 濃縮方法として、加圧処理法及びフィルター濃縮法を比較検討した。ガス胞を持つ *Anabaena* 等の藍藻を加圧処理法では 10 倍まで、フィルター濃縮法では 500 倍まで濃縮できたため、濃縮したい倍率に合わせて濃縮方法を選択することとした。

(2) 遺伝子増幅の条件について、ジェオスミン合成酵素遺伝子 *geoA* と 2-MIB 合成酵素遺伝子 *MIBS* の２つを対象として、PCR を行ったのち電気泳動により検出する方法と、リアルタイム PCR により検出する方法の２通りで検討した。その結果、いずれの方法でも２種類の遺伝子を検出でき、さらに、リアルタイム PCR により検出する方法では作業を３時間以内に完了させることが可能であった。

(3) 藍藻が検出されなかった原水に細胞数又は糸状体数を揃えた藍藻を添加し、リアルタイム PCR を用いて *geoA* 及び *MIBS* の検出下限を確認した。その結果、*geoA* は試料１mL あたり *Anabaena planctonica* ２細胞、*MIBS* は試料１mL あたり *Phormidium tenue* ２糸状体、*Oscillatoria raciborskii* ２糸状体まで検出できた。既報のかび臭産生能を基に換算すると、この検出下限はかび臭濃度が３ng/L 以上検出される試料に適用可能であると考えられた。

続いて、この簡易検出法を用いて、河川水等の実試料を分析した。ジェオスミン又は 2-MIB が３ng/L 以上検出され、かつかび臭産生が疑われる藍藻が検出された試料では、各かび臭に対応する合成酵素遺伝子を概ね検出することができた。

今後は、網羅的又は属特異的な遺伝子増幅条件を試行し、判別できる藍藻の種類を増やすことを検討していく。

令和２年度利根川水系の高度浄水処理に関する調査

水質センター　企画調査課

１　はじめに

高度浄水処理のより効率的な管理技術の確立に向け、平成 30 年度より BAC 池の運用条件について検討を行っている。本報では、処理能力の確保とコスト削減の両立を目指した BAC 層厚低減の可能性及び経年炭混合による硝化能獲得の促進方法について報告する。

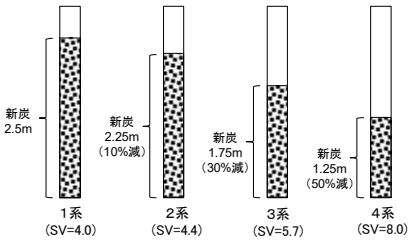

図１　層厚低減調査　BAC塔

２　調査内容

三郷浄水場内に設置した調査プラントにおいて、BAC 層厚を 1.25m から 2.5 m と変化させた４系列（図１、平成 30 年度より継続運転）及び新炭 2.5m、新炭 2.0m、新炭 2.0m+経年炭 0.5m とした３系列（図２、令和２年７月より運転）の条件で有機物やアンモニア態窒素等の処理性を調査した。

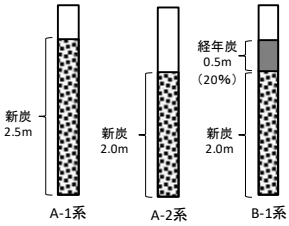

図２　経年炭混合調査　BAC塔

３　調査結果

層厚低減調査の TOC 除去率の推移を図３に示す（平成 30 年度からの継続データを含む）。層厚 2.5m 及び 2.25m（10%減）の系列では除去率の大きな差は認められず、ほぼ同等となった。一方、層厚を 30%以上減らした２系列では、層厚 2.5m 及び 2.25m の２系列と比較して除去率の低下が顕著であった。

経年炭混合調査のアンモニア態窒素除去率の推移を図４に示す。経年炭を混合した系列は、通水当初から新炭のみの系列よりも早く硝化能を獲得することが確認できた。層厚の薄い系列は他の系列よりも総じて除去率が低く、100%に達することはなかった。

また、塩素添加により低下した除去率は、経年炭を混合した系列よりも、新炭のみの系列の方が早く回復する傾向にあることが確認された。

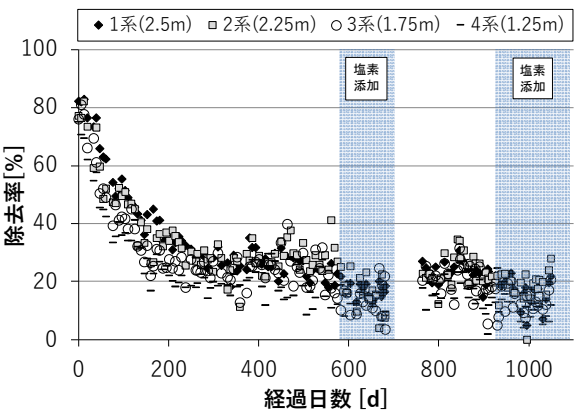

図３　層厚低減調査：TOC 除去率推移

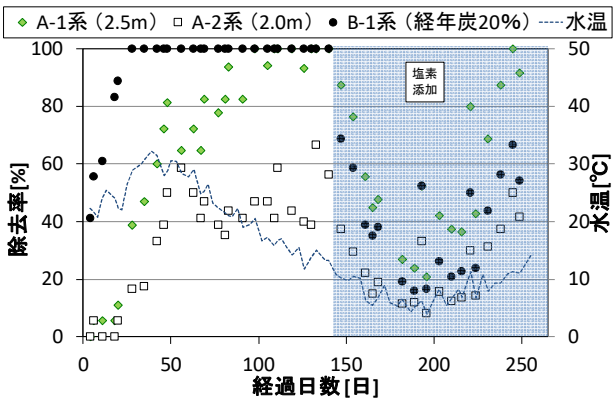

図４　経年炭混合調査：
アンモニア態窒素除去率推移

境浄水場（再構築）の最適な運用に関する調査

水質センター　企画調査課

１　はじめに

東村山浄水場の施設更新に当たり、代替施設として境浄水場への高度浄水施設の導入が予定されている。境浄水場は、貯水池の水を原水としており、これまで高度浄水施設が導入されてきた利根川水系の浄水場とは異なり、有機物等の負荷が小さく、高度浄水処理による処理性も異なることが予想される。そこで、東村山浄水場に設置した実験プラントにおいて、貯水池系原水の高度浄水処理における処理性について調査を行い、粒状活性炭を現在の更新周期である4年より長期間使用できるかについて検討した。

２　調査内容

東村山浄水場に設置した実験プラントで、平成 28 年１月から令和３年３月にかけて、貯水池系原水を用いて高度浄水処理（オゾン処理+生物活性炭（BAC）処理）を行い、BAC 処理における有機物の処理性の推移を利根川水系原水（東村山浄水場実施設）と比較した。

また、実験プラントにおいて、オゾン処理+BAC 処理、及び BAC 単独処理の２系列に、貯水池系原水を導水し、オゾン処理の有無による有機物の処理性を比較した。

３　調査結果

貯水池系原水と利根川水系原水の BAC 処理における紫外線吸光度（UV260）の除去率の推移を図１に示す。利根川水系原水よりも貯水池系原水の方が UV260 の除去率の低下が穏やかで、利根川水系原水では通水開始後４年目に除去率が 20%弱まで低下したのに対し、貯水池系原水では同水準まで低下したのは５年後であった。貯水池系原水は利根川水系原水と比較して有機物負荷が少ないため、UV260 で表される吸着性能の低下は遅く、通水後５年目でも、利根川水系原水の通水後４年目と同等の除去能力を持つことが分かった。

オゾン処理の有無の違いによる、UV260の除去率の推移を図２に示す。オゾン処理を行う方が有機物の除去率の低下が穏やかであった。

これらの結果から、貯水池系原水を用いた高度浄水処理は、オゾン処理を実施した上で活性炭を５年更新とすることで、利根川水系原水での４年更新と同等の処理性を確保できることが分かった。

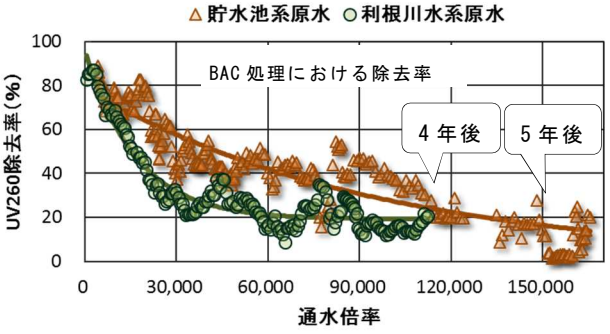

図１貯水池系原水と利根川水系原水との UV260 除去率

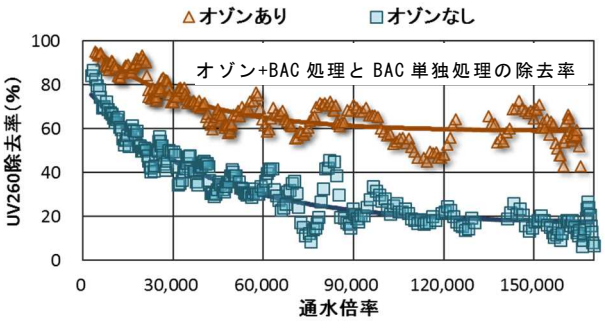

図２　オゾンの有無による UV260 除去率（貯水池系原水）

朝霞浄水場における令和２年度冬期のかび臭物質対応

朝霞浄水管理事務所　技術課

１　はじめに

水道水に不快な臭気をもたらすかび臭物質は、オゾン処理及びBAC処理によって除去しているが、水温が低下する冬場においては、除去能力が著しく低下する。

朝霞浄水場では、令和２年度12月から１月にかけて、荒川原水中の2-MIBが大幅に上昇する事態が生じた。

本報告では、この水質悪化の状況と朝霞浄水場における対応について報告する。

２　水質悪化の原因と朝霞浄水場原水の水質状況

原水中の2-MIB上昇の要因は、以下の３つであると考えられる。

第一に、少雨で河川水位が低下し、2-MIBを最大60ng/L含有していた荒川第一調節池（以下「彩湖」という。）の水が秋ヶ瀬取水堰上流に補給されたことである。

第二に、荒川上流の新皆野橋付近で藻類が繁殖し、荒川本川の2-MIBが上昇したことである。武蔵水路合流手前において20から30ng/Lの2-MIBが検出された。

第三に、荒川支川の市野川の2-MIB濃度が上昇したことが挙げられる。荒川と市野川の合流付近にある大塚橋では、最大70ng/L程度検出された。

これら３か所の2-MIB濃度の上昇を受け、朝霞浄水場の原水中の2-MIBは、彩湖補給時は最大13ng/L､その他の期間では継続的に８から12ng/L程度で推移した。

３　朝霞浄水場における対応

溶存オゾン濃度を平常時の0.1mg/Lから段階的に引き上げ、第１高度処理施設で0.6mg/L、第２高度処理施設で0.9mg/Lまで強化した。その結果、オゾン処理における2-MIBの除去率は、当初の24%から向上し、溶存オゾン濃度を0.6mg/Lまで上げた場合に27%、0.9mg/Lまで上げた場合に52%となった。

また、凝集pHを7.0から7.3に上げ、オゾン処理におけるOHラジカルの生成促進を試みた結果、2-MIB除去率は更に平均12から16ポイント向上した。

この対応でオゾン及びBAC処理で8ng/L程度の2-MIBが除去可能と確認された。

また、原水中の2-MIBの上昇に備え、粉末活性炭の注入基準を検討した。原水の水質計器でかび臭濃度が15ng/Lを継続して超過した場合は、粉末活性炭を10ppm注入し、オゾン処理入口前で８ng/Lを超過した場合は注入強化を行うこととした。

４　まとめ

彩湖の補給及び荒川上流水質の悪化により上昇した原水の2-MIBに対して､溶存オゾン濃度の強化や凝集pHの上昇により浄水への影響を抑制することができた。

また、粉末活性炭の注入判断基準を検討し、今後の指針とすることができた。

高塩基度PAC使用時の臭素酸対策に関する調査

水質センター　企画調査課

１　背景・目的

高塩基度PACは凝集水がpH7.5程度と若干高い条件であっても、通常PACでpH7.0において処理する場合と同等の凝集性を示すことが分かっている。

一方で、pHの高い環境下でオゾン処理を行うと臭素酸生成量が増加することが知られており、高塩基度PAC導入により臭素酸生成のリスクが高くなる可能性がある。

そこで、高塩基度PACの使用による、オゾン処理における臭素酸生成への影響や臭素酸生成抑制方法について調査を行った。

２　調査方法

(1) 臭化物イオン（Br^-）を添加した三郷浄水場原水を pH7.0 又は 7.5 に調整し、高塩基度 PAC 又は通常 PAC を用いてジャーテストを行った。その後、各検水の上澄水を小型オゾン発生器を用いてオゾン処理し、臭素酸生成濃度を比較した。

(2) 三郷浄水場実験プラントにおいて、原水を通常 PAC で凝集沈殿・砂ろ過処理した水を、pH7.0～7.7、Br^-濃度約 50～90μg/L 及び水温約 20～30℃の各種水質に調整し、小型オゾン発生器を用いてオゾン処理を行った。各処理水の臭素酸濃度を測定し、水温、pH 及び Br^-濃度等を変数とした、臭素酸生成濃度予測式を導出した。

３　調査結果

(1) 凝集水pHが7.0及び7.5における臭素酸生成濃度は、高塩基度PAC及び通常PACのいずれの場合でも差異は認められなかった。一方、高塩基度PAC及び通常PACにおいて臭素酸生成濃度を比較すると、pH7.0よりもpH7.5の方が濃度が高くなった。これらの結果から、オゾン処理における臭素酸生成にはPACの塩基度は影響を及ぼさないが、凝集水pHは高い方が臭素酸生成濃度が増加することが分かった。

(2) 各処理水の臭素酸濃度から、オゾン処理における臭素酸生成濃度予測式を導出した。

[臭素酸生成濃度(μg/L)]
=10^(1.050×log((水温(℃)－13.5)×[Br^-濃度(μg/L)]×
[溶存オゾン濃度(mg/L)]×(接触時間(min))×(pH－6.863))－2.488)

本予測式を用い、処理水のBr^-濃度100μg/L、pH7.5及び溶存オゾン濃度0.1mg/Lにおける臭素酸生成濃度を試算したところ、水温が22℃より高くなると、オゾン処理水の臭素酸濃度が浄水の水質基準10μg/Lの半分である５μg/Lを超過する結果となった。高水温期に原水のBr^-濃度が高くなった場合には、凝集水pHを7.5よりも低く管理し、臭素酸の生成を抑制する必要があることが分かった。