

第8 調査実験

利根川水系の高度浄水処理に関する調査（最終報告）

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生物活性炭（以下「BAC」という。）池運用条件の確立に向け、浄水処理性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 BAC 池更新時の経年炭混合による硝化能の早期獲得について、平成 30 年度より検討を行っている。本報では、これまで実施してきた 4 年間の調査結果を取りまとめて報告する。

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 2.5m と変化した系列（層厚低減調査、図 1）、及び新炭に経年炭を 5% から 30% 混合した系列（経年炭混合調査、図 2）について、有機物やアンモニア態窒素等の処理性を調査した。

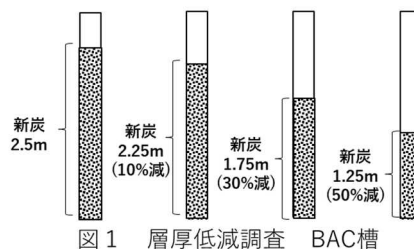


図 1 層厚低減調査 BAC槽

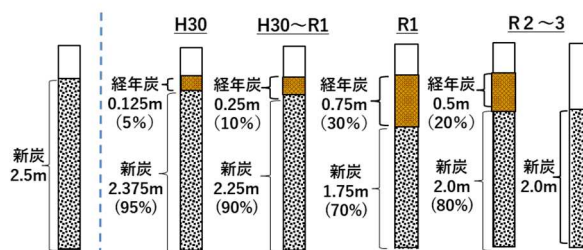


図 2 経年炭混合調査 BAC槽

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。層厚 2.5m 及び 2.25m（10%減）では除去率に大きな差は認められず、ほぼ同等

となった。また、今回調査した各層厚で三郷浄水場の全 BAC 池を運用したと仮定し、得られた除去率を用いて BAC 処理水の TOC 濃度を試算した。水質が悪化した場合に、当局が独自に定める「おいしさに関する水質目標」の目標値である TOC 濃度 1.0mg/L 以下を維持できるのは、層厚を 10%低減した 2.25m 以上の場合であった。

経年炭混合調査の経年炭混合割合と BAC 池更新後の硝化能獲得に必要な日数の関係を表 1 に示す。経年炭混合割合が 20%及び 30%では新炭のみに比べ硝化能は 1/3 以下の期間で獲得でき、また 10%でも硝化能を早期に獲得する場合があることが確認された。このことから、BAC 池更新時に経年炭を 10%以上混合することにより、硝化能を早期に獲得可能であるとわかった。

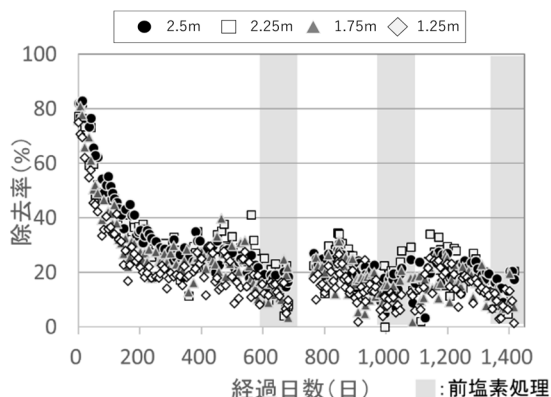


図 3 層厚低減調査：TOC 除去率推移

表 1 経年炭混合調査：硝化能獲得に要した日数及び新炭池と比較した硝化能獲得の必要期間

	調査年度	新炭 100%	経年炭混合割合			
			30%	20%	10%	5%
硝化能獲得までの必要日数	H30	119日			119日	126日
	R1	20日	1日		10日	
	R2~3	91日		28日		
硝化能獲得の必要期間（对新炭比）			1/20	1/3	1/2~1	1

顕微鏡観察の自動化に向けた事前検証

水質センター 検査課

1 はじめに

水質センター検査課では新技術を活用した業務改善に取り組んでおり、環境水中に存在する藻類等の生物の種類及び数を、自動で分類及び計数できる人工知能（以下「AI」という。）技術を搭載した顕微鏡観察システム（以下「自動検鏡システム」という。）の構築を進めることとした。これに先立ち、令和3年度に精度や課題等を把握するための事前検証を実施したので報告する。

2 調査内容及び調査結果

自動検鏡システムは、顕微鏡観察用のプレパラートを自動で撮影し、画像に映った生物をAIが自動で分類及び計数するものである。事前検証では、20種類の生物についての判別方法を学習させたAIを開発し、精度の確認と実用化に向けた課題の把握を行った。

（1）AIの開発

AIに学習させる教師画像として、既存画像から対象生物（20種類）が映った箇所を切り出した前景画像1,407枚（位相差画像及び蛍光画像を含む。）及び対象生物が映った箇所を除去した背景画像1,520枚を整備した。

本検証で開発したAIは、多焦点で撮影した位相差画像及び蛍光画像を1枚の画像に統合してから、分類を行うモデル（以下「分類モデル」という。）と複雑な計数を処理するモデル（以下「計数モデル」という。）で構成される。分類モデルは3種類開発し、検証の結果が最も良いモデルを採用した。計数モデルは5種類開発し、生物の計数方法に応じて使い分けるようにした。

（2）分類及び計数の精度確認

開発したAIに約400枚の検証用画像を解析させ、分類及び計数について精度を検証した。その結果、分類モデルでは *Asterionella* や *Oscillatoria* などについては75%以上の高い精度が得られた。一方、形状が似ている *Nitzschia* や *Synedra* 等の誤認識や、動きがある鞭毛虫類等は鮮明な画像が得られず同定が困難である等の課題が明らかになった。計数モデルでの計数結果は、職員が計数した結果と高い相関（ $R=0.6\sim 0.9$ ）があった。

（3）今後について

事前検証では上記課題に加え、未学習の生物が、20種類の学習済みの生物に誤認識される等の課題も明らかとなった。これらの課題の解決策として、教師画像の増強や、グルタルアルデヒドによる固定、学習させる生物の対象拡大が考えられた。

令和4年度は、事前検証で明らかとなった課題を解決し、より精度の高い自動検鏡システムの開発に取り組んでいく。

荒川水系におけるジクロロメタン流出事故対応

水質センター 監視課

1 はじめに

令和3年12月2日、荒川を水源とする埼玉県企業局大久保浄水場の原水からジクロロメタン 0.011 mg/L が検出された。ジクロロメタンは有機塩素系溶剤の一種で、発がん性があるため、水質基準として 0.02 mg/L 以下と定められている。このジクロロメタンがその後も荒川本川や、水質基準未満であるものの当局朝霞浄水場等の浄水から検出されたことから、この水質事故に対する当局の一連の対応について報告する。

2 当局の初動対応（12月2日）

当センターは本事故の速報を受信後、埼玉県から情報収集を開始するとともに、汚染物質流下シミュレーションを活用して秋ヶ瀬取水堰への流達時刻を予測した。この予測で秋ヶ瀬取水堰に既に到達していると推定されたため、朝霞浄水場に緊急出動し、原水・浄水のジクロロメタン濃度を測定した。その結果、原水から 0.010 mg/L、浄水から 0.0034 mg/L のジクロロメタンを検出した。この濃度は当局の水質管理用の水準を超過していたため、朝霞、三園浄水場の原水及び東村山浄水場への順送水に、粉末活性炭を注入開始した。

3 荒川水系におけるジクロロメタン汚染状況調査（12月3日-12月5日）

事故発生の翌3日、当センターは荒川水系の水質調査を実施し、入間川支川の^{むぎゅうかわ}麦生川が入間川に流入する古谷樋管で高濃度のジクロロメタンを検出した。4日及び5日は埼玉県と調整して、当センターが荒川本川のジクロロメタン濃度を監視し、埼玉県が麦生川周辺の排出源について調査することとし、得られた測定結果は速やかに情報共有するよう申し合わせた。その結果、当局は荒川本川の^{じすい}治水橋で徐々にジクロロメタン濃度が低下する傾向を確認した。一方、埼玉県企業局は5日に麦生川支川の^{やはたがわ}八幡川に処理水を排水する鴨田農業集落排水処理施設が排出源であることを特定した。

4 当局浄水場のジクロロメタンの濃度推移（12月2日-）

事故発生以降、当センターは多摩水道改革推進本部と協力して朝霞、三園、東村山浄水場の原水・浄水のジクロロメタン濃度を継続的に測定した。各浄水場浄水の濃度は12月2～3日までに最大値（0.0038～0.0049 mg/L）を示し、以降は徐々に低下した。ただし、朝霞浄水場では12月5日以降、水質基準を大きく下回る濃度レベルであるものの、原水よりも浄水で濃度が高くなることがあった。これは、時間の経過とともに BAC の吸着性能が失われ、一度 BAC に吸着されたジクロロメタンが再溶出したものと推測された。

5 本事故の収束

鴨田農業集落排水処理施設や八幡川において活性炭による吸着措置等の流出防止対策が講じられ、12月5日以降、当局浄水場のジクロロメタン濃度は水質管理用の水準を下回るようになった。また、12月13日には当センターが八幡川を現場調査し、濃度が十分低下していたため、事故対応を終了した。

水質事故対応能力向上に向けた取組

水質センター 企画調査課

1 はじめに

令和3年12月2日に荒川水系の河川にジクロロメタンが流入する事故が発生した。水質センターは、関係事業者とも連携し、12月9日まで土日を含めて連日現場に出動するなどして状況把握に努め、ジクロロメタン濃度の十分な低下が確認された12月13日に事故対応を終了した。

水質センターでは、水質センター版水安全計画及び水質事故対応マニュアルを平常時から作成して事故時の対応を整理するとともに、水質事故訓練も定期的を実施して、事故対応能力の維持向上を図っている。その成果として、上記事故において、おおむね適切に対応することができたが、その一方で、細かい課題もいくつか明らかになった。そこで、事故対応の振り返りを行い、今後の改善に活用していくこととしたので、概要を報告する。

2 事故対応における課題の抽出

水質事故対応が終了した時点で、対応した職員にアンケートを実施した。その結果、測定に要する時間が長い、休日の対応者の情報共有が不十分などといった意見が見られた。また、回答の中には、事故対応全体の流れの理解不足や、水質センターで作成している水質事故対応マニュアルの記載内容の理解不足に起因するものも見受けられた。

3 今後の対応策

抽出された課題を踏まえ、令和4年度以降、主に以下の対応を行っていくこととした。

(1) 水質センター全職員向けの研修の実施

事故対応全体の流れを知る機会が少ないため、経験が浅い若手職員を中心に危機管理研修を実施した。研修では併せて水質事故対応マニュアルを周知した。

(2) 測定の効率化

今回の事故では測定に時間を要してしまったため、水質試験車に搭載できる事故対応用分析機器や代替機の活用、測定時間を短縮できる測定条件の検討等の取組を行い、事故時の測定の効率を上げることとした。

(3) 事故対応訓練の充実

長期間にわたる水質事故に対しては水質センター全課で対応する必要がある。そのため、水質事故対応訓練については、水質センター全課が参加することとした。

また、他部署も含めた全体的な事故対応の流れを把握できるように、若手職員をシナリオ作成に参加させる取組も新たに開始することとした。

(4) 化学物質の処理性調査

ジクロロメタン等の化学物質の高度浄水処理における処理性を調査し、水安全計画に反映させている。しかし、今回の事故時に異なる挙動を示したことから、改めて実際の事故に即した条件で再調査を行うこととした。

水質センター監視課における漏水判定試験の実施状況について

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、様々な依頼による水質検査を受け付けている。その一つである漏水判定は、路上や地下駐車場等、様々な場所で発生している湧水ゆうすいの水質検査結果から、その水が水道水由来か否かを判定するものである。

ここでは、近年の漏水判定事例の紹介と、判定精度向上に向けた取組について報告する。

2 漏水判定とは

漏水判定試験では、水道水特有の遊離残留塩素やトリハロメタン類、地下水で検出されることのあるトリクロロエチレンなどの有機溶剤のほか、pH、電気伝導率、アルカリ度、陽・陰イオン類等の水質検査結果について、湧水と対照水^{*}とを比較して水道水由来か否かの判定を行う。

漏水判定は、トリハロメタン類等が決め手となりほぼ確実に水道水由来であると判定できる場合もある一方、湧水と対照水の水質が似通っているもののトリハロメタン類が検出されないなど決め手に欠け、判定が困難なケースも多い。このような事例については、当課の判定の正誤を追跡調査することで、判定精度の向上につながる可能性がある。

3 令和3年度の漏水判定試験の追跡調査

令和3年度に当課が実施した漏水判定について、全支所にその後の対応の聞き取り調査を行った。その結果、当課が「水道水由来」と判定した案件はすべて漏水箇所が特定され、湧水は解消していた。また、判定が困難だった案件についても、判定結果と矛盾する事実が判明するなどの事例は見られなかった。

4 支所アンケートの設問の改良

監視課では、漏水判定結果を受けた支所の対応に関する情報収集のため、従来から支所に対するアンケートを実施してきたが、更なる判定精度の向上に役立てるため、水道水以外と判定した案件については、湧水の原因やその後の対応についての設問を設けるなどの改良を行った。

今後、本アンケートの結果を有効活用するとともに、必要に応じて判定後の対応について聞き取りを行うなど、支所との連携を強化し、より正確な漏水判定を実施していく。

※対照水：湧水との比較のため、湧水発生地点付近で採水した水道水のことをいう。

給水栓残留塩素の実態調査

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」を独自に定め、残留塩素（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。水質センター監視課では、区部47か所の給水栓自動水質計器（以下「自動水質計器」という。）に個別の許容下限値を設定し、許容下限値以上0.4mg/L以下となるように、浄水場の出口残塩設定値や給水所における追加塩素注入率を決めている。許容下限値とは、各配水区域の全域で適切な残塩を確保するために各自動水質計器で最低限確保すべき残塩濃度であり、各配水区域の残塩調査を行った上で設定している。本報告では、令和3年度に実施した調査について紹介する。

2 調査内容

令和3年度は、(1) 追加塩素設備がなく、配水区域内の残塩を確保するために浄水場の出口残塩設定値を下げられないことが多い三郷浄水場系の「和田堀給水所(第一青山線系)配水区域」、(2) (1) 同様に金町浄水場系の「亀戸給水所及び南千住配水区域」、(3) 令和3年1月に代表する自動水質計器が移設され、夏季の許容下限値が未設定である「江北給水所配水区域」の調査を実施した。

令和3年7月から9月にかけて各配水区域内の複数の直結給水栓にて、残塩、電気伝導率及び水温を測定し、各配水区域を代表する自動水質計器の許容下限値について検討した。

3 調査結果

(1) 和田堀給水所（第一青山線系）配水区域（代表自動水質計器：No.13）

本配水区域を代表する自動水質計器 No.13 の許容下限値は、従来 0.40 mg/L に設定していたが、令和3年度の調査では、No.13 の残塩が 0.36 mg/L 以上あれば、残塩が低下しやすい地域でも適切な残塩を確保できることが分かった。そのため、No.13 の許容下限値を 0.36 mg/L に引き下げた結果、三郷浄水場の出口残塩をこれまでより下げやすくなり、三郷浄水場系の達成率向上につなげることができた。

(2) 亀戸給水所及び南千住給水所配水区域（代表自動水質計器：No.37、No.40）

亀戸給水所配水区域及び南千住給水所配水区域で、(1) と同様に残塩が低下しやすい地域でも適切な残塩が確保できるように許容下限値の見直しを行った結果、No.37 は従来の 0.41 mg/L から 0.34 mg/L、No.40 は従来の 0.42 mg/L から 0.37 mg/L に引き下げることができた。その結果、金町浄水場の出口残塩をこれまでより下げやすくなり、金町浄水場系の達成率向上につなげることができた。

(3) 江北給水所配水区域

過去の調査から、残塩が低下しやすいことが分かっている北西部に絞って調査を実施した結果、No.41 の夏季の許容下限値は 0.39 mg/L とした。新たな許容下限値を踏まえて追加塩素注入を行うことで、より適切な残塩管理を行えるようになった。

自動水質計器の増設に向けた残塩状況調査と増設地点の選定

多摩水道改革推進本部調整部 技術指導課

1 はじめに

「東京水道経営プラン 2021」では、よりきめ細やかな残留塩素管理のために、令和4年度から令和8年度までの5年間で都内に25台程度の自動水質計器を増設することを施策化しており、そのうち多摩地区では5台を増設予定である。本稿では、自動水質計器の設置区域の選定から具体的な増設地点の決定に至る検討過程について、小金井市の梶野配水所配水区域に関する調査内容をもとに報告する。

2 実施内容と結果

まず、「東京水道あんしん診断」のデータ解析結果から、残留塩素濃度が低下しやすい梶野配水所配水区域を自動水質計器の増設区域の1つとして選定した。

次に、当該配水区域の11地点において、残留塩素濃度の直営調査を行った。結果を図1に示す。自動水質計器と各調査地点との残留塩素濃度の差を比較したところ、自動水質計器よりも残留塩素濃度の低い地点が複数確認された。

続いて、自動水質計器の増設に適切な地点を選定するため、図1の二重丸で示した4地点において、残留塩素濃度の日変動についての委託調査を行った。結果を図2に示す。現在の自動水質計器よりも残留塩素濃度が低く、各調査地点の中で最も残留塩素濃度の平均値が低いNo.4を増設候補地点として選定した。

選定した増設候補地点において、自動水質計器の設置工事の可否を確認するために、給水管理事務所と共同で現場踏査を実施した。管路工事の可否、排水管、引入れ管及び電線の配置等を検証した結果、増設候補地点において自動水質計器の設置工事が可能であることが確認できた。そこで、土地（公園）の所有者である小金井市へ設置の可否を確認したところ、承諾が得られたことから、当該地点を増設地点として決定した。

3 今後の予定

これまでに梶野配水所配水区域を含む2台の自動水質計器の増設地点が選定できた。引き続き、残り3台の自動水質計器の増設地点について、同様の手法で選定を進めていく。

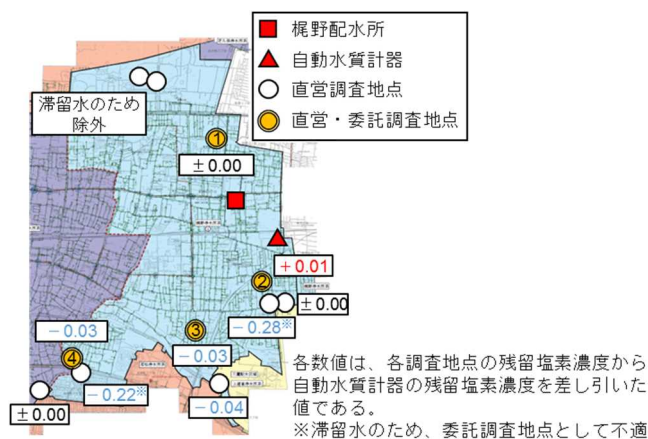


図1 直営による残留塩素濃度の実態調査

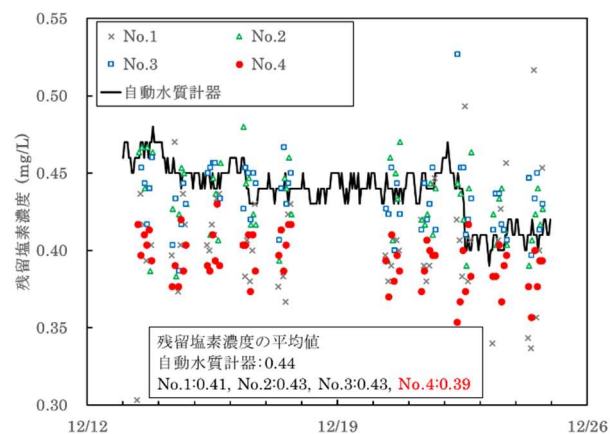


図2 委託による残留塩素濃度の実態調査

多摩地域における水質事故対応に向けたクロム分別定量法の検証

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月に六価クロムの水質基準が 0.05mg/L から 0.02mg/L に強化された。クロムには六価と三価の存在形態があり、基準値は毒性の高い六価クロムを対象としているが、六価と三価を分別して基準値の 1/10 を測定できる方法が無いため、公定法には総クロムを測定する方法が採用されている。

一方、クロムの流出による水質事故時には、六価クロムは浄水処理が困難な物質であるため、的確な事故対応を実施するために、検出されたクロムが六価か三価かを早期に精度よく把握する必要がある。

そこで本報告では、鉄共沈操作を用いた六価クロムと三価クロムの分別定量法に注目し、適応可能性について検討したので、報告する。

2 クロム分別定量法の最適条件の選定

上水試験方法記載のクロム分別定量法を右図に示す。上水試験方法ではアンモニア溶液添加後の pH 値 (※1) や加熱温度 (※2) が定義されていないため、これらの分析条件の検討を行った。

クロムを添加した超純水を検水とし、加熱温度 80℃、pH10 で分析した結果、アンモニア臭がなかなか消えず、六価クロムの回収率は低い結果であった。そこで、アンモニア臭の消失と六価クロム回収率向上のため、加熱温度を 95℃ とし、pH は 8、9、10 の 3 条件で分別定量を行った。その結果、六価クロム回収率は、pH8、9、10 の順で高くなった。特に pH9 及び pH10 で回収率が高かったが、pH10 では加熱時間が長くかかったことから、総合的な判断として pH は 9 とし、メスアップ後に再度分析した結果、六価クロムの回収率は 96% と良好な結果が得られた。

以上の結果、六価クロムの回収率が高く、短い加熱時間で試験可能な条件として、加熱温度 95℃、pH9 を最適条件とした。

この条件を基に、水質の異なる数種の原水での分析可能性を調査し、六価クロムを基準値の 1/10 で分別定量可能であることを確認した。

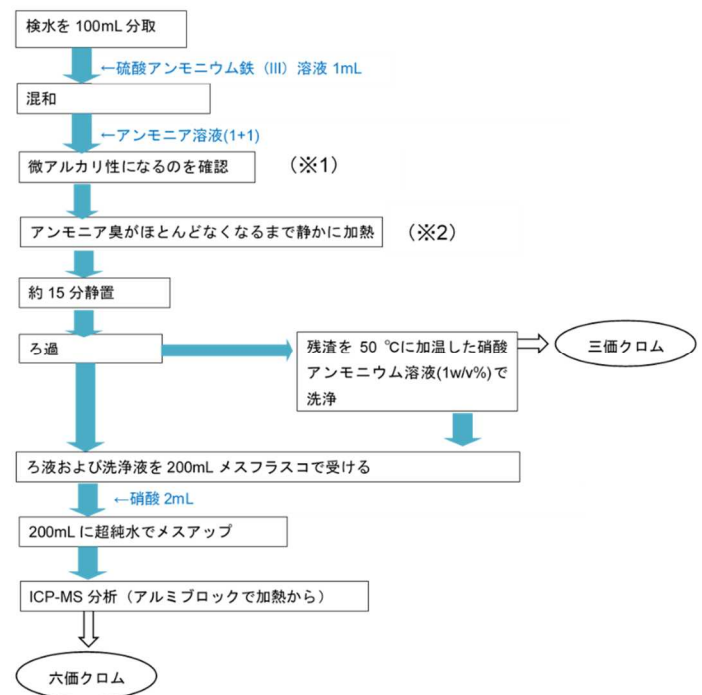


図 クロム分別定量フロー

多摩水道改革推進本部における新規測定対象農薬の分析方法に関する検討

多摩水道改革推進本部調整部 技術指導課

1 はじめに

農薬は「農薬類」として水質管理目標設定項目に分類されているが、物質により特性が異なるため、物質ごとに適切な検査方法を用いることが必要となる。

多摩水道改革推進本部調整部技術指導課（以下「多摩水」という。）では従来から農薬類の測定を実施している。測定対象農薬は水源流域の農薬出荷量や許容一日摂取量等を基に毎年選定しており、令和4年度から新たにテフリトリオン、トリクロピル、フィプロニルの3物質が加わった。そこで、これらの3物質について分析方法の検討を行い、併せて妥当性評価試験も行ったので、その結果を報告する。

2 新規測定対象農薬の分析方法の検討

(1) 分析方法の検討

農薬類の水質検査の実施に当たっては、原則として目標値の100分の1まで測定し、更に「水道水質検査方法の妥当性評価ガイドライン」に示された真度及び精度を確保することが求められる。今回新たに測定対象となったテフリトリオンは直接注入-LC/MS法で分析が可能であることから、他の農薬成分の分析で既に使用している多摩水での直接注入-LC/MS法がテフリトリオンの分析にも適応可能かどうかを検討した。

また、トリクロピル及びフィプロニルは、目標値である0.006 mg/L (6 μg/L)、0.0005 mg/L (0.5 μg/L) の100分の1以下の濃度までの測定が求められるが、先述の直接注入-LC/MS法では十分な感度を得られず測定が困難である。そこで、固相抽出-LC/MS法の適用性を検討した。

(2) 分析方法の評価

検量線評価及び定量下限値を確認した結果、表のとおり3物質すべて目標値の100分の1以下の濃度まで定量可能であることが明らかとなった。

また、「水道水質検査方法の妥当性評価ガイドライン」に基づき妥当性評価試験を行った結果、いずれの物質も評価基準を満たしており、分析方法として妥当性を有することを確認した。

表 新規測定対象農薬の定量下限値及び妥当性評価の結果

		目標値 (mg/L)	定量下限値 (添加濃度) (mg/L)	真度 (%)	併行精度 (RSD%)	室内精度 (RSD%)
真度及び精度の目標		—	—	70~130	≦ 30	≦ 35
テフリトリオン	(原水)	0.002	0.00002	93.7	12.4	23.4
	(浄水)	(2 μg/L)	(20 ng/L)	95.9	18.6	25.9
トリクロピル	(原水)	0.006	0.00001	96.9	7.8	18.7
	(浄水)	(6 μg/L)	(10 ng/L)	97.6	5.2	16.5
フィプロニル	(原水)	0.0005	0.000005	119.8	11.7	18.2
	(浄水)	(0.5 μg/L)	(5 ng/L)	120.2	5.7	14.1

監視課における「新たな OJT」の試行

水質センター 監視課

1 はじめに

当局は、これまで培ってきた現場の技術を着実に継承するとともに、次代を担う人材を計画的に育成していくため、令和3年3月に「東京水道グループ人材育成方針」を策定し、人材育成の取組を推進しており、その取組の中で、組織的に OJT を進めるための体制構築を掲げ、令和4年度から主任を核とした実践的な新しい OJT の実施を目指している。新しい OJT の本実施に先立ち、当局が将来的に求める人物像として掲げている「企画立案や委託管理など総合的な実務運営能力を有する人材」の育成を目的に試行的な OJT を実施した。

2 実施内容

OJT の実施に当たり、局職員アンケート（令和2年度実施）の分析と監視課における業務及び技能の洗い出しを行い、OJT を実施すべき項目を選定した。また、物事の習熟には、自らが行動して感じ、考察し、更に行動することが大切であるという考えを基本とし、研修生が俯瞰的視点に立脚して情報を収集し、深掘りして学習することを狙いとした。そこで、OJT 実施回ごとに講義の構成を、事前課題の提示→調査及び学習→意見交換（ホワイトボードを用いた円卓会議形式）→感想の提出とし、研修生がより能動的かつ積極的に取り組めるようにした。

初回は、OJT の動機付けとして、講師及び研修生が抱く各自の夢や仕事の社会的意義等について意見交換を行い、業務への取組姿勢等に関して相互理解を深めた。その後、各回で異なるテーマの OJT を月1回のペースで実施した。併せて、OJT を補完するものとして、メールマガジンの配信を行った。内容は、簡単な説明で足りるものや OJT 後のフォローアップが必要と感じたもの、あるいは研修生との信頼関係の構築に役立つものを題材とした。

3 実施結果

OJT の試行を通し、当初からの課題である自学自習をベースとした研修について一定の成果を得た。研修生は、それぞれが事前課題の調査結果に対して自信を持てるようになり、成果物だけでなく取組姿勢や発表時の態度に良好な変化がうかがえた。また、講師についても、講義するに当たり、知識、コーチング、ティーチング等、改めて学ばなければならないことが多く、自らのスキルアップにつながった。

OJT の習熟度を上げるためには、OJT を推進する中で対象者の基礎能力には個人差があることを踏まえ、進捗管理を個別具体的に行う必要を強く感じた。また、講師と受講者とのコミュニケーション頻度や質が学習の進行速度や成果に多大な影響を及ぼした。今後は、今回の試行で得られた知見や反省点を基に、より効果的な OJT の実施に役立てていく。

令和3年度朝霞浄水場における冬期のかび臭原因物質対応について

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付加するかび臭原因物質は、オゾン処理及び生物活性炭（以下「BAC」という。）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、その除去能力が著しく低下する。

朝霞浄水場では、令和3年12月から令和4年3月にかけて、かび臭原因物質の処理性を向上させるため、オゾン注入を強化した。本報告では、対応期間中に実施した処理水量やBAC池の更新年度によるかび臭原因物質の処理性調査結果について報告する。

2 朝霞浄水場における対応

朝霞浄水場では、令和3年12月7日から15日にかけて接合井の遮水壁撤去工事のため全量逆送運用を実施したが、運用期間終了に伴い原水中のアンモニア態窒素濃度が上昇することから、同日より前塩素処理を開始した。原水水温の低下もあり、前塩素処理開始後にかび臭原因物質の除去性が低下したため、12月22日からオゾン制御を平常時の溶存オゾン濃度0.1mg/Lから段階的に引き上げ、第一高度浄水処理施設は溶存オゾン濃度で0.9mg/L、第二高度浄水処理施設では注入率で1.35mg/Lまで強化した。なお、オゾン注入強化期間中の原水2-MIB濃度はおおむね5から6ng/Lで推移し、最大値は7ng/Lであった。

3 高度浄水処理におけるかび臭原因物質の処理状況

低水温期にはオゾン処理及びBAC池の生物作用における処理性が低下することから、BAC池の吸着作用に着目し、更新年度の違いによる除去性を比較するため、各池の処理水を更新年度別に比較した。その結果、新炭ほど除去性が高く、供用年数が経過するほど除去性が低下した。

また調査期間を通じ、いずれの更新年度を比較しても第一高度浄水処理施設が第二高度浄水処理施設より処理が良好であった。両施設を比較すると、第一高度浄水処理施設のろ過速度が130m/日に対し、第二高度浄水処理施設が170m/日と1.3倍であったことが原因であると推察された。そこで、BAC池での処理性の差がろ過速度の違いに起因することを確認するため、更新年度が古い池から調査対象池を選定し、処理水量を固定（調査池600m³/時、対照池900m³/時）して調査を実施した。その結果、4年炭池においても処理水量を低減させることで、3年炭池と同等の処理性を示し、水量を900m³/時に固定した3年炭池と比較して、最大で26ポイント処理性が向上した。

4 まとめ

低水温期においても、オゾンの注入強化及びBAC池のろ過速度を低下させることでかび臭原因物質の処理性は向上することが分かった。

令和 3 年度朝霞浄水場冬期かび臭対応時における臭素酸の生成・除去状況について

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原因物質（以下「2-MIB」という。）は、オゾン処理及び生物活性炭（以下「BAC」という。）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、その除去能力が著しく低下する。朝霞浄水場では、令和 3 年 12 月から 3 月にかけて 2-MIB の除去効率を向上させるため、溶存オゾン濃度の強化等の対応を行った。本報告では、溶存オゾン濃度の強化等が臭素酸の生成・除去に与えた影響について報告する。

2 令和 3 年度冬期の状況と朝霞浄水場における対応

朝霞浄水場の原水中の 2-MIB は、令和 3 年 12 月中旬より徐々に上昇がみられた。また、原水中のアンモニア態窒素濃度も上昇したため、12 月 15 日より前塩素処理を開始した。前塩素処理開始後に 2-MIB の除去性が低下したことから、12 月 22 日より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、第一高度処理施設（以下「第一高度」という。）では 0.9 mg/L、第二高度処理施設（以下「第二高度」という。）では注入率で 1.35 mg/L まで強化した。なお、令和 3 年度冬期は低水温期に彩湖から秋ヶ瀬取水堰への補給はなく、原水中の 2-MIB 最高値は 7.1 ng/L であった。

オゾン注入強化期間において、BAC 池更新年度別に臭素酸の除去状況を比較するとともに、処理水量（ろ過速度）が臭素酸の除去に与える影響を調査した。

3 臭素酸の生成・除去状況

溶存オゾン濃度強化期間における臭素酸の最大値は、オゾン処理水では第一高度 4.2 µg/L、第二高度 7.1 µg/L、BAC 処理水では第一高度 3.3 µg/L、第二高度 3.4 µg/L であり、浄水は 2.2 µg/L であった。

オゾン注入率が最大となっていた 1 月に BAC 池の更新年度別に臭素酸の除去状況を比較したところ、経年炭では臭素酸はほとんど除去されず、令和 3 年 6 月～10 月更新の第二高度の各池 (M7、M1、M2、K7、K1、K2) においてもほぼ除去されていなかった。一方、令和 3 年 11 月に更新した第一高度の 2 池 (N9、N8) の除去率は 60% 程度であり、12 月更新の 2 池 (N15、N16) では 90% 程度除去されていた。

また、処理水量が臭素酸の除去能力に与える影響を比較するため、令和 3 年 9 月更新の K1 と 10 月更新の K2 の処理水量をそれぞれ 600 m³/時、900 m³/時に設定し比較したところ、除去率に差はみられなかった。

4 まとめ

令和 3 年度冬期のかび臭対応の実施期間中、臭素酸の生成・除去状況を調査したところ、更新後の新炭は臭素酸の除去能力を 3 か月程度有していることが判明した。

水質検査計画上の PRTR 対象物質の再選定と新規対象物質の分析手法の検討について

水質センター 検査課

1 はじめに

平成 24 年度に利根川水系で発生したホルムアルデヒド前駆物質による水質事故を受け、水質センターでは PRTR 制度対象化学物質（以下「PRTR 対象物質」という。）の排出量に基づき、水源に流出した場合に浄水場で問題となる 34 物質を選定し定期的に調査してきた。一方、社会経済活動の変化に伴い関東地方における排出量や移動量に増減がみられたことから、当局の水質検査計画に位置付けられている PRTR 対象物質を見直す必要が生じた。そこで、令和元年度時点での最新の排出量等に基づいて調査すべき PRTR 対象物質の再選定を行い、新たに調査対象となる PRTR 対象物質（以下「新規対象物質」という。）について一斉分析手法を検討した。

2 検討内容

（1）当局で調査する PRTR 対象物質の再選定

まず、関東の 1 都 6 県において排出量等が上位 100 位以内となる PRTR 対象物質を選定した。次に、活性炭での除去性及び健康影響（水質基準の有無及び経口による半数致死量）について文献で整理した。これらを元に 9 段階でリスク評価を行うリスクマップを作成し、上位 4 段階に該当する物質を調査すべき PRTR 対象物質とした。

（2）新規対象物質の分析手法の検討

調査すべき PRTR 対象物質のうち、新規に追加された 6 物質について文献調査で分析の可否及び分析条件を整理し、そのうち分析条件が判明した 5 物質について P&T-GC/MS による一斉分析手法を検討した。

3 検討結果

（1）当局で調査する PRTR 対象物質の再選定

リスク評価の結果、それまで調査対象であった 34 物質のうち 15 物質を、排出量の低下等を理由にリストから除外した。また、排出量が増加し上位 4 段階に該当することとなった 6 物質を新規対象物質としてリストに加えることとした。これにより、今後も調査する PRTR 対象物質を従来の 19 物質と合わせた 25 物質とした。

（2）新規対象物質の分析手法の検討

新規対象物質となった 6 物質について効率化の観点から従来の PRTR 対象物質と同一の条件下で P&T-GC/MS での一斉分析を試みたところ、ブロモメタンは定量下限値が 0.8µg/L、他 4 物質は 0.5µg/L と推定された。なお、N,N-ジメチルアセトアミドはマススペクトルが確認されなかった。さらに、添加回収試験の結果、イソプレンと 3-クロロプロペン は 0.5µg/L、クメンと α-メチルスチレンは 1.0µg/L を定量下限値とすることができた。

水質事故時等の対応力強化に向けた未知物質特定手法の検討（SPME-GC/MS、中間報告）

水質センター 検査課

1 はじめに

水質センターでは、水質事故時に原因となる未知物質を迅速に特定できるよう SPME-GC/MS（以下「SPME」という。）や LC/TOF-MS を導入し、事故対応能力の向上を図っている。このうち SPME については、令和元年度から 5 年度にかけて 69 物質を対象に、河川水での検出可否を検証することとした。今回、令和 3 年度までに 37 物質を対象とした SPME による一斉分析の検討、また、SPME で検出できなかった物質のうち揮発性を有する物質を対象とした P&T-GC/MS（以下「P&T」という。）による一斉分析の検討を行ったため、報告する。

2 検討内容

SPME による一斉分析、P&T による一斉分析を検討するに当たり、迅速さを考慮し分析にかかる時間が SPME で 70 分、P&T で 50 分程度となるように分析条件を設定した。検出下限値の検討では、対象物質を 4 段階の濃度（0.001 mg/L～1 mg/L）となるよう金町浄水場原水に添加し、各装置で検出されたピークの S/N が 3 以上となった濃度を検出可能と判断した。

3 検討結果及び考察

SPME では、19 物質（水質管理目標設定項目 11 物質、要検討項目 2 物質、PRTR 対象 6 物質）が 1 mg/L 以下で検出可能であった。また、P&T では、SPME で検出できなかった物質のうち 6 物質（水質管理目標設定項目 1 物質、要検討項目 3 物質、浄水処理困難物質 2 物質）が 1 mg/L 以下で検出可能であった。今回いずれの装置でも検出できなかったのは 12 物質であった。

検出可否と対象物質の物性について考察したところ、SPME では分子量が 100 以上のものがおおむね検出できていた。一方、低分子量の物質でも P&T では検出可能な場合があったことから、SPME でも昇温条件やカラムの見直しにより、検出可能となる可能性も排除できない。また、1-オクタノール/水 分配係数（ $\log K_{ow}$ ）の大小が、検出可否に強く影響していることも明らかとなり、 $\log K_{ow}$ が 2 以下の場合に、SPME では検出不可となるが多かった。ただし、ファイバーの種類等の条件を変更することによりこれらの極性が高い物質についても、検出できる可能性は排除できない。

今後も、残り 32 物質の検出可否、保持時間等に関する情報を蓄積し、水質事故時に、より多くの未知物質を迅速に特定できる検査体制を構築していく。

水質事故時等の対応力強化に向けた未知物質特定手法の検討（LC/TOF-MS、中間報告）

水質センター 検査課

1 はじめに

水質センターでは水質事故時に原因となる未知物質を迅速に特定できるよう LC/TOF-MSを導入し、事故対応能力の向上を図っている。令和元年度から令和5年度にかけては、PRTR物質の更新したリスクマップに対応できるよう、91物質を対象として、分析結果から物質を特定する際に用いるライブラリの更なる拡充や検出精度の検討を進めてきた。

今回、令和3年度までに51物質を対象としたLC/TOF-MSによる検出下限値とライブラリへの追加登録の検討を行ったため、その結果について報告する。

2 検討内容

本報告では、水溶性の高い物質の分析に有利であり、かつ高い分解能を有しているLC/TOF-MSを用いて、対象物質を0.001、0.01、0.1、1mg/Lの4段階で超純水に添加した試料を直接注入により分析した。得られたベースピークイオンクロマトグラム（BPI）もしくはトータルイオンクロマトグラム（TIC）において濃度段階的に変化するピークが確認できたものを検出可能と判断し、ライブラリに登録した。また、保持時間付近の特徴的なイオンを選択し、マスクロマトグラムでピークが確認できた最低濃度を検出下限値とした。なお、分析に際してはろ過以外の前処理は要せず、測定時間は1試料あたり12.5分である。

3 検討結果及び考察

令和3年度までに51物質について検討した結果、水質基準項目1物質、水質管理目標設定項目23物質、要検討項目4物質、PRTR対象物質10物質の計38物質が1mg/L以下で検出可能となりライブラリに登録することができた。また、検出下限値を各物質の基準値や目標値と比較したところ、水質基準項目1物質、水質管理目標設定項目17物質の計18物質について検出下限値が基準値等を下回っていた。

検出可否と対象物質の物性との関連性について考察したところ、水に不溶性である物質や低分子量の物質、フェノール類の一部で検出不可となる傾向がみられた。今後検討を進める中でより多くの物質の知見を収集し、LC/TOF-MSにより検出可能な物質の物性を明らかにしていく。

戸倉浄水所における原水色度を指標とした PAC 注入指針の検討

多摩水道改革推進本部調整部 技術指導課

1 はじめに

トリクロロ酢酸（以下「TCAA」という。）は、色度成分であるフミン質と塩素との反応で生成する。TCAA は表流水系の浄水所で濃度上昇するため、管理用の水準を 0.015 mg/L に設定して対応している。

あきる野市の戸倉浄水所は盆堀川及び秋川を水源とし、前塩素処理を行う急速ろ過方式の浄水所である。本浄水所では、大雨や濁水等の水質悪化により原水中のフミン質濃度が高くなり、TCAA 濃度が上昇する。平成 29 年 7 月に、給水栓の TCAA 濃度が 0.019 mg/L 検出され、管理用の水準を超過したことから、多摩水では平成 30 年度に TCAA の低減に向けた調査を実施した。当時は原水色度計が設置されていなかったため、原水濁度計を指標とした PAC の注入指針を策定した。その後、原水色度計が設置され、令和 3 年 6 月に運用を開始したことから、原水色度計を指標とした PAC 注入指針の策定のための検討を行った。

2 検討内容と結果

原水水質の連続測定データから、原水濁度と原水色度でピーク時間や時間変動の挙動が異なることが分かった。そこで、降雨時の様々な濁度及び色度の原水に対して、PAC 注入率 30、50、70 mg/L でジャーテストを実施し、96 時間後の TCAA 濃度を測定した。

濁度、色度と TCAA 生成量の相関を評価した結果、色度に比例して TCAA 生成量が増加しており、濁度-TCAA よりも高い相関を示した（図 1）。また、同色度の原水に対して、PAC 注入率が高いほど TCAA 生成量が抑制された。

以上より、TCAA 生成量を適切に管理し、過剰な PAC 注入を抑制するため、色度を指標として PAC 注入率を決定することの有効性が示された。

さらに、TCAA 生成抑制に対する高塩基度 PAC の効果を評価するため、通常 PAC と高塩基度 PAC を用いてジャーテストを実施し、TCAA 濃度を測定した。その結果、高塩基度 PAC の方が通常 PAC に比べて TCAA の生成を抑制できた（図 2）。

今後、原水色度計を指標とした PAC 注入指針を策定し、その効果を検討していく。

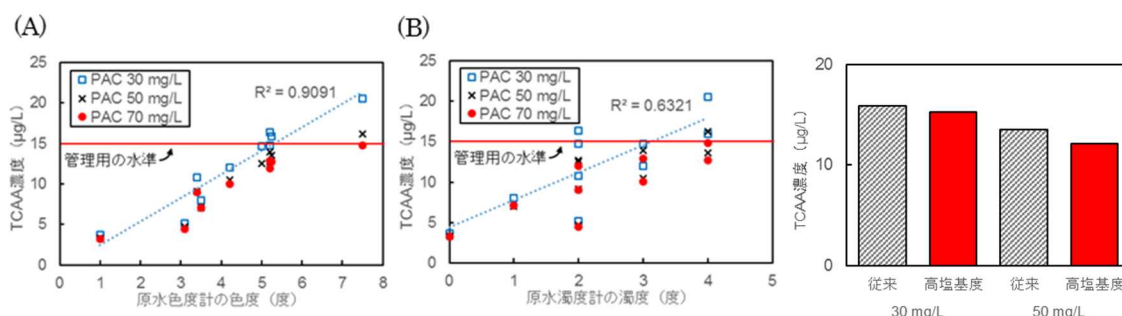


図 1 (A) 原水色度、(B) 原水濁度と TCAA 生成量の関係

図 2 PAC 注入率の違いによる TCAA 生成量比較

山間部浄水施設における色度フィルターの交換周期の検討

多摩水道改革推進本部調整部 技術指導課

1 はじめに

色度成分であるフミン質は消毒用の塩素と反応して、消毒副生成物を生成する。山間部である奥多摩地区、西多摩地区の浄水所では、降雨時等に原水色度が上昇し、消毒副生成物の濃度が高くなる傾向がある。この対策として、一時的な原水の取水停止に加えて、高い色度成分の除去を目的として、二俣尾、乙津、小河内及び大丹波浄水所に色度フィルターが設置されている。

多摩水では、平成 30・31 年度に色度フィルターによる消毒副生成物前駆物質の除去性能を調査しているが、交換周期については明確化できていなかった。また、二俣尾、乙津浄水所の活性炭の入替え、大丹波浄水所での色度フィルター運用開始など、色度フィルターの導入・更新が進んでいることから、改めて各浄水所での色度フィルターの性能確認を行うとともに、過去分析結果の整理を行い、活性炭交換周期に関する検討を行った。

2 調査内容

色度フィルターが設置されている 4 浄水所の原水及び色度フィルター前後の水を採水し、測定試料とした。各試料について、トリクロロ酢酸（以下「TCAA」という。）の消毒副生成物の生成能を測定し、色度フィルターによる除去性能を確認した。

また、大丹波浄水所を除く 3 浄水所については、平成 30・31 年度にかけて、除去性能の調査を実施していることから、当時の結果と比較を行った。上記の結果に加え、過去の定期試験や調査時の TCAA の分析結果を整理し、活性炭交換周期を推定した。

3 調査結果

今年度から新たに色度フィルターの運用を開始した大丹波浄水所や令和 3 年度に活性炭の入替えを行った二俣尾浄水所と乙津浄水所は、TCAA 除去率がほぼ 100%であった。小河内浄水所では 7 年経過後でも 70%程度の TCAA 除去率を維持していた。

また、上記結果に加え、過去の調査や定期試験のデータを整理した結果、TCAA 除去率は運用開始から 7 年では 70%程度だが、12 年経過すると 30%程度まで低下した。

さらに、浄水の TCAA 濃度も使用年数に応じて増加しているが、10 年を経過すると、TCAA 濃度がほぼ横ばいとなることが分かった。

本検討から、色度フィルターは 10 年程度を目安に更新することが望ましいと考えられた。

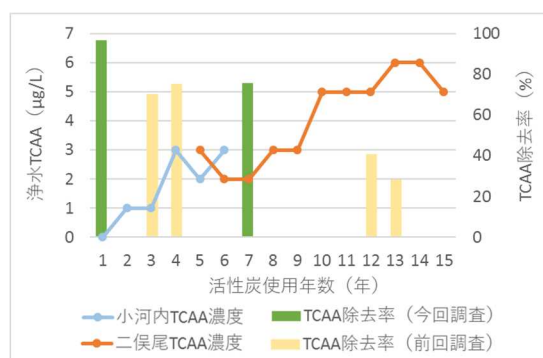


図 浄水 TCAA 濃度と TCAA 除去率の推移

富士山火山噴火による降灰が浄水処理に与える影響

水質センター 企画調査課

1 はじめに

令和2年4月に中央防災会議から「大規模噴火時の広域降灰対策について」が公表された。これによると、富士山噴火後は関東圏においても降灰があり、交通機関や電力のほか、水道も影響を受けるとされている。そこで、富士山噴火を例に降灰が浄水処理等へ与える影響について調査を行ったので報告する。

2 調査内容

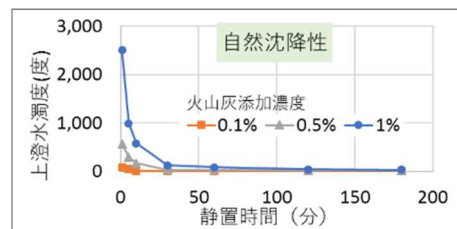
既往文献によると、降灰による原水水質の悪化として、濁度の上昇、火山灰に付着した火山ガス成分の溶出によるフッ化物イオンの増加、火山灰からの金属類溶出の発生等が報告されている。そこで、表1の方法で火山灰の浄水及び排水処理性について調査を行った。

表1 調査項目及び調査方法

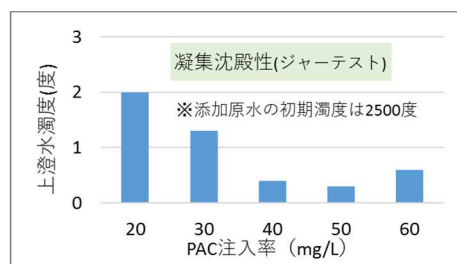
調査項目	調査方法
① 濁度	火山灰(桜島)を用いて灰添加原水を調整し、濁質の自然沈降性とPACによる凝集性を机上実験により確認
② フッ化物イオン	文献及び机上実験により浄水処理性を調査。
③ 金属類	高度浄水処理(BAC)による処理性は、新炭及び経年炭への連続通水実験で除去性を確認 富士山と地質が類似している伊豆大島の溶岩を用いてpH2及びpH7の水道水で溶出試験を行い、富士山の火山灰により濃度上昇する可能性のある金属成分を確認
④ 汚泥濃縮性、脱水性	排水処理性 火山灰(桜島)を用いて汚泥を調整し、汚泥の濃縮性及び脱水性を確認

3 結果

①火山灰の自然沈降性は良好であり、初期濁度 2,500 度の場合でも、静置 30 分後には 130 度まで低下した(図1)。また、PAC による凝集沈殿性も良好であり、火山灰は通常の濁質と同様の対応で処理可能と考えられた。



②フッ化物イオンの浄水処理性について文献及び机上実験により調査したところ、凝集沈殿・砂ろ過では処理できないが、高度浄水処理のうち BAC 処理(経年炭)にて 24 時間程度であれば、20~70%の除去率で処理可能であることが確認できた。



③富士山火山灰の溶出試験の結果、水質基準項目等に

係る金属類のうち、アルミニウムや鉄が高いが、ヒ素やセレン、鉛等の比率は低いことが分かった。なお、アルミニウムや鉄については、凝集沈殿や高度浄水処理で8割以上は除去可能であることが分かっている。

④調製した火山灰汚泥について、濃縮性・脱水性を確認したところ、通常の汚泥よりも沈降速度やろ過速度が大きく、排水処理における濃縮性や脱水性は良好であることが分かった。

図1 火山灰の自然沈降性及び凝集沈殿性