

Fig.4 二段凝集における二次凝集剤注入量と濁度、ろ過継続時間の関係

注入率も最大 5mg/l 注入時でもろ過継続時間は通常設定の 60~65 時間確保できている。ろ過池のろ抗のデータがなく、二次凝集剤の増減によるろ過閉塞への影響は明確に示せないが、設定のろ過継続時間が確保できていることから、アンストラサイト層 (5cm) 敷設の効果が推察できる。過剰な注入や必要に応じた注入量の増大が起こった場合に、急激なる抗の上昇によるろ過継続時間の急激な低下を抑制する効果をアンストラサイト層がになっている可能性を示すものである。

4. 超高塩基度 PAC の中小規模浄水場への適用に関する検討

超高塩基度 PAC (塩基度 70% の製品: PAC70 と略) は一部の浄水場で残留アルミニウムの低減化を目的に利用されつつあるが、その他の有効性については検討が進められているところである。今回、実施設

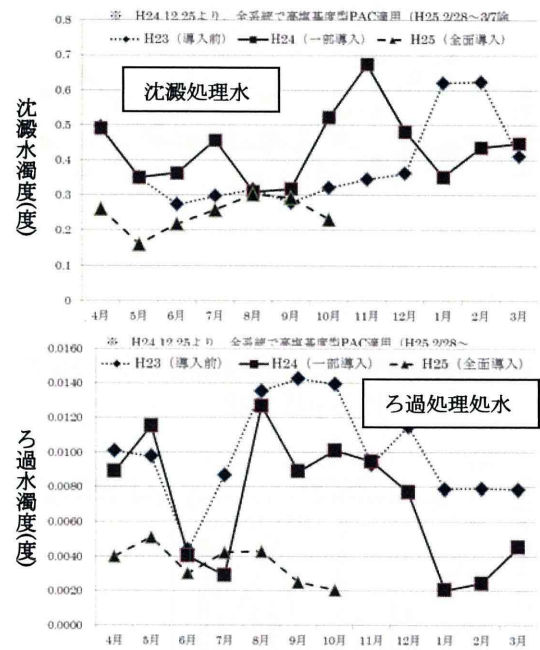


Fig.5 従来 PAC と超高塩基度 PAC の濁度処理における変化
(従来 PAC : H23、24 年度 12 月)
(超高塩基度 PAC : H25 年 1 月~)

利用されている Ar 浄水場のデータの評価を行い、高濁時の凝集沈澱対応技術の一つとして中小規模水道でもその活用の可能性があるかについて検討を行った。

超高塩基度 PAC の濁度処理状況を確認するために、約 7 か月実施設で稼働している Ar 浄水場の沈澱水濁度とろ過水濁度の月平均データを超高塩基度 PAC 導入前 (従来 PAC 使用) の平成 23、24 年度から全面導入後の平成 25 年度まで Fig.5 に示した。従来 PAC (塩基度 50% の製品: PAC50 と略) と同等以上に濁度の安定的処理が達成されており、沈澱水濁度、ろ過水濁度は原水濁度が各年度で異なることを考慮しても、この浄水場原水では超高塩基度 PAC の処理性が優れていることを示している。

Fig.6 には、濁度同様 Ar 浄水場の凝集混和池における従来 PAC と超高塩基度 PAC の pH の変化について濁度と同様年度別で示した。超高塩基度 PAC を全面導入した平成 25 年度は他の年度より凝集剤による pH の低下が小さいことを示しており、凝集剤注入による高濁時の pH 管理が容易になりうることが示唆される。

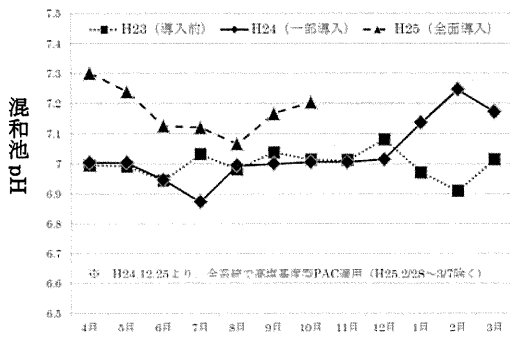


Fig.6 従来 PAC と超高塩基度 PAC の混和池における pH 変化

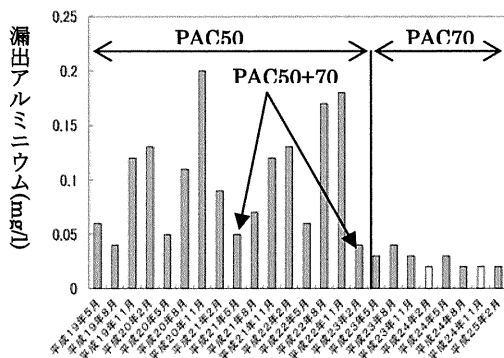


Fig.7 従来 PAC と超高塩基度 PAC のアルミニウム漏出の比較

Fig.7 は Hn 浄水場における従来 PAC (PAC50) と高塩基度 PAC (PAC70) のアルミニウム漏出を比較したものである。超高塩基度 PAC の注入率は 30mg/l とほぼ一定で運転し、従来 PAC は濁度に応じて 30~60mg/l に変化させている。注入率が従来 PAC で多いことを考慮しても、明らかに PAC70 では漏出アルミニウムが PAC50 に比して安定して少ないといえる。このことは、高濁時に高い凝集剤注入率となってもアルミニウムの漏出対策となり得ることを示唆している。

D. 考察

1. 多様な原水における高濁度時凝集剤注入式の導入の考え方

高濁時凝集剤注入率の決定にジャーテストを行わないで最適凝集剤注入率を算出する手法である簡易凝集剤注入式は、実施設における検証と他の方法との整合性について非常に良い結果が得られたことから、中小規模水道の簡易な高濁度対策手法の一つ

として採用の可能性があることが示された。

一方で、この式を採用する場合には、各浄水場原水に対して係数 a、b を既存の凝集剤注入率と濁度のデータから求めておくことが必要となる。特に、水質変化の激しい原水では、できる限り年間を通して多くのデータを導入し係数 a、b を求めることがより精度のよい凝集剤注入管理をする上で重要なこととなる。

2. アルカリ度代替指標としての EC (現場連続測定用工業計器)

高濁時におけるアルカリ度の低下と凝集剤によるアルカリ度消費の観点から、高濁度時のアルカリ度の水質管理は非常に重要な確認事項の一つとなる。そのためのアルカリ度の測定は手分析と現場連続測定用工業計器があるが、中小規模水道では手分析は人的パワーや測定時間の問題、現場連続測定用工業計器は維持管理に課題を抱えている。

本研究で、実際の浄水場におけるアルカリ度及び EC 連続測定用工業計器による良好な検証結果が得られたことから、一般に多く利用され維持管理も容易である EC 現場連続測定用工業計器は原水連続水質監視計として、浄水場現場におけるアルカリ度測定に代わる連続測定計器として有効なアルカリ度監視の対策手法として考えることが可能といえる。

3. 二段凝集の中小規模浄水場への適用

高濁度時の対応として二段凝集を既存施設に導入するにあたって検討すべき点として、①簡易な設備で対応可能か、②どの位置に二段凝集剤 (PAC) を滴下すべきか (十分な混和、攪拌強度が得られるか)、③ろ過池に大きな影響を与えないか (ろ過継続時間、アルミニウムの漏出)、などがある。

写真 1 は Mk 浄水場、Ar 浄水場における二段凝集剤注入装置の一例である。Mk 浄水場では凝集剤タンクと注入ポンプが一体となった簡易な設備の追加のみであり、Ak 浄水場では既存の凝集剤タンクから二段凝集剤注入ポンプで分岐して注入する設備で、このように簡易な設備での対応が可能であることがわかる。

二段凝集剤注入の位置は、沈澱池流出越

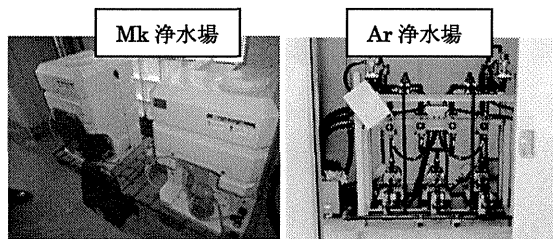


写真1. 二次凝集剤注入装置の一例

流堰に滴下することで対応が可能であり攪拌機の設置など不要であることが多くの実績調査結果から確認できている。ある浄水場の越流堰における攪拌強度と接触時間をGT値として求めた結果では、10,000程度を目安にすれば十分対応可能であり、通常の凝集沈澱処理におけるGT値50,000~150,000⁴⁾に比べ非常に小さい値で対応可能であることがわかった。

ろ過池への影響については、アンスラサイトの敷設によってろ過継続時間の確保が可能で、5mg/l程度の二段凝集剤注入率まで対応可能であることが実施の結果から確認された。

以上、二段凝集の中小規模浄水場への適用は、簡易な施設で対応でき高濁度時の安定したろ過処理水維持に非常に有効な方法であることが施設導入の面からも確認できた。

4. 超高塩基度 PAC の中小規模浄水場への適用

超高塩基度 PAC の処理性について、実施施設の運転データをさらに確認するために Ar 浄水場の原水で行ったジャーテストの結果を Fig.8 に示した。

濁度と色度の除去性については、超高塩基度 PAC と従来 PAC には大きな差は見られない。濁度では低 PAC 注入率における除去性が今回の原水においては超高塩基度 PAC でやや優れた傾向にある。

pH の変化については、超高塩基度 PAC が pH の低下が少なく実施施設のデータと同様の結果となっている。

凝集剤によるアルカリ度消費量は、プロットの傾きから従来 PAC で PAC1mg/l 当たり 0.149mg/l、超高塩基度 PAC で 0.086mg/l となり超高塩基度 PAC が凝集剤によるアルカリ度の低下が大きく抑制されことを示

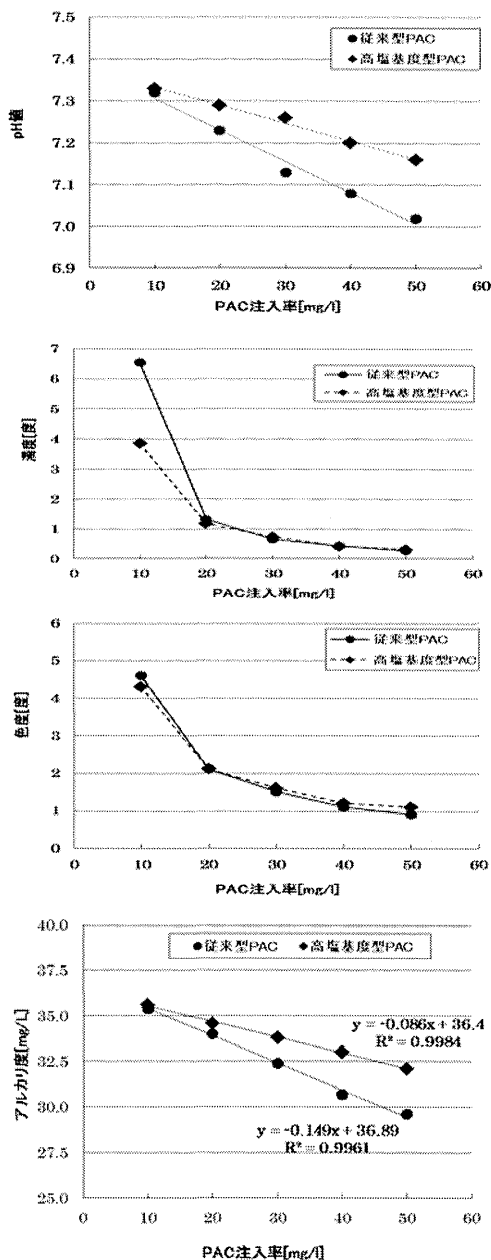


Fig.8 超高塩基度 PAC によるジャーテスト結果

している。このことは、低アルカリ度原水である浄水場でより安定した凝集沈澱処理が期待できることを示唆している。

以上のように、高濁度時において超高塩基度 PAC は従来 PAC に比べより安定した処理が可能で、特に中小規模水道では運転管理の面で有効な対策技術の一つであることが考えられる。一方、超高塩基度 PAC はまだ実績も少なく、コストも高いことからその採用についてはそれぞれの原水で十分

な検討を行って判断することが望ましい。

E. 結論

水道事業体の実施設における浄水処理関連データを収集・解析し、高濁度時における凝集沈澱処理の具体的な対策手法のいくつかが昨年度提案された。その提案結果を踏まえ、さらに実施設におけるデータ解析と提案された対策手法の検証を行った。

その結果、①本研究で提案された簡易凝集剤注入式 ($Al = a \cdot T^{b+1}$) は実施設での適用に有効な方法であること、②電気伝導率 (EC) 現場連続測定用工業計器がアルカリ度の代替指標として利用可能であることが実施設の工業計器による検証においても確認ができたこと、③二段凝集の中小規模水道への適用については、攪拌強度の大きな値は必要とせず沈澱池越流渠への凝集剤滴下、アンスラサイトを砂層上部に 5cm 程度敷くことで二段凝集剤の注入率を 5mg/l 以下程度まで砂ろ過池のろ抗上昇を管理できる可能性があること、④超高塩基度 PAC (塩基度 70%) は従来の PAC (塩基度 50%) より、安定した濁度管理、pH の低下抑制、残留アルミニウム管理、凝集剤によるアルカリ度消費の抑制に効果があること、などが成果として得られた。

(引用文献)

- 1) 厚生労働科学研究費補助金 健康安全・危機管理対策総合研究事業
「経年化浄化施設における原水水質悪化等への対応に関する研究」(代表:相沢貴子)平成 24 年度総括・分担研究報告書、平成 25 年 5 月
- 2) 鎌田素之、井本祐司、山口太秀、海老江邦雄、相澤貴子; 中小水道事業体支援を目的とした原水水質悪化に対する方策の検討 (V) - 集塊化開始時間測定法による新たな凝集処理制御に関する検討 -、第 64 回全国水道研究発表会講演集、pp.216-217、平成 25 年 10 月
- 3) 石橋健二、青木綾佑、佐藤卓郎、西木一夫、平島隆義; 残留アルミニウム等の低減化を目的とした新規凝集剤の評価、第 64 回全国水道研究発表会講演集、pp.270-271、平成 25 年 10 月

- 4) 日本水道協会;水道施設設計指針、p187、2012

F. 健康危険情報

(総括研究報告書にまとめて記入)

G. 研究発表

1. 論文発表

なし

2. 学会発表

Y. Tsutsumi, M.Itoh, M. Kamata, M. Fujiwara, S. Ando, M. Tomii, Y. Asaka, K. Nakayama and T. Aizawa、
「Evaluation of Water Quality Indicators Related to Water Treatment Processes and Practical Treatment Method against High Turbidity Raw Water」、
IWA (International Water Association) Aspire2013 - 5th IWA Aspire conference & exhibition (Daejeon, Korea)、09D1-5, 8pp (USB)

堤行彦、伊藤雅喜、鎌田素之、佐藤仁是、安積良晃、富井正雄、相澤貴子、「中小水道事業体支援を目的とした原水水質悪化に対する方策の検討 (II) - 高濁時凝集剤注入管理指標とアルカリ度代替指標に関する実施設データの解析と評価 -」第 64 回全国水道研究発表会講演集、pp.210-211、2013.10

相澤貴子、安藤茂、富井正雄、伊藤雅喜、堤行彦、鎌田素之、「高濁度原水に対する実用的な中小水道事業体向け支援対応方策」、第 16 回日本水環境学会シンポジウム講演集、pp.177-178、2013.11

H. 知的財産権の出願・登録状況 (予定を含む)

1. 特許取得

該当なし

2. 実用新案登録

該当なし

3. その他

該当なし

高濁度対応技術の検証

研究分担者 伊藤 雅喜 国立保健医療科学院 生活環境研究部 上席主任研究官

研究要旨

中小水道事業体における高濁度原水への対応を念頭に小型浄水処理装置を用いた実験を実施した。平成 24 年度は濁度単成分系の実験を行い、濁度上昇が予測される場合には早めの凝集剤注入率の増加や凝集不良、沈澱不良の場合には二段凝集処理がろ過水濁度漏出抑制に効果があることを示した。本年度は濁度と有機物が共存する系について実験を行い、処理の効果と有機物の影響について検討した。有機物共存原水においても最適注入率を保持できれば濁質の安定処理が可能であること、凝集剤不足の状態でも一定条件内であれば二段凝集による対応が可能なこと、原水濁度に対し有機物濃度が高い場合には濁度処理が困難になる状況が起きやすいことなどが明らかとなった。

A. 研究目的

中小の浄水施設において、異常気象などによる原水水質悪化への対応策には限りがある。これまでの調査によって、運転管理の課題として不適切な凝集剤注入操作に伴う凝集不良が挙げられている。

これらの情報に基づき小型浄水処理実験装置を用いて、高濁度原水への対応策を実験的に検討することとした。高濁度時における凝集不良時にどのような対応策が有効であるかを、中小水道事業体の実態を考慮して実験を行った。

本年度は濁度と有機物が共存する原水を対象とし、昨年度に得られ高濁度対応策が、有機物の共存下でも効果があるか等について検討した。

B. 研究方法

1. 実験装置

小型実験装置の概要を図-1 に示す。装置は急速攪拌、フロック形成、沈澱、砂ろ過からなり、装置の前段に実験原水調整用の装置を備えている。沈澱槽には 4 段の取り外し可能な傾斜板が設置されている。砂ろ過の砂層厚は 25 cm でろ過速度は 120 m/d (0.6 L/m) を基本として実験を行った。実験用の原水は人工原水を使用しており、濁度調整用原液、有機物調整用原液を任意の割合で加えることにより、設定した濃度に調整することができるようになっている。実験に当たっては沈澱水の濁度を安定させ

るため、装置運転開始後 30 分の原水分から砂ろ過を開始した。砂ろ過は砂上水深が 35 cm となった時点で、逆洗 (空気+水) を行った。

2. 人工原水

実験は再現性のあるものであることが必要のため、人工原水を用いることとした。昨年度の研究で用いた土壌等の分析データとカオリン、ベントナイトのデータを比較した結果、濁度あたりの濁質質量と粒径分布が自然の土壌に近いものとしてカオリンとベントナイトを 1:1 の割合で混合したものを濁質とした。有機物は凝集後のフロックの挙動を見ることが目的であるため、凝集しやすく試薬としても入手しやすいフミン酸ナトリウムを使用した。これを国立保健医療科学院の水道水を活性炭フィルターで残留塩素を除去したものに混合して原水とした。

3. 実験条件

濁度の設定は昨年度と同様に、通常時の原水として 5 度、最高濁度として 1,000 度を設定した。濁度の変化は昨年度と同様に 5 度、1,000 度 (1 時間)、500 度 (1.5 時間)、200 度 (1.5 時間)、50 度 (2 時間) と変化させた。ろ層厚が実際の浄水場の砂ろ過池より短いため、濁度の変化時間も実際の降雨で想定されるより短く設定した。

凝集剤は通常用いられている塩基度 47~57% のものを 100 倍に希釈して用いた。二段凝集に用いる場合には 1,000 倍に希釈し

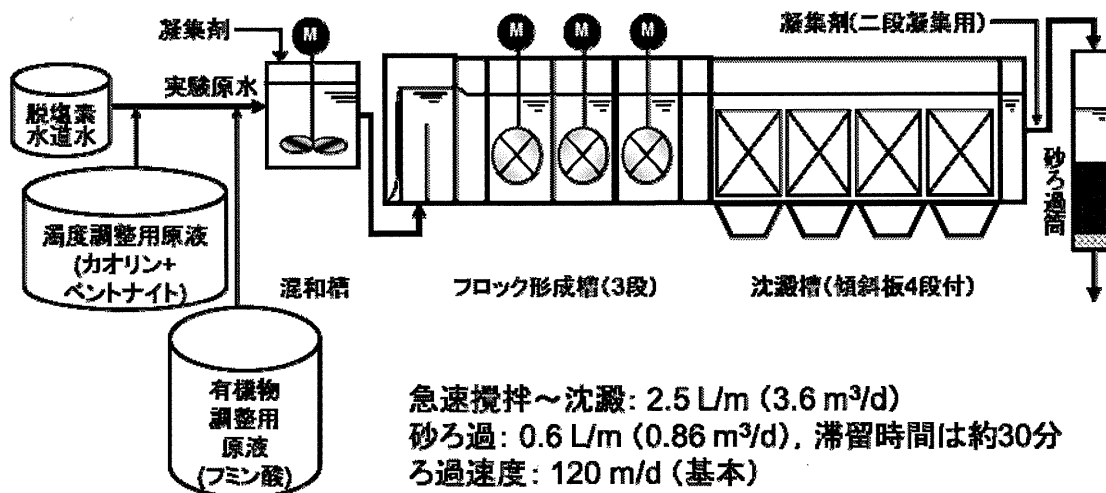


図-1 小型浄水処理装置の概要

たものを一定注入率で沈澱槽出口に注入した。

有機物共存系の条件は表-1 に示すように、これまでの検討から降雨時でも比較的 DOC 濃度が安定している原水と濁度上昇に追従する原水があることから、DOC 濃度一定と DOC 濃度変動の 2 パターンを設定した。予めジャーテストにより小型浄水処理装置の適正注入量を設定したほか、有機物濃度が凝集条件に及ぼす影響を明らかにするため、ジャーテスト結果の解析も行った。

表-1 原水水質の設定

原水濁度 (度)	原水 DOC (mg/L)	
	DOC 一定	DOC 変動
5	2.0	2.0
200	2.0	3.5
500	2.0	5.0
1,000	2.0	8.0

C. 研究結果

表-2 にジャーテストから得られた凝集剤の最適注入率、図-2 に DOC 濃度を一定で濁度のみの方の原水の凝集剤最適注入率で実験を行った結果を示す。

図には示していないが DOC 濃度一定の場合で有機物を考慮した凝集剤適正注入率の場合 (RUN1-1) は、原水濁度の 5 度から 1,000 度への上昇に伴って、1.0 度から 1.6 度程度まで上昇したが、その後、500 度

以降の原水濁度では概ね 1.4 度で安定的に推移した。ろ過水濁度は、ろ過直後は不安定なもの、その後 0.01 度を下回った。原水濁度の 5 度から 1,000 度への上昇に伴い、沈澱水濁度が上昇、その影響を受け、最大で 0.016 度まで上昇したが、全体をとおして問題のない安定した処理が行えた。

DOC 濃度が変動する場合の実験でも、有機物を考慮した凝集剤を適正注入率で添加した場合 (RUN2-1) は、DOC 濃度が一定の場合と同様、安定した処理結果が得られた。

一方、図-2 に示すように有機物が存在する条件で、濁度に対応する凝集剤注入率を適用した場合 (RUN1-2) には、沈澱水濁度は、原水濁度 5 度時には 5.0~6.0 度の間を推移し、全く除去できなかった。原水濁度の 5 度から 1,000 度へ上昇したことに伴い、沈澱水濁度は 2.7 度程度を推移し、以降、200 度までは安定的に低下傾向を示した。しかし、原水濁度を 200 度から 50 度に低下させると、逆に沈澱水濁度は 3.0 度程度まで上昇する結果となった。ろ過水濁度は、沈澱水濁度と似た挙動を示し、原水濁度が 5 度、50 度の時に処理性が悪化した。原水濁度 5 度のときは、0.1 度を下回ることができず、1.0 度付近をずっと推移した。また、原水濁度 50 度時は、0.1 度は常に下回るものの、RUN 1-1 と比較すると、処理性は悪化する結果となった。

表-2 小型浄水処理実験の設定原水に対する凝集剤注入率の設定

原水濁度変動 (度)	濁度変動のみ		DOC 一定		DOC 変動	
	DOC	凝集剤	DOC	凝集剤	DOC	凝集剤
	(mg/L)					
5	—	21	2.0	44	2.0	44
1000	—	117	2.0	162	8.0	204
500	—	86	2.0	125	5.0	153
200	—	60	2.0	92	3.5	109
50	—	37	2.0	63	2.5	70

RUN1-2 と同じ条件で二段凝集（5 mg/L）を行った場合の結果（RUN1-4）を図-3 に示す。原水濁度 5 度の時は、通常処理がうまくいっている条件を想定し、有機物濃度を加味した凝集剤注入率とした。沈澱水濁度は、原水濁度 5 度時は 1.2 度程度で推移し、RUN1-1 と同様良好な処理が行えた。その後は、RUN1-2 と同様の傾向を示し、50 度時には、沈澱水濁度は 6.0 程度にまで達した。しかし、ろ過水濁度は原水濁度が 5 度から 1,000 度で上がった際に若干上昇しかけたが、後 PAC 注入が効き出すと次第に低下し、以降実験が終了するまで 0.01 度以下を保持した。原水濁度 50 度時においても、良好にろ過水濁度を抑えることができた。

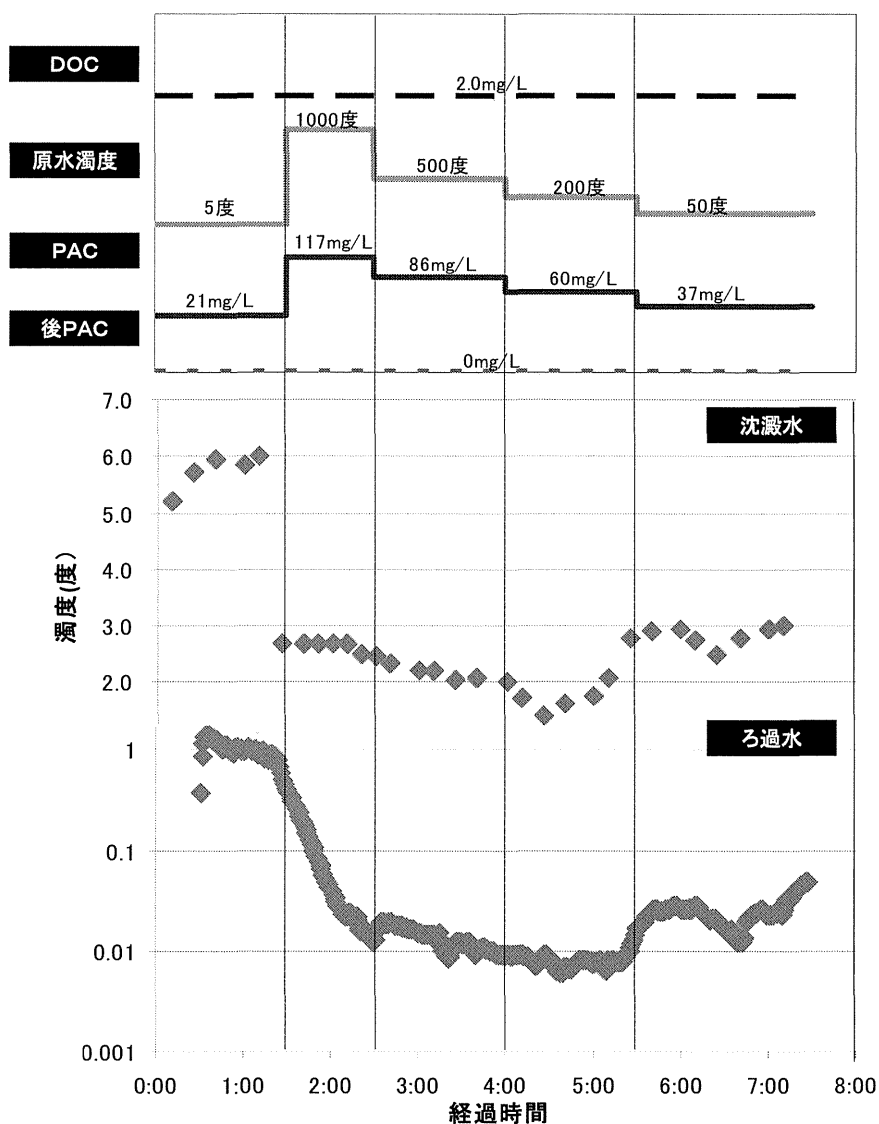


図-2 : 沈澱水・ろ過水濁度[RUN 1-2]

D. 考察

(1) 有機物共存下における高濁度処理

有機物濃度を考慮した適正注入率の凝集剤を注入することにより、ろ過水濁度が抑えられ安定した処理ができることが示されており、有機物共存下でも適正注入率で運転することが高濁度処理の基本であることが示された。しかし、中小規模の浄水場では急激な濁度変動への対応は難しい場合も多く、既存施設でどのような対応が可能かを検討する必要がある。

図-2, 3 を比較すると、二段凝集を行うことでほぼ全領域でろ過水濁度の低下が見られる。特にろ過水濁度が悪化した原水濁度が 50 度の領域でその効果が顕著であった。昨年度の結果と比較すると二段凝集で必要な凝集剤量が多くなっているが、有機物共存下でも二段凝集の効果があることが示されている。有機物濃度との関係でどの程度が必要かについてはまだ検討する必要がある。

原水 DOC 一定条件における「RUN1-1：凝集剤適正注入率 (DOC 一定条件時) による処理」及び「RUN1-2：濁質成分のみを指標とした凝集剤注入率による処理」の結果を用いて、昨年度実験の濁質のみ条件における「凝集剤適正注入率 (濁質のみ条件時) による処理」との比較を行った。各 RUN の沈澱水濁度・ろ過水濁度の比較を図-4 に示す。

昨年度結果と RUN1-1 を比較した場合、原水濁度が 500 度及び 1,000 度の沈澱水濁度において、昨年度の実験結果が RUN1-1

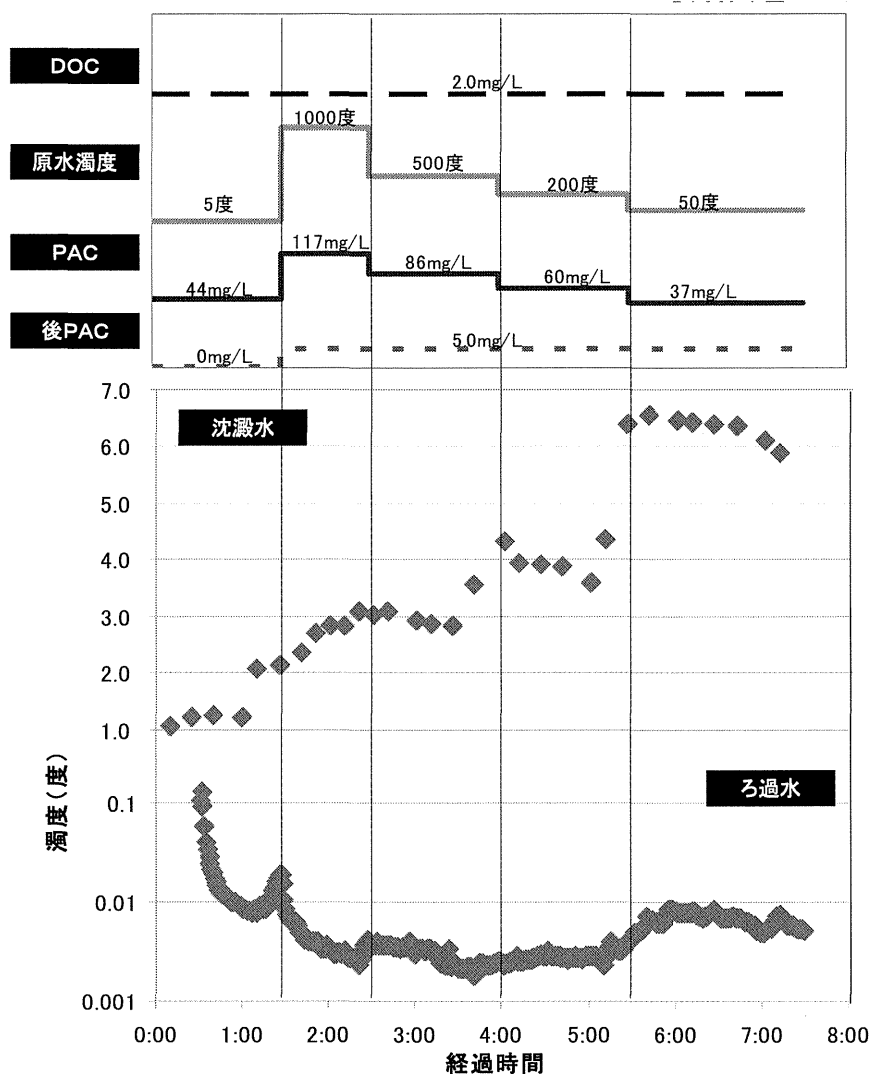


図-3：沈澱水・ろ過水濁度 [RUN 1-4]

より高い濁度を示しているが、ろ過水濁度においては良好な処理性を示している。このことから、沈澱水濁度が RUN1-1 より高い原因は不明だが、濁質が沈澱槽を通過してしまっているものの、満足な凝集処理がされていると考えられる。また、全ての原水濁度を通してみると、沈澱水及びろ過水濁度で同程度の濁度推移を示しており、有機物共存下においても凝集剤を適正量注入することで良好な処理性を得られることが分かる。

RUN1-1 と RUN1-2 を比較した場合は、全原水濁度の沈澱水及びろ過水濁度で RUN1-2 の方が高い濁度推移を示しており、有機物共存下においては、同等原水濁度の濁質成分のみに対する適正な凝集剤注入量

では満足な凝集がされず、ろ過水への漏出を引き起こしたものと考えられる。特に、原水濁度が5度及び50度の低濁度時においては、沈澱水及びろ過水濁度共に処理不良の様子が顕著に表れている。これは、高濁度時と比較して濁度に対する有機物含有率が高くなることから、その影響が凝集処理に大きく関与しているものと考えられる。

(2) 凝集に及ぼす有機物の影響

ジャーテストの結果より有機物の増加量に対する必要 PAC 注入率の関係を示したものが図-5 である。有機物量を低下させる必要がない場合は、必要 PAC 注入率は 0 となることから、原点を通る有機物量の変化に伴う 1 次関数で近似した。相関係数の 2 乗が 0.4 (相関係数 0.63) とあまり高くなく、ばらつきが大きいのは、最適注入率の決定に際し、ジャーテストの同時実施個数の関係から、注入率の刻みが大きく、必ずしも真値をプロットすることができていないことに起因していると考えられる。

この式を用いて、有機物の処理に必要な凝集剤注入率を算出し、濁質に寄与したと考えられる凝集剤注入率と、昨年度適用した濁質のみを指標とした注入率とを比較した。DOC を用いた結果を表-3, 4 に示す。有機物用 PAC の計算値は概ね同等の値となった。RUN 1-1 のときは、全ての設定濁度において、C-D の値は、昨年度求めた E の値を満足していた。しかし、RUN 2-1 に

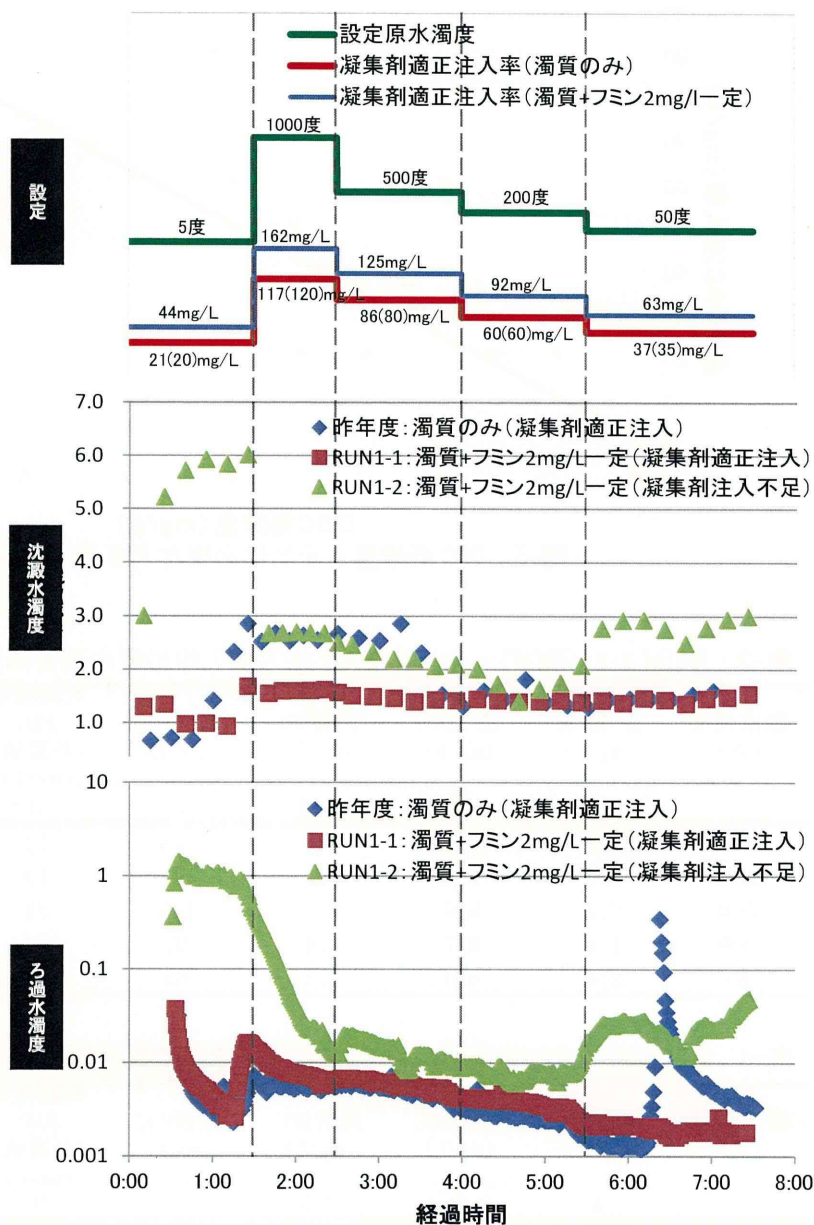


図-4 沈澱水・ろ過水濁度の比較

おいては、原水 DOC が設定値を上回る量が添加されたこともあり、C-D の値は、原水設定濁度 500、200 度時を除いて E の値を下回る結果となった。特に、1,000 度時の低下は、DOC による計算で 38mg/L で最大となっている。

このようにまだ精度的には十分なものではないが有機物濃度が凝集へ及ぼす影響を半定量的に示すことができた。従って小型浄水処理装置での実験でも得られたように有機物濃度を考慮した凝集剤注入率の設定が重要であることがあらためて示されたが、

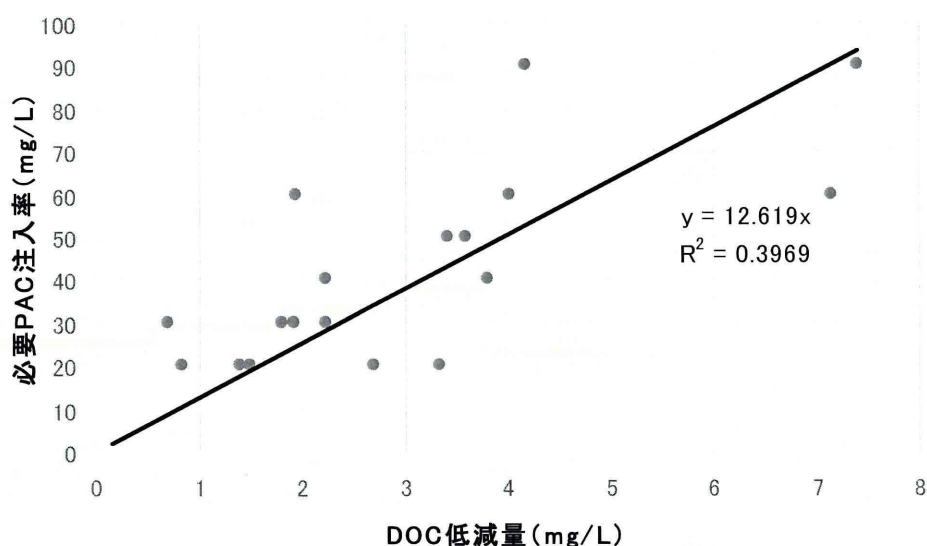


図-5 : DOC 低減量とそれに必要な PAC 注入率の関係

表-3 : RUN 1-1 (DOC 一定) の PAC 注入率と昨年度の濁質指標注入率の比較 (DOC)

設定濁度 (度)	原水DOC (mg/L)	沈水DOC (mg/L)	消費DOC (mg/L)	最適PAC (mg/L)	有機物用 PAC (計算値) (mg/L)	濁度用PAC (mg/L)	濁度用最適 PAC (mg/L)
	A	B	A-B	C	D	C-D	E
5	1.8	0.7	1.1	44	14	30	21
1000	2.0	0.5	1.5	162	19	143	117
500	2.3	0.6	1.7	125	21	104	86
200	1.8	0.7	1.1	92	14	78	60
50	2.0	0.6	1.4	63	18	45	37

表-4 : RUN 2-1 (DOC 変動) の PAC 注入率と昨年度の濁質指標注入率の比較 (DOC)

設定濁度 (度)	原水DOC (mg/L)	沈水DOC (mg/L)	消費DOC (mg/L)	最適PAC (mg/L)	有機物用 PAC (計算値) (mg/L)	濁度用PAC (mg/L)	濁度用最適 PAC (mg/L)
	A	B	A-B	C	D	C-D	E
5	3.1	0.8	2.3	44	29	15	21
1000	10.8	0.9	9.9	204	125	79	117
500	5.9	0.8	5.1	153	65	88	86
200	4.6	0.7	3.9	109	49	60	60
50	4.0	0.8	3.2	70	41	29	37

一方で正確な注入率を設定するには精度が足りないことも明らかである。これらを考慮すると、有機物共存時の高濁度対応としては、降雨時の濁度および有機物の変動に対し適正凝集剤注入式を作っておき、実際に起こる想定からのずれに対しては、二段凝集で対応するのも実用的な対策の一つと考えられる。

E. 結論

中小水道事業者における高濁度原水への対応を念頭に小型浄水処理装置を用いた実験を実施した。有機物共存下での高濁度時の処理状況および対応に関する実験を行った。

実験結果より以下の結論が得られた。

①有機物共存原水でも、最適注入率を設定

することができれば濁質の安定処理が可能である。

- ②原水濁度に対し有機物の濃度が高い場合、凝集剤の不足が濁質処理を困難にする可能性が高い。
- ③凝集剤が不足する状態でも、一定条件内であれば二段凝集にて対応が可能であることが示された。残存する有機物の影響がどの程度であるかはさらに検討する必要がある。

F. 健康危険情報

(総括研究報告書にまとめて記入)

G. 研究発表

1. 学会発表

向後隆蔵, 早川英司, 三好礼子, 伊藤雅喜: 中小水道事業体支援を目的とした原水水質悪化に対する方策の検討(Ⅲ) — 小型浄水処理装置による高濁度時の濁度漏出条件の検討 —. 平成 25 度全国会議(全国水道研究発表会); 2013.10; 郡山. 同講演集. p.212-213.

早川英司, 向後隆蔵, 三好礼子, 伊藤雅喜: 中小水道事業体支援を目的とした原水水質悪化に対する方策の検討(Ⅳ) — 小型浄水処理装置による高濁度時の濁度漏出抑制方策の検討 —. 平成 25 度全国会議(全国水道研究発表会); 2013.10; 郡山. 同講演集. p.214-215.

H. 知的財産権の出願・登録状況(予定を含む)

1. 特許取得

該当なし

2. 実用新案登録

該当なし

3. その他

該当なし

水質変動の大きな原水に対応するための浄水処理の最適化と制御手法に関する研究

研究分担者 鎌田 素之 関東学院大学工学部社会環境システム学科 准教授

研究要旨

局地的な豪雨による急激な濁度上昇により浄水処理が困難となるケースや中小の水道事業体では技術者不足により水質変動に応じた適切な対応が困難なケースが想定される。本研究では、このような水質変動に対応するため施設等の大規模な改修を行うのではなく、凝集・沈澱処理の操作因子や薬剤、運転方法を見直すことにより対応する手法を検討した。結果、実施設において、二段凝集を行うことで特に粒径 $0.5\sim 1\mu\text{m}$ の粒子が効率的に除去され、濁度が低下することが示された。また、複層ろ過を併用することで、処理性の向上と損失水頭の上昇を抑制できることが示された。高塩基度 PAC (塩基度 70% のポリ塩化アルミニウム) に関しては、アルカリ度低下が抑制できることが示されたが、高濁度低アルカリ原水に対する処理性は必ずしも向上しないケースも確認された。いずれの方法も中小規模の水道事業体において比較的容易に導入可能な手法であり、水質の特性を把握した上で導入することで有用な手法となり得ることが示された。

A. 研究目的

気候変動や都市化に伴い、局地的な豪雨やこれまで想定を超えた継続的な豪雨により浄水処理が困難となるケースが発生している。また、中小規模の水道事業体では技術者不足により水質変動に応じた適切な対応が困難なケースが発生している。本研究では、このような水質変動に対応すべく施設等の大規模な改修を伴わない、凝集・沈澱処理の操作因子や薬剤、運転方法を見直すことにより対応について検討を行う。具体的には二段凝集の処理性について実施設及び実験プラントにおいて検証を行う。また、高濁度低アルカリの原水に対して、塩基度の異なる凝集剤を用いることによりアルカリ度の低下と処理性について、ジャーテストにより検証を行う。

B. 研究方法

実施設における検討は、以下 2 つのケースについて実施した。

- (1) Yg 町 Hr 浄水場における二段凝集の実施設での効果及びアルミニウム濃度に関する実験。
- (2) 降雨時に高濁度低アルカリの原水が発生する Nn 市 Kw 浄水場における二段凝集の実施設での効果及び塩基度の異なる凝集剤を用いた際の処理性に関する実験。

Yg 町 Hr 浄水場は、浄水中のアルミニウム濃度が高く、降雨による濁度上昇の問題になっている。実験は Hr 浄水場に沈澱池において種々の条件で後 PAC 注入を実施し、高感度濁度計を用いてろ過水の濁度の変化と各粒径における粒子数の変化、アルミニウムに濃度について検討を行った。

Nn 市 Kw 浄水場においては、ろ過池の直前において種々の条件で後 PAC 注入を実施し、同じく高感度濁度計を用いてろ過水の濁度の変化と各粒径における粒子数の変化ろ過水の変化について検討を行った。加えて、濁度が高く、アルカリ度が低い原水に対して塩基度の異なる凝集剤を用いた際の処理性及びアルカリ度の低下について検討し、高濁度、低アルカリ原水に対する対応策について検討を行った。

また、二段凝集実施によるろ過池の損失水頭の対策として、実験プラントにおいてアンスラサイトを用いた複層濾過による損失水頭の影響について検討を実施した。具体的には浄水場内の設置した同様の装置を 2 系統有する浄水処理実験プラントを用い、一方にはろ過槽に 5cm アンスラサイトを敷いた複層ろ過とし、もう一方は通常のろ過を実施した。後 PAC 注入条件 1, 2, 3, 5mg/L と変化させて損失水頭、ろ過水濁度の違いについて検討を行った。

C. 研究結果

二段凝集に関して、昨年度のプラントにおける実験では処理水のアルミニウム濃度は上昇しないことが確認されている。今年度はYg町Hr浄水場において二段凝集を実施した結果、二段凝集処理の前後でアルミニウム濃度に明らかな変化は認められなかった(図1)。

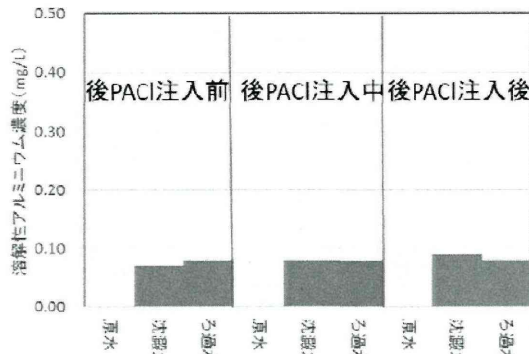


図1 実施における後 PAC 注入前後の溶解性アルミニウム濃度の変化

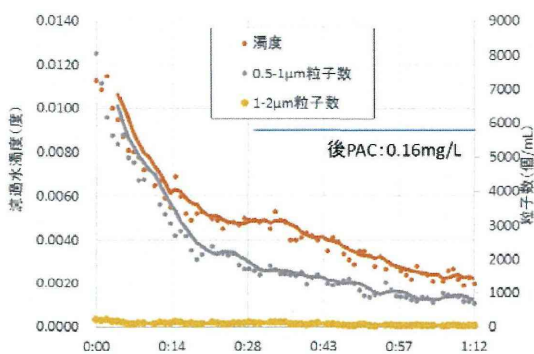


図2 実施における後 PAC 注入時における濁度及び粒子数の挙動 (後 PAC:0.16mg/L)

処理性に関しては、後 PAC の注入率を 0.16mg/L の条件で連続的に注入することにより、ろ過水濁度が 0.09 から 0.03 程度まで低下し、粒径 0.5~1 μ m の粒子数は 6000 個/mL から 1000 個/mL 以下にまで低減された(図2)。他の粒径の粒子数は濁度が低く安定した水質条件で実験を行ったこともあり、大きな変化は認められなかった。また、後 PAC の注入率を 0.16mg/L の条件で間欠的に注入した。20 分間連続したケースでは濁度および粒径 0.5~1 μ m の粒子数

に明らかな減少が認められた。10 分間連続注入したケースでは濁度および粒径 0.5~1 μ m の粒子数に明らかな減少が認められなかった。更に、後 PAC の注入率を 0.16mg/L の条件で注入後、0.32mg/L の条件に変更して注入したケースでは、注入率変更後、濁度及び粒径 0.5~1 μ m の粒子数は更に低下が認められた。二段凝集による濁度の効果は一定の効果が得られた後は後 PAC の注入を停止しても一定の期間は効果が持続することが確認され、逆洗を行うことで後 PAC による濁度及び粒子数の低減効果はリセットされることも確認された。

同様の実験を Nn 市 Kw 浄水場においても実施した。具体的には段階的に後 PAC 注入率を増加させることによる処理水への影響と逆洗後の後 PAC の効果について検証した。二段凝集の効果を確認しながら後 PAC 注入率を 0.15、0.30、0.60mg/L と段階的に変化させることで、濁度、粒径 0.5~1 μ m の粒子が約 1/5 程度まで低減できることが確認された。また、逆洗後には濁度及び粒径 0.5~1 μ m の粒子の上昇が認められるが、この際以後 PAC を行うことで初期漏出による濁度および粒子の上昇をより早く低減できる傾向が示された。これら 2 つの実験では後 PAC の注入箇所を沈澱池のトラフや沈澱池の流出直後、ろ過池流入前など種々な条件で検討を行ったが、注入場所の違いによる処理性への影響は認められず、後 PAC の注入場所の影響は小さいことが確認された。

二段凝集によるろ過層への負荷の低減を目的に行った複層ろ過の効果の検証では、いずれの後 PAC 注入条件でも複層ろ過を行った系の方が濾過水濁度で約 20%、損失

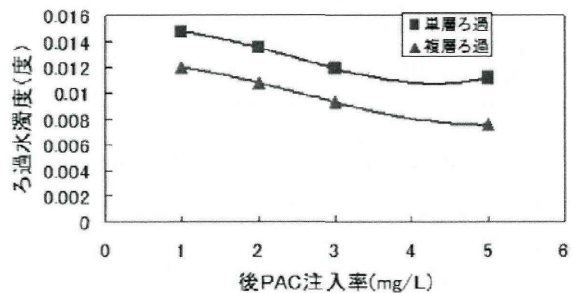


図3 後 PAC 注入時のろ層の違いとろ過濁度への影響

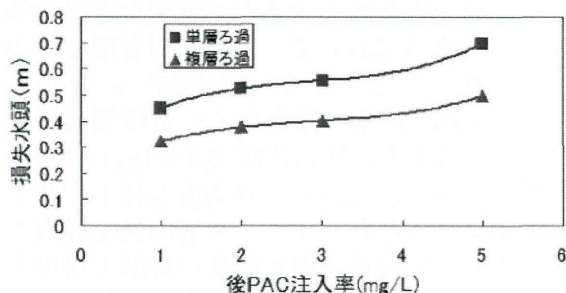


図4 後 PAC 注入時のろ層の違いと損失水頭への影響

水頭で約 30%低いことが示された (図3、図4)。

高濁度、低アルカリの原水について行ったジャーテストは、図5、図6に示すように、通常 PAC を使用した場合と高塩基度 PAC を使用した場合で凝集剤注入率とアルカリ度の低下には明確な違いが見られたが、凝集剤が過剰となる条件ではいずれの凝集剤でも処理性の低下が確認された。アルカリ度の低下は単位 PAC 注入量当たり通常 PAC で約 0.13mg/CaCO₃ に対して高塩基度 PAC では約 0.08mg/CaCO₃ であった (図7)。また、低アルカリ度の原水に対して一定のアルカリ (5mg/L、10mg/L) を添加してジャーテストを行って結果、アルカリの添加がない場合、十分な処理が行えなかったが、5mg/L の条件では全ての注入条件で良好な処理が行え、10mg/L の条件ではアルカリが過剰となり、凝集に最適な pH 域を外れることに処理性の低下が認められた。併せて、Nn 市 Kw 浄水場の過去 1 年間の原水水質についてのトレンドを検証したところ 2013 年 1～9 月のアルカリ度は平均 15.7mg/L であり、原水濁度 50 度以上 (n=46) では 9.7mg/L、40 度以上 (n=65) では 9.9mg/L、30 度以上 (n=92) では 10.3mg/L と原水濁度が高いとアルカリ度が低下する傾向が示された。また、沈澱水濁度が 1 度を超えるケースのほとんどはアルカリ度が 10 度以下であった。ジャーテストの結果を併せて考えるとアルカリ度が低下した高濁度原水への対応として、アルカリ度が少なくとも 10 を下回らないようにアルカリを添加することで一定の処理性を維持できる可能性が示唆された。

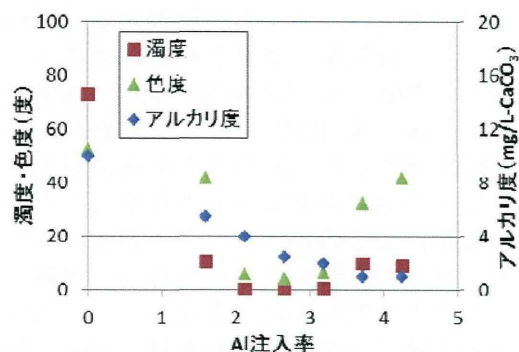


図5 高濁度低アルカリ原水に対する通常 PAC によるジャーテストの結果

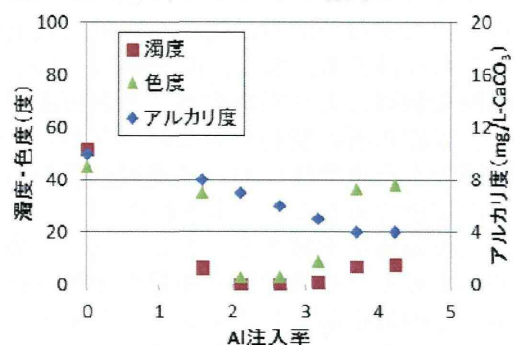


図6 高濁度低アルカリ原水に対する高塩基度 PAC によるジャーテストの結果

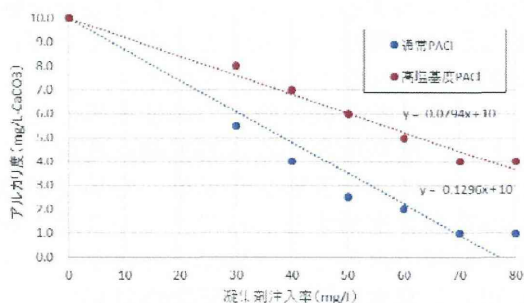


図7 塩基度の違いによる凝集剤注入率とアルカリ度低下の関係

D. 考察

二段凝集を中小規模の実浄水場において実施することにより濁度の及び粒子数に大きな改善が見られる事が明らかになった。具体的には、原水濁度が比較的安定した晴天時の条件ではあるが、後 PAC を 0.15～0.60mg/L 程度で一定時間注入することにより、特に粒径 0.5～1μm の粒子数が減少し、濁度も低下することが確認された。これは昨年度実施したプラント実験でも確認されたように、後 PAC を添加することによる再凝集により微細な粒子が形成され、

ろ過で補足されることに起因すると推察される。二段凝集の効果をj得るためには一定量の後 PAC の注入が必要であり、効果が得られた後は後 PAC の注入を停止しても一定時間効果が得られることや逆洗をすることでその効果がリセットされることから再凝集による微細フロックの形成以外のメカニズムの影響も考えられるが、詳細なメカニズムは明らかにできなかった。施設での実験では高濁度時や水質が急激に変動したケースのデータを取得できなかったが、昨年度の実施したプラント実験の結果から得られた水質が急激に変動した際に緩衝作用となり得る事、また、後 PAC の注入は、簡便な装置により実施することが可能であり、設置場所の制約も少ないことから中小規模の水道事業体において適用可能かつ有用な技術であることが示された。

二段凝集を実施することにより、損失水頭が上昇し、逆洗時間の短縮が予想されるが、この対応策としてアンストラサイトをj用いた複層ろ過の有用性がプラント実験により確認された。複層ろ過にすることで損失水頭の上昇を抑制できるだけでなくろ過水濁度も改善することから、二段凝集を実施するには併せて導入することでより高い効果が得られることが示された。

アルカリ度が低い原水の濁度上昇の対応として、塩基度の異なる凝集剤を使用してジャーテストを実施した結果、塩基度が高い凝集剤を使用することでアルカリ度の低下を抑制できることは確認できたが、今回使用した原水に関して、処理性は必ずしも改善しないことが確認された。今回のケースでは、一定量のアルカリを注入し、アルカリ度を上げることで処理性が向上した事からも、必ずしも塩基度の高い凝集剤を用いてアルカリ度の低下が抑制されることが処理性の向上には繋がらないケースも確認された。施設において高塩基度 PAC を用いることにより処理性が向上しているケースもある事から原水水質を考慮した導入が必要であるが、塩基度の高い凝集剤の導入は施設面では大きな改善の必要がなく中小規模の水道事業体が処理性を改善するために導入可能な技術であると考えられる。

E. 結論

本研究の対象とする中小規模水道事業体の実浄水場において二段凝集の有用性について検討したところ、後 PAC を 0.15～0.60mg/L 程度の注入率で一定時間注入することにより、特に粒径 0.5～1 μ m の粒子数が減少し、これにより濁度も低下することが確認された。また、複層ろ過を併用することで更なるろ過水濁度の抑制と損失水頭の抑制が可能であることも示された。加えて、簡便な装置で導入が可能であることから中小規模の水道事業体における改善策として有用であることが示された。一方、高塩基度の PAC に関しては、凝集処理に際してのアルカリ度低下は抑制されるものの、それが必ずしも水質の改善に繋がらないことが示された。施設面での変更なく中小水道事業体が導入できる選択肢ではあるが、原水水質を考慮した上で導入を検討する必要がある。

F. 健康危険情報

(総括研究報告書にまとめて記入)

G. 研究発表

1. 学会発表

Yuuji IMOTO, Motoyuki KAMATA, Dabide YAMAGUCHI, Takako AIZAWA, Application of Two-stage Coagulation for High Turbidity Raw water, JWET2013, p16 (2013)

鎌田素之、井本祐司、山口太秀、海老江邦雄、相澤貴子 中小水道事業体支援を目的とした原水水質悪化に対する方策の検討 (V) —集塊化開始時間測定法による新たな凝集処理制御に関する検討— 第 64 回全国水道研究発表会、pp.216-217(2013)

井本祐司、鎌田素之、山口太秀、相澤貴子 高濁度原水における二段凝集処理最適化の検討、第 50 回環境工学研究フォーラム、p.137 (2013)

H. 知的財産権の出願・登録状況(予定を含む)

1. 特許取得

該当なし

2. 実用新案登録

該当なし

3. その他
該当なし

新たな簡易耐震診断表における耐震性判定基準に関する研究

研究分担者 宮島 昌克 金沢大学理工研究域環境デザイン学系 教授

研究要旨

水道施設は全般的に耐震化の取組みが遅れており、特に浄水施設の耐震化率は平成24年度末現在で約21.4%と低い状況にある。また同時に、多くの施設が経年化とともに老朽化が進み、更新時期を迎えつつある。こうした現状を踏まえ、水道施設の耐震化の促進方策として、耐震性能を判定するための簡易耐震診断手法の改善を図ることとし、浄水施設の詳細耐震診断結果を収集し、既往の簡易耐震診断表による診断結果との比較によりその問題点を抽出し、新たな簡易耐震診断表を検討してきた。その結果、新たな簡易耐震診断表では評価内容、評価項目数が既往のものとは異なることから、新たな耐震性判定基準が必要となったので、新たな簡易耐震診断表を用いたケーススタディ結果をもとに統計手法を用いた解析を行い、新たな耐震性判定基準を提案した。

A. 研究目的

水道施設全体を見渡すと、管路の耐震化の取組みは進みつつあるものの、浄水施設の耐震化率は平成24年度末現在で約21.4%であり、対策の取組みが極めて遅れている。特に昭和50年代以前に建設された浄水施設は経年劣化が進みつつあり、施設の耐震性が十分でないものが多い。また、中小水道事業体ほど技術者の数も少なく、耐震化の取組みが遅れているのが現状である。

浄水施設の耐震化を効率よく進めるために、詳細耐震診断を行う対象施設の優先順位付けに供するための「簡易耐震診断表（昭和56年3月、厚生省水道環境部）」があるが、作成以来30年余りを経ていることから、近年の被害事例と照らし合わせるなどして、問題点の抽出と改善を行い、中小水道事業体の耐震化促進に供することが、課題となっている。

そこで浄水施設の詳細耐震診断結果を収集し、既往の簡易耐震診断表による診断結果との比較によりその問題点が抽出され、新たな簡易耐震診断表が検討されてきた。その結果、新たな簡易耐震診断表における耐震性判定基準が必要となったので、新たな耐震性判定基準を具体的に提案することを平成25年度の目的とする。

B. 研究方法

詳細耐震診断済み（及び新設の耐震性あり）の構造物の構造諸元のデータを収集して既往耐震診断表を適用し、その問題点・課題を改善することにより、新たな簡易耐震診断表が提案されている。そこで、この新たな簡易耐震診断表における耐震評価点と詳細耐震診断により判定された耐震性あり、耐震性なしの判定（新設の場合は耐震性あり）との関係を、統計手法を用いた解析により検討した。なお本研究では、統計手法としてROC解析（Receiver Operating Characteristic analysis）を用いて解析を行い、新たな簡易耐震診断表から得られる耐震評価点から耐震性を判定する基準について検討した。なお、ROC解析とは、第2次世界大戦中に飛行機を発見するレーダーシステムの性能評価を目的として考案された方法であり、放射線画像診断の判断意思決定評価、CADシステムの性能評価をはじめ、様々な問題に用いられている解析手法である。

C. 研究結果

新たな簡易耐震診断表作成のために収集された浄水施設の詳細耐震診断済み（及び新設の耐震性あり）の構造物の構造諸元のデータを解析に用いた。すなわち、有蓋構造物で詳細耐震診断において耐震性なしと

判断されたもの 24 構造物、耐震性ありと判断されたもの及び新設の耐震性ありのもの 26 構造物、無蓋構造物で耐震性なしと判断されたもの 7 構造物、耐震性ありと判断されたもの及び新設の耐震性ありのもの 12 構造物の合計 69 構造物である。耐震性の有無で区分すると、耐震性なしが 31 構造物、耐震性ありが 38 構造物となる。

まず、この 69 構造物の構造諸元を用いて新たな簡易耐震診断表による耐震評価点を計算した。表 1 に耐震評価点の最大、最小、平均値を示す。有蓋構造物および無蓋構造物において、それぞれの耐震評価点の平均値は耐震性なしの構造物の比べ、耐震性ありの構造物の方が低い点数となっていることがわかる。既往の簡易耐震診断表では、耐震性判定基準は有蓋構造物と無蓋構造物の区分なく、同じ基準で判定しているのので、ここでもこれらを合わせた全体について考察することにする。表 1 における全体についても、耐震評価点の平均値は耐震性なしの構造物の 59.93 に比べ、耐震性ありの構造物の方が 12.21 と、明らかに低い点数となっている。最大値についても耐震性なしが 433.03 に対して、耐震性ありが 85.54 となっており、明確な差が見られる。しかし、最小値に注目すると耐震性なしが 2.97、耐震性ありが 1.80 と大差は見られない。

図 1 に詳細耐震診断結果より耐震性なし、耐震性ありと判定されたそれぞれの、構造物ごとの新簡易耐震診断表による耐震評価点を示す。ここでは、耐震性なしと耐震性ありの判定の基準について検討しているので、両者のデータのほとんどが分布している耐震評価点 0.0～48.0 の分布を示した。なお、耐震評価点が 48.0 を超えた耐震性なしの構造物は 13 構造物、耐震性ありの構造物は 3 構造物であった。図 1 によれば、耐震性なしのほとんどのデータが耐震評価点 12.0 以上にあり、耐震性ありの多くのデータが耐震評価点 12.0 以下にあることがわかる。

69 すべての構造物の耐震評価点と詳細耐震診断により判定された耐震性あり、耐震性なしの判定結果を用いて ROC 解析を行ったところ、耐震性あり、耐震性なしの判別値が 18.03 となった。すなわち、新簡易耐震診断表による耐震評価点が 18.03 以下

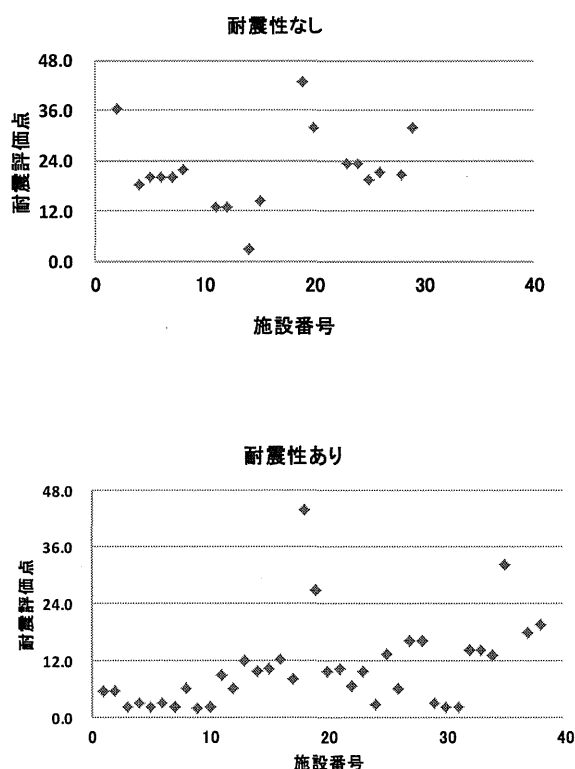
表 1 新簡易耐震診断表による耐震評価点の最大、最小、平均値

有蓋構造物	耐震性あり	耐震性なし
最大	43.74	80.19
最小	1.80	2.97
平均	8.79	33.40

無蓋構造物	耐震性あり	耐震性なし
最大	85.54	433.03
最小	1.98	32.08
平均	19.61	116.78

全体	耐震性あり	耐震性なし
最大	85.54	433.03
最小	1.80	2.97
平均	12.21	59.93

図 1 新簡易耐震診断表による耐震評価点



であると耐震性ありと判定できるという結果である。

まず、詳細耐震診断により耐震性なしと判定された 31 構造物の耐震評価点に注目すると、4 構造物の耐震評価点が 18.03 以下であり、耐震性ありと評価されることになるが、残りの 27 構造物は新簡易耐震断表でも耐震性なしと判断できることになる。詳細耐震診断により耐震性ありと判定された 38 構造物に注目すると 5 構造物の耐震評価点が 18.03 以上となり、耐震性なしと評価されることとなるが、残りの 33 構造物は新簡易耐震断表でも耐震性ありと判断できることが明らかとなった。

既往の簡易耐震診断表では、耐震性の評価を「高い」「中」「低い」の 3 段階で行ってきた。そこで、新簡易耐震診断表でも 3 段階で評価することを考える。上述した 2 段階評価では 18.03 が判別値となることから、18 を中央値としてその上下にどれだけの幅を持たせて「中」の領域とするかを検討した。この幅をいくつか変動させて試行錯誤的に検討した結果、 18 ± 6 として、すなわち、12~24 の領域を「中」とするのが適当であるという結論を得た。すなわち、新簡易耐震診断表における耐震評価点が 0~12 を「耐震性高い」、12~24 を「耐震性中」、24~ を「耐震性低い」と判定することを提案する。

D. 考察

新たな簡易耐震診断表作成のために収集された浄水施設の詳細耐震診断済み(及び新設の耐震性あり)の構造物の構造諸元のデータを用いて新簡易耐震診断表による耐震評価点を算出し、詳細耐震診断結果とともに統計解析を行ったとこと、18.03 が耐震性あり、なしの判別値であることが得られた。さらに試行錯誤的な検討より、新簡易耐震診断表における耐震評価点が 0~12 を「耐震性高い」、12~24 を「耐震性中」、24~ を「耐震性低い」と判定することを提案した。

そこで、この判定基準を用いて、収集した 69 の構造物の耐震評価点を用いて耐震性の判定を行った。まず、詳細耐震診断により耐震性なしと判定された 31 構造物の耐震評価点に注目すると、1 構造物が「耐

震性高い」と評価されるが、残りの、13 構造物が「耐震性中」、17 構造物が「耐震性低い」と判定されることになる。詳細耐震診断により耐震性ありと判定された 38 構造物に注目すると 4 構造物が「耐震性低い」と判定されることとなるが、残りの 8 構造物が「耐震性中」、26 構造物が「耐震性高い」と判定されることが明らかとなった。

新たな簡易耐震診断表によれば、詳細耐震診断と整合性のある結果が概ね得られることが示された。中小の水道事業体でも準備できる限られた資料を用いて行う簡易診断としては十分な精度を持つものと考えられる。

しかし、詳細耐震診断における耐震性ありの構造物を「耐震性低い」、耐震性なしの構造物を「耐震性高い」と判定するケースのあることも示された。詳細耐震診断において耐震性ありと示された構造物を「耐震性低い」と判断したケースについて考察すると、簡易耐震診断では鉄筋コンクリート壁の厚さだけを取り上げており、鉄筋量を評価していないので、通常よりも鉄筋量を多くして、壁厚を薄く抑えている場合などは評価されずに、「耐震性低い」と判定することになる。また、構造物の基礎形式も考慮していないので、立地条件の悪い場合に基礎形式で対応していても、簡易耐震診断では評価されずに「耐震性低い」と判定されてしまう可能性がある。

一方、簡易耐震診断で「耐震性高い」と評価されても、たとえば、伸縮目地や可とう管の性能不足など、簡易耐震診断で考慮されていない耐震性能不足などにより、詳細耐震診断で耐震性なしと判断される場合も考えられる。これらのことは、簡易耐震診断の限界を示唆していると言える。

E. 結論

浄水施設の詳細耐震診断結果を収集し、既往の簡易耐震診断表による診断結果との比較によりその問題点が抽出され、新たな簡易耐震診断表が提案された。新たな簡易耐震診断表では評価内容、評価項目数が既往のものとは異なることから、新たな耐震性判定基準が必要となったので、新たな簡易耐震診断表を用いたケーススタディ結果をもとに統計手法を用いた解析を行い、新

たな耐震性判定基準について検討した。その結果、以下のことが明らかとなった。

- ・ 新簡易耐震診断表における耐震評価点が0～12を「耐震性高い」、12～24を「耐震性中」、24～を「耐震性低い」と判定することを提案した。
- ・ この判定基準を用いて、収集した69の構造物の耐震評価点を用いて耐震性の判定を行ったところ、詳細耐震診断により耐震性なしと判定された31構造物のうち、1構造物が「耐震性高い」と評価されるが、残りの、13構造物が「耐震性中」、17構造物が「耐震性低い」と判定された。一方、詳細耐震診断により耐震性ありと判定された38構造物のうち4構造物の「耐震性低い」と判定されることとなるが、残りの8構造物が「耐震性中」、26構造物が「耐震性高い」と判定されることが明らかとなった。
- ・ 新たな簡易耐震診断表を用いて、詳細耐震診断と整合性のある結果が概ね得られることが示された。中小の水道事業体でも準備できる限られた資料を用いて行う簡易診断としては十分な精度を持つものと考えられる。
- ・ 詳細耐震診断における耐震性ありの構造物を「耐震性低い」、耐震性なしの構造物を「耐震性高い」と判定するケースのあることも示された。これは、簡易耐震診断表では十分に考慮できなかった要因によるものと考えられ、簡易耐震診断の限界を示唆していると言える。

F. 健康危険情報

特になし。

G. 研究発表

- ・ M. Miyajima “Resilient Water Supply System for Earthquake and Tsunami”, *Journal of Water Supply: Research and Technology – AQUA*, [in press]
- ・ M. Miyajima “Performance of Drinking Water Pipelines in Liquefaction Areas in the 2011 Great East Japan Earthquake”, *International Journal of Landslide and Environment*, Vol.1, No.1, pp.61-62, 2013.10.
- ・ M. Miyajima “Verification of a

Prediction Method of Earthquake Damage to Water Supply Pipeline by Using Damage Data of the 2011 Great East Japan Earthquake”, *Proceedings of the 8th US-Taiwan-Japan Workshop on Water System Seismic Practices*. pp.43-49, 2013.8.

- ・ A. Kirimura, Y. Suzuki, T. Aizawa, M. Fujiwara and M. Miyajima “Simplified Evaluation Method of Seismic Resistance for Water Treatment Facilities”, *Proceedings of 6th China-Japan-US Trilateral Symposium on Lifeline Earthquake Engineering*, [CD-ROM], 2013.5.
- ・ M. Miyajima “Damage to Water Supply Pipelines in the 2011 Great East Japan Earthquake”, *Proceedings of 6th China-Japan-US Trilateral Symposium on Lifeline Earthquake Engineering*, [CD-ROM], 2013.5.

H. 知的財産権の出願・登録状況（予定を含む）

未定