

水道事業体における浄水処理関連データの収集分析とその応用に関する研究

研究分担者 堤 行彦 福山市立大学都市経営学部 教授

研究要旨

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、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、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、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 程度敷くことで二次凝集剤の注入率を 5mg/l 以下程度までろ過池のろ抗上昇を管理できる可能性があること、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。

A. 研究目的

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を昨年度提案された。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。その結果をもとに中小規模水道が実用的で導入可能な対応技術であるかについて示すことを目的とする。

B. 研究方法

水道事業体の浄水処理に関する実施設データと凝集沈澱処理の具体的ないくつかの対策手法との整合性の確認、特に運転管理条件や原水及び処理水の水質分析データとの関連について解析を行うこととした。

実施設データに対する評価、確認には、その施設での原水によるジャーテストも必要に応じて行った。

(倫理面への配慮)

本研究においては、研究対象者の人権擁護を必要とする調査又は人権への不利益を生ずる調査は行わず、また実験動物を用いる実験を実施しないことから、倫理面への問題は生じない。

C. 研究結果

1. 高濁度時凝集剤注入式の検証

多様な原水を持つ浄水場ごとで対応可能な高濁度時凝集剤注入方法として、ジャーテストを必要としない以下のような累乗式 (1) と (2) (ここでは簡易凝集剤注入式と呼ぶ) が本研究成果として提案されている<sup>1)</sup>。

$$Y = a \cdot X^b \quad \text{----- (1)}$$

ここで、Y : Al/T 比 Al (凝集剤 (mg/L))

T : (濁度 (度))

X : 濁度 (T)

a, b : 係数

従って、各原水の凝集剤注入量は、

$$Al = a \cdot T^{b+1} \quad \text{----- (2)}$$

一方、同様の目的で集塊化開始時間測定法についても提案がなされている<sup>1)2)</sup>。そこで、この簡易凝集剤注入式が既存の浄水場 (Hr 浄水場) の最適注入率と適合し、かつ集塊化開始時間測定法による方法とも適合するか検証を行なった。

事前に Hr 浄水場のデータを基に求めた係数 a (30.097)、b (-0.678) の値を累乗式 (1) に導入し、ある時期の高濁時凝集剤注入率の実施設データと比較した結果が Fig.1 である。実線が簡易凝集剤注入式で求めた Al (PAC 注入率) / T (濁度) と T (濁

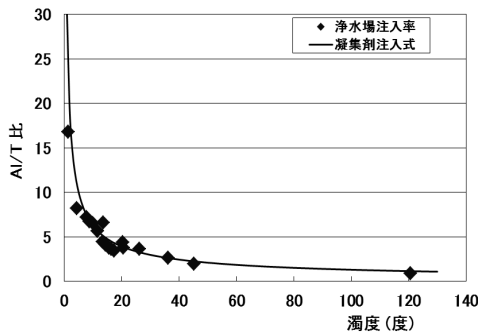


Fig.1 Hr 浄水場注入率との適合性

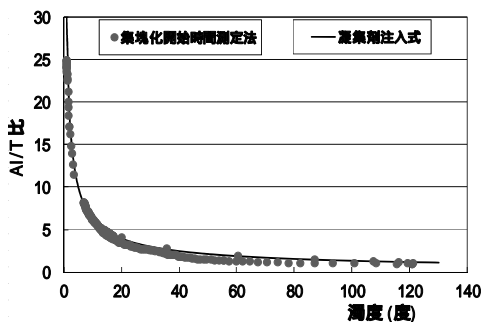


Fig.2 集塊化開始時間測定法との適合性

度)で、◆印はHr 浄水場で実施された最適注入率であるが、非常に強い相関を示している。

また、Fig.2 で示すように簡易凝集剤注入式と集塊化開始時間測定法の比較でも、Al (PAC 注入率) / T (濁度) と T (濁度) でほぼ同様の値を示すことも分かった。

以上のことから、簡易凝集剤注入式は各浄水場で必要とされる凝集剤注入率を求める有効な方法の一つとなり得ることが期待できる。

## 2. アルカリ度代替指標としての EC (実施設工業計器による検証)

アルカリ度代替指標として EC (電気伝導度) が使用できることが報告されている<sup>1)</sup>が、実施設での EC 工業計器による確認を行うために Nk 浄水場におけるアルカリ度及び EC の工業計器とアルカリ度手分析データによる検証を行った。Fig.3 には、原水のアルカリ度計 (現場連続測定用工業計器) と EC 計 (現場連続測定用工業計器) の平成 12 年度 1 年を通したデータの相関を示した。ややばらつきはあるものの十分利用可能な相関がみられる。また、Fig.3 にはアル

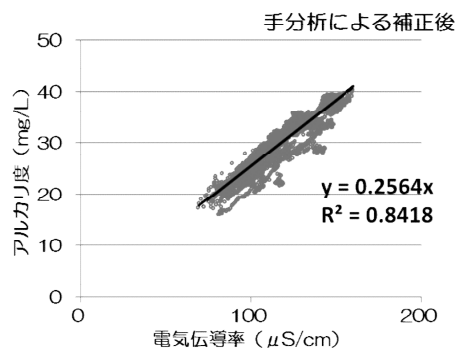
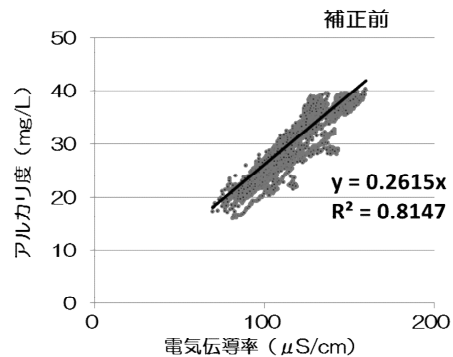


Fig.3 アルカリ度と EC の現場工業計器による相関

カリ度の手分析データで補正した相関も示した。さらに強い相関が得られ、EC 計が現場での工業計器においても利用可能であることが検証できた。

## 3. 二段凝集の中小規模浄水場への適用におけるろ過池での対応方法

中小規模水道における高濁度時対応技術として、二段凝集の有効性が報告されている<sup>1)</sup>。その中で、二段凝集を行う際の留意事項の一つとしてろ過池のろ過継続時間の極端な短縮を抑制することである。

その対応技術の一つとして、ろ過池のろ層上部にアンスラサイトを敷設する方法がある。Fig.4 は Ny 浄水場におけるアンスラサイト層 (層厚 5cm、有効系 0.7~1.5mm、均等係数 1.5 以下) 敷設の実施例を示したデータである。濁度がやや高い期間と濁度は低い藻類の多い期間での原水濁度、沈澱濁度、二段凝集の凝集剤注入率 (二次凝集剤)、砂ろ過処理水を示している。両期間ともアンスラサイトを敷設することで、従来二段凝集を行っていない期間に比べろ過継続時間の短縮が起こっておらず凝集剤

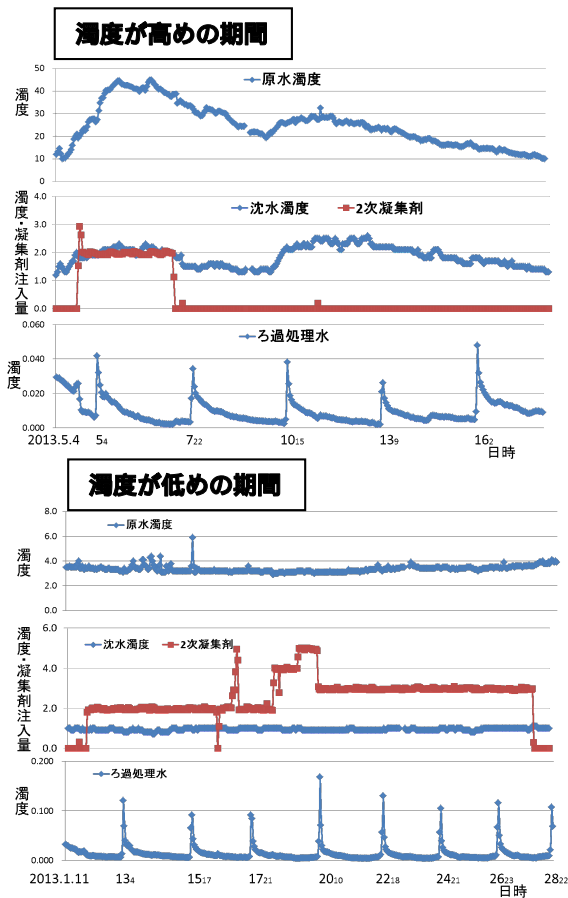


Fig.4 二段凝集における二次凝集剤注入量と濁度、ろ過継続時間の関係

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<sup>3)</sup>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

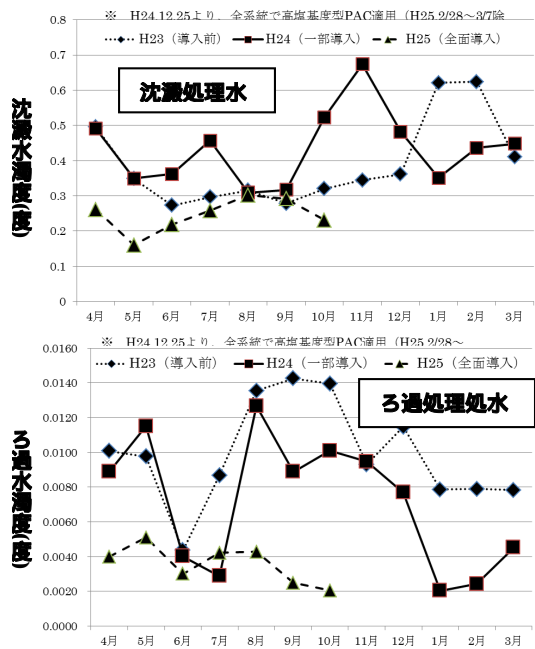


Fig.5 従来 PAC と超高塩基度 PAC の濁度処理における変化 (従来 PAC : H23、24 年度 12 月) (超高塩基度 PAC : H25 年 1 月~)

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を示唆される。

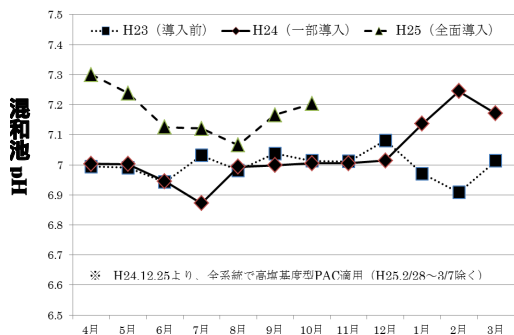


Fig.6 従来PACと超高塩基度PACの混和池におけるpH変化

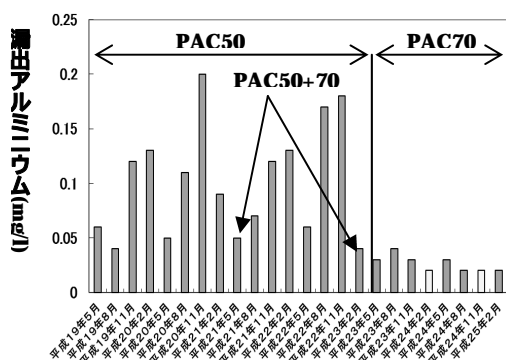


Fig.7 従来PACと超高塩基度PACのアルミニウム漏出の比較

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

高濁度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)

高濁度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、簡易な設備で対応可能か、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) 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

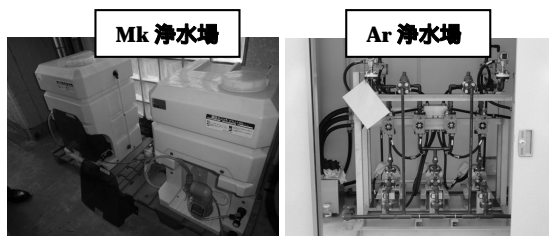


写真1. 二次凝集剤注入装置の一例

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50,000~150,000<sup>4)</sup>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、アンストラサイトの敷設によつ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

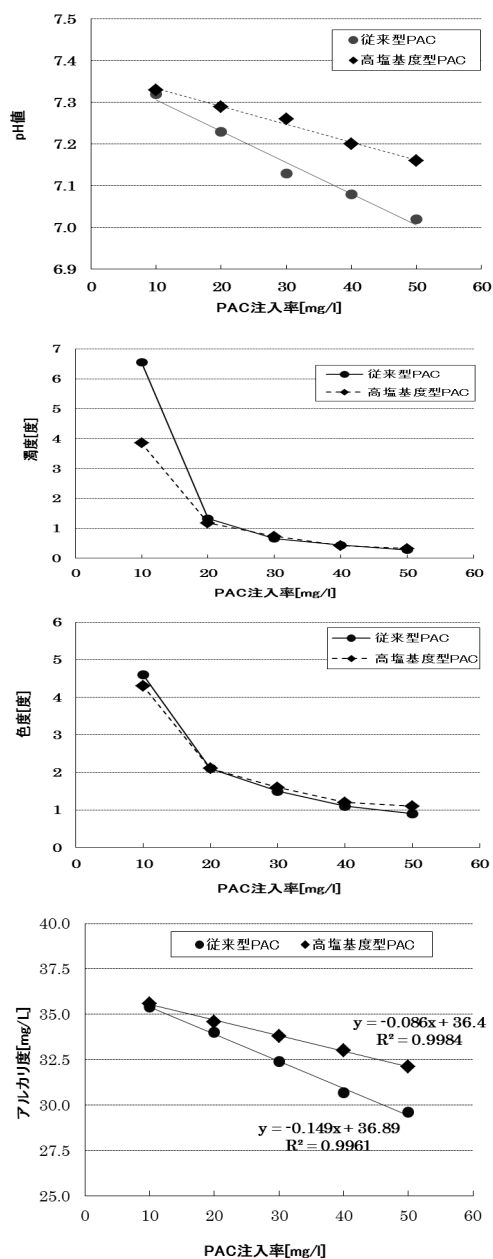


Fig.8 超高塩基度 PAC によるジャーテスト結果

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、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、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、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、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:相澤貴子)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 ( ) 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 ( ) - 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