

## 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 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

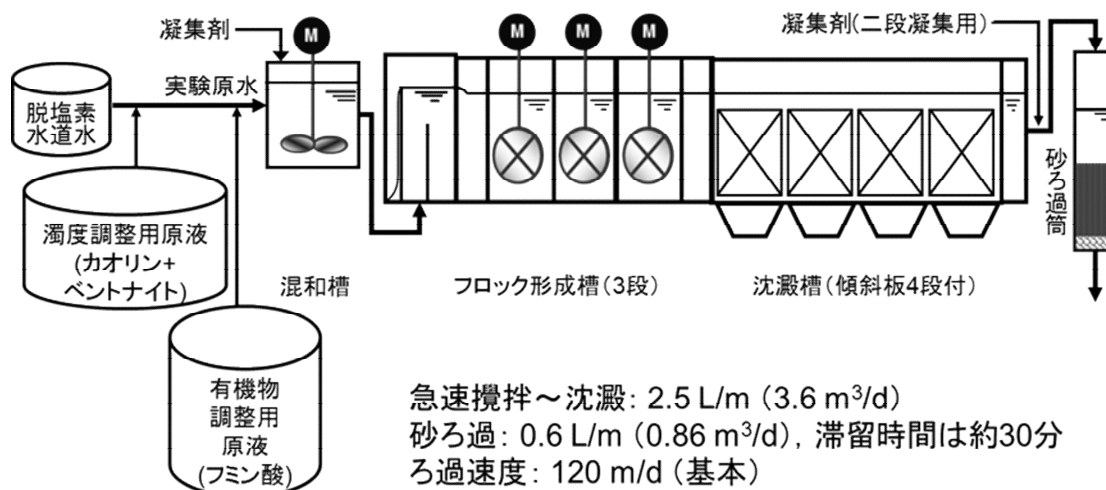


図-1 小型浄水処理装置の概要

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 濃度を一定で濁度み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。

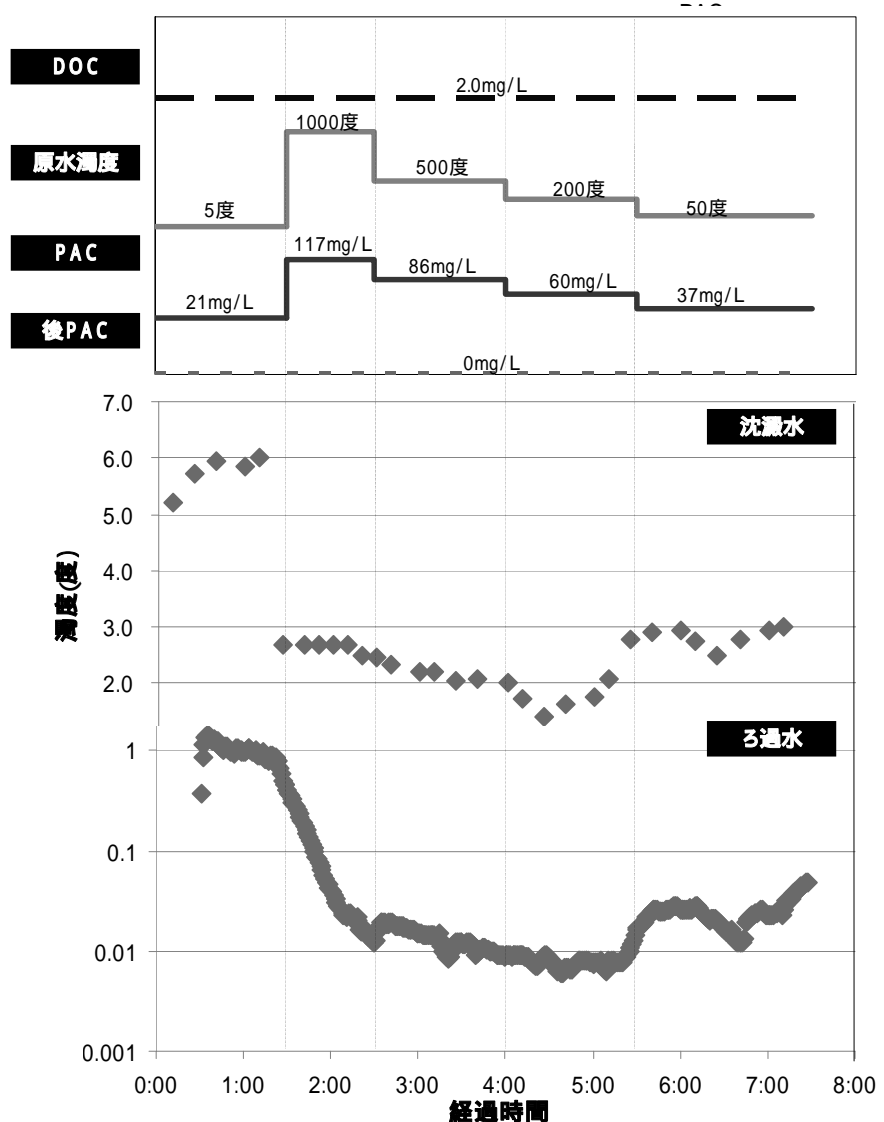


図-2 : 沈澱水・ろ過水濁度 [RUN 1-2]

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

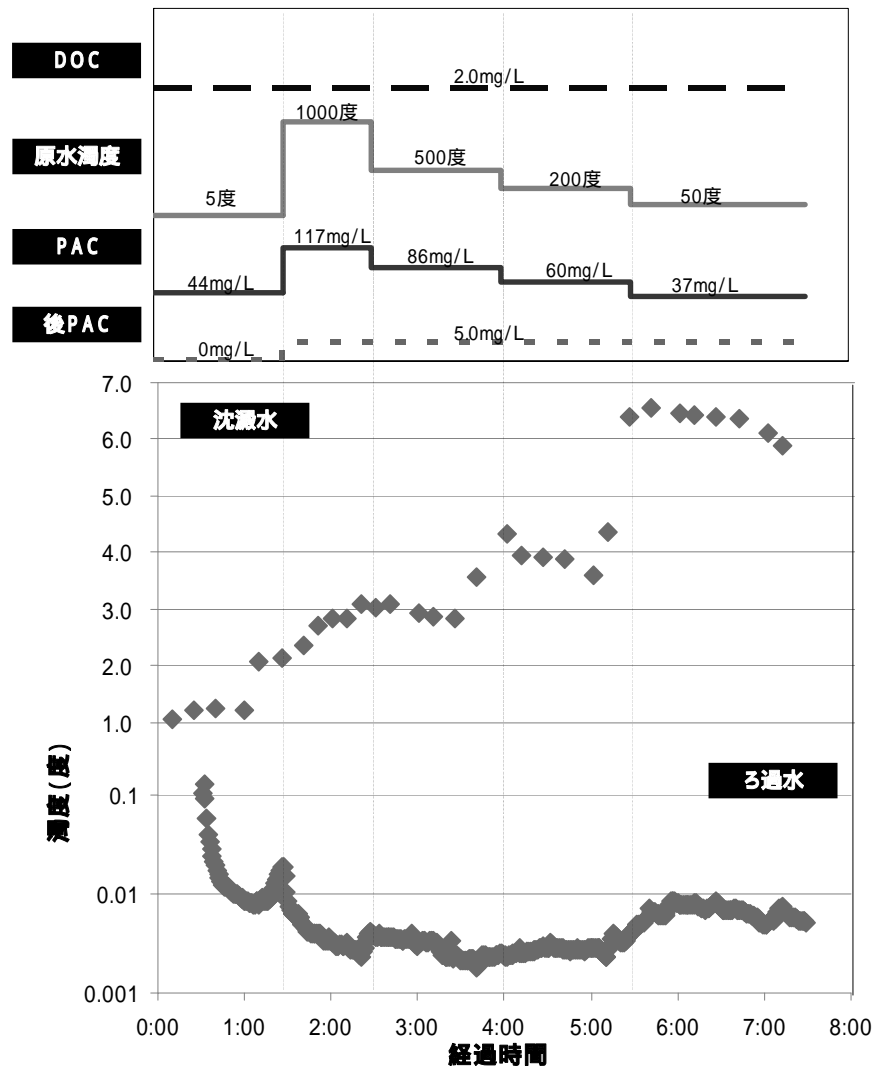


図-3：沈澱水・ろ過水濁度[RUN 1-4]

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、十分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

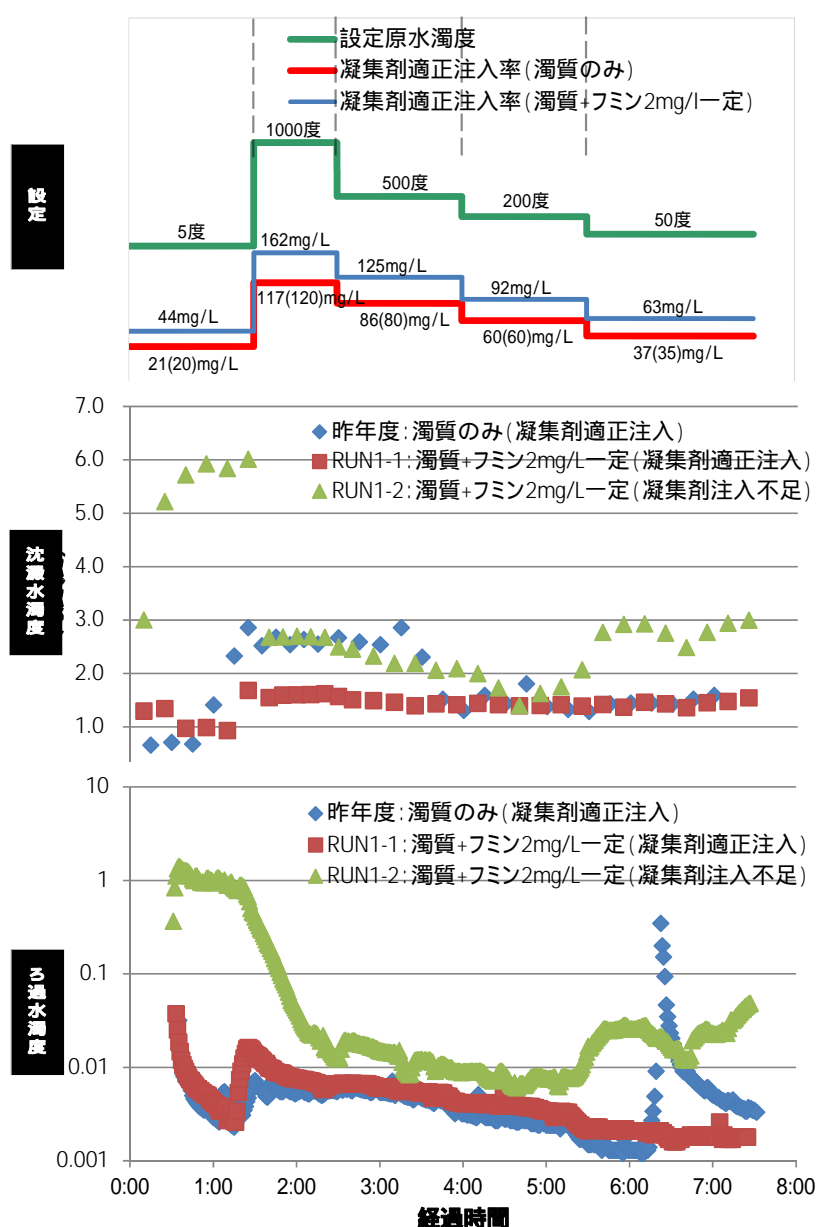


図-4 沈澱水・ろ過水濁度の比較

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、

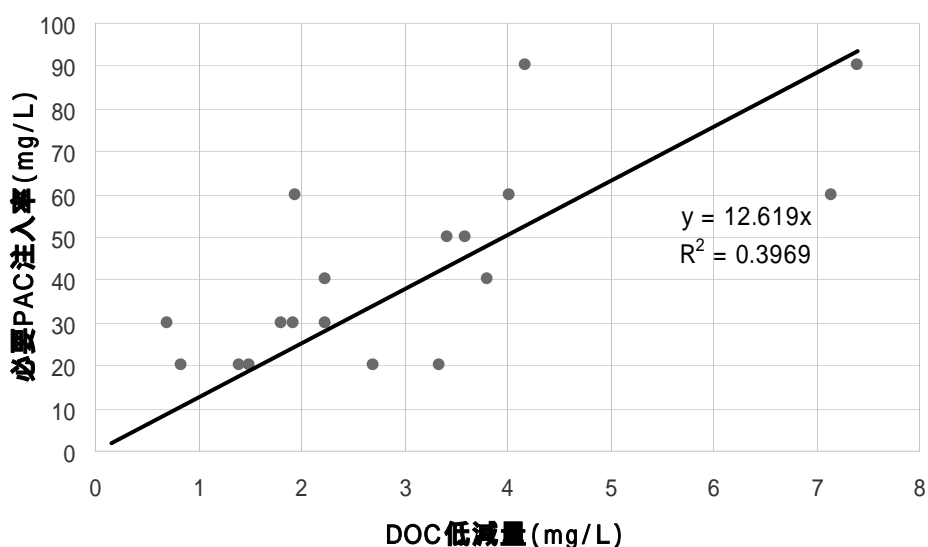


図-5：DOC 低減量とそれに必要な PAC 注入率の関係

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。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。  
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。

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。

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（ ） 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（ ） 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