

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 0.5~1 μ 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い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)。

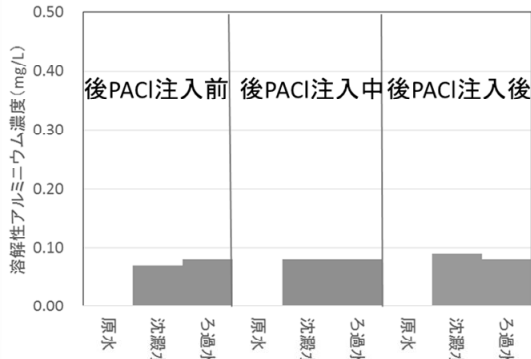


図1 実施設における後 PAC 注入前後の溶解性アルミニウム濃度の変化

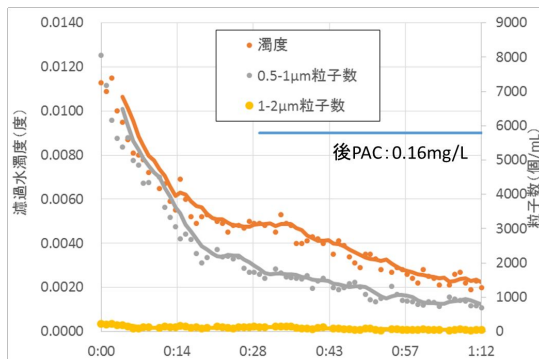


図2 実施設における後 PAC 注入時における濁度及び粒子数の挙動(後PAC:0.16mg/L)

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を得られた後は後 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、この際に後 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

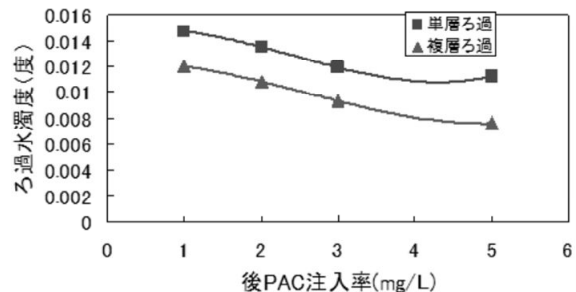


図3 後 PAC 注入時のろ層の違いとろ過濁度への影響

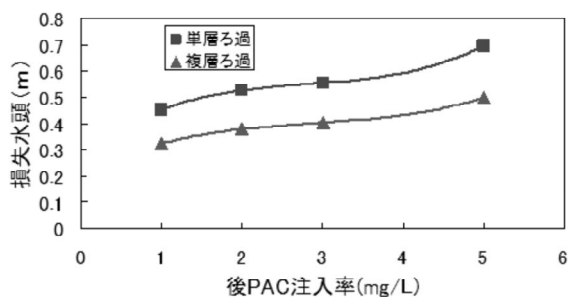


図4 後 PAC 注入時のろ層の違いと損失水頭への影響

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。

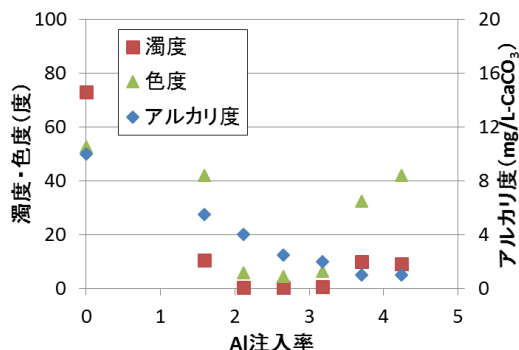


図5 高濁度低アルカリ原水に対する通常 PAC によるジャーテストの結果

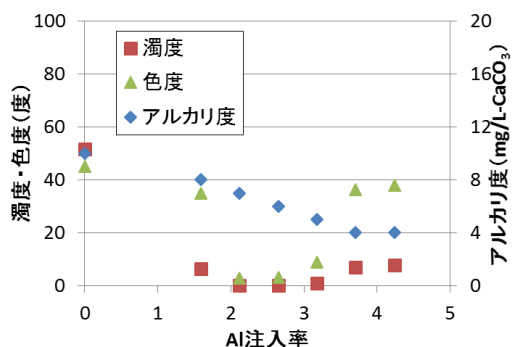


図6 高濁度低アルカリ原水に対する高塩基度 PAC によるジャーテストの結果

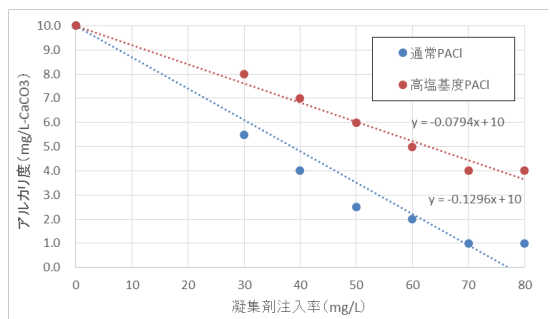


図7 塩基度の違いによる凝集剤注入率とアルカリ度低下の関係

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、原水濁度が比較的に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、

る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。実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ラサイトを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際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、塩基度の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。実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 () 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