

ポリシリカ鉄を用いた強化凝集の処理性評価

川端 洋之進 (株ヤマト)

ポリシリカ鉄による水・資源循環システム推進チーム

(磯村豊水機工(株)・水道機工(株)・直治薬品(株)・平成理研(株)・(株)ヤマト)

1. はじめに

茨城県企業局とポリシリカ鉄による水・資源循環システム推進チームは、霞ヶ浦を水源とする茨城県新治浄水場で、溶解性有機物除去を目的に平成 21 年 8 月～平成 23 年 3 月までポリシリカ鉄 (以下、PSI) を用いた強化凝集 (Enhanced Coagulation) に関する共同研究を行った。

強化凝集とは、従来の懸濁物除去を主眼とした凝集法とは異なり、凝集 pH を通常よりも低く設定して溶解性有機物の除去を向上させる処理法である。PSI とは、重合ケイ酸と鉄による凝集剤で、鉄による荷電中和と重合ケイ酸による架橋作用を兼備する日本水道協会の規格を有する鉄系凝集剤である。溶解性有機物や藻類除去性に優れている他、発生スラッジは濃縮性、脱水性が高いため排水処理が効率化できるほか、主成分が鉄とシリカであることから、発生スラッジの農地還元も可能となる。

本報では、PSI 強化凝集による溶解性有機物の処理性と強化凝集水の粒状活性炭処理への影響について報告する。

2. 溶解性有機物の処理性

原水の強化凝集への適応性を検討するため、PSI とポリ塩化アルミニウム (以下、PAC) を用いて凝集 pH を変化したジャーテストを行った。原水 1L をビーカーに分取し、所定量の PSI 及び pH 調整用の硫酸を加え、150rpm で 5 分間の急速攪拌を行った後、孔径 1 μm のガラス繊維でろ過したろ過水の DOC 及び THMFP を測定した。

PSI 及び PAC 注入率は同一の金属モル比で一定とし、凝集 pH のみ硫酸で変化させた。

図 1 は、PSI 及び PAC 注入率を 100mg/L、55mg/L とした場合のジャーテスト結果である。PSI の方が注入率は一定でも硫酸を併用して凝集 pH を酸性域にすることで、DOC 残存率や THMFP 残存率 (残存率: 処理水濃度/原水濃度) は pH5.5 付近まで低下が認められ、強化凝集の効果がより顕著に表れる結果であった。

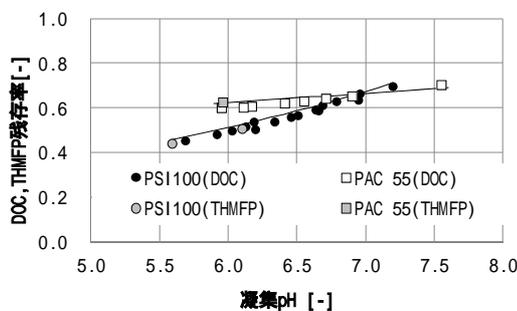


図 1 処理水 DOC 及び THMFP 残存率

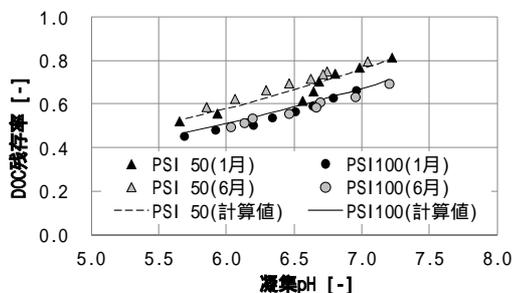


図 2 凝集 pH による DOC 処理効果

霞ヶ浦原水には PSI を用いた強化凝集の有効性が確認できたため、凝集 pH と PSI 注入率による DOC の除去特性を検討した。

PSI 注入率は 25～200mg/L までを 25mg/L ごとに 8 段階に設定し、硫酸注入率は PSI 注入時 pH と pH5.5 の間で 8 段階になるように設定したジャーテストを実施した。結果の一例として、図 2 に PSI 注入率を 50 および 100mg/L とした場合の凝集 pH と DOC 残存率の関係を示した。

図には、平成 22 年 1 月及び 6 月に実施したジャーテスト結果を示したが、PSI 注入率毎にほぼ同一の直線で回帰でき、他の PSI 注入率でも同様の結果であった。

そこで、DOC 残存率の対数値を目的変数、PSI 注入率及び凝集 pH を説明変数とした重回帰分析して下記実験式を得た。

$$\text{DOC 残存率}[-] = 0.127 \times \text{EXP}(-0.00249 \times \text{PSI 注入率}[\text{mg/L}] + 0.274 \times \text{凝集 pH}[-])$$

これより、原水状況に応じて処理目標とする DOC 残存率を設定すれば、PSI 注入率と凝集 pH 選定が可能と考えられる。

図 3 は、凝集 pH を 5.5、6.0 及び 6.5 に設定し、PSI 注入率を原水 DOC 濃度が 3.5mg/L 以上の場合は 100mg/L、原水 DOC 濃度が 3.5mg/L 未満の場合は 75mg/L として試算した年間を通じての PSI 強化凝集による処理水 DOC 濃度である。図中のろ過 DOC は新浄水場における PAC 処理水の月平均値プロットである。

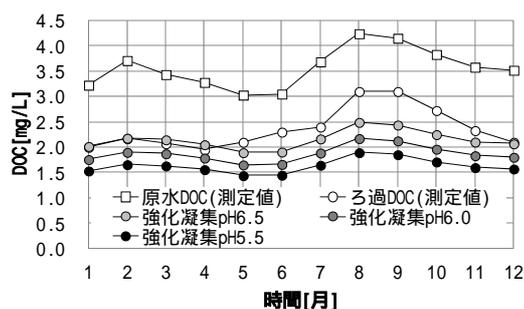


図 3 強化凝集 DOC 計算結果

試算結果によれば、水温上昇時の 7～11 月は凝集 pH6.0、PSI 注入率 100mg/L 程度の強化凝集を行い、他の季節は凝集 pH が 6.5 で PSI 注入率を 75mg/L 程度とした穏やかな条件で凝集操作を行えば、年間を通じて処理水 DOC 濃度が 2.0mg/L 程度の安定した処理が行える結果が得られた。

3. 強化凝集水の粒状活性炭処理への影響

PSI 強化凝集が粒状活性炭処理に及ぼす影響評価をするために、図 4 の「凝集沈澱」「急速ろ過」「粒状活性炭」の浄水プロセスを想定した実験装置を作成した。原水を PSI で強化凝集処理した上澄水をろ過して貯留槽に蓄え（強化凝集水）、強化凝集水移送ポンプにて連続的に混和槽へ移送した。そして急速ろ過カラムを経由して粒状活性炭カラムへ通水した。

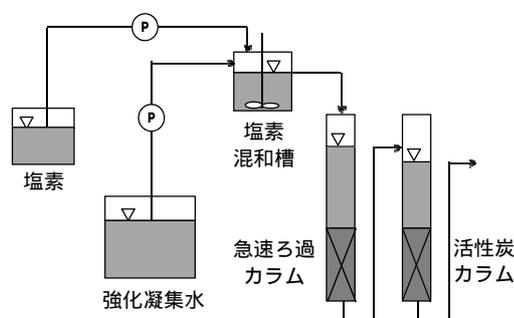


図 4 実験装置概略図

また対照系として、実施設の凝集剤注入率にて凝集処理した対照水を用いた通水実験も並列して行った。各系列の操作条件を表 1 に示す。

表 1 操作条件

項目	凝集	急速ろ過	活性炭
操作条件	強化凝集水：PSI100mg/L +硫酸34mg/L 対照水：PAC75～96mg/L +硫酸0mg/L	流量：3.3L/h ろ材：マンガン砂 ろ層：300mm ろ過速度：180m/日	流量：3.3L/h 活性炭種類：ヤシ殻再生炭 活性炭カラム体積：0.13L ろ過速度：180m/日 空間速度：25h ⁻¹

図 5 は、平成 22 年 4 月に実施した強化凝集の粒状活性炭処理に及ぼす影響評価を目的とした活性炭カラムを用いた連続処理実験結果である。対照水に比べて強化凝集水の DOC は低濃度で推移しており、活性炭処理水についても強化凝集水の方が通水倍率に対する DOC 上昇傾向が緩やかで、同一濃度に到達するまでの通水倍率の延長が可能であることが分かる。

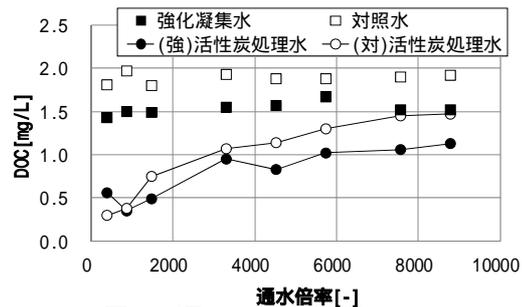


図 5 通水倍率と処理水 DOC

図 6 は、凝集水及び活性炭処理水の DOC と THMFp の関係を示したものである。凝集剤種類に関係なく両者は高い相関を示している。このため、例えば THMFp の上限を 0.01mg/L として活性炭処理を運用しようとした場合、DOC としては 1mg/L 以下に抑えればよいことがわかる。

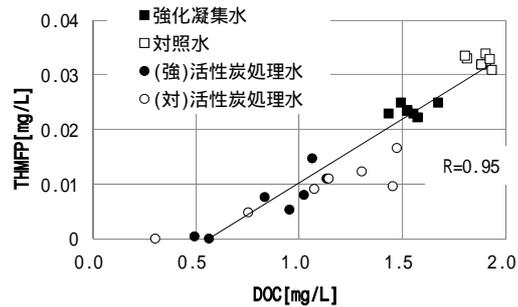


図 6 DOC と THMFp の関係

図 7 は、活性炭カラム 0.13L に吸着した DOC 質量と処理水 DOC の関係を示したものである。図より処理水 DOC 濃度が同一である場合、強化凝集水の吸着 DOC 質量が大きいことがわかる。強化凝集水の方が活性炭単位体積当たりの吸着質量が多く、併せて活性炭への流入 DOC 負荷が低いことを加味すると、活性炭再生頻度を大幅に低減可能なことが示唆された。

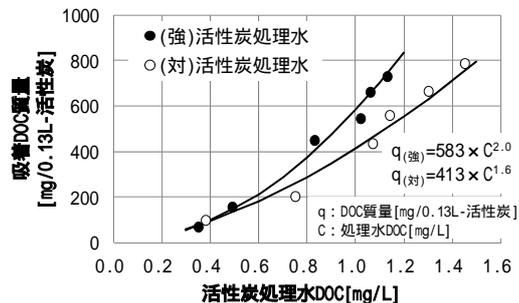


図 7 吸着 DOC 質量と処理水 DOC

図 8 は、横軸は処理水 DOC、縦軸に吸着 DOC 質量比として、図 7 の各操作条件の実験式を元に処理水 DOC に対する吸着 DOC 質量を算出して、対照水 DOC 質量に対する強化凝集水 DOC 質量比として無次元化した値である。THMFp を 0.01mg/L 以下に維持するために、処理水 DOC1mg/L で活性炭を交換しようと考えた場合、PSI 強化凝集の方が活性炭ライフが約 1.4 倍長いことが分かる。併せて、活性炭吸着池への流入 DOC 濃度は強

化凝集水の方が低いことを加味すると、DOC 基準で活性炭交換期間は約 1.7 倍延長できることが示唆された。

図 9 は原水、強化凝集水、対照水およびそれぞれの活性炭処理水の分子量分布である。強化凝集水の方が対照水に比べて分子量 4000 ~ 6000 の成分が低く、分子量が大きなものの割合が少ないことが分かる。これは、強化凝集により分子量が大きい溶解性有機物が対照系と比較して効果的に除去され、活性炭に吸着される溶解性有機物には分子量の大きいものが少ないために、活性炭吸着能の低下を抑制したものである。

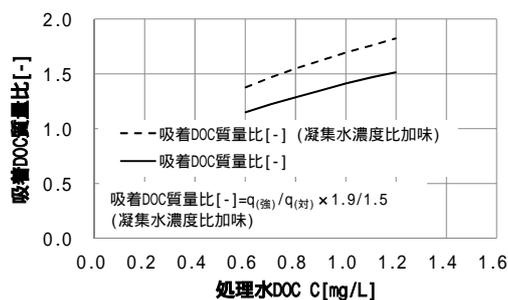


図 8 吸着 DOC 質量比と処理水 DOC

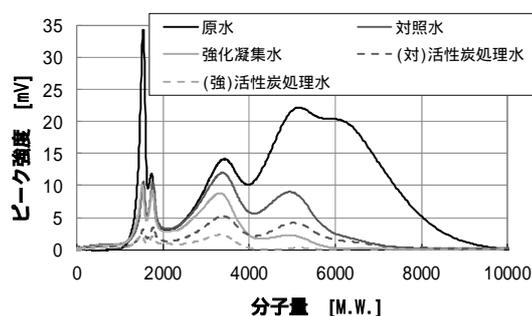


図 9 分子量分布

4. まとめ

PSI 注入率は一定で硫酸注入により凝集 pH を酸性域にすることで、DOC 残存率を改善できた。

霞ヶ浦を水源とした原水に対して PSI 注入率と凝集 pH をパラメーターとした DOC 残存率実験式を作成した。これにより凝集処理水 DOC を年間通して推定することができた。

DOC と THMFP は高い相関係数を示すことがわかった。THMFP の上限を 0.01mg/L として活性炭処理を運用しようとした場合、DOC としては 1mg/L 以下に抑えればよいことがわかった。

PSI 強化凝集を採用することで、分子量が大きい溶解性有機物から効果的に凝集沈澱除去されることが認められた。凝集操作の後段で粒状活性炭による溶解性有機物除去を行う場合、活性炭に吸着される溶解性有機物には分子量の大きいものが少ないため、活性炭吸着能低下の抑制に寄与するものと思われる。これにより活性炭単位体積当たりの吸着 DOC 質量をより多くすることができ、さらに強化凝集水 DOC 濃度も低いことから溶解性有機物においては、活性炭再生頻度を低減できることがわかった。

処理水 DOC 1mg/L で活性炭を交換しようと考えた場合、PSI 強化凝集の方が活性炭ライフが DOC 基準で約 1.7 倍延長できることが示唆された。