



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Fate and Effective Control of Superfine Powdered Activated Carbon Particles in Drinking Water Treatment Process Consisting of Coagulation-Flocculation, Sedimentation, and Sand Filtration [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	中沢, 禎文
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(工学)
Dissertation Number	甲第14450号
Issue Date	2021-03-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/81541
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	Yoshifumi_Nakazawa_review.pdf, 審査の要旨



学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称 博士 (工学) 氏名 中沢 禎文

審査担当者 主 査 教 授 松井 佳彦
副 査 教 授 岡部 聡
副 査 教 授 木村 克輝
副 査 教 授 佐藤 久

学位論文題名

Fate and Effective Control of Superfine Powdered Activated Carbon Particles in Drinking Water Treatment Process Consisting of Coagulation-Flocculation, Sedimentation, and Sand Filtration
(凝集沈澱砂ろ過浄水処理における微粉化活性炭の処理性と高効率制御)

水道原水中の溶存有機物質を除去する方法として、粉末状の活性炭 (粉末活性炭、粒径 $\sim 10 \mu\text{m}$) を原水に添加し、溶存有機物質が吸着された後に、粉末活性炭を原水中の懸濁質と一緒に分離する方法が広く用いられている。近年、従来の粉末活性炭に比べて注入量を 75% 以上削減可能な微粉化活性炭 (微粉炭、粒径 $\sim 1 \mu\text{m}$) が利用可能となり、膜方式浄水の前処理として導入が進んでいる。しかし、主流の浄水方式である凝集-フロック形成-沈澱-砂ろ過から構成される急速ろ過方式においては、微粉炭の粒径が非常に小さいため処理水へ残留性が懸念され、未適用である。

このような中で、本論文では、まずメンブレンフィルターで粒子を採取し、フィルターの顕微鏡写真の画像解析を行うことで数 10 粒子/mL レベルの極低濃度の微粉炭粒子を検出し定量する方法を構築している。次いで、この方法を使って微粉炭を凝集-フロック形成-沈澱-砂ろ過により処理した際の残留性と除去性の向上策を検討し、下記を明らかにしている。1) 粉末活性炭に比べて微粉炭は凝集-フロック形成-沈澱-急速ろ過後の残留性が高いが、微粉炭は注入率を削減できるため、実用的には微粉炭の残留濃度は粉末活性炭と同程度となる。微粉炭についても高い除去率 (5log 以上) が達成され、粉末活性炭を使用した場合と同程度の 100 粒子/mL レベルの極低濃度の残留性が達成可能である。2) 最初の処理段階の凝集処理で荷電中和が不十分な粒子が初期濃度の 0.4% 以下の割合で生成し、その濃度はフロック形成・沈澱過程でほとんど変化せず、それらの内、荷電中和がさらに不足している粒子が砂ろ過を通過し残留する。したがって、砂ろ過後の微粉炭の残留性のコントロールポイントは最初の処理である凝集処理にあることを明らかにしている。3) さらに、微粉炭の残留性低減のための最適な凝集剤として $\text{Al}(\text{OH})_3$ 溶解法で生成した高塩基度ポリ塩化アルミニウム凝集剤を新規に調整している。このとき、優れた凝集剤としての要件は高い荷電中和力が定説であったが、凝集剤中のアルミニウムポリマーが加水分解性に優れていることも必須要件であることを明らかにした。また、凝集剤を原水に添加した後の凝集操作においては多段の高強度攪拌が重要なことも明らかにした。4) 本論文では、さらに検討の範囲を凝集処理の主対象である粘土粒子のみならず喫緊の課題であるマイクロプラスチックとウイルスに拡張し、それらの除去率を粒子数濃度単位で比較している。その結果、微粉炭の除去性は粘土粒子よりも約 1log 高く、ウイルス粒子も粘土粒子よりやや高いこと、マイクロプラスチックも粘土粒子と同程度の除去性があるものの光劣化した場合は若干、除去性が低くなることなども明らかにした。

以上、本学位論文では、凝集-フロック形成-沈澱-砂ろ過においても微粉炭粒子は十分に除去可能であり、処理工程における粒子の挙動と残留粒子数低減に向けた最適操作法を世界で初めて明らかにするとともに、マイクロプラスチック、ウイルス、粘土粒子との挙動も比較している。これらの成果は、吸着性に優れた微粉炭の上水における利用促進のみならず、様々な微粒子の水処理過程における挙動の解明に大きく貢献している。よって申請者は、北海道大学博士(工学)の学位を授与される資格あるものと認める。