HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	微粉化活性炭と遊離塩素を用いた溶解性2価マンガンの除去［論文内容及び審査の要旨］
Author(s)	齋藤, 俊
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(工学)
Dissertation Number	甲第15233号
Issue Date	2022-12-26
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/87745
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	SAITO_Shun_review.pdf, 審査の要旨

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

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　齋藤　俊

審査担当者　主　査　教　授　松井 佳彦
副　査　教　授　佐藤 久
副　査　教　授　佐藤 努

学位論文題名

微粉化活性炭と遊離塩素を用いた溶解性 2 価マンガンの除去
(Removal of soluble divalent manganese by superfine powdered activated carbon and free chlorine)

マンガン (Mn) 由来の水道水の着色は水道水利用者からの苦情の主要な原因の一つであり、Mn は浄水処理において除去すべき重要な物質の 1 つである。しかしながら、近年普及が進む浄水処理法である膜ろ過では水道原水中の溶解性の 2 価マンガンイオン (Mn2+) を除去することはできないことから、Mn2+ 除去のために除去プロセスを別途設けることが必要となっている。Mn2+ 除去プロセスとしては遊離塩素を添加し粒状ろ材を充填した接触層で触媒酸化する方法が一般的に用いられているが、新たな接触層の設置は膜ろ過法の利点である省スペース性や設備のシンプルさを損なうことが課題となっている。

本論文では、新しい Mn2+ 除去方法として、粒径 1 μm 程度の微粉化活性炭 (微粉炭) と遊離塩素を膜ろ過工程の前に添加する方法を検討している。微粉炭は粉末活性炭 (粒径 15–30 μm) を粉砕することで作製され、吸着速度に優れるという特長から新しい吸着剤として実用化されている。一方、これまで微粉炭や活性炭による Mn2+ の触媒酸化は知られておらず、浄水処理における Mn2+ 除去法としての適用性も検討されていなかった。

論文ではまず、膜ろ過実証実験プラントにおいて微粉炭と遊離塩素による Mn2+ 除去とその実用性を示し、回分式実験により Mn 除去は微粉炭を触媒とした遊離塩素による Mn2+ の酸化不溶化であることを明らかにした。さらに、プラント実験と人工調整水を用いた回分式実験の結果より、Mn 除去に影響する因子を議論している。まず、環境水中の溶解性 Mn には、Mn2+ に加えて微粒子 Mn 酸化物が存在し、Mn2+ は触媒酸化不溶化されるが、微粒子 Mn 酸化物は実浄水ではポリ塩化アルミニウム (PACl) による凝集と MF 膜ろ過で分離除去されることを示した。一方で、Mn2+ 除去反応中に PACl を添加すると、微粉炭の凝集による物質移動速度が低下し、さらに酸性溶液である PACl による Mn 酸化物の再溶解により除去性能が低下し、特に再溶解は低水温時でその影響が大きいが、撹拌強度を上げて局所的な酸性を防ぐか Mn2+ 除去反応が十分に進行してから PACl を添加することで抑制されることを明らかにしている。

また、Mn2+ 濃度が低い場合には Mn2+ 除去速度が 1 次反応速度形式に適合すること、微粉炭は水中では自己凝集しているため反応速度係数は微粉炭のみかけの比表面積に粒径に比例すること、Mn 除去速度は Ca2+、Mg2+、天然有機物質 (NOM) によっても低下することや、水温と撹拌強度の影響を解析している。さらに、境膜物質移動、Eley-Rideal 機構の表面吸脱着と酸化反応、および疑似定常状態仮説を導入し、さらに酸化対象物質 (Mn2+) が酸化剤 (遊離塩素) に比べて非常に低い濃度である条件を導入し、1 次反応速度係数が酸化対象物質の境膜物質移動、吸着、酸化/脱着の

3 つの速度抵抗の線形結合により表されることを示している。得られた反応速度モデルは、微粉炭の粒径のみならず、遊離塩素濃度、撹拌強度、水温条件、 Ca2+ などの影響を境膜物質移動、吸着、脱着と酸化反応の側面から定量的に評価可能にしている。

以上、本論文は、Mn2 が微粉炭と遊離塩素による触媒酸化不溶化すること, 微粉炭・塩素添加を凝集 MF 膜ろ過の前段に配置するシステムが Mn2 の除去に有力な選択肢になりうること、さらには Mn2+ 除去性能には様々な因子が影響するがそれらを解析可能とする反応速度モデルを提示し、微粉炭と遊離塩素による Mn2+ 触媒酸化除去法のメカニズムと操作因子の効果を明確にしているものであり、水処理工学と環境技術に対して貢献するところが大きい。よって著者は、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。