



# HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Application of submicron super-fine powdered activated carbon on mitigating membrane fouling in microfiltration systems [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	ZHAO, Yuanjun
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(工学)
Dissertation Number	甲第15190号
Issue Date	2022-09-26
Doc URL	<a href="https://hdl.handle.net/2115/87255">https://hdl.handle.net/2115/87255</a>
Rights(URL)	<a href="https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/">https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/</a>
Type	doctoral thesis
File Information	ZHAO_Yuanjun_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 ZHAO Yuanjun

審査担当者 主査教授 松井佳彦  
副査教授 木村克輝  
副査教授 広吉直樹

## 学位論文題名

### Application of submicron super-fine powdered activated carbon on mitigating membrane fouling in microfiltration systems

(精密ろ過における膜ファウリング抑制へのサブミクロン超微粉碎活性炭の応用)

膜ろ過を利用した浄水処理において、ろ過性の低下をもたらす膜のファウリングは依然として大きな課題である。本研究では、通常の粉末活性炭 (PAC, 直径 12-42  $\mu\text{m}$ ) を 1  $\mu\text{m}$  の微粒子 PAC (SPAC) と 200nm サイズのサブミクロン SPAC (SSPAC) に粉碎し、それらを精密ろ過 (MF) における水力学的に不可逆な膜ファウリング防止のための前処理材料として検討している。得られた知見は以下のようである。

SSPAC は PAC や SPAC と比較して、膜ファウリングの主要因と考えられている天然有機物のバイオポリマーの選択的吸着性が高く、膜ろ過の際に膜表面を SSPAC でプレコートすると、バイオポリマーがろ過分離されることでさらに除去性が高まる。中空糸型高分子 (PVDF) 膜を用いた浸漬膜ろ過実験では、凝集前処理後に SSPAC をパルス添加し膜をプレコートすると、膜ファウリングが防止され膜透過圧 (TMP) の上昇をほぼ完全に防ぐことが示されている。このとき、プレコートされた活性炭は凝集前処理行くと水圧逆洗時に容易に剥離することも確認されている。

さらに、プレコート時のろ過流速、凝集剤投入タイミング、凝集剤の種類が浸漬ろ過における TMP 上昇抑制に及ぼす影響を検討している。TMP 上昇量はプレコート時のろ過流速に依存しなかったが、SSPAC の有効性は凝集剤であるポリ塩化アルミニウム (PACl) の注入方法に大きく依存した。SSPAC とは異なり、凝集剤のパルス投与は SSPAC の過度の凝集と沈降を引き起こし、プレコート層の形成が不十分であった。一方で、凝集剤をろ過中だけでなく、排水後に膜槽に送水している間も連続的に投与した場合に、最良のろ過性が得られた。凝集剤 PACl (硫酸イオン含有) としては、通常の中塩基度 (50

さらに、本論文では、SSPAC を全く異なるタイプのセラミック膜 MF に適用し、SSPAC による膜ファウリング軽減の効果とメカニズムを検討している。一つは、真空駆動のアウトサイドインろ過が可能な浸漬管状セラミック膜システムであり、ろ過方法は基本的に中空糸型高分子膜 (PVDF) を用いた浸漬膜ろ過と同じである。もう一つは圧力駆動のインサイドアウトろ過が可能なモノリス膜システムである。浸漬管状セラミック膜システムでは、SSPAC のパルス投与は連続投与よりも TMP 上昇を抑制し、PVDF 膜ろ過の際と同様の効果を確認している。SSPAC の連続投与は SSPAC のパルス投与に比べ水質面で劣り、水圧逆洗後に膜表面に SSPAC が残存していることから SSPAC のパルス投与の有効性のメカニズムを考察している。一方、モノリスセラミック膜システムでは、SSPAC のパルス投与の優位性は見られず、SSPAC のパルス投与と連続投与は、TMP 上昇を同程度に抑制し

た。SSPAC 層はモノリス膜のチャンネル長およびチャンネル間に不均一に分布していることを明らかにし、プレコートが均一に形成されなかったことがパルス投与の優位性が得られなかった理由として考察している。

以上、本論文は凝集後に SSPAC で膜を均一にプレコートするとバイオポリマーなどの高い吸着除去性と過分離性により膜ファウリングを制御し、TMP の上昇を効率的に防ぐことができることや、それらのメカニズムに関する新知見を得たものであり、水処理工学と環境技術に対して貢献するところ大なるものがある。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。