

審査の結果の要旨

氏名 ペトラック アシット

ペトラック・アシット氏は、「浄水処理プロセスにおける陰イオン交換樹脂による溶存有機物の除去」と題する論文において、従来の高度浄水処理プロセスとは異なる陰イオン交換樹脂(AERs)を用いた新たな高度浄水処理プロセスを提案し、その処理性能や、原水の水質と樹脂の種類による処理性の違いについて詳細な実験の結果を示した。本論文の内容と結論には以下の研究成果が含まれている。

本研究の目的は、①水中の溶存有機物 (DOM) と陰イオンの AERs への吸着競合を検討すること、②DOM の模擬物質を用いて、様々な AERs による除去機構を明らかにすること、③様々な原水中に含まれる DOM の違いにより、AERs による吸着除去性能を評価すること、④AERs による DOM と臭化物イオンの同時除去について検討し、消毒副生成物の低減効果について解析することである。

はじめに、水中の DOM と陰イオンとによる AERs への吸着競合について、実際の水道水源水を用いて調べた。その結果、AERs によって水中の DOM を DOC として測定したところ、DOM の 23-50%が AERs によって吸着除去され、除去率は AERs の種類に依存した。すなわち、多孔質ポリアクリル製の AER はもっとも除去率が高く、多孔質ポリスチレン製の AER はもっとも除去率が低かった。さらに、DOM のうち芳香族炭化水素を中心とした疎水性の成分を UV₂₅₄ 吸光度によって測定したところ、AERs の種類によらず 70~80%が 30 分以内に除去されることが明らかとなった。また、DOM を分子量分画したところ、分子量 800-3,000Da の DOM 成分は AERs により完全に除去されたが、分子量 800Da 以下の DOM 成分の除去率は低く、DOM の除去率は分子量による影響を受けた。また、陰イオンと DOM の吸着競合を、AERs への吸着量から比較したところ、AERs に吸着した電荷量のうち、DOM はわずかに 6%であり、硫酸イオンは 90%を占めた。このことから、原水中の硫酸イオンは、DOM のイオン交換樹脂への吸着に影響を及ぼすことが考えられた。

次に、DOM の代替物質として構造が既知の有機物であるタンニン酸、グルタミン酸、レソシノール、セリンを用いて AERs による有機物の除去機構に関する

る実験を行った。その結果、有機物の吸着は荷電によるイオン交換反応が中心であるものの、それ以外に疎水性相互作用や水素結合などが影響していることが明らかとなった。すなわち、グルタミン酸は pH によって荷電状況が変化するために AERs による吸着量が変化し、レソシノールは荷電がないために主に疎水性相互作用によって除去されるが、ポリスチレン系 AERs の方がポリアクリル系の AERs よりも疎水性が高いために、レソシノールをよく吸着した。また、セリンは親水性中性であり、おもに水素結合によって除去されると考えられた。河川水による実験と同じく、分子量が大きいタンニン酸（約 1,700Da）は、pH によらず、また、AERs の種類によらず、高い除去率を示した。

さらに複数の河川水及び湖沼水について、異なる種類の AERs を用いてイオン交換実験を行ったところ、疎水性 DOM 成分が多い河川水ではポリスチレン系の AERs による DOM の除去効率が高く、反対に親水性 DOM 成分が多い河川ではポロアクリル系の AER による DOM 除去効率が高かった。分子量 1,600Da 以上の DOM の除去率は高かったが、除去速度は 800-1,100Da の DOM のほうが早かった。臭化物イオンを添加して AERs による除去を調べたところ、臭化物イオンの除去効率は、ポリスチレン系の AERs の方が 70-85% とポリ空く率系の AERs による除去率 51-56% よりも高かった。これは、河川水中の臭化物イオンの除去についても同じ結果であった。臭化物イオンは、イオン交換反応により AERs に吸着しており、吸着の速度は、AERs 周辺の Film Diffusion によって支配されていた。AERs の一つである MIEX 樹脂は、他の AERs に比べて粒径が小さいことから、DOM の吸着速度が速い。しかし、臭化物イオンの除去率は他の AERs に比べて低かった。しかし、消毒副生成物の生成能を調べたところ、MIEX 樹脂は、他の AERs に比べて消毒副生成物の生成能が著しく低かった。これは、臭素含有副生成物についても同じであることから、消毒副生成物の抑制には、臭化物イオンを除去するよりも、有機物を効率的に除去することが効果的であることを示している。

以上の研究成果は、水道における高度浄水処理において、副生成物の低減や、エネルギー消費量の削減に貢献するような新たな処理技術の確立へとつながる成果である。また、有機物の AERs による除去について、有機物の特性と AER 樹脂の構造との親和性と除去機構、陰イオンとの競合関係など、新たな知見を多く含んでおり、これらの知見は、陰イオン交換プロセスの選定と設計にも有用である。

よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。