

審査の結果の要旨

論文提出者氏名 浅見真理

本論文は、「浄水における臭素酸のリスク評価と生成の制御に関する研究」と題し、浄水処理により生成される酸化処理副生成物の水供給におけるリスクの評価手法及びその制御手法を研究したものである。10章で構成されている。

第1章「水道に関わるリスクの類型化と臭素酸のリスク」では、浄水処理の水質管理におけるリスクの考え方を整理し、その中で、酸化処理副生成物の占める位置づけを明らかにしている。特にオゾン処理での生成する臭素酸の発ガンリスクが非常に高く、酸化処理における水質管理の重大な要件となりうることを示している。

第2章「酸化処理の役割と酸化処理副生成物」では、浄水処理における酸化処理の役割を述べ、その中で生成する酸化処理副生成物の種類や生成機構、および、原水中の臭化物イオンの存在状況とそれに伴う水質特性について整理してある。

第3章「臭素酸の毒性情報、規制状況及び検出状況」では、オゾン処理で生成する副生成物である臭素酸について、その毒性、検出状況について文献調査を行い、浄水処理の条件によっては飲料水からの臭素酸イオンの摂取が多くなる可能性があることを示している。また、臭素の汚染源についても知見を解析している。

第4章は「臭素酸の毒性機構とラジカル検出による特性評価」についてである。臭素酸は水中ではイオンとして存在する解離性の物質であるが、高い酸化力を持ち、毒性発現の機構において、酸化障害性を示す。生体に摂取された場合もそれ自体の毒性よりむしろ還元されるときに生じるラジカルによる影響があると考えられる。この章では、臭素酸の特異的な物性を把握するため、ラジカル生成の検出について検討を行い、選択的なラジカル検出法としてスピントラップ法と電子スピン共鳴 (ESR) 装置を用いて臭素酸からの有害性の高い活性酸素種であるヒドロキシラジカルの生成を検出している。

第5章「浄化管理のための臭素酸測定方法の最適化」では、イオンクロマトグラフィーを用いた臭素酸イオンの分析方法について検討を行っている。夾雑物の影響を受

けやすい浄水中の分析を行うため、汎用性の高い方法として、共存する塩化物イオンを銀カートリッジを用いて除去し、ほう酸系溶離液で分離し、紫外吸光度検出器を用いて検出する方法を開発している。また、浄水処理過程における試料を計測するには、残留オゾンを消去する必要などがあるため、試料採取・前処理・保存等、測定方法も確立している。その結果、実試料における感度差を考慮した標準添加法により、臭素酸イオンを定量下限 $2 \mu\text{g/l}$ で計測する測定条件を確立している。

第6章「水中の臭素酸の生成特性と影響因子の解明」では、臭素酸の生成特性について、オゾン注入量、処理時間、pH の影響、共存有機物に関する影響、共存無機物による影響を調べている。臭素酸イオンの生成特性としては、原水中の臭化物イオン濃度とオゾン処理条件が基礎的な因子となるが、このほかに、オゾン処理時の pH や共存有機物濃度、アンモニア、りん酸なども影響を及ぼすことを明らかにしている。

第7章「浄水処理過程における臭素酸の生成と生成特性の解明」では、実際の原水を用いたオゾン処理実験を行い、臭化物濃度、pH、オゾン処理条件から臭素酸の生成量を予測する手法を確立している。また、原水中の臭化物イオンの高い実験プラントにおける臭素酸生成量の解析から、臭素酸の挙動と水質要因との関連性を明らかにしている。

第8章「粒状活性炭および生物活性炭による臭素酸の除去機構の解明」では、連続実験プラントと室内実験により、臭素酸イオンの活性炭処理による除去に関する検討を行い、臭素酸イオンは新しい粒状活性炭では還元及び微量ながら吸着されて濃度が減少するものの、生物活性炭の状態ではほとんど還元されず、臭素酸イオンの長期的な除去を行うことはできないことを明らかにしている。すなわち、浄水処理においては、オゾン処理時における臭素酸イオンの生成抑制が肝要であることを示している。

第9章「臭素酸の低減化対策とリスク評価を組み込んだプロセスの選択」では、本論文における知見を元にした考察により、臭素酸の制御に関する手法をまとめ、リスク評価の視点からプロセス管理の手法を論じている。

第10章は「総括」であり、本論文の成果を取りまとめて示してある。

以上のように本論文は、浄水における臭素酸のリスクを評価し、その生成制御の方法を明らかにしたものであり、都市環境工学の学術分野に大いに貢献する成果である。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。