

審査の結果の要旨

氏 名 タヤーマクーン パリンダー

本論文は、”Characterization of Biodegradable Organic Matter in Reclaimed Water by Bacterial Growth Response”（下水再生水における生分解性有機物の細菌増殖応答に基づく特性評価）と題したもので、下水処理水を高度処理して作られる再生水（下水再生水）の水質評価として、特に生分解性の有機物に関してその量を評価するとともに、質を評価するための手法を開発し、実際の下水再生水に適用したものである。

通常、再生水の処理工程の最後には消毒工程があり、残存する微生物を不活化もしくは除去することで、その後の微生物の増殖（再増殖）を抑制している。消毒には塩素消毒が多く用いられ、その残存効果により消毒効果はある一定期間は持続する。しかしながら、配水や貯留の過程において塩素が消費され、消毒効果が消失してしまう可能性がある。再生水中で微生物が再増殖を起こすと生物膜等を生成し、美観上問題となるだけでなく、病原性微生物に対する消毒効果を低減させたり、管路の送水の際の障害となっている例なども報告されている。再生水においては、有機物が主な微生物増殖の制限因子であり、再増殖に用いられうる生分解性の有機物は再生水中に残存する全有機物のなかでも一部と考えられる。近年、再生水中の生分解性有機物を量的に評価した研究は諸外国中心に行われているが、日本国内ではまだ例が極めて少ない。さらに、生分解性有機物の組成に踏み込んでその質的な評価を行うための手法は世界的にも知られておらず、したがって知見も極めて限られている。

本研究では、下水再生水を対象に、生分解性有機物の濃度について、水道分野で広く用いられている手法である同化性有機炭素(Assimilable Organic Carbon, AOC)を用いて評価している。また、下水再生水に適した生分解性有機物の質的および量的評価を行うためのツールとなる微生物菌株を、下水再生水およびその処理工程から体系的に取得している。さらに得られた微生物菌株を用いて下水再生水処理工程水における生分解性有機物の組成について評価する手法を確立して適用したものである。本論文は以下の 8 章より構成される。

第 1 章では研究の背景と目的、および論文構成を記している。

第 2 章では、下水再生水における有機物組成と、生分解性有機物の評価手法について既往の研究をまとめている。

第 3 章では、本論文中で用いた実験方法についてまとめている。

第 4 章では、日本国内 5 下水処理場の 7 系統の再生水処理施設における処理前後の AOC 濃度を測定し、他の水質指標の分析結果とともに比較し、異なる処理工程による AOC 濃度の比較を行っている。さらにこのうち 1 処理場において

は、各工程ごとの工程水を1年間5回採取して分析することで、工程ごとにおけるAOC濃度の変化について評価を行っている。その結果、一部を除き下水再生水におけるAOC濃度は再生水処理の原水である二次処理水よりも高くなることが示された。特にオゾン処理を処理工程に含む再生水は原水の2-5倍のAOC濃度となっていた。オゾン処理がAOC濃度を増加させる原因であることは、オゾン処理前後を直接比較した結果で検証された。

第5章では、再生水の配水過程におけるAOC濃度と残留塩素濃度、微生物再増殖の関係を調べている。年間通じて5回行った調査において、微生物再増殖現象は、残留塩素濃度の低下とAOC濃度の減少と同時に見られることを明らかにしている。

第6章では、下水再生水の生分解性有機物を評価するための微生物菌株の獲得と、得られた菌株を用いた生分解性有機物組成の評価手法についてまとめている。下水再生水およびその処理工程水から200株近い微生物株を分離取得したのち、16S rRNA 遺伝子塩基配列に基づく系統解析を行うことで、系統的に明確に異なる菌株34株を選定している。この34株に対し、3種類の下水再生水における増殖特性、およびBioLogを用いた基質利用特性の評価を行い、これらの特性の組み合わせが異なる9株を最終的に選定している。AOC分析に用いられる2株を加えた11株を用い、再生水の生分解性有機物の組成を評価するための分析手法として、Bacterial Growth Fingerprinting(BGF)として提案し、分析手順をまとめている。

第7章では、第6章で確立したBGFを、3か所の再生水を用い、うち2か所については再生水処理工程水ごとに適用して、その適用可能性について評価している。BGFに用いた菌株は試料ごとに異なる増殖特性を示し、その増殖パターンで生分解性有機物の特性を評価可能であることを示している。さらに増殖パターンをクラスター分析と主成分分析で分析することにより、処理による生分解性有機物の組成変化や、2処理場における水質の違いを反映しうることが示されている。

第8章では、本研究の結論を示すとともに、本手法の特徴を生かした適用方法について示し、さらに今後の課題についてまとめている。

本研究により再生水中の生分解性有機物の量について、処理工程における除去と生成の観点から新たな知見を提供している。また再生水中の微生物再増殖現象が、残留塩素の低下と生分解性有機物の消費に伴い起こっていることを明確に示すことで、生分解性有機物を管理する重要性について示している。さらに、再生水中の生分解性有機物の管理を行うために、生分解性有機物の組成を評価するための手法を開発し、実際の再生水とその処理工程における変化を評価可能であることを示している。将来国内外において水の再利用は極めて重要な課題になることから、再生水の水質についての関心も高まってきている。再生水の水質安定性を決定づける重要な因子である生分解性有機物に関するこれらの知見や手法は、より安全で安定した水利用の在り方を考えるうえでも極めて有用であると考えられる。よって本研究は都市環境工学の学術の発展に非常に大きく寄与するものである。

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。