



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	下水再生システムにおけるウイルス除去効率の定量評価および除去目標値算出に関する研究〔論文内容及び審査の要旨〕
Author(s)	伊藤, 寿宏
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(工学)
Dissertation Number	甲第12769号
Issue Date	2017-03-23
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/65501
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.1/jp/
Type	doctoral thesis
File Information	Toshihiro_Ito_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 伊藤 寿宏

審査担当者 主 査 准教授 佐野 大輔
副 査 教 授 岡部 聡
副 査 教 授 高橋 正宏
副 査 准教授 佐藤 久

学位論文題名

下水再生システムにおけるウイルス除去効率の定量評価および除去目標値算出に関する研究
(Quantitative evaluation and performance target calculation of virus reduction efficiency in a
wastewater reclamation system)

都市部への人口集中などにより急激に高まっている水需要を満たすために、都市内で発生する下水を信頼性のある下水処理方法を用いて処理し、得られた処理水を再生水として有効利用する「下水再生水の利用」が注目を集めている。下水再生利用に関する WHO ガイドラインでは、下水再生利用に起因する微生物リスクを適切に評価・管理するために、下水再生水の用途に応じて病原微生物の目標除去効率を達成することを推奨している。WHO が提唱する「multiple-barrier system」に基づいて下水再生システムを設計する場合、下水処理ユニットの製造業者は病原微生物の除去効率に関する情報を販売の段階で提示する必要がある、その情報をもとに下水再生利用の提案者(事業者)は病原微生物の目標除去効率を達成するように下水再生システムを設計する必要がある。しかしながら、下水処理ユニットの除去効率の評価方法、及び下水再生システムの目標除去効率の算定法については、国際的なガイドラインにおいて明記されておらず、今後下水再生利用ガイドラインなどにそれらの手法が統合され、体系的にまとめられる必要がある。

以上の背景のもと、本研究では、下水処理ユニットの病原微生物除去効率の評価法および下水再生システムにおける目標除去効率の算出法を確立することを目的とする。本論文は 6 章から構成されており、各章の概要は以下の通りである。

第 1 章では、本研究の背景・目的を述べるとともに、本研究の構成を示した。

第 2 章では、下水再生利用、腸管系ウイルスおよび定量的微生物リスク評価に関する知見を整理するとともに、腸管系ウイルスの年間許容疾病負荷と目標除去効率の関係性を示した。また、下水再生システムにおける腸管系ウイルス除去効率を評価する上での課題を指摘し、今後の研究の方向性を示した。

第 3 章では、先行研究で開発されたベイズ推定モデルを用いて、不検出データを含む腸管系ウイルス濃度データから下水中濃度分布および下水処理ユニットにおける除去効率分布を正確に推定するための方法論を確立した。本研究で用いるベイズ推定モデルは、従来から採用されている代入法(欠測値に定量下限値やゼロなどの特定の値を代入すること)を用いずに、検出・不検出すべてのデータが対数正規分布に従うと仮定して、ウイルス濃度分布を推定する手法である。本章では、下水処理システムにおける腸管系ウイルス除去効率分布を正確に推定する際に必要とされる腸管系ウイルス濃度の検出データ数が算出された。

第4章では、第3章で得られた知見を応用して、4ヶ所の下水処理場に由来するサンプル(未処理下水、二次処理水および塩素処理水)から得られた3種類の腸管系ウイルス[アデノウイルス、ノロウイルス genogroup I およびノロウイルス genogroup II(NoV GII)]の下水中濃度分布および各下水処理ユニット(標準活性汚泥および塩素消毒)における腸管系ウイルス除去効率分布を推定した。次いで、各下水処理場の下水処理ユニット(二次処理、消毒処理)およびウイルス種の間におけるウイルス除去効率の統計的有意差をそれぞれ評価した。結果として、下水処理ユニットのウイルス除去効率は、運転条件やウイルスの種類、対象とする地域により異なることが示された。これらの結果は、下水処理ユニットの製造業者は、下水再生利用を実施する地域に下水処理ユニットを設置しウイルス除去効率を評価する必要があることを示している。

第5章では、我が国における非細菌性感染性胃腸炎の主要な病因微生物である NoV GII を対象として、未処理下水中 NoV GII 濃度のモニタリング調査を行った。本章では、下水再生水の農業灌漑利用を想定し、NoV GII の年間感染症リスクと WHO などにより提唱されている下水再生利用の許容年間疾病負荷の関係式から下水再生水中許容濃度を試算した。最後に、第3章で用いたベイズ推定モデルを用いて推定した未処理下水中 NoV GII 濃度分布と下水再生水中 NoV GII 許容濃度の試算値に基づいて、下水再生システム全体における NoV GII 目標除去効率を試算し、諸外国で既に運用されているガイドライン値などと比較・考察した。結論として、目標除去効率のガイドライン値の妥当性を評価するために、その計算方法が詳細に明記される必要がある。

第6章では、本研究の結論および今後の課題を示した。

これを要するに、著者は下水再生システムにおける病原微生物除去効率の定量評価法および目標除去効率の算出法を、それぞれ実用的な形態で確立することに成功した。これらの業績は、今後世界各国でさらに推進されると考えられる下水再生利用における微生物リスクの制御・管理に貢献するものと考えられる。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。