

## 審査の結果の要旨

氏名 永野 雄一

ベトナムのフエ旧市街地には污水处理施設はなく、未処理の家庭污水が下水管から直接的に、あるいは雨水調整池を通じて運河に排水されている。したがって、運河や池における水質汚染が懸念されている。特に、浸水時には下水管からの污水溢水や池からの氾濫水などが水系感染症を引き起こす病原微生物の起源となっている可能性が考えられる。浸水時の採水調査結果を基に、浸水後の水系感染リスク評価を行った研究は存在するが、糞便汚染指標細菌の時空間的な分布を十分に考慮できていない。浸水時の水系感染リスクの定量的評価には、住民の行動パターンに影響を与える浸水深の時空間分布とその氾濫水中の糞便汚染指標細菌数が必要となる。したがって、氾濫水の挙動とともに糞便汚染指標細菌数分布も解析可能なモデルを作成することは、浸水時の水系感染リスク評価につながり有効であると考えられる。

本論文は「フエ旧市街地における水系感染リスク評価に向けた氾濫水質解析モデルの開発」と題し、ベトナムのフエ旧市街地を対象地域として、晴天時や降雨時における採水調査や水位とECの連続観測を実施して、糞便汚染を含む水質汚染の実態を明らかにしている。また、氾濫水質解析モデルを新たに開発して糞便汚染指標である大腸菌の氾濫水中濃度の予測を行い、水系感染リスクの評価を行う手順を提案したものである。

論文は8つの章で構成され、結果及び考察に関する章は4～7章である。第1章では、研究背景および目的、論文の構成を述べている。第2章では、既往研究として、発展途上国における水質汚濁、浸水後の水系感染症発生、氾濫解析モデル、浸水に伴う健康リスク評価などについての知見が整理されている。

第3章では、本研究の対象地域であるフエ旧市街地の概況や排水システム、降雨特性を整理するとともに、採水調査やセンサによる連続観測の方法をまとめている。

第4章では、運河水質解析モデル及び氾濫水質解析モデルに利用する基礎方程式、モデルの構造、入力データの種類とその取得方法について示している。また、新たに開発したモデルの水理計算結果の妥当性を評価するために、都市雨水流出解析や浸水解析のための商用ソフトウェアであるxpswmmによる計算結果と比較して、水理解析モジュールを検定した内容を示している。

第 5 章では、まず、晴天時採水調査結果から外周運河よりも中央運河において EC と  $\text{NH}_4\text{-N}$  が有意に高く深刻な水質汚濁があること、その汚染水塊が滞留しており潮汐の影響を受けて複雑な挙動を示すことを明らかにしている。また、降雨前後の池や氾濫水の採水調査結果から、大腸菌数がベトナムの水質環境基準である QCVN の B2 類型基準値（荷運用など水質の要求水準が低い水域に適用）を超過し、晴天時だけでなく氾濫水の顕著な糞便汚染を報告している。

また、EC と大腸菌群数、 $\text{NH}_4\text{-N}$  間には高い正の相関があることから、EC 連続観測によって糞便汚染を含む水質汚染を把握できる可能性も示唆している。

第 6 章では、フエ旧市街地内の中央運河において、晴天時には汚染水塊が形成され滞留することを運河水質解析モデルで再現している。その際、EC 連続観測結果を利用したモデル結果の妥当性を検証する方法を提案している。また、運河上流端の拡幅が水質改善策として有効であるモデル解析事例を示している。

第 7 章では、10 箇所池水位の連続観測結果を用いて、氾濫水質解析モデルの検証を試みているが、排水システムの能力が過小評価される結果となり、管渠データ等の不備やその精度が不十分である可能性を示唆している。しかし、今後、正確で詳細な管渠データの入手によってモデルの計算精度を向上できることを示唆している。

そして、開発した氾濫水質解析モデルを利用して、市街地における氾濫水中大腸菌数を計算して、住民の行動パターン等を考慮して大腸菌摂取量の推定を行っている。その計算では、主要な糞便汚染源となる溢水した汚水と汚染池の水の影響をそれぞれ考慮できることを示している。

第 8 章では、本研究で得られた成果のとりまとめと、今後の課題が述べられている。

以上のように、本論文は、ベトナムのフエ旧市街地を研究対象地域として、水質調査やセンサを活用した連続観測を実施して、当該地域における晴天時だけでなく浸水時における糞便汚染の実態を明らかにしている。また、運河水質モデルとともに、水系感染リスク評価に向けて、氾濫水中の大腸菌の挙動を解析可能な氾濫水質解析モデルを新たに開発している。

モデルの検定において水位や EC の連続観測データを活用する方法について検討しており、その考察には有用性がある。また、モデルを活用した水質改善策の検討や感染リスク評価の手順の提示にも新規性が認められ、今後のさらなる活用が期待される。本論文の成果は、今後の都市環境工学の学術の進展に大きく寄与することが期待される。

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。