

審査の結果の要旨

氏名 山崎 武志

本研究は、「雨水滞水池による合流式下水道の改善に関する研究」と題して、8つの章から論文を構成している。

第1章では、合流式下水道の問題点など研究の背景と目的、および論文の構成を述べている。

第2章では、我が国における合流式下水道改善の歴史と最近の動向、改善対策の体系、具体的な改善事例や研究実績についてとりまとめて示している。

第3章では、合流式下水道の改善対策として、わが国で最初に稼動した横浜市における雨水滞水池の建設にいたる経緯やその設計における懸案事項とそれに対する対処法が整理されている。また、他都市での事例や研究実績についても比較検討して、雨水滞水池の整備に関する貴重な知見を体系的に示している。そして、雨水滞水池の工学的な課題を列挙して、そのうち本研究で取り扱う研究項目について説明を加えている。

第4章では、保土ヶ谷ポンプ場雨水滞水池（滞水池容量 6mm、専用ポンプ方式）の概要を述べるとともに、14年間の調査結果を整理することにより、年平均で雨水排水量の 30%を貯留できること、直接放流日数としては全降雨日数に対して 40%を軽減できることを示している。また、BOD を指標とした汚濁負荷削減効果は、雨水滞水池の設置により雨天時の総合除去率が 56%から 66%へ向上したことを報告している。さらに、滞水池を独立させた状態で雨天時下水を専用ポンプにより汲み上げて運転する方式を、雨水滞水池へ汲み上げるとともに、滞水池と放流渠とを連続させて運転するインライン方式に変更するによって、中小降雨においても雨水滞水池容量を十分に活用することが可能となることを提案している。その運転変更により、汚濁負荷削減効果を大幅に向上できること、また分流式下水道と同程度の効果が得られることなどを明らかにした。

第5章では、降雨初期に発生する汚濁負荷の高い雨天時流出水（初期フラッシュ）を対象として、それに対応した滞水池設計方法の検討を行なっている。滞水池を効率よくコンパクトに建設する方法として、Loading Curve を用いた初期フラッシュに対応した容量決定方法を提案し、年間を通じた汚濁負荷削減効果の予測を実施した。その結果、3mm 程度の降雨に相当する容量が妥当であることを示したが、これによると“分流並”対応で設計された滞水池と比較して 1/2 の容量で 60%以上の汚濁負荷量が削減可能なことを明らかにした。

第6章では、雨水ポンプの稼動によって巻き上げられるポンプ場沈砂池・ポンプ井に堆積した汚濁負荷の挙動を明らかにするため、ポンプ場内のコンパートメントごとに沈降・掃流を考慮して、

SS を指標とした堆積汚濁負荷挙動モデルを構築している。モデル検証のために、複数の実測降雨による検証を行った結果、ポンプ運転条件の補正を行なうことで水量を正しく表現でき、その結果放流水の SS 濃度についても再現性が確保されることからモデルの妥当性を確認している。このモデルを使って年間を通したシミュレーションを行った結果、直接放流負荷量を見ると、沈砂池・ポンプ井のドライ化を講じた場合、何も対策をしない場合の放流負荷量に対して約 20%、滞水池を設置した場合で約 70%、ドライ化と滞水池の両対策を講じた場合で約 80%の汚濁負荷削減効果が得られることを明らかにした。

第 7 章では、東京湾の白色固形物（オイルボール）のお台場公園への漂着により、社会的にも感心が高まったことに関連して、雨天時における油脂スカムの処理場への流入に着目した調査研究の成果をまとめている。中華料理店が密集して立地している横浜市中部下水処理場では、油脂スカムの問題を抱えていたことから、油脂スカムの処理場への流入挙動や油脂スカム自体の特性を評価することを目的として、現場の滞水池に流入する油脂スカムの調査を実施した。流入する油脂スカムをメッシュを利用して採取し、流入濃度や流入量とともに、その成分、粒径分布、浮上速度等の物性調査を行い、油脂スカムの密度を算出した。そして、密度と粒径から浮上速度を求め、雨水滞水池の水面積負荷との比較により油脂スカム除去率の関係を求めた。その結果、短径で 2mm 以上の油脂スカムについて、水温 30℃ では 20m/hr 程度の水面積負荷で、また 20℃ では 30m/hr 程度の水面積負荷で油脂スカムを 100%浮上させることができ、雨水滞水池で油脂スカムを浮上除去できる可能性を示している。特に、油脂スカムに関する粒径分布、浮上速度等の物性調査は我が国では最初の試みであり、非常に有用な調査データを提供している。

第 8 章では、上記の研究成果から導かれる結論・総括とともに、実務者にわかりやすい形で本研究において得られた知見と提案した運転方法について再整理を行い、実施や設計における留意点や基礎となる数式を表に取りまとめている。また、雨水滞水池の設計や運転管理における提言とともに、今後の課題が述べられている。

以上の成果では、合流式下水道の改善対策として、一定量の汚濁負荷を確実に捕捉でき維持管理が比較的容易な雨水滞水池について、長年の調査データに基づき、雨天時汚濁現象を丁寧に解析検討している。また、雨水滞水池が有する汚濁負荷の削減の能力、容量などの設計方法やポンプなどの運転管理上の課題とその解決策を提示している。さらには、ポンプ場が抱えていた堆積物由来の汚濁負荷や、油脂スカム問題を定量的に評価するために、堆積汚濁物負荷挙動モデルの構築や油脂スカムの実態調査と物性測定を非常に精力的に実施している。その結果、汚濁負荷削減に幅広い能力と柔軟さを有する雨水滞水池を総合的に評価して、その能力を最大限に活用する方法も提案している。これらの知見は、合流式下水道が抱える雨天時汚濁現象を把握するのに役立つだけでなく、汚濁対策としての雨水滞水池の活用において非常に有用なデータや知見を提供しており、都市環境工学の学術の進展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。