

審査の結果の要旨

論文提出者氏名 肱 岡 靖 明

本論文は、都市ノンポイント汚染問題を取り上げ、分流式下水道排水区を対象に雨天時汚濁負荷流出調査を実施し、連続観測データをもとに分布型モデルによる汚濁負荷流出解析を取り扱った研究論文である。特に、地表面堆積負荷流出について詳細な検討を行ない、屋根と道路の流出特性の違いを考慮したモデルを提案し、単独降雨だけでなく長期間の連続観測データに基づく解析を通じてモデルの妥当性を検討したものである。論文は、8章より構成されている。

第1章では、研究の背景と目的を述べている。

第2章では、都市ノンポイント汚染に関連した従来の基礎的な知見や、その汚染源負荷調査、汚濁負荷流出解析モデルなどに関する文献調査結果を整理している。そして、主に雨水流出解析と汚濁負荷流出解析モデルに関しては、集中型モデルと分布型モデルの比較を論じながら、都市ノンポイント汚染のモデル解析に関する最新の手法を詳説している。

第3章では、本研究において実施した都市ノンポイント汚染源負荷流出量調査についてまとめている。調査対象とした分流式下水道排水区の概要、独自に開発した自動採水・連続測定装置や分析手法、連続降雨におけるSSの流出特性の調査結果を整理している。そして、排水区内2地点での連続観測結果を取りまとめ、汚濁物質としてのSSを微粒子(45 μ m以下)と粗粒子(45 μ m~2mm)に分画することにより、微粒子と粗粒子の流出特性の違いがあることを明らかにしている。

第4章から第7章までに、分布型モデルによる解析の成果について記述している。第4章では、数mmの小降雨を含む多くの降雨に関する観測データに基づき、屋根と道路からの雨水流出特性の違いに着目して、雨水流出解析における地表面工種の設定のあり方を考察している。そして、分布型モデルを用いた雨水流出解析を行なう際に、屋根と道路及び浸透域の3種類の工種ごとに、有効降雨や地表面流出モデルのパラメータを設定することで精度の向上に成果を挙げ、住宅市街地における代表的なパラメータ値を推定している。また、検証は不十分なものの、細密数値情報を用いた工種面積割合の算出法も提案している。この方法の検証が進めば、地理情報として規格化されている土地利用情報を汚濁負荷流出解析に活用する有力な手法として位置付けられ、実用面においても価値ある成果を提示している。

第5章では、代表的な地表面堆積負荷流出モデルであるSartor and Boydモデルを適用して、汚濁負荷調査データの解析を行ない、汚濁負荷流出の時間的な変化を解析する場合において、屋根と道路を一括した不浸透面として扱うモデルの限界を指摘するとともに、雨水流出特性が

異なる屋根と道路を区別すること、堆積負荷流出を発生させる限界の掃流量という概念を導入した改良型モデルを提案している。そして、その改良モデルを連続降雨データに適用した結果、ファーストフラッシュや SS 負荷流出の時間的な変化をより精度よく再現できることを示している。限界掃流量という新たなパラメータの追加によりモデルの煩雑性が増すものの、飛躍的に再現性が高まることから、汚濁負荷流出解析には非常に効果的であることを指摘している。また、モデル解析における汚濁物質の収支計算に基づいて、連続観測期間内の個別降雨における初期汚濁負荷堆積量の推定をそれぞれ行ない、それらの連続性を考慮して解析することにより、屋根や道路における晴天時負荷堆積特性を評価している。その結果、屋根は道路に比べ負荷堆積速度が小さく減衰係数が大きいと推定している。そして、雨天時開始時における堆積汚濁量を評価する場合には晴天期間での堆積量だけでなく、先行降雨終了時の残存堆積量を評価する必要があることを定量的に明かにしている。

第 6 章では、SS 成分のうち微量汚染物質が多く付着していると考えられる微粒子について、その流出挙動や堆積特性について詳細にモデル解析している。特に、地表面堆積負荷流出モデルの再現性やパラメータ値の設定のあり方について検討を行なっている。この検討においては、利用可能な観測 SS データは限られていたため、検定用のデータ数を補う方法として、SS の微粒子画分濃度と濁度との間の高い相関があることに着目して、連続的に測定された濁度から換算した SS 濃度を活用することを試みている。

第 7 章では、微粒子での解析と同様に、粗粒子に関する地表面堆積負荷流出モデルの再現性やパラメータ値について検討を行なっている。その結果、微粒子と比べ、粗粒子に対して推定された屋根及び道路の負荷流出係数は小さく、限界掃流量については大きな値となったことを報告している。そして、粒径の違いによる流出特性や堆積特性の相違点やそのメカニズムについて論じている。微粒子、粗粒子に対して推定された各々のモデルパラメータを用いて全 SS を対象とした汚濁負荷解析を行い、SS 負荷流出における屋根、道路からの微粒子、粗粒子の寄与分を検討している。汚濁物質毎に SS 濃度に対する補正パラメータを与えることによってその流出の挙動を表してきた従来の解析方法と比較し、ここで検討した粒子径別の負荷流出特性を考慮した解析方法の有用性を示し、粒子径別に異なる付着率を示す汚濁負荷流出の挙動をより定量的に表現する可能性があることを示唆している。また、様々な降雨条件における解析結果を総合して、モデル解析の有効性と適用範囲についての考察を行なっている。

第 8 章では、上記の研究成果から導かれる結論と今後の分布型モデルによる汚濁負荷流出解析における課題や展望が述べられている。

以上の成果は、長期にわたる貴重な都市ノンポイント汚染源負荷量調査データを提供するとともに、汚濁負荷の挙動を把握し、効果的な対策を実施するために必要となる定量的な汚濁解析を今後さらに発展させる上で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。