

都市域における汚濁負荷流出と河川水質の統合型解析モデルの開発

中部大学大学院工学研究科建設工学専攻 学生会員 ○陳 怡琳
 中部大学大学院工学研究科建設工学専攻 学生会員 村瀬将隆
 中部大学工学部都市建設工学科 正会員 武田 誠
 中部大学工学部都市建設工学科 フェロー 松尾直規

1. はじめに

近年、地球温暖化の影響などにより、内水氾濫などの水災害が多発している。浸水被害に対処するため、多くの都市で下水道を整備し、雨水を処理している。一方、都市環境の観点から、余水吐からの未処理の汚濁負荷流出（CSO: Combined Sewer Overflow）が問題視されている。大都市では下水道整備が早くより進められており、合流式下水道が整備されていることが多い。合流式下水道は雨水と汚水が一つの管で流れる構造になっている。そのため、雨天時には大量の雨水が下水道内に流入し、下水処理場の処理能力を超えると、未処理の汚水が直接河川などの公共用水域に排水され、水質汚濁の原因となる。

この問題を解決するため、汚濁負荷量とその削減策に関する検討が行われている。富永ら¹⁾は現地観測と水位モニタリングを行い、CSO負荷量の流出特性について検討し、流出シミュレーションモデルを構築して、当該流域からの汚濁負荷流出量と、貯留による流出汚濁負荷の削減について検討を行っている。また、野口ら²⁾は、流域のシミュレーションモデルを構築し、点源・非点源汚濁負荷の検討が行われている。

本研究は汚濁負荷流出と都市河川の水質変化に関する統合モデルの構築を目指している。本研究が対象とした事象は、降雨による雨水の下水道流入とその河川への流出、河川内における移流分散現象であり、定性的な観点からの妥当性評価を行っている。

2. 解析モデル

(1) 解析モデルの概要

図-1 に示す新川から堀川、新堀川で囲まれる範囲を陸域の対象とする。本研究では、陸域に降った雨で下水道内の流量が増え、それによって濁質が生成されて、河川へ流出し、河川内で移流・分散する現象を対象とする。そのときに、水は一定の水温（仮定値）と塩分（淡水としてゼロ）を持って流入する。以下にそれぞれの解析モデルの概要を示す。

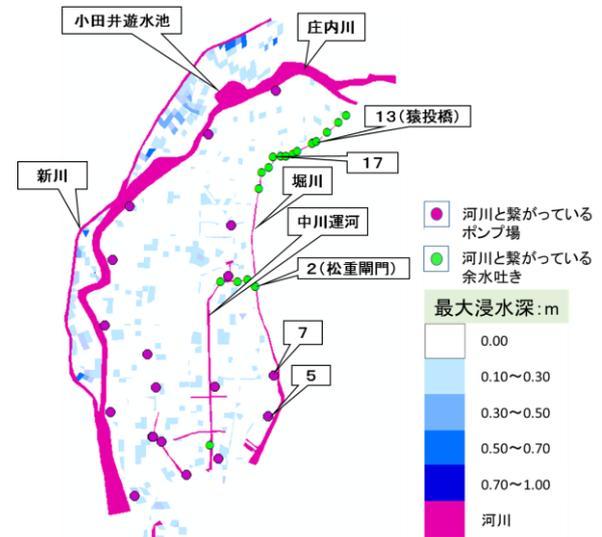


図-1 計算領域と最大浸水深の分布

(2) 氾濫域および下水道システム

解析モデルは、武田・森田ら³⁾のモデルを基礎とする。このモデルは、非構造格子を用いた平面二次元不定流モデルにより地表面氾濫を取り扱い、マンホール部で下水道システムへの流入流量を求め、マンホール部では連続式で、下水道管渠ではスロットモデルを用いた一次元不定流モデルで水理現象を再現し、ポンプ排水、余水吐からの河川への流入出、貯水槽での貯留を考慮する。紙面の都合上、詳細は武田・森田ら³⁾を参考にされたい。

(3) 河川域

水質問題が顕著である堀川、新堀川、中川運河には鉛直二次元不定流モデルを適用し、その他の河川は一次元不定流モデルを適用した。また、本研究は降雨時間の汚濁負荷の状況と水質変化を考察するために、それぞれのモデルに水質の移流分散方程式を組み込んでいる。

3. 計算条件

計算条件として、図-2 に示す名古屋市の1/2年確率の降雨値を都市全域に与えた。河口の境界には名古屋港の水位を与えた。秋を想定して、初期値として、河川域は20ppt、17°Cの海水とし、降雨により0pptと気温から換算される水温を持つ水が流入するとした。

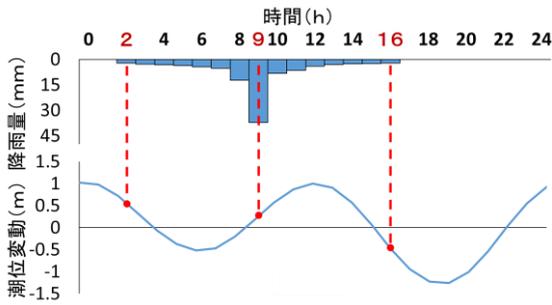


図-2 計算条件および潮汐

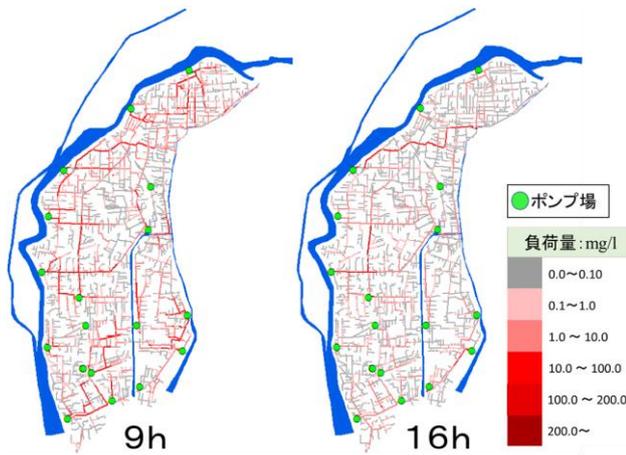


図-3 下水道内の汚濁負荷量

4. 解析結果による現象の考察

降雨による都市域の最大浸水深を図-1 に示す。下水道内に存在する濁質のモデル化は、降雨流出期間に濁質が減少することを想定し、初期の下水道管に厚さ 0.1m の濁質（間隙率 0.5、濁質の寄与の割合 0.025）を配置し、巻き上げによって下水管内の濁質が減ることを考慮した。濁質の計算結果として、まず、下水道内の汚濁負荷量（濁質×流量）の分布を図-3 に示す。本図から、降雨ピークの 9 時間後に負荷量も大きくなり、その後減少していることが分かる。また、図-4 に堀川における濁度の分布を示す。本図から、汚濁負荷量の流入により、河川内の濁度も変化していることが分かる。また、図-5 に堀川へ流入する負荷量の時間変化を示している。本図から、ポンプ排水による負荷量が余水吐の負荷量よりも大きいことが示されている。

なお、定量的な解析モデルの妥当性評価やモデルパラメータの設定には、現地観測結果との比較が必要であり、今後の課題として残されている。

5. おわりに

本研究では、都市河川を対象に、汚濁負荷流出と河川水質の統合型解析モデルの開発を行った。得られた知見を以下に示す。

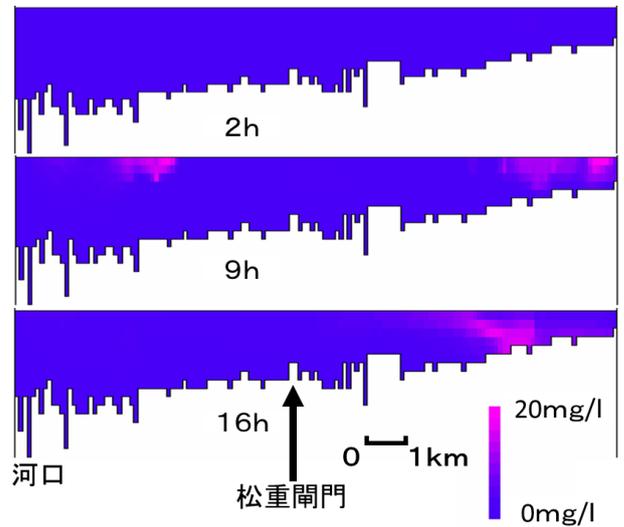


図-4 堀川における濁度の分布

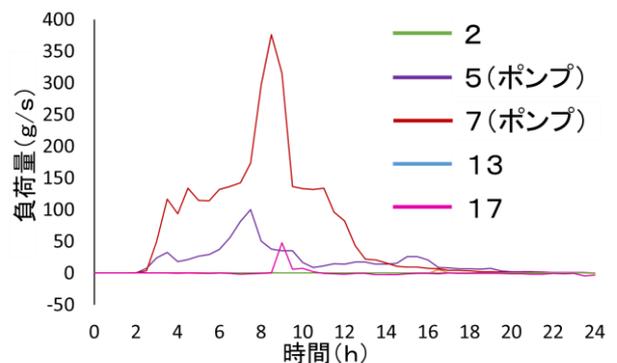


図-5 堀川へ流入する負荷量の時間変化

- 1) 汚濁負荷流出と河川水質の統合型解析モデルを開発し、流出および水質変化に関する知見を得た。本研究により、降雨に伴う下水道の流量増加や河川への流出形態が明らかとなった。
- 2) 濁度の生成をモデル化して、降雨による汚濁物質の河川への流入と河川内の濁度の移流・分散が計算できた。本研究の結果は、定性的な観点から矛盾のない計算結果と考えられる。今後は、観測結果との比較を行い、定量的な観点からの妥当性評価を行いたい。

参考文献

- 1) 中西祐貴, 富永晃宏: 都市河川も負荷量の観測とそのモデル化について, 土木学会第 66 回年次学術講演会, II-161, 2011.
- 2) 野口正人, 西田渉, 喜井克浩, 碓慎一: 都市域における点源・非点源汚濁負荷の水域への影響, 長崎大学九学部研究報告, 第 24 巻第 43 号, 1994.
- 3) 武田誠, 森田豊, 松尾直規: 下水道システムを考慮した氾濫解析の治水対策への適用, 水工学論文集 第 51 巻, pp.529-534, 2007.