

雨水沈殿池による合流式下水道の改善効果に関する一考察

東京都立大学大学院 正会員 稲員 とよの
 東京都立大学大学院 フェロー 小泉 明
 東京都立大学大学院 学生員 ○藤岡 覚

1. はじめに

全国の下水道人口のうち約3割を占める合流式下水道では、雨天時の放流水質が問題視されており公共用水域への水質汚染が懸念されている。未処理下水の放流口である雨水吐き口は全国に約3,000箇所存在しており、各自治体で雨水吐き口の改築や分流化など様々な改善対策が策定されている現状にある。一方で、市街地での改善事業は工事の困難性を有していることなど多くの問題を抱えており、雨天時計画汚水量の増大や雨水貯留施設の設置などによる越流量・負荷量の抑制が緊急的課題となっている。本稿では従来提案されている流出解析モデルを検討し、簡便な汚濁負荷流出のシミュレーションモデルを構築した。また、改善代替案の一つである雨水沈殿池に着目し、雨天時放流負荷の流出・貯留・処理・放流をシミュレーションし、総合的な汚濁負荷削減効果の推定を試みた。

2. 流出解析モデルと対象降雨特性について

本稿では、数百ha程度の排水区域で構成される都市域の合流式下水道地域を対象とし、対象地域への降雨が下水道幹線に流入し、最下流の下水処理場に到達するまでの汚濁負荷流出モデルを構築した¹⁾。流出解析モデルは、係数の設定が容易であり汎用的なモデルと考えられる線形応答モデルを用い、(1)式にて計算を行った。

$$Y_t = \lambda(1 - a_1)X_{t-1} + a_1Y_{t-1} \quad \cdots (1)$$

ここに、 Y_t :流入雨水量(m^3/s)、 X_t :有効降雨強度($mm/5min$)、 a_1 :自己回帰係数、 $\lambda = A \times 10/3$ 、 A :面積(km^2)
 また、汚濁負荷量の推定は、面的堆積負荷と管渠内堆積負荷について考慮し、本稿での汚濁負荷流出過程の概念をSDモデルで表すと図1のようになる。ここで、雨天時の面的負荷流出量は、堆積量と降雨強度の積に比例して流出すると仮定し、管渠内堆積負荷流出量は、堆積量の二乗と流量の積に比例すると仮定し限界流量 Q_C を考慮した式を用いた²⁾。なお、本稿ではモデル地域の終末処理場の放流先が河川であることから、BOD削減効果について検討することとした。

対象降雨データは2000年アメダス10分データで、年間116降雨のうち、降雨の途中休止2時間以内、総雨量3mm以上、前降雨との間隔が3時間以上を一降雨と定義した。この結果、年間63降雨となり、対象降雨につき各々流出解析を行った。なお不浸透面積率より降雨量の50%を有効降雨とし、流出解析計算時間間隔は5分とした。また、対象とする地域は4排水区域で構成され、各排水区域の諸元を表1に示す。

ここで、降雨特性を表す項目と考えられる降雨量、降雨強度、降雨継続時間、先行晴天日数について、項目別に分布特性を調べた。その結果、降雨量に関しては降雨量の増加に伴い降雨頻度が少ない傾向が見られ、特に降雨量20mm未満の降雨が約60%を占めることが確認された。また、降雨継続時間では3～6時間未満、6～12時間未満、12～24時間未満と、おおよそ同程度の頻度となり、各降雨によってバラツキがあると考えられた。一方、先行晴天日数では、約80%が一週間未満の降雨が占めていることが判った。このように、降雨毎に各々持つ特性が異なることが考えられることから、各降雨について流出解析を行うこととした。

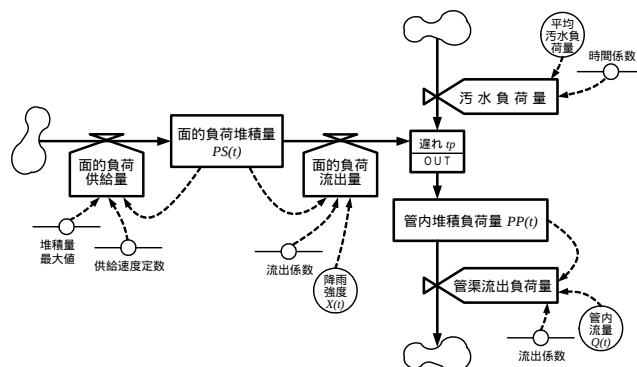


図1 雨天時汚濁負荷流出モデル

表1 排水区域諸元

排水区域名	面積 (ha)	人口 (人)	平均汚水量 (m ³ /d)	管内輸送時間遅れ
A1	434	31,000	9,920	20min
A2	337	33,000	10,560	15min
A3	337	31,000	9,920	15min
A4	434	39,000	12,480	0min
合計	1,542	134,000	42,880	50min

キーワード 合流改善, 雨水沈殿池, BOD, 汚濁負荷量, シミュレーション

連絡先 〒192-0397 東京都八王子市南大沢1-1 TEL 0426-77-2789

3. 流出解析結果

流出解析より各降雨の流入水量及び流入負荷量を求め集計結果を得た。その結果、年間の雨天時流入水量は約 90%が雨水由来であり、晴天時平均流入下水量の約 9.2 倍、計画時間最大下水流量約 4.6 倍であることが明らかとなった。また、雨天時平均流入負荷量は、晴天時平均流入負荷量の約 2.5 倍であると推定された。

次に、各降雨について降雨量、先行晴天日数と時間当たり流入負荷量との関係を分析した。その内、降雨量と時間当たり流入負荷量との相関図を図 2 に示す。なお、台風などの特徴的な特性を持つ降雨については、範囲外の点としている。図 2 を見ると、20mm 以上の降雨では、時間当たり晴天時流入負荷量 240kg/hr の 5 倍程度に収まっているが、20mm 未満の降雨ではバラツキが見られ、最大で晴天時の約 20 倍に及んでいる。これは、降雨継続時間が 1～3 時間と短く、晴天時において管渠内堆積負荷が短時間の降雨で洗い流されている影響であると考えられる。その一方で、晴天時流入負荷の 2～3 倍程度の比較的小さな流入負荷量を示すケースは、全 63 降雨中 30 降雨と約半数を占めていることが判った。また、先行晴天日数と流入負荷量の関係については、非線形な関係が確認でき、一週間を越えるあたりから流入負荷量の増加が緩やかになる傾向が見られた。この傾向に対し、流入負荷量が多い降雨がいくつか挙げられたが、いずれも 20mm 未満で短時間の降雨であり、管渠内堆積負荷が洗い流される影響が現れているものと考えられた。

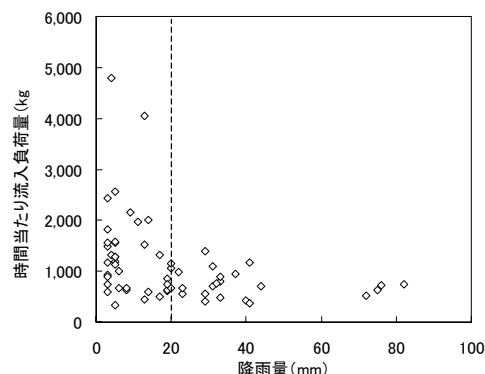


図2 降雨量と流入負荷量の相関図

4. シミュレーションについて

現状ケース並びに代替案として 2Q 及び 4Q 遮集雨水沈殿池を設置した場合の分析を行い、BOD 放流負荷削減効果について検討した。雨水沈殿池設置の場合におけるシミュレーション概念図を図 3 に示す。雨天時における BOD 最大除去率を高級処理で 90%、簡易処理で 30%とし、流入負荷量の増加に伴い除去率が減少するものとした³⁾。また、雨水沈殿池における貯留分の処理時間を 1 日として計算を行った。

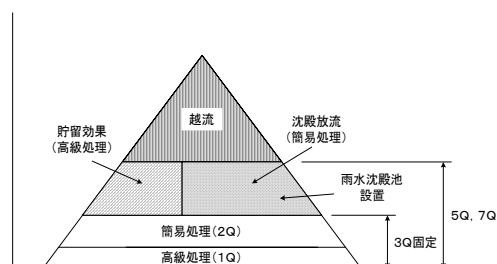


図3 シミュレーション概念図

表 2 にシミュレーション結果の一例（6 月の降雨）を示す。6 月の 8 降雨のうち、先行晴天日数が 1 日未満と短い 6 月 28 日を除いた 7 降雨について、雨水沈殿池設置による改善効果が確認された。削減率においては、雨水沈殿池への遮集量を 2Q から 4Q に増加させることにより削減率は向上し、この 7 降雨について 4Q 遮集雨水沈殿池の設置により流入負荷量の削減率が 35%以上になることが見込まれた。特に降雨量が 20mm 未満で、6 月 17 日、28 日の 2 降雨に 17%以上の改善効果が見込まれたことから、降雨量が 20mm 未満で降雨継続時間の短い降雨について良好な改善効果が得られると考えられた。

表2 シミュレーション結果（6月）

降雨日付	降雨量 (mm)	削減率 (%)		
		合流式 (対策なし)	雨水沈殿池 2Q	雨水沈殿池 4Q
6月9日	5	51.7	60.5 (+ 8.8)	61.4 (+ 9.7)
6月10日	19	40.9	43.1 (+ 2.3)	45.0 (+ 4.1)
6月12日	71	33.8	35.0 (+ 1.3)	36.2 (+ 2.4)
6月17日	5	29.3	44.3 (+15.1)	56.9 (+27.7)
6月23日	6	53.2	57.6 (+ 4.4)	57.6 (+ 4.4)
6月24日	40	32.9	35.5 (+ 2.7)	38.7 (+ 5.9)
6月28日①	17	18.1	27.4 (+ 9.3)	35.7 (+17.6)
6月28日②	14	11.3	11.3 (0)	11.3 (0)

()内数値は、合流式と比較した場合の削減効果を示す。

5. おわりに

本稿では、モデル地域を対象として降雨による汚濁負荷流出モデルを構築し、改善代替案において降雨毎に汚濁負荷削減効果の推定を試みた。その結果、降雨から放流までの汚濁負荷の削減効果を定量化することが可能となり、改善代替案の削減効果を推定することができた。今後は、簡易処理除去率の向上などによる削減効果の比較や、他の改善対策についても削減効果の検討を進めて行きたいと考えている。なお、本研究の一部は東京都立大学特定重点研究費の助成により行われたものであることを付記する。

【参考文献】

- 1) 稲貝とよの・小泉明・浅田一洋：合流改善における汚濁負荷削減効果の推定モデル、用水と廃水、Vol.45, No.9, pp.53～60 (2003)
- 2) 建設省都市局下水道部監修：合流式下水道越流水対策と暫定指針 1982 年版, pp.44～59 (1993)
- 3) 日本下水道協会：下水道施設計画・設計指針と解説 前編, pp.358 (2001)