

雨水貯留施設の運用支援・制御技術の開発

堤 正彦*、長岩 明弘*、國見 正樹**
川崎 直***、永橋 尚男***

- * (株)東芝 電力・産業システム技術開発センター 社会システム開発部
東京都府中市東芝町1
- ** (株)東芝 社会インフラシステム事業部 公共システム技術第二部
東京都港区芝浦 1-1-1
- *** 川崎市 建設局 下水道建設部 計画課

概要

川崎市では、平成 12 年度完成に向け、浸水対策及び合流式下水道の改善を目的とした雨水貯留管の建設を進めているところである。本稿では、雨水貯留管の概要と降雨情報に基づく施設の運用方法について述べる。また、施設の運用を行なっていく上で必要と考えられる水質変化を把握するための流入水質モデルと管内水質モデルに対する検討結果も合わせて報告する。

キーワード

雨水貯留施設、降雨予測、流入量予測、流入水質予測、水質変化予測、運用支援

1. まえがき

川崎市では、雨水貯留施設を効率的に利用するという観点から、浸水対策（量対策）と雨天時越流水対策（質対策）を同一施設で行う雨水貯留管の建設が進められている。この貯留管において、量と質を併用利用するためには、雨量情報を活用したゲートやポンプの適正な制御が必要となってくる。川崎市では、現在までに、雨水滞水池の計画と建設、及び運転管理と水質計測^{1)~7)}や、レーダ雨量計を応用した降雨情報システム^{8)~12)}を開発してきた。

本稿では、平成 13 年度に併用を開始する江川貯留管の概要と降雨情報に基づく施設の運用方法、および、流入水質モデルと管内水質モデルの検討結果について述べる。

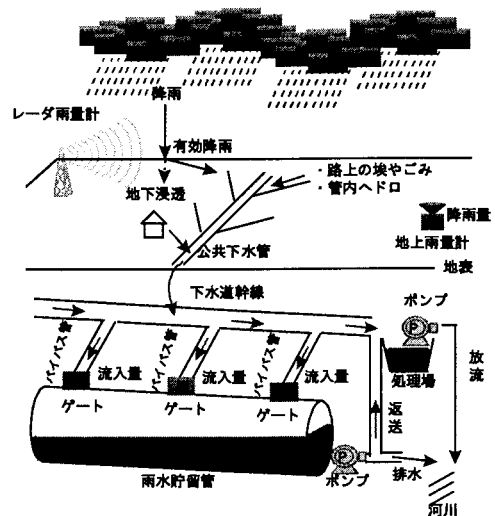


図1 雨水流出プロセスと雨水貯留管の模式図

2. 対象プロセス

2.1 雨水貯留管施設

表1に対象となる雨水貯留施設(江川貯留管)の概要を示す。大規模な貯留管としての浸水対策(量対策)の効果が期待されるのみならず、流入ゲートの操作により、雨天時越流水対策(質対策)としての運用も行っていく。

表1 江川貯留管の概要

施設・機器	概要
貯留管	貯留量：81000m ³ 管径：8.5m、長さ：約1490km、 深さ：地下約50m
流入管渠	7管渠
流入ゲート	5カ所
返送ポンプ	0.227m ³ /s×3台

2.2 監視制御システム

図2に監視制御システムの全体構成を示す。ここでは表2に示すように、貯留管運用のため、各サイトには機能分担がなされている。また、広域LAN(光ネットワーク)の活用により効率的な情報伝送がなされるとともに、将来の機能拡張にも対応できるようになっている。

表2 各サイトの機能

サイト	機能概要
本庁	降雨予測情報受信、配信
A処理場	データ管理、運用モード判断、 細密レーダ雨量キャリブレーション、 配信
B処理場	運用管理、 遠方監視(状態、計測、故障)、 制御
レーダ基地	細密レーダ雨量の計測

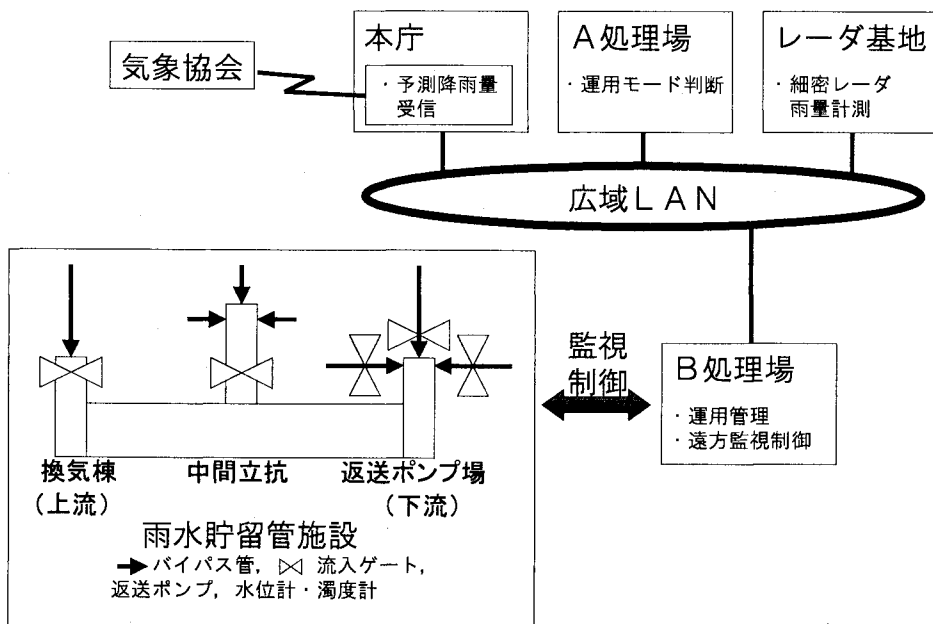


図2 監視制御システムの構成

3. 運用・制御技術

雨水貯留管の運用においては、浸水対策（量対策）や雨天時越流水対策（質対策）といった目的の異なる制御が求められる。以下に運用方法とそれを支援するシステム機能について示す。

3.1 雨水貯留管の運用方法

雨水貯留管への取水のケースとして、質対策、量対策の2ケースがある。これらのケースとその目的を表3に示す。これらの取水のケースを組み合わせモードを考える。表4にその内容を示す。

表3 取水のケース

取水のケース	目的
質対策	初期降雨の取水を行う。
量対策	浸水対策（1/10 降雨）としての流出雨水の貯留を行う。

表4 運用モード（取水のモード）

運用モード	対策	運用の内容	運用判断モードの例
A	質対策+量対策	初期汚濁水の取水と大雨時の流出雨水の取水を行う。	貯留量が一定量（降雨量が一定量）に達したとき質対策から量対策に切り替える。
B	量対策（全量）	貯留可能量全てを大雨時の流出雨水の貯留に当てる。	大雨が予測されたとき。

3.2 システム機能

(1) 降雨予測情報の受信

川崎市では、気象協会より降雨予測情報を受信する（表5）。前節で示した貯留管運用は、まずこの降雨予測情報に基づいて判断される。

表5 降雨予測情報

項目	内容
メッシュ	1kmメッシュ
予測時間	10分間隔で3時間先予測まで
更新タイミング	30分毎

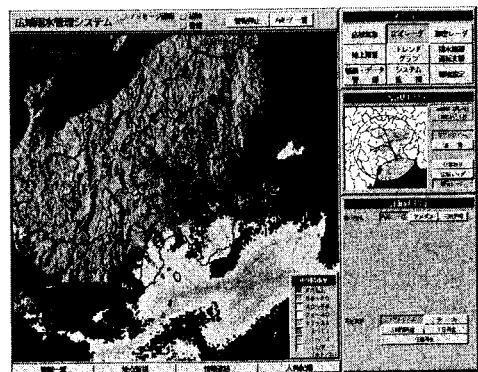


図3 降雨予測（イメージ図）

(2) 細密レーダ雨量計^{13), 14)}

レーダ雨量計は、広域のかつ面的な観測が可能で、雨の様子（有無、強弱、移動）をひと目で知ることができる。細密レーダ雨量計による雨量計測の特徴を表6に示す。

表6 細密レーダ雨量計の特徴

特徴	ポイント
[1]観測範囲（半径120km）	観測範囲内全域にわたる雨の様子（雨の有無、強弱、移動等）をひと目で知ることができる。観測メッシュは500m×500mと気象情報システムより面積が狭くなるので、雨水排水区などの管理にも適用できる。
[2]局地的な豪雨も見逃すことなく観測	細かな観測メッシュ、短い観測周期により、雷雨などのスケールが小さく、短い現象も観測できる。すなわち、災害をもたらす集中豪雨を見逃さない。
[3]降雨の予測が可能	降雨を連続的かつ面的に観測できる。このため、雨の移動方向、速さ、消長がひと目でわかり、素早い防災管理体制の確立が可能となる。
[4]施設運用技術との融合	予測技術、制御技術などの他の技術との組み合わせによるシステム構築が可能である。

(3) キャリブレーション

レーダ雨量計は、地上雨量計が観測メッシュサイズ毎に高密度で雨量を観測することができる。しかし、測定点自体が上空にあることや、レーダ方程式が種々の仮定に基づいていることにより、地上での雨量とは一般的に異なる。このため、地上雨量計とレーダ雨量計の両者の利点を抽出するための地上雨量計によるレーダ雨量の補正（キャリブレーション）が行われている。このキャリブレーションにより面積雨量の精度を高くすることができる。レーダ雨量では、2.5分間隔でキャリブレーションを行う。

4. 水質モデルの検討

雨水貯留管の運用上、水質変化を把握するために、雨水貯留管流入水の水質を予測する流入水質モデルと、雨水貯留管内の垂直方向の水質変化を予測する管内水質モデルを検討した。

4.1 流入水質モデル¹⁵⁾

図5に流入水質モデルの機能ブロックを示す。降雨時の貯留管への流入量と流入水質との相関を実データにより解析し、静的および動的流入水質予測モデルを構築した。

図6と図7に、雨水貯留施設の流入水質を、静的モデルにより予測した結果を示す。

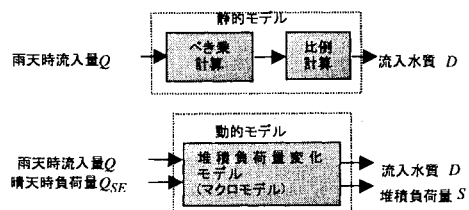


図5 流入水質予測の機能ブロック

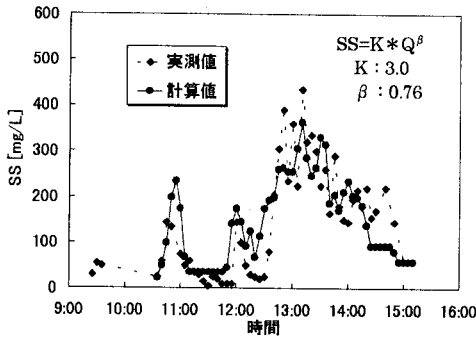


図6 流入水質予測結果 (降雨A)

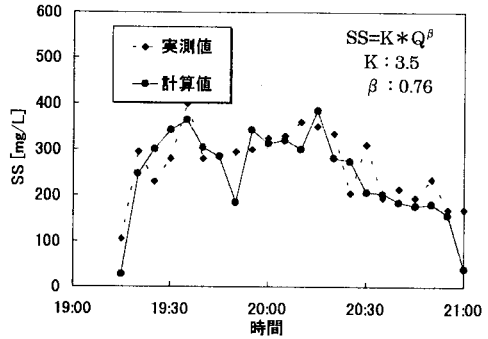


図7 流入水質予測結果 (降雨B)

静的モデルのべき乗部分 (β 値) のパラメータをキャリブレーションしたところ、 β 値が0.76の時、最も良く実測値と一致した。しかしながら、実測値と一致しなかったデータも、9降雨中3降雨分あった。一致した方の無降雨時間が4~6日であったのに対して、一致しなかった方は11~25日と長く、堆積量の変動が関係していると予想された。今後は、動的モデルでの予測の検討が必要である。

4. 2 管内水質モデル¹⁶⁾

図8に管内水質予測の機能ブロックを示す。貯留管へ流入した雨天時の合流下水を静置したときの深さ方向水質分布の経時変化を、ストークス沈降速度式と粒径別水質分布モデルを用いて計算した。粒径及び粒径別水質分布率は実測値を、粒子比重は、 1.1g/cm^3 を入力した。

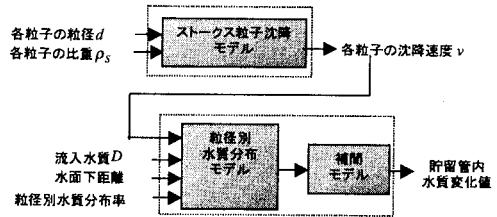


図8 管内水質予測の機能ブロック

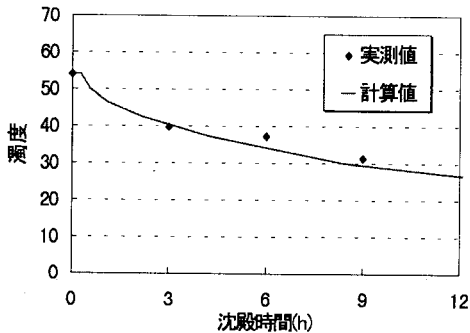


図9 管内水質予測結果 (降雨C)

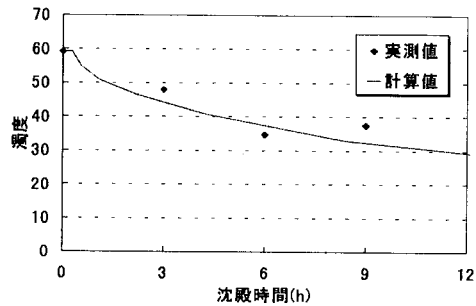


図10 管内水質予測結果 (降雨D)

図9と図10に、雨水貯留施設の管内水質を、予測した結果を示す。粒径データを実測することにより、管内の水質変化を予測することが可能であることが示唆された。

5. あとがき

雨水貯留施設（雨水貯留管）に対して、降雨情報に基く運用システムを構築することができた。

また、流入水質モデルと管内水質モデルのキャリブレーションを行い、水質変化を予測できる可能性を見出した。

今後は、雨水流入量予測¹⁷⁾や流入水質予測、管内水質予測といった各種予測技術の実施設への適用についても十分検討をしたいと考えている。

<参考文献>

- 1) 岡部三郎：「雨水滞水池の沈殿除去効果と貯留水質」、下水道協会誌、Vol.28、No.327、pp.25-29、1991
- 2) 曾根康夫：「21世紀・川崎新時代に向けた総合的な浸水対策」、下水道協会誌、Vol.31、pp.23-29、No.371、1994
- 3) 大川昌俊：「川崎市における雨水滞水池の水質改善効果」、下水道協会誌、Vol.33、No.404、pp.31-36、1996
- 4) 和田寰、栗林栄、関口洋史：「大規模貯留管方式による雨水対策の一手法」、第27回下水道研究発表会講演集、pp.690-692、1990
- 5) 岡部三郎・西村孝彦：「雨水滞水池の沈殿除去効果」、第27回下水道研究発表会講演集、pp.702-704、1990
- 6) 小田川國男・武亨：「雨水滞水池における貯留水質の経時変化」、第27回下水道研究発表会講演集、pp.705-707、1990
- 7) 小田川國男・西村孝彦、武亨：「静置効果を考慮した雨水滞水池の運転手法について」、第28回下水道研究発表会講演集、pp.803-805、1991
- 8) 木村一政・木下晋宏・藤井則明：「渋川雨水貯留管における多方向流入型取水立抗の水理模型実験報告」、第34回下水道研究発表会、pp.19-21、1997
- 9) 岡部三郎：「降雨情報システムの開発と利用ー雨量レーダの導入事例ー」、下水道協会誌、Vol.27、No.312、pp.22-28、1990
- 10) 大川昌俊：「雨水排水計画におけるレーダ雨量情報システムの利用」、下水道協会誌、Vol.34、No.418、pp.19-23、1997
- 11) 大川昌俊：「レーダ雨量計のキャリブレーションのついて」、第30回下水道研究発表会講演集、pp.789-791、1993
- 12) 大川昌俊・藤倉茂起：「レーダ雨量計の精度検証」、第32回下水道研究発表会講演集、pp.128-130、1995
- 13) 仲田雅司郎・初鹿行雄・長岩明弘：「都市型水害の防止に貢献する雨水排水システム制御技術」、東芝レビュー、Vol.53、No.5、pp.13-16、1998
- 14) 上西範久・近藤真一・結城博司：「細密レーダ雨量計による降雨移動予測技術」、環境システム制御学会、Journal of EICA、Vol.1、No.1、pp.118-120、1996
- 15) 和田安彦：「ノンポイント汚染源のモデル解析」、技報堂出版、pp.95、134-137、1990
- 16) 堤正彦・長岩明弘・堀江一宏：「雨水貯留模擬実験による水質モデリング」、第36回下水道研究発表会講演集、pp.216-218、1999
- 17) 山中・長岩・松原・仲田・山田：「Hammerstein型非線形モデルを用いたシステム同定手法による下水道雨水流入量予測」、電気学会論文誌D、Vol.120-D、No.4、pp.566-573、2000