

## <研究発表>

# 合流式下水道の雨天時流入水質予測システム

斗成聡<sup>1</sup>、椛沢裕一<sup>1</sup>、片山恭介<sup>2</sup>

(株)東芝 水・環境システム事業部 (〒105-8001 東京都港区芝浦 1-1-1 E-mail: soichi.tonari@toshiba.co.jp)<sup>1</sup>

(株)東芝 電力・社会システム技術開発センター (〒183-8511 府中市東芝町 1 E-mail: kyosuke.katayama@toshiba.co.jp)<sup>2</sup>

### 概要

合流式下水道の雨天時越流水に含まれる汚濁物質は放流先水域への公衆衛生に大きな影響を与えており社会的な問題としてクローズアップされている。問題解決の1つとして汚濁物質の消毒処理があるが、合流式下水道の雨天時越流水は降雨状況によって水質が短期間で変化する為、塩素のような消毒剤を水質に対して適量注入することは容易でなかった。筆者らは、過不足のない塩素注入の実用化のためのシステム開発に取り組んでいる。本稿では、短期間で変動する水質を事前に把握することで注入遅れを回避することを狙い、これまでに有効性の報告されている塩素注入率演算モデルに対し、その入力項目である流入下水のCODを事前に予測する機能を付加したシステムを提案する。また、これまでに得られた合流式下水処理場でのデータからCOD予測モデル構築の可能性を見出したことを報告する。

キーワード: COD 水質予測 合流式下水道 塩素注入制御 雨天時越流水

## 1. はじめに

合流式下水道の雨天時越流水に含まれる汚濁物質は放流先水域への公衆衛生に悪影響を与える可能性があることから、越流水に対する適切な消毒処理が求められている。しかしながら、雨天時の合流下水は水量と水質の変動が大きく、過不足なく消毒剤を注入することは容易ではない。この問題の解決のために、現在最も多用されている塩素消毒において、下水中の有機物と反応して消費される塩素消費量に着目した塩素注入率演算モデルを考案し<sup>1)</sup>、このモデルを用いて決めた注入率により次亜塩素酸ソーダ（以下、次亜塩と表記）を注入した結果、放流水の大腸菌群数と残留塩素を共に低減できたことを報告した<sup>2)</sup>。

筆者らは、このような過不足のない塩素注入の実用化のために制御システムの開発に取り組んでいる。本稿ではその一環として、塩素注入率演算モデルの入力項目である流入下水のCOD(Cheical Oxygen Demand)を事前に予測する機能を提案し、予測モデル構築の可能性を示す。

## 2. 合流下水の塩素注入制御システム

### 2.1 制御システムの構成

Fig.1 は、合流式下水道の雨水ポンプ場における塩素注入制御システムの全体システム構成である。

前述の塩素注入率演算モデルは、流入下水のCODと、放流量から求められる塩素との接触時間の2つから塩素消費量を求め、残量塩素基準値を加味して補正することで塩素注入率目標値を出力するモデルであり、入出力の関係は要素実験の結果から得られた一次式で近似している<sup>1,2)</sup>。消毒設備は注入率目標値を元にPI制御にて次亜塩を注入する。

現状の制御システムでは、塩素注入率目標値は時間の経過とともに3段階で変化するものとなっている。現在、塩素注入率目標値の変化パターンは前述のモデルを用いてオフラインで一通りに定めている。

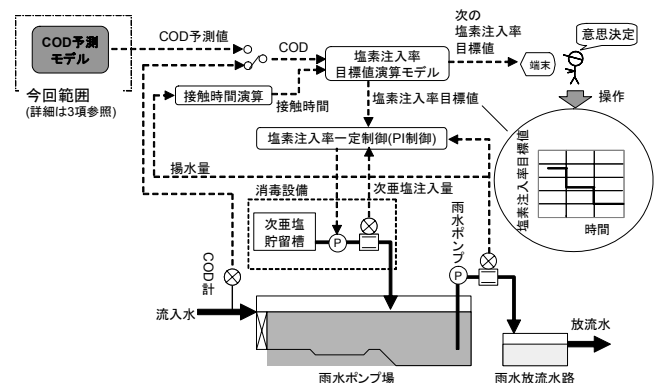


Fig.1 Block diagram of the proposed system

### 2.2 流入COD予測の適用

本稿で提案するシステムでは、塩素注入率演算に加えて、流入CODを予測する機能を付加している。さらに流入CODの予測結果を塩素注入率演算モデルに入力し、次の塩素注入率目標値を導出するものとした。これは以下で述べる目的による。

まず第一は、塩素注入率目標値の設定値変更のための時間的余裕を確保するためである。流入CODは下水管内の堆積物の状況や流量により降雨日毎に変化の様子が変わる。したがって、一律の塩素注入率目標値の設定パターンでなく、降雨に応じて設定パターンを変えることができれば、塩素注入もより確実に過不足なく実行できると考えられる。しかしながら、降雨時の消毒設備運転の際に塩素注入率目標値を設定し直すためには、その意思決定や操作のための

時間が必要である。そこで流入 COD の予測値から導かれる次の塩素注入率を事前に提示することで、余裕を持った意思決定や操作が可能となる。

第二には、予測モデルのソフトウェアセンサとしての使用法を想定してのことである。すなわち、COD 計の代替として、センサ動作不良時のバックアップや、センサ未設置箇所での COD 推定に用いることが期待できるからである。

### 3. 流入COD予測モデル

#### 3.1 流入COD予測モデルの検討

Fig.2 はある降雨日の降雨強度と COD, 流入量の時系列データを示している。

汚濁物質の時系列予測に関しては、下水中の SS (Suspended Solid) の計測値が過去の値と相関があることから SS を予測する回帰モデルが提案されている<sup>3)</sup>。ここでも Table.1 に示すように、5分、10分前の過去の COD の値との相関係数が 0.8 以上と高い値を示している。

一方、汚濁物質の流出は降雨にも影響を受ける。Fig.2 が示すように、降雨と COD にも時間遅れを持った相関が見られる。この2つの時系列データは 15 分の時間差で相互相関係数が 0.91 を示した。

また、ファーストフラッシュとして掃流される管内や地表面の汚濁物質の堆積量は、堆積にかかる時間、すなわち雨が降らなかった期間に依存する。Fig.3 は複数の降雨日における流入 COD ピーク値と無降雨日数の関係を示している。本稿では流入 COD のピーク値も無降雨時間に一定の相関があると判断し、これも入力変数の候補とした。

以上の検討より、COD 予測モデルを式(1)とした。

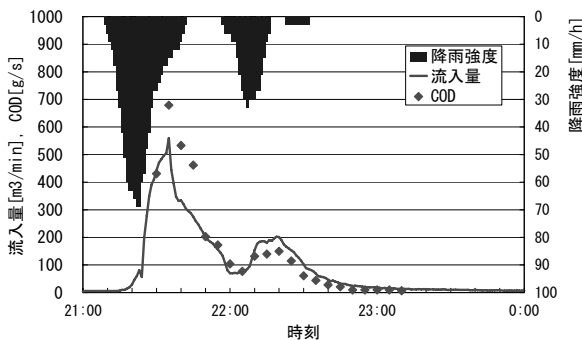


Fig.2 Time series data of rainfall, COD and inflow at 2005/7/25

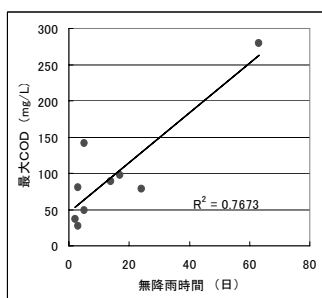


Fig.3 Relation between COD and period of dry weather

Table.1 Correlation coefficients of COD at 2005/7/25

5 分前	10 分前	15 分前	20 分前
0.85	0.81	0.75	0.65

$$L_{COD}(t) = a_1 L_{COD}(t-1) + a_2 L_{COD}(t-2) + \dots + b_1 R(t-1) + b_2 R(t-2) + \dots + c_1 D(t-1) + c_2 D(t-2) + \dots \quad (1)$$

$L_{COD}$  : COD 負荷[g/s],  $R$ :降雨強度[mm/h],  $D$ :無降雨時間[h], a, b, c:係数

#### 3.2 流入COD予測結果

予測結果の一例を Fig.4 に示す。Fig.4 は 5 分先の COD の予測値と実績値を比較したものである。COD のピークは実績 146 g/s に対して予測が 155 g/s であり、ピーク誤差は 6%であった。このことからオンライン使用を目的とした COD 予測モデルの構築も可能であると判断できる。

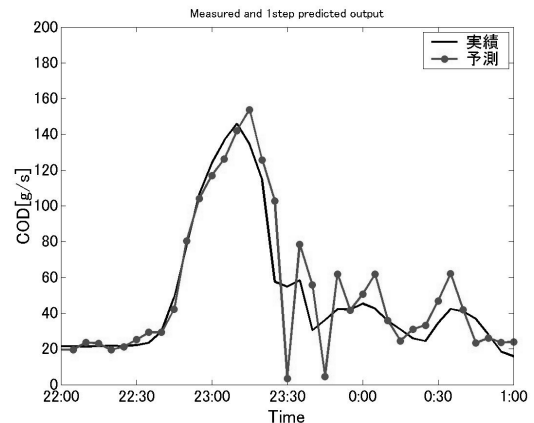


Fig.4 Results of 5 minutes ahead prediction at 2005/7/9

### まとめ

塩素注入率演算モデルの入力項目である流入下水の COD を事前に予測する機能を付加したシステムを提案し、予測モデル構築の可能性を見出した。

現在提案するシステムの開発と検証を目的として、合流式下水処理場の流入渠にてデータ収集を行っており、今後もデータ蓄積および予測モデルの検証を継続する予定である。また、流入 COD 予測を活用した塩素注入率目標値の動的変更の有効性を放流水の大腸菌群数と残留塩素の低減、消毒剤の削減という観点からも検証していく計画である。

### [参考文献]

- 1) 永森, 足利, 梶沢, 「合流式下水道における塩素注入制御システムの開発」, 第 42 回下水道研究発表会 (2005 年)、420-422
- 2) 梶沢, 永森, 足利, 「合流式下水道の雨水ポンプ場における塩素消毒の検証実験」, 第 43 回下水道研究発表会 (2006 年)、151-159
- 3) 長岩, 古米, 中島, 梅田, 「時系列水質情報を用いた合流改善のためのオンライン負荷量予測モデルの構築」, 第 43 回下水道研究発表会 (2006 年)、311-313