

# 気象シミュレーションを活用した 下水処理場流入量の長時間予測

Technology for Long Term Prediction of Water Volume Inflow to Sewerage Facilities Using Information from Fine Grid Weather Simulations

平田 洋介      小野 洋一      和田 将一

■ HIRATA Yosuke      ■ ONO Yoichi      ■ WADA Masakazu

浸水被害の回避や雨天時の河川放流負荷低減などの雨水対策は、河川放流水質などの水環境の維持・改善と合わせて、下水道施設の重要な役割である。

東芝は、計測・制御技術、シミュレーション技術、予測技術、最適化技術などのコア技術を基盤とし、下水道施設を効率的に運用しながら雨水対策を行う各種システム技術を開発してきた。下水道ソリューションの一環として、当社が開発した雨水流入量予測モデルを使い、シミュレーションなどの各種気象情報を入力して、下水処理施設への長時間流入量を予測することが可能になった。

Sewerage facilities have an important role in the prevention of urban flooding and the reduction of effluent loads on rivers.

Toshiba has been developing and providing a variety of advanced control technologies to support efficient sewerage operations that are based upon a number of its core technologies. These core technologies include instrument and control engineering, as well as simulation, prediction and optimization engineering.

Recently Toshiba has developed a technology for long term prediction of water volume flowing into sewerage facilities, drawing on information derived from fine grid weather simulations.

## 1 まえがき

汚水と雨水を同一の管に流して処理する合流式下水道は、河川など公共水域への放流負荷の低減と雨天時の浸水対策とを同時に行う方式である。早い時期から下水道整備に着手してきた都市では、この合流式下水道によって、快適で安全な生活が支えられてきた。しかしながら、昨今、雨天時に下水処理施設の処理能力を超えた流入水が未処理のまま公共水域に流出し、公共水域に与える影響が懸念されている。

このような合流式雨水の放出水の水質改善という問題に対して、雨水貯留施設の設置をはじめとするいくつかの合流改善対策が検討されている。貯留施設は、時々刻々と変化する降雨状況に合わせて、施設の容量を十分に活用しながら効率的に運用する必要がある。また、これら施設のゲートの動作時間が非常に長いことから、早めに運転を開始するなど、状況を見ながら人員配備を含めて計画的に運転することが望ましい。

そのため、降雨という不確定要素の多い自然現象に対して、人的配備やポンプ制御などを、的確かつ効率的に運用するための施設運用支援システムに対する期待が高まっている<sup>(1)</sup>。

一方、近年、降雨など気象データの整備と配信が飛躍的に進んでいる。実測データとしては、気象庁が、全国に配備しているレーダを用いて、1 kmメッシュという細密な

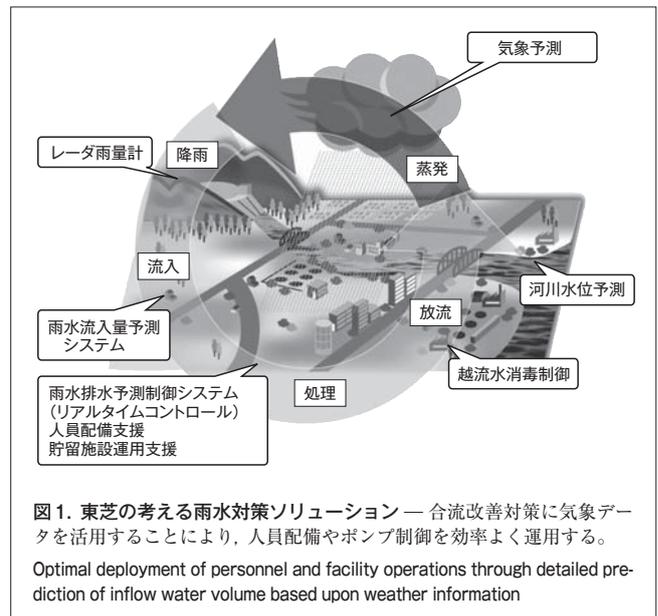


図1. 東芝の考える雨水対策ソリューション — 合流改善対策に気象データを活用することにより、人員配備やポンプ制御を効率よく運用する。

Optimal deployment of personnel and facility operations through detailed prediction of inflow water volume based upon weather information

降雨データをほぼリアルタイムに配信している。予測データについては気象庁のほか、東芝も5 kmメッシュを用いて全国<sup>(注1)</sup>の気象解析を行っており、気象情報サービス“Weather-plus<sup>TM</sup>”<sup>(注2)</sup>により情報提供を行っている<sup>(2)</sup>。

(注1) 沖縄・離島域は除く(2007年3月現在)。

(注2) インターネットを利用した当社の気象情報サービス。  
(<http://www.weather-plus.com>)

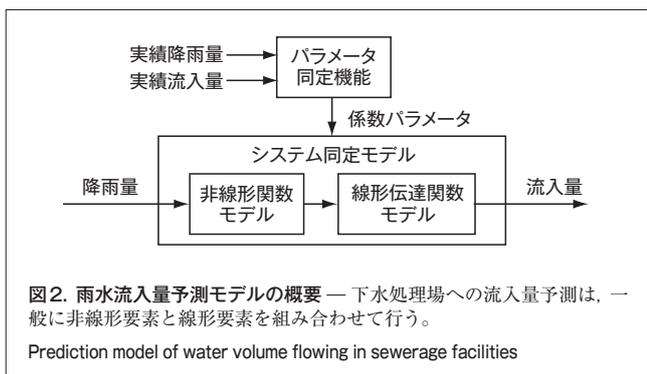
このような状況のもと、合流改善対策にこれら気象データを利用し、人員配備やポンプ制御を効率よく運用するという考えが現実的なレベルに到達しつつある。以上の関係をまとめたものが図1である。

ここでは、気象シミュレーションから得られる予測情報を入力として、下水処理施設への数時間～半日先の流入量を予測する技術について述べる。

## 2 長時間流入予測の概要

### 2.1 雨水流入量予測モデル

雨水流入量予測モデルの概念を図2に示す。雨水は下水に流入し、下水処理場まで到達する。雨水は、降雨開始直後には地下に浸透する割合が多いが、累積降雨量が多くなると、下水道に流入する有効降雨量の割合が多くなる。この割合を流出係数と呼んでいるが、流出係数は土地利用などにも依存し、必ずしも一定値ではなく、時間降雨量や累積降雨量に依存する非線形な量である。図2において、この非線形効果が線形伝達関数の前段に非線形関数としてモデル化されている。



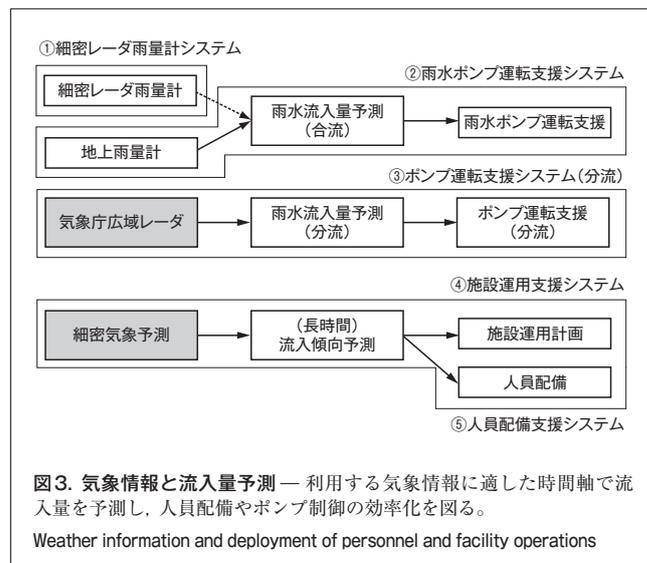
雨水流入量予測モデルは一般的に、この非線形部と線形部をモデル化し、降雨量に対して流入量を予測するものである。代表的なモデルとして、システム同定法や拡張RRL (Road Research Laboratory: (英国) 道路研究所) 法がある<sup>(3), (4)</sup>。これらの手法は、レーダ雨量計や広域に設置された地上雨量計のデータを用いた降雨予測と合わせて、ポンプ運転制御の支援に貢献している。

### 2.2 細密気象予測データ利用のメリット

前節で記した、流入量予測モデルへの入力には、地上雨量計データを使用するのが一般的である。これら雨量計は、合流式下水道が埋設されている領域内やその近傍の代表的な位置に設置されていることが多く、地上雨量計データの降雨量と合流領域の降雨量は必ずしも一致しない。この影響は、図2の雨水流入量予測モデルにおいては非線形要素に含まれることになる。細密データを用いると、正確な合流領域の

降雨データが得られるため、非線形要素からの影響を小さくすることが期待できる。

現時点で利用可能な細密気象データと、下水関連事業への応用分野を図3にまとめる。地上雨量計やレーダ雨量計のデータは、システム同定法などの予測モデルと合わせて、雨水ポンプ運転の支援に利用可能である。一方、細密気象予測から得られる降雨データは、数時間から半日先にわたる流入傾向の予測に利用でき、施設運用や人員配備の計画に役だてることができる。



### 2.3 長時間流入量予測の概要

ここでは長時間流入量予測手法を、以下の方針で検討した。

- (1) 線形伝達関数を用いてモデル化
  - (2) レーダ雨量計データと気象予測データから合流式下水道領域を抽出
  - (3) レーダ雨量計データと実測流入量を基に応答(伝達)関数を算出
  - (4) 気象予測データを入力して下水処理場流入量を予測
- (1)については、以下の理由から非線形要素を無視した。
- (a) レーダ雨量計データが1 km メッシュ、細密気象予測データが5 km と小さく、従来と比べて合流式領域に対応するデータを精度よく取り出すことができ、非線形要素が相対的に小さいと考えられる。
  - (b) 重要な事象は降雨量が多い事例で、土壌は十分に水を吸収しており、流出係数は1に近いと考えられる。
  - (c) 気象予測データという、誤差を含んだ降雨データを入力とすることから、雨水流入量予測モデルの精度については現実的な選択が許される。

今後、必要に応じて、非線形モデルを容易に導入することができる。

上記(1)~(4)を実現するため、各種気象データや下水処理場流入データとのインタフェース部を整備し、伝達関数と応答関数の算出部を作成して検討した例を次章以降に示す。

### 3 流入量予測の実施例

#### 3.1 下水処理場流入量の推定

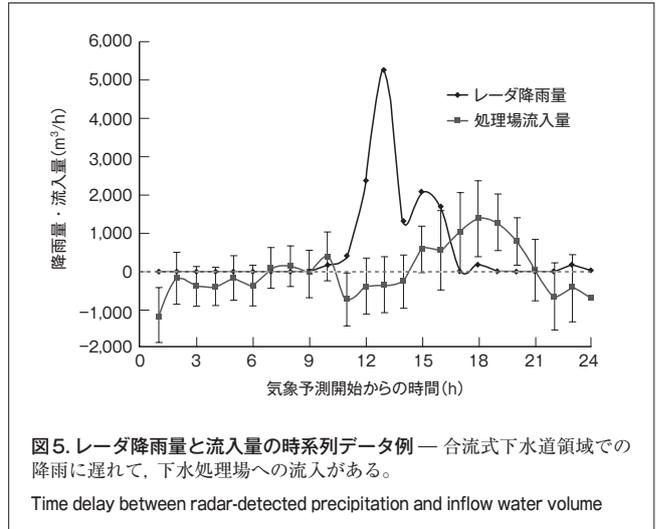
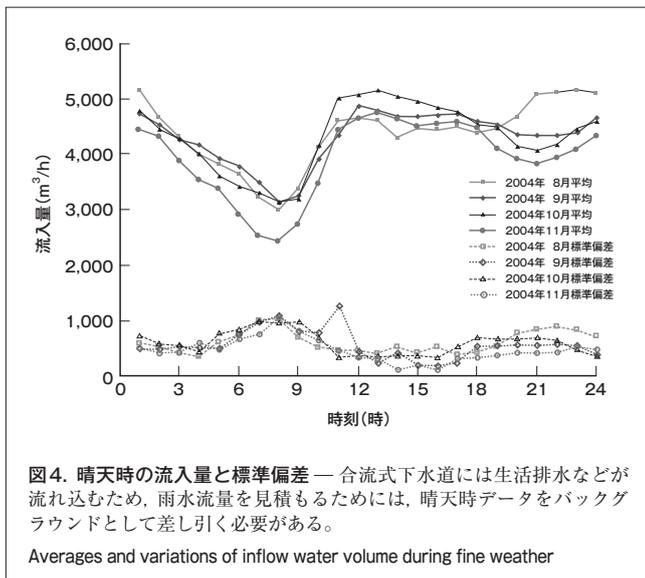
富山市浜黒崎浄化センターを対象に検討した。

下水処理施設には、雨水と一般排水の両方が流入するので、伝達関数を決定するには、流入量データから雨水と一般排水のデータに分離する必要がある。今回の検討では、非降雨日の流入量データを一般排水のものとして仮定し、非降雨日の時系列データをバックグラウンドデータとして扱った。

具体的には、2004年8~11月のデータから非降雨日である31日分のデータを抽出し、時刻ごとに平均をとってバックグラウンドデータとした。雨水流入量は、降雨日の流入量データから、このバックグラウンドデータを差し引いた。

2004年8~11月の流入量の時系列データの月平均値を図4に示す。平均値は8~11月にわたってほぼ同様の時間変化を示しており、8時ごろにばらつきが大きい。この時刻において、標準偏差は最大値約1,000 m<sup>3</sup>/hを示す。降雨時の流入量データからバックグラウンドデータを引いて求めるネットの流入量データには、このような標準偏差が含まれることに注意する必要がある。

このようにして晴天時の流入量をバックグラウンドとして差し引いて算出したネット流入量と、レーダ雨量計データから抽出した合流領域における降雨量を図5に示す。この処理場の流域で、合流式下水道が設置されている領域は、1 km メッシュのレーダ雨量計データの2メッシュに対応するため、降雨量はこの2メッシュの領域への時間降雨量であ



る。また、流入量の時系列データにはバックグラウンドデータのばらつきに起因する標準偏差1,000 m<sup>3</sup>/hを付けている。

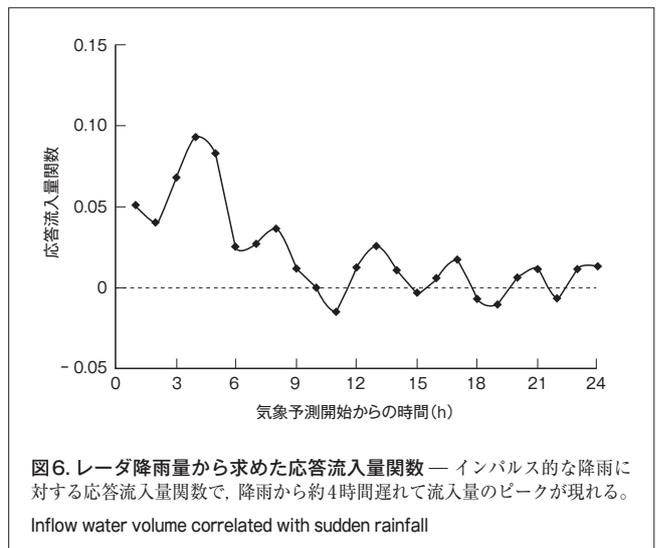
時間降雨量のピークから遅れて、下水処理場への流入量のピークが見られる。図5の流入量に散見される負のデータは、バックグラウンドデータのばらつきに起因するものである。

#### 3.2 応答流入量関数の算出

下水処理場へのネット流入量には約1,000 m<sup>3</sup>/hの誤差が含まれていることを考慮して、これより十分に大きいと考えられる、10,000 m<sup>3</sup>/h以上の時間降雨量が観測された25ケースを使用した。

インパルス的な降雨に対して算出した下水処理場での応答流入量関数を図6に示す。この応答流入量関数と時間降雨量から、一般の降雨に対する流入量を算出することができる。

図6で得られた応答流入量関数と、レーダ雨量計データとから算出した予測流入量をネット流入量と比較した一例を



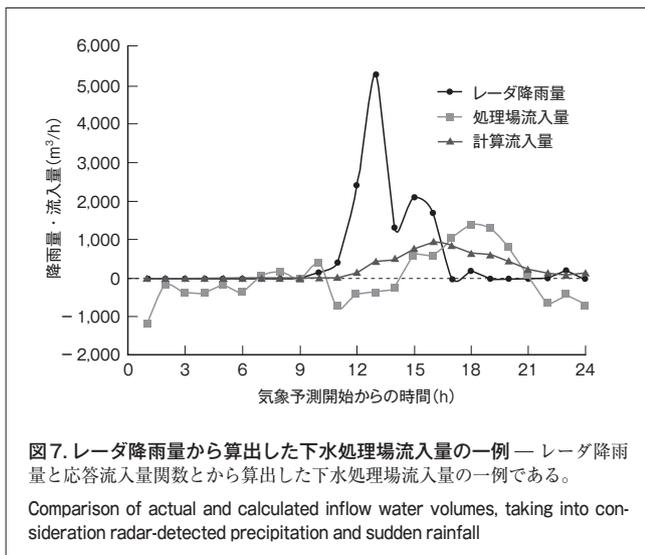
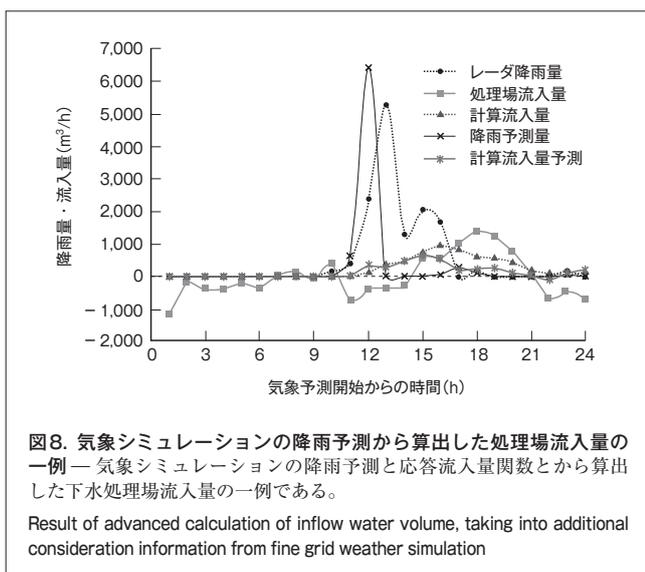


図7に示す。応答流入量関数を用いて算出した処理場流入量は、実測値をよく再現している。

### 3.3 流入量予測例

レーダ雨量計データと実測流入量から決定した応答流入量関数に、Weather-plus™から得られた合流式下水道領域に対する予測降水量を入力して、下水処理場流入量を算出した。図8はその一例を示したものである。

この例では、気象シミュレーション開始から約9時間後の降雨ピークが正確に予測されている。その結果、処理場への予測流入量も実測に近いものとなっている。流入量予測の精度は、気象シミュレーションの精度に大きく依存するが、気象シミュレーションと流入量予測技術を組み合わせることにより、処理場への流入のピークが、その数時間以上前に予測できていることが理解される。



## 4 あとがき

合流式下水道が整備された地域において、降雨という不確定要素の多い自然現象に対して、下水処理施設の人的配備やポンプ制御などを的確かつ効率的に運用するための、運用支援システムに対する期待は大きい。ここでは、その一例として、気象予測データを用いた長時間流入量予測の概要と、現時点での検討結果について述べた。

近年、降雨など気象データの整備と配信が飛躍的に進んでおり、1 kmメッシュという細密なレーダ雨量計データや、5 kmメッシュを用いて日本全国を解析した51時間先までの気象予測データが容易に入手できる状況にある。更に、降雨予測については、レーダ雨量計データの同化を行うなどの手法により、数時間先までの降雨予測の精度は格段に向上している。降雨から下水処理場までの流入時間遅れを考えると、数時間先までの流入量の予測精度は、今後いっそうの向上が期待できる。

## 文献

- (1) 山川昌弘, ほか. 上下水道事業におけるサービスと経営ソリューションの提供. 東芝レビュー. 61, 5, 2006, p.8 - 11.
- (2) 水谷文彦, ほか. 進化した気象情報サービス Weather-plus™. 東芝レビュー. 60, 11, 2005, p.17 - 20.
- (3) 國見正樹, ほか. 合流式下水道における放流水質改善への対応. 東芝レビュー. 57, 5, 2002, p.51 - 55.
- (4) 山田富美夫, ほか. 降雨流出解析法による下水道雨水ポンプ制御支援システムの実用化技術. 電気学会論文誌D. 119-D, 2, 1999, p.168 - 174.



平田 洋介 HIRATA Yosuke, D.Eng.

電力システム社 電力・社会システム技術開発センター システム解析技術開発部主査, 工博。流体や分子動力学を中心に、シミュレーション全般の開発に従事。

Power and Industrial Systems Research and Development Center



小野 洋一 ONO Yoichi

社会システム社 水・環境システム事業部 公共システム技術第二部主務。公共システムのエンジニアリング業務に従事。

Environmental Systems Div.



和田 将一 WADA Masakazu, D.Eng.

社会システム社 小向工場 レーダ・センサ技術部参事, 工博。気象防災システムのエンジニアリング業務に従事。

Defense & Electronic Systems Div.