

雨量レーダを活用した下水道運用支援システム

Sewerage Operation Support System Utilizing Rainfall Radars

高橋 清浩

梅田 賢治

和田 将一

■ TAKAHASHI Kiyohiro

■ UMEDA Kenji

■ WADA Masakazu

近年、局地的大雨による浸水被害が頻発しており、その対策の重要性が増している。下水道施設が局地的大雨に迅速に対応し都市を浸水から守るためには、降雨の的確な把握が不可欠である。

そこで東芝は、雨量レーダ技術や、観測情報を基にした予測技術、それらに関わる情報を管理し配信するためのICT（情報通信技術）などを組み合わせた下水道運用支援システムを開発し、地方自治体に納入してきた。局地的大雨を迅速かつ正確に把握し下水道施設の効果的な運用を可能にすることで、浸水被害の削減に貢献している。

With the frequent occurrence of flood damage in recent years caused by localized torrential downpours, countermeasures against weather risks have become increasingly important. In order to protect urban areas from flood damage by rapidly responding to localized torrential rainfall, it is essential for operators of sewerage facilities to grasp accurate information in accordance with the rainfall conditions.

Toshiba has been developing and supplying various sewerage operation support systems to municipalities by integrating its proprietary technologies for rainfall radars, prediction technologies, and information and communication technologies (ICTs) for data processing and distribution. These sewerage operation support systems facilitate the effective operation of sewerage facilities and contribute to the reduction of flood damage by providing prompt and accurate information related to localized torrential rainfall.

1 まえがき

下水道は雨水を適切に排除し、都市やその市民生活を浸水から守る役割を担う。近年、各地で局地的大雨の発生頻度が増え、下水道に流入する雨水量が短時間で急激に増加する傾向にあり、下水道施設の運用は難しさを増している。その結果、都市の浸水被害が頻発し、対策が喫緊の課題となっている。従来は、土木構造の増強による雨水の排除・貯留能力の向上などがハード対策として主になされてきたが、近年は導入コストの低減や早期改善のため、ソフト対策による経済的で効率的な対策も併用されている。雨量レーダの観測情報とICTを活用した下水道運用支援システムはその代表例であり、近年、導入が多く検討されている。

下水道運用支援システムは様々な場面で活用できるが、特に有効とされるのがポンプ設備運用への活用である。下水道に流入した雨水はポンプ設備により排水されるが、局地的大雨ではポンプ設備への流入が急激になり、適切なタイミングで人員を配備して施設を運用することが難しい。

東芝は、1988年に東京都下水道局に雨量レーダシステムを納入したのを皮切りに、埼玉県流域下水道 降雨情報システムなど地方自治体に雨量レーダとその観測情報を処理し配信するICTを活用した下水道運用支援システムを納入してきた⁽¹⁾。当社の下水道運用支援システムは、雨量レーダ技術や、予測技術、ICTなどを総合的に活用してポンプの効果的な運用を



図1. 埼玉県流域下水道 降雨情報システムの雨量レーダー 雨量レーダにより面的な降雨情報を高精度、高分解能、及びリアルタイムに観測できる。

High-precision radar of Saitama Prefectural Government Public Sewerage Works rainfall information system

支援し、浸水対策の早期改善に貢献する。ここでは、下水道運用支援システムを通して快適かつ安全な市民生活環境の確保に貢献する当社の取組みについて述べる。

2 下水道用途における雨量レーダの必要性

下水道では、降雨時に短時間で施設運用の意思決定を行う

必要があるため、リアルタイムに降雨を観測することへのニーズが高い。また、排水区内全域の降雨状況を把握するため面的な観測も必要である。降雨を2次元かつリアルタイムで観測できる雨量レーダ(図1)はこれらのニーズを満たし、下水道用途の降雨観測への適用が増えている。

下水道用途の雨量レーダは局地的な降雨を把握する必要があるため高分解能が必要とされ、近年はX帯(9GHz帯)MPレーダ(マルチパラメータレーダ)が主に使用されている。MPレーダは、二重偏波を用いることで従来のレーダに比べ強雨時でも高精度かつ高分解能な観測ができる。また、最近では半導体素子を用いた固体化レーダが実用化され、従来のマグネトロンなどを用いたレーダに比べて長寿命及び省スペースといった特長も併せ持つ。当社の固体化X帯MPレーダは、下水道用途では半径50kmまでの範囲を150mメッシュの分解能で高精度の降雨観測ができる。また、情報更新は1分に1回と、高いリアルタイム性も備えている。

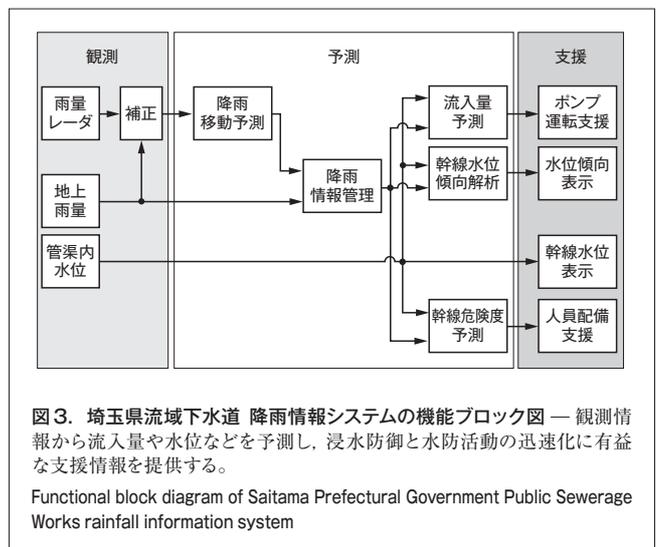
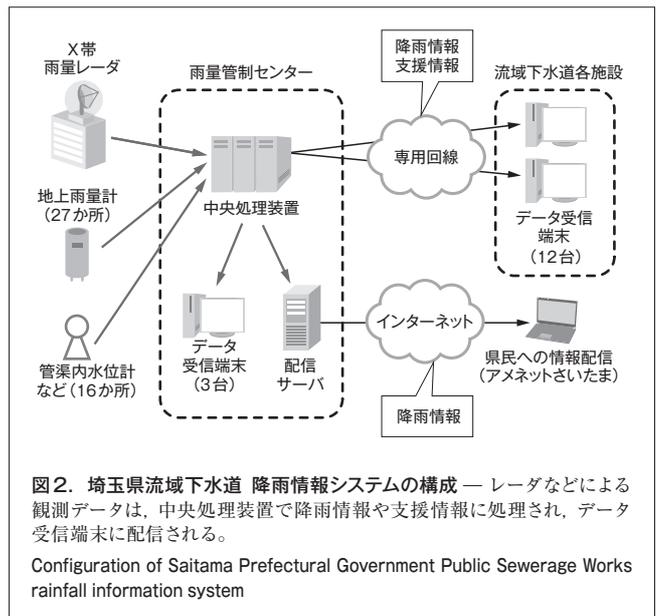
下水道用途では、特に地上での降雨量を高精度かつ面的に把握する必要がある。レーダは上空での降雨を高精度かつ面的に観測できるが、風などの影響で地上の降雨量と乖離(かいり)する場合がある。これに対し当社は、地上雨量計の観測値を用いてレーダの観測データを補正し、精度を高める技術も保有している。

3 下水道運用支援システムの構築例

ここでは、雨量レーダを活用した下水道運用支援システムの例として、当社が埼玉県下水道局に納入した埼玉県流域下水道降雨情報システムについて述べる。このシステムは、雨量レーダや、データ処理及び配信を行うシステムから構成される。システムにより得られた情報は流域下水道の各施設へ配信され、ポンプ場の運用支援などに活用される。また、インターネットによる県民向けの降雨情報公開も行われている(図2)。

このシステムを導入した流域下水道は、汚水と雨水を別々に処理する分流式下水道である。分流式下水道では、本来、雨水は汚水管に流入しないはずであるが、実際には様々な要因により雨水が浸入する。これは不明水と呼ばれ、この流域下水道では、不明水による計画を超えた流入で水位が急上昇し、圧縮された空気によるマンホールの破損や溢水(いっすい)が発生していた。また、流入した雨水や汚水がポンプ場に到達するまでの流達時間が短く、ポンプの運用判断が難しい流域でもあった。このシステムは、これらの課題の改善を目的として導入されたもので、局地的大雨などの際には運転操作員の判断の一助となっている。

システムの中核になるのが、埼玉県が独自に設置したX帯雨量レーダ(図1)である。このシステムは、雨量レーダの観測データに加えて地上雨量計による雨量情報、管渠(かんきょ)



内水位情報、及びプラント情報を収集し、中央処理装置で流入量予測や人員配備支援などの下水道施設運用に有益な情報に加工した後、ポンプ場を始めとした流域下水道の各施設へデータを配信している。これらの機能ブロック図を図3に示す。

このシステムは、雨天時の不明水流入に対する浸水防御と水防活動の迅速化を実現するため、施設運用面で以下の対応を可能にすることを目的としている。

- (1) 汚水や雨水の到達に対して早めにポンプを起動することで事前に管渠内水位を下げ、その後の雨による流入を貯留することで水位の急上昇に備え、マンホールの破損や溢水を防ぐ。
- (2) 汚水と雨水の流入のピークが重複する場合は、事前に管渠内水位を下げて管内に貯留し、処理場への送水量を平滑化できるようにする。

表 1. 運用支援機能

Support functions for facility operation

支援名	支援内容	主な機能
施設運転支援	雨量情報や管渠内水位などのデータを用いて、ポンプなどの施設運用支援情報を提供する。	(1) 管渠内水位傾向解析 (2) 流入量予測 (3) ポンプ運転支援
人員配備支援	雨量情報や管渠内水位などのデータを用いて、各幹線における人員配備支援情報を提供する。	(4) 人員配備支援

(3) 水位が上昇しそうな箇所を事前に把握し、適切な人員配備を可能にする。

これらの目的を達成するため、施設運用に対してこのシステムが提供できる支援内容とその主な機能を表1に示す。

主な機能の具体的内容を以下に示す。

- (1) 管渠内水位傾向解析 管渠内水位計設置箇所の水位の現在値と、30分先まで予測した10分間隔の水位傾向を表示している。データ受信端末の管渠内水位傾向解析画面を図4(a)に示す。
- (2) 流入量予測 3時間前から現在までの管渠内水位やポンプ場への流入量などを時系列に表示している。また、30分間隔のポンプ場への流入量を2時間先まで予測し、時系列に表示している。データ受信端末の流入量予測画面を図4(b)に示す。
- (3) ポンプ運転支援 運転支援に必要なポンプ場の流入量や、吐出力、汚水量などについて、3時間前から現在までの実績値と現在から2時間先までの予測値を表示している。
- (4) 人員配備支援 人員配備の判断に関係する観測地

点での細密レーダの雨量分布について現在値と30分先の予測値を表示している。また、管渠内水位の現在値と1時間先予測結果を表示している。

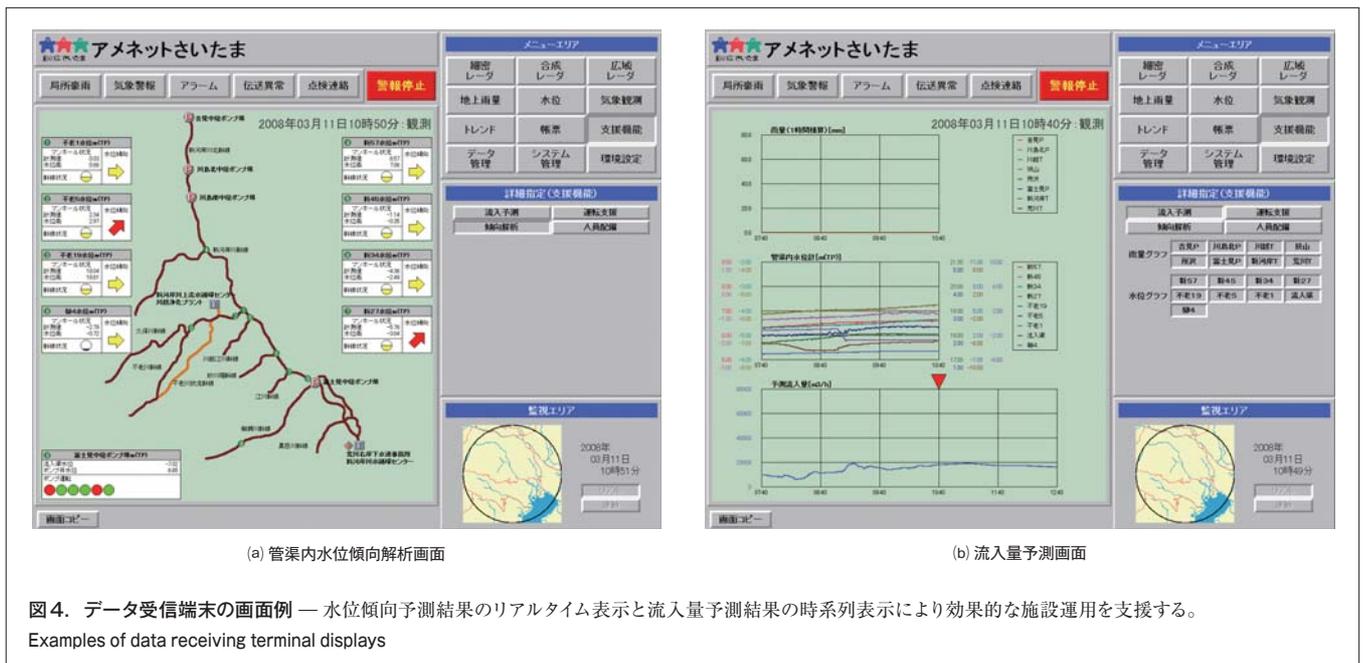
これら機能のうち、(1)の管渠内水位傾向の予測及び(2)の流入量の予測には、当社が開発したシステム同定手法⁽²⁾を用いており、施設運用に有効な支援を可能とするリアルタイム性と精度を確保している。また、(4)の雨量分布の予測は、雨域の移動方向と距離の解析結果に基づくものである。

下水道運用支援システムの導入により、降雨情報や、管渠内水位情報、支援情報などを活用し、ポンプ場の運転操作員が余裕を持って運転計画を立案できるようになった。また、前もってポンプを運転することにより、管渠内及びポンプ井の水位を低く抑えることが可能になり、マンホールにおける溢水などの被害も軽減された。インターネットによる降雨情報配信にも多くのアクセスがあり、県民生活に活用されている。

4 今後の展望

近年、雨量情報へのニーズの高まりから、雨量レーダの開発や導入に関する状況は大きく進展し、下水道用途での活用も進化している。当社の下水道用途のX帯MPレーダは、高分解能かつ高精度での観測が可能であり、豪雨時における施設運用への活用が期待されている。

また、当社が開発したフェーズドアレイ気象レーダは、高速かつ3次元での観測が可能という特長を生かし、局地的大雨の要因である積乱雲の発達をリアルタイムに観測できる(図5)。積乱雲は、急速に発達し、消滅までの時間が数十分程度と短いことから予測が難しく、施設運用や人員配備が後手になる



傾向があった。フェーズドアレイ気象レーダは、積乱雲の発達を迅速に捕捉可能であり、局地的大雨を降雨前に予測することができる。これにより、局地的大雨の際にも雨水が下水道施設へ流入するまでの時間に余裕が持てるようになり、事前の運用計画立案や適切な人員配備ができる。

今後は、X帯MPレーダによる高分解能かつ高精度な降雨観測データに、フェーズドアレイ気象レーダによる降雨前の積乱雲の高速3次元観測データを融合させることで、局地的大雨を降雨前から降雨後まで一貫して観測することが可能になる。この2種類の観測データを融合した下水道運用支援システムは、施設運用やその計画に時間的余裕を持たせることができ、迅速な対応が求められる水防活動において大きな効果を発揮すると考えられる⁽³⁾ (図6)。



図5. MPレーダとフェーズドアレイ気象レーダを併用した局地的大雨の観測及び予測 — フェーズドアレイ気象レーダにより積乱雲の発達をリアルタイムに捉えることで、局地的大雨を事前に把握できる。

Observation and prediction of localized torrential rainfall using combination of multiparameter radar and phased-array weather radar

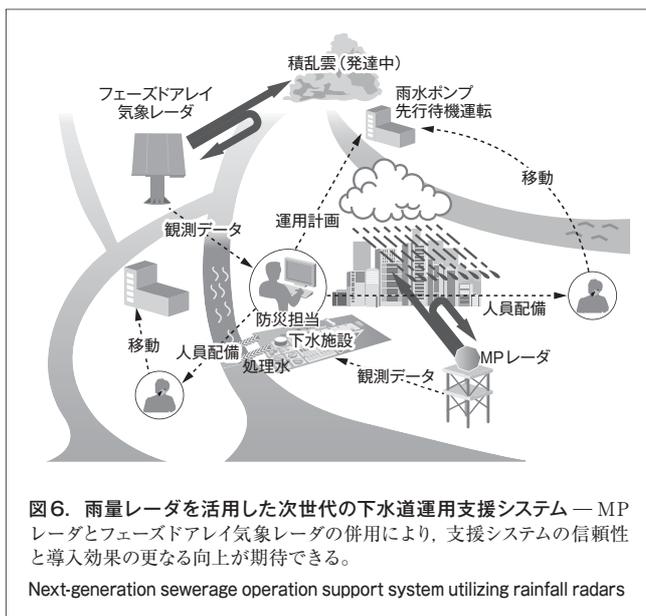


図6. 雨量レーダを活用した次世代の下水道運用支援システム — MPレーダとフェーズドアレイ気象レーダの併用により、支援システムの信頼性と導入効果の更なる向上が期待できる。

Next-generation sewerage operation support system utilizing rainfall radars

5 あとがき

雨量レーダを活用した下水道運用支援システムについて、その必要性や、当社の取組み状況、今後の展望などについて述べた。このシステムを導入した自治体では、ポンプ施設の迅速な運用が可能になり、浸水被害が軽減されるなどの効果が得られている。また、インターネットによる市民向けの降雨情報配信も広く利用されている。

今後も、当社の強みである雨量レーダを核とした下水道運用支援システムの開発と展開を通して、下水道の安全性と信頼性の向上に取り組んでいく。

文 献

- (1) 五十嵐圭一 他. “埼玉県荒川右岸流域下水道における降雨情報システムを活用した豪雨時の不明水対策について”. 第40回下水道研究発表会講演集. 東京, 2003-07, 日本下水道協会. 2003, p.343-345.
- (2) 山中 理 他. システム同定技術の雨水対策システムへの適用. 東芝レビュー. 57. 12. 2002. p.72-73.
- (3) 石井孝典 他. “局地的豪雨を予測するフェーズドアレイ気象レーダの実用化と下水施設運用への適用”. 第50回下水道研究発表会講演集. 東京, 2013-07, 日本下水道協会. 2013, p.199-201.



高橋 清浩 TAKAHASHI Kiyohiro

コミュニティ・ソリューション社 水・環境システム事業部 水・環境システム技術部参事。上下水道など公共システムのエンジニアリング業務に従事。環境システム計測制御学会会員。

Water & Environmental Systems Div.



梅田 賢治 UMEDA Kenji

コミュニティ・ソリューション社 水・環境システム事業部 水・環境システム技術部グループ長。上下水道など公共システムのエンジニアリング業務に従事。技術士(上下水道部門, 電気電子部門, 総合技術監理部門)。

Water & Environmental Systems Div.



和田 将一 WADA Masakazu, Ph.D.

社会システム社 電波システム事業部 電波応用推進部参事, 博士(工学)。気象防災システムの商品企画, エンジニアリング業務に従事。

Defense & Electronic Systems Div.