

第2章 技術の概要

第1節 技術の目的と概要

§5 技術の目的

本技術は、雨量や下水管路内水位、浸水予測等の情報をリアルタイムで施設管理者等へ提供することができる「ICTを活用した浸水対策施設運用支援システム（以下、本システムとする）」を構築することにより、ポンプ場施設等都市内に整備された既存浸水対策施設を効果的に運用し、浸水被害の軽減を図ることを目的とする。

【解 説】

近年の集中豪雨や局地的大雨の発生に伴って、都市部で浸水被害が多発している。これらの浸水被害の中で、降雨に対し下水道施設の排水能力が不足して発生する浸水被害である「内水氾濫」は下水道事業で解決すべき課題のなかでも最優先事項といえる。

一方、下水道事業の財政が厳しい現状では、ハード（大規模管路・ポンプ場・貯留施設等）による早急な対策は難しい状況にあるため、「ストックを活用した都市浸水対策機能向上検討委員会（平成26年1月、国土交通省）」で提言されたとおり、都市内に整備された既存浸水対策施設をストックとして有効活用することによる浸水対策が重要となる。

本技術は、雨量や下水管路内水位、浸水予測等の情報をリアルタイムで施設管理者等へ提供することができるシステムを構築し、既存浸水対策施設を現状よりも効果的に運用することによって、浸水被害の軽減を図るものである。

§6 システムの概要

本システムは、下記の一連のプロセスを一体的に結び付けた情報伝達技術によって、リアルタイムの計測値や解析値、運転支援情報を集約して、施設管理者等へ提供するものである。

- (1) データ計測
- (2) データ収集・表示
- (3) 流出解析・浸水予測
- (4) 既存浸水対策施設の運転支援情報の配信

【解 説】

一般に都市域の雨水は、下水道施設等の排水施設に流入した後、河川や海域に排水される。この時、自然流下によって排水される施設以外は、ポンプ等により強制排水される場合が多い。

下水道事業におけるポンプ排水は、通常、ポンプ井の水位のみの情報によりポンプの運転を制御することが多く、上流域の水位や浸水発生状況は把握できていない。そのため、排水区域全体の状況を踏まえた対応（例えば、上流域の水位上昇を踏まえたポンプの早期起動等）は困難な状況にある。

また、ポンプの運転判断に必要な情報である、雨量や下水管路内水位、個々のポンプ運転状況は、別々に情報を収集しているか、計測されていないことが多く、全国的にこれらの情報を一体的に管理・監視する体制が整っているとは言い難い。

さらに、XRAIN 等全国で配備が進んでいるレーダ雨量情報についても、都市浸水対策に有用な情報であるが、現況の監視以外に活用されているとは言い難い。

これらの状況に対し、本システムは、水位・雨量・浸水予測情報をリアルタイムに監視・分析評価し、各種情報を集約して施設管理者等に提供するものである。本システムを導入することで、ポンプ等既存浸水対策施設の効果的な運用により、浸水被害を低減することが可能となる。

本システムは、原則として以下の機能を要する。

- XRAIN 雨量情報および予測雨量の収集・リアルタイム表示
- 地上雨量計による雨量情報の収集・リアルタイム表示
- 水位計による下水管路内水位情報の収集・リアルタイム表示
- 浸水状況監視カメラによる浸水情報の収集・表示
- 導入対象の区域の運転支援情報を、施設運転に必要な時間内に提供できる流出解析・浸水予測技術
- 施設管理者等に対して理解しやすい情報提供画面
- 浸水や地震等の災害時においても情報収集・配信が可能な情報伝達手段
- 水位計測、地上雨量計測およびカメラ撮影の確実な電源確保または電源不要な機能

また、本システムにおいて取り扱う情報とデータ種別について表 2-1 に示す。

表 2-1 本システムで扱う情報とデータ一覧

情報	データ	データ種別	
		インプット	アウトプット
雨量情報	地上雨量	計測値	計測値
	レーダ雨量	計測値 予測雨量	計測値 予測雨量
水位情報	管内水位	計測値	計測値
	浸水深（実績）	計測値	計測値
浸水情報	監視カメラ映像	計測値	計測値
	浸水シミュレーション結果	—	解析値
浸水予測情報		—	解析値
運転支援情報			

本システムは、以下に示すプロセスで構成されており、一体的に結びつけた本システムの概要を図 2-1 に示す。

（１）データ計測

本システムの導入対象の区域（以下、対象区域）の雨量、下水管路内水位、浸水状況等の各種情報をリアルタイムで計測する。

（２）データ収集・表示

計測した各種情報を情報伝達技術で収集し、リアルタイムに表示することにより対象区域内における下水管路内水位や浸水状況等の監視を行う。実証研究においては、専用線として敷設した下水道光ファイバーを情報伝達技術として用いた。

（３）流出解析・浸水予測

対象区域内の下水管路・ポンプ場等の施設データや地形データ等を反映させた流出解析・浸水予測モデルにより、浸水予測シミュレーションを行う。浸水予測シミュレーションでは、リアルタイムで収集した対象区域内の計測・予測雨量および下水管路内水位を入力して解析を行い、一定時間内に近い将来までの浸水発生状況の予測を行う。さらに、浸水被害が発生する恐れがある場合は、施設運転方法（例えばポンプの早期運転等）を変更した場合の解析を行い、最も被害の軽減が可能な運転方法について検討を行う。

(4) 運転支援情報の配信

(3)の結果から、施設運転方法の変更を判断するための支援情報を施設管理者等に提供する。

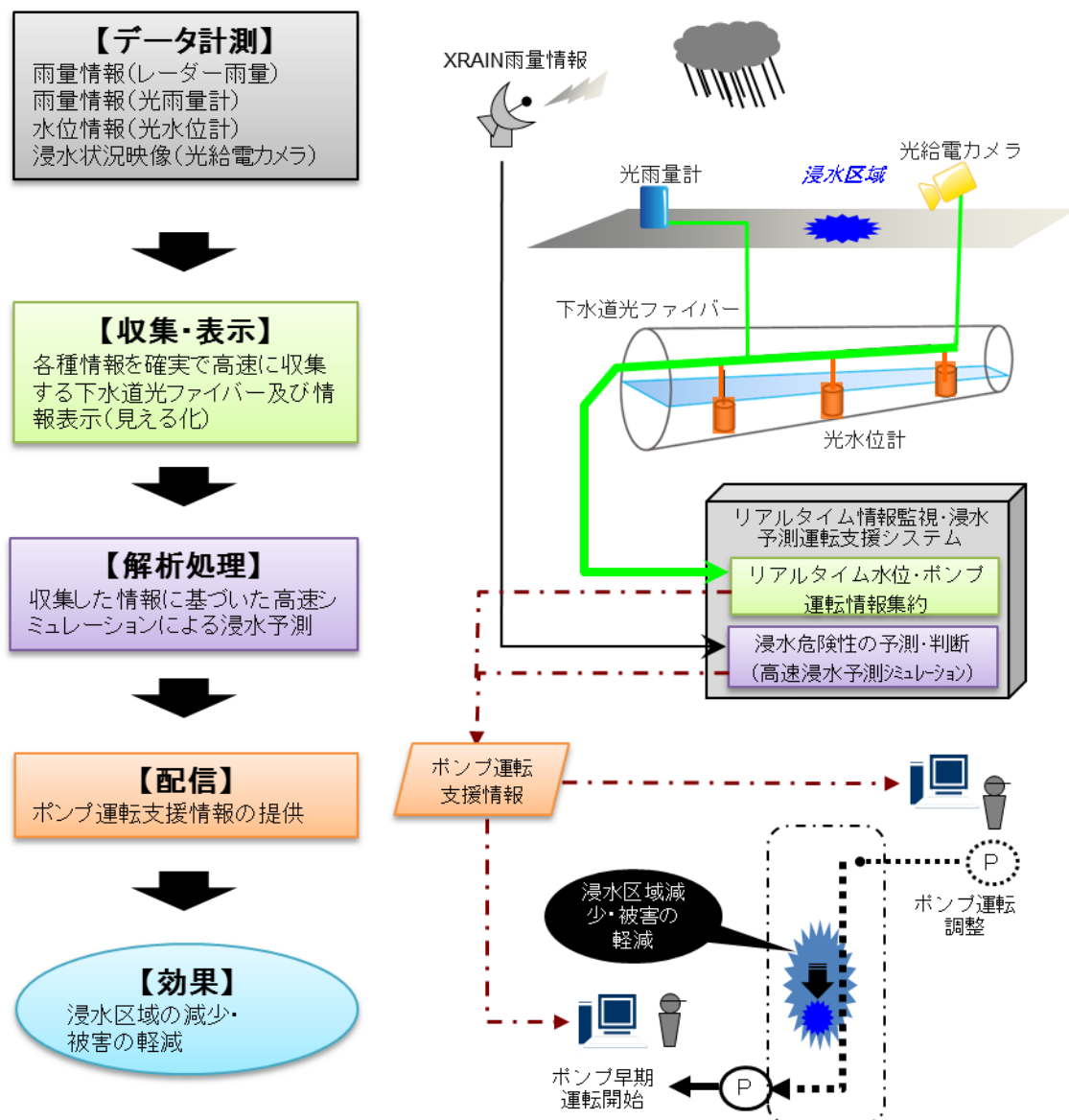


図 2-1 実証研究における ICT を活用した浸水対策施設運用支援システムの概要

第2節 システムを構成する要素技術の概要

§7 システムを構成する要素技術の概要

本システムは、以下の要素技術から構成される。

- (1) 計測技術
 - 1) 水位計
 - 2) レーダ雨量計
 - 3) 地上雨量計
 - 4) 浸水状況監視カメラ
- (2) 情報伝達技術
- (3) 流出解析・浸水予測技術

【解 説】

(1) 計測技術

計測技術は、現在および将来の対象区域や既存施設の雨天時における状況を把握するものであり、水位計、レーダ雨量計、地上雨量計および浸水状況監視カメラおよびで構成される。

1) 水位計

水位計は、降雨時の下水管路における水位変化を計測することを目的として設置する。計測した水位は、下水管路内の水位をリアルタイムで監視するとともに、流出解析・浸水予測技術で活用することを鑑み、§8に示す機能を有することが求められる。

2) レーダ雨量計

レーダ雨量計は、対象区域内の面的な降雨分布を把握するため必要である。本システムでは、XバンドMPレーダおよびCバンドレーダ雨量計によるものを基本とする。

各レーダ雨量は、実証研究で利用した国土交通省が設置しているXRAINの他にも、地方公共団体や研究機関が設置しているものがある。各レーダ雨量計では、配信方法やデータフォーマットが異なるため、利用にあたっては各機関に確認を行い、流出解析・浸水予測技術として用いるソフトウェア等への読み込みの可否やデータ変換の必要性等について検討を行うことが必要である。これらレーダ雨量計の特徴は、§9に示すとおりである。

3) 地上雨量計

本システムでは、レーダ雨量計による計測値を浸水予測シミュレーションのインプットデータとして用いるが、レーダ雨量計は電波により上空にある雨雲中の雨粒を観測することで雨量を計測するシステムであり、風の影響等により地上での雨量と一致しない場合がある。このため地上雨量計は、対象区域内におけるレーダ雨量情報の精度を確認する目的で設置する。

上記のことを踏まえ、地上雨量計は、§10 に示す機能を有することが求められる。なお、必要な機能を有していれば、既存の地上雨量計を活用してもよい。

4) 浸水状況監視カメラ

地表面の浸水状況の監視を目的として設置する。浸水状況監視カメラは、浸水開始～解消までの浸水範囲や浸水深等浸水状況の変化を確認するとともに、これらを連続的に画像として記録できることが必要である。

上記のことを踏まえ、浸水状況監視カメラは、§11 に示す機能を有することが求められる。

(3) 情報伝達技術

情報伝達技術は、計測したデータを収集し、本システムに集約するものである。

情報伝達技術で収集したデータをリアルタイムで表示することにより、時々刻々と変化する情報を監視しながら、ポンプ等施設の運転操作を行うことが可能となる。

実証研究では情報伝達技術として、下水道光ファイバーを用いたが、それ以外にも、通信事業者が提供する専用線、一般回線、モバイル等の通信サービスがあり、導入する目的に応じて選択する必要がある。なお、それぞれの機能の違いは§12 に示すとおりである。

(4) 流出解析・浸水予測技術

流出解析・浸水予測技術は、浸水対策施設の効果的な運用に向けた運転支援情報を提供するため、計測・収集した水位や雨量の計測値を入力し、リアルタイムで浸水予測シミュレーションが可能なソフトウェアを用いて、下水管路内の水位や浸水状況を予測するものである。

上記のことを踏まえ、流出解析・浸水予測技術は§13 に示す機能を有することが求められる。

以上に示す本システムを構成する要素技術の関係について図 2-2 に示す。

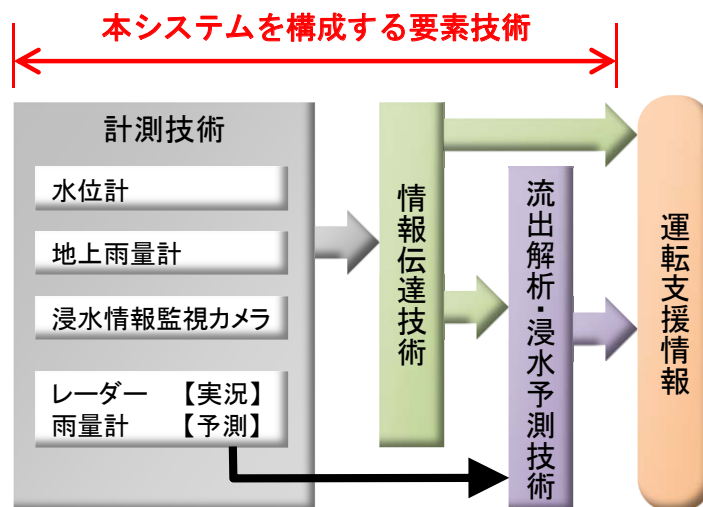


図 2-2 本システムを構成する要素技術の関係計測技術

第3節 計測技術

§8 水位計

本システムの要素技術として用いる水位計の選定にあたっては、以下の項目に関する仕様について確認した上で、機器の特徴や設置環境、費用等を勘案し、総合的に判断する。

- 1) 満管以上の計測可否
- 2) 計測精度
- 3) 計測範囲
- 4) 分解能
- 5) データ転送

【解説】

本システムで用いる水位計に必要となる仕様は以下のとおりである。なお、表 2-2 に一般的な水位計の仕様を示す。

1) 満管以上の計測可否

浸水被害が発生する際には、下水管路が満管以上となっている場合が多いと考えられることから、満管以上（圧力流れ状態）でも水位（水頭）を計測できることが必要である。

2) 計測精度

水位計の計測精度は、測定原理等により異なる。なお、一般的な水位計の計測精度は表 2-2 に示すとおりである。

実証研究で用いた小型光水位計の計測精度は、 $\pm 2.5\%F.S.$ ※であり、表 2-2 で示すとおり他の水位計より若干低い。実証研究の結果、運転支援情報提供にあたって十分な精度の情報（1分ピッチ瞬間値計測で 1cm 単位の水位）を得られることが確認されている。したがって、本システムで必要とする計測精度は $\pm 2.5\%F.S.$ 以上とする。

※一般的に水位計の計測精度は、フルスケール（フルスパン）誤差（ $\pm\% F.S.$ ）で表示される。

$$\text{誤差}(E) = \text{測定値}(WL1) - \text{真の値}(WL2)$$

$$\text{フルスケール誤差}(E_{FS}) = E / \text{測定範囲}(WL_{FS}) \times 100 (\%)$$

3) 計測範囲

本システムで用いる水位計は、小降雨時から豪雨時、更に浸水発生時に至るまでの下水管路内の水位変動を計測できることが求められる。また、下水管路の管径や埋設深によって計測すべき範囲は異なることから、対象となる管路の状況を踏まえて、適切な計測範囲を有する水位計を選定しなければならない。

4) 分解能

ガイドラインでは、本システムで必要とする水位計の分解能として以下の2項目を取り扱う。

水位の分解能	: 計測できる最小単位
測定時間の分解能	: 計測する時間の最小間隔

① 水位の分解能

水位の分解能について、実証研究で利用した小型光水位計は1cmであり、表2-2に示す他の水位計と比べると粗いが、実証研究の結果、小型光水位計による計測結果を用いることで、運転支援情報提供にあたって十分な精度の情報（1分ピッチ瞬間値計測で1cm単位の水位）を得られることが確認されている。したがって、水位の分解能は1cm以下とする。

② 測定間隔の最小分解能

実証研究の結果、1分ピッチ瞬間値計測で1cm単位の水位の計測結果を用いることで、運転支援情報提供にあたって十分な精度の情報を得られることが確認されている。また、レーダ雨量計のうち、配信データピッチの細かいXRAIN配信データの計測値は1分ピッチである。以上を踏まえ、測定時間の分解能は1分以下とする。

5) データ転送

水位情報をリアルタイムで収集し、水位の監視や浸水予測シミュレーションを実施するためには、水位計測値の転送機能が必須となる。

なお表2-2に示す一般的な水位計においては、いずれもデータ転送が可能であるが、本システムで用いた通信伝達技術である下水道光ファイバーで転送する場合は、小型光水位計のみが対応しており、その他の水位計では通信装置や他の通信伝達技術を別途用意する必要がある。

表 2-2 代表的^{※1} な水位計の一般的な仕様

項目	圧力式水位計		超音波式水位計 ^{※2}
		小型光水位計 (本実証研究で使用)	
満管以上の計測可否 浸水発生時の計測可否	可能	可能	不可能
計測精度	±0.1%FS 一般に流通する製品の中 の最高精度	±2.5%FS	±0.25%FS 一般に流通する製品の中 の最高精度
計測範囲	0.0m～50.0m 一般に流通する製品の 最小と最大	0.0m～10.0m	0.3m～19.5m (測定器から水面まで) 一般に流通する製品の 最小と最大
分解能	水位	0.1cm	1cm
	最小計測 時間間隔	1 秒	1 秒 ^{※3}
データ転送	データ転送設備を別途設 けることで可能	光ファイバーを通じて可能	データ転送設備を別途設 けることで可能

※1 上表は、下水道での使用実績をふまえた代表的な水位計を示すものであり、その他の水位計においても設置環境により、選定することもできる。

※2 超音波式水位計による暗渠での満管以上の計測は計測設備の水没により不可能だが、開水路では安定して計測することができる。

※3 実証研究では1分毎の瞬間値を計測値として使用した。

§9 レーダ雨量計

本システムでは、XRAIN 等レーダ雨量計による計測値および予測雨量を使用する。そのため、本システムの要素技術として用いるレーダ雨量情報の選定にあたっては、以下の項目について確認した上で、設置環境や費用等を勘案し、総合的に判断する。

- 1) 配信周期
- 2) 空間解像度

【解説】

レーダ雨量計による雨量情報の利用にあたっては、本システムを導入する地域における既存サービスを利用することを基本とする。

国土交通省では、豪雨監視体制の強化を目的に、XバンドMPレーダ等を用いた「XRAIN（エクステンデッドレーダ雨量計ネットワーク（高性能レーダ雨量計ネットワーク）の略）」と呼ばれる観測ネットワークを整備しており、XRAINの観測網に入っている地域においては、原則として、計測値は計測精度の高いXRAIN雨量情報を、浸水予測シミュレーションには(一財)日本気象協会が配信するXRAIN予測雨量をインプットデータとして利用する。

なお、実証研究においてもこれらの情報を用いて検討を行った。

XRAINの観測網に入っていない地域においては、国土交通省が整備するCバンドレーダの雨量情報を利用することが考えられる。

なお、XバンドMPレーダは、国土交通省が整備しているXRAINの他にも、地方公共団体や研究機関が設置しているものや研究中のものがある。XRAINとその他のレーダ雨量では、配信方法やデータフォーマットが異なるため、利用にあたっては各機関に確認を行い、流出解析・浸水予測技術での利用の可否やデータ変換の必要性等について検討を行うことが必要である。

1) 配信周期

配信周期は使用する（入手可能な）レーダ雨量計によって異なる。表2-3に参考としてXRAINと国交省レーダ（Cバンド）の配信周期を示す。

配信周期が細かいほど、より多くの情報を取得することが可能であり、きめ細かい運転支援情報を得ることが可能となる。

2) 空間解像度

降雨の偏在性を踏まえたレーダ雨量情報を得るため、空間解像度は対象区域内を複数に分割できるレベルが望ましい。表2-3に参考としてXRAINと国交省レーダ（Cバンド）の空間解像度を示す。

表 2-3 主なレーダ雨量計の仕様

項目		XRAIN (Xバンド) (本実証研究で使用)	国交省レーダ (Cバンド)
計測精度 (地上雨量計との比較等)		地上雨量計との相関係数： 0.9 以上	地上雨量計との 相関係数： 0.9 以上
観測範囲		半径 60km	半径 120km
分解能	降雨強度	0.1mm/hr	降雨強度範囲により変化 0.1 mm/hr (0～ 2mm/hr) 0.25 mm/hr (2～ 5mm/hr) 0.5 mm/hr (5～ 10mm/hr) 1.0 mm/hr (10～180mm/hr) 2.0 mm/hr (180mm/hr 以上)
	配信周期	1 分	5 分
	空間解像度	250m	1km
観測網		観測網に入らない地域がある 35 基レーダ設置済 (H25 末現在)	全国をカバー
配信における地上雨量計 による補正		補正なし	補正あり

§10 地上雨量計

本システムの要素技術として用いる地上雨量計は、レーダ雨量計の計測値の妥当性を確認する目的で設置する。以下の項目に関する仕様について確認した上で、気象業務法およびこれに基づく気象測器検定規則に適合したものでなければならない。

- 1) 計測精度
- 2) 分解能
- 3) データ転送

【解説】

本システムで用いる地上雨量計に必要な仕様は以下のとおりである。なお、表 2-4 に一般的な地上雨量計の仕様一覧を示す。

1) 計測精度

計測精度は、気象業務法に基づくものとする。参考として表 2-4 に一般的な地上雨量計における計測精度を示す。いずれの地上雨量計も気象観測用として求められる精度を有している。

2) 分解能

レーダ雨量計測値の妥当性の確認にあたっては、独自に設置した地上雨量計以外に、地域気象観測システム（アメダス）等を活用する場合もある。したがって、地上雨量計の分解能は、地域気象観測システム（アメダス）の雨量データの最小表示単位である0.5mmを標準とする。

3) データ転送

本システムにおいて地上雨量計の計測値とレーダ雨量計の計測値とをリアルタイムで確認する場合は、データ転送機能が必要である。なお表 2-4 に示す一般的な地上雨量計においては、いずれもデータ転送が可能であるが、本システムで用いた通信伝達技術である下水道光ファイバーで転送する場合は、光雨量計のみが対応しており、その他の雨量計では通信装置や他の通信伝達技術を別途用意する必要がある。

表 2-4 代表的な地上雨量計の一般的な仕様

項目	転倒ます雨量計		貯水型雨量計
		光雨量計 (本実証研究で使用)	
計測精度	■転倒雨量 0.5mm の場合 雨量 20mm 以下で 0.5mm, 雨量 20mm 超で雨量の 3% ■転倒雨量 1mm の場合 雨量 40mm 以下で 1mm, 雨量 40mm 超で雨量の 3%	■転倒雨量 0.5mm の場合 雨量 20mm 以下で 0.5mm, 雨量 20mm 超で雨量の 3% ■転倒雨量 1mm の場合 雨量 40mm 以下で 1mm, 雨量 40mm 超で雨量の 3%	■貯水型自記雨量計 雨量 20mm 以下で 0.5mm 雨量 20mm 超で雨量の 3%
分解能	雨量	0.1mm, 0.5mm, 1.0mm	0.5mm, 1.0mm
データ転送		データ転送設備を別途設けることで可能	光ファイバーを通じて可能

§11 浸水状況監視カメラ

本システムの要素技術として用いる浸水状況監視カメラの選定にあたっては、以下の項目に関する仕様について確認した上で、機器の特徴や設置環境、費用等を勘案し、総合的に判断する。

- 1) 分解能（画素数、フレームレート）
- 2) 撮影可能な最低照度

【解 説】

対象区域内における浸水状況を正確に把握するためには、下水管路内水位に加えて、映像から把握することが効果的であることから、浸水状況監視カメラを設置することが望ましい。

浸水状況監視カメラの仕様に関する確認項目を表2-5に示す。

表 2-5 浸水状況監視カメラの仕様に関する確認項目

分類	確認項目	確認内容
浸水状況監視カメラ技術として確認すべき仕様	分解能 (画素数)	道路冠水や家屋被害等の浸水状況を判読できる画素数が必要（概ね30万画素以上）。ただし、プライバシーの侵害に留意が必要。
	分解能 (フレームレート)	短時間での浸水状況の変化を捉えるためには、できるだけ短い間隔で撮影する方が有利である。
	最低照度	夜間においても浸水状況を把握するために、設置環境に応じて必要最低限の照度が必要。

参考として表2-6に代表的な浸水状況監視カメラの仕様一覧を示す。

表 2-6 代表的な浸水状況監視カメラの仕様

項目	光給電カメラ (本実証事業で使用)	アンダーパスや地下街の 浸水状況監視カメラ（一例）	河川ライブカメラ (国土交通省・一例)
分解能	画素数	640×480（30万画素）	640×480（30万画素）
	フレームレート	1フレーム/秒	20フレーム/秒
最低照度※	3Lux（カラーモード）	2Lux（カラーモード）	0.009Lux（カラーモード）
	夜間は街灯等による 明かりが必要	夜間は街灯等による明かり が必要	闇夜においても撮影可能

※：最低照度：カメラで撮影可能な必要最低限の明るさ

単位はLux（ルクス：1平方メートルの面が1ルーメンの光束で照らされときの照度）

警視庁「安全・安心まちづくり推進要綱」で定められる照度基準：道路3Lux以上，駐車場31lux以上，公園3Lux以上

明るさの目安：晴天の太陽光⇒10,000 Lux以上，百貨店売場⇒500～700 Lux

満月の夜⇒0.2Lux，星明かりのみの夜⇒0.02Lux，闇夜⇒0.007Lux

第4節 情報伝達技術

§ 12 情報伝達技術

本システムの要素技術として用いる情報伝達技術の選定にあたっては、以下の項目に関する仕様について確認した上で、通信手段の特徴や設置環境、費用等を勘案し、総合的に判断する。

- 1) 通信速度
- 2) 安定性（通信速度の確保）
- 3) 確実性（災害時の通信確保）

【解 説】

対象区域内の下水管路内水位、地上雨量、浸水状況監視映像は、リアルタイムで本システム内に集約して監視することが必要であり、これら情報を浸水予測シミュレーションに入力するため、迅速かつ確実に伝達する必要がある。

また、運転支援情報を周辺施設に配信する場合は、配信情報についても、迅速かつ確実に伝達する必要がある。

情報伝達技術の仕様に関する確認項目を表2-7に示す。

表 2-7 情報伝達技術の仕様に関する確認項目

分類	項目	確認内容
情報伝達技術として確認すべき項目	通信速度	本システムで取り扱う情報量に対応した速度が確保できるか（なお、実証研究で必要な通信速度は、2.5Mbps程度であった）。 本システムで扱う情報量に比べて、通信速度が不足した場合、情報の遅滞が発生する可能性があるため、複数の浸水状況監視カメラを設置する等、大量の情報を取り扱う場合は特に注意が必要。
	安定性	本システムで必要な通信速度を常時確保できるか。
	確実性	災害時においても、できるだけ通信の制約（通信の遮断等）を受けず、通信を確保できるか。

実証研究で使用した下水道光ファイバーの他に、一般的な通信サービス等の仕様を比較したものを表2-8に示す。

表 2-8 各情報伝達技術の仕様

項目	諸元						
通信事業者との契約 (※1)	不要	必要 (NTT 等)					
通信手段	有線					無線	
	下水道 光ファイバー	専用線		一般回線		モバイル	
	光	アナログ	光	ADSL	光	携帯(例)	PHS(例)
通信速度 (bps) (※2)	～60G	2400 ～9600	0.5M～10G	8M～50M	100M	受信：～7.2M 送信：～1.8M	受信：～7.2M 送信：～384K
安定性 (※3)	安定	安定	安定	ベストエフォート型	ベストエフォート型	ベストエフォート型	ベストエフォート型
確実性 (※4)	確実	確実	確実	不確実	不確実	不確実	不確実
通信の遅滞 (※5)	遅滞なし	遅滞する	遅滞なし	遅滞する 可能性あり	遅滞する 可能性あり	遅滞する 可能性あり	遅滞する 可能性あり

※1：下水道光ファイバーが敷設されていない場合は、新規に敷設工事が必要となるため注意が必要。

※2：速度：通信手段ごとのデータ通信速度

※3：安定性：通信網の通信帯域を確保し、通信速度が利用者に対して保障されるか否かを示すための項目

ベストエフォート型では、通信帯域の共用により、混雑時等に実効通信速度が低下する等、通信状態が不安定となる可能性がある。

※4：確実性：災害時等の通信が輻輳すると考えられる状況において、通信の制約（通信の遮断）を受けるかを示すための項目

下水道光ファイバー

下水道光ファイバーは、架空線に比べ、下水管内に敷設するため、地震・台風・竜巻・火事等災害時の被災率が少ない。

専用線（アナログ、光）

専用線は、一般回線と同様に局舎間以外は架空線となるため、地震・台風・竜巻・火事等災害時には断線の恐れがある。

※5：通信の遅滞：本システムにおいて、XRAINを利用した場合に、遅滞なく伝送できる通信速度か否かを示すための項目

XRAINを利用した場合に、遅滞なく伝送するために必要となる、2.5Mbpsの通信速度を想定

第5節 流出解析・浸水予測技術

§13 流出解析・浸水予測技術

本システムで用いる流出解析・浸水予測技術は、レーダ雨量計の予測値をリアルタイムで収集し流出解析処理を行い、下水管路内の水位や浸水発生箇所を予測するものであることから、その選定にあたっては、以下の項目に関する仕様および条件について確認した上で、各技術の特徴や導入条件、費用等を勘案し、総合的に判断する。

（１）必要となる仕様

- １）リアルタイムでのレーダ雨量計の予測値の自動読み込み

（２）現場ごとに考慮すべき条件

- １）予測精度
- ２）解析時間（情報提供間隔）

【解 説】

流出解析・浸水予測技術として用いる、リアルタイムで浸水予測シミュレーションが可能なソフトウェアの仕様および条件において確認すべき項目は、①本システムに用いる技術として必要である項目と、②技術を導入する現場ごとに考慮すべき項目の２つに大別することができる。

本ガイドラインでは、流出解析・浸水予測技術に関する仕様および条件の確認項目を上記２つに分類した上で、表2-9に示すように設定した。

表 2-9 流出解析・浸水予測技術に関する仕様の確認項目

分類	確認項目	確認内容
本システムとして必要な項目	レーダ雨量計の予測値の自動読み込み機能	リアルタイムに配信されるレーダ雨量計の予測値を自動的に読み込む機能を有することが必要。
現場ごとに考慮すべき項目	予測精度	ポンプ運転水位や浸水被害状況の把握が必要。
	解析時間（情報提供間隔）	予測した解析値と計測値の誤差が予測精度以内となる予測時間内での解析が必要。

（１）必要となる仕様

１）リアルタイムでのレーダ雨量情報の自動読み込み

本システムでは、XRAIN等のレーダ雨量計の予測値を入力値として、リアルタイムで流出解析・浸水予測を行うことから、採用するレーダ雨量計の予測値に応じたリアルタイムでの自動読み込み機能を持った、流出解析・浸水予測ソフトウェアが必要である。

(2) 現場ごとに考慮すべき条件

1) 予測精度

一般的に用いられるソフトウェアは、大きく分け一次元解析モデルと地表面氾濫解析モデルで構成されていることから、予測精度は一次元解析モデルで予測される下水管路内水位と、地表面氾濫解析モデルで予測される浸水深に対し設定する。

なお実証研究で設定した予測精度については、「資料編 3.4.4」を参照のこと。

① 下水管路内水位に求められる予測精度

ここでは、実証研究で対象としたポンプ場施設に対する予測精度の考え方について示す。

一般にポンプ設備は間欠運転による機器の故障を防ぐため、起動水位（ポンプ井H.W.L）と停止水位（ポンプ井L.W.L）に一定の水位差を確保し、複数台のポンプを段階的に運転することが多い。本システムを活用してポンプの先行運転等を実施する場合、予測誤差がこの水位差より大きいと図2-3に示すとおり、先行運転対象とするポンプ台数を誤ってしまう可能性がある。したがって、ポンプ場施設の効果的な運用を行う上では、ポンプの起動水位と停止水位差未満の誤差にとどめることが必要となる。なお、各ポンプの起動・停止水位差が異なる場合は、その最小値以下の予測精度を確保する。

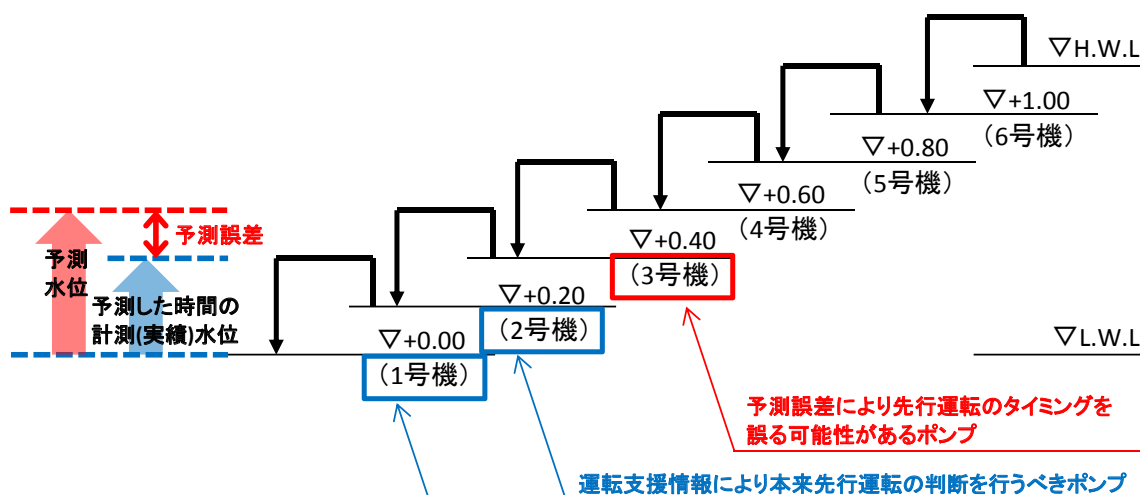


図 2-3 予測情報に基づくポンプの先行運転時における予測誤差の影響

② 浸水深に求められる予測精度

浸水実績の多くは、道路冠水、床下浸水、床上浸水に区分し整理されている。現場により歩車道、路面と宅盤、および軒下の高低差は異なるが、的確な浸水状況の把握と予測を行うため、浸水実績とリアルタイム浸水予測シミュレーションによる解析結果の浸水深における誤差は現場の平均的なこれらの高低差未満とする必要がある。

2) 解析時間（情報提供間隔）

実証研究においてレーダ雨量計の予測値は、予測時間が長くなるほど、計測値との乖離が大きくなることを確認しており、流出解析・浸水予測技術による解析値においても同様となる。

したがって、解析時間は、計測値と解析値の差が1)に設定した下水管路内水位や浸水深に求められる予測精度を超えない時間内で設定する必要がある。また、運転支援情報を提供する時間間隔（情報提供間隔）についても同様に、予測精度を確保できる時間内で設定する。

解析時間の設定方法を図2-4に示す。

なお実証研究で設定した解析時間の考え方については、「資料編 3.4.4」を参照のこと。

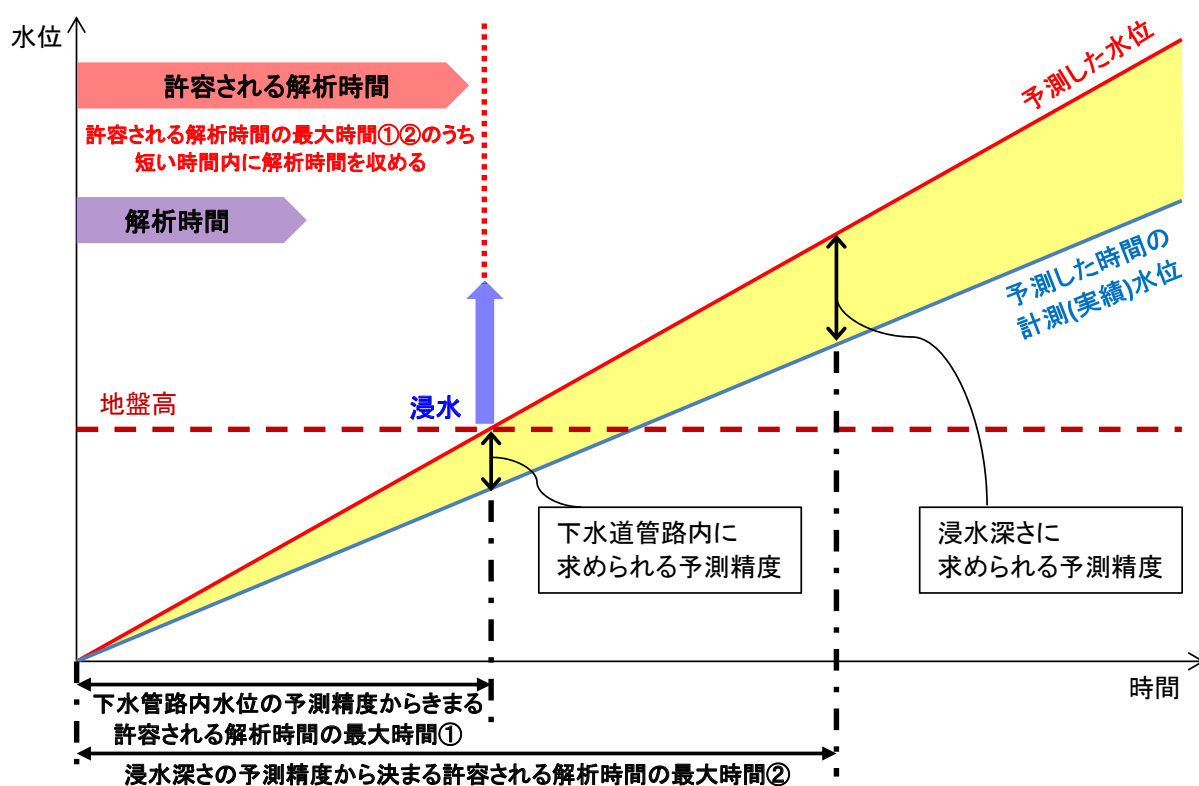


図 2-4 解析時間の設定方法

参考として、一般的に利用されているソフトウェアの仕様を表2-10に示す。

表 2-10 リアルタイム浸水予測シミュレーション（ソフト）の仕様

項目	Info Works ICM Live ^{※1} (本実証研究で使用)	その他の流出解析モデルを 活用する場合 ^{※2}
読み込み可能な レーダデータ ^{※3}	■XRAIN 配信データ ^{※4} 計測レーダ (1 分間隔, 過去 1 分間含む) 予測レーダ (5 分間隔, 1 時間先まで)	データを変換する等の加工 が必要
水位実測値を利用した 解析結果の自動補正	可能 (解析モデル内に補正機能を追加)	補正プログラムの開発が必要
予測精度	対象流域のポンプ運転水位や浸水被害状況 による	
解析時間 (情報提供間隔)	予測した解析値と計測値の誤差が予測精度 以内となる予測時間による	

※1 InfoWorks ICM Live は、商用の流出解析モデル（ソフトウェア）である InfoWorks ICM に対し、リアルタイムでのレーダ雨量情報の自動読み込み機能や雨量情報を受信するたびの逐次解析機能を備えたリアルタイム浸水予測シミュレーション用の流出解析モデル（ソフトウェア）である。

※2 流出解析モデル（ソフトウェア）のうち、商用モデルとして代表的なモデル（ソフトウェア）は、InfoWorks シリーズ、MIKE シリーズ、xpswmm シリーズがある。このうち、ソフトウェアとしてリアルタイム浸水予測シミュレーションに必須とされる仕様を有しているのは InfoWorks シリーズのみである。したがって、その他のモデル（ソフトウェア）については、別途、処理プログラムを準備する必要がある。

※3 InfoWorks ICM Live では、気象庁提供/配信 JMA レーダ も読み込み可能であるが、予測雨量が 30 分間隔と長く、本システムへの適用が困難である。
JMA レーダとは、気象庁が配信している合成レーダ（10 分間隔）、降雨ナウキャスト（5, 10 分間隔）、降水短時間予報（30 分間隔）のことである。

※4 InfoWorks ICM Live における XRAIN 配信データの読み込み時には、日本気象協会提供/配信の XRAIN 配信データ用フォーマットに合わせる必要がある。

第6節 ICT を活用した浸水対策施設運用支援システム

§ 14 ICT を活用した浸水対策施設運用支援システムの仕様

本システムは、要素技術の統合化により、以下の情報をリアルタイムで提供する。

(1) 現況情報の表示

- 1) 下水管路内水位
- 2) ポンプ運転状況
- 3) 対象区域内降雨情報
- 4) 浸水発生状況

(2) 予測情報

- 1) 下水管路内水位
- 2) 対象区域内降雨情報
- 3) 施設現状運転時における浸水状況
- 4) 施設運転変更による浸水状況の変化

(3) 従来技術と本システム活用技術の違い

【解 説】

前節までの各要素技術を統合することにより、ポンプ等の既存浸水対策施設への運転支援情報を提供するシステム（「ICT を活用した浸水対策施設運用支援システム」）を構築する。

本システムでは、運転支援情報として次の情報を施設管理者等にリアルタイムで提供する。

- 現況情報

対象区域内における現在の下水管路内水位の状況、レーダ雨量計や地上雨量計による雨量状況、浸水状況監視カメラによる状況を視覚的にわかりやすく表示し提供する。

- 予測情報

レーダ雨量計による予測値と、流出解析・浸水予測技術による下水管路内水位と現状運転時浸水状況、変更運転による浸水状況の変化に関する情報を提供する。

(1) 現況情報の表示

- ① 下水管路内水位：管路内に設置した水位計の計測値を表示する。
- ② ポンプ運転状況：ポンプ場施設の運転状況（稼働ポンプ種別・台数）を表示する。
- ③ 雨量：レーダ雨量計および地上雨量計の計測値を表示する。
- ④ 浸水発生状況：地表面の状況を浸水状況監視カメラで撮影したリアルタイム映像を表示する。

本システムの現況情報の表示内容を、図2-5～図2-8に示す。



図 2-5 リアルタイム情報の表示(対象区域の監視)

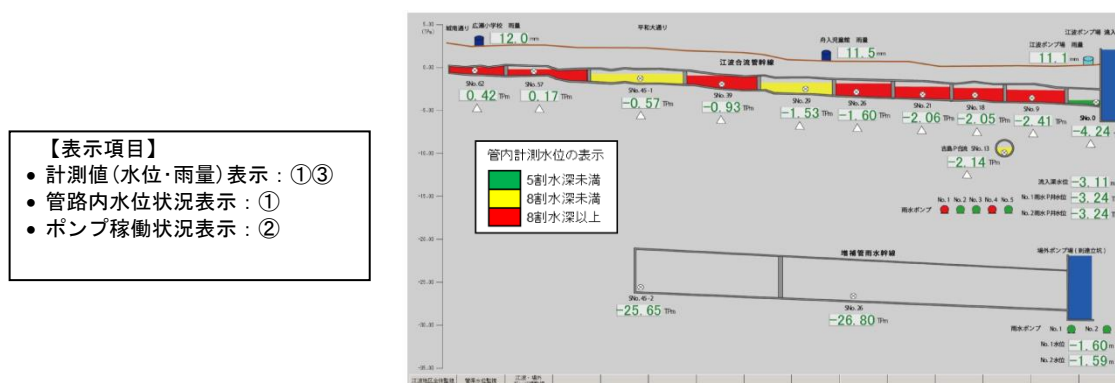


図 2-6 リアルタイム情報の表示(下水管路内水位の監視)



図 2-7 リアルタイム情報の表示(レーダ雨量)

- 【表示項目】
- 浸水状況監視カメラによる浸水発生状況の監視：④

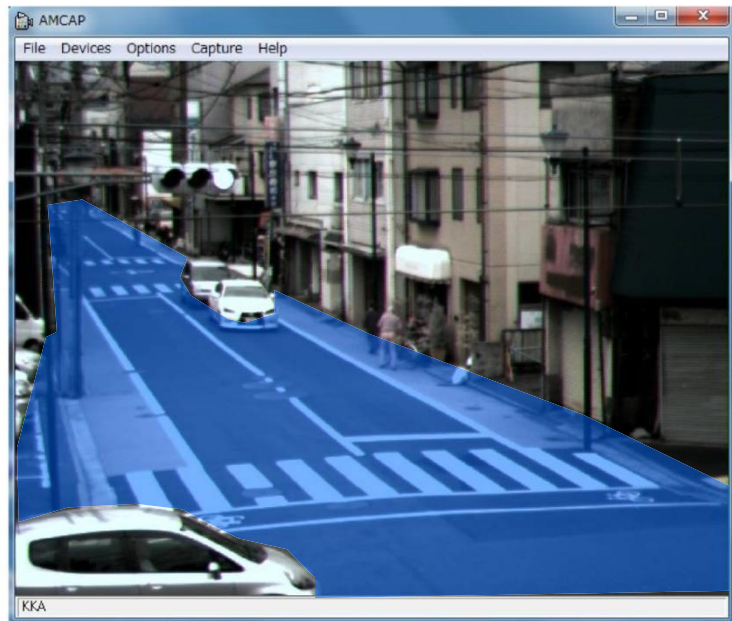


図 2-8 リアルタイム情報の表示(浸水状況監視カメラ画像)

(2) 予測情報

- ①下水管路内水位：流出解析・浸水予測技術により得られた解析値に基づいて、0～60分後の管路内水位の時間的変化（グラフや水位縦断面図等）を表示する。
- ②雨量：レーダ雨量の予測雨量（分布図）を表示する。
- ③現状運転時の浸水状況：施設を現状のまま運転した場合の0～60分後の浸水状況を表示する。
- ④変更運転による浸水状況の変化：施設の運転を変更した場合、0～60分後の浸水状況の変化を表示する。

本システムの予測情報の表示内容については、図2-9、図2-10に示す。

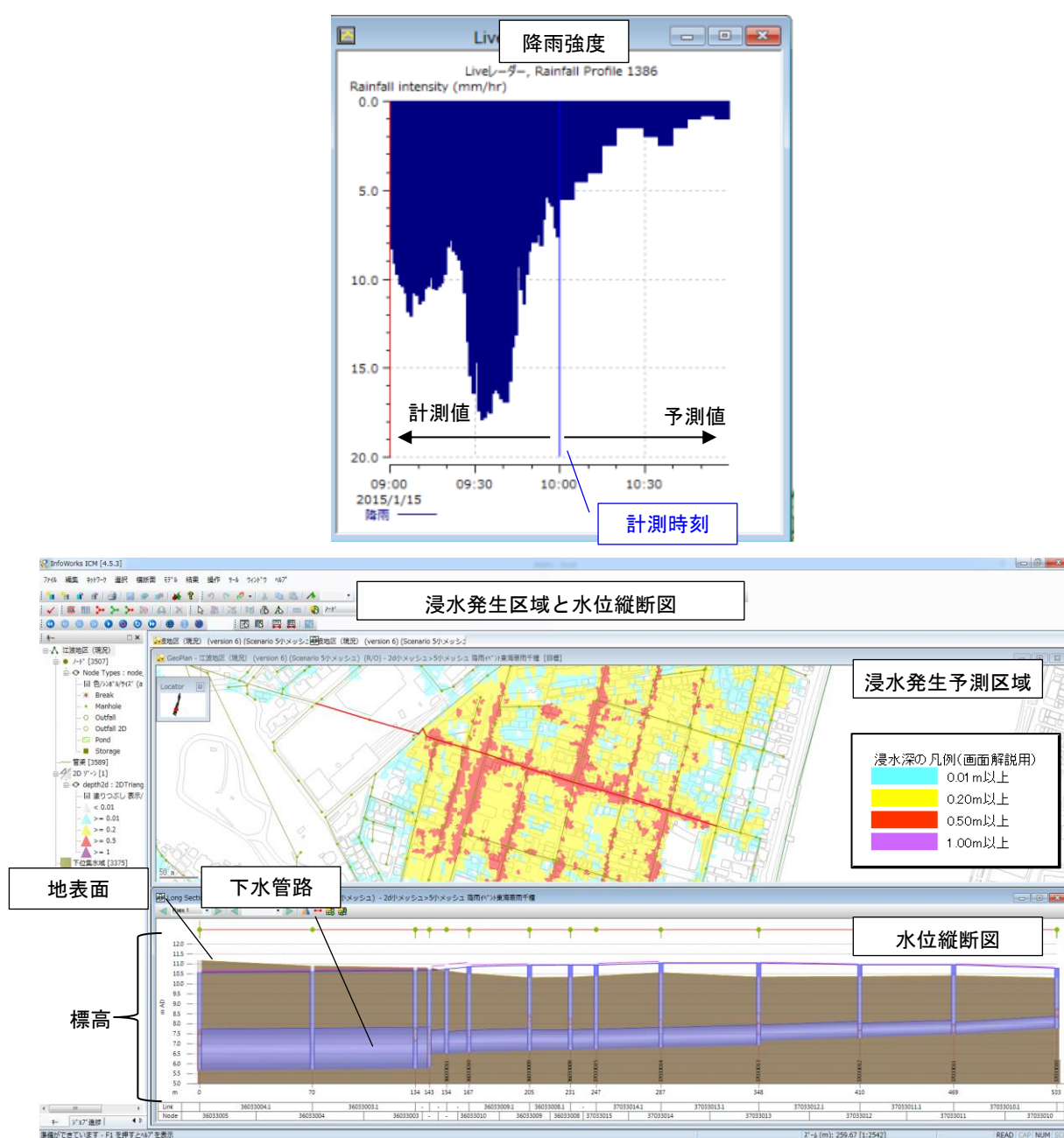


図 2-9 予測情報の表示

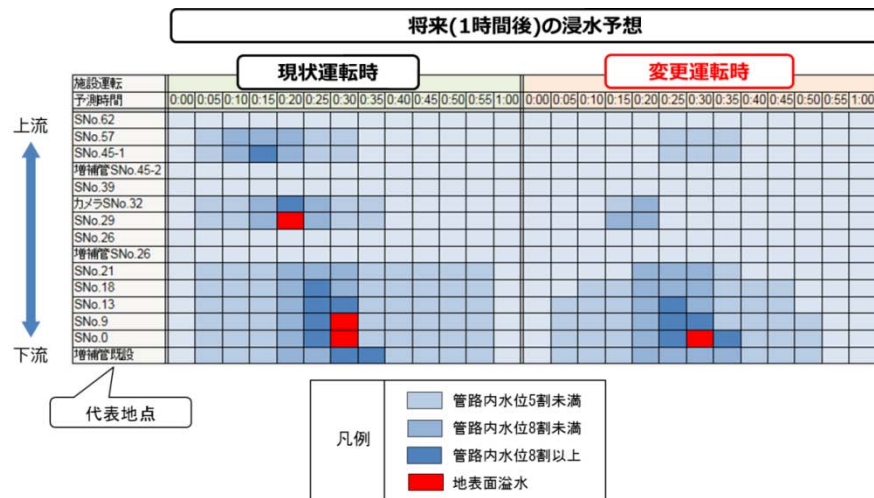


図 2-10 運転変更による浸水状況の変化

(3) 従来技術と本システム活用技術の違い

本システムは、図 2-11 に示すように従来技術と比較して、多様な情報を排水区内の多点でリアルタイムに収集かつ予測し、ポンプ場等既存浸水対策施設の運転操作に活用することで、図 2-12 に示すような浸水軽減効果が期待できる技術である。

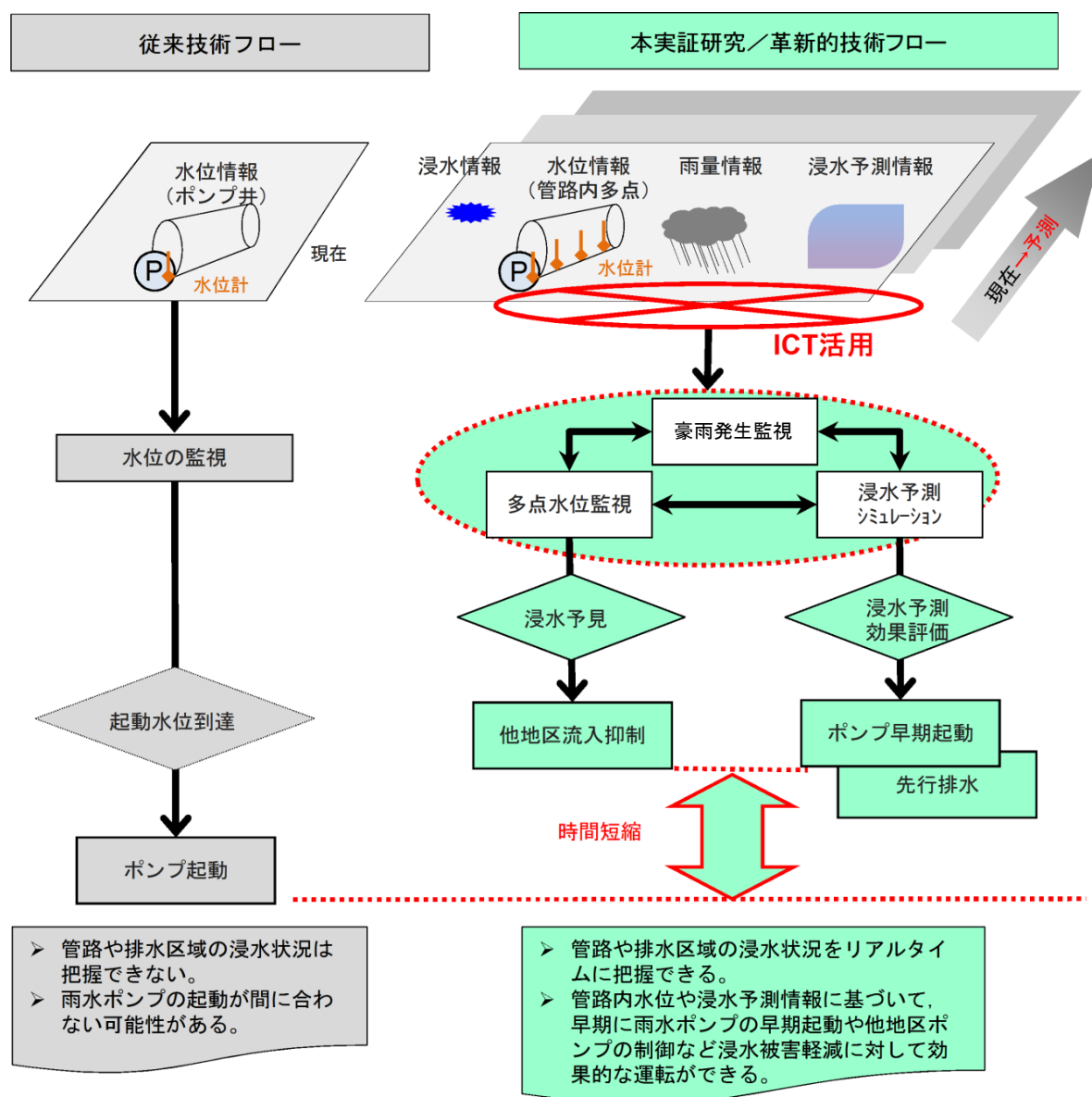
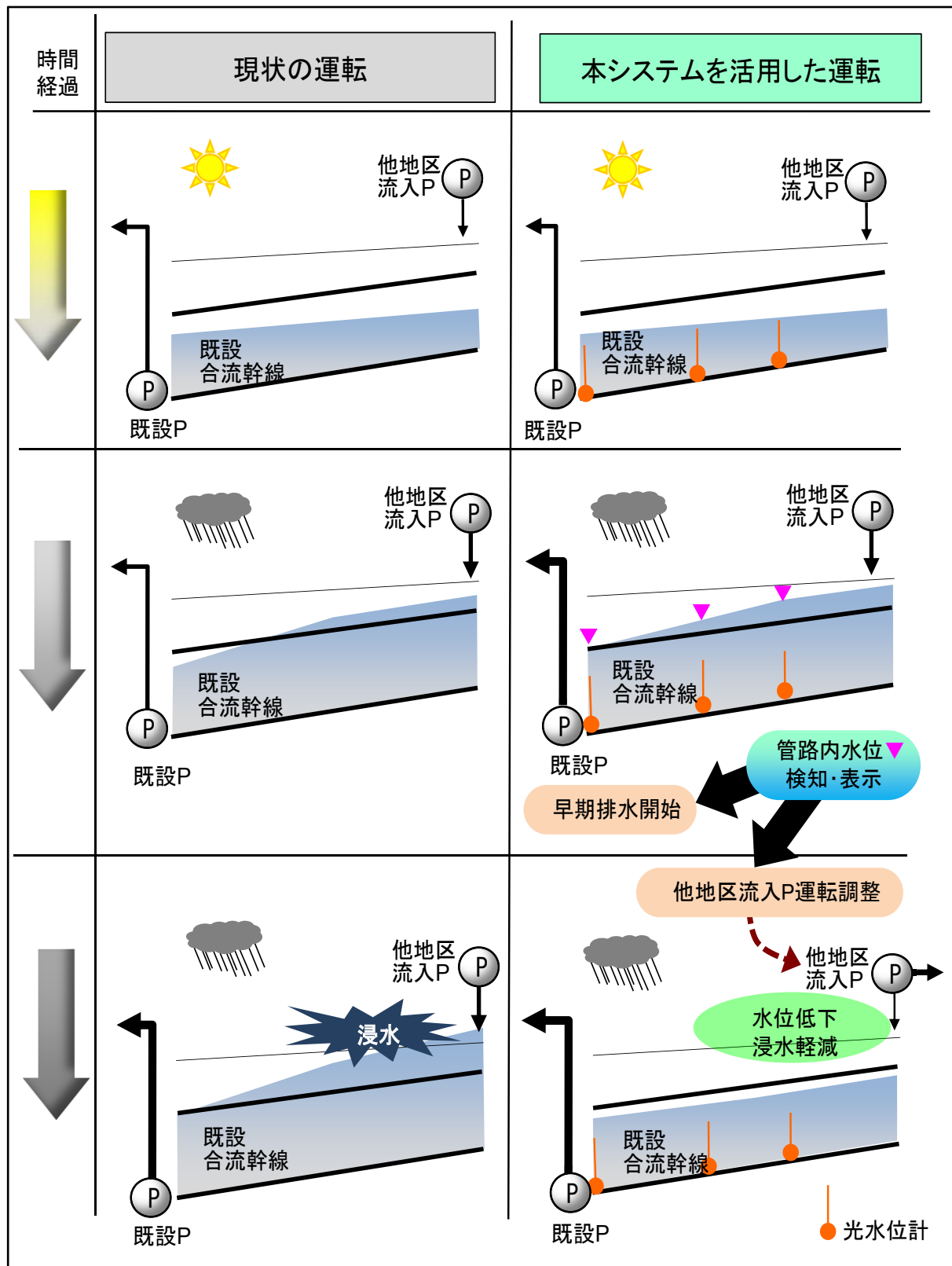


図 2-11 従来技術フローと本システム活用技術フローの比較



本システムの活用による浸水被害軽減イメージ

図 2-12 本システムの活用イメージ