

第 1 節 本技術の目的と概要

本技術は処理場への流入水量実績値及び降水量予報値から構築された流入水量予測 A I モデルを用いた分流式下水道の雨天時流入水量予測及び運転支援に関する技術である。A I モデルによる流入水量予測、警報発報、及び操作支援ガイダンスを行うことで、適切な運転支援及び処理場の浸水被害発生確率の軽減（浸水回数の減少）が可能となる。

(1) 目的

(2) 背景・課題

Diagram illustrating a disaster prevention system for waterlogging damage:

- Data Sources:**
 - テレビ (TV)
 - ラジオ (Radio)
 - WEB
 - 天気予報 (Weather Forecast)
 - 防災アプリ (Disaster App)
 - 降水量予報 (Precipitation Forecast)
 - 局地的豪雨 (Local Heavy Rain)
- Processing and Monitoring:**
 - 流量 水位 現在値 (Flow, Water Level, Current Value)
 - 異常・故障警報 (Abnormality/Fault Alarm)
 - 情報共有 個別手入力 (Information Sharing, Individual Manual Input)
- Physical System:**
 - 揚水ポンプ (Lift Pump)
- Outcome:**
 - 浸水被害発生リスク (Risk of Waterlogging Damage Occurrence)

Additional context from the surrounding text:

- 多くの情報を人間が収集し管理者が判断 (Many pieces of information are collected by humans, and managers make judgments)
- 携帯商用ツールを利用、手入力が必要 (Using mobile commercial tools, manual input is required)
- 機器異常を含め多くの警報が集中 (Many alarms, including equipment abnormalities, are concentrated)

1) 降雨時の対応内容

8

そのほか汚泥流出回避のための運転操作や施設周辺の道路や管渠、河川等の監視等を行い施設の浸水対策としている。

2) 浸水被害の課題と本技術での対応

流入水量の変動を降水量予報、現況の流入水量、及びポンプ井水位から人が正確に予測することは難しく、下水処理場での浸水被害を完全に防ぐことは非常に困難である。

そこで、本技術では、機械学習を活用したA Iを用いて下水処理場への流入水量を予測することで、流入水量の変化に合わせた作業を実施することができるようにし、浸水被害の軽減を狙う。

浸水被害の課題と本技術での対応を表2-1に示す。

表2-1 浸水被害の課題と本技術での対応

	課題	本技術での対応
1	準備時間の確保 気象庁より市町村(東京特別区は区)を原則として発表される気象警報や注意報を起点にして準備を始めた場合、準備が整った時刻が、実際に対応する必要がある水量が流入する時刻に対して、大幅にずれが生じる可能性がある。このため、長時間待機や準備に必要な時間を適切に確保することができない可能性がある。	適切なタイミングで警報を発報 降雨による処理場への流入水量増加を予測し事前に警報を発報することで、長時間の待機を減らすことや、準備に必要な時間を適切に確保することが可能となる。
2	適切な実施作業の判断が困難 実施する作業が現場任せとなり、作業者が実施すべき作業を判断できないことがある。	ガイダンスによる操作支援 流入水量の変化に応じた作業を事前に示すことで慌てることなく現場作業を行うことが可能となる。

§ 6 本技術の概要

本技術は、流入水量に関する情報と運転支援に関する情報を下水処理場関係者と共有化するものであり、以下の特徴を有している。

- (１) 流入水量実績値と降水量予報値で流入水量予測が可能
- (２) 情報共有システムによる集中管理と情報処理
- (３) 多くの既存施設に適用可能

【解 説】

本技術の概要を図2-2に示す。本技術は、内部に現時刻から一定時間後の流入水量を予測するAIモデルを内蔵し、下水処理場からの情報、降水量予報値や警報・ガイダンスに関する情報を集約管理し、下水処理場関係者と共有する情報共有システムが中心となる。

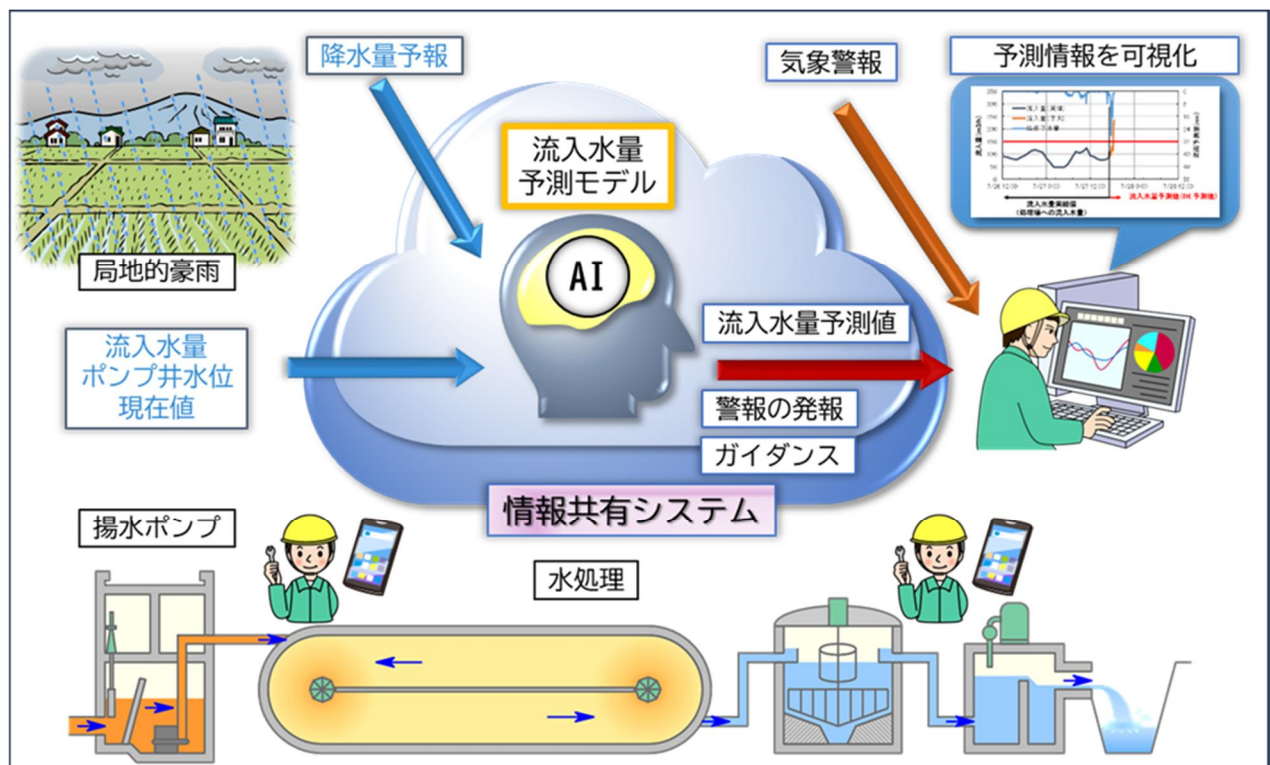


図2-2 本技術概要

(1) 流入水量実績値と降水量予報値で流入水量予測が可能

本技術では、表2-2に示す入手が容易な2種類のデータを用いて現時刻より定められた後の時刻における流入水量をAIで予測する。

表2-2 流入水量予測AIモデル構築に必要なデータ

データ名称	流入水量実績値	降水量予報値
データ取得場所	下水処理場	気象庁等

(2) 情報共有システムによる集中管理と情報共有

流入水量予測に必要な流入水量実績値と降水量予報値、流入水量予測AIモデルで予測された流入水量予測値、その他下水処理場から送られたポンプ井水位情報やシステムが発出した警報データ等は情報共有システムを用いて集中管理を行うことができる。これらデータその他、現場作業に関する連絡内容や警報対応状況についても集約管理し、リアルタイムに多人数が同時閲覧可能である。この情報共有システムにより、下水処理場を管理する下水道管理者、運転管理者、運転員は、休日・夜間でも十分な準備の後に対応することができるようになり、警報に対する対応状況を共有する事も可能となる。

本技術は処理場の浸水被害軽減を目的としており、システム自体が災害に強いことが要求される。また、下水処理場関係者への情報共有の容易さと適用箇所拡大への自由度の高さから、クラウドによる利用を推奨する。

(3) 多くの既存施設に適用可能

本技術の導入にあたり、下水処理場で取得が必要となる情報は、流入水量実績値のみであり、現場にはこの情報をクラウドに送るための通信盤の設置のみが必要であることから、既存システムの大幅な改修や下水処理場の大幅な改築は不要であるため、幅広い施設に適用が可能である。

§ 7 本技術の構成

本技術は、下水処理場のデータを収集、送信するデータ収集システム、流入水量を予測し、警報を発報する情報共有システムで構成される。

(1) データ収集システム

(2) 情報共有システム

【解 説】

本技術の構成を図2-3に示す。本技術は、流入水量予測に必要な下水処理場のデータを収集・送信するデータ収集システムと得られたデータから流入水量を予測し、閾値警報、運転支援ガイダンスを設定、通知する情報共有システムで構成される。流入水量予測に必要な降水量予報値は第2章第3節を参照。

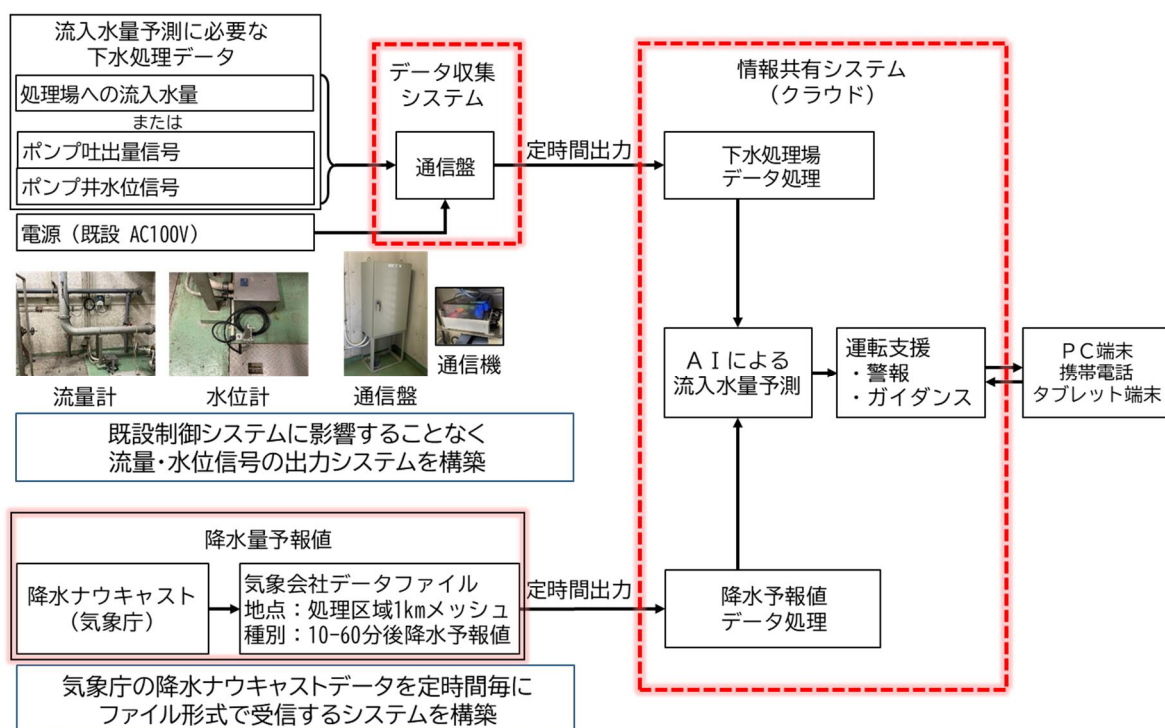


図2-3 本技術構成

(1) データ収集システム

データ収集システムは、図2-3に示した流入水量予測に必要な下水処理場のデータを収集し一定時間毎に情報共有システムへデータを送信する。

(2) 情報共有システム

情報共有システムはクラウド上に構築され、データ収集システムから送られたデータと

流入水量予測値を受け取る。本システムは第2節で示した各要素技術で構築される。情報共有システムの主な機能を表2-3に示す。

表2-3 情報共有システムの主な機能

項 目	内 容
データ保存	取得、作成データを保存する。
データ共有	取得、作成データをパソコン，携帯電話，タブレットで共有する。
流入水量予測	A I で流入水量を予測する。
閾値設定	取得、作成データに閾値を設定する。
警報設定	警報の種別、通知先等を設定する。
運転支援ガイダンス設定	警報内容に運転支援ガイダンスを設定する。
警報発報	流入水量予測及び計測データ値の閾値に対して警報を発報し、運転支援ガイダンスを通知する。

第2節 本技術を構成する要素技術の概要

§ 8 技術を構成する要素技術の概要

本技術は、以下の要素技術から構成される。

- (1) データ収集技術
- (2) データ利用技術
- (3) 流入水量予測 A I モデル構築・再構築技術
- (4) 運転支援技術

【解 説】

(1) データ収集技術

データ収集技術は、流入水量予測 A I モデルによる流入水量予測に必要な以下の情報を収集するための技術である。

- 1) 流入水量実績値
- 2) 降水量予報値

(2) データ利用技術

データ利用技術は、収集したデータを利用するための技術であり、以下で構成される。

- 1) データ受信／保存技術
- 2) 流入水量予測技術
- 3) セキュリティ技術

(3) 流入水量予測 A I モデル構築・再構築技術

流入水量予測 A I モデル構築・再構築技術は流入水量予測 A I モデルが十分な精度を確保するための技術であり、以下で構成される。

- 1) 流入水量予測 A I モデル構築条件
- 2) 流入水量予測 A I モデル構築・再構築要件
- 3) AI構築・再構築用ハードウェア

(4) 運転支援技術

運転支援技術は、流入水量予測値が閾値を超えた場合に適切なガイダンスを発出するための技術である。

第3節 データ収集技術

§ 9 流入水量実績値

流入水量予測A Iモデルの構築（再構築）及び運用に必要な下水処理場への流入水量実績値は流量計で直接測定している場合はその測定結果を使用する。一方、流入水量実績値を直接測定していない場合は同時に測定した主ポンプ吐出量とポンプ井水位から算出した流入水量を使用することも可能である。測定に用いる流量計及び水位計の選定は、既設機器の状況、設置環境、費用等を勘案し総合的に判断する。

- (1) 測定対象と測定間隔
- (2) 測定機器
- (3) 主ポンプ吐出量流量計
- (4) ポンプ井水位計
- (5) 通信盤

【解 説】

(1) 測定対象と測定間隔

流入水量予測A Iモデル構築（再構築）及び運用に必要な流入水量実績値を表2-4に示す。(a)既設機器として流入水量を直接測定するための流量計がある「流量計あり」の場合による直接測定、または(b)既設機器として流入水量を直接測定するための流量計がない「流量計なし」の場合における主ポンプ吐出量流量計とポンプ井水位計の測定値からの算出、のどちらを使用しても良い。なお、測定間隔は流入水量予測間隔以下である事が必要となる。

表2-4 流入水量実績値の種類及び測定対象と測定間隔

種 類	(a) 流量計あり	(b) 流量計なし	
測 定 対 象	流入水量	主ポンプ吐出量	ポンプ井水位
デ ー タ 種 類	瞬時値		
データ処理方法	平均	算出	
測 定 間 隔	流入水量予測間隔以下		

(2) 測定機器

流入水量実績値を得るために必要な機器は、表2-4の(a)の場合は流入水量流量計、(b)の場合は主ポンプ吐出量流量計とポンプ井水位計である。新規購入の要否は既存機器により表2-5から決定される。(a)、(b)両方可可能な場合は、流入水量実績値を直接測定する(a)が良い。

表2-5 既設機器による新規購入機器

No.	既設機器状況			新規購入機器	種類
	流入水量 流量計	主ポンプ 流量計	ポンプ井 水位計		
1	○	○	○	不要	(a)
2	○	○	×	不要	(a)
3	○	×	×	不要	(a)
4	×	○	○	不要	(b)
5	×	○	×	ポンプ井水位計	(b)
6	×	×	○	主ポンプ吐出量流量計	(b)
7	×	×	×	主ポンプ吐出量流量計 ポンプ井水位計	(b)

注) ○：既設あり ×：既設なし

(3) 主ポンプ吐出量流量計

本技術で流量計の型式は問わないが、予測精度低下を防ぐため途中での変更は極力避ける方が望ましい。途中で型式を変更する場合は、同じ対象を同時測定した結果で予測精度の確認を行う方が良い。また、安定した予測精度を維持するため、下記に留意する必要がある。

1) 設置位置

流量計の型式に応じて定められた設置条件を満足する必要がある。

2) 計測精度

方式や機種により異なるが、一般的な精度以上を有する機器が良い。なお、B-DASH実証事業では、指示値の±3%の精度を有するものを利用した。

3) 必要数

主ポンプ吐出先が複数存在する場合は流入水量算出に必要となる全てに設置する必要がある。

4) 測定範囲

非常用ポンプを含めたポンプ複数台運転時の測定が可能であること。

5) 維持管理

メーカーが定めた維持管理を実施する必要がある。

(4) ポンプ井水位計

本技術で水位計の型式は問わないが、外部環境、動圧、泡や汚れなどの影響が少なく、連続で測定できるものが望ましく、A I 予測精度低下を防ぐため途中での型式変更は極力避ける方がよい。また、安定した予測精度を維持するため、下記に留意する必要がある。

1) 設置位置

水位計の型式に応じて定められた設置条件を満足する必要がある。

2) 計測精度

方式や機種により異なるが、一般的な精度以上を有する機器が良い。なお、B-DASH実証事業では、F.S. に対して $\pm 0.2\%$ の精度を有するものを利用した。

3) 必要数

ポンプ井が複数存在する場合は流入水量算出に必要となる全てに設置する必要がある。

4) 測定範囲

非常時を含めて測定が可能であること。

5) 維持管理

メーカーが定めた維持管理を実施する必要がある。

(5) 通信盤

本技術において通信盤は現場で収集したデータを情報共有システムに送信する役割を有する。

1) 通信手段

それぞれの処理場で遅滞なくデータを送信できるものを選択すること。

2) 送信間隔

データの通信間隔は流入水量予測時間間隔より短いこと。

§ 10 降水量予報値

流入水量予測A I モデル構築（再構築）及び運用に用いる降水量予報値については、以下の項目に関する仕様を確認した上で、予測精度や費用を勘案し総合的に判断する。

- （１）降水量予報値の公表時間及び間隔
- （２）空間解像度
- （３）データ入手範囲
- （４）更新間隔
- （５）データ仕様
- （６）データ受渡方式

【解 説】

本システムで用いる降水量予報値の仕様はそれぞれ以下のとおりである。

（１）降水量予報値の公表時間及び間隔

本技術では、発報時刻の10～60分後まで10分間隔の降水量予報値データ（降水ナウキャスト）を基本とする。

（２）空間解像度

本技術では降水ナウキャストを使用しているため、降水量予報値の空間解像度は世界測地系標準地域メッシュの3次メッシュ（東西、南北とも1km）を基本とする。

（３）データ入手範囲

本技術で必要な降水量予報値の地理的範囲は、対象下水処理場の処理区域である。降水地点は処理区域内の世界測地系標準地域メッシュの3次メッシュから選ぶ。実証研究を行った氷上中央浄化センターのデータ入手範囲と降水地点の例を図2-4に示す。氷上中央浄化センターの処理区域内に、降水ナウキャストから降水量予報値が得られる降水地点は4箇所（図2-4中の黒丸）存在し、このデータを使用した。対象となる下水処理場の処理区域内に4箇所を超える降水地点が存在する場合は、近接する降水地点をまとめて全体を4地点に分ける。

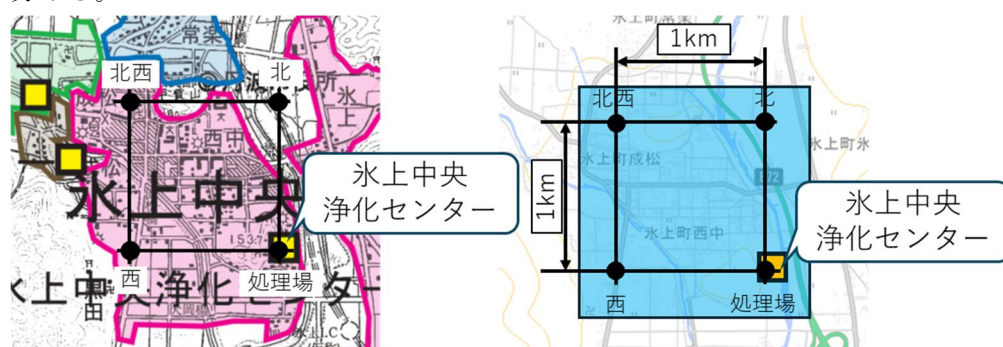


図2-4 実証研究での降水量予報値入手範囲（氷上中央浄化センター）

(4) 更新間隔

本技術で使用する降水量予報値の更新間隔は、降水量予報データ(降水ナウキャスト)が更新される10分間隔を基本とする。ただし、流入水量を予測する時間間隔以下であることに注意が必要である。

(5) データ仕様

本技術で使用する降水量予報値は、離散値でよく、連続データである必要はない。

なお、参考までに、実証研究で採用した降水量予報値を以下に示す。

実証研究で採用した降水量予報値 0、0.5、1.0、2.0、3.0、・・・(mm/min)

(6) データ受渡方式

降水量予報データの受渡はクラウドへ時間遅れなく取り込むことが可能であれば、方式に依存しない。

第4節 データ利用技術

§11 データ受信／保存技術

データ受信／保存技術は下水処理場や外部機関より送られてきたデータを確実に受信し保存するための技術である。

【解説】

流入水量予測を確実に行うためには、下水処理場や気象庁等より送られてきたデータを確実に取得する必要がある。これを確実にする為、下水処理場からの情報発信遅延や気象庁等からの情報提供遅延、システム異常等、情報取得状況の不具合に対してシステム上の機能として対策を構築するとともに、上位情報提供に関する不具合についても迅速に把握できる対策と体制を構築して安定運用を図る必要がある。以下に対策例を示す。

- ・ 情報提供の遅延やシステム不具合等によるデータ取得リトライ機能
- ・ 通信異常やデータ未取得等に関する異常通知機能
- ・ 上位情報提供に関する不具合連絡（気象庁等より通知連絡）

過去のデータは不具合発生時や状況確認時等に必要となるため、確実に保存を行う必要がある。このため冗長化（予備装置を平常時からバックアップとして配置し、運用すること）された機器で保存することが望ましい。

§ 12 流入水量予測技術

流入水量予測に関する以下について示す。

- (1) 流入水量予測間隔と予測時間
- (2) 流入水量実績値の前処理
- (3) 降水量予報値の前処理
- (4) 前処理後データの整理
- (5) 流入水量予測

【解 説】

(1) 流入水量予測間隔と予測時間

流入水量予測間隔は降水量予報データの更新間隔より短くすることは困難であるため降水量予報データの更新間隔と同じ10分間隔を基本とする。また、予測時間は対象下水処理場の体制構築時間+10分に設定する。

(2) 流入水量実績値の前処理

下水処理場より送られてくるデータは10分間隔毎に前処理を実施する。前処理の方法は流入水量予測ができない場合や、誤った結果となる事を防止するため、欠損や異常値を除外し、平均処理を行う。

下水処理場より送られてくるデータがポンプ吐出量とポンプ井水位の場合は流入水量実績値に換算処理を実施する必要がある。実証研究における氷上東浄化センターの例を以下に示す。流入水量実績値は式(1)より求められる。図2-5で示したポンプ井の体積変化はポンプ井底部からの高さに対するポンプ井体積の計算式(2)より流入水量予測を行う現時刻と10分前のポンプ井体積を求めその差とした。

$$Q = Q_p + \Delta V \times 6 \quad (1)$$

Q : 流入水実績値量(m^3/h)

Q_p : ポンプ吐出量(m^3/h)

ΔV : ポンプ井体積変化($\text{m}^3/10\text{分}$)

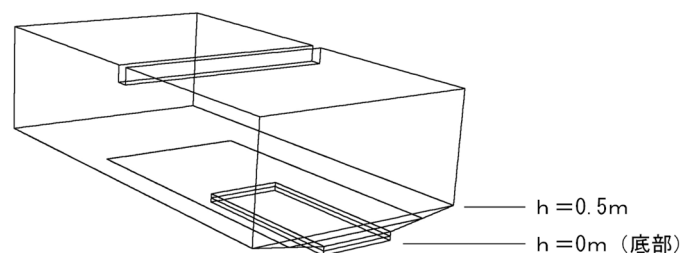


図2-5 氷上東浄化センターポンプ井概略図

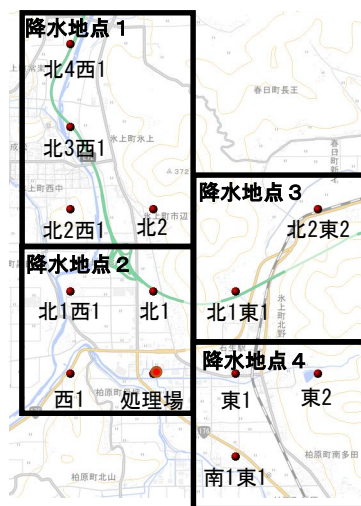
$$V = \begin{cases} -0.6333h^2 + 60.23h - 19.754 & 0.5 < h \\ 681.23h^4 - 438.27h^3 + 83.79h^2 + 2.922h & 0.5 \geq h \end{cases} \quad (2)$$

V : ポンプ井容積(m³)

h : ポンプ井底部からの高さ(m)

(3) 降水量予報値の前処理

流入水量予測A I モデルで用いる降水量予報値は、4箇所×6時刻のデータを使用することを基本とする。対象となる下水処理場の処理区域内に4箇所を超える降水地点が存在する場合は、近接する降水地点をまとめて全体を4地点に分け、複数降水地点が存在する箇所には平均処理等の前処理を行う。実証研究において処理区域内に4箇所以上降水地点が存在した氷上東浄化センターの例を以下に示す。



太線で示す4地点を個別
(太線内は平均処理)

降水量予報値 1 (10分後予報値)
降水量予報値 2 (20分後予報値)
降水量予報値 3 (30分後予報値)
降水量予報値 4 (40分後予報値)
降水量予報値 5 (50分後予報値)
降水量予報値 6 (60分後予報値)

6時刻を個別

4地点 × 6時刻
= 24種類

図2-6 氷上東浄化センターの処理区域内降水地点

(4) 前処理後データの整理

前処理を実施した流入水量実績値と降水量予報値は、A I 構築時に定めたラグ値（流入水量予測 A I で使用するデータの時間遅れ）分だけ表2-6に示すように A I に引き渡し可能な形式に整理する。なお、ラグ値の決め方については第2章第5節 § 14に記載した。

表2-6 整理後データ(太枠線内)

種類 時間	流入水量 実績値	降水量予報値(10 分後)				...	降水量予報値(60 分後)			
		地点①	地点②	地点③	地点④		地点①	地点②	地点③	地点④
60 分前						...				
50 分前										
40 分前										
30 分前										
20 分前										
10 分前										
最新データ										

(5) 流入水量予測

整理後のデータは、情報共有システム内の流入水量予測 A I に引き渡され、決められた時刻の流入水量が得られる。

§ 13 セキュリティ技術

本技術はクラウドでの利用を推奨している。クラウドには不正アクセスや情報漏洩のリスクがあるため、対策が必要になる。

【解 説】

クラウドサービスは非常に便利であるが、不正アクセスや情報漏洩のリスクがあるので導入の際にはセキュリティ対策を実施する必要がある。総務省がまとめた「次期自治体情報セキュリティクラウド機能要件」を表2-7に示す。

表2-7 実証研究におけるセキュリティ対策

自治体情報セキュリティクラウド機能要件一覧

No.	サービス分類		機能／機器	用途	仕様化区分		補足事項
	大分類	小分類			必須	オプション	
1	インターネット通信の監視 (障害切り分け、通報、インシデント管理)		①Webサーバ	各自治体のWebサイトを運用するWebサーバを監視する	○	－	外部サービスを利用する自治体は、集約は必須ではないが、監視は必須 リバースプロキシでの集約も可とする
2			②メールリレーサーバ	各自治体の外部メールサーバを中継するメールリレーサーバを監視する	○	－	
3			③プロキシサーバ	各自治体とインターネットプロキシサーバ経由で通信させ、その通信を監視する	○	－	
4			④外部DNSサーバ	外部DNSサーバを監視する	○	－	
5			⑤構成団体ADサーバ	構成団体内のADサーバを監視する	－	○	
6	インシデントの予防	ゲートウェイ対策	①ファイアウォール	通信内容を検査し、管理する構成団体のポリシーに従った通信制御を行う	○	－	各機能単位でサービス、製品等を選択する必要がある。統合可能な場合は統合し、効率的運用を行うこと
7			②IDS/IPS	シグネチャとのマッチングなど、通信内容を検査して不正な通信を検知・遮断する	○	－	
8			③マルウェア対策	通信を監視し、シグネチャに基づき、マルウェア等の不正プログラムの検知・遮断を行う	○	－	
9			④通信の番号対応	暗号化された通信やファイルを復号し、不正な通信内容の検知等を行い、不正な通信を遮断する	－	○	
10			⑤URLフィルタ	ブラックリスト方式及びホワイトリスト方式を利用し、不正なIPアドレス及びURLの接続を遮断する	○	－	
11		メールセキュリティ対策	①アンチウイルス/スパム対策	メールの受信時に、パターンファイルや設定したルールを基に検査し、迷惑メール及びスパムメールの遮断をする	○	－	
12			②悪質な問い合わせ	インターネット上の通信に含まれるファイルを暗号化した疑わしい動作させ、マルウェアのような異常な動作をするプログラムを検知する	○	－	
13		メール及びインターネットセキュリティ対策	①メール基盤化/ファイル無害化	LGWAN接続系への取り込みのために、インターネットメールの添付ファイルやインターネットからダウンロードしたファイルの無害化をする	－	○	希望する自治体向けのOP
14		Webサーバセキュリティ対策	①WAF	SQLインジェクションのような、Webアプリケーションへの不正な通信を検知・防衛する	○	－	
15			②CDN	住民への継続的な情報発信のために、Webサーバの負荷分散をする	○	－	Webサーバに外部サービスを利用する自治体は、独自に同様の対策を実施
16			③コンテンツ改ざん検知	Webサーバ上のコンテンツが不正に書き換えられた場合、それを検知又は自動修復する	－	○	WAF、DDoS対策をCDNで実施してもよい
17		その他	①リモートデスクトップ(インターネット接続系)の脆弱性(マルウェアの感染等)を防止する	LGWAN接続系へのインターネットからの脅威(マルウェアの感染等)を防止する	－	○	集約されたWebサーバ、リバースプロキシの場合はオリジナルサーバが対象
18	高度な人材による監視と検知	SOC運用サービス	①ログ収集・分析	各機能のログを収集し、ベンダーが提供するパターンファイル及び独自に設定したルールを基に検査することで、不正な事象又は不正を疑われる事象を検知する	○	－	希望する自治体向けのOP
19			②イベント監視	サーバや機器内で発生するプログラム起動などのイベントを監視し、異常を通知する	○	－	
20			③マネージドセキュリティサービス	・監視対象システムのログ監視、ログ分析及びセキュリティインシデント発生時の一次対応を行う ・対象システムのセキュリティインシデントの発生防止や、発生時の被害拡大を防止する	○	－	
21			未知の不正プログラムへの対策(エンドポイント対策)(※)	・エンドポイントでの不審なアクティビティやその他の問題の検出、調査及びセキュリティインシデント発生時の対応を行う ・対象システムのセキュリティインシデントの発生防止や、発生時の被害拡大を防止する	－	○	
22			システム・サービス構成管理	インシデントの予防のために、脆弱性管理など運用・保守において、漏れのない管理をする	○	－	
23	対応と復旧		脆弱性情報の入手と該当製品への対応	脆弱性を悪用した攻撃を防止する	○	－	
24			不正通信の早期検知を行う運用体制の確立(CSIRT)	インシデントの予防及びインシデント発生時に被害の拡大防止のため、SOCと連携し、インシデント対応(インシデントの受付・管理・分析・対応・報告)を行う ※技術的な一次対応はSOCにて対応する	○	－	
25			障害管理(問題管理、変更管理、復旧対応)	・障害管理の計画(障害管理目標の設定)、実行(運用、障害対応、障害防止)、点検(障害記録の検証)、報告(障害の予防・プロセス改善)を行うことで、システムの安全性や可用性を維持する ・障害管理の体制・手法を確立することで、インシデント対応に迅速に対応する	○	－	
26			バックアップとリストア	システム障害やサイバー攻撃によるデータ消失やウイルス被害等の対策として、バックアップを取得し、迅速なリカバリ対応をできるように対策を講じることで、業務継続性を担保する	○	－	
27			ヘルプデスク機能	・運用ルール・マニュアル等の整備や、窓口の一元化により、運用業務の品質向上と効率的な運用を維持する ・インシデント発生時には、受付・障害の切り分け・技術支援、報告等の対応を迅速に行う	○	－	
28			定例会議等の運営(市町村・ベンダ)	・インシデント予防や対応能力向上に有益な情報を共有する ・市町村とベンダの定例会議にて、定期的なフィードバックを受け、運用業務の品質を向上する	○	－	
29			セキュリティレベルの自己点検の実施	セキュリティレベルを維持するため、脆弱性、設定や運用の漏れなどを確認し、必要に応じて修正する	○	－	

※サービスを選定する際には、総務省「地方公共団体における情報セキュリティポリシーに関するガイドライン」の以下の項目における未知の不正プログラム対策(エンドポイント対策)に関する記載内容を参照すること。

第3編 第2章 3 情報システム全体の強靱性の向上 (3) インターネット接続系

・図表 3 モデルにおける必須のセキュリティ対策について

・図表 3 モデルにおける必須のセキュリティ対策について

・(注12)未知の不正プログラム対策(エンドポイント対策)

総務省HPより次期自治体情報セキュリティクラウド機能概要一覧

<https://www.soumu.go.jp/main_content/000702974.pdf>

第5節 流入水量予測AIモデル構築・再構築技術

§14 流入水量予測AIモデル構築条件

本技術で使用するAIは、流入水量を予測することに特化した「特化型AI」であり、最も代表的な学習手法である「教師あり学習」で事前に用意された時系列データをもとに学習し、過去データを入力として未来を予測する。使いやすいAIとするため、一般的で汎用性の高い手法を用いる。

【解説】

比較的容易に導入できる技術とするため、一般的で汎用性の高いソフトウェアを用いる方がよい。実証研究でのAIモデル構築条件を表2-8に示す。ソフトウェアはMathworks社のソフト「MATLAB」を使用しているので、予測モデル、アルゴリズムとも一般的な手法であり、汎用性は高い。ラグ値、隠れ層は構築したAIの精度が最も高くなる値とした方がよい。ラグ値、隠れ層とも小さすぎる場合、大きすぎる場合には予測精度が低下するので注意が必要であるが、表2-8で示した値を基準とし、最適値の検討を行う事が望ましい。(最適値の検討方法については、資料編第2章第4節第1項に記載)

表2-8 実証研究でのAI構築条件

ソフトウェア			Mathworks社製 MATLAB
予測モデル			非線形 input-output モデル(深層学習)
アルゴリズム			レーベンバーグ・マーカート法
ラグ値			7
隠れ層			20
利用データ	説明変数	流入水量	流入水量実測値(流入水量予測間隔:10分)
		降水量予報値	24種類 降水地点4地点×予報時刻6時刻=24種類 (図2-5参照)
	目的変数	流入水量	予測時間後の流入水量実測値(流入水量予測間隔) 予測時間=体制構築時間+余裕時間

§ 15 流入水量予測 A I モデル構築・再構築要件

A I 構築のための要件と A I を再構築するための要件を示す。

【解 説】

流入水量予測 A I を構築するためには、対象下水処理場の流入水量実績値が必要になる。また、流入水量予測 A I モデルは一度構築すればよいものではなく、継続的な検証と再構築を繰り返す事で高い精度を維持することができる。本技術における構築と再構築のフローチャートを図2-7に示す。

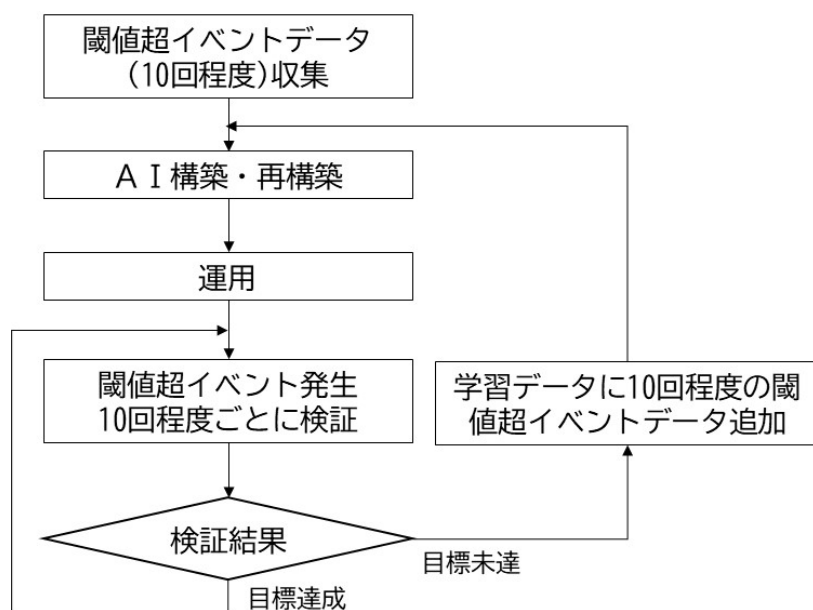


図2-7 A I 構築・再構築フロー

- | | | |
|--------------|---|---|
| 閾値超イベントデータ収集 | : | 流入水量予測 A I を構築するための閾値超イベントデータを収集する |
| A I 構築・再構築 | : | 流入水量予測値を得るための流入水量 A I を構築・再構築する |
| 運用 | : | 構築・再構築した流入水量予測 A I を情報共有システムで運用する |
| 検証 | : | 運用している流入水量予測 A I を検証する |
| 学習データの追加 | : | 流入水量予測 A I を再構築するため学習データに運用時の閾値超えイベントデータを追加する |

注) 污水处理施設の統廃合等による処理区の変更や管渠の見直し、降水量予報方法の変更等、予測精度に影響を及ぼすと思われる事例が発生した場合は、過去のデータが使えず A I を新しく構築し直す可能性があるので注意が必要。

検証項目は表 2-9 のとおりである。検証項目の目標値については、本技術導入前の実績値を超えるように設定するべきである。

表2-9 検証項目

検証項目			
短時間大雨以外について警報発報の時間差が体制構築時間より前である割合			
見	逃	し	率
空	振	り	率

- 短時間大雨以外について警報発報の時間差が体制構築時間より前である割合 : 短時間大雨以外により流入水量実績値が閾値を超えた時刻と A I が閾値超を予測した時刻との差が体制構築時間より長くなる割合。
- 見逃し率(表 2-10 参照) : 実際には閾値を超える流入水量があったが流入水量予測値は閾値を超えず警報を発報しない確率。
- 空振り率(表 2-10 参照) : 流入水量予測値が閾値を超え警報を発報したが実流量が閾値以内である確率。

表 2-10 見逃し率と空振り率

見逃し率 = $B \div (A + B) \times 100$ 空振り率 = $C \div (A + C) \times 100$		予測	
		閾値超え 流入水量あり	閾値超え 流入水量なし
実況	閾 値 超 え 流入水量あり	A	B (見逃し)
	閾 値 超 え 流入水量なし	C (空振り)	D

§ 16 A I 構築・再構築用ハードウェア

機械学習は大量のデータを取り扱う。取り扱うデータ量によって必要なハードウェアの条件は異なるが、本技術では予測モデルとして深層学習を用いているので、使用するハードウェアには注意を払うべきである。

【解 説】

本技術では、大容量データを取り扱う深層学習を用いるので、効率的に短時間でA I モデルの構築、再構築を行うためには、ハードウェアのCPU、メモリの選定に注意を払い、必要に応じてGPUの利用について検討し可否を判断するのが望ましい。OSがWindowsでA I 構築・再構築用のアプリケーションが正常に稼働し、データは他ハードウェアで保存することを前提とした場合における最小スペックを表2-11に示す。

表2-11 A I 構築・再構築用ハードウェア最小スペック

C	P	U	Intel or AMD x86-64 processor 2コアCPU
メ	モ	リ	容 量
8			GB
記	録	容	量
10			GB
G	P	U	不要

第6節 運転支援技術

§ 17 運転支援技術

運転支援技術とは、収集したデータを元に流入水量予測AIにより得られる流入水量予測値が閾値を超えた場合に、警報の発報、運転支援ガイダンスの発出で運転支援を行うための技術である。

【解説】

運転支援に必要な閾値、警報、運転支援ガイダンスの設定画面例を図2-8に示す。

図2-8 閾値設定、警報設定、運転支援ガイダンス設定の例

(1) 閾値設定

下水処理場に浸水被害が発生する恐れがある流入水量を閾値として設定する。閾値の設定対象は流入水量予測値だけではなく、ポンプ井水位等、その他に対しても設定できる方が良い。また、一つの設定対象について重警報、高警報等、中警報等複数閾値を設定する場合もあることから、それに対応できる方が更によい。

(2) 警報設定

設定した閾値を超えた場合に発報される警報の種別(重、高、中、低等)、通知先を設定する。警報の種別は下水処理場によって異なる場合もあるが、重警報は安全性への影響、高警報は環境・法令違反への影響、中警報は運転継続性への影響、低警報は経済的・保守

性への影響により定められる事が一般的である。

(3) 運転支援ガイダンス設定

警報内容ごとに運転支援ガイダンスを設定する。運転支援ガイダンスの例を表2-12に示す。

表2-12 運転支援ガイダンスの例

表示内容
止水板設置
土のう設置
スクリーン清掃
流入部室前マンホールのバルブ閉確認
OD曝気装置停止
沈降剤投入
流入ゲート操作
巡回被害確認
回分槽手動運転へ切替
操作連絡
体制・配置連絡

(4) 情報共有

収集したデータ、発報された警報、発出された運転支援ガイダンス等の情報は関係者と共有する。共有された情報はグラフ化等、情報に適した方法で表示される。主な表示方法の例を表2-13に、表示画面の例を図2-9～2-11に示す。共有機器はグラフ等を確認できるPC、携帯電話、タブレットであることが望ましいが、最低限、警報とガイダンス内容を確認できるE-mailを受信できる機器が必要である。

表2-13 情報表示方法

項 目	内 容
リアルタイムトレンドグラフ	計測機器データを通信盤送信間隔で表示
流入水量実績及び流入水量予測トレンドグラフ	降水量予報に合わせ流入水量予測間隔で表示
警報・運転支援ガイダンス	警報発報と運転支援ガイダンス発出状況

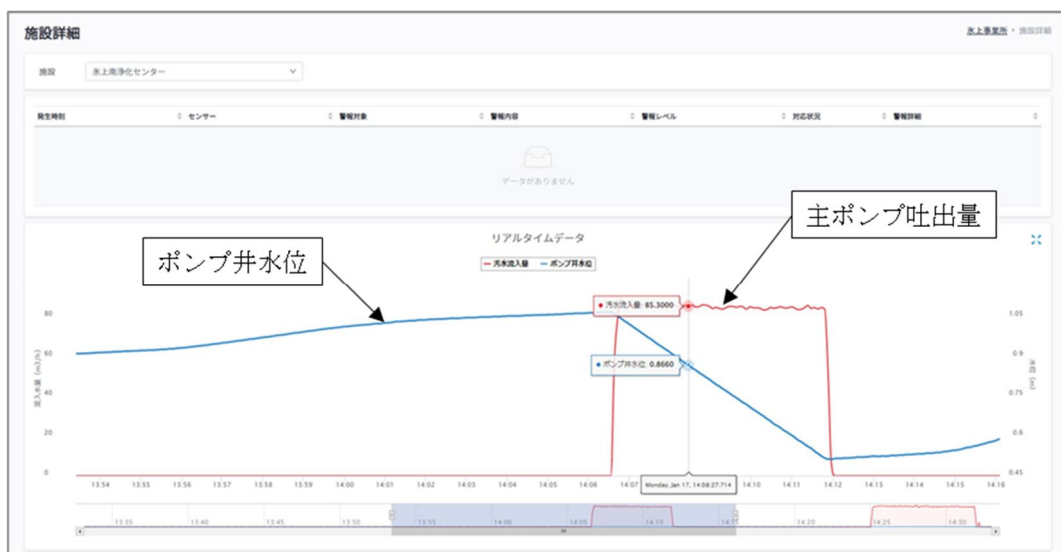


図2-9 リアルタイムトレンドグラフの例（P C端末）

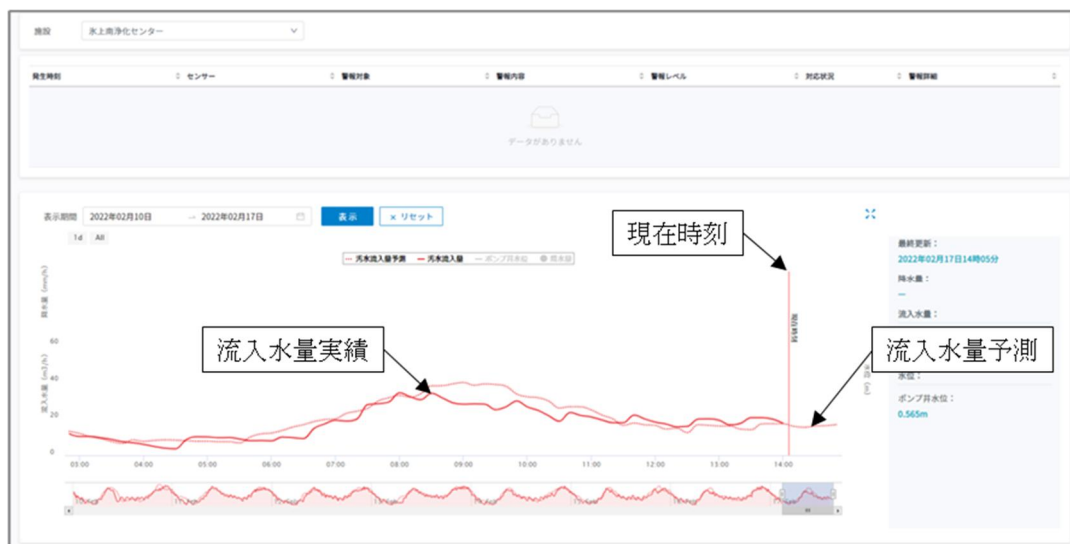


図2-10 流入水量実績及び流入水量予測トレンドグラフの例（P C端末）



図2-11 警報発報と運転支援ガイダンス発出の例

第7節 実証研究に基づく技術の評価

§18 技術の評価項目

本技術の評価項目を以下に示す。

- (1) 流入水量予測の精度
- (2) ガイダンス確認時間
- (3) システム設置・運用コスト（費用便益比）
- (4) 下水道施設への適用性（適用条件、推奨条件）

【解 説】

新技術の導入促進に際しては、各技術の性能指標を定量的に比較し、性能の優れた技術を選定できるように、各技術について、評価項目、評価方法並びに評価結果を設定、提示する必要がある。

本ガイドラインでは、本技術の性能を評価する項目として、(1) 流入水量予測の精度、(2) ガイダンス確認時間、(3) システム設置・運用コスト、(4) 適用条件・推奨条件について評価を行った。

革新的技術の評価項目とその概要について、以下に示す。

(1) 流入水量予測の精度

本技術における流入水量予測の精度については、①警報発報時間差、②見逃し率、③空振り率の3つの指標を用いて評価を行う。

①警報発報時間差とは、流入水量実績が閾値を超えた時刻とAIが閾値を超えると予測した時刻の差を表す。②見逃し率と③空振り率は表2-14のように表され、②見逃し率は、閾値を超える流入水量をAIが予測できなかった割合を表し、③空振り率は、AIが閾値を超えると予測したが実際には流入水量が閾値を超えなかった割合を表す。

表2-14 ②見逃し率と③空振り率

②見逃し率 = $B \div (A + B) \times 100$ ③空振り率 = $C \div (A + C) \times 100$		予測	
		閾値超え 流入水量あり	閾値超え 流入水量なし
実況	閾値超え 流入水量あり	A	B (見逃し)
	閾値超え 流入水量なし	C (空振り)	D

(2) ガイダンス確認時間

本項目は、本技術が発報した流入水量予測警報や運転支援ガイダンスが実務者によって認知された時間によって運転支援効果の評価を行う。

(3) システム設置・運用コスト（費用便益比）

本項目は、本技術の導入・運用に係るコストと、本技術の導入によって得られる便益（被害軽

減期待額と人件費削減額)の大きさを算出し、それによって得られる費用便益比によって、システム設置・運用コストの評価を行う

(4) 下水道施設への適用性(適用条件・推奨条件)

本技術は多くの既存施設に適用可能であることが特徴の1つであるが、本技術を適用できる条件を明確にすることによって、本技術の適用性の評価を行う。

§ 19 技術の評価結果

本技術の評価結果を以下に示す。

【解 説】

実証研究における統括した結果を表2-15に示す。それぞれの評価項目について、目標に対して十分な到達が確認されている。

なお、実証研究における表2-15に示した評価項目のうち、流入水量予測の精度及びガイダンス確認時間の目標は、従来よりも同等以上または同等以下となるように設定した。導入にあたってはこれらを参考に、導入する現場条件等に応じて目標を設定する。

表 2-15 実証研究における結果

評価項目	評価指標	目標	結果	参照
流入水量予測の精度	警報発報時間差	60%以上	66.7%	資料編 4.4
	見逃し率	52%以下	25%	
	空振り率	69%以下	55.0%	
ガイダンス確認時間		10分以内に確認した割合が95%以上	100%	資料編 5.5
システム設置・運用コスト		B/C>1以上	1.53 ※既存クラウドを活用した場合	資料編 6.3
下水道施設への適用性		チェックリストを作成し、適用性を評価	約803施設に適用可能	資料編 7.2