

ISSN 1346-7328

国総研資料 1350 号

令和 8 年 4 月

国土技術政策総合研究所資料

TECHNICAL NOTE of

National Institute for Land and Infrastructure Management

No. 1350

April 2026

B-DASH プロジェクト No.46

分流式下水道の雨天時浸入水量予測及び

雨天時運転支援技術導入ガイドライン(案)

上下水道研究部

B-DASH Project No.46

Guideline on a system that predicts wet-weather inflow volume and supports operation of
a sewage treatment plant under wet conditions in separate sewerage systems

Wastewater System Division

Water Supply and Sewerage Department

国土交通省 国土技術政策総合研究所

National Institute for Land and Infrastructure Management

Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism, Japan

B-DASH プロジェクト No.46

分流式下水道の雨天時浸入水量予測及び雨天時運転支援技術導入ガイドライン（案）

上下水道研究部 下水道研究室

Guideline on a system that predicts wet-weather inflow volume and supports operation of
a sewage treatment plant under wet conditions in separate sewerage system

Wastewater System Division
Water Supply and Sewerage Department

概要

本ガイドラインは、A I を活用した雨天時浸入水対策技術として、下水道革新的技術実証事業（B-DASHプロジェクト）で採択された「分流式下水道の雨天時浸入水量予測及び雨天時運転支援技術」（実証研究期間 令和3年7月～令和6年3月）について、実証研究の成果を踏まえて、技術の機能を明示し、技術の普及展開を図るために策定したものである。

キーワード：分流式下水道、下水処理場、浸水対策、防災、AI

Synopsis

This Guideline is based on the results of NILIM contract research [a system that predicts wet-weather inflow volume and supports operation of a sewage treatment plant under wet conditions in separate sewerage system] in 2021-2024.

Key Words：separate sewerage system・sewage treatment plant・flood control measure・disaster prevention・artificial intelligence

〒305-0804 茨城県つくば市旭1番地

電話：029-864-3343 Fax：029-864-2817 E-mail：nil-gesuidou@ki.mlit.go.jp

執筆担当者一覧

(組織名、役職名、氏名は担当当時のもの)

国土技術政策総合研究所 上下水道研究部

下水道研究室 室長 . . . 安田 将広

下水道研究室 研究官 . . . 細井 遵敬

国土技術政策総合研究所 下水道研究部

下水道研究室 室長 . . . 吉田 敏章

下水道研究室 室長 . . . 岡安 祐司

下水道研究室 主任研究官 . . . 末久 正樹

下水道研究室 研究官 . . . 畠山 貴之

下水道研究室 研究官 . . . 楠田 侑平

下水道研究室 研究官 . . . 鈴木 航平

下水道研究室 研究官 . . . 日下部 包

はじめに

雨水と汚水を分けて集排水する分流式下水道を採用している下水道事業者では、雨天時に汚水管内の下水流量が増加する現象が確認されている。この現象は雨天時浸入水として認識され、汚水管等からの溢水や宅内への逆流、処理場やポンプ施設の冠水、処理場における処理能力の低下等様々な問題を発生させる原因となり得るが、下水処理場における流入水量の予測は困難であり、また雨天時の処理場の運転技術は個々の捜査員の技術に依存しているのが実情である。そのため、安価な調査機器や AI を活用したデータ解析技術等による迅速な雨天時浸入水量の予測や処理場運転支援が可能な技術の開発が必要である。一方で、優れた新技術が開発されても、実績が少ないこと等を理由に導入に慎重な下水道事業者が多い。

国土交通省下水道部（令和 6 年度以降は上下水道審議官グループ）では、優れた技術革新の実証、普及により雨天時の処理場の運転技術の向上等を実現し、併せて、本邦企業による水ビジネスの海外展開を支援するため、「下水道革新的技術実証事業（B-DASH プロジェクト※）」を平成 23 年度から開始し、国土技術政策総合研究所上下水道研究部が実証研究の実施機関となっている。さらに、新技術の導入に慎重な地方公共団体も実証技術の導入検討を簡便に実施できるようにガイドライン化している。

本ガイドライン「分流式下水道の雨天時浸入水量予測及び雨天時運転支援技術導入ガイドライン（案）」で示す技術は、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 AI モデルを用いて分流式下水道の雨天時流入水量を予測し、下水処理場の運転を支援することができる革新的な技術である。実証研究により、従来の方法と比較して流入水量予測の精度及び下水処理場の運転支援に対する一定の効果が確認されている。本ガイドラインは、国土技術政策総合研究所委託研究（分流式下水道の雨天時浸入水量予測及び運転支援技術に関する実証事業 受託者：住友重機械エンバイロメント・丹波市共同研究体 実施期間：令和 3 年度～令和 5 年度）において実施した研究の成果を踏まえ、下水道事業者が革新的技術の導入を検討する際に参考にする資料として策定したものであり、この優れた技術が全国そして海外にも普及されることを強く願うものである。

技術選定から実証研究施設の設置、運転による実証を踏まえたガイドラインの策定までを 3 年間という短期間でまとめるにあたり、大変なご尽力を頂いた下水道革新的技術実証事業評価委員会の委員各位、及びガイドラインに対する意見聴取にご協力いただいた下水道事業者の各位をはじめ、実証研究に精力的に取り組まれた研究体各位等全ての関係者に深く感謝申し上げます。

※B-DASH プロジェクト：Breakthrough by Dynamic Approach in Sewage High Technology Project

国土交通省国土技術政策総合研究所 上下水道研究部長 小川 文章

目 次

第 1 章	総 則	1
第 1 節	目 的	1
§ 1	目 的	1
第 2 節	適用範囲	3
§ 2	適用範囲	3
第 3 節	ガイドラインの構成	4
§ 3	ガイドラインの構成	4
第 4 節	用語の定義	6
§ 4	用語の定義	6
第 2 章	技術の概要	8
第 1 節	本技術の目的と概要	8
§ 5	本技術の目的	8
§ 6	本技術の概要	10
§ 7	本技術の構成	12
第 2 節	本技術を構成する要素技術の概要	14
§ 8	技術を構成する要素技術の概要	14
第 3 節	データ収集技術	15
§ 9	流入水量実績値	15
§ 10	降水量予報値	18
第 4 節	データ利用技術	20
§ 11	データ受信／保存技術	20
§ 12	流入水量予測技術	21
§ 13	セキュリティ技術	24
第 5 節	流入水量予測 A I モデル構築・再構築技術	26
§ 14	流入水量予測 A I モデル構築条件	26
§ 15	流入水量予測 A I モデル構築・再構築要件	27
§ 16	A I 構築・再構築用ハードウェア	29
第 6 節	運転支援技術	30
§ 17	運転支援技術	30
第 7 節	実証研究に基づく技術の評価	33
§ 18	技術の評価項目	33
§ 19	技術の評価結果	35

第3章	導入検討	36
第1節	導入検討手順	36
§ 20	適用条件・推奨条件	36
§ 21	導入・運用に係わる条件	38
§ 22	A Iに係わる条件	39
第2節	導入効果	40
§ 23	評価方法	40
第3節	導入判断	48
§ 24	判断方法	48
第4章	維持管理	49
第1節	維持管理	49
§ 25	維持管理	49
資料編		58

第1章 総 則

第1節 目 的

§ 1 目 的

本ガイドラインは、A I を活用した雨天時浸入水対策技術として、下水道革新的技術実証事業（B-DASHプロジェクト）で採択された「分流式下水道の雨天時浸入水量予測及び雨天時運転支援技術（以下本技術）（実証研究期間 令和3年7月～令和6年3月）」について、実証研究の成果を踏まえて、技術の機能を明示し、技術の普及展開を図るために策定したものである。

【解説】

下水道革新的技術実証事業（B-DASHプロジェクト）は、新技術の研究開発及び実用化を加速することにより、下水道事業における資源回収、大幅な省エネルギー・創エネルギー効果やコスト削減を実現し、併せて、本邦企業による水ビジネスの海外展開を支援するため、国土交通省が実施しているものである。

B-DASHプロジェクトの全体概要は図1-1に示すとおりである。各実証事業においては、国土技術政策総合研究所からの委託研究として、実証研究を実施している。

本技術は、⑳に係わる革新的技術であり、実証研究のとりまとめにあたっては、専門的知識を有する有識者及び実務に精通した地方公共団体の下水道事業者より意見を聴取したうえで、学識経験者で構成される「下水道革新的技術実証事業評価委員会」（以下、評価委員会）の評価を受け、十分な成果が得られたと評価された。本ガイドラインは、下水道事業において下水処理施設の効果的運用による浸水被害の軽減を実現するため、評価委員会で評価された本技術の実証研究の成果を踏まえ、本技術の導入の促進に資することを目的として、国土技術政策総合研究所において策定するものである。このため、本ガイドラインでは、地方公共団体等の下水道事業者が本技術の導入を検討する際に参考にできるように技術の機能等を明示し、技術の普及展開を図るための事項についてとりまとめている。

なお、本ガイドラインは、実証研究の成果と同様に専門的知識を有する有識者及び実務に精通した地方公共団体の下水道事業者より意見を聴取のうえ、評価委員会の評価を受け、了承されたものである。

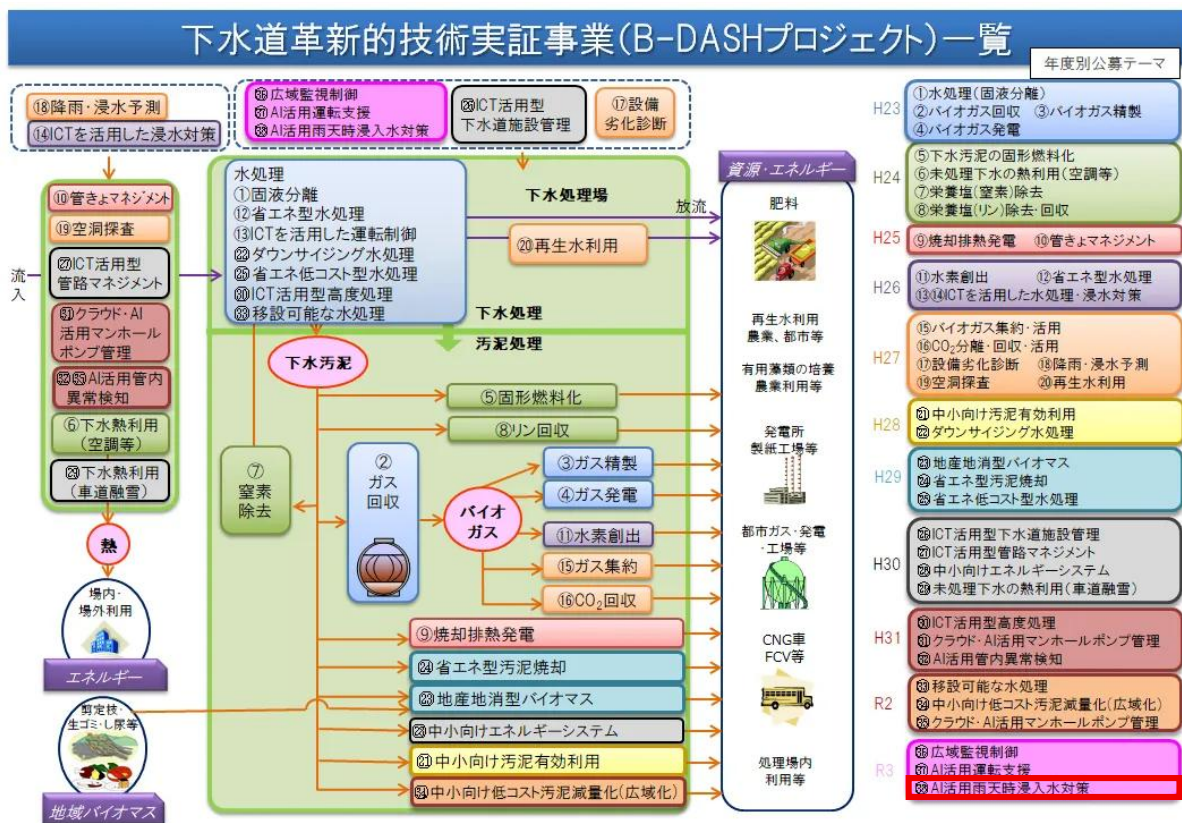


図1-1 下水道革新的技術実証事業 (B-DASHプロジェクト) の概要 (全体)

第2節 適用範囲

§2 適用範囲

本ガイドラインは、分流式下水道を対象として、本技術のシステム全体または一部についての、導入効果の算定や導入検討、運用・維持管理に適用する。

【解説】

本ガイドラインは、分流式下水道を対象に本技術の導入を促進することを目的として、本技術の導入効果の算定や導入検討の参考となるようにとりまとめたものである。

本技術のシステム全体を同時または段階的に導入する場合、もしくは、一部の要素技術のみを導入する場合のどちらにも本ガイドラインは適用される。

また、本ガイドラインは地方公共団体等の下水道事業関係者及び関連する民間企業等に利用されることを想定して策定している。

第3節 ガイドラインの構成

§ 3 ガイドラインの構成

本ガイドラインは、総則、技術の概要、導入検討、維持管理及び資料編から構成される。

【解説】

本ガイドラインは、以下に示す構成からなる。また、本ガイドラインの本編と資料編の関係について図1-2に示す。

各章の内容は以下のとおりとする。

(1) 第1章 総則

目的、適用範囲、ガイドラインの構成、用語の定義について示す。

(2) 第2章 技術の概要

技術の目的と概要、本技術を構成する要素技術の概要、及び各要素技術の内容を示す。

(3) 第3章 導入検討

本技術の導入検討手順と導入効果及び導入判断について示す。

(4) 第4章 維持管理

本技術を導入した場合における、維持管理について示す。

その他、資料編として、実証研究結果、問い合わせ等に関する資料を示す。

本編

資料編

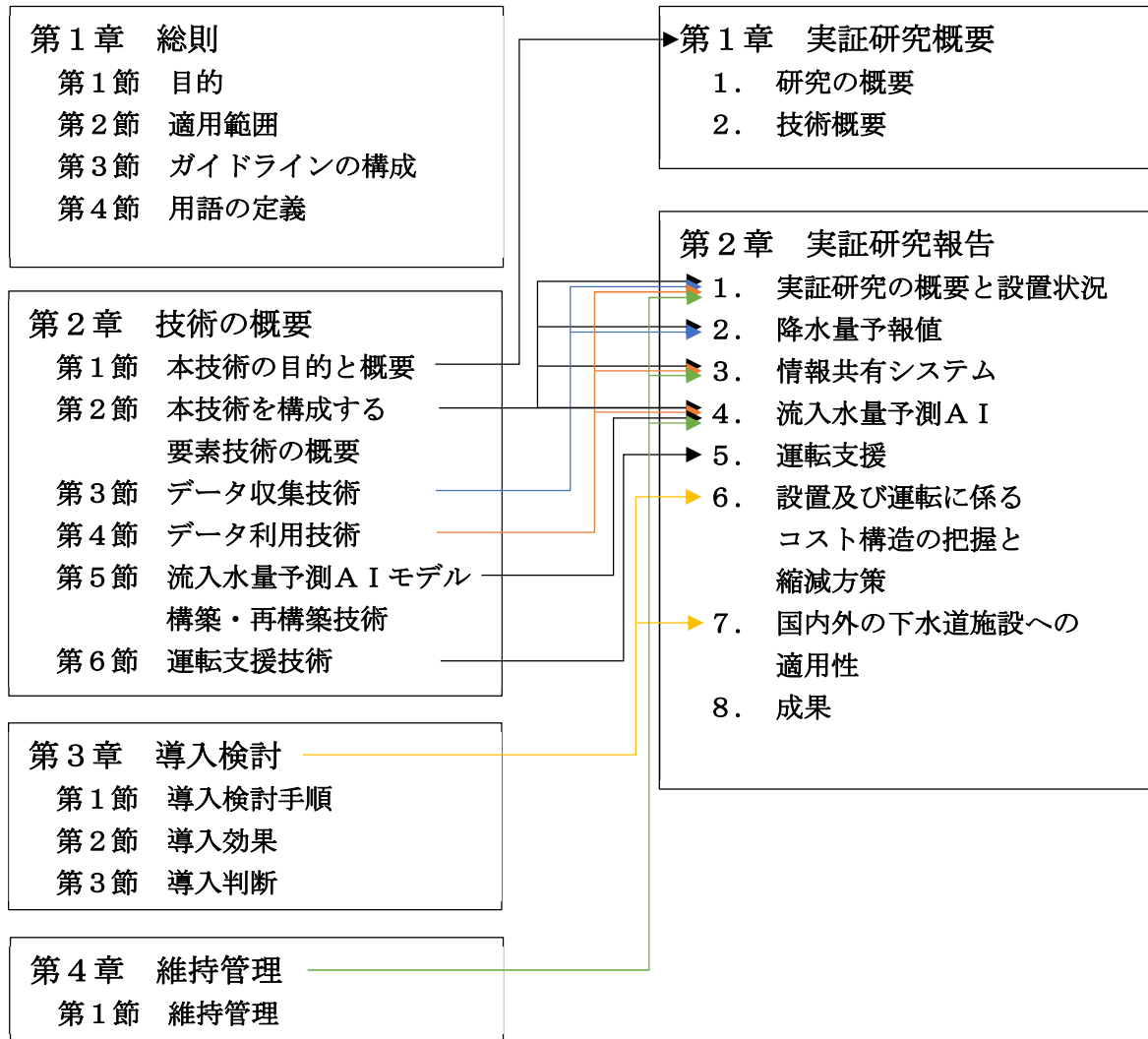


図1-2 本ガイドライン本編と資料編の関係

第4節 用語の定義

§ 4 用語の定義

本ガイドラインで扱う用語は、以下に示すとおり定義する。なお、下水道施設の基本的な用語については、『下水道施設計画・設計指針と解説』（公益財団法人 日本下水道協会、2019年）、『下水道用語集』（公益財団法人 日本下水道協会、2000年）に準拠する。

（１）流入水量実績値

流入水量実績値とは、本技術を適用する際に必要となる、管きょを通じて実際に下水処理場へ流入した流入水の量のことをいう。

（２）降水量予報値

降水量予報値とは、本技術を適用する際に必要となる降水量予報値のことをいう。

（３）流入水量予測ＡＩ

流入水量予測ＡＩとは、本技術で流入水量実績値と降水量予報値から予測時間経過後の流入水量を予測するための人工知能（ＡＩ）のことをいう。

（４）流入水量予測値

流入水量予測値とは、流入水量予測ＡＩモデルより得られた予測時間経過後の流入水量のことをいう。

（５）体制構築時間

体制構築時間とは、大雨時に体制を夜間・休日に構築する場合に必要な準備時間のことをいう。

（６）予測時間

予測時間とは、体制構築時間を考慮して定めた流入水量予測ＡＩで予測する現時刻からの時間差のことをいう。

（７）閾値

閾値（いきち）とは、本技術を適用する下水処理場で浸水被害が発生する恐れのある流入水の量のことをいう。また、閾値を超える降雨イベントのことを閾値超イベントという。

(8) 短時間大雨

短時間大雨とは、以下に示す3条件を満たす雨のことをいう。

- | | |
|-----------------------------|--------|
| ① 降り始め（10mm/h以上）からピークまでの時間 | 30分以内 |
| ② 降り始めから降り止み（10mm/h未満）までの時間 | 120分以内 |
| ③ 10mm/h以上の降雨からの経過時間 | 60分以上 |

(9) 短時間大雨以外

短時間大雨以外とは降雨の中で（6）で示した短時間大雨を除いた雨のことをいう。

(10) AIハイパーパラメーター

モデルの学習プロセスや構造を制御するためにあらかじめ設定するパラメーター。これらは学習によって自動的に決まる「重み」とは異なり、ユーザーが手動で設定する必要がある。

(11) ラグ値（遅延）

ラグ値とは、流入水量予測AIモデルで使用するデータの時間遅れ範囲を表す。10分間隔のデータを取り扱う場合、ラグ値が7の場合は現時刻から60分前までのデータを用いることになる。数が少ないと予測精度は低下し、数が多いと予測精度は向上する傾向があるが、多すぎると過学習となったり、それ以上の精度向上が見込めない恐れがある。

(12) 隠れ層数

隠れ層とは、機械学習手法の一種である多層構造のニューラルネットワークにおける入口層と出口層を除いた中間層数を表す。一般的に隠れ層数が多いと複雑な分析が出来、予測精度が向上するが、ある一定以上になると、精度向上は頭打ちする傾向がある。また、隠れ層数を増加すると学習時間が増加するので、注意が必要である。

第2章 技術の概要

第1節 本技術の目的と概要

§5 本技術の目的

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AI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。AI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。

【解説】

（1）目的

本技術は、降雨による処理場への流入水量を予測し、警報の発報及び適切な操作支援ガイダンスを発出することで、浸水被害の発生リスクを軽減するためのものである。

（2）背景・課題

近年、局地的豪雨や大規模な降雨が発生し、少人数で複数の下水道施設を管理している地域では降雨起因の施設流入水量増加への対応遅れによる浸水被害発生が散見される。下水道施設における従来の降雨時対応状況を図2-1に示す。

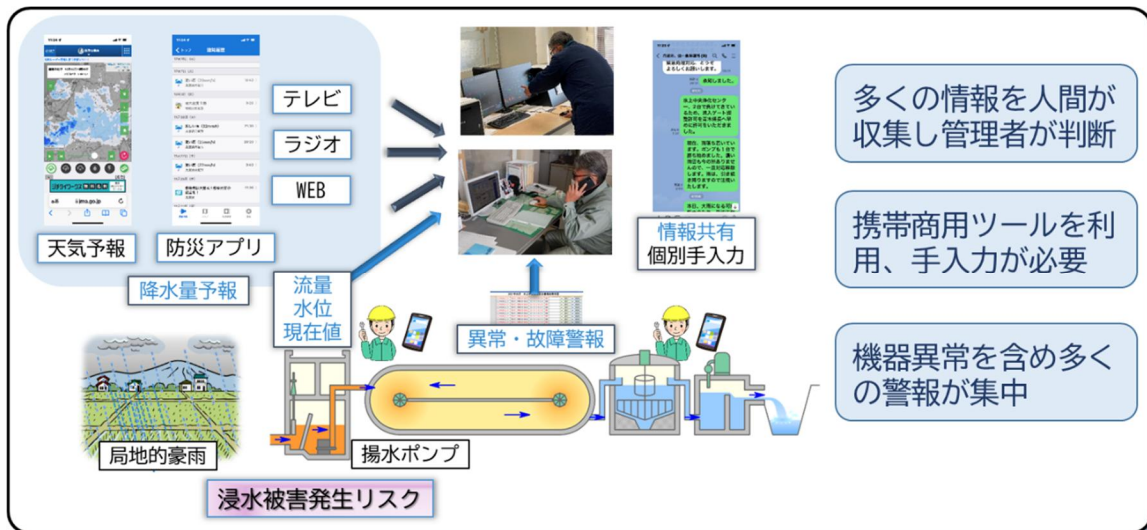


図2-1 従来の降雨時の対応状況

1) 降雨時の対応内容

一般的に下水処理施設の降雨時対応は気象庁発表の気象警報・注意報により準備・体制の構築を行い、施設周囲に止水板の設置や仮設ポンプを準備し、施設外部からの浸水防止対応を行う。施設流入水量増加には、ポンプ井水位の状況に合わせて、流入ゲートやポンプ操作を行い、施設浸水防止対応を行う。

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。

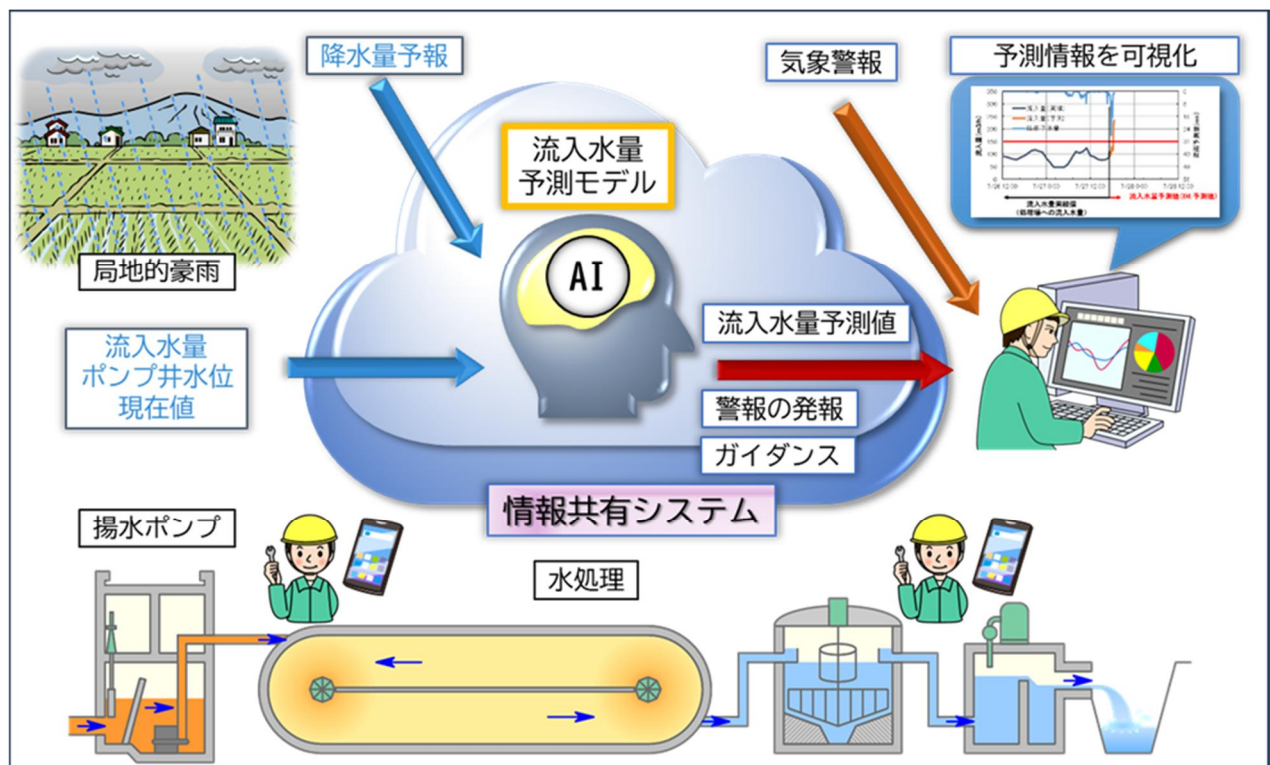


図2-2 本技術概要

(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。

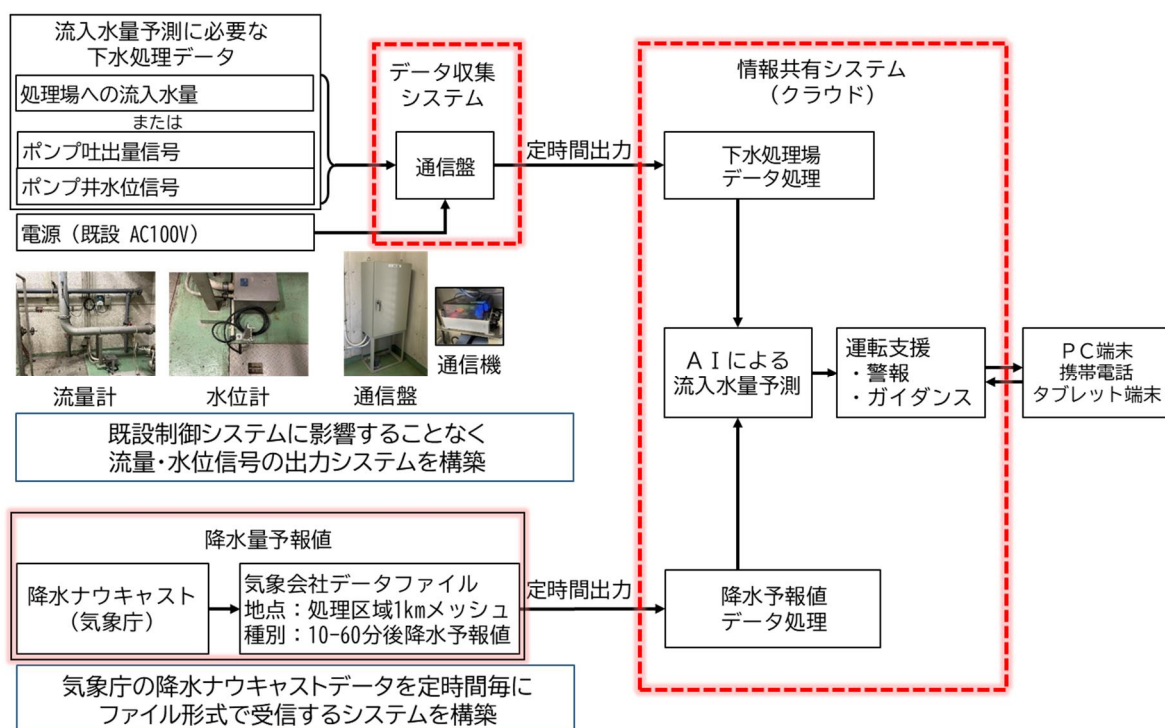


図2-3 本技術構成

(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。

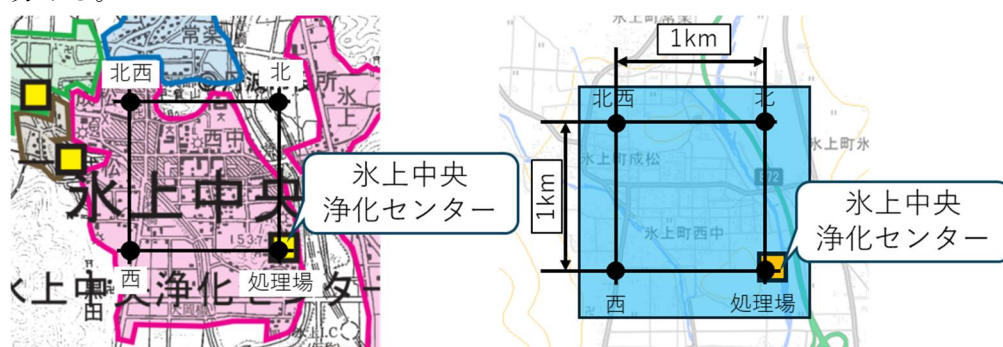


図2-4 実証研究での降水量予報値入手範囲（氷上中央浄化センター）

(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($\text{m}^3/10\text{分}$)

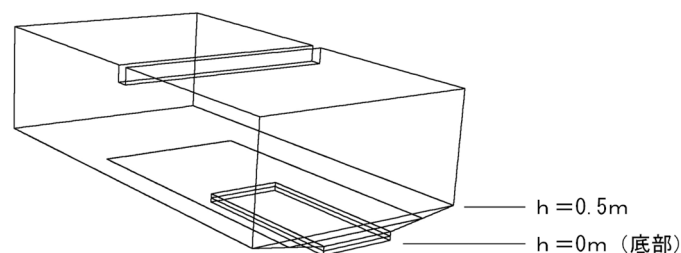


図2-5 氷上東浄化センターポンプ井概略図

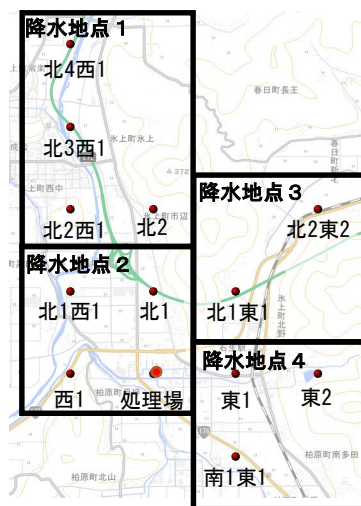
$$V = \begin{cases} -0.6333h^2 + 60.23h - 19.754 & 0.5 < h \\ 681.23h^4 - 438.27h^3 + 83.79h^2 + 2.922h & 0.5 \geq h \end{cases} \quad (2)$$

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	○	－		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
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似環境で動作させ、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メール無害化／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	○	－	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	
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	○	－	WAF、DDoS対策をCDNで実施してもよい
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	－	○	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
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	－	○	希望する自治体向けのOP
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	対応と復旧	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		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、再発防止)、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良い。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良い。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。

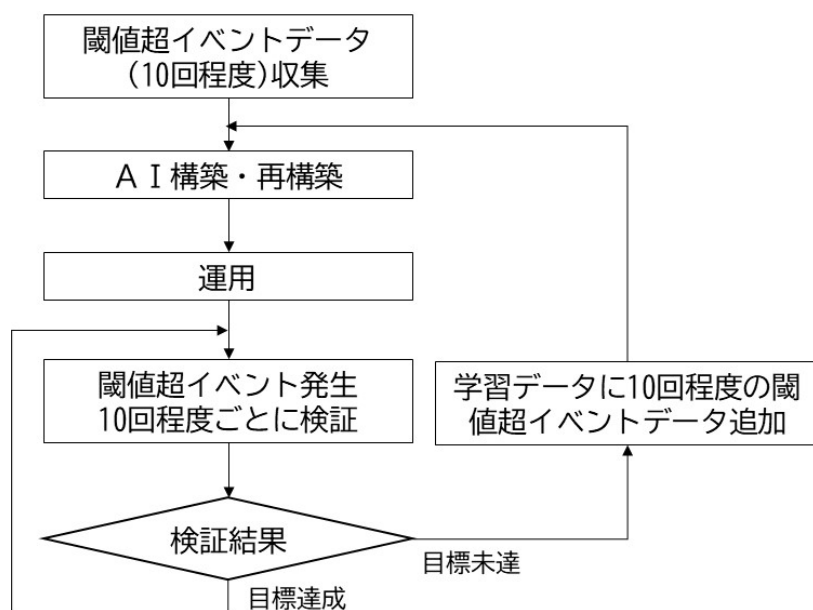


図2-7 A I 構築・再構築フロー

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よい。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

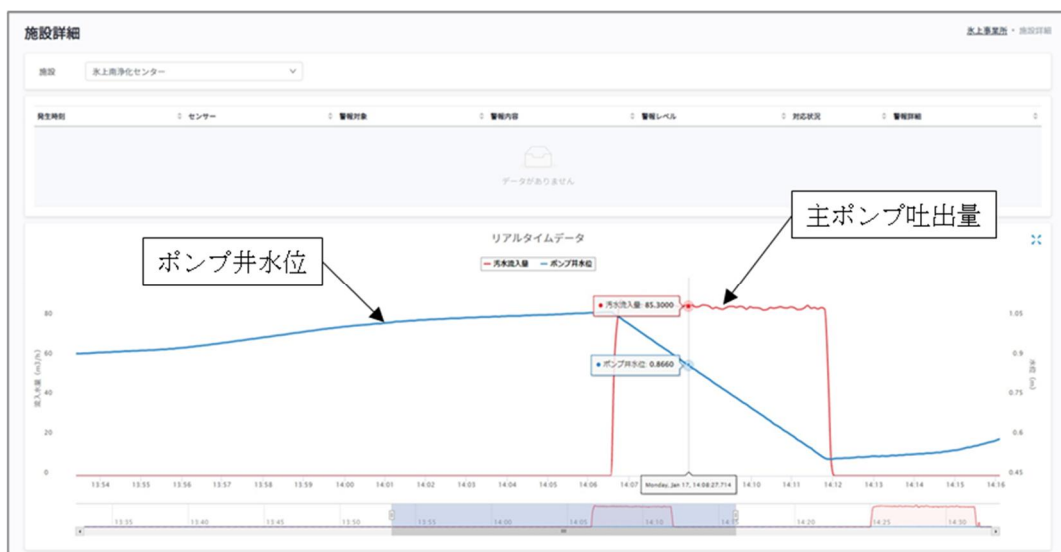


図2-9 リアルタイムトレンドグラフの例（P C端末）

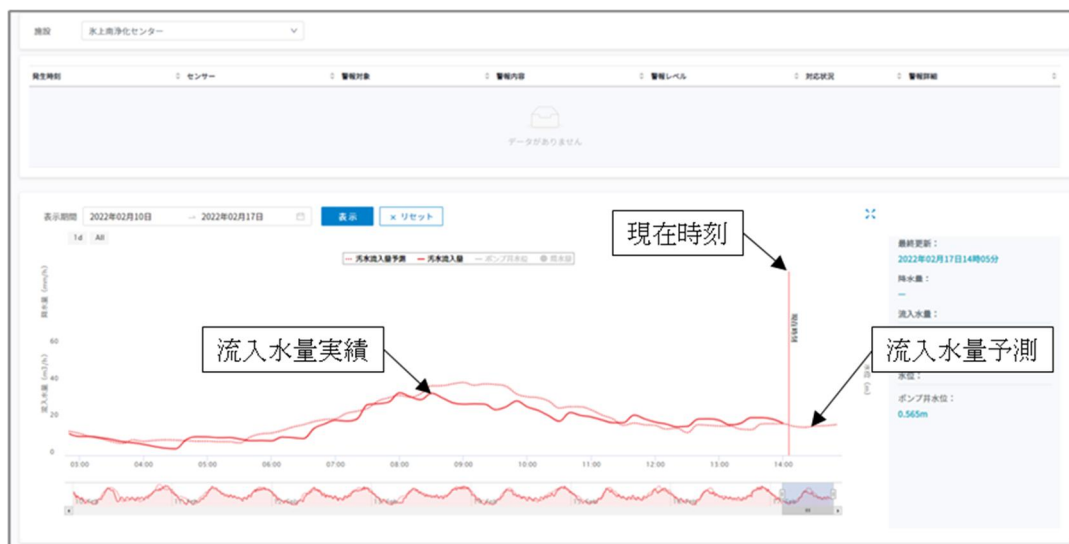


図2-10 流入水量実績及び流入水量予測トレンドグラフの例（P C端末）



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

第3章 導入検討

第1節 導入検討手順

§ 20 適用条件・推奨条件

本技術の導入を検討する際の手順は、以下のとおりである。

(1) 適用条件

(2) 推奨条件

本技術の適用については、適用条件に全て合致するかどうかで判断する。推奨条件は費用対効果を得られ易いかどうかを確認するための条件であり、全て合致していなくとも、本技術の導入は可能である。

なお、実証研究結果より以下の条件であれば本技術の導入によるメリットが出る可能性が高いことがわかっている。

条件1：流入水量実績値閾値超イベント数が年間10回以上

条件2：ポンプ設備浸水による溢水想定範囲に機械・建築設備が10台程度あること
(機械・電気・建築設備被害額1,300万円相当)

【解説】

本技術の適用について、下水の排除方式、運転管理体制による適用条件に合致するか確認する。そのうえで推奨条件について確認することで、費用対効果を得られ易い条件かどうか簡易的に確認する。

(1) 適用条件

適用条件について、チェックリストを図3-1に示す。本チェックリストにより、排除方式、運転管理体制を判断し適用可能性調査に移行するかどうか判断する。

適用条件
排除方式
☐ 分流式である

運転管理体制
☐ 体制構築時間が予測時間（60分）以内である

図3-1 処理場施設条件による適用条件確認チェックリスト

排除方式：分流式下水道における雨水の流入は全国的な課題となっていることから分流式下水道に本技術の適用対象とする。

運転管理体制：予測による警報発令が行われてから浸水時刻までに体制構築を完了することがあることから、体制構築時間が予測時間(60分)以内であることが適用条件となる。

(2) 推奨条件

本技術の適用検討として推奨条件チェックリストを図3-2に示す。下水処理施設において浸入水による影響は小規模下水処理施設の方が大きいので、小規模下水処理施設での代表的な処理方式であるOD法と回分法を本技術の推奨とした。流入水量の制御方式は、全自動の制御方式を持たず、手動制御である場合の方が本技術の効果が出やすいので、自動で制御可能でない場合を推奨とした。これら以外のデータ収集システムの有無・流入水量計の有無、通信方式、閾値超イベントの頻度、被害想定額によって本技術適用のための費用と適用による便益が異なってくる。本技術の導入効果を求める際には条件を変えて費用便益分析を行い評価する。

推奨条件

導入費用

処理方式

☐ OD法または回分法である

制御システム

☐ 自動の流入水量制御でないこと

データ収集システム

☐ サーバーを使用した運転管理システムがある

☐ 流入水流量計がある

流入水流量計が無い場合

☐ 水位計がある

☐ 主ポンプ流量計がある

通信方式

☐ インターネット回線がある

☐ スマートフォンやタブレットの端末がある

便益

閾値超イベント頻度

☐ 年間10回以上

被害想定額

☐ ポンプ設備浸水による被害想定額が1,300万円以上である

図3-2 推奨条件チェックリスト

§ 21 導入・運用に係わる条件

構築した A I を運用するためには情報共有システムに実装する必要がある。本技術導入に際しては次の2つのケースが考えられ、既存のシステムに合わせた選択が必要になる。

ケース 1：既存のシステムが情報共有システムに相当する場合、既存システム上にデータ収集システムを構築し A I を実装して運転支援を行う。

ケース 2：情報共有システムに相当するシステムが無い場合、データ収集から A I 構築・実装、運転支援を一括して流入水量予測業者に委託する。

【解 説】

本技術を導入、運用するためには対象処理場からの流入水量実績値及び気象庁等からの降水量予報値を保存し、実装した A I により前述データから流入水量を予測、予測結果から運転支援として警報の発報や運転支援ガイダンスの発出を行うシステムが必要である。

そのため、導入・運用に向けては表3-1に示すケースのどちらかを選択し検討することが想定される。

表3-1 流入水量予測システム導入ケース

		ケース 1	ケース 2
特徴		・ 既存のクラウドを流用 ・ ノウハウ蓄積に貢献	・ 使用者がクラウドを用意することなく低コストでの運用が可能 ・ ノウハウ蓄積困難
情報共有システム	クラウド	既存クラウド流用	流入水量予測業者のクラウド
	A I	新規制作	新規制作
データ収集システム		新規制作	新規制作
イメージ図			
カスタマイズ性		○	△
コスト		◎	◎

§ 22 A Iに係わる条件

流入水量予測A Iモデルを構築・再構築するため、予測時間、閾値と検証項目の目標値が必要になる。

【解 説】

本技術における流入水量予測A Iモデルを構築・再構築するため、目標変数を決定するための予測時間、予測結果を検証するための閾値と検証項目の目標値を決定する。予測時間の設定方法は資料編第1章第1節第2項参照、閾値の設定方法は第1章第4節 § 4参照、検証項目の目標値の設定方法は資料編第2章第4節第1項に記載。

第2節 導入効果

§ 23 評価方法

実証研究に基づき、以下の項目に対する評価方法を示す。

(1) 費用 (C)

- 1) システム構築費用の算出
- 2) 発生源対策費用との比較
- 3) ハード対応策費用との比較

(2) 便益 (B)

- 1) 被害軽減期待額の算出
- 2) 本技術によるその他効果検討

(3) 費用便益分析 (B / C)

【解 説】

(1) 費用 (C)

1) システム構築費用の算出

システム構築費用としてシステム建設費（機器費、設置費）及びシステム維持費を計算する。

本技術は既存設備により必要な機器構成が異なるため、条件ごとに機器費及び設置費を算出する必要がある。参考として表3-2に実証研究時における建設費算出対象を示す。

表3-2 実証研究時における建設費算出対象

No.	項目
1	情報共有システム
①	クラウド構築
②	A I 初期構築
③	システム連携費用
2	データ収集システム
①	ポンプ井水位計
②	ポンプ吐出流量計
③	流入水量算出システム構築
④	通信盤
3	通信・端末
①	通信回線
②	携帯端末
4	設置費
①	現地工事費

参考として表3-3に実証研究時における維持費算出対象を示す。

表3-3 実証研究時における維持費算出対象

No.	項目
1	維持費（基本） 1 か月あたり
①	クラウド維持
②	システム維持
③	サーバー維持 (5年分の流量、流速、水位のデータ蓄積) 30GB
④	通信費
⑤	電気代
2	維持費
①	A I 再構築 (1回／年)

2) 発生源対策費用との比較

本技術は浸入水による処理施設の浸水リスク低減が目的であるが、適用判断にあたり雨天時浸入水の発生源対策に掛かる費用との比較が必要になる。発生源対策費用がシステム構築費用より下回っている場合は本技術導入ではなく発生源対策を行うことを検討すべきだが、発生源の調査・対策にかかる期間が本技術導入期間を超えてしまう場合は、浸入水による浸水リスクを早期に低減するために本技術の導入を検討すべきである。

参考として実証研究時の発生源対策検討内容を以下に示す。

実績

- ・調査単価 a円/km
- ・修繕単価 b円/km
- ・期間 c年/km

発生源対策費及び対策期間計算

- ・対象管渠長さ L km
- ・発生源対策費 $(a+b) \times L$ 円
- ・発生源対策期間 $c \times L$ 年

発生源対策費用が流入水量予測システム構築及び運用の費用を下回る場合には発生源対策を行うことが実流入水量削減による浸水被害リスク削減につながる。

3) ハード対応策費用との比較

浸水リスクに対するハード、ソフト対応策のメリット、デメリットを表3-4に示す。必要に応じてハード対応策との比較を実施する。

表 3-4 ハード対応策と本技術による対応策の比較

	メリット	デメリット
ハード対応策 (設備の設置/改修)	✓ 設備による物理的な防御効果がある。 ✓ 長期間にわたって浸水リスクを軽減できる。	✓ 高コストで設置/改修までに時間がかかる。 ✓ 改修/改修が不可能な場合は適用できない。
本技術による対応策	✓ 機器の設置/改修は殆どないため、比較的低コストであり、早期に実施可能 ✓ 機器の設置/改修は殆どないため、状況や条件に応じた対策が比較的容易	✓ 予測精度に限界がある場合、効果が限定的となる可能性がある。 ✓ 予測精度を維持するため、AIの検証と再構築が必要となる。

(2) 便益 (B)

1) 被害軽減期待額の算出

本技術の導入検討を進めるためには、対策効果を評価するため、本事業による便益として被害軽減期待額を算定する。図3-3に被害軽減期待額算定フローを示す。

なお、各項目における実証実験の例は資料編に記載している。

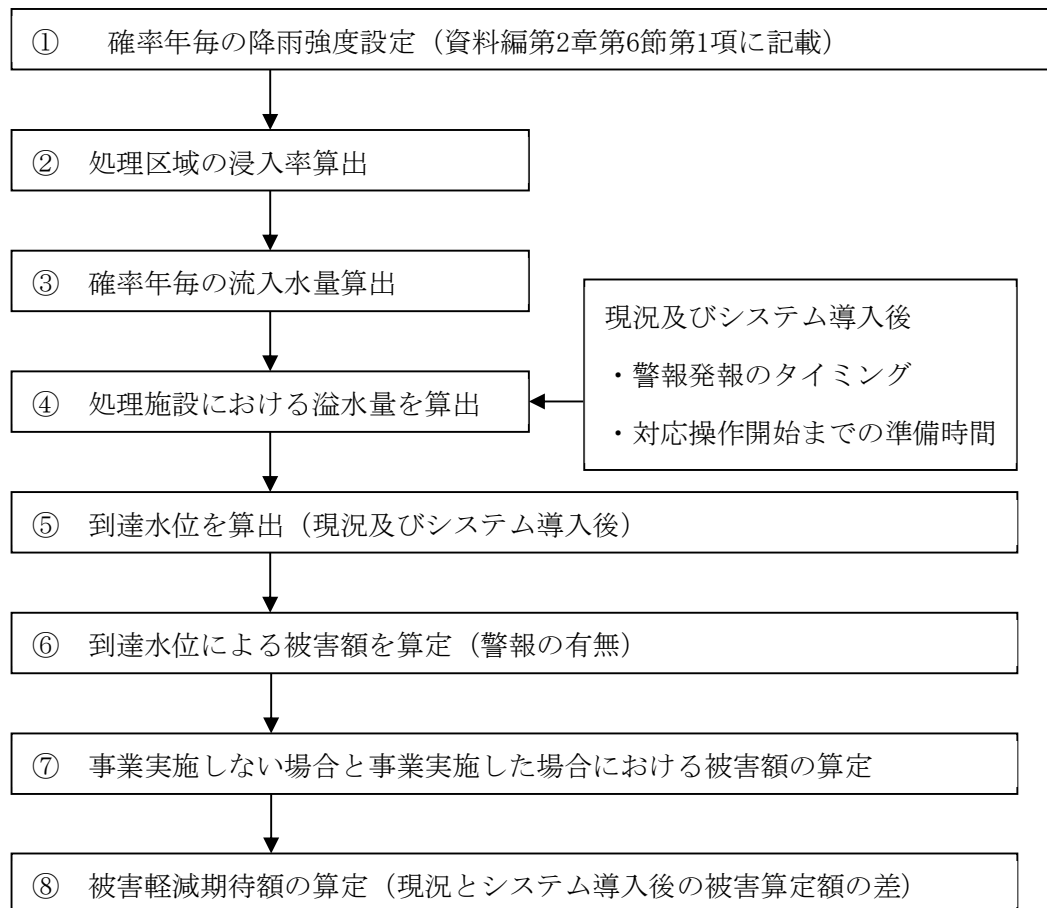


図3-3 被害軽減期待額算定フロー

① 確率年毎の降雨強度設定

各自治体で出している場合はその確率降雨を用いる。

確率降雨を出していない場合は、土木研究所が出しているアメダス確率降雨計算プログラム等を用いて、その地点における確率降雨を算出する。

【参考】アメダス確率降雨量計算プログラム

(<https://www.pwri.go.jp/jpn/results/offer/amedas/top.htm>)

② 処理区域の浸入率算出

浸入率は「雨天時浸入水対策ガイドライン（案） 令和2年1月 国土交通省 水管理・国土保全局 下水道部」により算出する。

算出方法はガイドラインに記載がある通り、処理施設において、雨天時に計測した下水量及び計測地点近傍の雨量データに基づき、降雨量に対する日最大または時間最大の雨天時浸入水量の割合とする。

浸入率は、浸入率算出の基本式により降雨単位で算出し、これらの結果から直線回帰式を利用して算出する。

③ 確率年毎の流入水量算出

処理場への流入水量は、計画降雨から算出される降水量、流域面積、浸入率から時間最大雨天時浸入水量を算出し晴天時平均汚水量を加えた流量とし、確率降雨毎の流入水量を算出する。

流入水量[m³/h]

= 降雨強度[mm/h] × 流域面積[m²] × 浸入率[%] + 晴天時平均汚水量[m³/h]

④ 処理施設における溢水量を算出

流入水量と必要な準備時間から溢水量を算出する。溢水量算出方法を表3-5に示す。

表3-5 溢水量算出方法

考慮事項	警報なし	警報あり
警報発報タイミング	ポンプ井水位異常高 (溢水開始)	流入水量予測値が閾値を超えた 時点
準備時間	t 分	t 分 (t : 最大60分)
降雨継続時間	T 分	T 分
対応までの溢水時間	t 分 - 0分 = t 分	0分
準備時間中の溢水量	[流入水量] × t 分	[流入水量] × 0分
対応後の溢水量	[流入水量 - ポンプ吐出量(非常用 ポンプ含)] × (T - t) 分	[流入水量 - ポンプ吐出量(非常 用ポンプ含)] × T 分

⑤ 到達水位を算出（現況及びシステム導入後）

溢水量に対して到達する水位を算定するために、各処理場においてどのような順序で浸水するかを確認する。

各エリアの面積と高さ、各階の容積及び最低層階からの容積の合計を求め溢水量に対する到達水位を算出する。

なお、システム導入時の溢水量について、流域の溢水防止を優先し、流入管内に貯留可能な容量までゲート操作により流入水量を調整するものとして算出する。管内貯留量は、自然流下で流入する管渠の容量の半分とする。

処理場内の浸水防止を優先する場合は、ゲート操作により流入水量とポンプ吐出量のバランスを調整し溢水しないように管理する。この場合、溢水量0 m³、浸水レベル0 mとして被害額を算定する。

⑥ 到達水位による被害額を算定（警報の有無）

被害額算定にあたり、各エリアの到達水位に対して修繕対象となる機器を確定し修繕費用を見積る。

機種ごとに浸水エリアにあたる設置場所を確認、浸水時大がかりな修繕が必要となるレベルを確認し、溢水量に対して到達水位を算出することで被害発生機器を抽出し、修繕費用を見積もることが可能となる。

到達水位に対する被害額を表3-6に示す。

表3-6 到達水位に対する被害額

警報	確率年	到達水位 [m]	被害額（警報）			
			機械設備	電気設備	その他	合計
なし	Y0					A0
	～					～
	Ym					Am
あり	Y0					B0
	～					～
	Ym					Bm

⑦ 事業実施しない場合と事業実施した場合における被害額の算定

見逃し率を考慮し事業実施した場合と事業実施しない場合の警報に対する被害額を表3-7をもとに算出する。

表3-7 事業実施しない場合と事業実施した場合における被害額

	確率 年	見逃 し率	被害額（警報）		被害額
			警報なし	警報あり	
事業実施 しない 場合	Y0	α	A0	B0	$C0 = A0 \times \alpha + B0 \times (1 - \alpha)$
	～		～	～	～
	Ym		Am	Bm	$Cm = Am \times \alpha + Bm \times (1 - \alpha)$
事業実施 した場合	Y0	β	A0	B0	$D0 = A0 \times \beta + B0 \times (1 - \beta)$
	～		～	～	～
	Ym		Am	Bm	$Dm = Am \times \beta + Bm \times (1 - \beta)$

⑧ 被害軽減期待額の算定（現況とシステム導入後の被害算定額の差）

本システム導入による年平均被害軽減期待額を表3-8に示す。

表3-8 年平均被害軽減期待額の算定

確 率 年	年平均 超過確率	被害額			区間 平均 被害額	区間 確率	年平均 被害額	年平均 被害額 の累計 ＝年平均 被害軽減 期待額
		① 事業を 実施し ない場 合	② 事業を 実施し た場合	③ 被害軽 減額 ①－②				
Y0	$N0=1/Y0$	C0	D0	$E0=$ $C0-D0$	$\frac{E0+E1}{2}$	$N0-N1$	$d1=$ $(N0-N1)$ $\times \frac{E0+E1}{2}$	d1
Y1	$N1=1/Y1$	C1	D1	$E1=$ $C1-D1$			$d2=$ $(N1-N2)$ $\times \frac{E1+E2}{2}$	
Y2	$N2=1/Y2$	C2	D2	$E2=$ $C2-D2$	$\frac{E1+E2}{2}$	$N1-N2$	$(N1-N2)$ $\times \frac{E1+E2}{2}$	d1 + d2
・				・	・	・	・	・
・				・				
Ym	$Nm=1/Ym$	Cm	Dm	$Em=$ $Cm-Dm$	$\frac{Em-1+Em}{2}$	$Nm-1-Nm$	$d m=$ $(Nm-1-Nm)$ $\times \frac{Em-1+Em}{2}$	d1 + d2 + ・・・ + dm

参考：下水道事業における費用対効果分析マニュアル

国土交通省水管理・国土保全局下水道部 令和5年9月

2) 本技術によるその他効果検討

浸水被害削減以外の効果として、予測精度向上による無駄な作業の削減が考えられる。現状は気象警報を根拠に浸水対応を行っているが、気象警報の場合、対象エリアが広くピンポイントでの警報ではないため空振りが多く発生している。この場合、勤務時間であれば通常対応可能であるが、夜間、休日の勤務時間外に気象警報が発令した場合にはその対応を行う必要がある。本システム導入により空振り対応のための人件費が削減可能であるため、その費用を算出する。

人件費削減効果

【算出対象】

- ・気象警報空振り時に現場待機が発生した降雨イベントを対象とする。
- ・通常勤務時間は削減対象に含まないものとする。
- ・従来技術と本技術適用時の閾値超日数を同じとして計算する。

【算出方法】

$$\text{削減コスト} = \text{人工} \times \text{日数} \times \text{単価} \times \text{時間外勤務率}$$

人工：緊急時に対応する人数

日数：従来の対応時と本技術適用時の空振り日数の差

単価：1人当たりの日当

時間外勤務率：時間外勤務時間

$$= (\text{月} \sim \text{金勤務時間外} + \text{土曜日、日曜日}) / \text{全時間}$$

$$= [15\text{時間} \times 5\text{日} + 24\text{時間} \times 2\text{日}] / [24\text{時間} \times 7\text{日}]$$

$$= 73\%$$

(3) 費用便益分析

対策効果の評価として社会的割引率を考慮した現在価値基準に費用及び便益の推移を確認し便益累計が費用累計を上回るか確認するとともに、耐用年数経過後のB/Cを確認し費用便益分析を行う。なお、費用便益の感度分析については資料編第2章第6項に記載した。

社会的割引率*i*は4%を採用。t年目の割引率は $1 / ((1+i)^{(t-1)})$ として計算する。

また、流入水量予測業者に関する費用については設備費に設置費を加えた建設費を年毎の費用にかえて計算するため、その費用は建設費年価算出式を用いて算出する。

$$\text{建設費年価} = \text{建設費} \times i(1+i)^n / ((1+i)^n - 1)$$

i : 社会的割引率 = 4.0%

n : 耐用年数 15年 (機械・電気)

第3節 導入判断

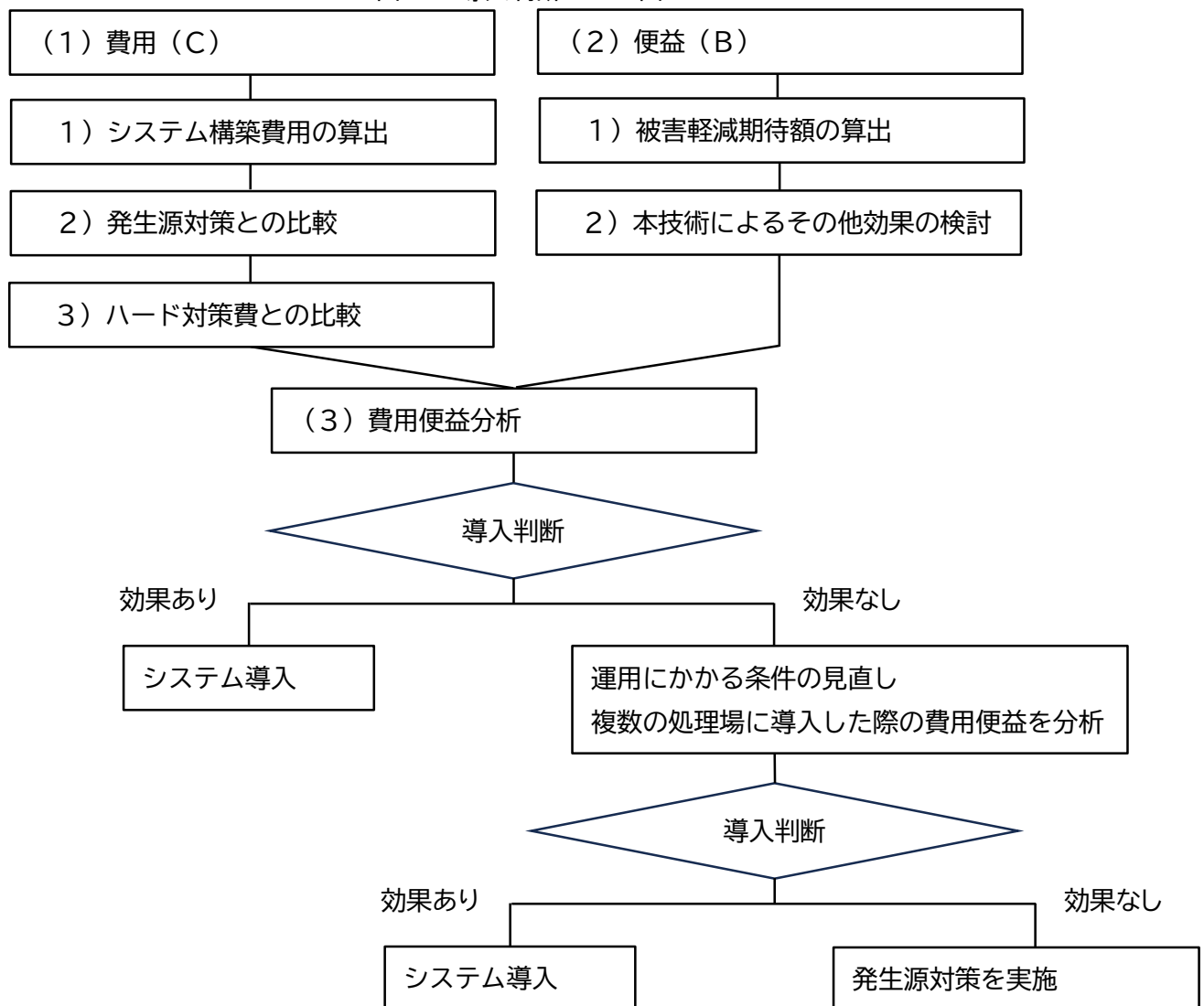
§ 24 判断方法

導入効果の評価結果を踏まえ、費用便益分析結果を総合的に評価し、本技術の導入判断を行う。

【解 説】

導入効果評価から総合的に判断して導入効果が見込まれる場合には、本技術の導入に係る意思決定を行う。十分な導入効果が見込まれない場合は、導入運用に係る条件の見直し、複数の処理場を対象にまとめて導入した場合の導入効果の評価を再度行うなどが考えられる。

図 3-4 導入判断フロー図



第4章 維持管理

第1節 維持管理

§ 25 維持管理

本システムを構成する装置・機器、A I 関連について、適切な維持管理が行わなければならない。

- (1) 測定機器、通信盤の維持管理
- (2) データ受信/保存技術、セキュリティ対策、データ管理の維持管理
- (3) 流入水量予測A I の精度維持、向上作業

【解 説】

本技術の維持管理すべき内容として、測定機器、通信盤の保守作業、A I 構築条件の維持管理、流入水量予測A I の精度維持・向上作業がある。

(1) 測定機器、通信盤の維持管理

測定機器(流量計、水位計)と通信盤を良好な状態に維持するため、保守作業を行う。保守作業は点検と校正に分けられ、点検には日常点検、臨時点検がある。

日常点検は日常的に測定機器が正常に動作していることを確認する。定期点検は定期的に性能や機能を確認し、故障や性能低下を未然に防ぐ。臨時点検は機器に異常が発生した場合で必要となる点検である。これら以外に高精度な性能を維持するための詳細な点検や調整を行う精密点検を実施する場合がある。

校正は、測定機器の精度確保のために、計測機器の測定値を標準値と比較して調整する。

流量計と水位計及び通信盤の一般的な点検内容と頻度を表4-1～4-3に示す。具体的な内容や頻度は、計測機器の取扱説明書やメーカーの推奨ガイドラインに従う。点検結果や作業内容は記録する方が良い。また作業は安全を最優先とし、必要に応じて電源を切るなどの安全対策を講じることが重要である。

表4-1 流量計保守作業項目

保守作業 種 別	点検			校正
	日常点検	定期点検	臨時点検	
頻 度	毎日または使用ごと	半年に1回から1年に1回	異常発生時	半年から1年に1回
目 的	日々の運用における正常動作の確認	定期的な流量計の性能確認、故障や劣化の防止	異常が発生した場合の点検	測定精度の確保
項 目	✓ 表示値のチェック ✓ 外観の確認 ✓ 異常音や振動の確認 ✓ 配管や接続部の漏れ確認	✓ 全体の動作確認 ✓ 接続部や配管の点検 ✓ センサー部分の点検と清掃 ✓ 校正作業(簡易校正)	✓ 異常箇所の特定 ✓ 修理や部品交換 ✓ 必要に応じた再校正	✓ 標準機を用いた比較測定 ✓ 校正曲線の作成 ✓ 必要な調整と修正

表4-2 水位計保守作業項目

保守作業 種 別	点検			校正
	日常点検	定期点検	臨時点検	
頻 度	毎日または使用ごと	半年に1回から1年に1回	異常発生時	半年から1年に1回
目 的	日々の運用における正常動作の確認	定期的な水位計の性能確認、故障や劣化の防止	異常が発生した場合の点検	測定精度の確保
項 目	✓ 表示値のチェック ✓ 外観の確認 ✓ 異常音や振動の確認 ✓ 電源の確認	✓ 動作確認 ✓ 接続部や配管の点検 ✓ センサー部分の点検と清掃 ✓ 電池や電源の確認	✓ 異常箇所の特定 ✓ 修理や部品交換 ✓ 必要に応じた再校正	✓ 標準機を用いた比較測定 ✓ 校正曲線の作成 ✓ 必要な調整と修正

表4-3 通信盤保守作業項目

保守作業 種 別	点検		
	日常点検	定期点検	臨時点検
頻 度	毎日または使用ごと	3か月に1回から半年に1回	異常発生時
目 的	正常動作の確認	定期的な水位計の性能確認、故障や劣化の防止	異常が発生した場合の点検
項 目	✓ 通信機器の動作確認 ✓ インジケータや表示灯の確認 ✓ 異常音や異臭の確認 ✓ ケーブルや接続部の緩みや損傷の確認 ✓ 通信状態の簡易チェック	✓ 全ての接続の確認 ✓ 各通信機器の動作確認 ✓ ファンや冷却システムの動作確認 ✓ 電源電圧やバッテリーの状態確認 ✓ ソフトウェア等の更新 ✓ 清掃	✓ 異常箇所の特定 ✓ 修理や部品交換 ✓ 通 信 状 態 の 詳 細 な チェック ✓ ソフトウェアの再設定やアップデート

流量計、水位計を良好な状態に維持するため、保守作業を行う。保守作業は点検と校正に分けられ、点検には日常点検、臨時点検がある。

(2) データ受信/保存技術、セキュリティ対策、データ管理の維持管理

データ利用の維持管理には、システムの安定稼働が維持できるように、データ受信/保存技術とセキュリティ対策の定常的な作業と、障害がみられた場合の障害対策作業がある。

1) データ受信/保存技術

データ受信/保存技術を構成する通信手段となる光ファイバー等は、通信に係る設備の維持管理を適正に行い安定稼働に努める必要がある。表4-4に通信手段に関する一般的な保守作業を示すが、民間が運営するサービスを利用する場合は、サービス料に含まれるため実施する作業は不要となる。

表4-4 通信手段保守作業項目

保守作業 種 別	点検		
	日常点検	定期点検	臨時点検
頻 度	毎日または使用ごと	3か月に1回から半年に1回	障害発生時
目 的	正常な機能確認	定期的な機能確認で劣化や故障の防止	通信障害が発生した場合の点検
項 目	✓ 接続部の外観チェック ✓ 信号の基本的な確認 ✓ インジケータやアラートの確認	✓ ケーブルの視覚的検査 ✓ コネクタや接続部の清掃 ✓ 信号の強度測定 ✓ 挿入損失の測定	✓ 障害箇所の特定 ✓ ケーブルやコネクタの物理的状態のチェック ✓ 必要な修理と交換 ✓ 通信状態の再確認

2) セキュリティ対策

セキュリティ対策には、サーバーにおけるウィルス対策やシステムへの不正アクセス対策がある。日常的な作業には、ウィルスセキュリティソフトのパターンファイル更新やOSのセキュリティ更新が正常に行われているかの確認作業である。

また、インターネットを経由する通信を行う場合のセキュリティ対策においては、外部からの不正アクセスの有無を確認する定期的な作業もある。必要に応じて、通信機器にはアクセス制御等の設定を施す。

3) データ管理

データ管理には、流入水量実績値、降水量予報値がデータベースに正常に蓄積されているか、データベースのバックアップが正常に行われているかの確認作業等がある。

さらに、データの欠損が生じた場合には、必要に応じて、担当者はデータの補填作業を行う。データ欠損の有無を把握することで、測定機器や通信機器、システム等の異常を早期に発見できる。

（３）流入水量予測ＡＩの精度維持、向上作業

管きょ、ポンプ場、雨水滞水池などの新設、増設、補修による変化、降水パターンの変化、降水量予報精度の変化等により流入水量実績値が変化することが考えられる。

このため、予測精度を確保するうえで、構築された流入水量予測ＡＩモデルを図2-7に示す方法で更新する必要がある。

資 料 編 目 次

第 1 章	実証研究概要	58
1.	研究の概要	58
1.1	研究概要	58
1.2	研究背景	58
1.3	研究目的	62
1.4	研究フィールド	63
1.5	研究内容とスケジュール	63
2.	技術概要	65
2.1	技術概要	65
第 2 章	実証研究報告	67
1.	実証研究の概要と設置状況	67
1.1	実証研究の構築	67
1.1.1	データ収集システムの概要	67
1.1.2	データ収集対象	68
1.1.3	通信盤	70
1.1.4	通信手段	71
1.2	設置状況	72
1.2.1	氷上中央浄化センター	72
1.2.2	氷上東浄化センター	73
1.2.3	氷上南浄化センター	74
2.	降水量予報値	75
2.1	降水量予報値の取得方法	75
2.1.1	降水量予報値の仕様	75
2.1.2	降水量予報値の取得方法	75
3.	情報共有システム	76
3.1	情報共有システムの構築	76
3.2	警報発報	78
3.3	運転支援ガイダンス	79
3.4	セキュリティ対策	80
4.	流入水量予測 A I	82
4.1	A I 構築条件検討	82
4.1.1	2021年度 A I の構築条件と予測精度確認	82
4.1.2	A I 構築条件まとめ	96
4.2	A I 予測精度評価指標と目標値	97
4.3	実証期間中の氷上中央浄化センター流入水量実績値閾値超イベント	98

4.4	A I 構築・再構築要件	100
4.4.1	A I 構築・再構築要件の検討	100
4.4.2	A I 構築・再構築要件	108
4.5	氷上中央浄化センター A I 構築結果	109
4.6	氷上東浄化センター，氷上南浄化センター A I 構築結果	113
5.	運転支援	114
5.1	運転システムによる実降雨における運転支援効果	114
5.2	評価方法	114
5.3	実施記録対象	115
5.4	実務者行動記録	116
5.5	運転システムによる実降雨における運転支援効果まとめ	131
6.	設置及び運転に係るコスト構造の把握及び縮減方策	133
6.1	便益分析方法	133
6.1.1	被害軽減期待額算定フロー	133
6.1.2	降雨強度	134
6.1.3	浸入率	135
6.1.4	流入水量	135
6.1.5	溢水量	136
6.1.6	到達水位	136
6.1.7	被害額算定	136
6.1.8	被害軽減期待額の算定	137
6.1.9	人件費削減額の算定	138
6.2	費用分析方法	139
6.2.1	システム構成	139
6.2.2	構築費用	140
6.3	費用便益分析	142
6.3.1	氷上中央浄化センター（閾値超イベント10回/年）	142
6.3.2	氷上東浄化センター（閾値超イベント2回/年）	149
6.3.3	氷上南浄化センター（閾値超イベント1回/年）	155
6.3.4	費用便益分析結果まとめ	161
6.4	ケース2の組み合わせによる費用便益分析	162
6.4.1	各浄化センターの費用便益分析	162
6.4.2	複数処理場の組み合わせによる費用便益分析	162
6.5	費用便益分析に関する感度分析（処理場の被害額）（参考）	164
6.6	設置及び運転に係るコスト構造の把握及び縮減方策まとめ	164
7.	国内外の下水道施設への適用性（適用条件，推奨条件）	165
7.1	市場調査（アンケート）	165
7.1.1	アンケートの方法・対象・実施体制	165

7.1.2 アンケート内容	166
7.1.3 アンケート結果	167
7.2 本技術の適用条件	180
7.3 本技術の推奨条件	181
8. 成 果	182
9. 問合せ先.....	183

第 1 章 実証研究概要

1. 研究の概要

1.1 研究概要

研究概要を表1-1-1に示す。

表1-1-1 研究概要

研究名称	分流式下水道の雨天時浸入水量予測及び雨天時運転支援技術に関する実証事業
実施期間	2021年度～2023年度
実 施 者	住友重機械エンバイロメント・丹波市共同研究体
実証場所	兵庫県丹波市／氷上中央浄化センター、氷上東浄化センター、氷上南浄化センター
実証技術	処理場への実流入水量と降水量予報値から構築された流入水量予測 A I 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技術に関する実証事業
検証項目	A I 技術とクラウドを組み合わせることで処理場への流入水量予測と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防止が可能となることを検証

1.2 研究背景

近年、局地的豪雨や大規模な降雨が発生し、少人数で複数の下水道施設を管理している地域では降雨起因の施設流入水量増加への対応遅れによる浸水被害発生が散見される。下水道施設における従来の降雨時の対応状況を図1-1-1に示す。

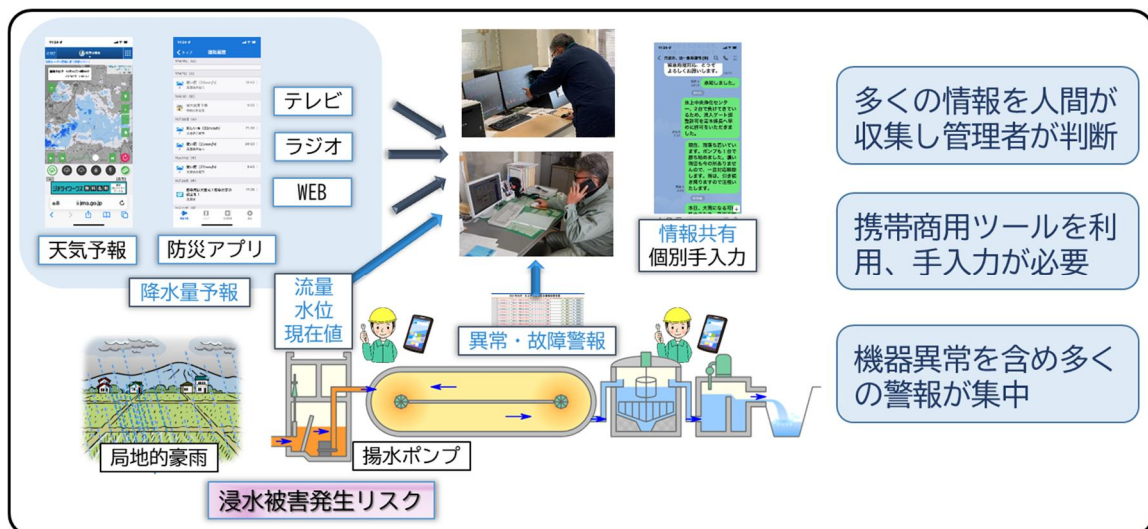


図1-1-1 従来の降雨時の対応状況

(1) 降雨時の対応内容

気象庁発表の気象警報レベルに合わせて準備・体制の構築を行い、施設周囲に止水板の設置や仮設ポンプを準備し、施設外部からの浸水防止対応を行う。

流入管渠の施設流入水量増加には、ポンプ井水位の状況に合わせて、流入ゲートやポンプ操作を行い、施設浸水防止対応を行う。

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) 浸水被害発生状況

実際に起きた浸水被害の概要と、整理した課題と対策を以下に示す。

・平成30年7月豪雨／兵庫県丹波市水上東浄化センター

浸水被害は少人数で数か所の処理場やポンプ場を管理する事業所の管轄で発生した。大雨警報により事前に流入水量増加を想定し手順に従い浸水対応を行っていた。水位上昇に合わせゲート操作及び非常用ポンプ運転を行ったところ、水位が減少したためゲート操作から離れ周囲の状況確認など大雨時の対応を行っていた。しかしその間に流入水量が増加したため浸水被害が発生した。



写真1-1-1 流入処理棟昇降階段



写真1-1-2 流入処理棟排水作業



写真1-1-3 流入処理棟地下通路



写真1-1-4 流入処理棟ブロワ室

(3) 浸水被害対策

浸水被害発生状況から整理した課題と対策を表1-1-2に示す。

現状では、流入水量の変動を現況降雨とポンプ井水位から予測することが困難であるため、結果的に状況判断間違いにより浸水被害が発生した。

そこで、本対策のように流入水量を予測すると、予想される流入水量変化に合わせた作業を準備することができるため、浸水被害の発生を防ぐことが可能となる。

表1-1-2 浸水被害への対応に関する課題と対策

	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する場合、実際に対応する必要がある流入水量の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。

図1-1-2に現状と本技術導入後の浸水対応の比較を示す。

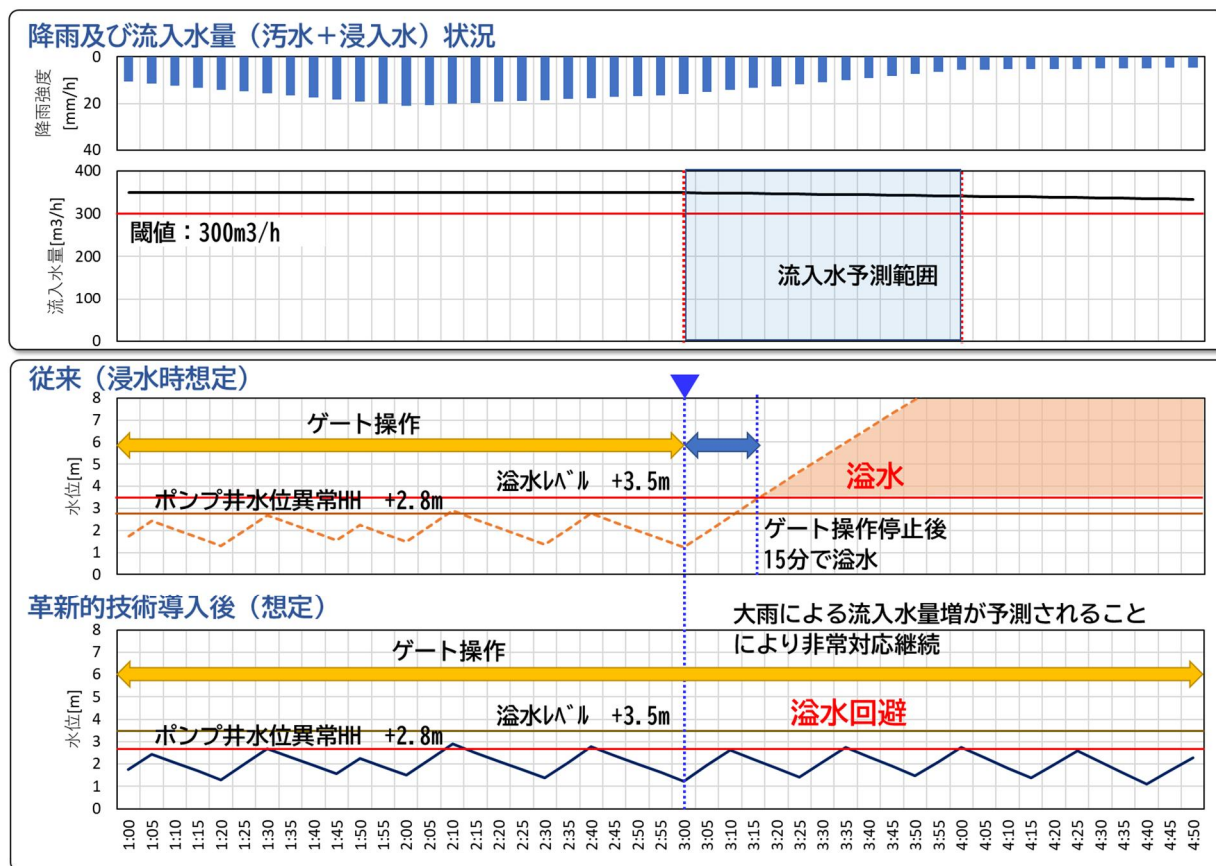


図1-1-2 現状と本技術導入後の浸水対応比較

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する場合、実際に対応する必要がある流入水量の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、夜間休日など現場に作業員がいない場合、準備にかかる時間浸水対応ができなくなり、溢水のリスクが高くなる。図1-1-2では水位異常高発報後短時間で溢水レベルに達し溢水が発生したことを示す。作業員が浸水対応として非常用ポンプを運転することにより、水位が減少に転じ溢水分も排出することになるが、溢水による到達水位に対する被害が発生したことになる。

一方、本技術導入後においては、流入水量予測により浸水が懸念される流入水量に到達することを事前に警報で通知されるため、準備時間を確保し流入水量に合わせた浸水対応が可能になる。本図では非常用ポンプの運転とゲート操作により浸水レベルを超えることなく排出を行うことにより浸水を回避したことを示す。

夜間休日など現場に作業員がいない場合に、浸水対応を行うために必要な作業時間について検討する。平日作業員が勤務中の場合、比較的迅速な対応が可能となるが、夜間休日においては例えば自宅にいた場合、状況把握、出勤の準備、移動など準備にかかる時間を考慮する必要があることが分かる。本実証研究において、体制構築、作業開始までにかかる時間を確認した。表1-1-3に必要な時間を示す。警報発表から体制構築、作業準備まで50分かかると想定される。本技術導入後においても気象警報が流入水量閾値超警報に変わるだけで準備時間は同じであるため、本実証研究におけるA Iの流入水量予測時間は、現在から1時間後に設定する。

表1-1-3 準備時間

項 目	総括責任者		所 員		最大時間
	日中	夜間・休日	日中	夜間・休日	
気 象 警 報 発 表	—	—	—	—	—
警 報 確 認	1	5	3	5	5
所 員 招 集 連 絡	3	10	—	—	10
準 備	—	5	—	5	5
待機場所 A に移動	—	10	—	—	10
待機場所 B に移動	—	—	10	10	
体 制 構 築 ・ 指 示	5	5	5	5	5
各 施 設 に 移 動	—	—	10	10	10
作 業 準 備	—	—	5	5	5
合 計 時 間	(9)	(40)	(33)	(40)	50

1.3 研究目的

降雨による処理場への流入水量を予測し、流入水量予測警報の発報及び適切な運転操作支援を行うことで、浸水被害の発生を防止することを目的とする。

1.4 研究フィールド

実証研究フィールドを表1-1-4に示す。

表1-1-4 実証フィールド

実証フィールド	処理方式	系列数	計画処理面積	処理能力		運転実績		
						処理水量		
				日最大		年間	日平均	
				m³/日	m³/時	m³/年	m³/日	m³/時
氷上中央浄化センター	OD法	2	150	3,548	148	708,849	1,942	81
氷上東浄化センター	回分法	2	287	2,438	102	786,740	2,155	90
氷上南浄化センター	OD法	2	176	1,040	43	226,934	622	26

1.5 研究内容とスケジュール

研究内容及びスケジュールを表1-1-5に示す。

表1-1-5 研究内容及びスケジュール

[illegible]

2022年度	2022						2023		
	7	8	9	10	11	12	1	2	3
研究計画	契約 								
氷上中央・東・南 運転支援技術									
氷上中央・東・南 AI評価									
報告書						 完成検査			
検討会・ 評価委員会等									
第1回D検討会(9/14) 現地説明会(12/13) 第2回D検討会(2/2) 評価委員会(3/3)									

2023年度	2023						2024		
	7	8	9	10	11	12	1	2	3
研究計画	契約 ■								
AI構築・再構築要件の検討 流入水量予測技術の検討 運転支援技術の検討									
情報収集									
報告書									
打合せ		■	■			■	■	■	
検討会・ 評価委員会等				■			■	■	■
第1回D検討会(10/4) 第2回D検討会(2/1) 評価委員会(2/27) 完成検査									

2. 技術概要

2.1 技術概要

本技術の概要を図1-2-1に示す。内部に流入水量予測AIを内蔵し、下水処理場の流入水量と降水量予報から得られた流入水量予測を集約管理する情報共有システムが中心となる。

情報共有システム内のデータは、下水処理場関係者と共有化が図られ、いつでも現在の流入水量と1時間後の流入水量予測値を確認することができる。また、流入水量予測値が運転管理上の閾値を超えると予測した場合に警報と運転支援ガイダンスを出すことにより、実際に流入水量が増加する前に、いつごろ水量が増加するか、また、施設を保全するために必要な操作内容は何かを把握することが可能である。これにより、夜間・休日であっても運転員を適切に配置する時間や対応操作に要する時間を確保し、現場では必要な作業を慌てずに実施することが可能となる。

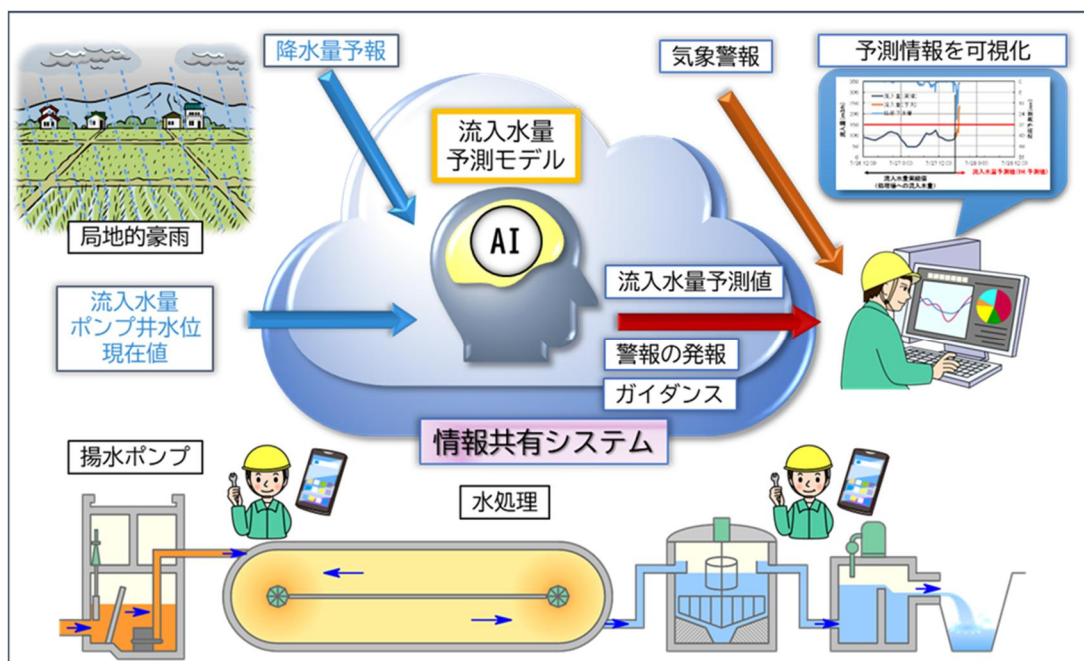


図1-2-1 技術概要

(1) 実流入水量と降水量予報値で流入水量予測

AIによる流入水量予測は、降水量予報と流入水量を用いて学習することにより、現在よりも1時間先の流入水量を予測し、閾値を設定して警報を発報することが可能である。そのため、気象警報の発表前に情報共有システムから指定する端末へ流入水量の異常予測を事前に周知することが可能であることから、緊急時の体制確立に必要な時間の確保や事前の作業準備を、余裕をもって行うことが可能となる。

提案技術には地形、管路詳細等複雑な情報は不要であり、入手が容易な気象予報データ（降水量予報値）と処理場への流入水量のみを使用する。

(2) 情報共有システムによる集中管理

降雨時に必要な流入水量実績値と気象予報データ（降水量予報値）、流入水量予測値、ポンプ井水位、警報データ等をクラウド上にある情報共有システムにより集中管理している。

本実証研究では処理場の浸水を防ぐことを目的としており、情報共有システムが災害に強いことは重要な要素である。また、適用箇所拡大への自由度の高さもクラウドのメリットであることからクラウドの利用を推奨する。

様々なデータの他、現場作業に関する連絡内容や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となる。したがって、下水処理場を管理する下水道管理者、運転管理者、運転員は流入水量予測と情報共有による迅速な判断で、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る。

(3) 幅広い施設に適用可能

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。

第 2 章 実証研究報告

1. 実証研究の概要と設置状況

1.1 実証研究の構築

1.1.1 データ収集システムの概要

本技術は、現場の計測機器データを収集、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している。2つのシステムはインターネット回線を通じてデータの受け渡しや管理を行っており、本実証研究では対象施設となる2箇所(氷上東浄化センター、氷上南浄化センター)に、データ収集システムである通信盤を設置した。

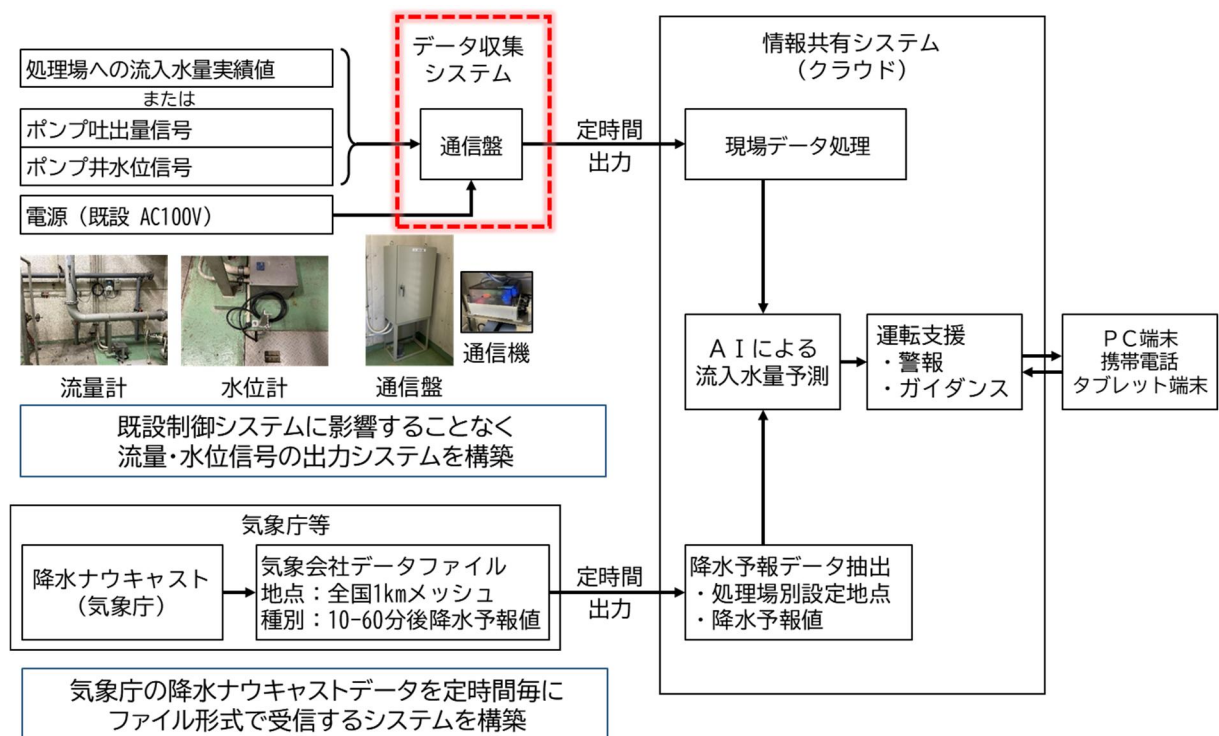


図2-1-1 対象施設のデータ収集対象概要

1.1.2 データ収集対象

流入水量予測に必要なデータは流入水量実績値であるが、氷上中央以外の施設には直接施設流入水量を測定する流入水量計がないため、主ポンプ吐出量とポンプ井水位変化容積演算を用いて算出する方法を採用した。氷上東浄化センターのポンプ井概略図を図2-1-2、容積計算式を式(2)に、氷上南浄化センターのポンプ井概略図を図2-1-3に、容積計算式を式(3)に示す。

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

Q : 流入水量実績値(m^3/h)

Q_p : ポンプ吐出量(m^3/h)

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

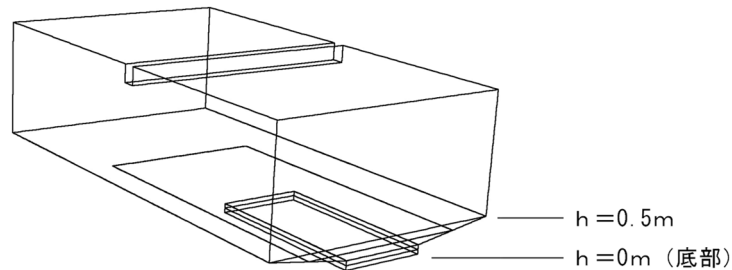


図2-1-2 氷上東浄化センターポンプ井概略図

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

V : ポンプ井容積(m^3)

h : ポンプ井底部からの高さ(m)

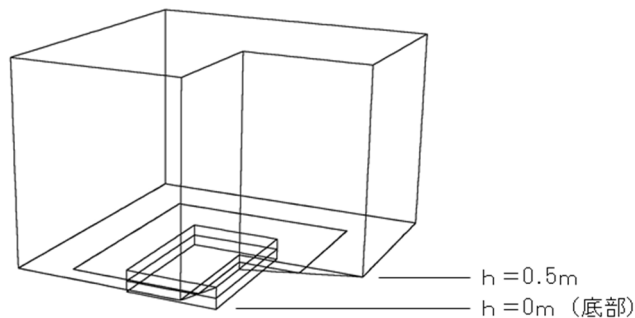


図2-1-3 氷上南浄化センターポンプ井概略図

$$V = \begin{cases} 13.11h - 4.327 & 0.5 < h \\ 93.96h^4 - 34.261h^3 + 5.34h^2 + 2.35h & 0.5 \geq h \end{cases} \quad (3)$$

V : ポンプ井容積(m^3)

h : ポンプ井底部からの高さ(m)

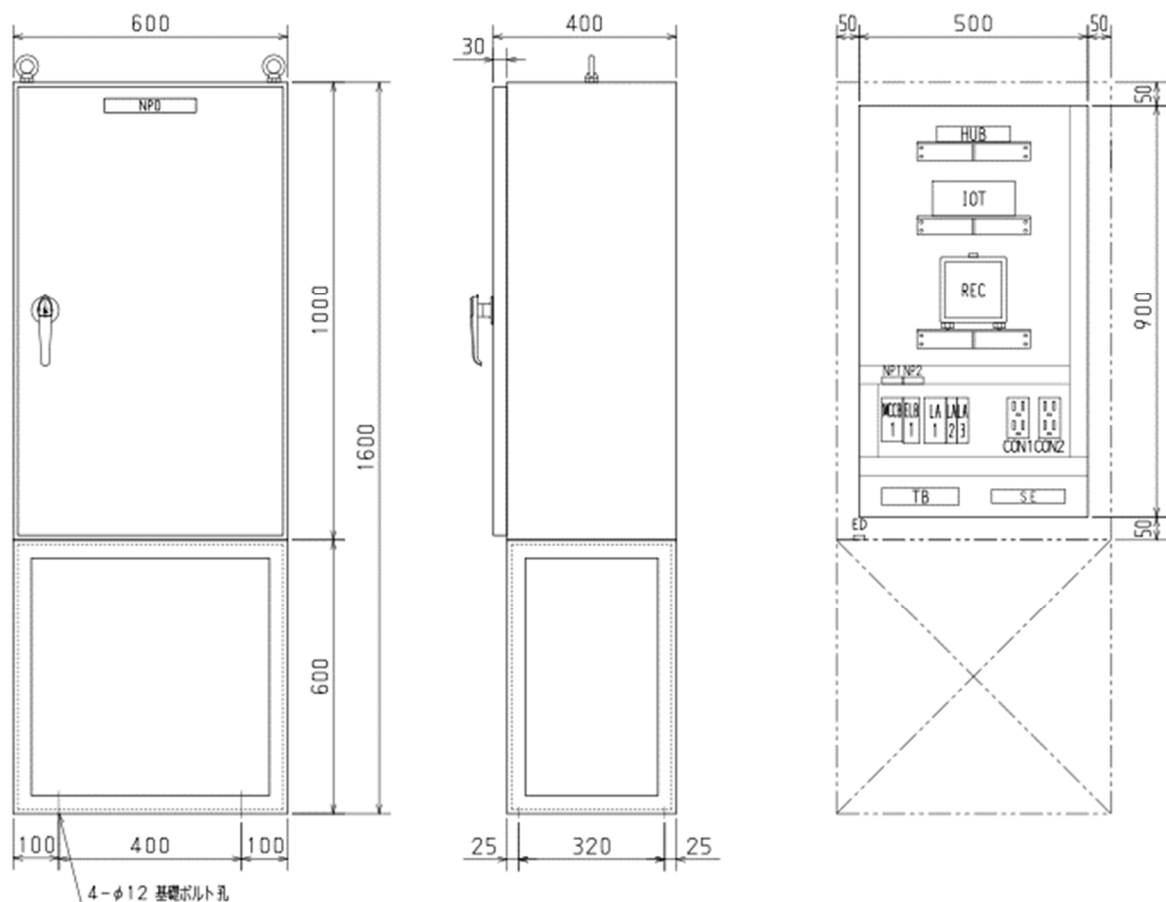
施設毎のデータ収集対象の計測機器を表2-1-1に示す。

表2-1-1 対象施設のデータ収集対象概要

施設名	名称	型式	仕様	備考
氷上中央浄化センター	流入水量実績値	PF06/SL-2QA-2/M622A6881	バーチャルフリーム式 AC100V 出力4-20mA	既設流用
施設名	名称	型式	仕様	備考
氷上東浄化センター	主ポンプ吐出量	T782F/T787F	電磁式 AC100～115V 出力4-20mA	既設流用
	ポンプ井水位計	SL-180C/PSB-180A	投込式 測定範囲0～3.5m 出力4-20mA	既設流用
施設名	名称	型式	仕様	備考
氷上南浄化センター	主ポンプ吐出量	UFS6000/UFC300W	超音波式 AC100～230V 出力4-20mA	新設計測機器
	ポンプ井水位計	PLD431-11/PL4300	投込式 計測範囲0～5m DC18～26V 出力4-20mA	新設計測機器

1.1.3 通信盤

通信盤の外形図及び構成を図2-1-4に示す。



記号	名称	型式	数量	メーカー	備考
ELB1	漏電遮断器	NV30-CVF 2P 30AF/30AT 30mA AL,SLT付	1	三菱電機	TCS-03CV2
MCCB1	配線用遮断器	NF30-CS 2P 30AF/30AT	1	三菱電機	TCS-03CS2W
CON1,2	コンセント	WK3004W	2	パナソニック	
HUB	HUB	CO-BSWO5GTX3	1	コレガ	
	LANケーブル	LD-CTN/BU1	2	エレコム	
IOT	通信機	Pi-Protect	1	メカトラックス	
REC	記録計	GP10-1J1M/GX90XA-04-HON-3N	1	横河電機	
LA1	アレスタ	AR-PW	1	横河電機	
IS1~3	アイソレータ	M2YV-AA-M	3	エムシステム	
TB	端子台	PTU型	1式	東洋技研	(アクリルカバー付)

※上記は氷上東浄化センターの通信盤仕様である。(支柱設置の場合は架台不要)

※通信盤内の機器構成数量は、接続する計測機器数量により異なる。

図2-1-4 通信盤外形図及び構成概要

1.1.4 通信手段

データ収集システム設置場所の通信環境に応じて、最適な通信手段を選定した。
通信手段を表2-1-2に示す。

表2-1-2 通信手段

	通信手段	
	有線	光回線
氷上中央浄化センター	無線	携帯回線
氷上東浄化センター	無線	携帯回線
氷上南浄化センター	無線	携帯回線

1.2 設置状況

1.2.1 氷上中央浄化センター

通信盤の設置状況を図2-1-5、図2-1-6に示す。

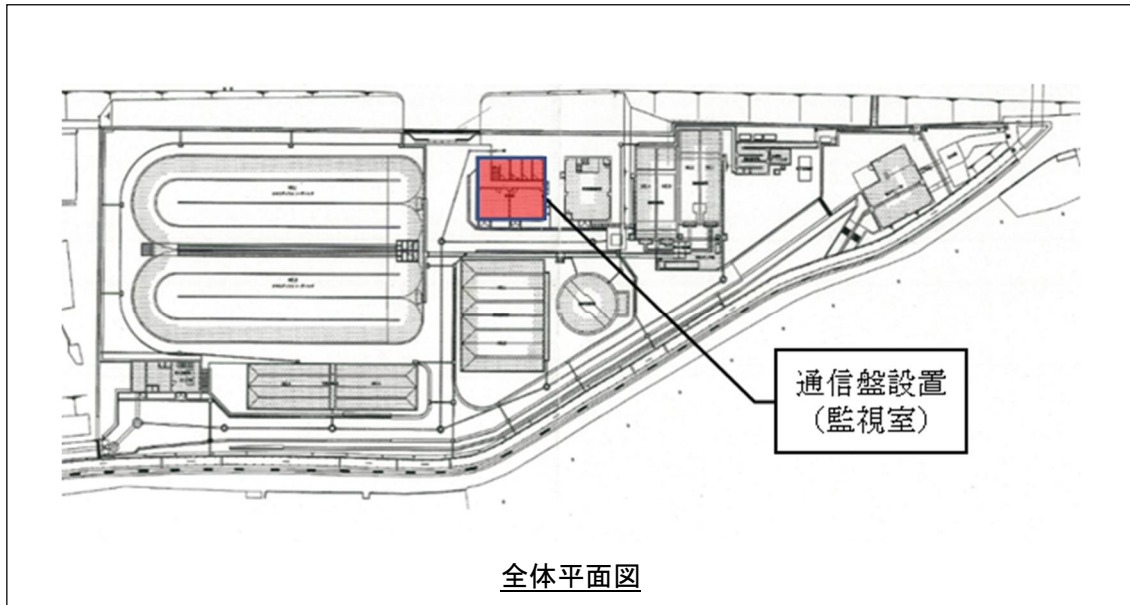


図2-1-5 氷上中央浄化センター全体平面図

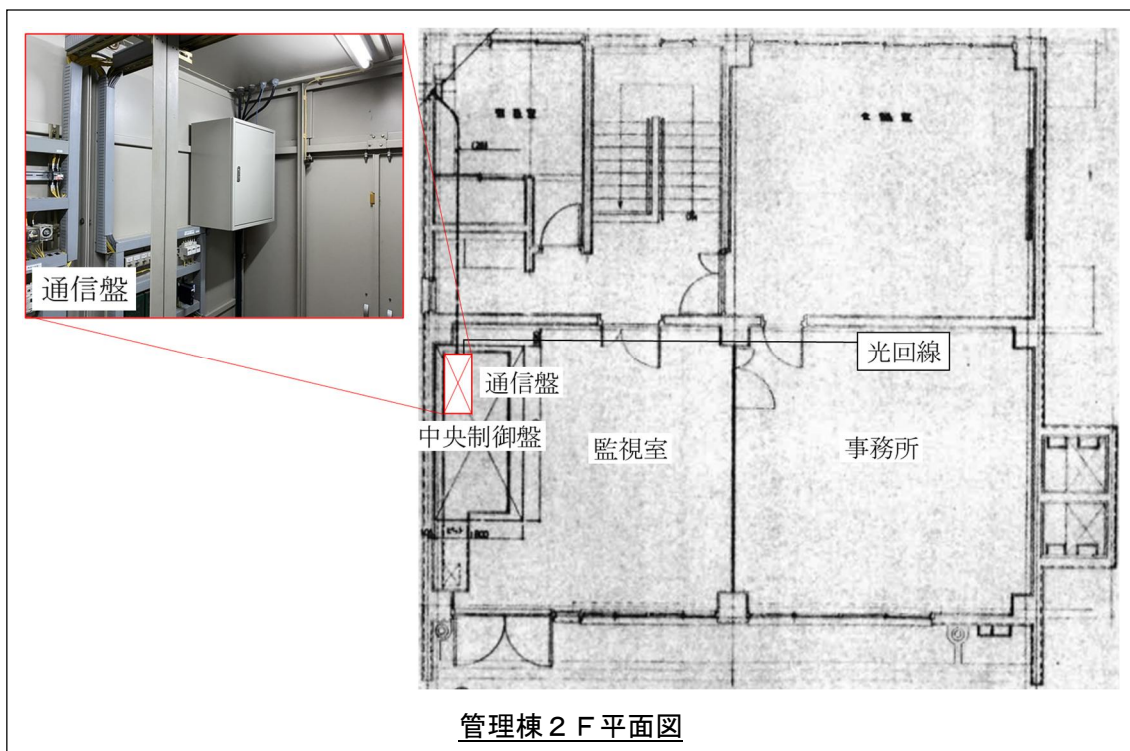


図2-1-6 氷上中央浄化センター通信盤設置平面図

1.2.2 氷上東浄化センター

通信盤の設置状況を図2-1-7、図2-1-8に示す。

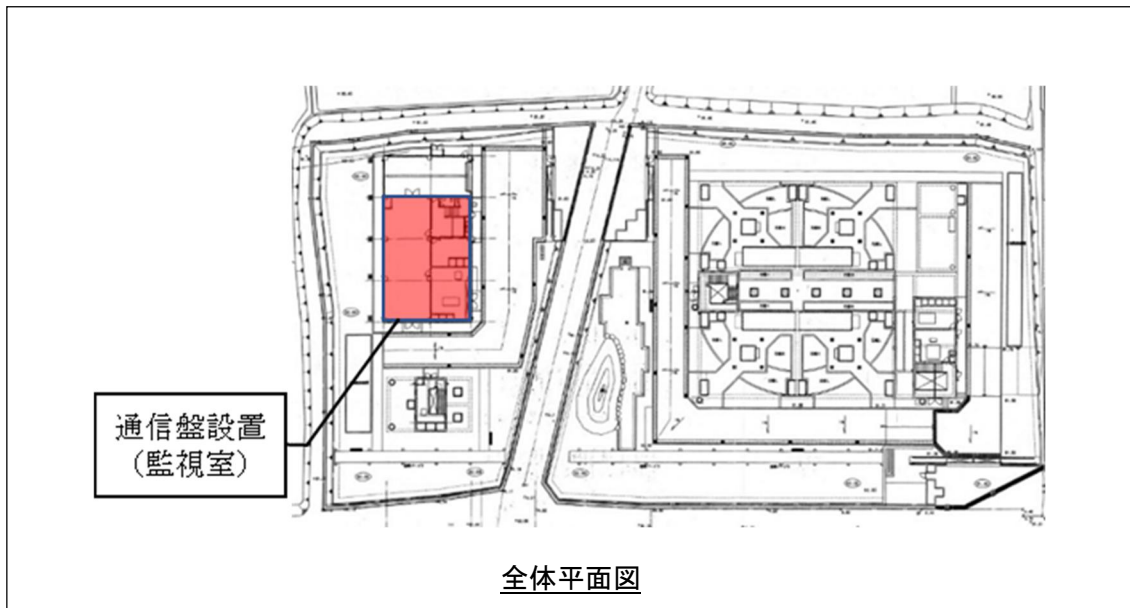


図2-1-7 氷上東浄化センター全体平面図

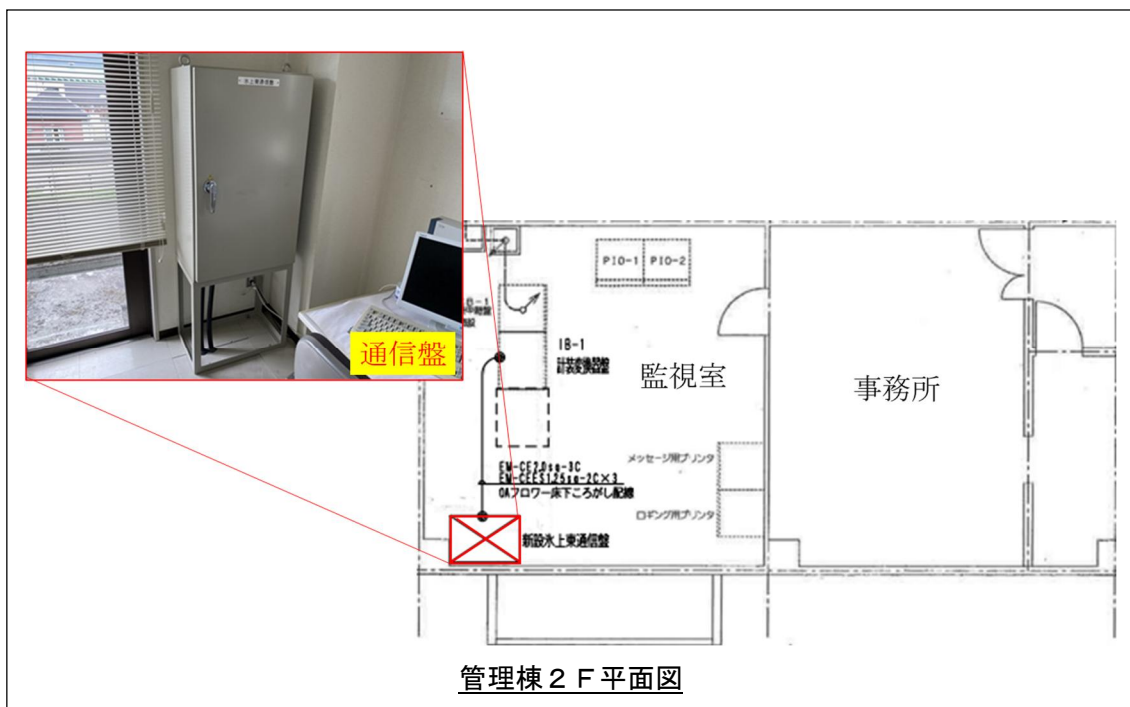


図2-1-8 氷上東浄化センター通信盤設置平面図

1.2.3 氷上南浄化センター

通信盤の設置状況を図2-1-9、図2-1-10に示す。

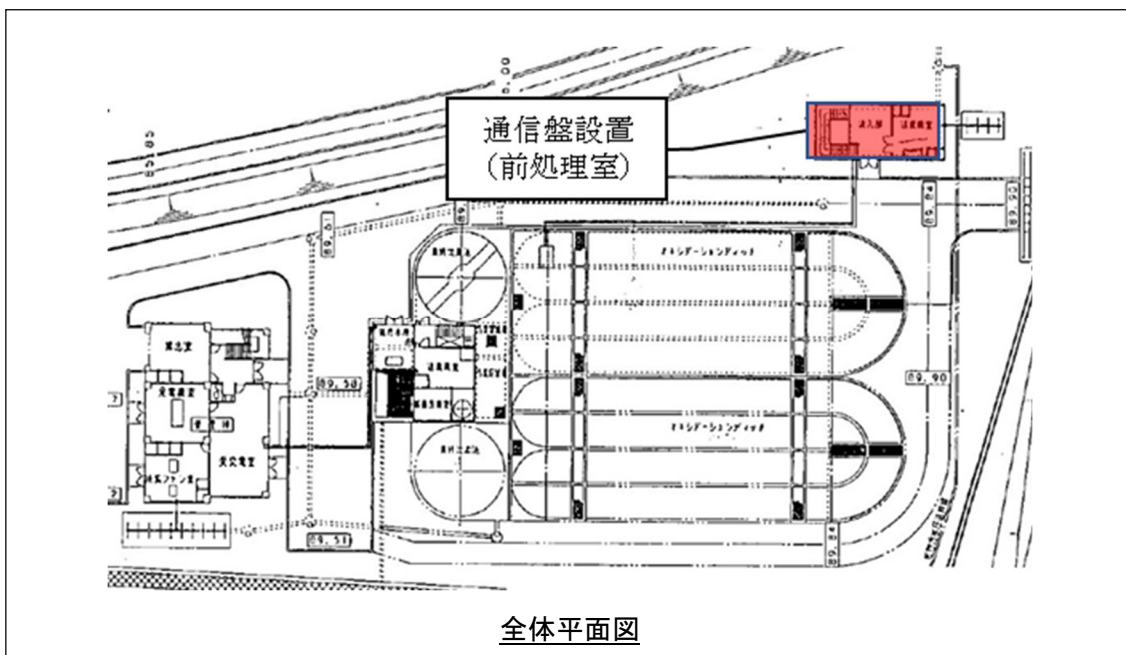


図2-1-9 氷上南浄化センター全体平面図

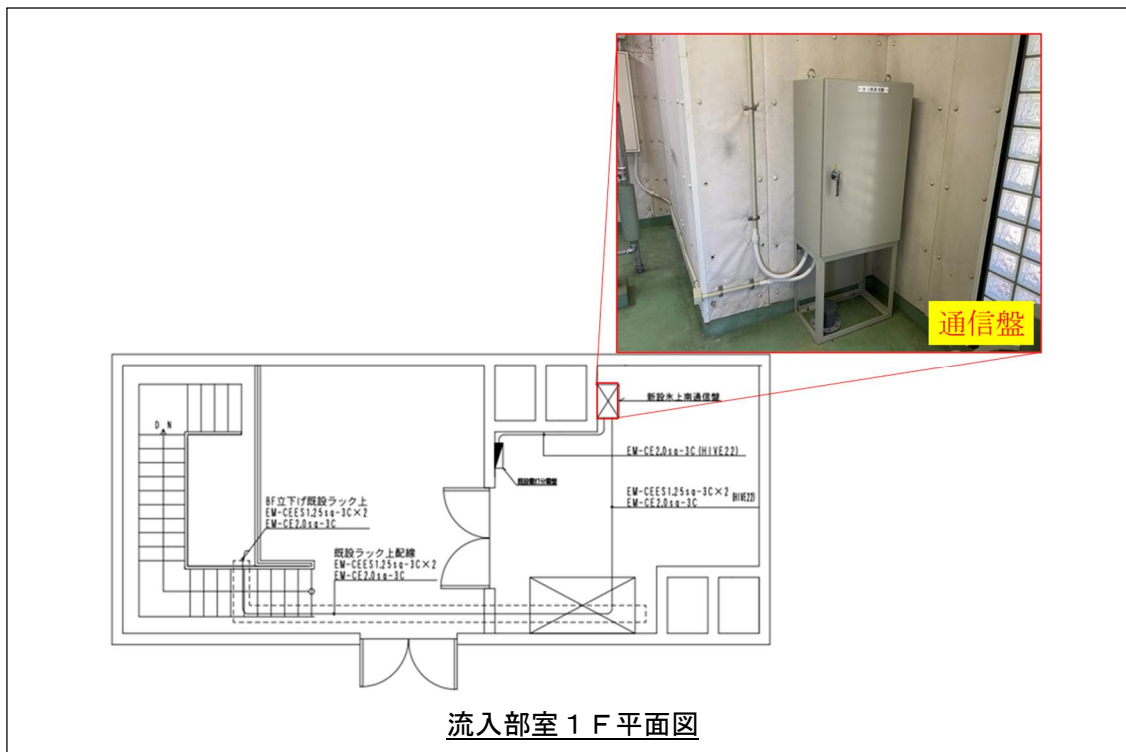


図2-1-10 氷上南浄化センター通信盤設置平面図

2. 降水量予報値

2.1 降水量予報値の取得方法

2.1.1 降水量予報値の仕様

実証研究で使用する降水量予報値は、気象庁が提供する「降水ナウキャスト」の情報を使用しており、気象庁発表の情報を取扱う民間の気象庁等から、情報共有システムへ定時間毎にデータを取得している。

降水量予報値の仕様を表2-2-1に示す。

表2-2-1 降水量予報値の仕様

予 報 時 刻	10分後～60分後までの10分間隔の予報データ
空 間 解 像 度	1 km
データ入手範囲	対象下水処理場の処理区域
更 新 間 隔	10分間隔
デ ー タ 仕 様	10分間降水量 (mm/10min)

2.1.2 降水量予報値の取得方法

降水量予報値のデータ取得フローを図2-2-1に示す。

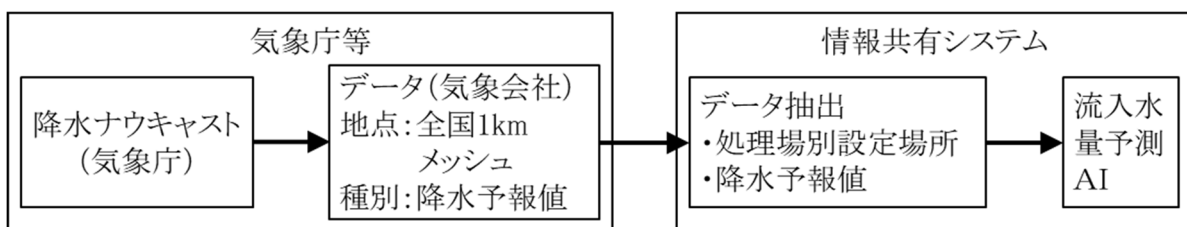


図2-2-1 降水量予報値のデータ取得フロー

降水量予報値は流入水量予測AIの入力データに使用するため、情報を確実に取得する必要があります。

情報提供の遅延やシステム異常等、想定する情報取得状況の不具合に対して情報共有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よう体制を構築し、システムの安定運用を図る。

主なバックアップ機能、体制を以下に示す。

- ・ 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）

3. 情報共有システム

3.1 情報共有システムの構築

データ収集システムの計測機器データ及び気象庁等から提供される降水量予報値は、クラウド上にある情報共有システムに集約される。

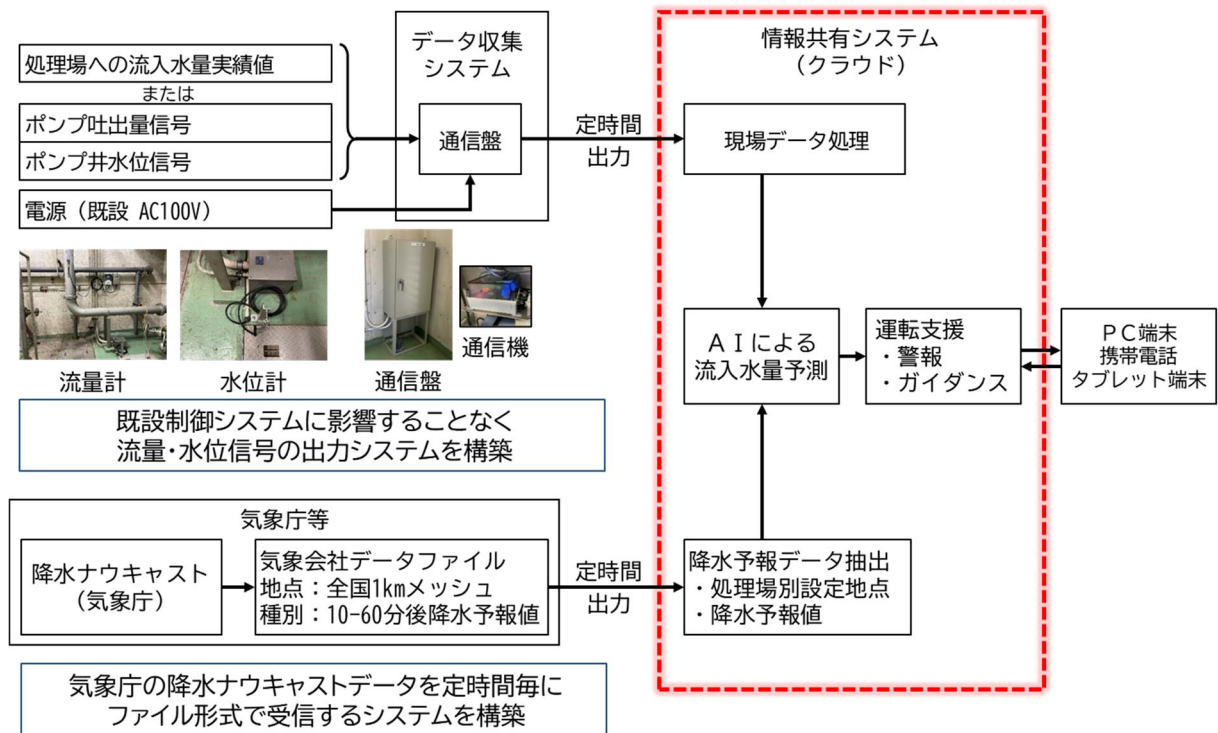


図2-3-1 情報共有システム

情報共有システムの主な機能を表2-3-1に示す。

表2-3-1 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。

情報共有システムによる主な情報表示方法を表2-3-2に示す。

表2-3-2 情報表示方法

項 目	内 容
リアルタイムトレンドグラフ	計測機器データを数秒間隔で表示。
流入水量実績及び流入水量予測トレンドグラフ	降水量予測に合わせ10分間隔で表示。
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生状況。

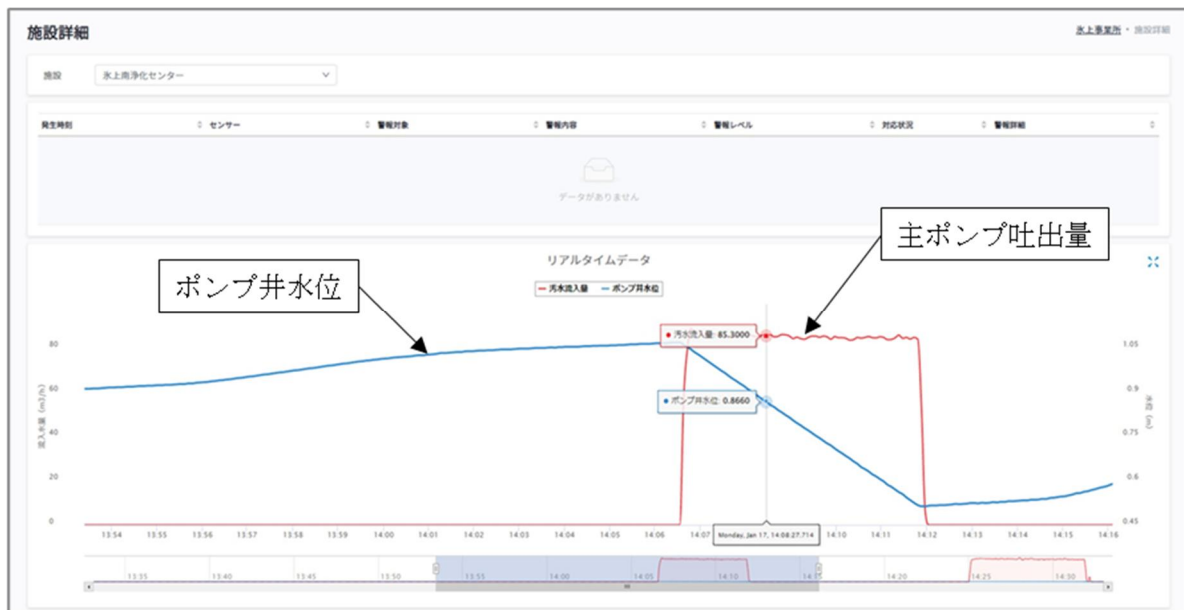


図2-3-2 リアルタイムトレンドグラフ（P C端末）

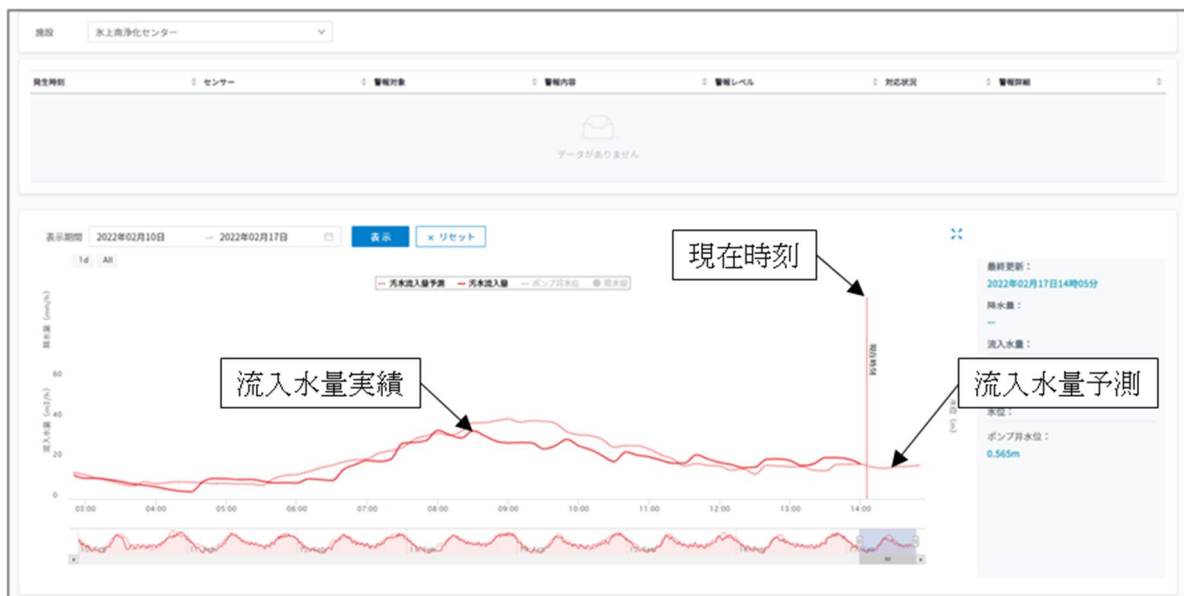


図2-3-3 流入水量実績及び流入水量予測トレンドグラフ（P C端末）

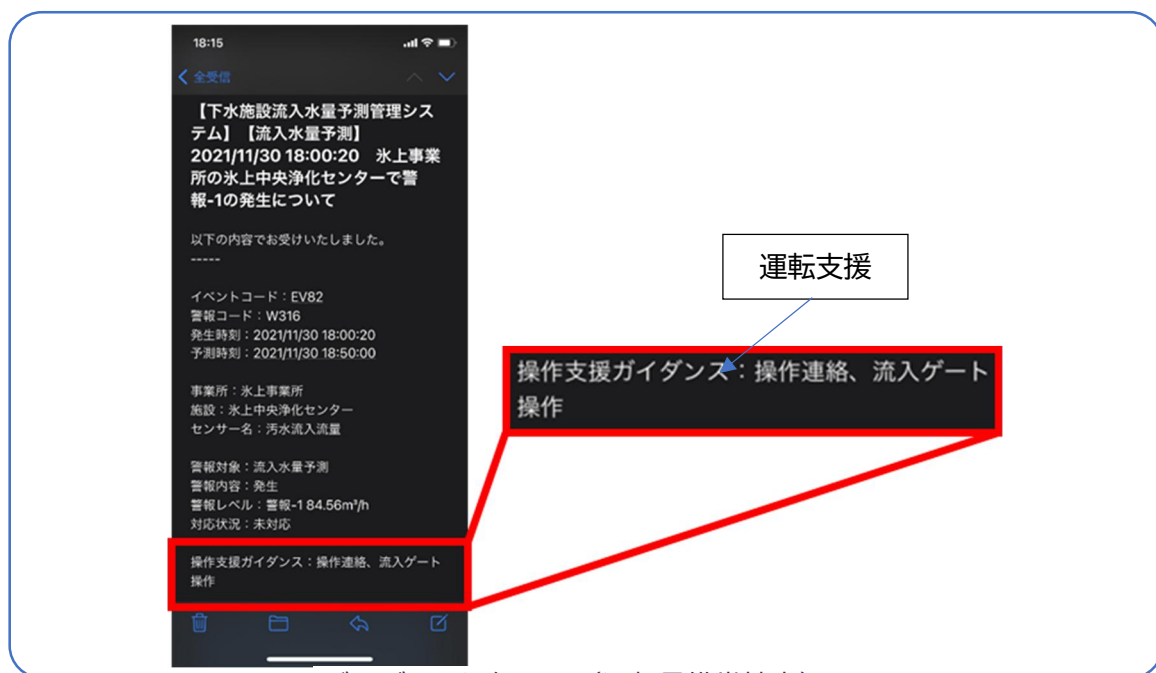
3.2 警報発報

流入水量予測値及び計測機器データ値については、閾値設定と警報通知設定をすることで、指定端末へ警報を通知する。



操作支援ガイダンス(PC端末)

図2-3-4 警報発報と運転支援ガイダンスの例 (PC端末)



ガイダンス通知画面(運転員携帯端末)

図2-3-5 警報発報と運転支援ガイダンスの例 (運転員携帯端末)

3.3 運転支援ガイダンス

流入水量予測値の警報設定に合わせて通知する運転支援ガイダンスは、各施設で対応すべき内容が異なるため、通知する内容を登録、設定する必要がある。

実証研究対象フィールドに設定した運転支援ガイダンスを表2-3-3に示す。

表2-3-3 運転支援ガイダンス表示内容

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

※運転支援ガイダンスは1つの警報に対して複数設定可能。

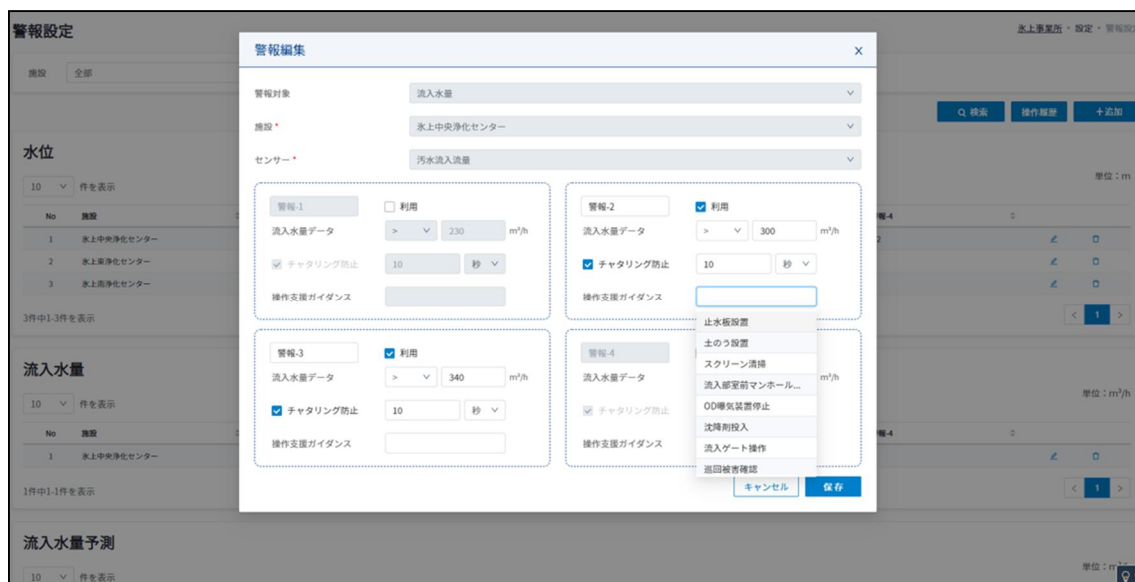


図2-3-6 警報設定／運転支援ガイダンス（PC端末）

3.4 セキュリティ対策

情報共有システムで設定したセキュリティ対策を以下に示す。

表2-3-4 セキュリティ対策

	項 目	内 容
接 続 端 末	ID、パスワード設定	情報共有システムへの接続は登録したID、パスワード入力が必要であり不正ログインを防止。
情 報 共 有 シ ス テ ム	操作権限設定	警報設定や閲覧権限等の操作制限を設定し不正操作を防止。
	HTTPS接続	WEB情報の暗号化
	プライベートアクセス	データベースへの不正アクセス防止。
	ファイアウォール	不正アクセスの検知、防止。
通 信	通信暗号化	MQTTプロトコルで通信を暗号化し情報漏洩防止。

また、総務省が定める次期自治体クラウド機能についても要件を満たしていることを確認した。

表2-3-5 次期自治体情報セキュリティクラウド機能要件

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	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、集約は必須としないが、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はない。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通信の復号対応	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	○	-	各機能単位でサービス、製品等を選択する必要はない。統合可能な場合は統合し、効率的運用を行うこと
12			②振る舞い検知	インターネットとの通信に含まれるファイルを隔離した疑似環境で動作させ、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メール無害化／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	○	-	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
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	○	-	WAF、DDoS対策をCDNで実施してもよい
16			③コンテンツ改竄検知	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	-	○	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
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VDI接続)	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	-	○	希望する自治体向けのOP

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	各機器のログを収集し、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	○	-	
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			④EDR監視/運用	・エンドポイントでの不要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	-	○	βモデルを採用する自治体向けのOP
22	対応と復旧		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			脆弱性情報へ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(OSIRT)	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・対処・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、再発防止)、点検(障害記録の確認)、処置(障害の予防・プロセス改善)をすることで、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ずることで、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 ・市区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	○	-	

総務省HPより次期自治体情報セキュリティークラウド機能概要一覧

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

4. 流入水量予測 A I

4.1 A I 構築条件検討

4.1.1 2021年度 A I の構築条件と予測精度確認

(1) A I 構築条件

氷上中央浄化センターを対象とした2021年度 A I の構築条件を表2-4-1に示す。

表2-4-1 2021年度 A I の構築条件

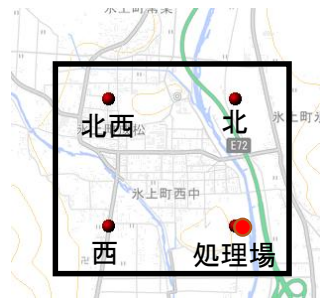
ソ フ ト ウ ェ ア			Mathworks社製 MATLAB
予 測 モ デ ル			非線形 input-output モデル(深層学習)
ア ル ゴ リ ズ ム			レーベンバーグ・マーカート法
ラ グ 値			100
隠 れ 層			12
利用 デー タ	入 力 値	流入水量	流入水量実測値(10分間隔)
		降水量 予報値	2 種類 (図2-4-1参照) 降水量予報値 1 : 4 箇所の10分後の平均 降水量予報値 2 : 4 箇所の10, 20, 30, 40, 50, 60分後の 平均の合計
	A I 予測時刻	流入水量	60分後(10分間隔)

・ 予報地点（氷上中央浄化センターの場合）



降水量予報値

（気象庁等より入手
4地点の予報値）



A I 用降水量予報値

（1地点＝4地点の平均値）

・ 予報時刻

10分後予報値

20分後予報値

30分後予報値

40分後予報値

50分後予報値

60分後予報値

降水量予報値

（気象庁等より入手
6時刻の予報値）

降水量予報値 1

=10分後予報値

降水量予報値 2

=10分後～
60分後の合計

A I 用降水量予報値

（2時刻）

1地点×2時刻＝2種類

図2-4-1 2021年度A I 用降水量予報値（氷上中央浄化センター）

(2) A I 評価指標

流入水量予測A I の予測精度評価指標を表2-4-2に示す。

表2-4-2 流入水量予測A I の精度評価指標

指 標	内 容	算 出 式
警報発報時間差	流入水量実績が閾値を超えた時刻とA I が閾値超を予測した時刻の差	$\Delta t_{alt} = t_{obs} - t_{alt}$ $\Delta t_{alt} : \text{警報発報時間差}$ $t_{obs} : \text{流入水量閾値超時刻}$ $t_{alt} : \text{A I 閾値超予測時刻}$
見 逃 し 率	閾値を超える流入水量を予測できなかった割合	表2-4-3参照
空 振 り 率	閾値を超えると予報したが実際には閾値を超えなかった割合	表2-4-3参照

表2-4-3 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

流入水量予測 A I の精度評価目標を表2-4-4に示す。

表2-4-4 流入水量予測 A I の精度評価項目と目標値

評価項目	目標値
警報発報の時間差が 50分以上前である割合	60%以上（従来※1：18%）
見逃し率	52%以下（従来※1：52%）
空振り率	69%以下（従来※1：69%）

※1 従来：気象警報により雨天時対応を行っていた施設管理方法。

(3) A I 予測精度確認結果

2021年度 A I の検証結果を図2-4-2に示す。降水時における流入水量増加を予測できていたため、見逃しは無かったものの、警報発報時間差の目標を達成することはできなかった。また、7月12日の結果に示すように雨が降り止んだ後に誤報が多数発生した。

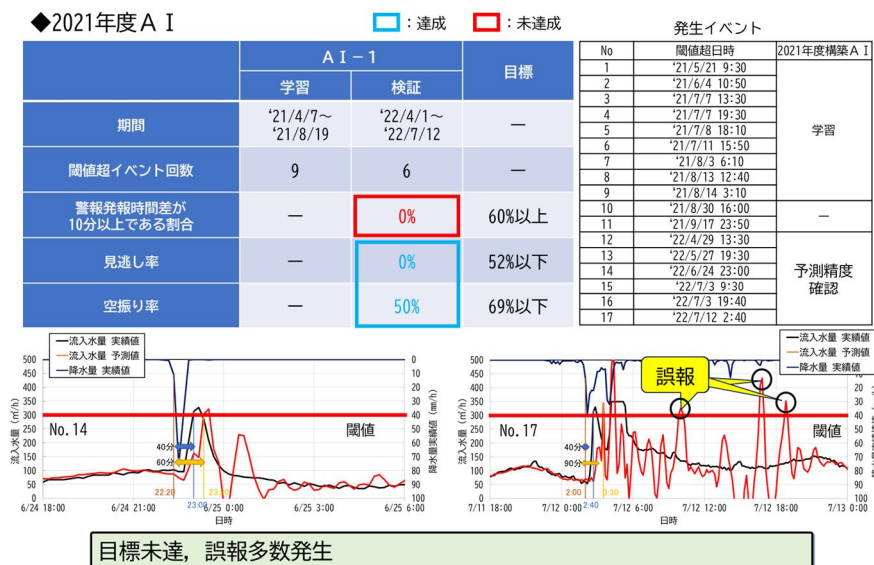


図2-4-2 2021年度 A I の予測精度確認結果

(4) 目標未達の原因と対策

前小節で示したように、2021年度A Iは目標を達成することができなかった。本小節ではその原因と対策、対策の効果(影響)について示す。

1) 原因

① 2021年度と2022年度の降水状況

2021年度と2022年度の降水状況を比較したグラフを図2-4-3に、表2-4-5に短時間大雨の定義、表2-4-6に2021年と2022年の流入水量閾値超回数(閾値: $300\text{m}^3/\text{h}$)と短時間大雨の回数をそれぞれ示す。A Iを構築した2021年4月7日～8月19日(学習期間)は $10\text{mm}/\text{h}$ 程度の雨が半日以上降り続き流入水量の閾値超は雨の降り始めから数時間以上経過した後に発生する場合が多いことに対して、2022年4月1日～7月12日(予測精度確認期間)は短時間大雨が多く、流入水量は降り始め($10\text{mm}/\text{h}$ 以上)から30分以内で閾値に到達する。このように短時間大雨以外の降雨で学習し、短時間大雨の評価を行ったことが目標未達成となった原因の一つと考える。

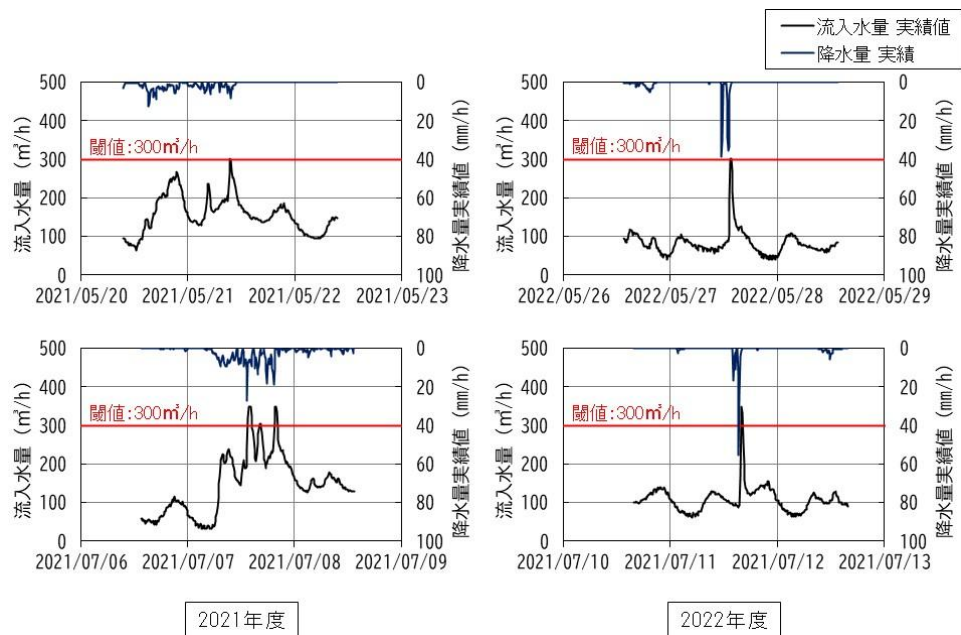


図2-4-3 2021年度と2022年度の降水状況比較

表2-4-5 短時間大雨の定義

① 降り始め ($10\text{mm}/\text{h}$ 以上) からピークまでの時間	30分以内
② 降り始めから降り止み ($10\text{mm}/\text{h}$ 未満) までの時間	120分以内
③ $10\text{mm}/\text{h}$ 以上の降雨からの経過時間	60分以上
以上3つの条件を全て満たす場合、短時間大雨と定義する。	

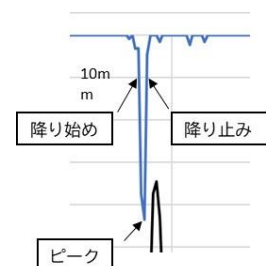


表2-4-6 2021年度、2022年度の月別実流入水量閾値超発生回数

月	実流入水量閾値超回数 ()は短時間大雨を表す												合計
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
2021年	0	0	0	0	1	1	4	4(2)	1	0	0	0	11(2)
2022年	0	0	0	1	1(1)	1(1)	4(3)	3(3)	2(1)	0	0		12(9)

② 降水量予報値の予測精度

表2-4-7に2021年度A Iを用いて予測した2022年8月18日1:10～3:20における短時間大雨時の降水量予報実況値と予報値を示す。短時間大雨のように降り始めから閾値超までの時間が短い場合、40～60分後の降水量予報値が重要になる。しかし、表2-4-7、図2-4-4に示すように予報精度が低い場合は予測に必要なデータをA Iは受け取ることができず、60分前の閾値超予測が困難となる。これが警報発報時間差の目標を達成できなかった主な原因であると判断した。

表2-4-7 2022年8月18日の流入水量実績値と降水量予報値の状況

	降水量	降水量予報					
	実況値	10分後	20分後	30分後	40分後	50分後	60分後
1:10	0	0.5	0	0	0.5	0.5	0.5
1:20	0	0	0.5	0	0.5	0	0.5
1:30	0	0	0	0.5	0	0.5	0.5
1:40	0	0.5	0	0.5	0.5	0.5	0.5
1:50	0	0	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
2:00	0	0.5	0	0.5	0.5	0.5	0.5
2:10	0.1	0.5	0.5	0.5	1	1	0.5
2:20	0.4	0.5	0.5	2	4	3	7
2:30	0.2	1	3	8	2	3	4
2:40	1.5	7	6	1	3	2	1
2:50	14.7	7	1	1	2	0.5	0.5
3:00	10.8	2	2	2	2	0.5	0.5
3:10	0.8	1	1	0.5	0.5	0.5	0.5
3:20	1.8	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	1

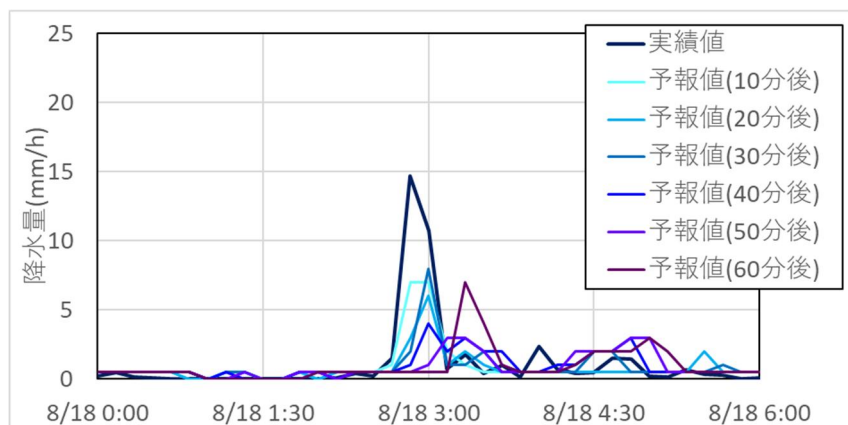


図2-4-4 2022年8月18日の降水量実績値と降水量予報値

③ 流入水量予測時間

流入水量予測値A Iは、2021年度のA I構築時には気象庁等から送られてくる情報に時間遅れはないと想定し、60分後の流入水量を予測していたが、目標未達となったため、降水量予報値の時間遅れについて調査した。その結果、図2-4-5に示すように気象庁等から情報が発信され、情報共有システムが受け取るまでに5分以上要し、その結果流入水量予測値が共有されるのが10分遅れとなってしまった場合があった。これも目標が未達となった一因であると考えられる。

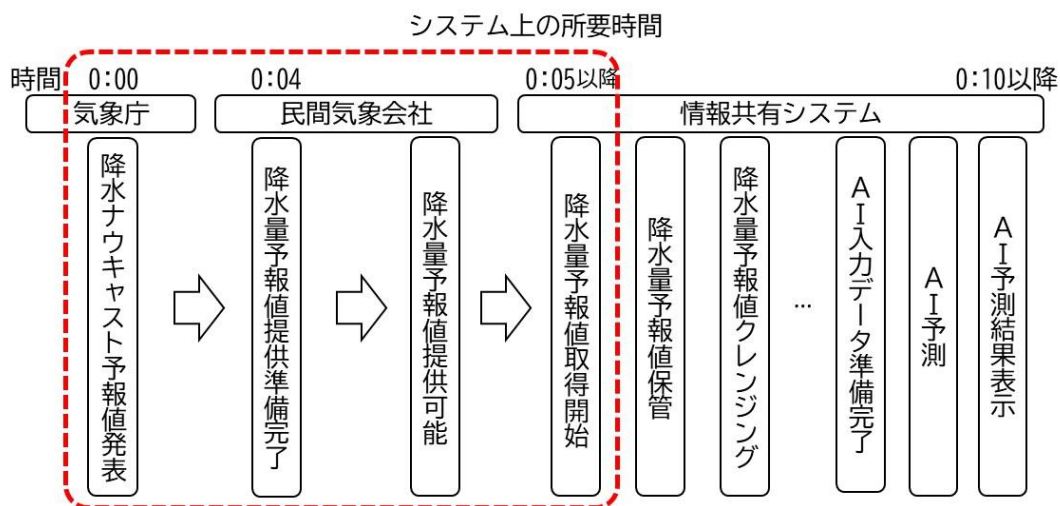


図2-4-5 降水量予報値取得時間調査結果

2) 対策

① 学習期間延長(短時間大雨の学習)

表2-4-8に示すように2021年度のA I 構築用学習データとして用いる短時間大雨が閾値超発生9回中1回のみであり、2022年度に急増した短時間大雨に対応することは困難と判断した。そこで、2022年度にA I を再構築する際には、学習期間に2022年度のデータを追加した。また、流入水量予測A I の予測精度評価指標である警報発報時間差は、表2-4-9に示すように短時間大雨以外と短時間大雨に分けることとし、短時間大雨については降水量予報精度の影響を大きく受けると考えて参考とした。

表2-4-8 2021年度A I 構築時の降雨状況

	2021年度A I 構築時	学習期間延長
学 習 期 間	2021年4月7日～2021年8月19日	2021年4月7日～2022年8月24日
閾 値 超 回 数	閾値超発生数9回 (短時間大雨1回含む)	閾値超発生数21回 (短時間大雨10回含む)

表2-4-9 流入水量予測A I の精度評価項目と目標値

評価項目	目標値
短時間大雨以外について警報発報の時間差が50分以上前である割合	60%以上 (従来 ^{※1} : 17%)
見 逃 し 率	52%以下 (従来 ^{※1} : 52%)
空 振 り 率	69%以下 (従来 ^{※1} : 69%)
短時間大雨について警報発報の時間差が30分以上前である割合 (参考)	50%以上 (従来 ^{※1} : 20%)

※1 従来：気象警報により雨天時対応を行っていた施設管理方法。

② 降水量予報値の見直し

降水量予報値は、図2-4-1に示したように気象庁等より入手した処理区域内4箇所×6時刻の降水量予報データを二種類にまとめ、A I で使用する降水量予報値として使用した、短時間大雨の予測を行う場合は降水量予報データをまとめてしまうことは必ずしも最適ではない。そこで降水量予報データの使い方を見直すこととした。

③ A I 予測時刻の見直し

降水量予報値入手の所要時間5分を前提とし、60分前にA I 予測結果を表示するため、70分前に流入水量を予測することとした。

④ ラグ値、隠れ層の見直し

A I ハイパーパラメーターであるラグ値と隠れ層は2021年A I 構築時には、短時間大雨を想定していない状況で決定したが、短時間大雨を対象とするため、ラグ値、隠れ層を見直した。

⑤ 対策まとめ

実施する対策を以下に示す。

- ・学習期間延長
- ・A I 用降水量予報値の見直し
- ・A I 予測時刻の見直し
- ・ハイパーパラメーターの見直し

3) 対策の効果

前項で示した対策の効果を確認するため、表2-4-10の9ケースについて評価した。

表2-4-10 対策の効果検討条件

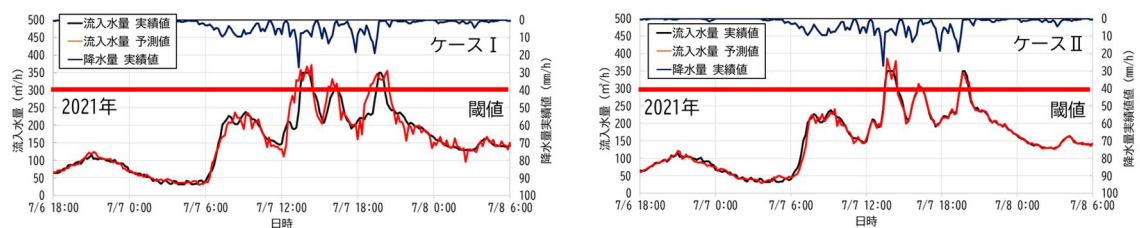
ケース No.		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	
対象施設		氷上中央浄化センター									
ツール		Mathworks社製 MATLAB									
予測モデル		非線形 input-output モデル									
ラグ値		100	1	2	7	20	40	7			
隠れ層		12	20								
アルゴリズム		レーベンバーグ・マーカート法									
利用データ	学習期間	‘21/4/7～8/19							‘21/4/7～ ‘22/8/24		
	AI予測精度 確認期間	‘21/4/7 ～8/19	‘21/4/7～ 8/19 ‘22/4/1～ 7/12 ‘22/8/25～ 10/31	‘22/4/1～7/12 (ケースⅤのみ ‘22/8/25～10/31)					‘22/8/25～ 10/31		
	入力	流入水量	流入水量実測値10分間隔								
		降水量 予報値	2種類 (図2-4-1参照)							24種類 (図2-4-9 参照)	
	AI 予測時刻	流入水量	60分後 (10分間隔)	70分後 (10分間隔)							

① A I 予測時刻変更の影響

表2-4-10のケースⅠ、Ⅱの結果を図2-4-6に示す。隠れ層が異なる影響が含まれている可能性はあるが、60分後予測と70分後予測で大きな違いはないことを確認できた。

◆ A I 予測時刻変更の影響

	ケースⅠ		ケースⅡ		目標	No	閾値超日時	降雨種類	学習/精度確認
	学習	精度確認	学習	精度確認					
期間	'21/4/7～ '21/8/19		'21/4/7～ '21/8/19		—	1	'21/5/21 9:30	長※ ³	学習 (精度確認)
閾値超イベント回数	9(1)※ ²		9(1)※ ²		—	2	'21/6/4 10:50	長	
予測時刻	60分後		70分後		—	3	'21/7/7 13:30	長	
短時間大雨以外について警報発報の 時間差が50分以上である割合	100%		100%		60%以上	4	'21/7/7 19:30	長	
見逃し率	0%		0%		52%以下	5	'21/7/8 18:10	長	
空振り率	0%		0%		69%以下	6	'21/7/11 15:50	長	
短時間大雨について警報発報の 時間差が30分以上である割合(参考)	[100%]		[100%]		[50%以上]	7	'21/8/3 6:10	短※ ⁴	
						8	'21/8/13 12:40	長	
						9	'21/8/14 3:10	長	



60分後予測と70分後予測で大きな違いはない

※² () 内は短時間大雨の回数 ※³ 長：短時間大雨以外 ※⁴ 短：短時間大雨 []は参考

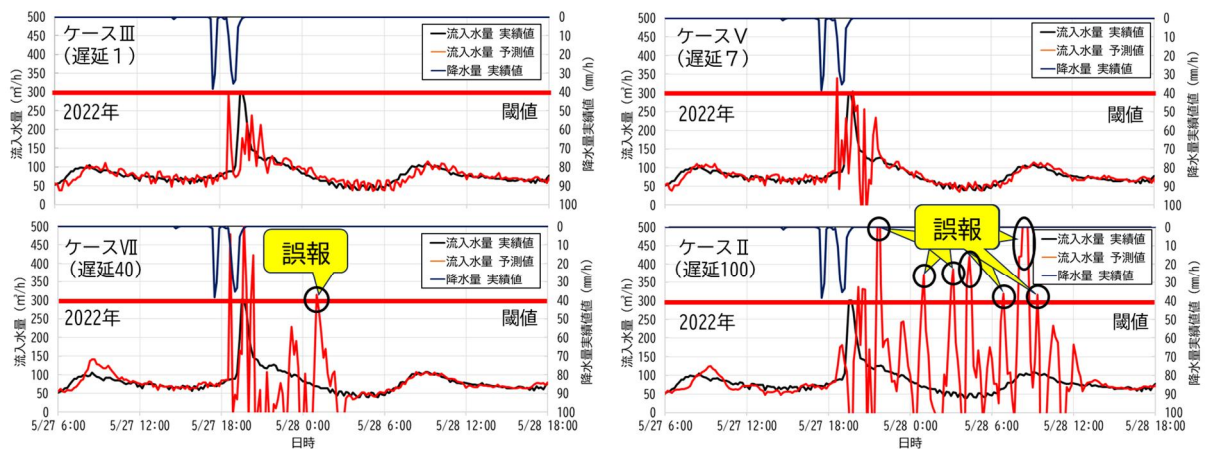
図2-4-6 A I 予測時刻変更の影響（氷上中央浄化センター）

② ラグ値、隠れ層の影響

ラグ値の評価結果を図2-4-7に示す。ラグ値が40(ケースⅦ)、100(ケースⅡ)の場合は、雨が降り止んで流入水量実績値が200m³/hを下回った2022年5月28日になっても時折300m³/hを超える予測結果(誤報)となっているが、ラグ値が1(ケースⅢ)、7(ケースⅤ)の場合は雨が降り止んだ後、閾値を超える流入水量を予測しておらず、流入水量実績値に近い値を予測した。各評価指標は、目標を達成していない項目も多数含まれているが、見逃し率と空振り率に着目すると、見逃し率はラグ値1(ケースⅢ)以外が良く、空振り率はラグ値の増加に伴い増加する傾向を示した。これらの結果から、ラグ値は7が最適と判断した。隠れ層は20以上で結果に差はなく、学習時間が長くなるだけであったので、20とした。

◆ラグ値の影響

	ケースⅢ		ケースⅤ		ケースⅦ		ケースⅡ		目標	発生イベント			
	学習	精度確認	学習	精度確認	学習	精度確認	学習	精度確認		No	閾値超日時	降雨種類	学習/精度確認
期間	'21/4/～ '21/8/19	'22/4/1～ '22/7/12	'21/4/7～ '21/8/19	'22/4/1～ '22/7/12	'21/4/7～ '21/8/19	'22/4/1～ '22/7/12	'21/4/7～ '21/8/19	'22/4/1～ '22/7/12	—	1	'21/5/21 9:30	長※3	学習
閾値超イベント回数	9(1)※2	6(4)※2	9(1)※2	6(4)※2	9(1)※2	6(4)※2	9(1)※2	6(4)※2	—	2	'21/6/4 10:50	長	
遅延	1	—	7	—	40	—	100	—	—	3	'21/7/7 13:30	長	
短時間大雨以外について警報発報の 時間差が50分以上である割合	—	0%	—	100%	—	100%	—	50%	60%以上	4	'21/7/7 19:30	長	
見逃し率	—	50%	—	33.3%	—	33.3%	—	33.3%	52%以下	5	'21/7/8 18:10	長	
空振り率	—	50%	—	33.3%	—	71.4%	—	75.0%	69%以下	6	'21/7/11 15:50	長	
短時間大雨について警報発報の 時間差が30分以上である割合(参考)	—	[0%]	—	[33.3%]	—	[33.3%]	—	[0%]	[50%以上]	7	'21/8/3 6:10	短※4	
										8	'21/8/13 12:40	長	
										9	'21/8/14 3:10	長	
										10	'21/8/30 16:00	短	
										11	'21/9/17 23:50	長	
										12	'22/4/29 13:30	長	精度確認
										13	'22/5/27 19:30	短	
										14	'22/6/24 23:00	短	
										15	'22/7/3 9:30	短	
										16	'22/7/3 19:40	長	
										17	'22/7/12 2:40	短	



ラグ値は7(ケースⅤ)が最適

※3 長：短時間大雨以外 ※4 短：短時間大雨 []は参考

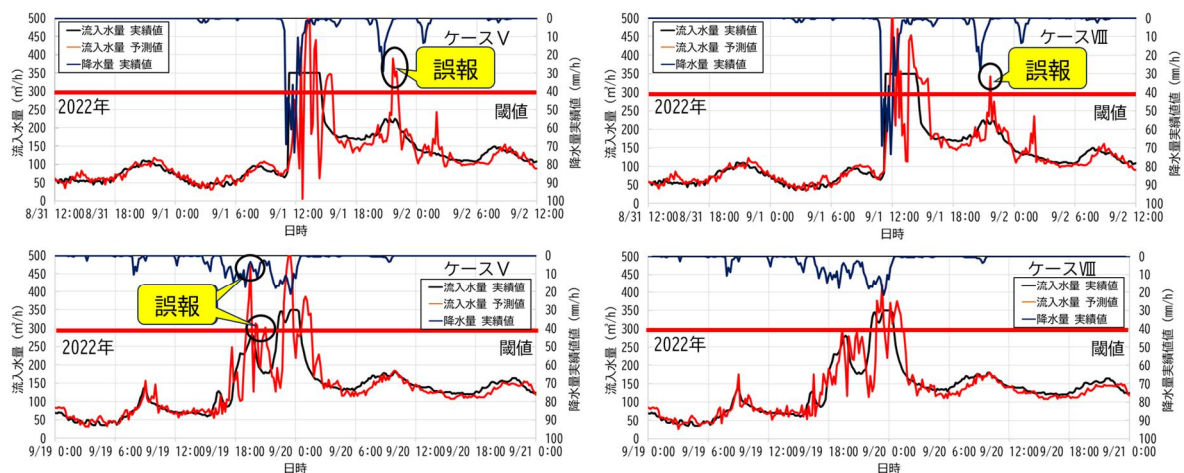
図2-4-7 ラグ値の影響(氷上中央浄化センター)

③ 学習期間延長の効果

ラグ値を7とした場合の学習期間の影響を確認するため表2-4-10のケースVとケースⅧの結果を図2-4-8に示す。2022年9月1日、2022年9月19日の両日ともケースVより、ケースⅧの方が流入水量予測値は流入水量実績値に近い値を予測している。各評価指標は、目標を達成していない項目も多数含まれているが、見逃し率と空振り率はケースVよりケースⅧの方が小さいことから、学習期間を延長したことによる効果を確認できた。

◆学習期間の効果

	ケースV		ケースⅧ		目標	発生イベント	
	学習	精度確認	学習	精度確認		No	ケースⅧ
期間	'21/4/7~ '21/8/19	'22/8/25~ 10/31	'21/4/7~ '22/8/24	'22/8/25~ 10/31	—	1	ケースⅧ
閾値超イベント回数	9(1)※2	1(1)※2	21(10)※2	1(1)※2	—	2	学習
短時間大雨以外について警報発報の 時間差が50分以上である割合	—	0%	—	0%	60%以上	3	学習
見逃し率	—	50%	—	0%	52%以下	4	
空振り率	—	80%	—	50%	69%以下	5	
短時間大雨について警報発報の 時間差が30分以上である割合(参考)	—	[100%]	—	[100%]	[50%以上]	6	
						7	
						8	
						9	
						10	
						11	
						12	
						13	
						14	
						15	
						16	
						17	
						18	
						19	
						20	
						21	
						22	精度確認
						23	精度確認



学習期間延長による予測精度向上を確認

※2 ()内は短時間大雨の回数 ※3 長：短時間大雨以外 ※4 短：短時間大雨 []は参考

図2-4-8 学習期間延長の効果（氷上中央浄化センター）

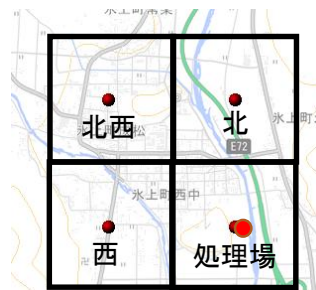
④ 降水量予報値見直しの効果

2021年度A I の降水量予報値は図2-4-1に示したように降水地点4箇所を平均した10分後予報値と、降水地点4箇所を平均した10分後～60分後までをひとまとめとした降水量予報値の2種類としていた。これは、少ないデータで実運用時の予測精度を高くするためこのような前処理を行ったが、40分後～60分後降水量予報値の重要性が増す短時間大雨を含めた予測を行う場合は必ずしも最適ではない。そこで、図2-4-9で示すように4箇所の10分後～60分後を個別とする24種類とした。

表2-4-10のケースⅧとケースⅨの結果を図2-4-10に示す。降水量予報値を見直すことで警報発報時間差を改善することができ、その効果を確認することができた。



降水量予報値
〔 気象庁等より入手
4地点の予報値 〕



A I 用降水量予報値
(4地点を個別)

10分後予報値	→	降水量予報値 1	4地点 × 6時刻 = 24種類
20分後予報値	→	降水量予報値 2	
30分後予報値	→	降水量予報値 3	
40分後予報値	→	降水量予報値 4	
50分後予報値	→	降水量予報値 5	
60分後予報値	→	降水量予報値 6	

降水量予報値
〔 気象庁等より入手
6時刻の予報値 〕

A I 用降水量予報値
(6時刻を個別)

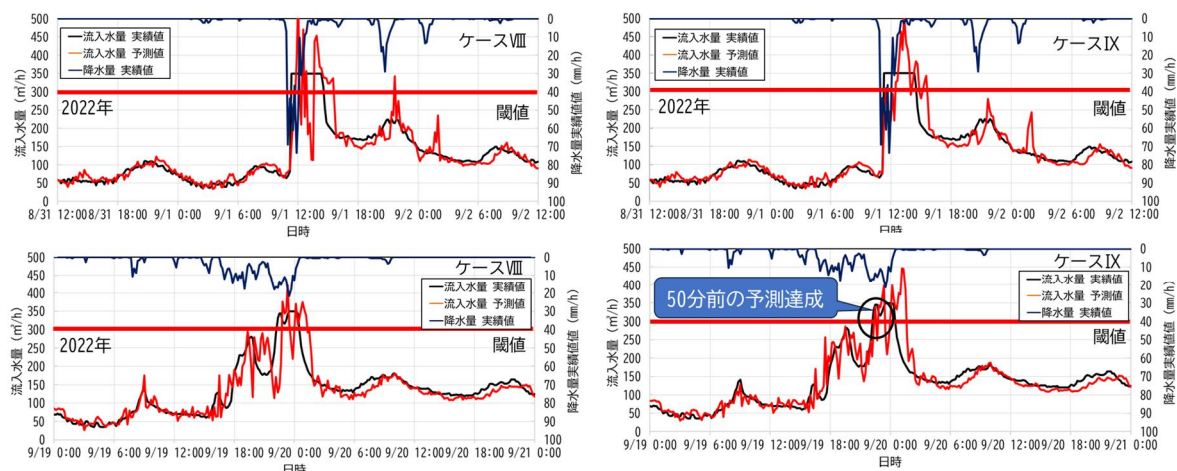
図2-4-9 見直し後A I 用降水量予報値 (氷上中央浄化センター)

◆降水量予報値見直しの効果

	ケースⅧ		ケースⅨ		目標
	学習	精度確認	学習	精度確認	
期間	'21/4/7～ '21/8/19	'22/8/25～ 10/31	'21/4/7～ '22/8/24	'22/8/25～ 10/31	—
閾値超イベント回数	9(1)※2	1(1)※2	21(10)※2	1(1)※2	—
降水量予報値データ数	2		24		—
短時間大雨以外について警報発報の 時間差が50分以上である割合	—	0%	—	100%	60%以上
見逃し率	—	0%	—	0%	52%以下
空振り率	—	50%	—	50%	69%以下
短時間大雨について警報発報の 時間差が30分以上である割合(参考)	—	[100%]	—	[100%]	[50%以上]

発生イベント

No	閾値超日時	降雨種類	ケースⅧ	ケースⅨ
1	'21/5/21 9:30	長※3		
2	'21/6/4 10:50	長		
3	'21/7/7 13:30	長		
4	'21/7/7 19:30	長		
5	'21/7/8 18:10	長		
6	'21/7/11 15:50	長		
7	'21/8/3 6:10	短※4		
8	'21/8/13 12:40	長		
9	'21/8/14 3:10	長		
10	'21/8/30 16:00	短		
11	'21/9/17 23:50	長		
12	'22/4/29 13:30	長		
13	'22/5/27 19:30	短		
14	'22/6/24 23:00	短		
15	'22/7/3 9:30	短		
16	'22/7/3 19:40	長		
17	'22/7/12 2:40	短		
18	'22/7/15 17:00	短		
19	'22/8/18 3:10	短		
20	'22/8/20 16:30	短		
21	'22/8/23 19:50	短		
22	'22/9/1 11:20	短		
23	'22/9/19 22:20	長	精度確認	精度確認



降水量予報値見直しによる予測精度向上を確認

※2 () 内は短時間大雨の回数 ※3 長：短時間大雨以外 ※4 短：短時間大雨

図2-4-10 降水量予報値見直しの効果（氷上中央浄化センター）

⑤ 対策効果のまとめ

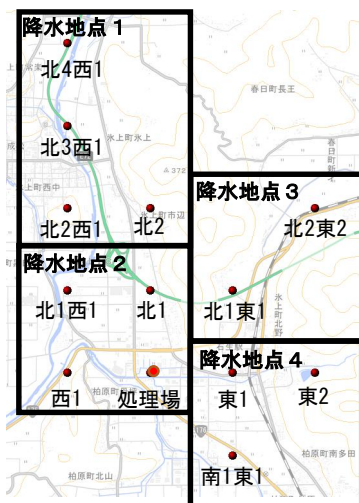
本項では2021年度に構築したA Iの評価で明らかとなった課題に対して4つの対策（学習期間、降水量予報値、予測時刻、ラグ値・隠れ層）が与える影響を調査した。その結果、学習期間、降水量予報値、ラグ値・隠れ層は予測精度を改善することができ、予測時刻は70分後としても影響が少ない事を確認した。ケースⅨは全対策を盛り込んだ条件であったが、全9ケースの中で最も良い結果であった。このことから、各対策の組み合わせることの効果も確認することが出来た。

4.1.2 A I 構築条件まとめ

前小節で示した結果を踏まえ、A I 構築条件は表2-4-11とした。ツールはMathworks社のソフト「MATLAB」を使用し、予測モデル、アルゴリズムとも変更はなく一般的な手法であり、汎用性は高い。ラグ値・隠れ層、利用データは見直した。降水量予報値は、氷上中央浄化センター、氷上東浄化センター、氷上南浄化センターに対して、図2-4-9、図2-4-11、図2-4-12に示す通りとした。

表2-4-11 A I 構築条件

ツ ル			Mathworks社製 MATLAB
予 測 モ デ ル			非線形 input-output モデル
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	入 力 値	流入水量	流入水量実測値(10分間隔)
		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2-4-2参照)
	A I 予 測 時 刻	流入水量	70分後 (10分間隔)



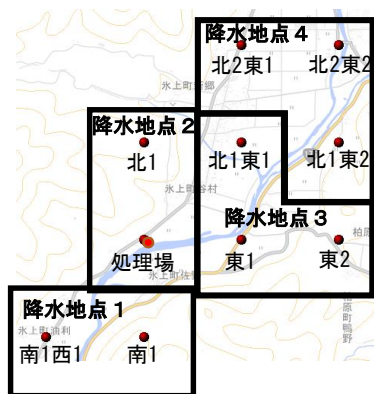
太線で示す4地点を個別
(太線内は平均処理)

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)

4地点 × 6時刻
= 24種類

6時刻を個別

図2-4-11 A I 用降水量予報値 (氷上東浄化センター)



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)

4地点 × 6時刻
= 24種類

6時刻を個別

図2-4-12 A I 用降水量予報値 (氷上南浄化センター)

4.2 A I 予測精度評価指標と目標値

流入水量予測A I の精度評価指標、精度評価目標は4. 1. 1節で定めた表2-4-2、表2-4-9とした。

4.3 実証期間中の氷上中央浄化センター流入水量実績値閾値超イベント

実証研究期間(2021年～2023年)におけるA I 構築・再構築要件を検討するための各実証フィールドの流入水量閾値超イベントと降雨種類を併記したイベント数を表2-4-12に示す。氷上中央浄化センターにおいては、AI構築・再構築検討において十分な数の閾値超イベントが確認されたが、氷上東浄化センター及び氷上南浄化センターにおいては、十分な数の閾値超イベントが確認されなかったため、実証研究におけるAI構築は参考までとした。

また、氷上中央浄化センターの実証研究中における月毎のイベント数、全イベント発生日時を示した表2-4-13、表2-4-14を併せて考慮すると閾値超イベントの増加は、短時間大雨による閾値超イベントの増加によるものであり、2021年は7、8月だけであったものが、2023年は4月～9月にわたりイベントが発生していた。

表2-4-12 実証研究中における各実証フィールドの流入水量実績値閾値超イベント数

		2021年度	2022年度	2023年度	合計	
氷上中央 浄化センター	閾値超イベント全数	11	12	19	42	A I 構築・再 構築検討対象
	閾値超イベントにおける 短時間大雨回数	2	9	14	25	
氷上東 浄化センター	閾値超イベント全数	4	1	1	6	A I 構築 (参考)
	閾値超イベントにおける 短時間大雨回数	1	0	0	1	
氷上南 浄化センター	閾値超イベント全数	0	1	2	3	A I 構築 (参考)
	閾値超イベントにおける 短時間大雨回数	0	0	0	0	

表2-4-13 実証研究中の氷上中央浄化センター月毎流入水量実績値閾値超イベント数

		4月	5月	6月	7月	8月	9月	合計
2021年	閾値超イベント全数	0	1	1	4	4	1	11
	短時間大雨回数	0	0	0	1	1	0	2
2022年	閾値超イベント全数	1	1	1	4	3	2	12
	短時間大雨回数	0	1	1	3	3	1	9
2023年	閾値超イベント全数	1	3	3	5	6	1	19
	短時間大雨回数	1	2	2	4	4	1	14
合計	閾値超イベント全数	2	5	5	13	13	4	42
	短時間大雨回数	1	3	3	8	8	2	25

表2-4-14 実証研究中の氷上中央浄化センター流入水量実績値閾値超全イベント

2021 年			2022 年			2023 年		
No.	閾値超日時	降雨種類	No.	閾値超日時	降雨種類	No.	閾値超日時	降雨種類
1	'21/5/21 9:30	長※2	12	'22/4/29 13:30	長	24	'23/4/26 7:10	短
2	'21/6/4 10:50	長	13	'22/5/27 19:30	短	25	'23/5/7 14:30	短
3	'21/7/7 13:30	長	14	'22/6/24 23:00	短	26	'23/5/7 18:10	長
4	'21/7/7 19:30	長	15	'22/7/3 9:30	短	27	'23/5/29 20:10	短
5	'21/7/8 18:10	長	16	'22/7/3 19:40	長	28	'23/6/2 10:40	短
6	'21/7/11 15:50	長	17	'22/7/12 2:40	短	29	'23/6/9 1:00	長
7	'21/8/3 6:10	短※3	18	'22/7/15 17:00	短	30	'23/6/12 8:00	短
8	'21/8/13 12:40	長	19	'22/8/18 3:10	短	31	'23/7/8 21:40	短
9	'21/8/14 3:10	長	20	'22/8/20 16:30	短	32	'23/7/9 2:20	短
10	'21/8/30 16:00	短	21	'22/8/23 19:50	短	33	'23/7/9 8:10	短
11	'21/9/17 23:50	長	22	'22/9/1 11:20	短	34	'23/7/19 17:30	短
			23	'22/9/19 22:20	長	35	'23/7/28 17:30	長
						36	'23/8/14 23:50	長
						37	'23/8/15 9:30	長
						38	'23/8/21 19:10	短
						39	'23/8/26 20:40	短
						40	'23/8/27 17:30	短
						41	'23/8/28 17:50	短
						42	'23/9/8 0:10	短

※2 長：短時間大雨以外 ※3 短：短時間大雨

4.4 AI構築・再構築要件

情報共有システムで使用する流入水量予測AIの構築・再構築要件を、氷上中央浄化センターを対象として検討した。

4.4.1 AI構築・再構築要件の検討

表2-4-14で示した実証研究期間中閾値超イベントを表2-4-15、表2-4-16に示すように学習データと検証データに分け、学習と検証を繰り返すことでAIの構築・再構築要件を検討した。構築した4種類のAI（AI-1、AI-2、AI-3、AI-4）は共通する期間（評価期間）で評価を実施し、再学習による予測精度向上の効果を確認した。

学習、検証、評価は以下のように定義する。

学習：AIを構築すること

検証：構築したAIを学習以外のイベントで精度検証すること

評価：構築したAIを横並びで評価するため、同一期間のイベントで精度評価すること（本実証研究のみ）

表2-4-15 閾値超イベントに対するAI構築・再構築検討条件

No.	閾値超日時	降雨種類	A I -1	A I -2	A I -3	A I -4
1	'21/5/21 9:30	長※2	学習	学習	学習	学習
2	'21/6/4 10:50	長				
3	'21/7/7 13:30	長				
4	'21/7/7 19:30	長				
5	'21/7/8 18:10	長				
6	'21/7/11 15:50	長				
7	'21/8/3 6:10	短※3				
8	'21/8/13 12:40	長				
9	'21/8/14 3:10	長				
10	'21/8/30 16:00	短	検証	検証	学習	
11	'21/9/17 23:50	長				
12	'22/4/29 13:30	長				
13	'22/5/27 19:30	短				
14	'22/6/24 23:00	短				
15	'22/7/3 9:30	短				
16	'22/7/3 19:40	長				
17	'22/7/12 2:40	短				
18	'22/7/15 17:00	短				
19	'22/8/18 3:10	短	検証	検証	学習	
20	'22/8/20 16:30	短				
21	'22/8/23 19:50	短				
22	'22/9/1 11:20	短				
23	'22/9/19 22:20	長				
24	'23/4/26 7:10	短				
25	'23/5/7 14:30	短				
26	'23/5/7 18:10	長				
27	'23/5/29 20:10	短				
28	'23/6/2 10:40	短	評価期間	評価期間	検証	
29	'23/6/9 1:00	長				
30	'23/6/12 8:00	短				
31	'23/7/8 21:40	短				
32	'23/7/9 2:20	短				
33	'23/7/9 8:10	短				
34	'23/7/19 17:30	短				
35	'23/7/28 17:30	長				
36	'23/8/14 23:50	長				
37	'23/8/15 9:30	長	検証			
38	'23/8/21 19:10	短				
39	'23/8/26 20:40	短				
40	'23/8/27 17:30	短				
41	'23/8/28 17:50	短				
42	'23/9/8 0:10	短				

※2 長：短時間大雨以外 ※3 短：短時間大雨

表2-4-16 閾値超イベントに対するA I 構築・再構築検討条件のイベント数

	A I - 1			A I - 2			A I - 3			A I - 4		
	学習	検証	評価	学習	検証	評価	学習	検証	評価	学習	検証	評価
期間	'21/4/7 ~ '21/8/19	'21/8/20 ~ '22/8/18	'23/7/1 ~ '23/10/30	'21/4/7 ~ '22/6/30	'22/7/1 ~ '23/4/30	'23/7/1 ~ '23/10/30	'21/4/7 ~ '22/9/20	'23/4/1 ~ '23/7/10	'23/7/1 ~ '23/10/30	'21/4/7 ~ '23/6/30	'23/7/1 ~ '23/8/27	'23/7/1 ~ '23/10/30
閾値超 イベント 回数	9(1)※4	10(7)※4	12(9)※4	14(4)※4	10(8)※4	12(9)※4	23(11)※4	10(8)※4	12(9)※4	30(16)※4	10(7)※4	12(9)※4

※2 長：短時間大雨以外 ※3 短：短時間大雨 ※4 ()内は短時間大雨の回数

(1) A I - 1 の結果

A I - 1 の結果を図2-4-13に示す。検証時には評価項目の短時間大雨以外の警報発報時間差と見逃し率は目標を達成できたが、空振り率は目標未達であった。評価項目（参考）の短時間大雨の警報発報時間差は目標を達成することができた。

評価時では見逃し率の目標は達成することができたが、それ以外の評価項目と評価項目（参考）は目標未達であった。

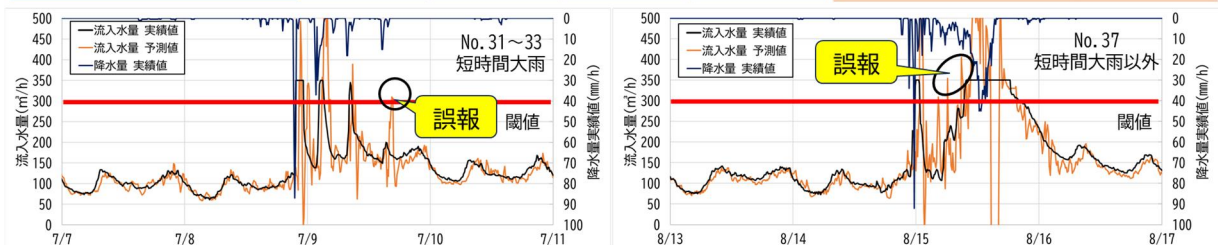
◆A I - 1

□：達成 □：未達成

	A I - 1			目標
	学習	検証	評価	
期間	'21/4/7~ '21/8/19	'21/8/20~ '22/4/30	'23/7/1~ '23/10/30	—
閾値超イベント回数	9(1)※4	10(7)※4	12(9)※4	—
短時間大雨以外について 警報発報の時間差が 50分以上である割合	—	100%	33.3%	60%以上
見逃し率	—	30%	41.7%	52%以下
空振り率	—	69.6%	75.9%	69%以下
短時間大雨について 警報発報の時間差が 30分以上である割合(参考)	—	[60%]	[25.0%]	[50%以上]

実証研究中発生イベント数42

No	閾値超日時	降雨種類	A I - 1	A I - 2	A I - 3	A I - 4
1	'21/5/21 9:30	長※2	学習	学習	学習	学習
2	'21/6/4 10:50	長				
3	'21/7/7 13:30	長				
4	'21/7/7 19:30	長				
5	'21/7/8 18:10	長				
6	'21/7/11 15:50	長				
7	'21/8/3 6:10	短※3				
8	'21/8/13 12:40	長				
9	'21/8/14 3:10	長				
10	'21/8/30 16:00	短				
11	'21/9/17 23:50	長	検証	検証	検証	検証
12	'22/4/29 13:30	長				
13	'22/5/27 19:30	短				
14	'22/6/24 23:00	短				
15	'22/7/3 9:30	短				
16	'22/7/3 19:40	長				
17	'22/7/12 2:40	短				
18	'22/7/15 17:00	短				
19	'22/8/18 3:10	短				
20	'22/8/20 16:30	短				
21	'22/8/23 19:50	短	評価期間	評価期間	評価期間	評価期間
22	'22/9/1 11:20	短				
23	'22/9/19 22:20	長				
24	'23/4/26 7:10	短				
25	'23/5/7 14:30	短				
26	'23/5/7 18:10	長				
27	'23/5/29 20:10	短				
28	'23/6/2 10:40	短				
29	'23/6/9 1:00	長				
30	'23/6/12 8:00	短				
31	'23/7/8 21:40	短	検証	検証	検証	検証
32	'23/7/9 2:20	短				
33	'23/7/9 8:10	短				
34	'23/7/19 17:30	短				
35	'23/7/28 17:30	長				
36	'23/8/14 23:50	長				
37	'23/8/15 9:30	長				
38	'23/8/21 19:10	短				
39	'23/8/26 20:40	短				
40	'23/8/27 17:30	短				
41	'23/8/28 17:50	短				
42	'23/9/8 0:10	短				



検証時、評価時において目標未達

※2 長：短時間大雨以外 ※3 短：短時間大雨 ※4 ()内は短時間大雨の回数 []内は参考

図2-4-13 A I - 1 の学習、検証、評価結果

(2) A I - 2 の結果

A I - 2 の結果を図2-4-14に示す。検証時には全ての評価項目、評価項目（参考）の目標を達成した。

評価時は短時間大雨以外の警報発報時間差で目標未達であり、それ以外の評価項目と評価項目（参考）は目標を達成した。

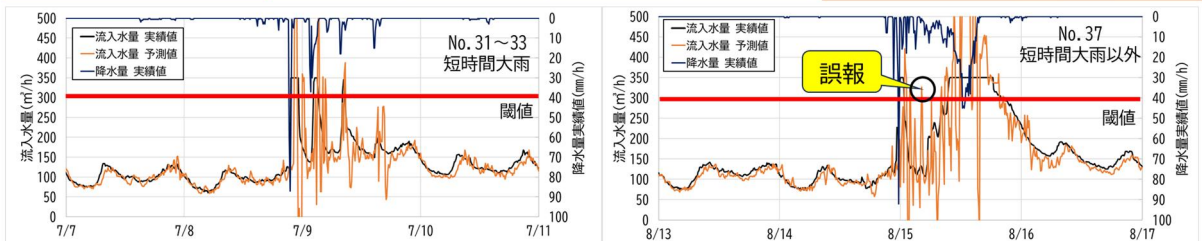
◆A I - 2

□：達成 □：未達成

	A I - 2			目標
	学習	検証	評価	
期間	'21/4/7～ '22/6/30	'22/7/1～ '23/4/30	'23/7/1～ '23/10/30	—
閾値超イベント回数	14(4)※4	10(8)※4	12(9)※4	—
短時間大雨以外について 警報発報の時間差が 50分以上である割合	—	100%	33.3%	60%以上
見逃し率	—	10.0%	25%	52%以下
空振り率	—	67.9%	66.7%	69%以下
短時間大雨について 警報発報の時間差が 30分以上である割合(参考)	—	[71.4%]	[50.0%]	[50%以上]

実証研究中発生イベント数42

No	閾値超日時	降雨種類	A I - 1	A I - 2	A I - 3	A I - 4
1	'21/5/21 9:30	長※2				
2	'21/6/4 10:50	長				
3	'21/7/7 13:30	長				
4	'21/7/7 19:30	長				
5	'21/7/8 18:10	長				
6	'21/7/11 15:50	長				
7	'21/8/3 6:10	短※3				
8	'21/8/13 12:40	長				
9	'21/8/14 3:10	長				
10	'21/8/30 16:00	短				
11	'21/9/17 23:50	長				
12	'22/4/29 13:30	長				
13	'22/5/27 19:30	短				
14	'22/6/24 23:00	短				
15	'22/7/3 9:30	短				
16	'22/7/3 19:40	長				
17	'22/7/12 2:40	短				
18	'22/7/15 17:00	短				
19	'22/8/18 3:10	短				
20	'22/8/20 16:30	短				
21	'22/8/23 19:50	短				
22	'22/9/1 11:20	短				
23	'22/9/19 22:20	長				
24	'23/4/26 7:10	短				
25	'23/5/7 14:30	短				
26	'23/5/7 18:10	長				
27	'23/5/29 20:10	短				
28	'23/6/2 10:40	短				
29	'23/6/9 1:00	長				
30	'23/6/12 8:00	短				
31	'23/7/8 21:40	短				
32	'23/7/9 2:20	短				
33	'23/7/9 8:10	短				
34	'23/7/19 17:30	短				
35	'23/7/28 17:30	長				
36	'23/8/14 23:50	長				
37	'23/8/15 9:30	長				
38	'23/8/21 19:10	短				
39	'23/8/26 20:40	短				
40	'23/8/27 17:30	短				
41	'23/8/28 17:50	短				
42	'23/9/8 0:10	短				



検証時は目標を達成したが、評価時は目標未達

※2 長：短時間大雨以外 ※3 短：短時間大雨 ※4 ()内は短時間大雨の回数 []内は参考

図2-4-14 A I - 2 の学習、検証、評価結果

(3) A I - 3の結果

A I - 3の結果を図2-4-15に示す。検証時には全ての評価項目、評価項目（参考）の目標を達成した。

評価時は短時間大雨以外の警報発報時間差で目標未達であり、それ以外の評価項目と評価項目（参考）は目標を達成した。

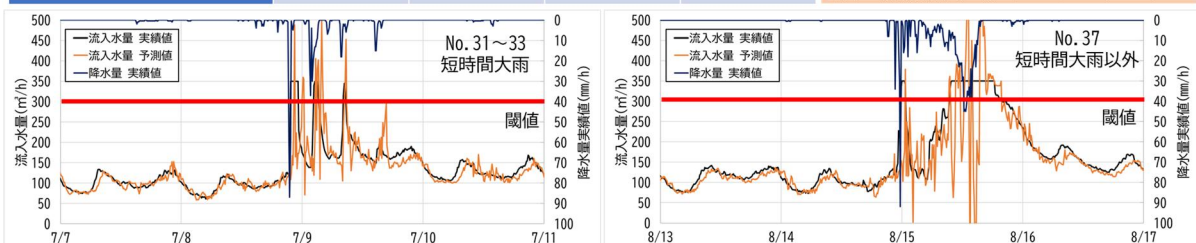
◆A I - 3

□：達成 □：未達成

	A I - 3			目標
	学習	検証	評価	
期間	'21/4/7～ '22/9/20	'23/4/1～ '23/7/10	'23/7/1～ '23/10/30	—
閾値超イベント回数	23(11)※4	10(8)※4	12(9)※4	—
短時間大雨以外について 警報発報の時間差が 50分以上である割合	—	100%	33.3%	60%以上
見逃し率	—	30%	25%	52%以下
空振り率	—	53.3%	65.4%	69%以下
短時間大雨について 警報発報の時間差が 30分以上である割合(参考)	—	[80%]	[66.7%]	[50%以上]

実証研究中発生イベント数42

No	閾値超日時	降雨種類	A I - 1	A I - 2	A I - 3	A I - 4
1	'21/5/21 9:30	長※2				
2	'21/6/4 10:50	長				
3	'21/7/7 13:30	長				
4	'21/7/7 19:30	長				
5	'21/7/8 18:10	長				
6	'21/7/11 15:50	長				
7	'21/8/3 6:10	短※3				
8	'21/8/13 12:40	長				
9	'21/8/14 3:10	短				
10	'21/8/30 16:00	短				
11	'21/9/17 23:50	長				
12	'22/4/29 13:30	長				
13	'22/5/27 19:30	短				
14	'22/6/24 23:00	短				
15	'22/7/3 9:30	短				
16	'22/7/3 19:40	長				
17	'22/7/12 2:40	短				
18	'22/7/15 17:00	短				
19	'22/8/18 3:10	短				
20	'22/8/20 16:30	短				
21	'22/8/23 19:50	短				
22	'22/9/1 11:20	短				
23	'22/9/19 22:20	長				
24	'23/4/26 7:10	短				
25	'23/5/7 14:30	短				
26	'23/5/7 18:10	長				
27	'23/5/29 20:10	短				
28	'23/6/2 10:40	短				
29	'23/6/9 1:00	長				
30	'23/6/12 8:00	短				
31	'23/7/8 21:40	短				
32	'23/7/9 2:20	短				
33	'23/7/9 8:10	短				
34	'23/7/19 17:30	短				
35	'23/7/28 17:30	長				
36	'23/8/14 23:50	長				
37	'23/8/15 9:30	長				
38	'23/8/21 19:10	短				
39	'23/8/26 20:40	短				
40	'23/8/27 17:30	短				
41	'23/8/28 17:50	短				
42	'23/9/8 0:10	短				



検証時は目標を達成したが、評価時は目標未達

※2 長：短時間大雨以外 ※3 短：短時間大雨 ※4 ()内は短時間大雨の回数 []内は参考

図2-4-15 A I - 3の学習、検証、評価結果

(4) A I - 4 の結果

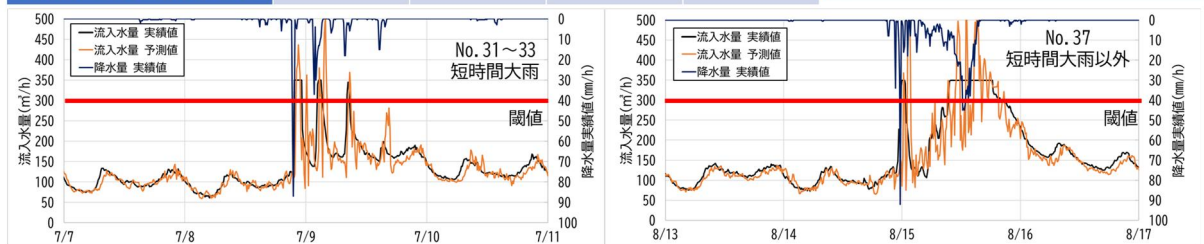
A I - 4 の結果を図2-4-16に示す。検証時、評価時とも全ての評価項目、評価項目（参考）の目標を達成した。

◆A I - 4

□：達成 □：未達成

	A I - 4			目標
	学習	検証	評価	
期間	'21/4/7～ '23/6/30	'23/7/1～ '23/8/27	'23/7/1～ '23/10/30	—
閾値超イベント回数	30(16)※4	10(7)※4	12(9)※4	—
短時間大雨以外について 警報発報の時間差が 50分以上である割合	—	66.7%	66.7%	60%以上
見逃し率	—	27.3%	25%	52%以下
空振り率	—	50%	55.0%	69%以下
短時間大雨について 警報発報の時間差が 30分以上である割合(参考)	—	[80.0%]	[83.3%]	[50%以上]

実証研究中発生イベント数42				
No	閾値超日時	降雨種類	A I - 1	A I - 2
1	'21/5/21 9:30	長※2		
2	'21/6/4 10:50	長		
3	'21/7/7 13:30	長		
4	'21/7/7 19:30	長		
5	'21/7/8 18:10	長		
6	'21/7/11 15:50	長		
7	'21/8/3 6:10	短※3		
8	'21/8/13 12:40	長		
9	'21/8/14 3:10	長		
10	'21/8/30 16:00	短		
11	'21/9/17 23:50	長		
12	'22/4/29 13:30	長		
13	'22/5/27 19:30	短		
14	'22/6/24 23:00	短		
15	'22/7/3 9:30	短		
16	'22/7/3 19:40	長		
17	'22/7/12 2:40	短		
18	'22/7/15 17:00	短		
19	'22/8/18 3:10	短		
20	'22/8/20 16:30	短		
21	'22/8/23 19:50	短		
22	'22/9/1 11:20	短		
23	'22/9/19 22:20	長		
24	'23/4/26 7:10	短		
25	'23/5/7 14:30	短		
26	'23/5/7 18:10	長		
27	'23/5/29 20:10	短		
28	'23/6/2 10:40	短		
29	'23/6/9 1:00	長		
30	'23/6/12 8:00	短		
31	'23/7/8 21:40	短		
32	'23/7/9 2:20	短		
33	'23/7/9 8:10	短		
34	'23/7/19 17:30	短		
35	'23/7/28 17:30	長		
36	'23/8/14 23:50	長		
37	'23/8/15 9:30	長		
38	'23/8/21 19:10	短		
39	'23/8/26 20:40	短		
40	'23/8/27 17:30	短		
41	'23/8/28 17:50	短		
42	'23/9/8 0:10	短		



検証時、評価時で目標を達成

※2 長：短時間大雨以外 ※3 短：短時間大雨 ※4 ()内は短時間大雨の回数 []内は参考

図2-4-16 A I - 4 の学習、検証、評価結果

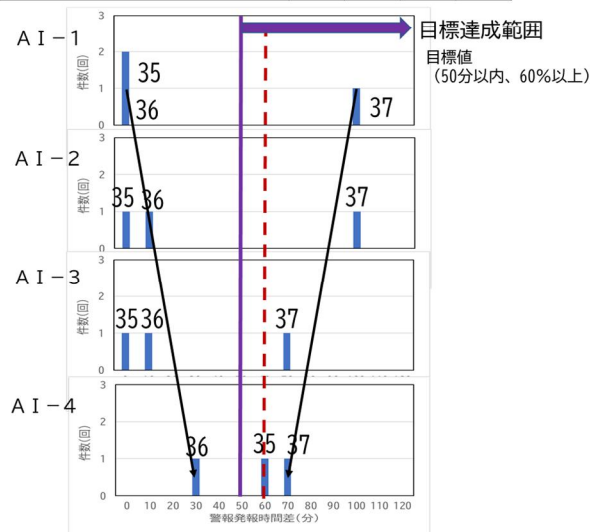
(5) 評価結果

評価期間における各 A I の警報発報時間差の変化を図2-4-17に示す。A I - 1 から A I - 4 にかけて警報発報時間差は徐々に目標である60分後へ近づいており、ここで実施した学習と検証の繰り返しで A I 予測精度は向上することを確認できた。

◆評価期間での A I 評価

短時間大雨以外

No	閾値超日時	降雨種類	警報発報時間差			
			A I - 1	A I - 2	A I - 3	A I - 4
35	2023/7/28 17:30	短時間大雨以外	0	10	0	60
36	2023/8/14 23:50	短時間大雨以外	0	0	10	30
37	2023/8/15 9:30	短時間大雨以外	100	100	70	70
警報発報時間差50分～120分の割合			33.3%	33.3%	33.3%	66.7%



短時間大雨

No	閾値超日時	降雨種類	警報発報時間差			
			A I - 1	A I - 2	A I - 3	A I - 4
31	2023/7/8 21:40	短時間大雨	20	20	20	40
32	2023/7/9 2:20	短時間大雨	30	40	40	40
33	2023/7/9 8:10	短時間大雨	20	40	40	40
34	2023/7/19 17:30	短時間大雨	見逃し	見逃し	見逃し	見逃し
38	2023/8/21 19:10	短時間大雨	20	30	30	20
39	2023/8/26 20:40	短時間大雨	見逃し	見逃し	40	50
40	2023/8/27 17:30	短時間大雨	見逃し	20	見逃し	見逃し
41	2023/8/28 17:50	短時間大雨	見逃し	10	10	30
42	2023/9/8 0:10	短時間大雨	見逃し	見逃し	見逃し	見逃し
警報発報時間差30分～120分の割合			25.0	50.0	66.7	66.7

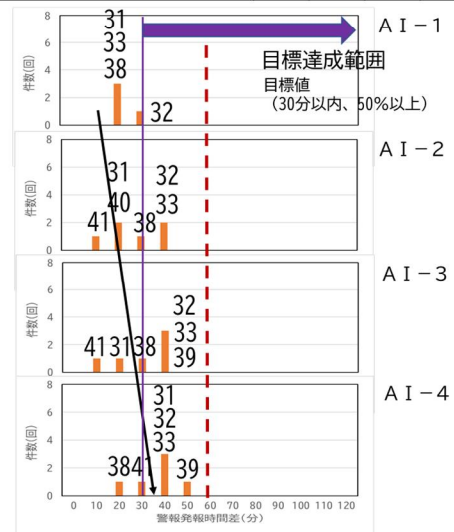


図2-4-17 評価期間における各 A I の警報発報時間差

(6) 検証、評価結果まとめ

前項と表2-4-17で示したA I - 1～A I - 4の検証、評価のまとめより、A I の流入水量予測精度は、本小節で実施したような学習と検証の繰り返しで向上することが明らかとなった。

表2-4-17 検証、評価結果まとめ

	A I - 1			A I - 2			A I - 3			A I - 4			目標
	学習	検証	評価	学習	検証	評価	学習	検証	評価	学習	検証	評価	
期間	'21/4/7～ '21/8/19	'21/8/20～ '22/4/30	'23/7/1～ '23/10/30	'21/4/7～ '22/6/30	'22/7/1～ '23/4/30	'23/7/1～ '23/10/30	'21/4/7～ '22/9/20	'23/4/1～ '23/7/10	'23/7/1～ '23/10/30	'21/4/7～ '23/6/30	'23/7/1～ '23/8/27	'23/7/1～ '23/10/30	—
閾値超イベント回数	9(1) ^{※4}	10(7) ^{※4}	12(9) ^{※4}	14(4) ^{※4}	10(8) ^{※4}	12(9) ^{※4}	23(11) ^{※4}	10(8) ^{※4}	12(9) ^{※4}	30(16) ^{※4}	10(7) ^{※4}	12(9) ^{※4}	—
短時間大雨以外について警報発報の時間差が50分以上である割合	—	100%	33.3%	—	100%	33.3%	—	100%	33.3%	—	66.7%	66.7%	60%以上
見逃し率	—	30%	41.7%	—	10.0%	25%	—	30%	25%	—	27.3%	25%	52%以下
空振り率	—	69.6%	75.9%	—	67.9%	66.7%	—	53.3%	65.4%	—	50%	55.0%	69%以下
短時間大雨について警報発報の時間差が30分以上である割合(参考)	—	[60%]	[25.0%]	—	[71.4%]	[50.0%]	—	[80%]	[66.7%]	—	[80.0%]	[83.3%]	[50%以上]

※4 ()内は短時間大雨の回数 []内は参考

気象警報により行ってきた従来の管理手法での見逃し率と空振り率、A I - 4 評価期間の見逃し率と空振り率を図2-4-18に示す。見逃し率、空振り率とも目標を達成し、従来より改善されており、維持管理者の作業負荷軽減、維持管理費の低減が期待される結果であった。ここで示した結果を費用便益分析における見逃し率、空振り率として使用する。

名 称	A I	結 果	目 標 値
見逃し率	A I - 4	25% (○)	52%以下
空振り率		55% (○)	69%以下

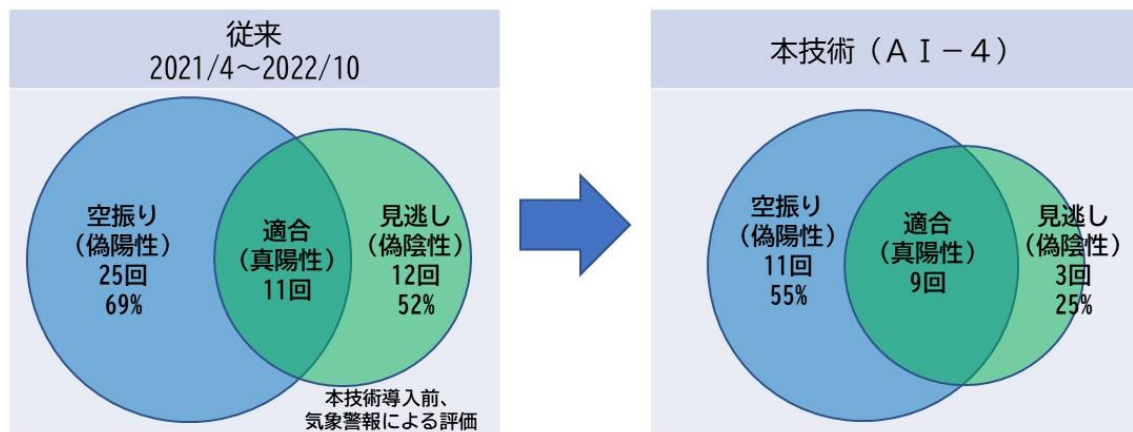


図2-4-18 見逃し率と空振り率

4.4.2 AI構築・再構築要件

AI構築・再構築要件を以下に示す。

○データ条件

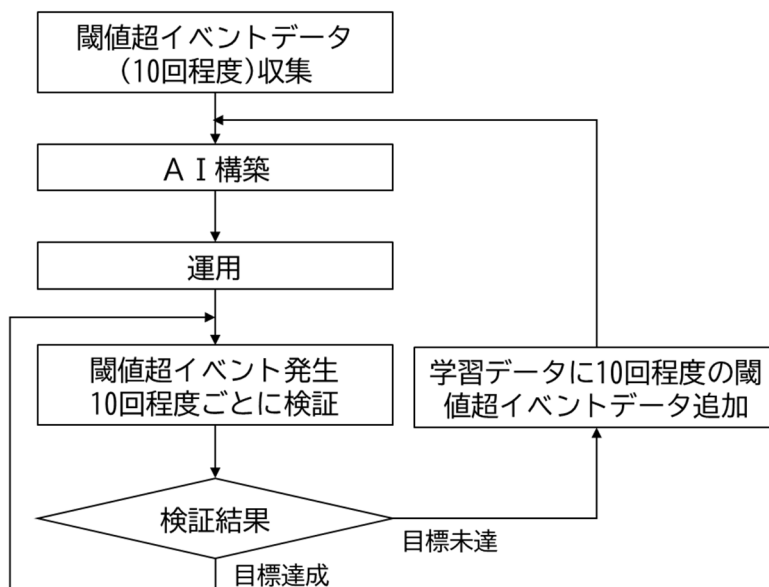
降水量予報値：降水ナウキャスト（気象庁）10分間隔の予報値

流入水量：10分間隔の実績値

○AI構築・再構築

- ・10回程度の流入水量実績値閾値超イベントデータを含んだ降水量予報値と流入水量実績値を収集しAIを構築。
- ・構築したAIを実装し運用開始。
- ・閾値超イベント発生10回程度ごとに検証を実施。
- ・目標未達の場合は、学習データに10回程度の閾値超イベントデータを追加しAIを構築。
- ・目標達成の場合は、運用を継続。

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AIを新しく構築し直す可能性があるため注意が必要。



4.5 氷上中央浄化センター A I 構築結果

前小節で構築した A I - 4 の評価期間における閾値超イベントを表2-4-18に示す。

全イベントの流入水量実績値、流入水量予測値、降水量実績値を図2-4-20～図4-2-27に示す。一部閾値超を予想できない事例があったが、全イベントで、雨による流入水量増加と、雨がやんだ後の時間遅れがない晴天時流量への復帰を確認できた。

表2-4-18 氷上中央浄化センターの評価期間('23/7/1～'23/10/31)における全イベント

No.	イベント発生日時	予測結果	降雨種類	警報発報時刻	警報発報	A I
					時間差	
31	2023/7/8 21:40	適報	短時間大雨	2023/7/8 21:20	20分	A I - 4
32	2023/7/9 2:20	適報	短時間大雨	2023/7/9 1:40	40分	
33	2023/7/9 8:10	適報	短時間大雨	2023/7/9 7:30	40分	
34	2023/7/19 17:30	見逃し	短時間大雨	—	—	
35	2023/7/28 17:30	適報	短時間大雨以外	2023/7/28 17:30	0分	
36	2023/8/14 23:50	適報	短時間大雨以外	2023/8/14 23:20	30分	
37	2023/8/15 9:30	適報	短時間大雨以外	2023/8/15 8:20	70分	
38	2023/8/21 19:10	適報	短時間大雨	2023/8/26 18:50	30分	
39	2023/8/26 20:40	適報	短時間大雨	2023/8/26 19:50	50分	
40	2023/8/27 17:30	見逃し	短時間大雨	—	—	
41	2023/8/28 17:50	適報	短時間大雨	2023/8/28 16:40	30分	
42	2023/9/8 0:10	見逃し	短時間大雨	—	—	

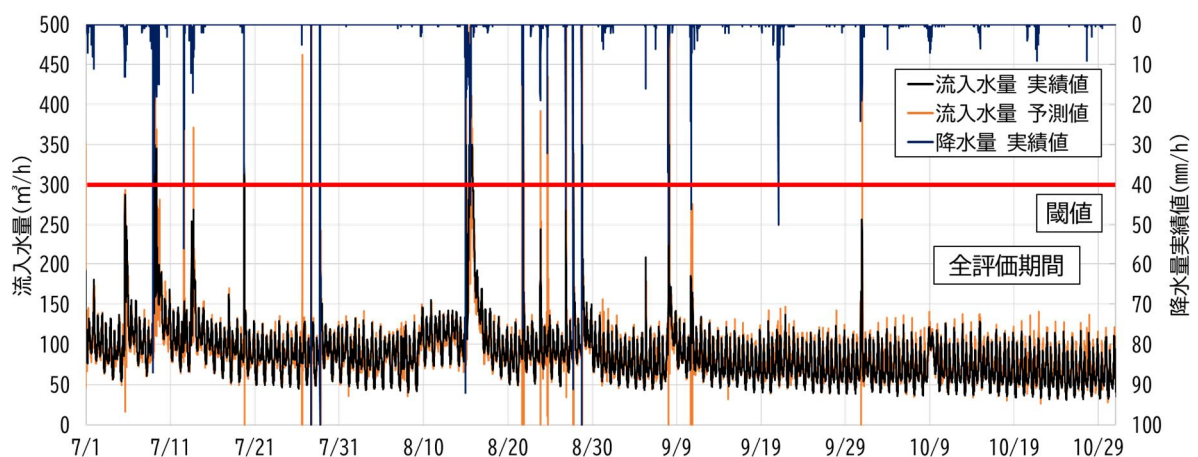


図2-4-20 評価期間中の流入水量実績値、流入水量予測値、降水量実績値（全体）

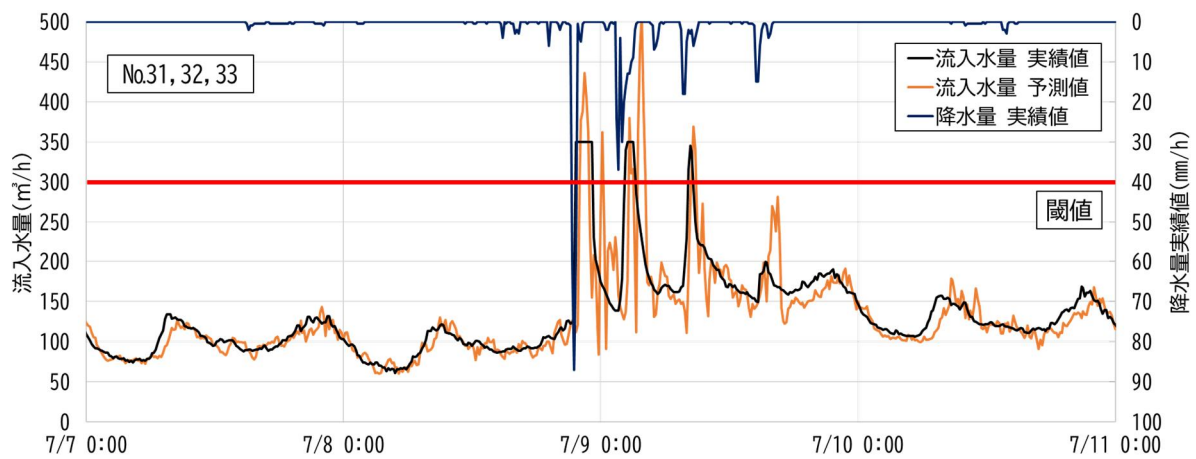


図2-4-21 評価期間中の流入水量実績値、流入水量予測値、降水量実績値 (No.31, 32, 33)

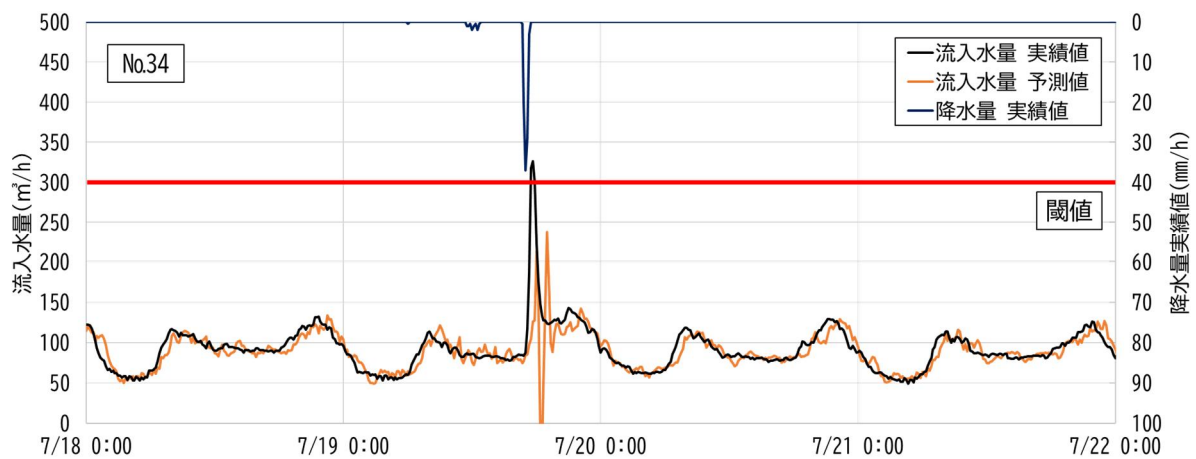


図2-4-22 評価期間中の流入水量実績値、流入水量予測値、降水量実績値 (No.34)

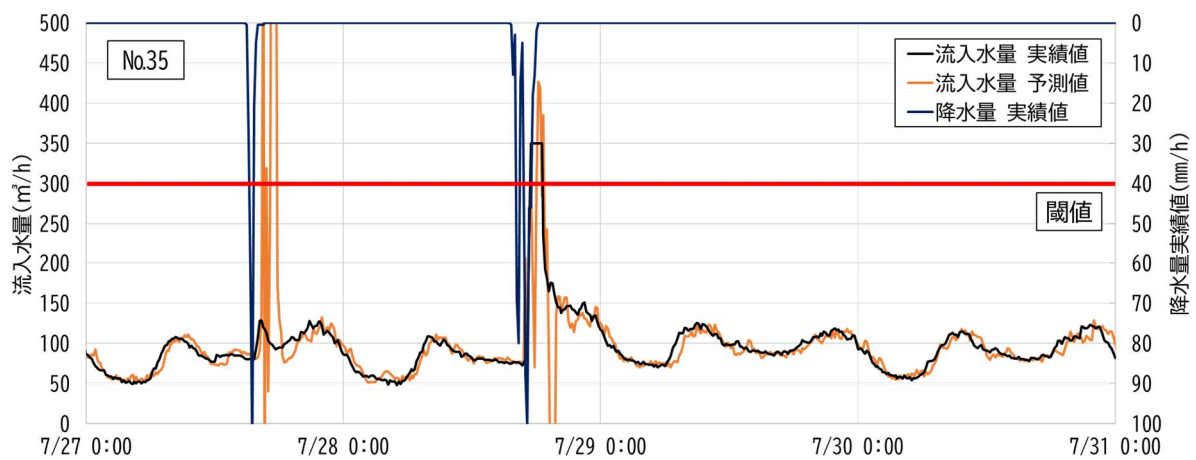


図2-4-23 評価期間中の流入水量実績値、流入水量予測値、降水量実績値 (No.35)

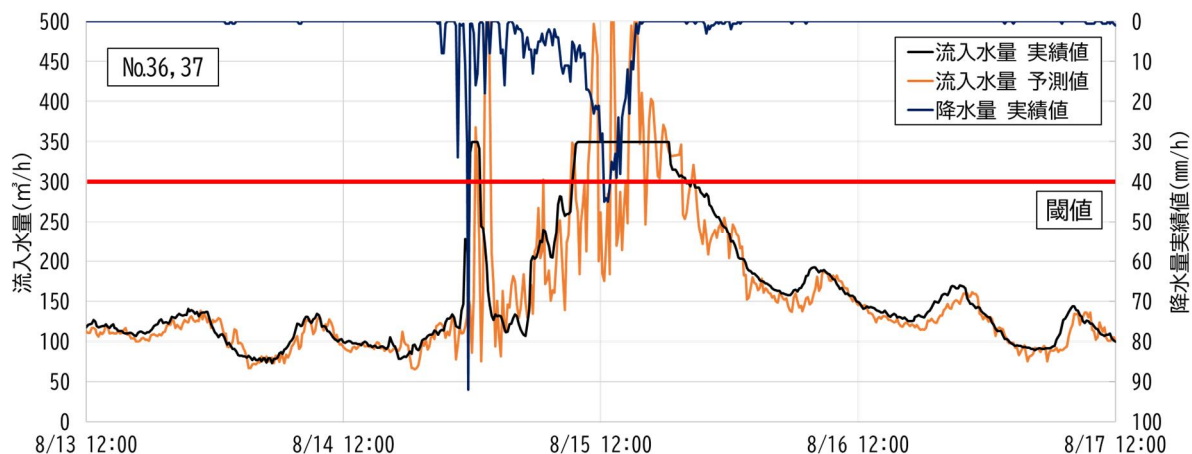


図2-4-24 評価期間中の流入水量実績値、流入水量予測値、降水量実績値 (No.36, 37)

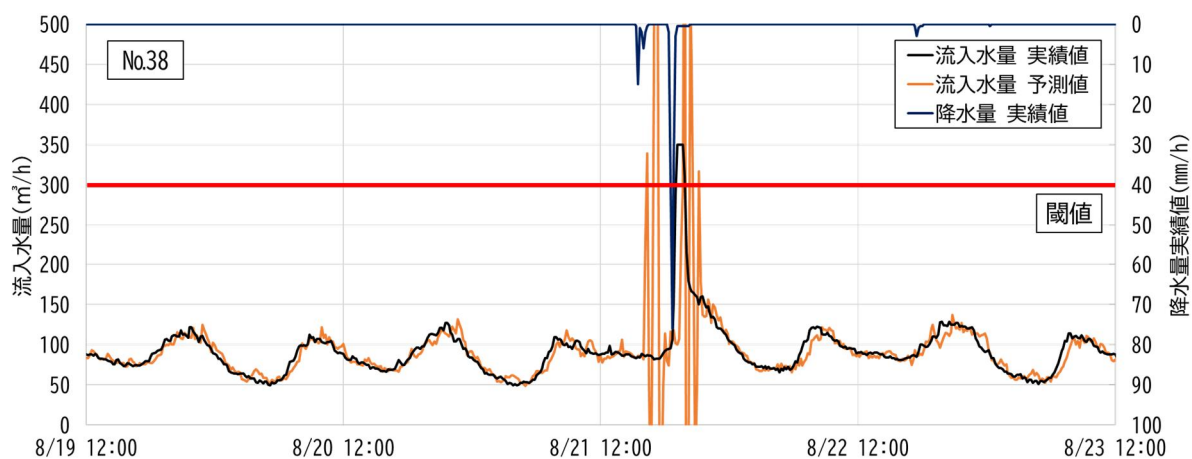


図2-4-25 評価期間中の流入水量実績値、流入水量予測値、降水量実績値 (No.38)

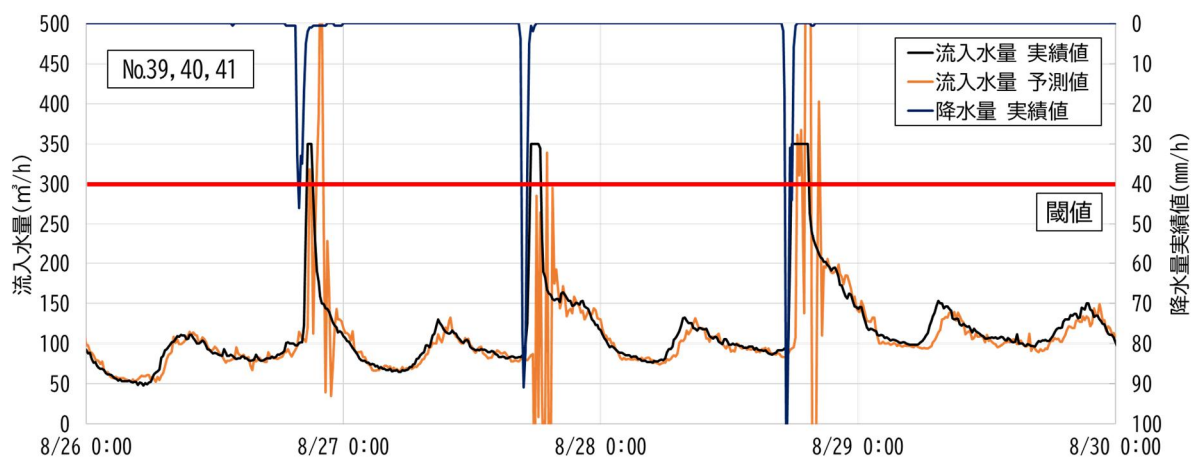


図2-4-26 評価期間中の流入水量実績値、流入水量予測値、降水量実績値 (No.39, 40, 41)

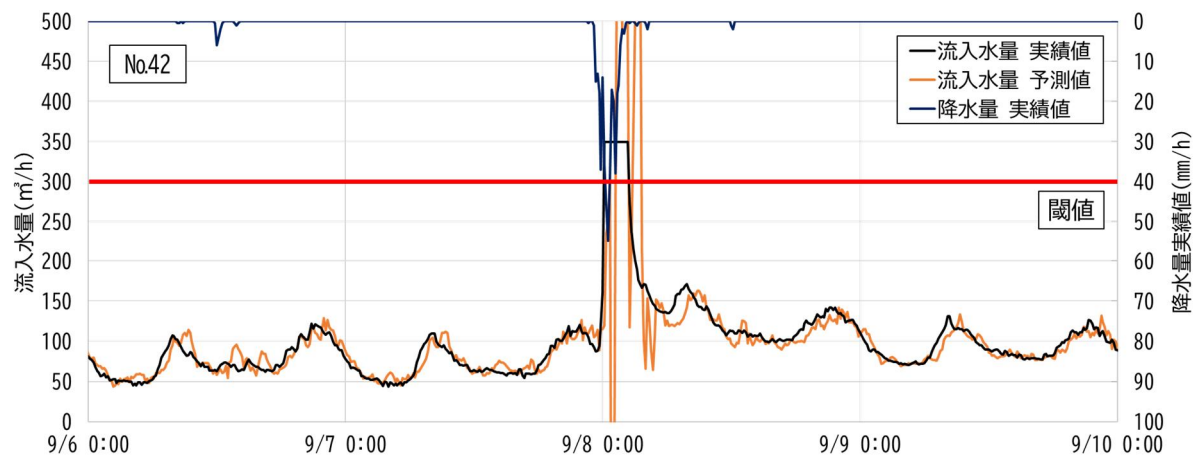


図2-4-27 評価期間中の流入水量実績値、流入水量予測値、降水量実績値 (No.42)

4.6 氷上東浄化センター、氷上南浄化センターA I構築結果

氷上東浄化センターのA I構築結果を図2-4-28、氷上南浄化センターのA I構築結果を図2-4-29にそれぞれ示す。両浄化センターとも実証研究期間中の閾値超イベント数が10程度まで達しておらず、図2-4-19に示したA I構築・再構築フローによるA I構築を行うことはできなかったため結果の評価は参考程度にされたい。

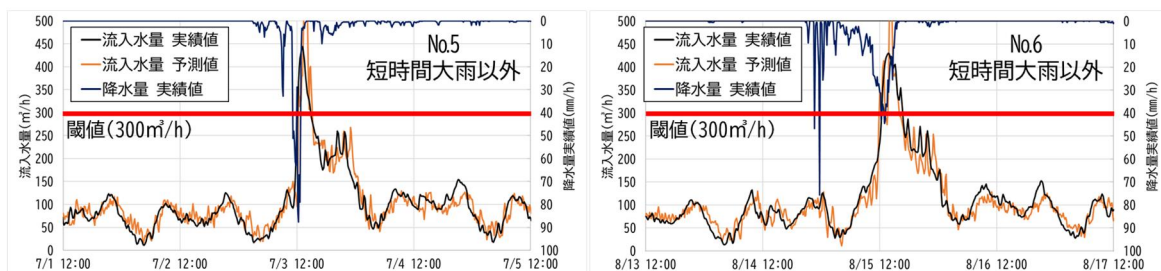
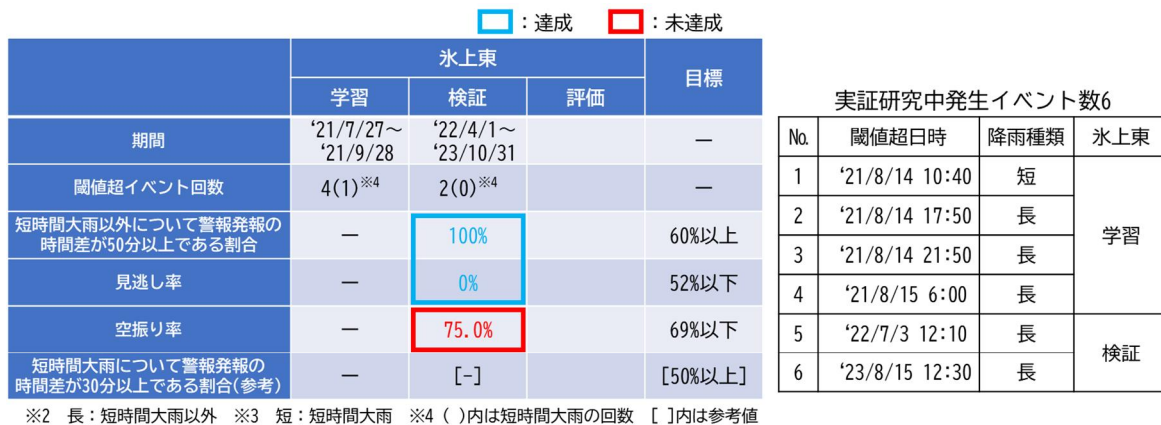


図2-4-28 氷上東浄化センターA I構築結果

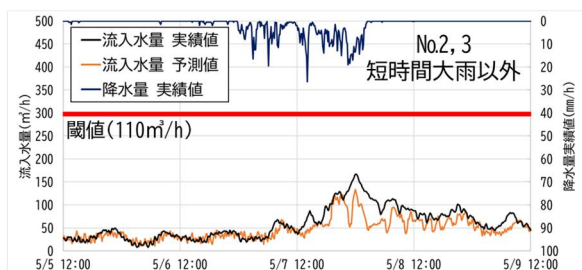
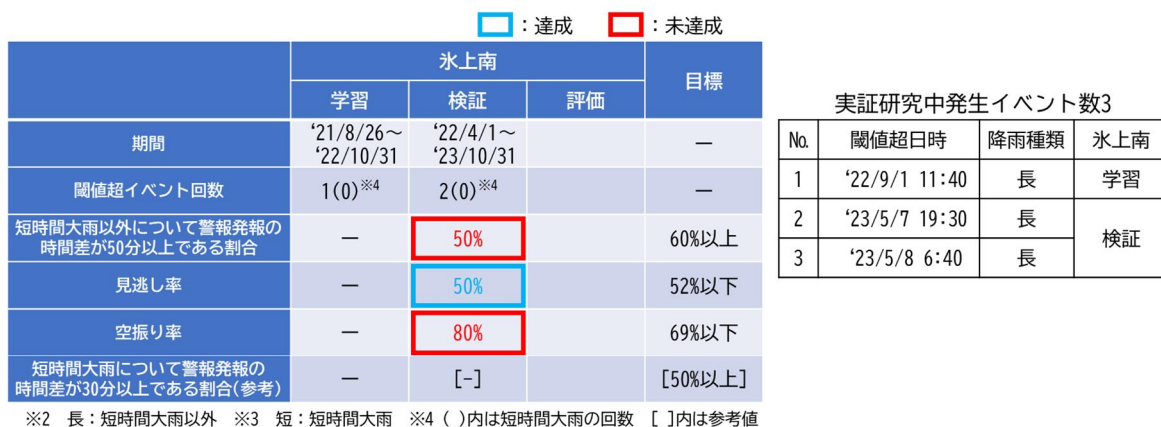


図2-4-29 氷上南浄化センターA I構築結果

5. 運転支援

5.1 運転システムによる実降雨における運転支援効果

情報共有システムの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を検証する。

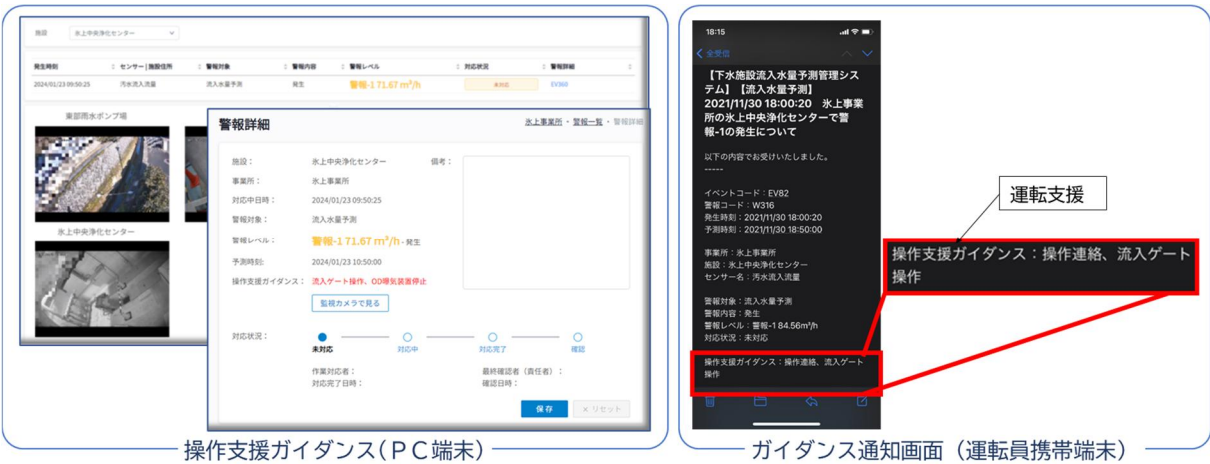


図2-5-1 ガイダンス通知画面

5.2 評価方法

流入水量予測A I より発出されたガイダンスに対する実務者の行動記録からガイダンス認知時間を求める。評価項目、評価指標、目標値を表2-5-1に示す。

表2-5-1 運転システムによる実降雨における運転支援の評価項目、評価指標、目標値

評価項目	ガイダンス確認時間
評価指標	ガイダンス発出全件に対して10分以内に確認した割合
目標値	95%以上

5.3 実施記録対象

表2-5-2に示す空振りを含めた2023年の全イベントを記録対象とした。

表2-5-2 実施記録対象イベント

No.	イベント発生日時	発報種類	降雨種類	A I	No.	イベント発生日時	発報種類	降雨種類	A I
①	2023/4/26 7:10	適報	短※3	A I - 3	㉑	2023/7/19 17:30	見逃し	短	A I - 3
②	2023/5/7 9:00	空振り	短		㉒	2023/7/26 14:10	空振り	長	
③	2023/5/7 14:30	見逃し	短		㉓	2023/7/27 16:40	空振り	短	
④	2023/5/7 18:10	適報	長※2		㉔	2023/7/28 17:30	適報	長	
⑤	2023/5/19 9:20	空振り	短		㉕	2023/8/14 23:50	適報	長	
⑥	2023/5/29 20:10	見逃し	短		㉖	2023/8/15 9:30	適報	長	
⑦	2023/6/1 22:50	空振り	短		㉗	2023/8/21 16:20	空振り	短	
⑧	2023/6/2 10:40	適報	短		㉘	2023/8/21 19:10	適報	短	
⑨	2023/6/9 1:00	適報	長		㉙	2023/8/23 20:50	空振り	短	
⑩	2023/6/12 8:00	見逃し	短		㉚	2023/8/24 16:50	空振り	短	
⑪	2023/6/15 21:10	空振り	短		㉛	2023/8/26 20:40	適報	短	
⑫	2023/6/29 18:30	空振り	長		㉜	2023/8/26 22:30	空振り	短	
⑬	2023/6/30 21:30	空振り	短		㉝	2023/8/27 17:30	見逃し	短	
⑭	2023/7/5 15:30	空振り	短		㉞	2023/8/27 19:30	空振り	長	
⑮	2023/7/8 21:40	適報	短		㉟	2023/8/28 17:50	適報	短	
⑯	2023/7/9 0:20	空振り	長		㊱	2023/8/28 20:30	空振り	短	
⑰	2023/7/9 2:20	適報	短		㊲	2023/9/8 0:10	見逃し	短	A I - 4
⑱	2023/7/9 8:10	適報	短		㊳	2023/9/8 3:30	空振り	長	
⑲	2023/7/12 15:10	空振り	短		㊴	2023/9/10 16:50	空振り	短	
㉔	2023/7/13 16:40	空振り	短		㊵	2023/9/30 23:40	空振り	短	

※2 長：短時間大雨以外 ※3 短：短時間大雨

5.4 実務者行動記録

表2-5-2の全イベントに対する実務者行動記録を図2-5-2～図2-5-31に示す。

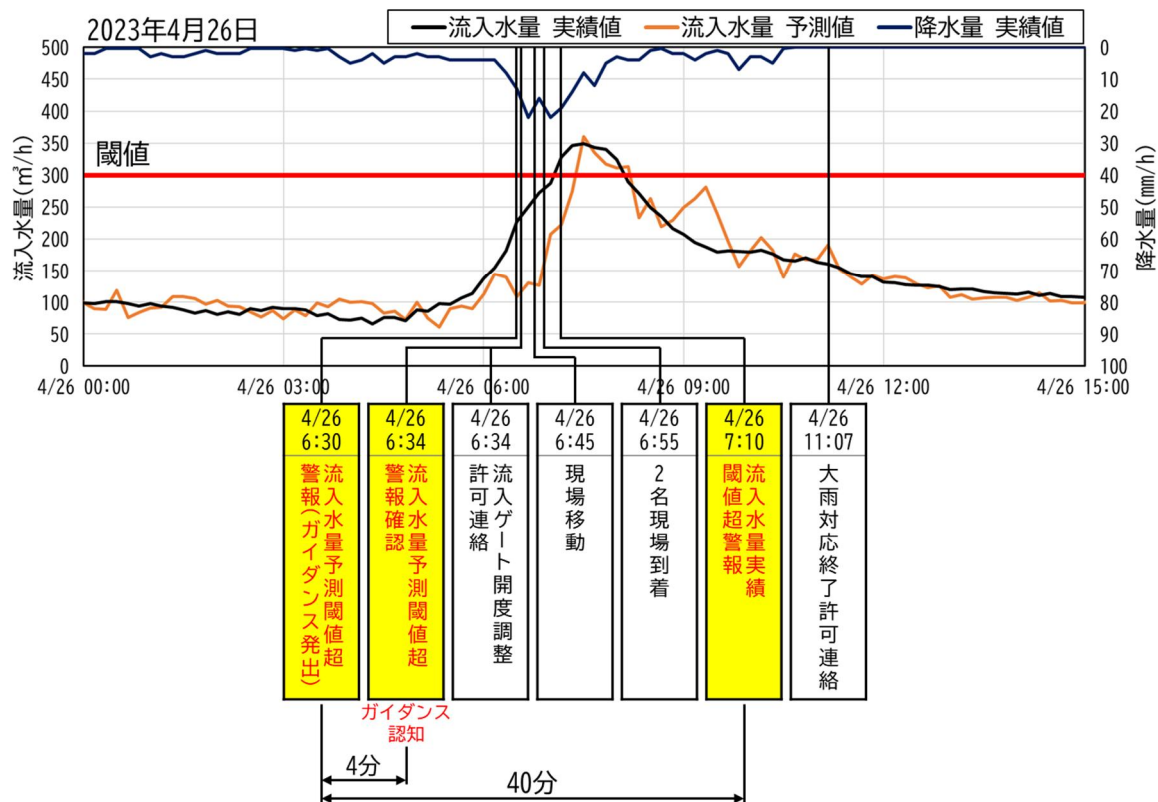


図2-5-2 実務者同行記録 (No.①) イベント発生日時 2023/4/27 7:10)

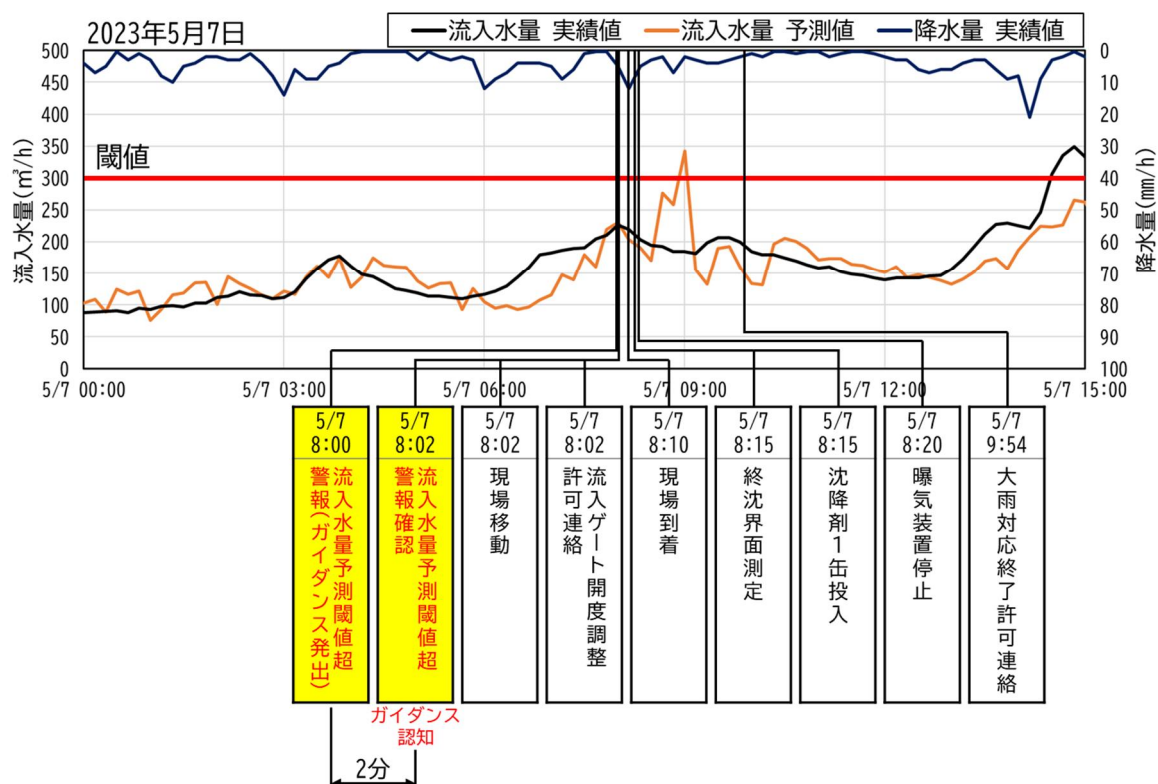


図2-5-3 実務者同行記録 (No.②) イベント発生日時 2023/5/7 9:10)

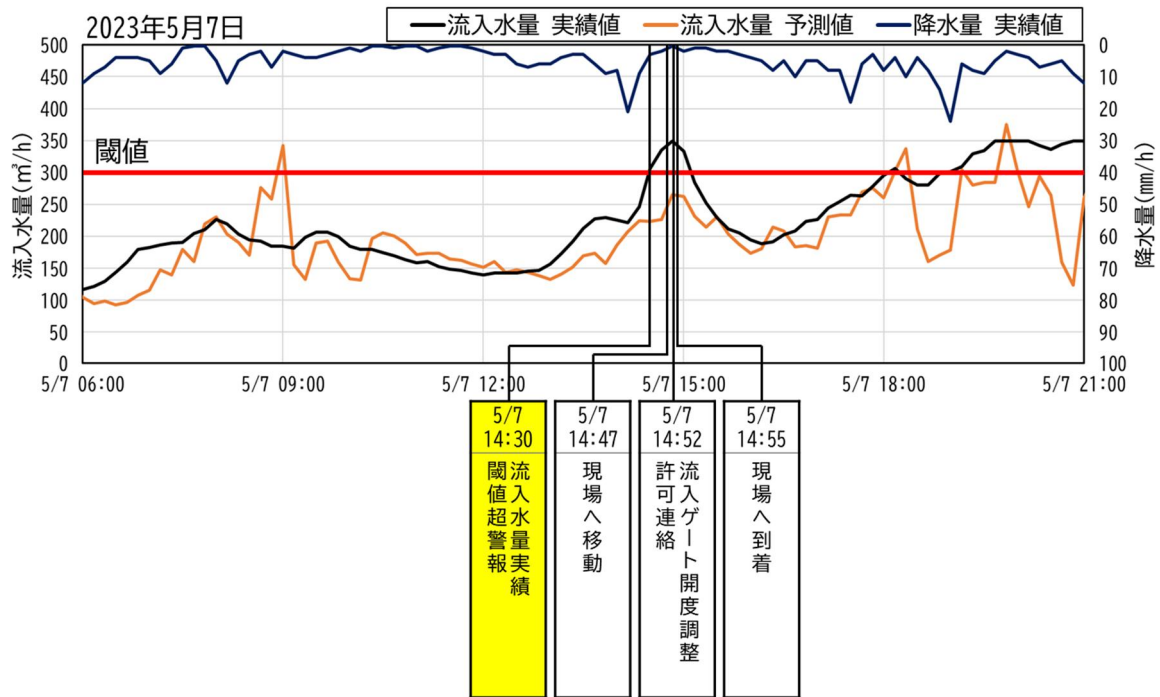


図2-5-4 実務者同行記録 (No.③) イベント発生日時 2023/5/7 14:30)

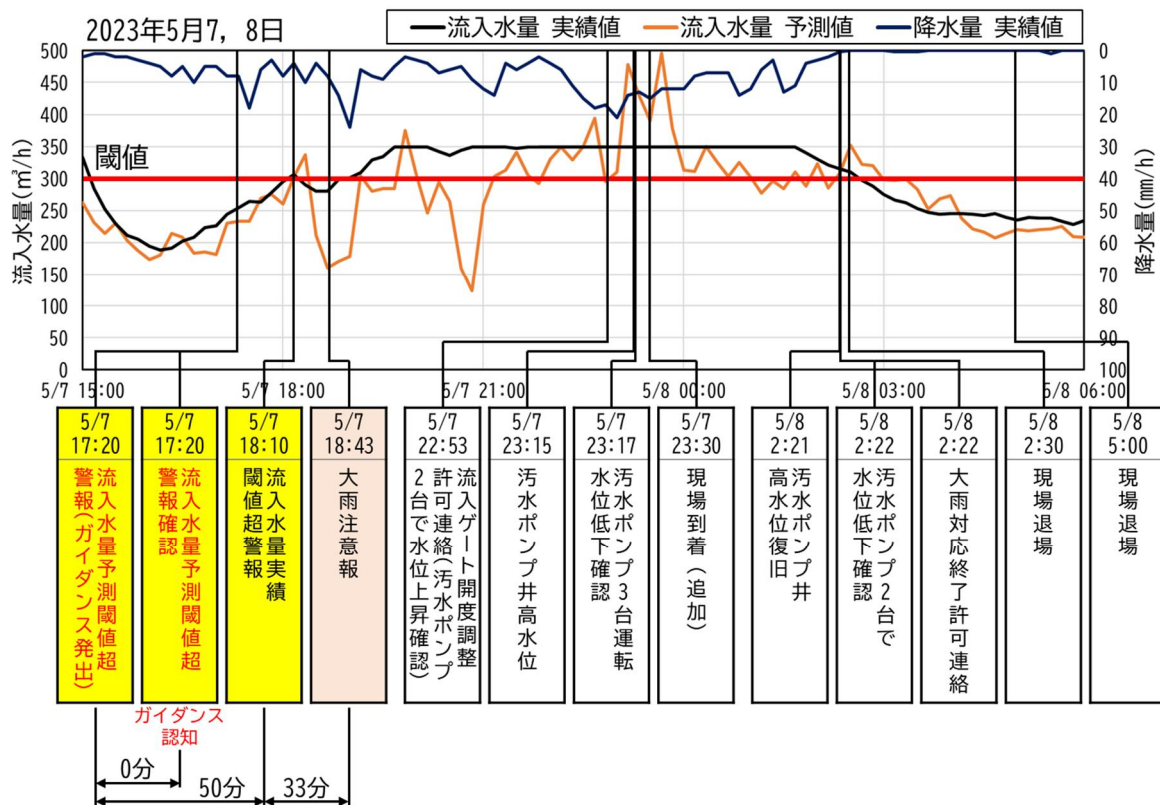


図2-5-5 実務者行動記録 (No.④) イベント発生日時 2023/5/7 18:10)

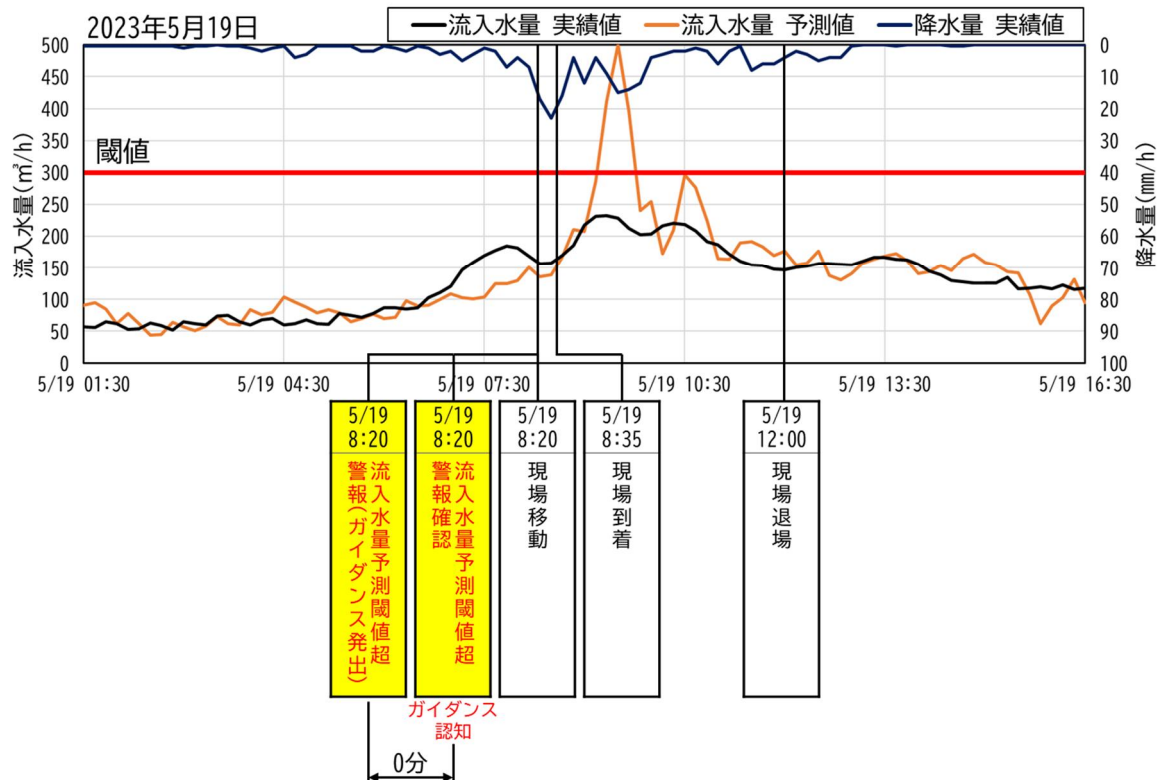


図2-5-6 実務者同行記録 (No.⑤) イベント発生日時 2023/5/19 9:20)

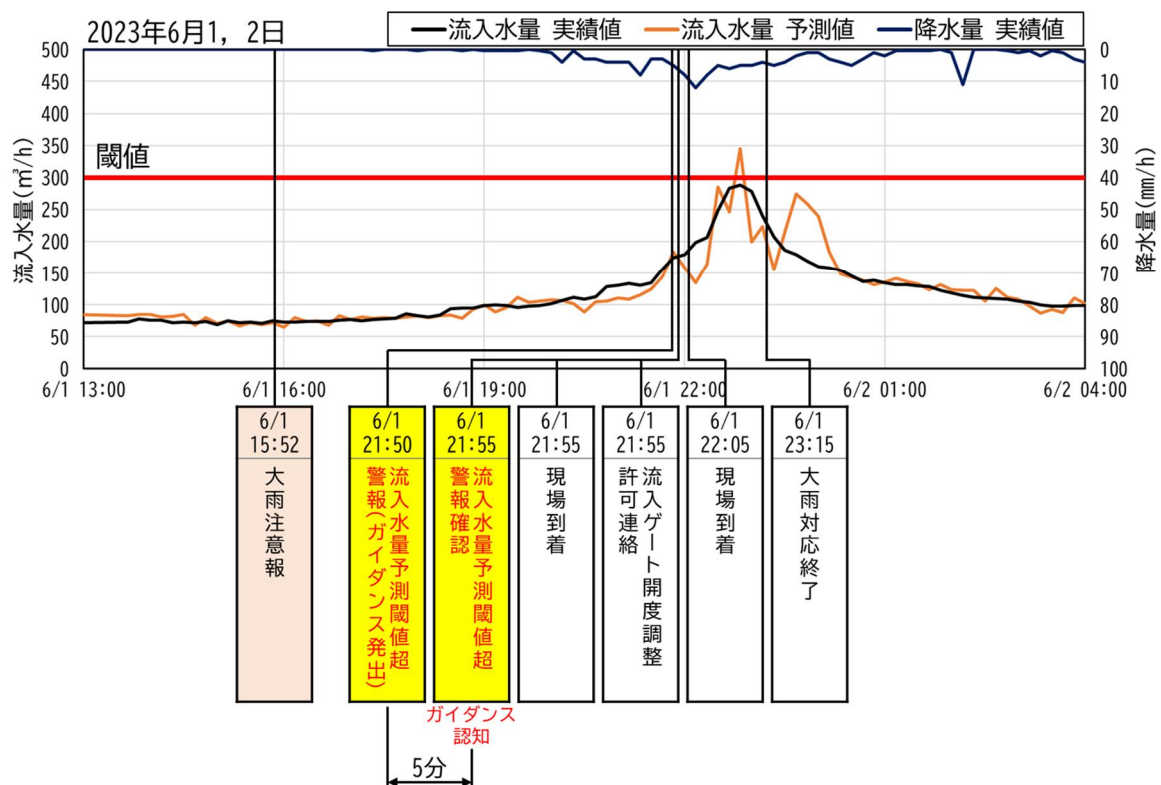


図2-5-7 実務者同行記録 (No.⑦) イベント発生日時 2023/6/1 22:50)

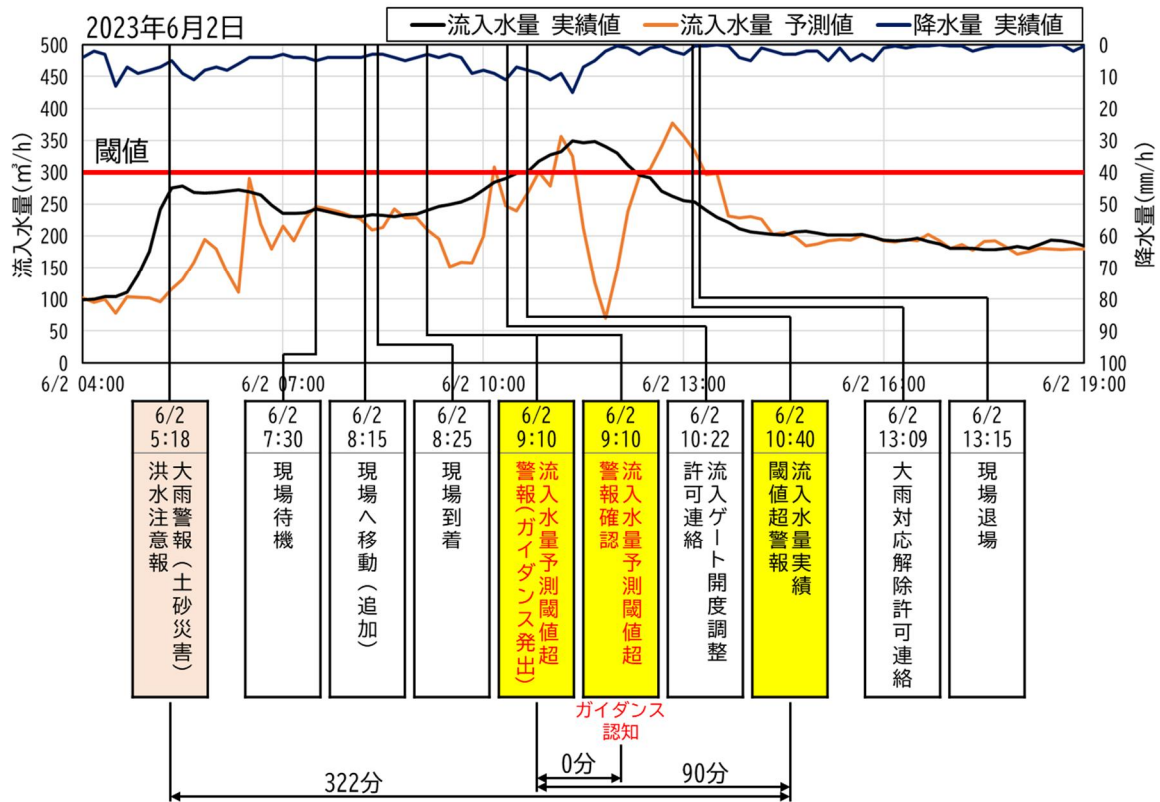


図2-5-8 実務者同行記録 (No.⑧) イベント発生日時 2023/6/2 10:40

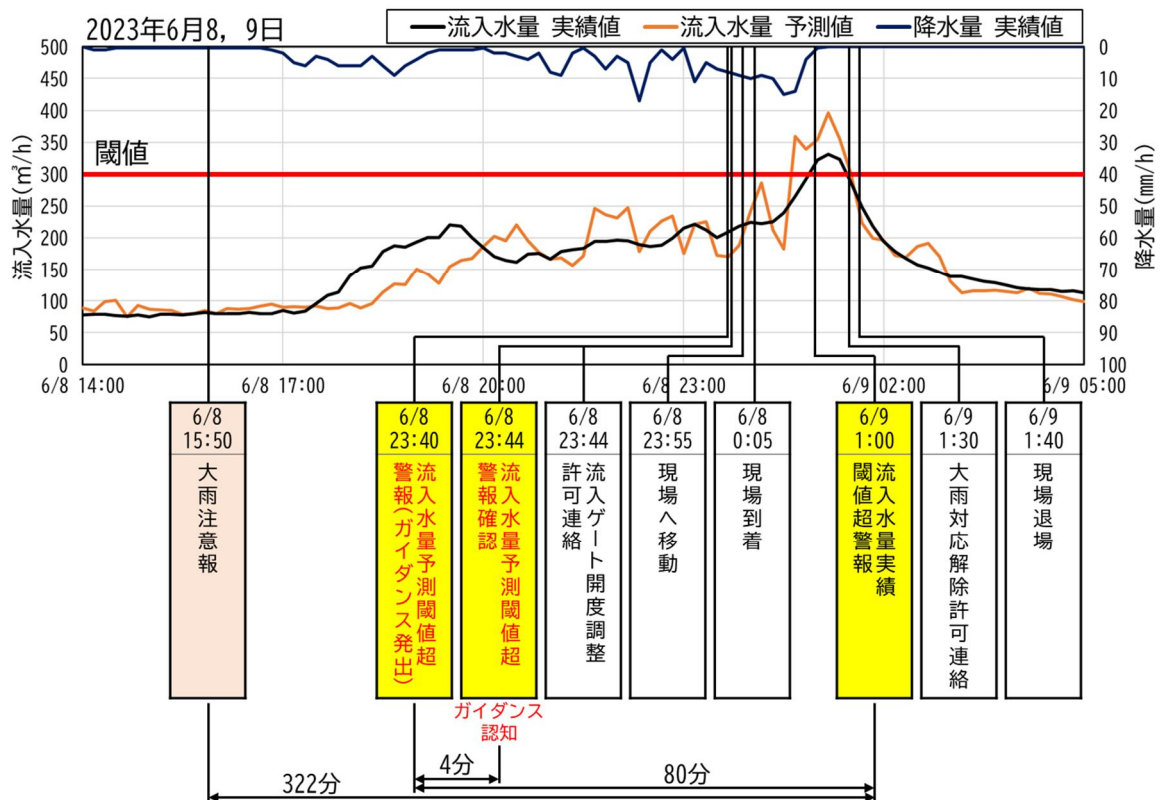


図2-5-9 実務者行動記録 (No.⑨) イベント発生日時 2023/6/9 1:00

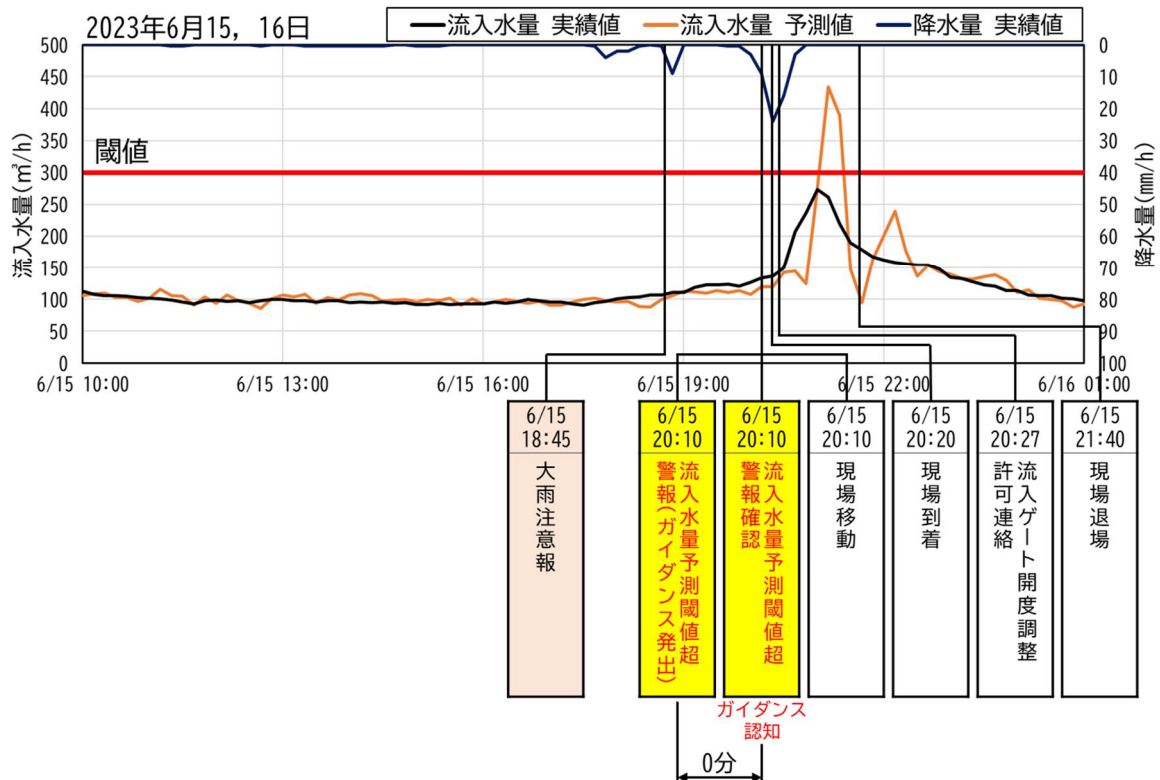


図2-5-10 実務者同行記録 (No.⑪) イベント発生日時 2023/6/12 8:00)

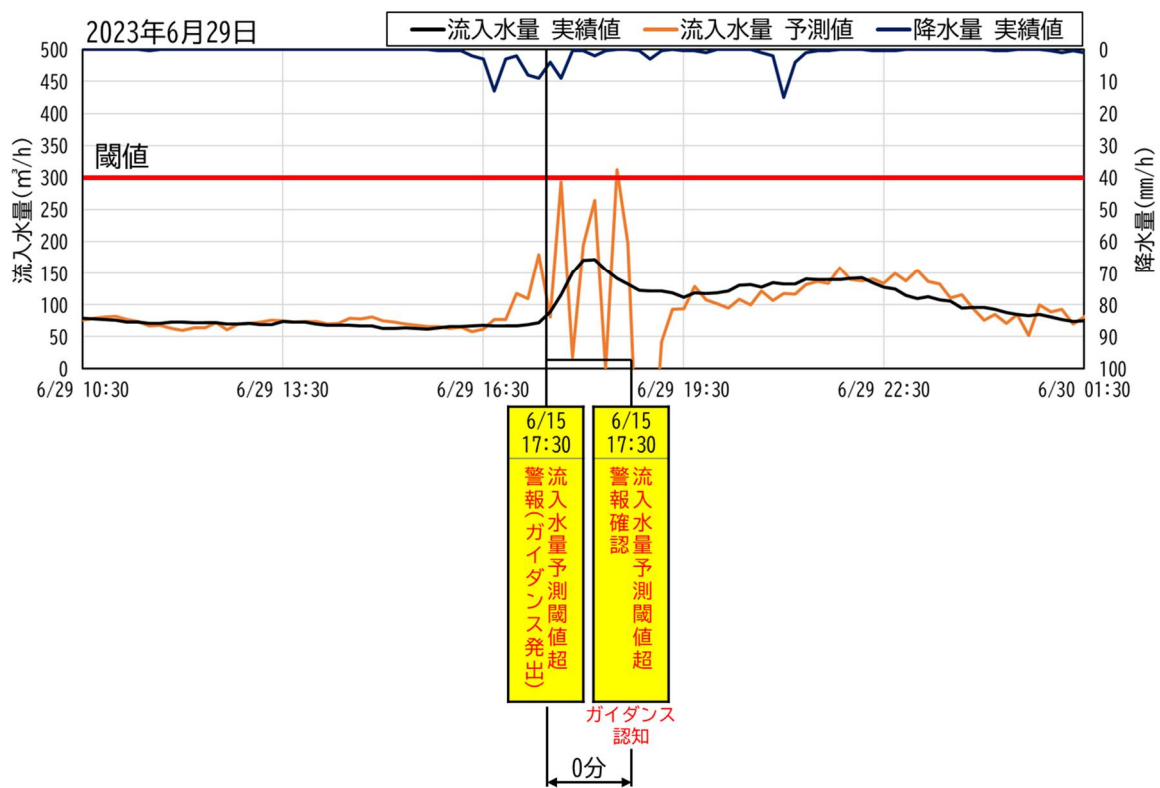


図2-5-11 実務者同行記録 (No.⑫) イベント発生日時 2023/6/29 18:30)

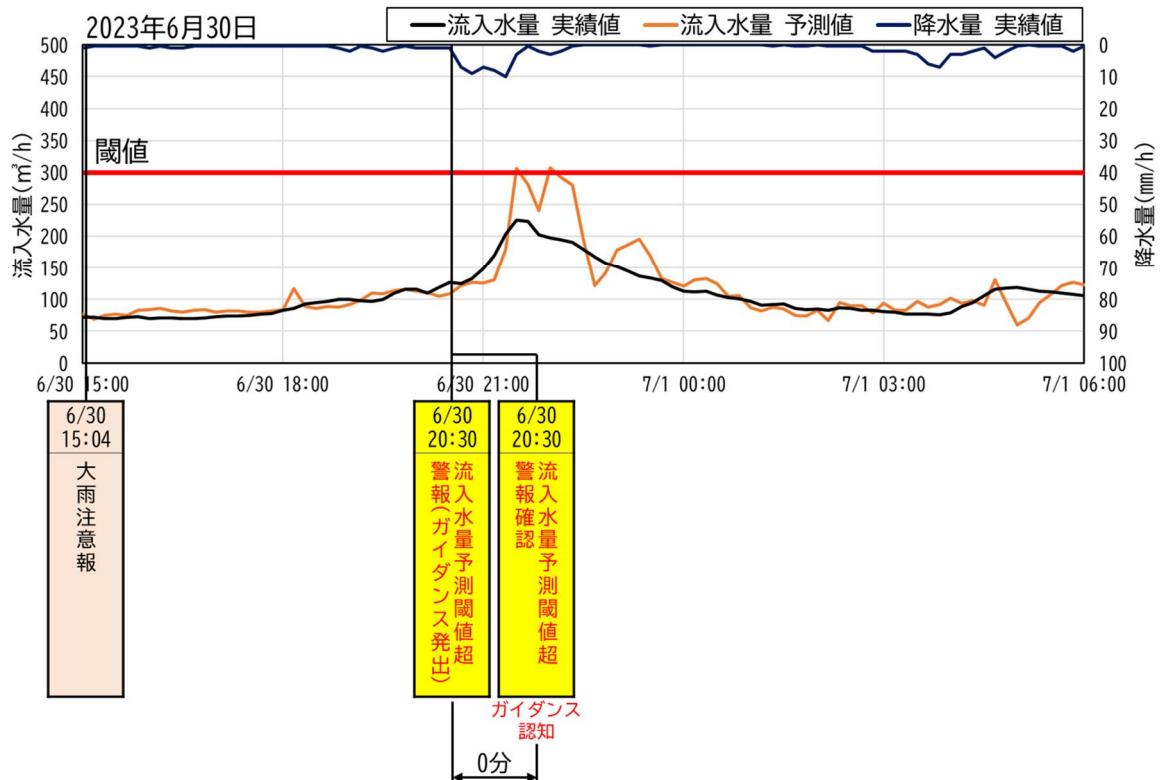


図2-5-12 実務者同行記録 (No.⑬) イベント発生日時 2023/6/30 21:30)

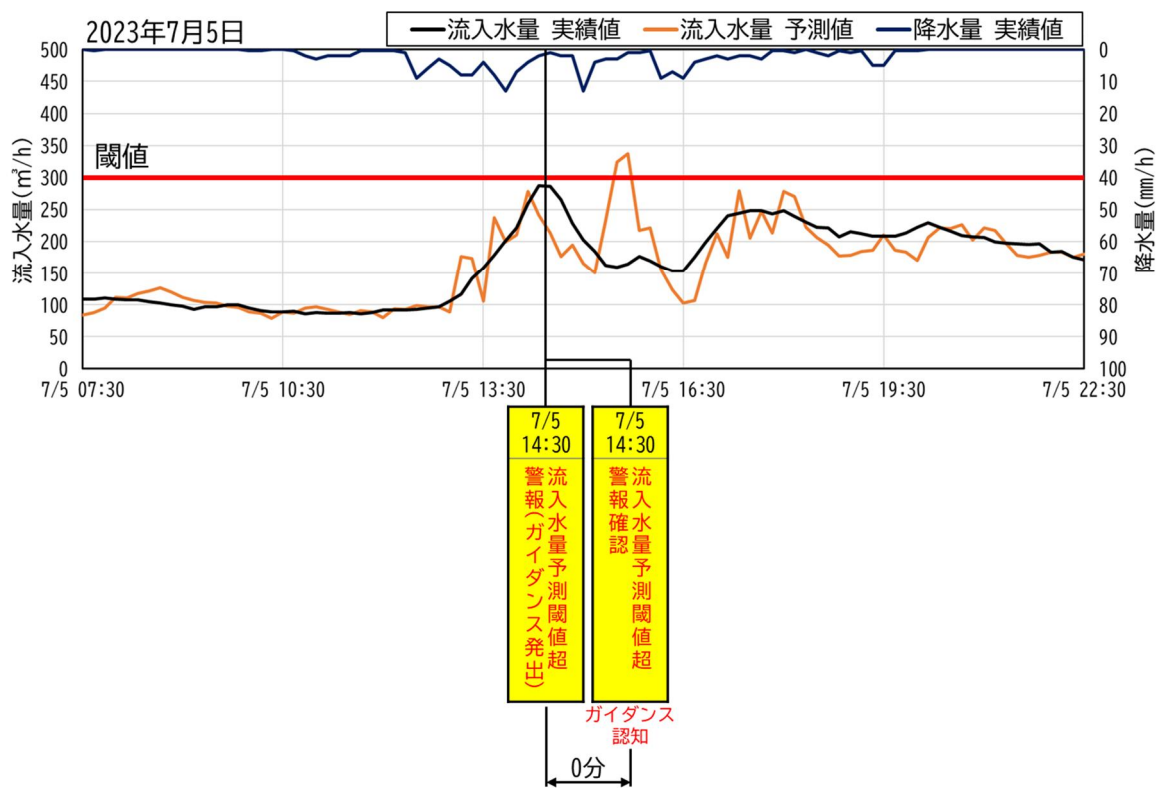


図2-5-13 実務者同行記録 (No.⑭) イベント発生日時 2023/7/5 15:30)

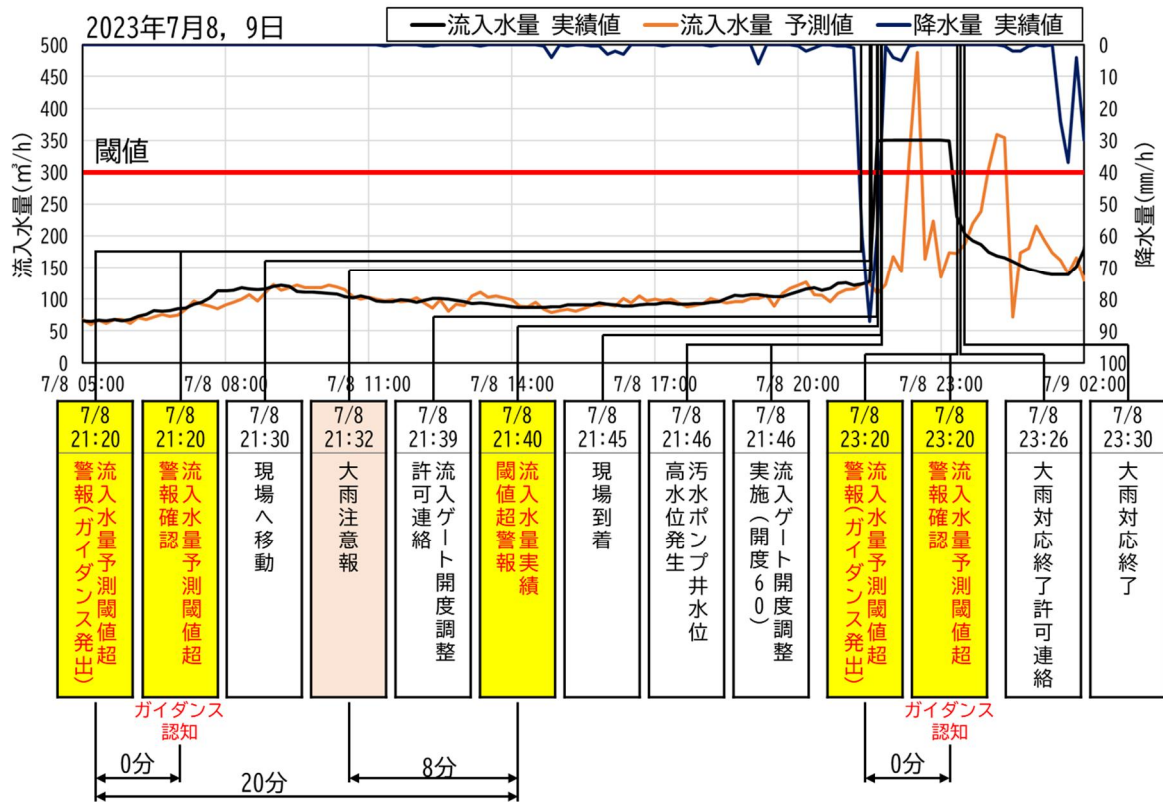


図2-5-14 実務者同行記録 (No.⑮) イベント発生日時 2023/7/8 21:40
(No.⑯) イベント発生日時 2023/7/9 0:20

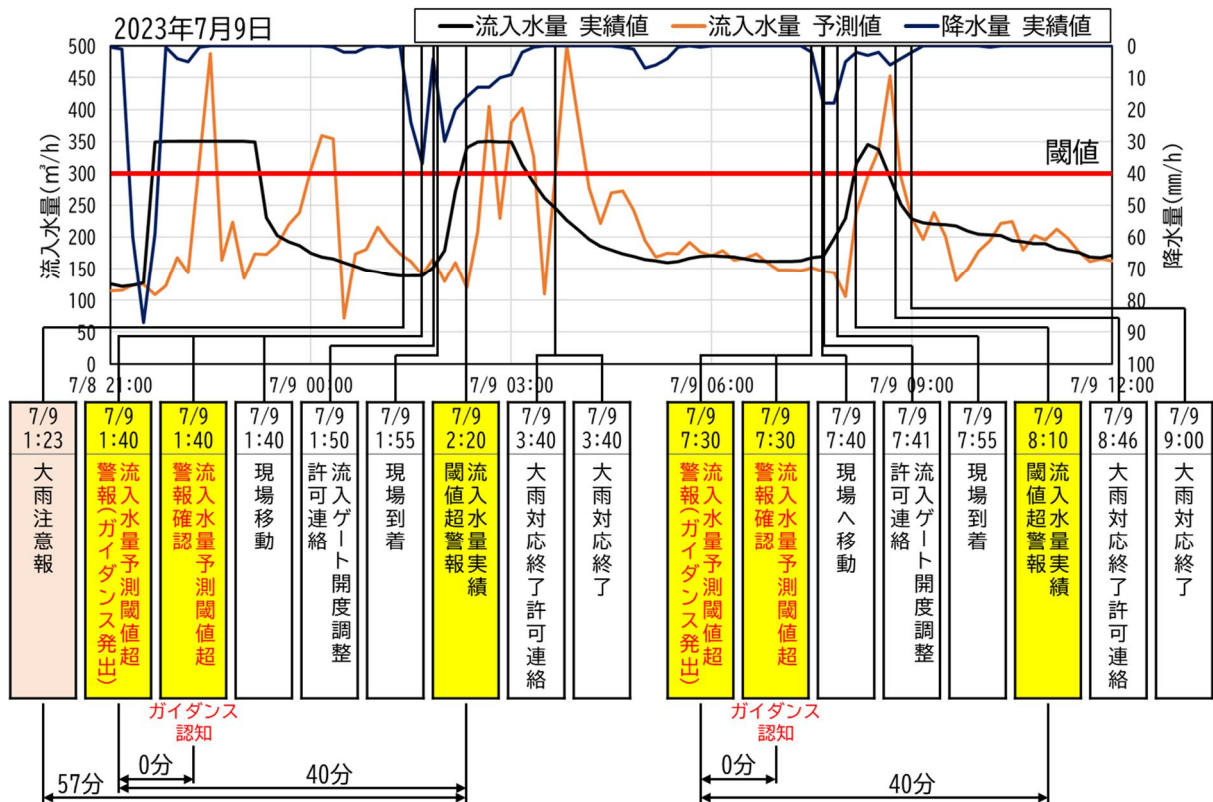


図2-5-15 実務者同行記録 (No.⑰) イベント発生日時 2023/7/9 2:20
(No.⑱) イベント発生日時 2023/7/9 8:10

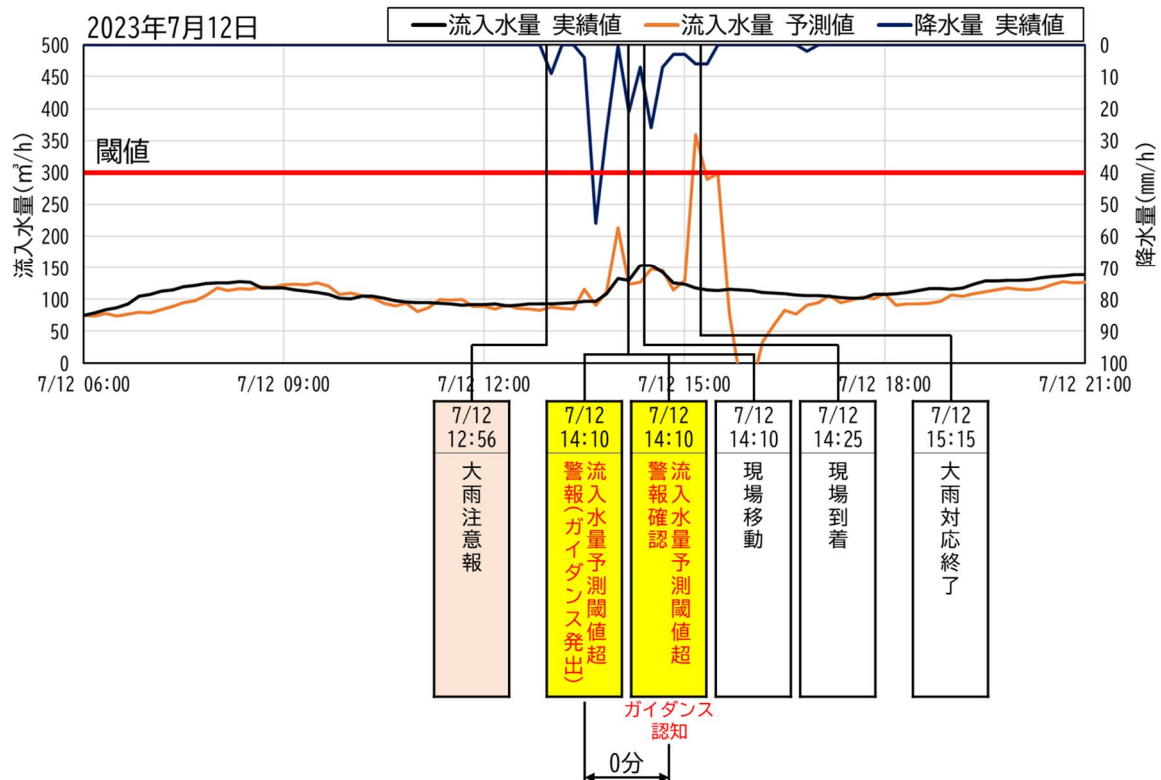


図2-5-16 実務者同行記録 (No.①9) イベント発生日時 2023/7/12 15:10

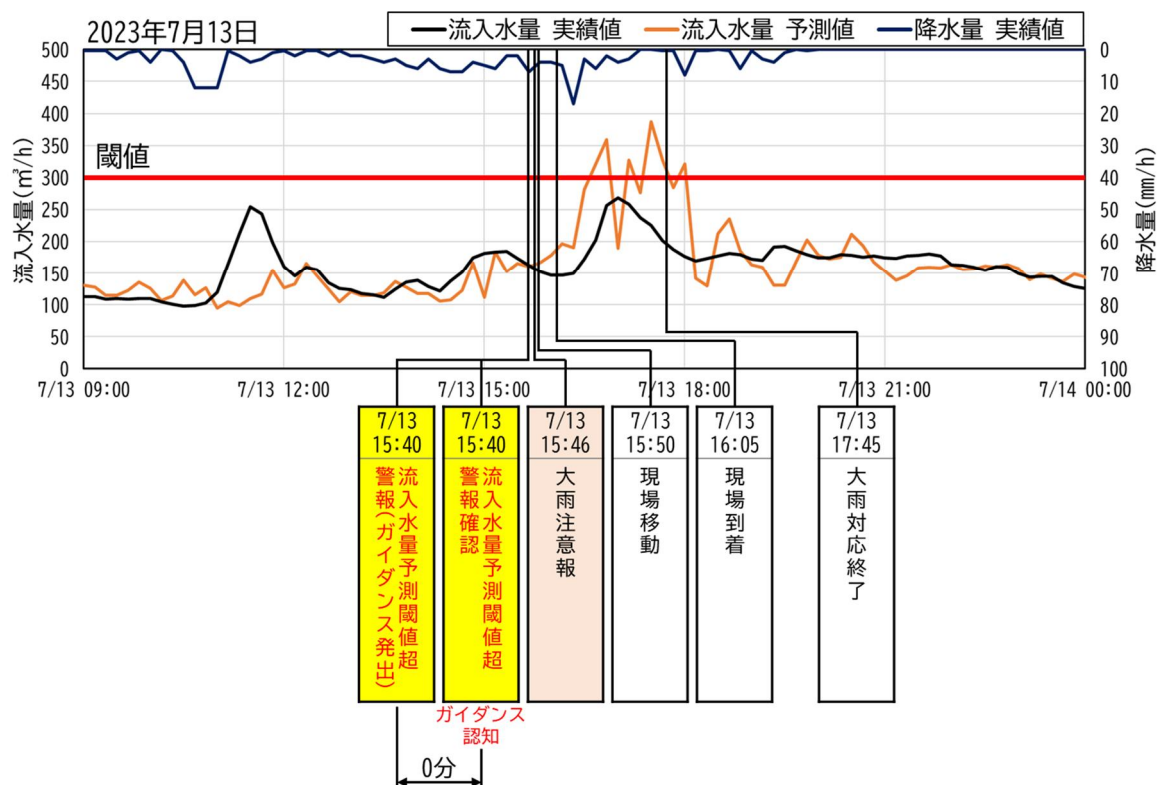


図2-5-17 実務者同行記録 (No.②0) イベント発生日時 2023/7/13 16:40

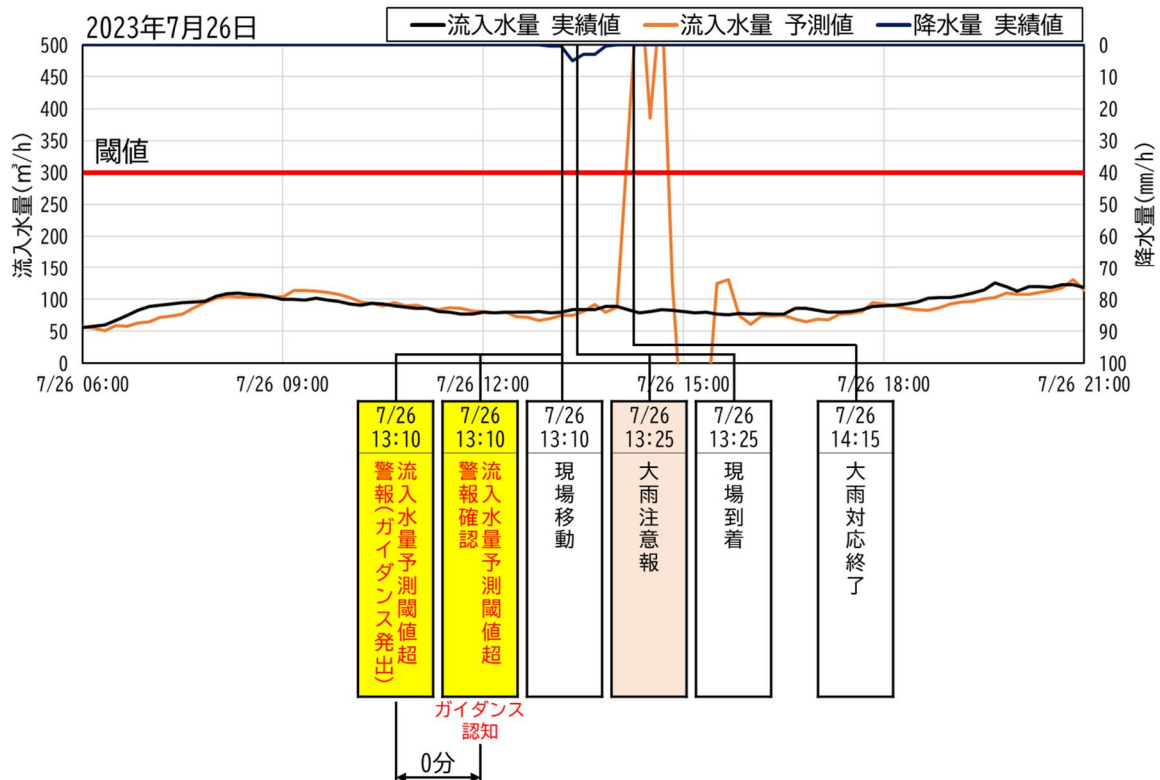


図2-5-18 実務者同行記録 (No.㉔) イベント発生日時 2023/7/26 14:10

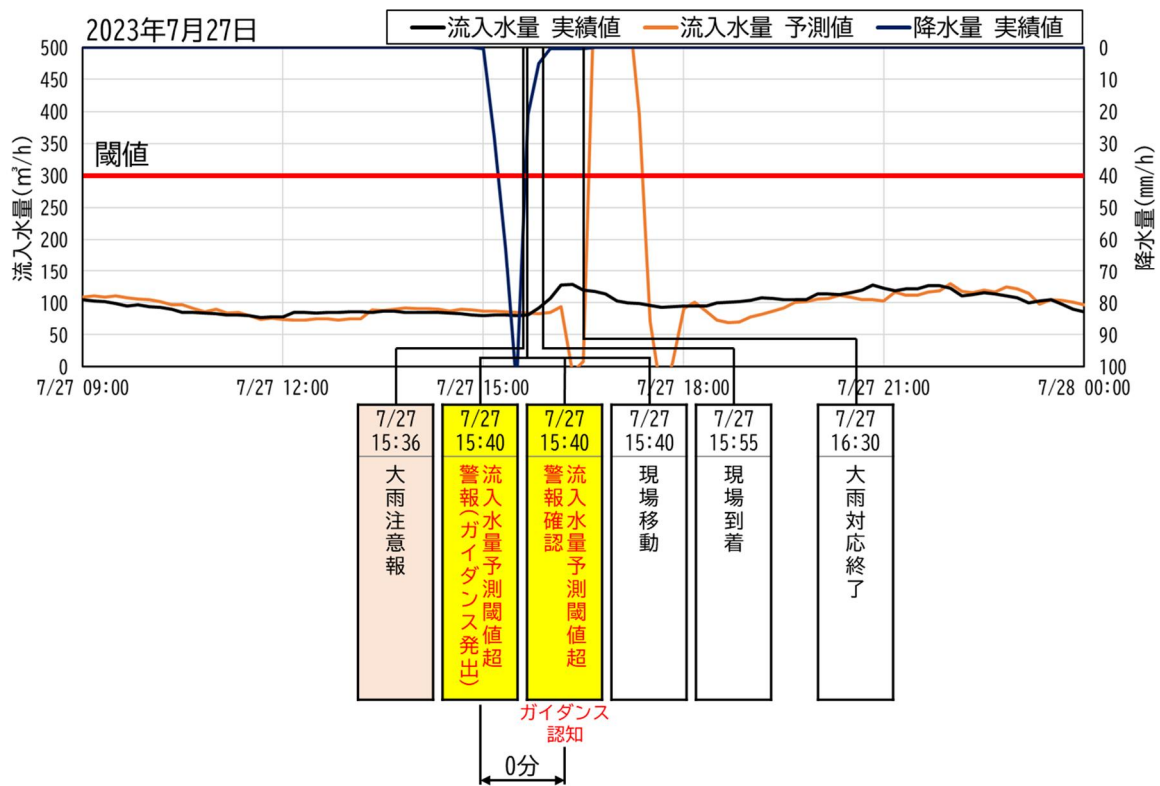


図2-5-19 実務者同行記録 (No.㉕) イベント発生日時 2023/7/27 16:40

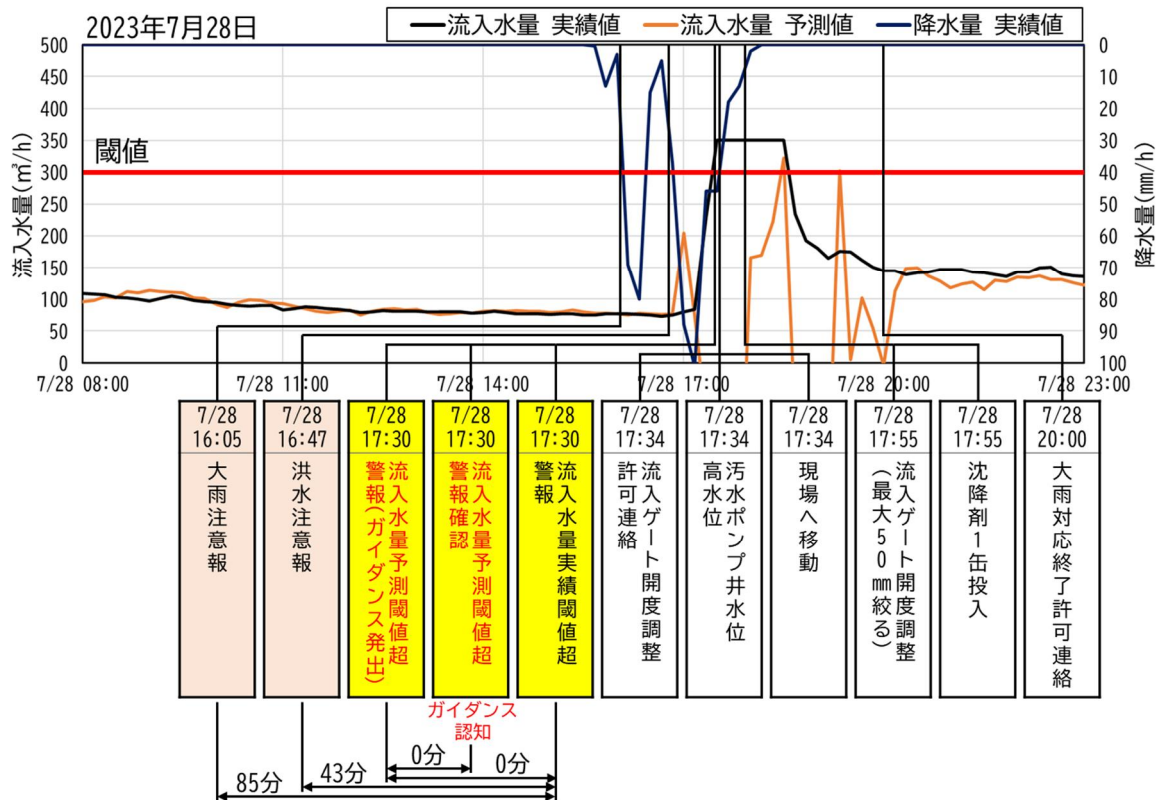


図2-5-20 実務者同行記録 (No.㉔) イベント発生日時 2023/7/28 17:30)

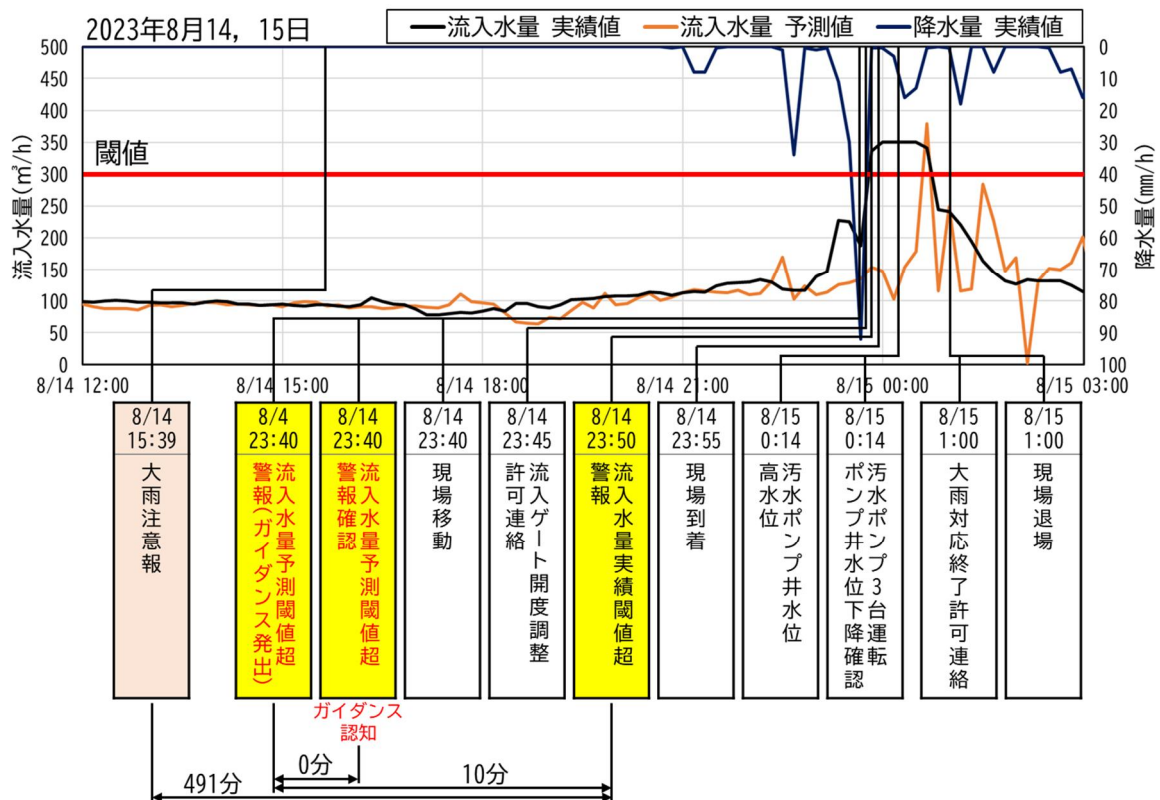


図2-5-21 実務者同行記録 (No.㉕) イベント発生日時 2023/8/14 23:50)

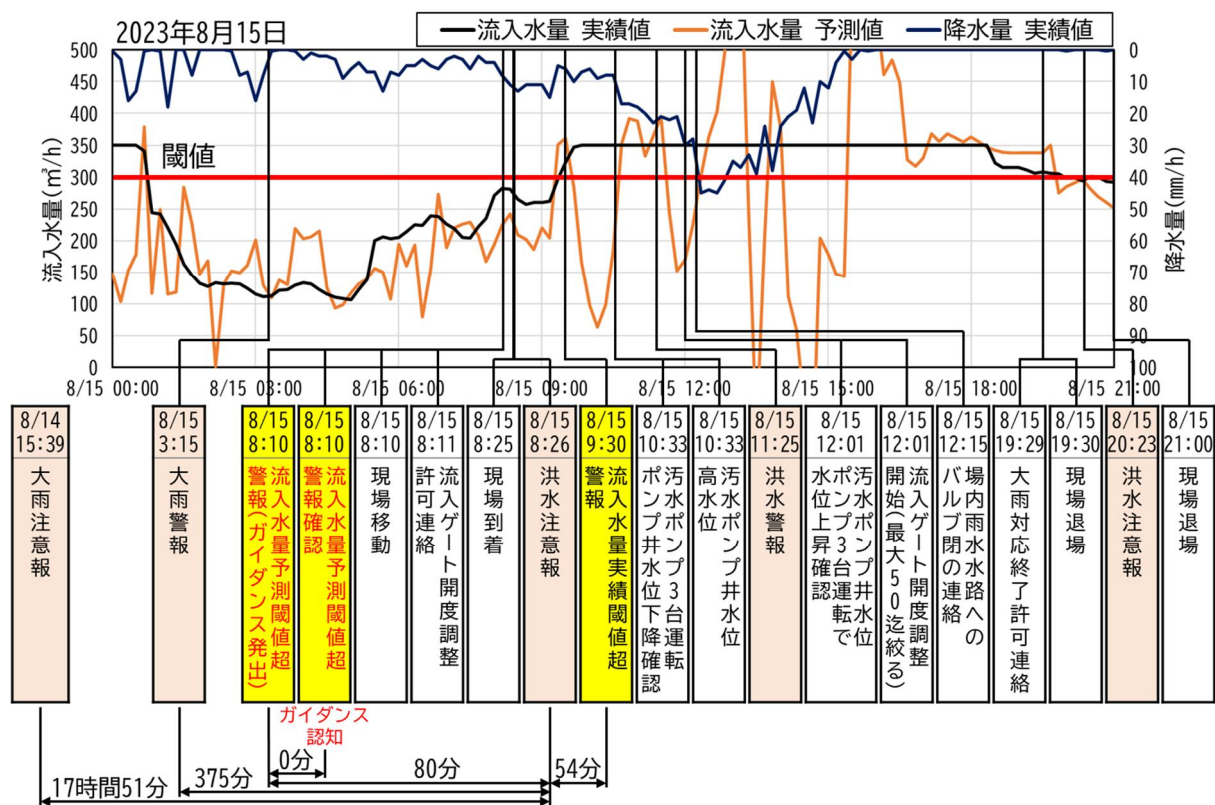


図2-5-22 実務者同行記録 (No.②⑥) イベント発生日時 2023/8/15 9:30

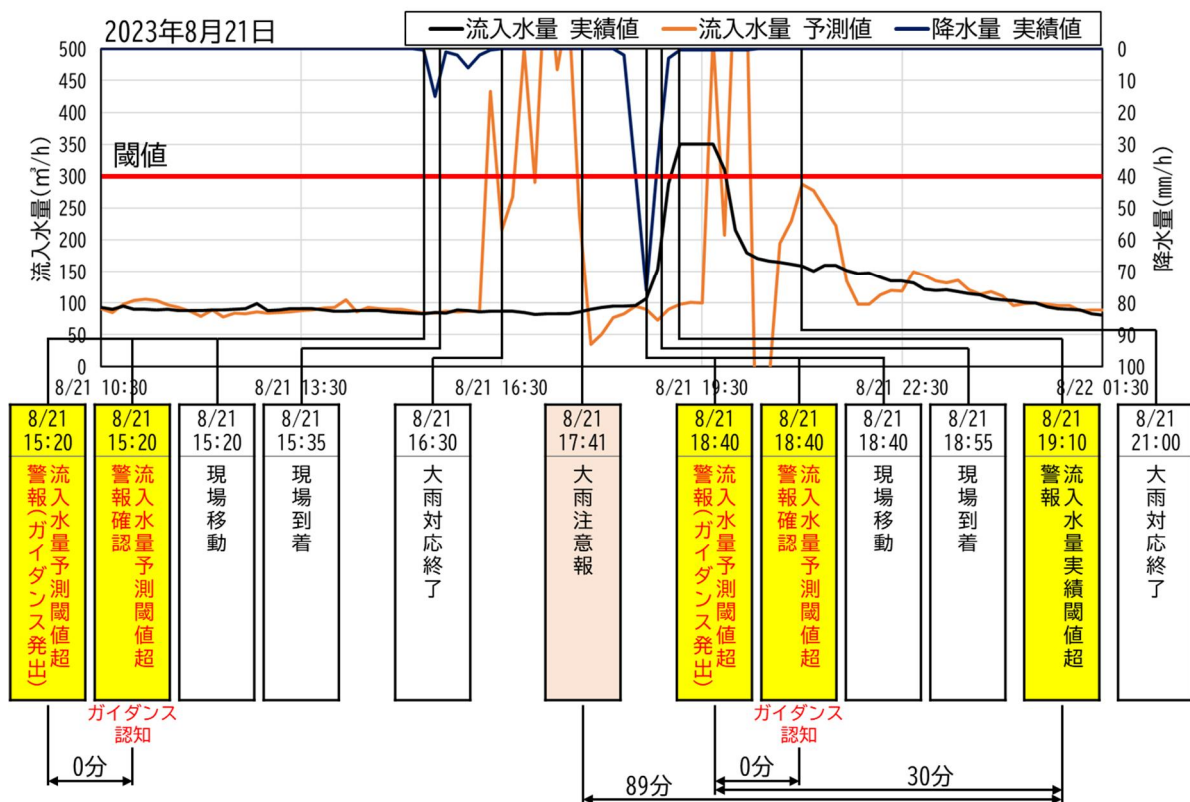


図2-5-23 実務者同行記録 (No.②⑦) イベント発生日時 2023/8/21 16:20
(No.②⑧) イベント発生日時 2023/8/21 19:10

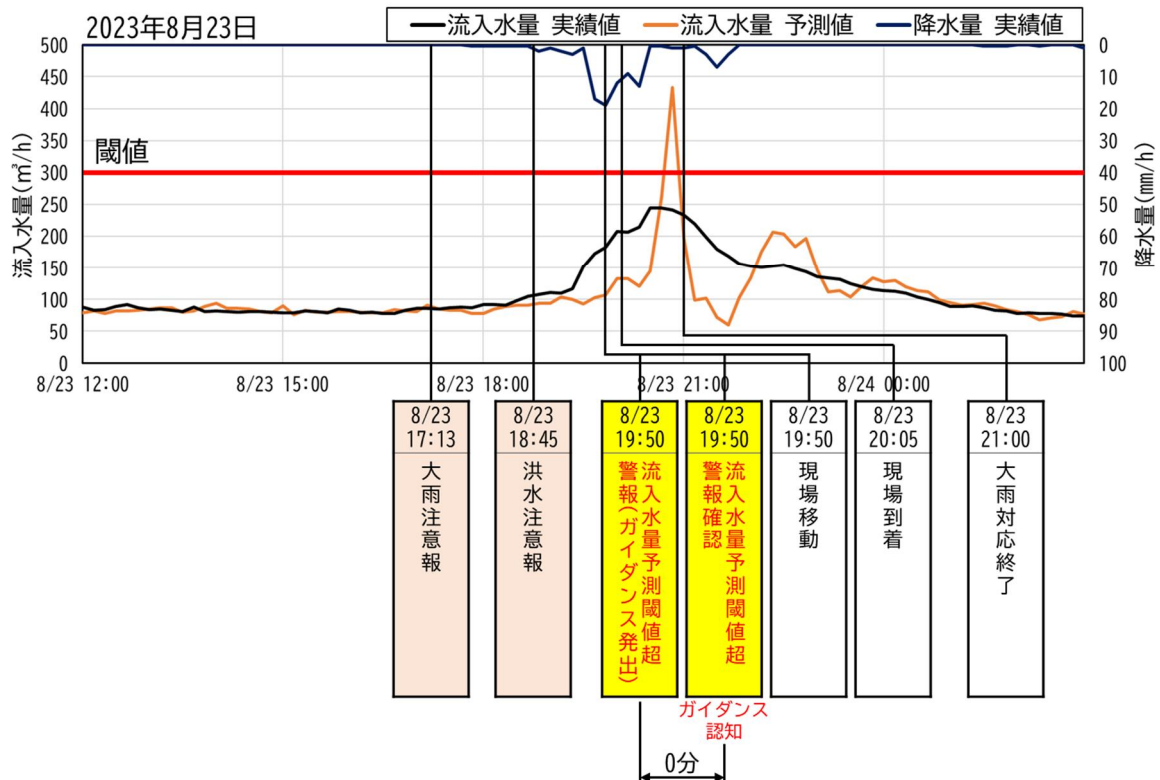


図2-5-24 実務者同行記録 (No.㉑) イベント発生日時 2023/8/23 20:50)

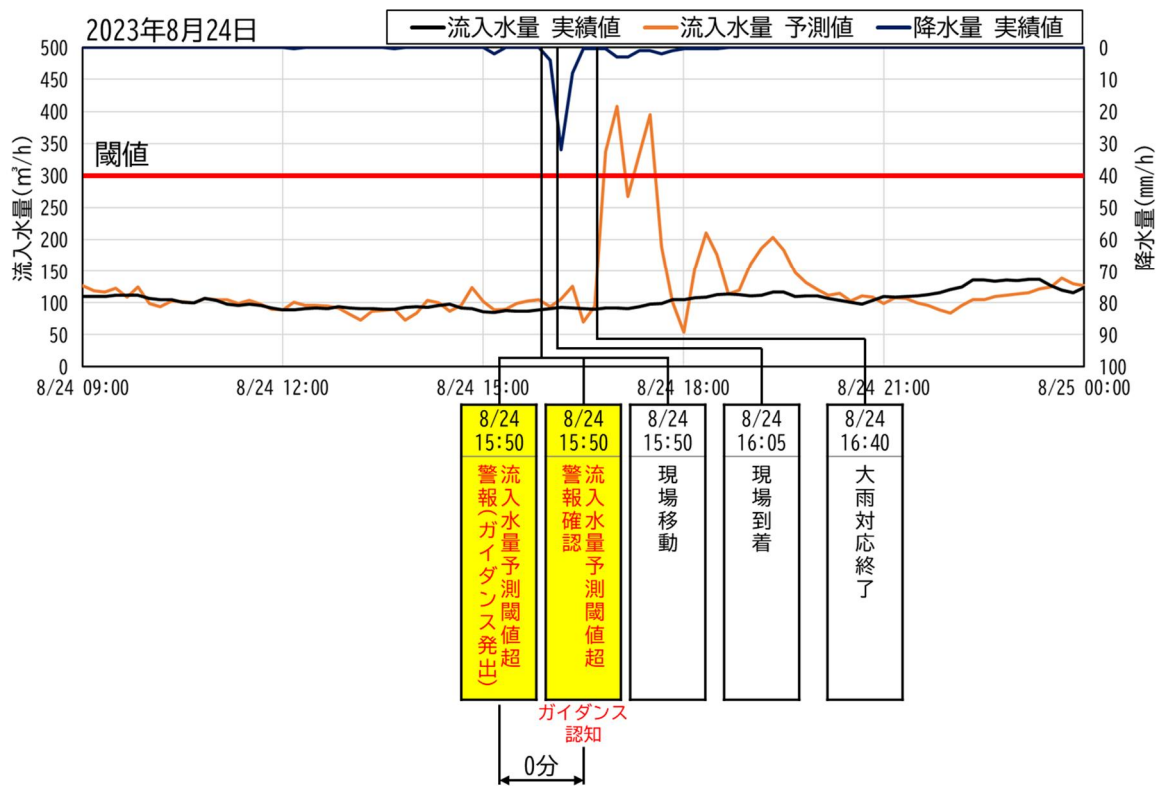


図2-5-25 実務者同行記録 (No.㉒) イベント発生日時 2023/8/24 16:50)

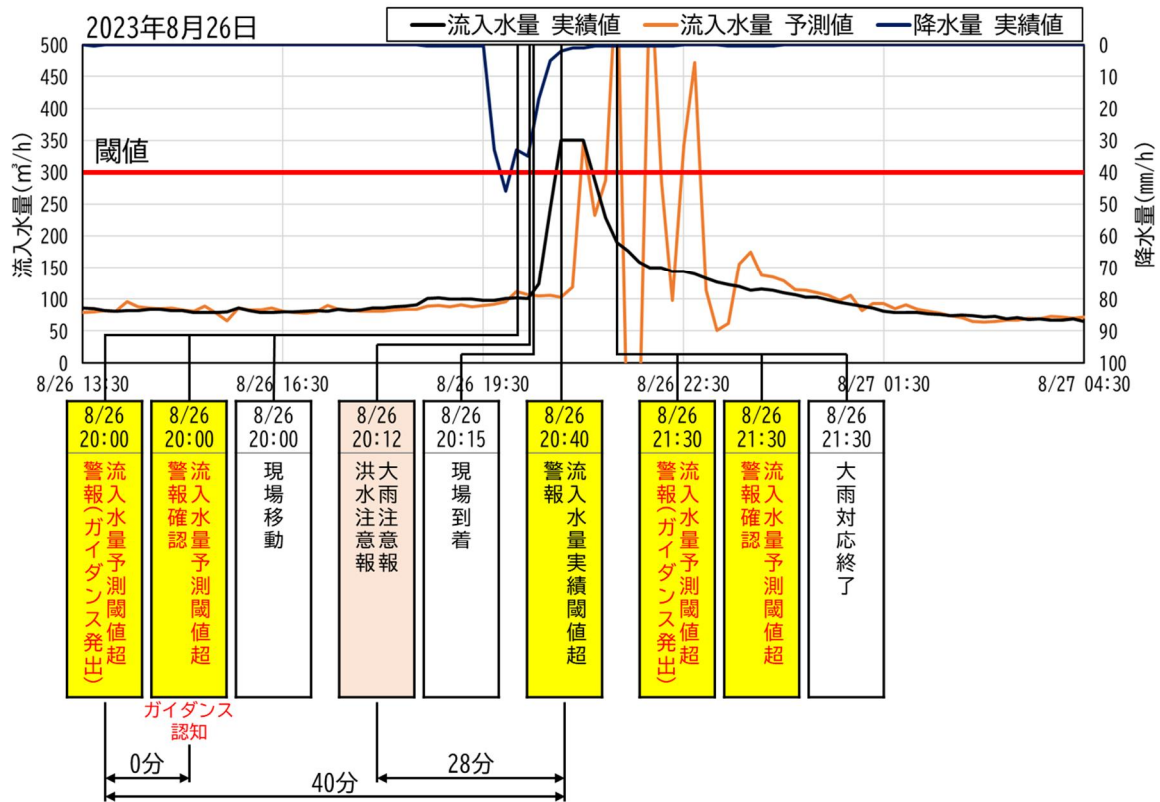


図2-5-26 実務者同行記録 (No.㉑) イベント発生日時 2023/8/26 20:40)
(No.㉒) イベント発生日時 2023/8/26 22:30)

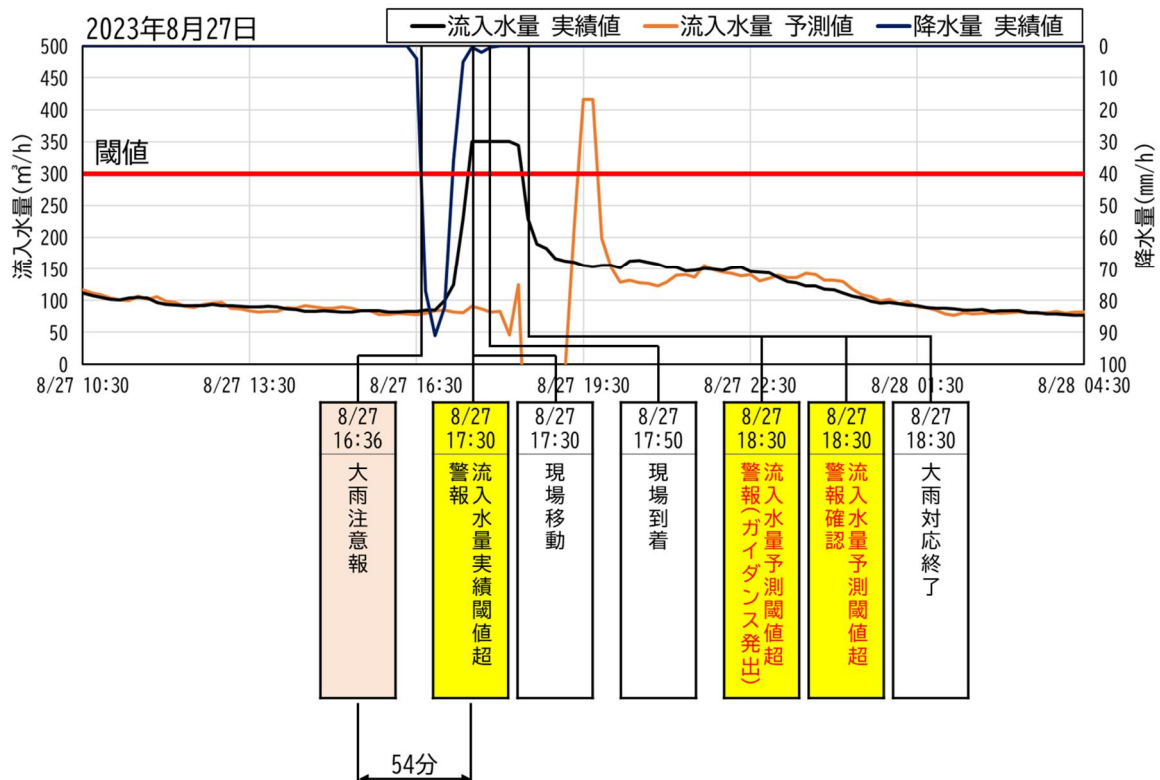


図2-5-27 実務者同行記録 (No.㉓) イベント発生日時 2023/8/27 17:30)
(No.㉔) イベント発生日時 2023/8/27 19:30)

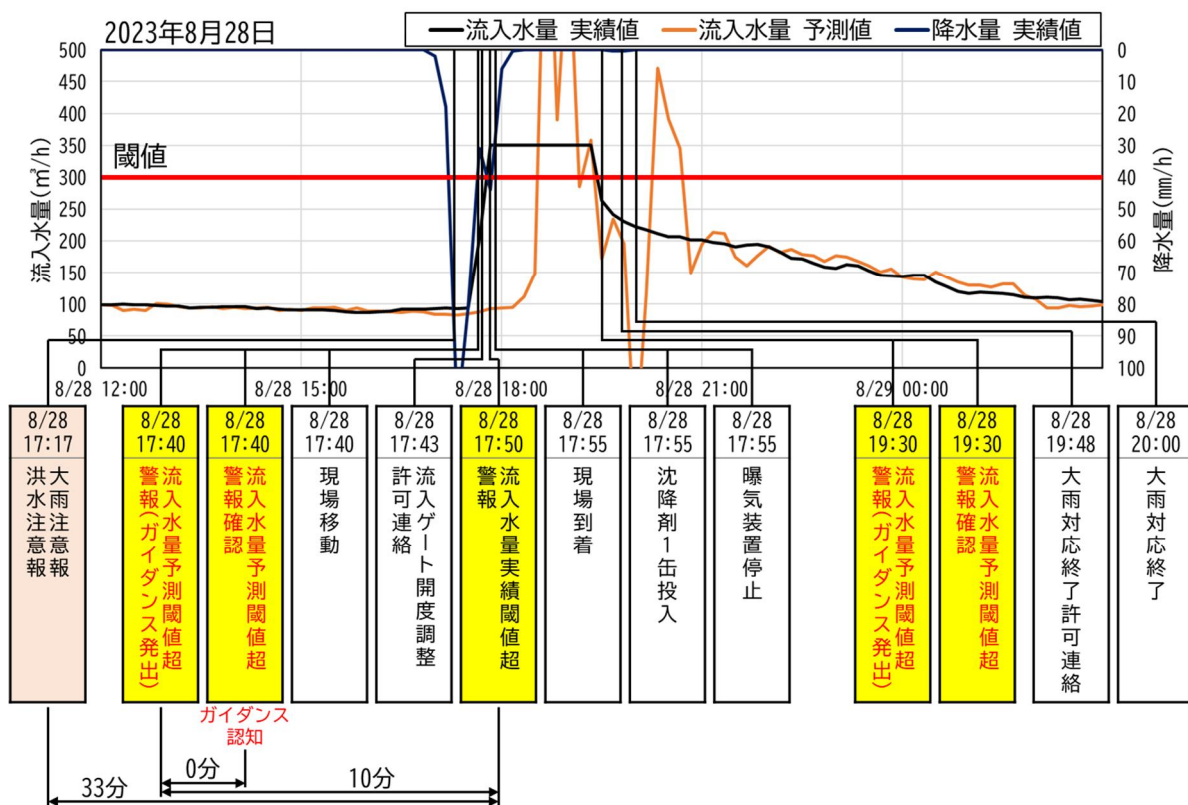


図2-5-28 実務者同行記録 (No.㉔) イベント発生日時 2023/8/28 17:50)
(No.㉕) イベント発生日時 2023/8/28 20:30)

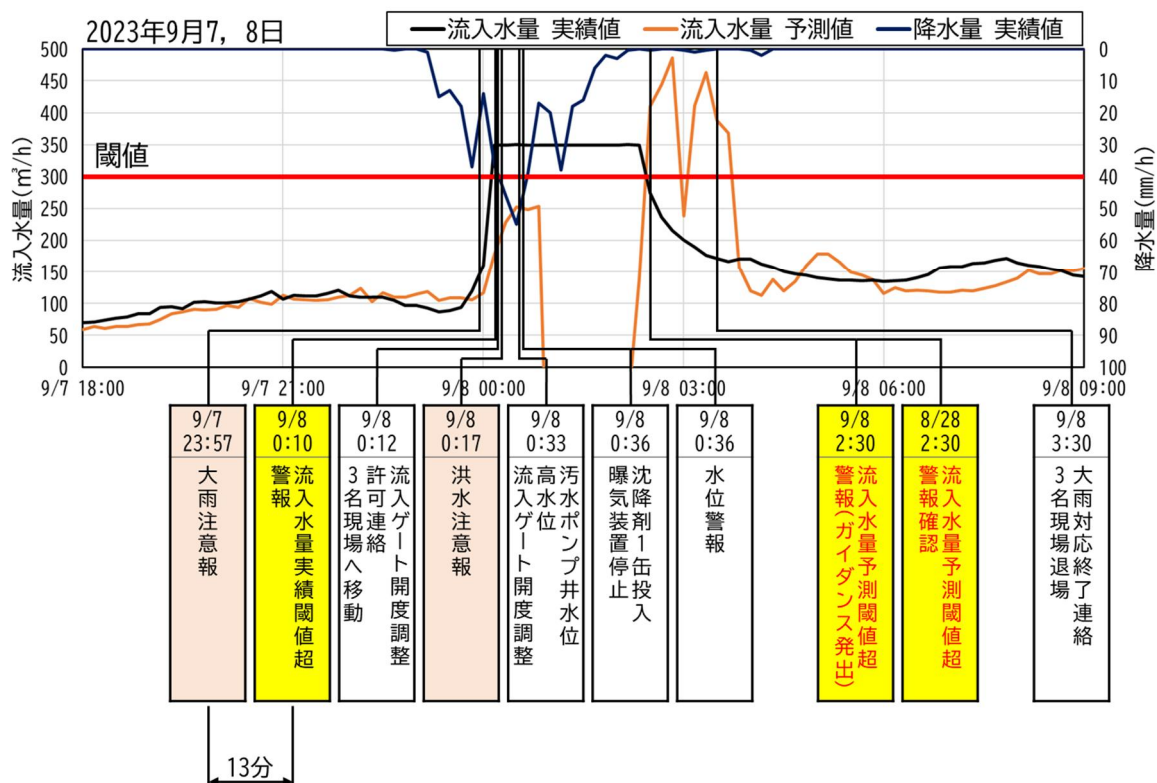


図2-5-29 実務者同行記録 (No.㉖) イベント発生日時 2023/9/8 0:10)
(No.㉗) イベント発生日時 2023/9/8 3:30)

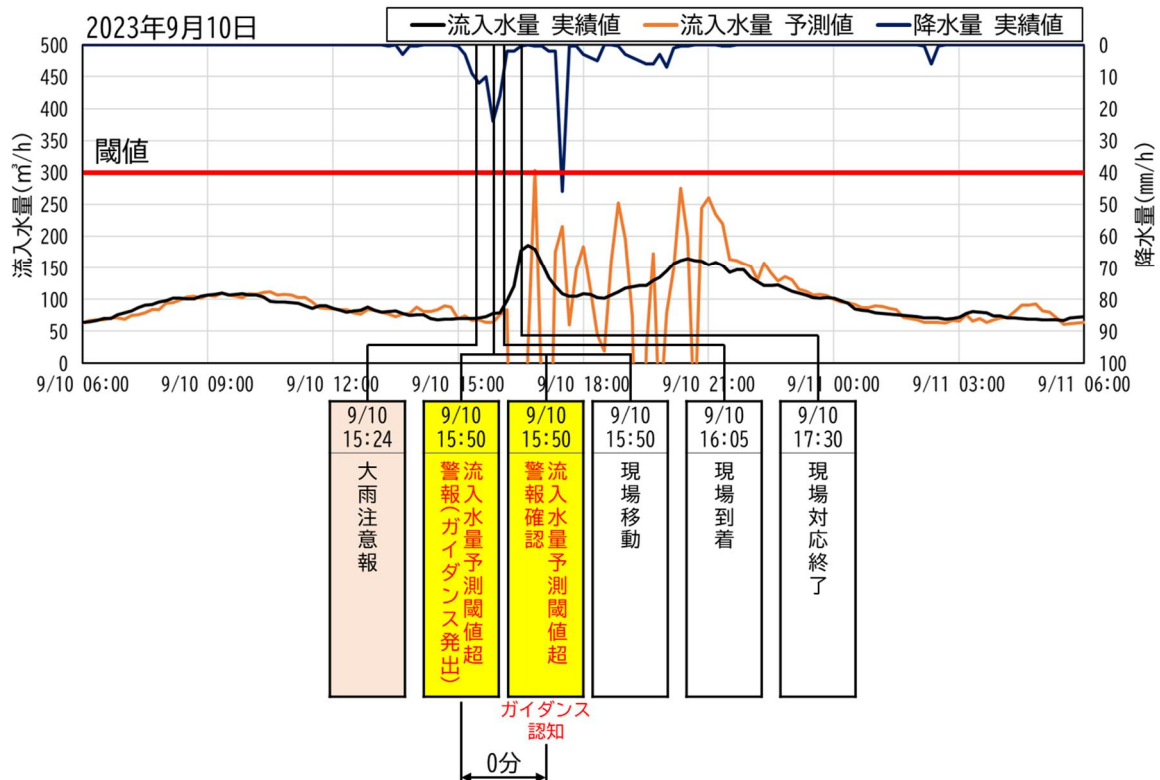


図2-5-30 実務者同行記録 (No.㉔) イベント発生日時 2023/9/10 16:50)

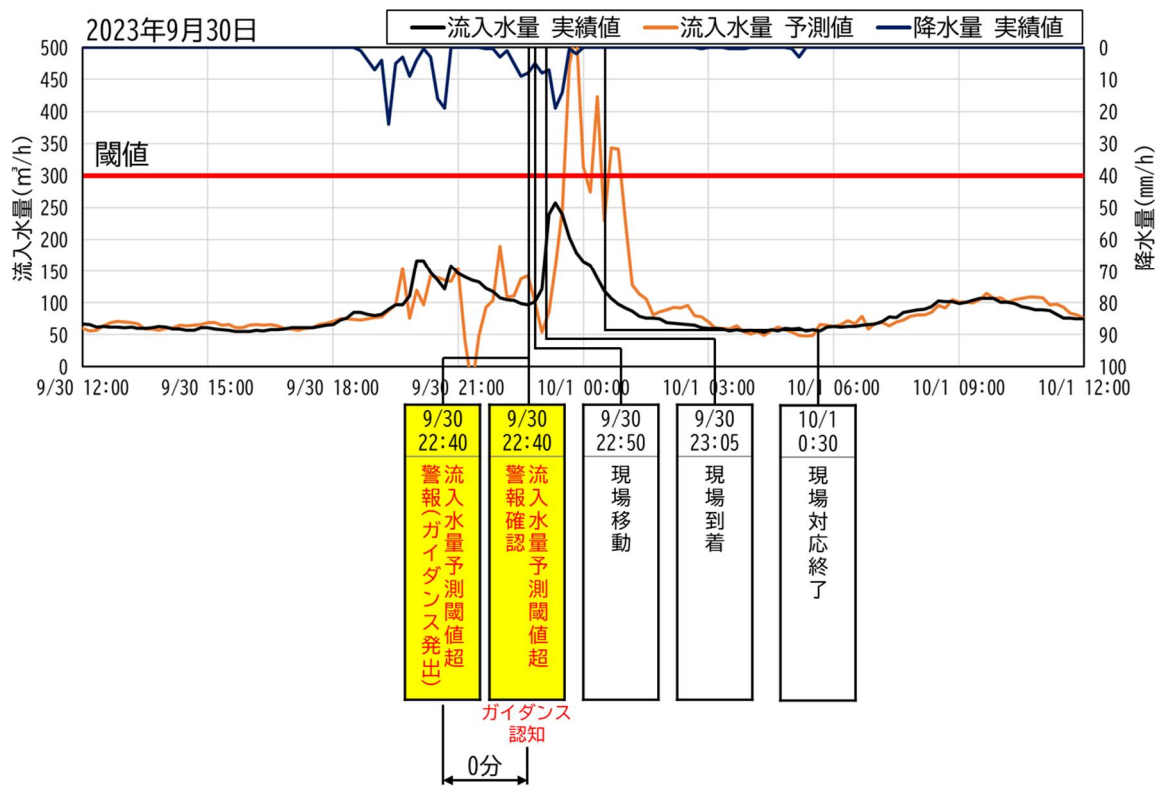


図2-5-31 実務者同行記録 (No.㉕) イベント発生日時 2023/9/30 23:40)

5.5 運転システムによる実降雨における運転支援効果まとめ

表2-5-2の全イベントに対するガイダンス認知結果を表2-5-3、表2-5-4に示す。認知できなかったガイダンスはなく平均認知時間は0.8分であり、目標を達成することができた。

表2-5-3 ガイダンス認知結果（1）

No	イベント 発生日時	発報種類	降雨種類	警報発報時刻	警報発報 時間差	認知時刻	認知時間差	A I
①	2023/4/26 7:10	適報	短時間大雨	2023/4/26 6:30	40分	2023/4/26 6:34	4分	A I - 3
②	2023/5/7 9:00	空振り	短時間大雨	2023/5/7 8:00	—	2023/5/7 8:02	2分	
③	2023/5/7 14:30	見逃し	短時間大雨	—	—	—	—	
④	2023/5/7 18:10	適報	短時間大雨以外	上イベントで認知済				
⑤	2023/5/19 9:20	空振り	短時間大雨	2023/5/19 8:20		2023/5/19 8:20	0分	
⑥	2023/5/29 20:10	見逃し	短時間大雨	—	—	—	—	
⑦	2023/6/1 22:50	空振り	短時間大雨	2023/6/1 21:50	—	2023/6/1 21:55	5分	
⑧	2023/6/2 10:40	適報	短時間大雨	2023/6/2 9:10	90分	2023/6/2 9:10	0分	
⑨	2023/6/9 1:00	適報	短時間大雨以外	2023/6/8 23:40	80分	2023/6/8 23:44	4分	
⑩	2023/6/12 8:00	見逃し	短時間大雨	—	—	—	—	
⑪	2023/6/15 21:10	空振り	短時間大雨	2023/6/15 20:10	—	2023/6/15 20:10	0分	
⑫	2023/6/29 18:30	空振り	短時間大雨以外	2023/6/29 17:30	—	2023/6/29 17:30	0分	
⑬	2023/6/30 21:30	空振り	短時間大雨	2023/6/30 20:30	—	2023/6/30 20:30	0分	
⑭	2023/7/5 15:30	空振り	短時間大雨	2023/7/5 14:30	—	2023/7/5 14:30	0分	
⑮	2023/7/8 21:40	適報	短時間大雨	2023/7/8 21:20	20分	2023/7/8 21:20	0分	
⑯	2023/7/9 0:20	空振り	短時間大雨以外	2023/7/8 23:20	—	2023/7/8 23:20	0分	
⑰	2023/7/9 2:20	適報	短時間大雨	2023/7/9 1:40	40分	2023/7/9 1:40	0分	
⑱	2023/7/9 8:10	適報	短時間大雨	2023/7/9 7:30	40分	2023/7/9 7:30	0分	
⑲	2023/7/12 15:10	空振り	短時間大雨	2023/7/12 14:10	—	2023/7/12 14:10	0分	
⑳	2023/7/13 16:40	空振り	短時間大雨	2023/7/13 15:40	—	2023/7/13 15:40	0分	
㉑	2023/7/19 17:30	見逃し	短時間大雨	—	—	—	—	

表2-5-4 ガイダンス認知結果（2）

No	イベント 発生日時	発報種類	降雨種類	警報発報時刻	警報発報 時間差	認知時刻	認知時間差	A I
㉒	2023/7/26 14:10	空振り	短時間大雨以外	2023/7/26 13:10	—	2023/7/26 13:10	0分	A I - 3
㉓	2023/7/27 16:40	空振り	短時間大雨	2023/7/27 15:40	—	2023/7/27 15:40	0分	
㉔	2023/7/28 17:30	適報	短時間大雨以外	2023/7/28 17:30	0分	2023/7/28 17:30	0分	
㉕	2023/8/14 23:50	適報	短時間大雨以外	2023/8/14 23:40	10分	2023/8/14 23:45	5分	
㉖	2023/8/15 9:30	適報	短時間大雨以外	2023/8/15 8:20	70分	2023/8/15 8:21	1分	
㉗	2023/8/21 16:20	空振り	短時間大雨	2023/8/21 15:20	—	2023/8/21 15:20	0分	
㉘	2023/8/21 19:10	適報	短時間大雨	2023/8/26 18:40	30分	2023/8/26 18:40	0分	
㉙	2023/8/23 20:50	空振り	短時間大雨	2023/8/23 19:50	—	2023/8/23 19:50	0分	
㉚	2023/8/24 16:50	空振り	短時間大雨	2023/8/24 15:50	—	2023/8/24 15:50	0分	
㉛	2023/8/26 20:40	適報	短時間大雨	2023/8/26 20:00	40分	2023/8/26 20:00	0分	
㉜	2023/8/26 22:30	空振り	短時間大雨	上イベントで認知済				
㉝	2023/8/27 17:30	見逃し	短時間大雨	—	—	—	—	
㉞	2023/8/27 19:30	空振り	短時間大雨以外	上記イベント対応				
㉟	2023/8/28 17:50	適報	短時間大雨	2023/8/28 17:40	10分	2023/8/28 17:43	3分	
㊱	2023/8/28 20:30	空振り	短時間大雨	上イベントで認知済				
㊲	2023/9/8 0:10	見逃し	短時間大雨	—	—	—	—	A I - 4
㊳	2023/9/8 3:30	空振り	短時間大雨以外	上イベントで認知済				
㊴	2023/9/10 16:50	空振り	短時間大雨	2023/9/10 15:50	—	2023/9/10 15:50	0分	
㊵	2023/9/30 23:40	空振り	短時間大雨	2023/9/30 22:40	—	2023/9/30 22:40	0分	
平均							0.8分	

ガイダンス発出と認知は以下の通りであり、目標を達成することができた。

ガイダンス発出全件数 : 29件

10分以内に確認した件数 : 29件

ガイダンス発出全件に対して10分以内に確認した割合 : 100%

6. 設置及び運転に係るコスト構造の把握及び縮減方策

本章では本実証研究において行った本技術導入に要する費用に対して、本技術導入によって得られる便益の大きさを分析する。具体的な導入を考慮する場合は本章で示した方法で別途検討する必要がある。

6.1 便益分析方法

本技術導入によって得られる便益は、浸水被害が軽減することによる期待額（被害軽減期待額）と人件費削減額である。次小節以降でそれぞれの算定について示す。

6.1.1 被害軽減期待額算定フロー

対策効果を評価するため、本事業による便益として被害軽減期待額を算定する。図2-6-1に被害軽減期待額算定フローを示す。

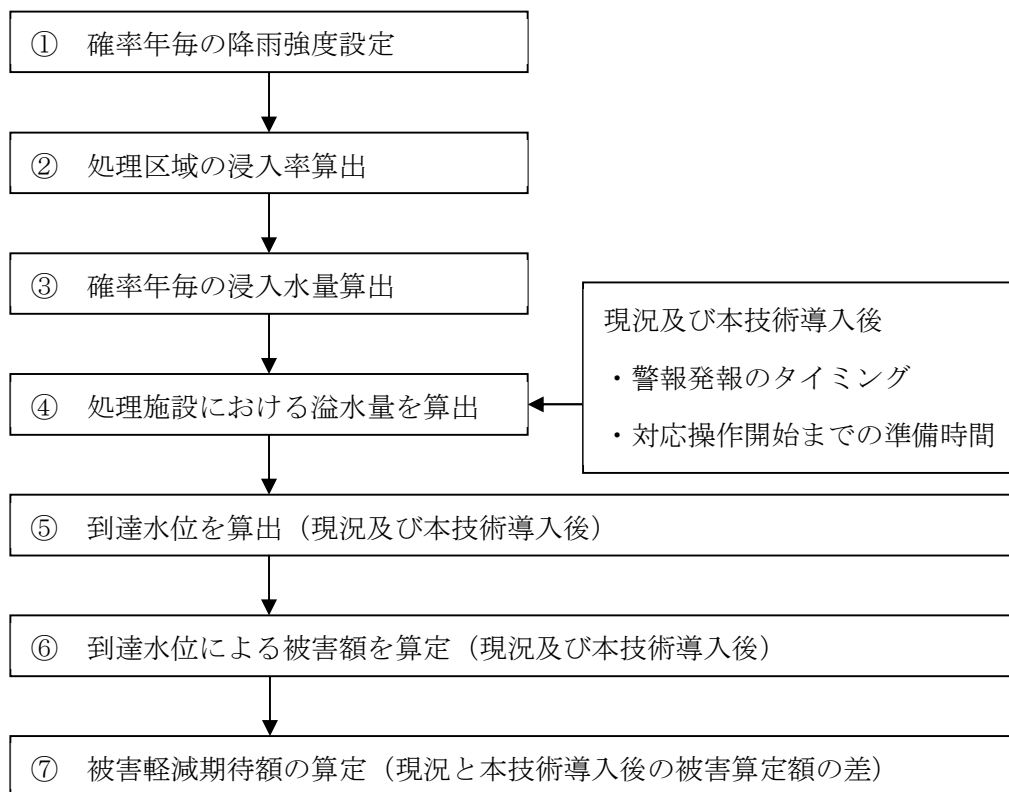


図2-6-1 被害軽減期待額算定フロー

6.1.2 降雨強度

丹波市では昭和34年から平成26年のデータを用いて確率降雨を算出、降雨強度曲線式をタルボット型としている。本実証研究においても丹波市の降雨強度を採用した。

タルボット型 : $I = a / (t + b)$

I : 降雨強度 (mm/h)

t : 降雨継続時間 (min)

a 、 b : 定数

表2-6-1 確率年毎の定数及び時間最大降雨強度

確率年		年	2	3	5	7	10	20	30
降雨強度式 $I = a / (t + b)$	a	—	3,388.3	3,965.7	4,589.8	4,989.3	5,393.6	6,166.4	6,592.9
	b	—	24.4	25.9	26.9	27.5	28	28.7	28.8
	t	min	60	60	60	60	60	60	60
	I	mm/h	40	46	53	57	61	70	74

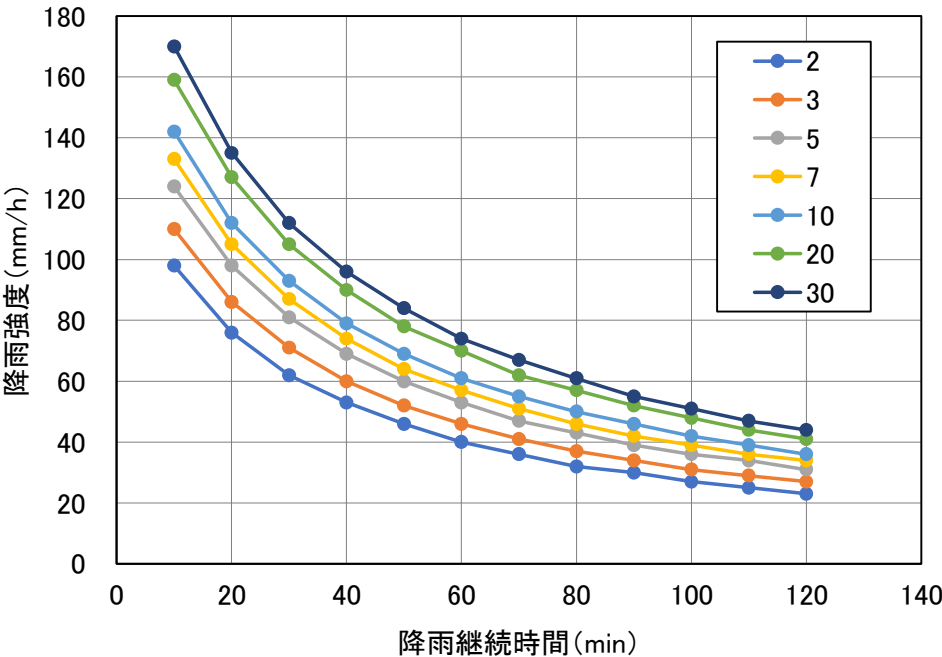


図2-6-2 確率年毎の降雨継続時間と降雨強度

6.1.3 浸入率

浸入率は「雨天時浸入水対策ガイドライン（案） 国土交通省 水管理・国土保全局 下水道部 令和2年1月」により算出する。

算出方法はガイドラインに記載がある通り、処理施設において、雨天時に計測した下水量及び計測地点近傍の雨量データに基づき、降雨量に対する日最大または時間最大の雨天時浸入水量の割合とする。

浸入率は、浸入率算出の基本式により降雨単位で算出し、これらの結果から直線回帰式を利用して算出する。

6.1.4 流入水量

処理場への流入水量は、計画降雨から算出される降水量、流域面積、浸入率から時間最大雨天時浸入水量を算出し晴天時平均汚水量を加えた流量とし、確率降雨毎の流入水量を算出する。確率年毎の流入水量を表2-6-2に示す。

表2-6-2 確率年毎の流入水量

確率年		年	2	3	5	7	10	20	30
降雨強度式 $I = a / (t + b)$	a	—	3,388.3	3,965.7	4,589.8	4,989.3	5,393.6	6,166.4	6,592.9
	b	—	24.4	25.9	26.9	27.5	28	28.7	28.8
	t	min	60	60	60	60	60	60	60
	I	mm/h	40	46	53	57	61	70	74
浸入水量		m ³ /h	414	476	549	590	631	725	766
流入水量		m ³ /h	481	543	616	657	698	792	833

a、b：定数 t：降雨継続時間（min） I：降雨強度（mm/h）

6.1.5 溢水量

流入水量及び必要な準備時間から溢水量を算出する。溢水量算出方法を表2-6-3に示す。

表2-6-3 溢水量算出方法

考慮事項	現況	本技術導入後
警報発報タイミング	ポンプ井水位異常高 (溢水開始)	流入水量予測値が閾値を超えた時点
対応開始猶予時間	t 分	t 分 (t : 最大60分)
準備時間	T 分	T 分
対応までの溢水時間	t 分 - 0分 = t 分	0分
準備時間中の溢水量	[流入水量] × t 分	[流入水量] × 0分
対応後の溢水量	[流入水量 - ポンプ吐出量(非常用ポンプ含)] × (T - t) 分	[流入水量 - ポンプ吐出量(非常用ポンプ含)] × T 分

6.1.6 到達水位

溢水量に対して到達する水位を算定するためには、各処理場においてどのような順序で浸水するか確認する必要がある。次に、各エリアの面積を求め溢水量に対する到達水位を算出する。本検討により、溢水量に対して浸水するエリアと到達水位を算定することができる。

なお、本技術導入時の溢水量について、流域内での浸水防止を優先し、流入管内に貯留可能な容量までゲート操作により流入水量を調整するものとして算出する。管内貯留量は、自然流下で流入する管渠の容量の半分とする。現状ではゲート操作による管内貯留を行わないため計上しない。

処理場内の浸水防止を優先する場合は、ゲート操作により流入水量を完全に制御し溢水しないように管理することが可能であり、この場合、溢水量 0 m³、浸水レベル 0 m として被害額を算定する。

6.1.7 被害額算定

被害額算定にあたり、各エリアの到達水位に対して修繕対象となる機器を確定し、修繕費用を見積る必要がある。

機種ごとに浸水エリアにあたる設置場所を確認、浸水時大がかりな修繕が必要となるレベルを確認し、溢水量に対して到達水位を算出することで被害発生機器を抽出し、修繕費用を見積もることが可能となる。

6.1.8 被害軽減期待額の算定

本技術導入による年平均被害軽減期待額は以下に示す方法で算出した。被害軽減額は本技術の見逃し率の影響を受けるため、被害軽減期待額もAI精度の影響を受ける。

警報なし：ポンプ2台（50分）＋ポンプ3台（10分）で流入水量制御
 警報あり：ポンプ3台（60分）で流入水量制御＋管内貯留
 現況被害額＝警報なし被害額×従来技術の見逃し率＋警報あり被害額×（1－従来技術の見逃し率）
 本技術導入後被害額＝警報なし被害額×本技術の見逃し率＋警報あり被害額×（1－本技術の見逃し率）
 被害軽減額＝現況被害額－本技術導入後被害額

$$= [\text{警報なし被害額} \times \text{従来技術の見逃し率} + \text{警報あり被害額} \times (1 - \text{従来技術の見逃し率})] \\ - [\text{警報なし被害額} \times \text{本技術の見逃し率} + \text{警報あり被害額} \times (1 - \text{本技術の見逃し率})]$$

$$= (\text{警報なし被害額} - \text{警報あり被害額}) \times (\text{従来技術の見逃し率} - \text{本技術の見逃し率})$$

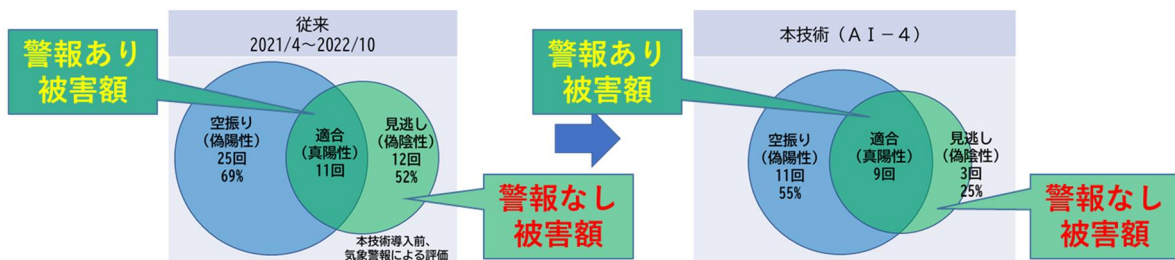


図2-6-3 被害軽減額算出方法

6.1.9 人件費削減額の算定

浸水被害軽減以外のメリットである人件費削減額は図2-6-4より算出した。本技術導入による人件費削減効果は67千円であった。

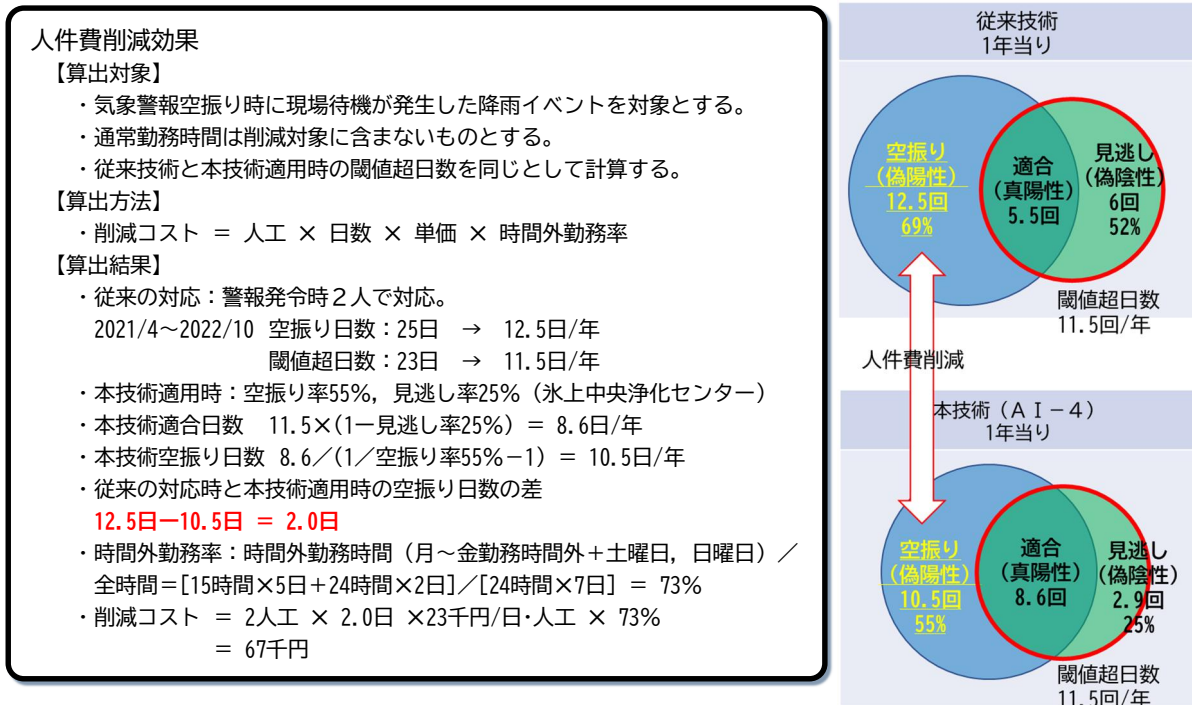


図2-6-4 人件費削減費算出方法

6.2 費用分析方法

本技術導入に要する費用を次小節以降に示す。

6.2.1 システム構成

本技術の運用に必要なシステム構成（情報共有システムとデータ収集システム）とA I構築や再構築に必要なシステム構成（開発環境）を図2-6-5に示す。

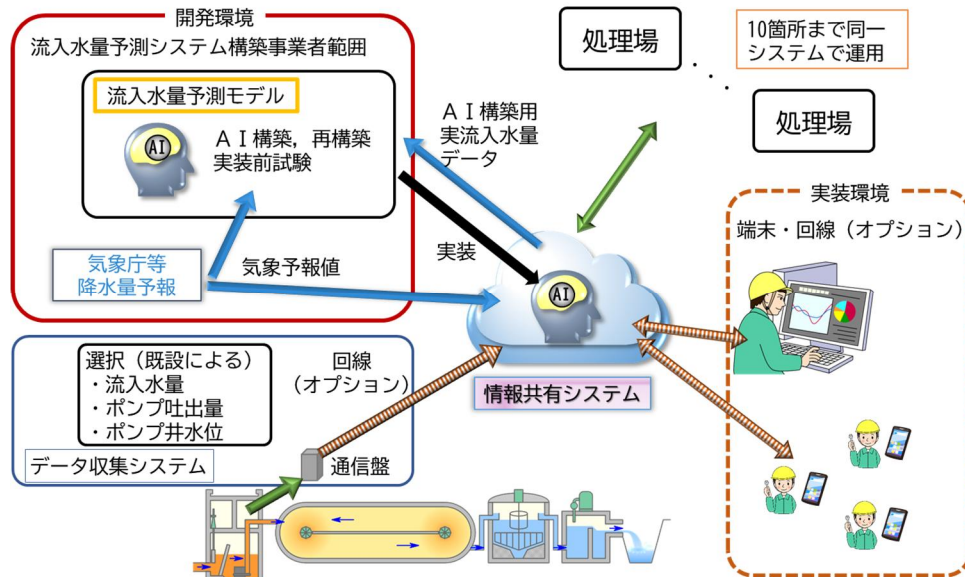


図2-6-5 システム構成図

表2-6-4に示す3ケースのクラウド構築方法についてコストを比較した。

表2-6-4 クラウド構築方法

		ケース1	ケース2	ケース3
特長		・新規にクラウドを構築 ・本技術の他、維持管理業務への展開につなげることが可能 ・ノウハウ蓄積に貢献	・既存のクラウドを流用 ・ノウハウ蓄積に貢献	・使用者がクラウドを用意することなく低コストでの運用が可能 ・ノウハウ蓄積困難
情報共有システム	クラウド	新規クラウド構築	既存クラウド流用	流入水量予測サービス提供者
	A I	新規制作	新規制作	新規制作
データ収集システム		新規制作	新規制作	新規制作
イメージ図				
カスタマイズ性		◎	○	△
コスト		△	◎	◎

6.2.2 構築費用

構築費用として建設費（機器費、設置費）及び維持費を試算する。機器費、設置費及び維持費を表2-6-5に示す。既設状況に応じて項目を選択することで施設や管理状況に合わせて構築することが可能である。2023年にデータ整理をRPA(Robotic Process Automation)を活用することで表2-6-6に示す大幅な時間短縮によるコストダウンを実現した。

表2-6-5 機器費、設置費及び維持費
(本実証研究での結果より)

No.	項 目	金額 (円)	必須
1	情報共有システム		
①	クラウド構築	4,000,000	
②	A I 初期構築	700,000	○
③	情報共有システム連携費用	500,000	○
2	データ収集システム		
①	ポンプ井水位計	500,000	
②	ポンプ吐出流量計	600,000	
③	流入水量算出設定	200,000	
④	通信盤	1,300,000	
3	設置費		
①	現地設置工事	500,000	
4	通信・端末		
①	通信回線	30,000	
②	携帯端末	100,000	
5	維持費（基本）1 か月あたり		
①	クラウド維持	270,000	
②	情報共有システム維持	30,000	
③	サーバー維持 (5年分の流量、流速、水位のデータ蓄積) 30GB	500	
④	通信費	5,000	
⑤	電気代	2,000	
6	維持費		
①	A I 再構築 (1回あたり) 注：A I 再構築の頻度は対象処理場によって異なる。	200,000	

表2-6-6 RPA(Robotic Process Automation)を活用したA I 費用のコストダウン
(本実証研究での結果より)

AI構築費用

作業名	作業時間	単価	費用
流入水量データ抽出	1 日	100 千円/日	100 千円
降水量データ抽出	1 日	100 千円/日	100 千円
抽出データまとめ（外注人件費）	5 ヶ月分	-	200 千円
前処理・学習（まとめ、実装作業含む）	12 日	100 千円/日	1,200 千円
合計			1,600 千円

作業時間	単価	費用
7 日	100 千円/日	700 千円
		700 千円

AI再構築費用

作業名	作業時間	単価	費用
見直し実施回数	1 回/年		
流入水量データ抽出	1 日/回	100 千円/日	100 千円/回
降水量データ抽出	1 日/回	100 千円/日	100 千円/回
抽出データまとめ（外注人件費）	7 ヶ月分	-	200 千円/回
再学習（まとめ、実装作業含む）	2 日/回	100 千円/日	200 千円/回
合計			600 千円/回

作業時間	単価	費用
1 回/年		
2 日/回	100 千円/日	200 千円/回
		200 千円/回

表2-6-4で示した各ケースのコストを表2-6-7に示す。既存のクラウド流用（ケース2）や流入水量予測業者等のクラウドを利用する（ケース3）ことで新規にクラウドを構築する（ケース1）より安価で本技術を導入できることが明らかとなった。

表2-6-7 各ケースの構築費用
(本実証研究での結果より)

AIによる流入水量予測 システム設定

No.	項目	基準価格
1	情報共有システム	
①	クラウド構築	4,000 千円
②	IAI初期構築	700 千円
③	システム連携費用	500 千円
2	データ収集システム	
①	ポンプ井水位計	500 千円
②	ポンプ吐出流量計	600 千円
③	流入水量算出システム構築	200 千円
④	通信盤	1,300 千円
3	通信・端末	
①	通信回線	30 千円
②	携帯端末	100 千円
4	維持費（基本）1 か月あたり	
①	クラウド維持	270 千円/月
②	システム維持	30 千円/月
③	サーバー維持 （5年分の流量、流速、水位の データ蓄積）30GB	0.5 千円/月
④	通信費	5 千円/月
⑤	電気代	2 千円/月
5	維持費	
①	IAI再構築	200 千円/回

	ケース1	ケース2	ケース3
①	○ 4,000 千円	○ 千円	○ 千円
②	◎ 700 千円	◎ 700 千円	◎ 700 千円
③	◎ 500 千円	◎ 500 千円	◎ 500 千円
④	○ 千円	○ 千円	○ 千円
⑤	○ 600 千円	○ 600 千円	○ 600 千円
⑥	○ 200 千円	○ 200 千円	○ 200 千円
⑦	○ 1,300 千円	○ 1,300 千円	○ 1,300 千円
⑧	○ 30 千円	○ 30 千円	○ 30 千円
⑨	○ 100 千円	○ 100 千円	○ 100 千円
⑩	○ 270 千円/月	○ 千円/月	○ 27 千円/月
⑪	○ 30 千円/月	○ 30 千円/月	○ 3 千円/月
⑫	○ 0.5 千円/月	○ 0.5 千円/月	○ 0.5 千円/月
⑬	○ 5 千円/月	○ 5 千円/月	○ 5 千円/月
⑭	○ 2 千円/月	○ 2 千円/月	○ 2 千円/月
⑮	○ 200 千円/回	○ 200 千円/回	○ 200 千円/回

←見直し

←10箇所まで同額で維持管理可能なためケース3では基準価格の1/10とした。

←見直し

選択箇所 注) ◎：必須 ○：選択

機器費	7,430 千円	3,430 千円	353 千円
維持費	3,890 千円/年	650 千円/年	650 千円/年

6.3 費用便益分析

標準的な費用便益分析を実施するため、閾値超イベント数の異なる氷上中央浄化センター（閾値超イベント10回/年）、氷上東浄化センター（閾値超イベント2回/年）、氷上南浄化センター（閾値超イベント1回/年）を対象とした費用便益分析を行った。期間は処理場・ポンプ場（機械・電気）の標準的な耐用年数である15年とした。

6.3.1 氷上中央浄化センター（閾値超イベント10回/年）

(1) 浸入率

氷上中央浄化センターではパーシャルフリュームによって流入水量を測定しているため、時間当たりの流入水量データがある。さらに晴天時流入水量として時間当たりの平均流入水量(2019年5月1日～2019年10月31日における晴天時の平均)を求め、流入水量と晴天時流入水量の差を雨天時浸入水量として算出した。流入状況の一部を表2-6-8に、時間当たりの流入水量と降水量のグラフを図2-6-6に示す。

表2-6-8 氷上中央浄化センター 流入水量及び雨天時浸入水量

	降水量	流入水量	晴天時流入水量	雨天時浸入水量
	mm	m ³ /h	m ³ /h	m ³ /h
2019/5/20 0:00	0	56.36	61.05	-4.69
2019/5/20 1:00	0	42.53	44.50	-1.97
2019/5/20 2:00	0	33.22	34.45	-1.23
2019/5/20 3:00	0	27.22	31.72	-4.50
2019/5/20 4:00	0	25.12	30.72	-5.60
2019/5/20 5:00	0	31.94	33.86	-1.92
2019/5/20 6:00	0	48.13	54.68	-6.55
2019/5/20 7:00	0	78.98	87.73	-8.75
2019/5/20 8:00	0	84.02	88.93	-4.91
2019/5/20 9:00	0	74.34	77.18	-2.84
2019/5/20 10:00	0	67.26	68.24	-0.98
2019/5/20 11:00	0	62.11	59.53	2.58
2019/5/20 12:00	0	60.35	57.11	3.24
2019/5/20 13:00	0	59.20	58.17	1.03
2019/5/20 14:00	0	55.26	53.78	1.48
2019/5/20 15:00	0	55.01	53.04	1.97
2019/5/20 16:00	1	55.06	53.45	1.61
2019/5/20 17:00	0	60.72	58.31	2.41
2019/5/20 18:00	1	71.20	70.46	0.74
2019/5/20 19:00	0	84.77	82.75	2.02
2019/5/20 20:00	1	97.25	93.68	3.57
2019/5/20 21:00	2	114.74	98.77	15.97
2019/5/20 22:00	6	130.43	90.16	40.27
2019/5/20 23:00	12	209.37	75.54	133.83
2019/5/21 0:00	7	246.53	61.05	185.48
2019/5/21 1:00	4	181.08	44.50	136.58
2019/5/21 2:00	4	145.28	34.45	110.83
2019/5/21 3:00	0	126.24	31.72	94.52
2019/5/21 4:00	0	88.53	30.72	57.81
2019/5/21 5:00	0	81.44	33.86	47.58
2019/5/21 6:00	0	96.73	54.68	42.05

2019年5月～10月 永上中央浄化センター実績

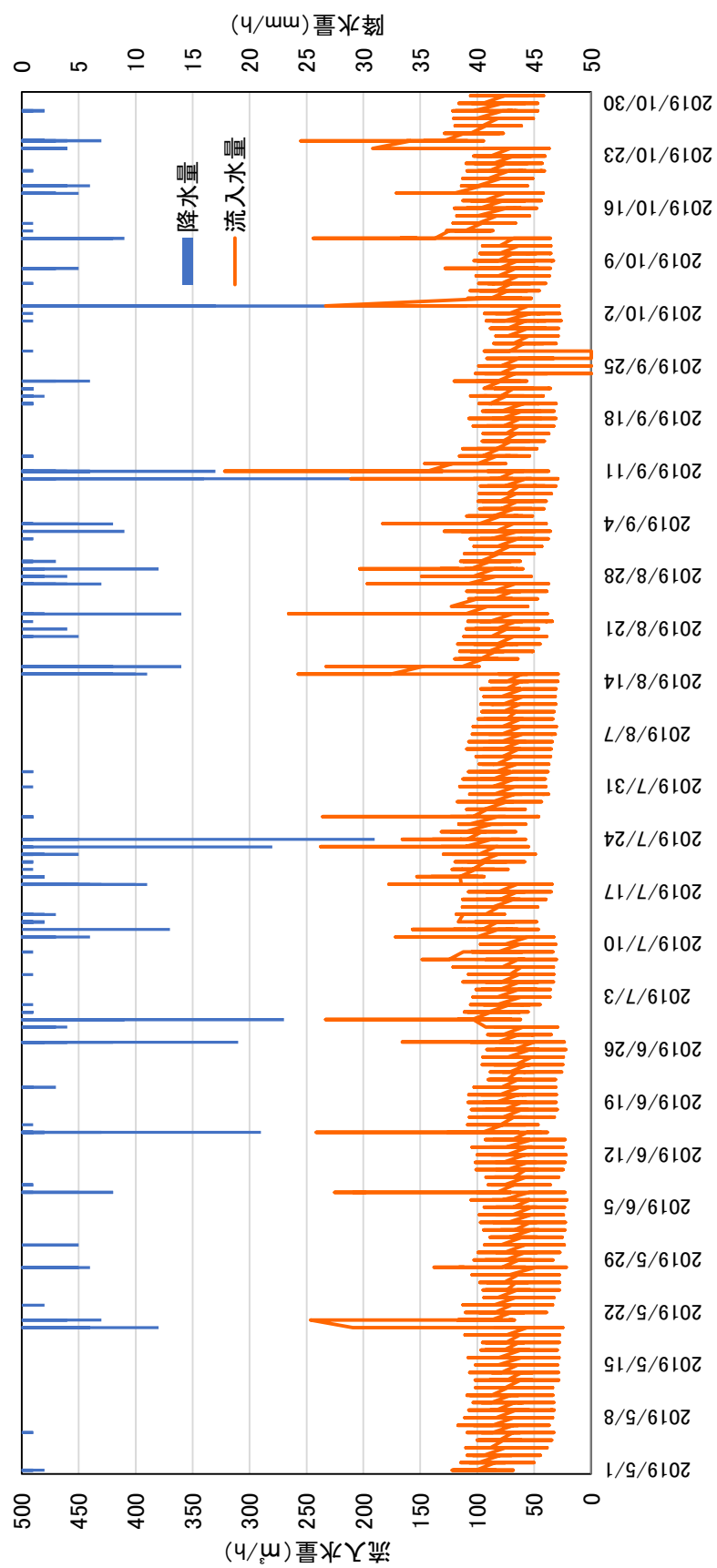


図2-6-6 時間当たりの流入水量と降水量

次に降雨単位毎に雨天時流入水量と降水量の最大値をそれぞれ抽出する。抽出した雨天時浸入水量を氷上中央浄化センターの流域面積である150haにて除した数値を降水量のうち雨天時浸入水として管きょに流入した分として、雨水流入高とした。表2-6-9に抽出結果を示す。

表2-6-9 降雨単位毎の降水量及び雨天時浸入水量の最大値と雨水流入高

	降水量最大値 (氷上観測所)	雨天時浸入水量最大値	雨水流入高
	mm/h	m ³ /h	mm/h
2019/5/20 20:00	12	185.48	0.12365
2019/5/28 13:00	6	79.72	0.05315
2019/6/7 5:00	8	137.47	0.09165
2019/6/15 1:00	2	22.67	0.01511
2019/6/15 13:00	21	175.17	0.11678
2019/6/29 21:00	9	84.00	0.05600
2019/7/1 3:00	1	33.81	0.02254
2019/7/11 3:00	3	44.67	0.02978
2019/7/11 19:00	6	78.08	0.05206
2019/7/13 21:00	3	75.52	0.05034
2019/7/18 11:00	11	95.24	0.06349
2019/7/21 21:00	5	39.00	0.02600
2019/7/23 13:00	22	183.82	0.12255
2019/7/27 7:00	1	45.73	0.03049
2019/8/2 17:00	1	29.47	0.01965
2019/8/15 17:00	14	198.09	0.13206
2019/8/20 8:00	5	41.51	0.02768
2019/8/23 1:00	1	12.84	0.00856
2019/8/23 9:00	14	197.45	0.13164
2019/8/27 15:00	7	126.20	0.08414
2019/8/30 9:00	3	31.83	0.02122
2019/9/4 18:00	8	100.23	0.06682
2019/9/11 11:00	17	264.70	0.17647
2019/9/13 5:00	1	33.04	0.02202
2019/9/20 21:00	2	24.56	0.01637
2019/9/22 21:00	6	69.09	0.04606
2019/10/8 5:00	5	40.34	0.02689
2019/10/12 4:00	9	175.42	0.11695
2019/10/18 9:00	1	13.25	0.00883
2019/10/18 17:00	5	80.78	0.05385
2019/10/19 10:00	6	44.83	0.02989
2019/10/24 12:00	7	165.91	0.11061
2019/10/29 6:00	2	32.55	0.02170

降水量最大値と算出した雨水流入高から直線回帰式を算定し、降雨の内雨天時浸入水として流入した割合を浸入率として求める。図2-6-7に浸入率算定図を示す。本回帰式より浸入率は0.69%と算定した。

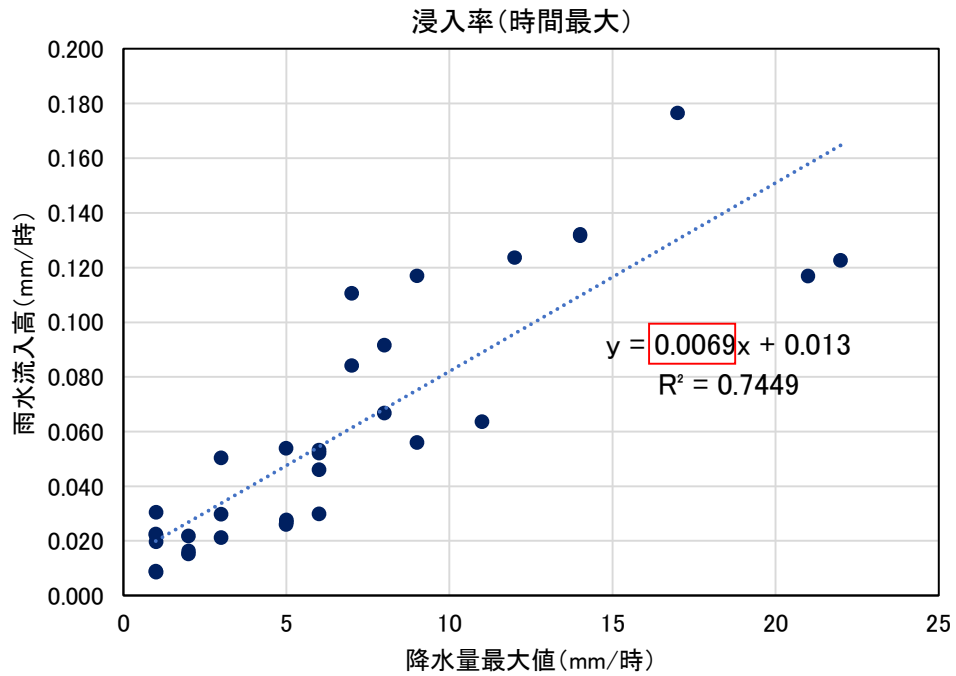


図2-6-7 浸入率算定図（氷上中央浄化センター）

(2) 到達水位

氷上中央浄化センターにおける浸水順を図2-6-8に、各エリアの容量を表2-6-10に示す。

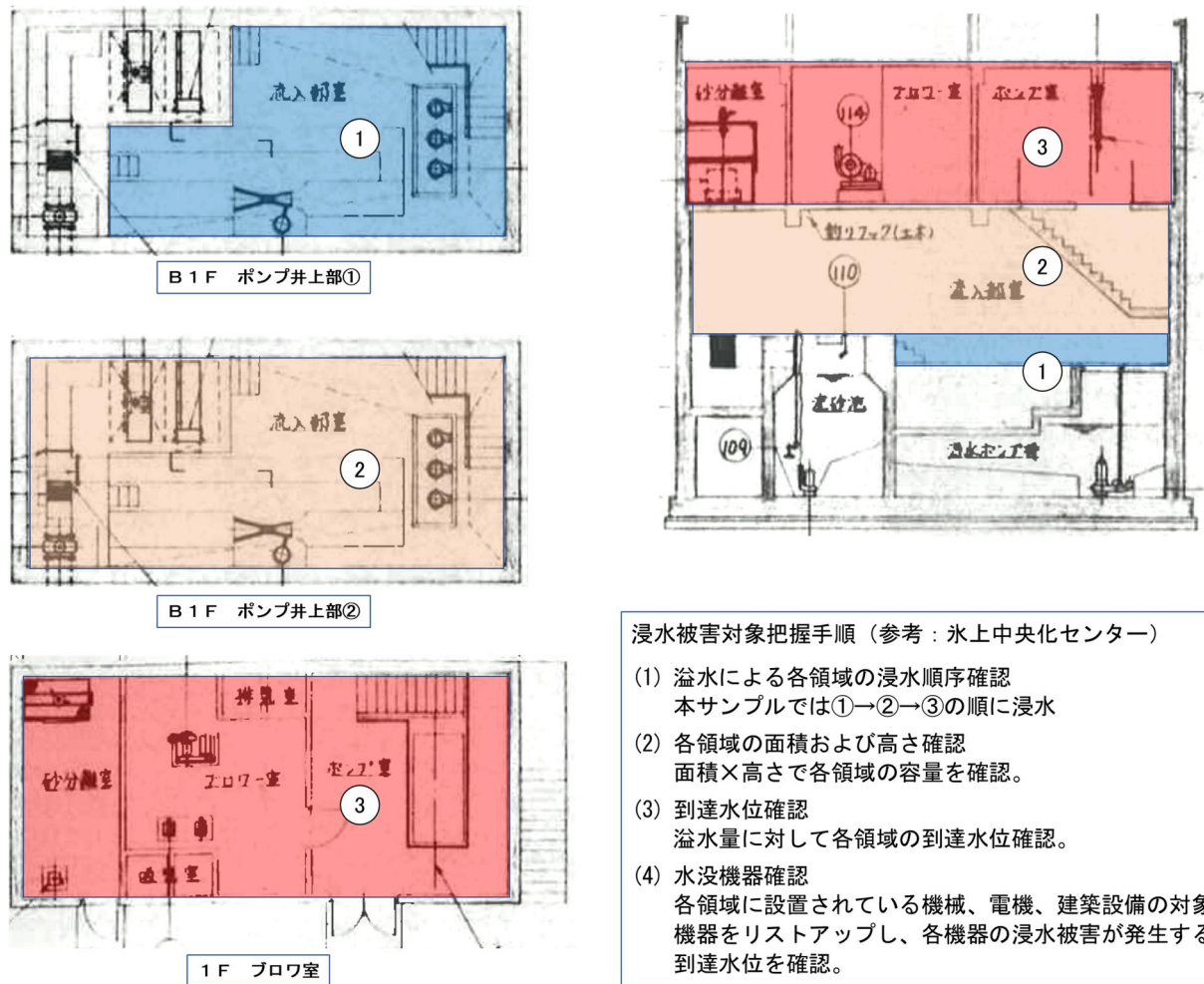


図2-6-8 氷上中央浄化センター 浸水順

表2-6-10 各エリアの容量

浸水順	エリア名	面積[m ²]	高さ[m]	容量[m ³]	累積[m ³]
①	B 1 F ポンプ井上部①	43	0.7	30	30
②	B 1 F ポンプ井上部②	63	3.35	211	241
③	1 F ブロワ室	67	3.5	235	476

本表より、溢水量30m³までは①のエリア、30～241m³では②のエリア、241m³より多い場合は③のエリアまで到達することを示す。

(3) 費用便益分析

6.1.8節で示した算定方法により算出した氷上中央浄化センターの被害軽減期待額を表2-6-11に示す。従来技術の見逃し率は52%、本技術の見逃し率は本実証研究成果より25%とした。

表2-6-11 氷上中央浄化センター被害軽減期待額

確率年		年	2	3	5	7	10	20	30	備 考	
降雨強度式 $I=a/(t+b)$	a		3388.3	3965.7	4589.8	4989.3	5393.6	6166.4	6592.9		
	b		24.4	25.9	26.9	27.5	28	28.7	28.8		
	t 降雨継続時間	分	60	60	60	60	60	60	60		
	I 降雨強度	mm/h	40	46	53	57	61	70	74		
	浸入水量	m³/h	414	476	549	590	631	725	766	計画処理面積 150 ha	浸入率 0.69%
流入量		m³/h	481	543	616	657	698	792	833	晴天時日平均処理量 67 m³/hを浸入水量に加算	
警報なし	流入量	m³	195	257	330	371	412	506	547	通常運転時の溢水量	
	浸水レベル	m	2.60	3.56	4.66	5.28	5.89	7.30	7.92		
警報あり	管内貯留	m³	60	60	60	60	60	60	60	流入ゲートによる流出抑制	
	非常運転時溢水量	m³	25	87	160	201	242	336	377	60分間の流入水量、非常用ポンプ運転	
	浸水レベル	m	0.00	0.89	2.04	2.72	3.34	4.75	5.37		

降雨規模	年平均超過確率 N_m	被害額										被害軽減額 D_m	区間確率 $N_{m-1}-N_m$	区間平均被害額 ($D_{m-1}+D_m$)/2	年平均被害額	年平均被害額の累計値 =年平均被害軽減期待額
		警報なし					警報あり									
確率年	—	浸水レベル m	機械設備 百万円	電気設備 百万円	その他工事 百万円	合計 百万円	浸水レベル m	機械設備 百万円	電気設備 百万円	その他工事 百万円	合計 百万円	百万円	—	百万円	百万円	百万円
2	0.5000	2.60	0.0	2.0	5.0	7.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.9	—	—	—	—
3	0.3333	3.56	9.0	4.0	6.0	19.0	0.9	0.0	0.0	1.0	1.0	4.9	0.1667	3.375	0.563	0.563
5	0.2000	4.66	9.0	4.0	6.0	19.0	2.0	0.0	0.0	1.0	1.0	4.9	0.1333	4.860	0.648	1.211
7	0.1429	5.28	9.0	4.0	6.0	19.0	2.7	0.0	2.0	5.0	7.0	3.2	0.0571	4.050	0.231	1.442
10	0.1000	5.89	9.0	4.0	6.0	19.0	3.3	0.0	2.0	5.0	7.0	3.2	0.0429	3.240	0.139	1.581
20	0.0500	7.30	9.0	4.0	6.0	19.0	4.7	9.0	4.0	6.0	19.0	0.0	0.0500	1.620	0.081	1.662
30	0.0333	7.92	9.0	4.0	6.0	19.0	5.4	9.0	4.0	6.0	19.0	0.0	0.0167	0.000	0.000	1.662

表2-6-4に示す各ケースに対する費用便益分析結果を表2-6-12～表2-6-14、費用便益の推移を図2-6-9に示す。ケース2、ケース3については7年目で現在価値便益累積が現在価値費用累積を上回り累積費用損益費（B/C）が1を超え、導入効果があることを確認した。

表2-6-12 氷上中央浄化センター費用便益分析（ケース1）

ケース1 費用・便益推移		社会的割引率：4%										[金額単位：千円]		B/C = 0.33		
年数		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
割引率		1.000	0.962	0.925	0.889	0.855	0.822	0.790	0.760	0.731	0.703	0.676	0.650	0.625	0.601	0.577
累積	現在価値費用累積	11,620	15,362	18,960	22,418	25,744	28,942	32,015	34,971	37,815	40,550	43,180	45,709	48,140	50,478	52,723
	現在価値便益累積	0	610	2,147	3,684	5,162	6,583	7,949	9,263	10,527	11,743	12,912	14,036	15,117	16,156	17,154
費用	現在価値	11,620	3,742	3,598	3,458	3,326	3,198	3,073	2,956	2,844	2,735	2,630	2,529	2,431	2,338	2,245
	費用合計	11,620	3,890	3,890	3,890	3,890	3,890	3,890	3,890	3,890	3,890	3,890	3,890	3,890	3,890	3,890
	・機器費	7,430														
	・据付費	500														
	・維持費	3,690	3,690	3,690	3,690	3,690	3,690	3,690	3,690	3,690	3,690	3,690	3,690	3,690	3,690	3,690
	・AI再構築費		200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
	・人件費削減															
便益	現在価値	0	610	1,537	1,537	1,478	1,421	1,366	1,314	1,264	1,216	1,169	1,124	1,081	1,039	998
	便益合計	0	634	1,662	1,729	1,729	1,729	1,729	1,729	1,729	1,729	1,729	1,729	1,729	1,729	1,729
	・年平均被害軽減期待額	0	634	1,662	1,662	1,662	1,662	1,662	1,662	1,662	1,662	1,662	1,662	1,662	1,662	1,662
AI精度	空振り率	—	75.9%	65.4%	55.0%	55.0%	55.0%	55.0%	55.0%	55.0%	55.0%	55.0%	55.0%	55.0%	55.0%	55.0%
	見逃し率	—	41.7%	25.0%	25.0%	25.0%	25.0%	25.0%	25.0%	25.0%	25.0%	25.0%	25.0%	25.0%	25.0%	25.0%

表2-6-13 氷上中央浄化センター費用便益分析（ケース2）

ケース2 費用・便益推移		社会的割引率： 4%														[金額単位：千円]		B/C = 1.53	
年数		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15			
割引率		1.000	0.962	0.925	0.889	0.855	0.822	0.790	0.760	0.731	0.703	0.676	0.650	0.625	0.601	0.577			
累積	現在価値費用累積	4,380	5,005	5,606	6,184	6,740	7,274	7,788	8,282	8,757	9,214	9,653	10,076	10,482	10,873	11,248			
	現在価値便益累積	0	610	2,147	3,684	5,162	6,583	7,949	9,263	10,527	11,743	12,912	14,036	15,117	16,156	17,154			
費用	現在価値	4,380	625	601	578	556	534	514	494	475	457	439	423	406	391	375			
	費用合計	4,380	650	650	650	650	650	650	650	650	650	650	650	650	650	650			
	・ 機器費	3,430																	
	・ 据付費	500																	
	・ 維持費	450	450	450	450	450	450	450	450	450	450	450	450	450	450	450			
	・ AI再構築費		200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200			
便益	現在価値	0	610	1,537	1,537	1,478	1,421	1,366	1,314	1,264	1,216	1,169	1,124	1,081	1,039	998			
	便益合計	0	634	1,662	1,729	1,729	1,729	1,729	1,729	1,729	1,729	1,729	1,729	1,729	1,729	1,729			
	・ 人件費削減	0	0	0	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67			
	・ 年平均被害軽減期待額	0	634	1,662	1,662	1,662	1,662	1,662	1,662	1,662	1,662	1,662	1,662	1,662	1,662	1,662			
AI精度	空振り率	—	75.9%	65.4%	55.0%	55.0%	55.0%	55.0%	55.0%	55.0%	55.0%	55.0%	55.0%	55.0%	55.0%	55.0%			
	見逃し率	—	41.7%	25.0%	25.0%	25.0%	25.0%	25.0%	25.0%	25.0%	25.0%	25.0%	25.0%	25.0%	25.0%	25.0%			

表2-6-14 氷上中央浄化センター費用便益分析（ケース3）

ケース3 費用・便益推移		社会的割引率： 4%														[金額単位：千円]		B/C = 1.50	
年数		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15			
累積	割引率	1.000	0.962	0.925	0.889	0.855	0.822	0.790	0.760	0.731	0.703	0.676	0.650	0.625	0.601	0.577			
	現在価値費用累積	803	1,768	2,696	3,588	4,446	5,270	6,062	6,824	7,557	8,262	8,940	9,592	10,219	10,822	11,401			
	現在価値便益累積	0	610	2,147	3,684	5,162	6,583	7,949	9,263	10,527	11,743	12,912	14,036	15,117	16,156	17,154			
	現在価値	803	965	928	892	858	824	792	762	733	705	678	652	627	603	579			
費用	費用合計	803	1,003	1,003	1,003	1,003	1,003	1,003	1,003	1,003	1,003	1,003	1,003	1,003	1,003	1,003			
	・機器費	353	353	353	353	353	353	353	353	353	353	353	353	353	353	353			
	・据付費																		
	・維持費	450	450	450	450	450	450	450	450	450	450	450	450	450	450	450			
	・AI再構築費		200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200			
	現在価値	0	610	1,537	1,537	1,478	1,421	1,366	1,314	1,264	1,216	1,169	1,124	1,081	1,039	998			
便益	便益合計	0	634	1,662	1,729	1,729	1,729	1,729	1,729	1,729	1,729	1,729	1,729	1,729	1,729	1,729			
	・人件費削減	0	0	0	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67			
	・年平均被害軽減期待額	0	634	1,662	1,662	1,662	1,662	1,662	1,662	1,662	1,662	1,662	1,662	1,662	1,662	1,662			
AI精度	空振り率	—	75.9%	65.4%	55.0%	55.0%	55.0%	55.0%	55.0%	55.0%	55.0%	55.0%	55.0%	55.0%	55.0%	55.0%			
	見逃し率	—	41.7%	25.0%	25.0%	25.0%	25.0%	25.0%	25.0%	25.0%	25.0%	25.0%	25.0%	25.0%	25.0%	25.0%			

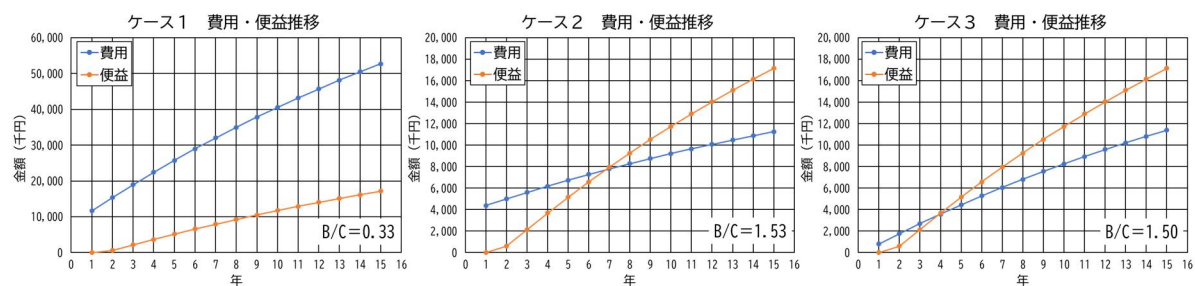


図2-6-9 氷上中央浄化センター費用便益の推移

6.3.2 氷上東浄化センター（閾値超イベント2回/年）

(1) 浸入率

氷上東浄化センターでは日当たりの流入水量データを記録している。晴天時流入水量として日当たりの平均流入水量(2019年5月1日～2019年10月31日における晴天時の平均)を求め、流入水量と晴天時流入水量の差を雨天時浸入水量として算出した。流入状況の一部を表2-6-15に、日当たりの流入水量と降水量のグラフを図2-6-10に示す。

表2-6-15 氷上東浄化センター 流入水量及び雨天時浸入水量

日 付	曜日	流入水量	降水量	晴天時流入水量	雨天時浸入水量
		m ³ /日	mm	m ³ /日	m ³ /日
2019/6/1	土	1,779	0	1,872	-93
2019/6/2	日	1,723	0	1,849	-126
2019/6/3	月	1,841	0	1,855	-14
2019/6/4	火	1,819	0	1,855	-36
2019/6/5	水	1,861	0	1,855	6
2019/6/6	木	1,880	0	1,855	25
2019/6/7	金	2,067	31	1,855	212
2019/6/8	土	1,724	2	1,872	-148
2019/6/9	日	1,765	0	1,849	-84
2019/6/10	月	1,763	0	1,855	-92
2019/6/11	火	1,798	0	1,855	-57
2019/6/12	水	1,792	0	1,855	-63
2019/6/13	木	1,840	0	1,855	-15
2019/6/14	金	1,804	0	1,855	-51
2019/6/15	土	1,958	42	1,872	86
2019/6/16	日	1,915	1	1,849	66
2019/6/17	月	1,877	0	1,855	22
2019/6/18	火	1,798	0	1,855	-57
2019/6/19	水	1,707	0	1,855	-148
2019/6/20	木	1,787	0	1,855	-68
2019/6/21	金	1,748	5	1,855	-107
2019/6/22	土	1,677	0	1,872	-195
2019/6/23	日	1,711	0	1,849	-138
2019/6/24	月	1,795	0	1,855	-60
2019/6/25	火	1,843	0	1,855	-12
2019/6/26	水	1,929	0	1,855	74
2019/6/27	木	1,839	41	1,855	-16
2019/6/28	金	1,792	0	1,855	-63
2019/6/29	土	1,705	8	1,872	-167
2019/6/30	日	2,041	47	1,849	192

2019年5月～10月 永上東浄化センター実績

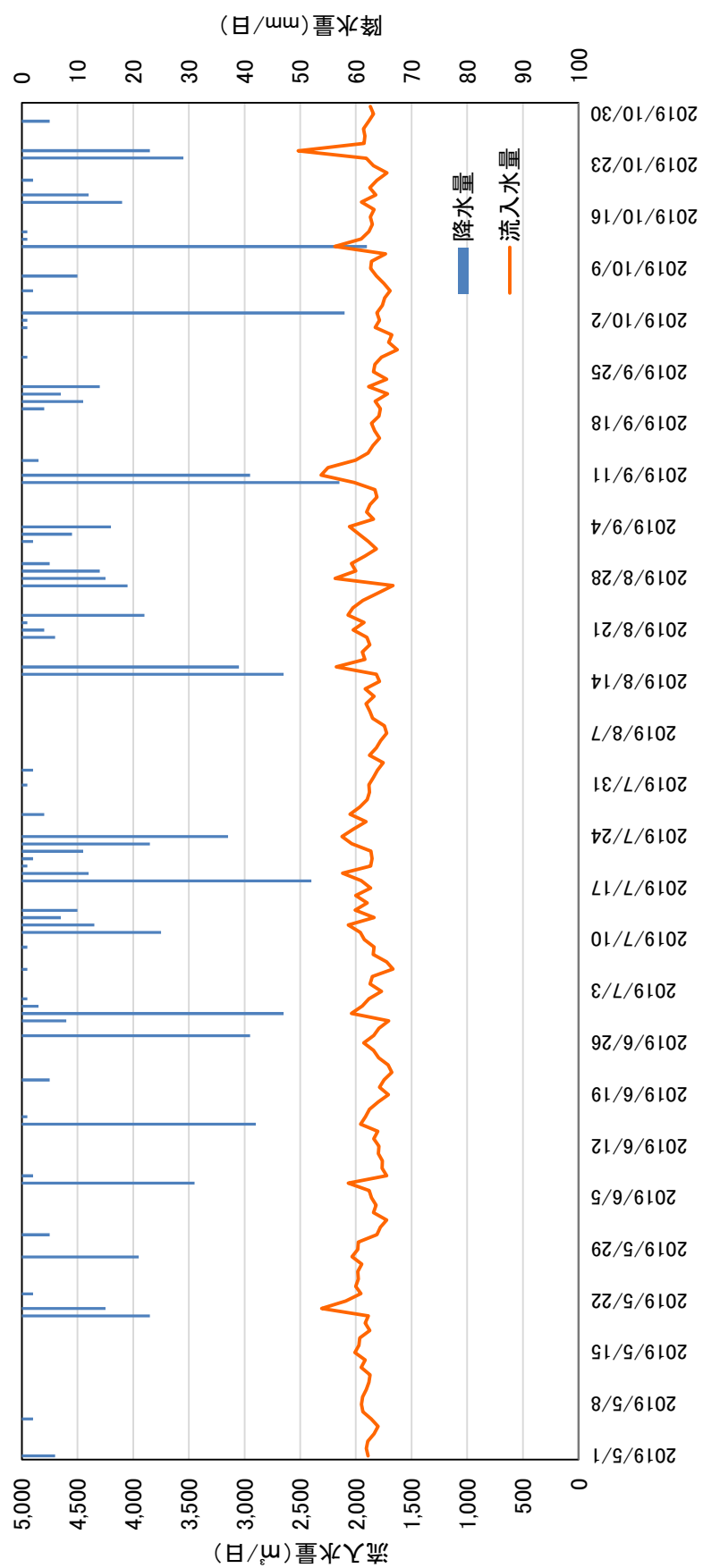


図2-6-10 日当たりの流入水量と降水量

次に降雨単位毎に雨天時流入水量と降水量の最大値をそれぞれ抽出する。抽出した雨天時浸入水量を氷上東浄化センターの流域面積である287haにて除した数値を降水量のうち雨天時浸入水として管きよに流入した分として、雨水流入高とした。表2-6-16に抽出結果を示す。図2-6-11に浸入率算定図を示す。

表2-6-16 降雨単位毎の降水量及び雨天時浸入水量の最大値と雨水流入高

日 付	曜 日	降水量最大値 (氷上観測所)	雨天時浸入 水量最大値	雨水流入高
		mm/日	m ³ /日	mm/日
2019/6/7	金	32	212	0.0740
2019/7/18	木	33	270	0.0942
2019/8/15	木	41	320	0.1116
2019/8/20	火	35	215	0.0750
2019/9/10	火	63	456	0.1590
2019/9/20	金	10	37	0.0130
2019/10/12	土	48	318	0.1109
2019/10/18	金	15	95	0.0332

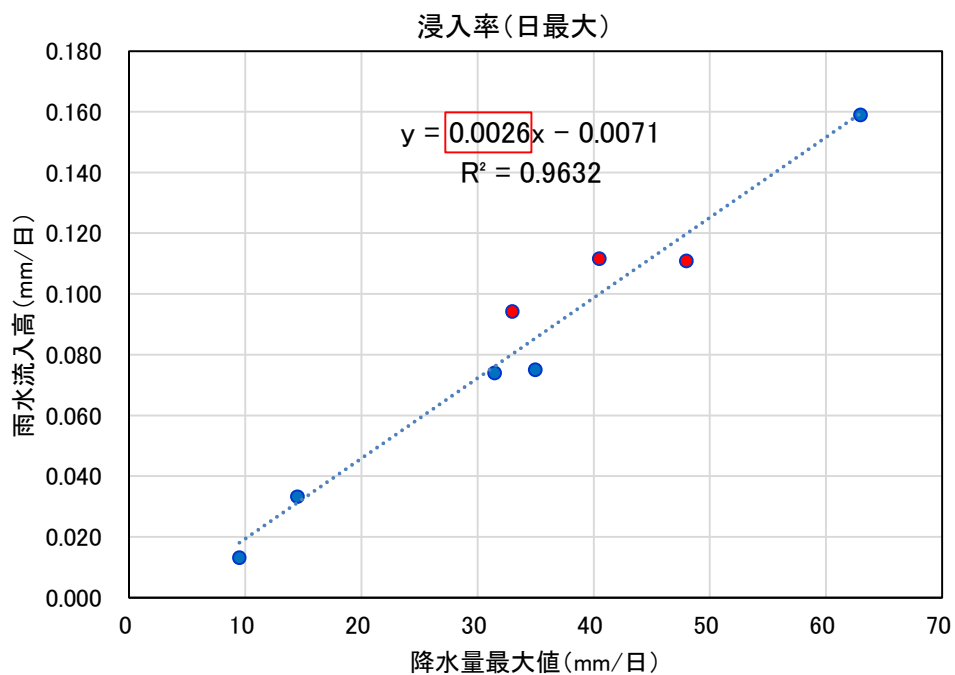


図2-6-11 浸入率算定図（氷上東浄化センター）

(2) 到達水位

氷上東浄化センターにおける浸水順を図2-6-12に、各エリアの容量を表2-6-17に示す。

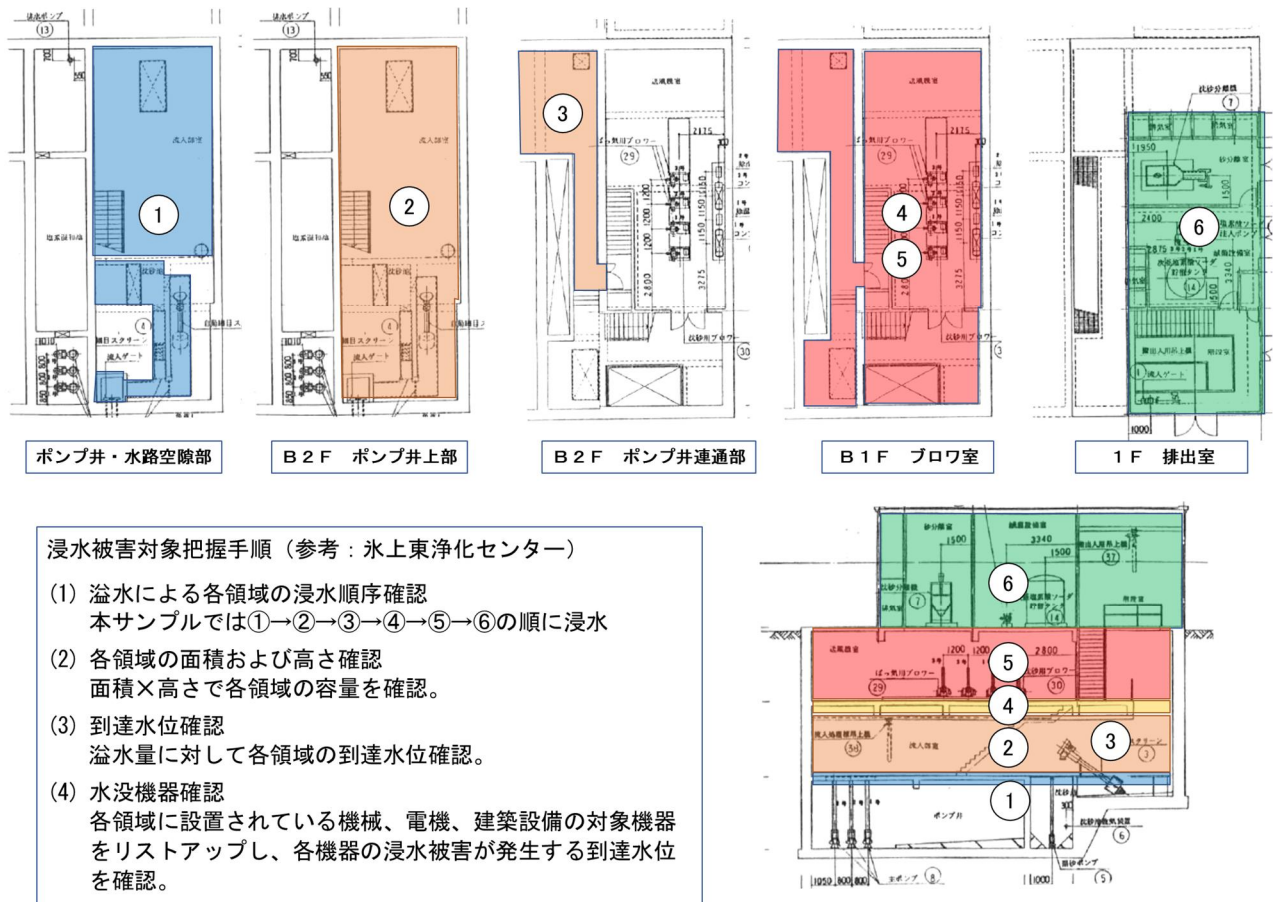


図2-6-12 氷上東浄化センター 浸水順

表2-6-17 各エリアの容量

浸水順	エリア名	面積[m ²]	高さ[m]	容量[m ³]	累積[m ³]
①	ポンプ井・水路空隙部	58	1	58	58
②	B 2 F ポンプ井上部	99	2.8	277	335
③	B 2 F ポンプ井通路部	143	2.8	400	735
④	B 2 F 上部	242	0.8	194	929
⑤	B 1 F ブロワ室	242	3.6	871	1,800
⑥	1 F 排出室	93	3.2	298	2,098

本表より、溢水量58m³までは①のエリア、58～335m³では②のエリア、335～735m³では③のエリア、929～1,800m³では⑤のエリア、1,800m³より多い場合は⑥のエリアまで到達することを示し、それぞれのエリア面積から到達水位を算出する。なお、②、③は高さ2.8m部で連通しているため③が満水ののち④の領域が浸水する。

(3) 費用便益分析

氷上東浄化センターの費用便益分析を実施した。6.1.8節で示した算定方法により算出した被害軽減期待額を表2-6-18に示す。見逃し率は氷上中央浄化センターの値を使用した。

表2-6-18 氷上東浄化センター被害軽減期待額

確率年		年	2	3	5	7	10	20	30	備 考	
降雨強度式 $I=a/(t+b)$	a		3388.3	3965.7	4589.8	4989.3	5393.6	6166.4	6592.9		
	b		24.4	25.9	26.9	27.5	28	28.7	28.8		
	t 降雨継続時間	分	60	60	60	60	60	60	60		
	I 降雨強度	mm/h	40	46	53	57	61	70	74		
浸入水量		m³/h	298	343	395	425	455	522	552	計画処理面積	287 ha 浸入率 0.26%
流入量		m³/h	388	433	485	515	545	612	642	晴天時日平均処理量	90 m³/hを浸入水量に加算
警報なし	流入量	m³	103	147	199	229	259	326	356	通常運転時の溢水量	
	浸水レベル	m	0.45	0.90	1.43	1.73	2.04	2.72	2.8+0.15		
警報あり	管内貯留	m³	100	100	100	100	100	100	100	流入ゲートによる流出抑制	
	非常運転時溢水量	m³	-108	-63	-11	19	49	116	146	60分間の流入水量、非常用ポンプ運転	
	浸水レベル	m	0	0	0	0	0	0.59	0.89		

降雨規模	年平均超過確率 N_m	被害額										被害軽減額 D_m	区間確率 $N_{m-1}-N_m$	区間平均被害額 ($D_{m-1}+D_m$)/2	年平均被害額	年平均被害額の累計値 =年平均被害軽減期待額
		警報なし					警報あり									
確率年	—	浸水レベル m	機械設備 百万円	電気設備 百万円	その他工事 百万円	合計 百万円	浸水レベル m	機械設備 百万円	電気設備 百万円	その他工事 百万円	合計 百万円	百万円	—	百万円	百万円	百万円
2	0.5000	0.45	0.0	0.0	0.1	0.1	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	—	—	—	—
3	0.3333	0.90	0.0	0.0	0.1	0.1	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1667	0.027	0.005	0.005
5	0.2000	1.43	8.8	1.0	2.0	11.8	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1333	1.607	0.214	0.219
7	0.1429	1.73	8.8	1.0	2.0	11.8	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0571	3.186	0.182	0.401
10	0.1000	2.04	8.8	1.0	2.0	11.8	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0429	3.186	0.137	0.537
20	0.0500	2.72	8.8	1.0	2.0	11.8	0.59	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0500	3.186	0.159	0.697
30	0.0333	2.8+0.15	32.0	2.0	5.0	39.0	0.89	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0167	6.858	0.114	0.811

表2-6-4に示す各ケースに対する費用便益分析結果を表2-6-19～表2-6-21、費用便益の推移を図2-6-13に示す。見逃し率、空振り率は氷上中央浄化センターの数値を利用しているため、参考としての結果となる。

閾値超イベント数が2回/年であるため初期学習データの収集期間及び再構築データの収集期間が変わり便益に影響が出た。これにより何れのケースも現在価値便益累積が現在価値費用累積を上回ることとはなく、閾値超イベント発生数が少ない場合は導入効果が見込めない可能性があることを確認した。

表2-6-19 氷上東浄化センター費用便益分析（ケース1、参考）

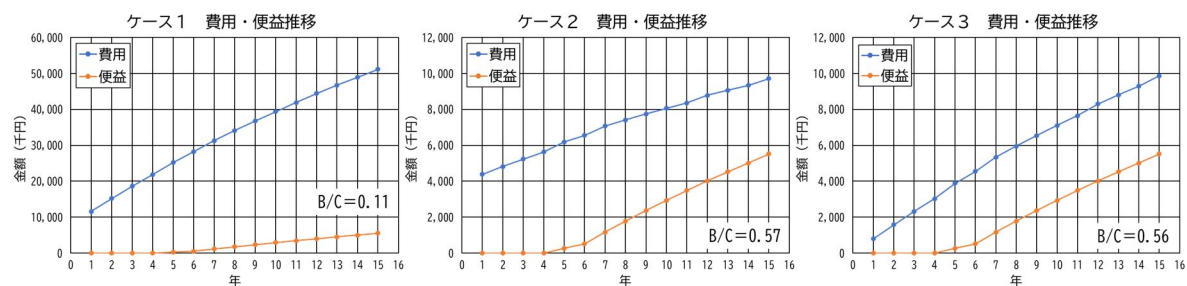
ケース1 費用・便益推移		社会的割引率：4% [金額単位：千円] B/C= 0.11														
年数		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
累 積	割引率	1.000	0.962	0.925	0.889	0.855	0.822	0.790	0.760	0.731	0.703	0.676	0.650	0.625	0.601	0.577
	現在価値費用累積	11,620	15,170	18,583	21,863	25,189	28,222	31,295	34,099	36,796	39,390	41,884	44,413	46,719	48,937	51,182
費 用	現在価値便益累積	0	0	0	0	264	518	1,159	1,775	2,368	2,938	3,486	4,013	4,520	5,007	5,514
	現在価値	11,620	3,550	3,413	3,280	3,326	3,033	3,073	2,804	2,697	2,594	2,494	2,529	2,306	2,218	2,245
	費用合計	11,620	3,690	3,690	3,690	3,890	3,690	3,890	3,690	3,690	3,690	3,690	3,890	3,690	3,690	3,890
	・機器費	7,430														
	・据付費	500														
	・維持費	3,690	3,690	3,690	3,690	3,690	3,690	3,690	3,690	3,690	3,690	3,690	3,690	3,690	3,690	3,690
	・AI再構築費					200		200					200			200
便 益	現在価値	0	0	0	0	264	254	641	616	593	570	548	527	507	487	507
	便益合計	0	0	0	0	309	309	811	811	811	811	811	811	811	811	878
	・人件費削減	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	67
	・年平均被害軽減期待額	0	0	0	0	309	309	811	811	811	811	811	811	811	811	811
AI 精度	空振り率	—	—	—	—	75.9%	75.9%	66.7%	66.7%	66.7%	66.7%	66.7%	65.4%	65.4%	65.4%	55.0%
	見逃し率	—	—	—	—	41.7%	41.7%	25.0%	25.0%	25.0%	25.0%	25.0%	25.0%	25.0%	25.0%	25.0%

表2-6-20 氷上東浄化センター費用便益分析（ケース2、参考）

ケース2 費用・便益推移		社会的割引率： 4% [金額単位：千円] B/C= 0.57														
年数		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
割引率		1.000	0.962	0.925	0.889	0.855	0.822	0.790	0.760	0.731	0.703	0.676	0.650	0.625	0.601	0.577
累積	現在価値費用累積	4,380	4,813	5,229	5,629	6,185	6,555	7,069	7,411	7,740	8,056	8,360	8,783	9,064	9,334	9,709
	現在価値便益累積	0	0	0	0	264	518	1,159	1,775	2,368	2,938	3,486	4,013	4,520	5,007	5,514
費用	現在価値	4,380	433	416	400	556	370	514	342	329	316	304	423	281	270	375
	費用合計	4,380	450	450	450	650	450	650	450	450	450	450	650	450	450	650
	・ 機器費	3,430														
	・ 据付費	500														
	・ 維持費	450	450	450	450	450	450	450	450	450	450	450	450	450	450	450
	・ AI再構築費					200		200					200			200
便益	現在価値	0	0	0	0	264	254	641	616	593	570	548	527	507	487	507
	便益合計	0	0	0	0	309	309	811	811	811	811	811	811	811	811	878
	・ 人件費削減	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	67
	・ 年平均被害軽減期待額	0	0	0	0	309	309	811	811	811	811	811	811	811	811	811
AI精度	空振り率	—	—	—	—	75.9%	75.9%	66.7%	66.7%	66.7%	66.7%	66.7%	65.4%	65.4%	65.4%	55.0%
	見逃し率	—	—	—	—	41.7%	41.7%	25.0%	25.0%	25.0%	25.0%	25.0%	25.0%	25.0%	25.0%	25.0%

表2-6-21 氷上東浄化センター費用便益分析（ケース3、参考）

ケース3 費用・便益推移		社会的割引率： 4% [金額単位：千円] B/C= 0.56														
年数		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
割引率		1.000	0.962	0.925	0.889	0.855	0.822	0.790	0.760	0.731	0.703	0.676	0.650	0.625	0.601	0.577
累積	現在価値費用累積	803	1,575	2,318	3,032	3,890	4,550	5,342	5,952	6,539	7,104	7,647	8,299	8,801	9,284	9,863
	現在価値便益累積	0	0	0	0	264	518	1,159	1,775	2,368	2,938	3,486	4,013	4,520	5,007	5,514
費用	現在価値	803	772	743	714	858	660	792	610	587	565	543	652	502	483	579
	費用合計	803	803	803	803	1,003	803	1,003	803	803	803	803	1,003	803	803	1,003
	・機器費	353	353	353	353	353	353	353	353	353	353	353	353	353	353	353
	・据付費															
	・維持費	450	450	450	450	450	450	450	450	450	450	450	450	450	450	450
	・AI再構築費					200		200					200			200
	現在価値	0	0	0	0	264	254	641	616	593	570	548	527	507	487	507
便益	便益合計	0	0	0	0	309	309	811	811	811	811	811	811	811	811	878
	・人件費削減	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	67
	・年平均被害軽減期待額	0	0	0	0	309	309	811	811	811	811	811	811	811	811	811
AI精度	空振り率	—	—	—	—	75.9%	75.9%	66.7%	66.7%	66.7%	66.7%	66.7%	65.4%	65.4%	65.4%	55.0%
	見逃し率	—	—	—	—	41.7%	41.7%	25.0%	25.0%	25.0%	25.0%	25.0%	25.0%	25.0%	25.0%	25.0%



6.3.3 氷上南浄化センター（閾値超イベント1回/年）

(1) 浸入率

氷上南浄化センターでは日当たりの流入水量データを記録している。晴天時流入水量として日当たりの平均流入水量(2019年5月1日～2019年10月31日における晴天時の平均)を求め、流入水量と晴天時流入水量の差を雨天時浸入水量として算出した。流入状況の一部を表2-6-22に、日当たりの流入水量と降水量のグラフを図2-6-14に示す。

表2-6-22 氷上南浄化センター 流入水量及び雨天時浸入水量

日付	曜日	流入水量	降水量	晴天時流入水量	雨天時浸入水量
		m ³ /日	mm	m ³ /日	m ³ /日
2019/6/1	土	526	0	559	-33
2019/6/2	日	505	0	545	-40
2019/6/3	月	501	0	533	-32
2019/6/4	火	513	0	533	-20
2019/6/5	水	526	0	533	-7
2019/6/6	木	525	0	533	-8
2019/6/7	金	588	31	533	55
2019/6/8	土	518	2	559	-41
2019/6/9	日	529	0	545	-16
2019/6/10	月	513	0	533	-20
2019/6/11	火	522	0	533	-11
2019/6/12	水	499	0	533	-34
2019/6/13	木	520	0	533	-13
2019/6/14	金	519	0	533	-14
2019/6/15	土	601	42	559	42
2019/6/16	日	550	1	545	5
2019/6/17	月	552	0	533	19
2019/6/18	火	547	0	533	14
2019/6/19	水	555	0	533	22
2019/6/20	木	536	0	533	3
2019/6/21	金	514	5	533	-19
2019/6/22	土	518	0	559	-41
2019/6/23	日	522	0	545	-23
2019/6/24	月	537	0	533	4
2019/6/25	火	528	0	533	-5
2019/6/26	水	535	0	533	2
2019/6/27	木	572	41	533	39
2019/6/28	金	531	0	533	-2
2019/6/29	土	528	8	559	-31
2019/6/30	日	636	47	545	91

2019年5月～10月 永上南浄化センター実績

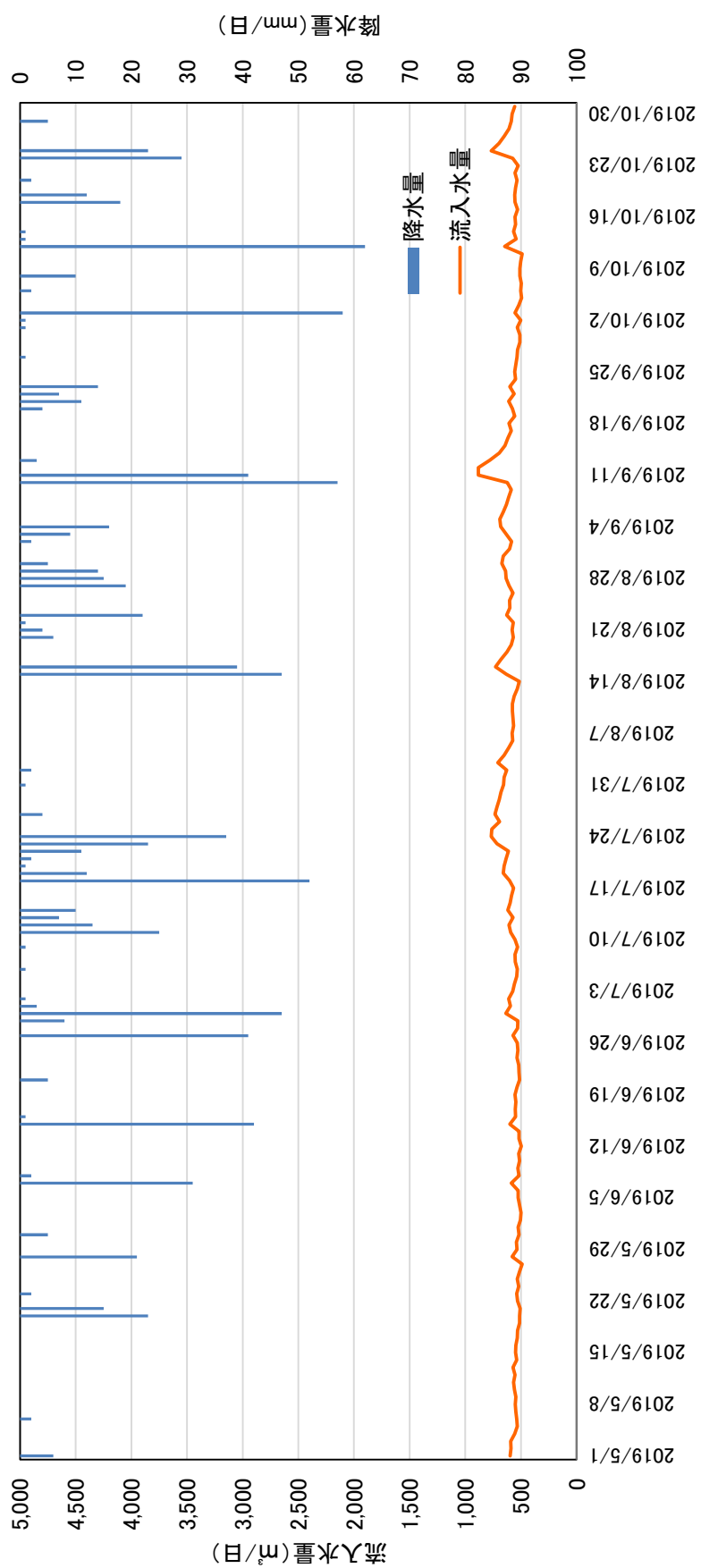


図2-6-14 日当たりの流入水量と降水量

次に降雨単位毎に雨天時流入水量と降水量の最大値をそれぞれ抽出する。抽出した雨天時浸入水量を氷上南浄化センターの流域面積である176haにて除した数値を降水量のうち雨天時浸入水として管きょに流入した分として、雨水流入高とした。表2-6-23に抽出結果を示す。図2-6-15に浸入率算定図を示す。

表2-6-23 降雨単位毎の降水量及び雨天時浸入水量の最大値と雨水流入高

日付	曜日	降水量最大値 (氷上観測所)	雨天時浸入 水量最大値	雨水流入高
		mm/日	m ³ /日	mm/日
2019/6/7	金	31	55	0.031
2019/6/15	土	42	42	0.024
2019/6/29	土	47	91	0.052
2019/7/11	木	25	75	0.043
2019/7/18	木	52	235	0.134
2019/8/15	木	47	195	0.111
2019/8/20	火	22	97	0.055
2019/8/27	火	19	140	0.080
2019/9/20	金	14	56	0.032
2019/10/18	金	18	21	0.012

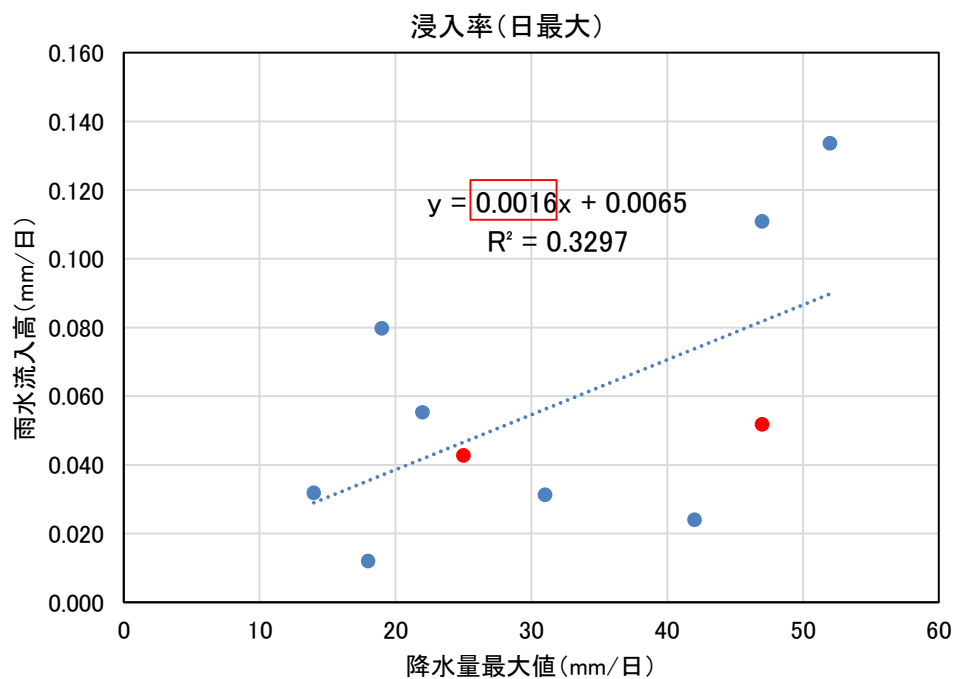


図2-6-15 浸入率算定図 (氷上南浄化センター)

(2) 到達水位

氷上南浄化センターにおける浸水順を図2-6-16に、各エリアの容量を表2-6-24に示す。

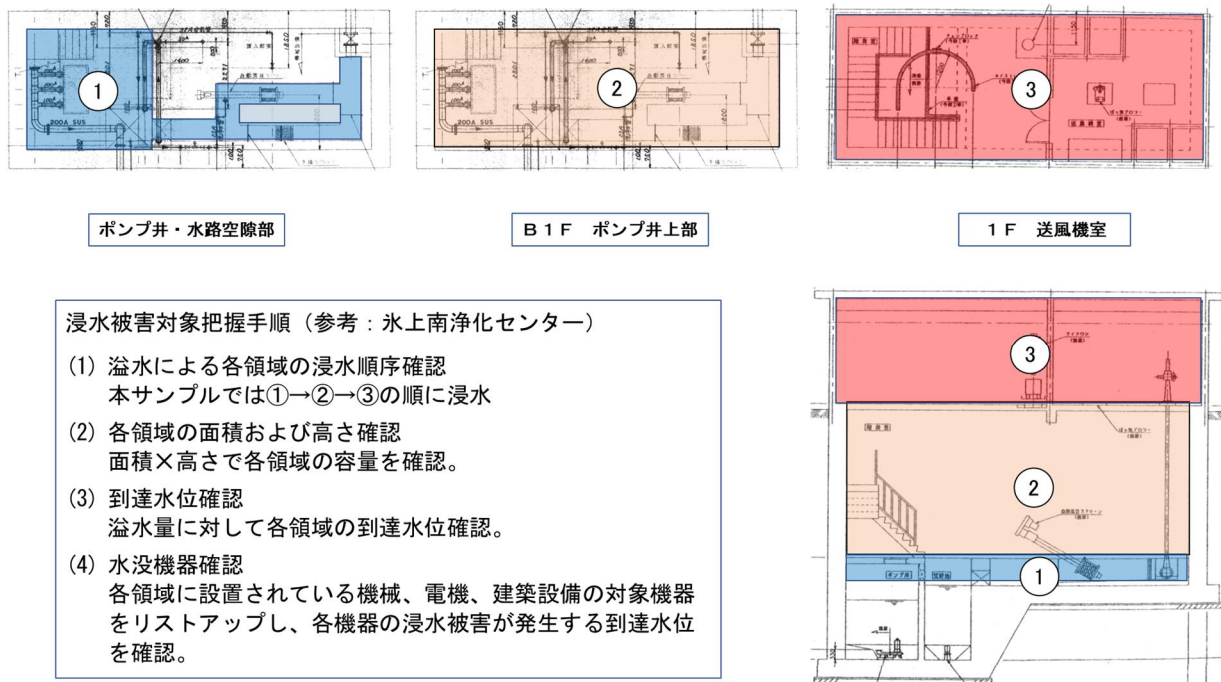


図2-6-16 氷上南浄化センター 浸水順

表2-6-24 各エリアの容量

浸水順	エリア名	面積[m ²]	高さ[m]	容量[m ³]	累積[m ³]
①	ポンプ井・水路空隙部	25	0.7	18	18
②	B 1 F 流入部室	44	5.15	227	245
③	1 F 送風機室	55	3.0	165	410

本表より、溢水量18m³までは①のエリア、18～245m³では②のエリア、245～410m³では③のエリアまで到達することを示し、それぞれのエリア面積から到達水位を算出する。

(3) 費用便益分析

氷上南浄化センターの費用便益分析を実施した。6.1.8節で示した算定方法により算出した被害軽減期待額を表2-6-25に示す。見逃し率は氷上中央浄化センターの値を使用した。

表2-6-25 氷上南浄化センター被害軽減期待額

確率年		年	2	3	5	7	10	20	30	備 考	
降雨強度式 $I=a/(t+b)$	a		3388.3	3965.7	4589.8	4989.3	5393.6	6166.4	6592.9		
	b		24.4	25.9	26.9	27.5	28	28.7	28.8		
	t 降雨継続時間	分	60	60	60	60	60	60	60		
	I 降雨強度	mm/h	40	46	53	57	61	70	74		
	浸入水量	m³/h	113	130	149	161	172	197	208	計画処理面積 176 ha 浸入率 0.16%	
流入量		m³/h	139	156	175	187	198	223	234	晴天時日平均処理量 25.9 m³/hを浸入水量に加算	
警報なし	流入量	m³	36	52	71	83	94	119	130	通常運転時の溢水量	
	浸水レベル	m	0.41	0.78	1.21	1.48	1.73	2.30	2.55		
警報あり	管内貯留	m³	20	20	20	20	20	20	20	流入ゲートによる流出抑制	
	非常運転時溢水量	m³	-25	-8	11	23	34	59	70	60分間の流入水量、非常用ポンプ運転	
	浸水レベル	m	0.00	0.00	0.00	0.12	0.37	0.94	1.19		

降雨 規模	年平均 超過確率 N_m	被害額										被害 軽減額 D_m	区間確率 $N_{m-1}-N_m$	区間平均 被害額 ($D_{m-1}+D_m$)/2	年平均 被害額	年平均被害額の 累計値 =年平均被害軽減 期待額
		警報なし					警報あり									
		浸水 レベル	機械設備	電気設備	その他 工事	合計	浸水 レベル	機械設備	電気設備	その他 工事	合計					
確率年	—	m	百万円	百万円	百万円	百万円	m	百万円	百万円	百万円	百万円	百万円	—	百万円	百万円	百万円
2	0.5000	0.41	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	—	—	—	—
3	0.3333	0.78	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1667	0.027	0.005	0.005
5	0.2000	1.21	5.2	3.0	5.0	13.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.6	0.1333	1.796	0.239	0.244
7	0.1429	1.48	5.2	3.0	5.0	13.2	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1	3.5	0.0571	3.551	0.203	0.447
10	0.1000	1.73	5.2	3.0	5.0	13.2	0.4	0.0	0.0	0.1	0.1	3.5	0.0429	3.537	0.152	0.598
20	0.0500	2.30	5.2	3.0	5.0	13.2	0.9	0.0	0.0	0.1	0.1	3.5	0.0500	3.537	0.177	0.775
30	0.0333	2.55	5.2	3.0	5.0	13.2	1.2	5.2	3.0	5.0	13.2	0.0	0.0167	1.769	0.029	0.805

表2-6-4に示す各ケースに対する費用便益分析結果を表2-6-26～表2-6-28、費用便益の推移を図2-6-17に示す。閾見逃し率、空振り率は氷上中央浄化センターの数値を利用して、参考としての結果となる。

閾値超イベント数が1回/年で氷上東浄化センターより更に少なくなったため、初期学習データの収集期間及び再構築データの収集期間が変わり便益に大きく影響が出た。これにより、何れのケースも現在価値便益累積が現在価値費用累積を上回ることとはなく、閾値超イベント発生数が少ない場合は導入効果が見込めない可能性があることを確認した。

表2-6-26 氷上南浄化センター費用便益分析（ケース1、参考）

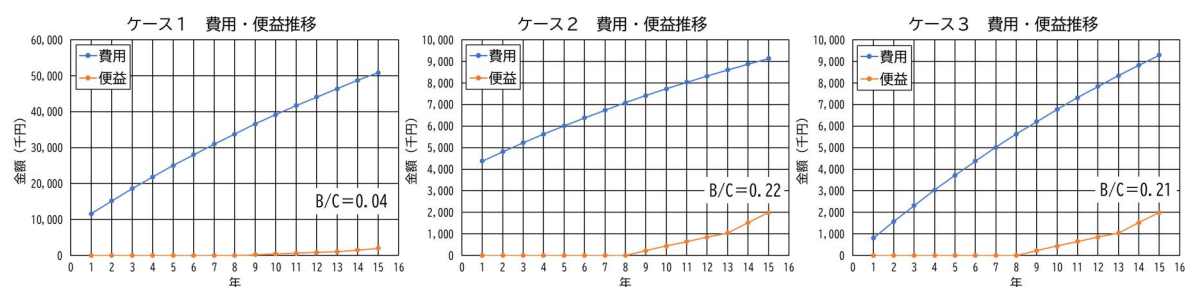
ケース1 費用・便益推移		社会的割引率：4% [金額単位：千円] B/C= 0.04														
年数		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
累 積	割引率	1.000	0.962	0.925	0.889	0.855	0.822	0.790	0.760	0.731	0.703	0.676	0.650	0.625	0.601	0.577
	現在価値費用累積	11,620	15,170	18,583	21,863	25,018	28,051	30,966	33,770	36,614	39,208	41,702	44,101	46,407	48,745	50,874
費 用	現在価値便益累積	0	0	0	0	0	0	0	0	224	440	648	848	1,040	1,524	1,988
	現在価値	11,620	3,550	3,413	3,280	3,155	3,033	2,915	2,804	2,844	2,594	2,494	2,399	2,306	2,338	2,129
費 用	費用合計	11,620	3,690	3,690	3,690	3,690	3,690	3,690	3,690	3,890	3,690	3,690	3,690	3,690	3,890	3,690
	・機器費	7,430														
	・据付費	500														
	・維持費	3,690	3,690	3,690	3,690	3,690	3,690	3,690	3,690	3,690	3,690	3,690	3,690	3,690	3,690	3,690
	・AI再構築費									200					200	
便 益	現在価値	0	0	0	0	0	0	0	0	224	216	208	200	192	484	464
	便益合計	0	0	0	0	0	0	0	0	307	307	307	307	307	805	805
	・人件費削減	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	・年平均被害軽減期待額	0	0	0	0	0	0	0	0	307	307	307	307	307	805	805
AI 精度	空振り率	—	—	—	—	—	—	—	—	75.9%	75.9%	75.9%	75.9%	75.9%	66.7%	66.7%
	見逃し率	—	—	—	—	—	—	—	—	41.7%	41.7%	41.7%	41.7%	41.7%	25.0%	25.0%

表2-6-27 氷上南浄化センター費用便益分析（ケース2、参考）

ケース2 費用・便益推移		社会的割引率： 4% [金額単位：千円] B/C = 0.22														
年数		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
割引率		1.000	0.962	0.925	0.889	0.855	0.822	0.790	0.760	0.731	0.703	0.676	0.650	0.625	0.601	0.577
累積	現在価値費用累積	4,380	4,813	5,229	5,629	6,014	6,384	6,740	7,082	7,411	7,727	8,031	8,324	8,605	8,875	9,135
	現在価値便益累積	0	0	0	0	0	0	0	0	224	440	648	848	1,040	1,524	1,988
費用	現在価値	4,380	433	416	400	385	370	356	342	329	316	304	293	281	270	260
	費用合計	4,380	450	450	450	450	450	450	450	450	450	450	450	450	450	450
	・ 機器費	3,430														
	・ 据付費	500														
	・ 維持費	450	450	450	450	450	450	450	450	450	450	450	450	450	450	450
	・ AI再構築費		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
便益	現在価値	0	0	0	0	0	0	0	0	224	216	208	200	192	484	464
	便益合計	0	0	0	0	0	0	0	0	307	307	307	307	307	805	805
	・ 人件費削減	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	・ 年平均被害軽減期待額	0	0	0	0	0	0	0	0	307	307	307	307	307	805	805
AI精度	空振り率	—	—	—	—	—	—	—	—	75.9%	75.9%	75.9%	75.9%	75.9%	66.7%	66.7%
	見逃し率	—	—	—	—	—	—	—	—	41.7%	41.7%	41.7%	41.7%	41.7%	25.0%	25.0%

表2-6-28 氷上南浄化センター費用便益分析（ケース3、参考）

ケース3 費用・便益推移		社会的割引率： 4%										[金額単位： 千円]			B/C = 0.21	
年数		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
割引率		1.000	0.962	0.925	0.889	0.855	0.822	0.790	0.760	0.731	0.703	0.676	0.650	0.625	0.601	0.577
累積	現在価値費用累積	803	1,575	2,318	3,032	3,719	4,379	5,013	5,623	6,210	6,775	7,318	7,840	8,342	8,825	9,288
	現在価値便益累積	0	0	0	0	0	0	0	0	224	440	648	848	1,040	1,524	1,988
費用	現在価値	803	772	743	714	687	660	634	610	587	565	543	522	502	483	463
	費用合計	803	803	803	803	803	803	803	803	803	803	803	803	803	803	803
	・機器費	353	353	353	353	353	353	353	353	353	353	353	353	353	353	353
	・据付費															
	・維持費	450	450	450	450	450	450	450	450	450	450	450	450	450	450	450
	・AI再構築費		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	現在価値	0	0	0	0	0	0	0	0	224	216	208	200	192	484	464
便益	便益合計	0	0	0	0	0	0	0	0	307	307	307	307	307	805	805
	・人件費削減	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	・年平均被害軽減期待額	0	0	0	0	0	0	0	0	307	307	307	307	307	805	805
AI精度	空振り率	—	—	—	—	—	—	—	—	75.9%	75.9%	75.9%	75.9%	75.9%	66.7%	66.7%
	見逃し率	—	—	—	—	—	—	—	—	41.7%	41.7%	41.7%	41.7%	41.7%	25.0%	25.0%



6.3.4 費用便益分析結果まとめ

3 ケースについて、氷上中央、東、南浄化センターの費用便益分析を行った。まとめを表2-6-29に示す。

表2-6-29 費用便益分析結果まとめ（一部参考）

		ケース1	ケース2	ケース3
氷上中央	経費回収年	－ 年	7 年	7 年
	費用便益分析（B／C）	0.33	1.53	1.50
氷上東	経費回収年	－ 年	－ 年	－ 年
	費用便益分析（B／C）	0.11	0.57	0.56
氷上南	経費回収年	－ 年	－ 年	－ 年
	費用便益分析（B／C）	0.04	0.22	0.21

3 ケースの評価を以下に示す。

- ・ ケース1：氷上中央・東・南浄化センター全てで $B/C < 1$ となり、流入水量予測のため新規にクラウドを構築する場合は費用対効果が得られない。
- ・ ケース2：条件により $B/C > 1$ を確認。既設クラウドを利用した場合は条件により費用対効果を得られる。
- ・ ケース3：条件により $B/C > 1$ を確認。流入水量予測業者にてクラウドを運用する場合は条件により費用対効果を得られる。

6.4 ケース2の組み合わせによる費用便益分析

6.4.1 各浄化センターの費用便益分析

6.3節で示した各浄化センターのケース2に対する費用便益分析推移を図2-6-18に示す。

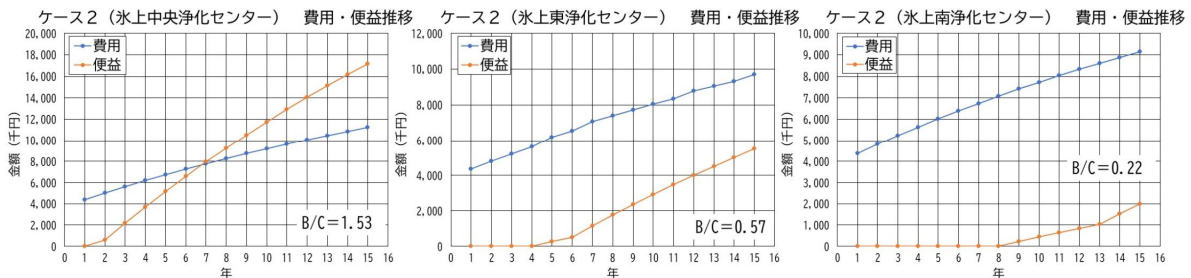


図2-6-18 各浄化センターのケース2に対する費用便益の推移

6.4.2 複数処理場の組み合わせによる費用便益分析

氷上中央浄化センター、氷上東浄化センター、氷上南浄化センターの中で表2-6-30に示す組み合わせで導入した3ケースの費用便益分析を実施した。各ケースの費用便益分析結果を表2-6-31、表2-6-32、表2-6-33にそれぞれ示す。各ケースの費用便益の推移を図2-6-19に示す。単独設置では導入効果が見込めなかった氷上東浄化センター、氷上南浄化センターは氷上中央浄化センターと一緒に設置することで、費用便益は大きく改善し、ケースBは累積費用損益費（B/C）が1を超えた。複数処理場を管理する場合は、組合せを考慮する必要があることを確認した。

表2-6-30 複数処理場の組み合わせケース

	氷上中央浄化センター	氷上東浄化センター	氷上南浄化センター
ケースA	○	○	○
ケースB	○	○	
ケースC	○		○

表2-6-31 複数処理場の組み合わせによる費用便益分析（ケースA）

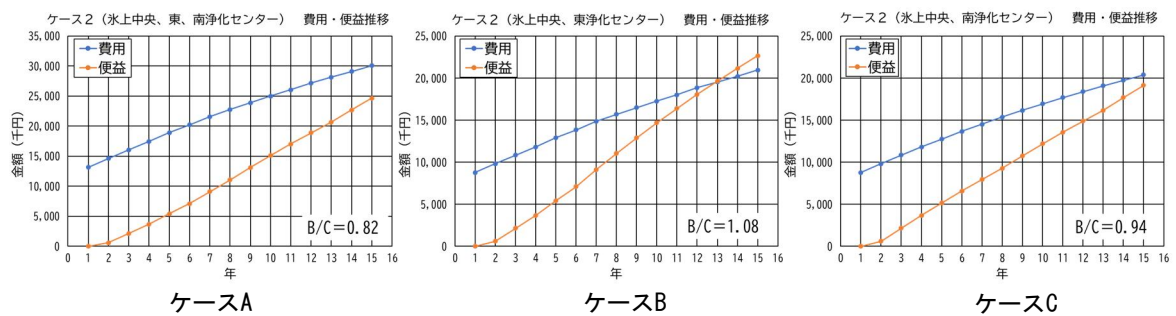
ケース2（氷上中央、東、南浄化センター）				費用・便益推移				社会的割引率： 4%				[金額単位：千円]				B/C＝ 0.82	
年数		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
割引率		1.000	0.962	0.925	0.889	0.855	0.822	0.790	0.760	0.731	0.703	0.676	0.650	0.625	0.601	0.577	
累積	現在価値費用累積	13,140	14,631	16,065	17,443	18,939	20,213	21,596	22,774	23,907	24,997	26,045	27,183	28,152	29,084	30,094	
	現在価値便益累積	0	610	2,147	3,684	5,427	7,102	9,109	11,040	13,121	15,123	17,048	18,899	20,679	22,689	24,658	
費用	現在価値	13,140	1,491	1,434	1,378	1,496	1,274	1,383	1,178	1,133	1,090	1,048	1,138	969	932	1,010	
	費用合計	13,140	1,550	1,550	1,550	1,750	1,550	1,750	1,550	1,550	1,550	1,550	1,750	1,550	1,550	1,750	
	・機器費	10,290															
	・据付費	1,500															
	・維持費	1,350	1,350	1,350	1,350	1,350	1,350	1,350	1,350	1,350	1,350	1,350	1,350	1,350	1,350	1,350	
	・AI再構築費		200	200	200	400	200	400	200	200	200	200	400	200	200	400	
便益	現在価値	0	610	1,537	1,537	1,743	1,675	2,007	1,931	2,081	2,002	1,925	1,851	1,780	2,010	1,969	
	便益合計	0	634	1,662	1,729	2,038	2,038	2,540	2,540	2,847	2,847	2,847	2,847	2,847	3,345	3,412	
	・人件費削減	0	0	0	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	134	
	・年平均被害軽減期待額	0	634	1,662	1,662	1,971	1,971	2,473	2,473	2,780	2,780	2,780	2,780	2,780	3,278	3,278	
AI精度	空振り率																
	見逃し率	各浄化センターの見逃し率、空振り率を参照															

表2-6-32 複数処理場の組み合わせによる費用便益分析（ケースB）

ケース2（氷上中央、東浄化センター）						費用・便益推移		社会的割引率： 4%						[金額単位：千円]				B/C = 1.08	
年数		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15			
割引率		1.000	0.962	0.925	0.889	0.855	0.822	0.790	0.760	0.731	0.703	0.676	0.650	0.625	0.601	0.577			
累積	現在価値費用累積	8,760	9,818	10,836	11,814	12,926	13,830	14,857	15,693	16,497	17,270	18,014	18,859	19,547	20,208	20,958			
	現在価値便益累積	0	610	2,147	3,684	5,427	7,102	9,109	11,040	12,897	14,683	16,400	18,051	19,639	21,166	22,670			
費用	現在価値	8,760	1,058	1,018	978	1,112	904	1,027	836	804	773	744	845	688	661	750			
	費用合計	8,760	1,100	1,100	1,100	1,300	1,100	1,300	1,100	1,100	1,100	1,100	1,300	1,100	1,100	1,300			
	・機器費	6,860																	
	・据付費	1,000																	
	・維持費	900	900	900	900	900	900	900	900	900	900	900	900	900	900	900			
	・AI再構築費		200	200	200	400	200	400	200	200	200	200	400	200	200	400			
便益	現在価値	0	610	1,537	1,537	1,743	1,675	2,007	1,931	1,857	1,786	1,717	1,651	1,588	1,527	1,504			
	便益合計	0	634	1,662	1,729	2,038	2,038	2,540	2,540	2,540	2,540	2,540	2,540	2,540	2,540	2,607			
	・人件費削減	0	0	0	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	134		
	・年平均被害軽減期待額	0	634	1,662	1,662	1,971	1,971	2,473	2,473	2,473	2,473	2,473	2,473	2,473	2,473	2,473			
AI精度	空振り率	各浄化センターの見逃し率、空振り率を参照																	
	見逃し率																		

表2-6-33 複数処理場の組み合わせによる費用便益分析（ケースC）

ケース2（氷上中央、南浄化センター）				費用・便益推移				社会的割引率： 4%				[金額単位：千円]				B/C = 0.94	
年数		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
割引率		1.000	0.962	0.925	0.889	0.855	0.822	0.790	0.760	0.731	0.703	0.676	0.650	0.625	0.601	0.577	
累積	現在価値費用累積	8,760	9,818	10,836	11,814	12,755	13,659	14,528	15,364	16,168	16,941	17,685	18,400	19,088	19,749	20,384	
	現在価値便益累積	0	610	2,147	3,684	5,162	6,583	7,949	9,263	10,751	12,182	13,558	14,882	16,155	17,678	19,140	
費用	現在価値	8,760	1,058	1,018	978	941	904	869	836	804	773	744	715	688	661	635	
	費用合計	8,760	1,100	1,100	1,100	1,100	1,100	1,100	1,100	1,100	1,100	1,100	1,100	1,100	1,100	1,100	
	・機器費	6,860															
	・据付費	1,000															
	・維持費	900	900	900	900	900	900	900	900	900	900	900	900	900	900	900	
	・AI再構築費		200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	
便益	現在価値	0	610	1,537	1,537	1,478	1,421	1,366	1,314	1,488	1,431	1,376	1,324	1,273	1,523	1,462	
	便益合計	0	634	1,662	1,729	1,729	1,729	1,729	1,729	2,036	2,036	2,036	2,036	2,036	2,534	2,534	
	・人件費削減	0	0	0	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	
	・年平均被害軽減期待額	0	634	1,662	1,662	1,662	1,662	1,662	1,662	1,969	1,969	1,969	1,969	1,969	2,467	2,467	
AI精度	空振り率	各浄化センターの見逃し率、空振り率を参照															
	見逃し率																



氷上中央・東・南浄化センター 氷上中央・東浄化センター（参考） 氷上中央・南浄化センター（参考）

図2-6-19 複数処理場の組み合わせによる費用便益の推移

6.5 費用便益分析に関する感度分析（処理場の被害額）（参考）

ケース2の費用便益に対して、処理場被害額の違いにおける感度分析を実施した。計算は以下を条件とし、被害額は15百万円、13百万円、10百万円とした。費用便益分析の感度分析の結果を図2-6-20に示す。費用対効果の指標（B/C）が1.0を上回る施設被害額の最低額については、機械、電気、建築設備の被害額合計が13百万円であることがわかった。

計算条件（氷上中央浄化センターの浸水状況）

設備構成：ケース2 クラウド流用、流量計設置、通信盤設置

降雨強度：丹波市における降雨強度

閾値超イベント数：年間10回程度

A I 精度：見逃し率 25%、空振り率 55%

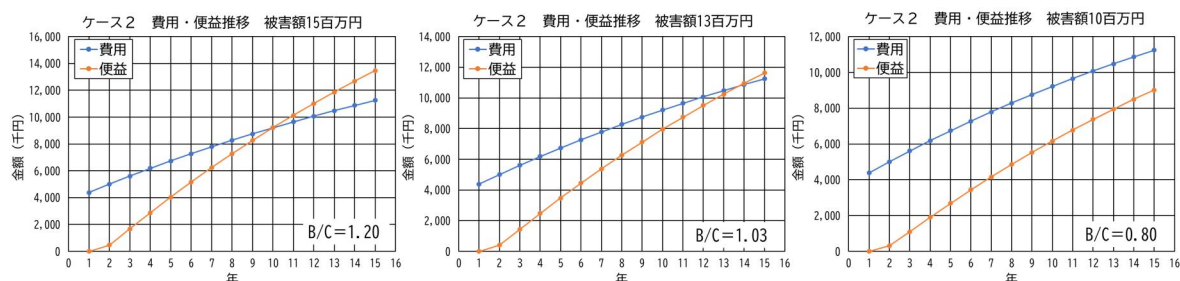


図2-6-20 処理場被害額による費用便益の推移

6.6 設置及び運転に係るコスト構造の把握及び縮減方策まとめ

標準的な費用便益分析を実施するため、閾値超イベント数の異なる氷上中央浄化センター（閾値超イベント10回/年）、氷上東浄化センター（閾値超イベント2回/年）、氷上南浄化センター（閾値超イベント1回/年）を対象として費用便益分析を行った。また、複数処理場の組み合わせによる費用便益分析と費用対効果が得られる処理場被害額の検討を行った。B/Cが1.0を上回るための条件及び方策として、以下が考えられる。

- ・ 閾値超イベント数が10回/年程度ある
- ・ 維持管理に既存クラウドを用いている（ケース2）、クラウド運用している流入水量サービス提供者のクラウドを使用する（ケース3）
- ・ 複数処理場を管理する場合の組合せの検討

7. 国内外の下水道施設への適用性（適用条件、推奨条件）

7.1 市場調査（アンケート）

7.1.1 アンケートの方法・対象・実施体制

本技術を国内外の下水道施設へ適用させるため、下記に示す要領でアンケートを実施した。

1. 調査目的 : 市場性、導入要件、目標値
2. 調査対象 : 排除方式が分流式であり、処理方式がOD法または回分法である各下水処理場（408自治体に送付。550処理場を想定。）
3. 調査方法 : 郵送、希望自治体へはエクセル送付
4. 調査内容 : 設問数 18
回答方式 選択回答方式（一部自由回答方式）
調査内容 流入水量関連、雨天時浸入時リスク、運転管理状況、本技術への関心度
5. 調査期間 : 2023年11月20日～12月22日
6. 実施体制 : 国土技術政策総合研究所下水道研究室
（住友重機械エンバイロメント・丹波市共同研究体協力）
5. 回 答 数 : 194自治体 373処理場

7.1.2 アンケート内容

アンケートの設問は、図2-7-1に示すように以下に関する調査を実施した。

流入水量について	3問
雨天時流入水量によるリスクについて	4問
運転管理について	8問
本技術に対するニーズについて	2問
その他	1問

別 紙

調査票

● 回答方法
下記いずれかの方法で回答をお願いいたします。
① PDFによる回答
本調査票に手を添えて回答後、スキャンしたPDFで指定メールアドレスに送信
② エクセルによる回答
指定メールアドレスに空メールを送信、添付されたエクセル形式の調査票に回答いただき、指定メールアドレスに送信
ご回答いただきたい箇所は黄色表示しています。

<指定メールアドレス>
8-dash@earth-ev.com
住友重機械エンバイロメント・丹波市共同研究体 野口

市 町 村 名		
下水処理場名		
※調査対象である下水処理場が複数ある場合は、本調査票(エクセルシート)をコピーし、下水処理場ごとに記入してください。		
1 流入水量について		雨水処理場
[1-1] 晴天時1日最大処理量(現有施設能力)を教えてください。	m3/日	
[1-2] 晴天時1日平均処理量を教えてください。	m3/日	
[1-3] 雨天時1日最大処理量を教えてください。 (過去10日間程度(概ね平成25年度以降)における最大値) 雨天時のデータがない場合は、晴天時1日最大処理量(現有施設能力)(=Q)と比べて、雨天時に最大どの程度流入しているかを教えてください。	m3/日	
【調査項目1か所に○を記入】		
① 1Q以下		
② 1Qより多く2Q以下		
③ 2Qより多い		
2 雨天時流入水によるリスクについて		
[2-1] 雨天時流入水により発生が懸念されるリスクは何ですか。		
【調査項目1か所に○を記入(複数回答可)】		
① 宅内への逆流		
② 汚水管(マンホール)からの溢水		
③ 下水処理施設の漏水		
④ 処理水質の基準超過		
⑤ 下水処理場の運転管理従事者への危害		
⑥ その他		
[2-2] 過去10年間程度(概ね平成25年度以降)に、実際に発生した事例はありますか。		
【調査項目1か所に○を記入(複数回答可)】		
① 宅内への逆流		
② 汚水管(マンホール)からの溢水		
③ 下水処理施設の漏水		
④ 処理水質の基準超過		
⑤ 下水処理場の運転管理従事者への危害		
⑥ その他		
[2-3] [2-1]で回答したリスクについて、軽減が必要と考える順を教えてください。		
【軽減が必要な順を記入】		
① 宅内への逆流		
② 汚水管(マンホール)からの溢水		
③ 下水処理施設の漏水		
④ 処理水質の基準超過		
⑤ 下水処理場の運転管理従事者への危害		
⑥ その他		
[2-4] 下水処理場でのリスク(下水処理施設の漏水、処理水質の基準超過、下水処理場の運転管理従事者への危害、その他)を軽減するために、何が必要と考えますか。		
【調査項目1か所に○を記入(複数回答可)】		
① 雨天時の流入水量の予測		
② 運転管理従事者を適切に配置できる時間の確保		
③ 運転管理従事者に対する操作ガイダンスの発出		
④ その他		
3 運転管理について		
[3-1] 下水処理場の運転管理の形態を教えてください。		
【調査項目1か所に○を記入(複数回答可)】		
① 市町村の職員(直営)が実施		
② 単年度の運転管理業務の契約により委託業者が実施		
③ 複数年度の運転管理業務の契約により委託業者が実施		
④ その他		
[3-2] 下水処理場の運転管理の方法を教えてください。		
【調査項目1か所に○を記入】		
① 24時間常駐による運転管理		
② 日中のみ常駐による運転管理		
③ 巡回による運転管理		
④ その他		
[3-3] 晴天時、大雨時の運転管理従事者はそれぞれ何人ですか。	晴天時 人 大雨時 人	
[3-4] [3-2]で回答した大雨時の体制を夜間・休日に構築する場合、必要となる準備時間を教えてください。		分
[3-5] 大雨時にゲート等による流入水量の制御を行いますか。		
【調査項目1か所に○を記入】		
① はい		
② いいえ		
[3-6] [3-5]で「はい」と回答した場合、ゲート等の調整方法を教えてください。		
【調査項目1か所に○を記入】		
① 自動制御		
② 手動操作		
③ その他		
[3-7] 大雨時に、下水道管理者と運転管理従事者は、どのように情報共有しますか。		
【調査項目1か所に○を記入(複数回答可)】		
① 電話		
② 電子メール		
③ SNS(Facebook、LINE等)		
④ クラウド等で構築された情報共有システム		
⑤ その他		
[3-8] 大雨時に、下水道管理者と運転管理従事者は、どのような情報共有しますか。		
【調査項目1か所に○を記入(複数回答可)】		
① 気象情報		
② 水位		
③ 流入水量		
④ 運転管理状況(流入水量の制御等)		
⑤ 処理施設の不具合		
⑥ その他		
4 本技術に対するニーズ		
[4-1] 流入水量を予測でき、運転支援ガイダンスを提示できる本技術に、関心がありますか。		
【調査項目1か所に○を記入】		
① はい		
② いいえ		
[4-2] [4-1]で「はい」と回答した場合、本技術を導入するとしたら、どのような方法がよいと考えますか。		
【調査項目1か所に○を記入】		
① 市町村(下水道管理者)が本技術を導入し、運転管理従事者(市町村職員又は運転管理業務の委託業者)が利用		
② 本技術の導入を運転管理業務に含め、委託業者が本技術を導入して利用		
③ その他		
5 その他		
ご意見があればご記入ください。		

図2-7-1 アンケート調査票

7.1.3 アンケート結果

(1) 流入水量について

流入水量についてまとめた結果を図2-7-2～図2-7-6に示す。雨天時に現有施設能力の1倍より多く流入する可能性がある処理場は191処理場(雨天時1日最大処理量/現有施設能力：平均1.27)であり(図2-7-5)、雨天時に晴天時の2倍より多く流入する可能性がある処理場は197処理場(雨天時1日最大処理量/晴天時日平均：平均2.52)であった(図2-7-6)。

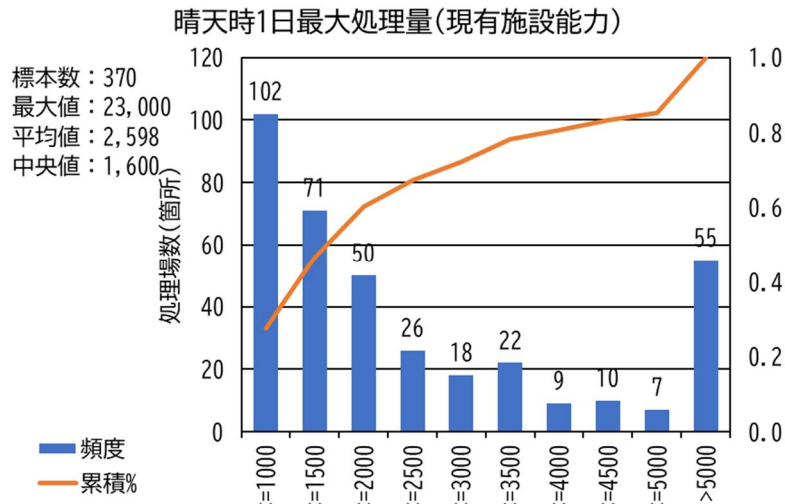


図2-7-2 晴天時1日最大汚水量別の処理場数



図2-7-3 晴天時日平均処理量別の処理場数



図2-7-4 雨天時1日最大汚水量別の処理場数

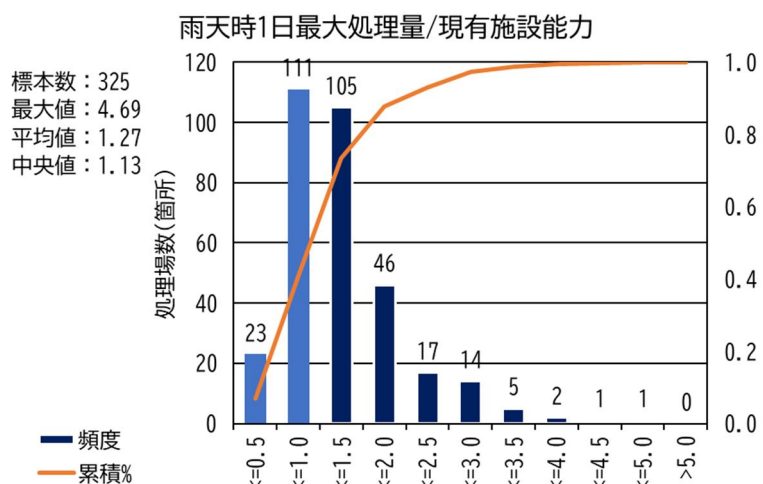


図2-7-5 雨天時1日最大汚水量/現有施設能力別の処理場数



図2-7-6 雨天時1日最大汚水量/晴天時日平均処理量別の処理場数

(2) 雨天時流入水量によるリスクについて

雨天時のリスクについてまとめた結果を図2-7-7～図2-7-11に示す。過去10年に発生した下水処理施設の浸水は全溢水事例発生処理場数の25.2% (=36/143) であり（図2-7-8）、対応リスク優先順位はマンホールからの溢水、宅内への逆流の優先度が高く続いて処理場の溢水となった。リスク軽減策は、雨天時の流入水量予測が48% (=253/527) であり最大であった（図2-7-11）。

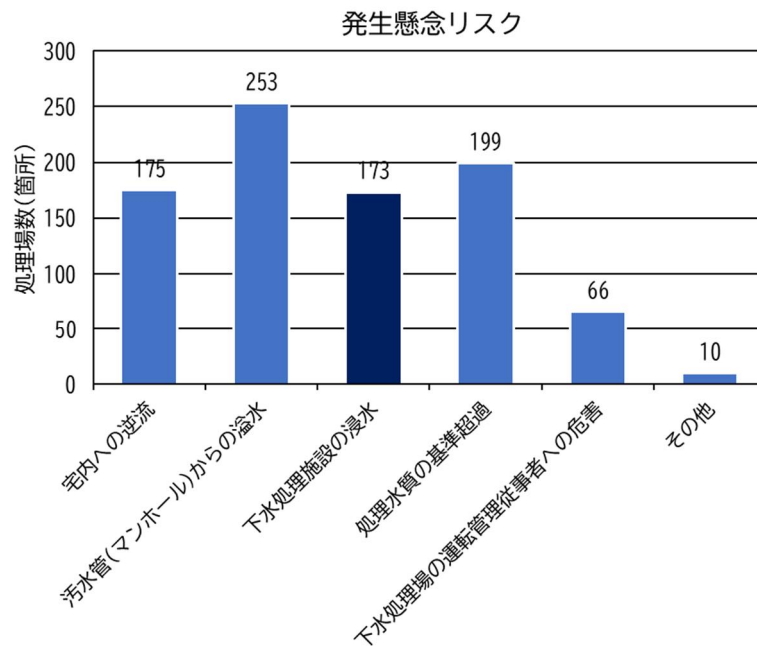


図2-7-7 懸念される発生リスク別の処理場数

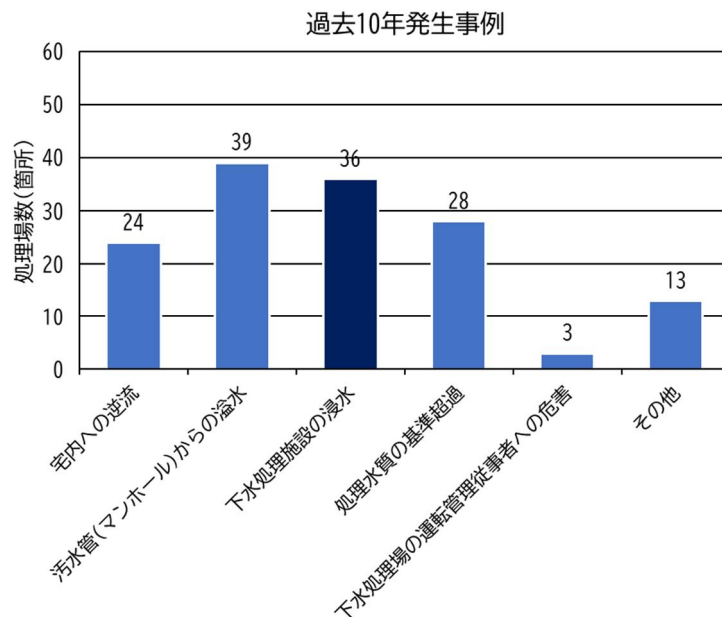


図2-7-8 過去10年に発生した実被害別の処理場数

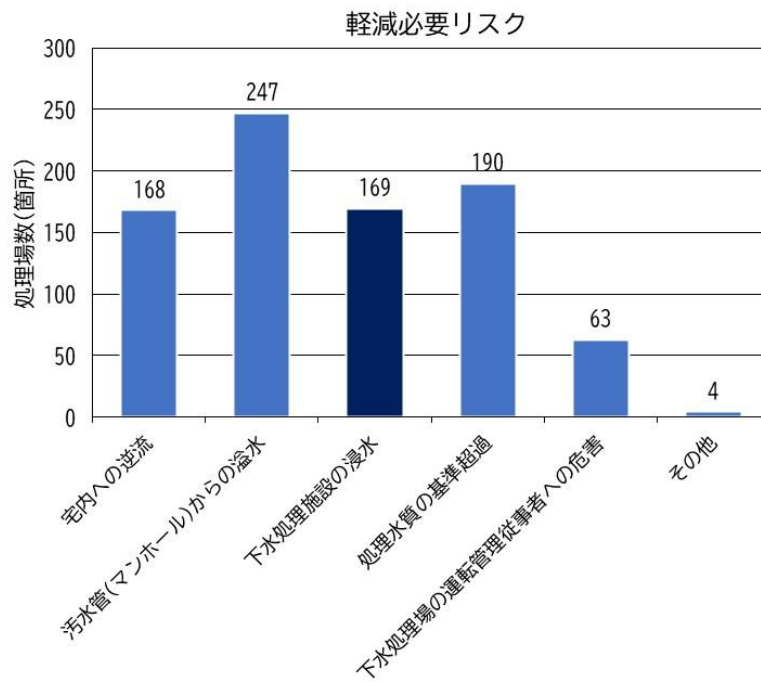


図2-7-9軽減が必要なリスク別の処理場数

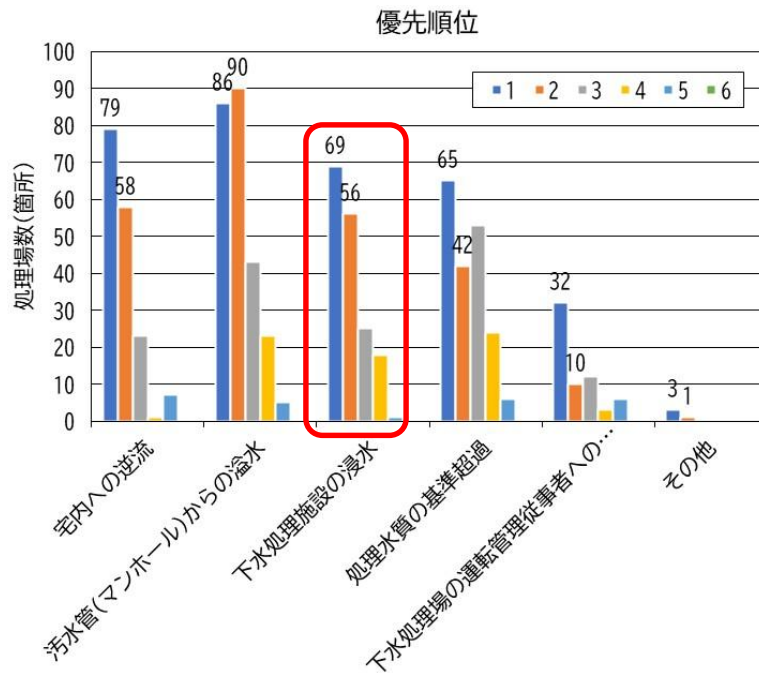


図2-7-10 軽減が必要なリスク別、リスク軽減優先順位毎の処理場数

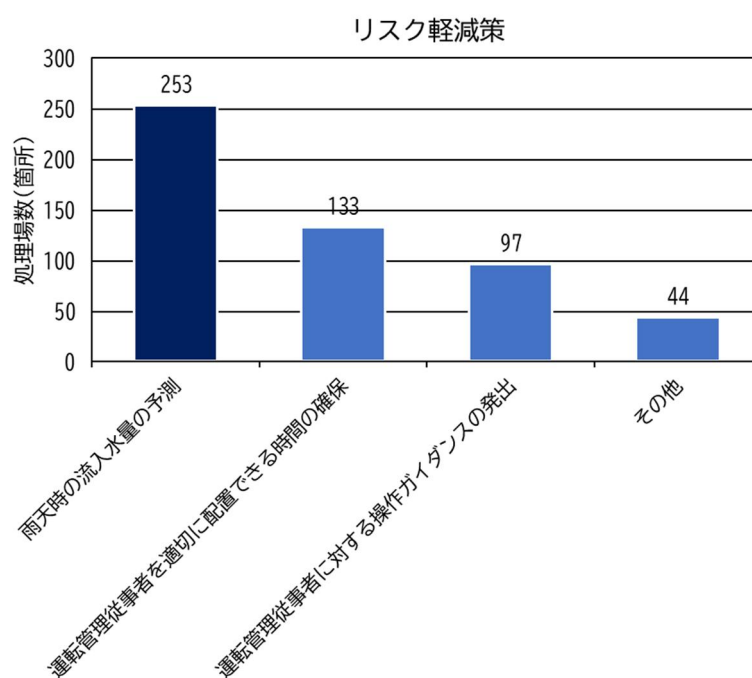


図2-7-11 リスク軽減策別の処理場数

(3) 運転管理について 1 (運転管理形態、運転管理従事者数、体制構築時間)

運転管理形態、運転管理従事者数、体制構築時間についてまとめた結果を図2-7-12～図2-7-15に示す。運転管理は全て委託、運転管理従事者数は晴天時、雨天時とも処理場当たり1～2名が多く、晴天時では67%(=243/364)、雨天時では60%(=219/362)であった(図2-7-13, 14)。緊急時体制構築にかかる時間は60分以下が多く78%(=266/341)であった(図2-7-15)。

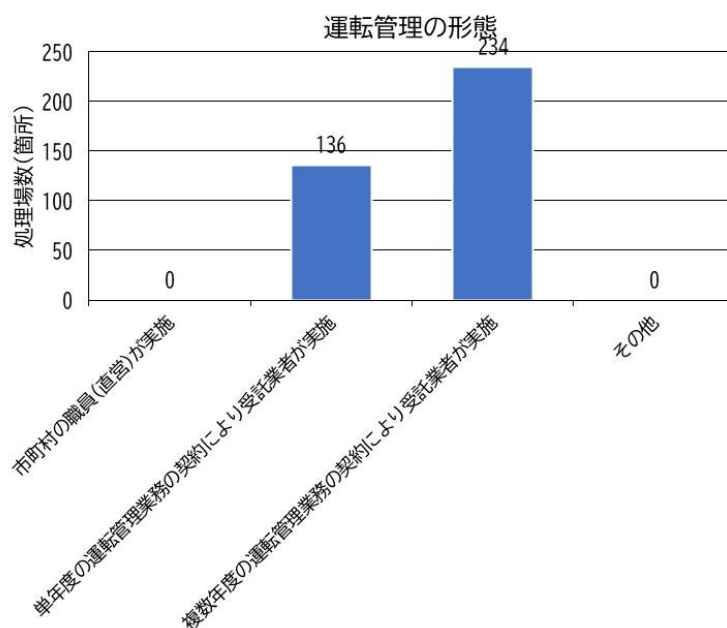


図2-7-12 運転管理形態別の処理場数

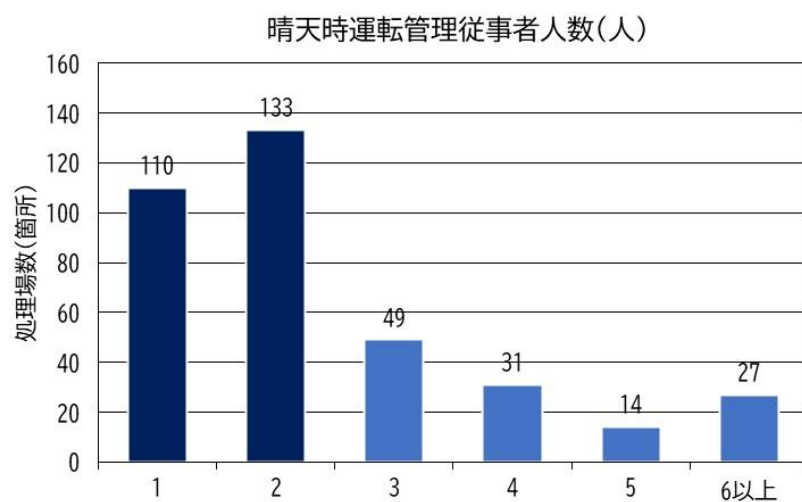


図2-7-13 晴天時運転管理従事者人数別の処理場数

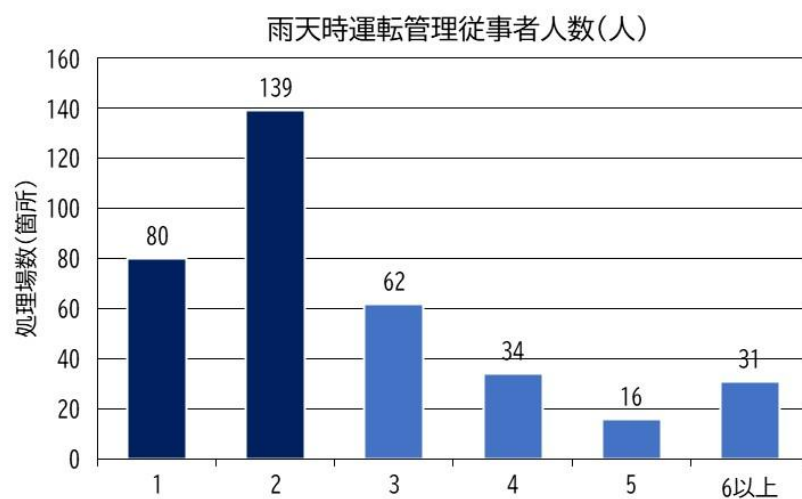


図2-7-14 雨天時運転管理従事者人数別の処理場数

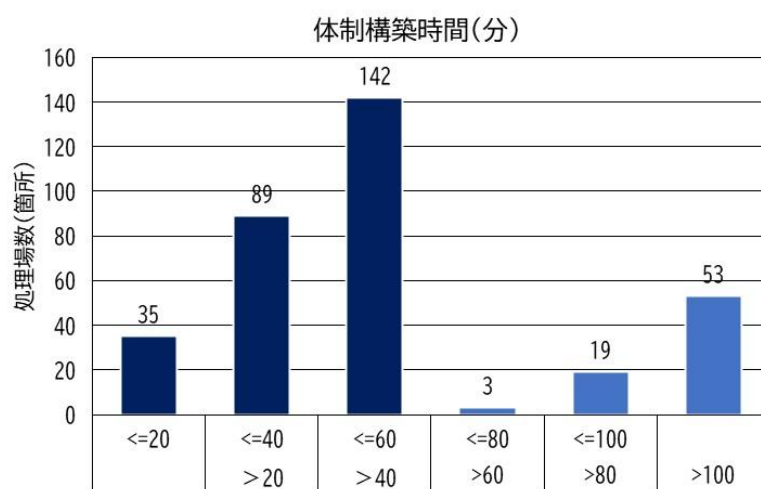


図2-7-15 体制構築時間別の処理場数

(4) 運転管理について 2（流入水量制御、情報共有）

流入水量制御、情報共有についてまとめた結果を図2-7-16～図2-7-18に示す。流入水量制御実施処理場数の割合は36％（＝130/366）（図2-7-16）。自動の流入水量制御を有していない処理場数は93％（＝339/366）。情報共有手段は電話が多く（図2-7-17）、共有する情報は、運転管理状況または処理施設の不具合が多かった。（図2-7-18）

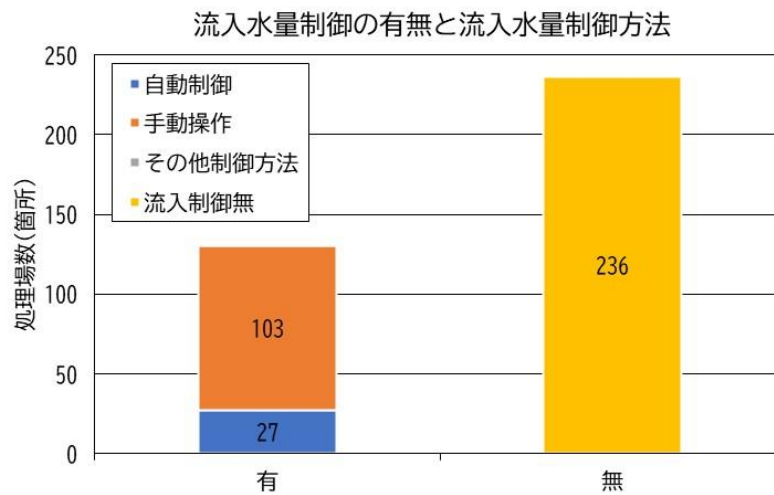


図2-7-16 流入制御有無と流入制御方法別の処理場数

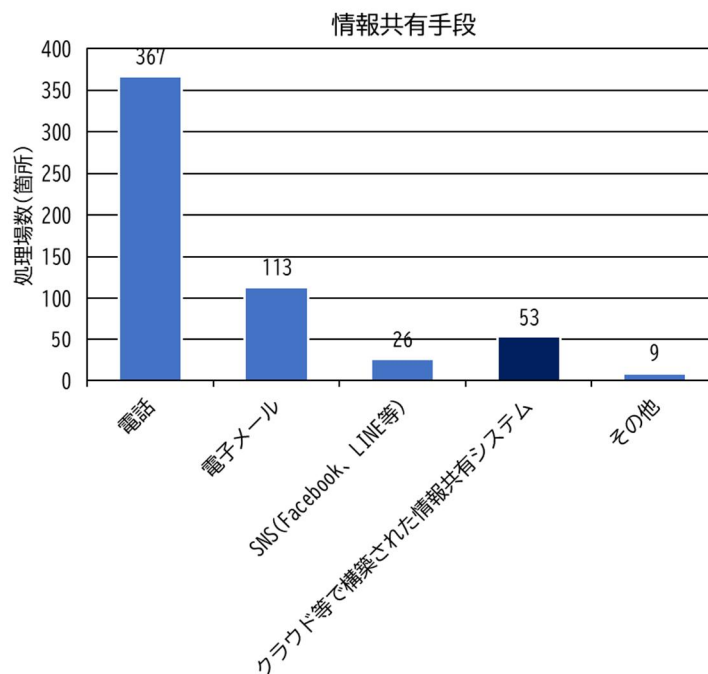


図2-7-17 情報共有手段別の処理場数

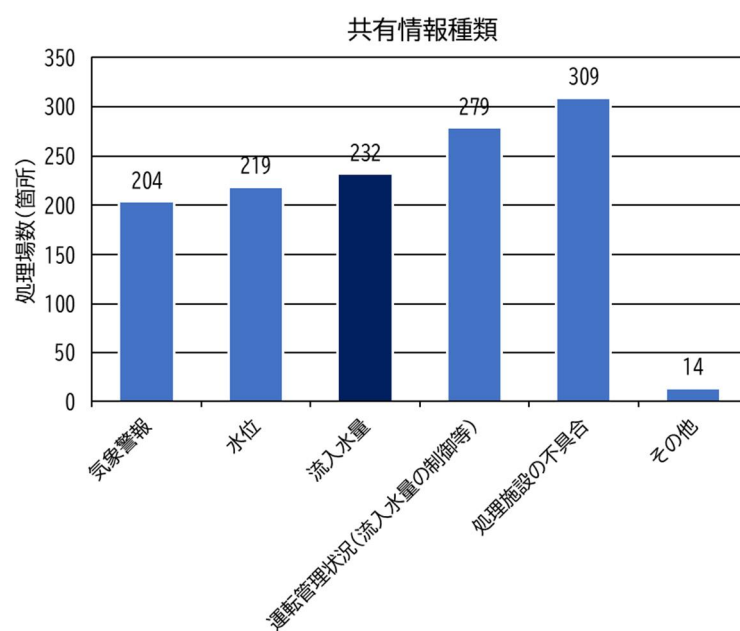


図2-7-18 共有情報種類別の処理場数

(5) 本技術に対するニーズについて

本技術に関するニーズについてまとめた結果を図2-7-19～図2-7-20に示す。本技術に関心がある処理場は44%(=161/370)であり(図2-7-19)、導入方法は市町村が導入し、運転管理従事者が利用という回答が多かった(図2-7-20)。

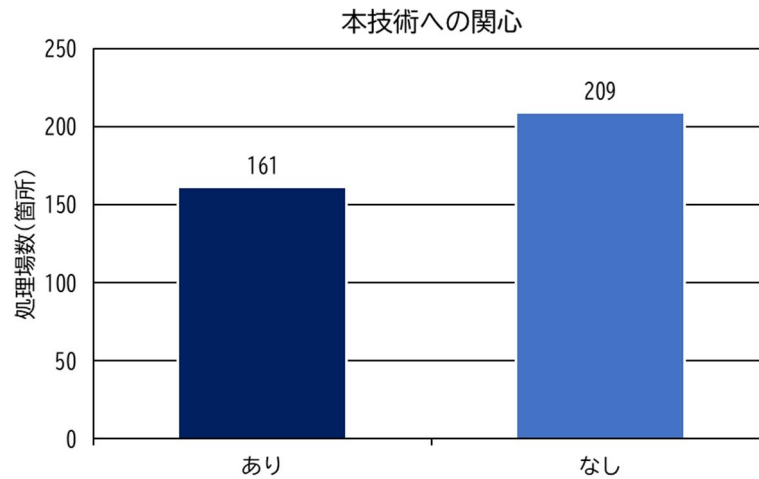


図2-7-19 本技術への関心別の処理場数

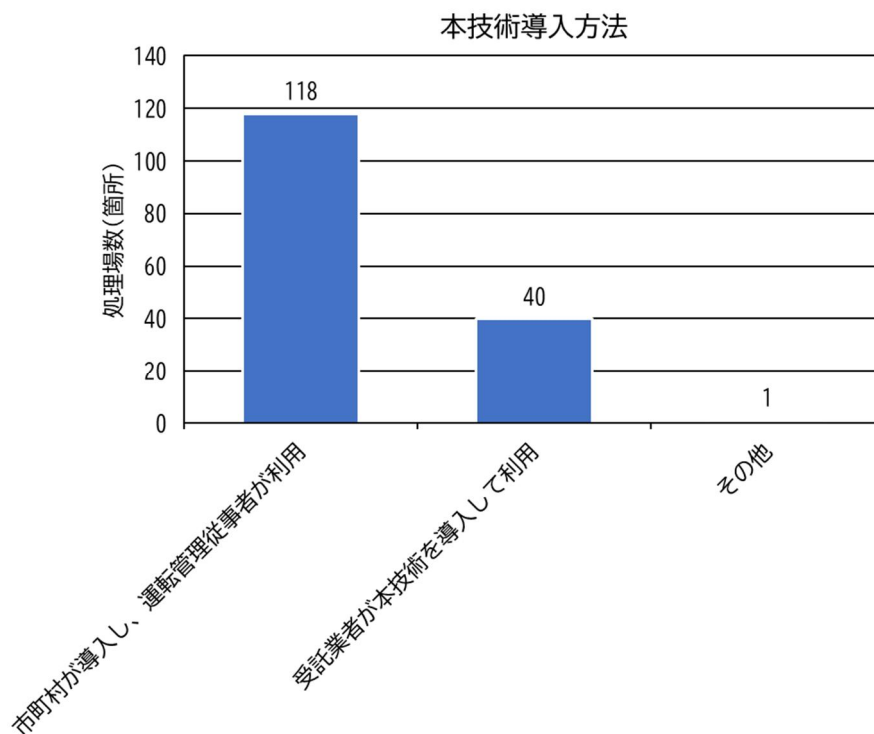


図2-7-20 本技術の導入方法別の処理場数

(6) 雨天時1日最大処理量と実被害が発生した処理場数について

雨天時1日最大処理量別の実被害が発生した処理場数の関係を図2-7-21に示す。雨天時1日最大処理量／現有施設能力が1以下でも被害の実例があったため、雨天時流入水量に関係なく被害が発生していることから、本技術は日最大処理量／現有施設能力にかかわらず適用できるとした。

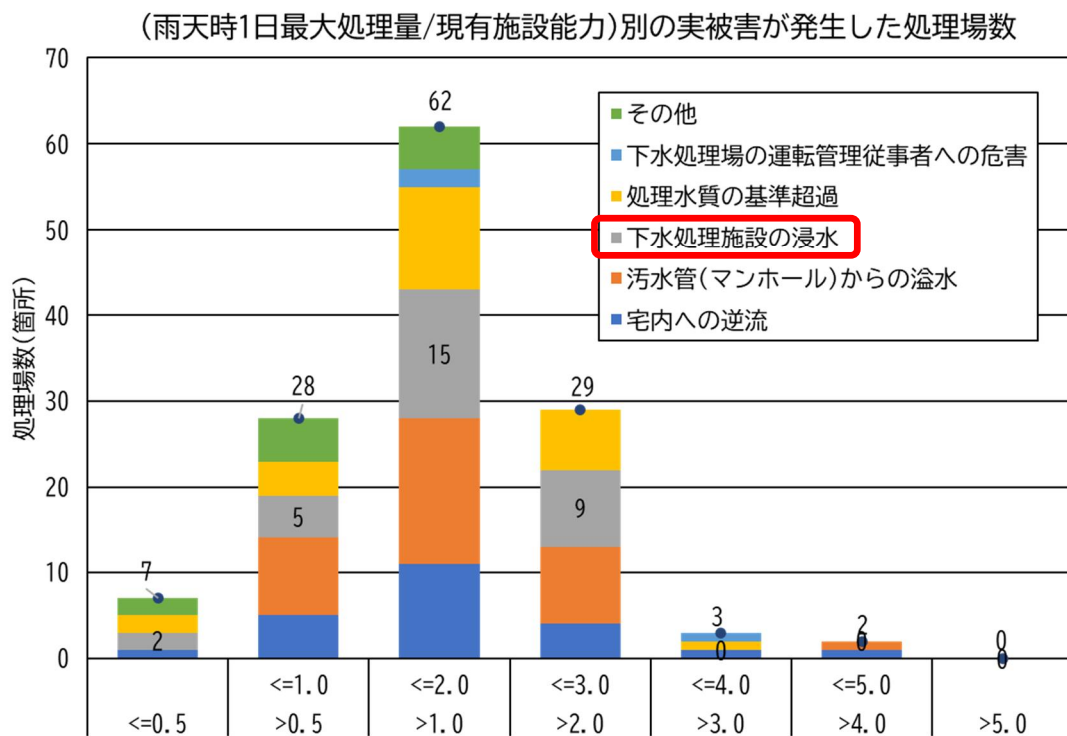


図2-7-21 雨天時1日最大処理量別の実被害が発生した処理場数

(7) 流入水量制御と実被害が発生した処理場数について

過去10年に発生した実被害別の流入水量制御方法毎の処理場数を図2-7-22に示す。本実証研究の目的である下水処理施設の浸水に着目すると流入水量制御を自動で行っている処理場は2件（5.6%）と少ないことから処理場浸水対策として効果的であると判断し、本技術は下水処理施設の流入水量制御を自動で行っている場合は適用できないとした。

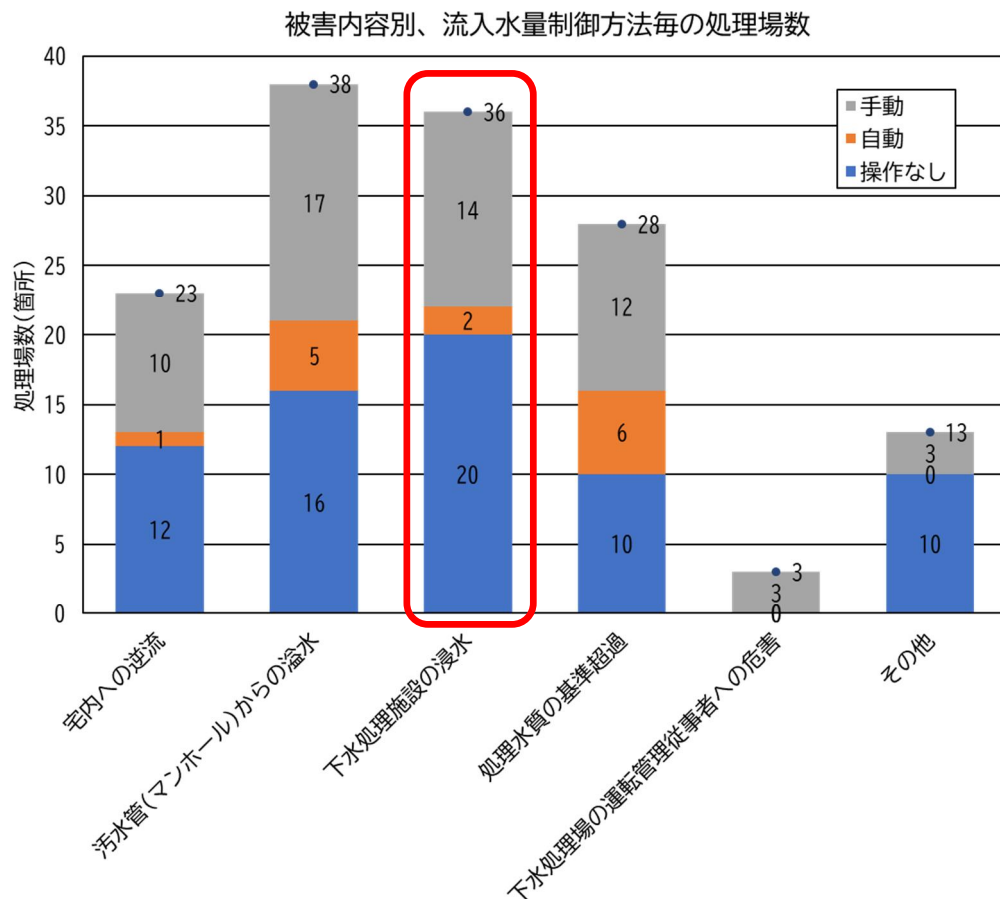


図2-7-22 過去10年に発生した実被害別、流入水量制御方法毎の処理場数

(8) 運転管理従事者人数別の実被害が発生した処理場数について

運転管理従事者人数別の過去10年に発生した実被害が発生した処理場数を図2-7-23に示す。実被害が発生した処理場数を運転管理従事者人数で分析。運転管理従事者人数に関係なく実被害が発生していることから、本技術は運転管理従事者人数にかかわらず適用できるとした。

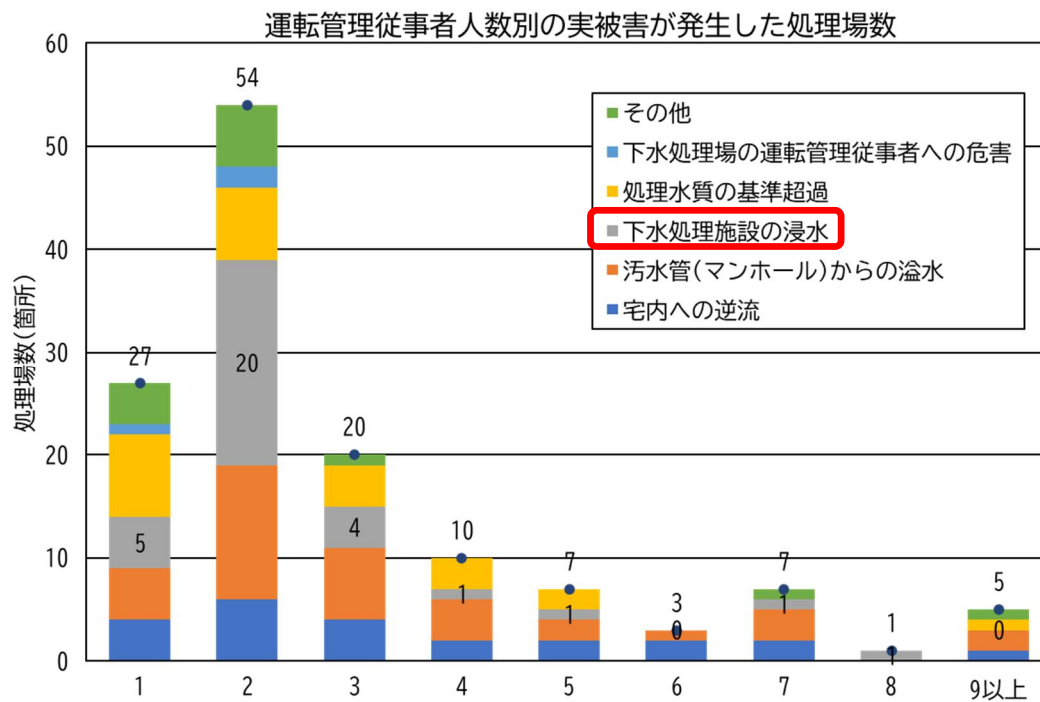


図2-7-23 運転管理従事者人数別の過去10年に発生した実被害が発生した処理場数

(9) 体制構築時間別の実被害が発生した処理場数について

体制構築時間別の過去10年に発生した実被害が発生した処理場数を図2-7-24に示す。体制構築時間は60分以下の被害件数が多いことから本技術によりある程度被害軽減効果を期待できる。

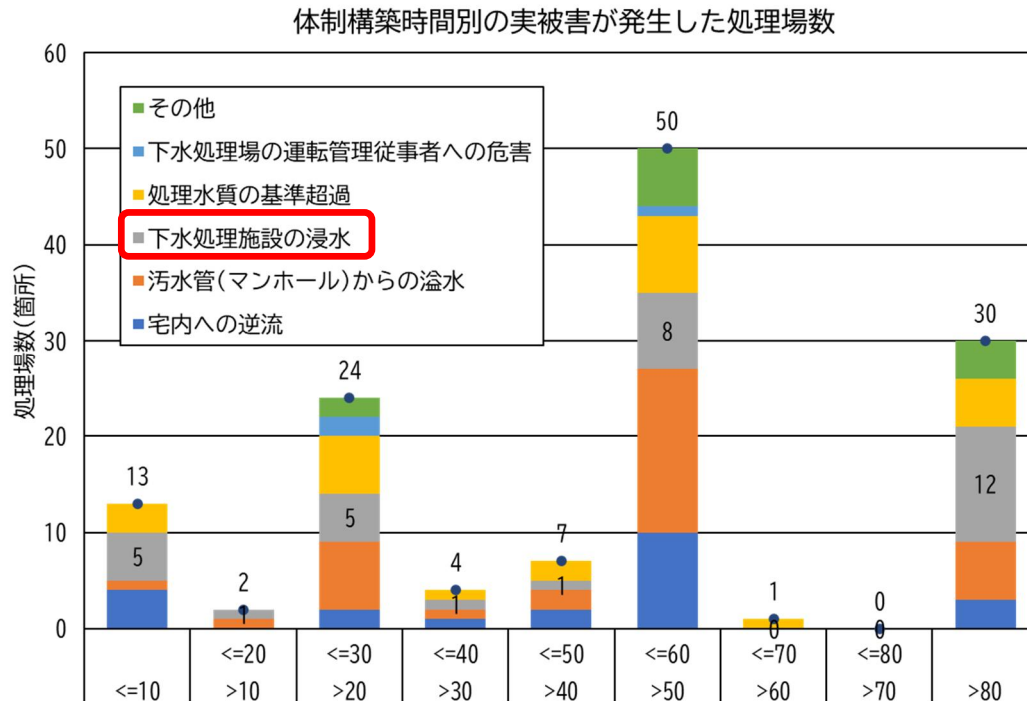


図2-7-24 体制構築時間別の過去10年に発生した実被害が発生した処理場数

7.2 本技術の適用条件

適用条件を図2-7-25に示す。適用条件は4項目あり、全ての項目を満たすことが望ましい。前節で示したアンケート結果に基づいて以下の条件を除外した。

- ①流量：水量に関係なく実被害が発生していることから水量については本技術の適用条件から除外。
- ②運転管理体制：運転管理従事者人数に関係なく実被害が発生していることから本技術の適用条件から除外。
- ③流量制御：流量制御が自動の場合実被害が少ないことから本技術の適用条件から除外。

適用の可能性がある処理場数は、令和2年下水道統計とアンケート結果から803箇所であった。

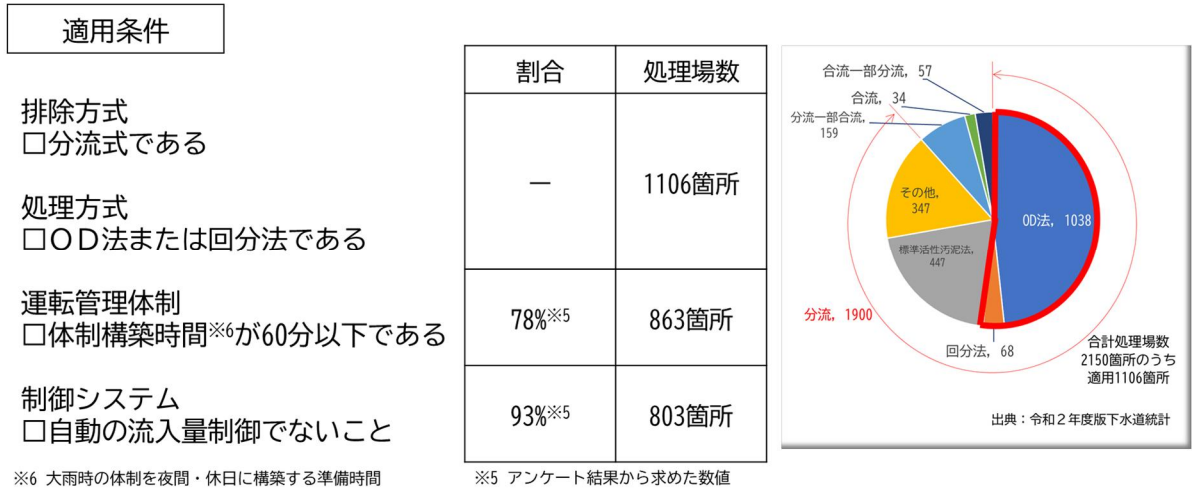


図2-7-25 本技術適用条件

7.3 本技術の推奨条件

本技術の推奨条件を図2-7-26に示す。推奨条件は費用低減及び早期の便益発現及び費用低減が可能となる項目である。

推奨条件
データ収集システム
☐ サーバーを使用した運転管理システムがある
☐ 流入水流量計がある
流入水流量計が無い場合
☐ 水位計がある
☐ 主ポンプ流量計がある
通信方式
☐ インターネット回線がある
☐ スマートフォンやタブレットの端末がある
閾値超イベント頻度
☐ 年間10回程度

図2-7-26 本技術推奨条件

8. 成 果

本実証研究最終年度の成果を表2-8-1に示す。実証研究を実施し、何れも目標を達成することができた。

表2-8-1 2023年度成果

実施項目	実施内容	成果	目標達成
① A I 構築・再構築要件	・短時間大雨時の予測精度評価を追加。 ・実証研究期間中(2021～2023)の流入水量閾値超イベントに対して構築と再構築を評価。	○氷上中央浄化センター ・42回の閾値超イベントに対してA I 構築・再構築要件を定めた。 ・短時間大雨以外について警報発報の時間差50分以上の割合が60%以上であることを確認 ・見逃し率が52%以下であることを確認 ・空振り率が69%以下であることを確認 ○氷上東浄化センター ・6回の閾値超イベントに対してA I 構築と検証を実施したが、イベント数が少なく、流入水量予測の評価は不可 ○氷上南浄化センター ・3回の閾値超イベントに対してA I 構築と検証を実施したが、イベント数が少なく、流入水量予測の評価は不可	○
② 運転支援システムによる実降雨における運転支援効果	・ガイダンス認知にかかる時間に関する評価。	ガイダンス発出全件に対して10分以内に確認した割合が95%以上を確認	○
③ 設置及び運転に係るコスト構造の把握及び縮減方策	・A I 再構築に係るコスト計上。維持管理費の見直し。 ・便益計上の適正化及びコスト構造の見直しを行い条件ごとにB/Cを計算。	・A I 構築・再構築に係るコストを見直し、コストを縮減。 ・便益の計上の適正化及びコスト構造の見直しにより $B/C > 1$ を確認。	○
④ 国内外の下水道施設への適用性（適用条件、推奨条件）	・アンケートによるニーズの把握 ・チェックリスト作成。	・194自治体(373処理場) からアンケートの回答を得てニーズを把握。 ・適用条件、推奨条件のチェックリストを作成。	○

9. 問合せ先

本技術ガイドラインに関する問合せは、以下をお願いします。

国土交通省 国土技術政策総合研究所	国土交通省 国土技術政策総合研究所 上下水道研究部 下水道研究室 〒305-0804 茨城県つくば市旭1番地 TEL 029-864-3343 URL https://www.nilim.go.jp/
----------------------	---

本書は、下水道革新的技術実証事業（B-DASHプロジェクト）により国土交通省国土技術政策総合研究所が以下の企業・団体に研究委託を行い、その成果をとりまとめたものです。

〈実証研究者 連絡先〉

《問合せ窓口》 住友重機械エンバイロメント株式会社 (代表企業)	営業統括部 営業本部 営業企画G 〒141-0033 東京都品川区西品川一丁目1番1号 TEL : 03-6737-2728 URL : https://www.shiev.shi.co.jp/
丹波市	上下水道部下水道課 〒669-4192 兵庫県丹波市春日町黒井811番地 TEL : 0795-74-0224 URL : https://www.city.tamba.lg.jp/kurashi/jogesuido/gesuido/index.html

国土技術政策総合研究所資料

TECHNICAL NOTE of NILIM

No. 1350

April 2026

編集・発行 © 国土技術政策総合研究所

本資料の転載・複写の問い合わせは

〒305-0804 茨城県つくば市旭1番地

企画部研究評価・推進課 TEL 029-864-2675
