

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。

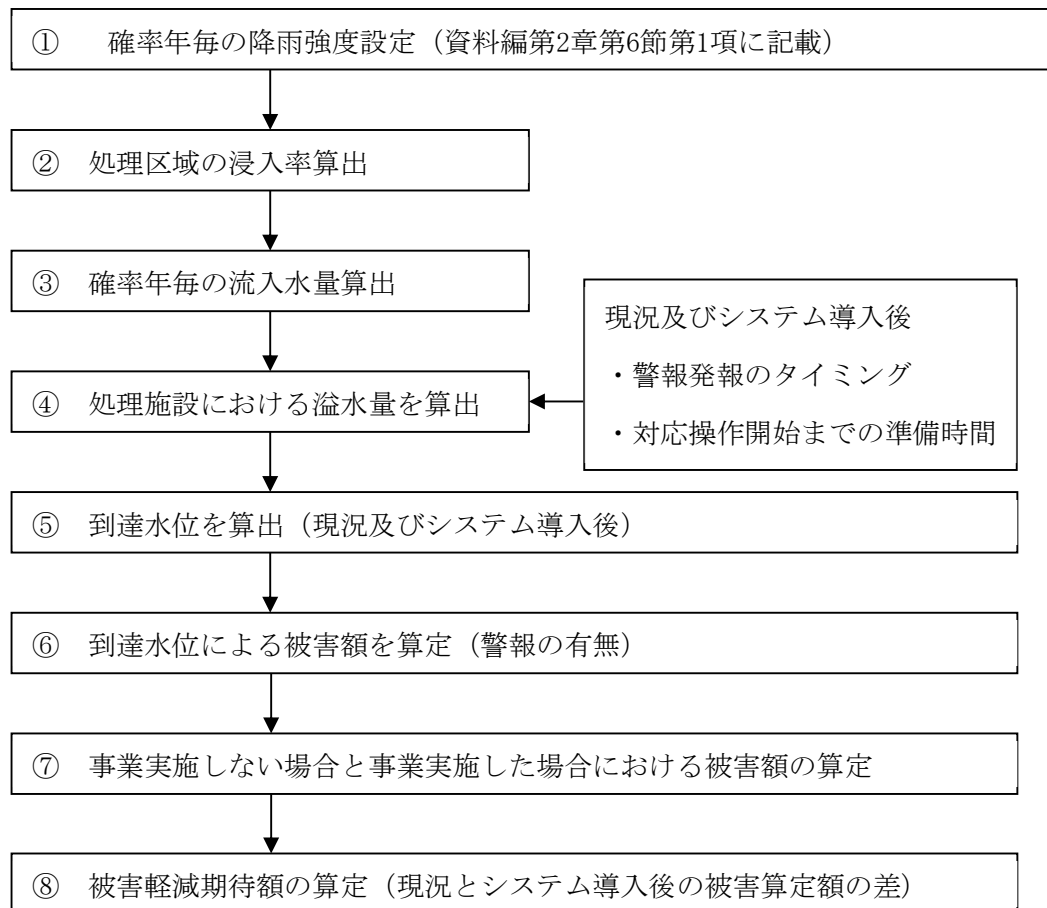


図3-3 被害軽減期待額算定フロー

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	$Em = Cm - Dm$	$\frac{Em-1 + Em}{2}$	$Nm-1 - Nm$	$dm = (Nm-1 - Nm) \times \frac{Em-1 + Em}{2}$	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

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

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

$$= 73\%$$

(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

