

令和4年 7月
第32回 技術研究発表会



潤いある未来へ

AIを活用した下水道管渠の異常判定

下水道事業部 名古屋下水道部 北陸技術課
石井 敦



発表内容

1. はじめに
2. 横浜市におけるスクリーニング調査
3. AIによる異常判定
4. AI異常判定支援アプリにおけるデータセット方法と判定結果
5. 今後の展開

1. はじめに

<下水道事業の課題>

- ◆ モノ: 膨大なストック、老朽化...
- ◆ ヒト: 人口減少、技術伝承...
- ◆ カネ: 使用料収入の減少...

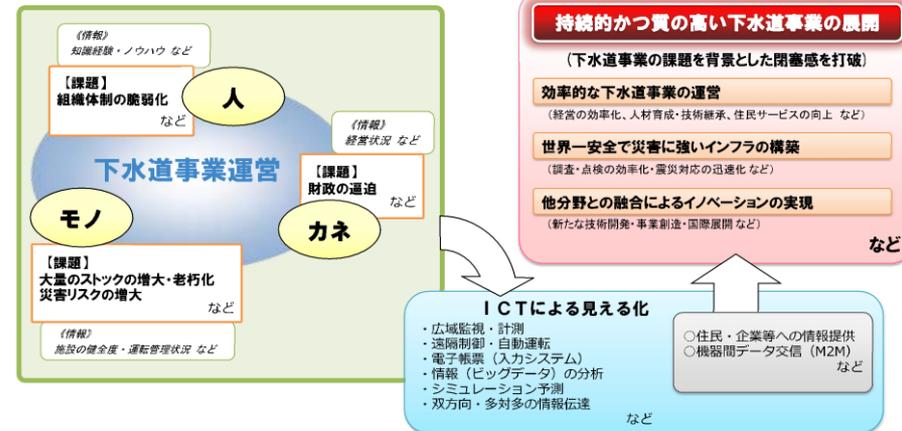


管路施設の年度別延長(R1末現在)

出典: 国交省HP

<解決策>

- ◆ ICTの多様な活用により効率的・効果的かつ安全な下水道事業の将来像や具体的なアクション



下水道事業運営における ICT の位置づけ

出典: 「持続的かつ質の高い下水道事業の展開に向けたICT活用ビジョン」 平成26年3月 国土交通省

2. 横浜市におけるスクリーニング調査

<スクリーニング調査>

- ◆ ノズルカメラを使用し、小口径管渠の清掃と同時に管内を動画撮影

【導入効果】

⇒年間1,200kmの調査を実現

⇒詳細調査対象路線の絞込み

(全路線延長の1/10程度となりコスト削減)



ノズルカメラ

出典:「横浜市下水道管路施設管理指針-2019年版-」 横浜市環境創造局

<異常判定作業の課題>

- ◆ 現場作業後に、データを事務所に持ち帰って異常判定作業
 - ⇒現場を早めに切り上げる必要があり、作業効率が悪くない
- ◆ 担当する技師により、異常判定結果が異なる
 - ⇒詳細調査により異常判定結果が変わるケースが発生

3. AIによる異常判定

<技術概要>

- ◆ 畳み込みニューラルネットワーク
⇒画像を数値配列化し、特徴検出を行う
⇒画像の特徴量を可視化

<ニューラルネットワークモデル>

- ◆ 教師データ(異常あり、なし)
- ◆ 交差検証を行い過学習を防ぐ

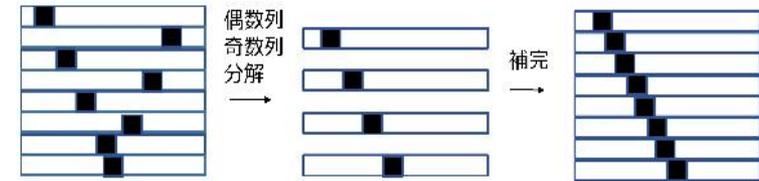
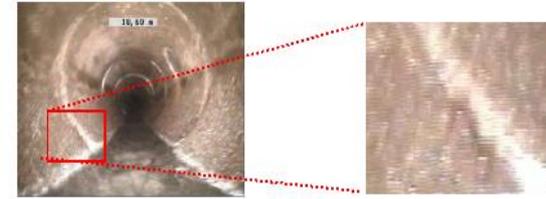


ネットワークモデル構築のイメージ

<期待される効果>

- ◆ 内業作業時間の短縮により外業作業時間の増加⇒日進量増加
- ◆ 判定精度の統一⇒内業技師の経験差をカバー

4. AI異常判定支援アプリにおけるデータセット方法と判定結果



NTSC(アナログ)画像の補完
教師データ内訳

異常項目	ネットワークモデル上の異常分類方法	枚数
異常なし	normal	901
管の破損及び軸方向クラック	crack	834
管の円周方向クラック		
ジョイント不良	other	790
蛇行		
侵入物あり		
浸入水		
モルタル/生コン		
木の根		
堆積物		
変形		
遊離石灰		
パッキンズレ		

<データセット方法>

◆ 画像の前処理

⇒NTSC(アナログ)画像の補完

⇒Data augmentation

◆ 管種による分類

⇒異常傾向が異なる管種ごとに分類

◆ 異常の分類

⇒crack、other、normalの3種類に大分類

⇒教師データはランクA(大きな異常)のみ

◆ 教師データの枚数

⇒異常分類ごとの枚数バランスを均整

Step 1: Classification

model15_poch_0002-valacc_0.93

weights.30-0.0325

0.8 crack

0.8 other

0.5 normal

Step 2: ObjectDetection (補助)

Select Classes

Detect Class Details

Class name	Threshold	Tracking	Color
01crack			
02crack			
03stuff			
04normal			

Error History

表示	Frame Index/Time	Classname	Confidence
<input type="checkbox"/>	00:11	crack	0.845
<input type="checkbox"/>	00:12	crack	0.840
<input type="checkbox"/>	00:13	other	0.953
<input type="checkbox"/>	00:13	other	0.983
<input type="checkbox"/>	00:14	crack	0.967
<input type="checkbox"/>	00:15	crack	0.999
<input type="checkbox"/>	00:16	other	0.987

Log

処理停止しました。
処理開始しました。

閾(しきい)値の設定により
判定の確度を指定

距離	3.17m	3.78m	4.72m	5.33m	6.14m	7.73m	8.72m	9.72m	10.92m	12.22m	12.84m
実際の不良箇所			crack		crack			crack	crack	crack	crack
AIが推論により判断したもの	crack	crack	crack	crack	crack	crack	crack	crack	crack	crack	crack
	13.55m	15.5m	20.2m	22.35m	24.2m	25.00m					
					crack	crack					
	crack	crack	crack	crack	crack	crack					

□ 実際の異常箇所とAIによる
判定結果が一致

4. AI異常判定支援アプリにおけるデータセット方法と判定結果

<検出率(再現率)による判定結果>

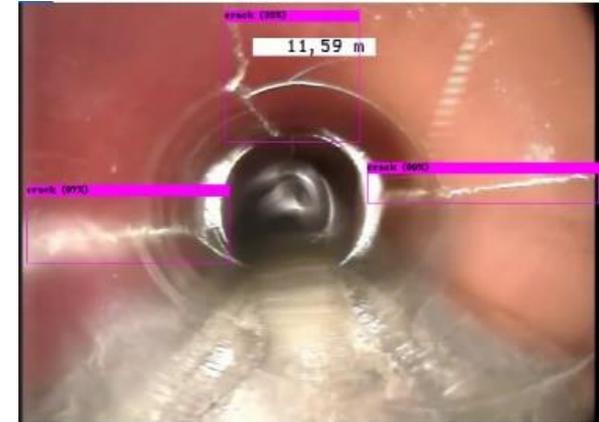
- ◆ 閾値は0.8に設定し、確度の高い異常を判定できるようにした
- ◆ Aランクの見落としではなく**検出率はほぼ100%**であった
- ◆ 破損Bの見落としは教師データがAランクであることが想定される
- ◆ 継手を円周方向クラックと誤判定していることが想定される

判定結果								
	動画①	動画②	動画③	動画④	動画⑤	動画⑥	動画⑦	
延長 (m)	15.6	15.0	24.7	15.2	26.5	27.2	14.9	
閾値	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	
主な異常	クラックA	破損A	破損B	クラック・破損A	クラックA	侵入物A	木の根A,B	
			取付管突出B					
判定結果	検出数	1	1	2	1	8	1	4
	異常箇所数	1	1	3	1	8	1	4
	検出率	100	100	67	100	100	100	100
	(%)							
【判定の傾向】	・検出率100% ・継手をクラックと誤判定?	・検出率100% ・正常箇所をotherと誤判定	・破損Bを1箇所見落とし	・検出率100%	・検出率100% ・継手をクラックと誤判定?	・検出率100% ・継手をクラックと誤判定?	・検出率100% ・継手をクラックと誤判定?	

5. 今後の展開【判定精度、アプリの操作性向上】

<判定精度向上>

- ◆ 教師データの増量
- ◆ 画像データのデジタル化
- ◆ 学習方法(object detection)の検討
⇒異常が顕著な箇所をラベリングして学習



object detectionによる判定画面

<アプリの操作性向上>

- ◆ 維持管理業者からのフィードバック
⇒維持管理業者に実際に使っていただき、
使いやすいUIの開発



イメージ

アプリの操作イメージ

5. 今後の展開【他管種のネットワークモデル、運用方法】

<他管種のネットワークモデル>

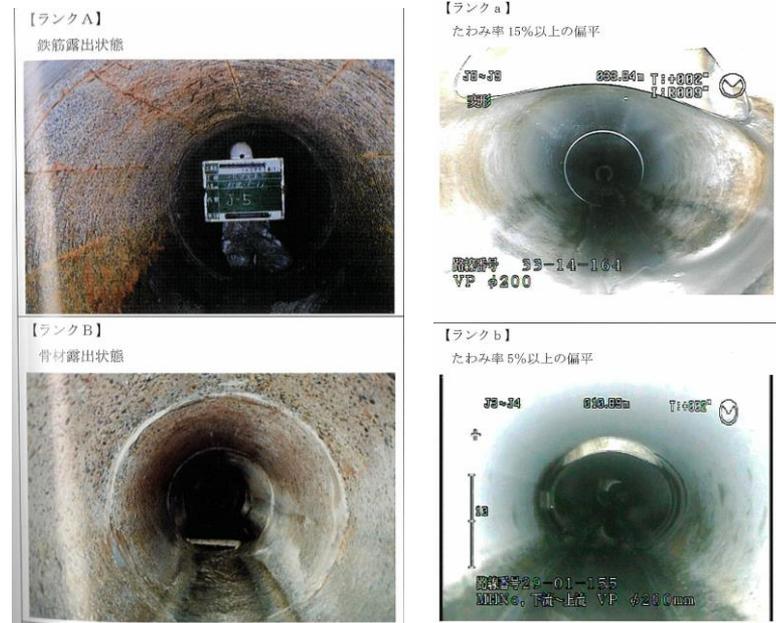
◆ コンクリート管

⇒腐食の判定が課題(汚れと骨材露出の判別など)

◆ 塩ビ管のネットワークモデル

⇒異常箇所が比較的少ない

⇒Data augmentation等により
教師データを増加



HP管 腐食

VP管 たわみ

出典:「下水道管路管理マニュアル-2019-」公益社団法人 日本下水道管路管理業協会

<運用方法>

◆ 夜間にAIによる判定

⇒日中に現場で動画撮影→夜間にAIが判定

◆ 現場での異常判定

⇒タブレット等にAIを入れ、迅速な判断を行う



現場作業のイメージ

樹木根侵入に配慮した 管路施設修繕・改築計画策定事例

上下水道部 上下水道第一課
田中 亮伍

2022年7月15日(金)

日本工営都市空間株式会社

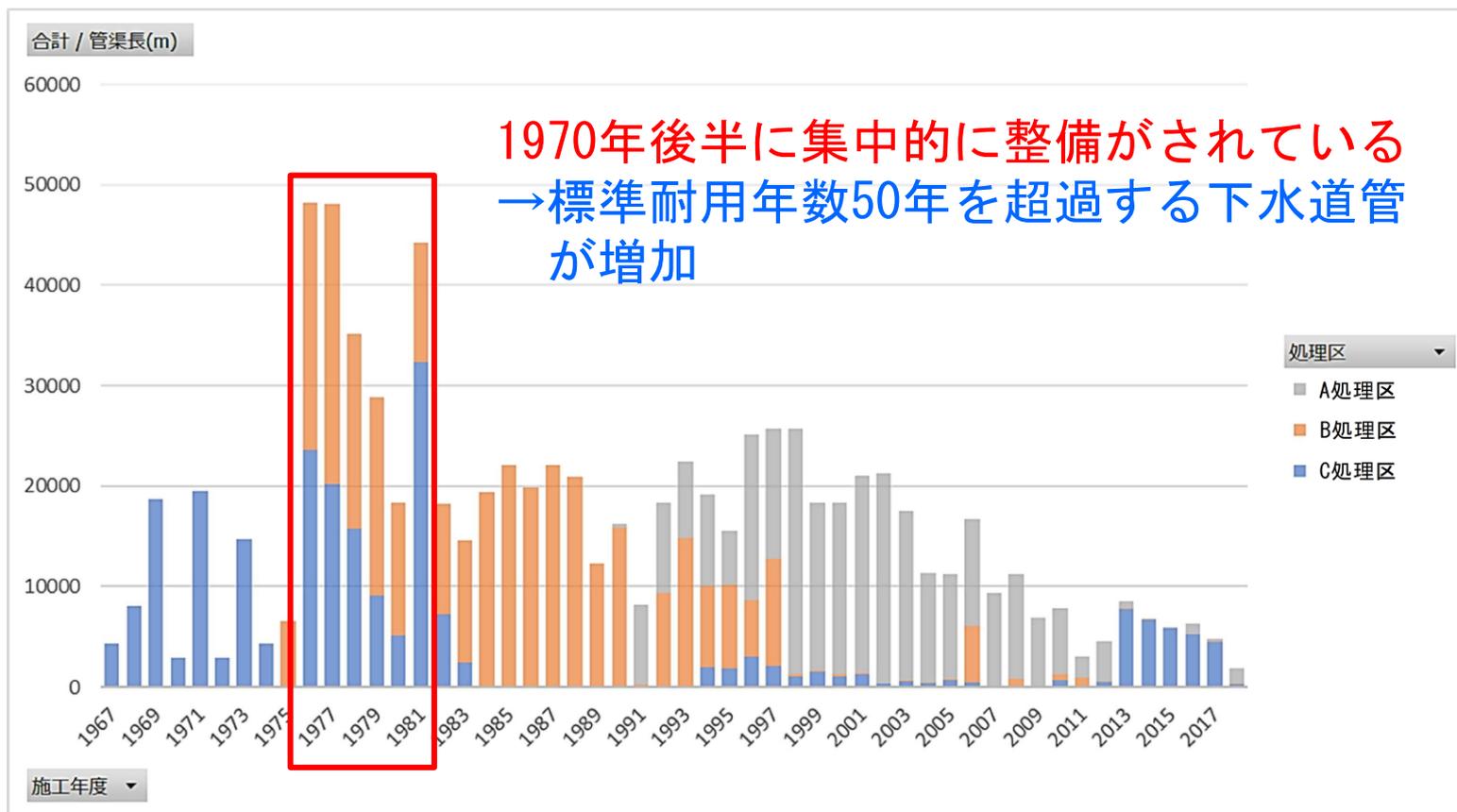
目次

- § 1. 業務の背景・目的
- § 2. 実現したい具体的課題（目標）
- § 3. 課題の実現に立ちはだかる問題・障害
- § 4. 解決策の提案
- § 5. 成果
- § 6. 反省点、今後の課題

§ 1. 業務の背景・目的

1-1. 下水道施設の現状

近年、下水道事業は建設から維持管理の時代へ



年度別汚水管路布設延長の一例（A市）

§ 1. 業務の背景・目的

1-2. SM計画（修繕改築計画）の導入

今後、老朽化した下水道施設が増加



持続可能な
下水道事業の実現

SM計画の導入

目的：膨大な施設の状況を客観的に把握、
評価し、長期的な観点から下水道施設
を計画的かつ効率的に管理（修繕・改
築）する

§ 2. 実現したい具体的な課題（目標）

2-1. A市の現状と課題

下水道管路の状況

- ・ 老朽化した管路の増加
- ・ 管路内の「腐食」「浸入水」の劣化が多い
- ・ 管路内への「**樹木根侵入**」が多い



街路樹、樹木根侵入の一例（A市）

§ 2. 実現したい具体的な課題（目標）

2-1. A市の現状と課題

管路不具合による苦情件数と樹木根による影響

年度	①管路不具合苦情	②樹木根の影響	割合（②/①）
H26	18件	6件	33%
H27	28件	8件	29%
H28	33件	7件	21%



樹木根侵入によるマンホール溢水の一例（A市）

樹木根侵入に配慮した修繕改築計画を策定したい

§ 3. 課題の実現に立ちはだかる問題・障害

3-1. 下水道管路の評価

評価項目

- 「腐食」
- 「たるみ」
- 「不良発生率」

診断

不良管路を特定
(緊急度判定)

不良発生率とは

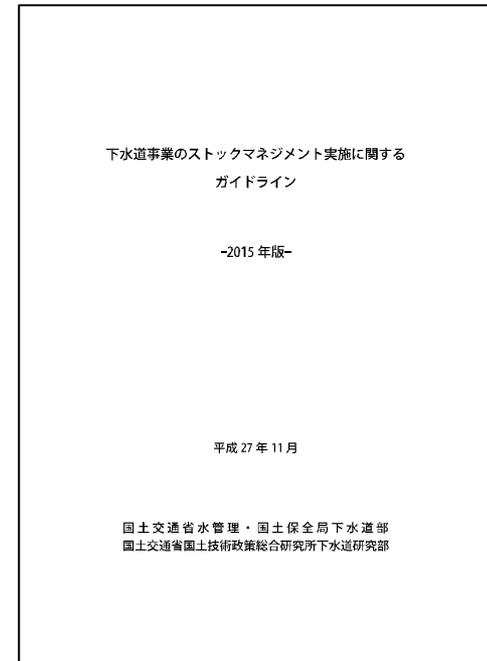
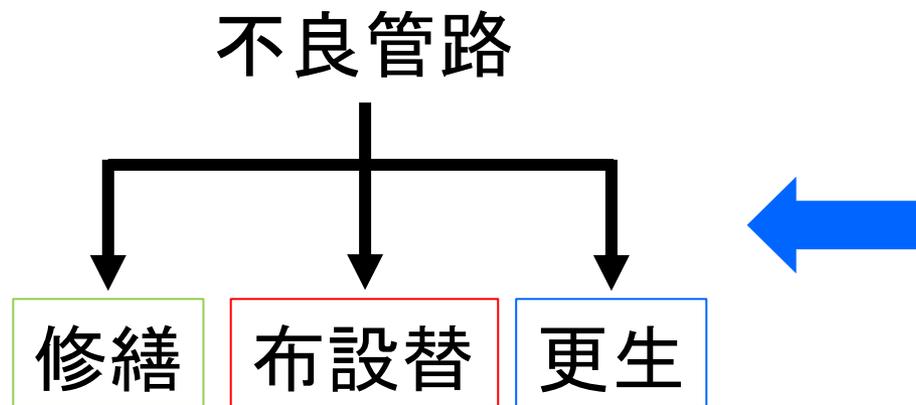
「破損」「クラック」「継手ズレ」「浸入水」
の4項目の劣化状況より算出

一般的には「樹木根侵入」は評価項目の対象にしない

§ 3. 課題の実現に立ちはだかる問題・障害

3-2. 「樹木根侵入」に対する対応方法

下水道管路の修繕・改築方法



「腐食」等の劣化項目には対応方法が記載

「樹木根侵入」の対応方法は示されていない

§ 4. 解決策の提案

4-1. 解決策

① 下水道管路の評価項目に「樹木根侵入」がない

→ 不良発生率の算出に「樹木根侵入」を考慮して算出する

② 「樹木根侵入」に対する対応方法の検討が必要

→ 「修繕」「布設替」「更生」の3工法を劣化状況及び現場条件を勘案し、工法を選定する

§ 5. 成果

5-1. 検討結果①

①下水道管路の評価項目に「樹木根侵入」がない
→「樹木根侵入」を考慮した場合の診断結果

修繕改築対象

(スパン数)

	緊急度Ⅰ	緊急度Ⅱ	緊急度Ⅲ	劣化無し	合計
樹木根侵入を考慮しないケース	0	235	596	21	852
樹木根侵入を考慮するケース	0	302 ↑	535	15	852

- ・「樹木根侵入」を考慮した場合、不良管路は67スパン増加
- ・不良管路の内、「樹木根侵入」による異常要因が占める割合は約23% (=67/302)

A市の管路の異常要因に「樹木根侵入」が大きく関わっていることを確認

§ 5. 成果

5-2. 検討結果②

②「樹木根侵入」に対する対応方法の検討が必要
→「修繕」にて対応した場合

樹木根侵入箇所部分補強
(樹木根は管と管の継ぎ目より侵入)



継ぎ目からの樹木根侵入を阻止



懸念事項

- ・ スパン全ての継ぎ目から樹木根侵入するおそれがある
- ・ 継ぎ目毎に修繕するのは現実的ではない (コスト増)

§ 5. 成果

5-2. 検討結果②

②「樹木根侵入」に対する対応方法の検討が必要
→「布設替」にて対応した場合

管路全体を新設管に取替



樹木根侵入を解消



街路樹の一例

懸念事項

- ・再度、管と管の継ぎ目から樹木根侵入するおそれがある
- ・掘削が発生するため、管路上部の街路樹を一時的に移植する必要がある

§ 5. 成果

5-2. 検討結果②

②「樹木根侵入」に対する対応方法の検討が必要
→「更生」にて対応した場合

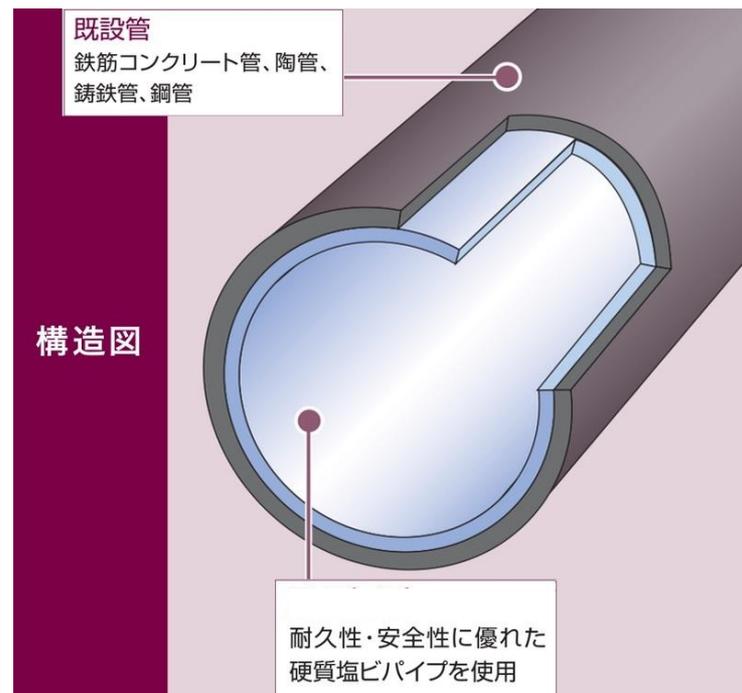
既存の管路内に
新たな管路を構築



更生管は管と管の継ぎ目が無い



継ぎ目からの樹木根侵入を阻止



- 掘削が発生しない工法のため、管路上部の街路樹の撤去復旧作業が不要

§ 6. 反省点、今後の課題

A市が抱えている個別の課題（樹木根侵入）に配慮した修繕改築計画を策定したい

解決策の提案

- ・ 下水道管路の評価項目に「樹木根侵入」を追加
- ・ 樹木根侵入の対応方法に「更生」を採用

ガイドラインに記載は無い

樹木根侵入への対応方法については、更生工法による改築の有効性を確認するため、今後の点検・調査データを蓄積する必要がある

発表は以上となります。
ご清聴ありがとうございました。



大規模浸水に対応した 下水処理場の耐水化対策計画

TECグループ

株式会社 東京設計事務所
Tokyo Engineering Consultants Co., Ltd.

1. はじめに
2. 対策浸水深の設定
3. 浸水対策手法の検討
4. 課題とその解決策
5. 今後に向けて
6. おわりに



👉 1. はじめに

2. 対策浸水深の設定
3. 浸水対策手法の検討
4. 課題とその解決策
5. 今後に向けて
6. おわりに



対象施設の紹介

対象施設

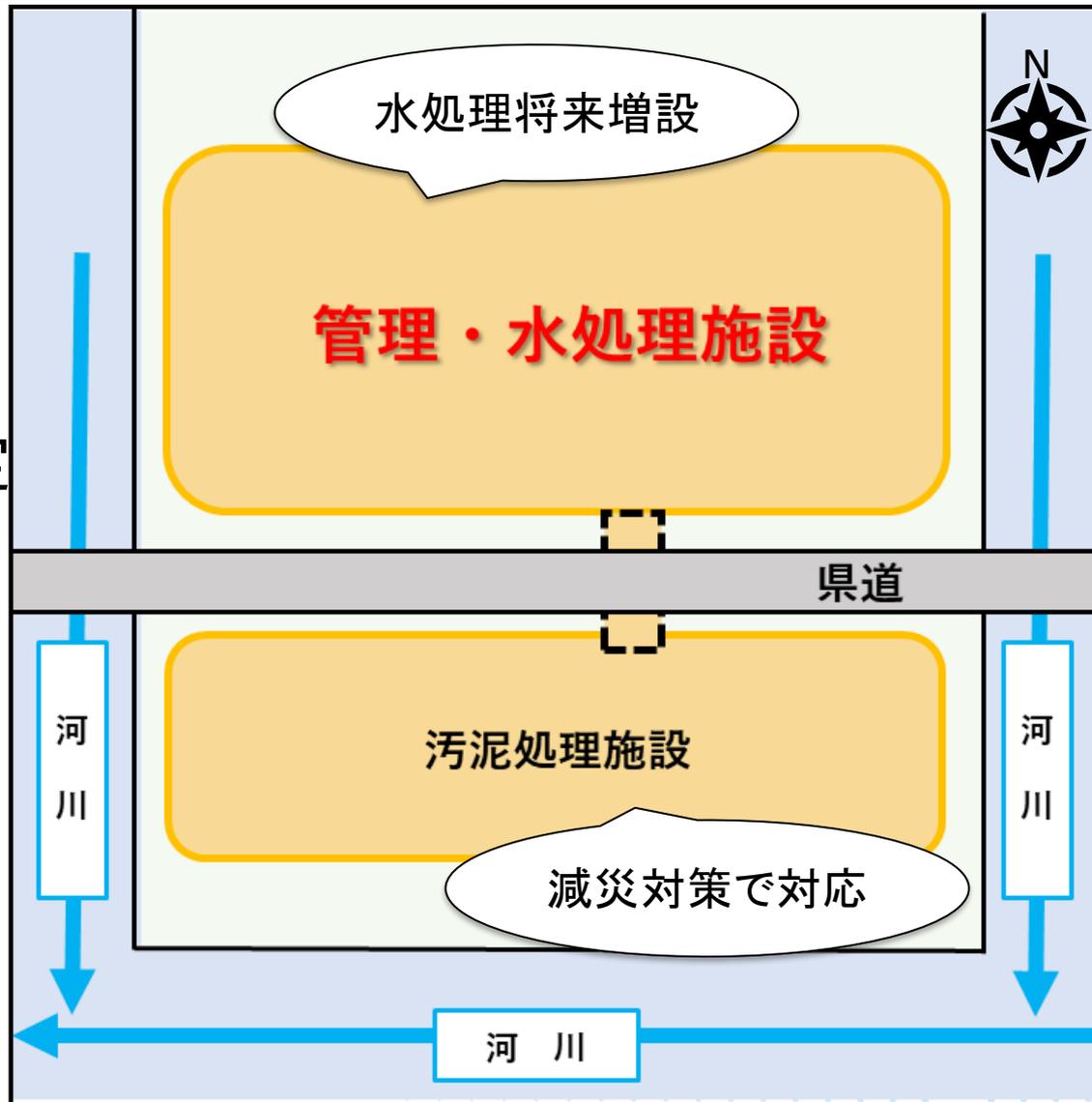
A市下水処理場

処理場の特徴

- ・ 河川に囲まれた立地
- ・ 水処理施設が増設予定
- ・ 県道で処理場が分断

耐水化対策の方針

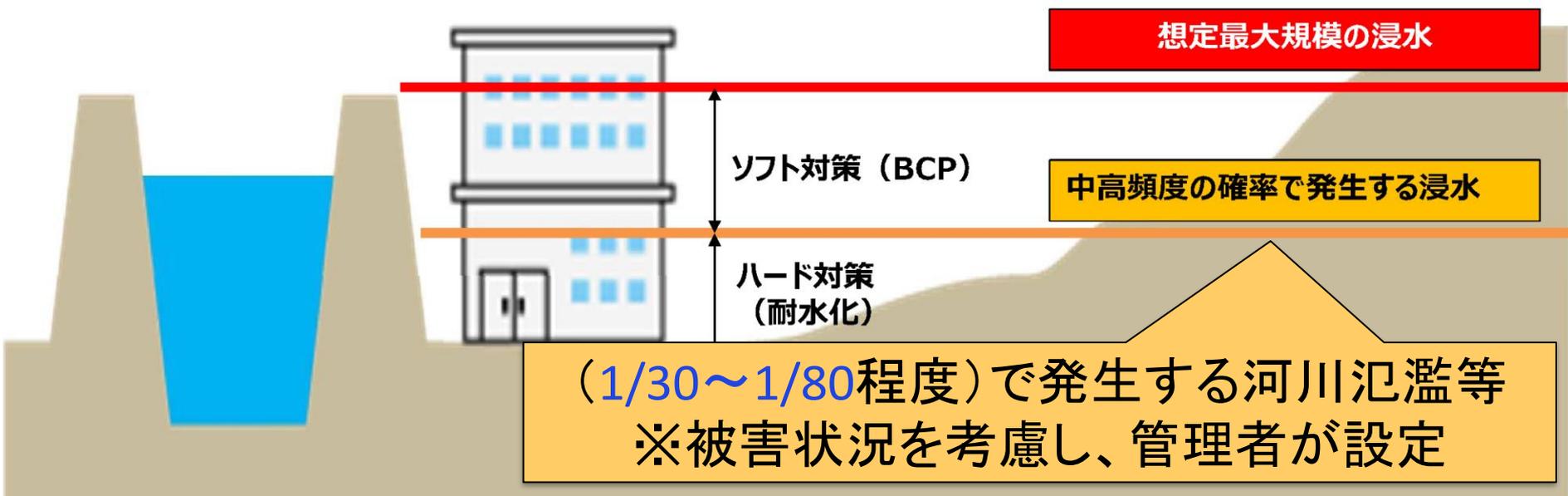
- ・ 水処理施設はハード
- ・ 汚泥処理施設はソフト
- ・ 浸水発生時は水処理を停止する



耐水化計画について

豪雨による下水道施設の浸水被害が相次ぐ...

- 都市浸水対策の推進について(国土交通省)
- 耐水化に関する手引き(日本下水道新技術機構)



1. はじめに
- ➡ 2. 対策浸水深の設定**
3. 浸水対策手法の検討
4. 課題とその解決策
5. 今後に向けて
6. おわりに



2. 対策浸水深の設定

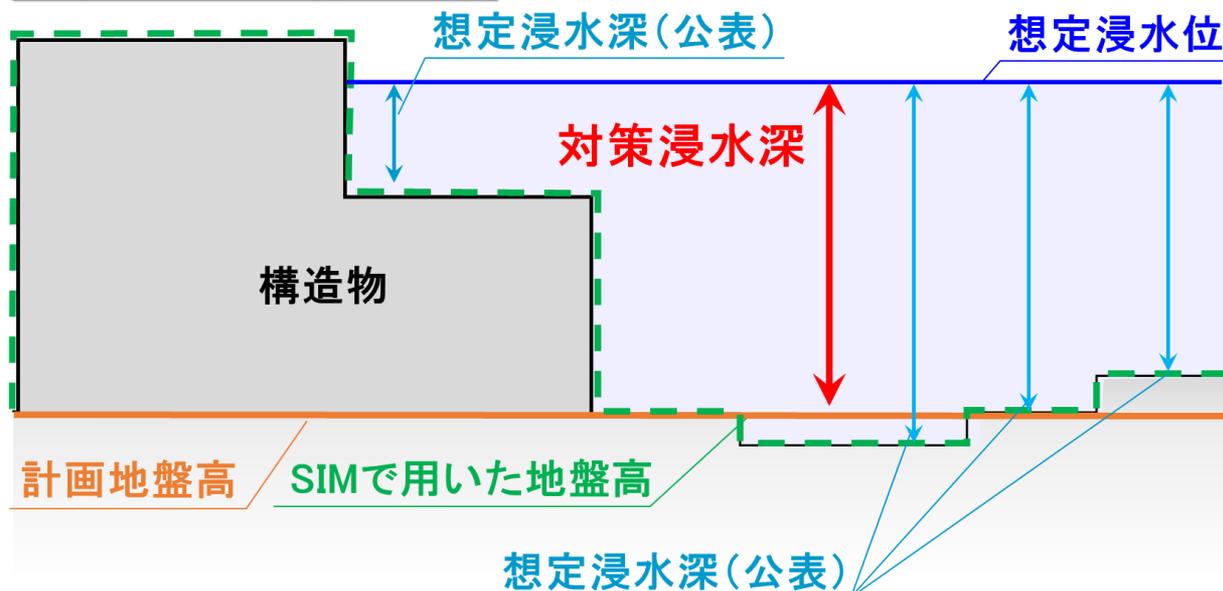
降雨確率	<u>1/150</u> ※1/80以下は非公開
想定浸水位	T.P.+12.8m
設計地盤高	T.P.+8.5m
<u>対策浸水深</u>	<u>4.3m</u>

リスクを考慮

(1/30~1/80が一般)

- ① 処理場が1カ所
- ② 被害額 > 対策費
- ③ 下流に取水源
- ④ 海域で水産業が盛ん

対策浸水深の精査手法



公表されている想定浸水深

+

SIMで用いた地盤高

-

計画地盤高

=

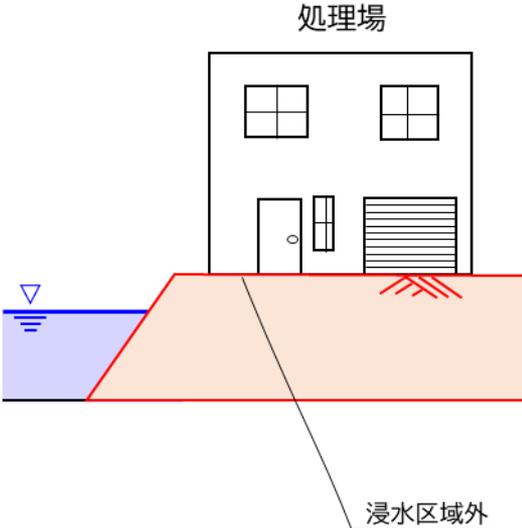
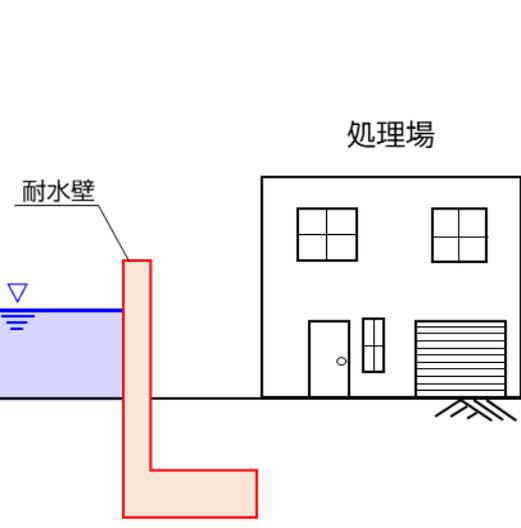
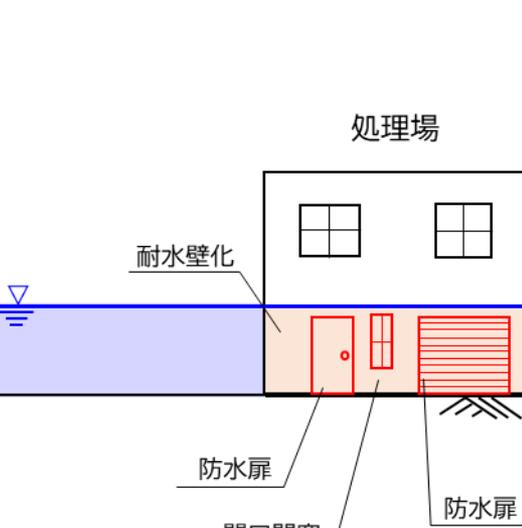
対策浸水深

想定浸水位

1. はじめに
2. 対策浸水深の設定
- ➡ 3. 浸水対策手法**
4. 課題とその解決策
5. 今後に向けて
6. おわりに



3. 浸水対策手法

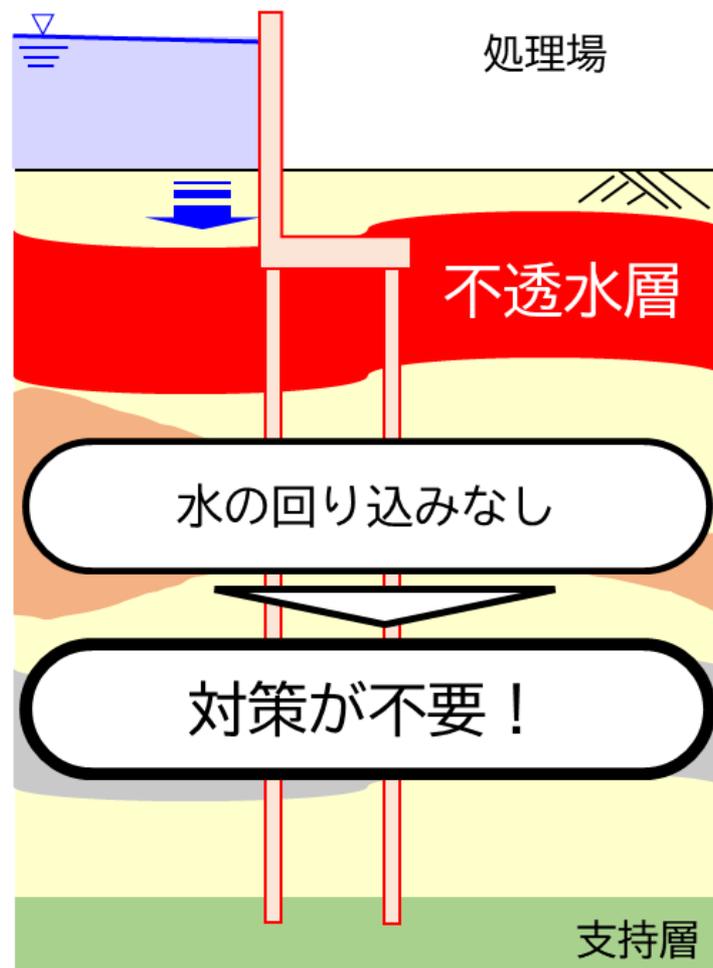
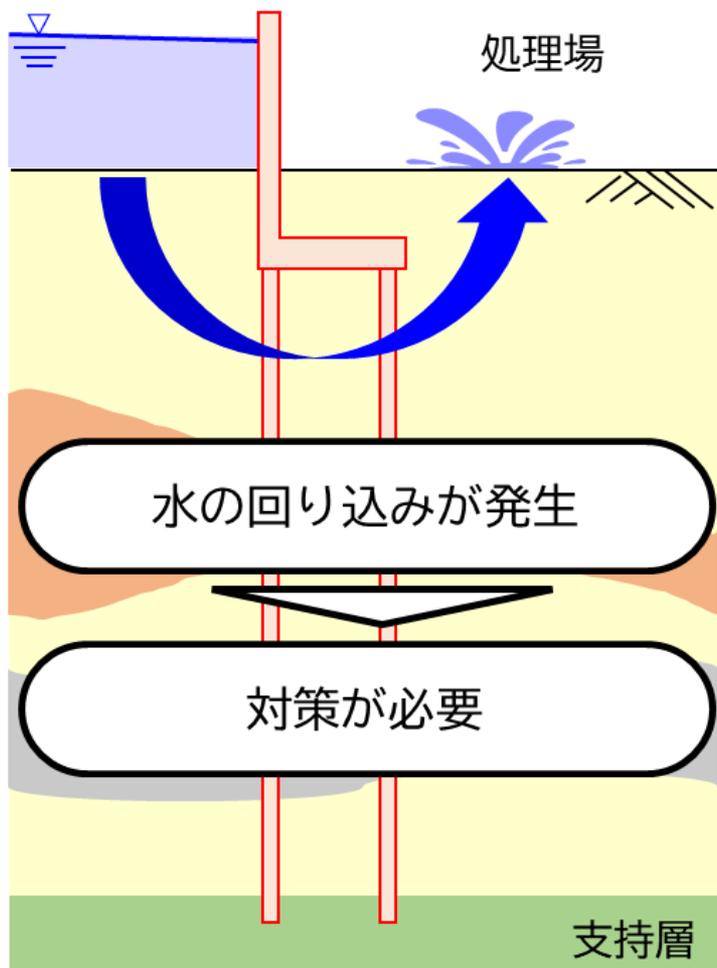
項目	処理場全体を移築	処理場全体を耐水壁で囲む	施設ごとに対策
対策イメージ	 <p>処理場</p> <p>浸水区域外</p>	 <p>処理場</p> <p>耐水壁</p>	 <p>処理場</p> <p>耐水壁化</p> <p>防水扉</p> <p>開口閉塞</p> <p>防水扉</p>
概算工事費	約200億円	約50億円	約65億円
対策期間	約20年	約5年	約10年
メリット	耐震化・改築も同時に完了	耐水化事業を単独で実施可能	段階的対策が可能
デメリット	上位計画の変更を伴う	景観上圧迫感がある	単独での事業実施が困難
総合評価	×	○【採用】	△

3. 浸水対策手法

不透水層について

不透水層がない場合

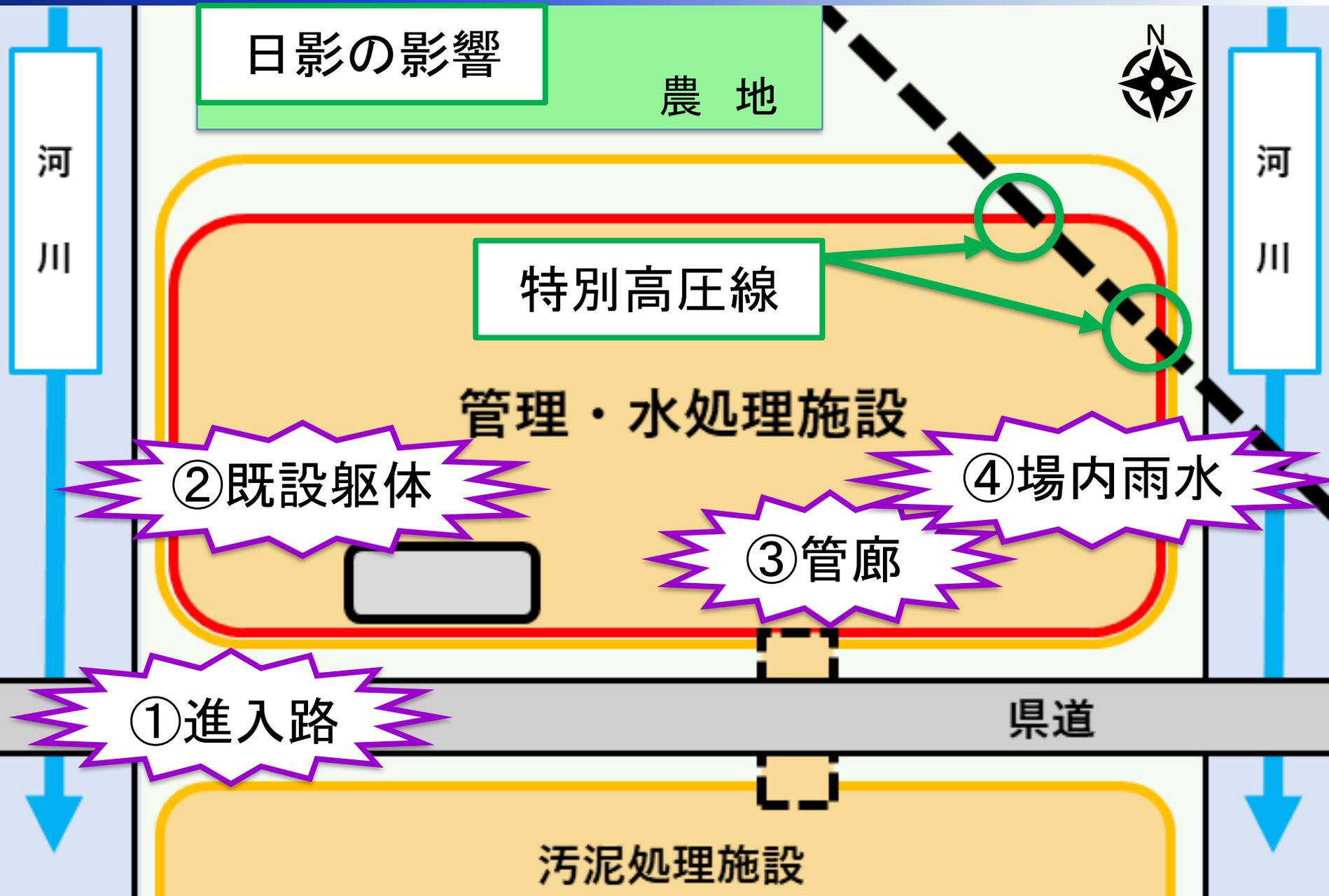
不透水層がある場合(今回)



1. はじめに
2. 対策浸水深の設定
3. 浸水対策手法
- ➡ 4. 課題とその解決策**
5. 今後に向けた提言
6. おわりに



4. 課題とその解決策

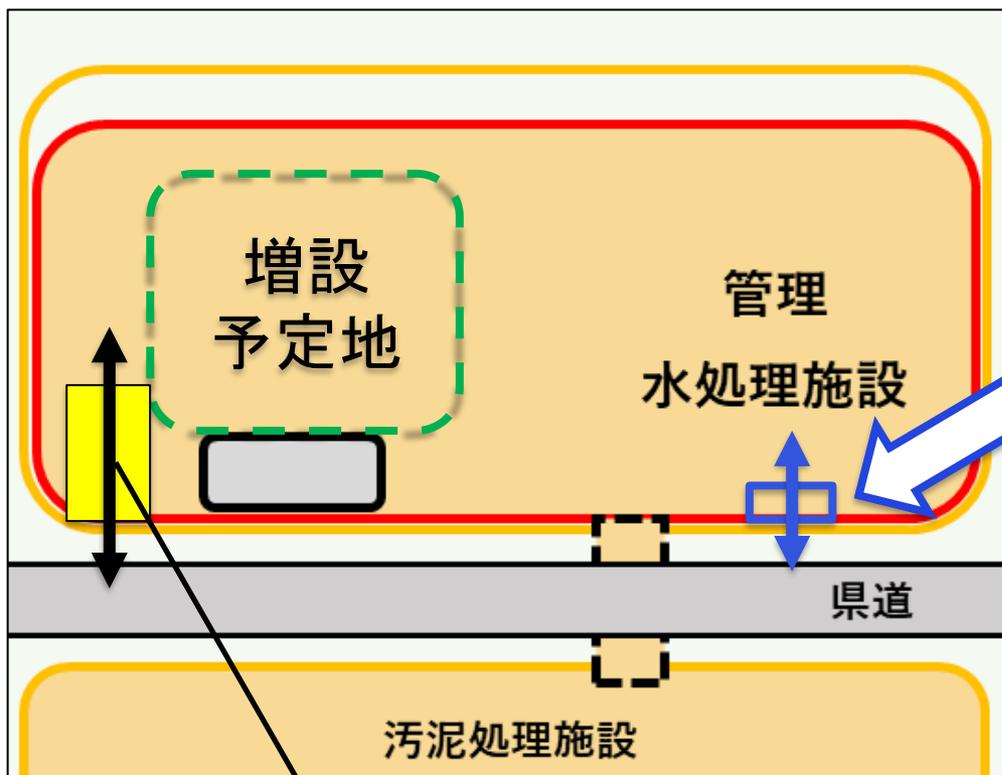


4. 課題とその解決策



4. 課題とその解決策

① 進入路 (1/2)



工事用進入路

維持管理用進入路



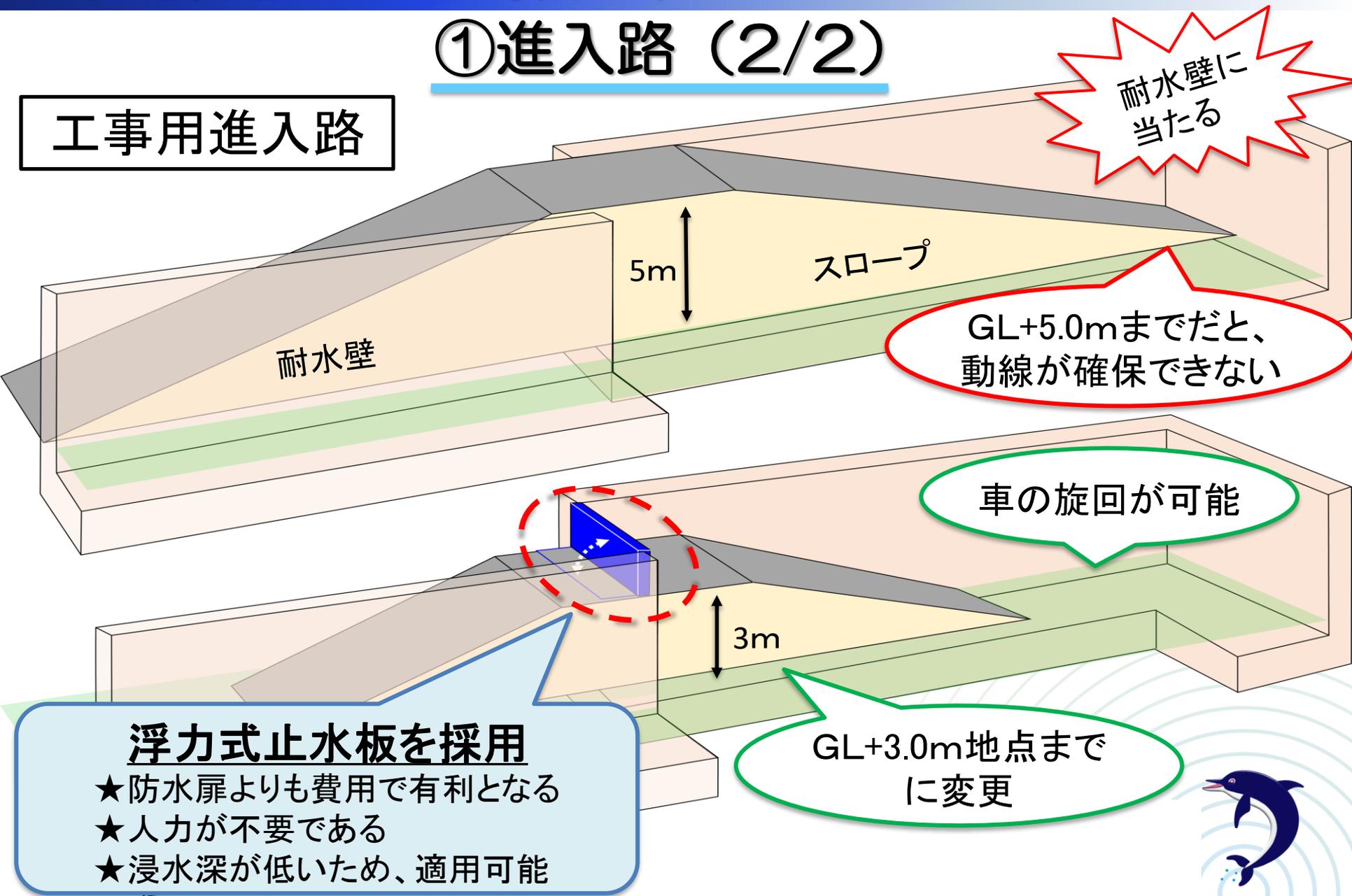
	手動防水扉	電動防水扉
経済性	1.7億円	3.0億円
操作性	15分/3人	10分/1人

管理者が常駐する管理棟が近いため、
手動防水扉を採用！

4. 課題とその解決策

① 進入路 (2/2)

工事用進入路

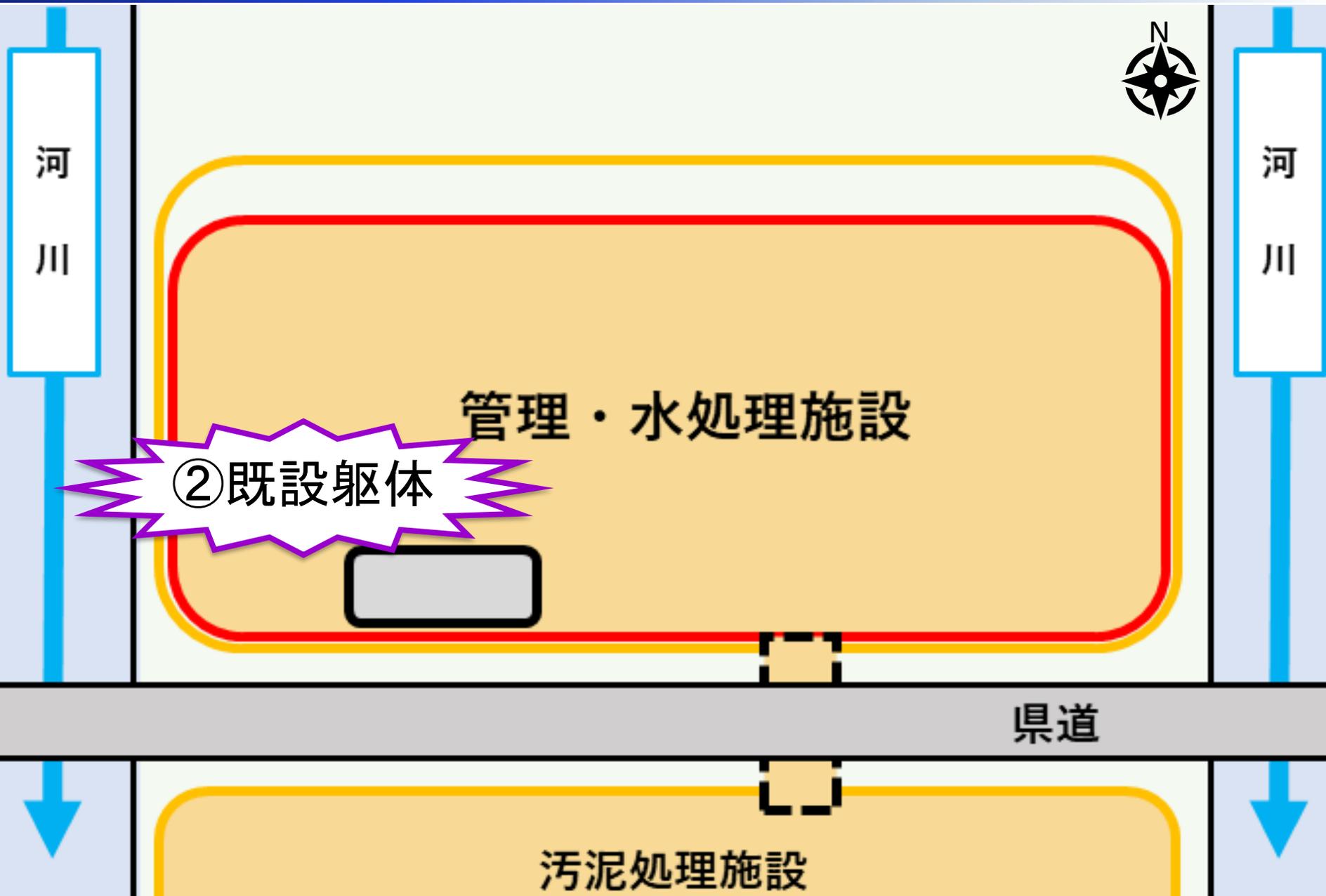


浮力式止水板を採用

- ★防水扉よりも費用で有利となる
- ★人力が不要である
- ★浸水深が低いため、適用可能

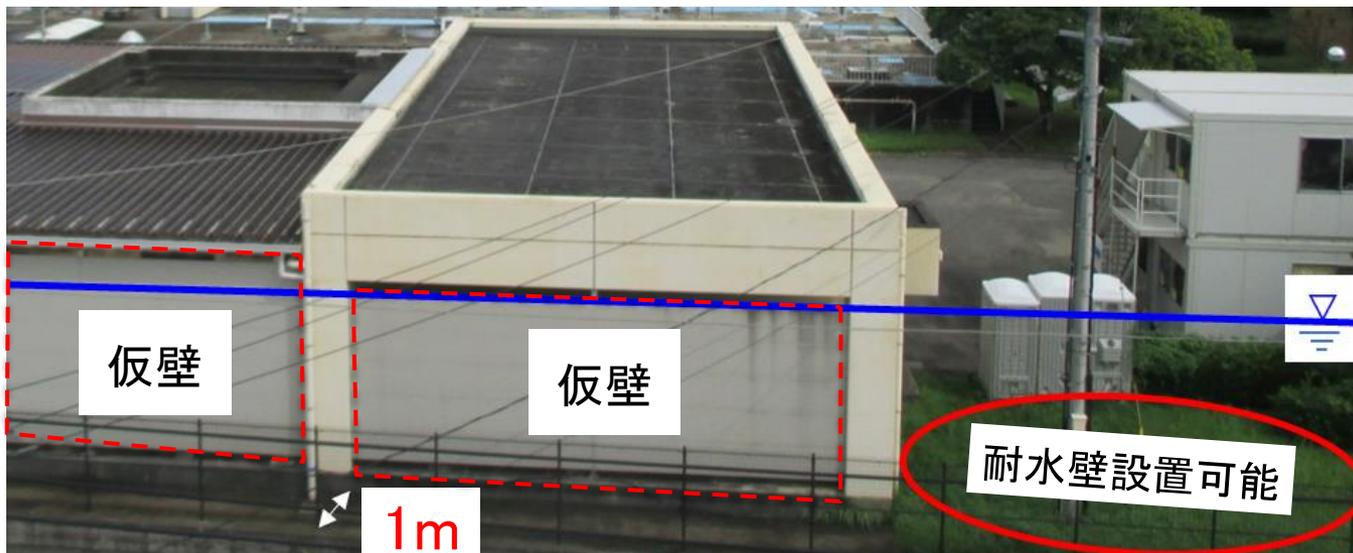


4. 課題とその解決策



4. 課題とその解決策

②既設躯体 (1/2)



耐水壁設置
不可

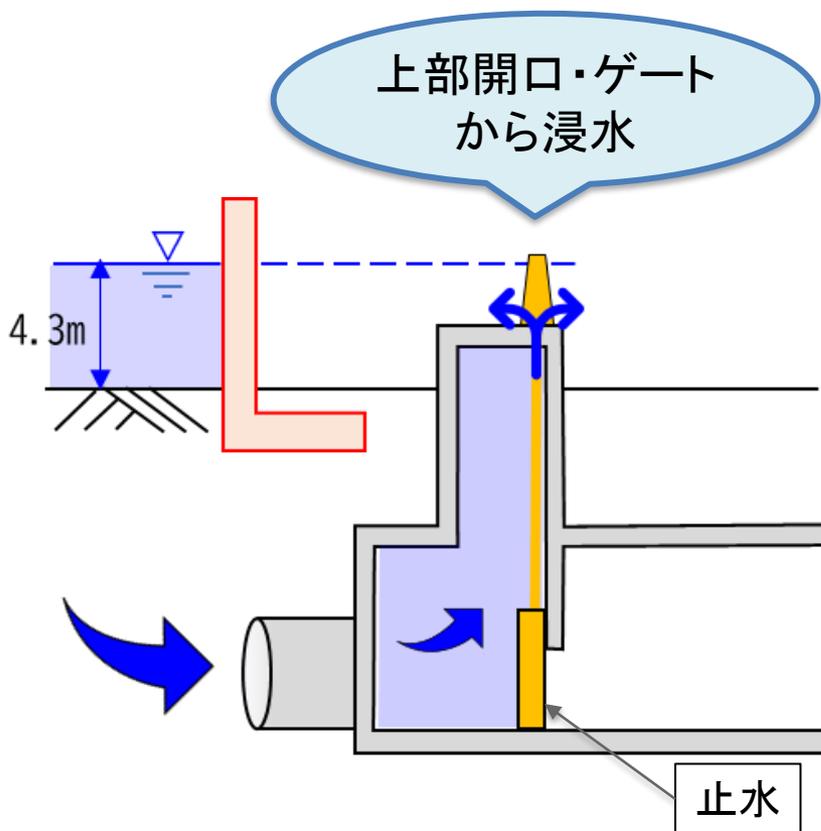


躯体を改造し、耐水壁化！

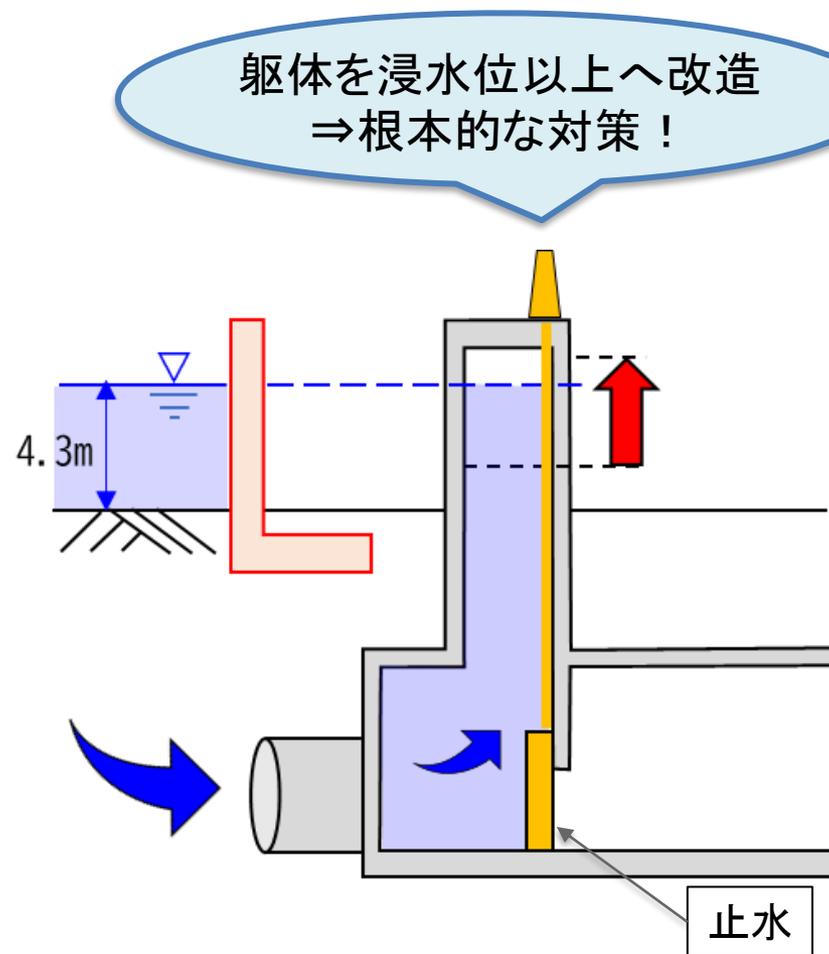
4. 課題とその解決策

②既設躯体 (2/2)

課 題



解 決 策



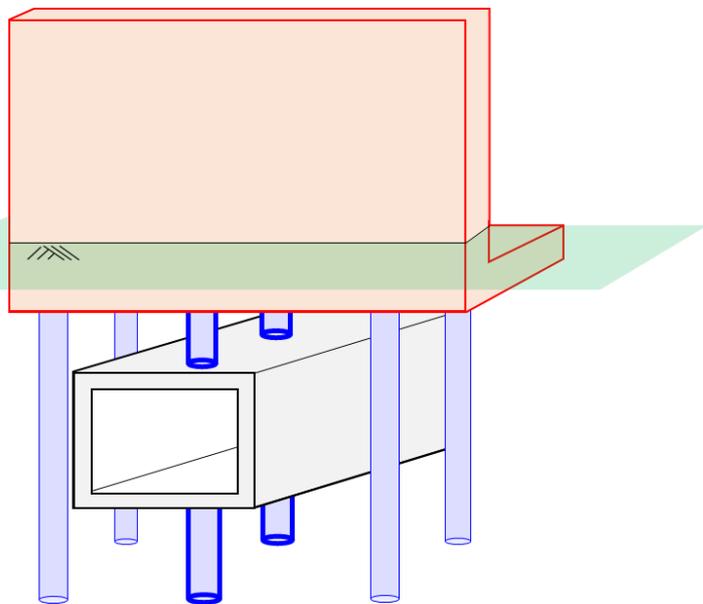
4. 課題とその解決策



4. 課題とその解決策

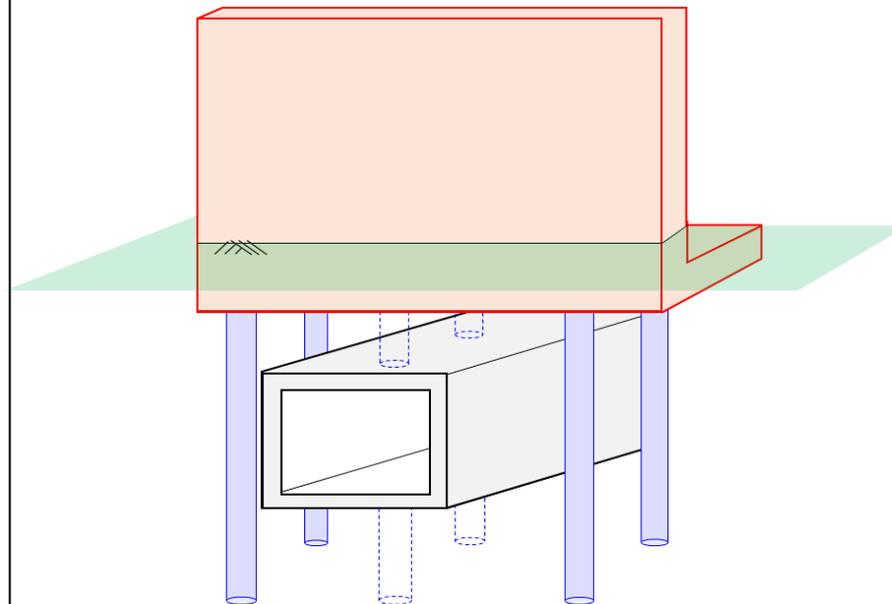
③管廊 (1/2)

課題



杭が管廊に干渉

解決策

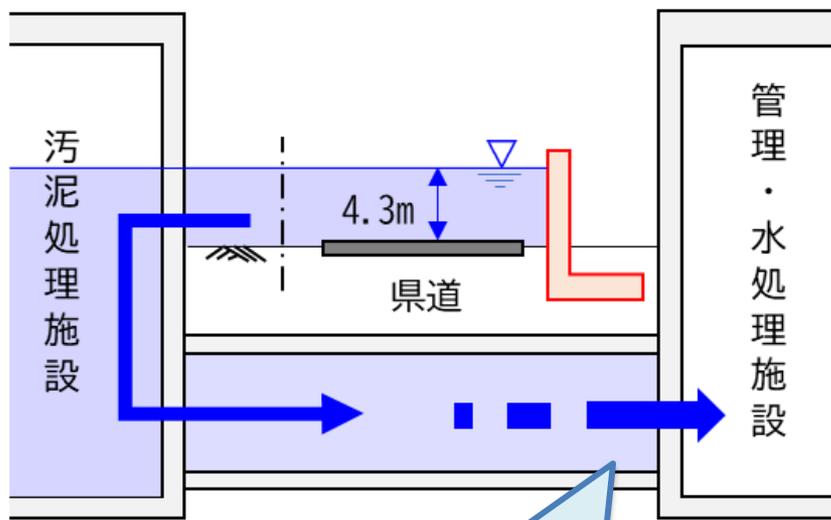


杭スパンを飛ばす

4. 課題とその解決策

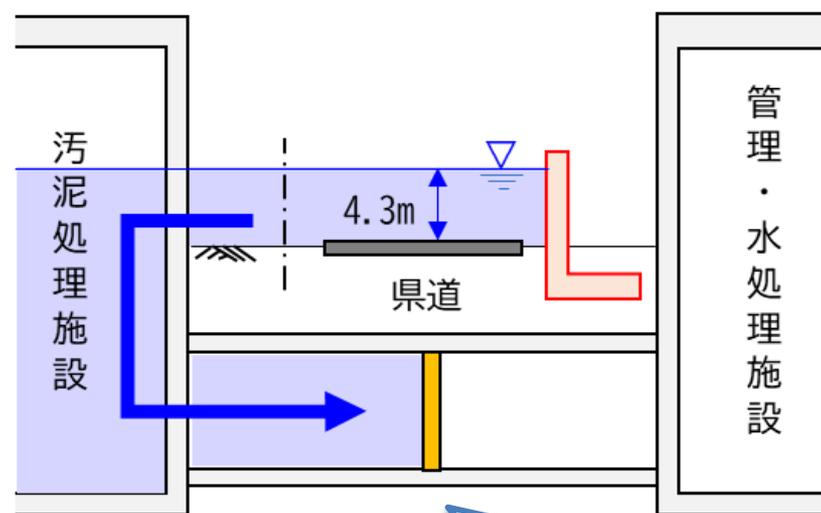
③管廊 (2/2)

課題



管廊を通じて浸水

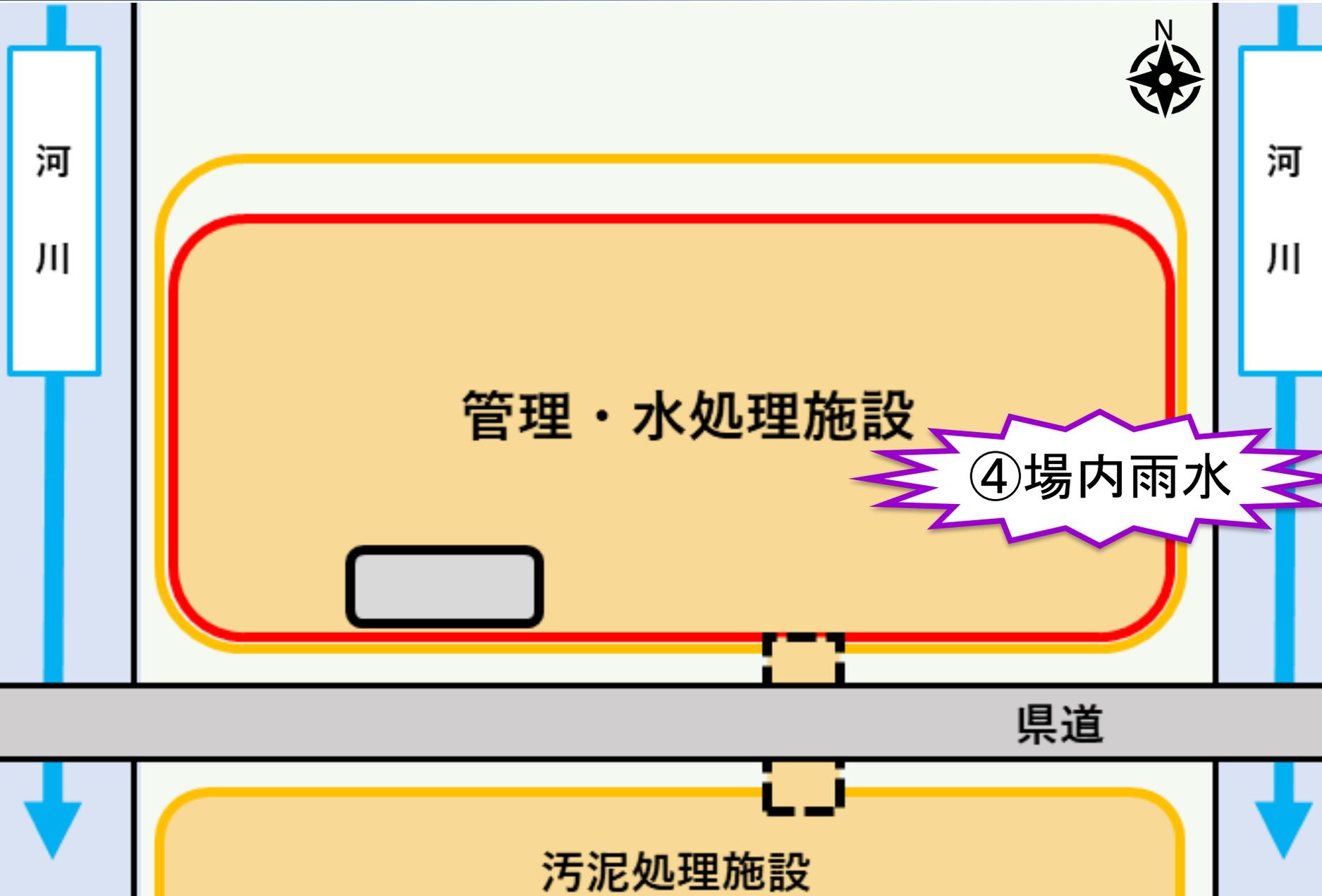
解決策



管廊内に耐水壁を新設

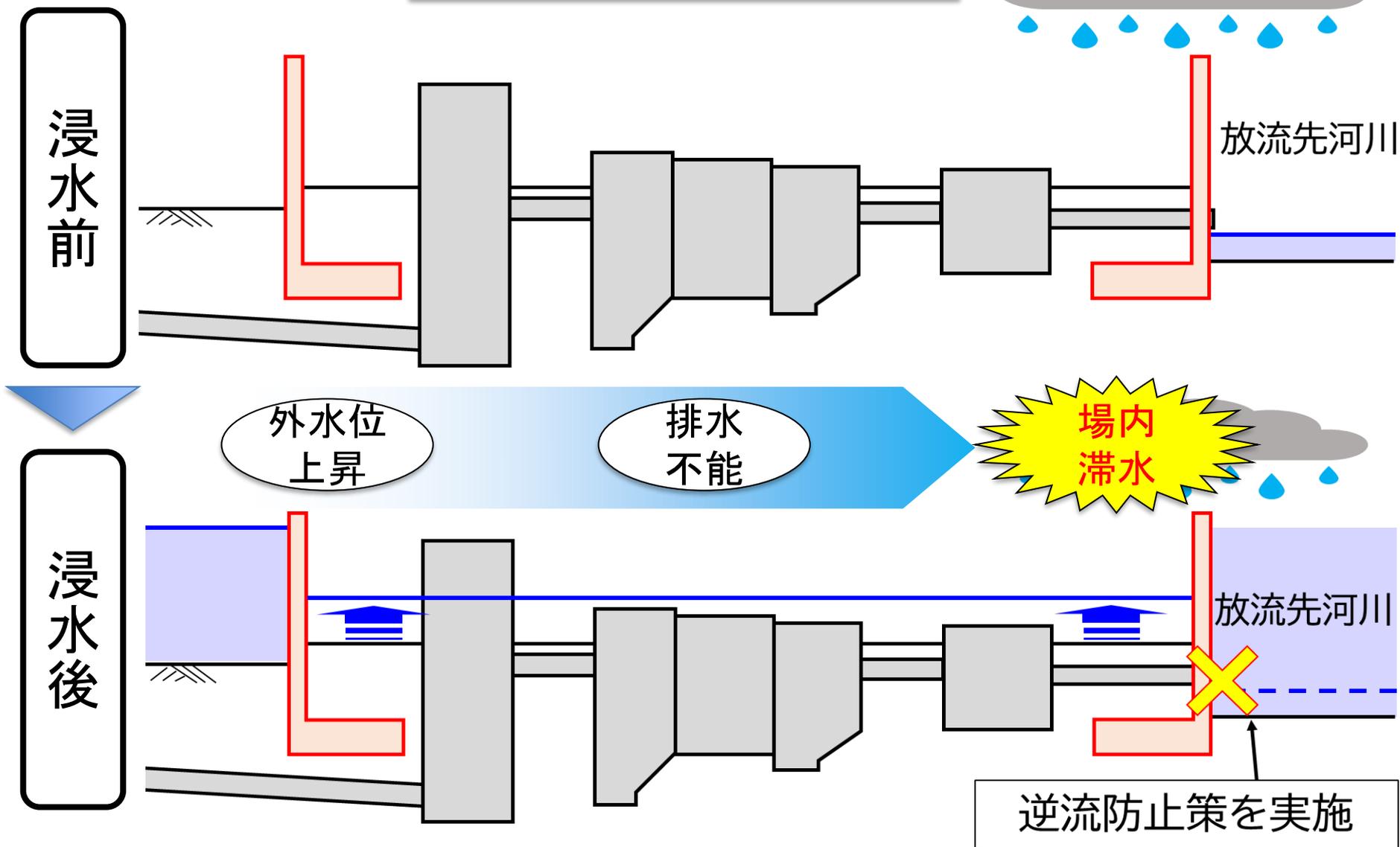
- ★維持管理用防水扉を設置
- ★配線開口は止水対策
- ★浸水要因の配管にバルブを設置

4. 課題とその解決策



4. 課題とその解決策

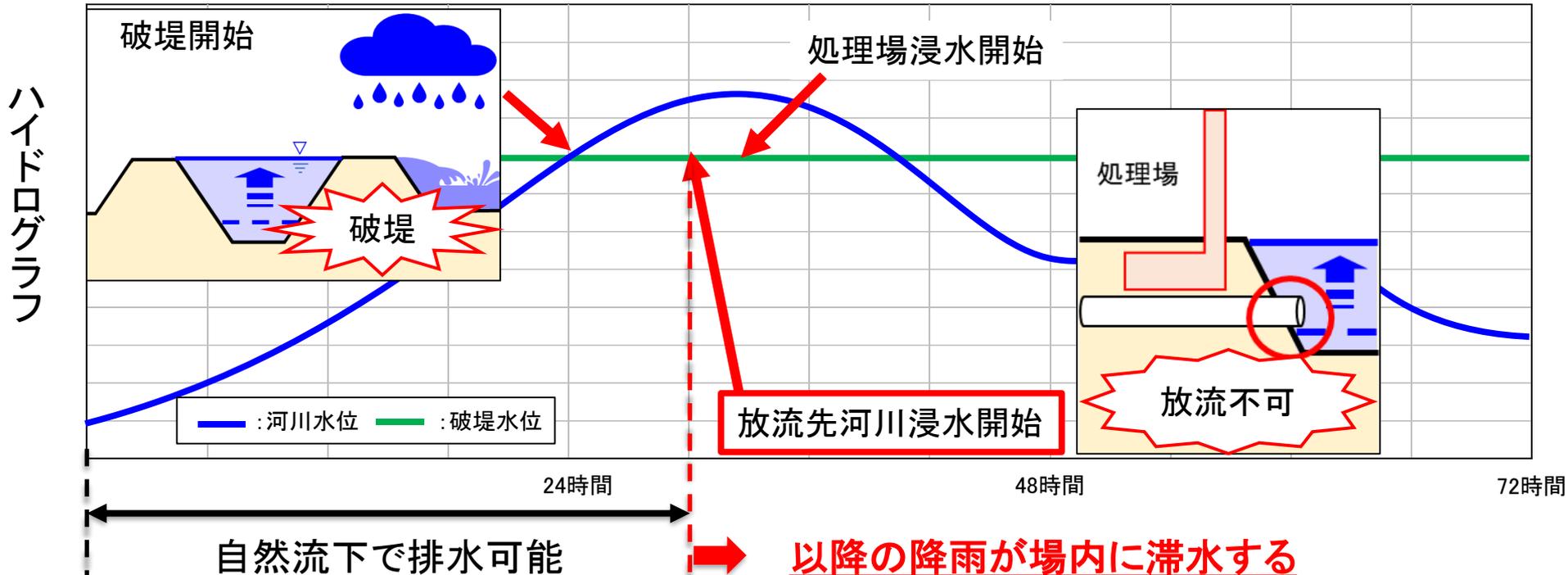
④場内雨水 (1/3)



4. 課題とその解決策

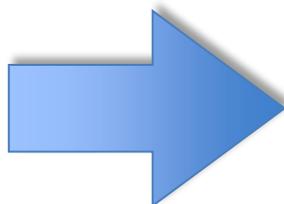
④場内雨水 (2/3)

河川水位 (T.P.)



降雨開始

洪水の発生 = 処理場の浸水
ではない！！

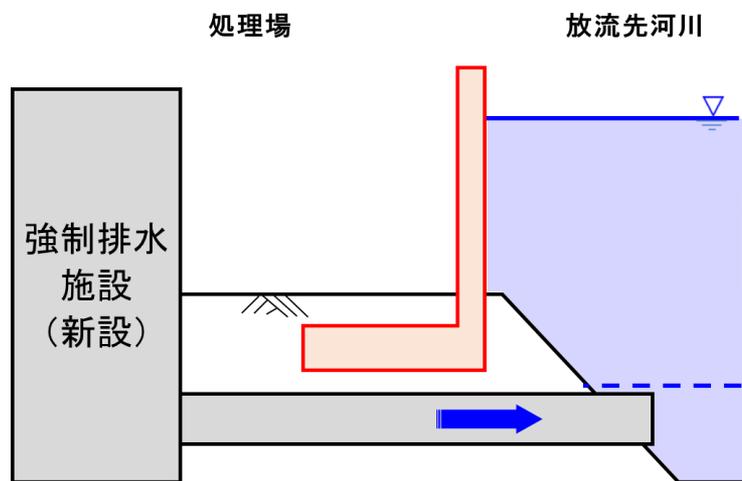


場内に滞水する
雨量を適切に設定

4. 課題とその解決策

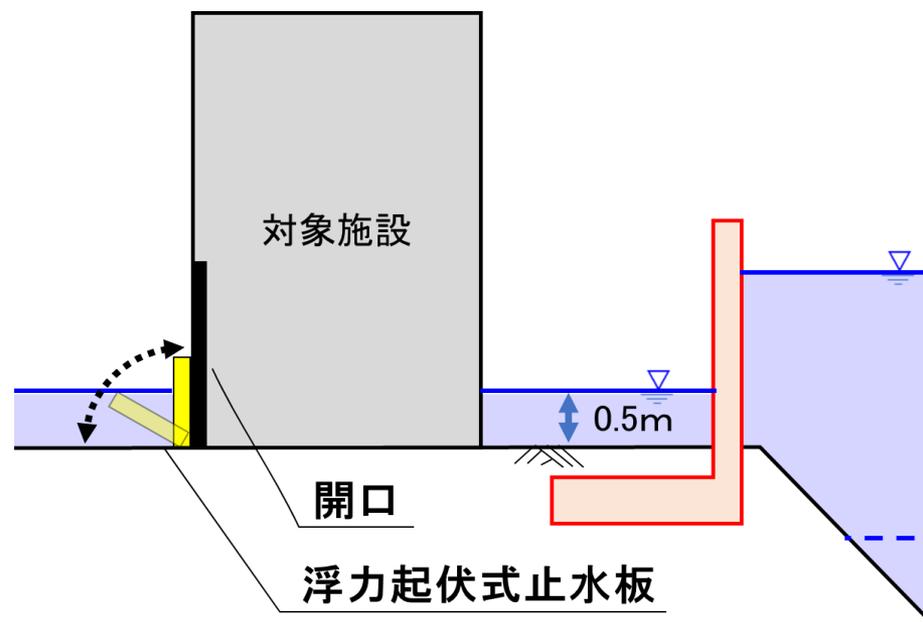
④場内雨水 (3/3)

強制排水施設による対策



概算費用: 200百万円

止水板設置による対策



概算費用: 50百万円

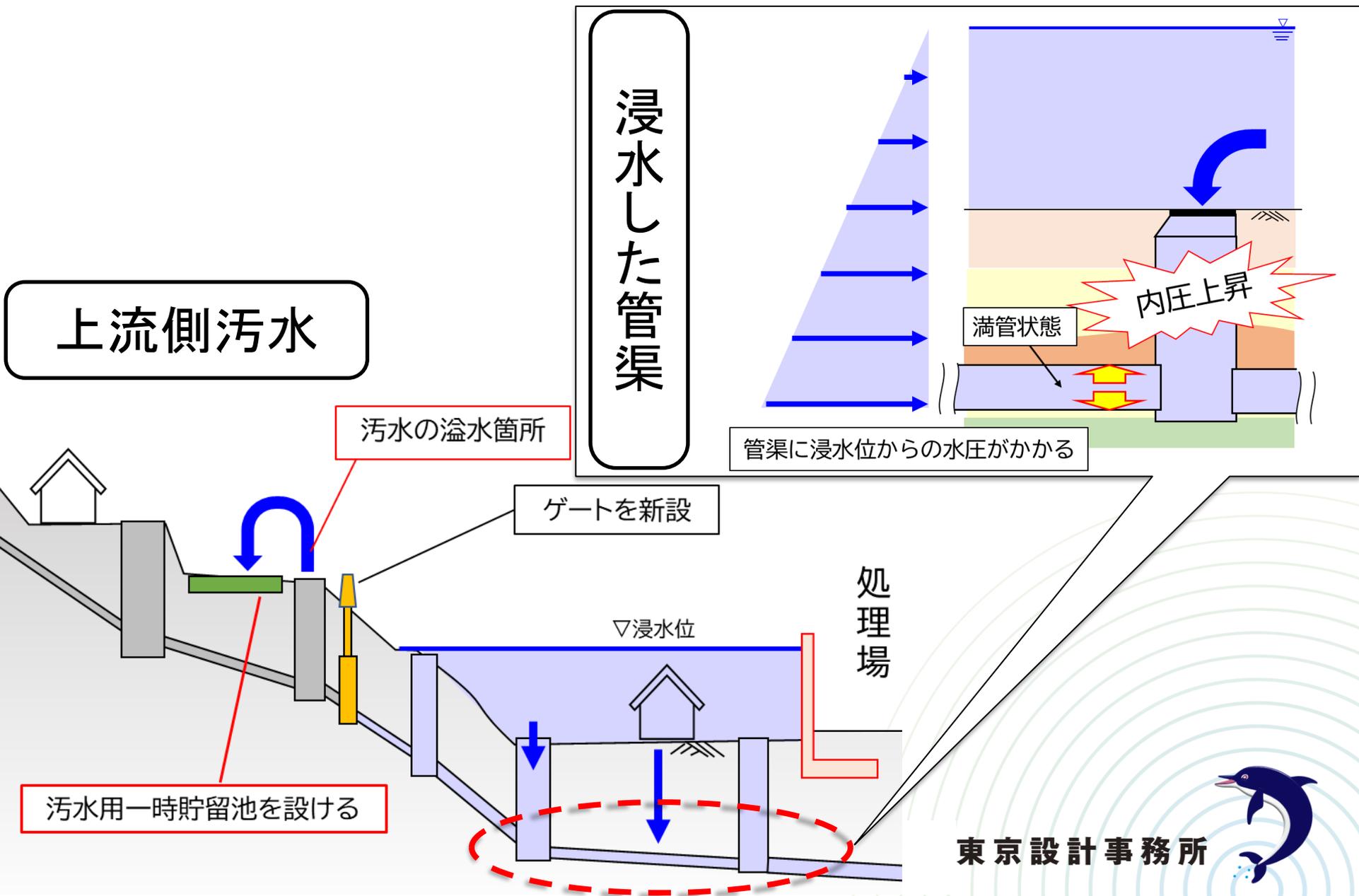
>

施設ごとに止水板で対策を実施

1. はじめに
2. 対策浸水深の設定
3. 浸水対策手法
4. 課題とその解決策
- ← 5. 今後に向けた提言**
6. おわりに



5. 今後に向けた提言



1. はじめに
2. 対策浸水深の設定
3. 浸水対策手法
4. 課題とその解決策
5. 今後に向けた提言

👉 6. おわりに



6. おわりに

一般的な「施設ごと」の対策にもデメリットが...



対策期間の
長期化



対策箇所数
が膨大



他事業との
連携が必要



6. おわりに

一般的な「施設ごと」の対策にもデメリットが...



対策期間の
長期化

対策完了までに被災する可能性あり

耐水壁の採用により



対策期間の
短縮

対策効果の早期発現

6. おわりに

一般的な「施設ごと」の対策にもデメリットが...



対策箇所数
が膨大

重点化範囲外に関連する可能性あり

一箇所でも見落とせば対策が無駄に

耐水壁の採用により



対策箇所数を
削減

対策範囲内で完結する部分が多い

6. おわりに

一般的な「施設ごと」の対策にもデメリットが...



他事業との
連携が必要

設備の更新時期との整合

構造変化により耐震性能に影響

耐水壁の採用により



他事業から
分離

設備・既設構造への影響を最小限に

6. おわりに



対策期間の
長期化



対策箇所数
が膨大



他事業との
連携が必要

耐水壁の採用により



対策期間の
短縮



対策箇所数を
削減



他事業から
分離



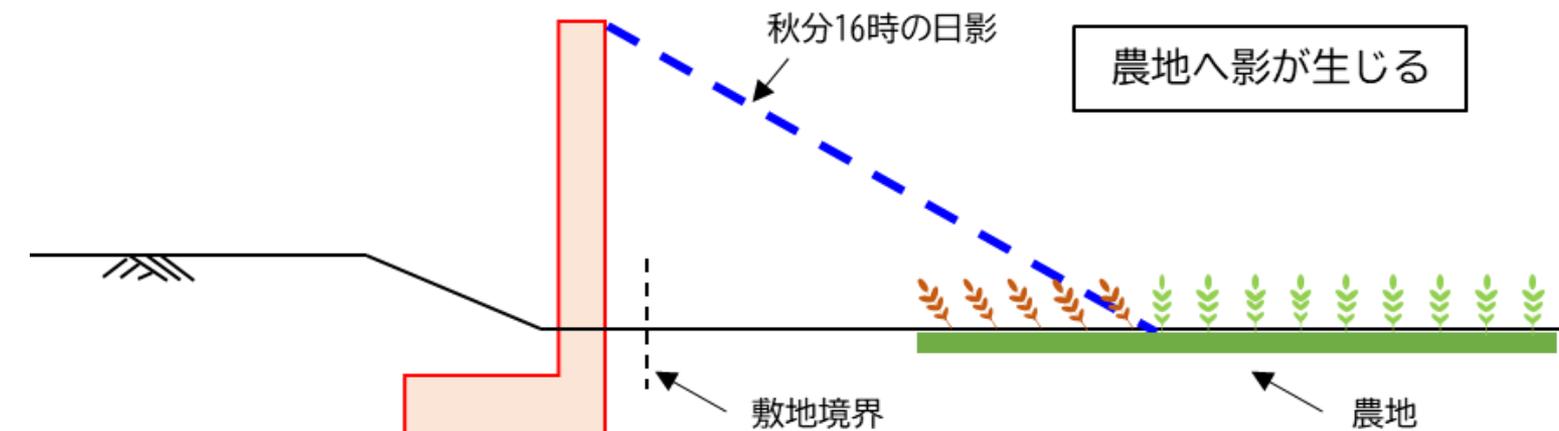
ご清聴
ありがとうございました

TEC グループ

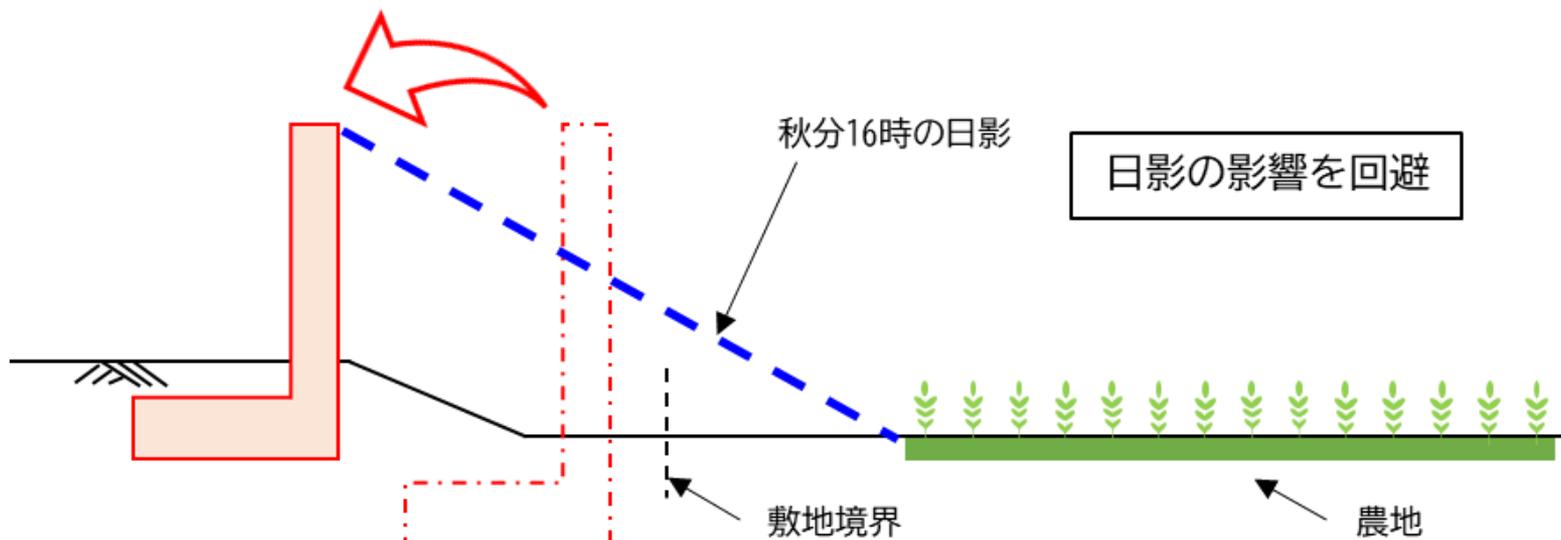
株式会社 東京設計事務所
Tokyo Engineering Consultants Co., Ltd.

日影の影響

当初案（外周沿い）

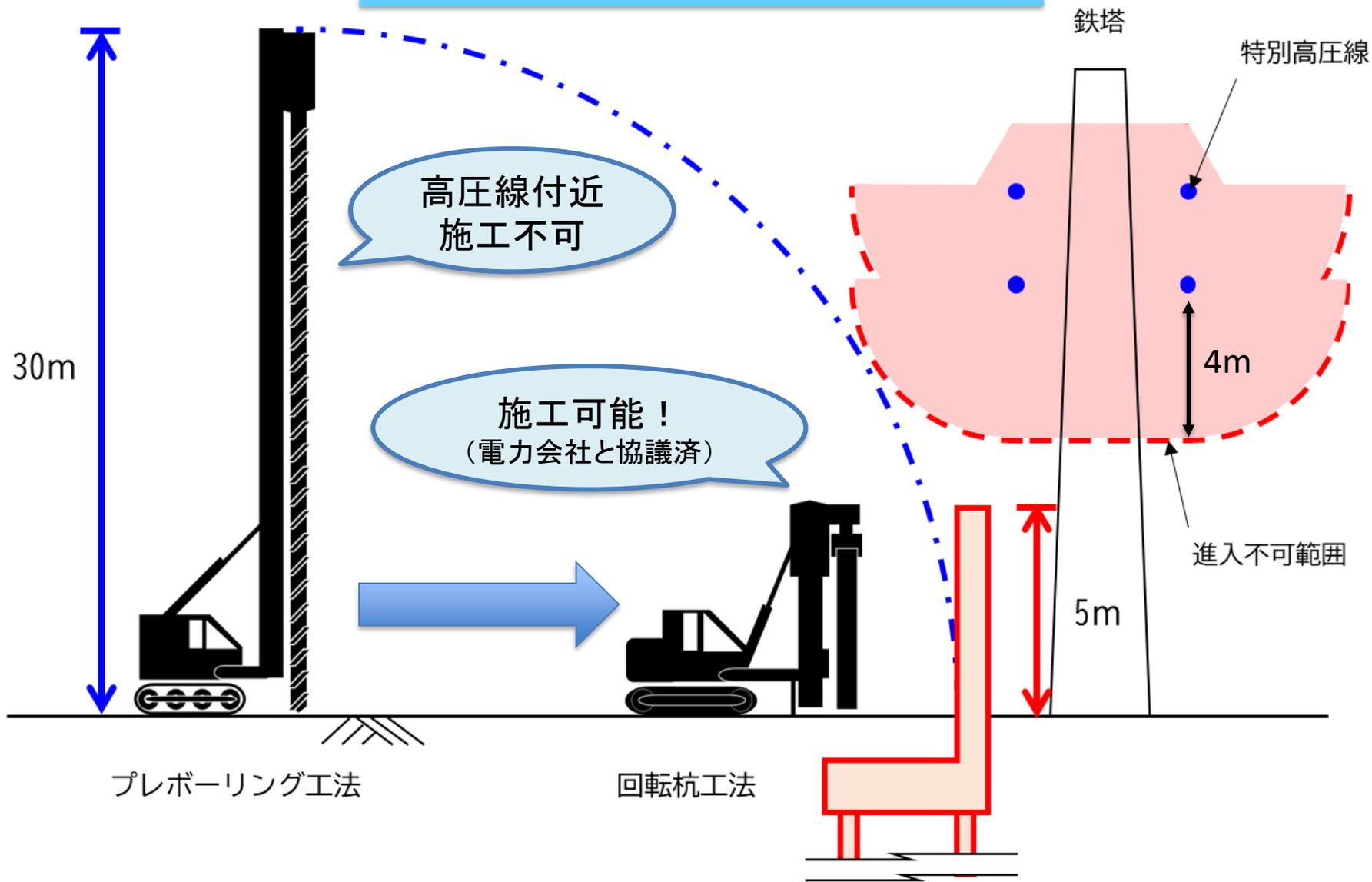


セットバック案



目隠し用の植栽も設置可能

特別高圧線への対応

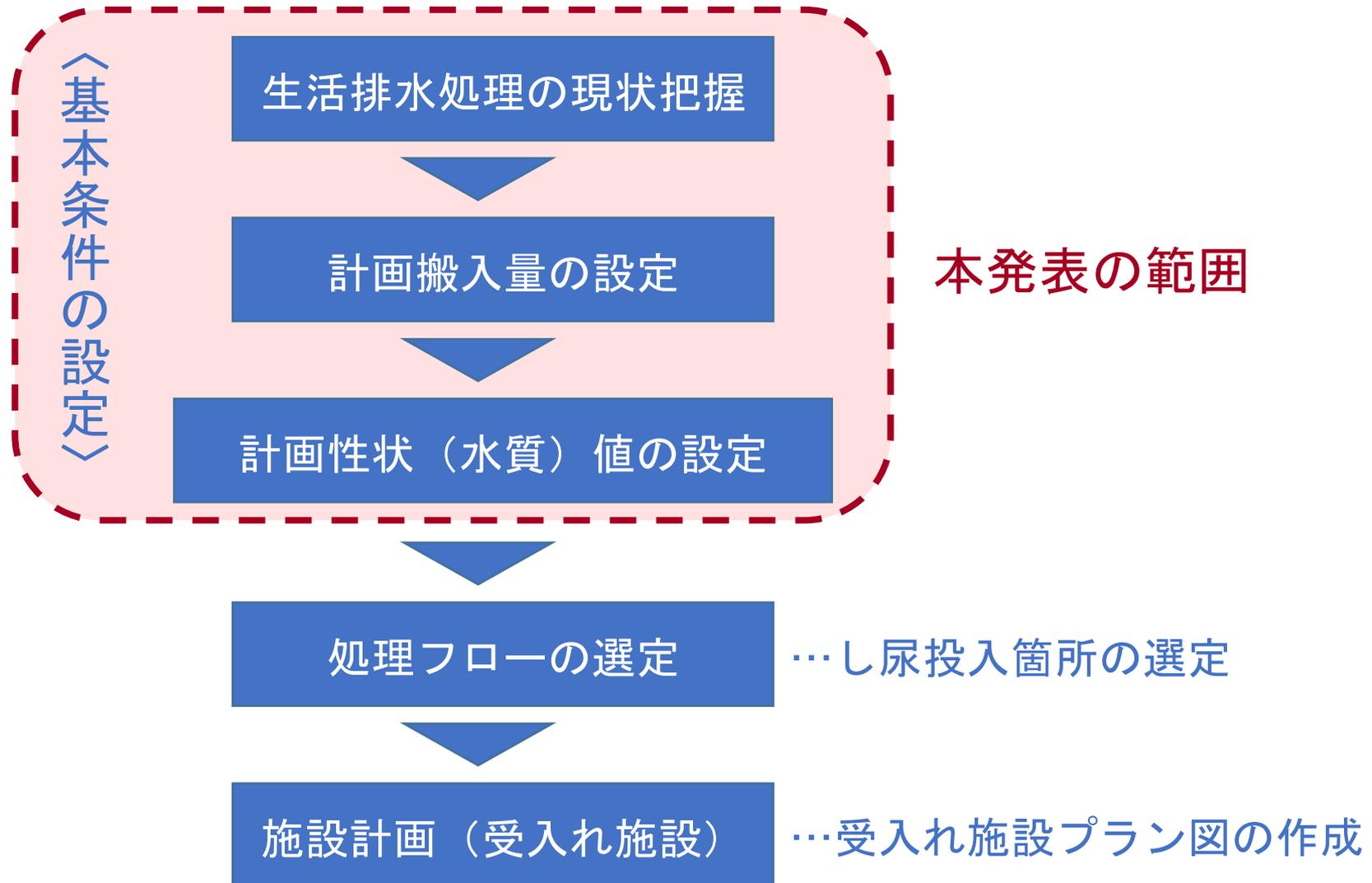


下水処理場における し尿受け入れ基本計画検討事例

日本水工設計株式会社
東京支社下水道一部
谷岡 桃子

1. 背景

本業務について



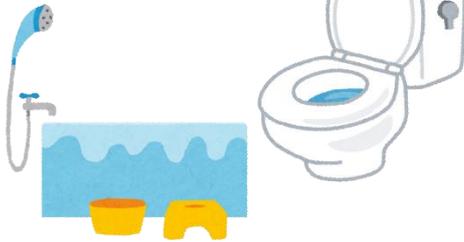
目次

1. 背景
2. 処理施設概要
3. し尿受入れ検討の条件設定
 - ・ 計画搬入量
 - ・ 計画性状（水質）値
4. まとめ

1. 背景

し尿処理について

<各家庭>



し尿・浄化槽汚泥
(し尿等)



収集・輸送

<し尿処理施設>



問題点

ヒト

- ・人口減少、下水道の普及に伴うし尿量の減少

モノ

- ・施設の老朽化に伴う処理機能低下、事故リスクの増加

カネ

- ・し尿処理財政の圧迫
- ・し尿処理施設の改築、更新費用不足

解決策の1つ



下水処理場へのし尿受入れ
(広域化・共同化)

広域化のメリット

- ・コストの削減
- ・維持管理のしやすさ

1. 背景

A組合の概要

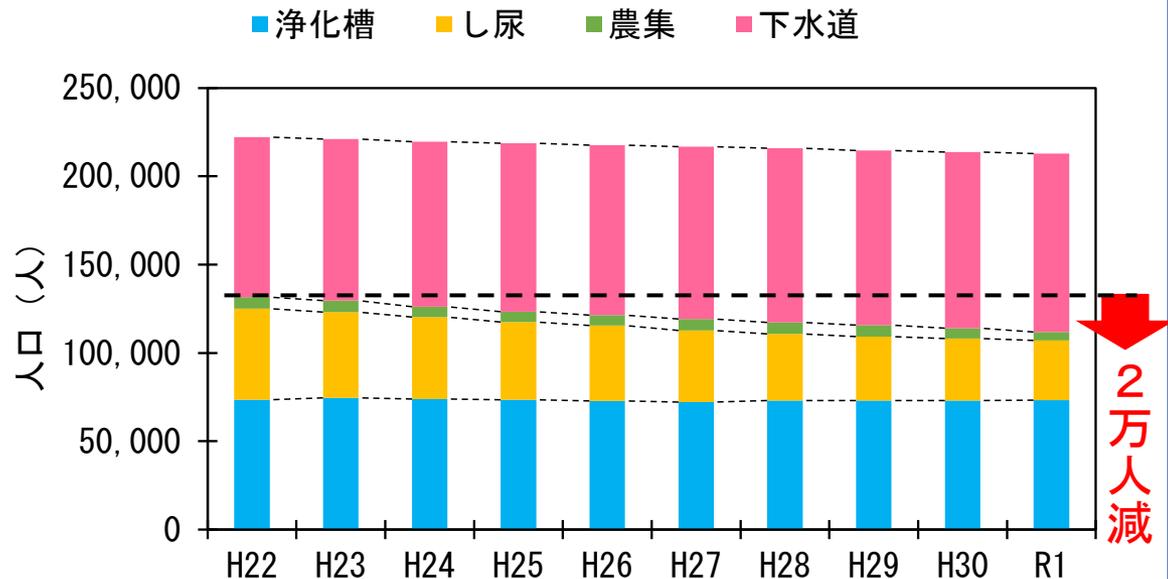
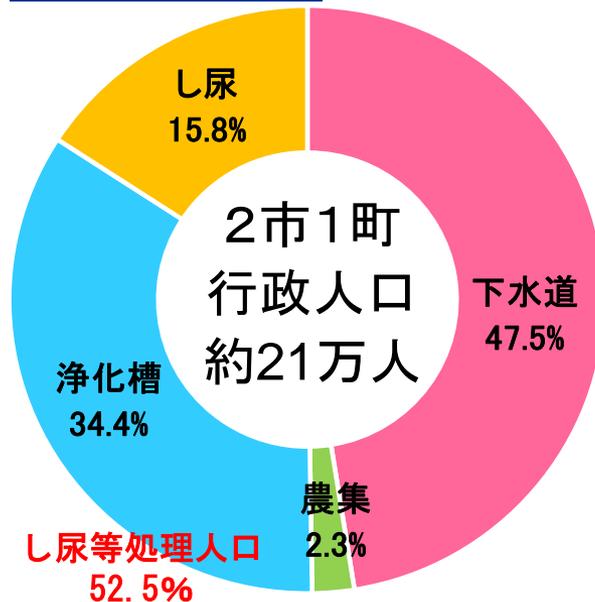
概要

- ・ 2市1町から構成されている
- ・ し尿等処理人口（組合合計）が行政人口（組合合計）の半数以上を占めている

課題

- ・ し尿等処理人口の減少（過去10年で約2万人減）
- ・ し尿処理施設の老朽化の進行による突発的な事故や故障（標準耐用年数：20～30年⇔供用開始から40年以上経過）

A組合の人口



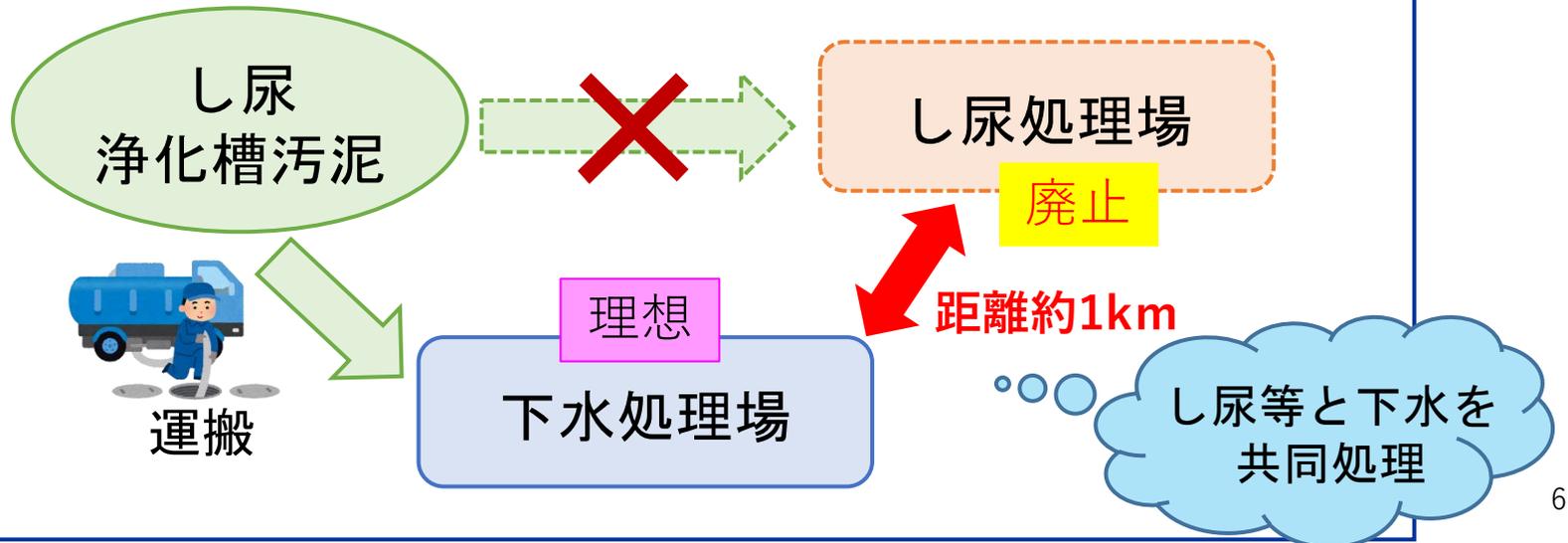
1. 背景

A組合におけるし尿処理について

し尿処理形態（現状）



し尿処理形態（将来案）



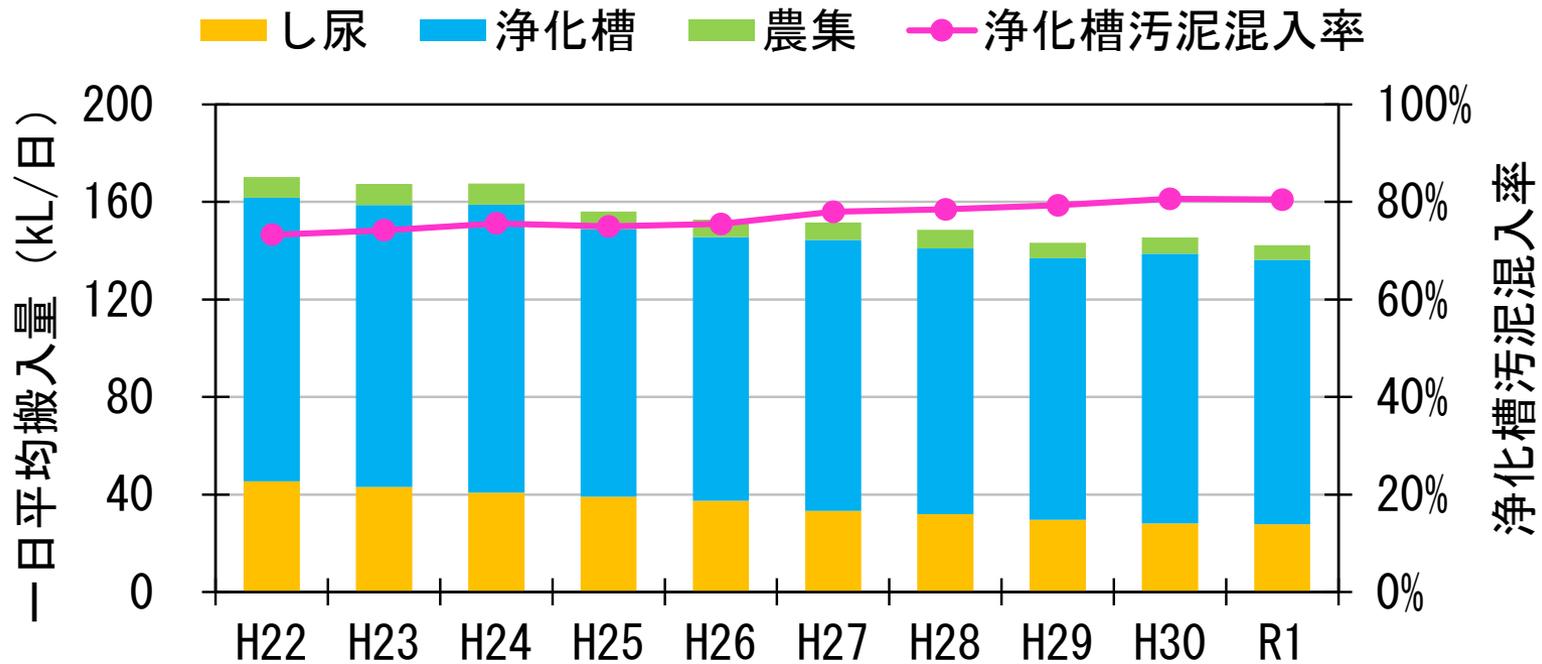
2. 処理施設の概要

関連施設（し尿処理場、受入れ先の下水処理場）
について必要な情報を整理した。

2. 処理施設概要

A組合におけるし尿処理場

年間搬入量実績の推移



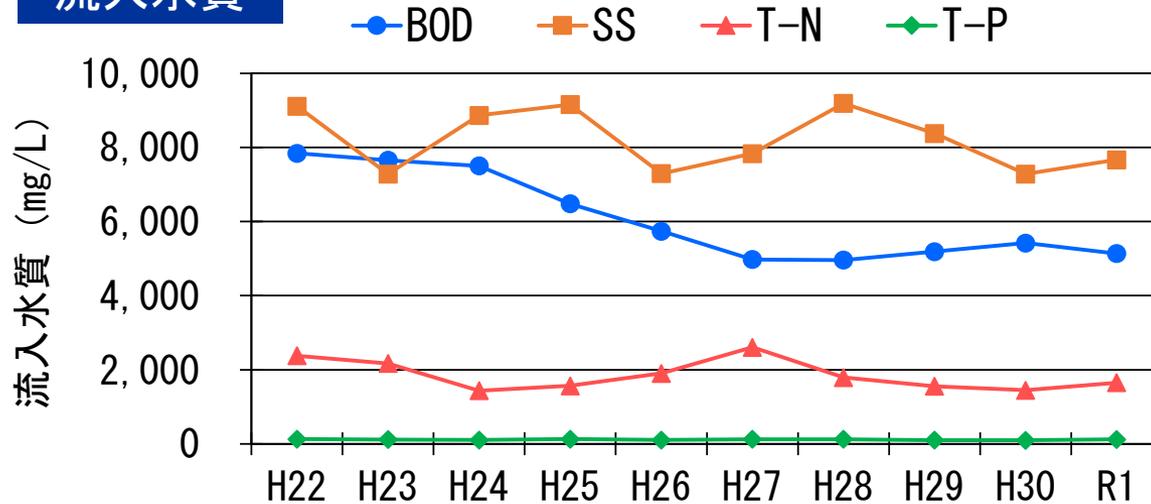
項目	計画処理能力	実績 (R1)
搬入量	150kL/日	約140kL/日
浄化槽汚泥混入率	20% (想定)	約80%

⇒ 流入水質の希薄化による処理効率の低下が懸念される

2. 処理施設概要

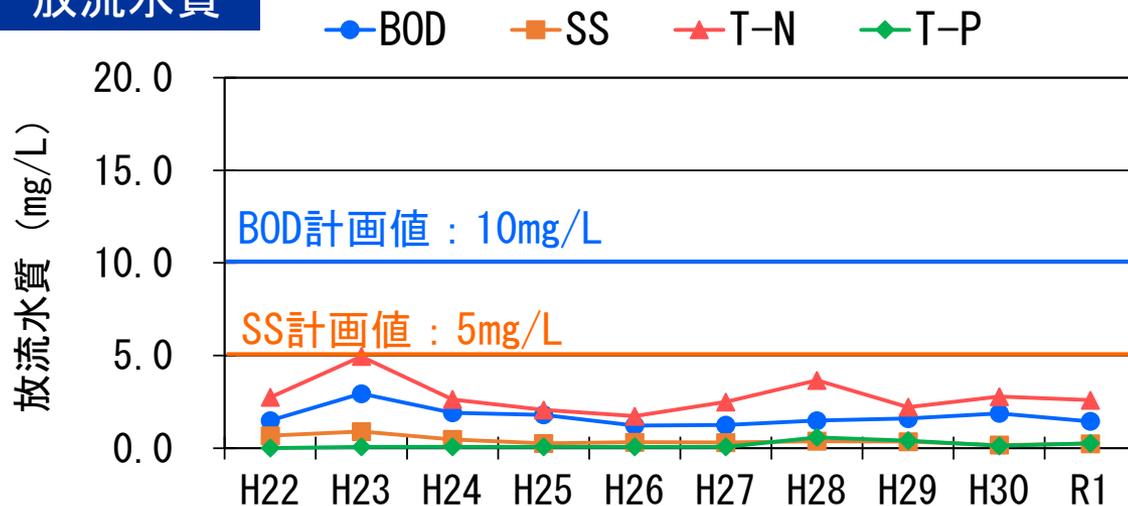
A組合におけるし尿処理場（水質の推移）

流入水質



近年は概ね横ばい傾向で推移している。

放流水質

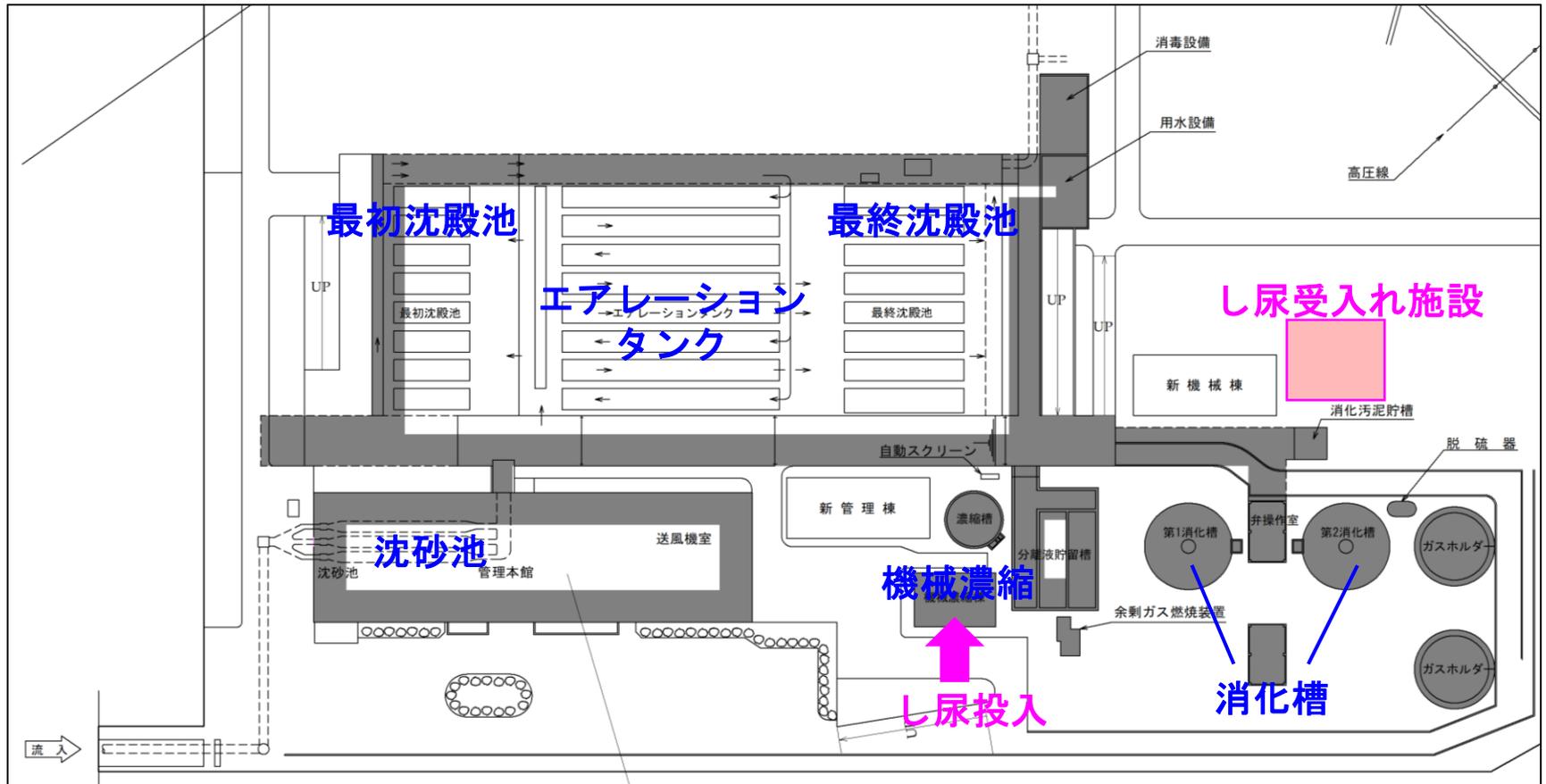


BOD、SSともに放流基準を満たしている。

2. 処理施設概要

し尿受入れ先の下水処理場

下水処理場（昭和55年～）全体配置図



処理場概要

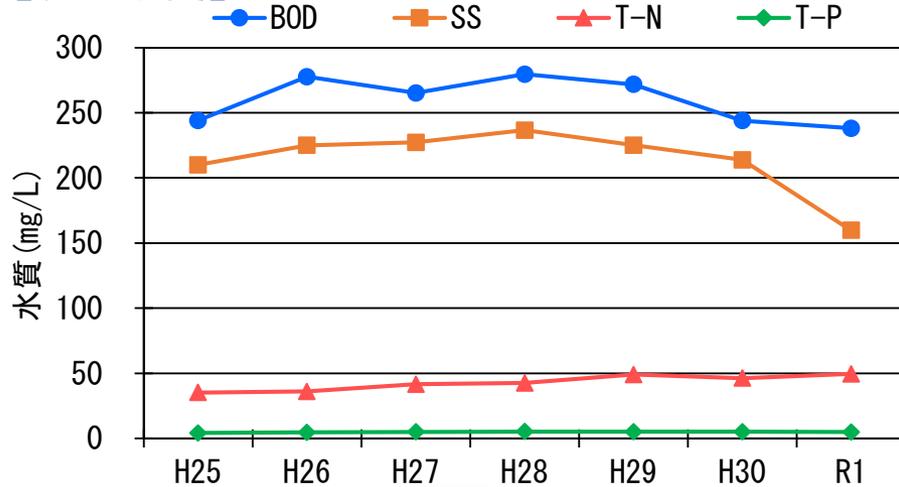
- ・ 水処理方式：標準活性汚泥法
- ・ 汚泥処理方式：分離濃縮＋消化＋脱水
- ・ 処理能力：19,000m³/日

2. 処理施設概要

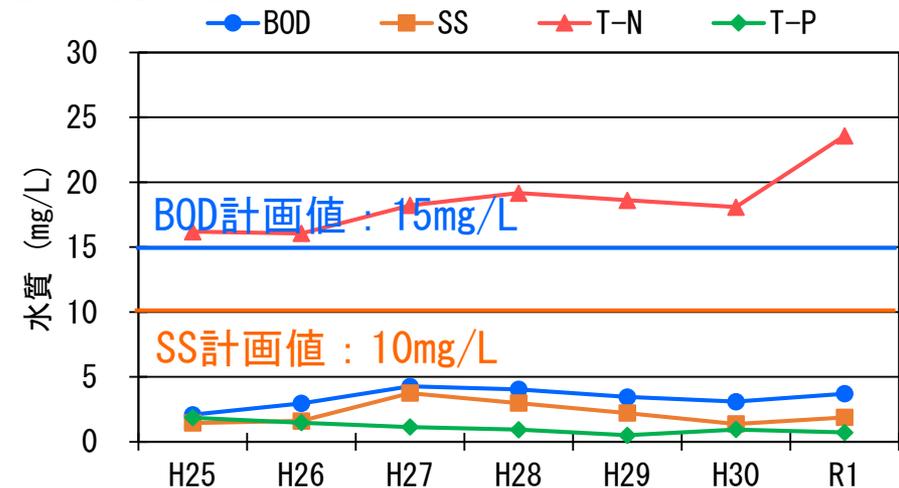
し尿受入れ先の下水処理場（水質・水量の推移）

水質の推移

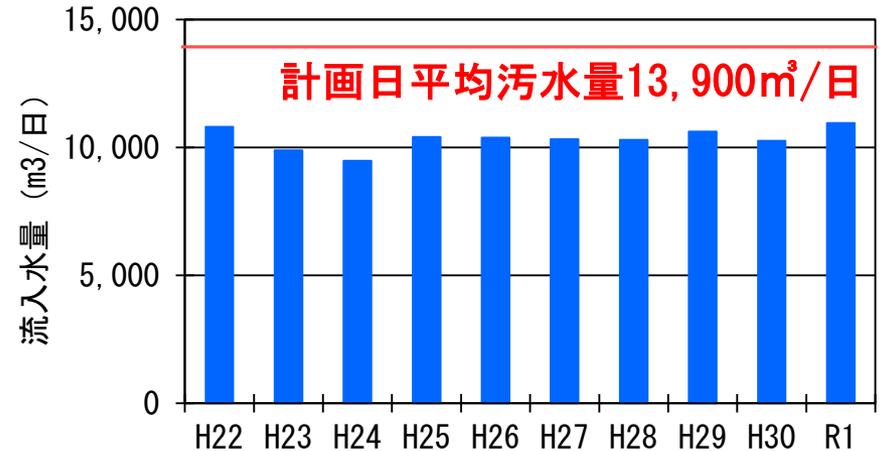
【流入水質】



【放流水質】



流入水量の推移（晴天日日平均）



放流水質

⇒計画条件を満たし、
良好な処理となっている。

流入水量

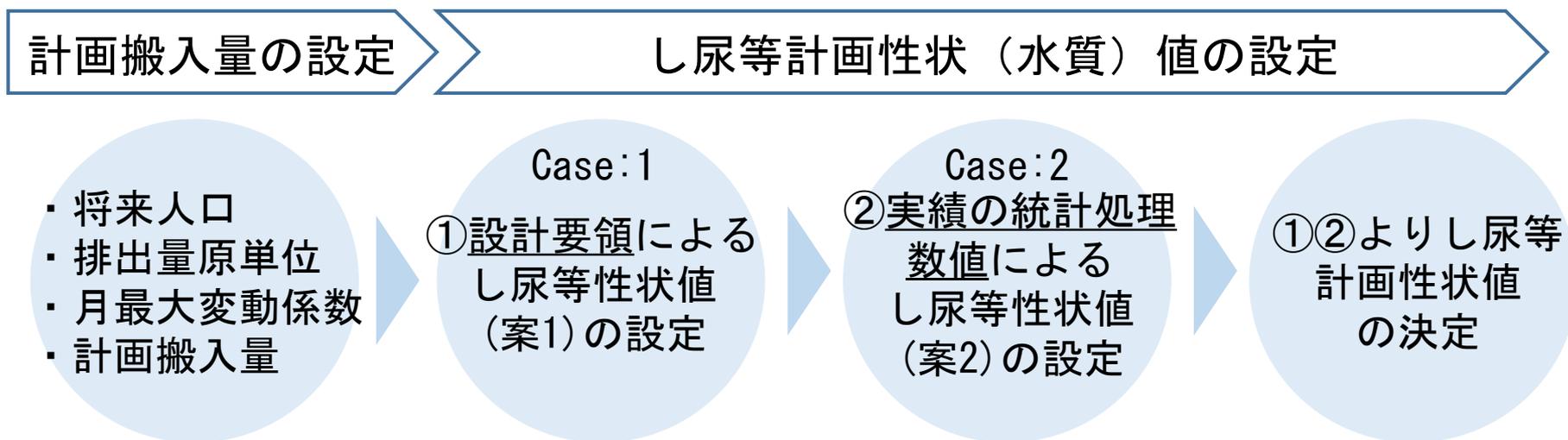
⇒計画日平均汚水量13,900m³/日
に対し約75%の流入。
処理能力に余裕あり。

3. し尿受入れ検討の条件設定

下水処理場にし尿等を受入れるにあたって、**適切な条件**（搬入量・水質等）を設定した。

し尿等は水質変動が大きいため、**適切な水質設定**を行うことが重要！

3. し尿受入れ検討の条件設定



3. し尿受入れ検討の条件設定

計画搬入量の設定

し尿等計画性状（水質）値の設定

- ・ 将来人口
- ・ 排出量原単位
- ・ 月最大変動係数
- ・ 計画搬入量

Case:1

①設計要領による
し尿等性状値
(案1)の設定

Case:2

②実績の統計処理
数値による
し尿等性状値
(案2)の設定

①②よりし尿等
計画性状値
の決定

3. し尿受入れ検討の条件設定

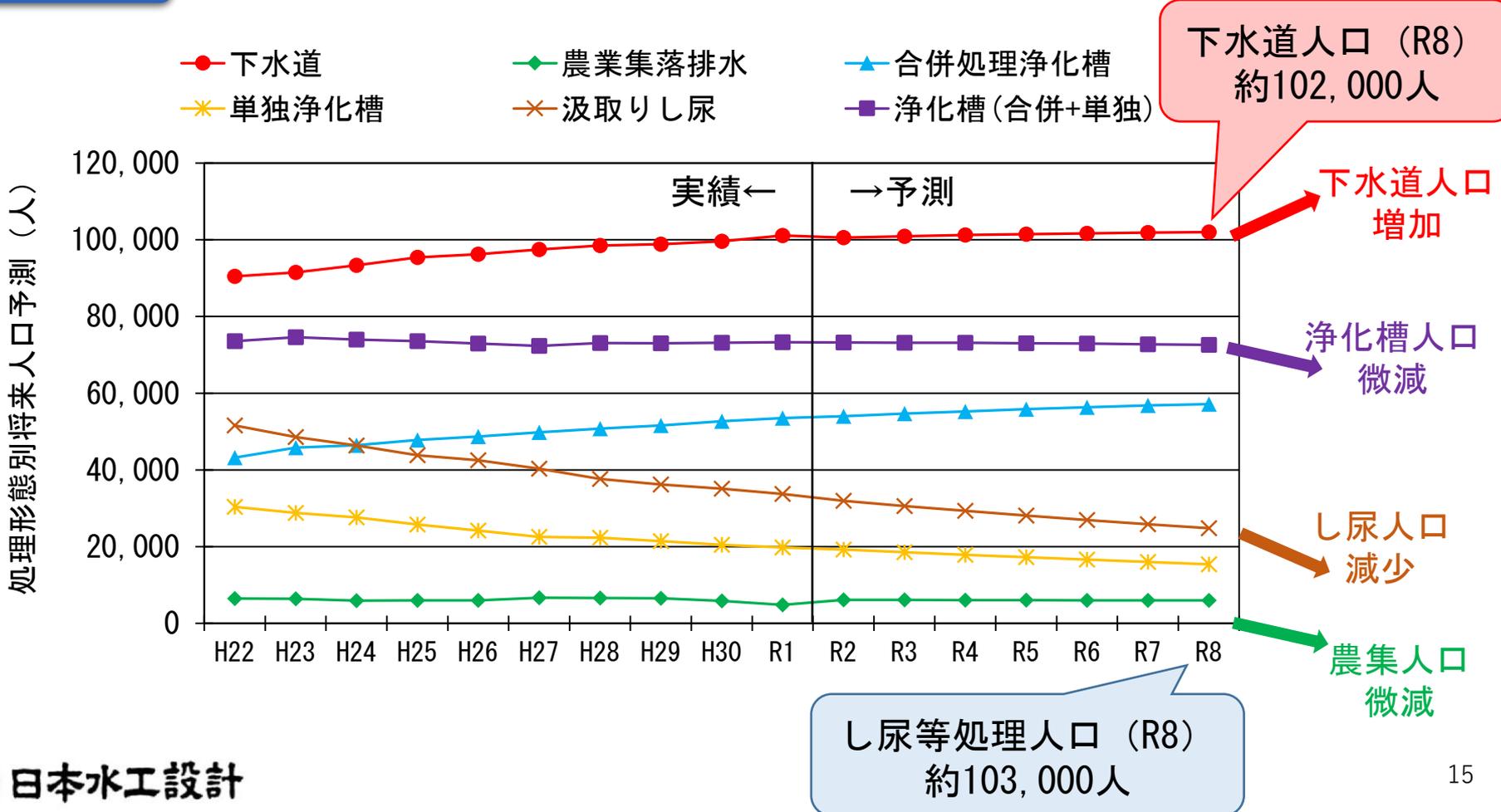
計画搬入量の設定 ～基本条件（目標年次・将来人口）～

目標年次

令和8年度（上位計画や、今後の事業スケジュールを考慮）

将来人口

生活排水処理形態別人口実績を基にR8年度まで推計を行った。

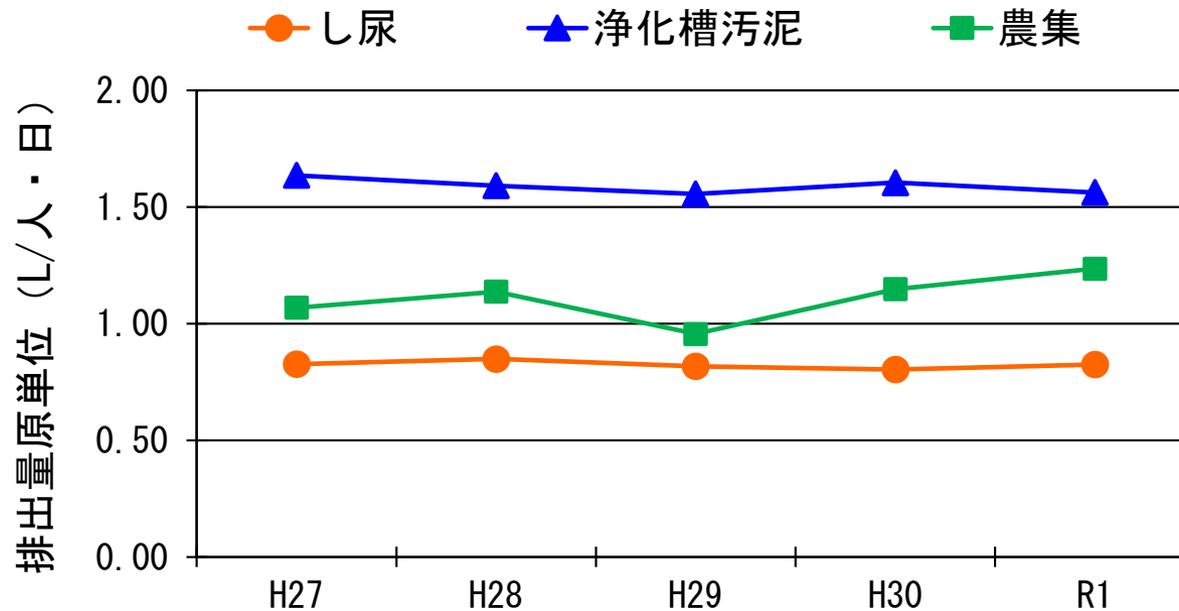


3. し尿受入れ検討の条件設定

計画搬入量の設定 ～基本条件（排出量原単位）～

排出量原単位

5カ年の収集量実績及び人口実績より算出し、**平均値**を採用。



【設計要領（参考）】

- ・し尿：1.4L/人・日
- ・浄化槽汚泥：1.2L/人・日

【実績平均値（今回設定値）】

- ・し尿：0.82L/人・日
- ・浄化槽汚泥：1.59L/人・日
- ・農集排汚泥：1.11L/人・日

3. し尿受入れ検討の条件設定

計画搬入量の設定 ～基本条件（計画月最大変動係数）～

計画月最大変動係数：収集量の季節変動要素

$$\text{月変動係数} = \frac{\text{各月当たりの1日平均収集量}}{\text{年間当たりの1日平均収集量}}$$

月最大変動係数は
月変動係数の最大値

設計要領より

計画月最大変動係数
= Σ 過去 n 年の月最大変動係数 \div n

5カ年のし尿等収集量実績より算出。
設計要領に準拠し、**平均値**を採用。

月最大変動係数：1.15



<月最大変動係数実績>

年度	月最大変動係数 (合計)
H27	1.12
H28	1.13
H29	1.19
H30	1.13
R1	1.20
平均	1.15

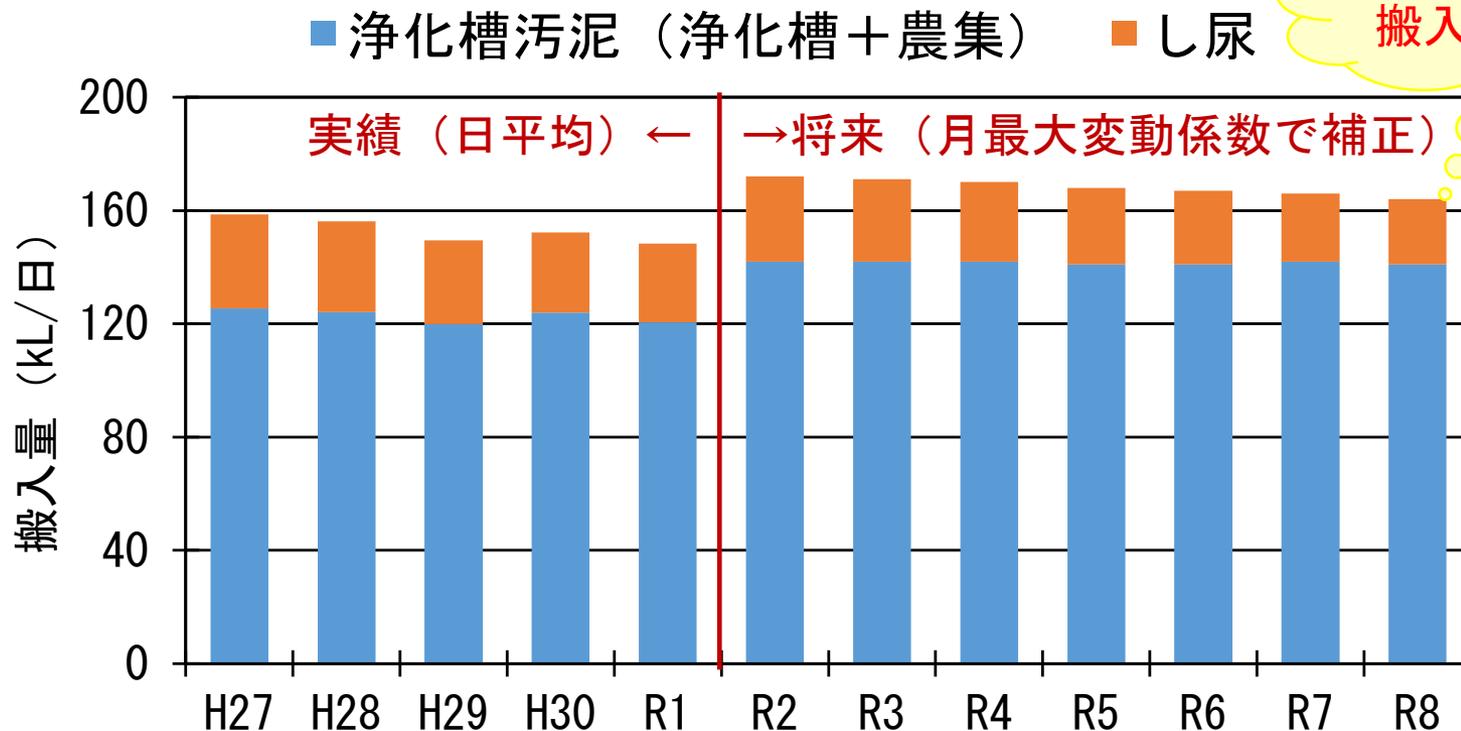
3. し尿受入れ検討の条件設定

計画搬入量の設定

$$\text{計画搬入量} = \text{排出量原単位} \times \text{計画人口} \times \text{月最大変動係数}$$

- ・ し尿 : 0.82L/人・日
- ・ 浄化槽 : 1.59L/人・日
- ・ 農集 : 1.11L/人・日

1.15 (実績平均値)



し尿受入れ開始
搬入量: 164kL

3. し尿受入れ検討の条件設定

計画搬入量の設定

し尿等計画性状（水質）値の設定

- ・ 将来人口
- ・ 排出量原単位
- ・ 月最大変動係数
- ・ 計画搬入量

Case:1

①設計要領による
し尿等性状値
(案1)の設定

Case:2

②実績の統計処理
数値による
し尿等性状値
(案2)の設定

①②よりし尿等
計画性状値
の決定

3. し尿受入れ検討の条件設定

し尿等計画性状値の設定

【設計要領に記載されているし尿等性状値の設定方法】

- 原則として、実態調査から得られた統計処理数値（平均値等）を用いる。
- データが少ない等の場合は性状標準値を参考とする。
- 標準値を参考にする場合は、**BODやSSという項目にはそれぞれ相関があるので、項目により標準値の項目を変えることは好ましくない。**

〈設計要領によるし尿等性状標準値〉 単位：mg/L

項目		平均値	中央値 (50%値)	75%値
し尿	BOD	7,800	7,300	10,000
	SS	8,300	8,300	11,000
	T-N	2,700	2,600	3,300
	T-P	350	310	450
浄化槽 汚泥	BOD	3,700	2,900	5,400
	SS	8,600	7,600	12,000
	T-N	800	620	1,200
	T-P	130	100	190

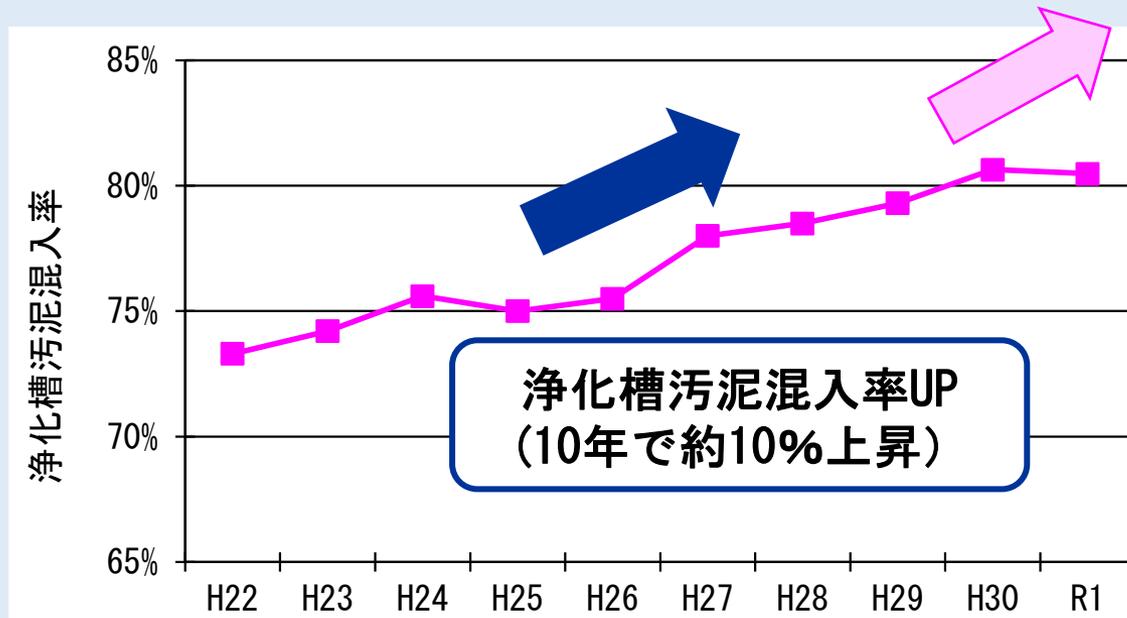
**設計要領による推奨値
(し尿：50%値、
浄化槽汚泥：75%値)**

ただし、実績と標準値を
比較し近似値を採用する

3. し尿受入れ検討の条件設定

し尿等計画性状値の設定

【浄化槽汚泥混入率の推移】



維持管理において、
混合水質のみを計測

しかし…
↓

今後の浄化槽汚泥混入率の上昇により、し尿等混合水質が将来的に変化する可能性あり

し尿、浄化槽汚泥それぞれで性状値を設定した方が
良いと考えた

設計要領に記載されている性状標準値を参考に設定

3. し尿受入れ検討の条件設定

計画搬入量の設定

し尿等計画性状（水質）値の設定

- ・ 将来人口
- ・ 排出量原単位
- ・ 月最大変動係数
- ・ 計画搬入量

Case:1

①設計要領による
し尿等性状値
(案1)の設定

Case:2

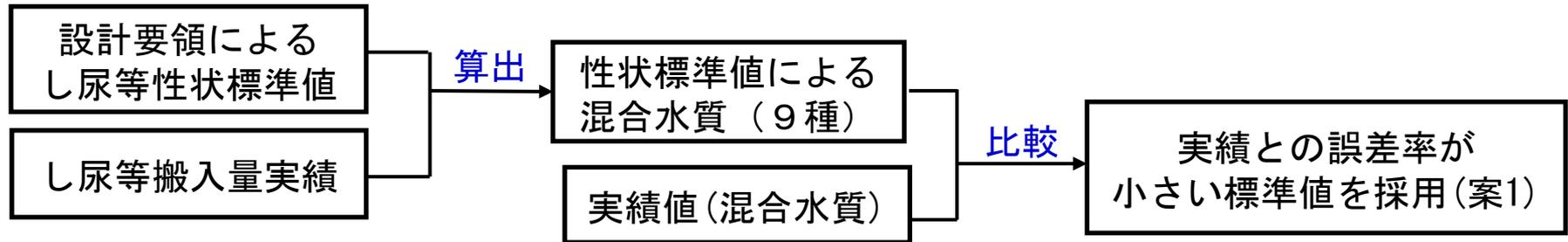
②実績の統計処理
数値による
し尿等性状値
(案2)の設定

①②よりし尿等
計画性状値
の決定

3. し尿受入れ検討の条件設定

Case1: ①設計要領によるし尿等性状（水質）値の設定 ～設定方法～

【設計要領を用いたし尿等計画性状（水質）値の設定手順】



〈設計要領によるし尿等性状標準値〉 単位：mg/L

項目		平均値	中央値 (50%値)	75%値
し尿	BOD	7,800	7,300	10,000
	SS	8,300	8,300	11,000
	T-N	2,700	2,600	3,300
	T-P	350	310	450
浄化槽 汚泥	BOD	3,700	2,900	5,400
	SS	8,600	7,600	12,000
	T-N	800	620	1,200
	T-P	130	100	190

〈し尿等搬入量実績（5ヵ年平均）〉

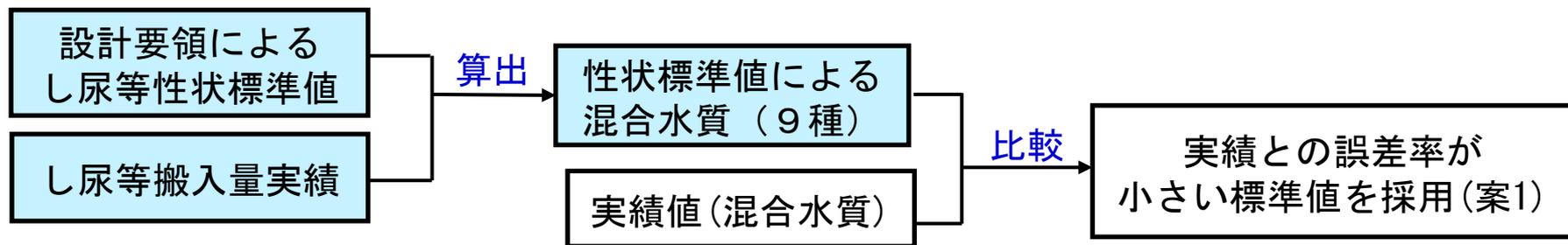
日平均搬入量（kL/日）		
合計	し尿	浄化槽
146.2	30.2	116.1

$$\begin{aligned}
 &\text{性状標準値による混合流入水質（9通り）} \\
 &= \frac{\text{し尿性状標準値} \times \text{搬入し尿量（実績）} + \text{浄化槽汚泥性状標準値} \times \text{搬入浄化槽汚泥量（実績）}}{\text{搬入量合計（実績）}}
 \end{aligned}$$

3. し尿受入れ検討の条件設定

Case1: ①設計要領によるし尿等性状（水質）値の設定 ～設定方法～

【設計要領を用いたし尿等計画性状（水質）値の設定手順】



〈設計要領によるし尿等性状標準値〉

単位：mg/L

項目		平均値	中央値 (50%値)	75%値
し尿	BOD	7,800	7,300	10,000
	SS	8,300	8,300	11,000
	T-N	2,700	2,600	3,300
	T-P	350	310	450
浄化槽 汚泥	BOD	3,700	2,900	5,400
	SS	8,600	7,600	12,000
	T-N	800	620	1,200
	T-P	130	100	190

〈し尿等搬入量実績（5ヵ年平均）〉

日平均搬入量（kL/日）		
合計	し尿	浄化槽
146.2	30.2	116.1

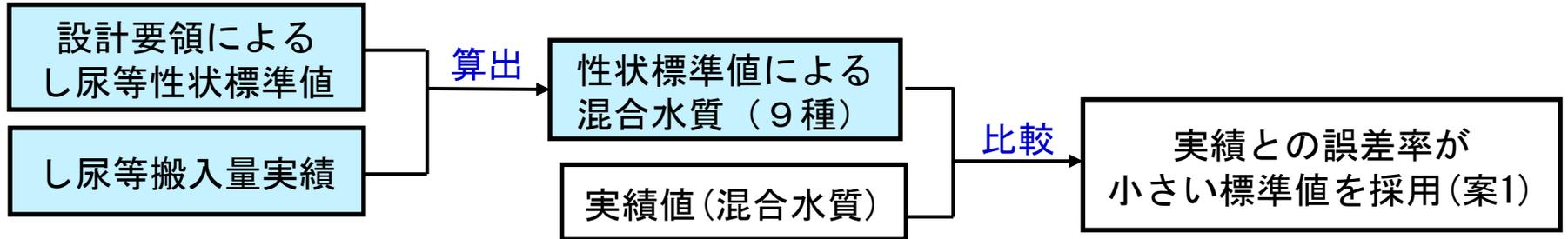
性状標準値による
混合流入水質
(9通り)

$$\begin{aligned}
 & \text{し尿性状標準値} \times \text{搬入し尿量（実績）} + \text{浄化槽汚泥性状標準値} \times \text{搬入浄化槽汚泥量（実績）} \\
 & \text{= 搬入量合計（実績）}
 \end{aligned}$$

3. し尿受入れ検討の条件設定

Case1: ①設計要領によるし尿等性状（水質）値の設定 ～設定方法～

【設計要領を用いたし尿等計画性状（水質）値の設定手順】



〈設計要領によるし尿等性状標準値〉

単位：mg/L

項目		平均値	中央値 (50%値)	75%値
し尿	BOD	7,800	7,300	10,000
	SS	8,300	8,300	11,000
	T-N	2,700	2,600	3,300
	T-P	350	310	450
浄化槽 汚泥	BOD	3,700	2,900	5,400
	SS	8,600	7,600	12,000
	T-N	800	620	1,200
	T-P	130	100	190

〈し尿等搬入量実績（5ヵ年平均）〉

日平均搬入量（kL/日）		
合計	し尿	浄化槽
146.2	30.2	116.1

し尿

浄化槽汚泥

〈性状標準値による混合流入水質〉

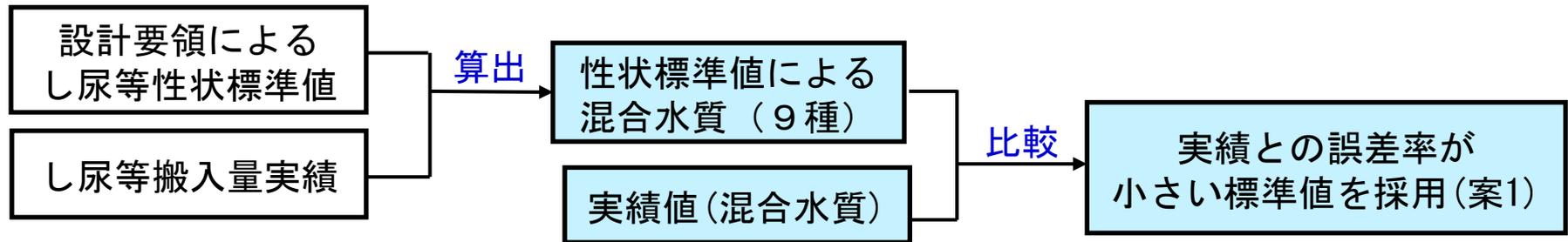
単位：mg/L

	平均-平均	50-50	75-75	平均-50	平均-75	50-平均	50-75	75-平均	75-50
BOD	4,545	3,807	6,348	3,911	5,895	4,443	5,792	5,000	4,365
SS	8,538	7,744	11,794	7,744	11,236	8,538	11,236	9,095	8,302
T-N	1,192	1,028	1,633	1,049	1,510	1,171	1,489	1,316	1,173
T-P	175	143	244	152	223	167	215	196	172

3. し尿受入れ検討の条件設定

Case1: ①設計要領によるし尿等性状（水質）値の設定 ~案1の選定~

【設計要領を用いたし尿等計画性状（水質）値の設定手順】



＜実績値及び性状標準値による混合流入水質＞

し尿 浄化槽汚泥 単位：mg/L

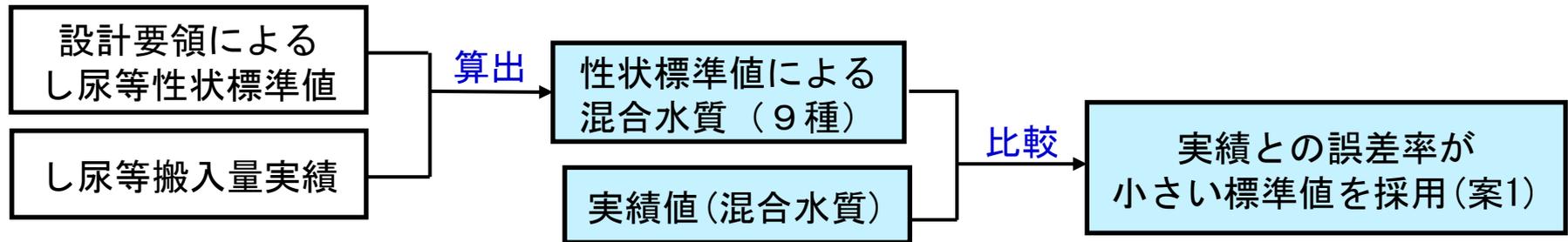
	実績値	平均—平均	50—50	75—75	平均—50	平均—75	50—平均	50—75	75—平均	75—50
BOD	4,962	4,545	3,807	6,348	3,911	5,895	4,443	5,792	5,000	4,365
SS	8,112	8,538	7,744	11,794	7,744	11,236	8,538	11,236	9,095	8,302
T-N	1,686	1,192	1,028	1,633	1,049	1,510	1,171	1,489	1,316	1,173
T-P	103	175	143	244	152	223	167	215	196	172

$$\text{誤差率（\%）} = \frac{\text{実績値} - \text{性状標準値による混合水質値}}{\text{実績値}}$$

3. し尿受入れ検討の条件設定

Case1: ①設計要領によるし尿等性状（水質）値の設定 ~案1の選定~

【設計要領を用いたし尿等計画性状（水質）値の設定手順】



し尿 浄化槽汚泥 <実績値と標準値により算定した混合水質の誤差率>

	平均-平均	50-50	75-75	平均-50	平均-75	50-平均	50-75	75-平均	75-50
BOD	8.40%	23.30%	27.90%	21.20%	18.80%	10.50%	16.70%	0.80%	12.00%
SS	5.20%	4.50%	45.40%	4.50%	38.50%	5.20%	38.50%	12.10%	2.30%
T-N	29.30%	39.00%	3.20%	37.80%	10.50%	30.50%	11.70%	22.00%	30.40%
T-P	70.60%	39.40%	137.00%	47.50%	117.00%	62.60%	109.00%	90.80%	67.60%

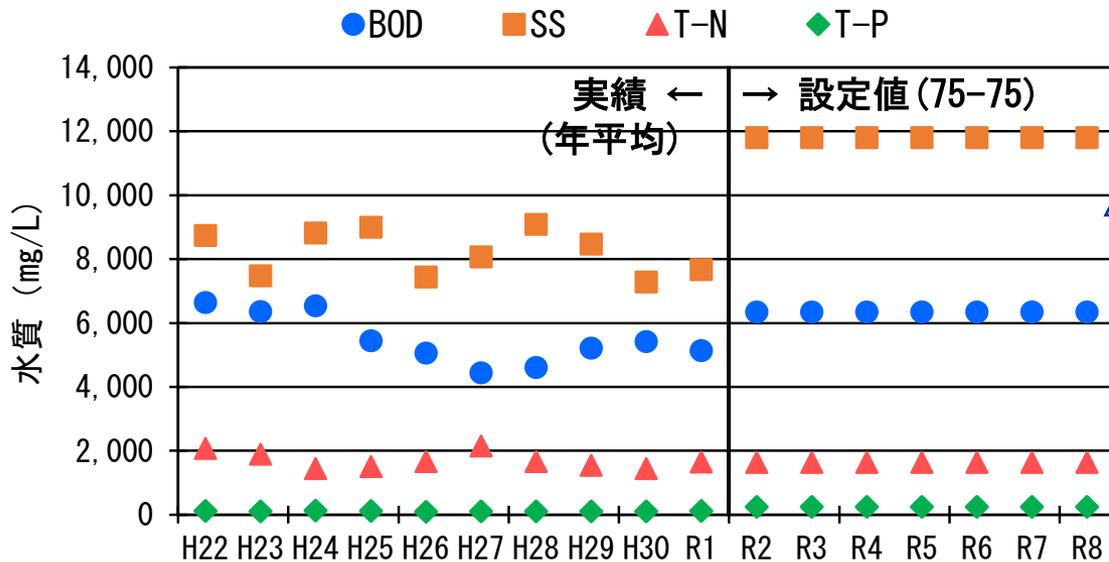
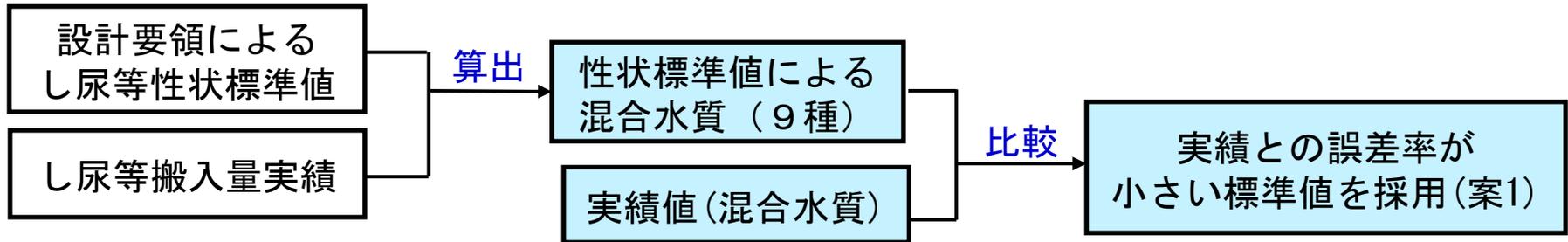
設計要領による推奨値

返流水等により水処理に大きな影響を与えるT-N値を重視して設定
⇒T-Nの誤差率が最も小さい「75-75」値を採用

3. し尿受入れ検討の条件設定

Case1: ①設計要領によるし尿等性状（水質）値の設定 ~案1と実績の比較~

【設計要領を用いたし尿等計画性状（水質）値の設定手順】



＜し尿等性状採用値＞
単位：mg/L

項目	75-75
BOD	6,348
SS	11,794
T-N	1,633
T-P	244

SSが実績値の約1.5倍程度高い

→汚泥処理設備の施設規模が過大となり、
経済性評価へ影響を与えることを懸念

別のアプローチ
からの設定

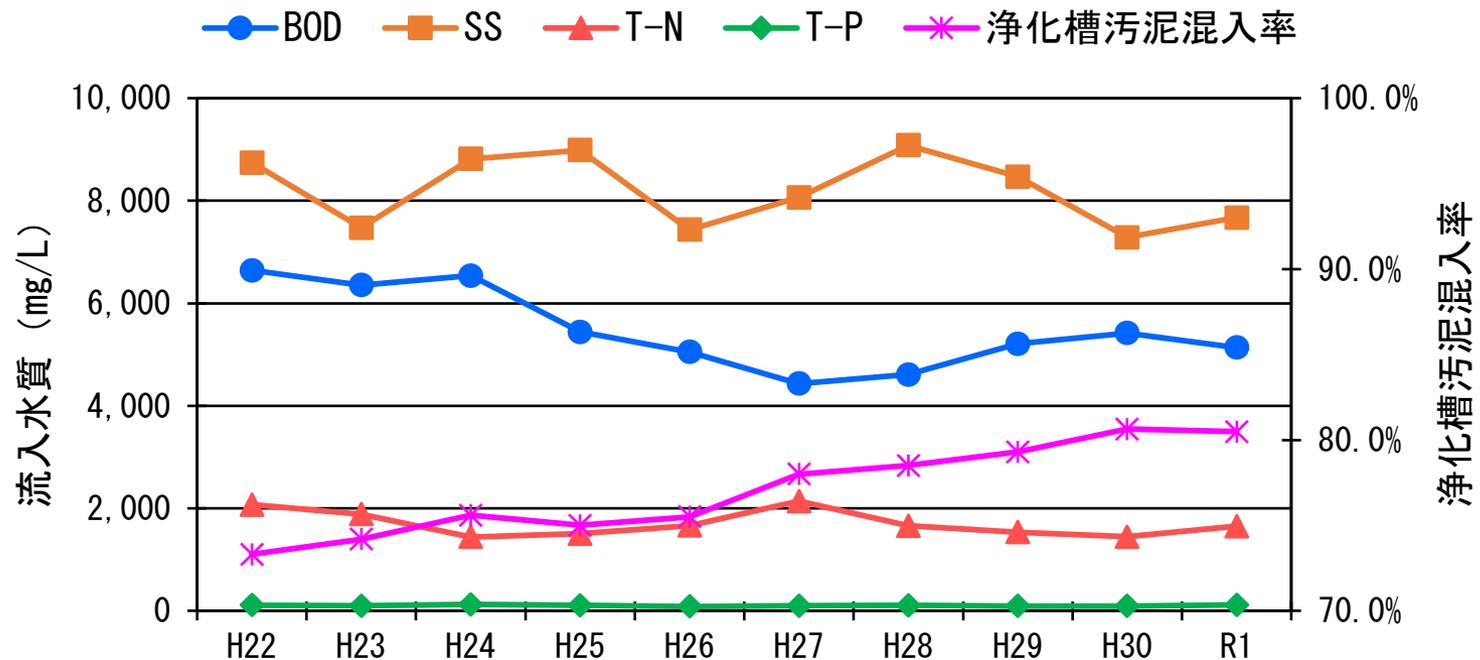


3. し尿受入れ検討の条件設定

し尿等計画性状値の設定

性状及び浄化槽汚泥混入率の推移を確認！

〈し尿等性状(水質)値及び浄化槽汚泥混入率の推移〉



浄化槽汚泥混入率の上昇に伴う水質の変動は見られなかった。



実績を統計処理し、し尿、浄化槽汚泥の混合水質を計画性状値として設定。

3. し尿受入れ検討の条件設定

計画搬入量の設定

し尿等計画性状（水質）値の設定

- ・ 将来人口
- ・ 排出量原単位
- ・ 月最大変動係数
- ・ 計画搬入量

Case:1

①設計要領による
し尿等性状値
(案1)の設定

Case:2

②実績の統計処理
数値による
し尿等性状値
(案2)の設定

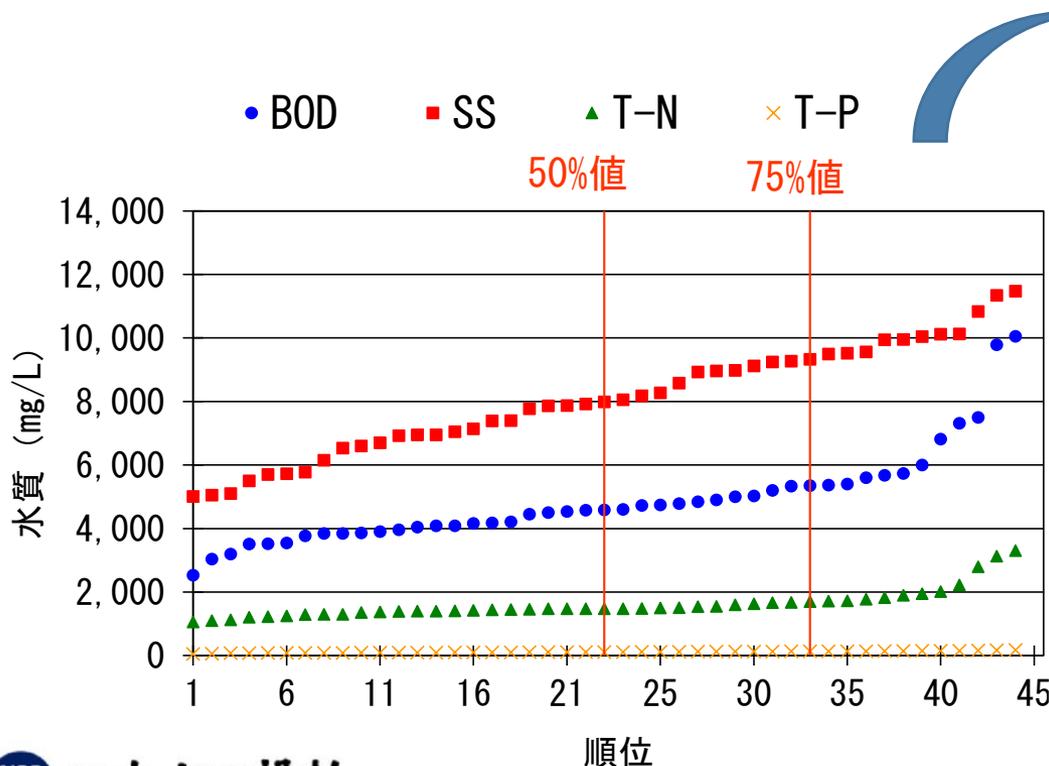
①②よりし尿等
計画性状値
の決定

3. し尿受入れ検討の条件設定

Case2: ②実績の統計処理数値によるし尿等性状（水質）値の設定～設定方法～

設計要領ではし尿等の性状値の設定において、「原則として、実態調査から得られた統計処理数値（平均値等）を用いる。」とされている。

⇒し尿処理場における搬入水質実績(5ヵ年)の全データを昇順で並び替え「50%値」「75%値」「平均値」を算出。



〈搬入水質実績における統計処理数値〉

単位：mg/L

項目	平均値	50%値	75%値
BOD	4,884	4,588	5,350
SS	8,055	7,993	9,330
T-N	1,613	1,476	1,702
T-P	115	111	133

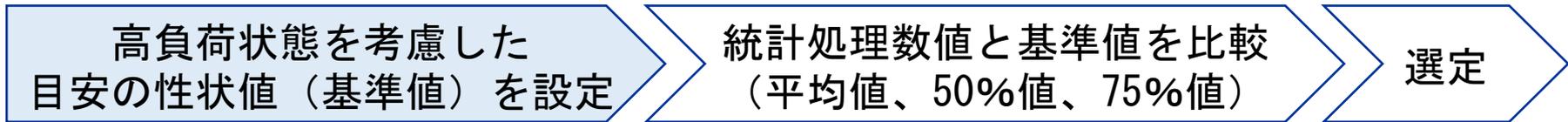
⇒どれを採用するか？

3. し尿受入れ検討の条件設定

Case2: ②実績の統計処理数値によるし尿等性状値の設定 ~案2の選定~



★計画搬入量設定時に使用した**月最大変動係数**に着目
 →理由：1.15(採用値)よりも高い月に、流入負荷が
 計画負荷（＝計画搬入量×計画性状値）以上になる。



基準 性状実績平均値 × $\frac{\text{月最大変動係数最大值 } 1.20}{\text{月最大変動係数平均値 (採用値) } 1.15}$

＜月最大変動係数（参考）＞

年度	月最大変動係数 (合計)	備考
H27	1.12	
H28	1.13	
H29	1.19	
H30	1.13	
R1	1.20	最大値
平均	1.15	採用値

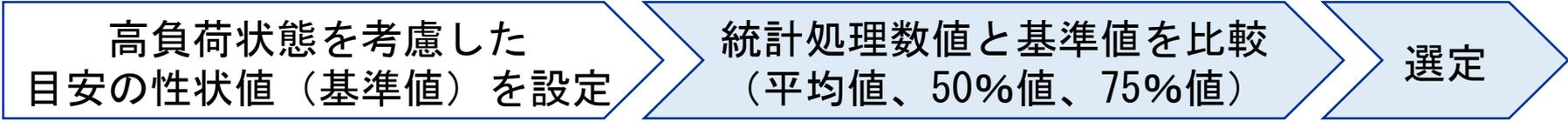
基準値算出

単位：mg/L

項目	平均値	平均値 × 1.2/1.15 (基準値)
BOD	4,884	5,096
SS	8,055	8,405
T-N	1,613	1,683
T-P	115	120

3. し尿受入れ検討の条件設定

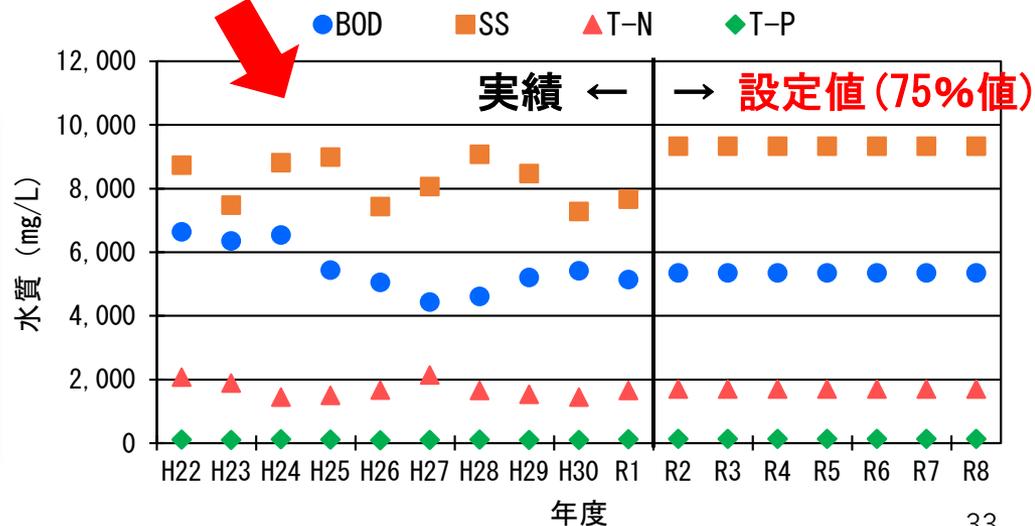
Case2: ②実績の統計処理数値によるし尿等性状値の設定 ~案2の選定~



単位 : mg/L

項目	実績による統計処理数値			基準値
	平均値	50%値	75%値	平均値 × 1.2 / 1.15
BOD	4,884	4,588	5,350	5,096
SS	8,055	7,993	9,330	8,405
T-N	1,613	1,476	1,702	1,683
T-P	115	111	133	120

月最大変動係数が高い月の高負荷状態を考慮した水質である「基準値」に整合が図れている「75%値」を採用。



3. し尿受入れ検討の条件設定

計画搬入量の設定

し尿等計画性状（水質）値の設定

- ・ 将来人口
- ・ 排出量原単位
- ・ 月最大変動係数
- ・ 計画搬入量

Case:1

①設計要領による
し尿等性状値
(案1)の設定

Case:2

②実績の統計処理
数値による
し尿等性状値
(案2)の設定

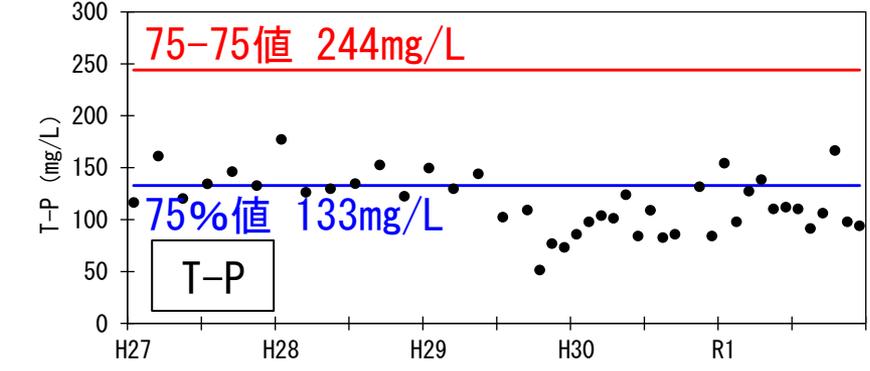
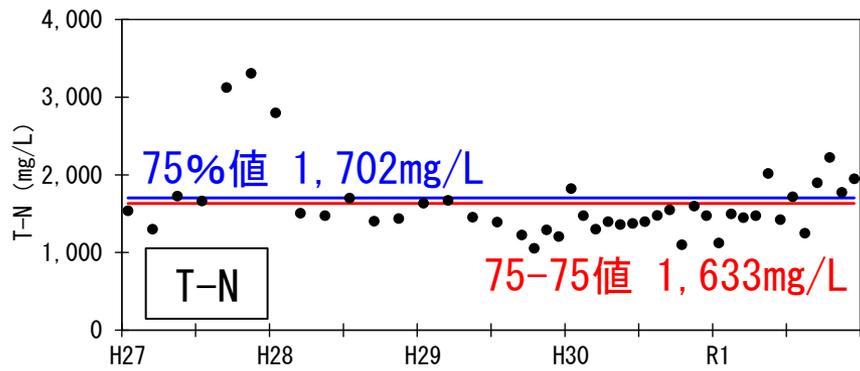
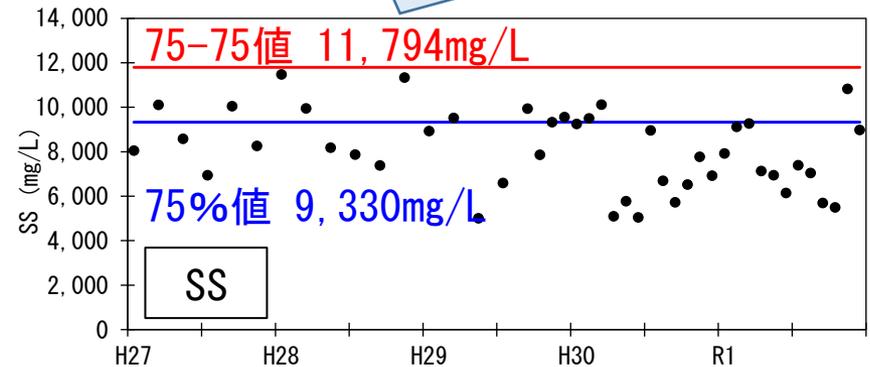
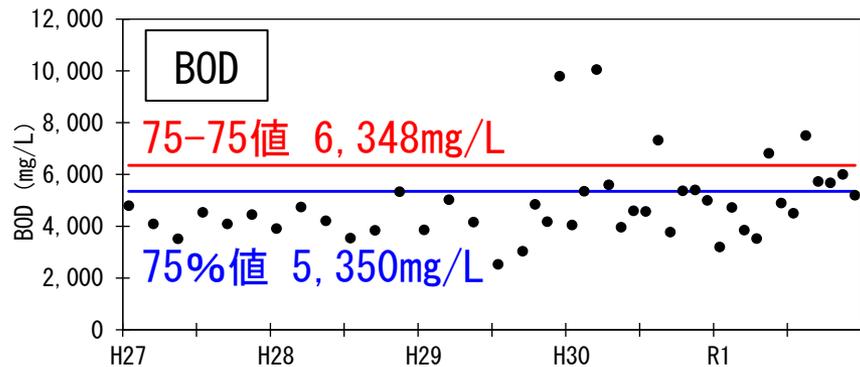
①②よりし尿等
計画性状値
の決定

3. し尿受入れ検討の条件設定

し尿等計画性状（水質）値の決定

実績値（全データ）と、今回設定した性状値（案1）（案2）を比較

※75-75値：し尿、浄化槽汚泥ともに75%値の標準値（設計要領）

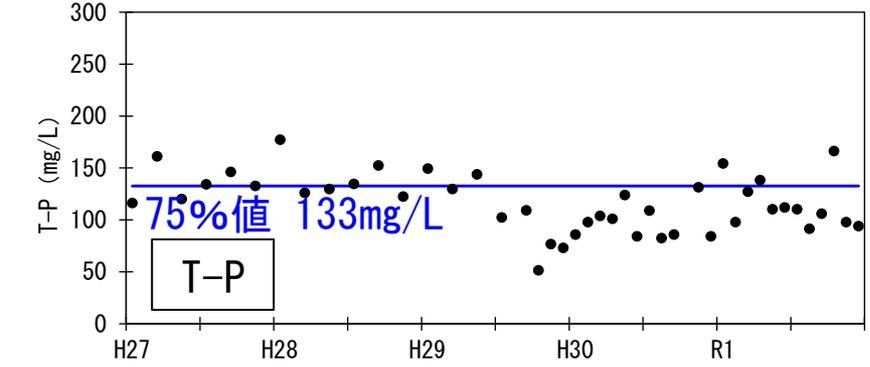
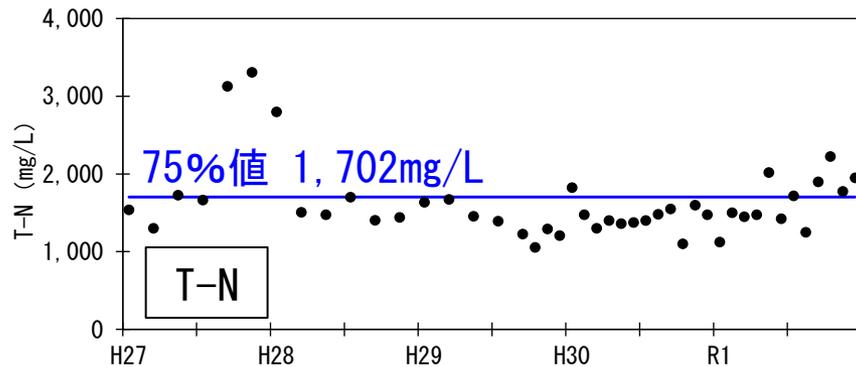
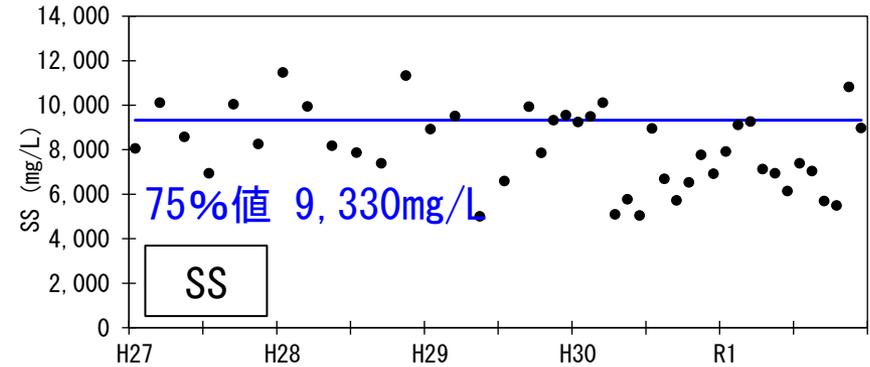
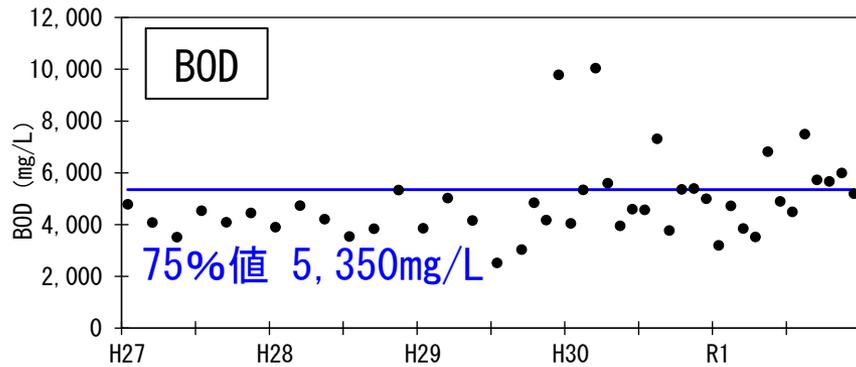


● 実績 — 設計要領を基に算出した設定値(案1) — 実績による設定値(案2)

- ◆ 設計要領を基に算出した設定値(案1)は、過大設計が懸念される。
- ◆ 実績による設定値(案2)は、すべての項目において、過大設計にならない且つ、流入負荷が高い時にも概ね対応できる水質設定となっている。

3. し尿受入れ検討の条件設定

し尿等計画性状（水質）値の決定



● 実績 — 実績による設定値(案2)

実績の統計処理数値（75%値）を設定値として採用

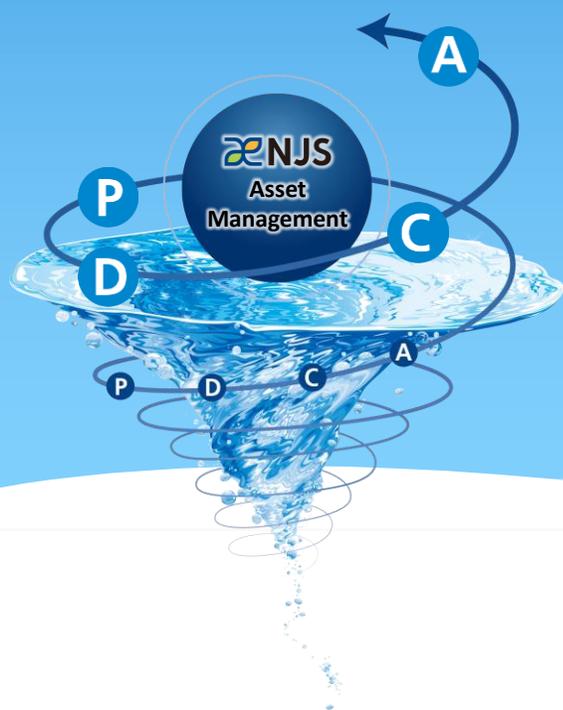
BOD : 5,350mg/L SS : 9,330mg/L T-N : 1,702mg/L T-P : 133mg/L

4. まとめ

- ◆ 近年、し尿処理施設の老朽化やし尿量の減少が進行しているため、下水処理場にてし尿を処理する等の広域化・共同化が推進されている。
- ◆ し尿等は下水と比較して水質が高く水質変動が大きい傾向がある。また、近年浄化槽汚泥混入率が上昇傾向にあり、し尿等の性状が変化している。よって、受入れし尿等の性状を検討する際には、適切な水質設定を行うことが重要である。
- ◆ 本検討では、実績を基本とし、月最大変動係数による量への影響を水質の面から考慮することで過大、過小ではない実態に則した適切な性状値の設定を行った。

ご清聴ありがとうございました。

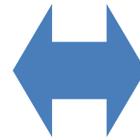
下水道の効率的・効果的な事業運営に向けた 新たな民間活用方法について



株式会社NJS ○小間 康史 増屋 征訓

厳しさを増す事業運営の環境

- ・施設・設備の老朽化対策
 - ・下水道職員の業務負担増加
 - ・財政状況の逼迫
- 等



下水道サービスレベルの向上

- ・下水道事業運営を持続
 - ・安全で安心な暮らしの実現
 - ・良好な環境の実現
- 等



○ 事業運営部分への官民連携導入事例

○ 複数年・複合的な官民連携手法（事業運営支援）への拡張

【内 容】

- 1.吉田町の下水道施設の概要
- 2.吉田町の下水道事業の課題
- 3.官民連携業務の概要
- 4.官民連携業務導入のメリット
- 5.今後の拡張について
- 6.コンサルタントの役割

1. 吉田町の下水道施設の概要

吉田町の公共下水道施設（令和2年度末時点）

- 公共下水道の施設（平成2年1月に事業認可取得、平成7年3月供用開始）
 - ・管きよ：約77km
 - ・マンホール・マンホール蓋：約2,260基
 - ・処理場：1か所（現有施設能力 3,200m³/日）
 - ・マンホールポンプ場：6か所 } （設備点数：約850点）
- 整備率
 - ・事業計画区域における約75.5%
- 水洗化率
 - ・整備区域内人口における約72.0%

持続的な下水道事業運営が必要

2.本町の下水道事業の課題

事業運営に必要なリソース

施設（モノ）

財政（カネ）

人的資源（ヒト）

情報

問題点と課題

2.本町の下水道事業の課題

施設(モノ)の観点

管路施設

- ・計画的な点検・調査は未実施
- ・蓋の約60%が標準耐用年数を経過

処理場・マンホールポンプ場施設

- ・全設備の約90%が標準耐用年数を経過

整備率・水洗化率

- ・整備率と水洗化率の向上が必要な状況

人口減少社会や節水型社会の進展

- ・施設稼働率の低下

問題点

課題

未普及解消や施設管理の効率化を図りながら、
施設・設備の老朽化対策を実施していかなければならない

2.本町の下水道事業の課題

財政(カネ)の観点

人口減少社会や節水型社会の進展

汚水処理原価

問題点

・下水道使用料の減少

- ・経費回収率が低い
- ・他会計繰入金（基準外）に依存
- ・財政が逼迫状況

課題

**効率的・合理的な投資計画策定や着実な事業の実施を行いつつ、
自主財源の確保の観点から使用料改定を図る必要がある**

2.本町の下水道事業の課題

人的資源(ヒト)の観点

下水道職員の減少

問題点

- ・執行体制の脆弱化
- ・将来に向けた技術継承ができない状況

課題 執行体制の強化を図らなければならない

情報の観点

事業運営に必要な維持管理情報

問題点

- ・効率的に蓄積・活用されていない状況

課題 維持管理情報を一元管理し、活用を図らなければならない

2.本町の下水道事業の課題

民間の技術力・マネジメント力を有効活用
下水道事業運営の精度向上・執行体制の充実

持続的な下水道事業運営を実現するための一方策

官民連携業務を導入

3.官民連携業務の概要

項目	内容
(a) ストックマネジメント 関連業務	1) スtockマネジメント計画に基づく 管路施設点検・調査及び診断・対策の必要性検討 2) 管路施設ストックマネジメント計画の見直し 3) スtockマネジメント計画に基づく処理場・マンホールポンプ場 点検・調査及び診断・対策の必要性検討 4) 処理場・マンホールポンプ場ストックマネジメント計画の見直し
(b) 年度間調整業務	(a) の1) ~4) に係る業務調整等

3.官民連携業務の概要

施設	業務内容	1年目	2年目	3年目	4年目	
管路施設	管路施設点検・調査及び診断・対策の必要性検討業務	[Green bar]				
	管路施設ストックマネジメント計画策定業務	[Yellow box: 管路施設の点検・調査の結果、緊急性の高い施設は前倒して、修繕・改築計画を策定・]			[Orange bar]	
処理場・マンホールポンプ場施設	処理場・ポンプ場点検・調査及び診断・対策の必要性検討業務	[Dashed green box]	[Dashed green box]	[Dashed green box]	[Green bar]	
	処理場・ポンプ場ストックマネジメント計画策定業務	[Yellow box: 緊急性の高い施設・設備は前倒して、点検・調査及び診断・対策の必要性検討]				[Orange bar]
年度間調整業務	本業務に係る業務調整等	[Light blue bar]				

4.官民連携業務導入のメリット

メリット1

業務量調整や予算措置に関する支援

メリット2

迅速なストックマネジメント計画見直しの支援

4.官民連携業務導入のメリット

メリット3

スムーズな事業執行の支援

メリット4

下水道職員の業務負担軽減とコスト縮減を提案

メリット5

ストックマネジメント計画の精度向上

5. 今後の拡張について

本官民連携業務の必要性

政策判断を担う階層、経営判断・マネジメント・維持管理・建設・資金調達を担う階層が連携し、事業運営を実施



・執行体制の脆弱化

・施設の老朽化対策、防災・減災等、様々な課題に対しての業務量増加

複数年・複合的な官民連携手法を開始

下水道職員が主な役割となる事業運営の部分も
民間の技術力・マネジメント力を活用

限られた執行体制の中で持続的な下水道事業運営の実現が可能

5. 今後の拡張について

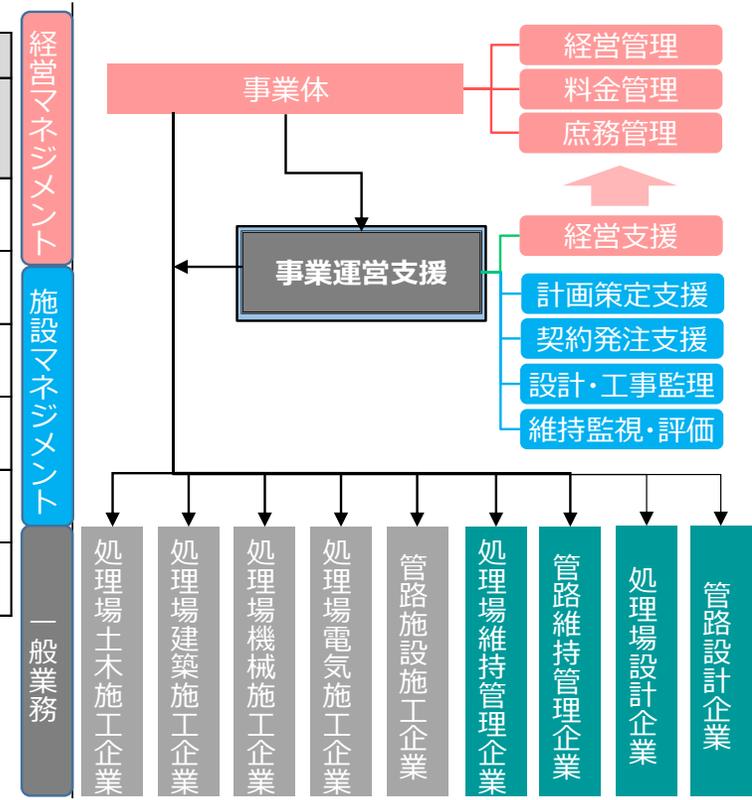
今後の拡張

◆官民連携手法（事業運営支援）へ拡張し、さらに、より一層の官民連携を促進

官民連携手法	マネジメント			維持管理			建設		資金調達		政策・経営判断	
	官民連携支援	事業企画	調査診断 計画策定	保守点検 運転管理	薬品等 調達	補修 修繕	設計	建設改築 工事	資金調達	料金収受	政策決定 合意形成	公権力 行使
包括的民間委託		公共		民間			公共					
指定管理者制度		公共		民間			公共					
DBO方式		公共		民間				公共				
PFI（従来型）		公共		民間					公共			
PFI（コンセッション方式）	公共			民間						公共		
EMS（事業運営支援）		民間		包括的民間委託・指定管理者制度 DBO・PFI（従来型）等のいずれかの導入					公共			

**事業運営支援
への拡張**

- ※ 1：官民連携支援では、導入可能性調査、契約・発注支援、履行監視・評価、情報管理等、適正な執行体制を構築する業務
- ※ 2：事業企画とは、事実行為を含む事業運営の方法を企画する。具体的には、事業運営方針に関する業務（ビジョン、基本構想等）
- ※ 3：調査診断及び計画策定では、事業企画に基づき、老朽化対策（ストックマネジメント）、災害対策（浸水、地震等）、経営対策（経営戦略、料金改定等）等具体的な対策計画を策定する業務
- ※ 4：Enterprise Management Support



5. 今後の拡張について

今後の拡張

◆官民連携手法（事業運営支援）へ拡張し、さらに、より一層の官民連携を促進



6.コンサルタントの役割

コンサルタントに求められる役割

下水道事業者のより良いパートナーとして事業運営を支援



コンサルタントとしての今後の対応

より一層の技術力向上・体制強化

ご清聴ありがとうございました

