



アジアデルタ地域における 「統合水管理プラットフォーム」の開発

新潟大学 吉川 夏樹

アジアデルタ地域

- ▶ 河口付近などの低平地に位置，人口の密集地
世界の主要な稲作地域

ベトナム

メコンデルタ・紅河デルタが
コメの生産の約**70%**を担う

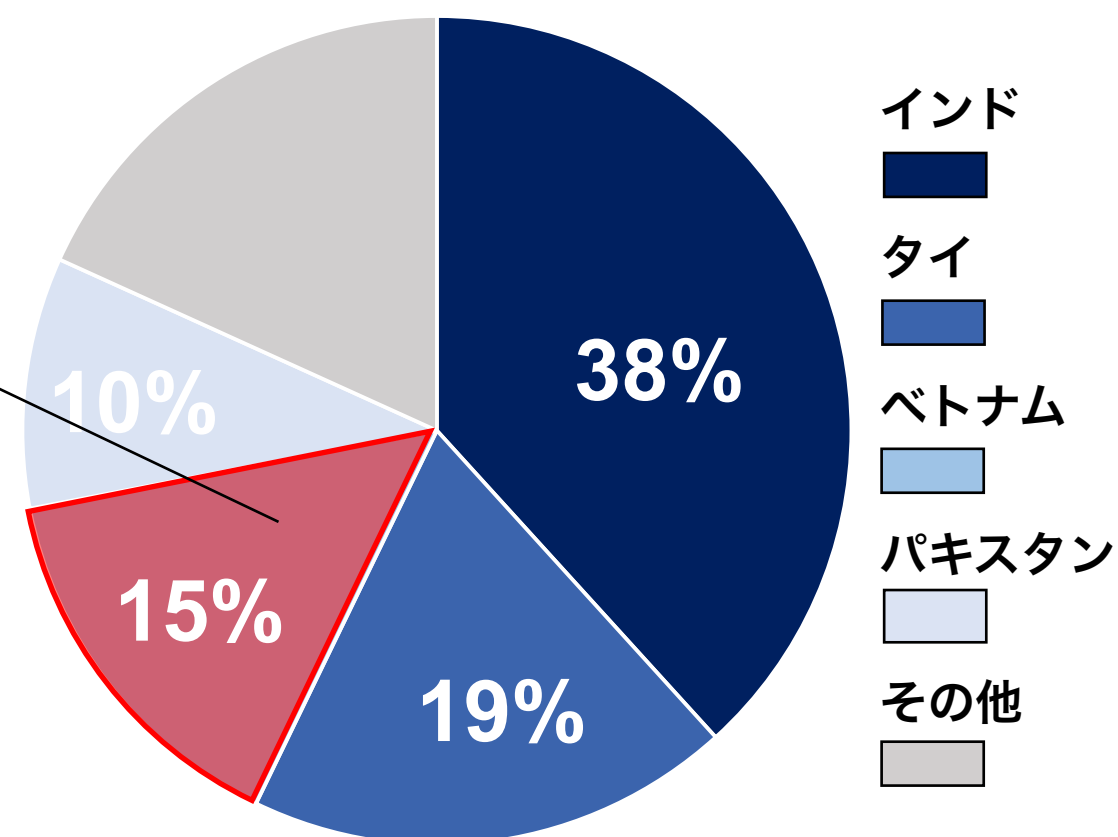
✓ 食料の安全保障・経済によって重要

❗ 地形的特徴から水災害に対して**脆弱**

地球温暖化・気候変動下

- ▶ 海面上昇・豪雨の頻発化
- ▶ 水災害への対策が不可欠

コメの輸出量



アジア地域が大部分を占める



e-ASIA共同研究プロジェクト

2021年4月-2024年3月

プロジェクト名

Development of Machine Learning and Remote Sensing-based Water Management Platform in Asian Deltas for Sustainable Agriculture

目的

統合水管理プラットフォームを開発・共有するとともに、デルタ地域におけるスマート水管理を実現し、洪水や塩水侵入、その他の水関連被害を最小化することで、持続可能な農業生産を確保

参加組織



新潟大学・神戸大学・近畿大学



Institute of Water Resources Planning (IWRP)



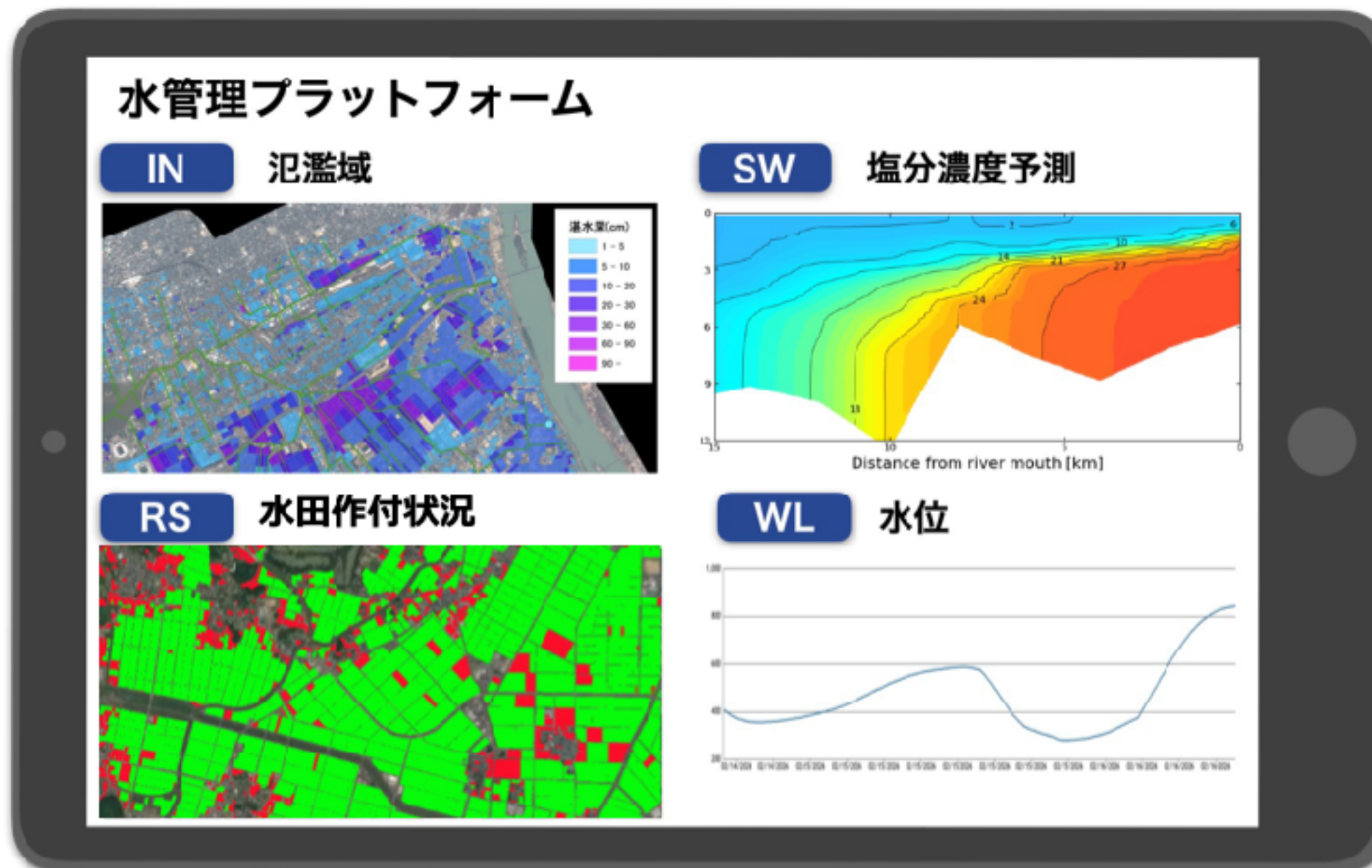
IPB University

統合水管理プラットフォーム

イメージ

PC, タブレット, スマートフォンなどに, 現況・予測を表示

▶ 情報に基づき，管理者・農家が施設管理

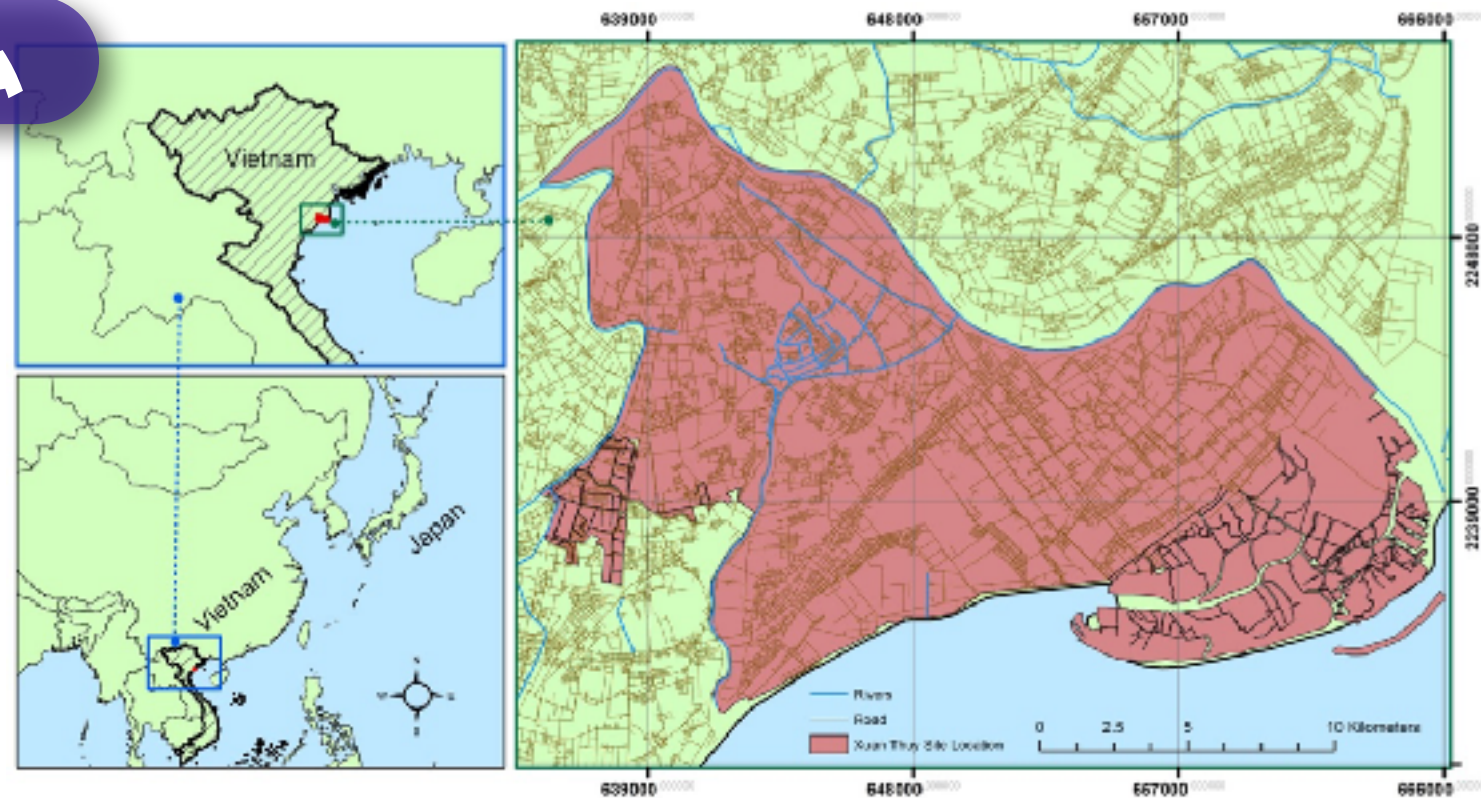


統合水管理プラットフォーム

対象地域

アジアデルタ地域

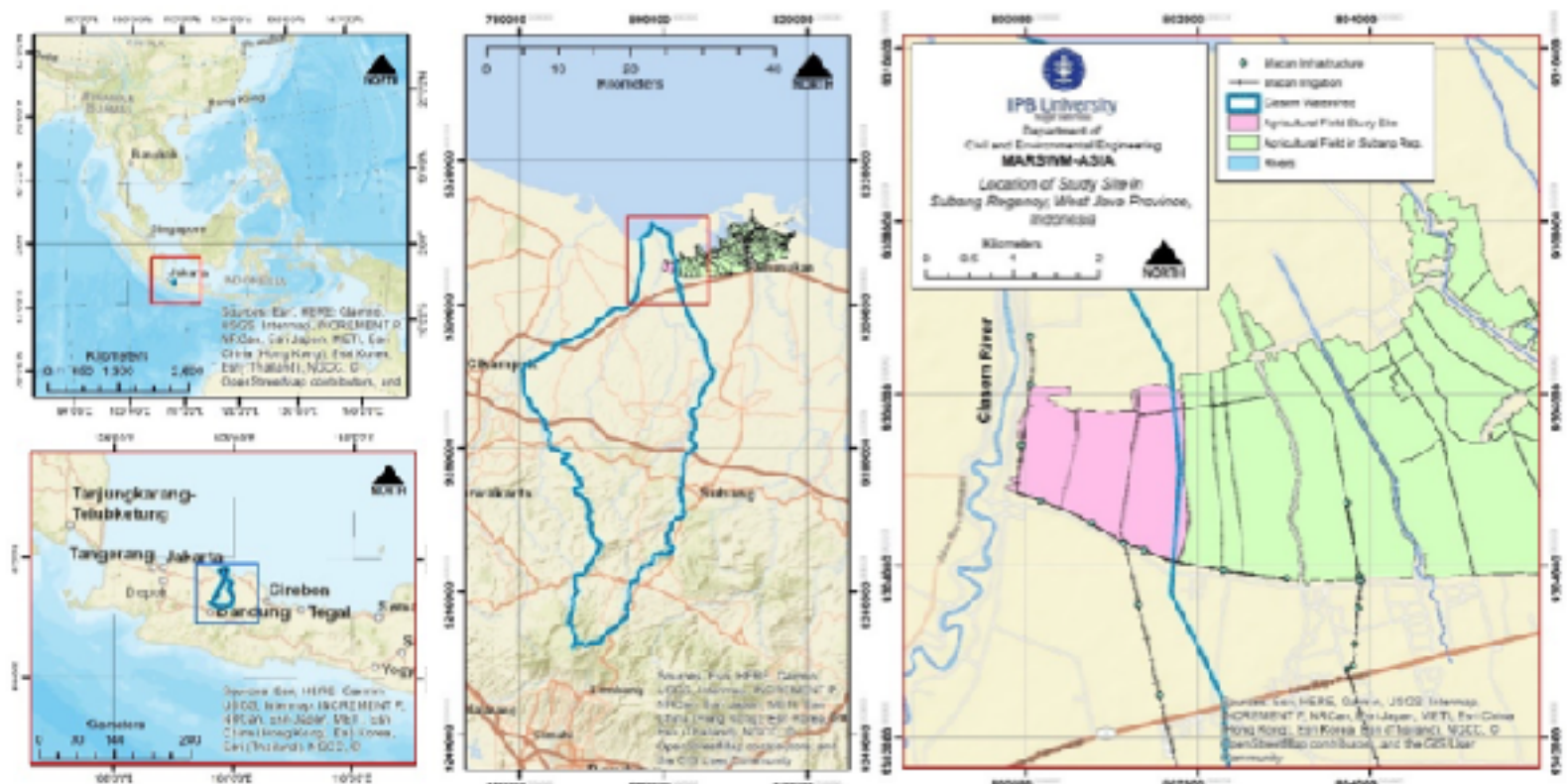
▶ コンテンツに関する 技術開発



ベトナム (Xuan Thuy)



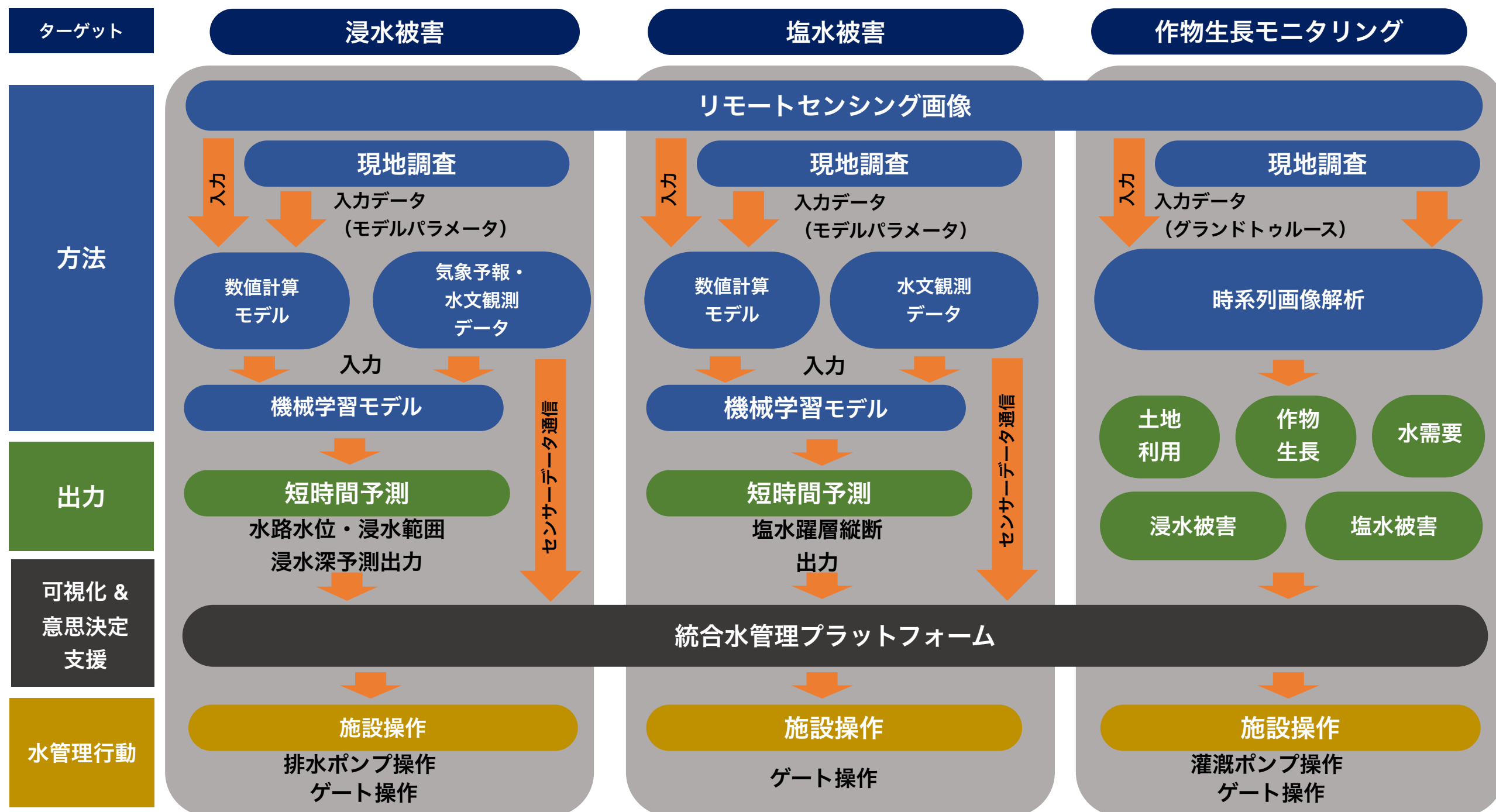
日本 (新潟県)



インドネシア (Suban)



共同研究のフロー



統合水管理プラットフォーム

▶ **アジアデルタ地域の持続的な農業を支える
統合水管理プラットフォームの開発**

◆ **コンテンツに関する技術開発**

1. リモートセンシングによる土地利用の把握

2. 氾濫解析に用いる高解像度標高データ作成モデルの開発

3. 数値シミュレーションを用いた氾濫予測モデルの構築

4. 観測データを用いた塩水遡上予測モデルの構築

RS-DTM

● 利用可能な標高データ

	日本	開発途上国
解像度	5m	30m以上

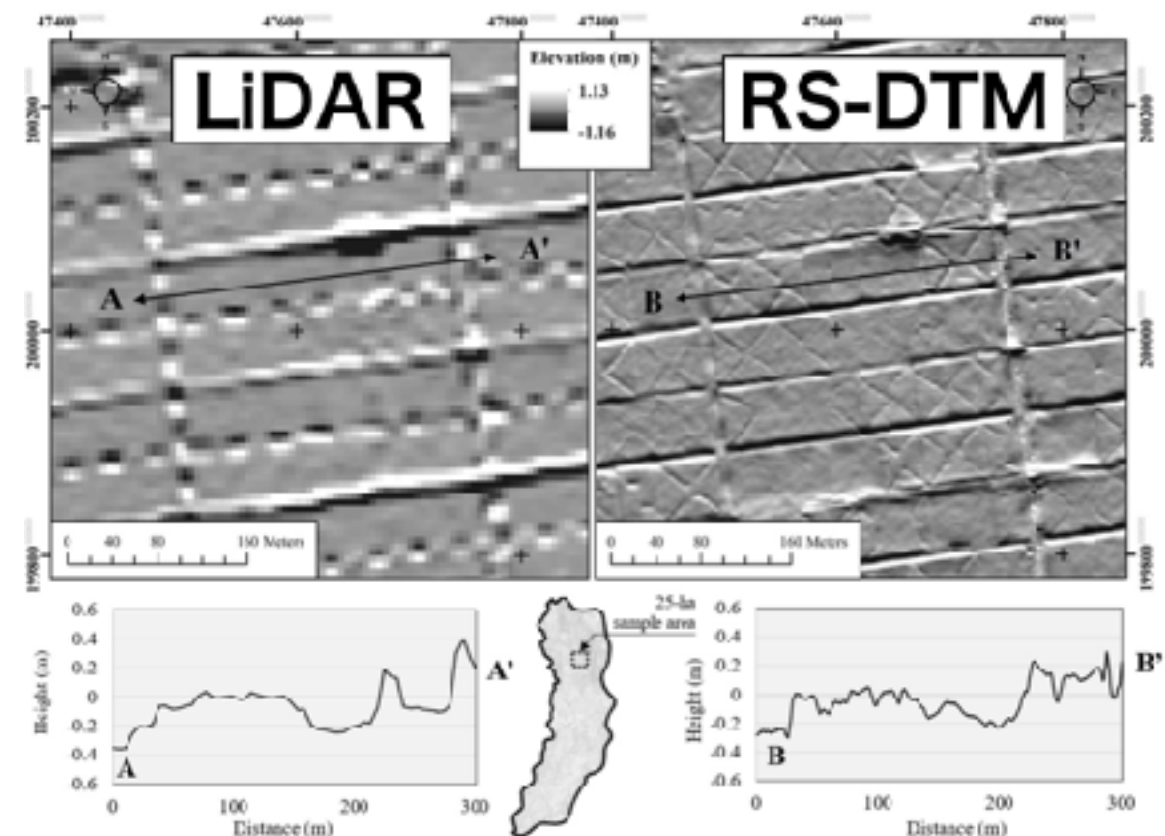
❗ 氾濫解析に必要な高解像度の地形情報の不足

● RS-DTM(1mメッシュ)

▶ 衛星データから標高データを作成

地形情報が整備不足な地域での
氾濫解析を可能とする

研究協力者： Atriyon Julzarika (BRIN)
(National Research and Innovation Agency of Indonesia)



統合水管理プラットフォーム

▶ **アジアデルタ地域の持続的な農業を支える
統合水管理プラットフォームの開発**

◆ **コンテンツに関する技術開発**

1. **リモートセンシングによる土地利用の把握**

2. **氾濫解析に用いる高解像度標高データ作成モデルの開発**

3. **数値シミュレーションを用いた氾濫予測モデルの構築**

4. **観測データを用いた塩水遡上予測モデルの構築**



数値シミュレーションモデル

ベトナム（Xuan Thuyデルタ）
300 mm/dayの降雨を想定



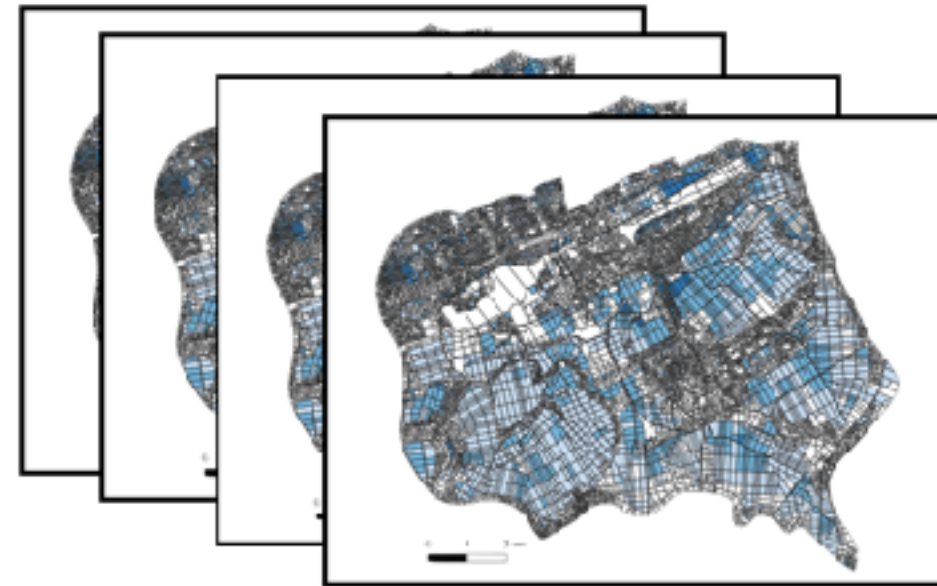
高精度で氾濫域を計算可能
しかし，計算に時間を要する

氾濫予測

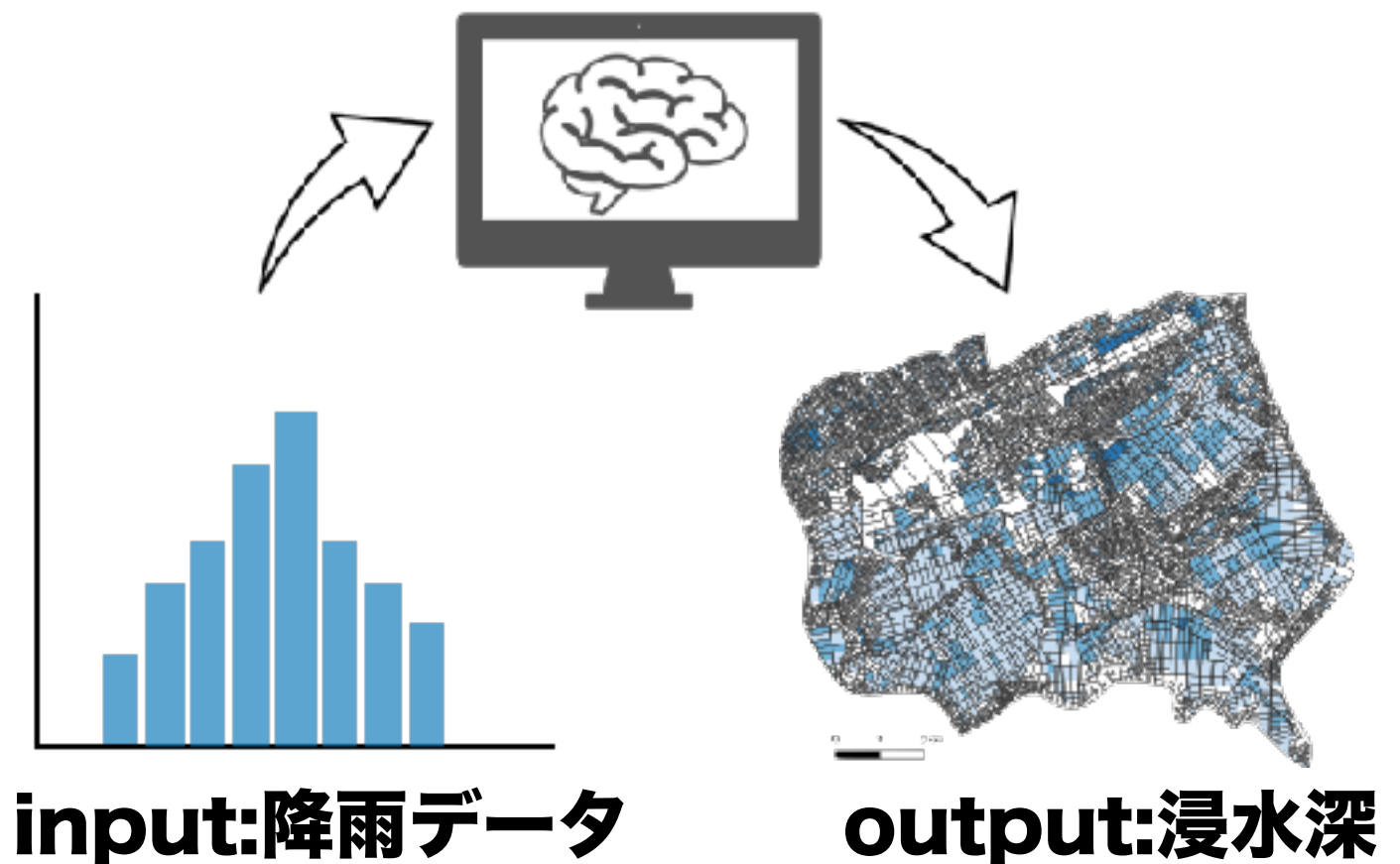
- 氾濫予測モデルの構築
- ▶ 大量のデータによる学習
- ❗ 氾濫現象は再現期間が長い
学習データの不足

物理プロセスモデルによる
学習データの創出

物理プロセスモデルによって創出



多様な氾濫現象を学習



氾濫予測

物理プロセスモデル



機械学習モデル



数時間先までの氾濫現象を予測可能



KINDAI
UNIVERSITY



eAsia Joint Research Project 2021-2024

WEB-BASED FLOOD MANAGEMENT PLATFORM DEMONSTRATION

marswm-asia.streamlit.app

PhD Research by:

Maulana Ibrahim Rau

Department of Environmental Science and Technology
Niigata University

Development of Machine Learning-based Flood Inundation Model in Delta Regions

統合水管理プラットフォーム

▶ アジアデルタ地域の持続的な農業を支える 統合水管理プラットフォームの開発

◆ コンテンツに関する技術開発

1. リモートセンシングによる土地利用の把握

2. 氾濫解析に用いる高解像度標高データ作成モデルの開発

3. 数値シミュレーションを用いた氾濫予測モデルの構築

4. 観測データを用いた塩水遡上予測モデルの構築

塩水遡上予測

現地観測



メーター社
水深・温度・ECセンサー



メーター社
データロガー ZL6

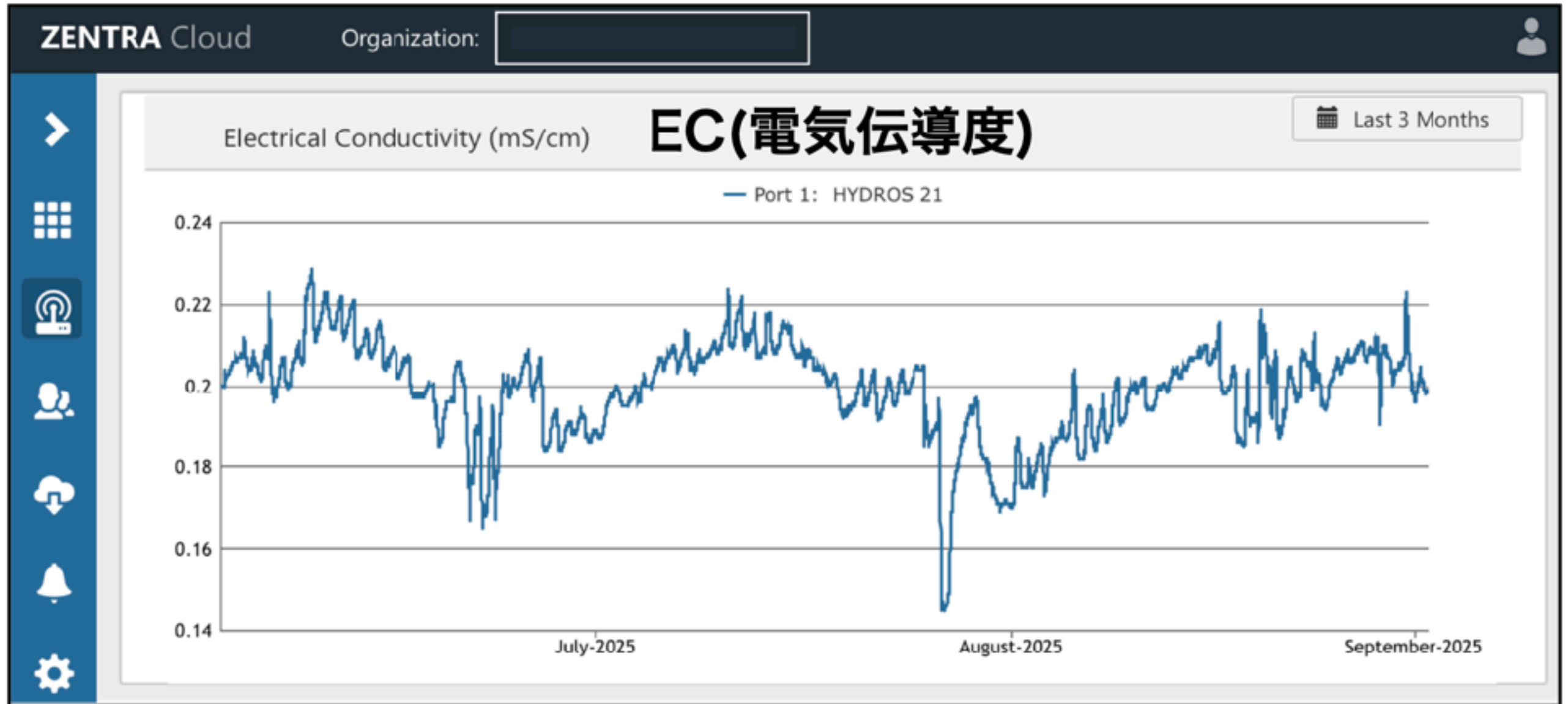


2024年9月に設置



塩水遡上予測

現地観測



観測頻度

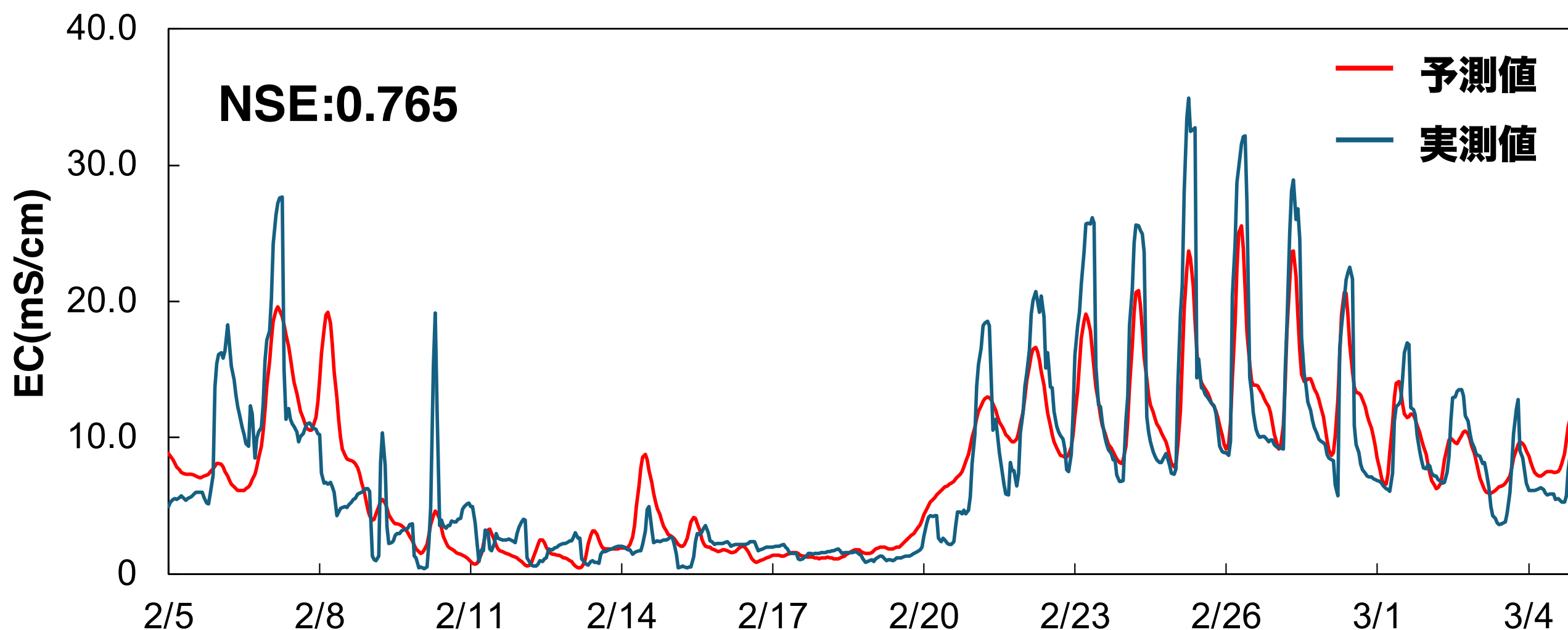
: 10分間隔

データの取得期間

: 2024年10月～2025年8月

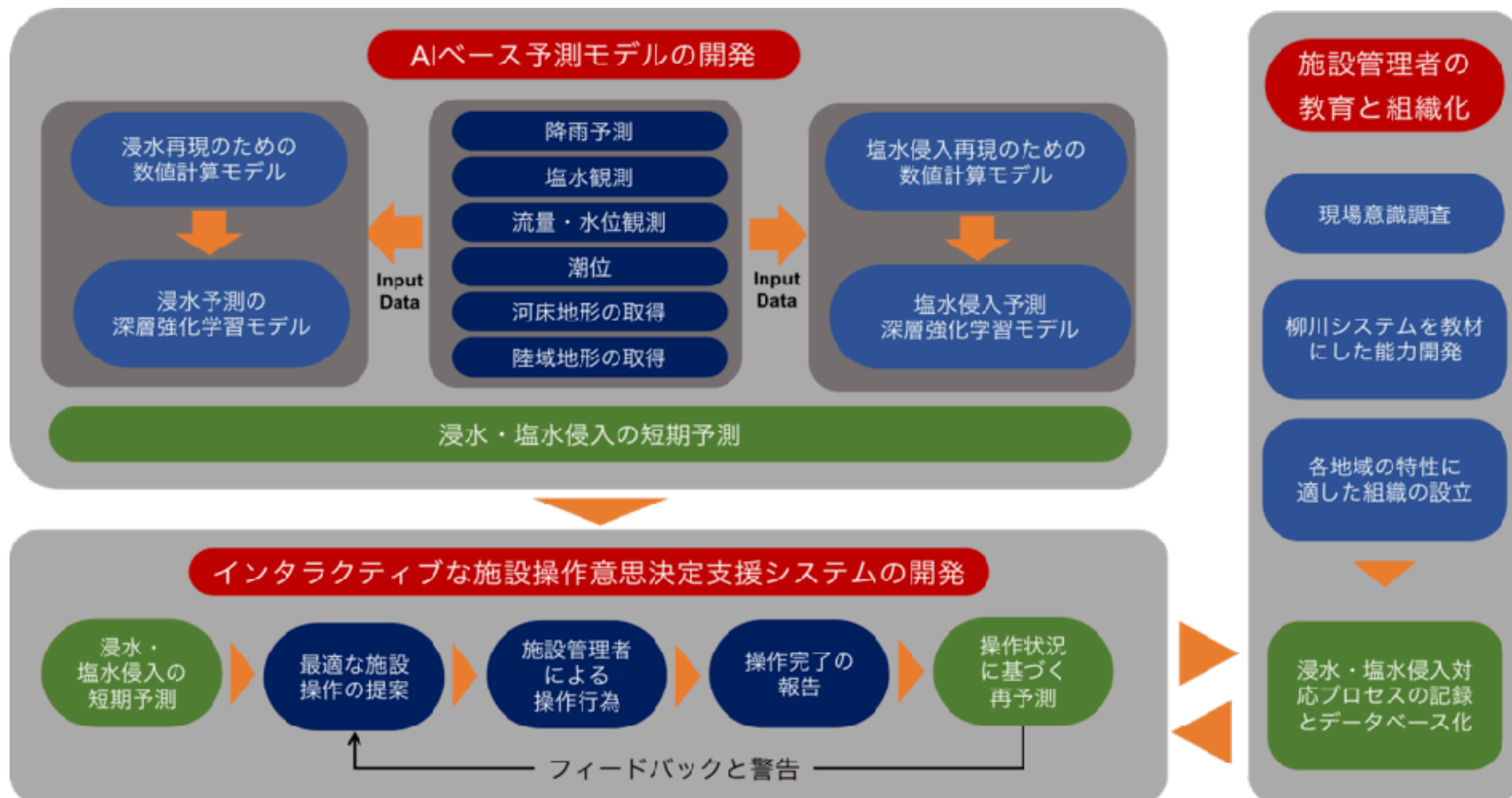
塩水遡上予測

▶ 観測データを用いたLSTMによる予測モデルを構築



48時間先の取水可否の判定が可能

次世代型統合水管理プラットフォーム



次世代型統合水管理プラットフォーム

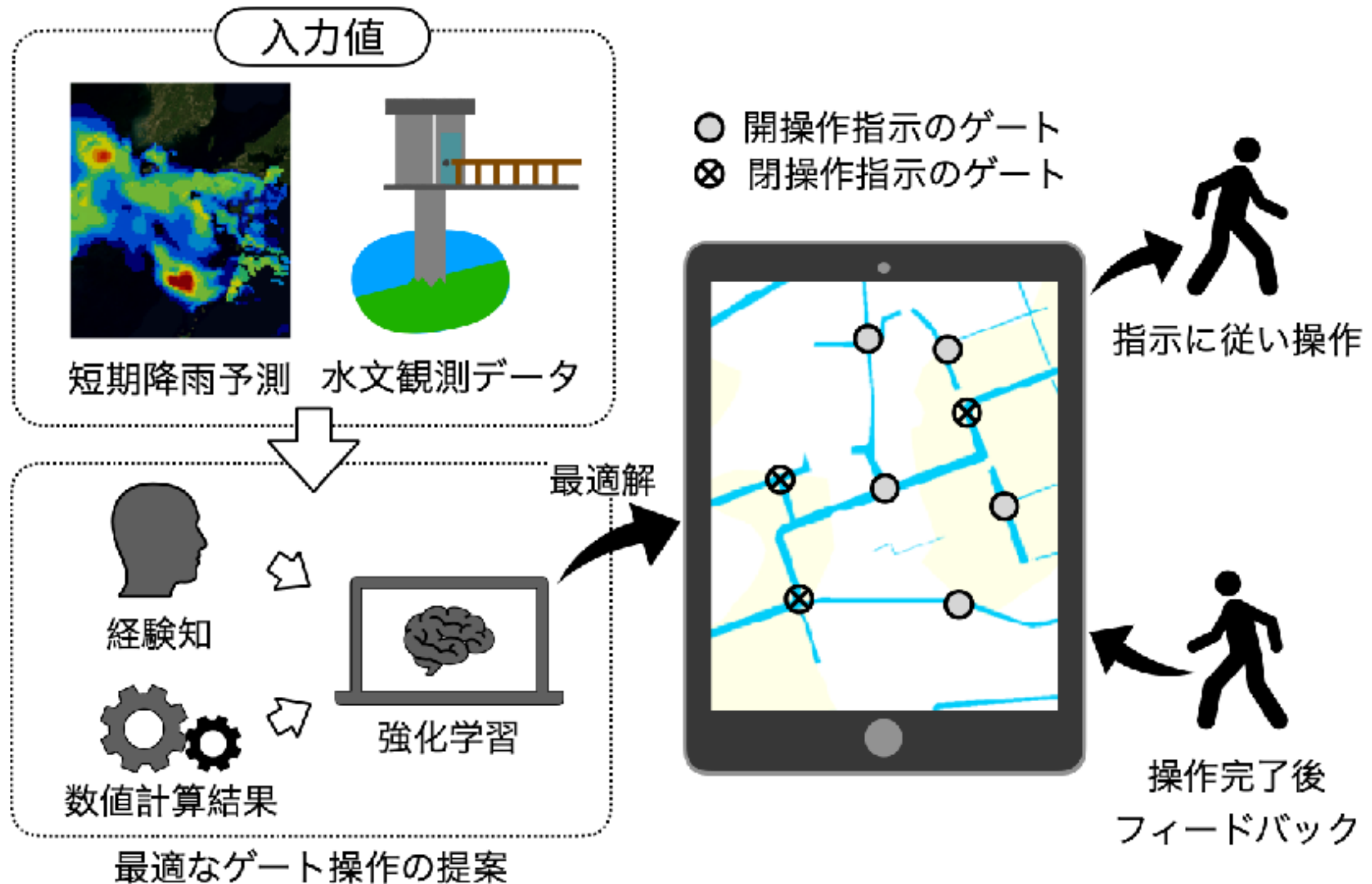
◆ 水管理形態（アジアデルタ地域）



多数の水利施設・管理者による分散型水管理

水災害に順応的な操作の提案

次世代型統合水管理プラットフォーム





福岡県柳川市の 水管理から学ぶ

きっかけは4年前

2021年12月12日

矢部川シンポジウム 「矢部川の流域治水を考える」

矢部川シンポジウム 矢部川の流域治水を考える

矢部川流域の 伝統的な水管理システム

加藤 仁美

元九州大学教授 博士（工学）
加藤仁美環境デザイン研究室



基調講演「流域治水における田んぼダムの可能性」吉川夏樹

きっかけは4年前

2021年12月12日

矢部川シンポジウム 「矢部川の流域治水を考える」

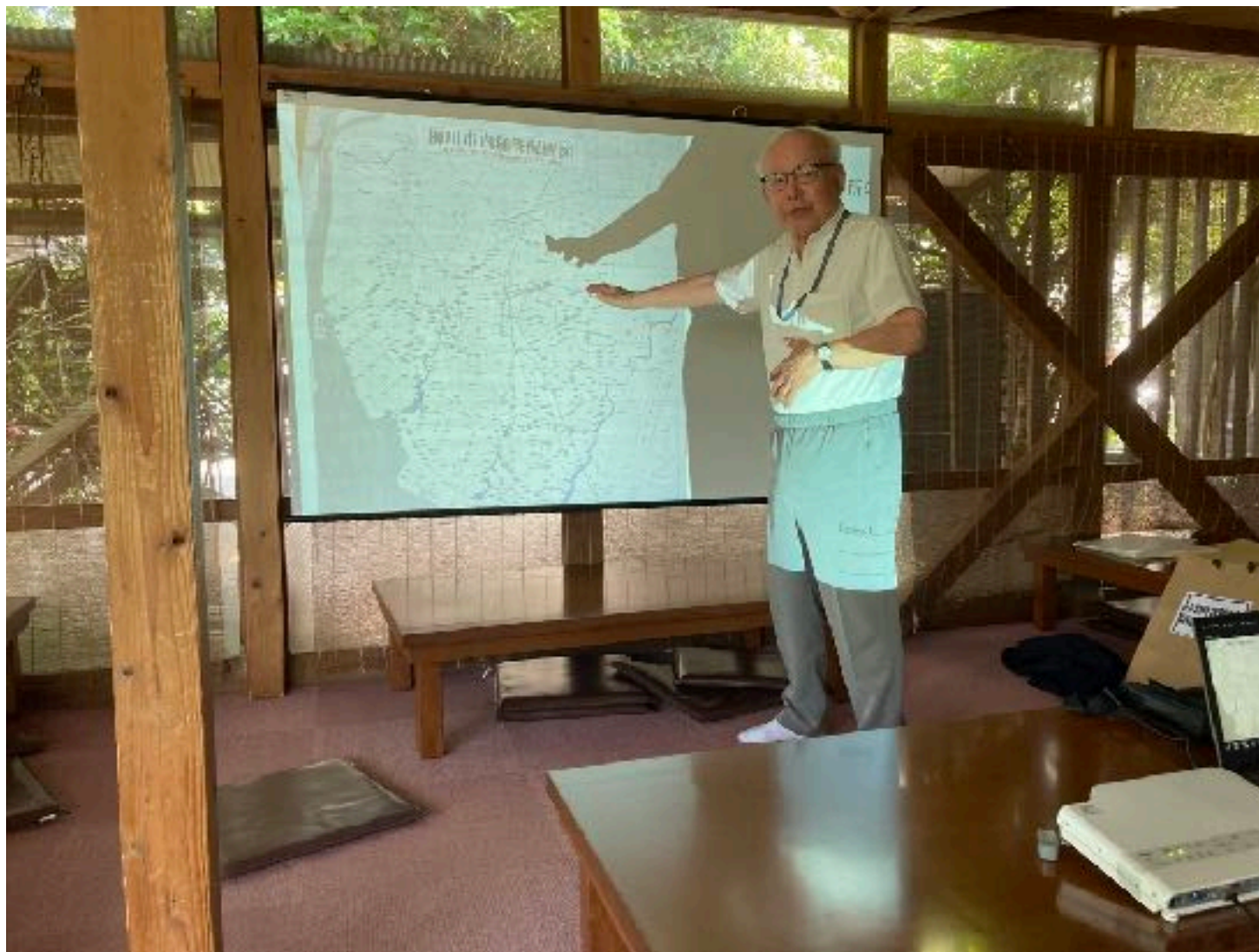


eASIA共同研究プログラム

ベトナム・Xuan Thuyデルタの水路網



柳川地域に関する学習



2025年5月14日 大東エンタープライズ



2025年9月14日 矢部川流域治水勉強会
あめんぼセンター



柳川堀割物語

流域治水とは

◆ 治水対策の転換

従来方針

雨水を河川に集め
安全・迅速に海へと排水

- ・ 河川改修（河道拡幅など）
- ・ 大型インフラによる**一元管理**

! 近年の気候変動下では
十分な対応が困難



流域治水

あらゆる関係者が協働し、
流域全体で水害対策に取り組む

- ① 氾濫をできるだけ防ぐ・減らすため
- ② 被害対象を減少させるため
- ③ 被害の軽減，早期復旧・復興のため

分散的管理

実践的事例

柳川を含む筑後川下流域における水管理

柳川の水管理

福岡県柳川市

▶ 分散型水管理の実践的な事例

弥生時代

堀割の形成

→ 用排水を担う

江戸時代

城堀として活用

現在

管理者：700人

水門：1,100箇所

柳河城の古地図（寛政年間）



柳川の水管理

福岡県柳川市

▶ 分散型水管理の実践的な事例

弥生時代

堀割の形成

→ 用排水を担う

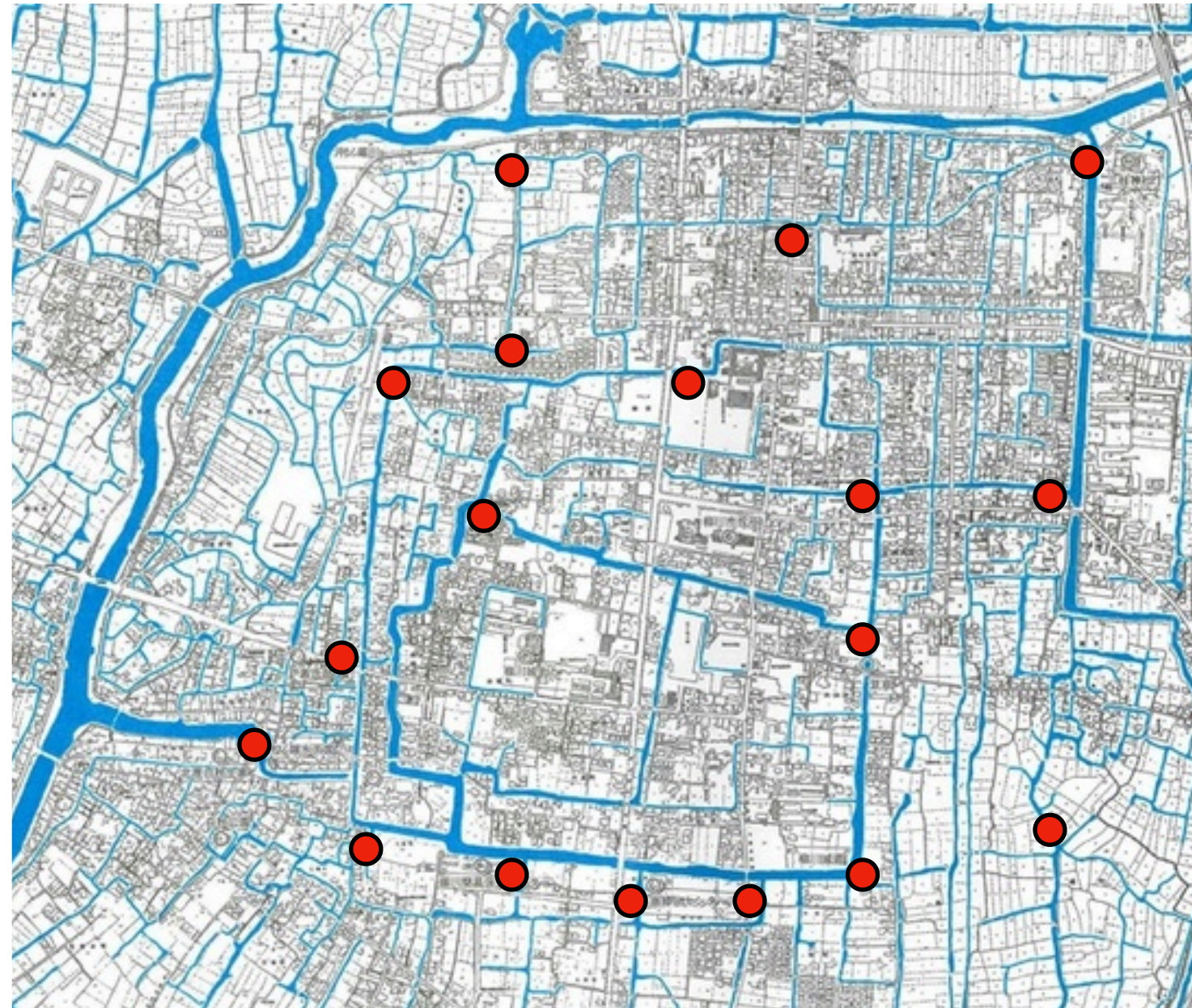
江戸時代

城堀として活用

現在

管理者：700人

水門：1,100箇所



堀割

水門などによって管理
張り巡らされた水路網

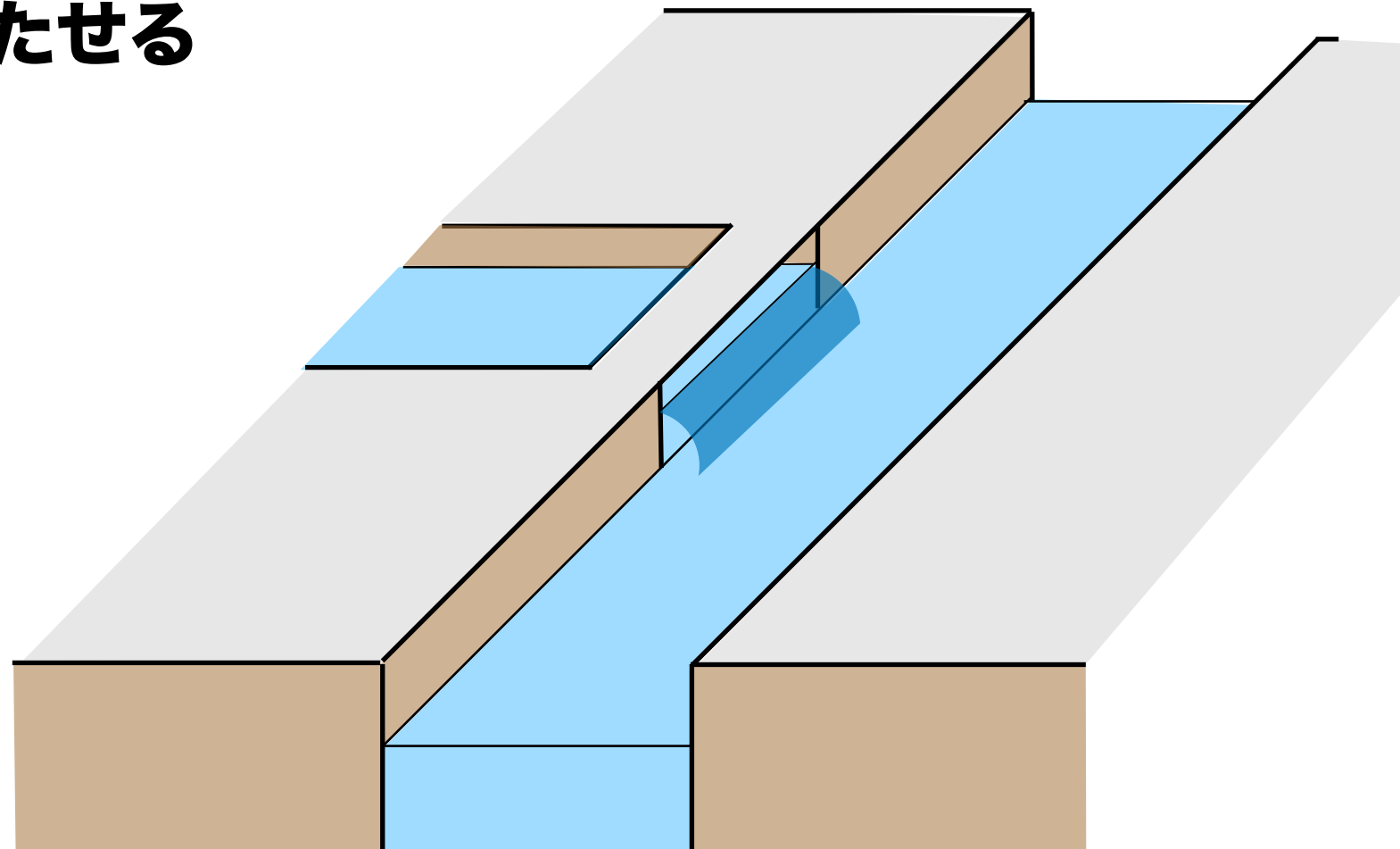
モタセによる水管理

福岡県柳川市

◆ 分散型水管理の実践的な事例

モタセ ……水路網内に水をもたせる

◆ 橋梁部の縮小・堰を利用 治水と利水の仕組み



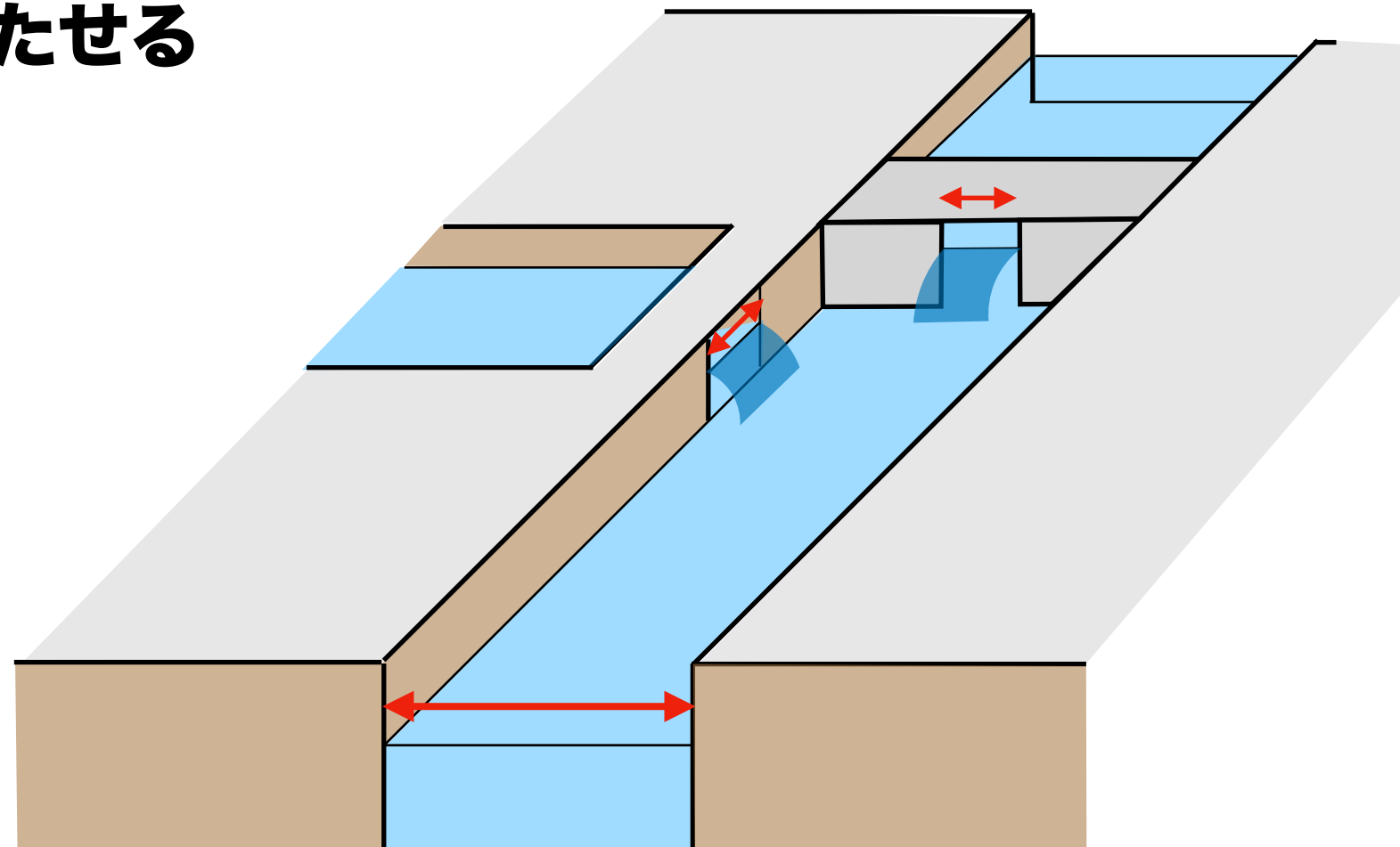
モタセの水管理

福岡県柳川市

◆ 分散型水管理の実践的な事例

モタセ ……水路網内に水をもたせる

◆ 橋梁部の縮小・堰を利用
治水と利水の仕組み



モタセの水管理

福岡県柳川市

◆ 分散型水管理の実践的な事例

モタセ ……水路網内に水をもたせる

◆ 橋梁部の縮小・堰を利用 治水と利水の仕組み

分散型水管理を活用した
洪水被害の軽減



モタセの水管理

モタセの洪水緩和機能発揮をもたらす要素

- ◆ 張り巡らされた水路網
地域の水面積の**10%**以上
- ◆ 多数の水利施設
橋梁部断面縮小・水門
- ◆ 多数の管理人による施設操作
合意と経験則による管理 **700**名の管理人が**1100**箇所

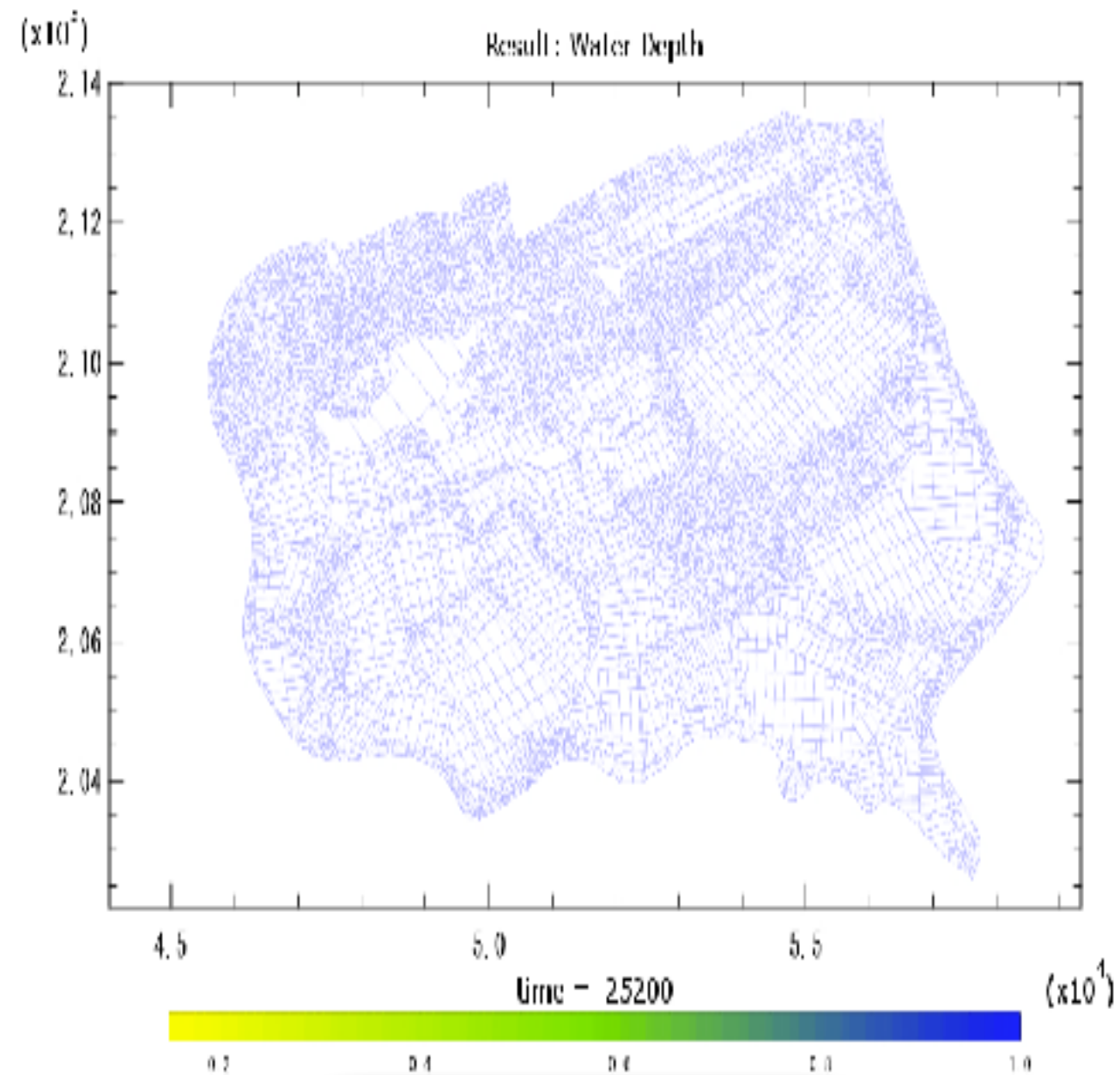
▶ 流域スケールでの評価は行われていない

モタセがもつ特性を表現可能なモデルの構築
流域スケールで洪水緩和機能を定量的に評価

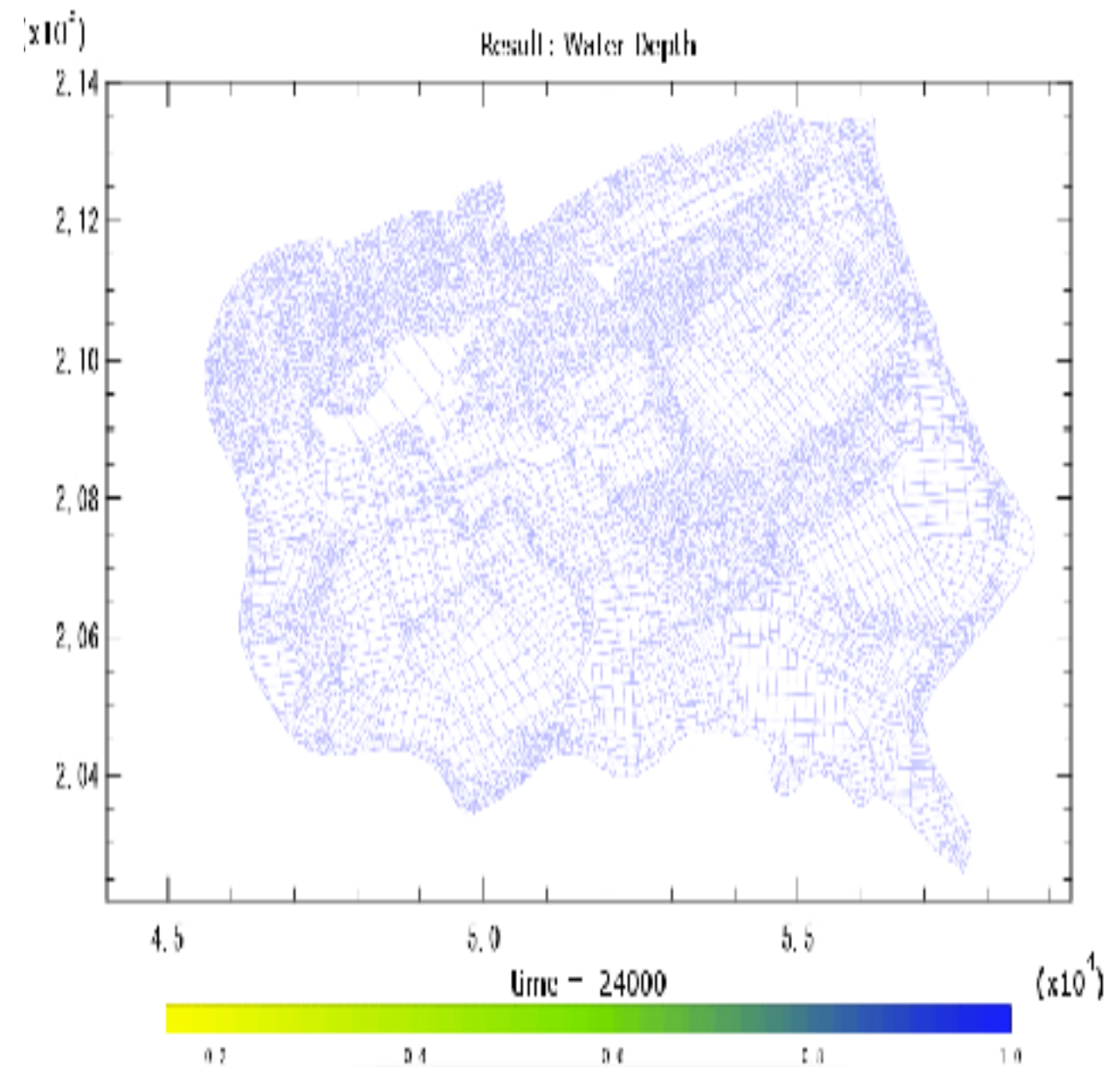


シミュレーションモデルの構築

内水氾濫解析モデル



田んぼダムなし

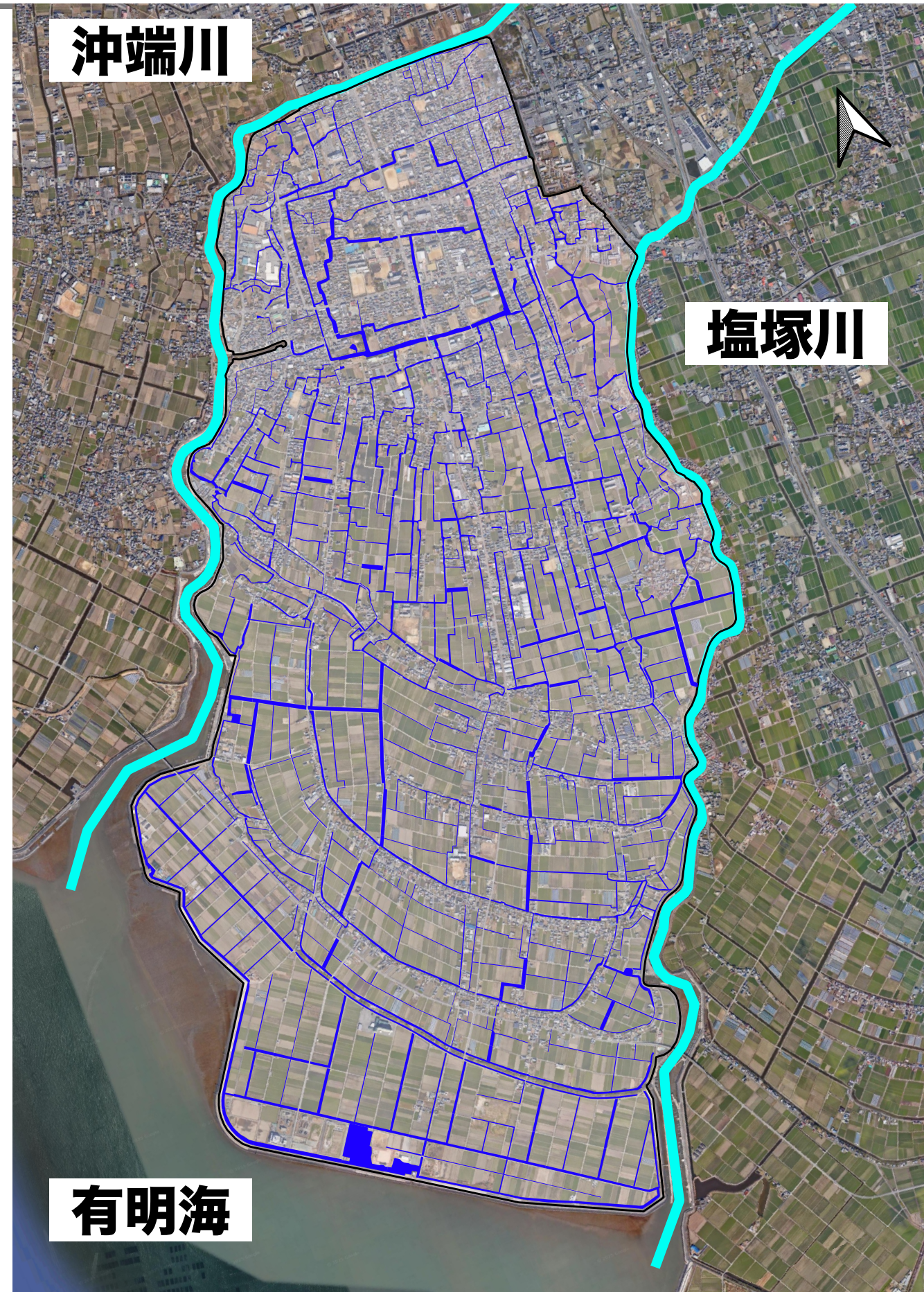


田んぼダムあり

解析対象地

柳川流域（福岡県）

- 有明海・感潮河川に排水
最大 **6m**の潮位差
- 流域面積 **1,747 ha**

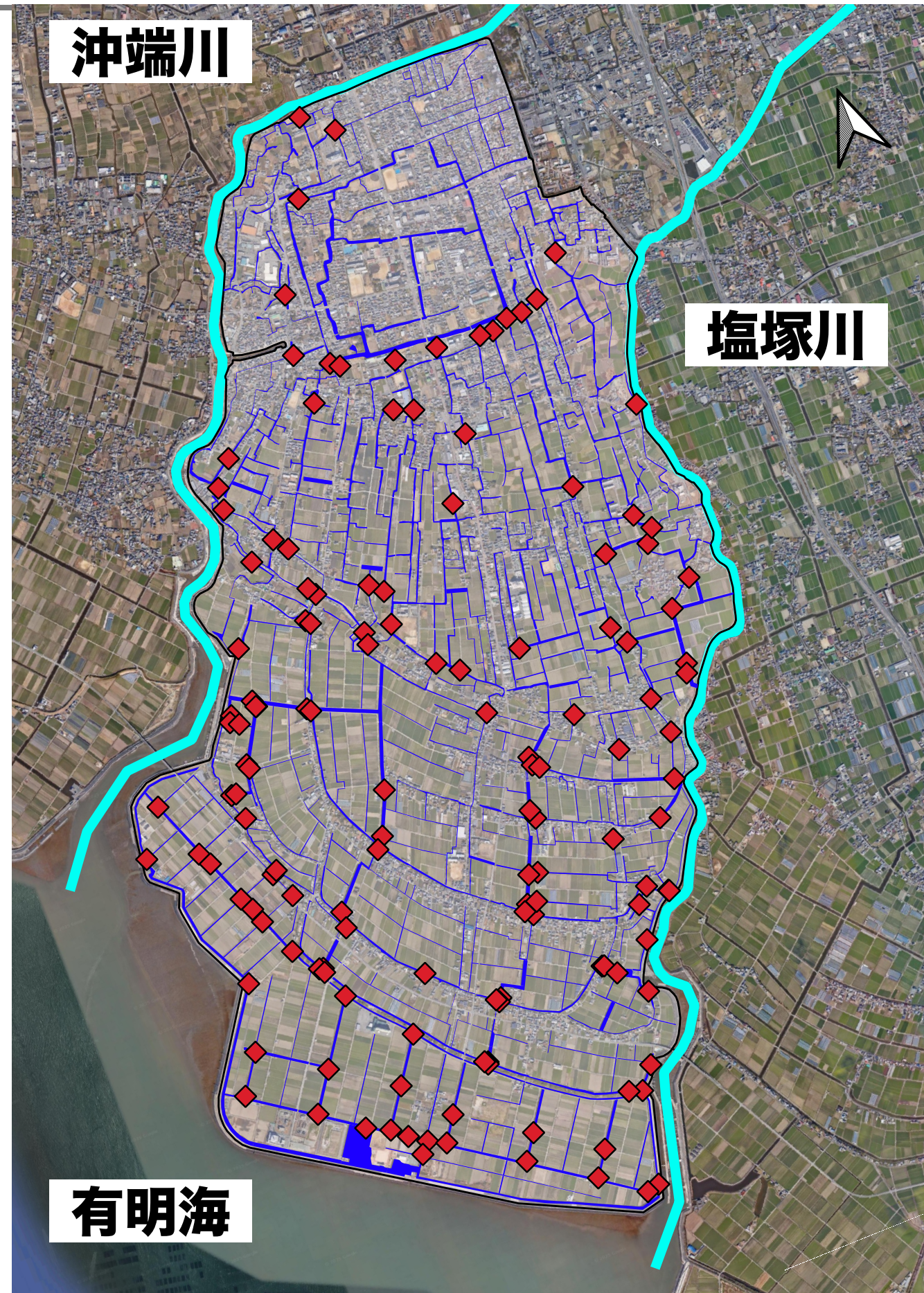


解析対象地

柳川流域（福岡県）

- 有明海・感潮河川に排水
最大 **6m**の潮位差
- 流域面積 **1,747 ha**
- 水管理
 - 通常時 — 水門 **121箇所**
樋門 **21箇所**
 - 満潮時 — 排水機場 **4箇所**

(自然排水不可)



解析対象地

柳川流域（福岡県）

有明海・感潮河川に排水

最大 **6m**の潮位差

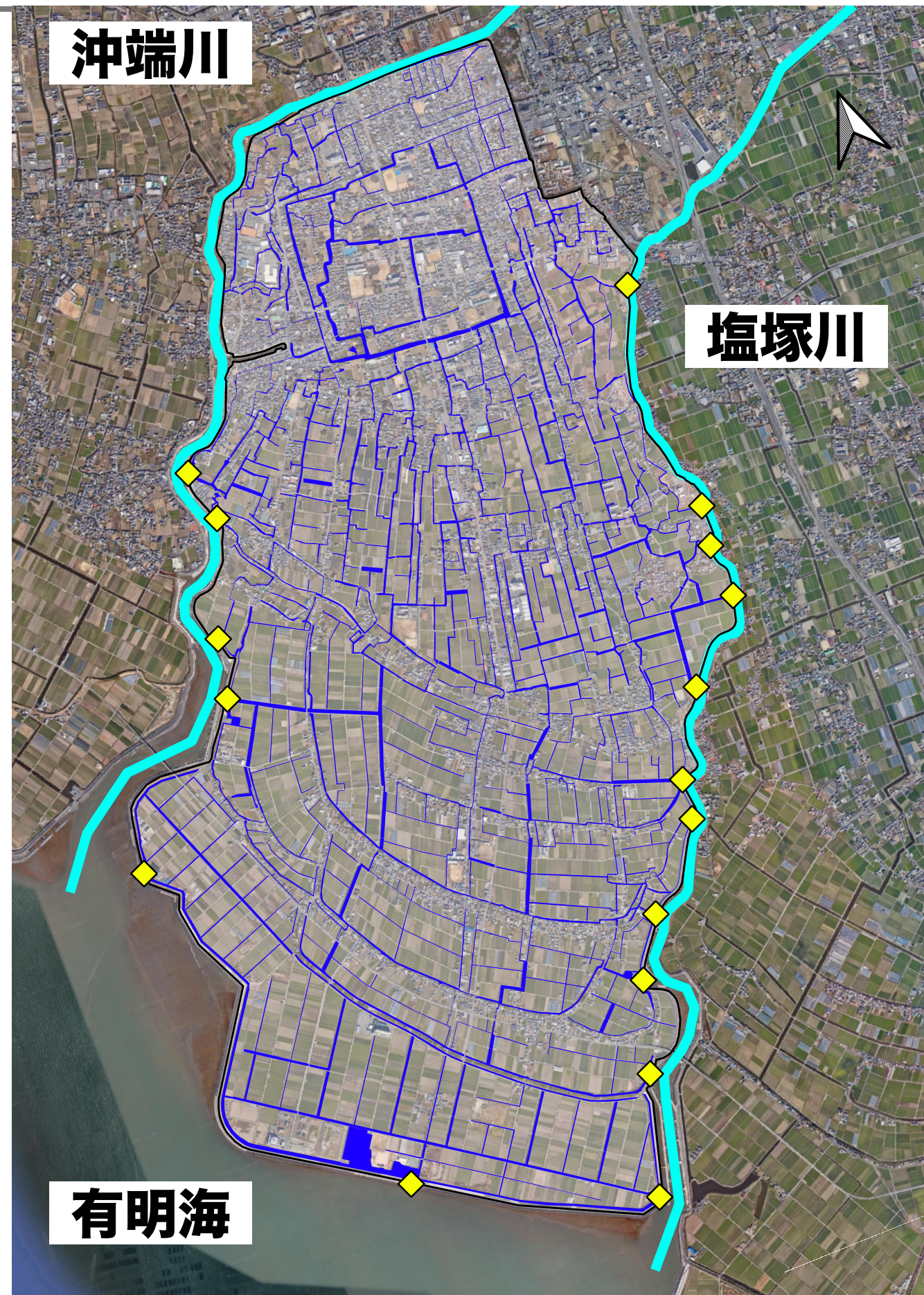
流域面積 **1,747 ha**

水管理

通常時 — 水門 **121箇所**
樋門 **21箇所**

満潮時 — 排水機場 **4箇所**

(自然排水不可)



解析対象地

柳川流域（福岡県）

有明海・感潮河川に排水

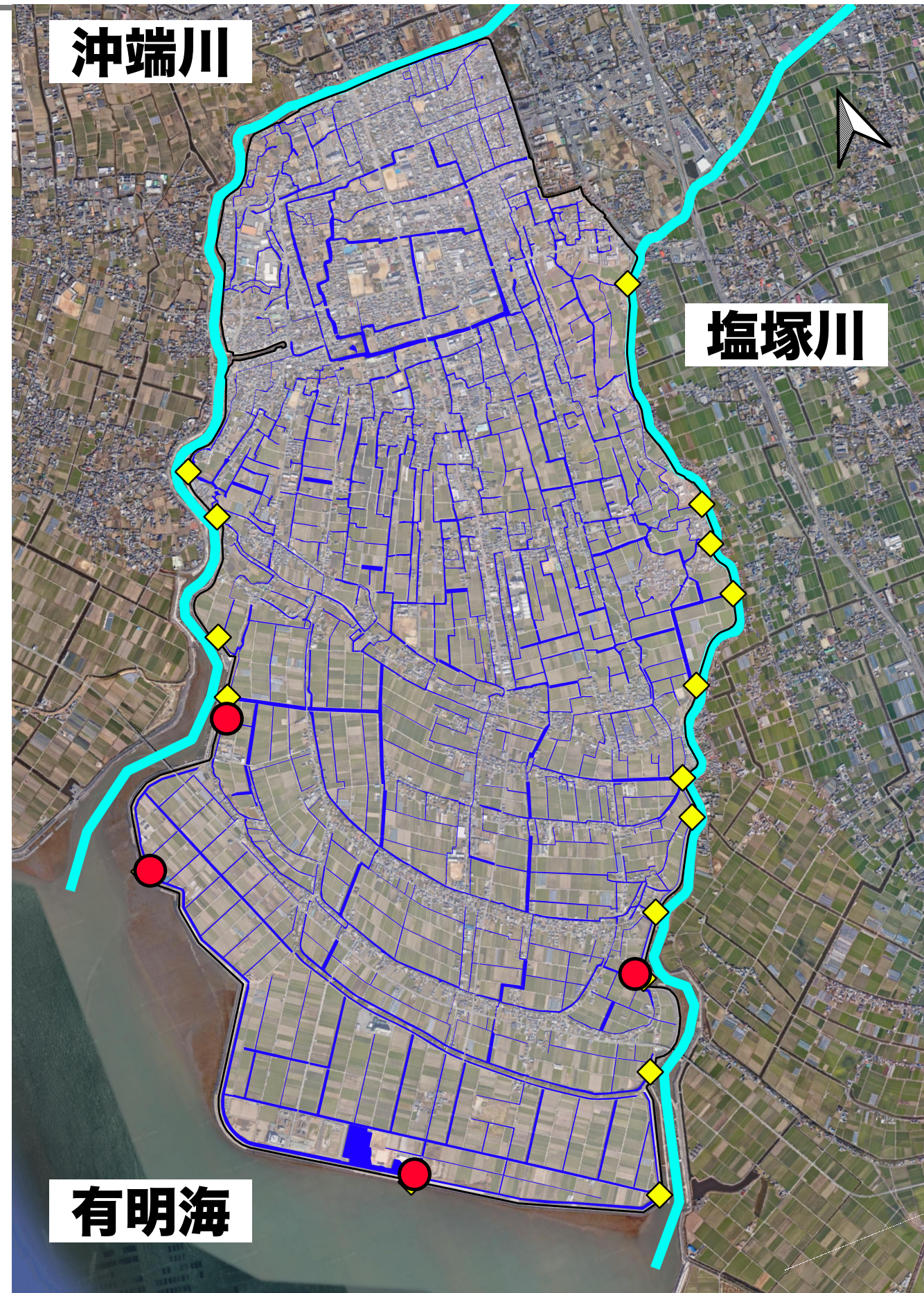
最大 **6m**の潮位差

流域面積 **1,747 ha**

水管理

通常時 — 水門 **121箇所**
樋門 **21箇所**

満潮時 — 排水機場 **4箇所**
(自然排水不可)



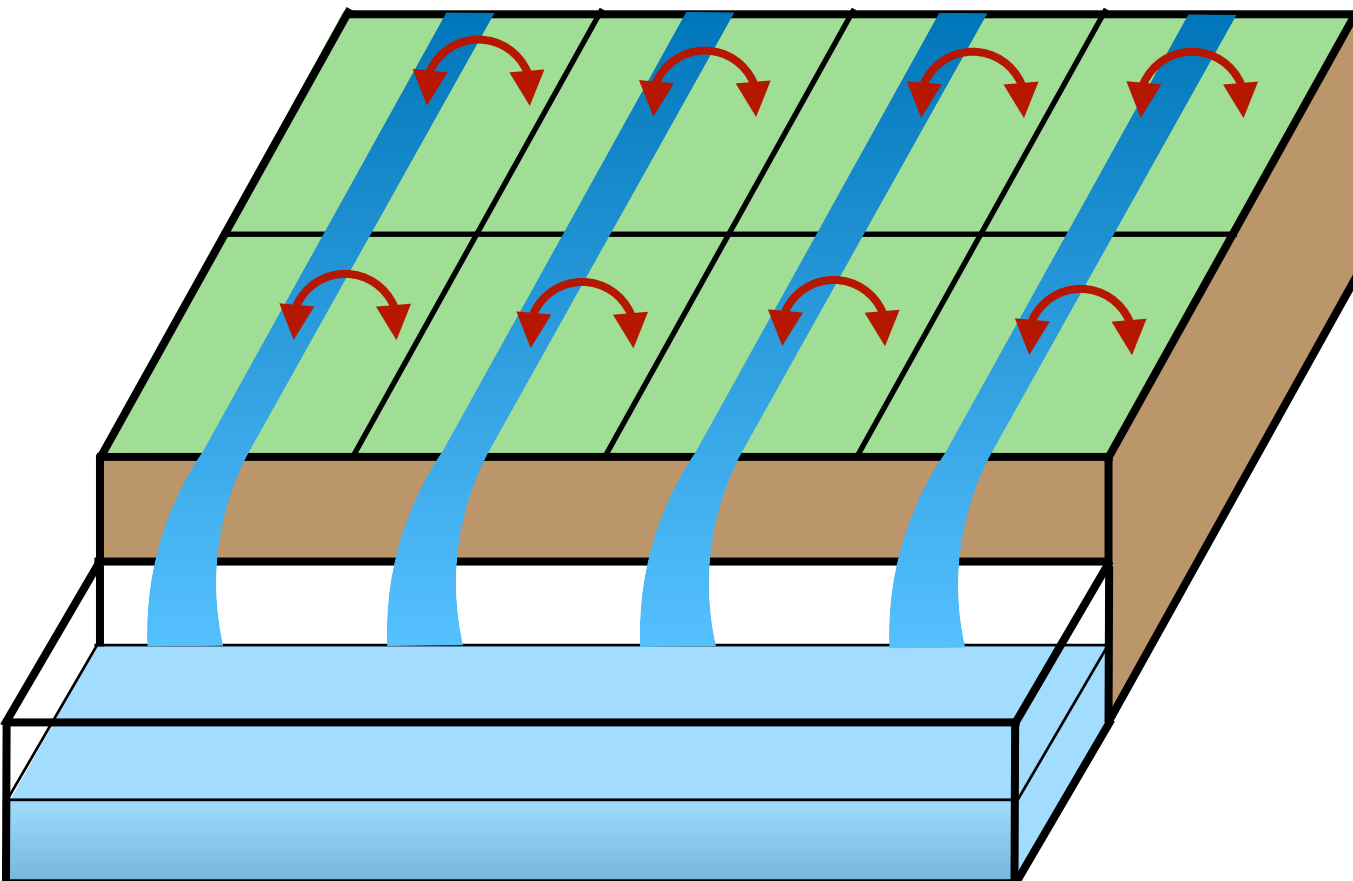
シミュレーション

内水氾濫解析モデル（吉川ら，2011）

▶ 「河川・排水路流れ」と「洪水氾濫」を一体的に解析

◆ 地目別流出サブモデル

▶ 排水路-土地間の流出入量の計算



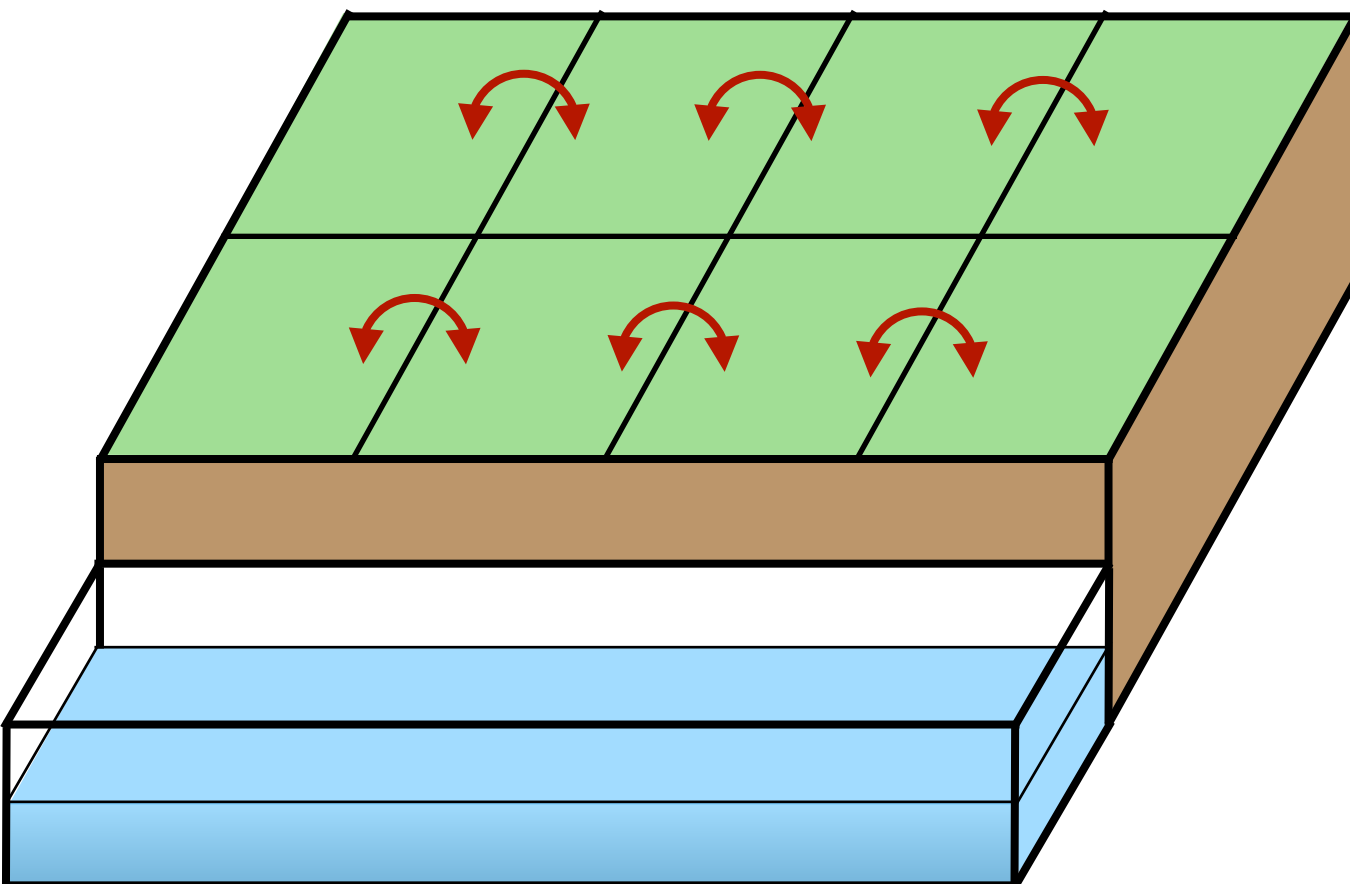
シミュレーション

内水氾濫解析モデル（吉川ら，2011）

▶ 「河川・排水路流れ」と「洪水氾濫」を一体的に解析

◆ 地目別流出サブモデル

▶ 排水路-土地間の流出入量の計算



◆ 氾濫流サブモデル

▶ 隣接する土地の氾濫水移動の計算

シミュレーション

内水氾濫解析モデル（吉川ら，2011）

▶ 「河川・排水路流れ」と「洪水氾濫」を一体的に解析

◆ 地目別流出サブモデル

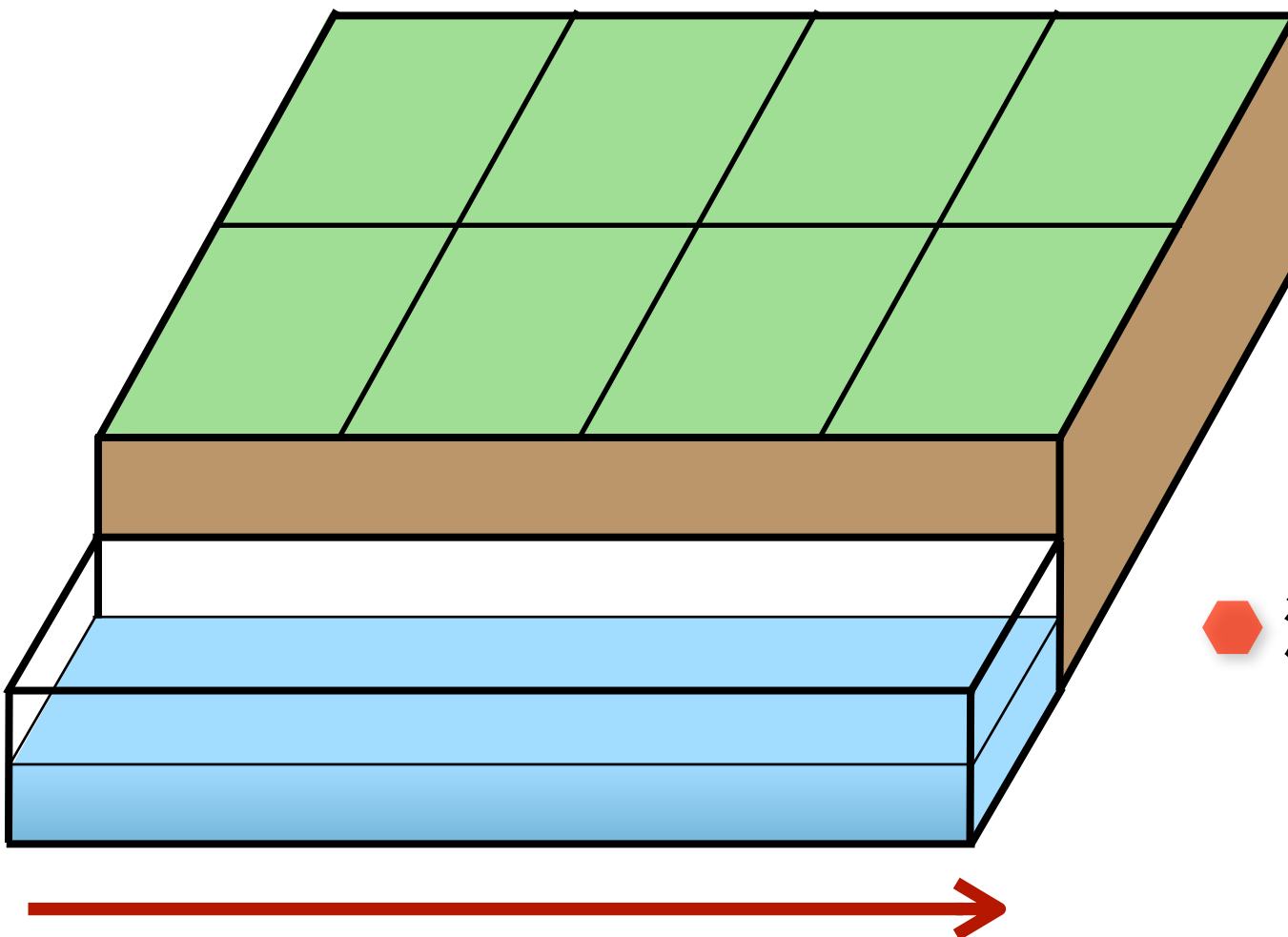
▶ 排水路-土地間の流出入量の計算

◆ 氾濫流サブモデル

▶ 隣接する土地の氾濫水移動の計算

◆ 河川・排水路サブモデル

▶ 一次元不定流計算による 河川・排水路の流れを計算



シミュレーション

掘割（クリーク）をモデル化

特徴

- ◆ 分割された掘割の**水面勾配は小さい**
 - ▶ 流速が小さい・貯留されている
- ◆ 多数の施設により水面形が**不連続**
 - ▶ 水門の上下流に落差



シミュレーション

掘割（クリーク）をモデル化

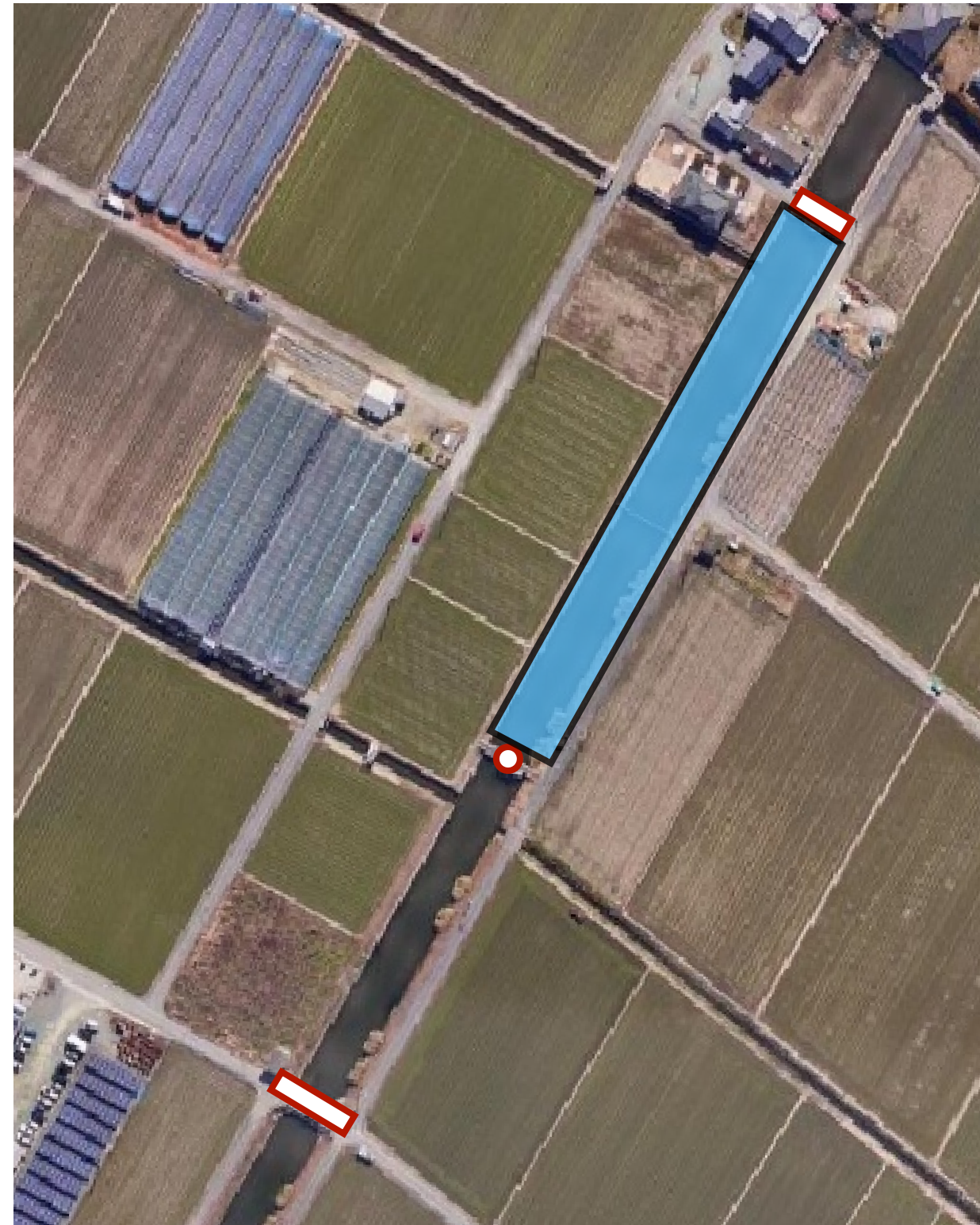
特徴

- ◆ 分割された掘割の**水面勾配は小さい**
 - ▶ 流速が小さい・貯留されている
- ◆ 多数の施設により水面形が**不連続**
 - ▶ 水門の上下流に落差

河川・排水路サブモデルによる
(一次元不定流計算)

再現が困難

貯水域として計算



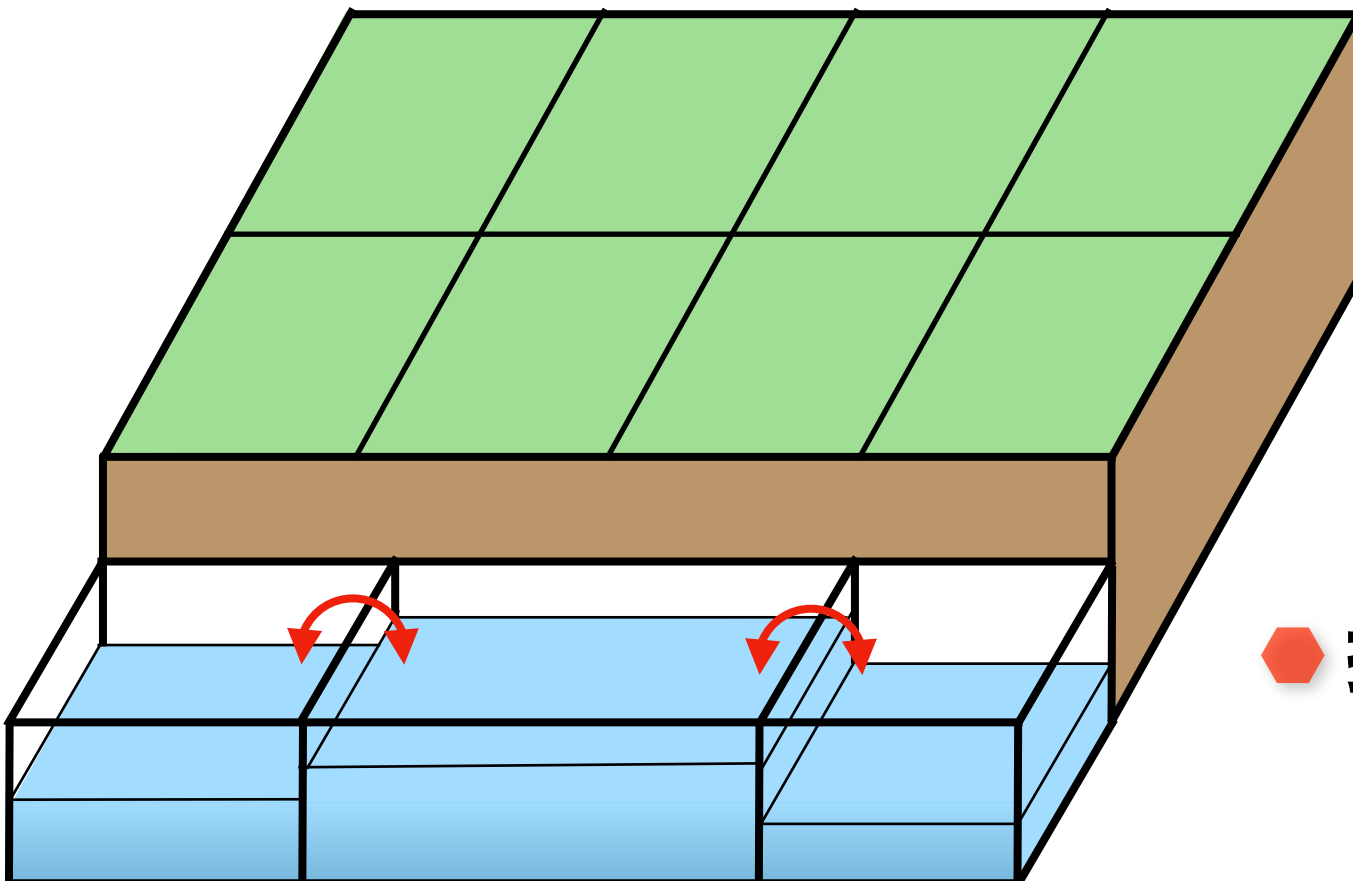
シミュレーション

内水氾濫解析モデル（吉川ら，2011）

▶ 「河川・排水路流れ」と「洪水氾濫」を一体的に解析

◆ 地目別流出サブモデル

▶ 排水路-土地間の流出入量の計算



◆ 氾濫流サブモデル

▶ 隣接する土地の氾濫水移動の計算

◆ 掘割サブモデル

▶ 水利施設で区切られた範囲を貯留空間として表現

モデルの構築

構築に必要なデータの取得

堀割渠底

ソナーを用いた水深計測



1-

2-

3-

4-

5-



モデルの構築

構築に必要なデータの取得

堀割渠底

ソナーを用いた水深計測

水門・排水機場諸元

柳川市水路課提供

施設名	管理者名	施設情報
樋管1	柳川	W1960＊H1300＊1門
樋門1(木樋)	柳川	W310＊H不明＊1門
樋管2	柳川	W950＊H860＊1門
樋門 1 (木樋)	柳川	W920＊H不明＊1門
樋門2	柳川	W1340＊H1040＊1門

⋮

モデルの構築

構築に必要なデータの取得

堀割渠底

ソナーを用いた水深計測

水門・排水機場諸元

柳川市水路課提供

排水機場操作規則

排水機場	台数	総排水量 (m ³ /s)	起動水位 (m)	停止水位 (m)
下八丁	2	3.00	-0.40	-0.90
		3.00	-0.20	-0.70
橋本	2	3.20	-0.20	-0.90
		3.20	-0.40	-0.90
長栄	2	1.50	-1.80	-2.20
		1.50	-1.40	-2.20
西新	2	2.31	0.25	-0.40
		2.31	0.10	-0.60

モデルの構築

構築に必要なデータの取得

- ◆ **堀割渠底**
 ソナーを用いた水深計測
- ◆ **水門・排水機場諸元**
 柳川市水路課提供
- ◆ **水門操作実績**
 メッセージのやり取りを整理
- ◆ **慣習による水門操作**
 聞き取り調査の実施



操作樋門 (水門)	操作前開度 (cm)	操作後開度 (cm)	時間
樋管1	45	0	17:00
樋管2	1	0	12:00
樋管3	0	0	12:00
樋管4	10	0	12:00
樋管5	15	0	12:00

モデルの構築

構築に必要なデータの取得

- 堀割渠底
ソナーを用いた水深計測
- 水門諸元
柳川市水路課提供
- 水門操作実績
メッセージのやり取りを整理
- 慣習による水門操作
聞き取り調査の実施

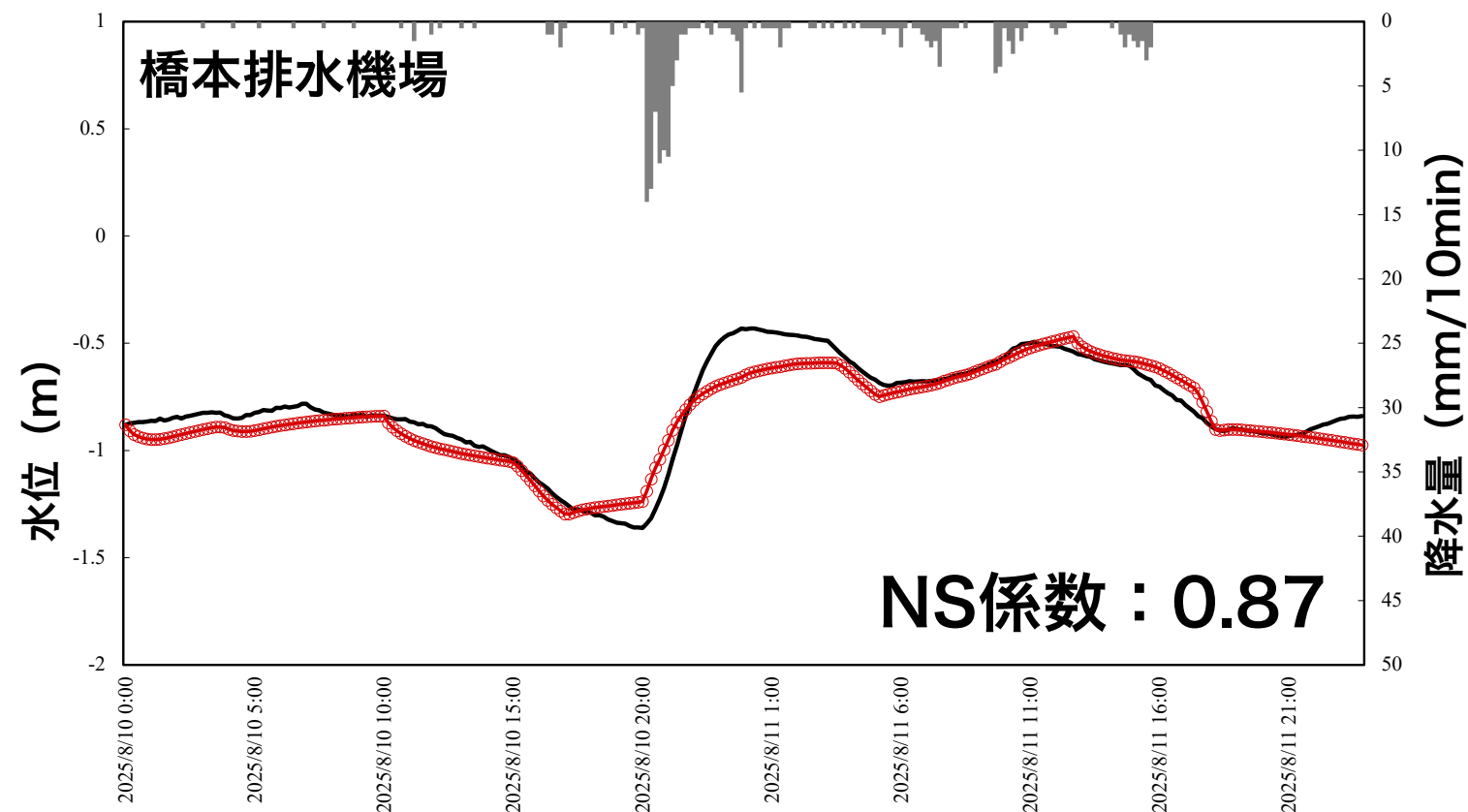
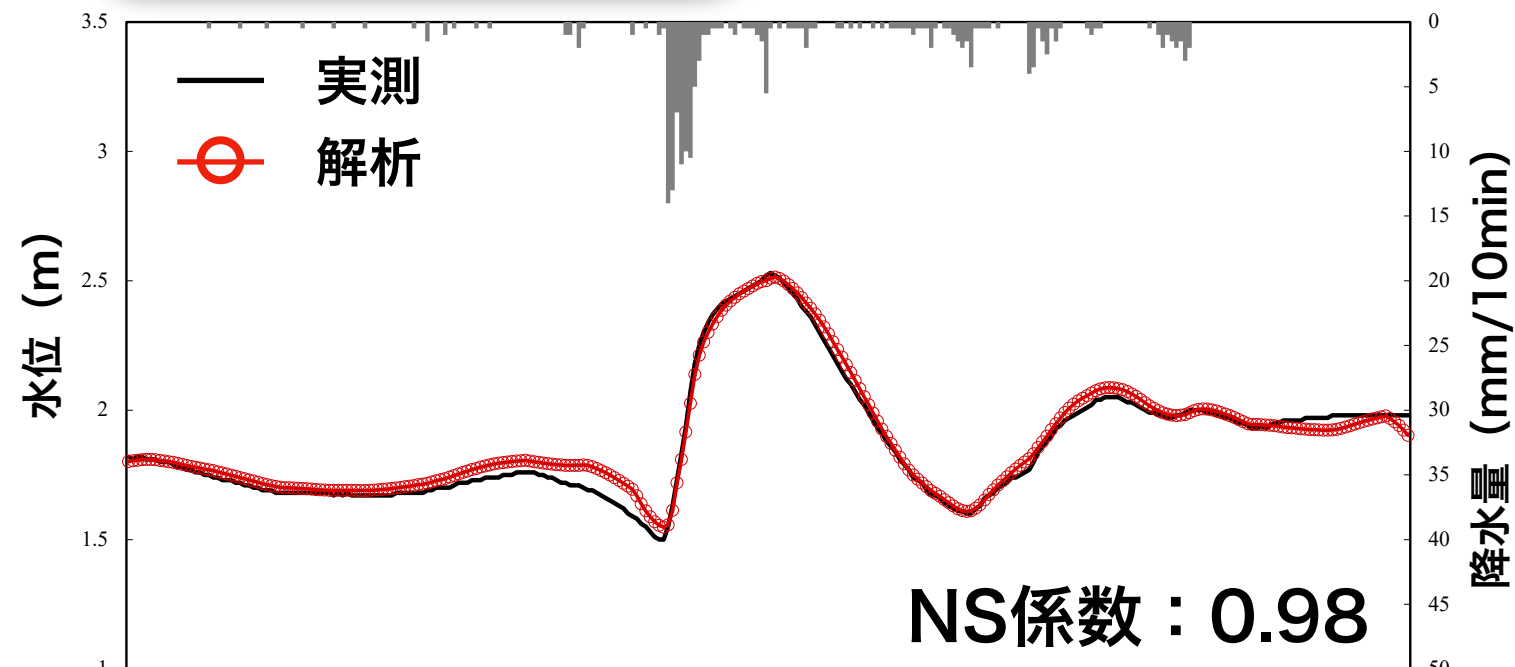


水門管理者への聞き取り調査の様子
2025年12月中旬（柳川市役所会議室）

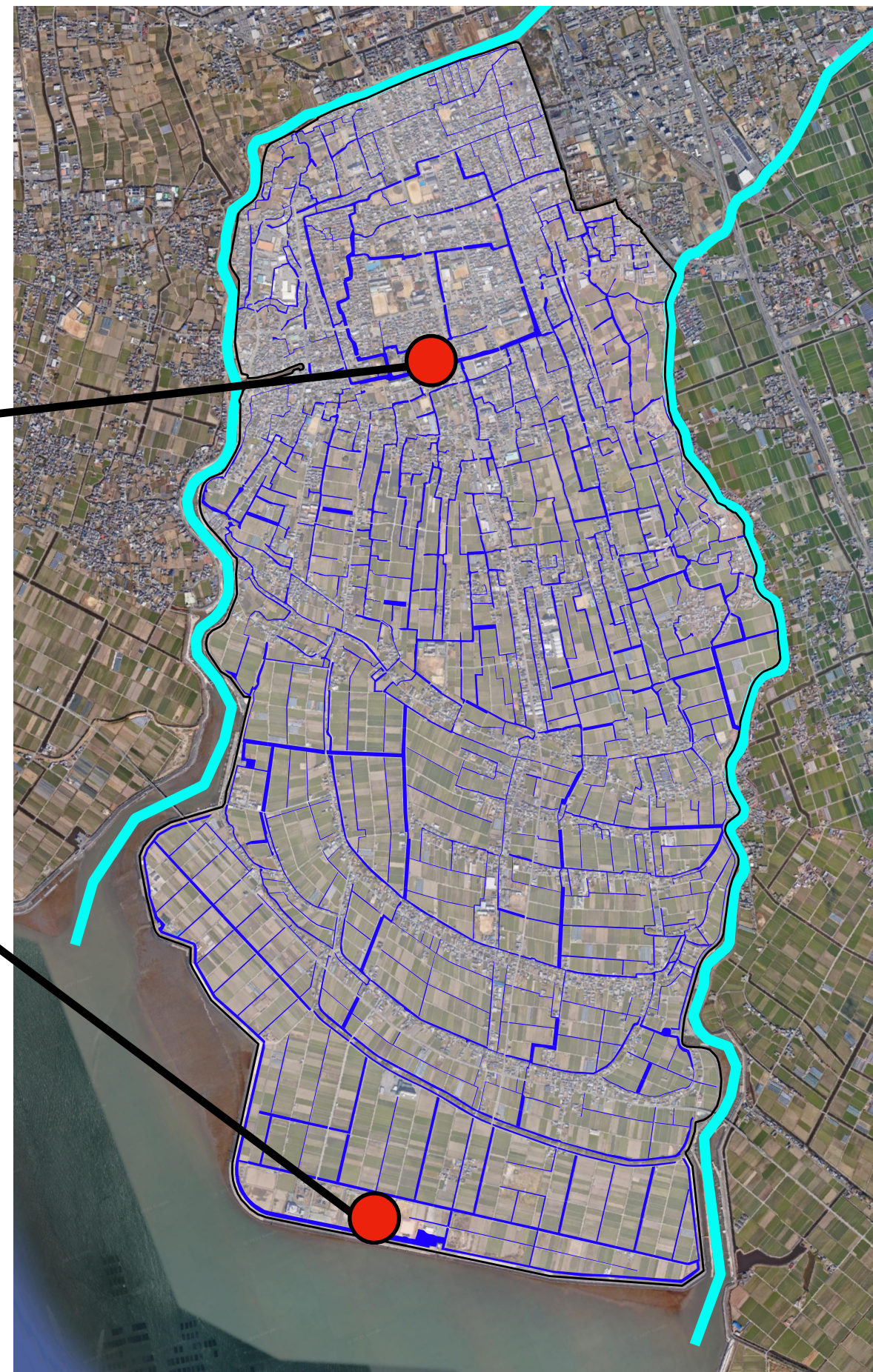


妥当性検証

2025年8月10日-11日降雨



概ね良好に再現



モタセなしモデル

モタセを考慮しないモデルの作成

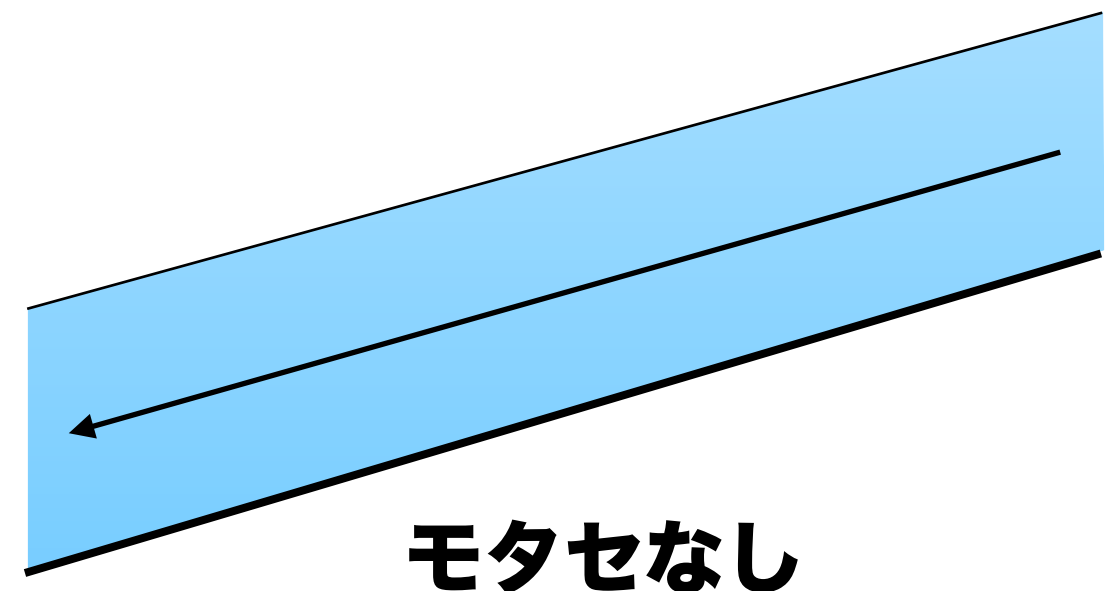
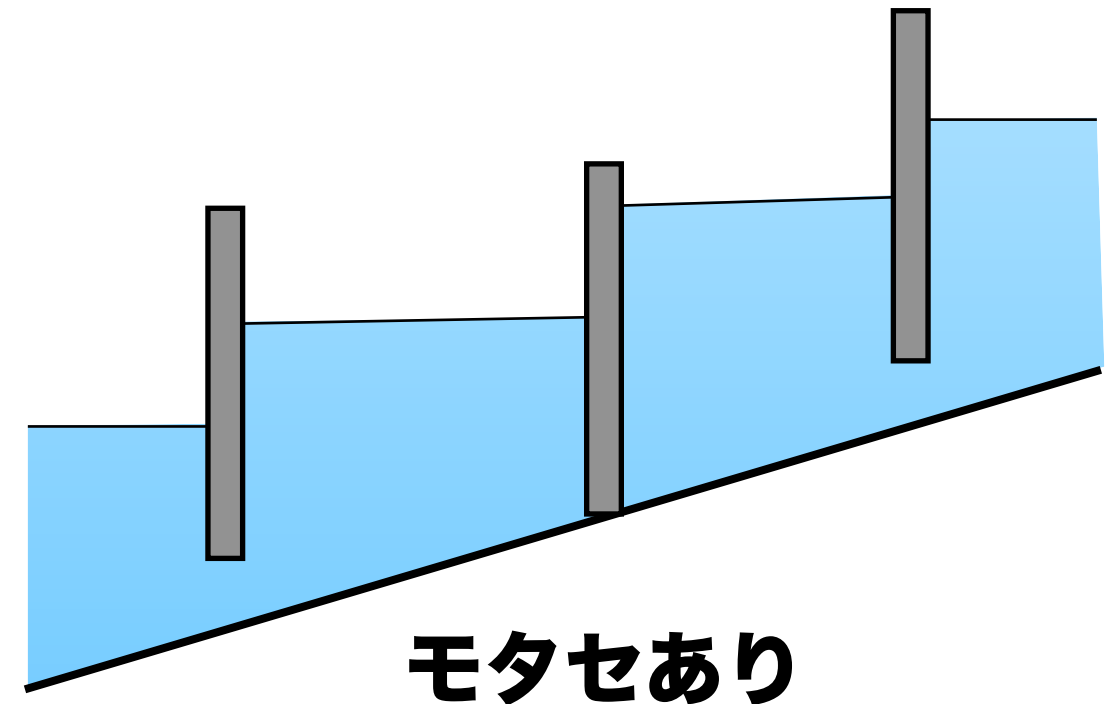
- ▶ 水利施設（水門・橋梁部）が
存在しない状態



モタセなしモデル

モタセを考慮しないモデルの作成

- ▶ 水利施設（水門・橋梁部）が
存在しない状態
- ◆ 既存の内水氾濫解析モデルを使用
 - ▶ 一次元不定流計算によって
水路の流れを計算
- 水路断面などの諸元は参照
- 水面積が同じとなるように作成



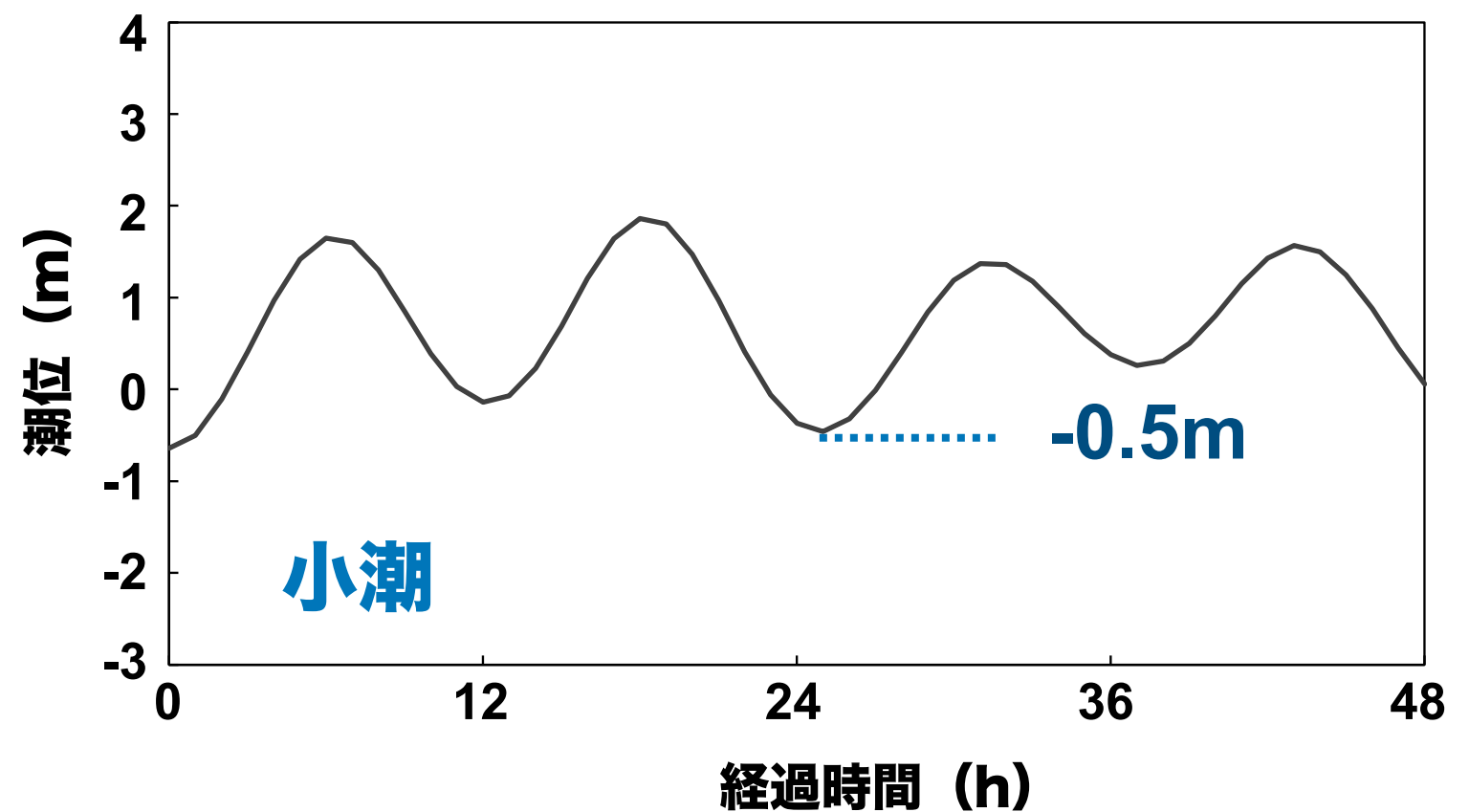
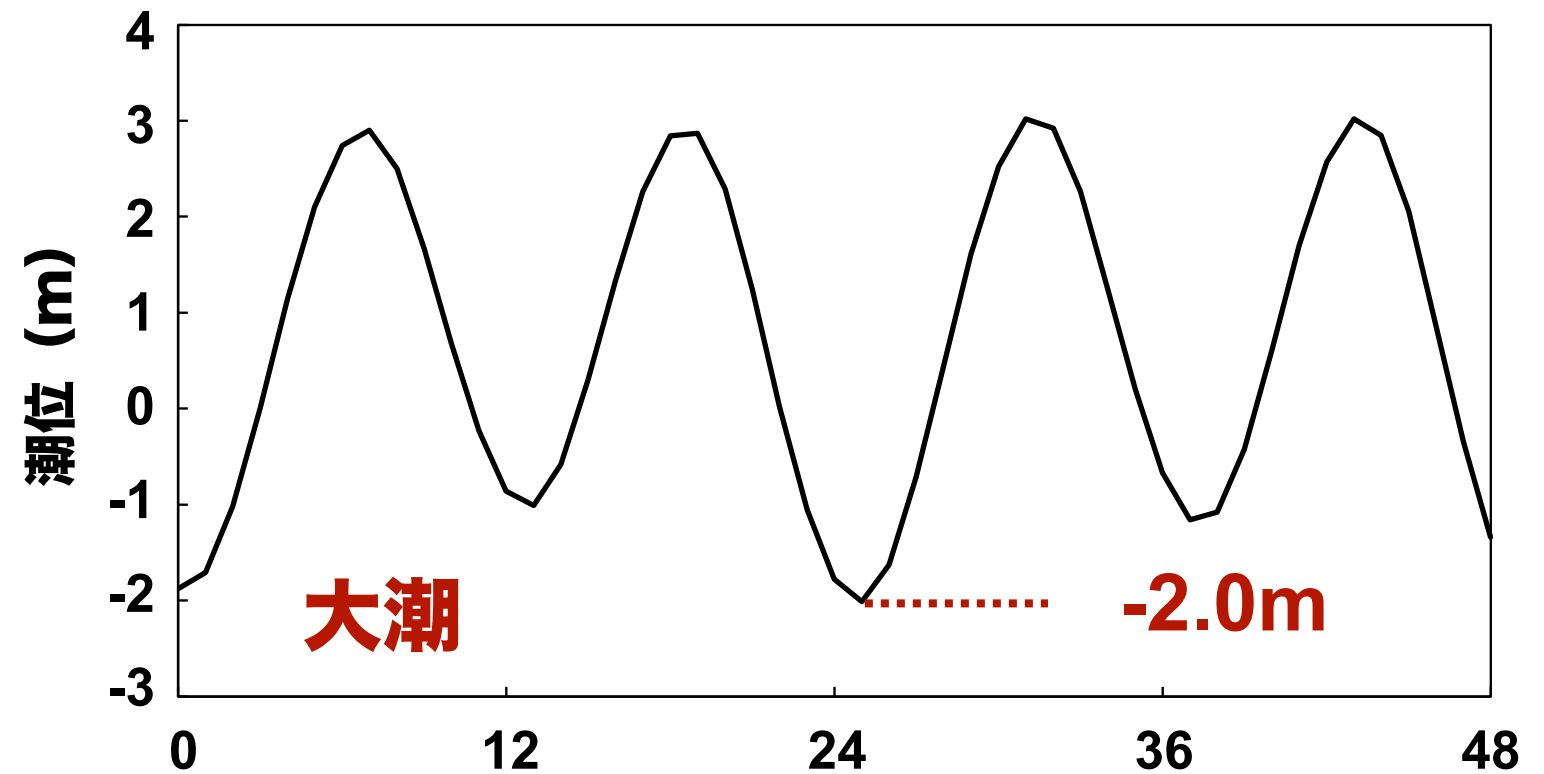


シミュレーションによる モタセの洪水氾濫軽減効果の評価

計算条件

● 潮位（小潮）

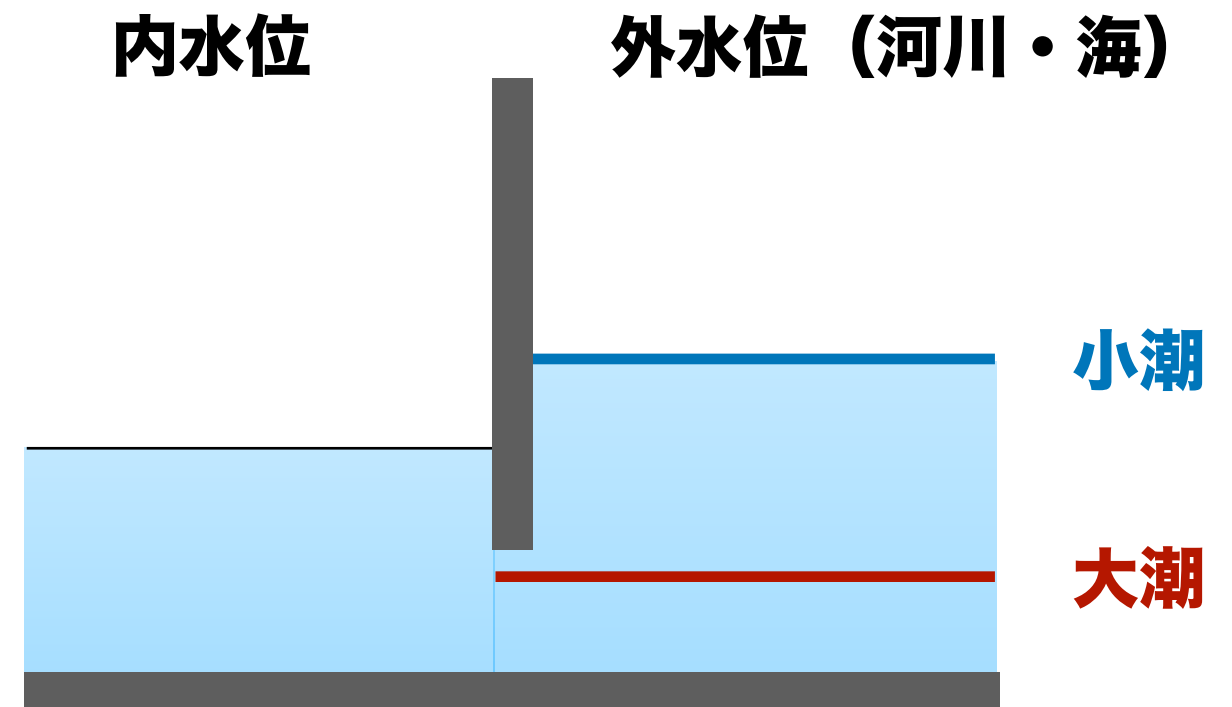
▶ 樋門の排水能力が低下



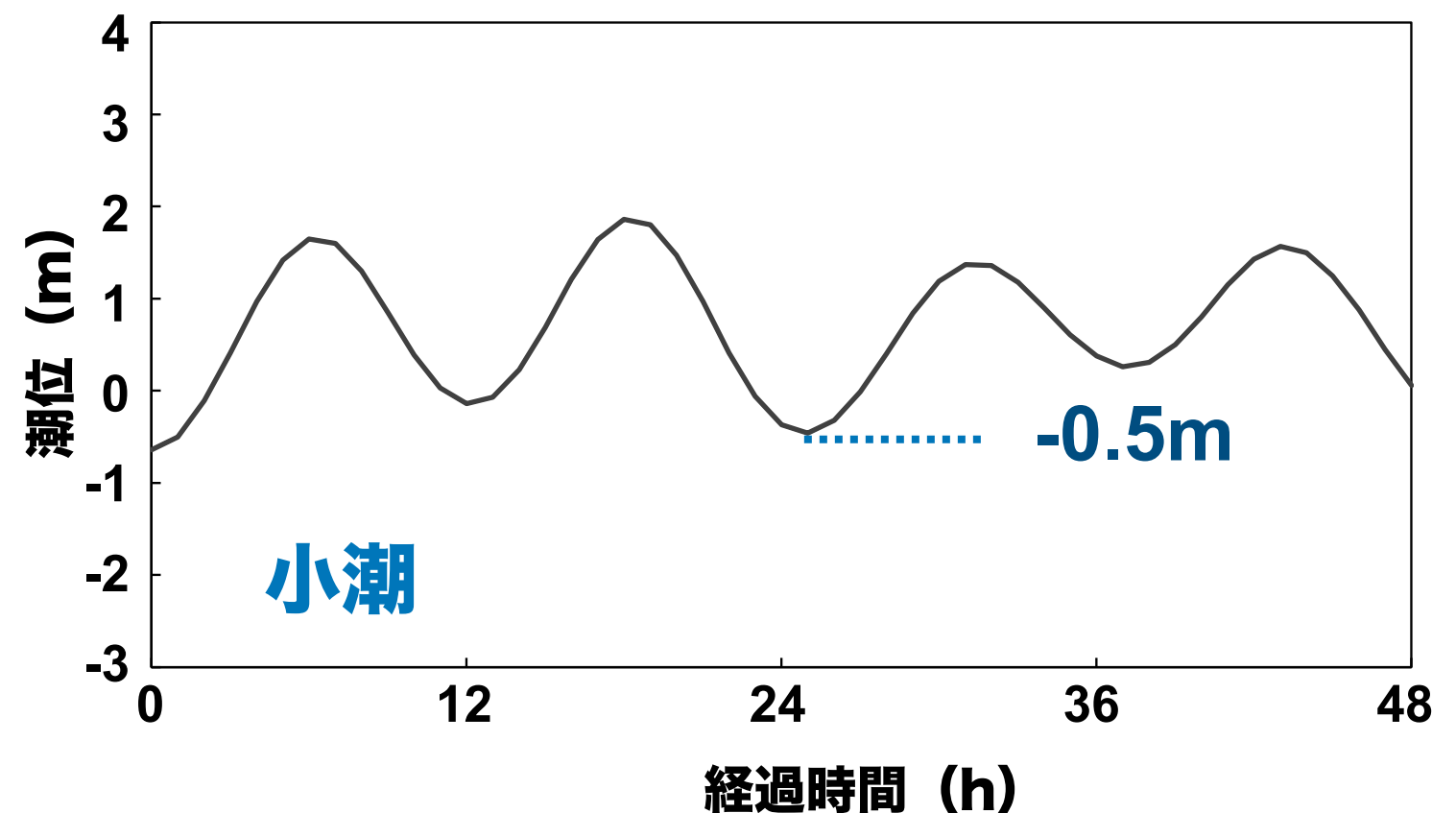
計算条件

潮位（小潮）

樋門の排水能力が低下



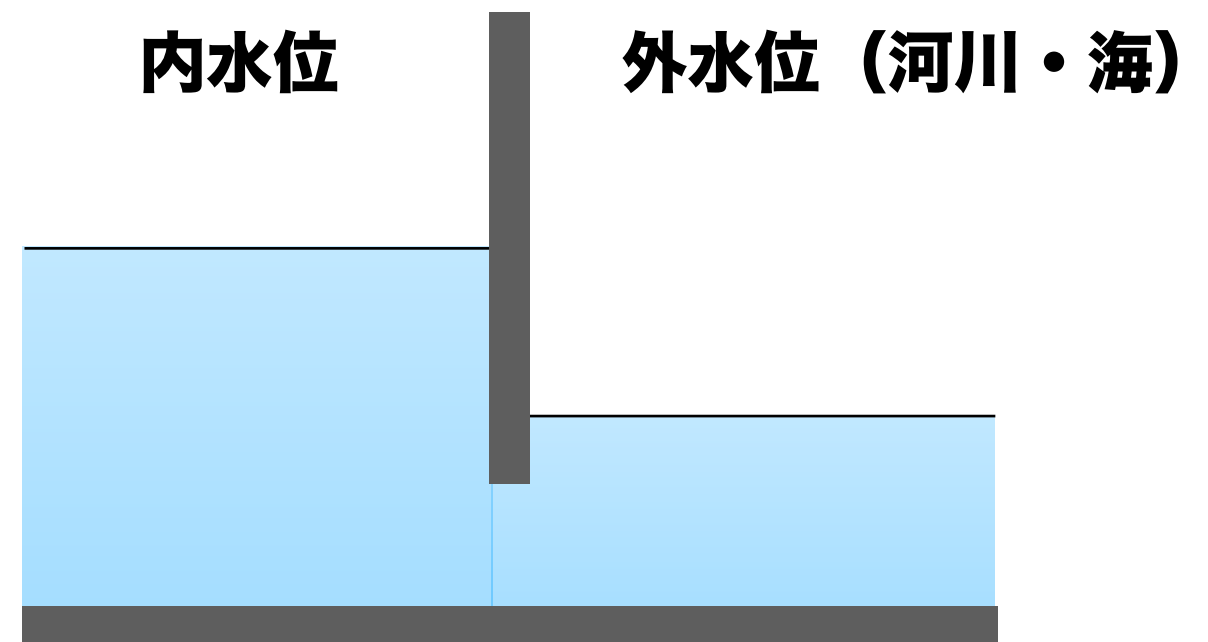
※ 排水不可能となる場合あり



計算条件

- 潮位（小潮）
 - ▶ 樋門の排水能力が低下
- 樋門の操作規定

樋門の開閉ルール



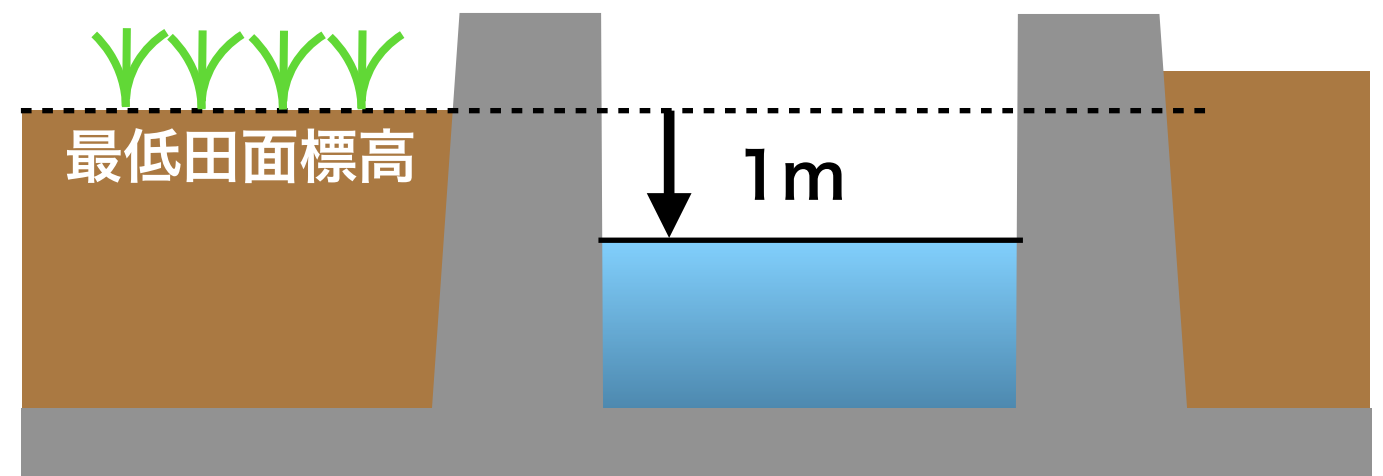
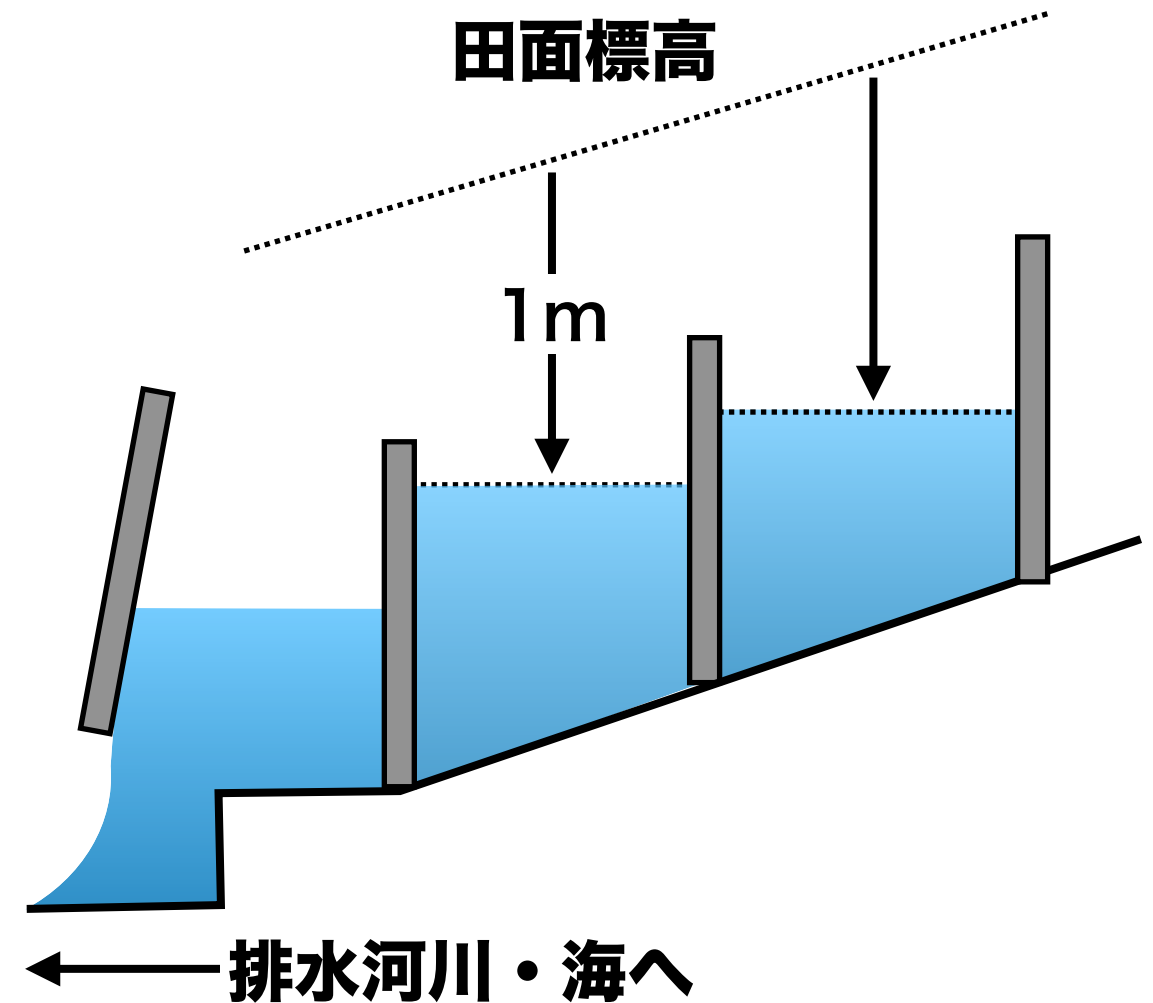
- ▶ 海水の侵入を防ぐため

開操作： 内水位 $>$ 外水位

閉操作： 内水位 $<$ 外水位

計算条件

- 潮位（小潮）
 - ▶ 樋門の排水能力が低下
- 樋門の操作規定
- 管理水位
 - ▶ 田面標高から1m下げる
- 初期水位

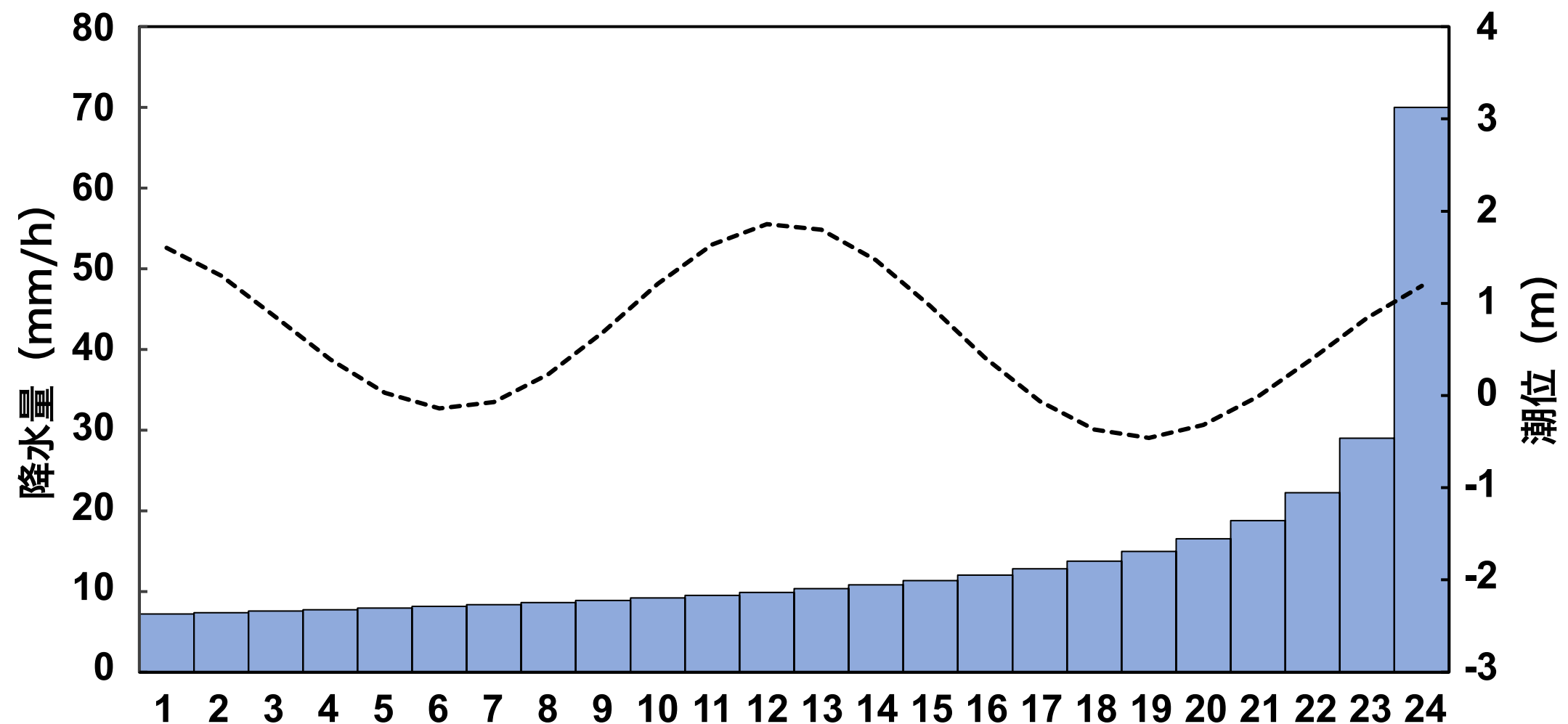


$$\text{管理水位} = \text{最低田面標高} - 1\text{m}$$

計算条件

降雨条件

100年確率降雨 (325 mm, 最大時間雨量 70 mm/h)



降雨ピーク時刻の異なる24イベントを作成

計算結果

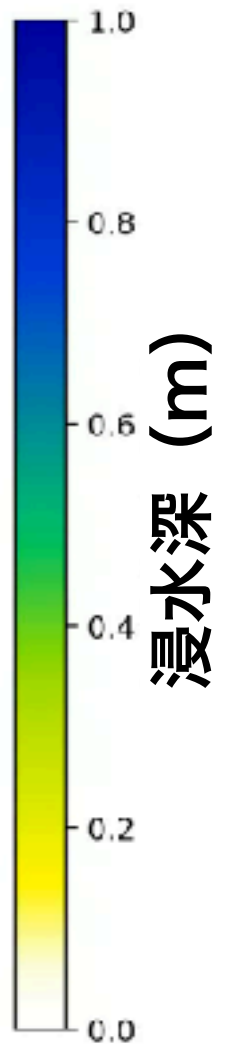
浸水の時間変化



モタセなし

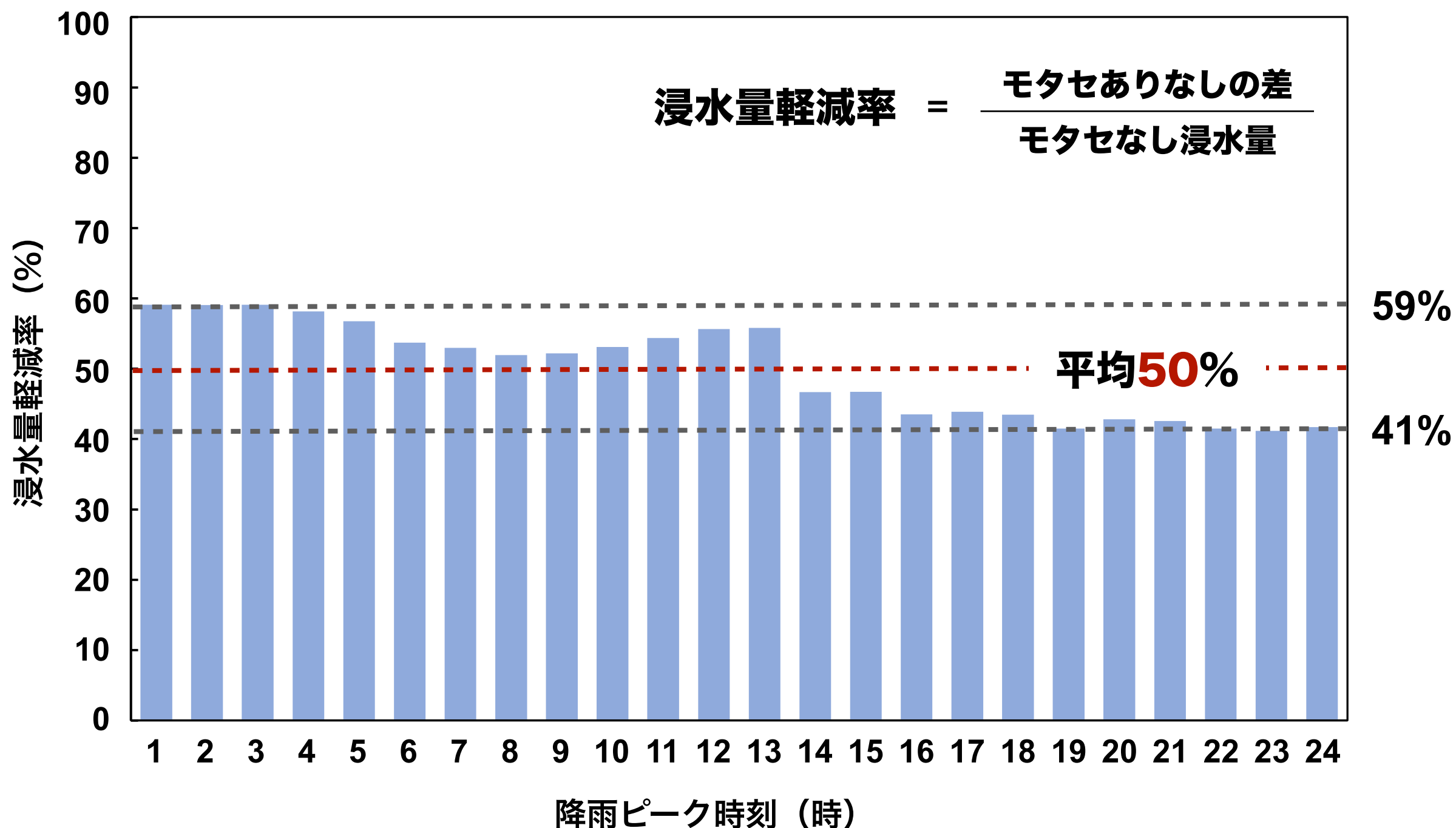


モタセあり



計算結果

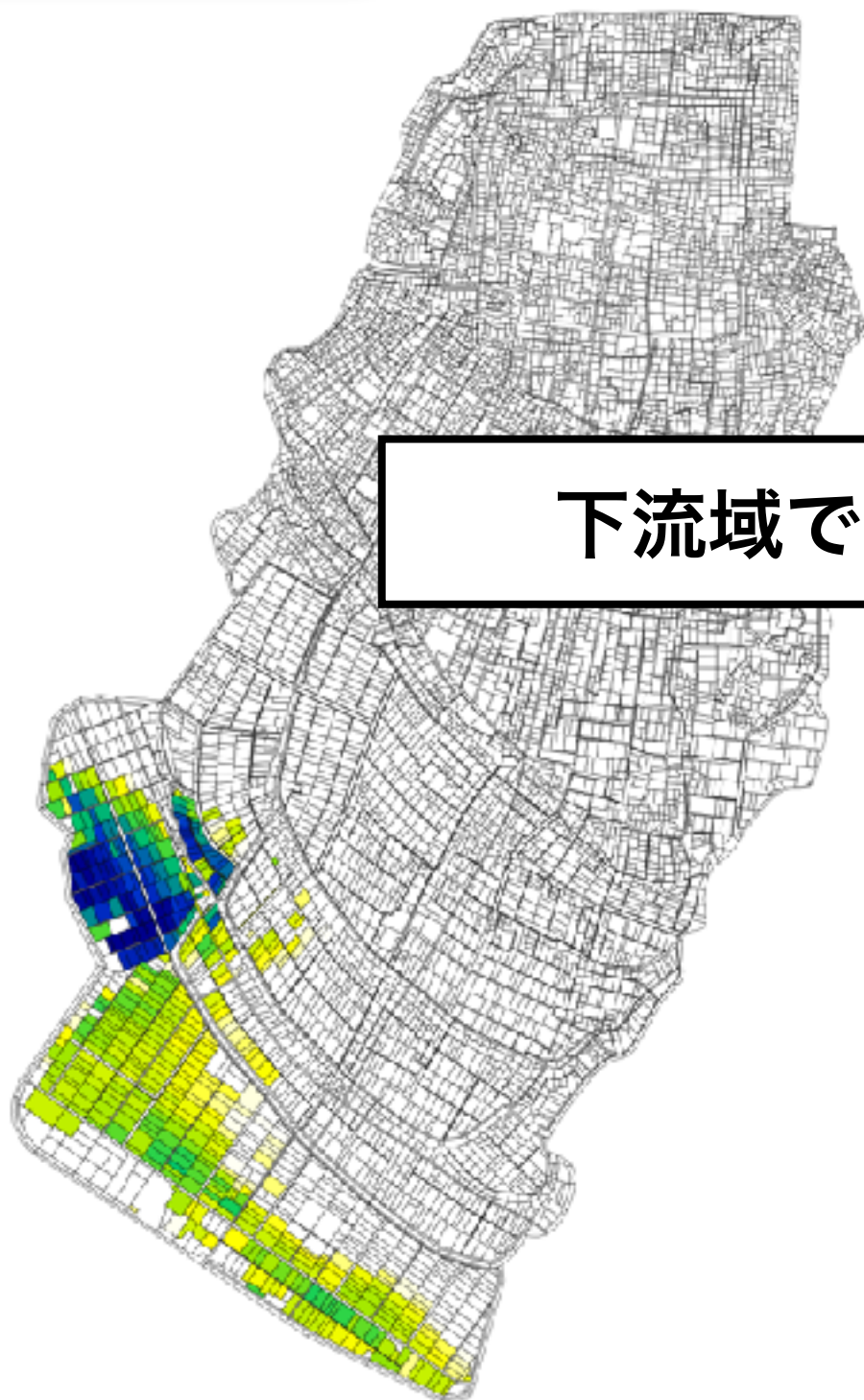
各シナリオにおけるモタセによる浸水量軽減率



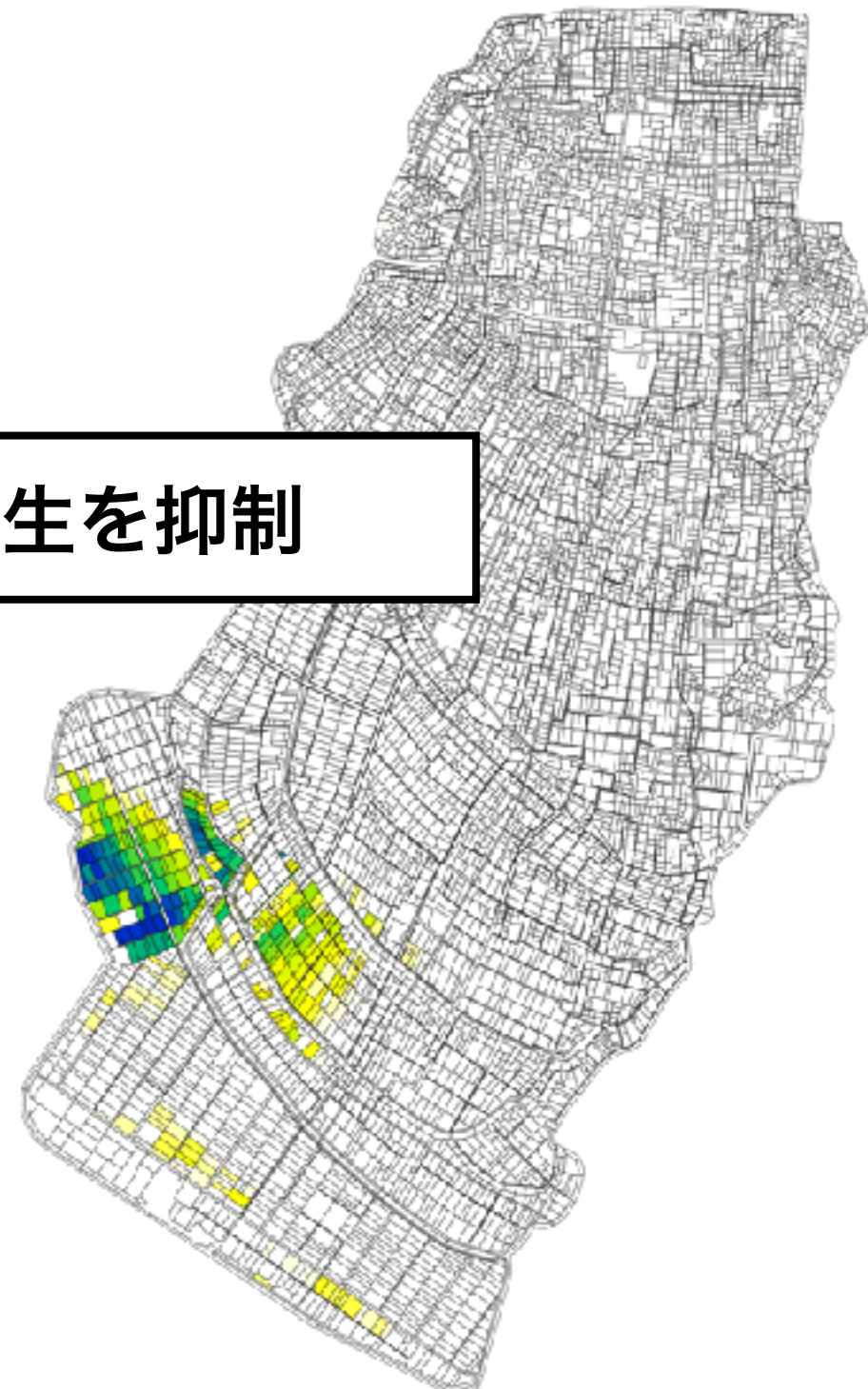
各シナリオにおいて、モタセありモデルで浸水量は小さい

計算結果

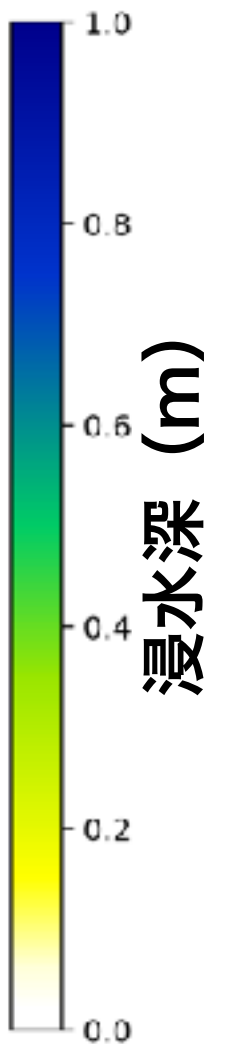
下流域での浸水発生を抑制



モタセなし

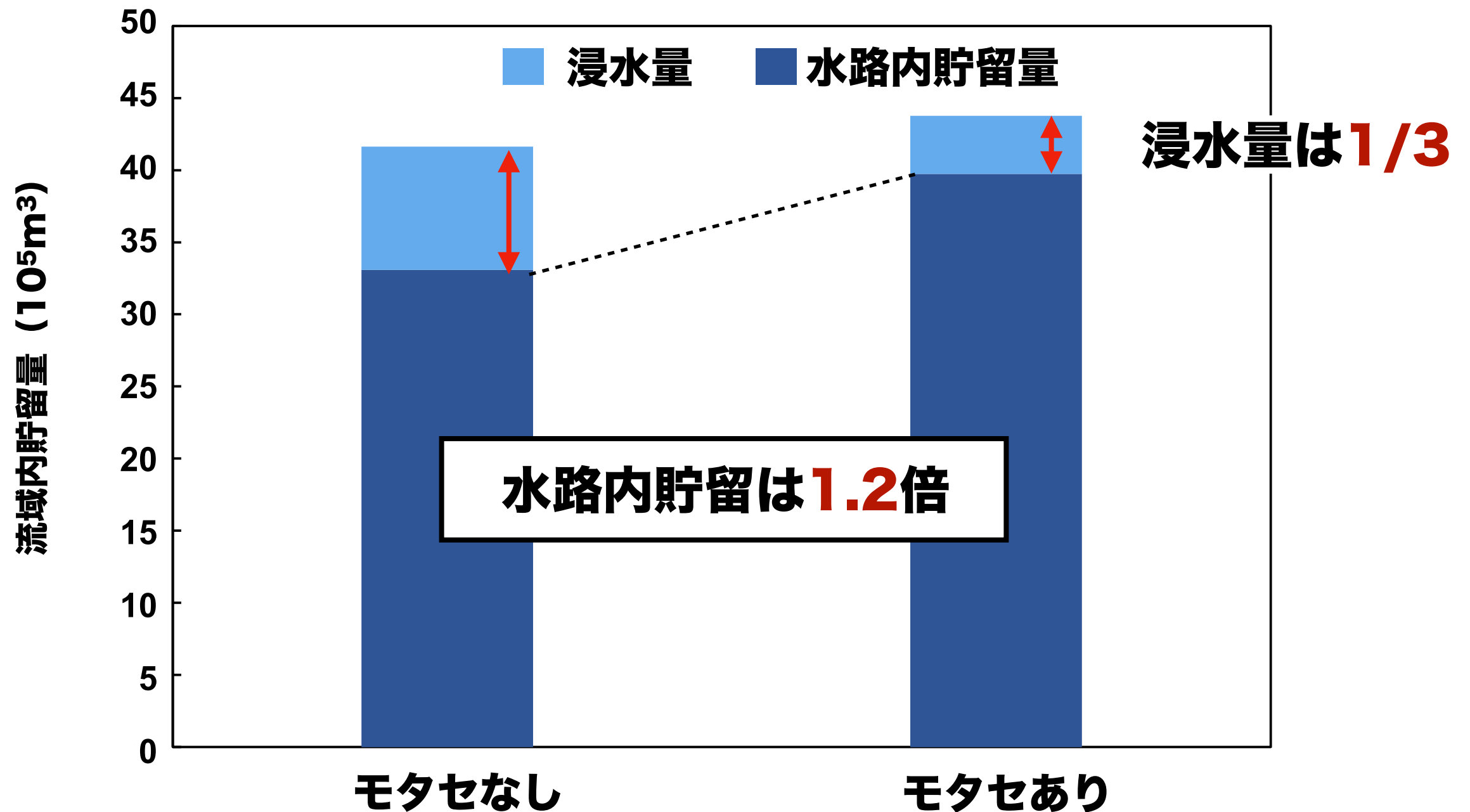


モタセあり



計算結果

浸水量ピーク時における流域内貯留量



モタセにより，堀割全体に雨水を分担し，水路内に貯留



**シミュレーションによる
先行排水の
洪水氾濫軽減効果の評価**

シミュレーション

◆ 先行排水（2017年～）

▶ 豪雨が予想される際に、水路内の貯留量を確保

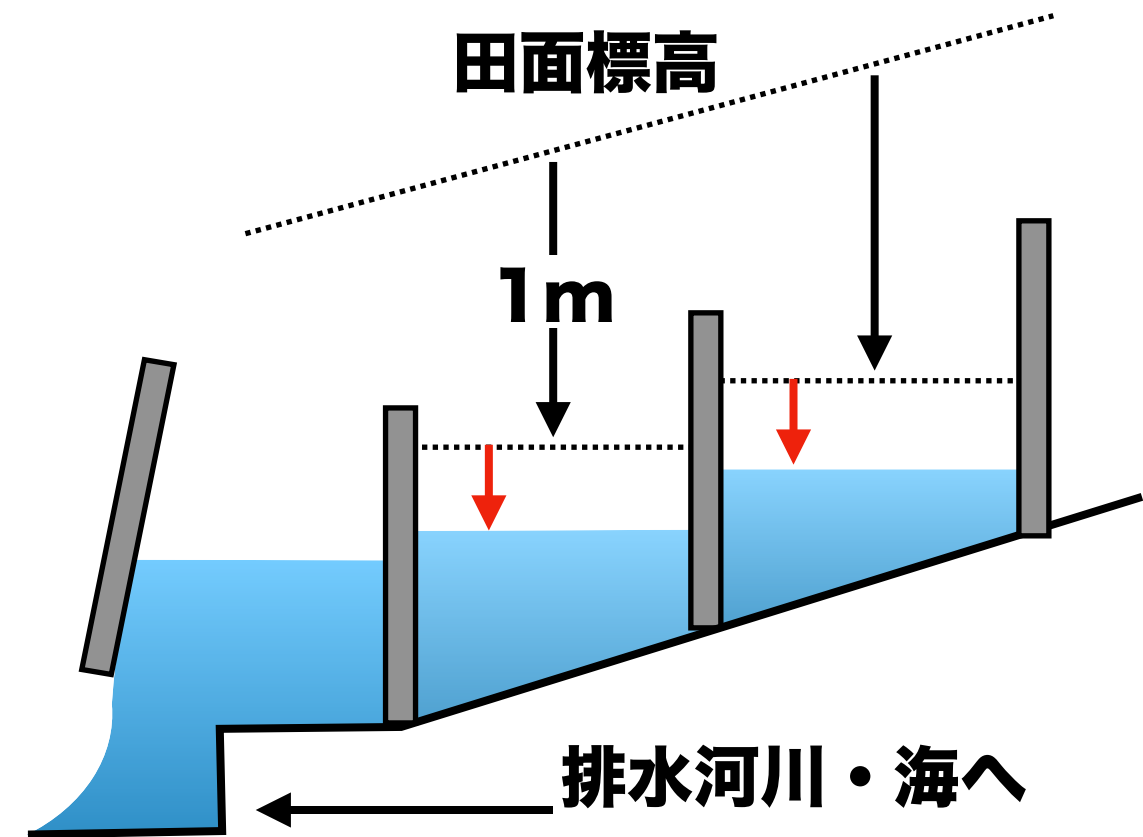


柳川市役所水路課が主導となり実施

シミュレーション

◆ 先行排水（2017年～）

予想降雨 (mm/day)	引き下げ水位 (m)
50	0.3～0.5
100	0.3～0.5
200	0.6～0.8
300	1.0～1.5

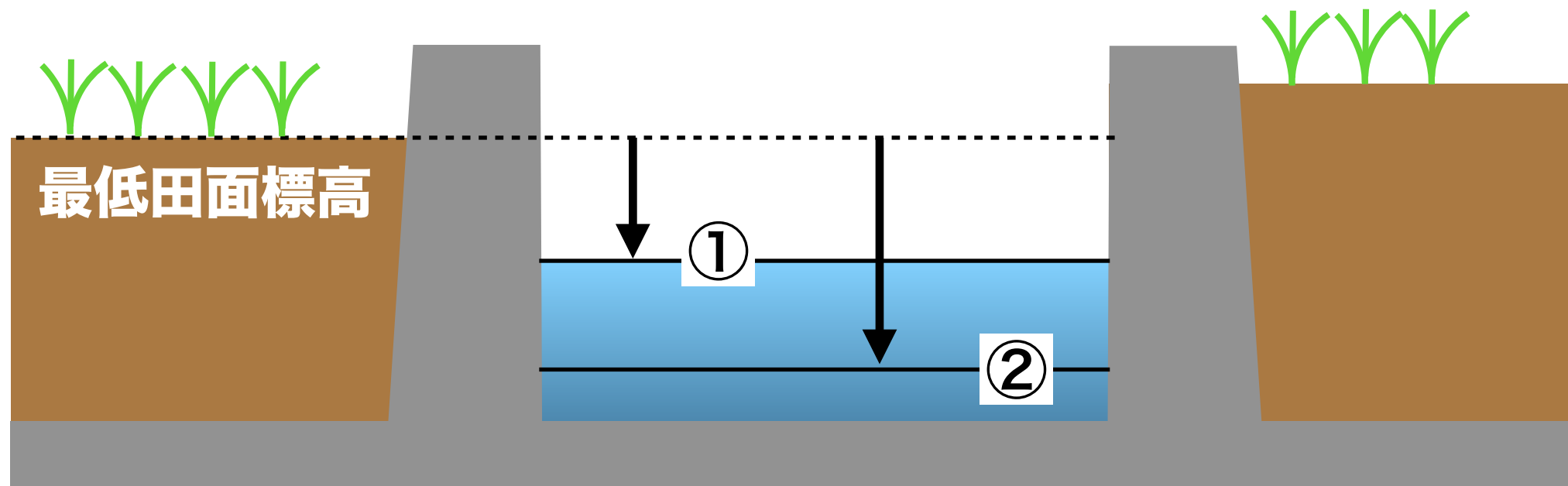


初期水位 ① 先行排水なし（管理水位）

最低田面標高 -1m

② 先行排水実施（先行排水水位）

最低田面標高 - 2.5m



計算結果

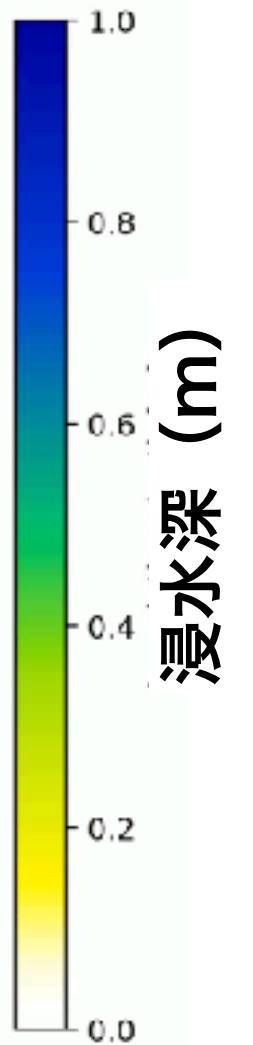
浸水の時間変化



モタセのみ

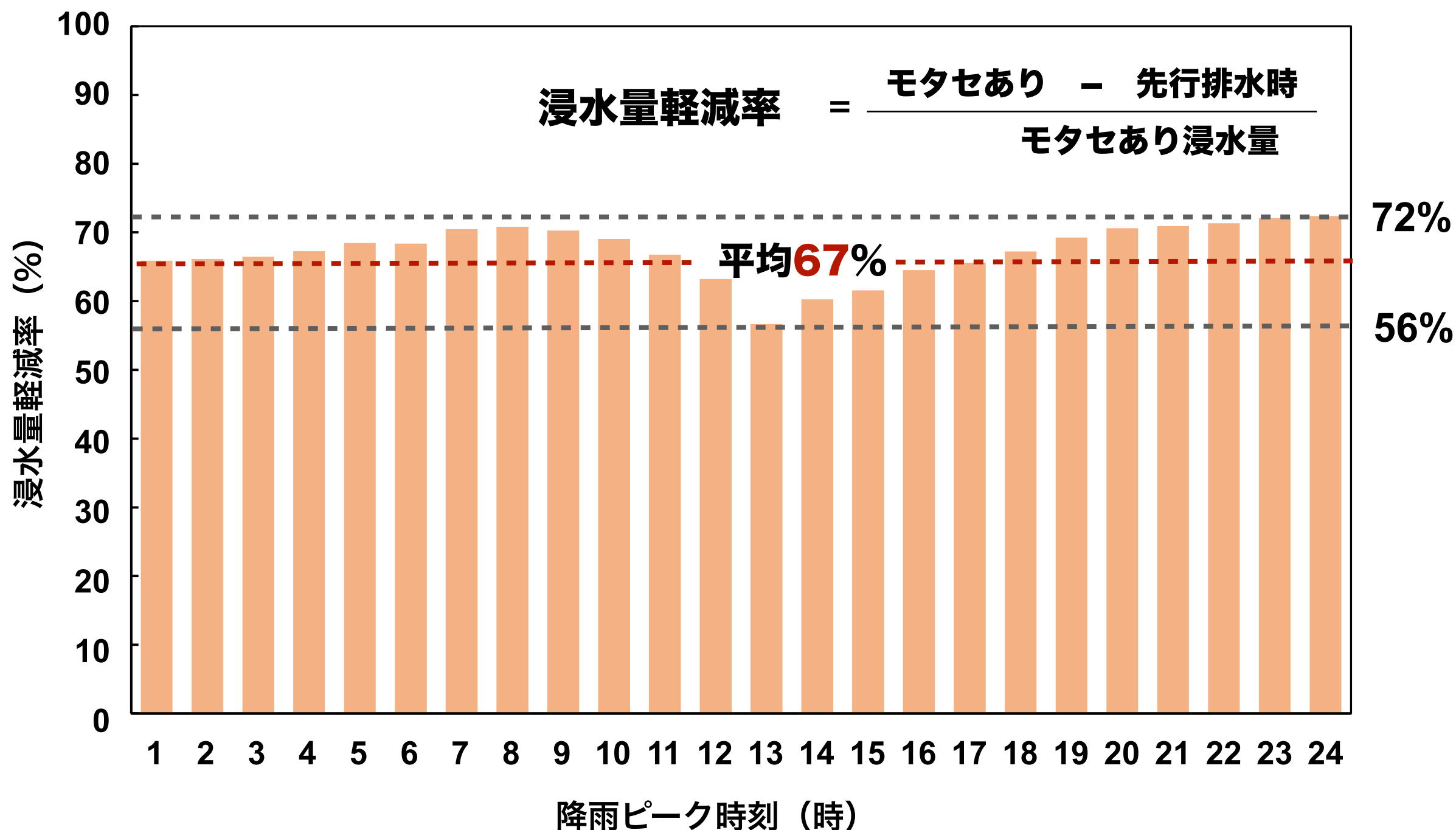


モタセ+先行排水



計算結果

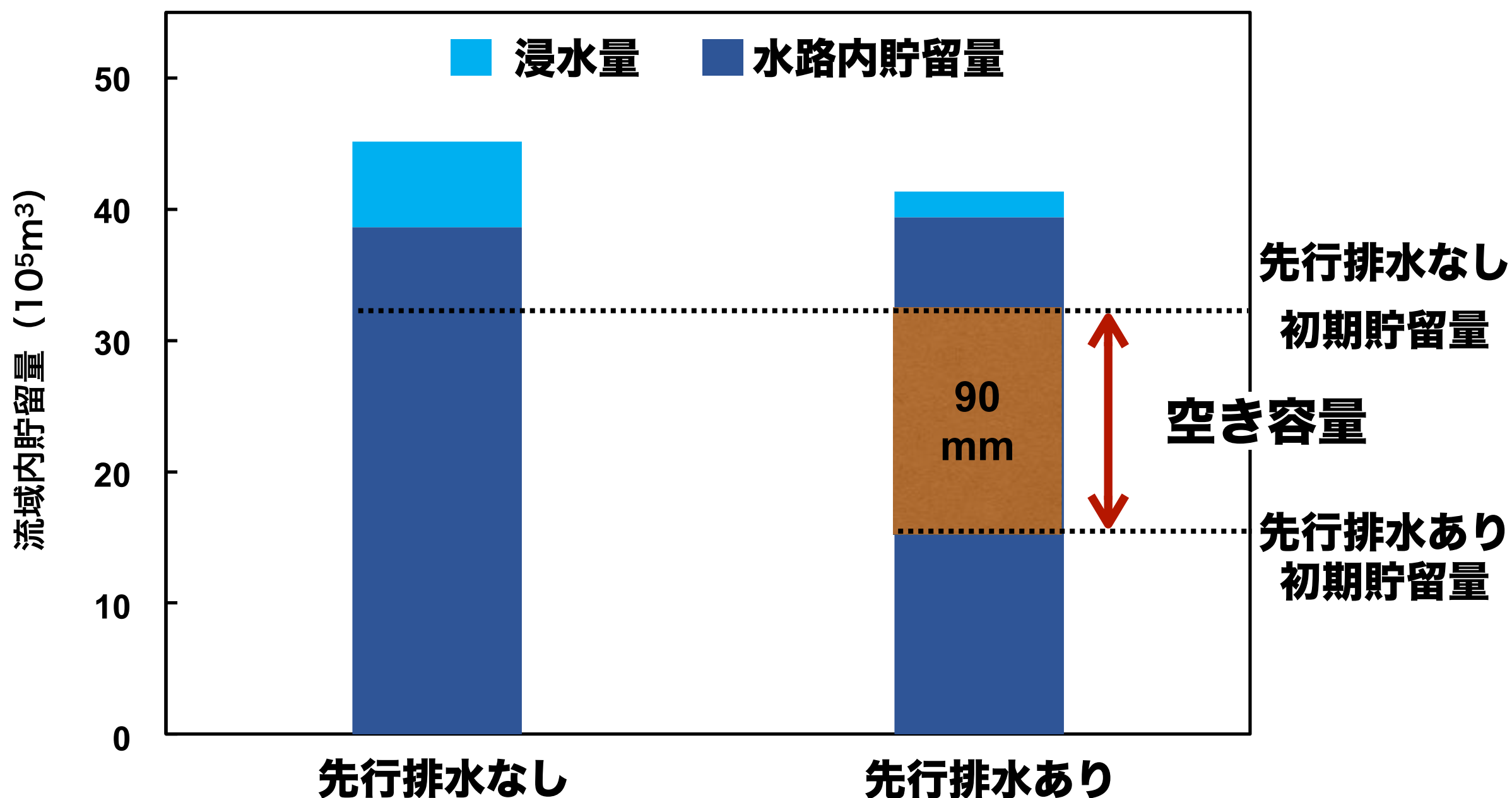
各シナリオにおける**先行排水**による浸水量軽減率



先行排水によりモタセの効果をさらに増大

計算結果

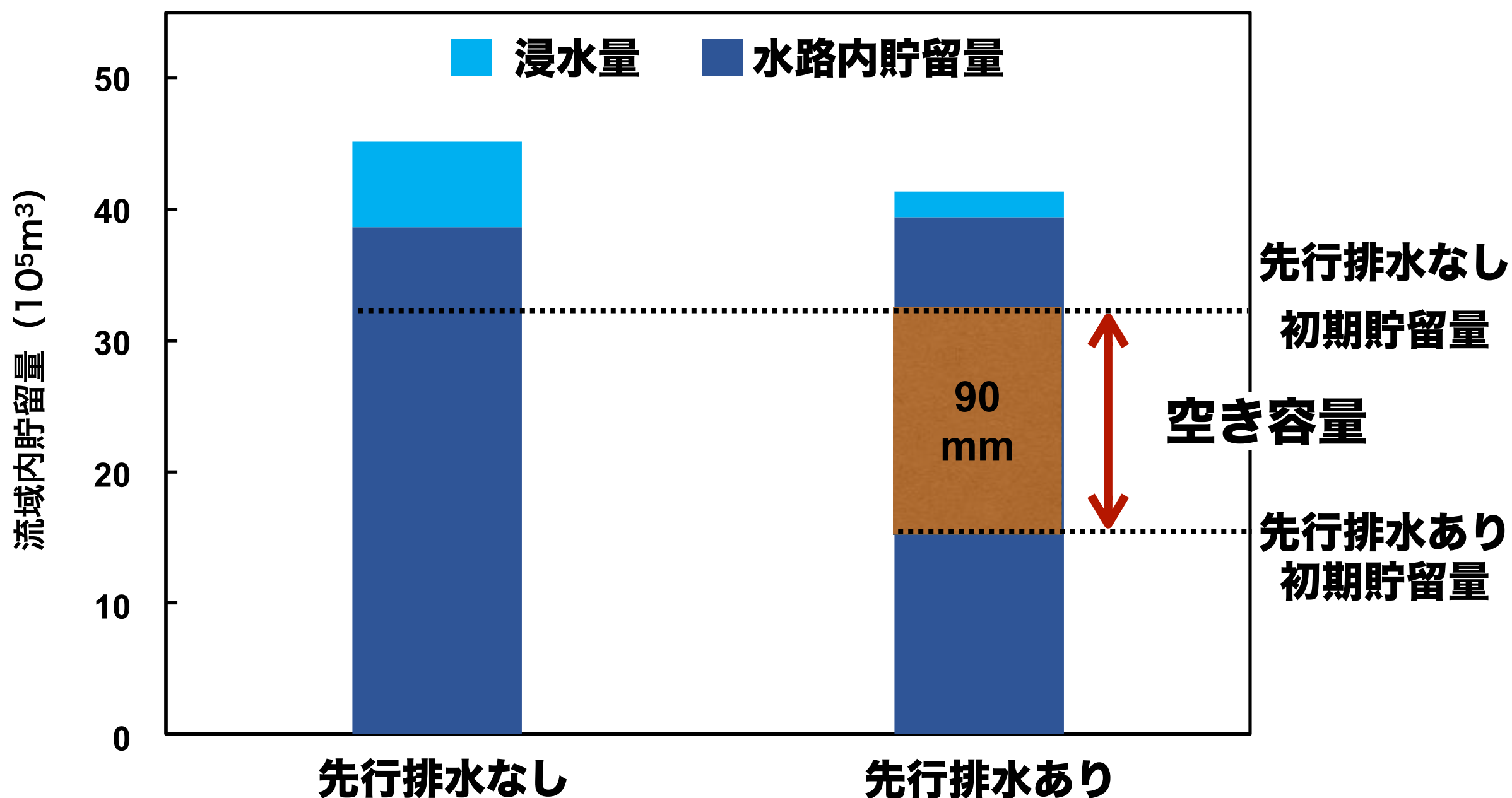
浸水量ピーク時における流域内貯留量



降水量約90mm降雨量に相当する空き容量を確保

計算結果

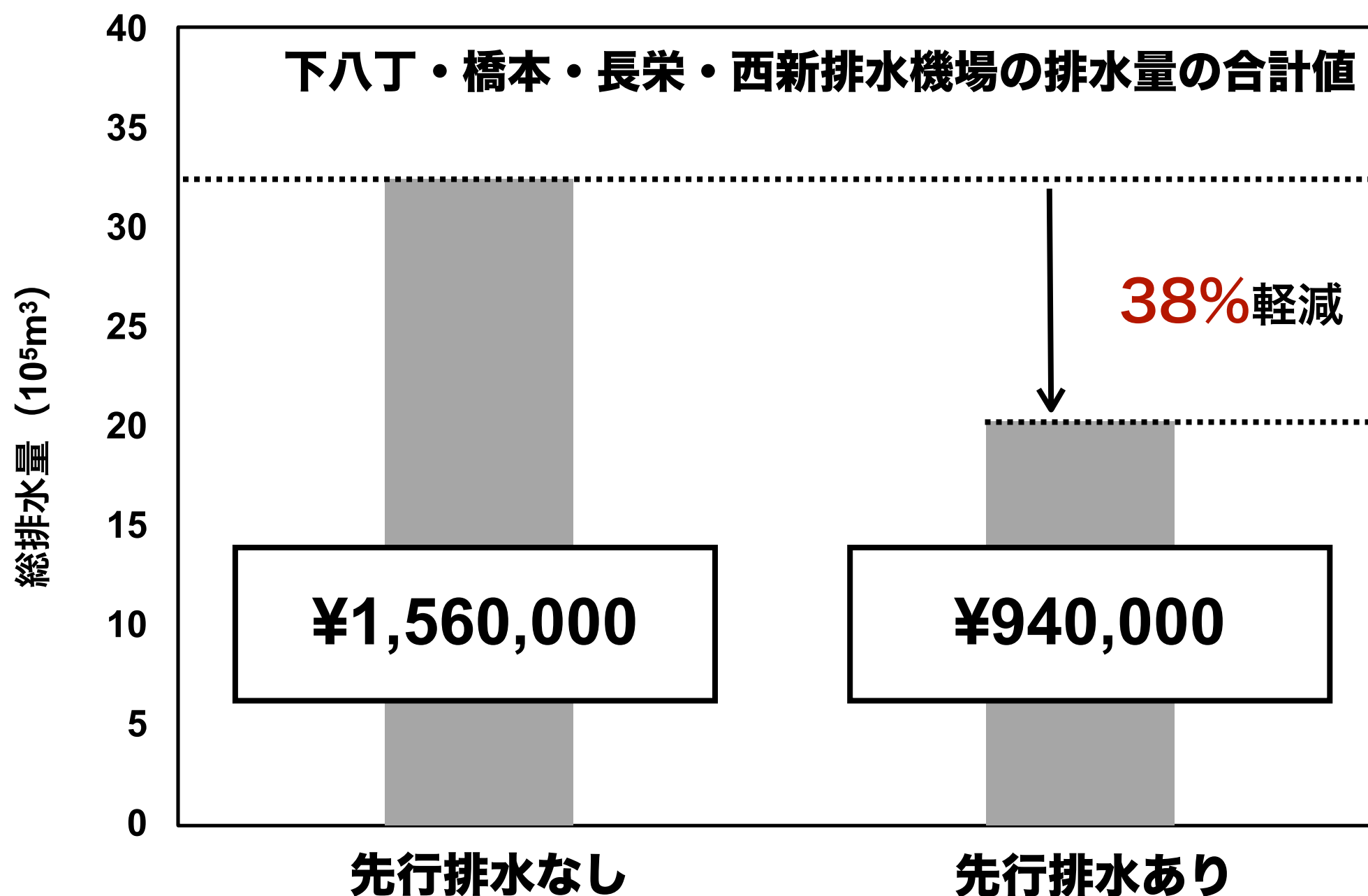
浸水量ピーク時における流域内貯留量



降水量約90mm降雨量に相当する空き容量を確保

計算結果

排水機場の排水量・運用コスト



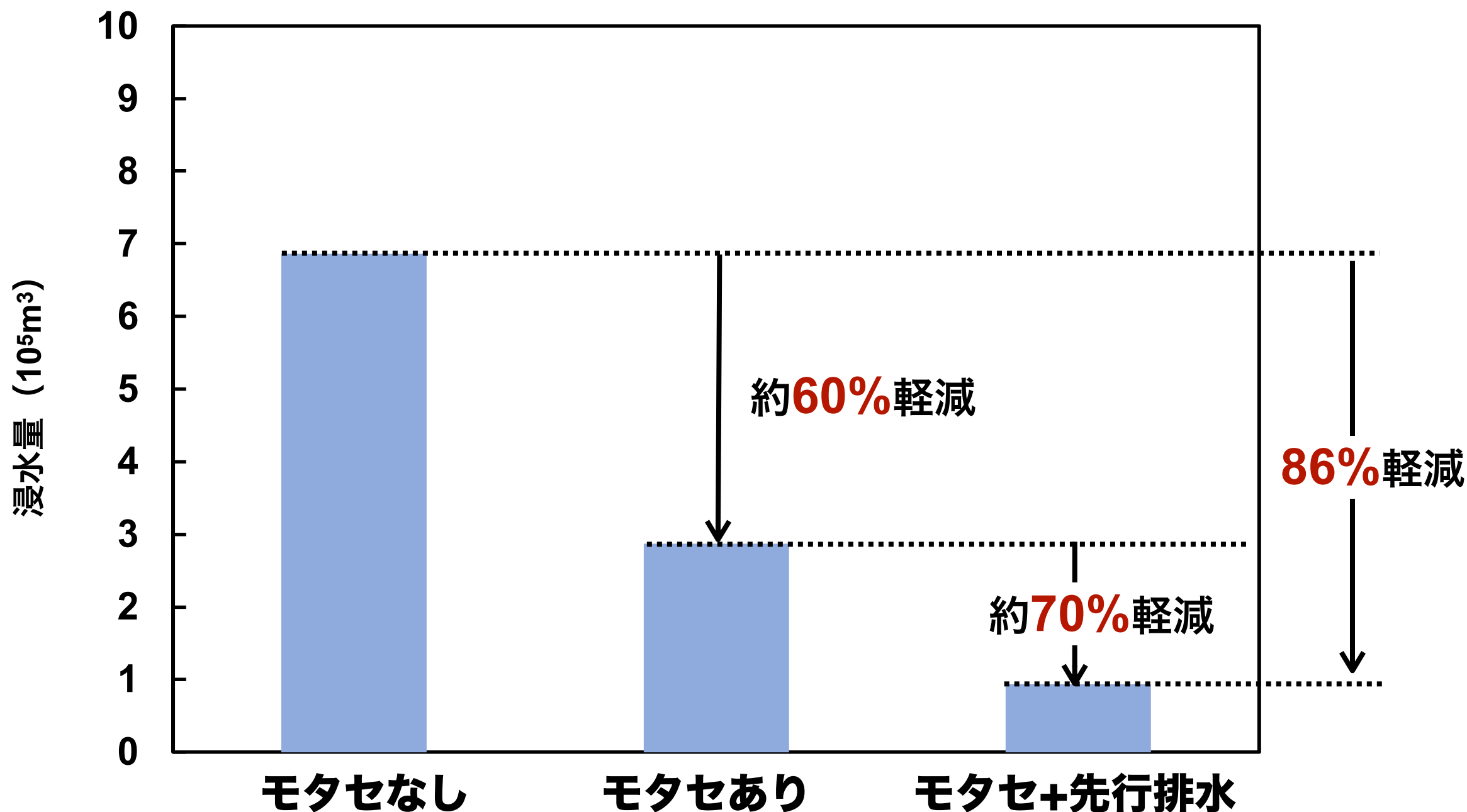
約62万円のコストカット



モタセと先行排水の 総合評価

総合評価

浸水量比較（4時間後ピーク降雨波形）



モタセと先行排水の相乗効果により**86%低減**

総合評価

◆ モタセの評価

- ✓ 水路の貯留能力を上昇
- ✓ 上流域での自然排水が可能

下流への流入を抑制し、浸水量を平均**50%**軽減

◆ 先行排水の評価

- ✓ 90mmの降雨量に相当する空き容量を確保
- ✓ 排水機場の運転コストの大幅な低減

空き容量の確保により、浸水量を平均**67%**軽減



柳川の水管理システムのこれから

現在の課題

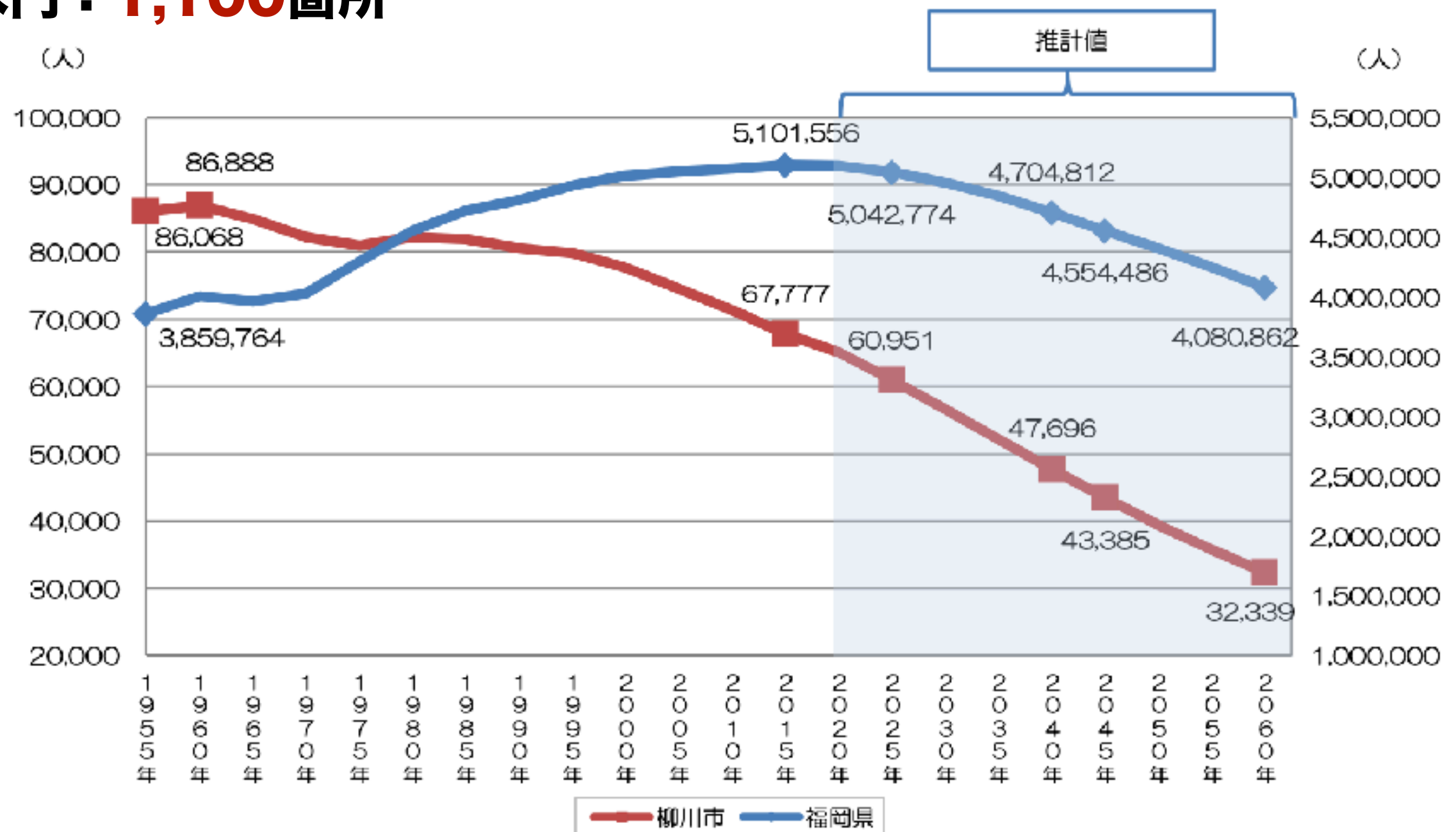
地域の水管理

管理者：**700人**

水門：**1,100箇所**

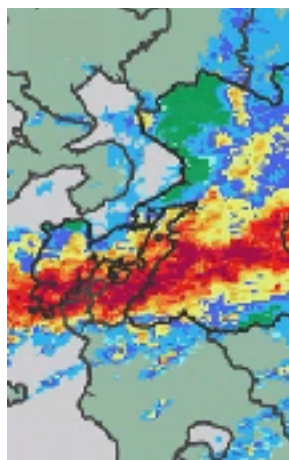
人の関与が重要 しかし 地方の**人口減少**

▶ 何らかの技術的支援



水管理支援ツールの開発

短期降雨
予測

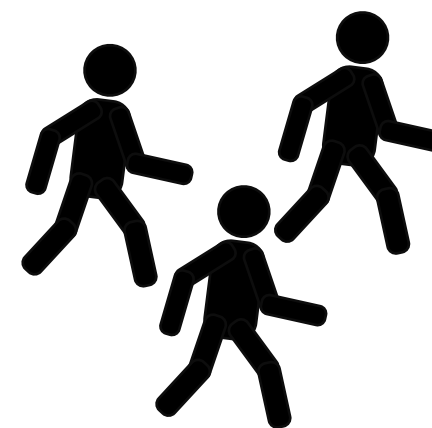


水文観測

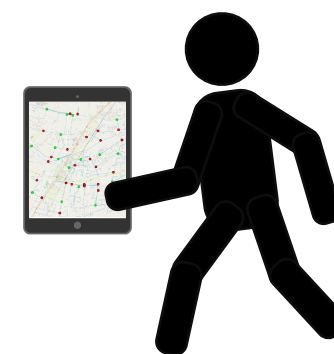


パソコン・携帯端末

- 閉操作指示のゲート
- 開操作指示のゲート



指示に従ってゲート操作



操作完了
フィードバック

インプット

操作指示

フィードバック

再指示



AIモデルによる
水門操作の最適解

水管理支援ツールの開発

人とAI による最適な対策



ICT技術 + 水門



株式会社 乗富鉄工所
NORIDOMI IRON WORKS CO., LTD.



<https://noritetsu.com/product/n-guardian/>



ご清聴

ありがとうございました

