

開演: 17:00

HITACHI
Inspire the Next

日立パワーソリューションズ オンラインセミナー
2023年11月7日(火) 17:00~18:00

ダム運用支援ソリューション DioVISTA/Damsについて

 株式会社 日立パワーソリューションズ

ダム運用支援ソリューション DioVISTA/Damsについて

ディオビスタ ダム

 株式会社 日立パワーソリューションズ

1. ダム分野のAIのあり方

2. ダム流入量予測
3. ダム放流計画の策定
4. DioVISTA Dams フリー版デモ
5. まとめ

AIは試用から実用へ

- ダム流入量予測、運用高度化へのAI応用が増えている
 - 流入量予測システム改良業務
 - 操作支援システム改良業務
 - 運用高度化 検討業務
 - 弾力的運用 検討業務
 - …
- AI技術で既存業務の課題解決を図る
 - AIへの期待は大

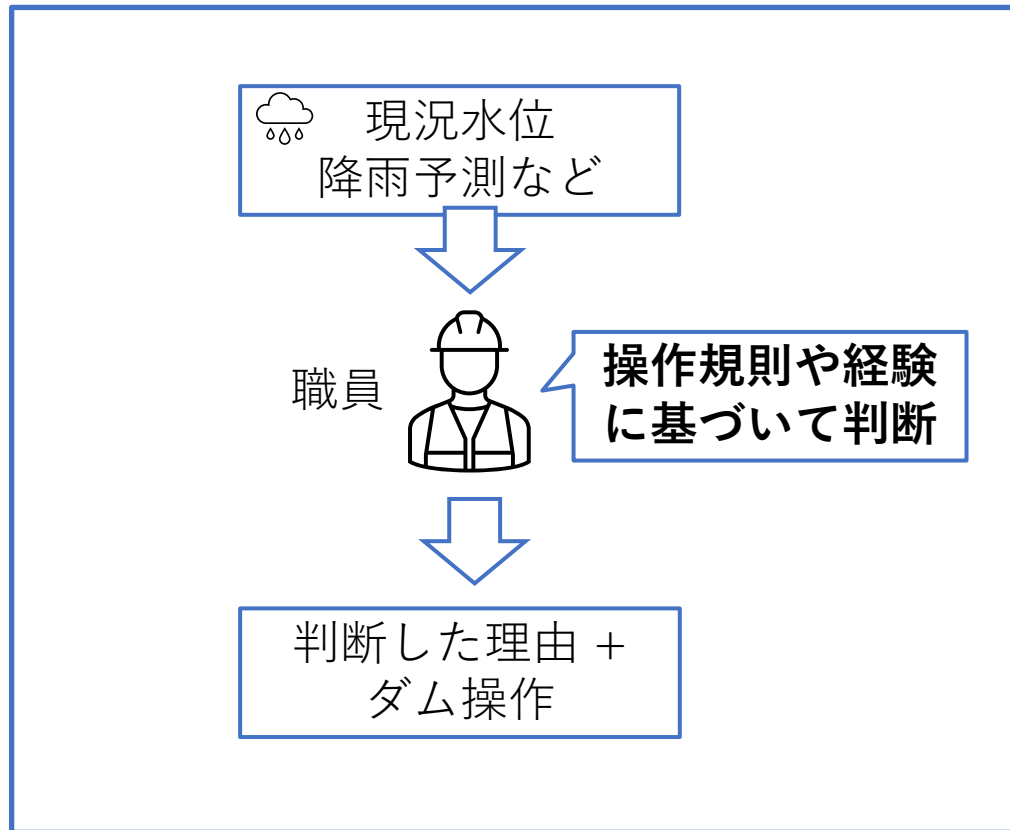
AIのおかげで 絵心がない私でも
イラストを簡単に作れました



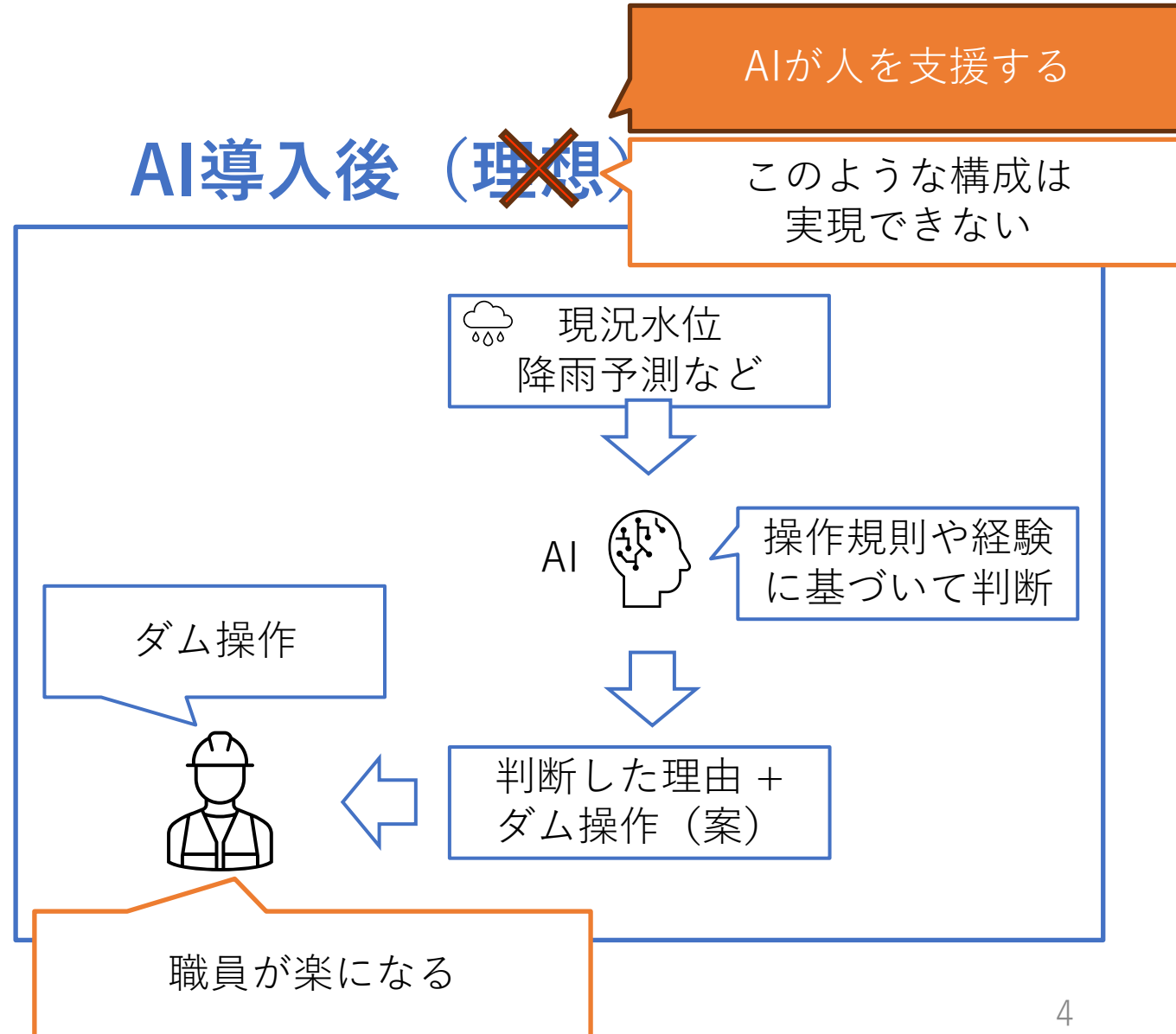
AIが生成したダム操作のイラスト

AIシステムのあり方

従来

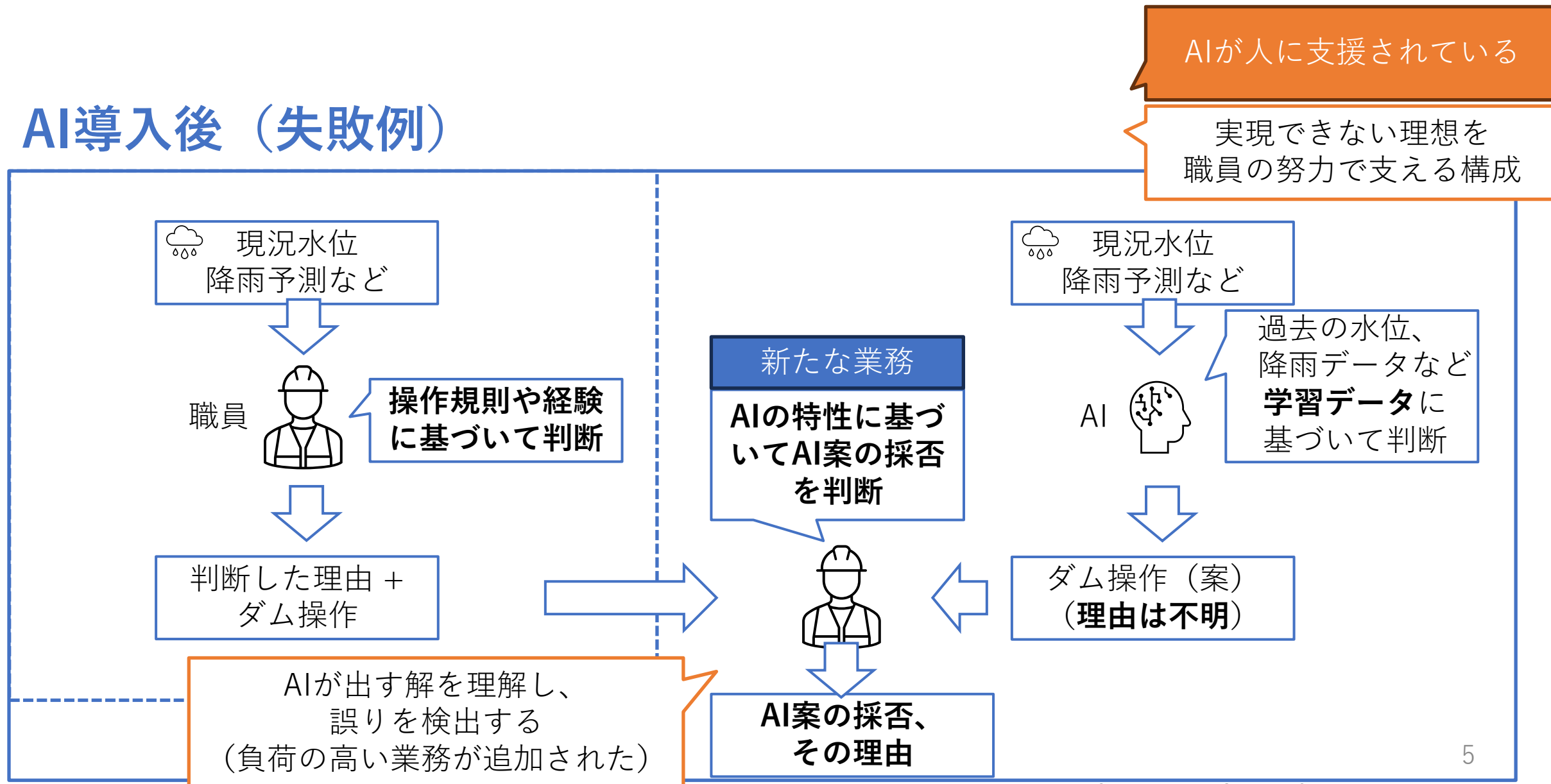


AI導入後 (理想)



AIシステムの失敗例

AI導入後（失敗例）



- AIの間違った使い方
 - AIが職員を混乱させ、仕事を増やす（仕事のじゃま）
 - 失敗はAIのせいではない
→ AIの改良では解決しない
- 解決へのアプローチ
 - 人間中心の視点でAIを社会実装する
 - AIの特性を踏まえ、正しく使うためのシステムを作る



- AIの特性（深層学習で得た複雑なモデル）
 - 精度は100%にならない
 - ブラックボックス
 - なぜそのような出力になったのか説明できない
 - 性能を事前に見積もることが困難
 - ほぼ同じ入力に対し、大きく異なる結果が出力されることがある
 - 学習データを変えてモデルを再構築すると、その挙動が大きく変わることがある
 - できることと、できないことの境界が不明確
 - 学習データにない状況では、性能が落ちる

- 日立 AI倫理原則

- 3つの行動規準
- 7つの実践項目

- 日立のAI関連社内基準

- 9つのドキュメント

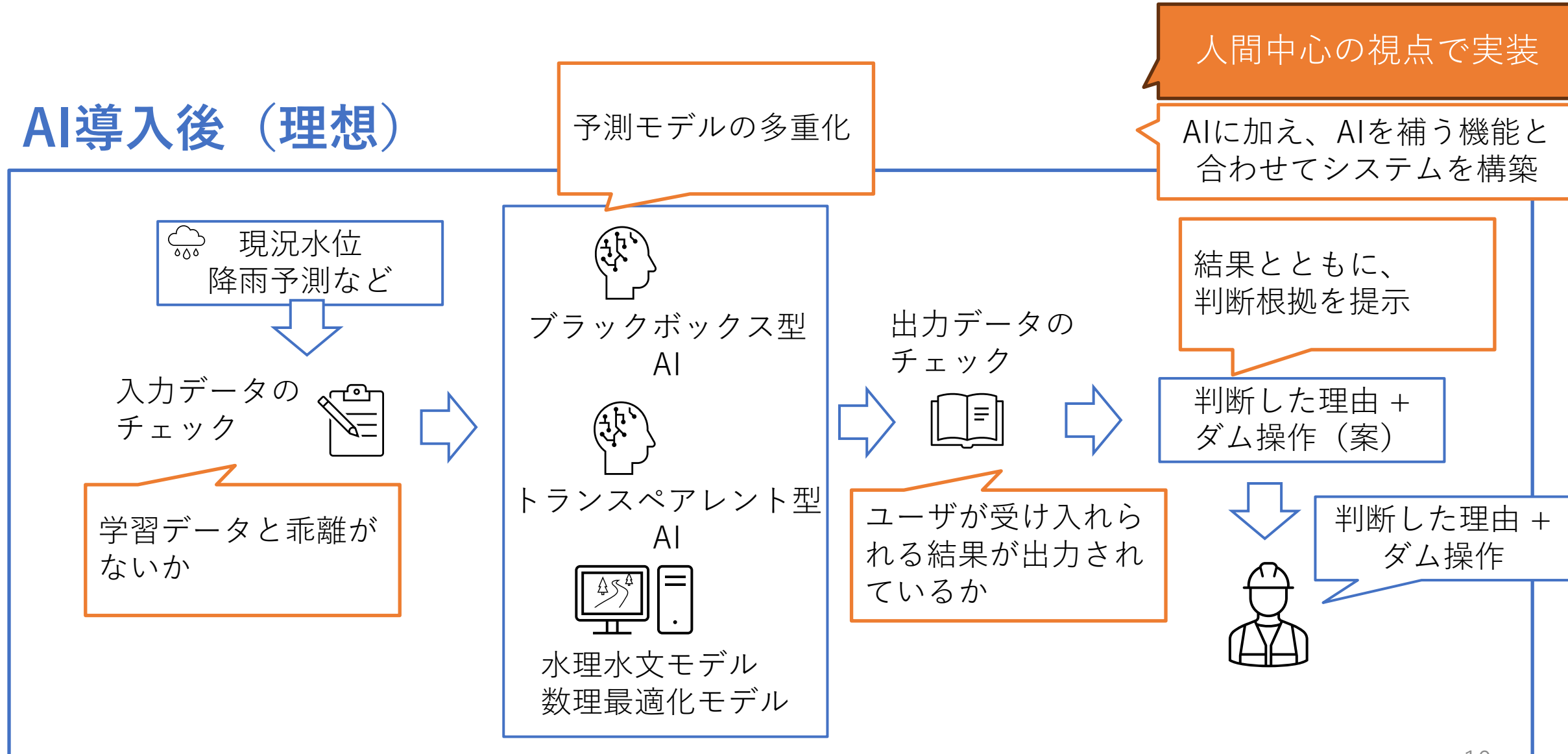
- 行動基準

1. 持続可能社会実現のために、AIの開発、利活用を**計画**します
2. 人間中心の視点で、AIを**社会実装**します
3. 提供価値が長期間にわたり持続するよう、AIを**維持管理**します

- 政府や国際団体などへの日立の貢献
 - － 総務省AI ネットワーク社会推進会議に参画
 - 「AI 利活用ガイドライン」策定に貢献
 - － AIプロダクト品質保証コンソーシアムに参画
 - 「AIプロダクト品質保証ガイドライン」策定に貢献
 - － ISO/IEC JTC 1/SC 42 に参画
 - 国際標準としてのAI や機械学習の活用のあり方について議論
 - － …

AIシステムのあり方

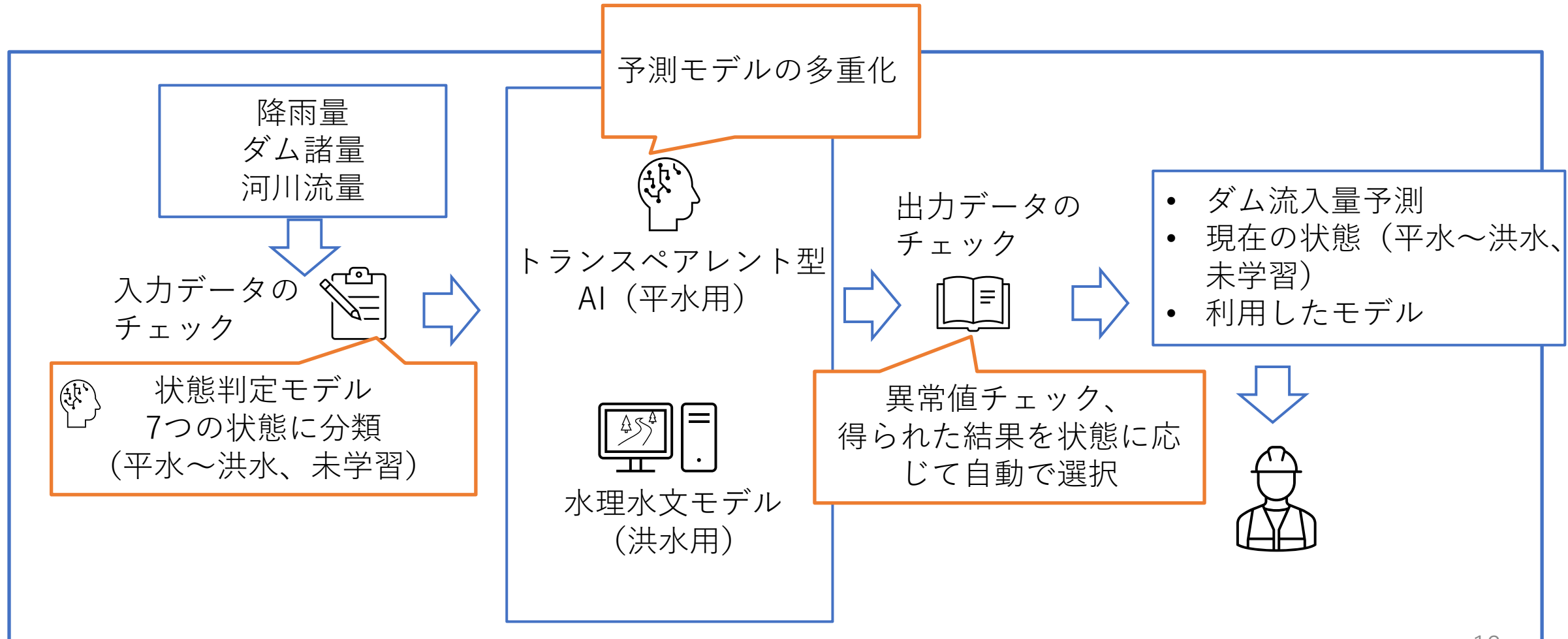
AI導入後（理想）



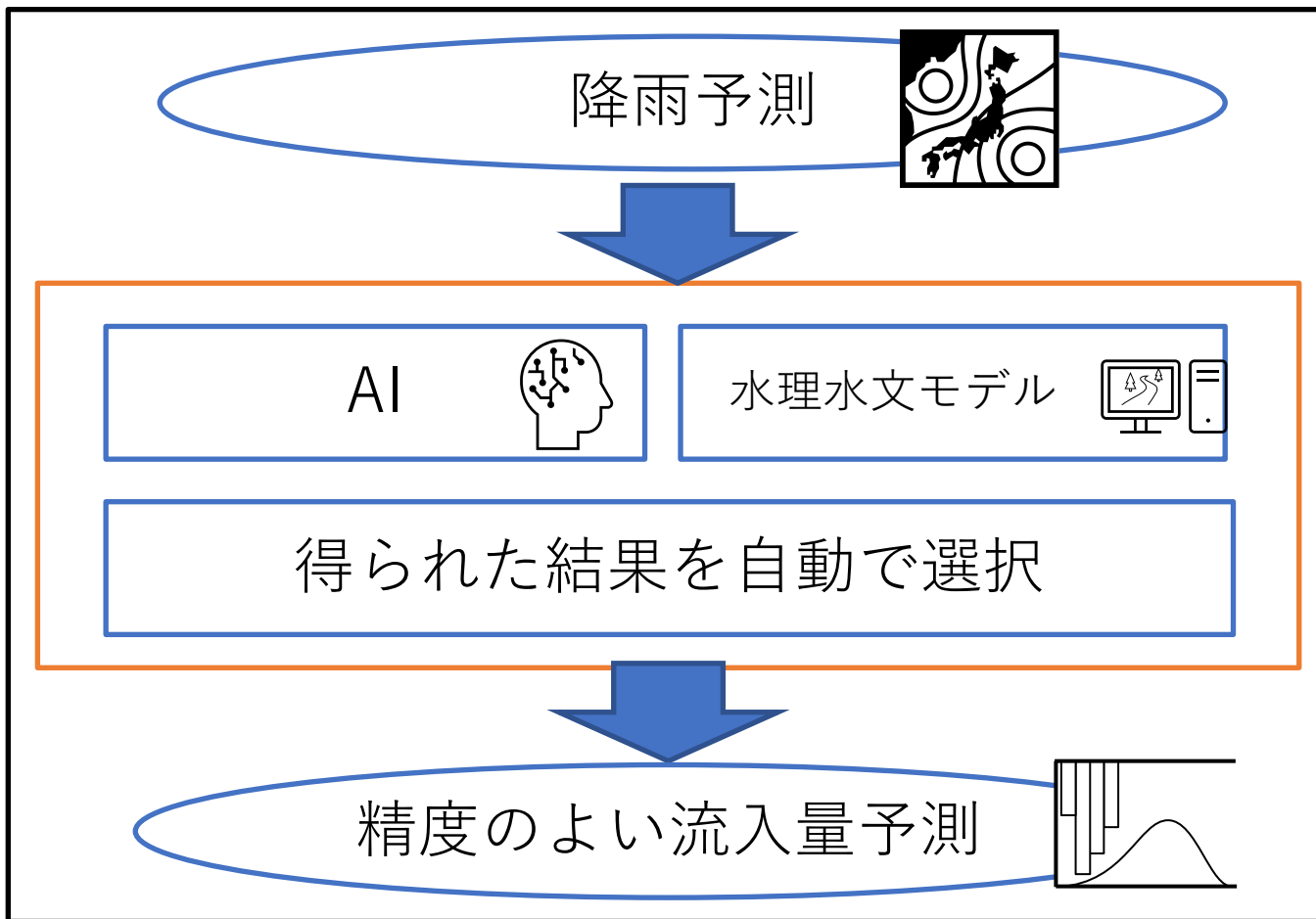
1. ダム分野のAIのあり方
- 2. ダム流入量予測**
3. ダム放流計画の策定
4. DioVISTA Dams フリー版デモ
5. まとめ

ダム流入予測への応用

人間中心の視点で実装

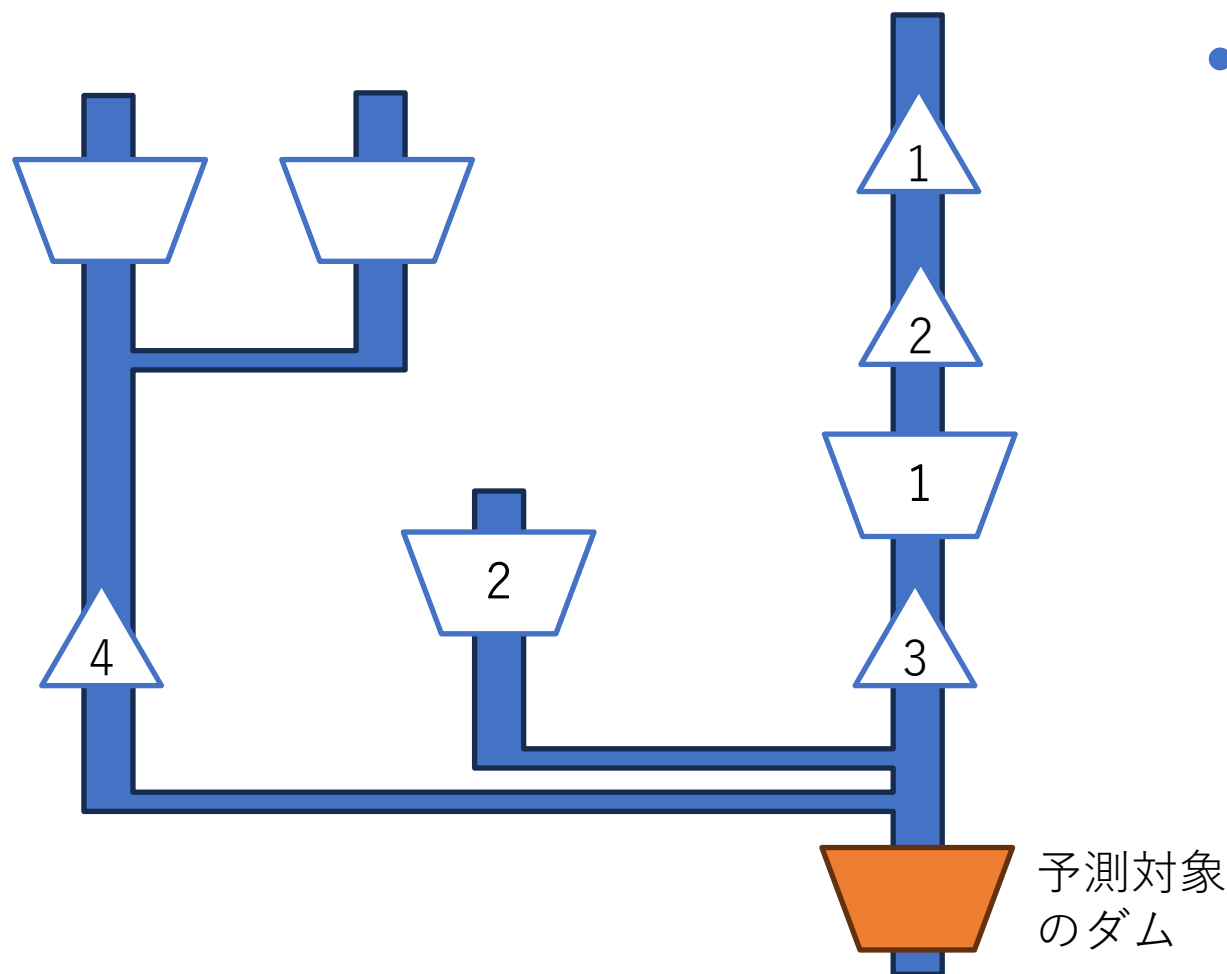


ダム流入予測への応用



- 日立の特許技術「ハイブリッド洪水予測」
 - 中小規模の出水（多数の事例）にはAIが有利
 - 大規模出水（まれな事例）には水理水文モデルが有利
 - 両者をハイブリッドさせる
 - 令和4年電気学会全国大会 優秀論文発表賞 受賞

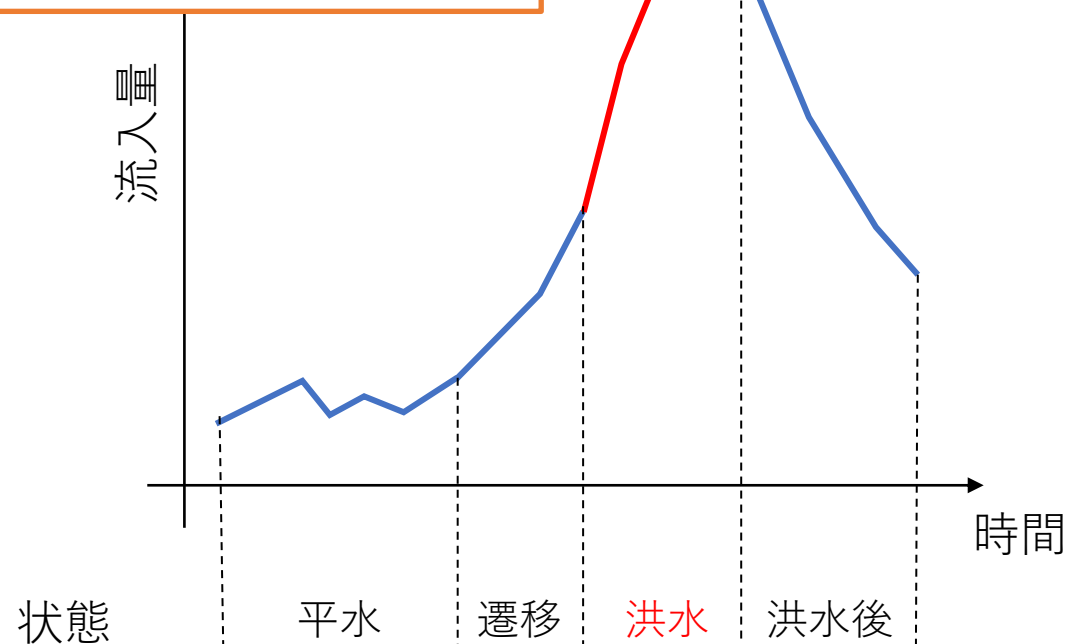




- 発電ダムの流入量予測
 - 入力データ
 - 降水量 (実況、予測)
 - ダム諸量 (□ 2地点)
 - 流入量、放流量、発電水量
 - 河川流量 (△ 4地点)
 - 出力データ
 - 対象ダム (▭) の流入量

流入量の状態の概念図

現在の流量や、過去からの変化に基づき、出水のどのフェーズにあるかを判定



• 作り方

– 状態を分類する

- 対象データ: 流入量の現在値、変化量(3, 9, 15時間)
- 階層型クラスタリングを用いてラベルを作成
- 7種類に分類

– 分類するモデルを機械学習で作成

- SVM (Support Vector Machine)により分類モデルを作成、評価

- 機械学習モデル

- 人間中心の視点で実装
 - 人間が予測方法を理解できることを重視
- Lasso回帰を使用
- 状態・予測時間別に特徴量
を分析、学習
 - 正則化項により、回帰式の
複雑性を抑える
- 線形式を作成
 - 各変数に重みをつけて加算

$$f(X) = \beta_0 + \sum_{j=1}^p X_j \beta_j$$

$$\hat{\beta}^{lasso} = \underset{\beta}{\operatorname{argmin}} \sum_{i=1}^N \left(y_i - \beta_0 - \sum_{j=1}^p x_{ij} \beta_j \right)^2$$

$$\text{subject to } \sum_{j=1}^p |\beta_j| \leq t$$

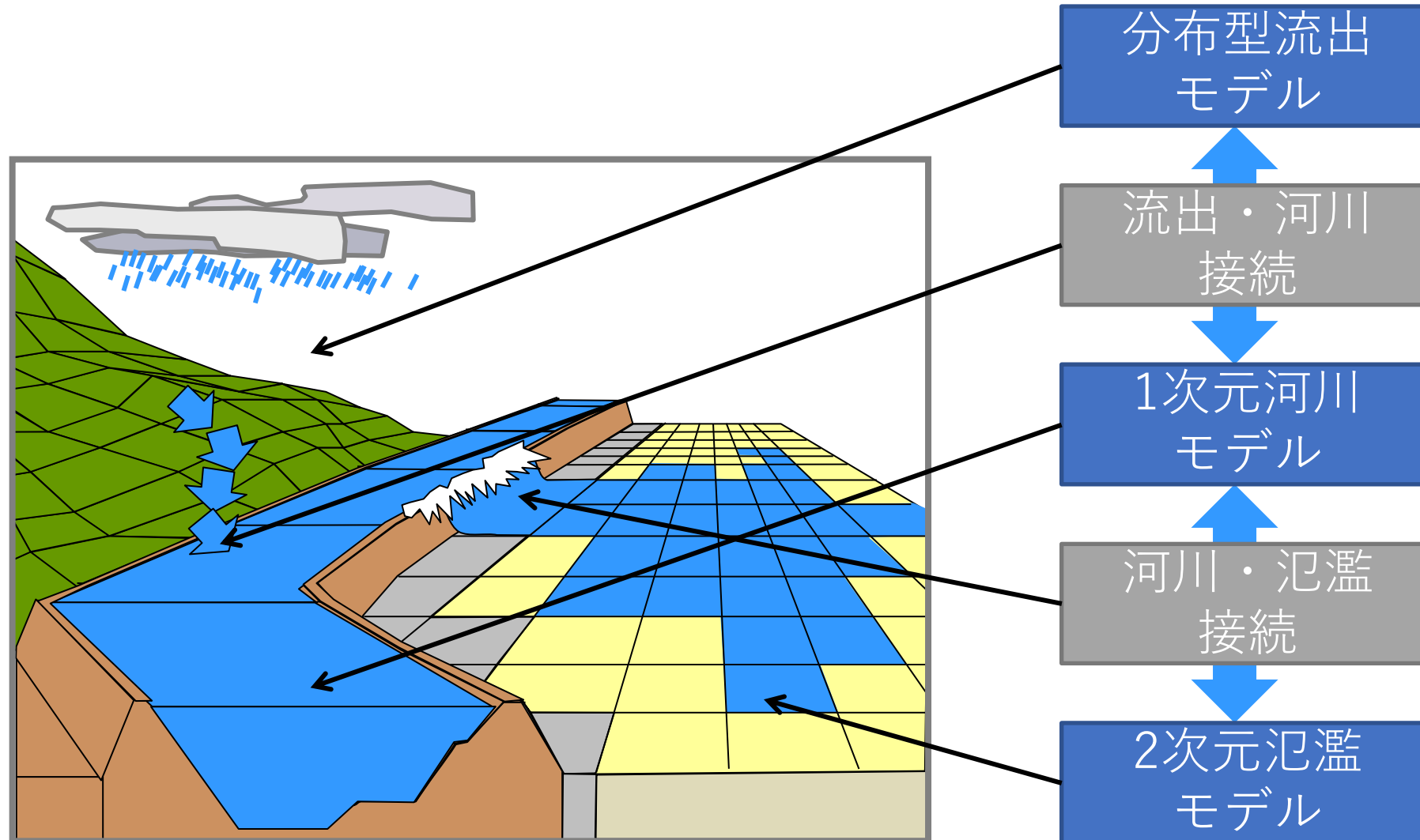
x_{ij} : 学習データの説明変数

y_{ij} : 正解ラベル

t : 事前に指定されたパラメタ

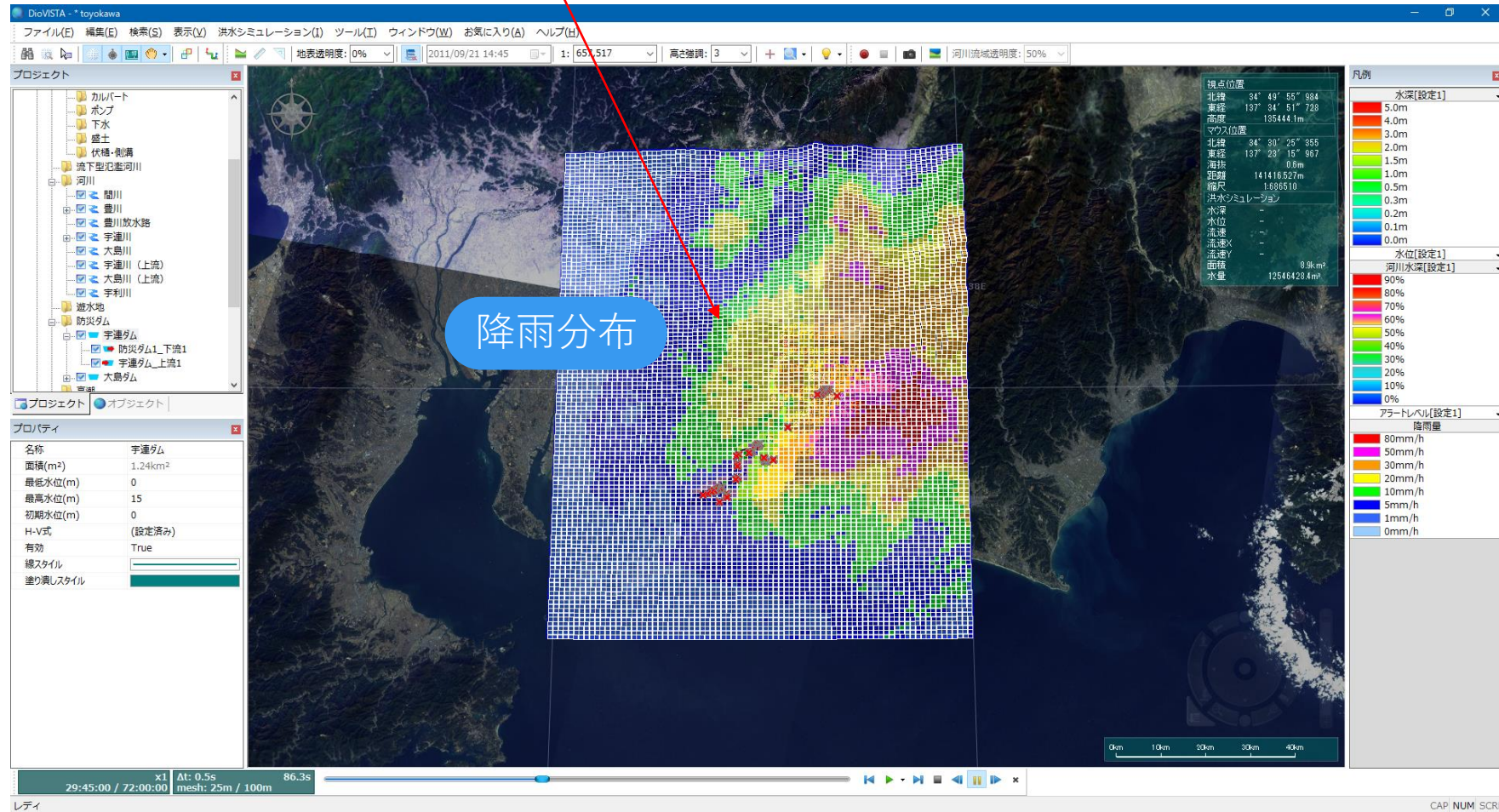
予測モデル（水理水文モデル）

- 降雨から氾濫までの現象を一体的にシミュレーション
- 地図データから必要なモデルを自動的に構築



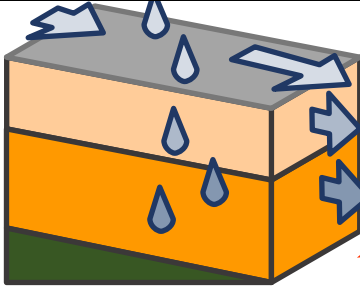
降雨分布時系列の入力

過去の降雨分布を与える（色は降雨強度を表す）

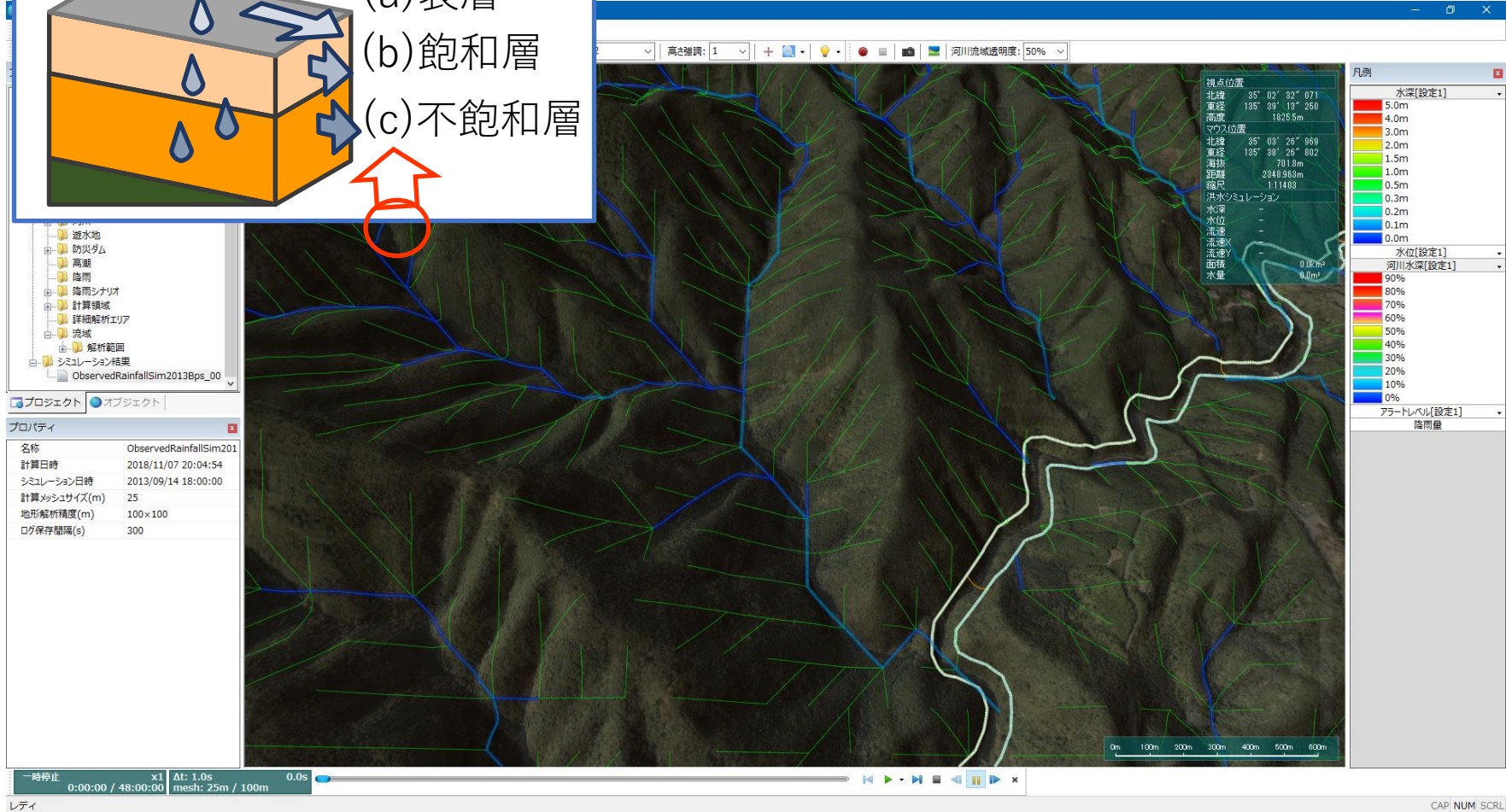


流出モデル

雨水の土壌への浸透を解析



(a) 表層
(b) 飽和層
(c) 不飽和層



The screenshot displays a hydrological simulation software interface. The main window shows a 3D terrain model with a river network. A legend on the right side indicates water depth (水深) and precipitation (降水量) levels. The legend for water depth ranges from 0.0m to 5.0m, and for precipitation from 0% to 90%. The software interface includes a file explorer on the left, a project properties panel at the bottom left, and a status bar at the bottom. The project name is 'ObservedRainfallSim2013Bps_00'. The project properties panel shows the following details:

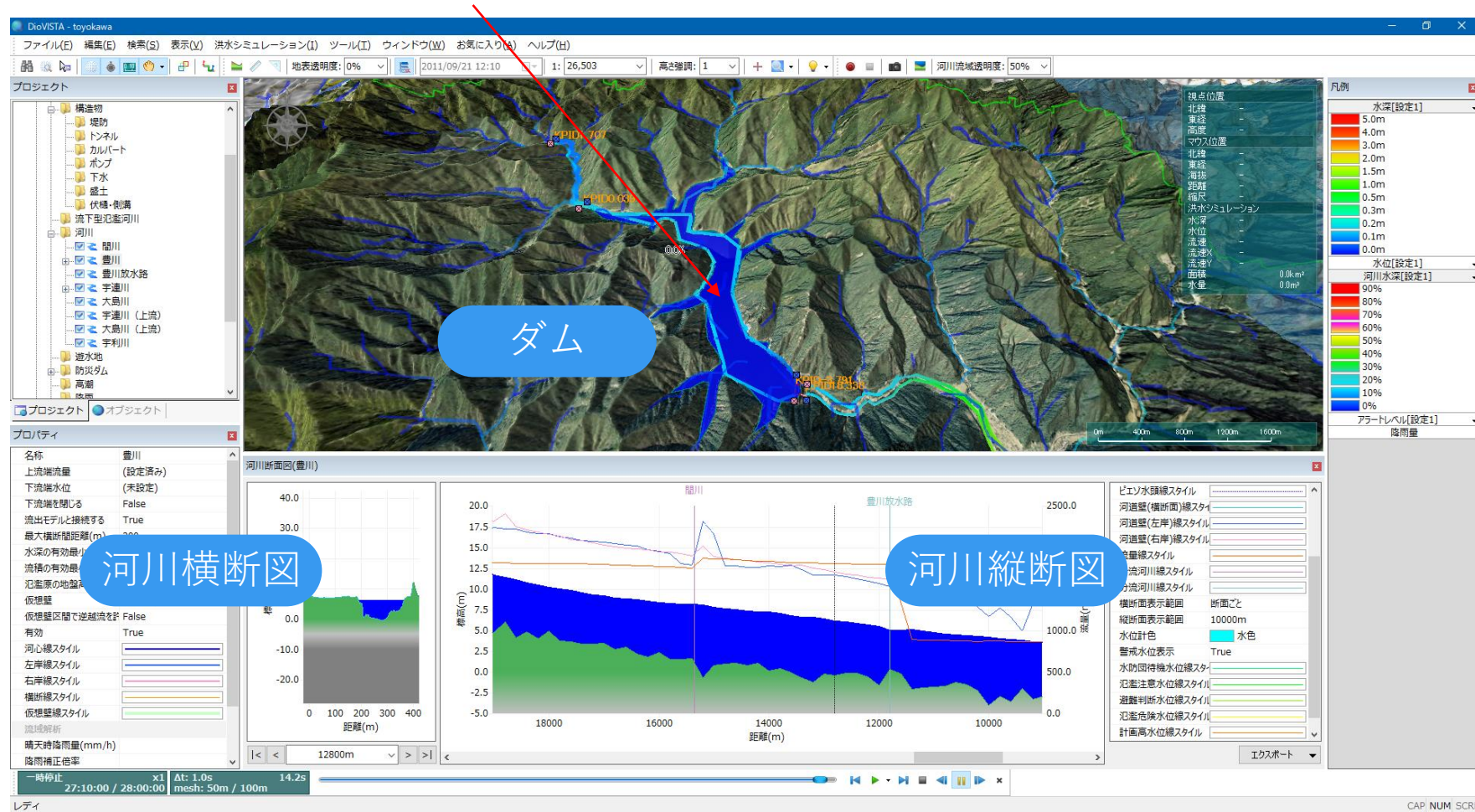
名称	ObservedRainfallSim201
計算日時	2018/11/07 20:04:54
シミュレーション日時	2013/09/14 18:00:00
計算メッシュサイズ(m)	25
地形解析精度(m)	100x100
ログ保存間隔(s)	300

レディ

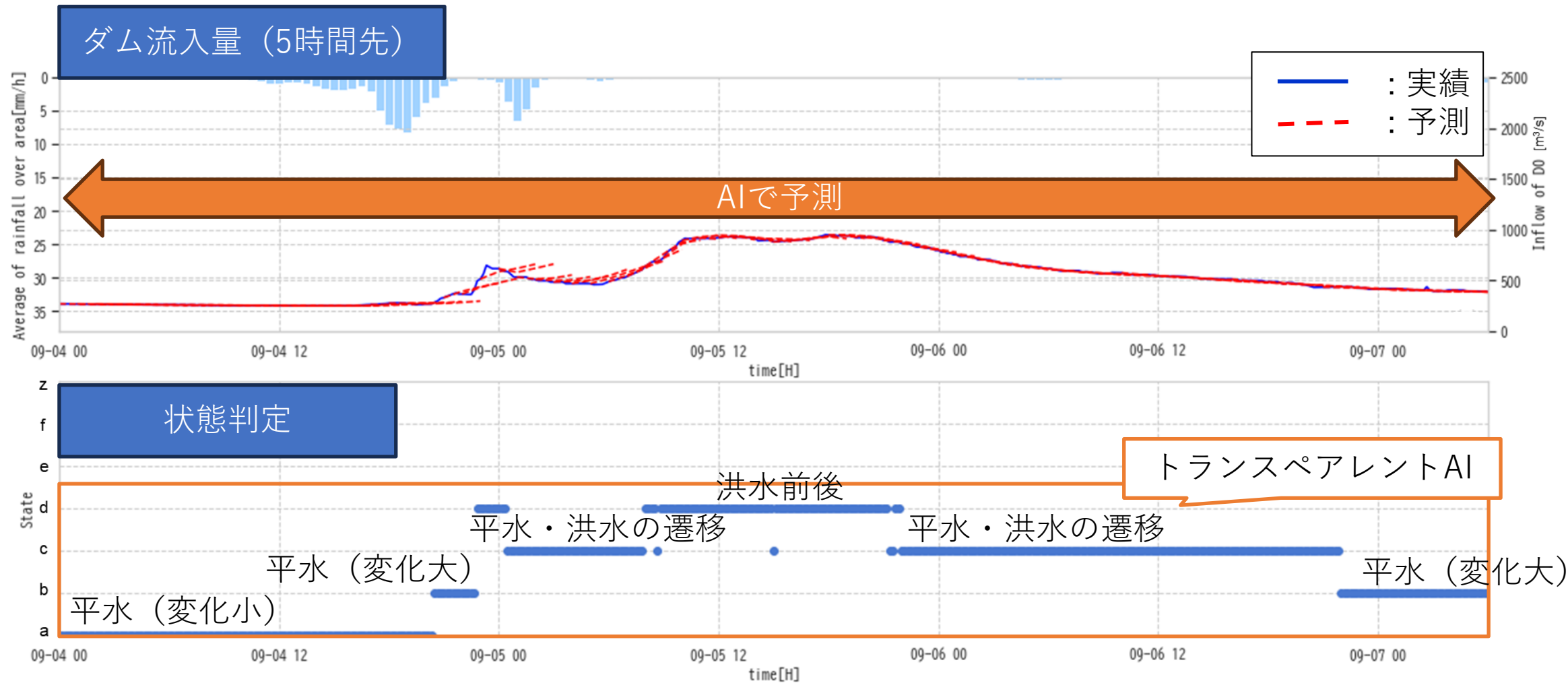
CAP NUM SCRL

ダムおよび河川モデル

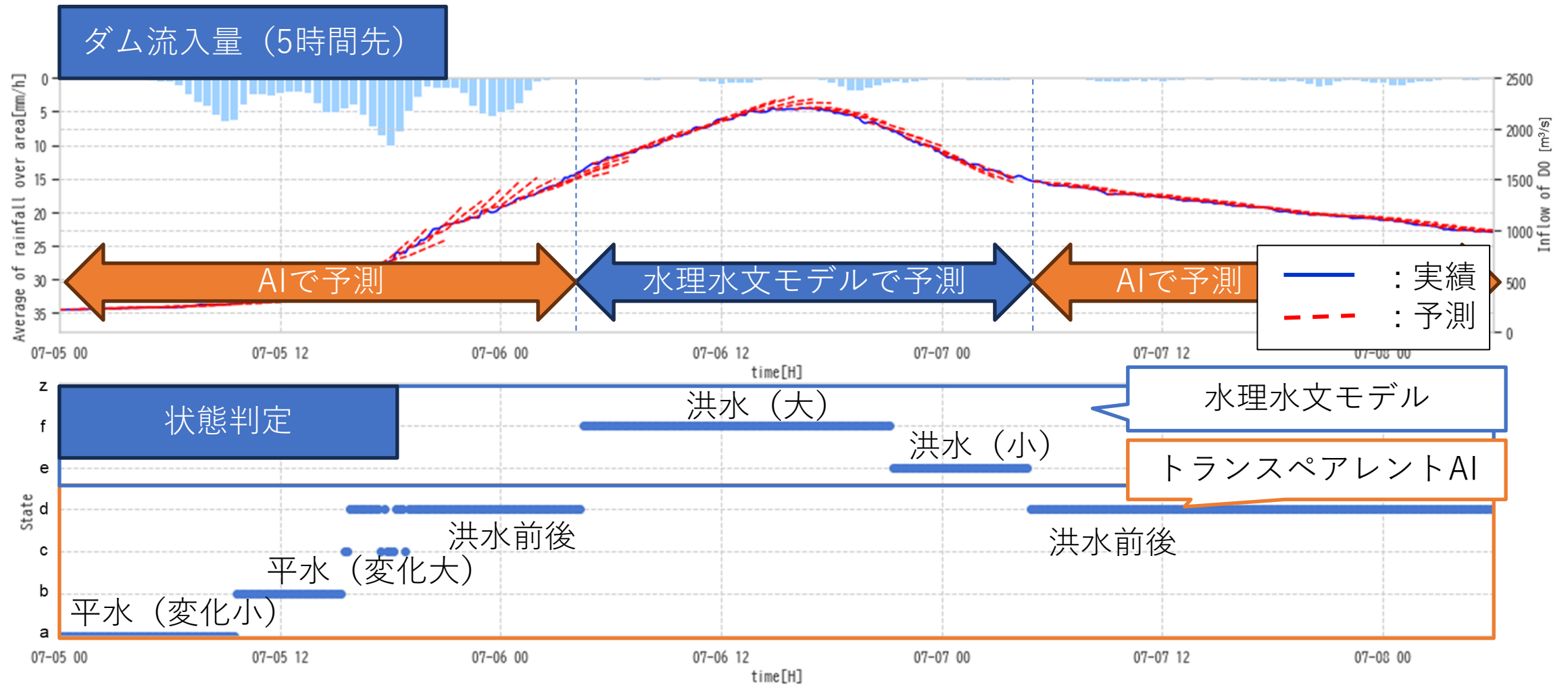
ダム（水位に応じて色が青→赤に変化）



予測の例 (2018年9月4日~6日)

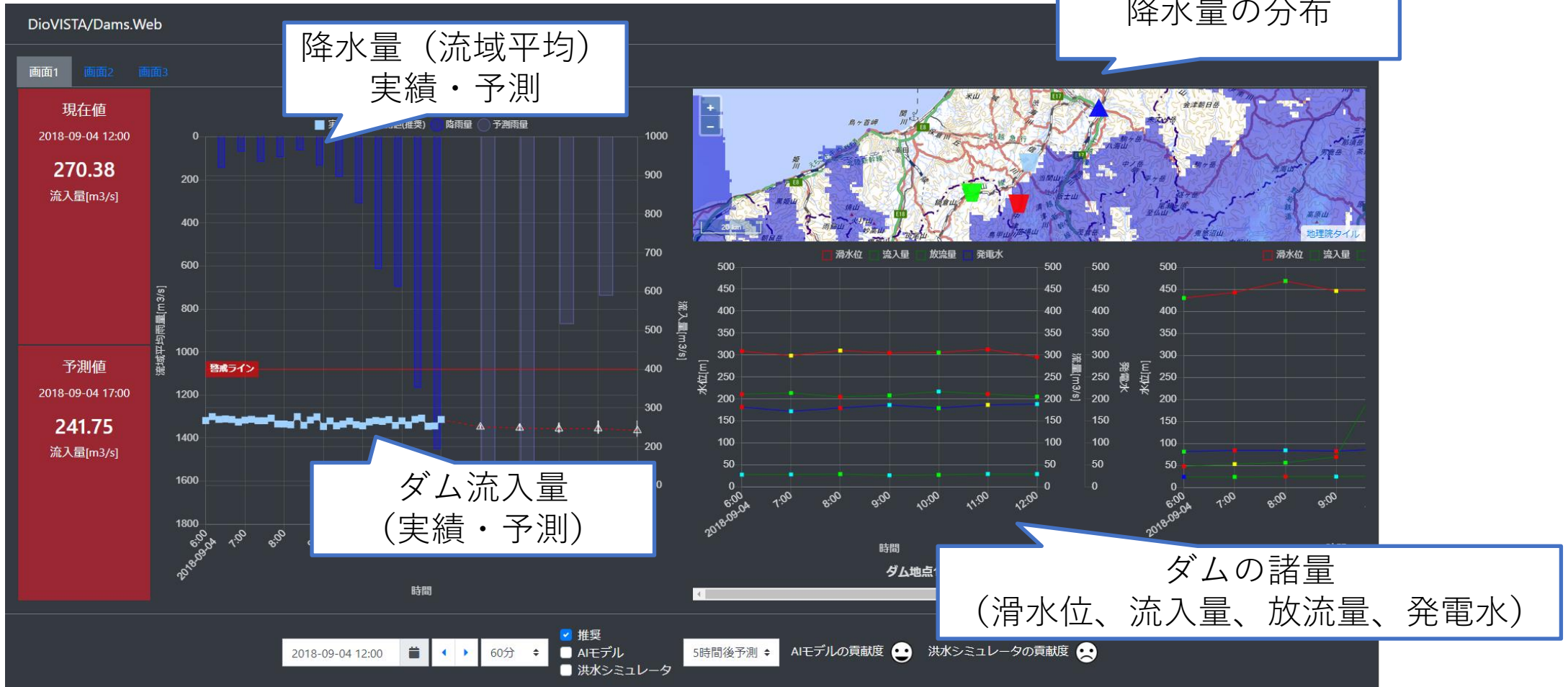


予測の例 (2018年7月5日~7日)

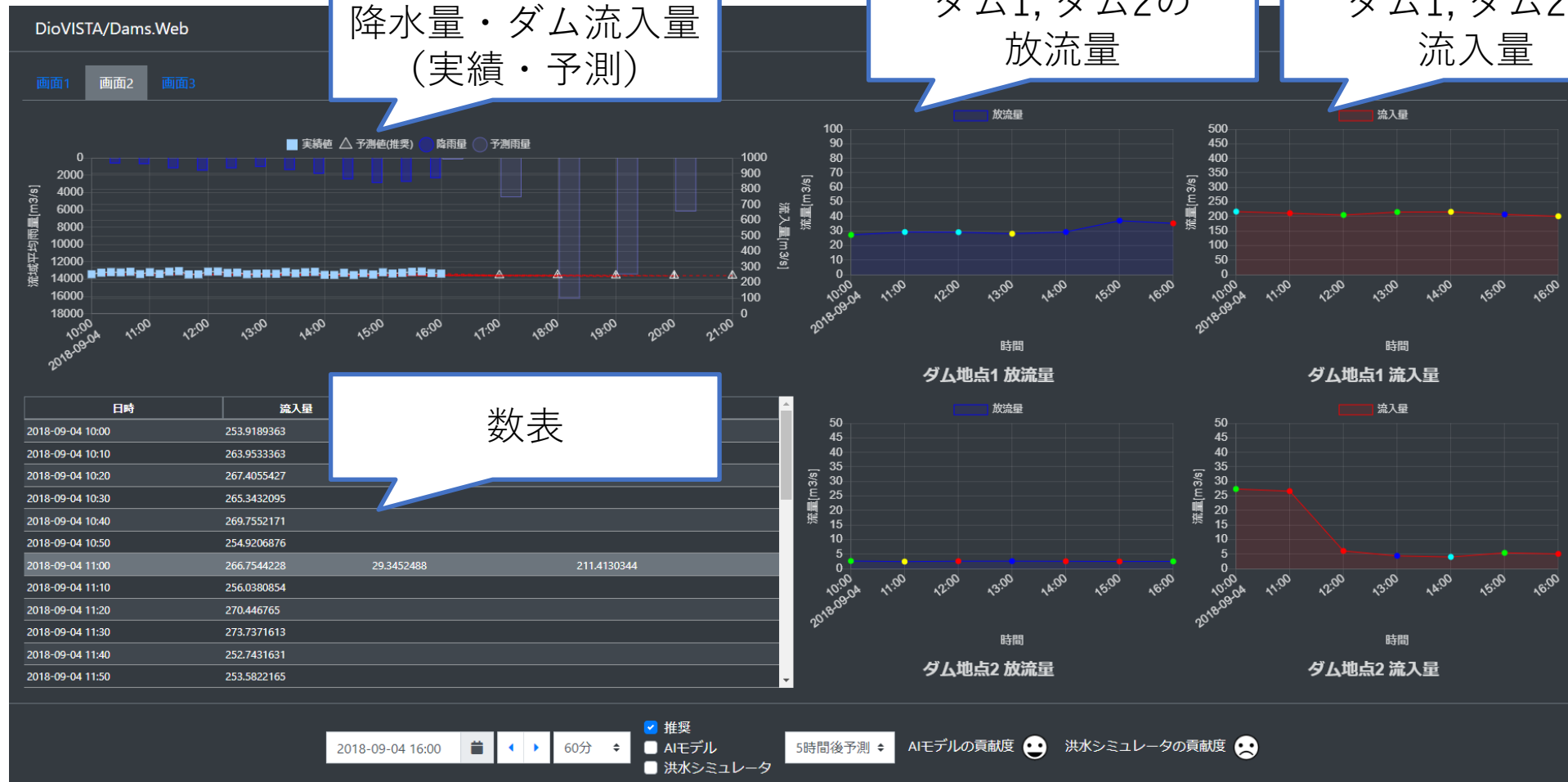


DioVISTA Dams.Web 画面例(1)

DioVISTA Dams.Web (ブラウザ経由で使用)

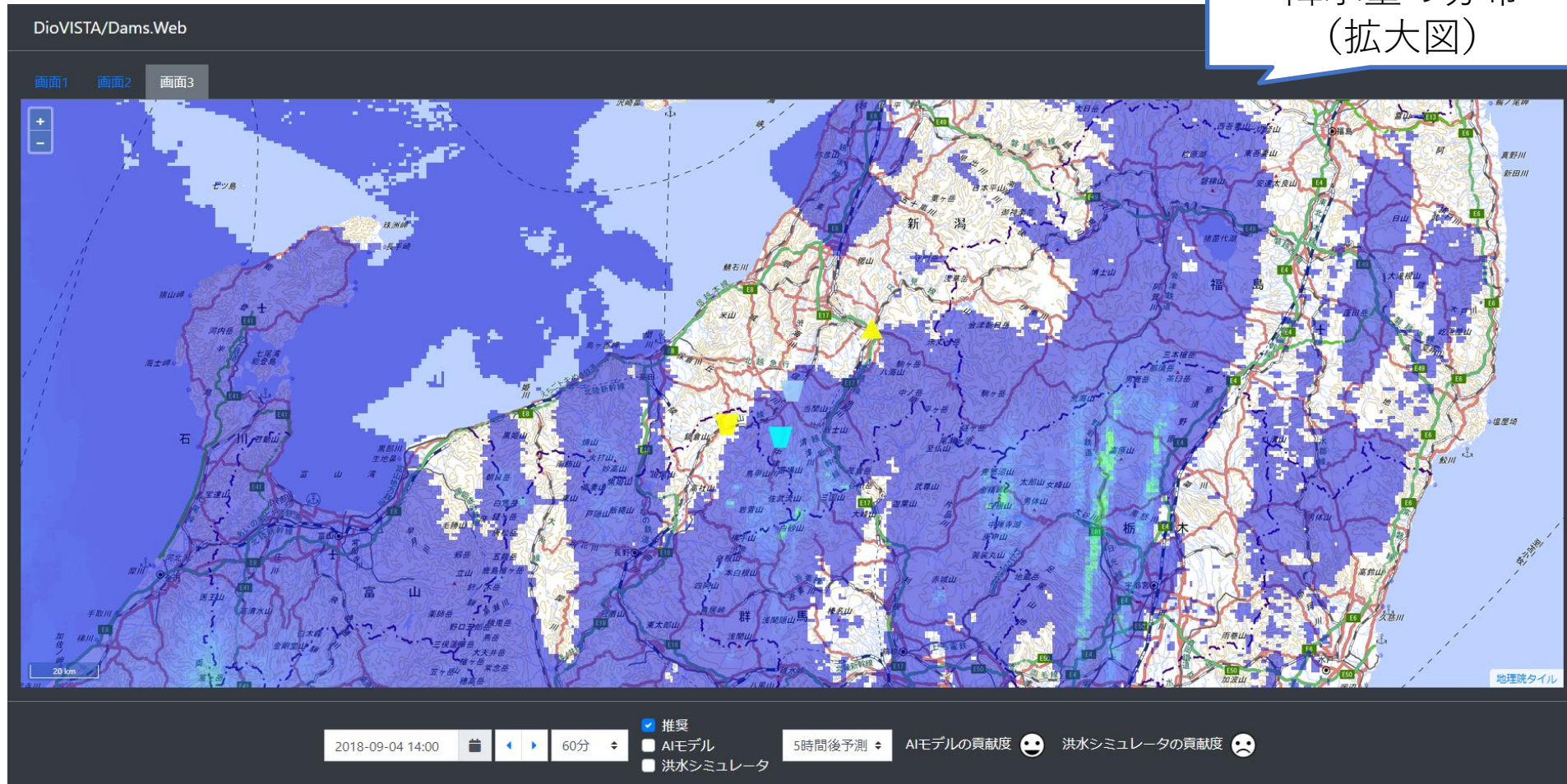


DioVISTA Dams.Web 画面例(2)



DioVISTA Dams.Web 画面例(3)

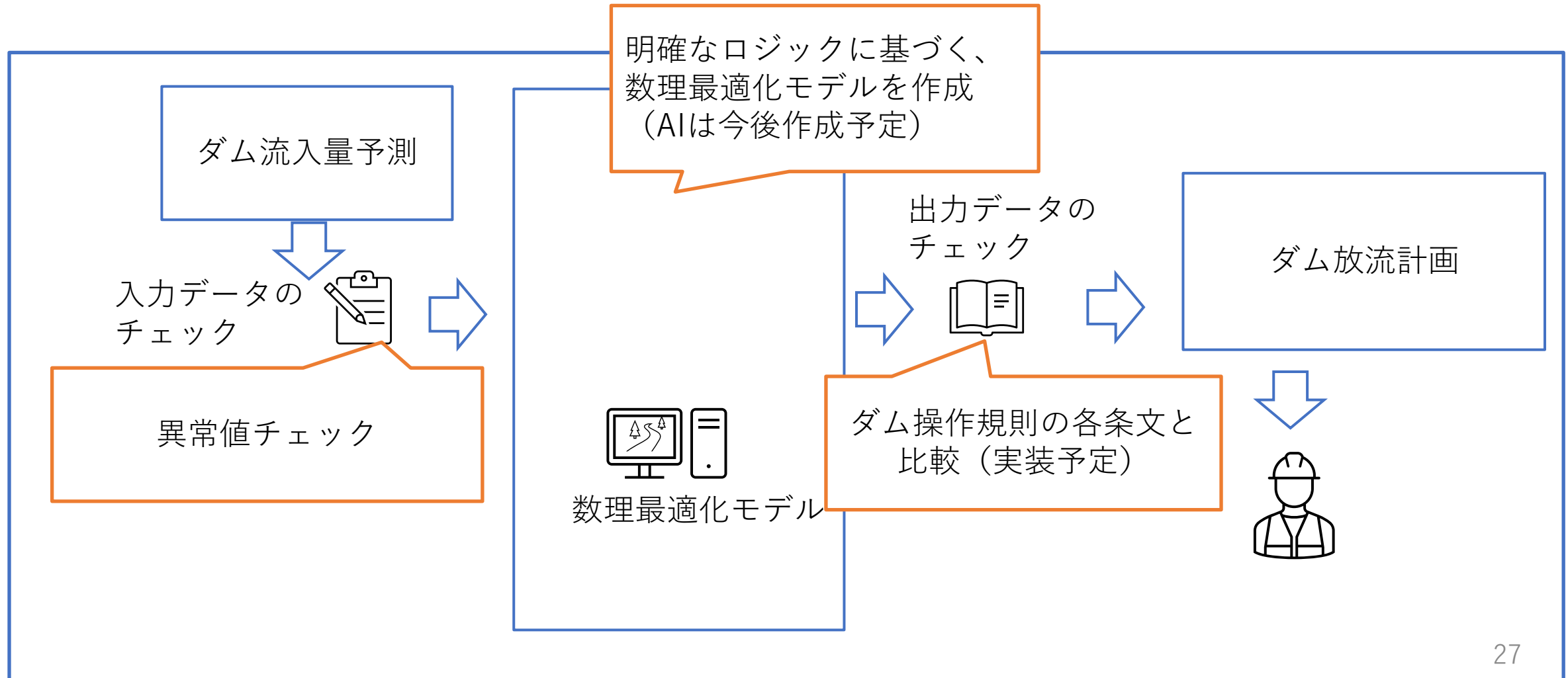
降水量の分布
(拡大図)



1. ダム分野のAIのあり方
2. ダム流入量予測
- 3. ダム放流計画の策定**
4. DioVISTA Dams フリー版デモ
5. まとめ

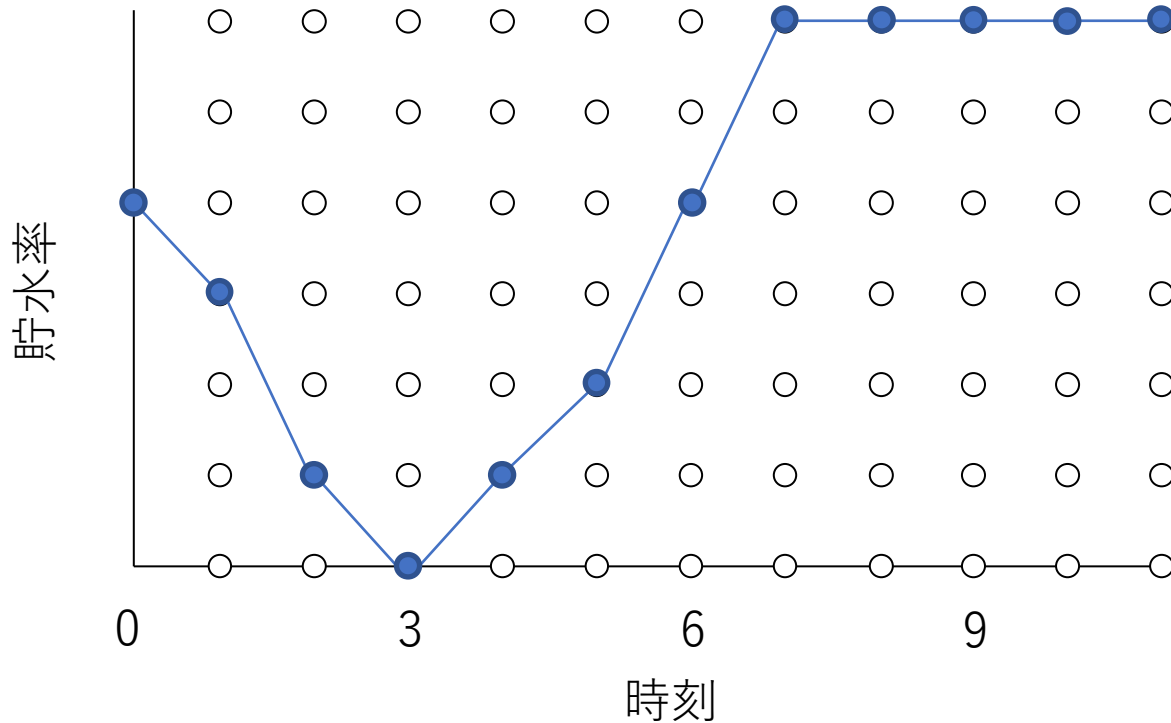
ダム放流計画案作成への応用

人間中心の視点で実装



ダム放流計画立案の仕組み

ダムAの貯水率

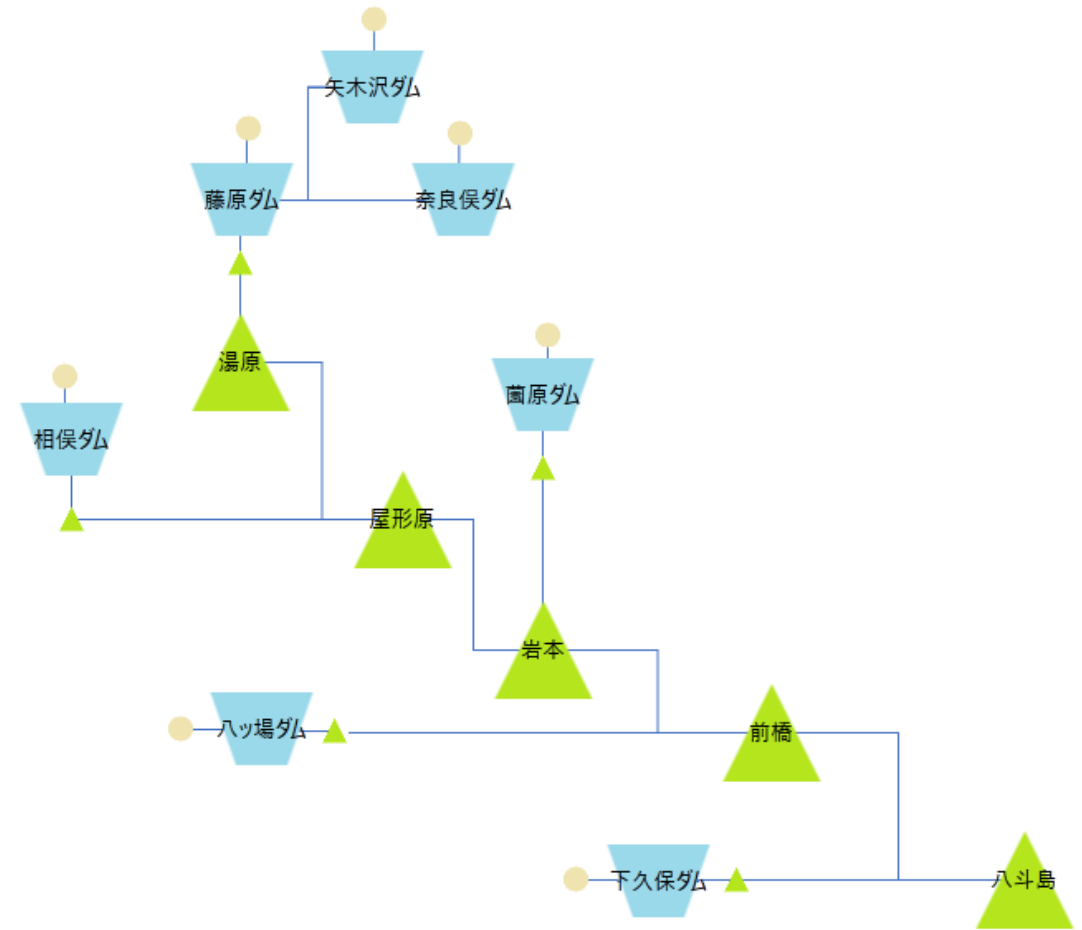


- ある時刻のダムの貯水率を決定する
 - 0 ~ 100% まで 0.1%刻み: 1000通り
- ダム連携を考慮した組み合わせ数
 - 2ダム: 100万通り
 - 5ダム: 1000兆通り
- これを1.5日先まで繰り返す
 - 1ダム: 10^{96} 通り
 - 5ダム: 10^{540} 通り
 - ※ 非現実的な操作がほとんど
- よさそうな操作のみ検討することで、短時間で解を求める
 - ダム問題に適した数理最適化手法「**プログレッシブ動的計画法**」を開発

- プログレッシブ動的計画法のメリット
 - 学習する必要がない（過去データは不要）
 - 設定した条件に対し、解が出る
 - 操作規則やダム容量を変えた場合など、想定した条件に対する結果が得られる
 - 放流の原則など、操作規則に従う結果が得られる
 - 検討業務に適している
- プログレッシブ動的計画法のデメリット
 - ダム数が多いと、計算時間がかかる

7ダムの計算例

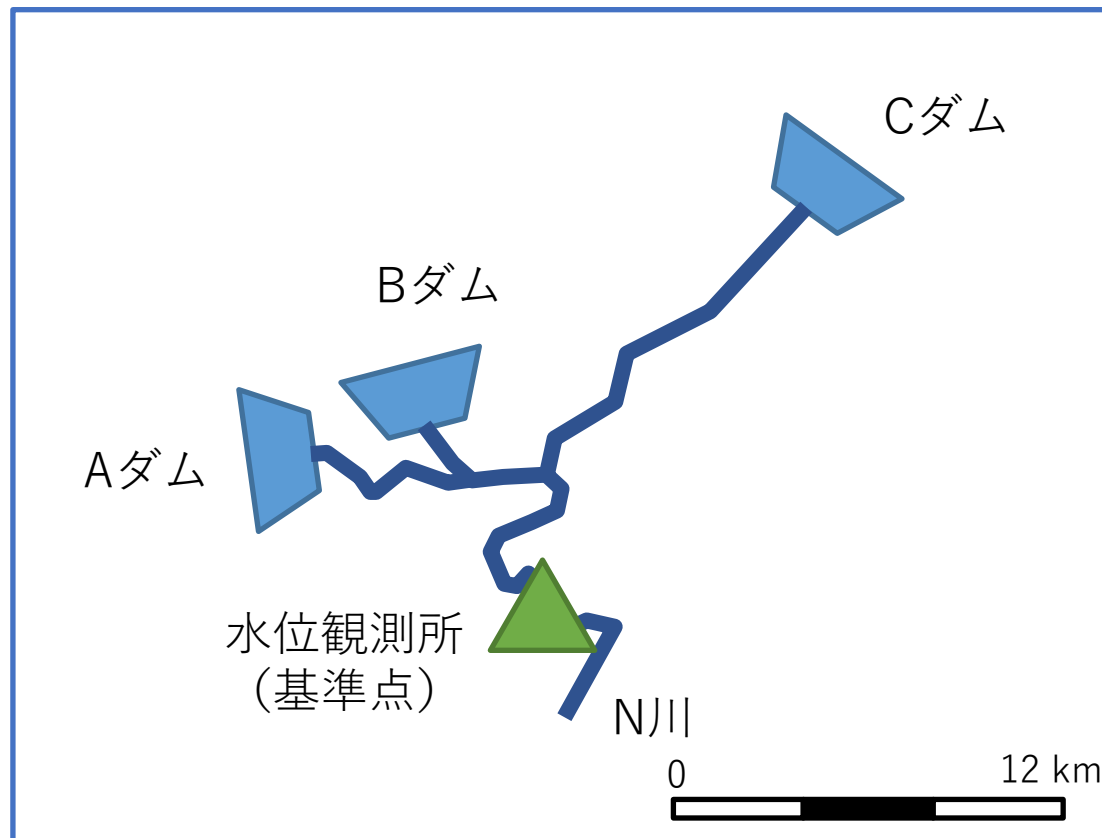
- 条件
 - 時間解像度: 1時間ごと
 - 期間: 1.5日先まで
 - 計算機: Windows PC (Intel Core i9-13900K)
- 計算時間の例
 - 1ダム: 約1秒
 - 2ダム: 約1秒
 - 5ダム: 約9秒
 - 7ダム: 約48分



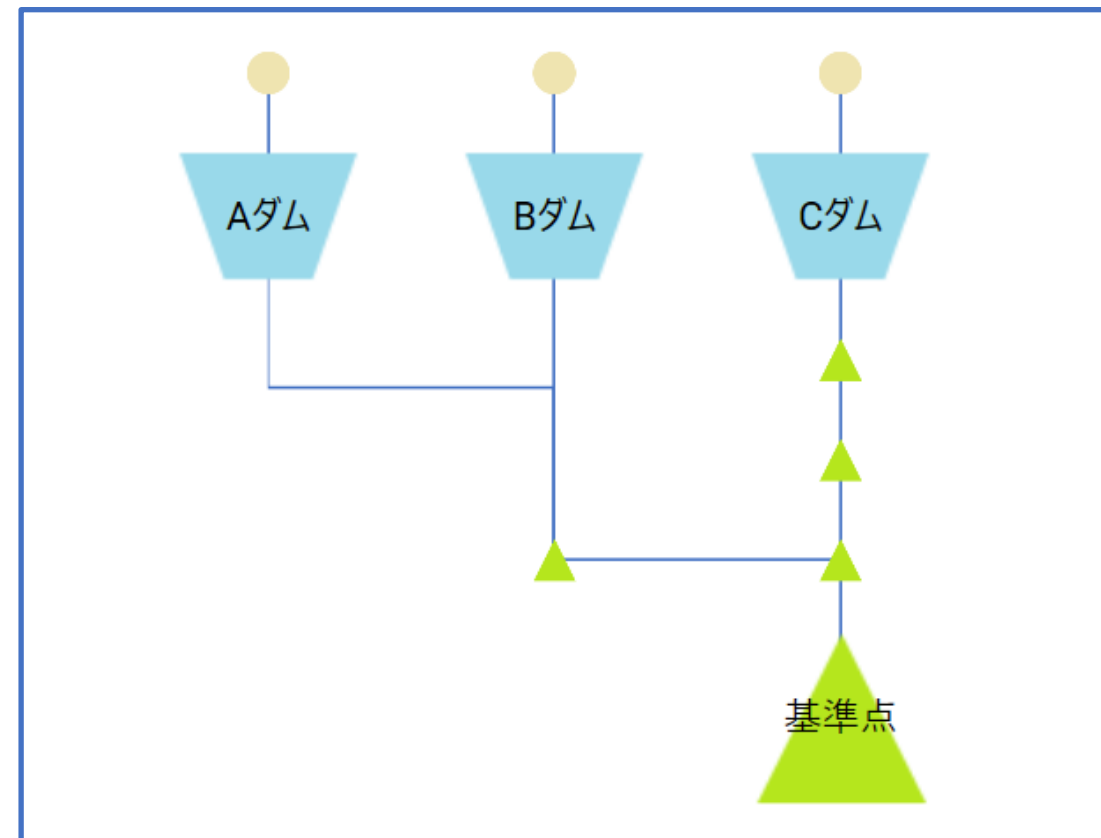
実験1:N川上流3ダム

目的：水害防止（基準点の河川流量を最小化する）

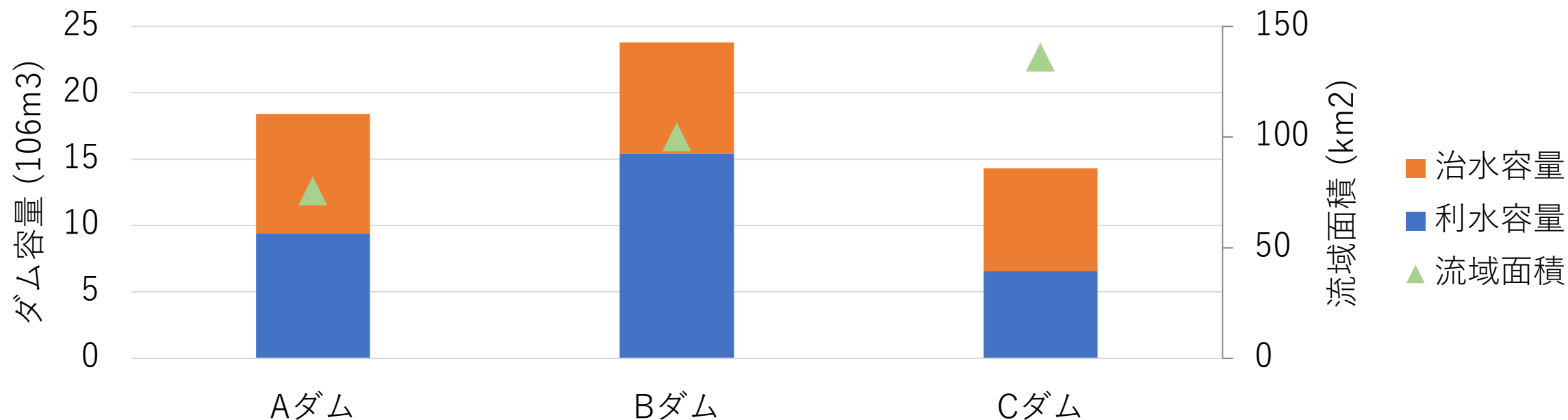
N川上流5ダムの配置図



モデルで表現したダム群

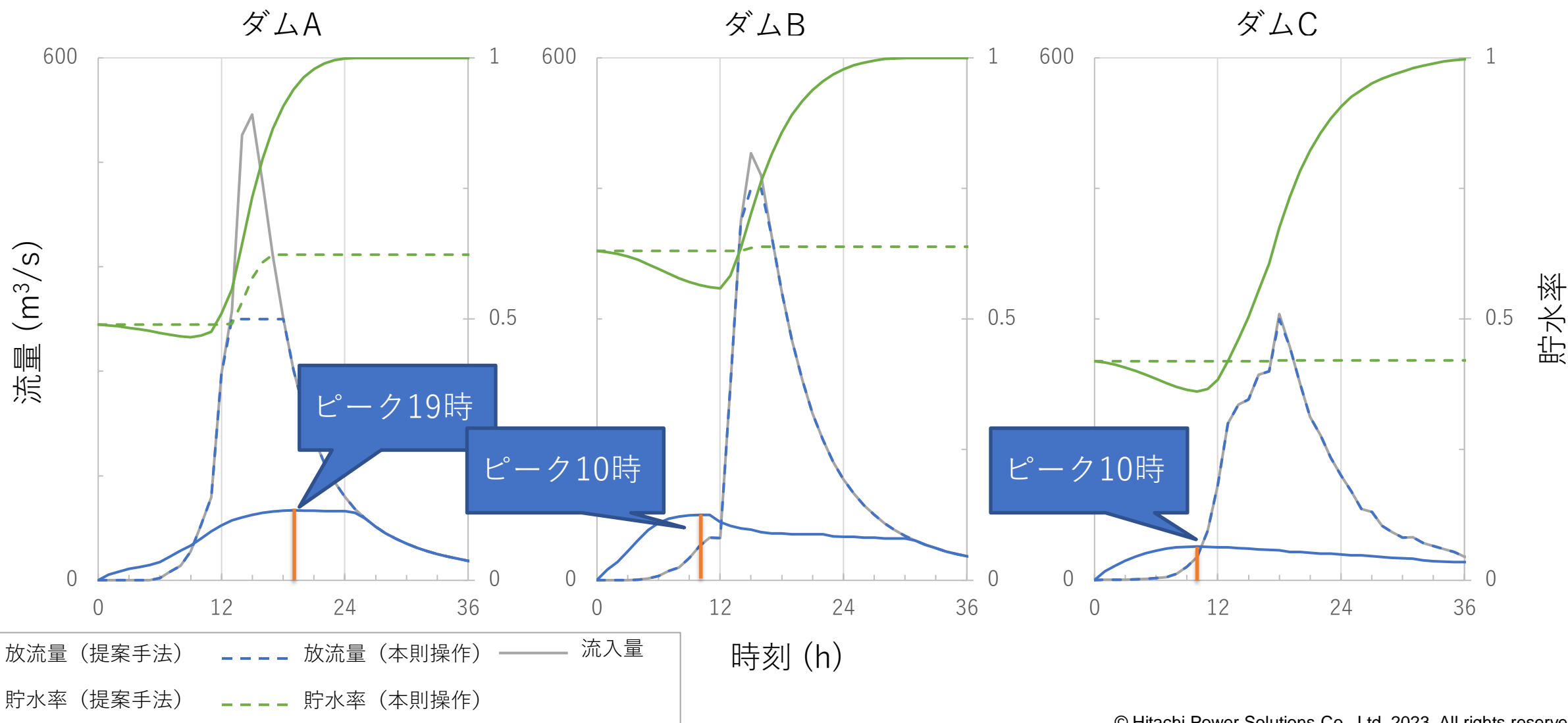


N川上流3ダムの仕様

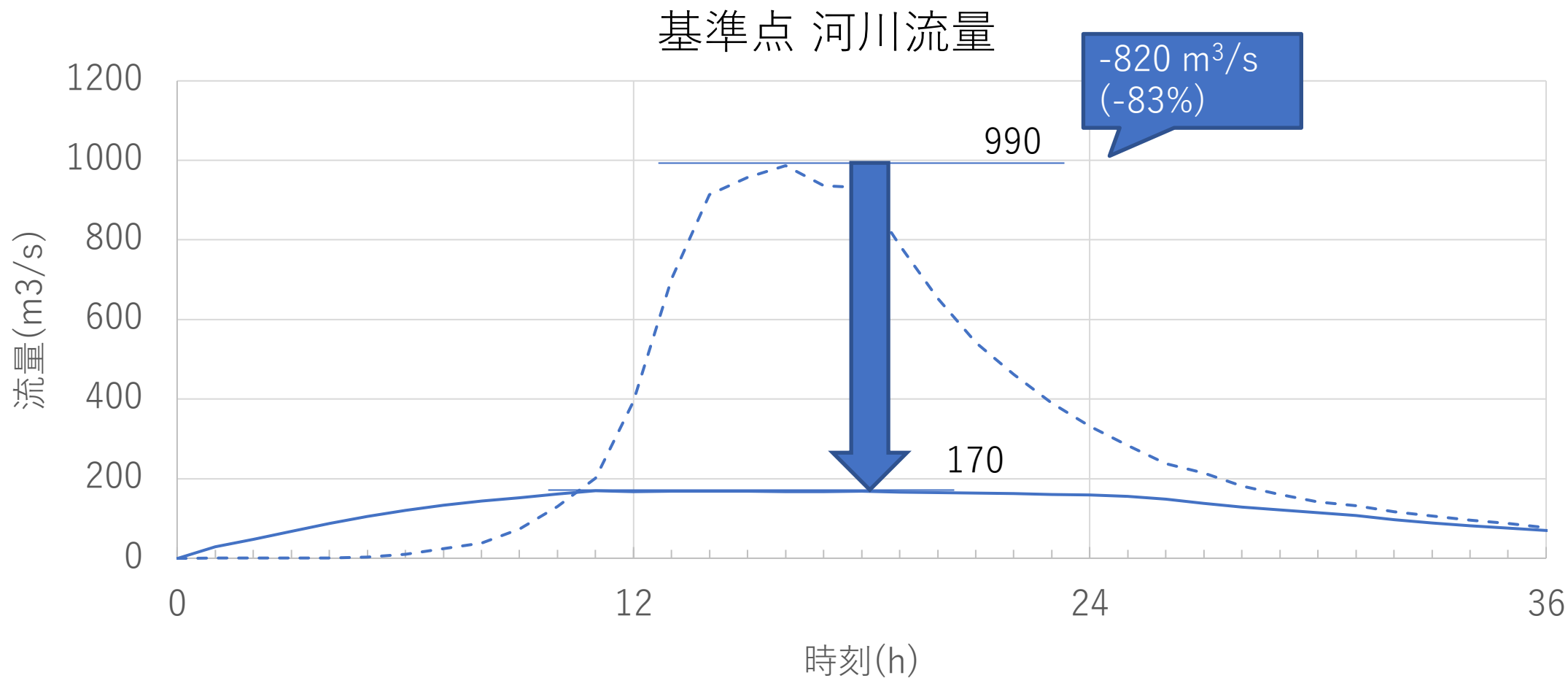


	Aダム	Bダム	Cダム
有効貯水容 (10 ⁶ m ³)	18	24	14
洪水調整容量10 ⁶ m ³)	9	8	8
流域面積 (km ²)	76	100	136

平成24年台風17号出水の再現



平成24年台風17号出水の再現

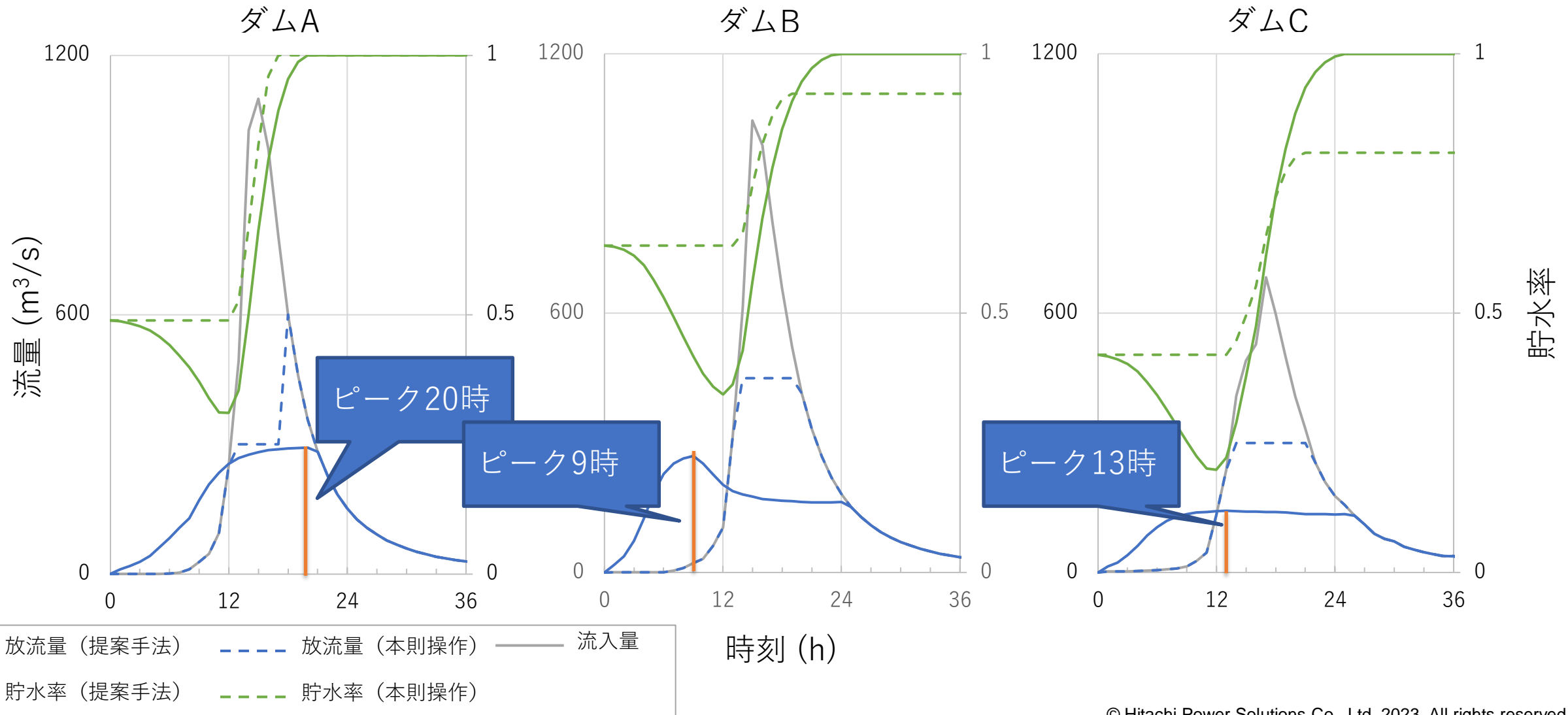


流量 (提案手法)

流量 (本則操作)

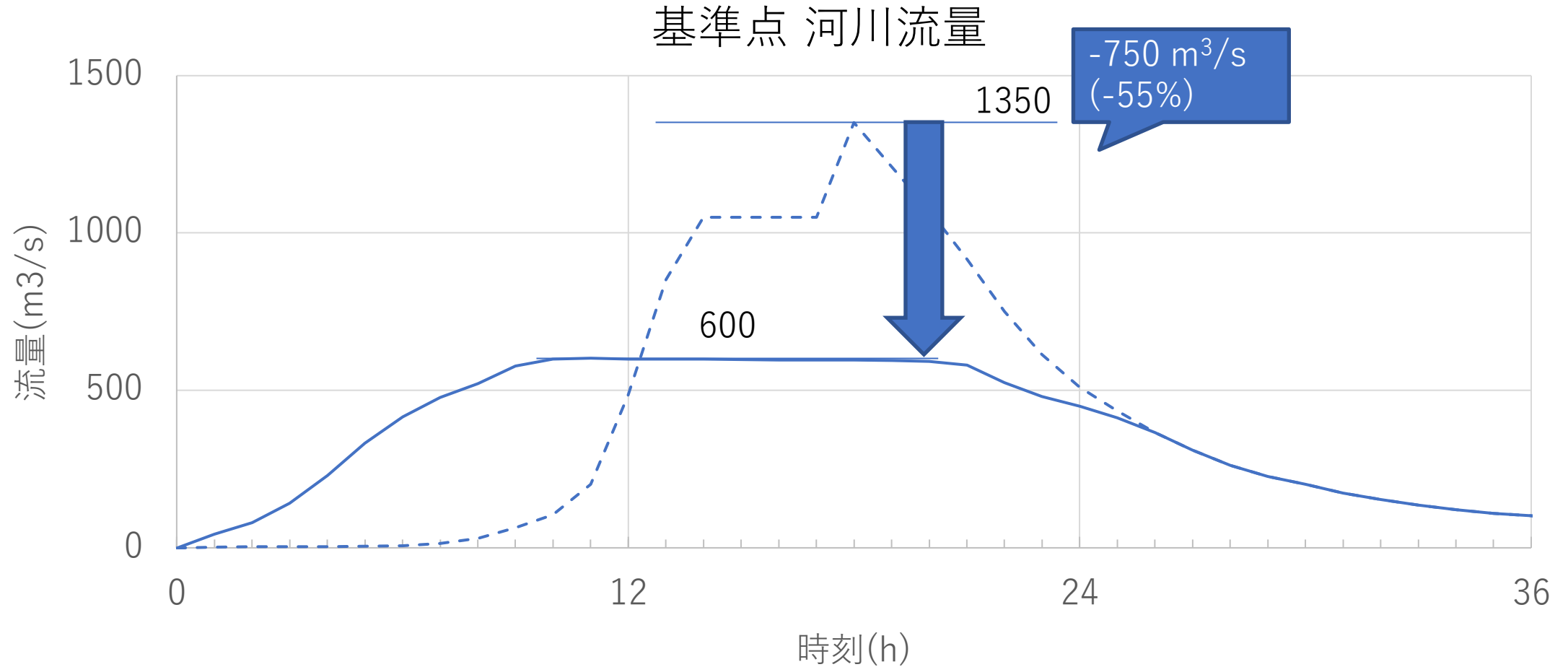
生起確率 1/100 年の出水

平成24年台風17号の降雨を1.71倍に引き伸ばした



生起確率 1/100 年の出水

平成24年台風17号の降雨を1.71倍に引き伸ばした

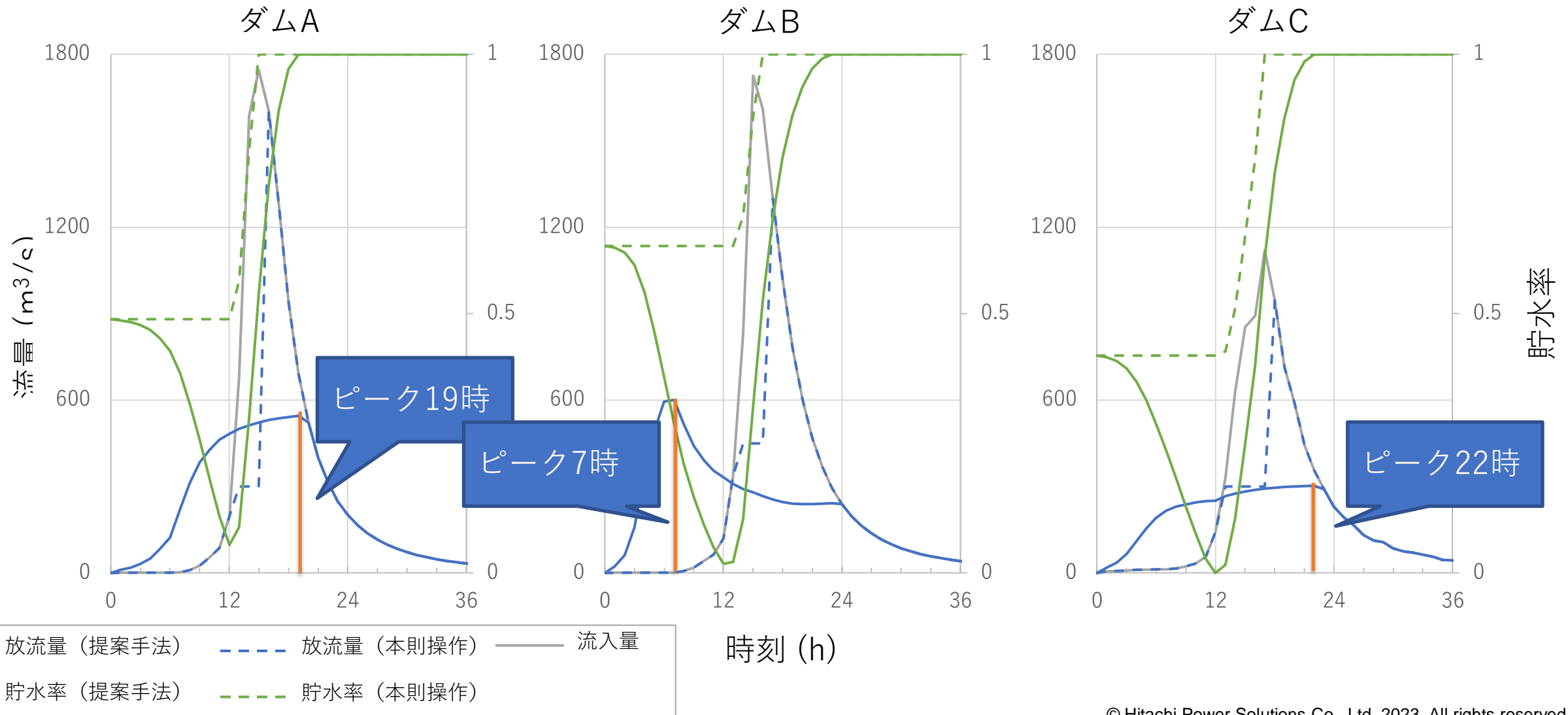


流量 (提案手法)

流量 (本則操作)

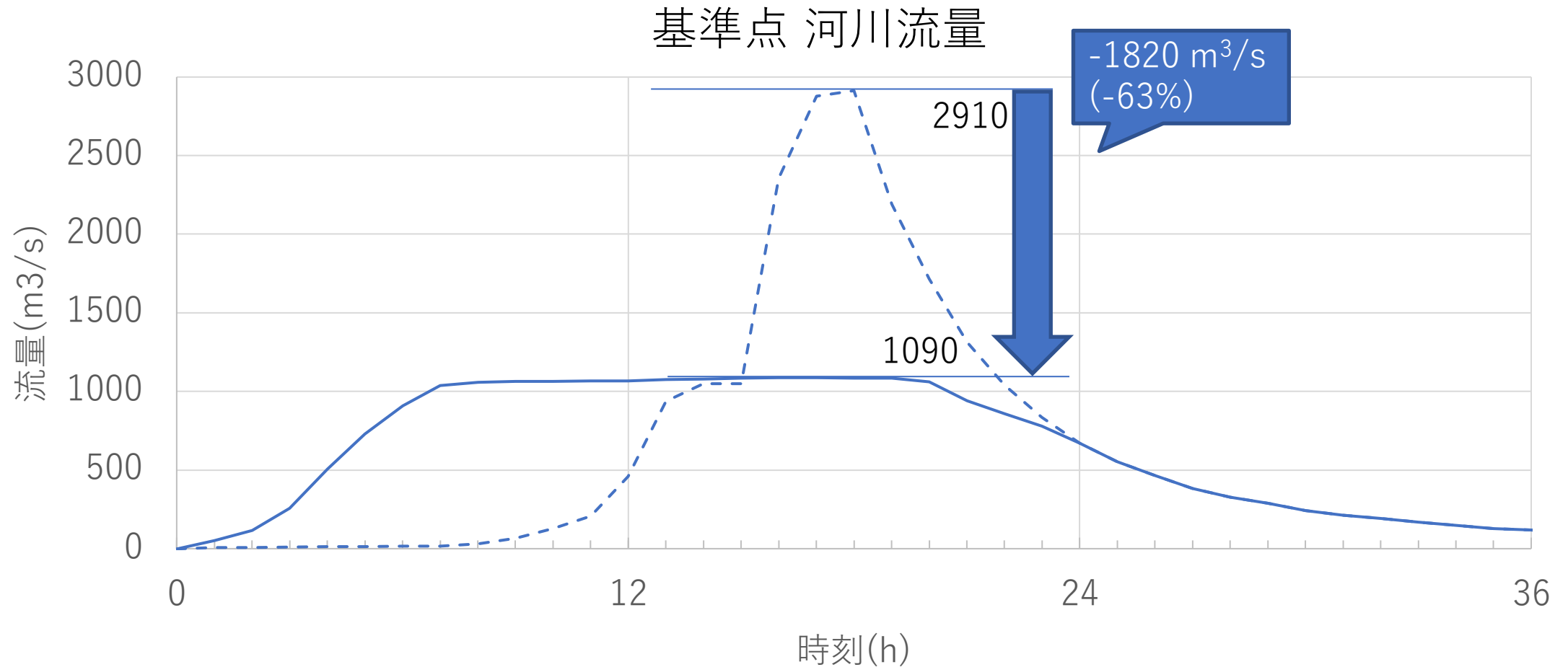
生起確率 1/1000 年の出水

平成24年台風17号の降雨を2.48倍に引き伸ばした



生起確率 1/1000 年の出水

平成24年台風17号の降雨を2.48倍に引き伸ばした

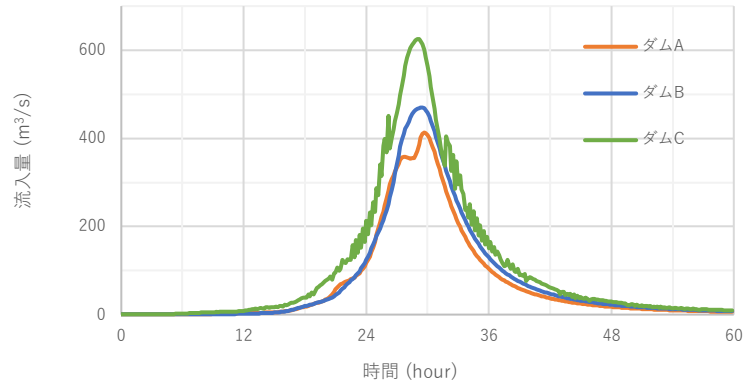


流量 (提案手法)

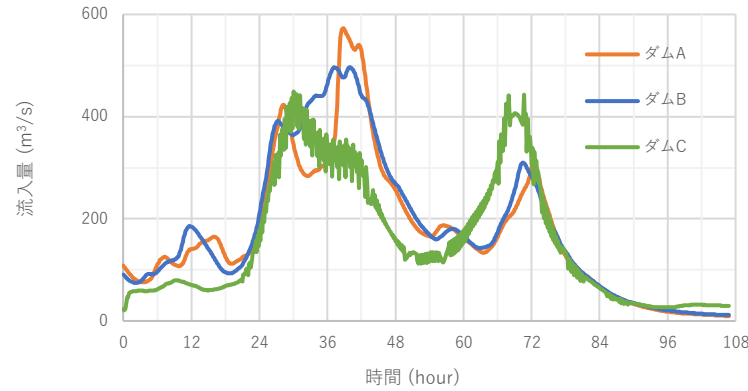
流量 (本則操作)

ダム流入時系列の例

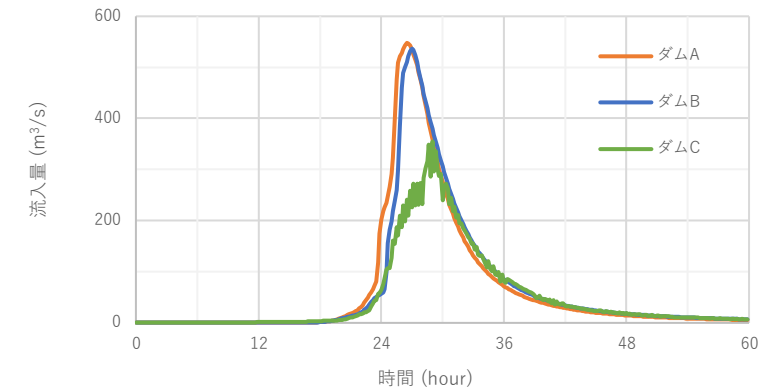
2000年以降の 6件の出水事例（生起確率1/100に引き伸ばし）



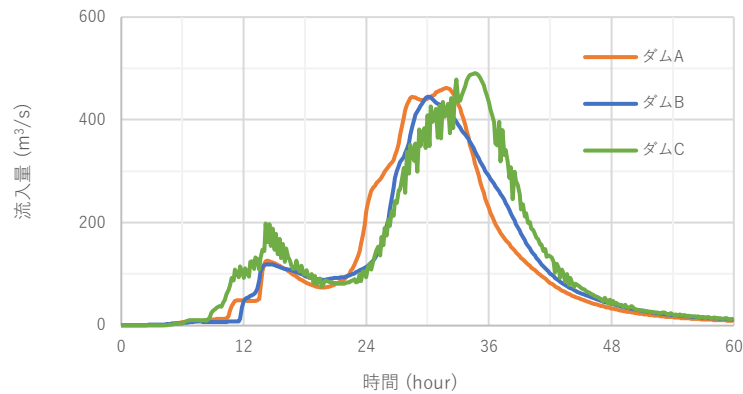
2009/10/16



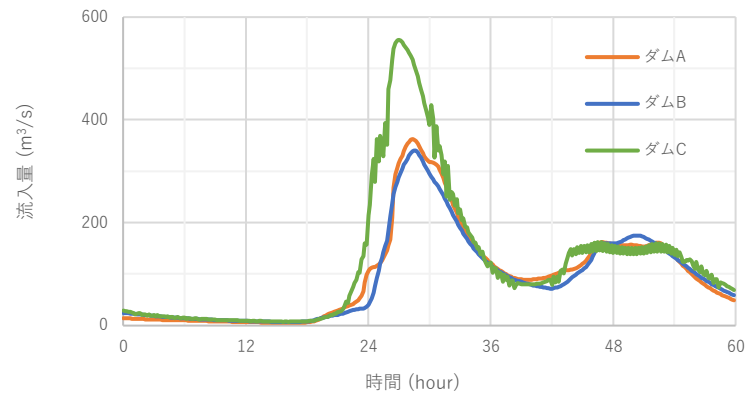
2011/08/31



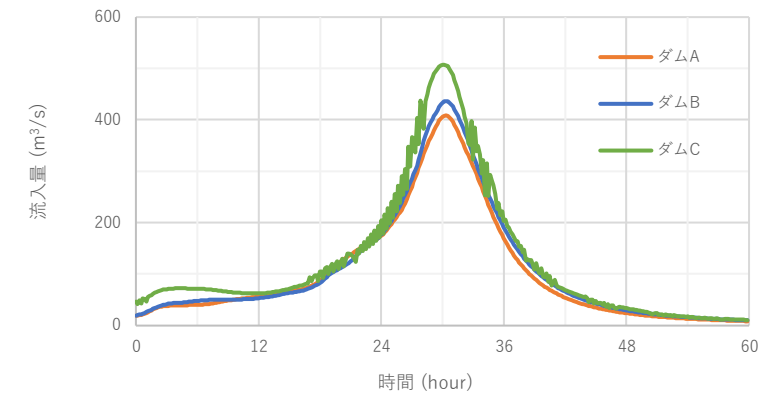
2012/09/27



2013/09/13



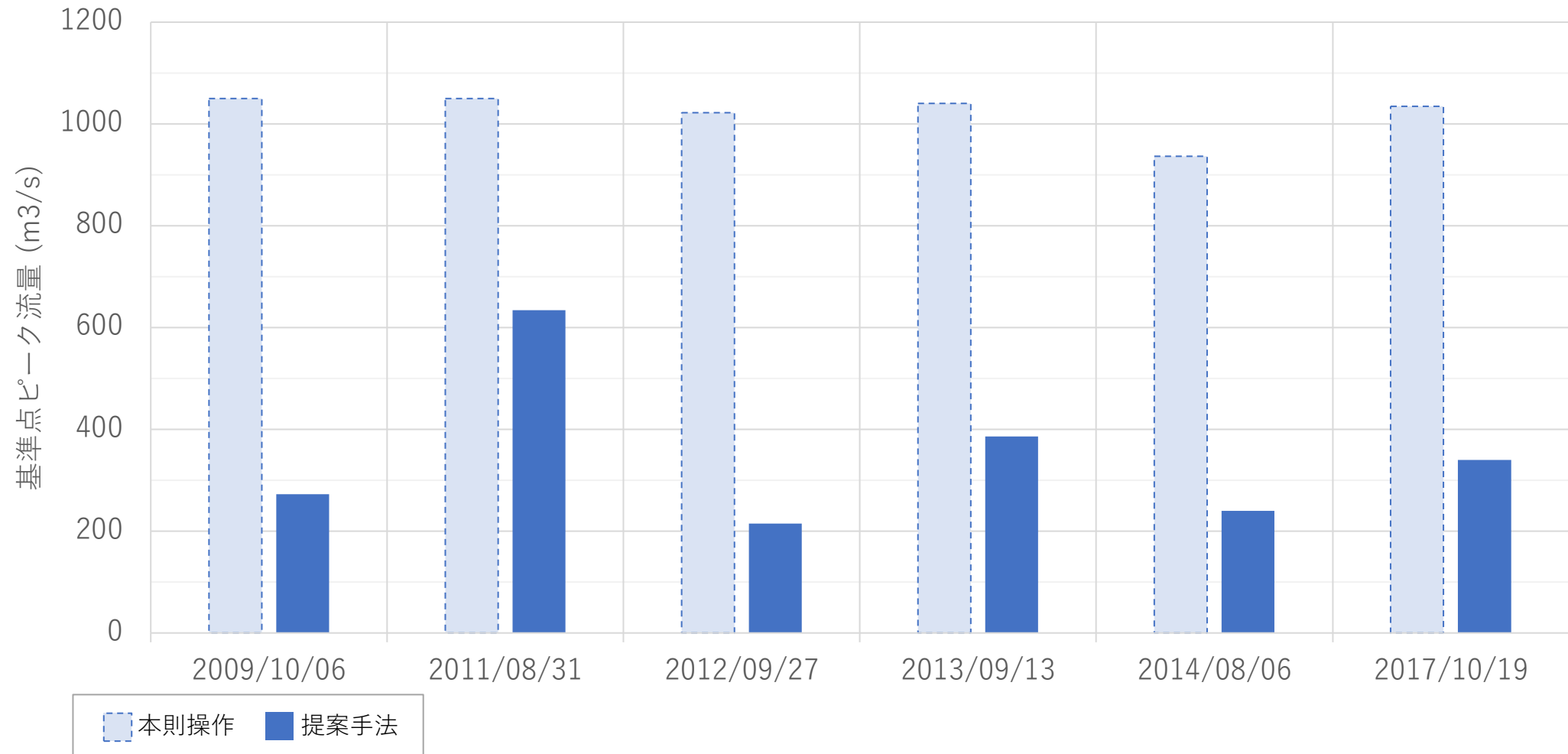
2014/08/06



2017/10/19

実験結果

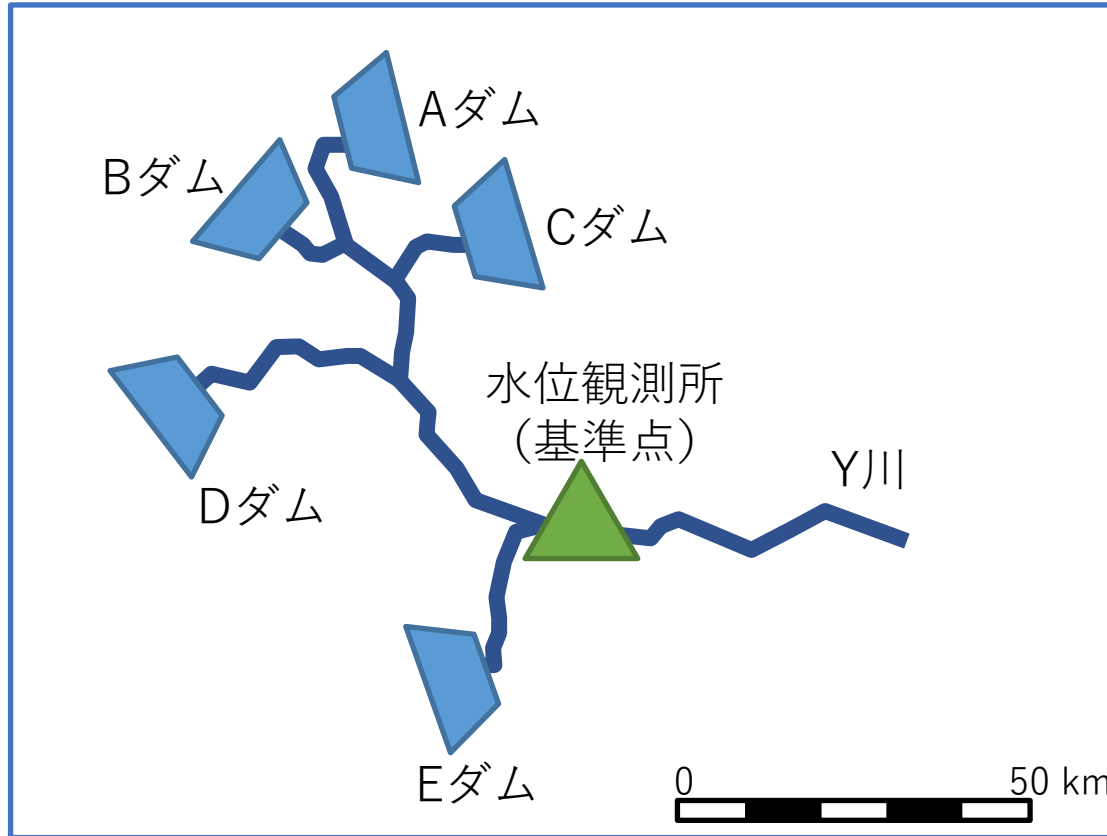
様々な流入量に対し、基準点のピーク流量を大幅に削減



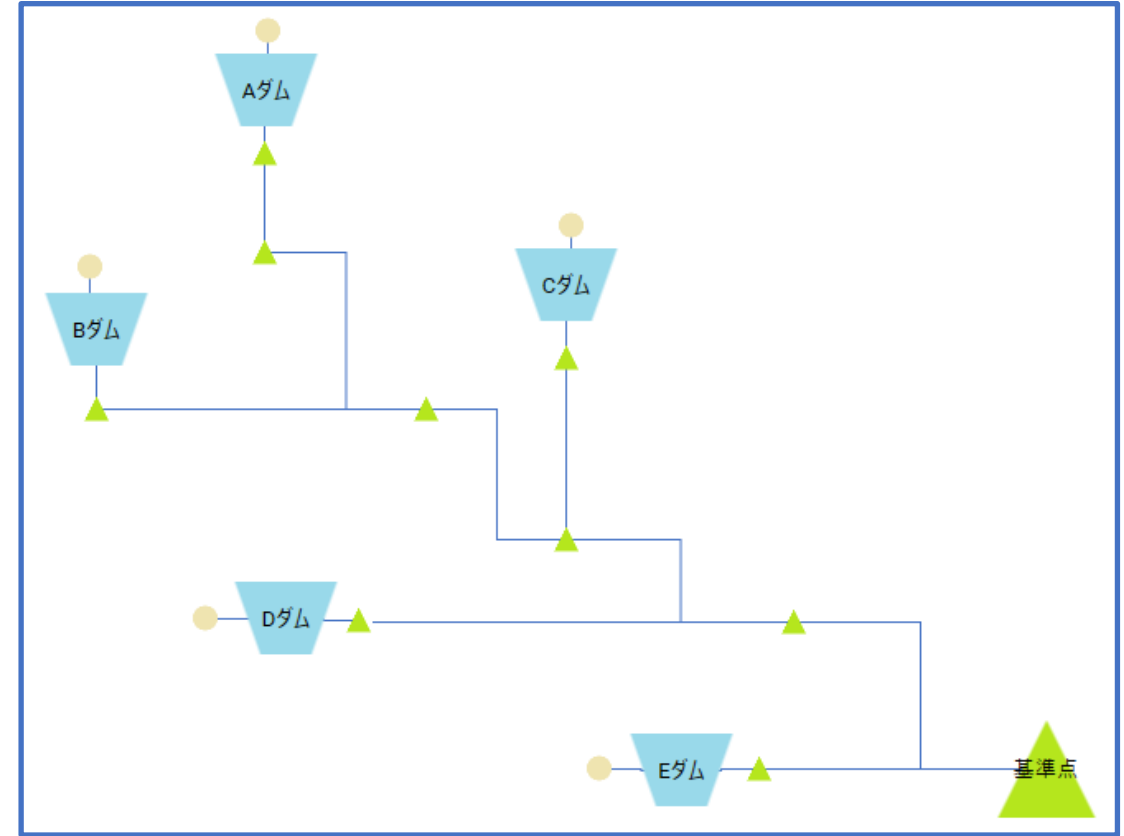
実験1: Y川上流5ダム

目的：水害防止（基準点の河川流量を最小化する）

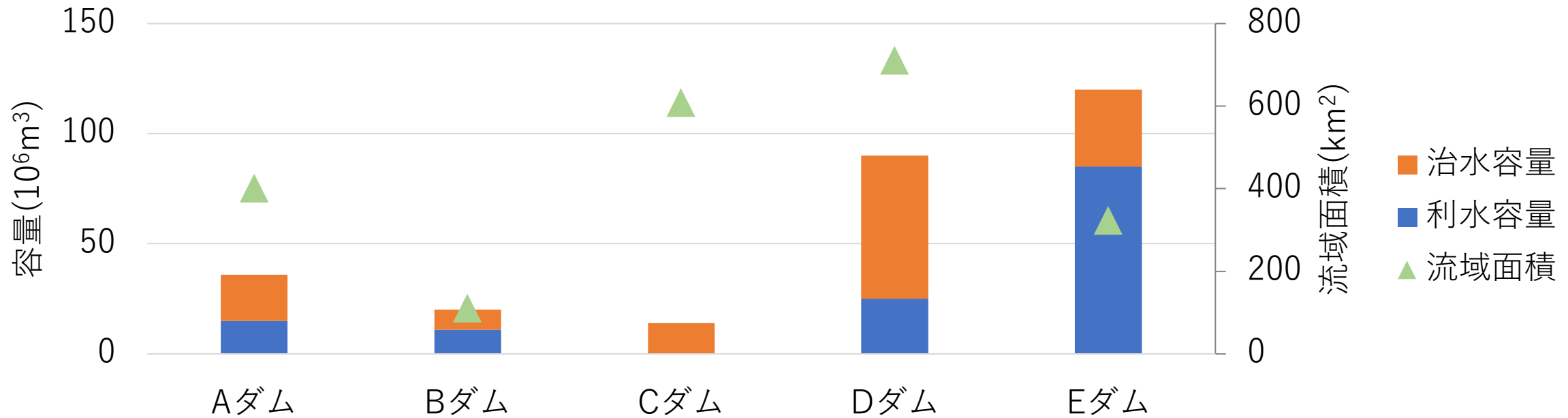
Y川上流5ダムの配置図



モデルで表現したダム群



Y川上流5ダムの様

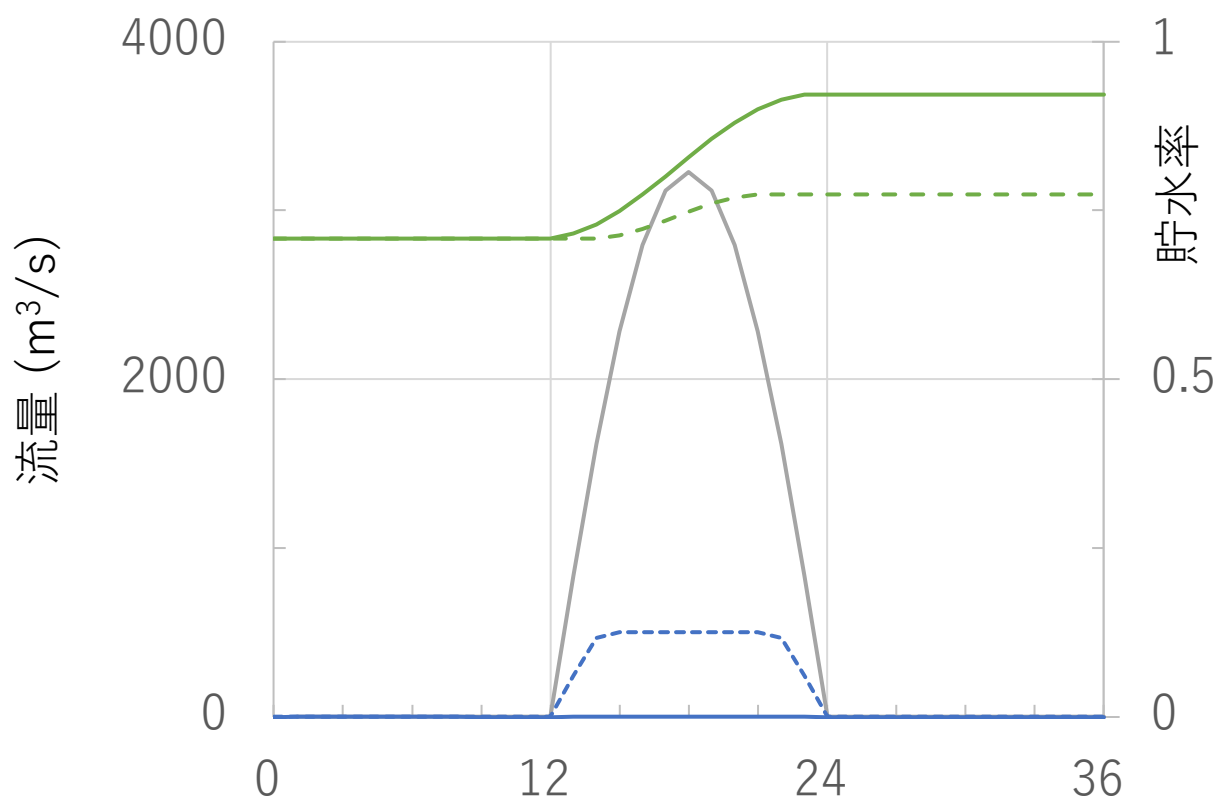


	Aダム	Bダム	Cダム	Dダム	Eダム
有効貯水容 (10 ⁶ m ³)	36	20	14	90	120
洪水調整容量10 ⁶ m ³)	21	9	14	65	35
流域面積 (km ²)	401	110	608	711	323

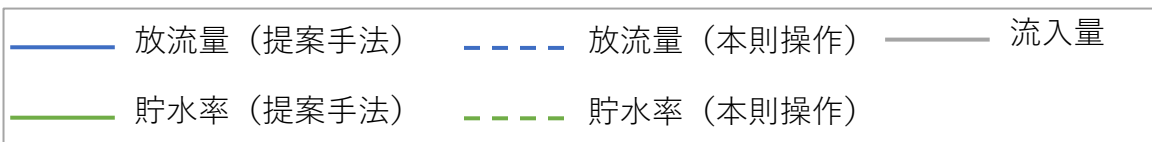
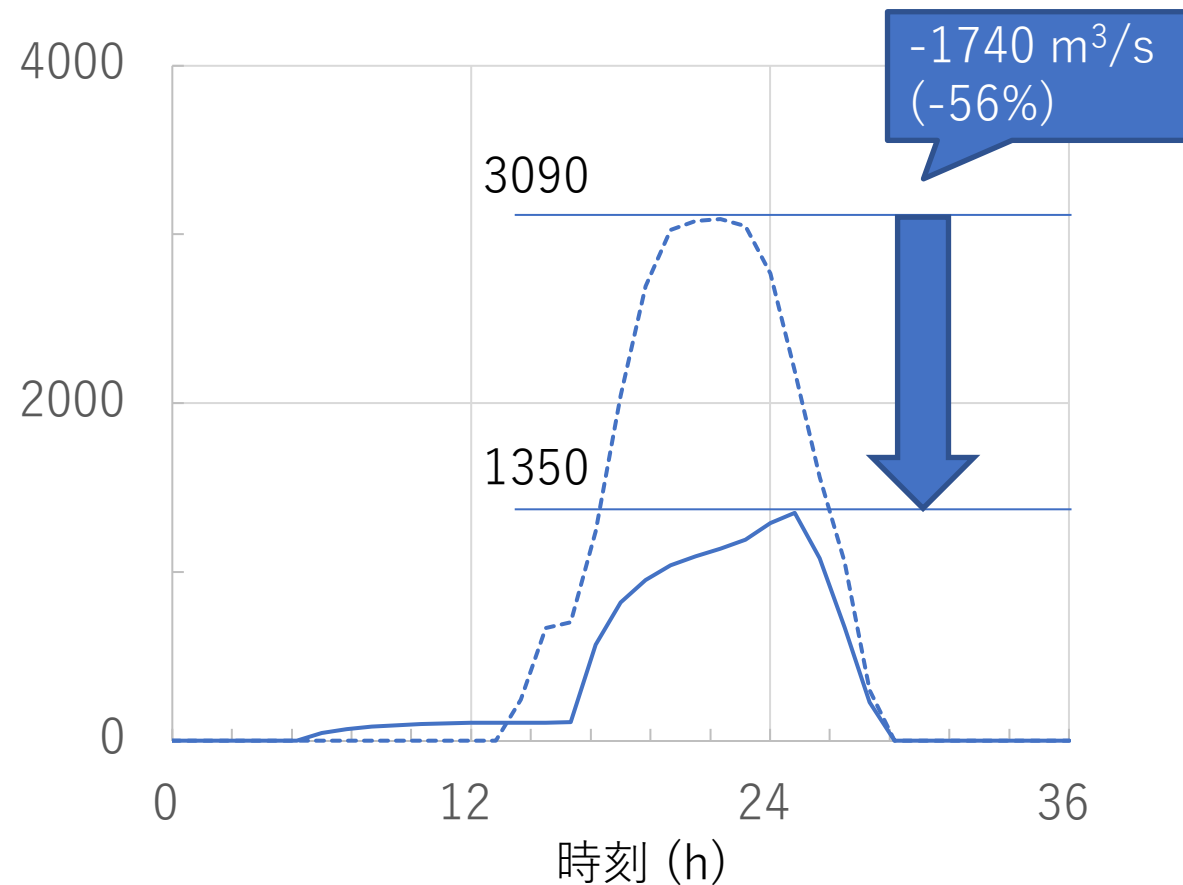
“最適化”結果 (L1未満)

想定降雨: 200 mm/72時間, 流域の流出率: 0.4, 降雨波形: 正弦波

Eダム 放流量・貯水量



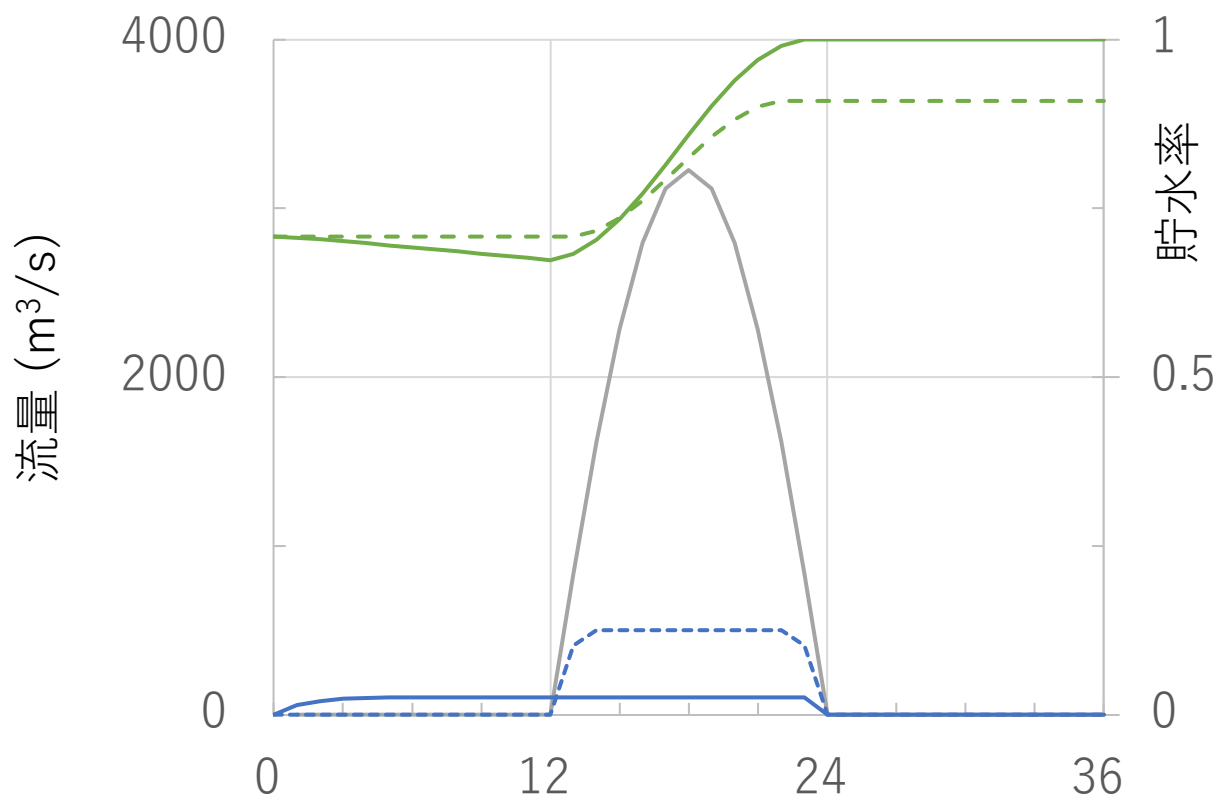
基準点 河川流量



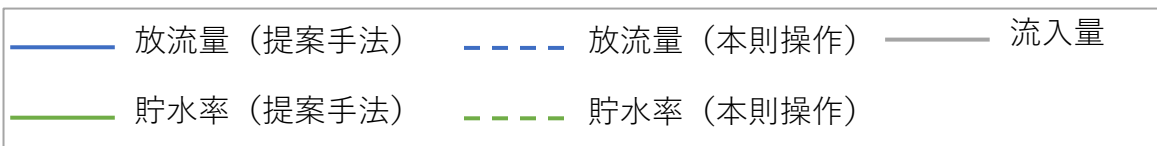
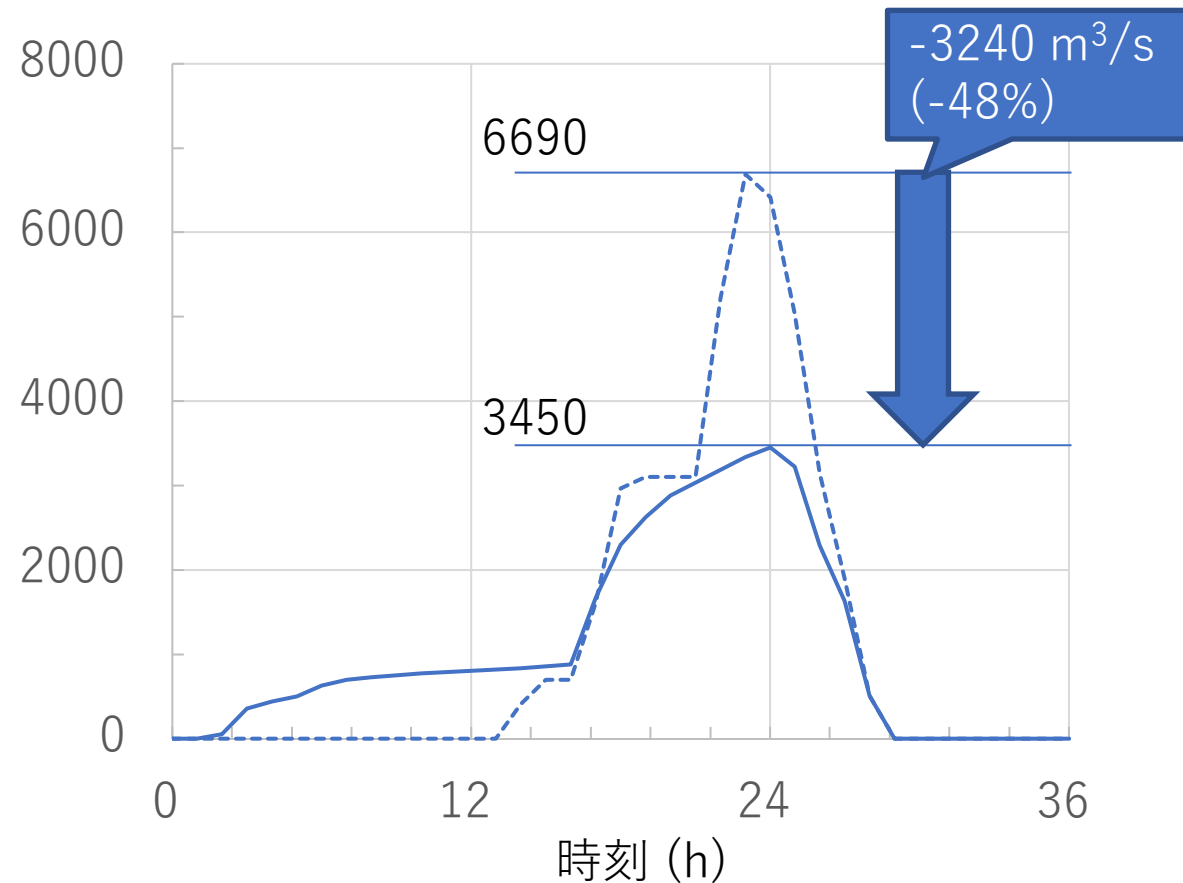
“最適化”結果 (L1規模)

想定降雨: 336 mm/72時間, 流域の流出率: 0.4, 降雨波形: 正弦波

Eダム 放流量・貯水量



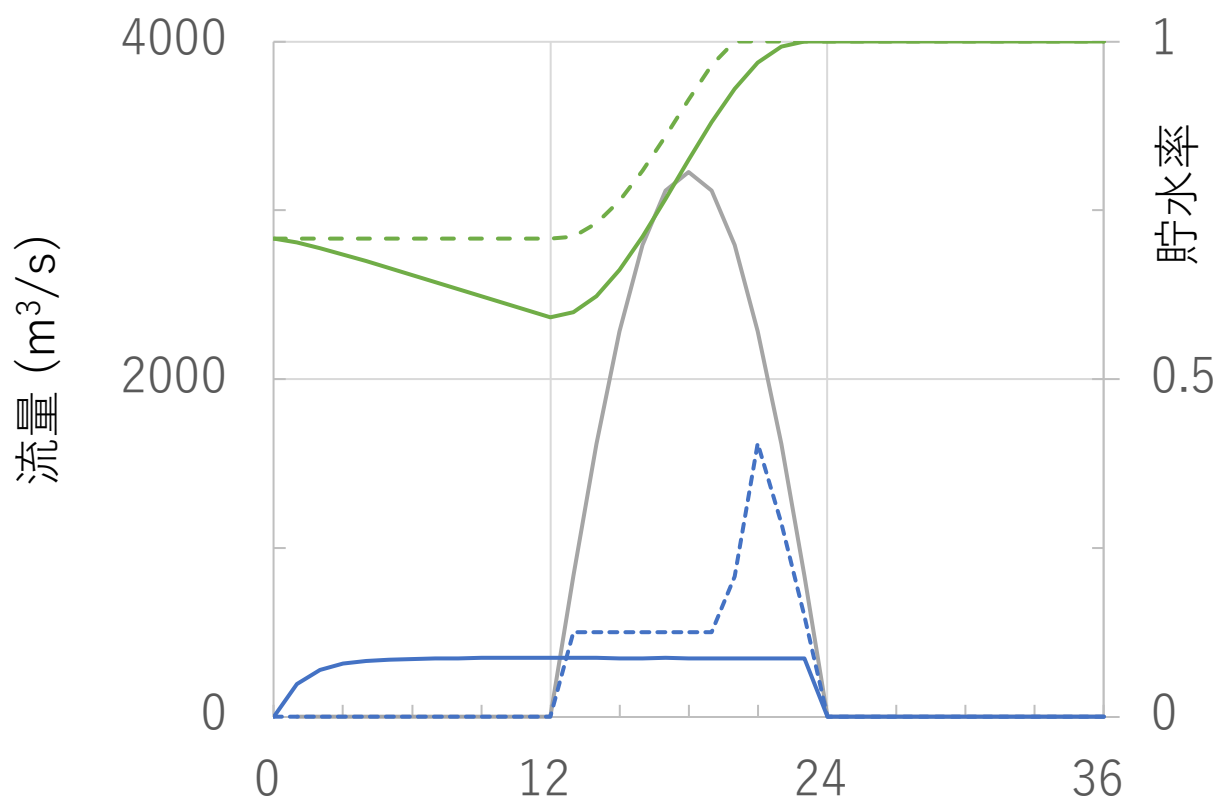
基準点 河川流量



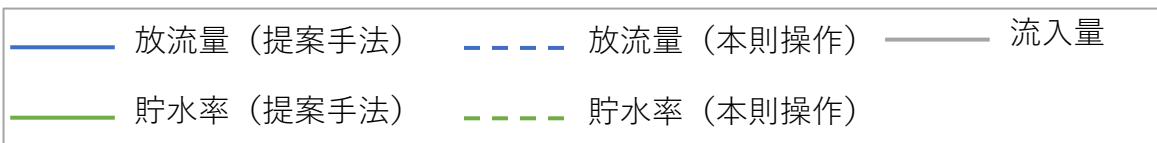
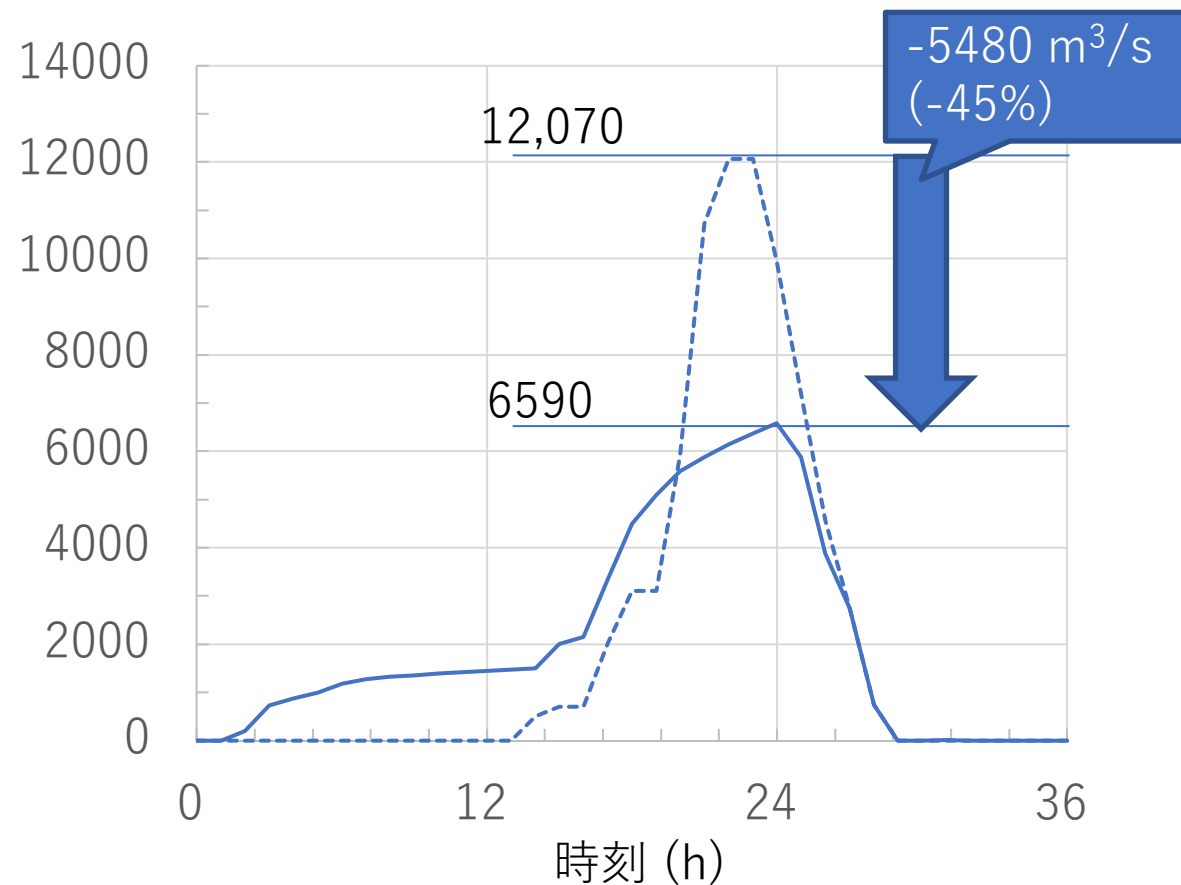
“最適化”結果 (L2規模)

想定降雨: 491 mm/72時間, 流域の流出率: 0.4, 降雨波形: 正弦波

Eダム 放流量・貯水量



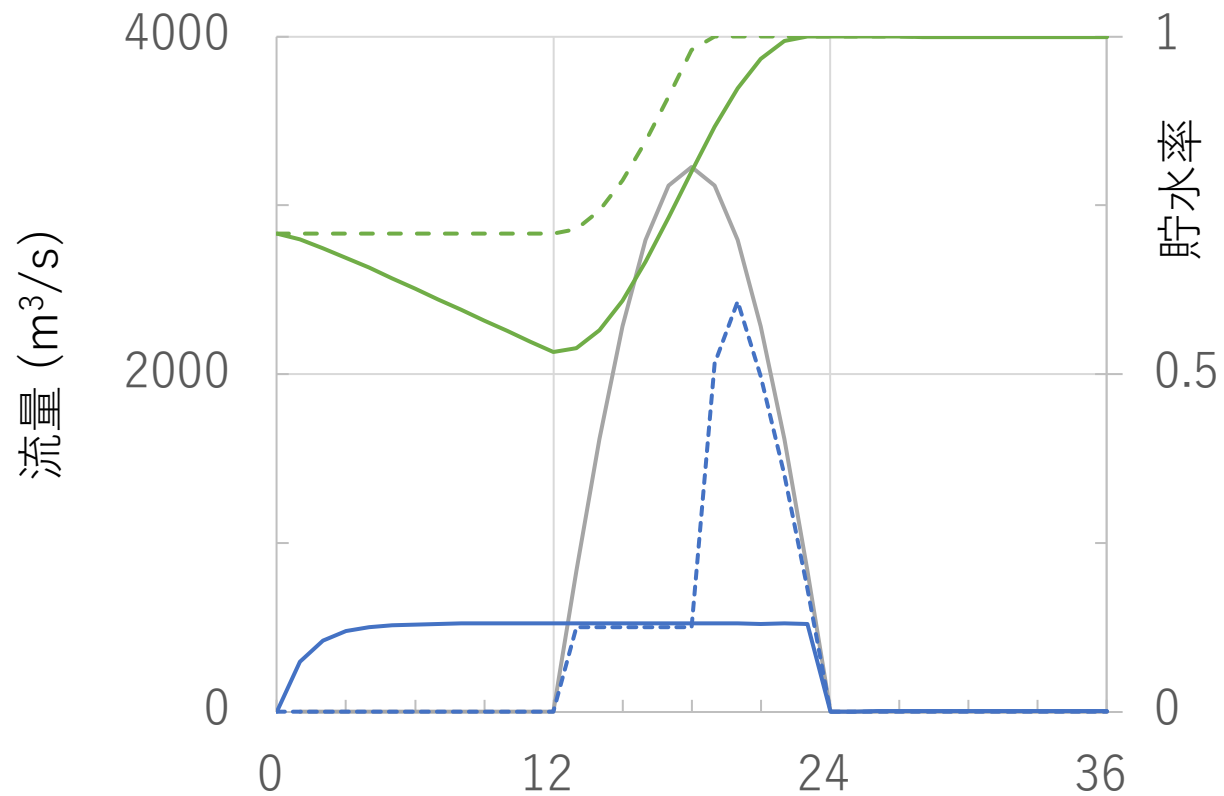
基準点 河川流量



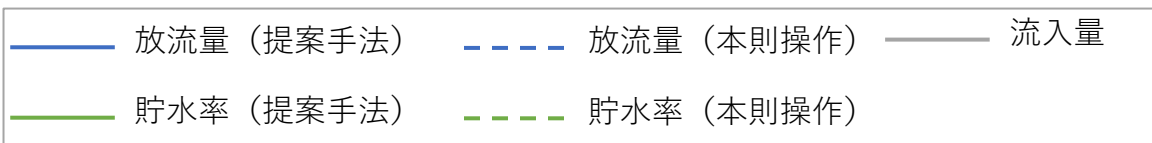
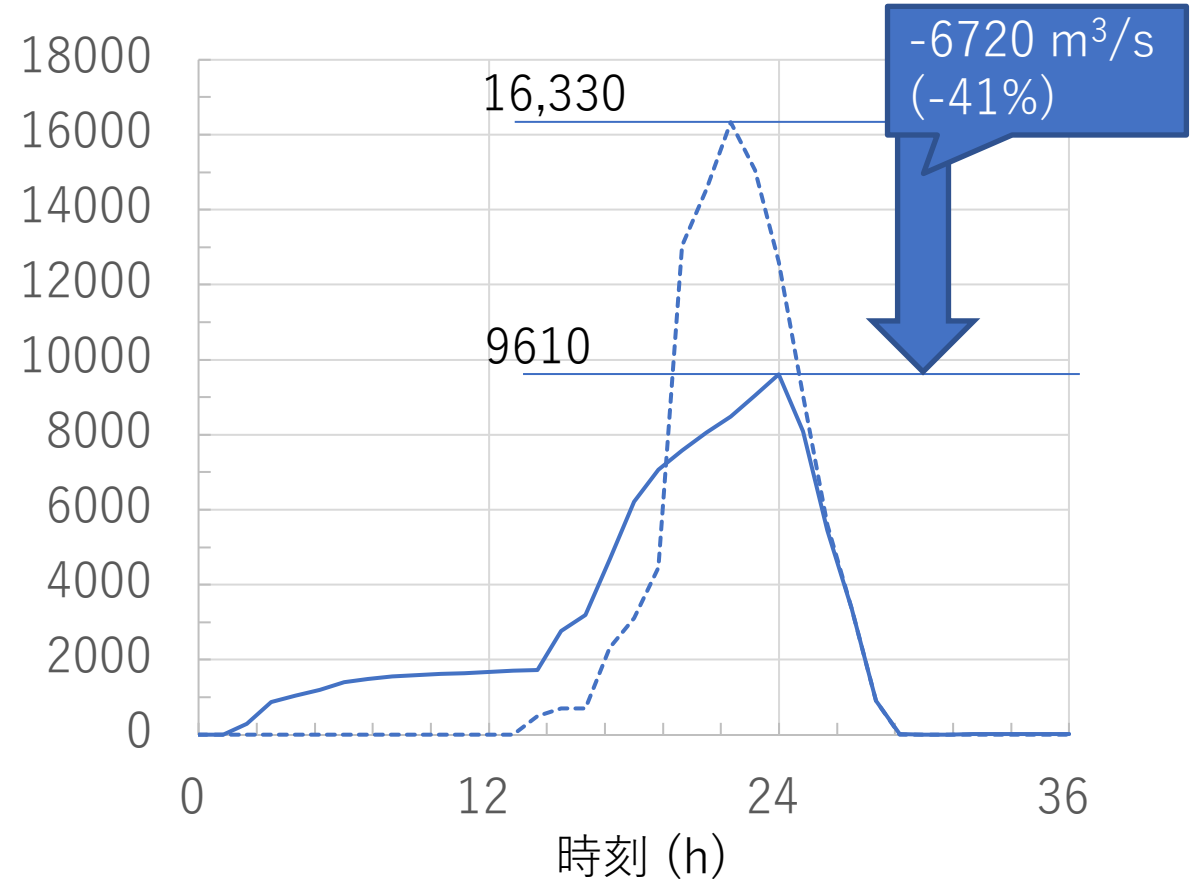
“最適化”結果 (超L2規模)

想定降雨: 600 mm/72時間, 流域の流出率: 0.4, 降雨波形: 正弦波

Eダム 放流量・貯水量



基準点 河川流量



ダム放流計画案作成の使い方

- 課題
 - － 降雨予測に誤差がある
 - － 操作規則に従う必要がある
- 案1: 使用シーンを限定する
 - － 洪水調節には使わない
 - － 事前放流、後期放流、発電量最大化に使う
- 案2: ルール策定に使う
 - － 様々な降雨パターンに対応しやすい操作ルールを作る

1. ダム分野のAIのあり方
2. ダム流入量予測
3. ダム放流計画の策定
4. DioVISTA Dams
フリー版デモ
5. まとめ

- DioVISTA/Dams
フリー版をリリース
 - 2023年8月～
 - 無償で使用可能
 - ユーザ登録などの手続きは不要
 - 3ケースについて、ダム放流量の最適化を体験できる
 - より高機能な製品版
 - 月額 20万円で提供

ダウンロードサイト

☰ DioVISTA Dams Online Help 🔍

ダウンロード

DioVISTA/Dams Free Edition

[無料ダウンロード ↓](#)

- 動作環境: Windows 10, Windows 11
- [チュートリアル](#)

このソフトウェアについて

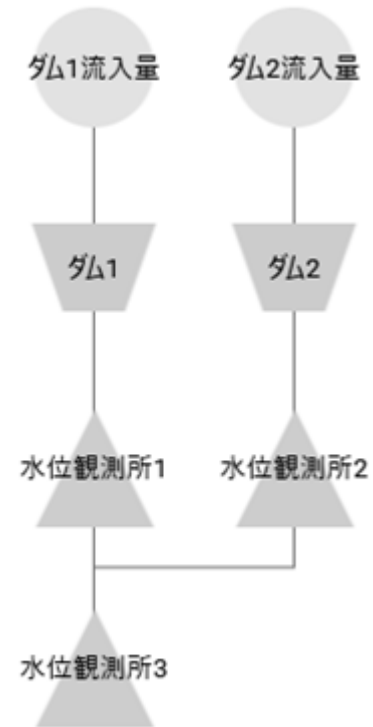
- このソフトウェアはDioVISTA/Damsの試用版です。無料で提供します。
- ダウンロードしてインストールすれば、すぐにご試用いただけます。ユーザ登録などの手続きは不要です。
- インストールおよび使用にあたっては、[使用許諾契約](#)をご参照ください。

体験版デモ: ケース1

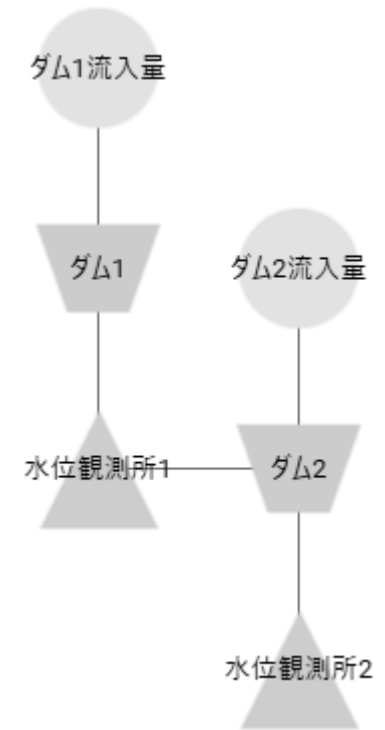
ケース1: 単ダム



ケース2: 並列2ダム



ケース3: 直列2ダム

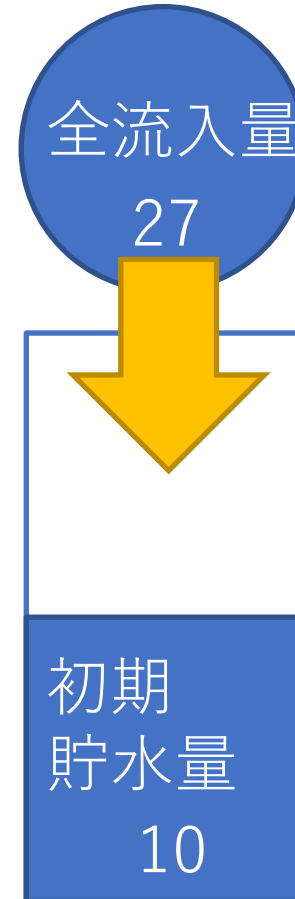


ケース1の設定

目標: 水位観測所1の流量の最小化



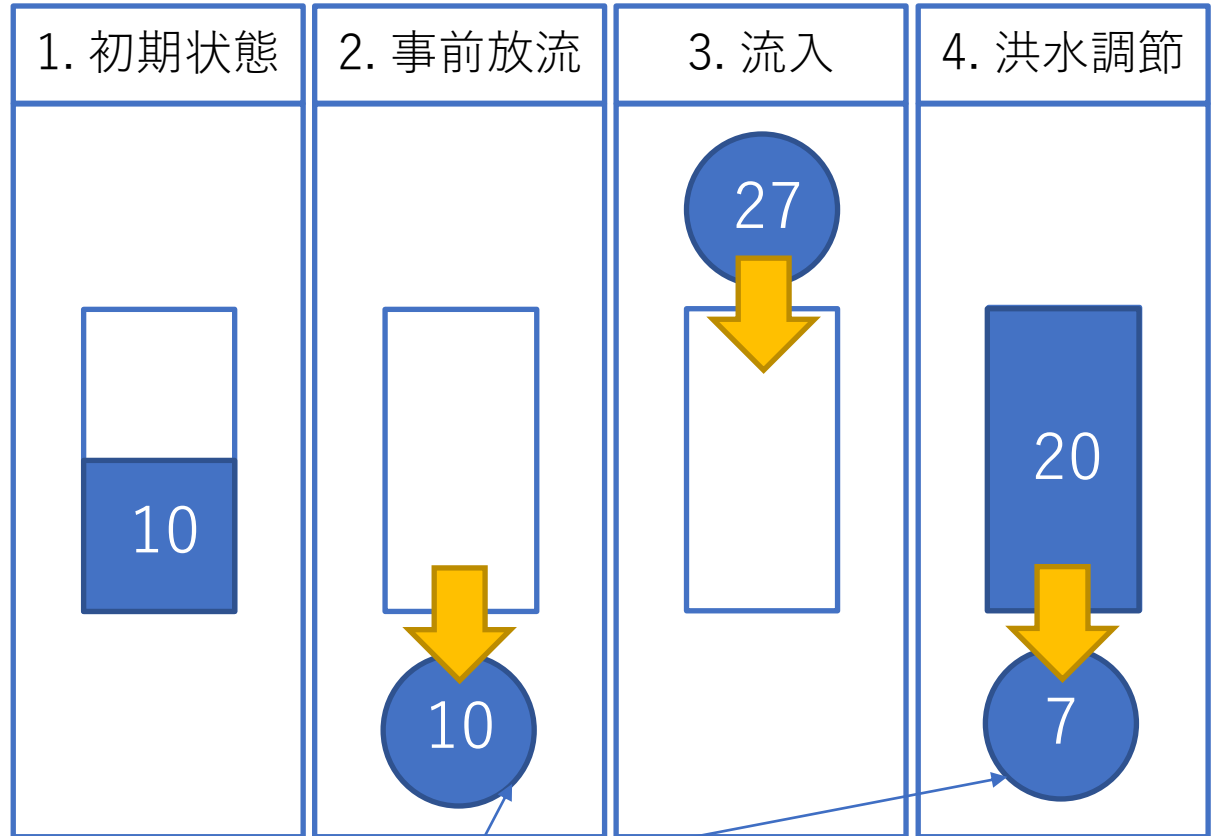
ダム容量
20



ダム容量	20	MCM
初期貯水量	10	MCM
全流入量	27	MCM

単位: MCM = 10^6 m^3

基本的な考え方



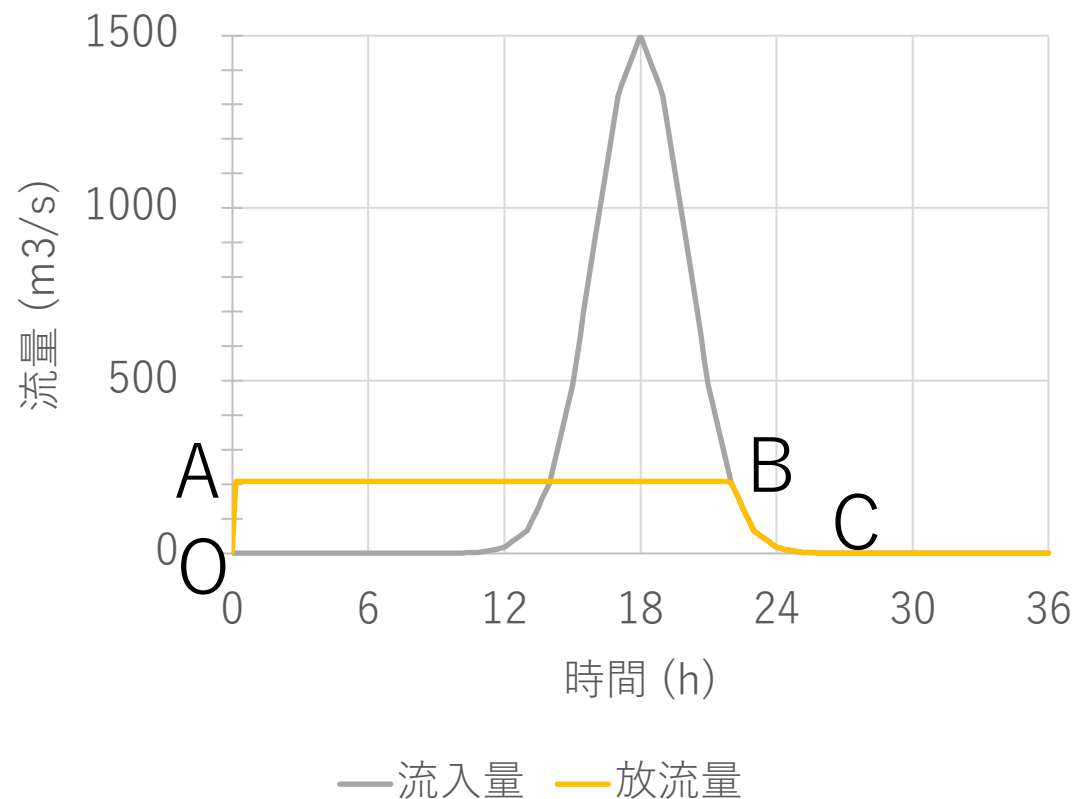
下流への放流
 $10 + 7 = 17$

単位: MCM = 10^6 m^3

1. 初期状態
 - ダムには水が 10貯まっている
2. 事前放流
 - 雨が降る前に下流に流す
= 10 を下流に流す
3. 流入
 - 雨が降る = 水が 27 入る
4. 洪水調節
 - ダムが満杯になるまで貯める
= ダムに 20 を貯める
 - 残りは下流に流す
= 7 を下流に流す

放流時系列の考え方

ダム1 の流入量・放流量



課題

- 時間ごとの操作の作成
 - 下流に流す量 (17 MCM) をどのように時間配分するか
 - 右の図OABCの面積が17になるように決める
- 約 210 m³/s

ABの間=22時間

$$22\text{時間} \times 3600\text{ s} \times 210\text{ m}^3/\text{s} = 17 \times 10^6\text{ m}^3$$

プロジェクトファイルを開く

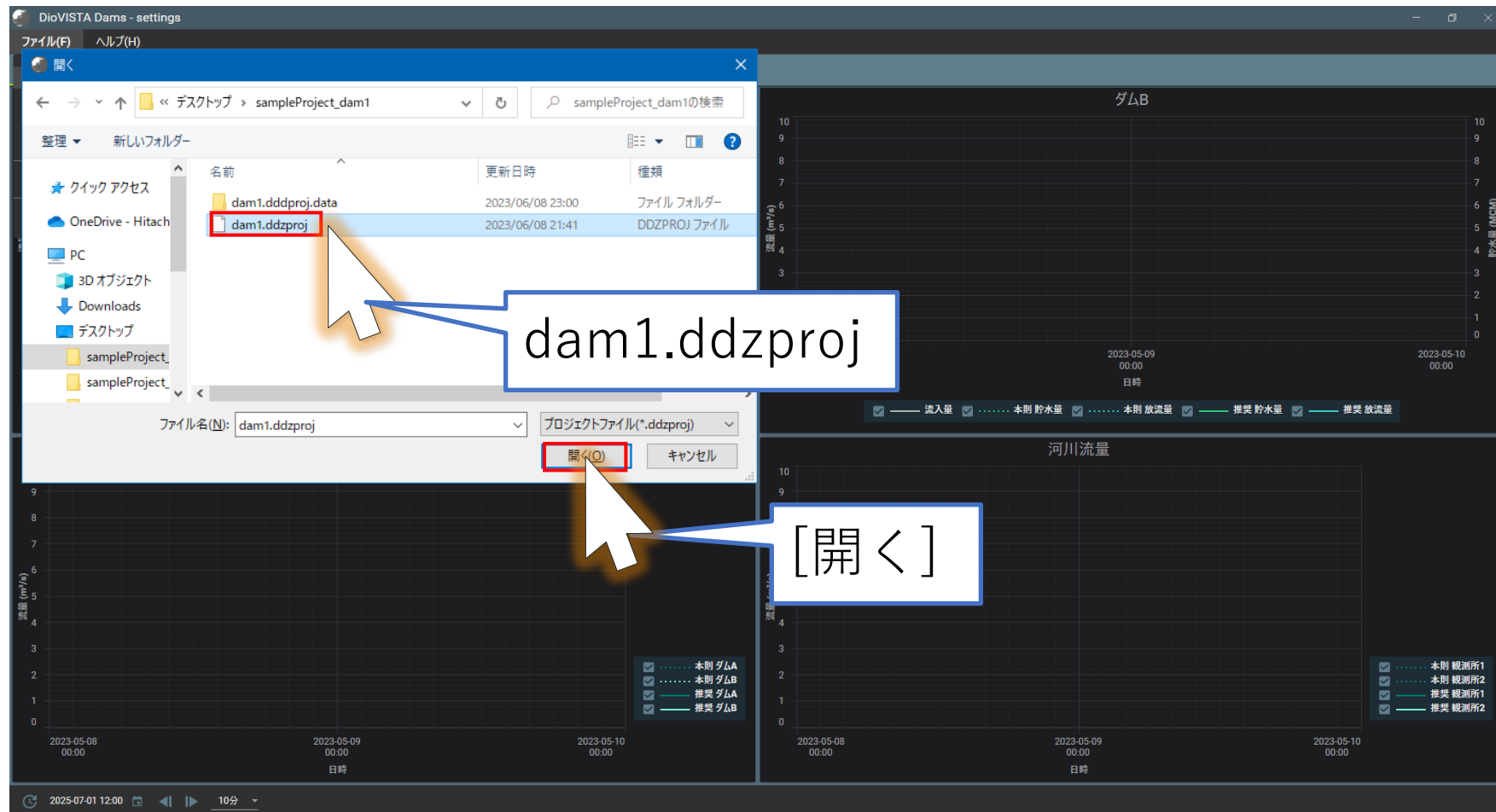
The screenshot shows the DioVISTA Dams - settings application window. The 'ファイル(F)' menu is open, and the 'プロジェクトを開く(O)...' option is highlighted with a red box. A white mouse cursor points to this option. A blue callout box with white text is overlaid on the menu, containing the following instructions:

メニュー >
[ファイル] >
[プロジェクトを開く]

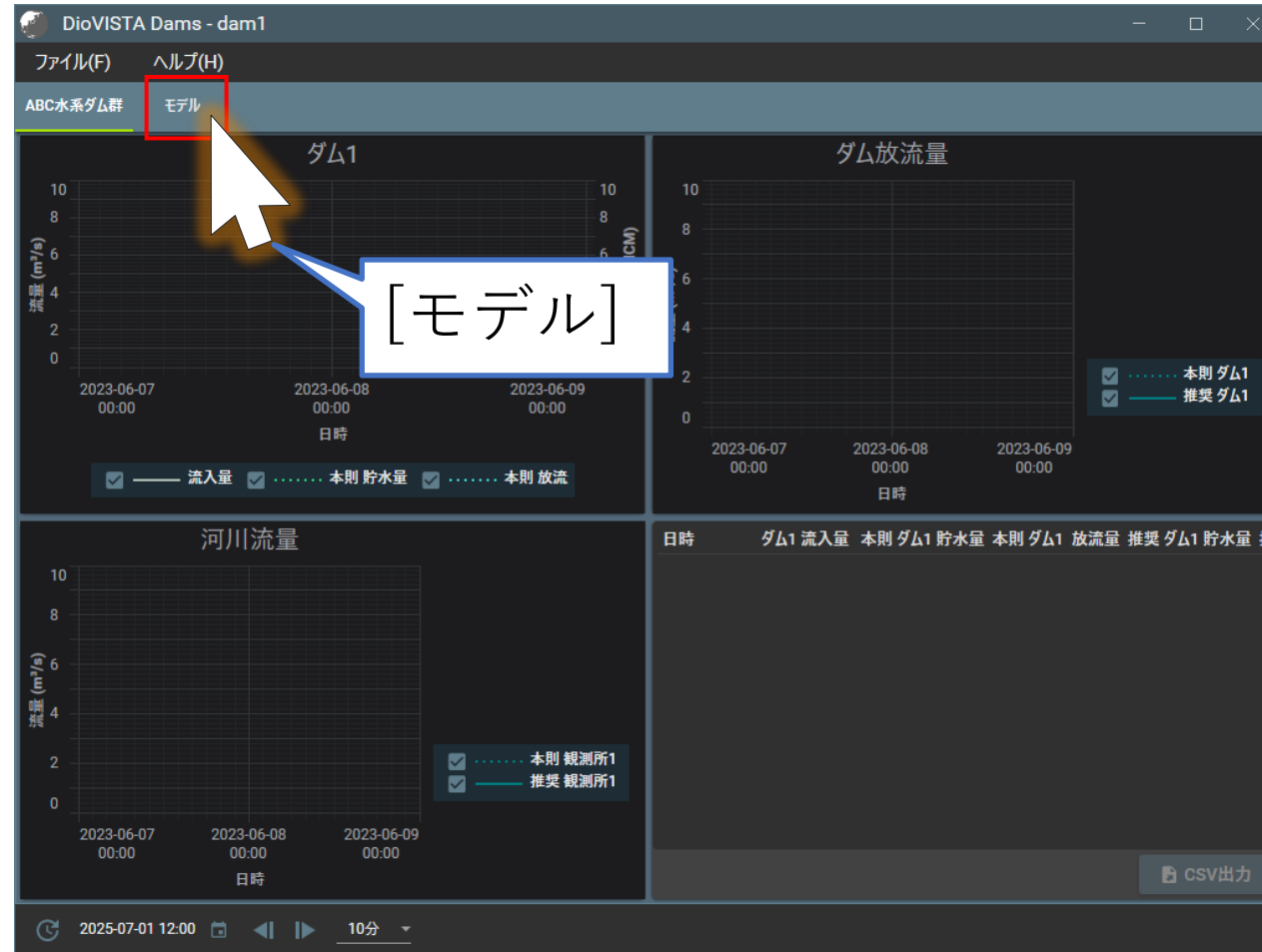
The background of the software interface displays four graphs: 'ダムA' and 'ダムB' (top row) showing '貯水量 (MCM)' (Storage Volume) over time, and 'ダム放流量' and '河川流量' (bottom row) showing '流量 (m³/s)' (Flow Rate) over time. The bottom status bar shows the date and time as '2025-07-01 12:00' and a duration of '10分'.

ファイルを選択する

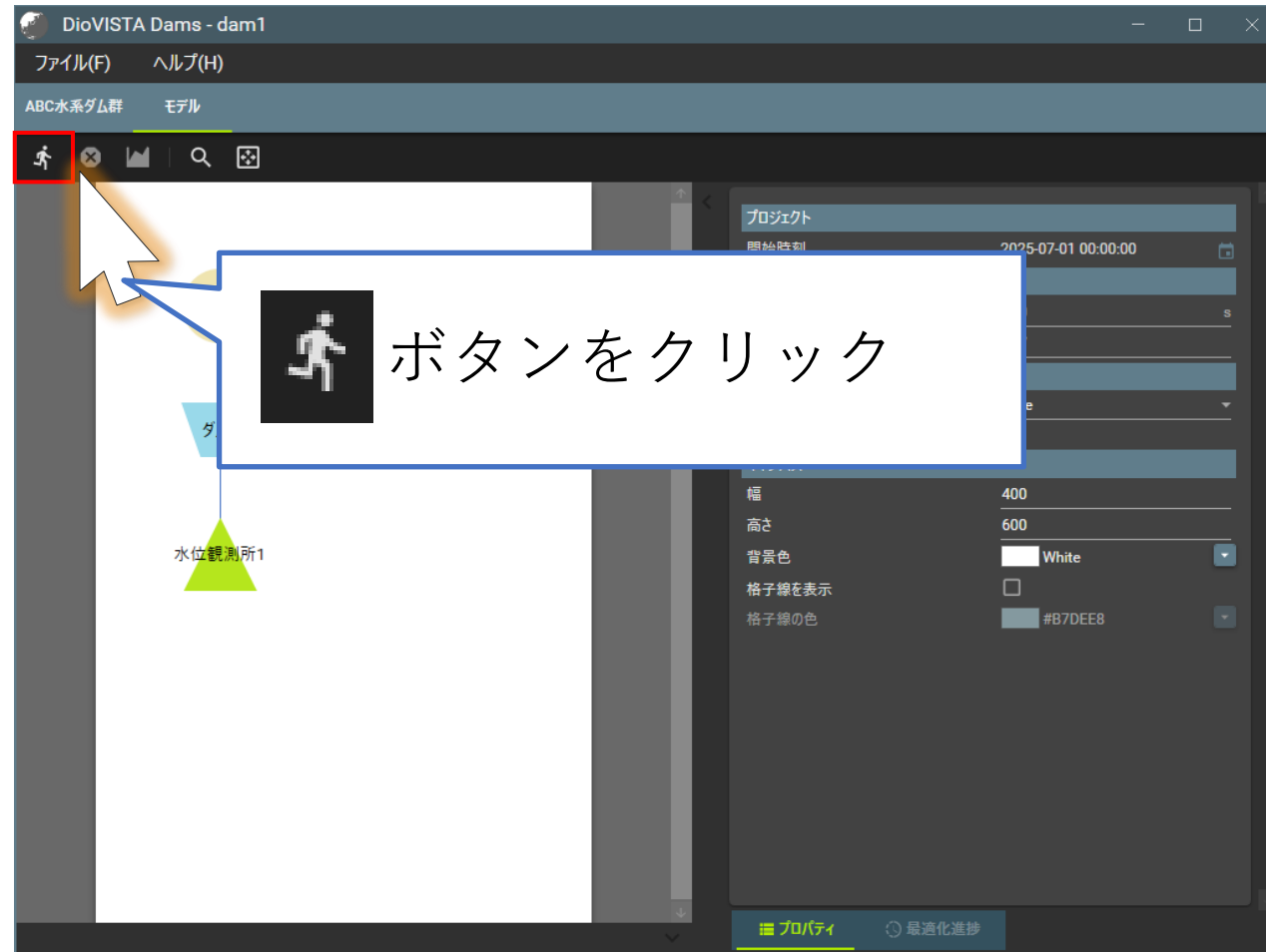
あらかじめ、ダウンロードした sampleProject_dam1.zip をデスクトップに展開しておきます。



モデルの選択



計算開始



ケース名をつける

最適化計算

メインフォルダ: F:\Users\sy\work\DamDashboard\Scripts 37 / 260

プロジェクト名: dam1

ケース名: base 4 / 128

OK Cancel

base と入力
(任意の文字列でも可)

[OK]

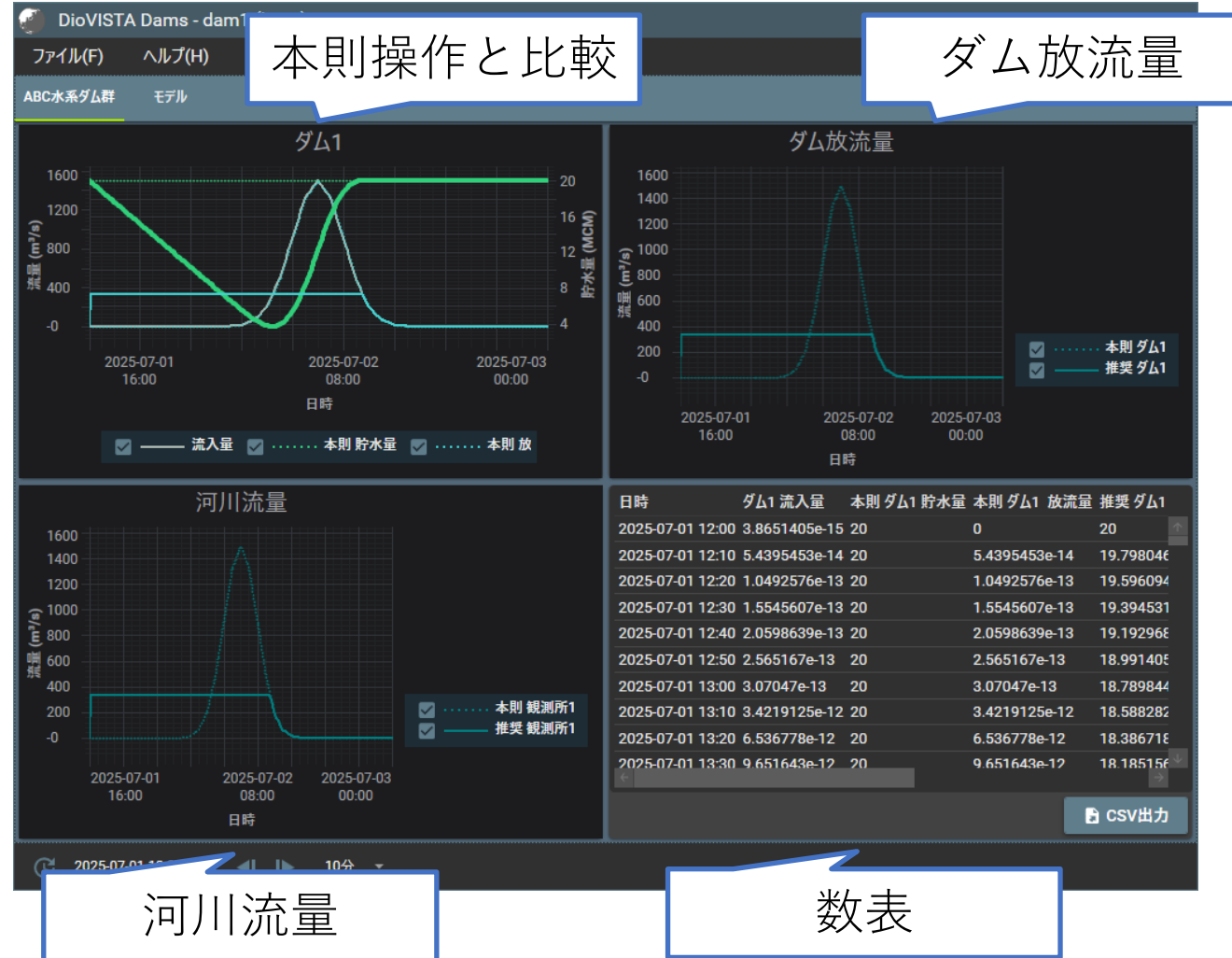
結果の表示

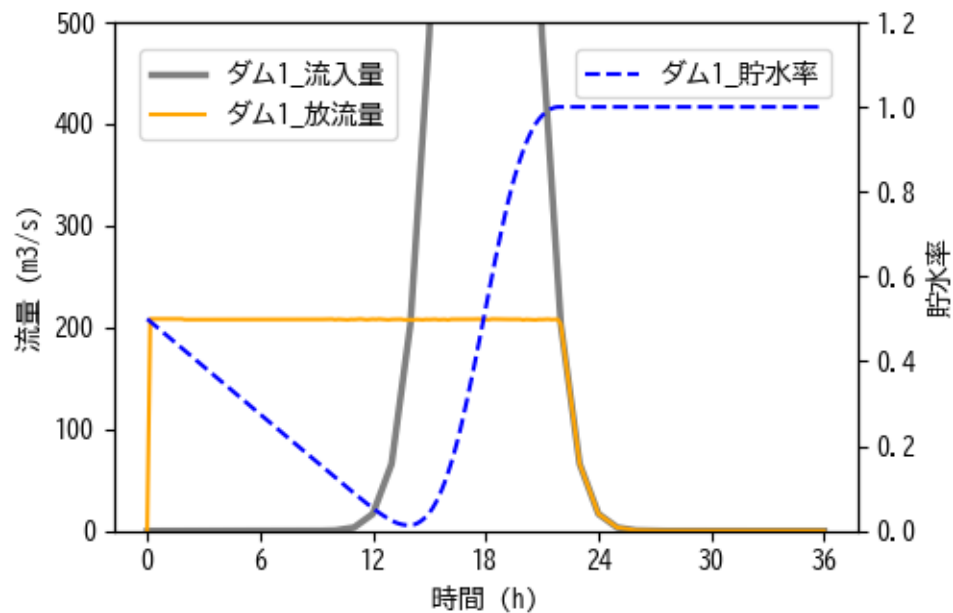
The screenshot shows the DioVISTA Dams - dam1 (base) application window. The interface includes a menu bar (ファイル(F), ヘルプ(H)), a toolbar with a red box around the 'Run' button, and a main workspace. The workspace displays a dam model with 'ダム1' and 'ダム1流入量' components. A callout box points to the 'Run' button with the text 'ボタンをクリック'. Below the model, a console window shows execution logs for 'ddd' loops. A red box highlights the message 'Process terminated with exit code 0' in the console. To the right, there are two graphs: 'Reservoir' showing a peak in 2025-07-03 and 'Discharge (m³/s)' showing a step function. A third graph at the bottom is titled 'Executing ddd 10/10...'.

ボタンをクリック

完了すると
Process terminated with exit code 0
と表示される

結果の表示





• DioVISTA が出した解

- 初期にダムの貯まっていた水は、すべて放流
- 最終段階で、ダムは満杯になった
- ダムのピーク流入量は $1500 \text{ m}^3/\text{s}$
- ダムのピーク放流量は $208 \text{ m}^3/\text{s}$
 - P. 54 の概算とおおむね一致

ここでは説明を簡単にするため次の要素は省いた

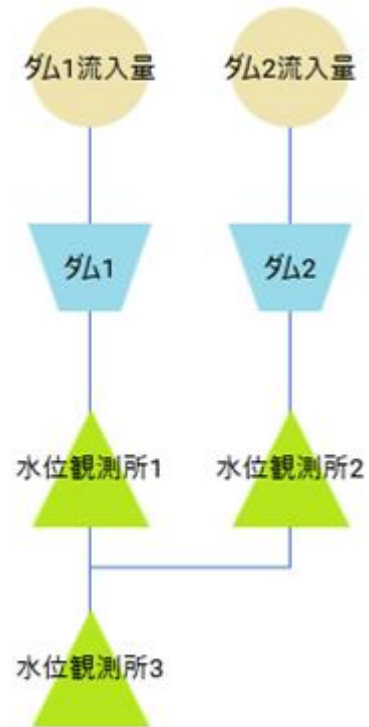
- 遅れ時間（ダム放流量が下流の水位計に到達する時間遅れ）
- 放流の原則の順守（放流量を増加させる場合の増加量の上限值）

体験版デモ: ケース2

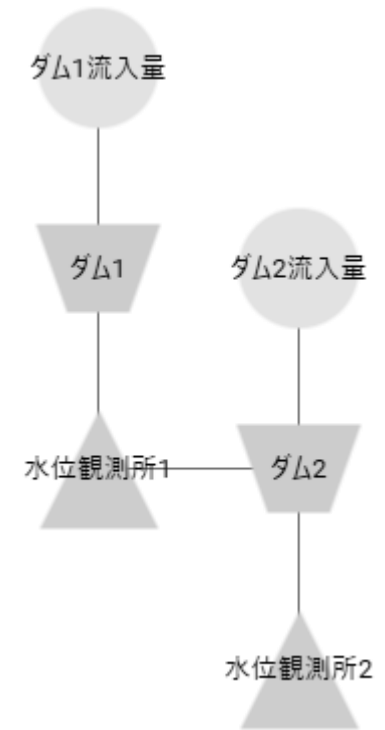
ケース1: 単ダム



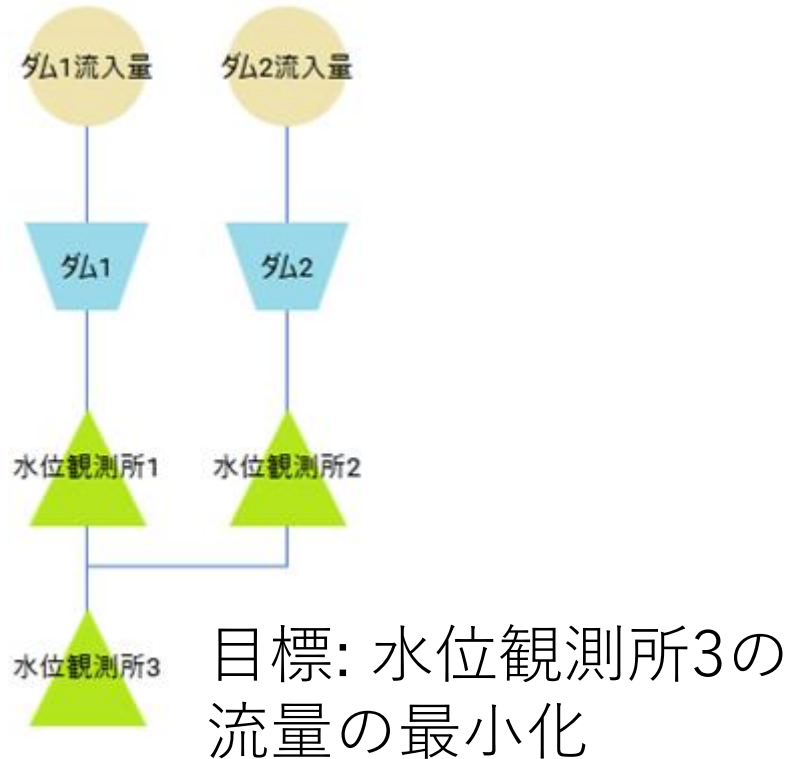
ケース2: 並列2ダム



ケース3: 直列2ダム



ケース2の設定



ダム容量	10 x 2	MCM
初期貯水量	5 x 2	MCM
全流入量	13.5 x 2	MCM

単位: MCM = 10^6 m^3

- ダムが並列に2つ
 - ダム容量、初期貯水量、流入量について、2つのダムの合計は、ケース1と同じ
- 偏りの影響を検査
 - 初期貯水量の偏り
 - 流入量の偏り

ここでは説明を簡単にするため次の要素は省いた

- 遅れ時間（ダム放流量が下流の水位計に到達する時間遅れ）
- 放流の原則の順守（放流量を増加させる場合の増加量の上限値） 63

初期貯水量の偏り (条件)

- 初期貯水量の偏り

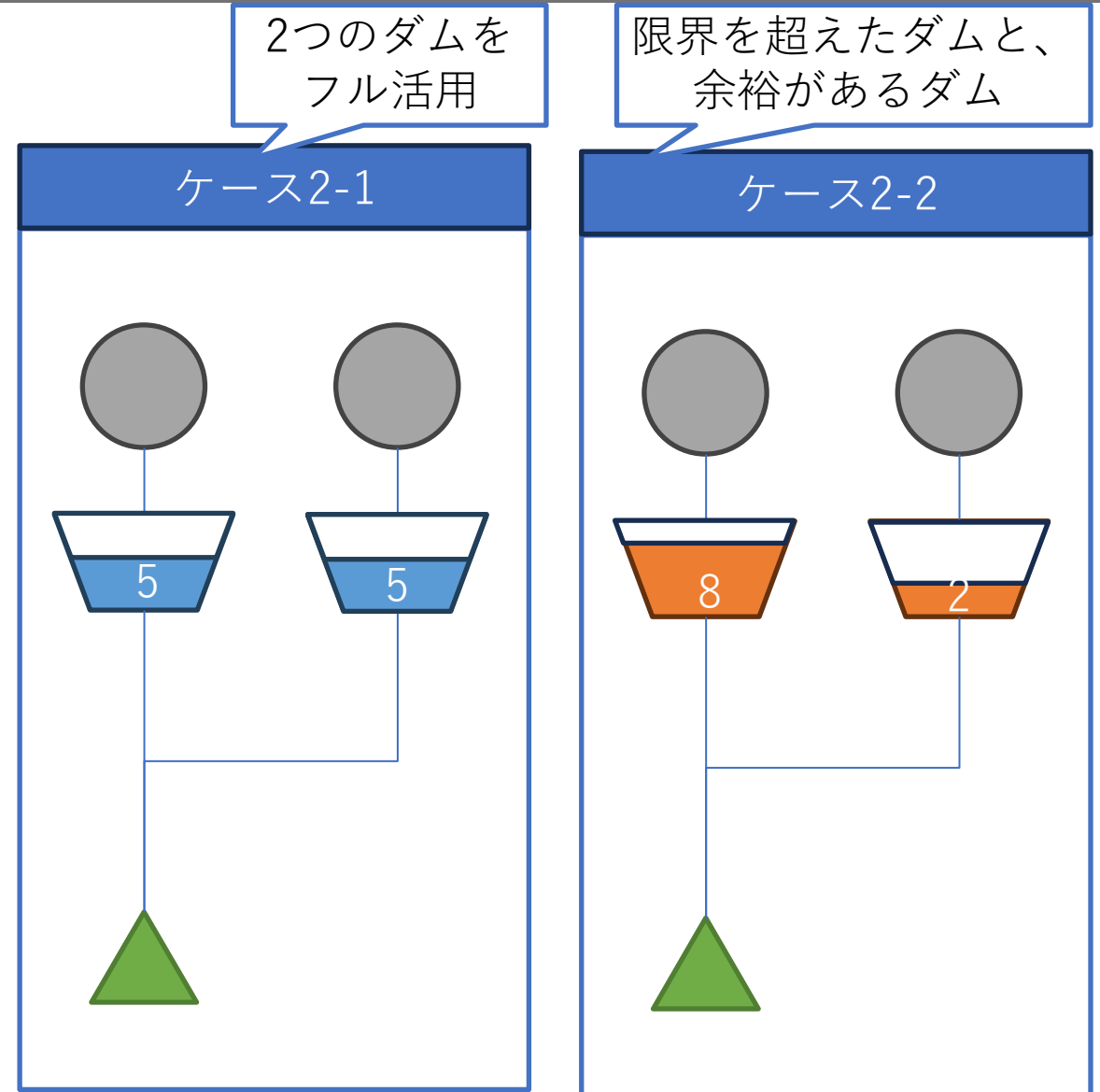
初期貯水量

	ダム1	ダム2
ケース2-1	5	5
ケース2-2	8	2
差	+3	-3

単位: MCM = 10^6 m^3

下流の河川流量は？

- ケース2-2のほうが多い
- どちらも同じ



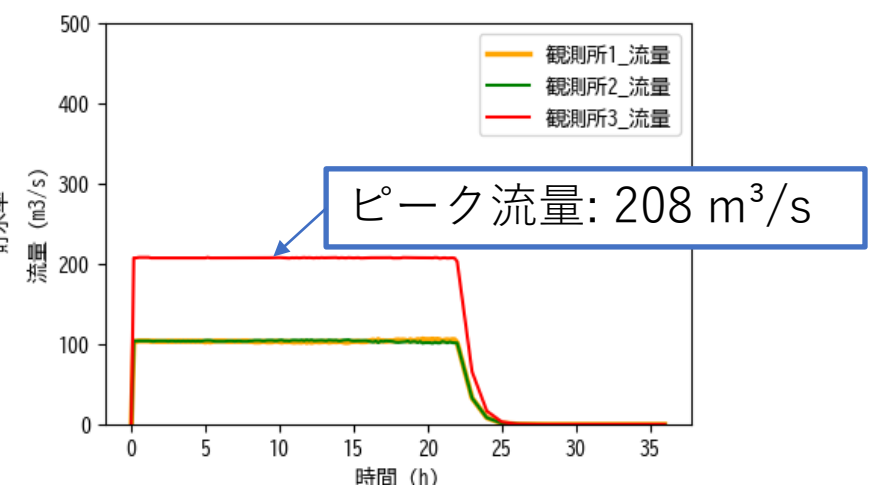
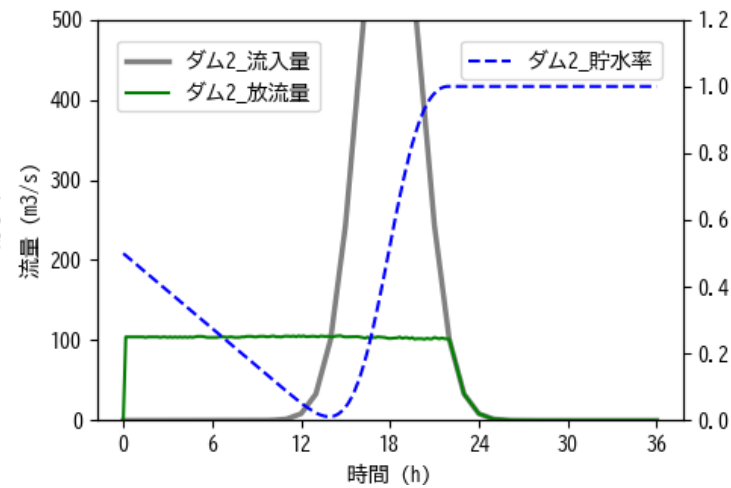
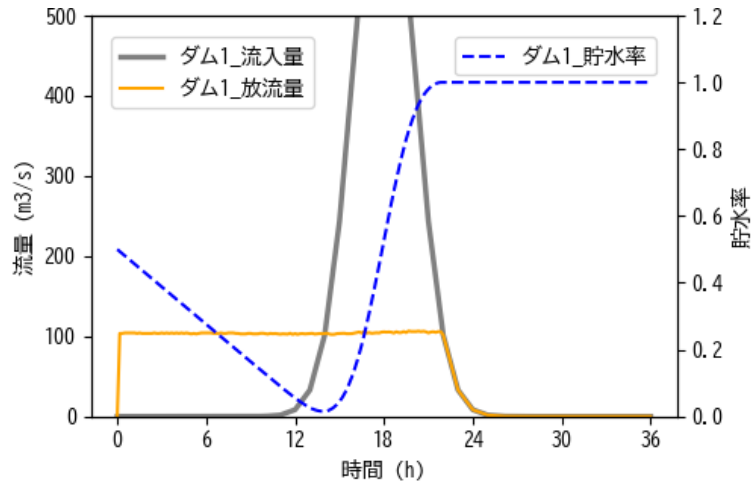
初期貯水量の偏り (結果)

ダム1

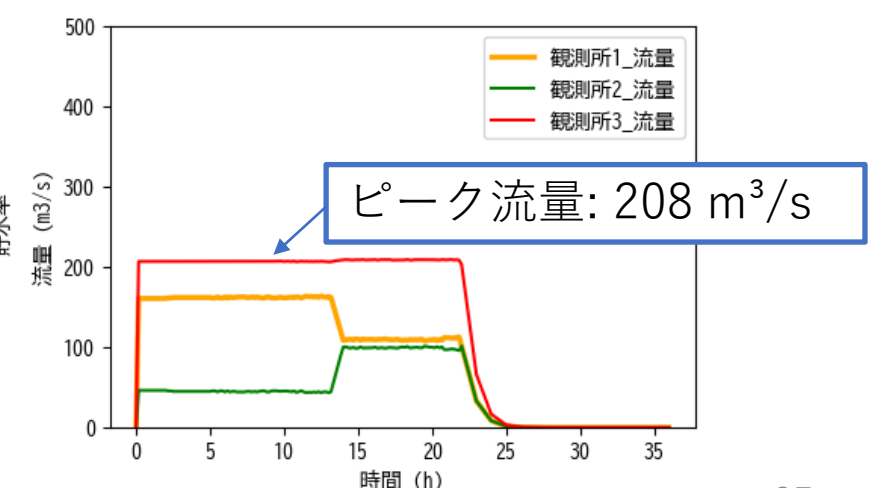
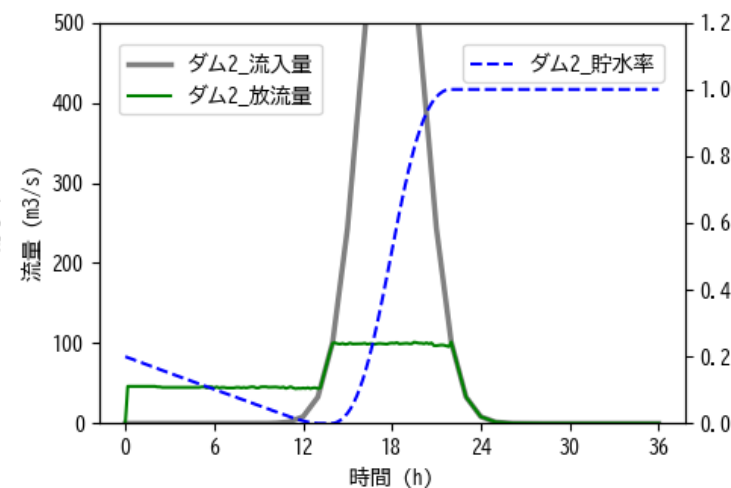
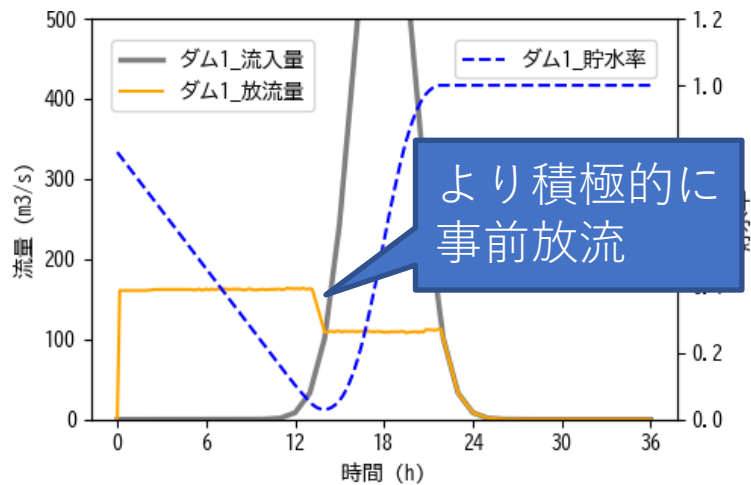
ダム2

河川流量

ケース2-1



ケース2-2



流入量の偏り (条件)

• 流入量の偏り

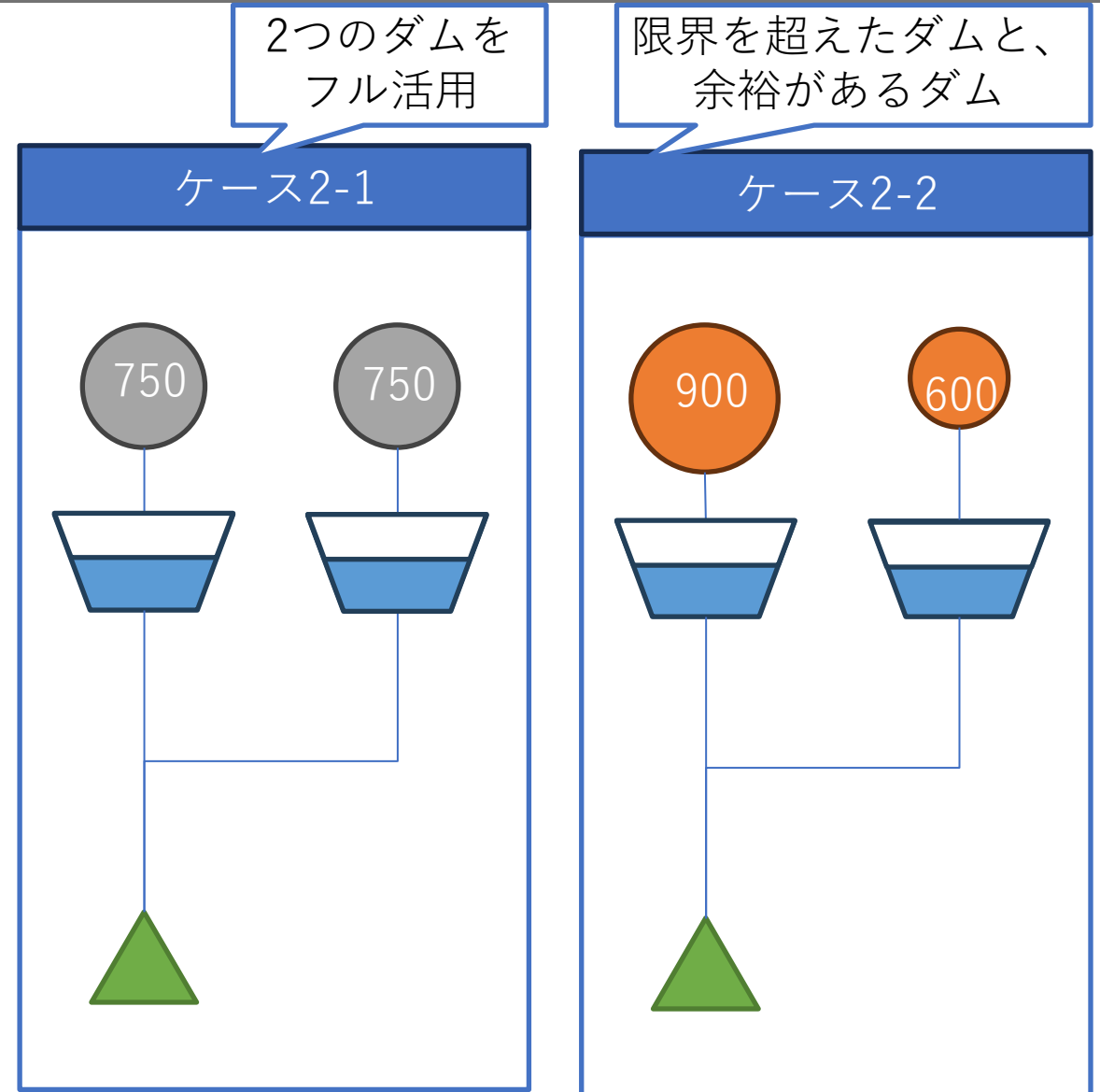
流入量

	ダム1	ダム2
ケース2-1	750	750
ケース2-3	900	600
差	+150	-150

単位: m³/s

下流の河川流量は？

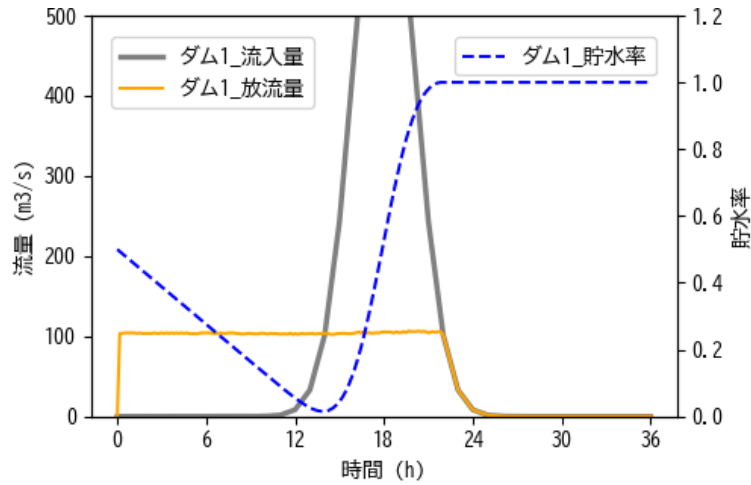
- ケース2-3のほうが多い
- どちらも同じ



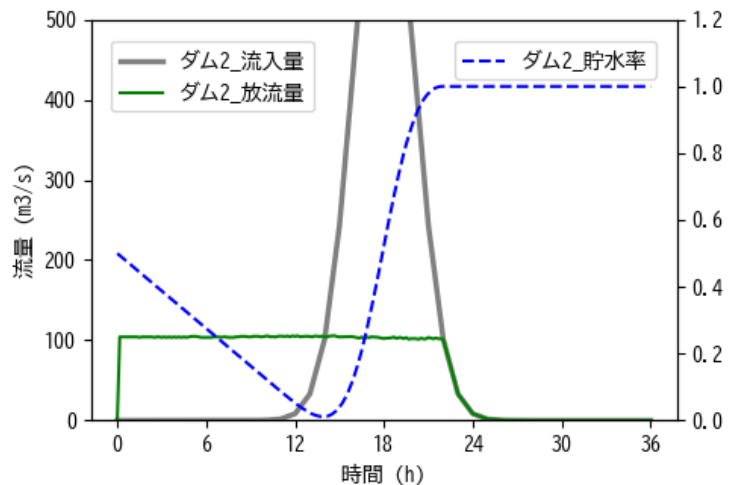
流入量の偏り (結果)

ケース2-1

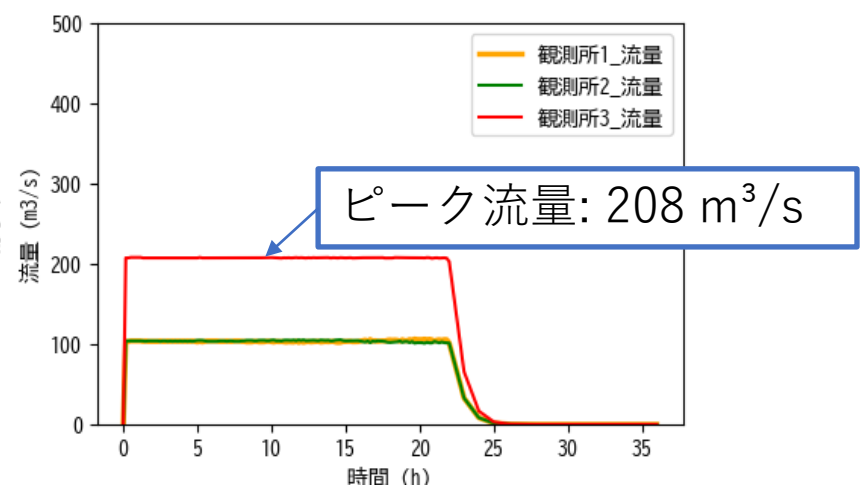
ダム1



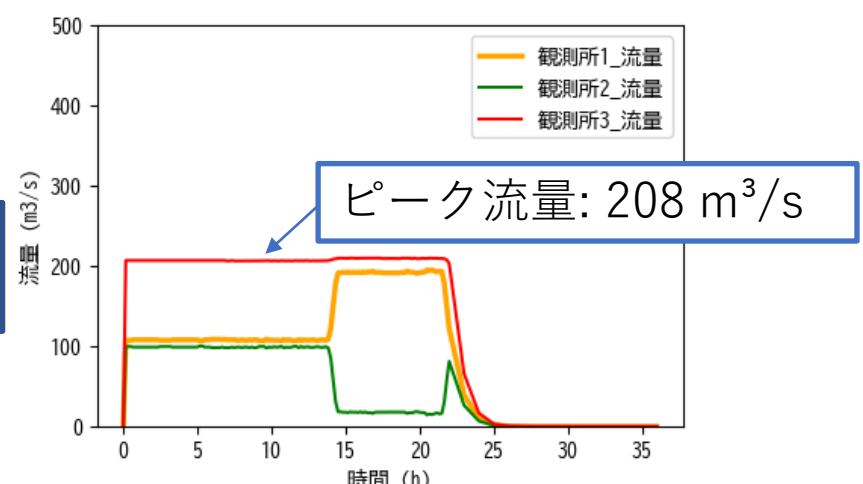
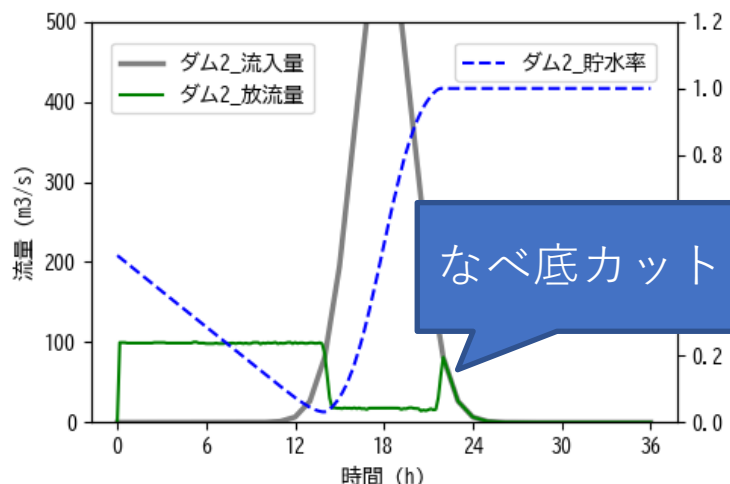
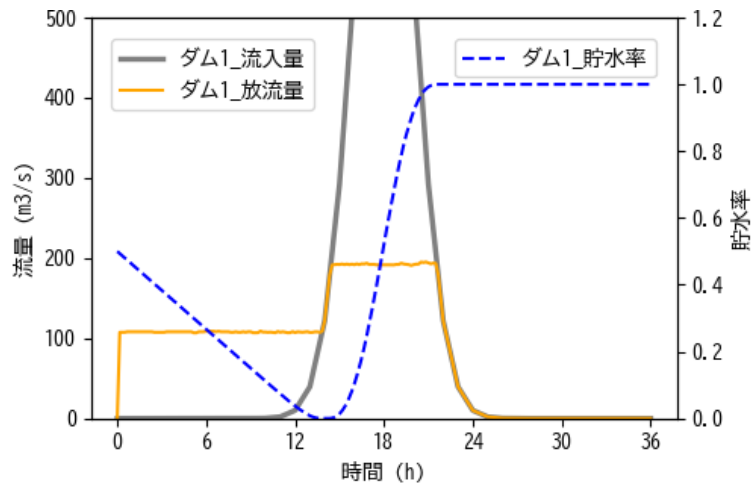
ダム2



河川流量

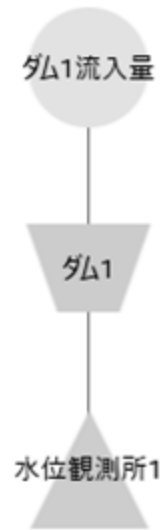


ケース2-3

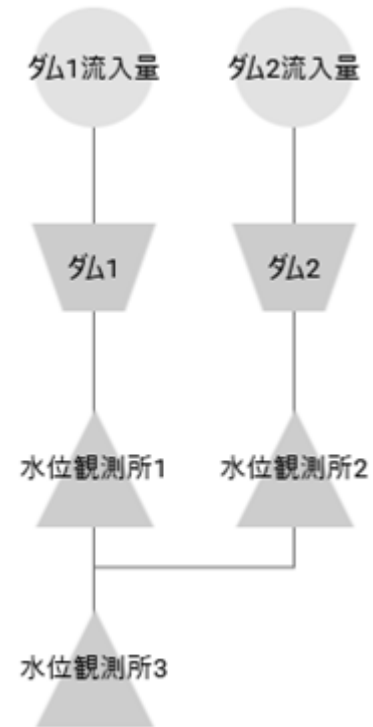


体験版デモ: ケース3

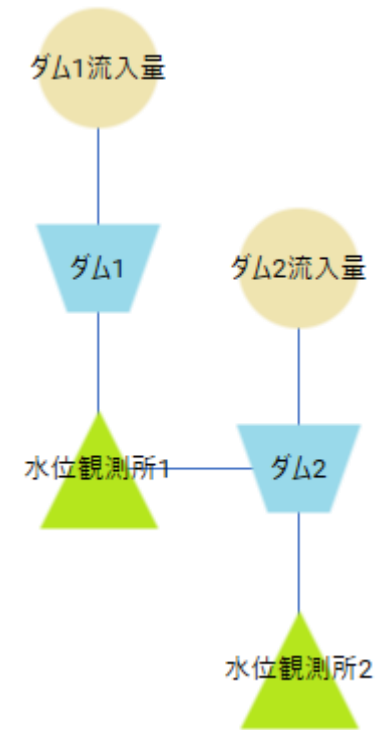
ケース1: 単ダム



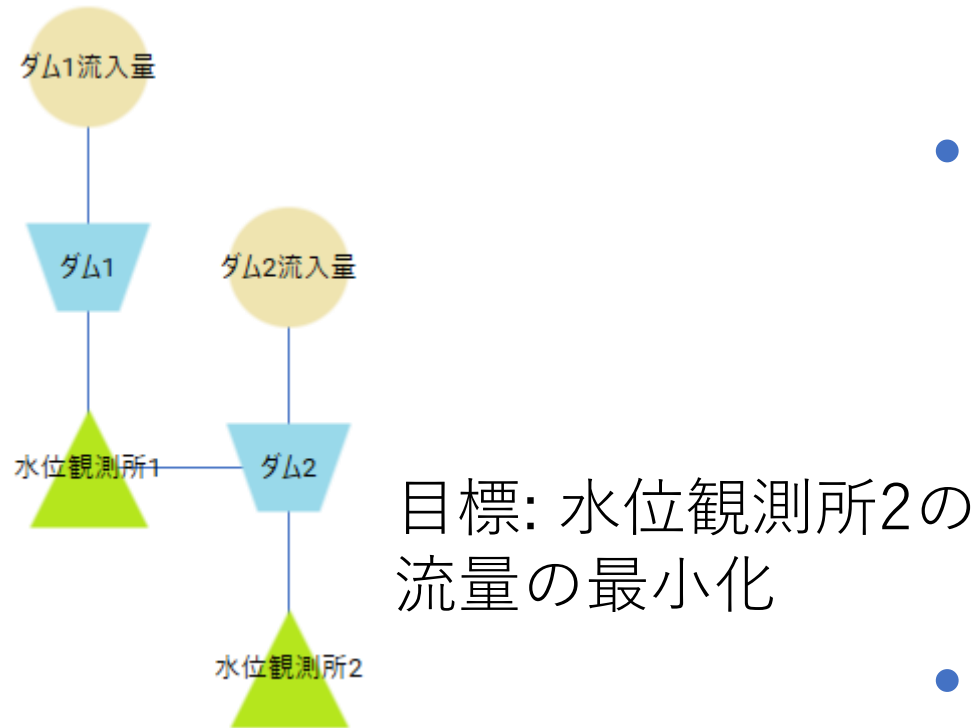
ケース2: 並列2ダム



ケース3: 直列2ダム



ケース2の設定



- ダムが直列に2つ
 - ダム容量、初期貯水量、流入量について、2つのダムの合計は、ケース1と同じ
- 偏りの影響を検査
 - 初期貯水量の偏り
 - 流入量の偏り

ダム容量	10 x 2	MCM
初期貯水量	5 x 2	MCM
全流入量	13.5 x 2	MCM

単位: MCM = 10^6 m^3

- ここでは説明を簡単にするため次の要素は省いた
- 遅れ時間（ダム放流量が下流の水位計に到達する時間遅れ）
 - 放流の原則の順守（放流量を増加させる場合の増加量の上限値） 69

初期貯水量の偏り (条件)

初期貯水量の偏り

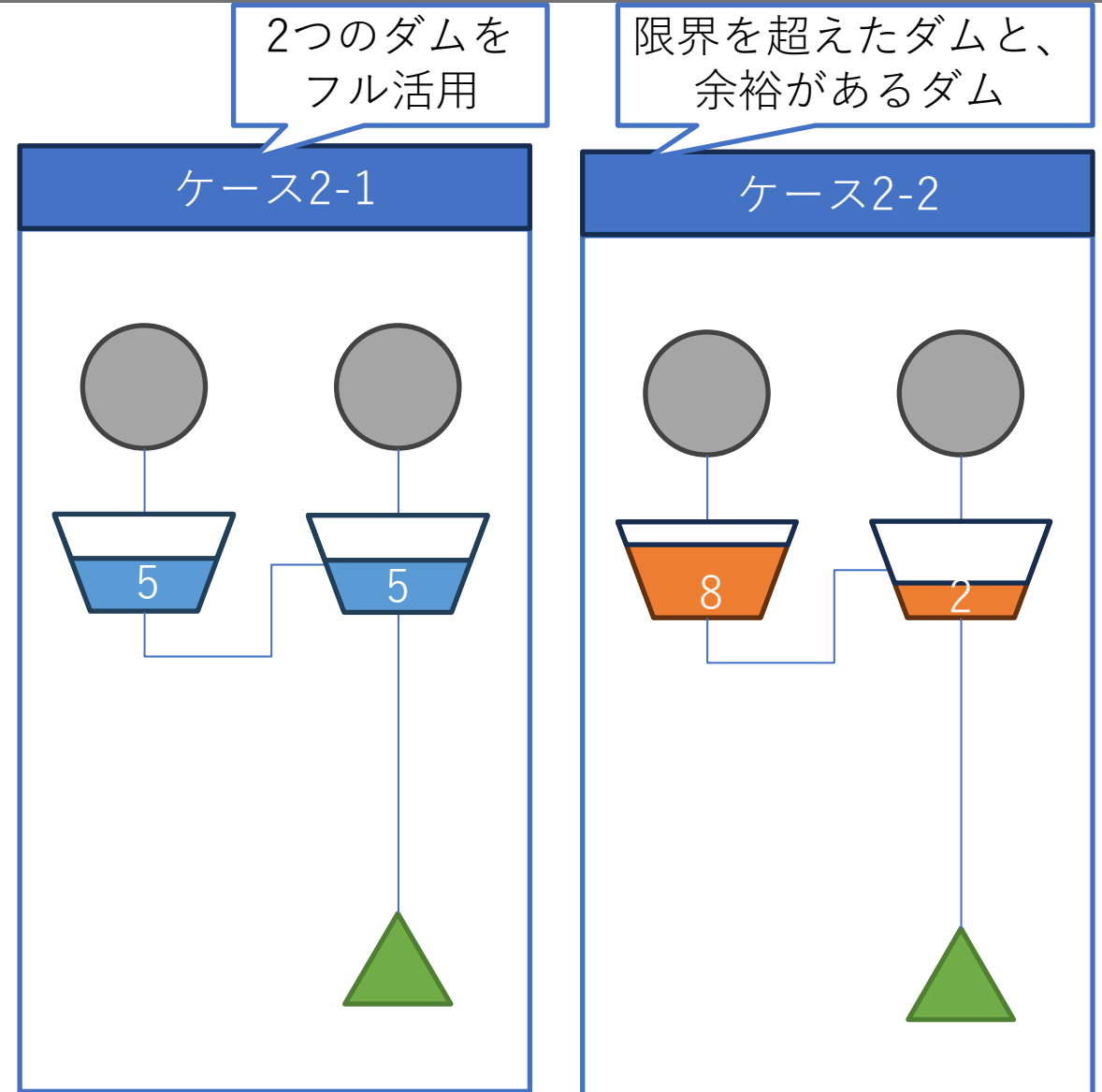
初期貯水量

	ダム1	ダム2
ケース3-1	5	5
ケース3-2	8	2
差	+3	-3

単位: MCM = 10^6 m^3

下流の河川流量は？

- ケース3-2のほうが多い
- どちらも同じ



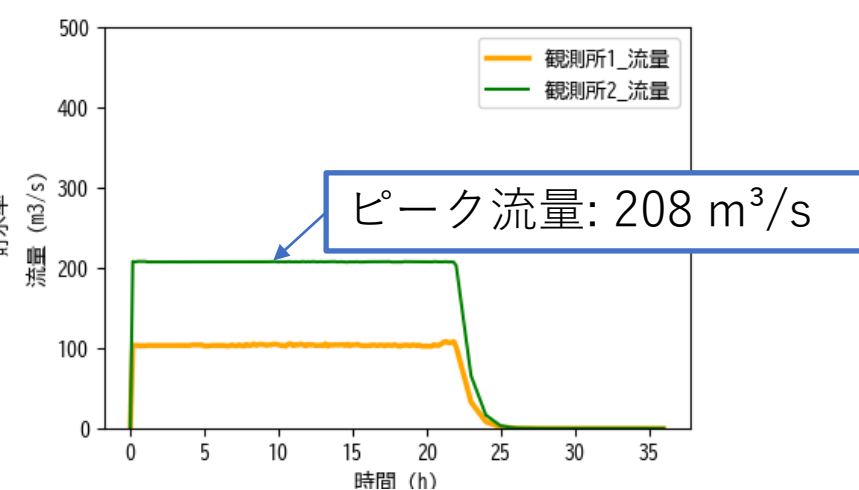
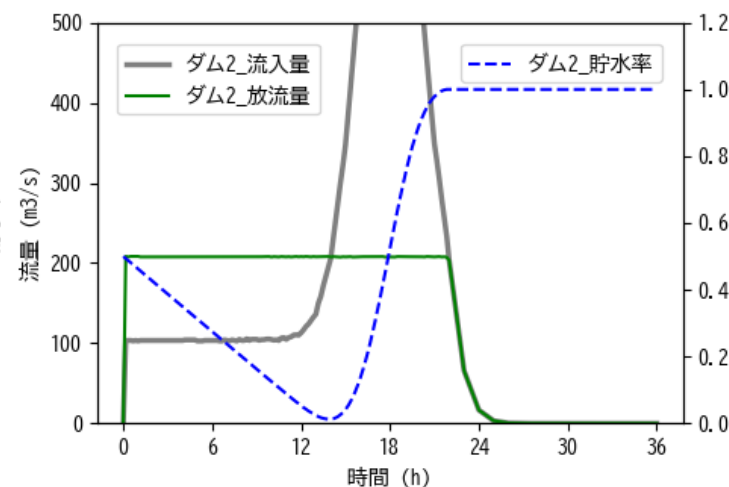
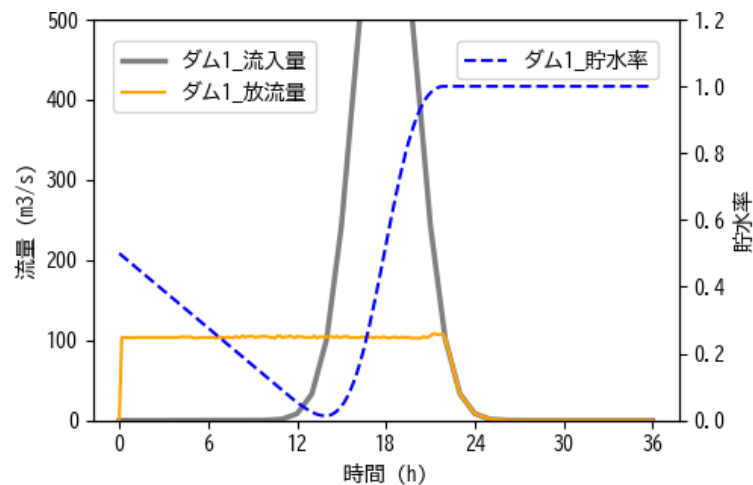
初期貯水量の偏り (結果)

ダム1

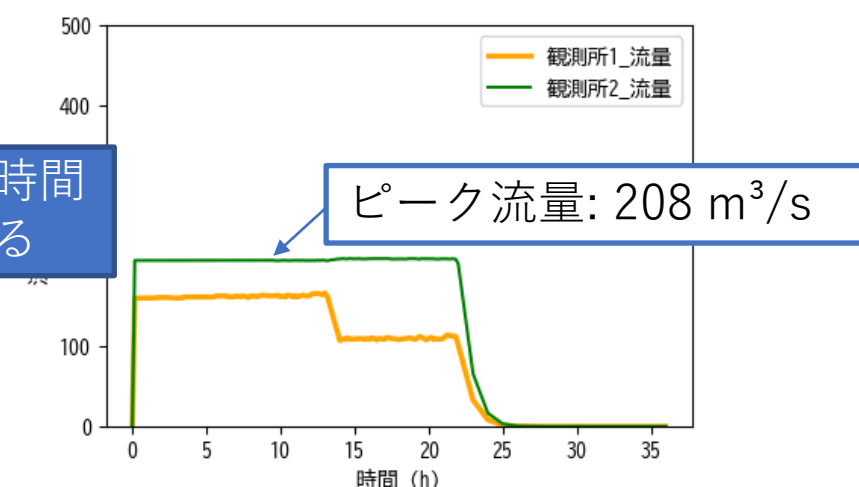
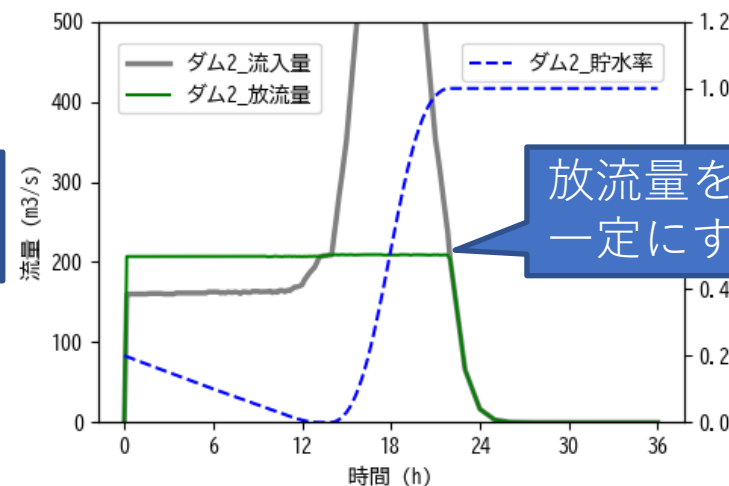
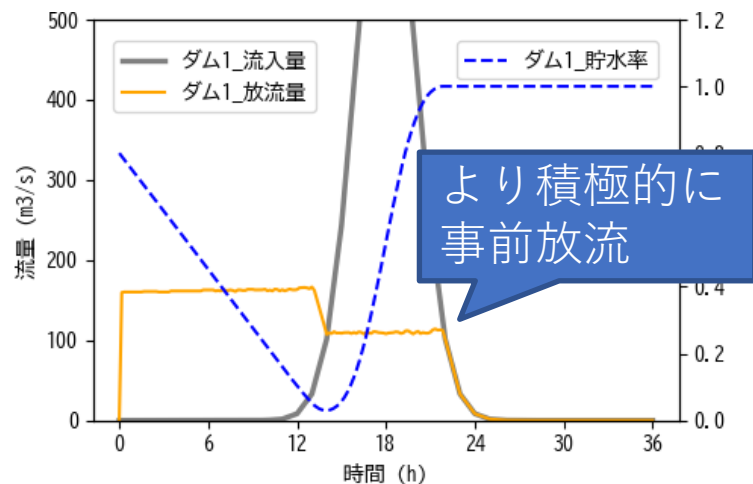
ダム2

河川流量

ケース3-1



ケース3-2



流入量の偏り (条件)

流入量の偏り

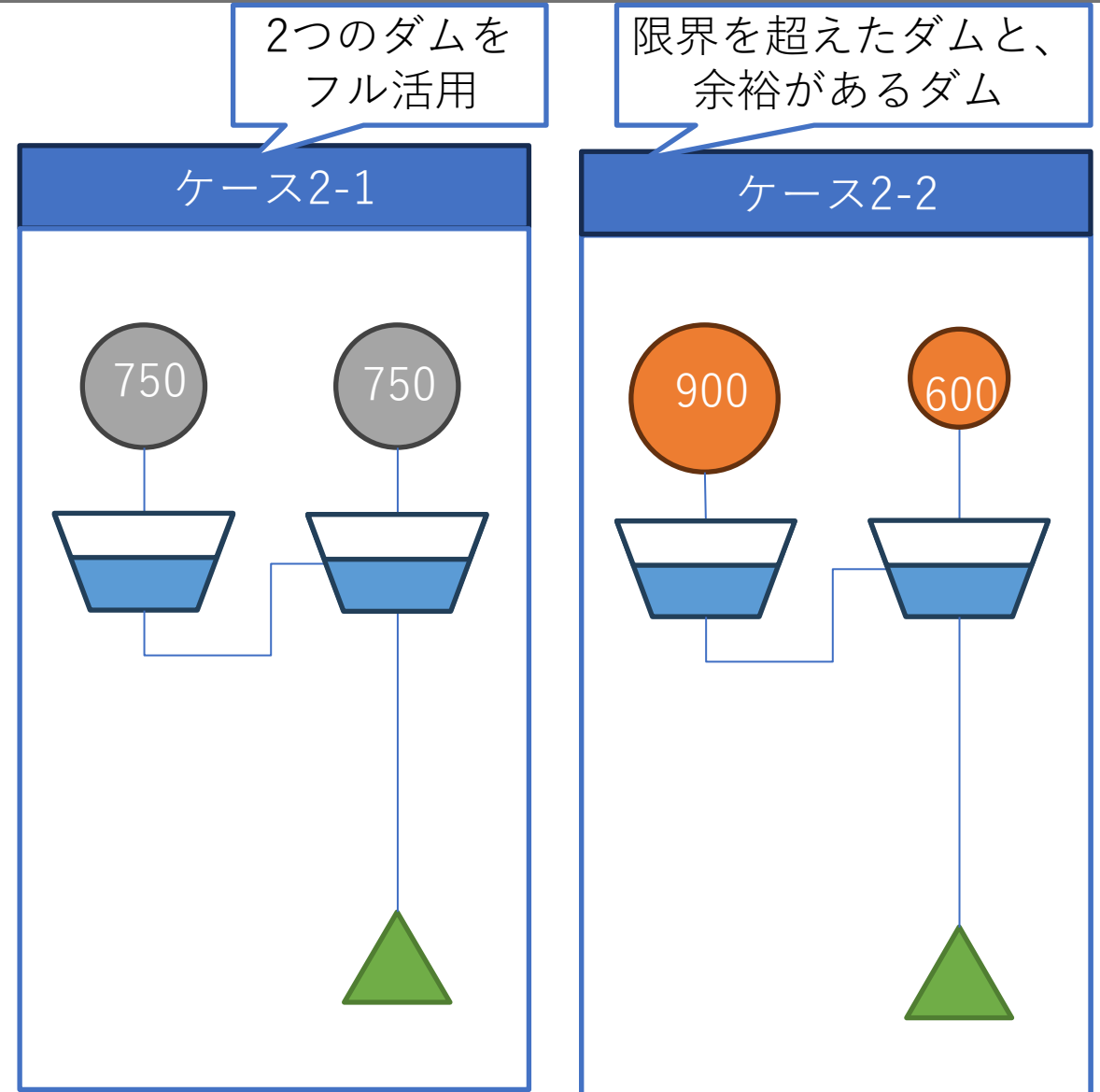
流入量

	ダム1	ダム2
ケース3-1	750	750
ケース3-3	900	600
差	+150	-150

単位: m³/s

下流の河川流量は？

- ケース3-3のほうが多い
- どちらも同じ



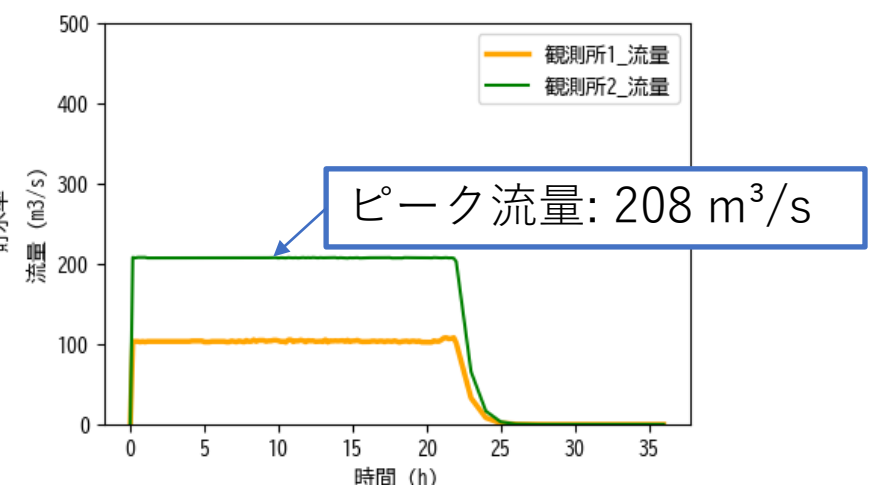
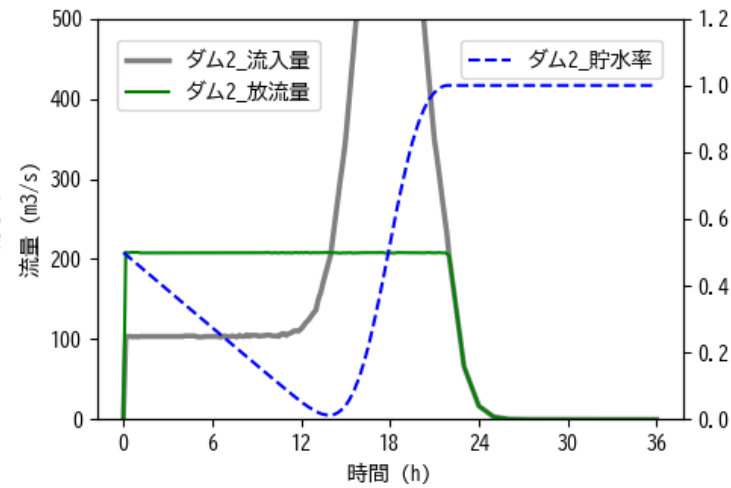
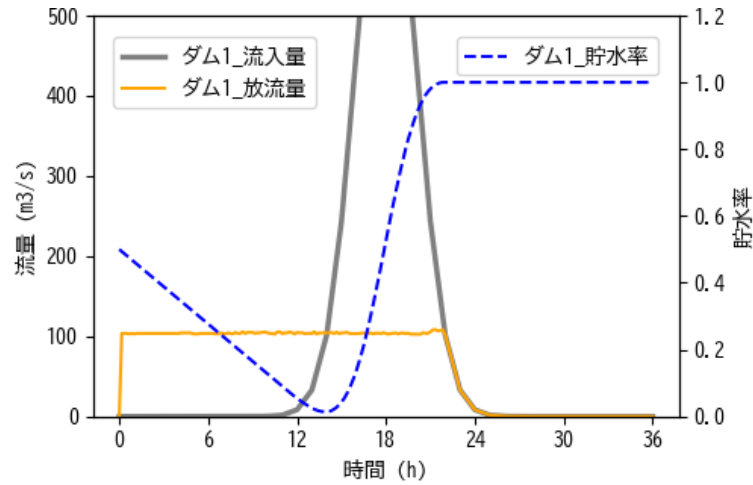
初期貯水量の偏り (結果)

ダム1

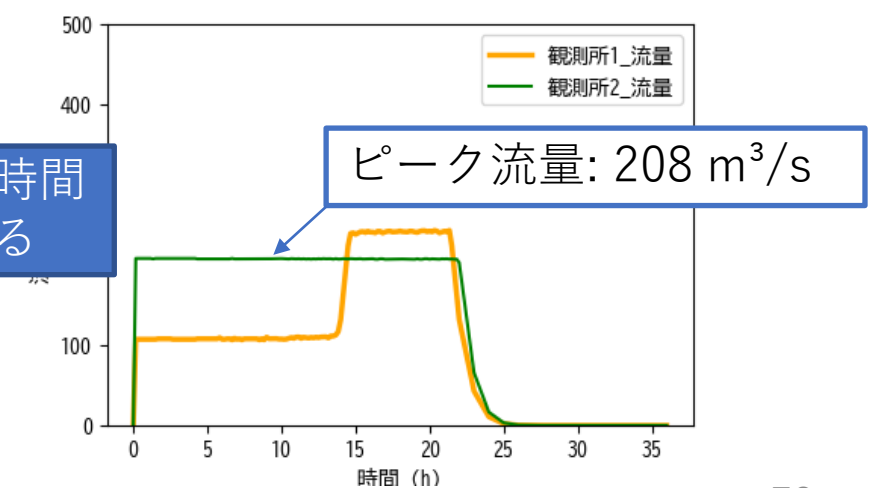
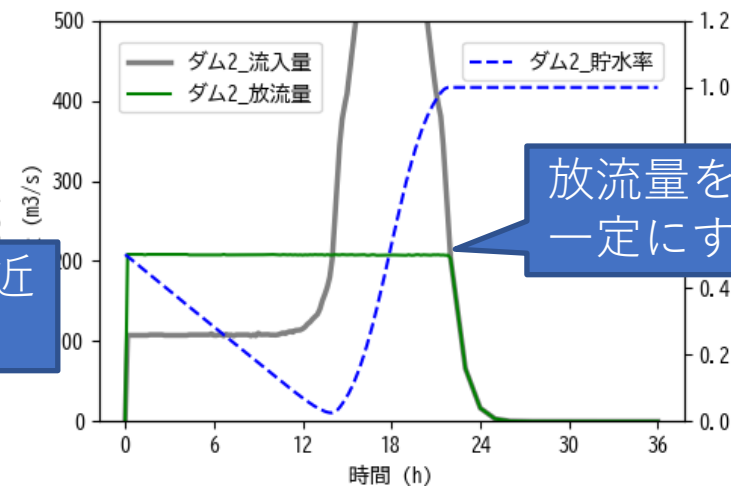
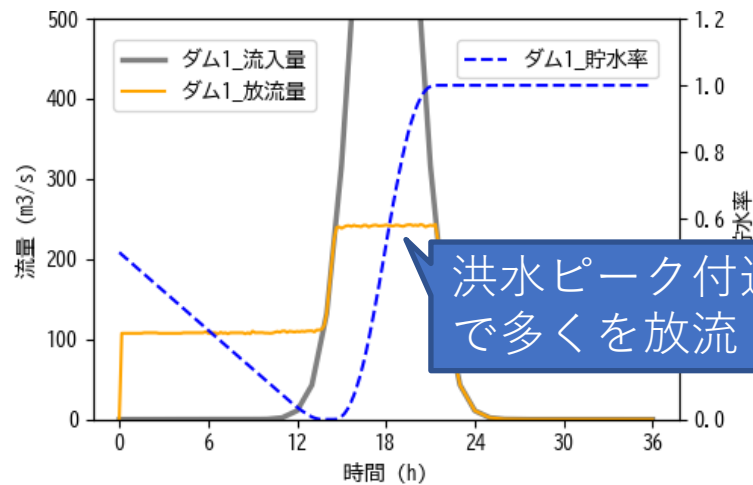
ダム2

河川流量

ケース3-1



ケース3-3



1. ダム分野のAIのあり方
2. ダム流入量予測
3. ダム放流計画の策定
4. DioVISTA Dams フリー版デモ
5. まとめ

- ダム分野のAIのあり方
 - 人間中心の視点でAIを実装する必要がある
 - AIの特性を踏まえ、AIを正しく使うためのシステムを作る
- ダム流入量予測
 - AIとシミュレーションのハイブリッド方式
 - 平水と洪水との両方に活用できる
- ダム放流計画案の策定
 - プログレッシブ動的計画法による高速な解探索
 - 無償体験版のアプリをリリース
 - 使い方の案
 - 事前放流、後期放流、発電量最大化に使う
 - 様々な降雨パターンに対応しやすい操作ルールを作る

ダム管理者、建設コンサルタントの業務を支援します
ぜひ、ご相談ください

お知らせ

- アンケートにお答えください
 - <https://forms.office.com/r/Yt7EHWPww7>



- お知らせ
 - セミナー終了後に1週間見逃し配信
 - 希望者にCPDポイントを発行します
 - CPD単位: 0.5 (0.5 x 1時間)
 - DioVISTA/Dams体験版はこちら
<https://diovista-dams-ja.hitachi-power-solutions.com/cover/download.html>

END

お問い合わせ先

株式会社日立パワーソリューションズ
デジタルエンジニアリング本部 デジタルソリューション部

〒101-8608 東京都千代田区外神田一丁目18番13号

Tel: 03-6285-2909 diovista@pis.hitachi.co.jp