
ディオビスタ フラッド
DioVISTA Floodのダム分野への応用

2023年7月14日
株式会社日立製作所
株式会社日立パワーソリューションズ

1. はじめに

2. 現場の声

3. 提案1：流入量の予測

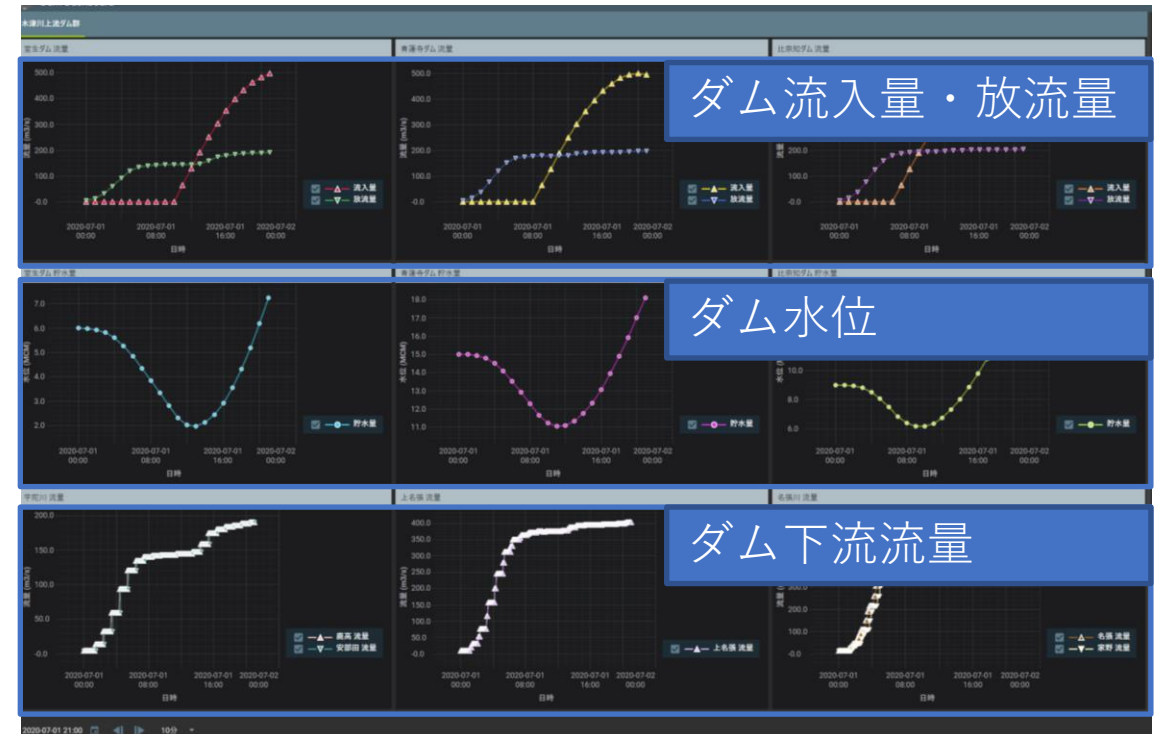
4. 提案2：放流計画案の自動算出

5. まとめ

ダム分野へのご提案

- 機能1: ダム流入量予測で業務を支援
 - AIとシミュレーションをハイブリッドさせます
- 機能2: 放流計画案の自動算出で業務を支援
 - ダム流入量予測に基づき放流計画案を算出します

ダムダッシュボード (Dams Dashboard) 画面例
(画面は開発中のものです)



1. はじめに

2. 現場の声

3. 提案1：流入量の予測

4. 提案2：放流計画案の自動算出

5. まとめ

- 主任技術者になると、事実上、休みがない
 - 気候変動で大雨・洪水が増加
 - 特に洪水期は緊張が続く
 - 担当地域から遠くに出かけられない
- 職員が離職している
 - 新しいなり手も少ない
 - 欠員により、組織が機能停止するリスクが高まっている

- せめて降雨のない通常の日は
 - そこまで経験がない技術者でも判断できるようにしたいが
 - ベテランが何を基に判断しているのか不明
 - ベテランは、経験と勘で決めているのかも？
 - ベテラン並みの意思決定ができるような、支援システムが欲しい
 - いまどき、AIならやってくれるのでは？
- しかし、どう作ればいいのかわからない
 - どの業者に相談すればいいのか、わからない

日立にご相談ください

1. はじめに

2. 現場の声

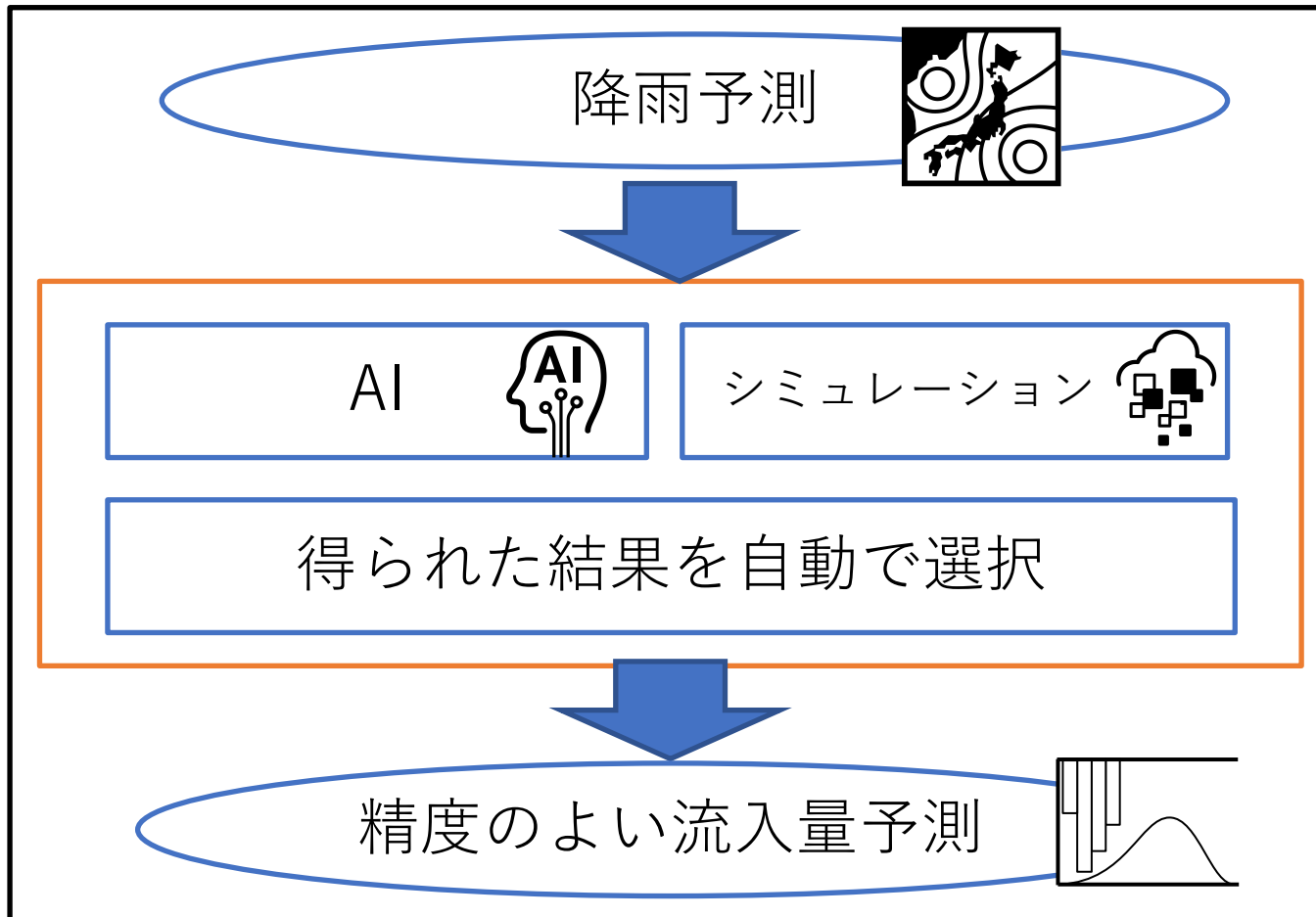
3. 提案 1 : 流入量の予測

4. 提案 2 : 放流計画案の自動算出

5. まとめ

提案: 流入量の予測

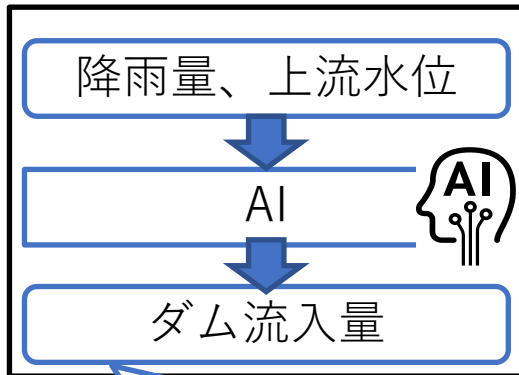
AI と シミュレーションのハイブリッドによる予測



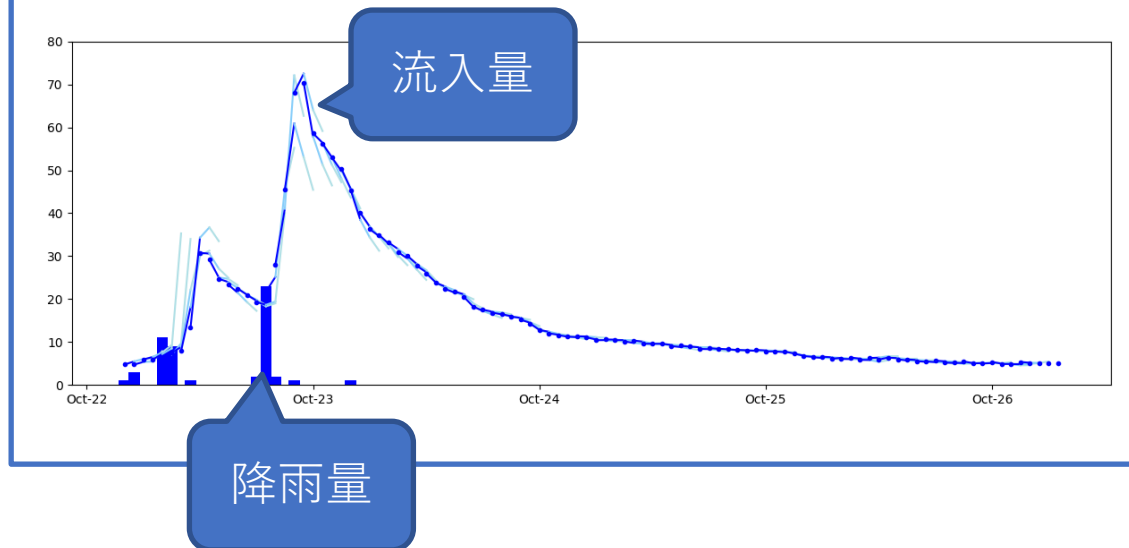
- 中小規模の出水（多数の事例）にはAIが有利
- 大規模出水（まれな事例）にはシミュレーションが有利
- 両者をハイブリッドさせる

- 平水時: AIによる予測
 - 5時間先予測が85%の事例で $\pm 10\%$ 以内
 - 中小規模の出水（多数の事例）にはAIが有利
- 洪水時: シミュレーションによる予測
 - 3時間先予測が2事例で $\pm 10\%$ 以内
 - 大規模出水（まれな事例）にはシミュレーションが有利

AIによる予測の例



高精度な予測を実現
(中小規模出水)



AIによるダム流入量の予測

- 入力: 降雨、上流水位
- 出力: ダム流入量

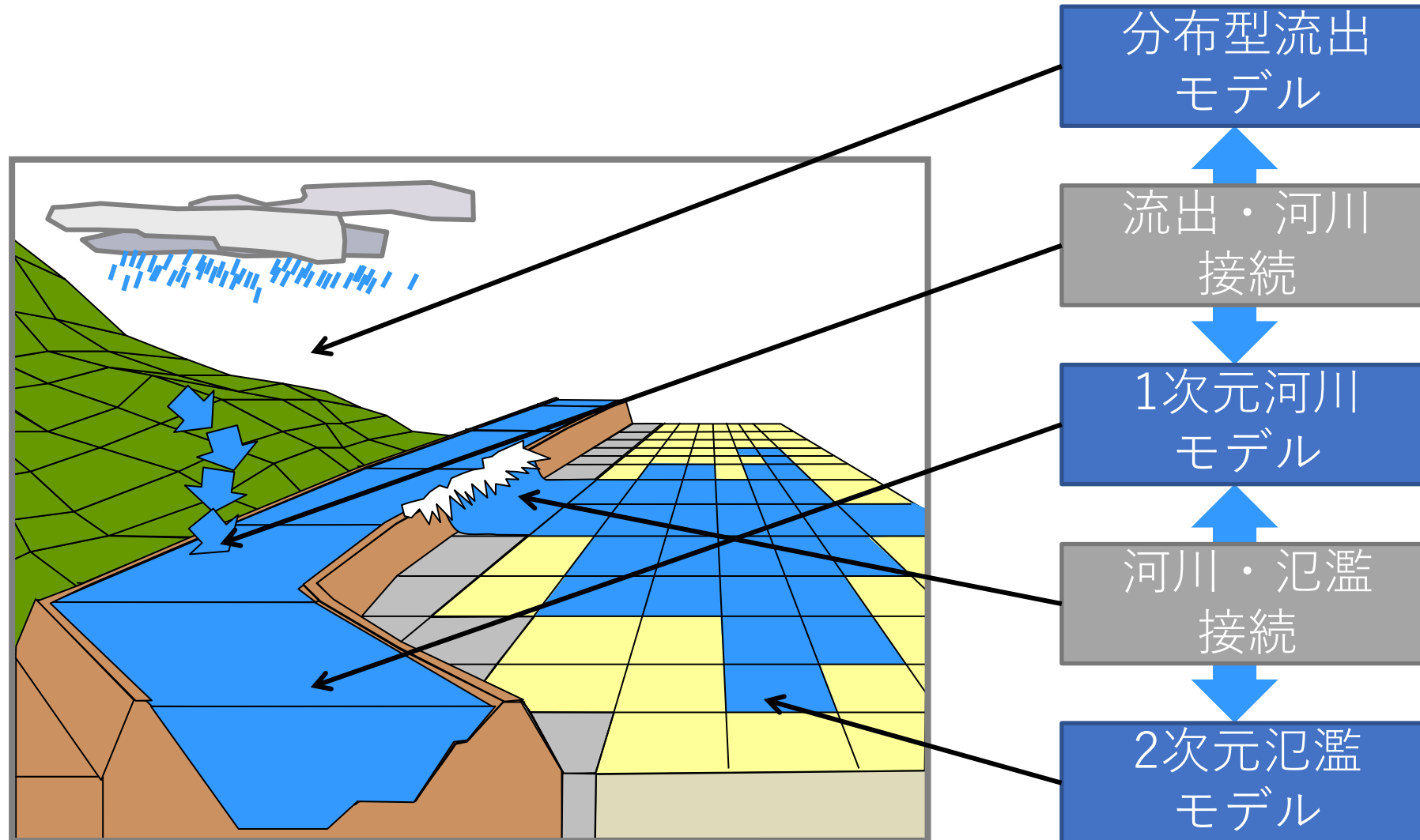
高頻度にかかる事象の 高精度予測が期待できる

- AIは、多くのデータが入手可能な平水、中小規模出水を得意とする
- 平水、中小規模出水には、地下水、蒸発散、農業用水など様々な要因が顕著に影響するため、シミュレーションによるモデル化よりAIの方が有利

- AIが大規模出水を学習するのは、原理的に困難
 - AIは、観測データを学習する必要がある
 - 洪水対策がなされると、出水傾向が変わり、それ以前のデータは使えなくなる
 - 既往最大洪水を超える洪水は、観測されていない
- シミュレーションは大規模出水を得意とする
 - 大規模出水では、流出現象が支配的なため、流出モデルにより精度よくシミュレーションできる

DioVISTAによるシミュレーション

- 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



水位の再現事例 (淀川流域)

対象河川

淀川水系

流域面積: 4,392 km² (琵琶湖流域を除外)

本川 1, 支川 28, ダム 7

流出モデル

分布型、100m

河川モデル

1D不定流、50 m

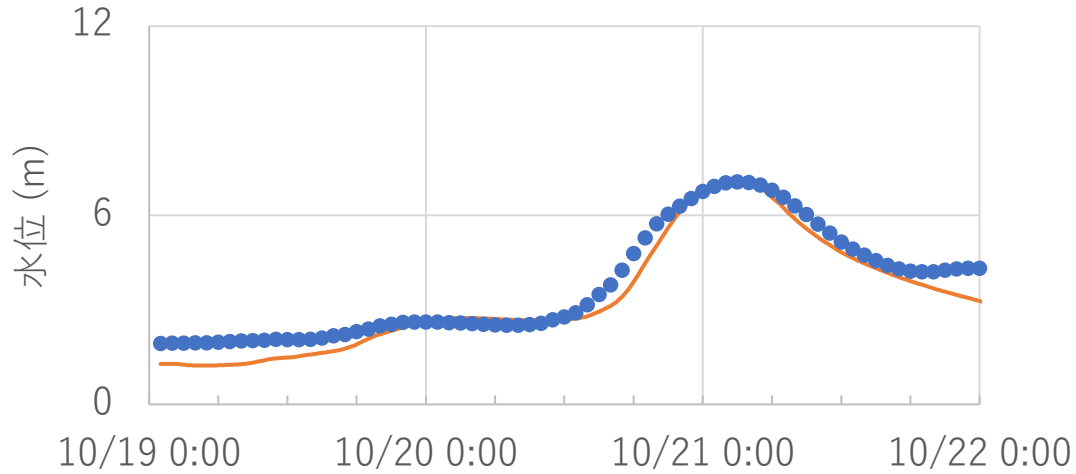
氾濫モデル

2D不定流、25m

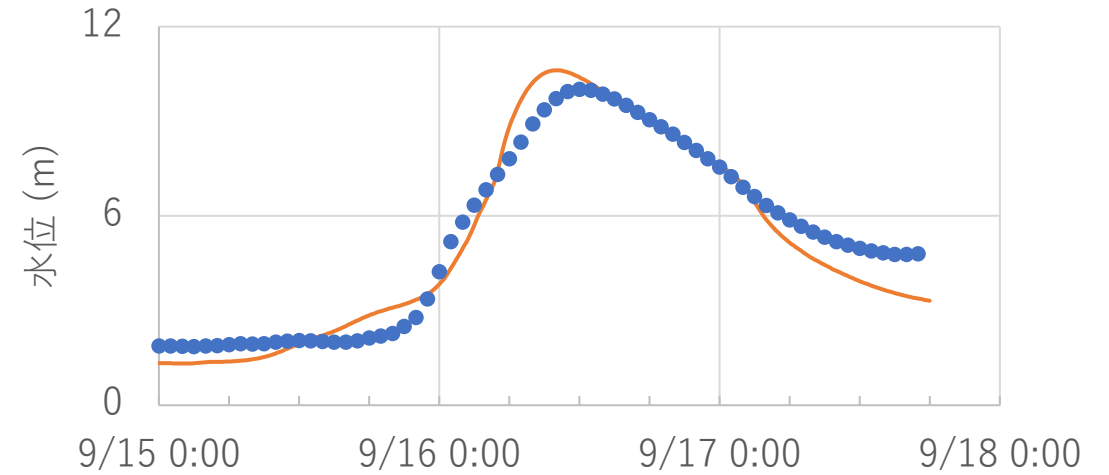


枚方の再現水位

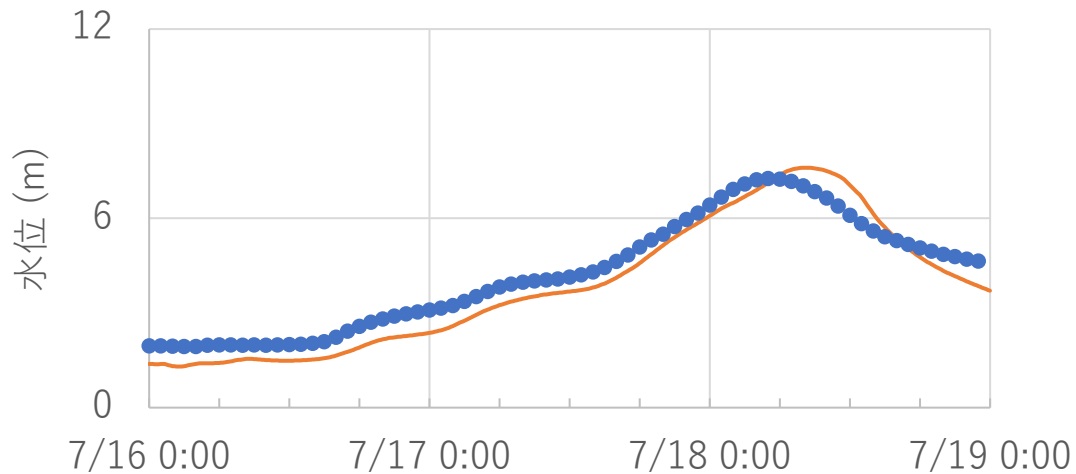
2004年10月 (平成16年台風23号)



2013年9月 (平成25年台風18号)



2015年7月 (平成27年台風11号)



— : 計算水位
● : 観測水位

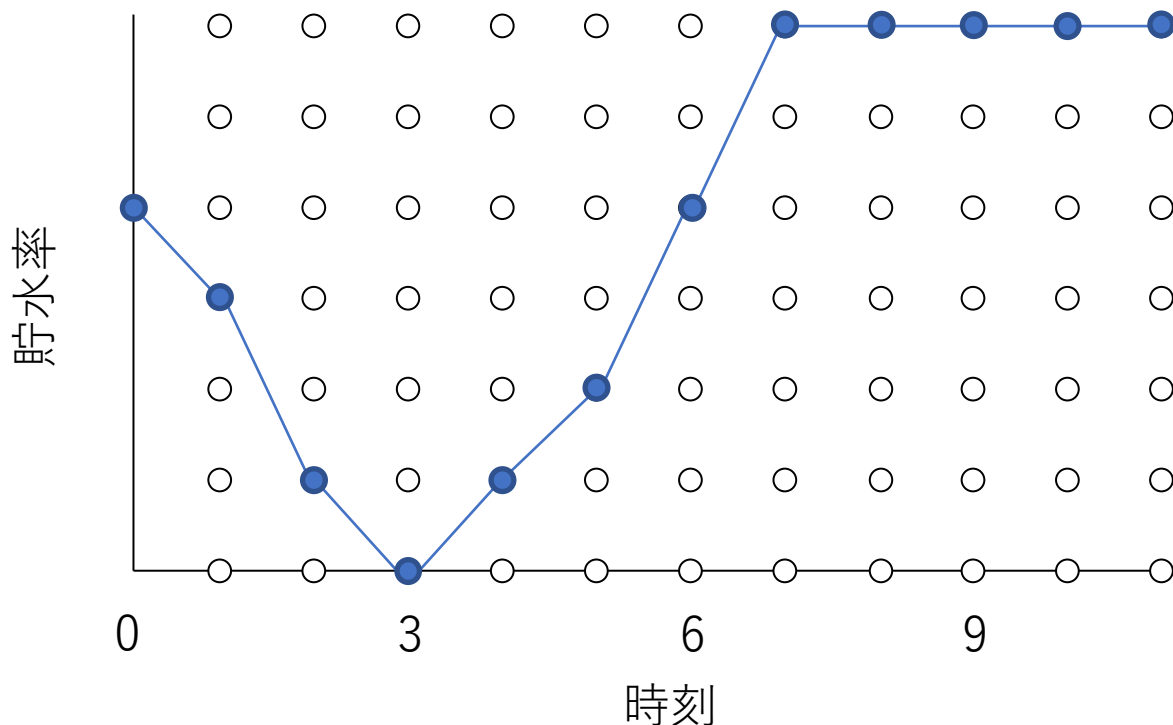
シミュレーションで
高精度な予測を実現
(特に大規模出水時)

1. はじめに
2. 現場の声
3. 提案1：流入量の予測
4. 提案2：放流計画案の自動算出
5. まとめ

- 水害の被害最小化のため、
ダムの新しい運用方法が求められる
 - 従来: 現在のダム流入量に基づいて、
現在の放流量を決める「本則操作」が一般的
 - 今後: 緊急時にはダムを治水のために最大限活用する
 - 2020年から、治水協定に基づく利水ダムの事前放流が開始
- 事前放流で「八ツ場ダム50個分」の水害対策を実現
- ダム運用最適化には、大きな効果がある

ダム放流計画立案の仕組み

ダムAの貯水率

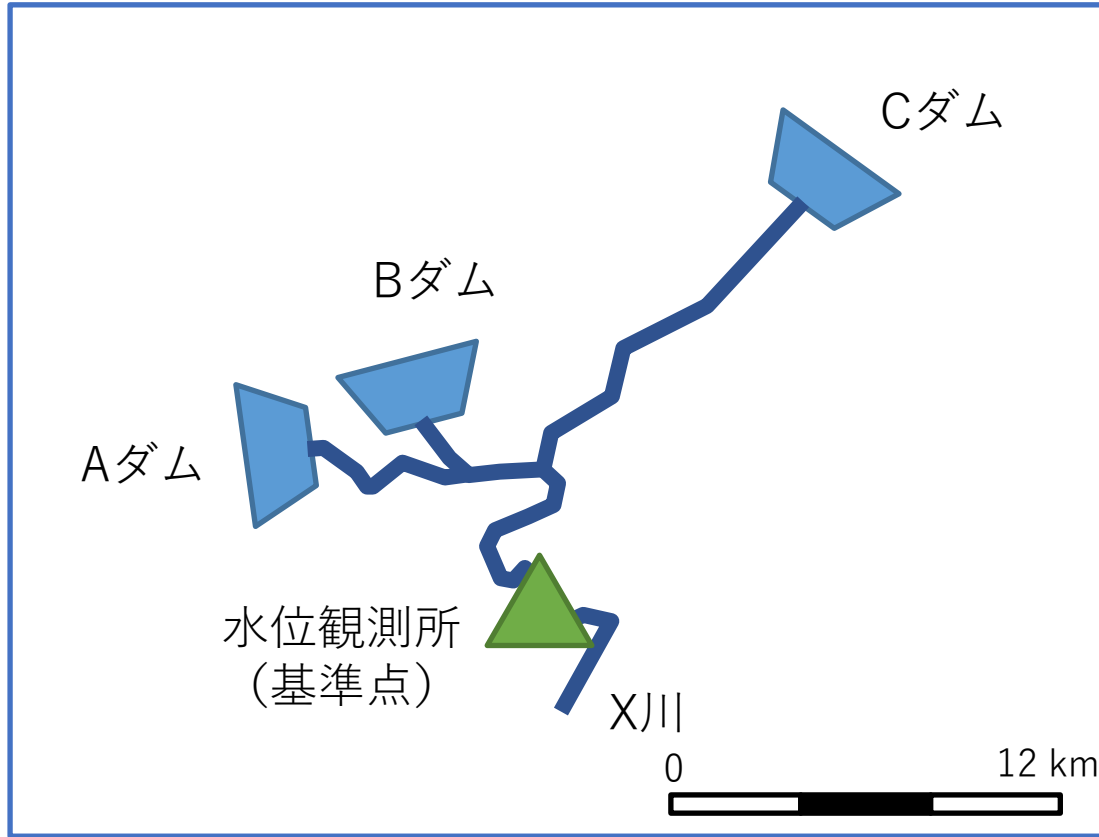


- ある時刻のダムの貯水率を決定する
 - 0 ~ 100% まで 0.1%刻み: 1000通り
- ダム連携を考慮した組み合わせ数
 - 2ダム: 100万通り
 - 5ダム: 1000兆通り
- これを1.5日先まで繰り返す
 - 1ダム: 10^{96} 通り
 - 5ダム: 10^{540} 通り
 - ※ 非現実的な操作がほとんど
- よさそうな操作のみ検討することで、短時間で解を求める
 - ダム問題に適した独自の手法「プログレッシブ動的計画」を開発

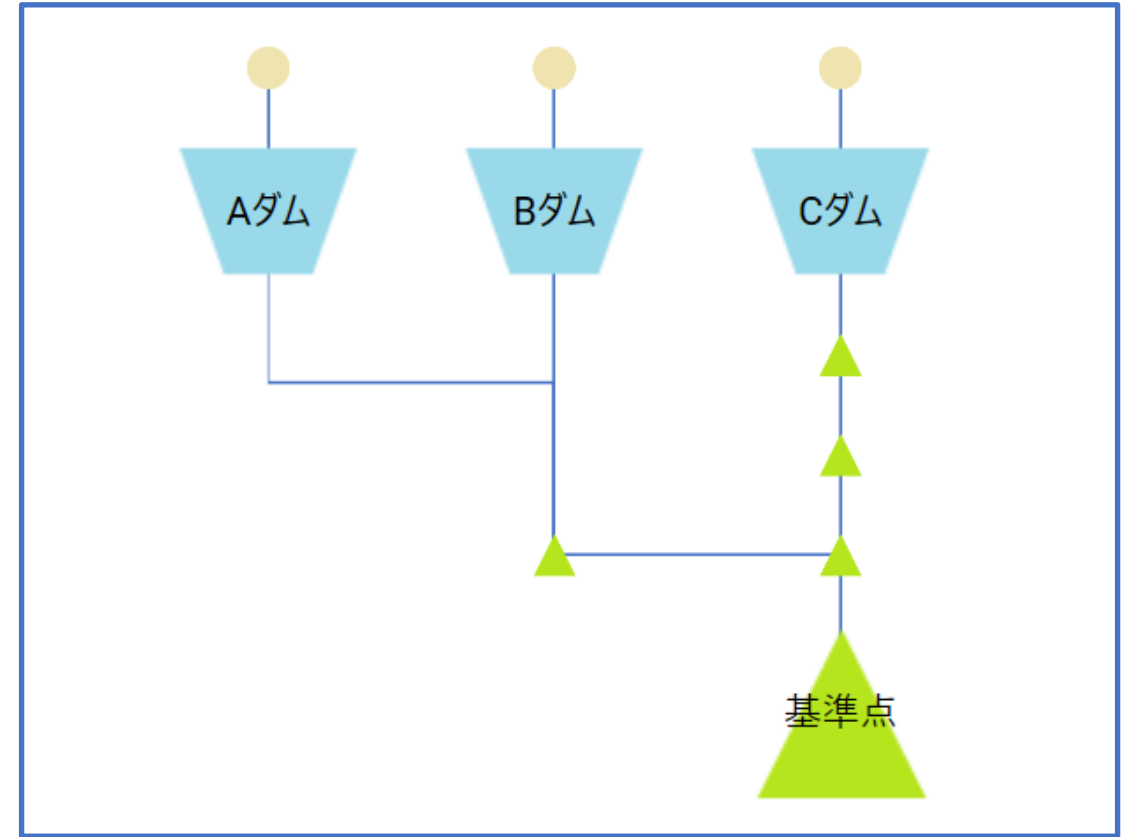
実験1: X川上流3ダム

目的：水害防止（基準点の河川流量を最小化する）

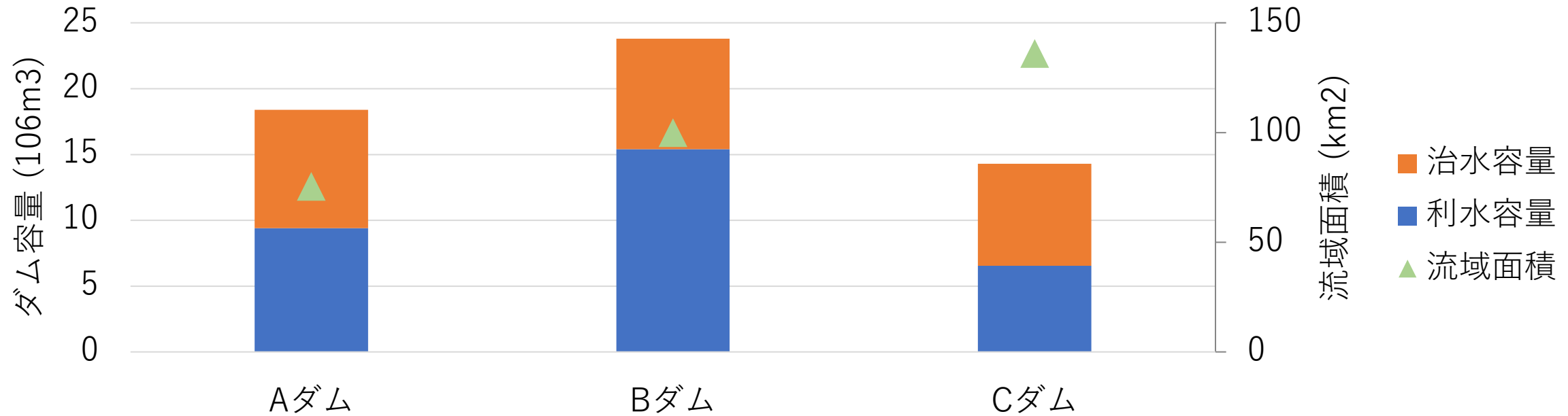
X川上流5ダムの配置図



モデルで表現したダム群

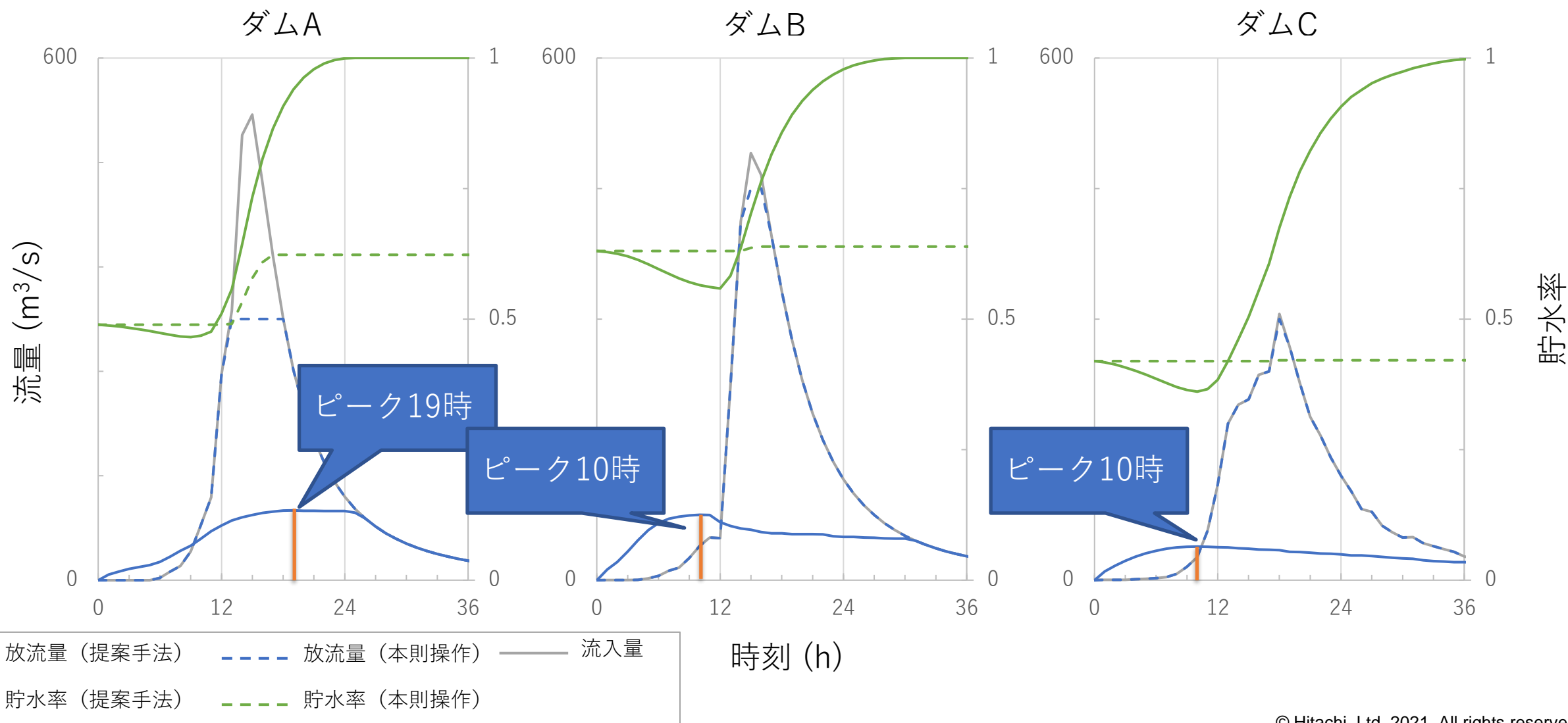


X川上流3ダムの仕様

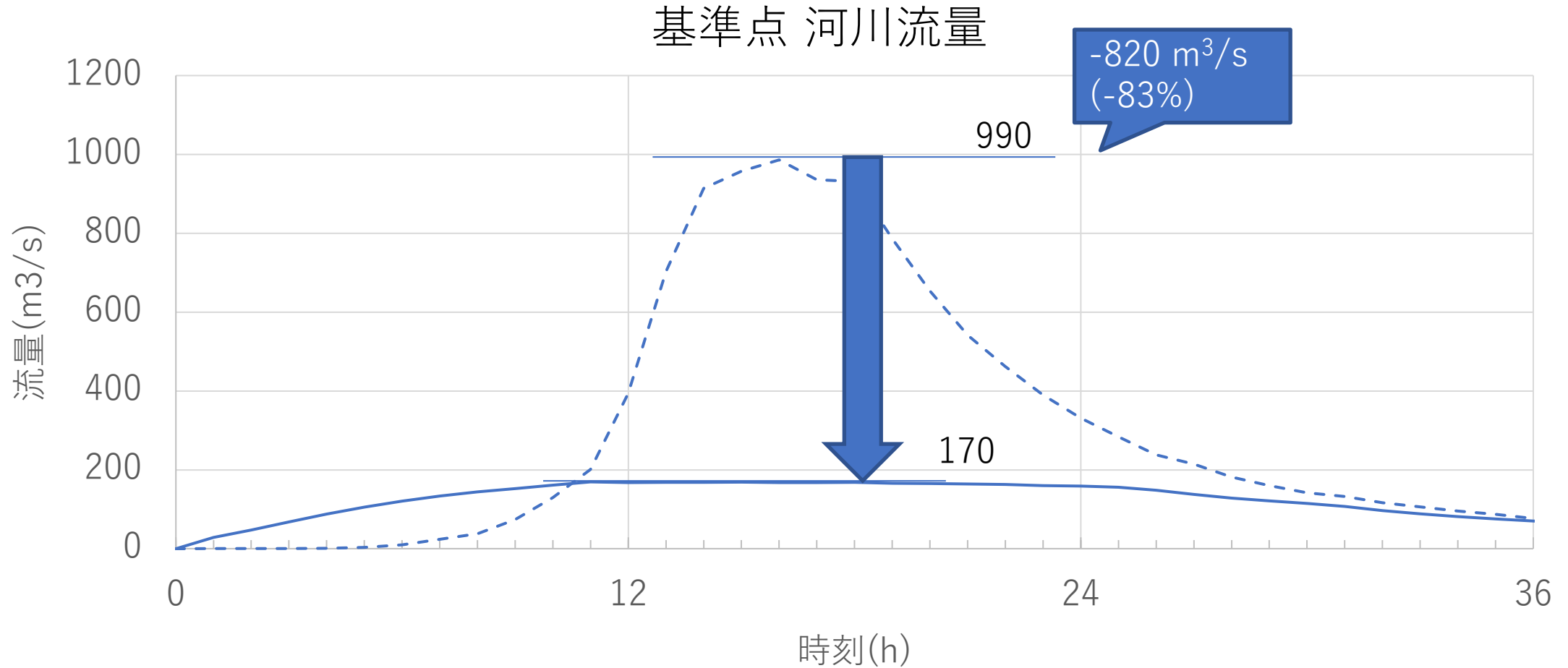


	Aダム	Bダム	Cダム
有効貯水容 (10 ⁶ m ³)	18	24	14
洪水調整容量10 ⁶ m ³)	9	8	8
流域面積 (km ²)	76	100	136

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

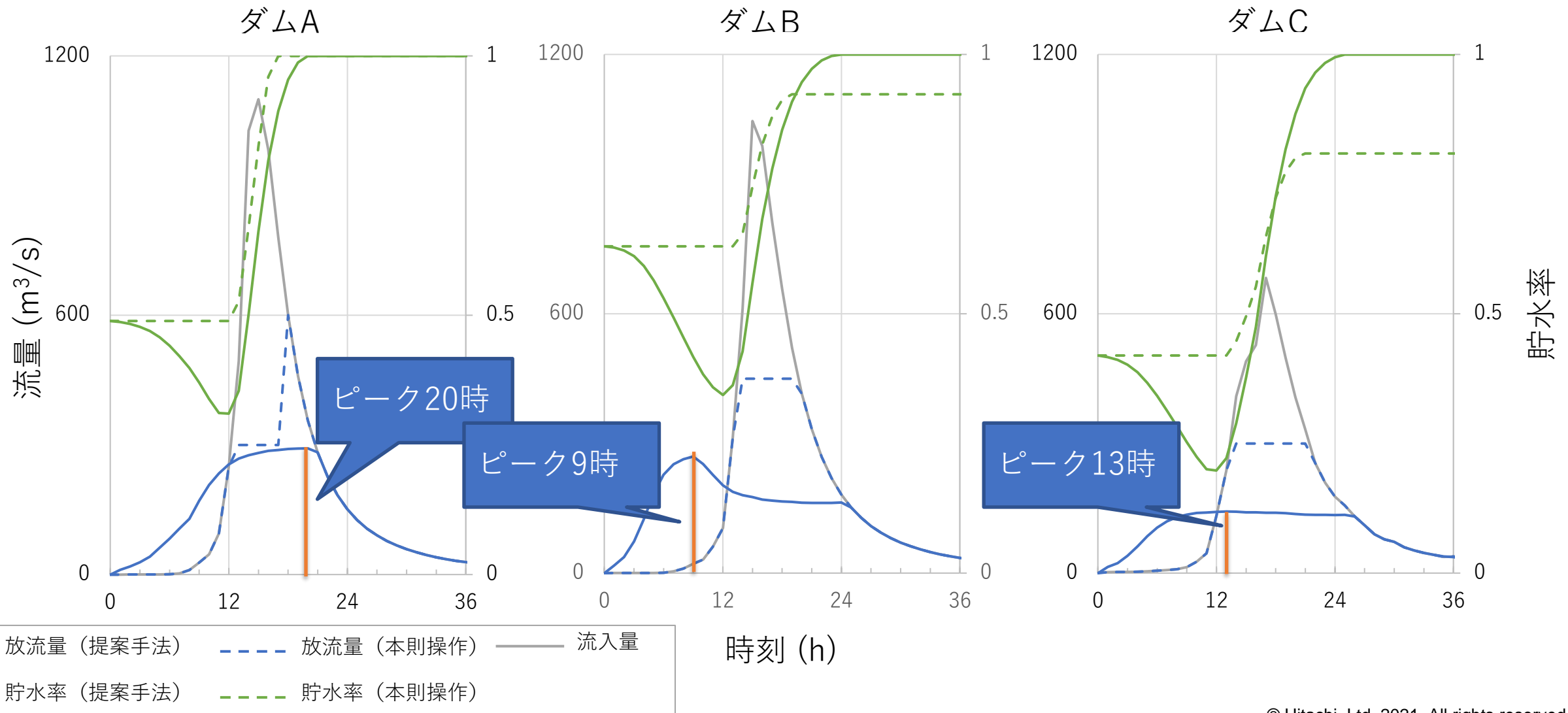


流量 (提案手法)

流量 (本則操作)

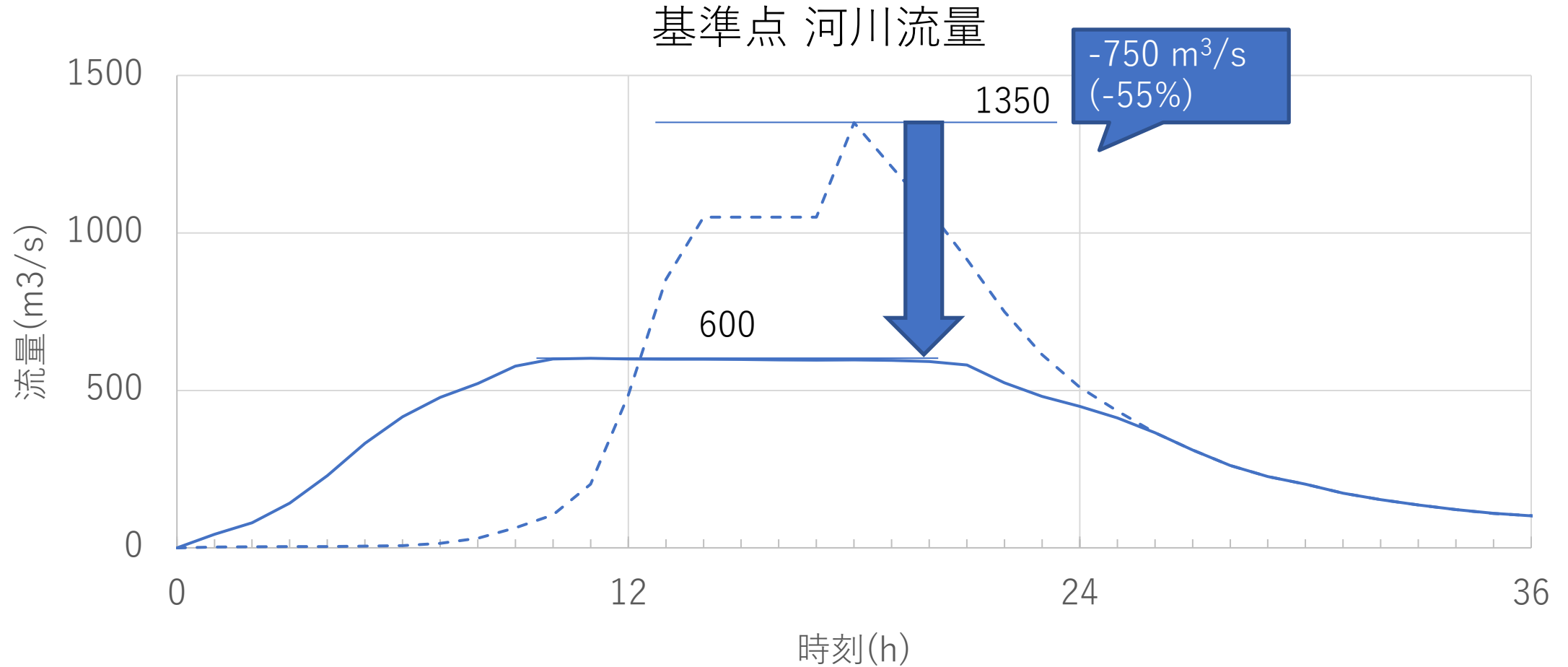
生起確率 1/100 年の出水

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

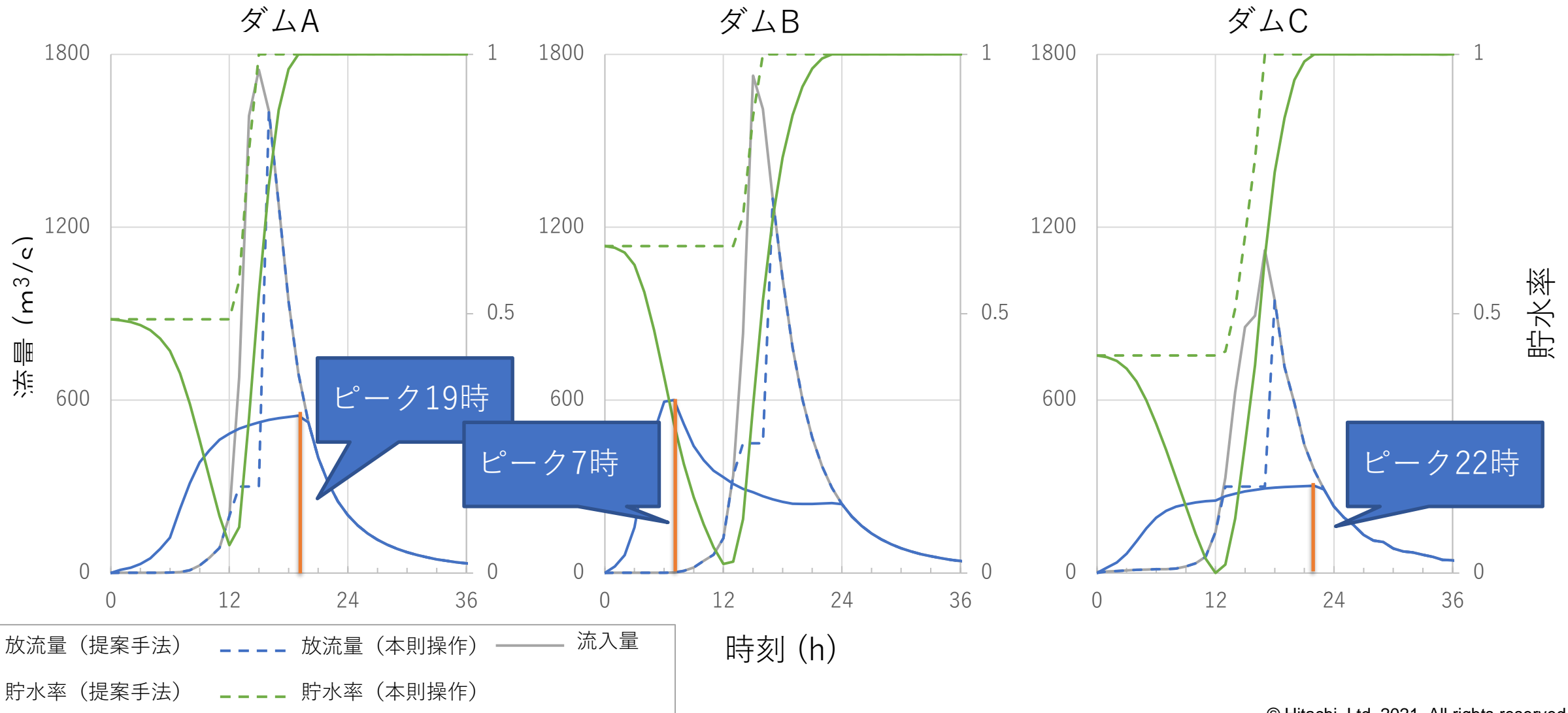


流量 (提案手法)

流量 (本則操作)

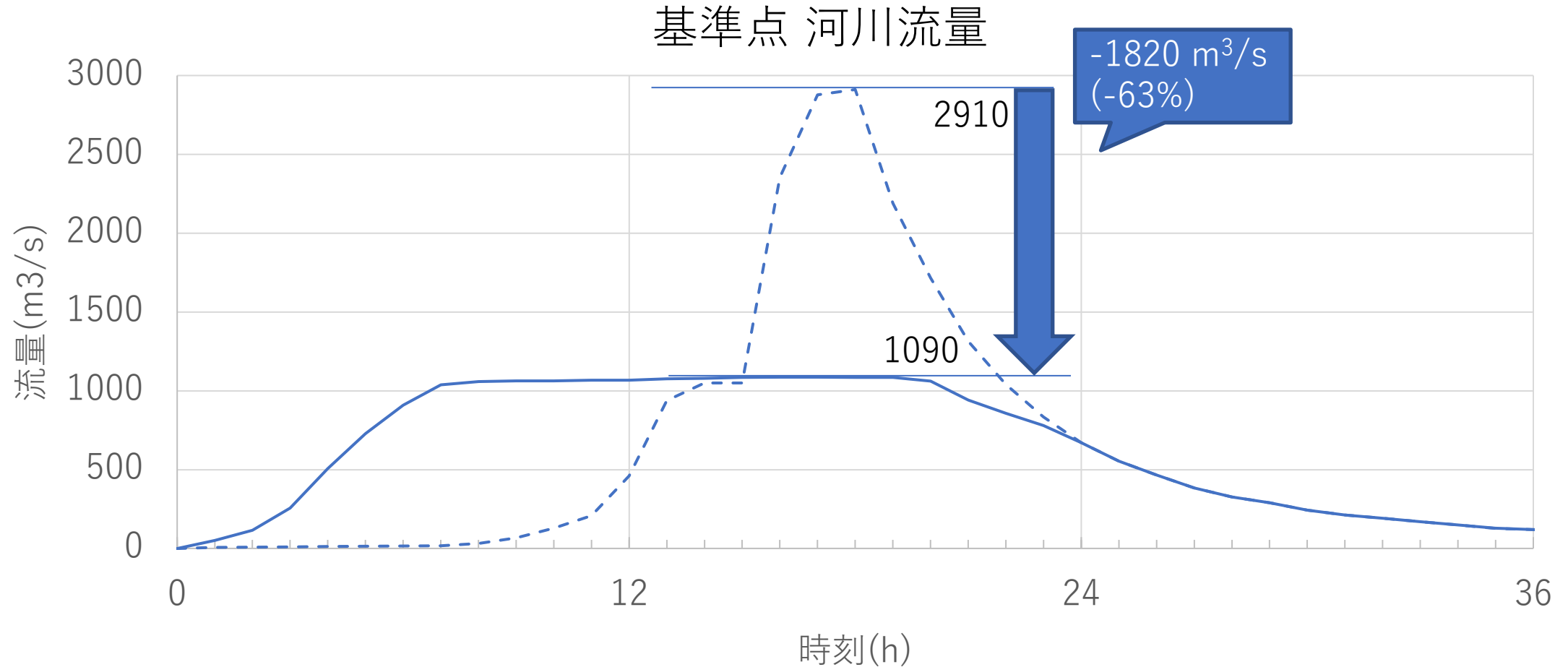
生起確率 1/1000 年の出水

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

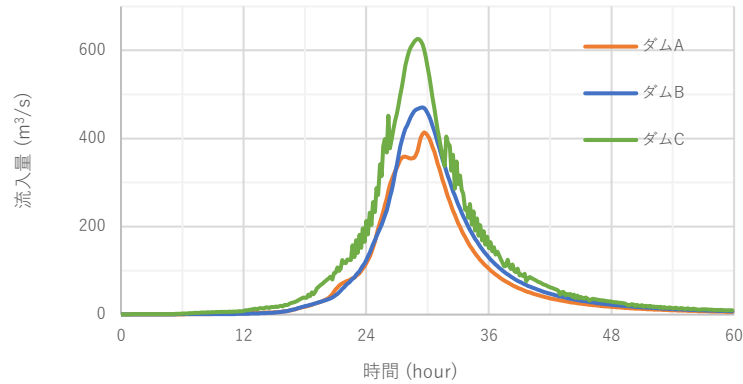
平成24年台風17号の降雨を2.48倍に引き伸ばした



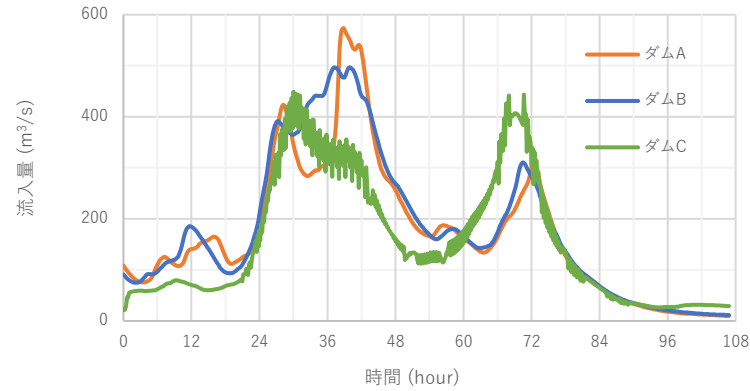
— 流量 (提案手法) - - - 流量 (本則操作)

ダム流入時系列の例

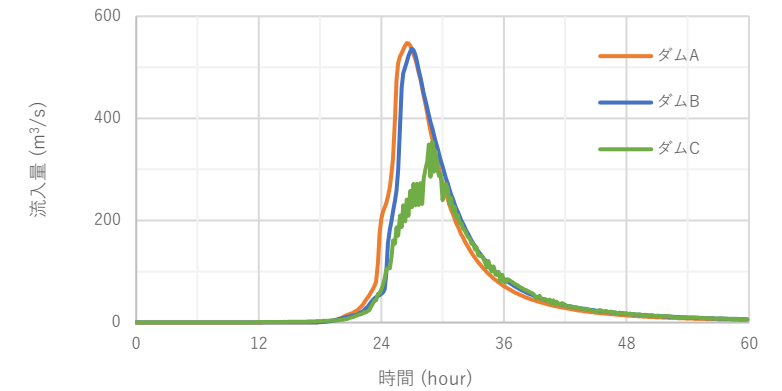
2000年以降の 6件の出水事例（生起確率1/100に引き伸ばし）



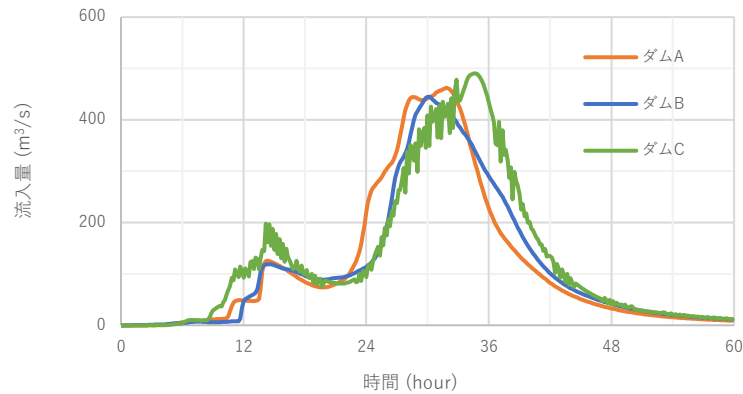
2009/10/16



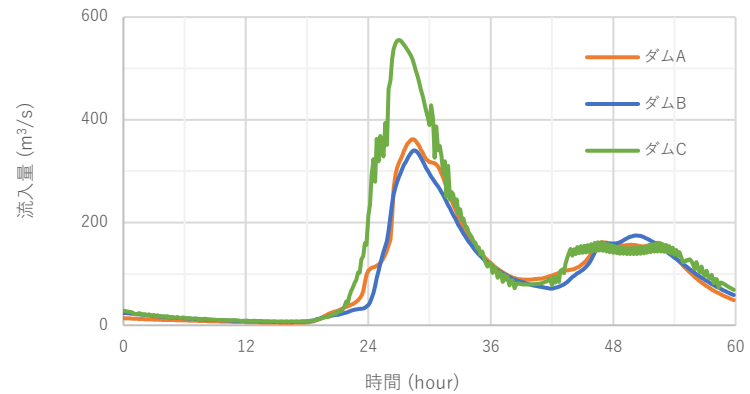
2011/08/31



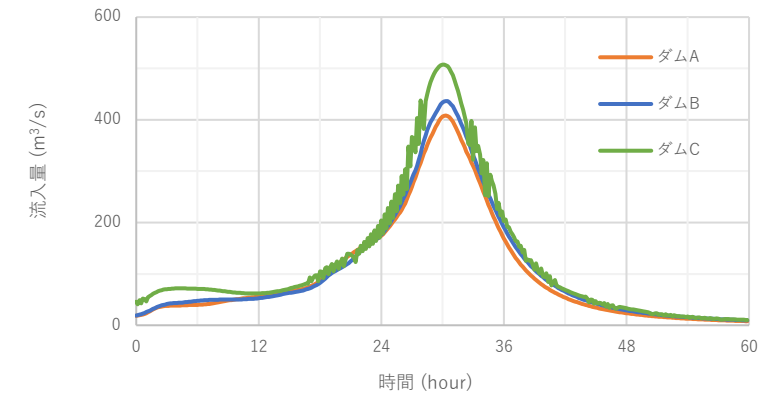
2012/09/27



2013/09/13



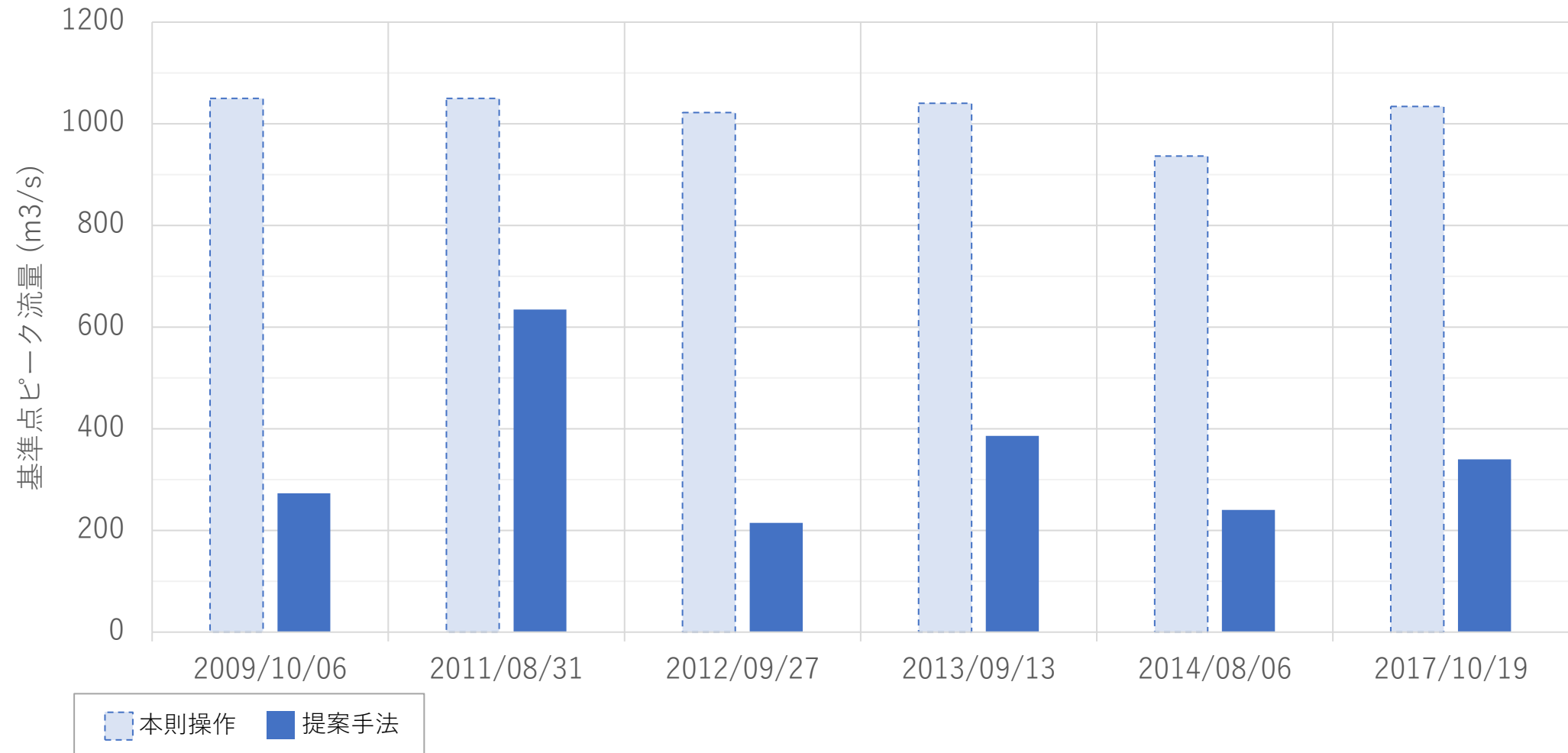
2014/08/06



2017/10/19

実験結果

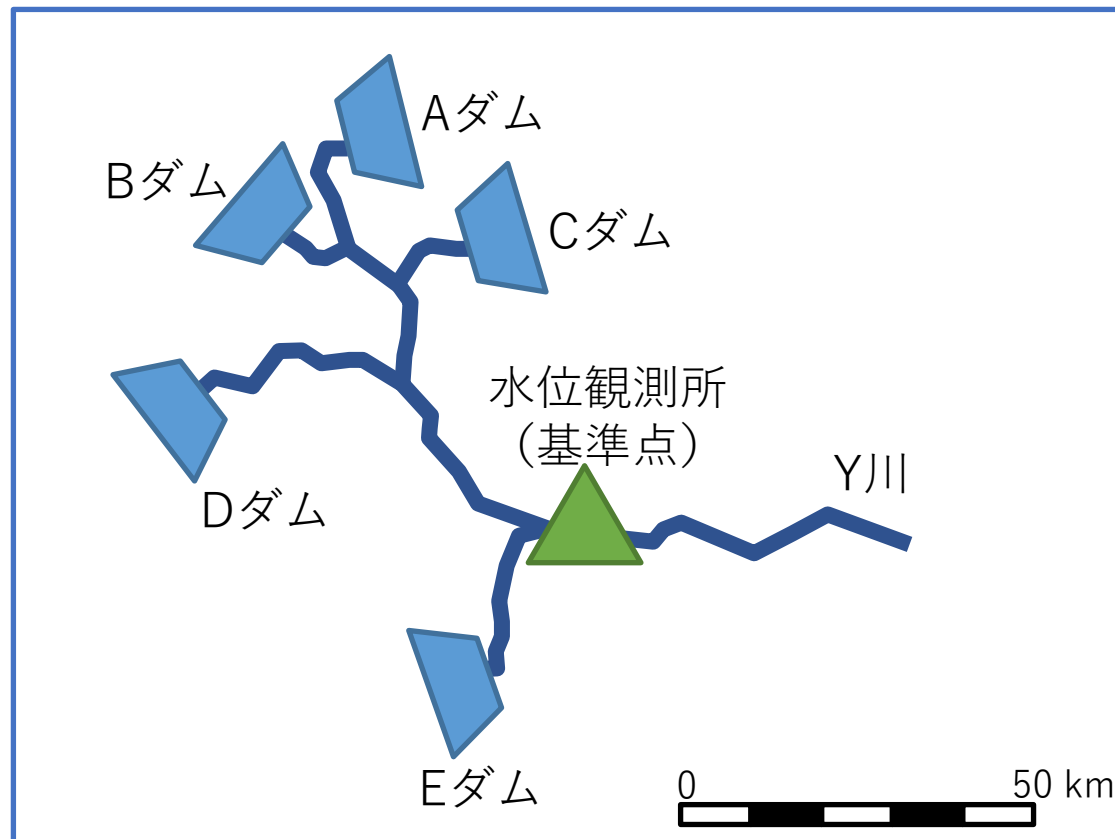
様々な流入量に対し、基準点のピーク流量を大幅に削減



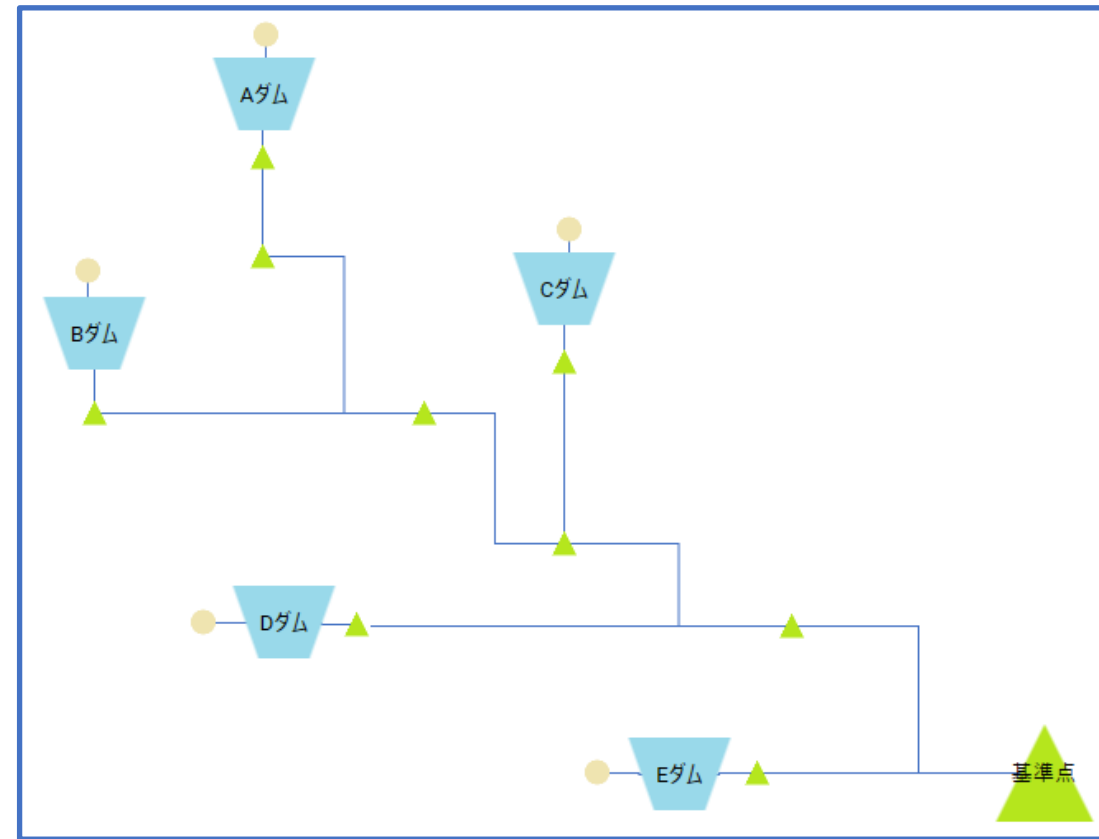
実験1: Y川上流5ダム

目的：水害防止（基準点の河川流量を最小化する）

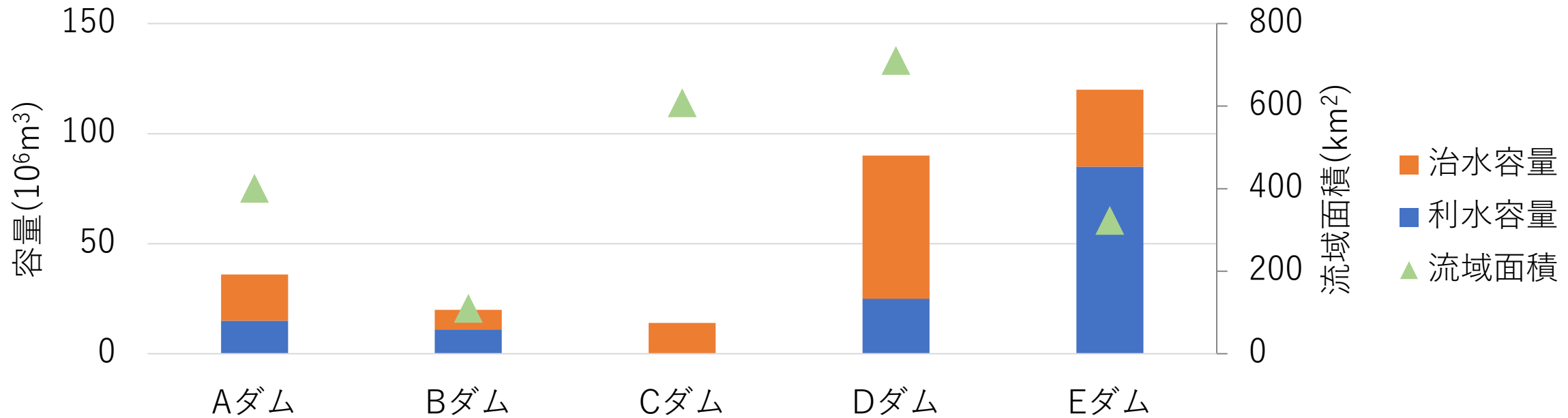
Y川上流5ダムの配置図



モデルで表現したダム群



Y川上流5ダムの様

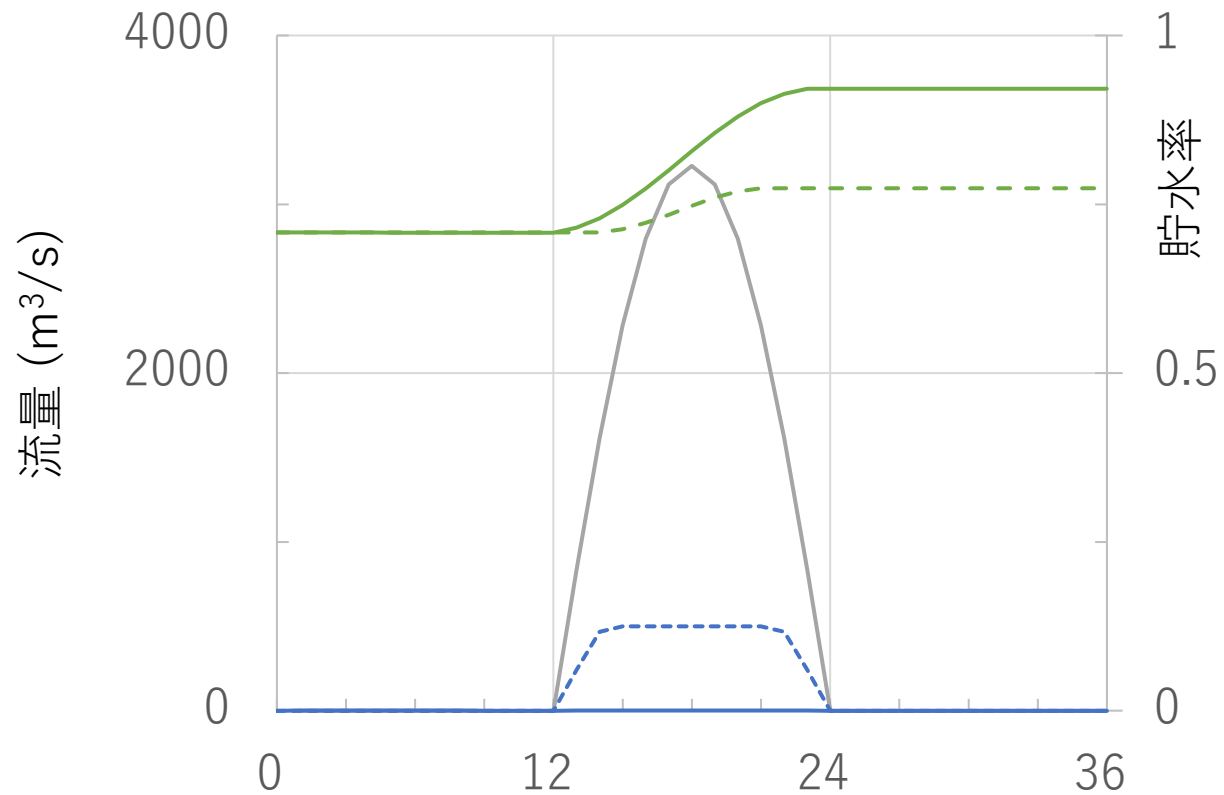


	Aダム	Bダム	Cダム	Dダム	Eダム
有効貯水容 (10 ⁶ m ³)	36	20	14	90	120
洪水調整容量10 ⁶ m ³)	21	9	14	65	35
流域面積 (km ²)	401	110	608	711	323

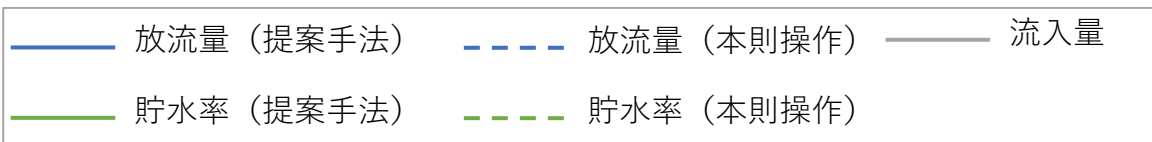
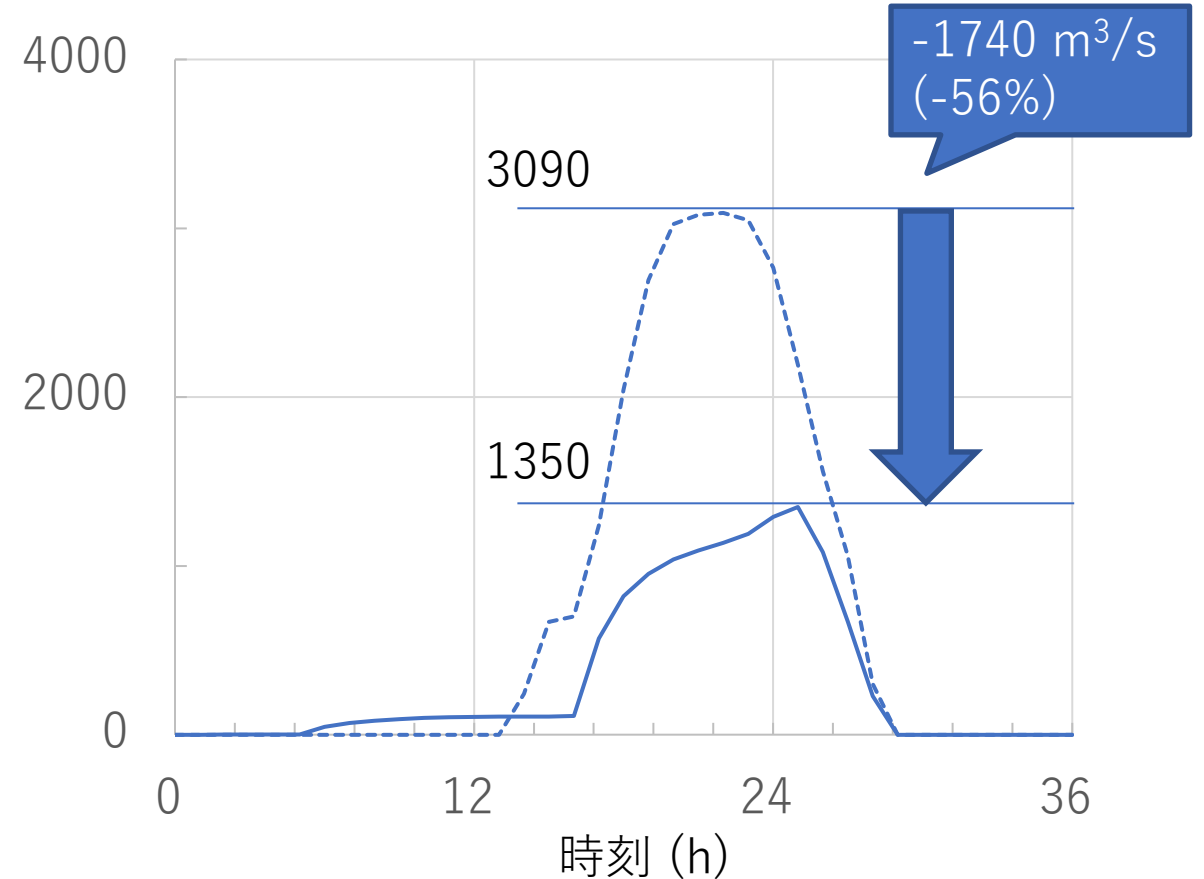
“最適化”結果 (L1未満)

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



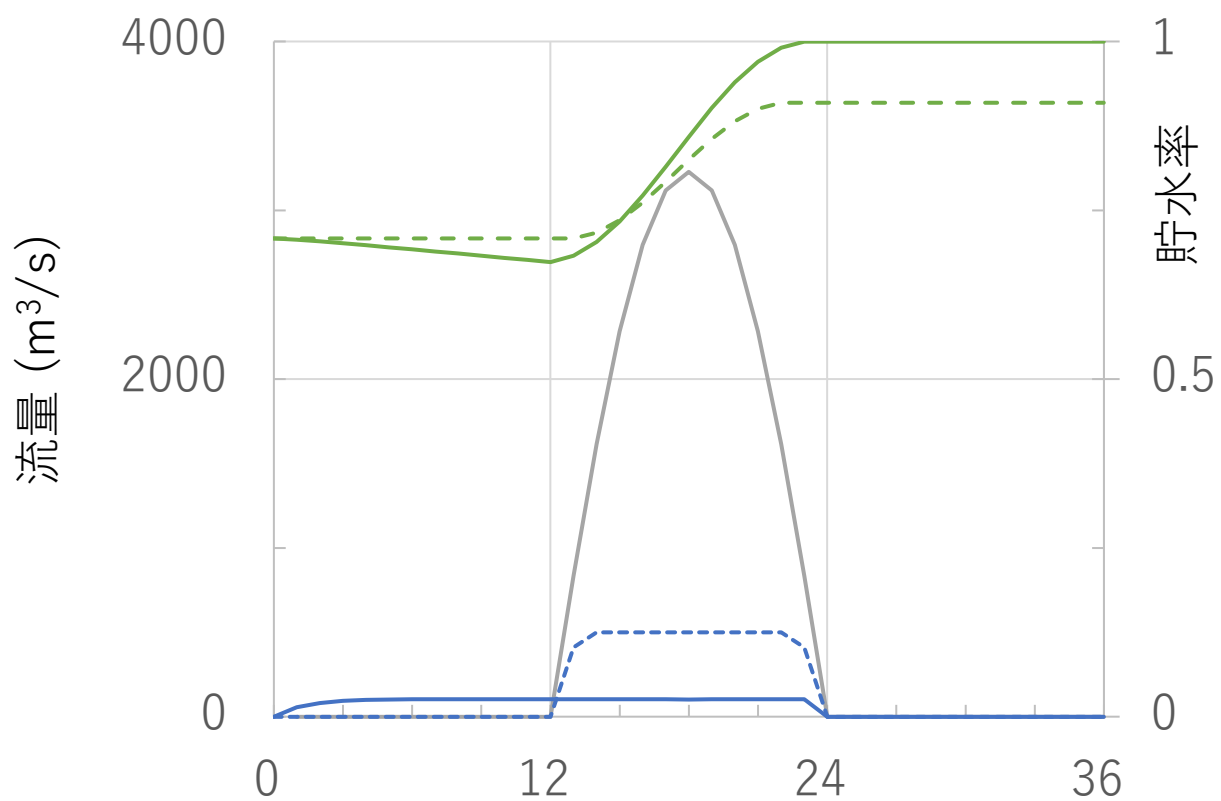
基準点 河川流量



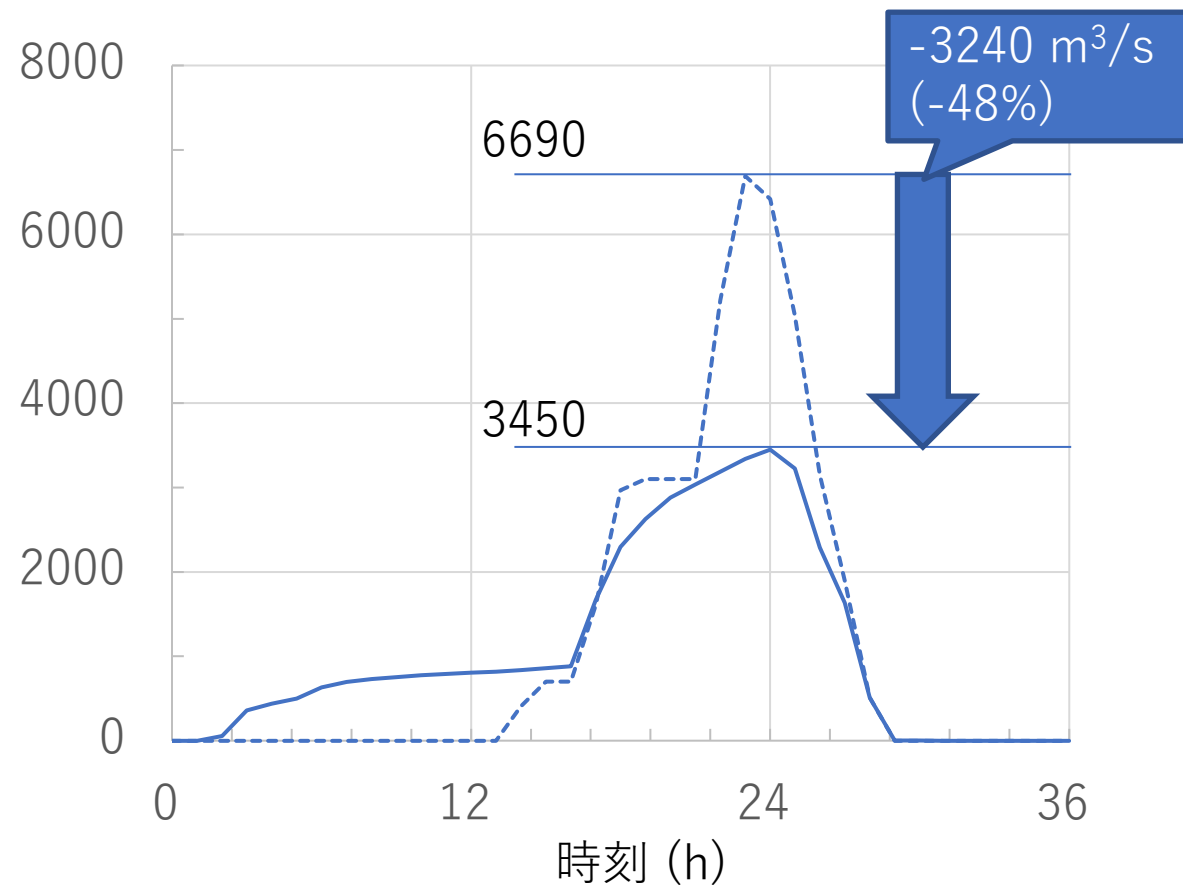
“最適化”結果 (L1規模)

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

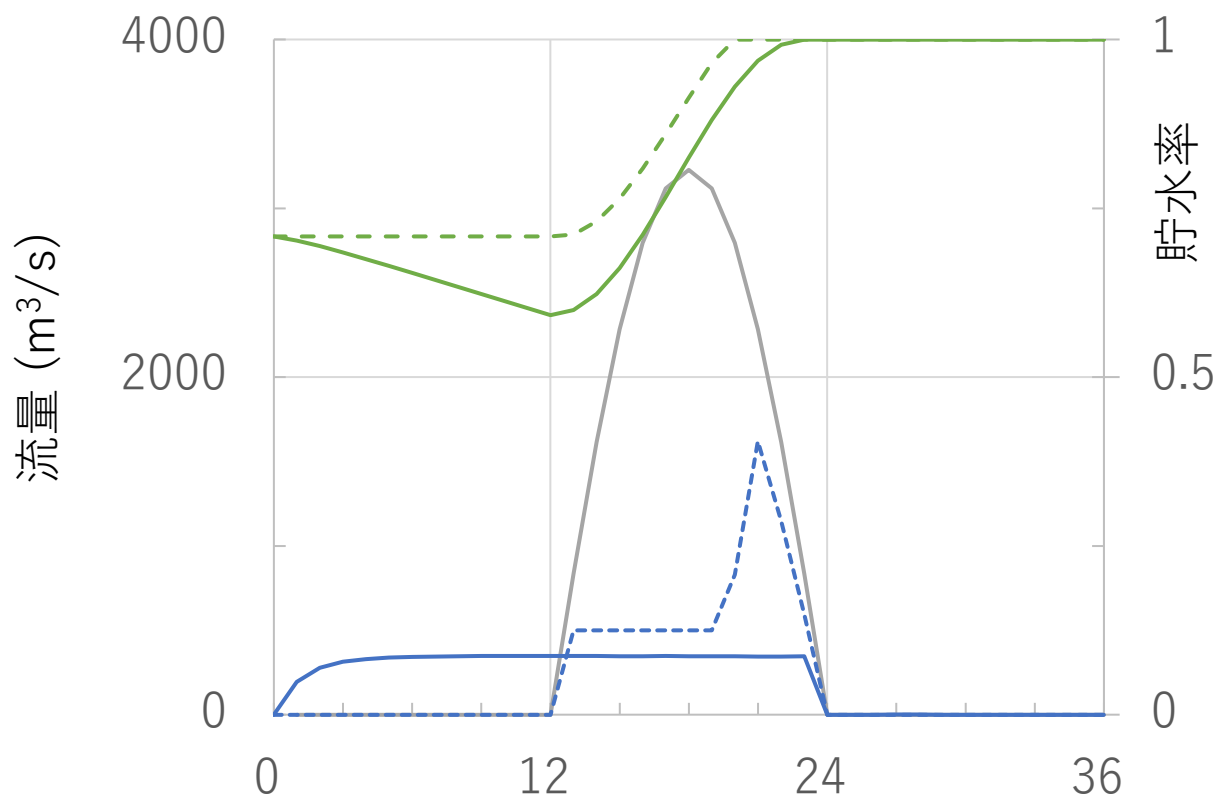


— 放流量 (提案手法) - - - 放流量 (本則操作) — 流入量
— 貯水率 (提案手法) - - - 貯水率 (本則操作)

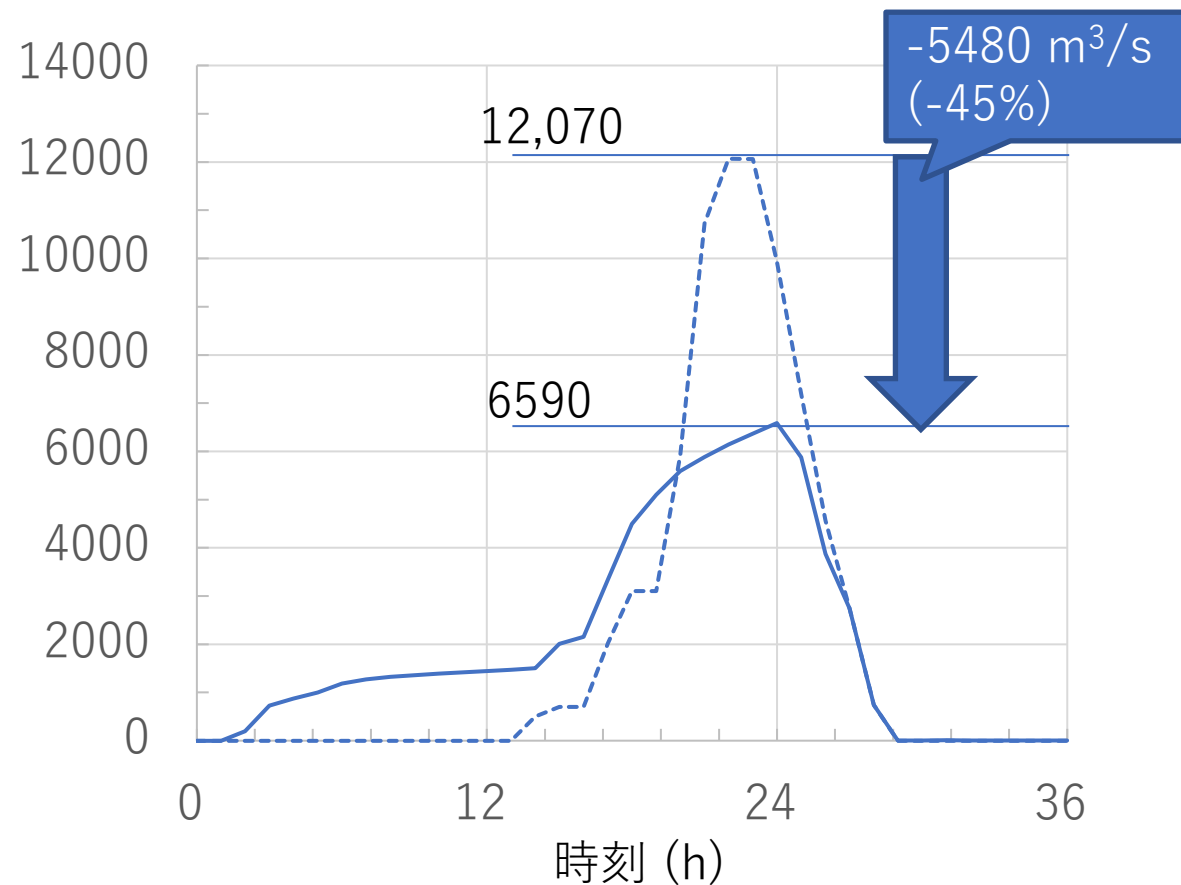
“最適化”結果 (L2規模)

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

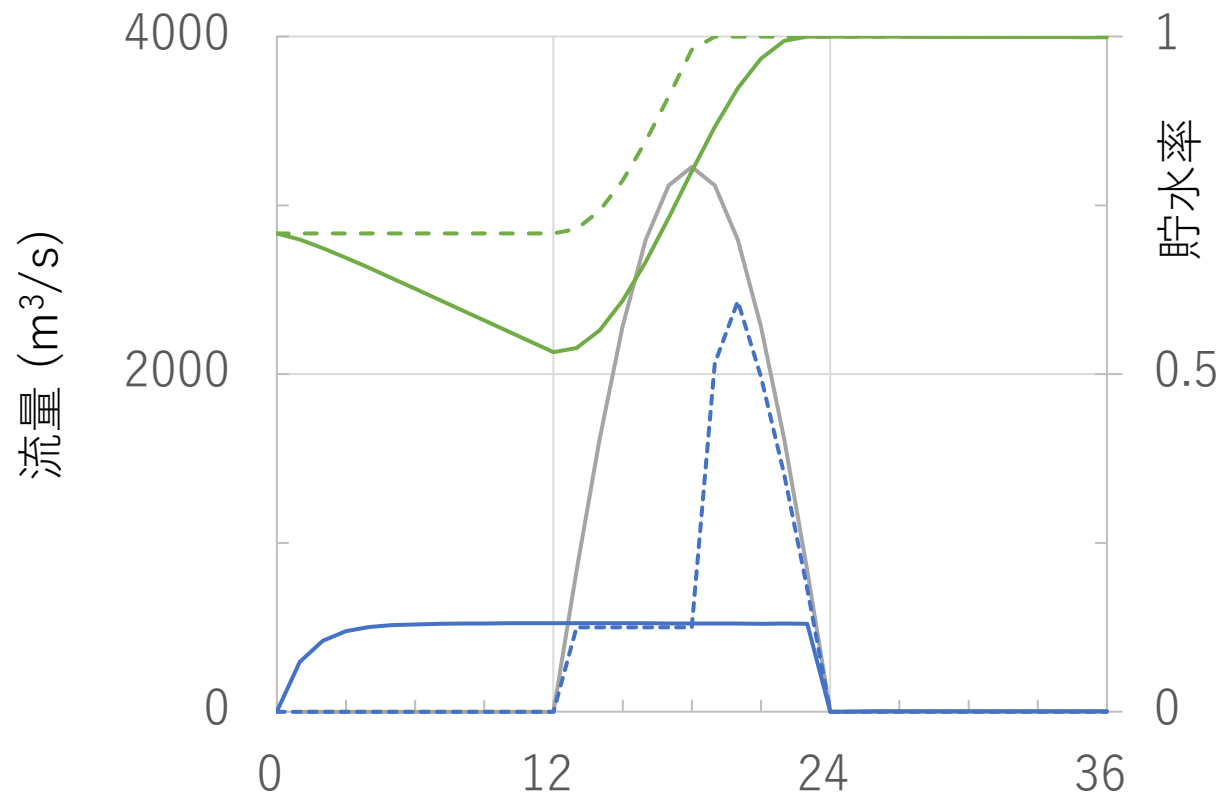


— 放流量 (提案手法) - - - 放流量 (本則操作) — 流入量
— 貯水率 (提案手法) - - - 貯水率 (本則操作)

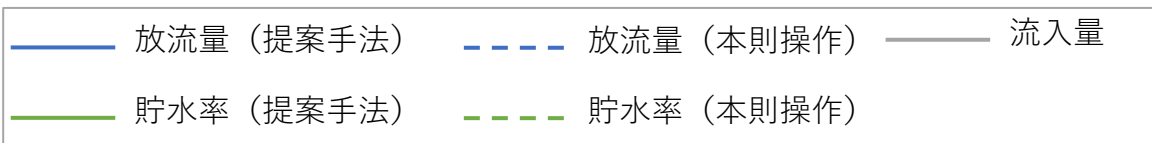
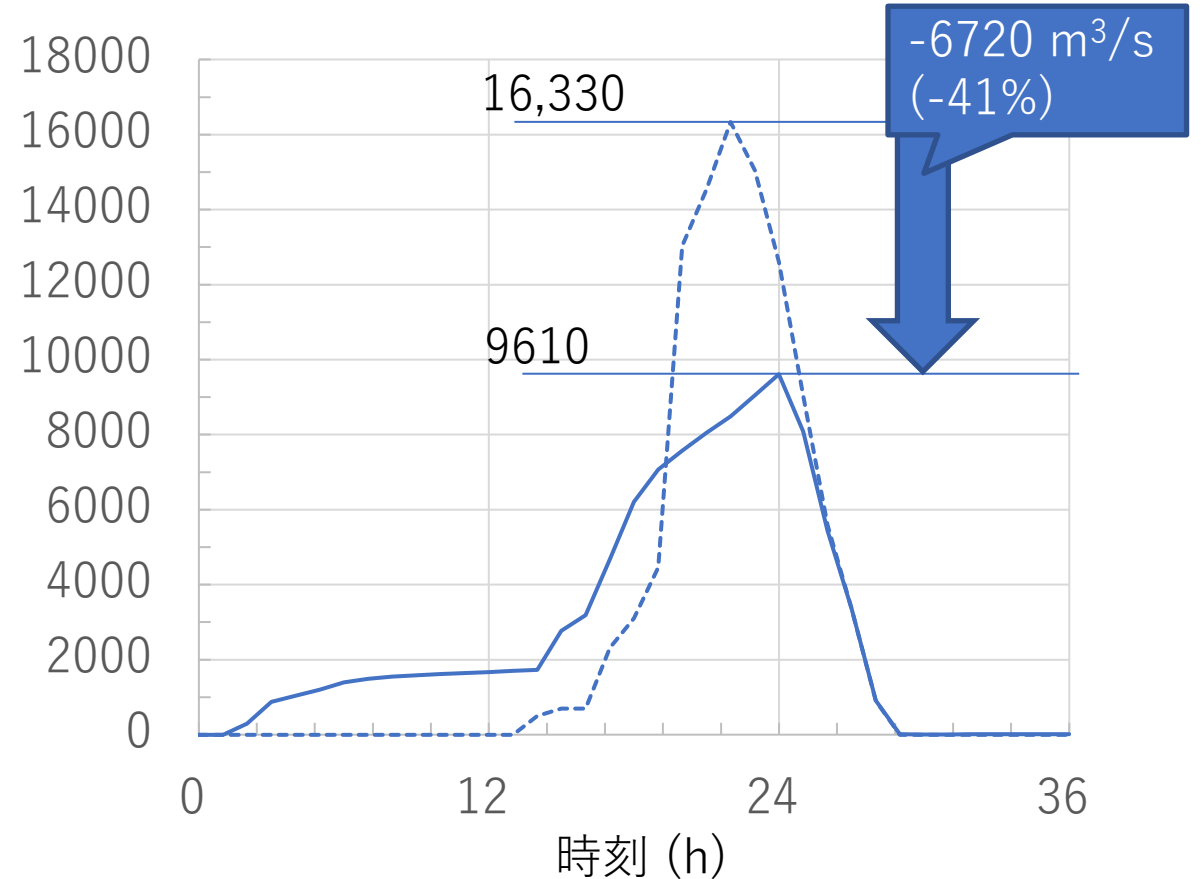
“最適化”結果 (超L2規模)

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



DioVISTA/Dams Dashboard 画面例

ダム流入量・放流量、貯水量



DioVISTA/Dams Dashboard 画面例



DioVISTA/Dams Dashboard 画面例

数表

Dams Dashboard - Tonegawa5dams (case2)

ファイル(F) ヘルプ(H)

利根川上流ダム群 利根川水位計 数表 モデル

日時	藤原 流入量	藤原 貯水量	藤原 放流量	藤原 貯水量 本則	藤原 放流量 本則	相模 流入量	相模 貯水量	相模 放流量	相模 貯水量 本則	相模 放流量 本則	奥原 流入量	奥原 貯水量	奥原 放流量	奥原 貯水量 本則	奥原 放流量 本則	ハツ場 流入量	ハツ場 貯水量
2017-07-01 12:00	15	0	15	15	0	11	0	11	0	0	0	0	0	0	0	25	0
2017-07-01 13:00	0	14.503905999999999	137.80382	15	0	10.484375	143.22917	11	0	0	0	0	0	0	0	23.375	0
2017-07-01 14:00	0	13.769530999999999	203.99306	15	0	9.78125	195.3125	11	0	0	0	0	0	0	0	21.363281999	0
2017-07-01 15:00	0	12.863280999999999	251.73611	15	0	9.007812	214.84375	11	0	0	0	0	0	0	0	19.257811999	0
2017-07-01 16:00	0	11.835937999999999	285.37326	15	0	8.199219	224.60938	11	0	0	0	0	0	0	0	17.125	0
2017-07-01 17:00	0	10.710937999999999	312.5	15	0	7.371093999999999	230.03473	11	0	0	0	0	0	0	0	14.988280999	0
2017-07-01 18:00	0	9.492187999999999	338.5417	15	0	6.527343999999999	234.375	11	0	0	0	0	0	0	0	12.847655999	0
2017-07-01 19:00	0	8.1796875	364.58334	15	0	5.675781	236.54515	11	0	0	0	0	0	0	0	10.707030999	0
2017-07-01 20:00	0	6.769531	391.71008	15	0	4.816406	238.71529	11	0	0	0	0	0	0	0	8.56640599999	0
2017-07-01 21:00	0	5.253906	421.00696	15	0	3.95703125	238.71529	11	0	0	0	0	0	0	0	6.425781	0
2017-07-01 22:00	0	3.62890625	451.3889	15	0	3.09765625	238.71529	11	0	0	0	0	0	0	0	4.285156	0
2017-07-01 23:00	0	1.8828125	485.02606	15	0	2.23828125	238.71529	11	0	0	0	0	0	0	0	2.14453125	0
2017-07-02 00:00	0	0	523.0035	15	0	1.37890625	238.71529	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2017-07-02 01:00	1038	0.0390625	1027.1493	16.8648	520	287	1.55078125	239.25694	11	287	1573	0	1573	0.0828	1550	1841	0
2017-07-02 02:00	2005	2.6015625	1293.1943	22.2108	520	554	2.68359375	239.32986	11.8064	330	3038	0	3038	5.4395999999999995	1550	3557	3.4453125
2017-07-02 03:00	2835	7.347656	1516.6405	30.5448	520	783	4.6328125	241.55035	13.437199999999999	330	4296	1.2734375	3942.2673	15.325199999999999	1550	5030	11.539062

CSV出力

日時	湯原 流量	湯原 流量 本則	屋形原 流量	屋形原 流量 本則	岩本 流量	岩本 流量 本則	前橋 流量	前橋 流量 本則	八斗島 流量	八斗島 流量 本則
2017-07-01 12:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2017-07-01 13:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2017-07-01 14:00	137.80382	0	143.22917	0	143.22917	0	451.3889	0	378.68924	0
2017-07-01 15:00	203.99306	0	333.11633	0	333.11633	0	558.8108	0	991.75354	0
2017-07-01 16:00	251.73611	0	418.8368	0	418.8368	0	728.0816	0	1168.6199	0
2017-07-01 17:00	285.37326	0	476.3455	0	476.3455	0	925.5643	0	1368.2726	0
2017-07-01 18:00	312.5	0	515.40796	0	515.40796	0	1012.3698	0	1578.7761	0
2017-07-01 19:00	338.5417	0	546.875	0	546.875	0	1070.9635	0	1672.092	0
2017-07-01 20:00	364.58334	0	575.08685	0	575.08685	0	1110.026	0	1735.026	0
2017-07-01 21:00	391.71008	0	603.29865	0	603.29865	0	1141.493	0	1776.2587	0
2017-07-01 22:00	421.00696	0	630.42535	0	630.42535	0	1169.7048	0	1808.8108	0
2017-07-01 23:00	451.3889	0	659.7222	0	659.7222	0	1197.9167	0	1837.0226	0
2017-07-02 00:00	485.02606	0	690.1042	0	690.1042	0	1225.0435	0	1865.2345	0
2017-07-02 01:00	523.0035	0	723.74133	0	723.74133	0	1255.4233	0	1892.3612	0
2017-07-02 02:00	1027.1493	520	762.26044	287	2335.2605	1837	2531.1042	200	1922.1544	500
2017-07-02 03:00	1293.1943	520	1266.4791	850	4304.479	2400	3323.71	200	3196.7534	700
2017-07-02 04:00	1516.6405	520	1534.7446	850	5477.0117	2400	4116.0056	200	3888.0713	700

CSV出力

2017-07-01 12:00 10分

DioVISTA/Dams Dashboard 画面例

計算対象のダム群の設定

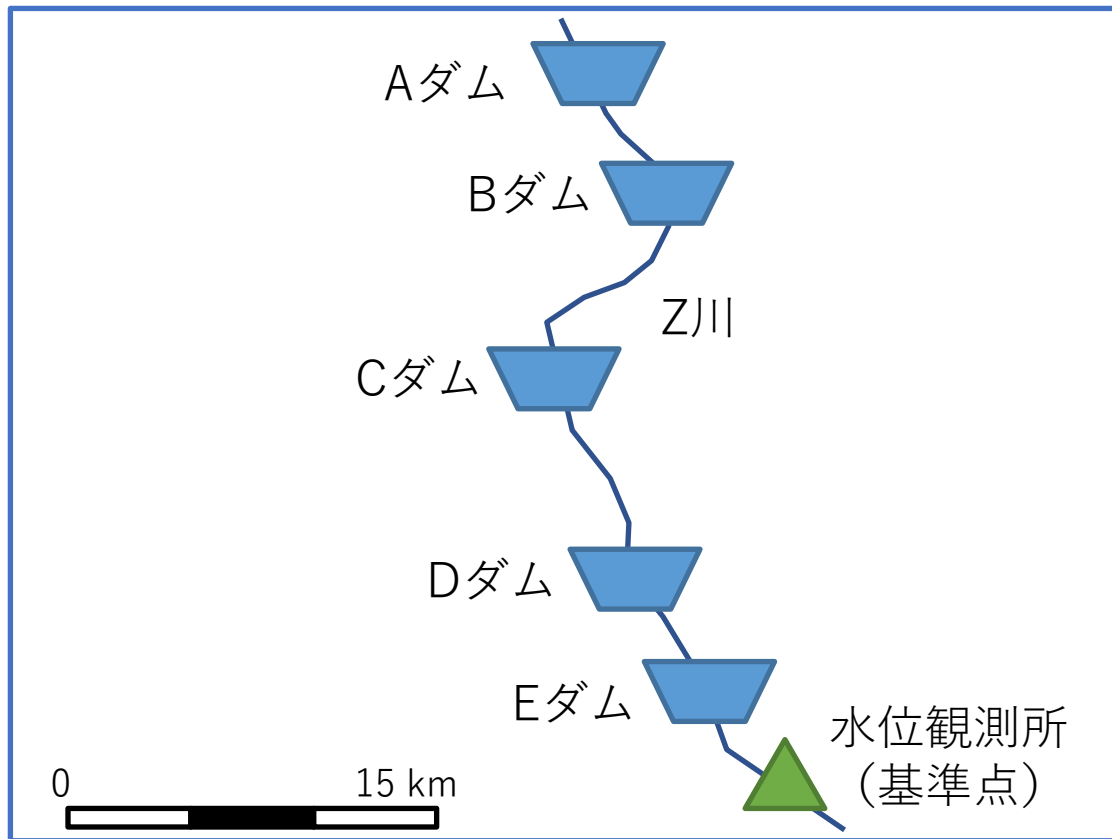
The screenshot displays the 'Dams Dashboard - Tonegawa5dams (case2)' application. The main area shows a network diagram of dams and reservoirs. A blue callout box points to a dam icon with the text 'ダムをクリックして' (Click the dam). Another blue callout box points to the configuration panel with the text 'ダムの初期貯水量などを 変更できる' (Initial reservoir volume, etc. can be changed). The configuration panel on the right is titled 'ProcessInfo' and contains the following data:

ProcessInfo	
InitialPassCreation	Rule
IgnoreDischargePrincipal	6
BeforeResolutionIndex	36
IgnoreDischargePrincipal After TimeIndex	1, 1, 1, 2, 1, 4, 1, 8, 1, 16, 1, 32, 1, 64, 1, 128
Resolutions	2017-07-01 12:00:00
InitialDateUtc	2017-07-01 12:00:00
Time	
Width	3600
Count	37
ModelStructure	
InitialReservoirCsvFileName	InitialReservoir.csv
RainfallEventFolder	rainfallEvent1
RainfallScaleFactor	1
Canvas	
Width	1100
Height	1100
BackgroundColor	White
ShowGridLines	<input type="checkbox"/>
GridLineColor	#B7DEEB

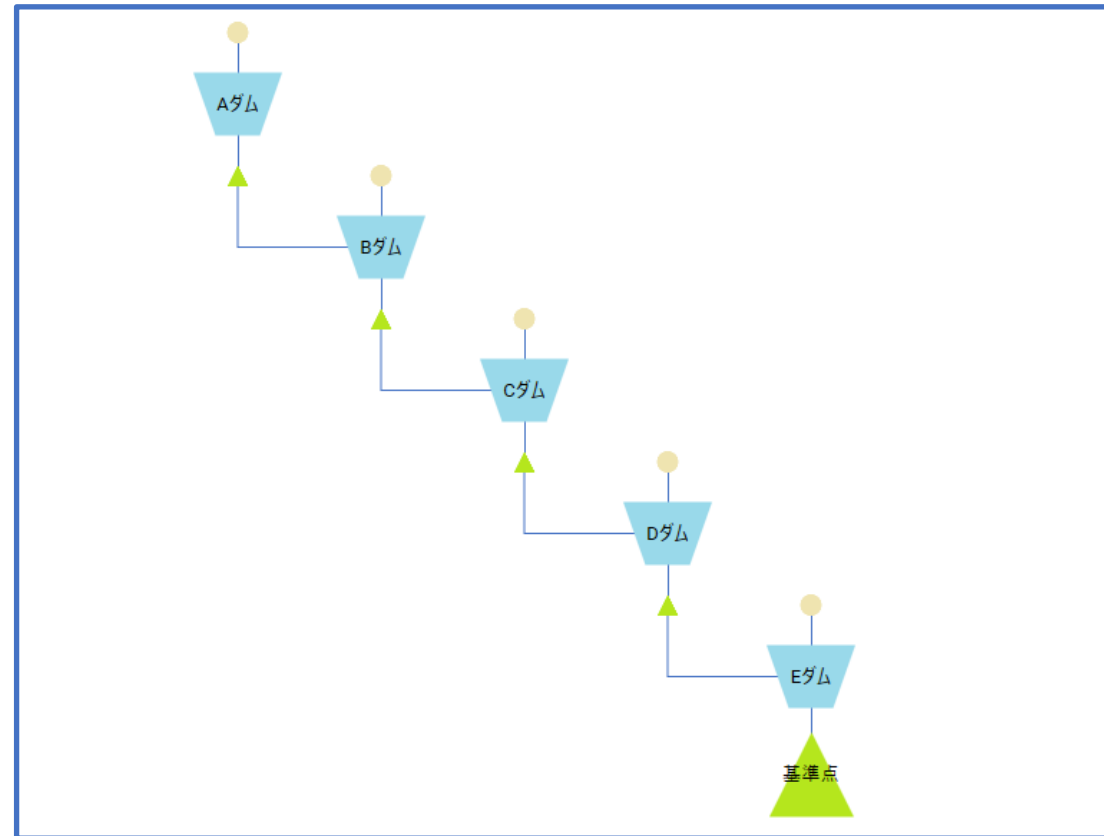
実験3: Z川上流5ダム

目的：発電（各ダムの合計発電量を最大化する）

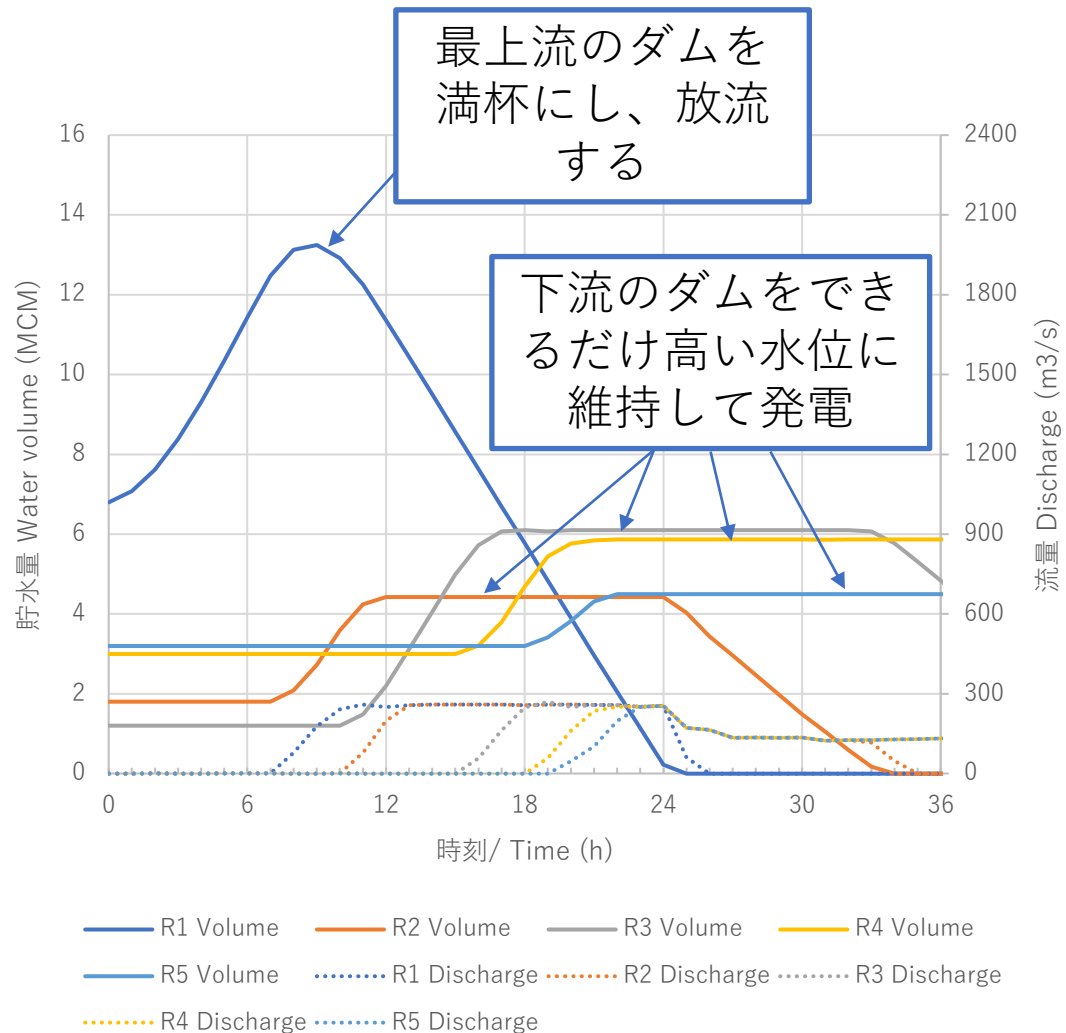
Z川上流5ダムの配置図



モデルで表現したダム群



発電ダムへの応用 (実験結果)



発電量最大化のための運用方法

- まず、最上流のダムを満杯にする
- 上流のダムを放流して水位を下げ、直下のダムを満杯にする
- できるだけ長い時間満杯水位を維持する

1. はじめに
2. 現場の声
3. 提案 1 : 流入量の予測
4. 提案 2 : 放流計画案の自動算出

5. まとめ

- DioVISTA/Dams Dashboardは、流入量予測で業務を支援します
 - AIとシミュレーションをハイブリッドさせました
 - 平水と洪水との両方に活用できます
- 放流計画案の自動算出で業務を支援します
 - ダム流入量予測に基づき、放流計画案を自動で算出します

DioVISTA/Dams Dashboard 画面例

ダム流入量・放流量、貯水量



DioVISTA/Dams Dashboard 画面例



DioVISTA/Dams Dashboard 画面例

数表

Dams Dashboard - Tonegawa5dams (case2)

ファイル(F) ヘルプ(H)

利根川上流ダム群 利根川水位計 数表 モデル

日時	藤原 流入量	藤原 貯水量	藤原 放流量	藤原 貯水量 本則	藤原 放流量 本則	相模 流入量	相模 貯水量	相模 放流量	相模 貯水量 本則	相模 放流量 本則	嵩原 流入量	嵩原 貯水量	嵩原 放流量	嵩原 貯水量 本則	嵩原 放流量 本則	ハツ場 流入量	ハツ場 貯水量
2017-07-01 12:00	15	0	15	15	0	11	0	11	0	0	0	0	0	0	0	25	0
2017-07-01 13:00	0	14.503905999999999	137.80382	15	0	10.484375	143.22917	11	0	0	0	0	0	0	0	23.375	0
2017-07-01 14:00	0	13.769530999999999	203.99306	15	0	9.78125	195.3125	11	0	0	0	0	0	0	0	21.363281999	0
2017-07-01 15:00	0	12.863280999999999	251.73611	15	0	9.007812	214.84375	11	0	0	0	0	0	0	0	19.257811999	0
2017-07-01 16:00	0	11.835937999999999	285.37326	15	0	8.199219	224.60938	11	0	0	0	0	0	0	0	17.125	0
2017-07-01 17:00	0	10.710937999999999	312.5	15	0	7.371093999999999	230.03473	11	0	0	0	0	0	0	0	14.988280999	0
2017-07-01 18:00	0	9.492187999999999	338.5417	15	0	6.527343999999999	234.375	11	0	0	0	0	0	0	0	12.847655999	0
2017-07-01 19:00	0	8.1796875	364.58334	15	0	5.675781	236.54515	11	0	0	0	0	0	0	0	10.707030999	0
2017-07-01 20:00	0	6.769531	391.71008	15	0	4.816406	238.71529	11	0	0	0	0	0	0	0	8.56640599999	0
2017-07-01 21:00	0	5.253906	421.00696	15	0	3.95703125	238.71529	11	0	0	0	0	0	0	0	6.425781	0
2017-07-01 22:00	0	3.62890625	451.3889	15	0	3.09765625	238.71529	11	0	0	0	0	0	0	0	4.285156	0
2017-07-01 23:00	0	1.8828125	485.02606	15	0	2.23828125	238.71529	11	0	0	0	0	0	0	0	2.14453125	0
2017-07-02 00:00	0	0	523.0035	15	0	1.37890625	238.71529	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2017-07-02 01:00	1038	0.0390625	1027.1493	16.8648	520	287	1.55078125	239.25694	11	287	1573	0	1573	0.0828	1550	1841	0
2017-07-02 02:00	2005	2.6015625	1293.1943	22.2108	520	554	2.68359375	239.32986	11.8064	330	3038	0	3038	5.4395999999999995	1550	3557	3.4453125
2017-07-02 03:00	2835	7.347656	1516.6405	30.5448	520	783	4.6328125	241.55035	13.437199999999999	330	4296	1.2734375	3942.2673	15.325199999999999	1550	5030	11.539062

[CSV出力](#)

Dams Dashboard - Tonegawa5dams (case2)

利根川上流ダム群 利根川水位計 数表 モデル

日時	嵩原 流量	嵩原 流量 本則	屋形原 流量	屋形原 流量 本則	岩本 流量	岩本 流量 本則	前橋 流量	前橋 流量 本則	八斗島 流量	八斗島 流量 本則
2017-07-01 12:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2017-07-01 13:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2017-07-01 14:00	137.80382	0	143.22917	0	143.22917	0	451.3889	0	378.68924	0
2017-07-01 15:00	203.99306	0	333.11633	0	333.11633	0	558.8108	0	991.75354	0
2017-07-01 16:00	251.73611	0	418.8368	0	418.8368	0	728.0816	0	1168.6199	0
2017-07-01 17:00	285.37326	0	476.3455	0	476.3455	0	925.5643	0	1368.2726	0
2017-07-01 18:00	312.5	0	515.40796	0	515.40796	0	1012.3698	0	1578.7761	0
2017-07-01 19:00	338.5417	0	546.875	0	546.875	0	1070.9635	0	1672.092	0
2017-07-01 20:00	364.58334	0	575.08685	0	575.08685	0	1110.026	0	1735.026	0
2017-07-01 21:00	391.71008	0	603.29865	0	603.29865	0	1141.493	0	1776.2587	0
2017-07-01 22:00	421.00696	0	630.42535	0	630.42535	0	1169.7048	0	1808.8108	0
2017-07-01 23:00	451.3889	0	659.7222	0	659.7222	0	1197.9167	0	1837.0226	0
2017-07-02 00:00	485.02606	0	690.1042	0	690.1042	0	1225.0435	0	1865.2345	0
2017-07-02 01:00	523.0035	0	723.74133	0	723.74133	0	1255.4233	0	1892.3612	0
2017-07-02 02:00	1027.1493	520	762.26044	287	2335.2605	1837	2531.1042	200	1922.1544	500
2017-07-02 03:00	1293.1943	520	1266.4791	850	4304.479	2400	3323.71	200	3196.7534	700
2017-07-02 04:00	1516.6405	520	1534.7446	850	5477.0117	2400	4116.0066	200	3888.0733	700

[CSV出力](#)

2017-07-01 12:00
10分

DioVISTA/Dams Dashboard 画面例

計算対象のダム群の設定

The screenshot displays the 'Dams Dashboard - Tonegawa5dams (case2)' application. The main area shows a network diagram of dams and reservoirs. A blue callout box points to a dam labeled '高瀬ダム' (Takase Dam) with the text 'ダムをクリックして' (Click the dam). Another blue callout box points to the configuration panel with the text 'ダムの初期貯水量などを 変更できる' (Initial reservoir water volume, etc. can be changed). The configuration panel on the right is titled 'ProcessInfo' and contains the following data:

ProcessInfo	
InitialPassCreation	Rule
IgnoreDischargePrincipal	6
BeforeResolutionIndex	36
IgnoreDischargePrincipal After TimeIndex	1, 1, 1, 2, 1, 4, 1, 8, 1, 16, 1, 32, 1, 64, 1, 128
Resolutions	2017-07-01 12:00:00
InitialDateUtc	2017-07-01 12:00:00
Time	
Width	3600
Count	37
ModelStructure	
InitialReservoirCsvFileName	InitialReservoir.csv
RainfallEventFolder	rainfallEvent1
RainfallScaleFactor	1
Canvas	
Width	1100
Height	1100
BackgroundColor	White
ShowGridLines	<input type="checkbox"/>
GridLineColor	#B7DEEB