

## 釜房ダム貯水池湖沼水質保全計画に係る調査結果

### I 釜房ダム貯水池における気候変動の適応推進事業

### II 釜房ダム貯水池流域における自然汚濁負荷調査中間報告

#### 【調査概要】

#### I. 釜房ダム貯水池における気候変動の適応推進事業

- ・令和5・6年度の2か年事業であり、今年度は既存データの整理・解析、水質シミュレーションモデルの設定、予測に必要な条件の設定及び気候変動シナリオの選定に取り組んでいる。
- ・令和5年8月環境審議会水質専門委員会議での助言を踏まえ、気候変動データセットとしてd4PDF（地球温暖化対策に資するアンサンブル気候予測データベース：database for Policy Decision making for Future climate change）を使用し、産業革命以前から気温が2℃上昇した2040年頃の貯水池の水質をシミュレーションすることとした。
- ・気候変動シナリオの選定案及び流出解析モデルの構築案を作成したため助言を得るもの。

#### II. 釜房ダム貯水池流域における自然汚濁負荷調査中間報告

##### ○内容

- ・昨年度から引き続きコントロールポイント（CP）、3005-5スギ林間伐地で、今年度より05-1皆伐再造林地（令和3，4年に施業）で、間伐等施業による水質への負荷量変化を平常時及び降雨時に調査した。

##### ○結果

- ・平常時は溶解成分量が7割以上となり、降雨時は懸濁成分量が逆転する。負荷量を削減するためには、懸濁成分の対策が重要となる。
- ・降雨時は、05-1皆伐再造林地で突出して高値を示しており、樹木や下草による緩衝効果及び地下浸透効果が得られなかったことによるものと思われる、今後植栽木の生長により、負荷は減少することが期待される。
- ・平常時におけるCP（H23、R2間伐）、3005-5スギ林間伐地（H17間伐）のCOD等濃度は、CPで低値であり、長期観測結果から定期的な森林整備による水質改善効果が示唆された。

# 気候変動の影響と将来シナリオ作成（案）について

いであ株式会社

2024年02月15日

## 1 はじめに

第7期計画における重点的な取組の一つである「気候変動と水質の関係の検討」<sup>1)</sup>に向け、①将来気候下における降水量の変化の解析、②将来気候下を想定した水質シミュレーションを実施するための気候変動シナリオの選定、を行った。

### 1.1 気候変動データセットについて

気候変動データセットとして d4PDF<sup>2)</sup>を使用している。d4PDF の「過去実験」は 1980 年から 2010 年の気象場の計算結果、「2℃上昇実験」は 2040 年頃の気象場の計算結果である。なお、釜房ダム近隣のアメダス地点である川崎地点の観測値を用いてバイアス補正を行った<sup>3)</sup>。

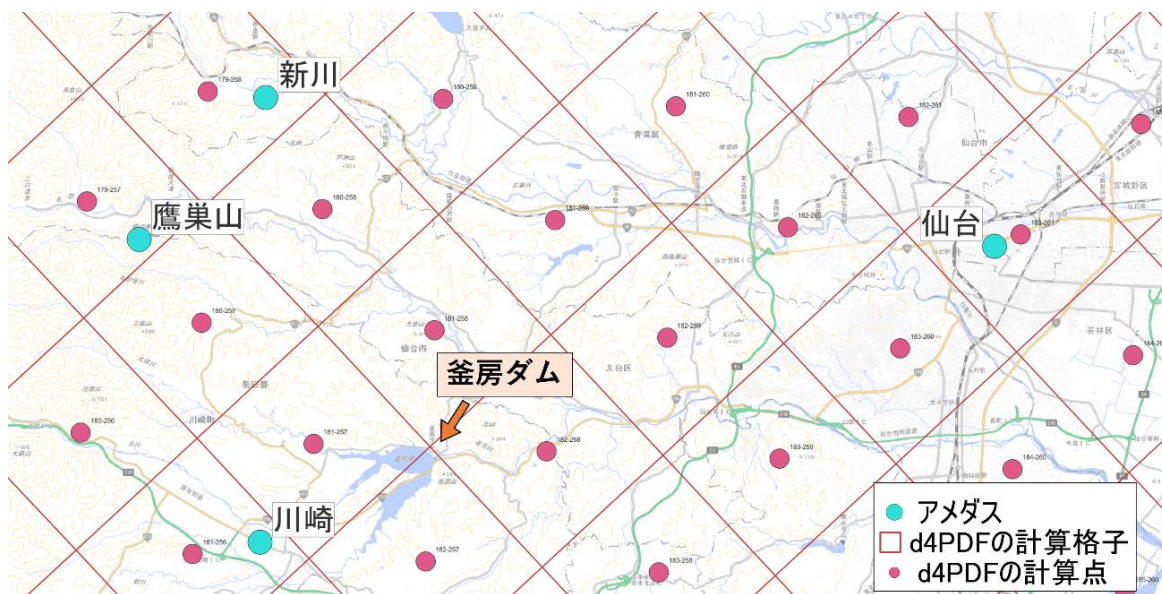


図 1.1 釜房ダムと周囲のアメダス地点・d4PDF 計算点  
(鷹巣山は 1996 年 10 月に、川崎は 2005 年 10 月に観測を終了している)

- 1) 「第7期釜房ダム貯水池湖沼水質保全計画」より引用  
(<https://www.pref.miyagi.jp/documents/44701/7kikamafushakeikaku-pamphlet.pdf>)
- 2) d4PDF の詳細については本資料末の参考資料を参照。
- 3) 川崎地点は 2005 年 10 月に観測を終了しているため、d4PDF の過去実験期間（1980 年~2010 年）よりもデータ数が少ない。そのため、バイアス補正が可能な 1981 年~2004 年までの 24 年分のデータを用いて解析を行っている。

## 2 ○○年に一度の雨（再現期間）の変化

d4PDF 過去実験・2℃上昇実験における降水量を基に、再現期間の算出を行った。対象は年降水量の他、ダム運用上重要であると考えられるかんがい期降水量とした。かんがい期は5月1日から8月31日とした。また、1/2降水量（2年に一度の降水量）を平年値とした。

### コラム：非超過確率・再現期間とは？（○○年に一度の雨の求め方）

○○年に一度の雨（再現期間）は「非超過確率」「超過確率」から求めることができる。非超過確率とは降水量がある値  $X$  [mm]を超えない確率であり、超過確率は降水量がある値  $X$  [mm]を超える確率である。非超過確率と超過確率は以下の関係式で表される。

$$(\text{超過確率}) = 1 - (\text{非超過確率})$$

再現期間は非超過確率または超過確率の逆数で求めることができる。例えば年降水量2500 mmを超える確率が0.1、すなわち超過確率  $W = 0.1$  のとき、年降水量2500 mmの再現期間は  $1/0.1 = 10$  [年]となる。これは「年降水量2500 mmは10年に一度の雨」と言い換えることができる。

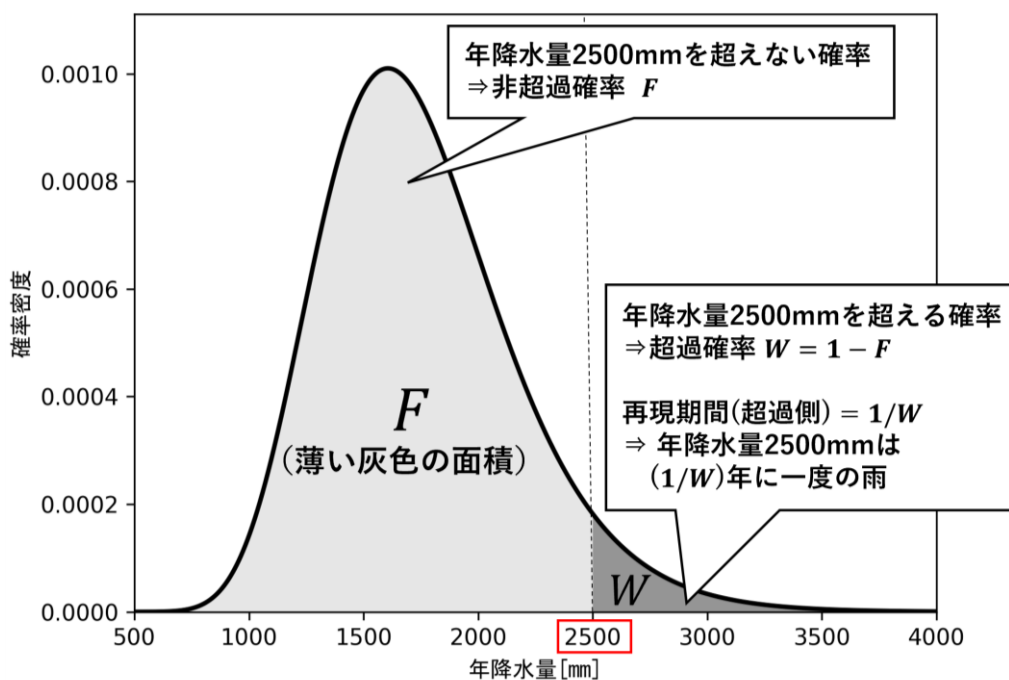


図 2.1 年降水量と非超過確率、超過確率の関係図

## 2.1 年降水量

- 「平年値 (1/2 降水量)」「10年に一度の豊水」「10年に一度の渇水」に対応する降水量のいずれも過去実験から2°C上昇実験において増加する。
- 過去実験の「10年に一度の渇水」(1100mm)は、2°C上昇実験では「14.6年に一度の渇水」となる。過去実験における10年に1度の渇水雨量の頻度は将来気候下で減少する。
- 過去実験の「10年に一度の豊水」(1902mm)は、2°C上昇実験では「8.5年に一度の豊水」となる。過去実験における10年に1度の豊水雨量の頻度は将来気候下で増加する。

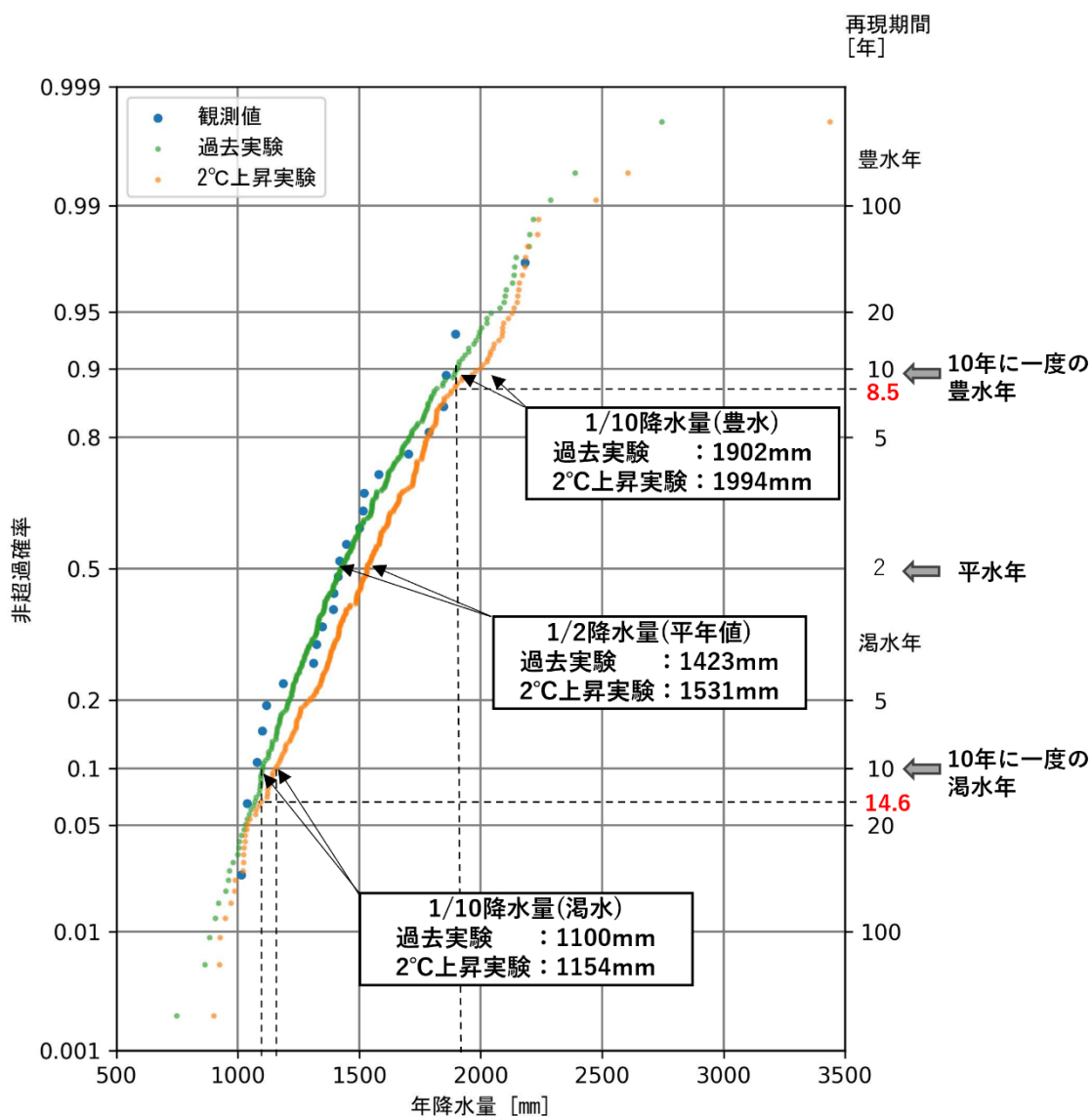


図 2.2 川崎地点における年降水量の将来変化

## 2.2 かんがい期降水量

- 「平年値 (1/2 降水量)」「10年に一度の豊水」「10年に一度の渇水」のいずれも過去実験から2℃上昇実験において増加する。
- 過去実験の「10年に一度の渇水」(439mm)は、2℃上昇実験では「13.7年に一度の渇水」となる。過去実験における10年に1度の渇水雨量の頻度は将来気候下で減少する。
- 過去実験の「10年に一度の豊水」(1009mm)は、2℃上昇実験では「8.7年に一度の豊水」となる。過去実験における10年に1度の豊水雨量の頻度は将来気候下で増加する。

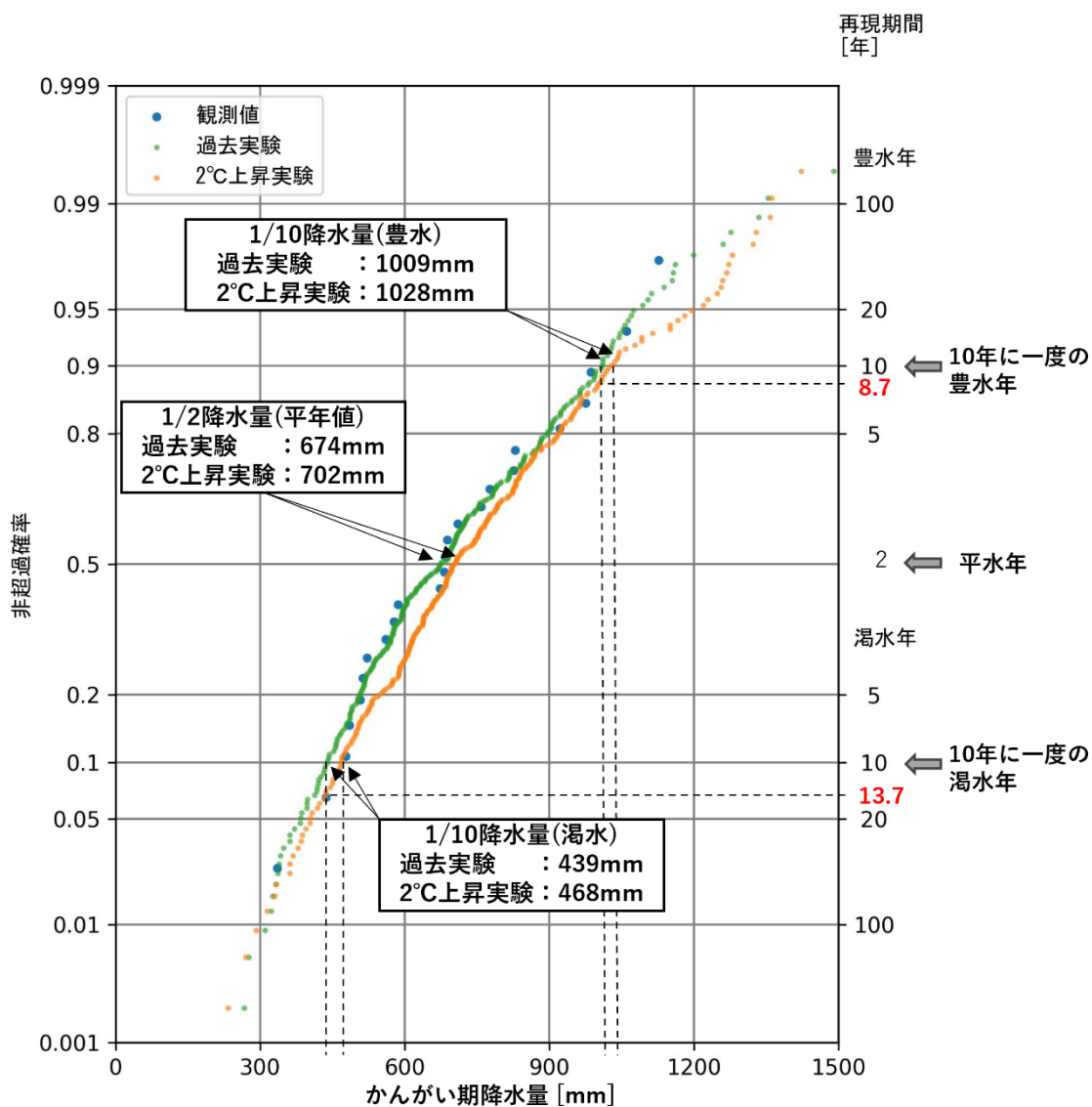


図 2.3 川崎地点におけるかんがい期降水量の将来変化

### 3 気候変動シナリオの選定（案）

#### 3.1 考え方

ダムの水質に係る気象要素は気温や降水量、風、融雪時期など多岐に渡るが、水質やダム運用に最も影響を及ぼす気象要素として、降水量を基準に気候変動シナリオを選定することとした。d4PDFの年降水量から豊水・渇水年などの複数の年・メンバーを抽出し、それをシナリオとする。将来気候における1/2年降水量（平水年）と1/10年降水量（すなわち10年に一度の雨）に近い年・メンバーをシナリオ候補とした。これは湖沼計画のスパンが約10年であることを考慮している。またダムの運用上重要であり、最も利水が厳しくなるかんがい期降水量（5月1日から8月31日）を考慮したシナリオ選定を行う。シナリオは渇水年・平水年・豊水年からそれぞれ3つずつ、全部で9つのシナリオを選定した。

#### 年降水量を基準に、かんがい期降水量を考慮しつつ気候変動シナリオを選択

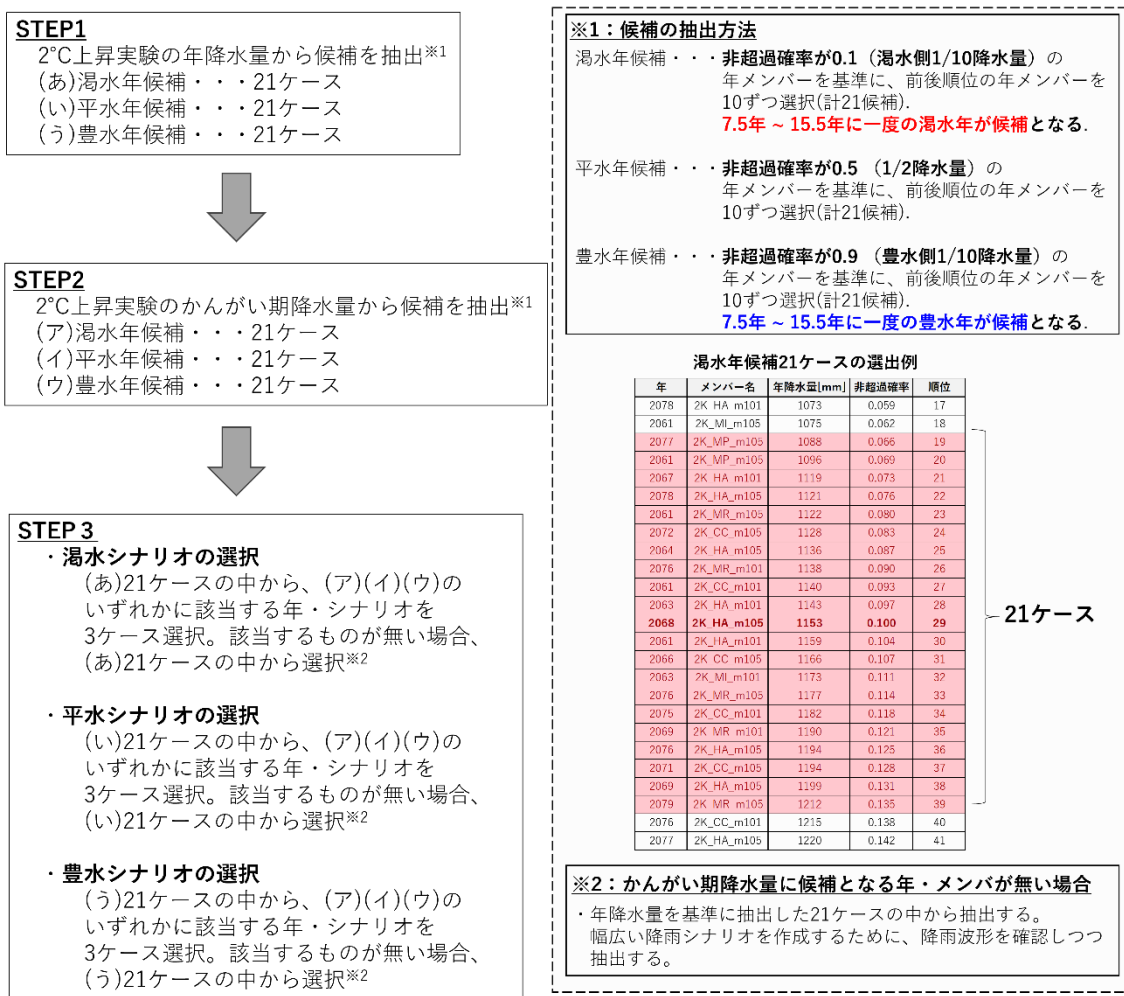


図 3.1 年降水量を基準とした将来シナリオ選定方法（案）

1) 複数の計算を行ったときの各計算ケースのこと。アンサンブルメンバーともいう。

### 3.2 シナリオの選定例

図 3.2 に川崎地点における 2°C 上昇実験の全部の年・メンバの年降水量とかんがい期降水量と、その中から気候変動シナリオとして選定した case01 ~ case09 を示す。また、図中の「渇水年候補」「平水年候補」「豊水年候補」は年降水量に基づいて求めている。

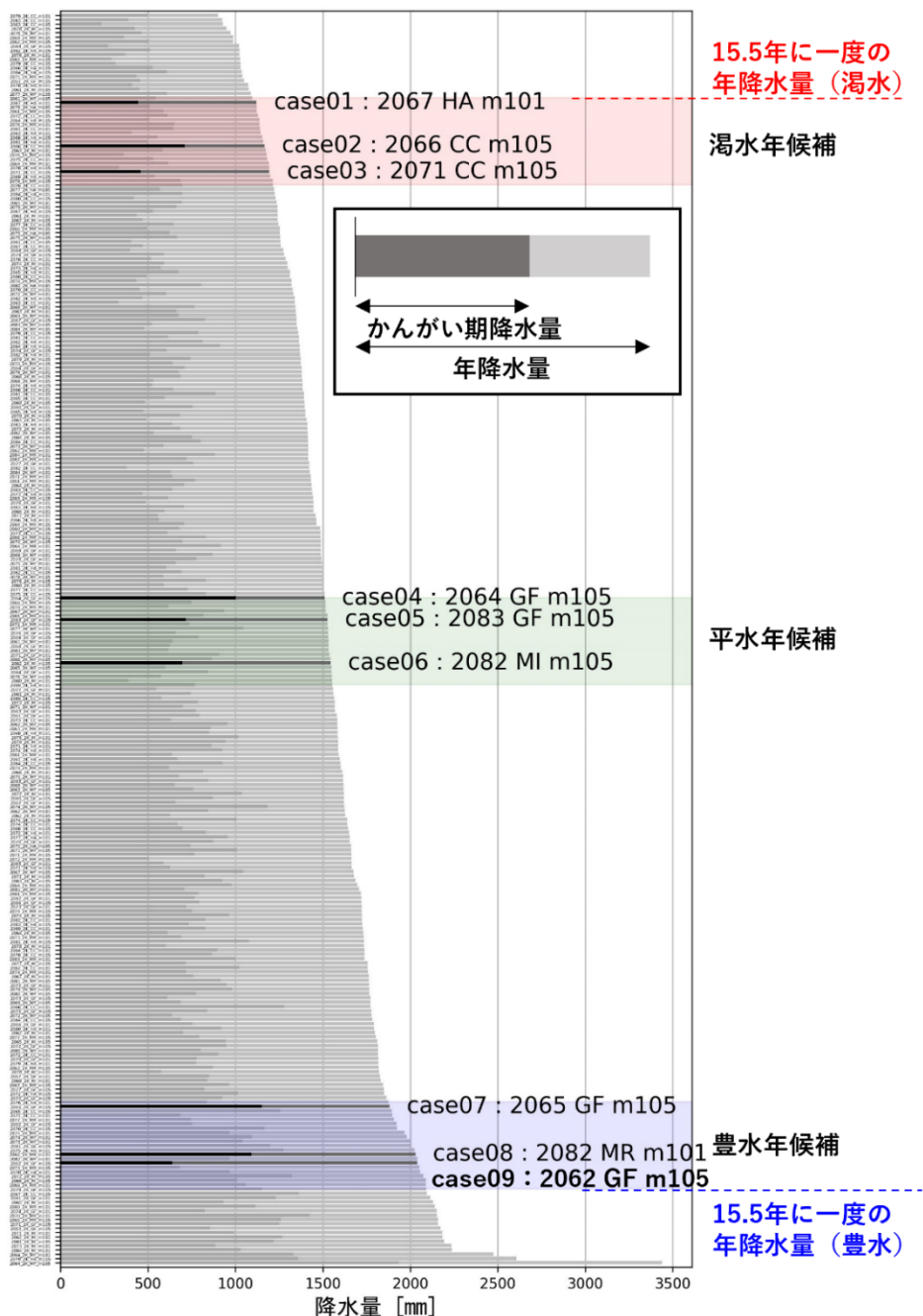


図 3.2 川崎地点における 2°C 上昇実験の全年・メンバの年降水量とかんがい降水量  
 (「2062 GF m105」は計算メンバを表す。2062年の計算を行っているのではなく、あくまで  
 2040年頃の気象場を計算していることに注意。)

続いて、選定した各ケースの降水量の時系列変化を確認する。なお、各年・メンバの降水量を一つの図で比較するため、累積降水量による描画を行った。図 3.3 に累積降水量のグラフの見方を、図 3.4 に川崎地点 288 年分の累積降水量を示す。年降水量より算出した渇水年・平水年・豊水年候補である年メンバをそれぞれ色分けして描画している。

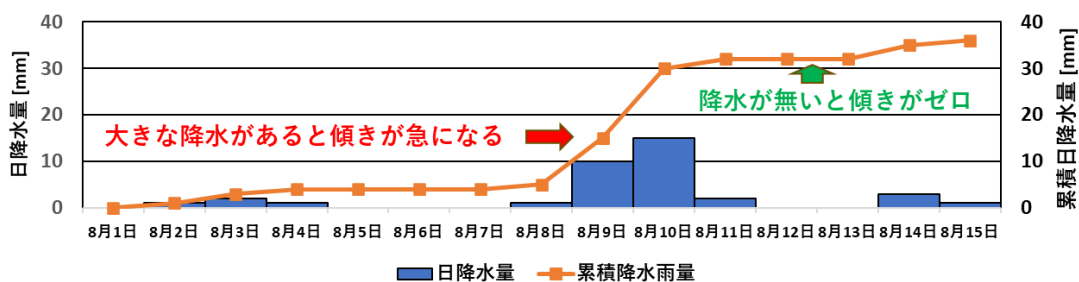


図 3.3 累積降水量のグラフの見方

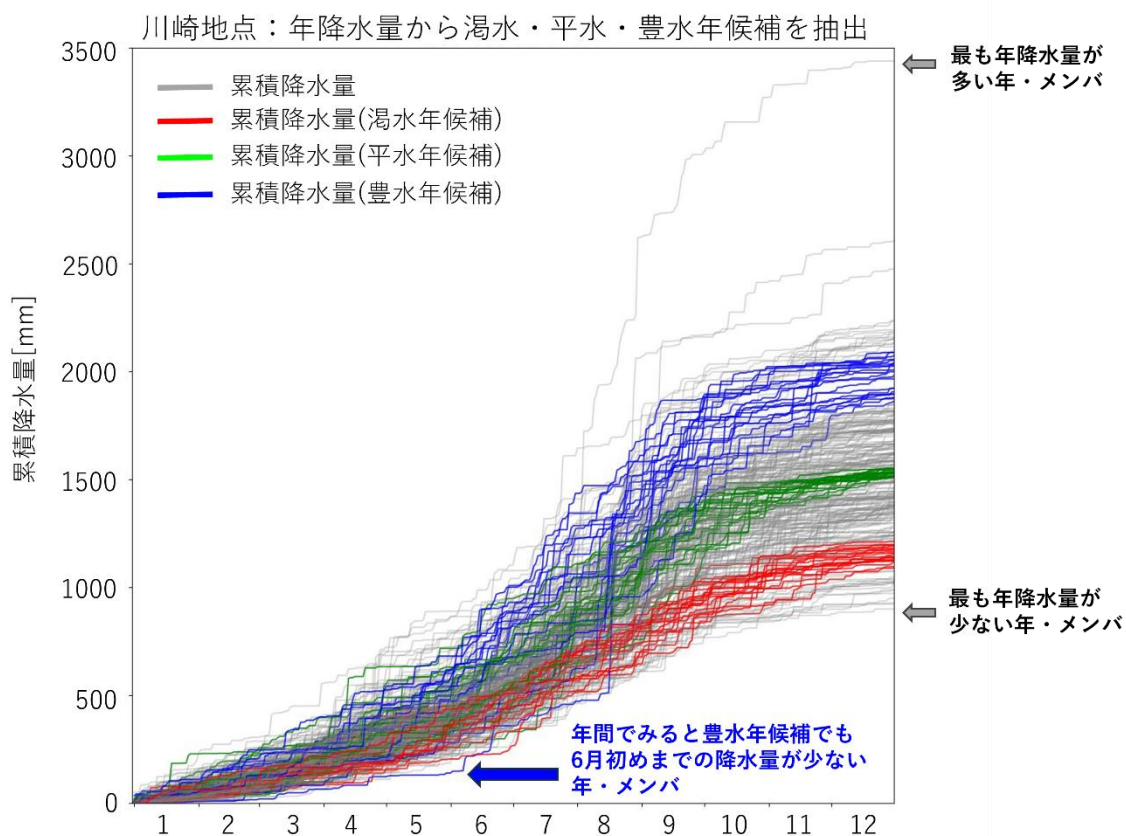


図 3.4 川崎地点における全年・メンバの累積降水量 (288 年分描画)



### (1) 渇水年シナリオ

渇水年シナリオ3ケースの累積降水量を図3.5に示す。これら3ケースを将来気候下における降水量として、水質シミュレーションの入力データとする。以下に3ケースの概略を示す。

- case01：かんがい期間中、少ない雨が安定して降り続けるシナリオ。
- case02：4月までの降水量が少ないが、かんがい期降水量は平年的であるシナリオ。
- case03：かんがい期前半（5-6月）の降水量が少なく、7月に雨が集中するシナリオ。

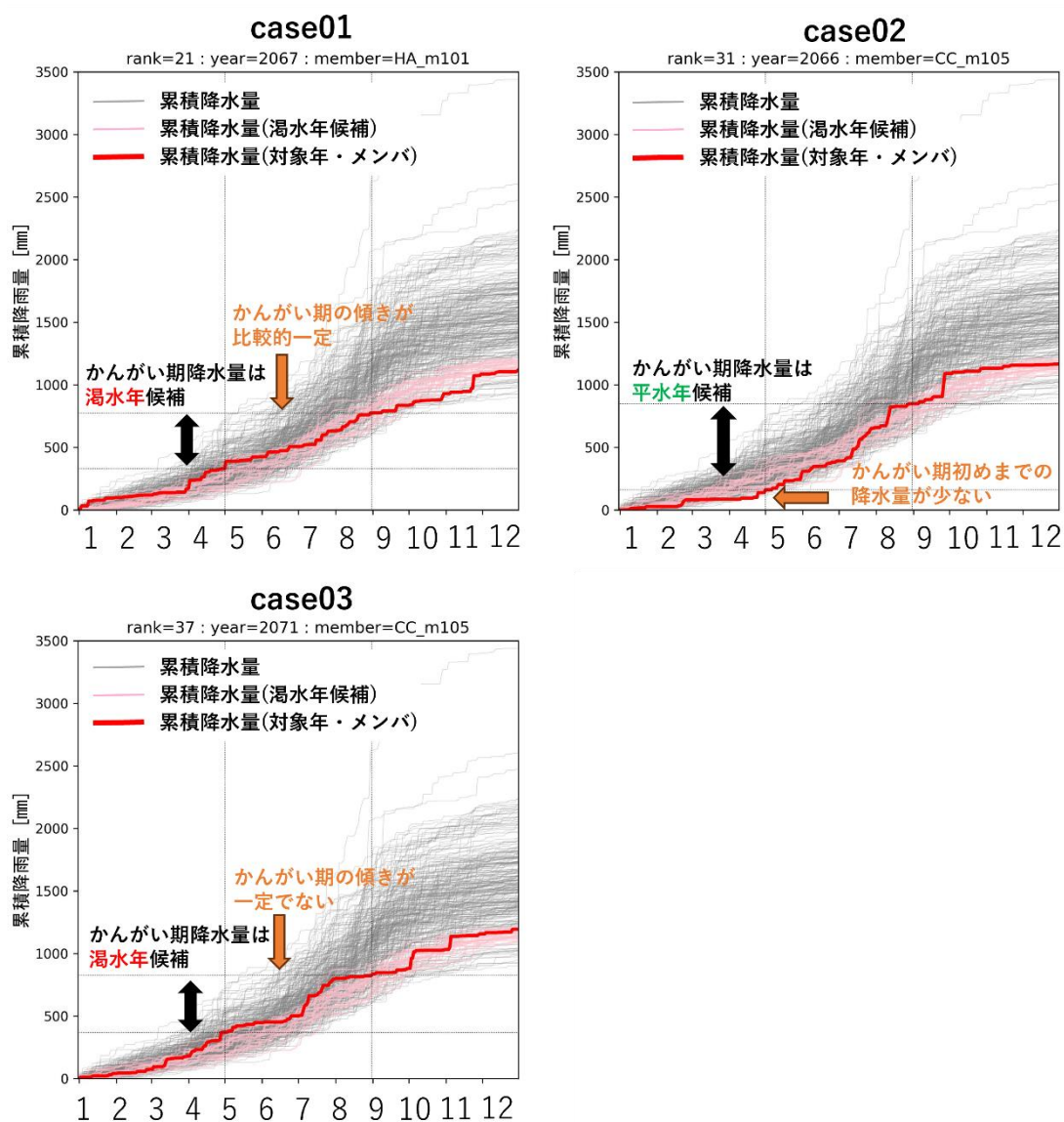


図 3.5 選択した渇水年シナリオの累積降水量

## (2) 平水年シナリオ

平水年シナリオ3ケースの累積降水量を図3.6に示す。これら3ケースを将来気候下における降水量として、水質シミュレーションの入力データとする。以下に3ケースの概略を示す。

- case04：かんがい期中盤である7月以降に降水量が増加するシナリオ。
- case05：春先までの降水量が少なく、6月・7月の降水量が大きいシナリオ。
- case06：春先までの降水量が多く、6月~8月前半の降水量が比較的安定しているシナリオ。

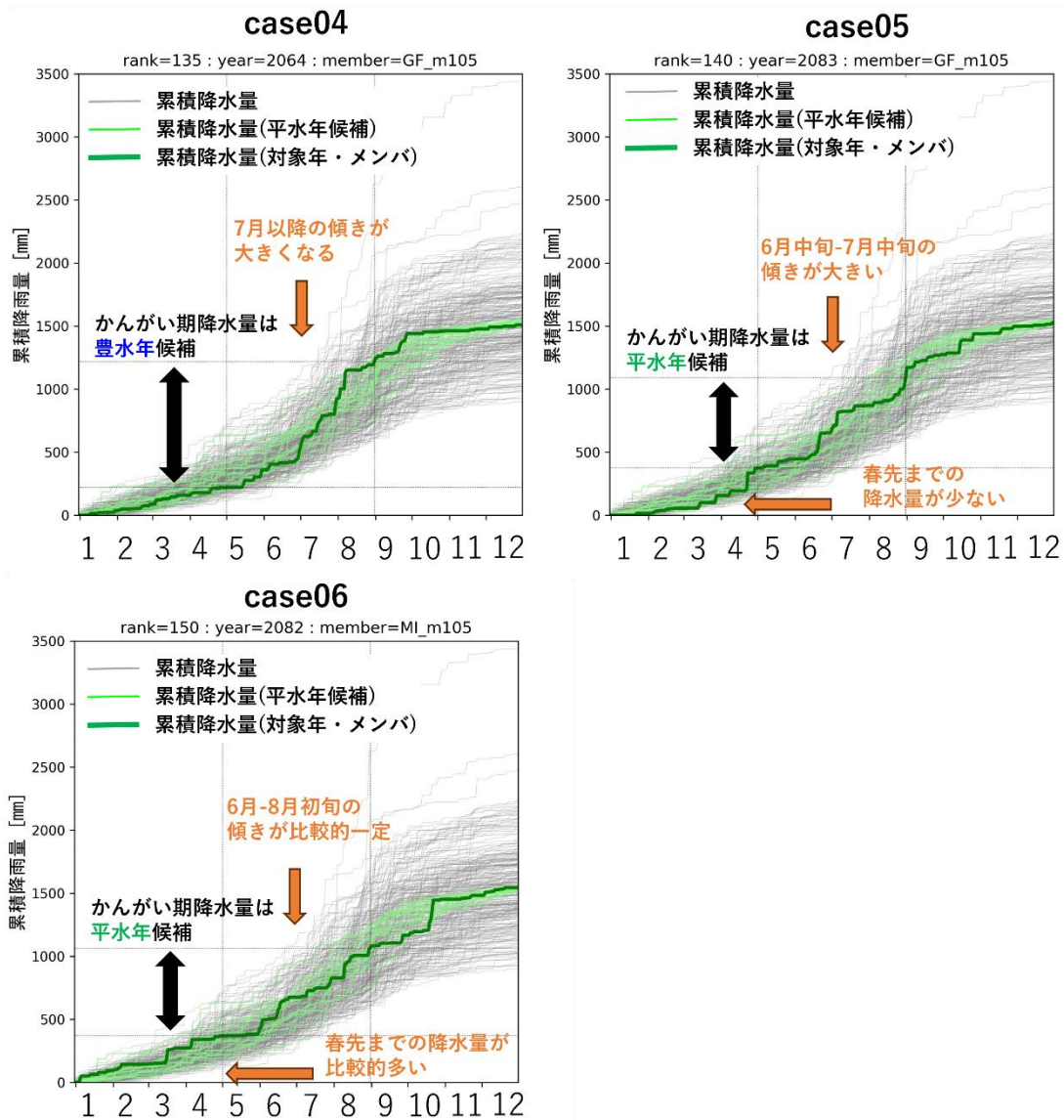


図 3.6 選択した平水年シナリオの累積降水量

### (3) 豊水年シナリオ

豊水年シナリオ3ケースの累積降水量を図3.7に示す。これら3ケースを将来気候下における降水量として、水質シミュレーションの入力データとする。以下に3ケースの概略を示す。

- case07：7月後半から9月にかけて降水量が大きくなるシナリオ。
- case08：春先までの降水量が多く、かんがい期間中、安定して降水量があるシナリオ。
- case09：年間で見ると豊水年だが、かんがい期降水量が平水年以下であるシナリオ。

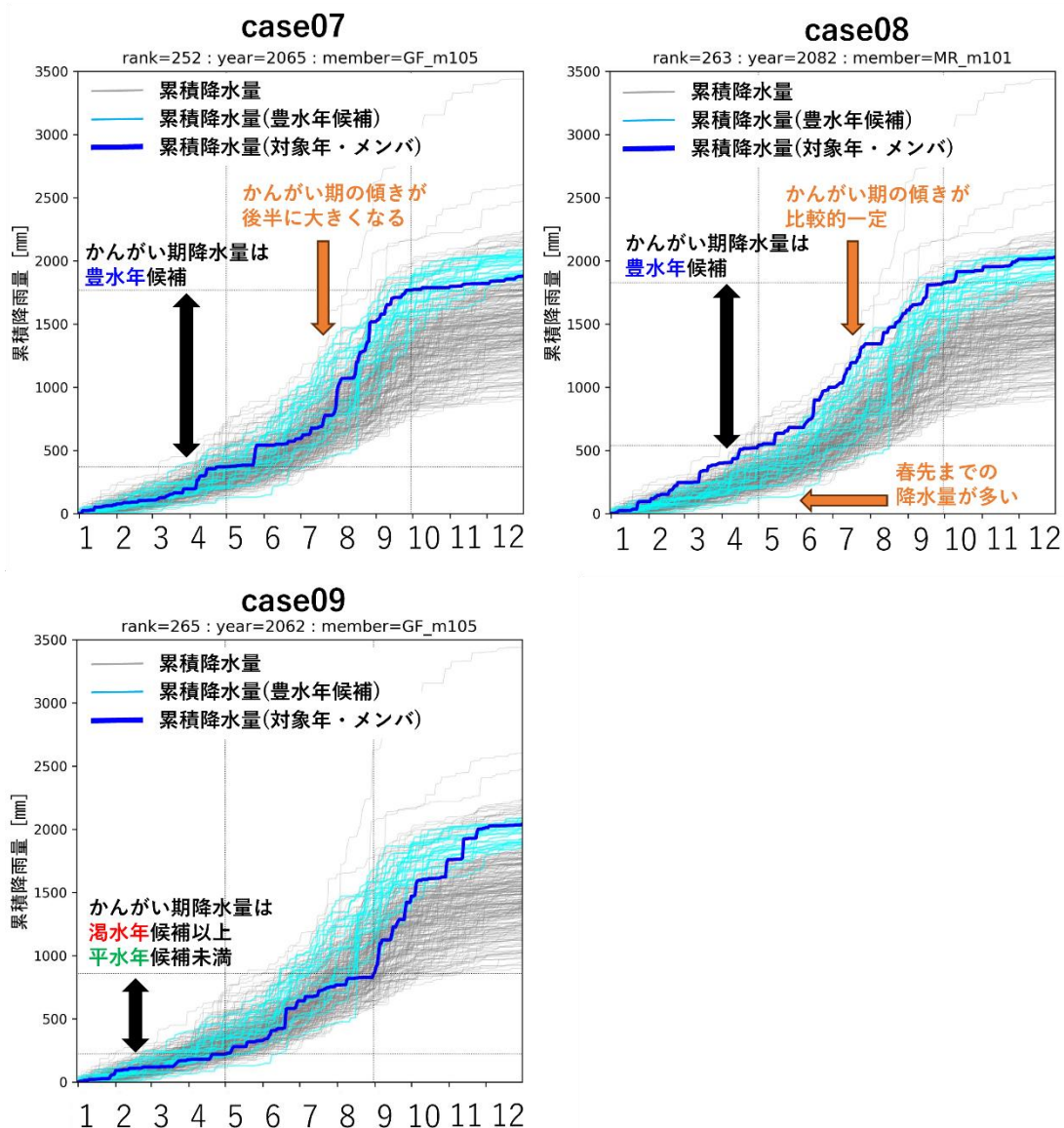


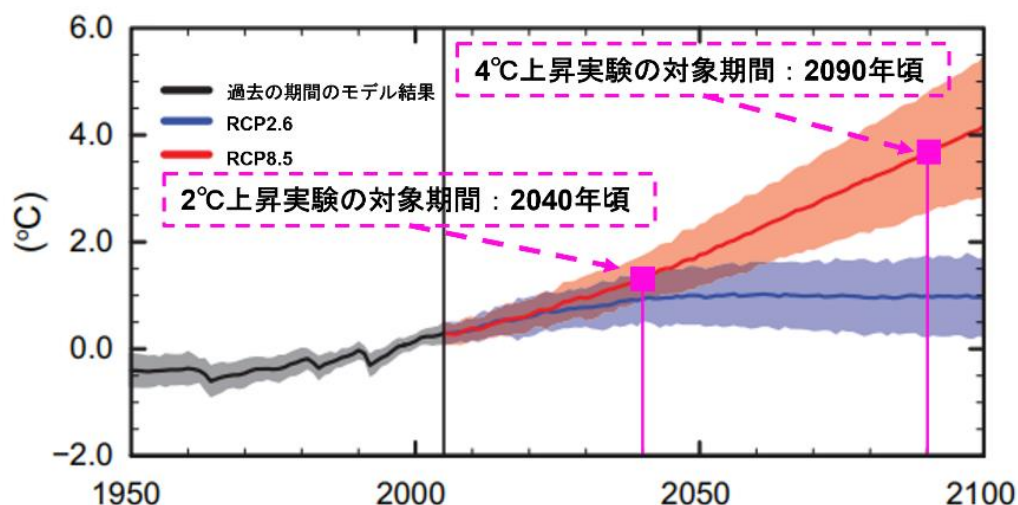
図 3.7 選択した豊水年シナリオの累積降水量

## 参考資料 1 : d4PDF について

### 4 将来データ d4PDF について

将来気候における気温、降水量のデータに d4PDF の出力結果を利用した。d4PDF とは「地球温暖化対策に資するアンサンブル気候予測データベース：database for Policy Decision making for Future climate change」の頭文字をとったもので、温暖化対策策定等への活用を目的として、文科省・気候変動リスク情報創生プログラムおよび海洋研究開発機構・地球シミュレータ特別推進課題において作成されたものである。d4PDF には水平解像度が 60km のものと 20km のもの、そして 5km のものが存在し、本業務では水平解像度 5km のデータセットを使用する。

d4PDF の計算結果には過去実験、2℃上昇実験、4℃上昇実験の 3 種類がある。2℃上昇実験、4℃上昇実験は RCP（Representative Concentration Pathways：代表濃度経路）シナリオに基づいており、2℃上昇実験は RCP8.5 シナリオで近未来 2040 年頃の条件を与えて計算したもの、4℃上昇実験は RCP8.5 シナリオで 21 世紀末 2090 年頃の条件を与えて計算したものである。RCP シナリオと d4PDF シナリオの対応を図 4.1 に示した。



(出典： [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WG1AR5\\_SPM\\_FINAL.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WG1AR5_SPM_FINAL.pdf))

図 4.1 RCP シナリオと d4PDF の 2℃上昇実験、4℃上昇実験の対応関係

過去実験の計算期間は 1980 年から 2010 年の 31 年間で、各年の計算条件（海面水温、温室効果ガスなど）に 12 パターンの摂動を加えることで、延べ 31 年×12 パターンの計算結果を有する。気候モデルの計算結果は不確実性を有するため、多数の予測を行い、気象現象の発生を確率的に捉える狙いがある。2℃上昇実験、4℃上昇実験の計算期間は 31 年間で、2℃上昇実験は 2040 年頃の、4℃上昇実験は 2090 年頃の計算条件に 12 パターンの摂動を加えることで、それぞれ 31 年×12 パターンの計算結果を有する。

## 参考資料 2 : 川崎地点の気温と降水量、降雪量の変化

### 5 川崎地点の気温と降水量、降雪量の変化

#### 5.1 気温

観測値と d4PDF 計算値の年平均気温を図 5.1 に、月平均気温を図 5.2 に示す。

- 2°C上昇実験の年平均気温は、観測値・過去実験と比較して 2.0°C上昇している。(表 5-1)
- 月別には 1 月から 3 月、11 月・12 月の気温上昇幅がやや大きいのが、各月の気温上昇幅は  $2.0 \pm 0.5^\circ\text{C}$  に収まっている。(図 5.2)

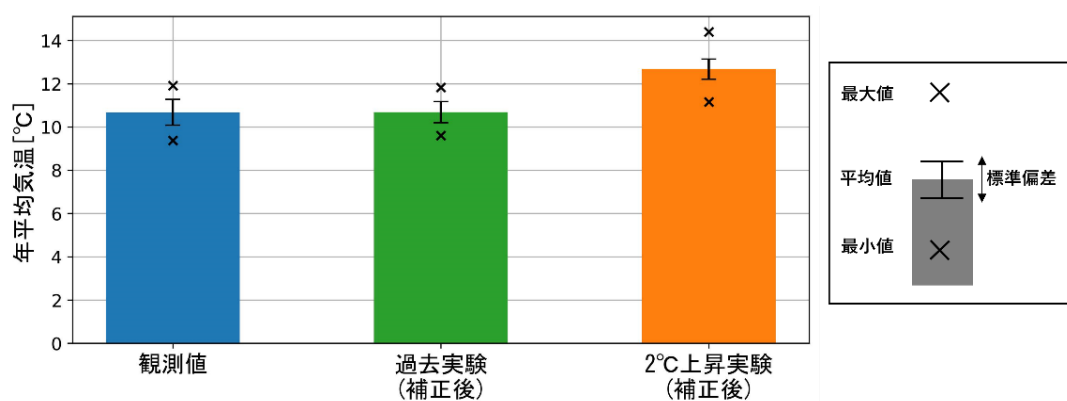


図 5.1 川崎地点の年平均気温の比較。(エラーバーは標準偏差を、×は最大値最小値を表す。)

表 5-1 川崎地点の年平均気温の比較

	単位:°C			
	平均	標準偏差	最大値	最小値
観測値	10.7	0.6	11.9	9.4
過去実験(補正後)	10.7	0.5	11.8	9.6
2°C上昇実験(補正後)	12.7	0.5	14.4	11.2

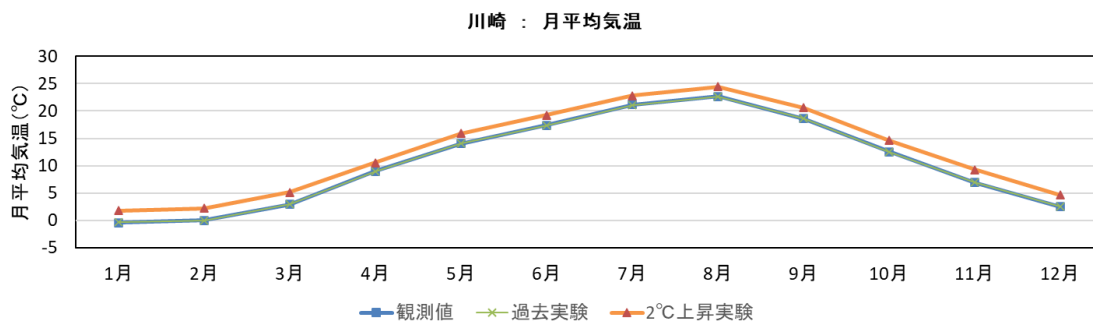


図 5.2 川崎地点の月平均気温の平均値の比較 (バイアス補正後の値を使用)

## 5.2 降水量

### (1) 年降水量・月降水量

観測値と d4PDF 計算値の年降水量を図 5.3 に、月降水量を図 5.4 に示す。

- 2°C上昇実験の年降水量は、観測値・過去実験と比較して大きな変化はない。(表 5-2)
- 月別には、5月の降水量が減少、4月、7-9月の降水量が増加している。主に夏季の降水量が増加すると考えられる。

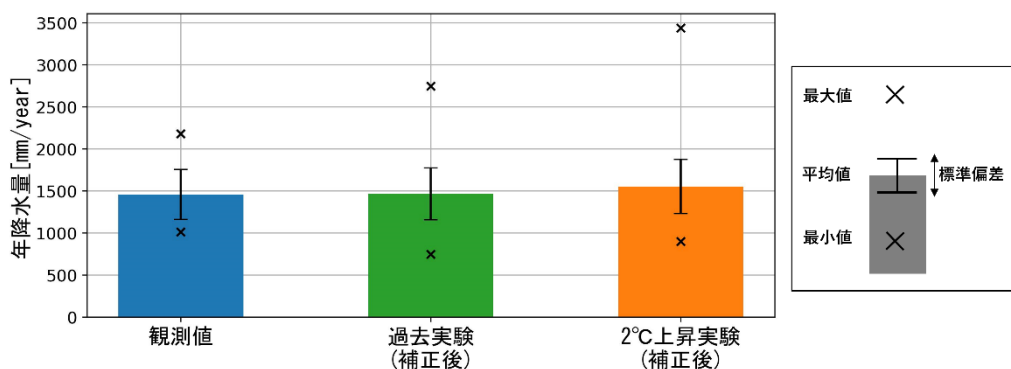


図 5.3 川崎地点の年降水量の比較 (エラーバーは標準偏差を、×は最大値最小値を表す。)

表 5-2 川崎地点の年降水量の比較

単位: mm

	平均	標準偏差	最大値	最小値
観測値	1456.8	297.1	2181.0	1013.0
過去実験(補正後)	1465.6	307.7	2745.6	746.5
2°C上昇実験(補正後)	1553.4	322.8	3438.4	899.1

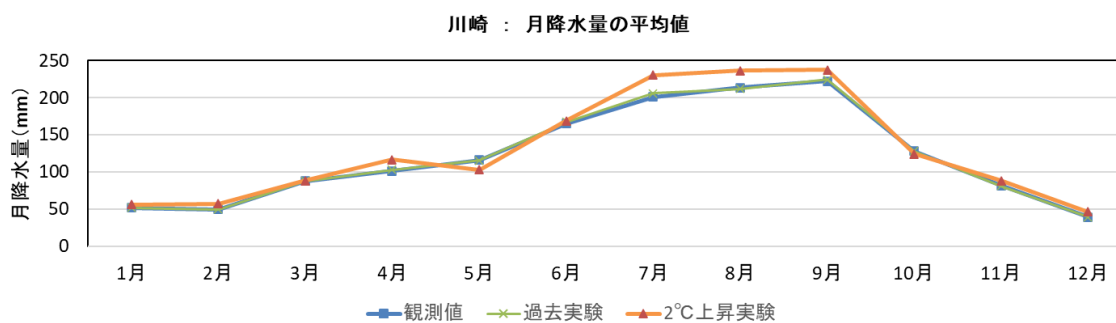


図 5.4 川崎地点の月降水量の平均値の比較 (バイアス補正後の値を使用)

表 5-3 川崎地点の月降水量の平均値の比較 (バイアス補正後の値を使用)

単位: mm

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
観測値	51.8	49.7	87.6	101.5	116.2	164.8	201.0	213.7	222.0	127.8	81.7	39.1
過去実験(補正後)	51.7	49.7	87.6	103.2	115.7	167.1	206.1	211.6	224.3	128.3	80.9	39.4
2°C上昇実験(補正後)	55.9	57.1	88.1	116.8	103.1	168.7	230.5	236.3	237.6	124.4	88.4	46.4

## (2) 年最大日降水量・月最大日降水量

観測値と d4PDF 計算値の年最大日降水量を図 5.5 に、月最大日降水量を図 5.7 に示す。

- 観測値と過去実験で最大値が整合しないが、これはサンプル数が異なることが原因だと考えられる（観測値：サンプル数=24、過去実験：サンプル数=288）。ヒストグラムの形状は観測値と過去実験で概ね一致している（図 5.6）。
- 2℃上昇実験における年最大日降水量の平均値は、観測値・過去実験と比較して大きな変化はない(表 5-4)。
- 5・6 月の観測値と過去実験の間にバイアスが残っているが、過去実験と 2℃上昇実験を比較すると主に夏季（7-9 月）の月最大日降水量が増加しており、夏季の降水が激しくなる可能性が考えられる。

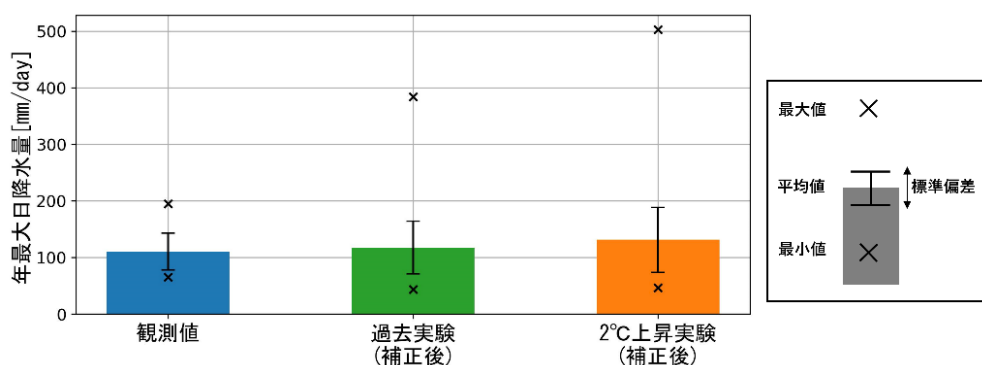


図 5.5 川崎地点の年最大日降水量の比較

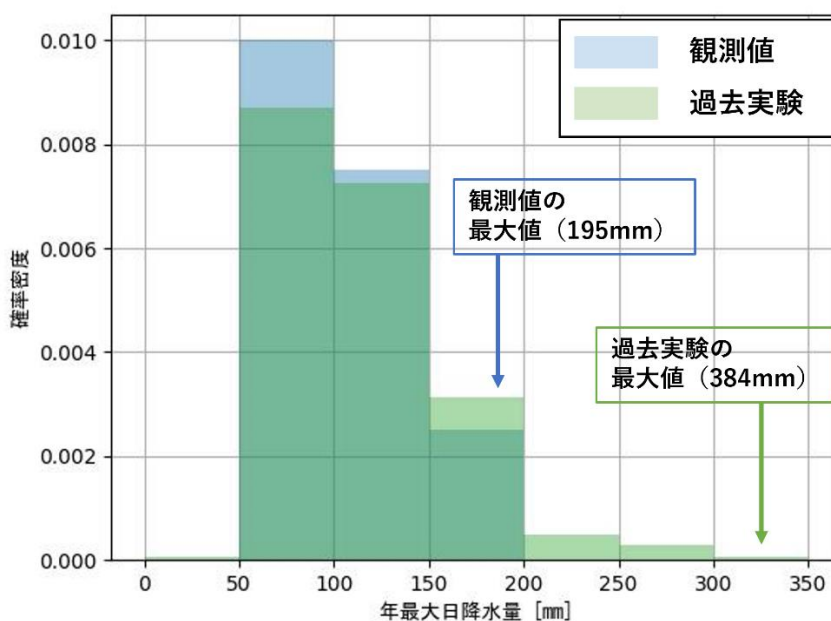


図 5.6 観測値と過去実験の年最大日降水量のヒストグラム比較

表 5-4 川崎地点の年最大日降水量の比較

単位: mm

	平均	標準偏差	最大値	最小値
観測値	110.5	32.5	195.0	65.0
過去実験(補正後)	117.3	46.5	384.0	43.7
2°C上昇実験(補正後)	131.3	57.5	502.6	46.1

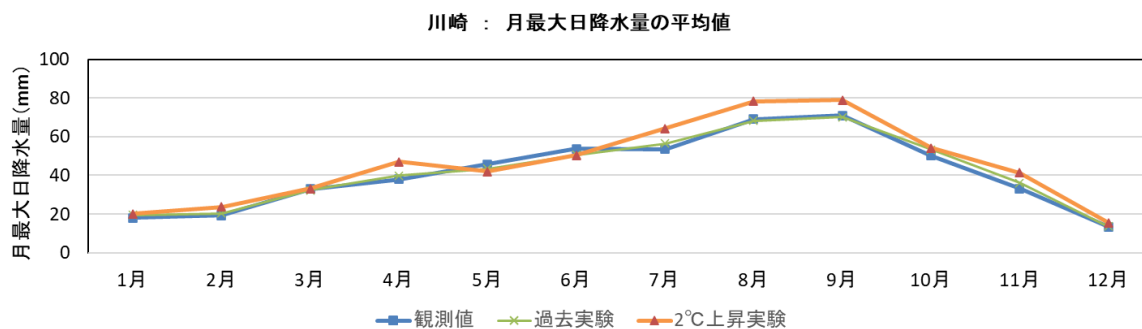


図 5.7 川崎地点の月最大日降水量の平均値の比較 (バイアス補正後の値を使用)

表 5-5 川崎地点の月最大日降水量の平均値の比較 (バイアス補正後の値を使用)

単位: mm

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
観測値	18.0	19.4	32.9	38.0	45.8	53.8	53.5	69.2	71.0	50.1	33.2	13.3
過去実験(補正後)	19.5	20.3	32.3	40.0	43.5	50.5	56.5	68.2	70.1	53.2	36.2	13.6
2°C上昇実験(補正後)	20.1	23.6	33.2	47.1	42.0	50.4	64.2	78.4	79.0	54.2	41.4	15.5



### 5.3 降雪量の変化

アメダス川崎地点では降雪量の観測を行っていないため、計算結果のバイアス補正ができない。そこで、「気候モデルにはバイアスがあるが、気候変動に対する気候システムの変化は信頼する」という前提のもと、d4PDF の過去実験と 2℃上昇実験の結果を比較することで、降雪量の将来変化を確認した※。

- 10月から12月、1月から4月にかけて、2℃上昇実験の年降雪量は過去実験の40～80%程度になる。(図 5.8、図 5.9)
- 降雪量の減少幅は3月に最大となる。(図 5.8)
- 2℃上昇実験において、年降雪量は過去実験の65%に減少する。(図 5.9)
- 降雪量が減少することから、融雪時期の変化により春先の流量が変化するなどの影響が生じると考えられる。

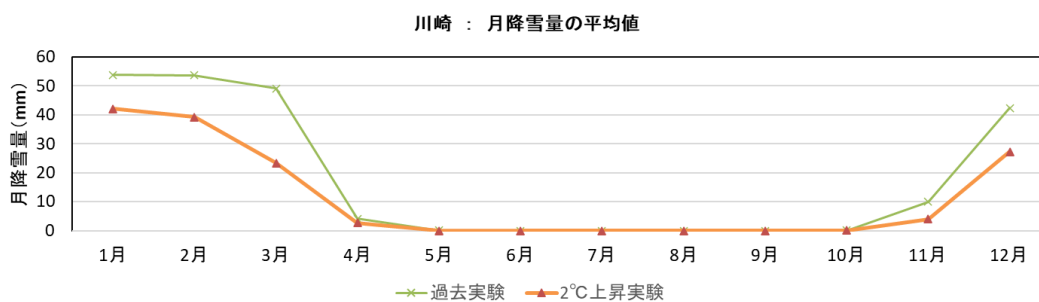


図 5.8 川崎地点の月降雪量の平均値 (バイアス補正は行っていない)

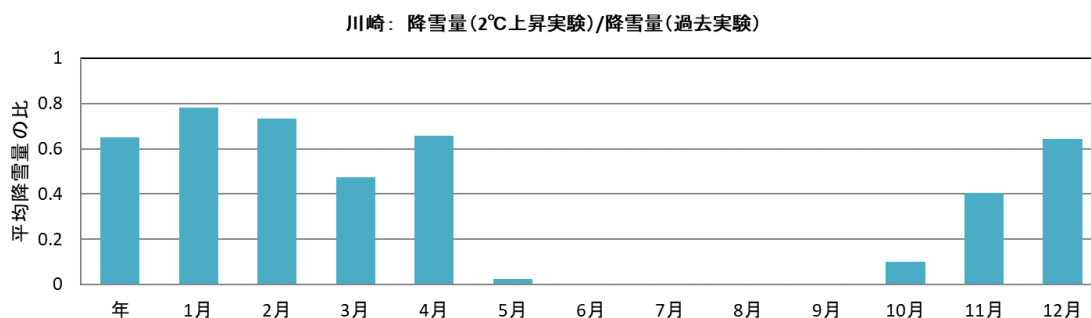


図 5.9 2℃上昇実験と過去実験における降雪量の比 (2℃上昇実験/過去実験)

※ 一部データが破損していたため、降雪量は一部のメンバの計算結果を比較している。従って、あくまで結果は暫定値である。しかし、冬季気温が上昇し平均気温が 0℃を上回ること (図 5.2) を考慮すると、降雪量は減少するものと考えられる。

# 流出解析モデルの構築について

いであ株式会社

2024年2月15日

## 1 モデルの概要

気候変動モデルを用いた釜房ダム流域の将来降雨、気温、融雪および流域の土地利用状況等の変化による蒸発散の変化を反映した釜房ダム流入量を算定するために、流域の土壌水分量及び地下水流動を考慮した流出解析モデル（飽和・不飽和浸透解析モデル）を構築している。

飽和・不飽和流に対する連続式は、

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} + \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0$$

となる。ここで、 $\theta$ ：体積含水率、 $u$ 、 $v$ 、 $w$ ： $x$ 、 $y$ 、 $z$ それぞれの方向の流速である。また、土中の水がダルシー則に従って流れる場合、流速  $u$ 、 $v$ 、 $w$  は以下の様に表記できる。

$$u = -k_x(\theta) \frac{\partial h}{\partial x}, \quad v = -k_y(\theta) \frac{\partial h}{\partial y}, \quad w = -k_z(\theta) \frac{\partial h}{\partial z}$$

ここで、 $k_x(\theta)$ 、 $k_y(\theta)$ 、 $k_z(\theta)$ は  $x$ 、 $y$ 、 $z$  それぞれの方向の不飽和透水係数であり、体積含水率  $\theta$  の関数である。ピエゾ計水頭  $h$  は位置水頭  $z$  と圧力水頭  $\psi$  の和であるから、上式は

$$u = -k_x(\theta) \frac{\partial \psi}{\partial x}, \quad v = -k_y(\theta) \frac{\partial \psi}{\partial y}, \quad w = -k_z(\theta) \left( \frac{\partial \psi}{\partial z} + 1 \right)$$

となり、これを連続式に代入すると、Richards 式と呼ばれる方程式

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left\{ k_x(\theta) \frac{\partial \psi}{\partial x} \right\} + \frac{\partial}{\partial y} \left\{ k_y(\theta) \frac{\partial \psi}{\partial y} \right\} + \frac{\partial}{\partial z} \left\{ k_z(\theta) \left( \frac{\partial \psi}{\partial z} + 1 \right) \right\}$$

が得られる。また、比水分容量  $C(\psi) = d\theta/d\psi$ 、水分拡散係数  $D(\theta) = k(\theta) \cdot d\psi/d\theta$  を用いれば、上式は

$$C(\psi) \frac{\partial \psi}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left\{ k_x(\theta) \frac{\partial \psi}{\partial x} \right\} + \frac{\partial}{\partial y} \left\{ k_y(\theta) \frac{\partial \psi}{\partial y} \right\} + \frac{\partial}{\partial z} \left\{ k_z(\theta) \left( \frac{\partial \psi}{\partial z} + 1 \right) \right\}$$

と変形できる。

不飽和土壌において、体積含水率  $\theta$  と圧力水頭  $\psi$ （またはサクション  $H$ ）との関係を水分保持曲線または土壌水分特性曲線と呼ぶ。有名なモデル式として、Brooks and Corey モデル（BC モデル、1964）、van Genuchten モデル（VG モデル、1980）が知られている。

$$\text{Brooks and Corey モデル} \quad : \quad S_e = \frac{\theta - \theta_r}{\theta_s - \theta_r} = \begin{cases} \left( \frac{\psi_e}{\psi} \right)^\lambda & (\psi < \psi_e) \\ 1 & (\psi \geq \psi_e) \end{cases}$$

$$\text{van Genuchten モデル} \quad : \quad S_e = \frac{\theta - \theta_r}{\theta_s - \theta_r} = \{1 + (-\alpha\psi)^n\}^{-m}$$

ここで、 $\psi_e$  : 空気侵入圧、 $\lambda$ 、 $\alpha$ 、 $n$ 、 $m (= 1 - 1/n)$  は水分保持曲線の形状を与えるパラメータである。また、Mualem (1976) によれば、水分保持曲線から次式によって不飽和透水係数を推定することができる。

$$k(S_e) = k_s S_e^\ell \left\{ \frac{\int_0^{S_e} \frac{1}{\psi(S_e)} dS_e}{\int_0^1 \frac{1}{\psi(S_e)} dS_e} \right\}^2$$

ここで、 $k(S_e)$  : 不飽和透水係数、 $k_s$  : 飽和透水係数、 $\ell$  : 間隙結合係数である。BCモデル、VGモデルそれぞれの不飽和透水係数は以下の様になる。

$$\text{Brooks and Corey モデル} \quad : \quad k(S_e) = k_s S_e^{\ell+2+2/\lambda}$$

$$\text{van Genuchten モデル} \quad : \quad k(S_e) = k_s S_e^\ell \left\{ 1 - (1 - S_e^{1/m})^m \right\}^2$$

なお、VGモデルにおいて、飽和近傍の不飽和透水係数  $k$  の急変は、物理的には妥当ではなく、数値計算を行う上でも計算の不安定を招きやすく大きな問題である。この問題を回避するため、例えばVogel and Cislserova (1988) はBCモデルのような空気侵入圧  $\psi_e$  をもつ修正VGモデルを提案した。

$$S_e = \frac{\theta - \theta_r}{\theta_s - \theta_r} = \begin{cases} \frac{\theta_m - \theta_r}{\theta_s - \theta_r} \{1 + (-\alpha\psi)^n\}^{-m} & (\psi < \psi_e) \\ 1 & (\psi \geq \psi_e) \end{cases}$$

ここで、 $\psi_s$  : 仮想的な空気侵入圧、 $\theta_m$  : 仮想的な飽和体積含水率であり、上段の式において  $\psi = \psi_e$  で  $\theta = \theta_s$  となる。BCモデル、修正VGモデルそれぞれによる、 $\psi - \theta - k$  の関係を以下に示す。なお、パラメータは坂井ら<sup>1)</sup>による以下の値を用いた。水分保持曲線 ( $\psi - \theta$  関係) については、BCモデル、VGモデルで大きな差は無いが、 $\theta - k$  関係については、モデルによって不飽和透水係数  $k$  に1~2オーダーの差異が生じる。

飽和・不飽和浸透解析モデルによる、山地斜面における土壌水分の流動計算結果例を図 1-2 に示す。

<sup>1)</sup> 坂井勝, 取手伸夫: 水分保持曲線と不飽和透水係数の水分移動特性モデル, 土壌の物理性, 第 111 号, pp.61-73, 2009.

表 1-1 BC モデル、VG モデルのパラメータの例

項目		ローム質砂	シルト質土	シルト質粘土
残留体積含水率 $\theta_r$		0.057	0.034	0.07
飽和体積含水率 $\theta_s$		0.41	0.46	0.36
飽和透水係数 $k_s$ (cm/d)		350.2	6	0.48
BC モデル	空気侵入圧 $\psi_e$ (cm)	-5.2	-38.7	-139.5
	$\lambda$	0.95	0.32	0.085
VG モデル	$\alpha$ (1/cm)	0.124	0.016	0.005
	$n$	2.28	1.37	1.09
間隙結合係数 $\ell$		0.5	0.5	0.5

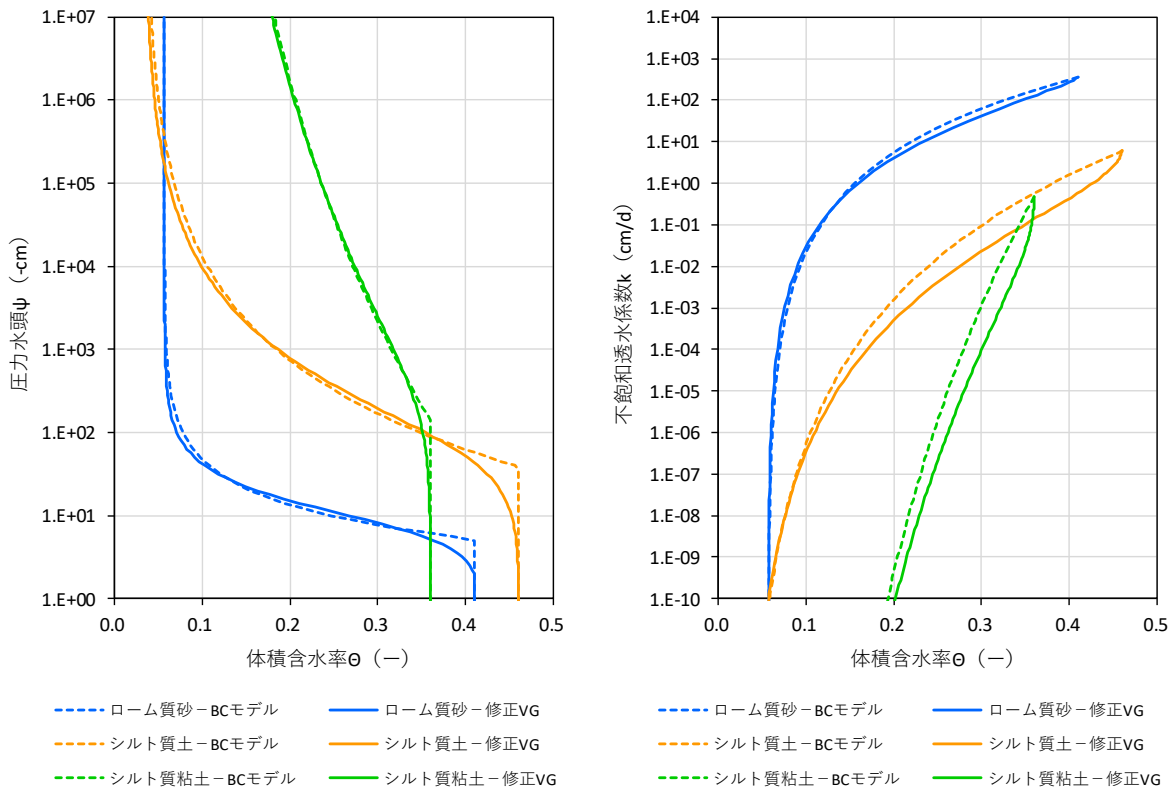


図 1-1 BC モデル、修正 VG モデルによる  $\psi$ - $\theta$ - $k$  関係

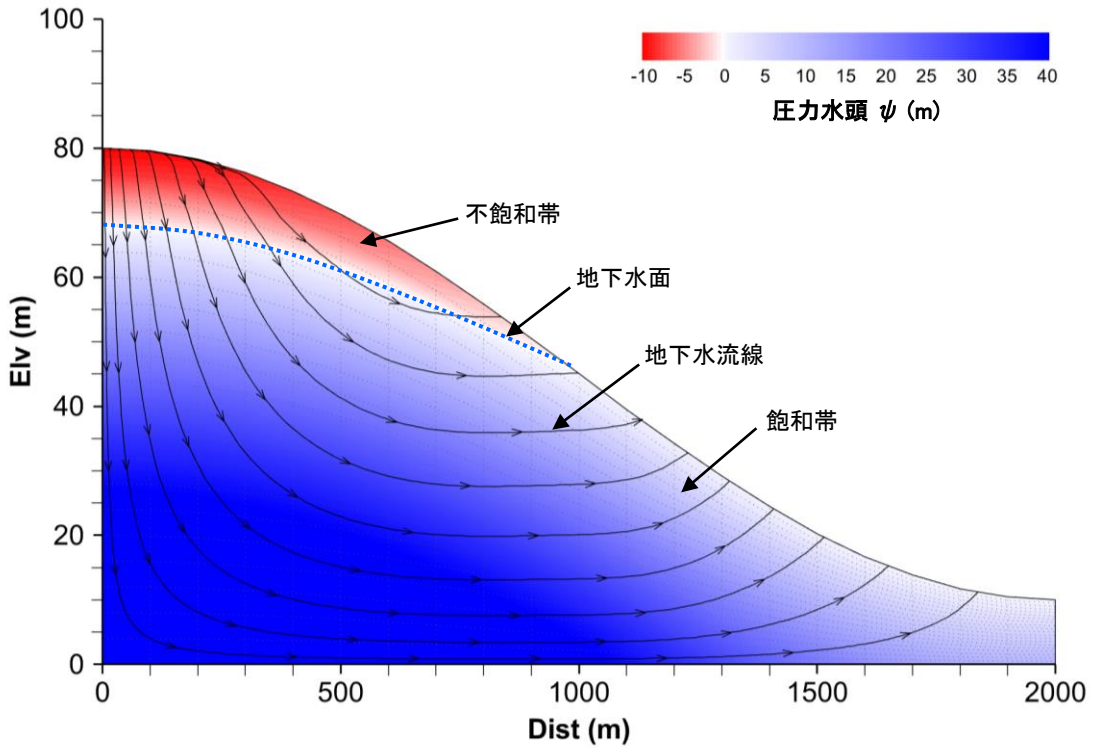


図 1-2 飽和・不飽和浸透解析モデルによる計算結果イメージ

## 2 釜房ダム流域における適用

釜房ダム流域の地形図と流出解析モデルのメッシュ配置を図 2-1 に、地質図を図 2-2 に、土地利用図を図 2-3 に示す。また、地形データに基づき作成した流出解析モデルの 3 次元メッシュ配置を図 2-4 に示す。

釜房ダム流域の南西端は蔵王連峰（名号峰：1491m）、西端は雁戸山（1485m）があり、急勾配の斜面となっている。流域の地質は、水源地となる山形県境側に花崗閃緑岩・安山岩が分布し、その東側には流紋岩の貫入を伴う酸性火砕岩、ダム近傍では段丘堆積物が分布している。流域の土地利用としては、水面を除く流域の 8 割以上は森林に覆われており、それ以外は田が約 6%、その他の農用地が約 4%、建物用地が約 2%、荒地、交通用地、その他の用地とゴルフ場を合わせて約 4%となっている。

現在、流出解析モデルの諸条件を調整し、またテストランを行いつつモデル改良を進めているところである。テストラン結果の一例として、平水年度、豊水年度、渇水年度それぞれの流入量の時系列を図 2-5 に示す。釜房ダム管理日報に基づくダム流入量に比べ、

- ・融雪期（2月頃～4月頃）で過小評価
- ・かんがい期（5月頃～7月頃）で過大評価
- ・出水ピークで過小評価

となる傾向があり、それぞれ積雪・融雪モデル、蒸発散モデル、河道モデルを導入し調整を行うことで、流入量の予測精度向上を図ることができると考えられる。

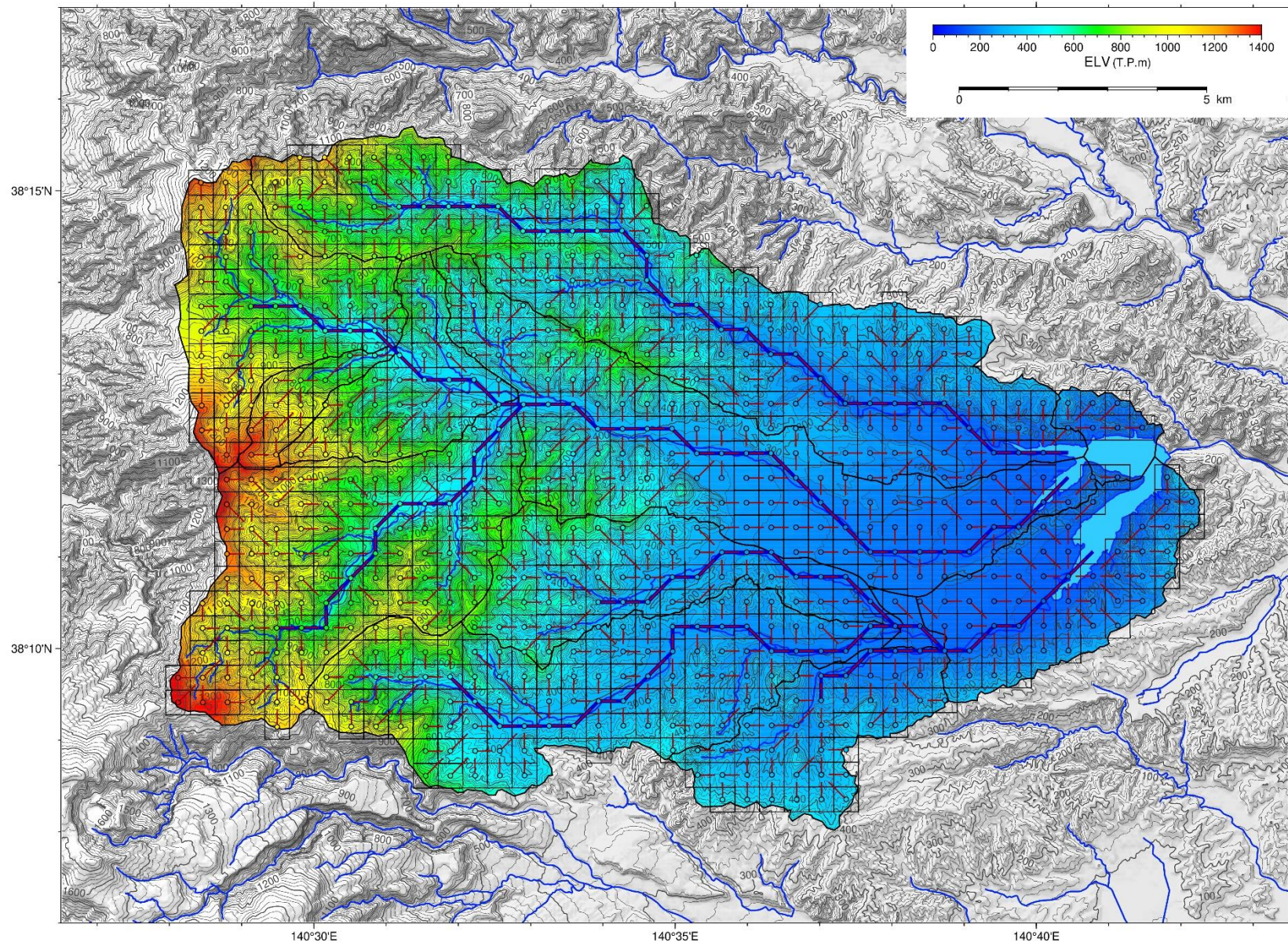
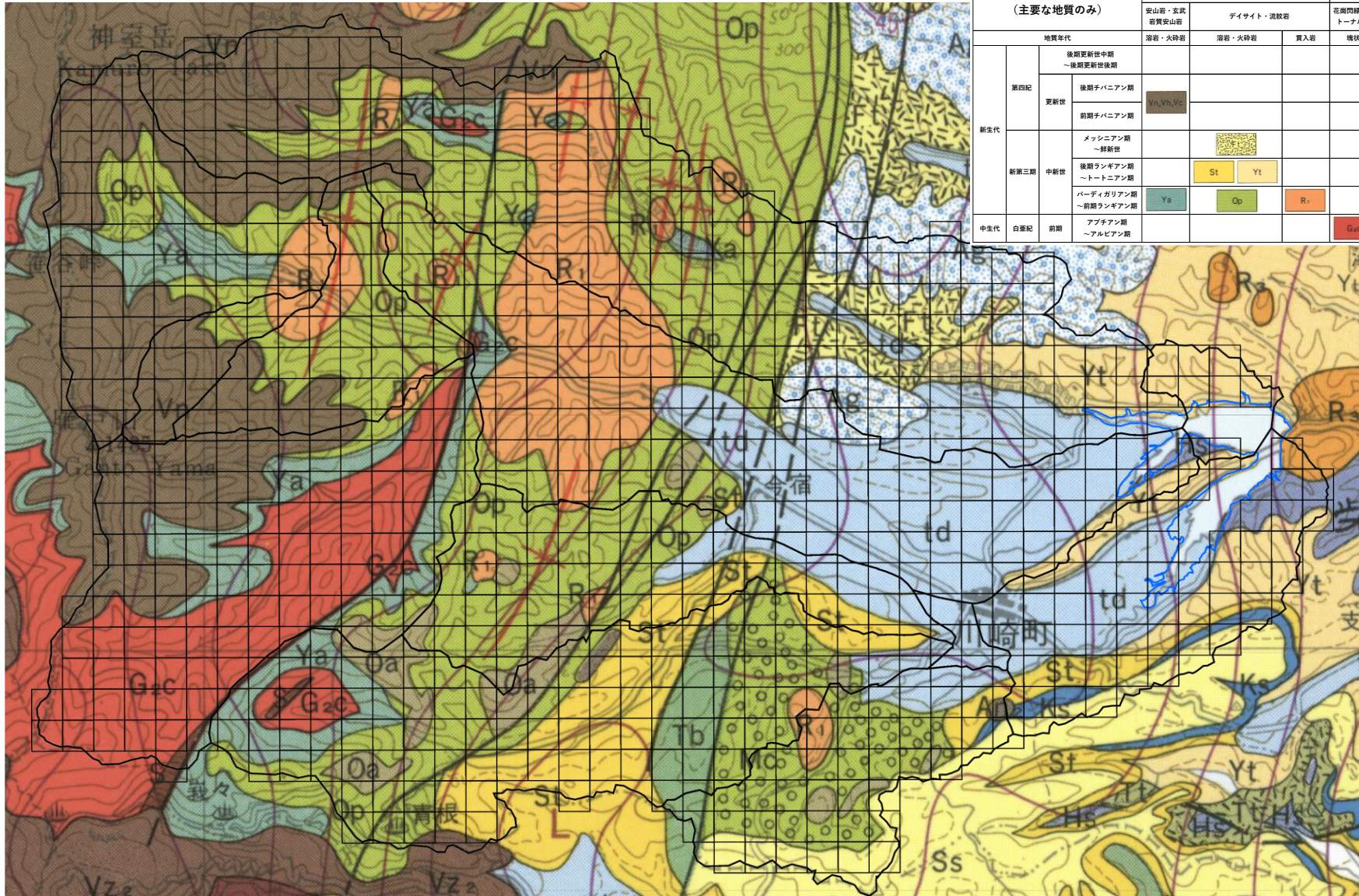


図 2-1 釜房ダム流域の標高及びメッシュ配置・落水線

出典) 国土交通省 国土数値情報、  
 国土地理院 基盤地図情報 より作成



地質凡例 (主要な地質のみ)		火成岩			堆積岩	
		火山岩	深成岩	花崗閃緑岩・トータル岩		
		安山岩・玄武岩質安山岩	デイサイト・流紋岩	貫入岩	塊状	
地質年代		溶岩・火砕岩	溶岩・火砕岩	貫入岩	塊状	
新生代	第四紀	後期更新世中期 ～後期更新世後期				td
		更新世				
	後期チバニアン期	Vn, Vh, Vc				A
	前期チバニアン期					
新第三紀	中新世	メッシニアン期 ～鮮新世				
		後期ランギアン期 ～トートニアン期	St	Yt		
		パーディガリアン期 ～前期ランギアン期	Ys	Op	R1	
中生代	白亜紀	前期	アプチアン期 ～アルビアン期			Gac

出典) 国立研究開発法人産業技術総合研究所 地質図 Navi

図 2-2 釜房ダム流域の地質図



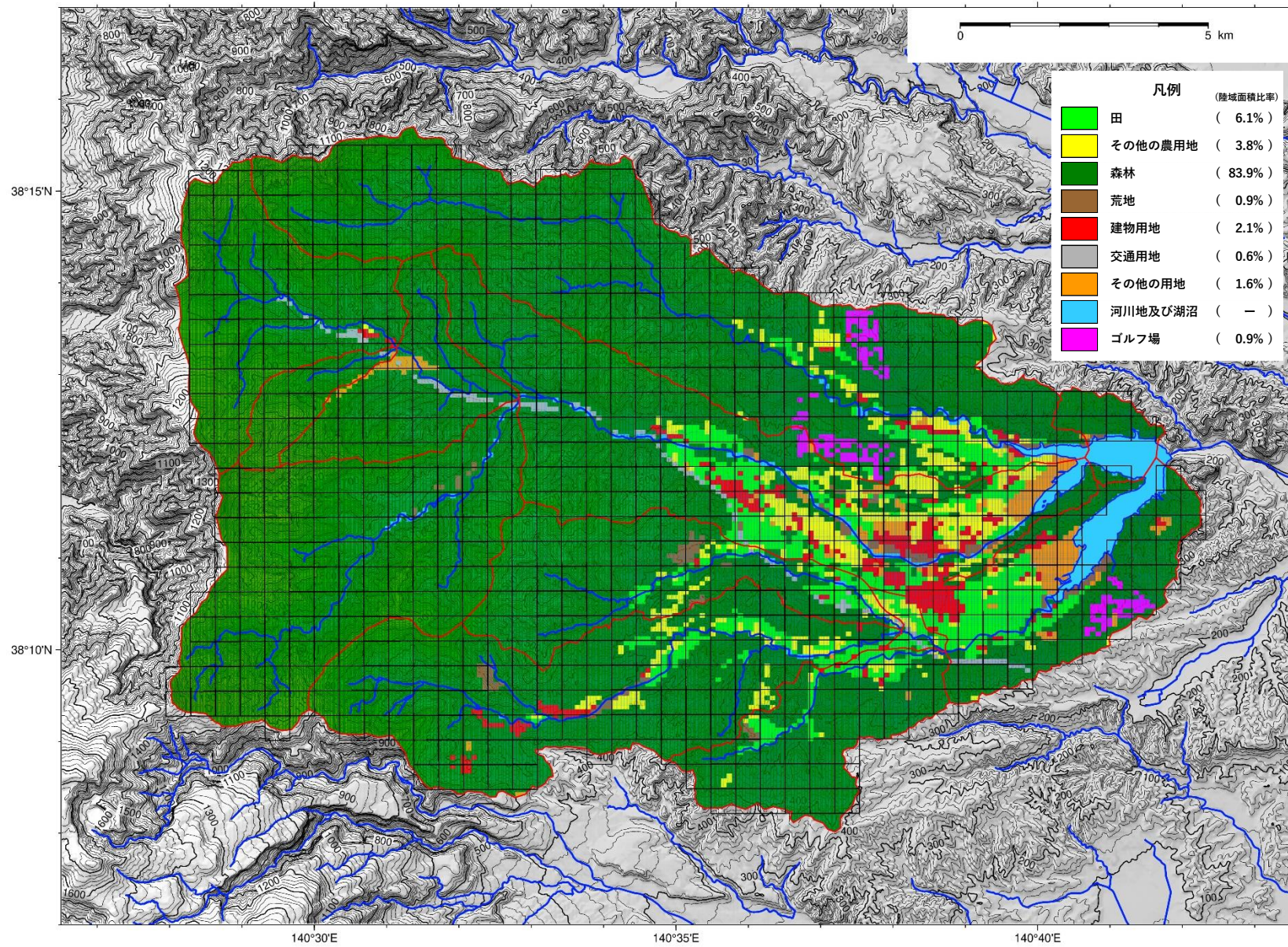


図 2-3 釜房ダム流域の土地利用 (平成 28 年)

出典) 国土交通省 国土数値情報、  
 国土地理院 基盤地図情報 より作成

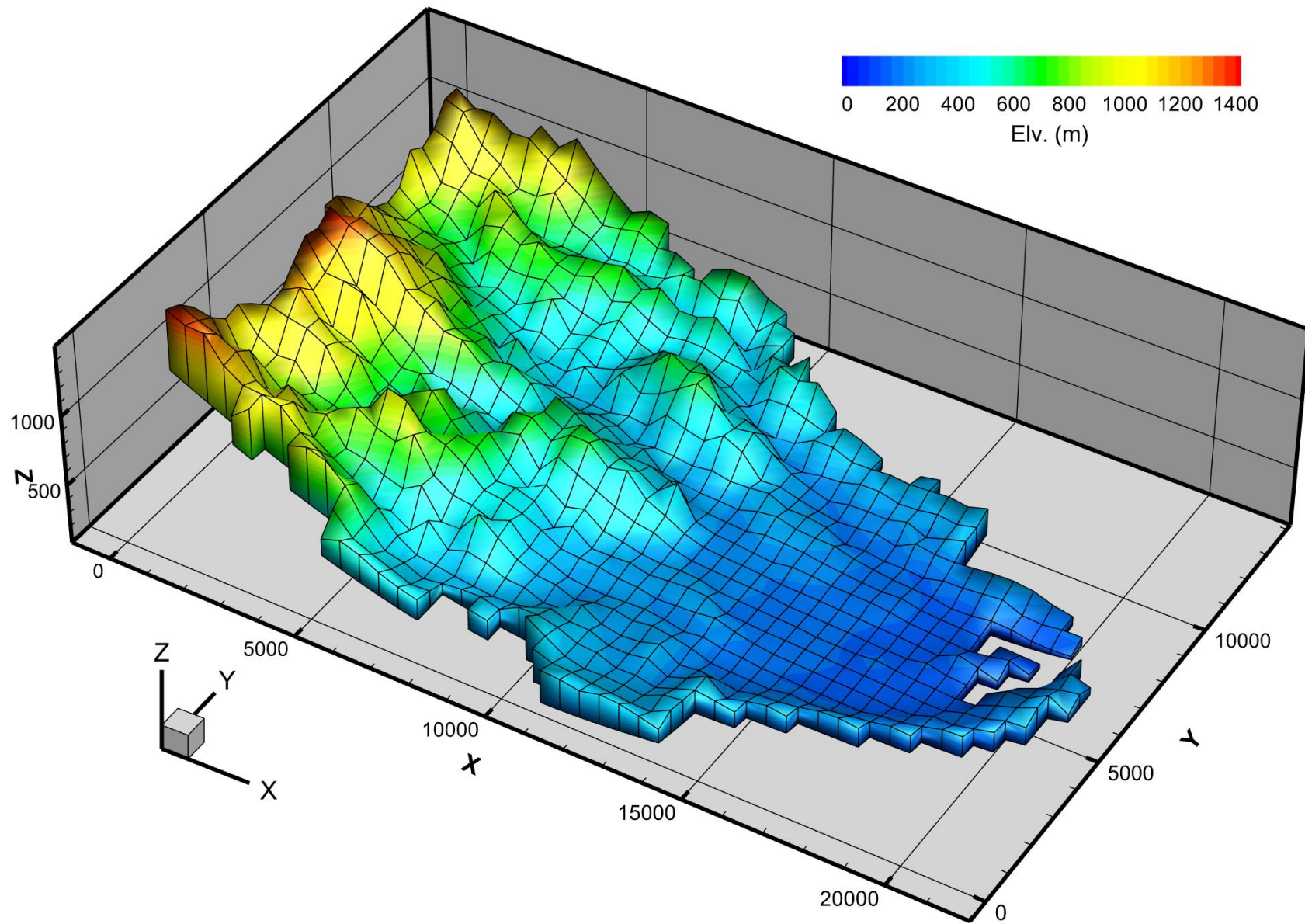
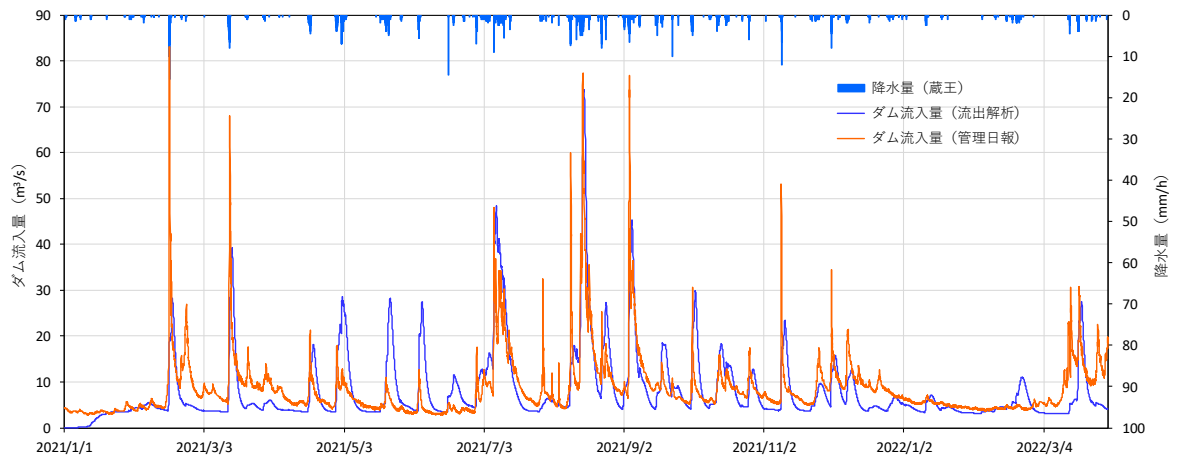


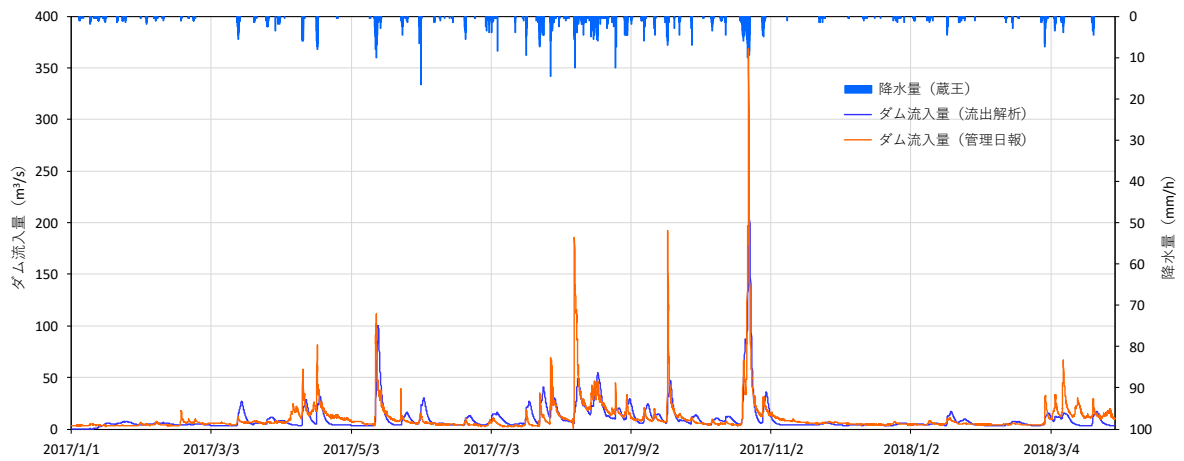
図 2-4 流出解析モデルの3次元メッシュ配置

※標高は水平距離の4倍に強調して表示

・平水年度（令和3年度）



・豊水年度（平成29年度）



・渇水年度（平成30年度）

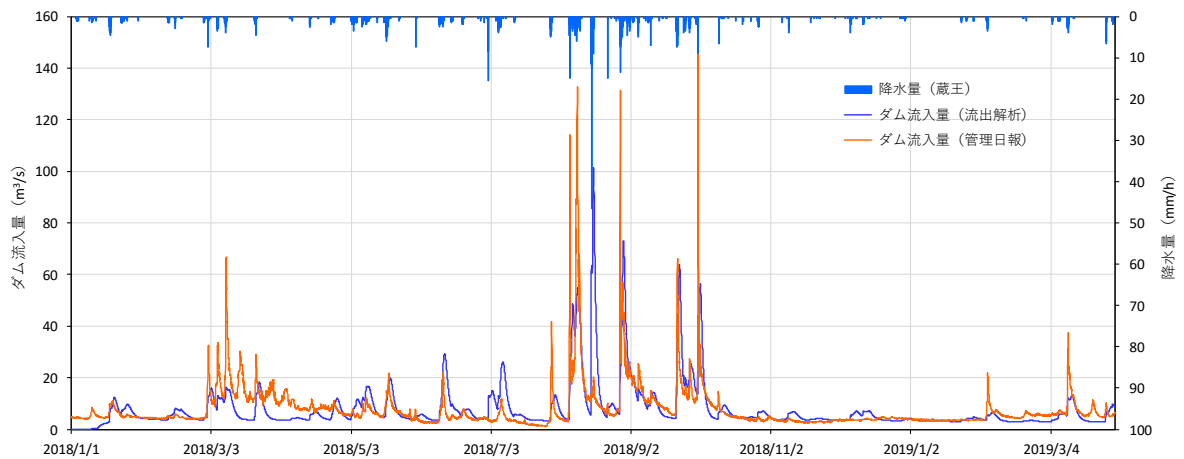


図 2-5 流出解析モデルのテストラン結果例