

### (5) 日射量

将来シナリオにおける日合計日射量を図 5-25 に示す。直近（2011 年～2023 年）の釜房ダムサイトの日合計日射量に比べ、将来シナリオにおける日射量はその変動幅におおむね含まれるものの、全体としてやや大きめの日射量となっている。

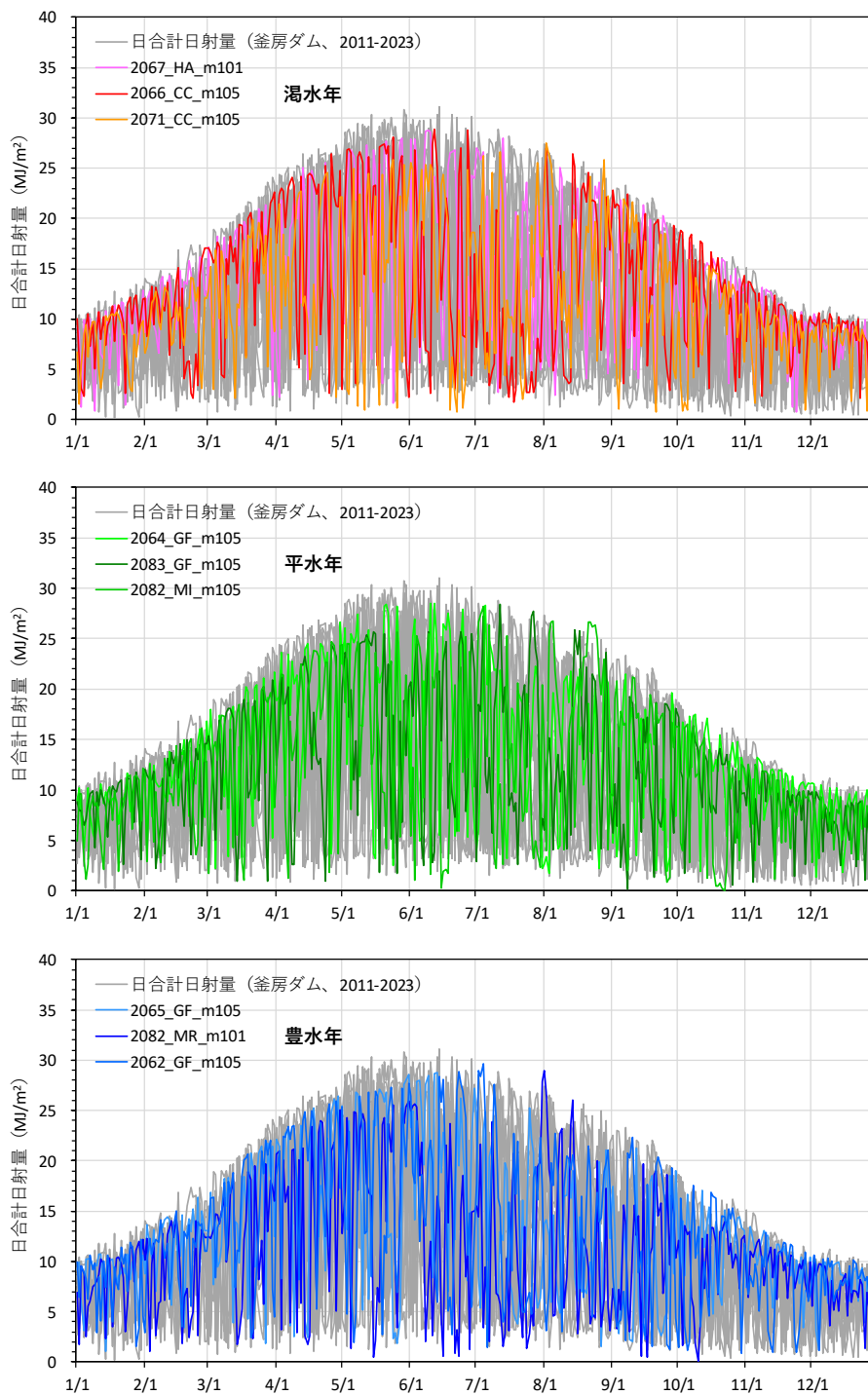


図 5-25 将来シナリオにおける日合計日射量

(6) 雲量

将来シナリオにおける日平均雲量を図 5-26 に示す。直近（2011 年～2023 年）の釜房ダムサイトの日平均雲量に比べ、将来シナリオにおける雲量はその変動幅におおむね含まれるものの、全体としてやや小さめの雲量となっている。

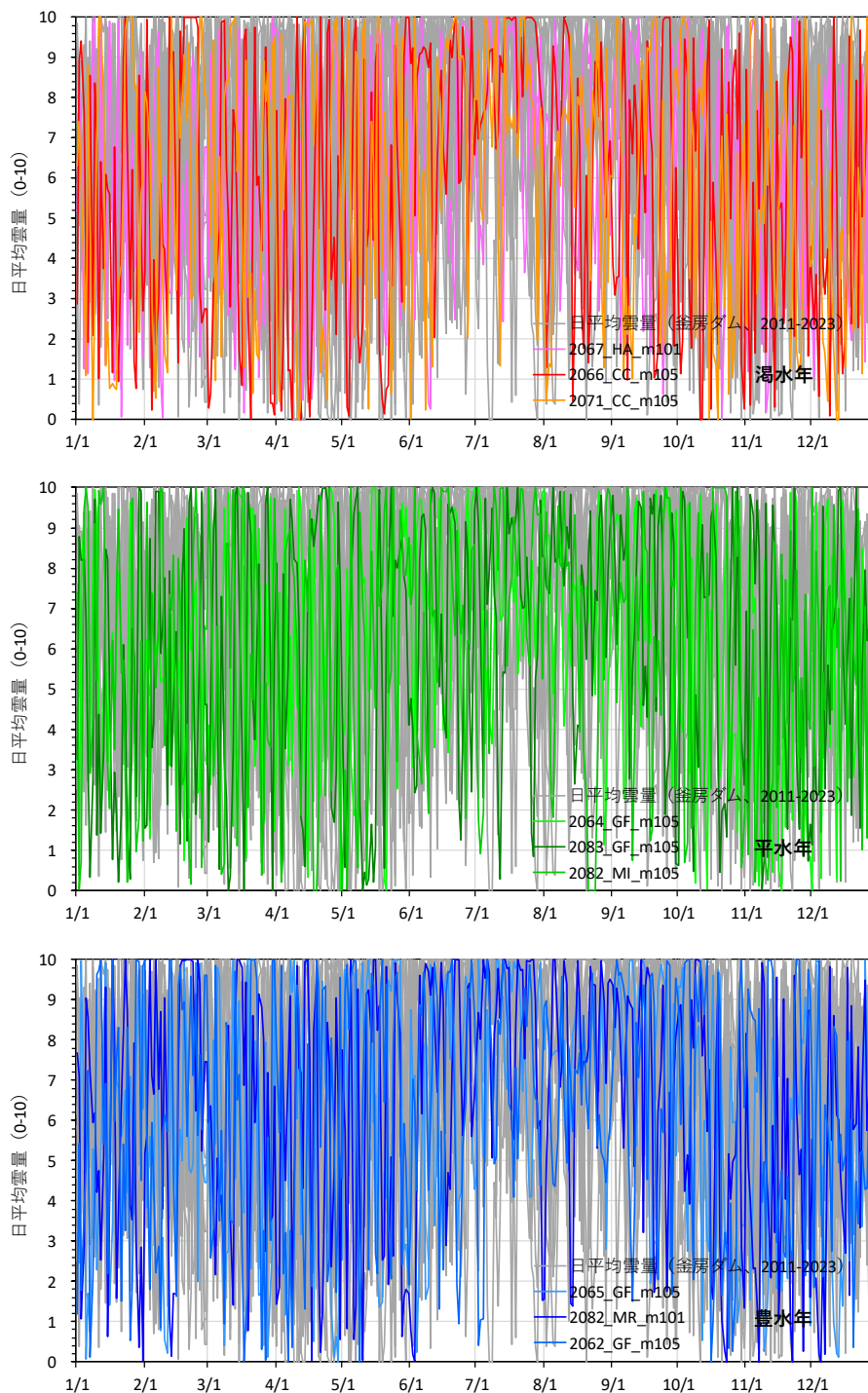


図 5-26 将来シナリオにおける日平均雲量

### 5.3.2 将来予測計算におけるダム運用設定

将来シナリオにおけるダム運用方法を検討するために、2014年～2023年の10ヵ年について釜房ダム管理日報を整理し、貯水位、流入量、取水量とダム放流量の関係を整理した。

#### (1) 流域降水量・流入量

釜房ダムの流域降水量の日合計値、流入量の日平均値を図5-27、図5-28にそれぞれ示す。ダム流入量が大きくなっている日には、その直前に降水量も大きくなっているが、流入量のピーク値と流域降水量のピーク値は必ずしも比例関係にはない。

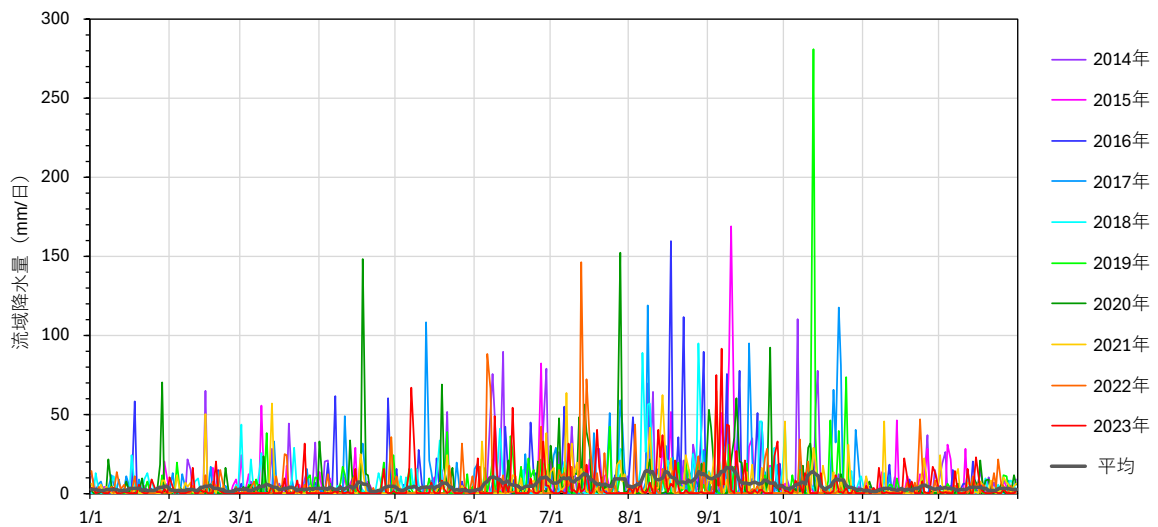


図 5-27 釜房ダムの流域降水量

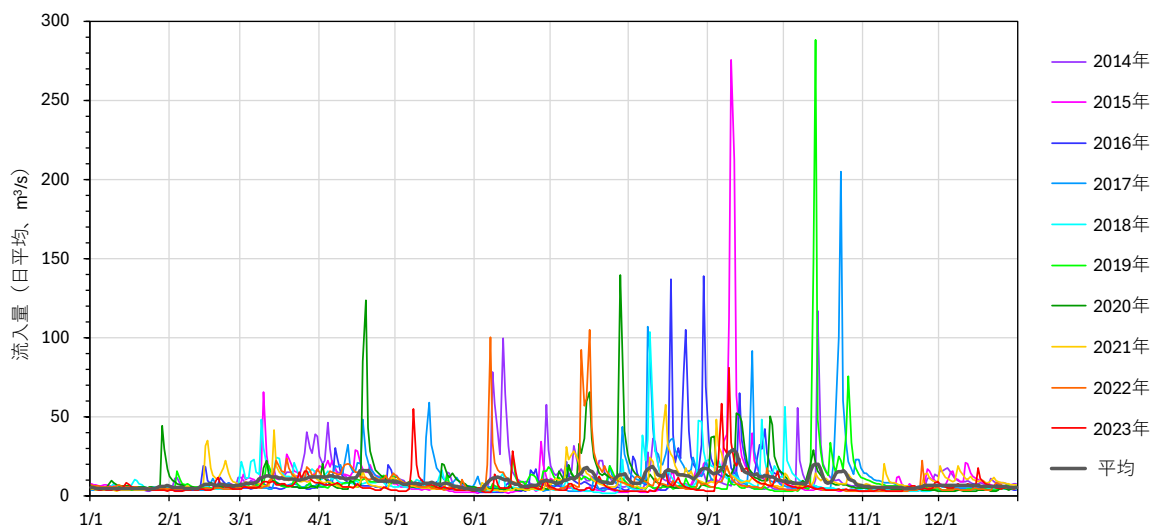


図 5-28 釜房ダムの流入量

## (2) 貯水位

釜房ダムの日平均貯水位を図 5-29 に示す。釜房ダムの平常時最高水位は 149.80m であるが、洪水期である 7月 1日から 9月 30日までは洪水貯留準備水位である 143.80m が設定されている。ただし、平成 24 年度から下流河川の環境保全を図る弾力的運用を行っており、その活用容量確保のために +1.0m の水位によって運用を行っている。

典型的な年間の貯水位管理としては、4月下旬から 5月上旬において平常時最高水位に近い 149.0m 程度まで貯水を行い、その後洪水時に向けて水位を下げていき、洪水期後はその年の流況に応じた運用を行っている。この事を踏まえ、将来シナリオにおいては図中に示す目標水位を設定し、この水位に向けたダム運用となるよう放流量を設定することとした。

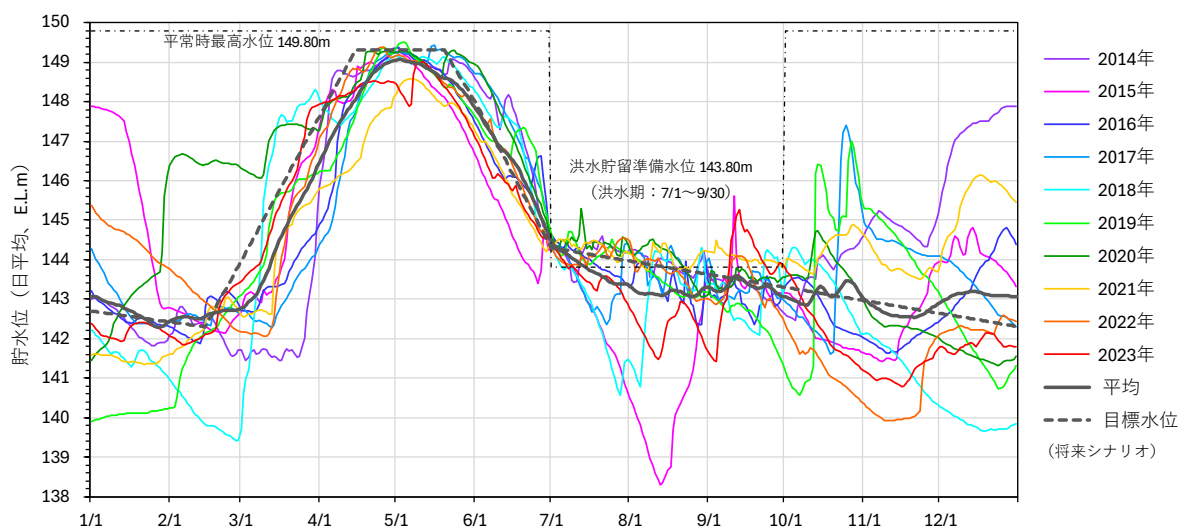


図 5-29 釜房ダムの貯水位

### (3) 放流量

釜房ダムのクレストゲート（非常用洪水吐）、コンジットゲート（常用洪水吐）、放流バルブの各放流量と、これらの合計の放流量を図 5-30～図 5-33 に示す。参考として、釜房ダム堤体断面図と各ゲートの配置図を図 5-35 に示す。クレストゲートの放流は 2017 年 6 月 28 日の 1 回のみで、放流量も小さかった。また、放流バルブからの放流は  $10\text{m}^3/\text{s}$  を上限としているため、図 5-28 に示した釜房ダム流入量に対応する放流操作は、主にコンジットゲートにより行われている。

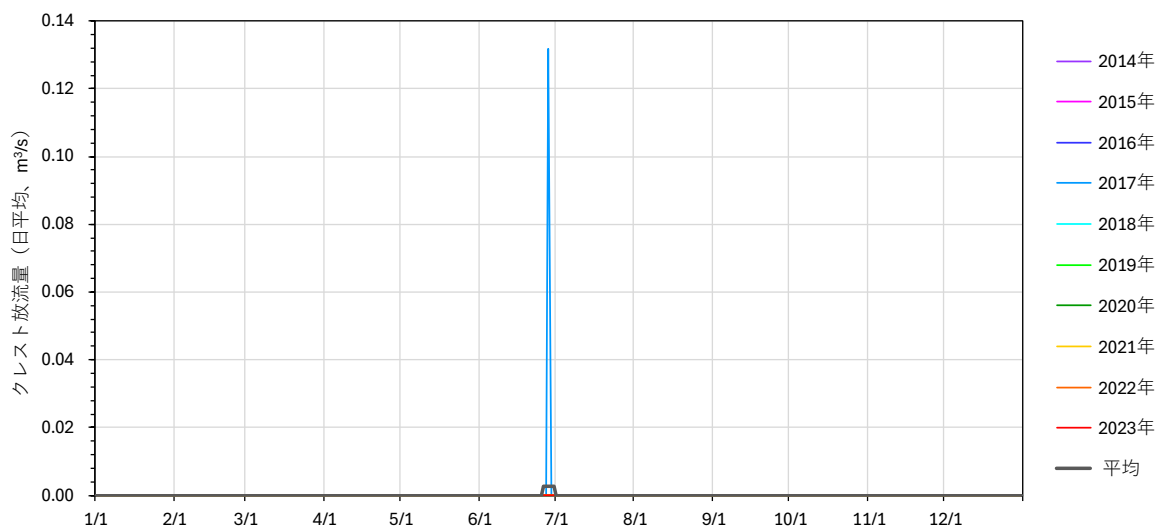


図 5-30 クレストゲート放流量

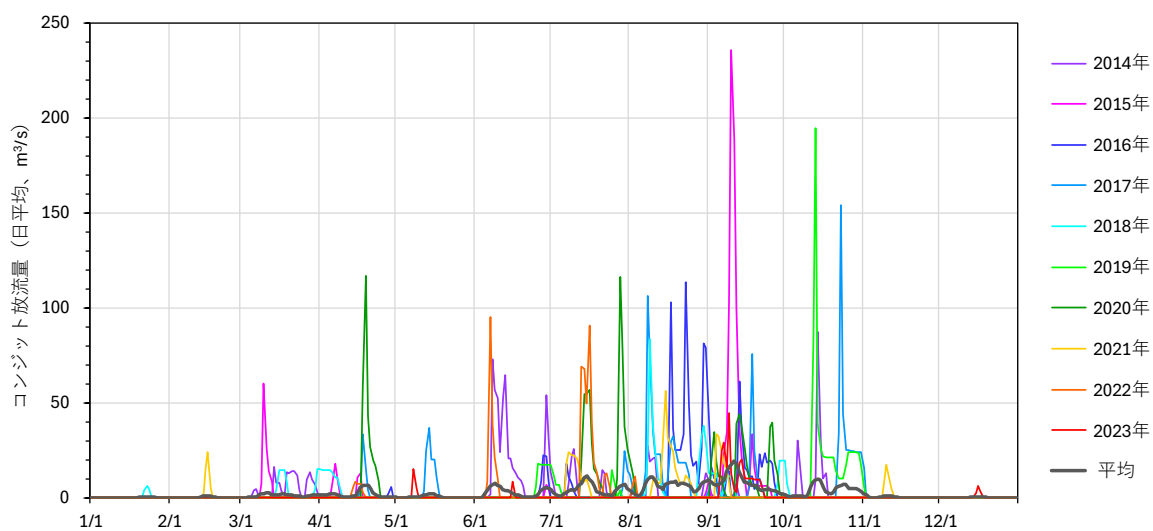


図 5-31 コンジットゲート放流量

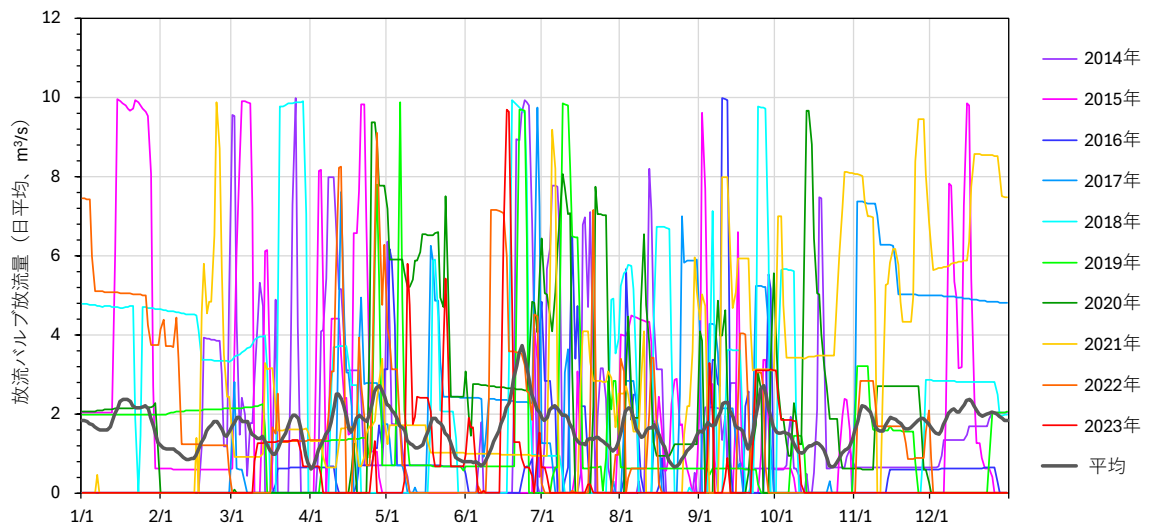


図 5-32 放流バルブ放流量

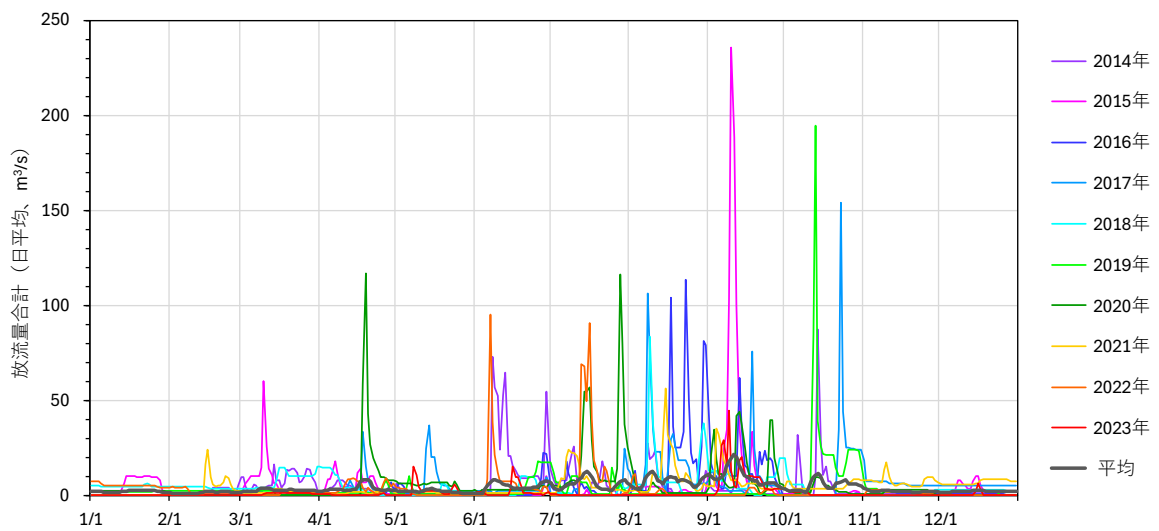


図 5-33 合計放流量

各ゲート・バルブからの放流量と貯水位の関係を図 5-34 に示す。放流バルブからの放流は貯水位によらず行われているのに対し、コンジットゲートからの放流はおおむね貯水位 141.4m 以上で行われている。

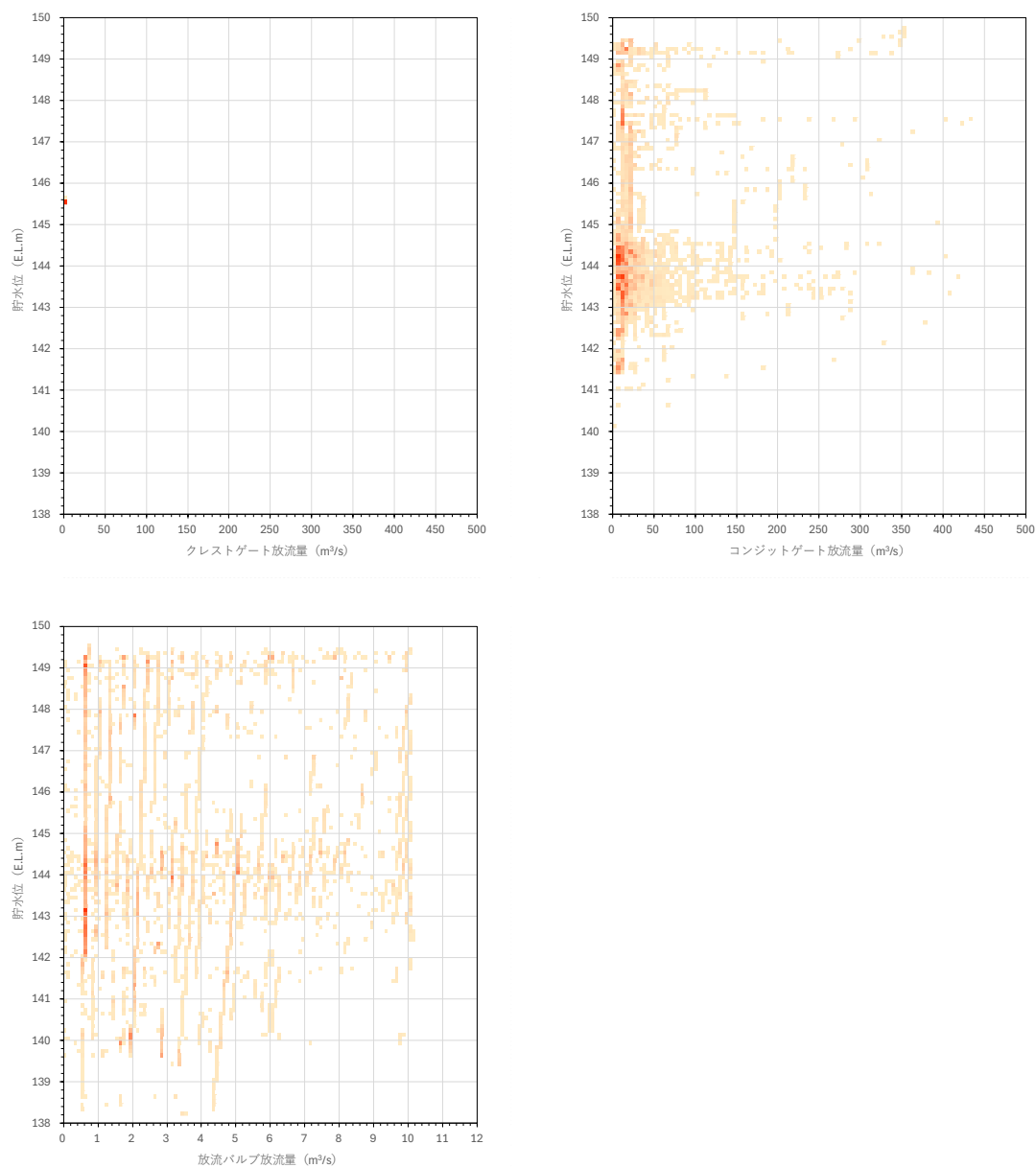
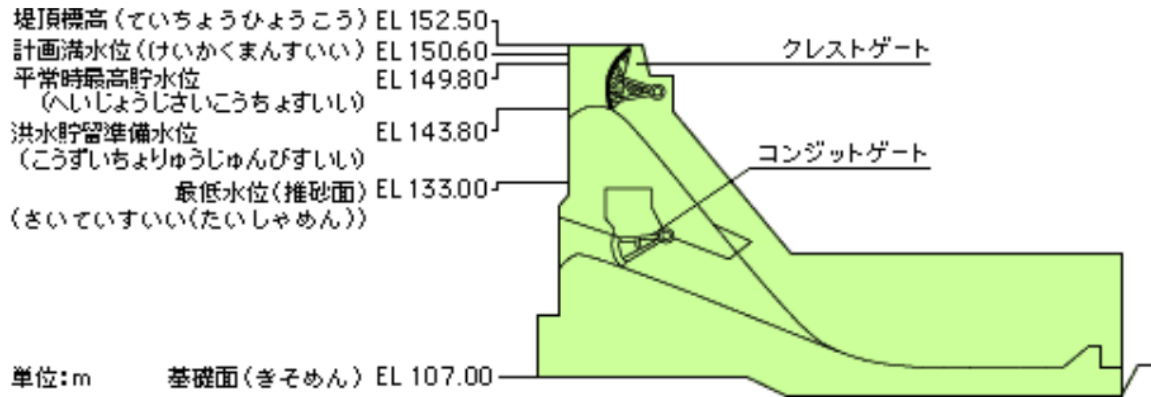
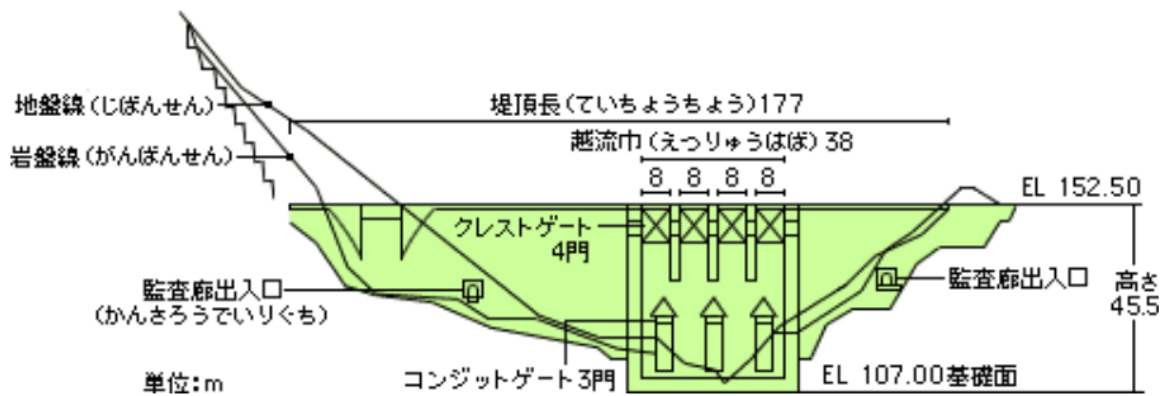


図 5-34 各ゲート・バルブからの放流量と貯水位の関係

### 堤体断面図（越流部）



### 堤体下流面図



出典)釜房ダム管理所 HP

図 5-35 (参考)釜房ダムの堤体断面図・堤体下流面図

#### (4) 取水量

釜房ダムの発電取水量，上水取水量，基石用水取水量と，これらの合計の取水量を図 5-36～図 5-39 に示す。釜房ダムにおいては，発電，上水，基石用水のそれぞれにおいて安定的な運用が行われている状況である。平均的な取水量は以下の通りであった。なお，2022 年以降，冬季の上水取水量が減っているが，これは茂庭浄水場側の事情によるものである。

発電取水量 :  $4.70\text{m}^3/\text{s}$  (4/26~10/25),  $2.43\text{m}^3/\text{s}$  (10/26~翌 4/25)

上水取水量 :  $1.43\text{m}^3/\text{s}$

基石用水取水量 :  $0.11\text{m}^3/\text{s}$  (4/1~6/20),  $0.09\text{m}^3/\text{s}$  (6/21~翌 3/31)

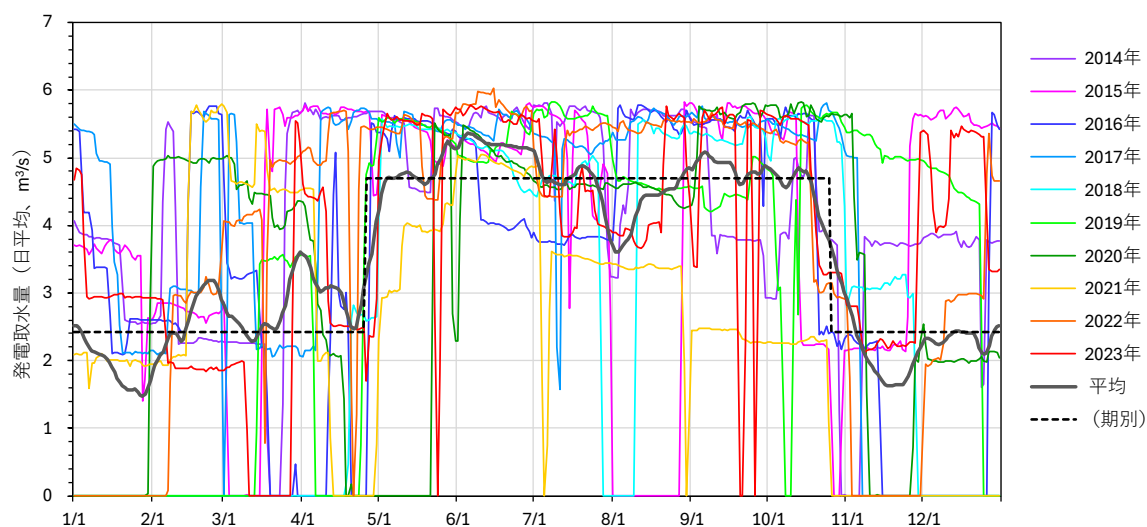


図 5-36 発電取水量

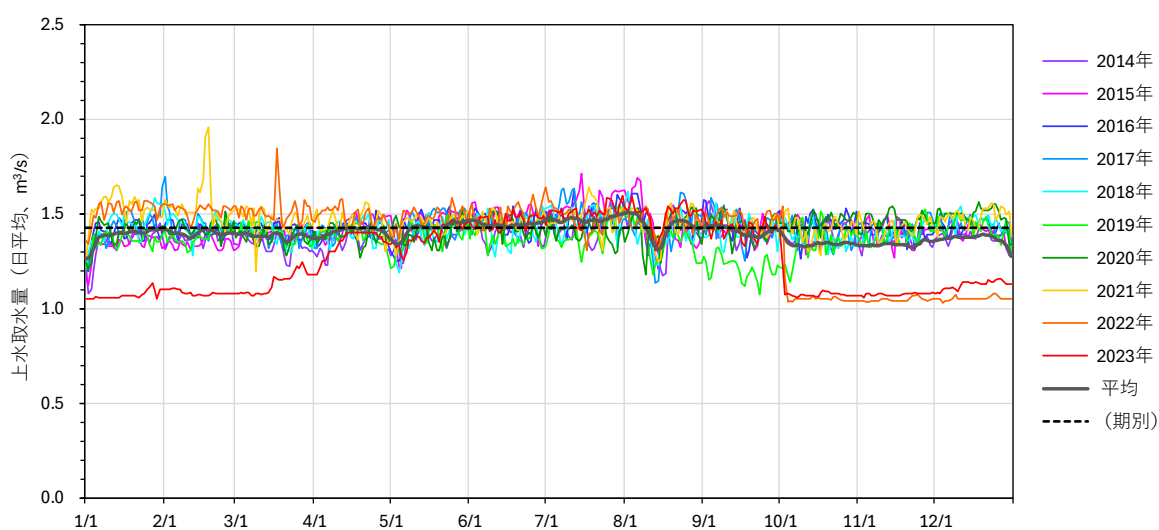


図 5-37 上水取水量

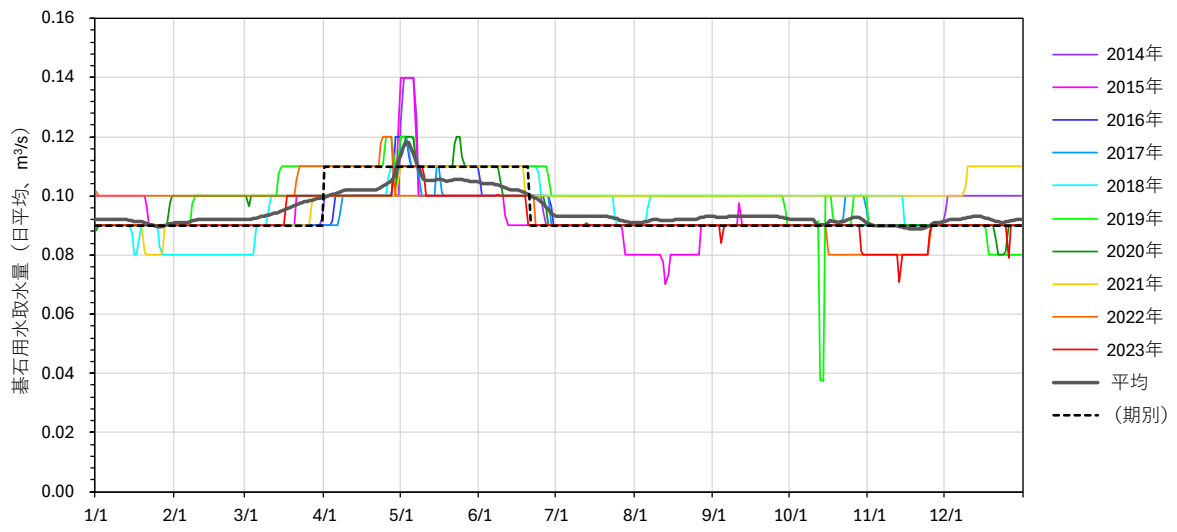


図 5-38 基石用水取水量

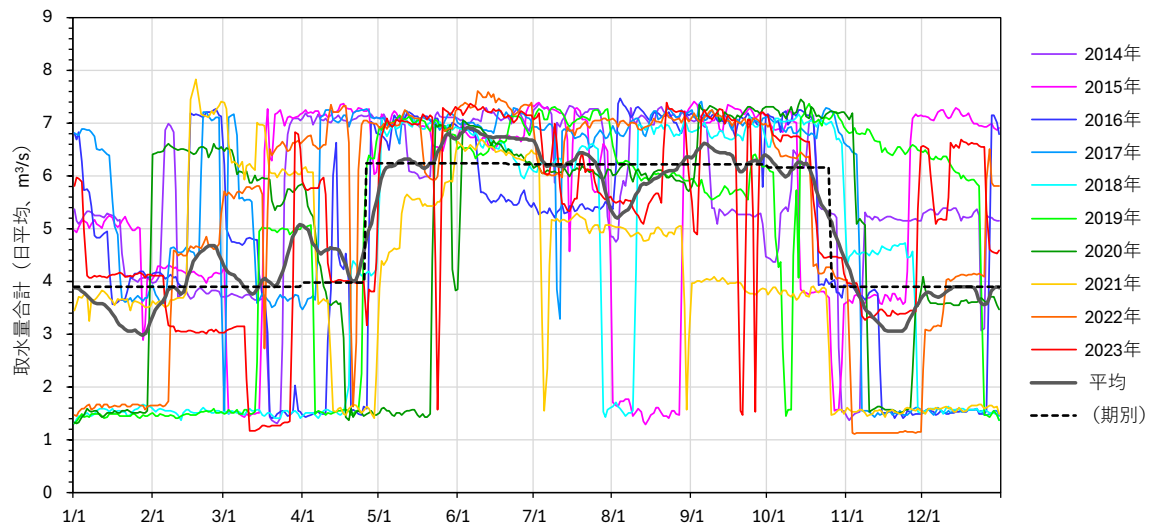


図 5-39 合計取水量

各取水量と貯水位の関係を図 5-40 に示す。発電においてはおおむね貯水位 140m 以上で取水が行われており，上水及び碁石用水は貯水位によらず取水が行われている。

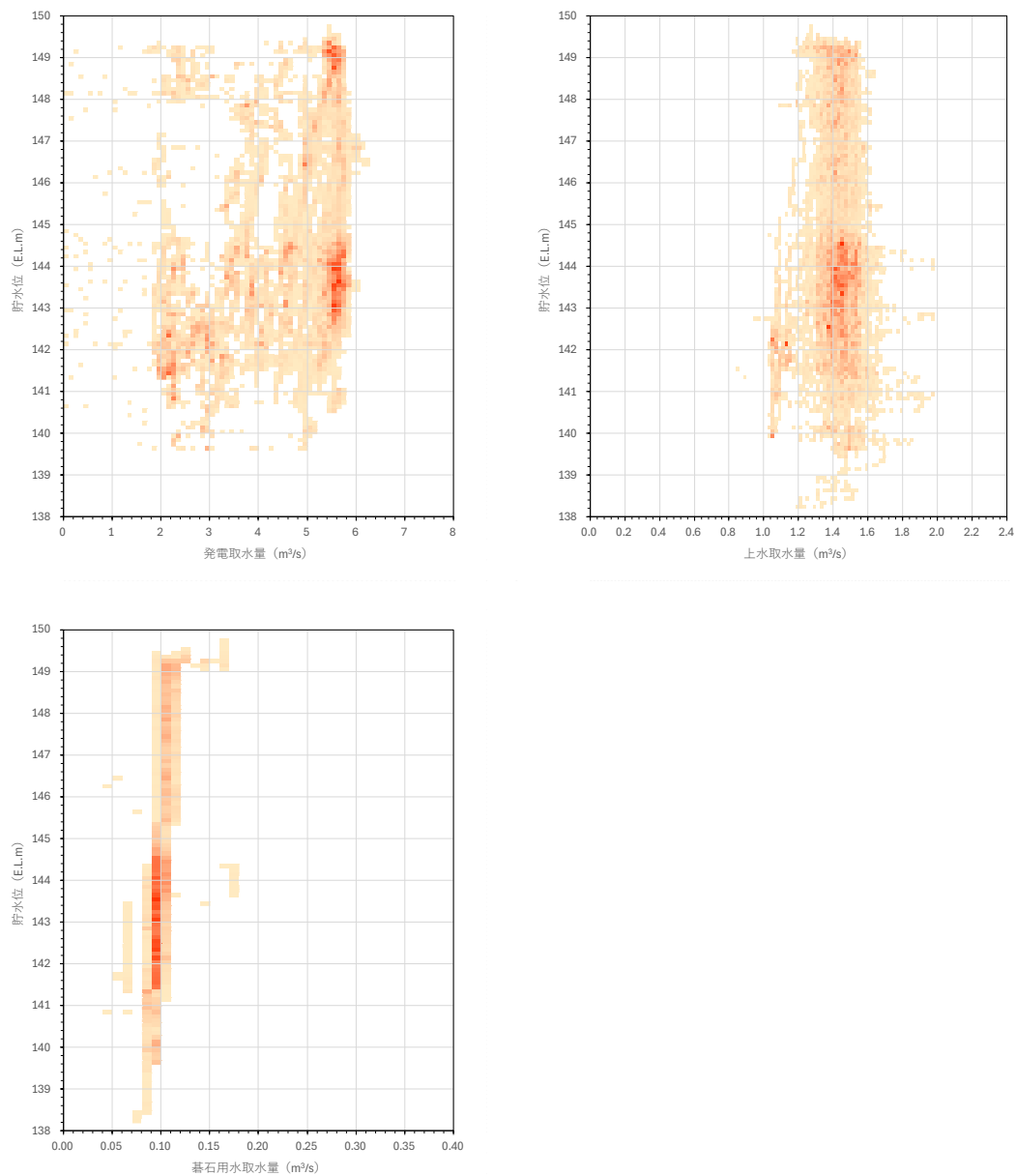


図 5-40 各取水量と貯水位の関係

#### (5) 曝気装置の運転

釜房ダムにおいては、異臭味要因となる藍藻類（*Phormidium* 属）の増殖対策として常用曝気装置 4 基，夏季強曝気装置 6 基の運用を行っている。これらの運用は，貯水位，流入河川やダムサイトの表層 pH および成層強度等によって運転モードが設定され，また出水時の高濁度時には運用を一時停止することになっているが，本モデルにおいては pH を計算しておらず，これに基づく運転モードを決定できないため，あらかじめ典型的な運用パターンを設定することとした。

2017 年～2023 年の曝気装置運用状況を図 5-41 に示す。また，これらの運用状況を踏まえ，2023 年の運用パターンを参考に将来シナリオにおける運用パターンを図 5-42 の様に設定することとした。

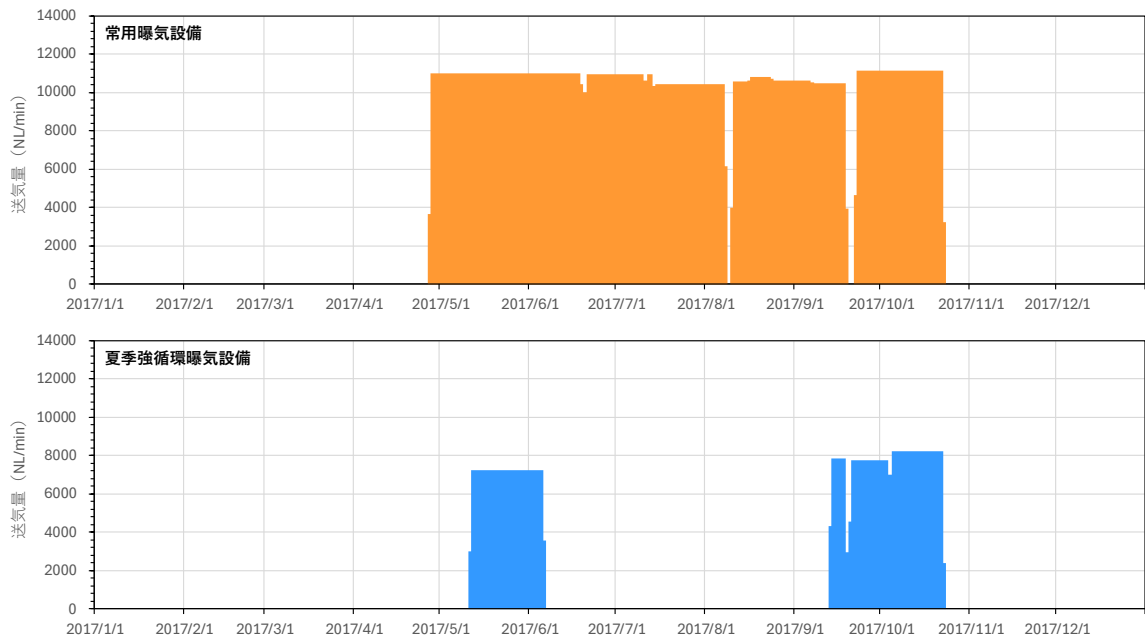


图 5-41(1) 曝氣裝置運用狀況(2017 年)

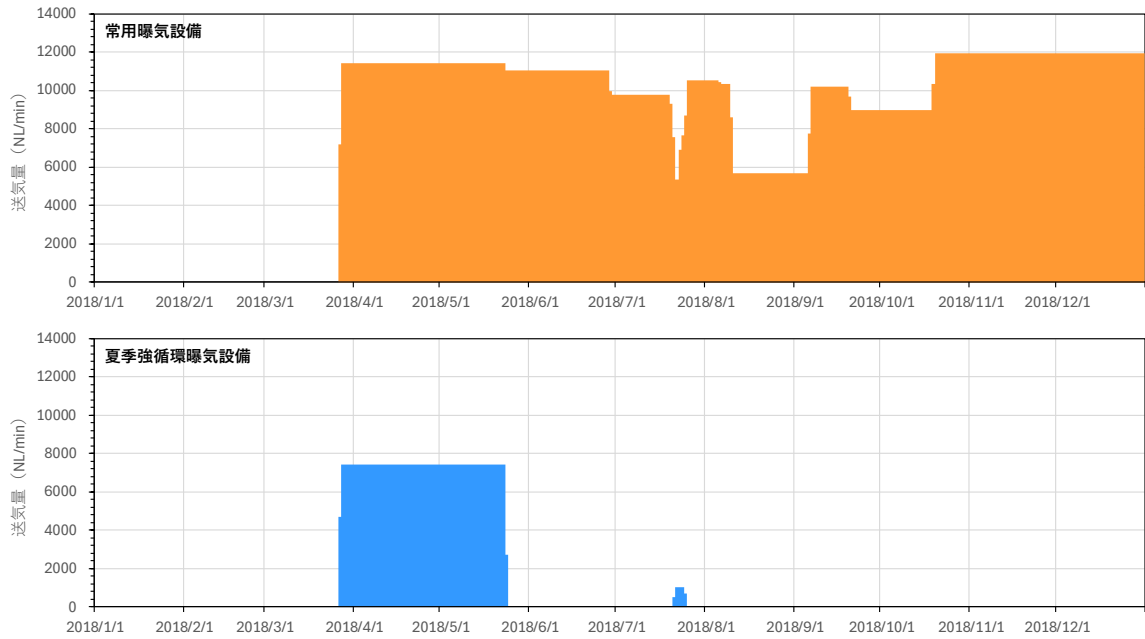


图 5-41(2) 曝氣裝置運用狀況(2018 年)

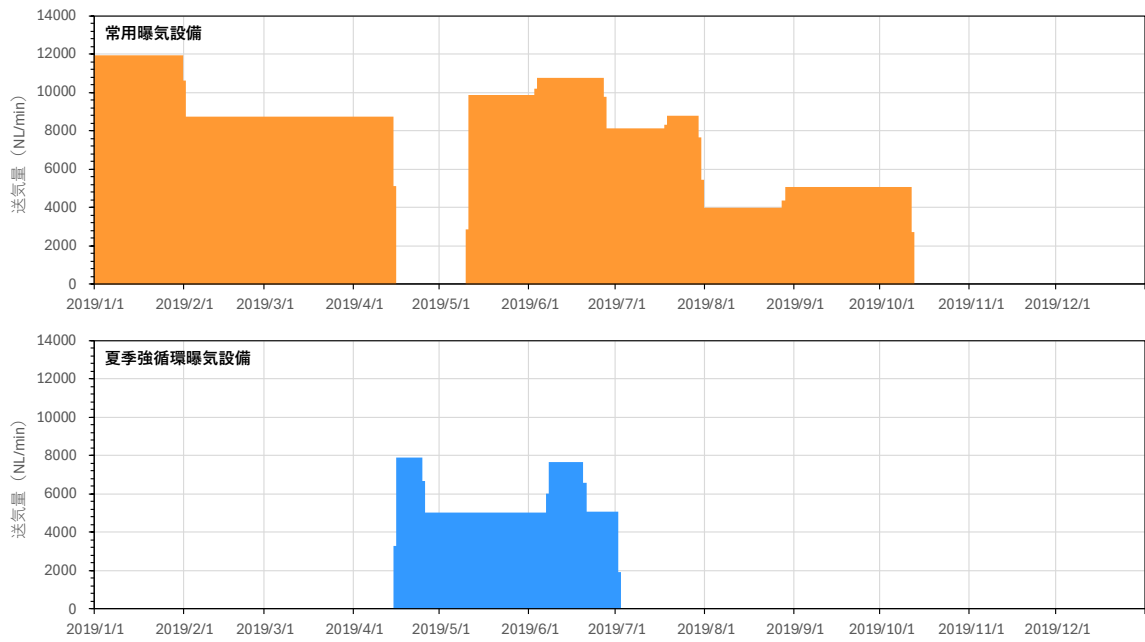


图 5-41(3) 曝氣裝置運用狀況(2019 年)

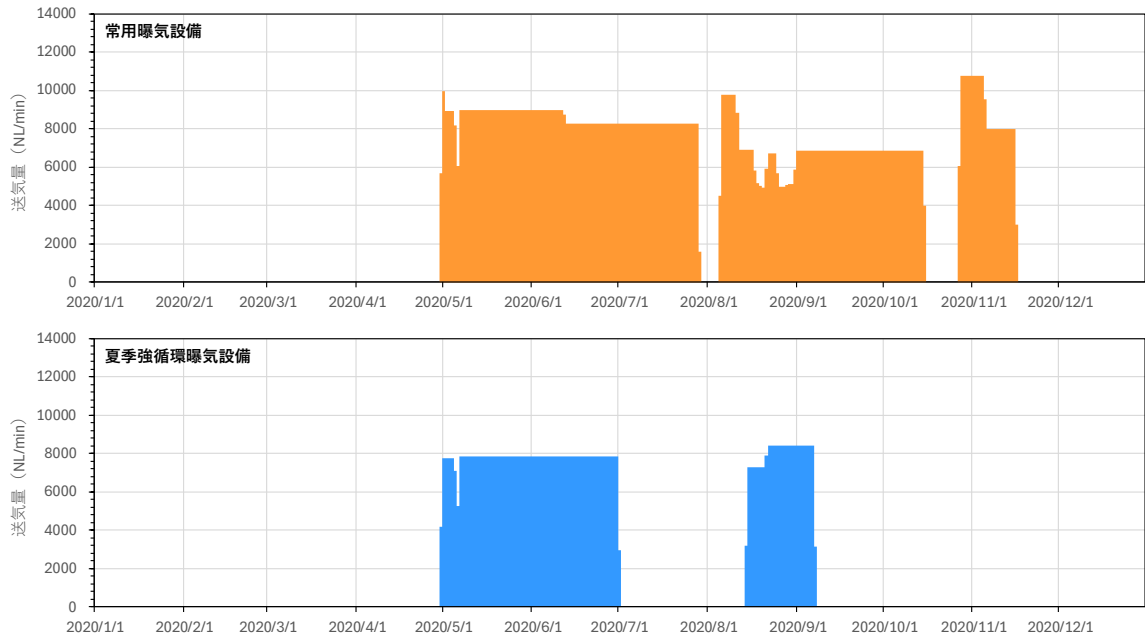


图 5-41(4) 曝氣裝置運用狀況(2020 年)

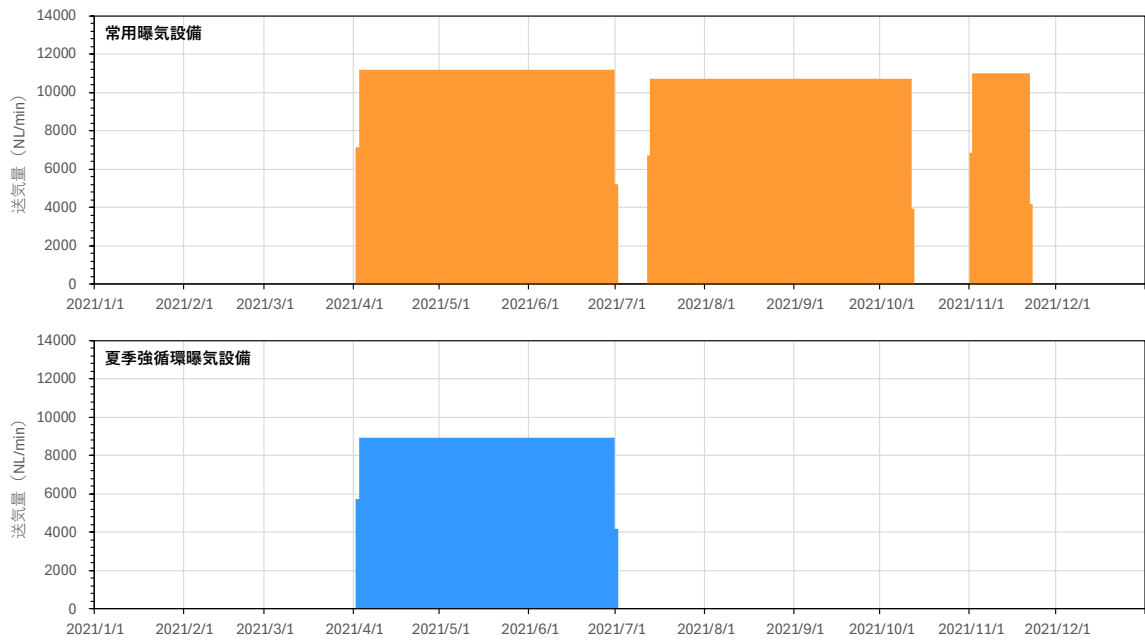


图 5-41(5) 曝氣裝置運用狀況(2021 年)

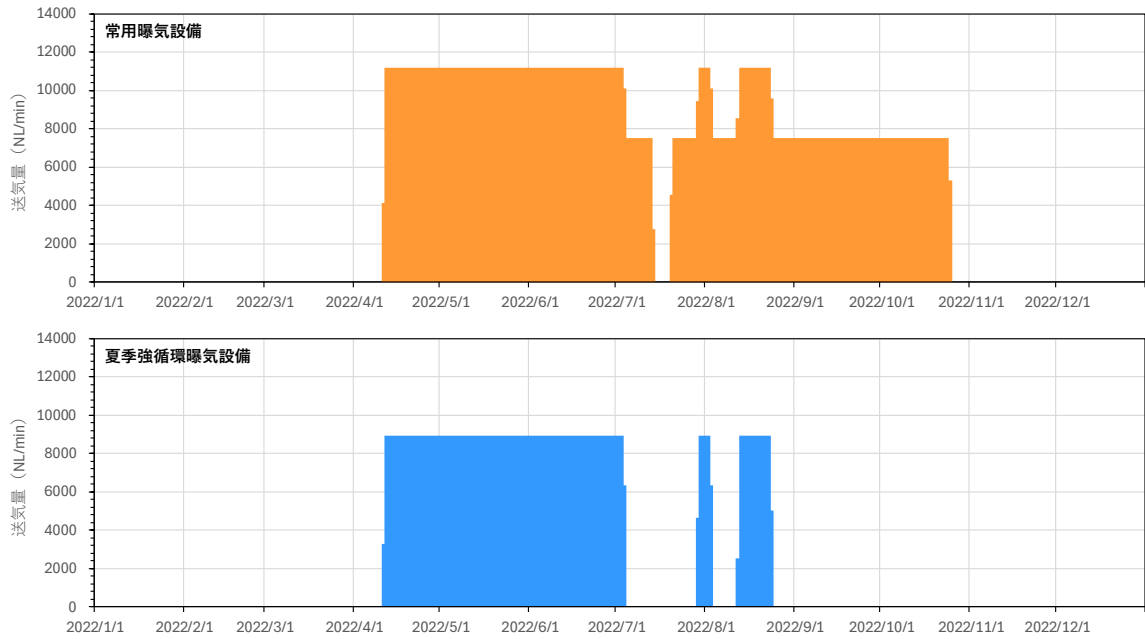
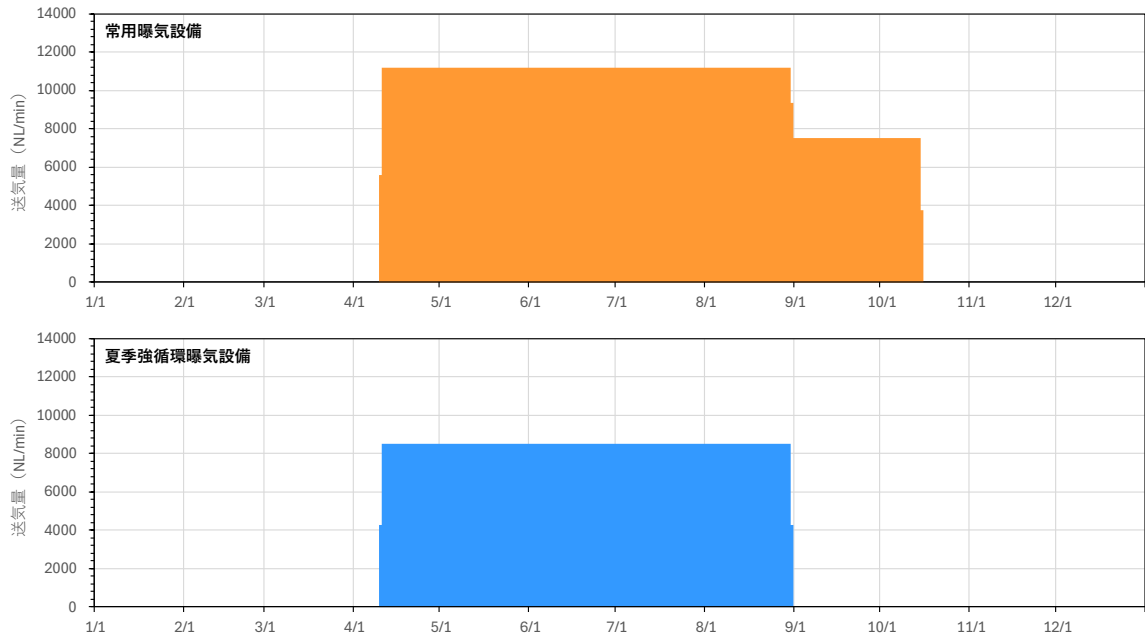


图 5-41(6) 曝氣裝置運用狀況(2022 年)



図 5-41(7) 曝気装置運用状況(2023 年)



送気量 (NL/min)	常用曝気設備				夏季強循環曝気設備					
	1号	2号	3号	4号	1号	2号	3号	4号	5号	6号
4/10 12:00 ~ 8/31 12:00	2900	3100	2600	2600	1300	2800	1100	1200	1000	1100
8/31 12:00 ~ 10/15 12:00	2000	2100	1700	1700	運用停止					

注) 2023 年の運用状況とほぼ同じである。  
(2021 年, 2022 年の運用状況も参考に運転期間・端数を整理)

図 5-42 将来シナリオにおける曝気装置運用モデル

## (6) 釜房ダム運用の試算

釜房ダム管理日報に基づく運用状況を踏まえ、将来シナリオにおけるダム運用ルールを以下の様に設定した。

- 貯水位・流入量によらず、発電、上水、碁石用水取水を以下の通り実施する。
  - 発電取水量 : 4.70m<sup>3</sup>/s (4/26～10/25), 2.43m<sup>3</sup>/s (10/26～翌 4/25)
  - 上水取水量 : 1.43m<sup>3</sup>/s
  - 碁石用水取水量 : 0.11m<sup>3</sup>/s (4/1～6/20), 0.09m<sup>3</sup>/s (6/21～翌 3/31)
- 流入量が 10m<sup>3</sup>/s を超えない場合は、目標とする水位に向けて放流バルブによる放流を行う。放流量は、余方地点における流量を確保することを想定し、可能な限り以下の放流量を確保する。
  - 余方補給量 : 3.00m<sup>3</sup>/s (6/1～11/30), 2.00m<sup>3</sup>/s (12/1～翌 1/31)
- 流入量が 10m<sup>3</sup>/s を超える場合は、目標とする水位に向けてコンジットゲートによる放流を行う。ただし、放流量については、流入量増大時は流入量を上限とし、流入量低減時は直前の放流量を上限として放流量を設定する。

釜房ダム流域の流出解析モデルに現況（2017 年～2023 年）の気象条件を与え、得られた流入量に対して上述のダム運用を適用して貯水位・放流量・貯水池内水温を試算した。計算結果の時系列を図 5-43 に、水温の実測値と計算値の比較図を図 5-44 に示す。釜房ダムの年間の運用がおおむね再現されており、貯水池内の水温についてもおおむね再現できている。また、流入水量や曝気装置の運転状況は現況と異なる点もあるが、ダム湖内の水温は現況再現計算結果（図 5-15 参照）と比べて顕著な差異は見られなかった。

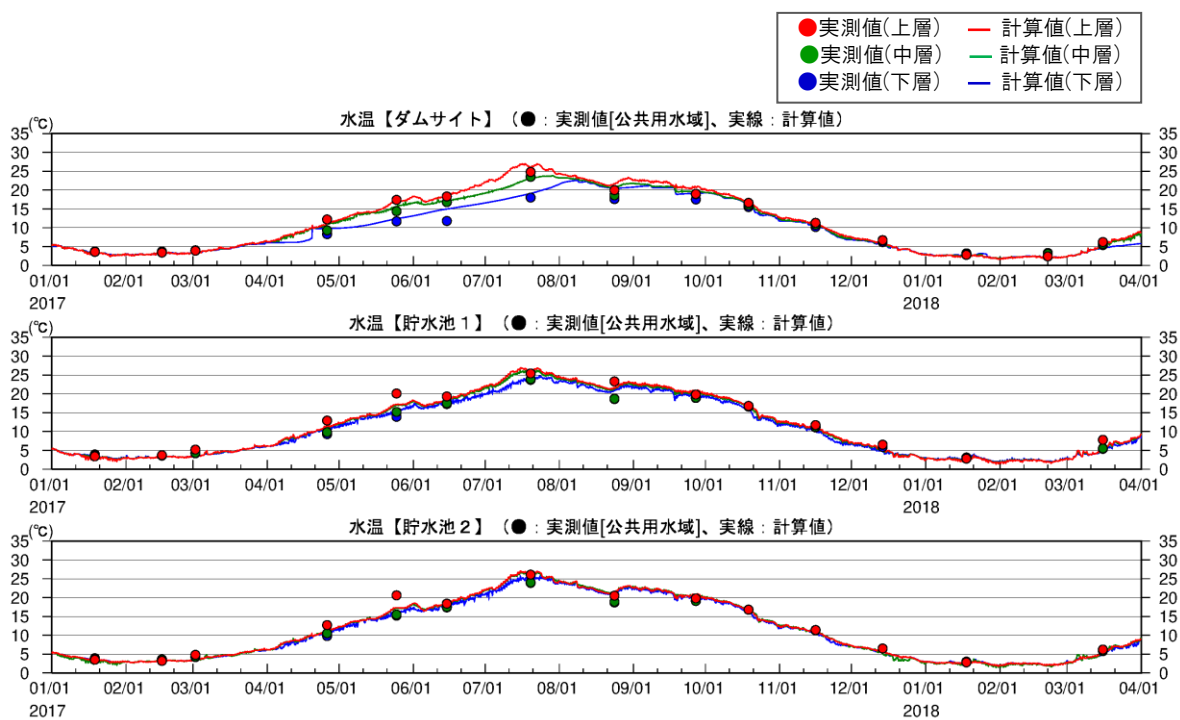
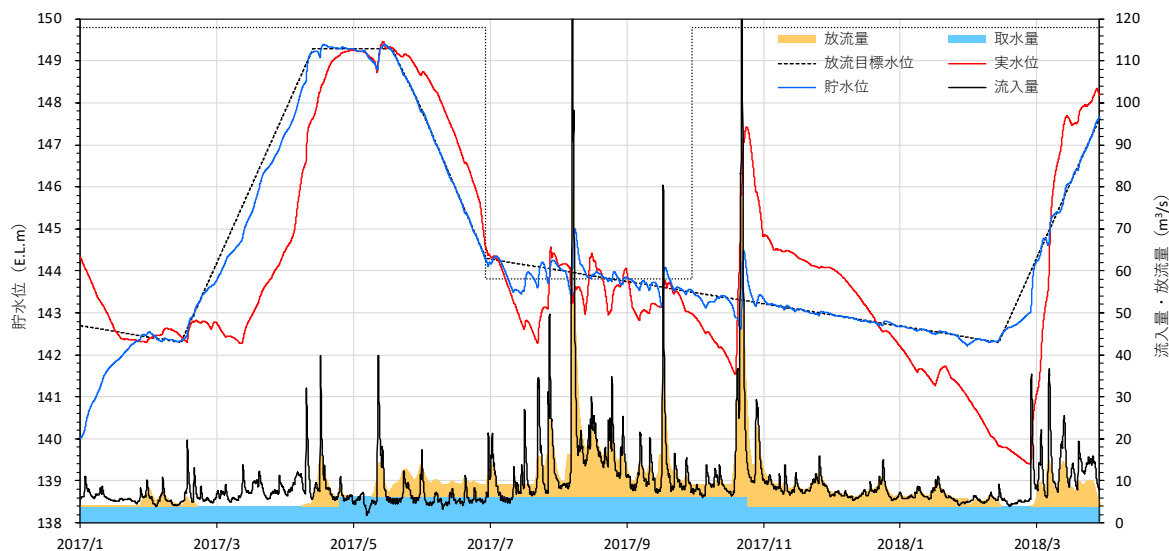


図 5-43(1) 将来シナリオのダム運用ルールに基づく貯水位・放流量・水温試算結果(2017 年)

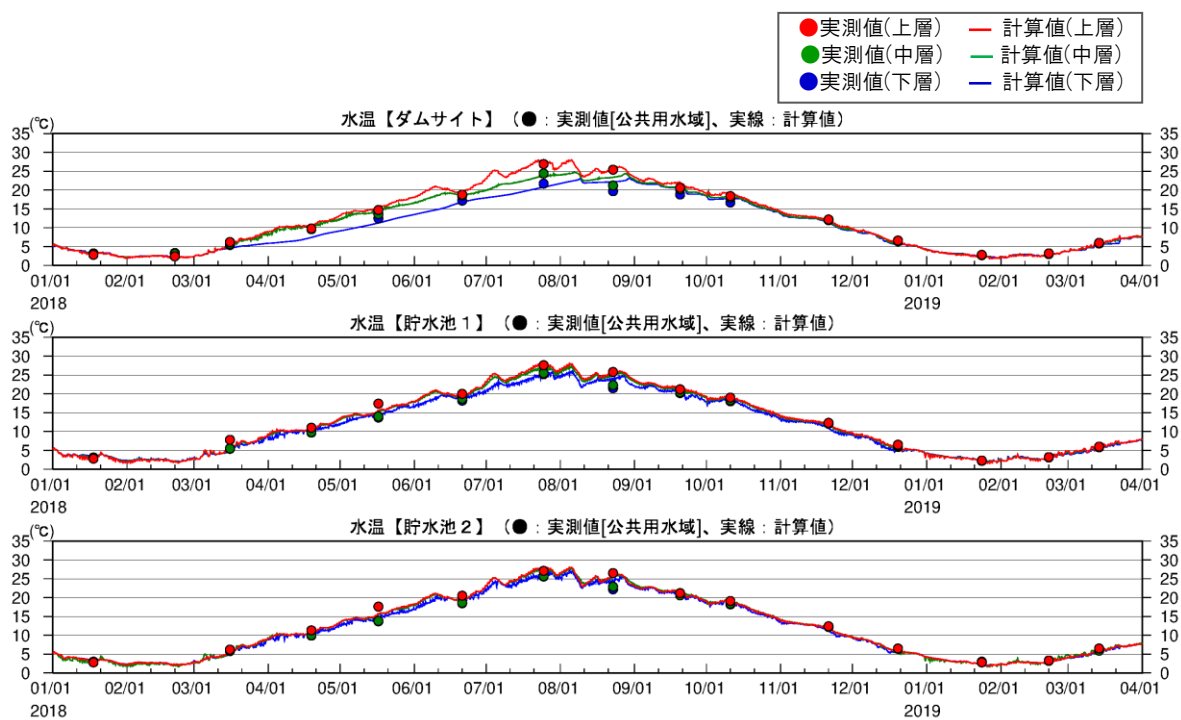
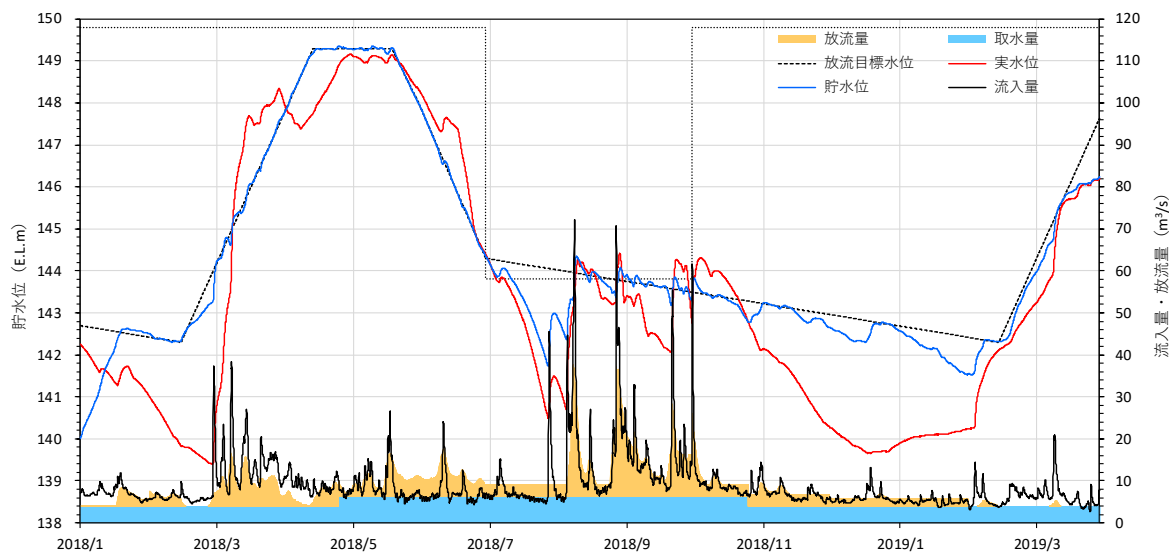


図 5-43(2) 将来シナリオのダム運用ルールに基づく貯水位・放流量・水温試算結果(2018年)

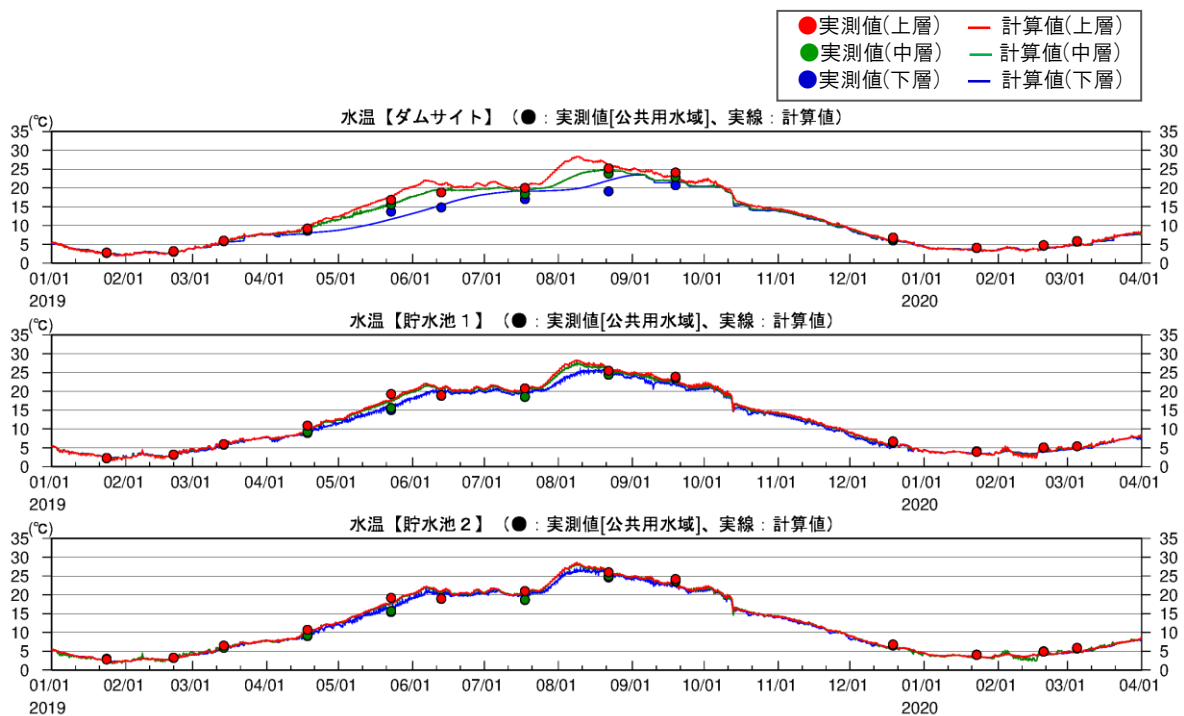
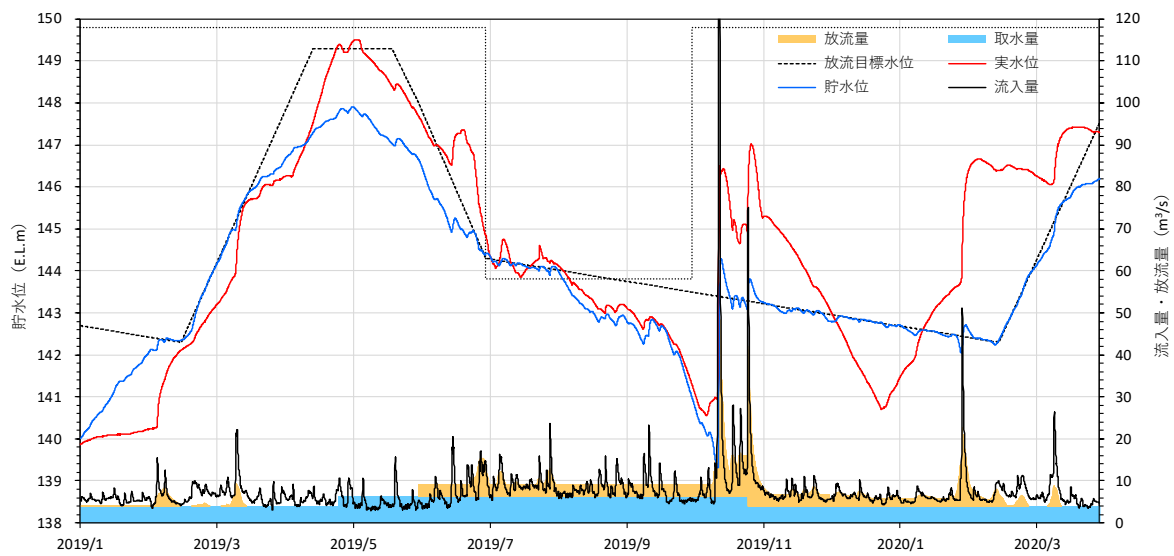


図 5-43(3) 将来シナリオのダム運用ルールに基づく貯水位・放流量・水温試算結果(2019年)

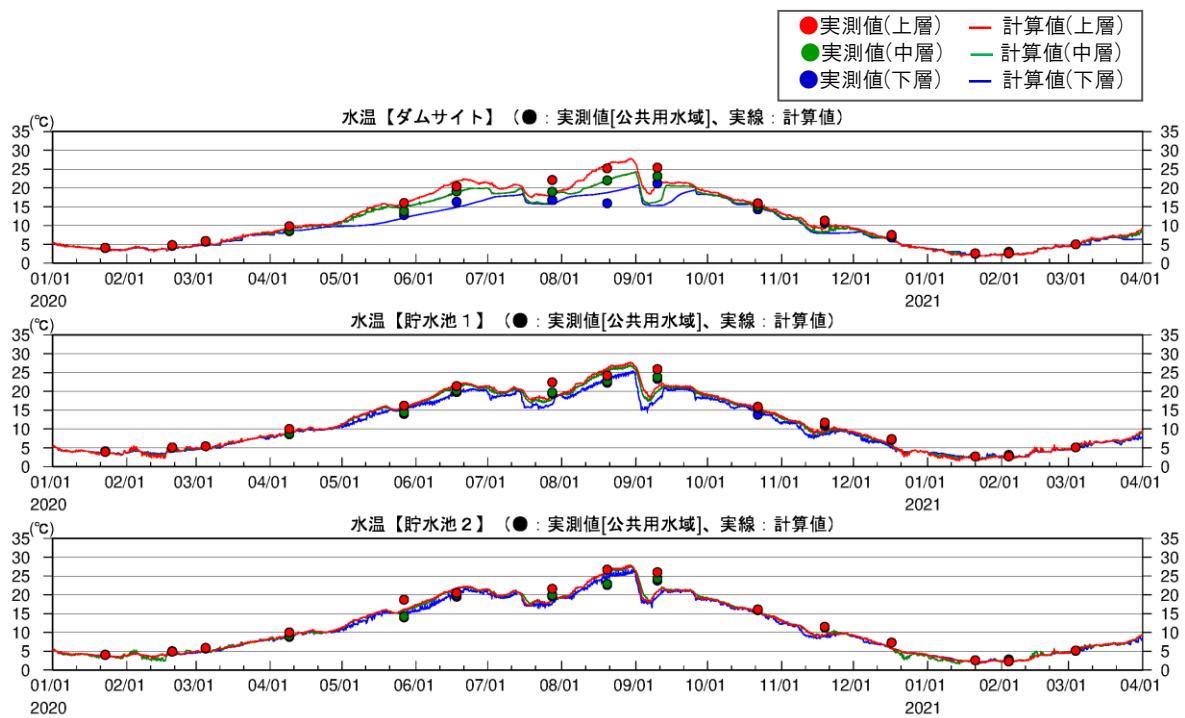
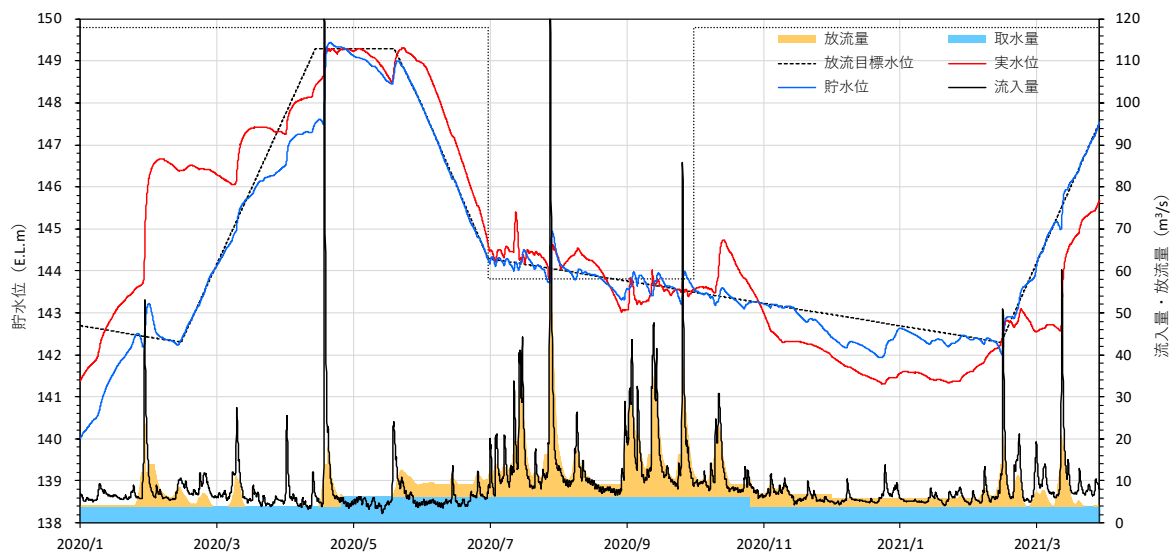


図 5-43(4) 将来シナリオのダム運用ルールに基づく貯水位・放流量・水温試算結果(2020年)

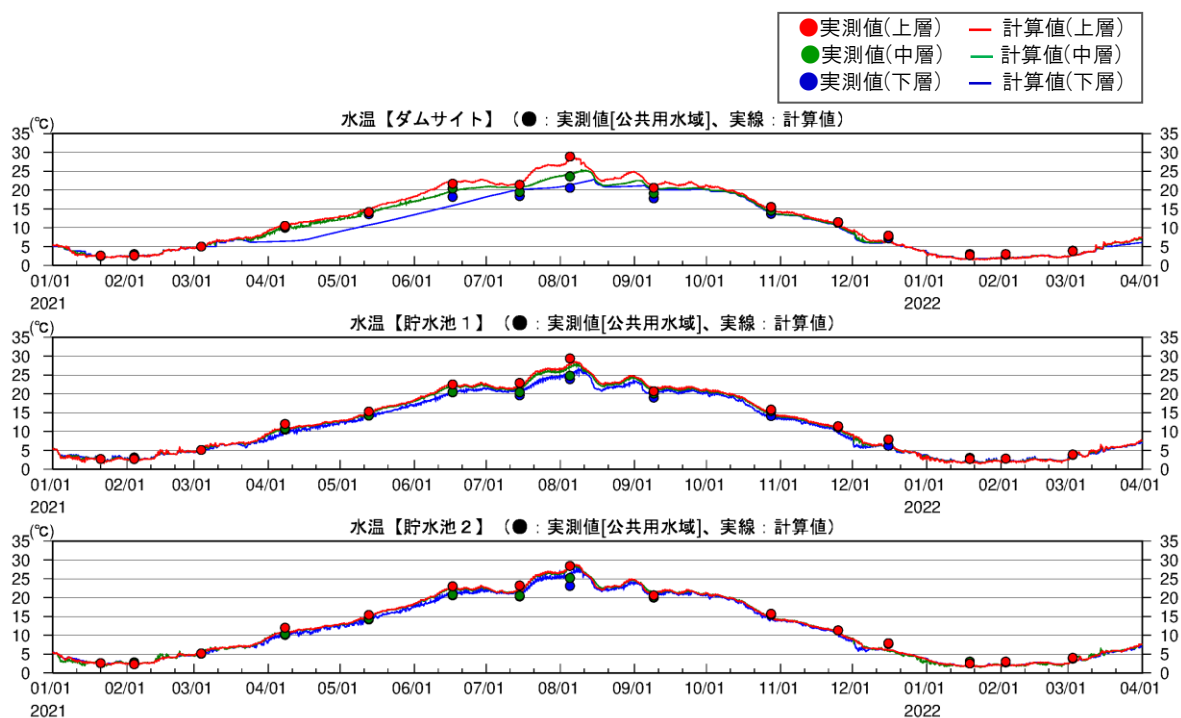
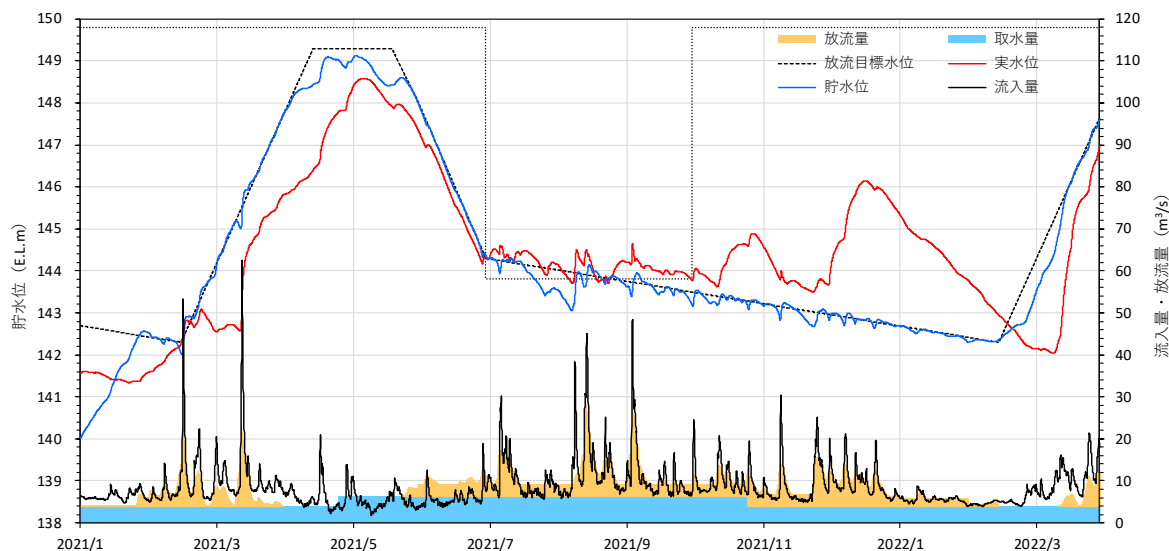


図 5-43(5) 将来シナリオのダム運用ルールに基づく貯水位・放流量・水温試算結果(2021 年)

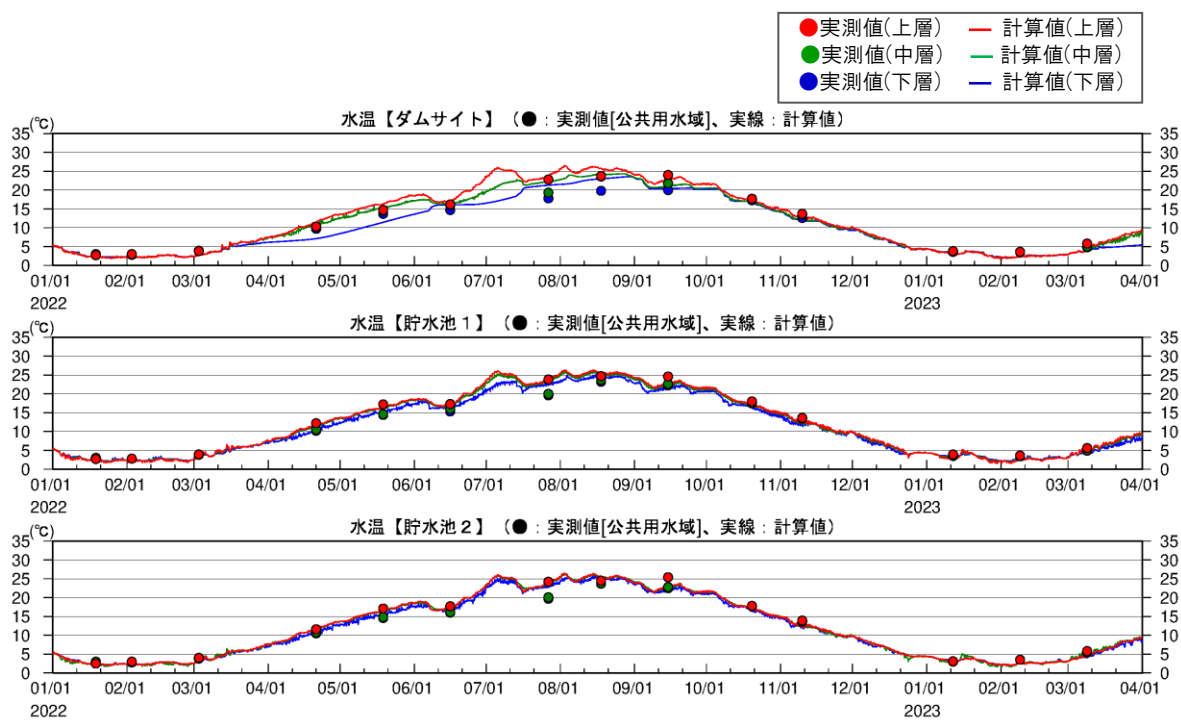
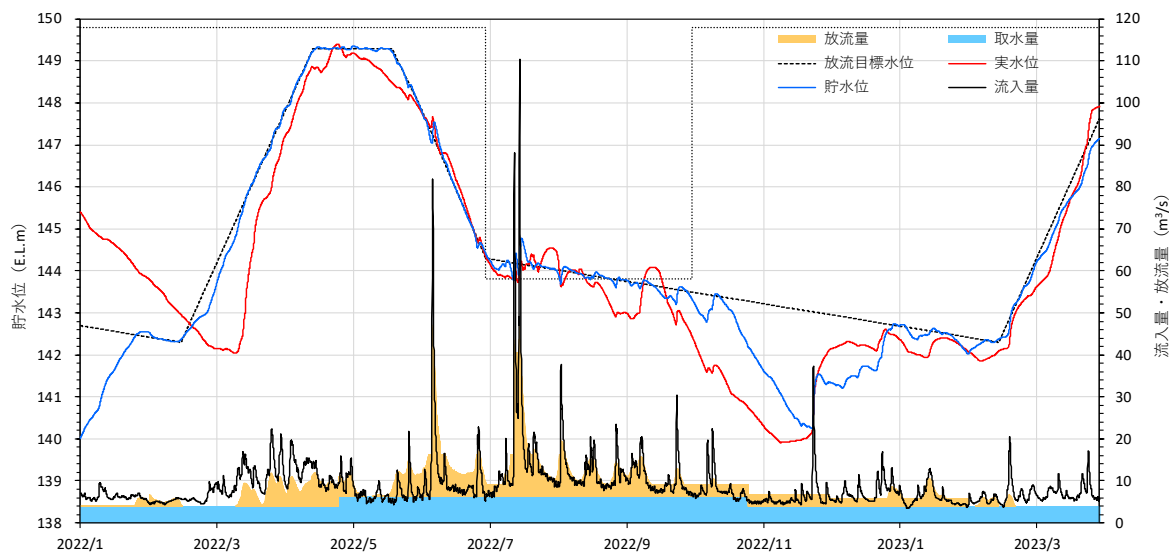


図 5-43(6) 将来シナリオのダム運用ルールに基づく貯水位・放流量・水温試算結果(2022 年)

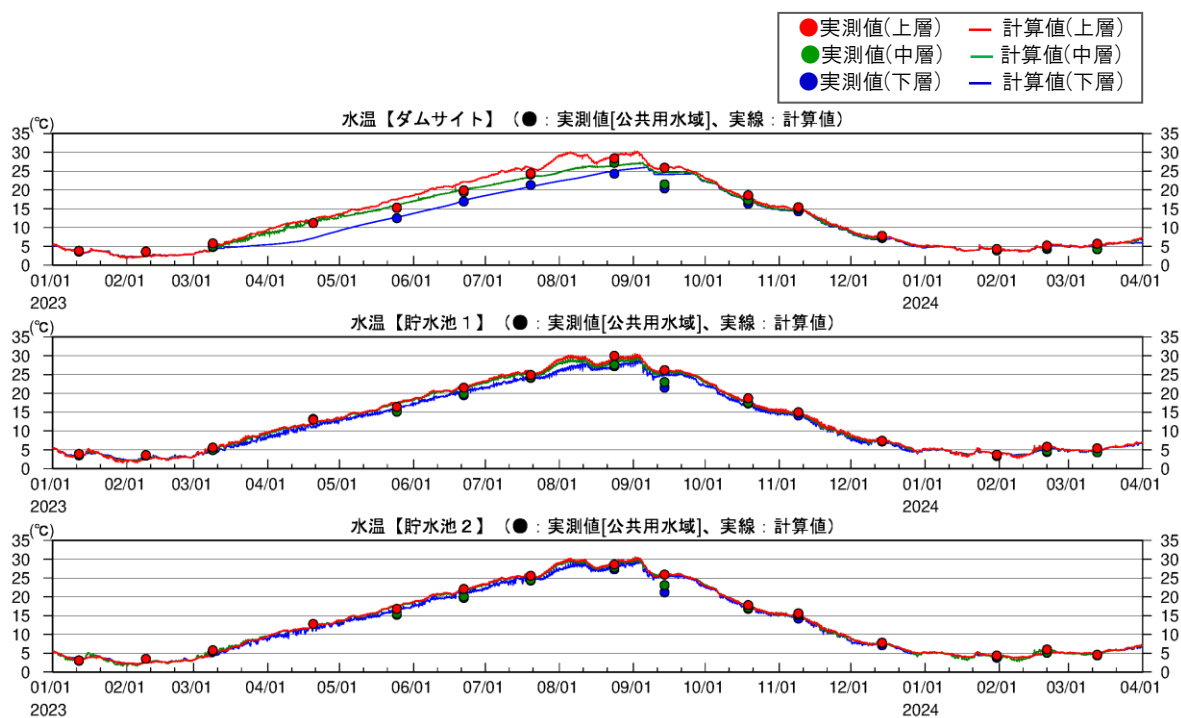
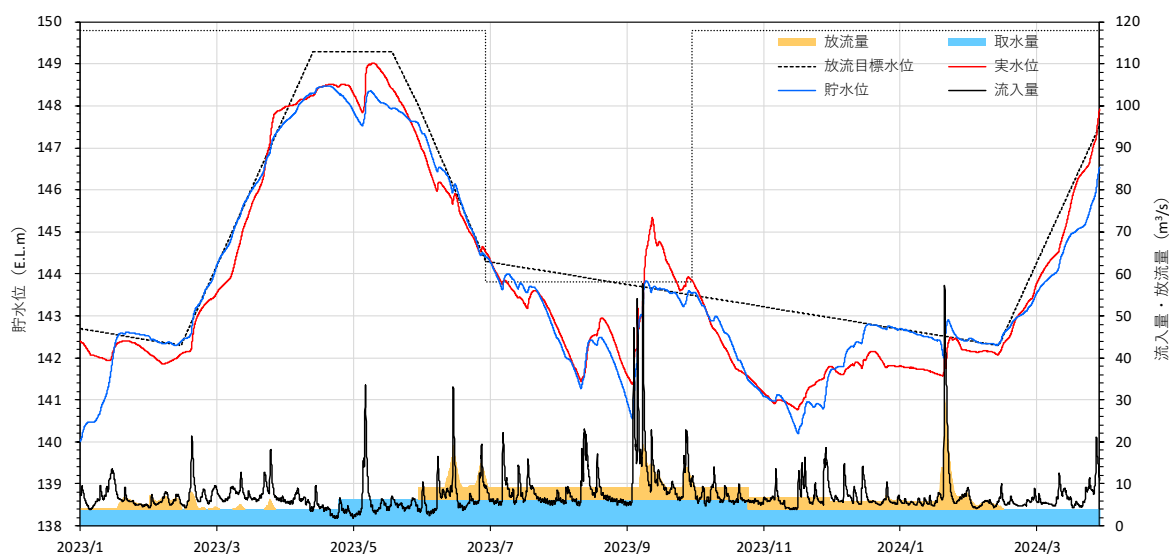


図 5-43(7) 将来シナリオのダム運用ルールに基づく貯水位・放流量・水温試算結果(2023 年)

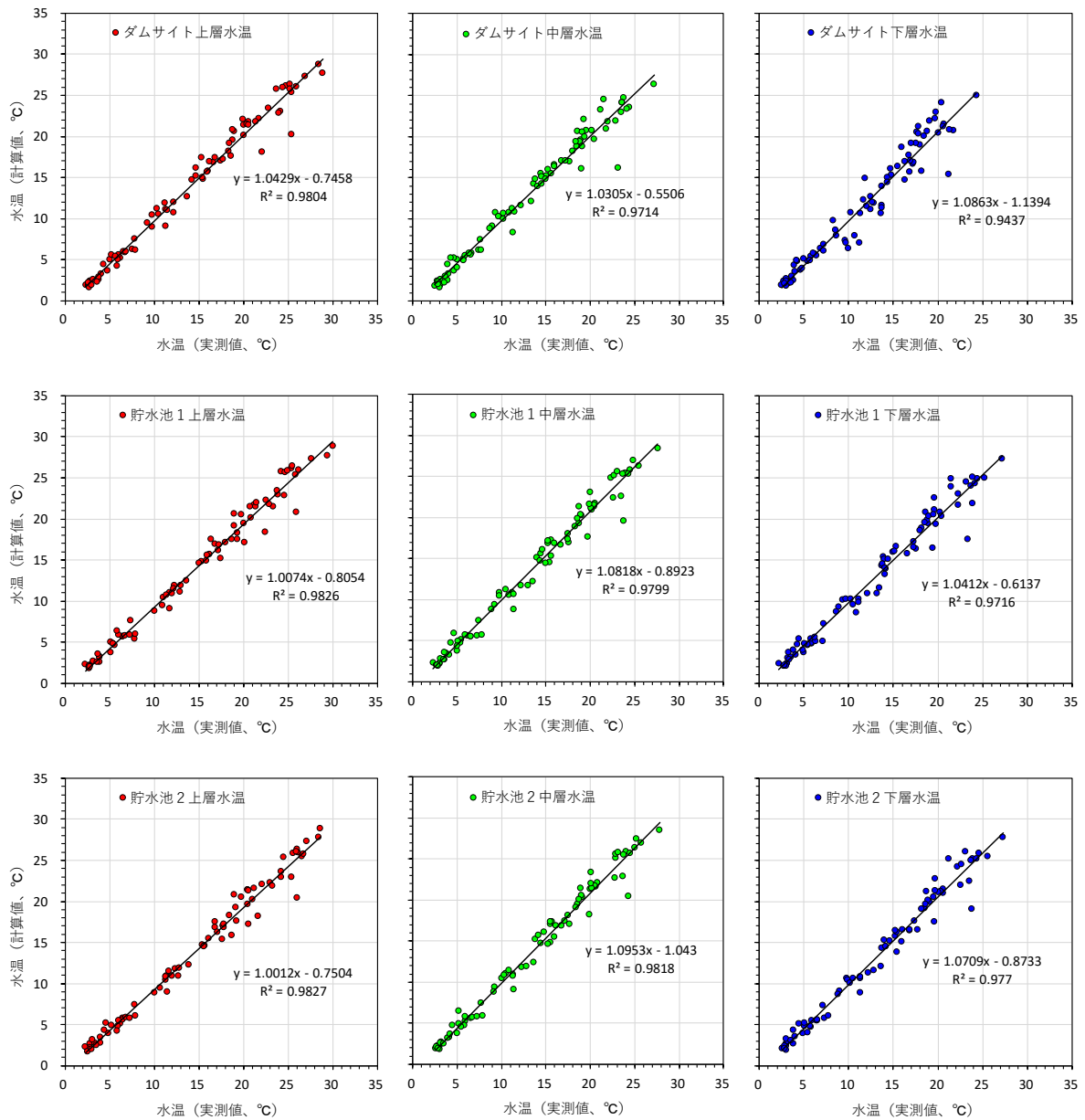


図 5-44 水温の実測値と計算値の比較 平成 29(2017)年度～令和 5 年度  
(将来シナリオのダム運用ルールに基づく試算結果)

### 5.3.3 将来予測計算における流入負荷量条件

4.2 の将来シナリオ (case1-9) に基づいた水質計算を実施し、ケース間の濃度変化について整理を行った。

将来シナリオ (case1-9) における淡水流入量を用いて、各ケースの流入負荷量条件を作成した。図 5-45 に 3 河川の流量・負荷量を積み上げグラフとして総量を示している。s1-3 が渇水年シナリオ、s4-6 が平水年シナリオ、s7-9 が豊水年シナリオに基づいた値となっている。これによると、負荷量は淡水流入量の傾向と概ね一致しているが、水質項目によって、流量に対する負荷量の大小に差が見られる。

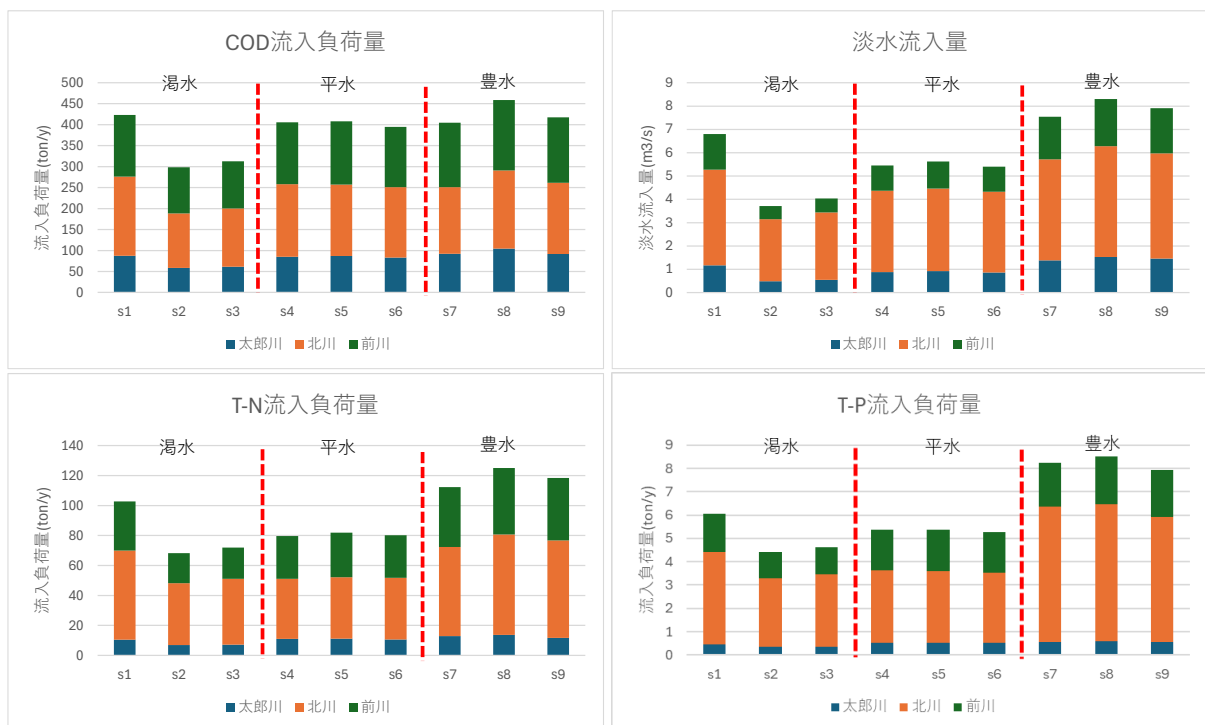


図 5-45 各将来シナリオ(s1-9)における流入負荷量と淡水流入量(年度平均値)

表 5-3 4.2 で設定した将来シナリオの再掲

シナリオ	設定内容
渇水年	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
平水年	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
豊水年	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 : 年間でみると豊水年だが、かんがい期降水量が平水年以下であるシナリオ

## 6. 水質の予測計算

### 6.1 釜房ダム及び流域における将来予測

過年度に構築した水質予測シミュレーションモデルをベースとして、以下の水質を予測した。

流域ごとの釜房ダムに流入する河川の水質  
釜房ダムから流出する河川の水質  
釜房ダムの水質

水質予測シミュレーションにあたっては、まず 4 章で検討した気候変動シナリオを踏まえてモデルの入力条件（将来の降雨条件等）を設定し、流域流出モデルにより釜房ダムに流入する流量を算定した。その上で、「第 7 期釜房ダム貯水池湖沼水質保全計画策定業務」で構築した水質シミュレーションモデル（以下、「第 7 期モデル」という。）を基に、植物プランクトンの温度関数等を見直したモデル（p132 参照）を用いて水質の将来予測を行った。計算項目は、COD, D-COD, SS, T-N, D-T-N, T-P, D-T-P, DO, 水温, クロロフィル a とし、さらに過年度の業務成果を活用することにより、2-MIB の予測を行った。

#### 6.1.1 ダム流入量・貯水位・水温の将来予測結果

将来気候条件を流出解析モデルに設定してダム流入量等を算定し、前述のダム運用ルールを設定して、気候変動後の釜房ダム水質予測計算を実施した。

なお、将来シナリオによっては流入水量不足により貯水位が十分確保できないケースがあり、この場合は前述のダム運用ルールに対し取水量に対して取水制限を加えて計算を実施した。

現況及び将来の気象・流入条件及びダムサイトにおける水温計算結果の概要を図 6-1 に、各将来シナリオの計算結果時系列を図 6-2 に示す。なお、図 6-1 には、気象データから求まる蒸発位（ペンマン式による概算の蒸発散量）もあわせて示した。

将来シナリオによる計算結果の概要は以下の通りである。

- 将来シナリオによる降水量は、渇水年・平水年は現況の降水量の変動幅と同程度、豊水年は現況を上回る降水量であったが、ダム流入量としては現況と同等かそれを下回る流入量となった。これは、将来シナリオにおいて気温や日射量が増加したことにより流域での蒸発散量が増加した影響が考えられ、特に渇水年の日射量は現況の日射量より大きめの値となっていた。なお、渇水年①においては他の渇水年・平水年に比べて流入量が大きめであるが、これはかんがい期に継続的に降雨があったこと、冬季の 1 月に大きな降雨があり土壌水分量が高めであったことが要因と考えられる。
- 将来シナリオにおける貯水池内の水温は、ダムサイトにおける水温は平均的に 1℃程度高くなっており、特に夏季の底層水温は現況より数℃程度高くなる結果となった。また冬季も水温は 4℃程度までしか下がらず、2 月後半頃から表層・底層の数温差が見られるケースもあるなど、年間の水温成層にも変化が見られた。

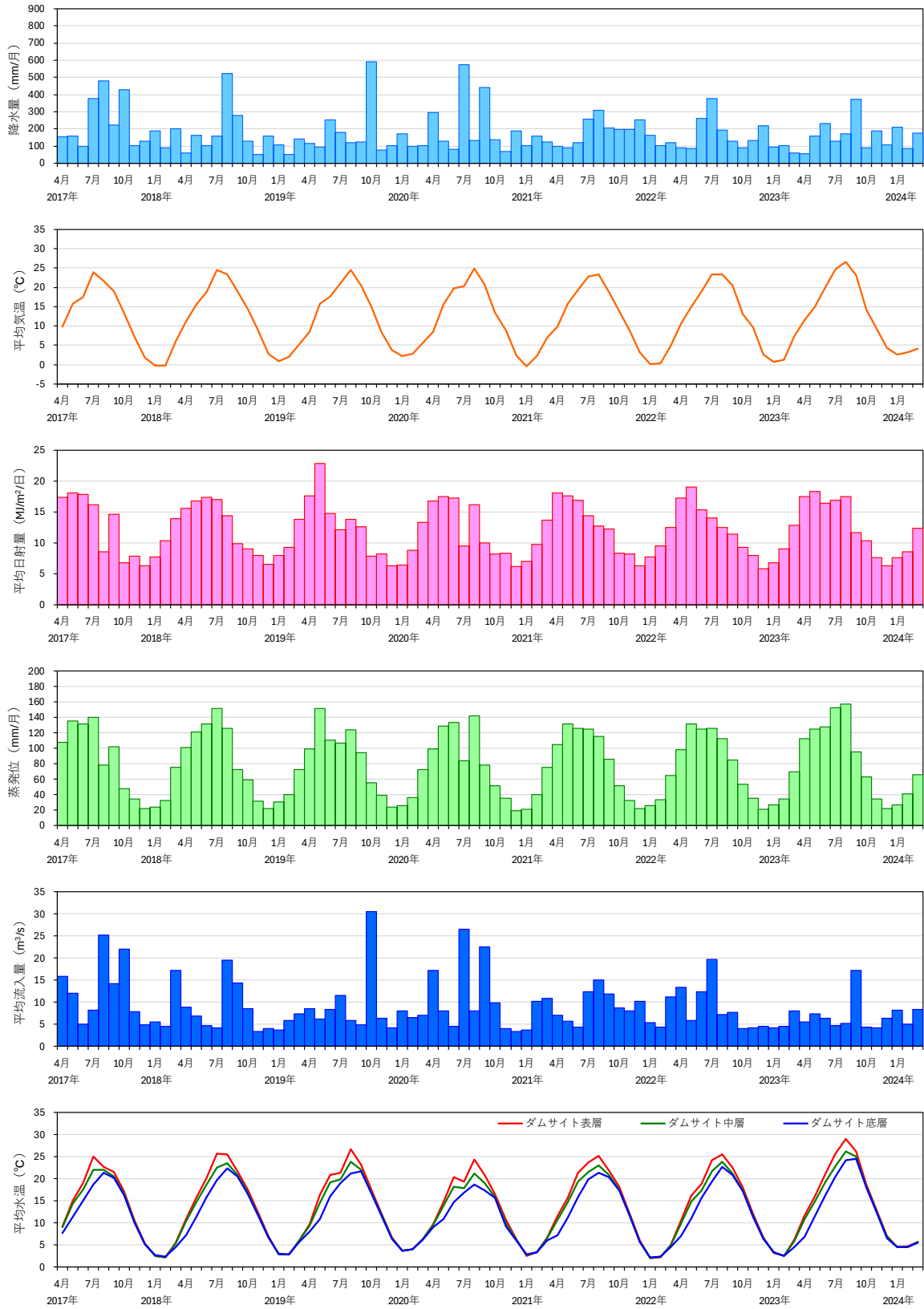


図 6-1(1) 気象・流入条件及び水温計算結果の概要 (現況)

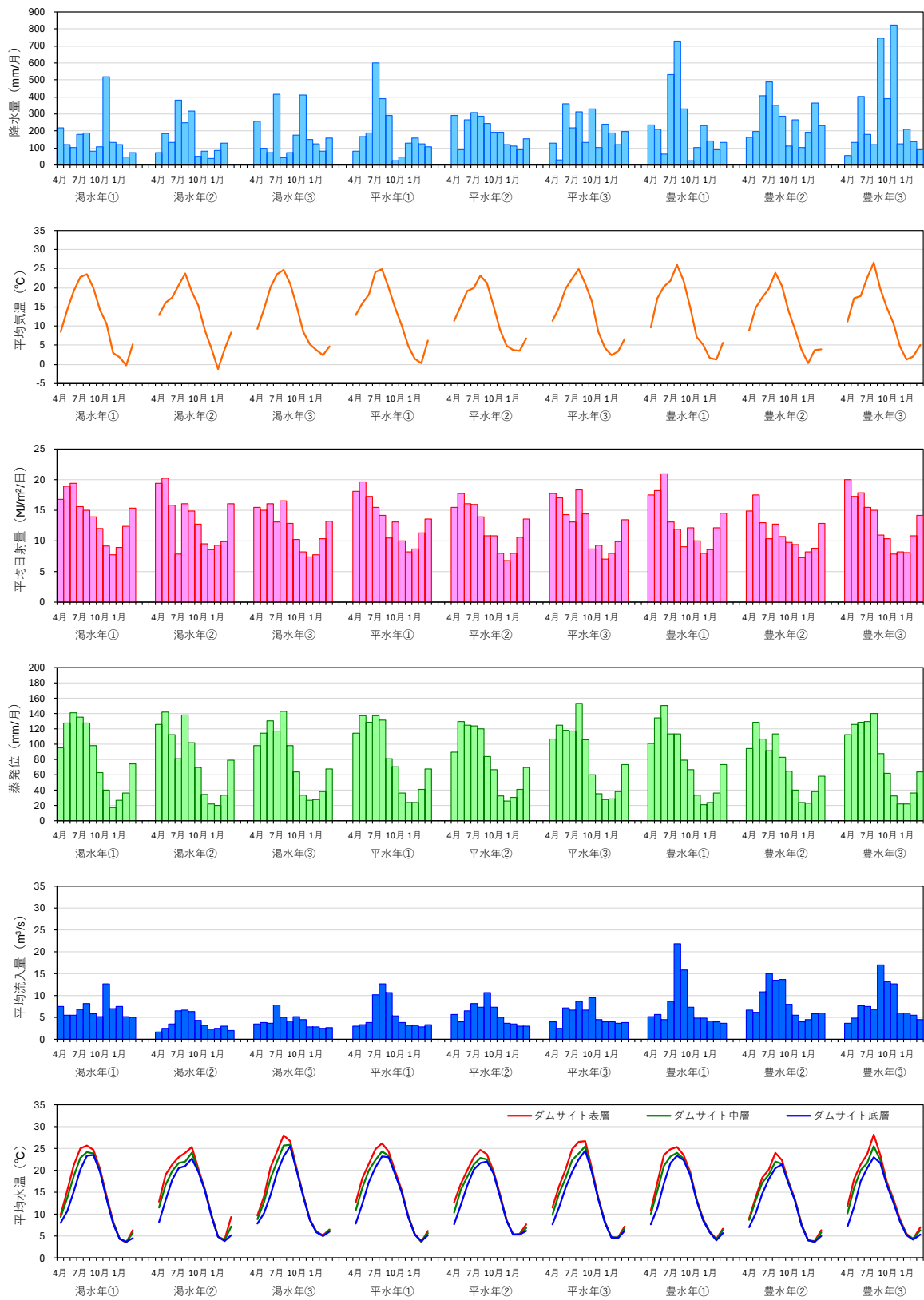


図 6-1(2) 気象・流入条件及び水温計算結果の概要(将来シナリオ)

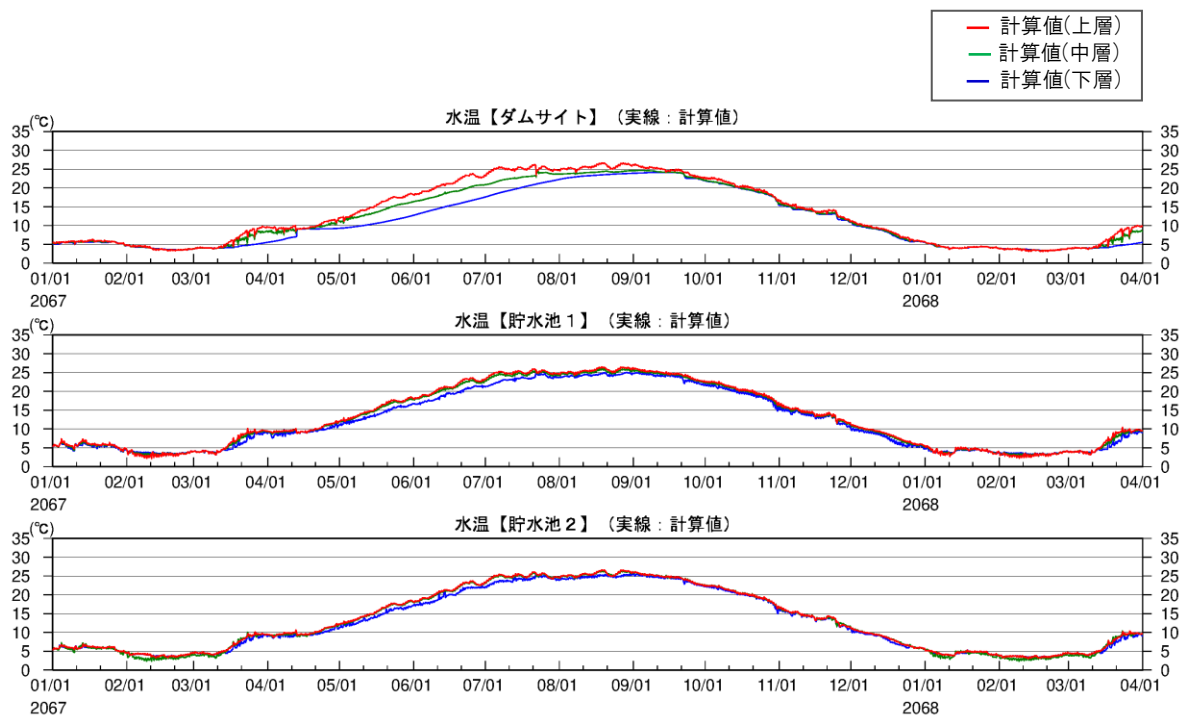
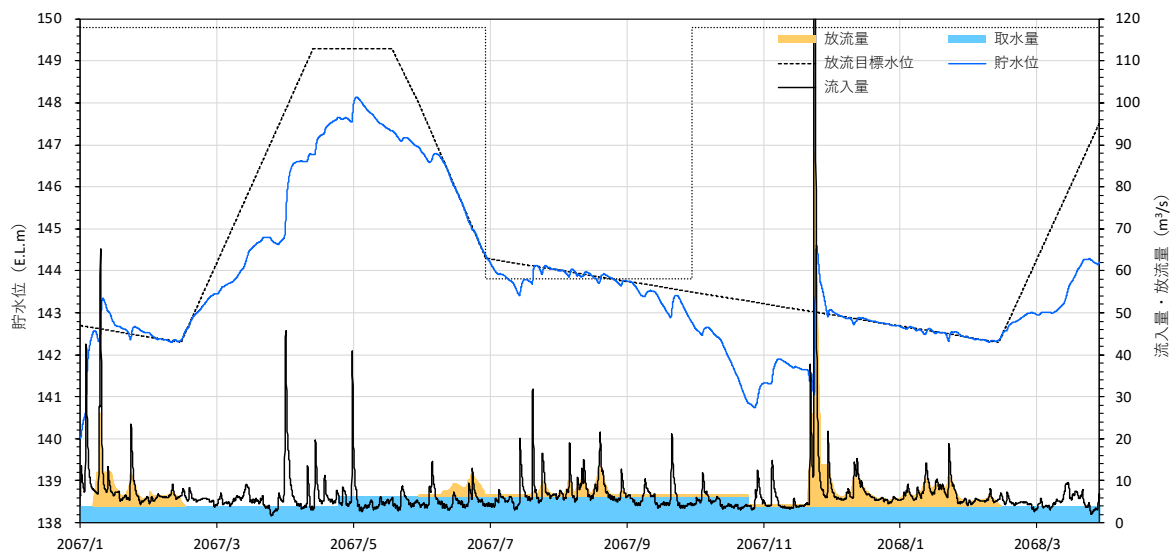


図 6-2(1) 将来シナリオにおける釜房ダム水質予測結果(濁水年①:2067\_HA\_m101)

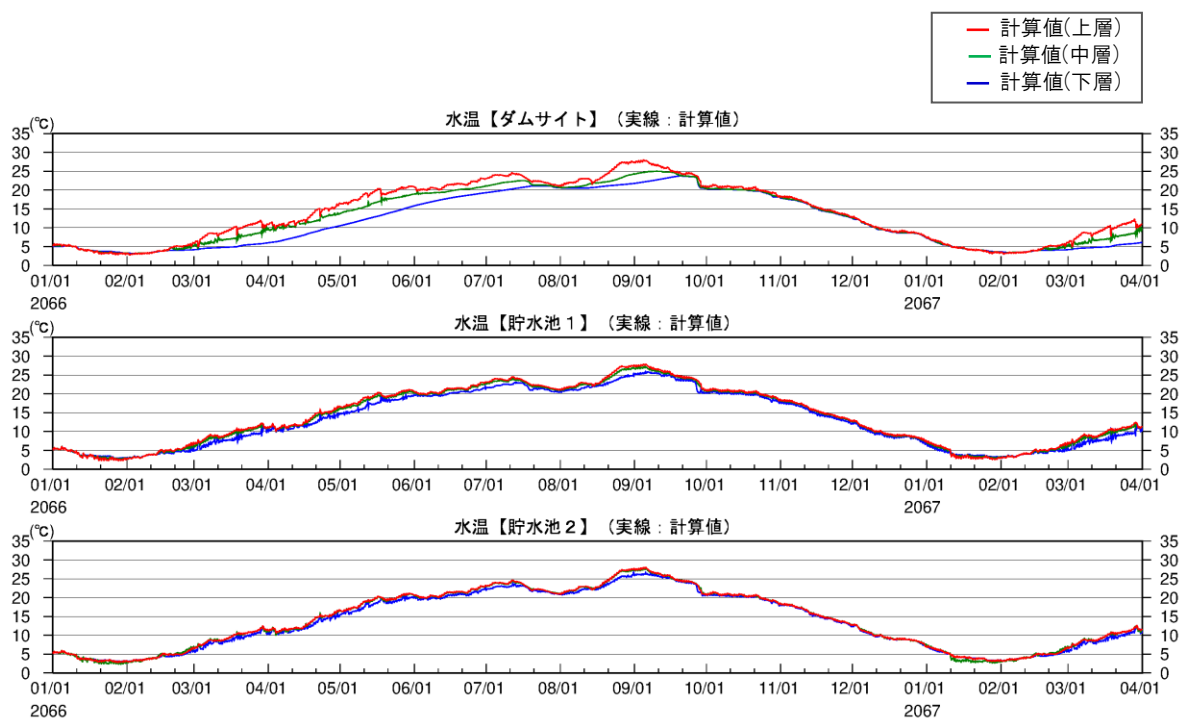
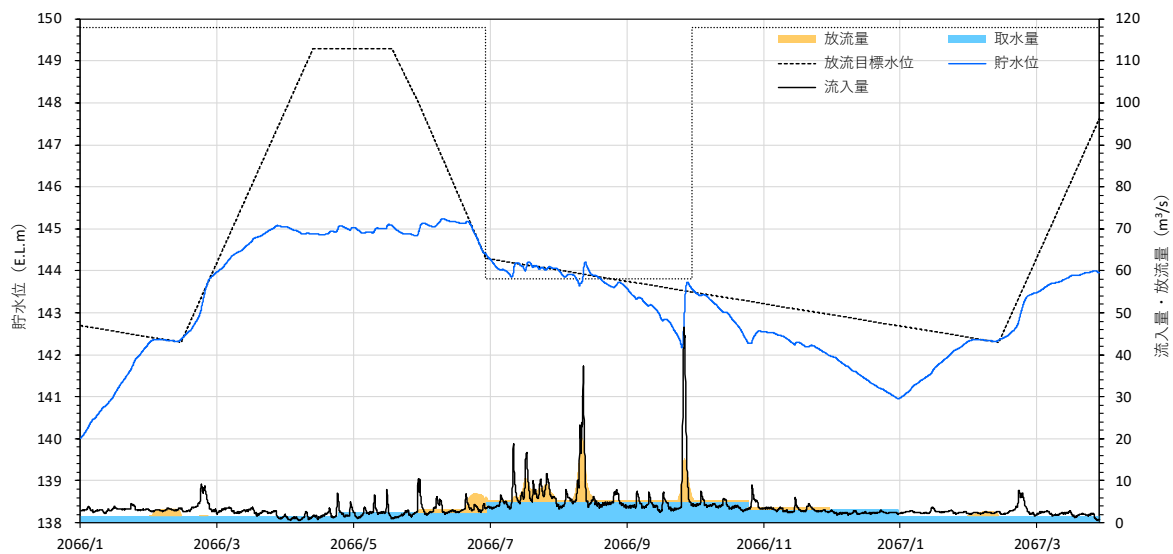


図 6-2(2) 将来シナリオにおける釜房ダム水質予測結果(濁水年②:2066\_CC\_m105)

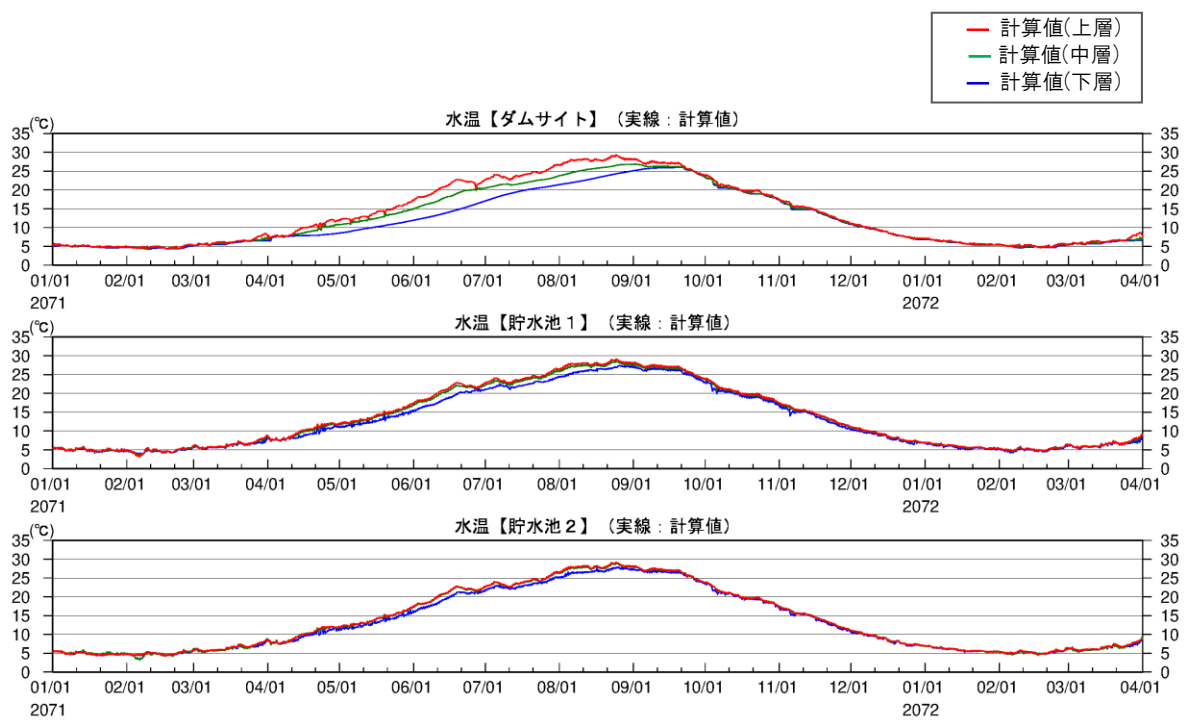
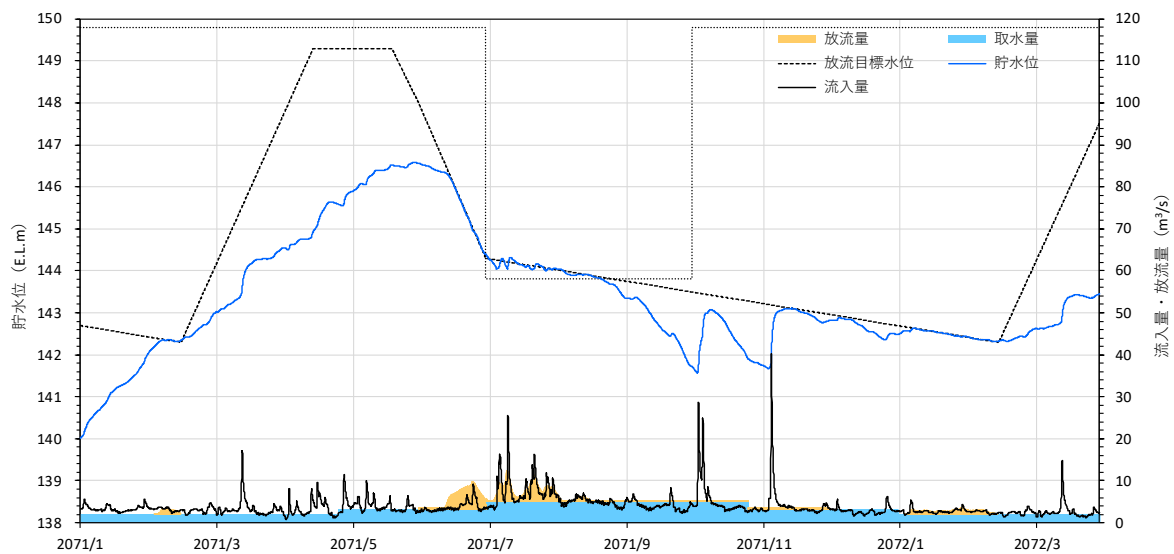


図 6-2(3) 将来シナリオにおける釜房ダム水質予測結果(濁水年③:2071\_CC\_m105)

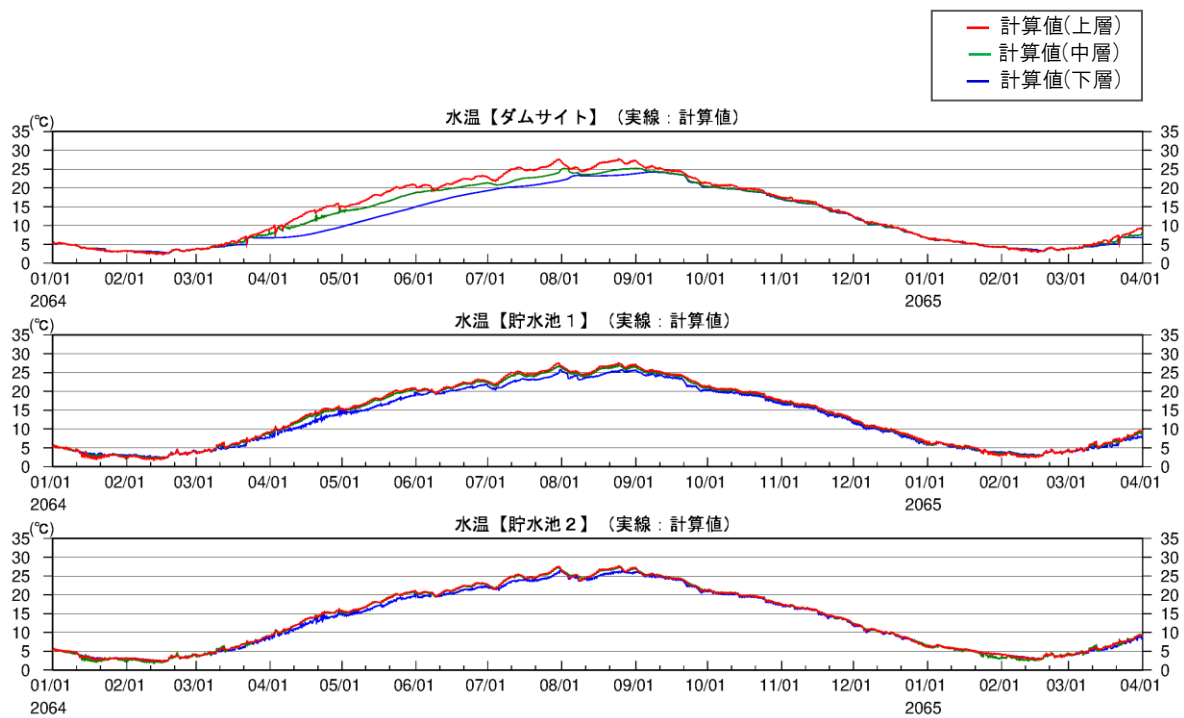
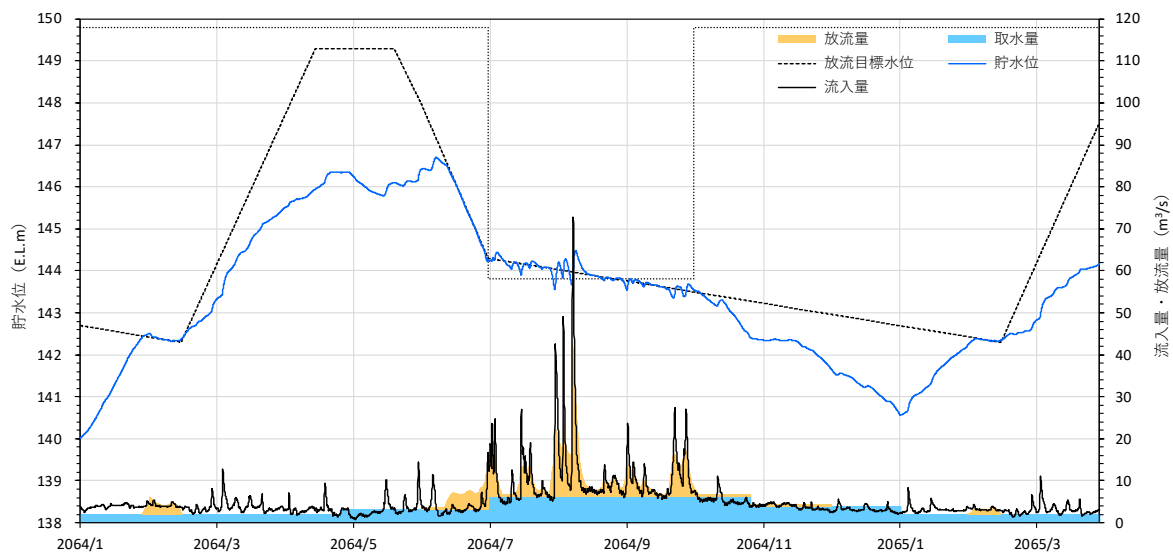


図 6-2(4) 将来シナリオにおける釜房ダム水質予測結果(平水年①:2064\_GF\_m105)

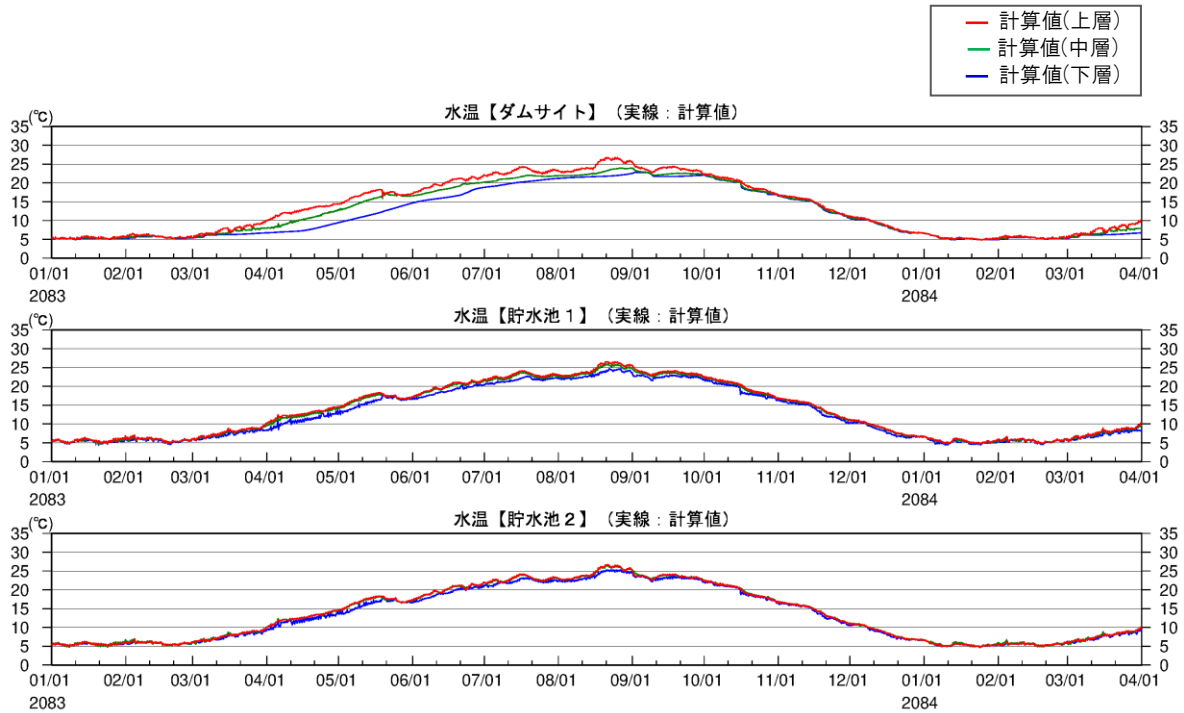
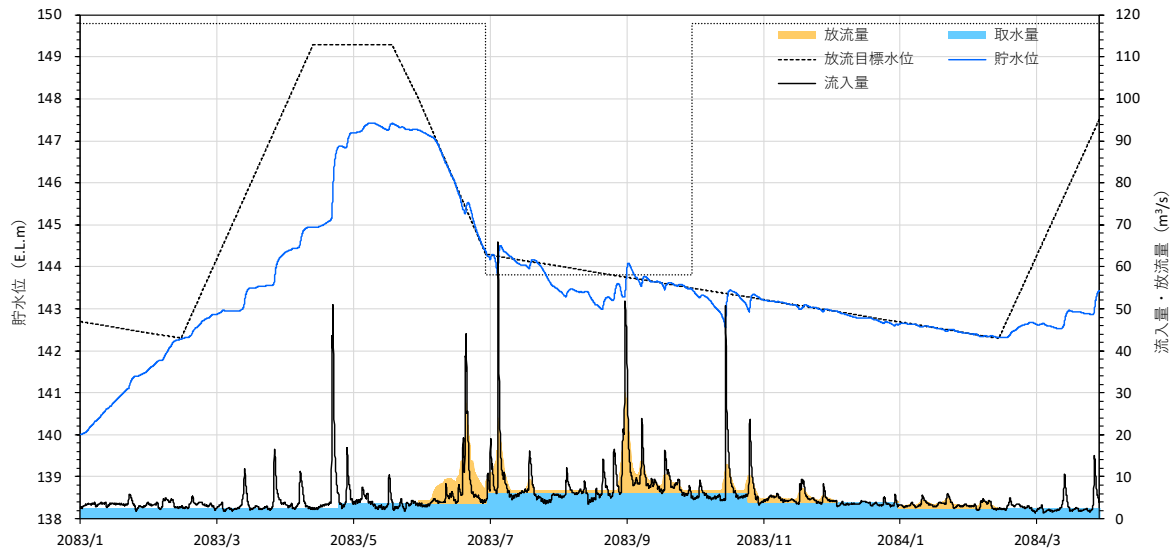


図 6-2(5) 将来シナリオにおける釜房ダム水質予測結果(平水年②:2083\_GF\_m105)

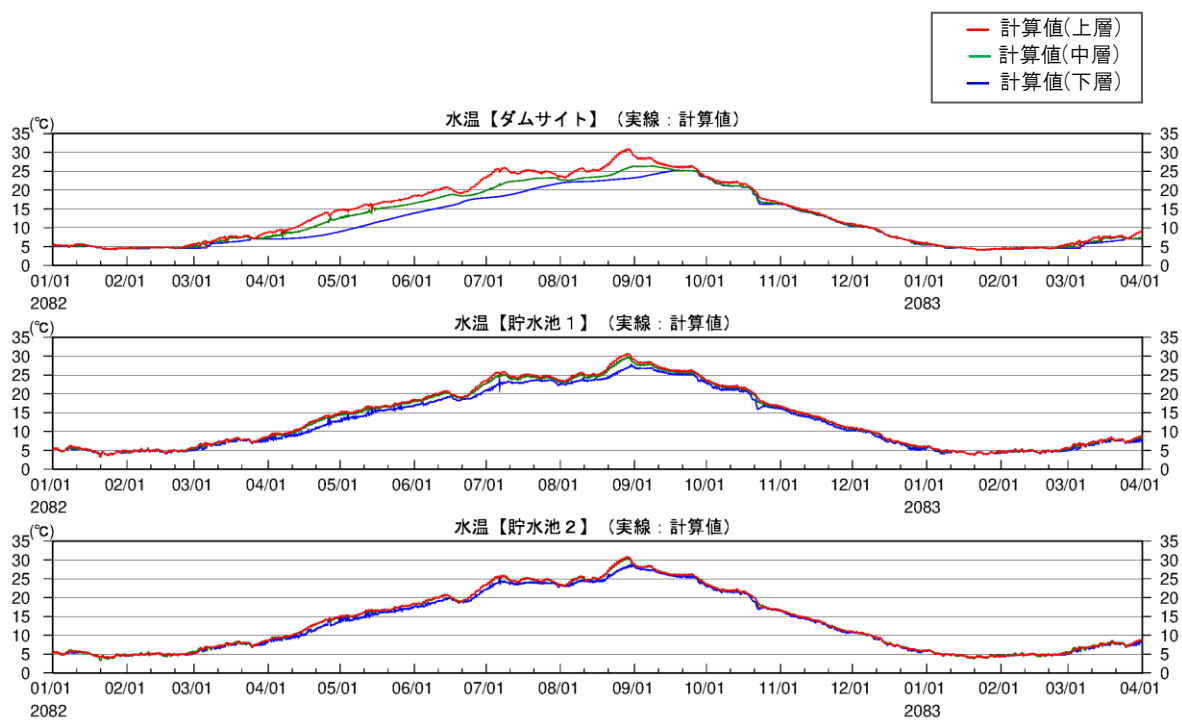
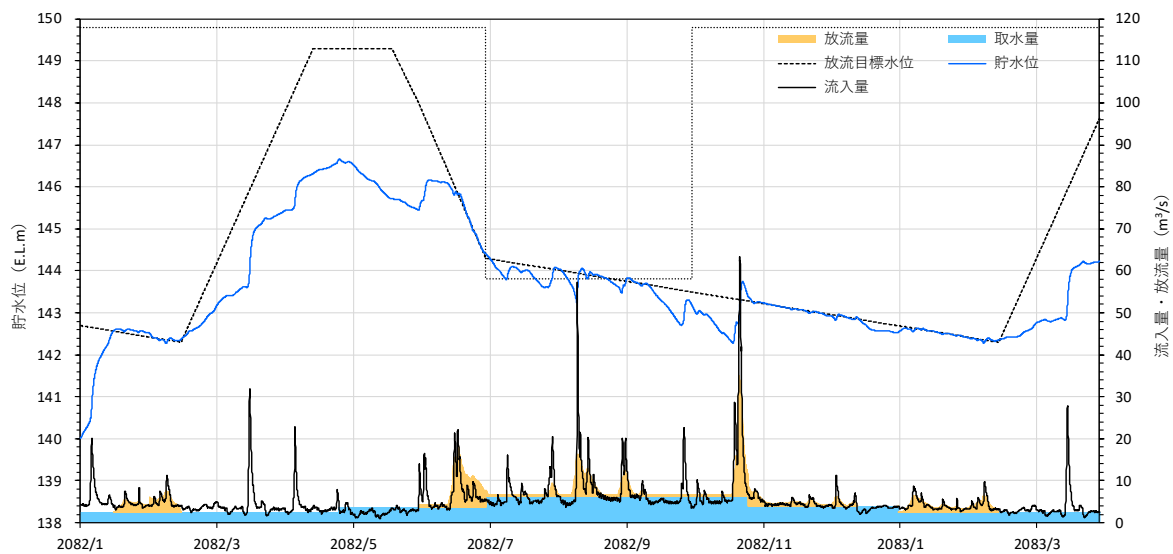


図 6-2(6) 将来シナリオにおける釜房ダム水質予測結果(平水年③:2082\_MI\_m105)

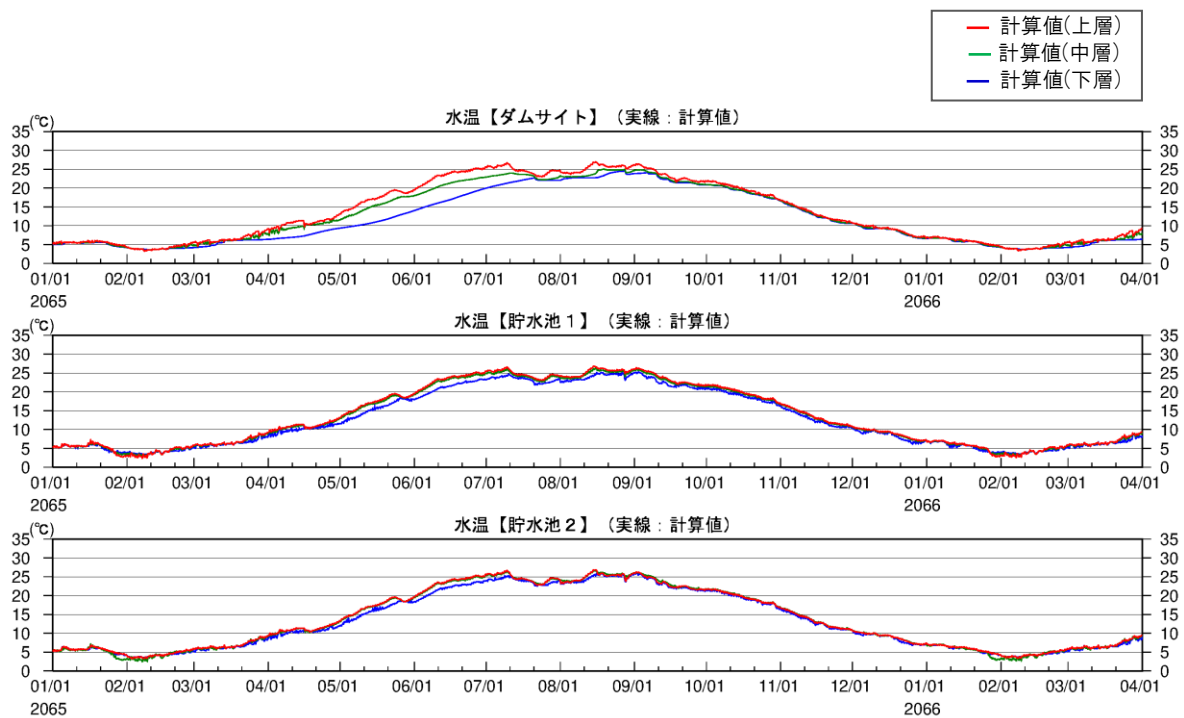
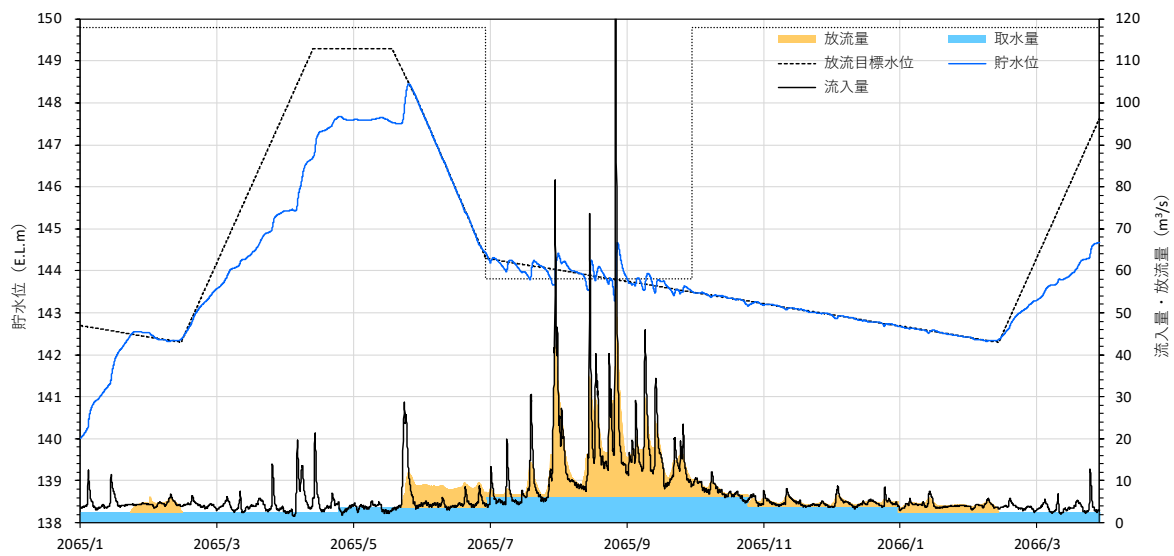


図 6-2(7) 将来シナリオにおける釜房ダム水質予測結果(豊水年①:2065\_GF\_m105)

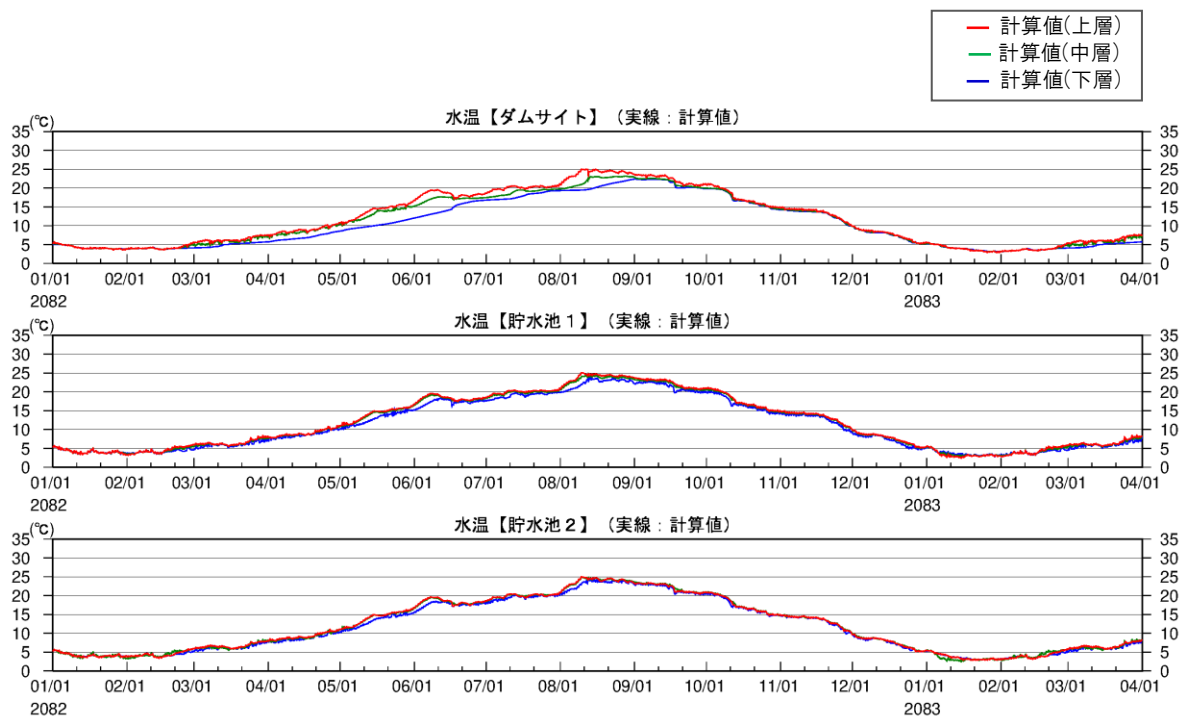
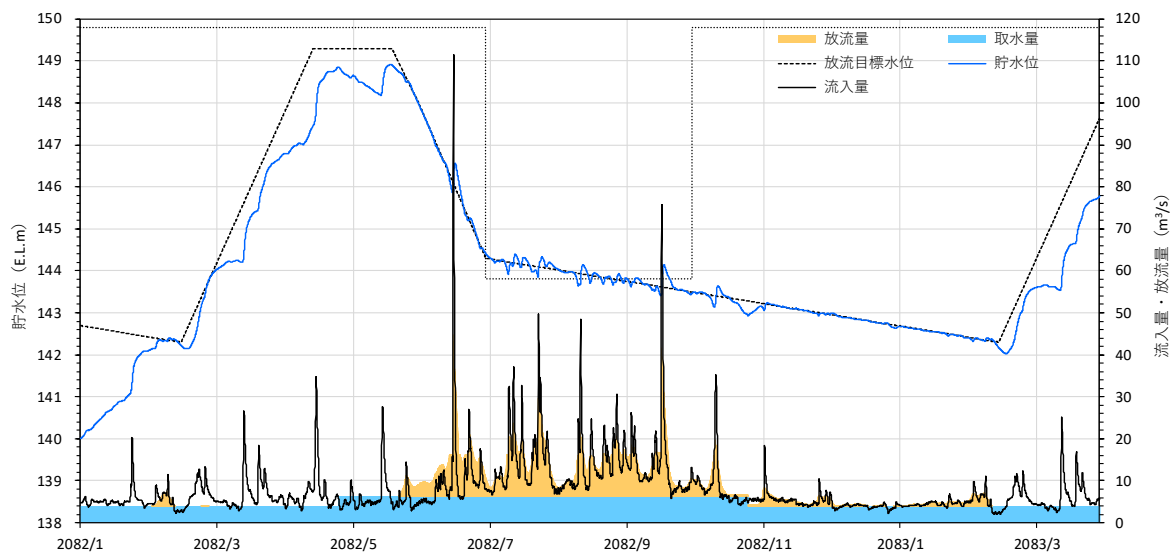


図 6-2(8) 将来シナリオにおける釜房ダム水質予測結果(豊水年②:2082\_MR\_m101)

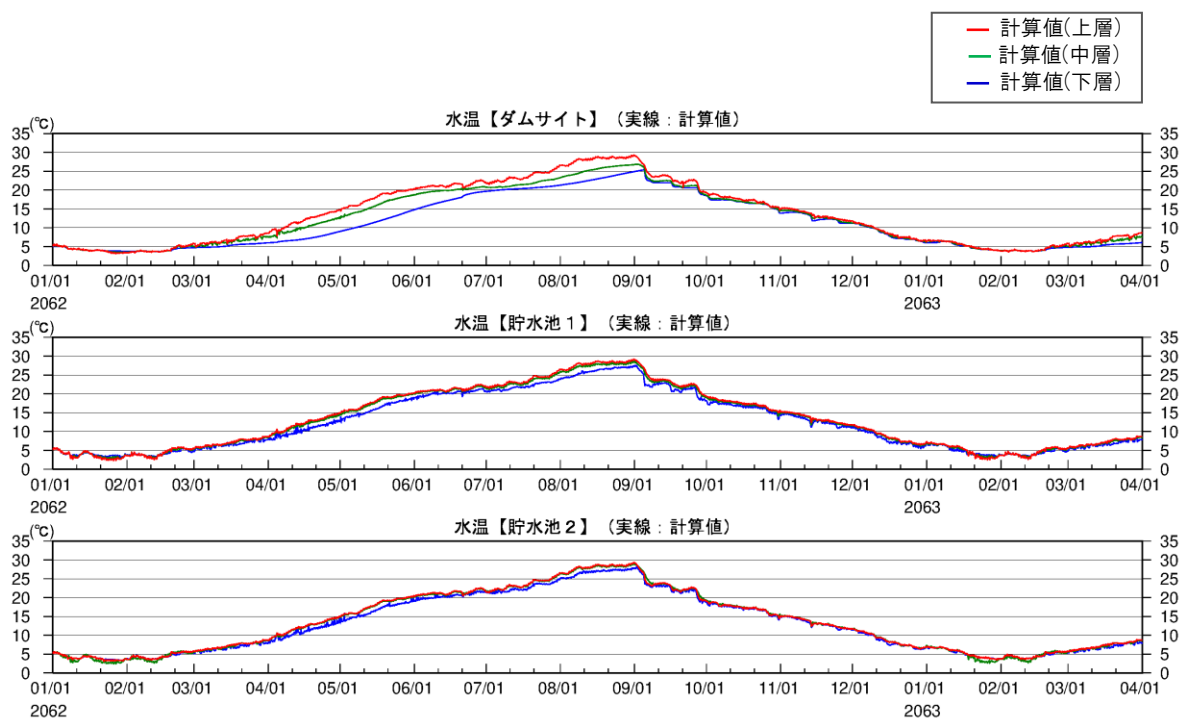
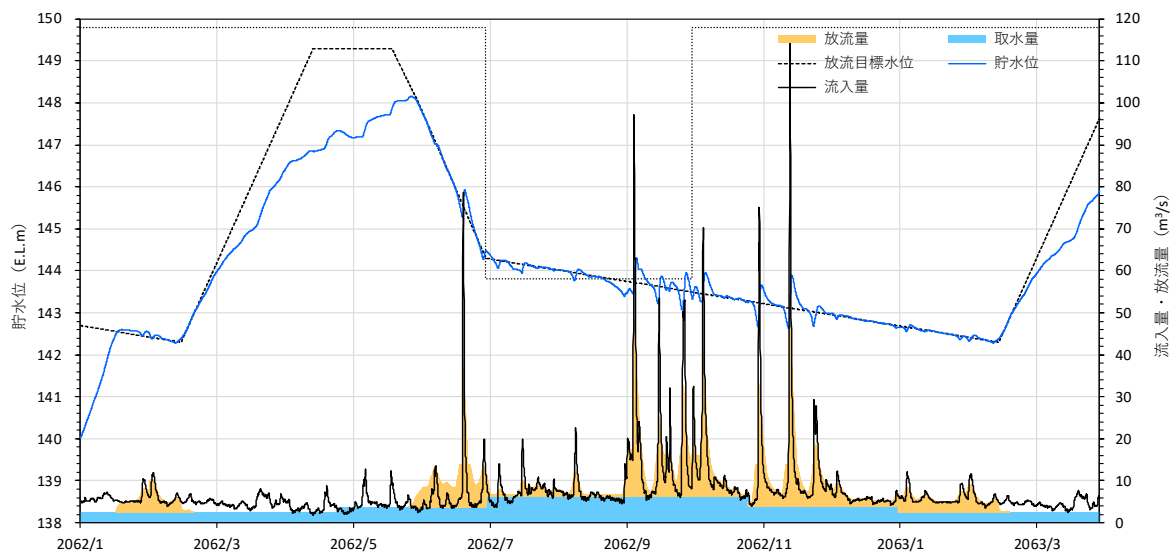


図 6-2(9) 将来シナリオにおける釜房ダム水質予測結果(豊水年③:2062\_GF\_m105)

## 6.1.2 水質の将来予測結果

4.2 の将来シナリオ (case1-9) に基づいた水質計算を実施し、ケース間の濃度変化について整理を行った。

各シナリオにおける気象条件と 5.3.3 (p164) で示した流入負荷量条件、および 6.1.1 (p165) で示したシナリオに基づいた流動計算結果を用いて水質計算を実施した。

各シナリオケースの予測濃度と現況での基準年度 (渇水年：平成 30 年度，平水年：令和 3 年，豊水年：平成 29 年度) の濃度の比較を図 6-3 に示す。

これによると、基準年 (図中，オレンジ色の棒グラフ) に対して将来シナリオケースの予測結果では、表層・底層ともに渇水年・平水年のクロロフィル-a 濃度の変化が大きい様子が見られる。とくに渇水年は現状でも平水年・豊水年と比べてクロロフィル-a 濃度が高い状況であるが、それがさらに濃度が高くなる予測結果となっている。将来シナリオケースにおいて、水温の上昇により藍藻類の出現頻度が高くなることから、2-MIB の発生確率が上昇する可能性が考えられる (第 7 期湖沼計画策定時に検討を行った 2-MIB の推定式から)。

### 【参考】第 7 期湖沼計画策定時に検討を行った 2-MIB の推定方法

#### 2-MIB の推定方法

数値シミュレーション結果から 2-MIB 濃度を簡易的に推定する方法として、以下の方法を提案する。本手法は現時点での案であり、必要に応じて随時変更することとする。

$$[2\text{-MIB (ng/L)}] = 0.0138 [\text{藍藻類 (生物数/mL)}] + 1.7641$$

$$[\text{藍藻類 (生物数/mL)}] = [\text{藍藻類のクロロフィル a (}\mu\text{g/L)}] \times 170$$

COD については、全てのシナリオケースで現状より濃度が上昇する結果となっている。

T-N, T-P については、第 7 期湖沼計画の水質目標値 (T-N : 0.39 mg/L, T-P : 0.015 mg/L) を達成していた平水時において、将来シナリオケースでは水質目標値を上回る予測結果となっていることから、将来的に気候変動が要因となって平水年相当の気象条件の年は水質目標を達成できなくなる割合が増える可能性が考えられる。

DO については、表層・底層ともに現状より濃度が低下する傾向が見られている。

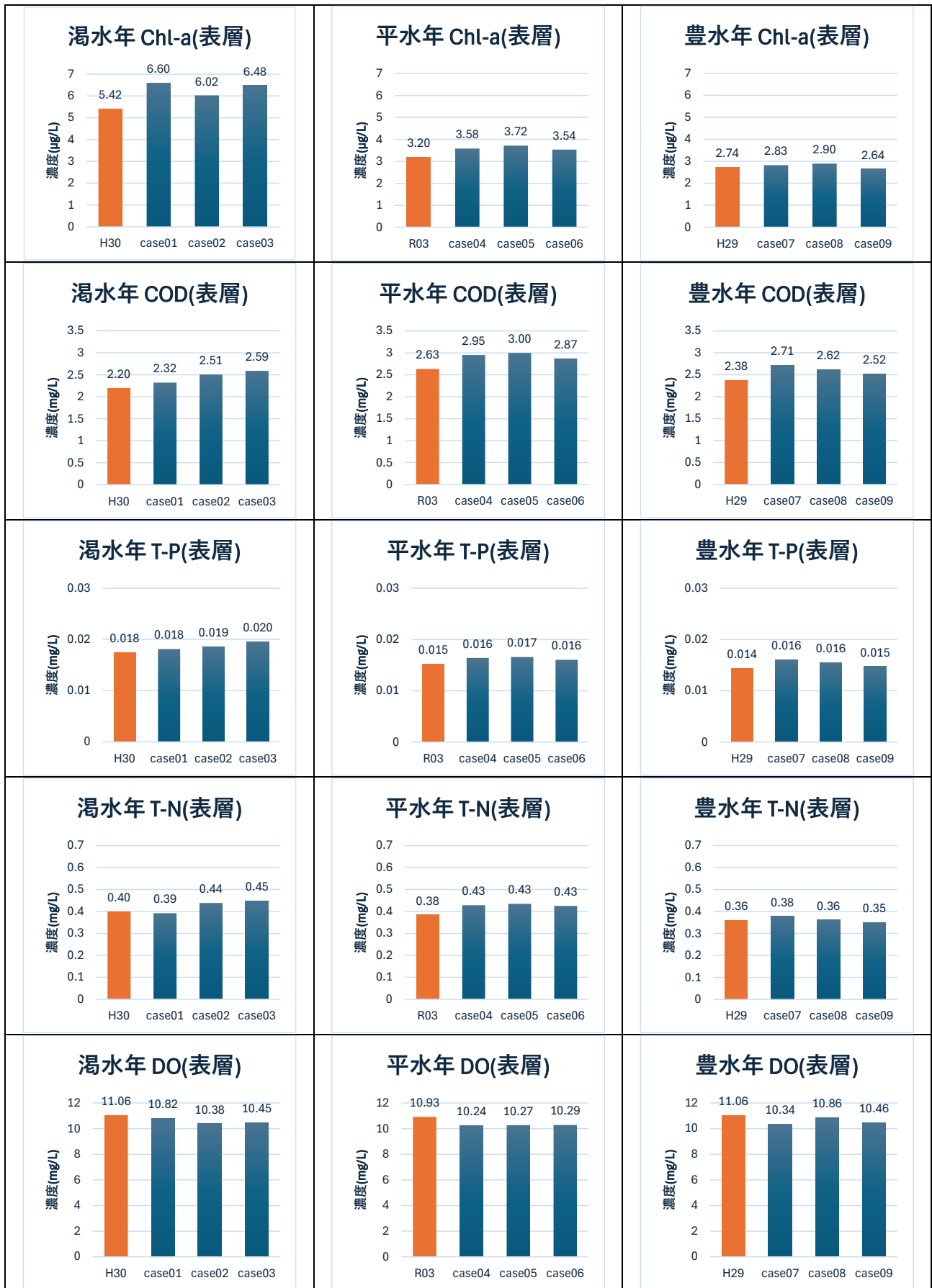


図 6-3(1) 渇水年・平水年・豊水年の現況基準年度と予測結果の濃度(表層)

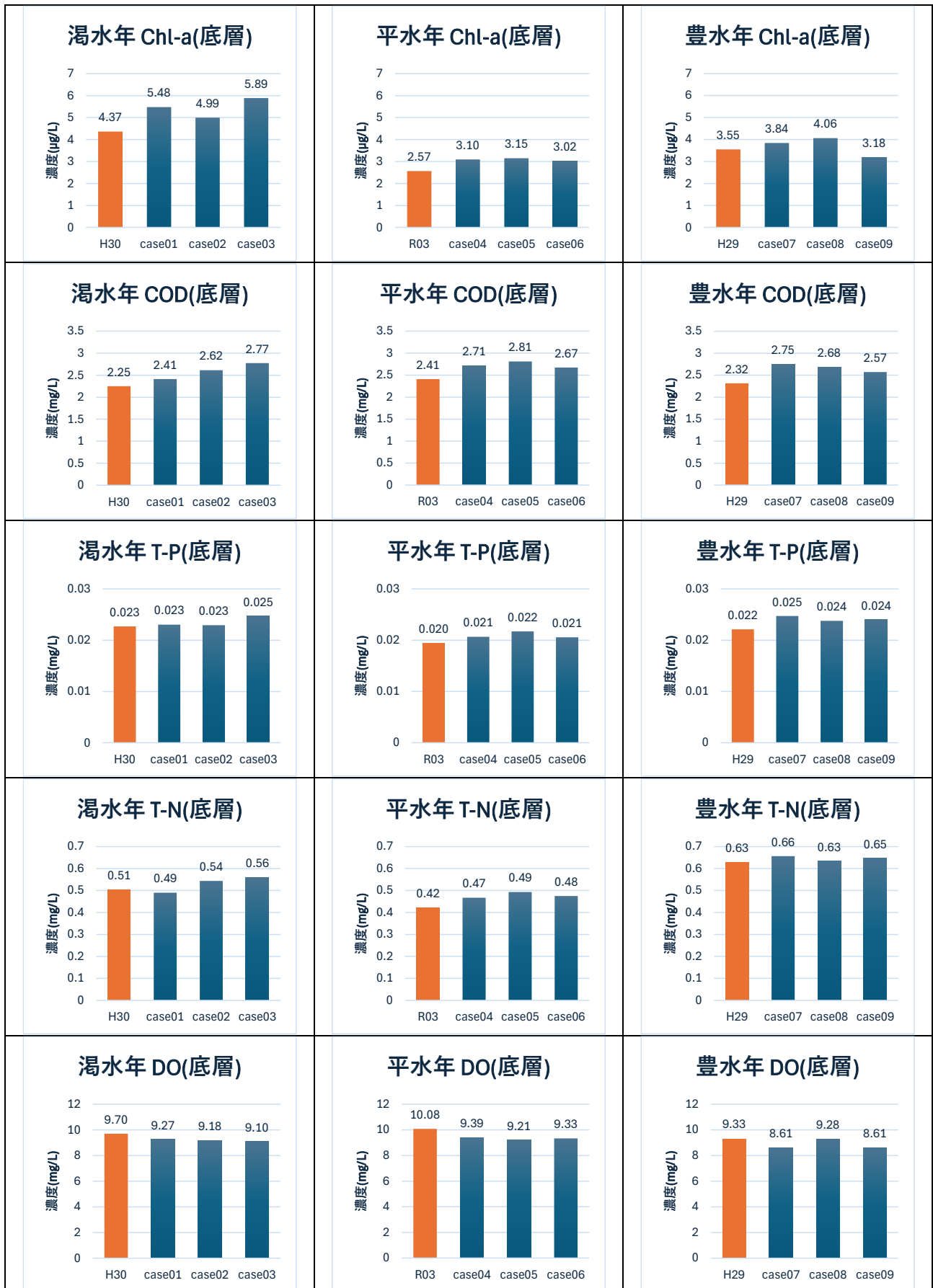


図 6-3(2) 渇水年・平水年・豊水年の現況基準年度と予測結果の濃度(底層)

水質部会で指摘のあった月別の濃度比較を図 6-4 に示す。これによると、渇水年および平水年のシナリオでは冬季に Chl-a 濃度が現状より高くなる予測結果となっている。これは、将来的に気温上昇の影響が冬季に顕著に現れることによるものであると考える。

DO 濃度については、上層は水温上昇に伴う飽和濃度の低下により DO 濃度の予測値も低下するものと考えられる。下層についてはとくに夏季に現状より濃度が低下するケースも見られることから、底層水の貧酸素化が強まる可能性が考えられる。

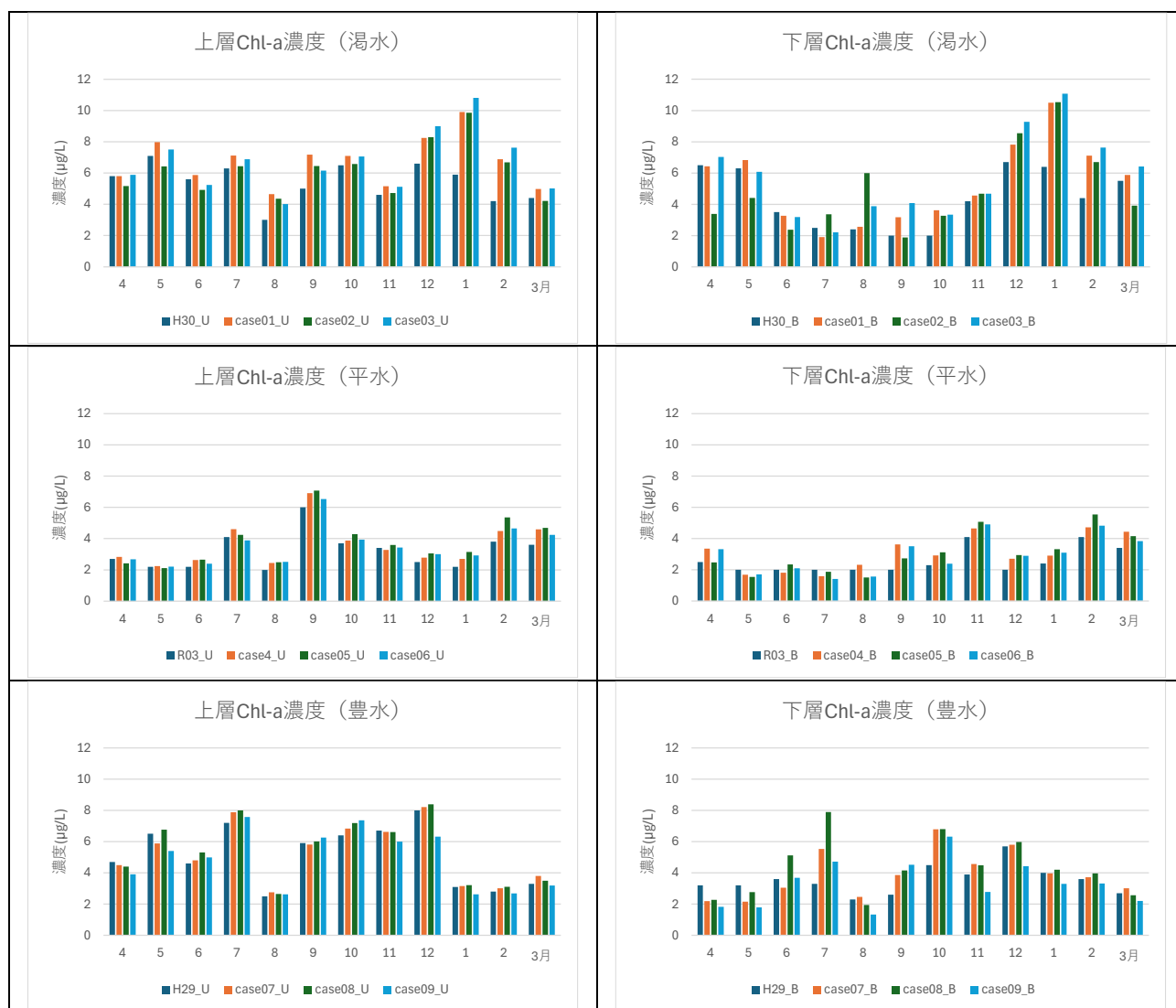


図 6-4(1) 渇水年・平水年・豊水年の現況基準年度と予測結果の月平均濃度(クロロフィル-a)

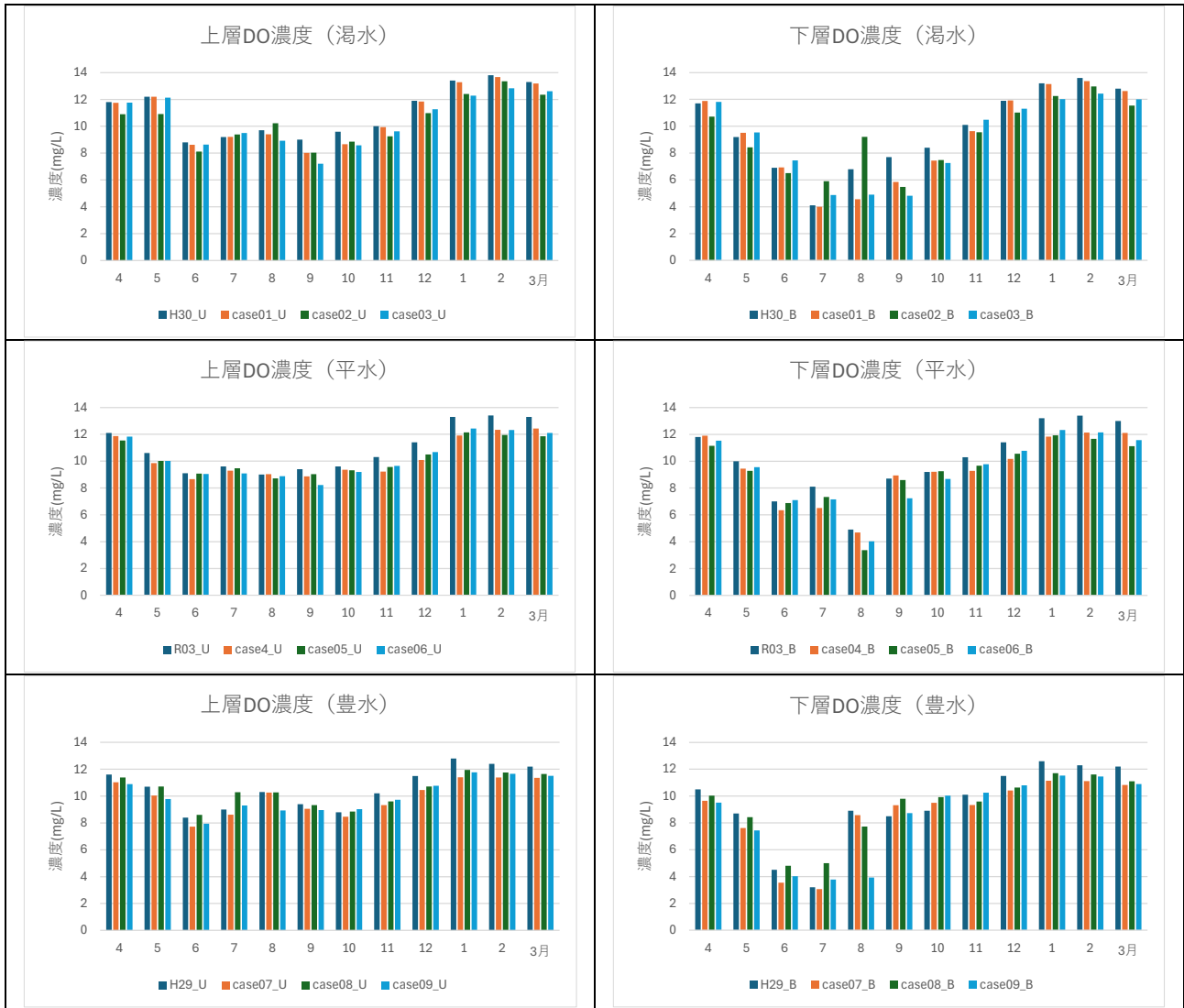


図 6-4(2) 渇水年・平水年・豊水年の現況基準年度と予測結果の月平均濃度(DO)

シナリオ間の将来変化特性をみるために、基準年度（渇水年：平成 30 年度，平水年：令和 3 年，豊水年：平成 29 年度。以下現況ケース）に対する年度平均値の濃度比率として整理し，渇水年，平水年，豊水年各 3 ケースの比率の幅を将来の濃度変化の幅として評価を行った。

クロロフィル-a (Chl-a) は豊水年では濃度が低下するが，これは流入水量の増加により滞留時間が短くなること，日照時間が少なくなることが要因であると考ええる。2-MIB については，渇水年の表層での濃度の上昇幅が大きい結果となった。

COD については，全てのシナリオで現況より濃度が 1.1～1.2 倍程度上昇する結果となった。渇水年のケースで濃度の上昇幅が大きい要因としては，クロロフィル-a 濃度の上昇に伴う有機物の増加に加え，滞留時間の低下に伴う湖内で生産される溶存態有機物の残留によるものと考えられる。

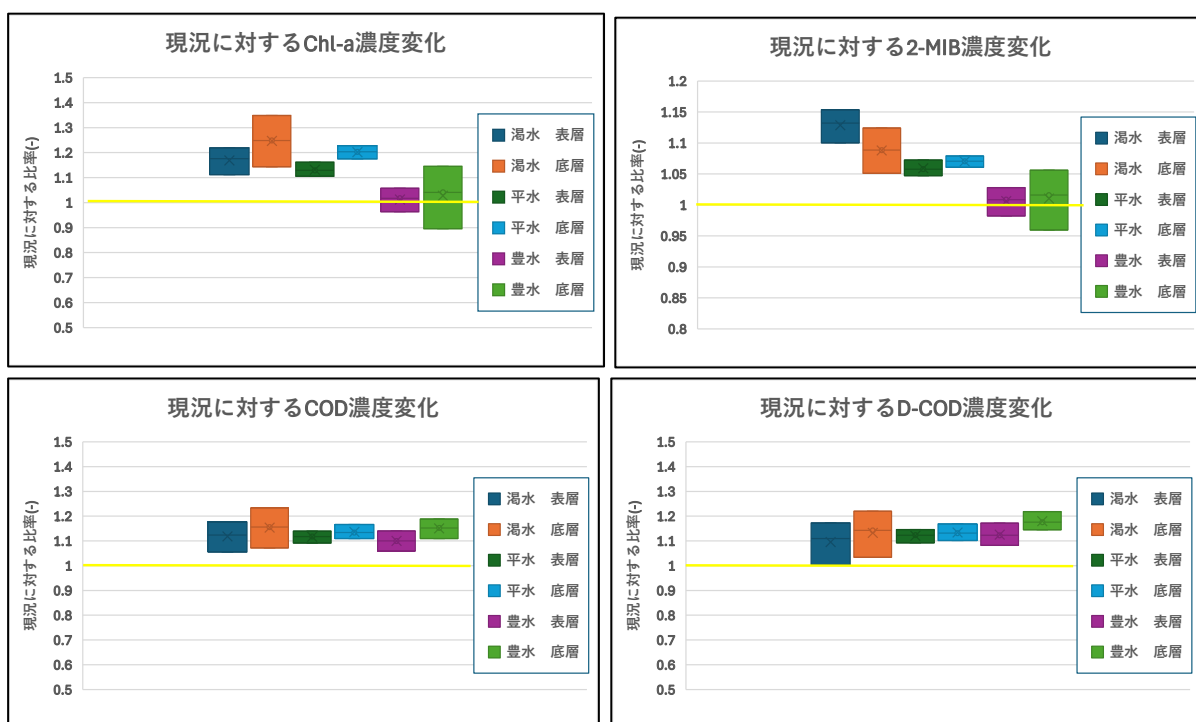


図 6-5(1) 現況に対する予測結果の濃度変化(Chl-a, 2-MIB、COD、D-COD)

T-P については、全てのケースで同程度の濃度上昇幅を示しているが、その内訳としては渇水年ではDOP（溶存態有機リン）の濃度上昇幅が大きくなっている。これは渇水により滞留時間が長くなり、湖内で生産される溶存態有機物が残留しやすくなるためと考えられる。

T-N については、渇水年では濃度変化の幅が大きくなっている。これはシナリオケース 1 (s1) で硝酸態・亜硝酸態窒素の流入量が減少したことが要因であると考えられる。

平水年において、底層での濃度上昇幅が大きいのは水温上昇による溶出の増加と鉛直混合が弱まるためであると考えられる。

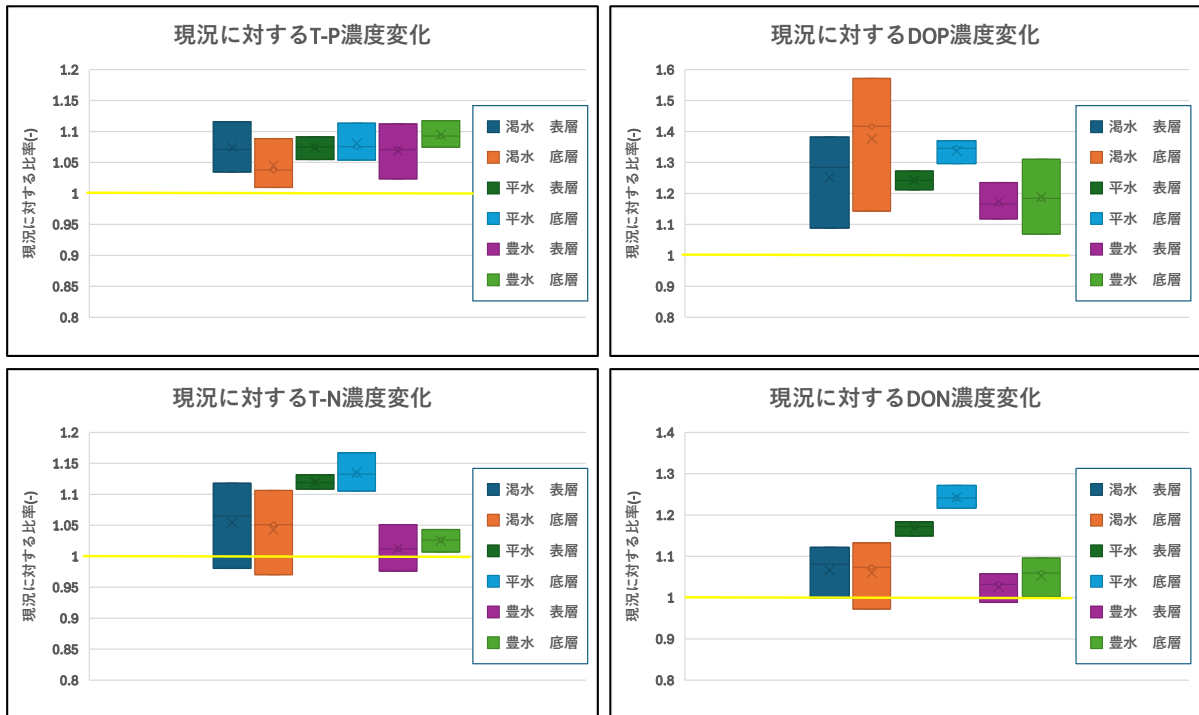


図 6-5(2) 現況に対する予測結果の濃度変化(T-P, DOP、T-N、DON)

DO は全てのシナリオで現況より低下する結果となった。気温上昇に伴う水温上昇により飽和濃度自体が下がること、分解や生物の呼吸が増えることにより消費が増加することが主要因であると考えられる。SS については、気温上昇に伴う蒸発散量の増加と降雨パターンの変化による河川からの供給量の低下等により現況より濃度が低下する結果となった。

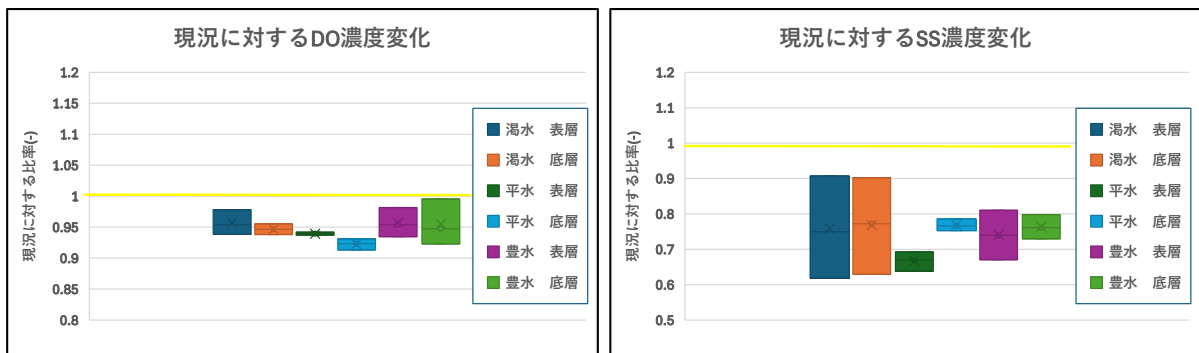


図 6-5(3) 現況に対する予測結果の濃度変化(DO、SS)

## 6.2 人為起源の負荷を0とした場合の水質予測

釜房ダム流域において、生活系、産業系等人為的な活動による負荷がない場合の水質予測計算を行った。

令和3（2021）年度の釜房ダム流域の発生源別負荷量の内訳を図6-6に示す。これによると、CODに関しては80～90%が自然系（森林等）に由来する負荷が占めているが、窒素（T-N）とリン（T-P）については点源（生活系・観光系・産業系）や農地・市街地など面源系の中でも人為起源の負荷量の割合が30～70%占めている流域もある。

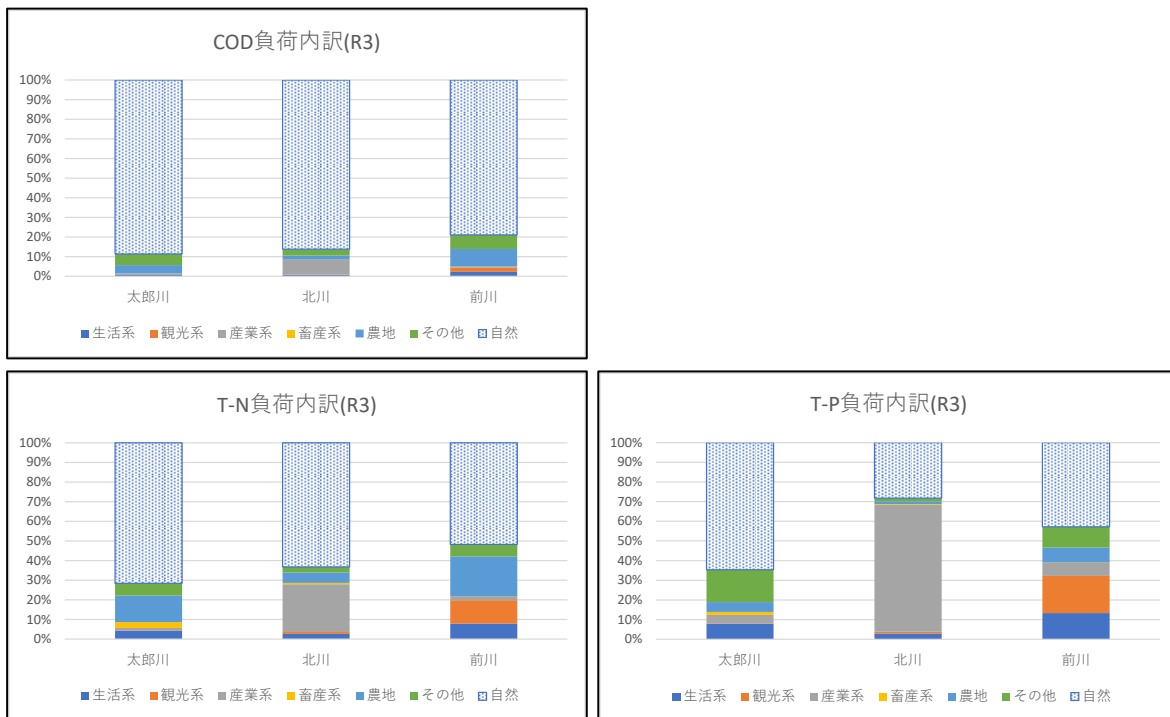


図 6-6 釜房ダム流域の発生源別負荷量の内訳

人為起源の負荷量をゼロとして計算する際の負荷量設定の考え方を以下に示す；

表 6-1 人為起源の負荷ゼロケースの設定方法

発生源別負荷	人為起源負荷ゼロの考え方
点源（生活系・観光系・産業系・畜産系）	ゼロ
面源のうち農地	水田→休耕地，畑地→休耕地
面源のうちその他	道路を除き、森林（間伐なし）
面源のうち自然	森林（間伐あり）→森林（間伐なし）

表 6-1 に従い算出した令和3（2021）年度の発生負荷量を図 6-7 に示す。これによると、COD 負荷量については太郎川についてはわずかに増加する結果となっている。この要因としては、点源と農地で削減した負荷量より、その他と自然系で原単位を森林（間伐なし）に変更したことによる負荷の増加量が多かったためである。他の2流域についても削減量は北川で7%、前川で2.5%程度となっている。

窒素負荷量低減については、太郎川は農地の負荷量削減、北川は産業系の負荷量削減、前川は農地の負荷削減と生活系・観光系の負荷量をゼロとしたことが流域全体の負荷量低減に寄与している。太郎川は18%、北川は31.5%、前川は36%の削減となっている。

リン負荷量低減については、太郎川の負荷量削減はあまり大きくはなく、北川は産業系の負荷量削減、前川は生活系・観光系の負荷量をゼロとしたことが流域全体の負荷量低減に寄与している。

このように、表 6-1 に基づいて人為起源の負荷量をゼロとした場合でも、流域の土地利用や人の営み等により、流域で削減される負荷量が異なってくるということが明らかとなった。

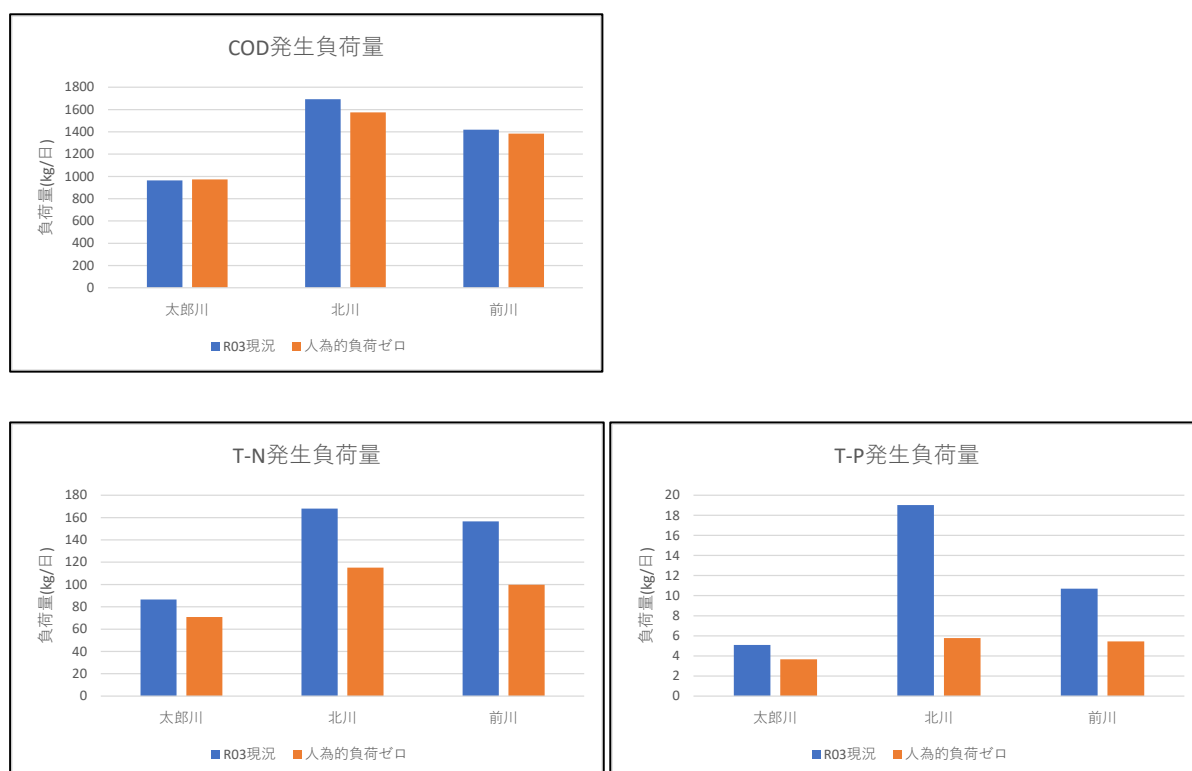


図 6-7 令和 3(2021)年度の発生負荷量(流域ごと)

図 6-8 に現状の水質と人為起源の負荷量をゼロとしたケースの計算結果（ダムサイトの表層・底層）を示す。ここでは令和2（2020）年度、令和3（2021）年度、令和5（2023）年度の人為起源の負荷量をゼロケースの計算結果を示している。図中のR0\*NJは令和\*年の人為起源負荷ゼロケースの結果を表している。また、(b)COD年75%値、(c)総窒素年度平均値、(d)総リン年度平均値の図中の赤線は釜房ダム貯水池湖沼水質保全計画（第7期）の水質目標値を表している。

これによると、人為起源負荷ゼロケースではいずれの年度・項目も水質濃度は現状より低下している。負荷量削減量が少なかったCODについても水質濃度は低下する結果を示しており、窒素・リンの負荷量削減により貯水池内での内部生産が低下した結果であると考えられる。濃度低下は負荷量削減量が大きかったT-Pで顕著に見られている。

流域の82%を森林で占める釜房ダム貯水池では、流域の人為起源負荷をゼロとした場合でもCOD濃度は現在より大きく下がることはなく、環境基準値のCOD濃度1.0mg/Lが妥当であるかについては検討の余地があると考えられる。

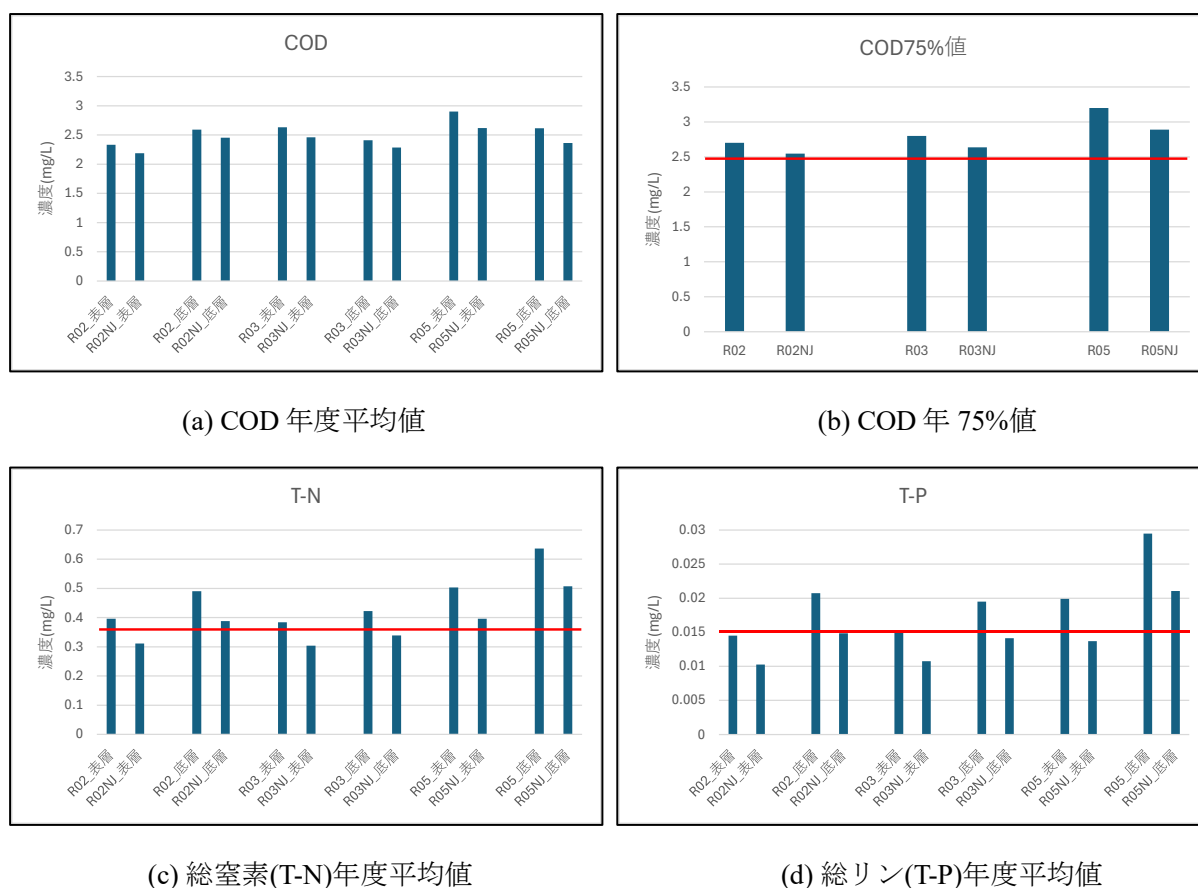


図 6-8 現状の水質と人為起源負荷ゼロケースの計算結果

## 7. 計画水質目標値及び環境基準を達成するための条件

6.1 釜房ダム及び流域における将来予測の計算結果を踏まえ、釜房ダムの計画水質目標値及び環境基準を達成するために必要な施策、土地利用等条件について検討を行った。

図 6-8 に人為起源負荷をゼロとしたケースの水質濃度計算結果と第 7 期湖沼水質保全計画の目標値を示している。これによると、人為起源負荷をゼロとした場合でも COD 年 75%値については目標値に近づくものの達成には至っていない。窒素については、令和 2・3 年度のケースで目標値を達成しているものの、現状で水質濃度が高かった令和 5 年度のケースでは達成に至っていない。リンについては、令和 2・3・5 年度すべてのケースで目標値を達成している。

COD については、もともと人為起源の負荷割合が低く（図 6-6）、COD そのものの負荷量を削減するためには森林からの負荷量を削減するための間伐を継続的に行うことがもっとも有効である。貯水池内における COD 濃度の増加については、内部生産の寄与が大きいため、光合成に必要な栄養塩類を削減することも重要であり、とくに釜房ダム貯水池の表層における光合成の際濃度が枯渇しやすいリン（PO<sub>4</sub>-P）の負荷量削減は COD の内部生産量を低減させる効果があると考えられる。

窒素については、自然系の他、水田（主に太郎川）、産業系（主に北川）、生活系・観光系（主に前川）の負荷による寄与もある程度あるとみられることから、これらの対策を行うことにより目標値を達成できる頻度が増える可能性が示唆されている。

リンについては、今回もっとも大きな負荷削減を行った結果、水質目標値を達成できる結果となっているが、産業系（主に北川）、生活系・観光系（主に前川）の負荷を全てゼロとした極端なケースであることに留意が必要である。また、図 6-7 に示すように負荷量を半減した場合でも貯水池内の濃度は半分になるものではなく、底層のリン濃度は比較的高い濃度を維持している。これは、流入負荷量の減少に伴い貯水池内の内部生産が減少して湖底に沈降・堆積する有機物が減少してもすぐには湖底の有機物含有量は減少せず、湖底からの溶出は継続されるためである。釜房ダム貯水池の場合、カビ臭対策として夏季に曝気装置を稼働しているため、成層化していても底層の高いリン濃度が上層に拡散されており、負荷量削減の効果が過小に現れている可能性も考えられる。このため、リンについては産業系・生活系・観光系などの点源対策を進めつつ、湖底からのリンの溶出を抑制するための対策として、例えば底層水への高濃度酸素水の供給や湖底に溜まった有機汚泥の除去等の土木的な対策についても検討を進めることを提案する。

図 6-8 において、気温・水温が高く気候変動の例となる令和 5 年度のケースでは、同様に流域対策を行っても目標値を達成できない状況であり、図 6-3 で示したように、将来シナリオケースでは渇水・平水・豊水いずれも COD 濃度の上昇が見られるなど、今後流域対策の効果を上回る気象条件の頻度が高くなることも想定される。

釜房ダム貯水池は利水・洪水調節機能を有する多目的ダムであり、仙台市の水がめと呼ばれていることから、その役割を果たすための目標値・対策について関係者間で協議することが望ましいと考えられる。

## 8. 適応策の検討

### 8.1 気候変動影響に対する適応策の考え方

適応策の検討に当たっては、「気候変動による湖沼の水環境への影響評価・適応策検討に係る手引き（環境省 水・大気環境局 水環境課（令和3年3月）」を参考に図 8-1 に示す流れに沿って検討を進めた。

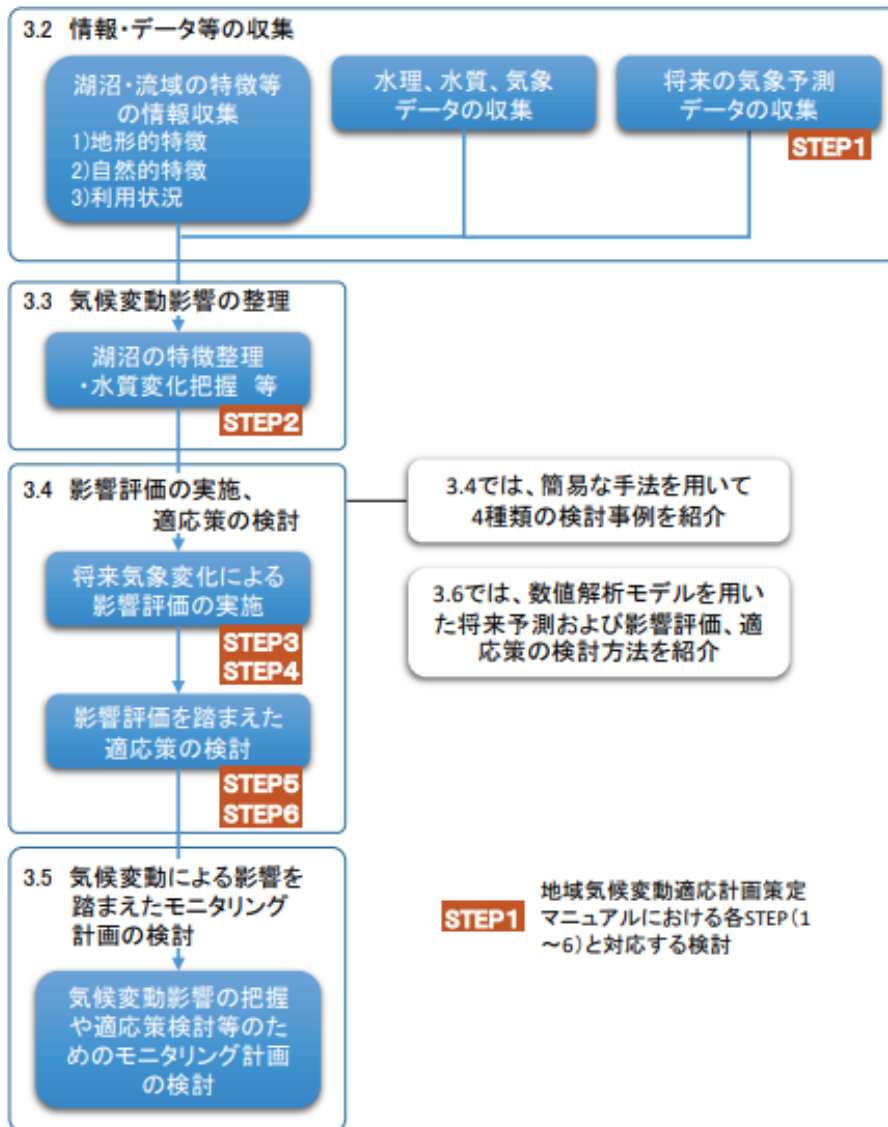


図 8-1 気候変動による影響評価、適応策検討の流れ

## 8.2 情報・データ等の収集

### 8.2.1 湖沼・流域の特徴等の情報収集

#### (1) 地理的特徴

釜房ダム貯水池（以下「釜房ダム」という。）は、宮城県仙台市の西方約 25km、一級河川名取川の支流基石川に位置している。釜房ダムへの流入河川としては、基石川（以下、釜房ダム下流部を除き通称の「太郎川」という。）、北川、前川の 3 河川があり、その流域の 82% は森林が占めている。

釜房ダムは昭和 45 年に完成した湛水面積 3.9km<sup>2</sup>、有効貯水容量 3,930 万 m<sup>3</sup> の多目的ダムであり、その機能として、利水、洪水調節等の役割を果たしている。利水機能としては仙台市及び周辺市町村の水道用水のほか、かんがい用水、工業用水、発電用水として利用されている。また、釜房ダムは仙台市の水道水供給量の約 38% を占めていることから、仙台市の水がめと呼ばれている。

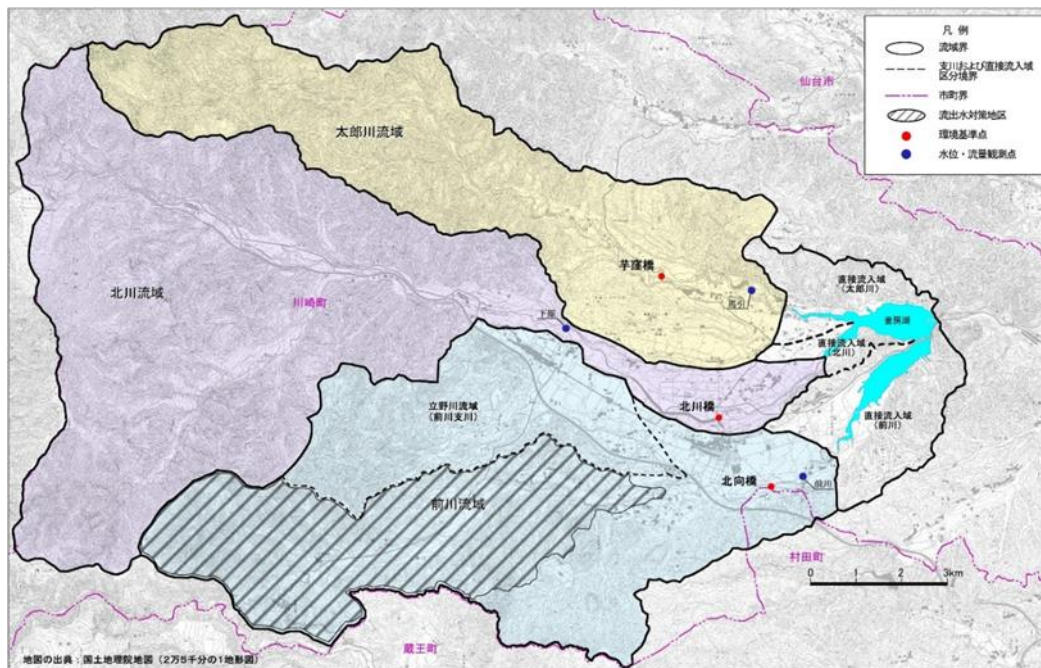


図 8-2 釜房ダム流域の概要

#### <釜房ダムの諸元>

◆型式	: 重力式コンクリートダム	◆流域面積	: 195.25km <sup>2</sup>
◆ダムの高さ	: 45.5m	◆湛水面積	: 3.9km <sup>2</sup>
◆ダムの長さ	: 177.0m	◆総貯水容量	: 45,300 千 m <sup>3</sup>

出典：釜房ダム貯水池湖沼水質保全計画（第 7 期）宮城県，令和 5 年 3 月

## (2) 自然的特徴

釜房ダム流域に生息する生物においては、ダム湖及びその周辺・流入河川・下流河川などの特徴的な環境の生物の生育・生息環境の維持に努めるとされている。また河川水辺の国勢調査により、ダム湖及びその周辺・流入河川・下流河川の環境の変化を継続的に監視していくとされており、特に特定外来生物の生息状況について、継続的に監視していくこととされている。

### 実績

- ・貯水池や周辺の樹林帯や溪流を生息場とする種が多く確認されており、生物の生育・生息状況に大きな変化は見られない。
- ・ダム運用開始から50年程度が経過し下流河川の河床の粗粒化が懸念されるが、下流河川の底生魚や底生動物に大きな変化は見られない。
- ・水位変動域では、草本類が減少し木本類が増加する樹林化の傾向が見られる。

### 評価

- ・重要種のカジカは礫を利用する底生魚であるが、下流河川で経年的に確認されているため、ダムの放流によって、礫が掃流されることで生息環境は維持されていると推定される。
- ・特定外来生物のオオクチバスは、ダム湖内で減少していると考えられる。
- ・水位変動域では、外来種である一年生草本群落のオオオナモミ群落が減少し、イタチハギ群落への遷移が見られ、樹林化の進行に注視が必要である。



### 今後の方針

- ・今後ともダム湖周辺の森林・水辺環境の保全に留意しながら、引き続き、河川水辺の国勢調査で生物の生息状況を継続的に監視していく。
- ・ダム湖内については、水位変動域におけるイタチハギ群落への遷移による樹林化に注視し、今後も生物の生息・生育状況の把握に努める。

図 8-3 生物に関する実績・評価及び今後の方針

出典：令和5年度 東北地方ダム管理フォローアップ委員会 釜房ダム 定期報告書  
国土交通省 東北地方整備局 令和6年2月16日

## (3) 利用状況

釜房ダムにおける利水の管理方針として、渇水が多い名取川水系の水を有効活用し、ダム下流域の安定した暮らし、地域の発展に貢献するために関係利水者との調整・連絡を図りながら安定した利水補給を行うとされている。

また、適切なダム運用による利水補給を行うため、リアルタイムで貯水位、流入量、放流量を監視しながら貯水位運用を行うこと、渇水時などの緊急時には、利水者との調整・連絡を図りながら利水補給を行う等、効果的な運用を行うこととされている。

### 1) 利水

釜房ダムにおける利水補給計画には、水道用水・工業用水・不特定かんがい用水・発電がある。

水道用水は、浄水場を通して、仙台市・名取市・多賀城市・七ヶ浜町・川崎町の各家庭に水道用水を送水している。

工業用水は、仙台内陸工業地帯の南部・東部地区、仙台新港工業地区へ、最大で1日55,000m<sup>3</sup>もの工業用水を送水している。

かんがい用水は、4月～5月には、名取川沿いの仙台市・名取市・岩沼市の水田や畑に、

最大で毎秒 8.84m<sup>3</sup>ものかんがい（農業）用水を送水している。また、釜房ダムには釜房発電所（東北電力）があり水力発電を行っている（最大出力 1, 200kW, その際の使用水量毎秒 6.0m<sup>3</sup>）。



図 8-4 利水補給計画の概要

出典：令和 5 年度 東北地方ダム管理フォローアップ委員会 釜房ダム 定期報告書  
 国土交通省 東北地方整備局 令和 6 年 2 月 16 日

## 2) 漁業

釜房ダムでは上流河川にアユ、ヤマメ、イワナ、コイ、フナ、ニジマスが放流されているが、湖内での漁獲は行われていない。

## 3) 観光資源

釜房ダムへのアクセスは、主要道路（国道 286 号・東北自動車道・山形自動車道）を利用すると仙台市市街部から 1 時間以内でアクセスでき、恵まれた立地条件となっている。また、国道 286 号は蔵王観光のアクセス道であり、平成 26 年 6 月に全面開園した国営みちのく杜の湖畔公園の集客効果を相乗し、観光レクリエーション基地として脚光を浴びている。さらに、仙台駅～釜房ダム・みちのく杜の湖畔公園は、定期バスも運行されていることから交通の便も良く、一層の集客効果を望める期待がある。

また、釜房ダムでは①産・官・学が連携した「水・森・人 in 釜房」の継続実施（地域活性化への貢献）、②他団体による水源地域での活動について共通する部分を「連携」する方針から、水源地域ビジョンを核とした多様な主体（行政・教育・NPO・利水者・地元住民・民間等）と一体となり上下流域の連携を図っている。これにより各種イベントを通じて水源地域の活性化とダムの環境保全に取り組んでいる。

■国営みちのく杜の湖畔公園



■釜房ダム周辺の立地

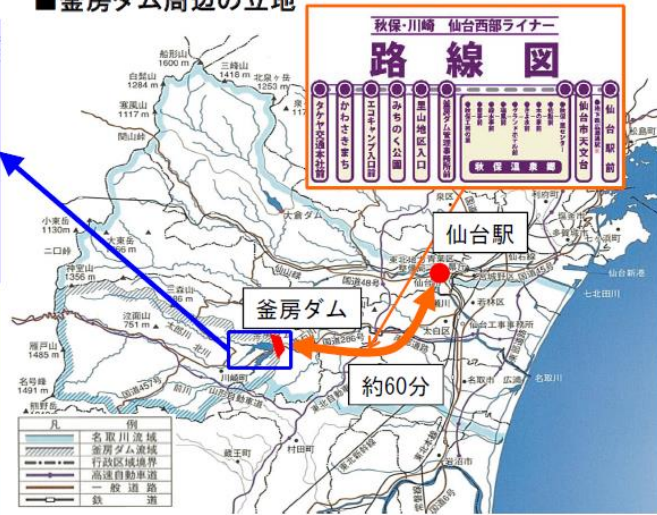


図 8-5 ダム周辺施設の整備状況

出典：令和 5 年度 東北地方ダム管理フォローアップ委員会 釜房ダム 定期報告書  
国土交通省 東北地方整備局 令和 6 年 2 月 16 日

■「水・森・人in釜房」

【主な構成員】

釜房ダム管理所、東北国営公園事務所、川崎町、東北大学漕艇部、川崎町観光協会

NPO法人川崎町の資源をいかす会 等

【イベント協力】

- ・ 森湖イベントの告知及び協力を依頼し、それぞれの団体等から協力を得た。
- ・ 他団体からのイベント開催にあたり、駐車場の開放等の協力を実施。

【今後の取り組み】

- ・ 委員会は年間数回(不定期)開催し情報共有の場として活用している。



■釜房ダム及び周辺を活用したイベント

イベント名	開催月	内容	実施状況など
社会科学総合学習	通年	仙台市・名取市ほかの小学4年生が、社会科学の場として、釜房ダム及び学習資料館を活用した。	仙台市や名取市の水源である釜房湖と水の学習の場として活用している。R4には26校の約1,700名が見学。
一般見学	通年	大学及び関係機関等の方々から釜房ダムと学習資料館の見学に訪れた。	R4には1団体の約150名が見学。
釜房ダム湖畔「鯉のぼり」	4~5月	釜房湖を一望できる管理所敷地の高台に「鯉のぼり」を掲揚した。	地元の方や仙台市などから家族連れ等たくさんの方が訪れ、写真撮影や、観望、散策などを楽しんでいます。(R2~R4ではコロナ禍の影響で未実施)
ダム湖周辺の清掃活動	4・7・10月	名取川・広瀬川漁協、NPO川崎町の資源を活かす会、仙台市水道局が主催して、釜房湖周辺のゴミ拾いを行った。	仙台市の水源である釜房湖周辺の清掃を毎年実施している。(R2~R4ではコロナ禍の影響で未実施)
川崎町学習交流会	6月	川崎町の小学校3校の4年生が釜房ダムとみちのく公園を訪れて、水や防災について学習した。	釜房湖の水源地である川崎町の小学生に、自分たちが住む町にあるダムと湖の大切さについて学習してもらった。(R2~R4ではコロナ禍の影響で未実施)
クレストゲート試験放流	6月	異常洪水時に使用するクレストゲートについて、機能確認及び操作習熟のため、実放流を行う試験放流を実施した。	H29(2017)年から実施。H30(2018)年に向けて一般公開。約180名が見学。(R2~R4ではコロナ禍の影響で未実施)
北大・東北大漕艇部定期戦	7月	東北大漕艇部が、北大と定期戦を実施した。(交互開催)	北大と、釜房湖を練習場としている東北大漕艇部との定期戦を、北海道と釜房湖で交互に実施している。令和5年に釜房ダムで開催されて川崎町(真山里)に移行したと思われる。
わく☆ドキ釜房ダム	7月	釜房ダム内部の見学、湖遊覧体験、競艇用ボート展示等を行った。	普段は入ることのできないダム内部の見学、巡視船による湖遊覧体験を実施している。約200名が見学。(R2~R4ではコロナの影響で未実施)
川崎町サイドマラソン	9月	釜房湖畔及びみちのく公園内を走るハーフマラソン大会を開催した。(川崎町主催)	H29(2017)年から開催。R4では約800名が参加。(R2~R3ではコロナの影響で未実施)

■イベント実施状況

わく☆ドキ釜房ダム

川崎レイク サイドマラソン



図 8-6 ダム管理者と地域との関わり

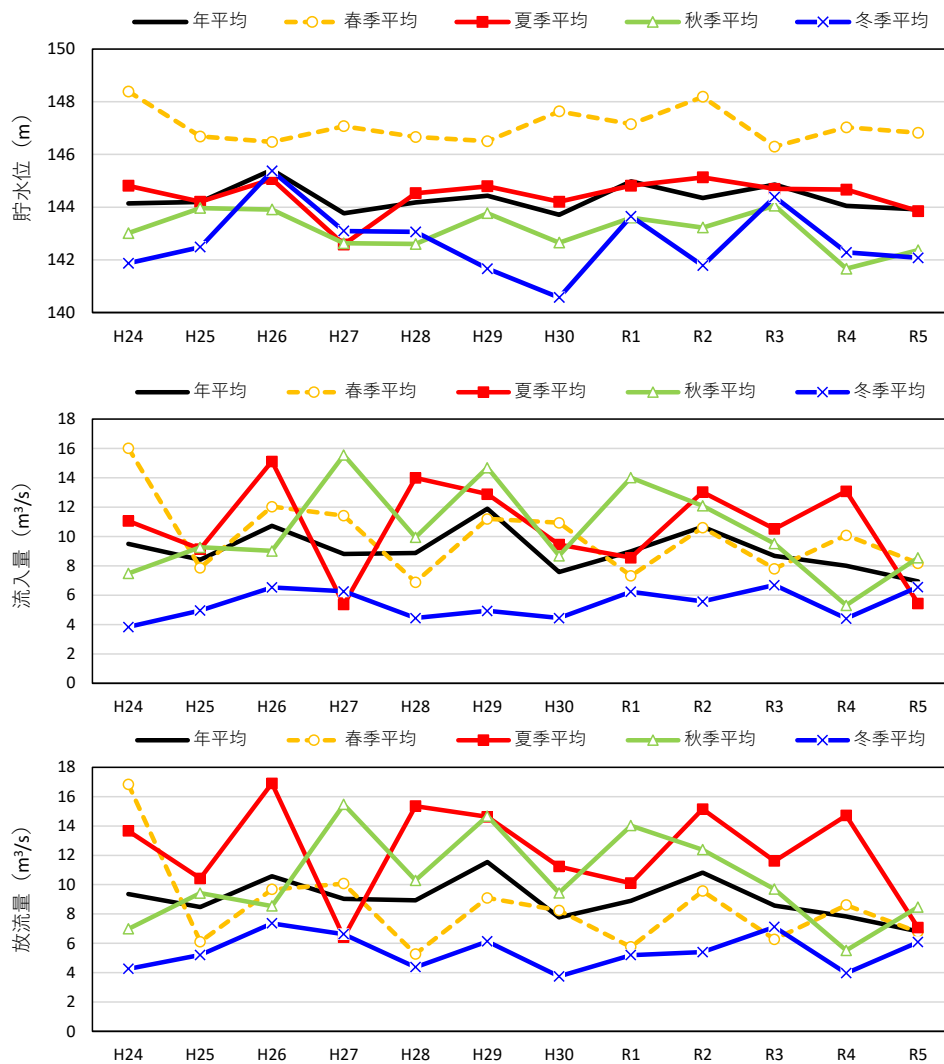
出典：令和 5 年度 東北地方ダム管理フォローアップ委員会 釜房ダム 定期報告書  
国土交通省 東北地方整備局 令和 6 年 2 月 16 日

## 8.2.2 水理, 水質, 気象データの収集

### (1) 水理データ

釜房ダム管理月報・管理日報（国土交通省東北地方整備局提供資料）の貯水位，流入量，放流量データを整理した。年平均値及び季節毎の平均値の推移を図 2-4 に示す。

令和 5 年度は夏季（6～8 月）の流入量・放流量が平成 27 年度並に少なく，湖水の回転率が低い（滞留時間が長い）状況であったと考えられる。



※春季：3～5月，夏季：6～8月，秋季：9～11月，冬季：12～2月

データの出典：国土交通省東北地方整備局提供資料

図 8-7 釜房ダムにおける貯水位，流入量，放流量の推移(平成 24 年度～令和 5 年度)【再掲】

## (2) 水質データ

### 1) 目標値及び環境基準との比較

宮城県公共用水域水質測定結果を整理した。釜房ダム貯水池（ダムサイト）におけるCOD、全窒素（T-N）、全燐（T-P）及びN/P比の推移を図8-8に示す。

第7期水質目標値に対する令和5年度の水質は、COD、T-N、T-Pが未達成、N/P比が達成となっている。

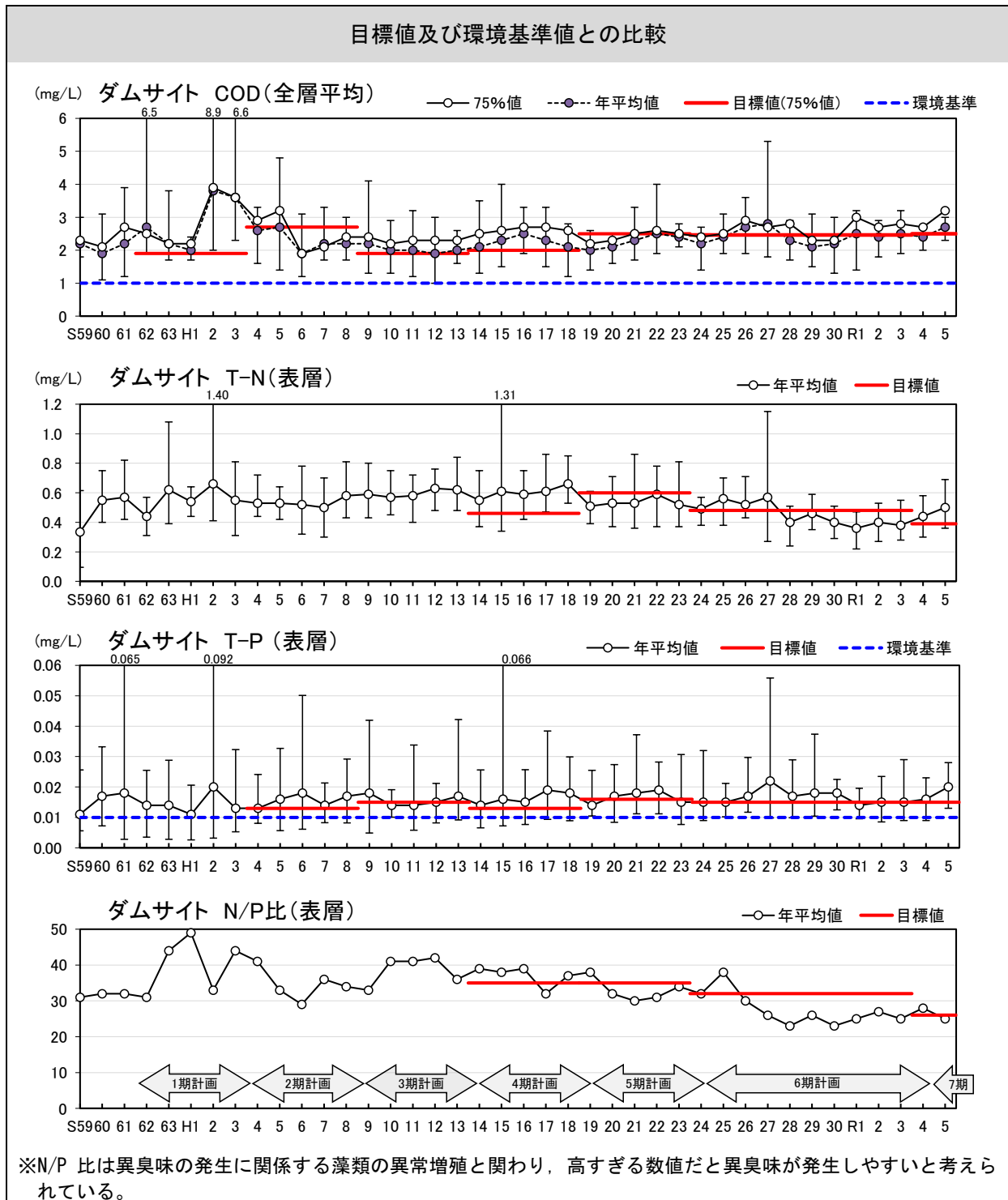
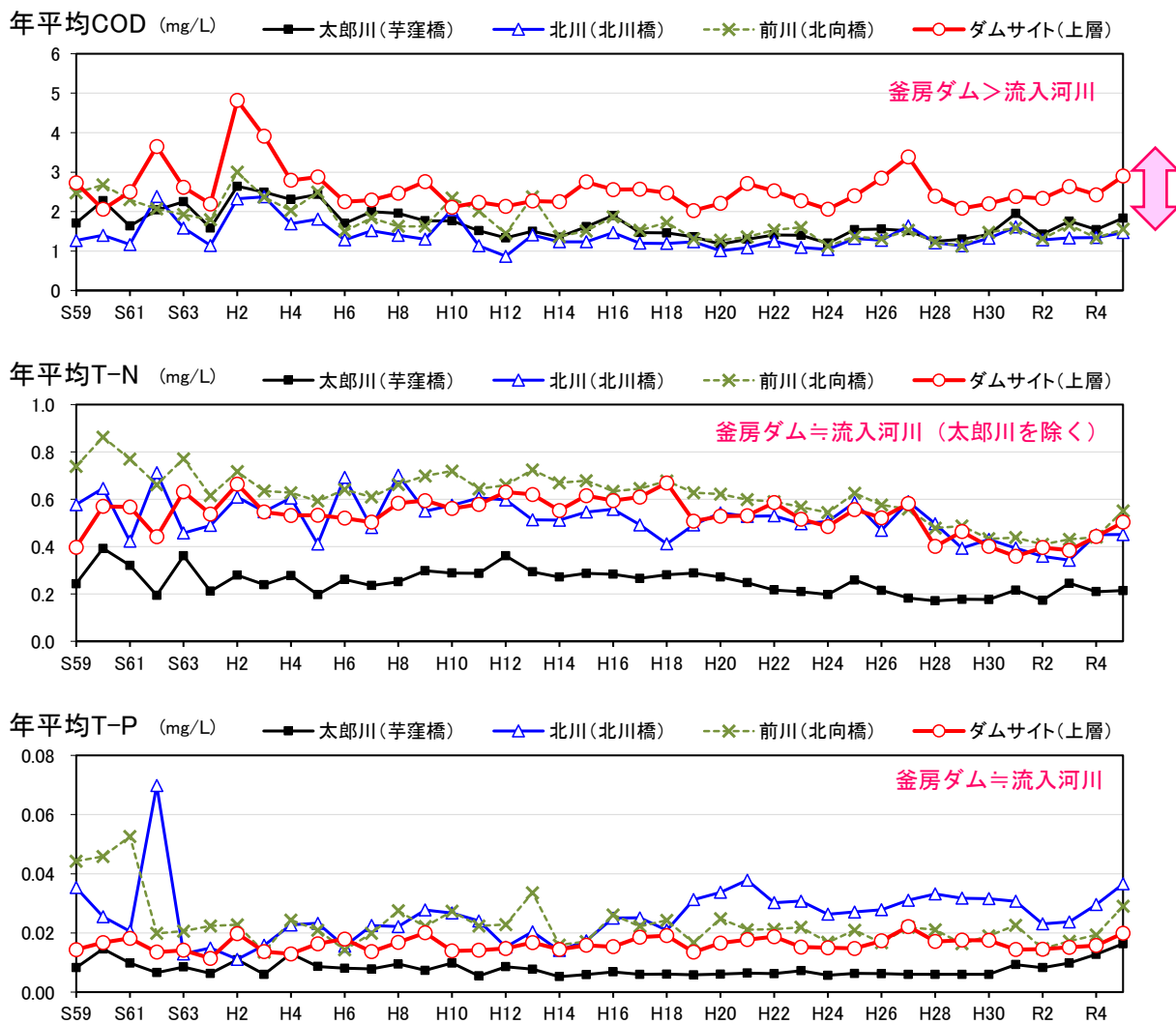


図8-8 釜房ダムにおける水質の推移の推移【再掲】

## 2) 貯水池と流入河川の比較

釜房ダム貯水池（ダムサイト）及び流入河川の COD, T-N, T-P の年平均値の推移を図 8-9 に示す。（その他の項目・地点については図 2-18 参照）

平成 12 年頃から、ダムサイトと流入河川の COD は乖離する傾向がみられた。一方、ダムサイトの T-N は北川・前川と同程度であり、T-P も河川の変動範囲内であった。

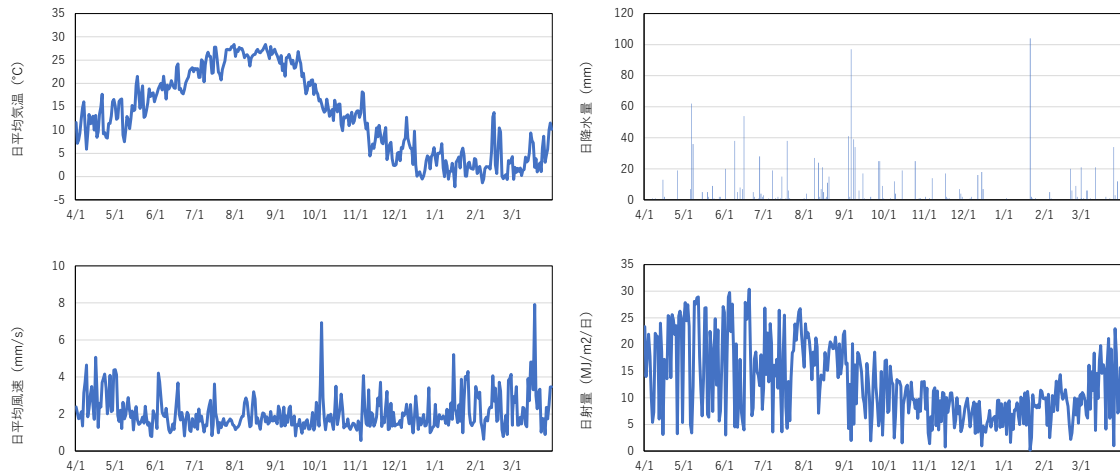


データの出典：国土交通省「水文水質データベース」（昭和 59 年度～令和 5 年度）

図 8-9 釜房ダム貯水池(○)及び流入河川(■△×)の水質の推移【再掲】

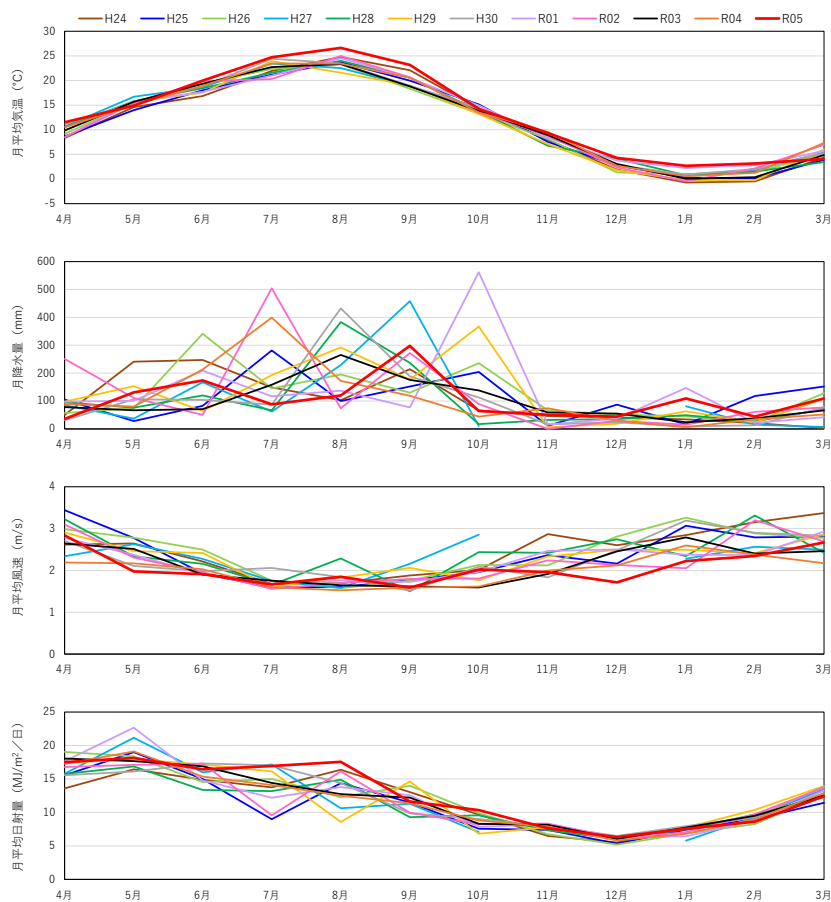
### (3) 気象データ

釜房ダム管理所の気象日報に基づき、釜房ダム貯水池における過去 12 年間の気象条件を収集・整理した。令和 5 年度の気温、降水量、風速、日射量の推移を図 8-10 に、月平均値等の過年度との比較を図 8-11 に示す。令和 5 年度は過年度に比べて 6 月～9 月頃の気温が高く、7～8 月の降水量は少なかったことがわかる。



データの出典：釜房ダム管理所「気象日報」（令和 5 年度）

図 8-10 気温、降水量、風速、日射量(日間の平均値または合計値)の推移(令和 5 年度)【再掲】



データの出典：釜房ダム管理所「気象日報」（平成 24 年度～令和 5 年度）

図 8-11 気温、降水量、風速、日射量(月間の平均値または合計値)の推移【再掲】

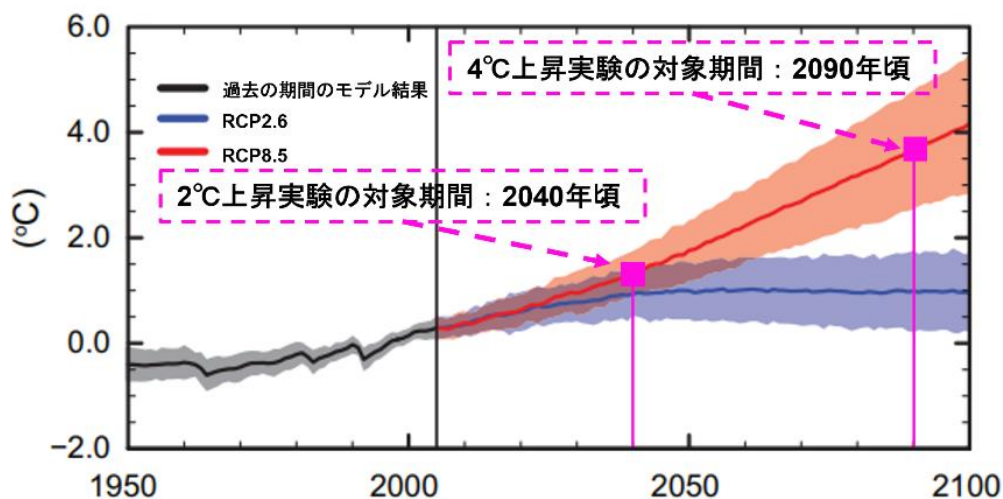
### 8.2.3 将来の気候予測データの収集

釜房ダムにおける将来の気候変化について具体的に把握するため、「地球温暖化施策決定に資するアンサンブル気候予測データベース d4PDF」より、釜房ダム近隣の過去・将来気候データを収集した。

d4PDF のデータセットには過去実験、2°C上昇実験、4°C上昇実験の3種類がある。2°C上昇実験、4°C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°C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°C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8-12に示した。過去実験の計算期間は1980年8月から2010年8月の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°C上昇実験、4°C上昇実験の計算期間は31年間で、2°C上昇実験は2040年頃の、4°C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。

本検討では将来気候データとして2°C上昇実験データを用いた。パリ協定で定められた目標に向け温室効果ガスの排出抑制対策が進められていること及び湖沼計画の間隔（10年間）を考慮して、2°C上昇実験における外力の値を用いることとした。

本資料では、釜房ダムに最も近いアメダス地点である川崎の観測データと、川崎の最近傍点の計算結果を比較した。



(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 8-12 RCP シナリオと d4PDF の 2°C 上昇実験、4°C 上昇実験の対応関係

(1) 気温

観測値（アメダス川崎）と計算結果（d4PDF 過去実験・2℃上昇実験）について、月平均気温の平均値を図 8-13 と表 8-1 に示す。将来気候（2℃上昇実験）において、各月の気温上昇幅は  $2.0 \pm 0.5^\circ\text{C}$  の範囲であるが、1月から3月、11月・12月と冬季の気温上昇幅がやや大きい。

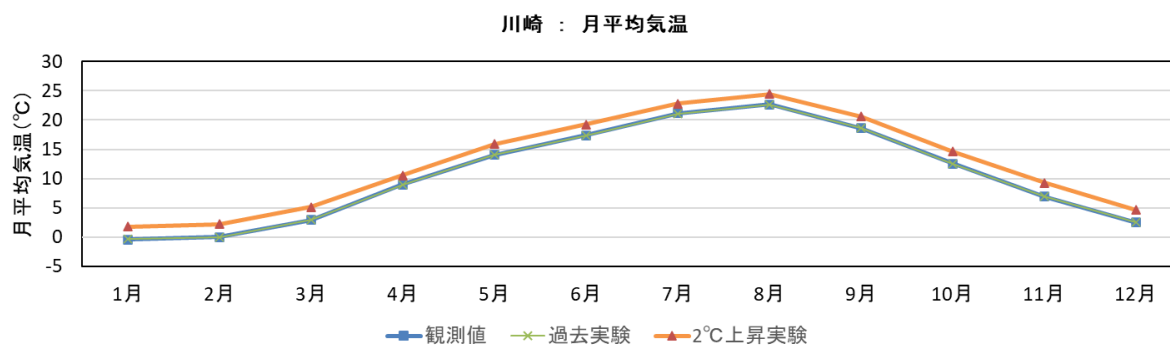


図 8-13 川崎地点の月平均気温の平均値の比較

表 8-1 川崎地点の月平均気温の平均値の比較

	単位: °C											
	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	-0.4	0.0	2.9	9.0	14.0	17.4	21.2	22.6	18.6	12.6	7.0	2.5
過去実験(補正後)	-0.4	0.0	3.0	9.0	14.1	17.4	21.0	22.6	18.6	12.6	7.0	2.5
2℃上昇実験(補正後)	1.8	2.3	5.2	10.6	15.9	19.3	22.8	24.5	20.6	14.6	9.3	4.7

## (2) 降水量

観測値（アメダス川崎）と計算結果（d4PDF 過去実験・2℃上昇実験）について、月降水量の平均値・月最大日降水量の平均値を図 8-14 と表 8-2 に示す。

月降水量では、5月の降水量が減少し、4月と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。

月最大日降水量は3月・5月・6月を除く月で微増しているが、特に7～9月に増加していることから、夏季の降水が激しくなる可能性が考えられる。

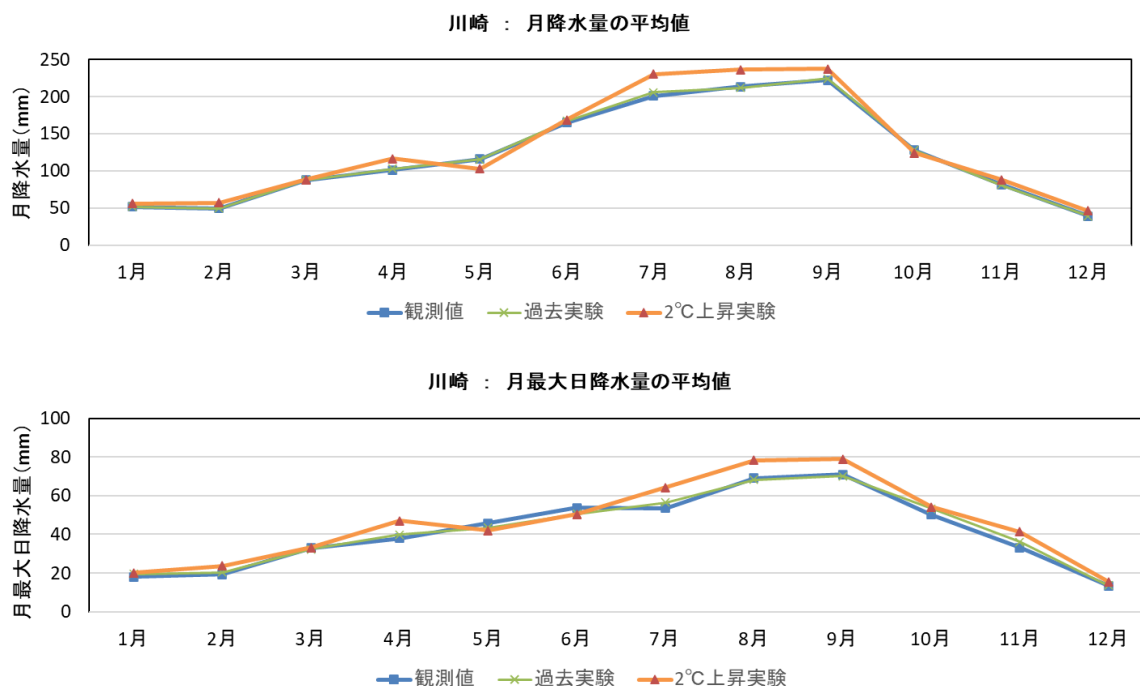


図 8-14 上図：月降水量の平均値の比較，下図：月最大日降水量の平均値の比較

表 8-2 上表：月降水量の平均値の比較，下表：月最大日降水量の平均値の比較

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℃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

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℃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

### (3) 降雪量

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、d4PDFの過去実験と2℃上昇実験の結果を比較した(図8-15、表8-3、図8-16)。10月から12月、1月から4月にかけて、2℃上昇実験の降雪量は過去実験の降雪量の40～80%程度と少なくなっている。特に3月の降雪量は過去実験49.1mmから2℃上昇実験の約23.3mmと約半分に落ち込んでおり、減少幅が最も大きい。降雪量の減少と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。

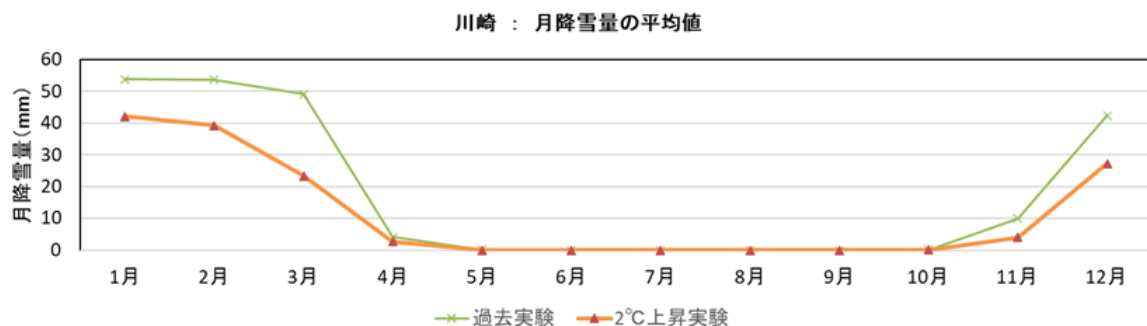


図 8-15 月降雪量の平均値の比較

表 8-3 月降雪量の平均値の比較

	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
過去実験(補正後)	53.8	53.6	49.1	4.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	9.9	42.3
2℃上昇実験(補正後)	42.1	39.2	23.3	2.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.0	27.2

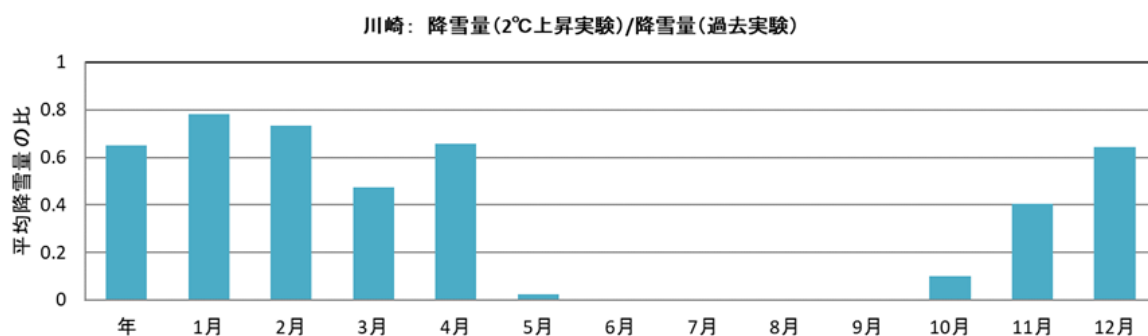


図 8-16 2℃上昇実験と過去実験における降雪量の比(2℃上昇実験/過去実験)

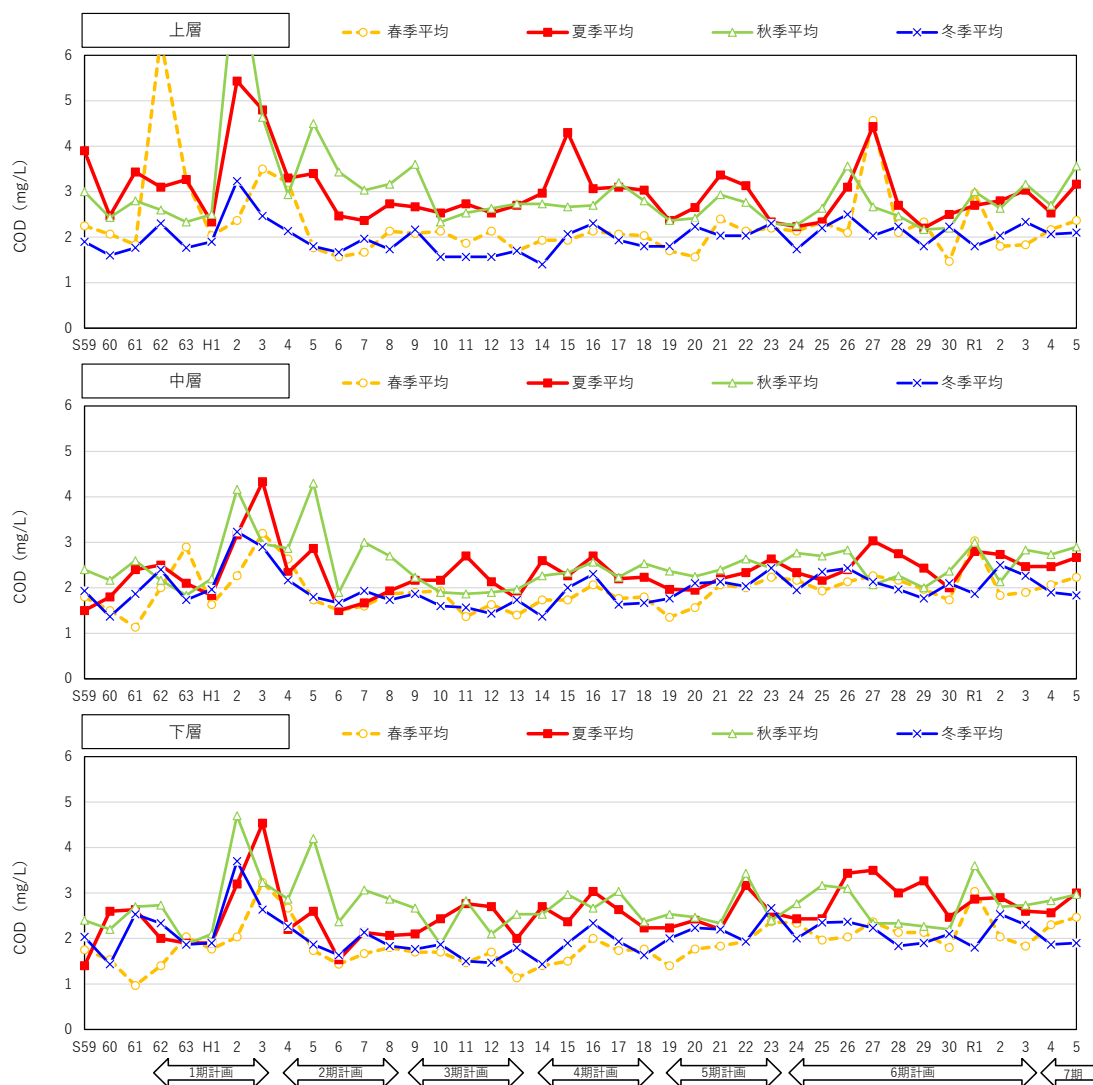
### 8.3 気候変動影響の整理

#### (1) 長期的な釜房ダム貯水池の水質変化

ダムサイトの上・中・下層における COD の季節別平均値の推移を図 8-17 に示す。

COD は平成 2～3 年にかけてピークとなり、その後数年間で現状水準まで減少し、近年は概ね横ばいに推移している。ただし、中層・下層では、直近 30 年間にわたって若干の上昇傾向もみられている。

直近 10 年間の上層の COD に注目すると、平成 27 年度の春～夏が最も高く、次いで令和 5 年度の夏～秋に高かった。これらは夏季の流入量・放流量が少なかった年に該当し、滞留時間の長期化による植物プランクトンの増殖等の影響が示唆される。



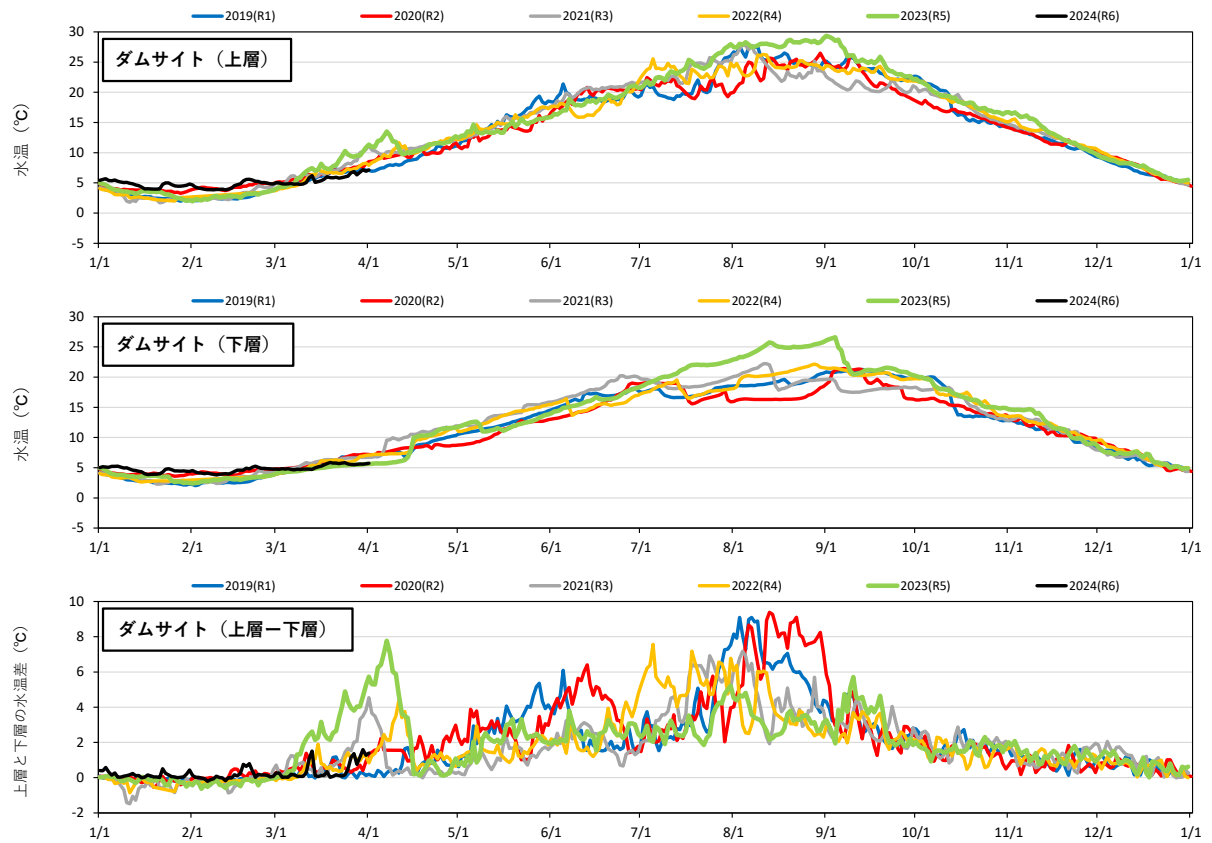
※春季：3～5月，夏季：6～8月，秋季：9～11月，冬季：12～2月  
データの出典：国土交通省「水文水質データベース」（昭和 59 年度～令和 5 年度）

図 8-17 各季節の COD の推移(ダムサイト)【再掲】

## (2) 令和5年度夏季の高水温と水質への影響について

### 1) 水温(ダムサイトの時系列)

2019(令和元)年以降の水温の連続観測結果を図8-18に示す。2023(令和5)年夏季の水温は比較的高く、特に下層では他の年に比べて5℃程度高かったことがわかる。また、2024(令和6)年1~2月の水温についても、比較的高い値で推移している。



データの出典：国土交通省東北地方整備局提供資料

図8-18 水温の連続観測結果(ダムサイト)

## 2) 水温(流入河川及び釜房ダム貯水池の各地点)

水温の観測地点を図 8-19 に、直近 5 か年の水温の季節変化(流入河川及び釜房ダム貯水池の各地点)を図 8-20 に示す。

令和 5 年度は夏季(8 月頃)の水温が全域的に高い傾向にあり、特に下流側のダムサイト等で例年より高水温の状況がみられた。この年のダムサイトの下層水温は 25°C 近くあり、例年に比べて 5°C 程度高かった。一方、流入河川の水温にはそれほど大きな差はなく、気温上昇等の気象条件によって湖水が温められた結果であると考えられる。

## 3) 水質(ダムサイト)

水質の観測地点を図 8-19 に、直近 5 か年の水質の季節変化(ダムサイト、上・中・下層)を図 8-21 に示す。なお、ダムサイト以外の地点の図面については資料編に掲載した。

令和 5 年度はクロロフィル a 濃度が例年より高く、植物プランクトンの増殖がみられた。要因としては、7~8 月の降水量が少なかったことによる湖水の滞留時間の増加や、気温が高かったことによる水温の上昇といった気象条件の影響が考えられる。

また、令和 5 年度は上層の COD・T-N や下層の NH<sub>4</sub>-N・PO<sub>4</sub>-P が比較的高く、夏季の成層化・貧酸素化に伴う PO<sub>4</sub>-P の溶出に加え、下層の水温が高い状況にあったことから有機物の分解過程が進んだことによる影響があった可能性がある。

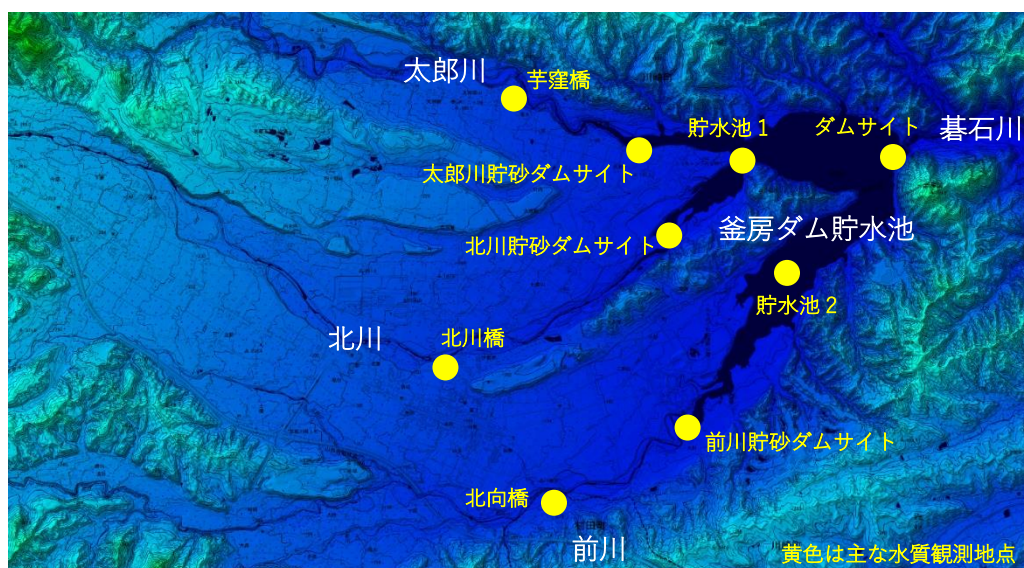


図 8-19 水温・水質観測地点

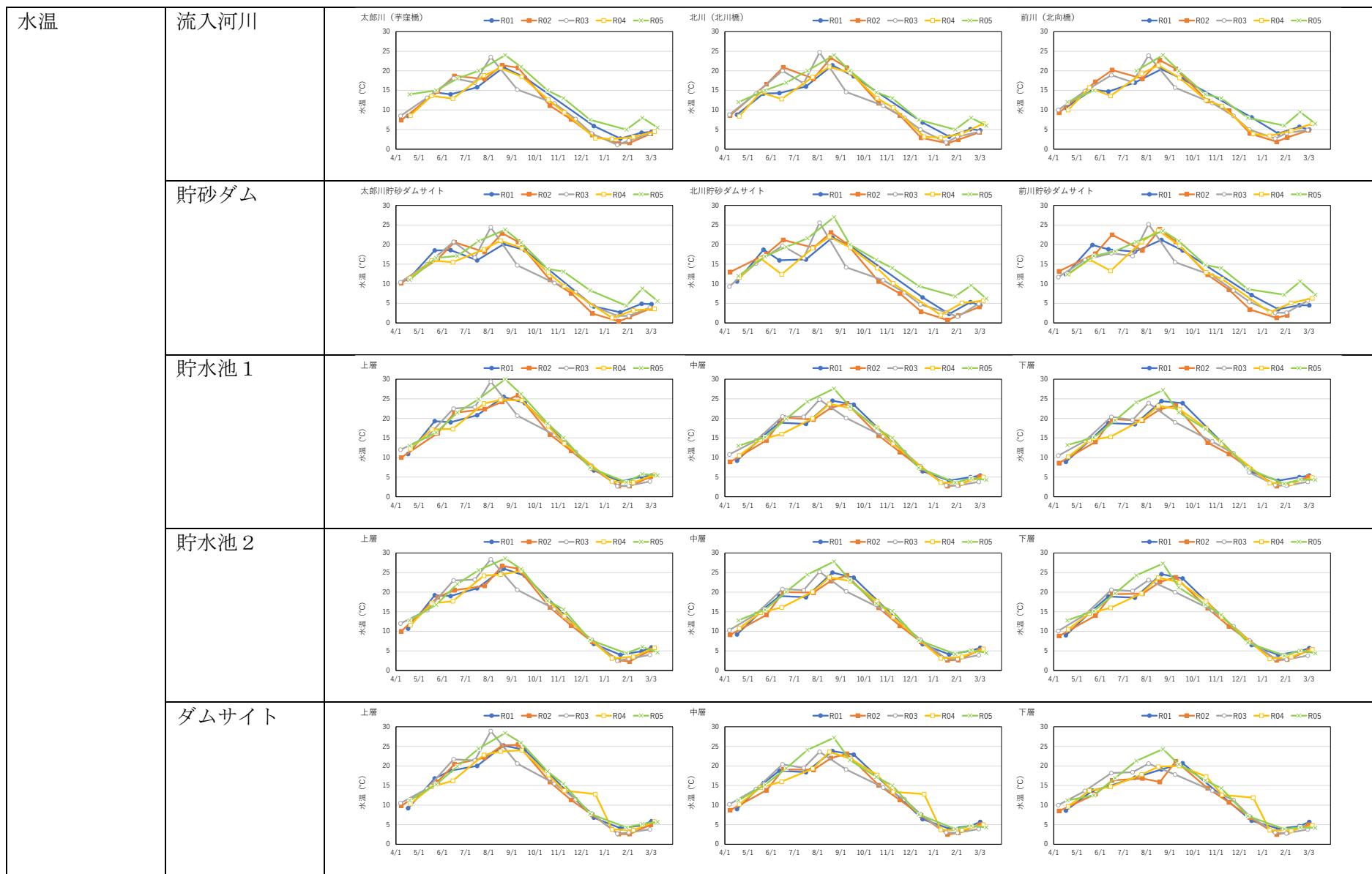
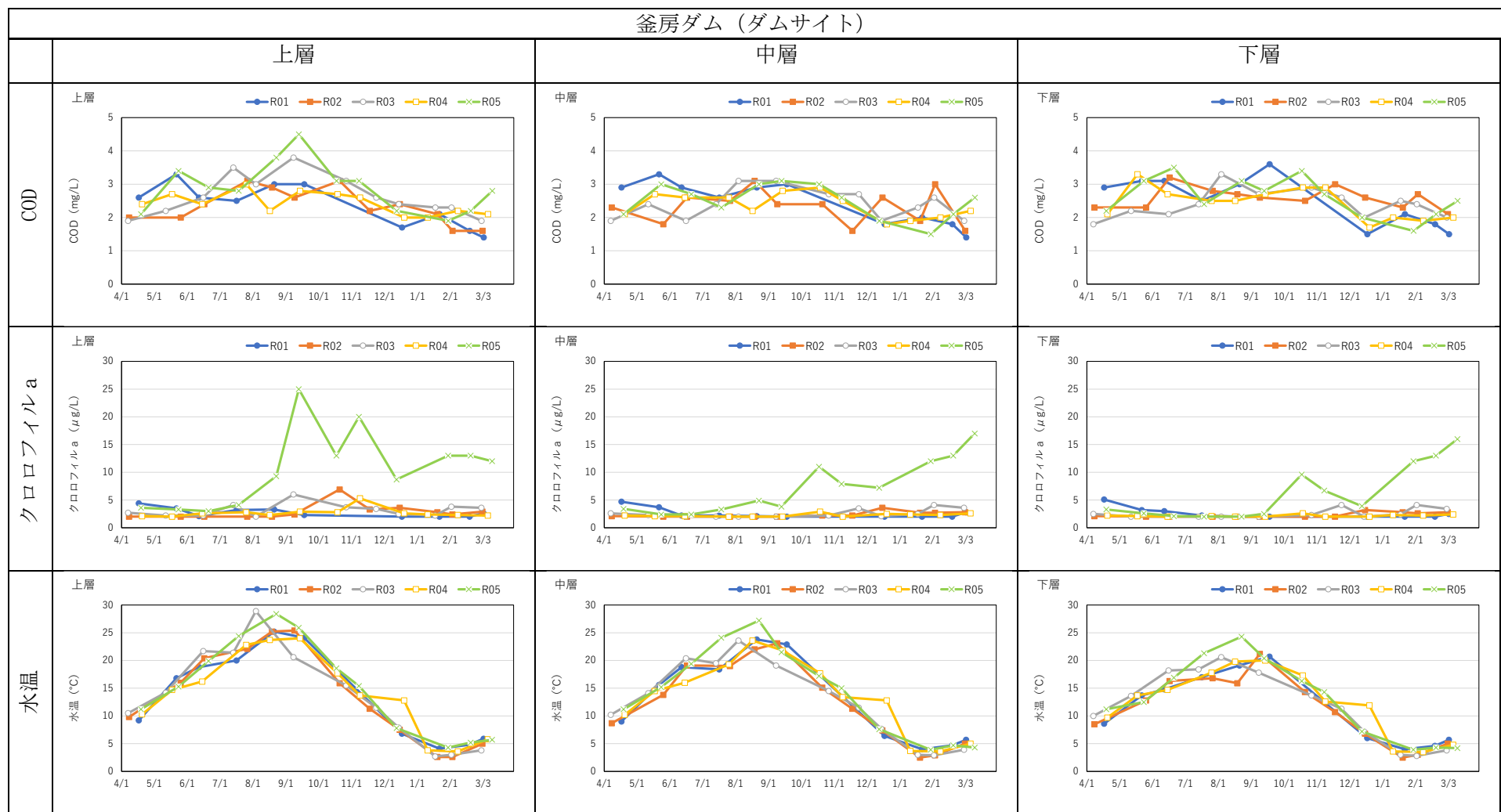
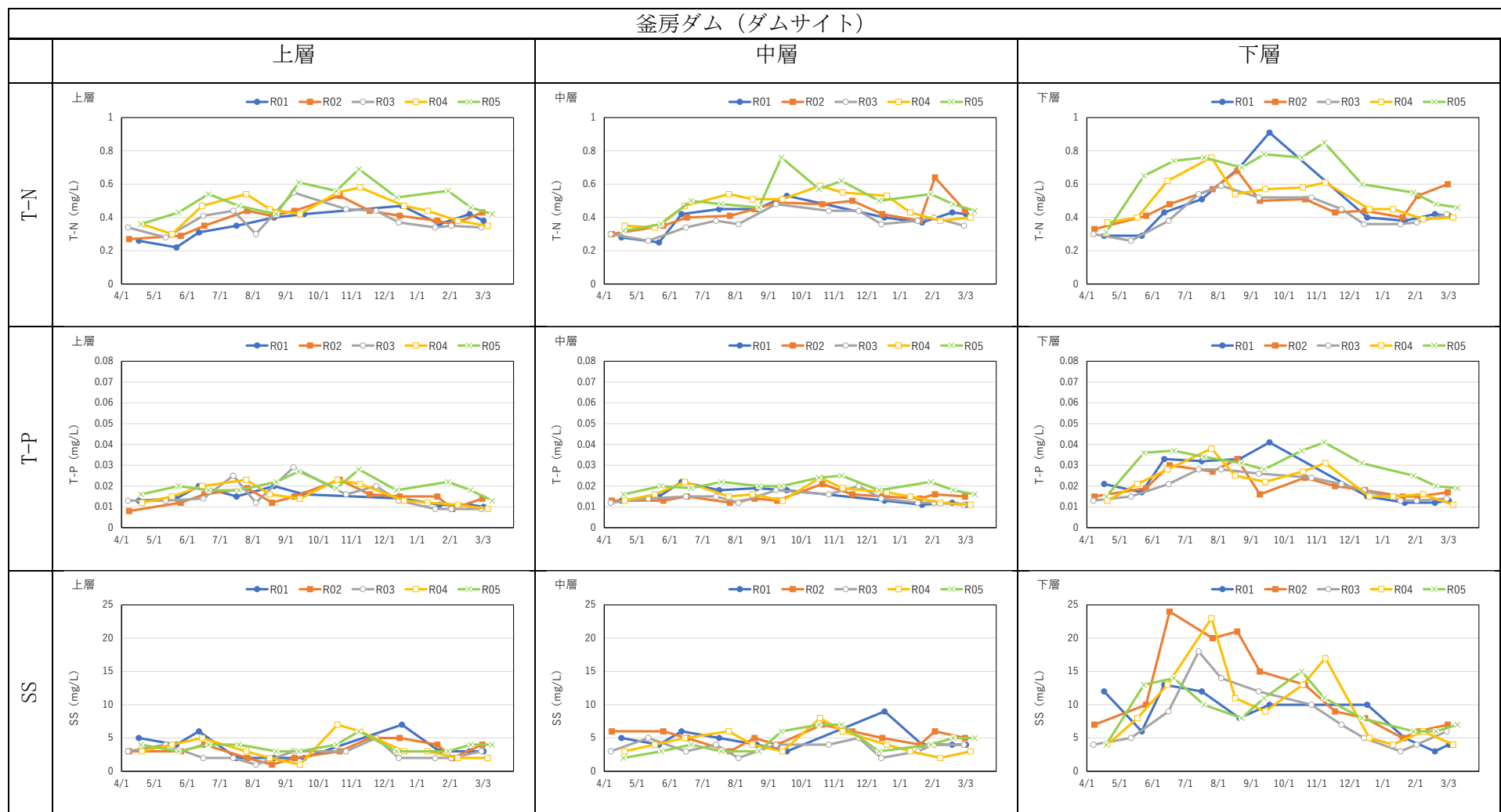


図 8-20 各地点の水温の季節変化



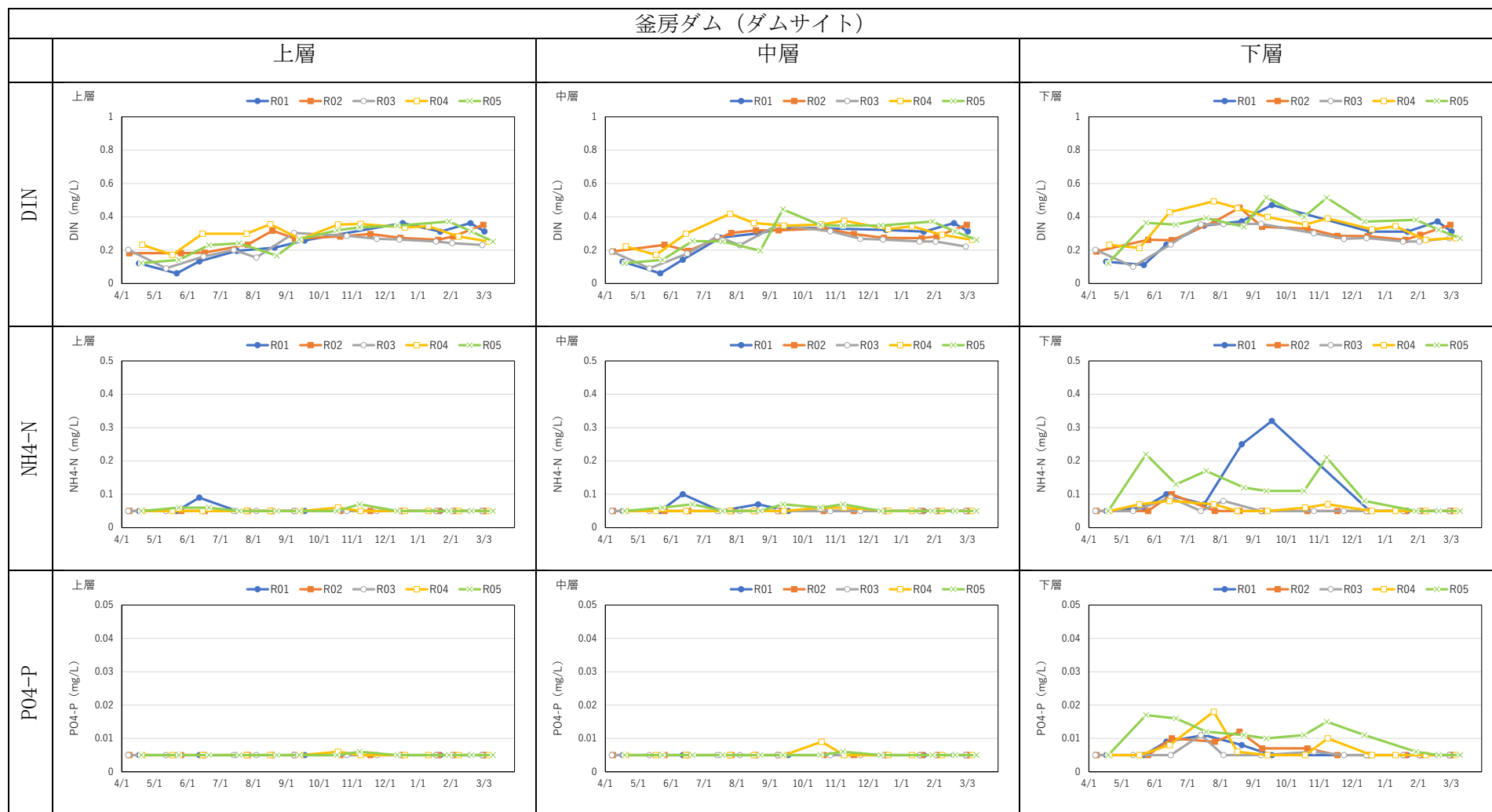
データの出典：国土交通省「水文水質データベース」

図 8-21(1) 水質の季節変化(ダムサイト)



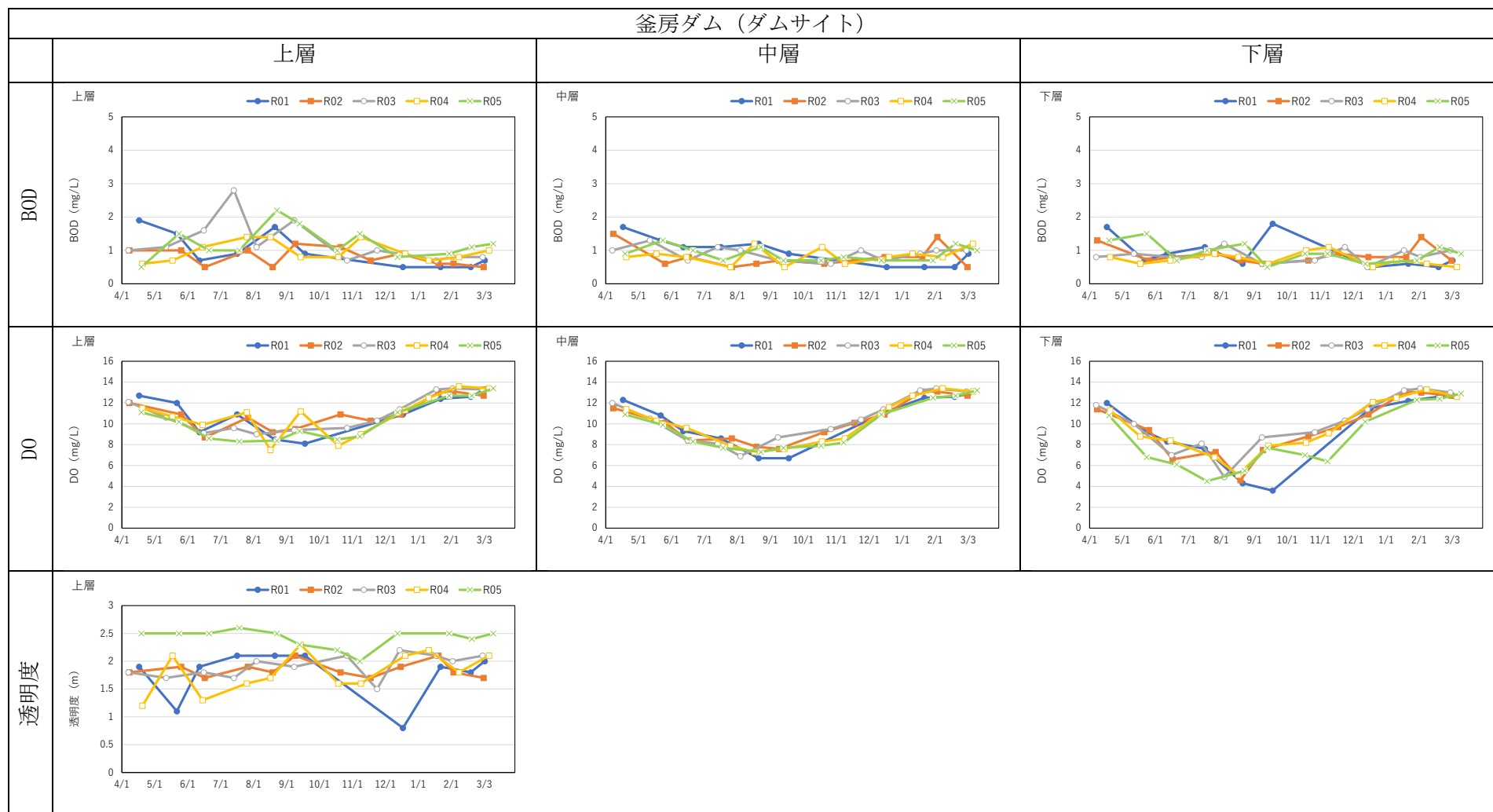
データの出典：国土交通省「水文水質データベース」

図 8-21(2) 水質の季節変化(ダムサイト)



データの出典：国土交通省「水文水質データベース」

図 8-21(3) 水質の季節変化(ダムサイト)



データの出典：国土交通省「水文水質データベース」

図 8-21(4) 水質の季節変化(ダムサイト)

## 8.4 影響評価の実施，適応策の検討

### 8.4.1 将来気象変化による影響評価の実施

#### (1) 気候変動シナリオの検討について

##### 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ペンが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

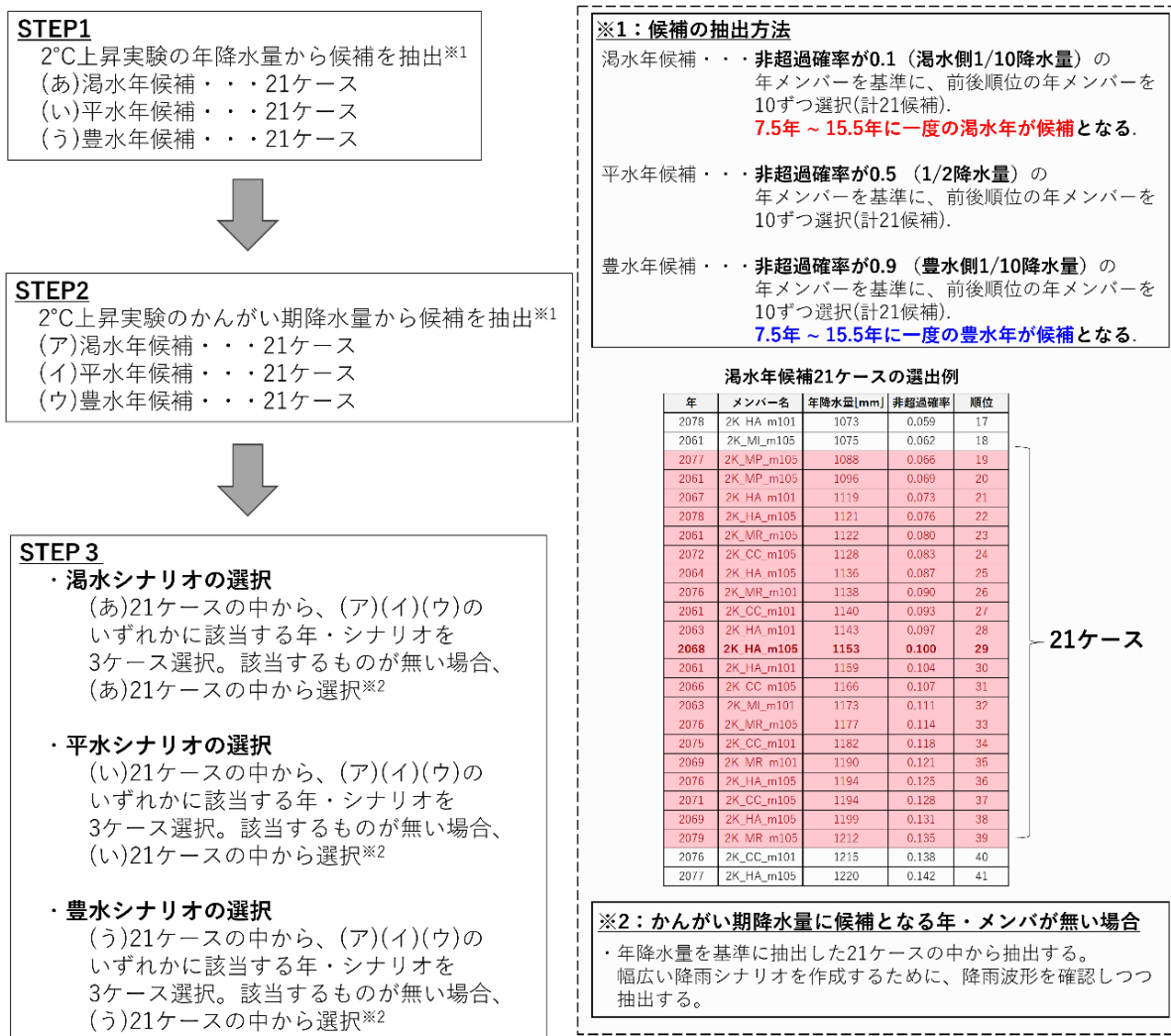


図 8-22 年降水量を基準とした将来シナリオ選定方法

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。

## 2) シナリオ選定

川崎地点における 2℃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，及びその中から気候変動シナリオとして選定した case01～case09 を図 8-23 に示す。なお，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。

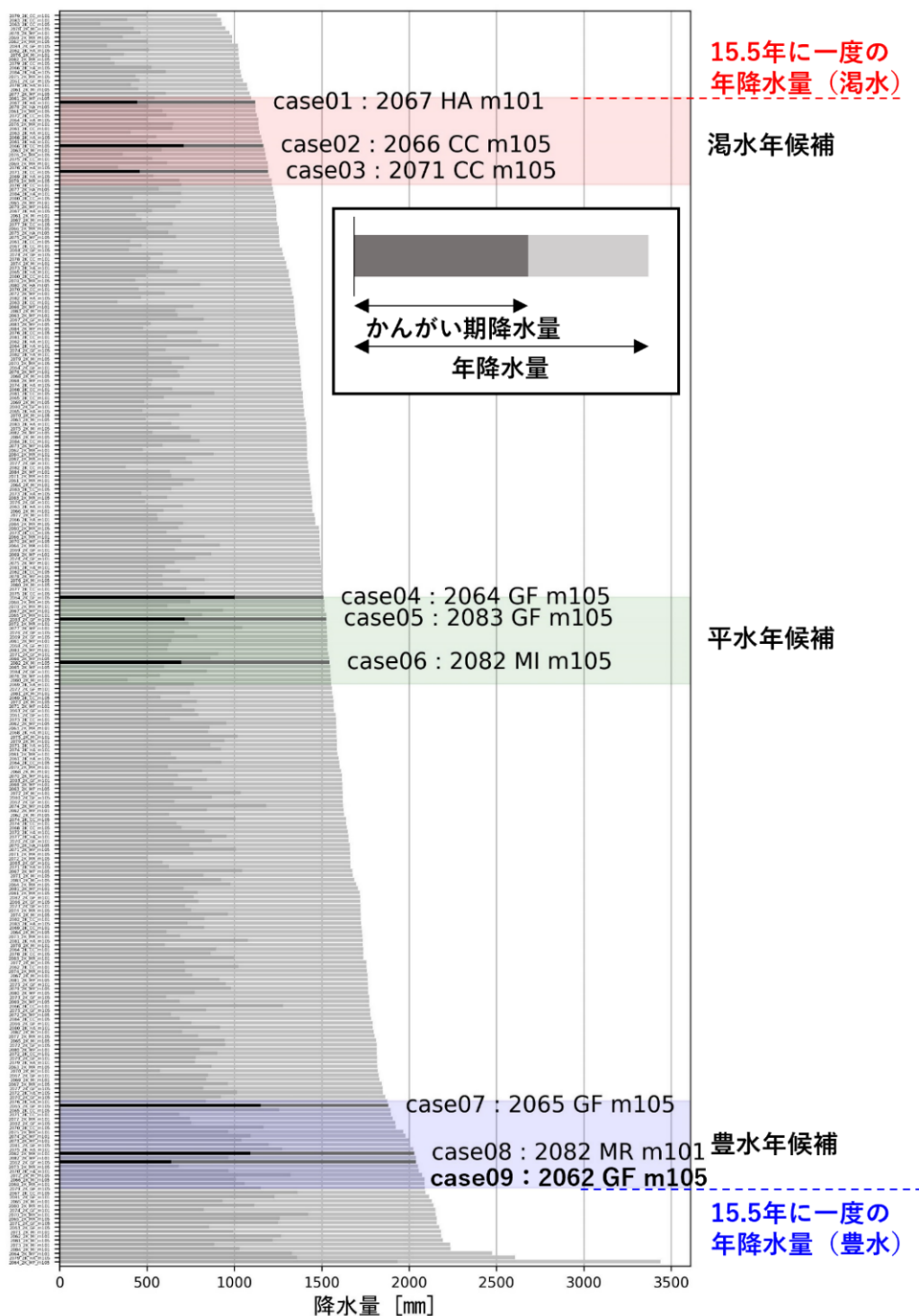


図 8-23 川崎地点における 2℃上昇実験の全年・メンバの年降水量とかんがい降水量  
 (「2062 GF m105」は計算メンバを表す。2062年の計算を行っているのではなく，あくまで2040年頃の気象場を計算していることに注意。)

選定した各ケースの降水量の時系列変化を確認した。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。累積降水量のグラフの見方を図 8-24 に、川崎地点の全年・メンバの累積降水量（バイアス補正後）を図 8-25 に示す。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。

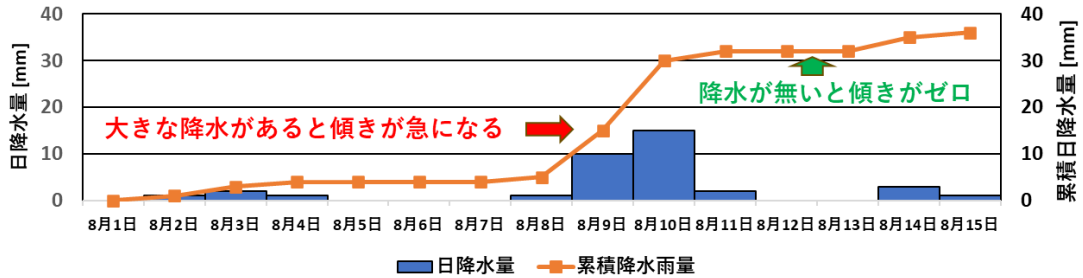


図 8-24 累積降水量のグラフの見方

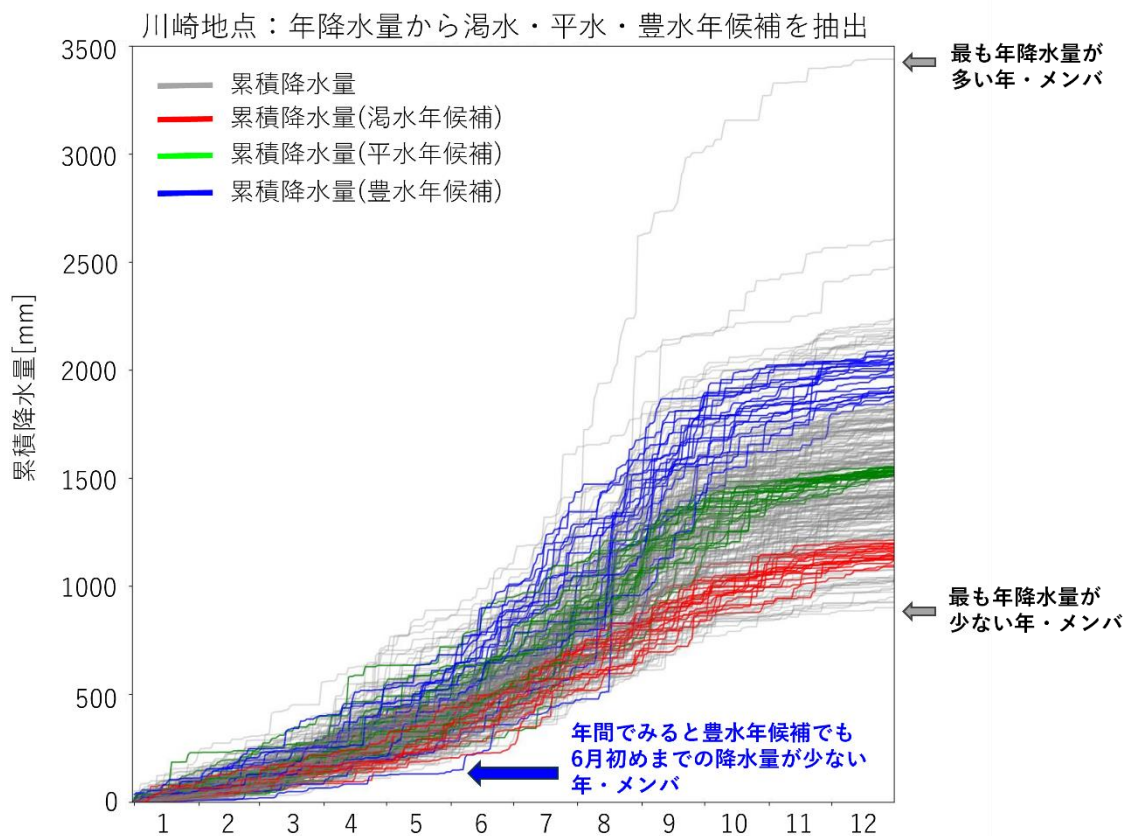


図 8-25 川崎地点における全年・メンバの累積降水量

iii) 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 8-26 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。

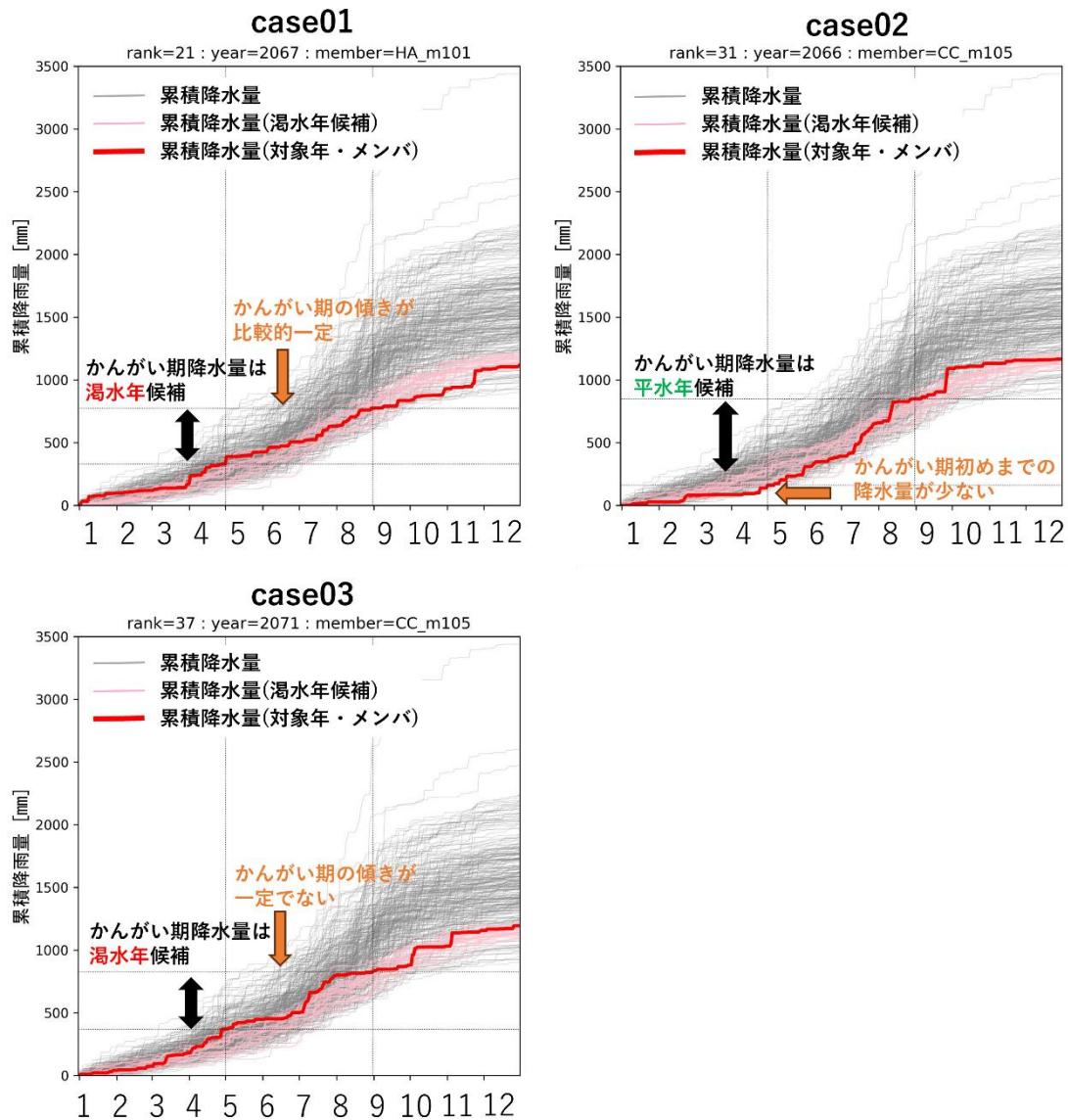


図 8-26 選択した渇水年シナリオの累積降水量

i) 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 8-27 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。

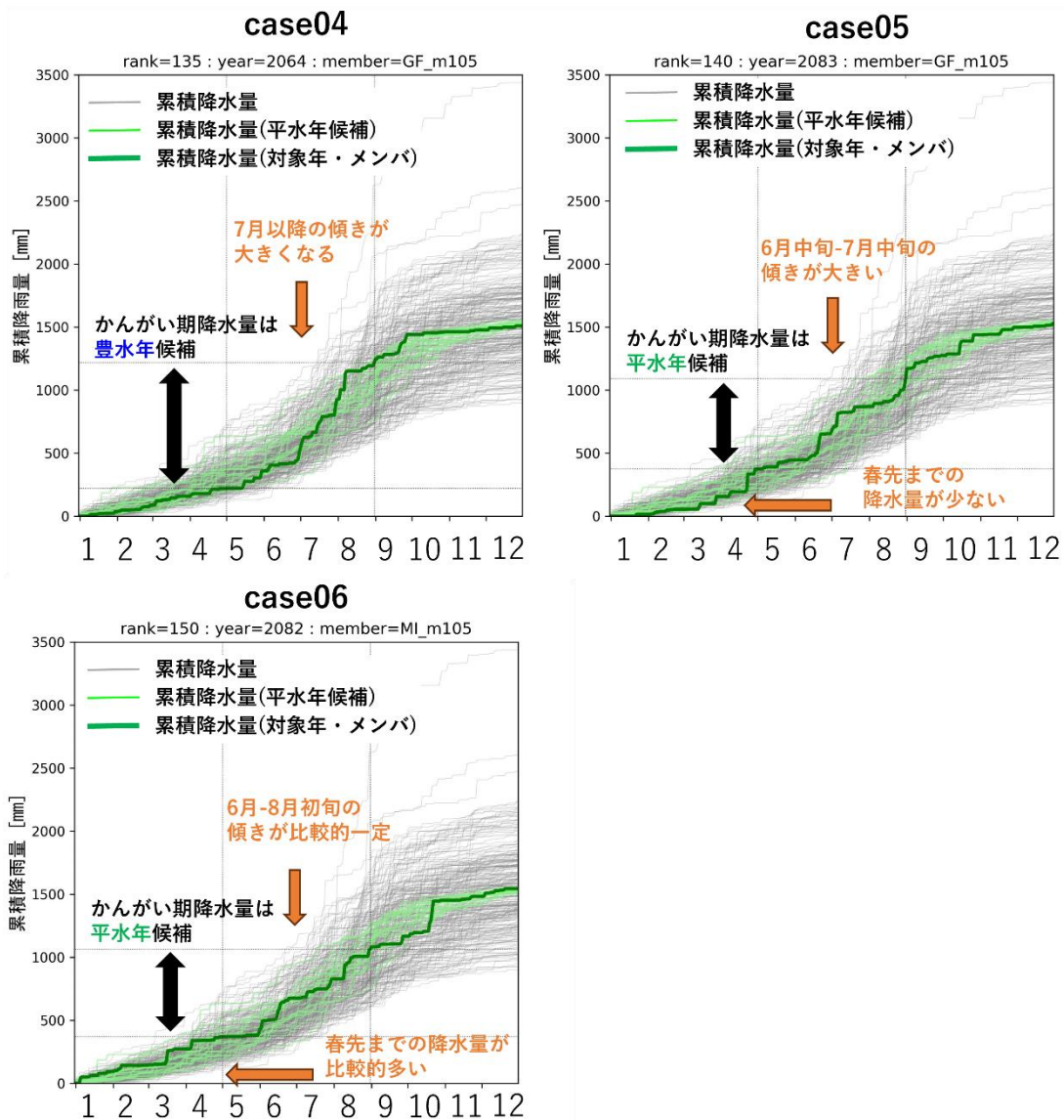


図 8-27 選択した平水年シナリオの累積降水量

ii) 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 8-28 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。

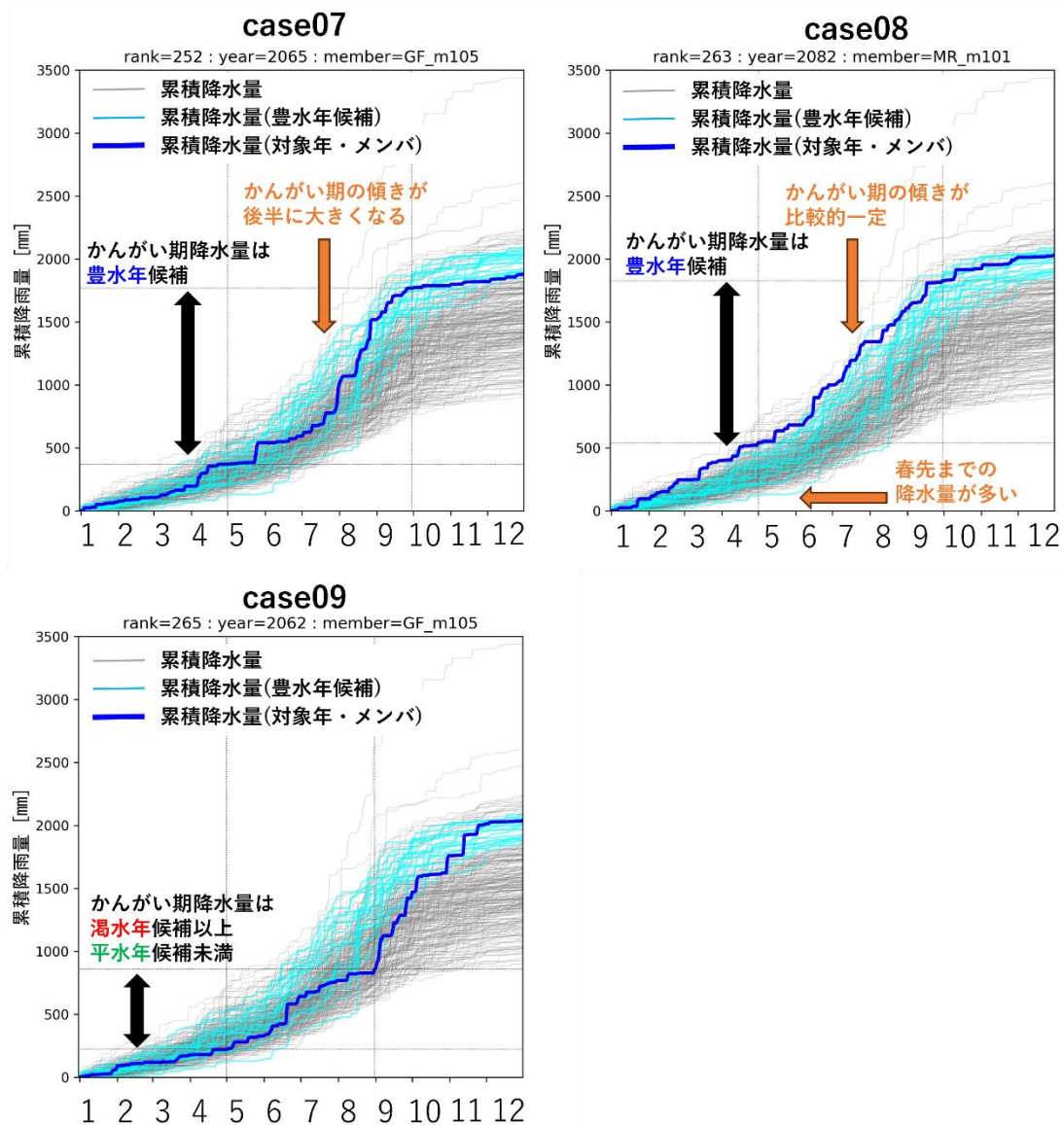


図 8-28 選択した豊水年シナリオの累積降水量

## (2) 将来水質予測計算結果

4.2 の将来シナリオ (case1-9) に基づいた水質計算を実施し、ケース間の濃度変化について整理を行った。

### 1) 流入負荷量条件

将来シナリオ (case1-9) における淡水流入量を用いて、各ケースの流入負荷量条件を作成した。図 8-29 に 3 河川の流量・負荷量を積み上げグラフとして総量を示している。S1-3 が渇水年シナリオ、S4-6 が平水年シナリオ、s7-9 が豊水年シナリオに基づいた値となっている。これによると、負荷量は淡水流入量の傾向と概ね一致しているが、水質項目によって、流量に対する負荷量の大小に差が見られる。

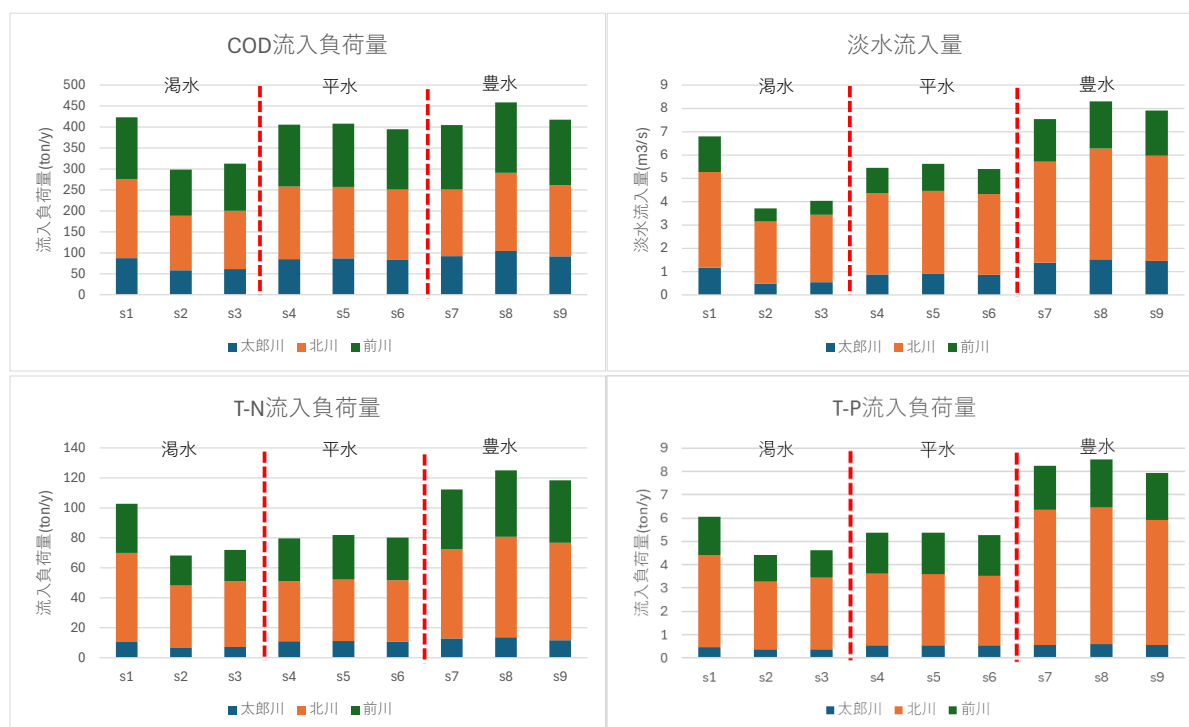


図 8-29 各将来シナリオ(s1-9)における流入負荷量と淡水流入量(年度平均値)

(参考) 4.2 の再掲

シナリオ	設定内容
渇水年	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
平水年	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
豊水年	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 : 年間でみると豊水年だが、かんがい期降水量が平水年以下であるシナリオ

## 2) 水質計算結果

各シナリオにおける気象条件と 5.3.3 (p164) で示した流入負荷量条件, および 6.1.1 (p165) で示したシナリオに基づいた流動計算結果を用いて水質計算を実施した。各シナリオケースの予測濃度と現況での基準年度(渇水年:平成30年度, 平水年:令和3年度, 豊水年:平成29年度)の濃度の比較を図8-30に示す。

これによると, 基準年(図中, オレンジ色の棒グラフ)に対して将来シナリオケースの予測結果では, 表層・底層ともに渇水年・平水年のクロロフィル-a濃度の変化が大きい様子が見られる。とくに渇水年は現状でも平水年・豊水年と比べてクロロフィル-a濃度が高い状況であるが, それがさらに濃度が高くなる予測結果となっている。将来シナリオケースにおいて, 水温の上昇により藍藻類の出現頻度が高くなることから, 2-MIBの発生確率が上昇する可能性が考えられる(第7期湖沼計画策定時に検討を行った2-MIBの推定式から)。

### 【参考】第7期湖沼計画策定時に検討を行った2-MIBの推定方法

#### 2-MIBの推定方法

数値シミュレーション結果から2-MIB濃度を簡易的に推定する方法として, 以下の方法を提案する。本手法は現時点での案であり, 必要に応じて随時変更することとする。

$$\begin{aligned} [2\text{-MIB (ng/L)}] &= 0.0138 [\text{藍藻類 (生物数/mL)}] + 1.7641 \\ [\text{藍藻類 (生物数/mL)}] &= [\text{藍藻類のクロロフィル a } (\mu\text{g/L})] \times 170 \end{aligned}$$

CODについては, 全てのシナリオケースで現状より濃度が上昇する結果となっている。

T-N, T-Pについては, 第7期湖沼計画の水質目標値(T-N:0.39 mg/L, T-P:0.015 mg/L)を達成していた平水時において, 将来シナリオケースでは水質目標値を上回る予測結果となっていることから, 将来的に気候変動が要因となって平水年相当の気象条件の年は水質目標を達成できなくなる割合が増える可能性が考えられる。

DOについては, 表層・底層ともに現状より濃度が低下する傾向が見られている。

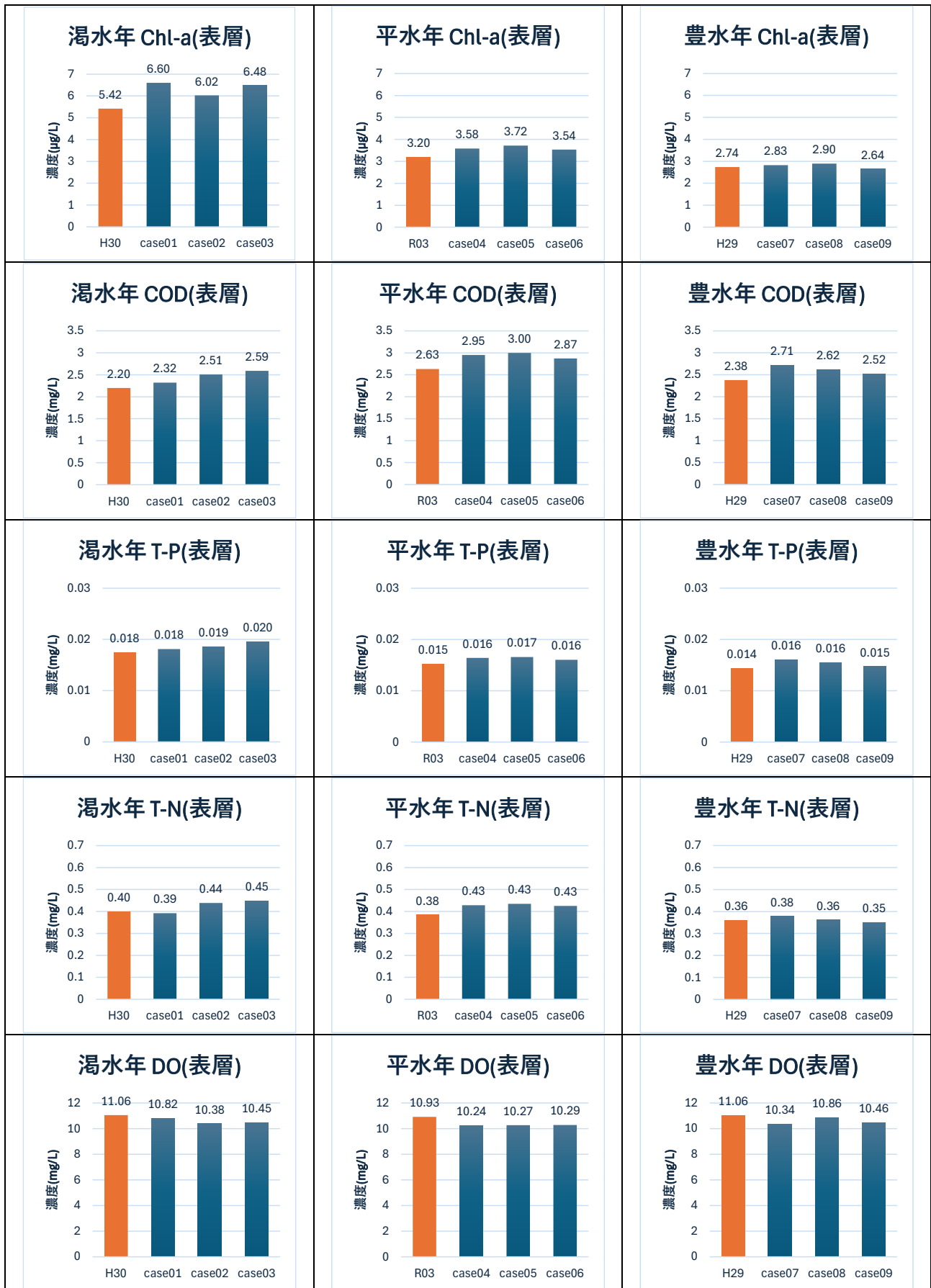


図 8-31(1) 渇水年・平水年・豊水年の現況基準年度と予測結果の濃度(表層)

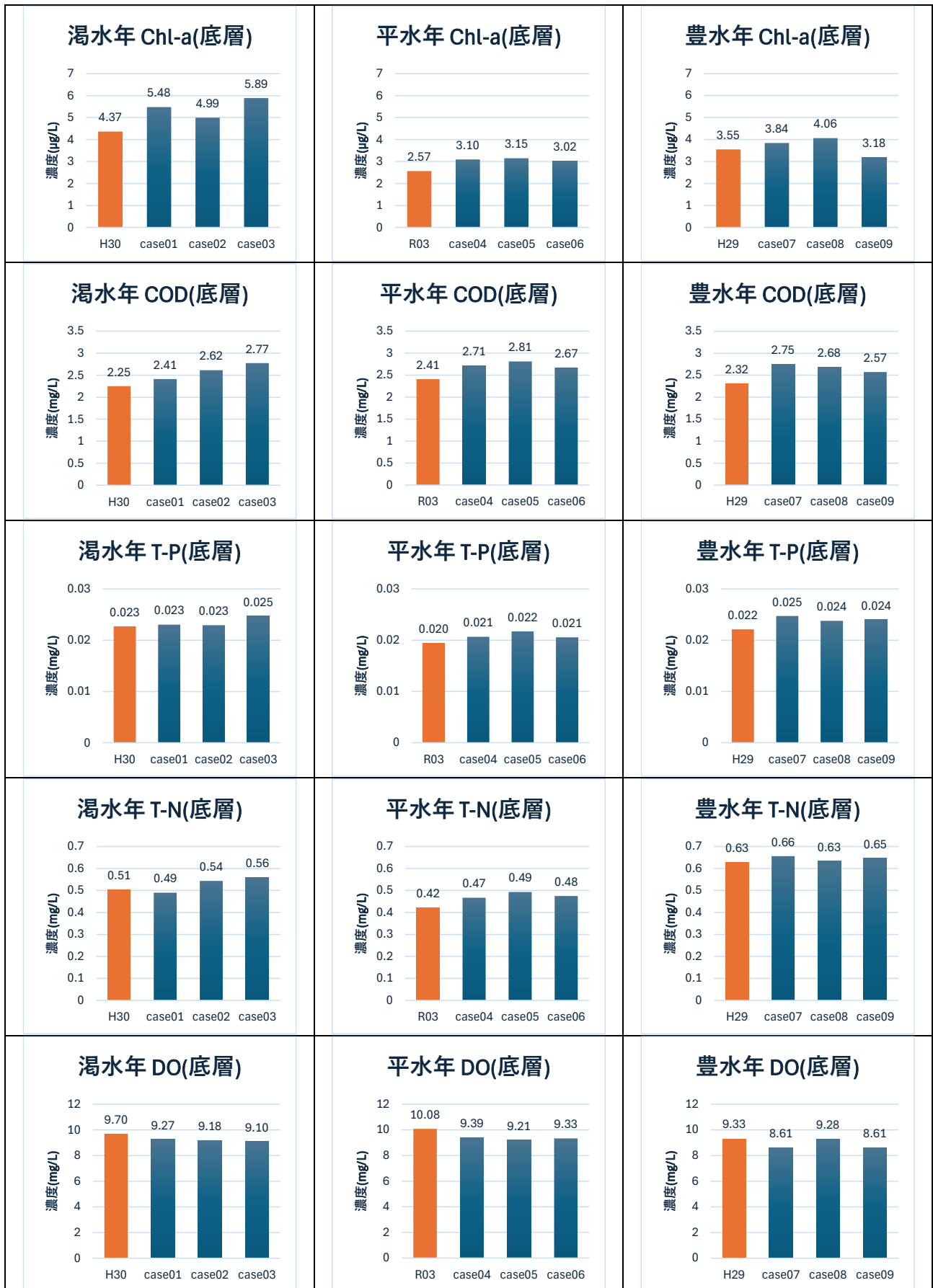


図 8-31(2) 渇水年・平水年・豊水年の現況基準年度と予測結果の濃度(底層)

水質部会で指摘のあった月別の濃度比較を図8-32に示す。これによると、渇水年および平水年のシナリオでは冬季に Chl-a 濃度が現状より高くなる予測結果となっている。これは、将来的に気温上昇の影響が冬季に顕著に現れることによるものであると考える。

DO 濃度については、上層は水温上昇に伴う飽和濃度の低下により DO 濃度の予測値も低下するものと考えられる。下層についてはとくに夏季に現状より濃度が低下するケースも見られることから、底層水の貧酸素化が強まる可能性が考えられる。



図 8-32(1) 渇水年・平水年・豊水年の現況基準年度と予測結果の月平均濃度(クロロフィル-a)

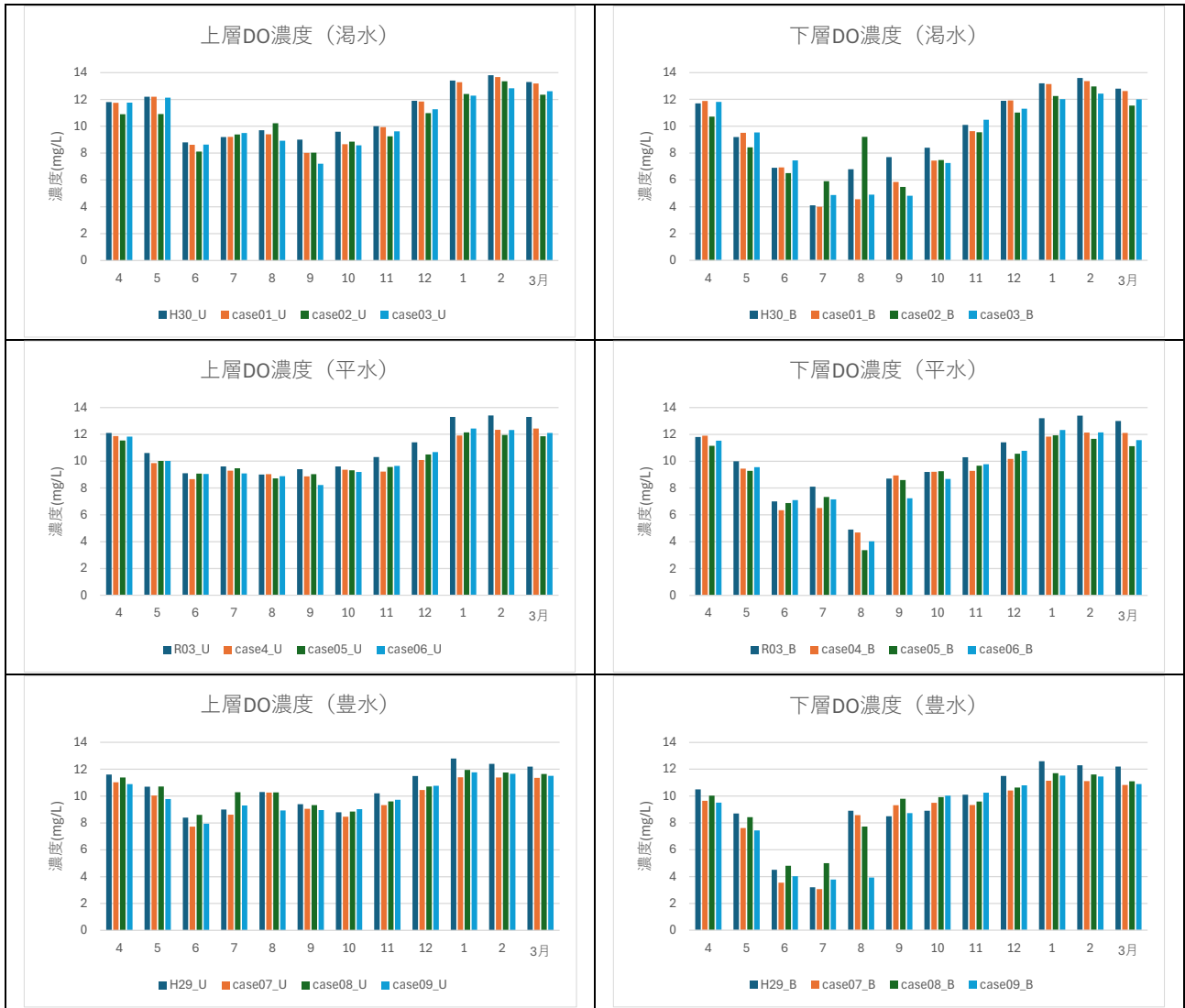


図 8-32(2) 渇水年・平水年・豊水年の現況基準年度と予測結果の月平均濃度(DO)

シナリオ間の将来変化特性をみるために、基準年度（渇水年：平成 30 年度，平水年：令和 3 年，豊水年：平成 29 年度。以下現況ケース）に対する年度平均値の濃度比率として整理し，渇水年，平水年，豊水年各 3 ケースの比率の幅を将来の濃度変化の幅として評価を行った。

クロロフィル-a (Chl-a) は豊水年では濃度が低下するが，これは流入水量の増加により滞留時間が短くなること，日照時間が少なくなることが要因であると考える。2-MIB については，渇水年の表層での濃度の上昇幅が大きい結果となった。

COD については，全てのシナリオで現況より濃度が 1.1~1.2 倍程度上昇する結果となった。 渇水年のケースで濃度の上昇幅が大きい要因としては，クロロフィル-a 濃度の上昇に伴う有機物の増加に加え，滞留時間の低下に伴う湖内で生産される溶存態有機物の残留によるものと考えられる。

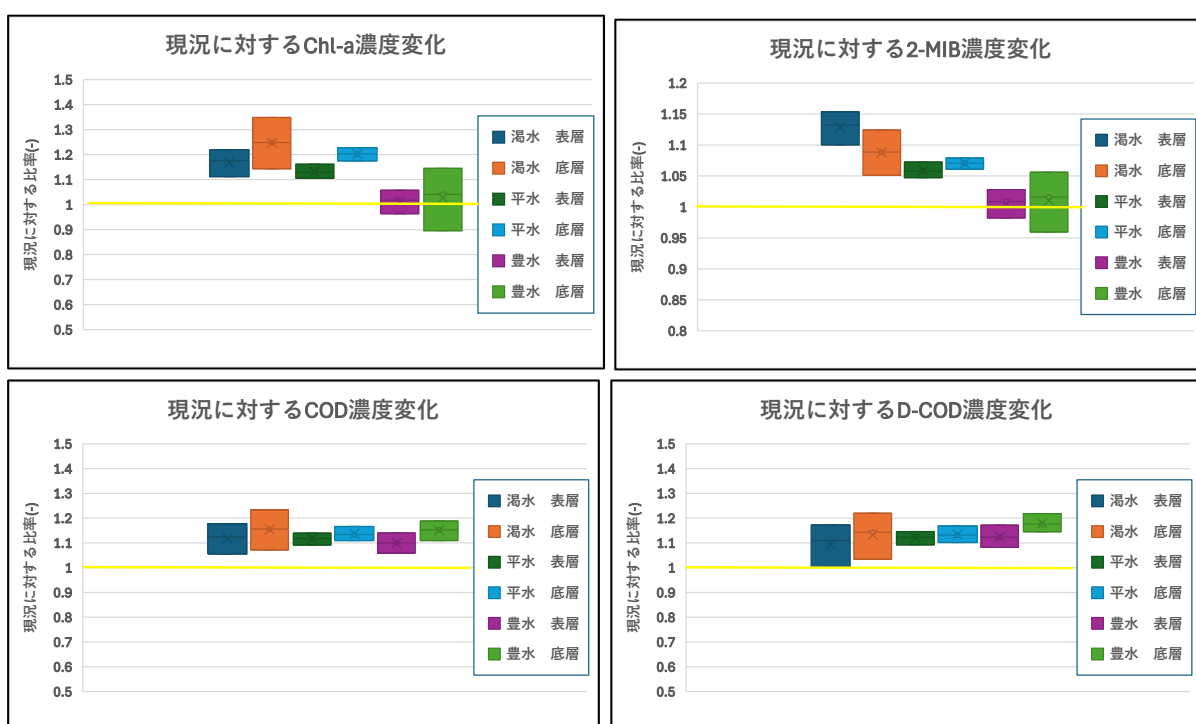


図 8-33 現況に対する予測結果の濃度変化(Chl-a, 2-MIB、COD、D-COD)

T-P については，全てのケースで同程度の濃度上昇幅を示しているが，その内訳としては渇水年では DOP（溶存態有機リン）の濃度上昇幅が大きくなっている。これは渇水により滞留時間が長くなり，湖内で生産される溶存態有機物が残留しやすくなるためと考えられる。

T-N については，渇水年では濃度変化の幅が大きくなっている。これはシナリオケース 1 (s1) で硝酸態・亜硝酸態窒素の流入量が減少したことが要因であると考えられる。

平水年において，底層での濃度上昇幅が大きいのは水温上昇による溶出の増加と鉛直混合が弱まるためであると考えられる。

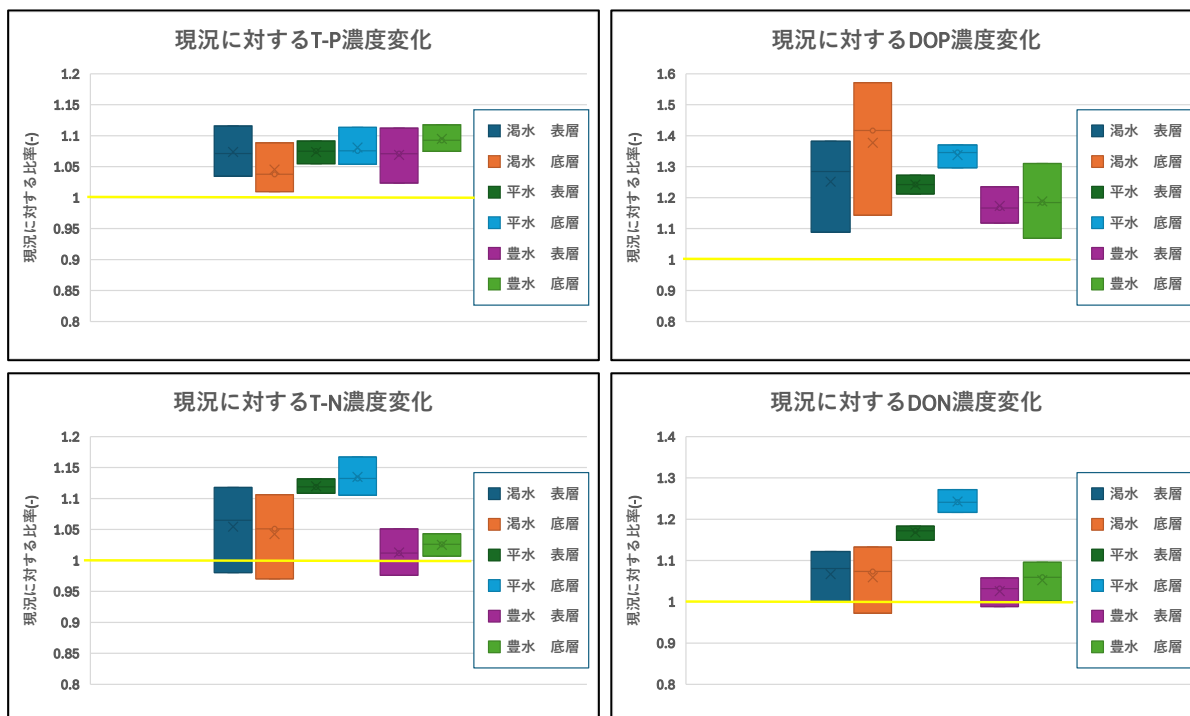


図 8-34 現況に対する予測結果の濃度変化(T-P, DOP, T-N, DON)

DO は全てのシナリオで現況より低下する結果となった。気温上昇に伴う水温上昇により飽和濃度自体が下がること、分解や生物の呼吸が増えることにより消費が増加することが主要因であると考えられる。SS については、気温上昇に伴う蒸発散量の増加と降雨パターンの変化による河川からの供給量の低下等により現況より濃度が低下する結果となった。

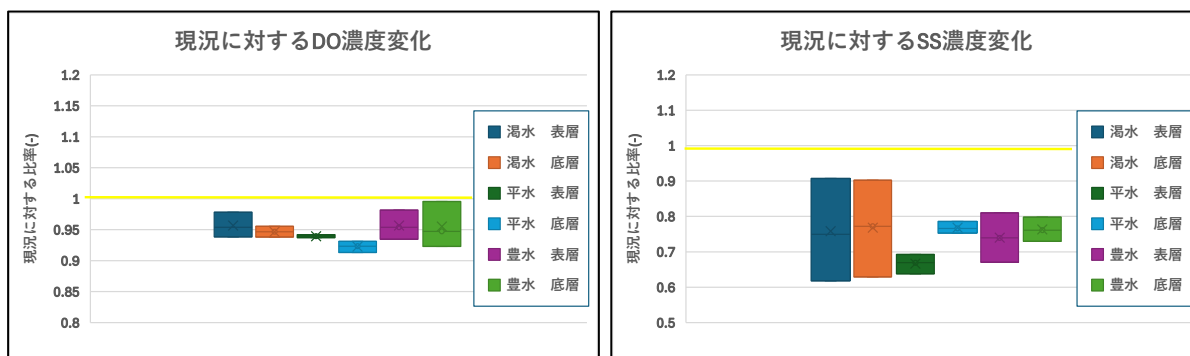


図 8-35 現況に対する予測結果の濃度変化(DO, SS)

#### 8.4.2 感度計算その1(曝気装置の運転を変えた場合の予測)

気候変動の影響が顕在化していたと考えられる令和5年度、及び将来予測シナリオの渇水年・平水年を対象として、(1)曝気装置の運転を停止した場合、(2)冬季も曝気装置の運転を継続した場合、の流況・水質を予測した。

##### (1) 曝気装置の運転を停止した場合

令和5年度を対象として曝気装置の運転を停止した場合の水温の時系列を図8-36(b)に、その年の曝気装置運用状況を図8-37(1)に、chl-a・DOの時系列を図8-38(a)にそれぞれ示す。また、将来予測シナリオを対象として曝気装置の運転を停止した場合の水温の時系列を図8-39に、クロロフィル-a(chl-a)・DOの時系列を図8-38(b)にそれぞれ示す。

曝気装置を停止した場合、夏季の水質濃度に現況からの変化が表れている。具体的には、曝気装置を停止したケースでは8月から9月にかけて下層DO濃度の低下がみられ、中層についても現況ケースより低い濃度となっている。クロロフィル-a濃度についても中層・下層で夏季に現況より濃度が低下する傾向がみられ、鉛直方向の濃度差が広がっている結果となっている。

##### (2) 冬季も曝気装置の運転を継続した場合

令和5年度を対象として冬季も曝気装置の運転を継続した場合の水温の時系列を図8-36(1)に、その年の曝気装置運用状況を図8-37(1)に、chl-a・DOの時系列を図8-38(c)にそれぞれ示す。また、将来予測シナリオを対象として冬季も曝気装置の運転を継続した場合の水温の時系列を図8-40に、クロロフィル-a(chl-a)・DOの時系列を図8-38(c)にそれぞれ示す。

曝気装置を通年稼働したケースについては、この計算ケースにおいては現況ケースからの濃度差はみられていない。冬季においては現況ケースにおいても鉛直方向の濃度差は計算されていないため、冬季に曝気装置を用いて鉛直混合を行っても計算結果に影響は表れなかったものとする。

本計算では、主に夏季の計算結果において、曝気装置稼働の効果として下層水の貧酸素化の抑制および植物プランクトンの鉛直混合の促進を確認することができた。釜房ダム流域における将来的な気候変動予測より、冬季の水温上昇と植物プランクトンの増殖が懸念されていることから、今後、曝気装置の効果的な運用や、水道水取水のための鉛直方向の水質の非均質化などの適応策の検討を行う必要があると考えられる。

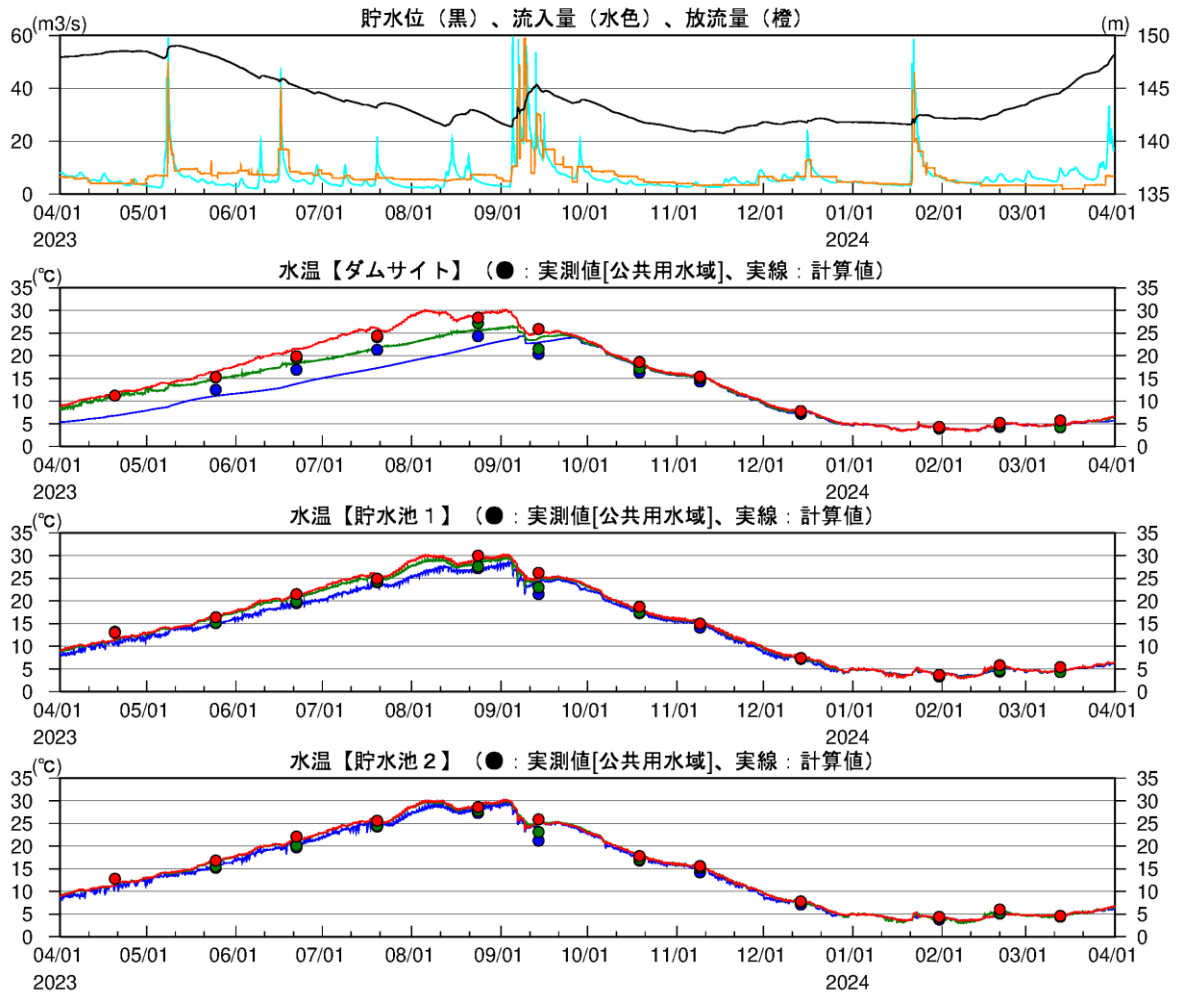


図 8-36(1) 水温の実測値と計算値の比較(曝気装置運転無し) 令和 5(2023)年度 (ダムサイト, 貯水池 1, 貯水池 2)

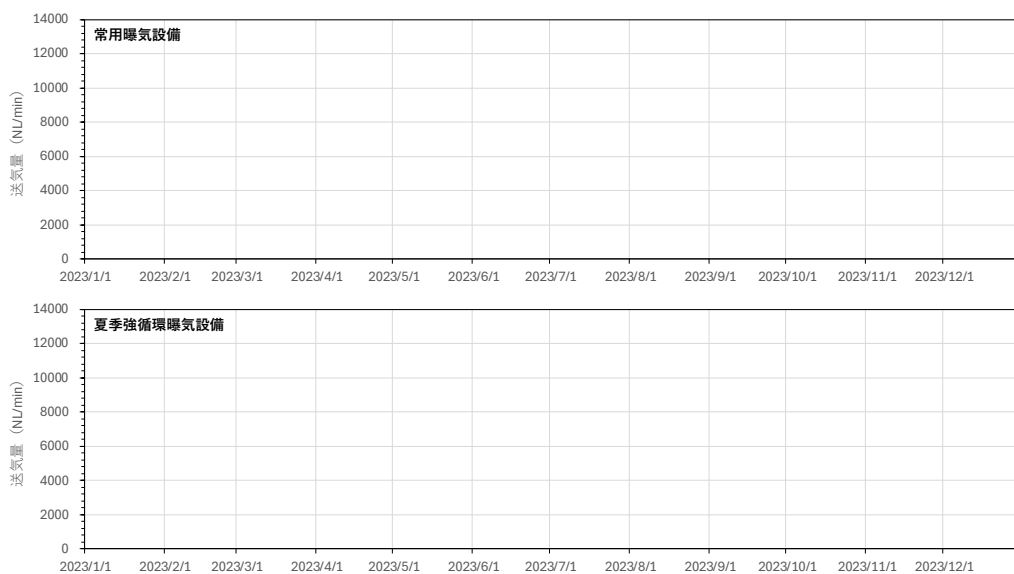


図 8-37(1) 曝気装置運用状況(令和 5(2023)年, 曝気装置運転無し)

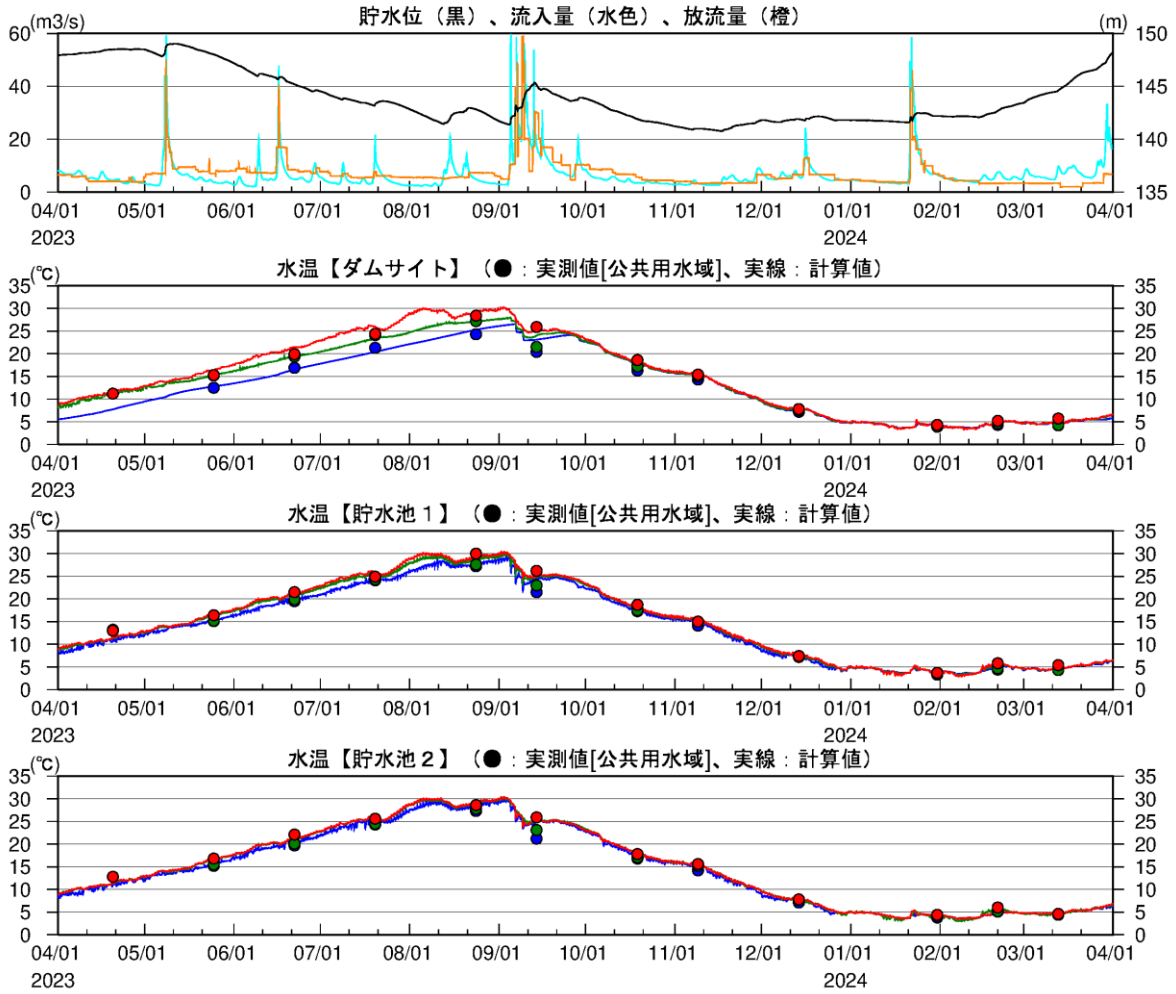


図 8-36(2) 水温の実測値と計算値の比較(曝気装置を全年運転) 令和 5(2023)年度 (ダムサイト, 貯水池 1, 貯水池 2)

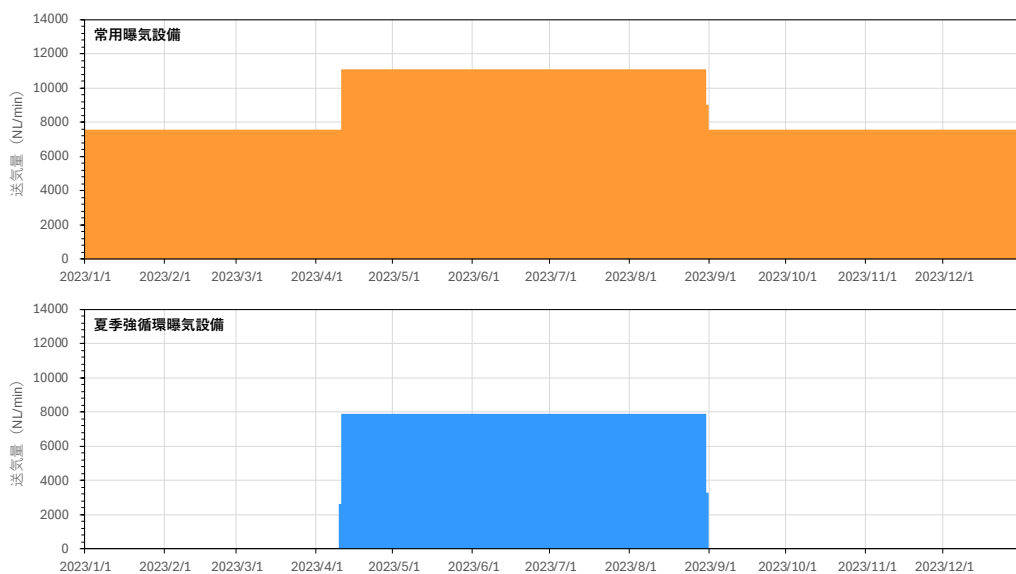
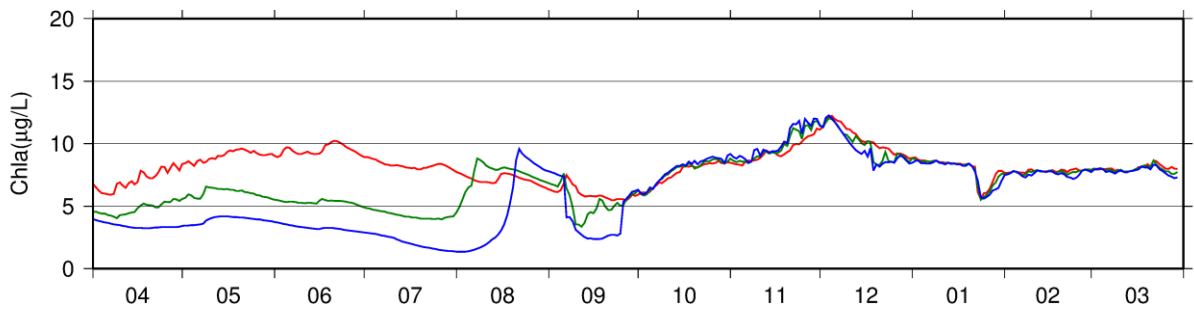
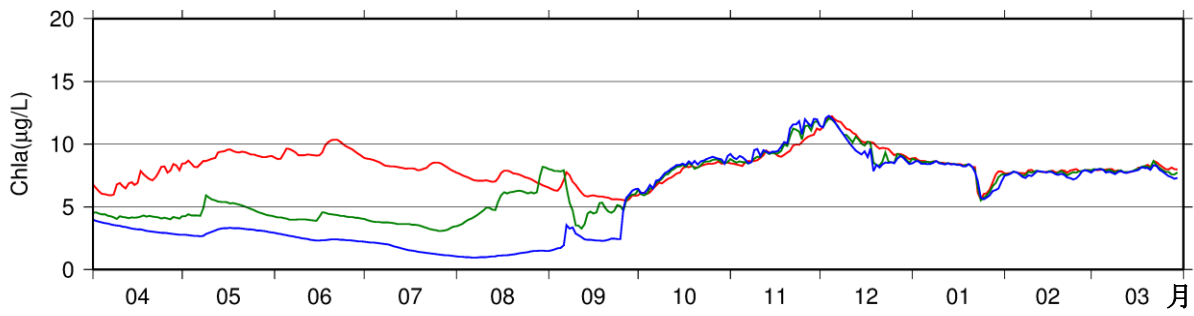


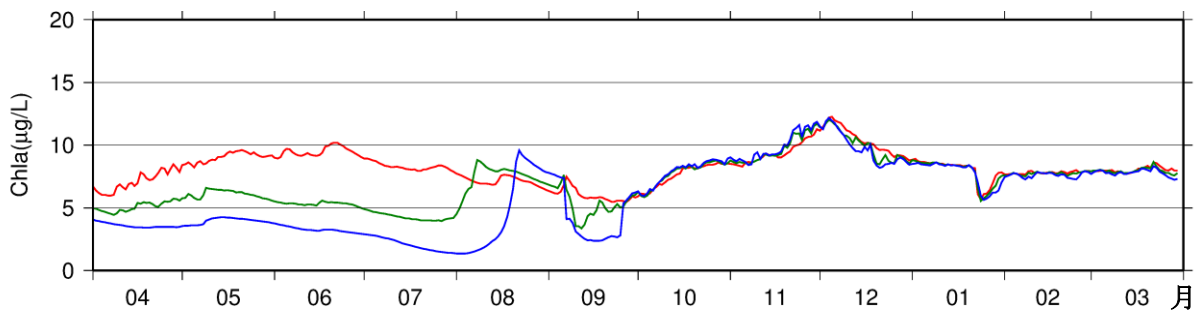
図 8-37(2) 曝気装置運用状況(令和 5(2023)年, 曝気装置を全年運転)



(a) 令和 5(2023)年度現況ケース



(b) 曝気装置運転停止



(c) 曝気装置通年運転

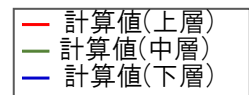
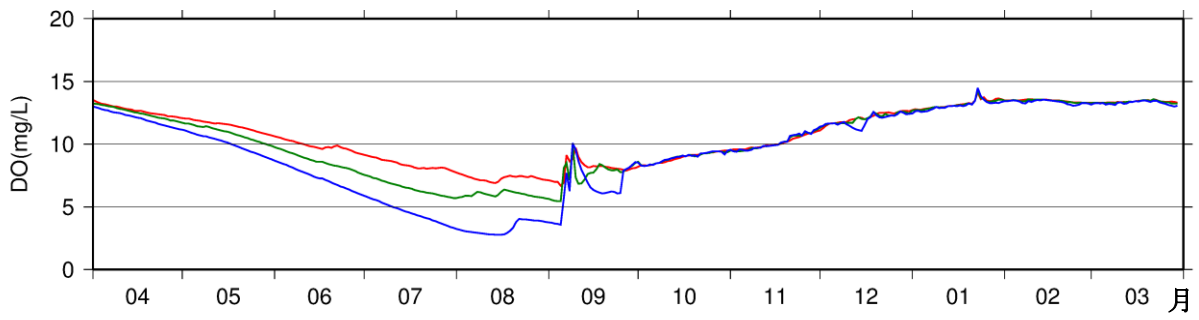
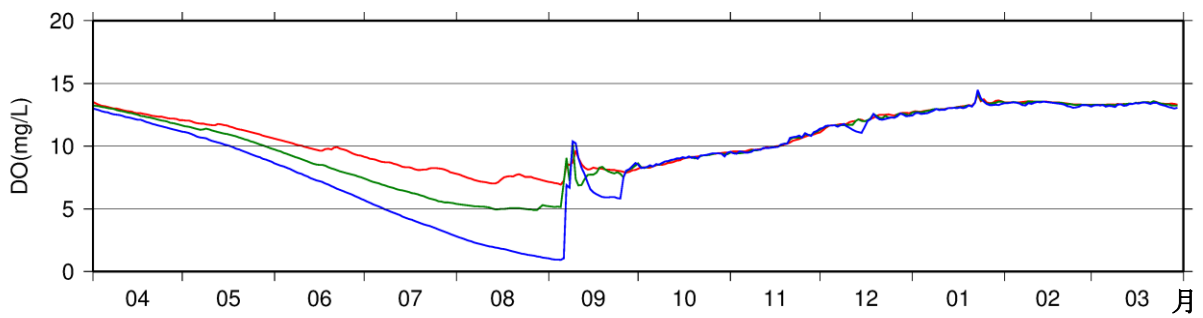


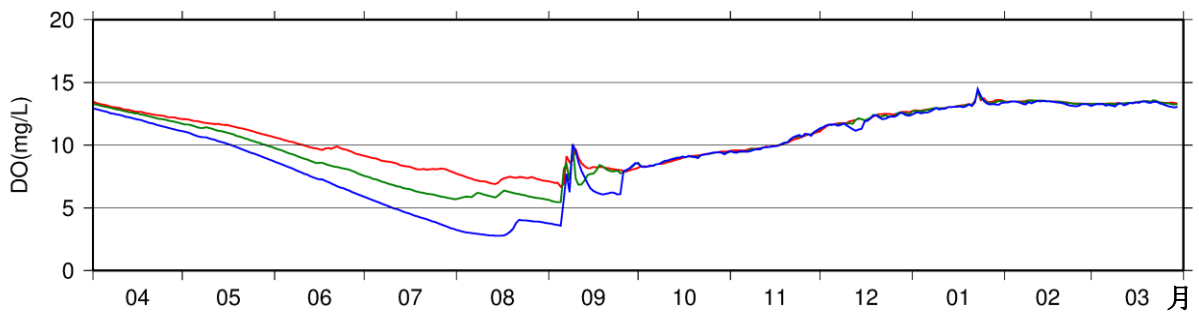
図 8-38(1) クロロフィル-a 濃度の計算結果の比較(令和 5(2023)年度現況, 曝気装置運転無し, 曝気装置通年運転)



(a) 令和 5(2023)年度現況ケース



(b) 曝気装置運転停止



(c) 曝気装置通年運転

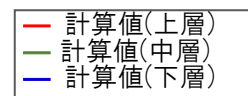


図 8-38(2) DO 濃度の計算結果の比較(令和 5(2023)年度現況、曝気装置運転無し、曝気装置通年運転)

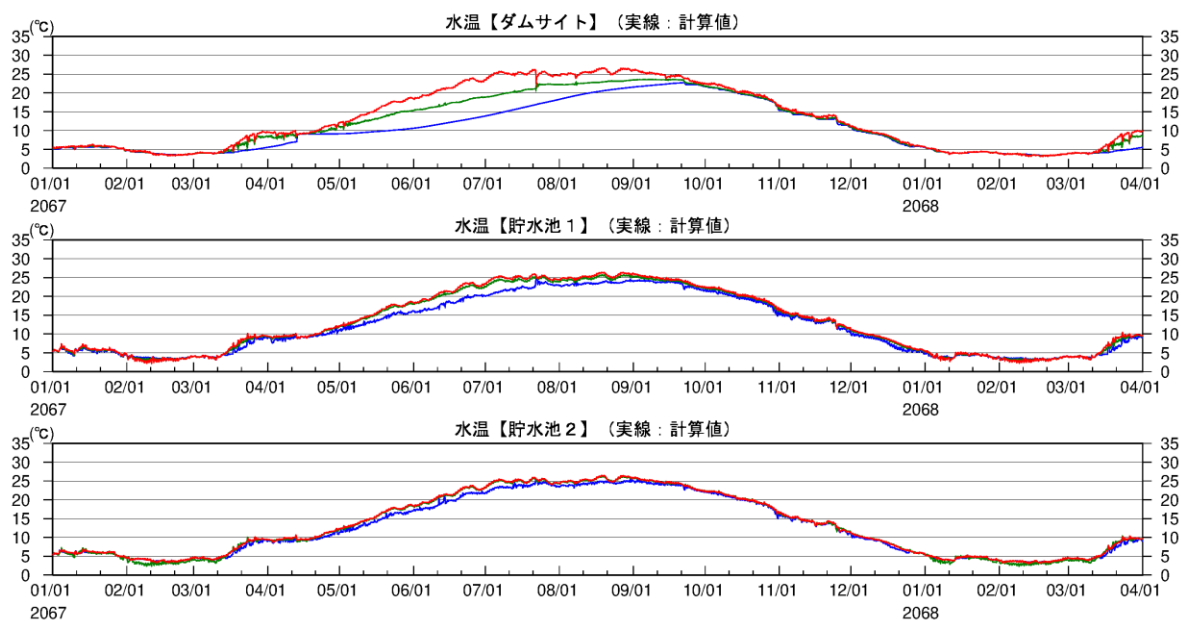


図 8-39(1) 水温の予測結果(曝気装置運転無し) 将来予測シナリオ case01  
(ダムサイト, 貯水池 1, 貯水池 2)

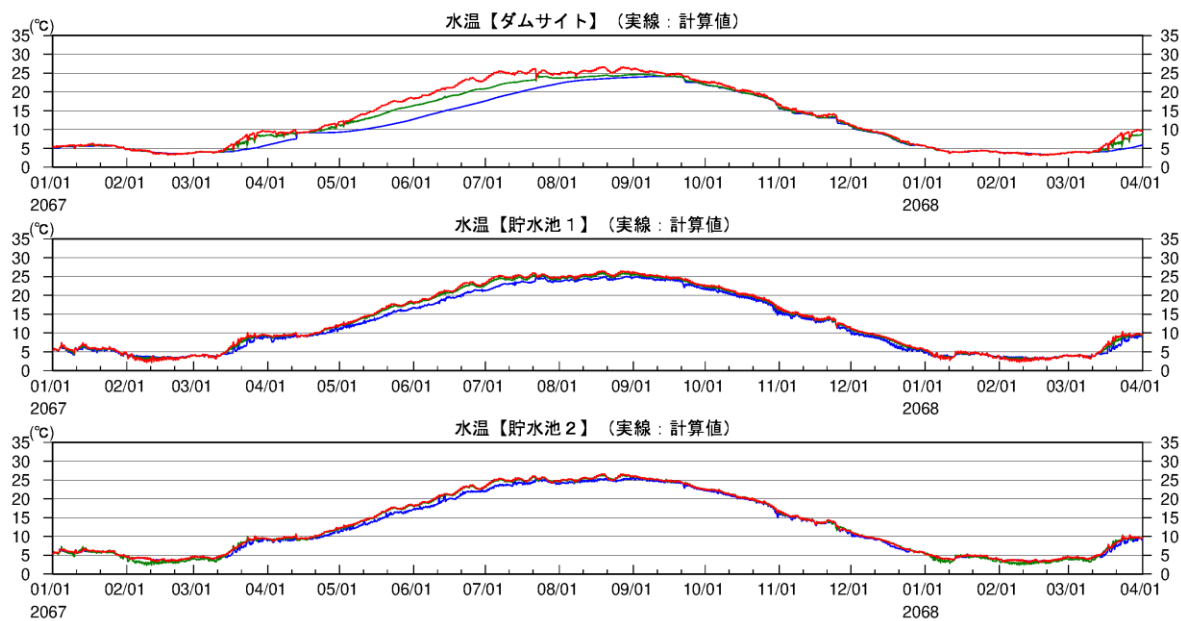


図 8-40(1) 水温の予測結果(曝気装置を通年運転) 将来予測シナリオ case01  
(ダムサイト, 貯水池 1, 貯水池 2)