

第 9 回大阪府河川周辺地域の環境保全等審議会  
安威川ダム環境改善放流検討部会の検討内容について  
(水質予測検討)

平成 29 年 3 月 24 日 (金)

大 阪 府

## ■目 次

1. 安威川ダム事業計画の変遷 .....	資料 2-1
2. 水質保全対策の検討の流れ .....	資料 2-2
3. 検証ダムの選定 .....	資料 2-3
4. 安威川ダムの水質予測における基本条件.....	資料 2-6
5. 安威川ダムの予測計算結果 .....	資料 2-8
6. 水質保全方針 .....	資料 2-10
7. 保全対策を実施した予測結果 .....	資料 2-13
8. 最大リスクを考慮した検討 .....	資料 2-20
9. 部会での主な意見と対応 .....	資料 2-24
10. 検討結果を踏まえた施設の必要性.....	資料 2-25
11. 施設運用の検討 .....	資料 2-26

# 1. 安威川ダム事業計画の変遷

## 1.1 安威川ダムの事業計画の変遷

○安威川ダムでは、平成8年に大阪府条例に基づく環境影響評価の手続きを実施している。  
 その後、平成18～19年度に新規開発容量の縮小に伴う事業計画変更時に、水質予測及び保全対策の検討を行った（以下「既往検討」という）。  
 ○平成26年からは、新規開発容量を環境改善容量（フラッシュ放流量（940,000m<sup>3</sup>））として位置付け、最大30m<sup>3</sup>/sのフラッシュ放流を計画しており、貯水池や下流河川の水質への影響を把握するため、フラッシュ放流による貯水池内の流動変化に留意して、安威川ダム貯水池およびその下流河川において水質予測および必要な水質保全対策の検討を行う。

### (1) 安威川ダム

変更前(環境影響評価書提出時)	変更後	変更の有無
形式:ロックフィルダム	形式:ロックフィルダム	無し
堤高:82.5m	堤高:76.5m	有り
堤頂長:368.5m	堤頂長:337.5m	有り

### (2) 貯水池

変更前(環境影響評価書提出時)	変更後	変更の有無
総貯水容量 22,900 千 m <sup>3</sup>	総貯水容量 18,000 千 m <sup>3</sup>	有り
湛水面積 約 92.4ha (サーチャージ水位(EL.130.6m)時)	湛水面積 約 81ha (サーチャージ水位(EL.125.0m)時)	有り
湛水面積 約 53ha (常時満水位(EL.111.3m)時)	湛水面積 約 34ha (常時満水位(EL.99.4m)時)	有り

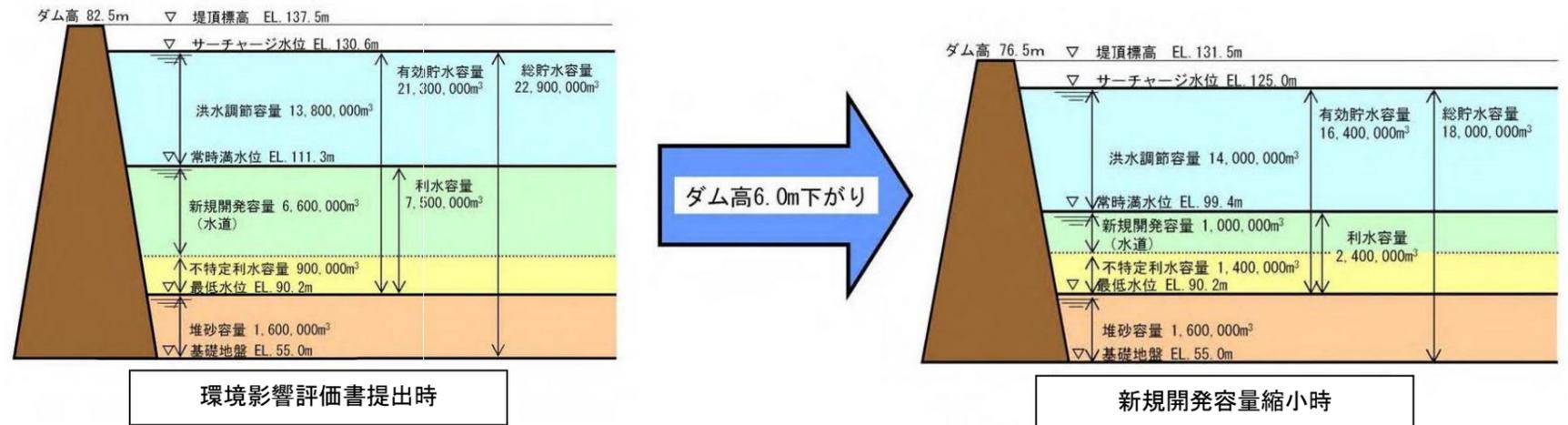


図 1-1 新規開発容量縮小時の変更概要

出典:大阪府河川整備委員会資料

諸 元		備 考
形式	中央コア型ロックフィルダム	土や岩石などで盛り立てるタイプ
高さ	76.5 m	20階建てのビルを超える高さ
長さ	337.5 m	ダム頂上部の長さ
天端幅	10.0 m	ダム頂上部の幅
体積	約222 万 m <sup>3</sup>	京セラドーム大阪の約2杯分
集水面積	52.2 km <sup>2</sup>	ダム湖に水が流れ込む範囲
湛水面積(平常時)	34 ha	平常時の湖面の広さ 京セラドーム大阪の約25個分
湛水面積(大雨時)	81 ha	大雨時の湖面の広さ 京セラドーム大阪の約60個分
総貯水容量	1,800 万 m <sup>3</sup>	京セラドーム大阪の約15杯分
有効貯水容量	1,640 万 m <sup>3</sup>	水が貯まる容量
洪水調節容量	1,400 万 m <sup>3</sup>	洪水をもたらす大雨を受けとめる容量
不特定利水容量	240 万 m <sup>3</sup>	・流水の正常な機能の維持と農業用水のための流量を合わせた容量 146万m <sup>3</sup> ・下流河川の環境改善のための放流に活用する容量 94万m <sup>3</sup>
堆砂容量	160 万 m <sup>3</sup>	湖底に堆積する土砂の容量

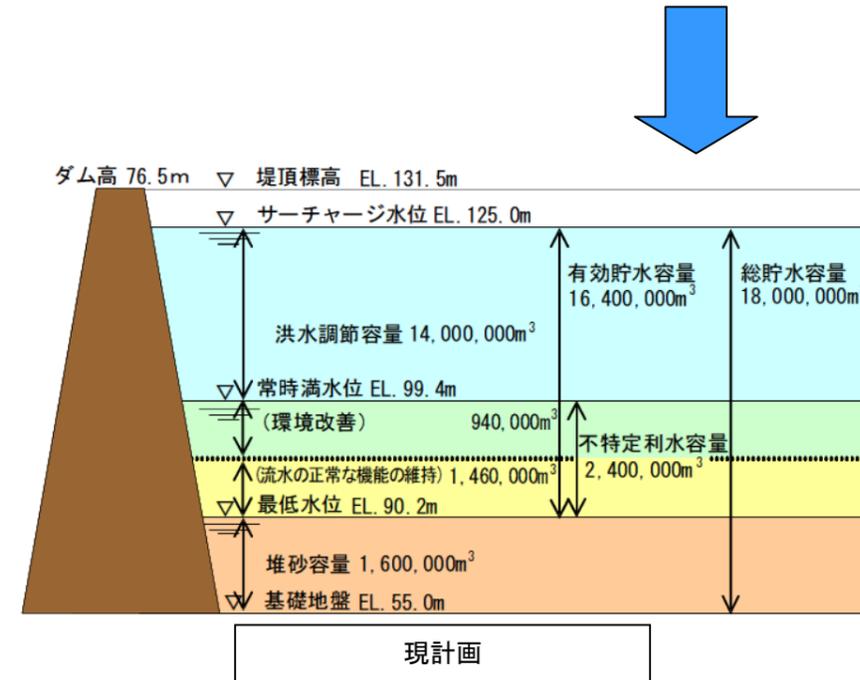


図 1-2 現在の安威川ダム計画

## 2. 水質保全対策の検討の流れ

- 水質予測検討を進めるにあたっては、既往検討結果を踏まえた予測を行う。
- 安威川ダムに適用するシミュレーションモデルは、環境改善容量を活用した貯水池運用とするほか、流入水質、流入水温等の入力条件も時点更新する。
- 施設設置後は、モニタリングを行いながら検証を行い、最適な運用を目指す。



図 3-1 検討の流れ

### 3. 検証ダムの選定

#### 3.1 検証ダムの選定

- 安威川ダムは建設中であるため、貯水池水質予測の検証は、運用を行っている安威川ダム近傍の類似ダム（検証ダム）に予測モデルを適用し、再現性を確認することとした。
- 検証ダムの抽出にあたっては、安威川ダムと比べて常時満水位容量が小さいダムや、発電など運用方法が違うダムについては対象外とした。
- 検証ダムとして、気象条件、貯水池規模、回転率（水理特性）、貯水池形状、濁質特性、流入水質から総合的に判断し、比奈知ダム（水資源機構所管）を選定した。

表 3-1 検証ダム選定

類似性を検討する項目	選定の考え方	補足
気象条件	安威川ダムの近傍にあるダムから 18 ダムを抽出	瀬戸内気候と異なる日本海側のダムは対象外とした
貯水池規模	堤高、堤頂長、流域面積、湛水面積、有効貯水量等が類似しているダムとして 4 ダムを選定	安威川ダムの規模を 1 とし、4 項目以上が 0.7~1.3 となる場合を類似と判断
回転率	貯水池の回転率が類似しているダムとして 8 ダムを選定	回転率（総流入量/総貯水容量、総流入量/常時満水位貯水容量）が安威川ダムの 0.5~2 倍である場合を類似と判断
貯水池形状	貯水池形状が二股等の枝分かれでなく、一列であるダムとして 10 ダムを選定	モデル作成における類似性
濁質特性	濁水長期化にかかわる出水時の流入濁質の粒度組成が類似したダムとして、7 ダムを選定	近畿農政局管理ダムおよび府県管理ダムはダム上流域の表層地質の類似性（堆積物が 8 割以上を占める）により判断 水資源機構ダムは出水時調査における流入 SS の粒度分布の類似性により判断
流入水質	富栄養化にとくに関係する項目として、TP および TN/TP 比に着目し、これらが類似したダムとして 6 ダムを選定	TP が、0.01mg/l（中栄養型の目安）以上、安威川ダムの 1.3 倍以下で、かつ、リン制限（N/P 比が 16 以上のダム）を類似と判断
総合評価	類似した項目が最も多い比奈知ダムを検証ダムとして選定	



図 3-1 貯水池モデルの検証ダム候補

表 3-2 検証ダム選定結果

ダム名	管理者	気象	貯水池規模	回転率	貯水池形状	濁質特性	流入水質
比奈知	水資源機構	○	○	○	○	○	○
高山	水資源機構	○			○		
青蓮寺	水資源機構	○					○
室生	水資源機構	○	○	○			
布目	水資源機構	○			○		
一庫	水資源機構	○					
日吉	水資源機構	○		○	○		○
滝畑	大阪府	○			○		
狭山池	大阪府	○		○	○	○	
蔵王	近畿農政局	○			○	○	
青土	滋賀県	○	○		○	○	
青野	兵庫県	○					
安室	兵庫県	○			○		
初瀬	奈良県	○		○	○		
七川	和歌山県	○					○
山村	三重県	○					○
君ヶ野	三重県	○	○	○		○	○
神路	三重県	○					○



貯水池	流域面積	75.5 km <sup>2</sup>	
	湛水面積	0.82 km <sup>2</sup>	
	湛水延長	4.6 km	
	平常時最高貯水位	EL. 301.0 m	
	洪水貯留準備水位	EL. 292.0 m	
最低水位	EL. 268.3 m		
	総貯水容量	20,800,000 m <sup>3</sup>	
	有効貯水容量	18,400,000 m <sup>3</sup>	
洪水調節容量	9,000,000 m <sup>3</sup>		
ダム	河川名	淀川水系 名張川	
	位置	右岸 三重県名張市上比奈知字上出 左岸 三重県名張市上比奈知字熊走り	
	形式	重力式コンクリートダム	
	堤頂長	355.0 m	
	堤高	70.5 m	
堤体積	約 430,000 m <sup>3</sup>		
放流設備	常用洪水吐設備	摺動式高圧ラジアルゲート 2門	放流量 940 m <sup>3</sup> /s
	非常用洪水吐設備	自由越流堤方式（天端側水路型式）純越流幅 189m	放流量 520 m <sup>3</sup> /s
	低水管利用設備	選択取水設備 鉛直直線多段式ローゲート 5m×34m（3段）	放流量 30 m <sup>3</sup> /s
	利水放流設備	主管ゲート（ジェットフローゲート径 1,600mm）	放流量 30 m <sup>3</sup> /s
	分岐管ゲート（ジェットフローゲート径 600mm）	放流量 3 m <sup>3</sup> /s	
せせらぎ管主バルブ（コンスリブバルブ径 200mm）	放流量 0.17 m <sup>3</sup> /s		
管理用水力発電設備	クロスフロー水車 77kW	放流量 0.3 m <sup>3</sup> /s	

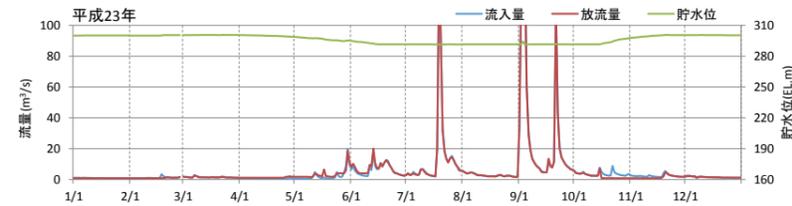
図 3-2 検証ダム（比奈知ダム）の概要

### 3.2 検証ダムによる検証計算・パラメータの設定

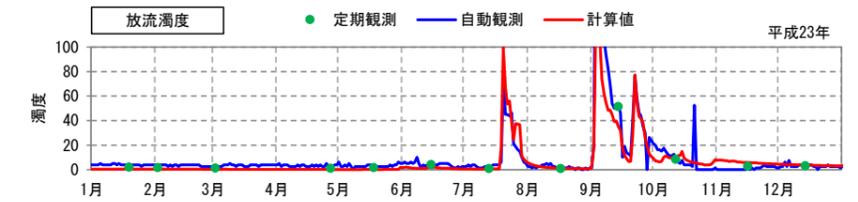
○検証ダムとして選定した比奈知ダムにおいて、平成22年度から平成26年度の5年間の流量を用いて検証計算を実施した。  
 ○流入水質はL-Q式を用いて計算を行うため、局所的に発生する高濁度の放流水等の追従性は低いが、全体的な水質の傾向を概ね再現できた。  
 なお、出水時等、局所的に高まる濁度については、L-Q式が平均的な流入水質を表現することを考慮して、標準偏差(+σ)にて別途確認を行った。

#### (1) 再現計算結果（平成23年の例）

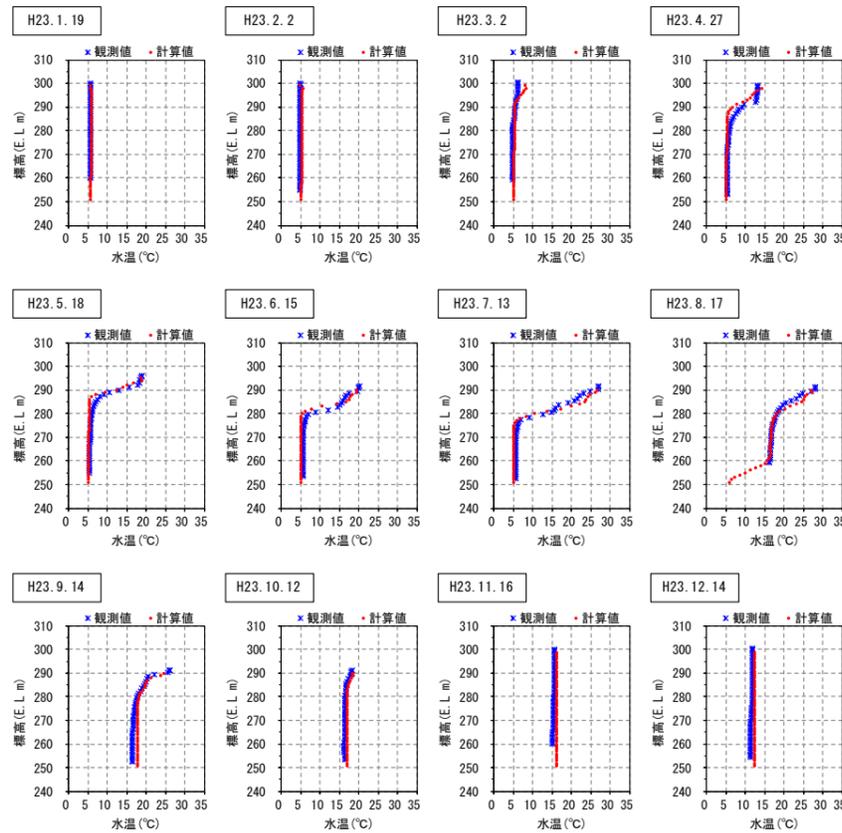
比奈知ダム流況



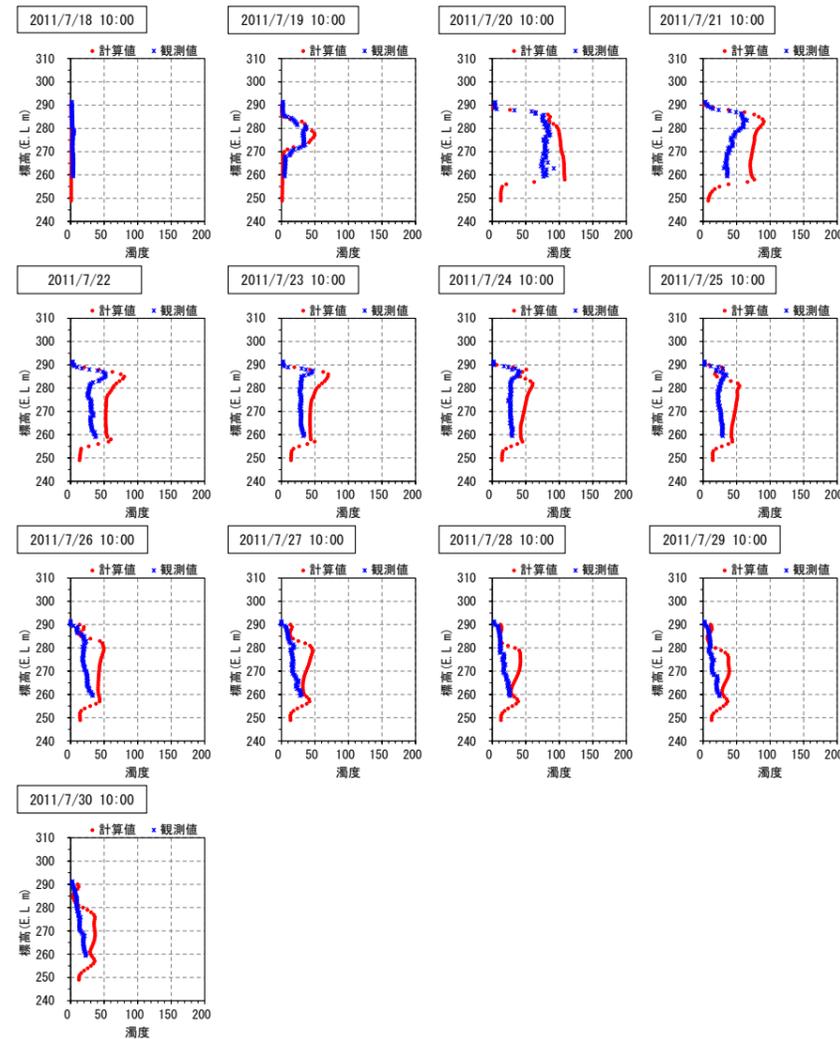
放流濁度（自動観測との比較）



水温鉛直分布  
 （定期観測結果との比較）



濁度鉛直分布  
 （7月出水後 自動観測データとの比較）



表層水質（COD、TN、TP、クロロフィル a）および底層水質（DO）  
 （第7回部会時より、珪藻類の増殖に関するパラメータを見直した）

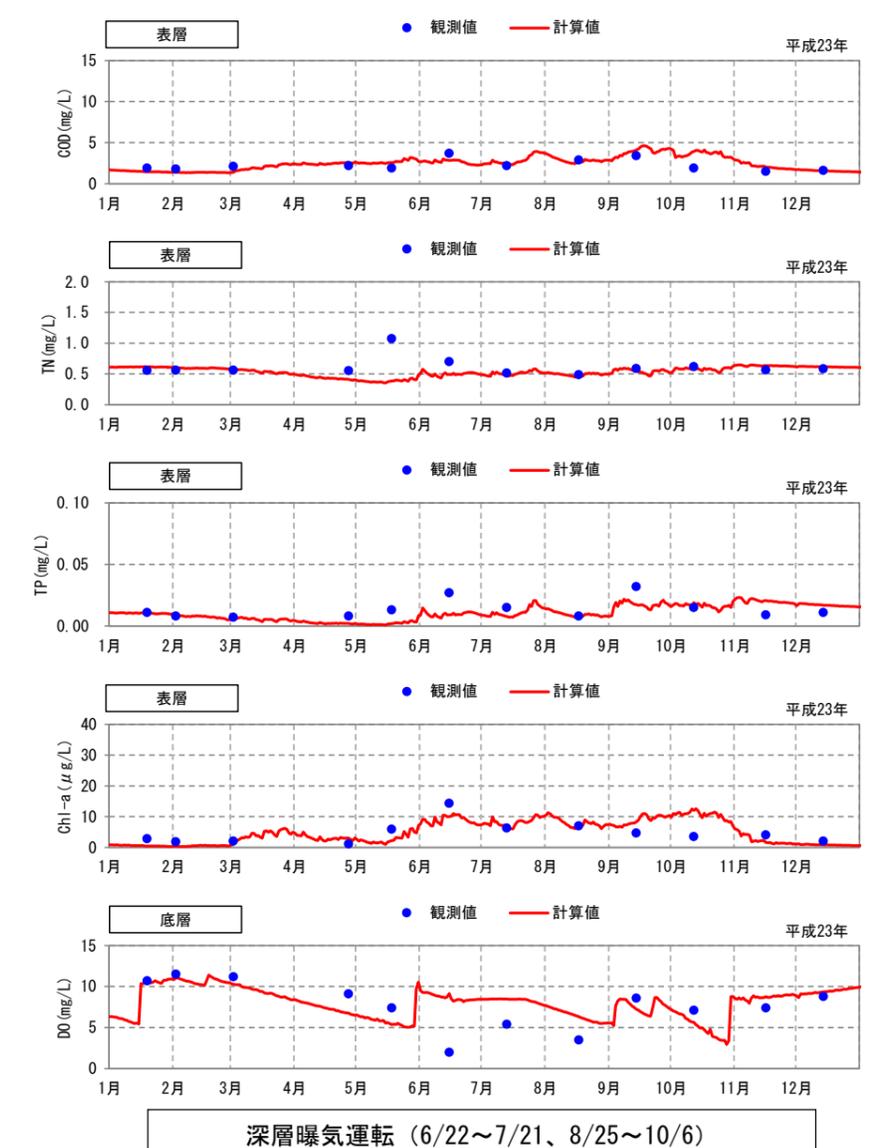


図3-3 検証ダム（比奈知ダム）における再現計算結果（平成23年の例）

## (2) L-Q 式の幅の考慮

・出水時の濁度の再現計算にあたって、モデルへの入力条件である L-Q 式（貯水池へ流入する濁りを表現）、流量と粒度分布と関係式（流量に応じた粒径変化を表現）等は、各出水で得られた実測データをまとめ、回帰式として作成しており、全体の傾向としてはおおむね再現していると考えられるが、個別の出水特性を完全には再現できない部分がある。

そこで、予測結果の幅を把握し、最大限のリスク等を想定しておくため、流入水質を L-Q 式の  $\pm\sigma$ （標準偏差）で与えた場合について確認した。

- ・その結果、平成 24 年の場合では、放流口高さ付近に高濁度層が形成される現象がこのモデルで再現できることが確認できた。
- ・また、出水によっては、L-Q 式の  $\pm\sigma$ （標準偏差）で与えた方が再現性が向上する場合もあり、予測結果は、予測条件によって幅を持つことに留意すべきことを確認した。

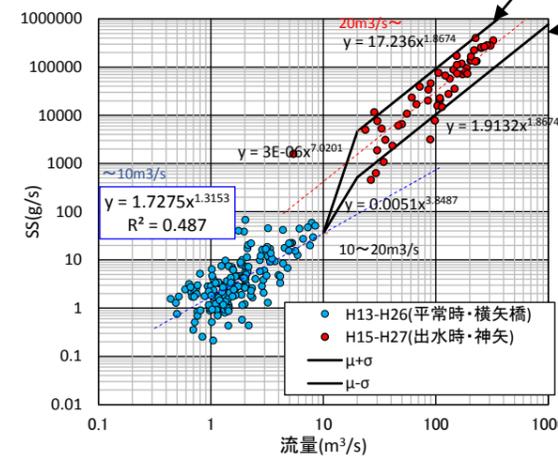
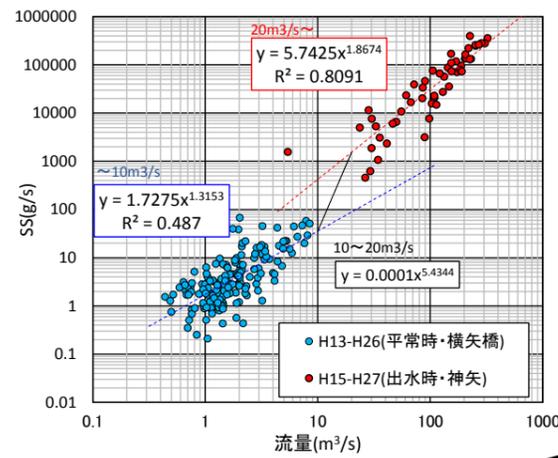
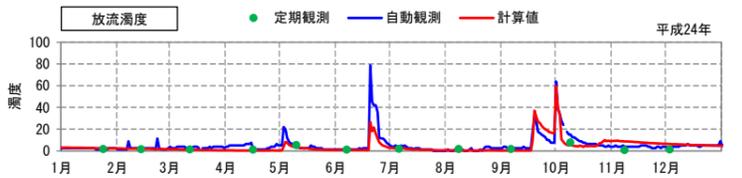
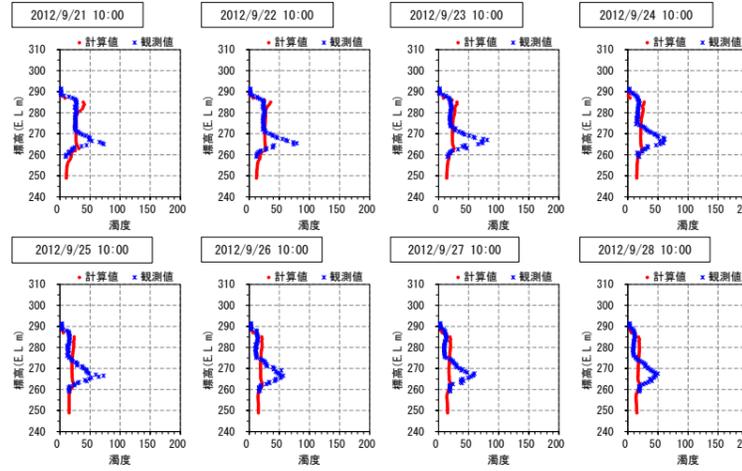


図 3-4 比奈知ダム LQ 式 出水時を  $\pm\sigma$  で設定した場合

## 流入 SS を LQ 式で設定 (平成 24 年)



## 流入 SS を LQ 式 + $\sigma$ で設定 (平成 24 年)

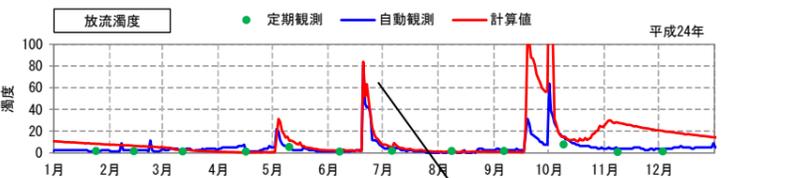
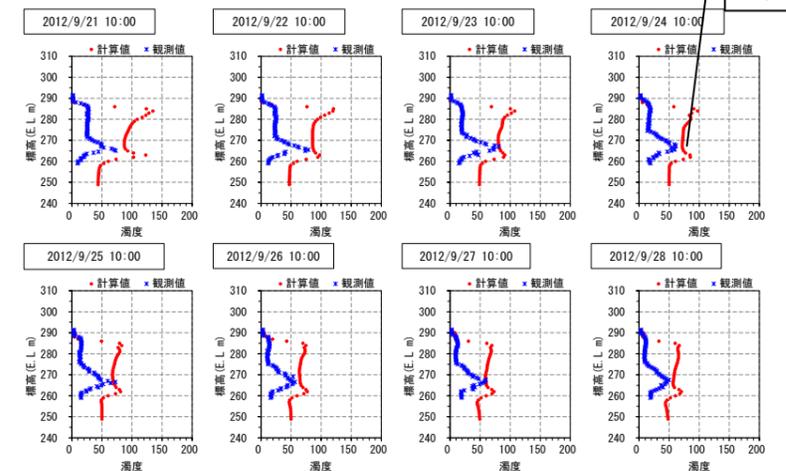
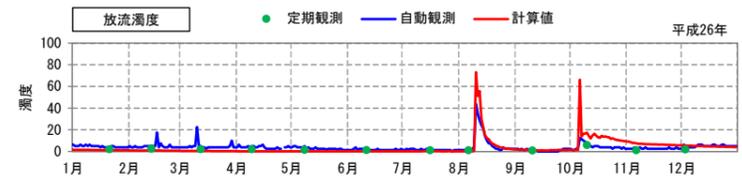
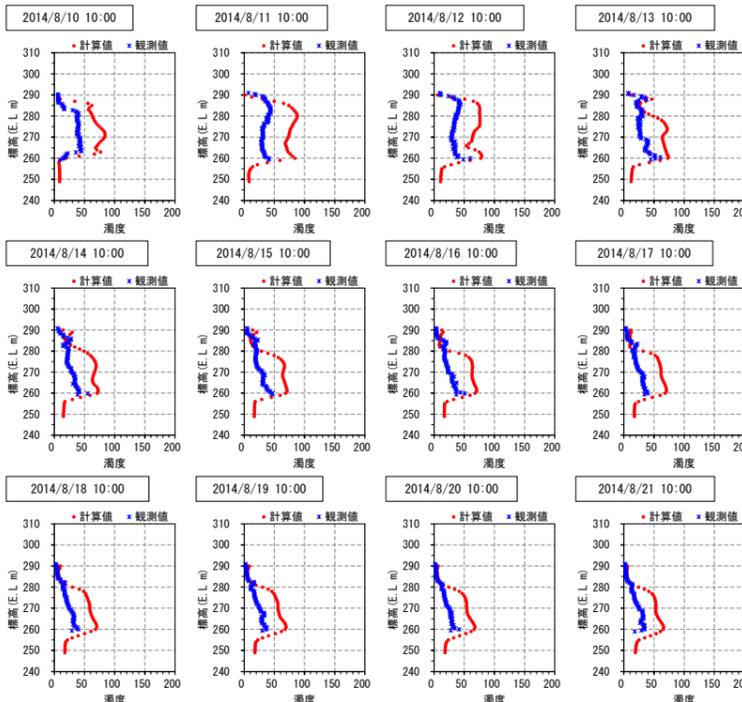


図 3-5 LQ 式 +  $\sigma$  で一部で精度向上傾向がみられた例 (平成 24 年 9 月出水)

放流濁度も一部で精度向上

高濁度層の位置を表現

## 流入 SS を LQ 式で設定 (平成 26 年)



## 流入 SS を LQ 式 - $\sigma$ で設定 (平成 26 年)

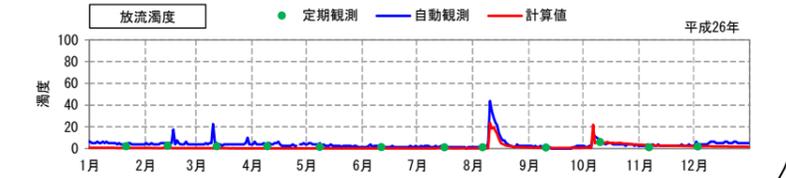
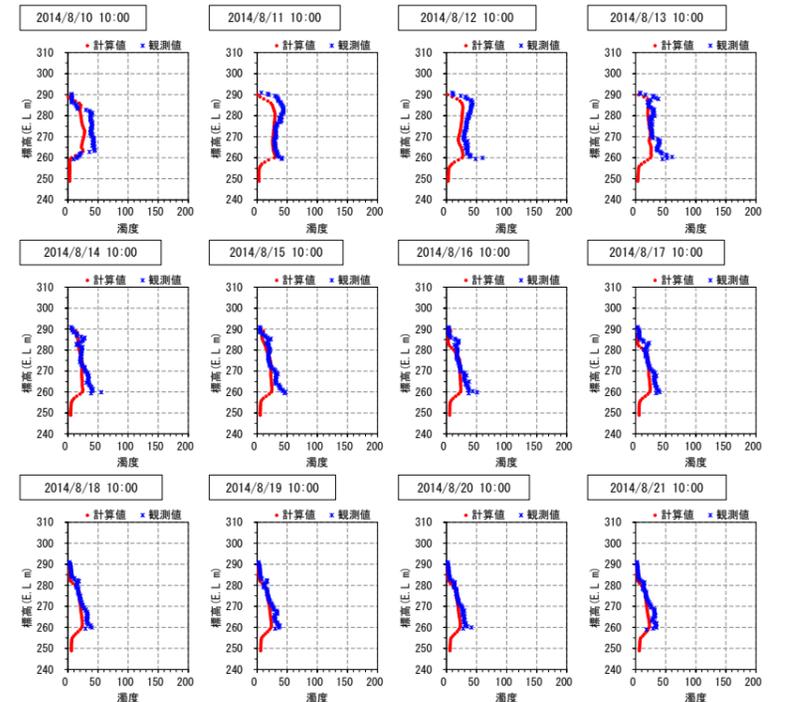
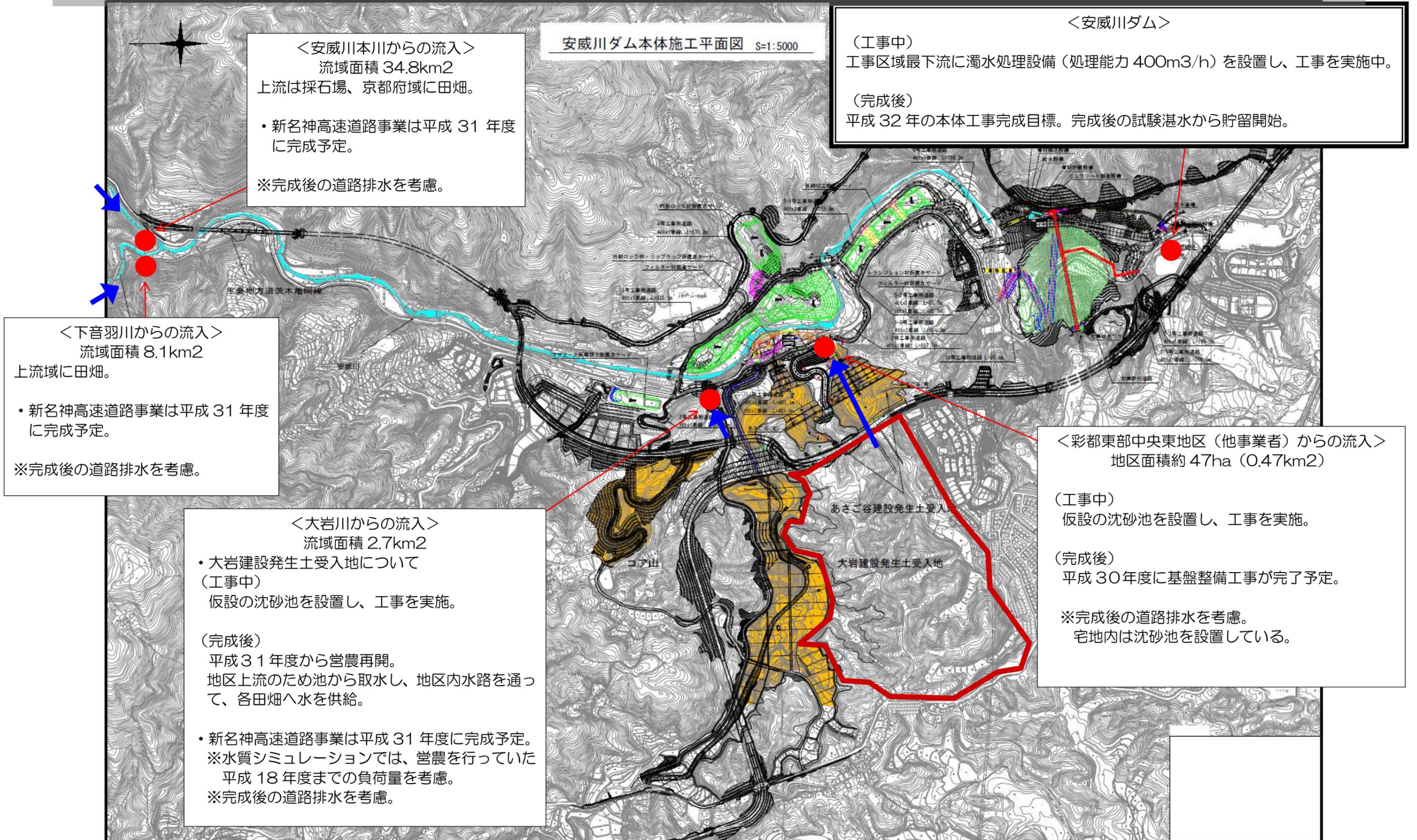


図 3-6 LQ 式 -  $\sigma$  で精度向上傾向がみられた例 (平成 26 年 8 月出水)

## 4. 安威川ダムの水質予測における基本条件

### 4.1 安威川ダム周辺の状況

○安威川ダムでの予測計算において、上流域の基本的な条件は図のように設定した。  
 なお、上流域の開発が遅れると想定した場合などの影響等は、別途確認を行った。



## 4.2 安威川ダムの予測条件

○安威川ダム貯水池内及び下流河川について、表 4-1 に示す条件を用いて、水質予測計算を行った。  
 ○比奈知ダムで設定したパラメータについて、安威川ダムの特性を踏まえ、適応するにあたって、一部調整を行った。

表 4-1 安威川ダムの予測条件

	安威川ダムの予測条件	考え方	検証ダム（比奈知ダム）の考え方との相違
再現対象期間	・平成 7 年～平成 16 年の 10 年間とする。	・水質予測にあたっては、さまざまな条件下で水温や水質の変化を評価するため、10 年程度の長期的な予測を行う。 ・10 年間の流量条件は、流量が比較的大きい年（平成 11 年等）から小さい年（平成 12 年、14 年等）まで幅広く含んでいる。	・同様の考え方
貯水池形状	・既往検討と同じ上下流方向の鉛直二次元メッシュを用いる。	・横断方向に比べて流下方向が長い形状を持ち、また鉛直方向に水質・水温変化が想定されることから、貯水池内を流下方向（100m 間隔）および鉛直方向（深さ方向）（1m 間隔）に分割し、鉛直二次元モデルで表現する。	・同様の考え方
放流条件	・不特定利水分を選択取水設備（取水範囲 EL. 85. 0m～EL. 99. 4m）より放流し、余剰分を洪水吐（EL. 99. 4m）より越流放流する。 ・選択取水設備の最大放流量は 1. 088m <sup>3</sup> /s。 ・既往検討では水道用水を一定放流していたが、今回、フラッシュ放流として、全量、専用管（EL. 85. 0m）にて放流する。	・放流水の SS、水温、水質予測結果は、各取水・放流設備に対応する放流水質を、取水・放流量に応じて加重平均して算出する。	・同様の考え方
流入水質	・平常時および出水時の水質調査結果から作成した流量と負荷量の関係式（LQ 式）により与える。 ・平成 6 年～平成 18 年のデータに平成 28 年 3 月までのデータを追加（大岩川は営農時の負荷量を考慮し平成 18 年までのデータを使用）。ただし、窒素、リンは形態別に LQ 式を作成するため、形態別の実測データのある平成 18 年 4 月～平成 28 年 3 月とする。 ・さらに、ダム上流域での開発として、新名神高速（8. 8ha）およびあさご谷（4. 5ha）の路面からの負荷量を見込む。	・LQ 式はデータ数が重要であり、また水質レベルの大きな変化はみられないことから、平成 28 年 3 月までのデータを追加する。 ・LQ 式は、平常時、出水時を通して 1 本の相関式で表現する。	・検証ダムでは平常時と出水時で傾向が異なるため相関式を分けた。
		・COD、0-N、0-P の懸濁態の成分は、濁質に付着して流入するものとする。	・同様の考え方
		・LQ 式で得られる負荷量に、新名神高速およびあさご谷の路面からの排水負荷量として、COD、TN、TP の原単位から得た負荷量を加えた。	・安威川上流域の将来形を考慮した。 ・通行台数の類似する文献での負荷量を参照。
流入濁水の粒度分布	・安威川ダムの出水時の濁水中の粒度分布データ（平成 18 年以降の結果）に基づき、流量により変化する粒径別割合を 5 段階に区分して考慮する。	・平成 18 年以降の出水時に採水した濁水中の粒度分布（沈降筒による沈降試験から算出）を採水時の流量と関係づけて、流量により変化する粒径別割合を考慮した。	・同様の考え方 （ただし、検証ダムでは沈降試験は実施していない）
		・貯水池内における濁質は、粒径毎に Stokes の式により沈降するものとする（ただし、Stokes 式は濁質を球形と仮定したものであるため、検証ダムにおける再現計算を通じて沈降速度等を調整）。	・同様の考え方
流入水温	・大阪管区気象台の 3 日平均気温（下記補正後）と平常時の流入水温の関係式を作成し、これをもとに与える。	・流入水温は、当日を含めた前 3 日間の平均気温と関連性が高いと考え、これらの関係式とした。	・同様の考え方
気象条件	・大阪管区気象台観測データに基づき、気温、風速、湿度、日射量、雲量を与える。気温は近傍の高槻市役所観測データにより補正を行う。	・予測に必要な項目が揃っている地点として大阪管区気象台データを基本とした。	・検証ダムではダム地点の観測データを基本とした
水質保全対策	・水質予測計算の結果に応じて、選択取水設備の運用検討、濁水防止フェンスおよび浅層曝気装置・深層曝気装置の設置・運用検討を行う。	・選択取水設備、濁水防止フェンスおよび浅層曝気・深層曝気は鉛直二次元モデルでその効果を定量的に予測可能である。	・検証ダムでは選択取水設備、分画フェンスおよび深層曝気装置を実施

### 流量条件

- ・流入量および放流量は、利水計算における安威川ダムの日データを用いる。ただし、出水時（日流入量 20m<sup>3</sup>/s 以上とする）は時間データを作成した。
- ・出水時の流入量は、利水計算値における日合計流入量を、桑原橋地点の時間流量観測データの変動率を用いて時間配分して作成した。
- ・出水時の放流量は、不特定利水容量については一定放流とし、余剰分については桑原橋地点の時間流量観測データの変動率を用いて時間配分して作成した。
- ・フラッシュ放流の実施日は、フラッシュ放流計画を反映した利水計算結果に基づいた。
- ・フラッシュ放流時の時間放流量は、環境改善放流波形に基づき作成した。フラッシュ放流期間中の流量の割り振りは、予測段階では、フラッシュ放流時は、全量専用管（EL. 85. 0m）とした。

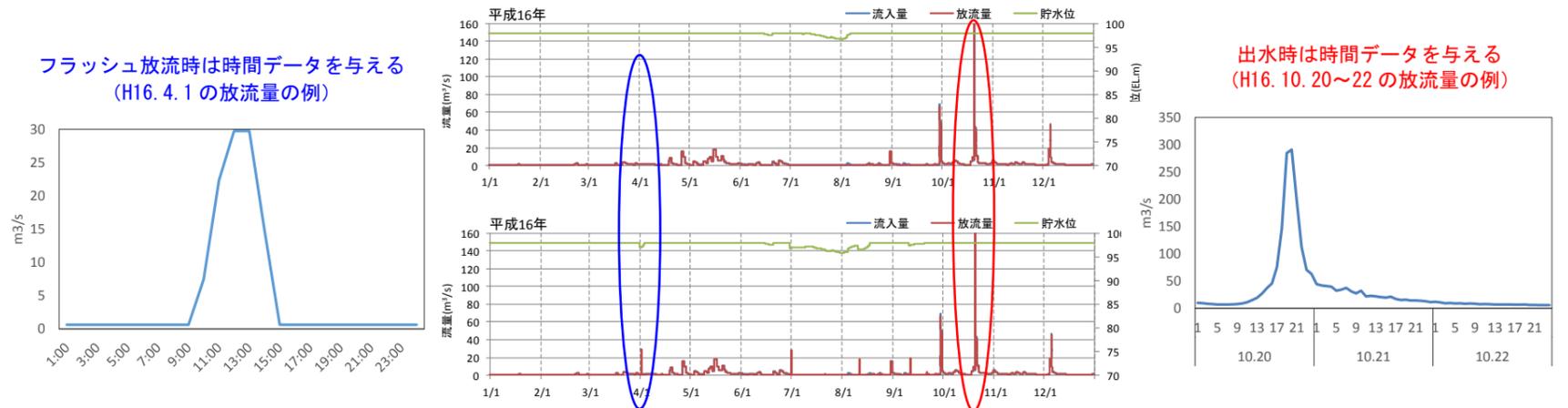
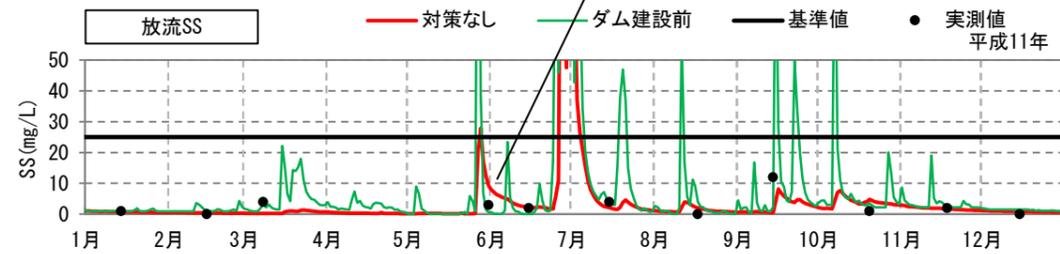


図 4-1 安威川ダム流量条件設定方法

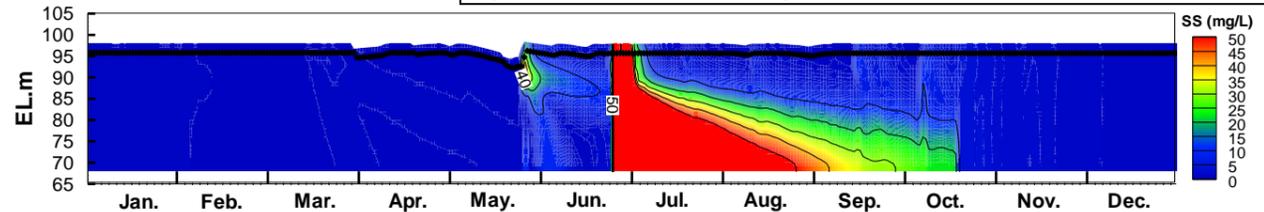
## 5. 安威川ダムの予測計算結果（フラッシュ放流実施・保全対策なし）

- フラッシュ放流を実施し、保全対策がない場合の予測の結果、濁水放流（流入水よりも放流水の方が高いSS）、フラッシュ放流時の冷水放流、春季～秋季にかけての富栄養化現象が生じることが予測される。
- 濁水放流および冷水放流は、水温躍層が形成され、貯水池内で水温分布（密度分布）が生じること、富栄養化現象は比較的流入TP濃度が高いこと、等が要因としてあげられる。

【放流SS予測結果（平成11年の例）】



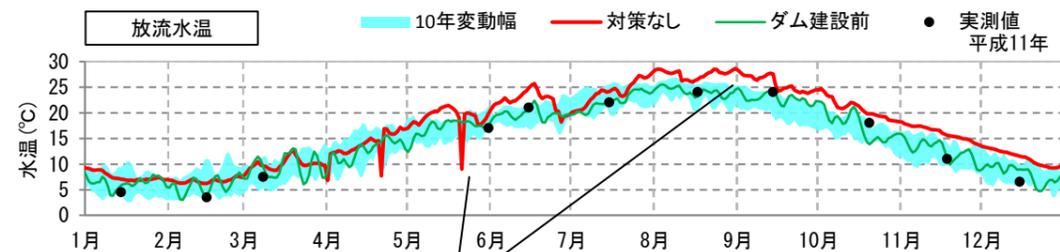
【ダムサイトSSコンター図】



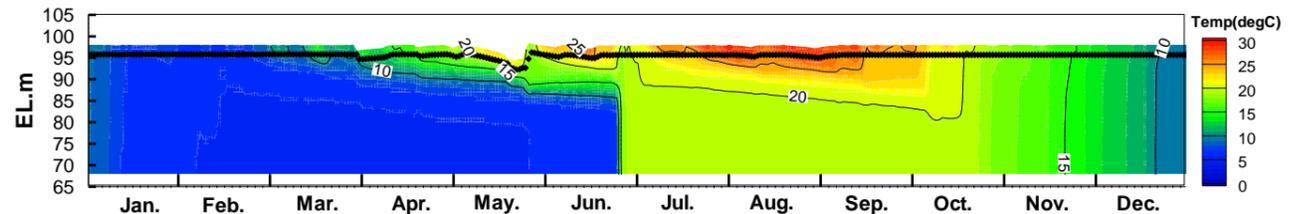
放流SS

	単位: mg/L						SS25mg/L 超過日数 (全体)	単位: 日		単位: 日					
	ダム建設前			ダム建設後				ダム建設前	ダム建設後	ダム建設後 対策なし(濁水長期化日数の内)					
	最大値	最小値	平均値	最大値	最小値	平均値				濁水長期化 日数	濁水長期化 最大連続日数	SS5.6mg/L 以上日数	SS25mg/L 以上日数	SS最大 上昇幅	SS平均 上昇幅
平成7年	519.4	0.2	10.1	113.3	0.2	2.6	20	10	12	4	4	1	5	0	
平成8年	108.0	0.0	5.9	8.6	0.1	1.0	13	0	13	9	2	0	2	0	
平成9年	445.8	0.8	10.6	100.7	0.1	2.9	27	6	38	13	13	0	5	0	
平成10年	502.8	0.0	16.2	128.6	0.3	4.9	37	15	31	26	22	3	11	0	
平成11年	1259.3	0.0	12.4	281.4	0.1	4.2	22	9	74	13	10	2	29	0	
平成12年	310.6	0.0	5.0	65.3	0.1	1.9	9	3	106	29	18	0	8	0	
平成13年	201.0	0.0	8.1	50.3	0.2	1.9	22	2	35	7	4	0	7	0	
平成14年	47.1	0.0	3.3	4.1	0.1	0.6	9	0	65	10	0	0	1	0	
平成15年	190.5	0.9	12.1	37.1	0.3	2.8	36	4	33	11	1	0	3	0	
平成16年	523.4	0.0	11.3	100.2	0.2	3.9	26	9	60	20	24	6	27	1	
10ヵ年最大値	1259.3	0.9	16.2	281.4	0.3	4.9	37	15	106	29	24	6	29	1	
10ヵ年最小値	47.1	0.0	3.3	4.1	0.1	0.6	9	0	12	4	0	0	1	0	
10ヵ年平均値	410.8	0.2	9.5	88.9	0.2	2.7	22.1	5.8	46.7	14.2	9.8	1.2	9.7	0.2	

【放流水温予測結果（平成11年の例）】



【ダムサイト水温コンター図】



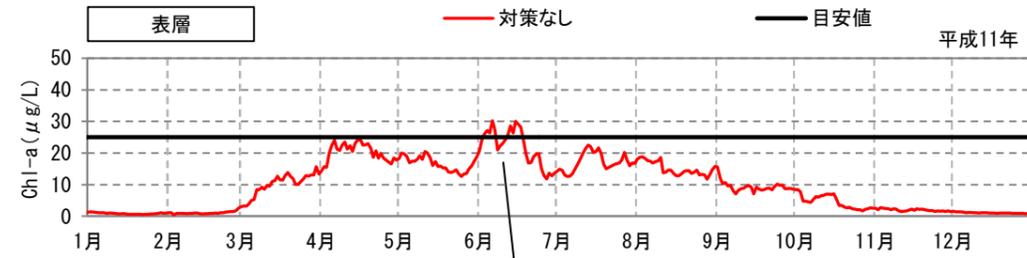
ダム建設により、最大3.8°C温水放流、6.0°C冷水放流となる

	単位: °C						温水放流 日数	単位: 日数: 日 差: °C			冷水放流 日数	単位: 日数: 日 差: °C		
	ダム建設前			ダム建設後				ダム建設後				ダム建設後		
	最大値	最小値	平均値	最大値	最小値	平均値		対策なし				対策なし		
平成7年	26.1	3.4	14.4	29.0	5.2	15.6	78	3.3	3.3	1.3	3	-2.6	-2.1	
平成8年	25.5	3.0	14.1	29.4	4.2	15.3	62	3.9	3.9	1.2	8	-9.8	-3.7	
平成9年	25.3	3.7	14.5	27.3	5.5	16.1	101	2.2	2.2	0.8	4	-2.4	-1.3	
平成10年	25.9	3.6	15.4	28.7	5.6	16.8	148	3.2	3.2	1.1	2	-2.9	-1.7	
平成11年	25.5	3.0	14.9	28.6	6.2	17.1	193	3.8	3.8	1.6	3	-6.0	-2.8	
平成12年	25.7	3.5	14.9	29.2	6.1	17.0	206	3.5	3.5	1.3	7	-7.3	-4.9	
平成13年	26.3	2.5	14.8	30.0	5.3	16.8	143	4.2	4.2	1.6	4	-7.5	-4.0	
平成14年	25.9	4.6	14.9	30.1	6.7	17.3	183	4.7	4.7	1.5	3	-7.5	-5.0	
平成15年	25.4	3.0	14.6	27.9	5.7	16.3	110	3.7	3.7	1.3	1	-0.7	-0.7	
平成16年	25.5	3.1	15.4	29.6	6.1	17.3	194	4.2	4.2	1.6	4	-5.6	-3.8	
10ヵ年最大値	26.3	4.6	15.4	30.1	6.7	17.3	206	4.7	4.7	1.6	8	-0.7	-0.7	
10ヵ年最小値	25.3	2.5	14.1	27.3	4.2	15.3	62	2.2	2.2	0.8	1	-9.8	-5.0	
10ヵ年平均値	25.7	3.3	14.8	29.0	5.7	16.6	141.8	3.7	3.7	1.3	3.9	-5.2	-3.0	

4月頃から徐々に水温躍層が形成され、フラッシュ放流時にEL.85mから放流することにより冷水放流が予測される。また、貯水池表層水温の上昇に伴い、春季～冬季にかけて表層取水を行うことによる温水放流が予測される

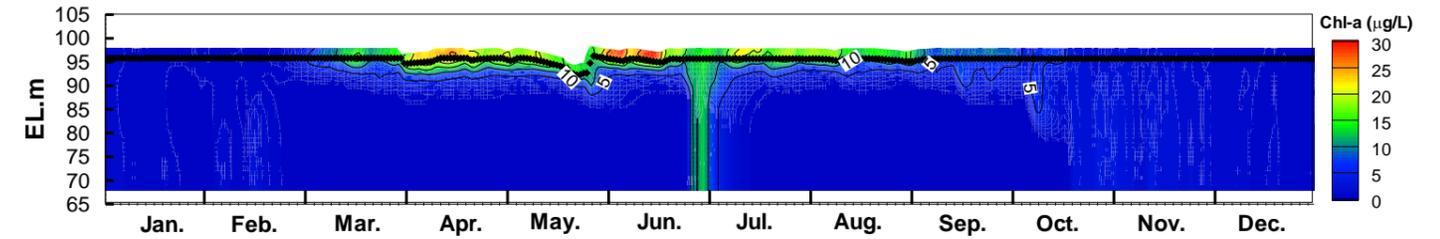
図4-3 安威川ダム予測結果（対策なし・フラッシュ放流あり） ※コンター図の黒線は選択取水位置を示す。

【表層クロロフィル a 予測結果（平成 11 年の例）】



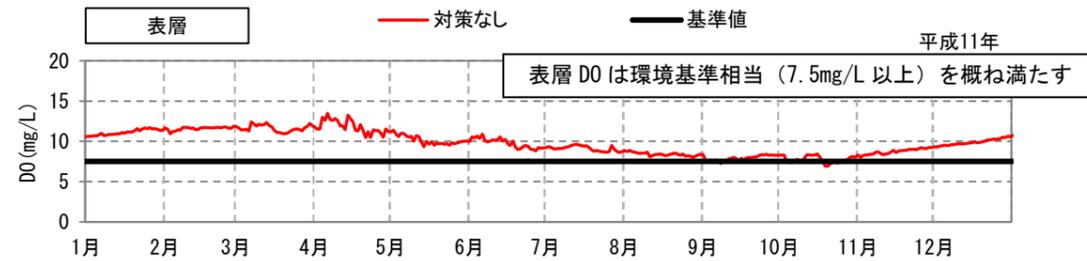
表層クロロフィル a の濃度が最大で 30.2 μg/L となりアオコの発生が懸念される

【ダムサイトクロロフィル a コンター図】



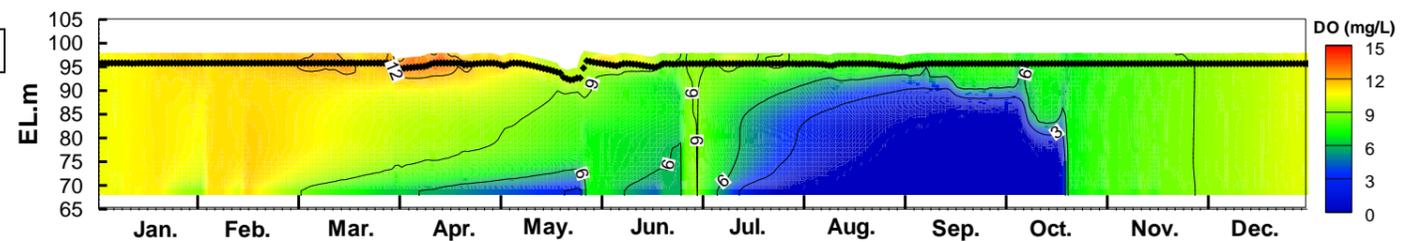
日射、水温、栄養塩（リン）、回転率等が、藻類の増殖に有利な条件となる初夏に高い濃度が予測される7月末の比較的大きな出水後は、水温躍層が弱まったことから、顕著な増殖は予測されなかった

【表層 DO 予測結果（平成 11 年の例）】



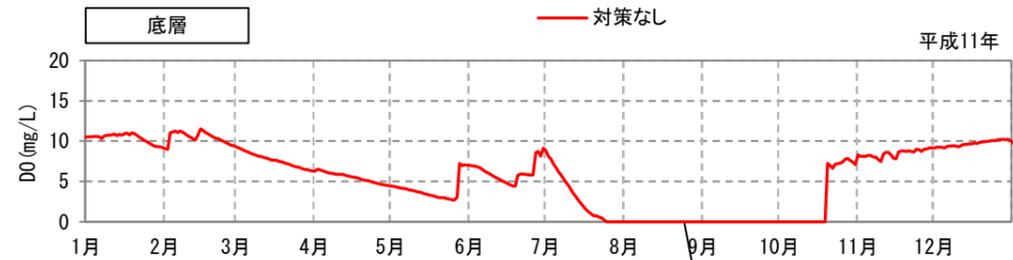
表層 DO は環境基準相当（7.5mg/L 以上）を概ね満たす

【ダムサイト DO コンター図】



有機物の分解により酸素が消費される一方、水温躍層の形成により表層から酸素が供給されないためと考えられる

【底層 DO 予測結果（平成 11 年の例）】



底層 DO は 8 月～10 月にかけて 0 に近い状態となりリン等の溶出が懸念される

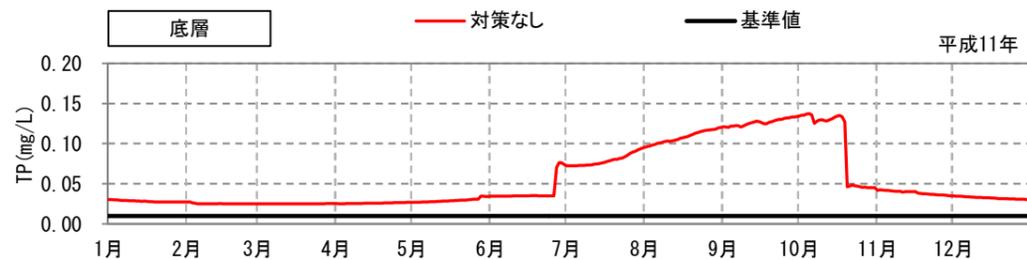
表層クロロフィル a

	ダム建設前						ダム建設後		
	ダム建設前			対策なし					
	最大値	最小値	平均値	最大値	最小値	平均値	最大値	最小値	平均値
平成7年	—	—	—	28.2	0.7	10.1			
平成8年	—	—	—	25.3	0.4	10.2			
平成9年	—	—	—	29.7	0.9	10.4			
平成10年	—	—	—	27.7	1.1	10.6			
平成11年	—	—	—	30.2	0.4	10.0			
平成12年	—	—	—	23.5	0.4	9.2			
平成13年	—	—	—	23.7	1.2	10.5			
平成14年	—	—	—	28.8	0.4	10.8			
平成15年	—	—	—	28.1	0.7	10.8			
平成16年	—	—	—	27.7	1.2	10.9			
10ヵ年最大値	—	—	—	30.2	1.2	10.9			
10ヵ年最小値	—	—	—	23.5	0.4	9.2			
10ヵ年平均値	—	—	—	27.3	0.7	10.4			

表層 DO

	ダム建設前						ダム建設後			7.5mg/L 以下日数	ダム建設後 対策なし
	ダム建設前			対策なし							
	最大値	最小値	平均値	最大値	最小値	平均値	最大値	最小値	平均値		
平成7年	13.7	8.2	10.6	13.3	6.4	10.0				38	
平成8年	13.8	8.3	10.7	13.5	7.5	10.3				0	
平成9年	13.5	8.4	10.6	13.6	6.3	10.1				5	
平成10年	13.6	8.3	10.4	13.3	7.0	9.9				12	
平成11年	13.9	8.3	10.5	13.5	6.9	9.8				12	
平成12年	13.6	8.3	10.5	13.1	7.5	9.8				0	
平成13年	13.9	8.2	10.5	12.5	7.2	10.0				3	
平成14年	13.2	8.3	10.5	14.0	7.4	9.8				3	
平成15年	13.8	8.4	10.6	12.9	6.8	10.0				5	
平成16年	13.8	8.3	10.4	13.0	7.3	9.9				2	
10ヵ年最大値	13.9	8.4	10.7	14.0	7.5	10.3				38	
10ヵ年最小値	13.2	8.2	10.4	12.5	6.3	9.8				0	
10ヵ年平均値	13.7	8.3	10.5	13.3	7.0	10.0				8.0	

【底層 TP 予測結果（平成 11 年の例）】



【ダムサイト TP コンター図】

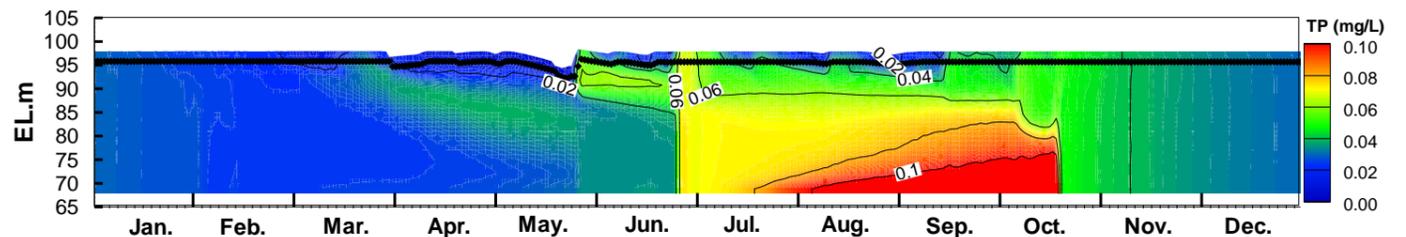


図 4-3 安威川ダム予測結果（対策なし・フラッシュ放流あり）※コンター図の黒線は選択取水位置を示す。

## 6. 水質保全方針

### 6.1 対策の目安となる水質、水温の設定

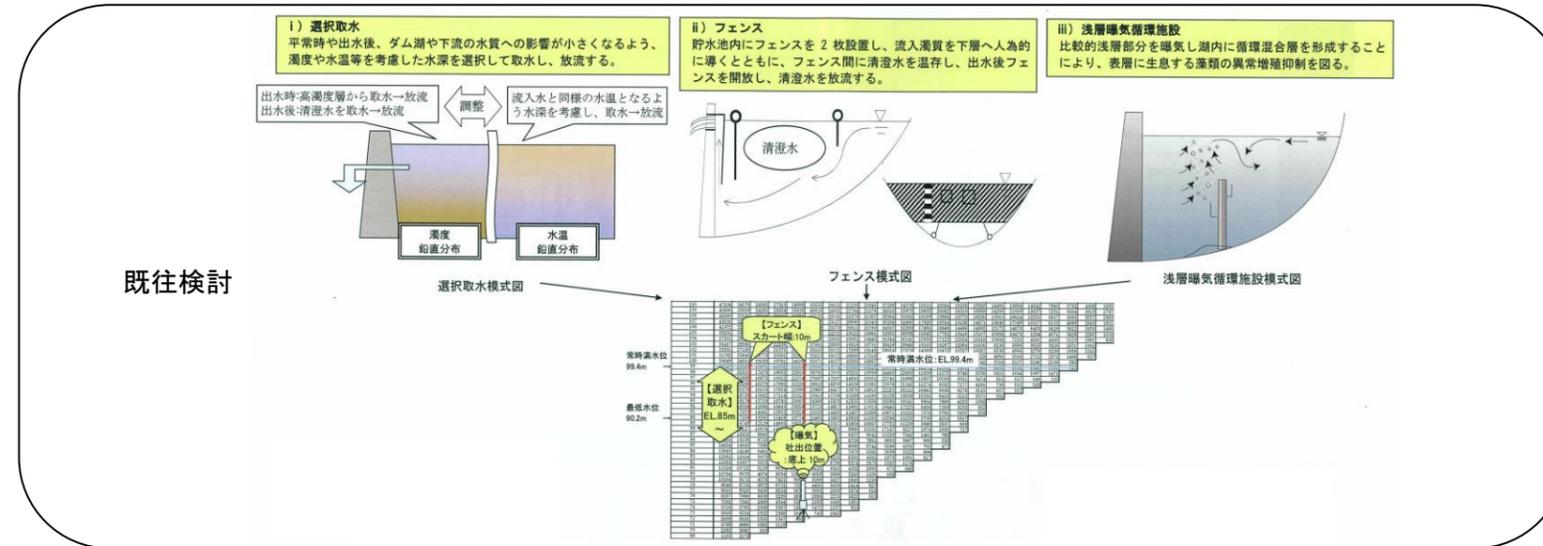
○安威川ダム自然環境保全マスタープランでは、貯水池及びダム下流河川の水質予測計算により、ダム建設による環境の変化を踏まえ、環境保全対策を検討することとしている。  
 ○ダム建設による影響を緩和するため、下表に示す考え方により保全対策を検討することとし、各々の対策が他の水質項目に与える影響に留意しながら検討を進めた。

表 6-1 対策の目安となる水質、水温の設定

項目	対策の目安となる水質、水温の考え方	留意点															
濁水長期化	<p><u>下流河川の濁水長期化日数を可能な限り軽減する</u></p> <p>【選択取水設備及びフェンスの仕様、運用を決定するための目安】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>ダムからの放流 SS が、同じ流況でのダムの無い状態における SS を連続して超過する日数</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>濁水対策を優先して選択取水設備を運用した場合、温水現象を発生させる場合がある。</li> </ul>															
水温	<p><u>放流水温を可能な限り流入水温の変動幅内に収める</u></p> <p>【選択取水設備の運用を決定するための目安】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>既往 10 年間の最大、最小水温と近年の水温変動</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>水温対策を優先して選択取水設備を運用した場合、濁水長期化を助長する場合がある。</li> <li>フラッシュ放流時の一時的な水温の変化</li> </ul>															
富栄養化	<p><u>貯水池内（貯水池表層）におけるアオコ等の水質障害の発生を抑制する</u></p> <p>【浅層曝気循環規模を決定するための目安】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>クロロフィル a：最大 25 μg/L 以下（OECD の富栄養化基準）</li> </ul> <table border="1" style="margin-left: 20px;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">指標</th> <th colspan="3">階級</th> </tr> <tr> <th>貧栄養</th> <th>中栄養</th> <th>富栄養</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>年平均クロロフィル a</td> <td>&lt;2.5</td> <td>2.5~8</td> <td>8~25</td> </tr> <tr> <td>年最大クロロフィル a</td> <td>&lt;8.0</td> <td>8~25</td> <td>25~75</td> </tr> </tbody> </table> <p>※：OECD Cooperative Programme on Monitoring of Inland Waters, Vollenweider, R.A. &amp; Kerekes, Synthesis Report (1980)</p>	指標	階級			貧栄養	中栄養	富栄養	年平均クロロフィル a	<2.5	2.5~8	8~25	年最大クロロフィル a	<8.0	8~25	25~75	<ul style="list-style-type: none"> <li>曝気循環の導入により、ダム湖内に熱量が蓄積しやすくなるため、温水放流の可能性が増加する。</li> <li>また、温度躍層の表層側が厚くなることによって、濁水の規模によっては濁水長期化を助長する場合がある。</li> </ul>
指標	階級																
	貧栄養	中栄養	富栄養														
年平均クロロフィル a	<2.5	2.5~8	8~25														
年最大クロロフィル a	<8.0	8~25	25~75														
溶存酸素	<p><u>底層からのりんの溶出等を抑えるため、底層 DO の低下を抑制する。</u></p> <p>【深層曝気規模を決定するための目安】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>底層 DO を確保する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>深層曝気と浅層曝気を組み合わせて運用した場合、浅層曝気の効果で躍層位置が深い位置まで下がり、躍層以深のボリュームが小さくなり、深層曝気単独よりも効果が弱くなる可能性がある（同じ DO 消費速度なら、ボリュームが小さい方が DO が下がりやすいと考えられるため）。</li> </ul>															

## 6.2 保全対策案

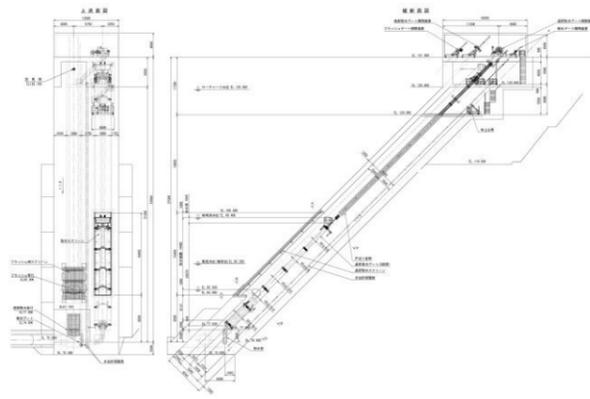
- 予測計算の結果から、富栄養化等が懸念されるため、水質保全対策が必要である。
- 底層 DO の低下が懸念されることから、既往検討に深層曝気を加えた以下の対策を導入し、複合的に運用することで水質保全を図ることとした。



今回検討 (日流入量  $20\text{m}^3/\text{s}$  以上を出水時とした)

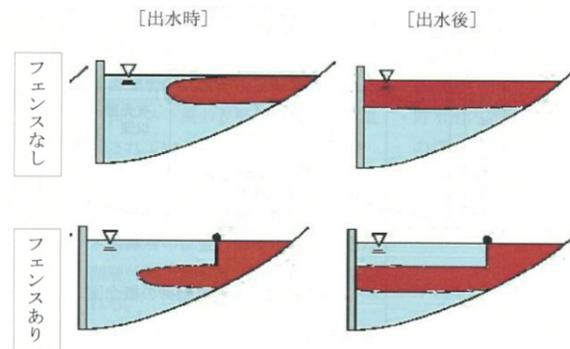
### 選択取水

- 目的  
水温対策(温水)・濁水対策のための成層期における流入水との等水温取水
- 設置条件  
取水範囲 EL:85.0m~EL.99.4m  
取水口の幅(高さ) 1m
- 運用条件  
平常時:  
流入水温と等しい層(等しい層がない場合は最も近い層)より取水  
ただし、その層がSS25mg/L以上であれば表層取水  
出水時:  
SSピーク層から取水し、流入SSが25mg/Lを下回った時点で平常時の運用に戻る。



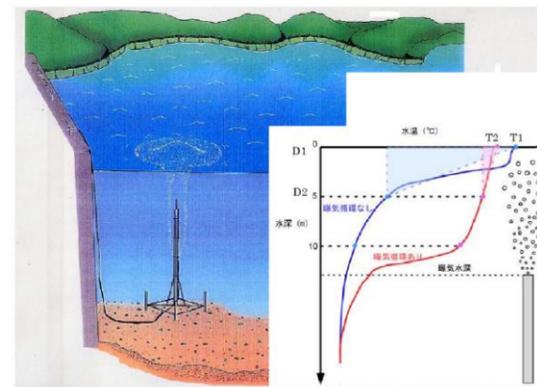
### 濁水防止フェンス

- 目的  
出水中は濁水を早期に排出  
出水後は清澄水を放流
- 設置条件  
浮沈式フェンスを2枚設置  
ダムサイトより300m上流、幅(深さ)10m  
ダムサイトより800m上流、幅(深さ)10m
- 運用条件  
出水時:  
フェンスを浮上し、選択取水をSSピーク層からの取水に切り替え  
出水後:  
流入SSが25mg/Lを下回った段階で、フェンスを沈降し、選択取水を表層取水に切り替え  
(フェンスは次の出水時に浮上)



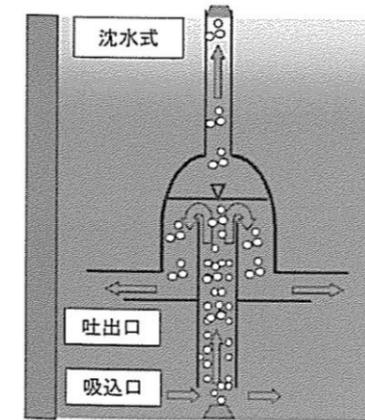
### 浅層曝気

- 目的  
成層より上部の循環混合による富栄養化対策・水温対策  
(フラッシュ放流による一時的な冷水への対策)
- 設置条件  
基数: 1基  
設置箇所: ダムサイトより200m上流  
吐き出し口標高: EL.81m  
空気量: 3,700L/分
- 運用条件  
運転期間:  
3月21日~8月31日(出水時は停止)



### 深層曝気

- 目的  
底層へのDO補給
- 設置条件  
基数: 1基  
設置箇所: ダムサイトより200m上流  
吸込口標高: EL.70m  
吐出口標高: EL.75m
- 運用条件  
底層DOが4mg/l以下の期間に運転



対策を組み合わせる実施

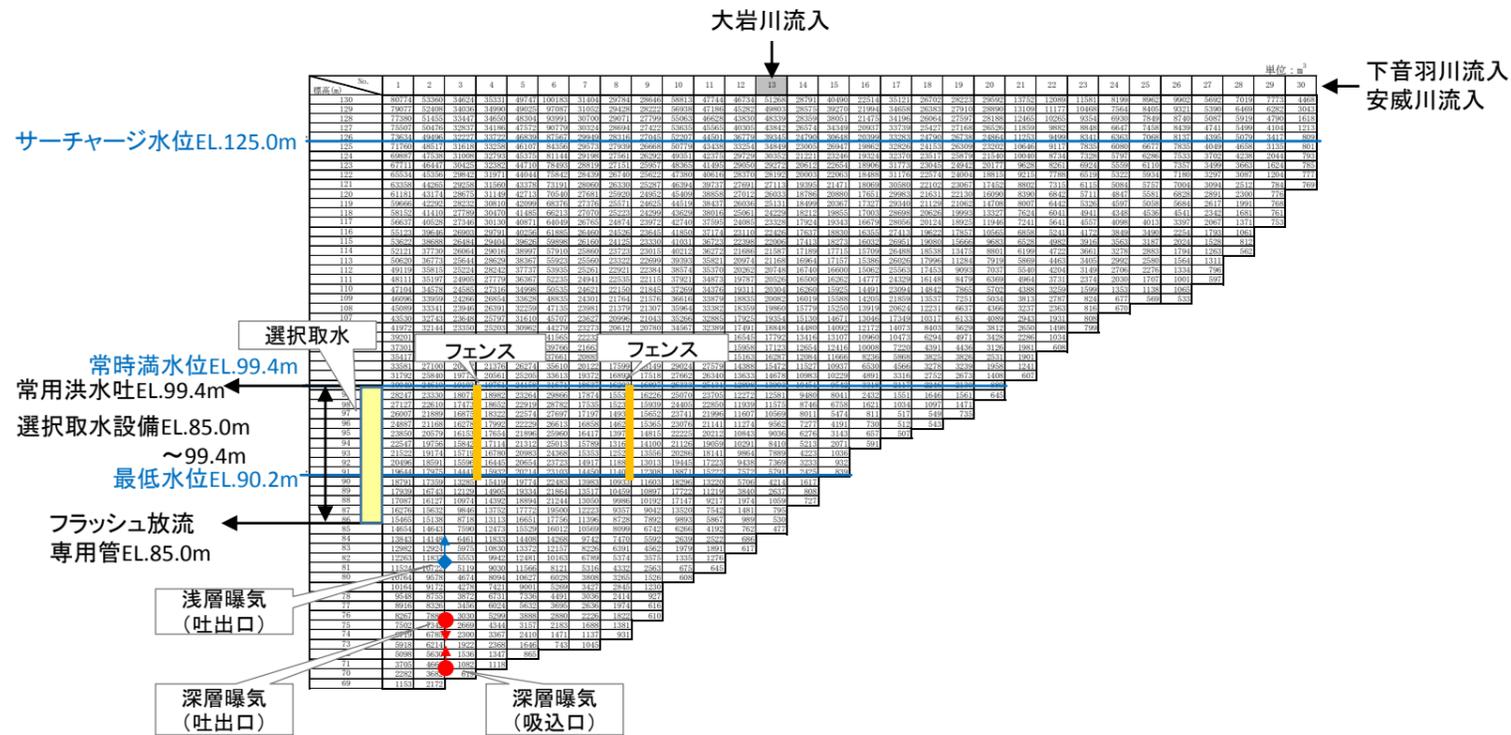
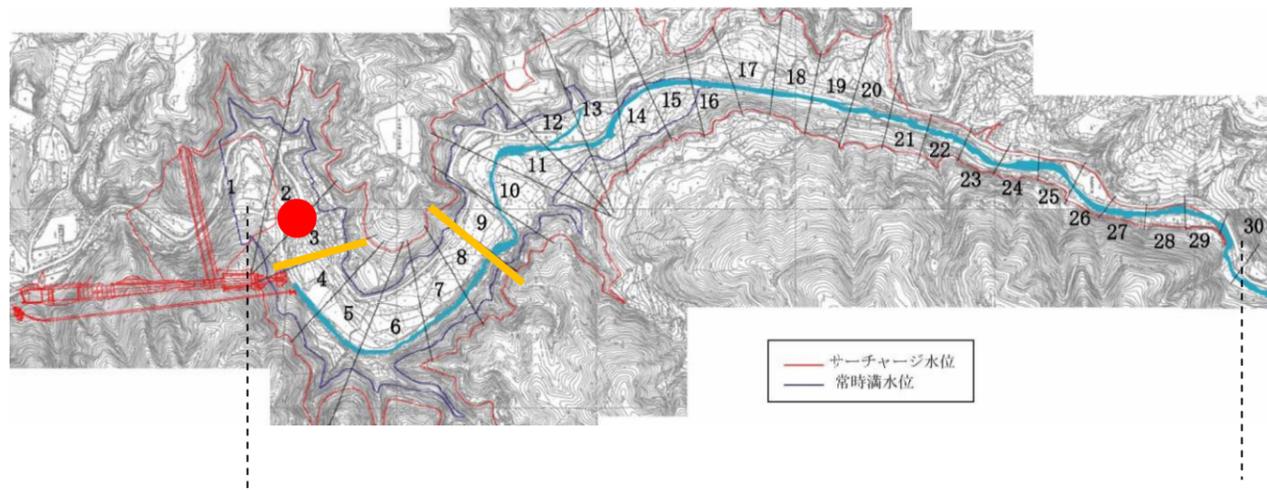


図 6-1 安威川ダム鉛直二次元メッシュと取水放流設備等の位置関係

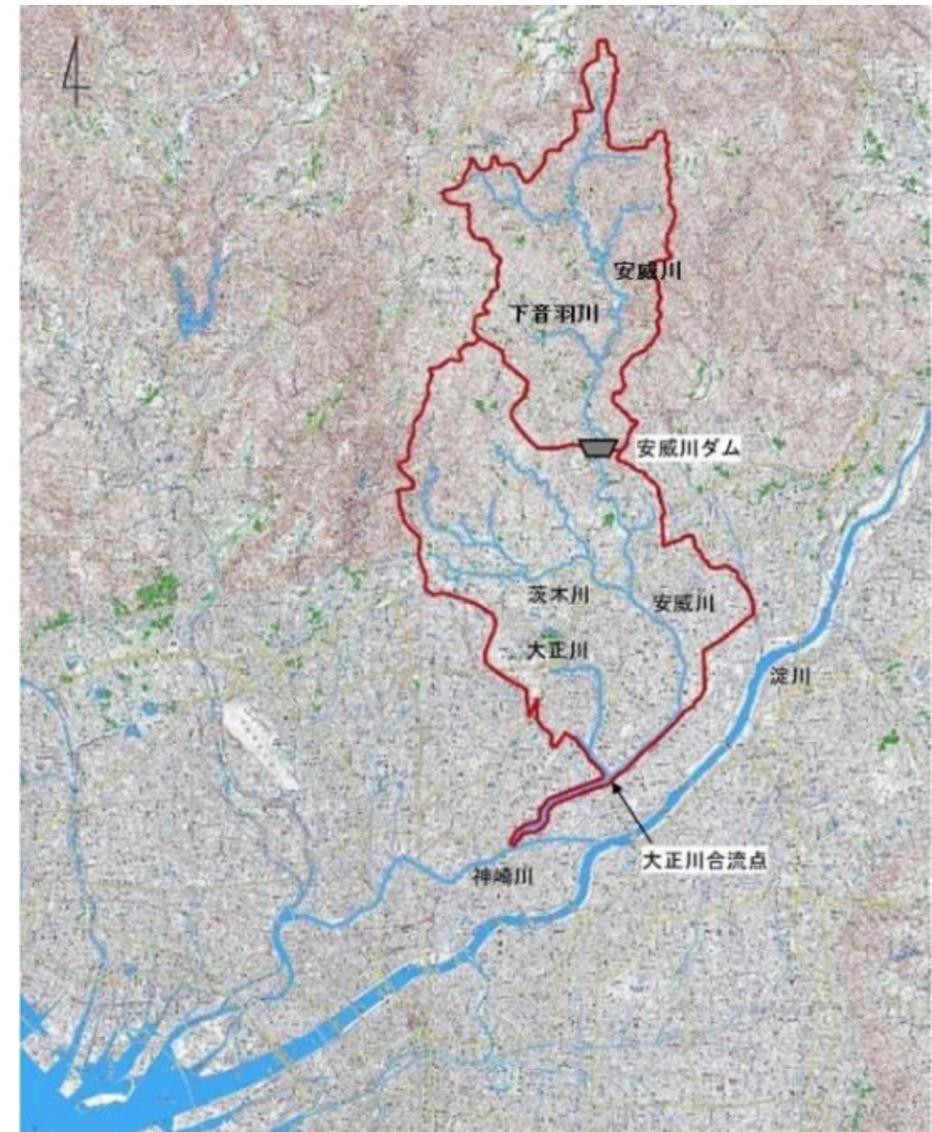


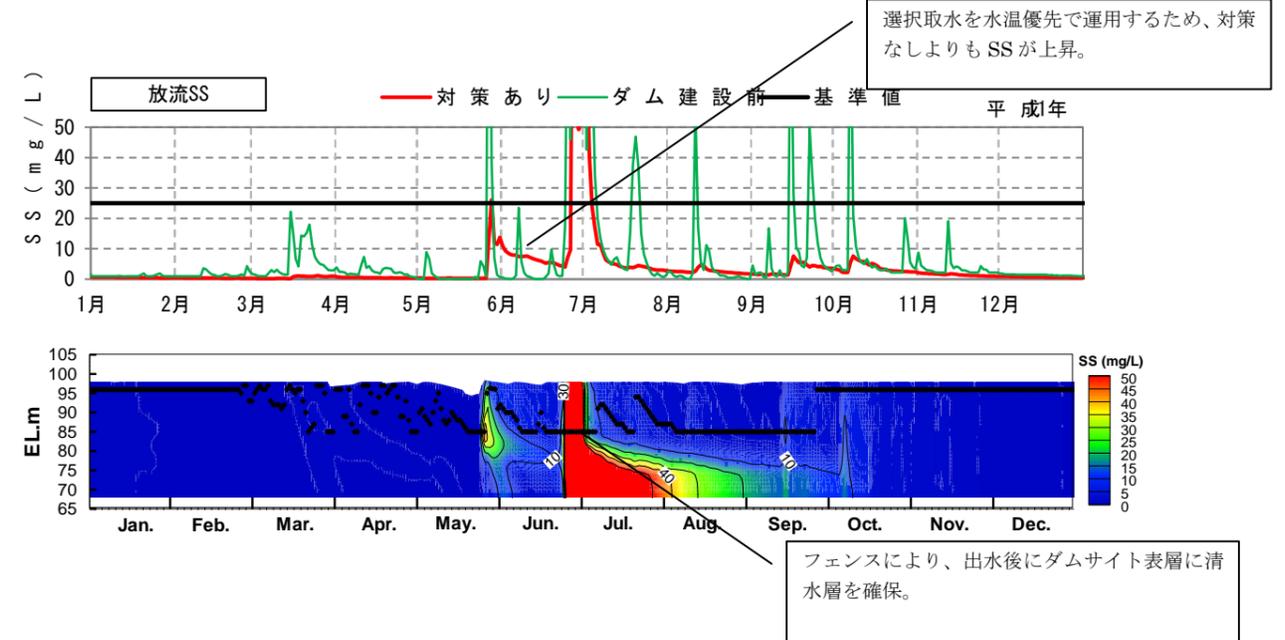
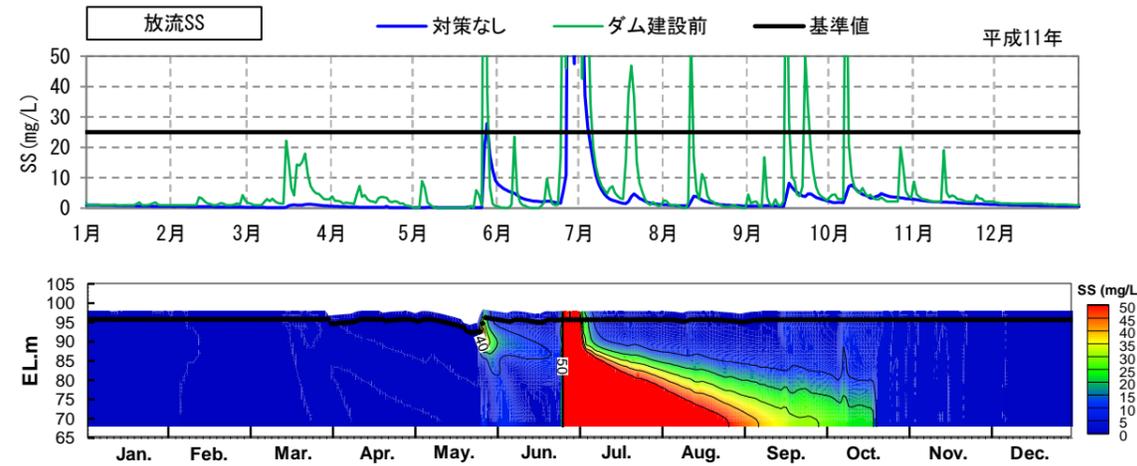
図 6-2 下流河川の予測範囲

## 7. 保全対策を実施した予測結果

### 7.1 ダム湖内の予測結果

- 保全対策あり（選択取水、フェンス、浅層曝気、深層曝気の組み合わせ）の予測の結果、平成11年の例でみると、冷水放流および富栄養化現象の解消、温水放流の軽減（最大3.8℃→3.4℃）、底層DOの改善について、効果が確認された。
- 濁水放流については、選択取水設備の取水深を「放流水温優先」で切り替える運用を想定したため、対策なし（選択取水を常時表層で運用）と比較して、増加すると予測された（水温と濁りのトレードオフ）。
- 浅層曝気の運転（3/21～8/31）による濁水への影響も考えられる（富栄養化と濁りのトレードオフ）。

○上段：放流SS予測結果、下段：ダムサイトSSコンター図（平成11年の例）

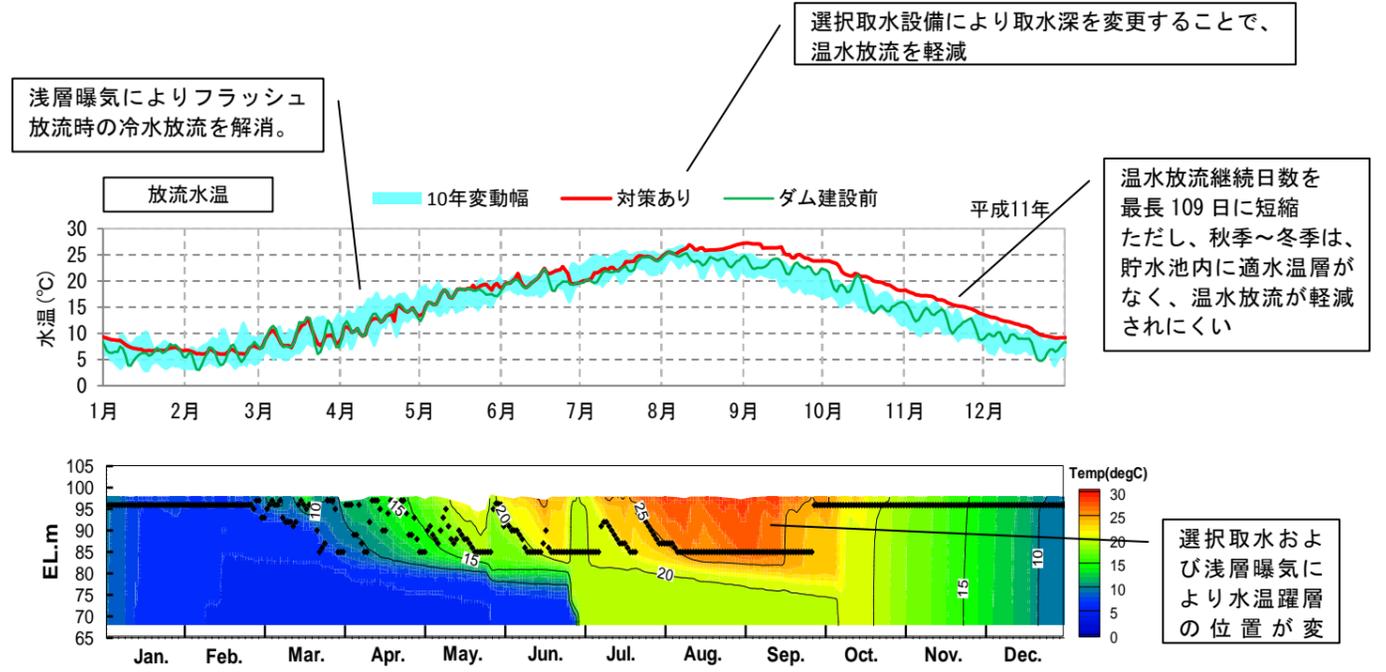
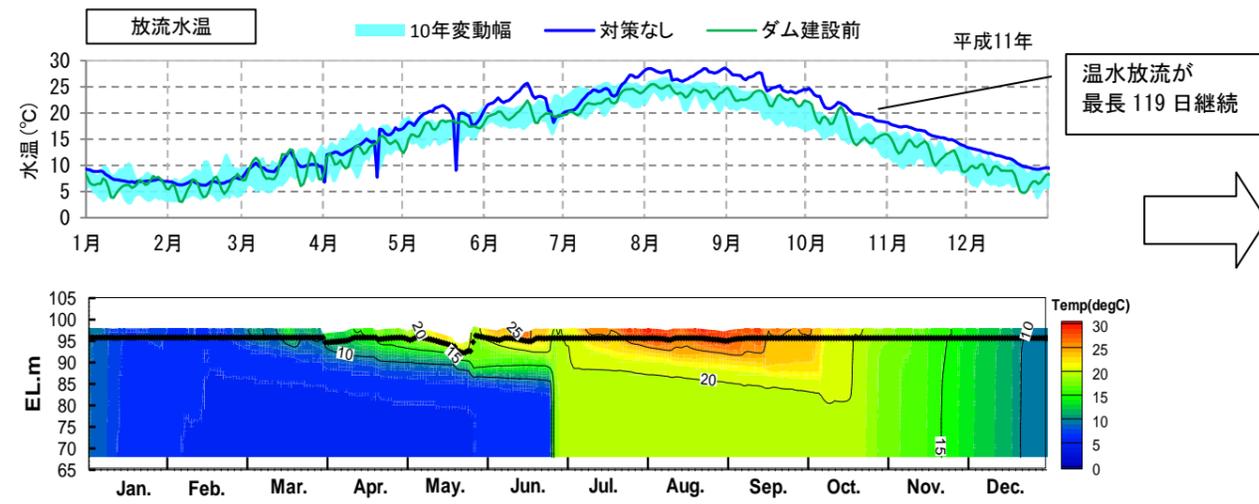


#### 放流SS

	ダム建設前									ダム建設後			SS25mg/L 超過日数 (全体)	ダム建設後（濁水長期化日数の内）													
	ダム建設前			対策なし			対策あり			ダム建設前	対策なし			対策あり		濁水長期化日数		濁水長期化最大連続日数		SS5.6mg/L以上日数		SS25mg/L以上日数		SS最大上昇幅		SS平均上昇幅	
	最大値	最小値	平均値	最大値	最小値	平均値	最大値	最小値	平均値		日	対策なし		対策あり	対策なし	対策あり	対策なし	対策あり	対策なし	対策あり	対策なし	対策あり	対策なし	対策あり	対策なし	対策あり	対策なし
平成7年	519.4	0.2	10.1	113.3	0.2	2.6	114.1	0.2	3.1	平成7年	20	10	10	平成7年	12	65	4	18	4	11	1	0	5	6	0	0	
平成8年	108.0	0.0	5.9	8.6	0.1	1.0	8.7	0.1	1.3	平成8年	13	0	0	平成8年	13	29	9	9	2	3	0	0	2	4	0	0	
平成9年	445.8	0.8	10.6	100.7	0.1	2.9	103.2	0.1	3.3	平成9年	27	6	7	平成9年	38	68	13	21	13	23	0	1	5	5	0	0	
平成10年	502.8	0.0	16.2	128.6	0.3	4.9	129.7	0.4	4.7	平成10年	37	15	12	平成10年	31	14	26	4	22	7	3	1	11	6	0	0	
平成11年	1259.3	0.0	12.4	281.4	0.1	4.2	272.3	0.2	4.6	平成11年	22	9	8	平成11年	74	101	13	14	10	22	2	2	29	63	0	1	
平成12年	310.6	0.0	5.0	65.3	0.1	1.9	63.4	0.2	2.0	平成12年	9	3	3	平成12年	106	103	29	20	18	22	0	0	8	10	0	0	
平成13年	201.0	0.0	8.1	50.3	0.2	1.9	48.4	0.3	2.4	平成13年	22	2	2	平成13年	35	85	7	22	4	14	0	0	7	12	0	0	
平成14年	47.1	0.0	3.3	4.1	0.1	0.6	3.0	0.1	0.8	平成14年	9	0	0	平成14年	65	78	10	13	0	0	0	0	1	2	0	0	
平成15年	190.5	0.9	12.1	37.1	0.3	2.8	33.8	0.3	3.3	平成15年	36	4	4	平成15年	33	41	11	15	1	11	0	0	3	10	0	0	
平成16年	523.4	0.0	11.3	100.2	0.2	3.9	117.9	0.2	3.8	平成16年	26	9	7	平成16年	60	81	20	21	24	30	6	4	27	10	1	0	
10ヵ年最大値	1259.3	0.9	16.2	281.4	0.3	4.9	272.3	0.4	4.7	10ヵ年最大値	37	15	12	10ヵ年最大値	106	103	29	22	24	30	6	4	29	63	1	1	
10ヵ年最小値	47.1	0.0	3.3	4.1	0.1	0.6	3.0	0.1	0.8	10ヵ年最小値	9	0	0	10ヵ年最小値	12	14	4	4	0	0	0	0	1	2	0	0	
10ヵ年平均値	410.8	0.2	9.5	88.9	0.2	2.7	89.5	0.2	2.9	10ヵ年平均値	22.1	5.8	5.3	10ヵ年平均値	46.7	66.5	14.2	15.7	9.8	14.3	1.2	0.8	9.7	12.8	0.2	0.3	

図7-1 安威川ダム予測結果（対策なし・対策ありの比較）（1/4）

○上段：放流水温予測結果、下段：ダムサイト水温コンター図（平成11年の例）



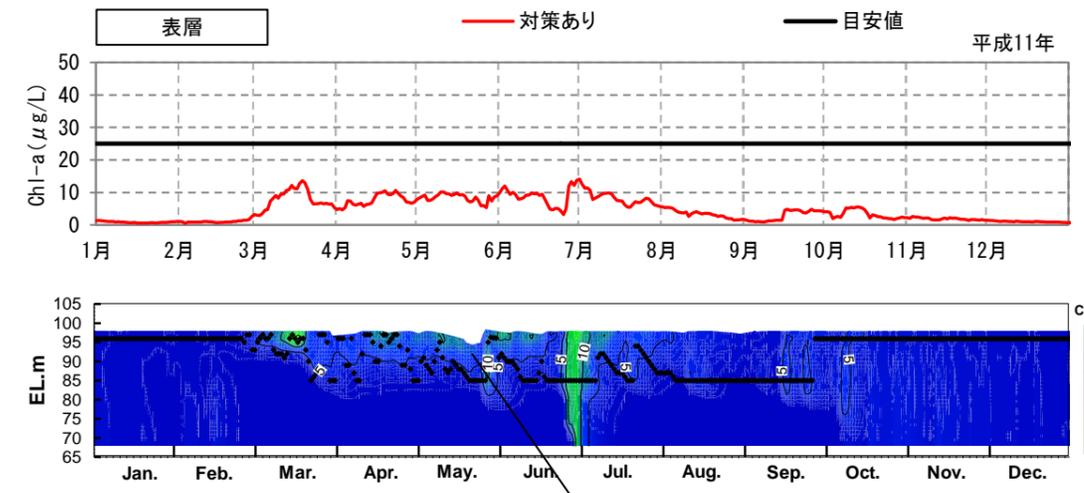
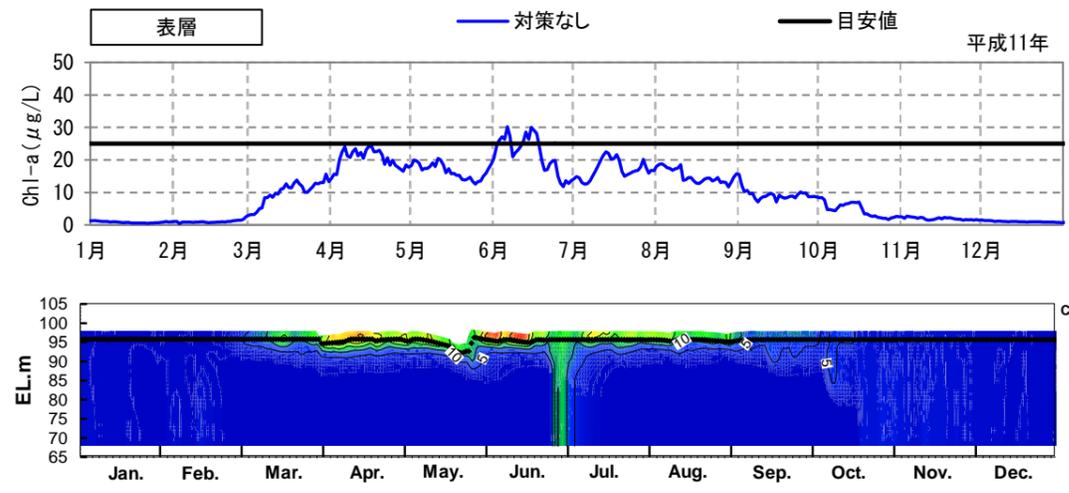
※コンター図の黒線は選択取水位置を示す。

放流水温

	単位: °C									単位: 日数: 日 差: °C						単位: 日数: 日 差: °C					
	ダム建設前			ダム建設後						温水放流日数	ダム建設後			冷水放流日数	ダム建設後			冷水放流日数	ダム建設後		
	最大値	最小値	平均値	対策なし		対策あり					対策なし		対策あり		対策なし		対策あり				
最大値	最小値	平均値	最大値	最小値	平均値	最大値	最小値	平均値	日数	差(最大)	差(平均)	日数	差(最大)	差(平均)	日数	差(最大)	差(平均)	日数	差(最大)	差(平均)	
平成7年	26.1	3.4	14.4	29.0	5.2	15.6	27.6	5.2	15.3	78	3.3	1.3	69	2.6	1.0	3	-2.6	-2.1	0	0.0	0.0
平成8年	25.5	3.0	14.1	29.4	4.2	15.3	27.3	4.3	14.9	62	3.9	1.2	21	1.6	0.6	8	-9.8	-3.7	8	-0.6	-0.3
平成9年	25.3	3.7	14.5	27.3	5.5	16.1	26.1	5.4	15.6	101	2.2	0.8	50	1.5	0.6	4	-2.4	-1.3	2	-0.3	-0.2
平成10年	25.9	3.6	15.4	28.7	5.6	16.8	28.3	5.5	16.5	148	3.2	1.1	111	2.4	1.0	2	-2.9	-1.7	0	0.0	0.0
平成11年	25.5	3.0	14.9	28.6	6.2	17.1	27.2	6.0	16.4	193	3.8	1.6	137	3.4	1.4	3	-6.0	-2.8	0	0.0	0.0
平成12年	25.7	3.5	14.9	29.2	6.1	17.0	28.7	6.0	16.5	206	3.5	1.3	147	3.7	1.2	7	-7.3	-4.9	0	0.0	0.0
平成13年	26.3	2.5	14.8	30.0	5.3	16.8	29.1	5.3	16.2	143	4.2	1.6	94	3.2	1.1	4	-7.5	-4.0	0	0.0	0.0
平成14年	25.9	4.6	14.9	30.1	6.7	17.3	28.8	6.7	16.9	183	4.7	1.5	127	3.4	1.4	3	-7.5	-5.0	0	0.0	0.0
平成15年	25.4	3.0	14.6	27.9	5.7	16.3	26.2	5.6	15.7	110	3.7	1.3	68	2.8	1.0	1	-0.7	-0.7	1	-0.4	-0.4
平成16年	25.5	3.1	15.4	29.6	6.1	17.3	28.3	5.9	16.8	194	4.2	1.6	150	3.5	1.1	4	-5.6	-3.8	0	0.0	0.0
10ヵ年最大値	26.3	4.6	15.4	30.1	6.7	17.3	29.1	6.7	16.9	206	4.7	1.6	150	3.7	1.4	8	-0.7	-0.7	8	0.0	-0.2
10ヵ年最小値	25.3	2.5	14.1	27.3	4.2	15.3	26.1	4.3	14.9	62	2.2	0.8	21	1.5	0.6	1	-9.8	-5.0	0	-0.6	-0.4
10ヵ年平均値	25.7	3.3	14.8	29.0	5.7	16.6	27.8	5.6	16.1	141.8	3.7	1.3	97.4	2.8	1.0	3.9	-5.2	-3.0	1.1	-0.1	-0.3

図 7-1 安威川ダム予測結果（対策なし・対策ありの比較）（2/4）

○上段：表層クロロフィルa予測結果、下段：ダムサイトクロロフィルaコンター図（平成11年の例）



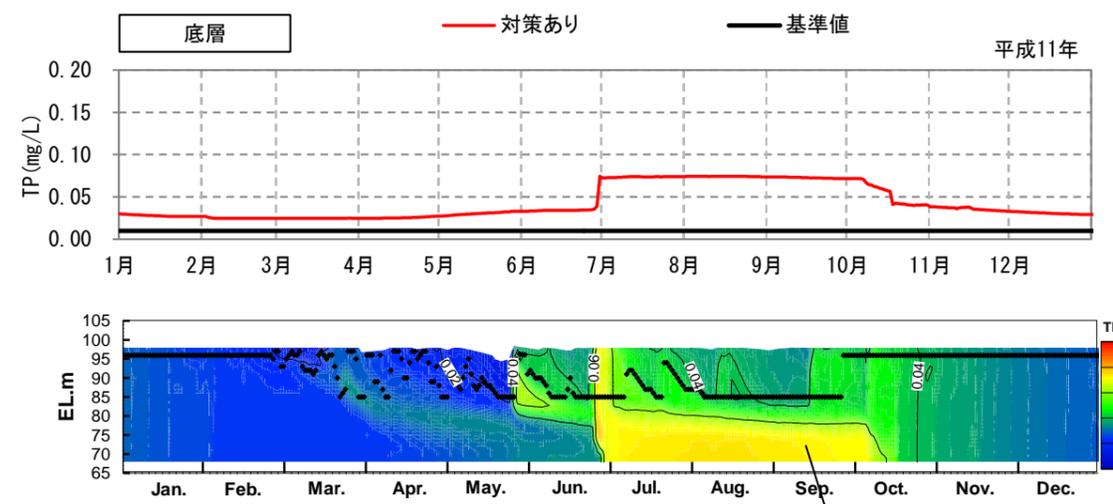
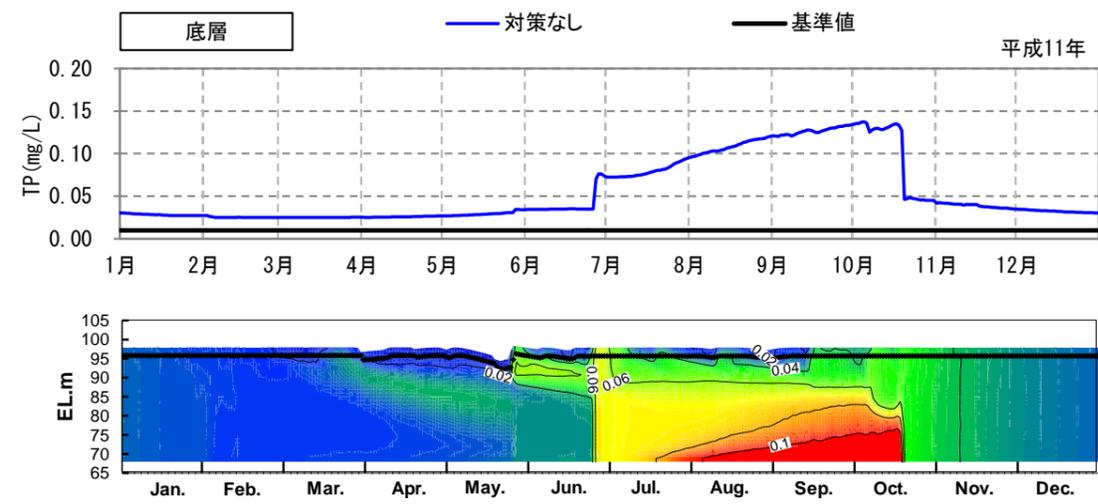
表層クロロフィルa

単位: μg/L

	ダム建設前			ダム建設後					
	最大値	最小値	平均値	対策なし			対策あり		
	最大値	最小値	平均値	最大値	最小値	平均値	最大値	最小値	平均値
平成7年	-	-	-	28.2	0.7	10.1	17.3	0.6	5.6
平成8年	-	-	-	25.3	0.4	10.2	14.2	0.5	5.2
平成9年	-	-	-	29.7	0.9	10.4	18.4	0.9	5.6
平成10年	-	-	-	27.7	1.1	10.6	18.9	0.7	6.4
平成11年	-	-	-	30.2	0.4	10.0	14.1	0.5	4.6
平成12年	-	-	-	23.5	0.4	9.2	13.3	0.4	4.1
平成13年	-	-	-	23.7	1.2	10.5	12.2	0.9	5.2
平成14年	-	-	-	28.8	0.4	10.8	22.4	0.4	4.3
平成15年	-	-	-	28.1	0.7	10.8	15.3	0.8	6.2
平成16年	-	-	-	27.7	1.2	10.9	20.2	1.2	6.2
10ヵ年最大値	-	-	-	30.2	1.2	10.9	22.4	1.2	6.4
10ヵ年最小値	-	-	-	23.5	0.4	9.2	12.2	0.4	4.1
10ヵ年平均値	-	-	-	27.3	0.7	10.4	16.6	0.7	5.3

浅層曝気 (3/21~8/31 運転) により富栄養化を解消

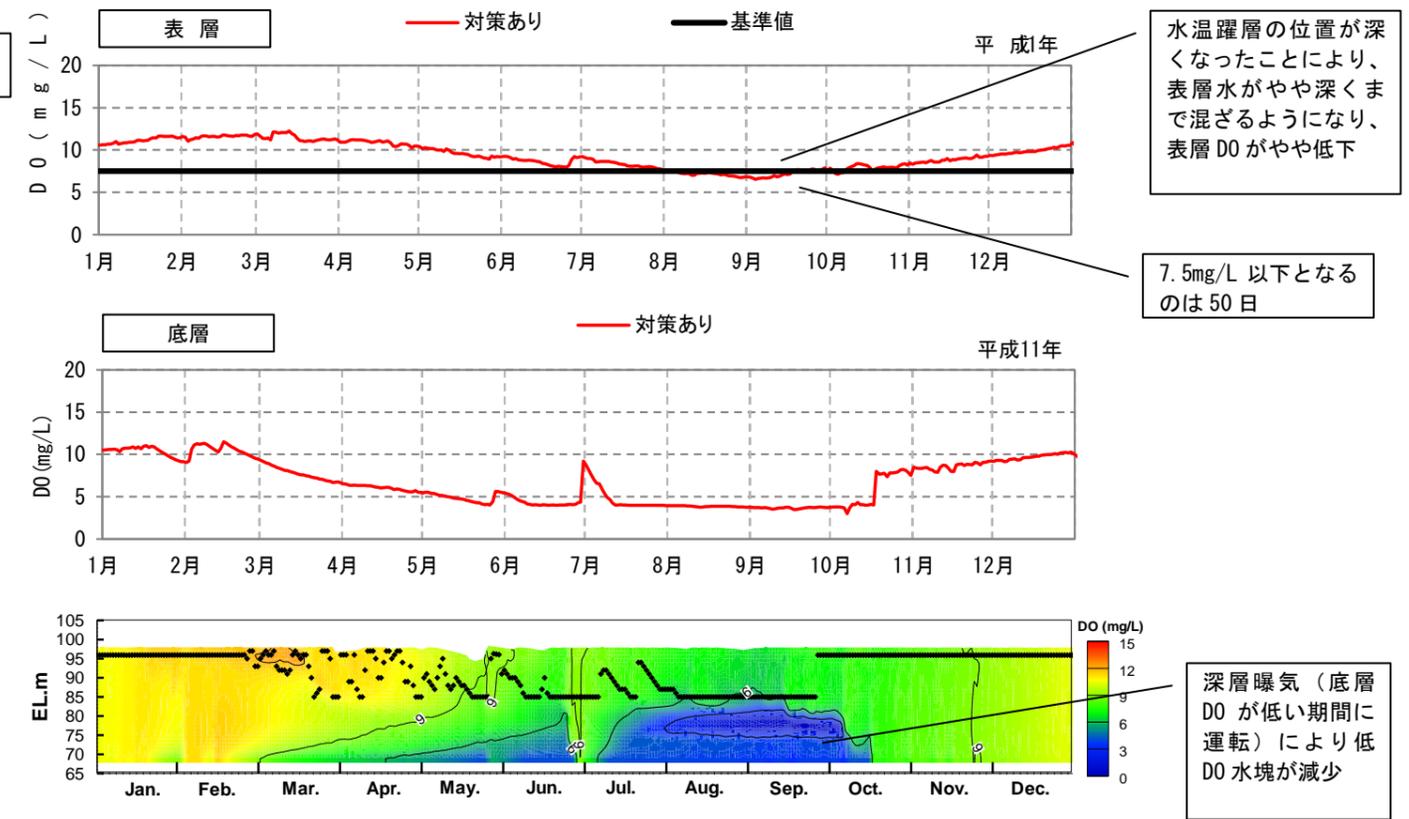
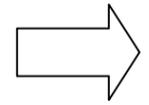
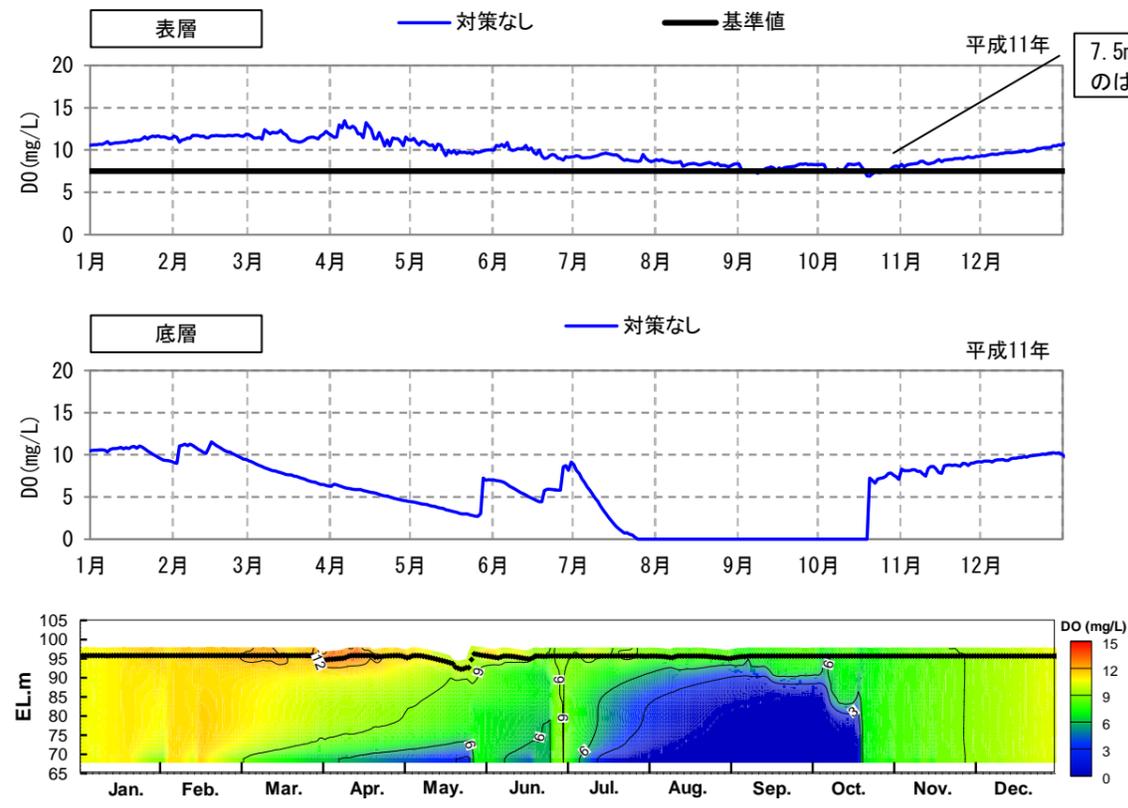
○上段：底層TP予測結果、下段：ダムサイトTPコンター図（平成11年の例）



深層曝気によりリンの溶出を抑制。

図 7-1 安威川ダム予測結果（対策なし・対策ありの比較）(3/4)

○上段：表層 DO 予測結果、中段：底層 DO 予測結果、下段：ダムサイト DO コンター図（平成 11 年の例）



※コンター図の黒線は選択取水位置を示す。

表層DO

	単位: mg/L									単位: 日		
	ダム建設前			ダム建設後						7.5mg/L 以下日数	ダム建設後	
	最大値	最小値	平均値	対策なし			対策あり				対策なし	対策あり
平成7年	13.7	8.2	10.6	13.3	6.4	10.0	13.4	6.4	9.7	38	50	
平成8年	13.8	8.3	10.7	13.5	7.5	10.3	12.9	6.9	9.9	0	24	
平成9年	13.5	8.4	10.6	13.6	6.3	10.1	13.5	6.8	9.7	5	23	
平成10年	13.6	8.3	10.4	13.3	7.0	9.9	12.7	6.8	9.6	12	51	
平成11年	13.9	8.3	10.5	13.5	6.9	9.8	12.3	6.5	9.4	12	50	
平成12年	13.6	8.3	10.5	13.1	7.5	9.8	12.9	6.4	9.4	0	56	
平成13年	13.9	8.2	10.5	12.5	7.2	10.0	12.5	6.2	9.5	3	40	
平成14年	13.2	8.3	10.5	14.0	7.4	9.8	13.9	6.2	9.2	3	66	
平成15年	13.8	8.4	10.6	12.9	6.8	10.0	12.8	6.9	9.7	5	10	
平成16年	13.8	8.3	10.4	13.0	7.3	9.9	12.7	6.4	9.5	2	65	
10ヵ年最大値	13.9	8.4	10.7	14.0	7.5	10.3	13.9	6.9	9.9	38	66	
10ヵ年最小値	13.2	8.2	10.4	12.5	6.3	9.8	12.3	6.2	9.2	0	10	
10ヵ年平均値	13.7	8.3	10.5	13.3	7.0	10.0	13.0	6.5	9.6	8.0	43.5	

図 7-1 安威川ダム予測結果（対策なし・対策ありの比較）（4/4）

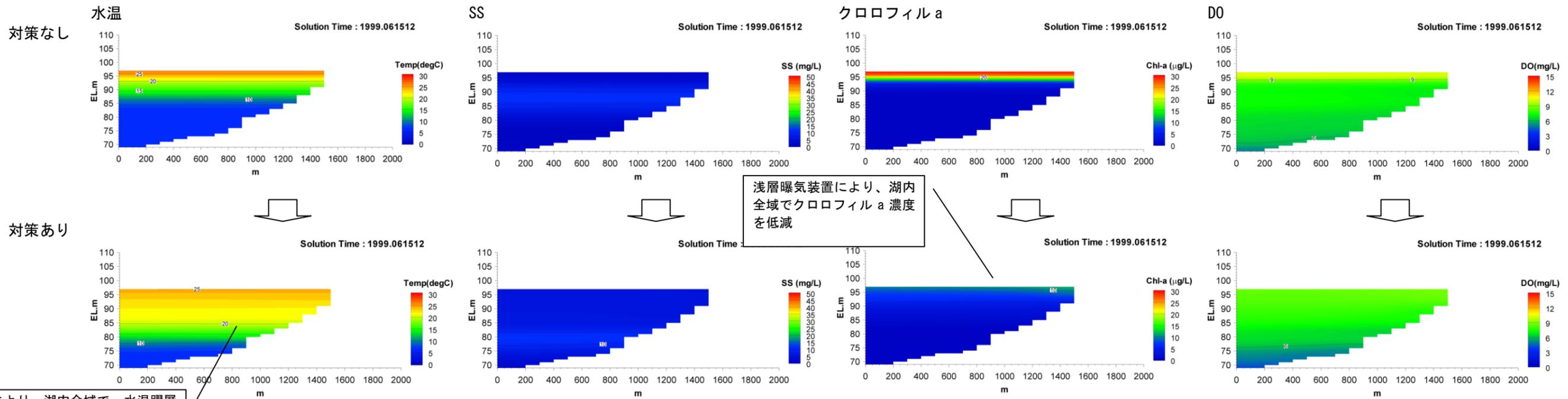


図 7-2 安威川ダム予測結果（対策なし・対策ありの縦断分布の比較）（出力：平成 11 年 6 月 15 日）

対策により、湖内全域で、水温躍層が低下し、より深部まで循環（堤体付近の選択取水および浅層曝気の効果貯水池全体におよんでいる）

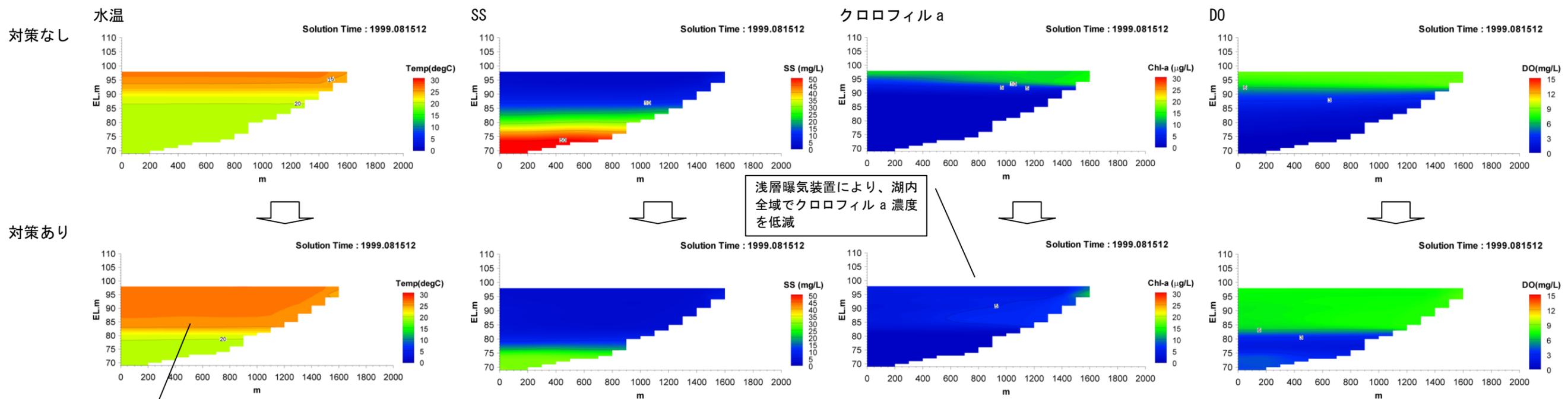


図 7-3 安威川ダム予測結果（対策なし・対策ありの縦断分布の比較）出力：平成 11 年 8 月 15 日）

対策により、湖内全域で、水温躍層が低下し、より深部まで循環（堤体付近の選択取水および浅層曝気の効果貯水池全体におよんでいる）。

## 7.2 予測結果の評価

- 水温、濁り、富栄養化、溶存酸素の各水質問題に対応するためには、選択取水（水温、濁り）、フェンス（濁り）、浅層曝気（水温、富栄養化）、深層曝気（溶存酸素）を導入し、組み合わせて運用することが必要である。
- 各対策施設の規模、能力は、事例との比較、および、シミュレーションにより一定の効果が確認できた。
- ただし、水温と濁り、富栄養化と濁りはトレードオフの関係にあり、運用方法について調整が必要である。

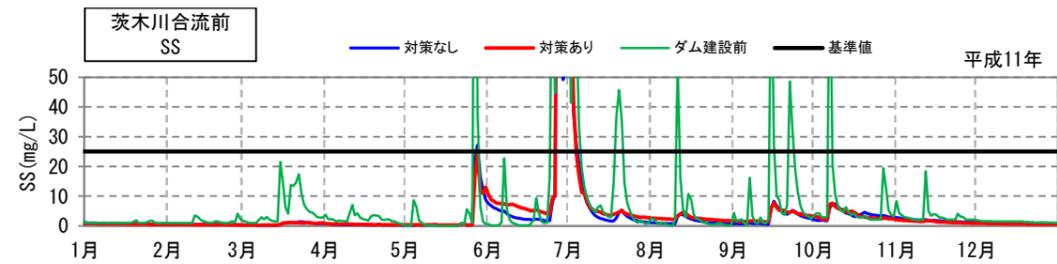
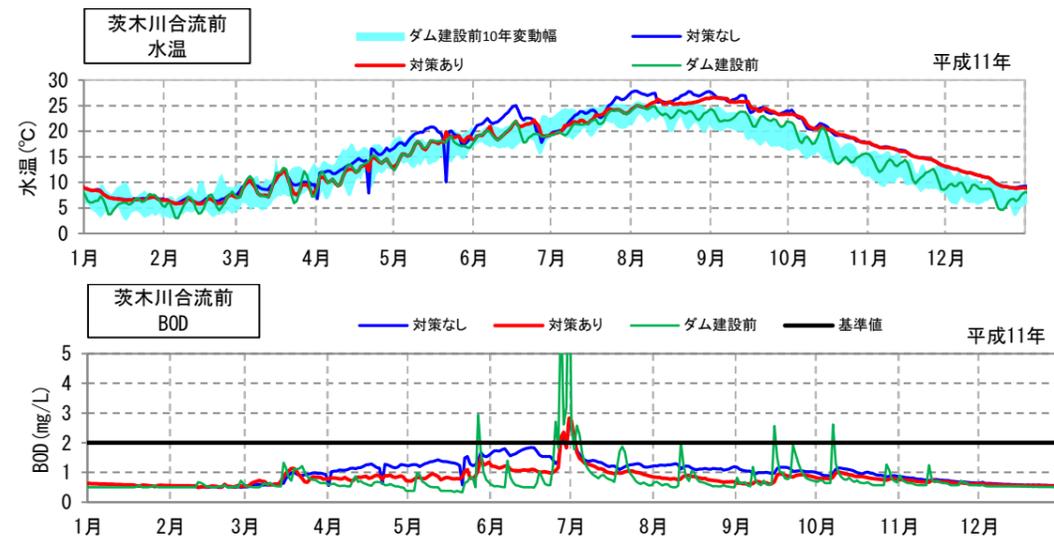
表 7-1 基本的な施設運用によるダム建設後の予測結果

項目	予測結果（10年間の予測結果）		評価・課題
	保全対策なし	保全対策あり	
濁水長期化	ダム建設前と比較し、47日、濁水が長期化。 （濁水放流の定義：流入SSより放流SSが高い） ダム建設前と比較し、濁水長期化連続日数が最大で14日間発生 （濁水長期化連続日数の定義：流入SSより放流SSが高い日が連続する日数）	ダム建設前と比較し、67日、濁水が長期化。 （対策しない場合よりも20日増加） ダム建設前と比較し、濁水長期化連続日数が最大で16日間発生 （対策しない場合よりも2日間長期化）	選択取水の水温優先運用と、浅層曝気の運転により、対策なしよりもSSが上昇。  ・浅層曝気の運転期間を調整する。 ・濁水防止フェンス以外の施設を運用した場合との比較を行う。 などのケースを確認し、トレードオフの関係を整理する必要がある。
水温	ダム建設前と比較し、 最大4.7℃の温水放流、最大9.8℃の冷水放流となる （温水・冷水放流の定義：10年変動幅をはずれる）	ダム建設前と比較し、 最大3.7℃の温水放流、最大0.6℃の冷水放流となる	選択取水設備により取水深を変更することで、温水放流を軽減できるが、解消しない。 浅層曝気によりフラッシュ放流時の冷水放流を解消した。  ・春季～夏季に適水温層を取水した結果、秋季～冬季に貯水池内に適水温層がなくなるため、どの季節の水温を優先した運用とするかの検討が必要。 ・近年の実測値との違いも確認（H28年6月～9月頃は10年変動幅を上回る場合もあったことを確認）。
富栄養化	表層クロロフィルa濃度が最大で30.2μg/Lとなる	表層クロロフィルa濃度が最大で22.4μg/Lとなる	浅層曝気（3/21～8/31運転）により、日射、水温等が増殖に適さない深さまで藻類を循環させることができ、アオコ発生の懸念を解消。
溶存酸素	表層D0は概ね環境基準相当（7.5mg/L以上）である （7.5mg/L以下は8日）	表層D0が環境基準相当（7.5mg/L以上）以下となる日数が増える（7.5mg/L以下は44日）	浅層曝気により循環する層が深くなることから、表層D0がやや低下。  底層D0は、深層曝気により、夏季から秋季の低下が改善。

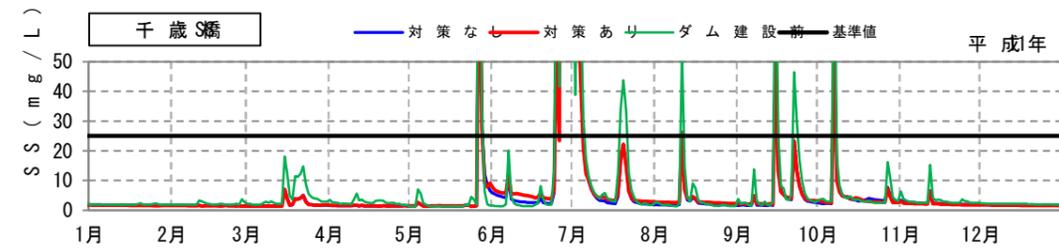
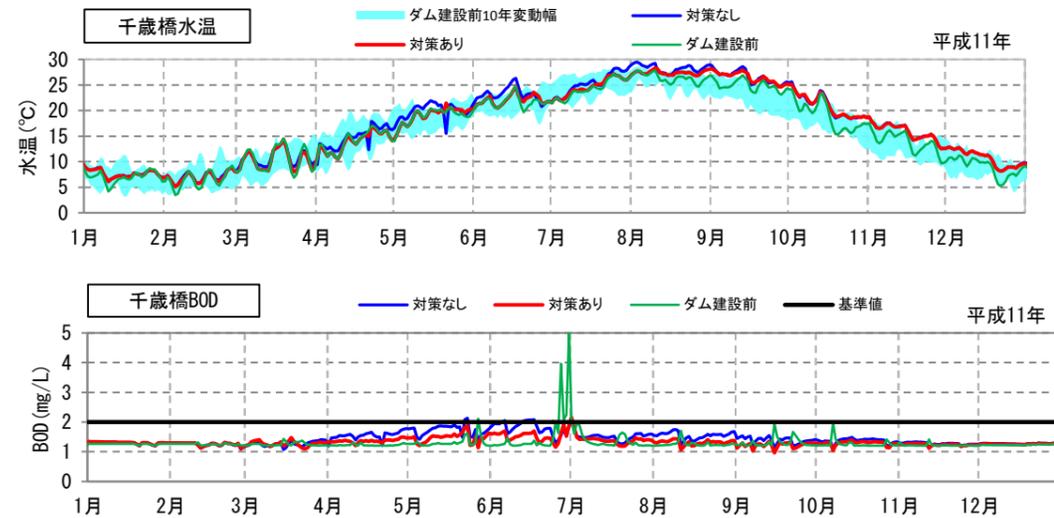
### 7.3 下流河川の予測結果

- 下流河川への影響について、代表地点（茨木川合流点、大正川合流点など）の予測を行った。
- 茨木川合流前地点では、濁水長期化日数が74日、濁水長期化最大連続日数が16日間生じるが、SSの平均値は9.3mg/Lから3.0mg/Lに低下する。また、ダム建設前の平均値を超過する日数は5日程度である。水温は、温水放流日数が118日生じ、ダム建設前10ヶ年最大値を最大3.9℃超過する。冷水放流は4日生じ、ダム建設前10ヶ年最小値を最大-0.6℃低下する。BODについては、ダム建設前、建設後とも同程度である。
- 茨木川合流後には、茨木川からの流入水によりダム建設による影響が緩和され、水温、水質の変化は小さいと予測される。
- 水温、水質の変化によりダムから茨木川合流までの安威川では、魚類、底生動物の生息状況の変化や藻類相の変化等が生じる可能性がある。しかし、これらの影響については不確実性を伴うことから、モニタリングにより変化の状況を確認し、より有効な環境改善放流の実施や保全施設の運用を検討する。

#### ・茨木川合流前における予測結果（対策なし・対策ありの比較）



#### ・千歳橋における予測結果（対策なし・対策ありの比較）



## 8. 最大リスクを考慮した検討

- ①溶出速度を  $0.0023\text{g}/\text{m}^2/\text{day}$  から  $0.0366\text{g}/\text{m}^2/\text{day}$  に変更した場合、リンの溶出が大きいものの、水温躍層の存在により表層まで影響する可能性が低い結果となった。
- ②最大リスクを考慮した予測として、①に加え、あさご谷における裸地濁水を考慮した結果、濁水放流の日数が増加する。ただし、フェンスの効果で、表層部に清澄水は確保されているため、選択取水設備を濁水優先運用とすることで、いくらか軽減する可能性はある。
- ③流入 SS の負荷量を LQ 式の  $+ \sigma$  で考慮することにより、濁水放流の日数が増加した。ただし、フェンスの効果で、表層部に清澄水は確保されているため、選択取水設備を濁水優先運用とすることで、いくらか軽減する可能性はある。

○ただし、環境影響の軽減のためには、湖内対策だけでなく、裸地濁水の発生抑制等、流域対策も必要である。

### ①予測結果（溶出の影響 溶出速度 $0.0023\text{g}/\text{m}^2/\text{day}$ と $0.0366\text{g}/\text{m}^2/\text{day}$ の比較）

○上段：ダムサイト水温コンター図、中段：ダムサイト TP コンター図、下段：ダムサイトクロロフィル a コンター図（平成 11 年の例）

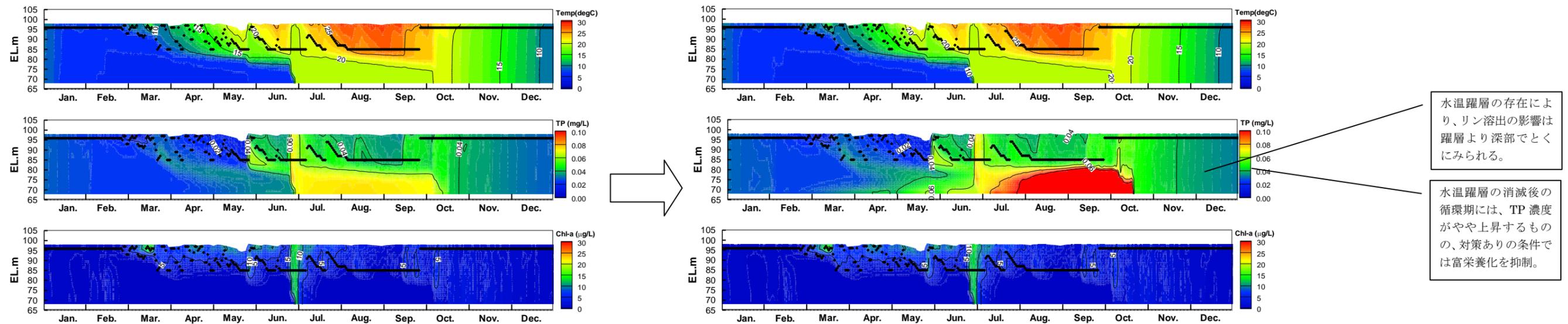


図 8-1 安威川ダム予測結果（溶出の影響）（対策あり）（左：溶出速度  $0.0023\text{g}/\text{m}^2/\text{day}$ 、右： $0.0366\text{g}/\text{m}^2/\text{day}$ ）

#### 表層TP

単位: mg/L

	ダム建設前			ダム建設後					
	最大値	最小値	平均値	対策あり			+りん溶出速度増		
				最大値	最小値	平均値	最大値	最小値	平均値
平成7年	0.284	0.024	0.044	0.073	0.012	0.031	0.073	0.013	0.036
平成8年	0.150	0.019	0.042	0.046	0.010	0.028	0.047	0.011	0.030
平成9年	0.265	0.026	0.047	0.076	0.011	0.033	0.076	0.012	0.035
平成10年	0.285	0.021	0.056	0.078	0.019	0.037	0.078	0.019	0.038
平成11年	0.444	0.000	0.041	0.079	0.012	0.032	0.079	0.013	0.035
平成12年	0.229	0.009	0.036	0.068	0.013	0.026	0.069	0.013	0.029
平成13年	0.185	0.015	0.046	0.065	0.017	0.033	0.067	0.018	0.035
平成14年	0.106	0.000	0.034	0.039	0.013	0.027	0.046	0.013	0.033
平成15年	0.189	0.019	0.053	0.067	0.018	0.035	0.067	0.019	0.037
平成16年	0.232	0.020	0.050	0.067	0.011	0.034	0.067	0.011	0.036
10ヵ年最大値	0.444	0.026	0.056	0.079	0.019	0.037	0.079	0.019	0.038
10ヵ年最小値	0.106	0.000	0.034	0.039	0.010	0.026	0.046	0.011	0.029
10ヵ年平均値	0.237	0.015	0.045	0.066	0.014	0.032	0.067	0.014	0.034

#### 表層クロロフィルa

単位:  $\mu\text{g}/\text{L}$

	ダム建設前			ダム建設後					
	最大値	最小値	平均値	対策あり			+りん溶出速度増		
				最大値	最小値	平均値	最大値	最小値	平均値
平成7年	—	—	—	17.3	0.6	5.6	17.9	0.6	5.6
平成8年	—	—	—	14.2	0.5	5.2	14.3	0.4	5.2
平成9年	—	—	—	18.4	0.9	5.6	18.4	0.9	5.6
平成10年	—	—	—	18.9	0.7	6.4	18.8	0.7	6.4
平成11年	—	—	—	14.1	0.5	4.6	14.1	0.5	4.6
平成12年	—	—	—	13.3	0.4	4.1	13.1	0.4	4.1
平成13年	—	—	—	12.2	0.9	5.2	12.2	0.9	5.2
平成14年	—	—	—	22.4	0.4	4.3	22.6	0.5	4.3
平成15年	—	—	—	15.3	0.8	6.2	15.3	1.0	6.2
平成16年	—	—	—	20.2	1.2	6.2	20.2	1.2	6.2
10ヵ年最大値	—	—	—	22.4	1.2	6.4	22.6	1.2	6.4
10ヵ年最小値	—	—	—	12.2	0.4	4.1	12.2	0.4	4.1
10ヵ年平均値	—	—	—	16.6	0.7	5.3	16.7	0.7	5.3

②予測結果 (①に加え裸地からの濁水を考慮)

○上段：放流SS、下段：ダムサイトSSコンター図 (平成11年の例)

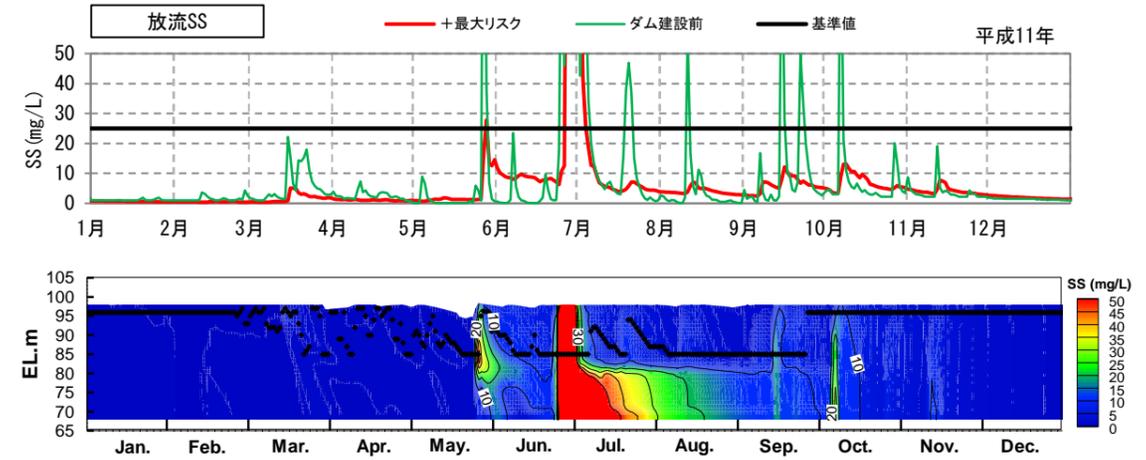
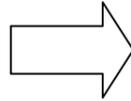
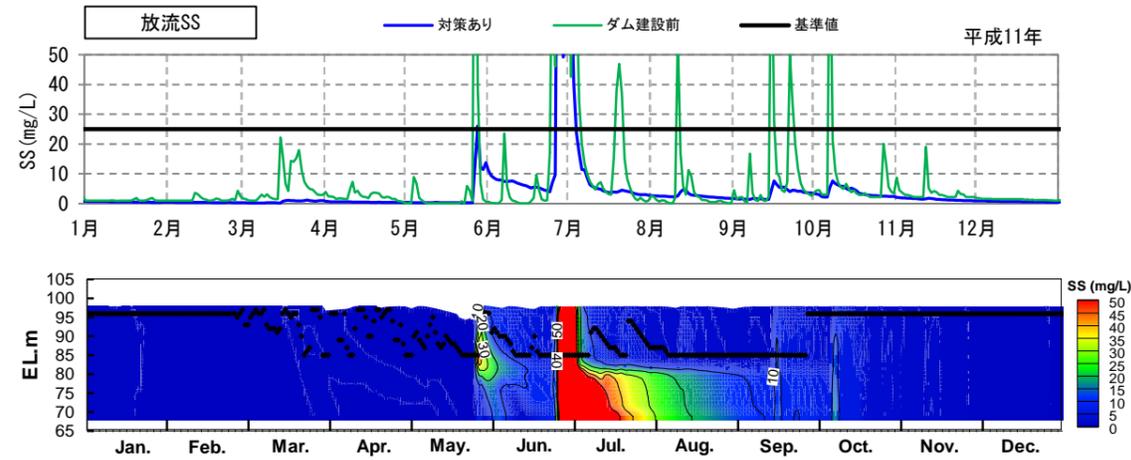
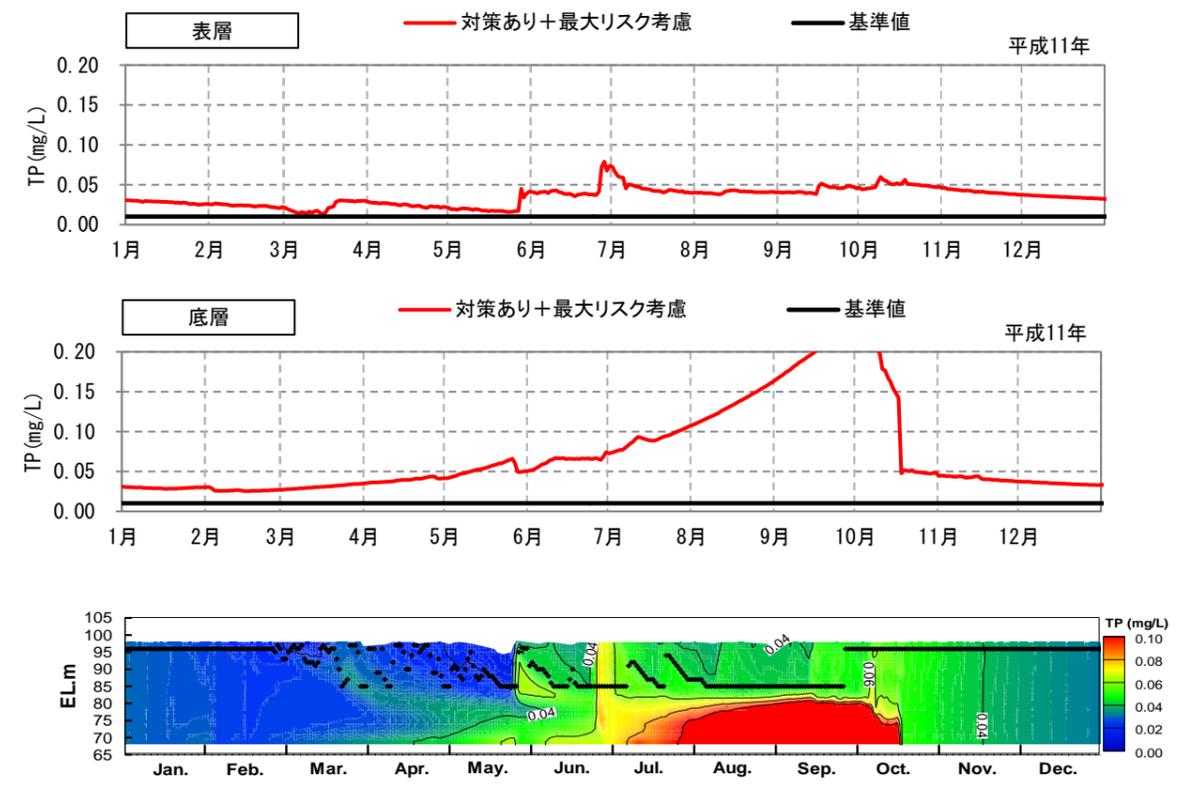
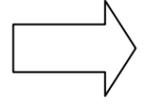
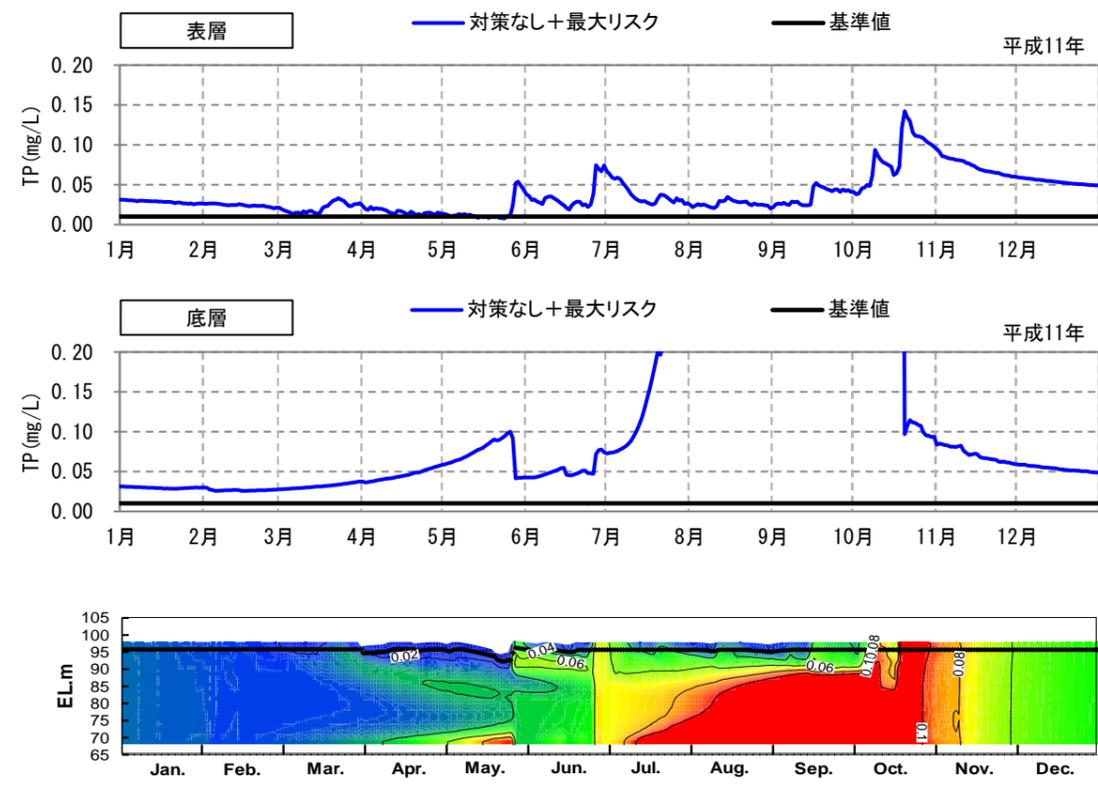


図 8-3 安威川ダム予測結果 (最大リスクパターン) (対策あり) (左：裸地からの濁水考慮なし、右：裸地からの濁水を考慮)

放流SS	単位:mg/L									単位:日			単位:日								単位:mg/L					
	ダム建設前			ダム建設後						SS25mg/L 超過日数	ダム建設前	ダム建設後		ダム建設後 (濁水長期化日数の内)												
	最大値	最小値	平均値	最大値	最小値	平均値	最大値	最小値	平均値			対策あり	+最大リスク	濁水長期化日数		濁水長期化最大連続日数		SS5.6mg/L以上日数		SS25mg/L以上日数		SS最大上昇幅		SS平均上昇幅		
												対策あり	+最大リスク	対策あり	+最大リスク	対策あり	+最大リスク	対策あり	+最大リスク	対策あり	+最大リスク	対策あり	+最大リスク	対策あり	+最大リスク	
平成7年	519.4	0.2	10.1	114.1	0.2	3.1	117.6	0.3	3.9	平成7年	20	10	10	平成7年	65	103	18	18	11	18	0	0	5.8	6.2	0.2	0.4
平成8年	108.0	0.0	5.9	8.7	0.1	1.3	11.4	0.2	2.6	平成8年	13	0	0	平成8年	29	79	9	16	3	14	0	0	3.6	3.9	0.1	0.4
平成9年	445.8	0.8	10.6	103.2	0.1	3.3	115.8	0.4	4.7	平成9年	27	7	7	平成9年	68	122	21	37	23	49	1	1	4.9	9.8	0.3	0.8
平成10年	502.8	0.0	16.2	129.7	0.4	4.7	134.0	0.7	5.6	平成10年	37	12	14	平成10年	14	17	4	5	7	8	1	3	5.5	6.2	0.0	0.1
平成11年	1259.3	0.0	12.4	272.3	0.2	4.6	281.8	0.4	6.1	平成11年	22	8	9	平成11年	101	192	14	37	22	56	2	3	62.6	64.7	0.9	1.6
平成12年	310.6	0.0	5.0	63.4	0.2	2.0	77.5	0.6	3.1	平成12年	9	3	4	平成12年	103	170	20	43	22	27	0	0	10.4	12.1	0.5	0.8
平成13年	201.0	0.0	8.1	48.4	0.3	2.4	49.3	0.6	3.1	平成13年	22	2	2	平成13年	85	113	22	24	14	30	0	0	12.5	12.7	0.4	0.6
平成14年	47.1	0.0	3.3	3.0	0.1	0.8	4.8	0.3	1.7	平成14年	9	0	0	平成14年	78	166	13	21	0	0	0	0	1.6	3.1	0.1	0.5
平成15年	190.5	0.9	12.1	33.8	0.3	3.3	41.0	0.9	4.3	平成15年	36	4	4	平成15年	41	63	15	15	11	12	0	0	10.4	11.6	0.2	0.3
平成16年	523.4	0.0	11.3	117.9	0.2	3.8	119.3	0.3	4.7	平成16年	26	7	7	平成16年	81	108	21	21	30	36	4	4	10.3	11.7	0.4	0.6
10ヵ年最大値	1259.3	0.9	16.2	272.3	0.4	4.7	281.8	0.9	6.1	10ヵ年最大値	37	12	14	10ヵ年最大値	103	192	22	43	30	56	4	4	62.6	64.7	0.9	1.6
10ヵ年最小値	47.1	0.0	3.3	3.0	0.1	0.8	4.8	0.2	1.7	10ヵ年最小値	9	0	0	10ヵ年最小値	14	17	4	5	0	0	0	0	1.6	3.1	0.0	0.1
10ヵ年平均値	410.8	0.2	9.5	89.5	0.2	2.9	95.3	0.5	4.0	10ヵ年平均値	22.1	5.3	5.7	10ヵ年平均値	66.5	113.3	15.7	23.7	14.3	25.0	0.8	1.1	12.8	14.2	0.3	0.6

○上段：表層 TP 予測結果、中段：底層 TP 予測結果、下段：ダムサイト TP コンター図（平成 11 年の例）



○上段：表層クロロフィル a 予測結果、下段：ダムサイトクロロフィル a コンター図（平成 11 年の例）

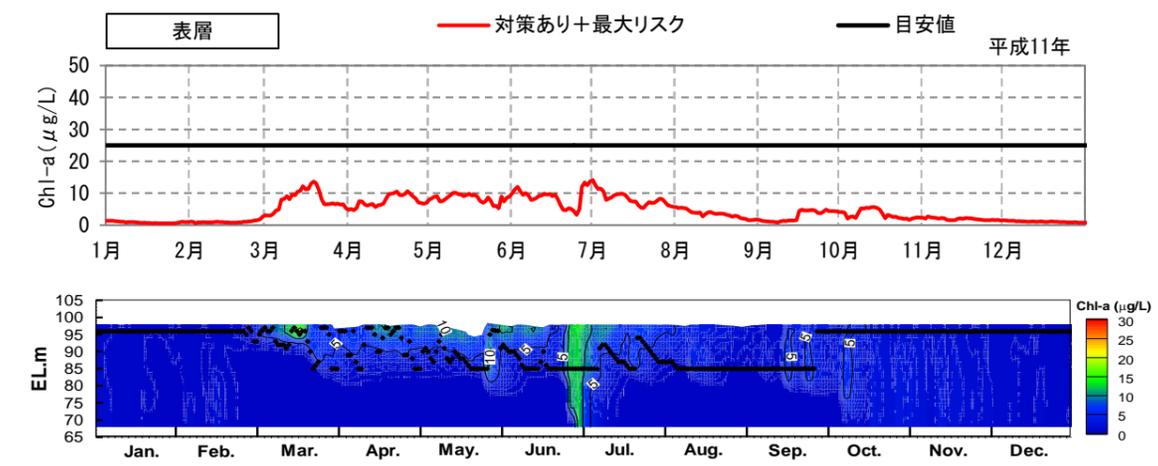
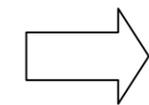
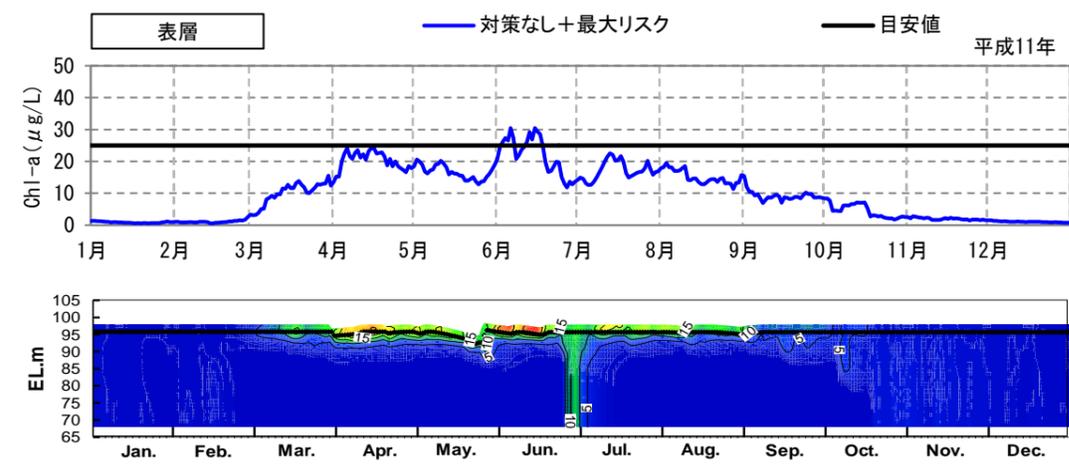


図 8-3 安威川ダム予測結果（最大リスクパターン）（対策有無の比較）（左：対策なし+最大リスク、右：対策あり+最大リスク）

③予測結果（流入SSの負荷量増の影響 LQ式+σ）

○上段：放流SS、下段：ダムサイトSSコンター図（平成11年の例）

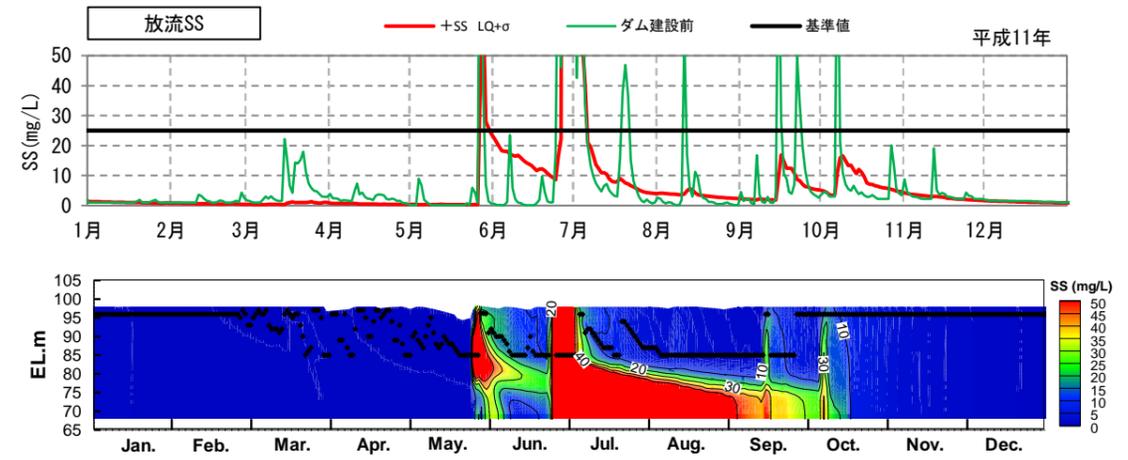
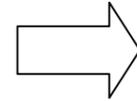
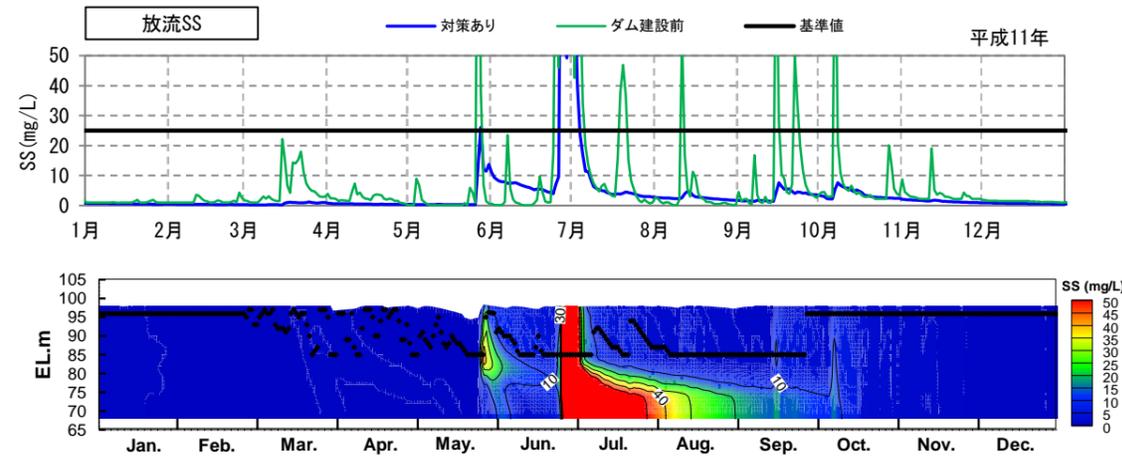


図 8-2 安威川ダム予測結果（流入SSの幅の影響）（対策あり）（左：LQ式、右：LQ式+σ）

放流SS

	単位:mg/L									SS25mg/L 超過日数	単位:日			単位:日								単位:mg/L				
	ダム建設前			ダム建設後							ダム建設前	ダム建設後		ダム建設後（濁水長期化日数の内）												
	最大値	最小値	平均値	対策あり		+SS LQ+σ						対策あり	+SS LQ+σ	濁水長期化日数		濁水長期化最大連続日数		SS10mg/L以上日数		SS25mg/L以上日数		SS最大上昇幅		SS平均上昇幅		
平成7年	519.4	0.2	10.1	114.1	0.2	3.1	300.0	0.2	6.7	平成7年	20	10	14	平成7年	65	108	18	37	11	50	0	7	5.8	104.4	0.2	1.5
平成8年	108.0	0.0	5.9	8.7	0.1	1.3	21.6	0.1	1.8	平成8年	13	0	0	平成8年	29	33	9	10	3	17	0	0	3.6	15.8	0.1	0.4
平成9年	445.8	0.8	10.6	103.2	0.1	3.3	267.5	0.1	6.7	平成9年	27	7	10	平成9年	68	123	21	50	23	89	1	6	4.9	57.8	0.3	2.1
平成10年	502.8	0.0	16.2	129.7	0.4	4.7	341.3	0.4	10.2	平成10年	37	12	24	平成10年	14	70	4	33	7	56	1	12	5.5	72.0	0.0	1.6
平成11年	1259.3	0.0	12.4	272.3	0.2	4.6	699.1	0.2	10.4	平成11年	22	8	13	平成11年	101	153	14	18	22	67	2	7	62.6	306.9	0.9	3.6
平成12年	310.6	0.0	5.0	63.4	0.2	2.0	157.4	0.2	4.1	平成12年	9	3	4	平成12年	103	159	20	53	22	64	0	2	10.4	37.7	0.5	1.6
平成13年	201.0	0.0	8.1	48.4	0.3	2.4	123.9	0.3	4.1	平成13年	22	2	7	平成13年	85	110	22	25	14	44	0	5	12.5	36.7	0.4	1.4
平成14年	47.1	0.0	3.3	3.0	0.1	0.8	3.0	0.1	0.8	平成14年	9	0	0	平成14年	78	78	13	13	0	0	0	0	1.6	1.6	0.1	0.1
平成15年	190.5	0.9	12.1	33.8	0.3	3.3	86.8	0.3	6.0	平成15年	36	4	10	平成15年	41	97	15	43	11	53	0	5	10.4	21.6	0.2	1.0
平成16年	523.4	0.0	11.3	117.9	0.2	3.8	292.4	0.2	7.9	平成16年	26	7	21	平成16年	81	120	21	26	30	82	4	14	10.3	121.6	0.4	2.9
10ヵ年最大値	1259.3	0.9	16.2	272.3	0.4	4.7	699.1	0.4	10.4	10ヵ年最大値	37	12	24	10ヵ年最大値	103	159	22	53	30	89	4	14	62.6	306.9	0.9	3.6
10ヵ年最小値	47.1	0.0	3.3	3.0	0.1	0.8	3.0	0.1	0.8	10ヵ年最小値	9	0	0	10ヵ年最小値	14	33	4	10	0	0	0	0	1.6	1.6	0.0	0.1
10ヵ年平均値	410.8	0.2	9.5	89.5	0.2	2.9	229.3	0.2	5.9	10ヵ年平均値	22.1	5.3	10.3	10ヵ年平均値	66.5	105.1	15.7	30.8	14.3	52.2	0.8	5.8	12.8	77.6	0.3	1.6

## 9. 部会での主な意見と対応

○部会でいただいた意見について、下記により対応を行った。

No.	部会での主な意見	対応
1	安威川上流域からの流入栄養塩に対して、湖内生産性が低いのではないか (クロロフィルやBODが小さい)	<ul style="list-style-type: none"> <li>近傍のダム(水資源機構ダムのデータを活用)を対象に、富栄養化対策の有無を明示したうえで、表層リン濃度、表層クロロフィルa濃度の関係をプロットし、安威川の予測結果の妥当性を確認した。その結果、必ずしも、過小な予測結果ではないと考えられる。</li> <li>ただし、冬季については、比奈知ダム再現計算結果を見ても、過小な予測結果の可能性はあるため、珪藻類の増殖に関するパラメータを調整することにより、冬季の富栄養化予測の精度向上を行った。</li> </ul>
2	出水時の高濁度など、再現計算における精度の向上は可能か	<ul style="list-style-type: none"> <li>各パラメータの調整を行ったが、流入水質をLQ式で与えていることにより平均的な負荷量での予測となるため、現時点での精度向上は限界と考える。</li> <li>出水時の高濁度などは、LQ式の標準偏差(+σ)での確認を行ったことや、冬季の富栄養化予測の精度向上のほか、底泥からのリン溶出速度および上流域の負荷源に関する不確実性を考慮し、最大リスクパターンでの予測を行い、影響を確認した。</li> </ul>
3	彩都地区開発事業が遅れたと想定した場合の影響について、工事中の排水実測値を用いて裸地からの負荷を確認する必要がある	<ul style="list-style-type: none"> <li>あさご谷の裸地から降雨見合いで濁水が発生するケースを、最大リスクパターンでの予測として考慮した。このときの設定では、裸地濁水はSS数千~数万(mg/L)のオーダー、これが安威川に合流した後はSS数百~数千(mg/L)のオーダーとなることもあり、概ね現地状況と同等以上の濃度と考える。その結果、濁水長期化の軽減のためには、ダム湖内における対策のみでなく、周辺事業者における対策も必要と考える。</li> </ul>
4	濁度の評価を環境基準値(SS25mg/L)としているが安威川の現況水質がどの程度なのか確認が必要	<ul style="list-style-type: none"> <li>安威川(ダム直下)の平成28年度のSS平均値は、低水時調査で5.6mg/Lである(ダム建設前)。</li> <li>対策を実施した場合の予測結果は、洪水時を含む10年間のSS平均値で、0.8~4.7 mg/Lとなった(ダム建設後貯水池表層)。</li> </ul>
5	予測の結果はダム建設前の計算値との比較だけでなく、現況実測値との関係も整理する	<ul style="list-style-type: none"> <li>放流水の予測計算結果(水温、SS)について、現況河川における濃度をプロットしたところ、ダム建設前の水温(計算値)の妥当性は確認できた。</li> <li>ただし、ダム建設前のBOD(計算値)については、LQ式による換算、CODからBODへの換算のプロセスを経たものであるため、やや整合しない結果となった。</li> </ul>
6	曝気量は、事例で示される量ではなく、改善に必要となる量と、その時の生物に与える影響を踏まえて検討する	<ul style="list-style-type: none"> <li>浅層曝気の諸元は、シミュレーションにより藻類の増殖しやすい有光層をそれ以深まで十分に循環混合させ、貯水池上流まで藻類の増殖を抑制しうるものであることを確認した。</li> <li>なお、曝気等の保全施設の運用により変化する温水放流や濁水長期化は、保全の効果が項目により相反する場合がある。水温の変化に対しては種毎の水温耐性に応じて成長量が変化することや、底生動物の羽化回数、藻類相の変化等の影響が生じる可能性がある。また、濁水長期化については、河床への細粒分の堆積により底生魚、底生動物の生息状況の変化、藻類相の変化等の影響が生じる可能性がある。しかし、これらの影響については不確実性を伴うことから、モニタリングにより変化の状況を確認し、より有効な環境改善放流の実施や保全施設の運用を検討する。</li> </ul>

## 10. 検討結果を踏まえた施設の必要性

○水質予測検討の結果を踏まえると、各対策施設について効果が確認されたことから、安威川ダムにおいて各対策を実施する。  
 なお、フラッシュ放流の実施による水質への影響については、水質保全対策施設の運用により一時的な冷水放流等を回避できることを確認した。

水質保全対策施設	施設概要	目的	必要性	予測結果における施設の効果
選択取水	取水範囲 EL:85.0m~EL.99.4m	水温対策 濁水長期化の軽減	<ul style="list-style-type: none"> <li>不特定利水の補給のため、極力流入水温に等しい温度での放流が必要である。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>濁水長期化とのトレードオフの関係があるが、施設運用により、現在観測されている水温程度に高温水の放流を抑制できることを確認した。</li> </ul>
濁水防止フェンス	浮沈式フェンス ダム軸より 300m、800m 上流 2箇所設置	濁水長期化の軽減	<ul style="list-style-type: none"> <li>濁水放流をできるだけ軽減する必要がある。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>水温とのトレードオフの関係があるが、フェンスを設置しない状態と比較し、濁水長期化日数を低減することを確認した。</li> <li>上流域他事業からの負荷量増にもある程度の効果が見込める。</li> </ul>
浅層曝気	基数：1基  ダム軸より 200m 上流 吐出口標高：EL.81m 3,700L/分	水温対策	<ul style="list-style-type: none"> <li>特に代かき期など、冷水放流による農作物への影響を回避する必要がある。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>フラッシュ放流時の一時的な冷水放流を回避できることを確認した。</li> </ul>
		富栄養化の抑制	<ul style="list-style-type: none"> <li>下流河川への影響を緩和すること、並びに今後利活用が見込まれる安威川ダムにおいて、富栄養化によるアオコの発生を抑える必要がある。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>アオコの発生原因となるクロロフィル a について、特に表層部での増殖を抑制できることを確認した。</li> <li>また、湖内全体に効果が及んでいることを計算結果により確認した。</li> </ul>
深層曝気	基数：1基  ダム軸より 200m 上流 吸込口標高：EL.70m 吐出口標高：EL.75m	溶存酸素の回復	<ul style="list-style-type: none"> <li>長期間にわたり底層DOが低い状態が続き、底泥からの栄養塩等の溶出が懸念される。</li> <li>不測の事態により貧酸素水を放流した場合、下流河川の生態系に影響が生じる。</li> <li>湖沼等の貧酸素対策については全国的にも注目されると考えられる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>夏季から冬季にかけての貧酸素状態（底層 DO が0に近い）状態を解消できることを確認した。</li> </ul>

## 11. 施設運用の検討

- 水質保全対策施設について、複合的な運用をすることで効果を確認したが、施設の運用方法については様々なパターンが可能であり、一例として水温と濁水長期化のトレードオフがどの程度解消可能かどうか、浅層曝気装置の運転期間の調整による感度分析をおこなった。
- 確認の結果、現在の運用案が概ね妥当であったが、施設完成後はモニタリングを継続しながら検証していく必要がある。  
基本的な水質調査（定期調査、出水時調査）および常時監視（自動観測等）等により確認するとともに、冷・温水現象、濁水長期化現象、富栄養化現象等の発生がないかを監視していく。

### ・浅層曝気装置の運転期間の調整（施設運用の代替案）

浅層曝気の運転期間を、フラッシュ放流時（当日を含む前3日間）および富栄養化時（表層クロロフィル a :  $25 \mu\text{g/L}$  以上）に限定し、運転に伴う水温および濁水への影響の回避・軽減を考慮した。水温・濁りと富栄養化のトレードオフの関係を確認できたため、運用案は、実運用を行いながら今後モニタリングにより検証していく必要がある。

	基本的な運用	浅層曝気装置の運転期間を調整した運用
浅層曝気 運転期間	・3月21日～8月31日（出水時は停止）	・フラッシュ放流時（当日を含む前3日間） および富栄養化が懸念される表層クロロフィル a $25 \mu\text{g/L}$ 以上に限定
水温	<p>放流水温 10年変動幅 基本的な運用 ダム建設前 平成11年</p>	<p>放流水温 10年変動幅 浅層曝気運転期間調整 ダム建設前 平成11年</p>
		温水放流となる期間が減少（137日⇒111日）
濁水	<p>放流SS 基本的な運用 ダム建設前 基準値 平成11年</p>	<p>放流SS 浅層曝気運転期間調整 ダム建設前 基準値 平成11年</p>
		濁水長期化期間が減少（101日⇒96日）
富栄養化	<p>表層 基本的な運用 目安値 平成11年</p>	<p>表層 浅層曝気運転期間調整 目安値 平成11年</p>
		表層クロロフィルの値が上昇