

## 2.3 丹生ダム放流に伴う下流河川水質変化について

### (1) 水質予測手法

丹生ダムによる下流河川への水質変化の影響を予測するため、SS、水温、CODの3項目を対象として図2.3.1に示す各地点の水質変化を予測した。予測にあたって、SS及びCODは流下過程における物質の沈降や浄化を反映できるモデルを適用し、水温は流下過程における大気との熱の授受等を反映できるモデルを適用した。

予測地点は最下流の野寺橋とし、予測の初期条件となるダム直下流地点の水質等のデータについては、貯水池水質予測結果を用いた。



図 2.3.1 丹生ダム下流河川における水質予測地点とモデルにおける流域の取り扱い

表 2.3.1 予測条件の概要

予測項目	SS、COD、水温の3項目
予測地点	川合橋（ダム直下流地点から15.4km地点）、野寺橋（同29.6km地点）
予測対象年	予測対象年は、貯水池水質予測計算の対象年と同じ1992（平成4）年～2002（平成14）年の11年間とした。
ダム直下流地点の水質	ダム直下流地点の水質は、貯水池の水質予測計算結果を用いた。

水量・汚濁負荷に関わる流域分割については、ダム直下流地点から予測地点である最下流の野寺橋地点までを、杉野川や姉川等の流入を考慮して、図 2.3.1 に示すように流域分割した。

各地点の流量については、流量観測地点である菅並地点の毎日の流量データを基に比流量を用いて算出した。但し、川合橋から野寺橋までの区間における高時川頭首工での農業用取水及び伏流の現状を考慮した。

#### 水温の予測モデル

ダム下流河川における水温の変化について使用した予測モデルは、ダム放流水に対し、流下過程において、流域からの支川流入及び大気との熱の授受による影響を受けながら予測地点に達するというものである。

予測モデルの基本式及び予測手順は図 2.3.2 に示すとおりである。

(基本式)

$$Q_B = Q_A + \sum Q_i$$

$$T_B = \{T_A \cdot Q_A + \sum T_i \cdot Q_i + (\phi \cdot t_o / (\rho \cdot C_w \cdot H)) \cdot Q_B\} / Q_B$$

- A : ダム直下流地点
- B : 予測地点
- i : 分割流域iの流出地点
- $Q_A, Q_B, Q_i$  : 流量 (m<sup>3</sup>/秒)
- $T_A, T_B, T_i$  : 水温 (°C)
- $\phi$  : 河道における流下過程での大気との熱の授受 (kcal/m<sup>2</sup>/日)
- $t_o$  : ダム直下流地点から予測地点までの流下時間 (日)
- $\rho$  : 密度 (kg/m<sup>3</sup>)
- $C_w$  : 比熱 (kcal/kg/°C)
- H : 平均水深 (m)

- 注) 1. 河道における流下過程での大気との熱の授受の計算は、「水温論」共立出版(株)を参考とした。  
 2. 気象データは貯水池の予測で用いた気象データの3日間移動平均値を使用した。

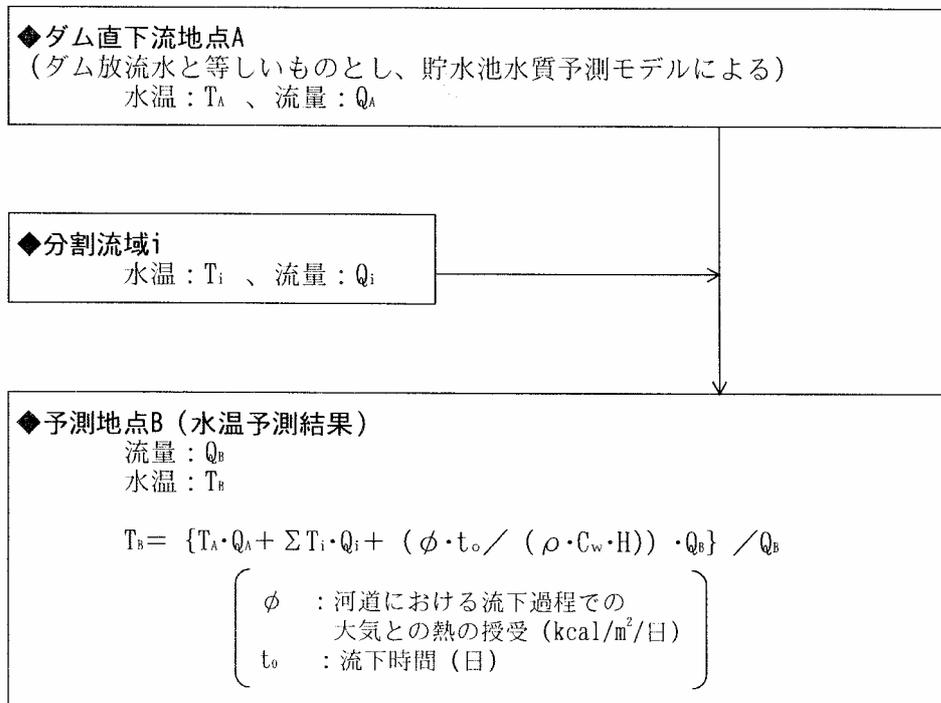


図 2.3.2 ダム下流河川の水温の予測計算手順

## SS の予測モデル

ダム下流河川における SS の変化について使用した予測モデルは、ダム放流水中の SS が、流下過程において沈降等による減少の影響を受けながら、流域から流出する SS とあわせて流下し、予測地点に達するというものである。

予測モデルの基本式及び予測手順は図 2.3.3 に示すとおりである。

(基本式)

$$Q_B = Q_A + \sum Q_i$$

$$C_B = \{L_A \cdot \exp(-k \cdot t_A) + \sum L_i \cdot \exp(-k \cdot t_i)\} / Q_B$$

- A : ダム直下流地点
- B : 予測地点
- i : 分割流域 i の流出地点
- $Q_A, Q_B, Q_i$  : 流量 ( $\text{m}^3/\text{秒}$ )
- $C_A, C_B, C_i$  : 水質 ( $\text{mg/L}$ )
- $L_A, L_B, L_i$  : 負荷量 ( $\text{g/秒}$ )
- $t_A$  : ダム直下流地点から予測地点までの流下時間 (日)
- $t_i$  : 分割流域から予測地点までの流下時間 (日)
- k : 減少係数 (1/日)

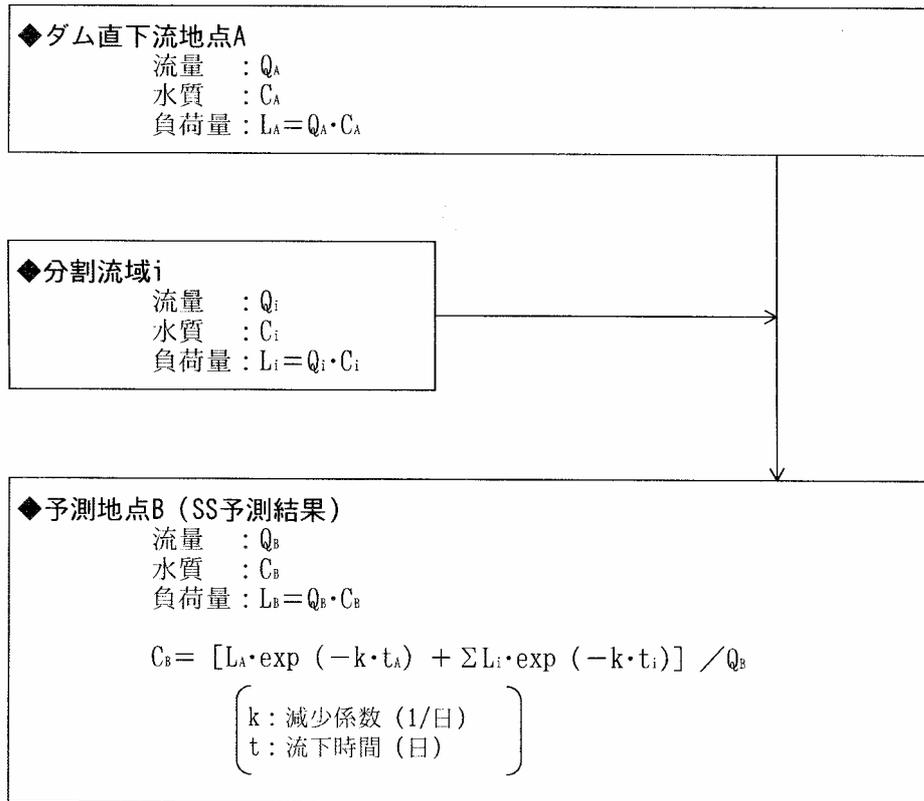


図 2.3.3 ダム下流河川の SS の予測計算手順

## COD の予測モデル

ダム下流河川における COD の変化について使用した予測モデルは、ダム放流水中の COD が、流下過程において沈降や分解等による減少の影響を受けながら、流域から流出する COD とあわせて流下し、予測地点に達するというものである。

予測モデルの基本式及び予測手順は図 2.3.4 に示すとおりである。

(基本式)

$$Q_B = Q_A + \sum Q_i$$

$$C_B = \{L_A \cdot \exp(-k \cdot t_A) + \sum L_i \cdot \exp(-k \cdot t_i)\} / Q_B$$

- A : ダム直下流地点
- B : 予測地点
- i : 分割流域iの流出地点
- $Q_A, Q_B, Q_i$  : 流量 (m<sup>3</sup>/秒)
- $C_A, C_B, C_i$  : 水質 (mg/L)
- $L_A, L_B, L_i$  : 負荷量 (g/秒)
- $t_A$  : ダム直下流地点から予測地点までの流下時間 (日)
- $t_i$  : 分割流域から予測地点までの流下時間 (日)
- k : 自浄係数 (1/日)

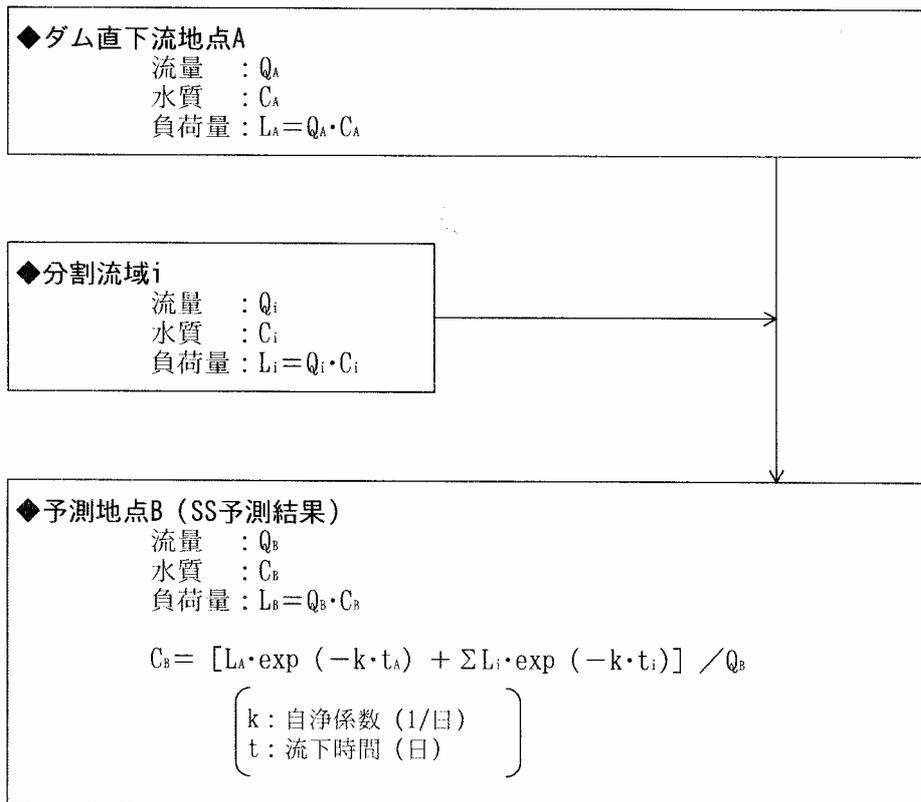


図 2.3.4 ダム下流河川の COD の予測計算手順

以上で示した下流河川水質予測モデルを用いて、丹生ダムが建設されることによる下流河川水質の変化（ダムからの環境放流条件は含まない）について予測した結果とりまとめる。図 2.3.5～2.3.16 に環境放流を実施しない年（1995年～1998年）の下流河川水質の予測結果を示した。

（2）冷水現象に関する予測

ダム放流に伴う下流河川の水質変化について、水温は下流河川の魚類等の生物生息環境にとって重要な要因である。例えば4～5月のアユ遡上期、9～11月のアユの産卵、ビワマス遡上・産卵期についてダムから約14km下流の川合地点でみると、4～5月期ではダムがない場合は平均12.7、ダムがある場合は平均12.6、9～11月期ではそれぞれ13.7、13.8度とほとんど差がない結果となっている。

表 2.3.2 期間別平均水温（川合地点）（℃）

年	4-5月期		9-11月期	
	ダム無し	ダム有	ダム無し	ダム有
1995	12.1	12.1	13.0	13.2
1996	11.6	11.4	13.1	13.5
1997	12.4	12.4	13.6	13.4
1998	14.8	14.3	15.0	15.3
平均	12.7	12.6	13.7	13.8

（3）濁水長期化現象に関する予測

SSについては、ダムが沈殿池な役割を果たすことから、ダムがない場合に比べダムがある場合の方が全体として濃度レベルは低くなっている。

ちなみに、水温と同様に川合地点における4～5月期および9～11月期のダムがない場合とダムがある場合の平均SS濃度を比較すると、前半の期間では、ダムなし10.5mg/L、ダムあり7.7mg/L後半の期間に対してはダムなし3.1mg/L、ダムあり2.0mg/Lとなっている。

表 2.3.3 期間別平均SS濃度（川合地点）（mg/L）

年	4-5月期		9-11月期	
	ダム無し	ダム有	ダム無し	ダム有
1995	18.4	13.1	1.6	0.9
1996	6.3	4.5	2.2	1.6
1997	10.5	9.1	2.2	1.3
1998	6.6	3.9	6.2	4.1
平均	10.5	7.7	3.1	2.0

（4）富栄養化現象に関する予測

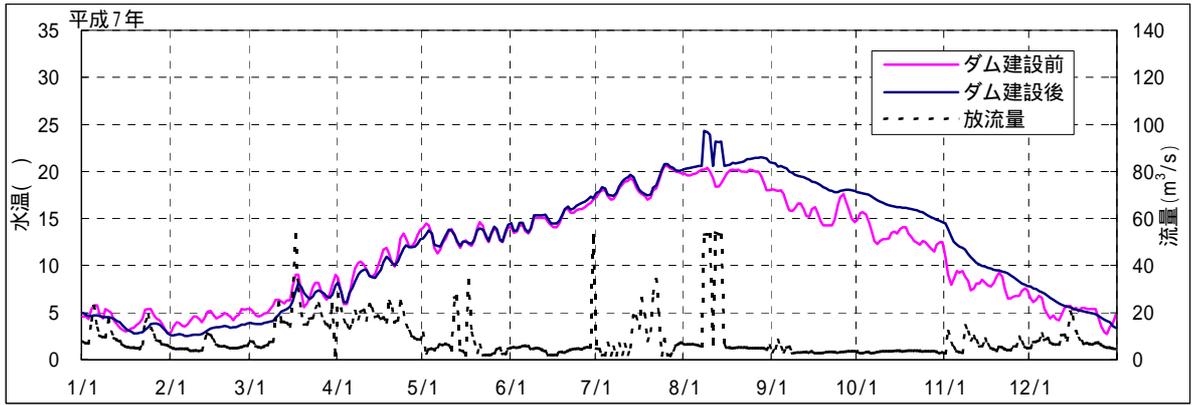
CODについては、貯水池における内部生産によってダムがない場合に比べ放流COD濃度はやや高くなり、ダムから約14km下流の川合地点におけるダムがない場合の平均COD濃度は1.7mg/L、ダムがある場合は1.8mg/Lとなっている。（図 2.3.13～2.3.16 参照）

また、CODについてはダムがある場合は、ない場合に比べて濃度の変化が小さく安定化する傾向が認められるが、下流の野寺橋地点（姉川下流部）ではダムの有無による差はほとんどなくなる結果となっている。

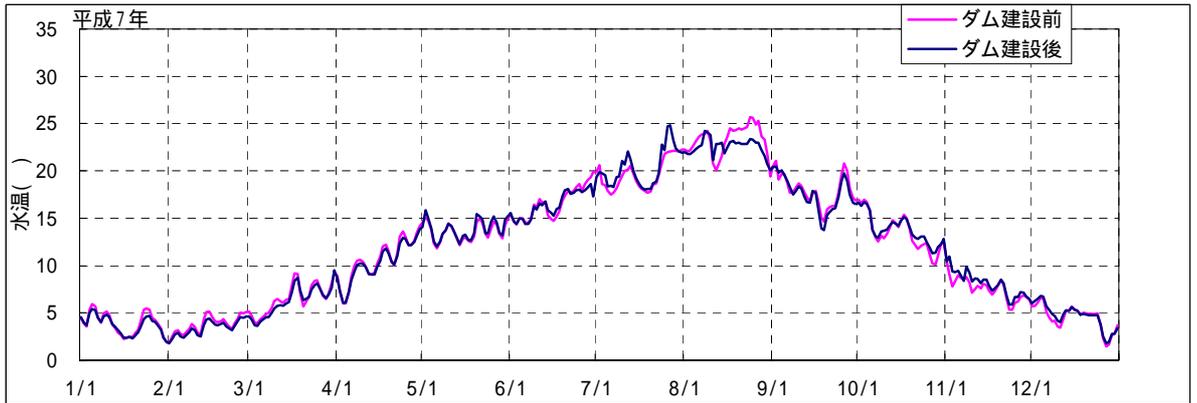
（5）丹生ダム放流に伴う下流河川水質変化に関するまとめ

ダム放流に伴う下流河川の水質変化は下流に行くに従い小さくなり、ダムから約28km下流の野寺橋地点（姉川下流部）においては、ダムの有無による差はほとんどなくなると推察される。（図 2.3.5～2.3.16 参照）

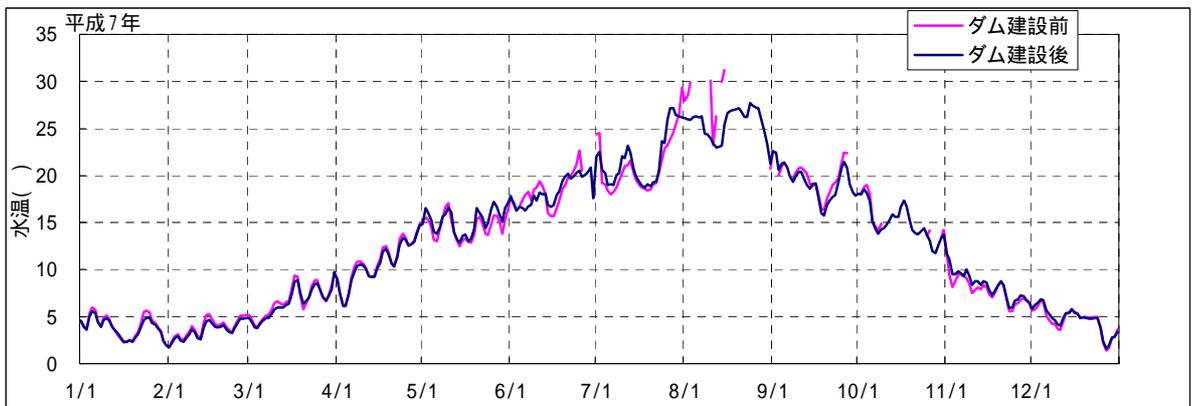
ダム直下流  
地点



川合橋地点  
(ダム下流  
約14km地点)



福橋地点  
(ダム下流  
約22km地点)



野寺橋地点  
(ダム下流  
約28km地点)

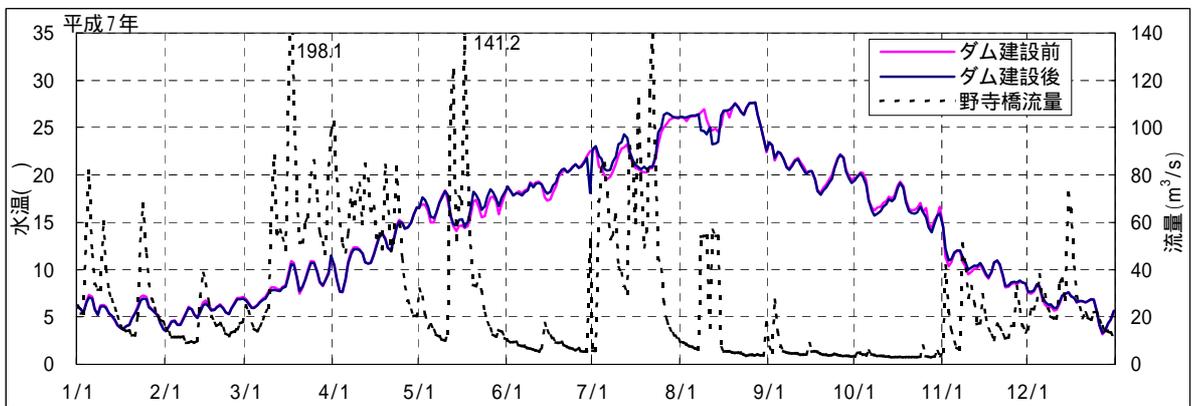
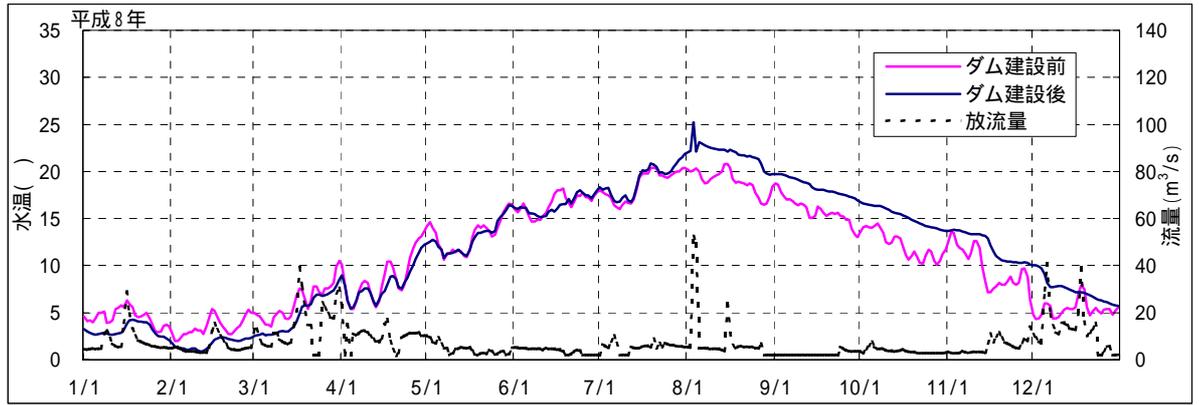


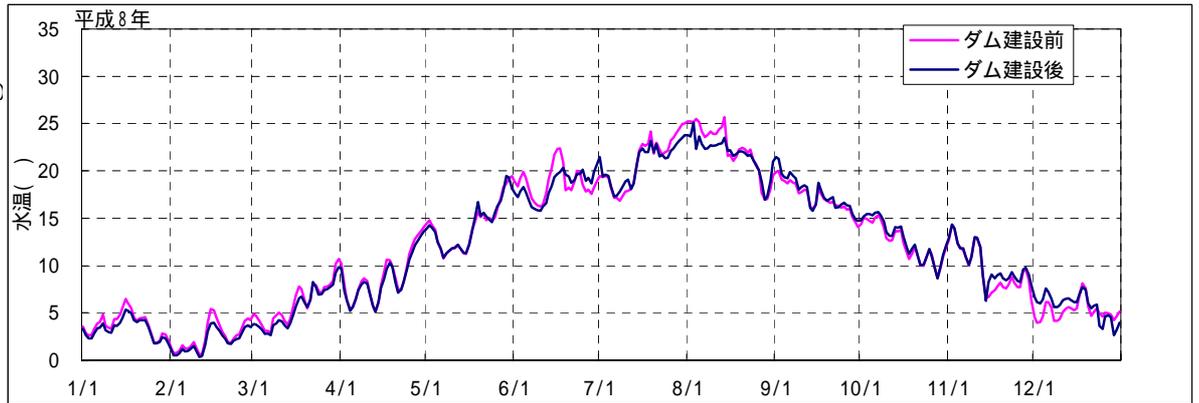
図 2.3.5 ダム下流河川水温予測結果 (1995年: 選択取水・曝気あり、環境放流なし)

ダム直下流  
地点



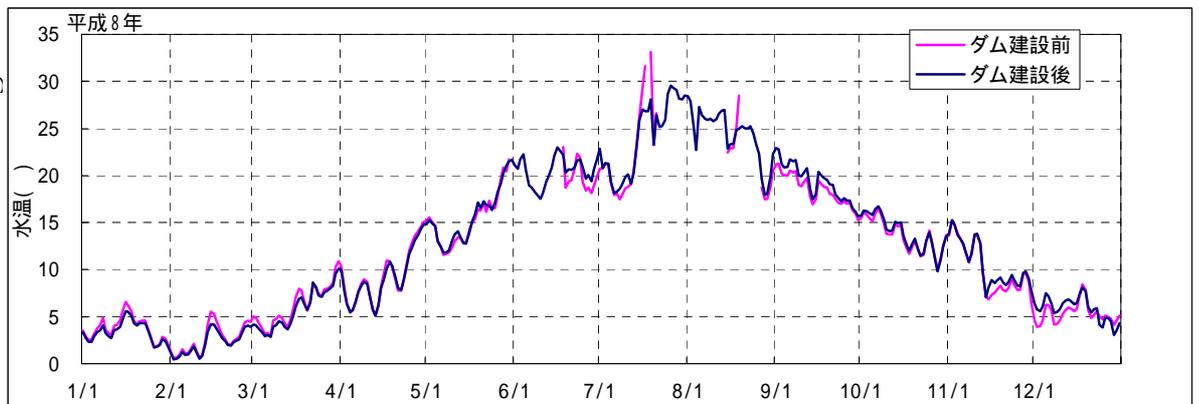
川合橋地点

(ダム下流  
約14km地点)



福橋地点

(ダム下流  
約22km地点)



野寺橋地点

(ダム下流  
約28km地点)

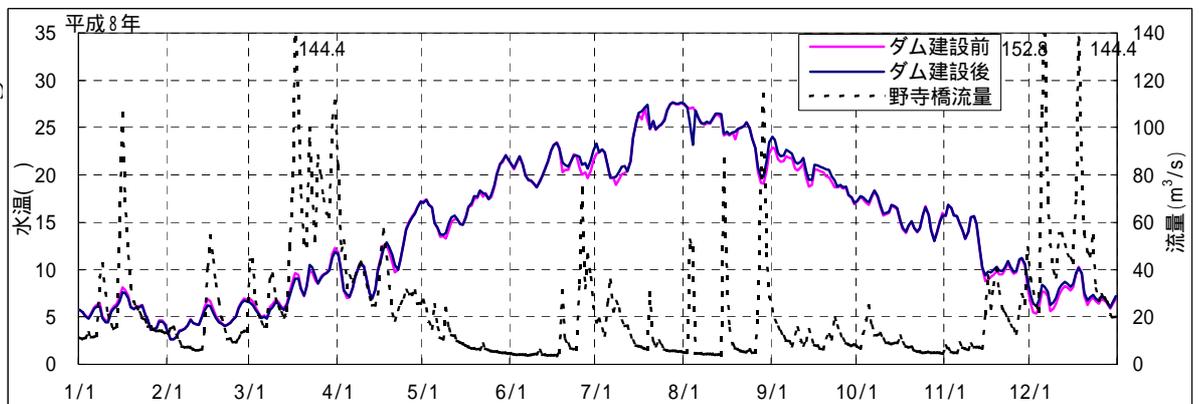
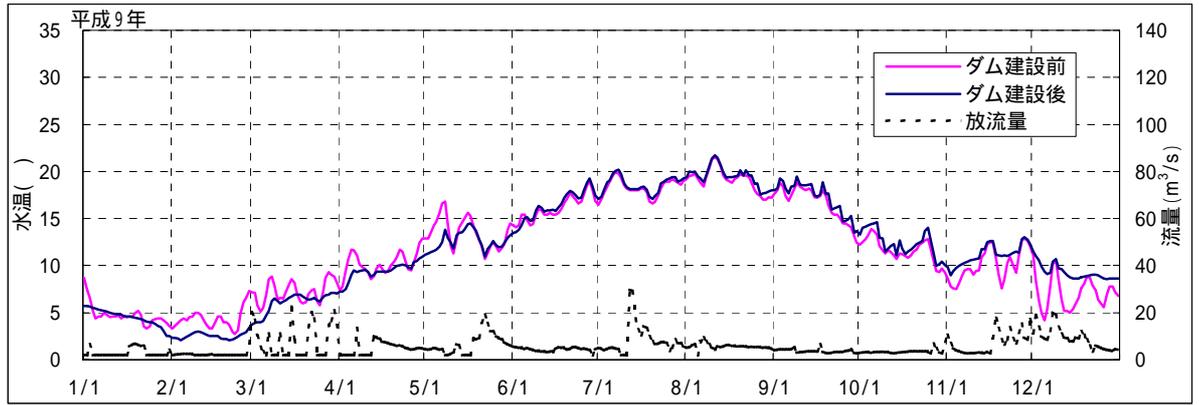
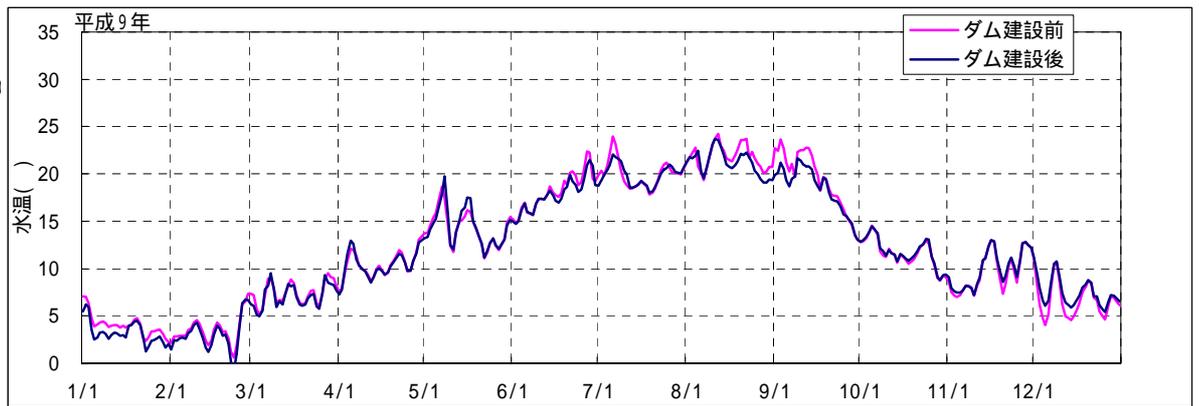


図 2.3.6 ダム下流河川水温予測結果 (1996年: 選択取水・曝気あり、環境放流なし)

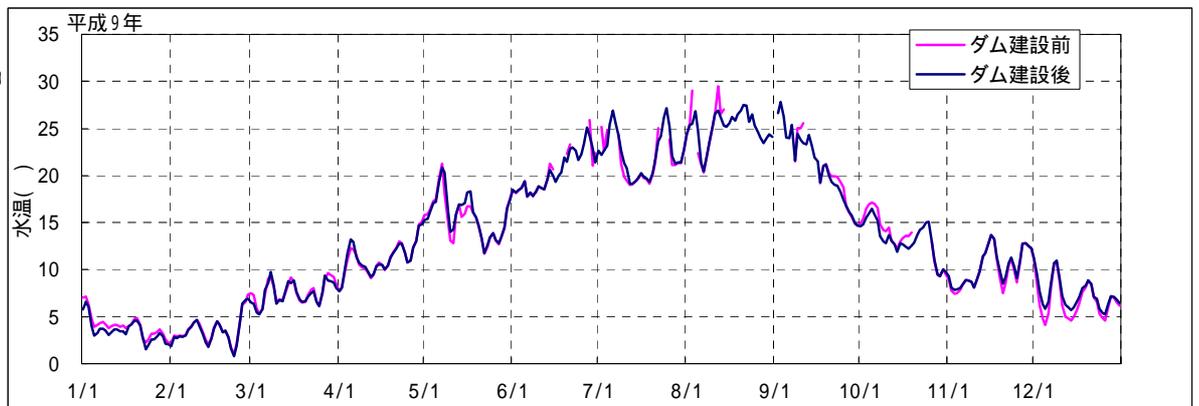
ダム直下流  
地点



川合橋地点  
(ダム下流  
約14km地点)



福橋地点  
(ダム下流  
約22km地点)



野寺橋地点  
(ダム下流  
約28km地点)

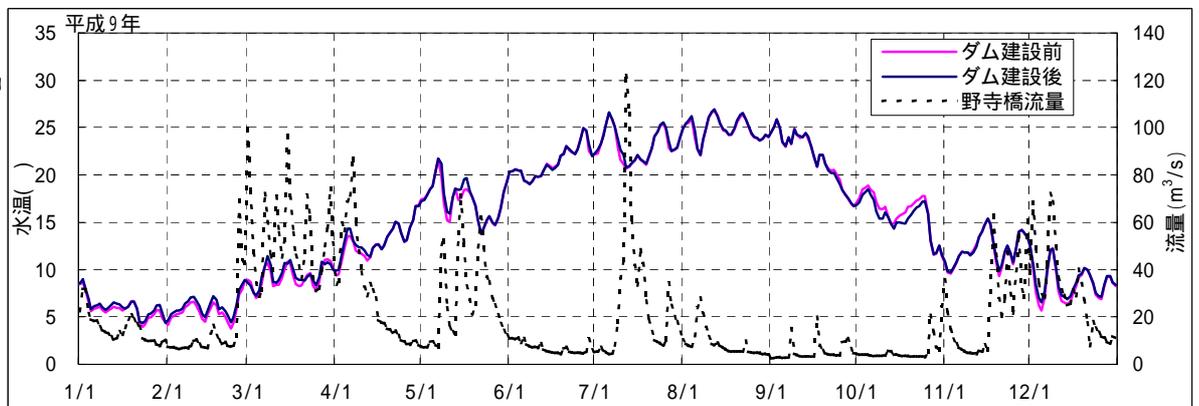
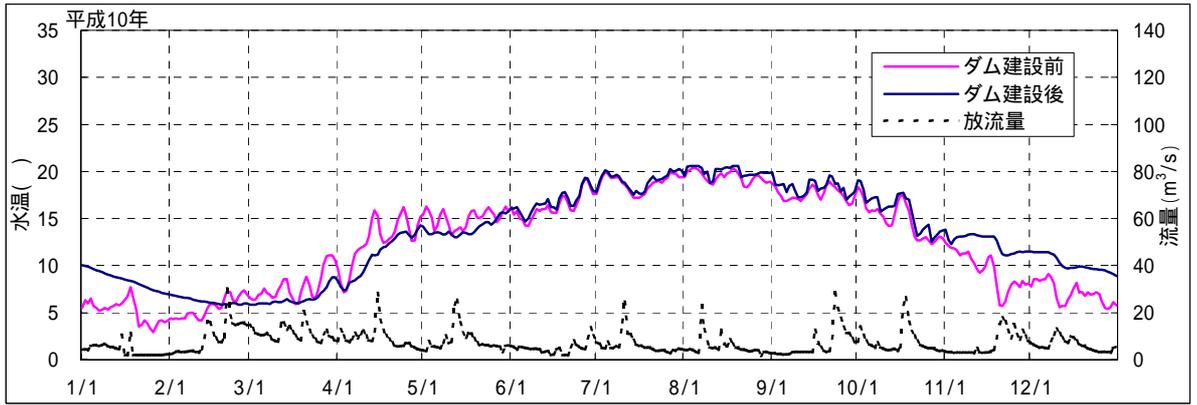
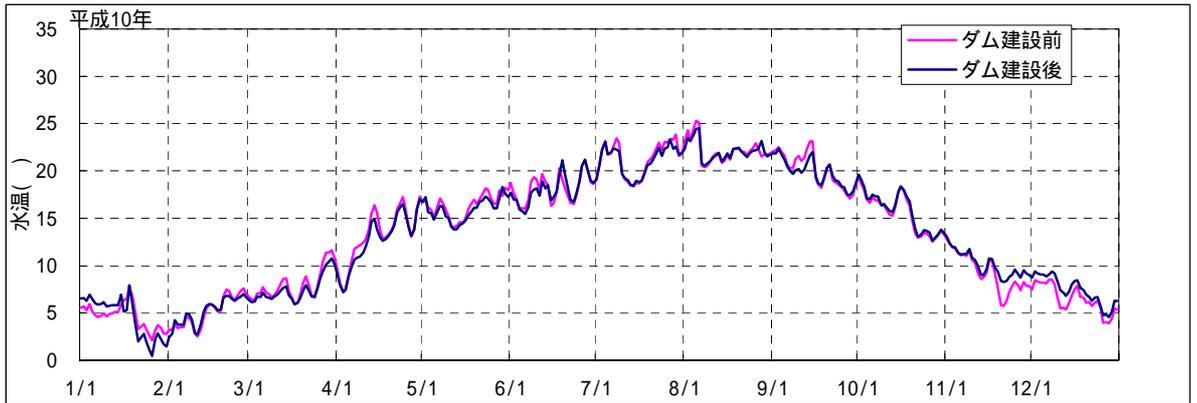


図 2.3.7 ダム下流河川水温予測結果 (1997年：選択取水・曝気あり、環境放流なし)

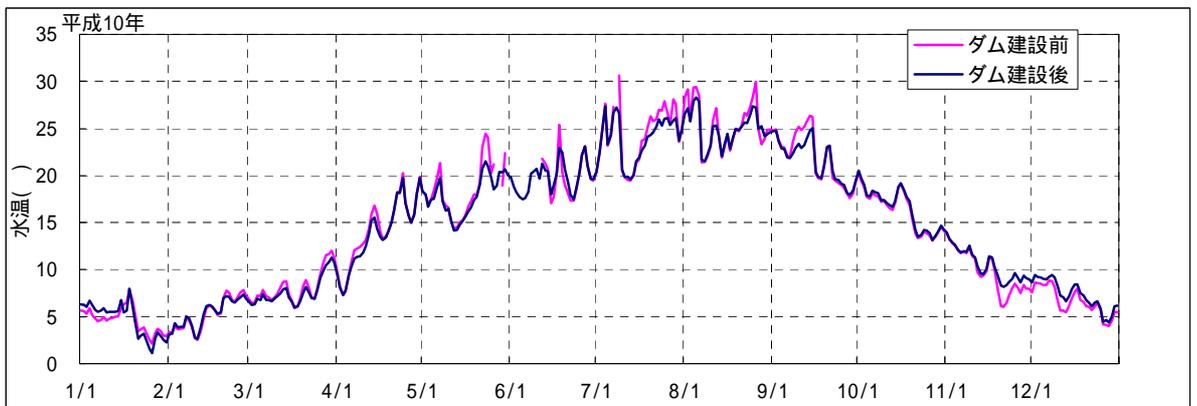
ダム直下流地点



川合橋地点  
(ダム下流  
約14km地点)



福橋地点  
(ダム下流  
約22km地点)



野寺橋地点  
(ダム下流  
約28km地点)

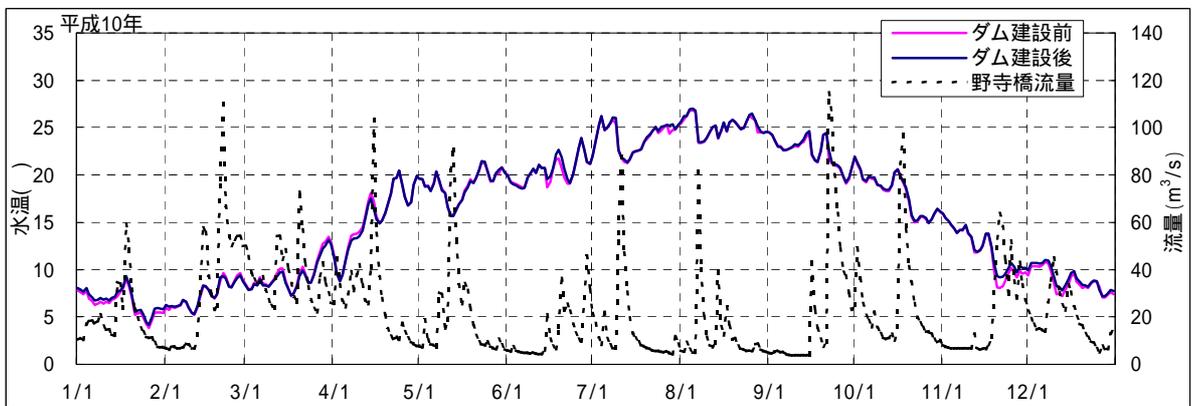
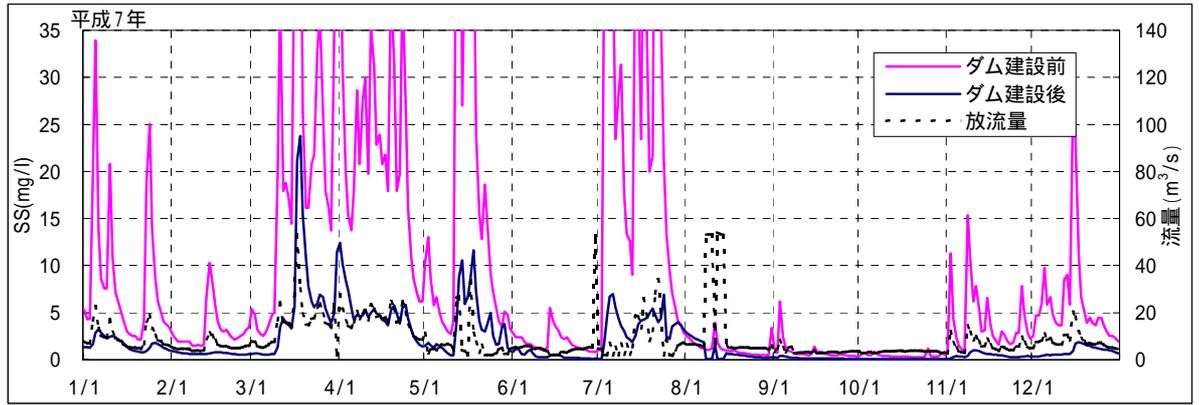
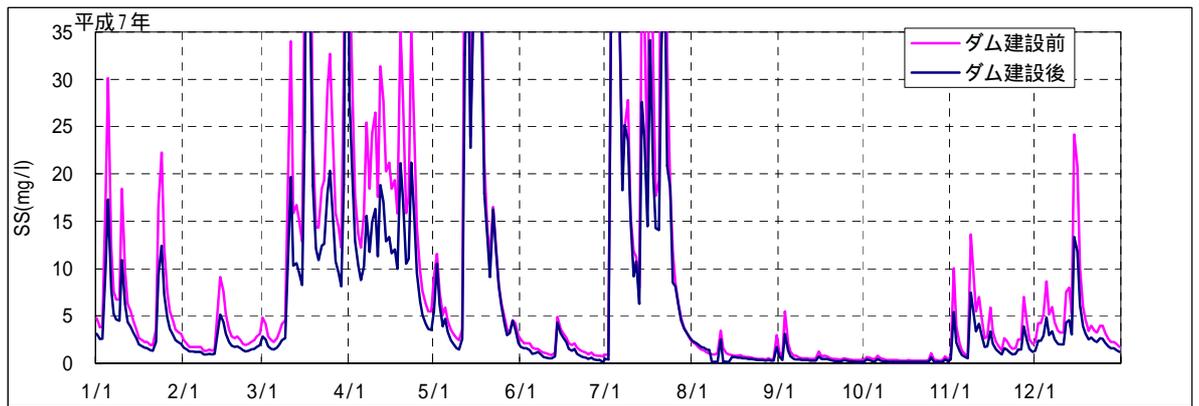


図 2.3.8 ダム下流河川水温予測結果 (1998年: 選択取水・曝気あり、環境放流なし)

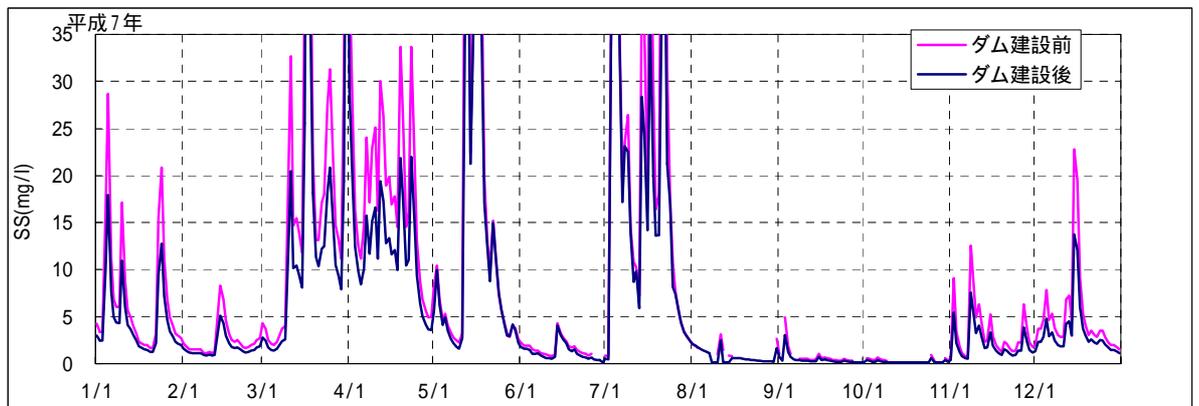
ダム直下流地点



川合橋地点  
(ダム下流 約14km 地点)



福橋地点  
(ダム下流 約22km 地点)



野寺橋地点  
(ダム下流 約28km 地点)

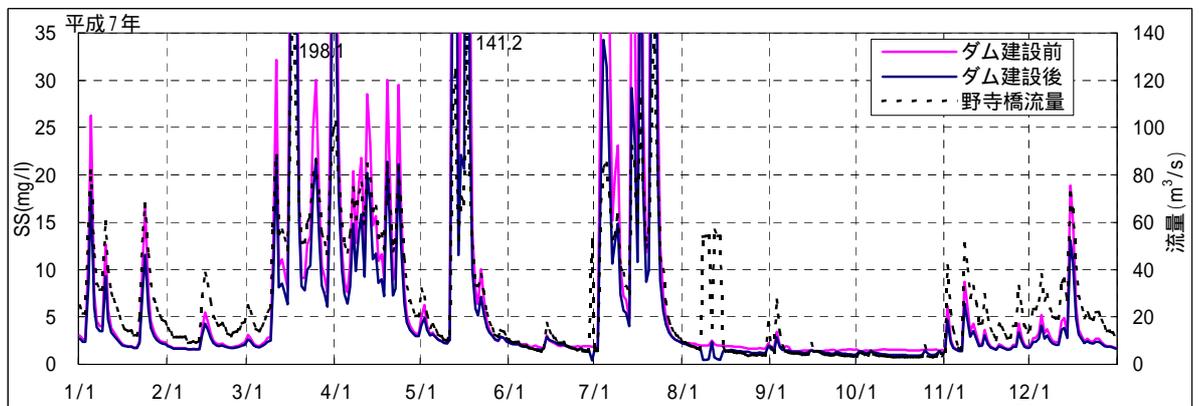
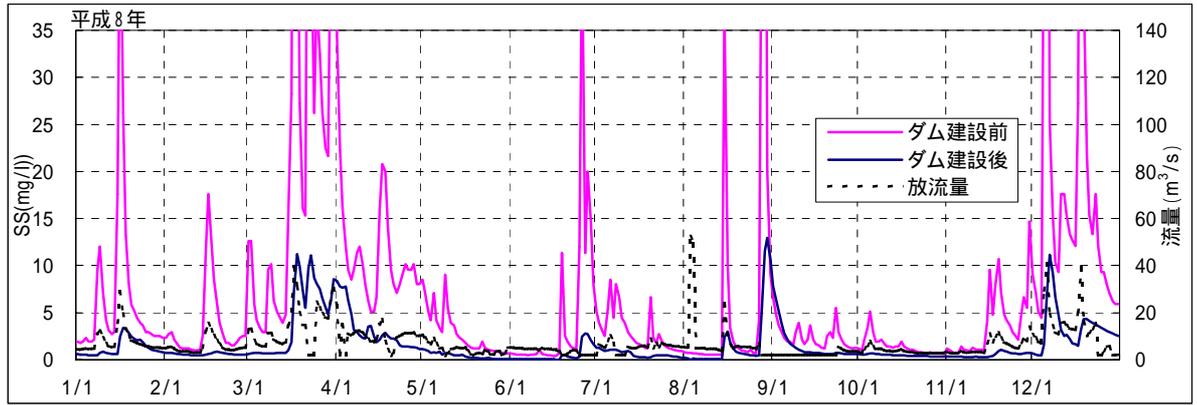
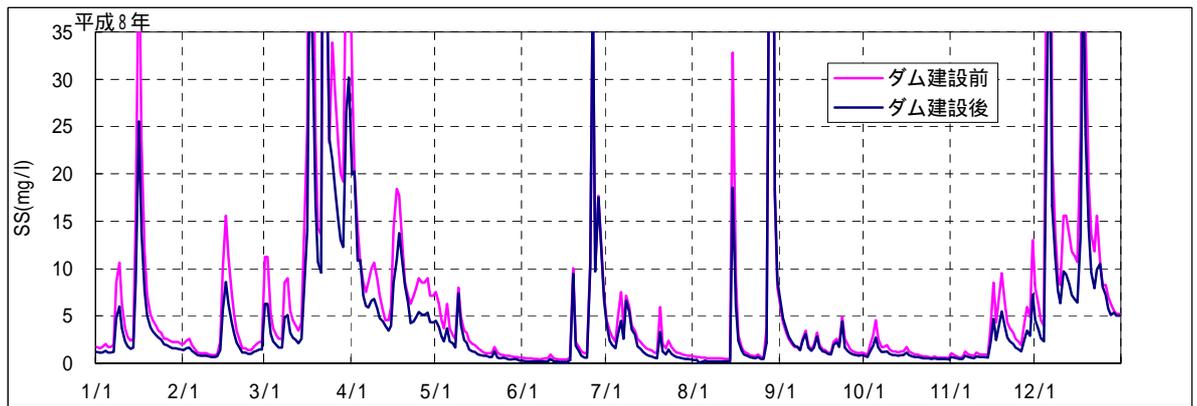


図 2.3.9 ダム下流河川 SS 予測結果 (1995 年：選択取水・曝気あり、環境放流なし)

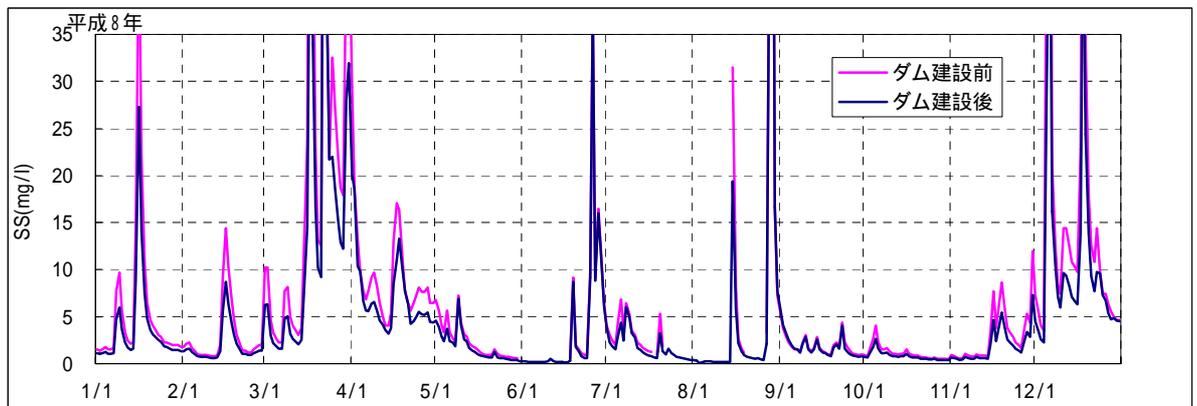
ダム直下流地点



川合橋地点  
(ダム下流  
約14km地点)



福橋地点  
(ダム下流  
約22km地点)



野寺橋地点  
(ダム下流  
約28km地点)

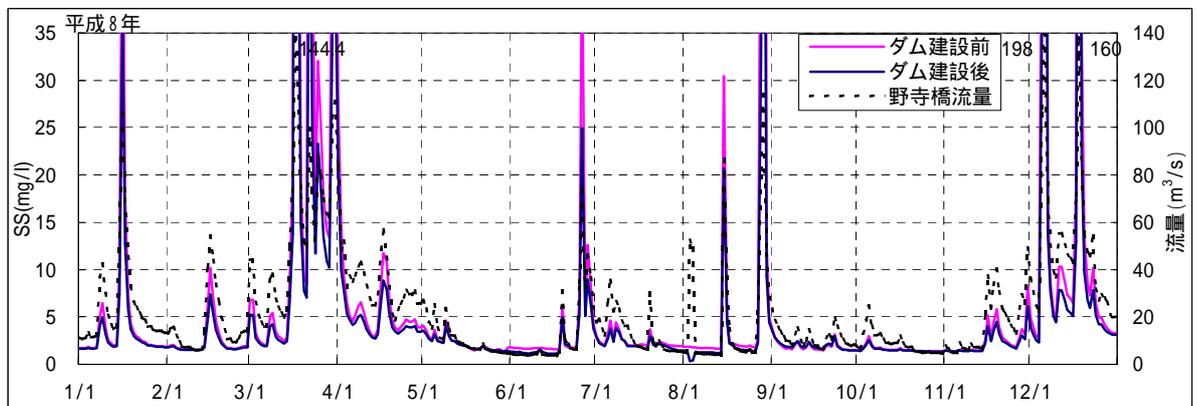
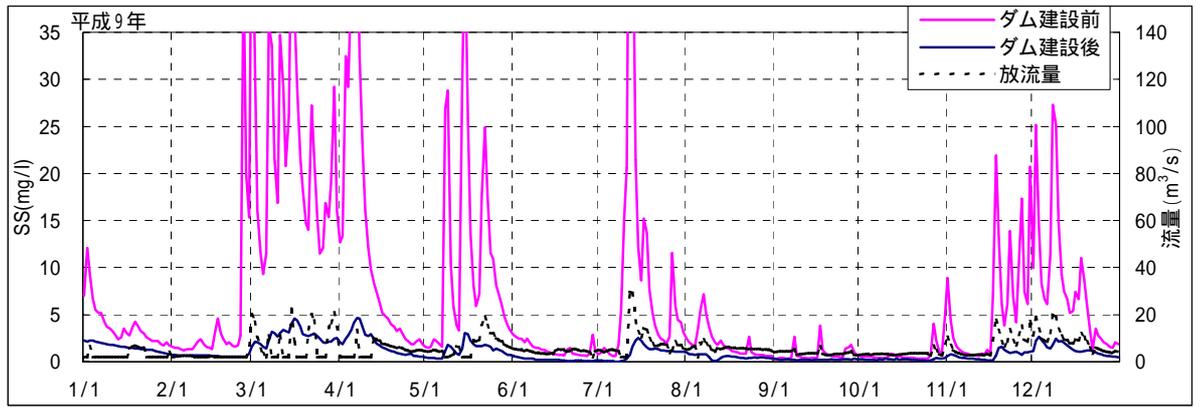
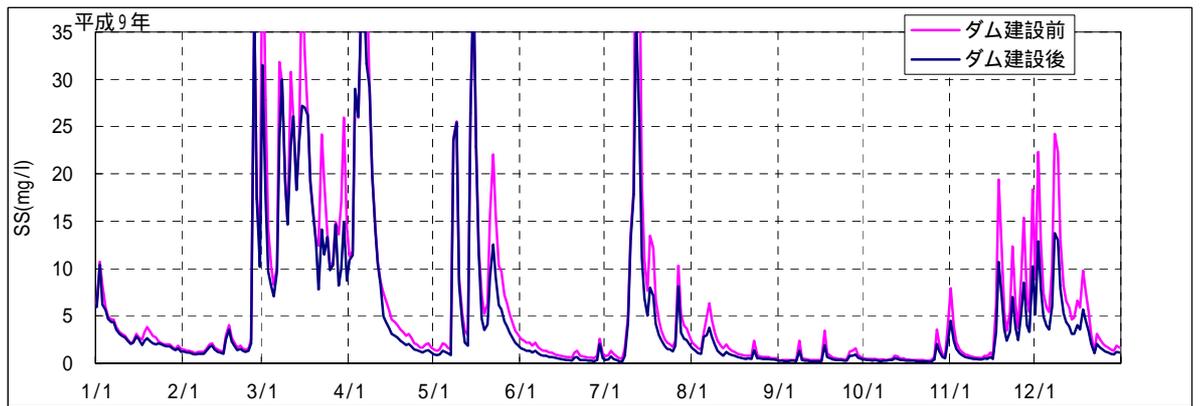


図 2.3.10 ダム下流河川 SS 予測結果 (1996 年：選択取水・曝気あり、環境放流なし)

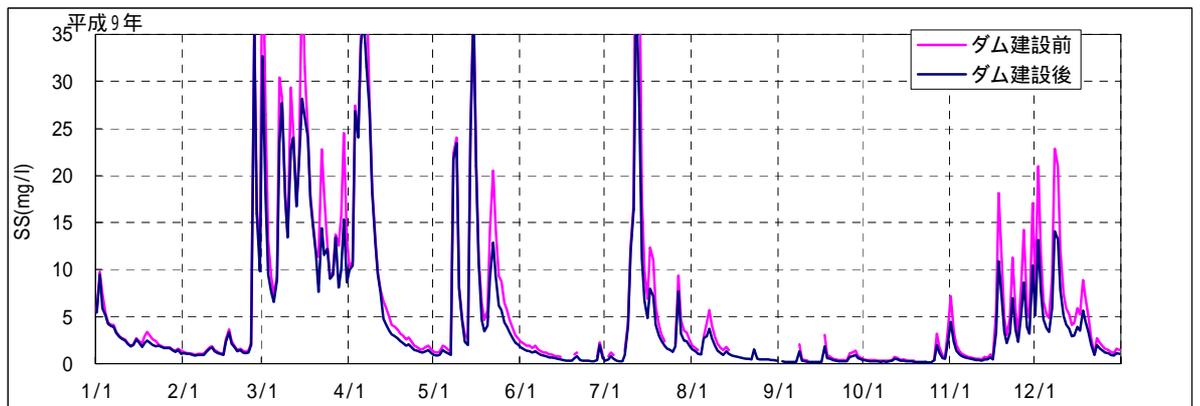
ダム直下流  
地点



川合橋地点  
(ダム下流  
約14km地点)



福橋地点  
(ダム下流  
約22km地点)



野寺橋地点  
(ダム下流  
約28km地点)

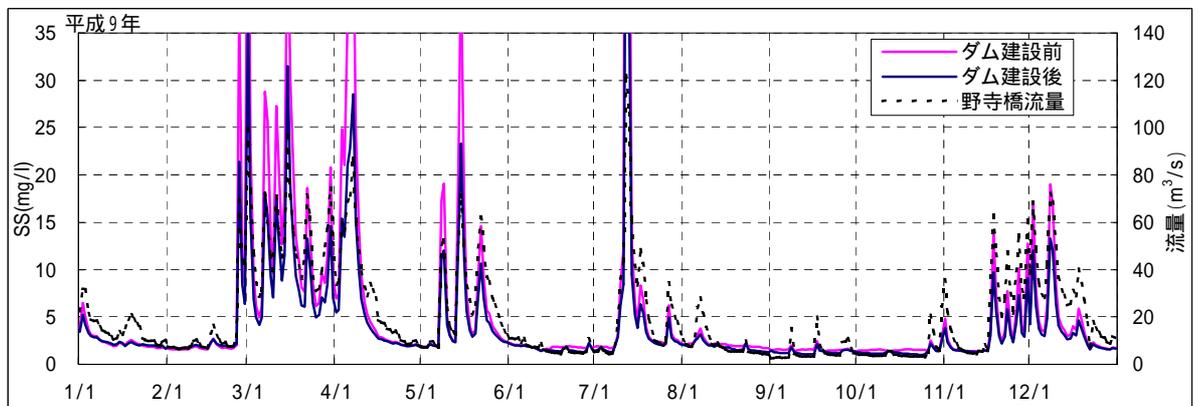
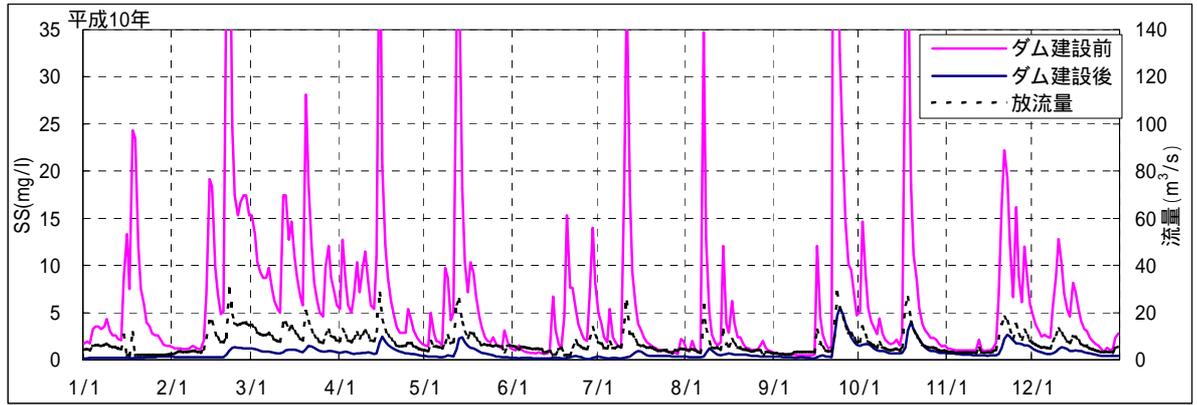
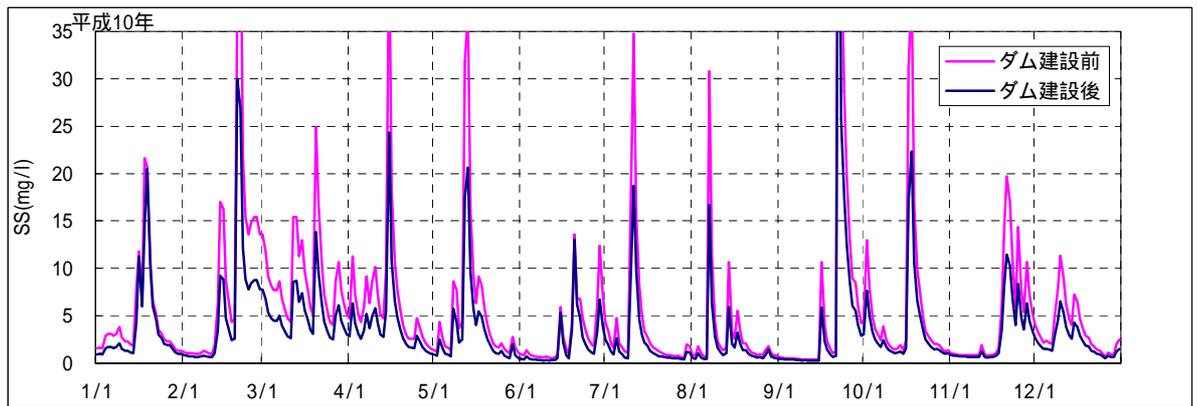


図 2.3.11 ダム下流河川 SS 予測結果 (1997 年：選択取水・曝気あり、環境放流なし)

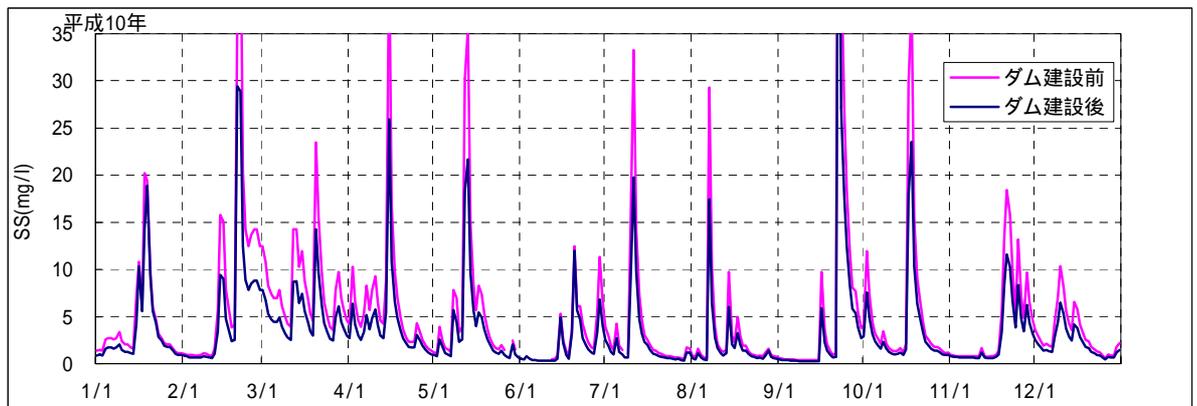
ダム直下流  
地点



川合橋地点  
(ダム下流  
約14km地点)



福橋地点  
(ダム下流  
約22km地点)



野寺橋地点  
(ダム下流  
約28km地点)

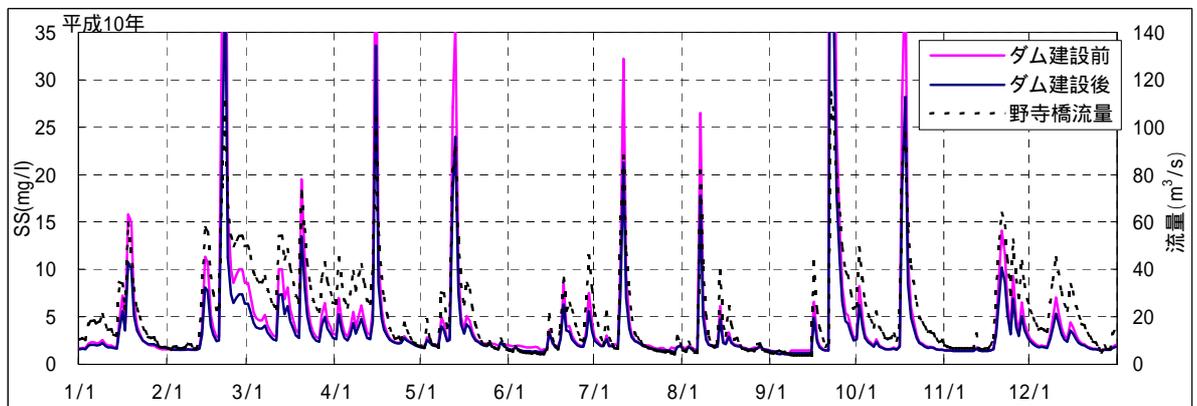
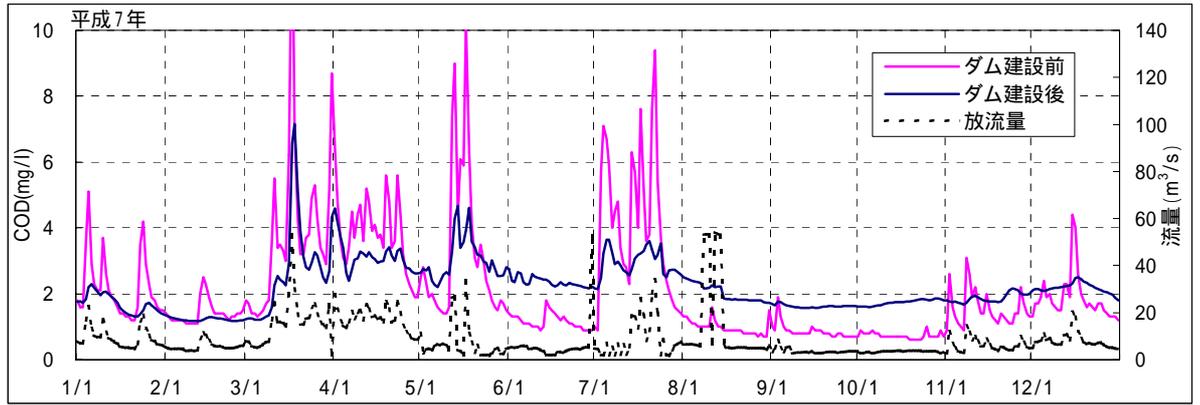
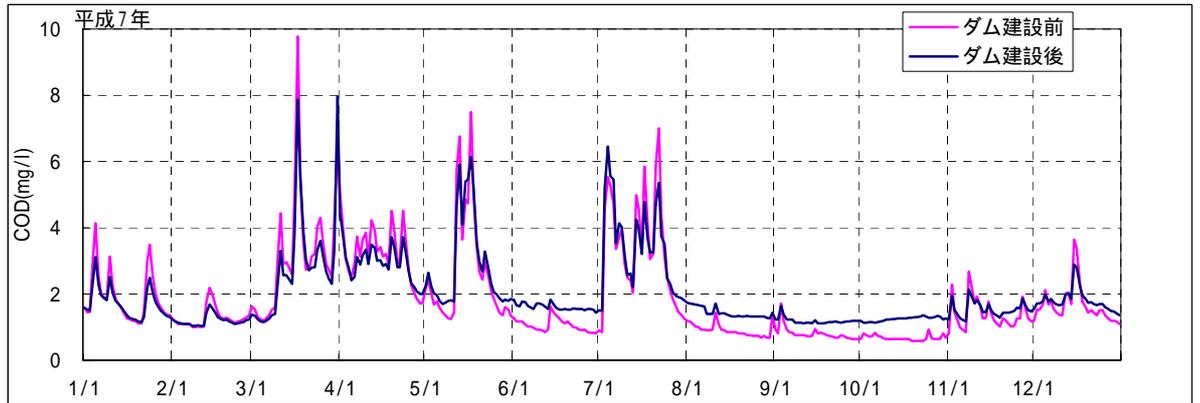


図 2.3.12 ダム下流河川 SS 予測結果 (1998 年：選択取水・曝気あり、環境放流なし)

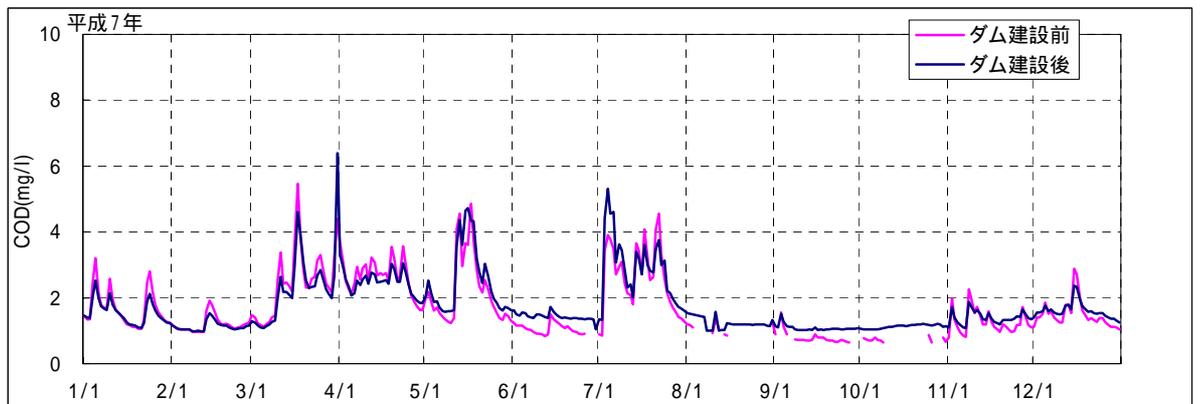
ダム直下流  
地点



川合橋地点  
(ダム下流  
約14km地点)



福橋地点  
(ダム下流  
約22km地点)



野寺橋地点  
(ダム下流  
約28km地点)

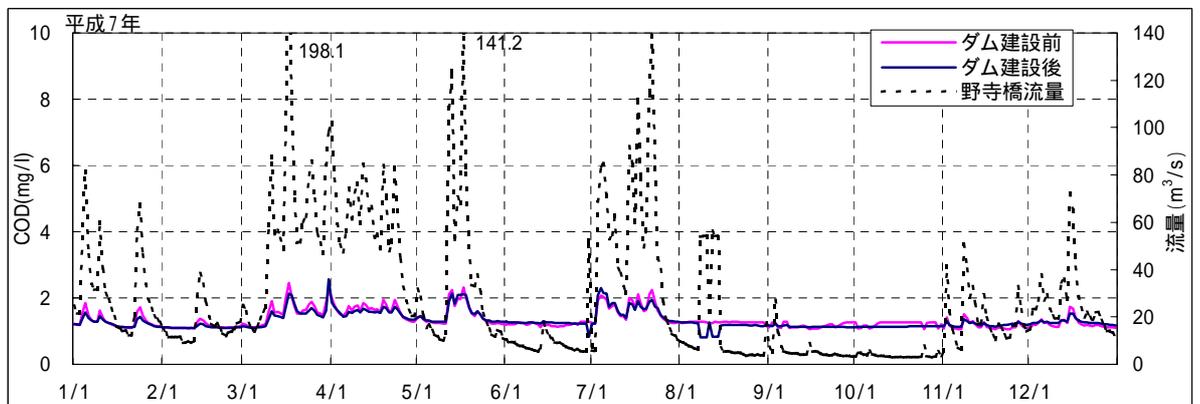
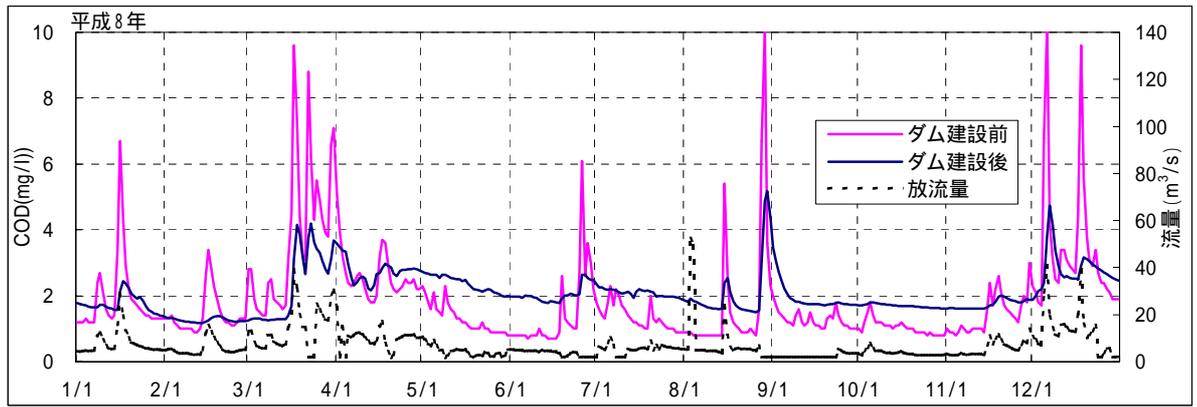


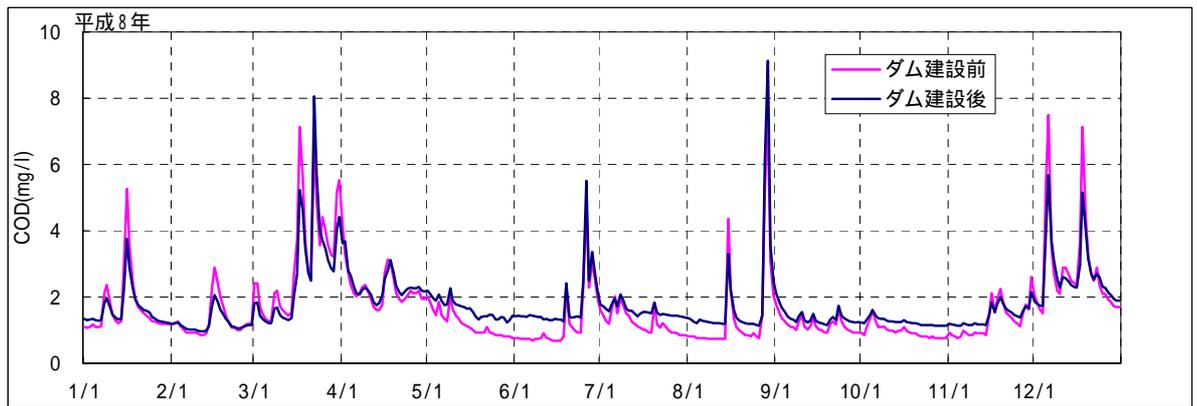
図 2.3.13 ダム下流河川 COD 予測結果 (1995 年：選択取水・曝気あり、環境放流なし)

ダム直下流  
地点



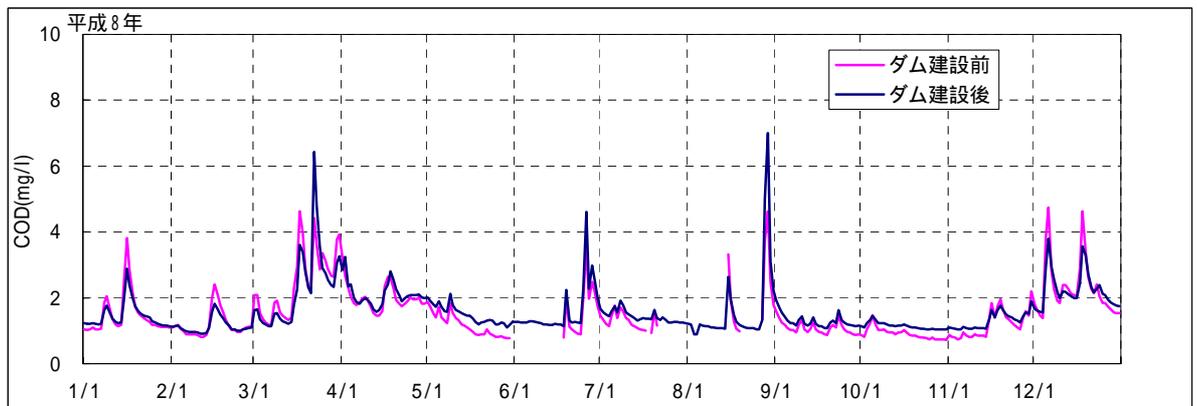
川合橋地点

(ダム下流  
約14km地点)



福橋地点

(ダム下流  
約22km地点)



野寺橋地点

(ダム下流  
約28km地点)

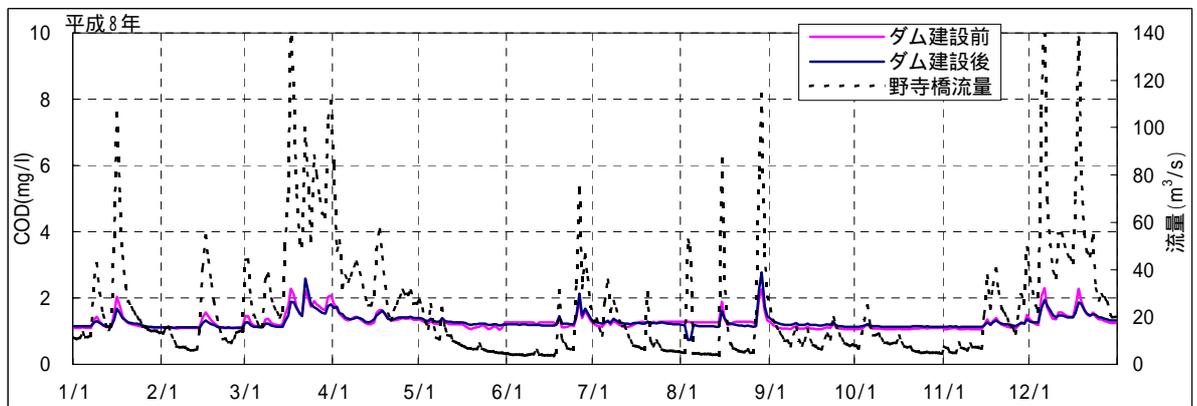
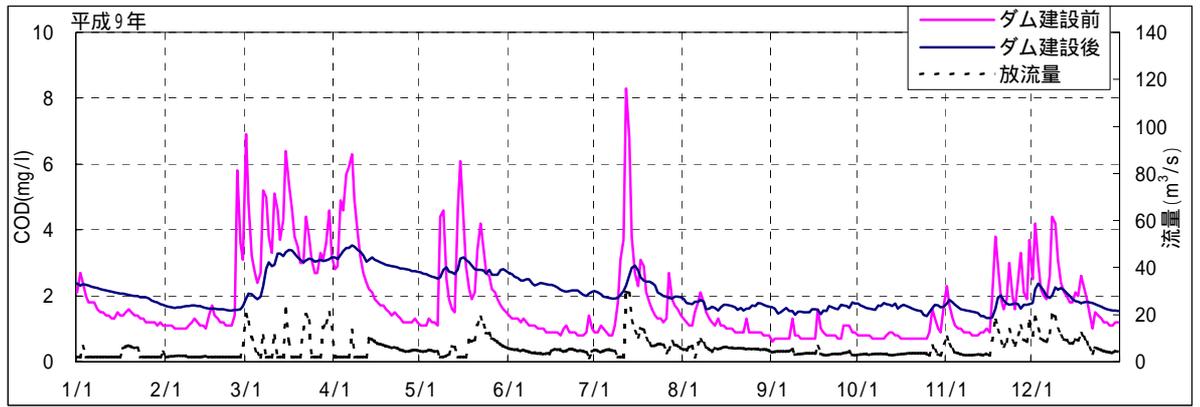
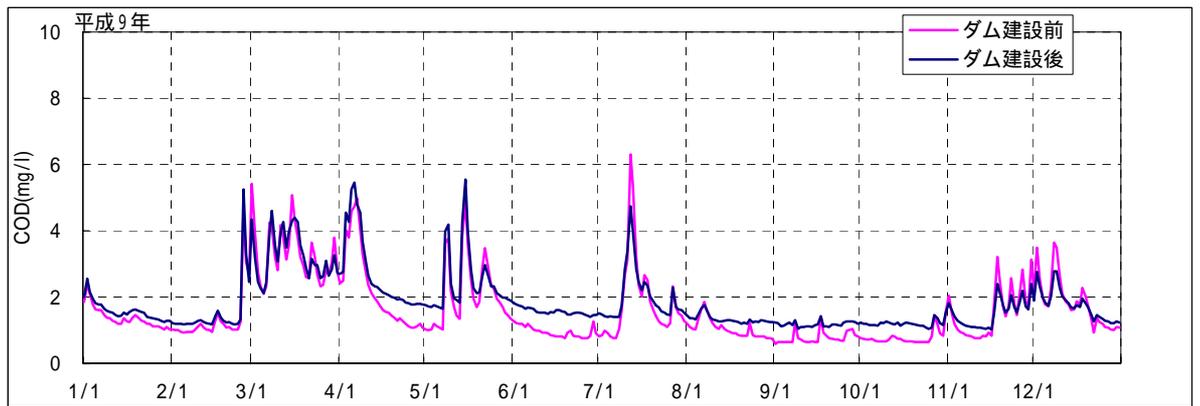


図 2.3.14 ダム下流河川 COD 予測結果 (1996 年：選択取水・曝気あり、環境放流なし)

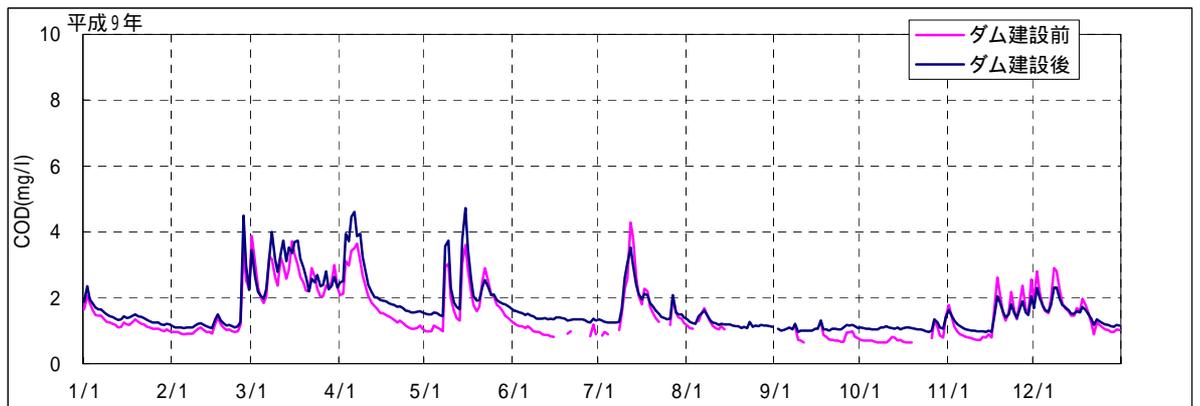
ダム直下流  
地点



川合橋地点  
(ダム下流  
約14km地点)



福橋地点  
(ダム下流  
約22km地点)



野寺橋地点  
(ダム下流  
約28km地点)

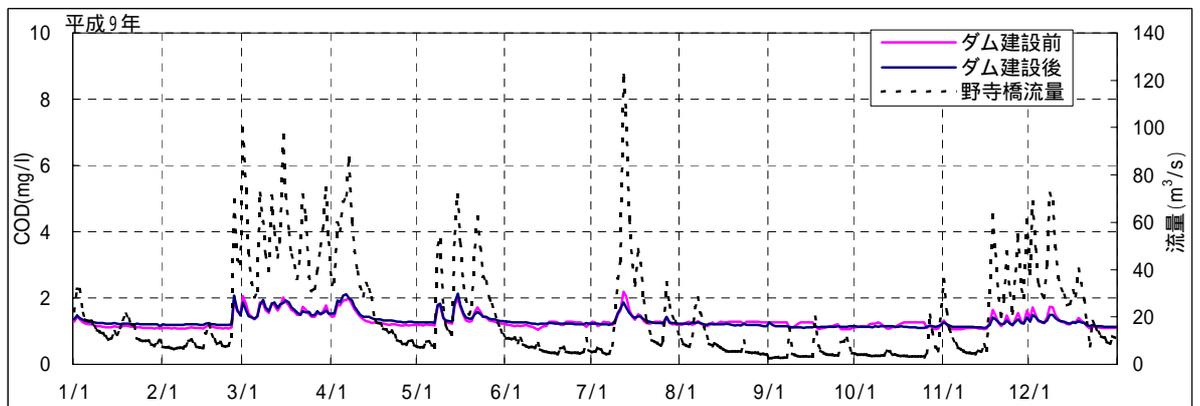
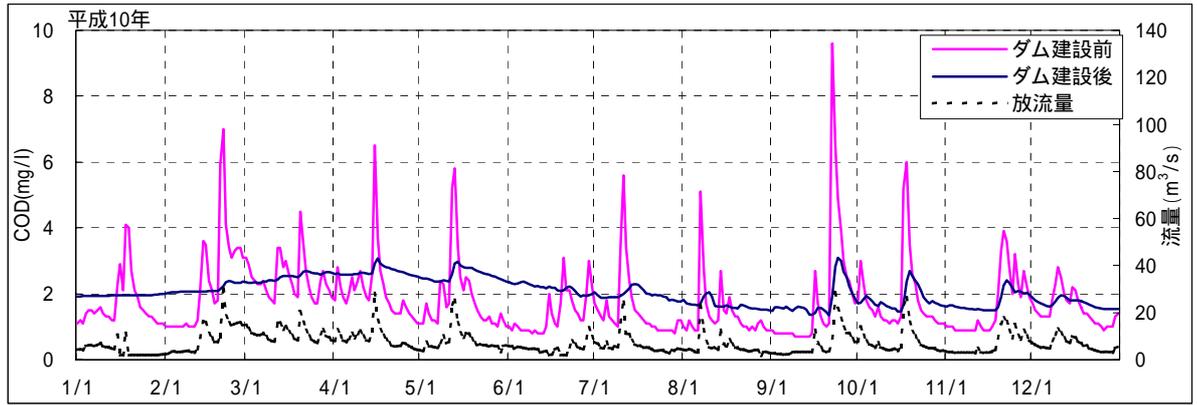
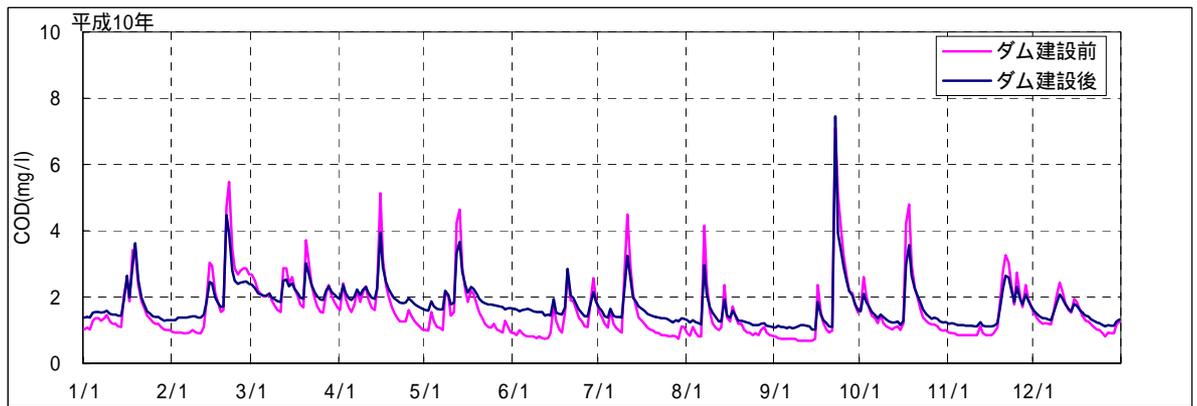


図 2.3.15 ダム下流河川 COD 予測結果 (1997年: 選択取水・曝気あり、環境放流なし)

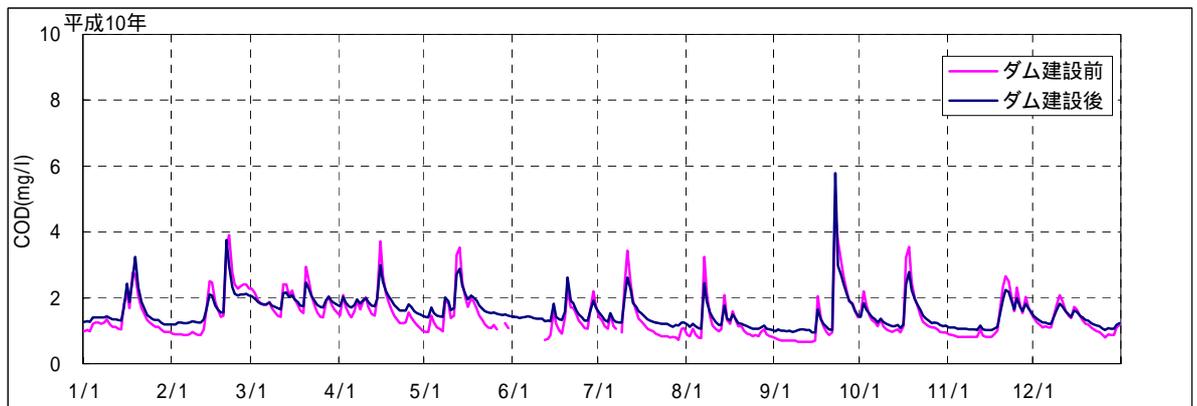
ダム直下流  
地点



川合橋地点  
(ダム下流  
約14km地点)



福橋地点  
(ダム下流  
約22km地点)



野寺橋地点  
(ダム下流  
約28km地点)

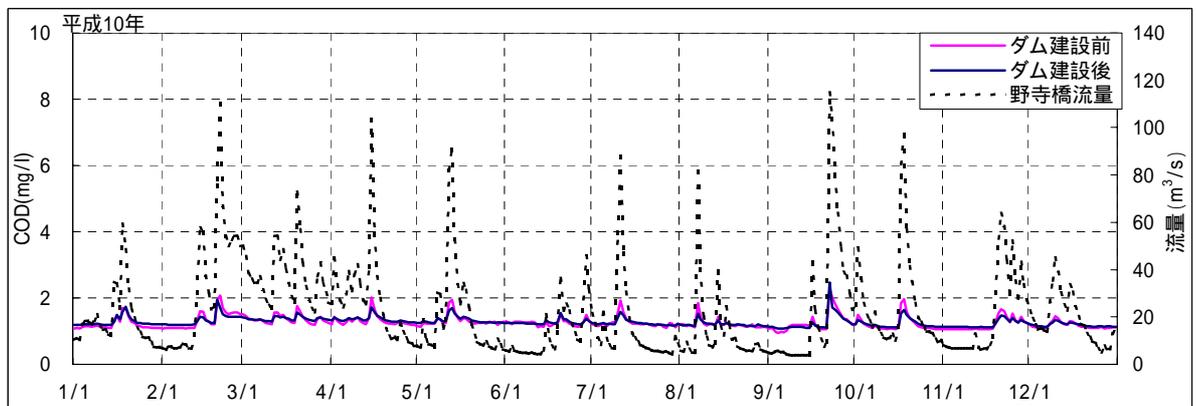


図 2.3.16 ダム下流河川 COD 予測結果 (1998 年：選択取水・曝気あり、環境放流なし)

- ・一方、他ダムにおける調査結果によると、濁度 10 度以上が 30～90 日程度続く場合は、魚類（アユ、アマゴ等）への影響があるとの知見が得られている。（表 2.3.4～2.3.6 参照）
- ・特にアユ・ビワマスに着目すると、姉川・高時川では、4 月～5 月のアユ遡上期は流入濁度よりも放流濁度の方が低くなっている。また、9～11 月頃まではアユやビワマス（アマゴの近縁種）の遡上・産卵の時期にあたるが、出水後の放流濁度が 30 日以上 10 度を超える状況は生じていない。（図 2.2.8～2.2.9 参照）
- ・また、既往最大規模の出水（1953 年 7 月に日平均 159m<sup>3</sup>/s の流入量）の場合でも、選択取水設備の運用により濁度 10 度を上回る日数は 7 日程度に抑制することができる予測結果となっている。（図 2.2.12 参照）

表2.3.4 アユの年間行動と濁度の関係

月	アユの生活	濁水の限界	指摘を受けたときの濁水長期化日数（日）			
			発生	20度以上	15度以上	10度以上
1月～3月	稚アユの生育（海域）		-			
3月～5月	仔アユの遡上	10～30度以下	7月	9	10	11
5月下旬～	アユ漁の解禁	15～20度以下	7月	8		19
			7月	14	15	20
			7月	50		60
			7月	5	6	70以上
			7月	150以上	150以上	150以上
			8月	30	30以上	30以上
6月～9月	アユの定着・生育	15～20度以下	9月	15	23	25
			6月	25	30	35以上
			6月	40		90以上
			9月	30以上	30以上	30以上
9月	22	58	70以上			
9月	落ちアユの移動		-			
10月～11月	産卵・孵化・親アユの死滅	30度以下	9月	70		98
11月	稚アユの海への移動		-			

（出典：昭和 61 年度河川環境と魚類の生理・生態に関する調査報告書 財）国土開発技術センター）

表2.3.5 濁水の魚類生理・生態へ及ぼす影響

	ア ユ	ヤマメ	アマゴ	イワナ	コイ
遡上行動	<ul style="list-style-type: none"> <li>水路実験では濁度約30mg/Lから遡上低下</li> <li>実測では濁度5度以下のとき遡上し、10度以上で遡上数低下</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>濁度30mg/Lで遡上行動低下</li> <li>濁度130mg/L以上で遡上率0%</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>濁度30mg/Lで遡上低下</li> <li>100mg/Lで遡上率0~15%</li> </ul>	
生息	<ul style="list-style-type: none"> <li>致死濁度濃度</li> <li>体長65~90mm：24時間以内92000mg/L 48時間以内86000mg/L</li> <li>体長15~18cm：24時間以内25000mg/L 48時間以内16000mg/L</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>濁度10000mg/Lでの稚仔魚48時間生存率100%</li> <li>濁度90000mg/Lでの成魚48時間生存率85%</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>濁度10000mg/Lでの稚仔魚48時間生存率95%以上</li> <li>未成魚の致死濁度濃度</li> <li>24時間以内：48000mg/L</li> <li>48時間以内：36000mg/L</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>行動上の変化は濁度20000まで現れない</li> </ul>
逃避行動	<ul style="list-style-type: none"> <li>約11mg/Lの濁度で初期忌逃、約15mg/L以上となると忌逃</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>約16mg/L以上の濁度を忌避</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>濁度110mg/Lまで忌避しない</li> </ul>	
摂餌行動	<ul style="list-style-type: none"> <li>濁度100mg/L前後より低下し、800~900mg/Lで摂餌停止</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>濁度35mg/L以上で摂餌行動低下</li> <li>濁度100mg/Lで摂餌行動停止</li> </ul>		
成長	<ul style="list-style-type: none"> <li>濁度80mg/Lまでの濁水中では濁りによる成長阻害が明確には現れない</li> <li>濁度20mg/L以上で生育したアユはそれ以下で生育したアユより成長がやや劣る。</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>成長の良さと濁度の関係</li> <li>0mg/L &gt; 50mg/L &gt; 30mg/L</li> </ul>		
産卵行動	<ul style="list-style-type: none"> <li>正常な産卵は濁度30mg/L以下</li> <li>求愛行動の低下は濁度40mg/L以上と推測</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>濁度30mg/L未満で影響なし</li> <li>濁度30mg/L以上で雌の営床行動はほとんどない</li> <li>濁度80mg/Lでも正常に受精する</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>濁度80mg/Lでも正常に受精が行われる</li> </ul>
孵化	<ul style="list-style-type: none"> <li>濁度300mg/Lまでの濁水中でも正常に受精</li> <li>濁度80mg/Lまでの濁水中でも正常に発眼</li> <li>発眼卵の半致死濃度は10000~50000mg/Lの間に存在</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>濁度1000mg/Lでも清水との差異認められず</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>濁度1000mg/Lでも清水との差異認められず</li> <li>濁度100mg/Lでの受精後卵の発眼率40%</li> <li>発眼期までの半致死濁度濃度45mg/L</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>半数孵化濃度1100~2800mg/L (ワカサギは860mg/L)</li> </ul>
釣りへの影響	<ul style="list-style-type: none"> <li>友釣りへの影響：5mg/L程度(揖斐川) 15~20mg/L程度(飛騨川)</li> </ul>				
食品価値	アユの消化管内容物 砂粒量10%：歯にさわる 灰分60%：泥臭がする				

(出典：昭和61年度河川環境と魚類の生理・生態に関する調査報告書 昭和62年3月 財)国土開発技術センター)

表2.3.6 ダム貯水池による濁水放流の長期化がもたらす漁業への影響

ダム名	濁水発生時期	ピーク濃度(度)		ピーク後の濁水継続期間(日)			指摘された影響内容		
		流入	放流	20度以上	15度以上	10度以上	漁業者	県・町・村	新聞
二瀬	S 6 0 . 7	165	194	14	15	20	遊漁料収入の減少(アユ)		
手取川	S 6 0 . 7	260	80	150以上	150以上	150以上	操業支障/不能(アユ)	産卵・孵化の支障 稚魚放流の支障(サケ)	
矢作	S 5 8 . 9	200以上	200以上	15	17	19	種つけ不能(ノリ)		種つけ不能(ノリ) 貝類の斃死(アサリ)
九頭竜	S 5 1 . 9	10	95	22	58	70以上	成長不良(アユ) 人工種苗の確保不能(アユ)		魚類の斃死(アユ全滅)
鶴田	S 5 5 . 7	145	70	9	10	11	遡上障害・生育障害(アユ)		
三面川	S 5 3 . 8		35	4	5	8	生育障害(海草類)	生育障害(海草類)	
二川	S 5 7 . 7	1000	600	50		60	操業支障/不能(アユ)	操業支障/不能(アユ)	
長安口・川口	S 5 1 . 9		50以上	90		90以上	収穫減少/全滅(ノリ)	漁獲減少(アユ) 収減少/全滅(ノリ)	
高瀬・七倉	S 5 8 . 11		120	100以上	100以上	100以上	産卵障害・生育障害 (コイ・ウグイ)		
高根第一・朝日	S 5 3 . 6		150	25	30	35以上	成長不良(アユ)	成長不良(アユ)	
	S 5 4 . 6		90	40	90以上				
	S 5 8 . 9		390	30以上	30以上	30以上			
新成羽川	S 5 1 . 9	100以上	100以上	15	23	25	漁獲減少(アユ)		
	S 5 5 . 8	100以上	100以上	30	30以上	30以上			
	S 5 8 . 7	100以上	100以上	5	6	70以上			
高暮	S 5 8 . 7		24	8		19	操業支障/不能(アユ)		
	S 6 0 . 7		10	0		0			
一ツ瀬	S 5 7 . 7		560	80	80	80	漁獲減少(アユ)		
早明浦	S 5 1 . 9	95	365	70		98	魚類の斃死(アユ) 産卵障害(アユ)		収穫減少/全滅(ノリ)
	S 5 8 . 9	171	54	4	8	13	操業支障/不能(アユ) 収穫減少/全滅(ノリ)		

(出典：昭和61年度河川環境と魚類の生理・生態に関する調査報告書 昭和62年3月 財)国土開発技術センター)