

## 丹生ダムに伴う姉川・高時川および琵琶湖への 影響について(2/4)

- 丹生ダムに伴う姉川・高時川および琵琶湖水質への影響について -

平成17年5月30日

琵琶湖河川事務所

## 目 次

§ 2 . 丹生ダムに伴う姉川・高時川および琵琶湖水質への影響について	2-1
2.1 貯水池水質に関する一般的な問題と対応	2-1
2.2 丹生ダムにおける水質問題発生の可能性について	2-3
2.3 丹生ダム放流に伴う下流河川水質変化について	2-84
2.4 琵琶湖流域の既存ダムにおける水質変化と下流河川・琵琶湖への影響	2-140
2.5 丹生ダム近傍の姉川ダムが及ぼす琵琶湖への影響検討	2-183
2.6 他水域における貯水池と下流河川等における植物プランクトンの状況	2-194
2.7 丹生ダムと規模、流入水質レベル等が類似するダムの水質状況	2-208
2.8 高山ダムのアオコ対策事例	2-225
2.9 まとめ	2-228

## § 2 . 丹生ダムに伴う姉川・高時川および琵琶湖水質への影響について

### 2.1 貯水池水質に関する一般的な問題と対応

#### (1) 貯水池水質に関する一般的な問題

一般に貯水池における水質に関する問題として、大きくは以下の3つの問題が挙げられる。

**冷温水現象**：春から夏にかけての受熱期は、日射により表水層が温められて水の密度の大きい水と混合しなくなる。その結果、低温の水の上に高温の水が積み重なり、「水温成層」が形成される。また、表水層と深水層との間に大きな水温変化ができ、これを**変水層(水温躍層)**という。

**冷温水問題**：稲作への影響、生態系への影響、水産資源への影響

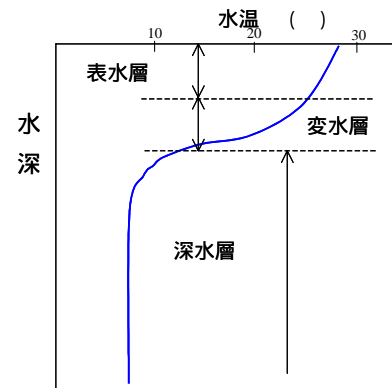


図 2.1.1 水温成層の概要

**濁水現象**：ダム貯水池がある場合には、貯水池の水による希釈や濁質の沈降により、放流濁度のピークは低くなるが、洪水の濁水と貯留水が混ざるため、濁水の量が増加する。このため、濁水の長期化が発生することがある。

**濁水問題**：水産資源への影響、生態系への影響、景観の悪化、レクリエーション障害、上水道における被害

**富栄養化現象**：自然湖沼での富栄養化は、数百年から数万年の長い時間をかけて、湖が湿地から陸地へと変化する現象を指す。ダム貯水池での富栄養化は、流入水の窒素、リンなど、水中の栄養塩濃度が高まることで、植物プランクトンが異常発生することを指す。

**富栄養化現象**：上水道における被害、生態系への影響、景観の悪化、レクリエーション障害

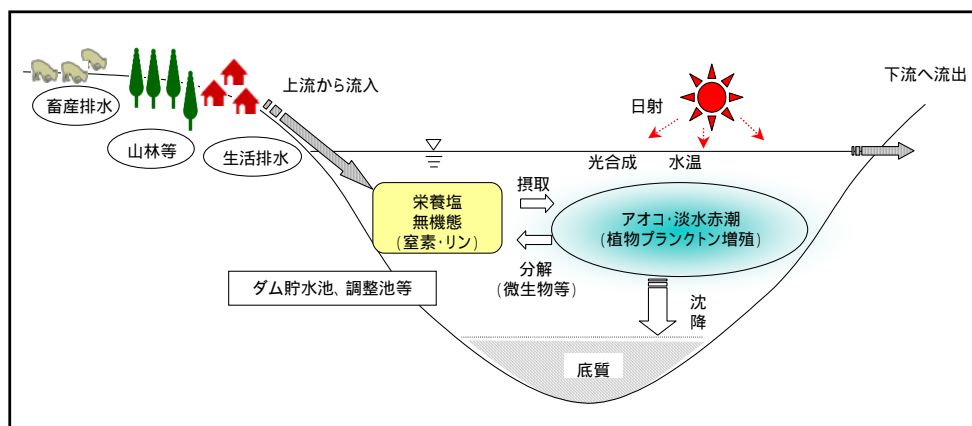


図 2.1.2 ダム貯水池等閉鎖水域における水質反応の概念図

(2) 水質問題への対応

前述の水質問題のうち、冷温水現象、濁水現象の対策として選択取水設備で対応している例が多い。

選択取水設備について

貯水池規模が比較的大きく、成層期には水温躍層が強く形成されると考えられる貯水池では、下流河川への冷水放流の問題に対しては、一般的には選択取水設備を用いて表層取水することによって水温変化の抑制に対応している事例が多い。

他ダムの選択取水での運用効果の事例 < 下久保ダム >

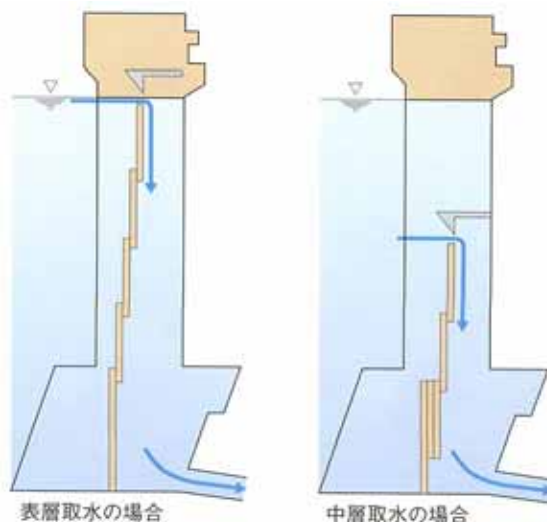
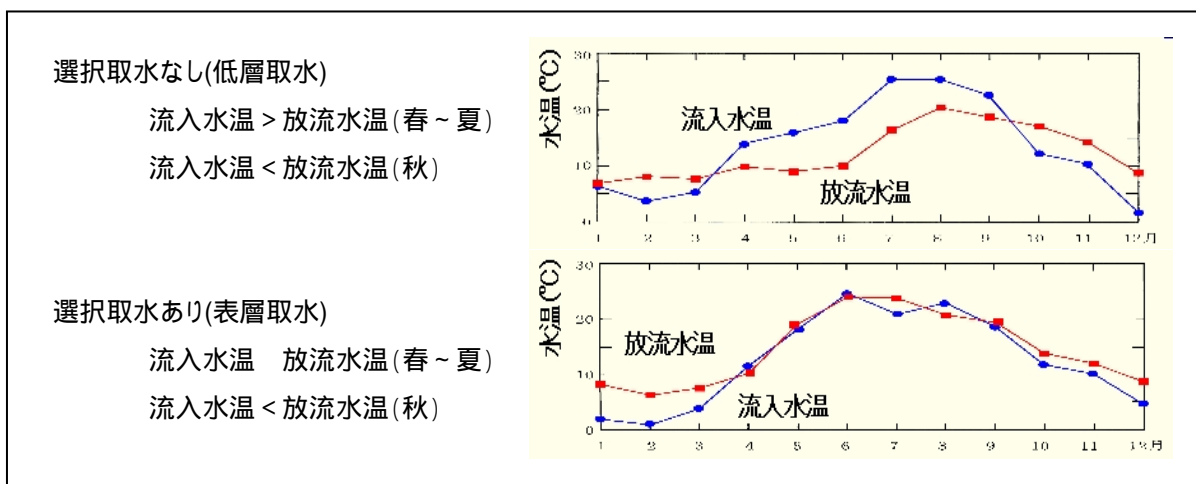


図 2.1.3 選択取水設備概念図

## 2.2 丹生ダムにおける水質問題発生の可能性について

### (1) 水質予測モデルの概要

成層型貯水池の水温分布は年間を通じて水平方向にほぼ一様であり、鉛直方向にのみ変化する。濁質・水質の濃度分布も水平方向にほぼ一様と考えられるため、鉛直次元モデルを採用する。

丹生ダムの水質予測モデルは、建設省土木研究所環境計画研究室（当時）が開発した「一次元富栄養化モデル」に水資源開発公団試験研究所が一部改良を加えたモデルを適用した。

このモデルは、水温、濁度、植物プランクトン（クロロフィル a）、動物プランクトン（炭素濃度）、DO、COD、無機態リン、有機態リン、無機態窒素、有機態窒素の 10 項目で構成されており、このうち有機態リンおよび有機態窒素は植物プランクトン・動物プランクトンを含んだものとして取り扱っている。

以下にモデルの概念図、次頁に貯水池内水質変化機構の概念図を示す。

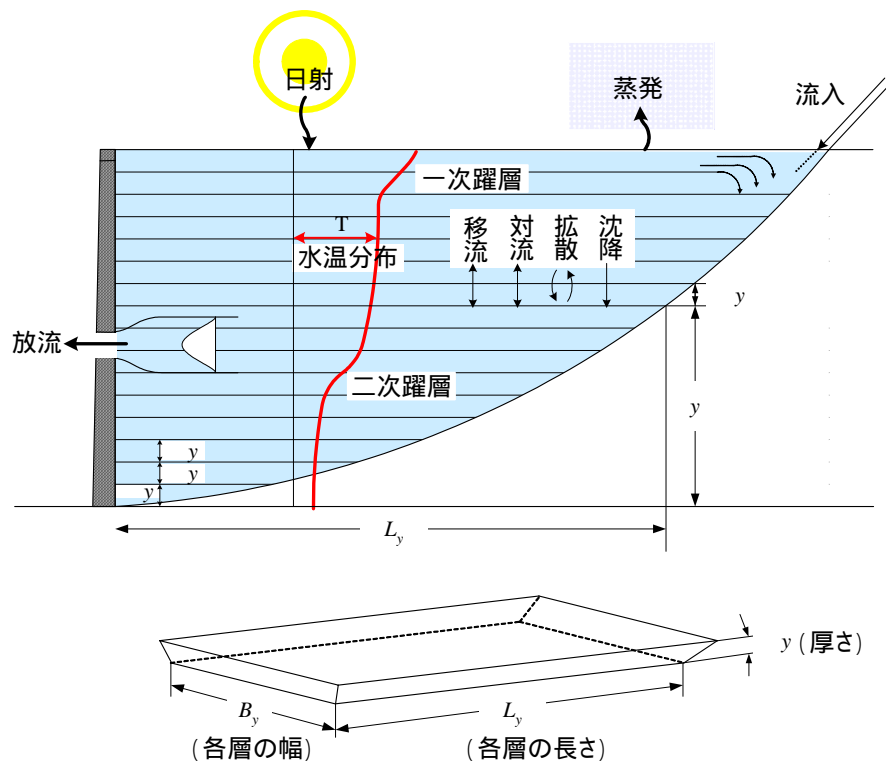


図 2.2.1 鉛直次元モデルの概念図

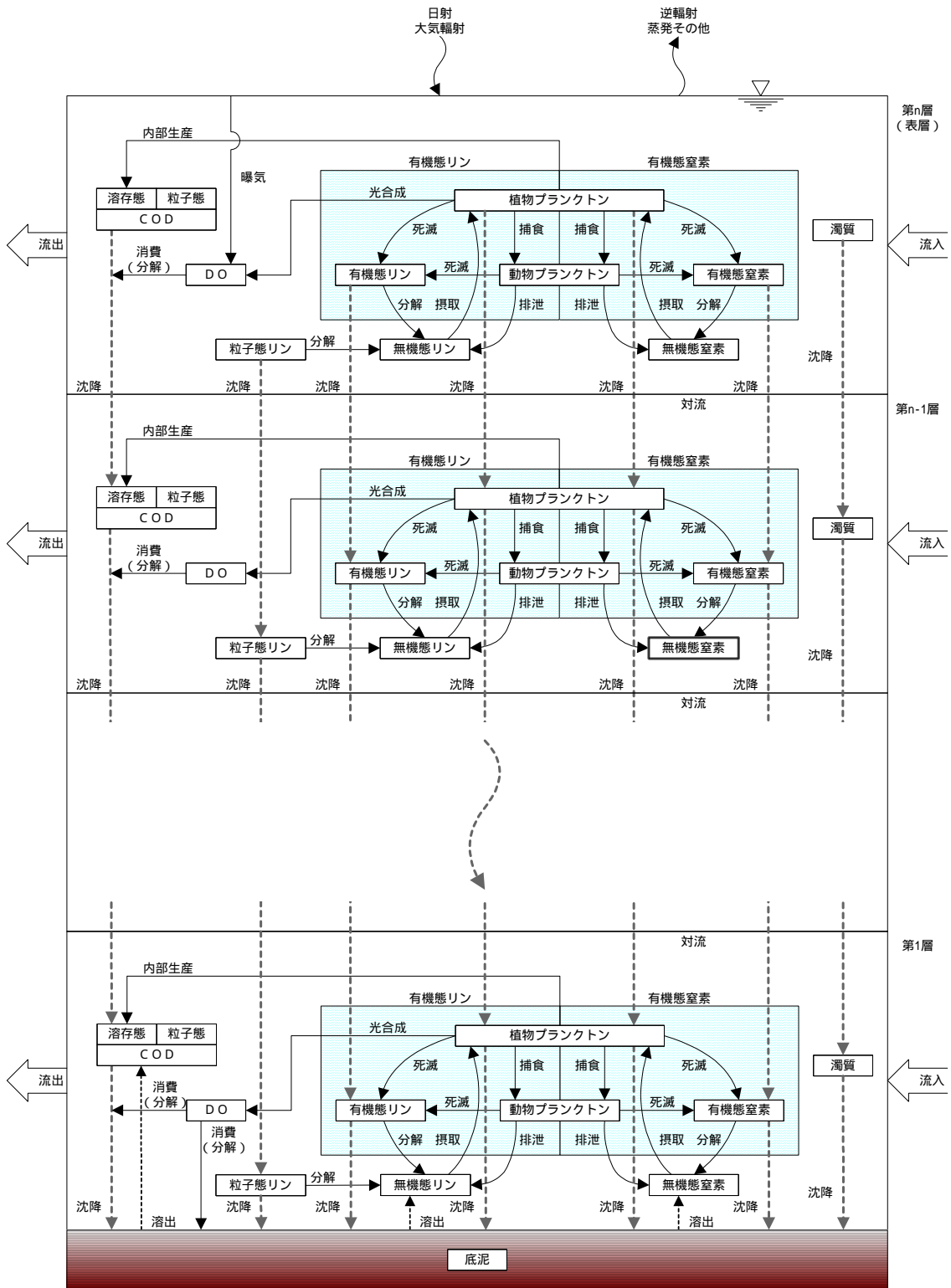


図 2.2.2 貯水池内水質変化機構概念図

(2) 予測条件

丹生ダム貯水池水質の予測条件は、表 2.2.1 に示すとおりである。

表 2.2.1 丹生ダム貯水池水質の予測条件

項目	内容
1.貯水池形状	5 mピッチの丹生ダム貯水位 - 容量早見表、貯水位容量配分表から 2 mピッチでの平面積および貯水池長を求めた。
2.貯水池運用	流入量・放流量 流入量と放流量は、利水計算における丹生ダム流況等の半旬データから日データに換算した。 貯水位 計算開始日の標高を与え、以降は流入量および放流量から貯水位 - 容量の関係を用いて算出した。
3.気象データ	鷲見観測所の観測データ(不足データについては敦賀測候所データを換算して使用)
4.流入河川水質	採水時の気温、水温および流入量と水質の関係から算出
5.初期水質	水資源機構の既設ダムのうち近傍で流入栄養塩濃度が比較的類似している日吉ダムを参考に設定。
6.パラメータ	比奈知ダムを対象に再現計算を実施し、パラメータを設定
7.対象期間	1992年(平成4年)~2002年(平成14年)

また、丹生ダム運用条件は、表 2.2.2 に示すとおりである。

表 2.2.2 丹生ダム運用条件

項目	運用内容等
放流設備	選択取水設備 ・取水能力：最大 50m <sup>3</sup> /s ・取水可能範囲：表層~EL.270.8m ・1~3月：表層取水 ・4~12月：選択取水(放流水温は流入水温相当) ・環境放流時のみ表層放流
	自由越流放流設備 EL.342.0m
	底部放流設備 EL.270.8m
環境放流	・6月16日~8月15日の期間を対象に、琵琶湖水位がBSL-0.2mを下回った場合に環境放流として最大 50m <sup>3</sup> /sを琵琶湖に補給する。

各予測対象年における丹生ダムの流況を、図 2.2.3~2.2.4 および表 2.2.3 に示す。

表 2.2.3 計算対象年における流況(ダム流入水：菅並地点) (m<sup>3</sup>/s)

年	最大	豊水	平水	低水	渇水	最小	平均
1992	40.61	8.55	4.79	2.79	1.42	1.13	6.43
1993	51.14	12.40	8.22	4.70	2.51	2.03	9.79
1994	37.50	7.32	4.25	2.19	1.02	0.92	5.54
1995	53.02	11.93	6.20	3.40	1.64	1.47	9.12
1996	41.04	10.00	5.36	3.33	2.08	1.88	7.91
1997	34.63	9.57	5.07	3.13	1.65	1.43	7.60
1998	38.91	9.73	5.73	3.70	2.18	1.98	7.60
1999	45.73	8.87	4.88	3.40	2.30	2.13	7.65
2000	35.99	7.54	4.06	2.58	1.20	0.84	6.40
2001	50.53	10.21	5.61	3.64	2.66	2.32	8.84
2002	73.75	13.94	7.07	2.42	1.64	1.58	10.47
平均	73.75	10.01	5.57	3.21	1.85	0.84	7.94

計算対象期間における環境放流の実施状況は、表 2.2.4 に示すとおりである。

表 2.2.4 丹生ダム貯水池水質予測における環境放流の実施状況

年	月	日	初期水位	実施後水位	水位変化	放流延日数
1992	6	16, 17, 21~23	EL.339.64m	EL.301.46m	38.18m	19日
	7	9~10, 28~29, 31				
	8	1~3, 5~9, 11				
1993	8	10	EL.341.49m	EL.340.02m	1.47m	1日
1994	7	4~7, 9~10, 12~24	EL.340.34m	EL.299.16m	41.18m	19日
1995	6	30	EL.303.35m	EL.297.01m	6.34m	7日
	8	8~10, 12~14				
1996	8	3	EL.303.59m	EL.300.25m	3.34m	1日
1997	環境放流なし					
1998	環境放流なし					
1999	8	5~10, 14	EL.341.47m	EL.330.14m	11.33m	7日
2000	7	12~24, 28~31	EL.339.69m	EL.297.44m	42.25m	19日
	8	1~2				
2001	7	11~12, 14~15, 24~31	EL.330.60m	EL.298.77m	31.83m	13日
	8	1				
2002	6	24, 26~28, 30	EL.320.71m	EL.298.84m	21.87m	9日
	7	5~7, 26				

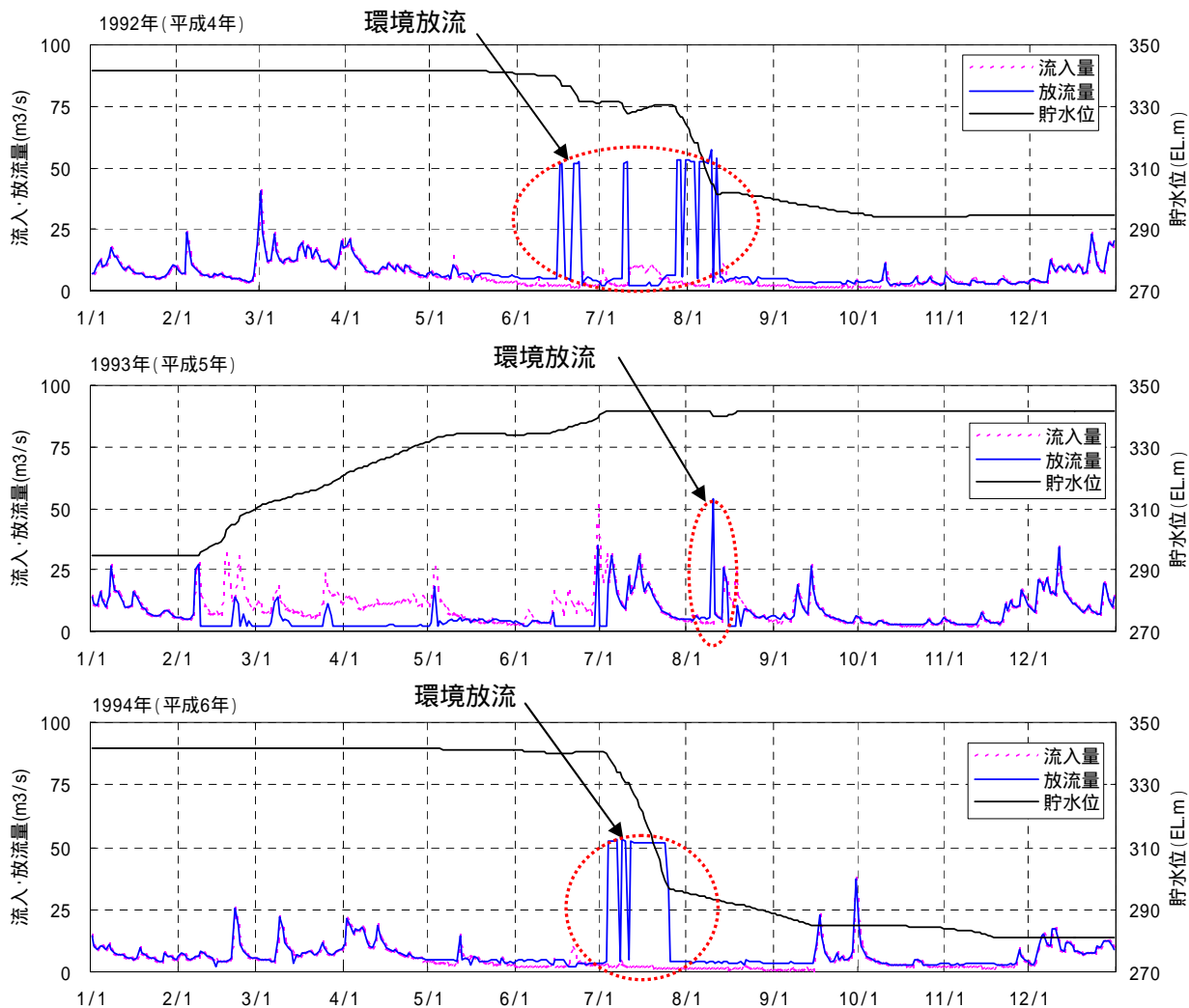


図 2.2.3 丹生ダム流入量、放流量、貯水位図 (1992~1994年)



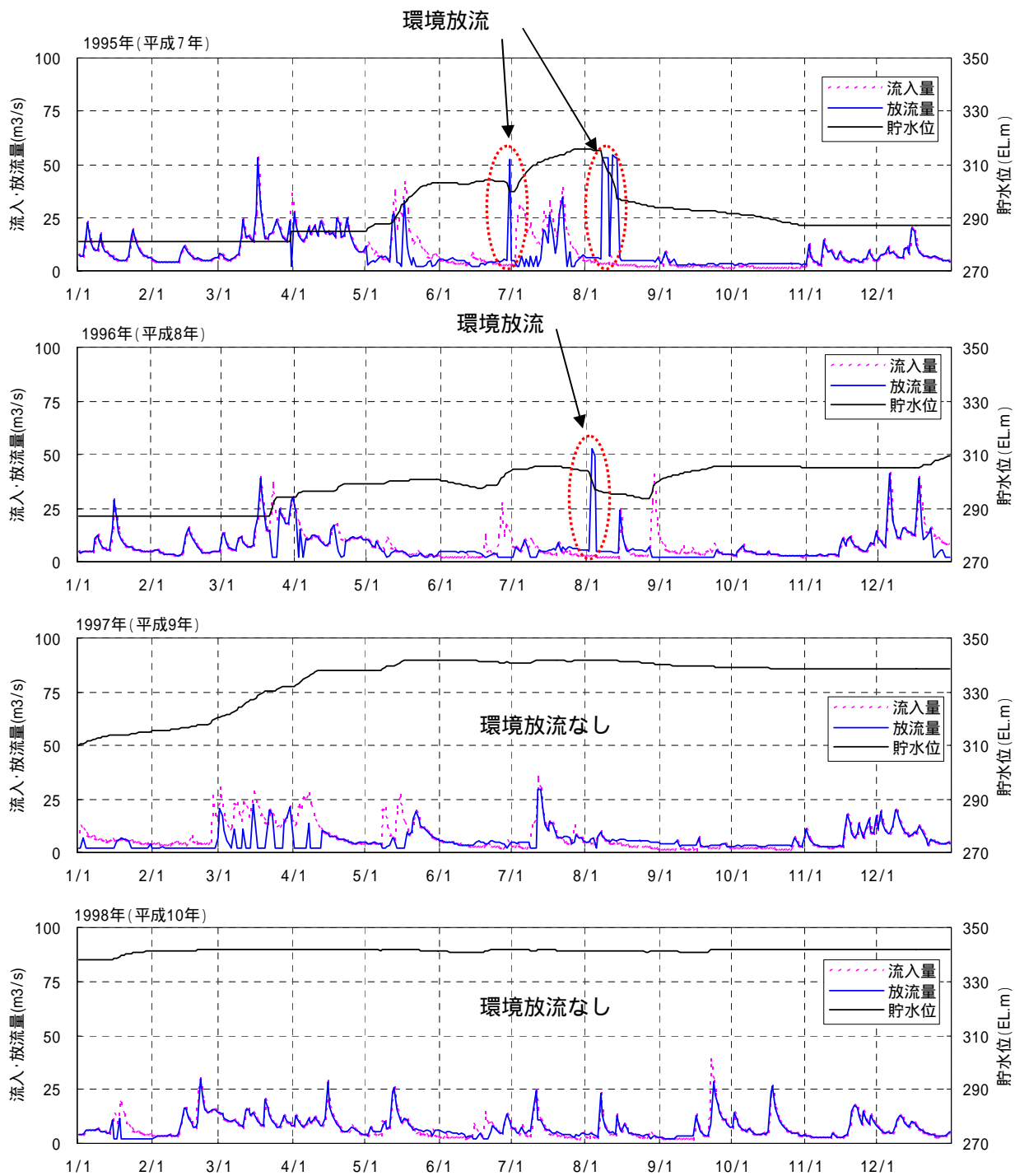


図 2.2.4 丹生ダム流入量、放流量、貯水位図 (1995 ~ 1998 年)

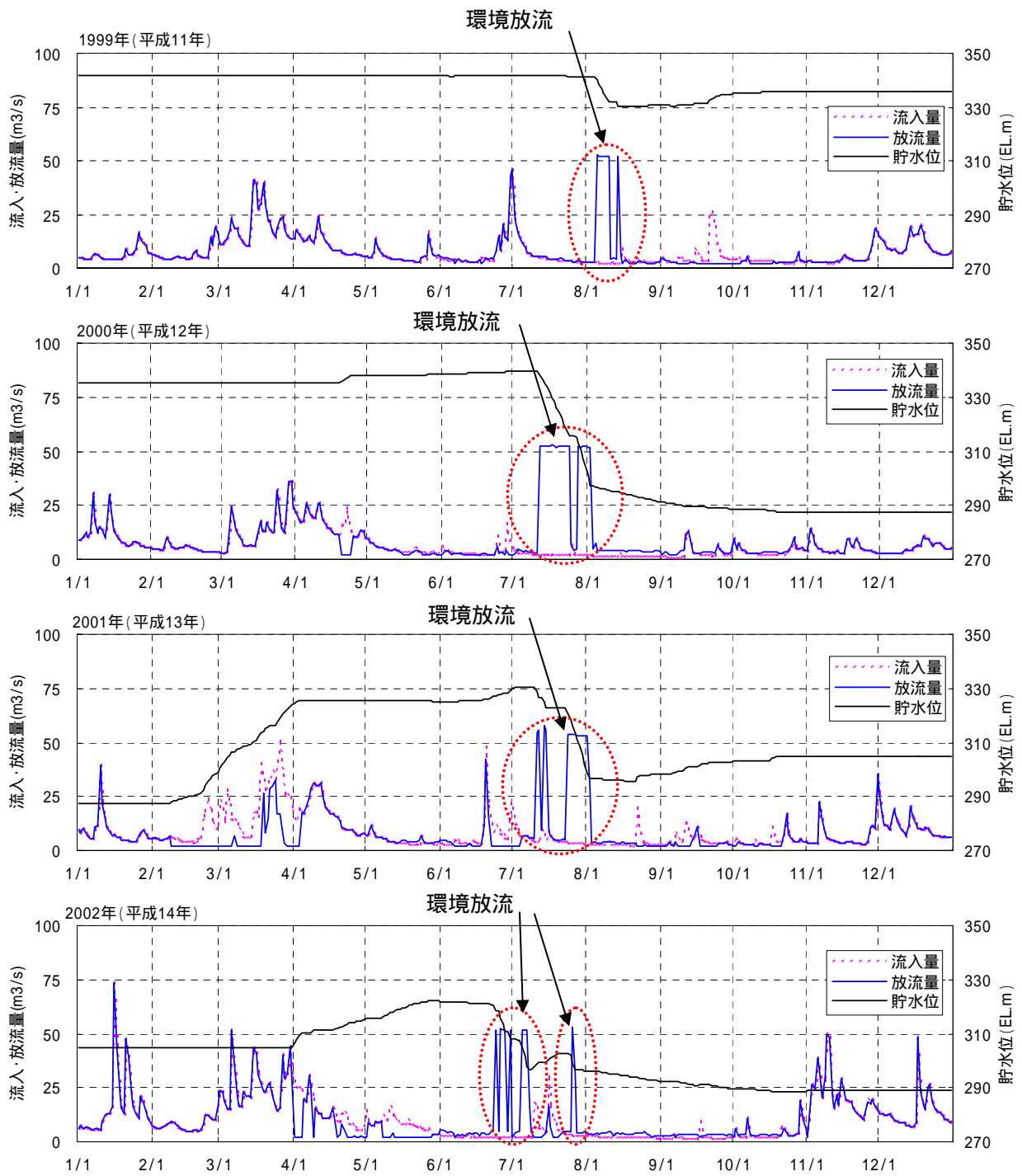


図 2.2.5 丹生ダム流入量、放流量、貯水位図 (1999~2002年)

### (3) 貯水池水質予測結果

#### 冷温水現象について

環境放流（琵琶湖水位低下抑制のための丹生ダムからの放流：50m<sup>3</sup>/sを最大20日間：約8,600万m<sup>3</sup>）を実施した場合の冷水問題の発生の可能性について、夏期の丹生ダムからの補給実施日数の最も多い2000年を代表年としてダム放流水温を予想した結果を図2.2.6に示す。

環境放流を実施した場合の丹生ダム放流水温については、11年間のうち環境放流量が多い2000年の流況条件においては、7月後半のダムからの補給水の水温は流入水温を下回る場合が予測される。

これに対処するための方策として曝気循環を行うことにより温水が確保でき、放流水温が流入水温を下回らない運用が可能であることが予測される。（図2.2.11参照）

また、環境放流時や秋期では流入水温よりも放流水温が3～5程度高くなる場合がある。（図2.2.11参照）

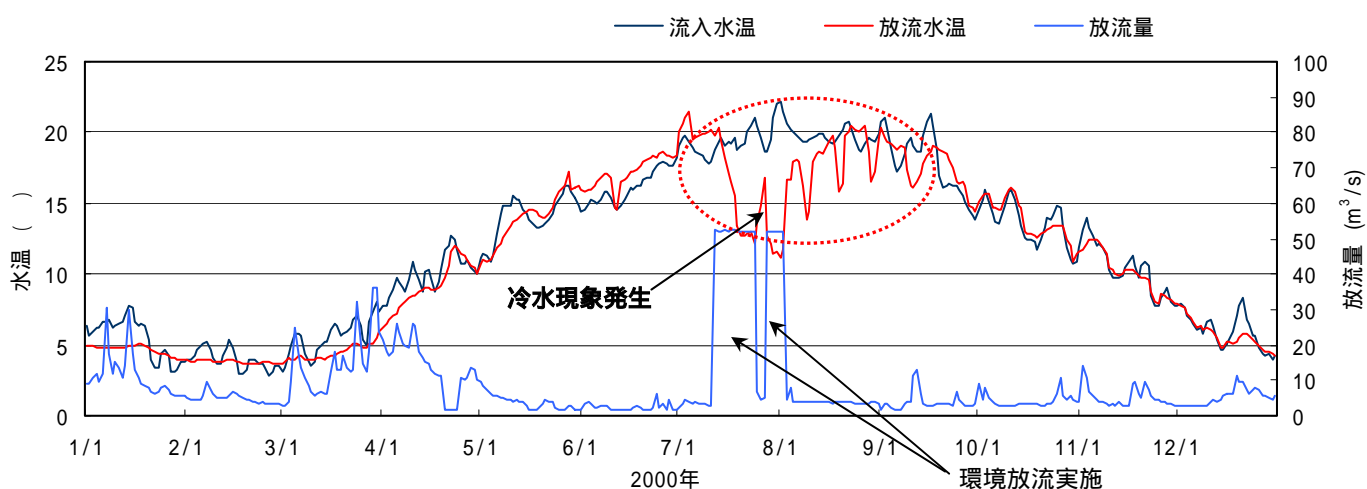


図 2.2.6 丹生ダムにおける水温の予測結果（2000年）

1) 曝気循環設備について

図 2.2.7 は、丹生ダムにおいて選択取水による表層取水を行った場合の放流水温の変化を示したものである。環境放流前の 2000 年 7 月 7 日の水温鉛直分布では、20 以上の水の容量は 1,100 万 $m^3$ である。これに対し、必要とした環境放流量は 5,660 万 $m^3$ である。(7 月 24 日時点) 従って、4,560 万 $m^3$ は 20 よりも低い温度の水を放流してしまうこととなる。

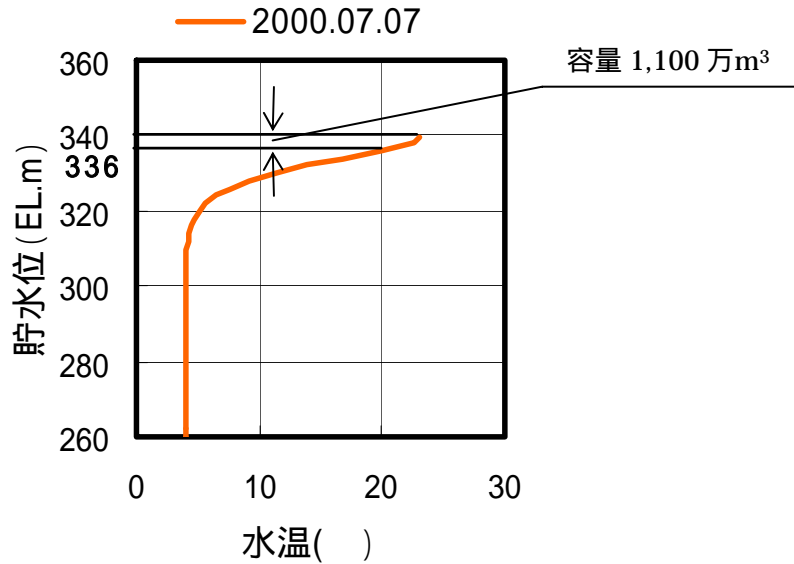


図 2.2.7 貯水池内の鉛直分布 (2000 年 7 月 7 日)

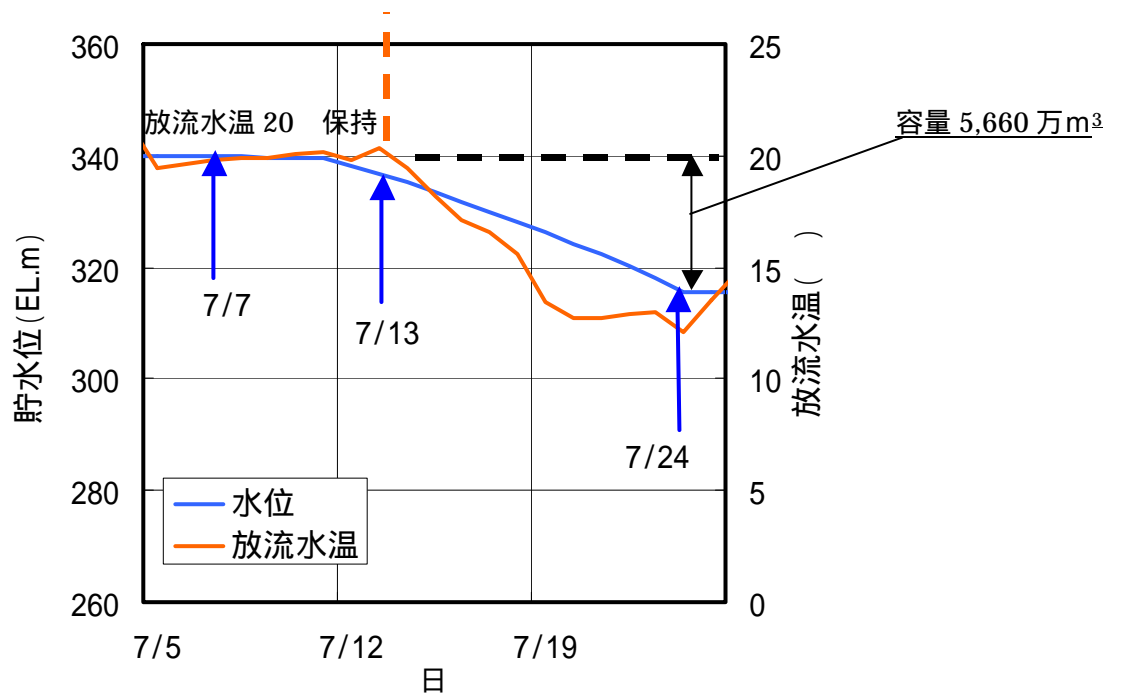


図 2.2.8 放流時の水位と水温変化 (2000 年 7 月：一般的な表層放流を行った場合)

以上のことから、丹生ダムでは、

表層の温水の量には限界がある

表層放流を長期間大量に行うと、放流水温が流入水温よりかなり低くなる可能性がある。

冷水問題の解決には、流入水温 放流水温となる運用が求められるが、丹生ダムでは、上記の特徴を踏まえて、水温に主眼をおいた水質保全対策として、選択取水設備に加えて、曝気装置によって貯水池内の水を循環させることによって、温水の量を確保する。

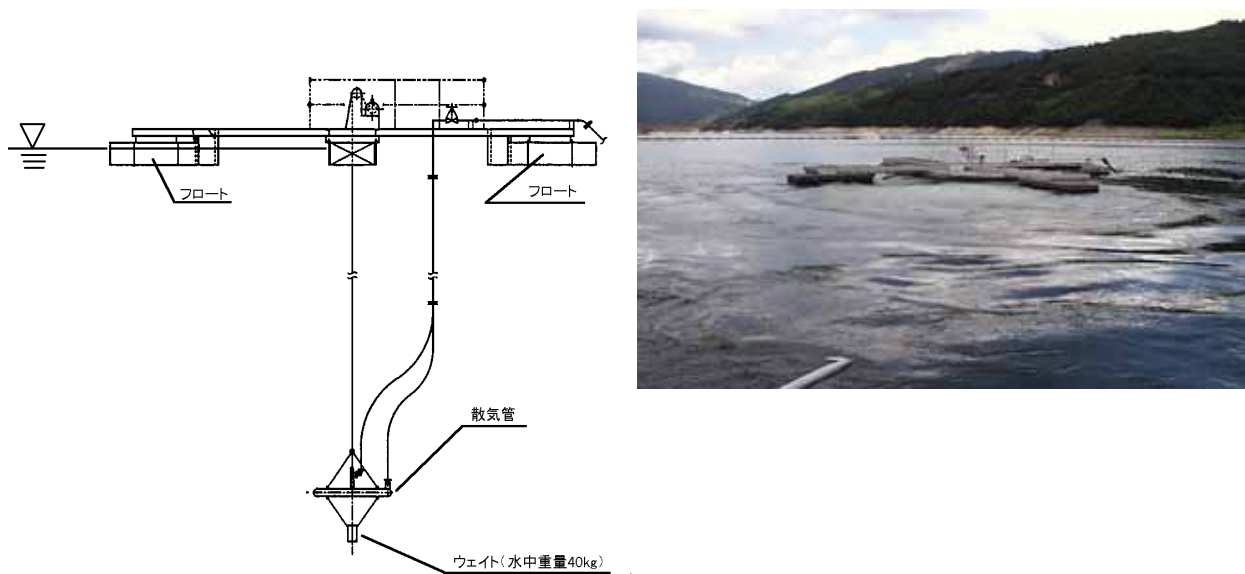


図 2.2.9 曝気装置概要図および曝気装置運転の様子

## 2) 曝気装置の運転方法

環境放流に伴う冷水対策として導入を検討している曝気装置の運転方法の概要は次のとおりである。

- ・ 曝気水深は貯水位と月によって位置を変化させる。
- ・ 環境放流によって貯水位が低下した場合（7, 8月：水位 300m 未満）、曝気を停止する。
- ・ なお、環境放流時は選択取水は表層取水とする。

曝気設備の運用方法（案）を表 2.2.5 に、貯水位と曝気水深（2000 年）の関係の一例を図 2.2.10 に示す。

表 2.2.5 曝気設備の運用方法（案）

期 間	曝気設備の運用（曝気的水深）
4月1日～4月30日	・ 表層 5mの位置で曝気
5月 1日～5月15日	・ 水位EL.315m以上：表層から - 15mの位置で曝気 ・ 水位EL.315m未満：表層から - 10mの位置で曝気
5月16日～5月31日	・ 水位EL.315m以上：表層から - 20mの位置で曝気 ・ 水位EL.315m未満：表層から - 10mの位置で曝気
6月1日～6月30日	・ 水位EL.315m以上：表層から - 70mの位置で曝気 ・ 水位EL.315m未満：表層から - 10mの位置で曝気
7月1日～7月31日	・ 水位EL.300m以上：表層から - 55mの位置で曝気 ・ 水位EL.300m未満：曝気停止
8月1日～8月31日	・ 水位EL.300m以上：表層から - 40mの位置で曝気 ・ 水位EL.300m未満：曝気停止
備 考	・ いずれの場合も曝気最低水深 EL.260.8m

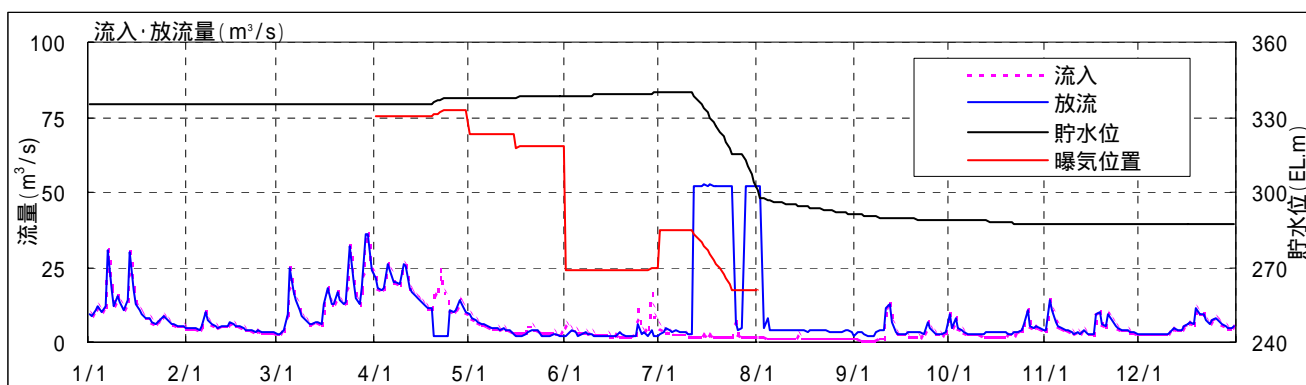


図 2.2.10 貯水位と曝気水深の関係の一例（2000 年）

### 3) 水質保全対策施設運用による効果について

冷水問題改善に対処するための選択取水設備および曝気循環設備の効果を確認するため、現在の琵琶湖水位運用が開始された後の1992年～2002年の11年間を対象とし一次元富栄養化モデルを用いて効果の予測を行った。

このうち夏期の丹生ダムからの補給実施日数の最も多い2000年を代表年として予測結果の一例を図2.2.11に示した。

曝気循環による対策を行わない場合は7月後半の補給水の水温が低下し、流入水温を下回るが、曝気循環による対策を行うことにより温水が確保でき、放流水温が流入水温を下回らないことが確認された。

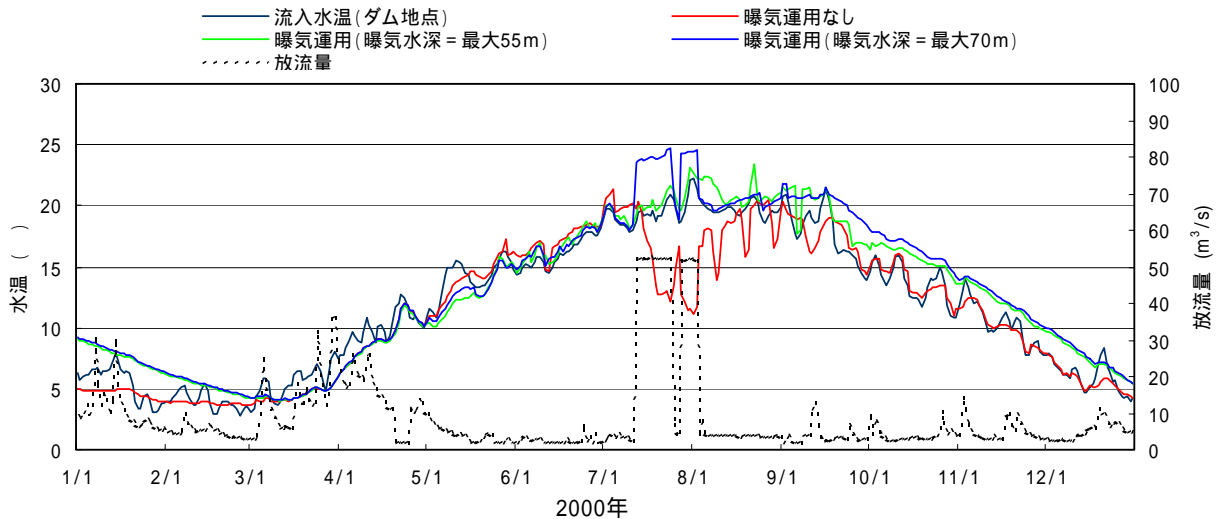


図 2.2.11 選択放流取水設備および曝気循環設備運用による水温の予測結果(2000年)

図 2.2.12 に示すように、曝気によって、適切な温水層を形成することができるため、温水の放流が可能となる。

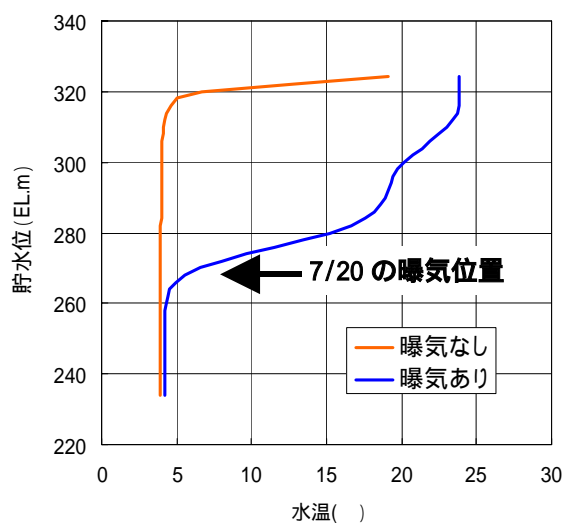


図 2.2.12 曝気による効果を示す水温鉛直分布図(2000年7月20日)

濁水の長期化現象について

濁水の長期化現象発生の可能性については、計算対象期間である 1992 年～2002 年の 11 年間のうち流入濁度のピーク流入濃度が最も高い 2002 年を代表とし、ダム放流濁度を予測した結果を図 2.2.13 に示した。

貯水池が沈殿池的な役割を果たすことから概ね放流濁度は流入濁度よりも低くなっているが成層崩壊期（10 月～12 月）では、放流濁度が流入濁度を上回る場合があることが予測された。

環境放流と濁水の長期化現象の関係については、出水後に環境放流を実施する場合に、貯水池内に残存している濁水を下流に放流することが懸念される。2002 年では 7 月中旬に出水があり、その後に環境放流を行っている。環境放流時は表層から取水するが、貯水池の濁質は出水後すみやかに沈降し表層濁度は低くなることから、環境放流によって放流濁度が高くなることはなかった。

また、曝気循環を行っている期間に出水があった場合の濁度については、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）のとき、放流濁度が一時的に流入濁度を上回る結果となった。このため濁水対策として、出水後に選択取水設備の運用を水温優先から濁度優先にすることにより、短時間で放流濁度を低下できる結果となった。このとき放流水温は流入水温より 3～4 程度高くなる結果となった。（図 2.3.42 参照）

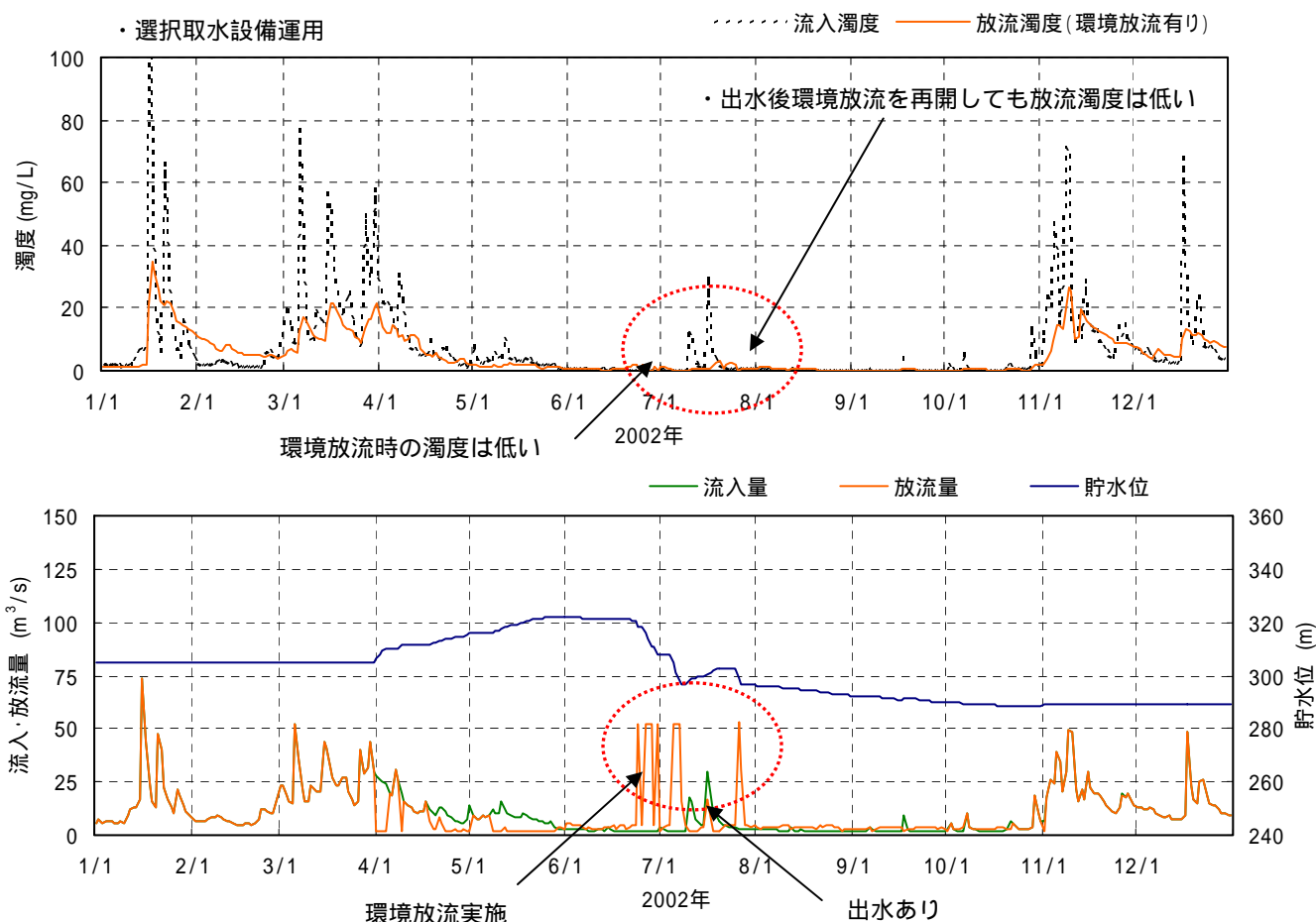


図 2.2.13 丹生ダムにおける環境放流を実施した場合の放流濁度の予測結果（2002 年）



## 富栄養化現象について

丹生ダム貯水池における富栄養化現象の発生可能性を検討するため、曝気設備の運用を前提とした1992年～2002年の11年間の計算対象期間のうち夏期の丹生ダムからの補給実施日数の最も多い2000年を代表年として、丹生ダム貯水池水質を予測した結果の一例を図2.2.14に示す。

2000年の結果によると、貯水池表層の植物プランクトンは、春先に増殖が認められるが、夏期には抑制される結果となり、大きな増殖は示さない結果となった。富栄養化の判定基準値からは中栄養（クロロフィルa：年平均値＝8μg/L、年最大値＝25μg/L）の範囲にある結果となった。同様に、窒素、リンについても富栄養化の判定基準値からは中栄養（T-N＝0.5mg/L、T-P＝0.025mg/L）の範囲にある結果となった。その他の年についても、表2.2.7に示すように各年ともに富栄養化判定基準の中栄養のレベルを超えることはない予測結果となっている。

表 2.2.6 富栄養化判定基準

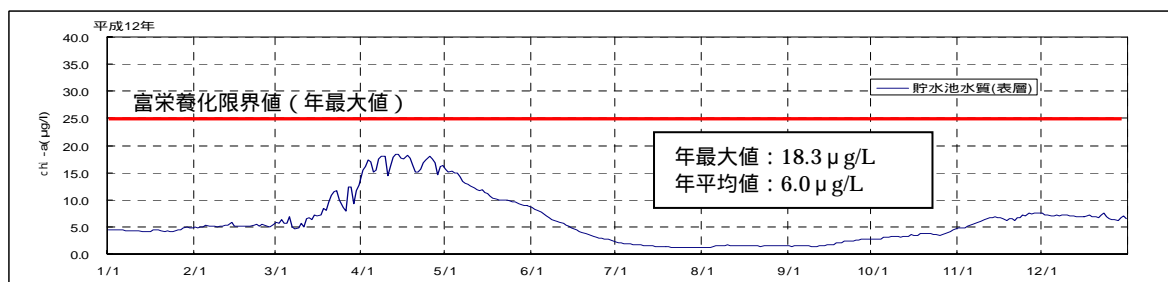
項目	貧栄養	中栄養	富栄養	提案者等
T - P (mg/L)	0.002～0.020	0.010～0.030	0.010～0.090	坂本 1966
	<0.010	0.010～0.035	0.010～0.035	OECD
	<0.015	0.015～0.025	0.025～0.100	Forsberg&Ryding 1980
	<0.015	0.015～0.025	>0.025	判定採用値
T - N (mg/L)	0.020～0.200	0.10～0.70	0.50～1.30	坂本 1966
	<0.40	0.40～0.60	0.60～1.50	Forsberg&Ryding 1980
	<0.20	0.20～0.50	>0.50	判定採用値
年平均クロロフィルa (μg/L)	<2.5	2.5～8.0	8.0～25.0	OECD（下限値を採用）
最大クロロフィルa (μg/L)	<8.0	8.0～25.0	25.0～75.0	OECD（下限値を採用）

表 2.2.7 丹生ダム貯水池表層水質の予測結果（曝気運用あり）

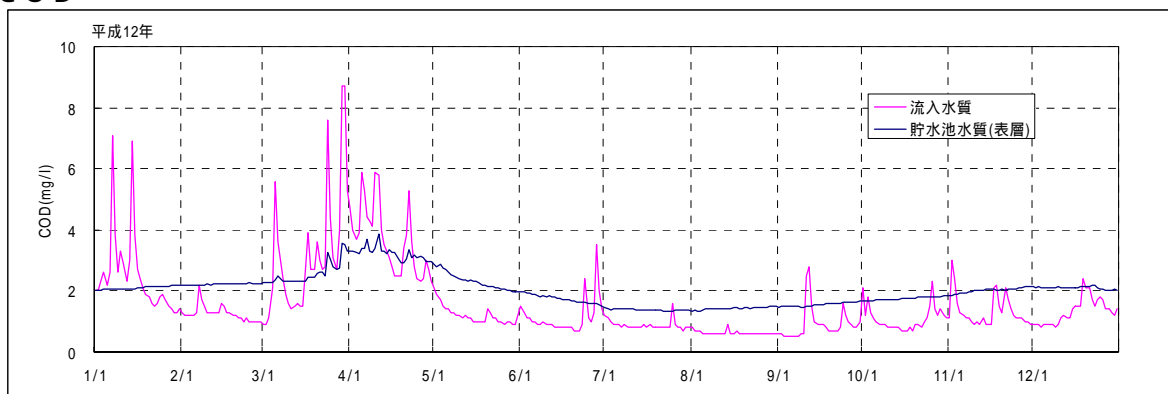
年	クロロフィルa		T - N	T - P
	年最大値 (μg/L)	年平均値 (mg/L)	年平均値 (mg/L)	年平均値 (mg/L)
1992	16.1	5.7	0.33	0.011
1993	17.6	4.8	0.37	0.012
1994	15.8	6.4	0.35	0.012
1995	19.2	5.6	0.45	0.017
1996	18.3	5.6	0.41	0.015
1997	19.4	5.3	0.40	0.012
1998	14.4	5.1	0.37	0.010
1999	16.8	5.2	0.36	0.011
2000	18.4	6.0	0.35	0.011
2001	21.1	5.3	0.40	0.014
2002	20.3	4.7	0.45	0.019

注) 表 2.2.5 に示す富栄養化判定基準の中栄養を超える（富栄養と判定される）場合はない。

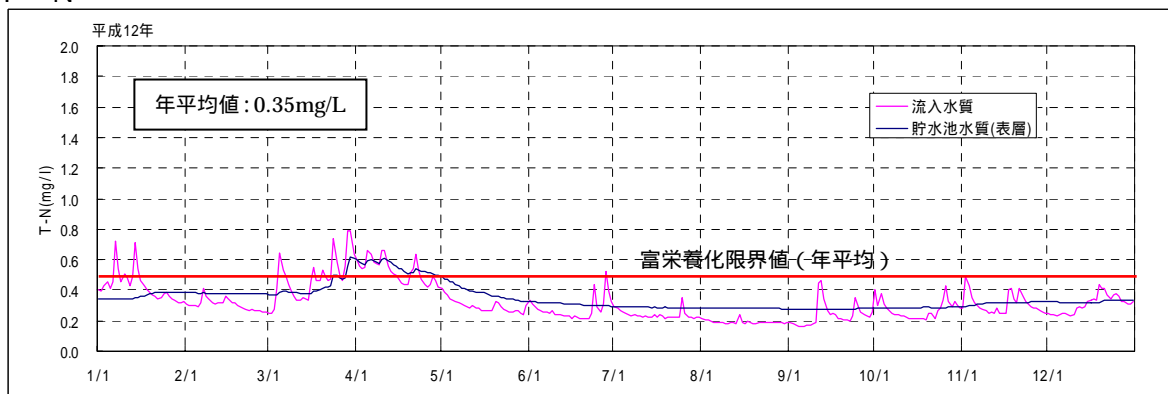
Chl - a



COD



T - N



T - P

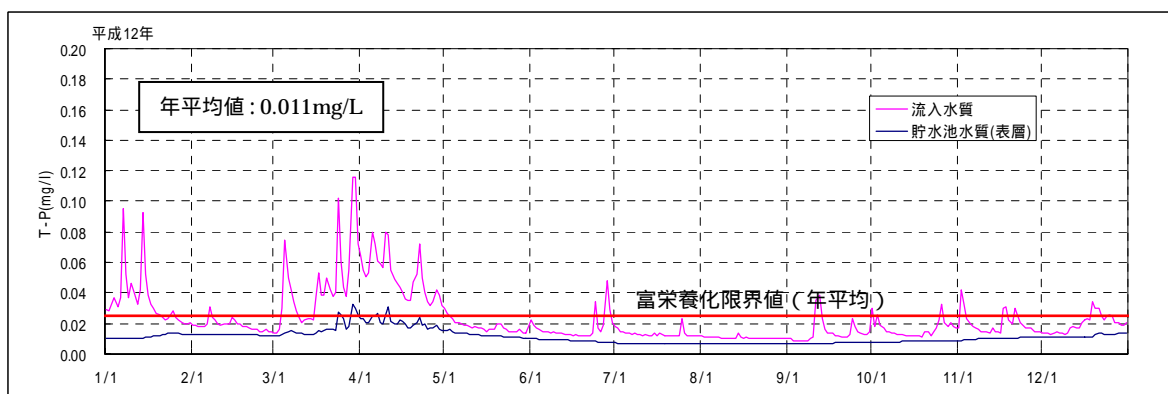
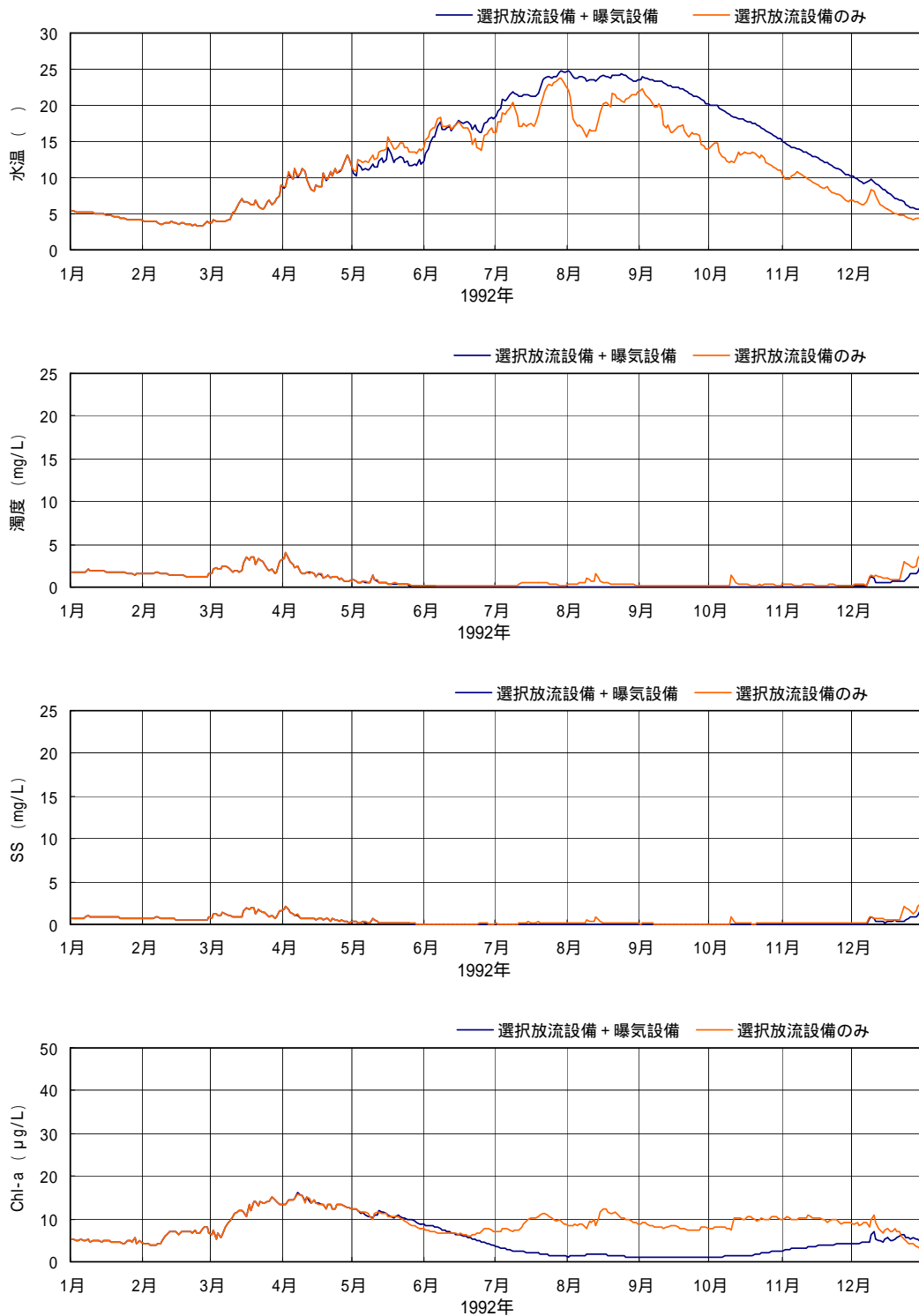


図 2.2.14 丹生ダム貯水池水質の予測結果の一例 (2000 年)

なお、曝気を行うことによって、富栄養化を助長させる場合があるとの指摘がある。これに対して、**図 2.2.15** ~ 2.2.20 に示すように曝気を実施しない場合と曝気を実施した場合の貯水池水質予測結果を比較すると、曝気を行うことによって表層のクロロフィル a 濃度や C O D , 栄養塩濃度（窒素、リン）が増加するような状況は認められない。むしろ曝気を行った方がクロロフィル a 濃度が低下し、C O D、窒素、リン濃度も低くなる予測結果となっている。ただし、水質予測計算モデルでは、植物プランクトンの貯水池表層での集積過程は考慮していない。



**図 2.2.15** 曝気を実施した場合の丹生ダム貯水池表層水質の変化(1992年:環境放流あり)

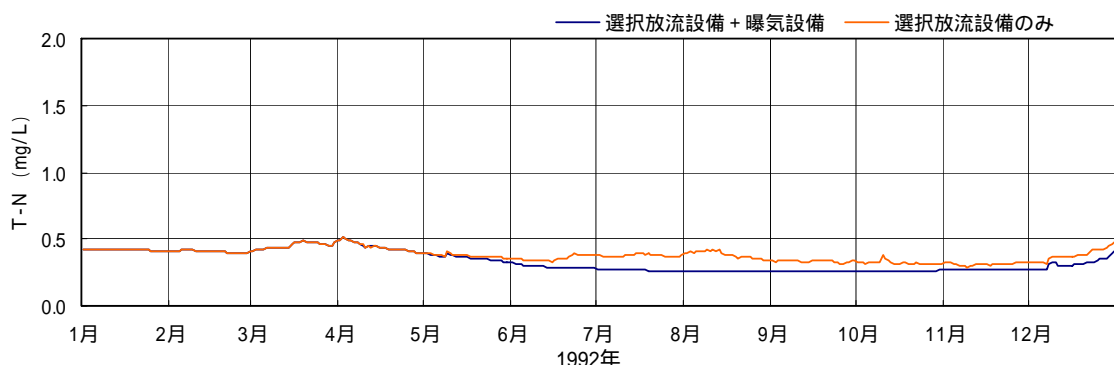
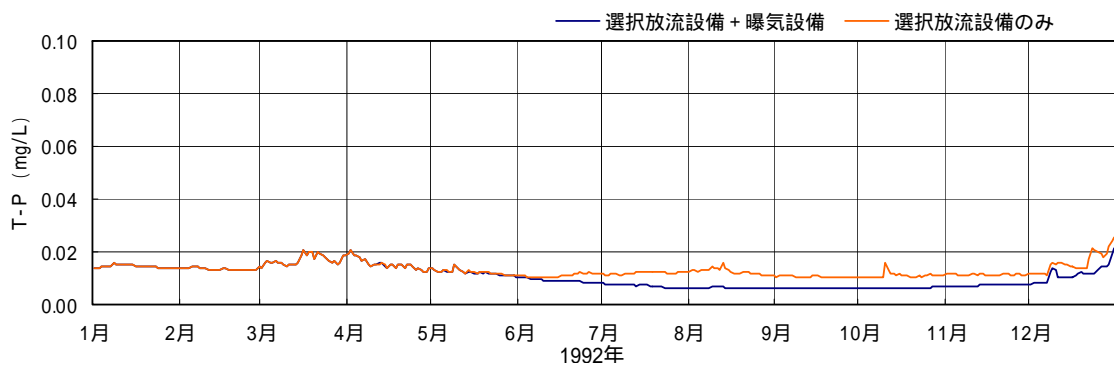
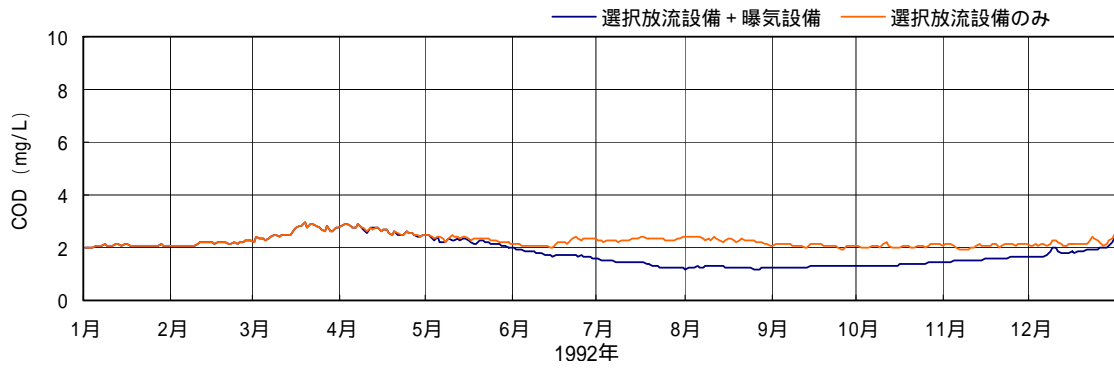
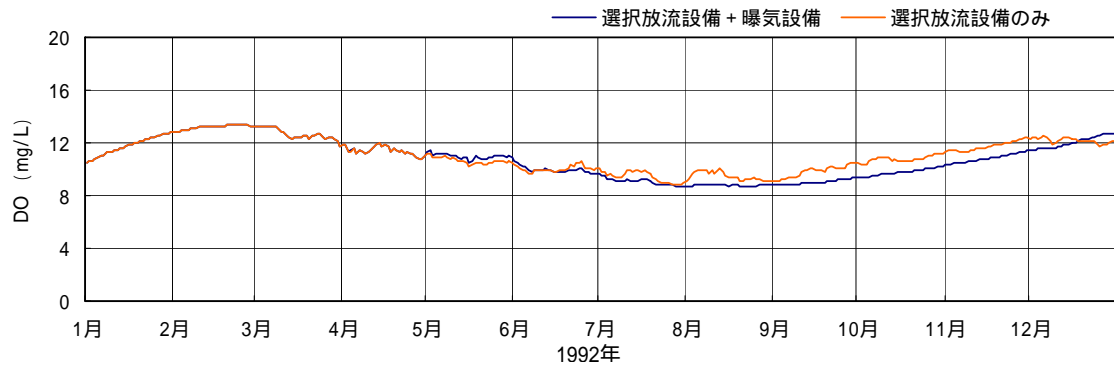


図 2.2.16 曝気を実施した場合の丹生ダム貯水池表層水質の変化(1992年:環境放流あり)

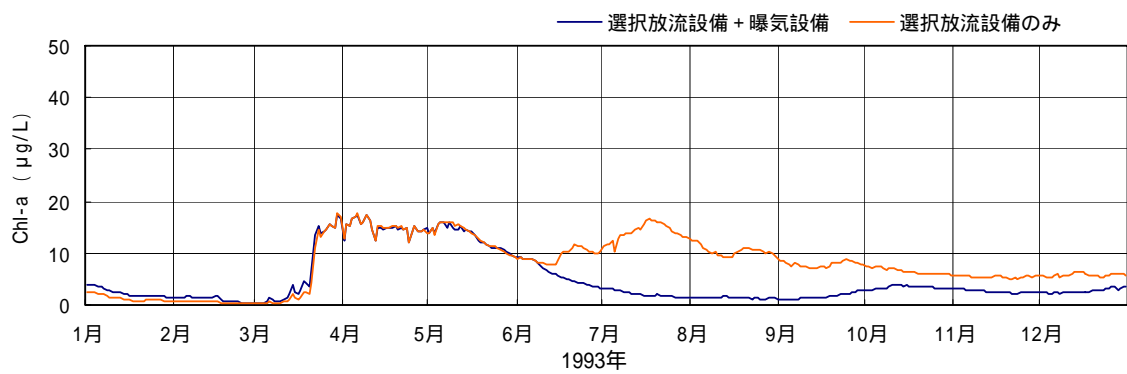
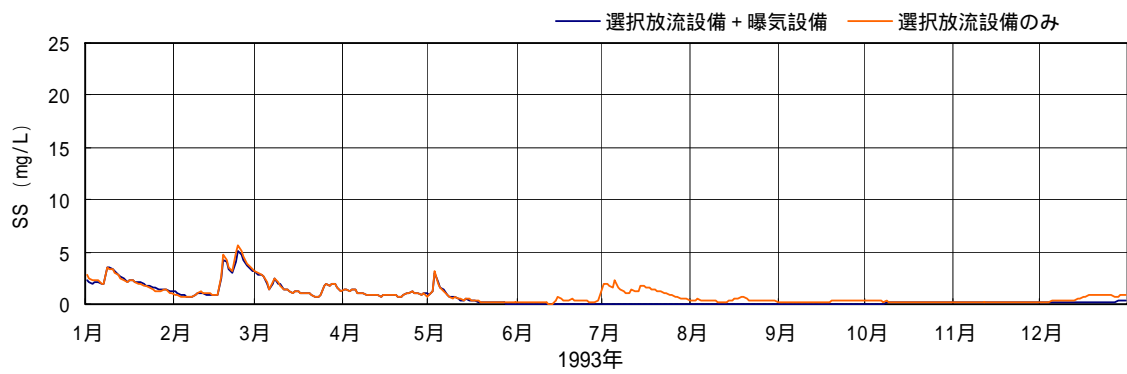
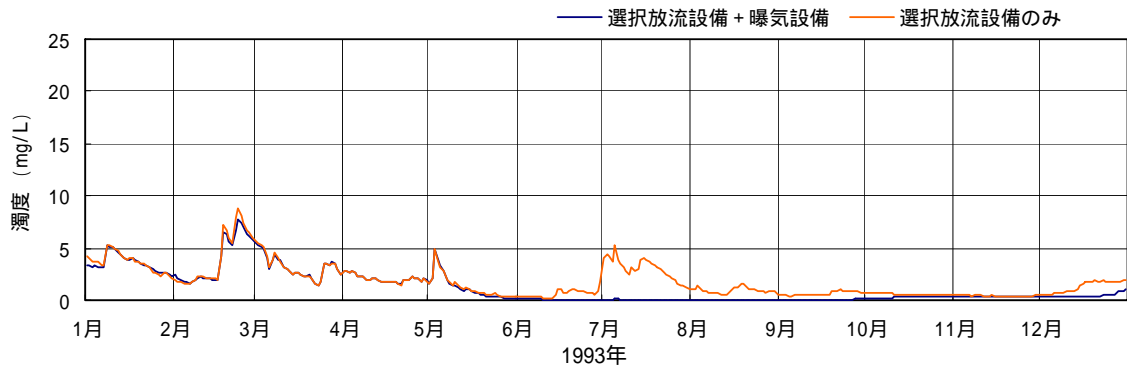
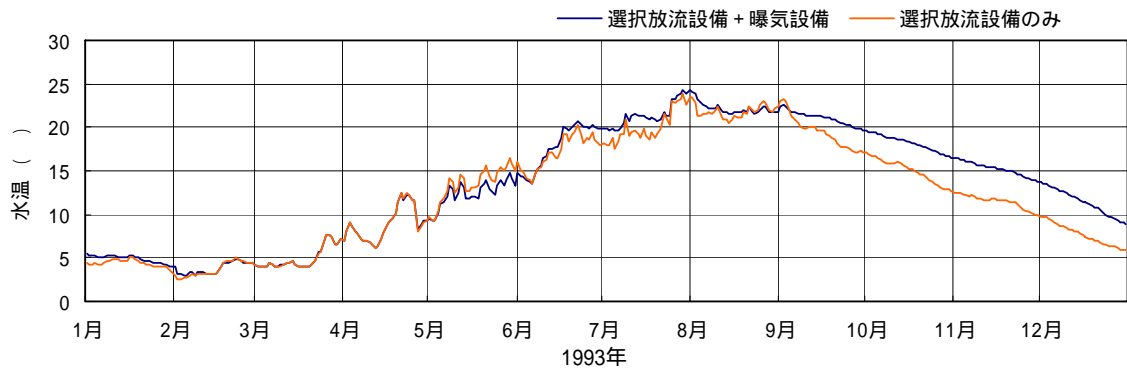


図 2.2.17 曝気を実施した場合の丹生ダム貯水池表層水質の変化(1993年：環境放流あり)

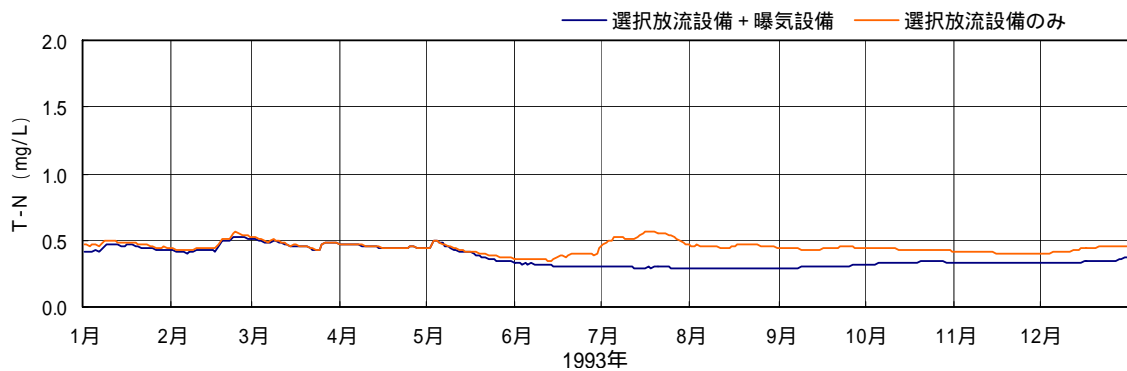
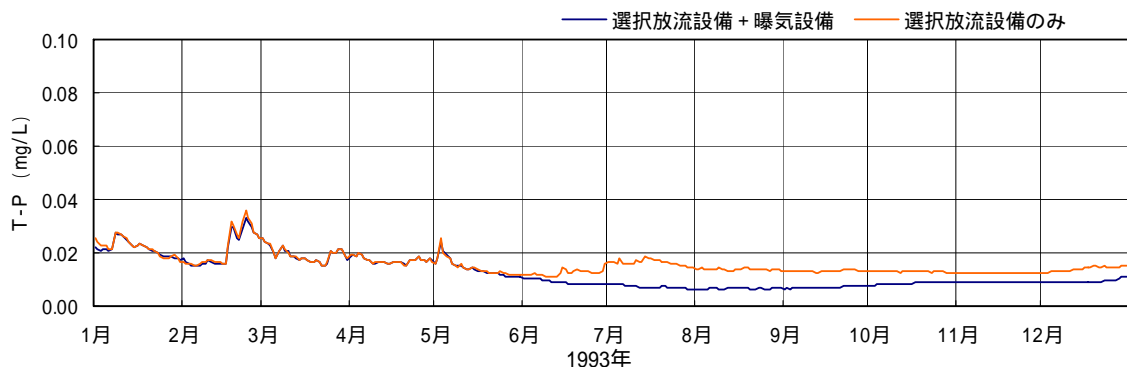
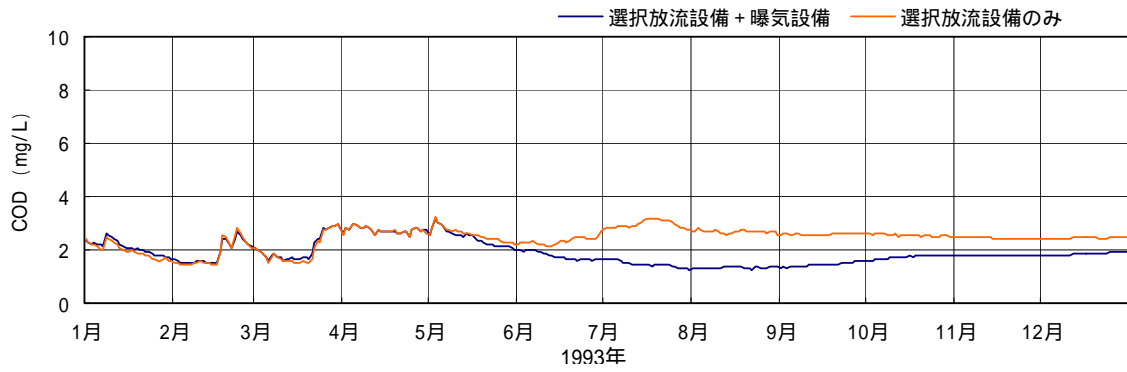
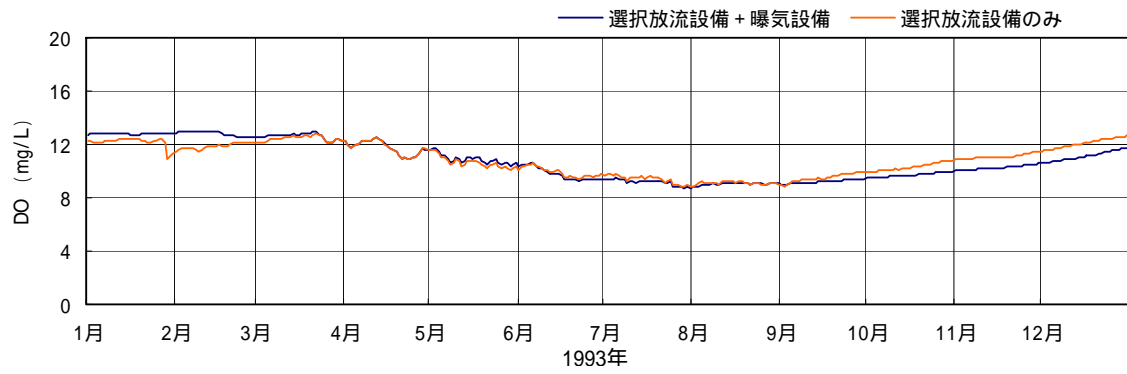


図 2.2.18 曝気を実施した場合の丹生ダム貯水池表層水質の変化 (1993年：環境放流あり)

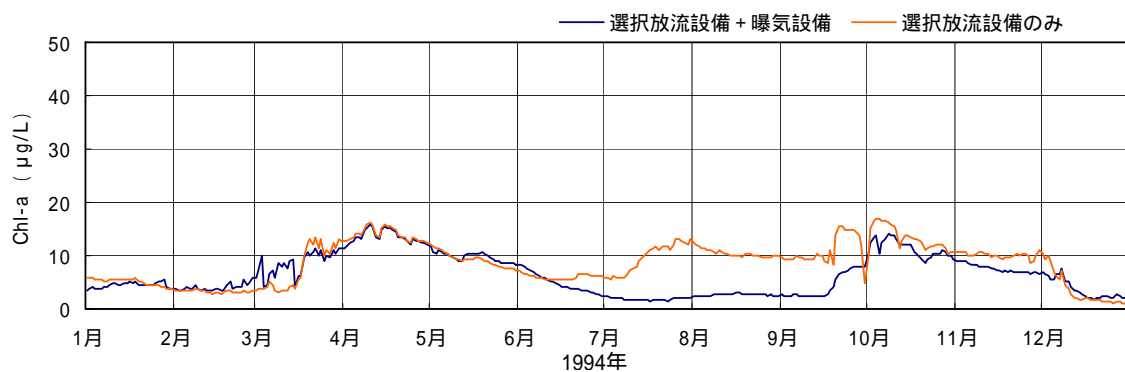
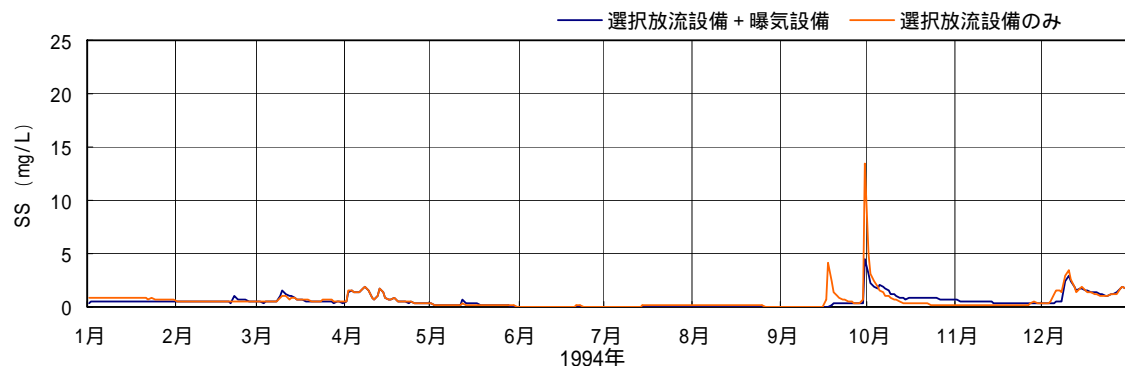
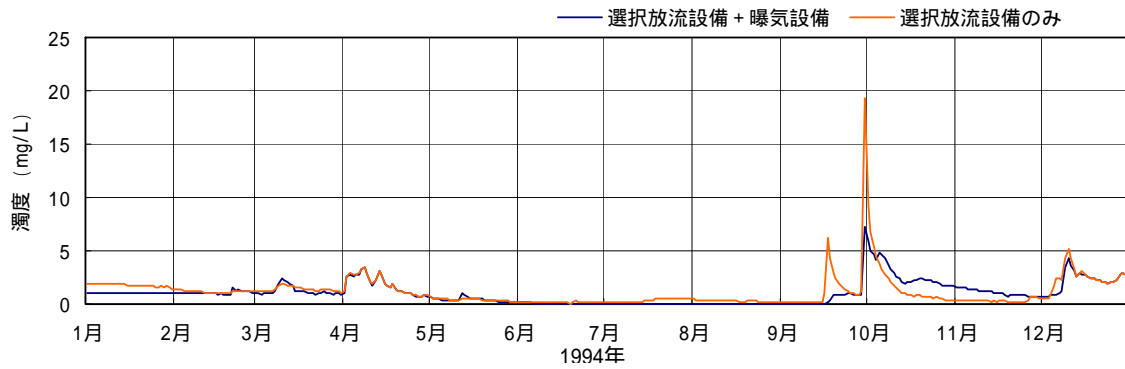
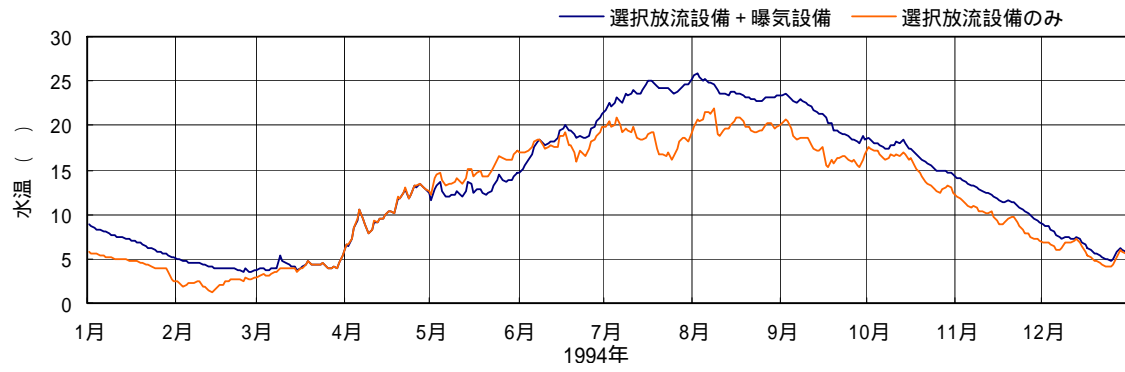
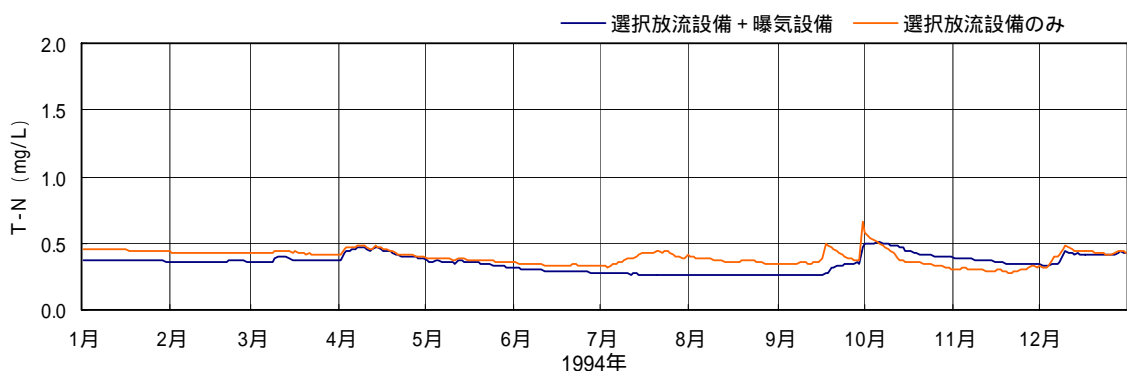
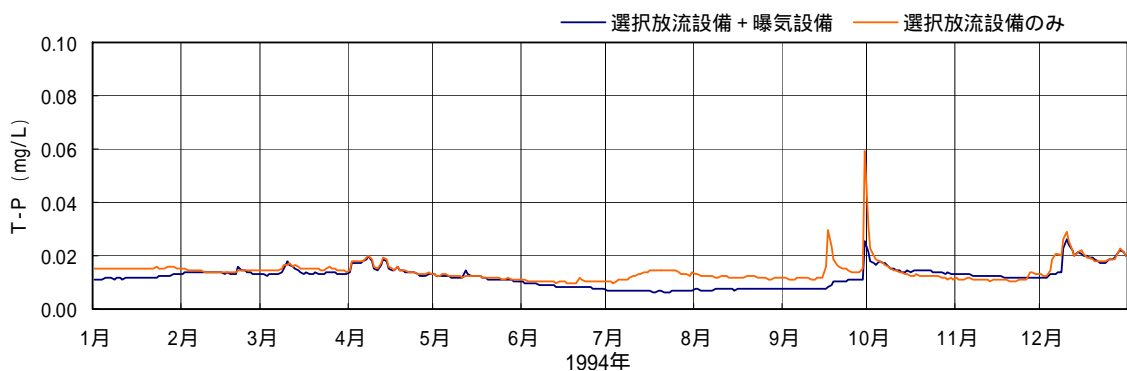
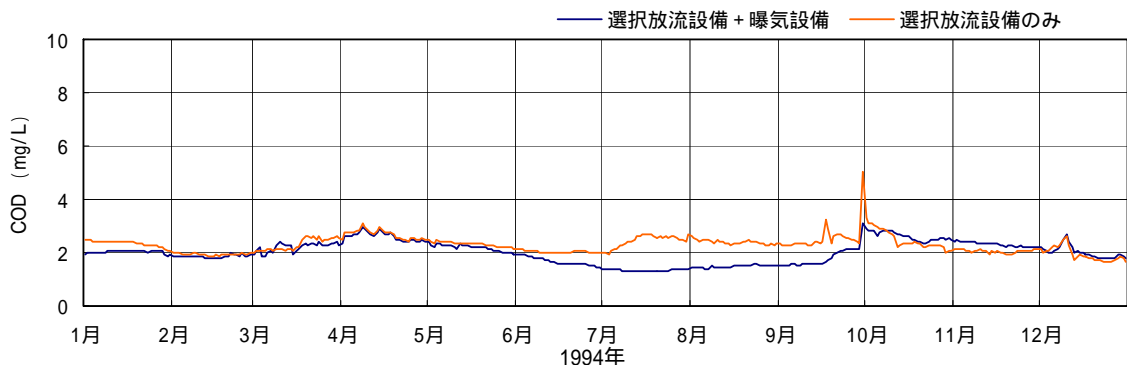
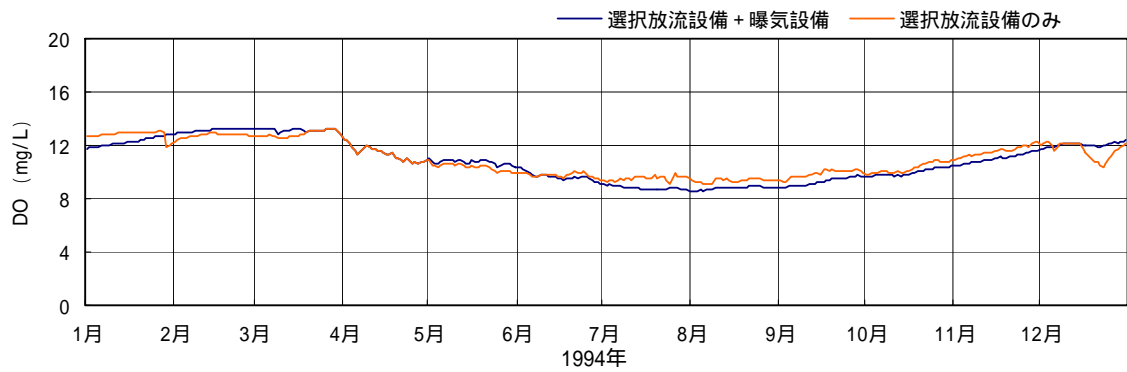


図 2.2.19 曝気を実施した場合の丹生ダム貯水池表層水質の変化(1994年:環境放流あり)

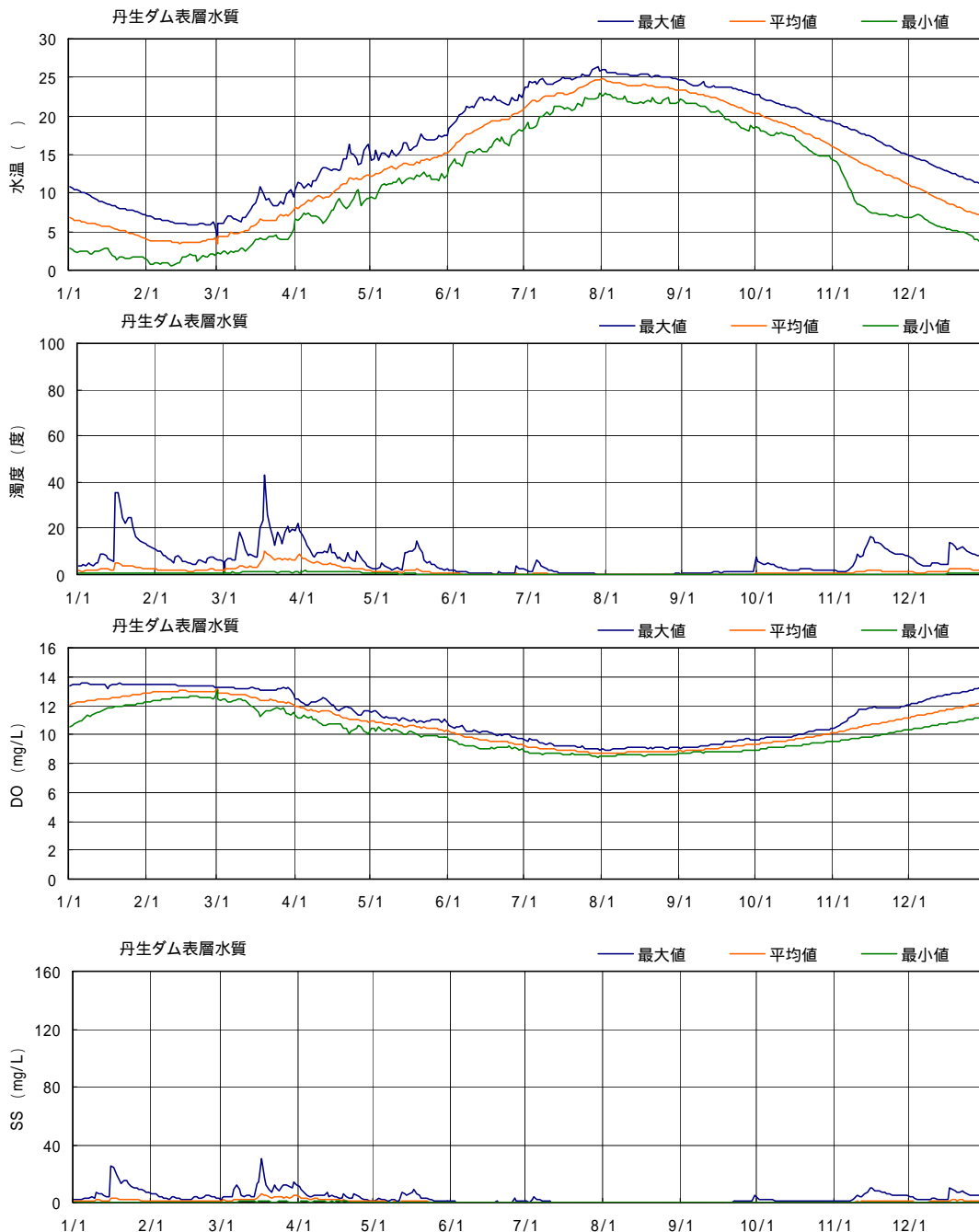


☒ 2.2.20 曝気を実施した場合の丹生ダム貯水池表層水質の変化（1994年：環境放流あり）



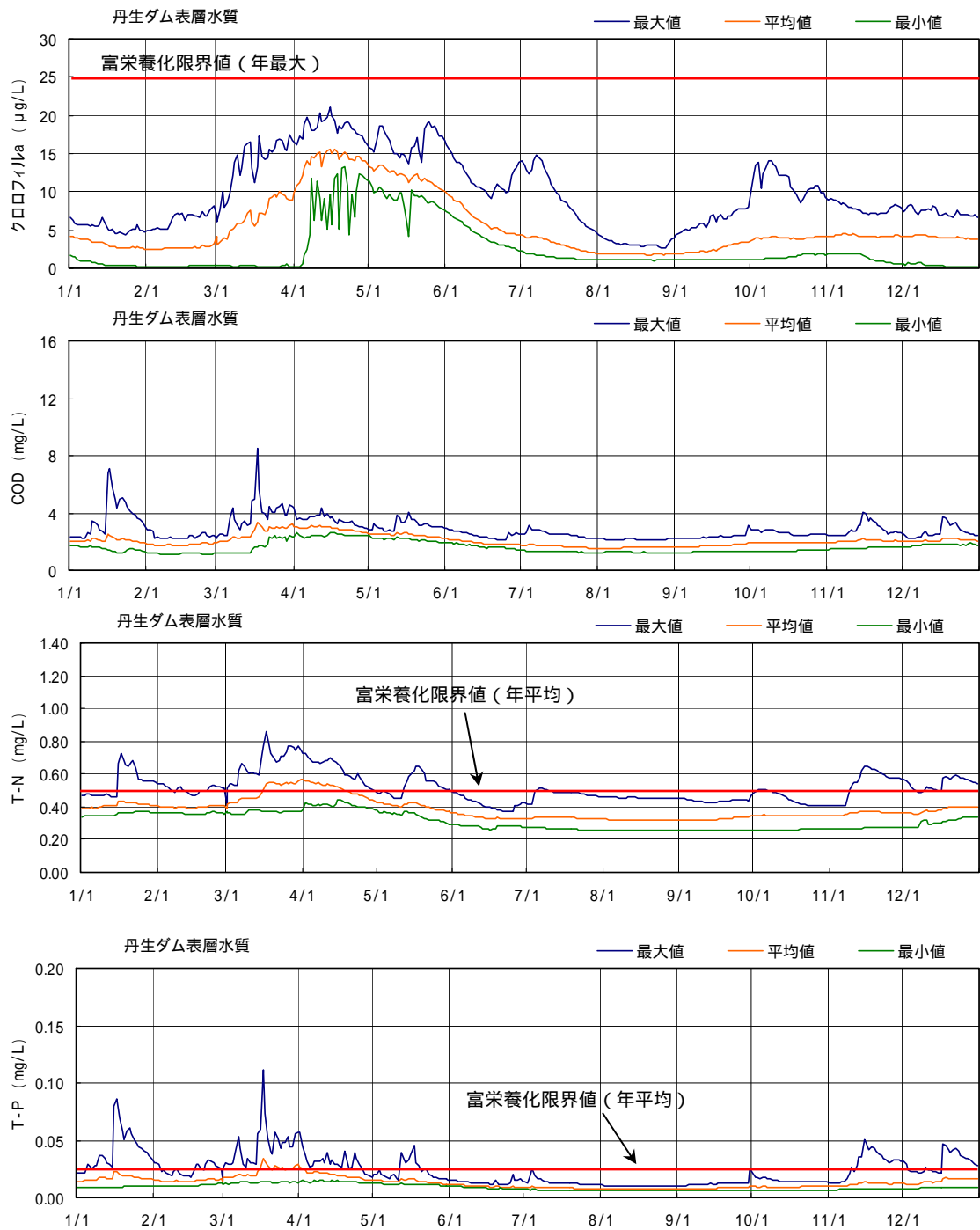
これまで、富栄養化現象等について、代表的な年を取り上げその状況を整理したが、貯水池の水質は当然のことながら各年の流況によって変化する。前述した 11 年間を対象とした予測結果を用いて、ダム放流水質がどの程度の幅を持って変化するかを整理した。その結果を図 2.2.21 ~ 2.2.22 示す。

クロロフィル a の挙動についても、各年の流況や気象条件によって変化しているが、その変動範囲はさほど広くない。今回対象とした流況条件では大きな出水や、濁水等種々の流況条件が考慮されているが、これらの条件を考慮してもクロロフィル a の濃度は富栄養化判定基準の中栄養のレベルを超えることはない。



予測条件：環境放流条件あり、選択取水設備、曝気設備運用（曝気水深最大 70m）

図 2.2.21 丹生ダム貯水池水質予測結果( 1992 ~ 2002 年の予測結果を整理 )



予測条件：環境放流条件あり、選択取水設備、曝気設備運用（曝気水深最大 70m）

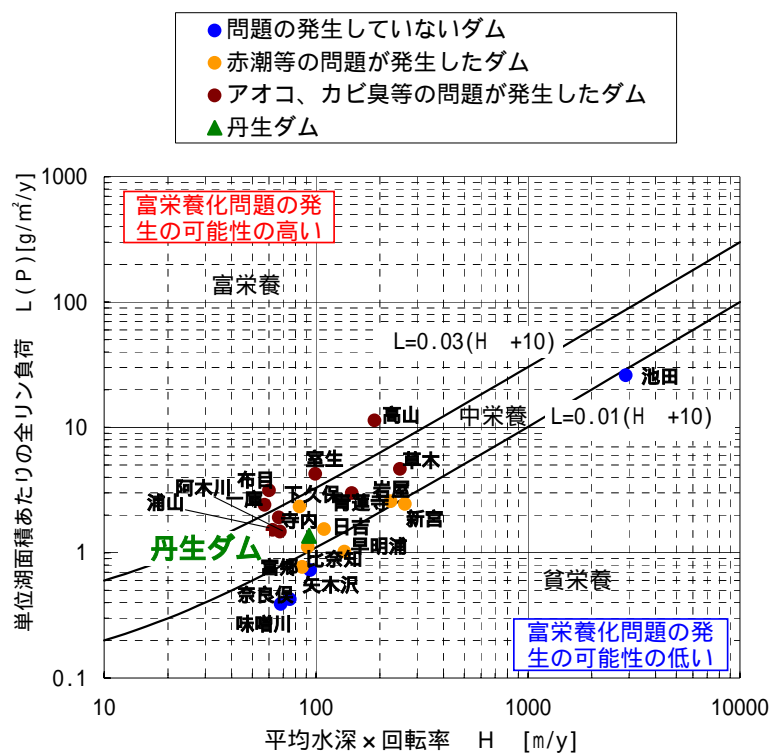
図 2.2.22 丹生ダム貯水池水質予測結果(1992～2002年の予測結果を整理)

CODについては、出水等に伴って濃度が一時的に高くなる場合があるが、全体としては変動幅が小さく、平均的には3mg/L前後で推移している。

総窒素、総リンについても、同様であり、全体としては流況が異なっても富栄養化判定基準の中栄養のレベルを超えることはない。

既往検討においては、丹生ダム貯水池の富栄養化について、フォーレンヴァイダー（Vollenweider）モデルによる簡易予測を行っており、その結果を図 2.2.23 に示した。この結果によっても丹生ダム貯水池の栄養レベルは中栄養になるとの結果となっている。

環境放流を前提条件とし、選択取水設備の運用とともに曝気水深が最大 70mの場合と 55m場合の丹生ダム水質予測結果を図 2.2.36 ~ 2.2.79 に示した。この結果、曝気条件を変更することにより放流水温を流入水温と同程度に維持できる結果となった。



L : 単位湛水面積当たりの年間リン流入負荷量  
H : 平均水深 (常時満水位での貯水容量 / 湛水面積)  
: 回転率 (平均年間総流入量 / 常時満水位での貯水容量)  
1998 ~ 2002年の平均値を用いて検討した。

図 2.2.23 Vollenweider モデルによる丹生ダムの富栄養化予測

水質予測結果にもとづく流入水質と放流水質の栄養塩負荷量の比較

1992～2002年を対象とした丹生ダム貯水池水質予測計算結果（環境放流、曝気あり）をもとに丹生ダム貯水池の流入水と放流水の栄養塩負荷量の変化を検討した。検討は全窒素と全リンの2項目とした。

全窒素負荷量（1992年～2002年）の結果を表2.2.8に、全リン負荷量（1992年～2002年）の結果を表2.2.9に示す。

全窒素・全リンの流入負荷量と放流負荷量を比較すると11年間でダムに貯留された量は99(t/年)・73(t/年)、ダムに貯留された割合は流入負荷量の7.7%・57.0%となり、全窒素はわずかであるが、全リンは流入負荷量の半分以上が貯留されている結果となった。

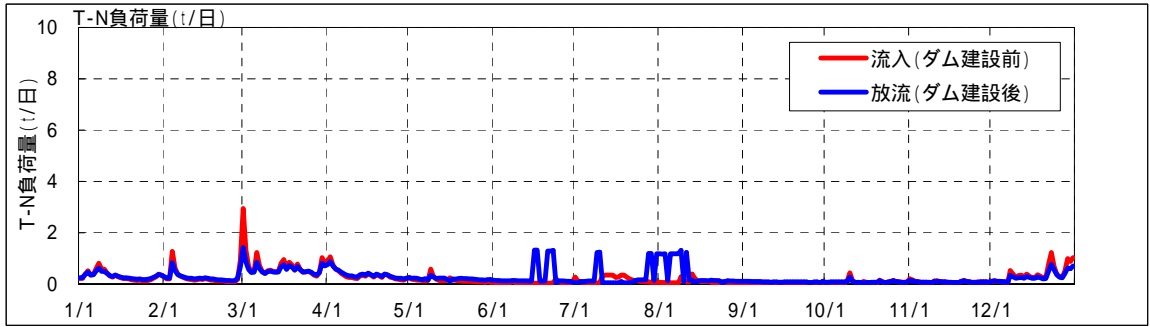
表 2.2.8 貯水池水質予測結果（1992～2002年）全窒素負荷量比較

	流入（ダム建設前） 負荷量（t/年）	放流（ダム建設後） 負荷量（t/年）	貯留された負荷量 流入-放流（t/年）	貯留された 負荷量の割合
1992年	83	102	19	-22.9%
1993年	147	91	56	38.1%
1994年	68	94	26	-38.2%
1995年	144	135	9	6.3%
1996年	115	98	17	14.8%
1997年	108	77	31	28.7%
1998年	103	90	13	12.6%
1999年	111	107	4	3.6%
2000年	88	104	16	-18.2%
2001年	139	113	26	18.7%
2002年	187	183	4	2.1%
合計	1,293	1,194	99	7.7%

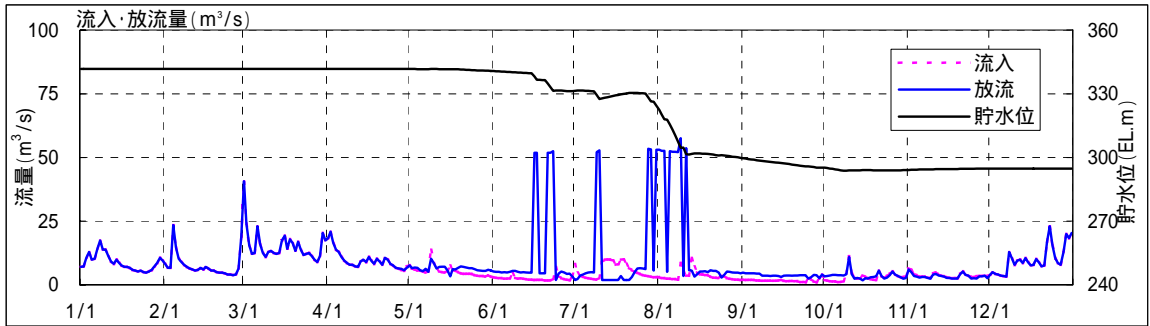
表 2.2.9 貯水池水質予測結果（1992～2002年）全リン負荷量比較

	流入（ダム建設前） 負荷量（t/年）	放流（ダム建設後） 負荷量（t/年）	貯留された負荷量 流入-放流（t/年）	貯留された 負荷量の割合
1992年	7	4	3	42.9%
1993年	14	4	10	71.4%
1994年	5	3	2	40.0%
1995年	15	7	8	53.3%
1996年	11	5	6	54.5%
1997年	10	3	7	70.0%
1998年	9	4	5	55.6%
1999年	11	5	6	54.5%
2000年	8	4	4	50.0%
2001年	15	5	10	66.7%
2002年	23	11	12	52.2%
合計	128	55	73	57.0%

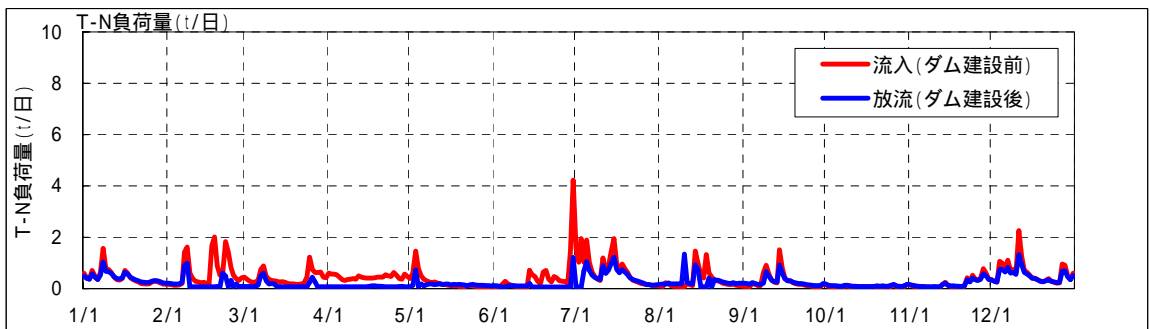
1992年(H4)



1992年(H4)



1993年(H5)



1993年(H5)

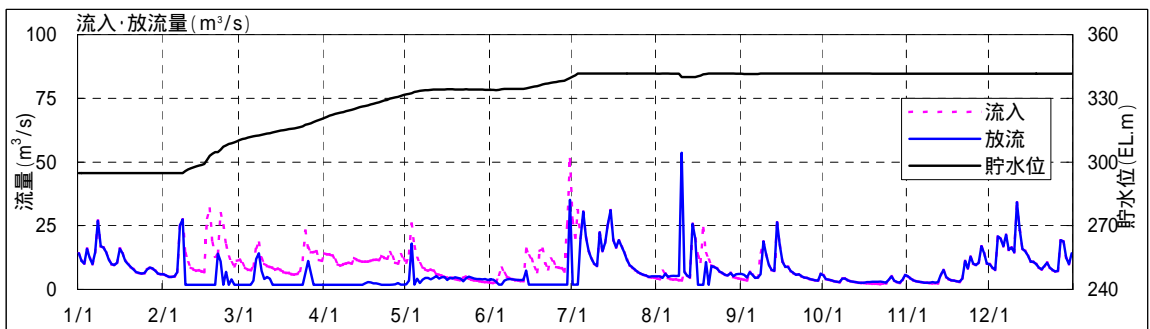
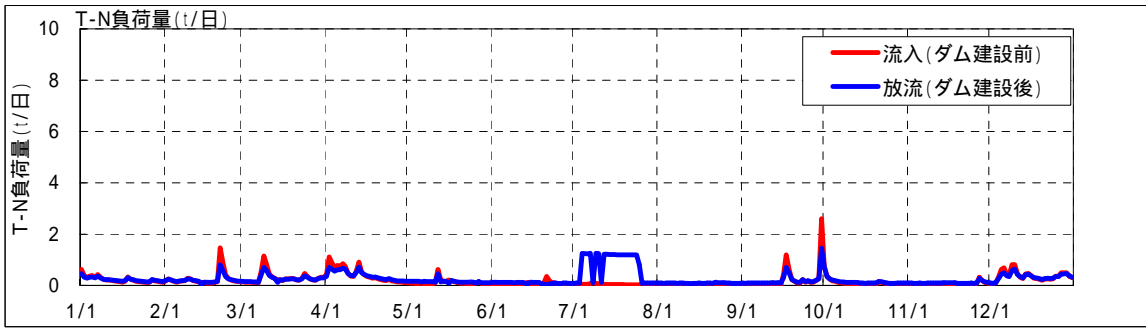
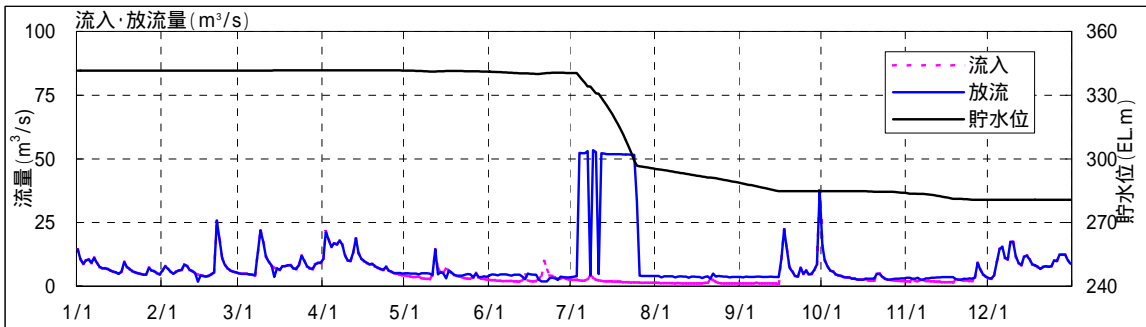


図 2.2.24 丹生ダムにおける流入負荷量と放流負荷量の比較 (全窒素負荷量：1/6)

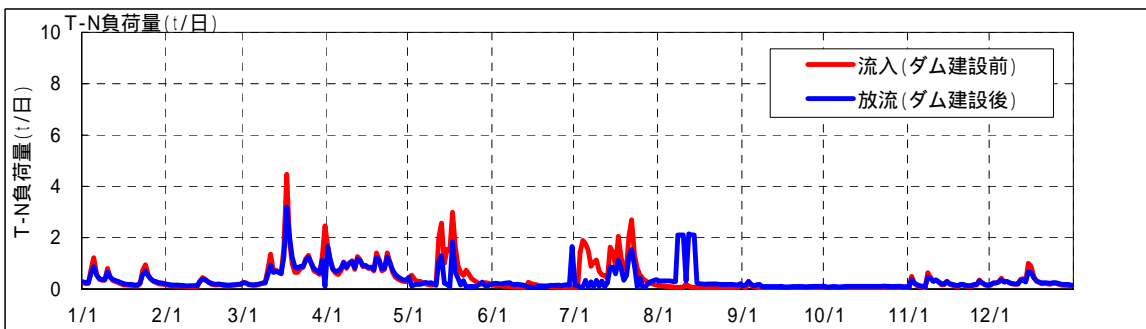
1994年(H6)



1994年(H6)



1995年(H7)



1995年(H7)

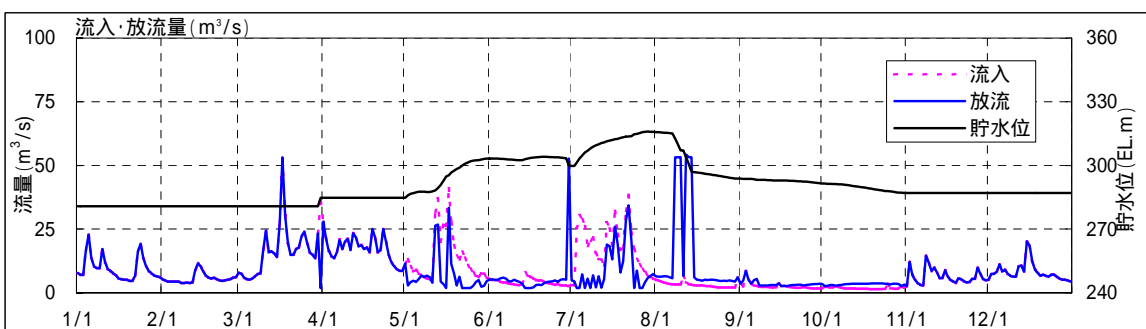
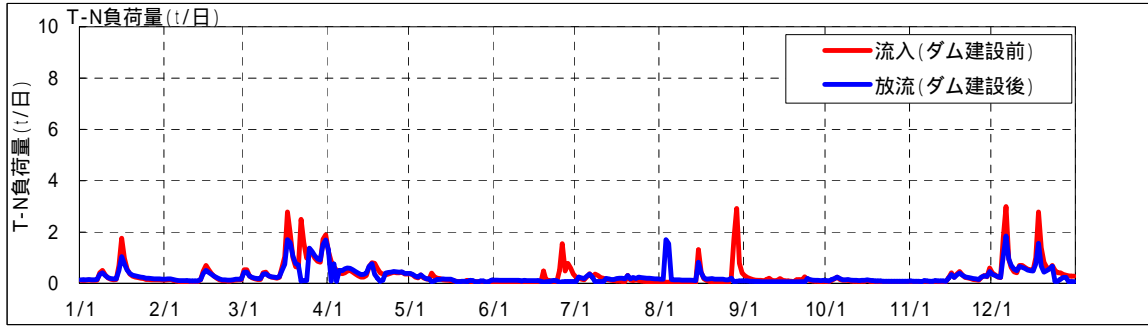
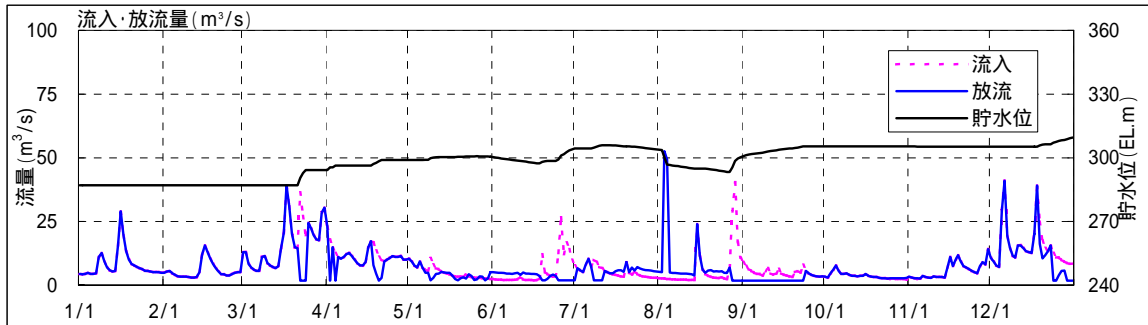


図 2.2.25 丹生ダムにおける流入負荷量と放流負荷量の比較 (全窒素負荷量：2/6)

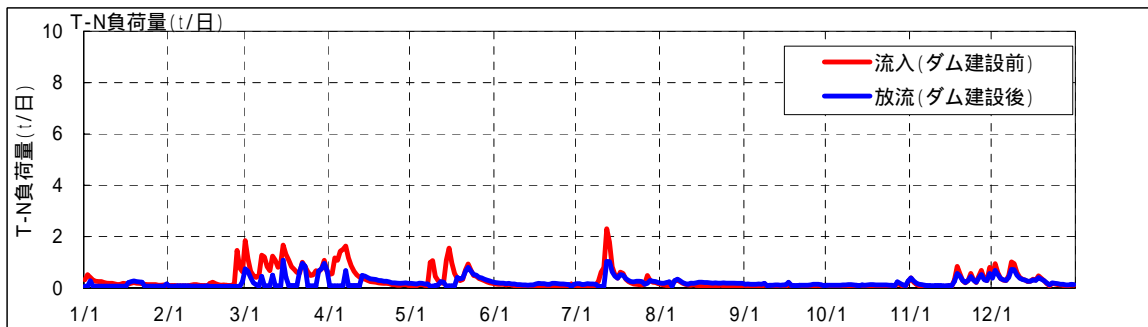
1996年(H8)



1996年(H8)



1997年(H9)



1997年(H9)

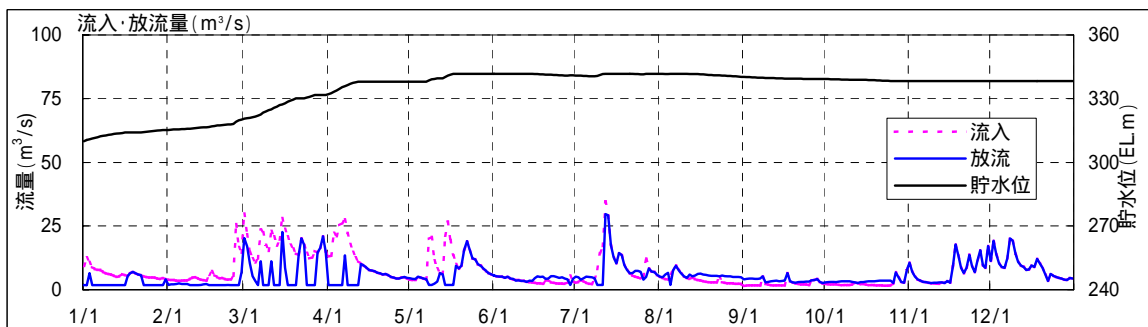
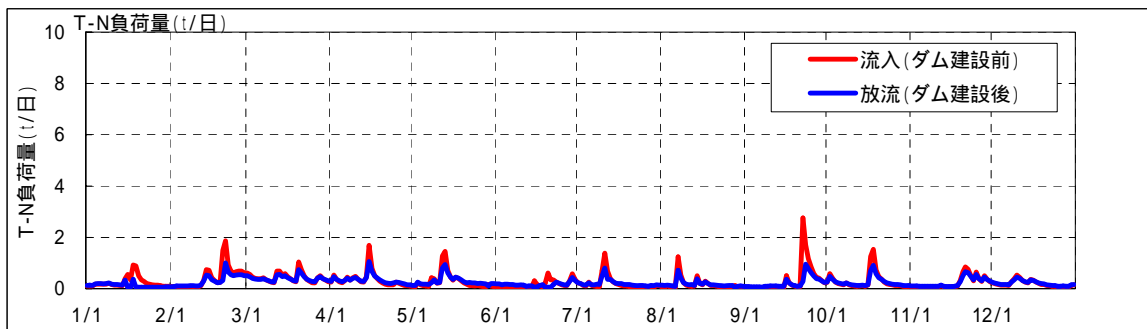
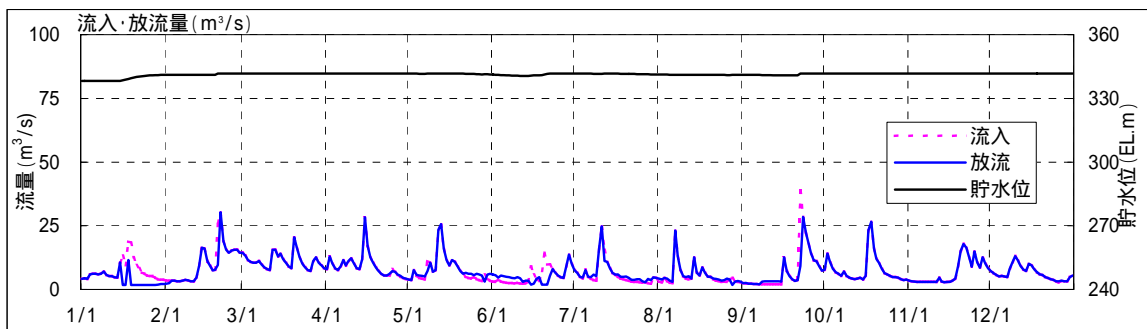


図 2.2.26 丹生ダムにおける流入負荷量と放流負荷量の比較 (全窒素負荷量 : 3/6)

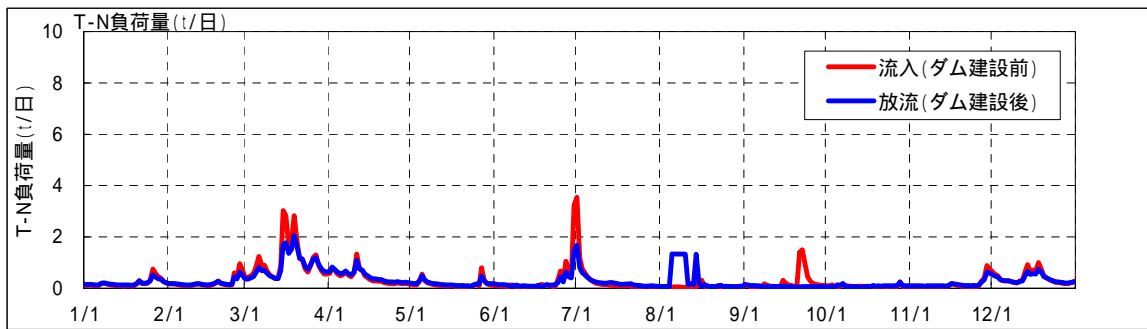
1998年(H10)



1998年(H10)



1999年(H11)



1999年(H11)

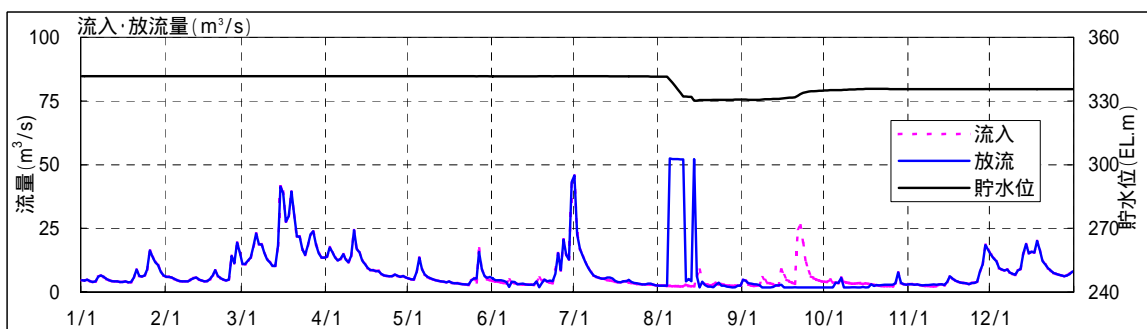
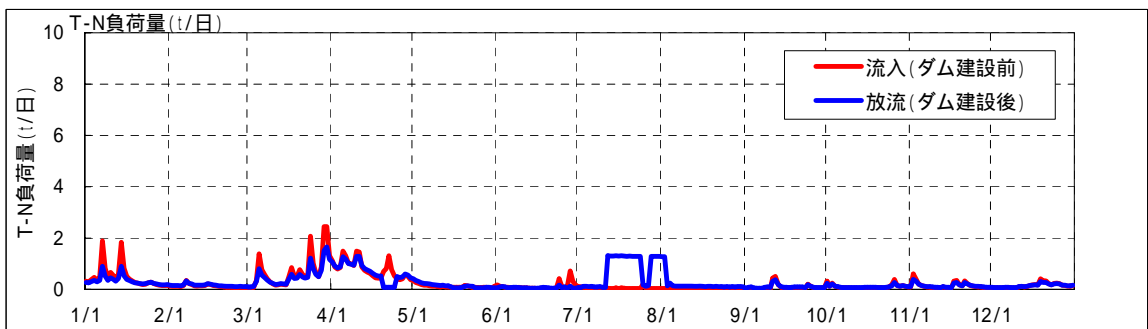


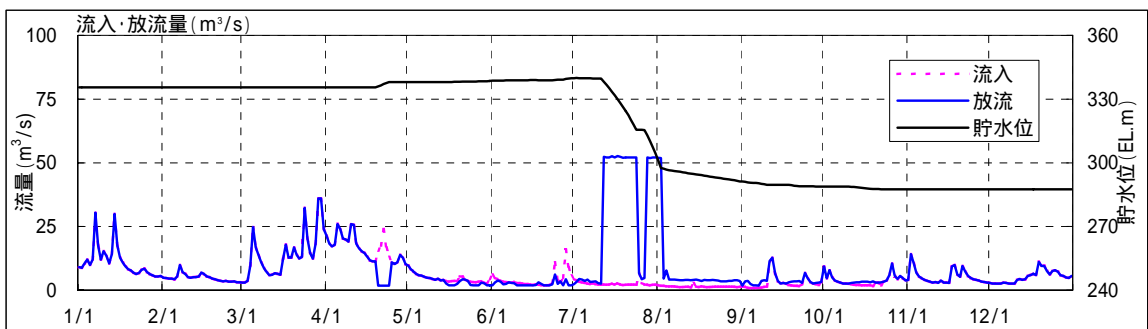
図 2.2.27 丹生ダムにおける流入負荷量と放流負荷量の比較（全窒素負荷量：4/6）



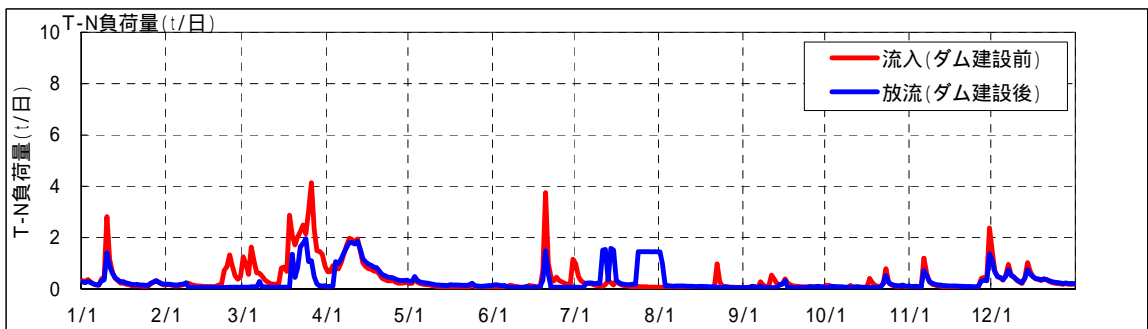
2000年(H12)



2000年(H12)



2001年(H13)



2001年(H13)

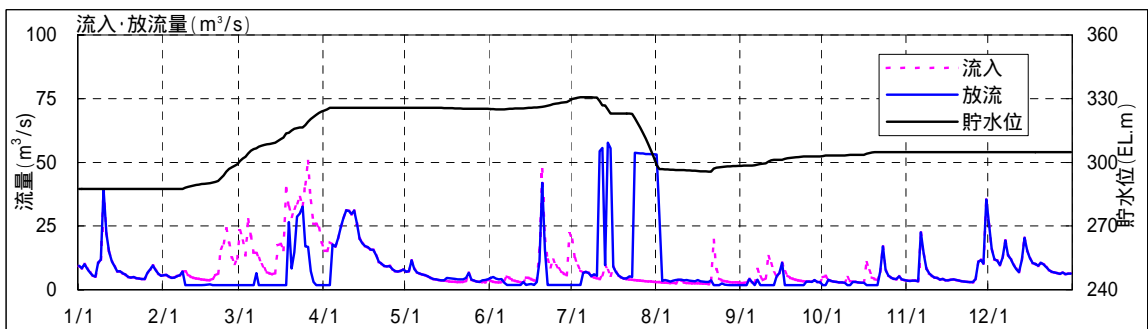
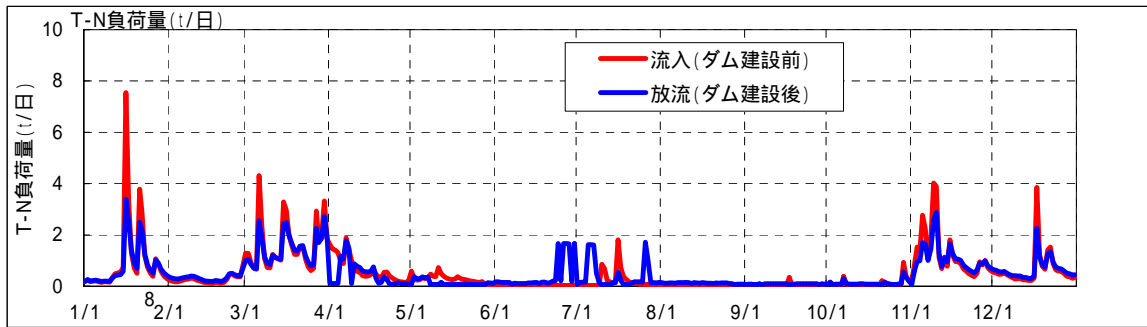


図 2.2.28 丹生ダムにおける流入負荷量と放流負荷量の比較 (全窒素負荷量 : 5/6)

2002年(H14)



2002年(H14)

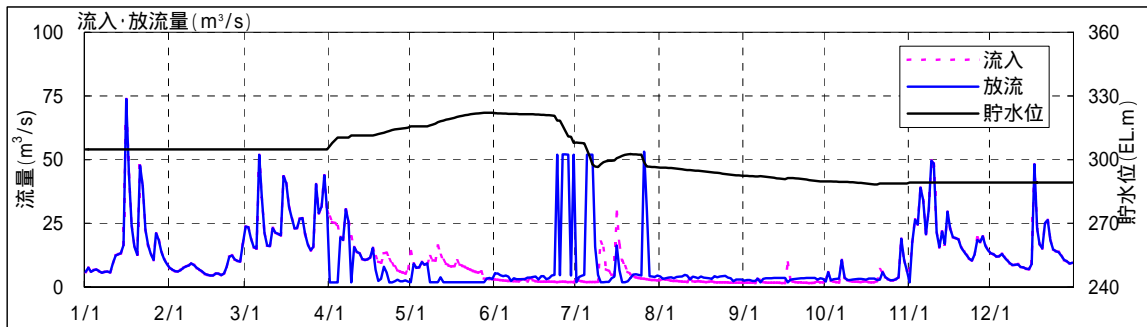
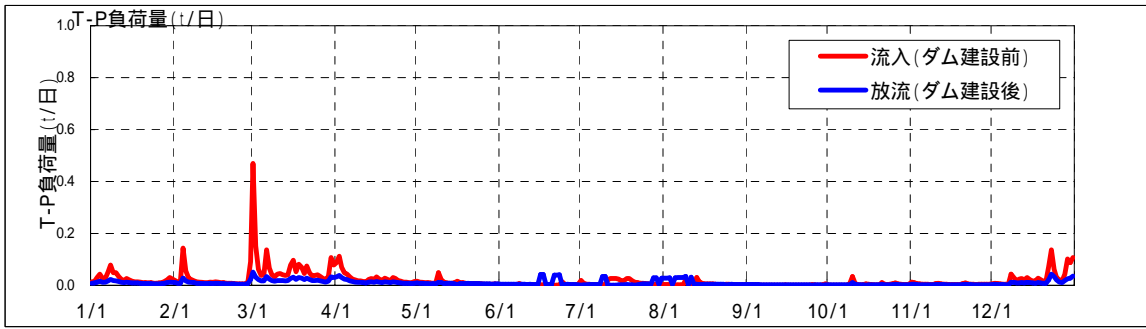
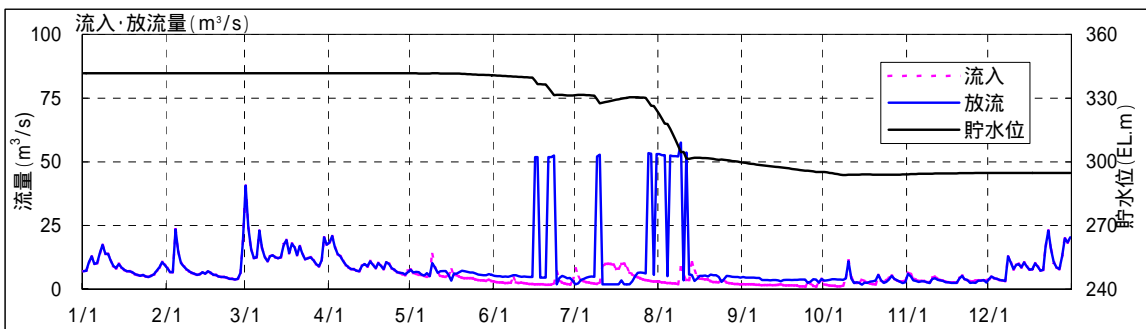


図 2.2.29 丹生ダムにおける流入負荷量と放流負荷量の比較（全窒素負荷量：6/6）

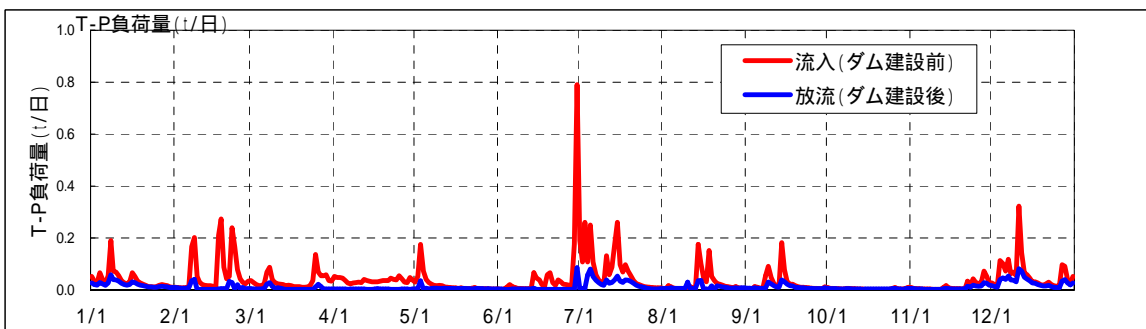
1992年(H4)



1992年(H4)



1993年(H5)



1993年(H5)

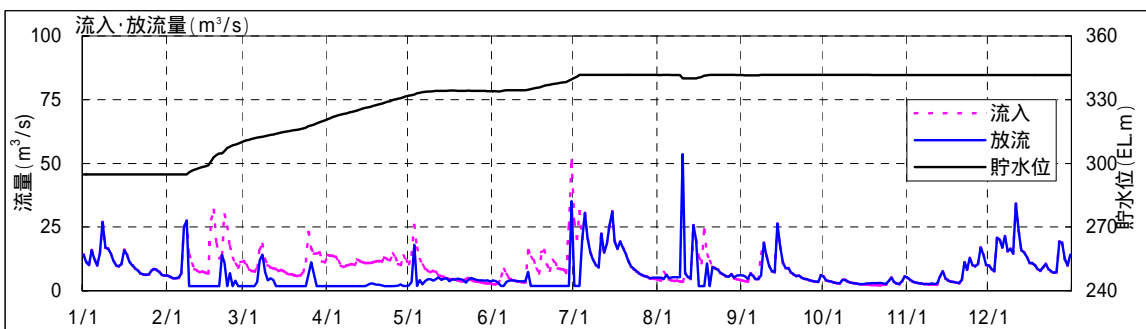
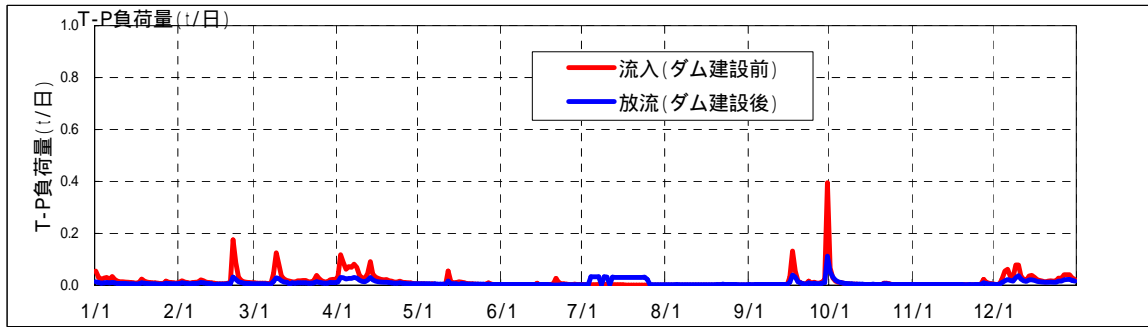
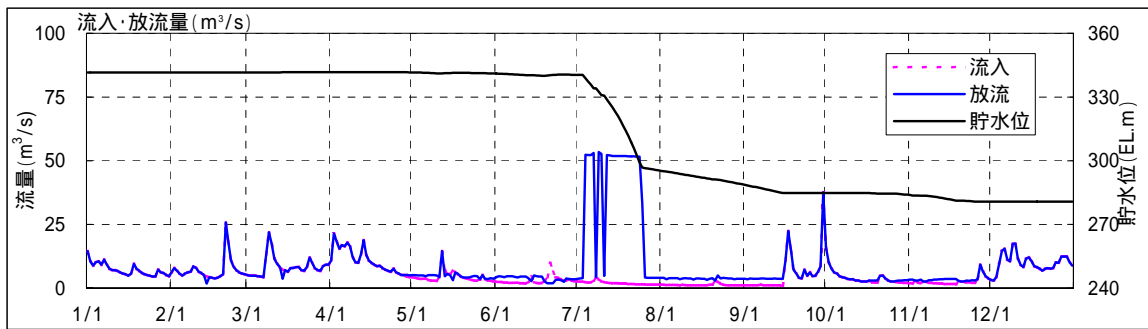


図 2.2.30 丹生ダムにおける流入負荷量と放流負荷量の比較（全リン負荷量：1/6）

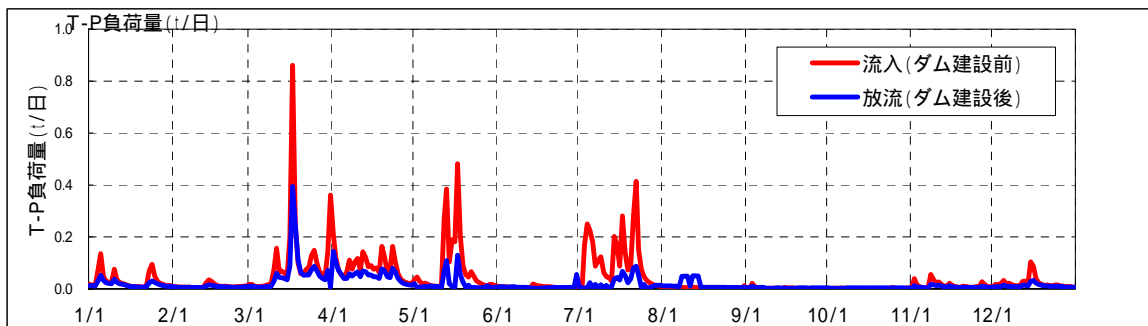
1994年(H6)



1994年(H6)



1995年(H7)



1995年(H7)

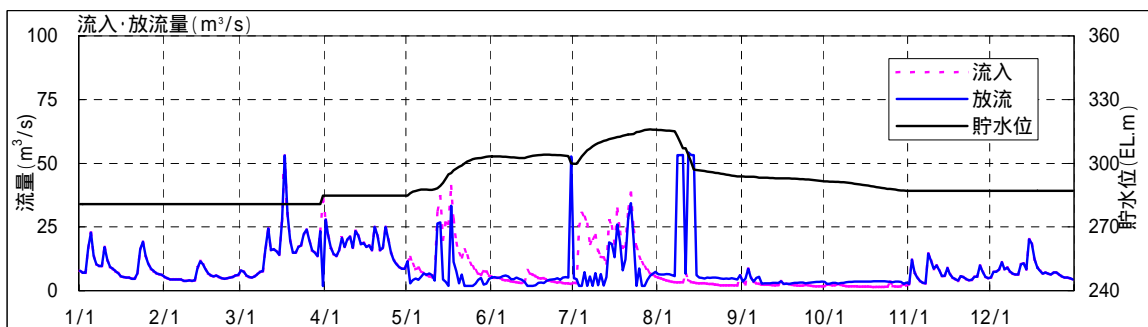
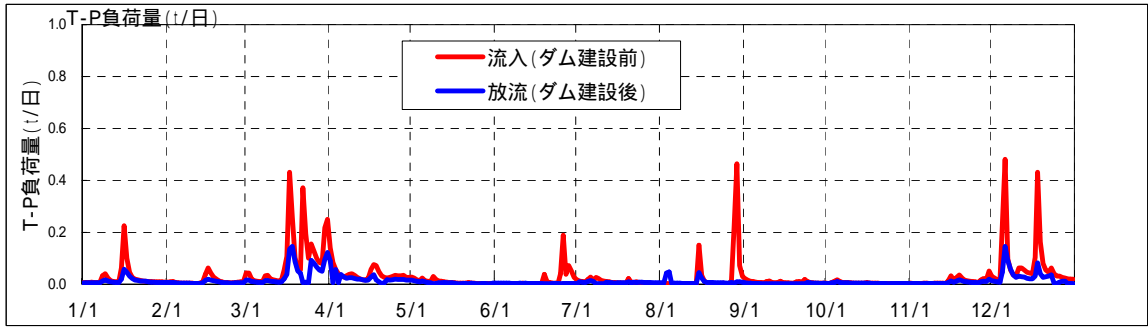
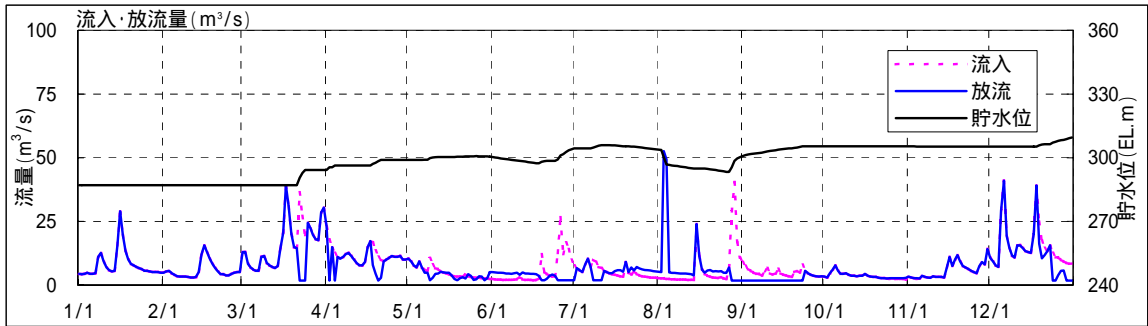


図 2.2.31 丹生ダムにおける流入負荷量と放流負荷量の比較 (全リン負荷量 : 2/6)

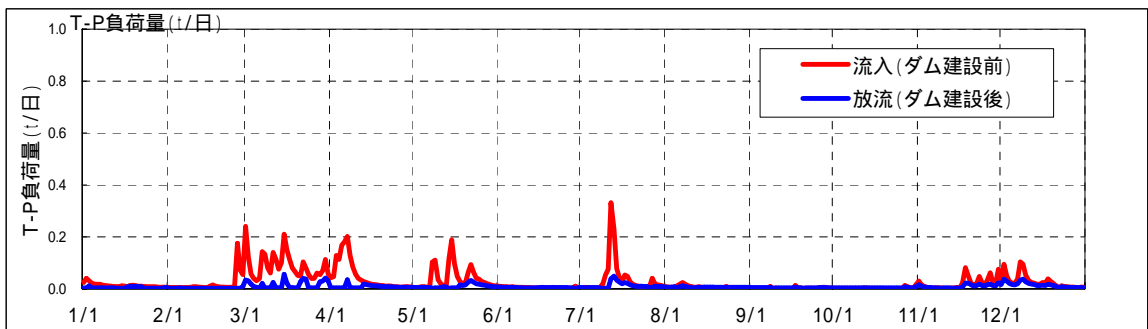
1996年(H8)



1996年(H8)



1997年(H9)



1997年(H9)

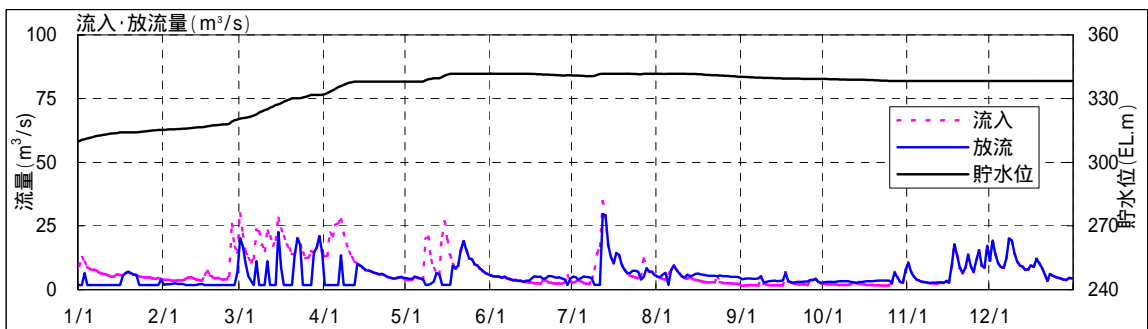
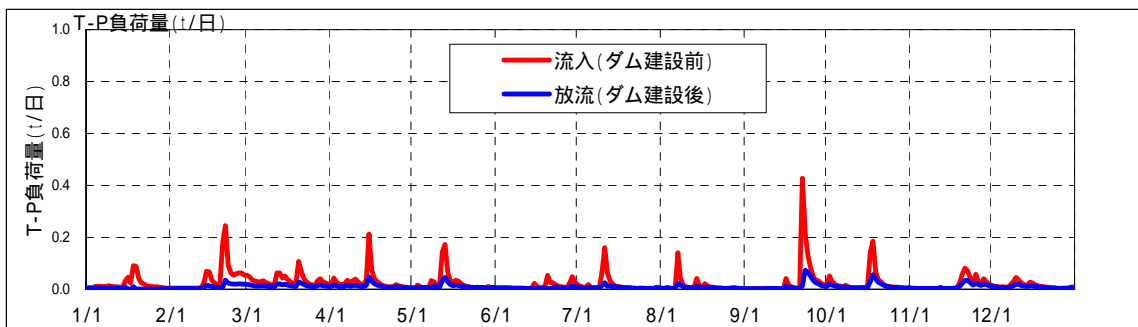
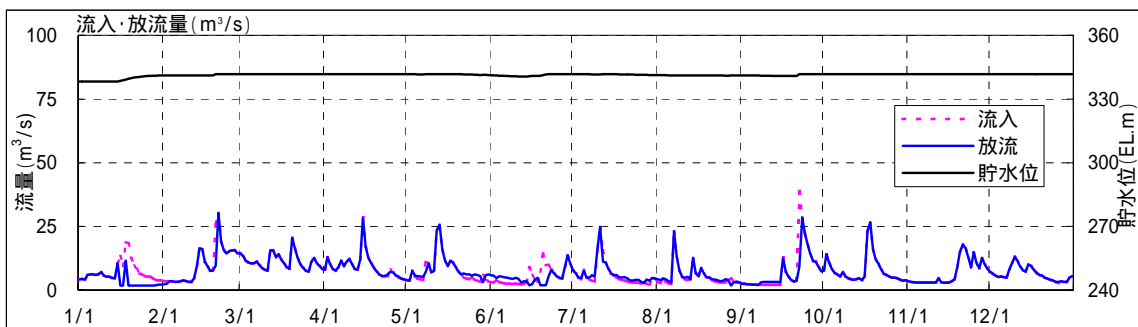


図 2.2.32 丹生ダムにおける流入負荷量と放流負荷量の比較 (全リン負荷量 : 3/6)

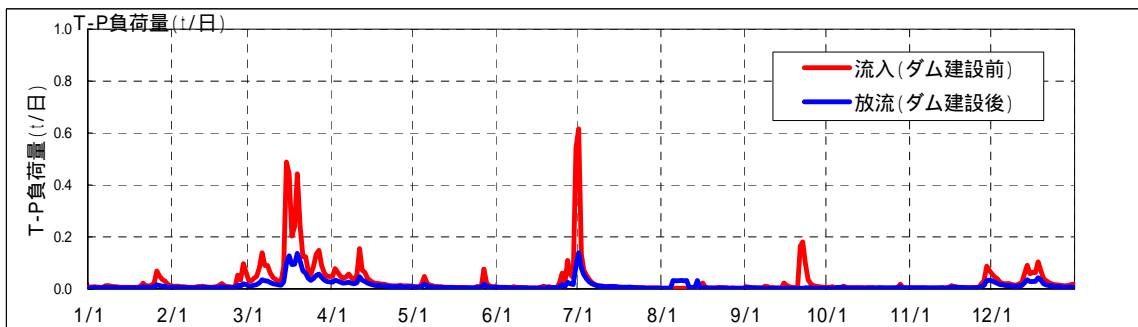
1998年(H10)



1998年(H10)



1999年(H11)



1999年(H11)

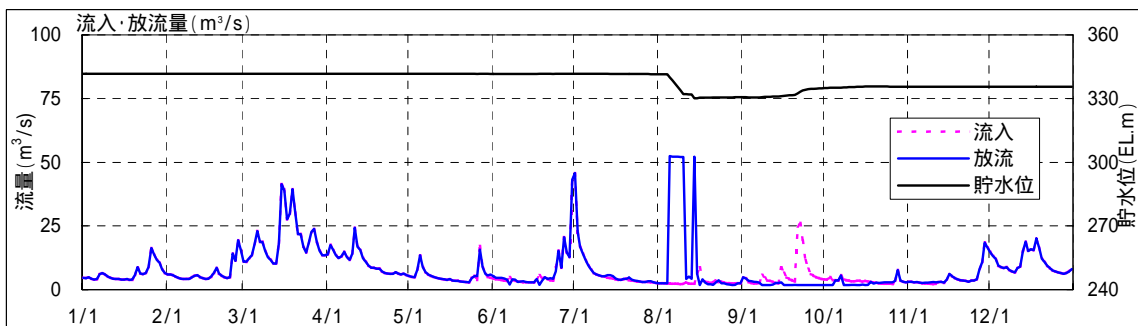
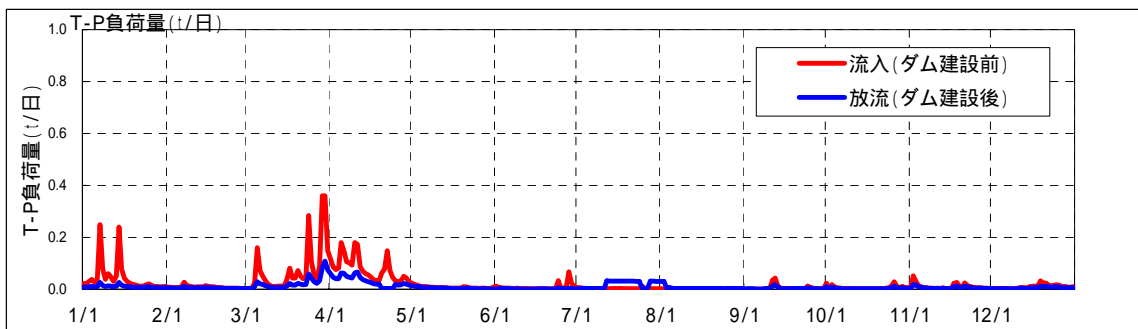
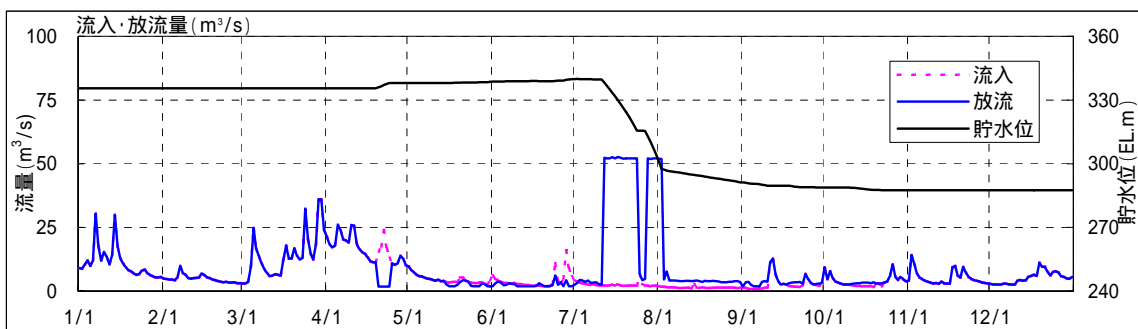


図 2.2.33 丹生ダムにおける流入負荷量と放流負荷量の比較 (全リン負荷量：4/6)

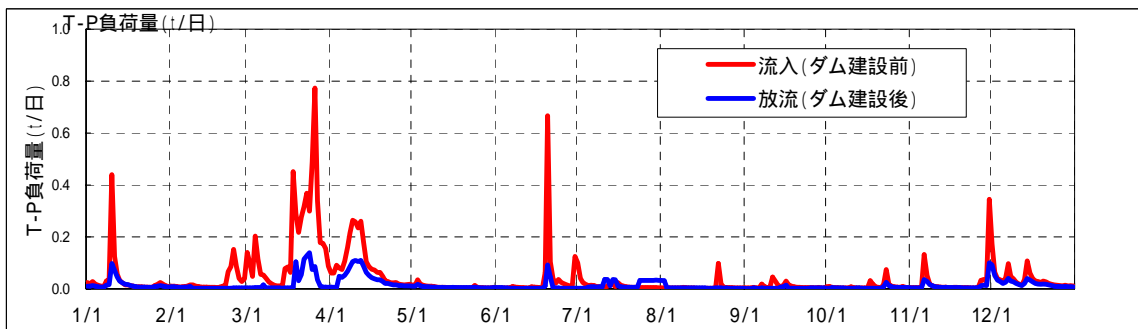
2000年(H12)



2000年(H12)



2001年(H13)



2001年(H13)

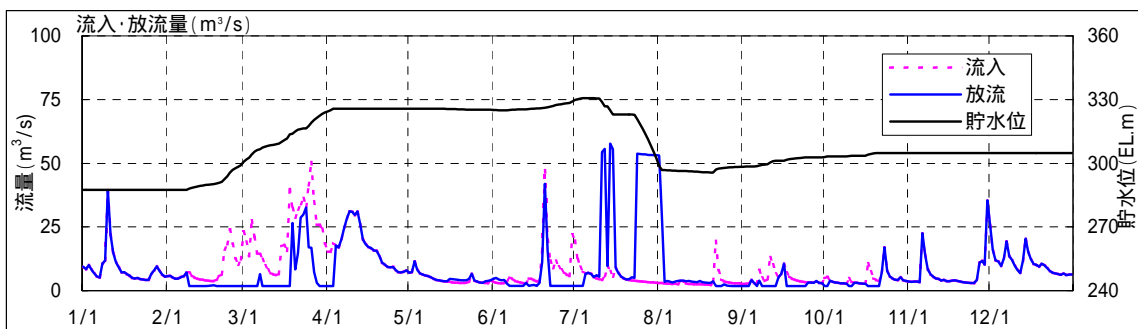
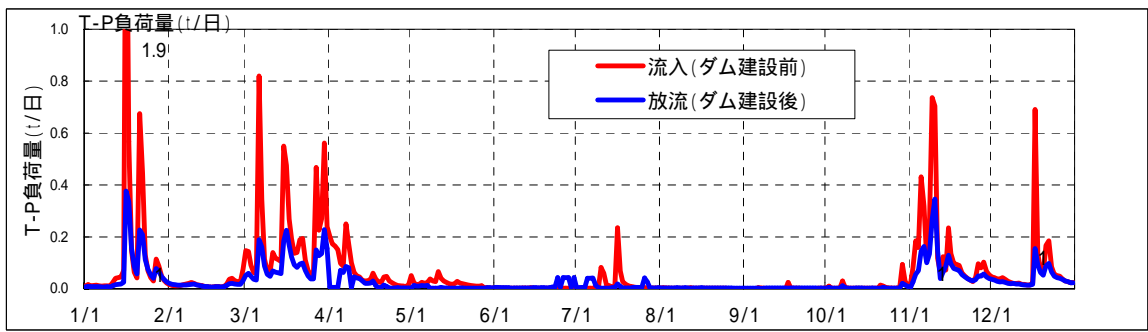
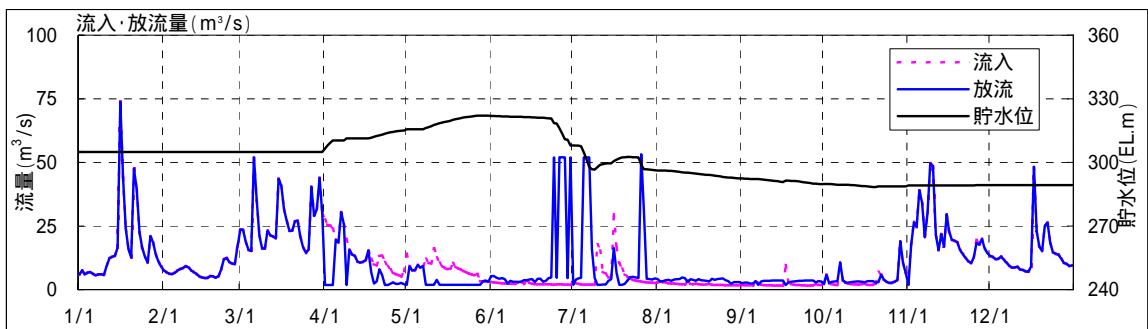


図 2.2.34 丹生ダムにおける流入負荷量と放流負荷量の比較 (全リン負荷量 : 5/6)

2002年(H14)



2002年(H14)



☒ 2.2.35 丹生ダムにおける流入負荷量と放流負荷量の比較 (全リン負荷量：6/6)