

## 貯水池内水質メカニズムの解明と対策の検討について

## 1. 昨年度までの検討概要

## &lt;第6期の評価及び課題まとめ&gt;

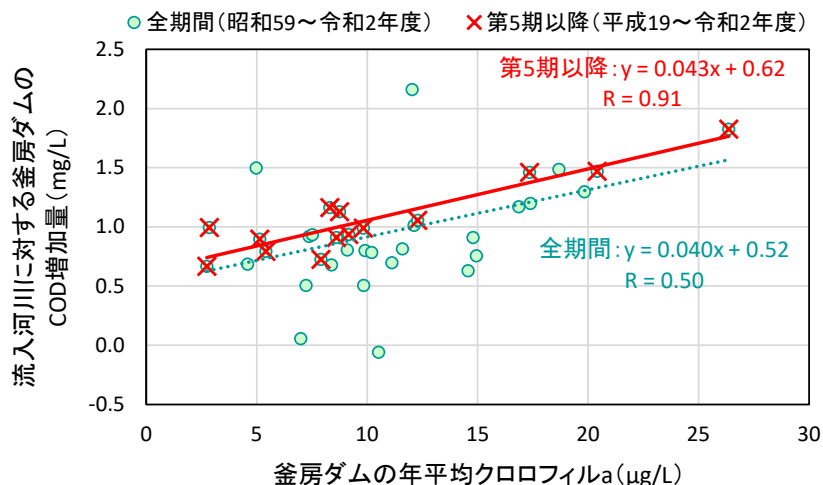
- 生活系排水等点源負荷に対する水質保全対策は、着実に進展している
- 貯水池内の COD は、近年横ばいで推移し、目標値が達成されていない
- 排出負荷量に占める森林・農地等の面源負荷の割合が大きく、その対策が課題
- 貯水池内の COD は、流入河川の COD よりも高い状況が継続している
- これまでの調査研究で、以下のことが把握できている
  - ・ 貯水池内の COD は、植物プランクトン増殖や底泥の溶出等が複合的に影響
  - ・ 貯水池内の植物プランクトンは、ある程度りん濃度にコントロールされる
  - ・ 森林は間伐・下刈り等による適正管理により排出負荷量が減る
  - ・ 気温上昇に伴いりん濃度が増加している可能性がある

出典:「第7期釜房ダム貯水池湖沼水質保全計画」

## COD の増加要因について

- ・ COD 増加量と植物プランクトンの指標であるクロロフィル a には統計的に有意な相関関係あり
- ・ クロロフィル a が低いときにも COD 増加量は 0.5mg/L 程度を維持しており、他の要因の存在を示唆

## &lt;流入河川に対する釜房ダム貯水池の COD 増加量とクロロフィル a の関係&gt;



COD 増加量:「ダムサイト表層の年平均 COD」から「3 河川の年平均 COD の平均値」を差し引いて算出

出典:令和3年度第2回水質専門委員会議資料(令和4年1月)

## 2. 貯水池内水質メカニズムの解明と対策の検討

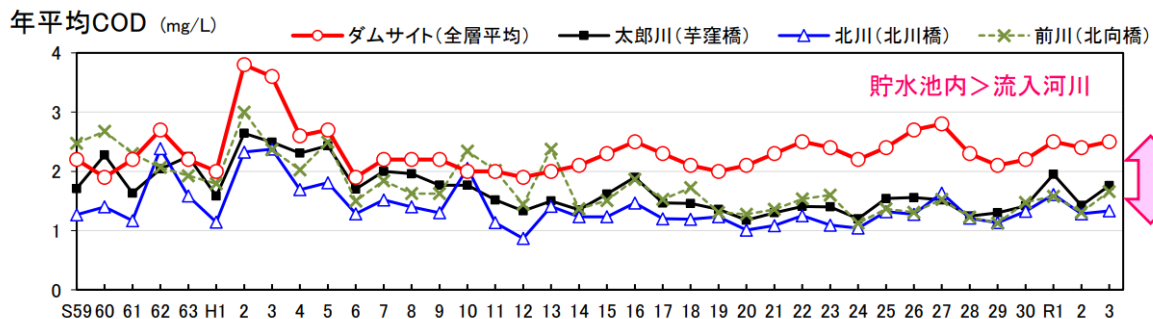


### (1) 課題

流域からの負荷は着実に削減されていますが、貯水池内水質に大きな変化は見られていません。

前述のとおり、貯水池内(ダムサイト地点)と流入河川の水質を比較すると、COD は貯水池内の方が高く、平成 14 年頃から差が拡大しています。

この理由のひとつとして、貯水池内での植物プランクトン増殖等の可能性が考えられます。



貯水池内 (○) 及び流入河川 (■△×) の水質の推移 (再掲)

### (2) 取組の内容 (第 4 章 5 再掲)

貯水池内での植物プランクトン増殖に関するメカニズムを解明します。

- モニタリング調査の継続 (国土交通省, 仙台市)
- 河川から供給されるクロロフィル a 濃度を把握するために、河川のクロロフィル a の調査の実施 (県)
- 河川の各態濃度を把握するために、河川の溶存態全窒素 (DTN), 溶存態全りん (DTP), 溶存態 COD (DCOD), 溶存態有機炭素 (DOC) の調査の実施 (県)
- 貯水池内の底泥からの溶出等が水質に及ぼす影響についての調査の実施 (県)
- これらの調査結果を整理解析して、内部生産メカニズムの解明 (県)

出典:「第 7 期釜房ダム貯水池湖沼水質保全計画」

## 2. 検討内容（令和5年7月時点）

今年度～次年度の検討内容(予定)

	令和5年度												令和6年度		
実施項目	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3				
流入河川水質調査	○				○		○								
既存データの整理・解析 (水理・水質・気象データを収集して実施)	データ収集 整理											令和5年度のデータを整理			
水質シミュレーションモデルの設定			メカニズム の考察									報告書の 作成等			
			予測に必要な条件の設定												
			モデルの更新(必要に応じて)												
水質シミュレーションの実施												水質モデルによる現況計算、 感度解析			
内部生産メカニズムの解析												調査・解析結果を踏まえた 内部生産メカニズムの考察			

使用予定のデータ(●:今年度新たに追加)

番号	項目	地点または内容	期間											
			H23 2011	H24 2012	H25 2013	H26 2014	H27 2015	H28 2016	H29 2017	H30 2018	R1 2019	R2 2020	R3 2021	R4 2022
1	水質データ 自動監視装置のデータ	ダムサイト	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	●	●
		前川浅水域	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	●	●
		前川上流域	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	●	●
		本川上流域	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	●	●
		前川	○	○	○	○	-	-	-	-	-	-	-	-
		馬引	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	●	●
		下原	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	●	●
2	釜房ダムの深淺測量データ	最新のもの	-	-	-	-	-	-	-	-	-	○	-	●
3	釜房ダムの気象データ (気象日報)	気温、気圧、湿度、 日射量、風向・風速	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
4	ダム諸量データ (ダム管理日報)	ダム貯水位、流入 量、ゲート放流量、 ダム貯水量	●										○	●
5	流入河川別の流量 (時刻流量月表)	太郎川(馬引)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
		北川(下原)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
		前川(前川)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
6	曝気装置の稼働状況 (曝気運転日報)	常用装置1~4号	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
		夏季装置1~6号	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
		深層装置	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	曝気装置の運用ルール	最新のもの	●											

## 2.1 河川水質調査

- 目的：①河川から供給されるクロロフィル a の把握  
②河川水質の溶存態・懸濁態濃度の把握
- 調査時期：令和 5（2023）年 5 月，9 月，11 月
- 調査地点：【流入河川】太郎川（いもくぼ橋），北川（古関橋，北川橋），前川（北向橋）  
【流出河川】基石川（川向橋）

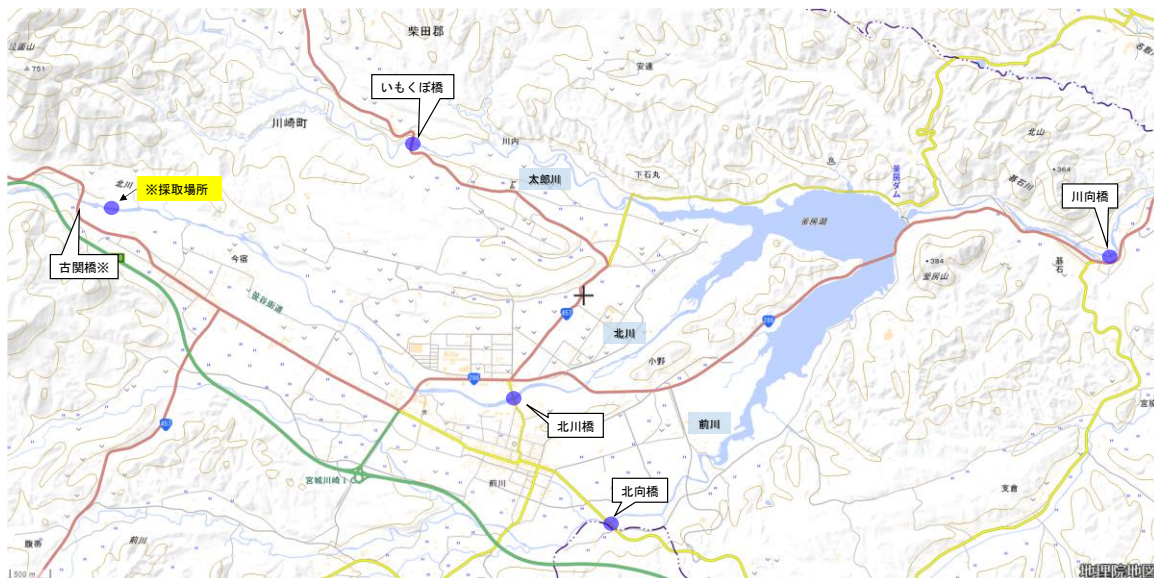


図 2.1 流入河川水質調査地点

表 2.1 流入河川水質調査結果(5 月)

採水場所		1	2	3	4	5	
採水年月日		令和5年5月11日	令和5年5月11日	令和5年5月11日	令和5年5月11日	令和5年5月11日	
採水時間		13:00	14:15	11:30	10:55	10:00	
現場調査結果	降雨状況	×××	×××	×××	×××	×××	
	気温 (°C)	18.3	欠測	19.9	19.2	16.8	
	水温 (°C)	13.2	12.0	12.7	13.0	16.9	
	色相	無色	無色	無色	無色	薄黄色	
	臭気	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	
	濁り	なし	なし	なし	なし	あり	
	透視度	50<	50<	50<	50<	50<	報告下限値
水質分析結果	pH	6.8	6.9	6.9	6.9	7.0	報告下限値
	BOD (mg/L)	0.585	0.555	0.735	0.495	1.110	<0.5
	COD (mg/L)	2.314	2.114	1.994	1.914	2.794	<0.5
	COD (溶解性) (mg/L)	2.034	1.254	1.474	1.554	2.274	<0.5
	SS (mg/L)	0.68	1.58	1.50	2.64	4.28	<1
	T-N (mg/L)	0.3344	0.3159	0.3724	0.6204	0.3028	<0.05
	T-N (溶解性) (mg/L)	0.3142	0.2283	0.3138	0.6072	0.2429	<0.05
	T-P (mg/L)	0.0243	0.0371	0.0356	0.0183	0.0204	<0.003
	T-P (溶解性) (mg/L)	0.0189	0.0201	0.0224	0.0137	0.0081	<0.003
	DO (mg/L)	10.259	10.724	10.547	10.324	*欠測	<0.5
クロロフィル a (μg/L)	0.3689	0.5143	0.4783	0.7383	6.7876	<0.5	
流量 (m <sup>3</sup> /S)	1.072	3.061	6.410	4.007	4.450		

\* 瓶が割れて検体が流出したため

- 注：1. 上流と下流の差及び季節変動を確認するため，報告下限値を下回ったものについても詳細な数値を記載している。  
2. 降雨状況「×××」は，気象庁観測所「蔵王」で調査前々日，前日，当日の降雨がなかったことを意味する。



## 2.2 既存データの整理・解析

釜房ダム貯水池（以下「釜房ダム」という。）周辺の水質データに関して、①国土交通省「水文水質データベース」、②仙台市水道局「水質年報」から収集・整理した（表 2.2）。①は地点数の多さ、期間の長さにより、水質の時間的・空間的変動の把握に適している。一方、②は釜房ダム（ダムサイト）における全有機炭素（TOC）・植物プランクトン数等が測定されており、貯水池内の内部生産メカニズムの検討において価値の高いデータといえる。

釜房ダム及び流入河川の水質常時監視地点を図 2.2 に示す。主要流入河川である太郎川、北川、前川とそれらの河口部（貯砂ダムサイト）に観測点が設けられている。これより下流側の貯水池内には 3 つの観測地点があり、環境基準点は貯水池の末端の地点（ダムサイト）となっている。

表 2.2 使用データ

データの 出典	国土交通省「水文水質データベース」	仙台市水道局「水質年報」
測定主体	国土交通省 県（公共用水域水質測定）	仙台市
対象期間	1980（S55）～2022（R4）年度	2011（H23）～2021（R3）年度
対象地点	流入河川 3 地点，貯水池内 6 地点	貯水池内 1 地点（ダムサイト）
観測項目	COD, T-N, T-P 等 ※TOC, 植物プランクトン数は未測定	COD, T-N, T-P, TOC, 植物プランクトン数等

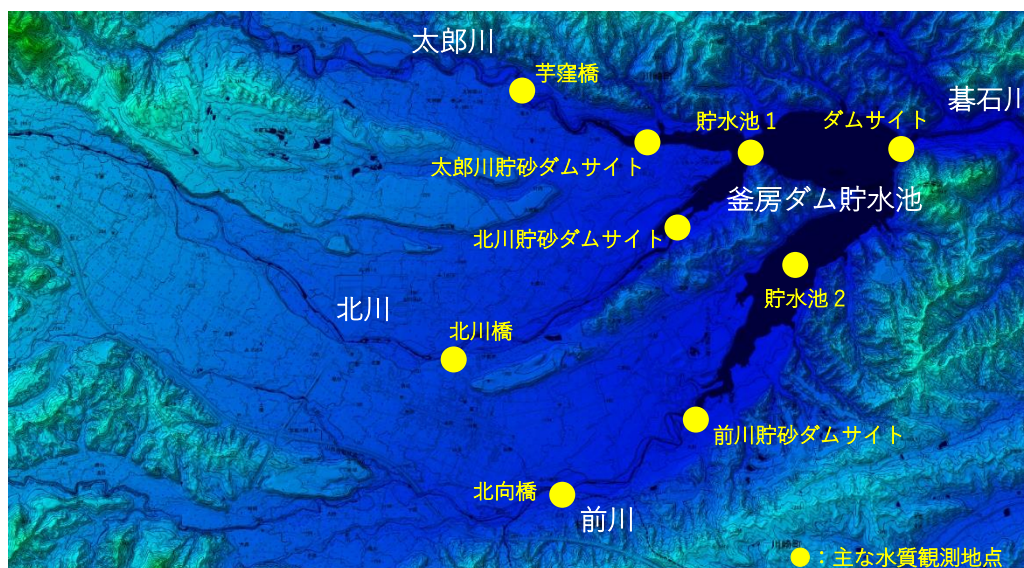
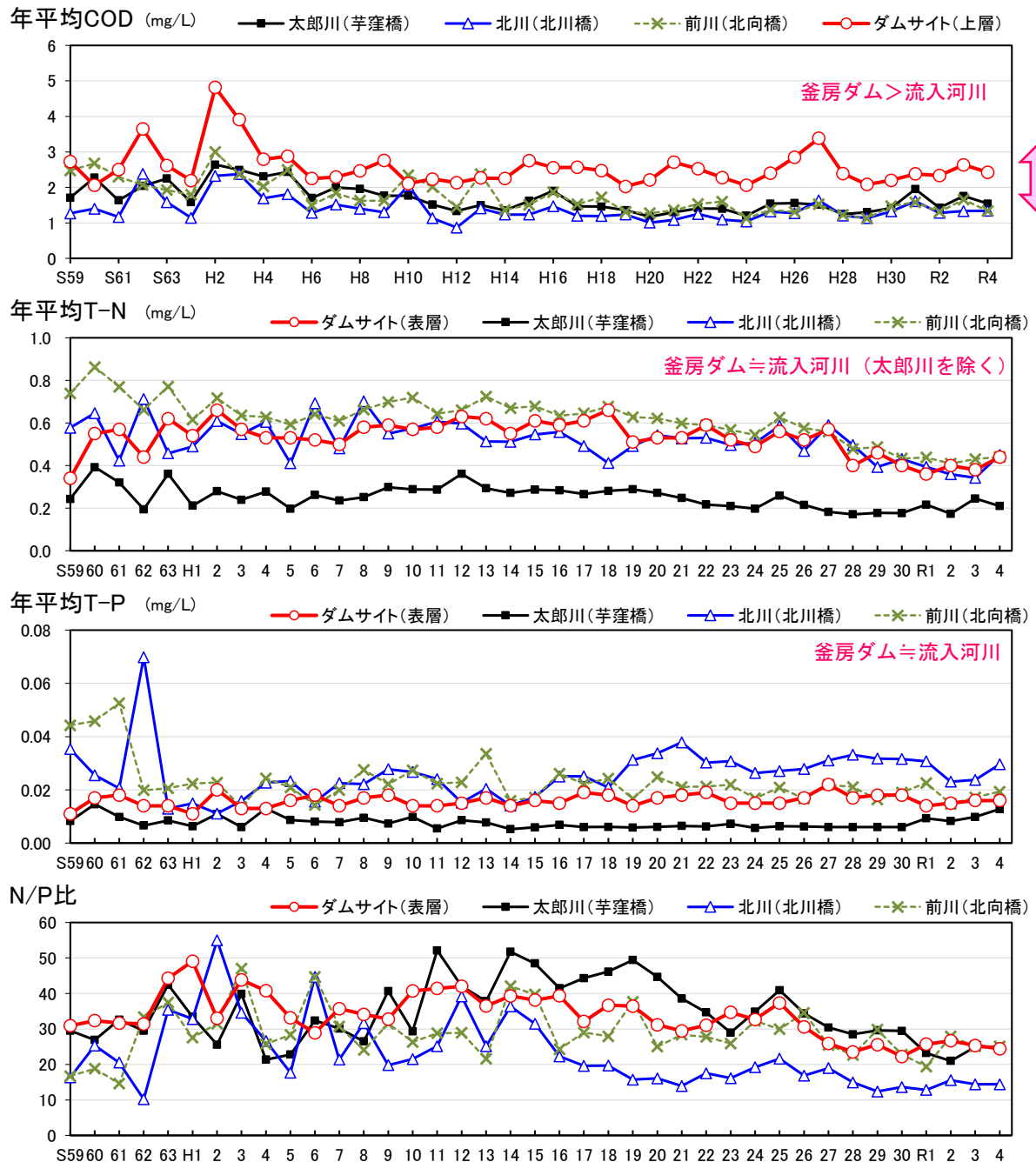


図 2.2 水質測定地点(国土地理院標高地形図を加工して作成)

### (1) 釜房ダム貯水池と流入河川の水質の比較

釜房ダム及び流入河川における水質の経年変化を図 2.3 に示す。

- 2000 年代以降、釜房ダムと流入河川の COD は乖離する傾向がみられる。
- 釜房ダムの T-N は北川・前川と同程度であり、T-P も河川の変動範囲内である。



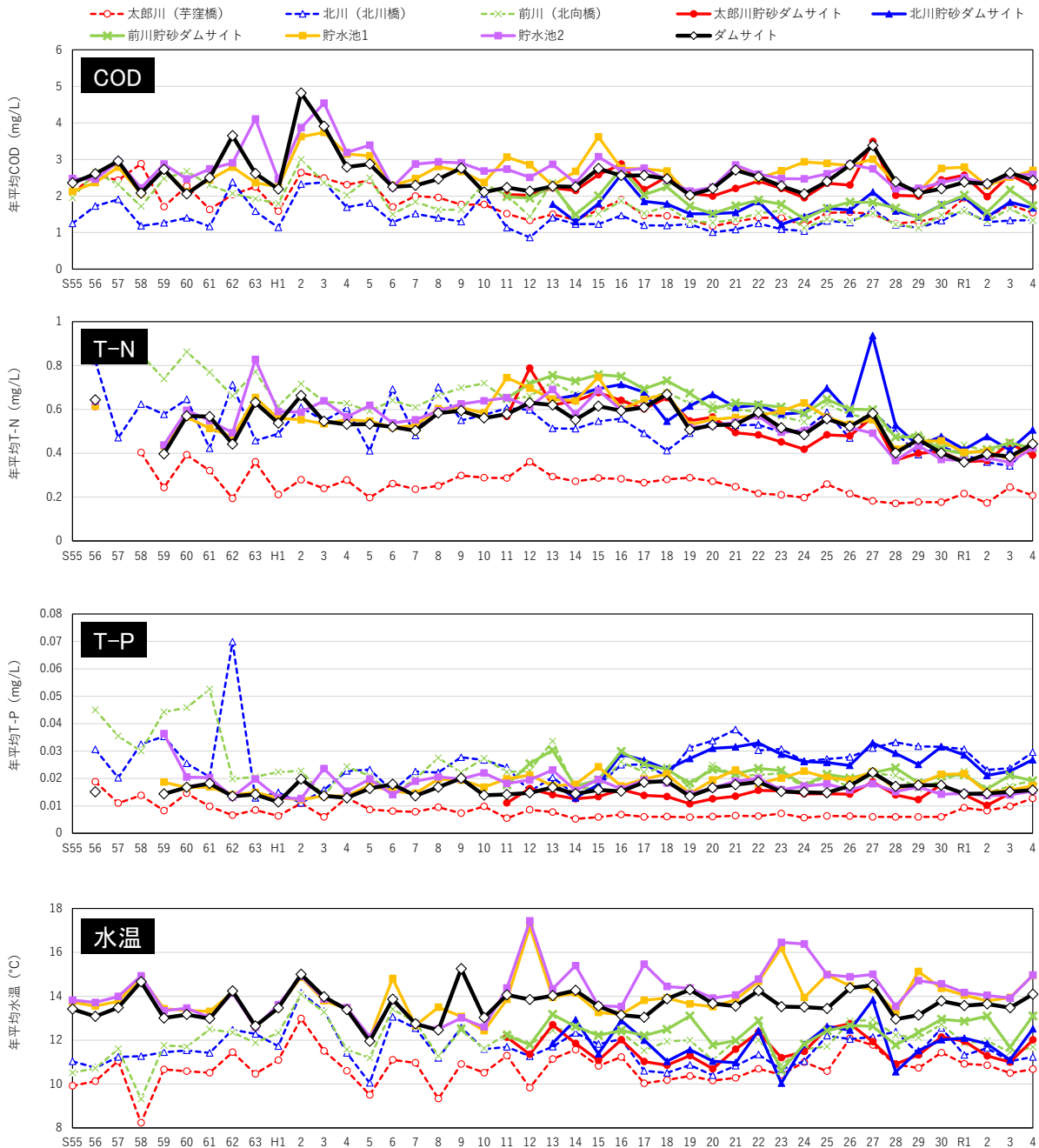
データの出典：国土交通省「水文水質データベース」（昭和 59 年度～令和 4 年度）

図 2.3 釜房ダム(○)及び流入河川(■△×)の水質の推移

## (2) 釜房ダム貯水池と流入河川の水質の比較（貯水池内全地点を追加）

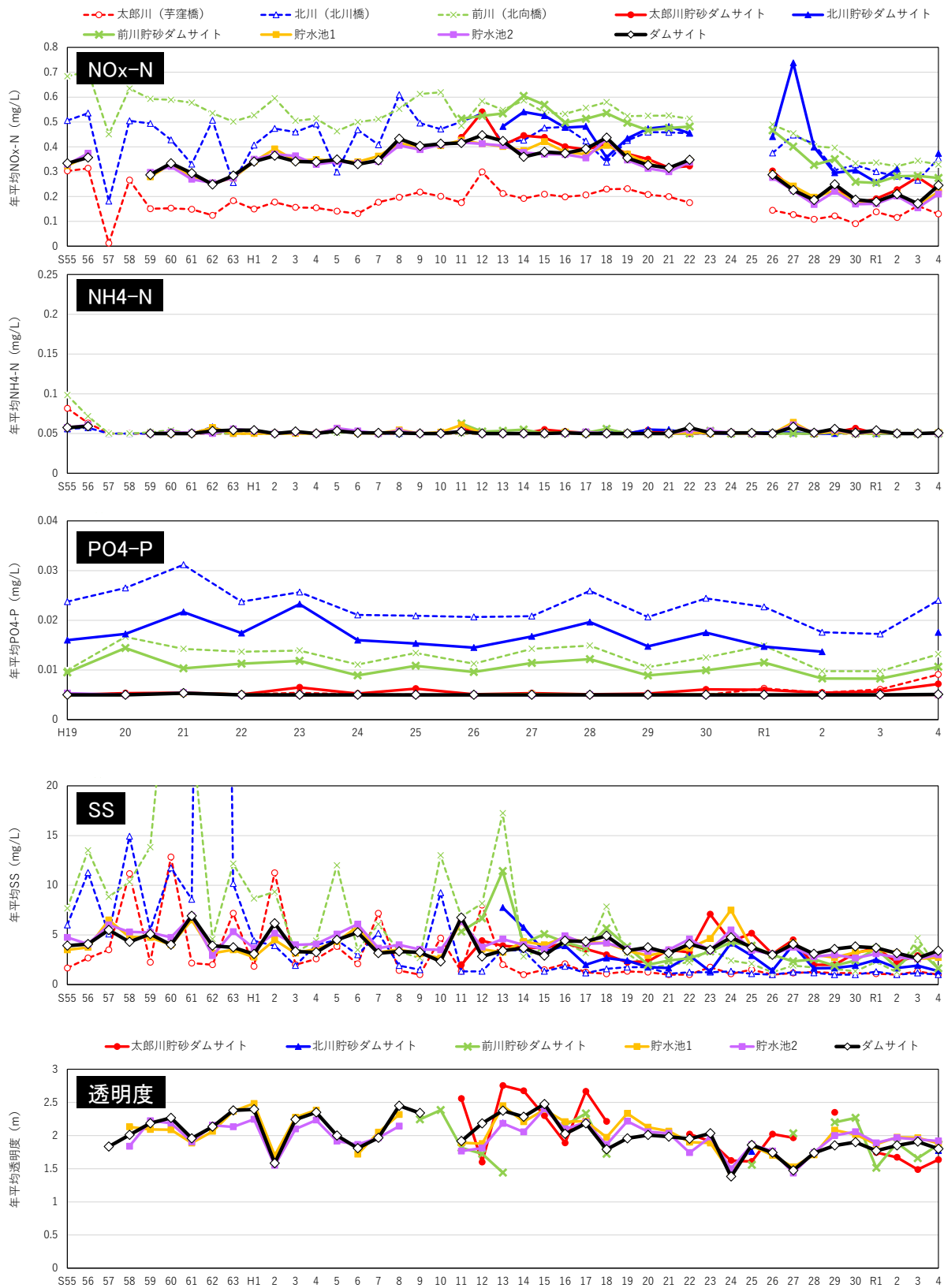
流入河川及び釜房ダムの各地点における水質（年平均値）の推移を図 2.3 に示す。

- 釜房ダムの多くの地点において、流入河川より COD が高い。一方、貯水池の T-N, T-P は概ね流入河川の変動範囲内となっている。
- ダムサイトの水質は、貯水池内の他地点（貯水池 1, 2）の水質に近い。
- 北川貯砂ダムサイト・前川貯砂ダムサイトの水質は、各河川の水質に近い。一方、太郎川貯砂ダムサイトの水質は、太郎川の水質とは異なり、貯水池内の他地点の水質に近い。



データの出典：国土交通省「水文水質データベース」（昭和 55 年度～令和 4 年度）

図 2.4(1) 流入河川及び釜房ダムの各地点（表層）の水質の推移



データの出典：国土交通省「水文水質データベース」（昭和55年度～令和4年度）

図 2.4(2) 流入河川及び釜房ダムの各地点(表層)の水質の推移



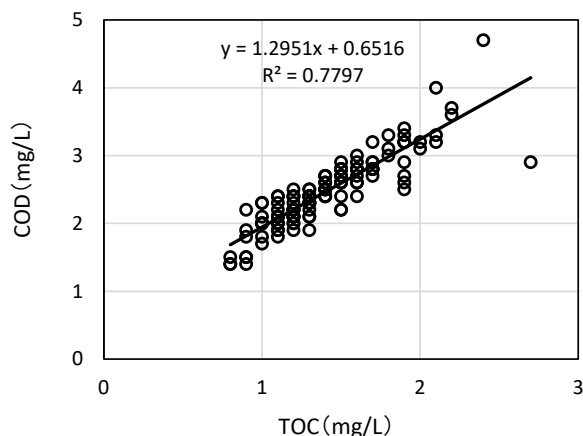
### (3) 釜房ダム貯水池における COD 増加要因について（内部生産の検討）

仙台市水道局による毎月の測定データを利用し、釜房ダム表層の COD に対する内部生産の影響について検討を行った。

#### 1) COD と TOC の関係

- COD と TOC は比例関係（図 2.5）

⇒「COD の増減」は「有機物量の増減」を概ね表現



データの出典：仙台市水道局「水質年報」（平成 23 年度～令和 3 年度）

図 2.5 釜房ダム表層の COD と TOC の関係(H23～R03 年度)

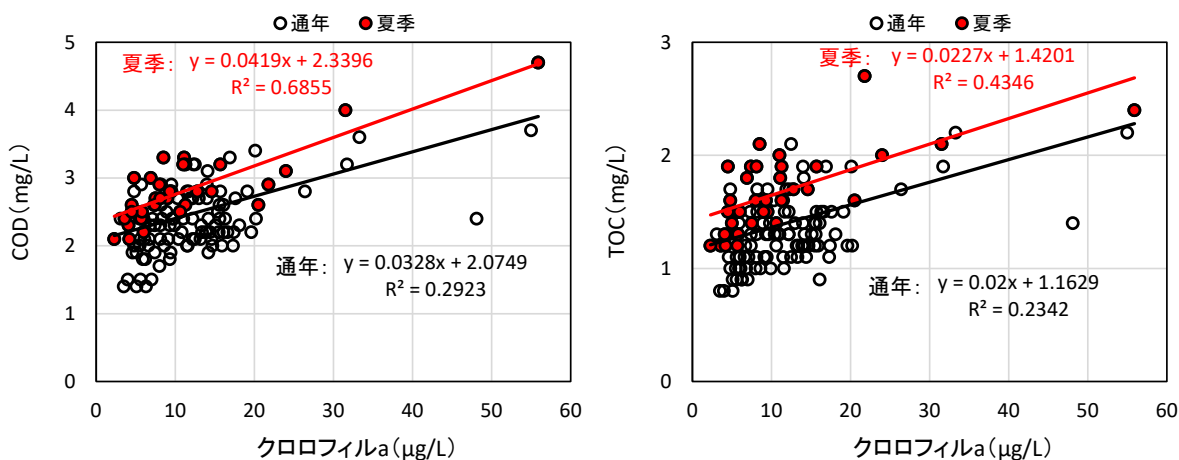
#### 2) COD・TOC とクロロフィル a の関係

- 特に夏季において、COD・TOC はクロロフィル a（植物プランクトンの指標）と有意な相関関係（ $p < 0.001$ ，図 2.6）

⇒COD・TOC に対する「植物プランクトンによる内部生産」の寄与を示唆

- クロロフィル a が低い時期においても、COD・TOC は 1～3mg/L 程度存在

⇒植物プランクトン以外の有機物(溶存有機物, 植物遺骸等)の影響と推察



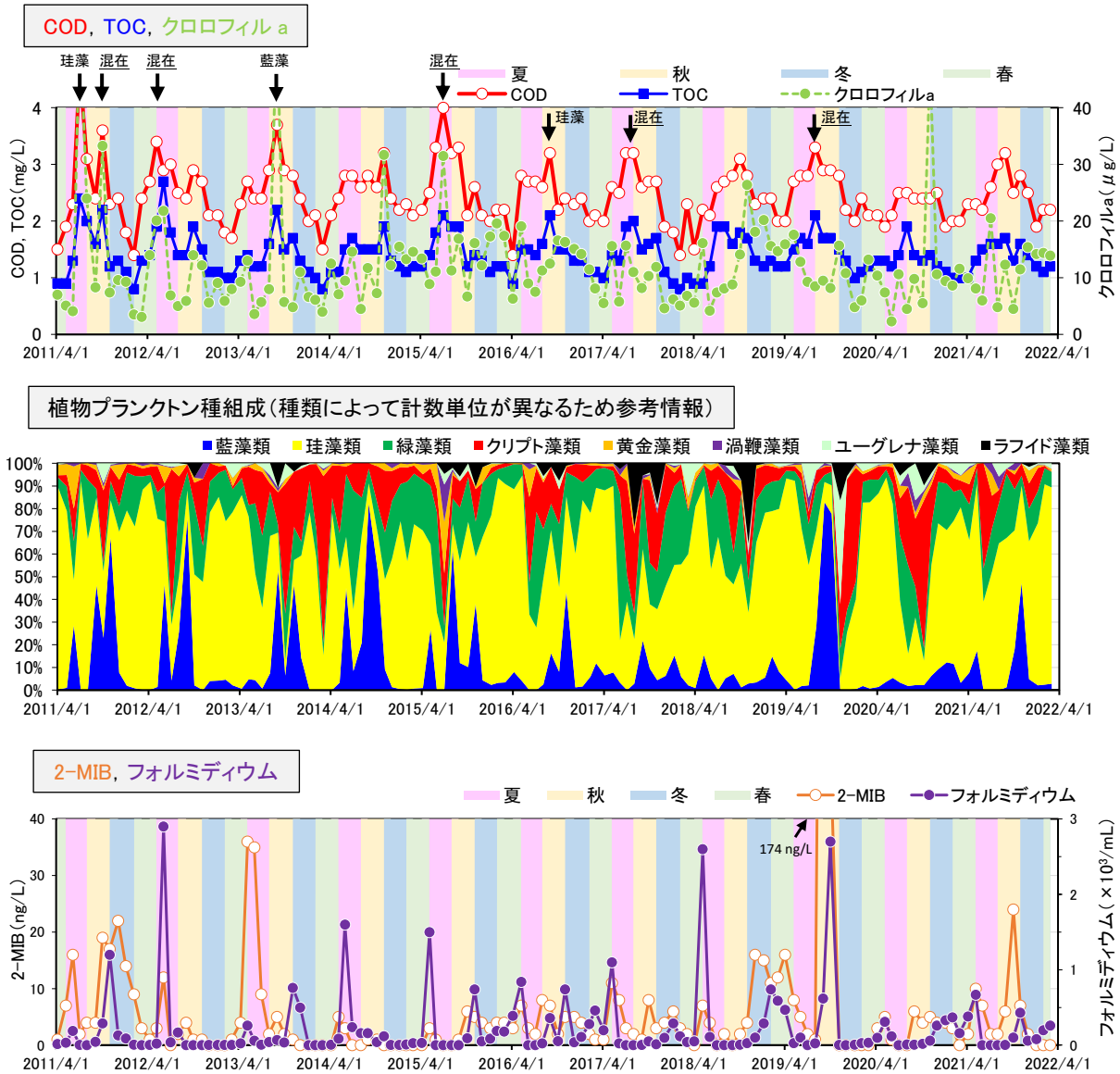
注：「夏季」は 7～9 月のデータ

データの出典：仙台市水道局「水質年報」（平成 23 年度～令和 3 年度）

図 2.6 釜房ダム表層のクロロフィル a と COD, TOC の関係(H23～R03 年度)

### 3) 水質と植物プランクトンの関係

- 主に夏～秋にかけて COD・TOC が高い傾向 (図 2.7)
- 植物プランクトンについては、冬～春には珪藻が優占し、COD・TOC が高まる夏～秋には複数種が混在(珪藻・藍藻・緑藻・クリプト藻等で構成)



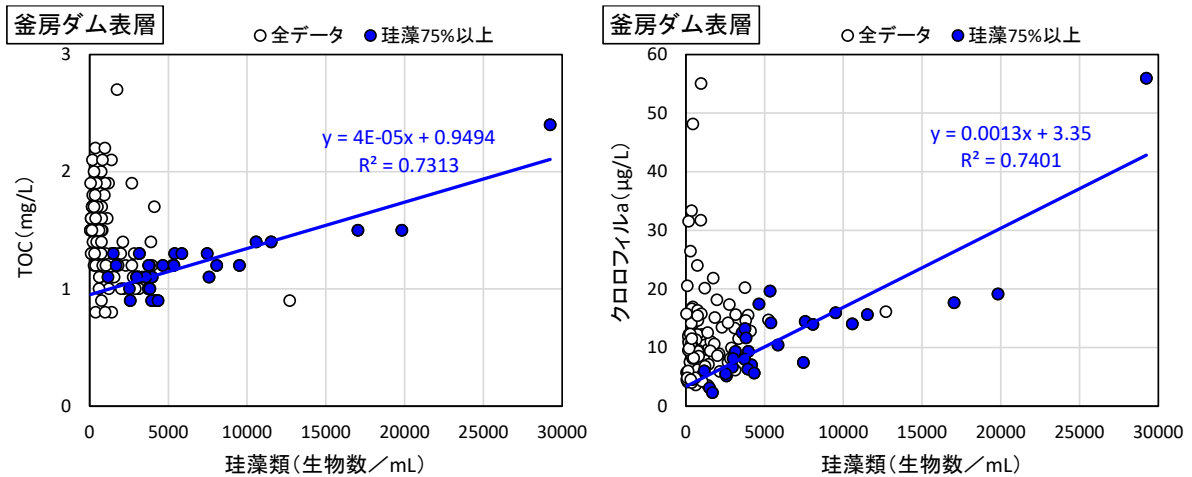
※図中「↓」は TOC が 2mg/L 以上の時期であり、最も多い計数結果が得られた植物プランクトン種を記載 (全体の 50%以上を占める種がない場合は「混在」と記載)

※計数単位は植物プランクトン種によって異なることに注意 (細胞数, 群体数, 糸状体の長さ等が混在)

データの出典: 仙台市水道局「水質年報」(平成 23 年度～令和 3 年度)

図 2.7 釜房ダム表層の水質, 植物プランクトン種組成, 2-MIB 等の推移(H23～R03 年度)

- 珪藻が多い時期の TOC・クロロフィル a 等の変動は、珪藻類の数に概ね比例 (図 2.8)
- 一方、TOC・クロロフィル a 等の上昇の多くは、珪藻を含む複数種が混在する時期に確認  
⇒水質と植物プランクトンの関係について、引き続き検討が必要

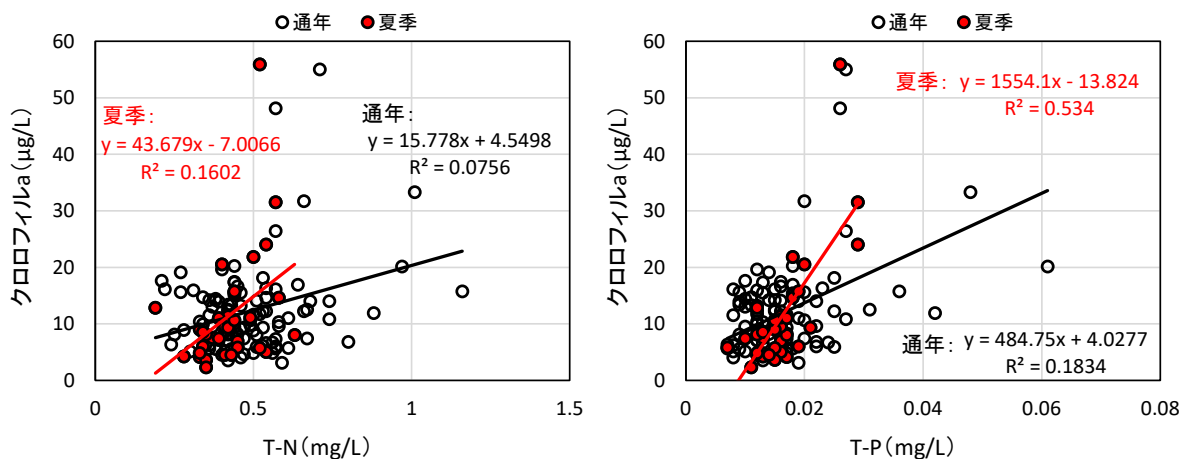


データの出典：仙台市水道局「水質年報」(平成 23 年度～令和 3 年度)

図 2.8 釜房ダム表層の珪藻類の数と TOC, クロロフィル a の関係(H23~R03 年度)

#### (4) 植物プランクトンと栄養塩の関係について

- クロロフィル a は T-P と有意な正の相関を示した ( $p < 0.001$ , 図 2.9)。なお、釜房ダムの N/P 比は 10 以上であり、植物プランクトンの N/P 比 (およそ 7 (重量比)) より高いため、主にリンの多寡が植物プランクトンの増殖を制限していると推察される。
- 今後は水文・気象状況等の外部要因との比較を行い、水質メカニズムについてさらに検討する予定。



注：「夏季」は 7～9 月のデータ

データの出典：仙台市水道局「水質年報」(平成 23 年度～令和 3 年度)

図 2.9 釜房ダム表層のクロロフィル a と T-N, T-P の関係(H23~R03 年度)

(参考:貯水池内の溶存態 COD) ※過年度検討内容

平成 17 年度から平成 21 年度にかけて、ダムサイトの表層で溶存態 COD (以下「D-COD」という。) が測定され、COD のおよそ 75%は溶存態であった (図 2.10)。

流入河川の D-COD は不明だが、SS やクロロフィル a が極めて低い状況を踏まえて COD  $\approx$  D-COD と仮定すると、流入 3 河川の平均 COD (1.3mg/L) に対して、ダムサイトの平均 D-COD (1.8mg/L) は 0.5mg/L 高い。

このことから、釜房ダムの D-COD の供給経路として、①流域からの流入、②貯水池内での生成(底泥からの溶出等)の 2 つがあると考えられる。

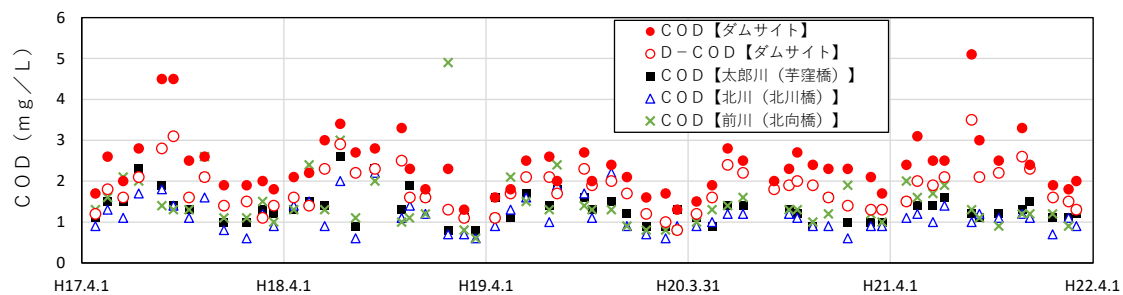
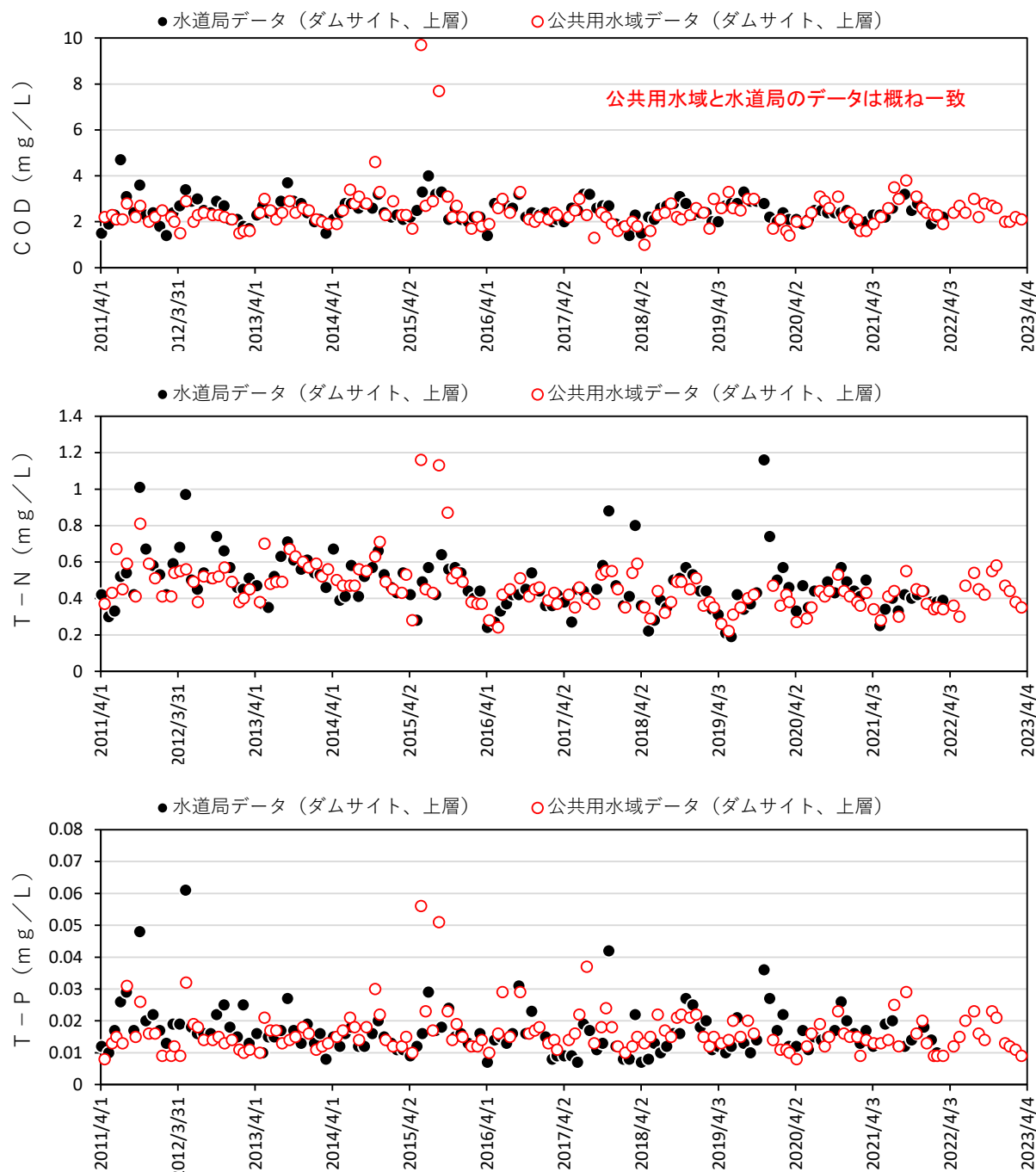


図 2.10 釜房ダム表層の COD (●), D-COD (○) 及び流入河川の COD (■△×) の推移

(参考) 公共用水域データと水道局データの比較



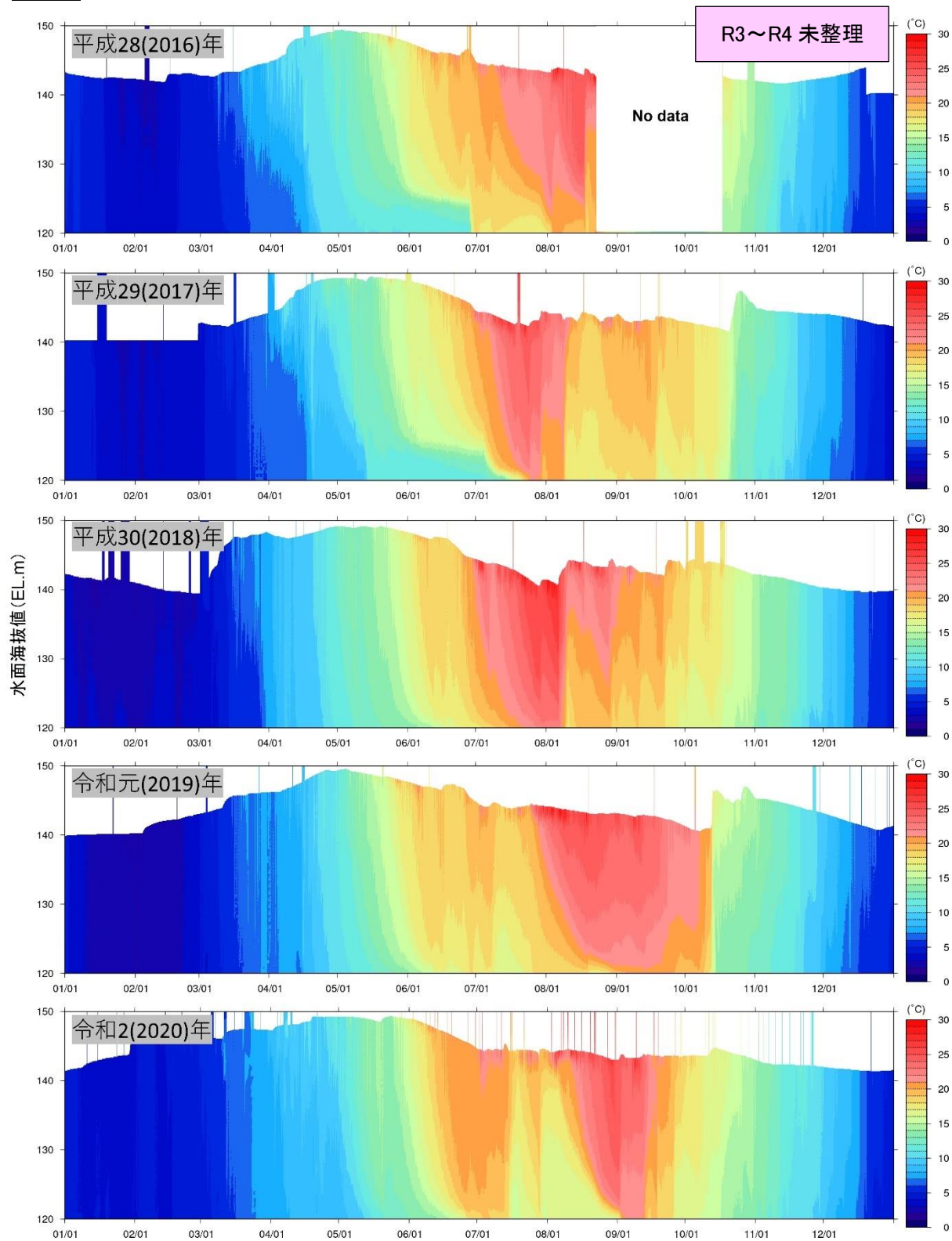
データの出典：1. 国土交通省「水文水質データベース」（平成 23 年度～令和 4 年度）  
2. 仙台市水道局「水質年報」（平成 23 年度～令和 3 年度）

図 2.11 公共用水域データと水道局データの比較(COD, T-N, T-P)



(参考) 釜房ダムにおける水温成層状況／底層の貧酸素発生状況

**水温**

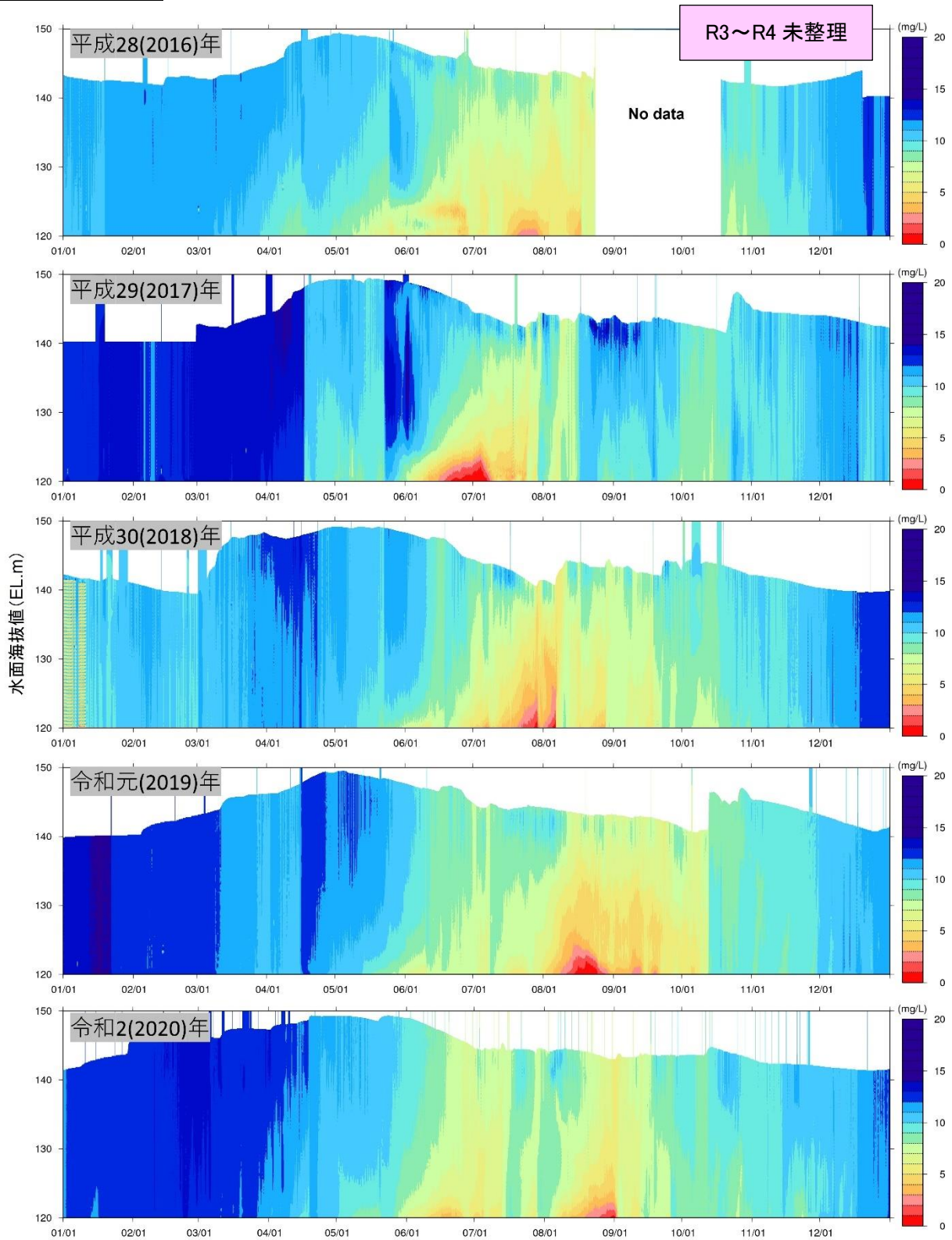


注：水位が 150 m 以上の期間は欠測期間に該当する。

データの出典：国土交通省東北地方整備局提供データ（自動監視装置のデータ）

**図 2.12 ダムサイトにおける水温の鉛直構造の変化**  
(平成 28 年度～令和 2 年度)

溶存酸素(DO)



注：水位が 150 m 以上の期間は欠測期間に該当する。

データの出典：国土交通省東北地方整備局提供データ（自動監視装置のデータ）

図 2.13 ダムサイトにおける DO の鉛直構造の変化  
(平成 28 年度～令和 2 年度)

(参考)水質の経月変化(黒:1993~2002年度, 青:2003~2012年度, 赤:2013~2022年度)

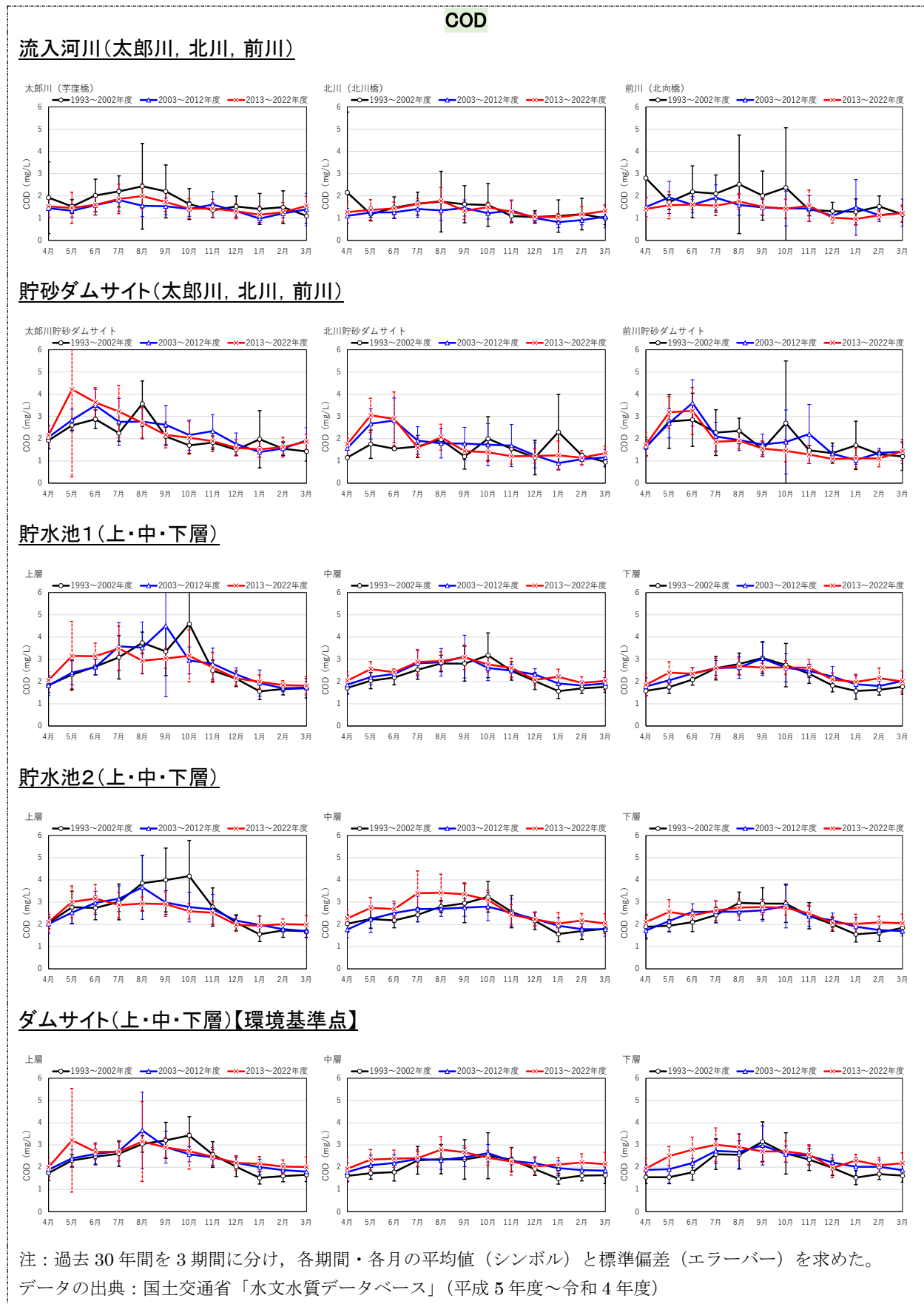
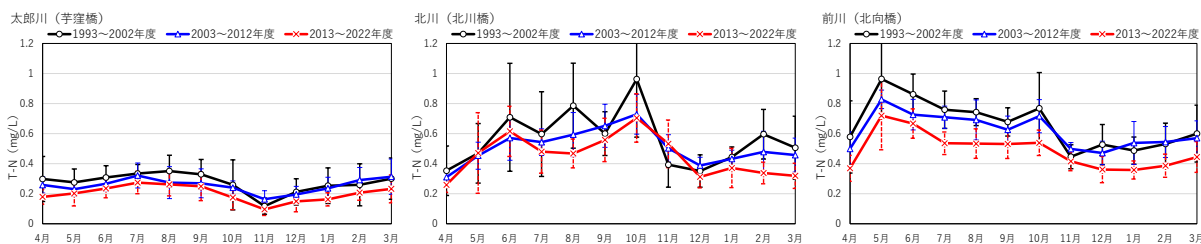


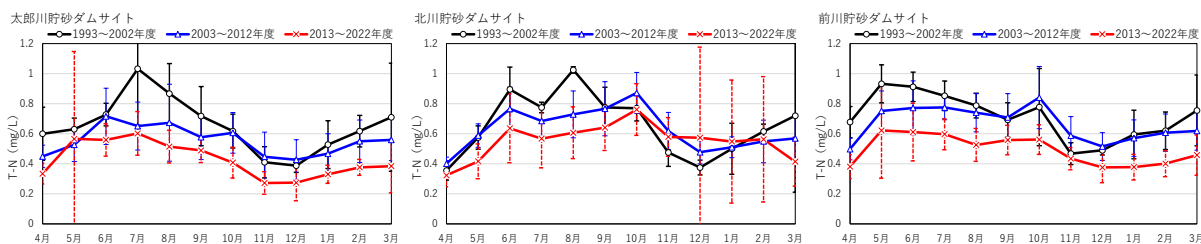
図 2.14(1) 各10年間の平均的な水質の経月変化(COD)

## 全窒素(T-N)

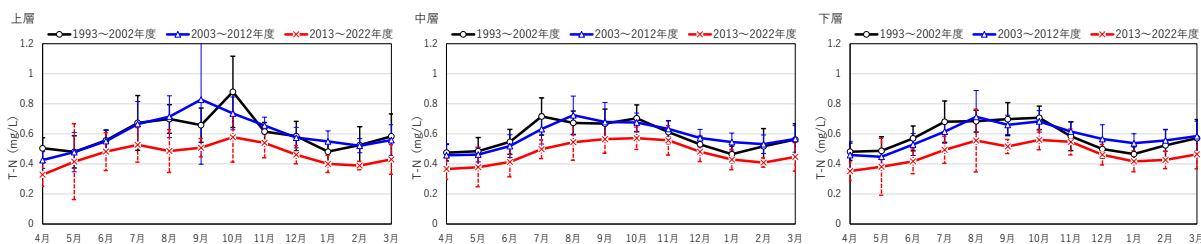
### 流入河川(太郎川, 北川, 前川)



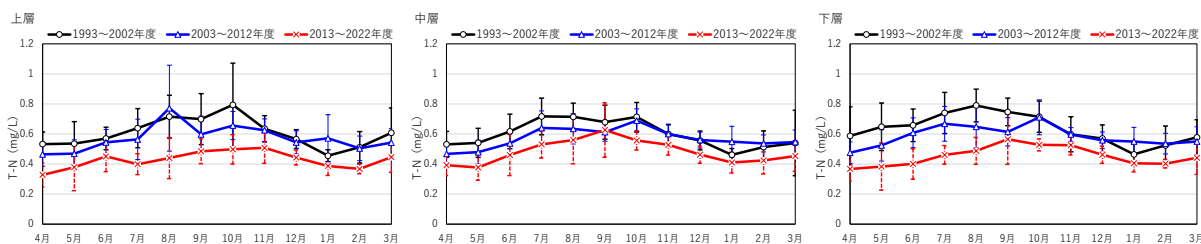
### 貯砂ダムサイト(太郎川, 北川, 前川)



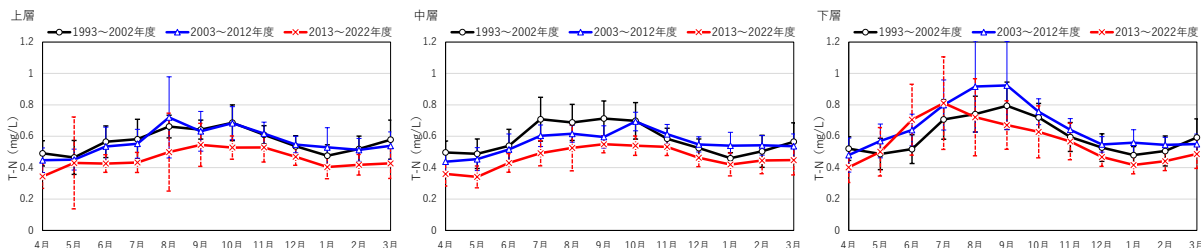
### 貯水池1(上・中・下層)



### 貯水池2(上・中・下層)



### ダムサイト(上・中・下層)【環境基準点】

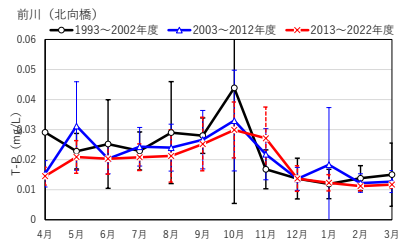
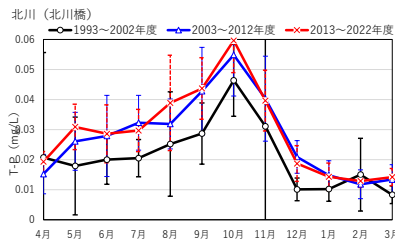
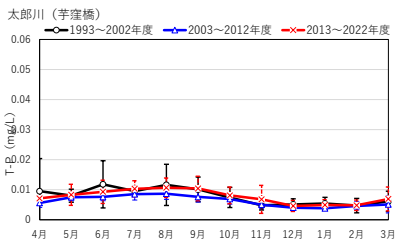


注：過去30年間を3期間に分け、各期間・各月の平均値(シンボル)と標準偏差(エラーバー)を求めた。  
 データの出典：国土交通省「水文水質データベース」(平成5年度～令和4年度)

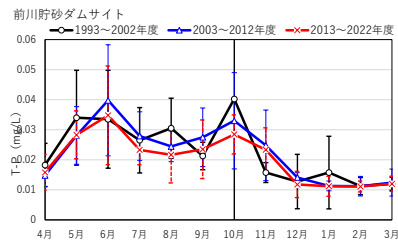
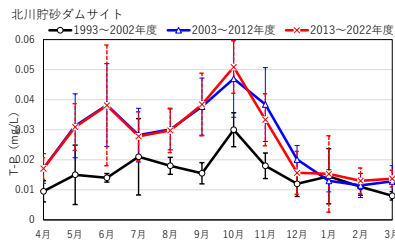
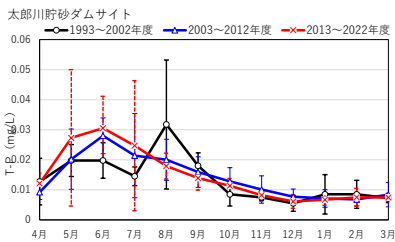
図 2.14(2) 各10年間の平均的な水質の経月変化(T-N)

## 全リン(T-P)

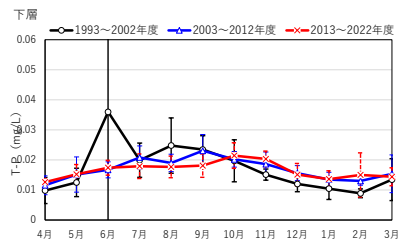
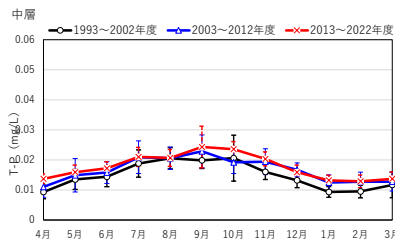
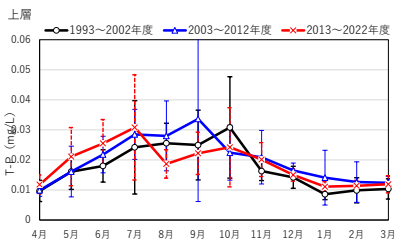
### 流入河川(太郎川, 北川, 前川)



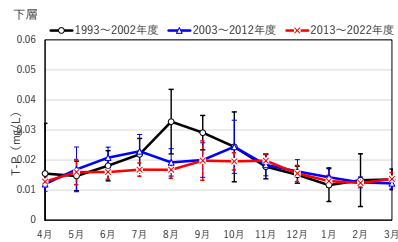
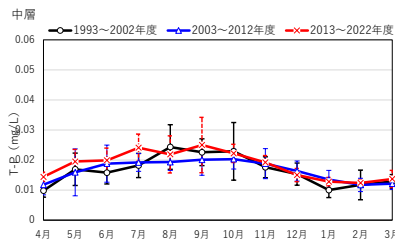
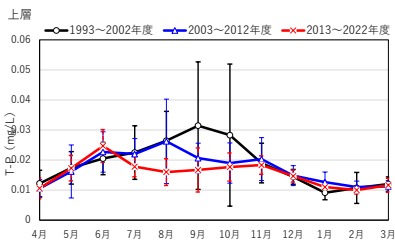
### 貯砂ダムサイト(太郎川, 北川, 前川)



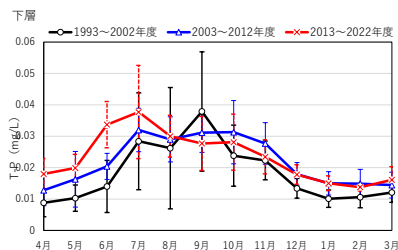
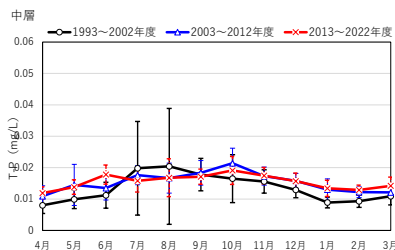
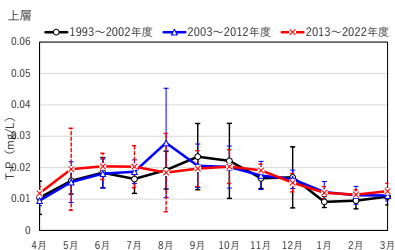
### 貯水池1(上・中・下層)



### 貯水池2(上・中・下層)



### ダムサイト(上・中・下層)【環境基準点】



注：過去 30 年間に 3 期間に分け、各期間・各月の平均値（シンボル）と標準偏差（エラーバー）を求めた。  
データの出典：国土交通省「水文水質データベース」（平成 5 年度～令和 4 年度）

図 2.14(3) 各 10 年間の平均的な水質の経月変化(T-P)



