

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

琵琶湖流域においては、図 2.4.1 および表 2.4.1 に示すように大小あわせて 11 のダム貯水池（余呉湖を除く）が存在している。

ここでは、丹生ダム建設に伴う下流河川および琵琶湖への影響検討に資するよう表 2.4.1 に示す既設ダムのうち定期水質調査が実施されているダムを取り上げ、貯水池における水質変化や下流河川および琵琶湖への影響について定期水質調査結果等をもとに検討する。

対象ダム貯水池としては、富栄養化関連項目の水質調査が実施されている北湖東岸流域に位置する宇曾川ダム、日野川ダム、青土ダムおよび北湖西岸の石田川ダムの 4 ダムを取り上げ、各貯水池にけるダム流入、湖心表層、湖心底層および放流水質の経年的動向、季節的变化を検討する。なお、近年供用が開始された姉川ダムについては、次節において詳述する。

検討対象としたダム貯水池の諸元を表 2.4.2 に示した。あわせて各ダムの特徴を表 2.4.3～2.4.4 に整理した。



図 2.4.1 琵琶湖流域内既設ダム位置図

表2.4.1 琵琶湖流入河川に存在するダム（総貯水容量が百万m³以上）

ダム名	管理者	河川名	目的	竣工年月	総貯水容量	水質調査実施の有無	下流河川における水質調査期間
犬上ダム	滋賀県	犬上川	A・I	1946年	4,500千m ³	無：×	1975/4～
野洲川ダム	農政局	野洲川	A	1951年	8,500千m ³	無：×	1980/4～ 1980/4～
芹川ダム	滋賀県	芹川	A	1956年	1,781千m ³	無：×	-
余呉湖	滋賀県	余呉川	F・N	1959年	14,700千m ³	有：○	1984/4～
大原ダム	滋賀県	杣川	A	1960年	2,120千m ³	有：○	-
日野川ダム	滋賀県	日野川	F・N	1966年	1,388千m ³	有：○	1975/4～
石田川ダム	滋賀県	石田川	F・N	1970年	2,710千m ³	有：○	1975/4～
永源寺ダム	滋賀県	愛知川	A・I	1972年	22,741千m ³	有：○	1975/4～
宇曾川ダム	滋賀県	宇曾川	F・N	1980年	2,900千m ³	有：○	1975/4～
青土ダム	滋賀県	野洲川	F・N・ W・I	1988年	7,300千m ³	有：○	1980/4～ 1980/4～
蔵王ダム	農政局	日野川	A	1994年	4,790千m ³	無：×	1975/4～
姉川ダム	滋賀県	姉川	F・N	2002年	7,600千m ³	有：○	1975/4～
丹生ダム	水機構	姉川 (高時川)	F・N・W	2010 予定	150,000千m ³	建設中 関連調査有	1975/4～

目的 F：洪水調節 A：灌漑用水 N：不特定用水、河川維持用水等 W：上水道用水 I：工業用水
注) ：検討対象ダムを示す。

（出典：ダム年鑑、日本ダム協会）

表 2.4.2 検討対象ダムの諸元

項目		宇曾川ダム	日野川ダム	青土ダム	石田川ダム
河川名		宇曾川	日野川	野洲川	石田川
位置		愛知県湖東町、泰荘町	蒲生郡日野町	甲賀郡土山町	高島郡今津町
型式		ロックフィル	グラベルフィル	ロックフィル	ロックフィル
目的		F, N	F, N	F, N	F, N
管理者		滋賀県	滋賀県	滋賀県	滋賀県
竣工		昭和 55 年 3 月	昭和 41 年 3 月	昭和 63 年 3 月	昭和 45 年 3 月
湛水面積 (km ²)		0.17	0.26	0.62	0.16
堤高 (m)		56.0	25.0	43.5	43.5
堤頂長 (m)		192.8	105.0	360.0	140.1
放流設備	常用洪水吐	オフィス型ト礼	ローゲート	オフィス(ゲート付&無)	オフィス型ト礼
	非常用洪水吐	クレスト自由越流	常用兼用	クレスト自由越流	ローゲート
堤頂高 (EL.m)		263.5	212.0	305.0	305.0
サーチャージ水位 (EL.m)		259.0	209.0	300.0	302.5
常時満水位 (EL.m)		238.0	207.0	292.0	299.2
制限水位 (EL.m)		-	205.3	-	295.1
総貯水容量 (千m ³)		2,900	1,388	7,300	2,710
有効貯水容量 (千m ³)		2,600	1,038	6,600	2,310
平均水深 (m)		15.3	4.0	10.6	14.4
河川延長 (km)		18.4	46.7	65.3	17.0
集水面積 (km ²)		7.8	22.4	54.3	23.4
河川流域面積 (km ²)		81.6	211.1	382.4	59.7
集水面積/河川流域面積 (%)		9.6	10.6	14.2	39.2
土地利用面積比率 (%)	森林	26	49	61	89
	水田	58	32	23	6
	畑	1	3	4	1
	市街地	13	11	9	1
	その他	2	5	3	3

注) 平均水深は有効貯水量を湛水面積で除したものとした。

(出典：滋賀県)



図 2.4.2 宇曾川ダム・日野川ダム流域図

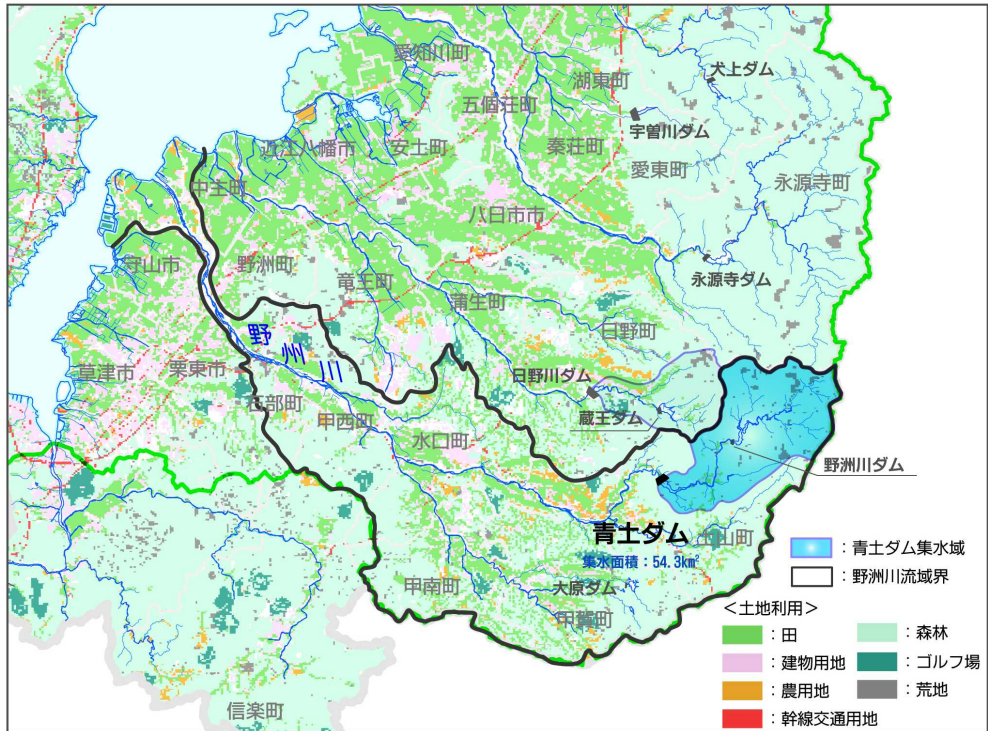
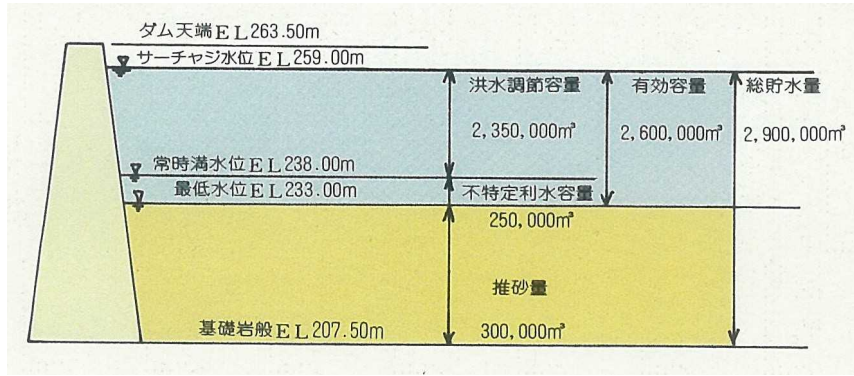


図 2.4.3 青土ダム流域図

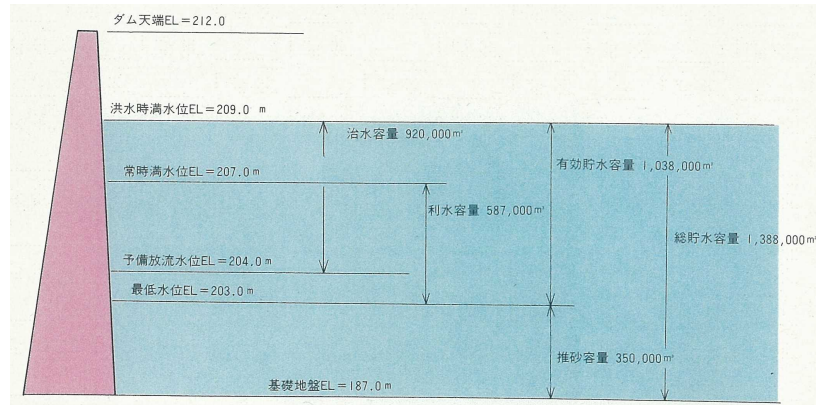


図 2.4.4 石田川ダム流域図

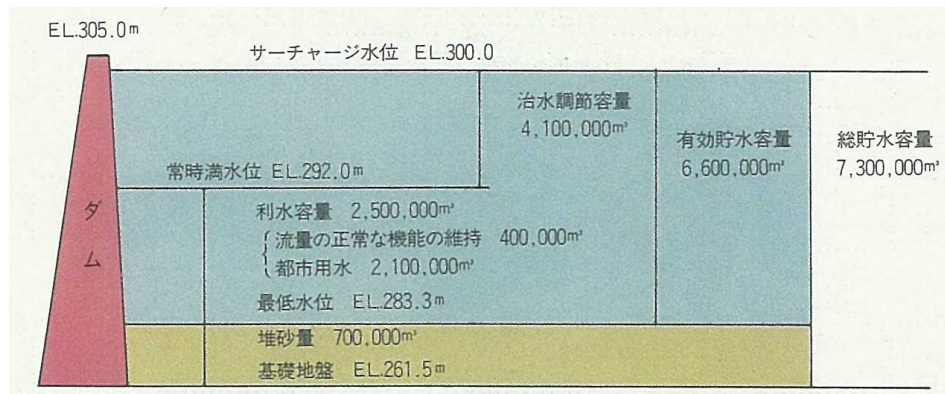
宇曾川ダム



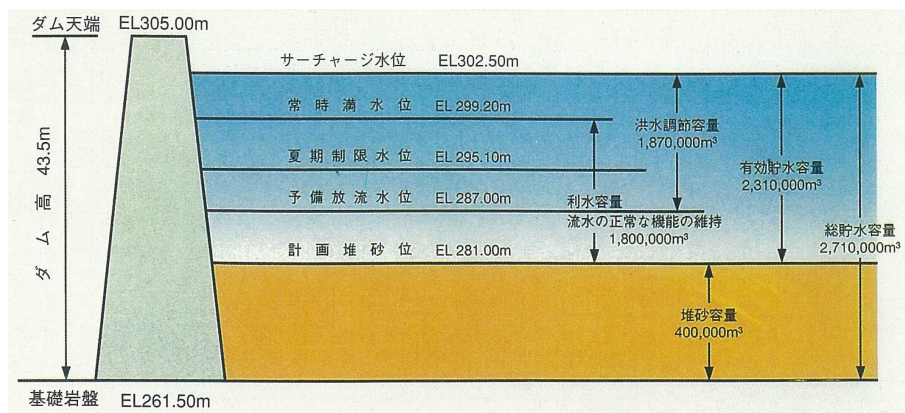
日野川ダム



青土ダム



石田川ダム



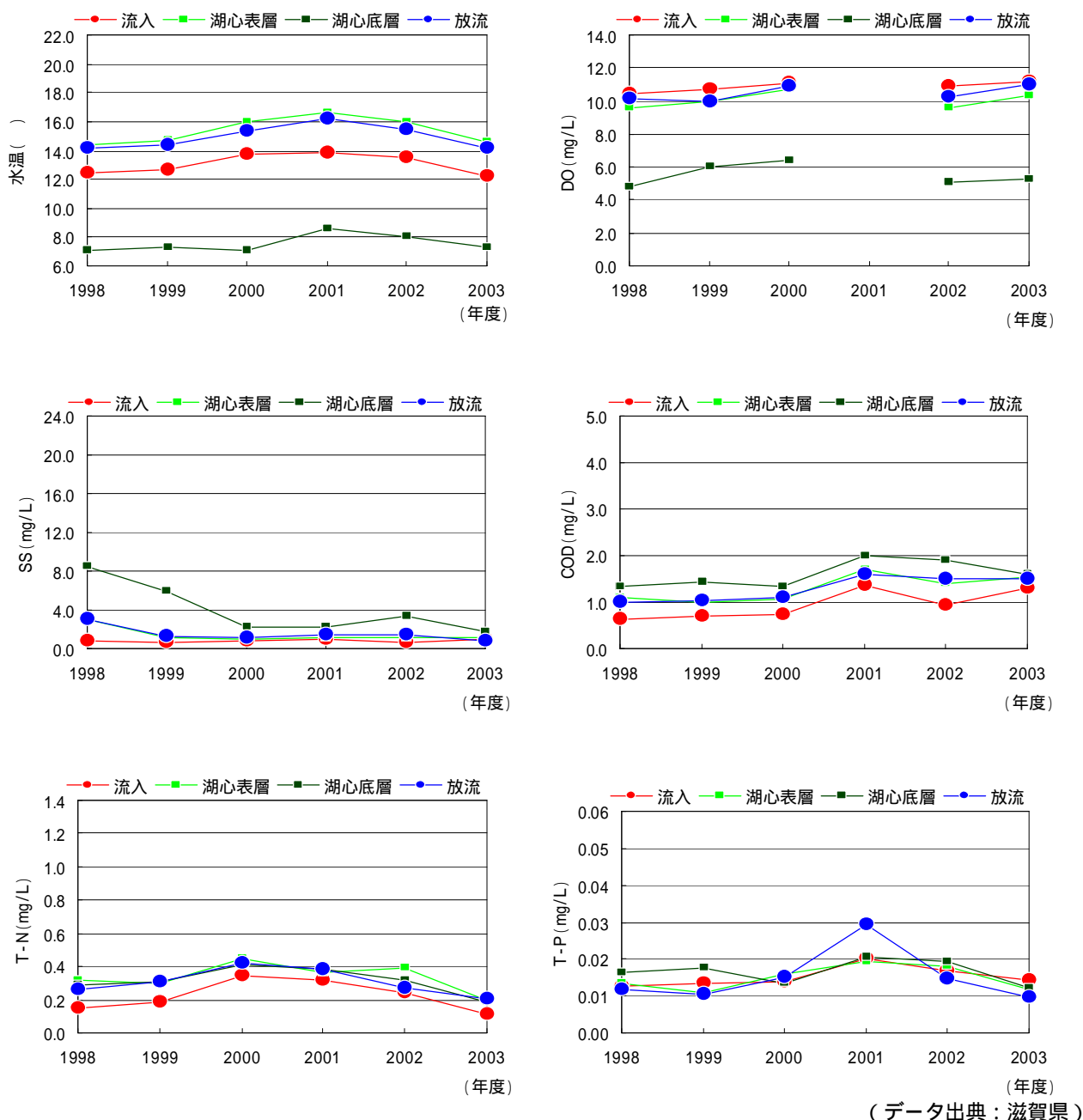
(出典：滋賀県)

図 2.4.5 各既設ダム貯水池容量配分図

表 2.4.3 対象ダムの特徴のまとめ (その1)

項目	宇曽川ダム	日野川ダム
1.貯水池規模 V = 有効容量 A = 流域面積	<ul style="list-style-type: none"> ・貯水池規模は日野川ダムの2倍強はあるが4ダムの中では小さい。 ・平均水深は最も深い。(H = 15.3m) ・流域面積に対する貯水池容量は大きい (V/A 0.33m³/m²) 	<ul style="list-style-type: none"> ・貯水池規模は最も小さい。 ・平均水深も最も浅い。(H = 4.0m) ・流域面積に対する貯水池容量は小さい (V/A 0.05m³/m²)
2.滞留時間	<ul style="list-style-type: none"> ・最も長く、平均で3ヶ月強である。 	<ul style="list-style-type: none"> ・平均で1ヶ月弱である。
3.流入水質の栄養レベル	<ul style="list-style-type: none"> ・栄養塩の濃度レベルは低く、窒素は最も低い 	<ul style="list-style-type: none"> ・栄養塩の濃度レベルは最も高く、富栄養化限界値を超えている。

宇曽川ダム



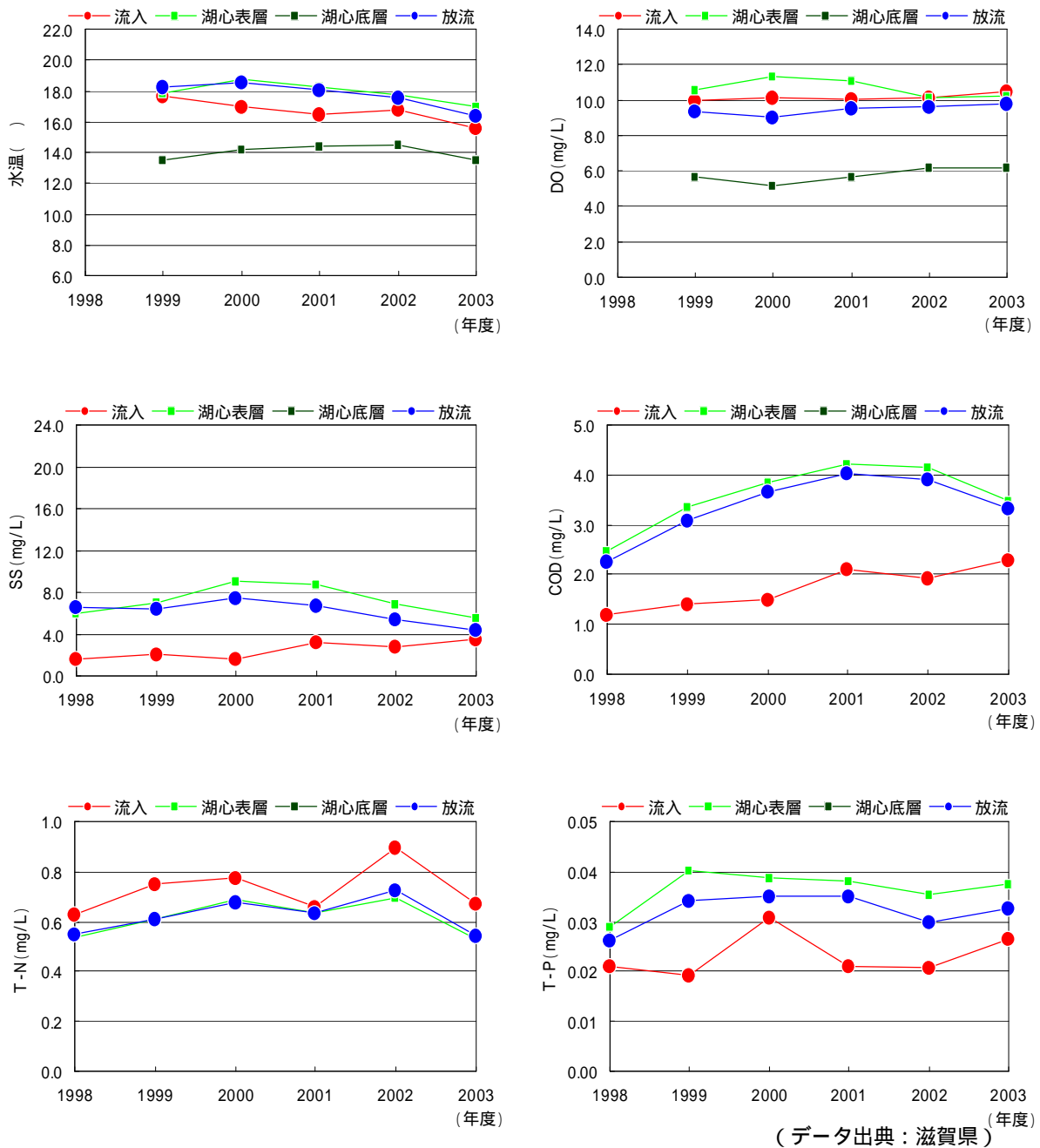
注) 各ダムでは水質調査が1回/月の頻度で実施されているが、欠測の場合が多く、ここでは水質の大まかなトレンドを把握すると目的から、9回/年以上データが存在する場合を対象に平均値を算出している。

図 2.4.6 宇曽川ダム貯水池水質の経年変化

表 2.4.4 対象ダムの特徴のまとめ (その2)

項目	青土ダム	石田川ダム
1.貯水池規模 V = 有効容量 A = 流域面積	<ul style="list-style-type: none"> ・貯水池規模は最も大きく日野川ダムの6倍強の容量を有する。 ・平均水深は中程度である (H = 10.6m) ・流域面積に対する貯水池容量は中程度 ($V/A = 0.12\text{m}^3/\text{m}^2$) 	<ul style="list-style-type: none"> ・貯水池規模は最も小さい。 ・平均水深は比較的深い。(H = 14.4m) ・流域面積に対する貯水池容量は中程度 ($V/A = 0.01\text{m}^3/\text{m}^2$)
2.滞留時間	<ul style="list-style-type: none"> ・平均で1ヶ月程度である。 	<ul style="list-style-type: none"> ・平均約2週間程度と最も短い
3.流入水質の栄養レベル	<ul style="list-style-type: none"> ・栄養塩の濃度レベルは比較的 low、石田川ダムと同程度である。 	<ul style="list-style-type: none"> ・栄養塩の濃度レベルは比較的 low、青土ダムと同程度である。

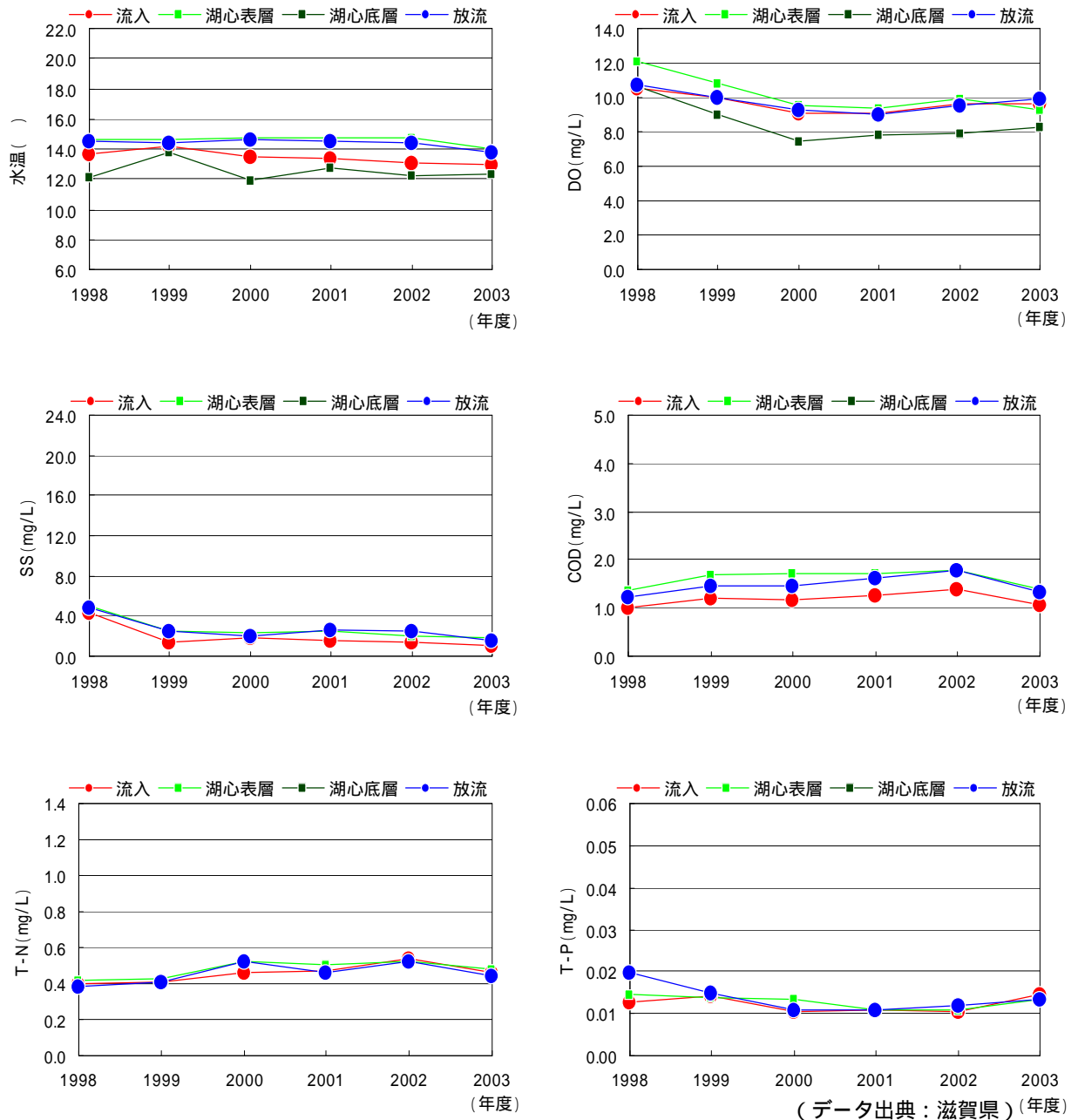
日野川ダム



注) 各ダムでは水質調査が1回/月の頻度で実施されているが、欠測の場合が多く、ここでは水質の大まかなトレンドを把握すると目的から、9回/年以上データが存在する場合を対象に平均値を算出している。

図 2.4.7 日野川ダム貯水池水質の経年変化

青土ダム



注) 各ダムでは水質調査が1回/月の頻度で実施されているが、欠測の場合が多く、ここでは水質の大きなトレンドを把握すると目的から、9回/年以上データが存在する場合を対象に平均値を算出している。

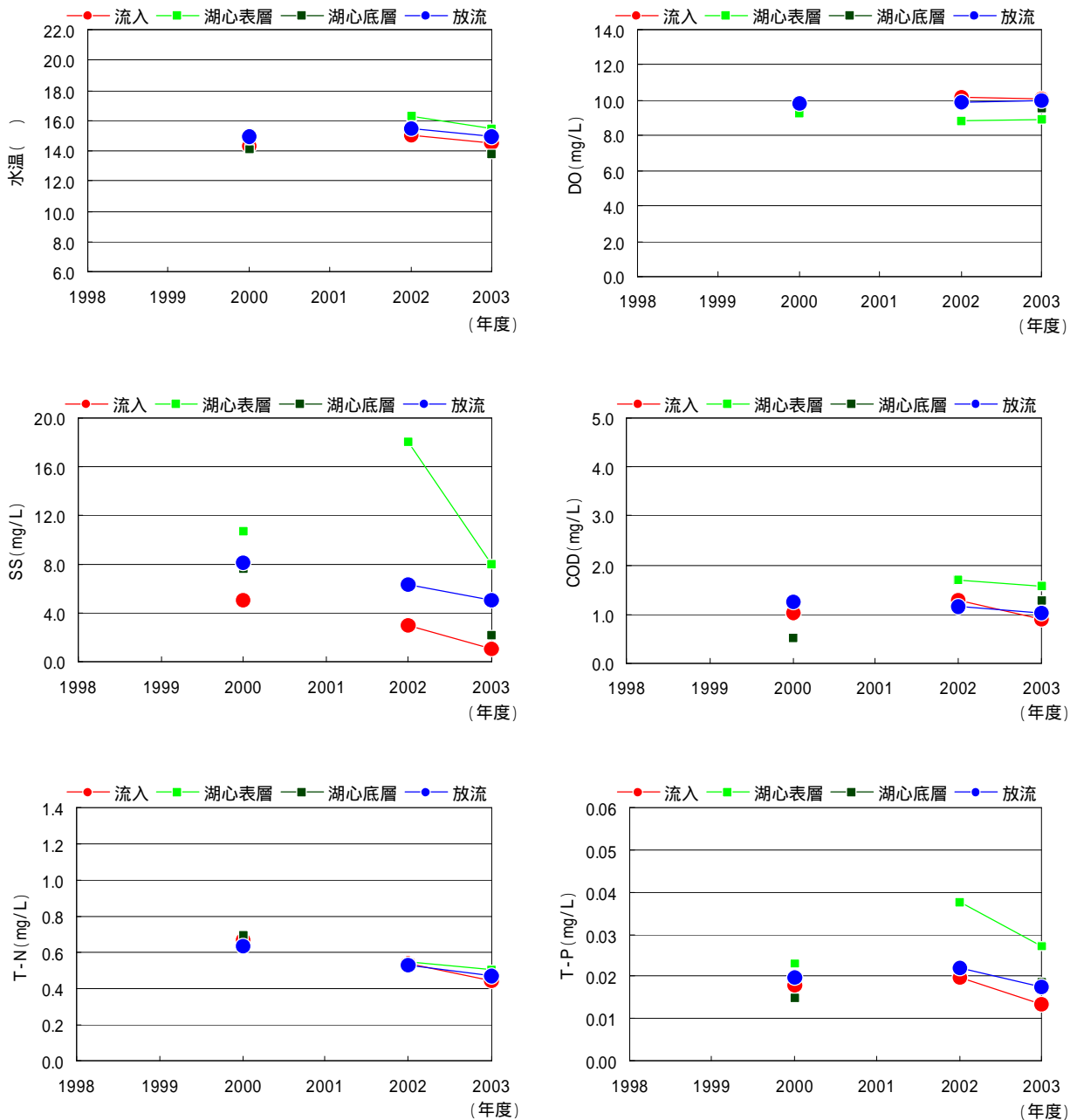
図 2.4.8 青土ダム貯水池水質の経年変化

表 2.4.5 各ダム貯水池の富栄養化判定結果

貯水池名	富栄養化判定結果 (平成 15 年度貯水池表層水質による)	判定基準 注)
宇曾川ダム	・ 中栄養 (T-N:0.20mg/L、 T-P:0.012mg/L)	T-N 富栄養 : > 0.5mg/L 貧栄養 : < 0.1mg/L T-P 富栄養 : > 0.025mg/L 貧栄養 : < 0.01 mg/L
日野川ダム	・ 富栄養 (T-N:0.53mg/L、 T-P:0.038mg/L)	
青土ダム	・ 中栄養 (T-N:0.48mg/L、 T-P:0.014mg/L)	
石田川ダム	・ 富栄養 (T-N:0.50mg/L、 T-P:0.027mg/L)	

注) 表 2.2.5 より。

石田川ダム



(データ出典：滋賀県)

注) 各ダムでは水質調査が1回/月の頻度で実施されているが、欠測の場合が多く、ここでは水質の大きなトレンドを把握すると目的から、9回/年以上データが存在する場合を対象に平均値を算出している。

図 2.4.9 石田川ダム貯水池水質の経年変化

表 2.4.6 各ダムにおける滞留時間の算定結果

単位：(日)

ダム名	1998	1999	2000	2001	2002	2003	平均
宇曽川ダム	83.9	113.8	111.3	120.6	142.6	82.4	109.1
青土ダム	20.1	33.7	31.3	28.0	39.2	22.9	29.2
石田川ダム	16.0	20.3	5.8	8.7	12.2	11.9	12.5
日野川ダム	17.1	25.8	34.4	27.1	35.6	19.4	26.6
丹生ダム(参考)	167.5	166.6	198.9	144.0	128.1	128.2	155.6

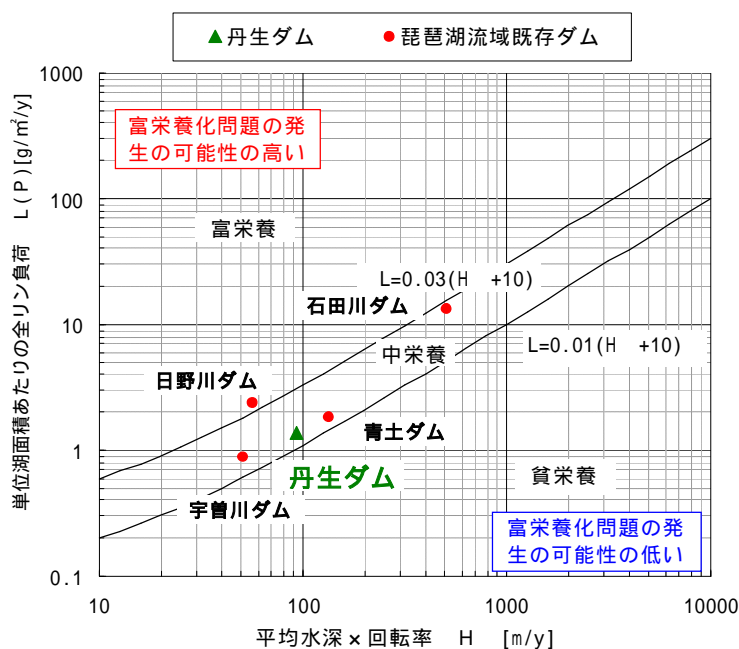
注) 滞留時間は各ダムとも常時満水位での容量で試算した。

(1) 経年変化特性

各ダム貯水池水質の経年変化を、図 2.4.6～2.4.9 に示した。これらをもとに、各ダム貯水池水質の経年的動向をとりまとめると、つぎのとおりである。

既設ダム貯水池水質の経年的動向等のまとめ

各ダムの貯水池水質の経年的動向については、平成 10 年度（1998）～平成 15 年度（2003）の近年 6 ヶ年間の調査結果でみると、日野川ダムおよび宇曾川ダムで経年的変化が比較的明瞭に現れている。その他のダム貯水池においては貯水池水質や放流水質が悪化するといった傾向はない。日野川ダム貯水池においては、流入 COD 濃度が経年的に増加する傾向が認められる。この傾向は流入 SS 濃度についてもある程度うかがわれる。日野川ダムの流入 COD の増加の影響については、貯水池表層、放流水質とも平成 13 年度（2001）までは同様の傾向を示すが、それ以降は反対に減少している。宇曾川ダム貯水池においては、近年、流入窒素濃度が減少し、その影響を受けるためか貯水池表層および放流水質も窒素濃度が減少する傾向となっている。貯水池における水質変化については日野川ダムで顕著であり、図 2.4.7 に示すように流入 COD 濃度に比べて貯水池表層および放流 COD 濃度が高くなっている。この傾向は、リンでも見られるが、窒素では反対に放流濃度が低くなっている。これについては、植物プランクトンの増殖に伴う内部生産性の有機物の増加によるものと考えられ、リンも植物プランクトン体としての存在量が多くなっていることを示しているものと思われる。その他のダム貯水池については、流入に比べ放流 COD の方が少し高くなる程度であり、内部生産による COD 濃度の上昇は顕著ではない。流入水質と放流水質の関係については、本調査結果による限りダムによって異なる状況となり、その他のダム貯水池では窒素、リンについては、水質変化が卓越している日野川ダムで認められるような傾向はうかがえない。各ダムの栄養レベルについては、平成 15 年度水質調査結果より検討すると、日野川ダムおよび石田川ダムが富栄養の状態と判断される。同様に流入水質の栄養レベルを判定した結果、日野川ダムでは流入水質が富栄養化限界値を超えている状況にある。参考として Vollenwieder モデルによる各ダムの栄養レベルを検討した結果を図 2.4.10 に示した。この結果からは、日野川ダムが富栄養のレベルにあると判断される。



(注：1998～2002 年の結果による)

図 2.4.10 Vollenwieder モデルによる既設ダムの富栄養化判定結果

表 2.4.7 各ダム貯水池流入水質の富栄養化判定結果（平成 15 年結果による）

貯水池名	富栄養化判定結果	判定基準 注)
宇曽川ダム	・中栄養 (T-N:0.11mg/L、T-P:0.014mg/L)	T-N 富栄養： > 0.5mg/L 貧栄養： < 0.1mg/L T-P 富栄養： > 0.025mg/L 貧栄養： < 0.01 mg/L
日野川ダム	・富栄養 (T-N:0.67mg/L、T-P:0.027mg/L)	
青土ダム	・中栄養 (T-N:0.46mg/L、T-P:0.014mg/L)	
石田川ダム	・中栄養 (T-N:0.44mg/L、T-P:0.013mg/L)	

注) 表 2.2.5 より。

(2) 既設ダム貯水池水質の経時変化特性

各ダム貯水池水質の経時変化を図 2.4.11～2.4.14 に示した。これらをもとに既設ダム貯水池における水質の経時変化特性をとりまとめる。

既設ダム貯水池水質の経時変化特性のまとめ

水温については、日野川ダムが規模も小さく水深が浅いため、夏期には 30 程度まで上昇している。その他のダムでは、水温のピークは概ね 25 程度となっている。ただし、石田川ダムでは、年によって変動が大きくなっている。

各ダムのクロロフィル a の挙動をみると、日野川ダム貯水池では夏期を中心に湖心表層のクロロフィル a 濃度が高くなっており、それに伴って COD 濃度も高くなる傾向が比較的明瞭に現れている。

日野川ダムの湖心表層のクロロフィル a が高くなる場合、放流水の濃度も高くなっていることから、この結果は、貯水池で増殖した植物プランクトンが放流によってダム下流に流出していることを示しているものと思われる。

その他のダム貯水池のクロロフィル a 濃度については、石田川ダムの一部期間を除き変動も小さく濃度レベルも低いことから貯水池内での藻類増殖は活発でなく、内部生産によって COD 濃度が高くなるような状況は認められない。

日野川ダムで富栄養化が進行している原因としては、貯水池が浅く滞留時間も 1 ヶ月程度あり、水温が上昇しやすく、流入する栄養塩の濃度レベルも高いことから植物プランクトンが増殖しやすい環境にあるものと考えられる。

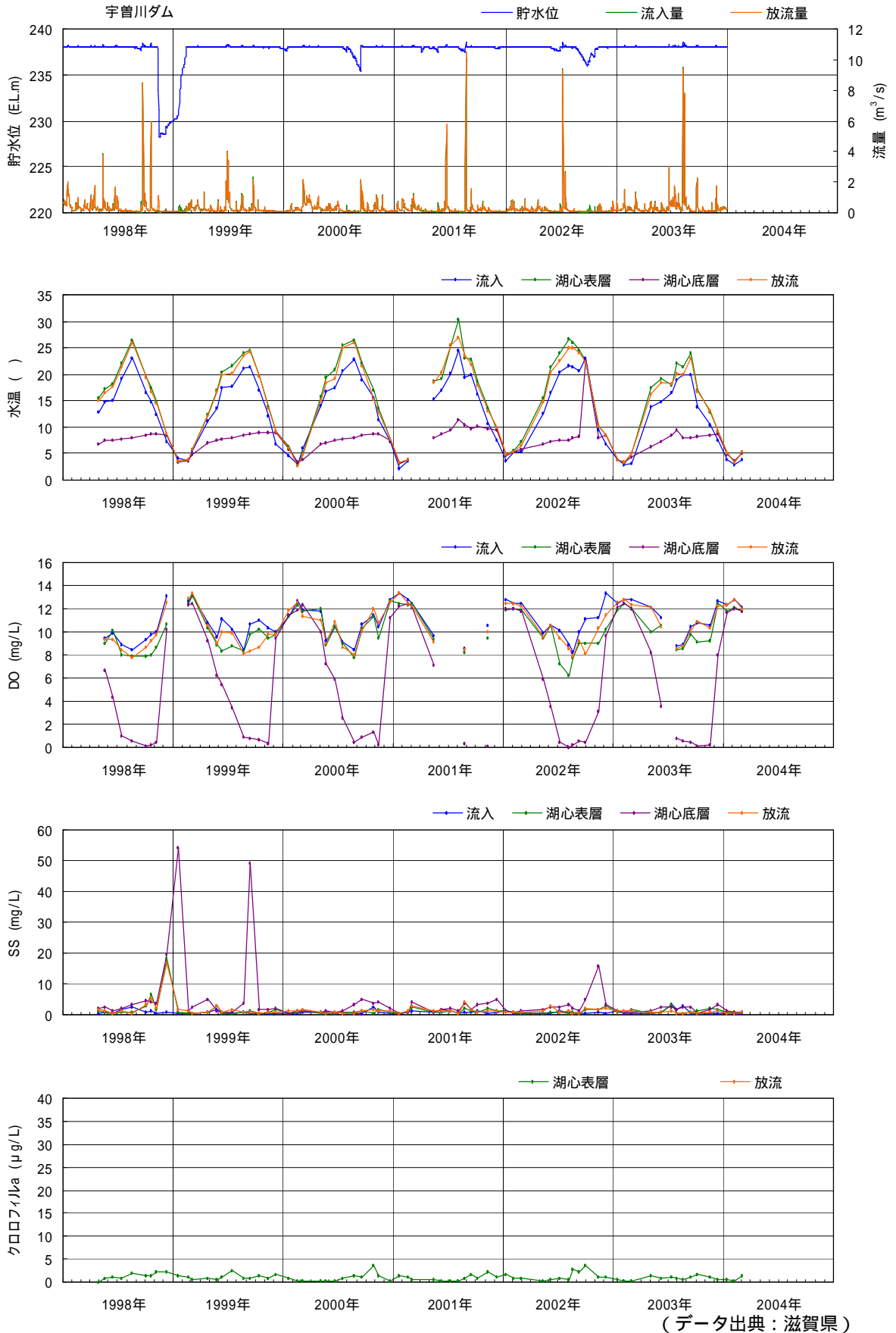
石田川ダムでは滞留時間が比較的短く、流入する栄養塩の濃度レベルも低いこと、青土ダムでも流入する栄養塩の濃度レベルも低いことから植物プランクトンが大増殖できる条件が整っていないものと思われる。

さらに、宇曽川ダムでは貯水池の滞留時間は最も長い、流入する栄養塩の濃度レベルは最も低いことから富栄養化がさほど進行しないものと考えられる。

宇曽川ダム、日野川ダムおよび青土ダム貯水池では、成層形成期に当たる 4～10 月に底層部の DO が低下しており、滞留時間が最も長い宇曽川では、ほぼ毎年 DO がゼロになる状況となっている。これらのダムは、すべて治水ダムであり中間層からの放流を行っていないことから、水温躍層以深での貯水池水はほとんど入れ替わらないため貧酸素化が進行するものと推察される。ただし、冬期の循環期には貯水池水の循環により DO 濃度は回復している。

石田川ダムは容量も小さく、貯水池水の入替わりも頻繁であることから、底層部の貧酸素化は生じていない。

宇曽川ダム



(データ出典：滋賀県)

図 2.4.11 宇曽川ダム貯水池水質の経時変化 (その1)

宇曾川ダム

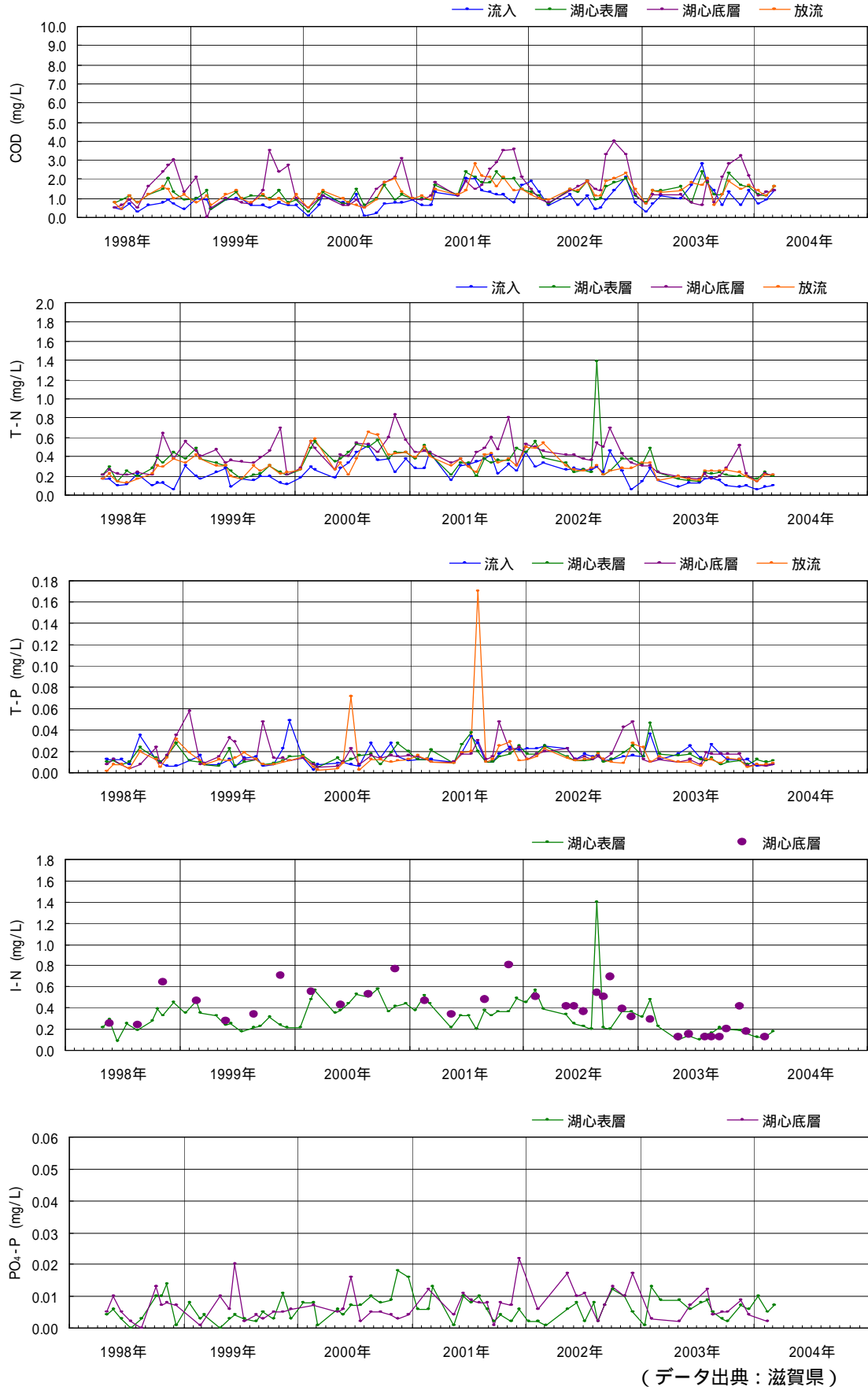


図 2.4.11 宇曾川ダム貯水池水質の経時変化 (その2)

日野川ダム

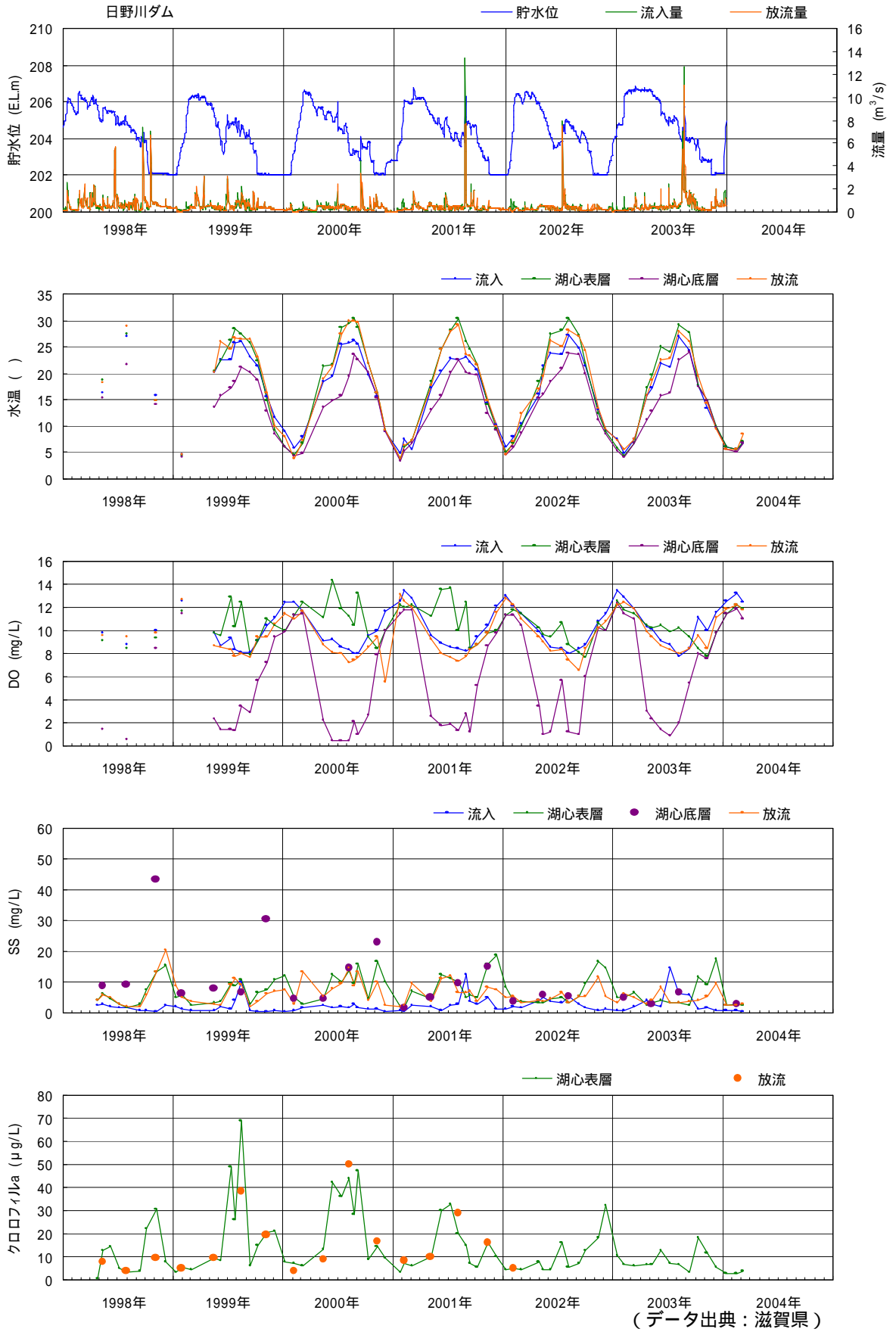
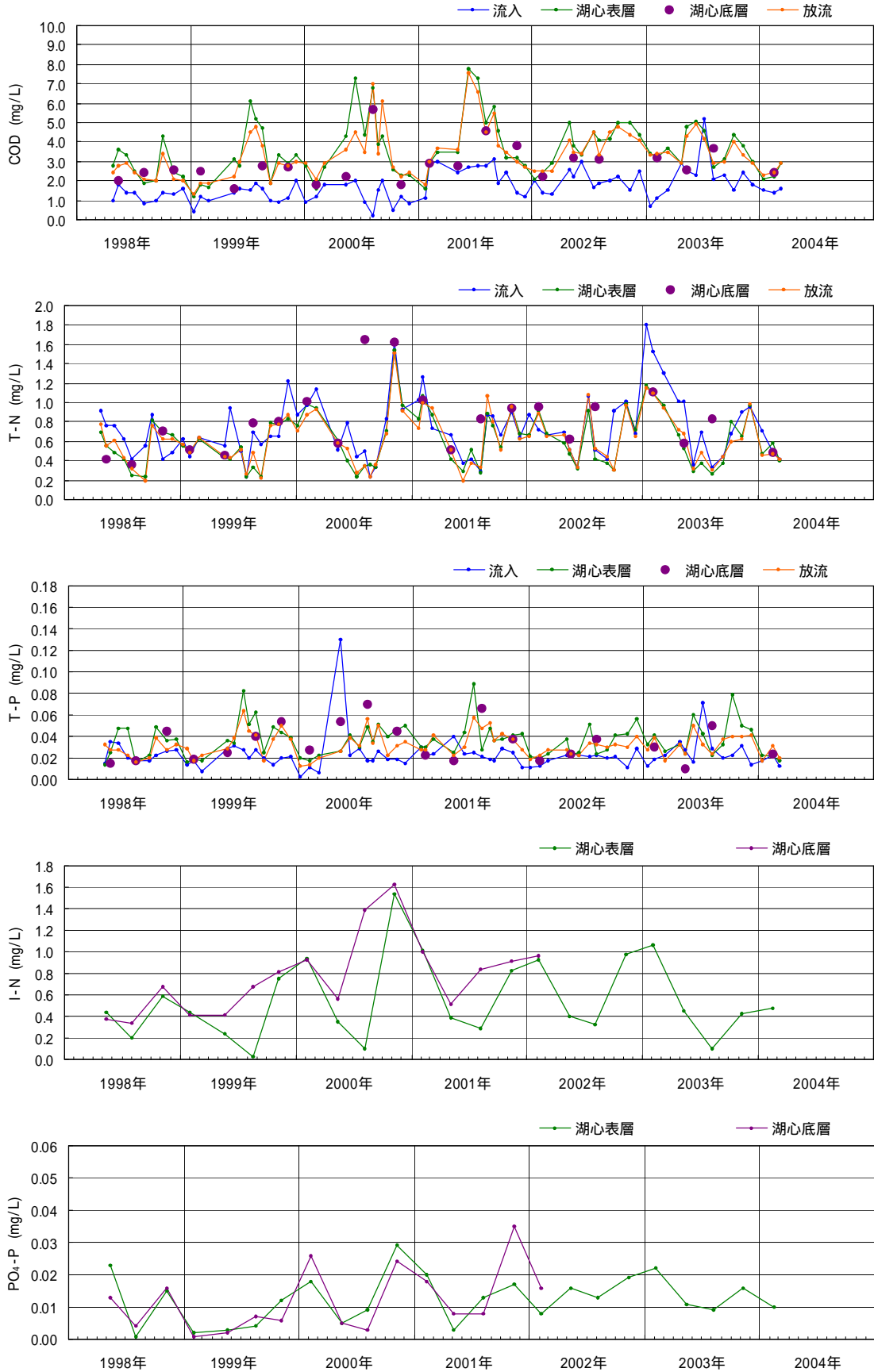


図 2.4.12 日野川ダム貯水池水質の経時変化 (その1)

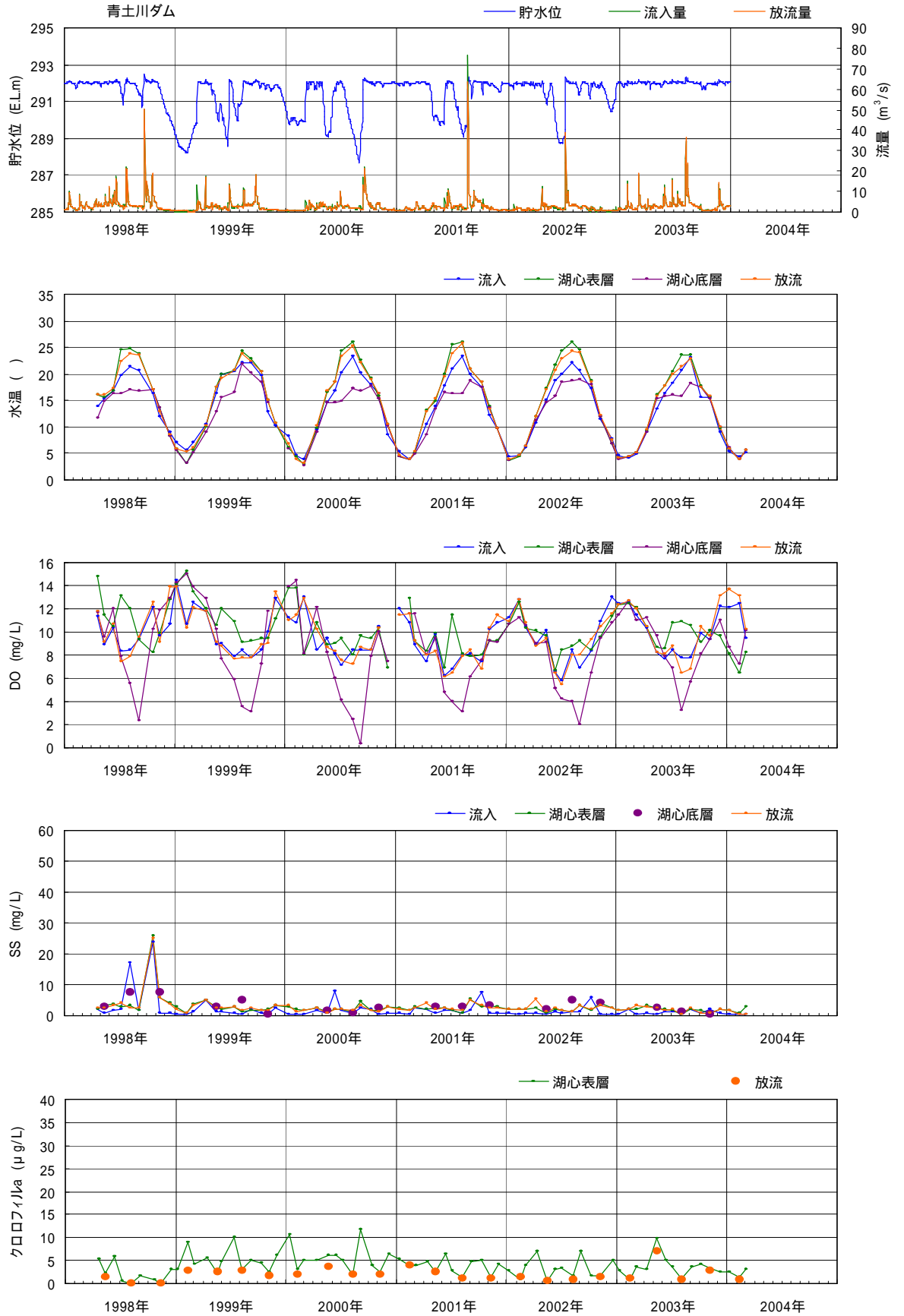
日野川ダム



(データ出典：滋賀県)

図 2.4.12 日野川ダム貯水池水質の経時変化 (その 2)

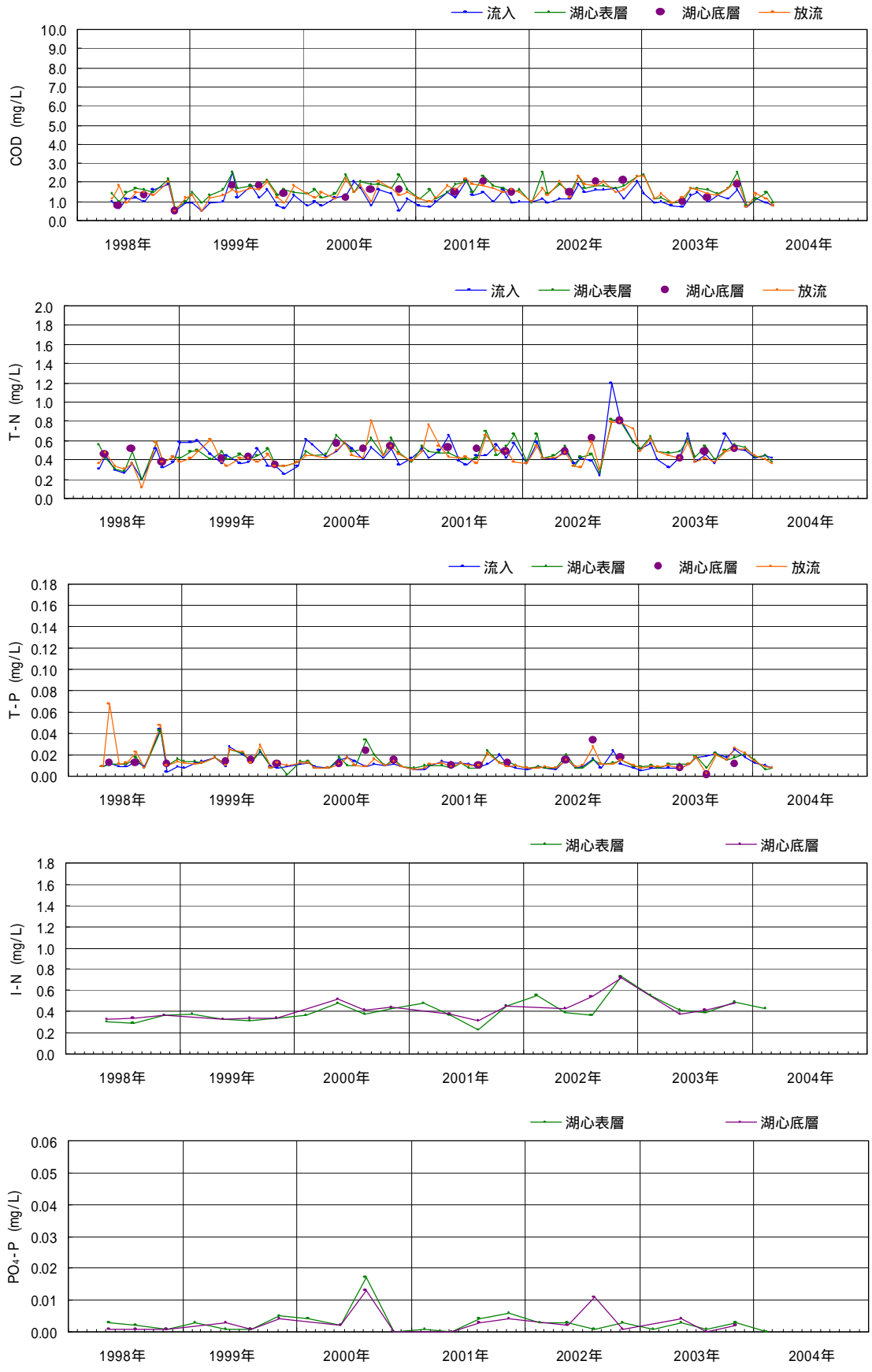
青土ダム



(データ出典：滋賀県)

図 2.4.13 青土ダム貯水池水質の経時変化 (その1)

青土ダム



(データ出典：滋賀県)

図 2.4.13 青土ダム貯水池水質の経時変化 (その 2)

石田川ダム

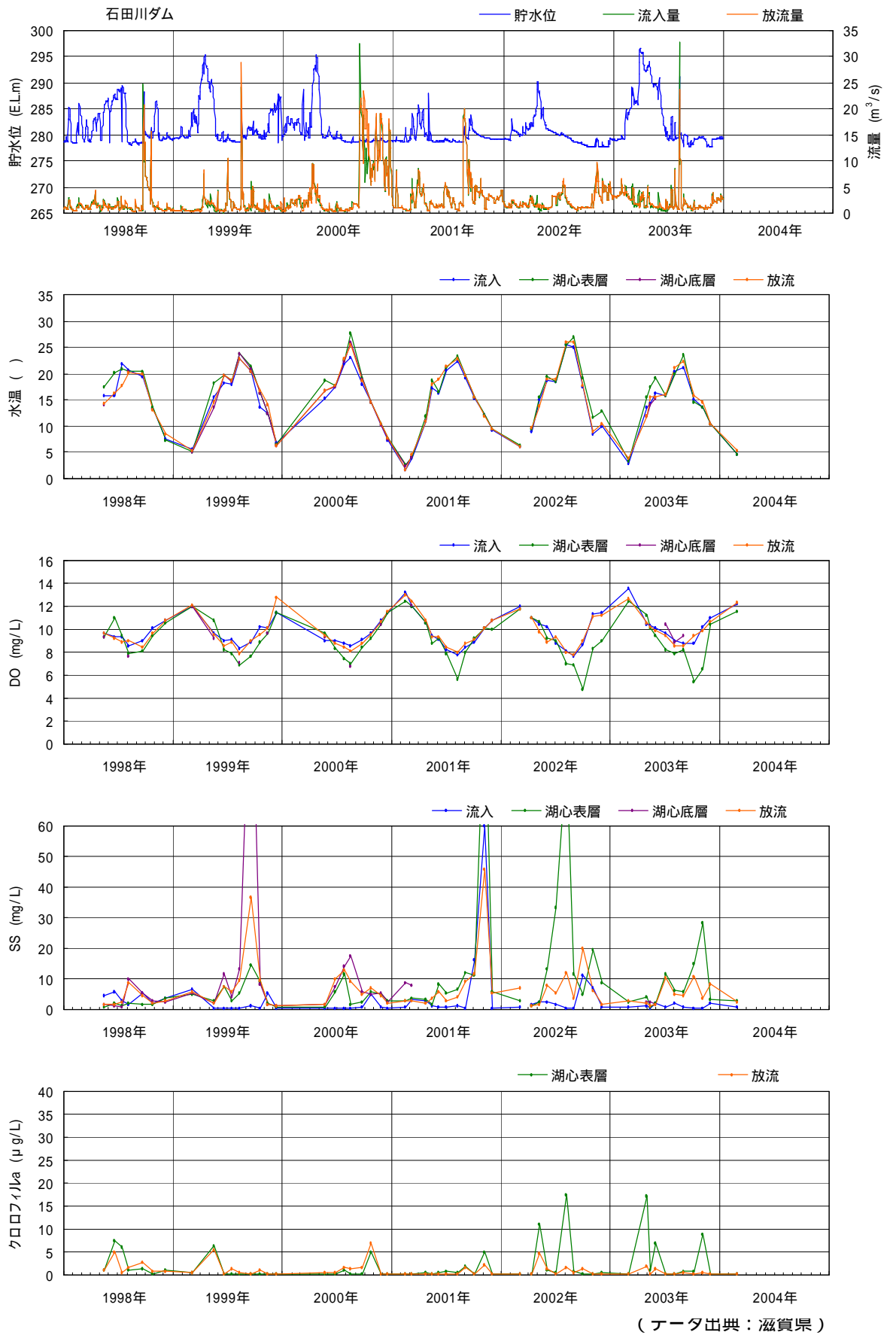
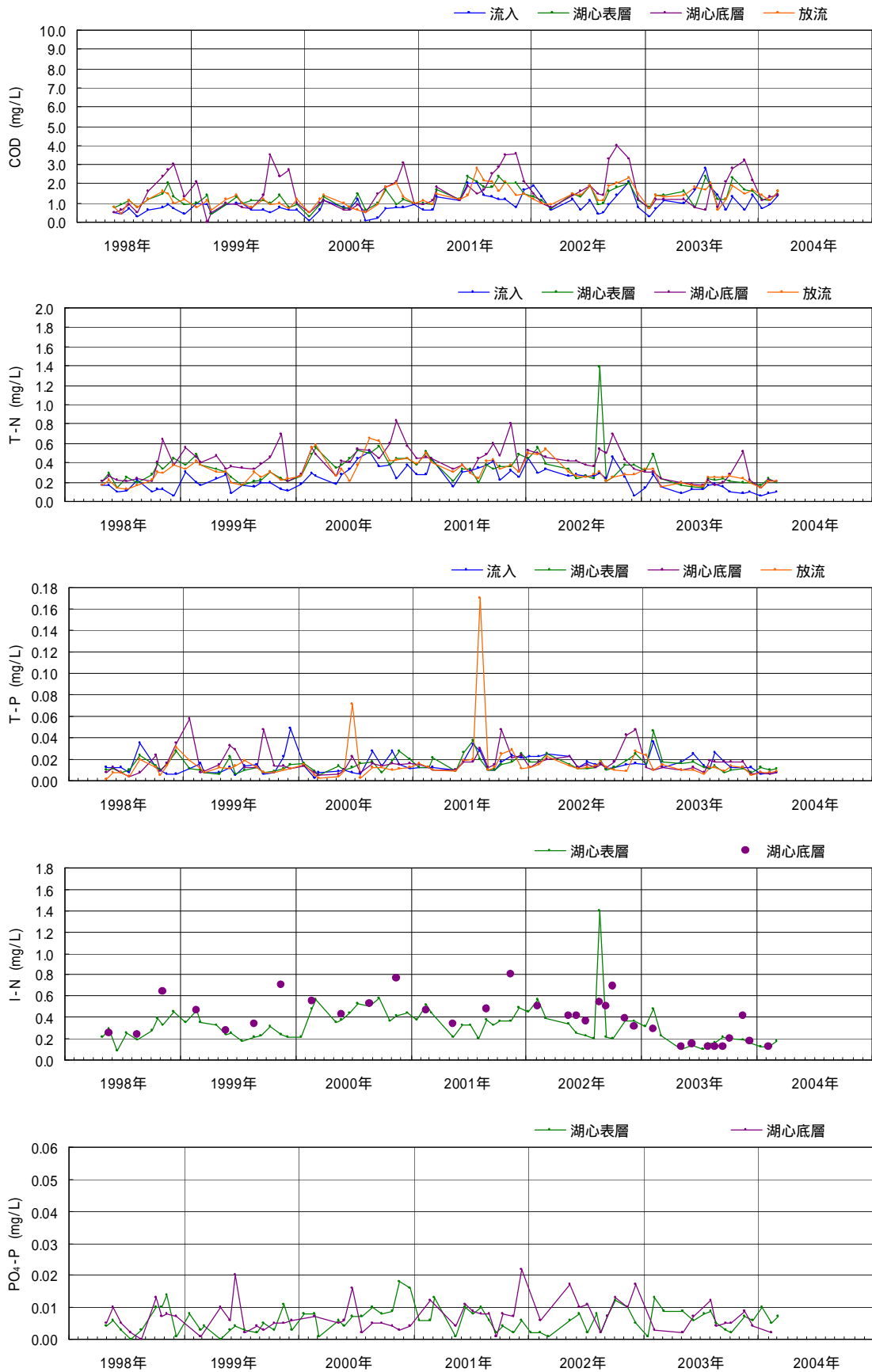


図 2.4.14 石田川ダム貯水池水質の経時変化 (その 1)

石田川ダム



(データ出典：滋賀県)

図 2.4.14 石田川ダム貯水池水質の経時変化 (その 1)

(3) 既設ダム貯水池の水質と各要因の関係について

植物プランクトンの増殖等による貯水池水質の変化要因を検討するため、湖心表層における主要水質項目の関係を図 2.4.15 に示した。また、貯水池水質と貯水池回転率、流入水質の関係を図 2.4.16 ~ 2.4.20 に示した。

これらの資料を用いて、既設ダム貯水池における水質変化要因について、以下にとりまとめる。

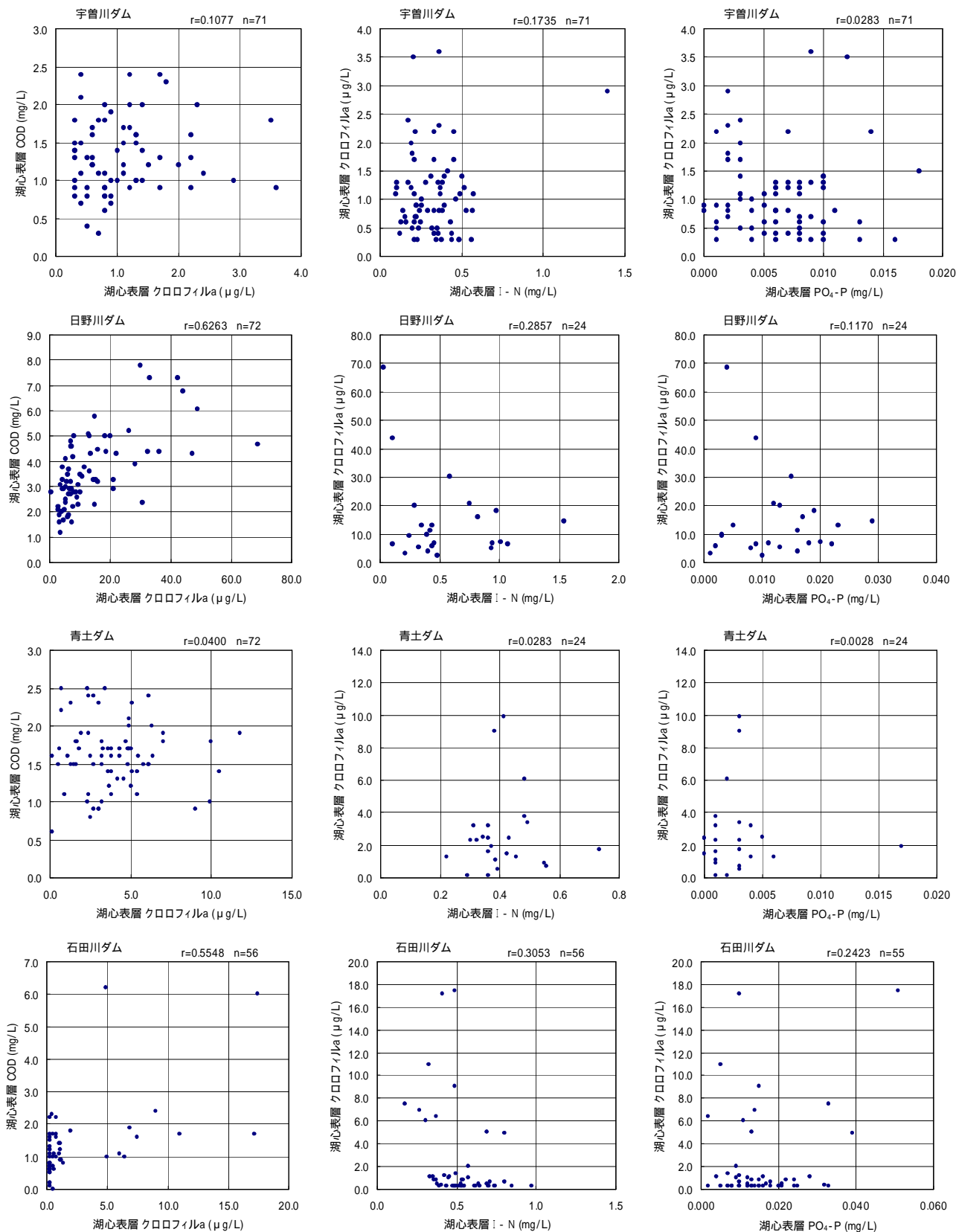


図 2.4.15 各ダム貯水池における水質項目間の関係 (湖心表層) (データ出典: 滋賀県)

既設ダム貯水池水質と各要因の関係に関するまとめ

日野川ダム貯水池ではクロロフィルaとCODの間に比較的明瞭な関係が認められる。クロロフィルa濃度が高くなるとCOD濃度も高くなる関係となっており、これまで述べているように日野川ダムのCOD濃度は他のダムに比べ内部生産の影響を強く受けている。

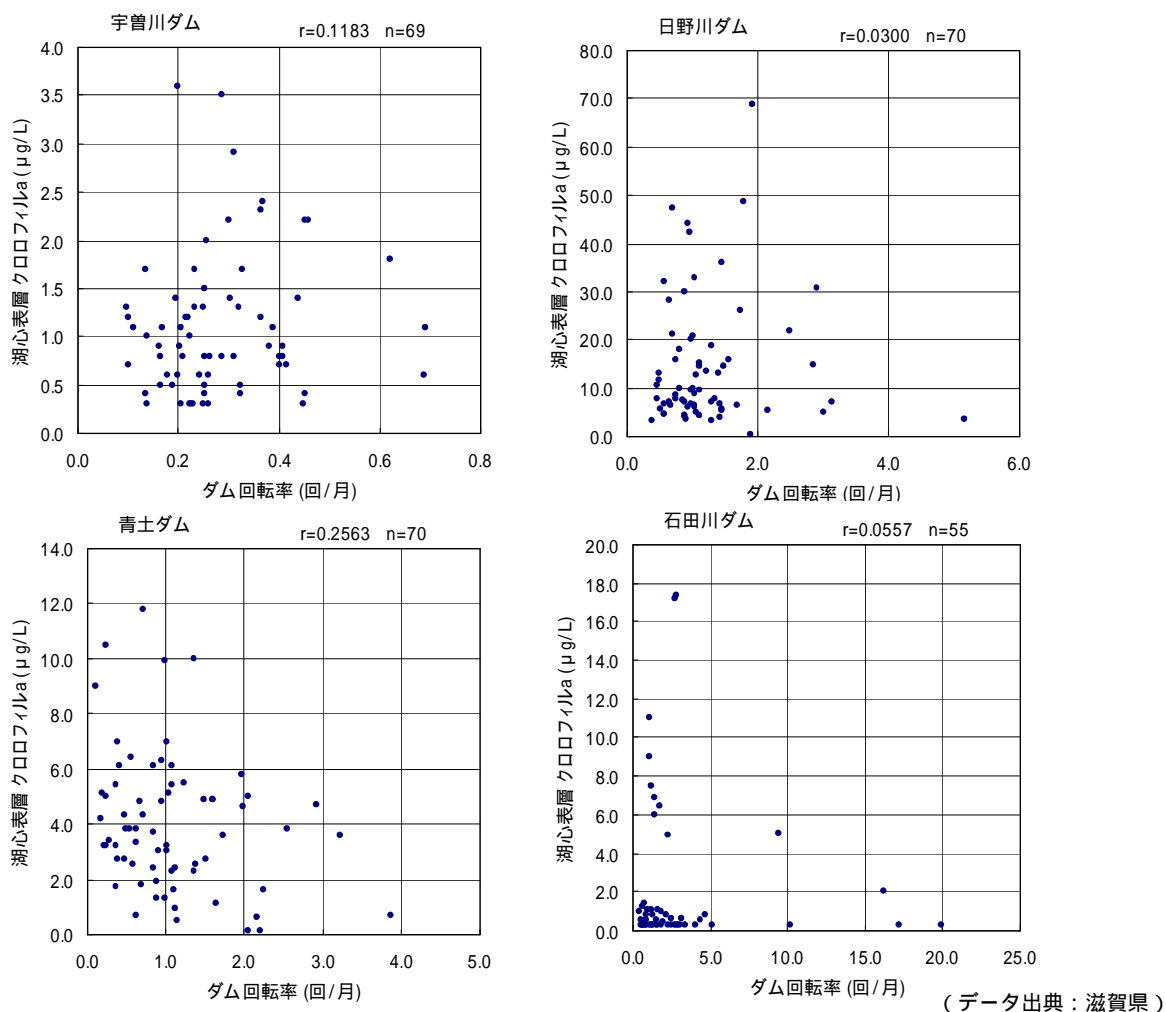
また、日野川ダムではクロロフィルa濃度が高くなると、無機態窒素やオルトリン酸態リンの濃度が低くなる傾向がうかがわれる。これは、植物プランクトンの増殖に伴って無機態の栄養塩を摂取するため濃度が低下すると推察されるが、その関係は明瞭でない。

その他のダムでは内部生産を示す関係や、クロロフィルaと無機態栄養塩との関係一定した傾向は認められない。(以上図 2.4.15 参照)

貯水池水質と回転率の野関係についてはいずれのダムにおいても回転率が大きくなる、すなわち貯水池水の滞留時間が短くなるとクロロフィルa濃度が低下する傾向が認められる。反対に、回転率が小さくなるといずれのダムも水質との関係はうかがえない。(図 2.4.16 参照)

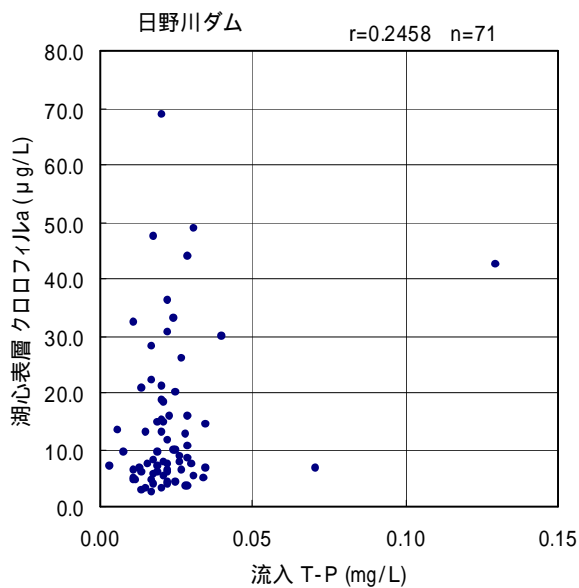
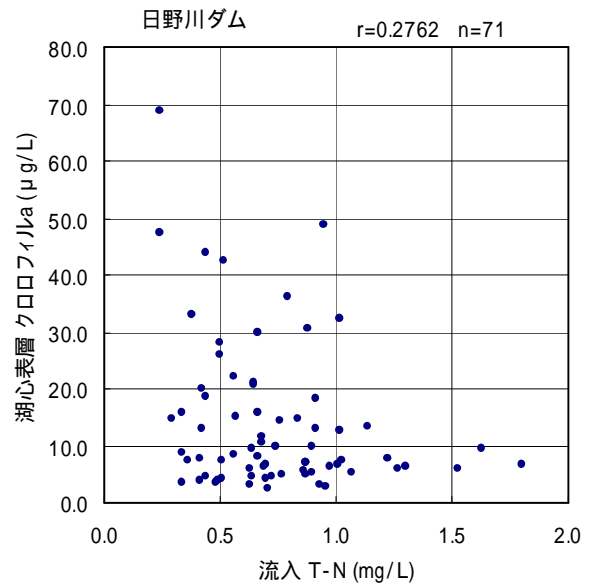
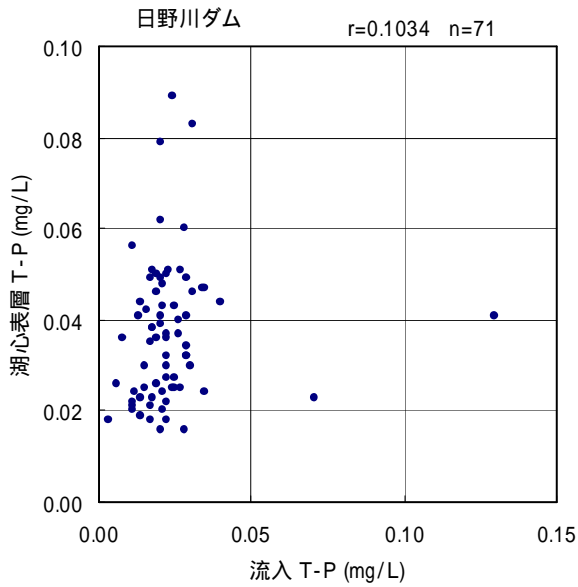
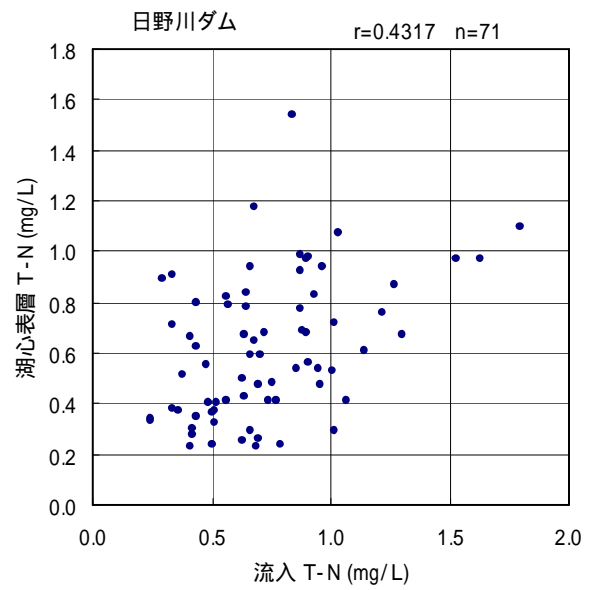
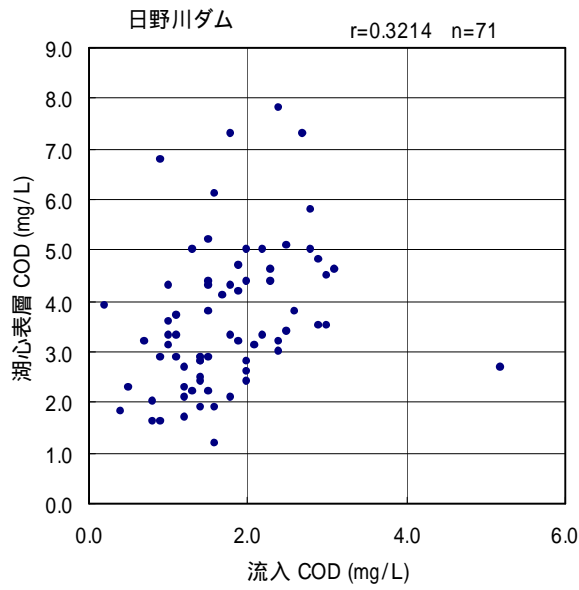
流入水質との貯水池水質の関係の一例として、日野川ダムおよび宇曾川ダムの結果を整理した。月1回の調査結果によると、日野川ダムでは流入窒素濃度が高いと貯水池表層の窒素濃度が高くなる傾向がある程度認められるが、それ以外では一定した傾向はうかがえない。(図 2.4.17、2.4.18 参照)

一方、流入水質と貯水池水質の関係を年平均値でみると、COD、窒素、リンについては、各ダムとも流入水質レベルが高い年ほど貯水池水質レベルも高くなる傾向が認められ、マクロ的には貯水池水質に流入水質が影響を与えていることがうかがえる。(図 2.4.19、2.4.20 参照)



(注：回転率は、各ダムの平均滞留時間を考慮し、各水質調査日について平均滞留時間に相当する期間における回転率を算出している。)

図 2.4.16 各ダム貯水池における回転率とクロロフィルaの関係 (湖心表層)

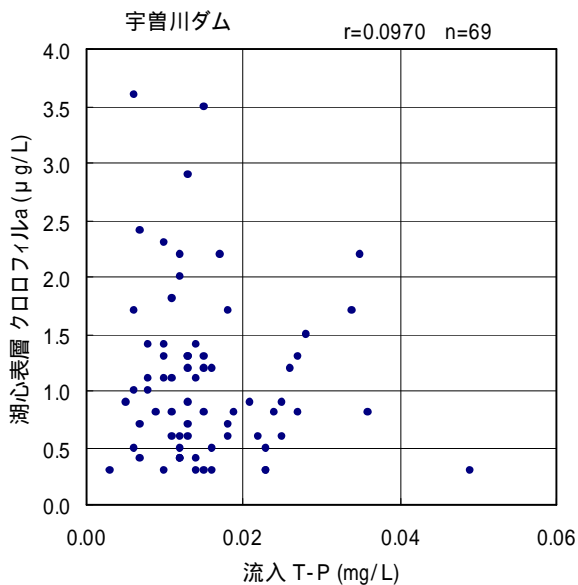
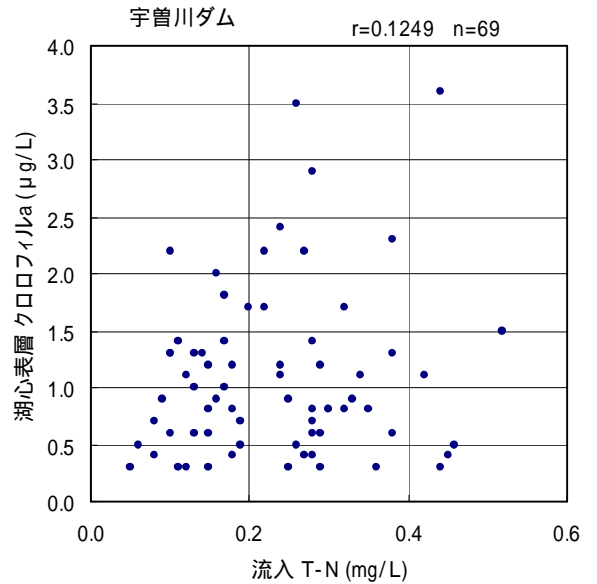
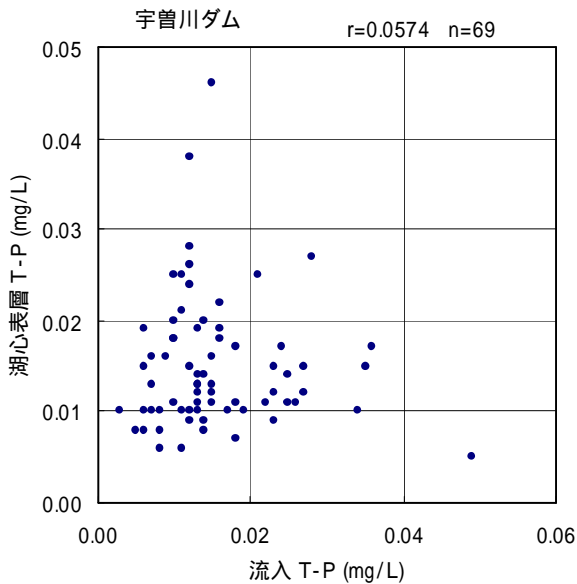
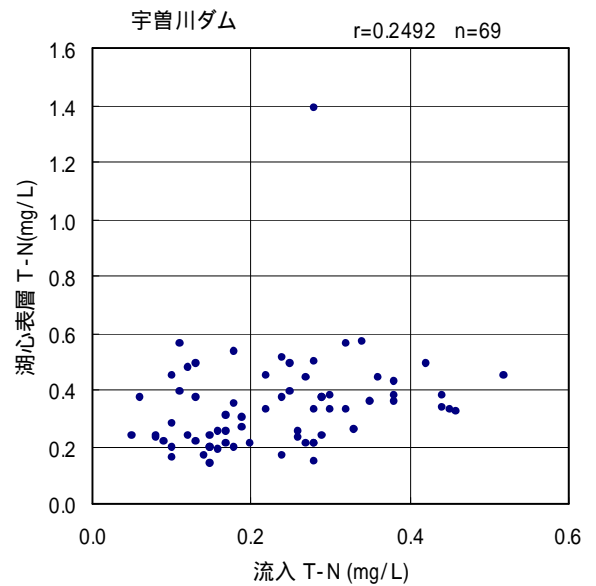
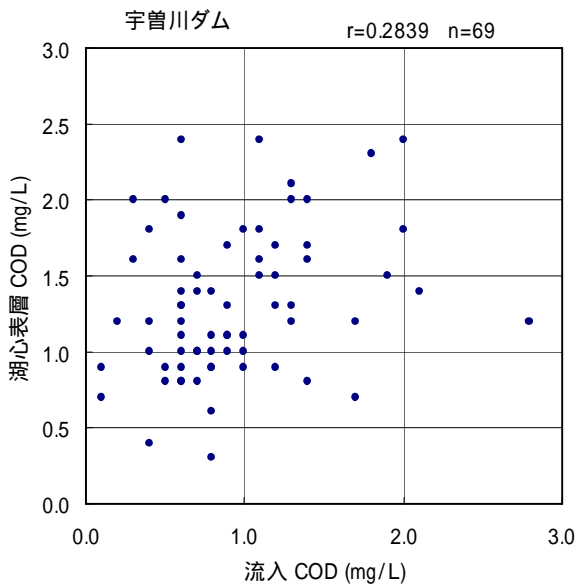


日野川ダムの特徴
 貯水池規模は小さく、平均水深も浅い。
 貯水池の滞留時間は約 1 ヶ月程度と短い
 が、藻類が増殖するには十分な滞留状況で
 ある。
 流入栄養塩レベルは、富栄養化限界値を超
 えており、対象ダムの中では最も濃度レ
 ベルが高い

(注：流入水質は、平均滞留時間を考慮し、前月
 の値を用いている。)

(データ出典：滋賀県)

図 2.4.17 日野川ダム貯水池における流入水質と湖内水質（湖心表層）の関係

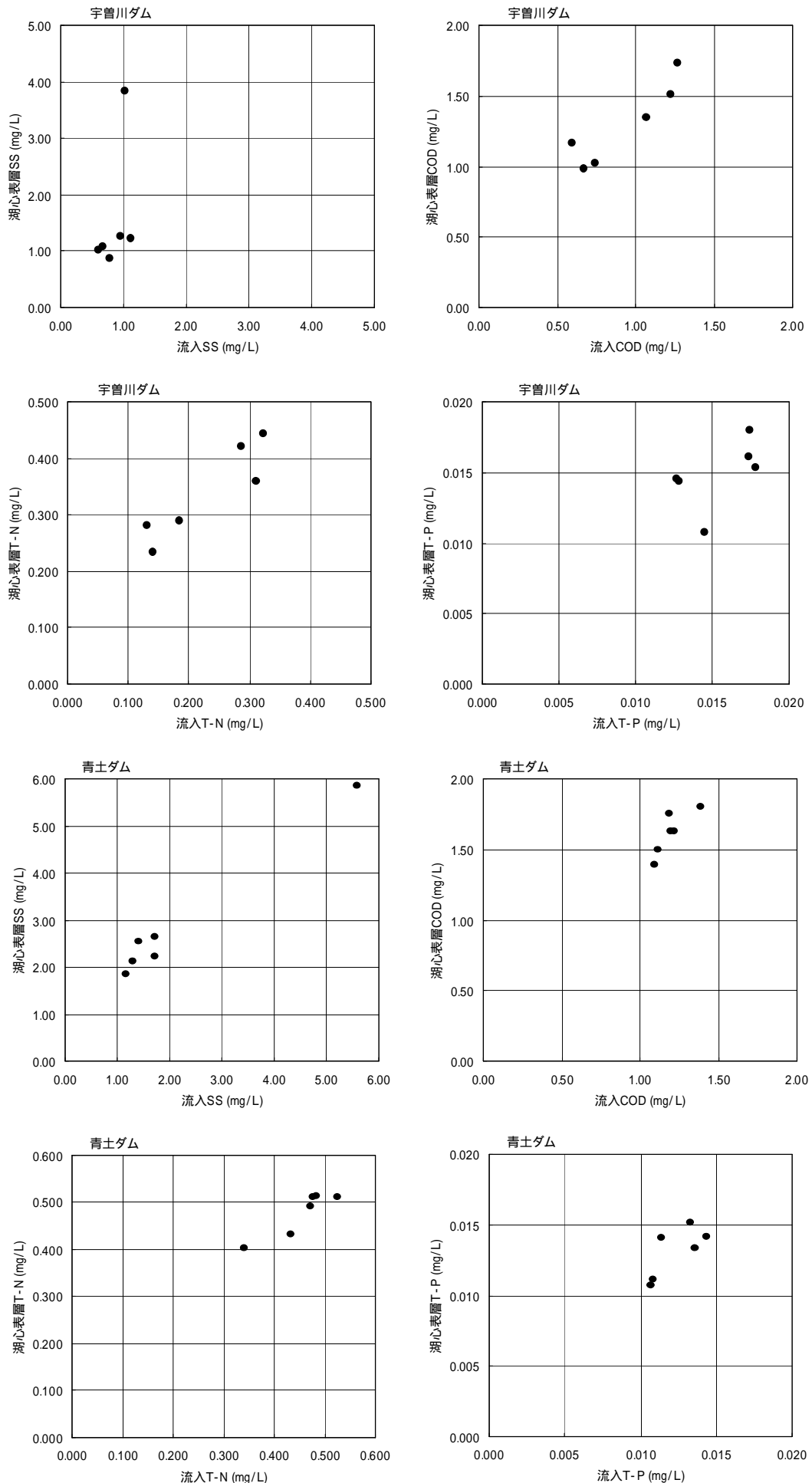


宇曽川ダムの特徴
 貯水池規模は日野川ダムの 2 倍強はあるが 4 ダムの中では小さい、平均水深は最も深い。
 貯水池の滞留時間は平均 3 ヶ月強と最も長い。
 流入栄養塩レベルは、窒素、リンともに低く、特に窒素の濃度レベルが低い。

(注：流入水質は、平均滞留時間を考慮し、前月の値を用いている。)

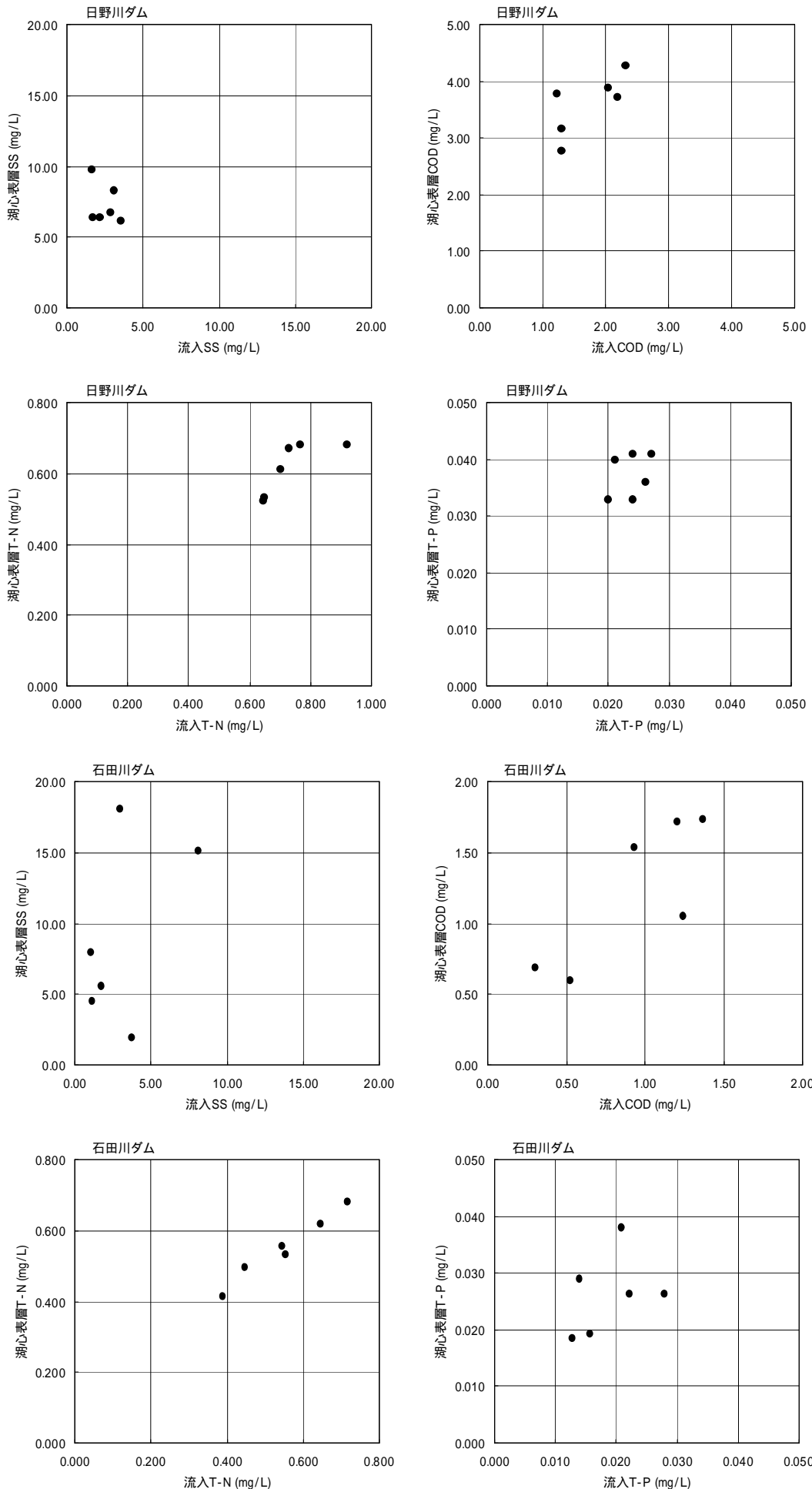
(データ出典：滋賀県)

図 2.4.18 宇曽川ダム貯水池における流入水質と湖内水質（湖心表層）の関係



(データ出典：滋賀県、1998～2003年の調査結果による)

図 2.4.19 年平均値による各ダム貯水池の流入水質と湖内水質（湖心表層）の関係（その 1）



(データ出典：滋賀県、1998～2003年の調査結果による)

図 2.4.20 年平均値による各ダム貯水池の流入水質と湖内水質（湖心表層）の関係（その 2）

(4) 既設ダムにおける植物プランクトン特性

既設ダムでは、湖心表層において植物プランクトン調査が実施されており、これらの調査結果を図2.4.21～2.4.24に整理した。

既設ダム貯水池水における植物プランクトン特性に関するまとめ

富栄養化が進行している日野川ダムの藻類調査頻度は少ないが、この結果によると毎年夏期に珪藻類（Achnanthes 属）が増殖し、50,000 細胞数/mg/L を超える状況となっている。ただし、藍藻類が大増殖するような状況は認められない。

他のダム貯水池では、植物プランクトン現存量は少なく季節的にも変動が少なくなっている。

藻類の種構成については、宇曽川ダムでは、珪藻類が優占的になる場合が多いが、ウログレナ sp などの黄色鞭毛藻も優占的になる場合がある。

青土ダム、石田川ダムでも珪藻類が優占的であり、青土ダムでは現存量は少ないものの緑藻類が増える場合がある。また、石田川ダムでは褐色鞭毛藻や黄色鞭毛藻が優占的になる場合がある。

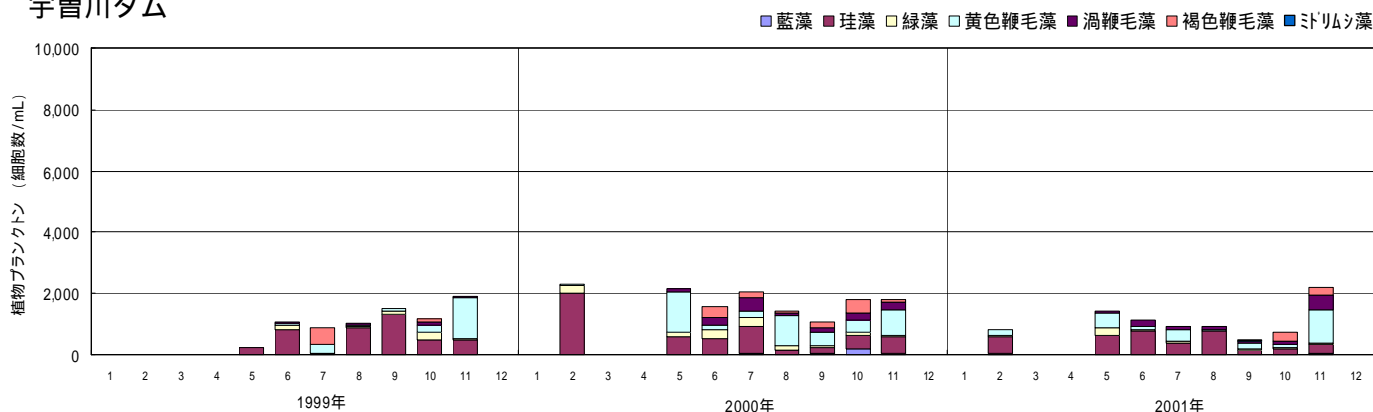
アオコ・淡水赤潮の発生に関わる藻類の存在状況をみると、日野川ダムでは、わずかではあるが淡水赤潮の原因となるペリディニウム属の現存が確認されている。

宇曽川ダムでは、ペリディニウム属やウログレナ SP などの現存が確認されている。現存量は、数百細胞数/mL 程度である。

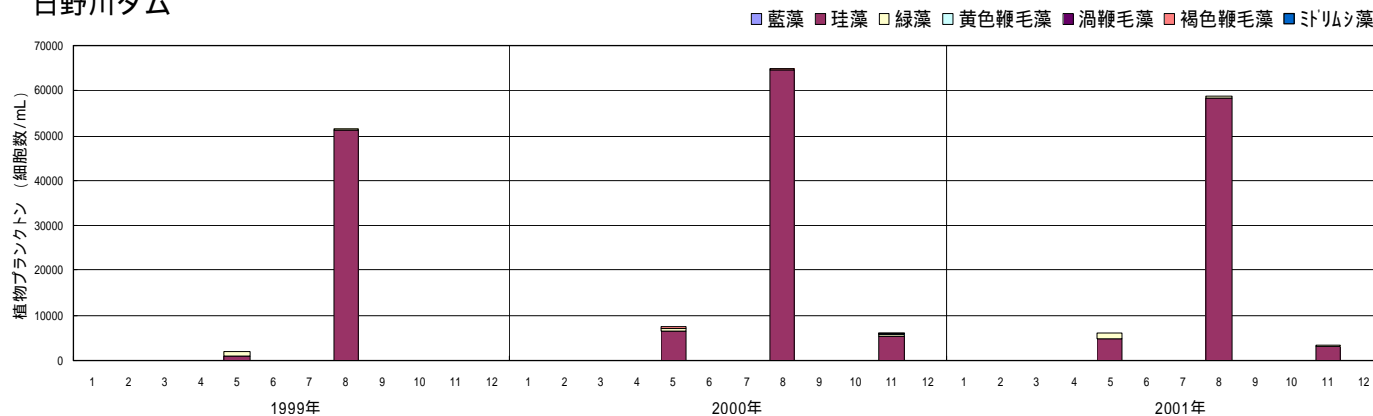
青土ダムでも淡水赤潮の原因藻類となるペリディニウム属が現存しており、量的には少ない。

石田川ダムでは、アオコの原因となるオシラトリア属の現存が確認されているがその量はわずかである。

宇曽川ダム



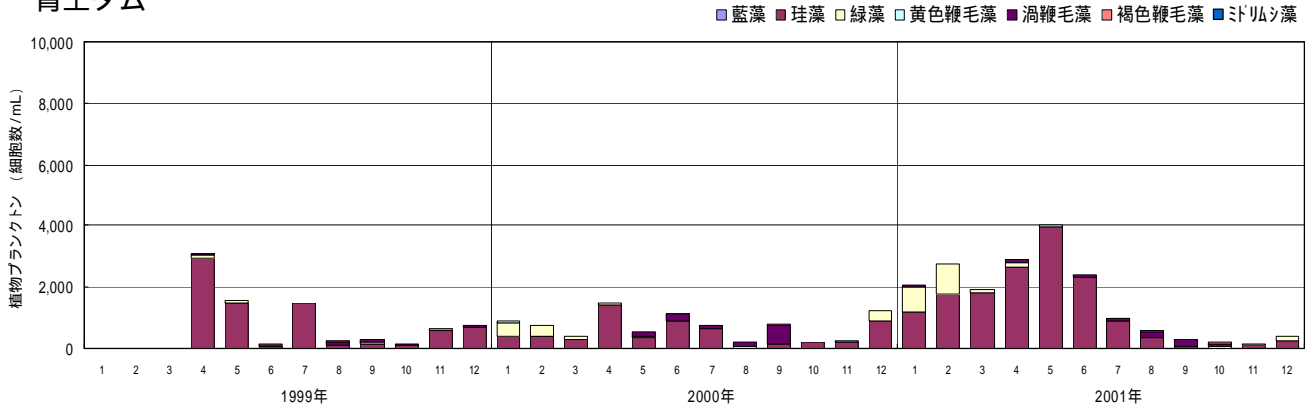
日野川ダム



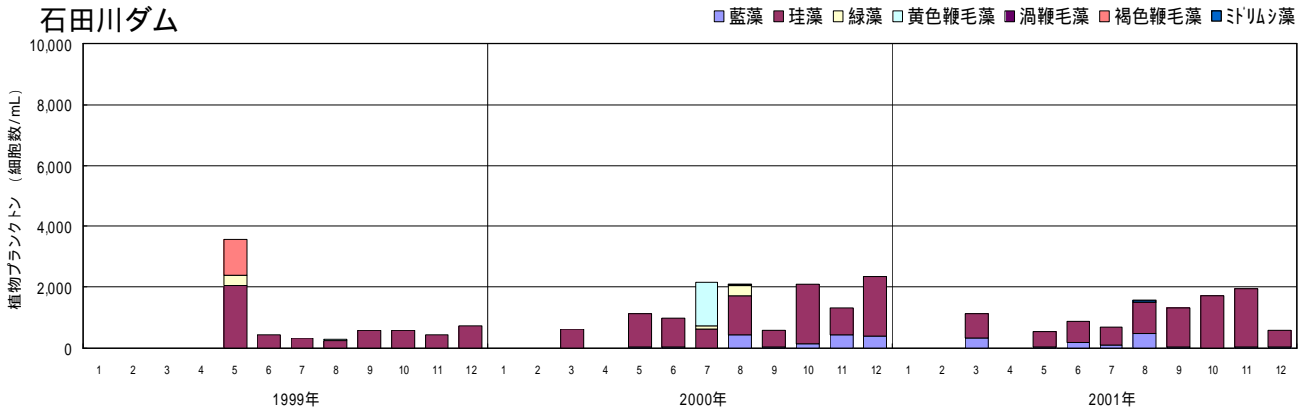
(データ出典：滋賀県)

図 2.4.21 各ダム貯水池における植物プランクトン現存量の調査結果（その1）

青土ダム



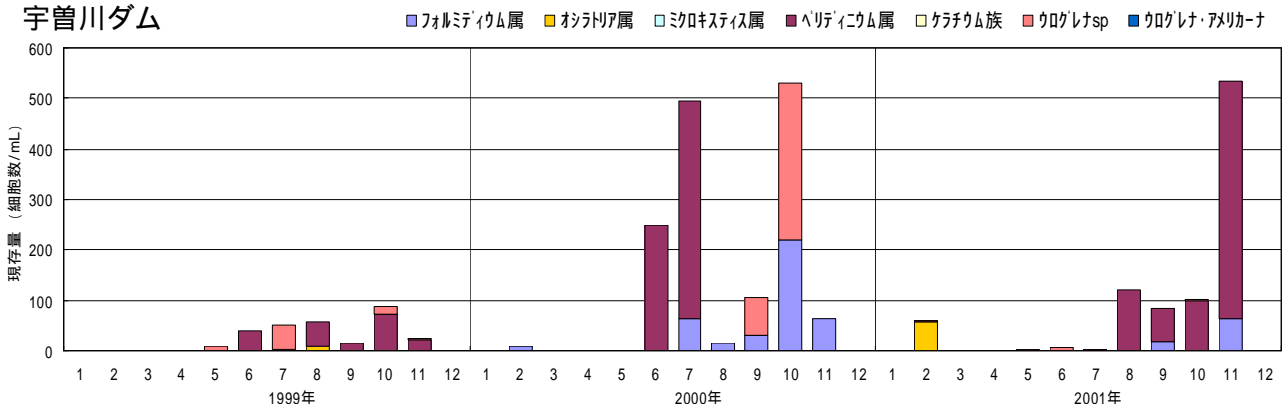
石田川ダム



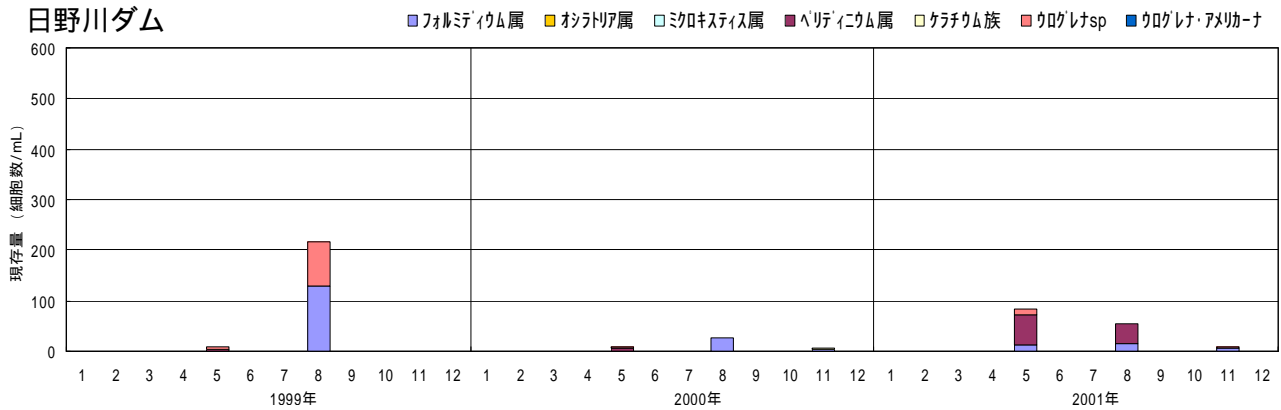
(データ出典：滋賀県)

図 2.4.22 各ダム貯水池における植物プランクトン現存量の調査結果 (その 2)

宇曽川ダム



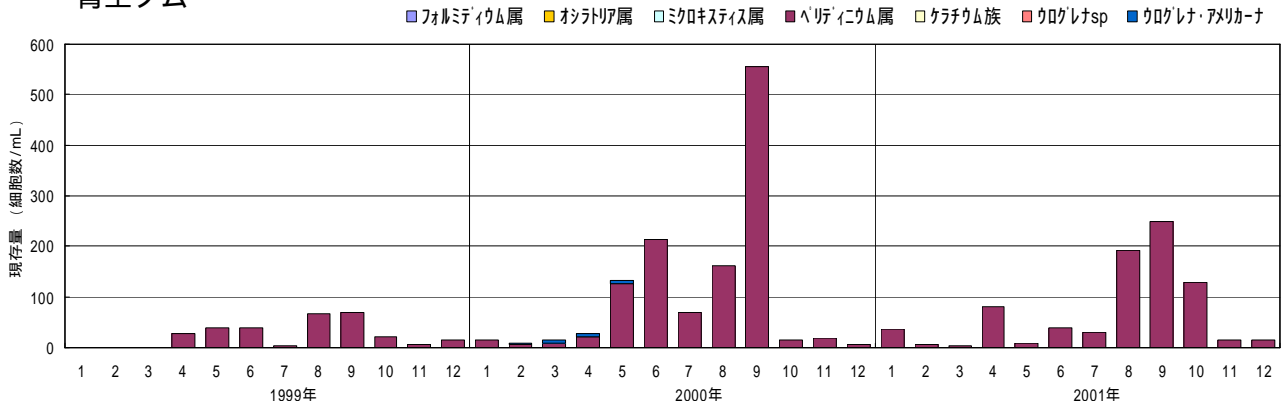
日野川ダム



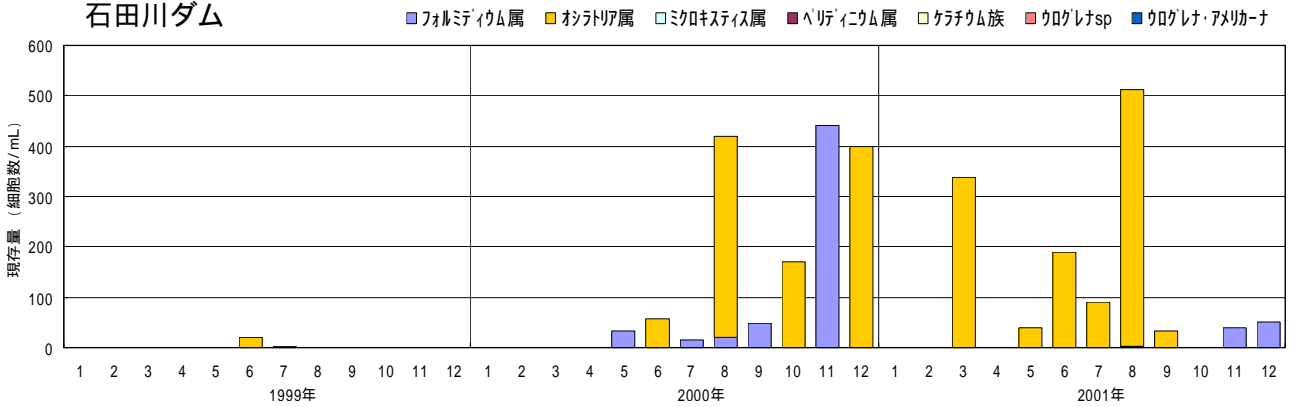
(データ出典：滋賀県)

図 2.4.23 アオコ・淡水赤潮の発生に関わる藻類の現存量の推移 (その 1)

青土ダム



石田川ダム



(データ出典：滋賀県)

図 2.4.24 アオコ・淡水赤潮の発生に関わる藻類の現存量の推移 (その 2)

(5) ダム放流に伴う下流河川および琵琶湖への影響

各ダムとダムが位置する河川の流末における水質調査結果をもとに、宇曽川ダム、日野川ダムおよび石田川ダムを例に取り、ダム流入点から下流水質調査地点までの水質縦断変化を図 2.4.26～2.4.28 に示した。

ダム流入点から下流水質調査地点までの水質縦断変化のまとめ

富栄養化が進行し藻類増殖が活発な日野川ダムについて、COD 濃度の縦断変化についてみると放流後、日野川中流部で濃度がやや低下している。下流では汚濁水流入の影響のためか濃度が上昇している。

栄養塩については、窒素、リンともにダム放流水の濃度が最も低く下流ほど濃度が上昇している。下流河川流量に占めるダム放流水の割合は 13%程度であり、COD 負荷量も同程度となっている。一方、窒素、リンについては、下流負荷量に占めるダム放流負荷の割合は 8%を下回っている。

宇曽川ダムにおいても、わずかではあるが内部生産の影響を受け流入 COD 濃度に比べ放流 COD 濃度が高くなっている。しかしながら下流流達負荷量に対する放流負荷の占める割合は 3%程度と小さくなっている。窒素、リンについては、宇曽川では、マクロ的に捉えると流入、放流の窒素、リン濃度に大きな差は認められないが、下流では支川等からの汚濁水の流入のためか日野川ダム同様に濃度が高くなっている。

石田川ダムでは、ダム流入地点から下流水質調査地点までの水質変化は、COD、窒素、リンともに小さく、わずかに増加する程度である。

全体としては、日野川ダムの COD を除き、ダム放流地点よりも下流の方が COD、窒素、リン濃度は高く、その程度はダム下流地点流域からの汚濁物の流入の程度によって異なるものとなっている。なお、日野川ダムの COD についてはマクロ的な縦断変化からは、ダムからの放流によって下流の濃度レベルを押し上げているようにみられることから、ダム放流水質と下流水質の経時変化より、変動に関連性があるかを確認する必要がある。

また、ダム放流による下流河川への影響を検討するため、各ダム放流水質と下流河川水質との関係を整理した結果を、図 2.4.29～2.4.32 に示した。さらに、琵琶湖における淡水赤潮、アオコの発生状況を P2-175 以降に整理した。

これらの資料をもとに、既設ダム放流が及ぼす下流河川および琵琶湖への影響について、以下にとりまとめる。

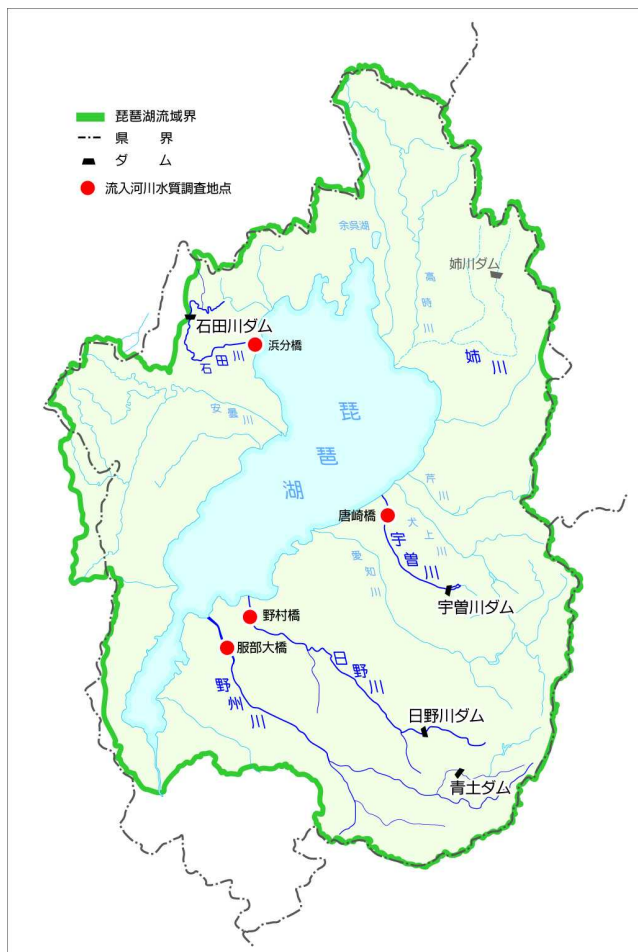


図 2.4.25 検討対象ダムと下流水質調査地点の関係

既設ダム貯水池が及ぼす下流河川および琵琶湖への影響のまとめ

対象とした 4 ダムのうち日野川ダムで富栄養化が進行し夏期に藻類が比較的活発に増殖しているがその種は珪藻類であり、アオコ等の水質障害を発生させるような藍藻類の現存はごくわずかである。Vollenweider モデル等により富栄養ではないと判定された宇曾川ダムおよび青土ダムでは淡水赤潮の原因となるペリディニウム属の現存が確認されたが、今回の調査によれば淡水赤潮を形成するような現存量にはいたっていない。

また、宇曾川ダムではウログレナ sp.の現存が確認されているが、量的には少ない。なお、ウログレナ sp.は琵琶湖の淡水赤潮の原因藻類であるウログレナ・アメリカーナと同属であるが、同種ではない。

石田川ダムでは、アオコの原因となるオシラトリア属の現存が確認されているが、 10^2 細胞数/mL 程度でありアオコを形成できるような現存量ではない。

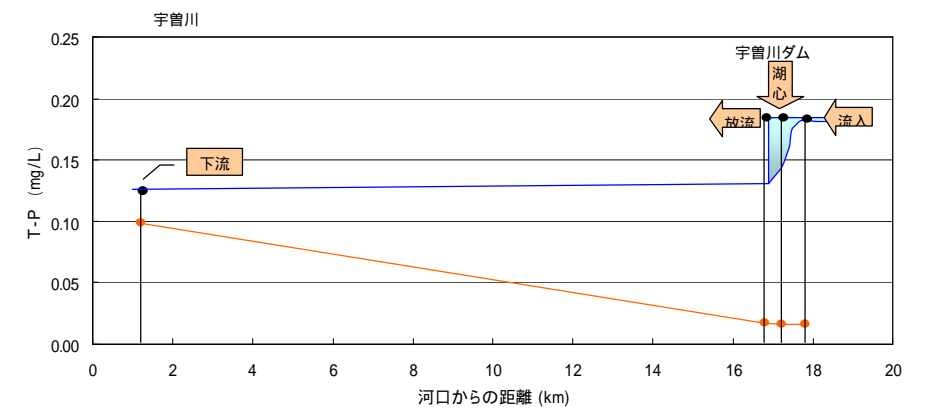
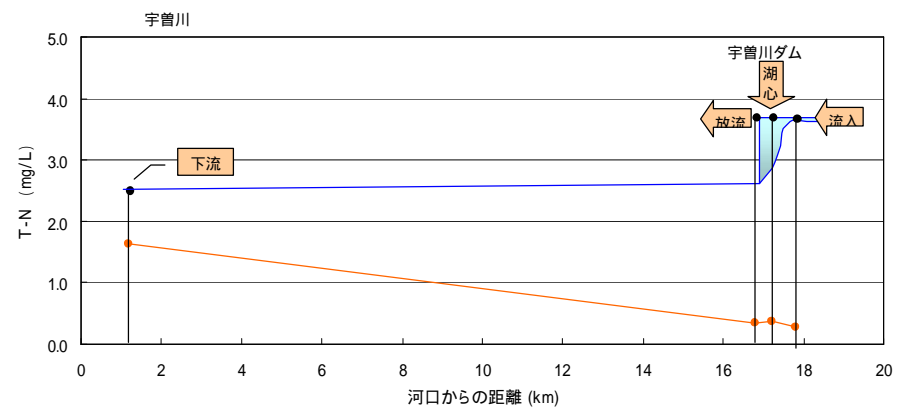
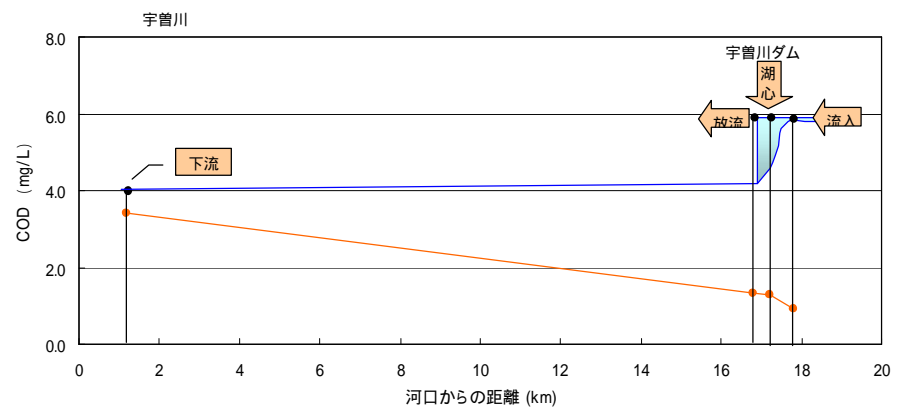
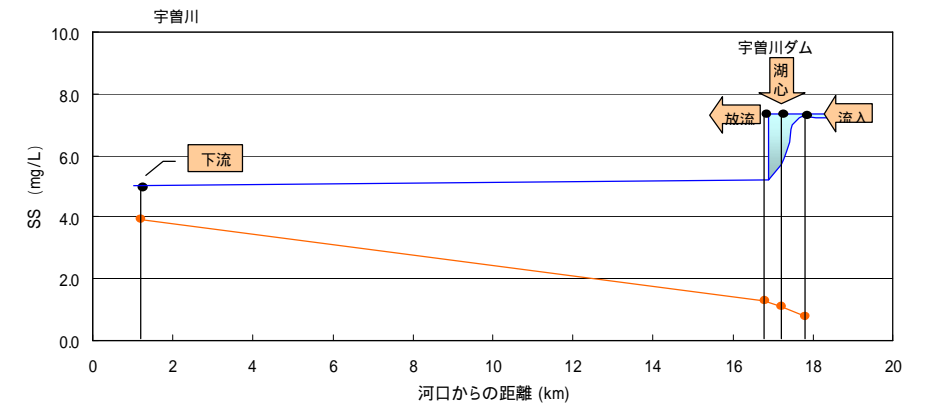
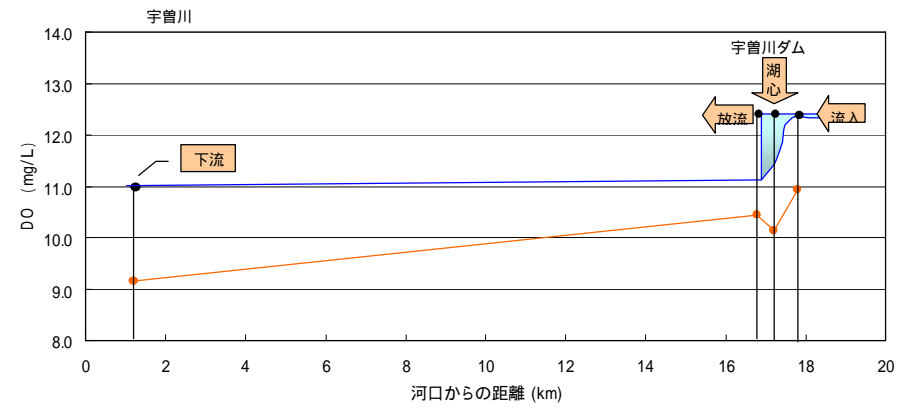
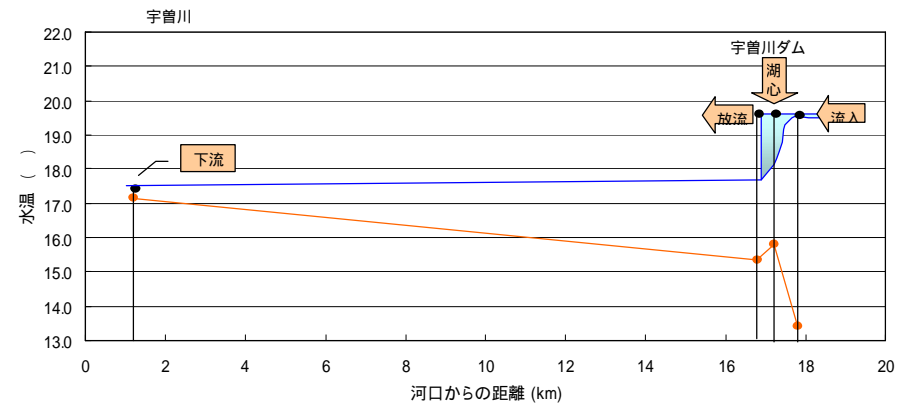
各ダムの放流水質と下流河川水質との関係をみると、有機物、栄養塩ともに各ダムとも両者に関連性は認められず、ダムからの放流によって水質が悪化するような状況は発生していないものと推察される。

上記のように、既存ダムでは淡水赤潮やアオコの原因となる藻類の存在が確認され、これらの藻類はダム放流によって下流河川に流出しているものと考えられるが、後述する他ダムの例にあるように、琵琶湖に到達する過程でダム由来の藻類は相当程度減少するものと考えられる。

P4-33 以降に琵琶湖におけるアオコ・淡水赤潮の発生状況を整理したが、各ダムの下流河川が流入する琵琶湖沿岸域ではこれまでアオコ、淡水赤潮の発生はない。また、北湖ではダムで確認された種による淡水赤潮・アオコの発生はない。(オシラトリア属によるアオコは南湖で発生している。)

以上のことから、既存ダムとりわけ富栄養化したダムからの貯水池水の放流によって、琵琶湖の水質が悪化する、淡水赤潮・アオコが発生するといった現象の発生は生じていないものと推察される。

濃度で整理した場合 (1999~2003 年平均値)



流量および負荷量で整理した場合 (1999~2003 年平均値)

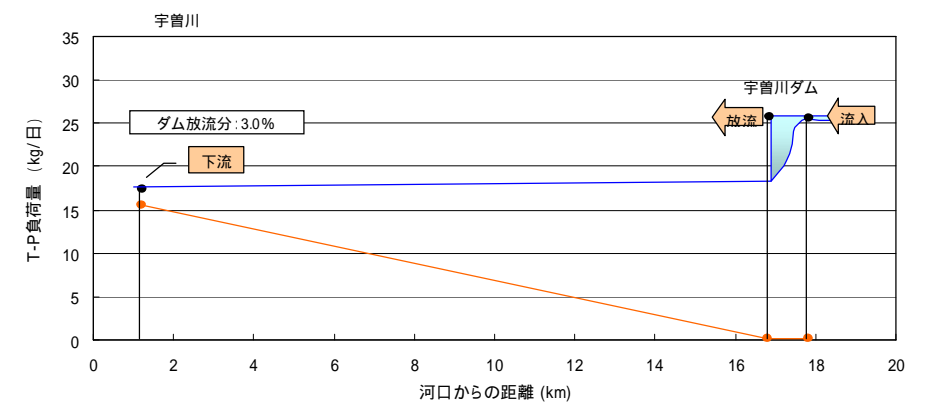
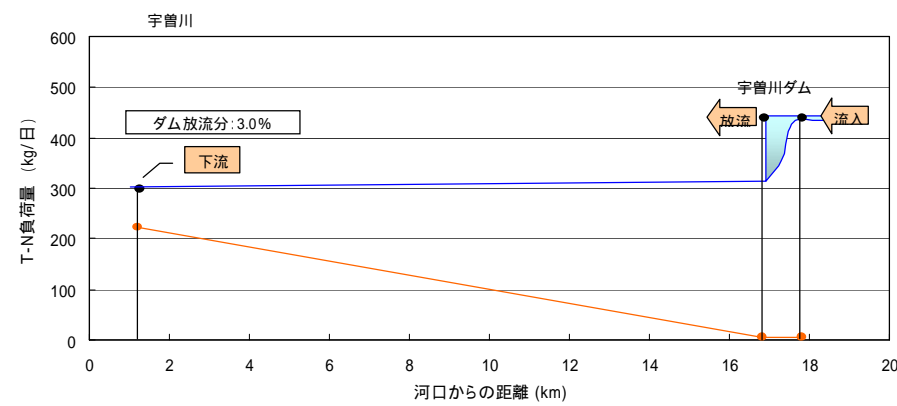
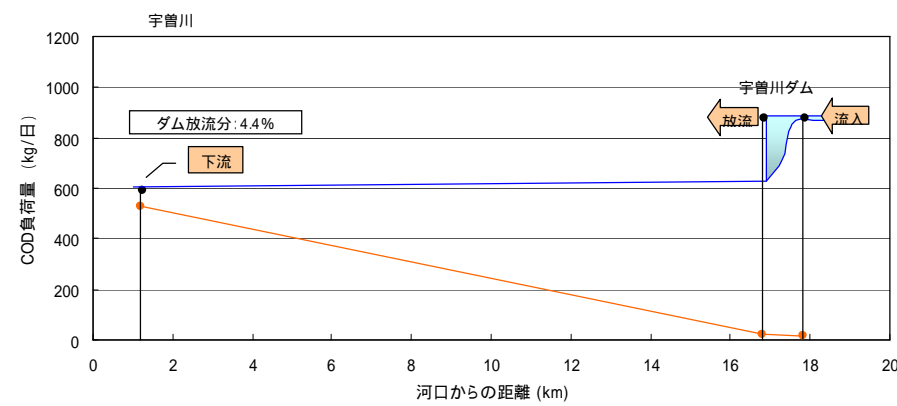
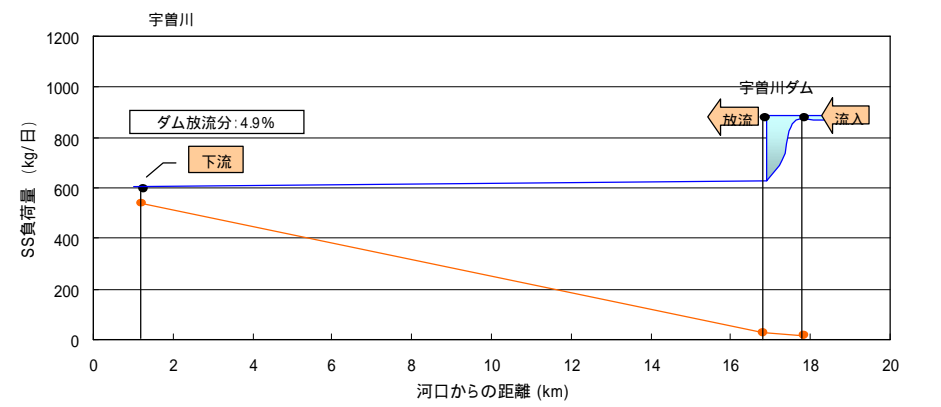
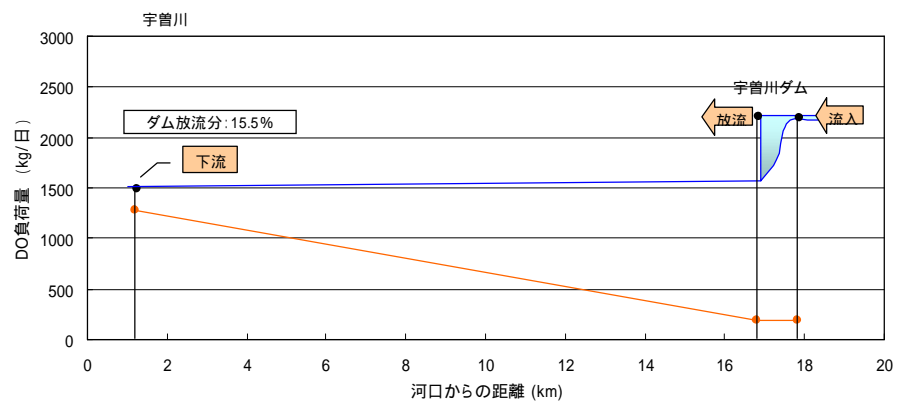
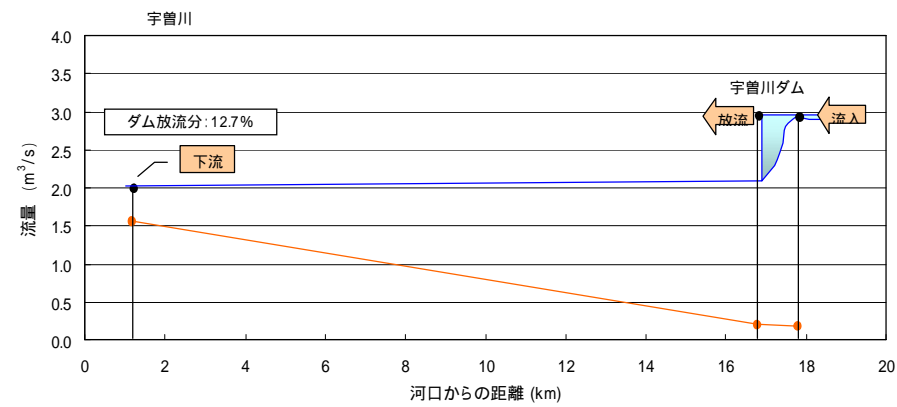
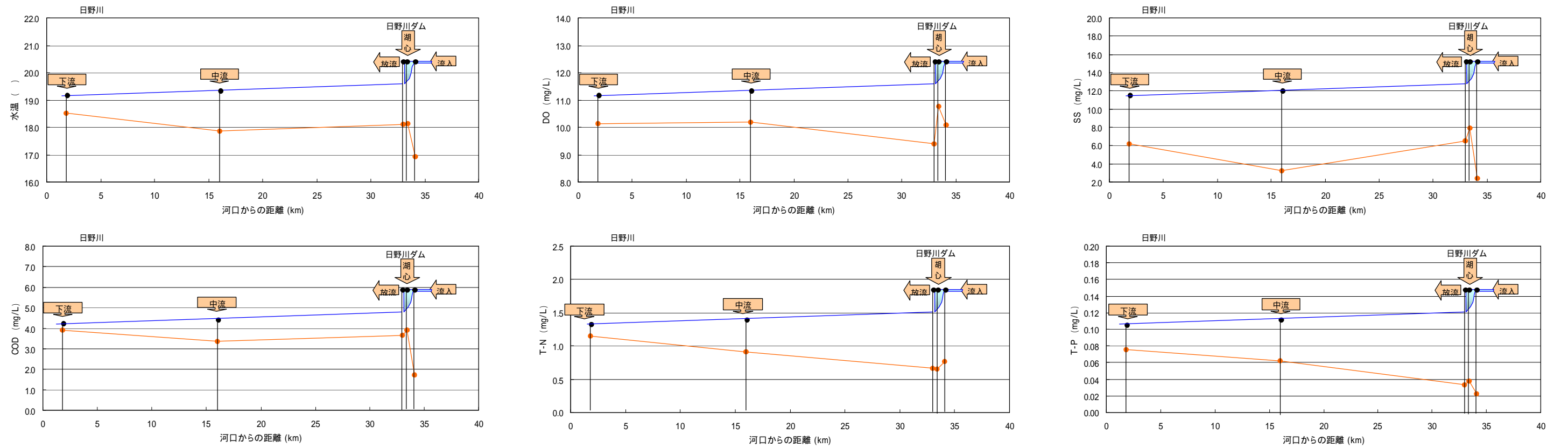


図 2.4.26 宇曾川ダムおよび下流におけるマクロ的水質縦断変化

(データ出典: 滋賀県)

濃度で整理した場合 (1999~2003 年平均値)



流量および負荷量で整理した場合 (1999~2003 年平均値)

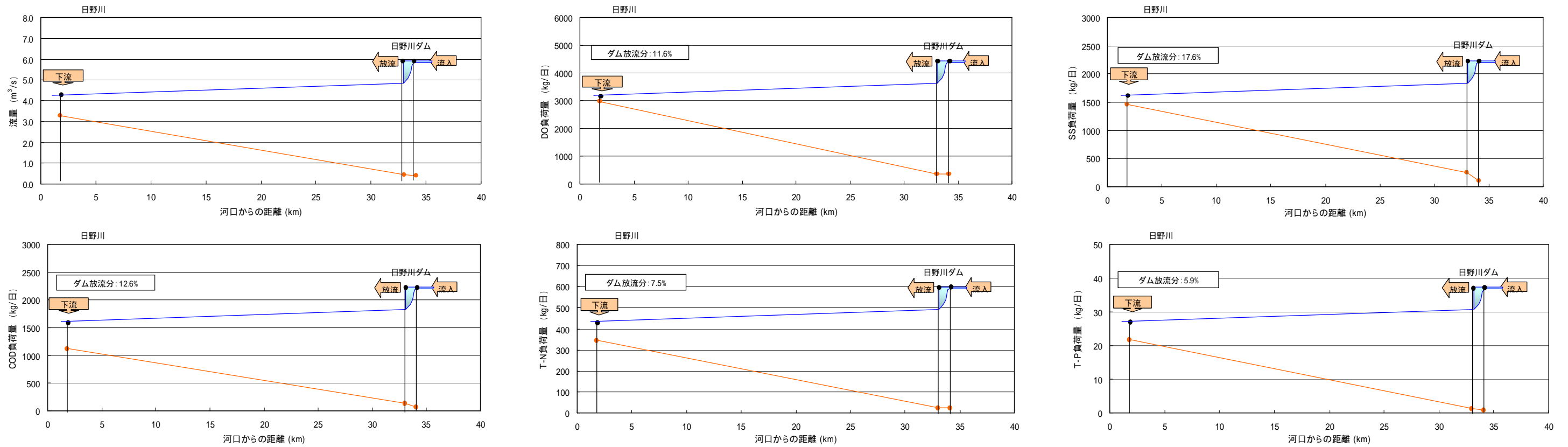
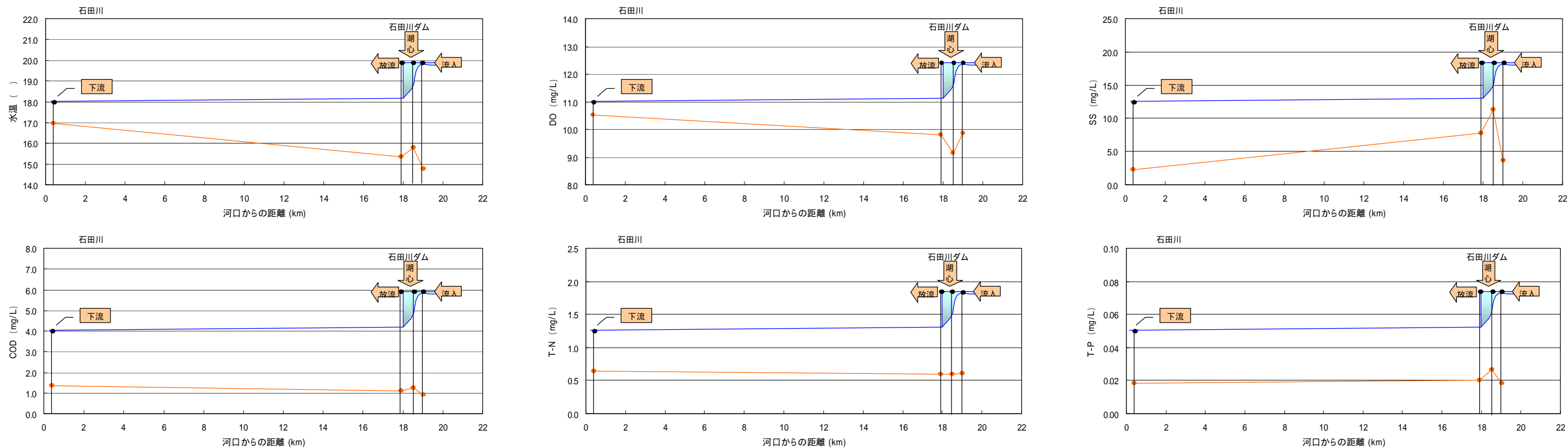


図 2.4.27 日野川ダムおよび下流におけるマクロ的水質縦断変化

(データ出典: 滋賀県)

濃度で整理した場合 (1999~2003 年平均値)



流量および負荷量で整理した場合 (1999~2003 年平均値)

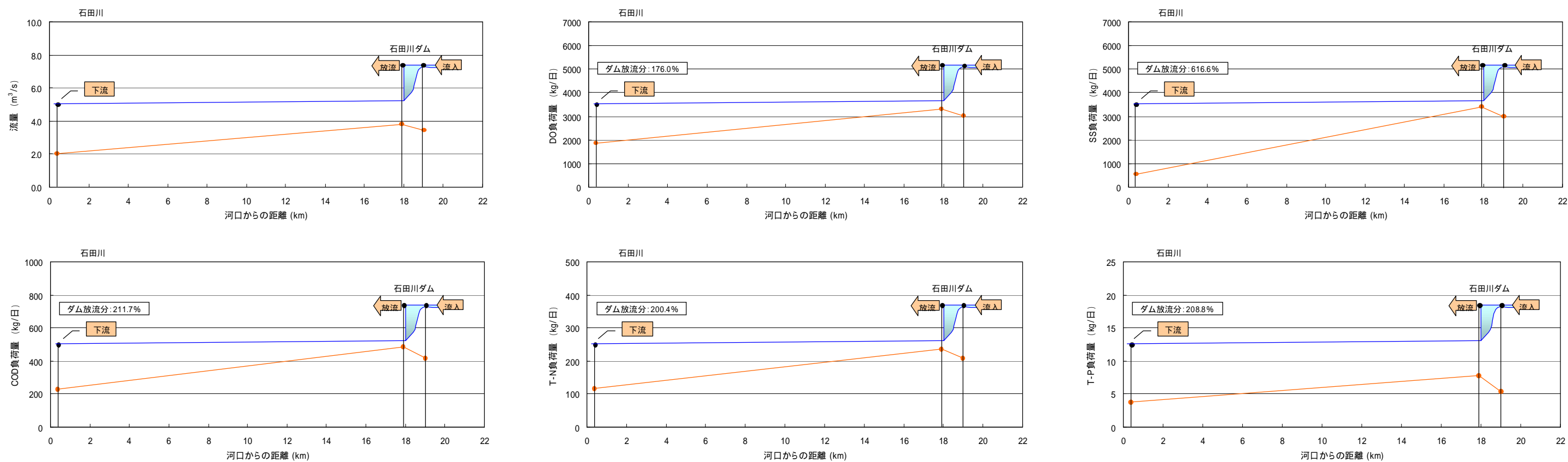
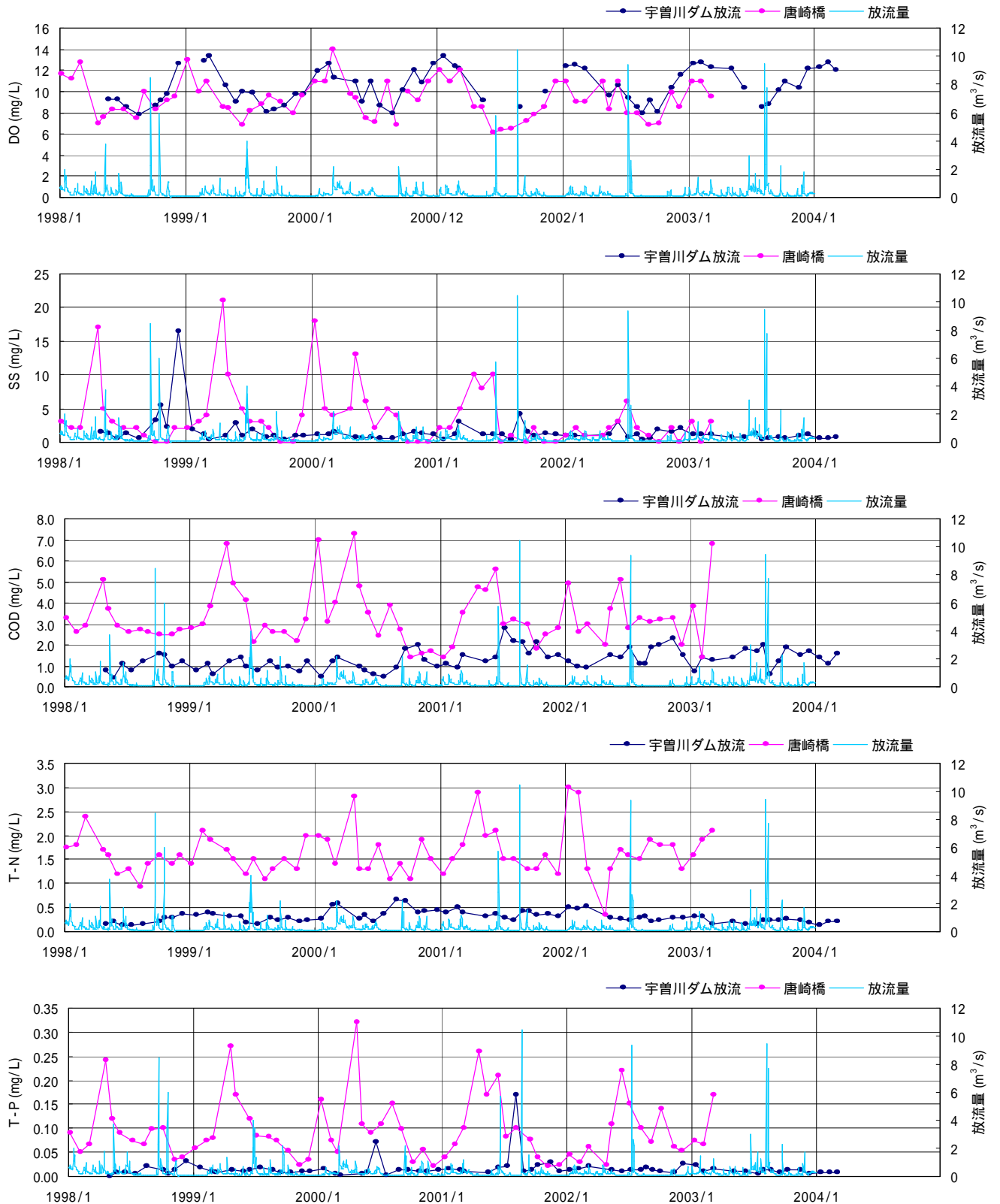


図 2.4.28 石田川ダムおよび下流におけるマクロ的水質縦断変化

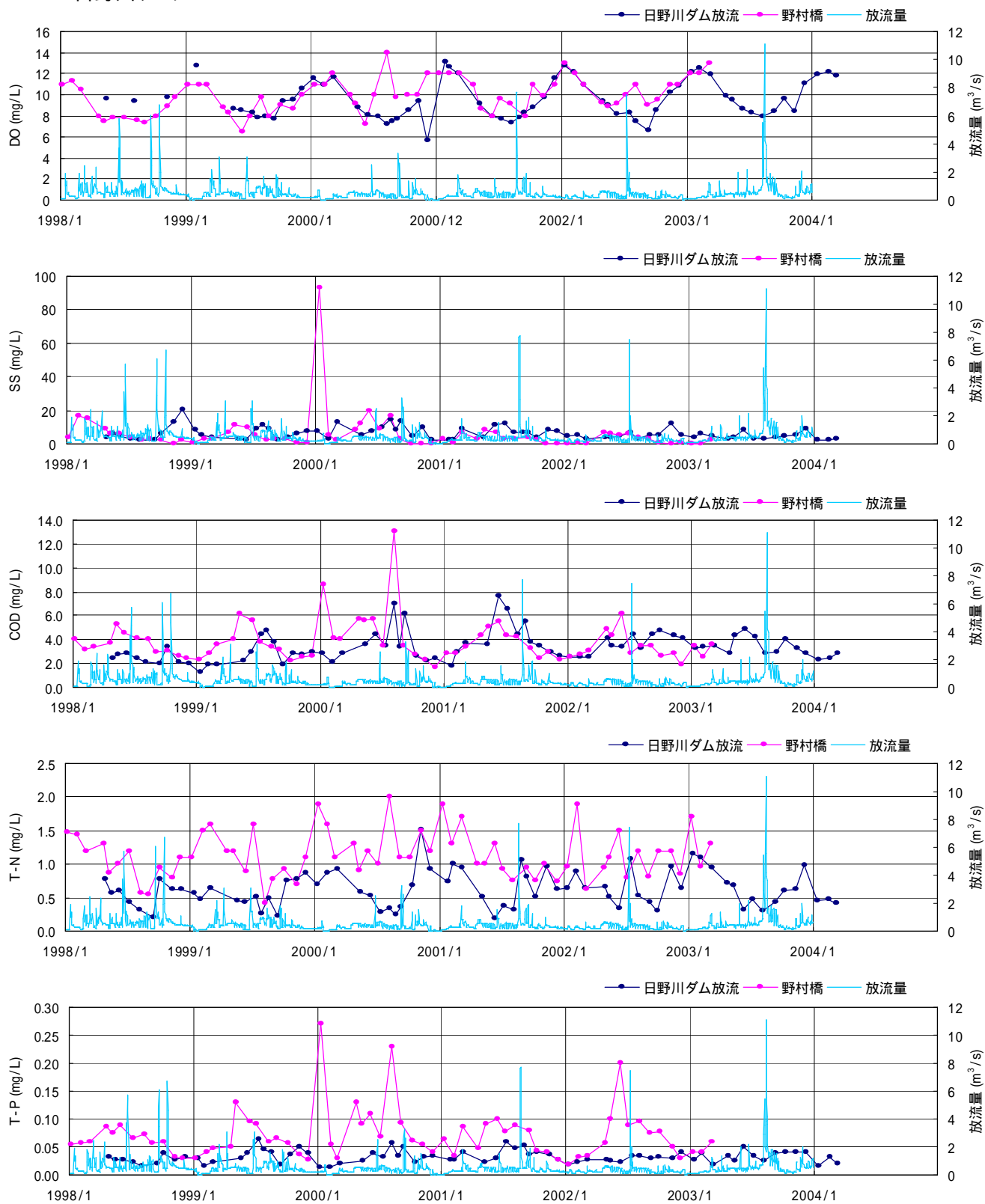
宇曾川ダム



(データ出典：滋賀県)

図 2.4.29 既設ダム放流水質と下流河川水質の関係 (その 1)

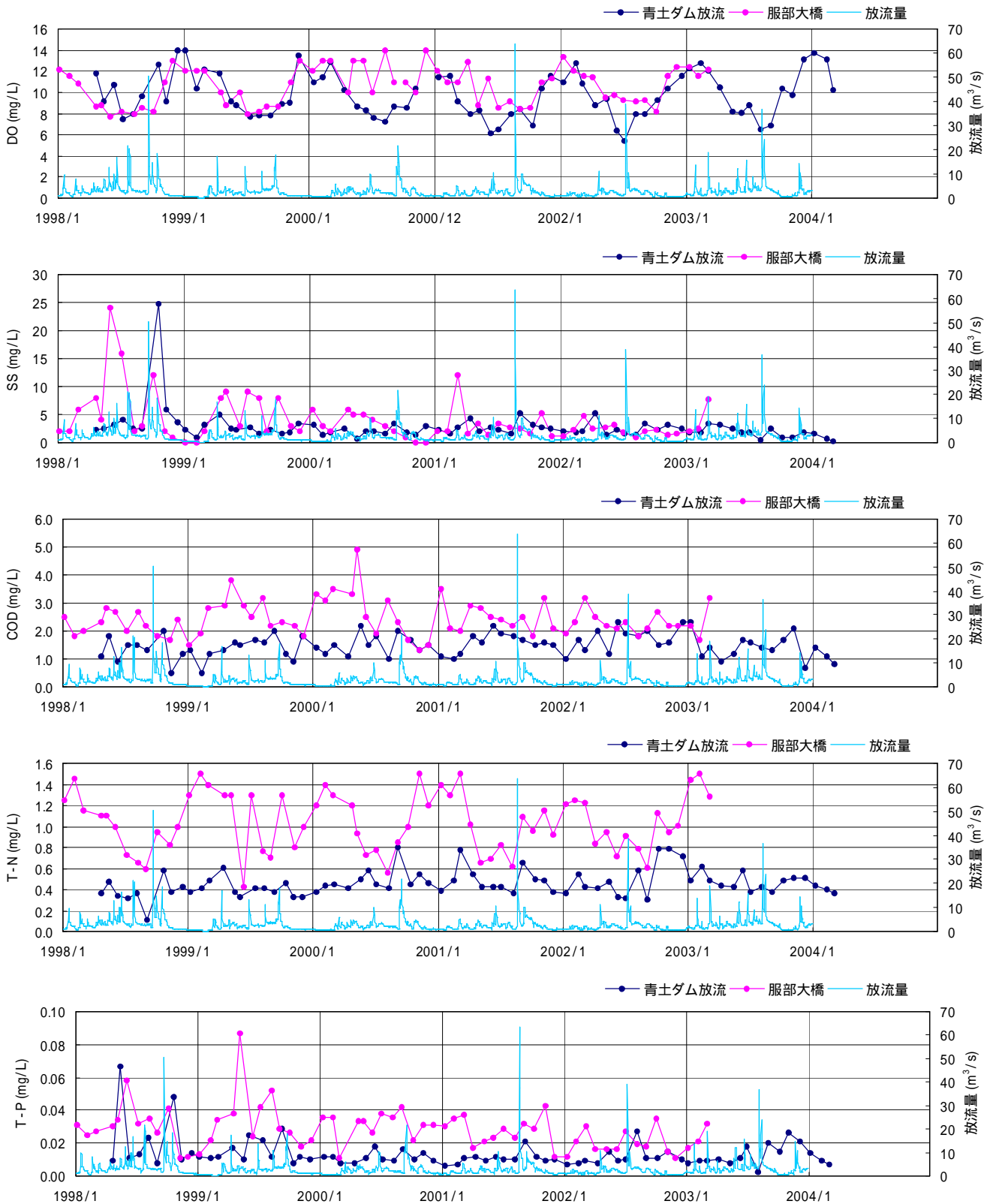
日野川ダム



(データ出典：滋賀県)

図 2.4.30 既設ダム放流水質と下流河川水質の関係 (その2)

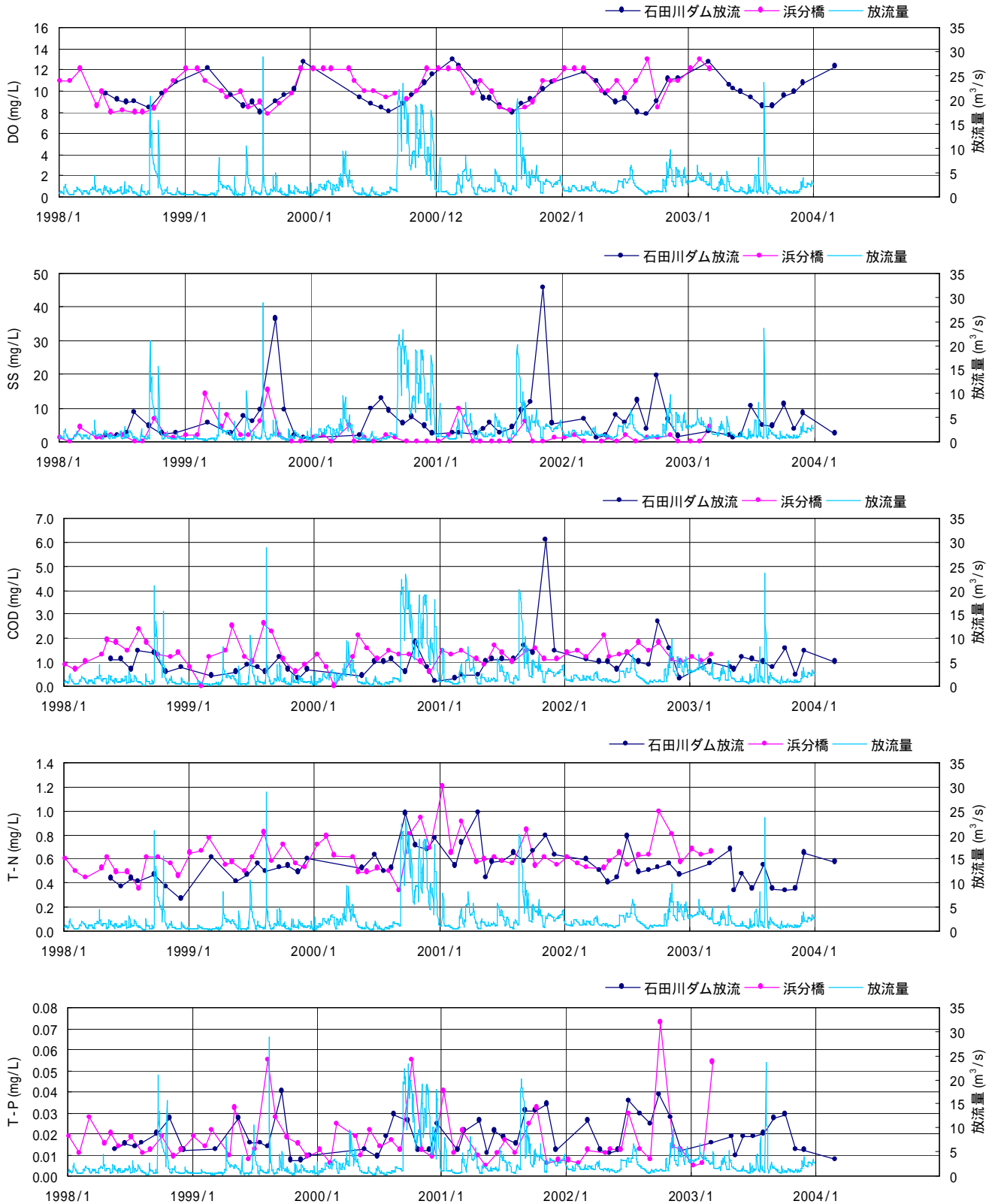
青土ダム



(データ出典：滋賀県)

図 2.4.31 既設ダム放流水質と下流河川水質の関係 (その3)

石田川ダム



(データ出典：滋賀県)

図 2.4.32 既設ダム放流水質と下流河川水質の関係 (その 4)

琵琶湖におけるアオコ・淡水赤潮の発生等に関するまとめ

北湖安曇川沖中央地点表層における植物プランクトン調査結果によると、1997年以前では現存量が15,000細胞数/mLを上回ることにはなかったが、1998年では夏期を中心に藍藻類の *Aphanothece clathrata* が優占的になりピーク時では10万細胞数/mLを上回っている。また、2000年においても7月に藍藻類の *Aphanothece clathrata* が、10月には緑藻類の *Coelastrum cambricum* が優占的になり3万細胞数/mLを上回る状況となっている。

同地点では、アオコの原因となるミカヅキ属やダム貯水池で淡水赤潮の原因となるペリディウム属の存在が確認されているが、その量は極めて少ない。

北湖におけるアオコの発生状況については、平成6年夏期に閉鎖性の強い長浜港や南浜港で初めて確認され、この時の原因藻類はミカヅキ属であった。

その後も閉鎖性の強い水域で散発的にアオコが発生しており、ほとんどの場合ミカヅキ属が異常増殖している。なお、これまでの調査結果によるかぎり姉川が流入する沿岸域を含め、北湖の沿岸域で南湖のような大規模なアオコが発生する現象は確認されていない。

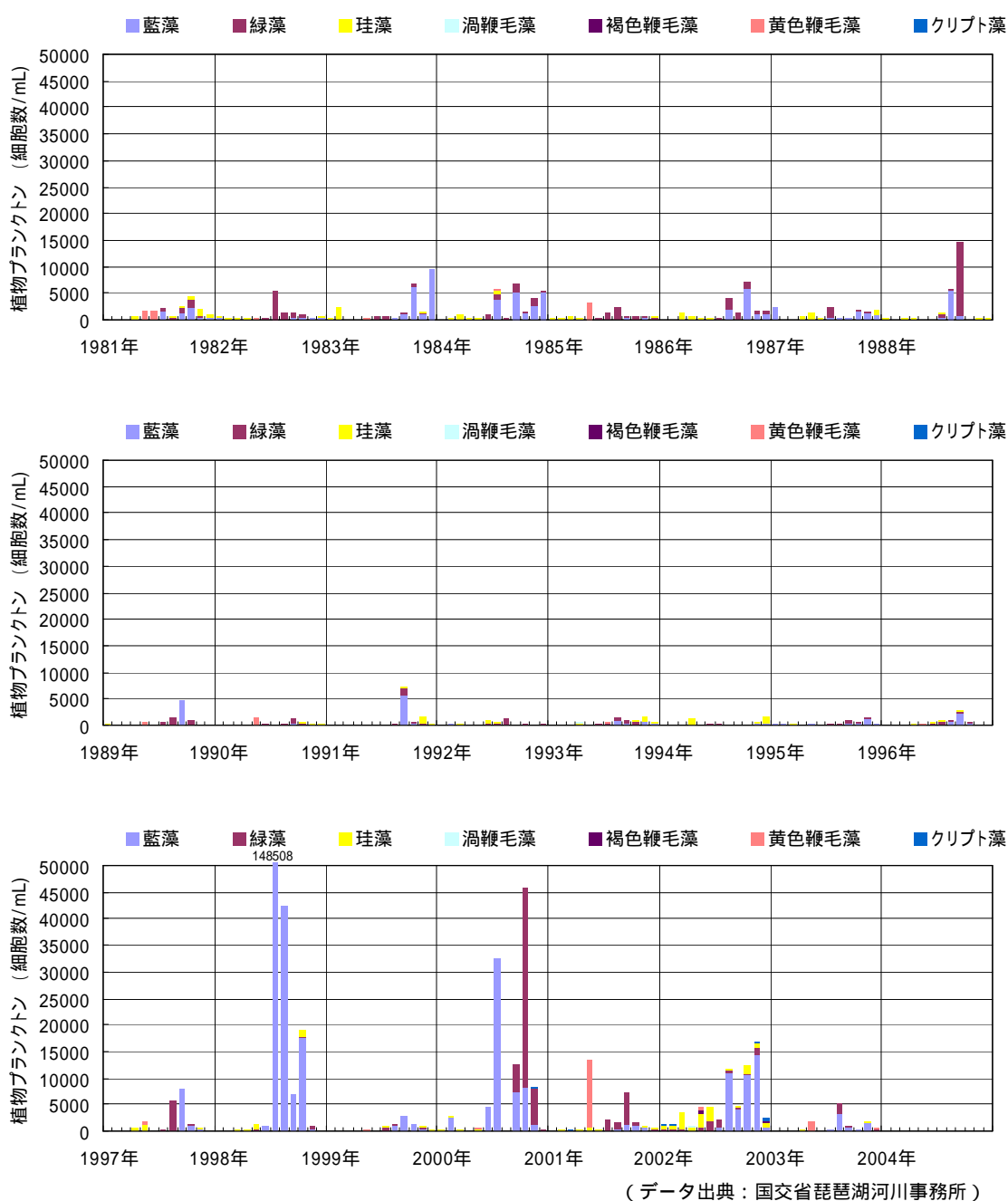


図 2.4.33 北湖安曇川沖中央地点における植物プランクトン現存量の推移 (表層)

淡水赤潮については、滋賀県の調査結果によると長浜沖でもウグケ・アメリカナが現存することが確認されているが、東岸域で淡水赤潮が発生することは稀であり、これまで姉川が流入するエリアも含め北湖北東岸域での淡水赤潮の発生は確認されていない。
 なお、琵琶湖の淡水赤潮は黄色鞭毛藻類のウグケ・アメリカナによるものであり、ペリディニウム属やケラチウム属などの渦鞭毛藻類による淡水赤潮の発生は確認されていない。

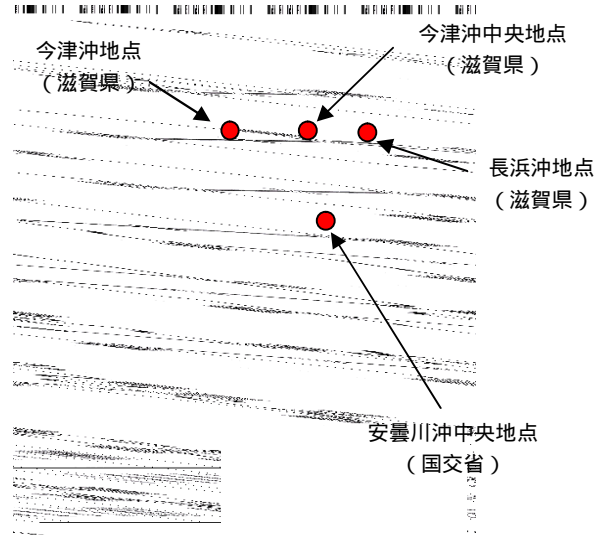


図 2.4.34 北湖植物プランクトン定期調査地点

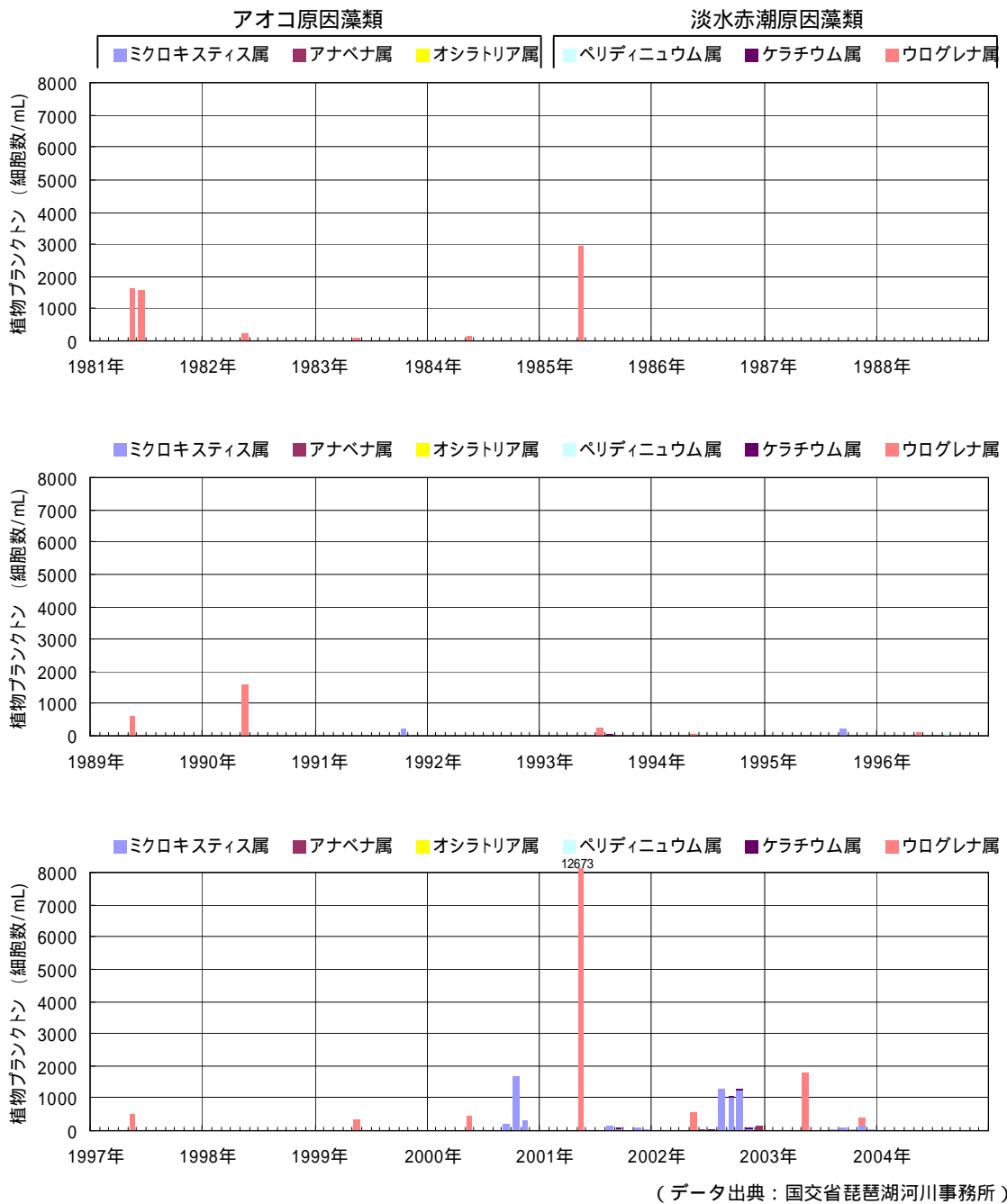
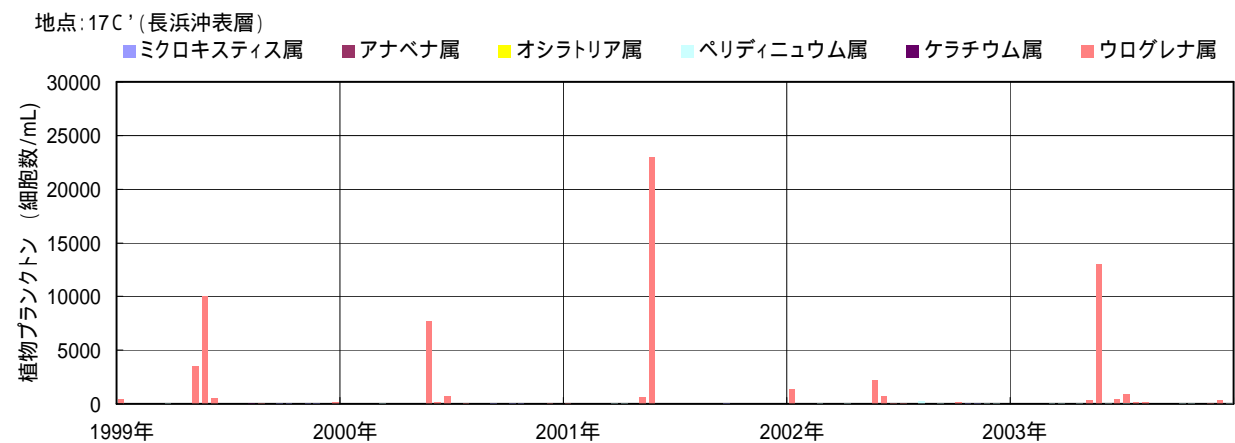
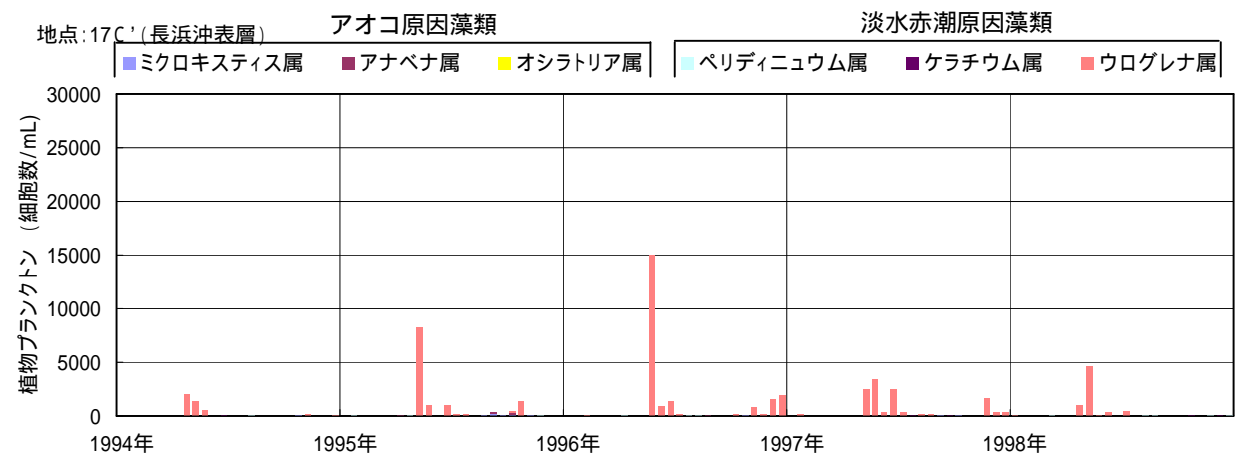
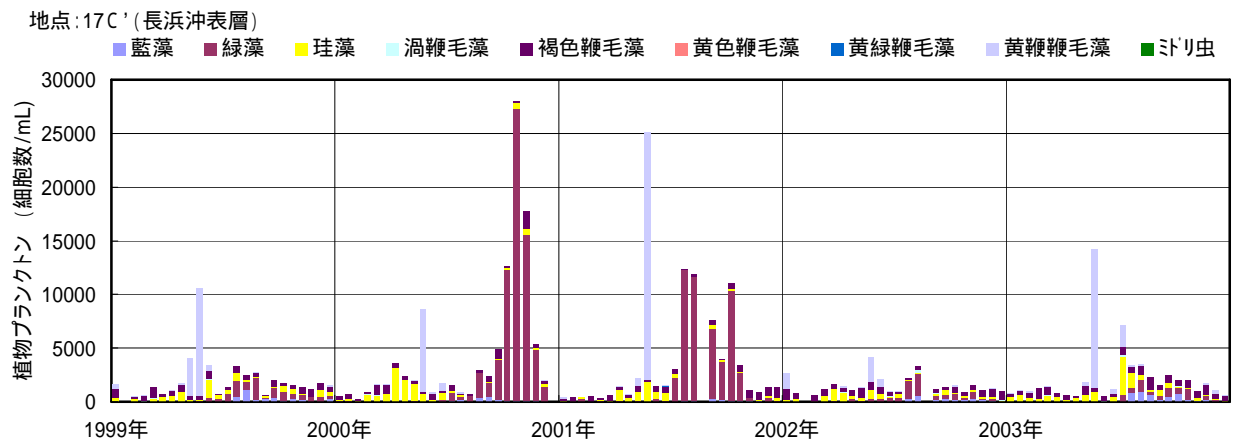
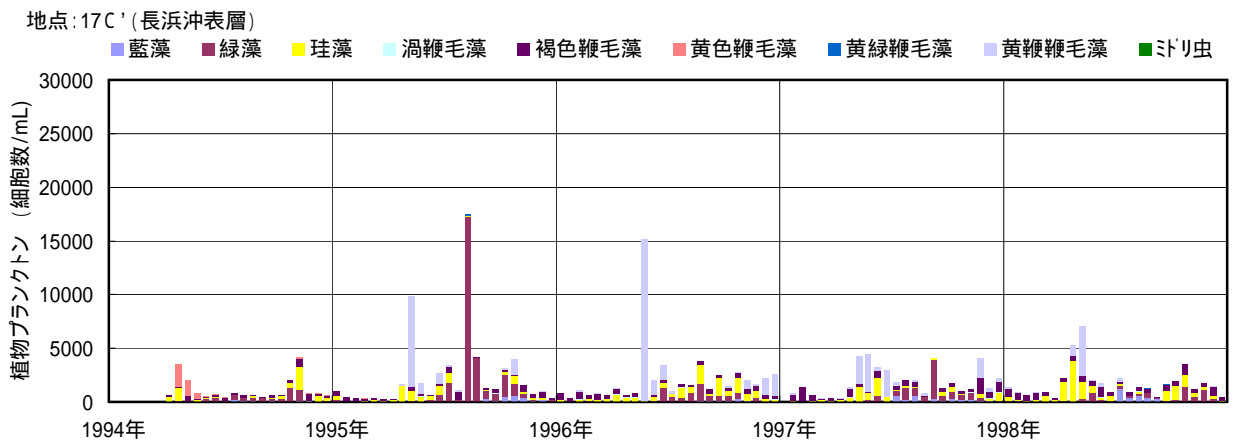
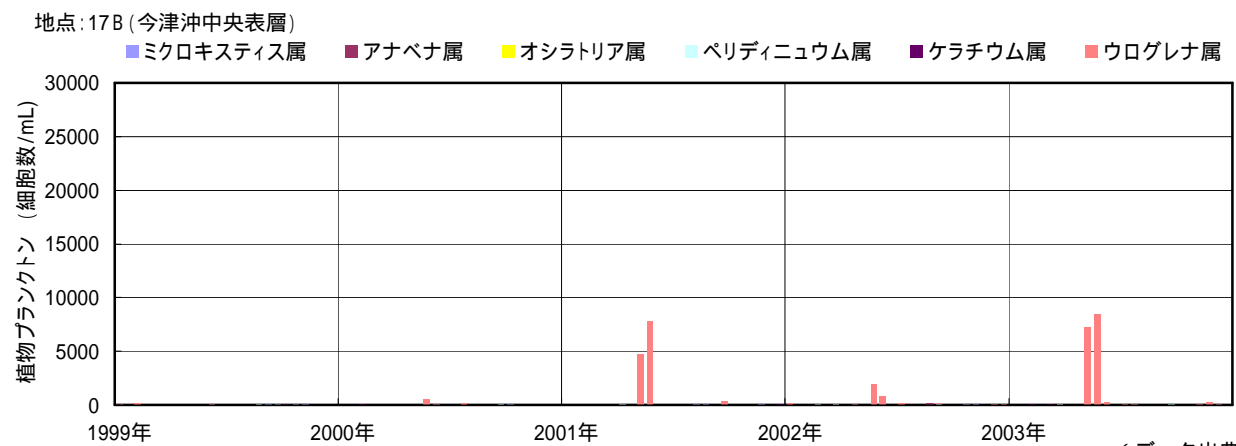
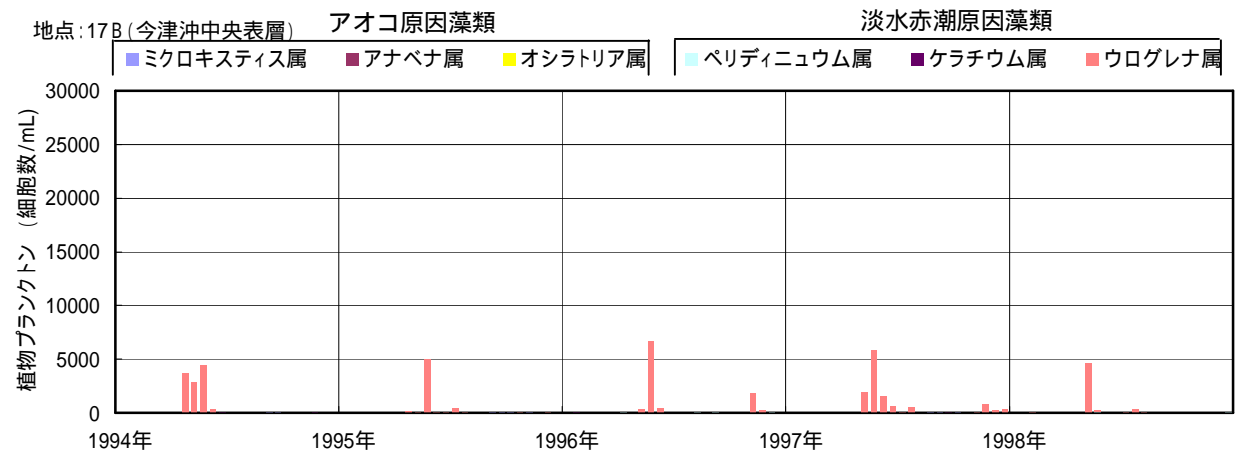
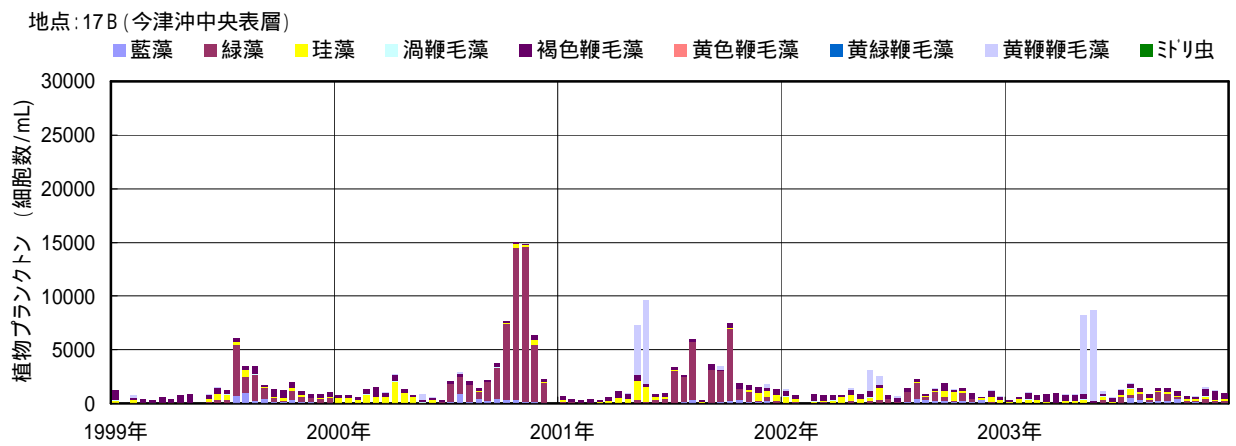
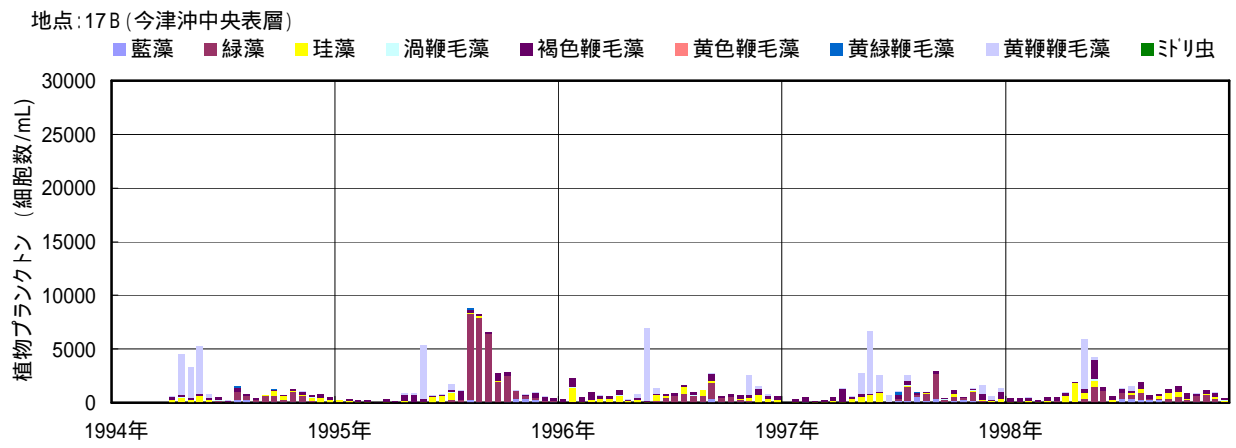


図 2.4.35 北湖安曇川沖中央地点におけるアオコおよび淡水赤潮の原因となる種の現存量の推移 (表層)



(データ出典:滋賀県)

図 2.4.36 北湖長浜沖地点における植物プランクトン現存量の推移 (表層)



(データ出典: 滋賀県)

図 2.4.37 北湖今津沖中央地点における植物プランクトン現存量の推移(表層)

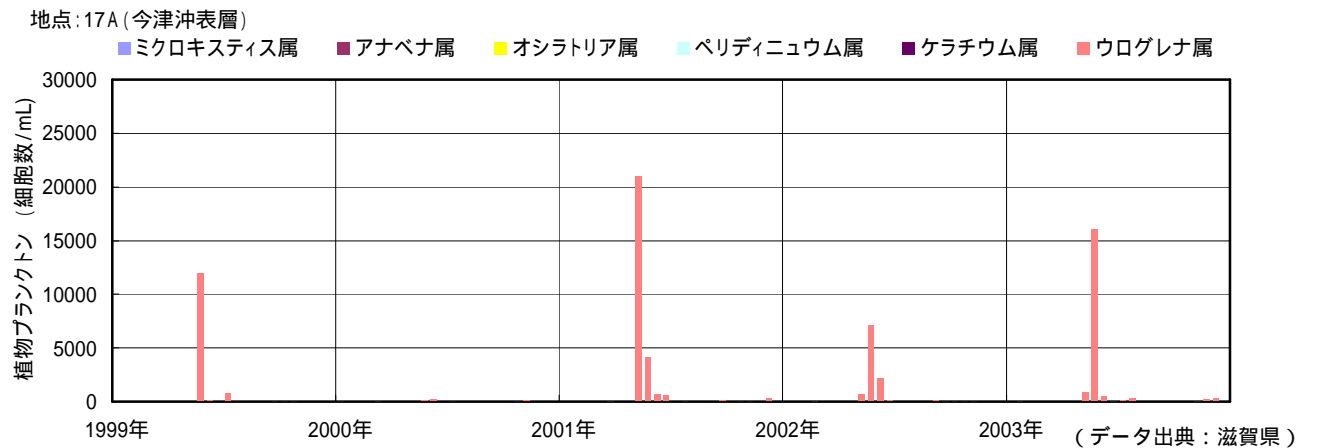
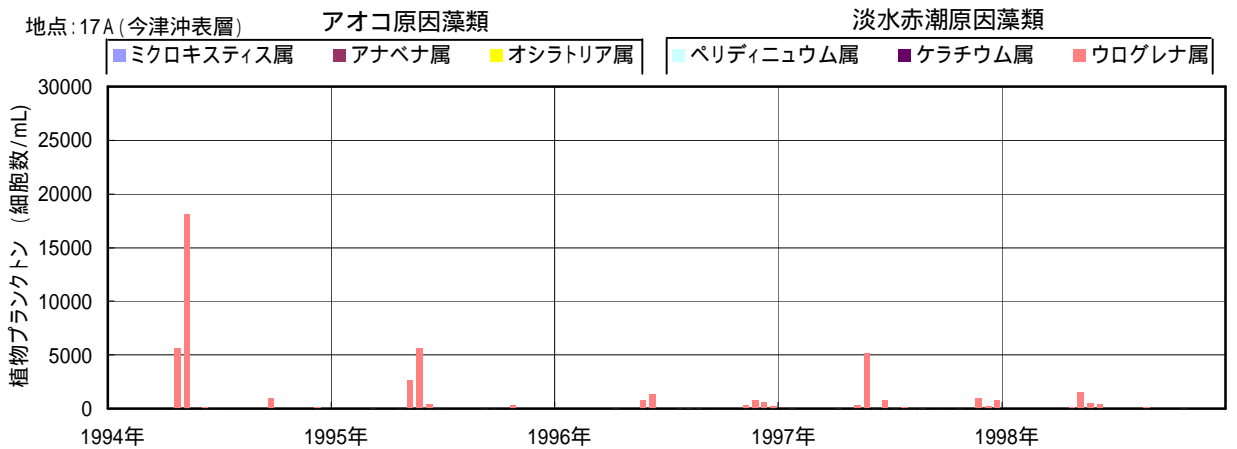
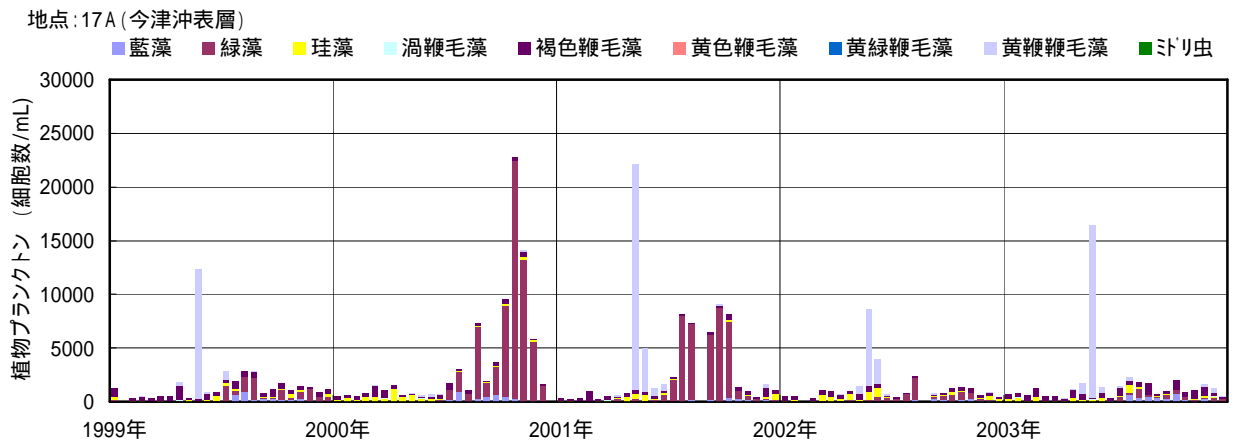
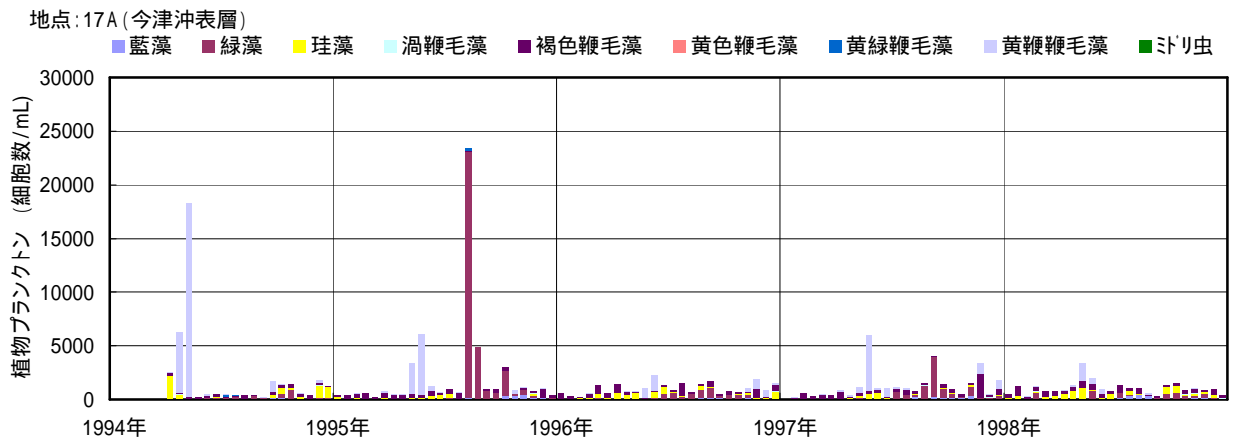
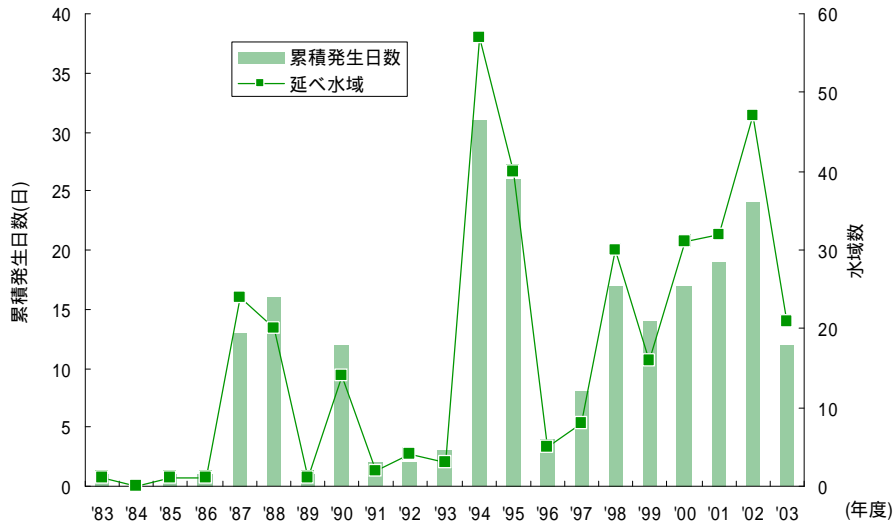
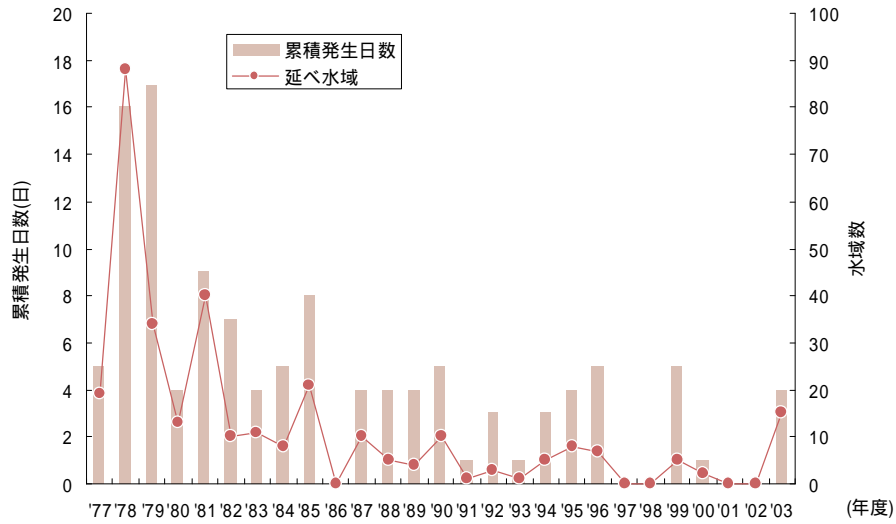


図 2.4.38 北湖今津沖地点における植物プランクトン現存量の推移 (表層)



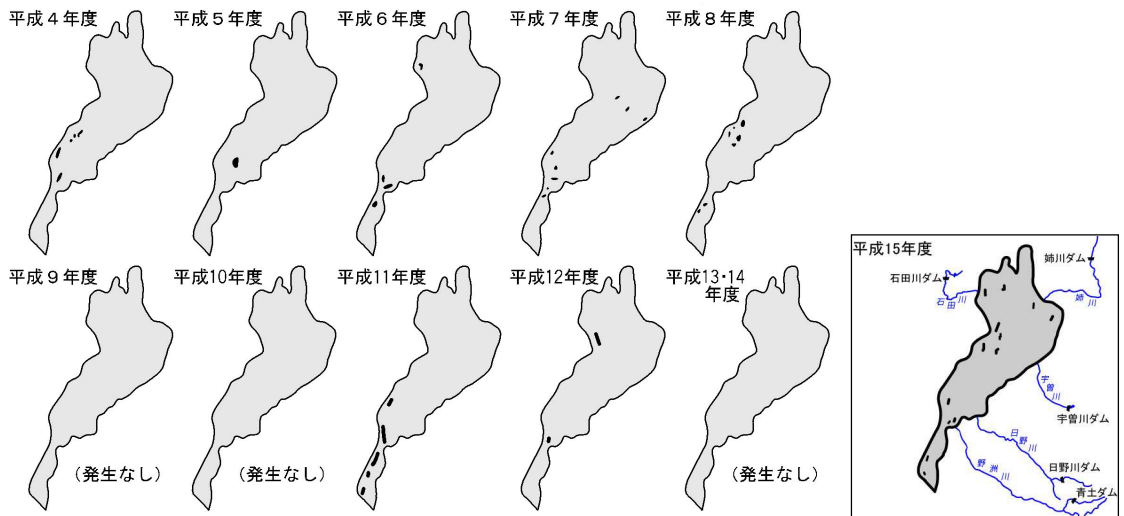
(データ出典：滋賀県環境白書)

図 2.4.39 琵琶湖におけるアオコ発生状況



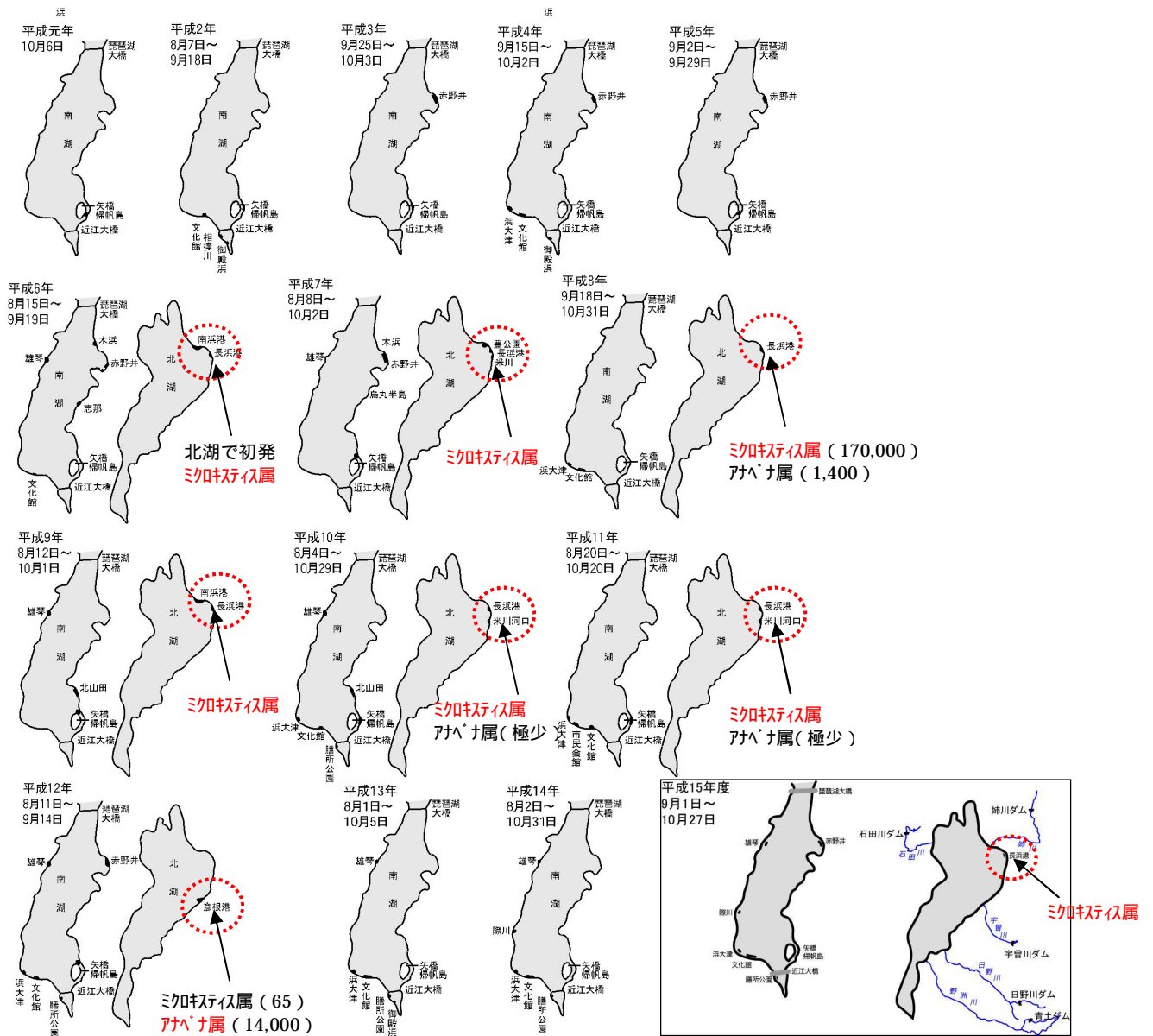
(データ出典：環境白書、滋賀県)

図 2.4.40 琵琶湖における淡水赤潮の発生状況



(出典：環境白書、滋賀県)

図 2.4.41 琵琶湖における淡水赤潮の発生場所の推移



(データ出典：環境白書、滋賀県)

図 2.4.42 琵琶湖におけるアオコ発生水域と原因藻類

表 2.4.8 琵琶湖における淡水赤潮の発生状況

年度	月日																														累積発生日 発生水域 日数	延べ 水域 日数								
	4	5						6						7						8						9														
昭和52年																																				1	水城	19		
53年																																					9	水城	88	
54年																																					21	水城	34	
55年																																					20	水城	13	
56年																																					15	水城	40	
57年																																					8	水城	10	
58年																																					8	水城	11	
59年																																					5	水城	8	
60年																																					10	水城	21	
61年																																					0	水城	0	
62年																																					4	水城	10	
63年																																					7	水城	5	
平成元年																																					3	水城	4	
2年																																					4	水城	10	
3年																																					10	水城	1	
4年																																					1	水城	3	
5年																																					3	水城	1	
6年																																						5	水城	5
7年																																						8	水城	8
8年																																						5	水城	7
9年																																						7	水城	0
10年																																						0	水城	0
11年																																						5	水城	5
12年																																						5	水城	2
13年																																						2	水城	0
14年																																						0	水城	0
15年																																						4	水城	15

(出典：環境白書、滋賀県)

表 2.4.9 琵琶湖におけるアオコの発生状況

年度	月日																														累積発生日 発生水域 日数	延べ 水域 日数																		
	8	9						10						11						12																														
昭和58年																																						1	水城	1										
59年																																							0	水城	0									
60年																																							1	水城	1									
61年																																							1	水城	1									
62年																																								13	水城	24								
63年																																								8	水城	20								
平成元年																																								16	水城	1								
2年																																									4	水城	1							
3年																																									1	水城	14							
4年																																									12	水城	14							
5年																																									5	水城	2							
6年																																										2	水城	2						
7年																																											8	水城	40					
8年																																										26	水城	4						
9年																																											7	水城	5					
10年																																												4	水城	1				
11年																																												1	水城	1				
12年																																												1	水城	3				
13年																																														3	水城	57		
14年																																														31	水城	30		
15年																																																17	水城	47

(出典：環境白書、滋賀県)

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

ここでは、丹生ダム近傍に位置する、最近運用が開始された姉川ダムをとりあげ、水質の概要について整理するとともに、下流河川ならびに琵琶湖への影響について検討を行う。

姉川ダムは、洪水調節、河川維持用水の確保のため姉川の上流に建設された治水ダムである。昭和46年度から予備調査を始め、平成6年度にダム本体工事を着手し、平成12年5月に堤体打設が完了した。平成13年秋から試験湛水を始め、平成15年3月には完成したダムである。管理運用については、平成14年4月から開始している。表2.5.1には姉川ダムの諸元を、図2.5.2には容量配分図を示した。

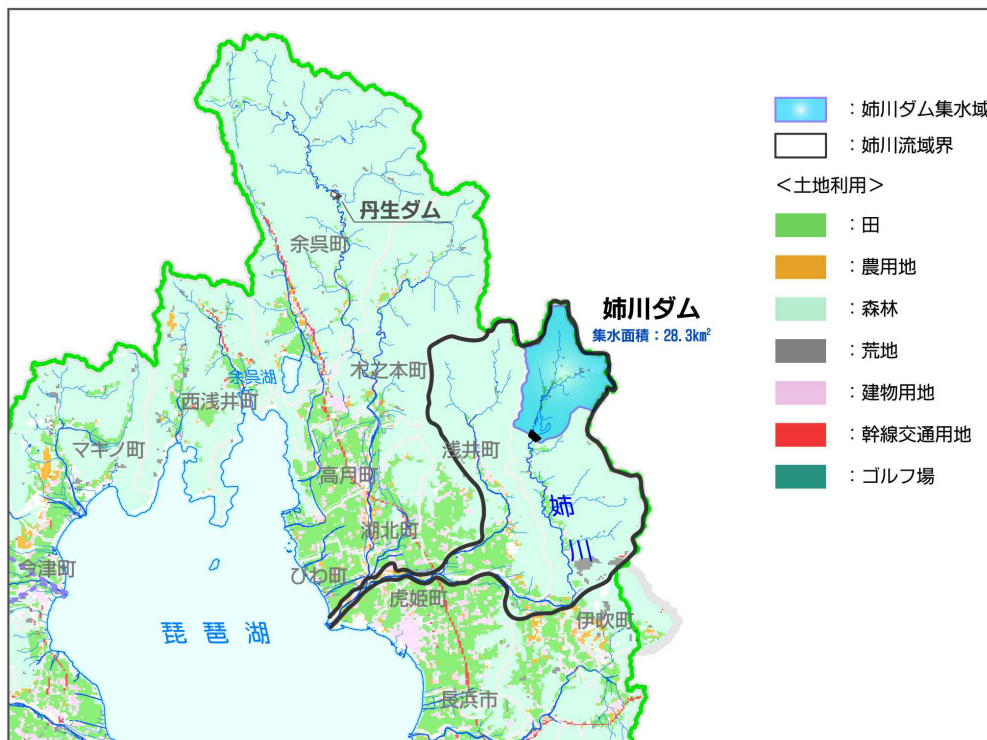


図 2.5.1 姉川ダム流域図

表 2.5.1 姉川ダム諸元

項目	内容	
型式	重力式コンクリート	
目的	F, N	
管理者	滋賀県	
竣工	平成15年3月	
集水面積 (km ²)	28.3	
湛水面積 (km ²)	0.33	
堤高 (m)	80.5	
堤頂長 (m)	225.0	
堤体積 (m ³)	307,500	
放流設備	常用洪水吐	ゲートレスオリフィス
	非常用洪水吐	クレスト自由越流
堤頂高 (EL.m)	450.5	
サーチャージ水位 (EL.m)	446.7	
常時満水位 (EL.m)	427.4	
制限水位 (EL.m)	-	
総貯水容量 (千m ³)	7,600	
有効貯水容量 (千m ³)	6,500	

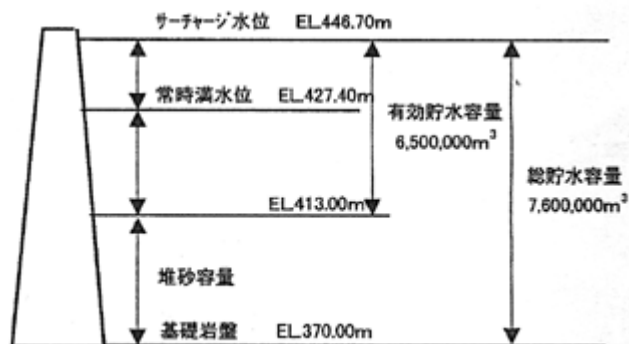


図 2.5.2 姉川ダム貯水池容量配分図

姉川ダム貯水池においては、図 2.5.3 に示すように、藻類増殖の抑制としての浅層循環施設および深層部の貧酸素化抑制のための深層曝気が設置され、平成 14 年 8 月より稼動している。

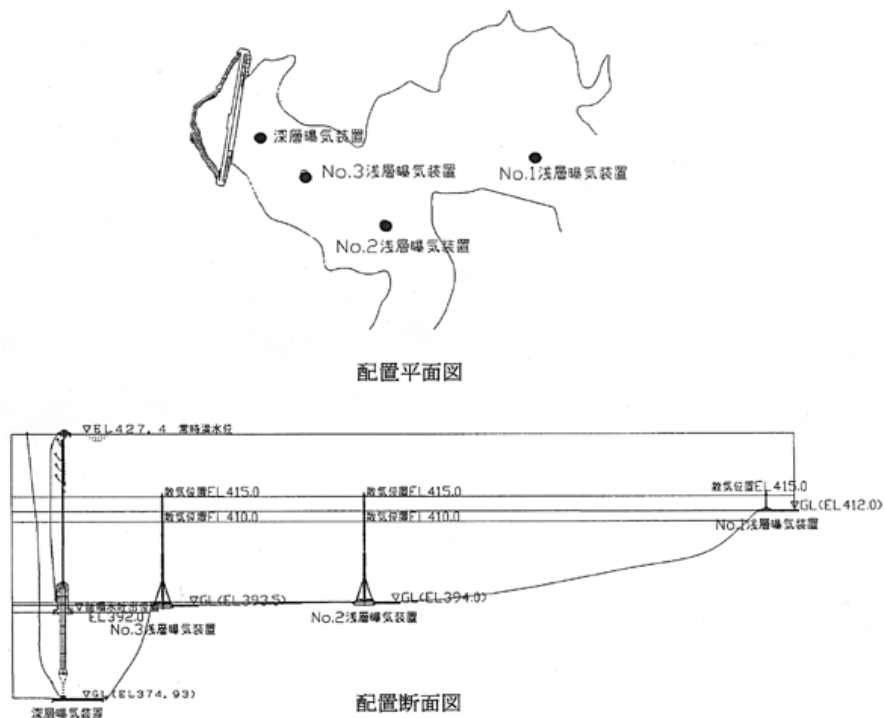


図 2.5.3 姉川ダム貯水池における浅層曝気設備および深層曝気設備設置概要

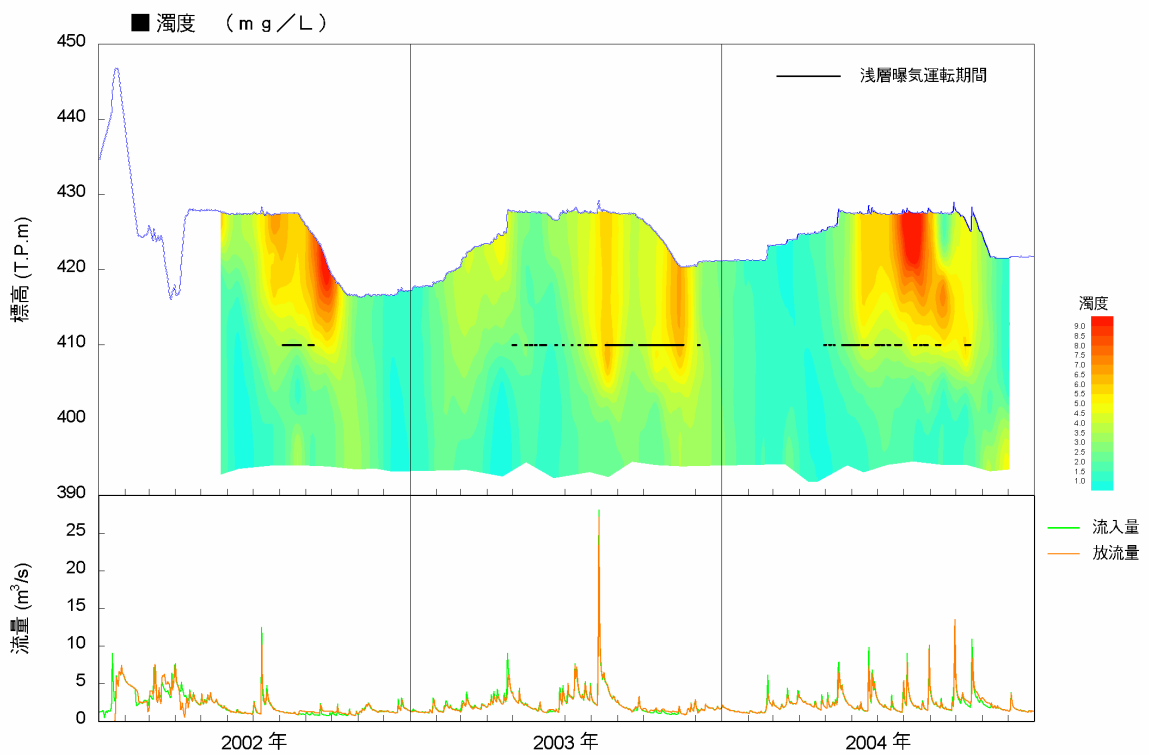
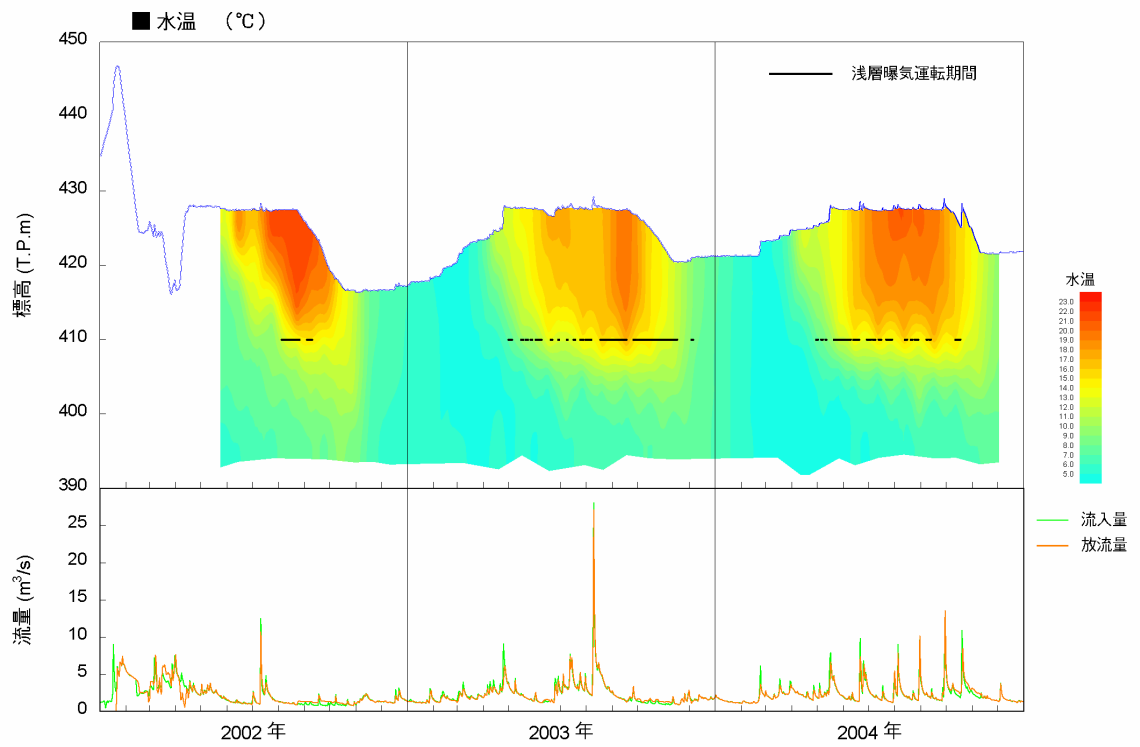
表 2.5.2 姉川ダム貯水池水質保全施設の概要

施設名	諸元等	目的
浅層循環施設	<ul style="list-style-type: none"> 形式：散気管方式（1穴タイプ） 設置基数：3基 曝気位置：EL415.0mおよびEL410.0m 吹込み空気量：3.8Nm³/分 コンプレッサ：22kw×3台 設置年：平成14年度（同年度より稼動） 	<ul style="list-style-type: none"> 藻類増殖抑制 水温躍層の低下
深層曝気施設	<ul style="list-style-type: none"> 形式：水没型二重管方式 設置基数：1基 外筒径：2.2m 内筒径：1.0m 全長：18m（FRP製） 吸込高：EL379.4m 吐出高：EL391.4m 吹込み空気量：1.2Nm³/分 コンプレッサ：7.5kw×1台 設置年：平成14年度（同年度より稼動） 	<ul style="list-style-type: none"> 深層部の貧酸素化抑制

1) 成層形成状況

姉川ダム貯水池における水温鉛直分布の推移を図 2.5.4 に示した。同図には参考として濁度の結果も合わせて示した。

姉川における成層形成期間は概ね 4 月～10 月中旬であり、12 月～翌年 3 月までは循環期となっている。水温躍層の形成状況を見ると、浅層曝気による躍層の低下が認められ、曝気位置である EL410m 付近まで低下している。



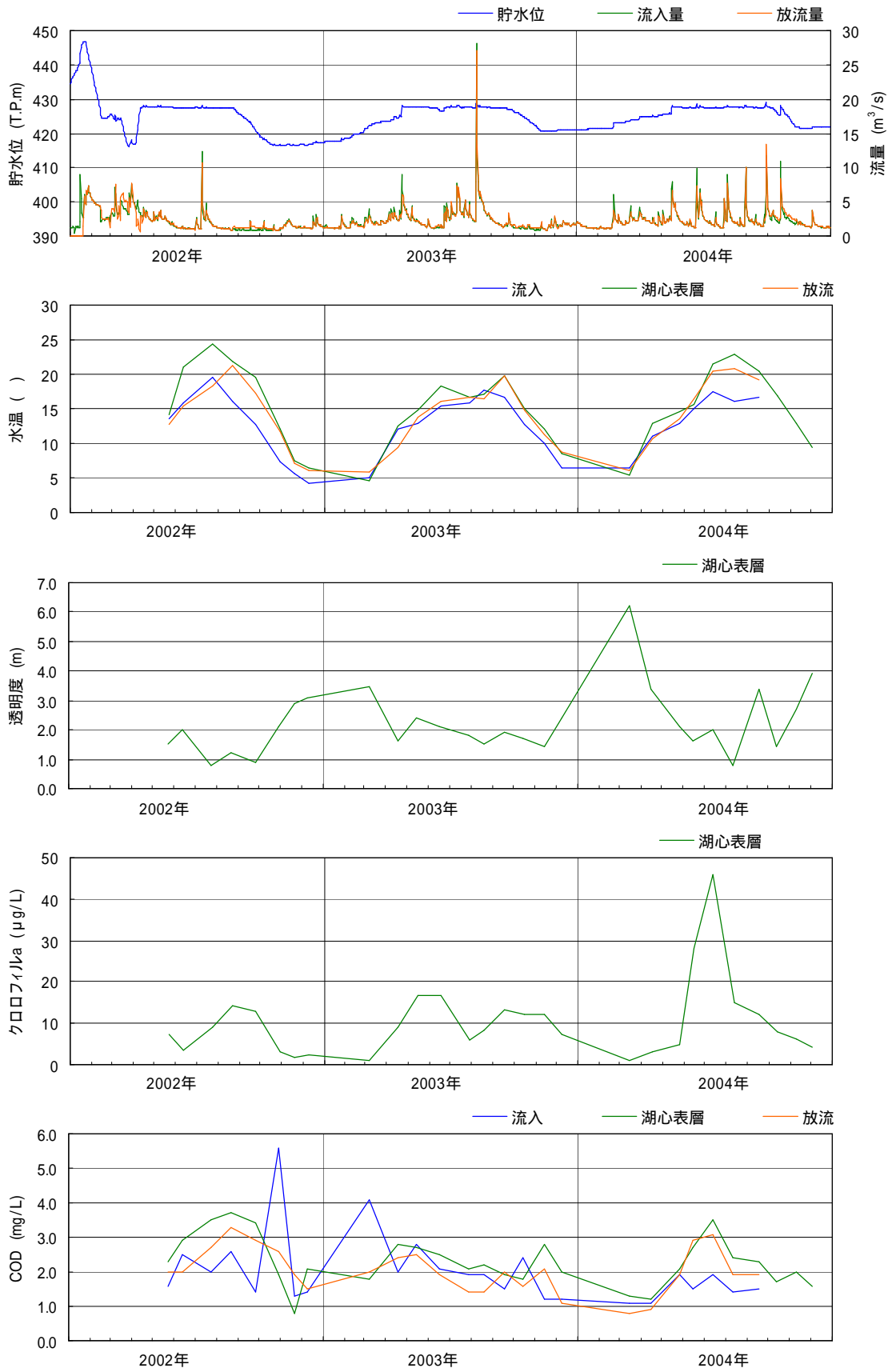
(データ出典：滋賀県)

図 2.5.4 姉川ダム貯水池における水温・濁度の鉛直分布の推移

2) 姉川ダム水質の概要

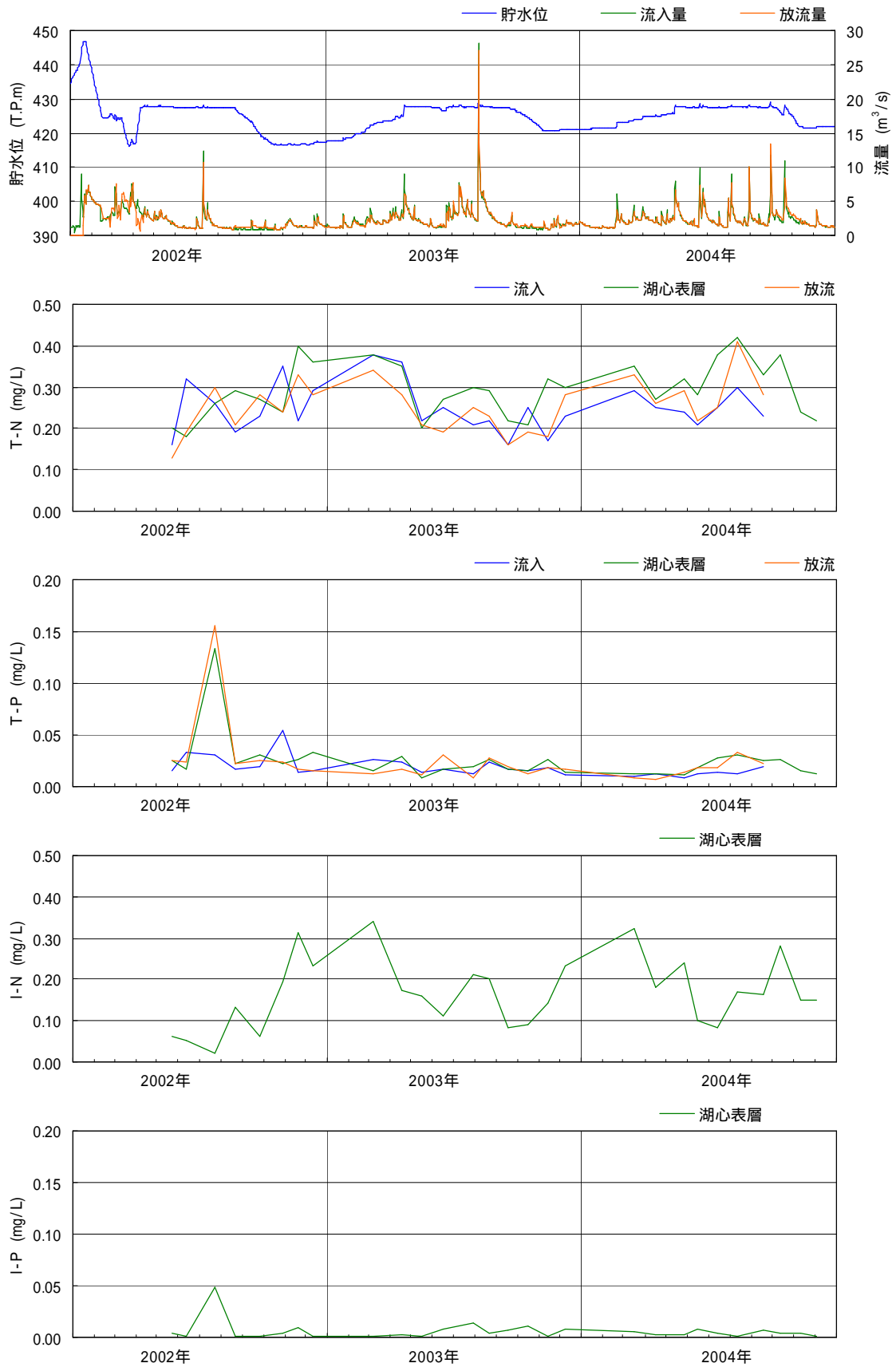
姉川ダム貯水池では、流入、湖内 2 地点（湖心および寺谷地点：湖心上流約 200m 地点）および放流の各水質が調査されている。このうち、流入水質、湖心表層水質および放流水質の経時変化を流況とあわせ整理した結果を図 2.5.5 および 2.5.6 に示した。ここでは、これらの調査結果のうち、主として富栄養化に関連する項目について特徴を以下にとりまとめる。

- ・一般に、湛水初期のダム貯水池では生態的に不安定であり、植物プランクトンが異常に増殖する場合があるが、2002 年および 2003 年のクロロフィル a で見る限り、高濃度を示すことはなかった。
- ・一方、運用開始 3 年目の 2004 年においては、6～7 月にクロロフィル a の濃度が高くなり、7 月には 45 $\mu\text{g/L}$ のピークを示している。その後は濃度レベルは低下し、10 月には 10 $\mu\text{g/L}$ を下回る状況となっている。
- ・COD については、2003 年前半までは流入および湖内の水質は変動が大きく、それに伴って放流水質も変動している。
- ・2004 年においては、湖内のクロロフィル a 濃度と類似した変動を示し、7 月には 3.0mg/L を上回っている。この時、流入 COD は 2mg/L を下回っており COD の濃度上昇は、植物プランクトンの増殖に伴う内部の影響によるものと判断される。放流水の COD 濃度は、湖心表層と変動パターンおよび濃度レベルともに類似しており、植物プランクトン増殖時には COD 濃度が高くなっている。
- ・栄養塩類のうち窒素についてみると、総窒素は 2004 年の 7 月を除いては、無機態窒素と類似した変動パターンを示し、循環期に当たる 12 月～3 月に濃度が高く、クロロフィル a 濃度が高い場合に濃度が減少する傾向を示している。
- ・循環期に高くなる理由については、窒素の鉛直分布特性を検討する必要があるが、冬期においては後述するように植物プランクトン現存量が少なくなり、増殖に伴う無機態窒素の摂取量の減少が考えられる。反対に、クロロフィル a 濃度が高い時に無機態窒素濃度が減少する理由は、植物プランクトンの増殖に伴い無機態窒素を摂取することから濃度が減少しているものと推察される。総窒素は大半が無機態窒素により占められていることから同様の変動を示している。
- ・流入窒素濃度と放流窒素濃度を比較すると、2004 年の調査結果では放流水の窒素濃度は、流入よりも高くなっており、その傾向は循環期および植物プランクトンの増殖時に明瞭となっている。
なお、湖心表層の総窒素濃度は 0.2～0.4mg/L で変動しており、これらのレベルは富栄養化限界値（0.5mg/L 以下）よりも低い。
- ・リンについては、湛水初期の 2002 年 7 月に湖心表層で異常に高くなり、その結果放流水の濃度も高くなっている。その後は濃度変化は小さく 0.02mg/L 前後で推移している。リンについては、流入水と湖内表層、放流水における濃度差は小さいが、2004 年の 6～8 月においては放流水の濃度がやや高くなっている。
- ・湖内表層のリン濃度については、2004 年の調査結果によると 0.01～0.03mg/L の範囲にあり、リン濃度で見た場合は姉川ダム貯水池の栄養塩レベルは、富栄養化限界値付近にあるものと推察される。



(データ出典：滋賀県)

図 2.5.5 姉川ダム貯水池水質の経時変化 (その1)

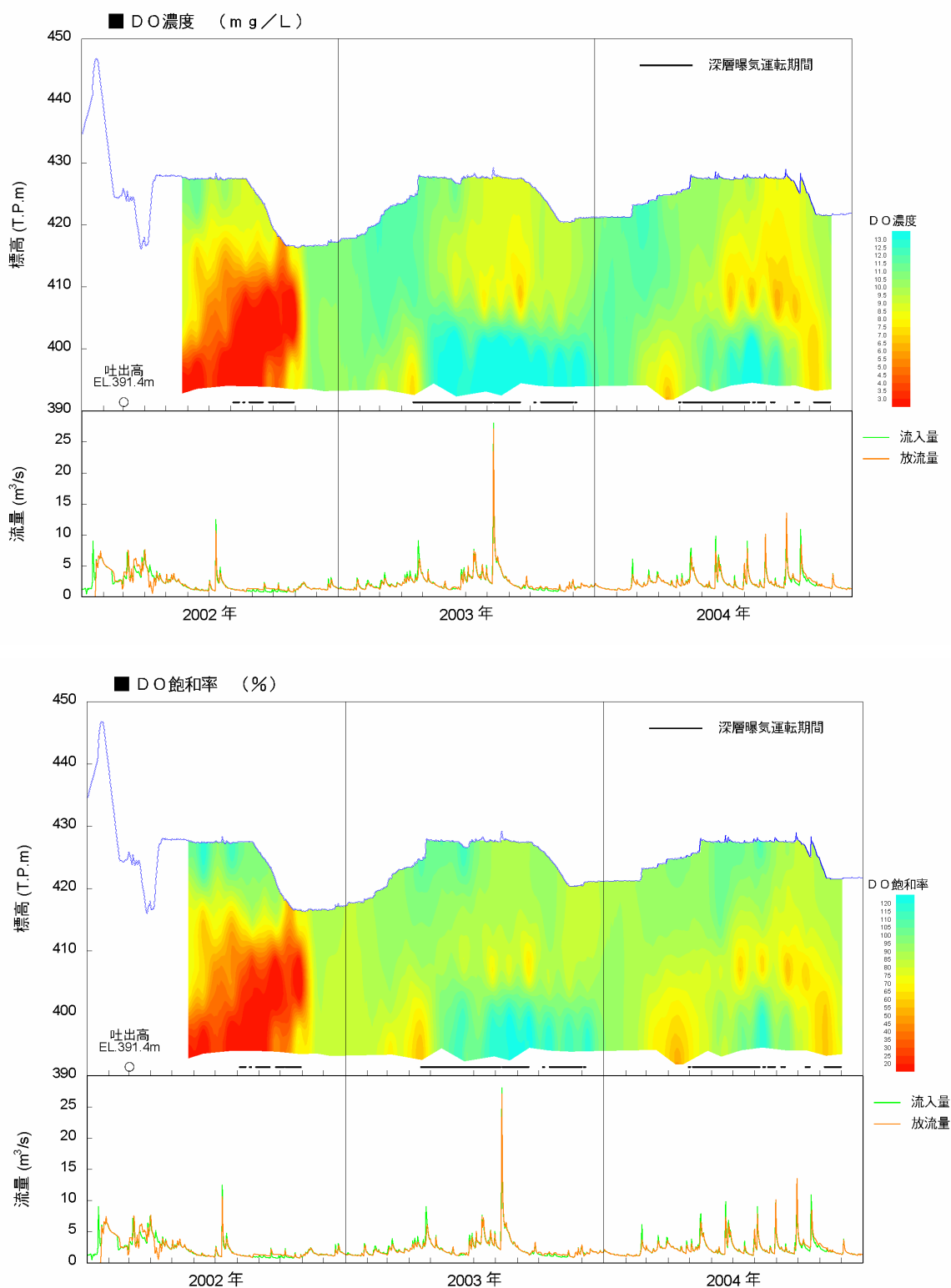


(データ出典：滋賀県)

図 2.5.6 姉川ダム貯水池水質の経時変化 (その 2)

3) 深層部のDO挙動について

図 2.5.7 には、DO濃度およびDO飽和率の鉛直分布の推移を示した。深層曝気の試験運用を行った2002年においては同施設を本格的に稼働させていないことから、水温躍層以深で貧酸素化現象が生起していたが、2003年からは同施設が本運用となり成層形成期においても水温躍層以深でDOが大きく減少することはなく、深層曝気による効果が認められる。



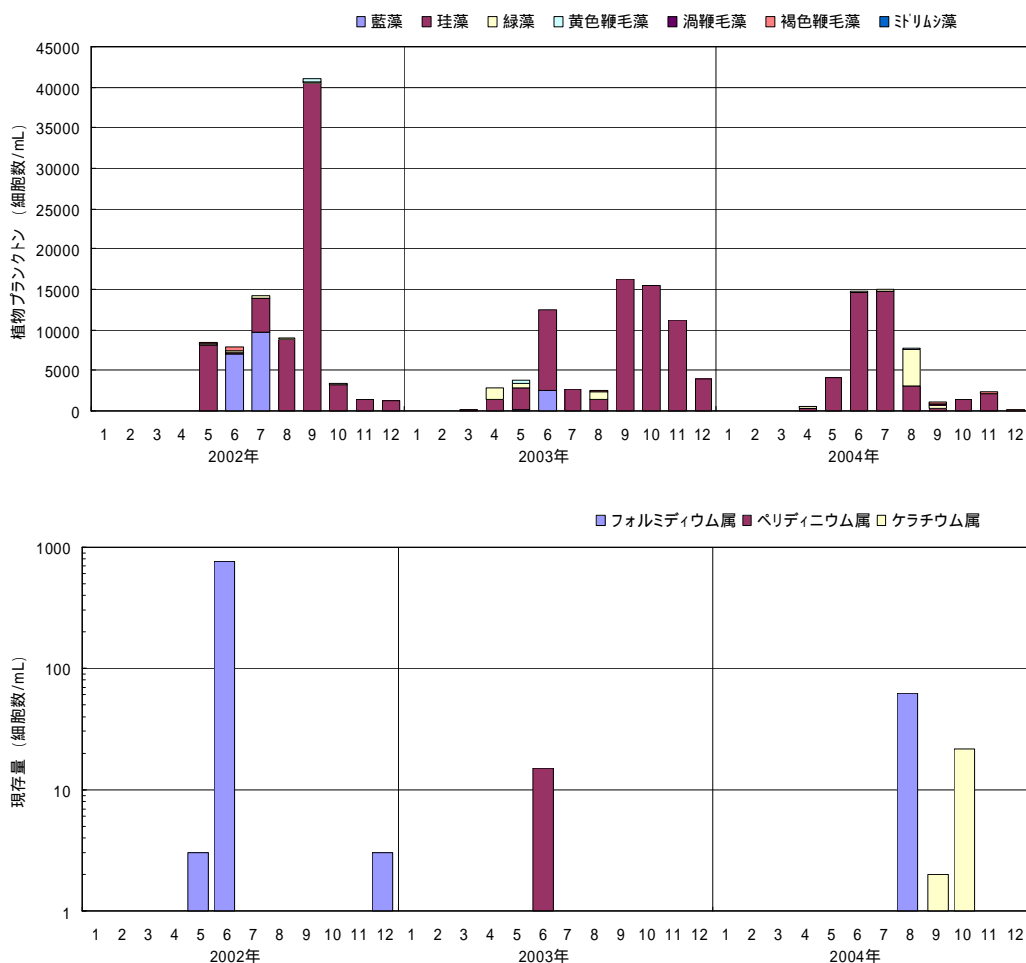
(データ出典：滋賀県)

図 2.5.7 姉川ダム貯水池におけるDO・DO飽和率の鉛直分布の推移

4) 植物プランクトン特性

姉川ダムでは、湖心および寺谷地点で植物プランクトンの調査が実施されている。ここでは、湖心表層における調査結果を図 2.5.8 に示した。

- ・運用開始後の 2002 年 9 月には、珪藻類の *Achnanthes spp.* が異常に増殖し、その現存量は 40,000 細胞数/mL を超える状況となった。(ただしクロロフィル a ではさほど大きな濃度ピークは現れていない)
- ・2003 年では 6 月および 9~11 月、2004 年では 6~7 月に植物プランクトン現存量が多く、両年ともにピーク時で 15,000 細胞数/mL (*Asterionella formosa* が優占) 程度であり、いずれの場合も比較的低い水温を好む珪藻類が優先種となっている。
- ・他のダム貯水池でアオコ、カビ臭や淡水赤潮の原因藻類となる種についてみると、姉川ダムにおいても夏期を中心にカビ臭の原因となるフォルミディウムが棲息していることが確認されているが、その現存量は少ない。
- ・同様に、淡水赤潮の原因となるケラチウム属やペリディニウム属も棲息が確認されているが、その現存量は 10^2 のオーダーを下回り、これまでの調査結果によると淡水赤潮を形成するだけの増殖は確認されていない。



(データ出典：滋賀県)

図 2.5.8 姉川ダム貯水池における植物プランクトン現存量の推移

5) 姉川ダム放流水質と下流河川水質の関係

姉川ダム建設に伴う下流姉川水質への影響を検討するため、姉川国友橋地点水質と姉川ダム放流水質の経時変化を図 2.5.10 に示した。なお、各調査地点の位置関係を模式図で表すと図 2.5.9 のとおりである。

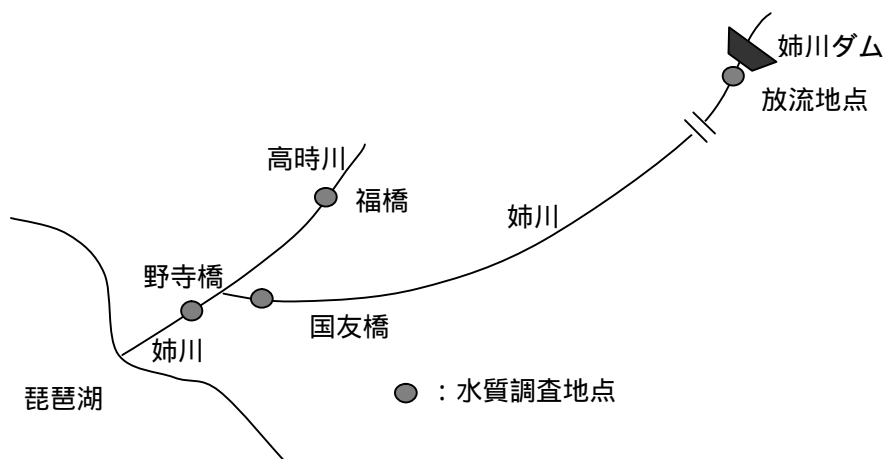


図 2.5.9 姉川下流部の水質調査地点と姉川ダムの関係

姉川ダム建設前後の国友橋地点の水質を見ると、BOD,COD の有機物指標、窒素、リンの栄養塩ともに大きな差は認められず、姉川ダムの運用によって下流水質が悪化するような傾向は認められない。

なお、2003 年 6 月では国友橋の COD や総リン濃度が一時的に高濃度を示している。この時ダム放流水質では同様の傾向は認められないことから、同時点の COD、総リン濃度の一時的な上昇は、ダムによるものでなく、ダム下流で支川等の流入の影響によるものではないかと推察される。

以上までの検討成果と、P2-175 で整理した琵琶湖におけるアオコ・淡水赤潮の発生状況を踏まえ、姉川ダムが及ぼす琵琶湖への影響をについてとりまとめると、つぎのとおりである。

姉川ダムが及ぼす琵琶湖への影響のまとめ

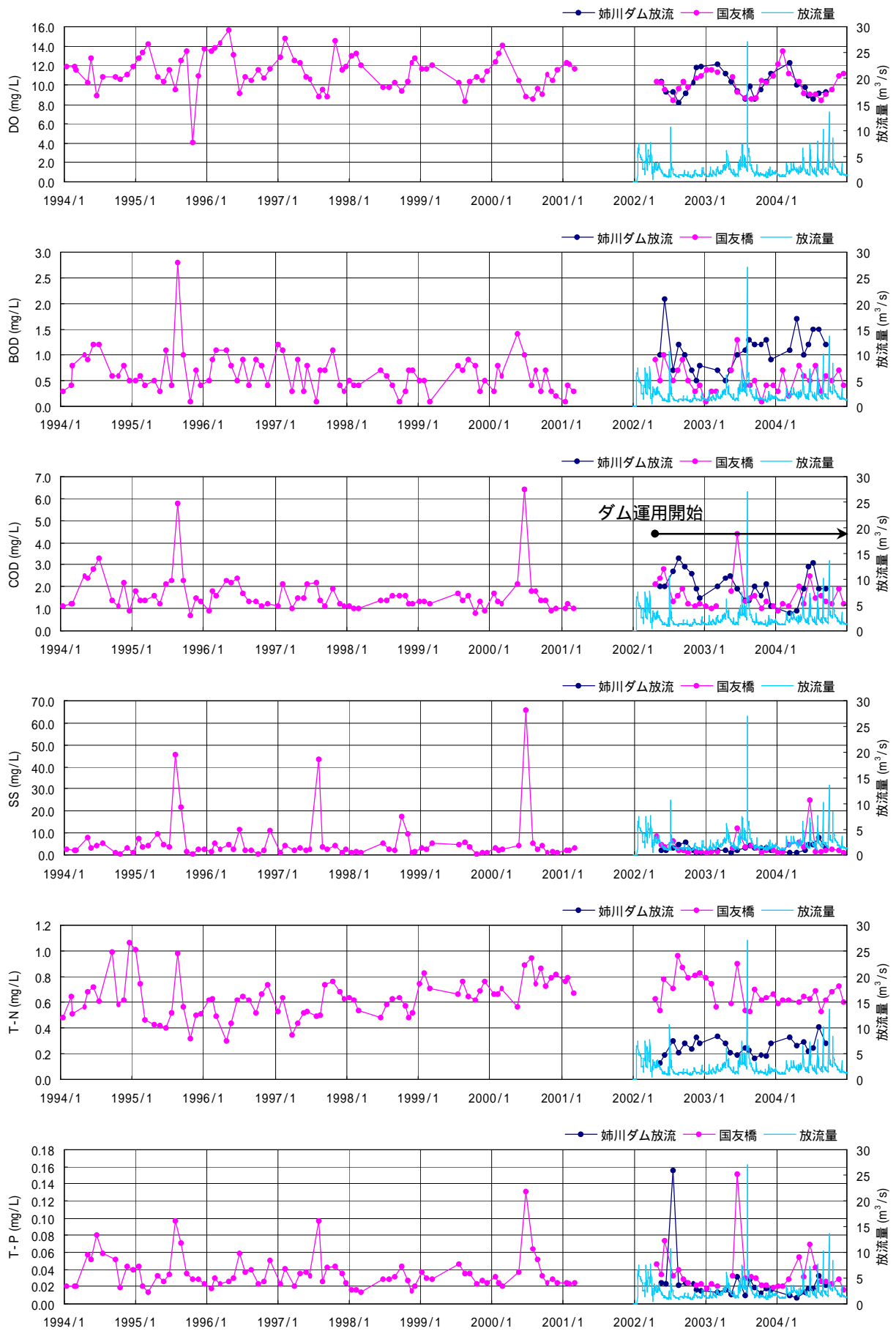
姉川ダム貯水池は、供用開始されて間もないダムであり十分な水質等のデータは存在しないが、これまでの調査結果によると、2004 年の 6～7 月に珪藻類の *Asterionella formosa* が優占的となりピーク時でクロロフィル a 濃度 45 $\mu\text{g/L}$ 、藻類現存量では 15,000 細胞数/mL 程度となっている。この藻類現存量は、北湖安曇川沖中央表層でも見られるものであり、北湖同地点ではこれを上回る場合もある。(注：2002 年の調査結果は、湛水初期の特殊な状況と考え除外した)

姉川ダムでも淡水赤潮の原因となるケラチウム属やペリディニウム属の生息が確認されているが、その現存量は 10^2 のオーダーを下回り少ない。なお、アオコの原因となるミクロキスティス属等の現存はこれまで確認されていない。

姉川下流の国友橋地点水質により姉川ダム建設前後の水質変化をみると、BOD,COD の有機物指標、窒素、リンの栄養塩類ともに建設前後の濃度レベルに大きな差は認められず、姉川ダムの建設によって下流水質が悪化するような傾向は認められない。

上述のように姉川ダム貯水池においても淡水赤潮の原因となる種は確認されておらず、ダム放流によってこれらの種が琵琶湖に流入する可能性は否定できない。しかしながら、姉川が流入する琵琶湖北東岸域ではこれまで淡水赤潮の発生はなく、琵琶湖全体としてもケラチウム属やペリディニウム属による淡水赤潮の発生はない。同様に琵琶湖北東岸域でアオコの発生はない。

以上のことから、姉川ダム貯水池の放流によって琵琶湖の水質が悪化する、アオコ、淡水赤潮が発生するといった現象は生じていないものと推察される。



(データ出典：姉川ダム = 滋賀県、国友橋水質 = 水資源機構)

図 2.5.10 姉川ダム放流水質と姉川下流水質 (国友橋) の関係

琵琶湖流域の既存ダムにおける水質変化と下流河川・琵琶湖への影響に関するまとめ

対象とした既存ダムは規模が小さいものの、滞留時間は植物プランクトンの増殖に十分な湖水の滞留状況となっており、各ダムの水質は基本的には流入水質に影響を受ける結果となっている。対象ダムのうち日野川ダムは富栄養のレベルにあると考えられるが、植物プランクトンの優占種は珪藻類であり、アオコ等の原因となる藍藻類が異常に増殖することはない。

既存ダム貯水池においても淡水赤潮の原因となる種は量的に少ないが確認されている。しかしながら、各河川が流入する琵琶湖沿岸域ではこれまでダムで確認された種（ケラチウム属、ペリディニウム属）による淡水赤潮の発生はない。

下流河川水質では、ダムより下流区間において汚濁負荷流入の影響が大きいいため、下流河川水質に及ぼすダムの影響は明確でない。

近年、供用が開始された姉川ダムでは下流の国友橋地点の水質は有機物、栄養塩ともに建設前後の濃度レベルに大きな差は認められない。

以上、琵琶湖流域の既存ダムにおける水質変化と下流河川・琵琶湖への影響について得られた知見を要約したが、既存ダムでも淡水赤潮の原因藻類の存在が確認されており、これらの藻類が下流河川を経て琵琶湖に流入する可能性はあるが、琵琶湖では環境条件が異なるため同種による淡水赤潮の発生は今のところ認められていない。

姉川ダム下流の水質は、ダム建設前後で大きな差は認められず、ダムの建設によって下流水質が悪化するような傾向はうかがえない。