

第 10 章 諏訪湖の水質の長期的変化に関する整理

環境保全研究所水・土壌環境部

10.1. 目的

長野県では、昭和 47(1972)年度から、県内の公共用水域の水質測定を行っている。

本調査では、公共用水域水質測定で集積した諏訪湖の水質等の測定値を使用し、諏訪湖の水質の長期的な特徴を整理し、水質改善対策を検討する際の基礎資料を得ることを目的とする。

10.2. 調査方法

今回の調査には以下の測定値を使用した。

- ・ 期間 エクセル形式の測定値が入手できた 1999 年度から 2019 年度までの計 21 年間とした。項目ごとの測定値の詳細を、表 2.1 に示す。
- ・ 地点等 諏訪湖湖心の上層（水深 0.5m）
下層（湖底から 0.5m。なお、1998 年度は水深 5.5m に固定していた時期があるため、湖底から 0.5～0.6m。1999 年度は水深 5.5m に固定していたため、湖底から 0.6～0.8m。2001～2003 年度は水深 5.7m に固定していたため、湖底から 0.1～0.8m）。
測定日の午前の測定のみ（おおよそ 10:00 前後に採水）
- ・ 計算値 年平均値、概ね水質保全計画の期間の 5 年間の月平均を算出した。
- ・ 整理の方法
年平均値の経年変化、水質保全計画期間の月平均による経月変化として整理した。
- ・ 平均値の計算ルール
報告値が定量下限値未満の値を、「0」とした（例：報告値が「<0.05」であった場合、「0」とした）。
報告値が定量上限値より大きい値を、定量上限値とした（例：報告値が「>100」の場合、「100」とした。）。
欠測は、平均等の計算に入れず、測定回数の数え上げにも含めなかった（例：結氷等で 1 月のみ採水できなかった場合、当該年度の測定回数を 11 回とした）。
- ・ 水質保全計画の期間
第 3 期：水質保全計画の対象期間は 1997 年～2001 年度の 5 年間だが、本稿ではデータの入手が容易な 1999 年～2001 年度の 3 年間とした。
第 4 期：2002～2006 年度の 5 年間。
第 5 期：2007～2011 年度の 5 年間。
第 6 期：2012～2016 年度の 5 年間。
第 7 期：水質保全計画の対象期間は 2017～2021 年度の 5 年間だが、本稿ではデータを入手できた 2017～2019 年度の 3 年間とした。

表 10.2.1 調査項目の概要

本稿の記載箇所	項目	測定位置	期間と理由	計算方法他
窒素関連	全窒素 TN	上層	1999～2019 年度	
		下層	1999～2019 年度。2002～2003 年度は年 4 回測定	
	溶解性窒素 DTN	上層	2006～2019 年度	
		下層	2006～2019 年度	
	硝酸性窒素 NO ₃ N	上層	1999～2019 年度。1999～2003 年度は年 4 回測定	
		下層	1999～2019 年度。1999～2003 年度は年 4 回測定	
	アンモニア性窒素 NH ₄ N	上層	2004～2019 年度	
		下層	2004～2019 年度	
その他の溶解性窒素 DTN(非イオン)	上層	2006～2019 年度。DTN の測定期間と同じ	DTN(非イオン)=DTN-NO ₃ N-NH ₄ N	
	下層	2006～2019 年度。DTN の測定期間と同じ	NO ₂ N はほぼ検出されなかったため、計算に含めなかった。	
懸濁性窒素 PTN	上層	2006～2019 年度。DTN の測定期間と同じ	PTN=TN-DTN	
	下層	2006～2019 年度。DTN の測定期間と同じ		
りん関連	全りん TP	上層	1999～2019 年度	
		下層	1999～2019 年度。1999～2003 年度は年 4 回測定	
	りん酸態りん PO ₄ P	上層	2006～2010、2012～2019 年度	
		下層	2006～2010、2012～2019 年度	
	全りんとりん酸態りんの差 TP-PO ₄ P	上層	2006～2010、2012～2019 年度。 PO ₄ P の測定期間と同じ	TP-PO ₄ P
		下層	2006～2010、2012～2019 年度。 PO ₄ P の測定期間と同じ	
TN/TP	上層	1999～2019 年度	TN/TP	
	下層	1999～2019 年度。1999～2003 年度は年 4 回測定		
有機物関連 (COD 他)	COD	上層	1999～2019 年度	
		下層	1999～2019 年度	
	溶解性 COD D-COD	上層	1999～2019 年度	
		下層	1999～2019 年度	
	懸濁性 COD P-COD	上層	1999～2019 年度	(P-COD) = COD - (D-COD)
		下層	1999～2019 年度	
BOD	上層	2002～2019 年度		
	下層	2004～2008、2017～2019 年度		
BOD/COD	上層	2002～2019 年度。BOD の測定期間と同じ	BOD/COD	
	下層	2004～2008、2017～2019 年度。 BOD の測定期間と同じ		
炭素関連 (TOC 他)	全有機炭素 TOC	上層	2019 年度	
		下層	2019 年度	
	溶存態全有機炭素 DOC	上層	2019 年度	
		下層	2019 年度	
	懸濁態全有機炭素 POC	上層	2019 年度	POC = TOC - DOC
		下層	2019 年度	
TOC/COD	上層	2019 年度	TOC/COD	
	下層	2019 年度		
生物濁り関連	クロロフィル a Chl-a	上層	1999～2019 年度	
		下層	1999～2019 年度	
	SS	上層	1999～2019 年度	
		下層	1999～2019 年度	
	透明度	共通	1999～2019 年度	
	透視度	上層	1999～2019 年度	
下層		1999～2019 年度		
温度 DO pH	気温	船上	1999～2019 年度	
	水温	上層	1999～2019 年度	
		下層	1999～2019 年度	
	水温 上下層の差	-	1999～2019 年度	水温(上層)－水温(下層)
	溶存酸素 DO	上層	1999～2019 年度	
		下層	1999～2019 年度	
	溶存酸素 DO 上下層の差	-	1999～2019 年度	DO(上層)－DO(下層)
pH	上層	1999～2019 年度		
	下層	1999～2019 年度		

表 10.2.1 調査項目の概要（続き）

本稿の記載箇所	項目	測定位置	期間と理由	計算方法他
大腸菌関連	大腸菌群数	上層	1999～2019 年度	
		下層	1999～2019 年度	
	ふん便性大腸菌群数	上層	2008～2019 年度。2008～2019 年度は年 4 回測定	
マンガン 亜鉛	全マンガン T-Mn	上層	2009～2011、2013～2019 年度。 2009～2011、2013～2016 年度は年 1 回測定	
		下層	2017～2019 年度	
	溶解性マンガン D-Mn	上層	2017～2019 年度	
		下層	2017～2019 年度	
	懸濁性マンガン P-Mn	上層	2017～2019 年度。D-Mn の測定期間と同じ	(P-Mn) = (T-Mn) - (D-Mn)
		下層	2017～2019 年度。D-Mn の測定期間と同じ	
全亜鉛 T-Zn	上層	2007～2019 年度。2007～2019 年度は年 4 回測定		
	下層	2007～2019 年度。2007～2019 年度は年 4 回測定		
ふっ素 ほう素 塩化物イオン	ふっ素 F	上層	1999～2019 年度。 1999～2003、2007～2008 年度は年 4 回測定	
		下層	1999～2019 年度。 1999～2003、2007～2008 年度は年 4 回測定	
	ほう素 B	上層	1999～2019 年度。1999～2019 年度は年 4 回測定	
		下層	1999～2019 年度。1999～2019 年度は年 4 回測定	
	塩化物イオン Cl ⁻	上層	2006、2009～2019 年度	
		下層	2006、2009～2019 年度	
各項目間の相関	全窒素、溶解性窒素、硝酸性窒素、全りん、TN/TP、クロロフィル a、COD、SS、透視度、透明度	上層	2017～2019 年度。各月の測定データ	

10.3. 結果と考察

10.3.1. 窒素関連

窒素関連項目の年平均値の経年変化を図 10.3.1.1 に示す。また、窒素関連項目の水質保全計画期間ごとの各月平均値の経月変化を図 10.3.1.2 に示す。

10.3.1.1. 経年変化

- ・全窒素、溶解性窒素、硝酸性窒素の経年変化は、上層・下層ともに、増減はあるものの減少傾向である。また、上層に比べて下層の濃度が高い傾向である。
- ・アンモニア性窒素の経年変化は、上層・下層共に、ほぼ一定からやや微減傾向である。また、上層よりも下層の濃度が高い傾向である。
- ・溶解性窒素（非イオン）の経年変化は、微増傾向である。また、上層と下層の濃度がほぼ同じである。
- ・懸濁性窒素の経年変化は、ほぼ一定である。
- ・上層よりも下層の濃度が高い原因としては、上部から沈降した懸濁物質由来、底質からの溶出、底質の巻き上げ、周辺の下層からの移入が考えられる。
- ・全窒素は、2002 年度、2005 年度、2018 年度に前年度より大きく減少した。溶解性窒素は、2013 年度、2018 年度に前年度より大きく減少した。硝酸性窒素は、2002 年度、2005 年度、2013 年度、2018 年度に前年度より大きく減少した。なお、大きく減少した理由については、それぞれ不明である。

10.3.1.2. 経月変化

- ・硝酸性窒素の濃度は、上層・下層共に、冬期に増加する傾向がみられる。
- ・アンモニア性窒素の濃度は、下層において、夏期に増加している。
- ・懸濁性窒素の濃度は、上層・下層共に、春先と夏～秋の 2 山のピークを示している。
- ・溶解性窒素（非イオン）の濃度は、上層・下層共に、一年を通してあまり変動が見られない。
- ・全窒素の濃度は、上層・下層共に、春と夏～秋の 2 山のピークを示している。
- ・溶解性窒素は、第 4 期(2002～2006 年) 8 月において、大きな値を示している。これは、第 4 期において溶解性窒素を測定したのが 2006 年度だけであったため、単年度の値の影響を強く受けたグラフとなっている。なお、2006 年 8 月には、全窒素、溶解性窒素、硝酸性窒素が約 1mg/L のピークを示していた。
- ・硝酸性窒素は、第 3 期(1999～2001 年) 3 月において、大きな値を示している。これは、2001 年 2 月に測定できずに 2001 年 3 月に測定した値が大きく、また第 3 期において 3 月に測定した回数が 1 回のみであったため、単年度の値の影響を強く受けたグラフとなっている。なお、冬期に結氷の影響で欠測になった次の採水時に、硝酸性窒素が高くなった例としては、他にも 2008 年 3 月に 1.0mg/L、2018 年 3 月に 0.94mg/L を示した例がある。

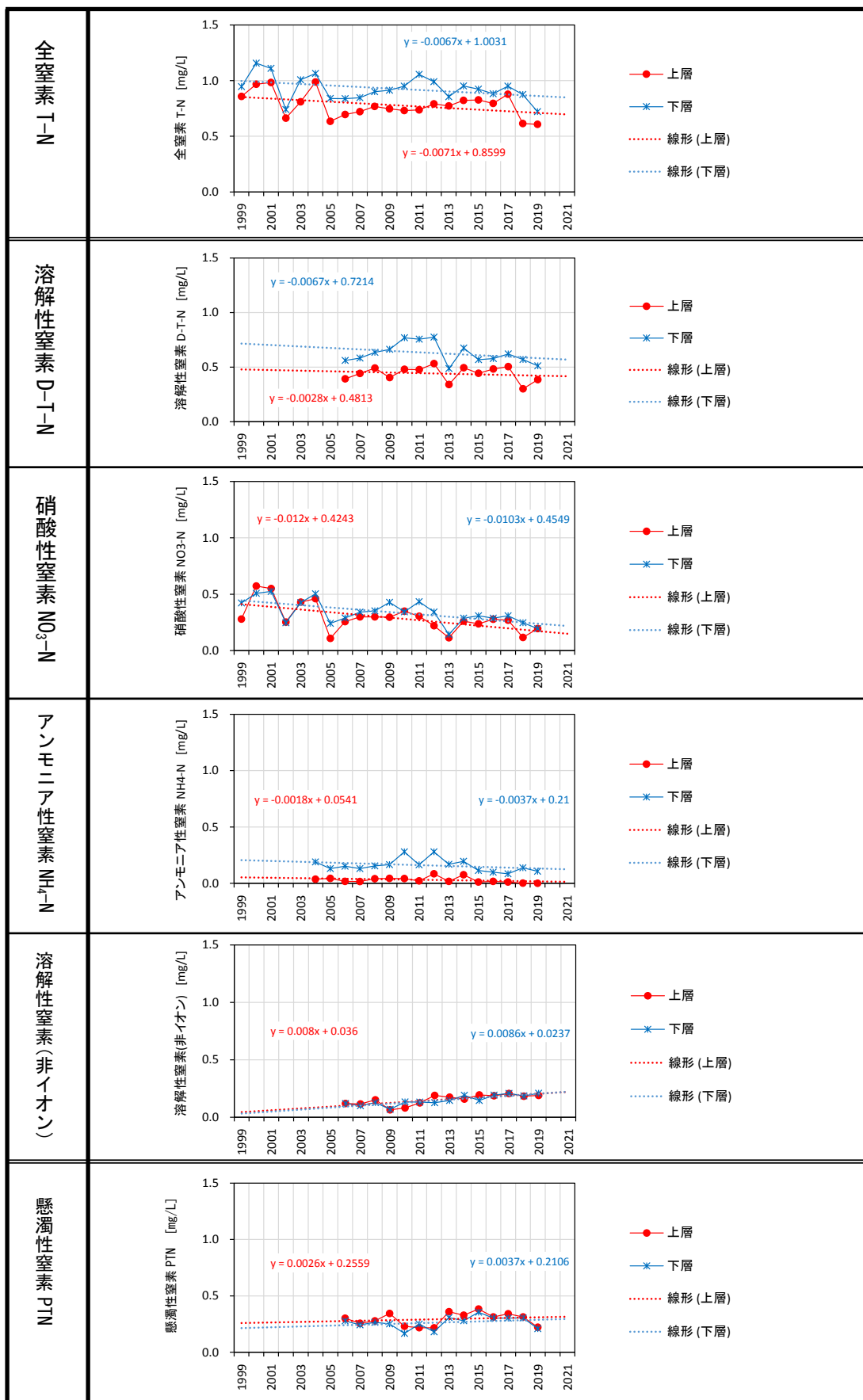


図 10.3.1.1 窒素関連項目の年平均値の経年変化

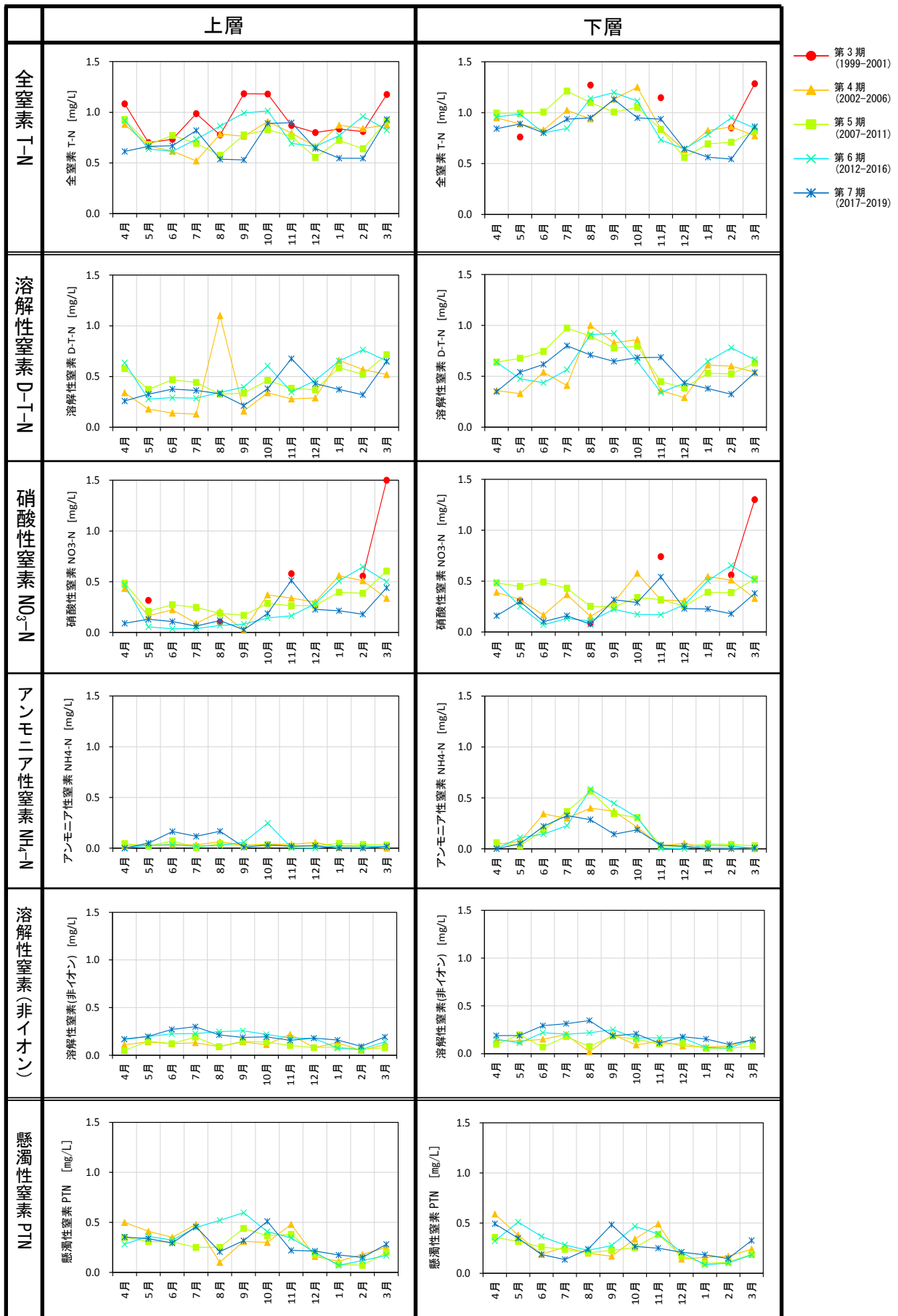


図 10.3.1.2 窒素関連項目の月平均値の経月変化

10.3.2. りん関連

りん関連項目の年平均値の経年変化を図 10.3.2.1 に示す。また、りん関連項目の水質保全計画期間ごとの各月平均値の経月変化を図 10.3.2.2 に示す。全りんの濃度が 0.03mg/L を下回る月の分布を表 10.3.2.1 と表 10.3.2.2 に示す。全りんの年平均値を 1980 年代初頭と比較したグラフを図 10.3.2.3 に示す。

なお、溶存態のりんはほとんどがりん酸イオンの形態と言われているため、りん酸態りんを溶存態りんの代替指標とした。さらに、全りんとりん酸態りんの差を懸濁態りんの代替指標とした。

10.3.2.1. 経年変化

- ・りん酸態りんの濃度は、全りんの濃度に比べて非常に小さかったため、りんのほとんどが懸濁態で存在していることが分かる。
- ・全りん、りん酸態りん、全りんとりん酸態りんの差の経年変化は、上層・下層共に、変動は大きいもののほぼ一定であった。また、上層よりも下層の濃度が高い傾向であった。
- ・TN/TP 比の経年変化は、減少傾向であった。対象期間中に全りんがほぼ一定であるのに対し全窒素が減少してきたためと考えられる。
- ・りん関連項目の上層と下層の濃度の関係は、窒素と同様に、上層よりも下層の濃度が高かった。上層よりも下層の濃度が高い原因としては、上部から沈降した懸濁物質由来、底質からの溶出・底質の巻き上げ、周辺の下層からの移入が考えられる。
- ・TN/TP は、2005 年度、2013 年度に大きな減少を示した。全窒素が当該年に大きな減少を示したことが原因と考えられる。

10.3.2.2. 経月変化

- ・全りん、全りんとりん酸態りんの差の濃度は、上層・下層共に、春に小さいピーク、夏～秋に大きいピークが見られた。
- ・りん酸態りんの濃度は、下層において、夏にピークの見られる時期があった。
- ・TN/TP は、上層・下層共に、12 月～2 月頃にかけて上昇する傾向が見られた。

10.3.2.3. 富栄養化指標

Vollenweider の富栄養化指標等によると、全りんの濃度 0.03mg/L が富栄養状態と中栄養状態の閾値とすることが多い¹⁾。

1999 年度以降の諏訪湖湖心の個別の測定値は、表 10.3.2.1 をみると上層においては夏期・冬期に 0.03mg/L を下回ることがあり、表 10.3.2.2 をみると下層においては 12 月～3 月頃に 0.03mg/L を下回ることがあった。参考に掲載した 1980 年度から 1983 年度の間では、ほとんどの測定において 0.03mg/L を下回ることにはなかった。

諏訪湖湖心では、全りん濃度から見ると徐々に富栄養状態から中栄養状態へと遷移しつつあると考えられる。

図 10.3.2.3 をみると、全りんの年平均値の経年変化は、1980 年度から 1983 年度の間では上下層共にあまり相違が見られないが、1999 年以降は上層よりも下層の濃度が高い傾向であった。

1) 水理公式集[2018 年度版]、土木学会、平成 31 年 3 月 1 日発行、丸善出版、p877

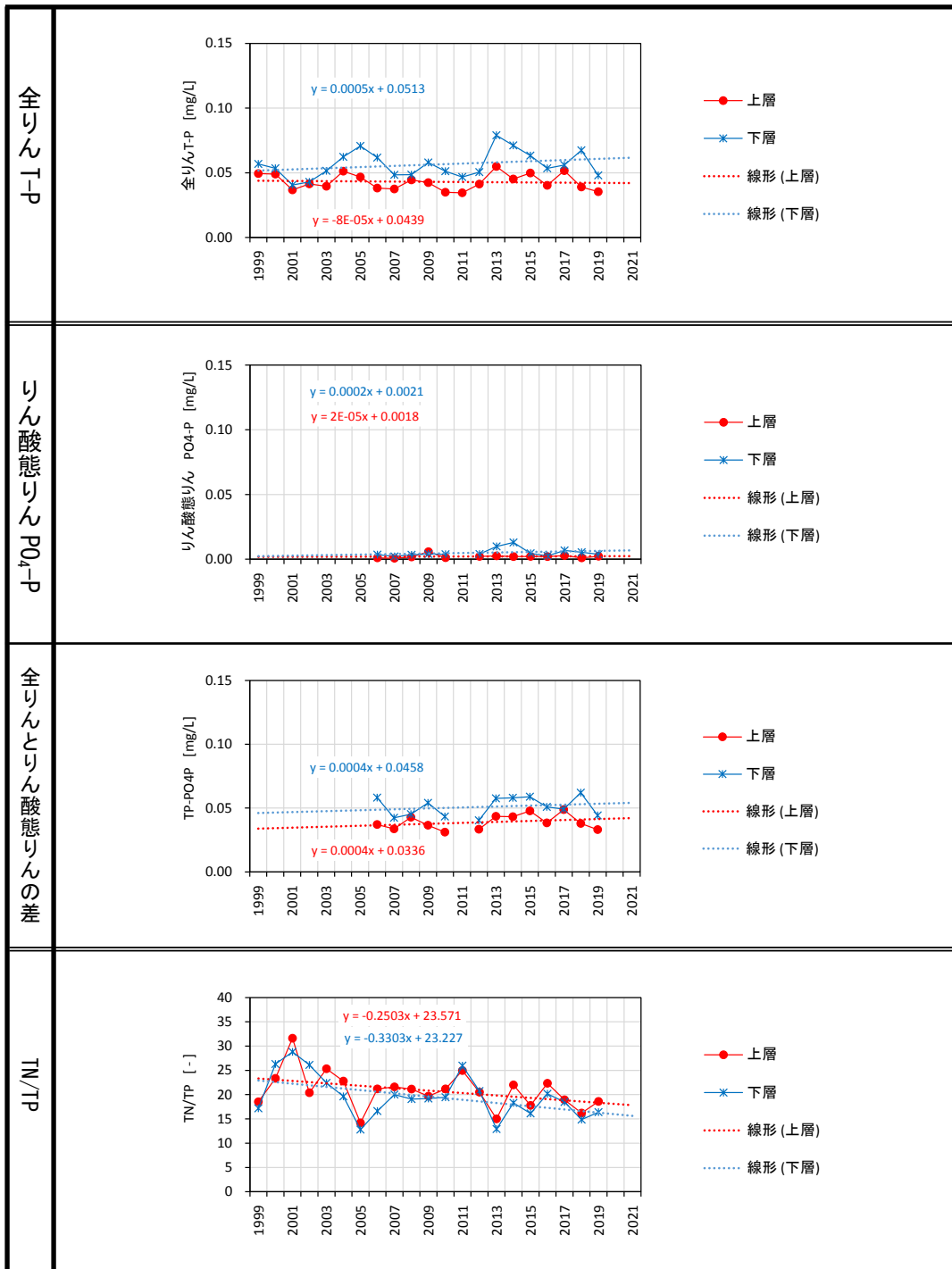


図 10.3.2.1 りん関連項目の年平均値の経年変化

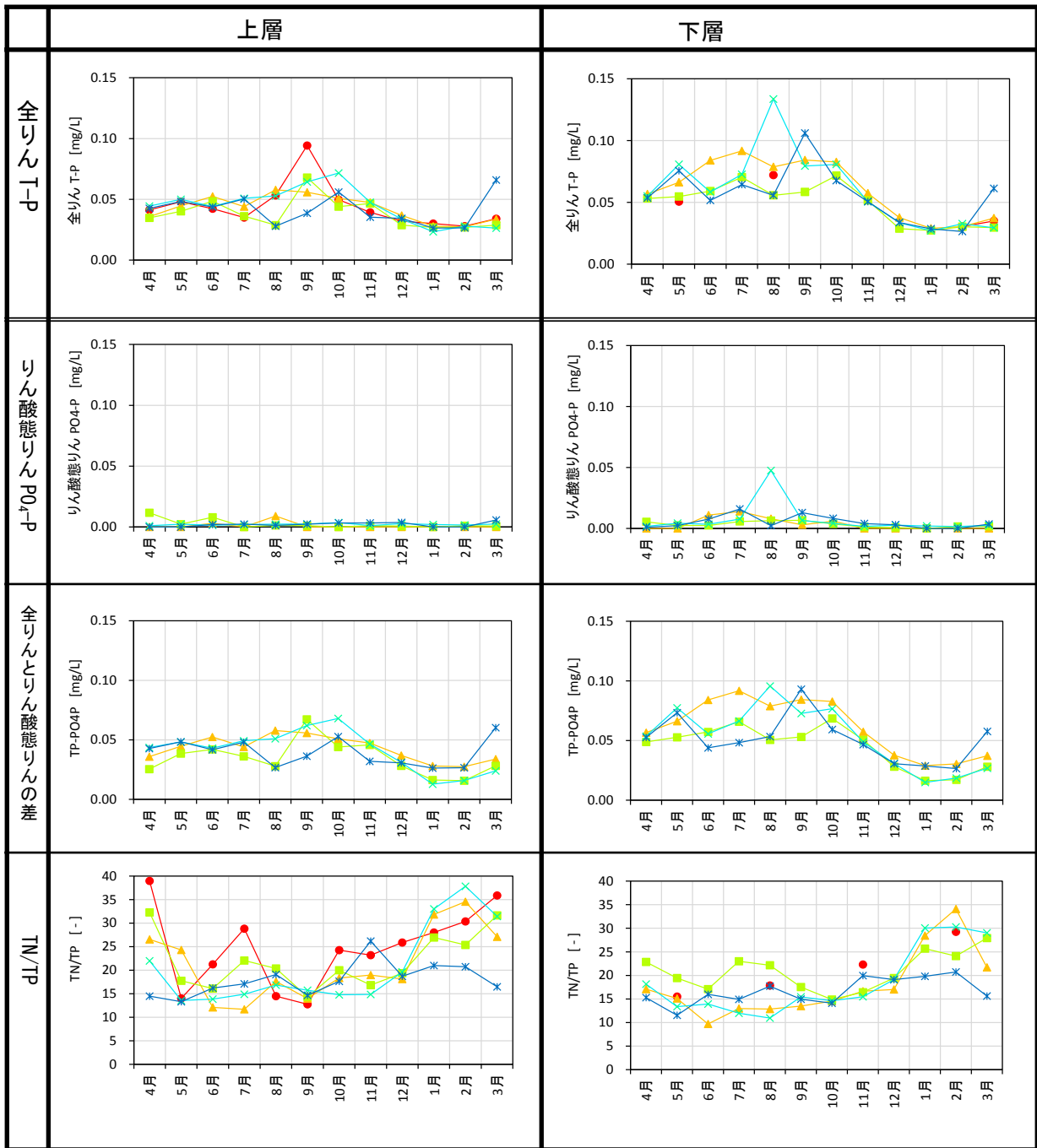


図 10.3.2.2 りん関連項目の月平均値の経月変化

- 第3期 (1999-2001)
- ▲ 第4期 (2002-2006)
- 第5期 (2007-2011)
- × 第6期 (2012-2016)
- ✱ 第7期 (2017-2019)

表 10.3.2.1 湖心上層において全りん濃度が 0.03mg/L を下回った月（表中の黄色の欄）

年度	1980	1981	1982	1983	====	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
	濃度	濃度	濃度	濃度		濃度	濃度	濃度	濃度	濃度	濃度	濃度	濃度	濃度	濃度	濃度	濃度	濃度	濃度	濃度	濃度	濃度	濃度	濃度	濃度	濃度
	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L		mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
4月		0.072	0.042	0.042		0.057	0.050	0.017	0.023	0.044	0.027	0.034	0.051	0.026	0.048	0.040	0.046	0.014	0.028	0.044	0.045	0.052	0.053	0.041	0.058	0.029
5月	0.036	0.066	0.046	0.052		0.065	0.035	0.044	0.049	0.010	0.060	0.055	0.049	0.037	0.063	0.026	0.041	0.034	0.036	0.062	0.061	0.054	0.037	0.059	0.055	0.031
6月	0.061	0.072	0.073	0.057		0.057	0.044	0.026	0.059	0.059	0.046	0.046	0.052	0.028	0.059	0.048	0.042	0.065	0.050	0.043	0.033	0.052	0.043	0.028	0.056	0.047
7月	0.105	0.040	0.118	0.100		0.050	0.028	0.027	0.028	0.050	0.040	0.056	0.046	0.034	0.022	0.052	0.040	0.033	0.035	0.069	0.043	0.062	0.045	0.043	0.035	0.073
8月	0.194	0.272	0.057	0.340		0.050	0.081	0.029	0.046	0.036	0.130	0.052	0.025	0.027	0.026	0.032	0.035	0.024	0.042	0.059	0.053	0.049	0.061	0.028	0.027	0.029
9月	0.080	0.327	0.170	0.140		0.110	0.100	0.073	0.071	0.046	0.082	0.042	0.038	0.088	0.110	0.073	0.035	0.034	0.054	0.084	0.061	0.075	0.048	0.043	0.050	0.023
10月	0.080	0.119	0.069	0.064		0.041	0.042	0.066	0.039	0.042	0.074	0.064	0.035	0.052	0.045	0.063	0.030	0.030	0.076	0.066	0.097	0.070	0.049	0.083	0.035	0.050
11月	0.071	0.099	0.076	0.054		0.038	0.051	0.029	0.061	0.051	0.027	0.036	0.062	0.039	0.045	0.059	0.039	0.051	0.034	0.058	0.053	0.050	0.043	0.038	0.039	0.029
12月	0.027	0.075	0.064	0.047		0.027	0.028	0.041	0.027	0.050	0.037	0.045	0.025	0.024	0.021	0.035	0.030	0.034	0.029	0.036	0.037	0.034	0.033	0.035	0.033	0.035
1月						0.031		0.029		0.031	0.032		0.021	0.028	0.028	0.025					0.020	0.023	0.027	0.030	0.026	0.023
2月						0.032		0.024	0.017	0.029	0.030	0.038	0.023		0.036	0.024	0.021				0.016	0.047	0.021		0.028	0.025
3月	0.047	0.064	0.048			0.035	0.031	0.036	0.035	0.027	0.030	0.046	0.031	0.029	0.031	0.031	0.026	0.027	0.028	0.027	0.023	0.030	0.024	0.140	0.027	0.031

表 10.3.2.2 湖心下層において全りん濃度が 0.03mg/L を下回った月（表中の黄色の欄）

年度	1980	1981	1982	1983	====	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
	濃度	濃度	濃度	濃度		濃度	濃度	濃度	濃度	濃度	濃度	濃度	濃度	濃度	濃度	濃度	濃度	濃度	濃度	濃度	濃度	濃度	濃度	濃度	濃度	濃度
	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L		mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
4月		0.086	0.066	0.036							0.053	0.049	0.068	0.033	0.047	0.099	0.063	0.024	0.036	0.046	0.070	0.067	0.056	0.043	0.071	0.047
5月	0.036	0.077	0.051	0.057		0.067	0.045	0.040	0.046	0.037	0.097	0.097	0.054	0.040	0.078	0.039	0.040	0.077	0.054	0.091	0.099	0.100	0.060	0.065	0.110	0.052
6月	0.056	0.074	0.071	0.051							0.097	0.078	0.077	0.054	0.058	0.061	0.066	0.057	0.059	0.044	0.042	0.068	0.079	0.038	0.067	0.050
7月	0.068	0.081	0.088	0.094							0.078	0.067	0.130	0.100	0.061	0.110	0.053	0.028	0.064	0.071	0.099	0.054	0.075	0.063	0.049	0.081
8月	0.058	0.248	0.099	0.049		0.071	0.080	0.065	0.042	0.078	0.070	0.140	0.064	0.035	0.073	0.086	0.052	0.033	0.048	0.190	0.210	0.110	0.110	0.069	0.057	0.041
9月	0.101	0.083	0.083	0.011							0.085	0.100	0.068	0.060	0.042	0.062	0.076	0.052	0.083	0.093	0.100	0.071	0.050	0.044	0.200	0.074
10月	0.115	0.180	0.052	0.066							0.100	0.056	0.092	0.067	0.046	0.069	0.091	0.085	0.074	0.130	0.068	0.080	0.052	0.071	0.064	0.068
11月	0.041	0.088	0.081	0.058		0.070	0.060	0.031	0.068	0.062	0.030	0.049	0.078	0.064	0.047	0.058	0.038	0.051	0.027	0.060	0.061	0.059	0.046	0.040	0.063	0.049
12月	0.045	0.080	0.054	0.043							0.042	0.046	0.025	0.026	0.024	0.033	0.029	0.032	0.031	0.034	0.032	0.037	0.034	0.034	0.034	0.033
1月											0.031		0.027	0.028	0.030	0.024					0.023	0.032	0.026	0.029	0.031	0.026
2月						0.035		0.026	0.016	0.029	0.034	0.048	0.025	0.025	0.029						0.024	0.048	0.026		0.028	0.025
3月	0.086	0.079	0.045			0.041	0.029				0.031	0.048	0.033	0.025	0.040	0.029	0.026	0.028	0.029	0.031	0.025	0.034	0.028	0.120	0.034	0.030

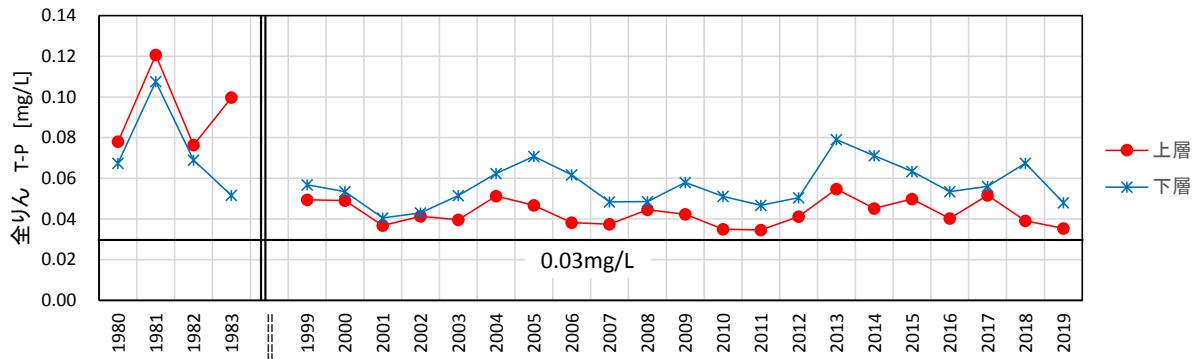


図 10.3.2.3 湖心における全りんの年平均値の経年変化

10.3.3. 有機物関連 (COD 他)

有機物関連項目の年平均値の経年変化を図 10.3.3.1 に示す。また、有機物関連項目の水質保全計画期間ごとの各月平均値の経月変化を図 10.3.3.2 に示す。

10.3.3.1. 経年変化

- ・ COD、溶解性 COD、懸濁性 COD の経年変化は、上層・下層共に、減少傾向であった。また、上層に比べて下層の濃度が低い傾向であった。
- ・ BOD の経年変化は、明確な傾向は見られず、ほぼ一定であった。また、COD と同様に、上層に比べて下層の濃度が低い傾向であった。
- ・ COD、BOD の増減の様子は比較的似ていた。
- ・ BOD/COD の経年変化は、ほぼ 0.6 付近で一定であった。また、上層に比べて下層の値が低い傾向であった。
- ・ 有機物関連項目の全ての項目の上層と下層の濃度の大小関係は、窒素・りんとは異なり、上層の濃度が高く、下層の濃度が低かった。

10.3.3.2. 経月変化

- ・ COD、溶解性 COD、懸濁性 COD は、夏に増加した。
- ・ BOD は、上層においては、測定年によって異なり明確な傾向が見られなかった。下層においては、夏期に小さく冬期に大きかった。
- ・ BOD/COD は、上層・下層共に、夏期に小さく冬期に大きかった。

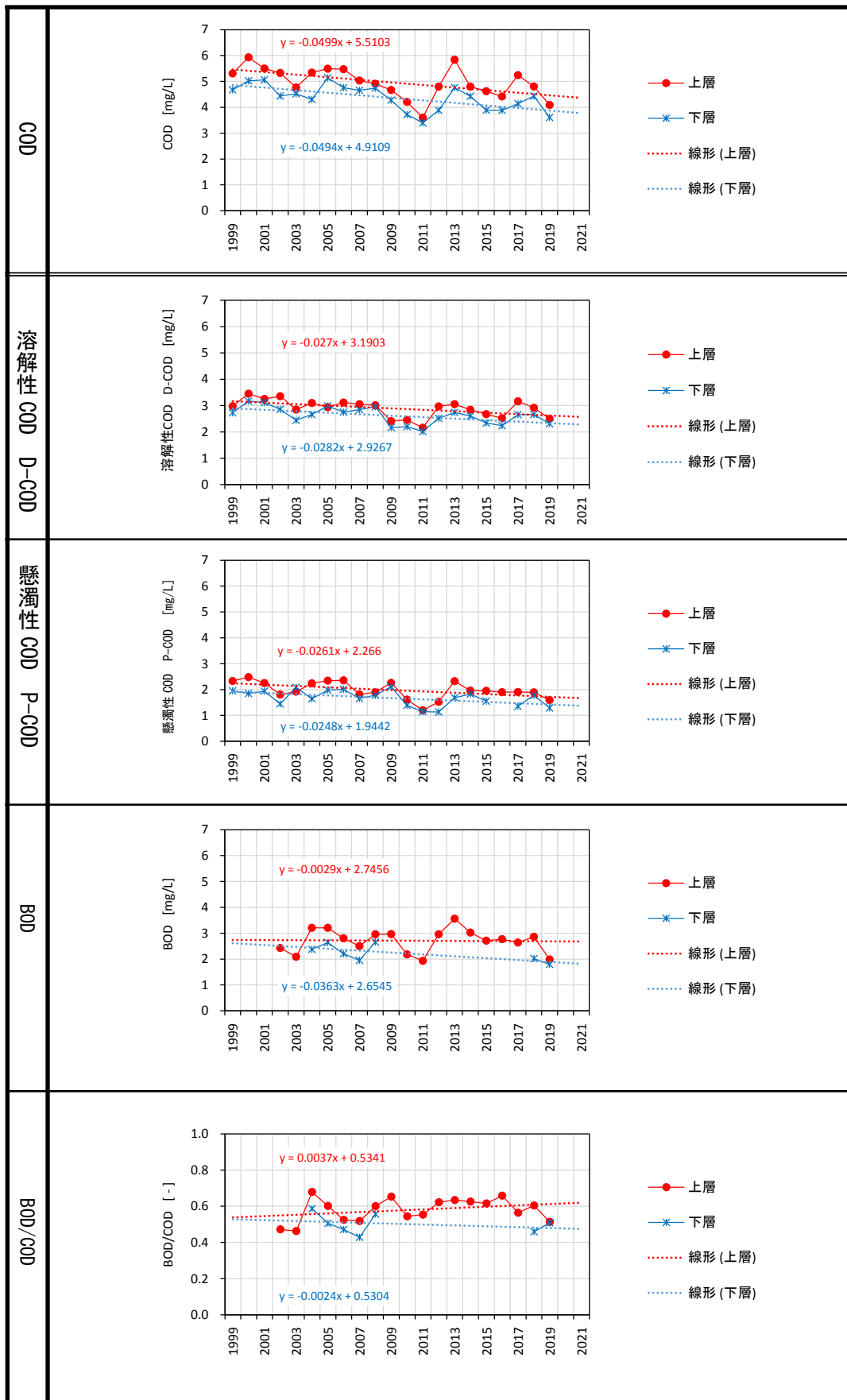


図 10.3.3.1 有機物関連項目の年平均値の経年変化

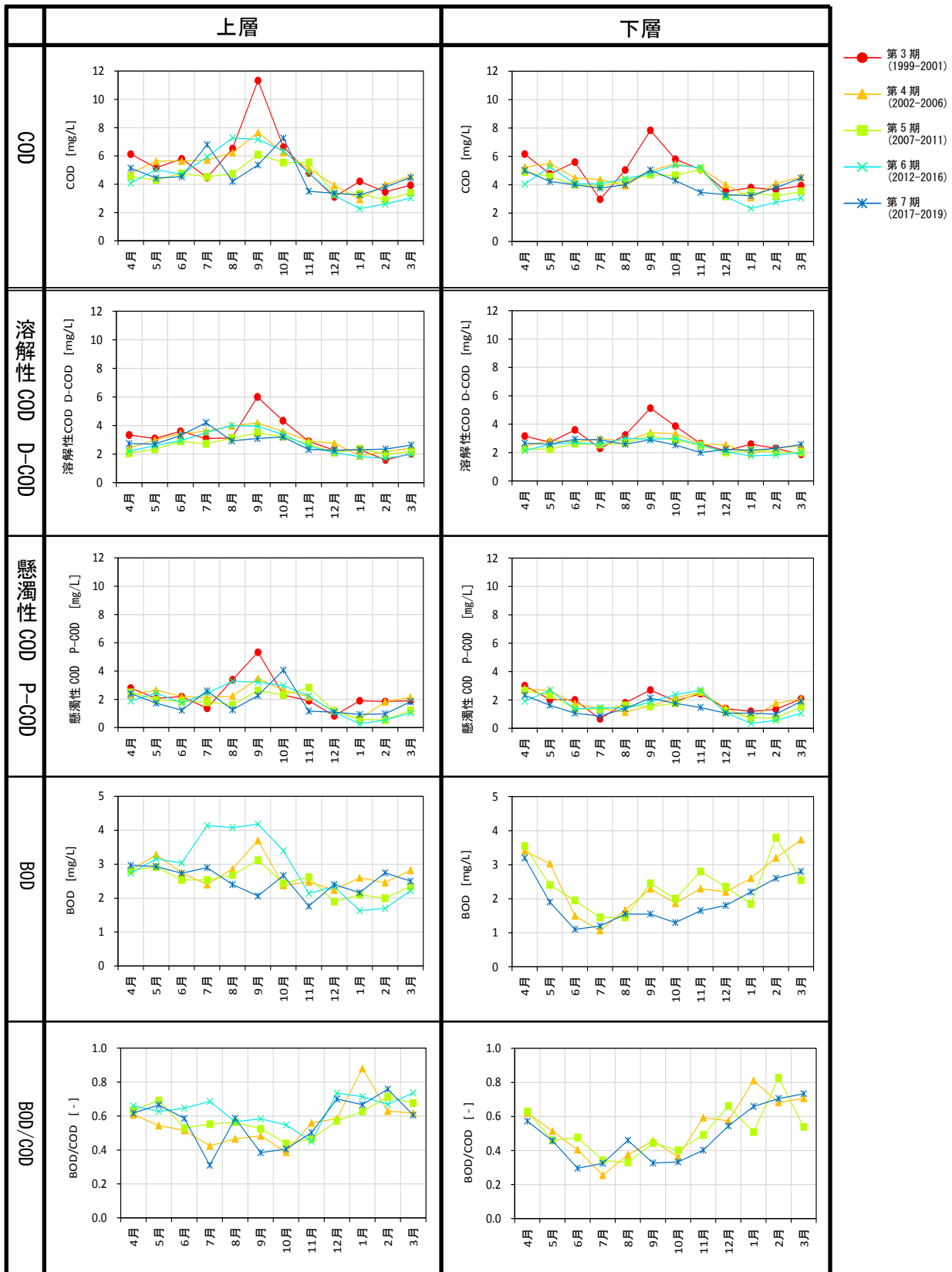


図 10.3.3.2 有機物関連項目の月平均値の経月変化

10.3.4. 炭素関連 (TOC 他)

炭素関連項目 (TOC 他) の 2019 年度の経月変化を図 10.3.4.1 に示す。TOC は 2019 年度から測定を開始したため、経年変化については取り扱わなかった。

10.3.4.1. 経月変化

- ・ TOC、懸濁態 TOC の上層は、7月と10月に増加した。同時期に、上層のクロロフィル a も増加していることが影響していると考えられる。
- ・ TOC、懸濁態 TOC の下層は、10月にわずかに増加した。
- ・ 溶存態 TOC は、上層・下層共に、ほとんど同じ値であり、通年ほぼ一定の濃度であった。
- ・ TOC/COD は、上層・下層共に、ほとんど同じ値であり、通年ほぼ一定であった。

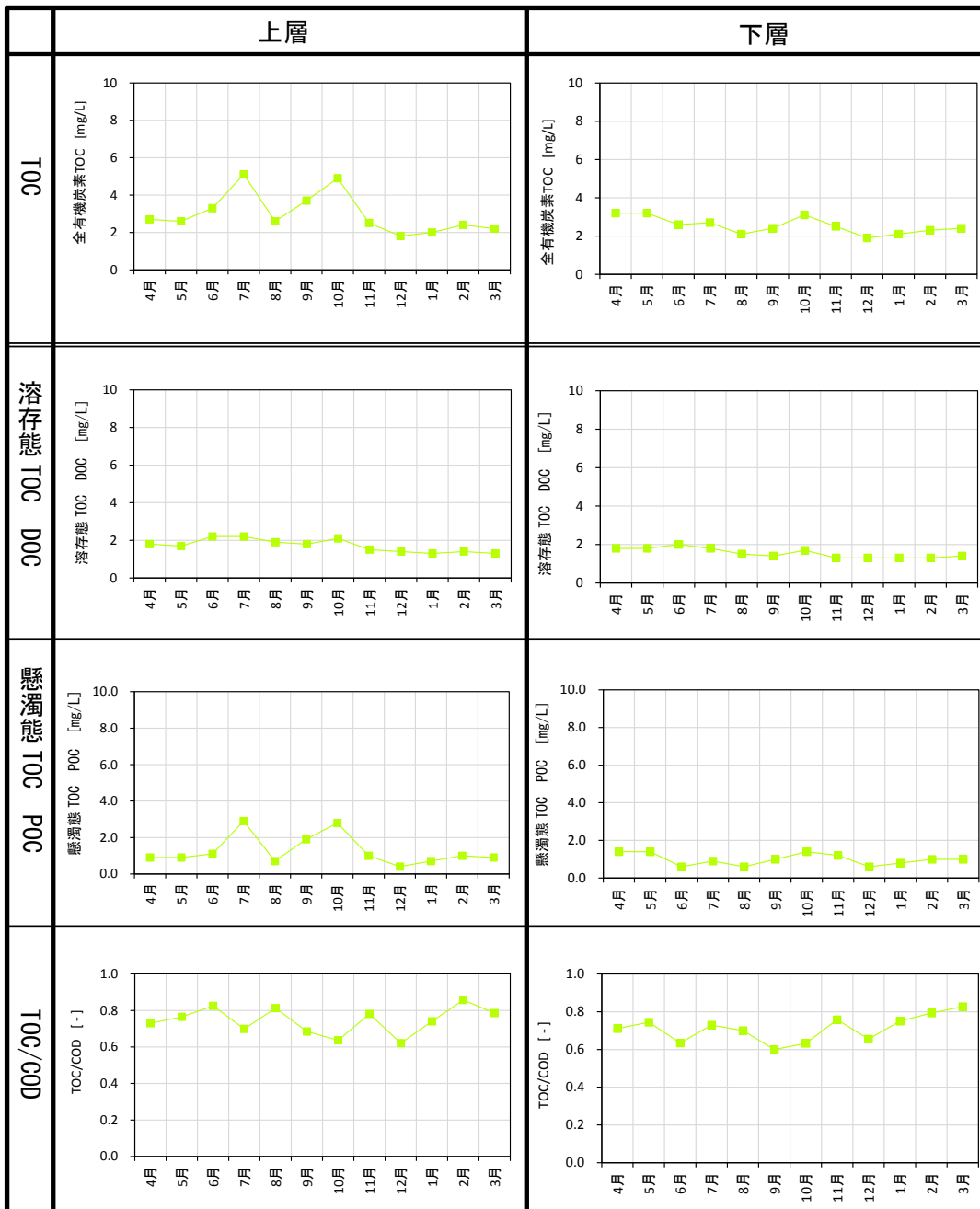


図 10.3.4.1 炭素関連項目 (TOC 等) の 2019 年度の経月変化

10.3.5. 生物・濁り関連

生物、濁り関連項目の年平均値の経年変化を図 10.3.5.1 に示す。また、生物、濁り関連項目の水質保全計画期間ごとの各月平均値の経月変化を図 10.3.5.2 に示す。

10.3.5.1. 経年変化

- ・クロロフィル a の経年変化は、上層・下層共に、減少傾向であった。また、COD と同様、上層に比べて下層の濃度が低かった。
- ・SS の経年変化は、上層においては、微減の傾向であった。また、下層においては、変動は大きいながらも一定であった。
なお、上層に比べて下層の濃度が高い傾向であった。
- ・透明度の経年変化は、変動は大きいが増加の傾向であった。
- ・透視度の経年変化は、上層においては、変動は大きいが増加の傾向であった。また、下層においては、変動は大きいながらも一定であった。なお、上層に比べて下層の値が小さい傾向であった。

10.3.5.2. 経月変化

- ・クロロフィル a、SS の濃度は、春と夏～秋の 2 回増加する傾向が見られた。
- ・透明度、透視度の経年変化は、クロロフィル、SS とほぼ逆の傾向を示していた。

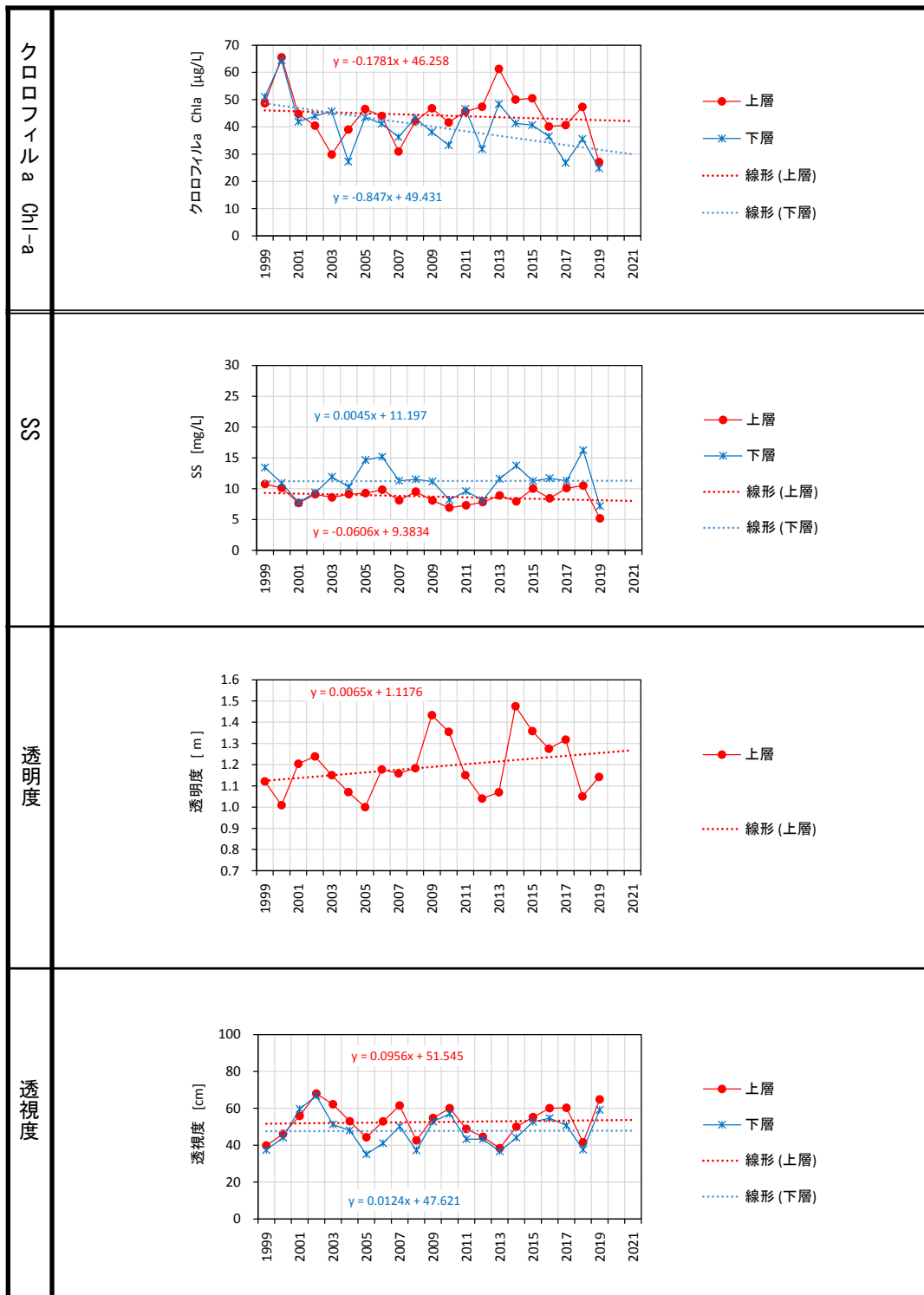


図 10.3.5.1 濁り関連項目の年平均値の経年変化

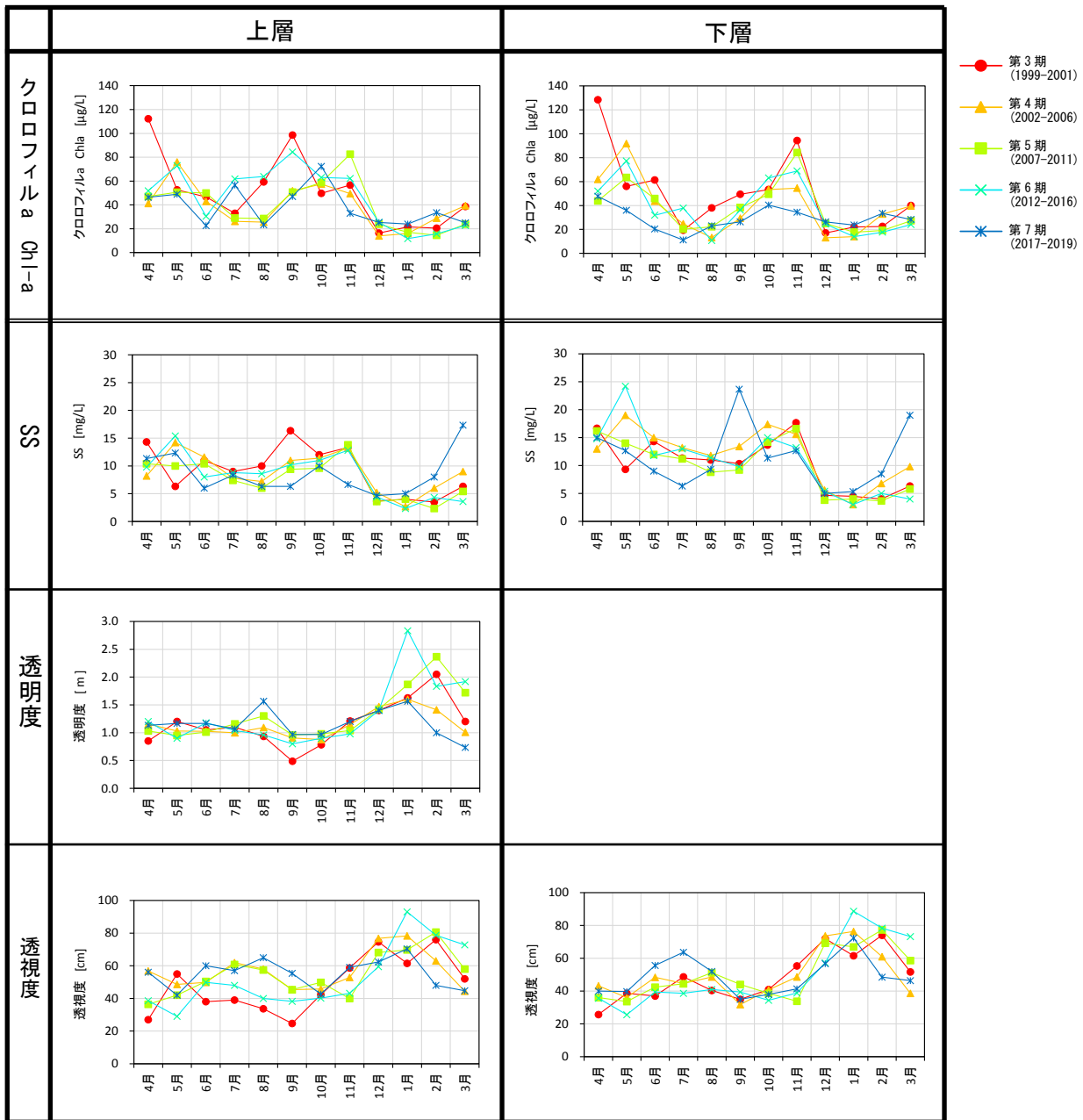


図 10.3.5.2 濁り関連項目の月平均値の経月変化

10.3.6. 温度、pH、D0

温度、pH、D0 関連項目の年平均値の経年変化を図 10.3.6.1 に示す。

また、温度、pH、D0 関連項目の水質保全計画期間ごとの各月平均値の経月変化を図 10.3.6.2 に示す。

10.3.6.1. 経年変化

- ・気温の経年変化は、上昇傾向であった。
- ・水温の経年変化は、上層はわずかに上昇傾向だが、下層はわずかに低下傾向であった。また、水温の上下層の差は、変動はあるが上昇傾向であった。気温の上昇により夏期に諏訪湖内の温度成層が強固に形成されるようになってきていると考えられる。
- ・溶存酸素の経年変化は、上層・下層共に、減少傾向であった。上層の溶存酸素濃度は水温の上昇により減少し、下層の溶存酸素濃度は温度成層が強固に形成される時期が長期化したため減少したと考えられる。
- ・溶存酸素の上下層の差の経年変化は、ほぼ一定であった。
- ・pH の経年変化は、上層・下層共に、減少傾向であった。光合成をする植物プランクトンが減少してきたことが考えられる。また、上層に比べて下層の値が低い傾向であった。

10.3.6.2. 経月変化

- ・水温の上下層の差を見ると、温度差が 1℃以上ある期間が、第 3 期以降拡大しているように見える。経年変化の項で見たように、気温が上昇傾向にある影響を受けていると思われる。
- ・溶存酸素の上下層の差をみると、2mg/L 以上の濃度差の期間が、第 3 期以降拡大しているように見える。水温の上下層の差が拡大したことが影響していると思われる。なお、現時点では貧酸素状態の発生原因として様々な意見が出ており、慎重な検討が必要である。
- ・溶存酸素の濃度が、上層において、夏期に若干減少する傾向である。夏期には上層の水温の上昇に伴い溶存できる酸素濃度が低くなるためと考えられる。
- ・上層の pH は初夏から秋にかけて高い傾向であり、下層の pH は初夏から秋にかけて低い傾向である。初夏から秋にかけては植物プランクトンが上層で光合成を行い炭酸同化作用により pH が上昇したためと考えられる。

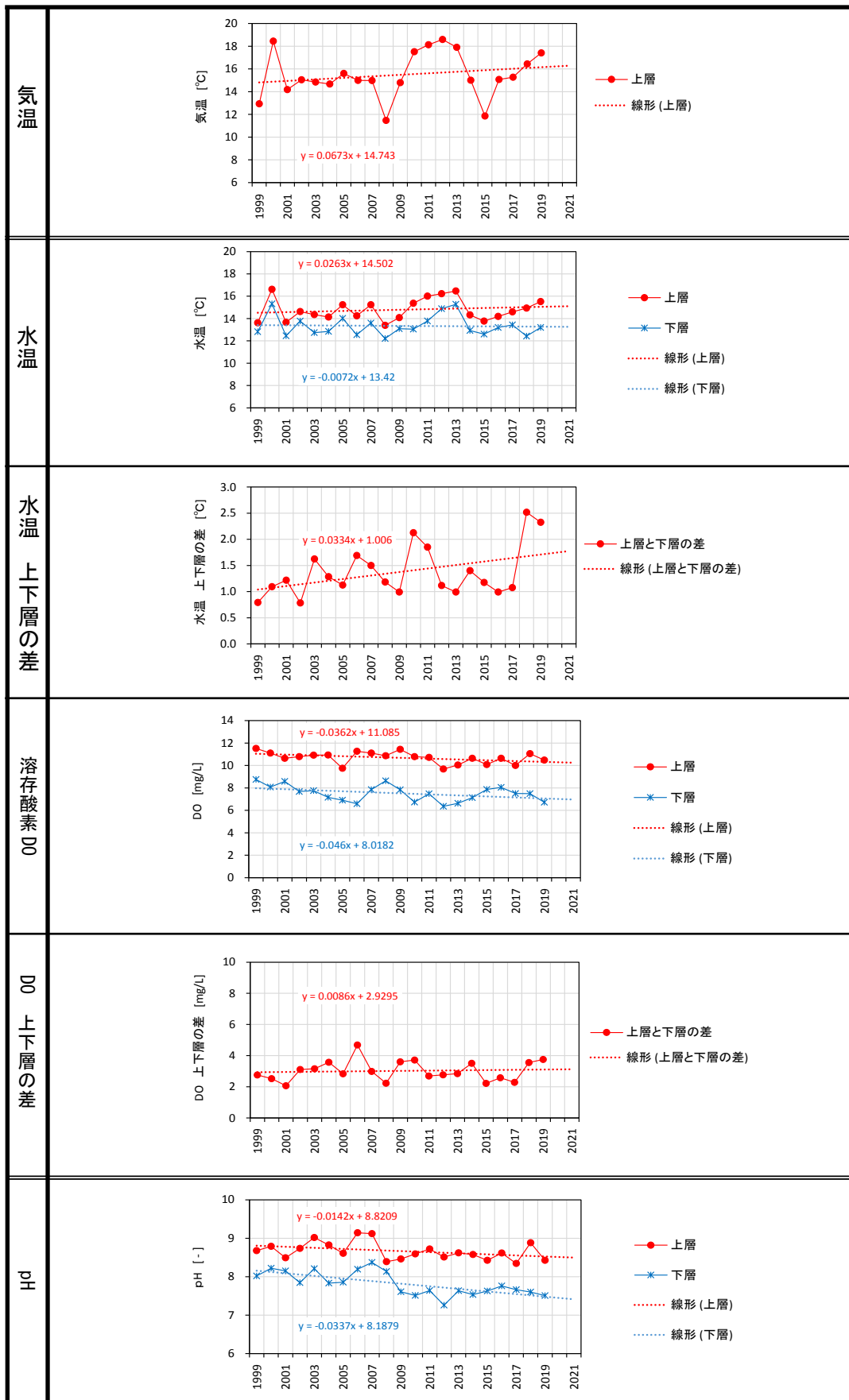


図 10.3.6.1 温度、pH、DO の年平均値の経年変化

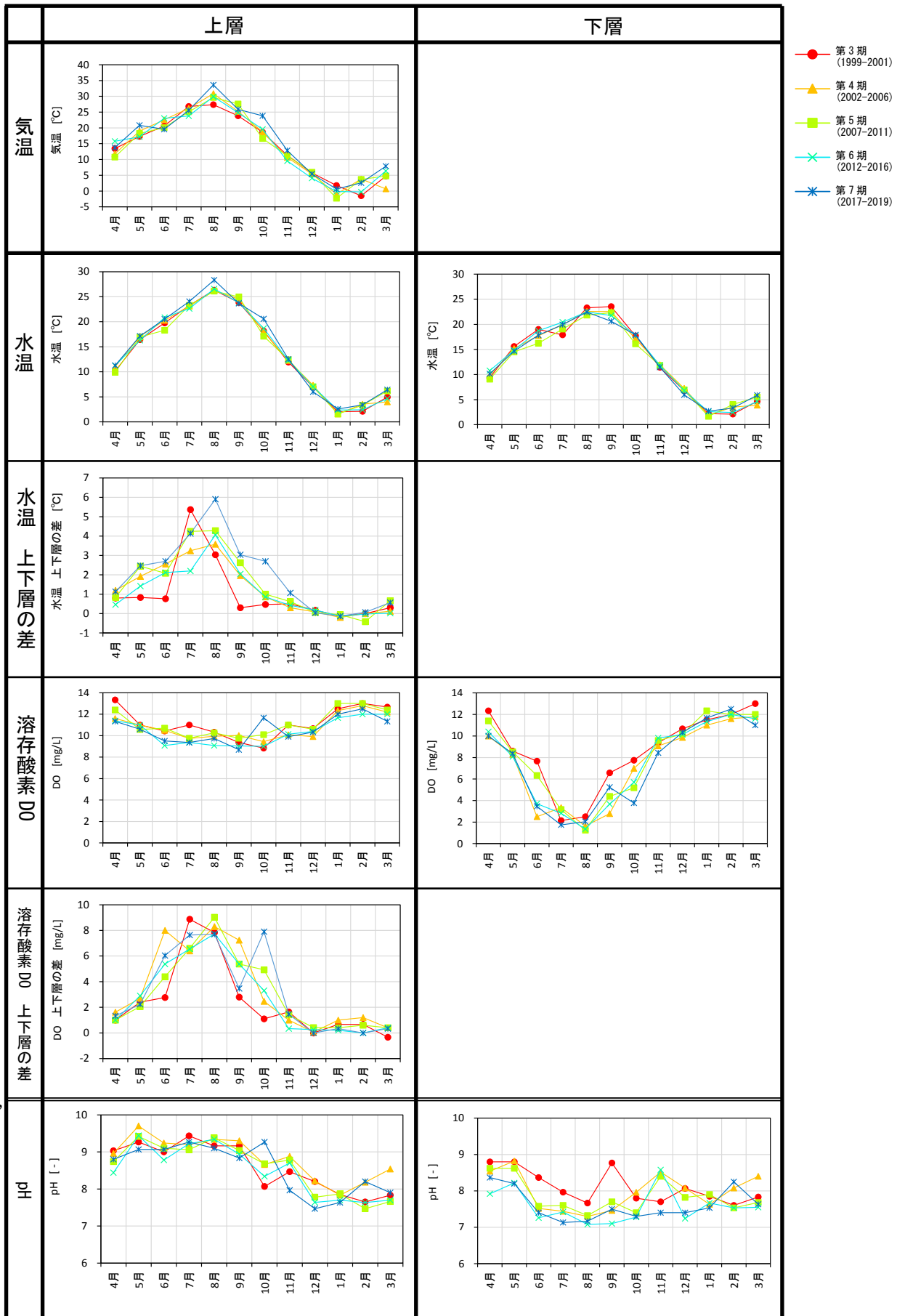


図 10.3.6.2 温度、pH、DO の月平均値の経月変化

10.3.7. 大腸菌関連

大腸菌関連項目の年平均値の経年変化を図 10.3.7.1 に示す。また、大腸菌関連項目の水質保全計画期間ごとの各月平均値の経月変化を図 10.3.7.2 に示す。

10.3.7.1. 経年変化

- ・大腸菌群数の経年変化は、上層・下層共に、増加の傾向であった。また、上層に比べて下層の濃度が高かった。
- ・ふん便性大腸菌群数の経年変化は、変動が大きく、傾向が不明であった。

10.3.7.2. 経月変化

- ・大腸菌群数は、初夏から秋にかけて多い傾向であった。
- ・ふん便性大腸菌群数は、傾向が不明であった。

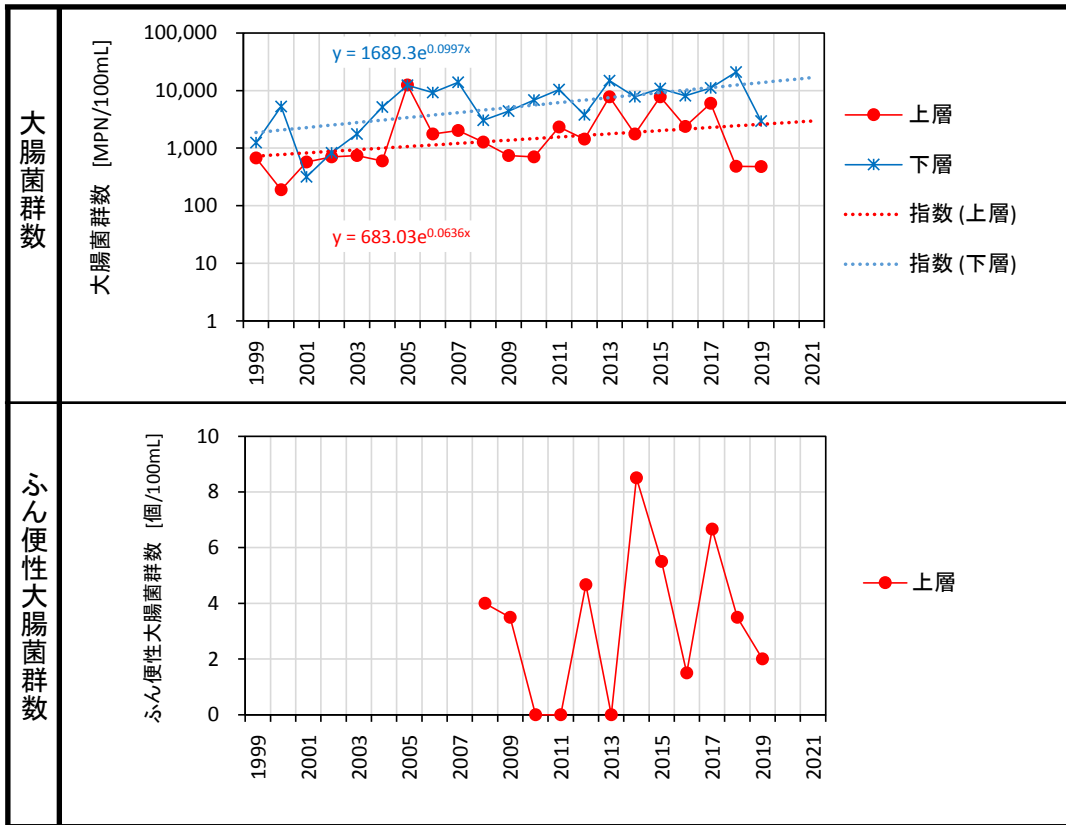


図 10.3.7.1 大腸菌関連の年平均値の経年変化

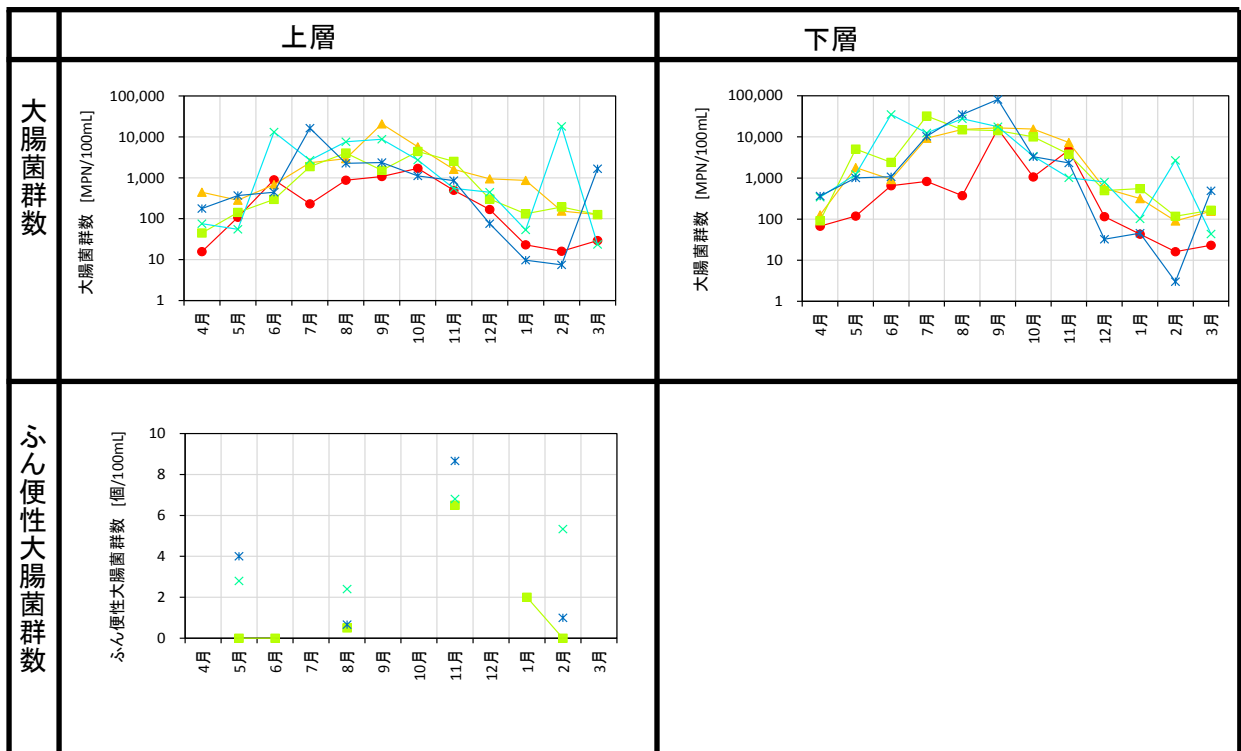


図 10.3.7.2 大腸菌関連の月平均値の経月変化

10.3.8. マンガン、亜鉛

マンガン、亜鉛関連項目の年平均値の経年変化を図 10.3.8.1 に示す。

また、マンガン、亜鉛関連項目の水質保全計画期間ごとの各月平均値の経月変化を図 10.3.8.2 に示す。

10.3.8.1. 経年変化

- ・全マンガンの経年変化は、上層においては増加の傾向であった。
全マンガンの下層の経年変化は、測定年数が少ないので、傾向は不明であった。
なお、上層に比べて下層の濃度が高かった。
- ・溶解性マンガン、懸濁性マンガンの経年変化は、測定年数が少ないので傾向は不明であった。また、上層に比べて下層の濃度が高かった。
- ・全亜鉛の経年変化は、変動が大きく傾向は不明であった。また、上層に比べて下層の濃度が高かった。

10.3.8.2. 経月変化

- ・マンガンは、夏期において下層の濃度が高かった。
- ・亜鉛は、季節の傾向が不明であった。

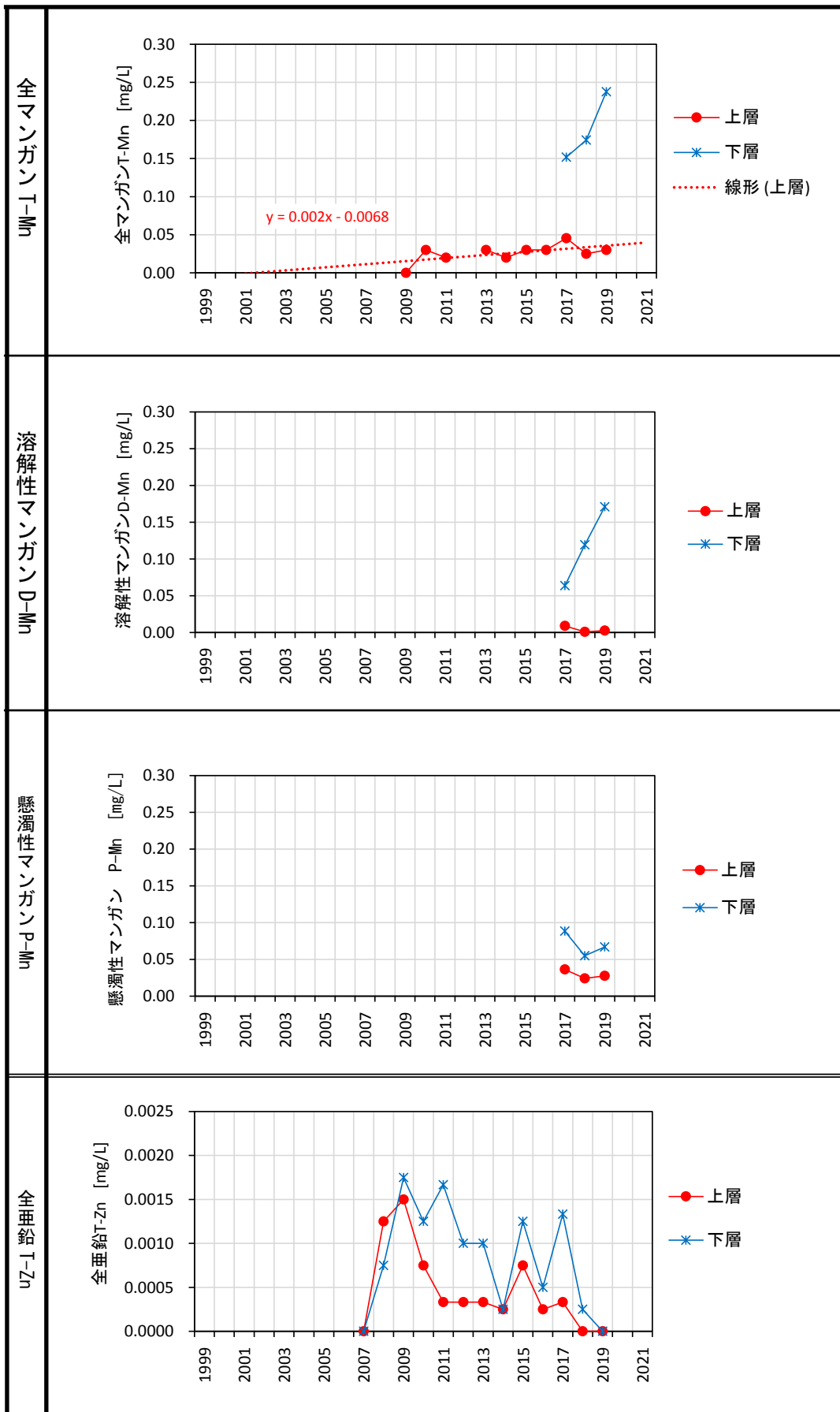
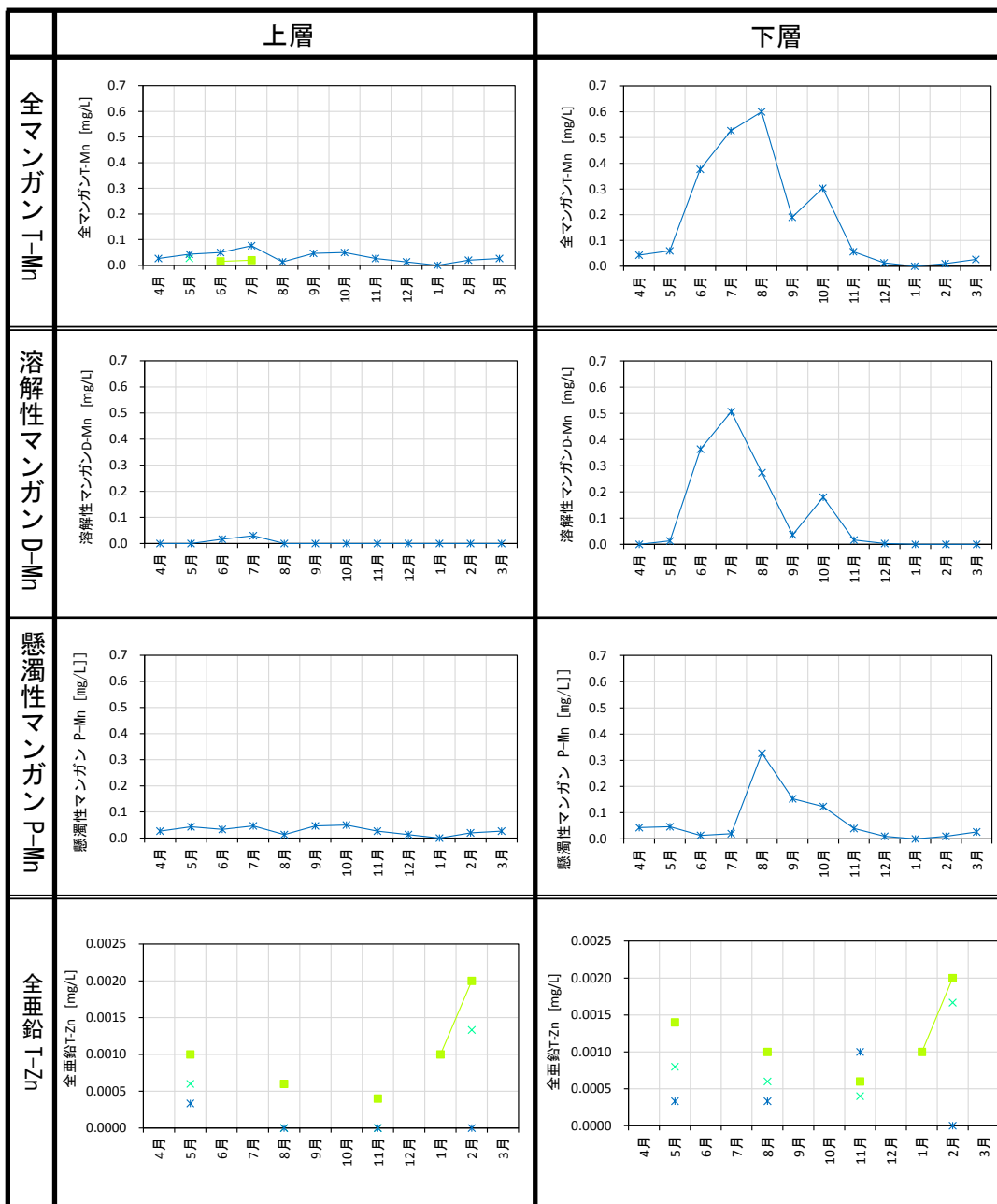


図 10.3.8.1 マンガン、亜鉛の年平均値の経年変化



- 第3期 (1999-2001)
- ▲ 第4期 (2002-2006)
- 第5期 (2007-2011)
- × 第6期 (2012-2016)
- ★ 第7期 (2017-2019)

図 10.3.8.2 マンガン、亜鉛の月平均値の経月変化

10.3.9. ふっ素、ほう素、塩化物イオン

ふっ素、ほう素、塩化物イオンの年平均値の経年変化を図 10.3.9.1 に示す。また、ふっ素、ほう素、塩化物イオンの水質保全計画期間ごとの各月平均値の経月変化を図 10.3.9.2 に示す。

10.3.9.1. 経年変化

- ・ ふっ素の経年変化は、変動が大きく、傾向は不明であった。なお、上層と下層の濃度はほぼ同じであった。
- ・ ほう素の経年変化は、上層・下層共に、減少傾向であった。また、上層と下層の濃度はほぼ同じであった。
- ・ 塩化物イオンの経年変化は、上層・下層共に、減少傾向であった。また、上層と下層の濃度はほぼ同じであった。

10.3.9.2. 経月変化

- ・ ふっ素、ほう素は、傾向が不明であった。
- ・ 塩化物イオンは、上層・下層共に、冬期に増加傾向であった。

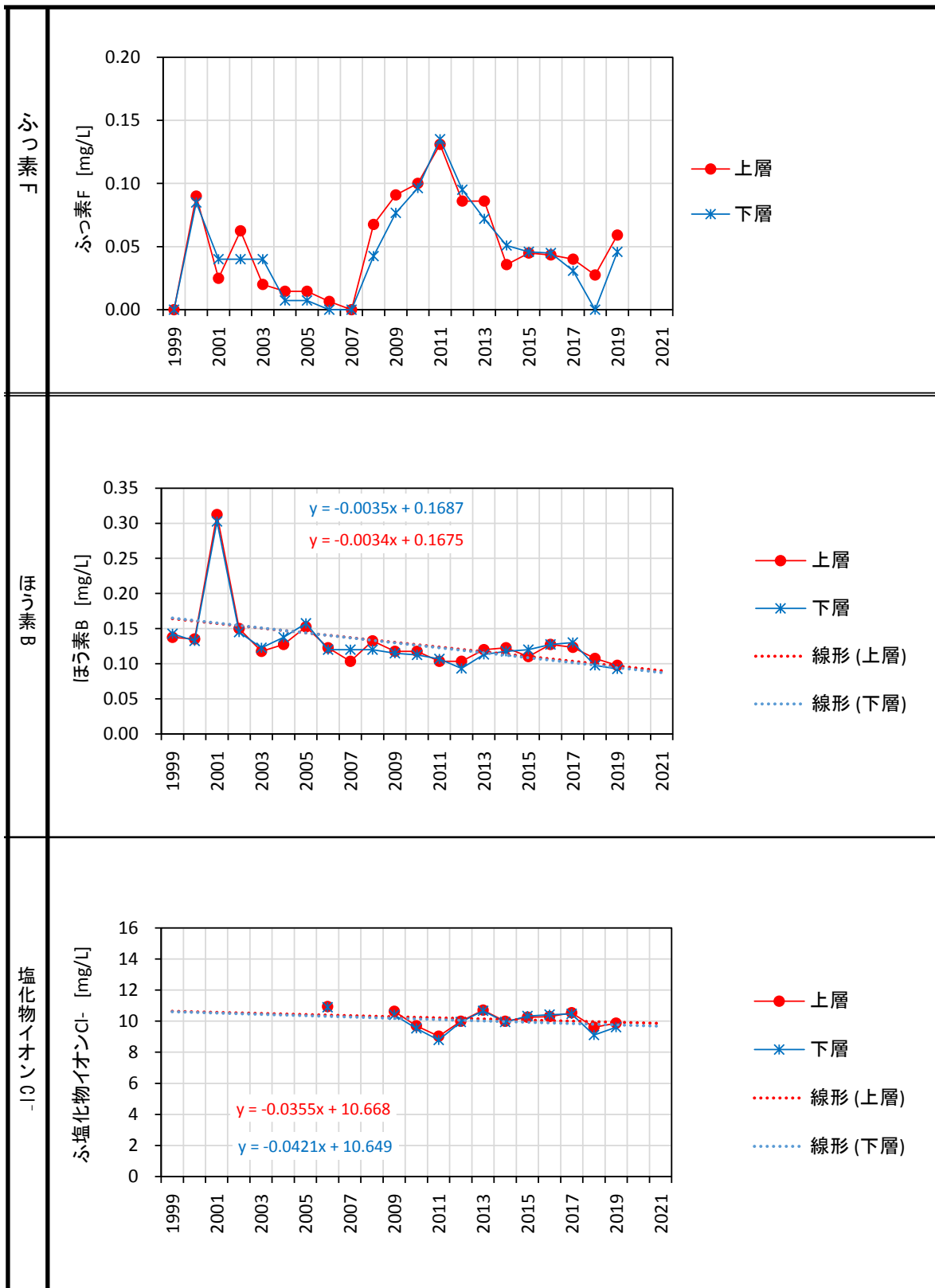
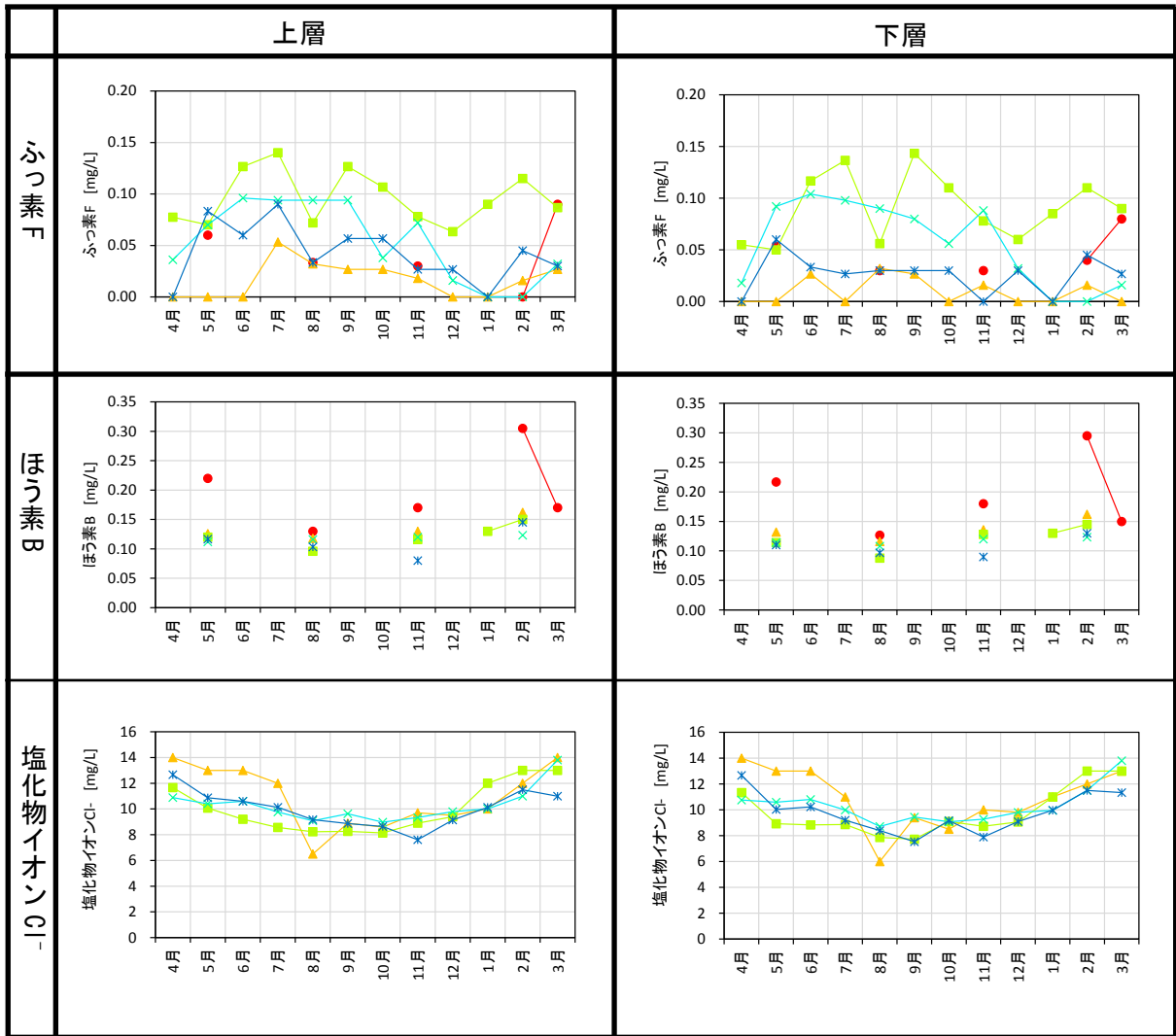


図 10.3.9.1 ふっ素、ほう素、塩化物イオンの年平均値の経年変化



- 第3期 (1999-2001)
- ▲ 第4期 (2002-2006)
- 第5期 (2007-2011)
- × 第6期 (2012-2016)
- ★ 第7期 (2017-2019)

図 10.3.9.2 ふっ素、ほう素、塩化物イオンの月平均値の経月変化

10.3.10. 各項目間の相関

各項目間の相関を調べるため、一部の項目について、相関を調べた。

対象とした項目は、全窒素、溶解性窒素、硝酸性窒素、全りん、TN/TP、クロロフィル a、COD、SS、透明度、透視度の 10 項目とした。第 7 期水質保全計画に相当する 2017 年度から 2019 年度の 3 年間の各月のデータを用いた。測定地点は、諏訪湖湖心上層で、午前の採水のみとした。時間遅れは考慮しなかった。

回帰式は、直線、指数、対数、累乗から相関係数が比較的大きなものを選んだ。なお、回帰式を変更しても相関係数があまり変わらない場合には、直線の回帰式を選んだ。対象となる項目の 2 項目の全ての組み合わせについて、同様の作業を行った。

散布図を図 10.3.10.1 に示す。

相関係数が 0.5 を超えた項目の組み合わせは、全窒素と溶解性窒素、全窒素と硝酸性窒素、溶解性窒素と硝酸性窒素、全窒素と全りん、COD とクロロフィル a、透視度と SS、透視度と透明度であった。

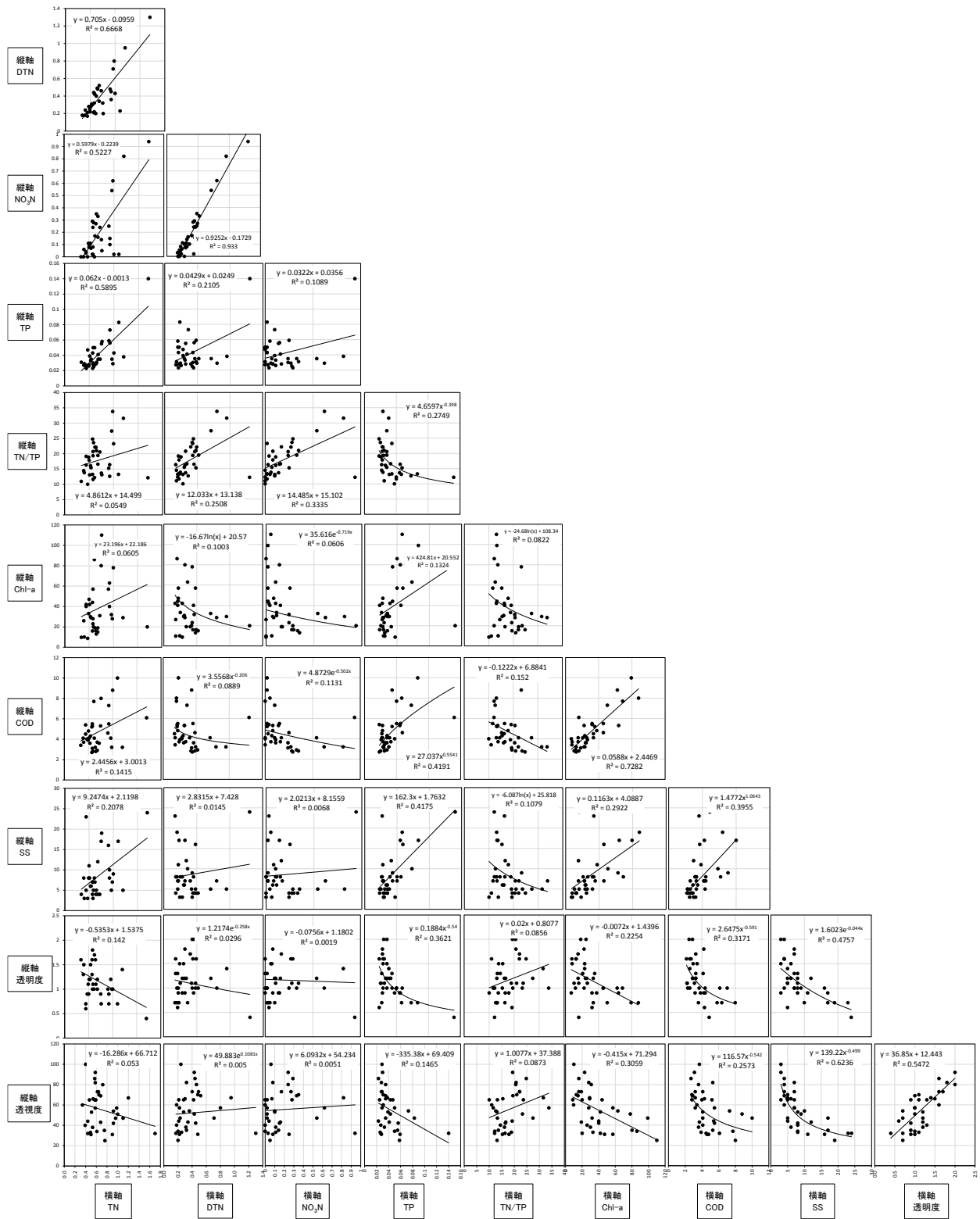


図 10.3.10.1 一部項目の相関

10.4. まとめ

1999年度から2019年度までの21年間の公共用水域水質測定の結果を使用し、諏訪湖湖心の水質の長期的な傾向を解析した。

経年変化

- ・減少傾向であったのは、全窒素、溶解性窒素、硝酸性窒素、TN/TP、COD、溶解性COD、懸濁性COD、BOD、クロロフィルa、溶存酸素、pH、ほう素、塩化物イオンであった。
- ・ほぼ一定であったのは、アンモニア性窒素、懸濁性窒素、全りん、りん酸態りん、全りんとりん酸態りんの差、BOD/COD、上下層の溶存酸素濃度の差であった。
- ・増加傾向であったのは、溶解性窒素（非イオン）、透明度、気温、上下層の温度差、大腸菌群数、全マンガンであった。
- ・気温の上昇傾向により、夏期に諏訪湖内の温度成層が強固に形成されるようになってきており、上下層の水温差が広がり、かつ溶存酸素濃度の差が大きくなる期間が増加していると思われる。

上層と下層の関係

- ・上層に比べて下層の濃度等が低かったのは、懸濁性窒素、TN/TP、COD、溶解性COD、懸濁性COD・BOD、BOD/COD、クロロフィルa、水温、pH、溶存酸素であった。このうち、COD、溶解性COD、懸濁性COD、BOD、クロロフィルa、pHは、上層で増殖する植物プランクトンの影響を受ける項目と考えられる。
- ・上層と下層の濃度はほぼ同じだったのは、溶解性窒素（非イオン）、ふっ素、ほう素、塩化物イオンであった。
- ・上層よりも下層の濃度等が高かったのは、全窒素、溶解性窒素、硝酸性窒素、アンモニア性窒素、全りん、りん酸態りん、全りんとりん酸態りんの差、SS、透視度、全マンガン、溶解性マンガン、懸濁性マンガン、全亜鉛、大腸菌群数であった。上層よりも下層の濃度が高かった原因としては、上部から沈降した懸濁物質由来、底質からの溶出、底質の巻き上げ、周辺の下層からの移入が考えられる。

季節ごとの変化等

- ・硝酸性窒素は、冬期に増加した。
- ・アンモニア性窒素、りん酸態りん、マンガンは、夏期に下層で生じる貧酸素状態によって底質から溶出していると考えられる。
- ・全窒素は、硝酸性窒素、アンモニア性窒素、懸濁性窒素の濃度が上昇するため、春と夏～秋の2回増加した。
- ・懸濁性窒素、全りん、全りんとりん酸態りんの差、クロロフィルa、SSは春と夏～秋の2回増加する傾向を示し、透明度、透視度は春と夏～秋の2回減少する傾向を示した。COD、溶解性COD、懸濁性CODは夏に増加した。TOC、懸濁態TOCの上層は、7月と10月に増加した。上層のpHが、初夏から秋にかけて上昇した。これらの項目は、植物プランクトンの増殖により値が変化する項目である。
- ・水質中のりんのほとんどが、懸濁態で存在している。

- ・諏訪湖湖心では、全りんの濃度が 0.03mg/L を下回る時期が増えてきていることから、りんについて言えば徐々に富栄養状態から中栄養状態へと遷移しつつあると考えられる。
- ・溶存態 TOC、TOC/COD は、上層・下層共に、ほとんど同じ値であり、通年ほぼ一定の濃度であった。
- ・大腸菌群数は、初夏から秋にかけて増加した。
- ・塩化物イオンは、冬期に増加していた。

2017 年度から 2019 年度の諏訪湖湖心上層の午前の測定値について、一部項目の相関を調べたところ、相 相関係数が 0.5 を超えた項目の組み合わせは、全窒素と溶解性窒素、全窒素と硝酸性窒素、溶解性窒素と硝酸性窒素、全窒素と全りん、COD とクロロフィル a、透視度と SS、透視度と透明度であった。

本報告では、諏訪湖の水質の長期的な変化の方向性を見るために経時変化等を整理した。水質の変化の原因を特定するためには、さらなる整理と調査を行う必要がある。