

令和 2 年 12 月 22 日

第 8 期児島湖水質保全計画策定検討会 第 2 回会議

前回の指摘事項と対応

	指摘事項	対応
児島湖及び流域の水質汚濁要因	1) 排出汚濁負荷量と水質の関係が薄くなっている原因についての程度検討されているか。流域で生物処理が進み、難分解性有機物が残存するようになったことで、河川での自浄作用が低下したのではないか。	<ul style="list-style-type: none"> ・ 児島湖に流入する河川水の BOD、COD 濃度の推移から、有機物に占める難分解性有機物の割合が高くなっていることを示した。(資料 2)
	2) 流域ブロックによって COD と BOD の比が異なるが、なぜか。排出汚濁負荷量に占める生活系の割合は同程度なので、N-BOD の影響とは考えにくいのではないか。	<ul style="list-style-type: none"> ・ 流域ブロック別に BOD と COD 濃度の関係について整理し、難分解性有機物としてどの程度の COD 濃度になるのかを考察した。(資料 2)
	3) クロロフィル a と P-COD の関係については同じ値を用いているとのことだが、それでよいのか。	<ul style="list-style-type: none"> ・ クロロフィル a と P-COD の関係式について、近年のデータを用いて検討したところ、過年度の値と大きな差はなかった。(資料 2)
	4) 透明度が改善している原因は何か。	<ul style="list-style-type: none"> ・ 透明度と環境因子との相関について分析を行い、近年の透明度改善の理由について考察した。(資料 2)

	指摘事項	対応
	5)水草の大量繁茂によって底層DOが低下すると思われるが、データはあるか。	<ul style="list-style-type: none"> 水生植物群落の内側（八浜地区）のデータは有していない。
	6)底質の強熱減量については、有機質の供給の違いの観点から説明できるのではないかと、検討していただきたい。	<ul style="list-style-type: none"> 水質シミュレーションモデルにおいて湖底へのクロロフィル a の沈降量を計算しており、その値と底質の強熱減量の関係について考察した。（資料3）
気候変動の影響と適応策	<p>7)気候変動と生物相の変化を把握する必要がある。</p> <p>8)児島湖でも気候変動の対応策や適応策を考えていく必要があるのではないかと。</p>	<ul style="list-style-type: none"> 環境省が平成27年7月に「気候変動による湖沼における水質・生態系への影響及び適応策の検討」を公表している。 現在、環境省で気候変動による対応手引きを策定しているところであり、今年度中の完成を目指しているとのこと。 今後公表される環境省の手引きを踏まえたうえで対応を検討することとしたいが、5か年計画の中で気候変動の影響の把握や適応策を記載することは現実的には困難と考えられる。
水質シミュレーション	9)窒素とりんの底泥からの溶出について、底泥中の窒素・りんの存在量や物質収支は検討しているか。	<ul style="list-style-type: none"> 調査結果を基にした溶出速度の設定値、シミュレーションによる負荷量収支について示した。（資料3）
	10)第8期のシミュレーションを考えたときに、締め切り堤防の耐震化工事の影響を考える必要がある。	<ul style="list-style-type: none"> 濁水防止措置を講じたうえで施工する計画としているため、シミュレーションへの影響はないと考えられる。（参考資料1）

	指摘事項	対応
長期ビジョン および児島湖 の水質評価	11)水質だけでなく生態系サービスとしての児島湖及び流域の価値について、アンケート等により県民のビジョンを把握し、次のビジョンを示す動きがあっても良いのではないか。	・長期ビジョンの達成目標及び目標年度の見直しについて検討した。(資料4)
	12) 環境基準値の達成、非達成だけを問題にするのではなく、市民による利用などと合わせて考えると良いのではないか。	・他湖沼における評価指標を参考に、県民による水質評価手法について検討した。(資料4)
	13)水質以外の目標は他の湖沼の水質保全計画でも掲げられているので、参考にしてはどうか	
	14)児島湖に対してかなり前向きなイメージが育ちつつあるので、地元での利用を意識すべき。	・第8期計画の中で、長期ビジョンの達成を推進するための対策を今後検討してまいりたい。
	15)人工干潟を何らかの形で利用し、生物多様性の拠点とできないか。	
	16)次世代の人たちが児島湖に来てくれるように、環境学習や人工干潟などを活用して生物多様性と合わせて考えてほしい。	

以上

12/22 意見照会用

資料 2

令和 2 年 12 月 22 日

第 8 期児島湖水質保全計画策定検討会 第 2 回会議

児島湖の水質汚濁要因に係る検討

児島湖の水質汚濁要因に係る検討

目 次

I 児島湖の COD 変動要因に関する検討	1
1 湖内 COD 濃度の状況	1
(1) 年平均値の推移	1
(2) 各態 COD 濃度の年間変動	3
(3) COD の分解特性	6
2 COD に影響を及ぼす要因	7
(1) クロロフィル a 濃度と懸濁態 COD 濃度の関係	7
(2) 流入河川水の BOD、COD 濃度	10
(3) 汚濁発生源の特徴と難分解性有機物濃度に関する考察	16
3 まとめ	21
II 児島湖の透明度変動要因に関する検討	22
1 湖内透明度の状況	22
(1) 年平均値の推移	22
(2) 月別透明度の状況	22
2 透明度に影響を及ぼす要因	23
(1) 透明度と SS の関係	23
(2) 透明度とクロロフィル a 濃度との関係	25
(3) 透明度の逆数と水質指標の関係式	27
3 SS 低下要因に関する考察	29
(1) SS とクロロフィル a 濃度の関係	29
(2) SS と日平均風速の関係	30
4 まとめ	31

I 児島湖の COD 変動要因に関する検討

1 湖内 COD 濃度の状況

(1) 年平均値の推移

図 I-1 に児島湖における COD 濃度の推移を、表 I-1 に測定結果を示す。児島湖（湖心、樋門）の COD 濃度は長期的には改善する傾向が認められるものの、第6期以降は横ばいとなっており、依然として環境基準の達成は厳しい状況である。

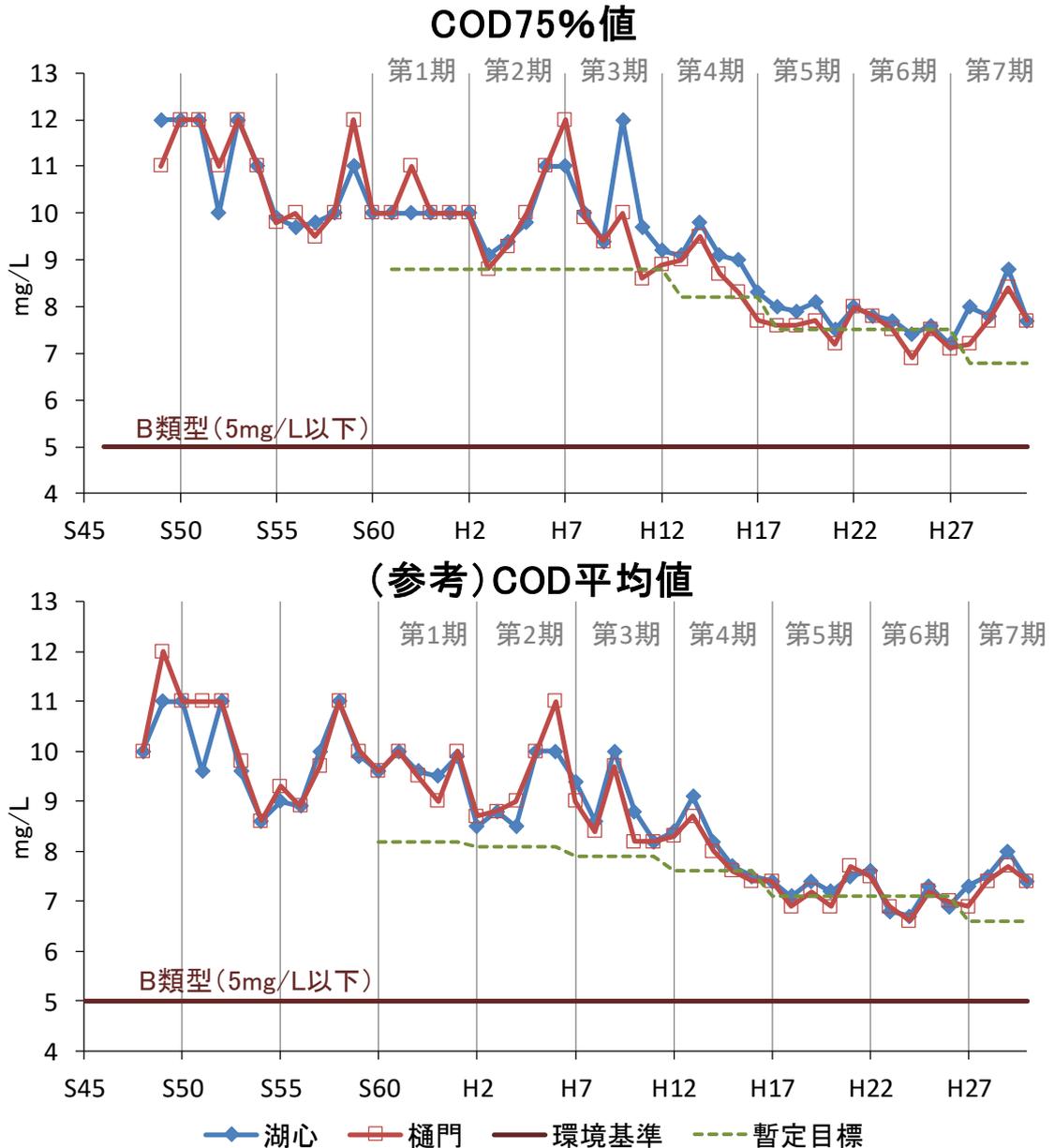


図 I-1 児島湖（湖心、樋門）における COD 濃度の推移

注：環境基準点である樋門のポイントは、平成9年4月より旧弁天樋門前から新樋門前に移設した。

計画期間は昭和61～平成2年度を第1期とし、以降5年ごとを区切りとする。

出典) 公共用水域の水質測定結果、岡山県

表 I-1 児島湖の COD 濃度 (75%値、年平均値)

		S49	S50	S51	S52	S53	S54	S55	S56	S57	S58	S59	S60	S61	S62	S63	
湖心	COD	75%値	12	12	12	10	12	11	9.9	9.7	9.8	10	11	10	10	10	10
		平均値	10	11	11	9.6	11	9.6	8.6	9.0	8.9	10	11	9.9	9.6	10	9.6
樋門	COD	75%値	11	12	12	11	12	11	9.8	10	9.5	10	12	10	10	11	10
		平均値	10	12	11	11	11	9.8	8.6	9.3	8.9	9.7	11	10	9.6	10	9.5

		H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8	H9	H10	H11	H12	H13	H14	H15	
湖心	COD	75%値	10	10	9.1	9.4	9.8	11	11	10	9.4	12	9.7	9.2	9.1	9.8	9.1
		平均値	9.5	9.9	8.5	8.8	8.5	10	10	9.4	8.6	10	8.8	8.2	8.4	9.1	8.2
樋門	COD	75%値	10	10	8.8	9.3	10	11	12	9.9	9.4	10	8.6	8.9	9.0	9.5	8.7
		平均値	9.0	10	8.7	8.8	9.0	10	11	9.0	8.4	9.7	8.2	8.2	8.3	8.7	8.0

		H16	H17	H18	H19	H20	H21	H22	H23	H24	H25	H26	H27	H28	H29	H30	R1	
湖心	COD	75%値	9.0	8.3	8.0	7.9	8.1	7.5	8.0	7.8	7.7	7.4	7.6	7.2	8.0	7.8	8.8	7.7
		平均値	7.7	7.5	7.4	7.1	7.4	7.2	7.5	7.6	6.8	6.7	7.3	6.9	7.3	7.5	8.0	7.4
樋門	COD	75%値	8.3	7.7	7.6	7.6	7.7	7.2	8.0	7.8	7.5	6.9	7.5	7.1	7.2	7.7	8.4	7.7
		平均値	7.6	7.4	7.4	6.9	7.2	6.9	7.7	7.5	6.9	6.6	7.2	7.0	6.9	7.4	7.7	7.4

出典：公共用水域の水質測定結果、岡山県

(2) 各態 COD 濃度の年間変動

COD の汚濁要因を解析するうえで、溶存態と懸濁態に分けてその傾向を確認することが重要である。環境保健センターが平成 21 年度以降に湖心表層において測定を行っており、全 COD (T-COD) 濃度と溶存態 COD (D-COD) 濃度の測定結果及びその差から算出した P-COD 濃度を図 I-2、図 I-3 及び表 I-2 に示す。

D-COD と P-COD では年間の変動傾向が異なっている。D-COD 濃度は 4 月から 8 月にかけて上昇し、その後 9 月から 2 月にかけて低下し、3 月に再度上昇する傾向が認められる。

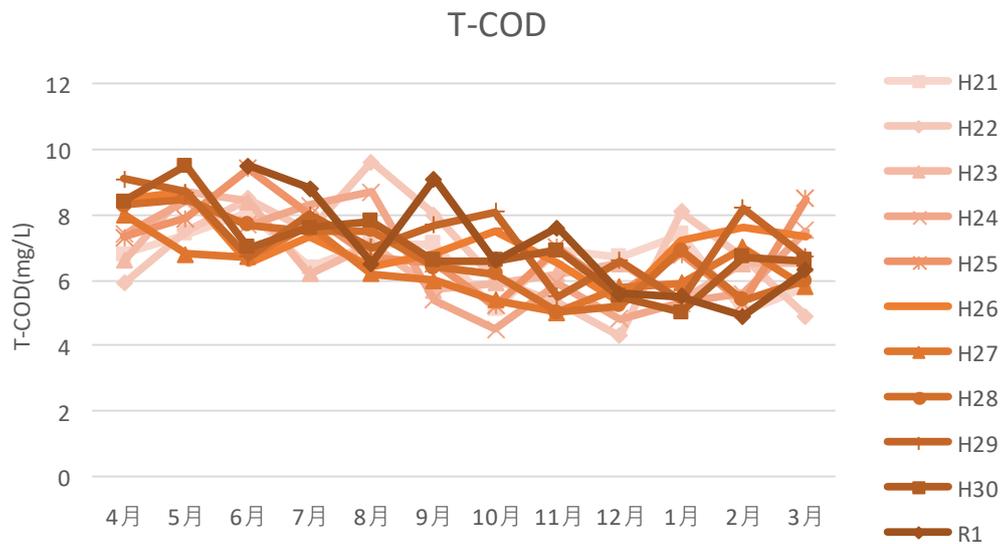


図 I-2 湖心における COD 濃度の年間変動 (H21~R1)

出典) 環境保健センター測定データ

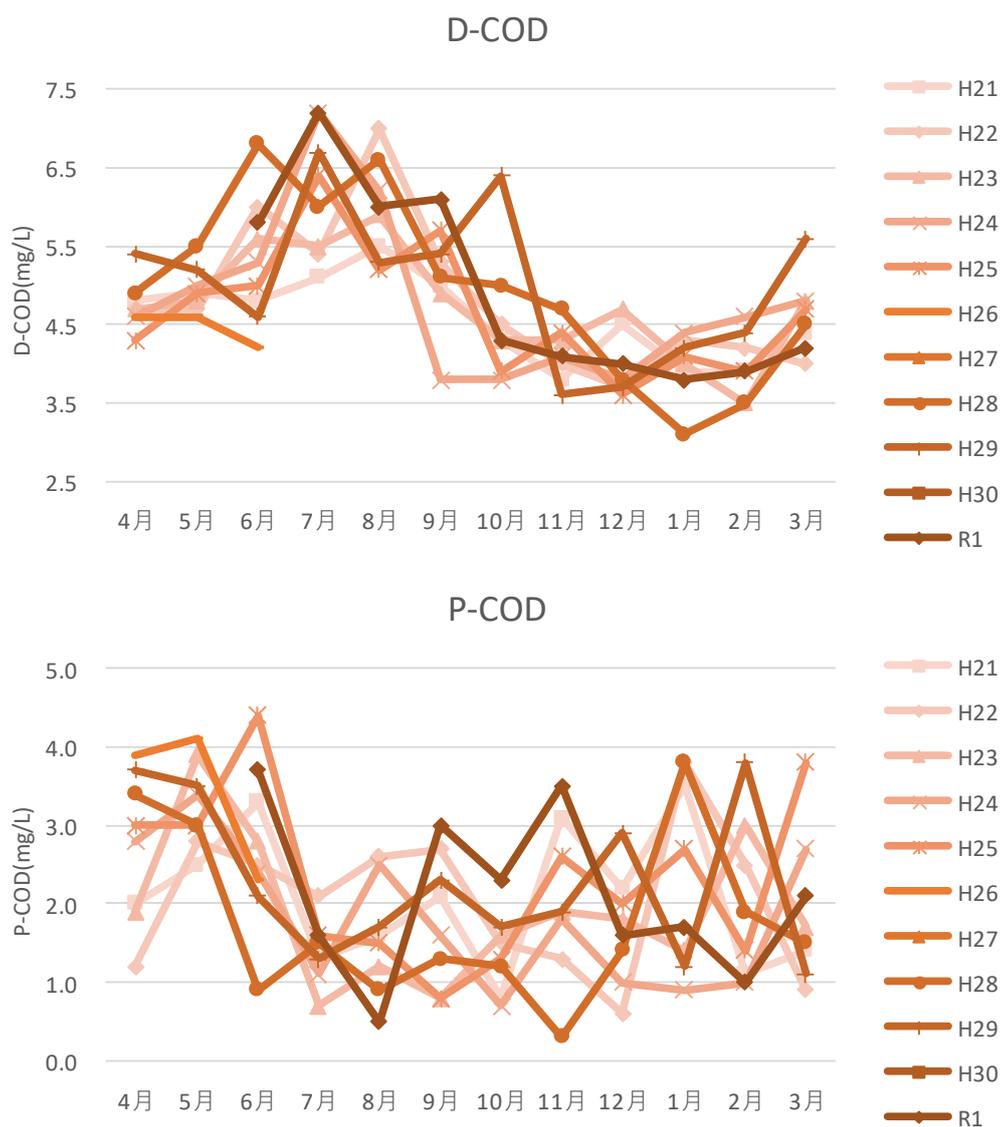


図 I-3 湖心における溶存態・懸濁態 COD 濃度の年間変動 (H21~R1)
 出典) 環境保健センター測定データ

表 I-2 湖心における各態 COD 濃度の測定結果

湖心T-COD 単位：mg/L

年度	測定主体	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	平均値	75%値
平成21年度	環境保健C	6.8	7.4	8.1	6.4	7.1	7.1	5.1	6.9	6.7	7.4	5.0	5.8	6.7	7.1
平成22年度	環境保健C	5.9	7.5	8.5	7.5	9.6	8.0	6.0	5.3	4.3	8.1	6.7	4.9	6.9	8.0
平成23年度	環境保健C	6.6	8.7	8.4	6.2	7.1	5.7	5.9	6.2	6.5	5.4	6.5	6.5	6.6	6.6
平成24年度	環境保健C	7.4	8.4	7.7	8.3	8.7	5.4	4.5	5.9	4.8	5.3	5.6	7.5	6.6	7.7
平成25年度	環境保健C	7.3	7.9	9.4	8.0	6.7	6.5	5.2	7.0	5.6	6.8	5.3	8.5	7.0	7.9
平成26年度	環境保健C	8.5	8.7	6.5	7.3	6.4	6.8	7.5	6.5	5.3	7.2	7.6	7.3	7.1	7.5
平成27年度	環境保健C	8.0	6.8	6.7	7.7	6.2	6.0	5.4	5.0	5.8	5.9	7.0	5.8	6.4	6.8
平成28年度	環境保健C	8.3	8.5	7.7	7.5	7.5	6.4	6.2	5.0	5.2	6.9	5.4	6.0	6.7	7.5
平成29年度	環境保健C	9.1	8.7	6.7	8.0	7.0	7.7	8.1	5.5	6.6	5.4	8.2	6.7	7.3	8.1
平成30年度	環境保健C	8.4	9.5	7.0	7.6	7.8	6.6	6.6	6.9	5.5	5.0	6.7	6.6	7.0	7.6
令和元年度	環境保健C			9.5	8.8	6.5	9.1	6.6	7.6	5.6	5.5	4.9	6.3	7.0	8.8

湖心D-COD 単位：mg/L

年度	測定主体	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	平均値	75%値
平成21年度	環境保健C	4.8	4.9	4.8	5.1	5.5	5.0	4.3	3.8	4.5	3.9	3.9	4.4	4.6	4.9
平成22年度	環境保健C	4.7	4.7	6.0	5.4	7.0	5.3	4.5	4.0	3.7	4.3	4.2	4.0	4.8	5.3
平成23年度	環境保健C	4.7	4.8	5.6	5.5	5.9	4.9	4.3	4.3	4.7	4.0	3.5	4.8	4.8	4.9
平成24年度	環境保健C	4.6	5.0	5.3	7.2	6.2	3.8	3.8	4.1	3.8	4.4	4.6	4.8	4.8	5.0
平成25年度	環境保健C	4.3	4.9	5.0	6.4	5.2	5.7	3.9	4.4	3.6	4.1	3.9	4.7	4.7	5.0
平成26年度	環境保健C	4.6	4.6	4.2											
平成27年度	環境保健C														
平成28年度	環境保健C	4.9	5.5	6.8	6.0	6.6	5.1	5.0	4.7	3.8	3.1	3.5	4.5	5.0	5.5
平成29年度	環境保健C	5.4	5.2	4.6	6.7	5.3	5.4	6.4	3.6	3.7	4.2	4.4	5.6	5.0	5.4
平成30年度	環境保健C														
令和元年度	環境保健C			5.8	7.2	6.0	6.1	4.3	4.1	4.0	3.8	3.9	4.2	4.9	6.0

湖心P-COD (T-COD - D-COD) 単位：mg/L

年度	測定主体	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	平均値	75%値
平成21年度	環境保健C	2.0	2.5	3.3	1.3	1.6	2.1	0.8	3.1	2.2	3.5	1.1	1.4	2.1	2.5
平成22年度	環境保健C	1.2	2.8	2.5	2.1	2.6	2.7	1.5	1.3	0.6	3.8	2.5	0.9	2.0	2.6
平成23年度	環境保健C	1.9	3.9	2.8	0.7	1.2	0.8	1.6	1.9	1.8	1.4	3.0	1.7	1.9	1.9
平成24年度	環境保健C	2.8	3.4	2.4	1.1	2.5	1.6	0.7	1.8	1.0	0.9	1.0	2.7	1.8	2.5
平成25年度	環境保健C	3.0	3.0	4.4	1.6	1.5	0.8	1.3	2.6	2.0	2.7	1.4	3.8	2.3	3.0
平成26年度	環境保健C	3.9	4.1	2.3											
平成27年度	環境保健C														
平成28年度	環境保健C	3.4	3.0	0.9	1.5	0.9	1.3	1.2	0.3	1.4	3.8	1.9	1.5	1.8	1.9
平成29年度	環境保健C	3.7	3.5	2.1	1.3	1.7	2.3	1.7	1.9	2.9	1.2	3.8	1.1	2.3	2.9
平成30年度	環境保健C														
令和元年度	環境保健C			3.7	1.6	0.5	3.0	2.3	3.5	1.6	1.7	1.0	2.1	2.1	3.0

出典) 環境保健センター測定データ

(3) CODの分解特性

環境保健センターが平成22年度に湖心におけるT-CODとD-CODの分解特性を調査した結果を図I-4に示す。T-CODは年間を通しては10~40%程度分解されたが、季節変動が激しいことと、低温期に分解されにくい傾向が見られたと報告されている。D-CODは春期から夏期にかけては10~20%の分解率を示したものの、秋期から冬期の低温期には0~2.5%とほとんど分解されなかったと報告されている。

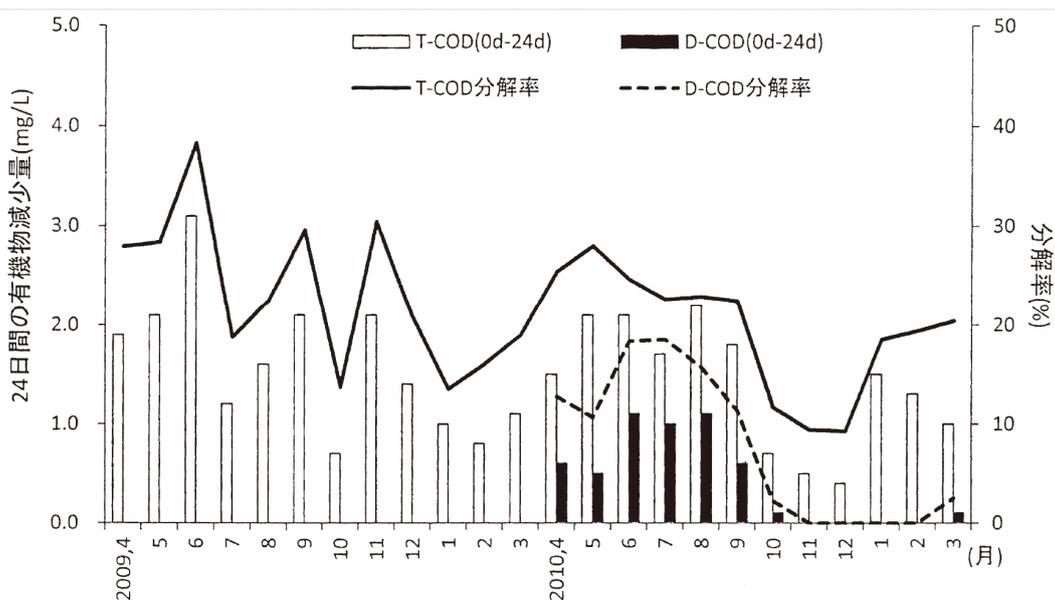


図 I-4 T-COD と D-COD の分解特性

出典) 鷹野ら, 児島湖に関する調査研究(3)溶存性有機物の挙動と郷内川の汚濁負荷について
岡山県環境保健センター一年報, 35, 19-25, 2011

2 CODに影響を及ぼす要因

(1) クロロフィル a 濃度と懸濁態 COD 濃度の関係

懸濁態 COD については、クロロフィル a 濃度と相関があると考えられることから、クロロフィル a 濃度と懸濁態 COD 濃度の関係を図 I-5 に示した。

平成 21 年度以降の測定データから得られた傾き（換算係数）は $(0.0238\text{mgCOD}/\mu\text{g}$ クロロフィル a) であった。ただし、灌漑期（6～9月）を除いた場合は $(0.0230\text{mgCOD}/\mu\text{g}$ クロロフィル a) であった。

灌漑期（6～9月）はクロロフィル a 濃度と P-COD 濃度の相関が低く、クロロフィル a 濃度以外にも懸濁態 COD に影響を及ぼす要因が存在すると考えられた。

○非灌漑期

全 COD \equiv 溶存態 COD + $0.0238 \times$ クロロフィル a 濃度 ($\mu\text{g/L}$)

○灌漑期

全 COD \equiv 溶存態 COD + f {クロロフィル a 濃度、他の要因}

クロロフィル a 濃度と P-COD 濃度の関係については、第 5 期計画策定時に平成 9～17 年度の環境保健センター年報測定データを収集して検討している。当時は、平成 11 年度以降は植物プランクトンの優占種がタラシオシラ属からスケルトネマ属、カスミマルケイソウ属に変化したこと（図 I-7）を踏まえ、平成 10 年度以前と平成 11 年度以降それぞれについて回帰式を求めた。図 I-6 に示すように平成 9～10 年度の換算係数は $0.0156(\text{mgCOD}/\mu\text{g}$ クロロフィル a)、平成 11～17 年度の換算係数は $0.0281(\text{mgCOD}/\mu\text{g}$ クロロフィル a) であった。平成 11 年度以降は換算係数の変動は小さいと考えられる。

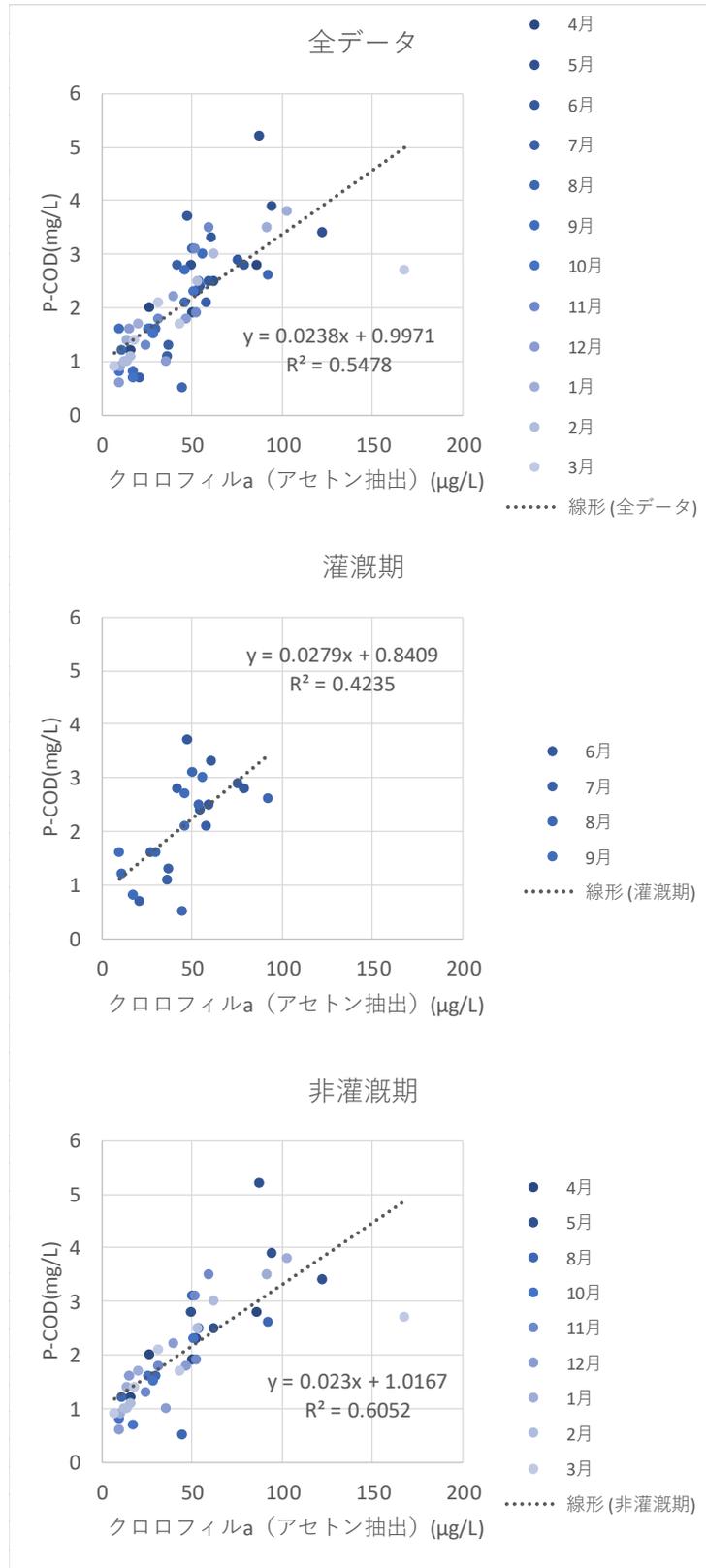


図 I-5 湖心におけるクロロフィル a 濃度と P-COD 濃度の関係 (H21~R2)
出典) 環境保健センター測定データ

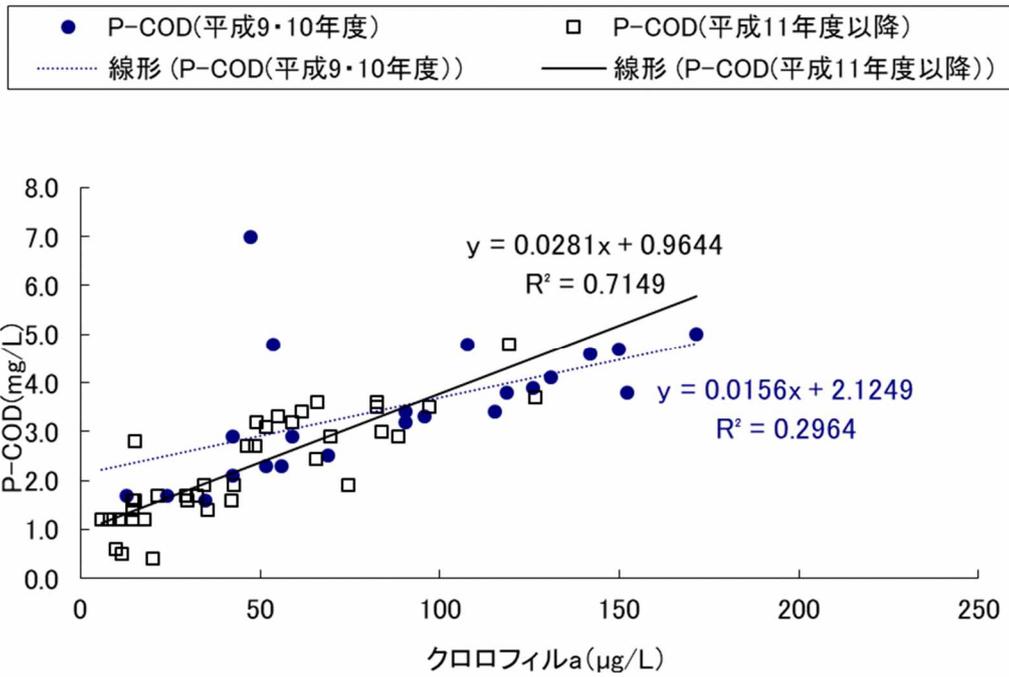


図 I-6 湖心におけるクロロフィル a 濃度と P-COD 濃度の関係
 (平成 9・10 年度および平成 11 年度～平成 17 年度)

出典) 環境保健センター測定データ

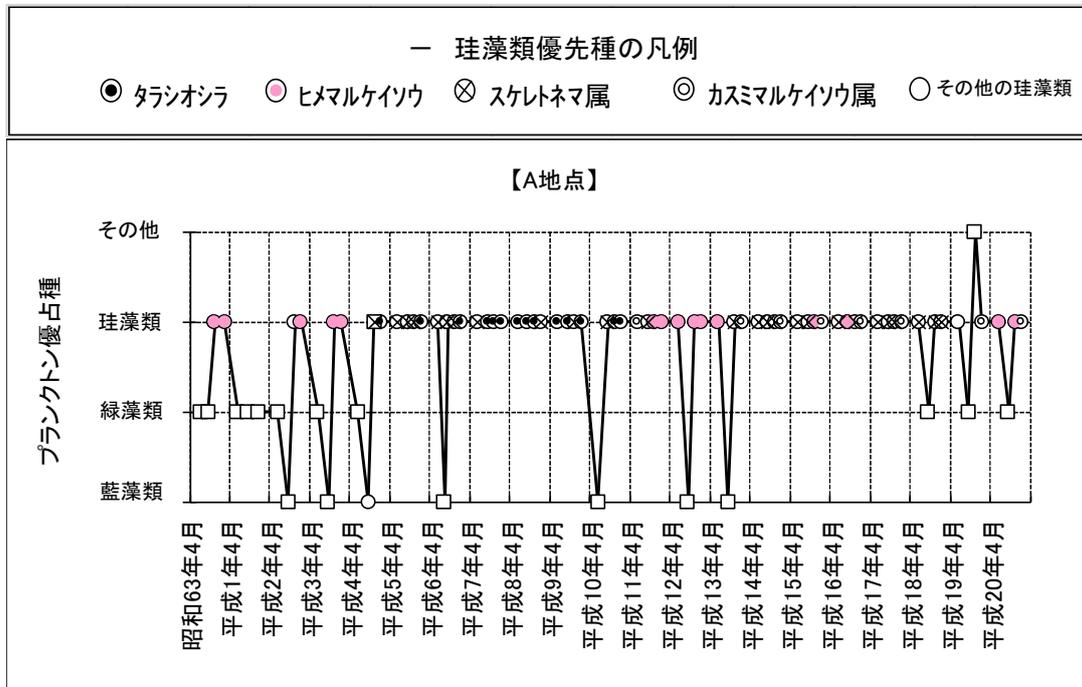


図 I-7 児島湖（貯水池付近）における植物プランクトン優占種の変遷

出典) 児島湖流域下水道浄化センター放流水影響調査解析業務報告書

(2) 流入河川水の BOD、COD 濃度

流入河川水の BOD、COD、NH₄-N 濃度（月別値）の推移を図 I-8～図 I-10 に示す。BOD 濃度は、いずれの地点でも夏季に低く冬季から春季にかけて高い。白鷺橋地点では以前は冬季に高い傾向が顕著だったが、近年は一年を通じて低くなっている。COD 濃度は、秋季に低い傾向を示しているが、BOD 濃度と比較すると変動が小さい。NH₄-N 濃度は、以前はいずれの地点でも夏季に低く冬季に高い傾向を示していたが、近年は一年を通じて低くなっている。BOD と NH₄-N の変動傾向は類似する部分があり、N-BOD の影響が考えられる。

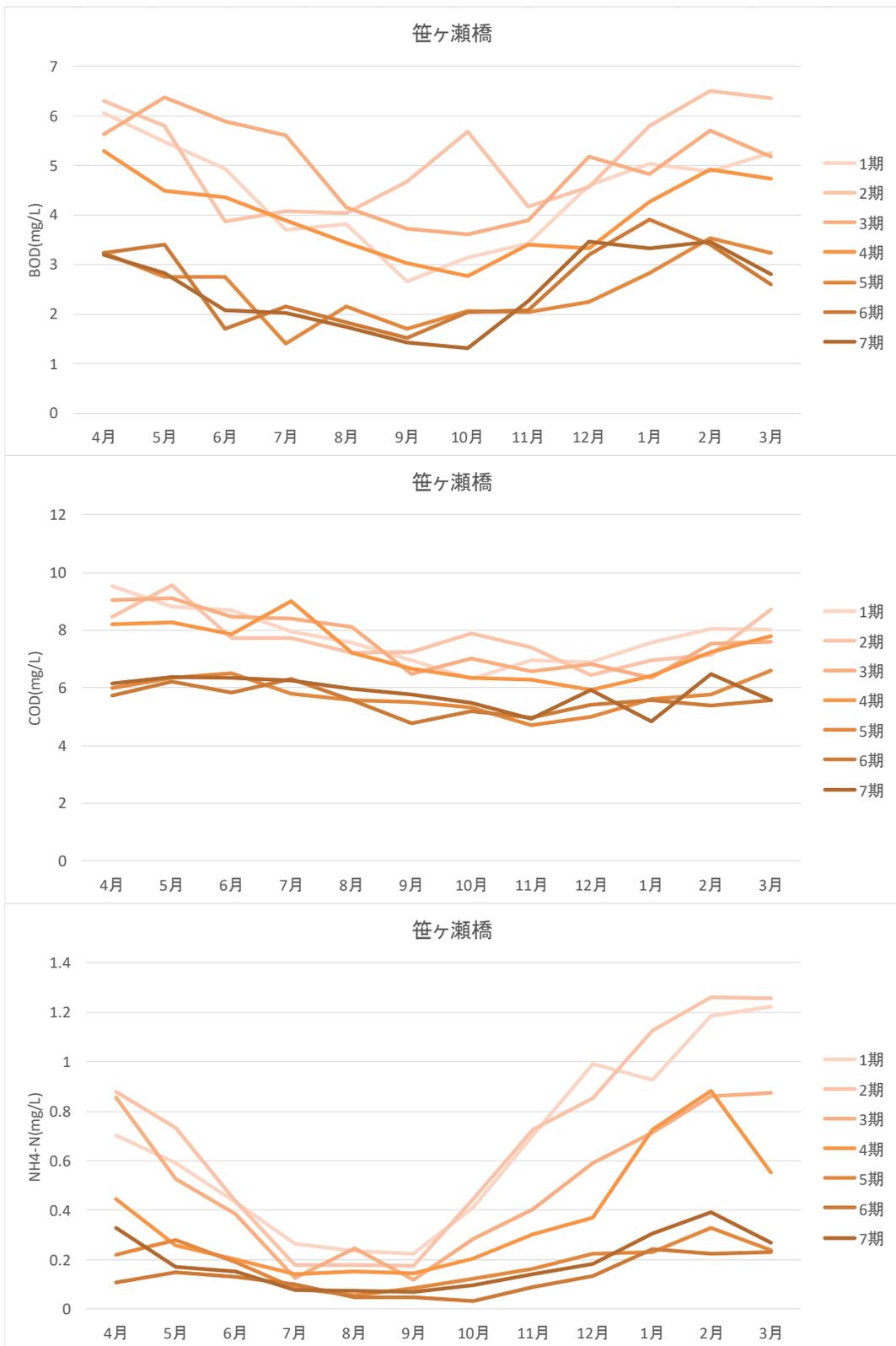


図 I-8 笹ヶ瀬橋（笹ヶ瀬川）における BOD、COD、NH4-N の季節変動



図 I-9 倉敷川橋（倉敷川）における BOD、COD、NH₄-N の季節変動

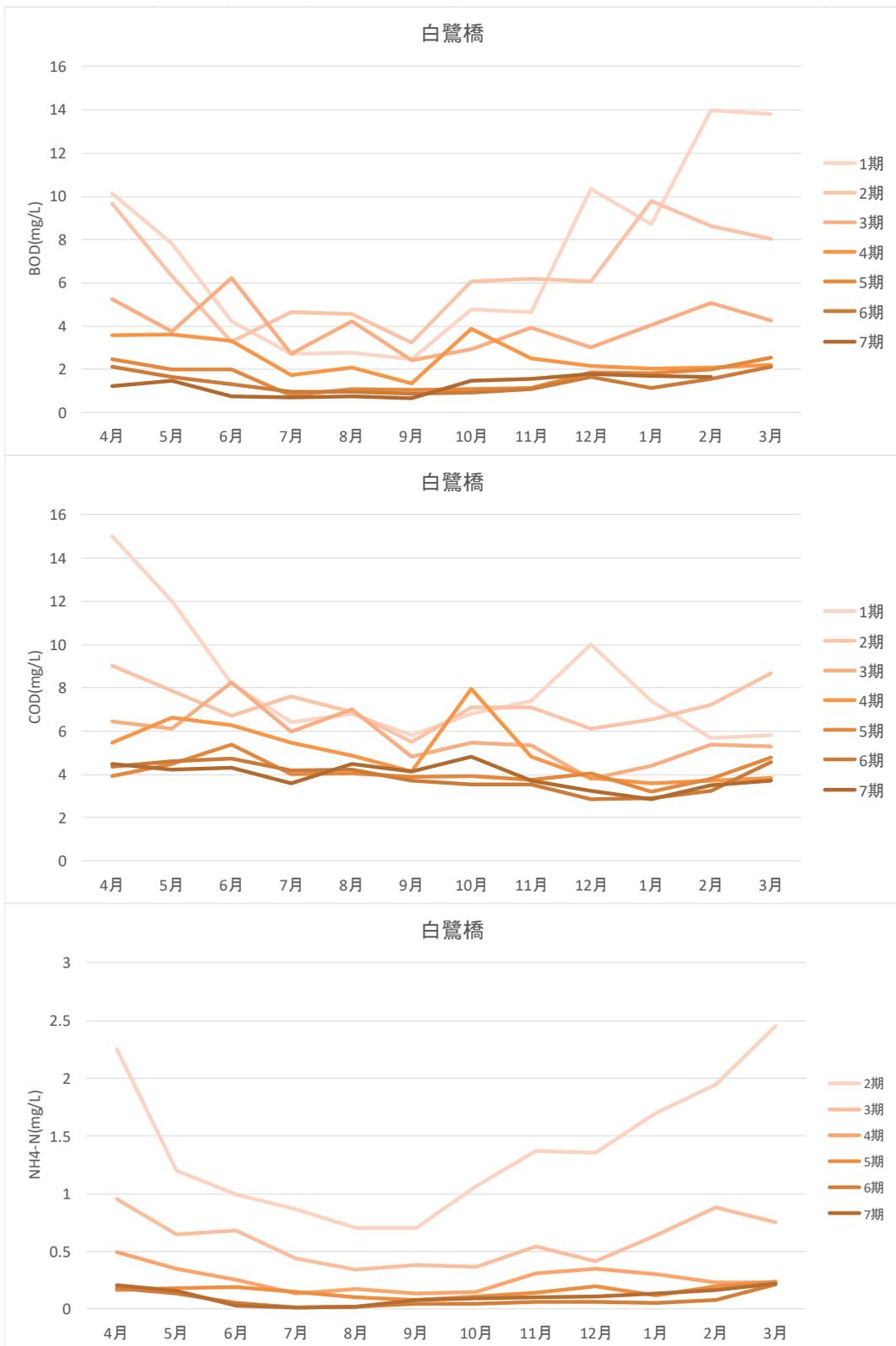


図 I-10 白鷺橋（相生川）における BOD、COD、NH₄-N の季節変動

N-BOD の影響を検討するため、BOD/COD の比を取り、図 I-11 に $\text{NH}_4\text{-N}$ との関係を示す。 $\text{NH}_4\text{-N}$ と BOD/COD 比には一定の関係があり、 $\text{NH}_4\text{-N}$ が高いときには COD に占める BOD、すなわち生分解性成分の割合が大きくなる。これは N-BOD の影響と考えられ、アンモニア態窒素濃度が 0.4(mg/L) 以下程度の範囲では $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度に関わらず BOD/COD にばらつきがある。このばらつきは N-BOD とは無関係な難分解性有機物等の影響によるものと考えられる。

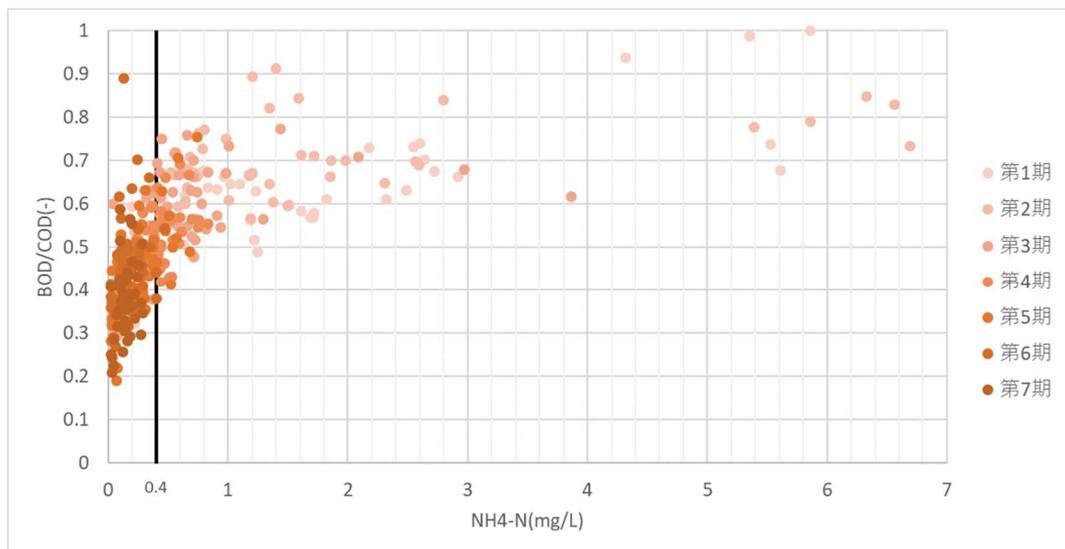


図 I-11 全流入河川環境基準点での $\text{NH}_4\text{-N}$ と BOD/COD の関係 (月平均値)

N-BOD の影響を排除するためアンモニア態窒素濃度が 0.4(mg/L) 以下のときのデータのみを抽出し、流入河川の BOD/COD 比及び BOD、COD 濃度の推移を図 I-12 に示す。ただし、平成 8 年度以前のデータは $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度が高く欠損が多いため除外した。BOD/COD 比は経年的に低下する傾向があり、難分解性有機物の割合が上昇している可能性がある。

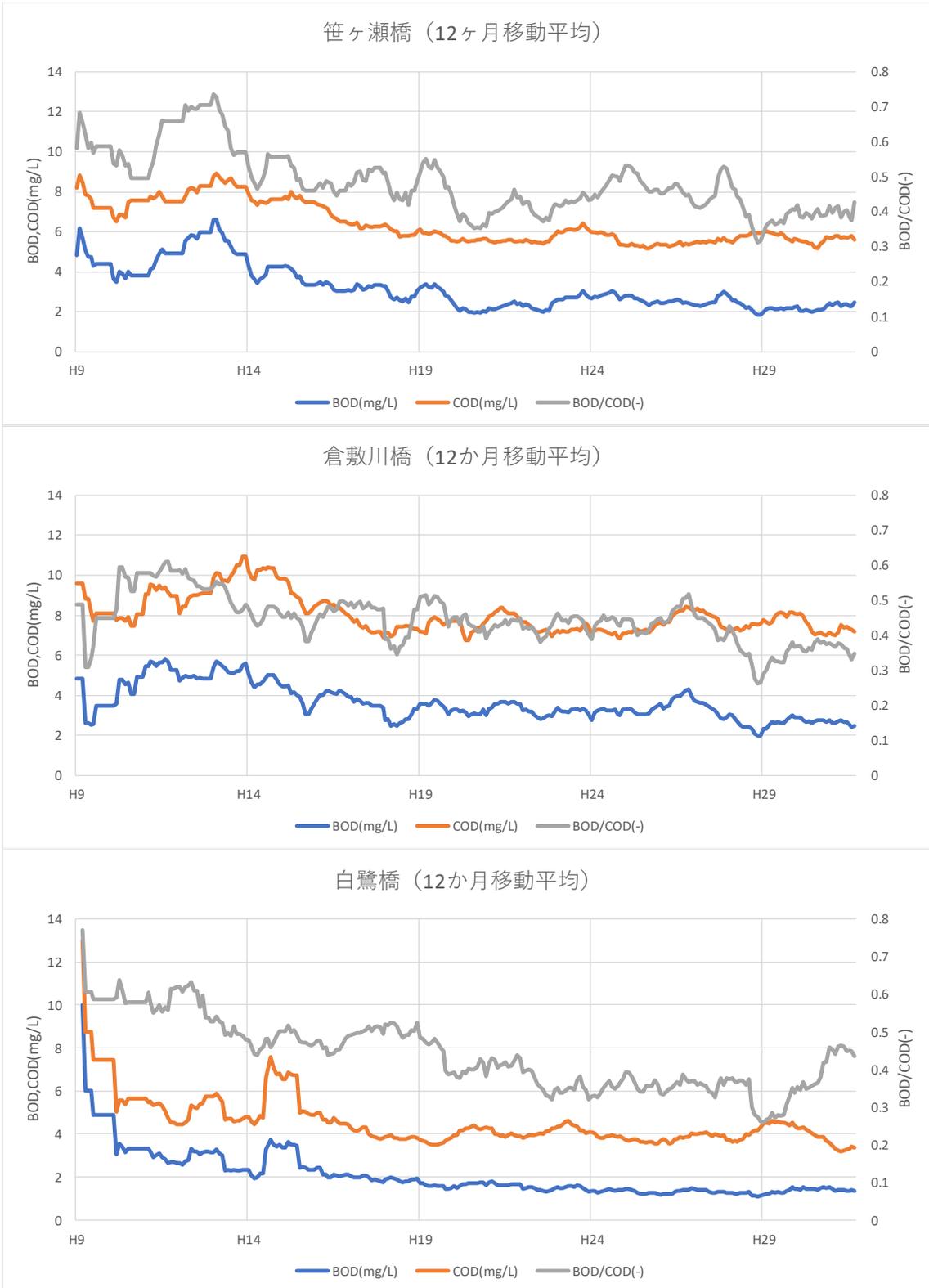
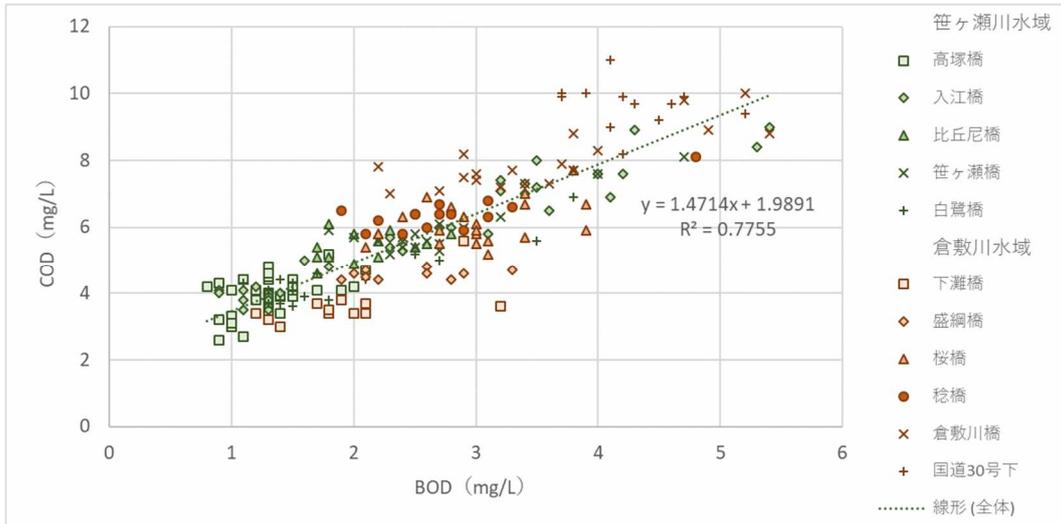


図 I-12 流入河川の BOD,COD,BOD/COD の推移(NH₄-N \leq 0.4(mg/L))

(3) 汚濁発生源の特徴と難分解性有機物濃度に関する考察

アンモニア態窒素濃度の年平均値が 0.4(mg/L) 以下のデータを抽出して、BOD 濃度と COD 濃度の年平均値の関係を図 I-13 に示す。両者の関係は概ね直線関係にあり、切片は約 2 (mg/L) を示した。また、地点ごとに異なる傾向を示しており、倉敷川橋や国道 30 号下では COD が比較的高く、下灘橋では COD が比較的低い。



次に、月別のアンモニア態窒素濃度が 0.4(mg/L)以下のデータを抽出して、同様の図を作成した結果を図 I-14, 図 I-15 に示す。図をみると、地点ごとに決定係数 R^2 値や近似直線の傾き・切片の大きさが異なる。続いて、生分解可能な有機物が分解された後に残存する COD 濃度と推察される、回帰式の切片を表 I-3 に示す。切片の大きさは国道 30 号下を除き非灌漑期より灌漑期に高い。通年のデータでは切片の大きさは 2.4~5.9(mg/L)であり、流入河川の流末地点に近い笹ヶ瀬橋や倉敷川橋では 4~5 (mg/L)程度であった。この結果は、流域対策により流入河川水の BOD 濃度が 0 mg/L となった場合においても、笹ヶ瀬橋、倉敷川橋における COD 濃度はそれぞれ 4.3(mg/L)、5.3(mg/L)程度までしか低下しないことを示していると考えられる。

表 I-3 流入河川における BOD と COD の近似直線の切片
($\text{NH}_4\text{-N} \leq 0.4(\text{mg/L})$)

BOD-COD 切片 (mg/L)	笹ヶ瀬川流域					
	高塚橋	入江橋	比丘尼橋	笹ヶ瀬橋	白鷺橋 (相生川)	
通年	2.6895	2.8357	4.1874	4.3092	2.4384	
灌漑期	3.8386	3.4714	4.6615	4.6812	3.1729	
非灌漑期	2.4069	2.5061	3.8703	4.0111	1.8067	
	倉敷川流域					
	下灘橋	盛綱橋	桜橋 (六間川)	稔橋	倉敷川橋	国道 30 号下 (妹尾川)
通年	2.8345	2.5940	3.2097	4.4418	5.3148	5.9097
灌漑期	3.0027	3.0246	4.0505	4.5477	6.4221	5.6121
非灌漑期	2.7172	2.6704	2.7473	4.2490	4.3745	5.7497

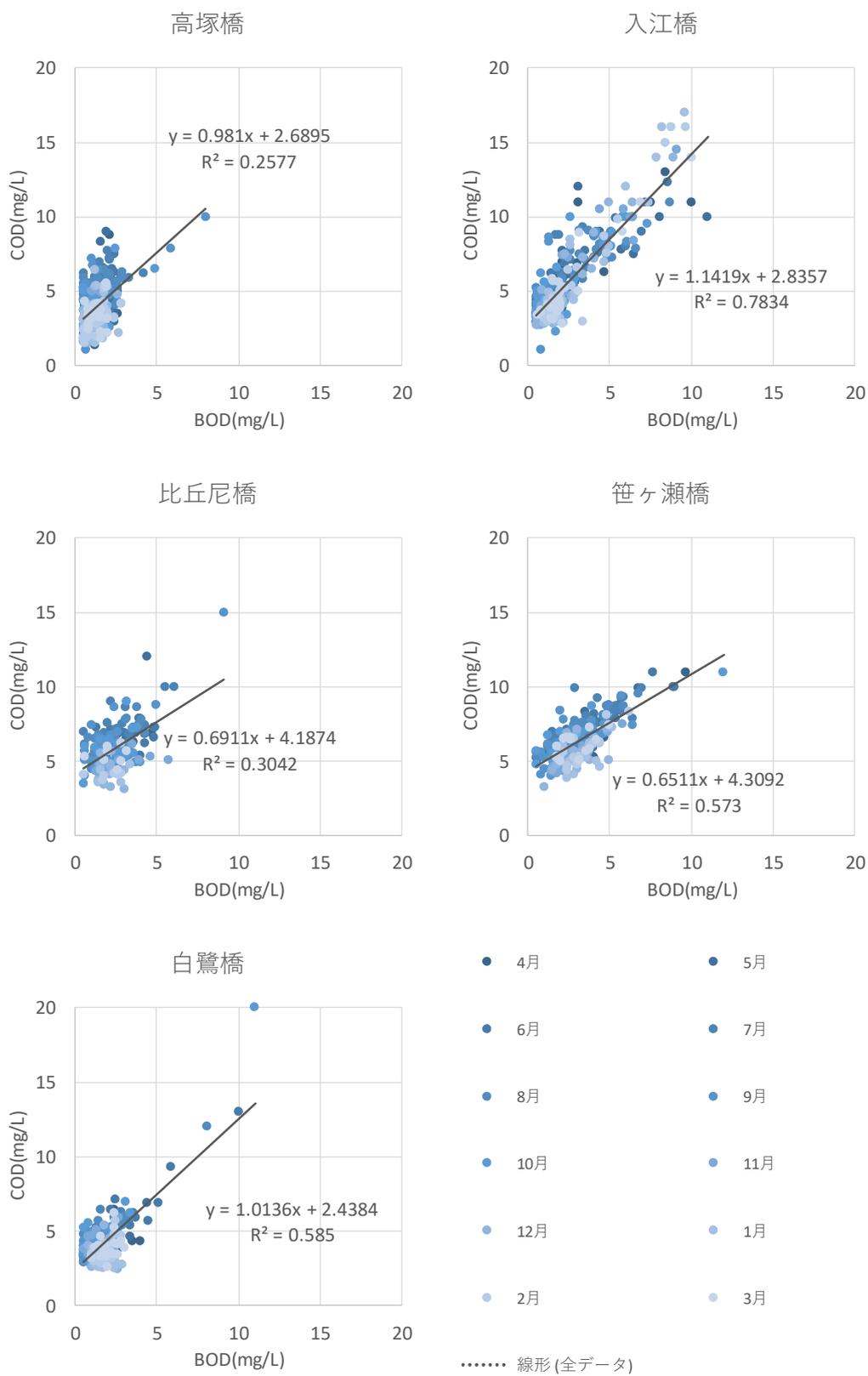


図 I-14 笹ヶ瀬川水域における BOD と COD の関係 ($\text{NH}_4\text{-N} \leq 0.4(\text{mg/L})$)

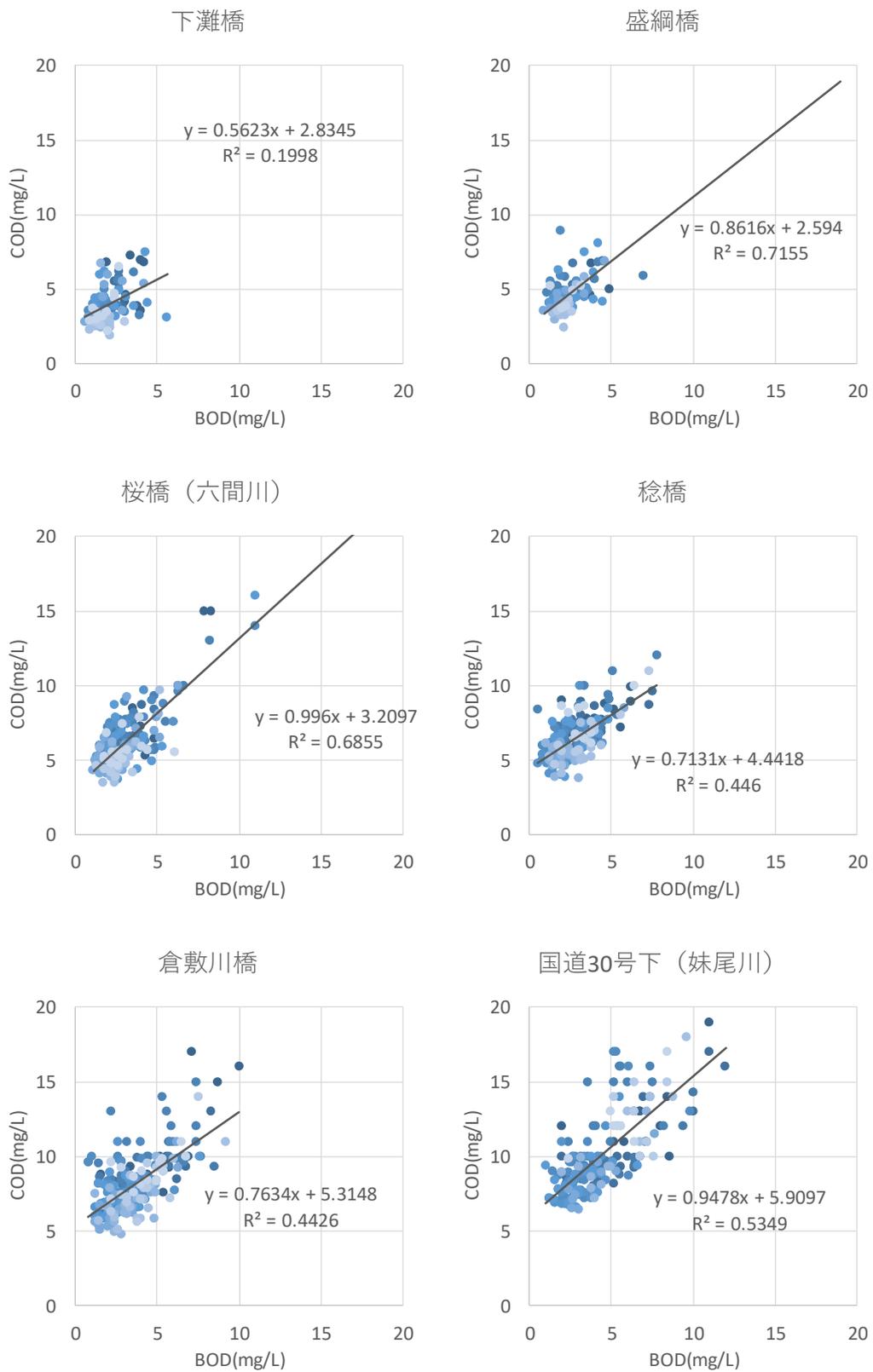


図 I-15 倉敷川水域における BOD と COD の関係 ($\text{NH}_4\text{-N} \leq 0.4(\text{mg/L})$)

図 I-16 に令和元年度における各ブロックの土地利用の割合及び BOD-COD 切片の大きさを示す。また、図 I-17 に流入河川の公共用水域水質測定地点及び測定地点に対応する流域ブロックを示す。図 I-16 に示した地点のうち、入江橋は高塚橋の、笹ヶ瀬橋は高塚橋と入江橋及び比丘尼橋の、倉敷川橋は稔橋の下流にそれぞれ位置している。

図 I-16 において各地点の切片の大きさを比較すると、高塚橋と入江橋で小さく、倉敷川橋で大きい。また土地利用面積割合を比較すると、入江橋と比丘尼橋及び笹ヶ瀬橋が似た傾向を示しており、稔橋と倉敷川橋では比較的山林の割合が低く市街地等の面積が大きい。高塚橋は他の地点と比較して山林の占める割合が高く、市街地等の占める割合が低い。以上から全体的な傾向として、切片の値の大きい倉敷川橋などでは山林の割合が小さく、市街地等や水田・畑の割合が大きいといえる。

続いて、笹ヶ瀬川流域と倉敷川流域に分けて切片の大きさを比較する。笹ヶ瀬川流域については、入江橋及び比丘尼橋と笹ヶ瀬橋との切片の大きさを比較する。笹ヶ瀬橋では、入江橋と比丘尼橋から流下した河川が合流しており、入江橋や比丘尼橋と流域の土地利用の傾向も近いことから、入江橋と比丘尼橋の中間的な切片の値をとると予想された。しかし実際には、笹ヶ瀬橋の切片の大きさは比丘尼橋と同程度であり、予想される値よりも大きい。また、倉敷川流域について稔橋と倉敷川橋との切片の大きさを比較すると、流域の土地利用の傾向は概ね同様であるにもかかわらず倉敷川橋の切片の方が大きい。このように、河川の流下方向に切片の大きさを比較すると下流側で大きくなる傾向にあった。

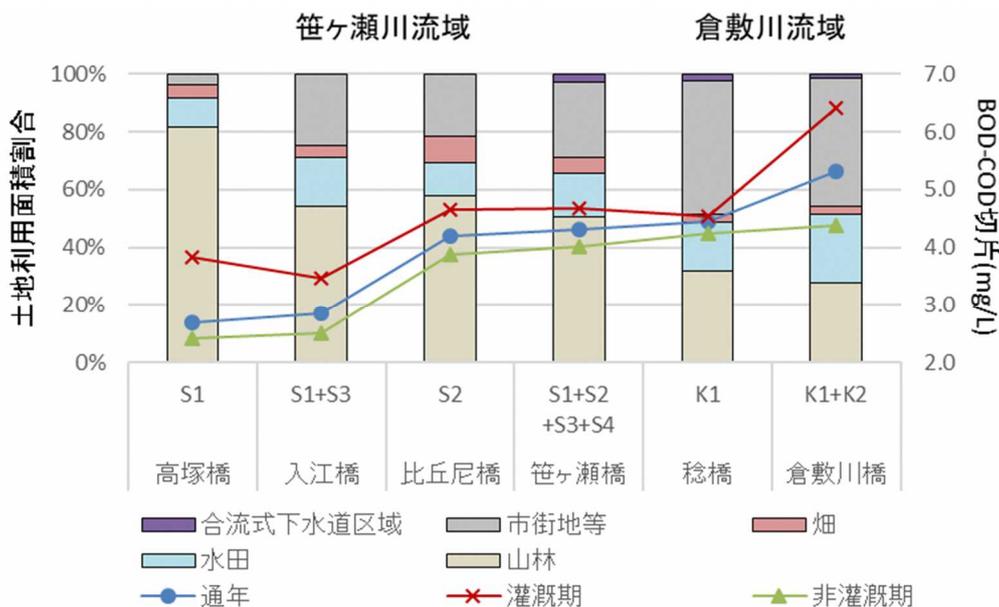


図 I-16 各ブロックの土地利用の割合 (R1) と BOD-COD 切片の大きさ

<笹ヶ瀬川水域>

地点	地点名称
①	高塚橋(足守川)
②	入江橋(足守川)
③	比丘尼橋(笹ヶ瀬川)
④	笹ヶ瀬橋(笹ヶ瀬川)
⑤	白鷺橋(相生川)

<倉敷川水域>

地点	地点名称
⑥	稔橋(倉敷川)
⑦	倉敷川橋(倉敷川)
⑧	国道30号下(妹尾川)
⑨	下灘橋(倉敷川)
⑩	盛綱橋(倉敷川)
⑪	桜橋(六間川)

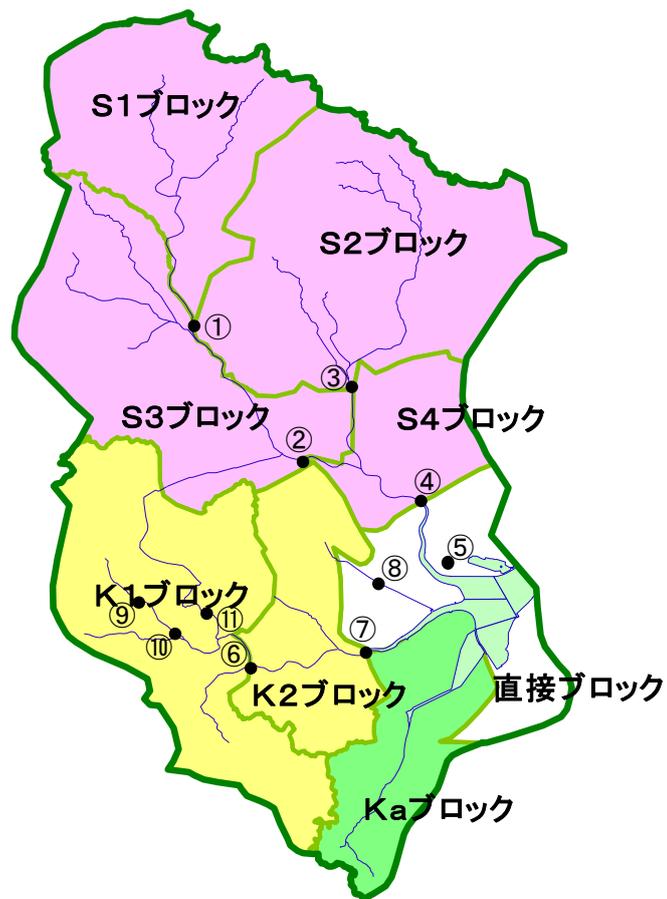


図 I-17 児島湖流域の公共用水域水質測定地点と流域ブロック

3 まとめ

児島湖の COD 濃度は長期的には改善する傾向にある。COD 濃度に影響を及ぼす要因としては、内部生産や流入河川の水質が挙げられる。P-COD 濃度はクロロフィル a 濃度と相関があり、特に非灌漑期には相関が高かった。したがって、滞留日数の短縮等によりクロロフィル a 濃度を低下させることにより、P-COD 濃度が低下することが期待できる。

流入河川においては COD 濃度に対する BOD 濃度の比が低下する傾向にあり、COD に占める難分解性有機物の割合が上昇している可能性がある。COD と BOD の回帰式の切片は、笹ヶ瀬橋、倉敷川橋においてそれぞれ 4.3(mg/L)、5.3(mg/L)であった。このことから、流域対策により流入河川水の BOD 濃度を低下させても、河川 COD 濃度の大幅な改善は難しいと考えられる。

II 児島湖の透明度変動要因に関する検討

1 湖内透明度の状況

(1) 年平均値の推移

児島湖（湖心・樋門）の透明度は第4期以降、段階的に改善する傾向が認められる。第7期計画策定時に長期ビジョンに追加された、令和7年頃に透明度1m程度という目標に近付いている。

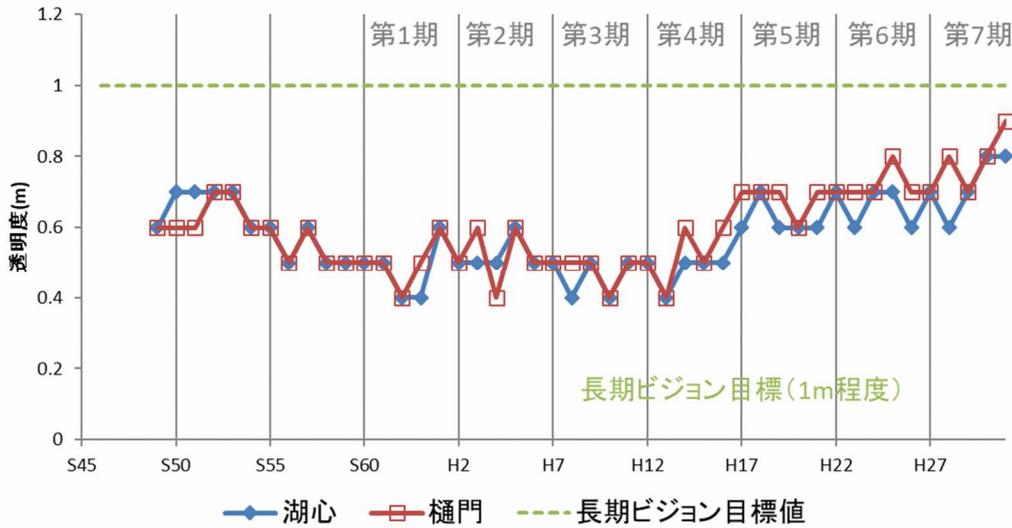


図 II-1 児島湖（湖心、樋門）における透明度（年平均値）の推移

(2) 月別透明度の状況

図 II-2 に透明度の季節変動を計画期ごとに示す。透明度の改善は秋季～春季にかけて顕著であり、第5期以降は12～2月に比較的高い透明度を示している。また第7期は第6期以前と比較して、8・9月の透明度も良好である。

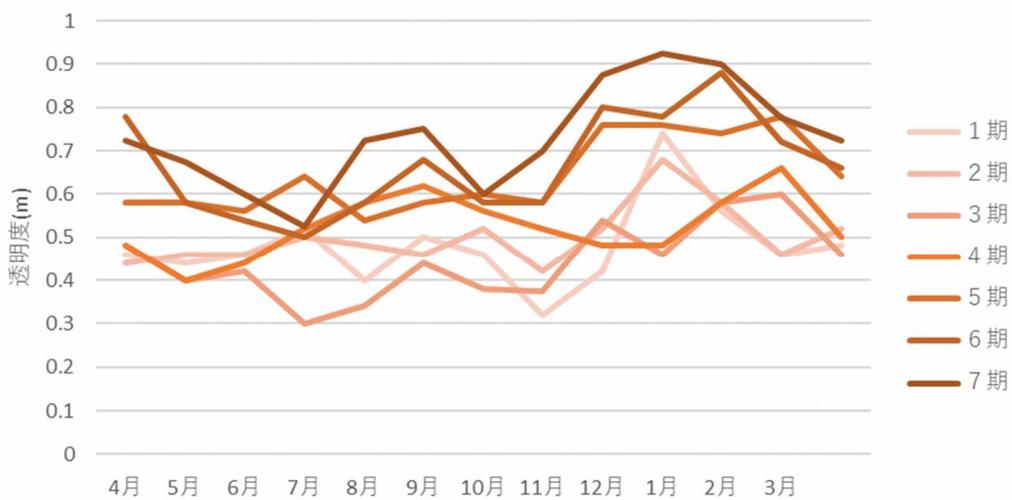


図 II-2 湖心における透明度の季節変動（第1期～第7期）

2 透明度に影響を及ぼす要因

(1) 透明度と SS の関係

SS 濃度が高い場合には透明度が低くなることが考えられる。図 II-3 に湖心における SS 濃度の推移を示す。第 4 期に顕著な改善が見られたのは透明度と同様の傾向である。平成 7～15 年度にかけては、しゅんせつ事業の影響により SS 濃度が高くなっていると考えられる。

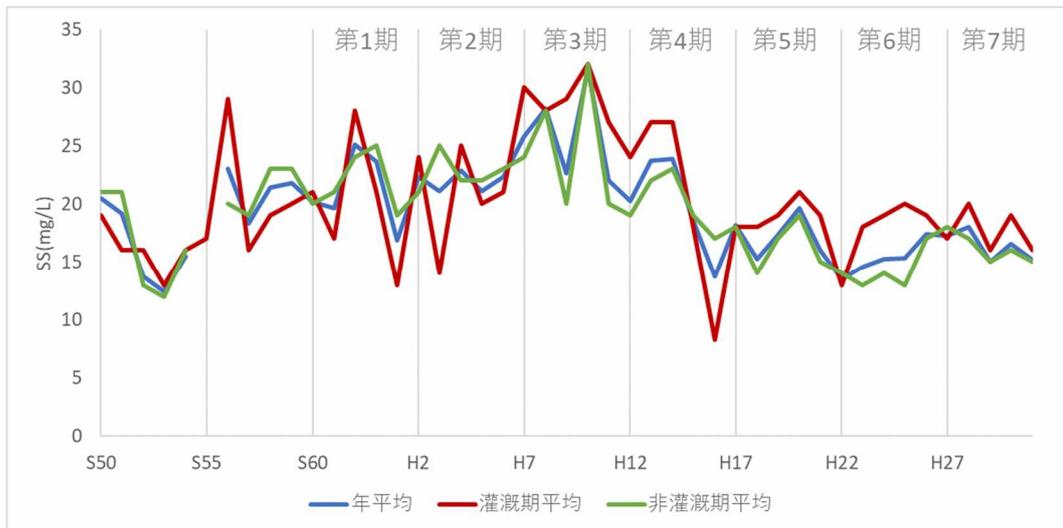


図 II-3 湖心における SS 濃度の推移

図 II-4 に湖心における SS 濃度と透明度の月別の測定値の関係を、昭和 50 年度から令和元年度まで月ごとに色分けして示す。ただし、しゅんせつ事業により SS 濃度が高くなっていた平成 7～15 年度のデータは除いている。SS 濃度が高い場合には透明度が低下することが分かる。

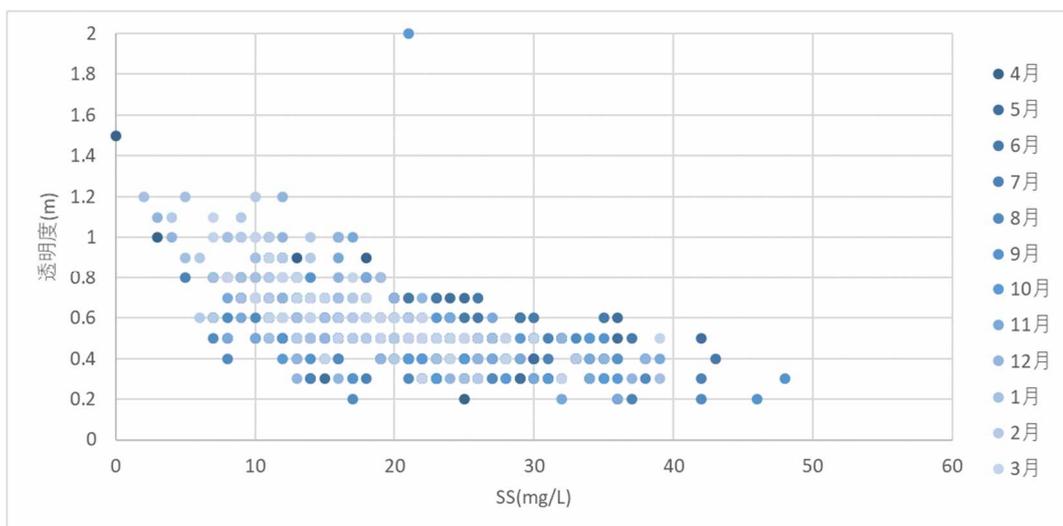


図 II-4 湖心における透明度と SS の関係

湖心の SS 濃度は春期及び秋期に高かったが、第 5 期以降は 10～3 月に比較的低い値を示しており、第 7 期は 8 月にも低かった。この傾向は透明度と類似する点がある。このことから、長期的には SS 濃度が低下したことにより透明度が高くなっていると考えられる。

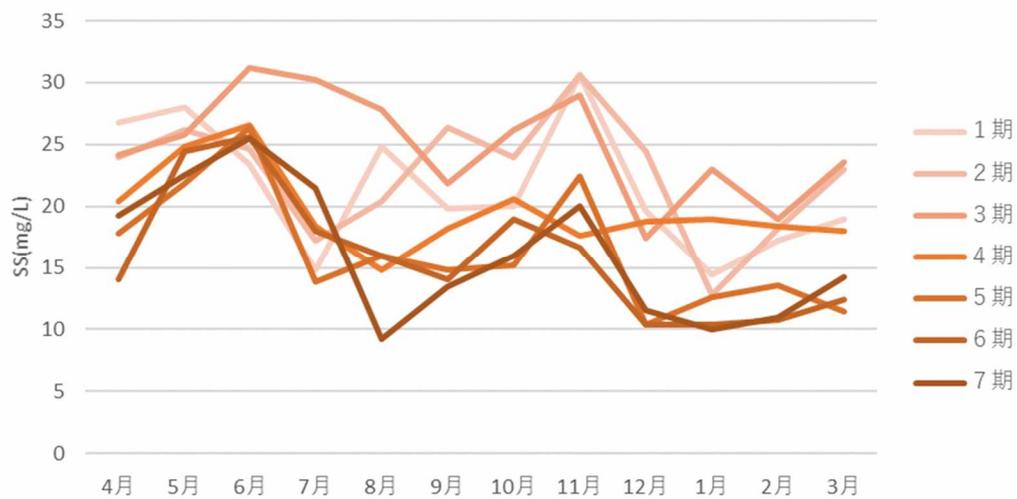


図 II-5 湖心における SS 濃度の季節変動（第 1 期～第 7 期）

(2) 透明度とクロロフィル a 濃度との関係

クロロフィル a 濃度が高いときには懸濁物質が内部生産されることにより透明度が低下することが考えられる。図 II-6 に児島湖の湖心におけるクロロフィル a 濃度の推移を示す。平成 10～19 年度にかけてクロロフィル a 濃度は低下する傾向にあったが、第 6 期以降はその傾向は顕著でない。

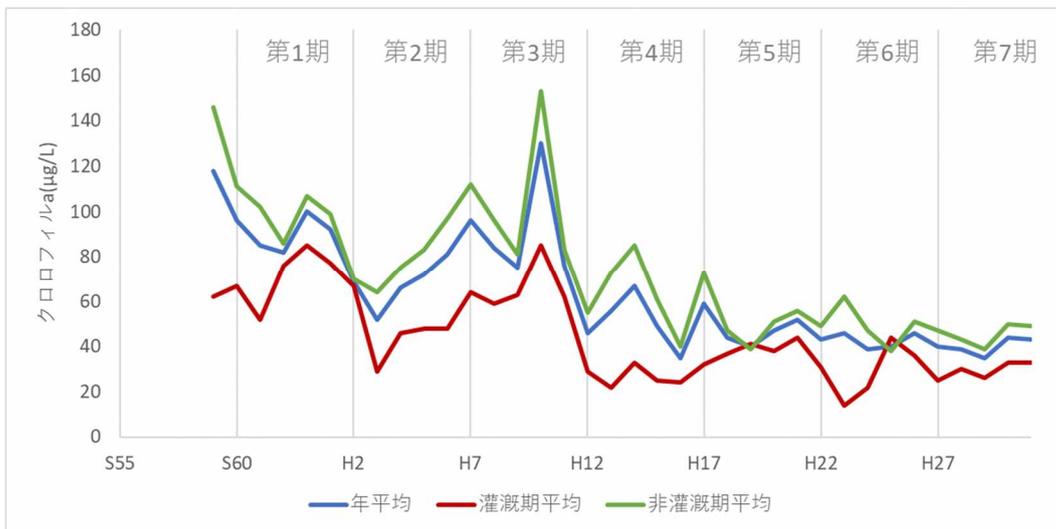


図 II-6 湖心におけるクロロフィル a 濃度の推移

図 II-7 に湖心におけるクロロフィル a 濃度の季節変動を示す。第 1 期からクロロフィル a 濃度は夏季に低く冬季に高い傾向を示していたが、第 5 期以降はその変動は小さくなる傾向にあり、近年は 5 月と 1 月にピークがある。11～12 月に改善が見られるのは透明度と同様の傾向である。



図 II-7 児島湖心におけるクロロフィル a 濃度の季節変動 (第 1 期～第 7 期)

図 II-8 にクロロフィル a 濃度と透明度の月別の測定値の関係を示す。クロロフィル a 濃度と透明度の間には通年のデータでは明確な関係が見られない。

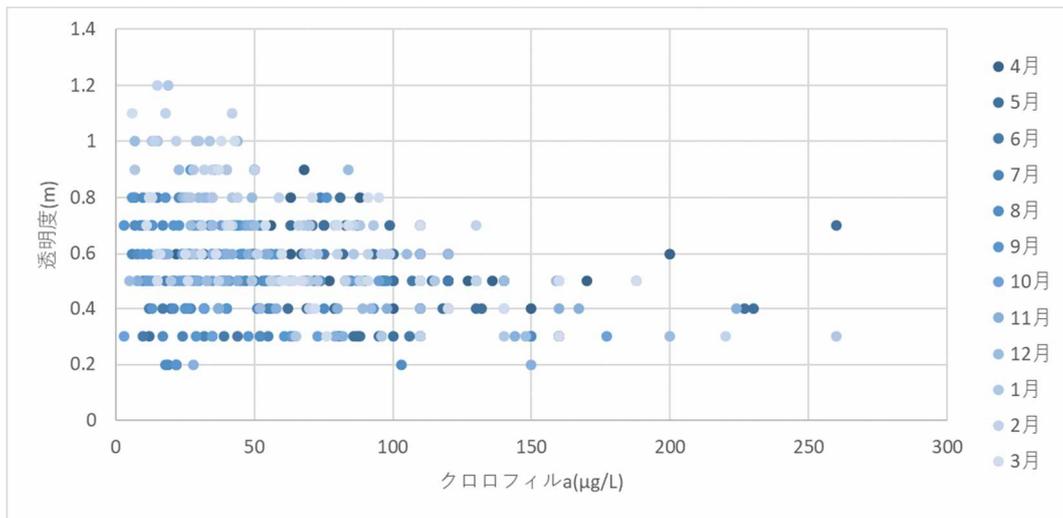


図 II-8 クロロフィル a 濃度と透明度の関係

(3) 透明度の逆数と水質指標の関係式

一般に透明度の逆数と SS 濃度などの水質指標の間には直線関係が成り立つと言われている。図 II-9 に SS 濃度と透明度の逆数の関係、表 II-1 に SS 濃度と透明度の逆数の直線近似式の傾き、切片及び R^2 値を示す。SS 濃度と透明度の逆数の間には一定の相関関係がある。相関の強さは月によって異なり、5、6 月には相関がほとんど見られない ($R^2 < 0.1$) 一方、9 月及び 1～3 月に比較的高い ($R^2 > 0.5$) 相関を示している。このことから、SS は透明度に影響を及ぼしているが、5、6 月には他の要因による影響があると考えられる。

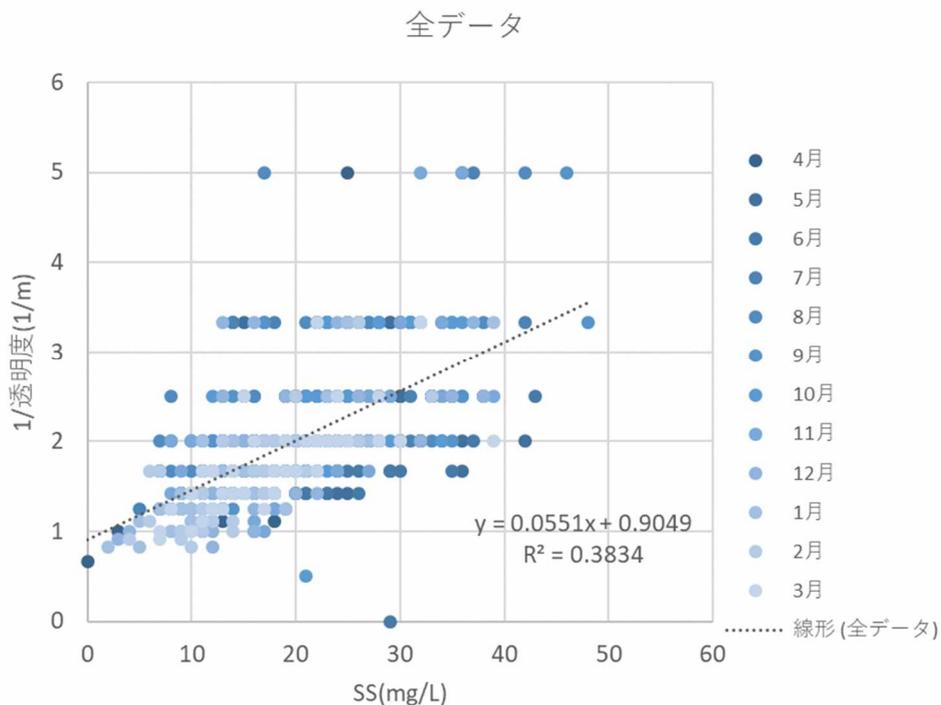


図 II-9 SS 濃度と透明度の逆数の関係

表 II-1 月ごとの SS 濃度と透明度の逆数の直線近似式

	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月
傾き	0.0543	0.0261	0.0232	0.0756	0.0616	0.0621
切片	0.8320	1.5346	1.5577	0.8470	1.1243	0.7749
R^2 値	0.3453	0.0816	0.0616	0.4909	0.4056	0.5629
	10 月	11 月	12 月	1 月	2 月	3 月
傾き	0.0554	0.0645	0.0517	0.0765	0.064	0.0525
切片	0.9285	0.7362	0.9045	0.5454	0.6269	0.8143
R^2 値	0.3409	0.3927	0.3671	0.6990	0.6922	0.5019

図 II-10 にクロロフィル a 濃度と透明度の逆数の関係、表 II-2 にクロロフィル a 濃度と透明度の逆数の直線近似式の傾き、切片及び R² 値を示す。年間を通じたデータでみると、クロロフィル a 濃度と透明度の逆数の間には相関関係はみられない。一方、月ごとのデータでは、12～2月にかけて比較的高い相関 (R²>0.25) を示している。このことから、冬季においては内部生産が透明度に影響していると考えられる。

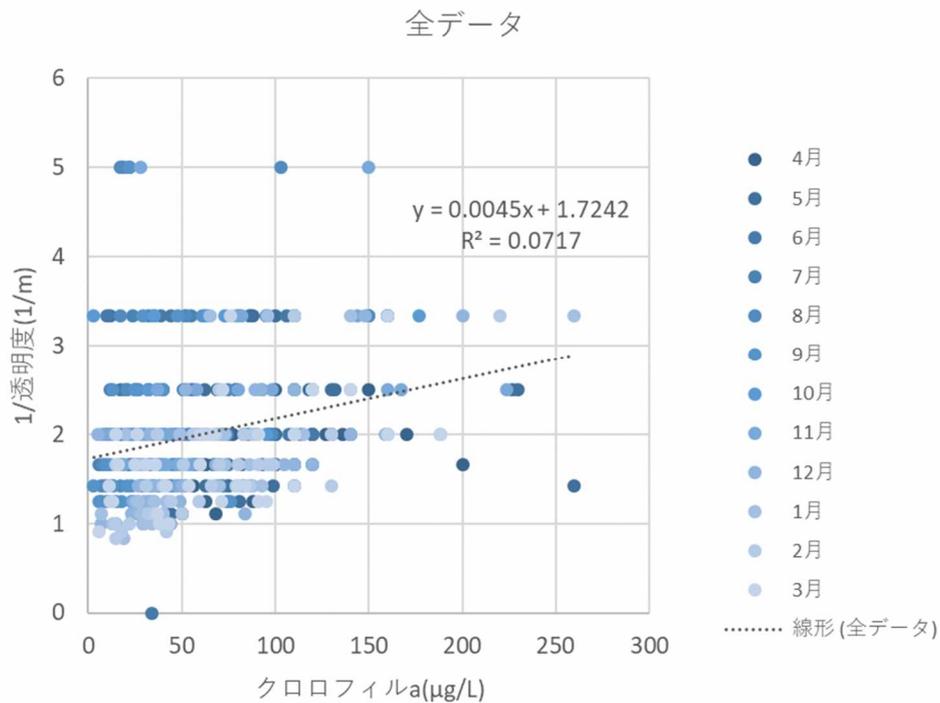


図 II-10 クロロフィル a 濃度と透明度の逆数の関係

表 II-2 月ごとのクロロフィル a 濃度と透明度の逆数の直線近似式

	4月	5月	6月	7月	8月	9月
傾き	-0.0004	0.0014	0.0018	0.0033	0.0140	0.0034
切片	1.9840	2.0315	2.0169	2.1923	1.6537	1.8651
R ² 値	0.0006	0.0110	0.0068	0.0115	0.2320	0.0095
	10月	11月	12月	1月	2月	3月
傾き	0.0077	0.0059	0.0078	0.0107	0.0097	0.0063
切片	1.7584	1.8372	1.2624	1.0266	1.0116	1.3286
R ² 値	0.1679	0.1336	0.3767	0.5307	0.4779	0.2559

3 SS 低下要因に関する考察

(1) SS とクロロフィル a 濃度の関係

前項で示したように、近年の湖心における透明度の改善は湖内 SS 濃度の低下が主たる要因と考えられる。この項では SS 濃度が低下した原因を考察する。

図 II-11 に湖心における SS とクロロフィル a 濃度の関係、表 II-3 にクロロフィル a 濃度と SS の直線近似式の傾き、切片及び R^2 値を示す。クロロフィル a 濃度と透明度の逆数との関係と同様、1～3月に比較的高い相関 ($R^2 > 0.4$) を示している。このことは、冬期には内部生産が SS を通じて透明度に影響していることの裏付けになっている。一方、それ以外の時期における SS の変動には、クロロフィル a 濃度以外の要因が存在すると考えられる。

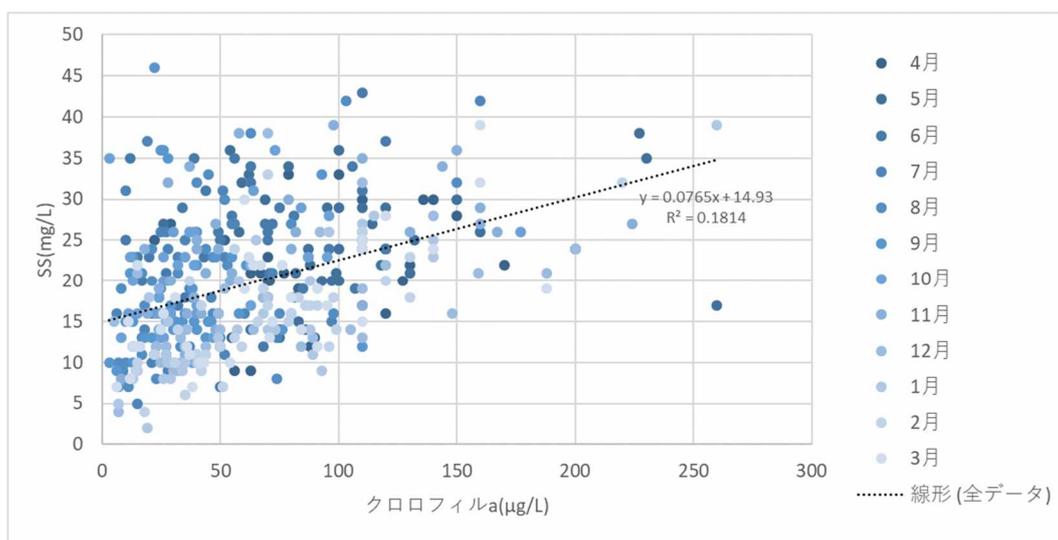


図 II-11 湖心におけるクロロフィル a 濃度と SS の関係

表 II-3 月ごとのクロロフィル a 濃度と SS の直線近似式

	4月	5月	6月	7月	8月	9月
傾き	0.0642	0.0273	0.0874	0.0965	0.1699	0.0376
切片	15.216	22.069	21.117	15.181	12.089	17.138
R^2 値	0.1528	0.0411	0.1373	0.1236	0.3423	0.0112
	10月	11月	12月	1月	2月	3月
傾き	0.1036	0.0958	0.0875	0.1297	0.1092	0.1254
切片	16.311	17.589	10.435	6.6621	8.3324	9.2627
R^2 値	0.1491	0.2907	0.3154	0.7115	0.4944	0.5077

(2) SS と日平均風速の関係

図 II-12 に平成 15 年度以降の湖心における SS と日平均風速の関係、表 II-4 に日平均風速と SS の直線近似式の傾き、切片及び R^2 値を示す。ただし日平均風速は岡南飛行場における測定値を用いている。風速が大きいたときには湖底の砂等が巻き上げられ SS 濃度が高くなることが予想されたが、両者の間に明確な関係は認められなかった。

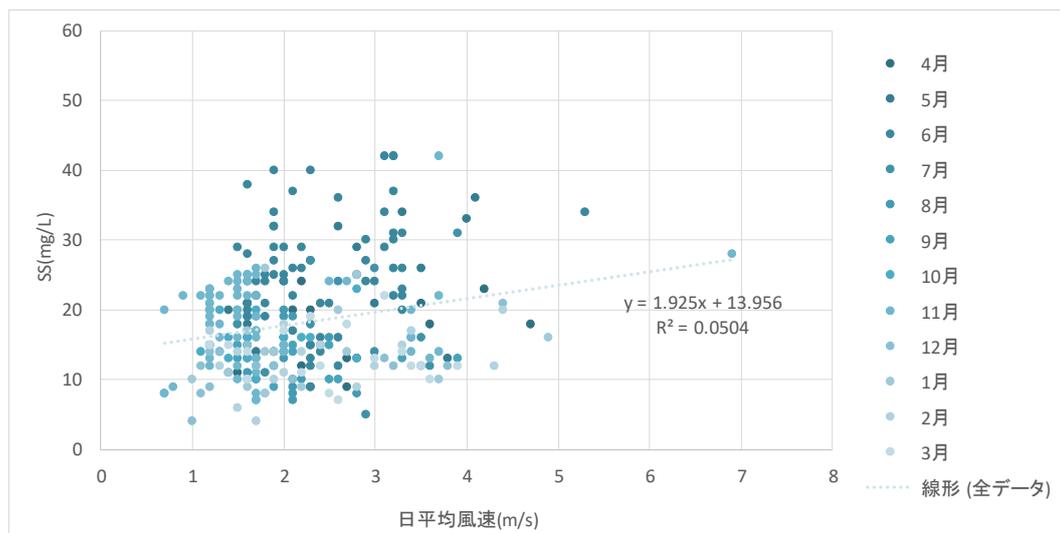


図 II-12 岡南飛行場における日平均風速と湖心における SS の関係

表 II-4 月ごとの日平均風速と SS の直線近似式

	4月	5月	6月	7月	8月	9月
傾き	1.6110	4.4137	2.9732	1.8866	-2.9032	-0.9434
切片	12.650	11.929	18.515	11.970	18.629	15.559
R^2 値	0.0707	0.265	0.0686	0.0423	0.0497	0.0714
	10月	11月	12月	1月	2月	3月
傾き	0.1228	1.5511	1.9988	1.3521	1.5602	-0.5412
切片	16.082	15.707	7.8774	10.838	9.0817	14.781
R^2 値	0.0005	0.0642	0.3380	0.0527	0.1340	0.0129

4 まとめ

児島湖の透明度は第4期以降、秋期～春季を中心に段階的に改善する傾向にあり、長期ビジョンに追加された令和7年ごろに1m程度という目標に近づいている。透明度に影響を及ぼす因子としてはSS濃度がある。またクロロフィルa濃度は冬季のSSとの間に相関を示していることから、冬期には内部生産も透明度に影響していると考えられる。よって冬期の透明度については、内部生産を抑制することによりさらなる改善が期待できる。一方、それ以外の時期にはクロロフィルa濃度以外の要因によりSSが変動し、それにより透明度に影響を及ぼしていると考えられ、さらなる検討が必要である。

令和 2 年 1 2 月 2 2 日

第 8 期児島湖水質保全計画策定検討会 第 2 回会議

水質シミュレーションモデルの再現性と課題

水質シミュレーションモデルの再現性と課題

目 次

I 水質シミュレーションモデルの再現性	1
1 水質シミュレーションモデルの概要	1
(1) 第7期モデルの構成	1
(2) 児島湖流域モデルの概要	1
(3) 児島湖生態系モデルの概要	6
2 モデルの再現性	15
(1) 湖心、樋門における計算値と観測値の比較	15
(2) 負荷量収支	19
(3) 各態の再現性	21
(4) TOC と COD	27
(5) 有機質の供給量と底質の関係	32
3 第7期モデルの課題と再現性の改善方法	36
(1) 第7期モデルの課題	36
(2) 再現性の改善方法の検討	37
II 再現性の改善	39
1 再計算の実施結果	39
(1) パラメータ変更箇所	39
(2) 計算結果	40
(3) 平成29～30年度の再現性に関する考察	50
2 今後の検討	53

I 水質シミュレーションモデルの再現性

1 水質シミュレーションモデルの概要

(1) 第7期モデルの構成

第7期計画策定に用いた水質シミュレーションモデルは、児島湖に流入する水量、水質を計算するための児島湖流域モデルと湖内の流動と水質を計算する生態系モデルで構成される。

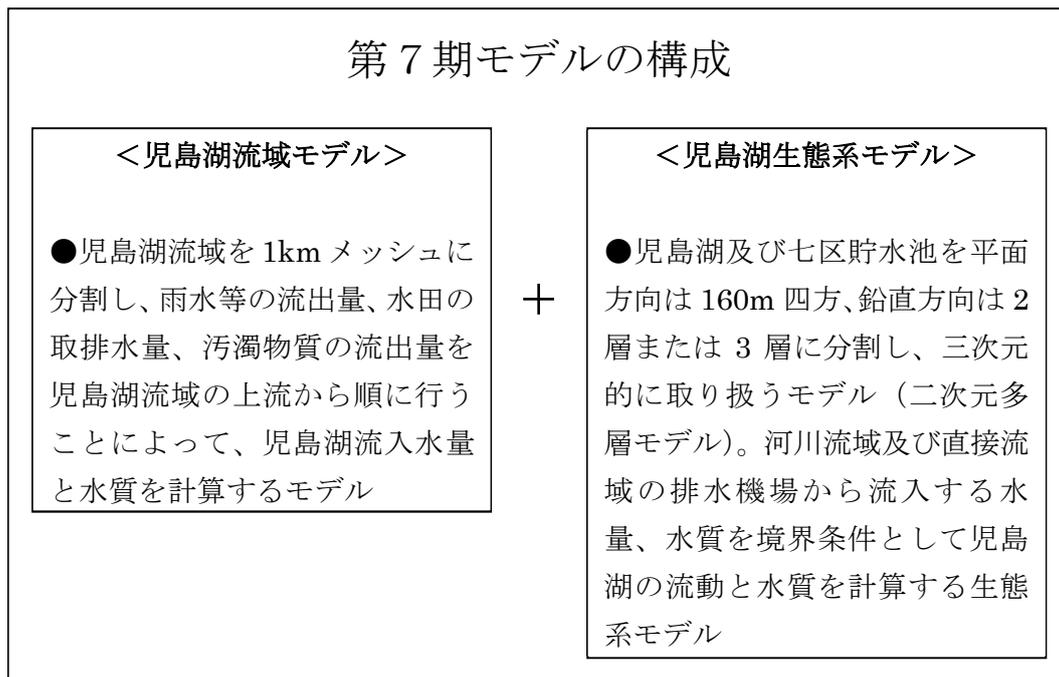


図 I-1 第7期湖沼水質保全計画策定に用いた水質シミュレーションモデルの構成

(2) 児島湖流域モデルの概要

児島湖流域モデルは、児島湖流域を1kmメッシュ（図 I-2）に分割し、降雨、生活排水等の流出、水田における取排水、汚濁物質の流出を上流から順に計算し、児島湖に流入する1時間ごとの水量および水質を計算するモデルである。

1kmメッシュ毎に土地利用別タンクモデルを適用し、降雨量、蒸発散量をモデル入力条件として各土地利用（水田、畑、山林、市街地）からの流出量を計算している。当該メッシュ内で排出される生活系排水、産業系排水、畜産系排水もモデル入力条件として与えており、これらは排水路に排出され、図 I-2 に示す流向に従って下流メッシュへと流出し、最終的に児島湖に流入する。

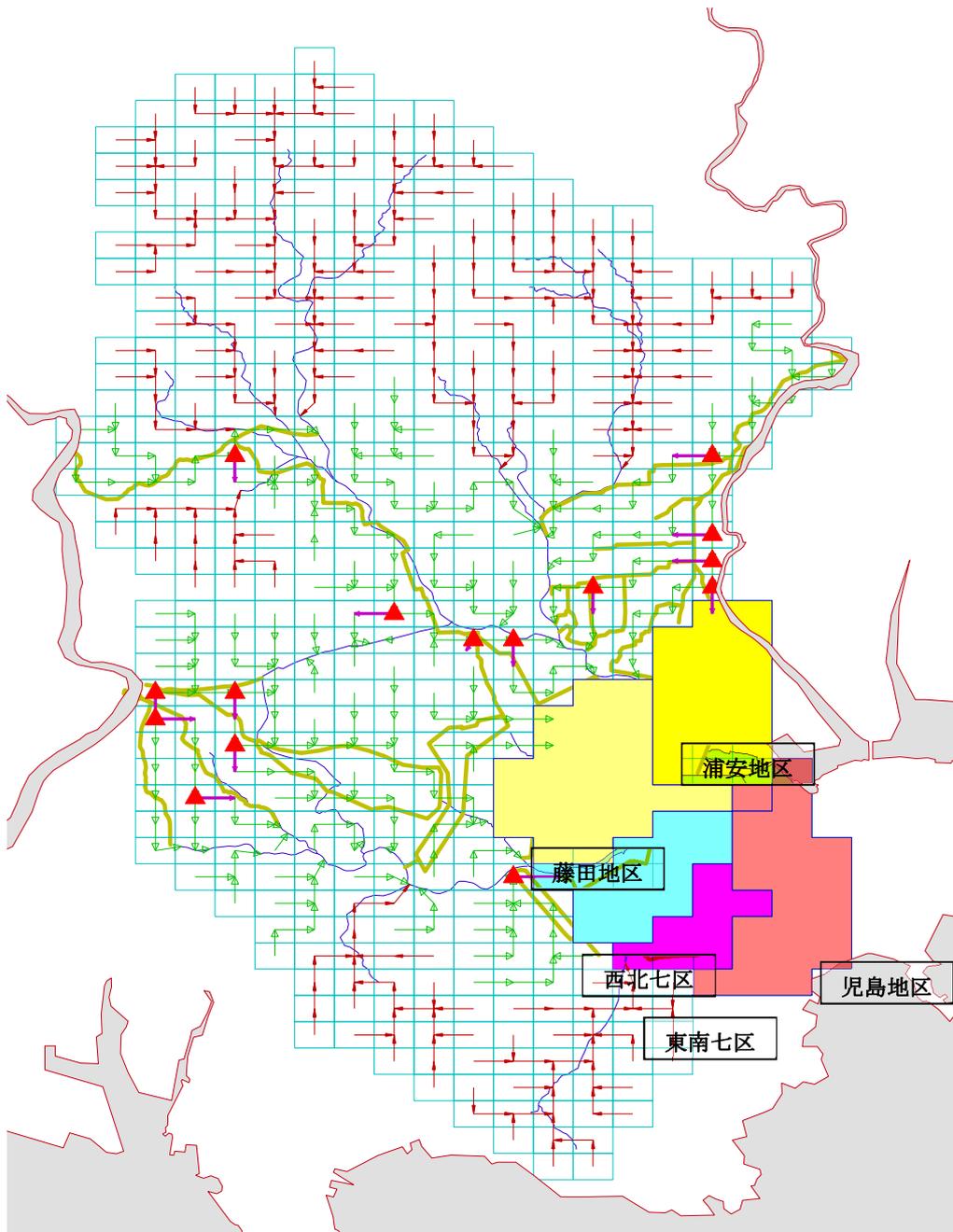


図 I-2 児島湖流域における河川、用排水路の流向の設定

赤線は、河川の流下流向を示し、緑線は用排水路の流下方向を示している。用排水路の流下方向を定義しているメッシュでは、別途河川の流下方向（青線）についても定義している。▲印は用水路において複数方向に水が分配される地点であることを示す。

負荷量についても 1km メッシュ毎に流出負荷量を算定している。降雨量、施肥量をモデル入力条件として面源（水田、畑、山林、市街地等）からの流出負荷量を計算し、これが排水路、河川に流出して懸濁態については沈降、巻き上げを伴いながら児島湖に流入する過程を計算している。モデルにおける面源からの流出負荷量は、原単位を基に算定した排出汚濁負荷量を用いていない。

当該メッシュ内で排出される生活系排水、産業系排水、畜産系排水、高梁川、旭川からの農業用水取水に伴う負荷量もモデル入力条件として与えており、これらは排水路に排出され、図 I-2 に示す流向に従って下流メッシュへと流出し、最終的に児島湖に流入する。生活系、産業系、畜産系の負荷量は原単位等を基に算定した排出汚濁負荷量の値を用いている。

なお、溶存態の有機物（COD）についてのみ流下過程における自浄作用を考慮しており、窒素、リンについては系外への移行は考慮していない。

点源排水負荷に対しては溶存態・懸濁態の割合をモデルパラメータとして与えており、溶存態及び懸濁態の COD、窒素、リンの流出過程を計算している。

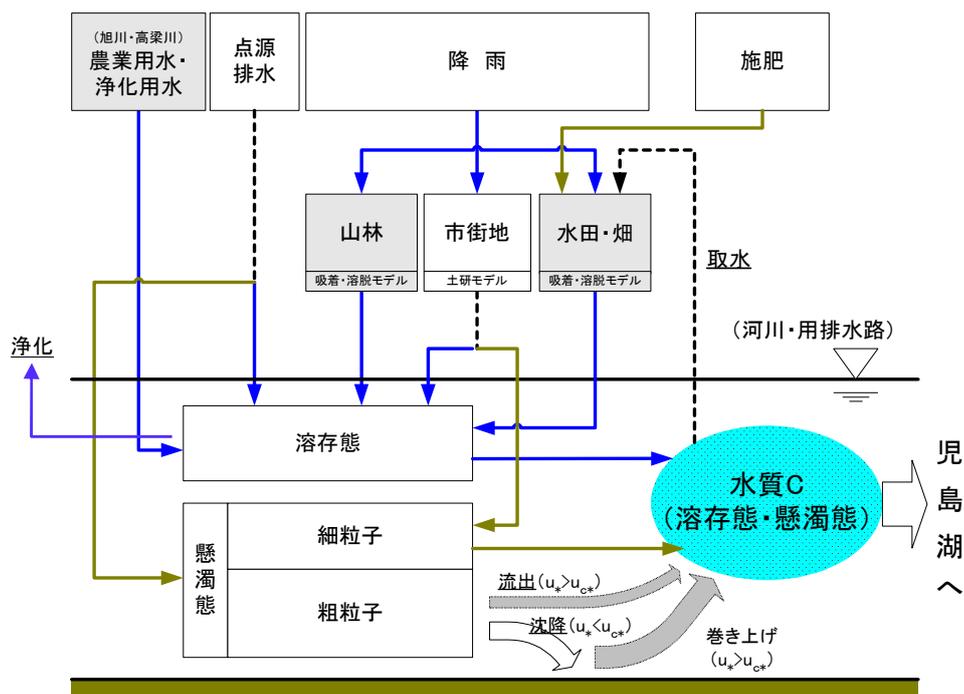


図 I-3 児島湖流域モデルにおける負荷流出計算方法の概要

表 I-1 流域モデル計算のための設定項目と設定方法

設定項目	設定方法	データの出典
降雨量	計算対象年度の岡山地方気象台及びアメダス（倉敷、玉野、日応寺）の時間降雨量を用いた。ティーンセン分割を行い、4地点のいずれかの降雨データを与えた。	気象庁
可能蒸発散量	Hamon 式により、気温と可照時間から算定した。	気象庁
高梁川、旭川からの農業用水取水量	旭川合同用水、十二カ郷用水、倉敷用水・八カ郷用水・備前樋用水の取水量を用いた。	岡山県調べ
生活系排水量	毎年度のフレーム調査により把握された、下水道、農業集落排水施設、し尿処理施設からの排水量のほか、各戸から排出される浄化槽排水量、雑排水量を用いた。	岡山県調べ
産業系排水量	毎年度のフレーム調査により把握された特定事業場からの排水量、非特定事業場から排出される排水量を用いた。	岡山県調べ
土地利用別面積	毎年度のフレーム調査により把握された市町別・ブロック別の土地利用面積（水田、畑、山林、市街地等）を用いた	岡山県調べ
高梁川、旭川のCOD、T-N、T-P濃度	公共用水域の水質調査結果より、高梁川は湛井堰、川辺橋、旭川は合同堰、乙井手橋の毎月の測定結果を用いた。	公共用水域の水質測定結果（岡山県）
生活系、産業系、畜産系の汚濁負荷量	毎年度のフレーム、汚濁負荷量調査により把握された値を与えた。	岡山県調べ

面源（水田、畑、山林、市街地等）から流出する負荷量を算定するためのモデルパラメータは表 I-2、表 I-3 のとおり設定している。

年間の流出負荷量を集計し、面積で除すことにより単位面積当たりの流出負荷量を集計し、第7期計画で使用している面源原単位と整合するよう感度解析によりパラメータ値を設定している。また、施肥量については栽培暦を基本として、第7期における水田原単位の補正率を乗じて設定している。

表 I-2 負荷量解析のためのパラメータ

モデル	パラメータ	適用されるタンク	記号	単位	COD	T-N	T-P
土研モデル	初期路面等汚濁負荷量	屋根	S_{a0}	g/m ²	0.0315	0.0070	0.0010
		路面	S_{a0}	g/m ²	0.2450	0.0700	0.0100
	路面等供給負荷量	屋根	A_s	g/m ² /s	6.7E-08	1.4E-08	1.4E-09
		路面	A_s	g/m ² /s	3.4E-07	7.2E-08	7.2E-09
掃流係数	屋根	k_{wp}	1/mm	0.25	0.25	0.25	
	路面	k_{wp}	1/mm	0.15	0.15	0.15	
吸着・溶脱モデル	a層 吸着速度係数※1	水田、畑、山林	k_{a1}	1/day	0.01	0.05	0.01
	a層 溶脱速度係数※2	水田、畑、山林	k_{a2}	1/day	0.15	0.04	0.02
	吸脱着速度係数	b層～d層	k_i	1/day	0.50	1.00	0.20
	土壌内飽和蓄積量	b層～d層	SC_{i0}	g/m ³ -tank	4.0E+07	2.0E+07	2.0E+06
	吸着平衡定数	b層～d層	γ	—	0.015	0.030	0.010
	減少速度係数	水田、畑、山林、d層	K_g	1/day	0.000	0.000	0.001
沈降・巻き上げモデル	自浄係数	用排水路、河川	k	1/day	0.01	0.00	0.00
	点源負荷の溶存態の割合	—	—	—	0.20	0.20	0.20
	点源負荷(懸濁態)のうちの粗粒子割合	—	—	—	0.50	0.95	0.80

※1: 灌漑期(水田湛水時)の水田タンクの係数はT-P0.005day⁻¹とした。

※2: 灌漑期(水田湛水時)の水田タンクの係数は児島湖周辺の干拓地(藤田、西北七区、東南七区)のみT-P0.04day⁻¹とした。

注: 赤字は第6期のパラメータ値から変更していることを示す。

表 I-3 吸着・溶脱モデルにおける初期土壌内蓄積量と施肥量の設定値

モデルパラメータ			単位	第7期モデル		備考
				平成15年度 ～ 平成22年度	平成23年度 ～ 平成27年度	
初期の土 壌内蓄積 量SCi	水田-a層	COD	g/m ³ -soil	1350		
		T-N		252	203	※1
		T-P		73.5		
	水田-b層	COD		45		
		T-N		25.2	20.3	※1
		T-P		7.36		
	畑-a層	COD		280		
		T-N		600		
		T-P		92		
	畑-b層	COD		28		
		T-N		2.8		
		T-P		4.6		
	山林-a層	COD		157.5		
		T-N		35.0		
T-P		24.9				
山林-b層	COD	15.8				
	T-N	1.8				
	T-P	0.75				
施肥量Ia	水田	T-N	kg/ha/年	98	79	※1
		T-P		20	20	
		T-P※3		29	27.3	※2
	畑	T-N		70	70	
		T-P		28	28	

※1: 水田補正原単位/補正前原単位の比率(T-N:0.807)を乗じて設定

※2: 水田補正原単位/補正前原単位の比率(T-P:0.943)を乗じて設定

※3: 児島湖周辺の干拓地については裏作(麦の栽培)も考慮して異なるリン施肥量を与えた。

注: 赤字は第6期のパラメータ値から変更していることを示す。

(3) 児島湖生態系モデルの概要

児島湖及び七区貯水池を、平面方向は 160m 四方、鉛直方向は 2 層又は 3 層に分割した（平面二次元多層モデル）。

平面方向の分割は第 6 期モデルと同じであり、鉛直方向の分割は地点の水深に応じて 2 層（表層と底層）または 3 層（表層、中層、底層）に分割した。メッシュ別水深は以下のとおりであり、図中の数値は、水位が A.P.+0m のときの水深を示す。

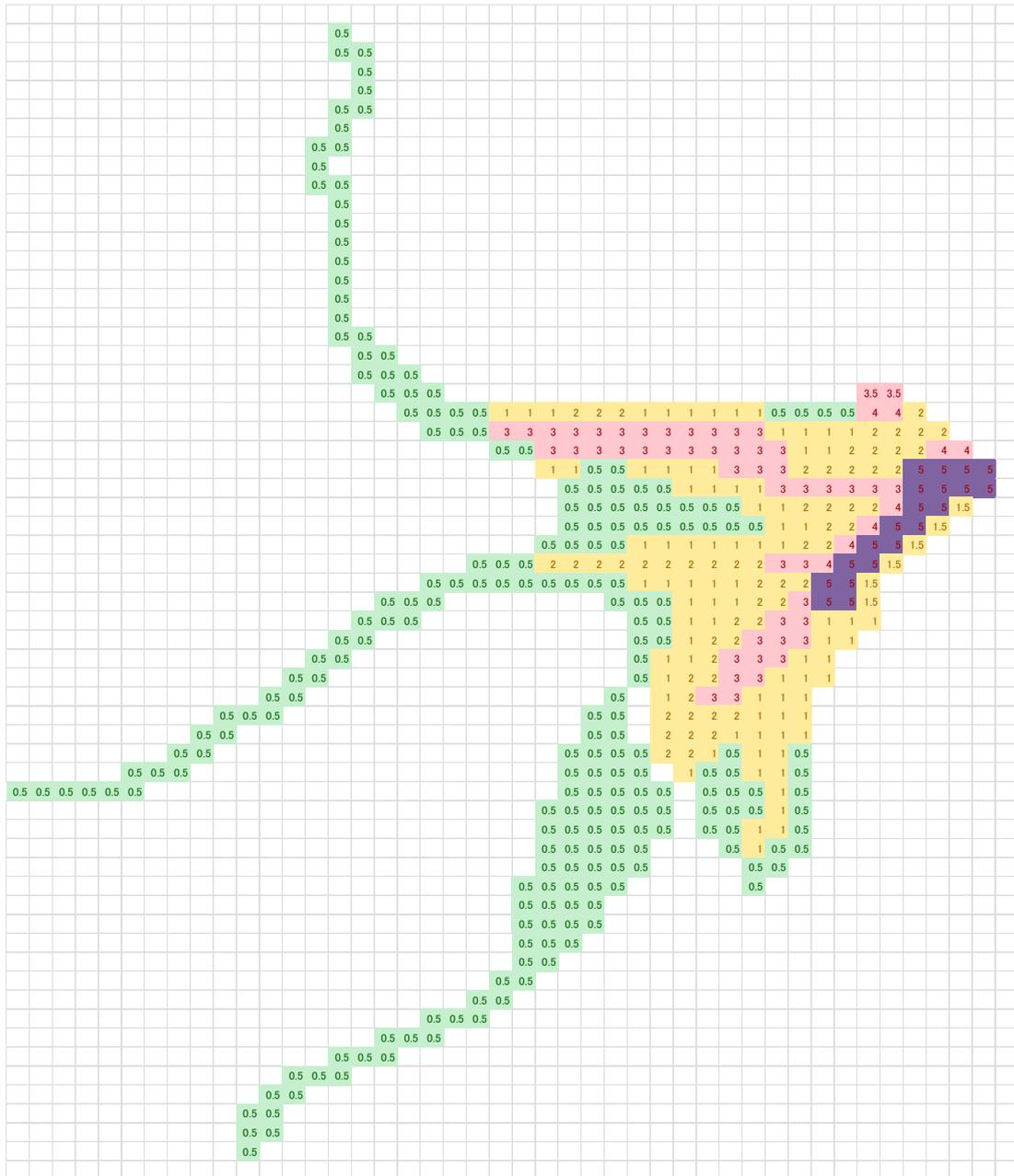


図 I-4 児島湖及び七区貯水池に適用する 160m メッシュと
児島湖水位が A.P. +0m としたときの水深の設定

鉛直方向の分割は、底層が湖底～湖底 10cm 上、中層は湖底 10cm 上～A.P.-4m、

表層は A.P.-4m～水面、または湖底 10cm 上～水面とした。水深が異なるメッシュ間では、同じ底層であっても底層間に流れはないものとしている。

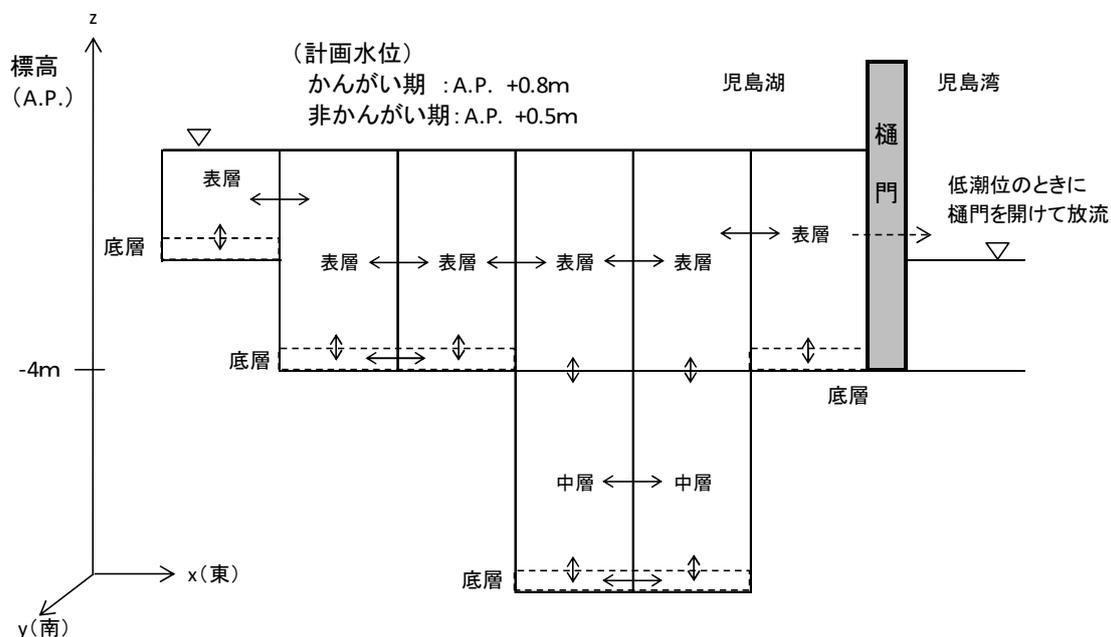


図 I-5 児島湖の鉛直方向の分割

生態系モデルの概要は図 I-6 のとおりである。第6期の水質予測モデルは、湖内の一次生産者だけを取り扱った生態系モデルとなっていたが、第7期モデルでは溶存酸素 (DO) 濃度を計算するために、一次生産者と分解者を考慮したモデルとした。また、第6期モデルにおいては常に好気条件でのリン溶出速度を与えていたが、直上水の溶存酸素濃度に応じて底泥からのリン溶出速度が大きくなることが実験の結果からも確かめられているため、第7期モデルでは底層 DO 濃度が 3mg/L 未満となる場合には嫌気条件のリン溶出速度を与えるモデルを構築した。

有機物については易分解性のもの、難分解性のものを分けて取り扱うモデルとし、児島湖に流域から流入する有機物は分解性の低いものが残存していると考え、難分解の溶存有機物、懸濁有機物として与えた。また、DO の計算のために有機物は炭素量ベースで計算を行った。COD との換算は北七区での観測値より $TOC/COD=0.87$ とした。

表 I-5 児島湖生態系モデル計算のための設定項目と設定方法

設定項目	設定方法	データの出典
湖面降雨量(mm/日)	樋門における日降雨量を与えた。	児島湾土地改良区
風向、風速 (m/s)	岡南飛行場における観測結果より与えた	岡山県
気温 (°C)	岡山地方気象台における観測結果を与えた。	気象庁
相対湿度 (%)	岡山地方気象台における観測結果を与えた。	気象庁
雲量(-)	岡山地方気象台における観測結果を与えた。	気象庁
日射量 (MJ/m ²)	岡山地方気象台における日照時間の観測結果、児島湖湖心の緯度(34.579246°)より、時別日射量を計算し、これを用いた。	気象庁
樋門放流量(m ³ /s)	樋門開門操作月報より把握される水位低下量(cm)に児島湖の面積を乗じることにより、樋門開放時の放流量を与えた。	児島湾土地改良区
河川等からの流入量(m ³ /s)	児島湖流域モデルによる計算値を用いた。児島湖流域下水道の放流量については年度平均値を与えた。	—
湖面降雨の水質濃度(mg/L)	湖面負荷量の算定に用いられている以下の値を用いた。 TOC : 5.455 mg/L T-N : 1.730 mg/L T-P : 0.068 mg/L	—
河川等からの流入水質の濃度(mg/L)	児島湖流域モデルによる計算値を用いた。項目ごとの設定方法は表 I-4 のとおりとした。児島湖流域下水道の放流水質については年度平均値を与えた。また、COD は全量がRDOC (ただし、TOC/COD=0.87) として設定しており、T-N、T-P も全量が DIN、DIP であると設定した。	—

モデルパラメータは表 I-6 に示すとおりであり、底泥からの溶出速度、水生植物枯死による回帰負荷量も見込んでいる。モデルの基礎式については参考資料とした。

表 I-6 児島湖生態系モデル（第7期）のパラメータ値

モデルパラメータ		記号	単位	設定値		
無機懸濁物質	沈降	沈降速度	W_{SS}	m/day	0.08	
藻類	光合成	PI曲線傾き	α^{chl}	gC/gChl.a m ² / μ mol photon	7.0E-06	
		基準温度における炭素ベースの比増殖速度	P_{ref}^C	1/day	3.5	
		最大Chl. a/N比	θ_{max}^N	gChl.a/gN	0.3	
		細胞外排出率	PER	-	0.10	
		光合成商(Photosynthetic Quotient)	PQ	molO ₂ /molC	1.08	
			藻類の光合成速度が最大となる最適水温	$T_{A,opt}$	°C	15
	栄養塩摂取	窒素摂取速度	UN	gN/gC/day	0.600	
		りん摂取速度	UP	gP/gC/day	0.060	
		窒素摂取に係る半飽和定数	K_{DN}	gN/m ³	0.014	
		りん摂取に係る半飽和定数	K_{DP}	gP/m ³	0.003	
		藻類の最大N/C比	QN_{max}	gN/gC	0.29	
		藻類の最小N/C比	QN_{min}	gN/gC	0.05	
		藻類の最大P/C比	QP_{max}	gP/gC	0.018	
		藻類の最小P/C比	QP_{min}	gP/gC	0.013	
	呼吸	最小呼吸速度係数	R_{min}	1/day	0.02	
		N/C比に比例する呼吸速度係数	R_{ref}	1/day	0.35	
		呼吸商(Respiratory Quotient)	RQ	molC/molO ₂	0.85	
	枯死	炭素と酸素の分子量比	ROC	(gO ₂ /mol)/(gC/mol)	2.67	
		最小死滅速度係数	$M_{A,min}$	1/day	0.02	
			水温に比例する死滅速度係数	$M_{A,ref}$	1/day	※1
	沈降	沈降速度	W_A	m/day	0.06	
デトリタス	沈降	沈降速度	W_{DET}	m/day	0.08	
難分解懸濁態有機物 (RPOM)	沈降	沈降速度	W_{RPOM}	m/day	0.08	
従属栄養細菌	捕食	最大捕食速度	I_{max}	1/day	60	
		従属栄養細菌バイオマスの半飽和定数	K_H	-	0.25	
		従属栄養細菌が捕食できる水温の最小値	$T_{H,min}$	°C	-5	
		従属栄養細菌の捕食速度が最大となる最適水温	$T_{H,opt}$	°C	30	
		従属栄養細菌が捕食できる水温の最大値	$T_{H,max}$	°C	35	
	呼吸	最小の総成長効率(Gross Growth Efficiency)	GGE_{min}	-	0.4	
		最大の総成長効率(Gross Growth Efficiency)	GGE_{max}	-	0.7	
		GGEが最大となるとき τ の値	τ_{min}	-	0.2	
		従属栄養細菌のN/C比	NCR_H	gN/gC	0.179	
		従属栄養細菌のP/C比	PCR_H	gP/gC	0.052	
		呼吸に伴う難分解溶存有機物の生成率	β	-	0.08	
		RDOMのN/C比	NCR_{RDOM}	gN/gC	0.05	
		RDOMのP/C比	PCR_{RDOM}	gP/gC	0	
	死滅	死滅速度係数	M_H	1/day	0	
	脱窒	脱窒速度乗数	K_D	1/day	0.045	
脱窒に係る温度補正係数		θ_D	-	1.02		
底質	溶出、 酸素消費	RDOC溶出速度	E_{RDOC}	mg/m ² /日	0.0~57.2	
		DIN溶出速度	E_{DIN}	mg/m ² /日	4.9~108.4	
		DIP溶出速度(好気条件)	E_{DIP}	mg/m ² /日	0.8~4.0	
		DIP溶出速度(嫌気条件)	E_{DIP}	mg/m ² /日	3.4~28.1	
		O ₂ 消費速度	E_{DO}	mg/m ² /日	1.00	
		RDOC溶出に係る温度補正係数	θ_{RDOC}	-	1.00	
		DIN溶出に係る温度補正係数	θ_{DIN}	-	1.03	
		DIP溶出に係る温度補正係数	θ_{DIP}	-	1.12	
		O ₂ 消費に係る温度補正係数	θ_{O_2}	-	1.12	
		枯死した水生植物	回帰	LDOC回帰速度	E_{LDOC}	mg/m ² /日
LDON回帰速度	E_{LDON}			mg/m ² /日	2.95	
LDOP回帰速度	E_{LDOP}			mg/m ² /日	0.29	
熱	熱伝導	水の比熱	C_p	J/g/°C	4.1868	
		水面における熱反射率	ref	-	0.06~0.12 (月別)	
		水面における熱吸収率	b	-	0.45	
		熱フラックスの水中での減衰係数	η	1/m	0.3	

※1：藻類に対する捕食圧も考慮して月別の値（1月～8月：0.0、9月：0.2、10月：0.24、11月：0.2、12月：0.0）を設定した。

なお、底泥からの溶出速度については、底質の調査結果（「平成 22 年度 児島湖環境負荷影響調査業務調査結果報告書、岡山県生活環境部環境管理課」、「藤田和男、難波あゆみ、河野裕明、中野拓也、山本淳：児島湖及び流入河川底泥からのリンの溶出速度について、岡山県環境保健センター年報、38、15-27、2014」）と溶出試験の結果（詳細は後述）より設定した。

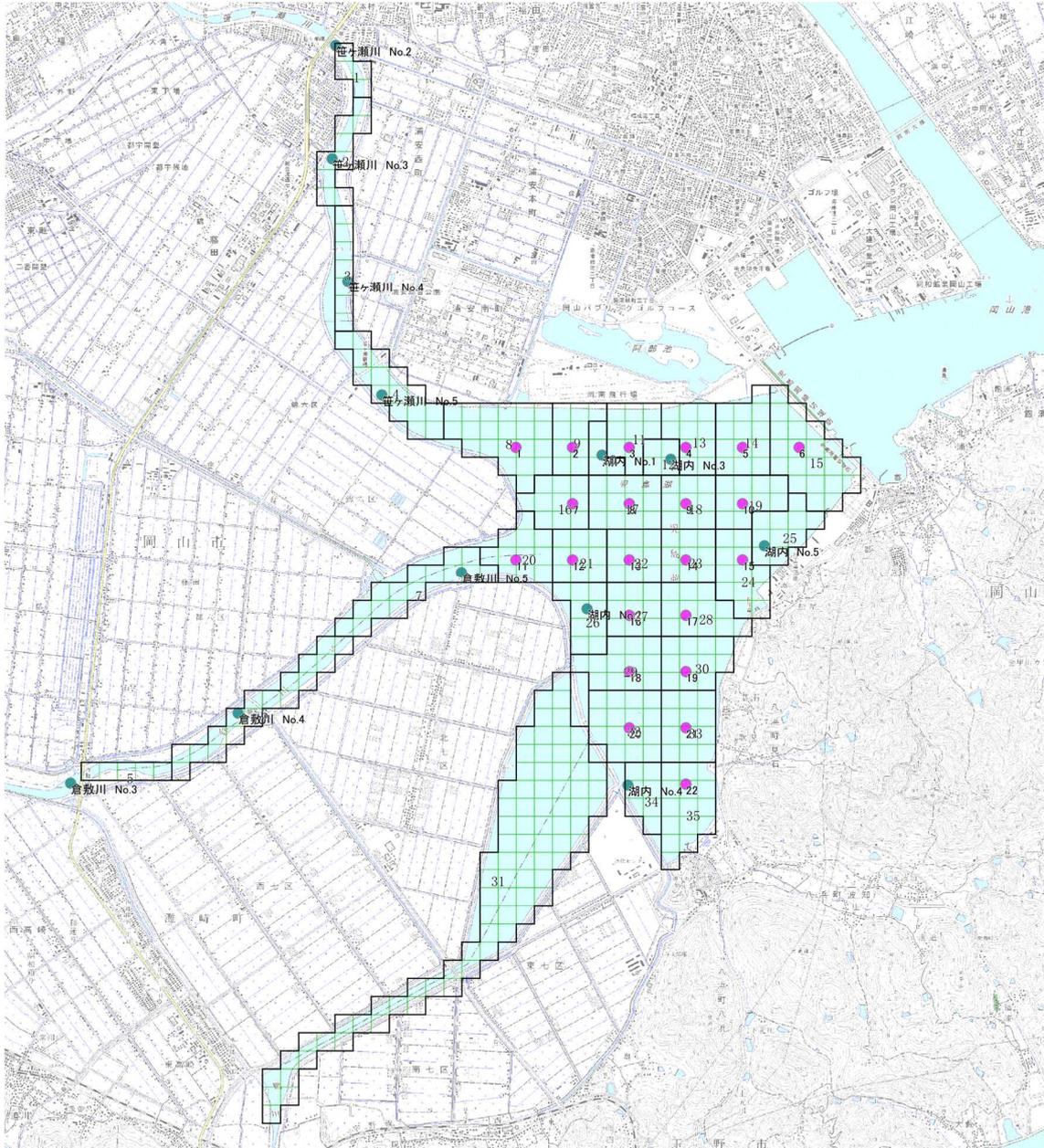


図 I-7 岡山県及び環境保健センターの底質調査地点とブロック分割（1～35）

注：地点 1～22 は「藤田和男、難波あゆみ、河野裕明、中野拓也、山本淳：児島湖及び流入河川底泥からのリンの溶出速度について、岡山県環境保健センター年報、38、15-27、2014」における調査地点であり、その他の地点は「平成 22 年度 児島湖環境負荷影響調査業務調査結果報告書、岡山県生活環境部環境管理課」における調査地点である。

表 I-7 水温 20°Cにおける溶出速度（基準溶出速度）の設定値

番号	メッシュ数	代表値を与える調査地点の名称		底質(モデル設定値)				基準溶出速度(好気)			基準溶出速度(嫌気)			備考
				強熱減量	COD	T-N	T-P	COD	T-N	T-P	COD	T-N	T-P	
				%	mg/g	mg/g	mg/g	mg/m ² /日			mg/m ² /日			
1	4	笹ヶ瀬川No.2	環境管理課	9.8	56.5	3.7	3.0	65.7	108.4	2.7			17.7	
2	9	笹ヶ瀬川No.3	環境管理課	5.9	33.0	2.2	1.9	7.4	4.9	1.9			12.0	
3	7	笹ヶ瀬川No.4	環境管理課	9.5	50.0	3.6	2.5	49.6	100.4	2.3			15.1	
4	15	笹ヶ瀬川No.5	環境管理課	5.2	25.0	1.8	2.1	0.0	4.9	2.1			13.0	
5	5	倉敷川 No.3	環境管理課	7.9	37.0	2.4	5.0	17.4	4.9	4.0			28.1	
6	17	倉敷川 No.4	環境管理課	10.0	48.0	3.5	3.0	44.6	84.5	2.7			17.7	
7	15	倉敷川 No.5	環境管理課	8.1	27.0	2.7	2.1	0.0	4.9	2.1			13.0	
8	21	1 環境保健センター		10.9	53.9	4.3	1.9	59.3	216.6	1.9			11.9	
9	9	2 環境保健センター		11.1	44.5	4.4	2.1	36.0	227.8	2.0			12.9	
10	4	湖内No.1	環境管理課	9.6	42.5	3.2	2.0	31.0	36.7	2.0			12.5	
11	9	3 環境保健センター		7.7	35.1	3.2	1.8	12.6	28.8	1.9			11.4	
12	4	湖内No.3	環境管理課	8.4	35.0	2.8	2.0	12.4	4.9	2.0			12.5	
13	10	4 環境保健センター		9.3	35.1	3.7	1.2	12.6	122.7	1.4			8.3	
14	13	5 環境保健センター		1.1	2.1	0.7	0.4	0.0	4.9	0.9			4.0	
15	21	6 環境保健センター		1.3	2.7	0.8	0.3	0.0	4.9	0.8			3.4	
16	10	7 環境保健センター		2.6	6.8	1.3	0.6	0.0	4.9	1.0			5.0	
17	12	8 環境保健センター		2.3	8.4	1.2	0.6	0.0	4.9	1.1			5.3	
18	9	9 環境保健センター		2.7	9.6	1.3	0.7	0.0	4.9	1.1			5.5	
19	10	10 環境保健センター		3.2	13.1	1.5	0.5	0.0	4.9	1.0			4.6	
20	11	11 環境保健センター		8.5	38.7	3.4	2.5	21.6	74.9	2.3			15.1	
21	9	12 環境保健センター		7.7	36.9	3.2	0.3	17.1	28.8	0.8			3.6	
22	9	13 環境保健センター		3.1	11.3	1.5	1.1	0.0	4.9	1.4			7.9	
23	9	14 環境保健センター		5.6	24.3	2.4	1.1	0.0	4.9	1.4			7.9	
24	12	15 環境保健センター		3.0	9.4	1.4	0.6	0.0	4.9	1.0			5.2	
25	10	湖内No.5	環境管理課	11.0	42.5	3.2	2.0	31.0	36.7	2.0			12.6	最深部
26	9	湖内No.2	環境管理課	2.7	6.4	0.4	0.4	0.0	4.9	0.9			4.1	
27	9	16 環境保健センター		2.9	9.7	1.4	0.3	0.0	4.9	0.8			3.4	

表 I-7 (続き)

番号	メッシュ数	代表値を与える調査地点の名称		底質(モデル設定値)				基準溶出速度(好気)			基準溶出速度(嫌気)			備考
				強熱減量	COD	T-N	T-P	COD	T-N	T-P	COD	T-N	T-P	
				%	mg/g	mg/g	mg/g	mg/m ² /日			mg/m ² /日			
28	12	17	環境保健センター	4.7	18.9	2.0	0.8	0.0	4.9	1.2			6.3	
29	12	18	環境保健センター	4.7	20.6	2.0	0.9	0.0	4.9	1.3			6.9	
30	11	19	環境保健センター	7.3	30.3	3.0	1.4	0.7	4.9	1.6			9.3	
31	81	E地点		6.1	25.9	2.6	1.4	0.0	4.9	1.6			9.4	七区貯水池
32	15	20	環境保健センター	7.5	27.7	3.1	1.4	0.0	16.0	1.6			9.2	
33	12	21	環境保健センター	7.9	24.5	3.2	1.4	0.0	39.9	1.6			9.2	
34	7	湖内No.4	環境管理課	8.2	28.5	2.5	1.4	0.0	4.9	1.6			9.1	
35	15	22	環境保健センター	6.6	34.0	2.7	1.2	9.9	4.9	1.5			8.5	
集計 (空間平均)	447			6.2	26.2	2.4	1.4	9.8	32.4	1.6			9.3	七区貯水池含む
	366			6.2	26.3	2.4	1.4	11.9	38.5	1.6			9.3	七区貯水池除く
	294			5.8	23.7	2.3	1.1	9.7	38.4	1.4			7.8	七区貯水池、河川部除く

[注 1]黄色の網掛けの値は、強熱減量とCOD、T-N、T-P含有量の関係式を元に設定した値である。七区貯水池(31番)の強熱減量は、E地点におけるH21-H26年度の平均値より与えた。

[注 2] COD、T-Nの基準溶出速度は、中国四国農政局(H4.9)で得られた以下の関係式を、農業土木学会・中国四国農政局(H14.3)の結果も踏まえて見直し、以下のように設定した。

$$\text{CODの溶出速度(mg/m}^2\text{/日)} = 2.48 \times [\text{COD含有量(mg/g)} - 30] \quad (\text{COD含有量} > 30\text{mg/g})$$

$$\text{CODの溶出速度(mg/m}^2\text{/日)} = 0.0 \quad (\text{COD含有量} < 30\text{mg/g})$$

$$\text{T-Nの溶出速度(mg/m}^2\text{/日)} = 159.2 \times [\text{T-N含有量(mg/g)} - 3] + 4.9 \quad (\text{T-N含有量} > 3\text{mg/g})$$

$$\text{T-Nの溶出速度(mg/m}^2\text{/日)} = 4.9 \quad (\text{T-N含有量} < 3\text{mg/g})$$

[注 3] T-Pの基準溶出速度は、「平成22年度 児島湖環境負荷影響調査業務調査結果報告書、岡山県生活環境部環境管理課」、「藤田和男、難波あゆみ、河野裕明、中野拓也、山本淳：児島湖及び流入河川底泥からのリンの溶出速度について、岡山県環境保健センター年報、38、15-27、2014」、「藤田和男、金子英史、中野拓也、山本淳：児島湖における水質汚濁メカニズムの解明—児島湖底泥からのリンの溶出速度について—、岡山県環境保健センター年報、39、59-63、2015」より設定した以下の関係式を用いて設定した。

$$\text{T-Pの溶出速度(mg/m}^2\text{/日)} = 0.681 \times \text{T-P含有量(mg/g)} + 0.6326 \quad (\text{好気条件 } \text{DO} > 3\text{mg/L})$$

$$\text{T-Pの溶出速度(mg/m}^2\text{/日)} = 5.2022 \times \text{T-P含有量(mg/g)} + 2.084 \quad (\text{嫌気条件 } \text{DO} < 3\text{mg/L})$$

2 モデルの再現性

(1) 湖心、樋門における計算値と観測値の比較

平成 15 年 4 月から令和元年 3 月までの COD、T-N、T-P 観測値と計算値（12 個/年×17 年=204 個のデータ）の関係を図 I-8 に示した。

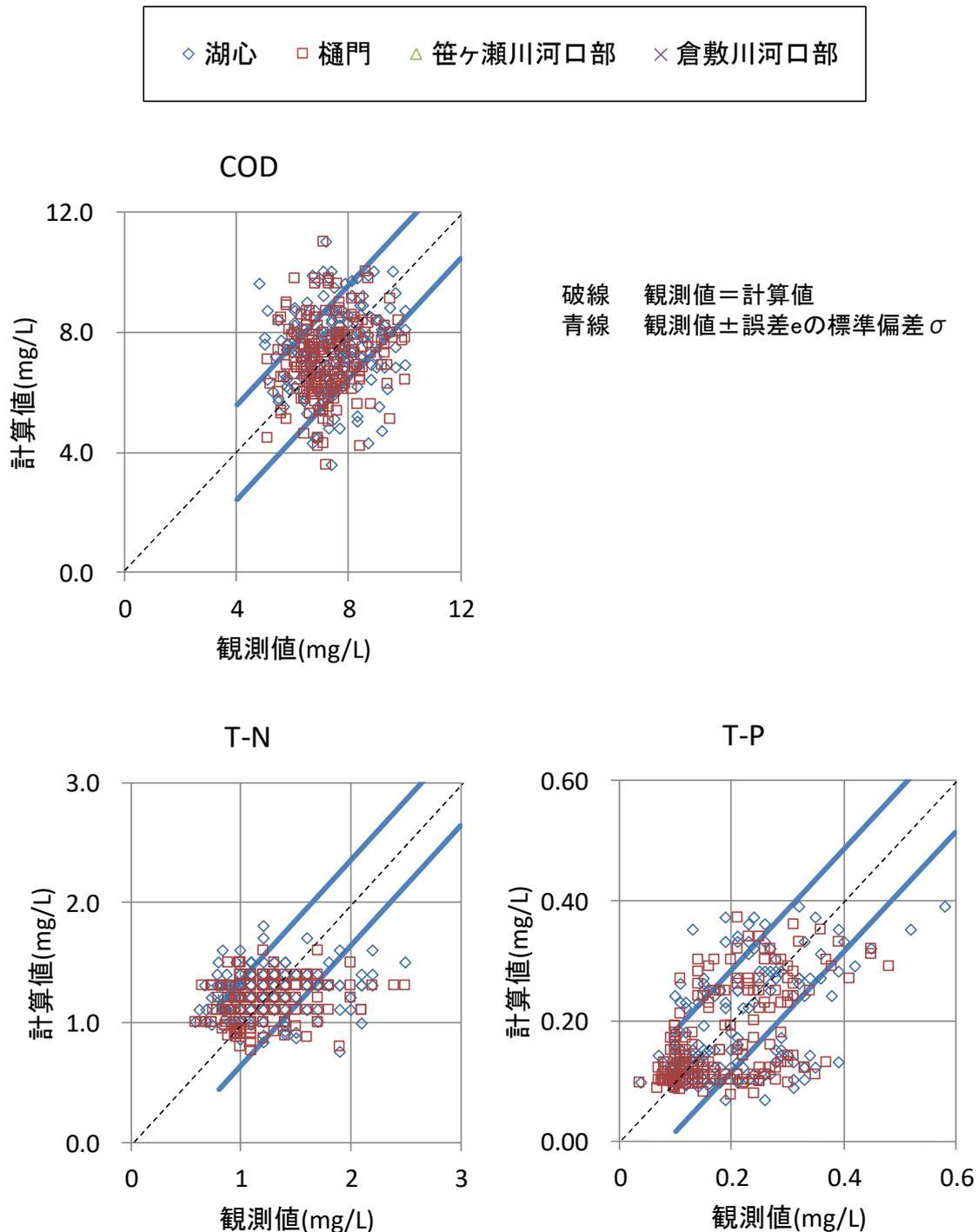


図 I-8 観測値と計算値の比較（湖心、樋門）

観測値と計算値の差を誤差 e (=観測値-計算値) と定義し、誤差 e の平均値、標準偏差 σ を算定すると以下のとおりであった。誤差 e の平均値がゼロに近く、標準偏差 σ が小さいほど観測値とモデル計算値が良く一致していることを示す。

COD、T-N に比べると、T-P の誤差 e の平均値は 0.015~0.016mg/L とプラス側に寄っており、計算値が観測値に比べて全体的に低くなっていることを示す。COD、T-N については誤差の平均値はゼロに近く、平均値で見れば計算値と観測値が一致していることを示している。

標準偏差 σ としては、COD が 1.5~1.6mg/L、T-N が 0.33~0.36mg/L であり、これをできる限り小さくしていくことが望ましい。

表 I-8 7期モデルの再現性

データ数	項目	単位	湖心			樋門		
			COD	T-N	T-P	COD	T-N	T-P
204	観測値の平均値	mg/L	7.4	1.2	0.19	7.3	1.2	0.18
	誤差 e の平均値 μ	mg/L	0.1	-0.01	0.016	0.2	0.03	0.015
	標準偏差 σ	mg/L	1.6	0.36	0.085	1.5	0.33	0.078
	σ /観測値の平均値	%	21%	29%	45%	21%	27%	44%

参考として、年平均値、75%値の再現計算の状況は以下のとおりである。

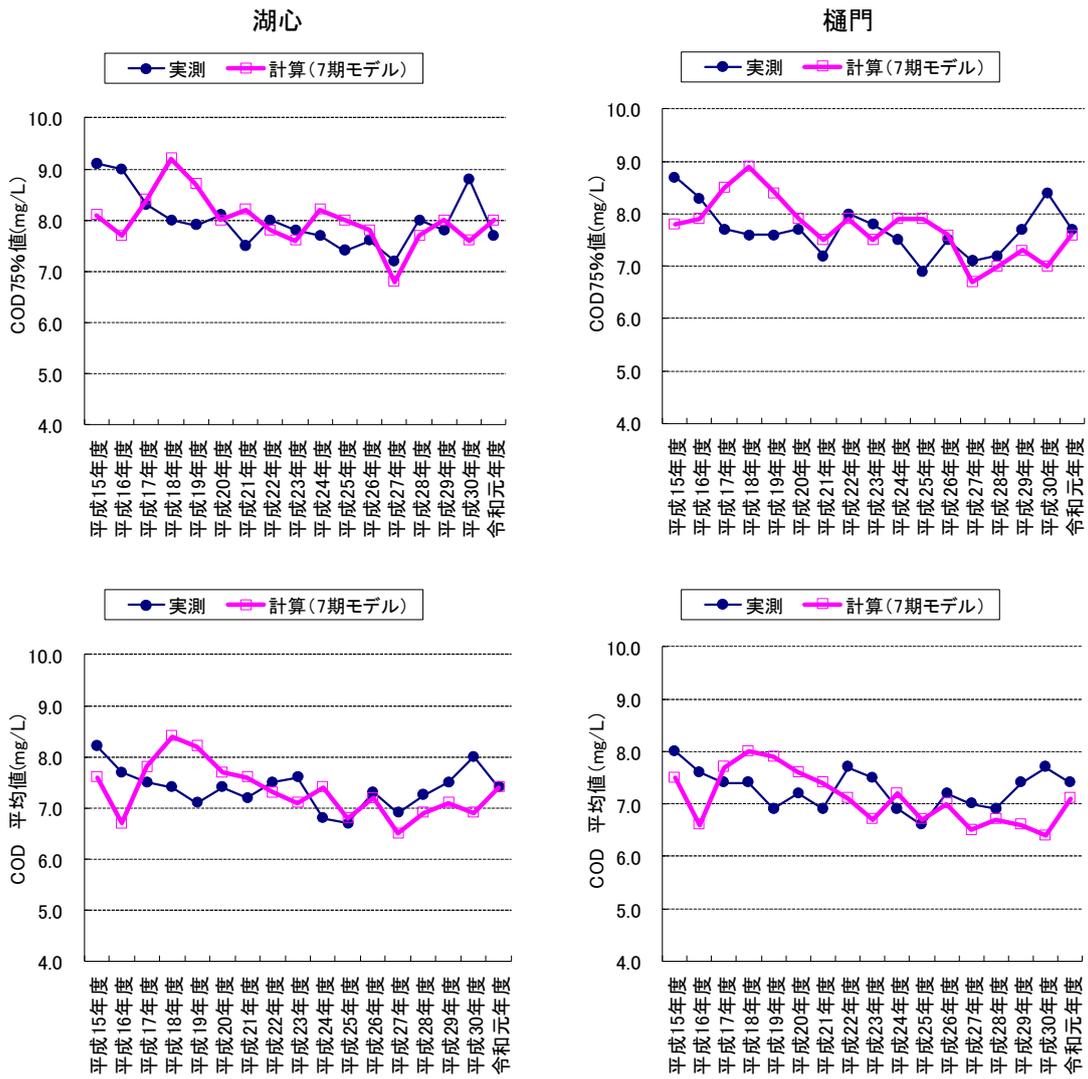


図 I-9 観測値と計算値の比較 (COD 平均値、75%値)

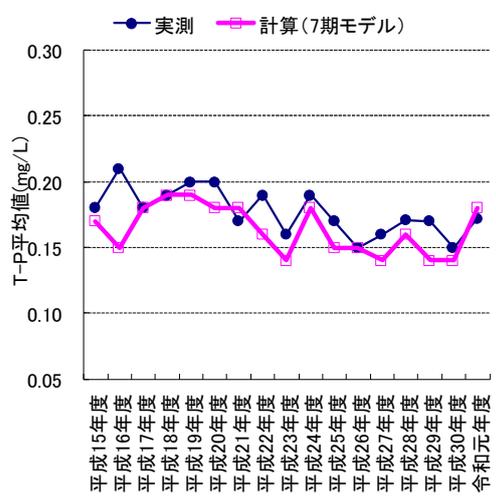
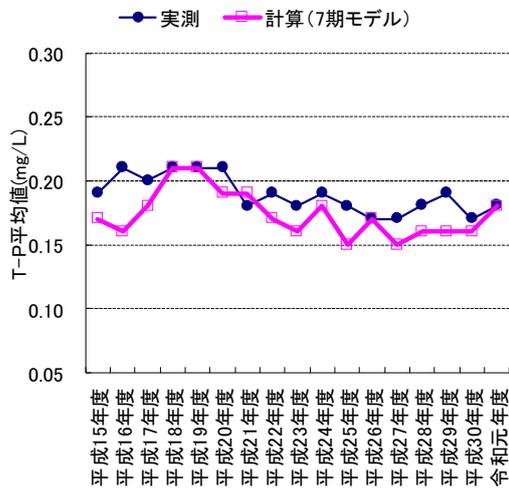
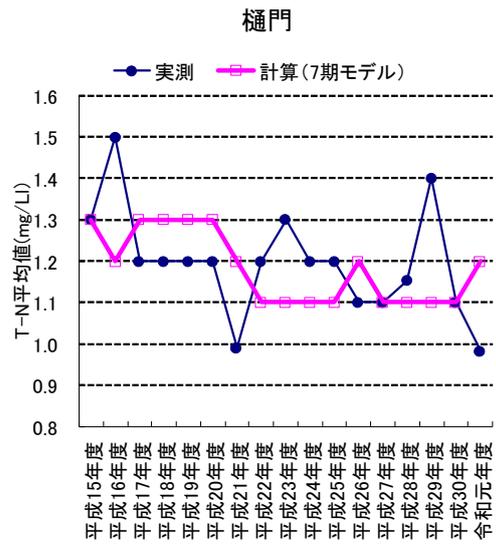
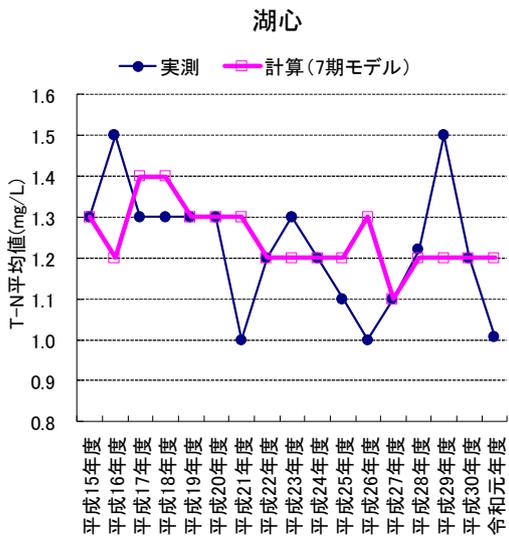


図 I-10 観測値と計算値の比較 (T-N 平均値、T-P 平均値)

(2) 負荷量収支

水質シミュレーションモデルにおける物質収支は表 I-9 に示すとおりである。児島湖に流入する負荷量と内部生産（純生産）の負荷量に占めるそれぞれの内訳を図 I-11 に示した。

COD については内部生産が流入負荷量（内部生産含む）全体の 42% を占めている。底泥溶出負荷量は T-N で 13%、T-P で 7% を占めていた。実際には、内部生産有機物の何割かは分解、無機化されるが、河川等から流入した COD 負荷量（溶存態）は分解されないことから、図 I-11 の構成比率は、湖水 COD 等濃度の構成比を示すものではない。

表 I-9 児島湖における物質収支（令和元年度）

		単位(t/年)			
		COD	T-N	T-P	
流入	河川等からの流入	3,065	860	110	
	降雨	55	15	0.6	
	底泥溶出	41	135	8.8	
	枯死した水生植物	106	6	1	
	小計	3,267	1,017	120	
湖内での 生成、消 失	沈降	-643	-120	-24	
	内部 生 産	総生産	7,566	-	-
		呼吸	-5,165	-	-
		差し引き(純生産)	2,401	-	-
	分解・無機化	-1,362	-	-	
	脱窒	-	-300	-	
	小計	396	-420	-24	
流出		3,668	595	96	

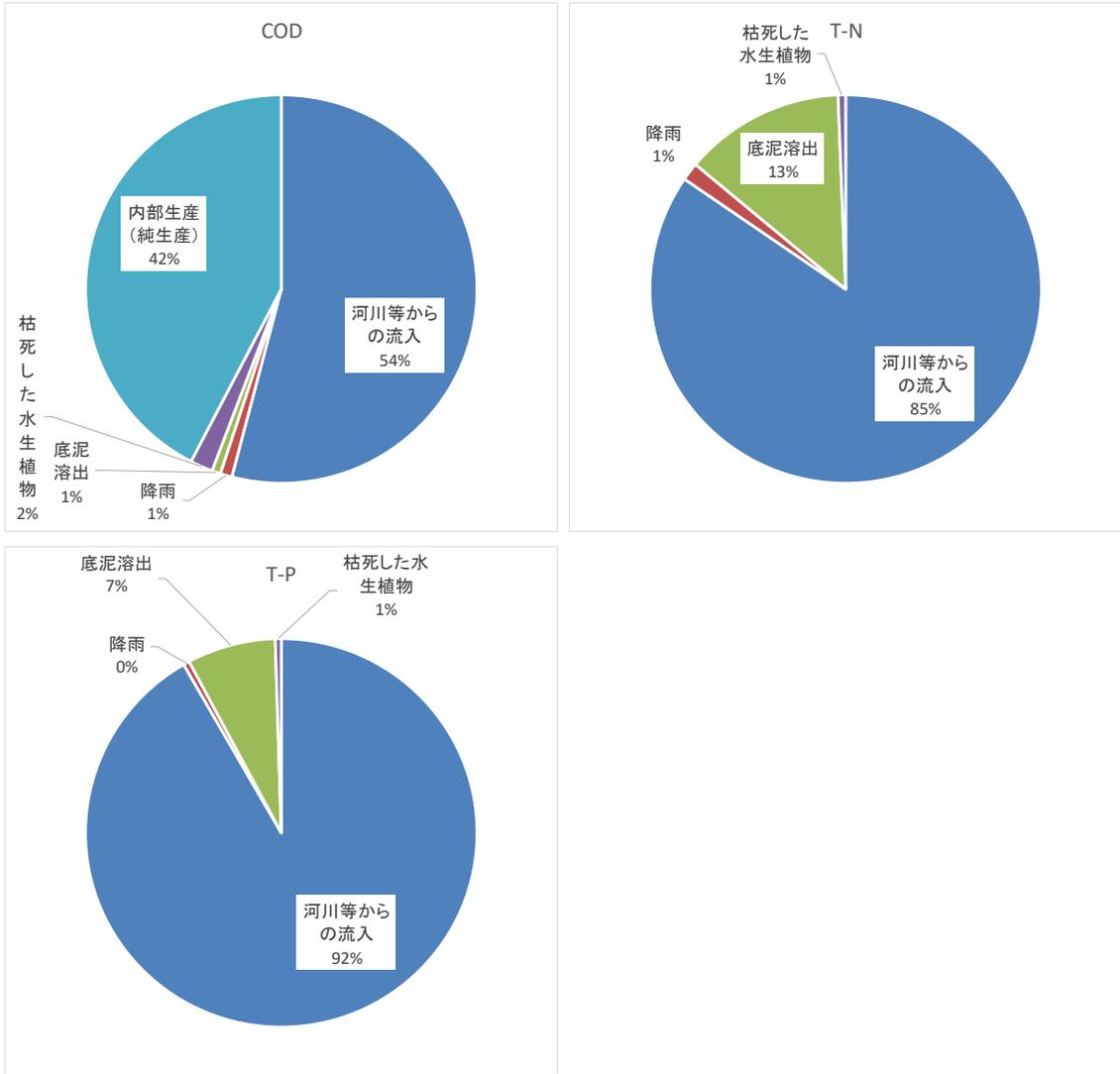


図 I-11 児島湖における流入負荷量と内部生産量の内訳（令和元年度）

(3) 各態の再現性

モデルによる COD、T-N、T-P の再現性を向上させる方策を検討するため、各項目の各態の計算結果について観測値と比較した。比較の手順としては、COD、TOC、T-N、T-P の各月の再現性を確認した後に、溶存有機物 (DOM) に関する 4 項目 (D-COD、DOC、DON、DOP)、懸濁有機物 (POM) に関する 5 項目 (P-COD、POC、PON、POP、クロロフィル a)、無機物 (DIN、DIP) について再現性の確認を行った。なお、懸濁有機物 (POM)、溶存有機物 (DOM) の項目間の対応は図 I-12 に示すとおりである。ただし、

$$\text{DON} = (\text{D-TN}) - (\text{NH}_4\text{-N} + \text{NO}_3\text{-N} + \text{NO}_2\text{-N})$$

$$\text{DOP} = (\text{D-TP}) - \text{PO}_4\text{-P}$$

とした。公共用水域の水質測定では、TOC、DOC、D-TN、D-TP の測定が行われていないため、環境保健センターの測定データ (湖心) を用いて検討した。

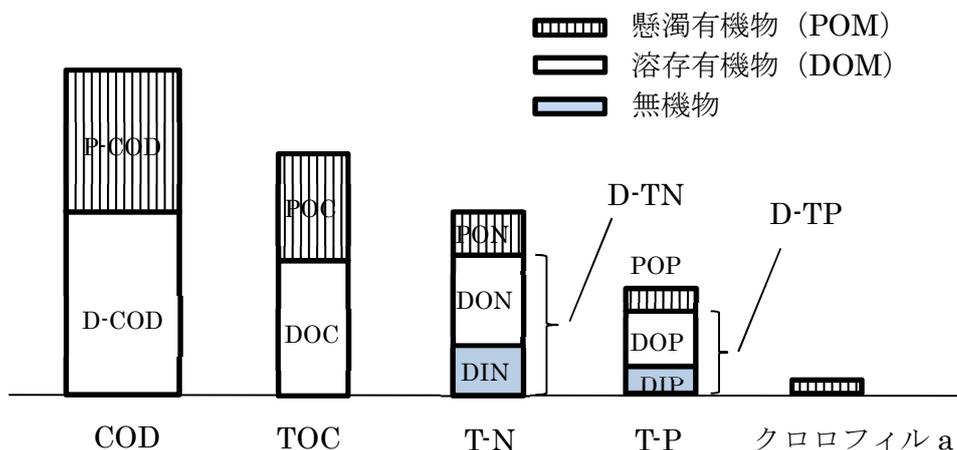


図 I-12 各態 (懸濁態、溶存態、無機態) の項目間の対応

<トータル (図 I-13) >

- ・ T-P については季節的な変動も含め再現できているが、COD、T-N については計算値と観測値が合っていない月もある。
- ・ TOC 濃度は計算値が観測値よりも全体的に高くなっている。

<溶存有機物 (図 I-14) >

- ・ D-COD 濃度には季節的な変動があるが、モデルでは再現できていない。
- ・ DOC 濃度は計算値が観測値よりも全体的に高くなっている。
- ・ DON、DOP 濃度は観測値では濃度変動が大きいですが、計算値はほぼ一定となっている。

<懸濁有機物（図 I-15、図 I-16）>

- ・ POC 濃度は計算値が観測値よりも全体的に高くなっている。
- ・ クロロフィル a、PON、POP 濃度については計算値と観測値が合っていない月もある。クロロフィル a 濃度の再現性を高めることができれば、再現性が向上すると考えられる。

<無機態窒素、リン（図 I-17）>

- ・ DIN、DIP 濃度については、計算値と観測値が合っていない月もある。クロロフィル a 濃度の再現性を高めることができれば、より再現性が向上すると考えられる。

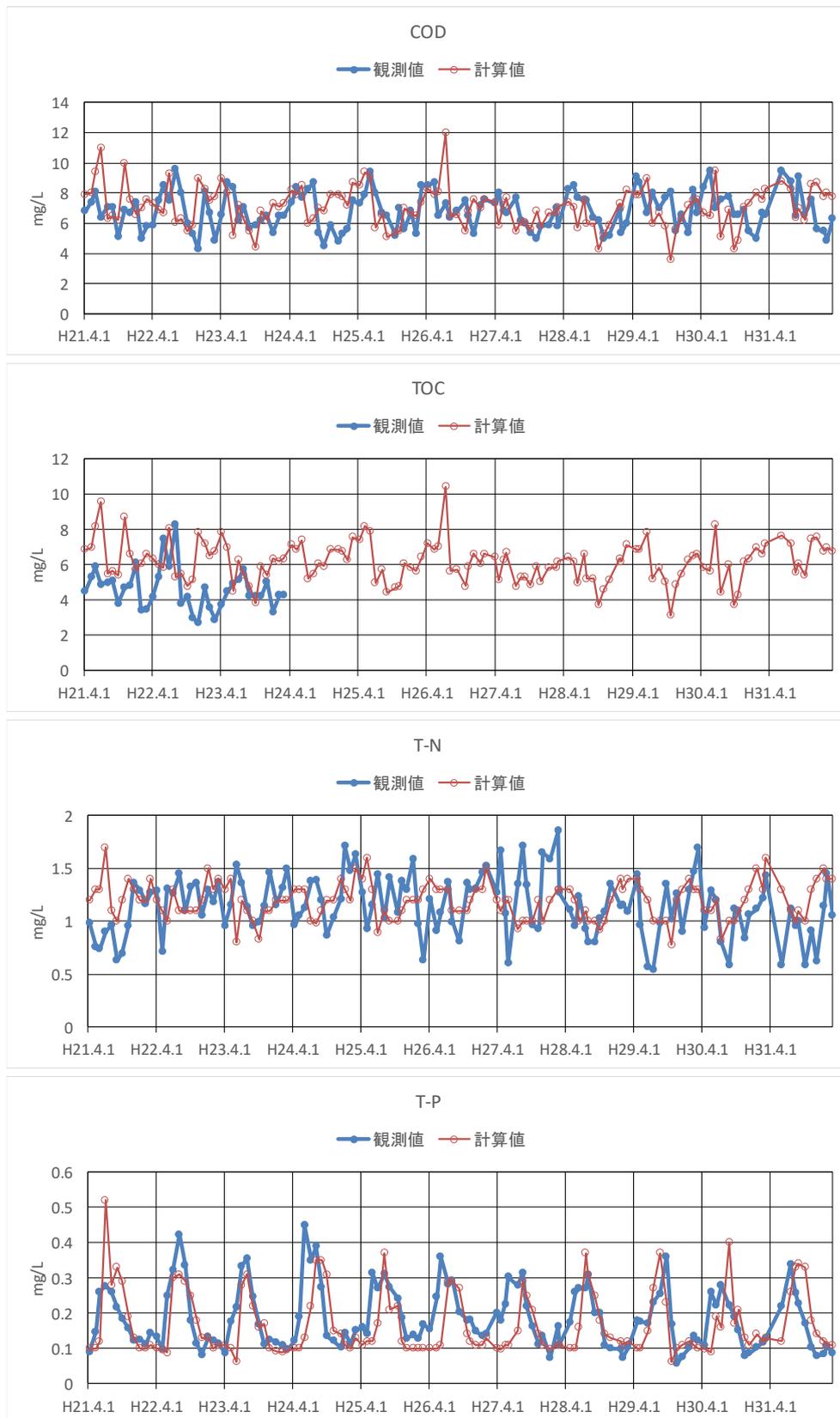


図 I-13 湖心における観測値（環境保健センター）と計算値の比較
（トータル）

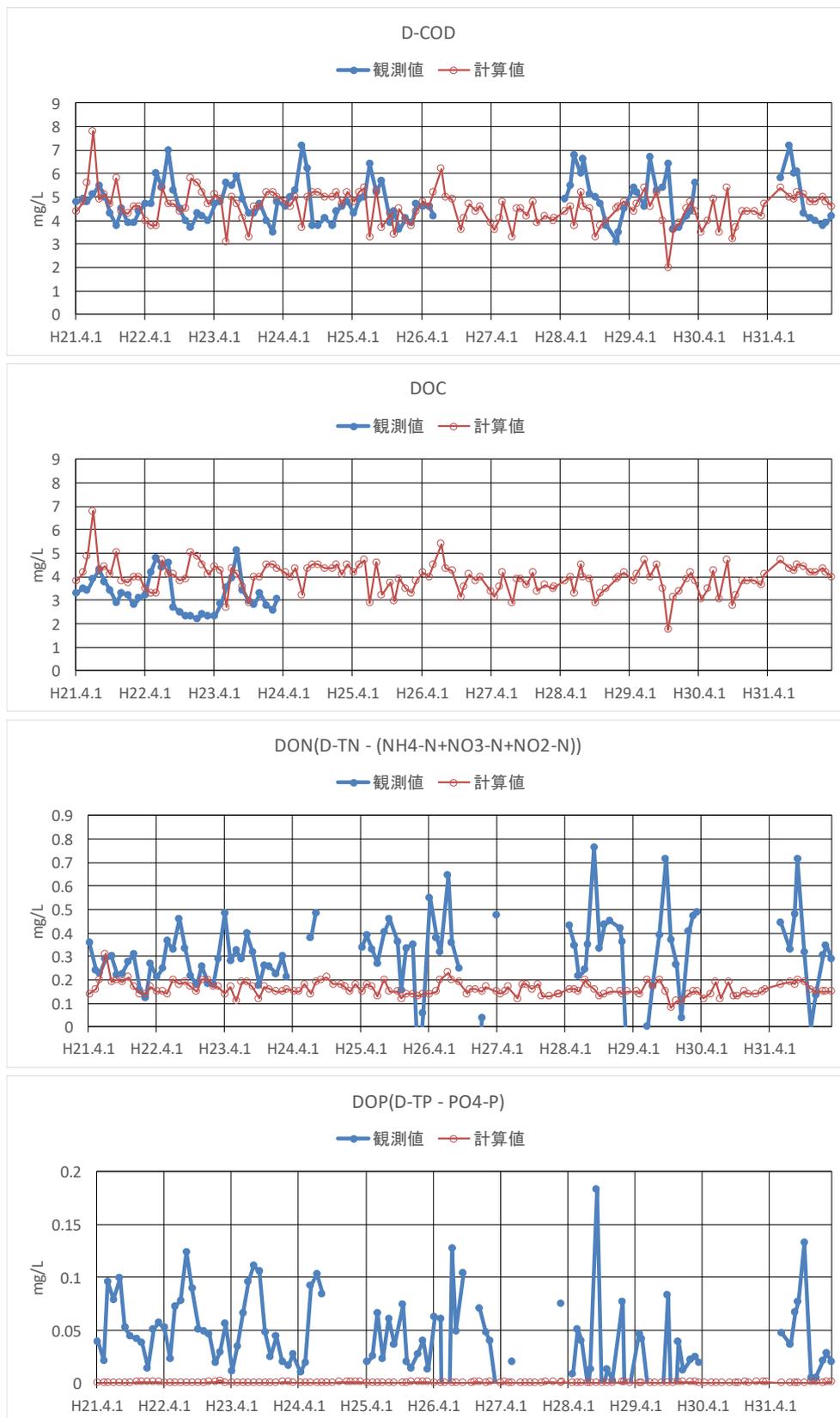


図 I-14 湖心における観測値（環境保健センター）と計算値の比較
（溶存有機物（DOM））

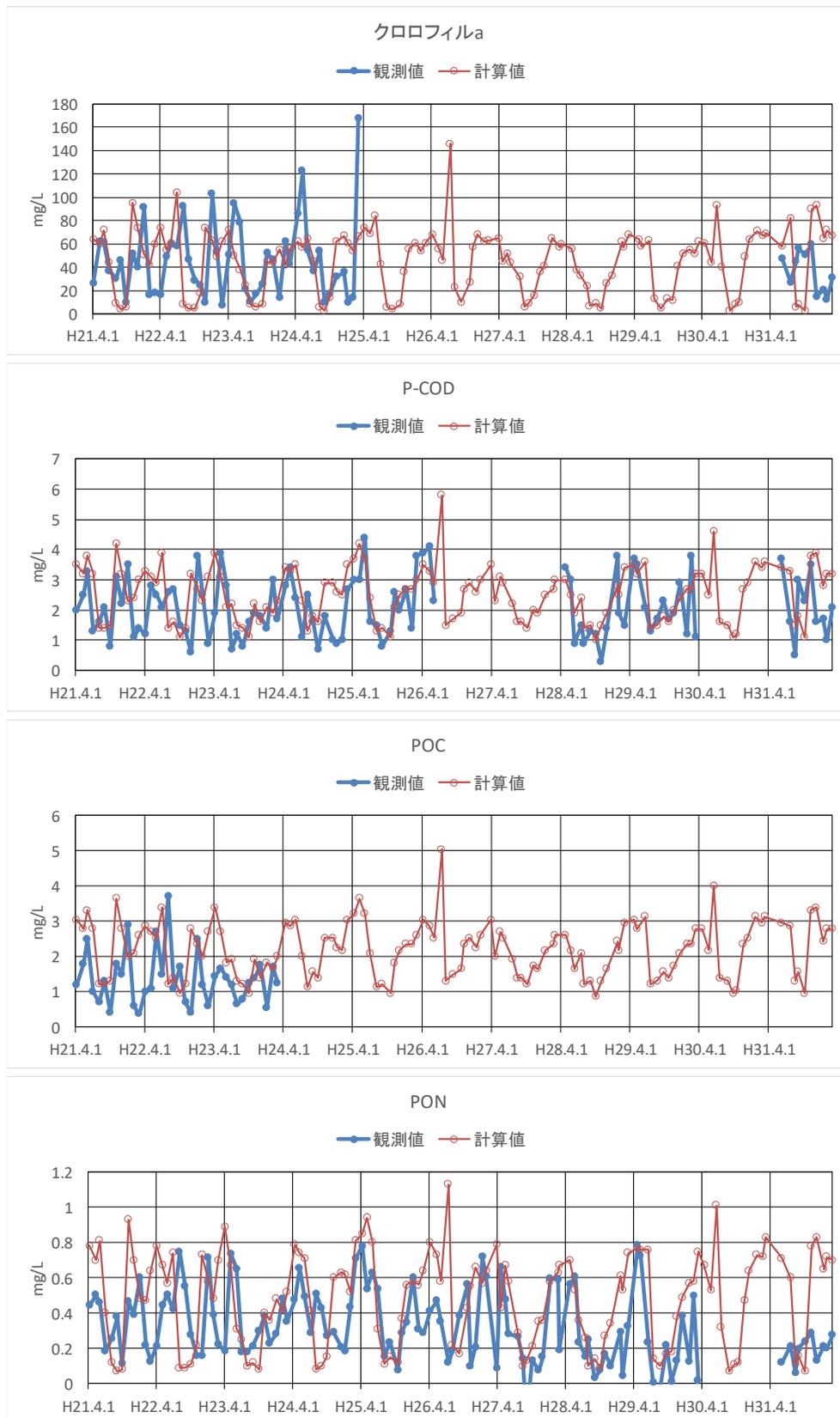


図 I-15 湖心における観測値（環境保健センター）と計算値の比較
（懸濁有機物（POM）①）

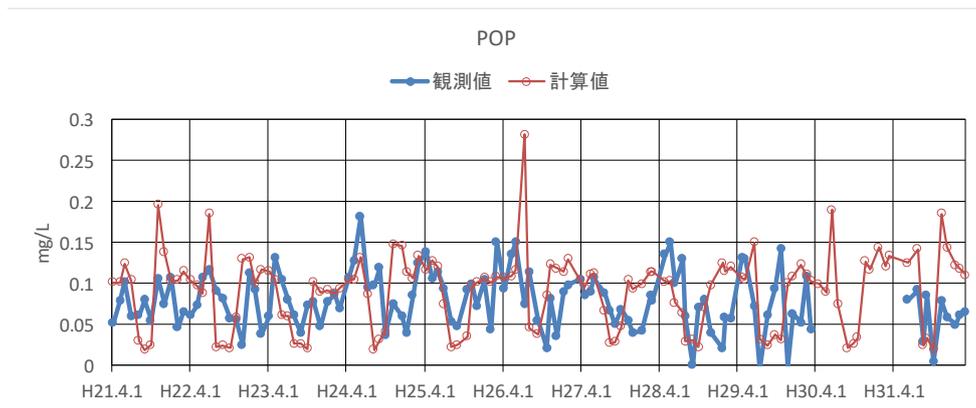


図 I-16 湖心における観測値（環境保健センター）と計算値の比較
（懸濁有機物（POM）②）

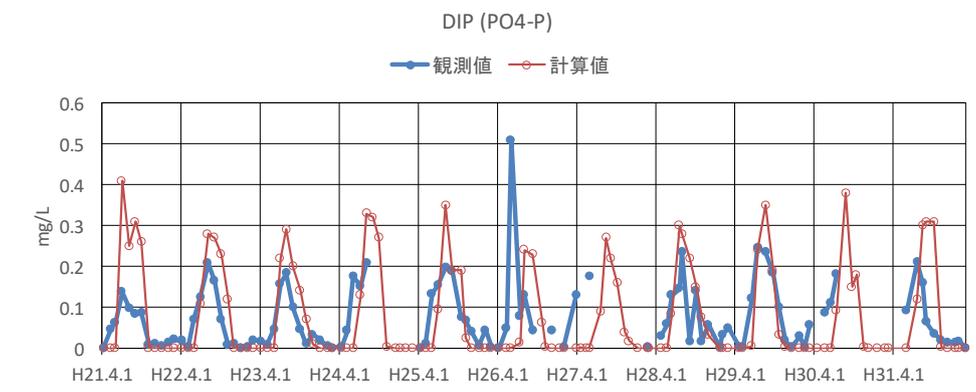
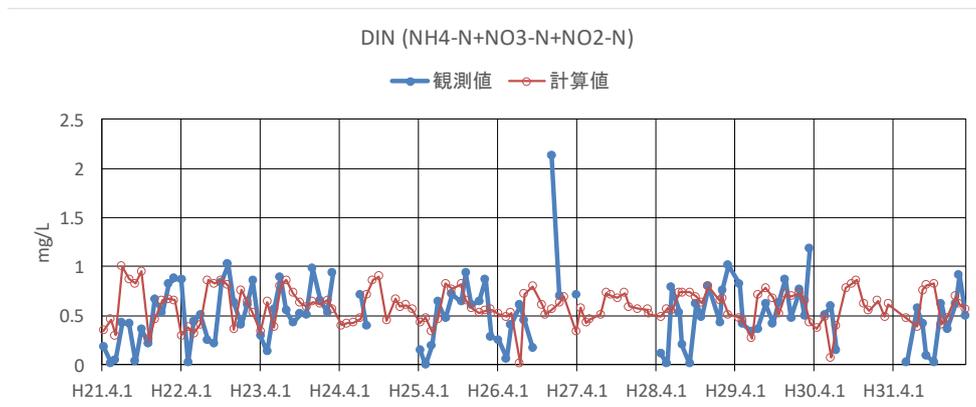


図 I-17 湖心における観測値（環境保健センター）と計算値の比較
（無機態窒素、リン（DIN、DIP））

(4) TOC と COD

水質シミュレーションモデルでは、TOC、COD ともに質量保存の法則が成立することを前提として TOC に関する収支計算を行い、換算係数を一定 (TOC/COD=0.87) として COD 濃度を算出している。

しかし、湖心における溶存態 COD と DOC、COD と TOC の関係を見ると図 I-18、図 I-19 のとおりであり、両者の関係にはばらつきが認められる。

また、図中の予測値の 95%信頼区間をみると、一定の幅があることが分かる。例えば DOC が 4.0mg/L の時の D-COD 濃度 (回帰式による予測値) の 95%信頼区間は (5.3、6.1) となり、0.8mg/L の幅があることが分かる。また、TOC が 5mg/L のときの COD 濃度 (回帰式による予測値) の 95%信頼区間は (6.8、7.6) となり、同様に 0.8mg/L の幅があることが分かる。

なお、観測されたデータの 95%信頼区間はさらに範囲が広いことが図から把握される。

このことは、同じ有機物濃度 (TOC または DOC 濃度) であったとしても、その時の COD 濃度はばらつくことを示しており、COD については質量保存の法則が成立していないことを示している。

このため、保存則が成り立つ DOC 濃度を正確に再現できたとしても、COD 濃度を正確に再現できるとは限らないといえる。

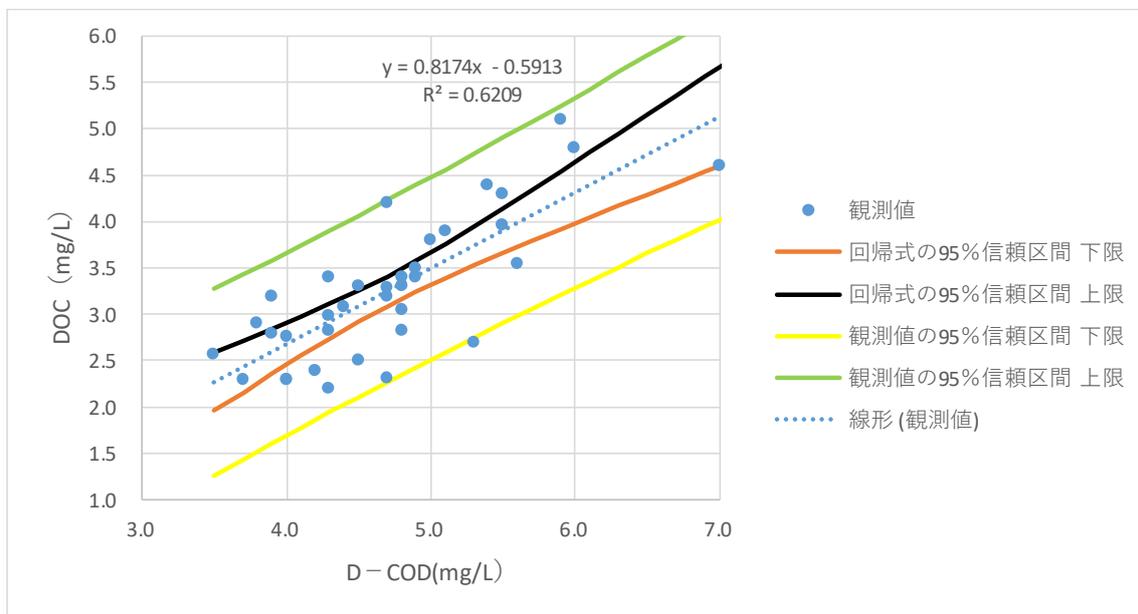


図 I-18 溶存態 COD 濃度と DOC 濃度の関係および回帰式の 95%信頼区間

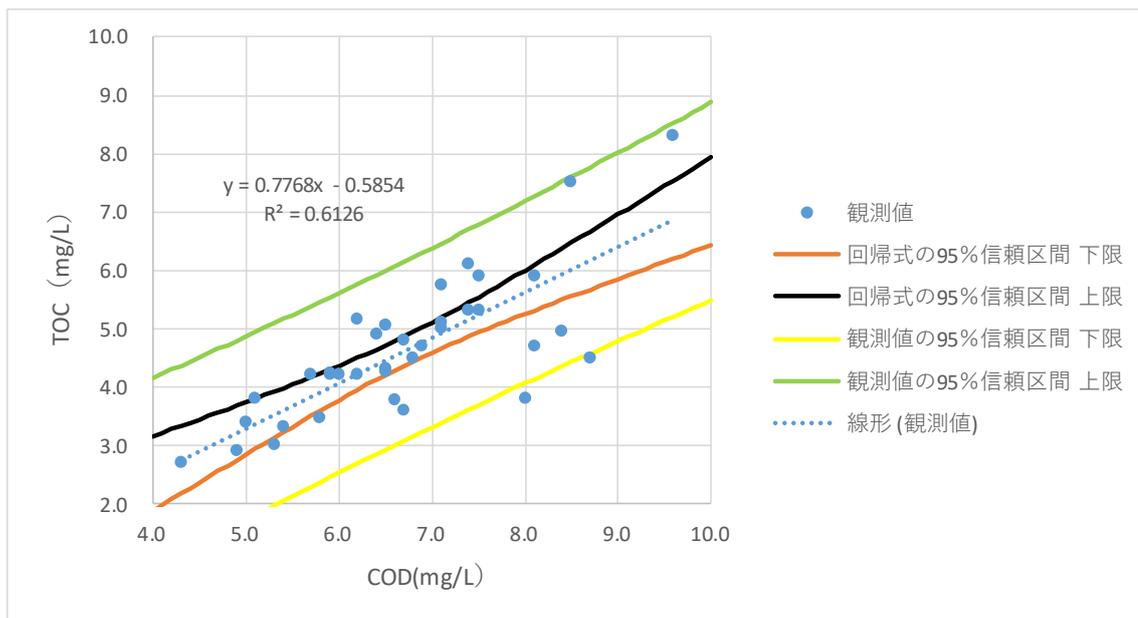


図 I-19 COD 濃度と TOC 濃度の関係および回帰式の 95%信頼区間

表 I-10 COD と TOC の観測データ（湖心、環境保健センター測定）

年月	水温	T-COD	D-COD	P-COD	TOC	DOC	POC	SS
	°C	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
平成21年4月8日	17.6	6.8	4.8	2.0	4.5	3.3	1.2	7
平成21年5月12日	24.5	7.4	4.9	2.5	5.3	3.5	1.8	14
平成21年6月2日	24.0	8.1	4.8	3.3	5.9	3.4	2.5	26
平成21年7月2日	26.4	6.4	5.1	1.3	4.9	3.9	1.0	19
平成21年8月6日	29.2	7.1	5.5	1.6	5.0	4.3	0.7	20
平成21年9月2日	27.9	7.1	5.0	2.1	5.1	3.8	1.3	20
平成21年10月1日	23.8	5.1	4.3	0.8	3.8	3.4	0.4	24
平成21年11月4日	15.4	6.9	3.8	3.1	4.7	2.9	1.8	30
平成21年12月2日	12.1	6.7	4.5	2.2	4.8	3.3	1.5	14
平成22年1月4日	5.1	7.4	3.9	3.5	6.1	3.2	2.9	20
平成22年2月3日	6.8	5.0	3.9	1.1	3.4	2.8	0.6	10
平成22年3月3日	13.2	5.8	4.4	1.4	3.5	3.1	0.4	19
平成22年4月5日	13.9	5.9	4.7	1.2	4.2	3.2	1.0	13
平成22年5月6日	21.9	7.5	4.7	2.8	5.3	4.2	1.1	14
平成22年6月1日	22.0	8.5	6.0	2.5	7.5	4.8	2.7	26
平成22年7月1日	27.8	7.5	5.4	2.1	5.9	4.4	1.5	30
平成22年8月3日	32.1	9.6	7.0	2.6	8.3	4.6	3.7	20
平成22年9月2日	31.5	8.0	5.3	2.7	3.8	2.7	1.1	22
平成22年10月5日	22.8	6.0	4.5	1.5	4.2	2.5	1.7	15
平成22年11月4日	14.7	5.3	4.0	1.3	3.0	2.3	0.7	20
平成22年12月2日	11.2	4.3	3.7	0.6	2.7	2.3	0.4	4
平成23年1月6日	3.5	8.1	4.3	3.8	4.7	2.2	2.5	24
平成23年2月1日	1.8	6.7	4.2	2.5	3.6	2.4	1.2	14
平成23年3月1日	10.8	4.9	4.0	0.9	2.9	2.3	0.6	9
平成23年4月6日	15.1	6.6	4.7	1.9	3.8	2.3	1.4	14
平成23年5月6日	19.4	8.7	4.8	3.9	4.5	2.8	1.7	23
平成23年6月6日	24.1	8.4	5.6	2.8	5.0	3.6	1.4	17
平成23年7月5日	27.1	6.2	5.5	0.7	5.2	4.0	1.2	25
平成23年8月2日	30.1	7.1	5.9	1.2	5.8	5.1	0.7	23
平成23年9月1日	30	5.7	4.9	0.8	4.2	3.4	0.8	16
平成23年10月4日	21.6	5.9	4.3	1.6	4.2	3.0	1.3	23
平成23年11月1日	19.8	6.2	4.3	1.9	4.2	2.8	1.4	19
平成23年12月1日	12.2	6.5	4.7	1.8	5.1	3.3	1.8	21
平成24年1月5日	4.2	5.4	4.0	1.4	3.3	2.8	0.6	10
平成24年2月7日	5.5	6.5	3.5	3.0	4.3	2.6	1.7	12
平成24年3月1日	8.3	6.5	4.8	1.7	4.3	3.1	1.3	11

【参考】回帰式の信頼区間について

以下のような「直線式 ($y=a+bx$)」をあてはめる場合、最小二乗法により求められる回帰係数は以下のように表される。

$$y = a + bx$$

$$S_{xx} = \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2$$

$$S_{xy} = \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})$$

$$\hat{b} = \frac{S_{xy}}{S_{xx}}$$

$$\hat{a} = \bar{y} - \frac{S_{xy}}{S_{xx}}\bar{x}$$

ここで、 $y_i - \bar{y}$ の分散が既知 (σ^2) であるとする、回帰係数 b および切片 a の分散 (V_a , V_b) は以下のように表され、回帰係数 a, b も以下の分散を持つ正規分布となる。

$$V_{\hat{b}} = \frac{\sigma^2}{S_{xx}}$$

$$V_{\hat{a}} = \left(\frac{1}{N} + \frac{\bar{x}^2}{S_{xx}} \right) \sigma^2$$

また、観測値 y_i の平均値との差の二乗和 S_{yy} は回帰二乗和 $S_{\hat{y}\hat{y}}$ と残差平方和 S_{ee} の合計である。

$$S_{yy} = S_{\hat{y}\hat{y}} + S_{ee}$$

$$S_{yy} = \sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y})^2$$

$$S_{\hat{y}\hat{y}} = \sum_{i=1}^N (\hat{y}_i - \bar{y})^2$$

$$S_{ee} = \sum_{i=1}^N (y_i - \hat{y}_i)^2$$

回帰式による予測値 y の分散は、

$$V_{\hat{y}} = \left(\frac{1}{N} + \frac{(x - \bar{x})^2}{S_{xx}} \right) \sigma^2$$

となる。回帰式の信頼区間は、 σ^2 を不偏分散 V_e に置き換えて、

$$y = \hat{a} + \hat{b}x \pm tinv(N-2, \alpha) \sqrt{\left(\frac{1}{N} + \frac{(x - \bar{x})^2}{S_{xx}} \right) \hat{V}_e}$$
$$\hat{V}_e = \frac{S_{ee}}{N-2}$$

なお、観測値 y_i のばらつき幅（分布の信頼区間）は以下の式であらわされる。

$$y = \hat{a} + \hat{b}x \pm tinv(N-2, \alpha) \sqrt{\left(1 + \frac{1}{N} + \frac{(x - \bar{x})^2}{S_{xx}} \right) \hat{V}_e}$$

(5) 有機質の供給量と底質の関係

水質シミュレーションモデルでは、懸濁有機物（植物プランクトン、デトリタス、非生命体の難分解 POC (RPOC)）の湖底への沈降量を計算している。デトリタスは湖底に沈降する前に従属栄養細菌によって速やかに分解されるため、炭素量ベースで考えた場合、湖底への沈降量が多いのは、植物プランクトンと RPOC となっている。

平成 29 年度～令和元年度の水質シミュレーションにおける沈降量を図示すると、図 I-20、図 I-21 に示すとおりである。

クロロフィル a の沈降量は倉敷川河口部や七区貯水池で比較的大きく、笹ヶ瀬川では小さい（図 I-20）。一方で、RPOC の沈降量は、笹ヶ瀬川橋付近、倉敷川橋付近、倉敷川河口部で大きい（図 I-21）。RPOC は流域から流入した懸濁有機物が速やかに沈降している。

次に、平成 22 年度、平成 25 年度における底質調査の結果（強熱減量、表 I-7 参照）と水質シミュレーションモデルにおける懸濁有機物（クロロフィル a と RPOC）の沈降量を比較して図 I-22 に示した。

- ・ 図 I-22 をみると、水質シミュレーションにおける POM 沈降量と底質の強熱減量の傾向は必ずしも一致していない。
- ・ 笹ヶ瀬川～湖内 1～4 地点についてはモデルでの POM 沈降量は少ないが、底質の強熱減量は他の地点と比較すると高くなっている。
- ・ また、湖内の 5～10 地点については、モデルでの POM 沈降量は一定程度あるものの、底質の強熱減量は 1.1～3.2% と他の地点と比較すると低くなっている。
- ・ このような違いがみられる原因として、水質シミュレーションでは湖底に沈降した有機物は移動しないが、実際には水深の浅い地点（地点 5～10）に沈降した有機物が水深が深い地点（地点 1～4）へと移動している可能性が考えられる。
- ・ しかし、八浜地区（地点 19～22）では、モデルでの POM 沈降量は小さく、水深も比較的浅い地域であるにもかかわらず、底質の強熱減量は 6.6～7.3% と高い。これは、八浜地区における水生植物群落の繁茂と枯死、有機物の供給が底質の強熱減量に関係している可能性が考えられる。

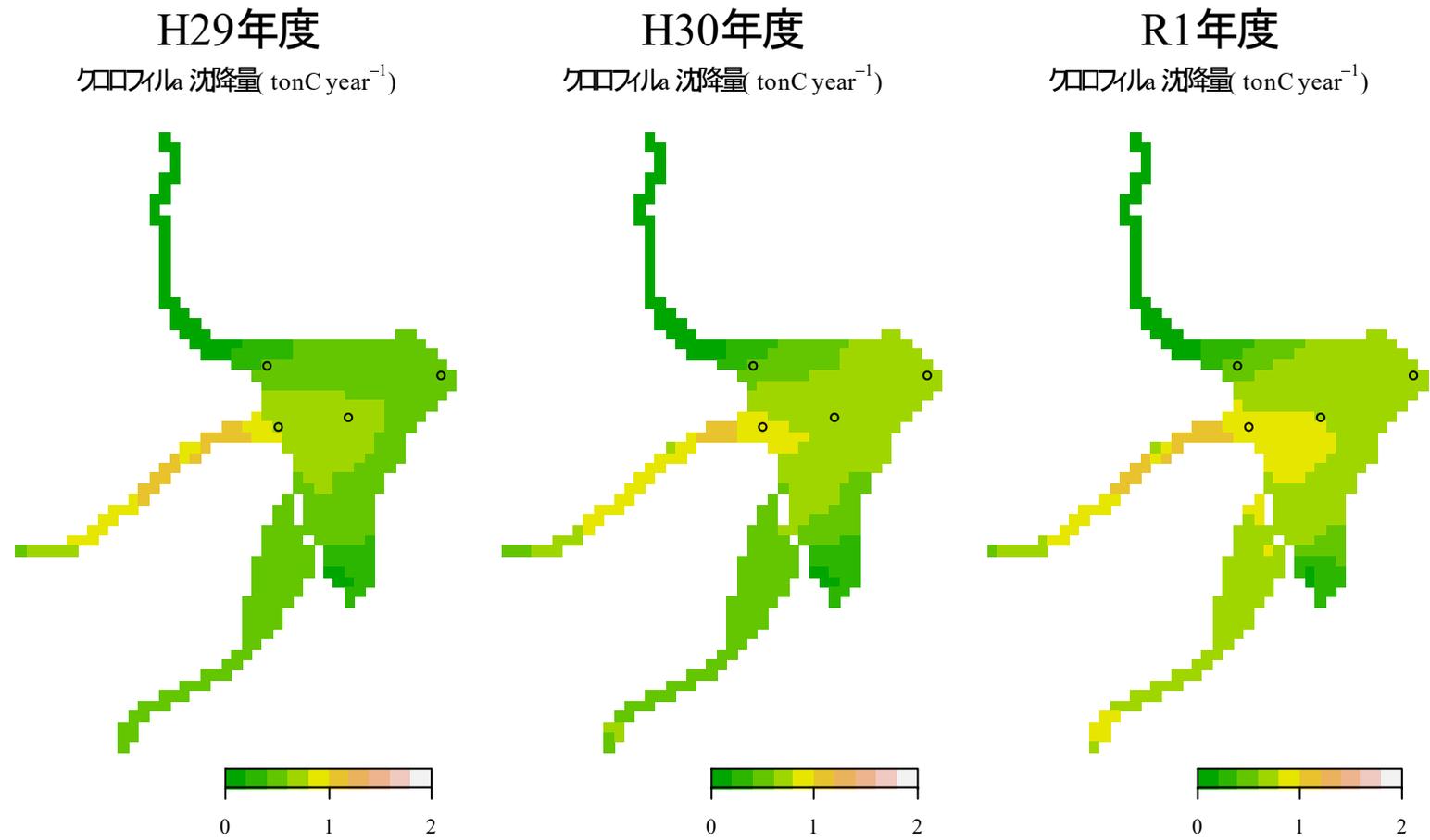


図 I-20 水質シミュレーションにおけるクロロフィル a の湖底への沈降量（単位：t-C/年）

○の地点は環境基準点（湖心、樋門、笹ヶ瀬川河口部、倉敷川河口部）を示す。

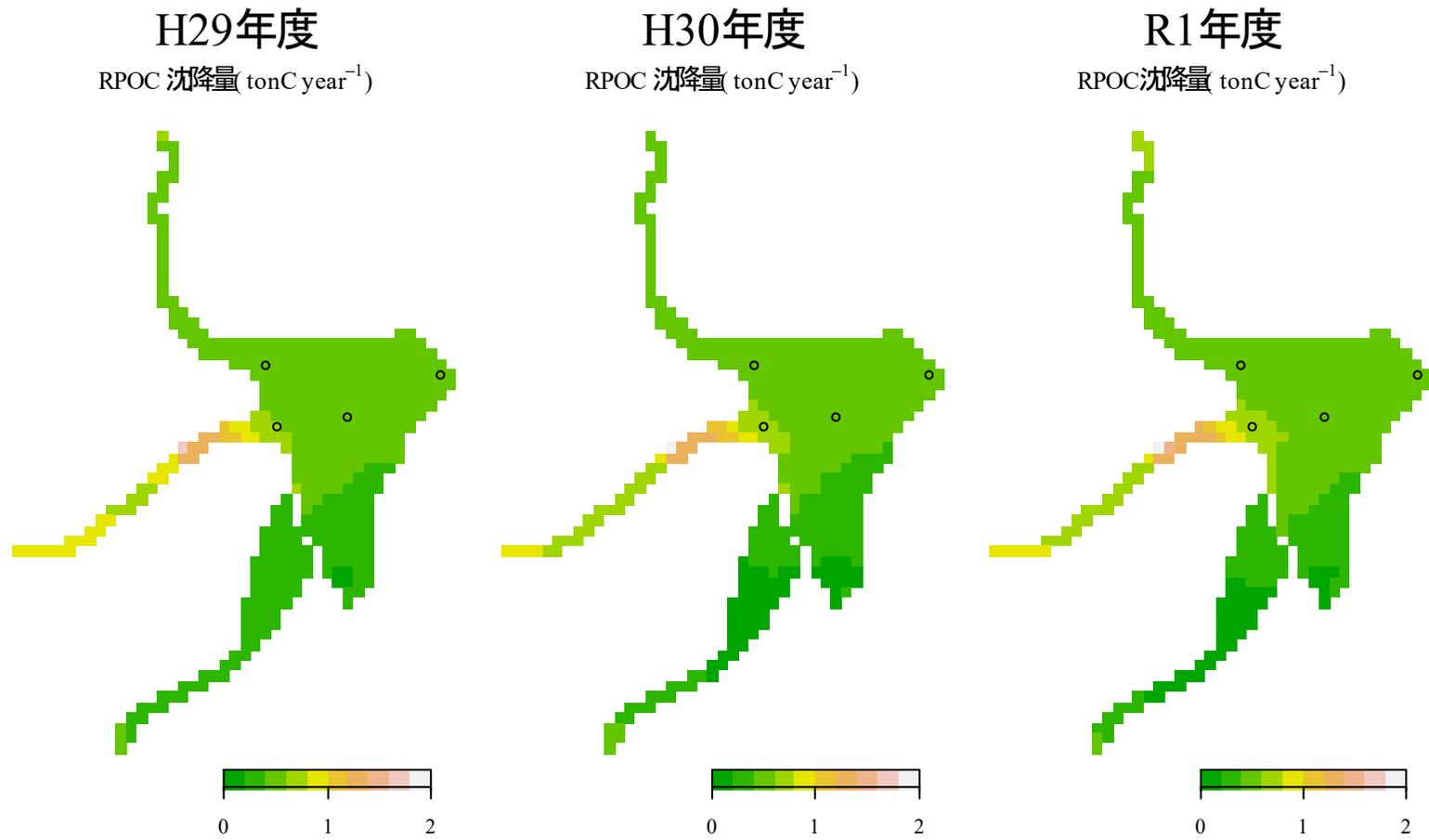


図 I-21 水質シミュレーションにおける RPOC の湖底への沈降量 (単位 : t-C/年)

○の地点は環境基準点 (湖心、樋門、笹ヶ瀬川河口部、倉敷川河口部) を示す。

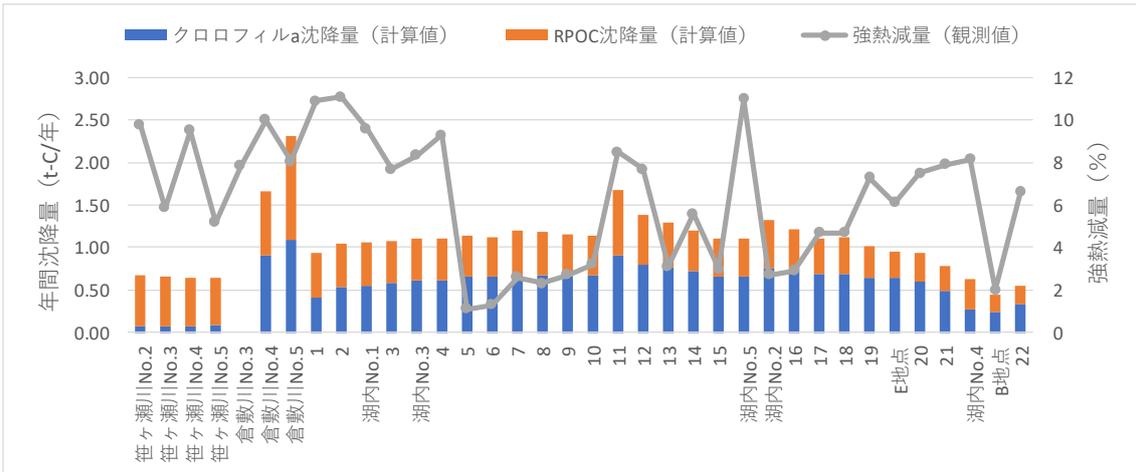


図 I-22 水質シミュレーションにおける POM 沈降量 (H29~R1 平均値) と底質の強熱減量

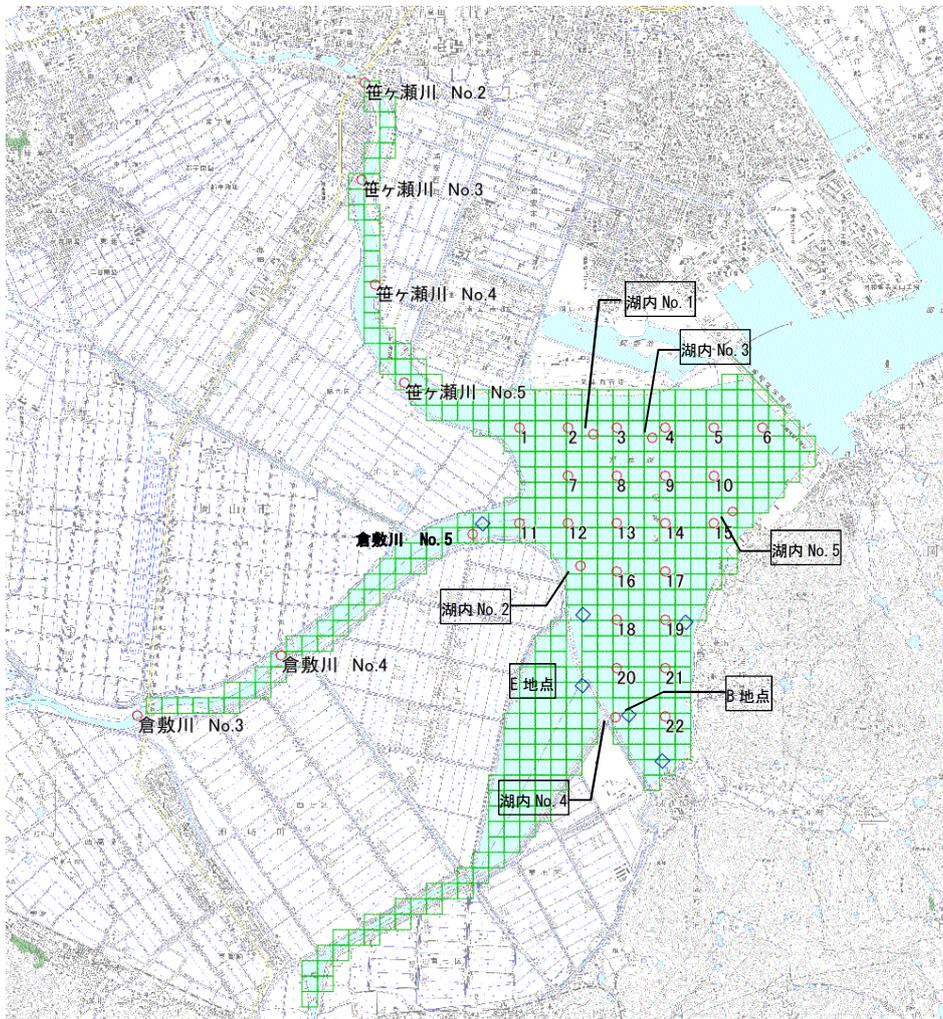


図 I-23 児島湖における底質調査地点

図中の笹ヶ瀬川、倉敷川、湖心 No1~湖心 No5 は岡山県（平成 22 年度）、1~22 は環境保健センター（平成 25 年度）、◇（B 地点、E 地点）は流域下水道事務所の底質調査地点を示す。

3 第7期モデルの課題と再現性の改善方法

(1) 第7期モデルの課題

モデルの条件設定および再現性の確認結果より考えられる第7期モデルの課題は表 I-11 に示すとおりである。課題点①は観測データ等の収集によるパラメータ値の調整、②は観測データの収集による再現性の検証、③はモデル構造の変更が必要となる。

このうち、課題点②（表 I-11 中の網掛け部）については環境保健センターの観測値が収集できたため、これを用いて以下に再現性の検証を行った。また、流入条件設定、パラメータ設定において不正確な部分があったことが判明したため、再設定を行い再現性の向上を図った。結果については次節以降に示した。

その他の課題については、観測データ等の情報が不足するなど検証ができないため、今後、第8期モデルの構築に向けて「対応方法」[\[酢谷1\]](#)を検討する必要がある。

表 I-11 第7期水質シミュレーションモデルの考えられる課題点

		問題の区分		
		①モデルへの入力情報が不正確、または不足	②モデルの検証ができていない	③モデルにおいて現象が考慮できていない
水量	流域	水田における湛水開始日、作付面積率の情報がない。		
	児島湖	流域モデルの流量計算値を入力条件として与えているが、流域水循環モデルの再現性が低いと、入力情報が不正確となる。		樋門をあけたときに若干海水が逆流し、湖底に滞留するが、そのような現象は考慮していない。
水質	流域	水田における作付け状況が不明のため、すべての水田で稲作作付けが行われるとしている。	難分解性有機物や溶存態CODなど各態の観測値が不足しており、再現性の検証が十分行っていない。	自然の浄化作用を考慮しているが、水温上昇により浄化作用が高まる点を考慮していない。
		点源排水について、溶存態と懸濁態に区分しているが、その比率については情報(観測値)がない。		山林等からの流出負荷量について、地温上昇による影響などを考慮していない。
	児島湖	流域モデルの水質計算値を入力条件として与えているが、流域水循環モデルの再現性が低いと、入力情報が不正確となる。	難分解性有機物や溶存態CODなど各態の観測値が不足しており、再現性の検証が十分行っていない ^{*1} 。	風による巻き上げ溶出を考慮できていない。
		流入条件(流入水の窒素、リンの各態濃度)の設定が適切でない ^{*2} 。また、底層DO消費速度のパラメータが適切でない ^{*3} 。		

*1：環境保健センターの観測データにより検証を行った。

*2：上記(*1)の検証作業を行った結果、判明した課題。

*3：文献調査により判明した課題。

(2) 再現性の改善方法の検討

各態（懸濁有機物、溶存有機物、無機態）の再現性を確認したところ、特に溶存有機物の再現性が低くなっていた（図 I-14）。DOC（または D-COD）と DON、DOP の比を示すと図 I-24 のとおりである。モデル計算値のプロットは流域からの流入水の設定値（C/N 比=20、C/P 比=0）にほぼ一致しており、窒素、リンは湖内物質循環の過程で難分解溶存有機物（RDON、RDOP）に移行せずに、無機態の窒素、リンに戻っている計算結果となっていることが分かる。

モデルでは、流域から流入する溶存態 COD の濃度から DON、DIN、DIP の濃度を設定しているが（表 I-4）、再現性向上のためにその設定値（C/N 比、C/P 比）を変更することが考えられる。

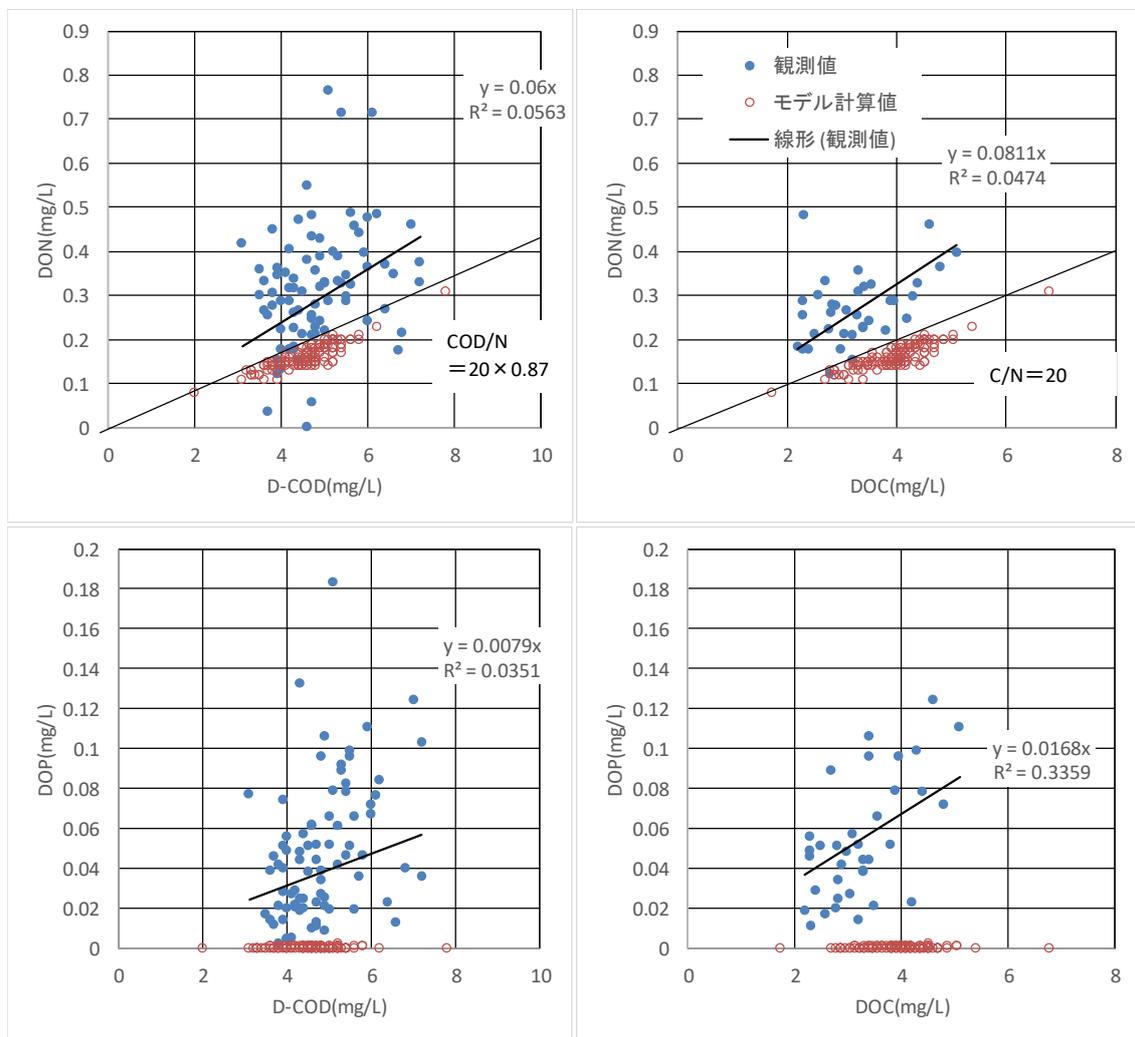


図 I-24 D-COD（または DOC）と DON、DOP の存在比（観測値とモデル計算値）

なお、内部生産の指標であるクロロフィル a と POC、PON、POP の関係は図 I-25 に示すとおりである。

クロロフィル a 濃度に対する POC 濃度をみると、モデル計算値は観測値よりも高くなっている。光合成に係るパラメータを見直す必要がある。

クロロフィル a 濃度に対する PON、POP 濃度は、観測値と計算値の分布は一致しており、栄養塩の取り込みに関するパラメータは見直す必要はないと考えられる。

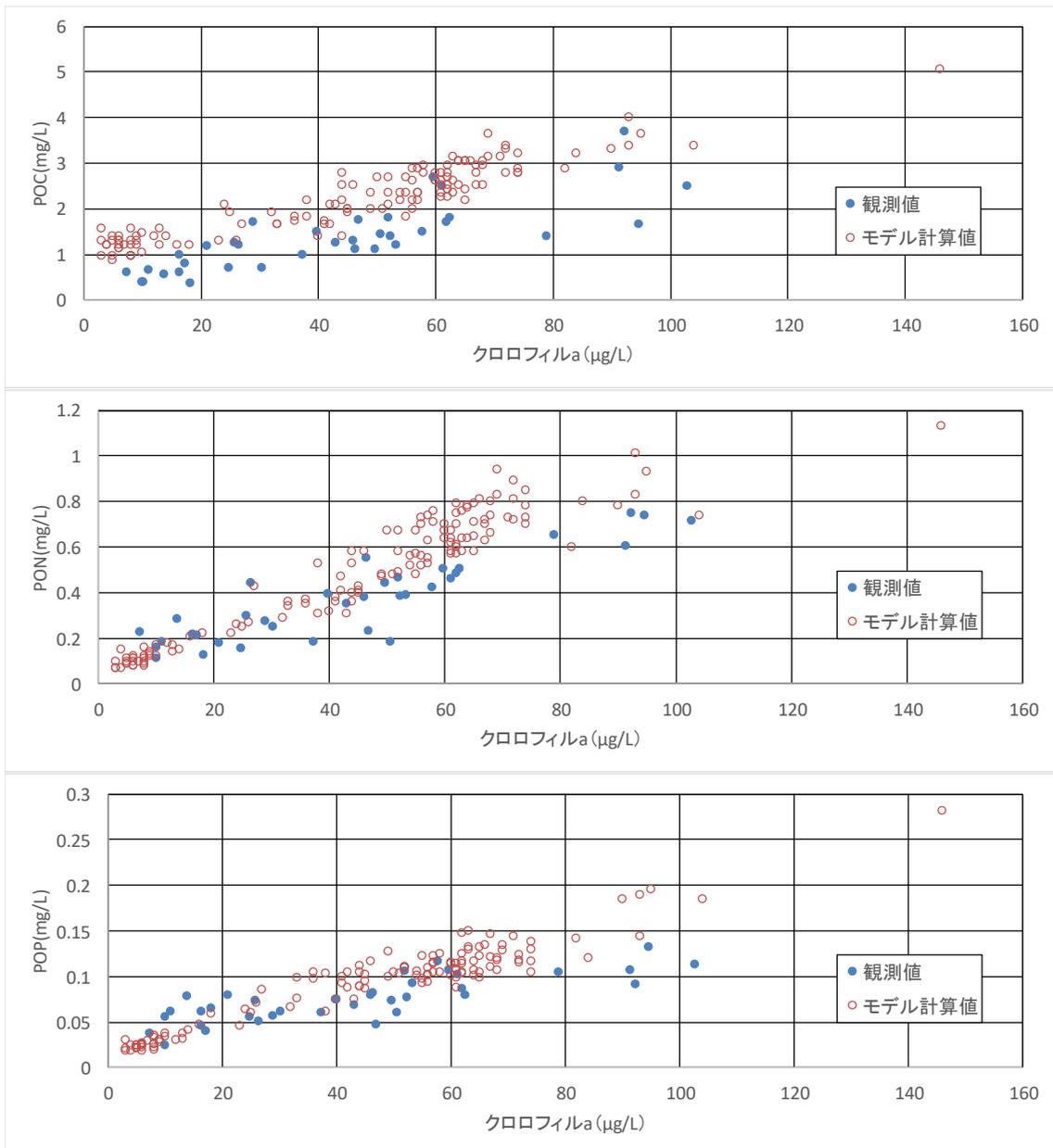


図 I-25 クロロフィル a と POC、PON、POP の存在比（観測値とモデル計算値）

II 再現性の改善

1 再計算の実施結果

(1) パラメータ変更箇所

表 I-11 で掲げた課題以外で、既存資料から再現性の改善のために見直しが必要と思われるパラメータを検討し、表 II-1 に示した4点について修正して再計算を実施した。なお、光合成パラメータについては変更した値で計算を実施したところ再現性が悪化したことから、以下には光合成に係るパラメータ以外の3点について変更を行った場合の計算結果を示した。

表 II-1 パラメータ変更箇所

		変更前	変更後
TOC/COD 比	環境保健センターが平成21年度から23年度にかけて湖心で測定した結果(図 I-19)を踏まえて変更	0.87	0.78
光合成に係るパラメータ	クロロフィル a と POC の関係(図 I-25)を踏まえて見直し	炭素比の比増殖速度 3.5(day ⁻¹)	炭素比の比増殖速度 3.0(day ⁻¹)
児島湖流域下水道の放流水水質	放流水中の窒素、リンは全量無機態(DIN、DIP)、と仮定していたが、放流水質の各態(T-N濃度、有機態窒素、アンモニア態窒素、硝酸態窒素)の測定結果 ^{※1} 、および児島湖流域下水道では凝集剤添加による高度処理が行われていることを踏まえ変更	○窒素 DIN=放流水の T-N濃度 ○リン DIP=放流水の T-P濃度	○窒素 RDON=1mg/L DIN =放流水の T-N濃度-RDON濃度(1mg/L) ○リン RDOP=放流水の T-P濃度(mg/L) DIP=0(mg/L)
底泥の酸素消費速度	酸素消費速度が過少評価されている ^{※2} と考えられたことから変更した。	1mgO/m ² /日	400mgO/m ² /日

※1:「児島湖流域下水道水質測定結果月報、岡山県」

※2:「霜鳥孝一、今井章雄、高津文人、小松一弘、佐藤貴之、富岡典子、篠原隆一郎、三浦真吾、奥居紳也、桐山徳也、岡本高弘:湖沼における底泥酸素消費量測定法の開発と湖沼環境評価への応用、水環境学会誌、40(1)、21-29、2017」より設定した。

(2) 計算結果

パラメータ変更後の計算結果を図 II-2～図 II-6 に示した。各態の計算結果については以下に示すとおりである。

- ・COD、T-N、T-P の再現性はほとんど変わらないが、TOC 濃度の計算値が全体的に低くなり、観測値に多少近づいた。
- ・DON 濃度の再現性が向上した。DOP 濃度は流域下水道放流水質の見直しにより多少上昇したが観測値よりも低い。モデルによる DIP 計算結果と、D-TP の観測値が一致しているため、T-P 濃度も計算値と観測値が整合している結果となっている。

また、底質の酸素消費速度パラメータを変更した場合の底層 DO の計算結果をパラメータ変更前の状況と合わせて図 II-1 に示す。ここでは、環境保健センターが平成 26 年度に笹ヶ瀬川橋、倉敷川橋で底層 DO の測定を行っているため、平成 26 年度の計算結果を示している。パラメータ値を変更することで、嫌気条件（底層 DO < 3 mg/L）となる日数が、水が滞留しやすい場所で最大 5 日程度になると推定された。底層 DO については今後、実測データと比較することにより再現性の検証を進める必要がある。

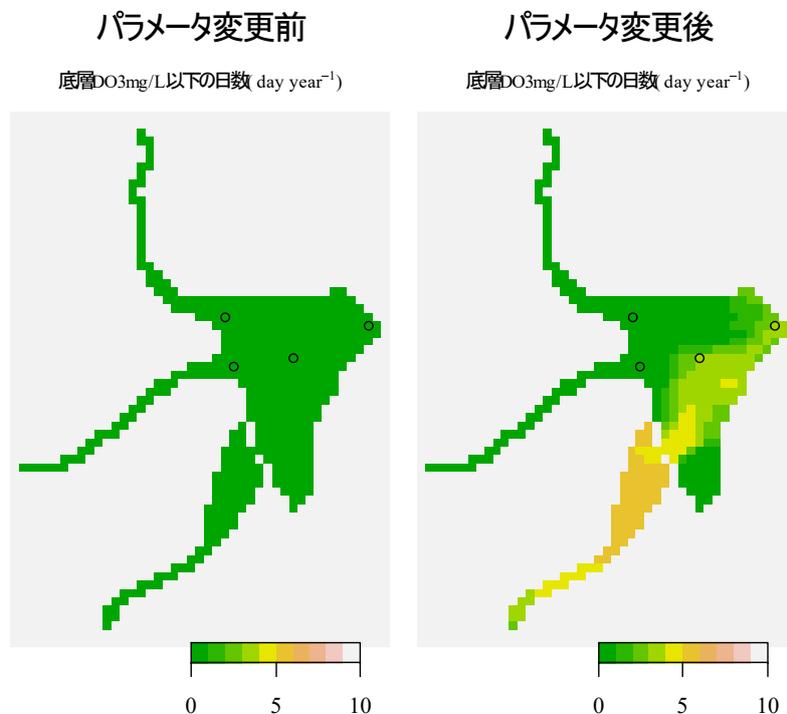


図 II-1 底層 DO の計算結果（平成 26 年度）

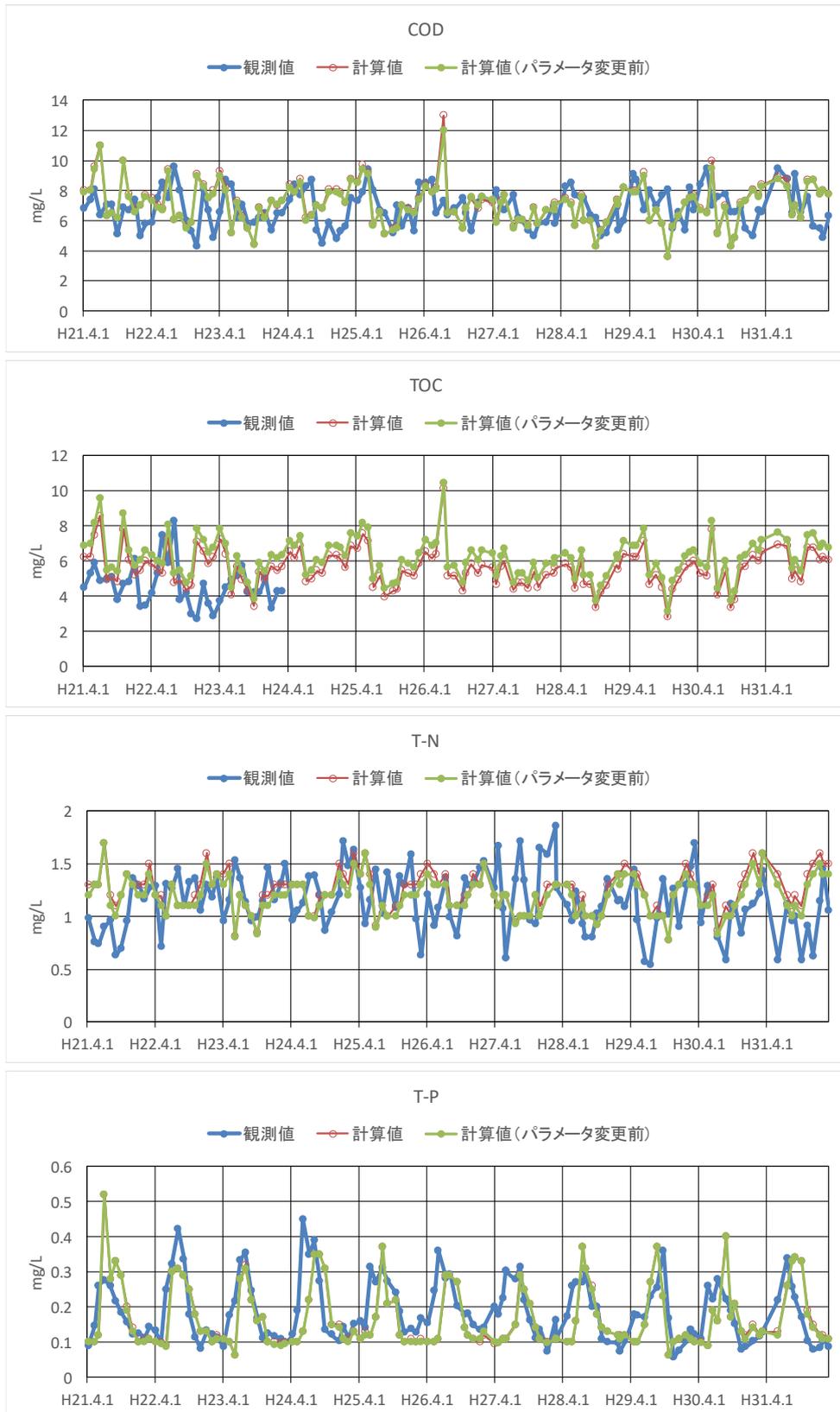


図 II-2 湖心における観測値（環境保健センター）と計算値の比較（トータル）

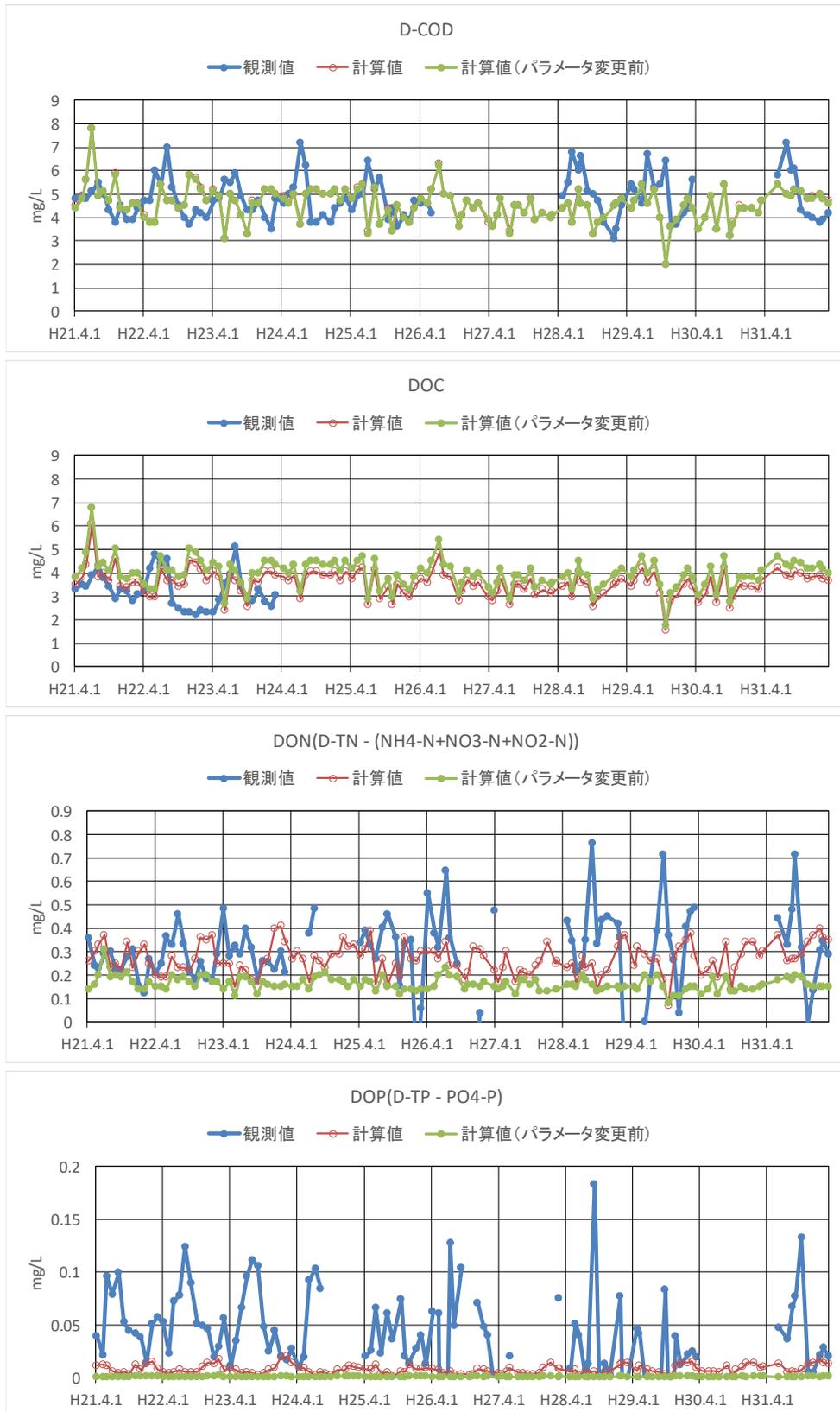


図 II-3 湖心における観測値（環境保健センター）と計算値の比較
（溶存有機物（DOM））

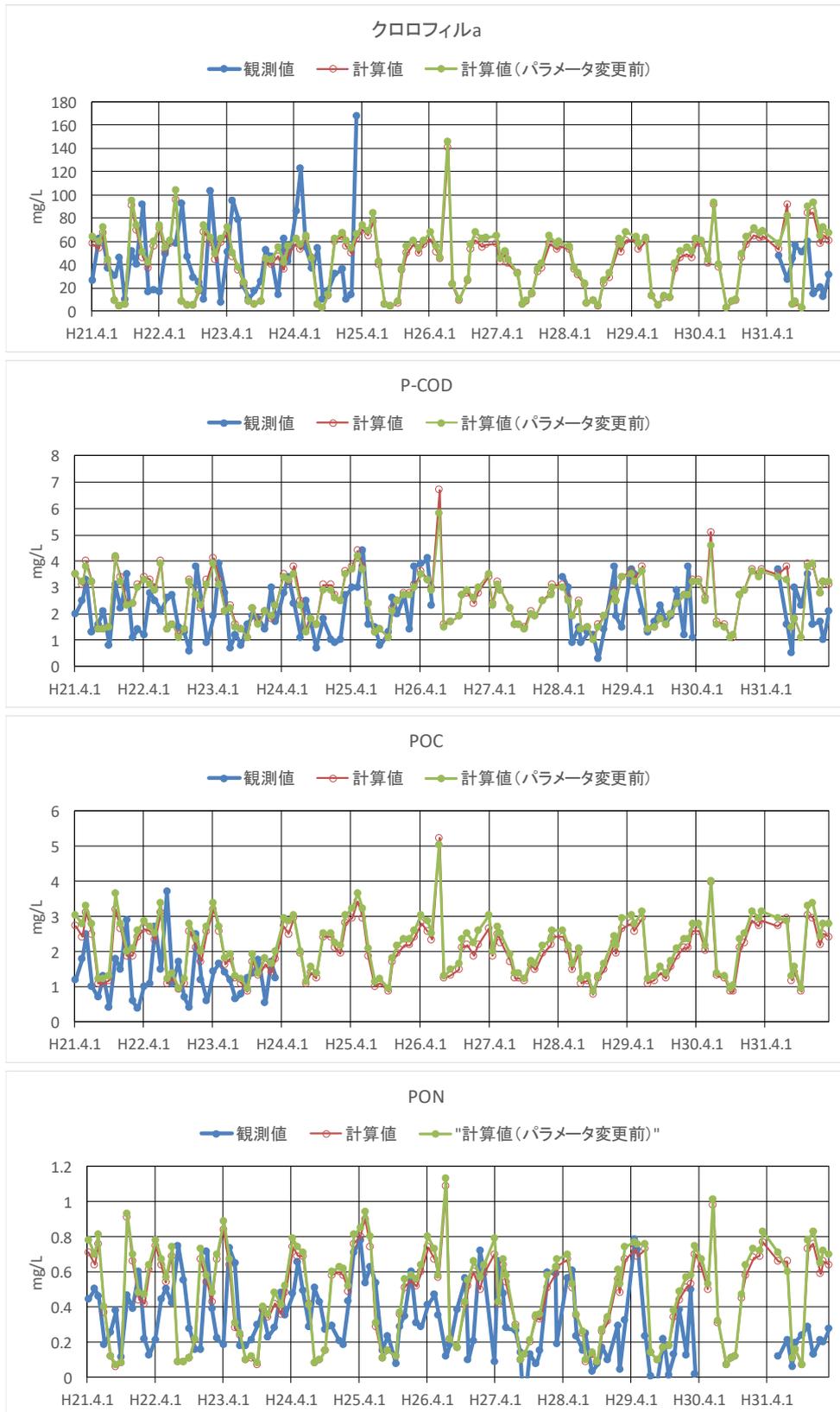


図 II-4 湖心における観測値（環境保健センター）と計算値の比較
（懸濁有機物（POM）①）

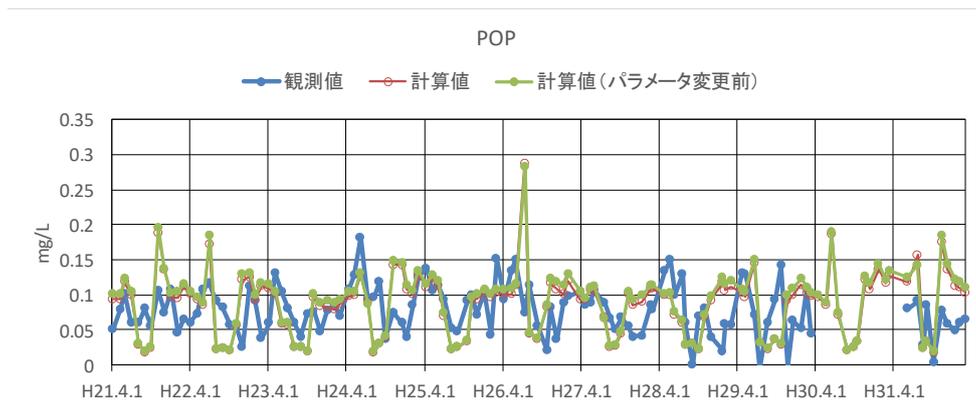


図 II-5 湖心における観測値（環境保健センター）と計算値の比較
（懸濁有機物（POM）②）

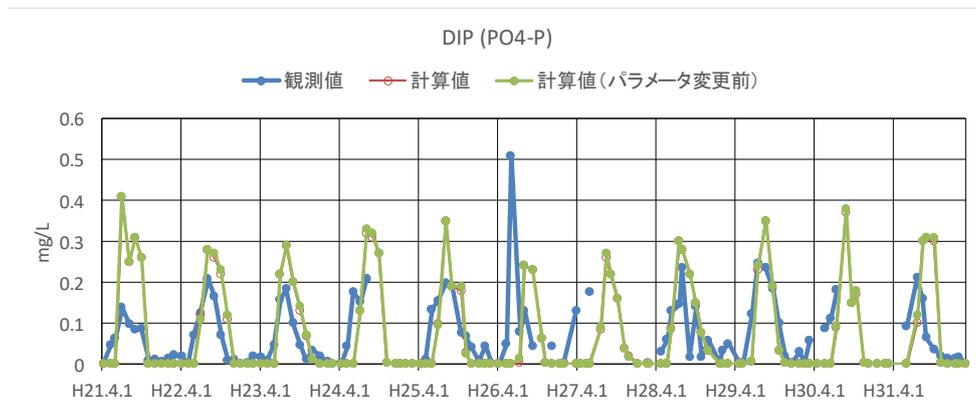
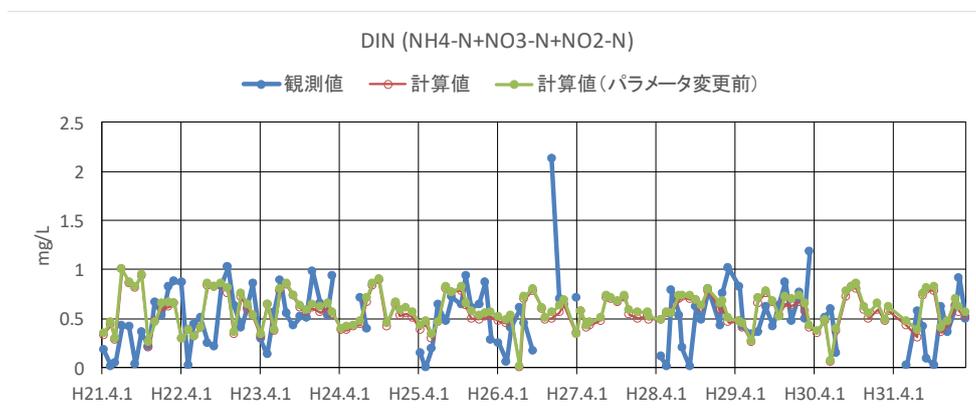


図 II-6 湖心における観測値（環境保健センター）と計算値の比較
（無機態窒素、リン（DIN、DIP））

次に、パラメータの変更後の湖心、樋門、笹ヶ瀬川河口部、倉敷川河口部の再現計算結果を図 II-7～図 II-10 に示した。また、観測値と計算値の誤差について整理し、表 II-2 に示した。COD の誤差 e の平均値 μ がゼロに近くなったが、再現性は大きく変わらなかった。

表 II-2 再現性の比較（パラメータ変更前後、公共用水域水質測定結果との比較）

○パラメータ変更前

H21～R1年度

モデル	データ数	項目	単位	湖心			樋門		
				COD	T-N	T-P	COD	T-N	T-P
7期モデル (再計算)	132	観測値の平均値	mg/L	7.3	1.2	0.18	7.2	1.2	0.17
		誤差 e の平均値 μ	mg/L	0.2	-0.03	0.015	0.3	0.03	0.014
		標準偏差 σ	mg/L	1.5	0.33	0.080	1.4	0.31	0.073
		σ /観測値の平均値	%	21%	28%	44%	20%	27%	43%

○パラメータ変更後

モデル	データ数	項目	単位	湖心			樋門		
				COD	T-N	T-P	COD	T-N	T-P
7期モデル (再計算)	132	観測値の平均値	mg/L	7.3	1.2	0.18	7.2	1.2	0.17
		誤差 e の平均値 μ	mg/L	0.1	-0.08	0.013	0.3	-0.02	0.011
		標準偏差 σ	mg/L	1.5	0.34	0.080	1.5	0.31	0.073
		σ /観測値の平均値	%	21%	29%	45%	20%	27%	43%

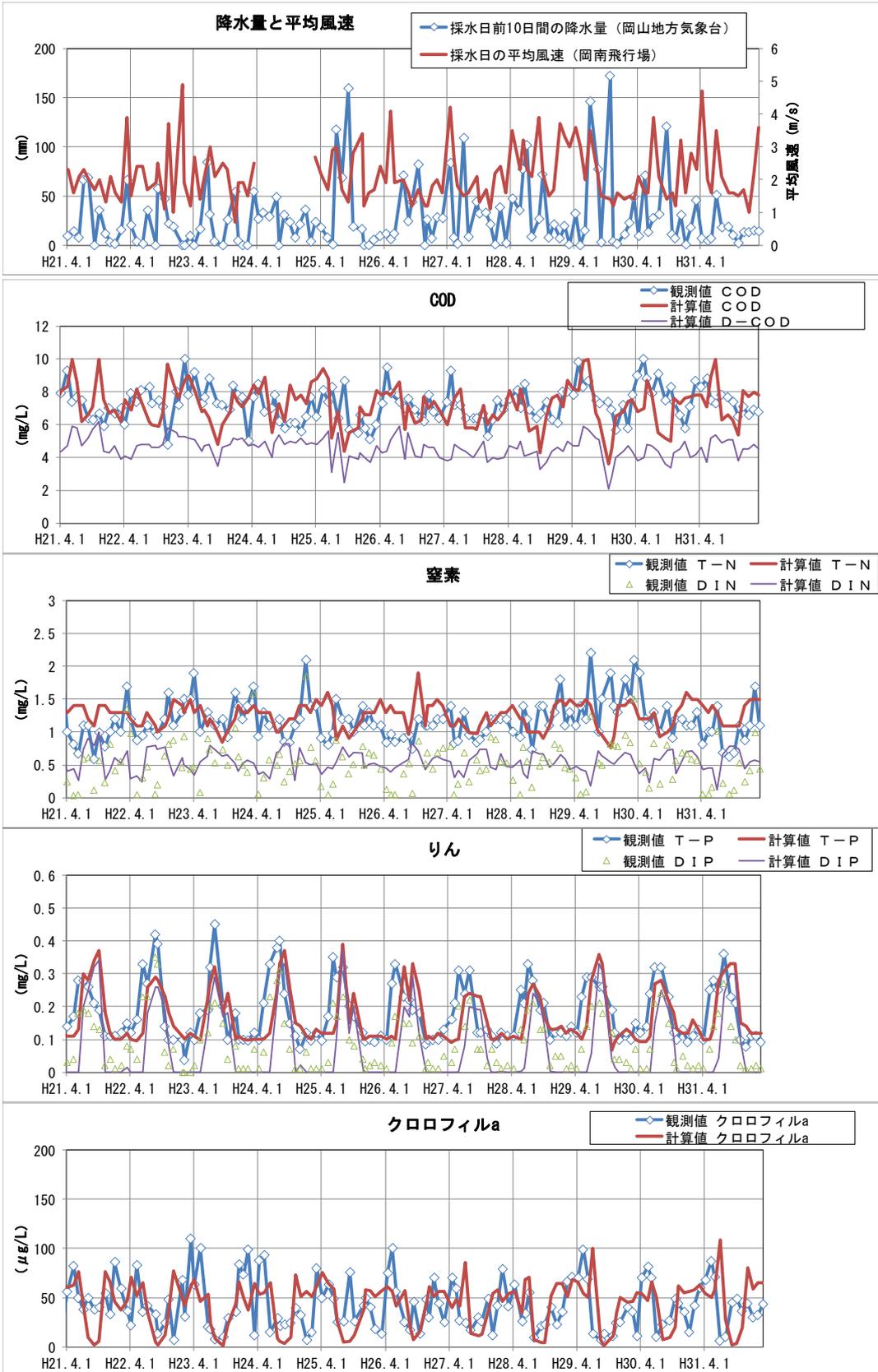


図 II-7 湖心における観測値（公共用水域水質測定結果）と計算値の比較

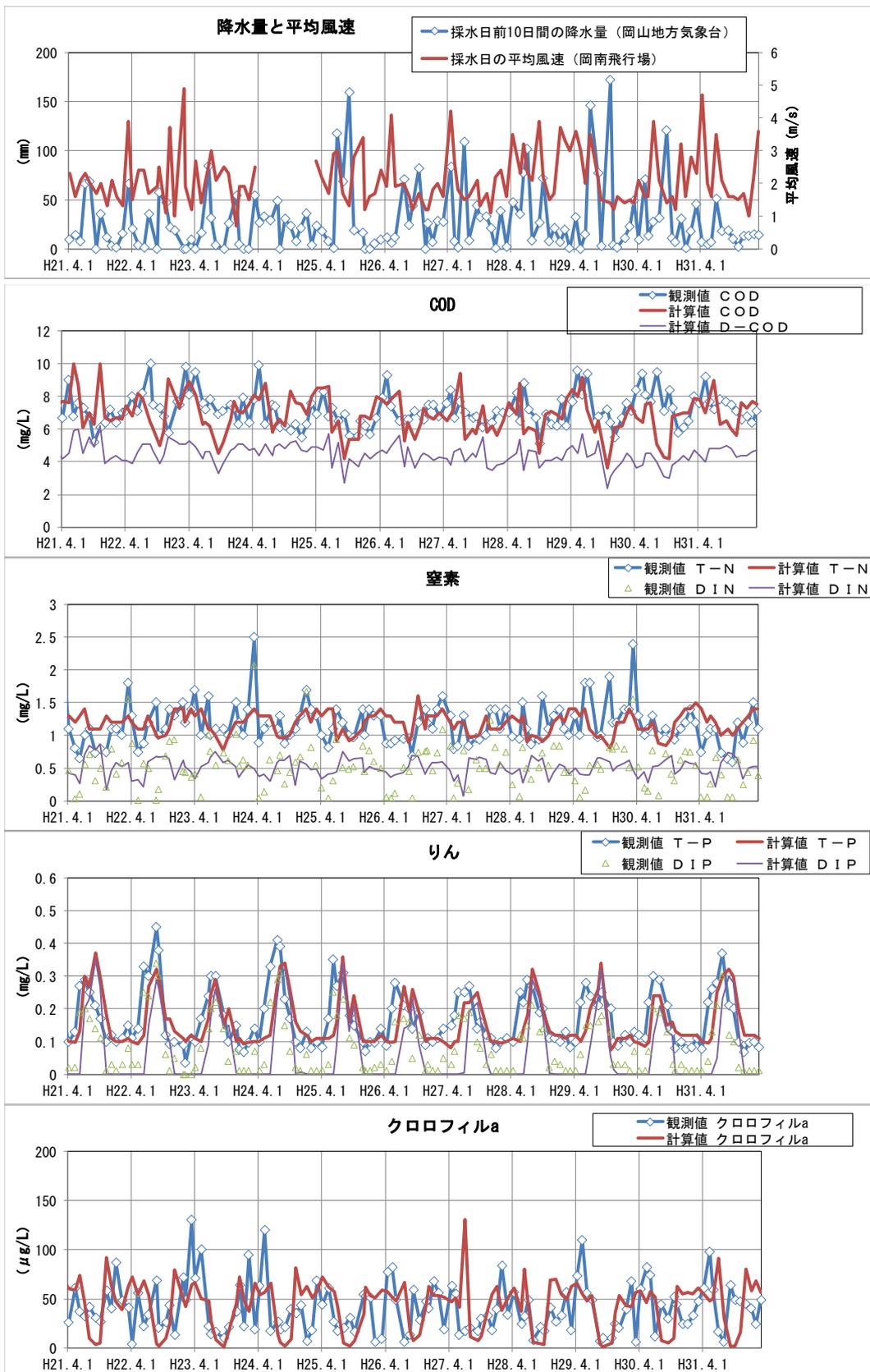


図 II-8 樋門における観測値（公共用水域水質測定結果）と計算値の比較

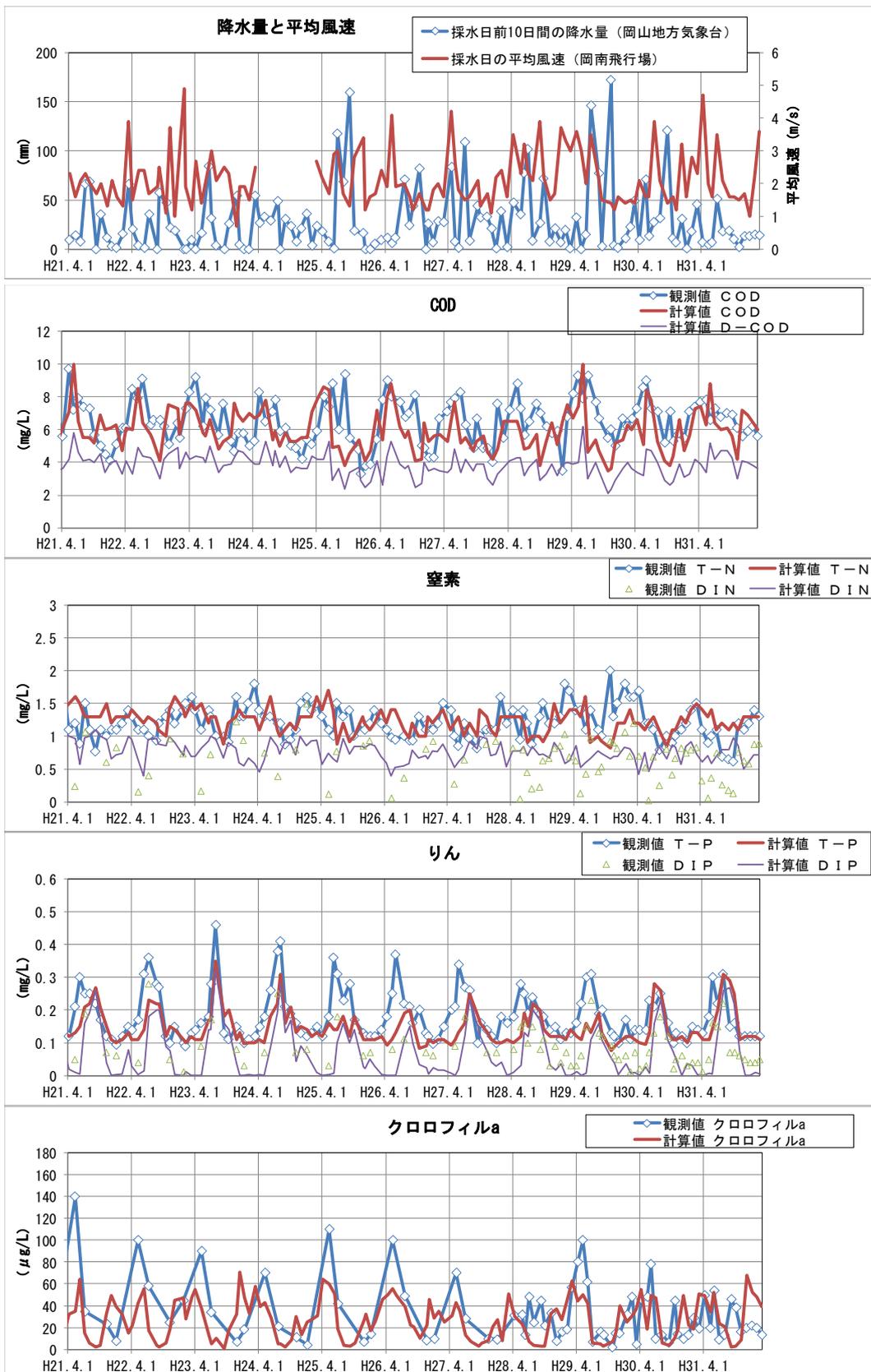


図 II-9 笹ヶ瀬川河口部における観測値（公共用水域水質測定結果）と計算値の比較

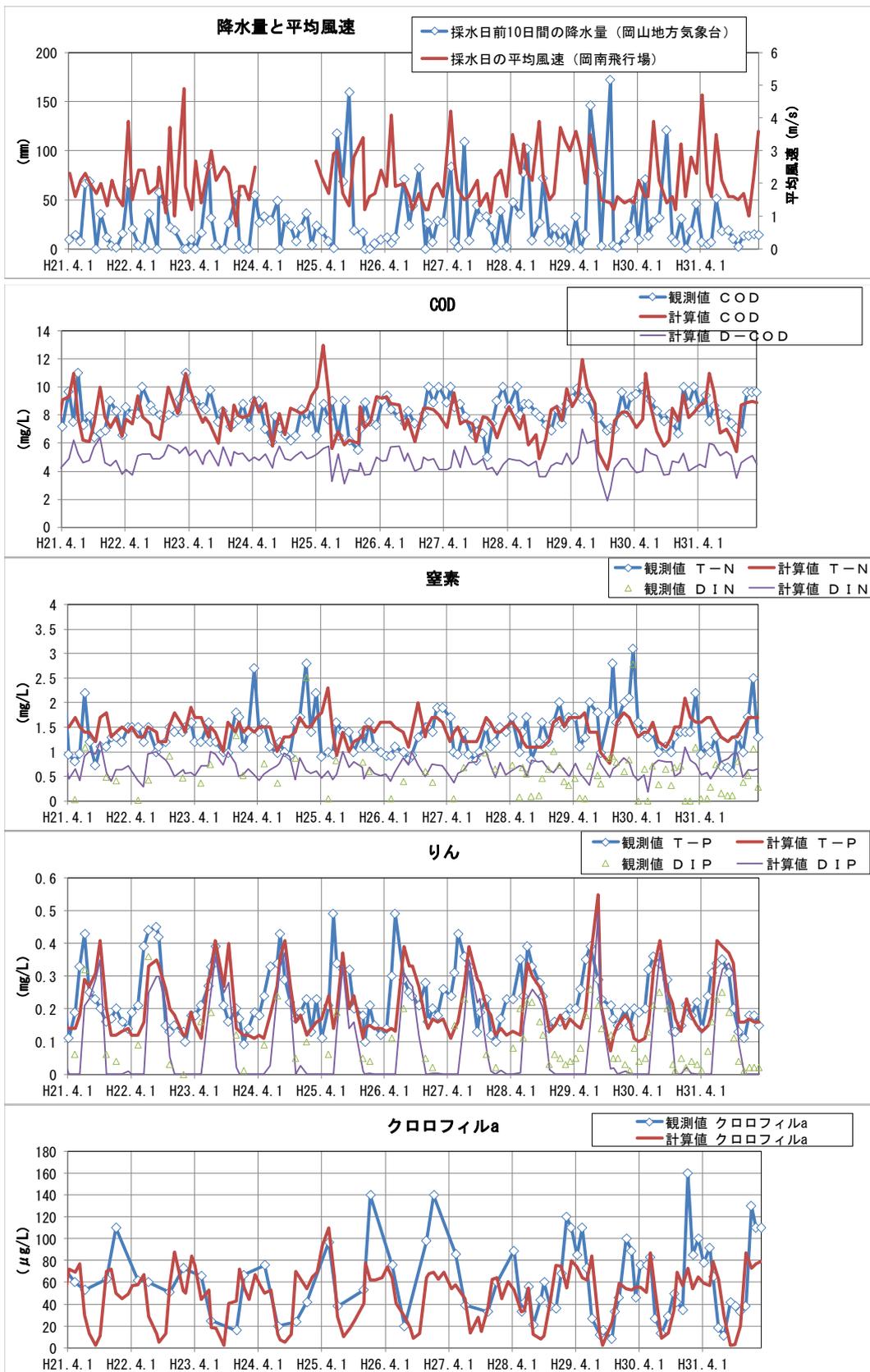


図 II-10 倉敷川河口部における観測値（公共用水域水質測定結果）と計算値の比較

(3) 平成 29～30 年度の再現性に関する考察

図 I-9、図 I-10 に示すように、平成 29 年度の T-N 平均値、平成 30 年度の COD75% 値についてはモデル計算値と観測値の差が大きくなっている。以下に児島湖の 4 地点（湖心、樋門、笹ヶ瀬川河口部、倉敷川河口部）の観測値と計算値を示し、再現性が低くなっている理由について考察した。

平成 27 年度から令和元年度の月別 T-N 濃度の観測値を図 II-11 に示した。第 7 期計画の現況年度である平成 27 年度から平成 29 年度にかけて湖内 4 地点の T-N 濃度は上昇し、その後平成 30 年度、令和元年度には低下している。また、令和元年度は 8 月～10 月にかけて T-N 濃度が 0.5～0.7mg/L 程度まで低下していた。

児島湖内 4 地点の観測結果より、平成 29 年度は倉敷川から T-N 濃度の高い水が流入し、これが湖心、樋門の T-N 濃度（年平均値）を押し上げていると考えられる。

一方、シミュレーションモデルによる T-N 濃度の計算値は、平成 27 年度から平成 29 年度にかけての倉敷川河口部における急激な T-N 濃度の上昇傾向を再現できていない。

平成 29 年度の児島湖 T-N 濃度の再現性が低い理由について、確認する必要がある。

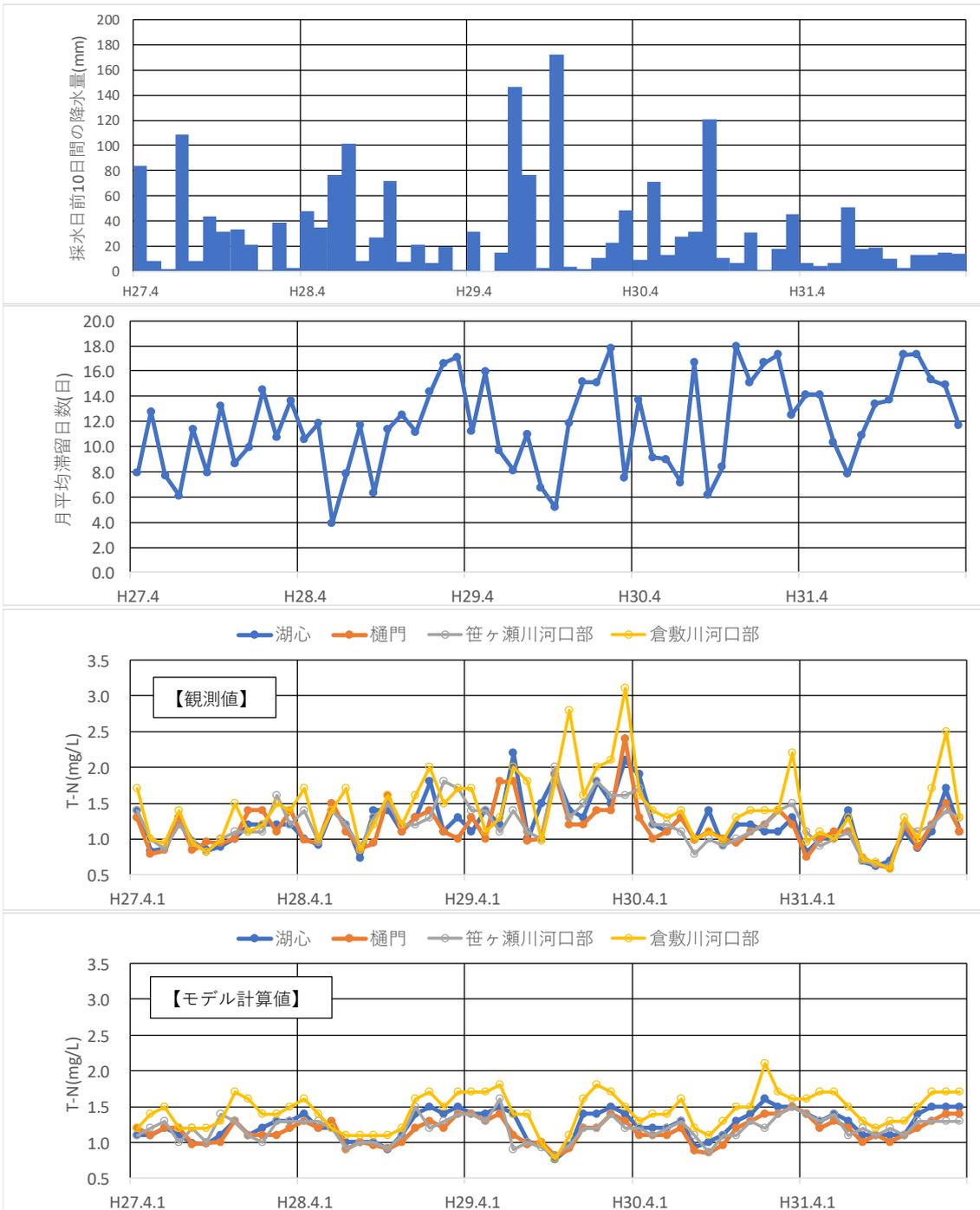


図 II-11 湖内4地点の T-N 濃度とモデル計算値

同様に、平成 27 年度から令和元年度の月別 COD 濃度の観測値を図 II-12 に示した。平成 29 年度～平成 30 年度の笹ヶ瀬川河口部は第 7 期計画の現況年度である平成 27 年度と比較して COD 濃度が高くなっている。

この結果から、平成 27 年度から平成 30 年度に湖心 COD 濃度が上昇したのは、笹ヶ瀬川の COD 濃度の上昇が一因と考えられる。

一方、シミュレーションモデルによる COD 濃度の計算値を見ると、平成 27 年度から平成 29 年度にかけての濃度の上昇傾向を再現できていない。平成 30 年 8 月～10 月にかけて笹ヶ瀬川河口部の COD 濃度（計算値）は 4mg/L 程度まで低下している。

平成 30 年度の COD 濃度の再現性が低い理由について確認する必要がある。

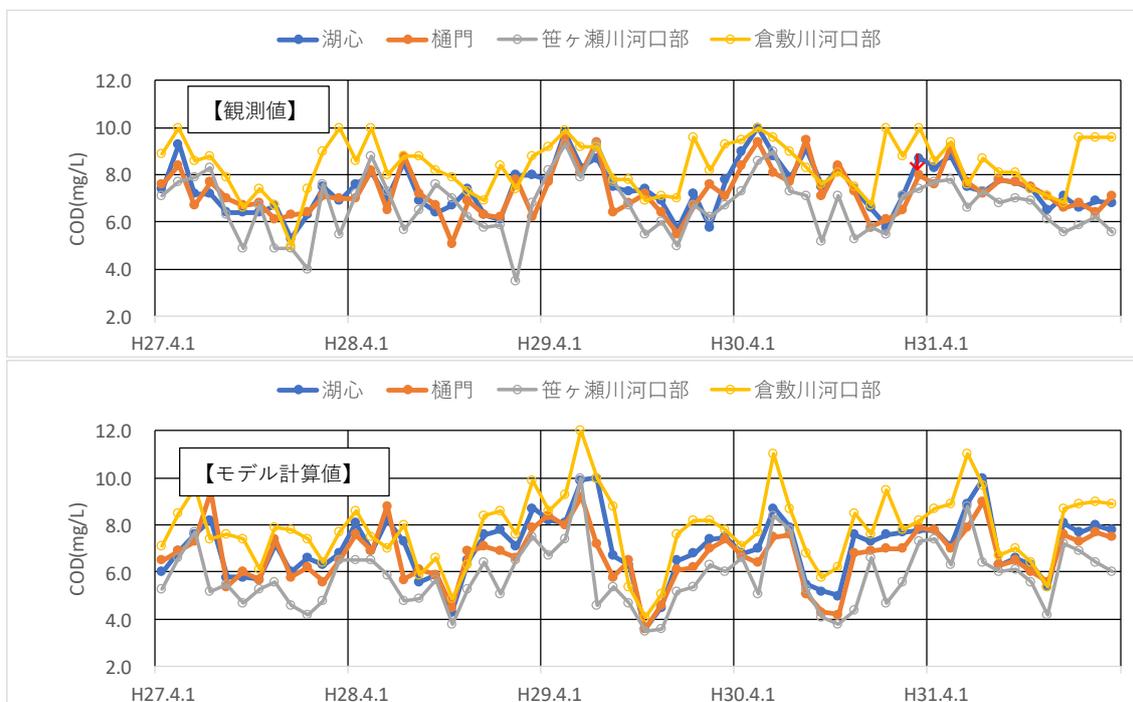


図 II-12 湖内 4 地点の COD 濃度とモデル計算値

2 今後の検討

今後、第8期モデルの完成と対策効果の分析を進める。

①再現性向上のための検討

(児島湖流域モデル)

- ・COD (または TOC) の再現性向上のためには、溶存有機物 (D-COD や DOC) の変動が再現できるようにすることが必要と考えられる。COD 濃度の季節変動を再現できるようにパラメータを調整する。

(児島湖生態系モデル)

- ・底層 DO の再現計算結果について検証を行い、必要に応じて底泥の酸素消費速度の設定値を見直す。

②対策効果の分析

排出汚濁負荷量が削減されているにもかかわらず平成 28 年度～令和元年度の COD 濃度は観測値、計算値ともに平成 27 年度よりも上昇している。このため以下の検討により対策効果の分析を行う。

- ・排出汚濁負荷量が平成 27 年度以降削減されなされなかった場合の、平成 28 年度～令和元年度の計算を実施し、第7期に実施した事業の効果を推定する。

令和 2 年 12 月 22 日

第 8 期児島湖水質保全計画策定検討会 第 2 回会議

長期ビジョンの見直し及び第 8 期計画策定の

方向性について

長期ビジョンの見直し及び第8期計画策定の方向性について

目次

I.	長期ビジョンの見直しについての検討	1
1.	長期ビジョンの策定経緯	1
2.	長期ビジョンと湖沼水質保全計画の位置関係	3
3.	長期ビジョンの見直し（案）	4
II.	第8期湖沼水質保全計画策定の方向性についての検討	5
1.	湖沼水質保全計画と長期ビジョン	5
(1)	第7期計画で明らかとなった課題	5
(2)	長期ビジョンの実現に向けた第7期計画の位置づけ	5
(3)	長期ビジョンの達成に向けた湖沼水質保全計画の在り方	7
2.	第8期湖沼水質保全計画策定の方向性の検討	8
(1)	基本的な考え方	8
(2)	新たに計画に盛り込む対策	8
(ア)	県民による五感による水質評価の推進	8
(イ)	生物の力による水質浄化対策の推進	8
(3)	今後検討する対策	8
(ア)	児島湖の生物多様性の確保に向けた調査研究	8

I. 長期ビジョンの見直しについての検討

1. 長期ビジョンの策定経緯

県では、平成 18 年度に県民からのアンケート結果や児島湖水環境改善対策検討会の意見を反映して「児島湖長期ビジョン」を策定した。

当初の長期ビジョンは、児島湖流域下水道整備の目標年度である「平成 37 年頃まで」に「COD 5 mg/L 以下まで改善する」としていたが、第 7 期計画策定時に、県民により分かりやすく直感的に理解しやすい指標である「透明度」を追加するとともに、COD の目標値を当初の目標の 5 mg/L から、「当面は農業用水基準である 6 mg/L 程度」とするよう変更した。

児島湖の長期ビジョンについて

○長期ビジョンの達成目標

- ・できる限り早期に環境基準の達成を実現
- ・生物多様性の観点からも水質改善に努める
- ・令和 7 年頃には透明度 1 m 程度、COD 6 mg/L 程度の水質改善を図り、児島湖の望ましい将来像の達成を目指す。

○児島湖の望ましい将来像

- | | | | |
|------------------------|---|---|--|
| ●生活を支える児島湖 | ■ | ▶ | きれいで豊富な水や広大な干拓地、豊かな漁場が地域の農業・漁業を支えます。 |
| ●暮らしを守る児島湖 | ■ | ▶ | 締切堤防が水害から地域を守り渇水時の水がめになります。 |
| ●訪れたい児島湖 | ■ | ▶ | ひらけた水辺空間が散策や夕日ウォッチングなど暮らしにうらおいを与えます。 |
| ●遊びたい児島湖 | ■ | ▶ | 水がきれいで自然豊かな湖辺や水面が釣りやバードウォッチングなど遊びの場を提供します。 |
| ●学べる児島湖 | ■ | ▶ | 児島湖の干拓の歴史や生息する生き物、環境問題などが環境学習の生きた教材となります。 |
| ●気持ちの良い水辺・自然豊かな児島湖 | ■ | ▶ | 水がきれいで自然豊かな児島湖を将来にわたって確保します。 |
| ●県民が守り育て未来へ引き継ぐ児島湖 | ■ | ▶ | 児島湖を県民共有の貴重な財産として守り育て未来へ引き継ぎます。 |
| ●「環境おかやま」を内外に情報発信する児島湖 | ■ | ▶ | 児島湖の環境保全への取組を通じて「環境おかやま」を内外に情報発信します。 |

県民アンケートの概要（参考）

1 調査時期

平成 17 年 9 月～10 月

2 調査対象

児島湾淡水漁業協同組合、児島湾土地改良区組合員、児島湖周辺町内会、その他

3 アンケートの回収結果

回収数 1,902

4 アンケート結果概要

(1) 児島湖の現状認識

- ・水質について、CODやT-Nといった水質指標で改善が進んでいることに対し、「きれい」、「だんだんきれいになっている」が全体の 27%、「汚い」、「だんだん汚くなっている」が 54%と、実際の水質改善度と県民の認識に乖離が生じている。
- ・湖辺の景観は、「きれい」、「風情がある」が全体の 29%であるのに対し、「きたない」、「殺風景」が 48%であった。
- ・ごみの量について、「多い」が全体の 48%であるのに対し、「少ない」はわずか 4%であった。
- ・児島湖周辺の動植物について、「多い」が全体のわずか 8%であるのに対し、「ふつう」が 35%、「少ない」、「ほとんどいない」が 31%であった。また、「わからない」が 24%を占めた。

(2) 児島湖の役割について

- ・今の児島湖の役割として、「農業用水の確保」は全体の 61%、「津波・高潮の防止」は 33%に認知されており、児島湖や締切堤防の基本的な役割の認知度は比較的高い。
- ・これからの児島湖に期待する役割として、「気持ちのよい水辺環境をつくり出す機能（55%）」、「様々な動植物を育む機能（40%）」、「レクリエーションの場（26%）」などが主に挙げられた。

(3) 今後の児島湖をどのようにすべきか

- ・「水質と湖辺環境の両方をよくしていく」が全体の 62%、次いで「今まで以上に水質をよくしていく」が 22%、「水質よりも、まず湖辺環境をよくしていく」が 5%で、現状より改善すべきとの意見が 90%近くを占めた。
- ・自由意見では、回答数 662（回答率 35%）のうち、「水質・におい」に関する意見が 245 と最も多く、次いで「生活環境」が 182、「生態系」が 108 という結果

2. 長期ビジョンと湖沼水質保全計画の位置関係

長期ビジョンとは、「湖沼特性を踏まえ、望ましい湖沼の水環境及び流域の状況等に係る将来像であり、関係機関及び関係者と共有されているもの」であり、湖沼水質保全計画において、計画で達成すべき目標及び対策と長期ビジョンをつなぐ道筋を示すこととされている。

つまり、湖沼計画は長期ビジョンの達成に向かっている内容であることはもちろんのこと、計画の進捗に当たっては、常に長期ビジョンの達成を意識して取り組む必要がある。

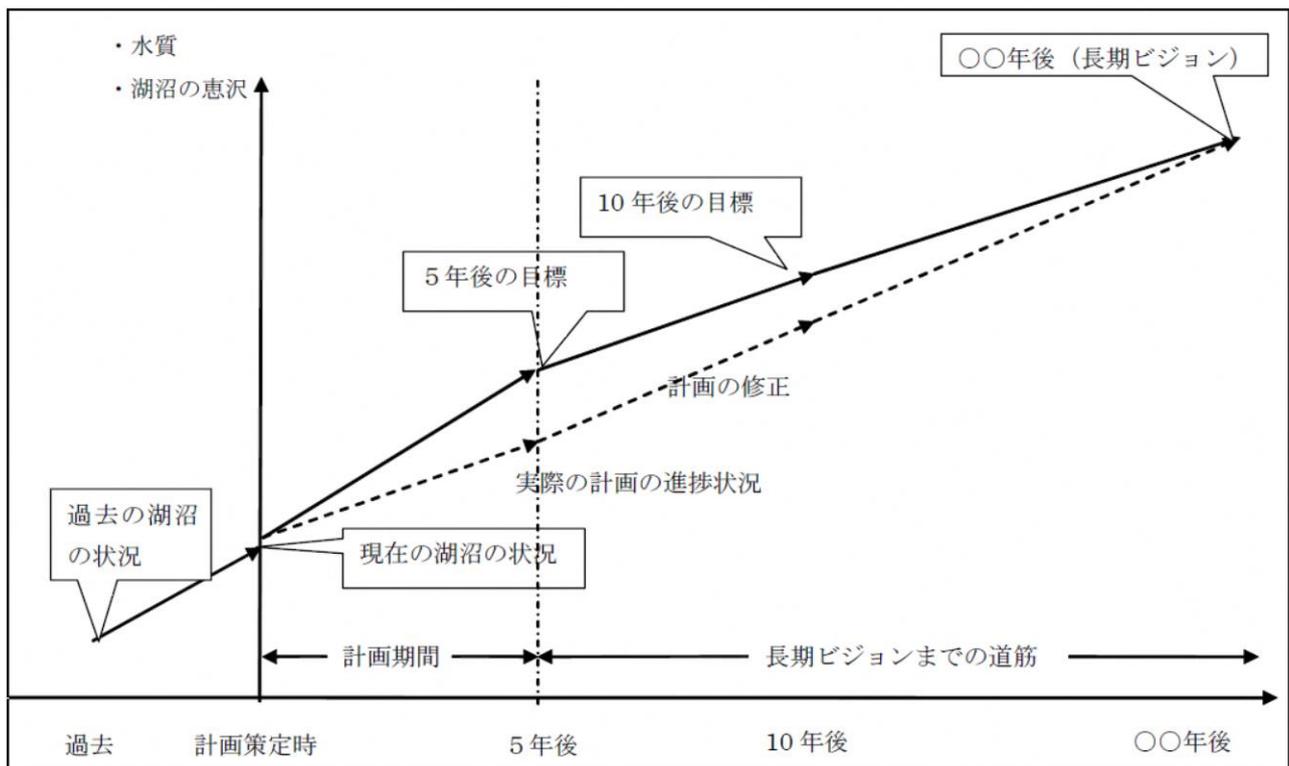


図 I-1 長期ビジョン及び長期ビジョンまでの道筋のイメージ

(出典：逐条解説 湖沼水質保全特別措置法 (H19.9 環境省))

3. 長期ビジョンの見直し（案）

現行の長期ビジョンは、生活排水対策が完了する予定の令和7年頃を目標年度としているが、第8期湖沼計画の目標年度が令和7年度となるため、長期ビジョンの目標年度をその先に設定し直す必要がある。

長期ビジョンは、湖沼計画を策定する限り常にその先の望ましい将来像として存在すべきものであることから、具体的な目標年度を設定せず、「できる限り早期に達成することを目指す」ことが適当と考える。

また、CODの目標値については、第7期期間中に水質改善が見られなかったことや水質シミュレーションの結果等から、今後想定した対策が完了したとしても6mg/L程度に到達しないことが考えられる。このため、環境基準については、行政上の政策目標ではあるが、現時点で将来的にも達成の目途が立たないこと、CODについては、児島湖の現状や他の閉鎖性水域の状況を見ると、水質の指標として必ずしも重要とは言えなくなっていることから、表現を削除している。今後の児島湖流域における汚濁負荷発生源に係る状況の変化や知見の集積による新たな水質保全対策の提唱等の状況により、適宜表現の見直しを検討することとする。

児島湖の望ましい将来像については、平成17年度に実施した県民アンケート結果等を反映して設定したものであり、当時から児島湖と県民との関係性が変化しているとは考えにくく、当面は現行の内容を維持する。

	現行	見直し（案）
児島湖の長期ビジョンの達成目標	湖沼水質保全計画に基づく各種対策の推進及び県民との連携による取組により、 <u>できる限り早期に環境基準の達成を実現し、生物多様性の観点からも水質改善に努めることとし、平成37年頃には透明度1m程度、化学的酸素要求量（COD）6mg/L程度の水質改善を図り、「児島湖に水咲く 夢咲く 未来咲く」をキャッチフレーズとした児島湖の望ましい将来像の達成を目指します。</u>	湖沼水質保全計画に基づく各種対策の推進及び県民との連携による取組により、生物多様性の観点からも、 <u>できる限り早期に透明度1m程度の水質改善を図り、「児島湖に 水咲く 夢咲く 未来咲く」をキャッチフレーズとした児島湖の望ましい将来像を目指します。</u>

II. 第8期湖沼水質保全計画策定の方向性についての検討

1. 湖沼水質保全計画と長期ビジョン

(1) 第7期計画で明らかとなった課題

資料2で示すように、第7期計画期間中は、対策が進捗し汚濁負荷量がわずかずつではあるが減少する一方で、児島湖の水質はそれに伴う改善が見られず、湖内ではこれまで想定していた汚濁メカニズムとは異なる現象が生じている可能性がある。これは児島湖に限らず、他の指定湖沼にも言える現象である。

また、これまで対策の柱であった生活排水対策が頭打ちになりつつあり、他に革新的な汚濁負荷削減対策も考えられない状況にあるため、第8期計画以降は、更に汚濁負荷量の削減は鈍化していくとみられる。

このため、特にCOD、T-Pは環境基準の達成はおろか、現状からの改善も厳しい状況にあると言え、次期湖沼計画を策定していくうえで、単にCOD、T-N、T-Pの改善を目標とした計画とすることは困難と考えられる。

(2) 長期ビジョンの実現に向けた第7期計画の位置づけ

湖沼計画には、「計画の目標及び対策と長期ビジョンをつなぐ道筋を示すこと」とされているが、これまで長期ビジョンの目指すべき将来像と対策がどうリンクしているかを示すことができていなかったため、まずは長期ビジョンで取り組む内容と第7期計画での位置づけを表1のとおり整理した。

表1から「生物多様性の確保」、「水辺環境の整備・管理」、「自然環境の保護」の項目について、第7期計画ではこれらに結びつく対策が位置づけられていない又は内容が不十分であることが分かる。

また、長期ビジョンで「透明度」の達成目標を示しているが、第7期計画では透明度は管理指標とされていない。

図 II-1 長期ビジョンの将来像と第7期計画の位置づけ

将来像	具体的な内容	取り組む内容	第7期計画の位置づけ
生活を支える児島湖	きれいで豊富な水や広大な干拓地、豊かな漁場が地域の農業・漁業を支える	水質の保全・改善	○
		生態系の保全	○
		生物多様性の確保	△ (生物多様性基本法の運用)
暮らしを守る児島湖	締切堤防が水害から地域を守り渇水時の水がめになる	防災対策	×
訪れたいくなる児島湖	ひらけた水辺空間が散策やウォッチングなど暮らしにうるおいを与える	水辺環境の整備・管理	△ (アダプト事業の推進)
遊びたいくなる児島湖	水がきれいで自然豊かな湖辺や水面が釣りやバードウォッチングなど遊びの場を提供する	水質の保全・改善	○
		生態系の保全	○
		生物多様性の確保	△ (生物多様性基本法の運用)
		水辺環境の整備・管理	△ (アダプト事業の推進)
学べる児島湖	児島湖の干拓の歴史や生息する生き物、環境問題などが環境学習の生きた教材となる	環境学習の推進	○
		生態系の保全	○
		生物多様性の確保	△ (生物多様性基本法の運用)
気持ちの良い水辺・自然豊かな児島湖	水がきれいで自然豊かな児島湖を将来にわたって確保する	水質の保全・改善	○
		生態系の保全	○
		生物多様性の確保	△ (生物多様性基本法の運用)
		自然環境の保護	△ (自然環境保全体法等の運用)
県民が守り育て未来へ引き継ぐ児島湖	児島湖を県民共有の貴重な財産として守り育て未来へ引き継ぐ	環境学習の推進	○
		県民との連携	○
「環境おかやま」を内外に情報発信する児島湖	児島湖の環境保全への取組を通じて「環境おかやま」を内外に情報発信する	普及啓発・情報発信	○

○: 計画に位置づけられており、対策が実施されている項目 △: 計画に位置づけられているが、対策が実施されていない項目
 ×: 計画に位置づけられていない項目

(3) 長期ビジョンの達成に向けた湖沼水質保全計画の在り方

平成 17 年度に実施した県民アンケートでは、県民に水質改善が実感されていないこと、県民が児島湖に対して、「気持ちの良い水辺環境」、「様々な動植物を育む場」、「レクリエーションの場」という役割を求めていること等の結果が得られ、これらは透明度の目標設定や望ましい将来像に反映されている。

一方で、(2)で示すように、これらの項目は第 7 期計画の中で達成に結びつく対策が取られていない。また、これらは、COD、T-N、T-P が改善することのみをもって実現することは難しいと考えられる。

このため、第 8 期計画は、これまでの対策を継続しつつ、長期ビジョンで掲げた目標達成を重視し、県民に「きれいになった」と実感できるよう、透明度の改善や生物多様性、情報発信や関係機関の一層の連携などに配慮した計画とすべきと考える。

なお、生物多様性等の対策の検討に当たっては、それぞれの関係法令・計画との整合を図る必要がある他、必要性、費用対効果、実現可能性等を十分に勘案して検討を進める必要がある。

2. 第8期湖沼水質保全計画策定の方向性の検討

(1) 基本的な考え方

- ・ 長期ビジョンで達成目標を掲げる「透明度」について、湖沼計画でも管理指標として計画期間中の達成目標を掲げ、透明度の改善に資する対策を検討する。
- ・ 長期ビジョンに掲げる達成目標や児島湖の将来像を実現するため、第7期計画に掲げる対策を継続することを基本としつつ、県民との連携の強化や生物多様性に配慮した水質を目指した対策を検討する。

(2) 新たに計画に盛り込む対策

(ア) 県民による五感による水質評価の推進

アンケートの結果によると、児島湖の水に触れ合う機会がない人は、児島湖の水質改善をあまり実感しておらず、児島湖への関心も低いことが明らかになった。このため、まずは児島湖を知り、児島湖に触れ、児島湖のことを考えてもらうことが重要であることから、県民による五感による水質評価の取り組みを推進する。

管理指標としては、参加人数と評価点数を設定することを検討する。

対策により実現を目指す将来像
【遊びたくなる児島湖】【学べる児島湖】 【県民が守り育て未来へ引き継ぐ児島湖】

(イ) 生物の力による水質浄化対策の推進

水生生物が有する水質浄化作用は、持続的な水質浄化対策として期待される。

このため、水質浄化に貢献するテナガエビや二枚貝の生息環境を創出し、これらの増殖による水質浄化（透明度の改善）に資する事業の実施を検討する。

対策により実現を目指す将来像
【生活を支える児島湖】【気持ちの良い水辺・自然豊かな児島湖】

(3) 今後検討する対策

(ア) 児島湖の生物多様性の確保に向けた調査研究

児島湖の水質は環境基準を達成していないが、植物プランクトンが豊富で、児島湖に生息する生物にとって、必ずしも悪い環境とはいえない。このため、児島湖の栄養塩濃度、植物プランクトン種及び透明度の関係について、生物多様性の観点から適切なバランス或いは目指すべき水質について、調査研究を検討する。

対策により実現を目指す将来像
【生活を支える児島湖】【遊びたくなる児島湖】【学べる児島湖】 【気持ちの良い水辺・自然豊かな児島湖】

