

## シミュレーションによる諏訪湖水質予測結果と 第 8 期諏訪湖水質保全計画の水質目標値（案）について

### 1. 水質予測シミュレーションモデルの概要

#### 1.1 基本方針

水質予測モデル開発の基本方針としては、第 7 期諏訪湖水質保全計画作成専門委員会において受けた指摘に対応することに加え、新たに環境基準と地域目標に設定された底層溶存酸素量と透明度の評価を行うこと、諏訪湖水質保全計画事業に含まれる各種対策（以下「対策」という。）の効果を時空間的に評価し、より効果的な対策の選定に資することを目的として水質予測モデルを構築することである。第 7 期モデルと本モデルの比較を表 1-1 に示す。

表 1-1 第 7 期モデルと本モデルの比較

	第 7 期	第 8 期	理由
地形表現	1 ボックス	125m 格子	諏訪湖内の水質濃度空間分布を再現することにより、対策の効果範囲をより正確に予測可能となる
鉛直層分割	上下 2 層	0.5m 間隔で多層	底層溶存酸素量の再現の精度向上
流動モデル	—	気象条件に応答する流動モデル。計算項目は、水位、水平流動、鉛直流、水温、密度	諏訪湖の貧酸素水塊の消長には気象条件の影響が大きいことから気象条件に応答する流動モデルを選定
河川流入と流出	水収支結果を 1 ボックスに投入	各河川からの流入と釜口水門からの流出	諏訪湖内の流動や貧酸素水塊の動きには河川からの流入水の影響もみられる。また、対策の効果範囲を精度よく予測するためにも現実に即した流入出位置の設定が重要
水質モデル	IP、IN OP、ON、COD、 DO 植物プランクトン	PO4、NH4、NOX POP、DOP、PON、 DON、POC、DOC、 DO、ODU 植物プランクトン 動物プランクトン ヒシ、シジミ 底質	第 7 期モデルでは底泥の溶出は月毎に設定した値を用いていたが、実際には水質や水温と関係していることから、水質と底質を同時に解くモデルを構築する。また、ヒシの刈取りや覆砂によるシジミの生息域増加等の効果を評価するモデルとする
負荷流入	発生負荷量を 1 ボックスに投入	各河川から流入	流入負荷量に起因する水質濃度空間分布を再現することにより、対策の効果範囲をより正確に予測可能となる

## 1.2 水質－底質結合生態系モデルの概要

水平方向・鉛直方向ともに小さく分割した計算格子に対して、時々刻々の流動場、気象（日射量）、流入負荷量、地形等を条件として計算項目の現存量を計算する水質－底質結合生態系モデルを構築した。

水質－底質結合生態系モデルは水質、底質、底生生物の相互作用を考慮したモデルであり、水温や沈降する有機物量に応じて底泥からの栄養塩の溶出や DO 消費速度がモデルの中で計算されることから、第 1 回第 7 期専門委員会での溶出と DO に対する指摘事項に対応したものとなっている。第 7 期モデルでは、気象、水収支データ、流入負荷量は月平均値として与え、毎月 15 日の計算値を当月の予測値としているが、水質濃度は気象条件等により日々変動し、特に底層溶存酸素量の変動は大きいことから、気象や流入水量・負荷量は日別値で与え、実際に採水した日と同日の計算結果を再現性の評価に用いる。

モデルの予測計算項目（図中□）間の物質循環経路（図中→）図を図 1.1 に示す。このモデルは、各構成要素間の物質輸送を炭素（C）、窒素（N）、リン（P）、酸素（O）を指標元素として算定する物質循環型のモデルであり、水質と底質、底生生物の相互作用を考慮したものである。水質－底質結合生態系モデルの詳細な計算項目を表 1-2～表 1-4 に示す。有機物項目は分解性を 3 段階考慮しているが、これは近年湖沼域で課題となっている難分解性有機物を表現するものである。

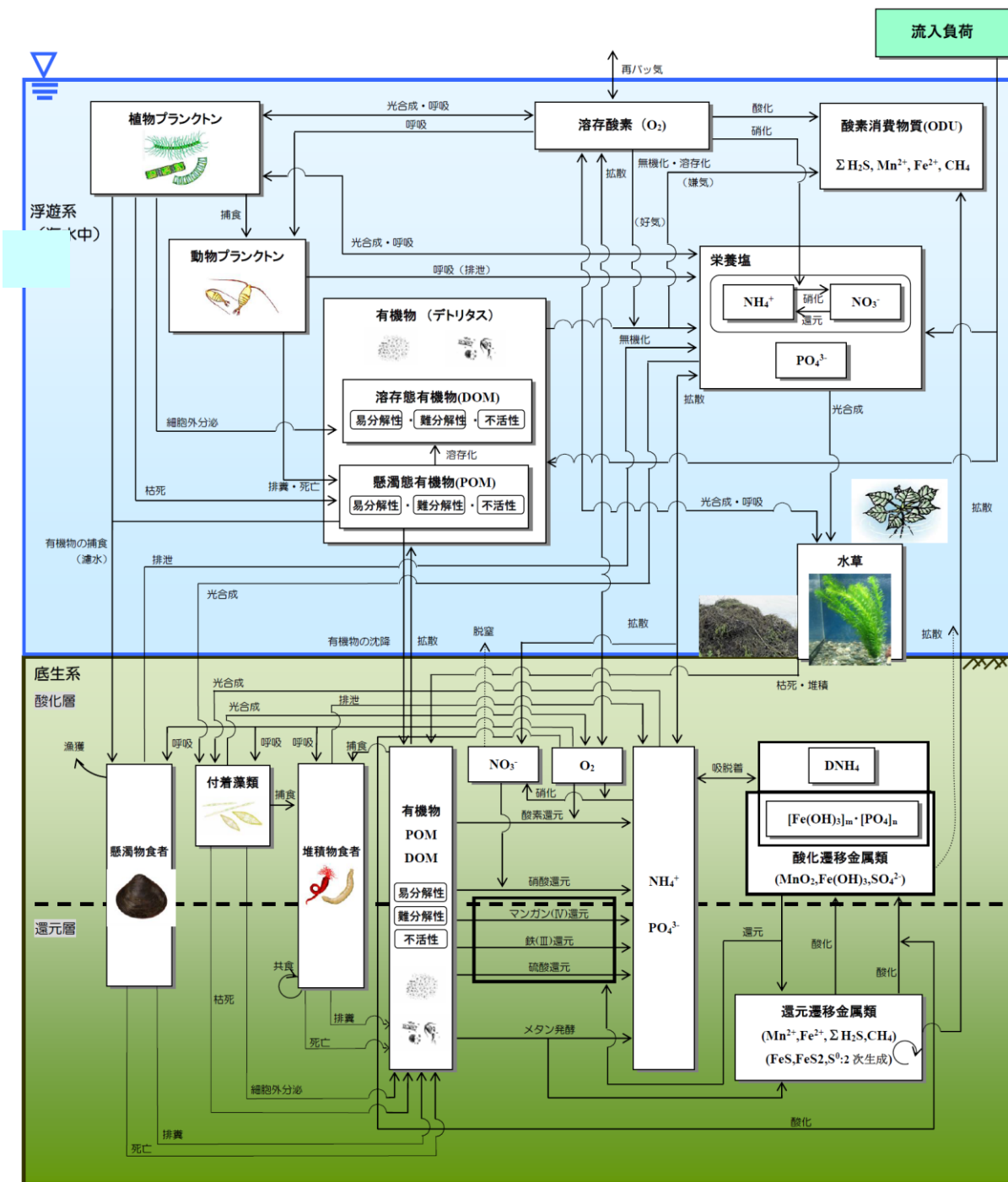


図 1.1 水質-底質結合生態系モデルの物質循環経路図

表 1-2(1) 水質の計算項目

変数名	計算項目	単位
PHY	植物プランクトン濃度	μ g/L
ZOO	動物プランクトン濃度	mgC/L
DO	溶存酸素濃度	mgO/L
POC <sub>fast</sub>	易分解性の懸濁態有機炭素濃度	mgC/L
POC <sub>slow</sub>	難分解性の懸濁態有機炭素濃度	mgC/L
POC <sub>refractory</sub>	不活性物質の懸濁態有機炭素濃度	mgC/L
DOC	溶存態有機炭素濃度	mgC/L
PON <sub>fast</sub>	易分解性の懸濁態有機窒素濃度	mgN/L
PON <sub>slow</sub>	難分解性の懸濁態有機窒素濃度	mgN/L
PON <sub>refractory</sub>	不活性物質の懸濁態有機窒素濃度	mgN/L
DON	溶存態有機窒素濃度	mgN/L
POP <sub>fast</sub>	易分解性の懸濁態有機リン濃度	mgP/L
POP <sub>slow</sub>	難分解性の懸濁態有機リン濃度	mgP/L
POP <sub>refractory</sub>	不活性物質の懸濁態有機リン濃度	mgP/L
DOP	溶存態有機リン濃度	mgP/L
NH <sub>4</sub> -N	アンモニア態窒素濃度	mgN/L
NO <sub>x</sub> -N	亜硝酸及び硝酸態窒素の合計濃度	mgN/L
PO <sub>4</sub> -P	リン酸態リン濃度	mgP/L
ODU	酸素消費物質濃度 (Σ H <sub>2</sub> S, Mn <sup>2+</sup> , Fe <sup>2+</sup> , CH <sub>4</sub> の合計値)	mgO/L

水質サブモデルにおいては、TOC、COD、全窒素 (T-N)、全りん (T-P) 濃度は、表 1-2(2)のよう  
にモデルの中で計算される解析項目の濃度より換算して算出した。

表 1-2(2) TOC、COD、全窒素 (T-N)、全りん (T-P) の算出方法

$$\begin{aligned} \text{TOC} &= (\text{植物プランクトン PHY} \times \text{係数 a}') + (\text{動物プランクトン ZOO} \\ &\quad + \text{非生物態 POC} + \text{DOC}) \\ \text{COD} &= (\text{植物プランクトン PHY} \times \text{係数 a}) + (\text{動物プランクトン ZOO} \times \text{係数 b}) \\ &\quad + (\text{非生物態 POC} \times \text{係数 c}) + (\text{DOC} \times \text{係数 d}) \\ \text{T-N} &= \text{TON} + \text{NH}_4\text{-N} + \text{NO}_x\text{-N} \\ \text{TON} &= \text{植物プランクトン態 N} + \text{動物プランクトン態 N} + \text{非生物態 PON} + \text{DON} \\ \text{T-P} &= \text{TOP} + \text{PO}_4\text{-P} \\ \text{TOP} &= \text{植物プランクトン態 P} + \text{動物プランクトン態 P} + \text{非生物態 POP} + \text{DOP} \end{aligned}$$

表 1-3 底質の計算項目

変数名		計算項目	単位
<i>TOC</i>	固相+液相	底泥中の全有機炭素	mgC/g-dry
<i>TON</i>		底泥中の全有機窒素	mgN/g-dry
<i>TOP</i>		底泥中の全有機リン	mgP/g-dry
<i>NH<sub>4</sub>-N</i>	液相	間隙水中のアンモニア態窒素	mgN/L
<i>NO<sub>x</sub>-N</i>		間隙水中の亜硝酸及び硝酸態窒素	mgN/L
<i>PO<sub>4</sub>-P</i>		間隙水中のリン酸態リン	mgP/L
<i>DO</i>		間隙水中の溶存酸素	mgO/L
<i>SO<sub>4</sub><sup>2-</sup></i>		間隙水中の硫酸イオン	mgS/L
<i>Mn<sup>2+</sup></i>		間隙水中の Mn(II)イオン	mgMn/L
<i>Fe<sup>2+</sup></i>		間隙水中の Fe(II)イオン	mgFe/L
<i>ΣH<sub>2</sub>S</i>		間隙水中の ΣH <sub>2</sub> S (=H <sub>2</sub> S+HS <sup>-</sup> )	mgS/L
<i>CH<sub>4</sub></i>		間隙水中のメタン	mgC/L
<i>MnO<sub>2</sub></i>		固相	底泥中の二酸化マンガン
<i>Fe(OH)<sub>3</sub></i>	底泥中の水酸化鉄		mgFe/g-dry
<i>FeS</i>	底泥中の硫化鉄		mgS/g-dry
<i>FeS<sub>2</sub></i>	底泥中の黄鉄鉱		mgS/g-dry
<i>S<sup>0</sup></i>	元素状硫黄		mgS/g-dry
<i>DNH<sub>4</sub><sup>+</sup></i>	吸着態のアンモニア態窒素		mgN/g-dry
<i>DPO<sub>4</sub></i>	吸着態のリン酸態リン		mgP/g-dry

表 1-4 底生生物の計算項目

変数名	計算項目	単位
<i>DIA</i>	付着藻類	gC/m <sup>2</sup>
<i>BSF</i>	懸濁物食者 (シジミ)	gC/m <sup>2</sup>
<i>BDF</i>	堆積物食者	gC/m <sup>2</sup>
<i>WEED</i>	水草 (ヒシ)	gC/m <sup>2</sup>

水質モデル（水質－底質結合生態系モデル）の予測計算項目は、必要に応じて追加・変更して計算することが可能である。

### 1.3 計算条件の設定

諏訪湖の数値シミュレーションモデルの計算条件（現況再現計算）を表 1-5 に示す。

表 1-5 計算条件(現況再現計算)

項目		設定方法
地形・水深条件		最新の測量結果に基づく
水平分割		全域 125m で実施
層分割		0.5m 毎に分割(全 12 層)
境界条件	水位	連続式に基づき、モデル内部で計算
	水温	水温の保存式に基づき、モデル内部で計算
気象条件	風向、風速	近隣のアメダスデータ（諏訪、毎時）を利用
	気温、相対湿度、 全天日射量、雲量	気温・相対湿度：諏訪の毎時データを利用 全天日射量：長野の毎時データを利用 雲量：気象庁局地数値予報モデル（LSM）の予報初期値データより諏訪湖湖心地点の数値を抽出※
流入・ 流出条件	河川流量	国土数値情報の流域界・貯留関数法により算出し、水収支を考慮して補正
	河川水温	諏訪の気温と上川の水温の相関関係、並びに上川と他河川の水温の相関関係から求めた値を採用
	下水放流量	貸与資料を基に設定
	下水放流水の水温	貸与資料を基に設定
	釜口水門からの流出量	釜口水門管理日報に基づいて設定
	流入負荷量	発生負荷量調査結果、実測値から設定した L-Q 式
ヒシの流動抵抗		貸与資料を基に設定
計算対象期間		2017（平成 29）年～2021（令和 3）年

※従来は長野気象台の目視観測による雲量データが入手できたが、2019年2月1日をもって東京を除く関東甲信越地方の気象台で目視観測が終了となったため、本検討では気象庁局地数値予報（LSM）の毎時初期値から諏訪湖地点の雲量データを抽出し使用した。

(1) 排出負荷量

汚濁負荷量（排出負荷量）の項目はCOD、全窒素及び全りんのみ3項目である。

各汚濁負荷量（排出負荷量）の推計方法は表 1-6 に示すとおりである。

表 1-6 排出負荷量の推定方法

項目	汚濁負荷量（排出負荷量）の推定方法	備考
生活系 常住人口及び 観光客 下水道 し尿処理施設 合併処理浄化槽 し尿単独浄化槽 雑排水沈殿槽 無処理	$\left. \begin{array}{l} \\ \\ \\ \\ \\ \end{array} \right\} \text{原単位} \times \text{処理形態別人口}$ ＊ただし、流域下水道は系外放流	$\left. \begin{array}{l} \\ \\ \\ \\ \\ \end{array} \right\} \text{第7期計画と同様}$
産業系 工場・事業場 下水道（産業系） 特定事業場 （20m <sup>3</sup> 以上） 上記以外製造事業場 事業場一般 畜産系 水産系 養殖	系外放流 $\text{排水濃度} \times \text{排水量}$ $\text{原単位（水質濃度）} \times \text{原単位（排水量）} \times \text{出荷額}$ $\text{原単位（水質濃度）} \times \text{排水量}$ 農地還元 $\text{原単位} \times \text{収穫量}$	$\left. \begin{array}{l} \\ \\ \\ \\ \\ \end{array} \right\} \text{第7期計画と同様}$
その他 畑 水田 山林・原野 市街地 湖面降雨 温泉排水 ガス井戸	$\text{原単位} \times \text{面積}$ 〃 〃 〃 $\text{原単位} \times \text{湖面積}$ $\text{原単位} \times \text{排水量}$ $\text{原単位} \times \text{湧出量}$	$\left. \begin{array}{l} \\ \\ \\ \\ \\ \\ \end{array} \right\} \text{第7期計画と同様}$

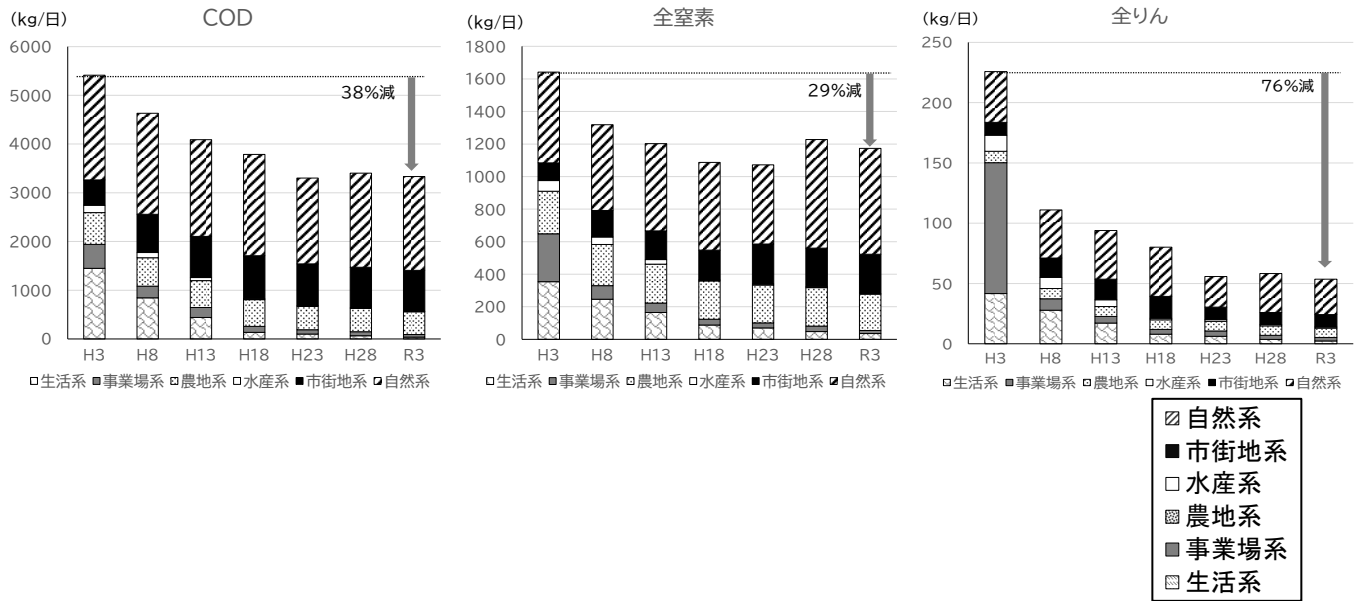


図 1.2 諏訪湖の排出負荷量の変遷



表 1-7(1) 排出負荷量の算定 (COD)

汚濁負荷発生源			原単位		現状		対策あり		対策なし		対策実施後の 汚濁負荷量の増減 (B) - (A) (kg/d)			
			単位	数量 (g/d)	人 単位	令和3年度 フレーム	汚濁負荷量 (A) (kg/d)	令和8年度 フレーム	汚濁負荷量 (B) (kg/d)	令和8年度 フレーム		汚濁負荷量 (C) (kg/d)		
生 口	常 住	合併処理 白樺湖特定環境公共下水道	g/d・人	7.0	人	0	0.0	0	0.0	0.0	0.0	0.0		
		合併処理浄化槽(河川放流)		3.1		787	2.4	648	2.0	646.0	2.0	-0.4		
		合併処理浄化槽(地下浸透)		0.7		3,118	2.2	2,703	1.9	2,703.0	1.9	-0.3		
		流域下水道(系外放流)		0.0		164,446	0.0	160,313	0.0	160,142	0.0	0.0		
	し尿	し尿単独処理施設		0.0		1,760	0.0	1,627	0.0	1,627	0.0	0.0		
		単独浄化槽(河川放流)		3.1		230	0.7	186	0.6	196	0.6	-0.1		
		単独浄化槽(地下浸透)		0.7		40	0.0	29	0.0	29	0.0	0.0		
		雑排水	沈殿槽(河川放流)		13.5		452	6.1	365	4.9	365	4.9	-1.2	
	活 泊 観 光 客	小 計	沈殿槽(地下浸透)		4.2		476	2.0	461	1.9	461	1.9	-0.1	
			無処理		19.2		316	6.1	230	4.4	240	4.6	-1.7	
			合併処理 白樺湖特定環境公共下水道		6.0		0	0.0	0	0.0	0	0.0	0.0	
			合併処理浄化槽(河川放流)		2.6		307	1.3	206	0.5	206	0.5	-0.7	
		宿 泊 観 光 客	合併処理浄化槽(地下浸透)		0.6		227	0.2	150	0.1	150	0.1	-0.1	
			流域下水道(系外放流)		0.0		2,921	0.0	3,178	0.0	3,179	0.0	0.0	
し尿			し尿単独処理施設		0.0		202	0.0	135	0.0	136	0.0	0.0	
単独浄化槽(河川放流)				2.6		244	1.0	163	0.4	161	0.4	-0.6		
日 帰 り 観 光 客		単独浄化槽(地下浸透)		0.6		201	0.2	132	0.1	132	0.1	-0.1		
		雑排水	沈殿槽(河川放流)		11.5		164	3.0	108	1.2	108	1.2	-1.7	
		沈殿槽(地下浸透)		3.6		247	1.4	164	0.6	164	0.6	-0.8		
		無処理		16.3		236	8.1	158	2.6	157	2.6	-5.5		
系 観 光 客		小 計				4,749	15.2	4,395	5.5	4,394	5.5	-9.6		
		日 帰 り 観 光 客	合併処理 白樺湖特定環境公共下水道		1.7		0	0.0	0	0.0	0	0.0	0.0	
	合併処理浄化槽(河川放流)			0.7		476	0.3	396	0.3	395	0.3	0.0		
	合併処理浄化槽(地下浸透)			0.2		319	0.3	247	0.0	247	0.0	-0.3		
	流域下水道(系外放流)			0.0		16,632	0.0	20,324	0.0	20,322	0.0	0.0		
	中 計	し尿	し尿単独処理施設		0.0		282	0.0	231	0.0	234	0.0	0.0	
		単独浄化槽(河川放流)		0.7		425	0.1	332	0.2	332	0.2	0.2		
		単独浄化槽(地下浸透)		0.2		342	0.0	265	0.1	265	0.1	0.0		
		雑排水	沈殿槽(河川放流)		3.2		261	0.3	206	0.7	206	0.7	0.3	
	産 業 系	工 場 ・ 事 業 場 一 般	沈殿槽(地下浸透)		1.0		372	0.0	288	0.3	288	0.3	0.2	
			無処理		4.6		416	1.0	334	1.5	337	1.5	0.5	
			湖沼特定事業場	g/m3		m3/d		44.1		43.9		44.1		-0.1
			上記以外の製造事業場				7.0		0.1		0.1		-6.9	
		水 産	事業場一般				4.5		4.5		4.5		0.0	
温泉				2.2		24,559	54.1	26,784	58.9	26,784	58.9	4.8		
ガス井戸				26.4		632	16.7	537	14.2	537	14.2	-2.5		
小 計						126.4		121.6		121.8		-4.8		
中 計		養殖(網いけす)	g/kg	133.8	kg/d	82	11.3	68	9.4	68	9.4	-1.9		
		畑	g/ha・d	64.5	ha	2,239	144.4	2,131	137.4	2,131	137.4	-7.0		
		水田(慣行)		105.8		2,865	303.1	2,809	297.2	2,809	297.2	-5.9		
		水田(施肥田植)		105.8		173	18.3	192	20.3	192	20.3	2.0		
そ の 他		山林・原野		46.1		39,838	1836.5	39,927	1840.6	39,927	1840.6	4.1		
		市街地		104.4		8,045	839.9	8,085	844.1	8,085	844.1	4.2		
	降雨		65.9		1,330	87.6	1,330	87.6	1,330	87.6	0.0			
	小 計				54,490	3229.9		3227.3		3227.3	-2.6			
合 計					3404.3		3382.8		3383.1	-21.6				

表 1-7(2) 排出負荷量の算定(全窒素)

汚濁負荷発生源			原単位		現状 令和3年度		対策あり 令和8年度		対策なし 令和8年度		対策実施後の 汚濁負荷量の増減 (B) - (A) (kg/d)	
			単位	数量 (g/d)	フレーム 単位	フレーム 汚濁負荷量 (A) (kg/d)	フレーム 汚濁負荷量 (B) (kg/d)	フレーム 汚濁負荷量 (C) (kg/d)				
生 口	常 住	合併処理	g/d・人	7.0	0	0	0	0	0	0	0	
		合併処理浄化槽(河川放流)		3.1	787	5.5	648	4.5	646.0	4.5	-1.0	
		合併処理浄化槽(地下浸透)		0.7	3,118	11.8	2,703	10.3	2,703.0	10.3	-1.6	
		流域下水道(系外放流)		0.0	164,446	0.0	160,313	0.0	160,142	0.0	0.0	
	し尿	し尿単独処理施設	0.0	1,760	0.0	1,627	0.0	1,627	0.0	0.0		
		単独浄化槽(河川放流)	3.1	230	1.2	186	1.0	196	1.0	-0.2		
		単独浄化槽(地下浸透)	0.7	40	0.1	29	0.1	29	0.1	0.0		
		雑排水	13.5	452	1.1	365	0.9	365	0.9	-0.2		
	小 計	沈殿槽(河川放流)	4.2	476	0.8	461	0.7	461	0.7	0.0		
		沈殿槽(地下浸透)	19.2	316	0.9	230	0.7	240	0.7	-0.3		
		無処理										
		小計		171,625	21.5	166,562	18.2	166,409	18.3	-3.3		
	活 客	宿 泊	合併処理	g/d・人	6.0	0	0	0	0	0	0	0
			合併処理浄化槽(河川放流)		2.6	307	3.3	206	1.4	206	1.4	-1.9
			合併処理浄化槽(地下浸透)		0.6	227	1.3	150	0.5	150	0.5	-0.8
流域下水道(系外放流)			0.0		2,921	0.0	3,178	0.0	3,179	0.0	0.0	
し尿		し尿単独処理施設	0.0	202	0.0	135	0.0	136	0.0	0.0		
		単独浄化槽(河川放流)	2.6	244	1.9	163	0.8	161	0.8	-1.1		
		単独浄化槽(地下浸透)	0.6	201	0.9	132	0.4	132	0.4	-0.5		
		雑排水	11.5	164	0.6	108	0.3	108	0.3	-0.4		
小 計		沈殿槽(河川放流)	3.6	247	0.6	164	0.2	164	0.2	-0.3		
		沈殿槽(地下浸透)	16.3	236	1.4	158	0.5	157	0.5	-1.0		
		無処理										
		小計		4,749	10.0	4,395	4.0	4,394	4.0	-5.9		
系 観		日 帰 り	合併処理	g/d・人	1.7	0	0	0	0	0	0	0
			合併処理浄化槽(河川放流)		0.7	476	1.2	396	1.1	395	1.1	-0.1
			合併処理浄化槽(地下浸透)		0.2	319	2.3	247	0.4	247	0.4	-1.9
	流域下水道(系外放流)		0.0		16,632	0.0	20,324	0.0	20,322	0.0	0.0	
	し尿	し尿単独処理施設	0.0	282	0.0	231	0.0	234	0.0	0.0		
		単独浄化槽(河川放流)	0.7	425	0.2	332	0.7	332	0.7	0.5		
		単独浄化槽(地下浸透)	0.2	342	0.0	265	0.3	265	0.3	0.3		
		雑排水	3.2	261	0.1	206	0.2	206	0.2	0.1		
	小 計	沈殿槽(河川放流)	1.0	372	0.0	288	0.2	288	0.2	0.1		
		沈殿槽(地下浸透)	4.6	416	0.3	334	0.4	337	0.4	0.1		
		無処理										
		小計		19,525	4.0	22,623	3.2	22,626	3.2	-0.8		
	産 業 系	中 計	湖沼特定事業場	g/m3			35.5		25.5		25.5	-10.0
			工場・事業場				13.2		13.0		15.7	-0.2
			上記以外の製造事業場				4.2		0.1		0.1	-4.1
事業場一般						1.3		1.3		1.3	0.0	
一般		温泉	2.2	24,559	19.7	26,784	21.4	26,784	21.4	1.7		
		ガス井戸	26.4	632	19.8	537	16.9	537	16.9	-3.0		
		小計			58.2		52.7		55.4	-5.5		
		水産	養殖(網いけす)	g/kg	133.8	kg/d	82	4.9	68	4.1	68	4.1
中 計		中計			63.1		56.8		59.4		-6.3	
		畑	g/ha・d	64.5	ha	2,239	145.8	2,131	138.7	2,131	138.7	-7.0
		水田(慣行)	105.8	2,865	74.2	2,809	72.8	2,809	72.8	-1.5		
		水田(施肥田植)	105.8	173	3.2	192	3.6	192	3.6	0.4		
そ の 他		山林・原野	46.1	39,838	629.4	39,927	630.8	39,927	630.8	1.4		
		市街地	104.4	8,045	240.5	8,085	241.7	8,085	241.7	1.2		
		降雨	65.9	1,330	21.5	1,330	21.5	1,330	21.5	0.0		
	小計			54,490	1114.7		1109.2		1109.2	-5.5		
合 計					1213.3		1191.4		1194.1	-21.8		

表 1-7(3) 排出負荷量の算定(全りん)

汚濁負荷発生源			原単位		7 人 単 位	現状 令和3年度		対策あり 令和8年度		対策なし 令和8年度		対策実施後の 汚濁負荷量の増減 (B) - (A) (kg/d)		
			単 位	数 量 (g/d)		フ レ ー ム	汚 濁 負 荷 量 (A) (kg/d)	フ レ ー ム	汚 濁 負 荷 量 (B) (kg/d)	フ レ ー ム	汚 濁 負 荷 量 (C) (kg/d)			
生 口	常 住	合併処理	白樺湖特定環境公共下水道	g/d・人	7.0	人	0	0.0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	
			合併処理浄化槽(河川放流)		3.1		787	0.6	648	0.5	646.0	0.5	-0.1	
			合併処理浄化槽(地下浸透)		0.7		3,118	0.2	2,703	0.2	2,703.0	0.2	0.0	
			流域下水道(系外放流)		0.0		164,446	0.0	160,313	0.0	160,142	0.0	0.0	
		し尿	し尿単独処理施設		0.0		1,760	0.0	1,627	0.0	1,627	0.0	0.0	
			単独浄化槽(河川放流)		3.1		230	0.2	186	0.1	196	0.1	0.0	
			単独浄化槽(地下浸透)		0.7		40	0.0	29	0.0	29	0.0	0.0	
		雑排水	沈殿槽(河川放流)		13.5		452	0.1	365	0.1	365	0.1	0.0	
			沈殿槽(地下浸透)		4.2		476	0.0	461	0.0	461	0.0	0.0	
			無処理		19.2		316	0.1	230	0.1	240	0.1	0.0	
		小計						171,625	1.3	166,562	1.1	166,409	1.1	-0.2
	活 泊 客	観 光 客	合併処理	白樺湖特定環境公共下水道		6.0		0	0.0	0	0.0	0	0.0	0.0
				合併処理浄化槽(河川放流)		2.6		307	0.3	206	0.1	206	0.1	-0.2
				合併処理浄化槽(地下浸透)		0.6		227	0.0	150	0.0	150	0.0	0.0
				流域下水道(系外放流)		0.0		2,921	0.0	3,178	0.0	3,179	0.0	0.0
		し尿	し尿単独処理施設		0.0		202	0.0	135	0.0	136	0.0	0.0	
			単独浄化槽(河川放流)		2.6		244	0.2	163	0.1	161	0.1	-0.1	
			単独浄化槽(地下浸透)		0.6		201	0.0	132	0.0	132	0.0	0.0	
		雑排水	沈殿槽(河川放流)		11.5		164	0.1	108	0.0	108	0.0	0.0	
			沈殿槽(地下浸透)		3.6		247	0.0	164	0.0	164	0.0	0.0	
			無処理		16.3		236	0.2	158	0.1	157	0.1	-0.1	
		小計						4,749	0.9	4,395	0.3	4,394	0.3	-0.5
系 観 光 客		日 帰 り 客	合併処理	白樺湖特定環境公共下水道		1.7		0	0.0	0	0.0	0	0.0	0.0
				合併処理浄化槽(河川放流)		0.7		476	0.1	396	0.1	395	0.1	0.0
				合併処理浄化槽(地下浸透)		0.2		319	0.0	247	0.0	247	0.0	0.0
				流域下水道(系外放流)		0.0		16,632	0.0	20,324	0.0	20,322	0.0	0.0
		し尿	し尿単独処理施設		0.0		282	0.0	231	0.0	234	0.0	0.0	
			単独浄化槽(河川放流)		0.7		425	0.0	332	0.1	332	0.1	0.0	
			単独浄化槽(地下浸透)		0.2		342	0.0	265	0.0	265	0.0	0.0	
		雑排水	沈殿槽(河川放流)		3.2		261	0.0	206	0.0	206	0.0	0.0	
			沈殿槽(地下浸透)		1.0		372	0.0	288	0.0	288	0.0	0.0	
			無処理		4.6		416	0.0	334	0.0	337	0.0	0.0	
		小計						19,525	0.2	22,623	0.2	22,626	0.2	0.0
	産 業 系	中 産 業	湖沼特定事業場		g/m3		m3/d		2.4		1.7		1.7	-0.7
			工場・事業場					2.4		2.4		2.4		0.0
			上記以外の製造事業場					0.4		0.0		0.0		-0.4
			事業場一般					0.1		0.1		0.1		0.0
温泉				2.2		24,559	2.0	26,784	2.1	26,784	2.1	26,784	2.1	0.2
水産			26.4		632	2.1	537	1.8	537	1.8	537	1.8	-0.3	
		小計						7.0		6.4		6.5	-0.6	
		養殖(網いけす)		g/kg	133.8	kg/d	82	1.0	68	0.8	68	0.8	-0.2	
		中計						8.0		7.3		7.3	-0.7	
そ の 他		畑 水 田 山 林 市 街 地 降 雨	畑		g/ha・d	64.5	ha	2,239	2.1	2,131	2.0	2,131	2.0	-0.1
	水田(慣行)				105.8		2,865	5.3	2,809	5.2	2,809	5.2	-0.1	
	水田(施肥田植)				105.8		173	0.3	192	0.3	192	0.3	0.0	
	山林・原野				46.1		39,838	28.3	39,927	28.3	39,927	28.3	0.1	
	市街地				104.4		8,045	10.2	8,085	10.3	8,085	10.3	0.1	
	降雨				65.9		1,330	1.1	1,330	1.1	1,330	1.1	0.0	
	小計							54,490	47.3		47.2		47.2	-0.1
合 計							57.6		56.1		56.2	-1.5		

流入汚濁負荷割合及び負荷量比較



図 1.3 諏訪湖の排出負荷量の比較

## (2) 流入負荷量 (L-Q 式による算出)

第 7 期諏訪湖水質保全計画では、排出負荷量を流入負荷量として 1 ボックスモデルの第 1 層に与えていたが、本モデル構築においては、流入河川において実測された流量と水質濃度を用いて L-Q 式を作成し、気象条件の異なる複数年度の負荷量条件の作成と、その条件を用いた水質再現計算を行うものとした。

常時監視が行われている上川、宮川、砥川、横河川の H24 (2012) ~R03 (2021) の直近 10 年間の実測値を用いて COD、T-N、T-P の L-Q 式を作成したが、H29 (2017) 年度以前と以降では傾きに差があったため、L-Q 式は H29 (2017) 年度以前と以降に分けることとした。さらに、洪水期、非洪水期 (非融雪期、融雪期) に分けて L-Q 式を作成した。それぞれの L-Q 式を図 1.5 に示す。



図 1.4 諏訪湖流入河川一覧

(出典：諏訪湖流入河川の水質一斉調査 (信州大学環境科学年鑑(2008))

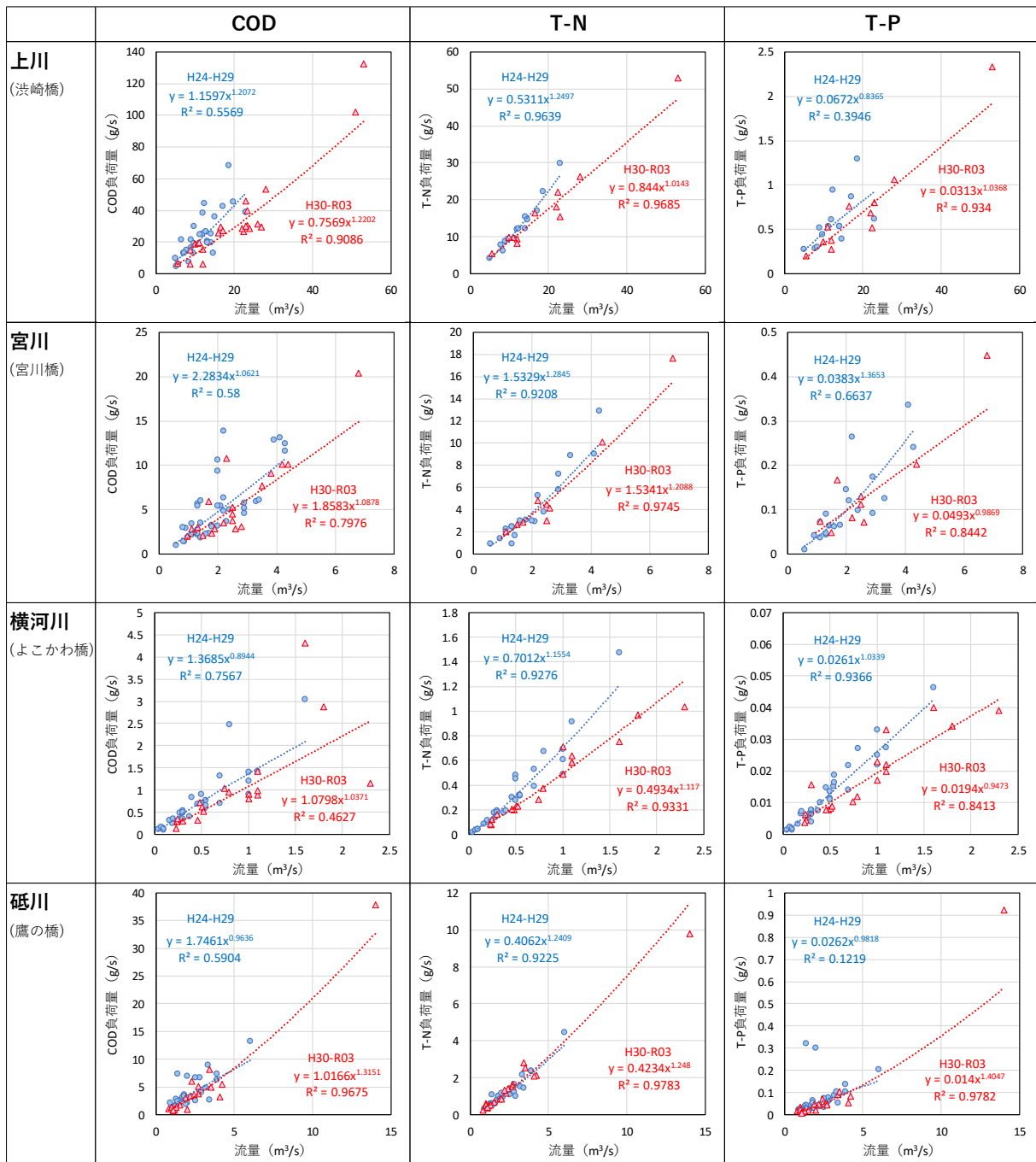


図 1.5(1) 洪水期(6/1~10/15)のL-Q式

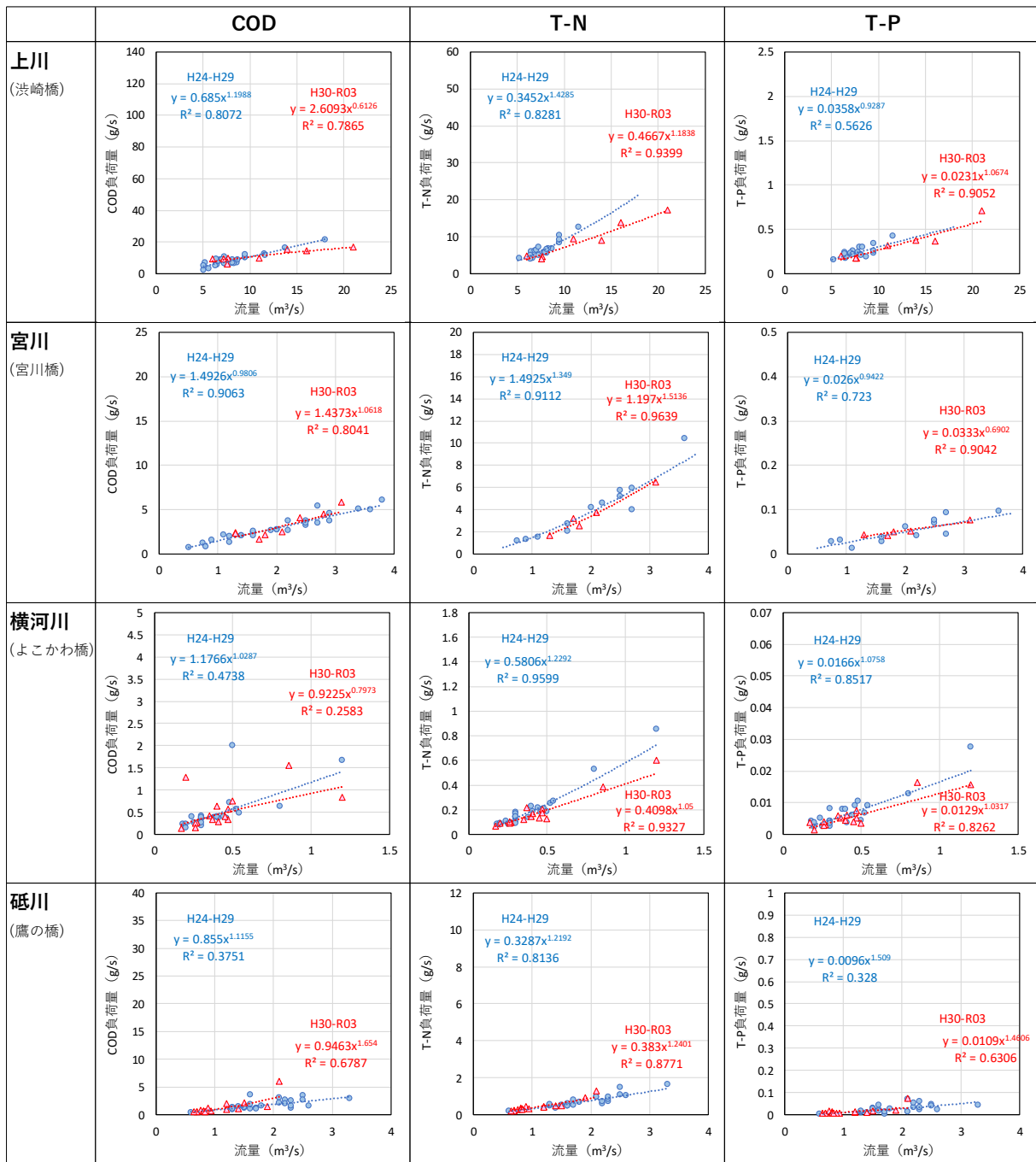


図 1.5(2) 非洪水期(非融雪期、10/16~2/28)のL-Q式

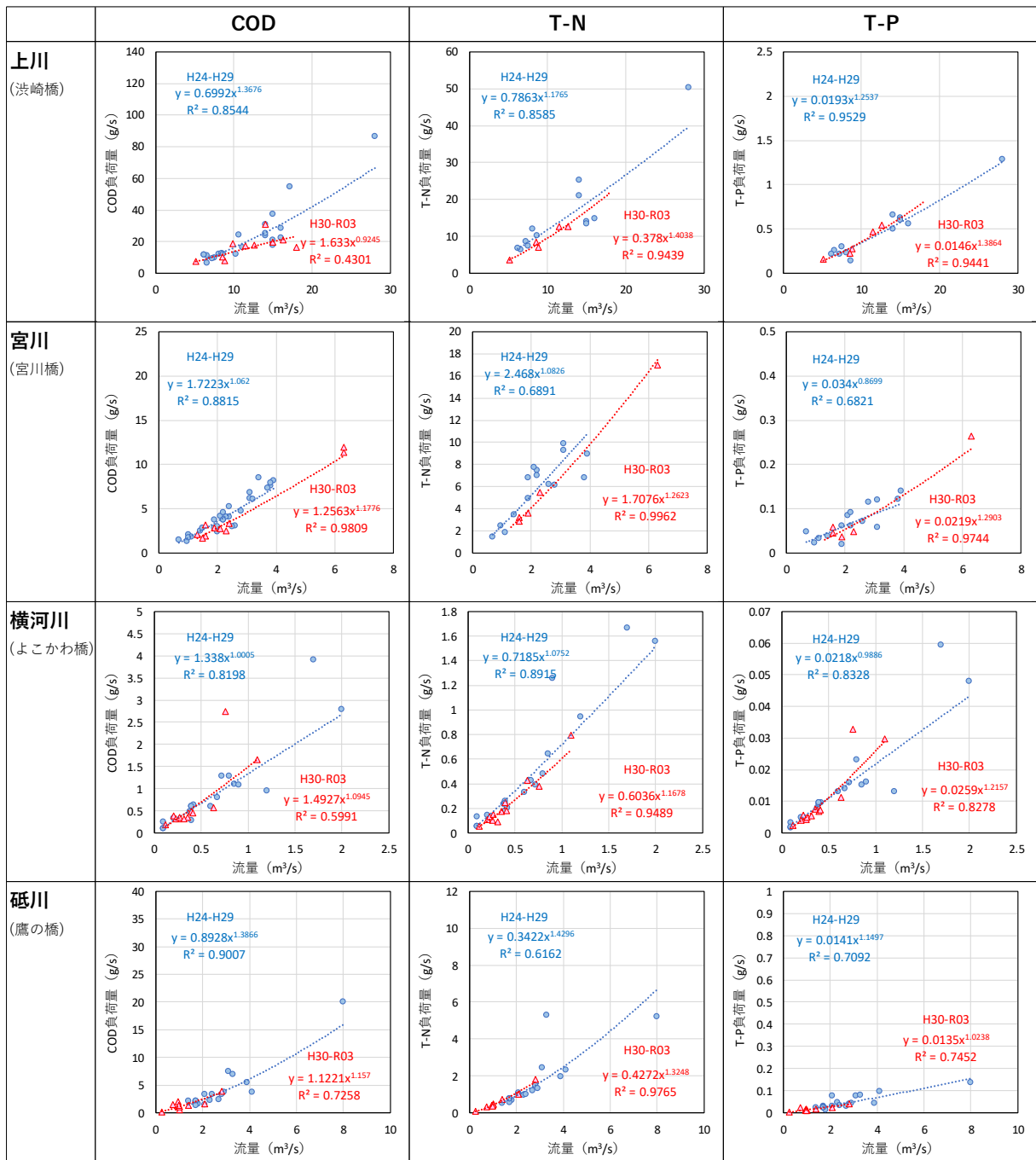


図 1.5(3) 非洪水期(融雪期、3/1~5/31)のL-Q式



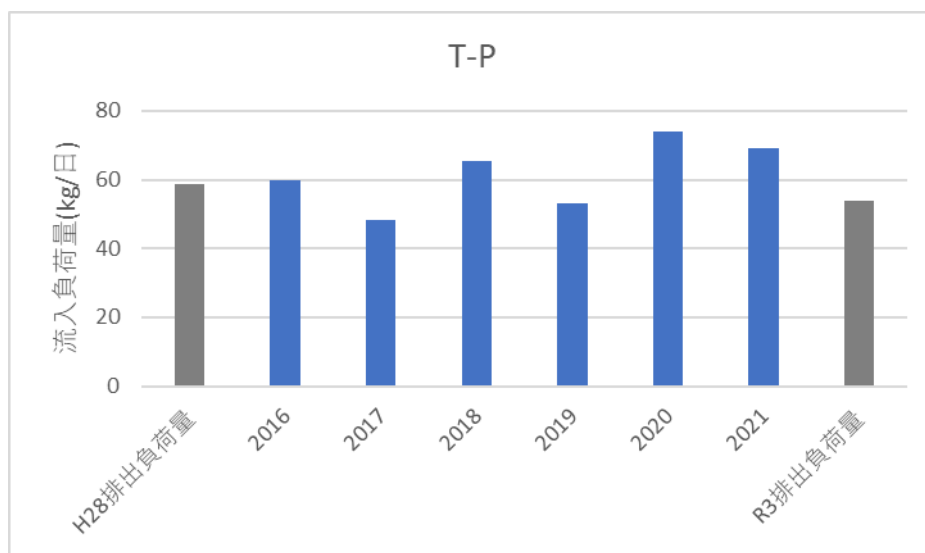
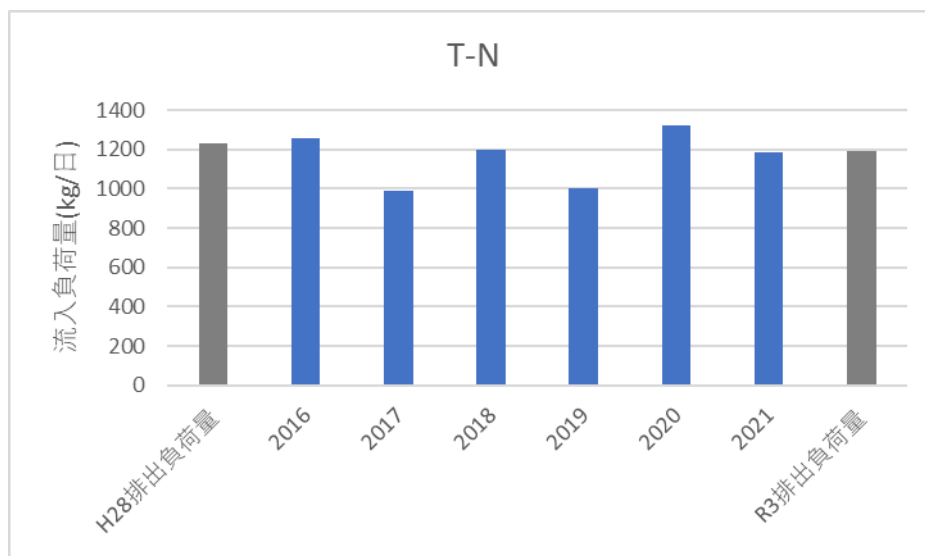
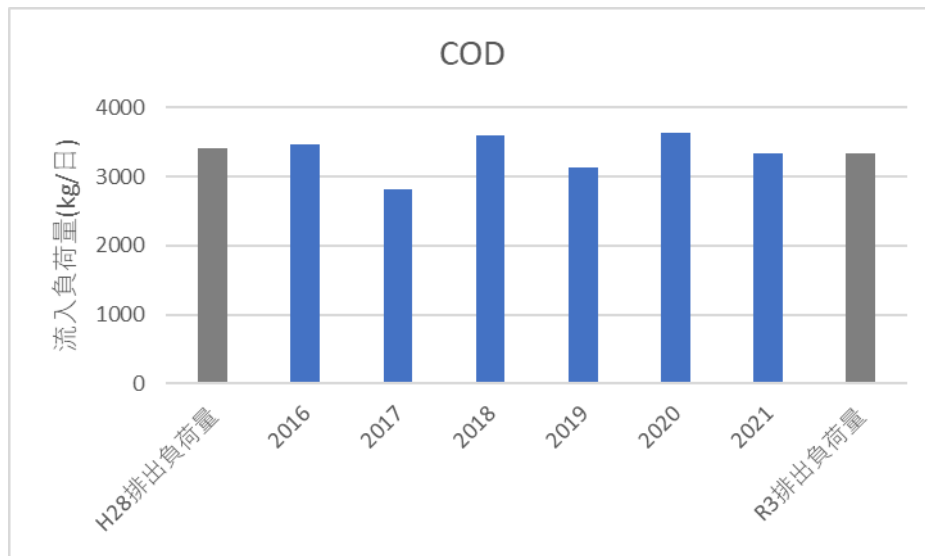


図 1.6 排出負荷量とL-Q式から算出した流入負荷量

(全窒素の L-Q 式の変化について)

参考として、第 7 期計画期間の実測値を用いて年ごとに作成した L-Q 式 (赤線) を図 1.7 に示す。2017 (平成 29) 年度とそれ以降では傾きに差があることがわかる。

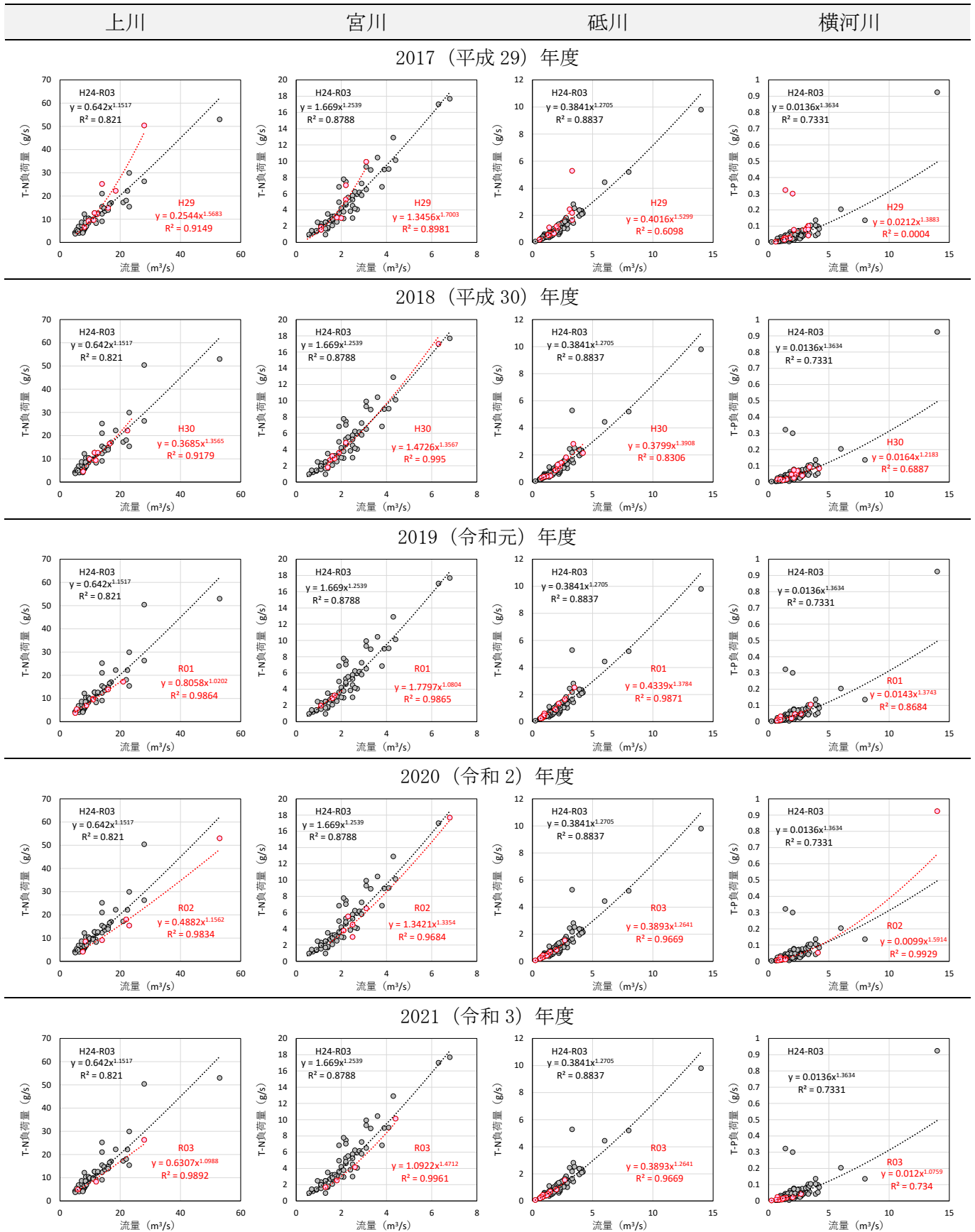


図 1.7 (参考) 単年で作成した L-Q 式 (赤線)

## 2. 水質現況再現計算結果

現況再現計算として、環境基準地点である湖心、初島西、塚間川沖 200m における観測値とその地点に該当する計算格子の年度均濃度の比較図を図 2.2 に示す。

これらの結果より、水質の計算結果は全体的には観測結果と良い一致を示しており、水質モデルは諏訪湖内の水質の季節変化を再現できていると言える。



図 2.1 諏訪湖における定点観測地点

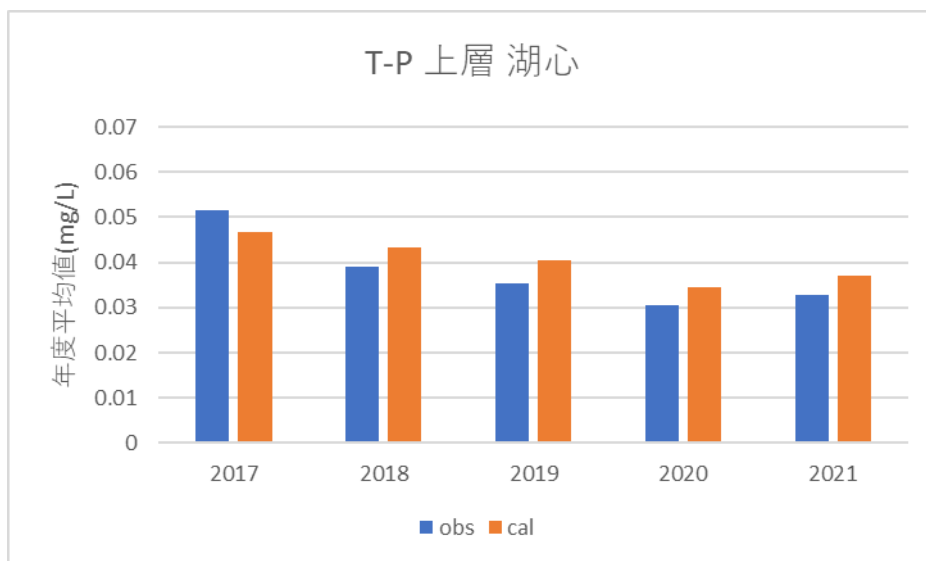
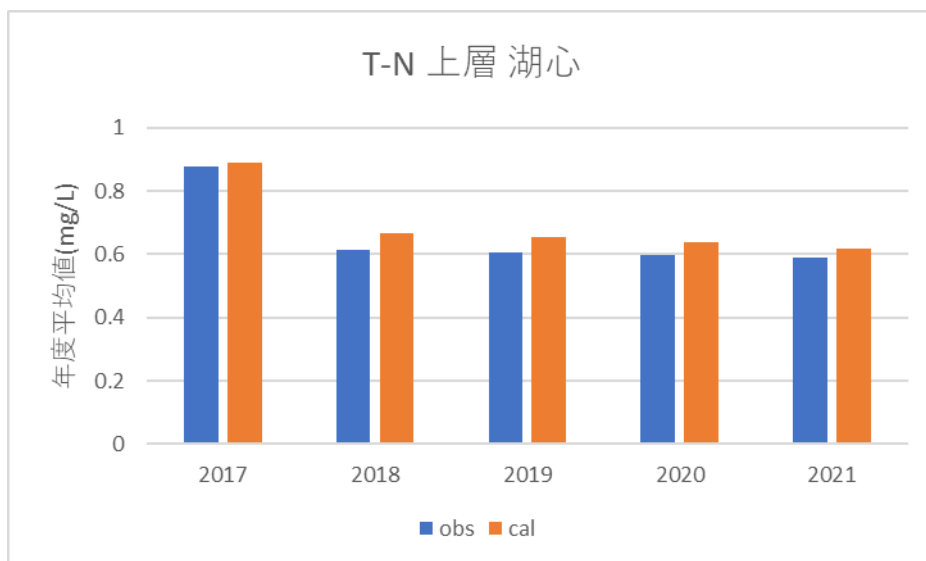
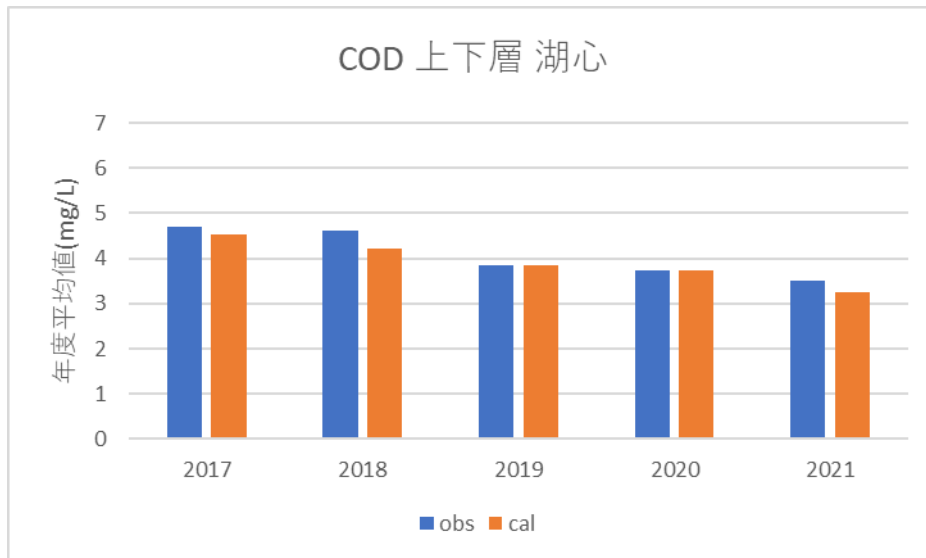


図 2.2(1) 実測値(obs)と計算結果(cal)の比較(湖心、2017～2021 年)

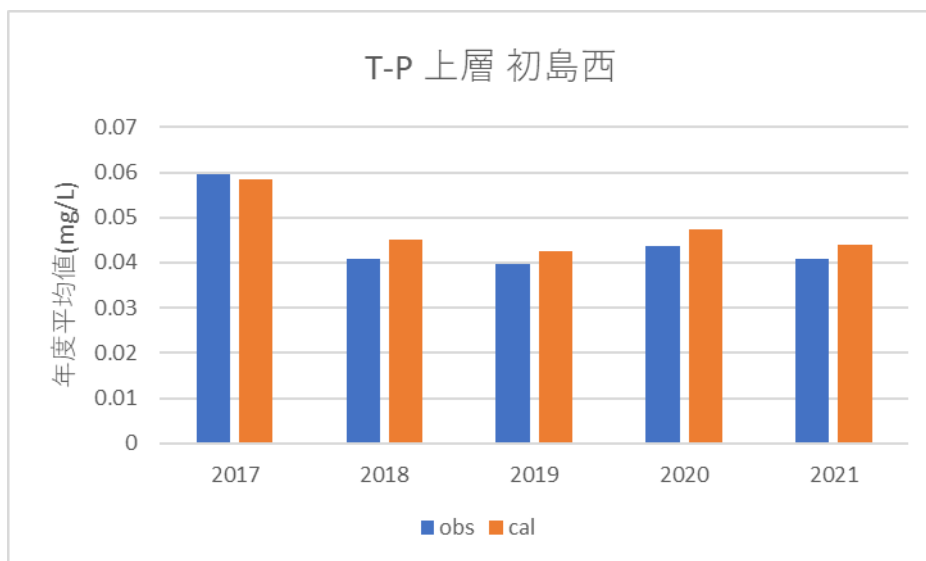
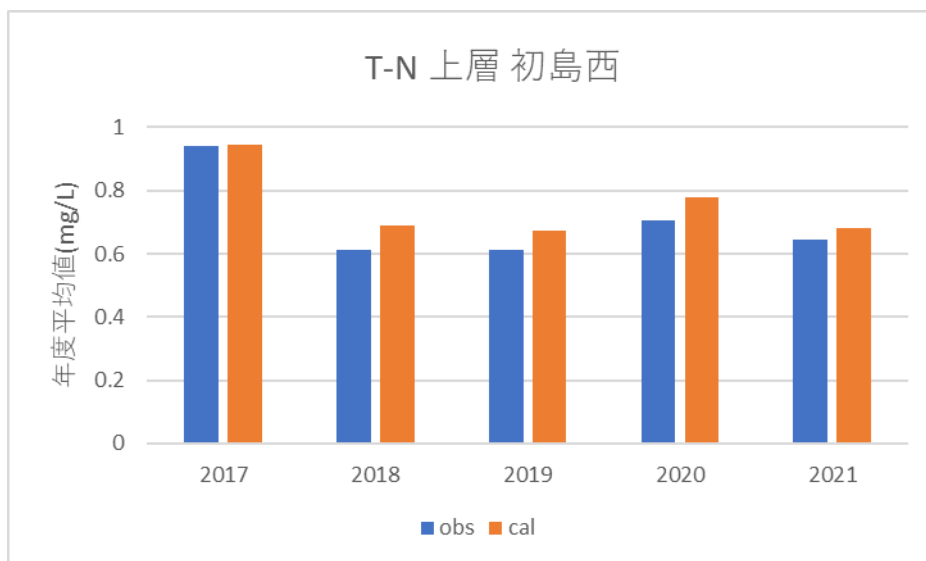
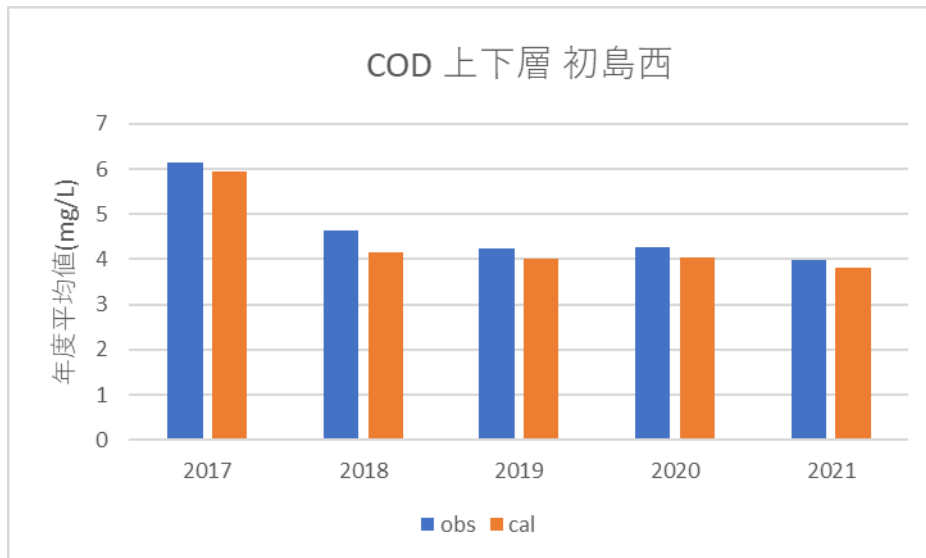


図 2.2(2) 実測値(obs)と計算結果(cal)の比較(初島西、2017~2021年)

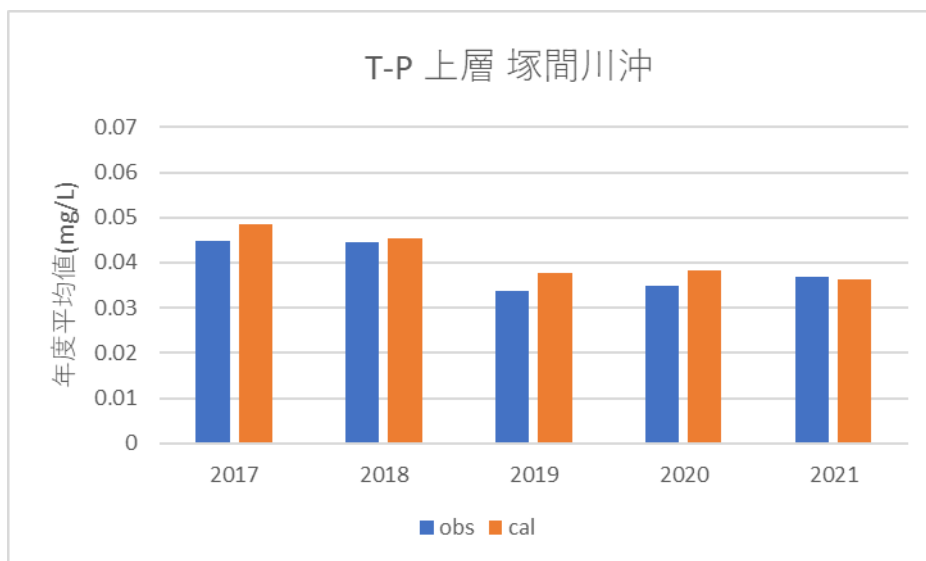
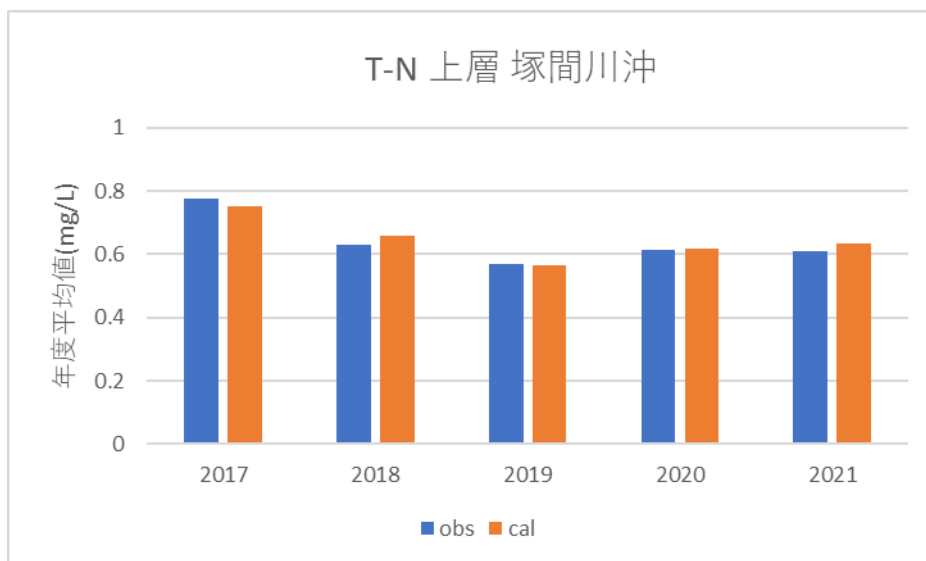
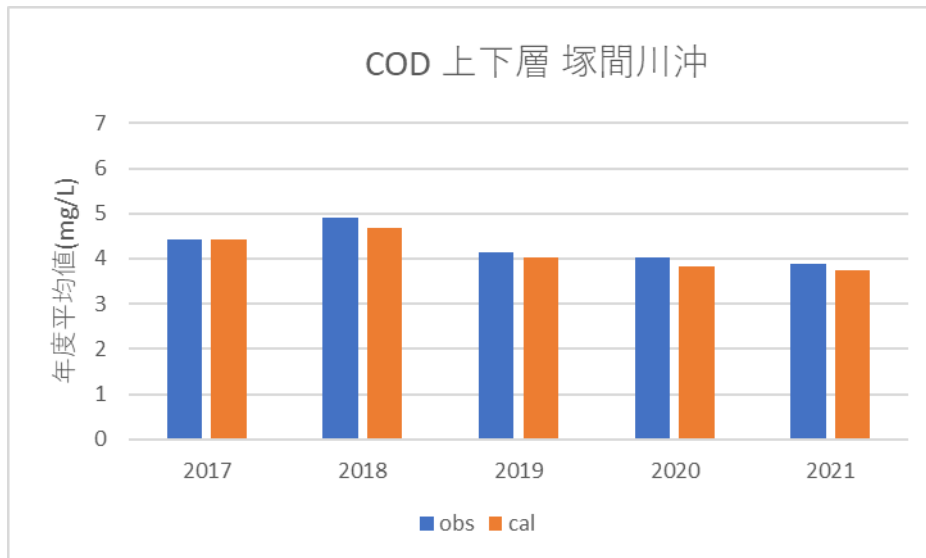


図 2.2(3) 実測値(obs)と計算結果(cal)の比較(塚間川沖 200m、2017～2021 年)

### 3. 将来水質予測計算について

#### 3.1 流入負荷量の考え方

将来負荷量条件は、排出負荷量の削減比率を流入負荷量に乘じ、その値から将来の浄化工法による負荷削減量を差し引いて設定した。現況と将来の排出負荷量については図 1.3 に示すとおりであり、浄化工法による負荷削減量は、資料 2-1 に記載されている値を参照した。資料 2-1 に記載されている各工法の負荷削減量を日当たりに換算したものを表 3-1 に示す。流入負荷量については、H29 (2017) 年度についても、H30 (2018) ~R3 (2021) 年度と同じ L-Q 式を用いて算出した。

表 3-1 各浄化工法による負荷削減量

	ヒシ刈取り	沈殿ピット	植生水路	覆砂	計
窒素(kgN/日)	13.25	0.06	1.48	0.2	1.74~14.99
りん(kgP/日)	1.46	0.40	0.096	0.02	0.52~1.98

設定する場所として、沈殿ピットは上川流域の負荷量を削減するものとし、植生水路は上川と中門川流域の負荷量を削減するものとした。覆砂については図 3.1 に示す水草の繁茂・刈取位置と覆砂実施場所を考慮して、図 3.1 左図の黒四角 (■) の 62,500m<sup>3</sup> を対象とした。なお、覆砂域の水草は繁茂できないとして計算している。また、ヒシの刈取りについては、510ton の 1.5 倍を刈り取るものとし、刈取り場所は、図 3.1 左図の黒点線付近を除く繁茂域として計算を行った。

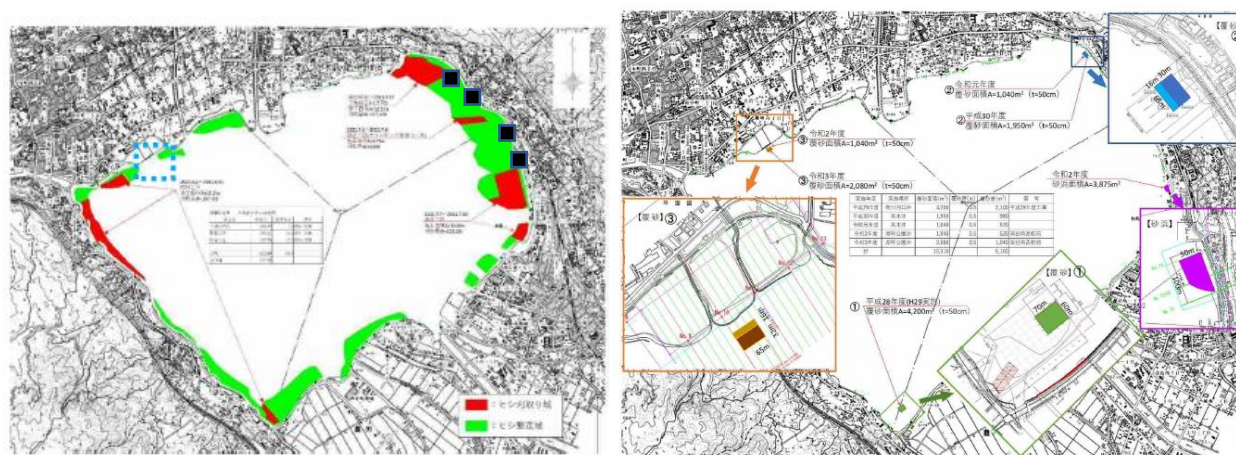


図 3.1 R3 水草繁茂・刈取位置(左)と覆砂実施場所(右)(第 2 回浄化工法検討委員会資料)

### 3.2 水質予測結果

2017（平成29）年～2021（令和3）年度の気象条件に基づいた各種条件を用いて、将来対策あり（図1.3に示すR8排出負荷量）とそれに各種浄化工法による負荷削減量を考慮した将来対策・浄化工法ありの水質予測計算を行った。その結果について、図3.2と表3-2に水質項目ごとの水質濃度を示した。

表 3-2(1) H29～R3 の実測値と将来水質予測値（COD（75%値）：5か年の平均値と最小～最大値）

(mg/L)	湖心	初島西	塚間川沖
実測値	4.54 ( 4.1 ～ 5.3 )	5.28 ( 4.8 ～ 6.4 )	4.96 ( 4.2 ～ 5.5 )
将来	4.44 ( 4.06 ～ 5.01 )	5.06 ( 4.74 ～ 5.72 )	4.81 ( 4.16 ～ 5.45 )
将来・対策	4.40 ( 4.05 ～ 5.00 )	5.00 ( 4.73 ～ 5.58 )	4.77 ( 4.15 ～ 5.43 )

表 3-2(2) H29～R3 の実測値と将来水質予測値（COD（年平均値）：5か年の平均値と最小～最大値）

(mg/L)	湖心	初島西	塚間川沖
実測値	4.08 ( 3.58 ～ 4.68 )	4.70 ( 3.96 ～ 6.45 )	4.33 ( 4.04 ～ 4.88 )
将来	3.90 ( 3.50 ～ 4.55 )	4.45 ( 3.87 ～ 5.56 )	4.15 ( 3.92 ～ 4.79 )
将来・対策	3.85 ( 3.45 ～ 4.48 )	4.39 ( 3.81 ～ 5.50 )	4.09 ( 3.86 ～ 4.73 )

表 3-2(3) H29～R3 の実測値と将来水質予測値（T-N（年平均値）：5か年の平均値と最小～最大値）

(mg/L)	湖心	初島西	塚間川沖
実測値	0.658 ( 0.594 ～ 0.877 )	0.698 ( 0.613 ～ 0.940 )	0.641 ( 0.569 ～ 0.775 )
将来	0.633 ( 0.585 ～ 0.789 )	0.677 ( 0.605 ～ 0.846 )	0.620 ( 0.562 ～ 0.701 )
将来・対策	0.630 ( 0.580 ～ 0.788 )	0.668 ( 0.601 ～ 0.844 )	0.617 ( 0.560 ～ 0.700 )

表 3-2(4) H29～R3 の実測値と将来水質予測値（T-P（年平均値）：5か年の平均値と最小～最大値）

(mg/L)	湖心	初島西	塚間川沖
実測値	0.0382 ( 0.0305 ～ 0.0516 )	0.0449 ( 0.0398 ～ 0.0596 )	0.0391 ( 0.0338 ～ 0.0449 )
将来	0.0362 ( 0.0293 ～ 0.0456 )	0.0424 ( 0.0389 ～ 0.0519 )	0.0373 ( 0.0331 ～ 0.0436 )
将来・対策	0.0355 ( 0.0286 ～ 0.0449 )	0.0415 ( 0.0381 ～ 0.0510 )	0.0366 ( 0.0325 ～ 0.0428 )



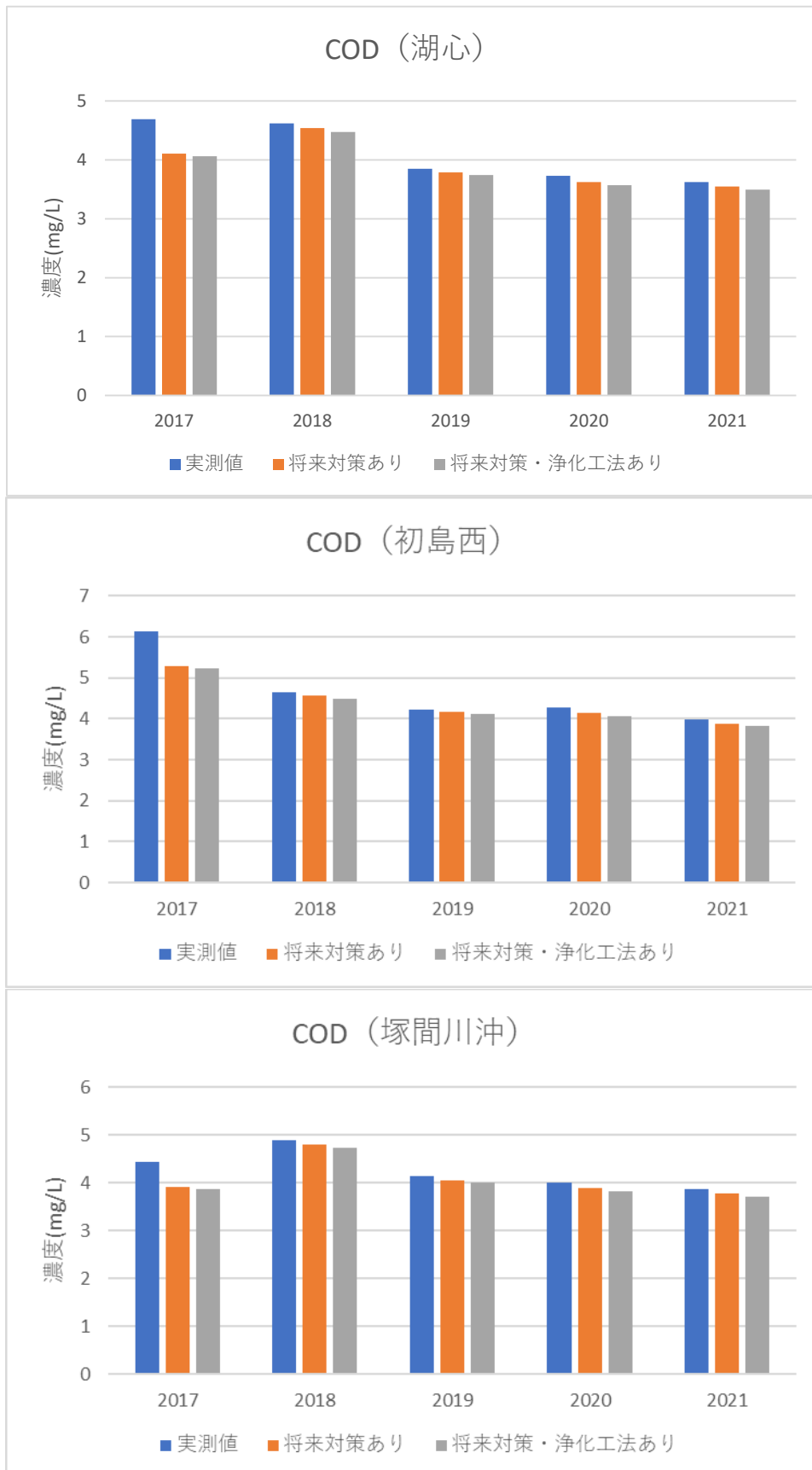


図 3.2(1) 水質予測結果(COD、年平均値)

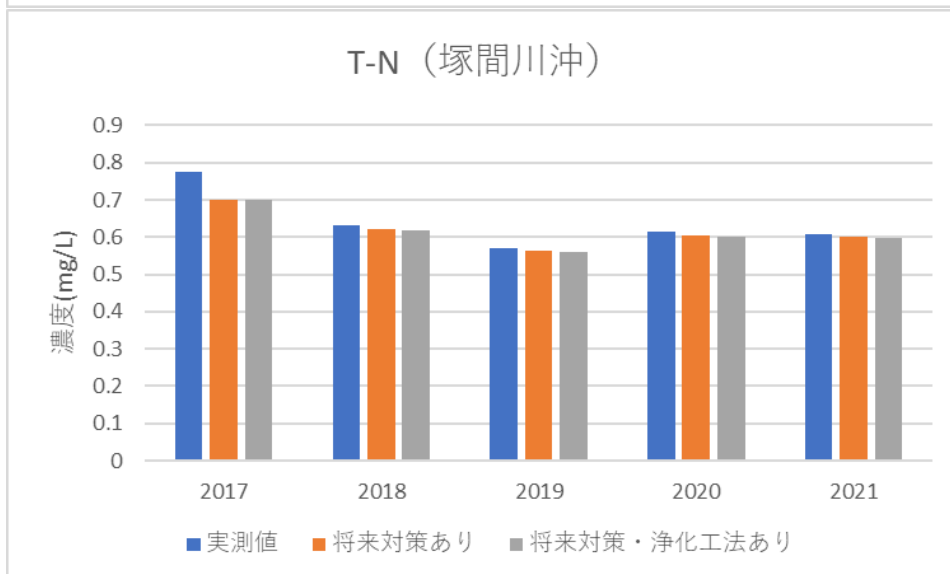
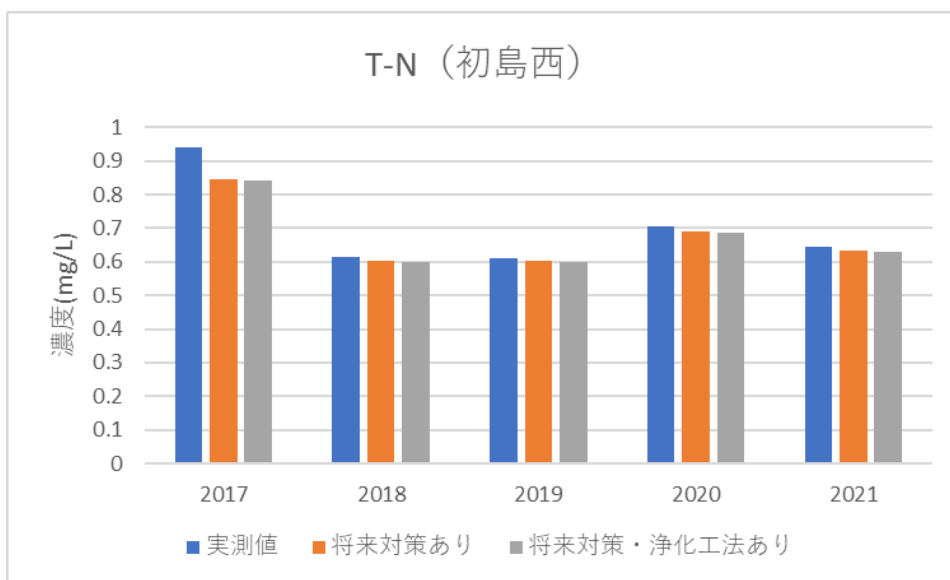
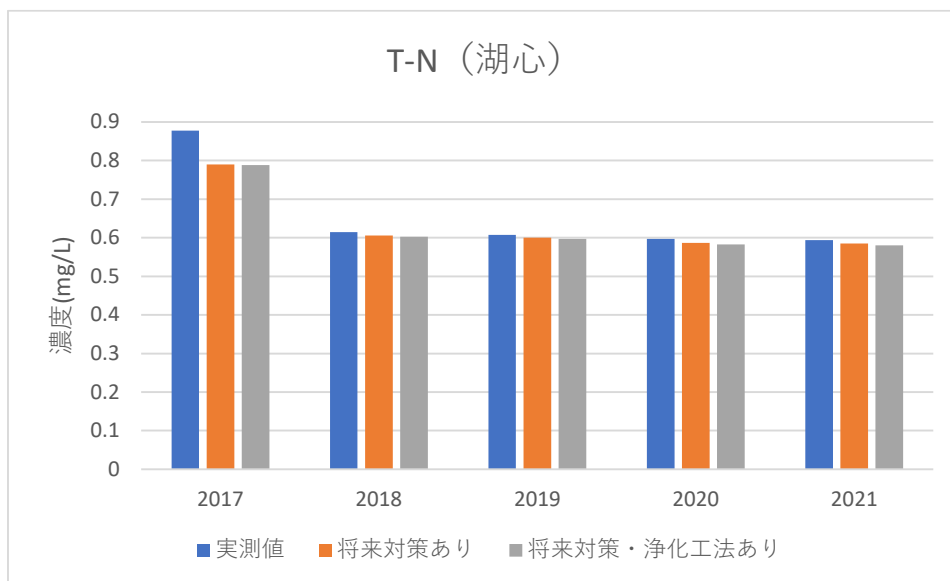


図 3.2(2) 水質予測結果(T-N、年平均値)

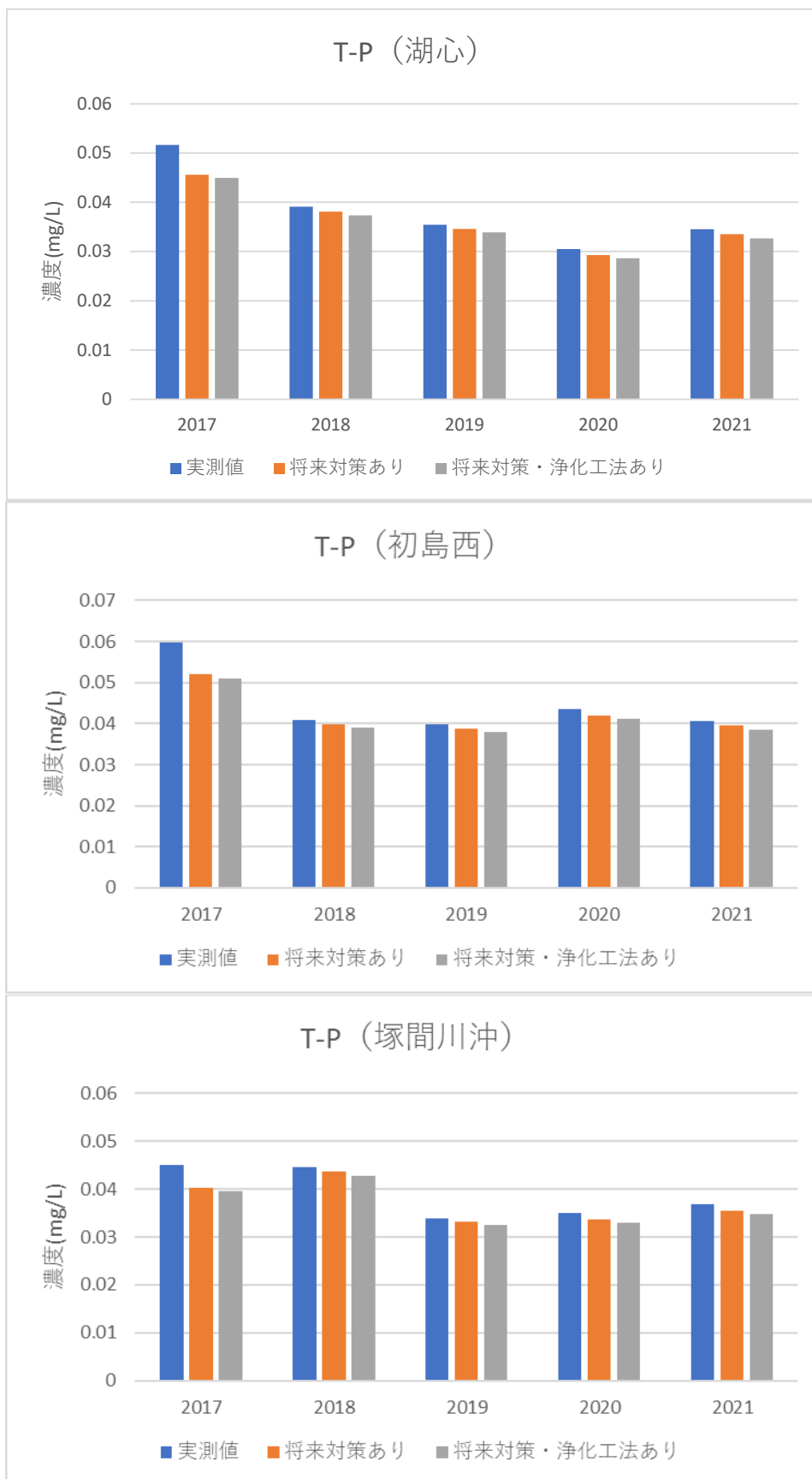


図 3.2(3) 水質予測結果(T-P、年平均値)

### 3.3 水質目標値案

第7期湖沼計画期間の水質濃度の変動と水質予測結果から、第8期湖沼計画の水質目標値案を検討した。

全りんに関しては、第7期湖沼計画期間の水質濃度において顕著な上昇傾向はみられず、水質予測結果においても環境基準を下回る濃度レベルであることが予測されていることから、第7期に引き続き、現状水準の維持を目標とした。

全窒素に関しては、第7期湖沼計画期間の水質濃度において低下傾向が見られており、その要因として、流域対策による流入河川の長期的な窒素濃度の低下と、出水時には短期的に窒素濃度の低い河川水が流入していると推察されている。水質予測結果においては気象条件の違いにより 0.60~0.84mg/L の濃度の幅を取ると考えられるが、特異的に濃度が高かった平成29(2017)年度の気象条件下の予測結果を除いた4か年での予測平均値は0.63mg/Lであり、現状の令和3年度が0.62mg/Lであることから、水質目標値は第7期の目標値0.65mg/Lを引き下げることができると考えた。ここでは、目標値は現状の令和3年度の濃度である0.62mg/Lとした。

COD75%値については、第7期湖沼計画期間の水質濃度において目標値を達成した年度はなく、水質予測結果においても、気象条件の違いによる濃度の幅は4.8~5.6mg/Lであり、第7期目標値の4.8mg/Lをほとんど達成しない状況であった。このため、引き続き第7期目標値である4.8mg/Lを継続することとした。

COD年平均値については、現状(令和3年度)の水質濃度が3.9mg/Lであることと水質予測結果から、第7期目標値の4.4mg/Lを水質予測結果の平均値である4.1mg/Lに引き下げることとした。

(水質目標値)

項 目		水質目標 (令和8年度)	現状 (令和3年度)	第7期湖沼計画期間変動幅 (平成29~令和3年度)	環境 基準	(mg/L) 参考値 (令和8年度の 水質予測値)
COD	75%値	4.8	5.5	4.9~6.4	3	5.1 (4.8~5.6)
	(参考) 年平均値	4.1	3.9	3.9~5.2	-	4.1 (3.7~4.6)
全窒素	年平均値	0.62	0.62	0.61~0.94	0.6	0.67 (0.60~0.84)
全りん	年平均値	現状水準の維持	0.041	0.040~0.060	0.05	0.042 (0.038~0.051)

※COD(75%値)、全窒素及び全りんの年平均値は諏訪湖の環境基準点3地点の最高値とする。

※COD(年平均値)は、各環境基準点の年平均値を全地点で平均した値とする。

※「参考値(令和8年度の水質予測値)」は、水質予測モデルを用いて、過去5年の気象条件を与えて計算した令和8年度の「対策を講じた場合」の水質予測値の平均値。( )内は過去5年の気象条件をそれぞれ当てはめて計算した令和8年度の水質予測値の最小値と最大値。

※全窒素の参考値について、特異的に濃度が高かったH29(2017)年度の気象条件下での予測結果を除いた場合、予測平均値は0.63mg/Lとなる。

(参考:第7期湖沼計画期間における地点別の水質目標達成状況)

(mg/L)

項目	年度	湖心	初島西	塚間川沖 200m	3地点の 最高値	3地点の 平均値	水質目標 (令和3年度)	環境基準	
COD (全層)	75%値	H29(2017)	5.3	<b>6.4</b>	5.1	<b>6.4</b>	5.6	4.8	3
		H30(2018)	4.7	<b>5.0</b>	<b>5.0</b>	5.0	4.9		
		R01(2019)	4.2	<b>4.9</b>	4.2	4.9	4.4		
		R02(2020)	4.4	<b>5.3</b>	5.0	5.3	4.9		
		R03(2021)	4.1	4.8	<b>5.5</b>	5.5	4.8		
	(参考) 年平均値	H29(2017)	4.7	<b>6.5</b>	4.5	6.5	5.2	4.4	—
		H30(2018)	4.6	4.7	<b>4.9</b>	4.9	4.7		
		R01(2019)	3.9	<b>4.2</b>	4.1	4.2	4.1		
		R02(2020)	3.7	<b>4.3</b>	4.1	4.3	4.0		
		R03(2021)	3.6	4.0	<b>4.1</b>	4.1	3.9		
全窒素 (表層)	年平均値	H29(2017)	0.88	<b>0.94</b>	0.78	0.94	0.86	0.65	0.6
		H30(2018)	0.61	0.61	<b>0.63</b>	0.63	0.62		
		R01(2019)	0.61	<b>0.61</b>	0.57	0.61	0.60		
		R02(2020)	0.60	<b>0.70</b>	0.62	0.70	0.64		
		R03(2021)	0.59	<b>0.62</b>	0.62	0.62	0.61		
全りん (表層)	年平均値	H29(2017)	0.052	<b>0.060</b>	0.045	0.060	0.052	現状水準 の維持	0.05
		H30(2018)	0.039	0.041	<b>0.045</b>	0.045	0.042		
		R01(2019)	0.035	<b>0.040</b>	0.034	0.040	0.036		
		R02(2020)	0.031	<b>0.044</b>	0.035	0.044	0.036		
		R03(2021)	0.035	<b>0.041</b>	0.037	0.041	0.038		

■：水質目標(令和3年度)以下、■：環境基準以下、太字：3地点の最高値

※COD(75%値)、全窒素及び全りんの目標達成条件は「全ての地点で目標値以下」とされている。

※COD(年平均値、参考)の目標達成条件は「3地点の平均値が目標値以下」とされている。

(参考:第7期湖沼計画期間における地点別の透明度目標値達成状況)

(m)

項目	年度	湖心	初島西	塚間川沖 200m	3地点の 最低値	目標値 (令和3年度)	
透明度	年平均値	H29(2017)	1.3	<b>1.2</b>	1.4	1.3	
		H30(2018)	1.1	1.1	<b>1.0</b>		1.0
		R01(2019)	1.2	<b>1.1</b>	1.2		1.1
		R02(2020)	1.3	1.1	<b>1.0</b>		1.0
		R03(2021)	1.2	1.2	<b>1.2</b>		1.2

■：目標値(令和3年度)以上、太字：3地点の最低値

※透明度(年平均値)の目標達成条件は「全ての地点で目標値以上」とされている。