

第1回 利根川流域別下水道整備総合計画策定懇談会

現況水質再現計算（暫定）

令和5年7月20日

関東地方整備局 企画部 広域計画課

1. 上流・中流域 1.1 現況水質再現計算方法

- ◆ ブロック別排出負荷量、低水流量データを用いて、**一次減少反応式を用いたモデル**により代表水質を再現できるように流達率・浄化残率の設定を行った。

一次減少反応式： $L = L_0 \cdot 10^{-k_r \cdot t}$

L：t時間流下した後の汚濁負荷量

L_0 ：初期汚濁負荷量(=流達負荷量)

k_r ：自浄係数

t：流下時間

- ◆ 流達率・浄化残率の設定にあたっては、一定の設定方法を定め、**パラメータの客観性の確保**を図った。(p5~8参照)
- ◆ T-Nについては、現行基本方針において利根川本川中流域での地下水由来負荷量の影響が指摘されていることから、本調査においても**地下水由来の流入負荷量を見込む**こととした。(p3~4参照)

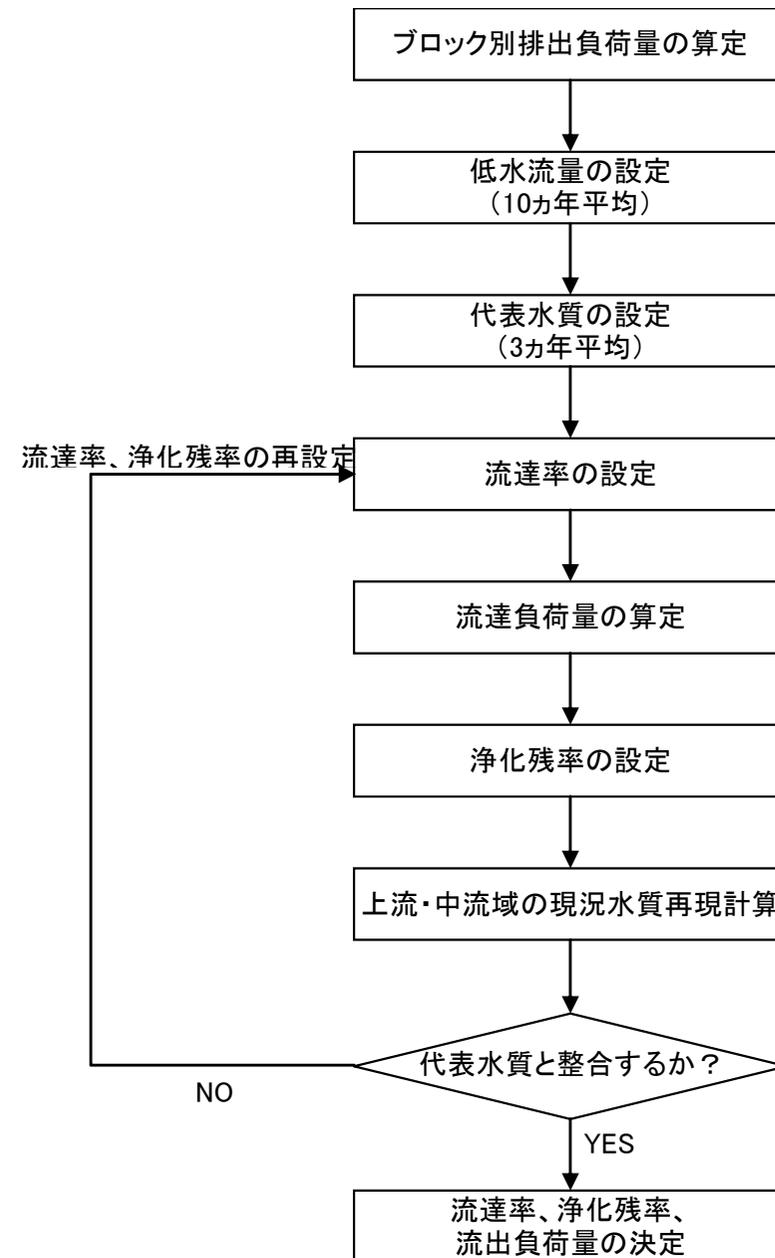


図 1.1 上流・中流域の現況水質再現計算フロー

1. 上流・中流域 1.2 地下水由来の流入負荷量の算定

- ◆ 利根川本川のT-N代表水質は**福島橋から徐々に上昇**しているが、流域からの負荷量のみではその水質上昇の再現が難しい。
- ◆ 水質上昇の見られる利根川中流域では、地下水の流入が比較的多いことが既往検討より明らかとなっていることから、現行基本方針と同様に利根川中流域（坂東大橋～利根大堰）では、**地下水からの流入負荷量を見込む**こととした。
- ◆ 地下水負荷量は、既往検討※における**地下水流入量に地下水水質を乗じて定量化**するものとした。

※既往検討：利根川中流域水収支検討業務 平成16年（利根川ダム統合管理事務所）

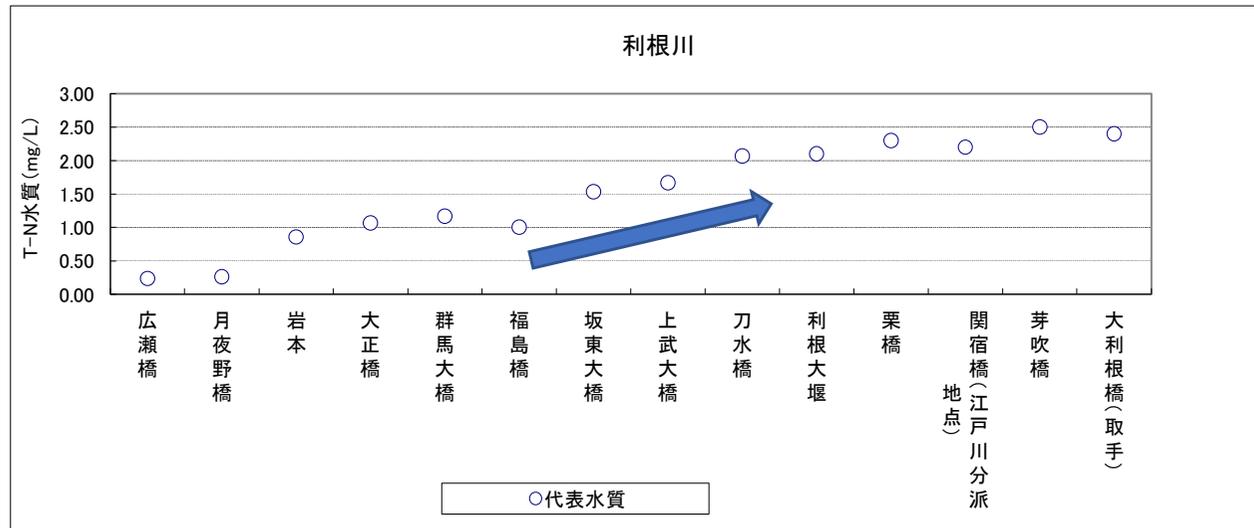


図 1.2 利根川本川の水質縦断図(T-N)

表 1.1 地下水負荷量の定量化方法

地下水流入区域	河川と周辺地形の標高の関係から、坂東大橋から利根大堰間で地下水が流入すると設定した。
地下水流入量	既往検討における水収支モデルによって定量化された地下水流入量
地下水水質	群馬県WEBページ、令和3年度データより <ul style="list-style-type: none"> ・硝酸性窒素と亜硝酸性窒素の合計値を使用 ・地下水流入区域内の各地点の水質を平均した値(6.55mg/L)を採用
地下水負荷量	地下水流入量 × 地下水水質

1. 上流・中流域 1.2 地下水由来の流入負荷量の算定

◆ 地下水の流入が見込まれる坂東大橋（八斗島）～利根大堰間について、当該区間の流入支川は次の6河川、地下水流入は4ブロックである。

- ・ 流入支川：広瀬川、早川、小山川、石田川、休泊川、福川
- ・ 地下水流入ブロック：古戸上流右岸、古戸上流左岸、利根大堰右岸、利根大堰左岸

◆ 既往検討による地下水の水量、及び令和3年度現在の地下水水質から、地下水由来の負荷量を定量化すると次のとおりである。

表 1.2 地下水負荷量の定量化結果(T-N)

ブロック名	水量 (m ³ /s)	水質 (mg/L)	負荷量 (kg/日)
古戸上流右岸	1.1	6.55	622
古戸上流左岸	3.0	6.55	1,697
利根大堰右岸	1.2	6.55	679
利根大堰左岸	2.9	6.55	1,640
栗橋上流右岸	流入なし	-	-
栗橋上流左岸	流入なし	-	-
計	8.2		4,638

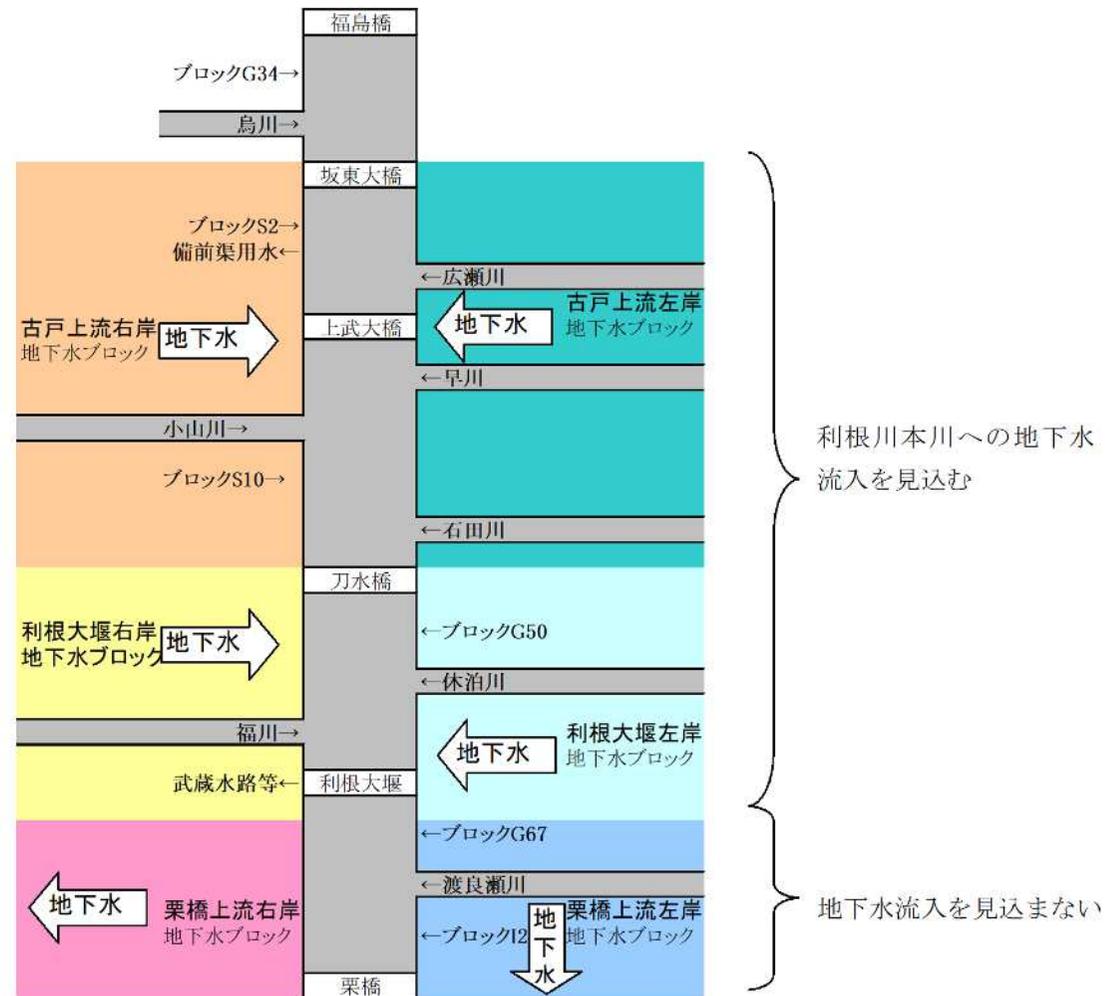


図 1.3 地下水・河川流入模式図

1. 上流・中流域 1.3 流達率、浄化残率の設定 (1)設定概要

- ◆ 流達率と浄化残率の設定は、利根川本川、主要支川、及び流入支川の各流域単位で独立して行うことで各流域の特性を反映し、各検討での浄化残率と流達率の設定結果を統合して流域全体の水質再現を行うことで流域全体の精度向上を図る。
- ◆ また、流達率と浄化残率の設定においては、流総指針に示される流達率標準値及び自浄係数の範囲を参考に、流域特性を踏まえた設定を行うことでパラメータの客観性を確保するものとした。

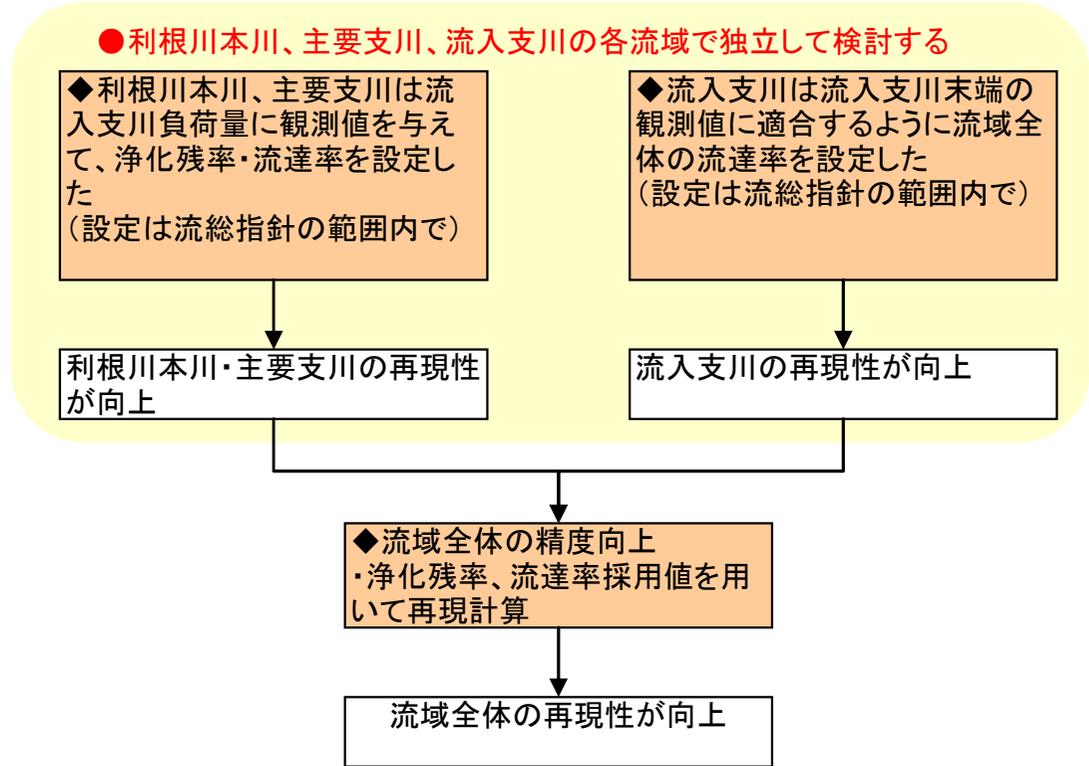


図 1.4 流達率、浄化残率設定フロー

表 1.3 流総指針のBOD流達率標準値

流達率	農村部	0.0~0.20	流達率は主として側溝、排水路の整備状況によって決まると考えられる
	市街地部	0.1~0.6	
	周辺地区		
	中心地区		
	公共下水道	1.0	

出典：流総指針

1. 上流・中流域 1.3 流達率、浄化残率の設定 (2)流達率の設定

- ◆ BODのブロック別流達率は、流総指針に示されるBOD流達率の標準値を基に**上限、中間、下限値を設定**するものとし、CODはBODと同様の有機汚濁指標でありBODと同様の傾向を示すと考えられることから、BODと同様の値とした。
- ◆ T-N、T-Pの流達率は、既往の調査事例（閉鎖性水域における事例、河川における調査事例）により**0.8前後を設定**した。
- ◆ 各ブロックに適用する流達率は市街化の状況に応じて設定するものとし、**人口密度を用いて上限、中間、下限値を選択**した。
 上限値：人口集中地区（DID）の判定基準4,000人/km²以上
 中間値：500～4,000人/km²
 下限値：農林統計における農業地域類型の基準指標500人/km²以下

表 1.4 BOD、COD流達率(上限、中間、下限値)

上限値

	BOD	COD	備考
生活系 市街地	1.0	1.0	流総指針:中心地区の上限値
生活系 非市街地	0.6	0.6	流総指針:周辺地域の上限値
産業系	1.0	1.0	流総指針:中心地区の上限値
畜産系	0.3	0.6	非市街地の上限値と中間値の比率で中間値を補正
施設系	1.0	1.0	流総指針:公共下水道と同様
面源系	1.0	1.0	

中間値

	BOD	COD	備考
生活系 市街地	0.8	0.8	流総指針:中心地区の中間値
生活系 非市街地	0.4	0.4	流総指針:農林部と周辺地域上限の中間値
産業系	0.8	0.8	流総指針:中心地区の中間値
畜産系	0.2	0.4	畜産系負荷量を主体とする水質基点での代表水質と計算水質から設定
施設系	1.0	1.0	流総指針:公共下水道と同様
面源系	1.0	1.0	

下限値

	BOD	COD	備考
生活系 市街地	0.6	0.6	流総指針:中心地区の下限値
生活系 非市街地	0.1	0.1	流総指針:周辺地域の下限値
産業系	0.6	0.6	流総指針:中心地区の下限値
畜産系	0.1	0.1	非市街地の下限値と中間値の比率で中間値を補正
施設系	1.0	1.0	流総指針:公共下水道と同様
面源系	1.0	1.0	

表 1.5 T-N、T-P流達率(上限、中間、下限値)

上限値

	T-N	T-P	備考
生活系	1.0	1.0	既往調査事例より設定
産業系	1.0	1.0	生活系と同様
畜産系	0.3	0.2	生活系の上限値と中間値の比率で中間値を補正
施設系	1.0	1.0	流総指針:公共下水道と同様
面源系	1.0	1.0	

中間値

	T-N	T-P	備考
生活系	0.8	0.8	既往調査事例より設定
産業系	0.8	0.8	生活系と同様
畜産系	0.2	0.1	畜産系負荷量を主体とする水質基点での代表水質と計算水質から設定
施設系	1.0	1.0	流総指針:公共下水道と同様
面源系	1.0	1.0	

下限値

	T-N	T-P	備考
生活系	0.6	0.6	既往調査事例より設定
産業系	0.6	0.6	生活系と同様
畜産系	0.2	0.1	生活系の下限値と中間値の比率で中間値を補正
施設系	1.0	1.0	流総指針:公共下水道と同様
面源系	1.0	1.0	

※畜産系の中間値は畜産系負荷量を主体とする水質基点での代表水質と計算水質から設定。
 また、上限値と下限値は非市街地の流達率比で補正した。小数点1位で切り上げとした。

※畜産系の中間値は畜産系負荷量を主体とする水質基点での代表水質と計算水質から設定。
 また、上限値と下限値は非市街地の流達率比で補正した。小数点1位で切り上げとした。

1. 上流・中流域 1.3 流達率、浄化残率の設定 (2)流達率の設定

◆ 設定した流達率を排出負荷量に乗じて流達負荷量を算出した。

BOD：生活系の割合が最も大きく全体の約6割を占める。次いで産業系と面源系の割合が大きい

COD：面源系と産業系の割合が大きく併せて全体の約7割を占める。次いで生活系の割合が大きい

T-N：面源系と産業系の割合が大きく併せて全体の約6割を占める。次いで施設系の割合が大きい

T-P：産業系の割合が最も大きく全体の約5割を占める。次いで施設系と生活系の割合が大きい

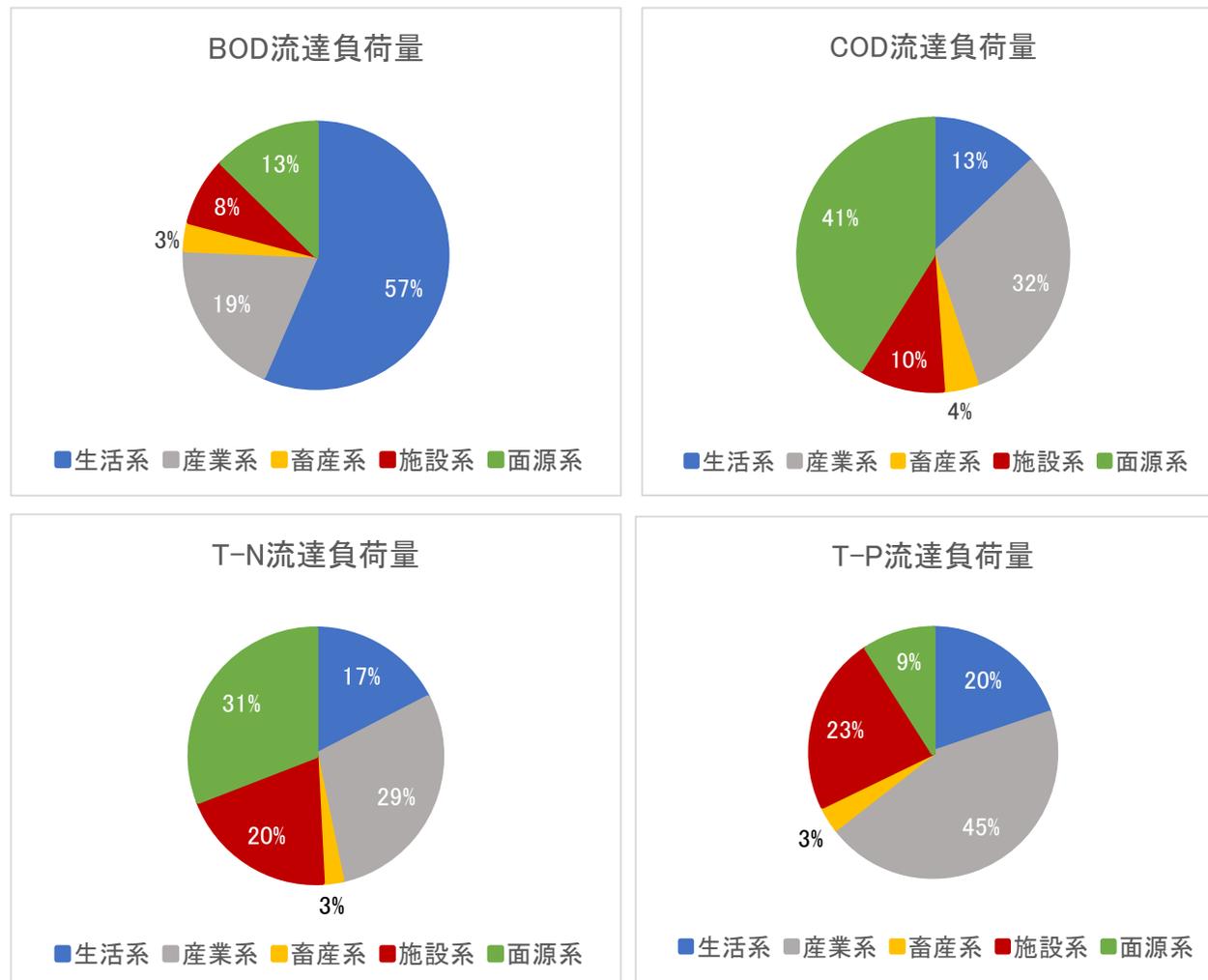


図 1.5 流達負荷量の定量化結果

1. 上流・中流域 1.3 流達率、浄化残率の設定 (3)浄化残率の設定

◆ 浄化残率の計算に用いる自浄係数は、原則として流総指針で示す範囲（0.05～10）において計算水質が代表水質と整合するよう設定した。（浄化残率 $R = 10^{-kr \cdot t}$ ここに、 kr ：自浄係数 t ：流下時間）

◆ なお、自浄係数の設定においては以下の点に留意した。

- 河川上下流で自浄係数を変化させる場合は、流速など河川環境の変化が激しく自浄係数への影響が大きいと考えられる河床勾配変化点付近を境界とした。
- 利根川本川の下流部や湖沼など閉鎖性の水域については、流総指針の範囲外の設定も可能とした。
- 発電所の送水区間では負荷量の変動はないものとし自浄係数を0とした。

表 1.6 自浄係数(kr)の設定結果

対象区間	BOD	COD	T-N	T-P	備考
利根川(上流部)	0.050	0.100	0.050	1.000	坂東大橋より上流
利根川(中流部)	0.050	0.050	0.100	0.050	坂東大橋～利根大堰
利根川(下流部)	0.050	0.050	0.050	0.050	利根大堰～布川
烏川	0.080	0.240	0.230	0.800	
渡良瀬川(上流部)	0.200	0.400	0.450	0.500	新開橋より上流
渡良瀬川(下流部)	0.050	0.050	0.050	0.050	新開橋から下流
鬼怒川	0.060	0.100	0.090	0.300	
小貝川	0.050	0.050	0.080	0.100	
上流域の中小河川	計算水質が代表水質と整合するよう			群馬県、埼玉県の中小河川	
下流域の中小河川	に各河川を設定			栃木県、千葉県の中小河川	

1. 上流・中流域 1.4 現況水質再現計算結果

◆ 現況水質再現一次計算結果は次のとおり。

利根川本川：全体として**変動傾向が概ね再現できている**。岩本と群馬大橋の代表水質が、BODのみ高めであり再現できていない。

上記以外：全体を通しては概ね再現できているが、**局所的に代表水質との乖離が見られる地点がある**。

◆ 今後は各種計算条件を**最新データに更新し**、局所的に乖離が大きい箇所について**再現性向上を図る**予定である。

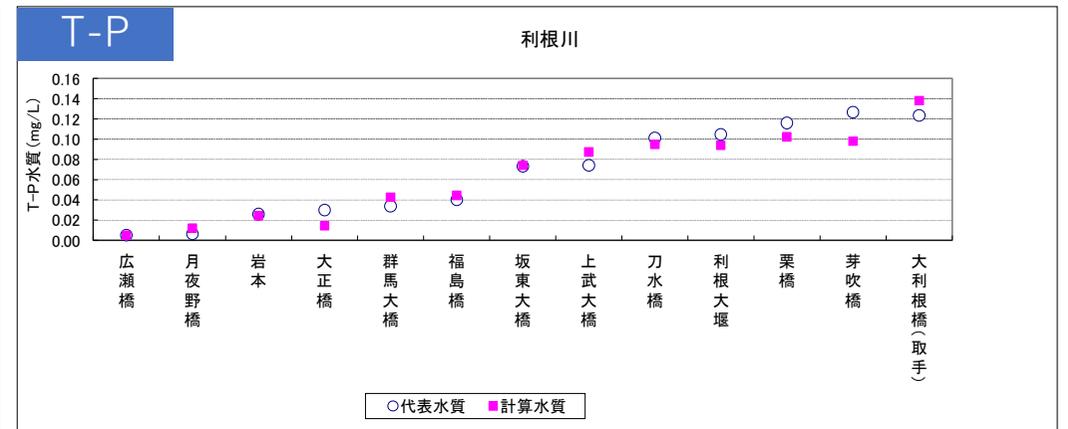
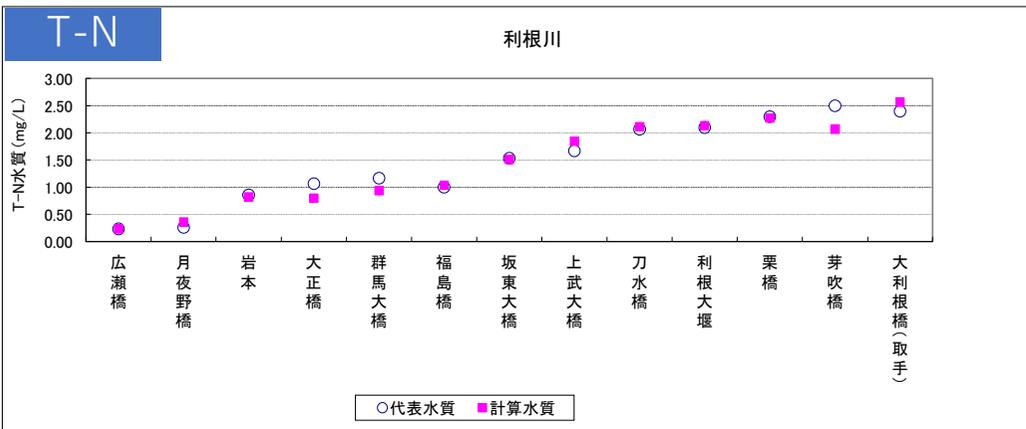
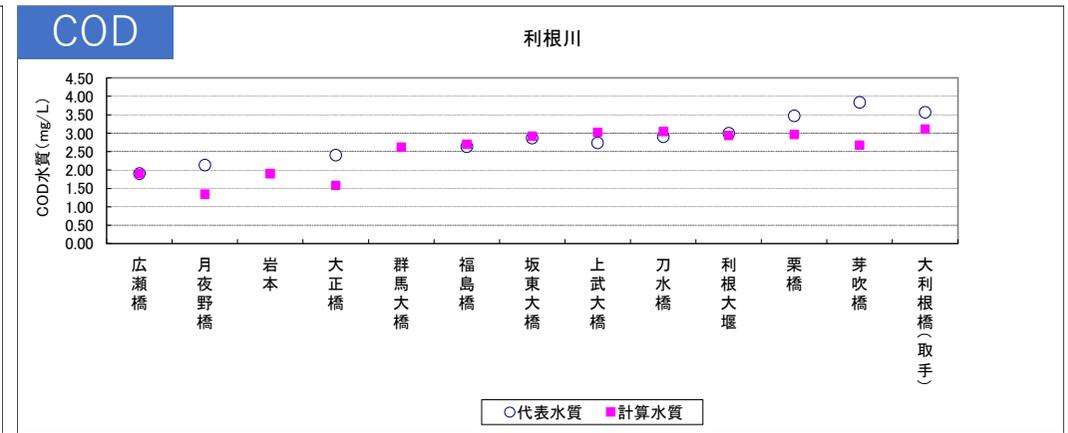
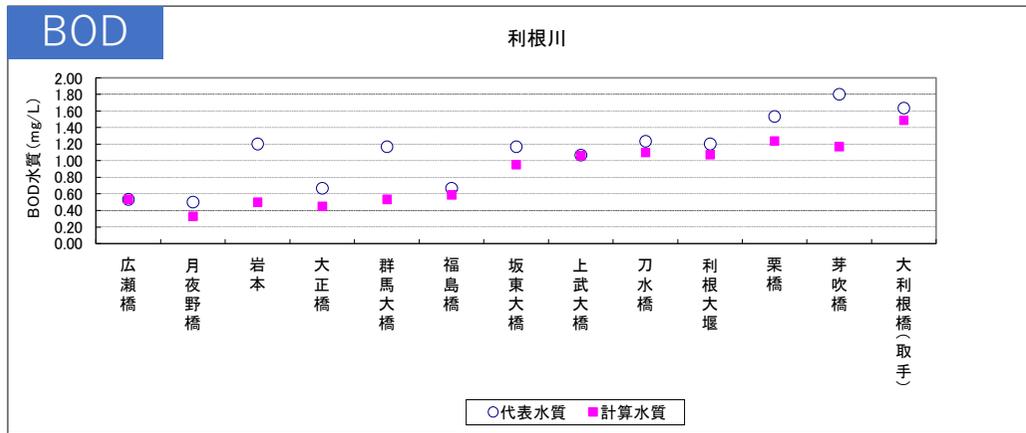


図 1.6 利根川本川の現況水質再現計算結果

2. 下流部湛水区間 2.1 汚濁解析方法の概要

- ◆ 下流部湛水区間の汚濁解析は、鉛直2次元水理・水質解析モデルを構築し、図 2.1に示す検討の流れに従って実施した。
- ◆ 現況再現計算は、令和2年度を対象として、助走計算期間1カ月を含めた13カ月間の連続計算を実施する。
- ◆ 計算の評価対象項目は、流況は水温、水質は河川的环境基準項目であるBODに加えて、富栄養化現象を再現性の検証のためCOD、T-N、T-P、Chl-aも評価対象水質項目とした。

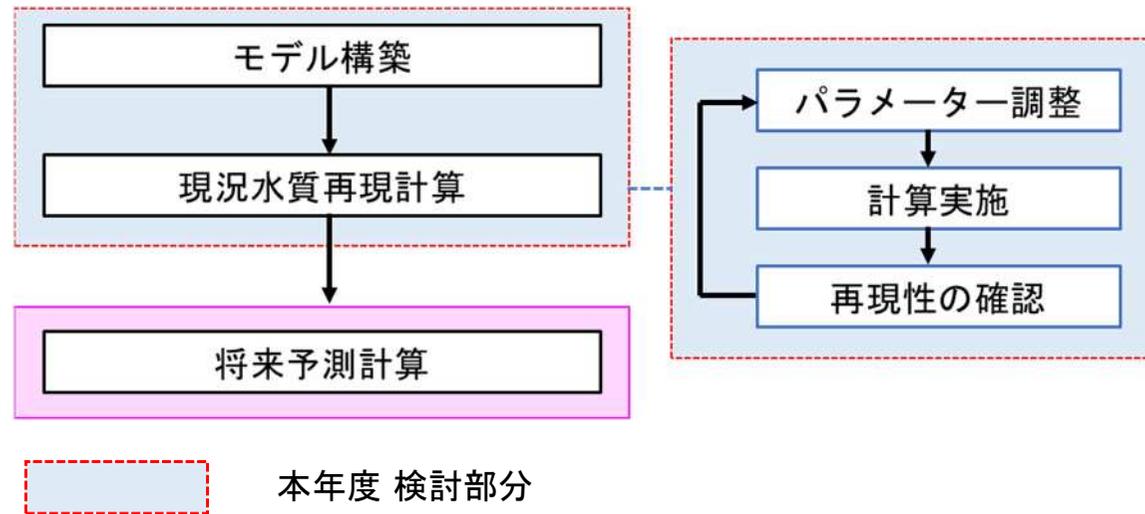


図 2.1 計算の検討の流れ

表 2.1 現況再現計算の概要

項目	内容
評価期間	2020[令和2]年3月1日～2021[令和3]年3月31日 (※2020[令和2]年3月1日～2020[令和2]年3月31日は助走計算期間とする。)
評価対象項目	・流況：水温（時系列および鉛直分布） ・水質：BOD、COD、T-N、T-P、Chl-a

2. 下流部湛水区間 2.2 流況解析モデルの構築 (1)地形のモデル化

- ◆ 下流部湛水区間の解析範囲は、布川(76.5km)～利根川河口堰(18.5km)の範囲とする。
- ◆ 河道横断測量結果(平成29年度)をもとに解析範囲を流下方向・鉛直方向に空間分割した。
- ◆ 河川の流下方向の空間分割は、河道横断面測量結果の測量間隔(約500m)に準じて分割した。
- ◆ 鉛直方向の層分割は、現行基本方針時の設定と同様の層厚0.5mで分割した。

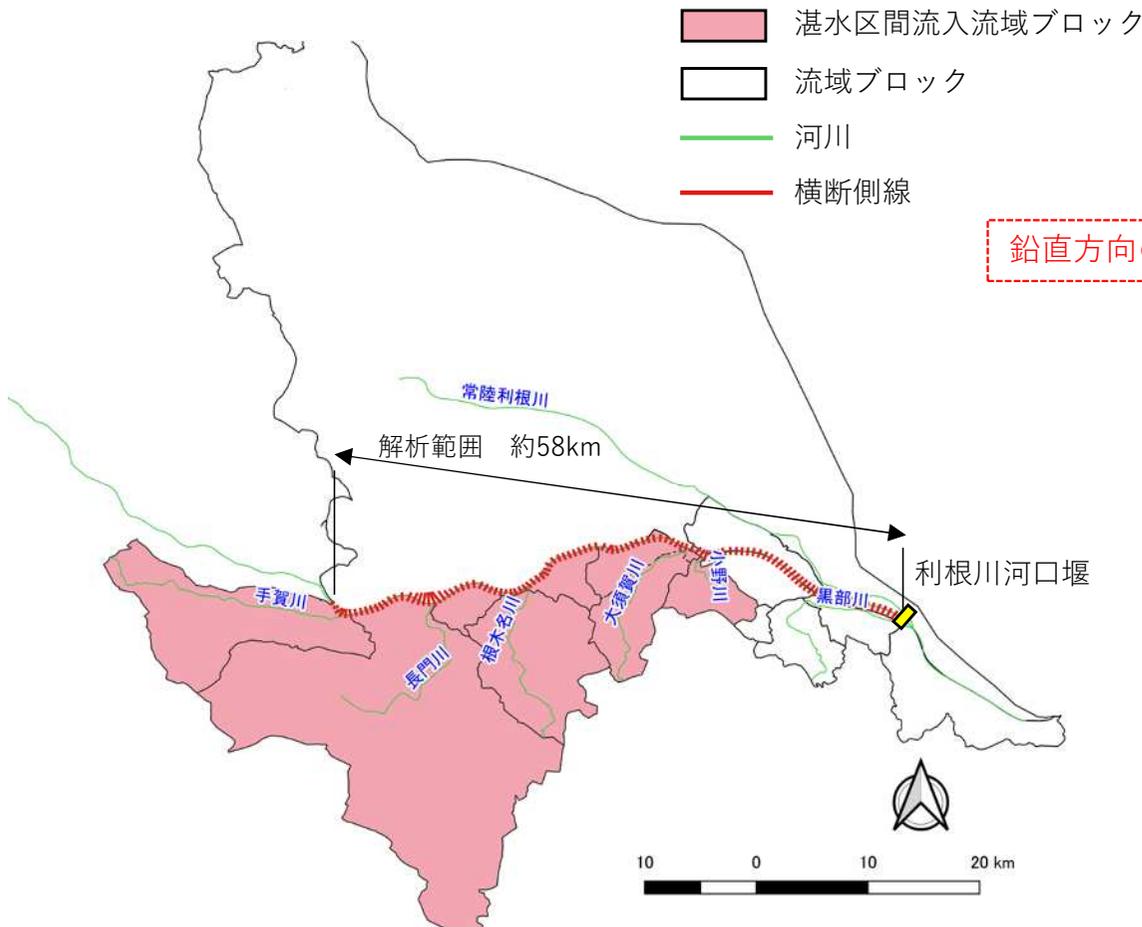


図 2.2 下流部湛水区間の解析領域

流下方向のメッシュ間隔
河道横断面測量結果の測定間隔に準じる

標高(m)	横断距離(m)	74.0	74.5	75.0	75.5	76.0	76.5
8.75	653.8032	681.005	642.3373	575.0791	349.7487	260.2227	
8.25	648.4576	675.4706	628.5003	568.1368	342.212	256.6232	
7.75	643.1120	670.1250	623.1547	562.7912	335.2884	251.2776	
7.25	637.7664	664.7794	617.8091	557.4456	328.3640	245.9320	
6.75	632.4208	659.4338	612.4635	552.1000	321.4396	240.5864	
6.25	627.0752	654.0882	607.1179	546.7544	314.5152	235.2408	
5.75	621.7296	648.7426	601.7723	541.4088	307.5908	229.8952	
5.25	616.3840	643.3970	596.4267	536.0632	300.6664	224.5496	
4.75	611.0384	638.0514	591.0811	530.7176	293.7420	219.2040	
4.25	605.6928	632.7058	585.7355	525.3720	286.8176	213.8584	
3.75	600.3472	627.3602	580.3899	520.0264	279.8932	208.5128	
3.25	595.0016	622.0146	575.0443	514.6808	272.9688	203.1672	
2.75	589.6560	616.6690	569.6987	509.3352	266.0444	197.8216	
2.25	584.3104	611.3234	564.3531	503.9896	259.1200	192.4760	
1.75	578.9648	605.9778	559.0075	498.6440	252.1956	187.1304	
1.25	573.6192	600.6322	553.6619	493.2984	245.2712	181.7848	
0.75	568.2736	595.2866	548.3163	487.9528	238.3468	176.4392	
0.25	562.9280	589.9410	542.9707	482.6072	231.4224	171.0936	
-0.25	557.5824	584.5954	537.6251	477.2616	224.4980	165.7480	
-0.75	552.2368	579.2498	532.2795	471.9160	217.5736	160.4024	
-1.25	546.8912	573.9042	526.9339	466.5704	210.6492	155.0568	
-1.75	541.5456	568.5586	521.5883	461.2248	203.7248	149.7112	
-2.25	536.2000	563.2130	516.2427	455.8792	196.8004	144.3656	
-2.75	530.8544	557.8674	510.8971	450.5336	189.8760	139.0200	
-3.25	525.5088	552.5218	505.5515	445.1880	182.9516	133.6744	
-3.75	520.1632	547.1762	500.2059	439.8424	176.0272	128.3288	
-4.25	514.8176	541.8306	494.8603	434.4968	169.1028	122.9832	
-4.75	509.4720	536.4850	489.5147	429.1512	162.1784	117.6376	
-5.25	504.1264	531.1394	484.1691	423.8056	155.2540	112.2920	
-5.75	498.7808	525.7938	478.8235	418.4600	148.3296	106.9464	
-6.25	493.4352	520.4482	473.4779	413.1144	141.4052	101.6008	
-6.75	488.0896	515.1026	468.1323	407.7688	134.4808	96.2552	
-7.25	482.7440	509.7570	462.7867	402.4232	127.5564	90.9096	
-7.75	477.3984	504.4114	457.4411	397.0776	120.6320	85.5640	
-8.25	472.0528	499.0658	452.0955	391.7320	113.7076	80.2184	
-8.75	466.7072	493.7202	446.7499	386.3864	106.7832	74.8728	
-9.25	461.3616	488.3746	441.4043	381.0408	99.8588	69.5272	

図 2.3 流下方向・鉛直方向の分割の例
(74.0km～76.5km)

2. 下流部湛水区間 2.2 流況解析モデルの構築 (2)境界条件の設定

◆境界条件は、基本的に実績値(観測値)を用いて設定した。

表 2.2 流況解析モデルの境界条件設定方法の概要

設定項目			設定方法の概要	
気象条件		気温、風向・風速、日射量、湿度、雲量	近傍の気象庁の観測地点の観測値を用いて設定。	
上流端条件	布川	流入量、水温	河川流量および水温連続観測値を用いて設定。	
下流端条件	河口堰	放流量	ゲート放流量実績データを用いて設定。	
流出入条件	流入支川	手賀川	流入量、水温	流量は実績値、水温は気温との相関式で設定。
		長門川	流入量、水温	流量は排水機場の実績値等で、水温は気温との相関式で設定。
		上記以外	流入量、水温	流量は布川の比流量、水温は気温との相関式で設定。
	残流域	流入量、水温	自然系流量は流出係数×流域面積×降雨量、人工系流量は実績排水量で設定。水温は流入支川に同じ。	
	取水施設	取水量、水温	取水量は実績値、水温は取水地点の計算結果で設定。	
	排水施設	排水量、水温	排水量、水温ともに実績値で設定。	

2. 下流部湛水区間 2.2 流況解析モデルの構築 (2)境界条件の設定

1) 気象条件

- ◆ 気象条件は、気温、風向、風速、日射量、湿度、雲量の6項目を設定した。
- ◆ 気温、風向、風速は、解析区間ほぼ中央部に位置する香取(気象庁)、相対湿度、日射量は銚子(気象庁)のデータを用いた。
- ◆ 雲量は、最寄り観測地点の東京(気象庁)のデータを用いた(銚子での雲量観測は2019年2月1日に終了)。

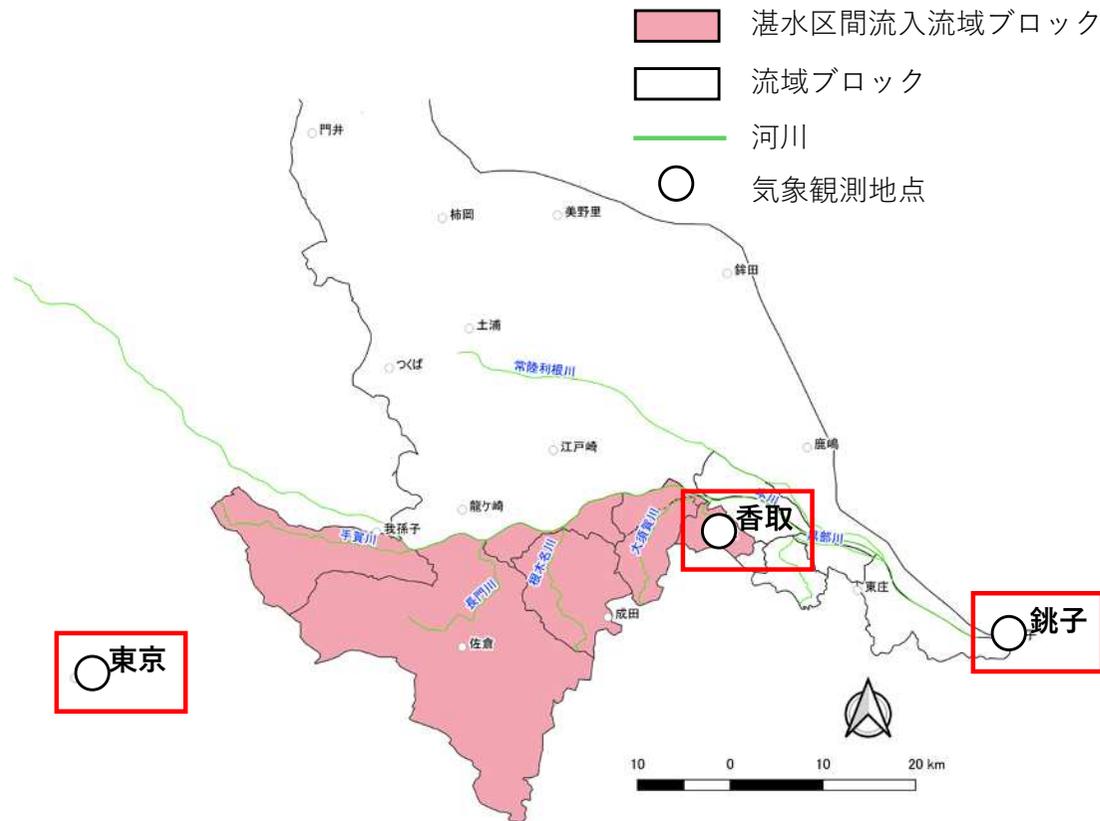


図 2.4 解析区間近傍に位置する気象観測地点

表 2.3 解析区間近傍の気象観測地点・観測項目

都県	観測地点名	観測項目				
		気温	風向・風速	相対湿度	日射量	雲量
千葉県	銚子	○	○	○	○	○
	香取	○	○	×	×	×
	成田	○	○	×	×	×
	佐倉	○	○	×	×	×
	我孫子	○	○	×	×	×
	東庄	×	×	×	×	×
茨城県	つくば(館野)	○	○	○	×	×
	土浦	○	○	×	×	
	龍ヶ崎	○	○	×	×	×
	鹿嶋	○	○	×	×	×
	銚子	○	○	×	×	×
	門井	×	×	×	×	×
	柿岡	×	×	×	×	×
	美野里	×	×	×	×	×
	江戸崎	×	×	×	×	×
東京都	東京	○	○	○	○	○

○:モデルと境界条件として使用する地点・項目

2. 下流部湛水区間 2.2 流況解析モデルの構築 (2)境界条件の設定

2) 上流・下流端条件

- ◆ 上流端境界条件は、布川の流量観測値及び水温連続観測値(水質自動監視装置)を用いて設定した。
- ◆ 下流端境界条件は、河口堰のゲート放流量実績データを用いて設定した。

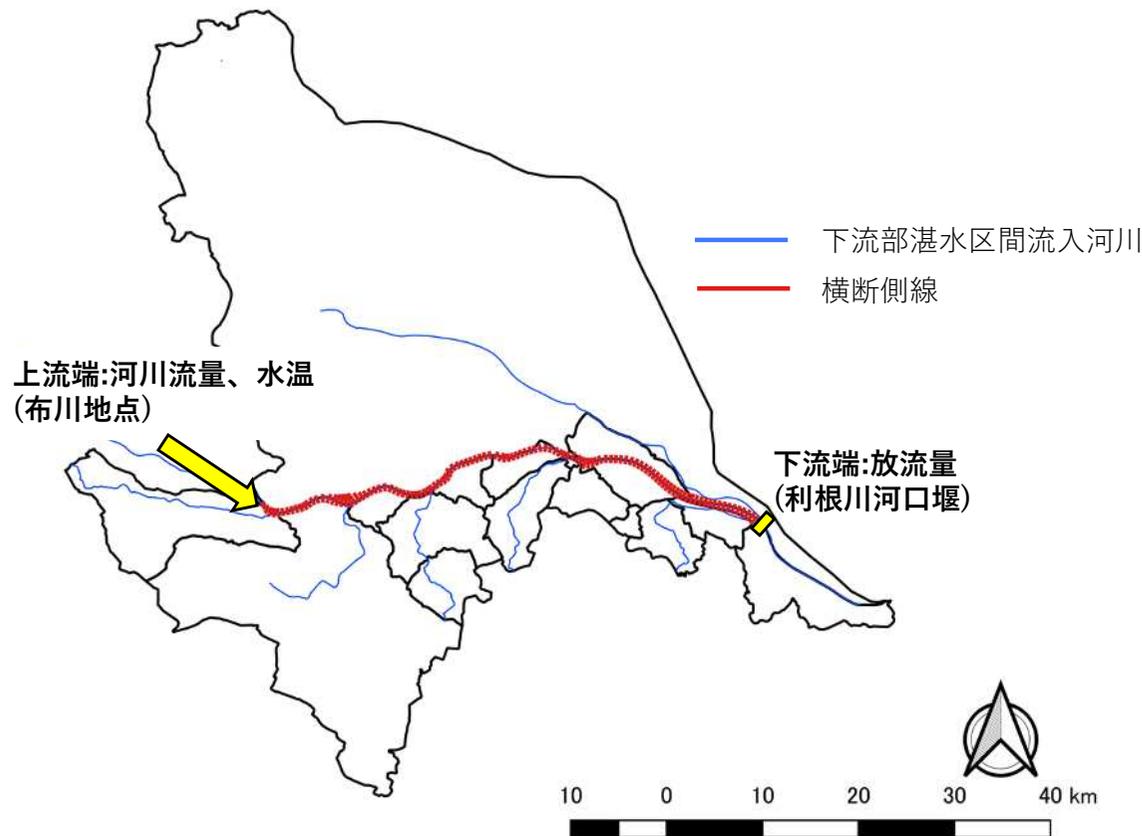


図 2.5 上下流端の境界条件設定の位置

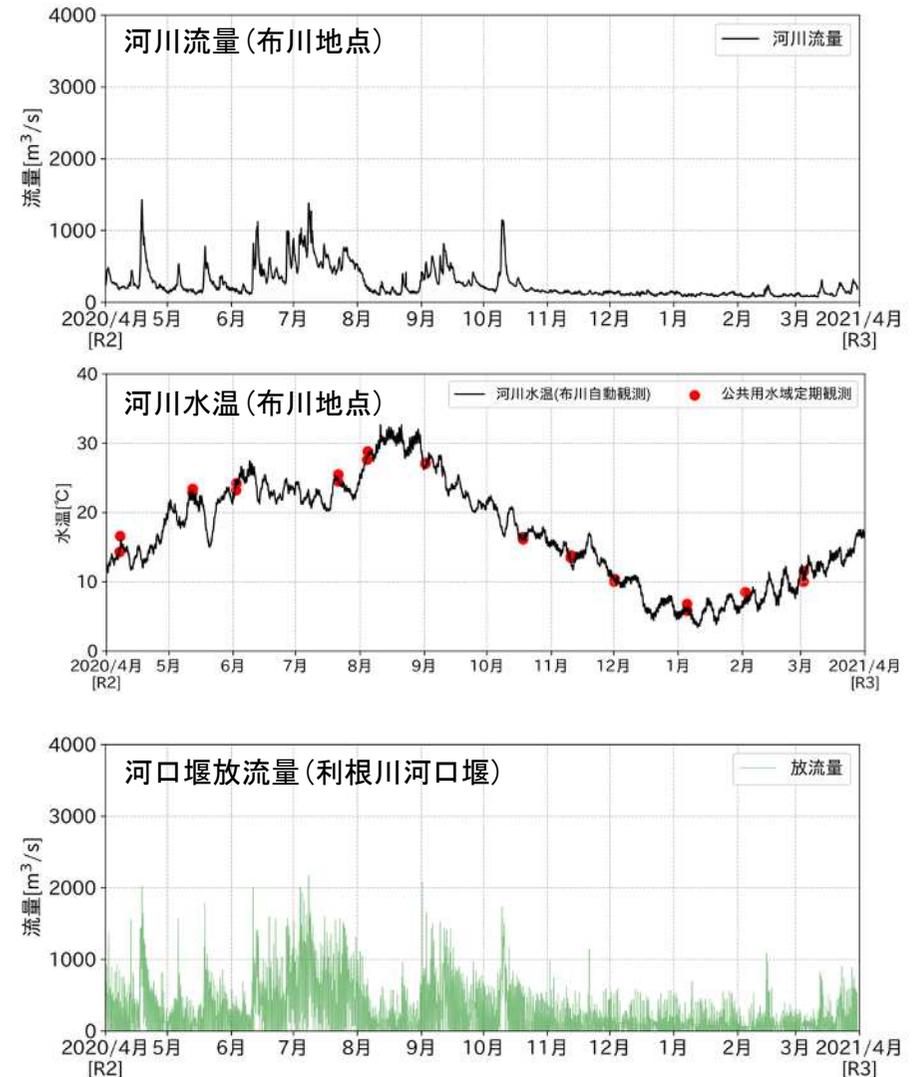


図 2.6 上下流端の境界条件の設定結果

2. 下流部湛水区間 2.2 流況解析モデルの構築 (2)境界条件の設定

3) 流出入条件(流入支川、残流域からの流入量)

- ◆ 流入支川のうち、手賀川は実績流入量、長門川は、平常時は布川地点の比流量、他期間は施設の実績値を用いて設定。
- ◆ 他の流入支川は、布川地点の比流量を用いて設定。
- ◆ 残流域の流入量は、自然系は降雨量ベースの算出値、人工系はブロック別の排水量定量化結果を用いて設定。

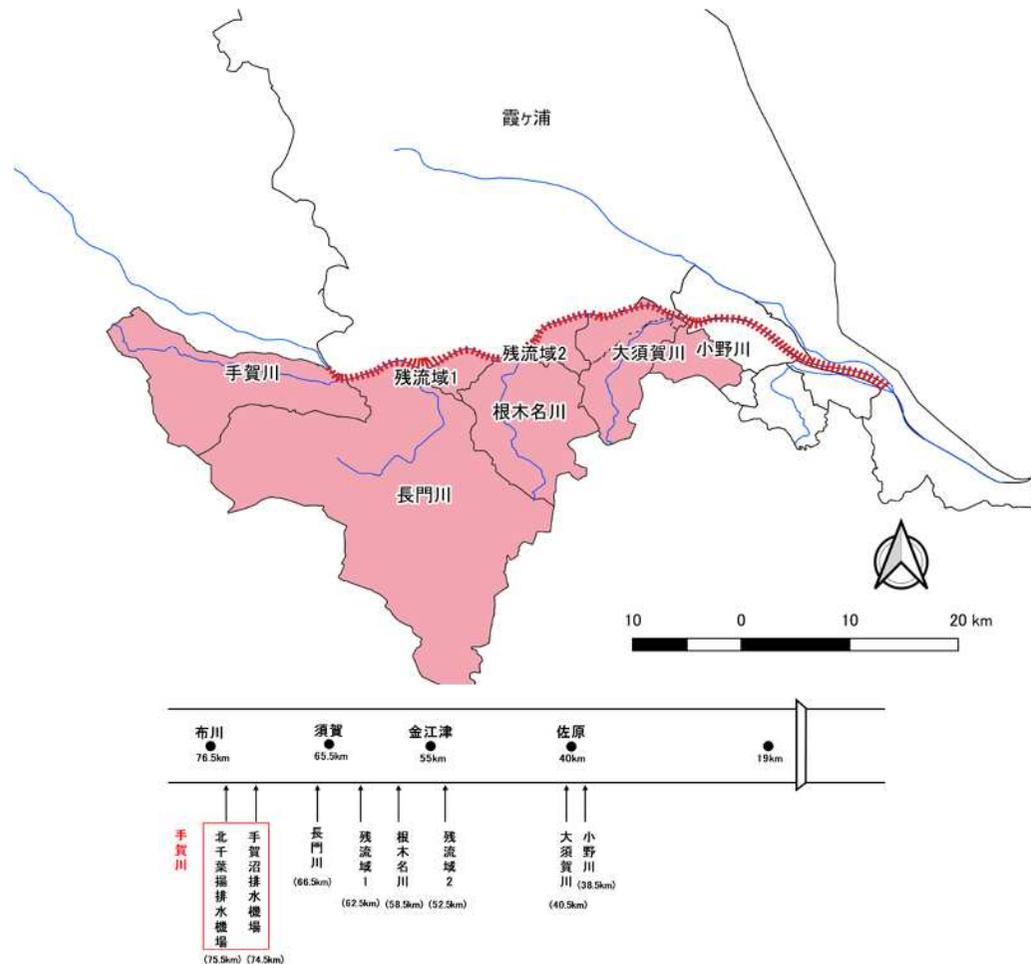


図 2.7 支川・残流域の流入位置

表 2.4 支川・残流域の条件設定方法

流入支川	水量の設定方法
手賀川	手賀排水機場+北千葉揚排水機場の実績値
長門川	平常時:布川の比流量 出水時:印旛沼排水機場の実績値 酒直排水機場稼動時:0m ³ /s
根木名川	
大須賀川	布川の比流量
小野川	
残流域1	自然系:流出係数 × 流域面積 × 降雨量
残流域2	人工系:排水量[年平均値]

2. 下流部湛水区間 2.2 流況解析モデルの構築 (2)境界条件の設定

3) 流出入条件(流入支川、残流域からの流入水温)

- ◆ 河川水温データは、公共用水域水質測定により、月に1回程度の頻度で測定されている。
- ◆ 時間単位の水温データを作成するため、近傍の気象観測地点の気温データと河川水温データから相関式を作成。
- ◆ 水温との相関式に用いる気温データは、水温の観測直前24時間平均の気温と比べ、直前48時間平均の気温との相関がやや高い地点が多いため、直前48時間平均の気温を採用した。

表 2.5 水温と気温の相関式の作成に用いた地点

河川名	水温観測地点	最寄りの気象観測所
手賀川	布佐下	龍ヶ崎
長門川	長門橋	龍ヶ崎
根木名川	根木名川橋	龍ヶ崎
大須賀川	黄金橋	香取
小野川	小野川水門	香取
残流域-1	近傍の支川(長門川)の相関式を用いる	
残流域-2	近傍の支川(根木名川)の相関式を用いる	

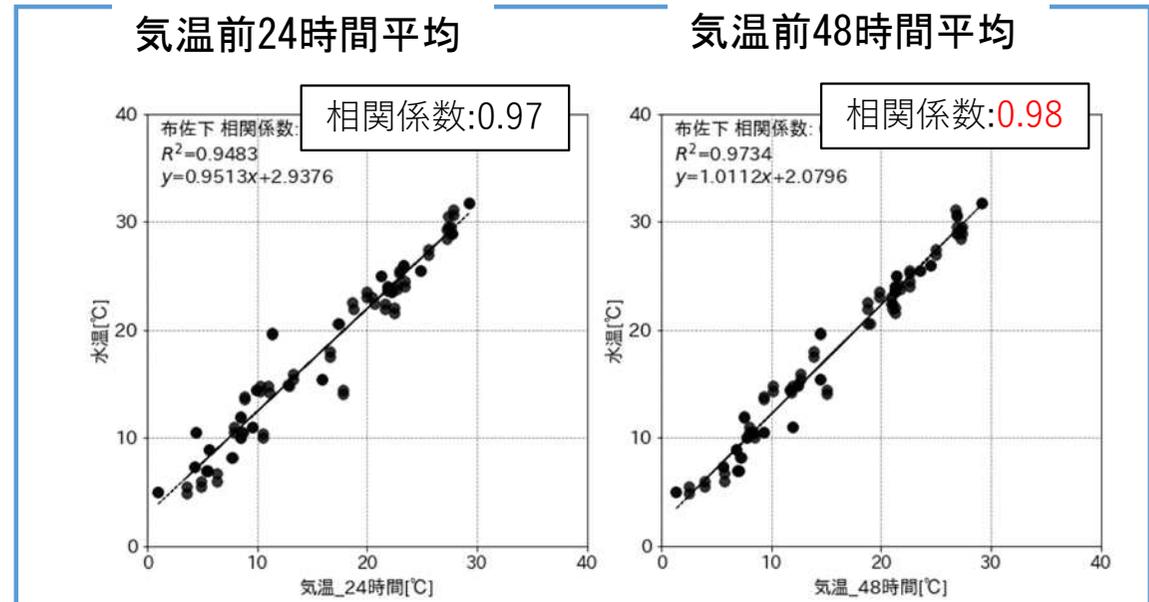


図 2.8① 気温と水温の相関式 (手賀川)

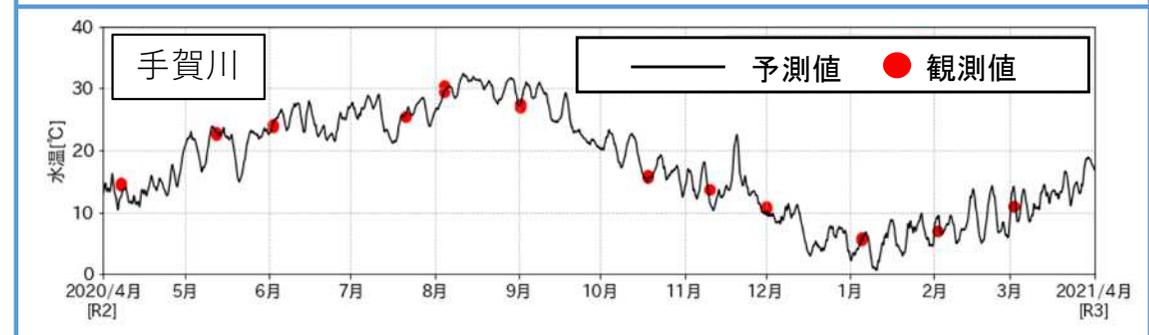


図 2.8② 相関式による水温予測値と水温観測値の比較例(手賀川)

2. 下流部湛水区間 2.2 流況解析モデルの構築 (2)境界条件の設定

3) 流出入条件(取排水施設)

◆各施設の取排水量は、実績値に基づき設定した。

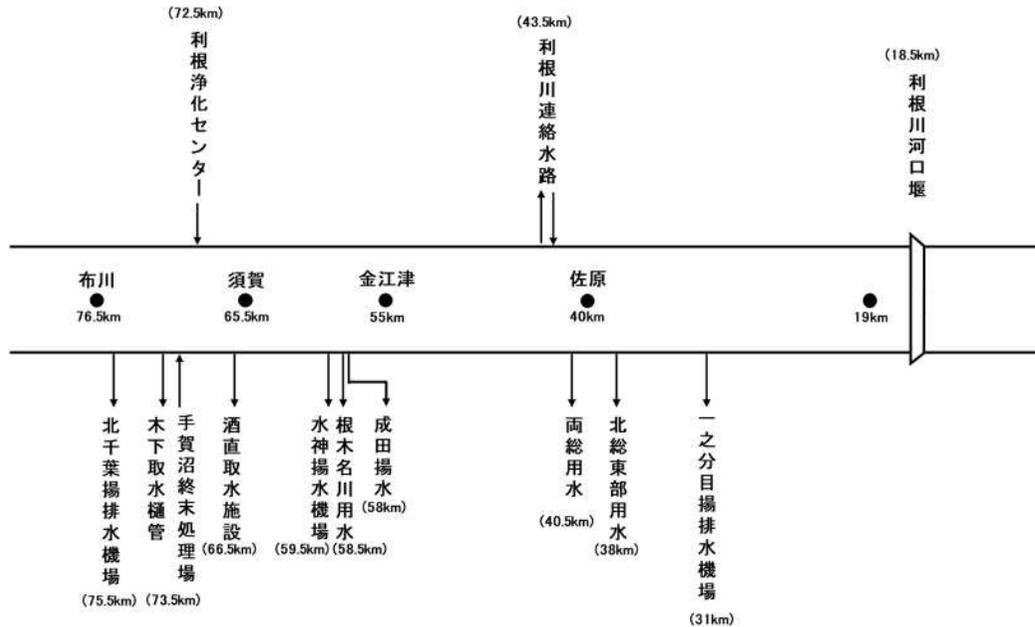


図 2.9① 解析区間の取排水施設の位置

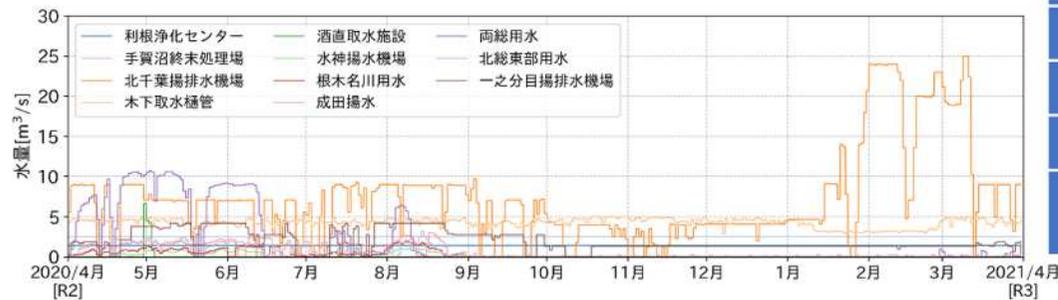


図 2.9② 取排水量の条件設定結果

表 2.6 各取排水施設の条件設定方法

施設名	水量設定方法	水温設定方法
利根浄化センター	実績値に基づき設定 (=1.4m³/s:年間平均値)	実績値に基づき設定 (=16.8°C:年間平均値)
手賀沼終末処理場	実績値に基づき設定 (=2.5m³/s:年間平均値)	実績値に基づき設定 (=24.2°C:年間平均値)
利根川連絡水路	計算期間の稼働実績なし	
北千葉揚水機場	実績値に基づいて設定(日単位)	取水地点の計算水温
木下取水樋管		
酒直取水施設		
水神揚水機場		
根木名川		
成田揚水		
利根川連絡路		
両総用水		
北総用水		
一之分目揚排水機場		

2. 下流部湛水区間 2.3 水質解析モデルの構築(境界条件の設定)

- ◆各汚濁負荷源から湛水区間へ流入する負荷量を設定した。
- ◆流入負荷量の設定は、水質観測値や汚濁負荷定量化結果を用いて行った。

表 2.7 モデルの条件設定の概要

項目		設定方法
負荷量	河川	L-Q式等を用いて汚濁負荷流入条件を設定した。
	残流域	負荷量を点源と面源に区分し、点源は流出率1.0として、年間一定値で解析区間へ流入させた。面源は、年総負荷量を自然系流出水量のパターンで流入させた。
	下水処理場	解析区間に存在する下水処理場について、実績処理水質に実績放流量を乗じて設定した。
無機態比率	無機態窒素・リンの比率は、流入河川の順流末端近傍の水質観測地点における平成28年度～令和2年度のNH ₄ -N、NO ₂ -N、NO ₃ -N、PO ₄ -Pの観測データから設定した。	

2. 下流部湛水区間 2.3 水質解析モデルの構築(境界条件の設定)

1) 河川負荷量

- ◆ 利根川本川(COD)、長門川以外については、出水時も含む通年の時系列の負荷量データの作成のため、COD、T-N、T-Pの各項目について、負荷量(L)と流量(Q)の関係式であるL-Q式を作成し、流量データを与えて設定した。
- ◆ 利根川本川のCOD負荷量は、布川地点の水質自動監視装置のCOD観測値を用いて設定した。
- ◆ 長門川は出水時における印旛排水機場からの排水量以外の流出量の設定が困難であるため、負荷量は[観測水質値(月一回)]×[流入量]で与えて設定した。

表 2.8 各河川の水質の観測地点、条件設定の方法

河川名	水質観測地点	流入負荷量の設定方法
利根川本川	布川	L-Q式(CODのみ実績値)
手賀川	布佐下	L-Q式
長門川	長門橋	[観測水質(月一回)]×[流量]
根木名川	新川水門	L-Q式
大須賀川	黄金橋	L-Q式
小野川	小野川水門	L-Q式

2. 下流部湛水区間 2.3 水質解析モデルの構築(境界条件の設定)

1) 河川負荷量 利根川本川(布川)COD

- ◆ 布川地点のCODは水質自動監視装置による連続データを与えた。
- ◆ 水質自動監視装置～公共用水域水質調査の相関式を用いて、自動監視装置の観測結果を補正した。

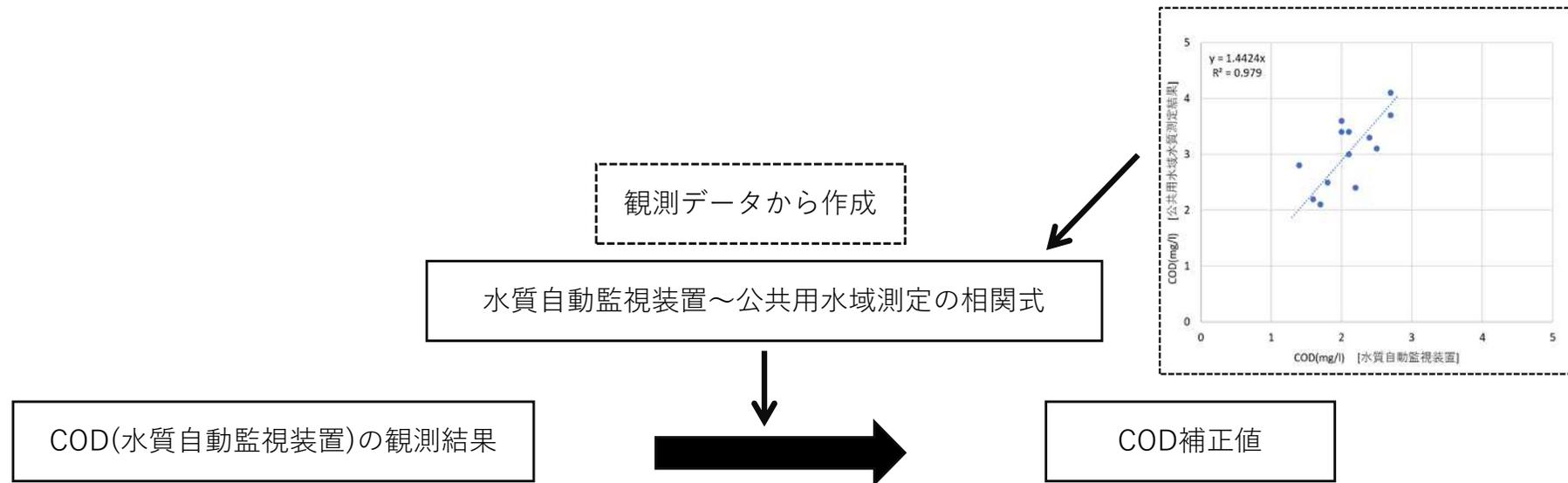


図 2.10 CODの補正方法概要

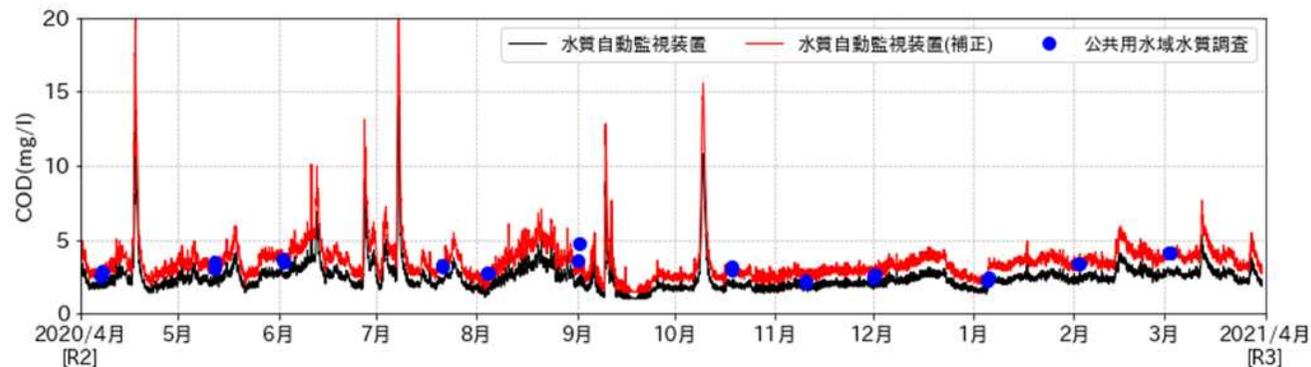


図 2.11 水質自動監視装置のCOD補正結果

2. 下流部湛水区間 2.3 水質解析モデルの構築(境界条件の設定)

1) 河川負荷量 長門川

- ◆長門川は、L-Q式を作成に必要な出水時における印旛排水機場からの排水量以外の流出量の設定が困難である。
- ◆長門橋の月一回の観測水質を各月の代表水質とし、[観測水質(月一回)]×[流量]で流入負荷量を設定した。

表 2.9 長門橋の水質観測結果
(公共用水域水質調査、2020年度)

年月	水質値(mg/l)		
	COD	T-N	T-P
2020年 3月	10	2	0.12
4月	9.5	2	0.12
5月	9.1	1.5	0.10
6月	10	1.5	0.10
7月	4.5	1.8	0.12
8月	8.2	1.8	0.12
9月	9.9	1.3	0.12
10月	7.8	1.3	0.12
11月	9	1.5	0.11
12月	7.1	1.5	0.11
2021年 1月	8.2	1.7	0.10
2月	9.4	1.7	0.10
3月	12	1.5	0.14

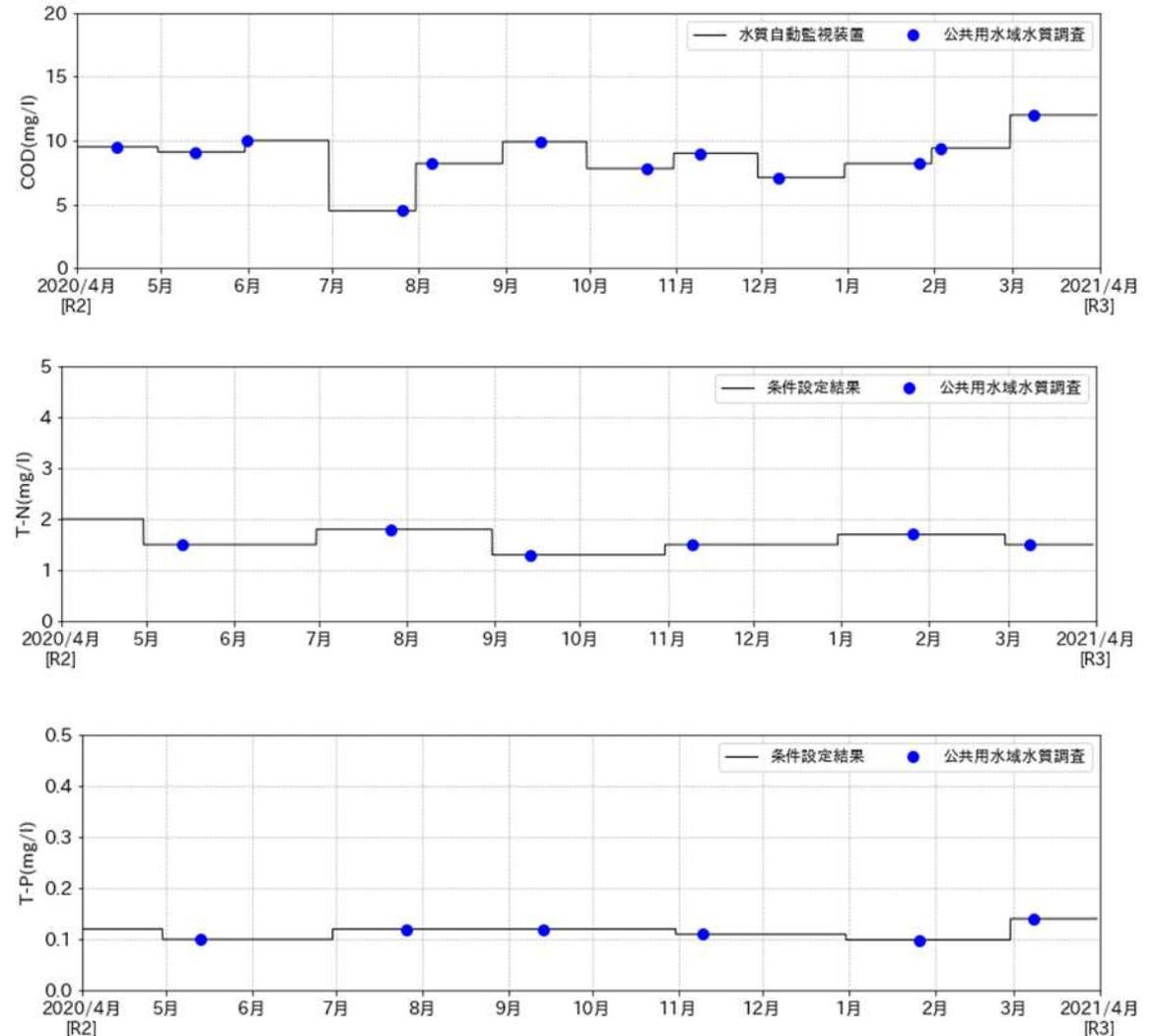


図 2.12 長門川の境界条件設定結果例(上からCOD、T-N、T-P)

2. 下流部湛水区間 2.3 水質解析モデルの構築(境界条件の設定)

1) 河川負荷量 利根川本川COD以外、長門川以外

◆L-Q式作成方法を、以下に示す。

平常時のL-Q式は観測値から最も精度よく説明する回帰式を設定した。

平常時と出水時の境界となる切替流量は豊水流量とした。

出水時のL-Q式は、ブロックで定量化された負荷量=L-Q式で算出された負荷量となるように設定した

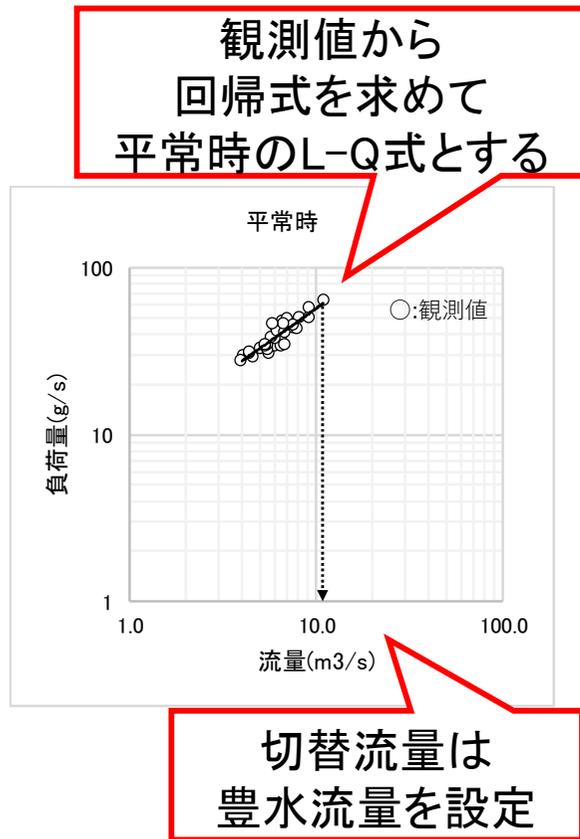


図 2.13 平常時のL-Q式作成例

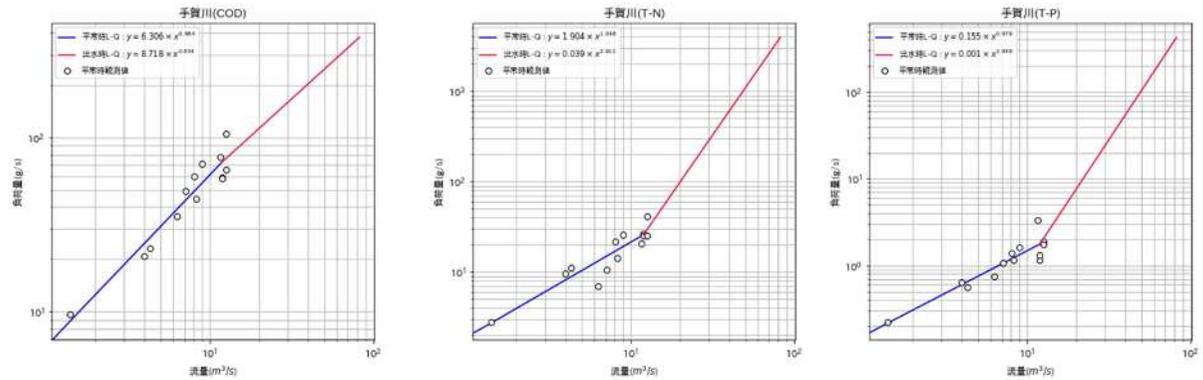


図 2.14 L-Q式の設定結果例(手賀川、左からCOD、T-N、T-P)

表 2.10 L-Q式の係数(利根川本川(COD)、長門川以外)

水質項目	パラメータ		河川名						
			利根川	手賀川	長門川	根木名川	小野川	大須賀川	
	切り替え流量(m3/s)		298.7	12.0		2.9	2.1	0.8	
COD	平常時	a	観測値で設定	6.3.E+00	LQ式未設定	5.2.E+00	5.1.E+00	5.4.E+00	
		b							9.8.E-01
	出水時	a							8.7.E+00
		b							8.5.E-01
T-N	平常時	a	7.7.E+00	1.9.E+00	LQ式未設定	3.8.E+00	3.5.E+00	2.4.E+00	
		b	7.9.E-01	1.0.E+00					
	出水時	a	2.5.E-03	3.9.E-02					
		b	2.2.E+00	2.6.E+00					
T-P	平常時	a	4.4.E-01	1.5.E-01	LQ式未設定	1.8.E-01	2.8.E-01	1.2.E-01	
		b	7.6.E-01	9.8.E-01					
	出水時	a	1.2.E-07	1.5.E-03					
		b	3.4.E+00	2.8.E+00					
						2.4.E+00	2.2.E+00	3.6.E+00	

2. 下流部湛水区間 2.3 水質解析モデルの構築(境界条件の設定)

2) 残流域、下水処理場負荷量

- ◆ 残流域からの流出負荷量は点源と面源に区分し、点源は流出率1.0として、年間一定値で解析区間へ流入させた。面源は、年総負荷量を降雨パターンに基づき変動させて流入させた。
- ◆ 下水処理場の排水水質は、年間平均水質(COD、T-N、T-P)の実績値で与えた。

表 2.11 残流域からの流入負荷量設定方法

排出源	流入負荷量設定方法
点源	流出率1.0として、年間一定値で解析区間へ流入させた。
面源	年総負荷量を降雨パターンに基づき変動させて流入させた。

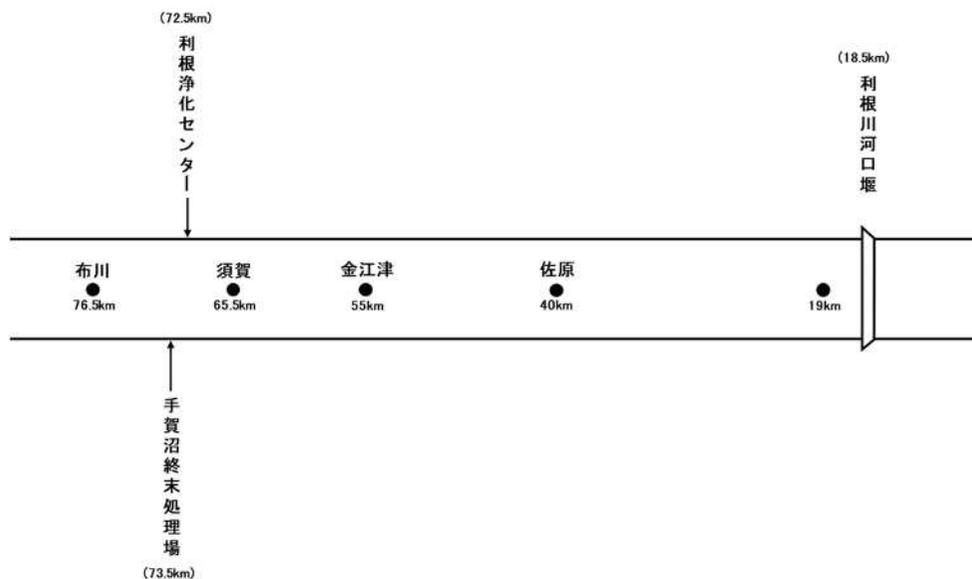


表 2.12 各下水処理場の水質の設定値

施設名	COD(mg/L) [年間平均値]	T-N(mg/L) [年間平均値]	T-P(mg/L) [年間平均値]
利根浄化センター	6.9	13	1.28
手賀沼終末処理場	7.5	13.8	1.44

図 2.15 下水処理場の位置

2. 下流部湛水区間 2.3 水質解析モデルの構築(境界条件の設定)

3) 無機態比率

- ◆ 水中内の植物プランクトンの増殖に影響するT-N、T-Pに占める無機態窒素、無機態リンの無機態比率を設定する。
- ◆ 流入河川のT-N、T-Pに占める無機態窒素、無機態リンの比率は、NH₄-N※¹、NO₂-N※²、NO₃-N※³、PO₄-P※⁴ が観測されている河川における平成28年度～令和2年度の5ヵ年の観測データに基づいて設定した。
- ◆ 無機態窒素については、NH₄-N※¹、NO₂-N※² + NO₃-N※³に区分して、それぞれのT-Nに占める割合を設定した。

¹アンモニア態窒素、²亜硝酸態窒素、³硝酸態窒素、⁴リン酸態リン

表 2.13 対象河川の無機態比率の設定値

河川名	観測地点名	無機態比率設定値			備考
		NH ₄ /T-N	NO ₂ -N+NO ₃ -N/T-N	PO ₄ -P/T-P	
利根川	布川	0.06	0.63	0.47	
手賀川	布佐下	0.06	0.37	0.12	
長門川	長門橋	0.04	0.37	0.47*	*布川のPO ₄ -Pの実績値を援用する。
根木名川	新川水門	0.06*	0.29	0.47*	*布川のNO ₂ -N+NO ₃ -N、PO ₄ -Pの実績値を援用する。
大須賀川	黄金橋	0.11	0.68	0.47*	*布川のPO ₄ -Pの実績値を援用する。
小野川	小野川水門	0.05	0.76	0.47*	*布川のPO ₄ -Pの実績値を援用する。

2. 下流部湛水区間 2.4 現況再現計算結果

◆ 湛水区間内のモデルの再現性の検証のため、解析区間の流況（水位、水温）および水質の時系列変化と鉛直分布の計算結果と実績値を比較し、モデルの再現性を検証した。

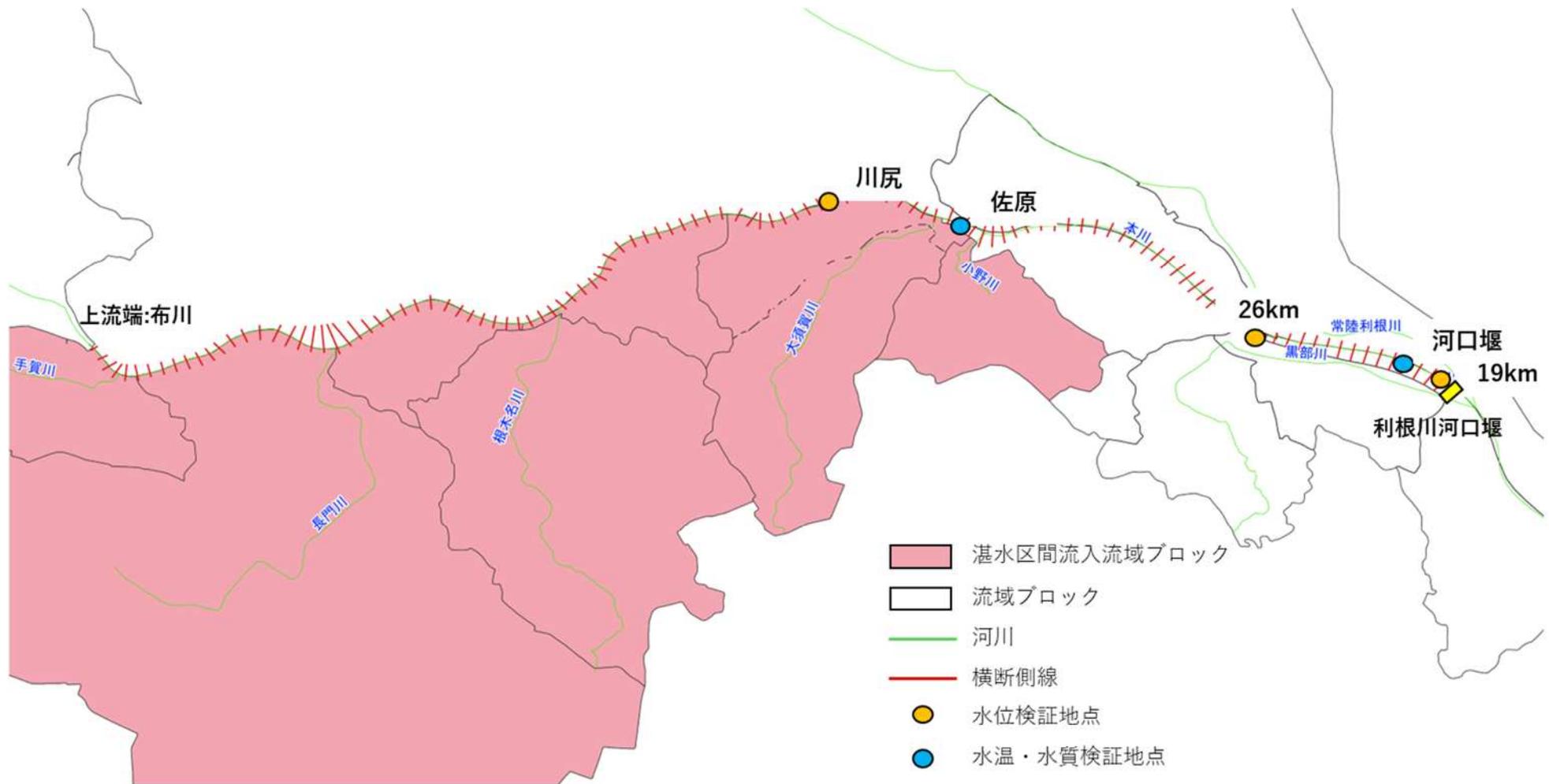
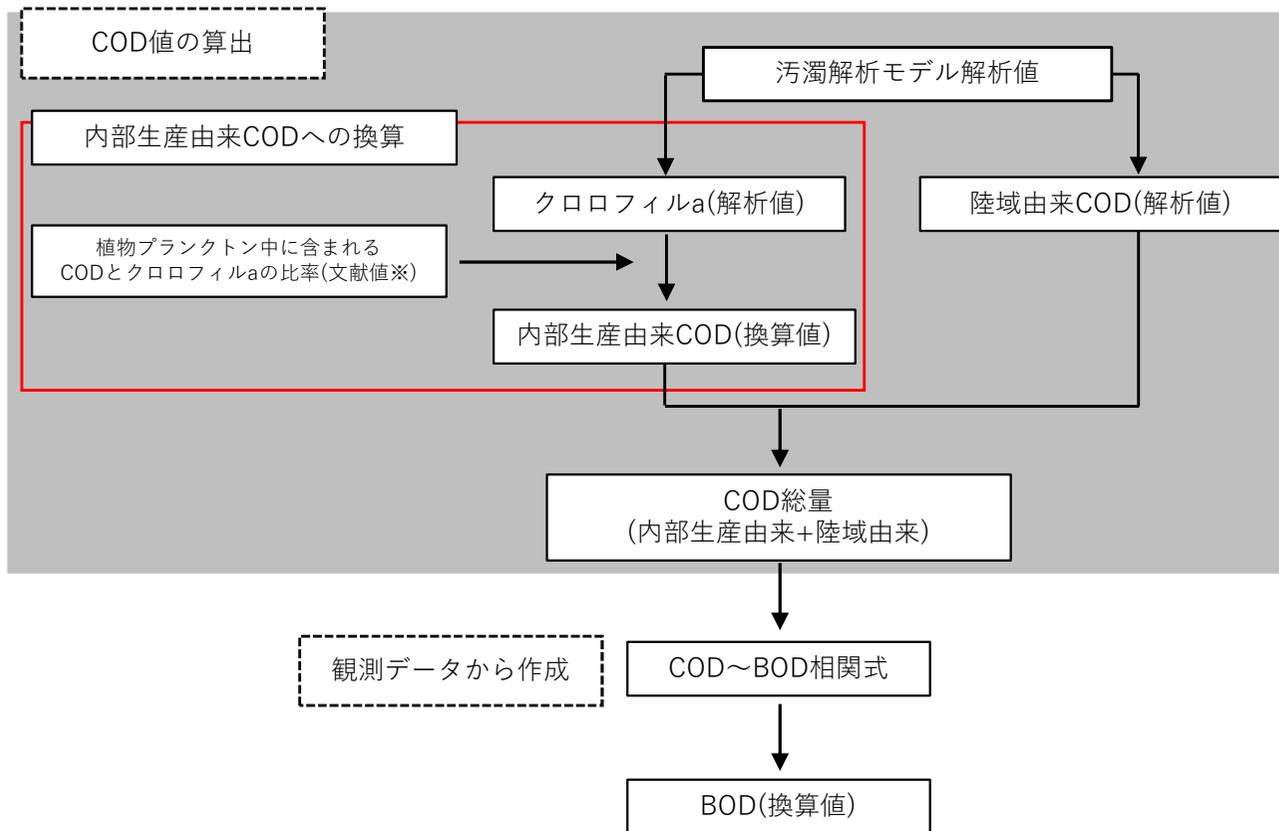


図 2.16 計算結果の検証地点

2. 下流部湛水区間 2.4 現況再現計算結果

- ◆ 河口堰湛水区間の環境基準項目はBODであるが、植物プランクトンが増殖する閉鎖性水域の有機汚濁指標はCODであり、汚濁解析モデルもCODで整備されていることから、利根川においてもCODを指標として解析する必要がある。
- ◆ 本検討ではCODを指標として汚濁解析を実施し、CODの計算結果をCOD～BODの相関式を用いてBOD値を算出した。

■CODからBODへの換算方法



※山本晃久・五十嵐崇博：水質予測シミュレーションにおけるパラメータ設定に関する検討

図 2.17 BODの算出方法概要

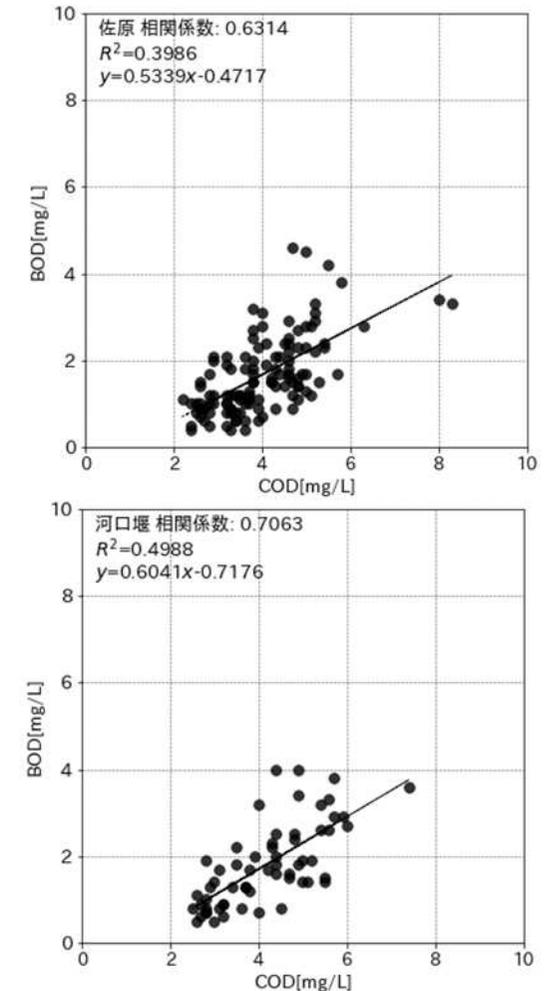


図 2.18 CODとBODの相関関係
(上から、佐原、河口堰)

2. 下流部湛水区間 2.4 現況再現計算結果

■ 流況(水位、水温)

◆ 解析区間の流況（水位、水温）の再現性を検証した。

◆ 水位、水温ともに良好に再現できた。水温は鉛直分布についても、季節変動及び水深方向の変化を再現できた。

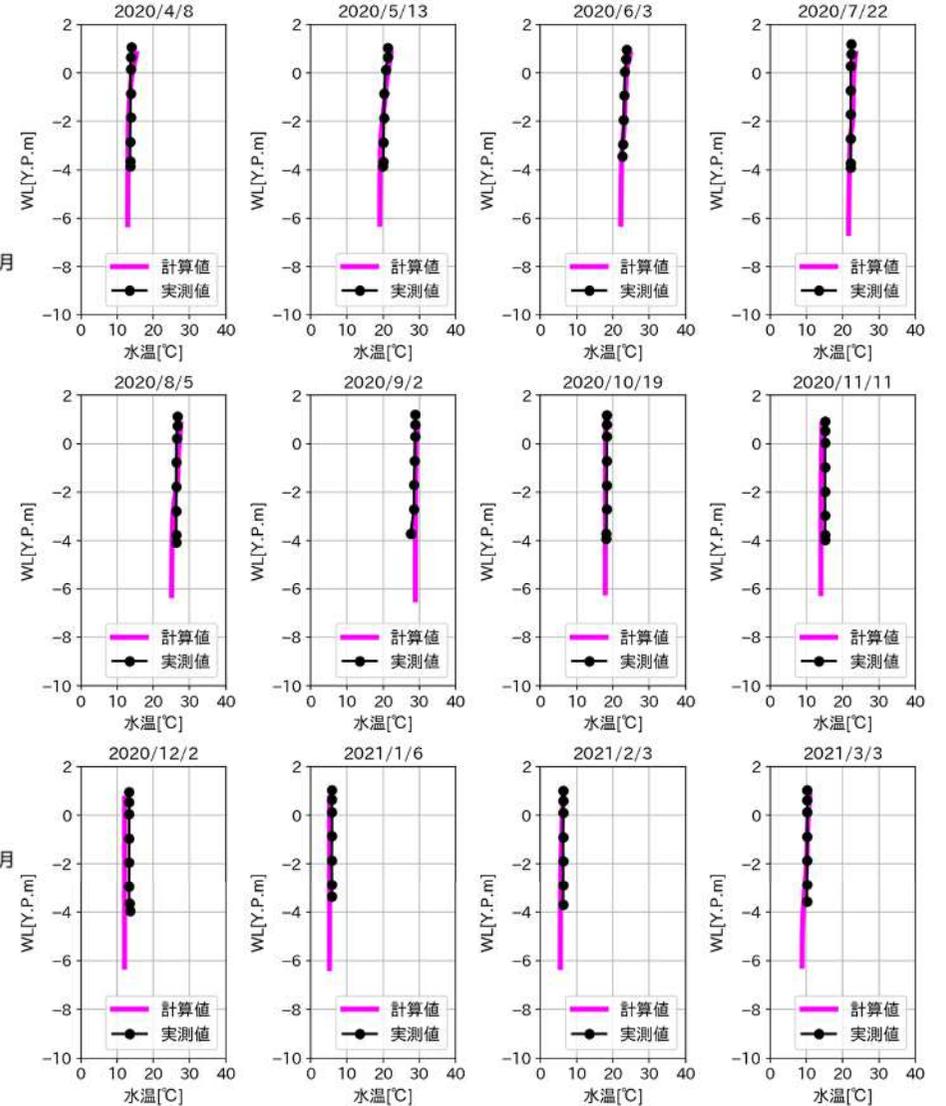
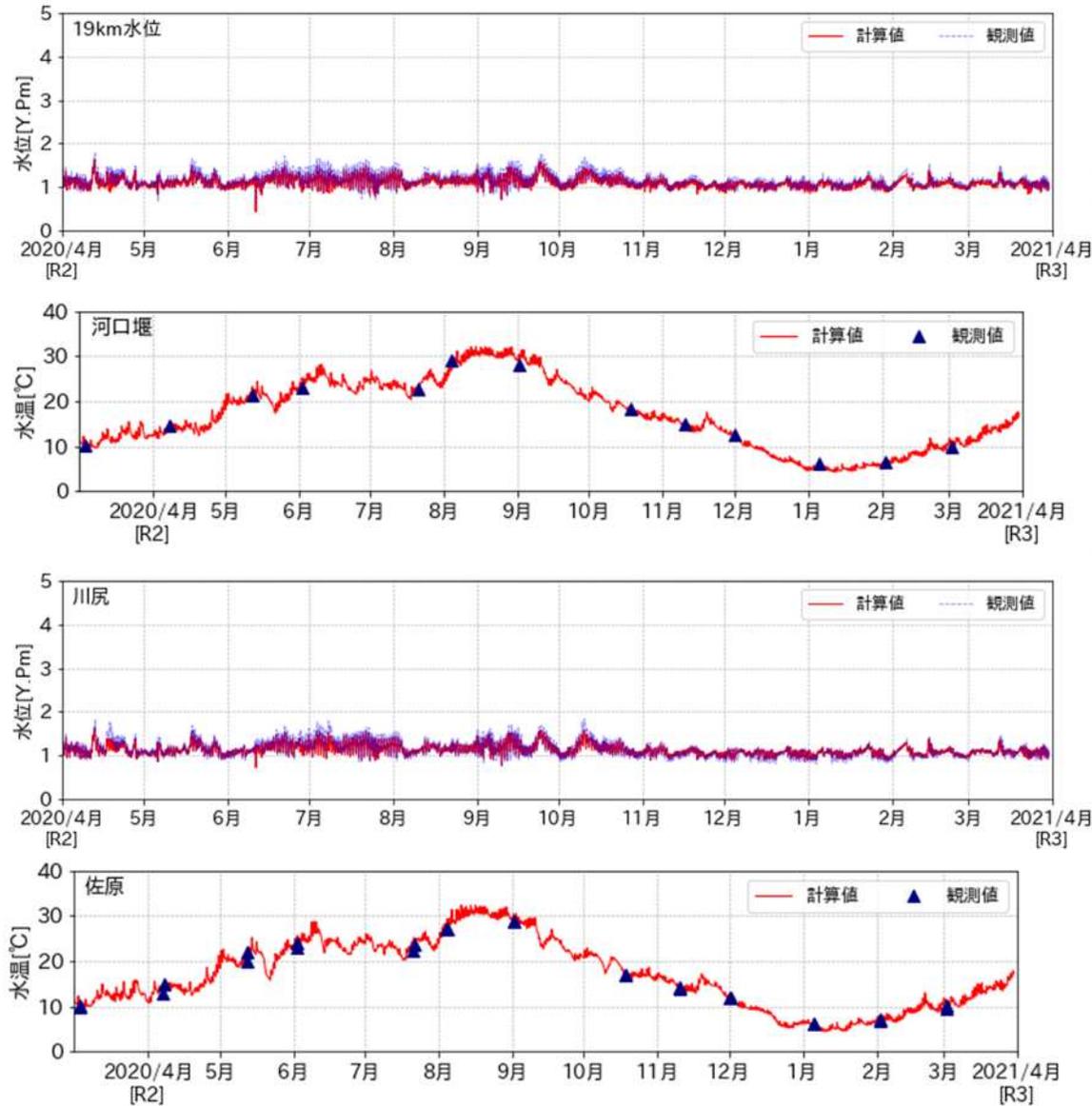


図 2.20 水温の鉛直分布計算結果の比較(河口堰)

図 2.19 水位、水温の時系列計算結果の比較(上段:河口堰、下段:佐原)

2. 下流部湛水区間 2.4 現況再現計算結果

■水質(BOD、COD、T-N、T-P、クロロフィルa)

- ◆解析区間の水質(BOD、COD、T-N、T-P、Chl-a)の再現性を検証した。
- ◆観測値と計算値の水質濃度の数値的オーダー・季節変動について、各水質項目でおおむね再現できた。

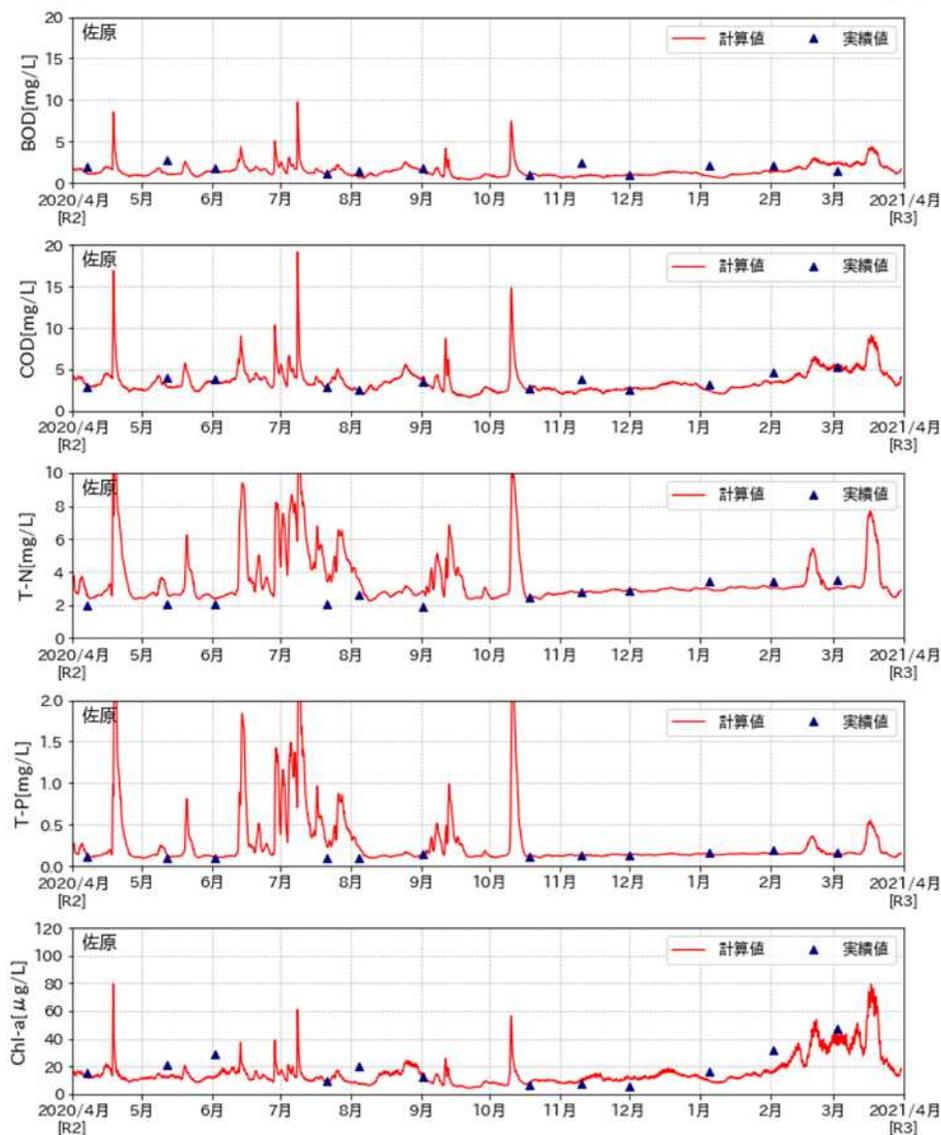


図 2.21 水質の時系列計算結果の比較(佐原)

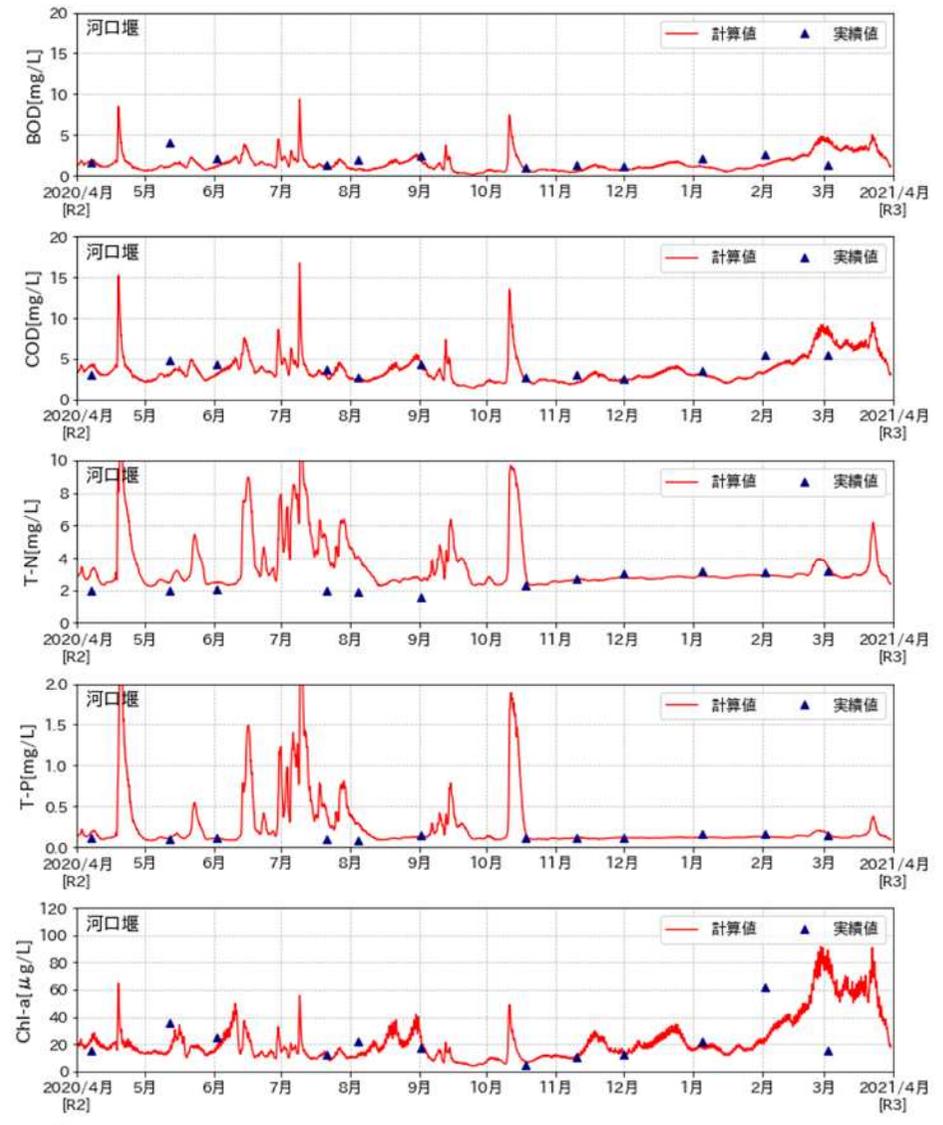


図 2.22 水質の時系列計算結果の比較(河口堰)