

# 第3回 利根川流域別下水道整備総合計画策定懇談会

## 将来負荷量及び単純将来水質予測計算

令和6年12月5日

関東地方整備局 企画部 広域計画課

# 1. 将来負荷量の定量化 1.1 将来計画の更新

- ◆ 将来負荷量は昨年度の時点で令和5年10月下旬までに受領した各県の将来計画を基に暫定版の定量化を行い、今年度は令和6年3月までに受領した各県の将来計画を基に更新し、将来負荷量を確定するものとした。
- ◆ 暫定版からの更新は、茨城県と群馬県について行った。

表-1 将来負荷量に関する更新項目

県名	更新項目
茨城県	- 下水処理場の日平均処理水量
栃木県	更新無し
群馬県	- 市町村別の人口およびし尿処理形態別人口 - 営業用水率 - 下水処理場の日平均処理水量
埼玉県	更新無し
千葉県	更新無し

# 1. 将来負荷量の定量化 1.2 定量化対象及び定量化方法

◆各排出源の負荷量定量化方法は、**現況負荷量と同様に原単位法により定量化**を行うものとした。

$$[\text{排出負荷量}] = [\text{負荷量原単位}] \times [\text{フレーム}]$$

$$[\text{排出負荷量}] = [\text{排水水質}] \times [\text{排水量}]$$

表-2 定量化対象及び定量化方法

定量化対象とする排出源名		定量化方法	
点源	生活系	合併処理浄化槽	排出負荷量原単位×合併処理浄化槽人口
		単独処理浄化槽	排出負荷量原単位×単独処理浄化槽人口
		くみ取り	排出負荷量原単位×くみ取り人口
		農地還元	排出負荷量原単位×農地還元人口
	営業系		排出負荷量原単位×人口
	観光系	日帰り客、日帰り客	営業系に含む
	産業系	排水量1000m <sup>3</sup> /日以上	排水水質×排水量
		排水量1000m <sup>3</sup> /日未満	排水水質×排水量
	畜産系	牛	排出負荷量原単位×牛飼育頭数
		豚	排出負荷量原単位×豚飼育頭数
施設系	下水処理場、農業集落排水施設、し尿処理場、コミュニティ・プラント、と畜場	排水水質×排水量	
面源	水田	排出負荷量原単位×水田面積	
	畑地	排出負荷量原単位×畑地面積	
	山林	排出負荷量原単位×山林面積	

# 1. 将来負荷量の定量化 1.3 ブロック別フレーム

◆ ブロック別フレームは、現況と同様に各県より得られた市町村別・施設別の将来計画を基に、メッシュデータや個別の施設データなどを用いて各ブロックに配分した。

表-3 ブロック別フレームの設定方法

発生排出源	フレーム名	設定方法	備考	
点源	生活系	下水処理人口	人口メッシュデータを用いて算出した下水道整備区域内のブロック人口比率により県将来アンケート調査人口をブロックへ配分 また、市街化区域GISデータと重ね合わせ、市街化区域、市街調整区域、未指定区域に区分	メッシュデータ利用
		農業集落排水人口	人口メッシュデータを用いて算出した農集やコミプラ区域内のブロック人口比率により県アンケート人口をブロックへ配分 また、市街化区域GISデータと重ね合わせ、市街化区域、市街調整区域、未指定区域に区分	
		コミュニティ・プラント人口	同上	
		合併処理浄化槽人口	下水、農集、コミプラ以外の人口について、集合処理区域以外のブロック人口比率により県アンケート人口をブロックへ配分 また、市街化区域GISデータと重ね合わせ、市街化区域、市街調整区域、未指定区域に区分	
		単独処理浄化槽人口		
		くみ取り人口		
		農地還元人口	同上	
	営業系	(営業系)人口	生活系の人口データを用いる。	
	産業系	製造品出荷額等	経済構造実態調査より個々の工場の位置を特定し、ブロック別に集計する	個別データ利用
	畜産系	乳用牛	農林業センサス統計データによる飼養状況(存在有無)の比率を用いて市町村別家畜頭数を配分	町字界別データ利用
		肉用牛		
		豚		
	施設系	下水処理場	県アンケート結果による処理施設位置図から、GIS上でブロックとの位置関係を比較して、各処理施設の含まれるブロックを特定	個別データ利用
農業集落排水施設				
コミュニティ・プラント				
し尿処理場				
と畜場				
面源	山林	土地利用メッシュデータによる面積の比率を用いて市町村公称面積を配分	メッシュデータ利用	
	水田			
	畑地			

人口メッシュデータ：政府統計の総合窓口「令和2年国勢調査 人口等基本集計に関する事項」(250m)

市街化区域GISデータ：国土数値情報「都市地域データ 平成30年度」

産業系：2022経済構造実態調査の調査名簿(経済産業省)

農林業センサス統計データ：政府統計の総合窓口「令和2年農林業センサス」(町字界別)

土地利用メッシュデータ：国土数値情報「土地利用3次メッシュデータ 平成28年」(1km)

# 1. 将来負荷量の定量化 1.4 将来フレーム(人口)(1/2)

- ◆ 利根川流域内における県別将来フレームの集計結果を示す。
- ◆ 流域内の将来総人口は約421万人であり、群馬県が最も多く、次いで栃木県、茨城県、千葉県、埼玉県となる。将来人口は現況（R3：約513万人）より約100万人減少すると想定される。（群馬県のし尿処理形態別人口を更新した。）
- ◆ 流域全体将来のし尿処理形態別の構成は、下水道の割合が大きく増加し約8割を占めており、汚水処理は概成する見込みである。

<将来R33>

表-4 将来(R33)のし尿処理形態別人口(更新前および更新後)

<更新前>

<将来(R33)>

単位：人

県名	人口	施設系			生活系							
		下水道	農業集落排水	コミュニティプラント	合併浄化槽			単独浄化槽		汲み取り	農地還元	不明
					501人槽以上	500人槽以下	計	501人槽以上	500人槽以下			
茨城県	759,692	608,121	23,170	1,469	6,317	120,614	126,932	0	0	0	0	0
栃木県	1,376,053	1,126,159	36,300	864	19,889	177,908	197,797	0	5,950	8,189	795	0
群馬県	1,451,728	1,077,802	56,598	8,802	4,308	304,217	308,526	0	0	0	0	0
埼玉県	237,215	130,290	12,306	0	983	93,636	94,619	0	0	0	0	0
千葉県	335,871	250,031	3,591	1,100	2,732	78,381	81,113	0	36	0	0	0
流域内合計	4,160,560	3,192,403	131,966	12,235	34,229	774,757	808,986	0	5,986	8,189	795	0

<更新後>

<将来(R33)>

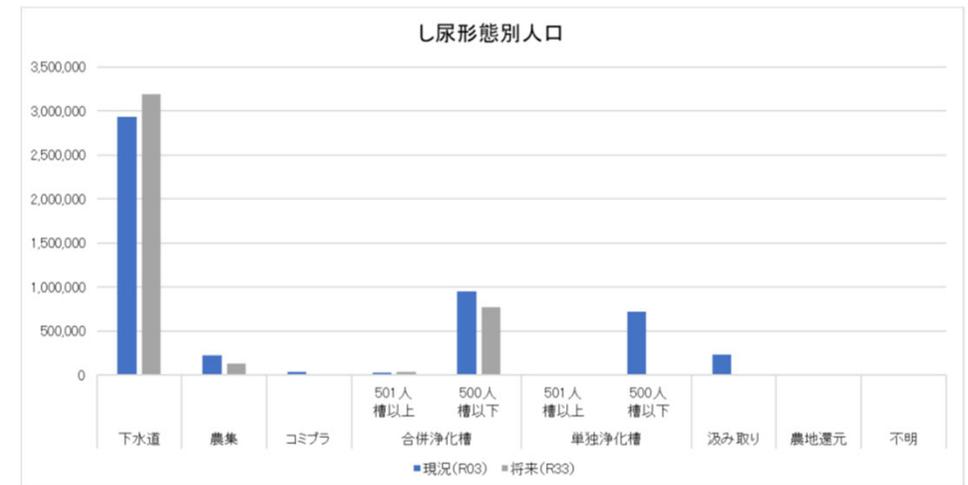
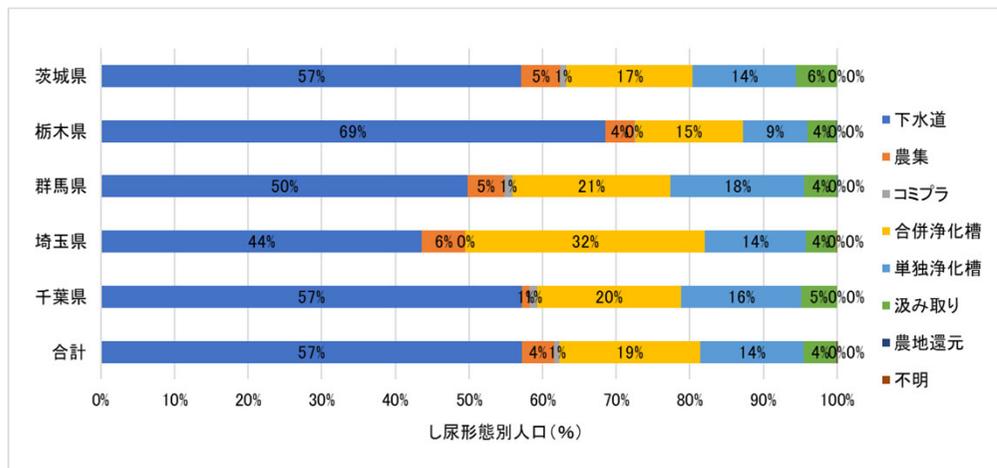
単位：人

県名	人口	施設系			生活系							
		下水道	農業集落排水	コミュニティプラント	合併浄化槽			単独浄化槽		汲み取り	農地還元	不明
					501人槽以上	500人槽以下	計	501人槽以上	500人槽以下			
茨城県	759,692	608,121	23,170	1,469	6,317	120,614	126,932	0	0	0	0	0
栃木県	1,376,058	1,126,159	36,300	868	19,889	177,908	197,797	0	5,950	8,189	795	0
群馬県	1,502,388	1,118,614	58,784	9,036	4,375	311,579	315,954	0	0	0	0	0
埼玉県	237,215	130,290	12,306	0	983	93,636	94,619	0	0	0	0	0
千葉県	335,871	250,031	3,591	1,100	2,732	78,381	81,113	0	36	0	0	0
流域内合計	4,211,225	3,233,215	134,151	12,473	34,296	782,119	816,415	0	5,986	8,189	795	0

# 1. 将来負荷量の定量化 1.4 将来フレーム(人口)(2/2)

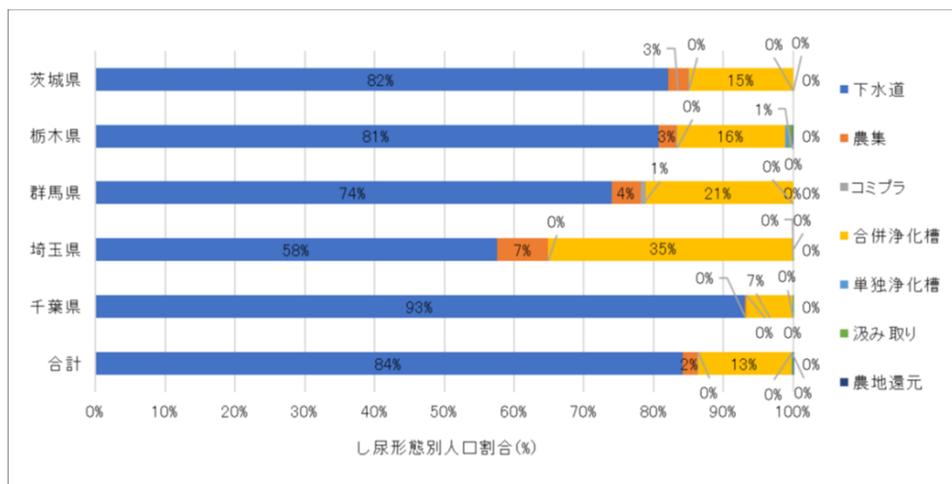
- ◆ 利根川流域内における県別将来フレームの集計結果を示す。
- ◆ 流域内の将来総人口は約421万人であり、群馬県が最も多く、次いで栃木県、茨城県、千葉県、埼玉県となる。将来人口は現況(R3: 約513万人)より約100万人減少すると想定される。(群馬県のし尿処理形態別人口を更新した。)
- ◆ 流域全体将来のし尿処理形態別の構成は、下水道の割合が大きく増加し約8割を占めており、汚水処理は概成する見込みである。(将来フレーム(人口)の構成比率は更新前後での変動はない。)

## <現況R3>



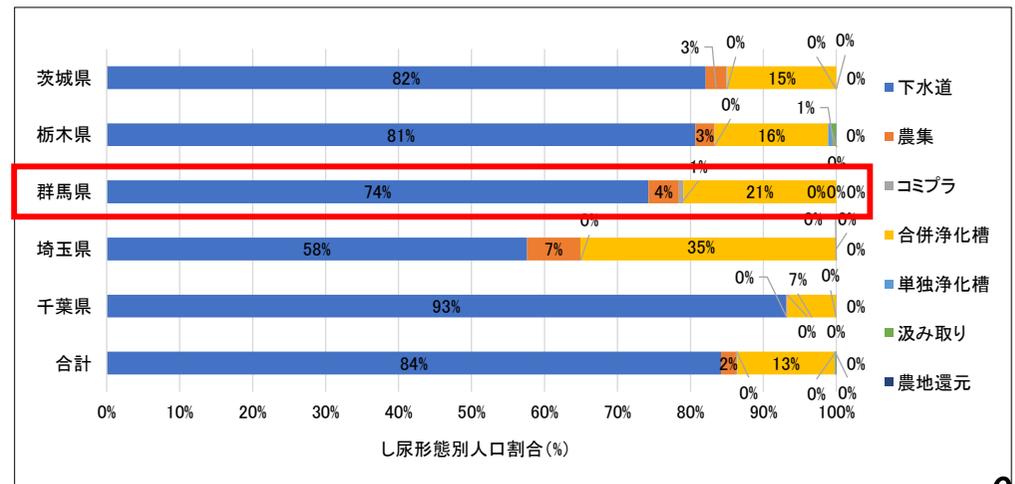
## <将来R33>

## <更新前>



## <更新後>

図-1 現況R3と将来R33のし尿処理形態別人口



# 1. 将来負荷量の定量化 1.5 将来フレーム(人口以外) (※昨年から更新は無し)

- ◆ 流域内の将来フレーム（人口以外）を示す。
- ◆ 家畜頭数は、牛が約17.1万頭、豚が約101.3万頭である。現況に対して、**牛が同程度、豚がやや減少**すると想定される。
- ◆ 土地利用面積は、山林が全体の約55%で最も多く、次いで市街地が約16%である。現況に対して、**市街地がやや増加**し、それ以外の面積が減少すると想定される。
- ◆ 出荷額の合計は約24兆円であり、**現況より増加**すると想定される。

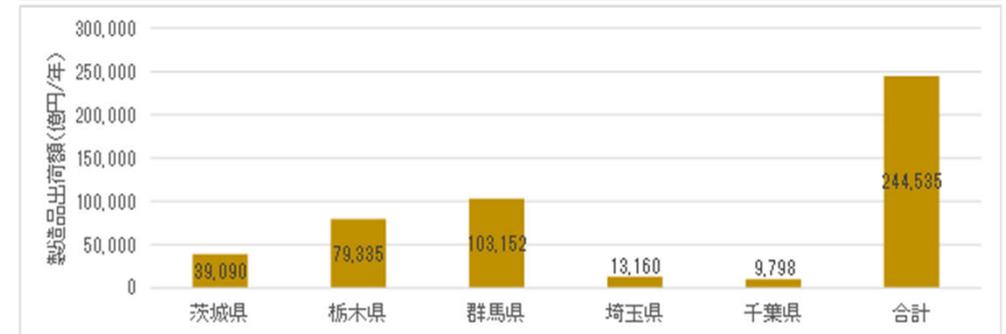
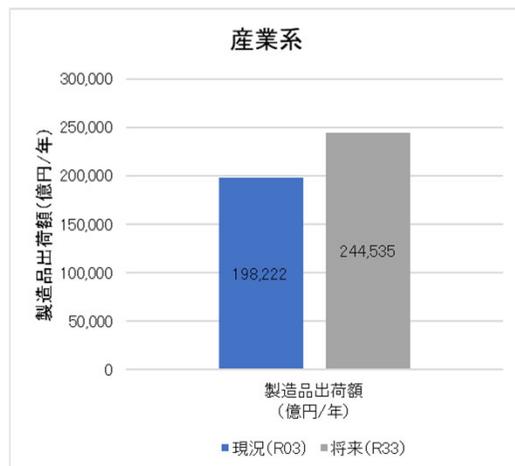
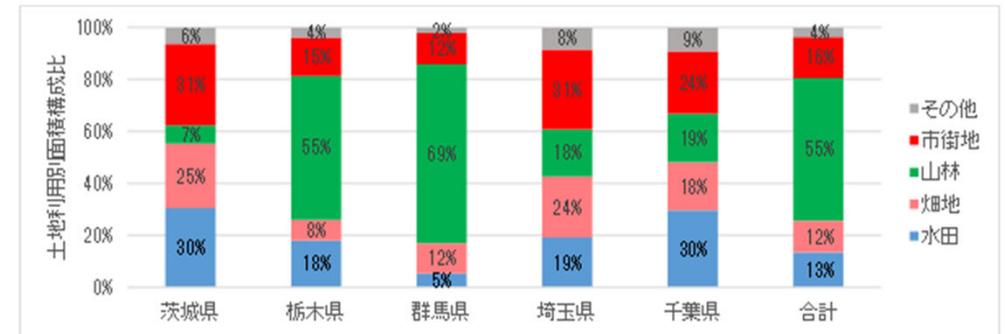
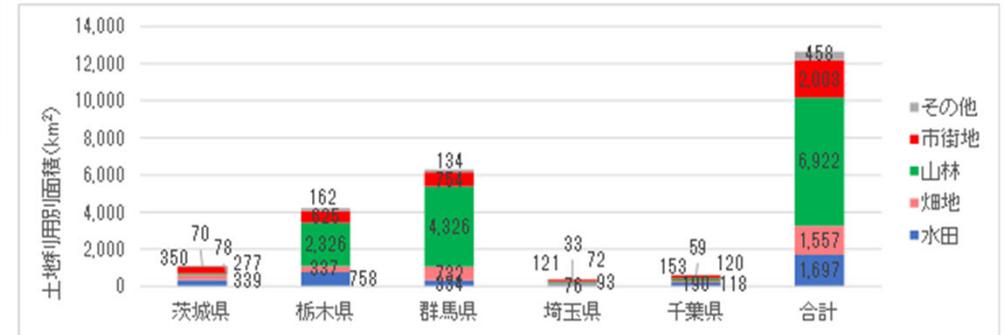
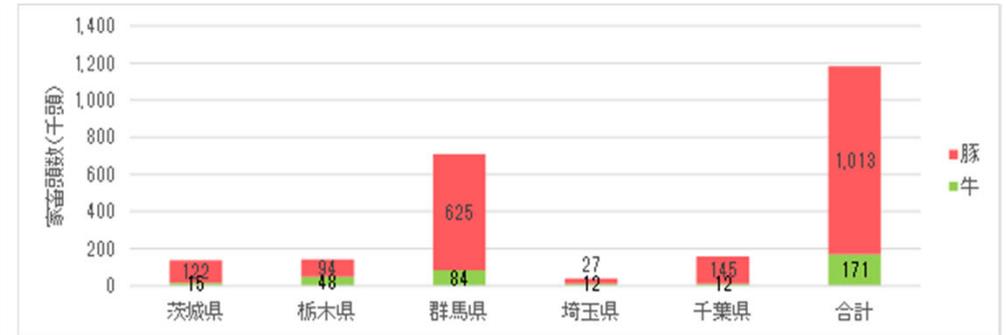
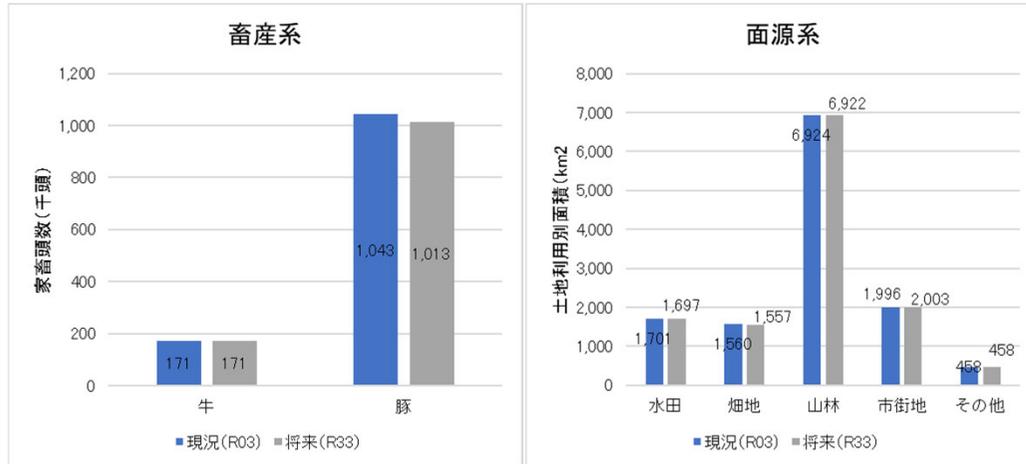


図-2 県別将来フレーム設定結果

# 1. 将来負荷量の定量化 1.6 汚濁負荷量原単位 (※昨年から更新は無し)

- ◆ 将来の汚濁負荷量原単位については、生活様式・施設機能・排せつ物管理など現況で既に高い水準に達しており、今後も**大きな変化はないもの**と考えられる。
- ◆ 流総指針の原単位を見ても概ね同程度で推移していることから、**将来負荷量原単位は現況固定**とする。

[生活系排出負荷量原単位] (g/人/日)

合併浄化槽の排出負荷量原単位

$$\begin{aligned}
 \text{[排出負荷量原単位]} &= \text{[生活系排出負荷量原単位]} + \text{[営業系排出負荷量原単位]} \\
 \text{[生活系排出負荷量原単位]} &= \text{[(し尿+雑排水)発生負荷量原単位]} \times \text{[排出率]} \\
 \text{[営業系排出負荷量原単位]} &= \text{[生活系排出負荷量原単位]} \times \text{[営業用水率]}
 \end{aligned}$$

単独浄化槽の排出負荷量原単位

$$\begin{aligned}
 \text{[排出負荷量原単位]} &= \text{[生活系排出負荷量原単位]} + \text{[営業系排出負荷量原単位]} \\
 \text{[生活系排出負荷量原単位]} &= \text{[し尿発生負荷量原単位]} \times \text{[排出率]} + \text{[雑排水]} \\
 \text{[営業系排出負荷量原単位]} &= \text{[生活系排出負荷量原単位]} \times \text{[営業用水率]}
 \end{aligned}$$

[産業系排水水質] (mg/L)

- ・排水規制値を上限とした排水水質を設定し、排水量に乗じて負荷量を定量化
- ・将来は現況負荷量に出荷額の増減率を乗じて定量化
- ※下水道区域内の事業所は、施設系負荷量とする。
- ※下水道区域外の事業所を、産業系負荷量とする。

[営業系排出負荷量原単位] (g/人/日)

$$= \text{[生活系排出原単位]} \times \text{[営業用水率]}$$

※生活系はし尿+雑排水

※営業用水率は現況と同様に市町村単位で設定

[畜産系排出負荷量原単位] (g/頭/日)

処理施設の排出負荷量原単位

$$\text{[排出負荷量原単位]} = \text{[発生負荷量原単位]} \times \text{[浄化処理率]} \times \text{[平均排出率]}$$

素掘りの排出負荷量原単位

$$\begin{aligned}
 \text{[排出負荷量原単位]} &= \text{[発生負荷量原単位]} \times \text{[素掘り対象 (=0.01)]} \\
 &\quad \times \text{[排出率 (=1.0)]}
 \end{aligned}$$

[面源系原単位] (g/ha/日)

	山 林	畑 地	水 田
BOD	5.0	6.0	15.8
COD	35.7	43.1	113
T-N	9.0	98.3	28.1
T-P	0.19	0.86	3.41

[観光系]

観光系負荷量は、現況と同様に重複を避けるため**営業系負荷量に含まれるもの**とし別途見込まないものとした。

# 1. 将来負荷量の定量化 1.7 将来負荷量定量化結果(現況との比較)

利根川流域全体の現況と将来の排出負荷量定量化結果（**将来フレーム更新後の結果**）を以下に示す。

- ◆ BODは、現況に対して将来は**5割程度に減少**する。
- ◆ いずれの水質項目も**生活系が大きく減少**している一方、下水道等の**施設系や産業系は増加**している。

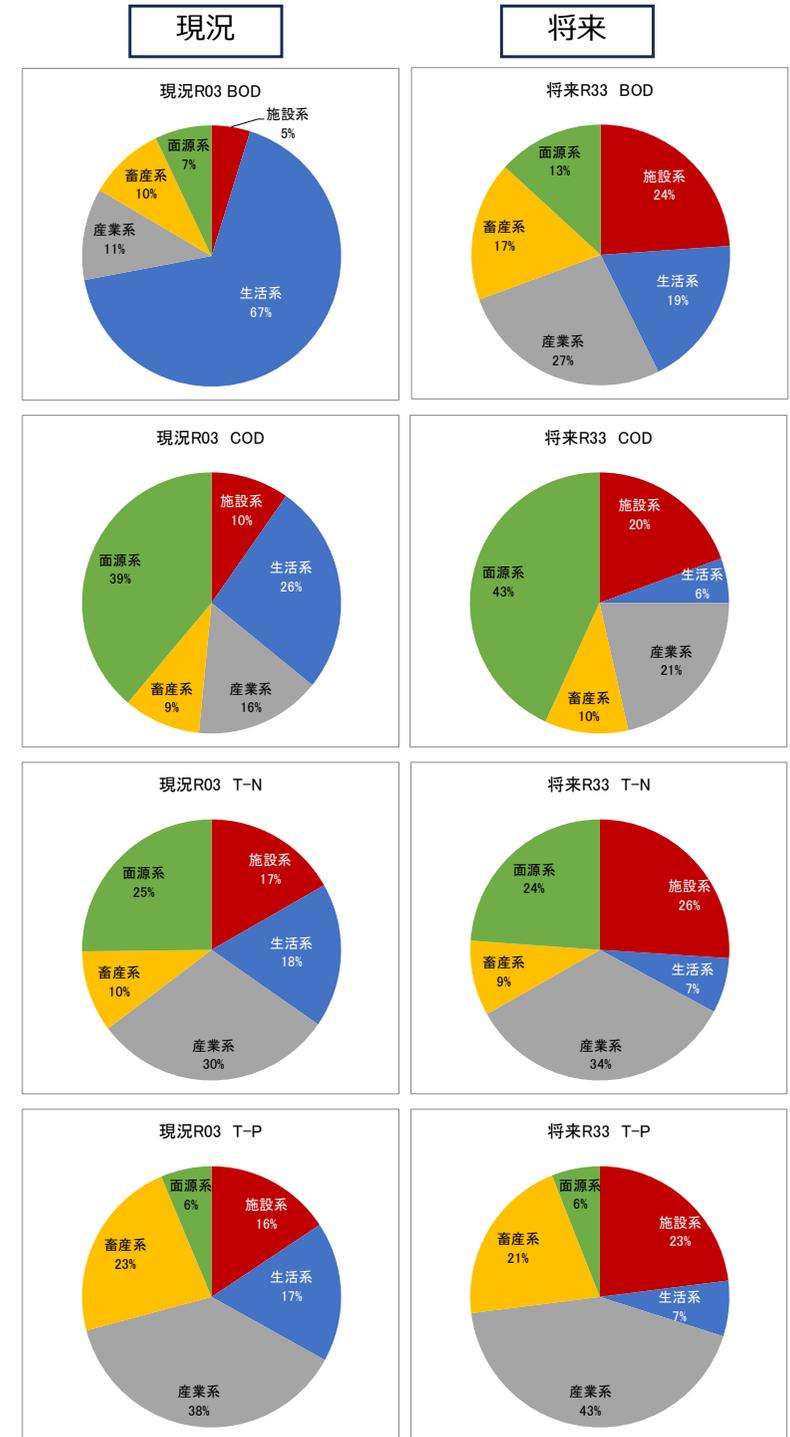
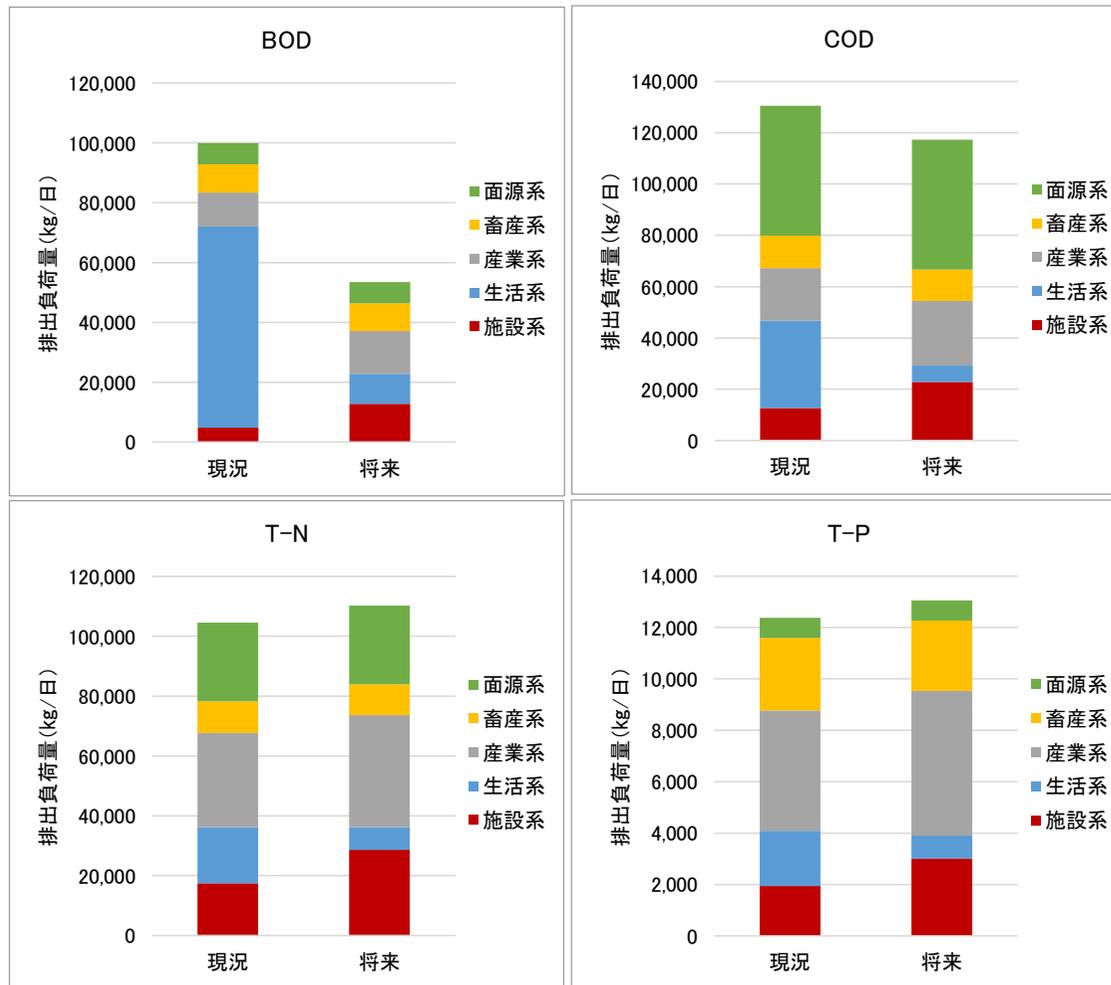
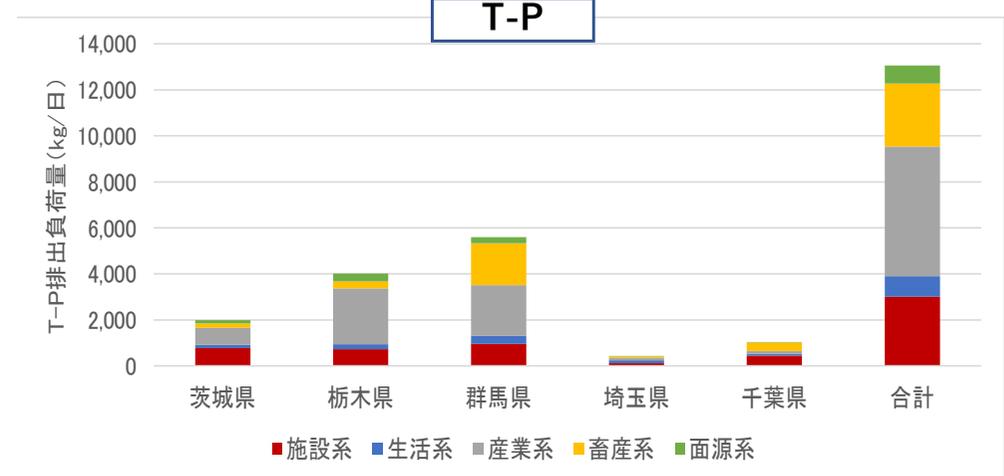
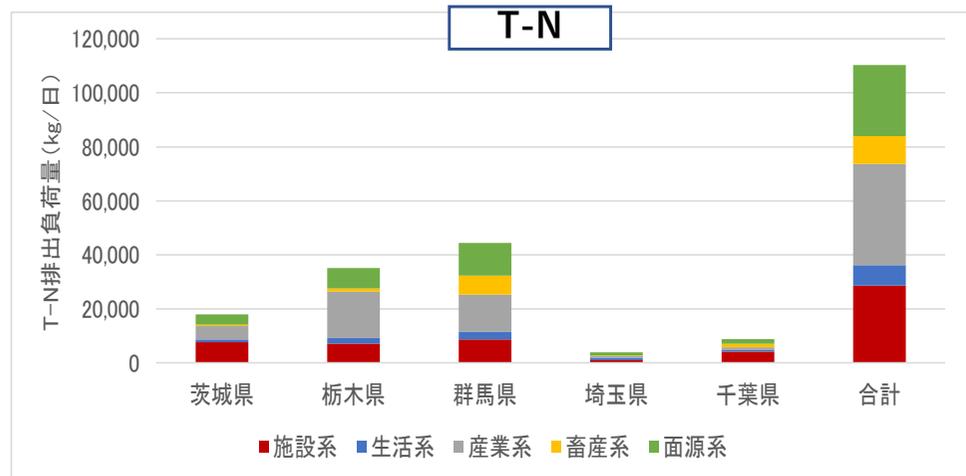
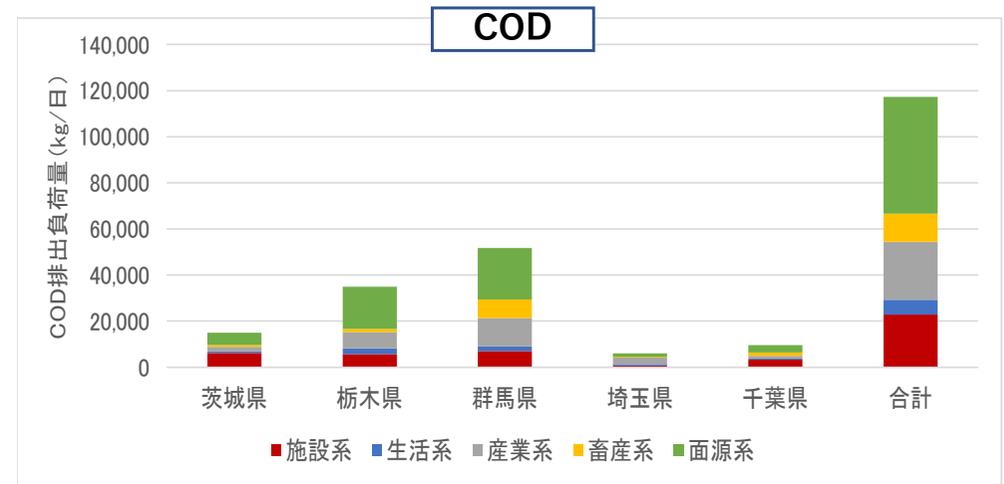
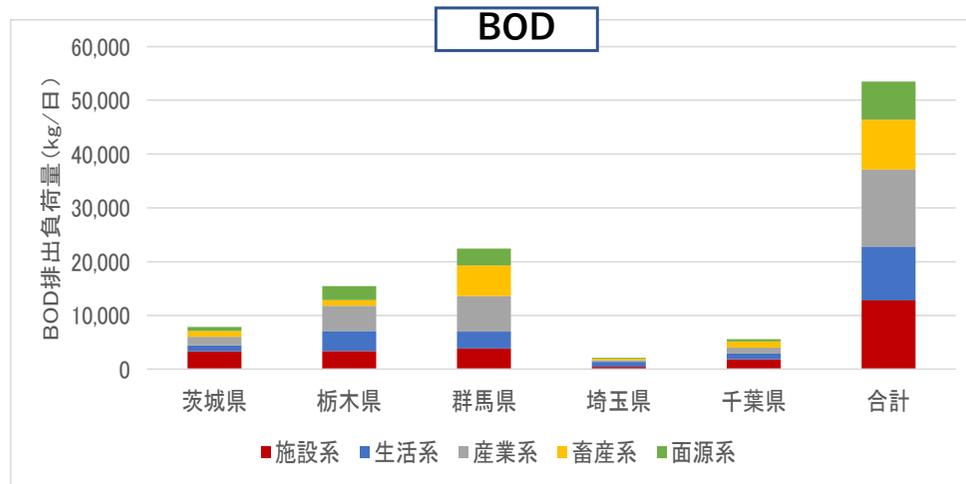


図-3 現況と将来排出負荷量の比較

# 1. 将来負荷量の定量化 1.8 排出負荷量定量化結果結果(県別)

- ◆ 県別の負荷量はいずれの水質項目も群馬県が最も多く、次いで栃木県、茨城県、千葉県、埼玉県となる。
- ◆ 発生源別では、いずれの水質項目も **産業系**と**施設系**の割合が比較的大きい。
- ◆ BODとT-Pは**畜産系**、CODとT-Nは**面源系**の割合も比較的大きい。



施設系: 下水処理場、農業集落排水、コミプラ、し尿処理場、と畜場からの処理水  
 産業系: 製造業の工場排水(処理施設を有する場合は処理後)  
 面源系: 山林、畑地、水田由来の負荷量

生活系: 家庭排水(浄化槽排水、雑排水)、営業排水  
 畜産系: 家畜排水(牛、豚)

図-4 将来排出負荷量の県別定量化結果

## 2. 将来予測条件等の設定 2.1 湛水区間以外

◆ 単純将来における汚濁解析は、現況再現計算をベースとして、将来において変化が想定される条件のみ変更する。

※本計画における単純将来とは、各県の将来計画に基づき下水道等の整備を進めた場合を想定

◆ 今回検討する単純将来予測計算での将来負荷量は、令和6年3月の各県将来計画を基に定量化したものである。

◆ 単純将来での下水処理場の処理水質は、現行基本方針の目標水質（二次処理の計画処理水質）を用いている。

表-5 単純将来汚濁解析の条件設定方法(湛水区間以外)

条件	設定方法	備考
将来低水流量	現況再現計算と同じ	
将来流達率	現況再現計算と同じ	
将来自浄係数	現況再現計算と同じ	
将来流出負荷量	<p>&lt;更新前&gt; 令和5年10月回答の県将来計画（一部暫定値）を基に定量化する。</p> <p>&lt;更新後&gt; 令和6年3月の将来計画確定結果を基に定量化する。</p>	下水処理場の処理水質は現行基本方針の目標水質（二次処理の計画処理水質）を設定する。

表-6 現行基本方針の下水処理場の処理水質(二次処理水質)

単位：mg/L

項目		BOD	COD	T-N	T-P
2次処理	①計画放流水質	15.0	23.0	20.0	3.0
	②換算係数	2.4	2.1	1.4	2.4
	③計画処理水質（流総計画）	6.0	11.0	14.0	1.3

※ 計画放流水質：1日あたりの許容最大の水質

※ 計画処理水質（流総計画）：日平均の年間最大値（＝[計画放流水質]／[換算係数]）

※ 換算係数は下水処理場の1年間以上の放流水質の実績から求まる値

## 2. 将来予測条件等の設定 2.2 湛水区間

- ◆単純将来における汚濁解析は、現況再現計算をベースとして、**将来において変化が想定される条件のみ変更**して実施する。
- ◆水文・気象条件は、**現況再現計算と同じR2年度実績値**を用いる。

表-7 単純将来汚濁解析の条件設定方法(湛水区間)

条件	設定方法	備考
水文・気象条件	現況再現計算と同じ(R2年実績値)	
地形	現況再現計算と同じ	
陸域流入水量・負荷量	県将来計画に基づく定量化結果	
下水処理場放流負荷量	県将来計画に基づいて設定	
河口堰放流量	現況放流量 + 処理水放流量の増減分	
利根川連絡水路	R2年実績値(稼働なし)	
系外流出負荷量	現況設定値 × 排出負荷量変化率	利根大堰、江戸川分派
湛水区間の底質	現況再現計算と同じ(R2年実績値)	

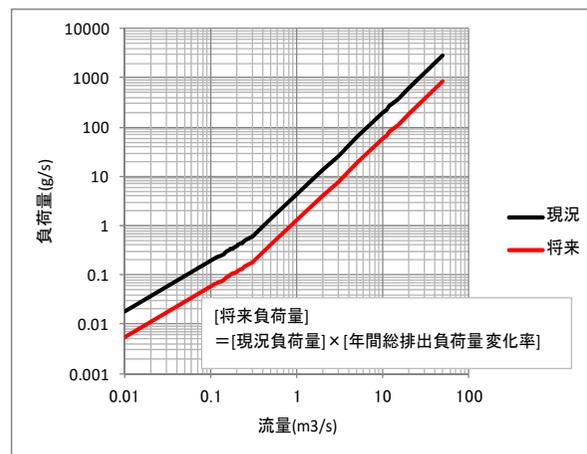


図-5 将来流入負荷量設定イメージ

河川は現況流入負荷量をL-Q式で設定しているため、現況流入負荷量に将来と現況の年間排出負荷量の変化率を一律乗じて設定する。

### 3. 気候変動の影響について 3.1 湛水区間以外

- ◆ 湛水区間以外において、気候変動によって将来予測計算に影響を及ぼす可能性があるのは**低水流量**である。
- ◆ 湛水区間以外では気候変動により低水流量が増減する可能性があるものの、以下の理由により**現況の低水流量**を使用し、**気候変動の影響は考慮しない**こととした。
  - 河川流量は、年間降水量の増減、降水パターンの変化、気温上昇による蒸発散量の増加、積雪量及び融雪時期の変化と利水の関係等から年間の流況が決まるため、気候変動が低水流量に及ぼす影響は一概には設定できない。
  - 利根川の水資源開発基本計画(フルプラン)でも今後検討が進められる予定である。

表-8 湛水区間以外における気候変動が将来予測計算に及ぼす影響

気候変動による変化	将来予測計算への影響
降雨や蒸発散量、積雪・融雪等の変化に伴う流量変化	低水流量の変動
水温・流量変化や濁質の流出に伴う水質変化	低水流量の変化に伴う水質変化

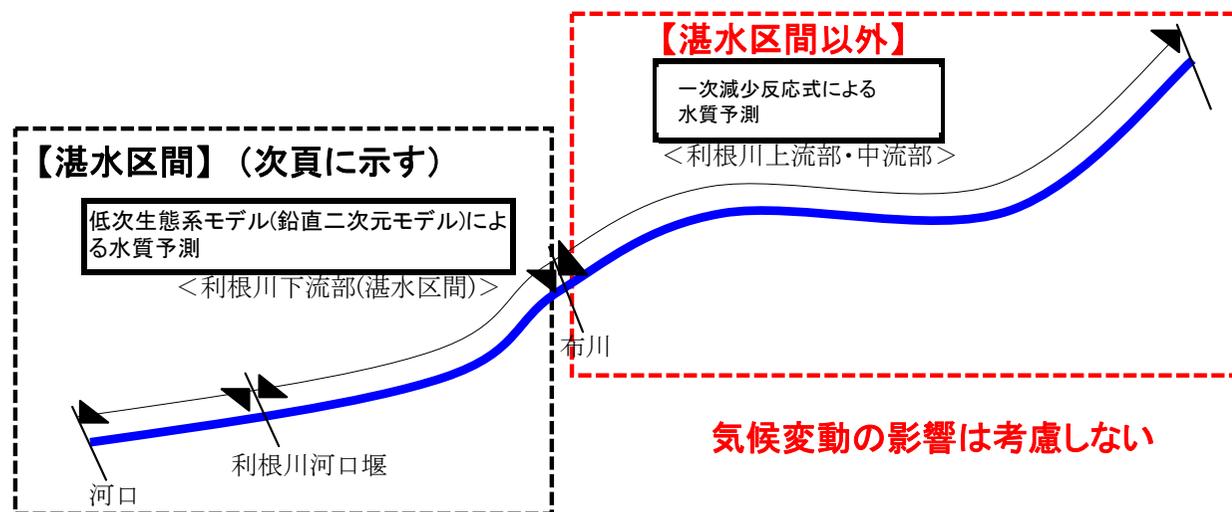


図-6 将来予測モデルと気候変動の影響検討

### 3. 気候変動の影響について 3.2 湛水区間

- ◆ 将来の気温は気候変動に関する政府間パネル(IPCC)第5次評価報告書において上昇が予想されるとともに、水温は利根川湛水区間の佐原の実績値で経年的な上昇傾向が確認されている。
- ◆ 湛水区間では、気温、水温の上昇によって、アオコ形成藻類の増殖促進、鉛直方向の水温躍層の強化による貧酸素化の発生が懸念される。
- ◆ 気候変動による**気温、水温上昇**が利根川河口堰湛水区間の水質に及ぼす影響を把握するため、計算条件を変更し、**気候変動の影響を考慮した水質予測を実施**した。

表-9 気候変動の影響予測の計算条件設定方法の概要

計算条件の変更項目	設定方法	各季節の気温上昇幅の設定値				
			春 (3~5月)	夏 (6~8月)	秋 (9~11月)	冬 (12~2月)
1. 気温	気温の上昇幅は、下記「文献1」に示される2度上昇のシナリオによる気温の上昇幅の予測を30年後に換算した値をR2実績気温に加えて設定。	上昇幅 (°C/100年)	1.1	1.3	1.3	1.8
		上昇幅 (°C/30年)	0.33	0.39	0.39	0.54
2. 支川からの流入水の水温	現況再現計算で作成した気温と水温の相関式に、気候変動を考慮した気温を入力して設定。	1. 気温で変更した気温の設定値に基づき、支川からの流入水の水温を設定。				
3. 本川上流からの流入水温	季節別の水温上昇幅予測値をR2実績水温に加えて設定。		春 (3~5月)	夏 (6~8月)	秋 (9~11月)	冬 (12~2月)
		上昇幅 (°C/30年)	1.37	1.65	0.75	1.05
4. 湛水区間水温初期値	春季の水温上昇幅予測値をR2の初期水温設定値に加えて設定。		春 (3~5月)	夏 (6~8月)	秋 (9~11月)	冬 (12~2月)
		上昇幅 (°C/30年)	1.40	1.28	0.76	1.02

### 3. 気候変動の影響について 3.2 湛水区間

- ◆ 気候変動による気温、水温上昇を考慮することで、植物プランクトンの増殖最適水温の範囲外となり、植物プランクトンの発生が抑制され、**将来のBODは若干低下する予測結果となった。**
- ◆ 気候変動の影響による気温、水温上昇の条件設定方法は確立した手法がないこと、モデルで考慮することができない植物プランクトンの優占種の変遷などにより水質が上昇する可能性があり、**不確実性を有することから、今回の計画見直しにおける、将来予測計算では気候変動の影響は考慮しないこととした。**

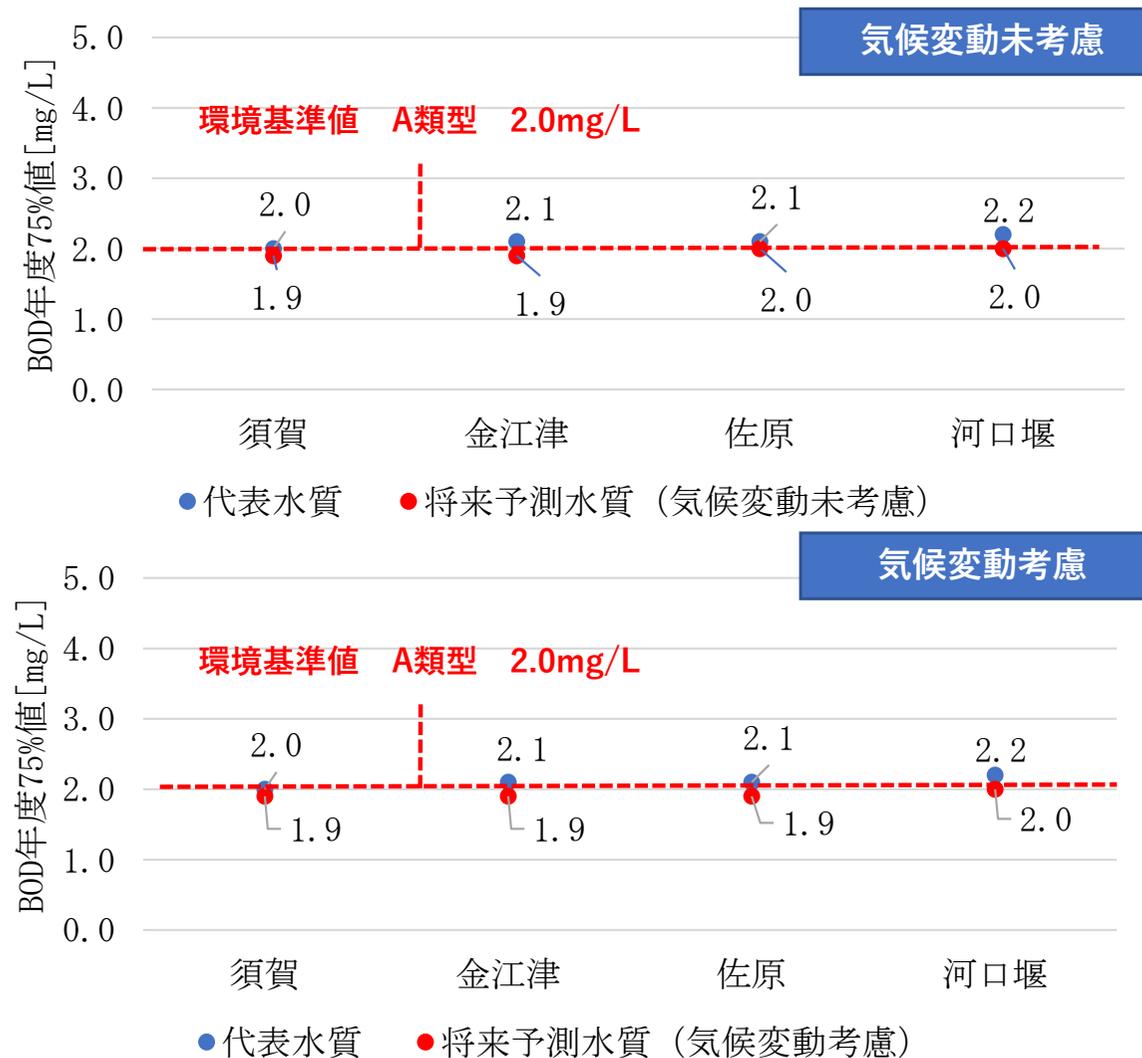


図-7 年間BOD75%値の比較 (上段: 気候変動なし、下段: 気候変動あり)

# 4. 環境基準達成の評価方法

- ◆ BOD環境基準の達成評価は、「75%水質値」が当該水域類型の環境基準に適合している場合に、当該水域が環境基準を達成しているものと判断する。
- ◆ 汚濁解析では、解析結果が観測値より高いもしくは低くなるなどの計算誤差が生じる。このため誤差を含む計算値により環境基準達成状況の評価を行うと、環境基準達成のために必要な汚濁負荷削減量が過大もしくは過小となることが懸念される。
- ◆ これらの計算値の誤差の影響を除くため、将来予測計算結果の環境基準達成状況の評価は、現況観測値と現況計算値との推定誤差の補正率を将来計算値に乗じた値で行うものとする。

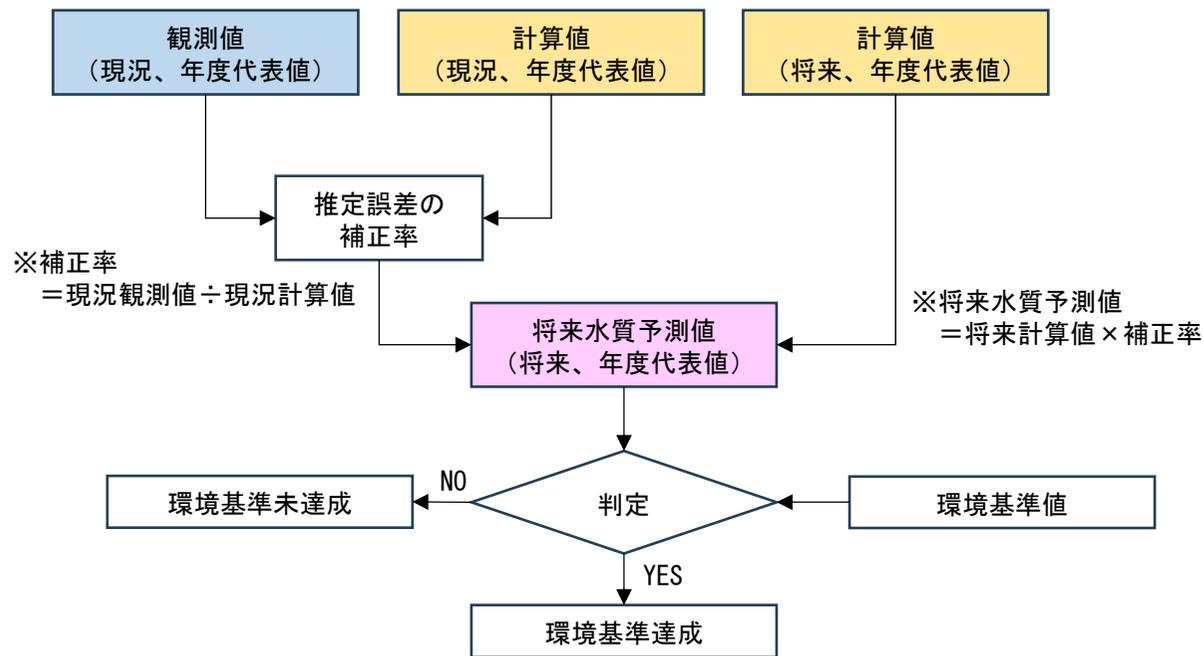


図-8 将来予測結果の環境基準達成状況の評価方法

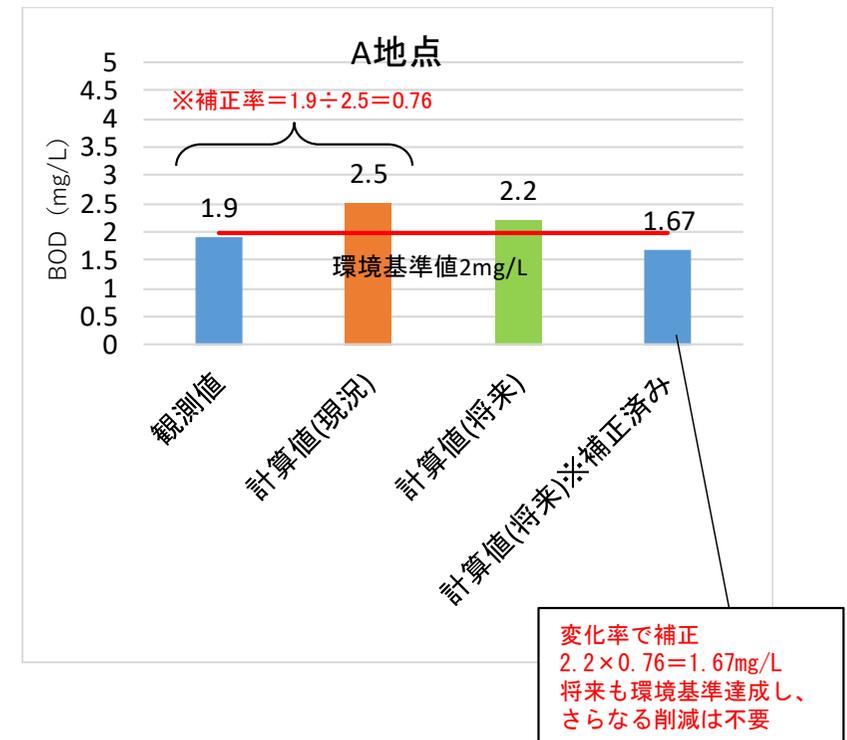
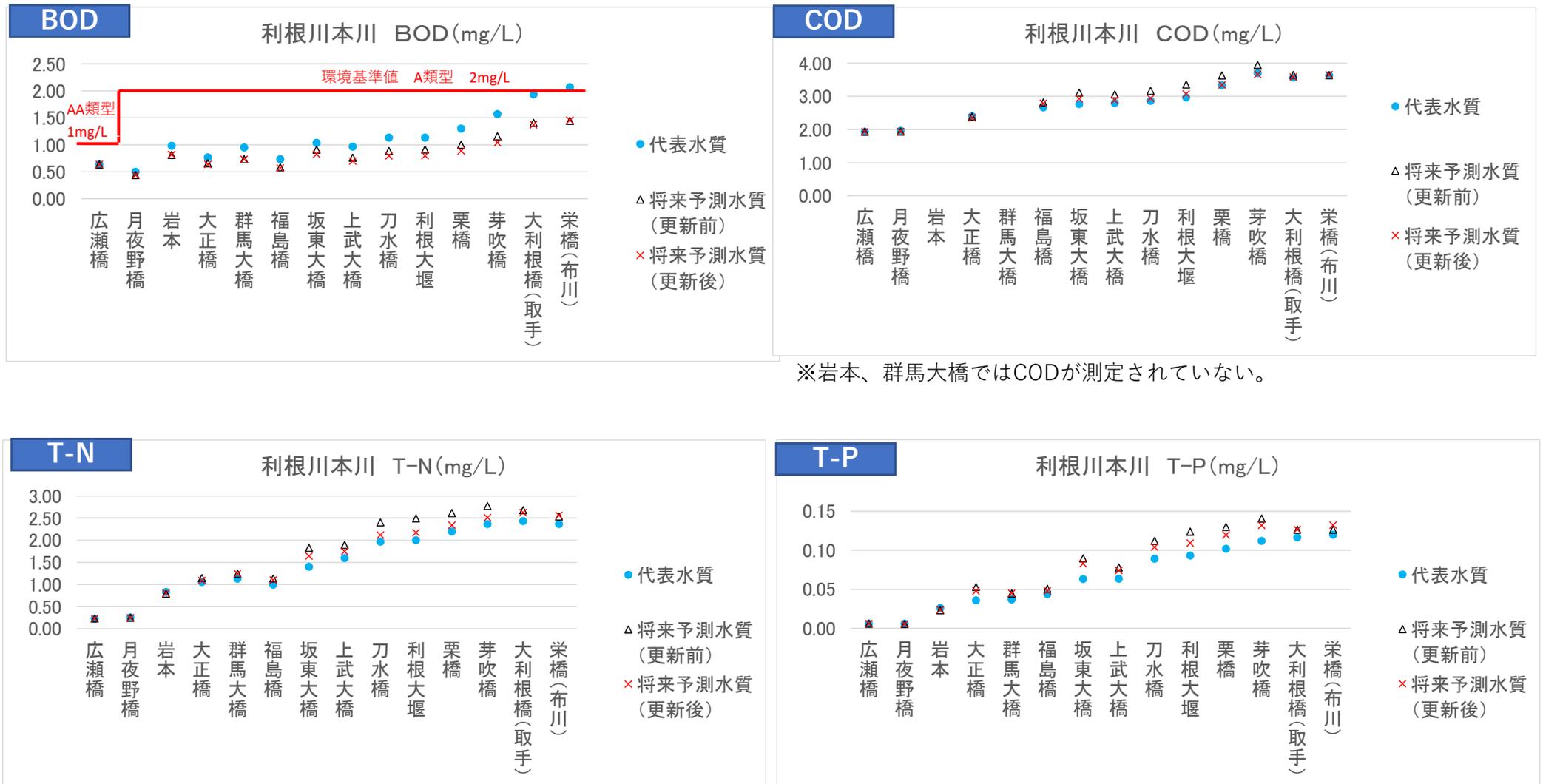


図-9 将来水質予測値算出例

# 5. 単純将来水質予測結果 5.1 湛水区間以外

- ◆ 利根川本川における、BODは**全体的に低下し環境基準達成**、COD、T-Nは**同程度**、T-Pは**やや増加**と予測される。
- ◆ BODは下水道等の整備により生活系排出負荷量が大きく減少しているため、**将来水質は低下傾向**となっている。

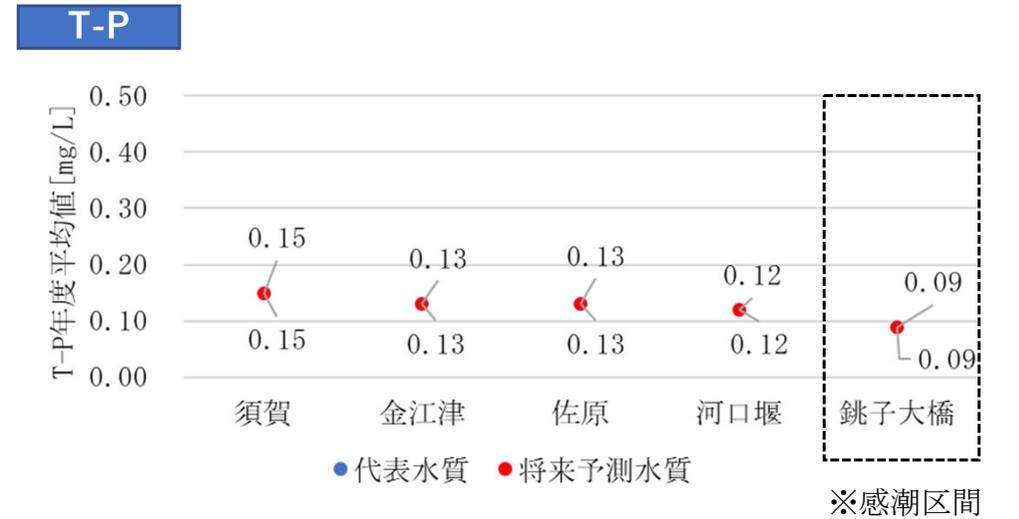
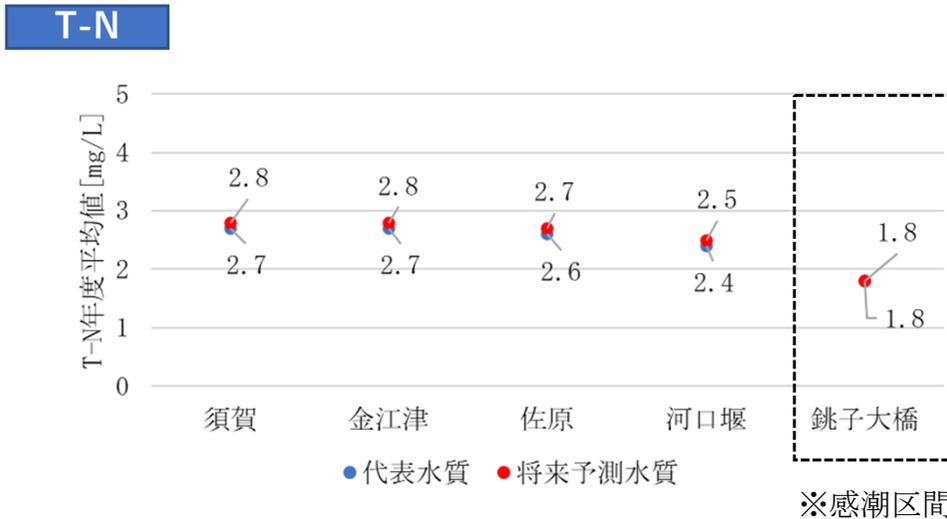
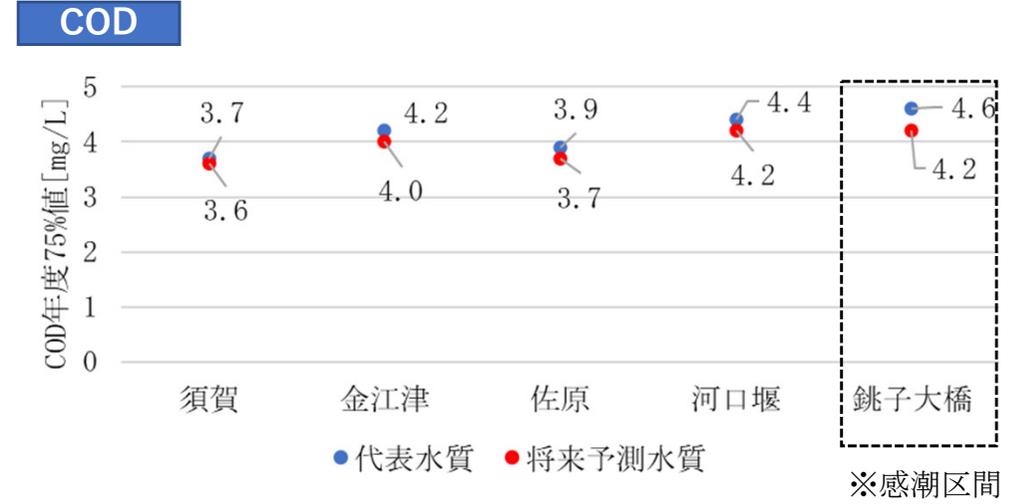
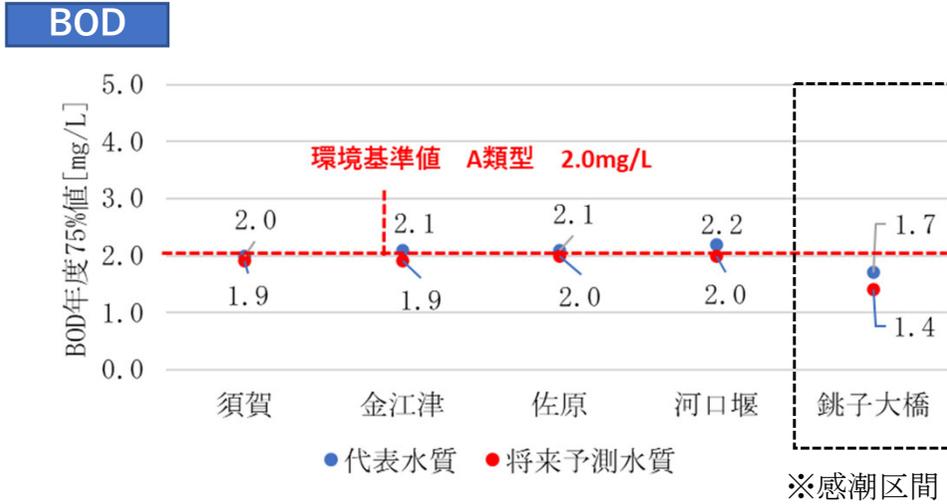


※岩本、群馬大橋ではCODが測定されていない。

図-10 利根川本川の将来水質予測結果(湛水区間以外)

# 5. 単純将来水質予測結果 5.2湛水区間

- ◆ 湛水区間の計算結果は、BOD、CODは**全体的に低下**、TNは**やや上昇**、TPは**同程度**と予測される。
- ◆ BODについては、**全水質基点で環境基準を達成**する結果である。



※感潮区間の銚子大橋は環境基準地点ではないため、相関式を用いた参考的な水質評価を実施した。

図-11 利根川本川の将来水質予測結果(湛水区間)