資料1-3

第 9 期湖沼水質保全計画に係る
将来水質予測シミュレーションについて
（最終）

2026 年（令和 8 年）11 月

滋賀県琵琶湖環境科学研究センター

目　　次

1. 将来水質予測に用いたモデルの概要 1-1

1.1 はじめに 1-1

1.2 モデルの概要 1-1

2. 現況年度（2025 年度）の気象等の概要 2-1

2.1 気象データ（年度別値） 2-1

2.2 気象データ（月別値） 2-5

2.3 水位データ 2-14

3. 現況再現シミュレーション（2025 年度） 3-1

3.1 データ整備の方法 3-1

3.2 計算条件 3-9

3.3 計算結果 3-10

4. 将来予測シミュレーション（2031 年度） 4-1

4.1 データ整備の方法 4-1

4.2 計算条件 4-4

4.3 計算結果 4-6

5. シミュレーション結果を踏まえた水質目標値の設定 5-1

5.1 評価方法 5-1

5.2 結果のまとめ 5-3

6. 原単位法による負荷量推計 6-1

6.1 負荷量の計算方法 6-1

6.2 原単位の計算 6-4

6.3 負荷量計算結果 6-13

1. 将来水質予測に用いたモデルの概要

1.1 はじめに

滋賀県では 2005 年度以降、琵琶湖流域の水文・水質の状況を再現・予測できる「琵琶湖流域水物質循環モデル」（以下「モデル」という。）を構築し、水質保全施策の効果予測や水質汚濁メカニズムの解明等を行ってきた。具体的には、第 5～8 期の湖沼水質保全計画（以下「湖沼計画」という。）に係る水質予測シミュレーションを実施したほか、琵琶湖における難分解性有機物の起源推定を行い、陸域由来に比べて湖内生産由来のものが卓越することなどを明らかにした。

一方、近年、琵琶湖では在来魚介類の減少が問題となっており、その要因の一つとして、流域スケールでの物質循環の様相が大きく変化し、植物プランクトンから動物プランクトン、魚介類へとつながる物質循環が滞ってきたことが指摘されている。そのため、物質の存在量（ストック）だけでなく、物質の移動量（フロー）についても把握・評価できるよう、モデルの改良を行ってきた。第 8 期湖沼計画では、生態系保全も視野に入れた水質管理手法を検討するため、各種水質指標に加え、魚介類等を含む物質循環や全層循環の状況などについて、長期的な連続計算・再現ができるようモデルを改良し、現況再現と将来予測を行った。

2020 年度以降、猛暑や暖冬、豪雨や渇水など、気候変動の影響が顕在化しており、琵琶湖でもその影響が見られている。こうした状況を踏まえると、これまでに構築・改良してきたモデルを活用し、琵琶湖における物質循環の状況に加えて、今後の気候変動が水質や物質循環に及ぼす影響を考慮した将来予測を行うことが重要となっている。そこで、第 9 期湖沼計画では、2025 年度における社会や環境の状況を整理し、2025 年度の琵琶湖の水質等に関する再現計算を行うとともに、2031 年度までの対策や気象条件等に関するシナリオを設定し、気候変動の影響を考慮した将来の水質等の変化を予測する。

1.2 モデルの概要

モデルは琵琶湖の陸域・湖内の水物質循環に関するモデルを結合し、非定常な解析が可能な分布型モデルとして構築している。「陸域水物質循環モデル」「湖内流動モデル」「湖内生態系モデル」の 3 つから成り、それぞれ気象や地形、社会条件等のデータと他のモデルからの出力を読み込んでシミュレートする（図 1-1）。

陸域水物質循環モデルは、蒸発散モデル、地表流モデル、地下水モデルなど 5 つの要素モデルから成る 500m 正方メッシュの分布型物理モデルであり、水（流量）の他、物質として溶存態成分、SS とそれに吸着した懸濁態成分について、負荷発生から湖内流入まで解析する（図 1-2）。水循環については、降水をインプットデータとし、地表面での降水の分配～

地下水流～地表流～河道流といった流域での水の挙動に関する物理現象を解析する各サブモデルを統合することによって流域全体の現象を解析する。物質循環については、点源負荷については原単位法により計算を行い、また負荷の発生・排出・流達過程における物理的機構を再現するため、面源負荷の発生と負荷流達機構について土壌流出量算定モデル等を用いた解析を行う。物質形態については、溶存態成分として難分解性有機物（RDOC）、易分解性有機物（LDOC）、難分解性有機態窒素（RDON）、易分解性有機態窒素（LDON）、無機態窒素（DIN）、難分解性有機態リン（RDOP）、易分解性有機態リン（LDOP）、無機態リン（DIP）の 8 形態、SS として難分解性有機態 SS（RSS）、易分解性有機態 SS（LSS）、砂、シルト、粘土の 5 形態を仮定し、物質の分解・浄化や、吸着する有機物、窒素、リンについても考慮する。

湖内流動モデルは、琵琶湖内部での水の流動および水温変化を計算するモデルである（図 1-3）。層位モデルを用いた準三次元的解析が可能であり、流れの解析に用いる基礎方程式は静水圧近似と Boussinesq 近似を用いた非圧縮性流体の連続の式および運動方程式である。水域を平面方向に 1km×1km に分割し、鉛直方向には水深の異なる 12 層に分割し作成したメッシュを計算単位として、外部条件（気象、河川流出入）を与えることにより、湖内での水の流れを計算し、湖内での流速および水温分布を結果として出力する。

湖内生態系モデルは、物質の移流・拡散過程、水－底質相互作用を含む湖内の生化学反応過程を基盤とするモデルである（図 1-4）。陸域水物質循環モデルから出力される負荷量、湖内流動モデルから得られる流速、水温等を入力値として用い、湖内における移流拡散モデルと生態系モデルを結合させ、各コンパートメント量（植物プランクトン（藍藻・珪藻・緑藻他）、動物プランクトン、高次捕食者（プランクトン食性魚・雑食性魚・魚食性魚・底生動物）、懸濁態有機物、溶存態有機物、DO、沈水植物、金属類等）の全てを連成的に解くことで、生態系および栄養塩の動態を予測する。計算単位となるメッシュは、平面・鉛直方向ともに湖内流動モデルと同じである。なお湖内生態系モデルでは、前述のように有機物として COD ではなく炭素量（TOC 等）を用いた解析を行っているが、最終的に COD で評価するために、再度 TOC を湖内水質の統計データから COD に換算するという操作を行う。

陸域および湖内のモデルにおける計算領域を図 1-5 に示す。

【琵琶湖流域水物質循環モデルに関する主な参考文献】

佐藤祐一・小松英司・永禮英明・上原浩・湯浅岳史・大久保卓也・岡本高弘・金再奎：陸域－湖内流動－湖内生態系を結合した琵琶湖流域水物質循環モデルの構築とその検証，水環境学会誌，34（9），pp.125-141，2011.

佐藤祐一：自治体における湖沼流域水質予測モデル構築の現状と課題，水環境学会誌，37（7），pp.253-256，2014.

佐藤祐一・岡本高弘・早川和秀・大久保卓也・小松英司：琵琶湖における難分解性有機物の起源：発生源における生分解試験とボックスモデルによる推計，水環境学会誌，39（1），pp.17-28，2016.

佐藤祐一・早川和秀・永田貴丸・尾原禎幸・岡本高弘・七里将一・山口保彦・酒井陽一郎・中村光穂・後藤直成・今井章雄・富岡典子・佐野友春・小松一弘・土屋健司・高津文人・霜鳥孝一・中野伸一・程木義邦・小松英司・上原浩：政策課題研究 3 生態系保全につながる物質循環のあり方に関する研究，滋賀県琵琶湖環境科学研究センター　研究報告書，16，pp.55-79，2021.

佐藤祐一・早川和秀・永田貴丸・山口保彦・尾原禎幸・中村光穂・岡本高弘・酒井陽一郎・霜鳥孝一・上原浩・東海林太郎・永禮英明・小松英司：政策課題研究 3 湖沼の円滑な物質循環につながる要件と指標に関する研究，滋賀県琵琶湖環境科学研究センター　研究報告書，19，pp.62-87，2024.

佐藤祐一・上原浩・東海林太郎・吉武央気：気象条件が琵琶湖の流入負荷に与える影響：流域水物質循環モデルを用いた解析，土木学会論文集，80（27），24-27008，2024.

「琵琶湖流域水物質循環モデル」琵琶湖ハンドブック四訂版，pp.210-211，2025.

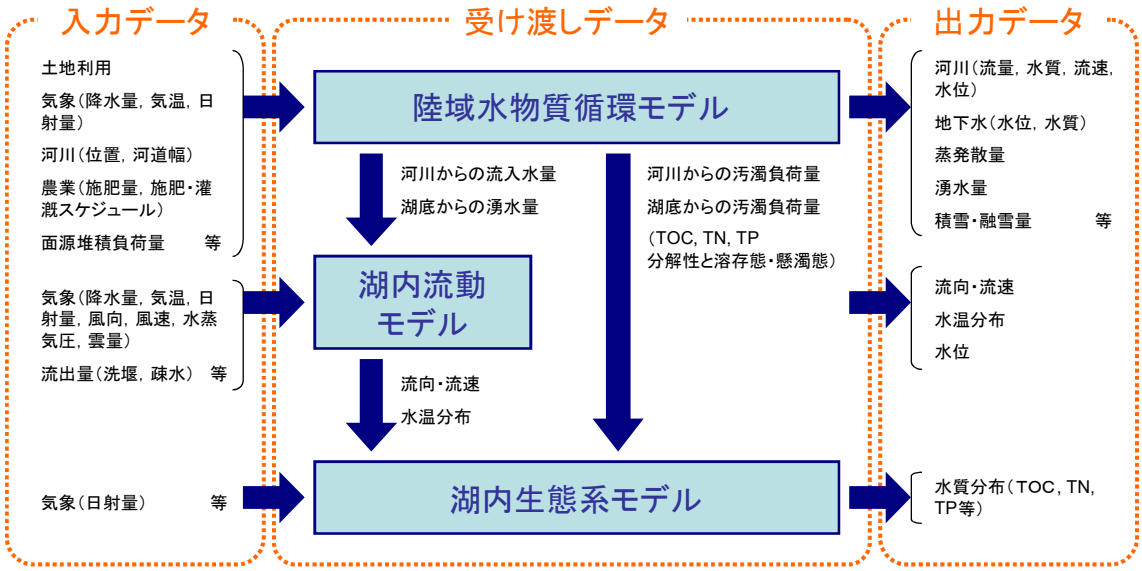


図 1-1　琵琶湖流域水物質循環モデルの全体像

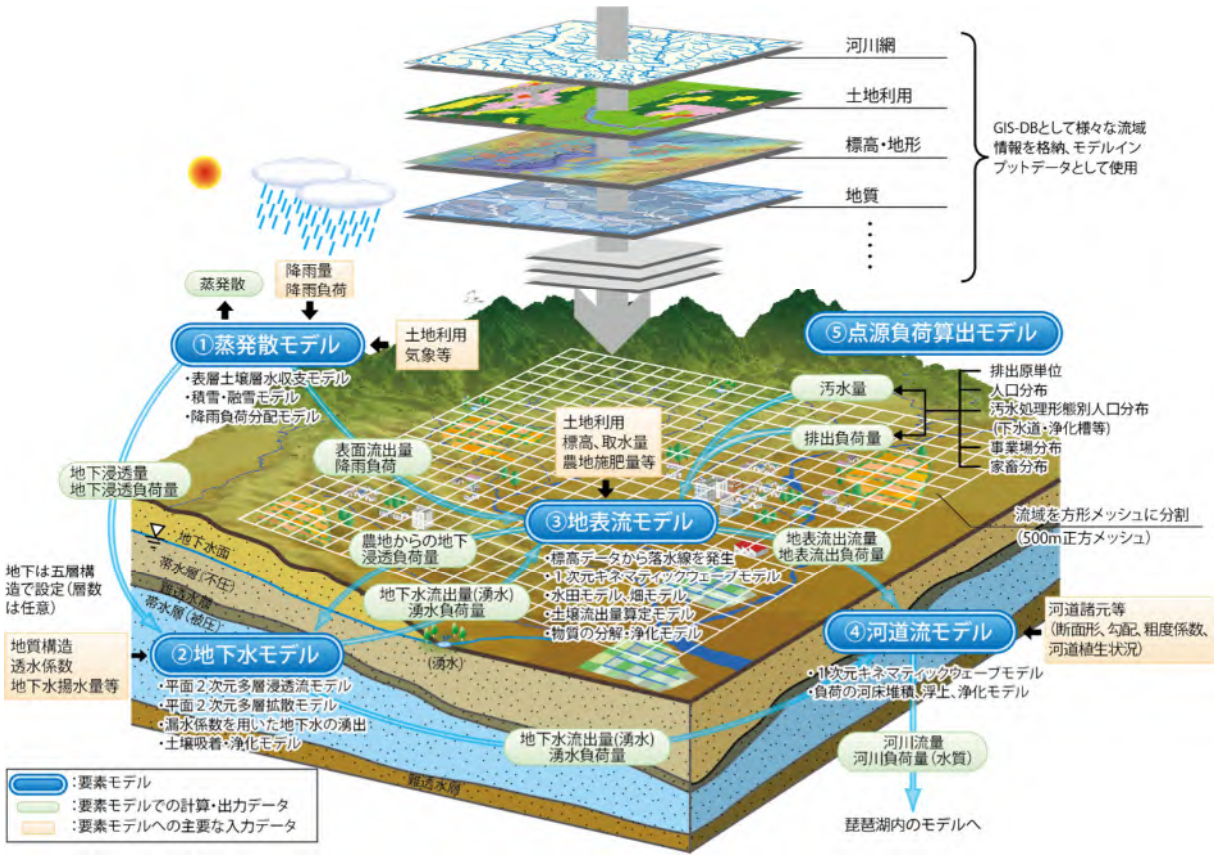


図 1-2　陸域水物質循環モデルの概要

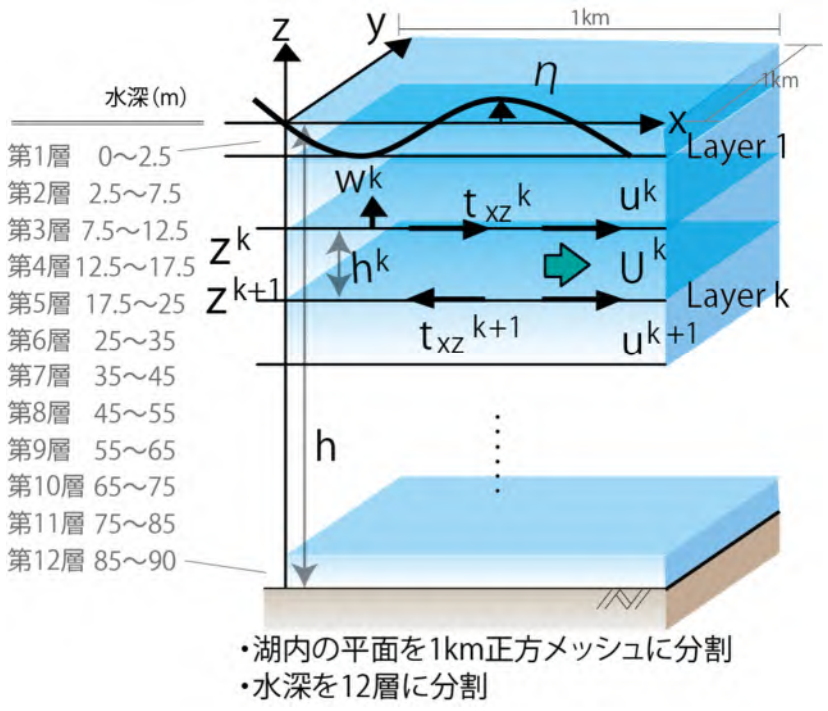


図 1-3　湖内流動モデルの概要

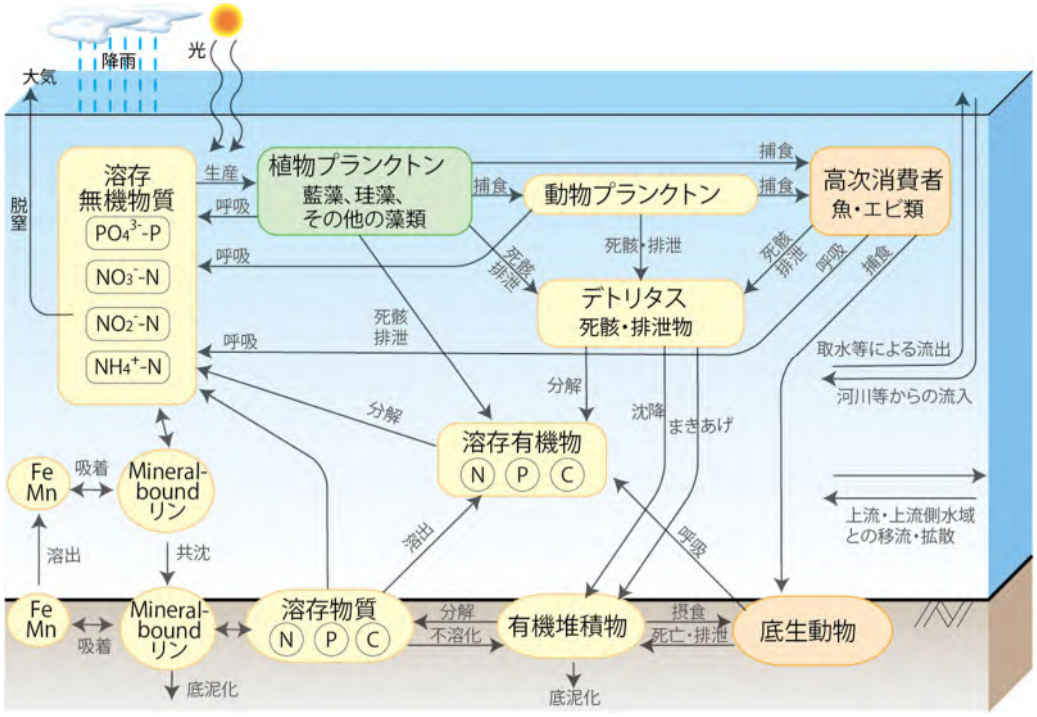


図 1-4　湖内生態系モデルの概要

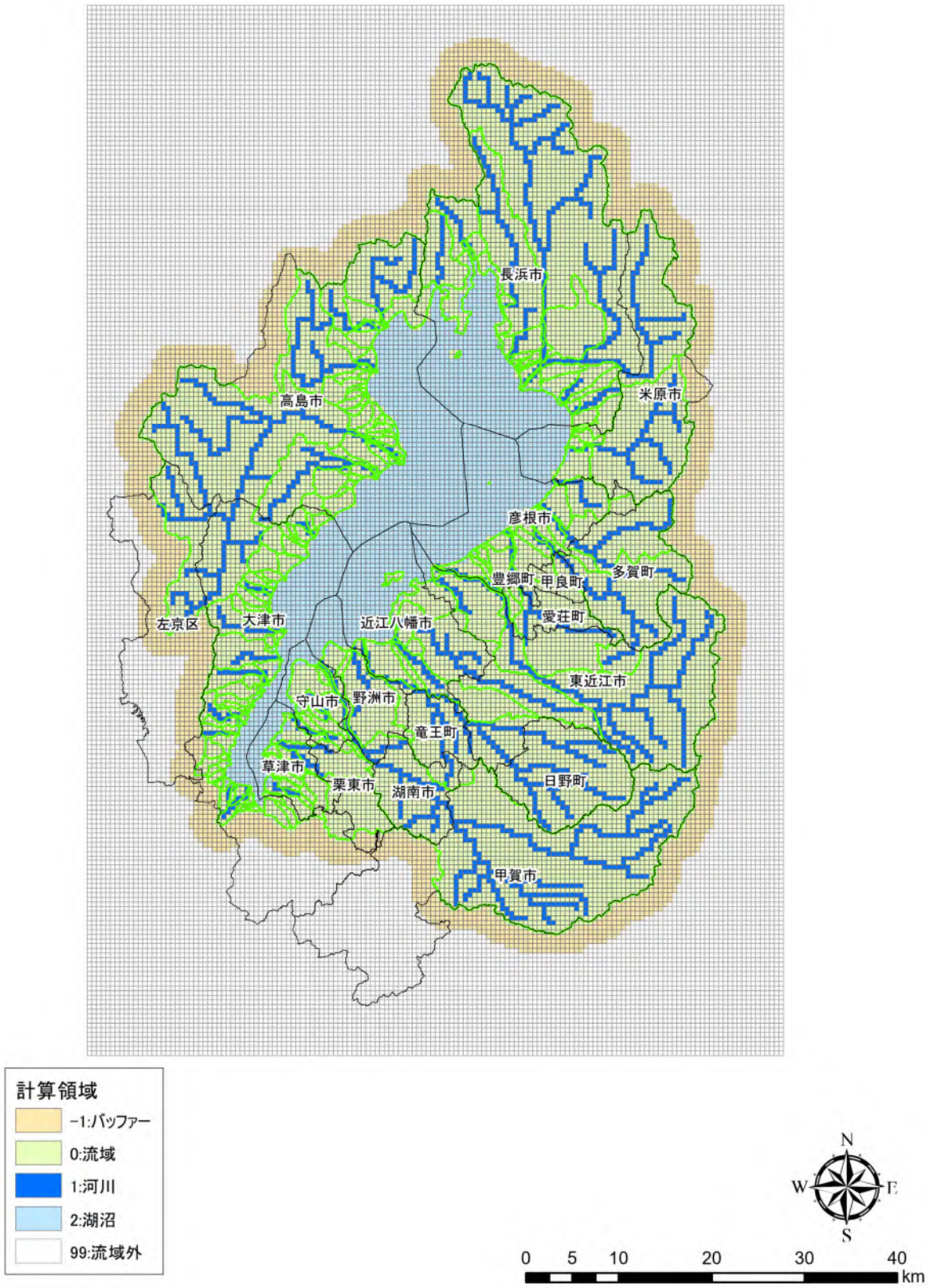


図 1-5　モデルにおける計算領域（陸域は 500m、湖内は 1km メッシュ）

2. 現況年度(2025 年度)の気象等の概要

2.1 気象データ(年度別値)

近 20 ヶ年の気温、降水量、日射時間、積雪深についてまとめたものを以下に示す。現況再現対象である 2025 年度は、気温は 1.0℃高く（20 ヶ年平均比+6.5%）、日照時間も 195 時間長かった（同+10.0%）。年降水量は 1346mm と 20 ヶ年で最も少なかった（同-17.4%）ものの、最深積雪深は 128cm（同 20%）とやや多かった。

表 2-1 年間値での比較（2006～2025 年度） ※青塗は近似性があるもの

年度		彦根 年平均気温		彦根 年降水量		彦根 年日照時間		柳ヶ瀬 年最深積雪深		近似個数
		℃	平均比	mm	平均比	時間	平均比	cm	平均比	
2006	H18	15.2	-1.9%	1,552	-4.8%	1,845	-5.1%	18	-83%	2
2007	H19	14.9	-3.9%	1,560	-4.3%	1,828	-6.0%	97	-9%	2
2008	H20	15.2	-1.9%	1,462	-10.3%	1,899	-2.3%	47	-56%	2
2009	H21	14.9	-3.9%	1,449	-11.1%	1,745	-10.3%	136	27%	1
2010	H22	15.0	-3.2%	1,769	8.5%	1,945	0.0%	249	133%	1
2011	H23	15.1	-2.6%	1,902	16.7%	1,793	-7.8%	181	69%	0
2012	H24	14.9	-3.9%	1,633	0.2%	1,938	-0.3%	100	-7%	3
2013	H25	15.2	-1.9%	1,492	-8.5%	2,112	8.6%	79	-26%	2
2014	H26	15.0	-3.2%	1,563	-4.1%	1,869	-3.9%	160	50%	1
2015	H27	15.7	1.3%	1,633	0.2%	1,991	2.4%	62	-42%	3
2016	H28	15.5	0.0%	1,735	6.4%	1,916	-1.4%	142	33%	2
2017	H29	14.9	-3.9%	1,826	12.0%	2,021	4.0%	165	54%	0
2018	H30	15.9	2.6%	1,757	7.8%	1,950	0.3%	19	-82%	1
2019	R1	16.1	3.9%	1,514	-7.1%	1,895	-2.5%	10	-91%	1
2020	R2	15.7	1.3%	1,874	15.0%	1,980	1.9%	105	-2%	3
2021	R3	15.3	-1.3%	1,740	6.7%	1,890	-2.8%	173	62%	2
2022	R4	16.0	3.2%	1,391	-14.7%	2,033	4.6%	75	-30%	1
2023	R5	16.2	4.5%	1,620	-0.6%	2,063	6.1%	71	-34%	1
2024	R6	16.4	5.8%	1,785	9.5%	2,034	4.6%	128	20%	1
2025	R7	16.5	6.5%	1,346	-17.4%	2,139	10.0%	128	20%	1
20ヶ年平均		15.5	–	1,630	–	1,944	–	107	–	–
近似性の判断（平均比）			±2%以内		±5%以内		±3%以内		±30%以内	
R3～7年度の平均		16.1	3.9%	1,576	-3.3%	2,032	4.5%	115	7.5%	–

※データ出典：気象庁 Web サイト、アメダスデータ

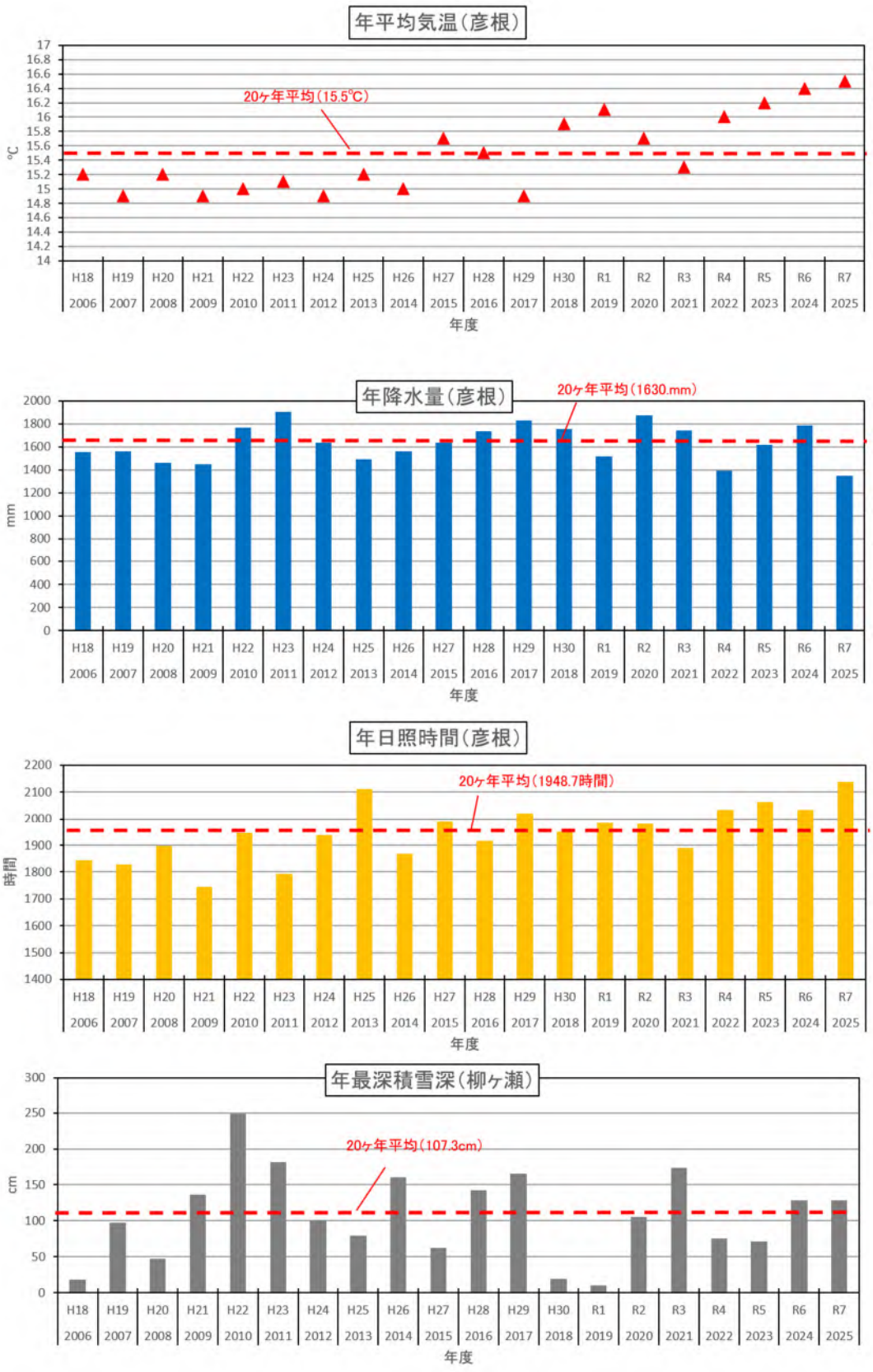


図 2-1　年間値（気温、降水量、日照時間、最深積雪深）での比較

台風について年度別の上陸数を整理し、表 2-2 に示す。2025 年度の台風の年間上陸数は 3 個であり、20 ヶ年平均に比べてやや少ない年であった。また、琵琶湖に接近した台風は、台風 15 号（図 2-2）の 1 個であった。なお、台風 12 号も接近したが、最接近した時には勢力が弱まっていた。

表 2-2　年度別の台風上陸数

年度		4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	年間
2006	H18					1	1							2
2007	H19				1	1	1							3
2008	H20													0
2009	H21							1						1
2010	H22					1	1							2
2011	H23				1		2							3
2012	H24			1			1							2
2013	H25						2							2
2014	H26				1	1		2						4
2015	H27				2	1	1							4
2016	H28					4	2							6
2017	H29				1	1	1	1						4
2018	H30				1	2	2							5
2019	R1				1	2	1	1						5
2020	R2													0
2021	R3				1	1	1							3
2022	R4				1	1	1							3
2023	R5					1								1
2024	R6					2								2
2025	R7				1	1	1							3
20ヶ年平均		0	0	0.05	0.5	0.95	0.85	0.25	0	0	0	0	0	2.7
2021～2025年平均		0	0	0	0.6	1.2	0.6	0	0	0	0	0	0	2.4

※台風上陸数：台風の中心が北海道、本州、四国、九州の海岸線に達した場合を「日本に上陸した台風」。ただし、小さい島や半島を横切って短時間で再び海に出る場合は「通過」

データ出典：気象庁 Web サイト、過去の台風資料

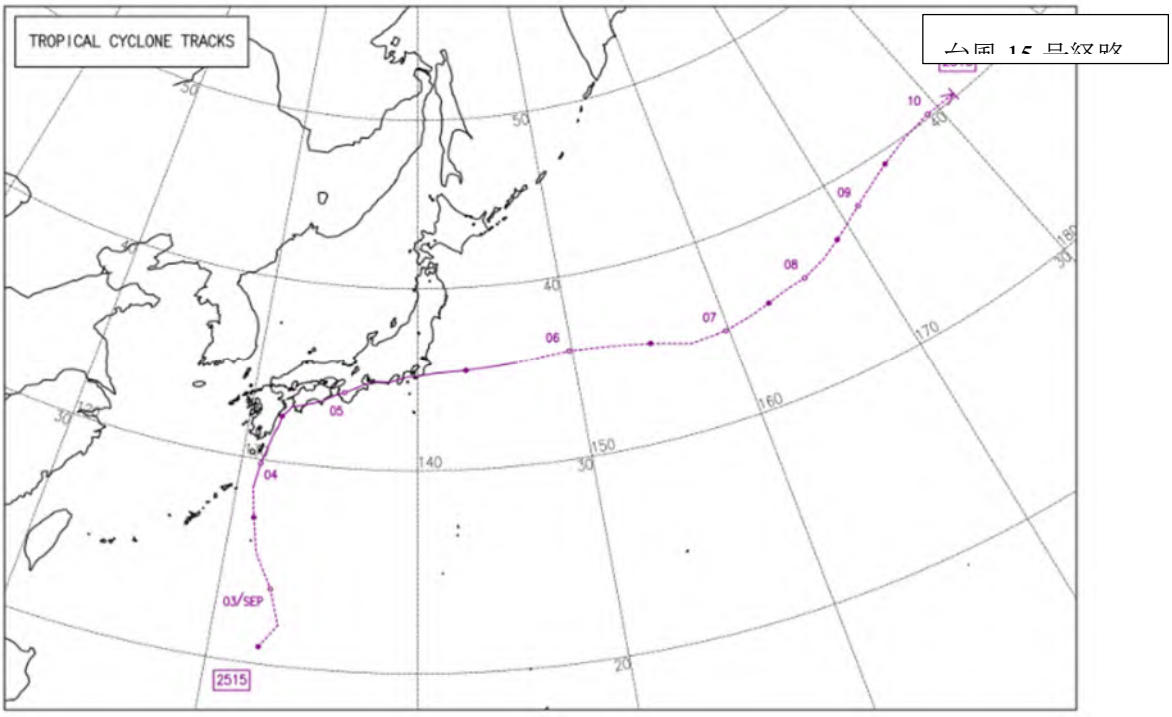


図 2-2　台風 15 号の経路図（2025/9/3～9/6）

2.2　気象データ（月別値）

気温、降水量、日射時間、積雪深について月別にまとめたものを以下に示す。2025 年度は 7～9 月に気温が高く、7、11、2 月の降水量が少なかった。

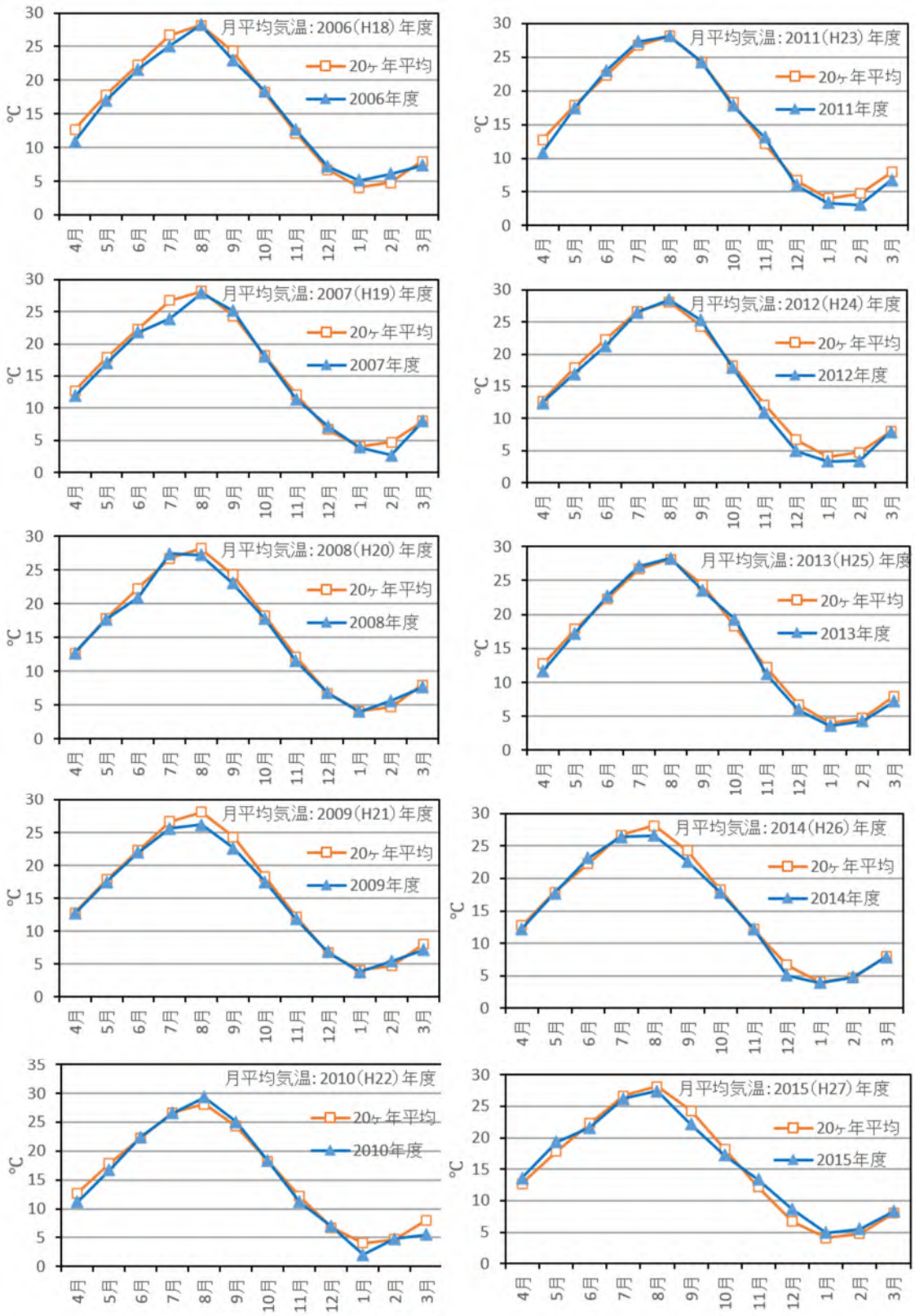


図 2-3　月平均気温の比較(1)

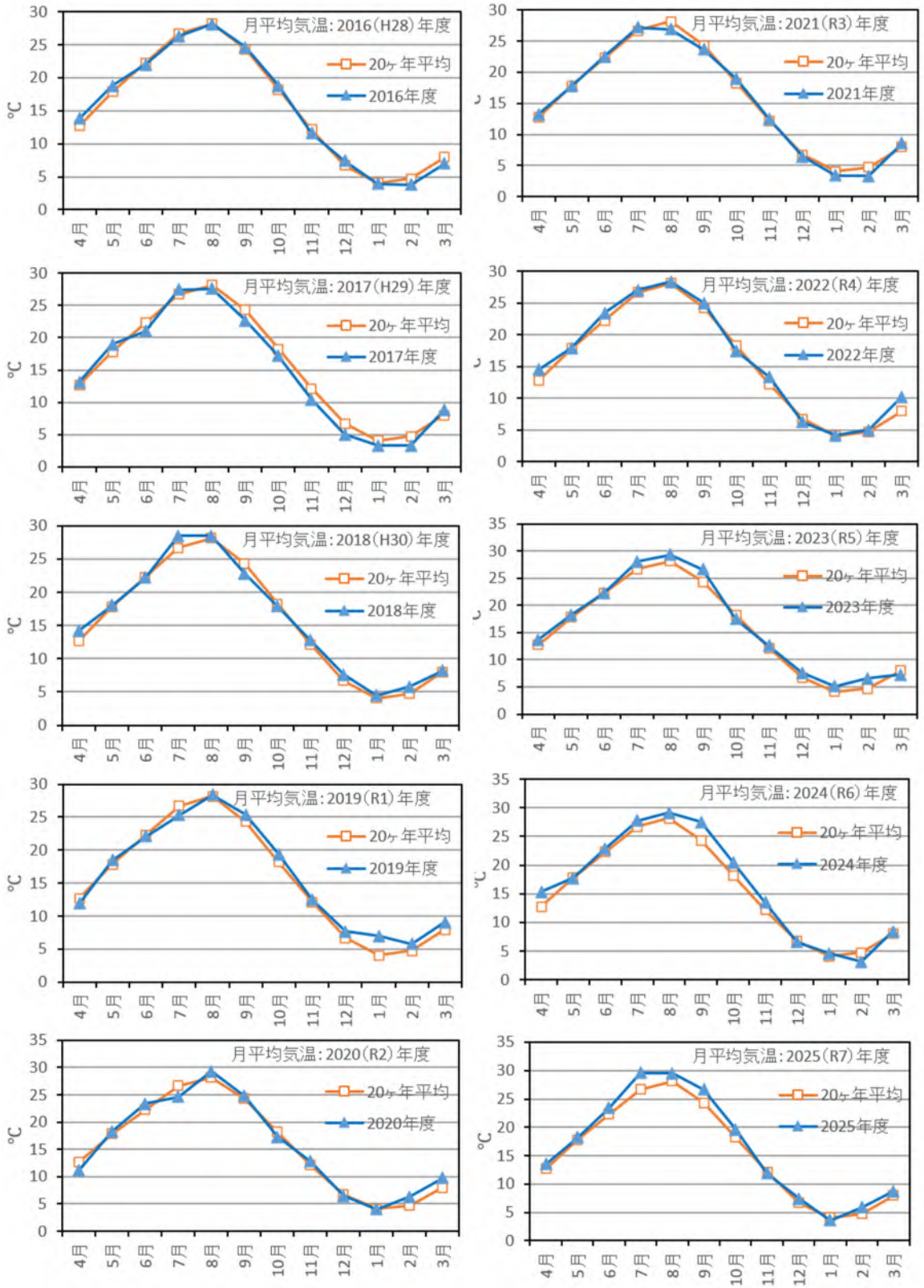


図 2-4　月平均気温の比較(2)

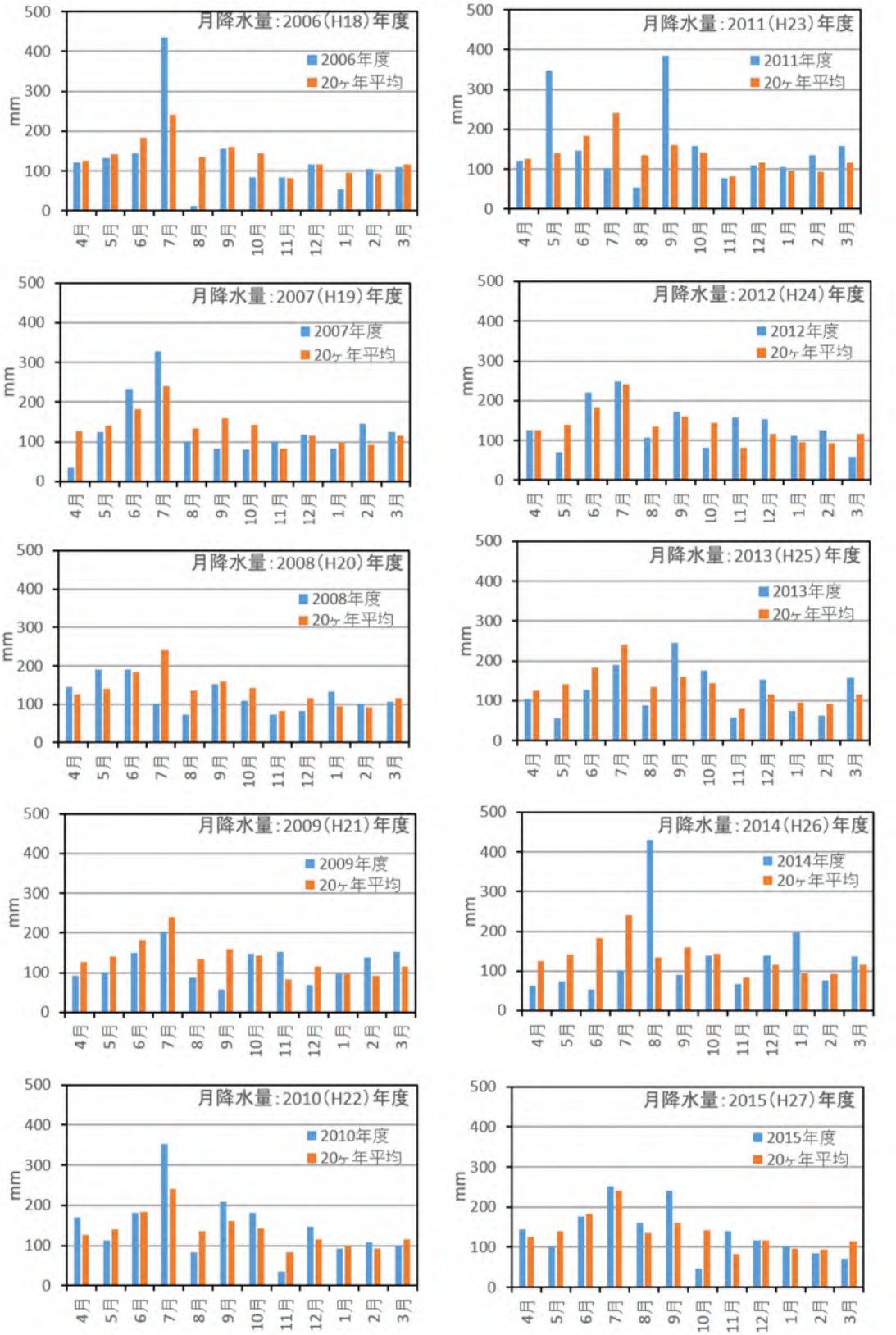


図 2-5　月降水量の比較(1)

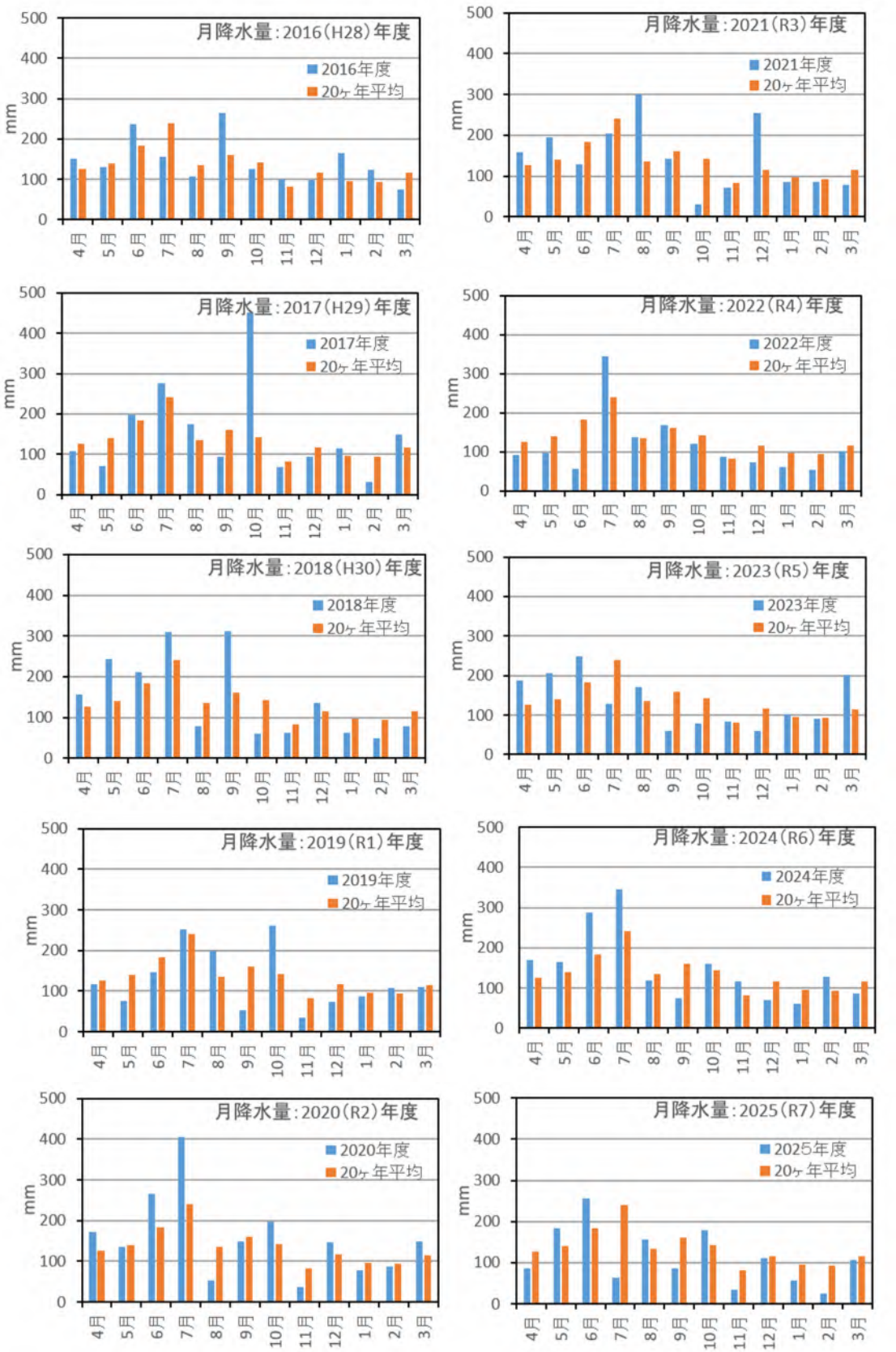


図 2-6　月降水量の比較(2)

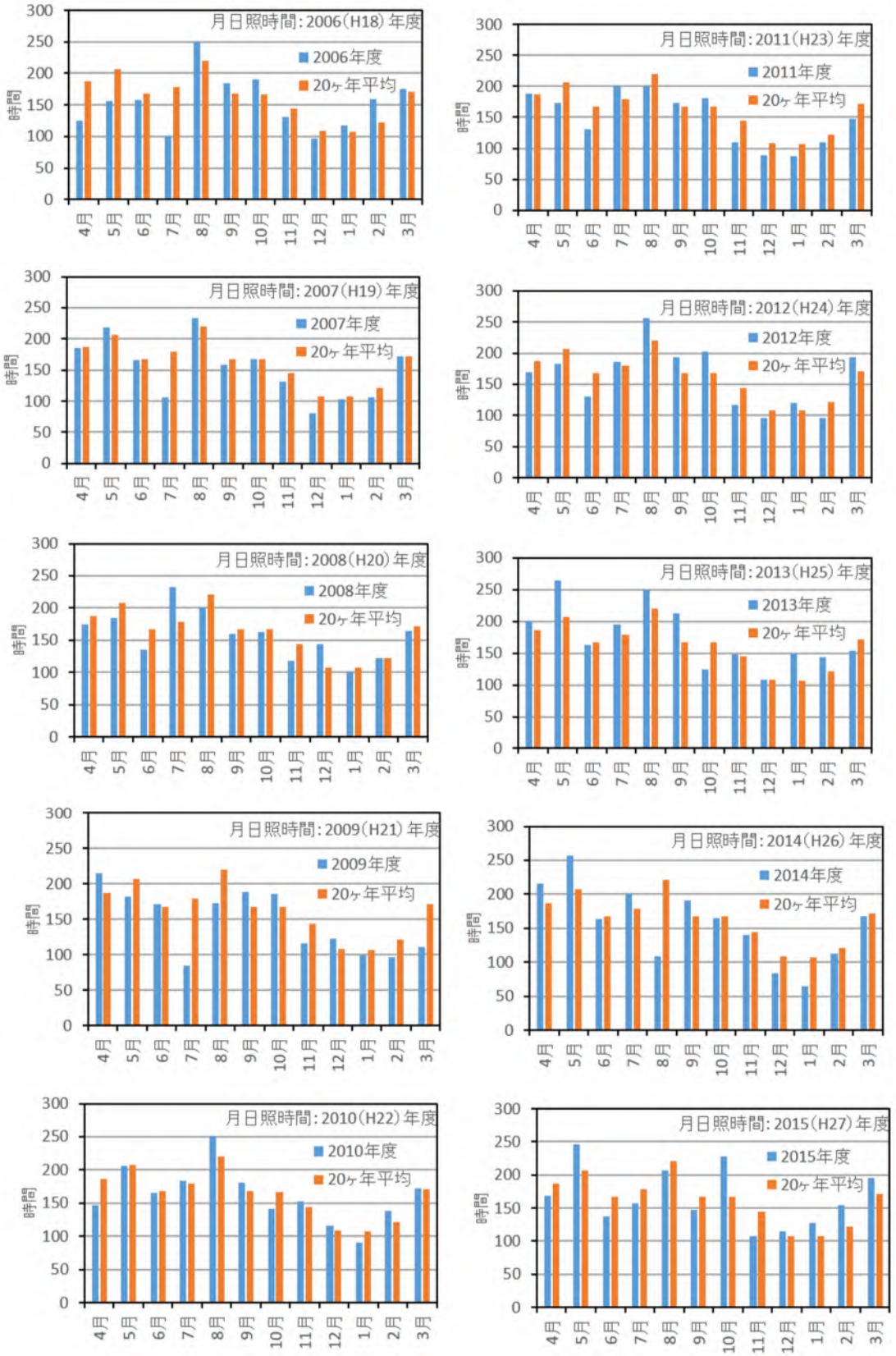


図 2-7　日照時間の比較(1)

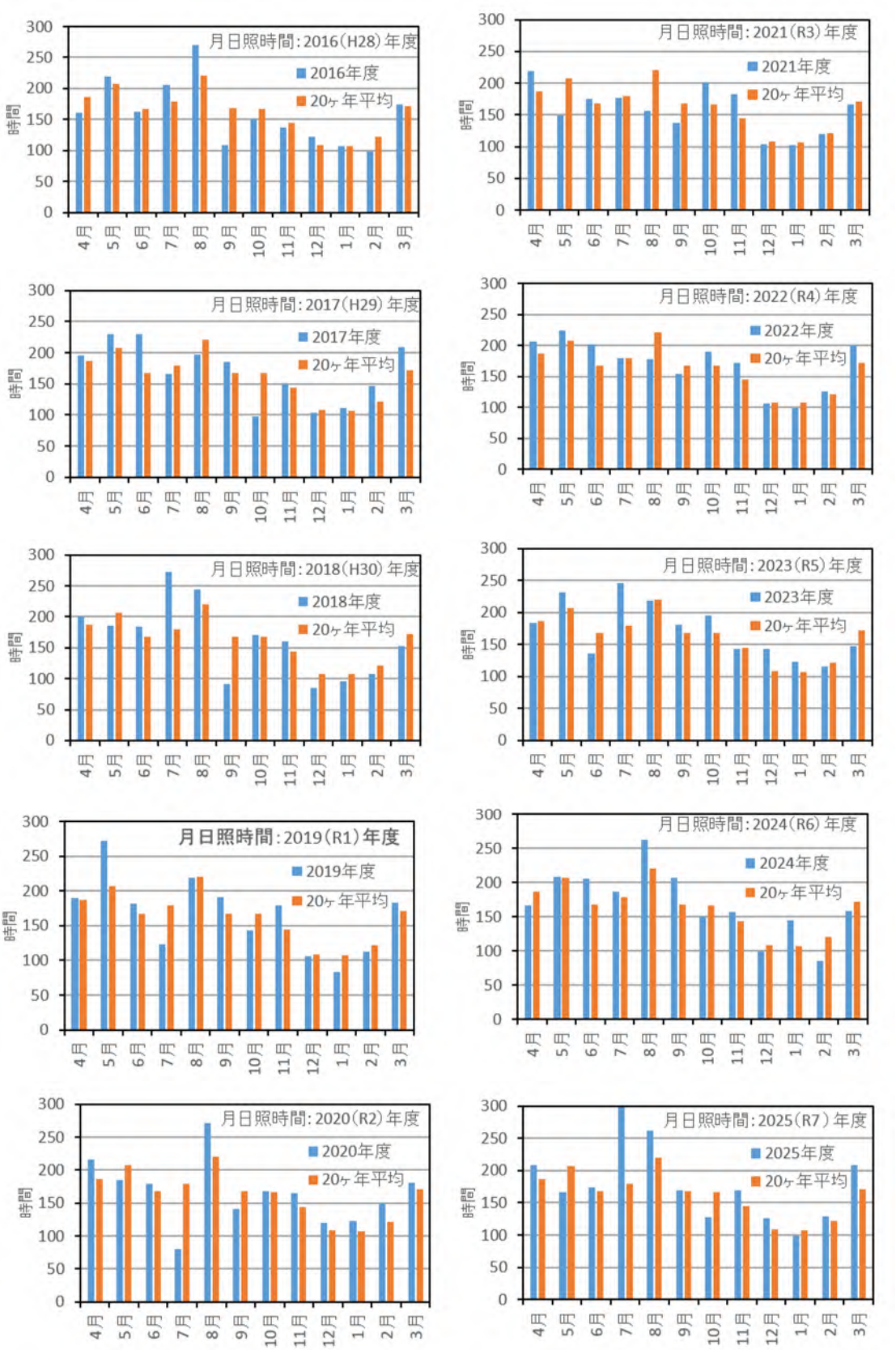


図 2-8　日照時間の比較(2)

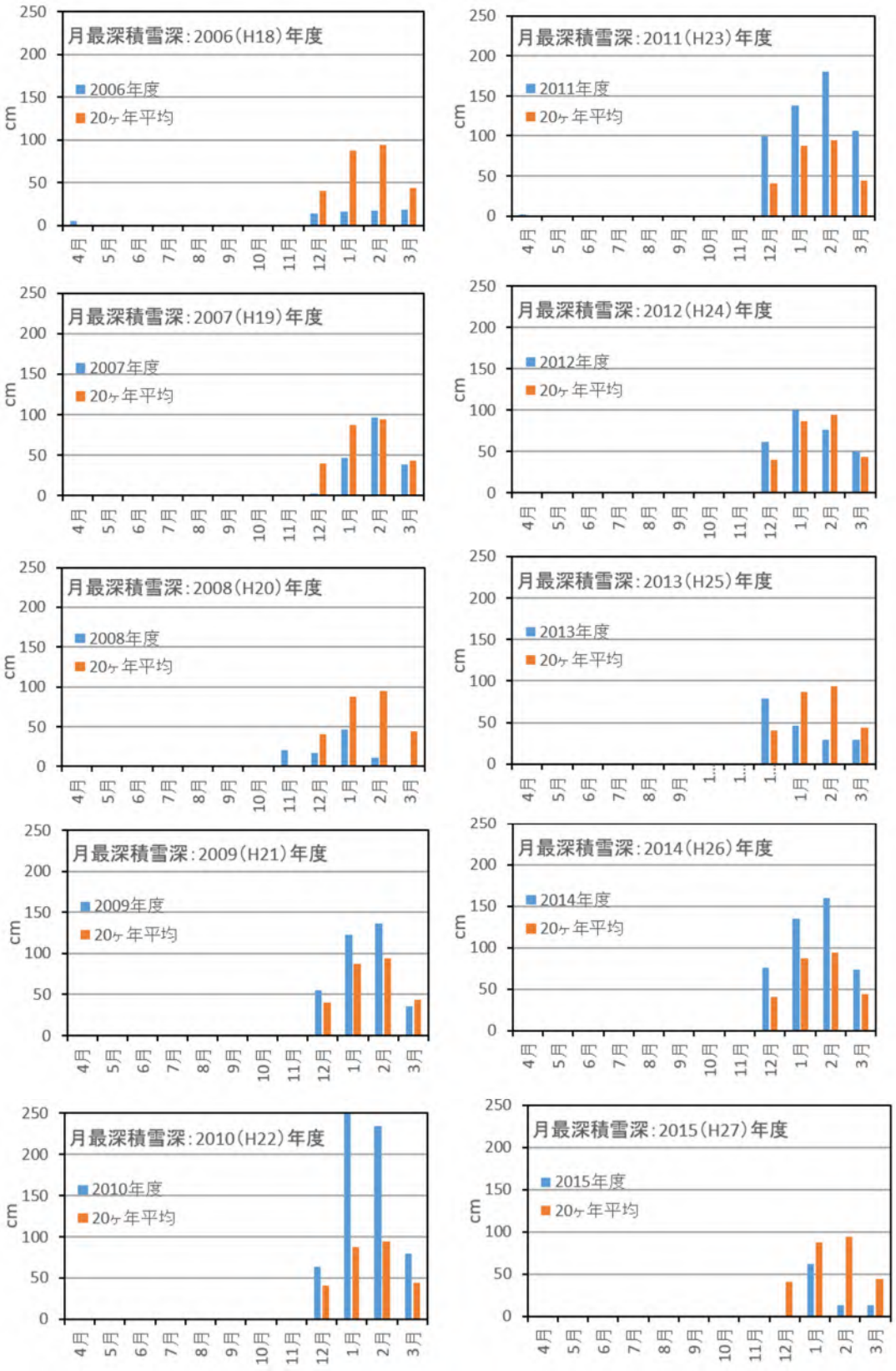

月最深積雪深：2006（H18）年度
2006年度
20ヶ年平均
月最深積雪深：2011（H23）年度
2011年度
20ヶ年平均
月最深積雪深：2007（H19）年度
2007年度
20ヶ年平均
月最深積雪深：2012（H24）年度
2012年度
20ヶ年平均
月最深積雪深：2008（H20）年度
2008年度
20ヶ年平均
月最深積雪深：2013（H25）年度
2013年度
20ヶ年平均
月最深積雪深：2009（H21）年度
2009年度
20ヶ年平均
月最深積雪深：2014（H26）年度
2014年度
20ヶ年平均
月最深積雪深：2010（H22）年度
2010年度
20ヶ年平均
月最深積雪深：2015（H27）年度
2015年度
20ヶ年平均
cm
0
50
100
150
200
250
4月
5月
6月
7月
8月
9月
10月
11月
12月
1月
2月
3月

図 2-9　積雪深の比較(1)

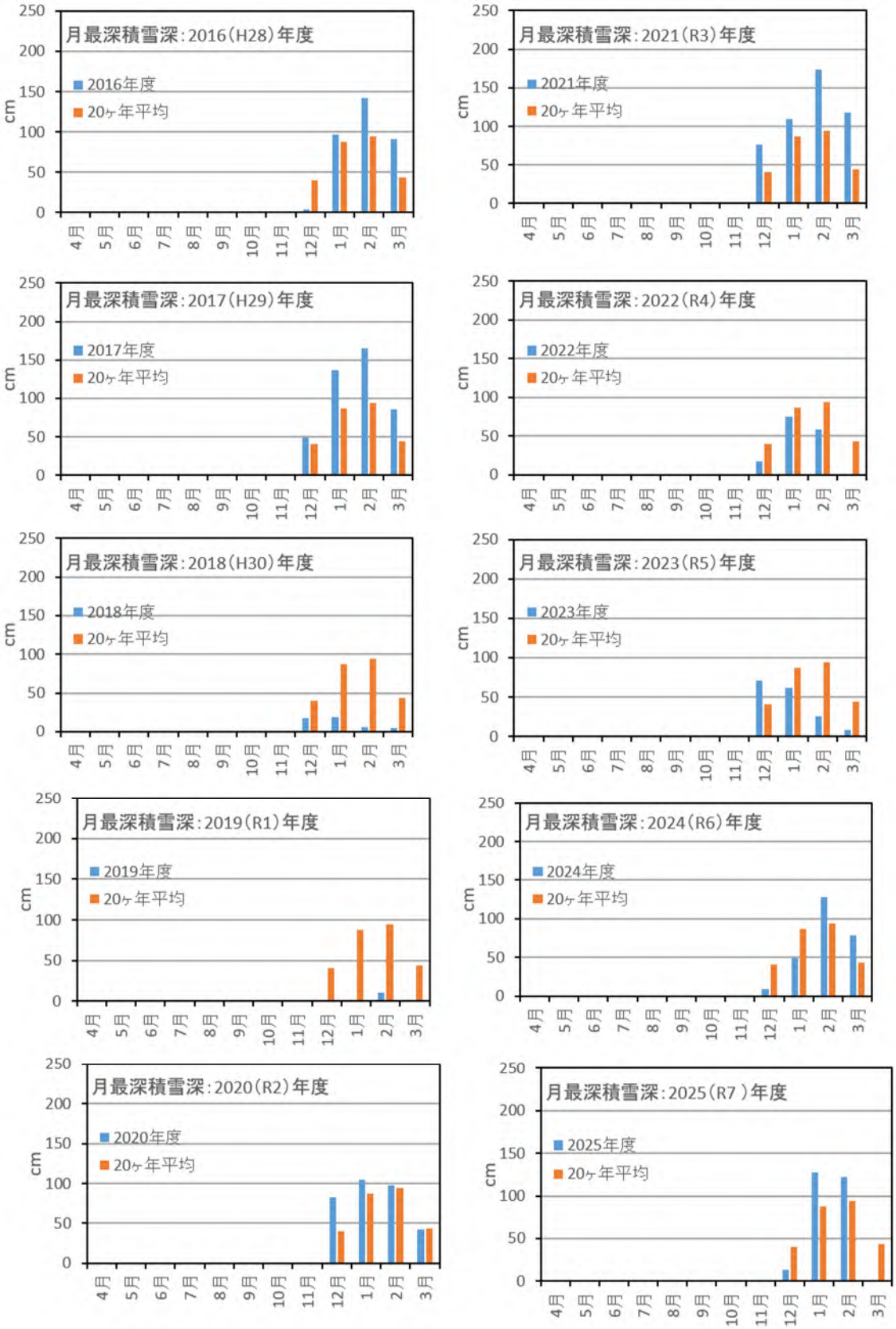


図 2-10　積雪深の比較(2)

2.3　水位データ

水位変動をまとめたものを以下に示す。2025 年度は、4～9 月は平年並みの水位で推移していたが、10 月以降に低下し、3 月末時点では過去 20 ヶ年で最も低い水位となった。

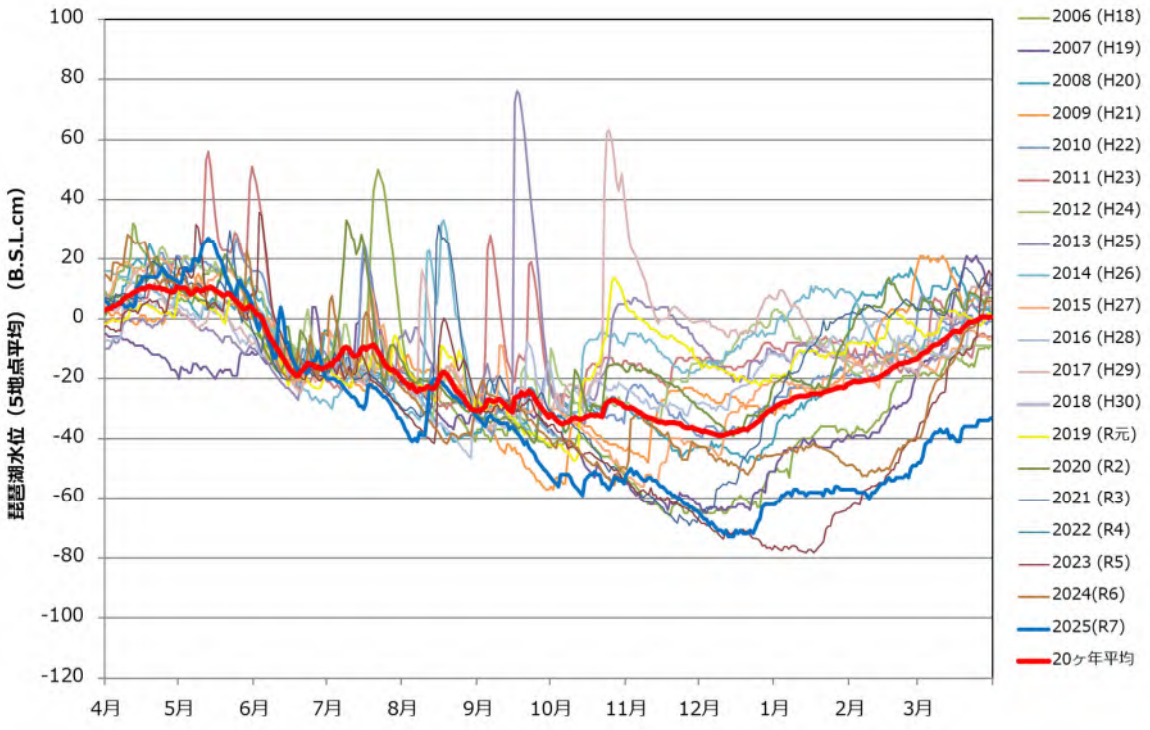


図 2-11　20 ヶ年の琵琶湖水位の変化（5 地点平均）

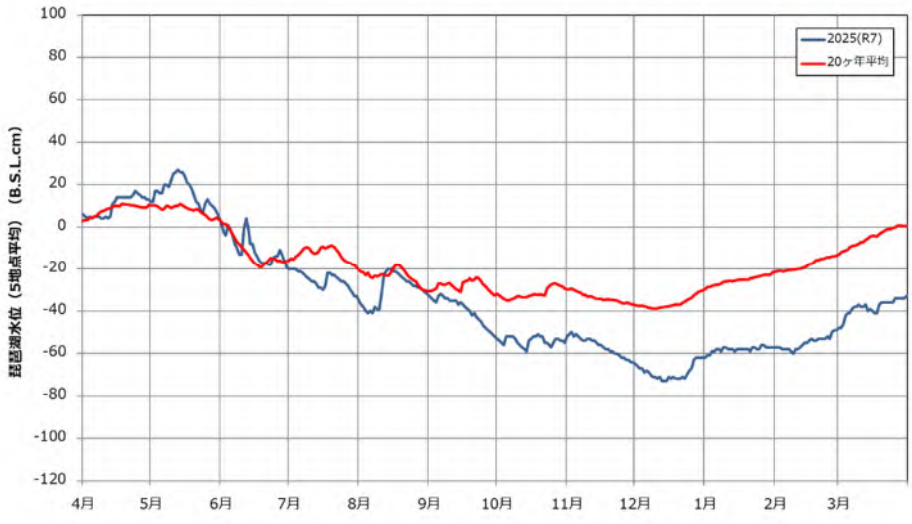


図 2-12　琵琶湖水位　2025 年度と 20 ヶ年平均の比較

3. 現況再現シミュレーション（2025 年度）

3.1 データ整備の方法

(1) 処理場系

流域下水道については、上下水道課提供の 2025 年度における各処理場の排水量・水質の実績値より負荷量を算出した。

公共下水道およびし尿処理場については、2025 年 4 月時点の滋賀県の事業場環境管理台帳システム（以下「エコマス」という。）または大津市提供データから抽出した排水量・水質の実績値より負荷量を算出した。

農業集落排水処理施設については、農村振興課提供の施設一覧を元に、各施設の排水量・水質の実績値をエコマスから抽出して負荷量を算出した。

各処理施設（下水処理場の場合は放流口）の住所から該当するメッシュを求め、当該メッシュより上記で計算した負荷を発生させた。

なおエコマス等の実績値については、複数の観測値が存在する場合には最新のデータを使用したが、必ずしも 2025 年度に調査がなされているとは限らない。

(2) 生活系

滋賀県琵琶湖環境部上下水道課より、小地域別処理形態別人口（下水道[1]・農業小地域排水等処理施設・合併処理浄化槽・単独浄化槽・し尿処理場・自家処理）（小地域数：滋賀県内で 2738 個）に関するデータの提供を受けた。このデータは、2022 年度の実績（住民基本台帳）をベースとして、2026、2035、2045 年度における中長期の整備計画を 2025 年度時点にまとめたものとなっている。

小地域別処理形態別人口のデータを用いて、第 9 期湖沼計画における 2025 年度実績値は、2022 年度実績と 2026 年度計画を小地域・処理形態ごとに線形補間することで算出する。

また京都市分については別途計上した。2024 年度末の値をそのまま 2025 年度実績値にするとともに、2031 年度予測値については、2020 年度末と 2024 年度末の値から外挿補間して算出した。

小地域別データをモデルメッシュのデータに変換する方法として、第 7 期湖沼計画においては、小地域別処理形態別人口のデータ（EXCEL 形式）を GIS で用いるシェープファイ

[1] 第 7 期湖沼計画策定時に提供された下水道課（当時）の処理形態別人口は、下水道整備人口を記したものであるため、これを接続人口に直す必要があった。しかし今回提供のデータははじめから接続人口になっているため、この処理は不要である。

ル形式で整備し、土地利用を考慮して、モデルメッシュに分割する方法を採用した。しかし、市街地面積比率と人口比率が比例するという仮定を置いていたため、メッシュ人口としての妥当性に課題が残されていた。

そこで、本検討においては、500m メッシュ人口統計（2020 年度国勢調査）データ[2]を用いて、これをモデルのメッシュのデータに変換した上で、モデルメッシュと小地域エリアが重なるメッシュでの人口比率で小地域別処理形態別人口のデータを割り振る方法を採用した（図 3-1）。なお、一部のメッシュにおいて、小地域別処理形態別人口はあるが、メッシュ統計でのメッシュ人口がゼロとなるメッシュがあった。この場合にはゼロ人と処理されてしまうことから、前回までの処理と同様に市街地面積比率を用いて割り振ることとした。

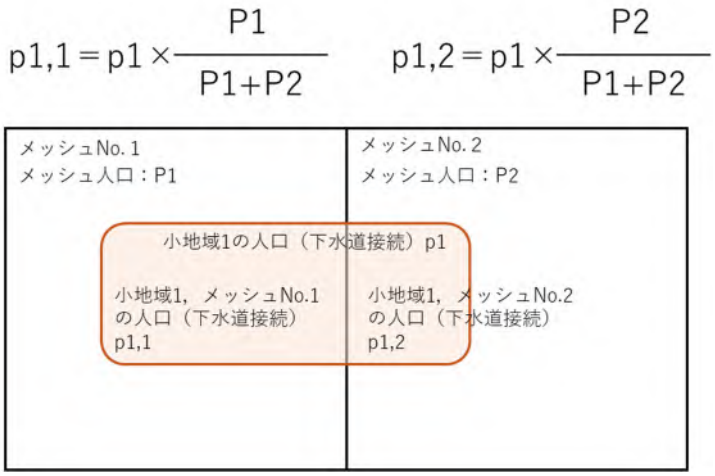


図 3-1　小地域別人口のモデルメッシュへの分割方法例

[2] 総務省統計局「令和 2 年国勢調査に関する地域メッシュ統計」https://www.stat.go.jp/data/mesh/r2_w.html

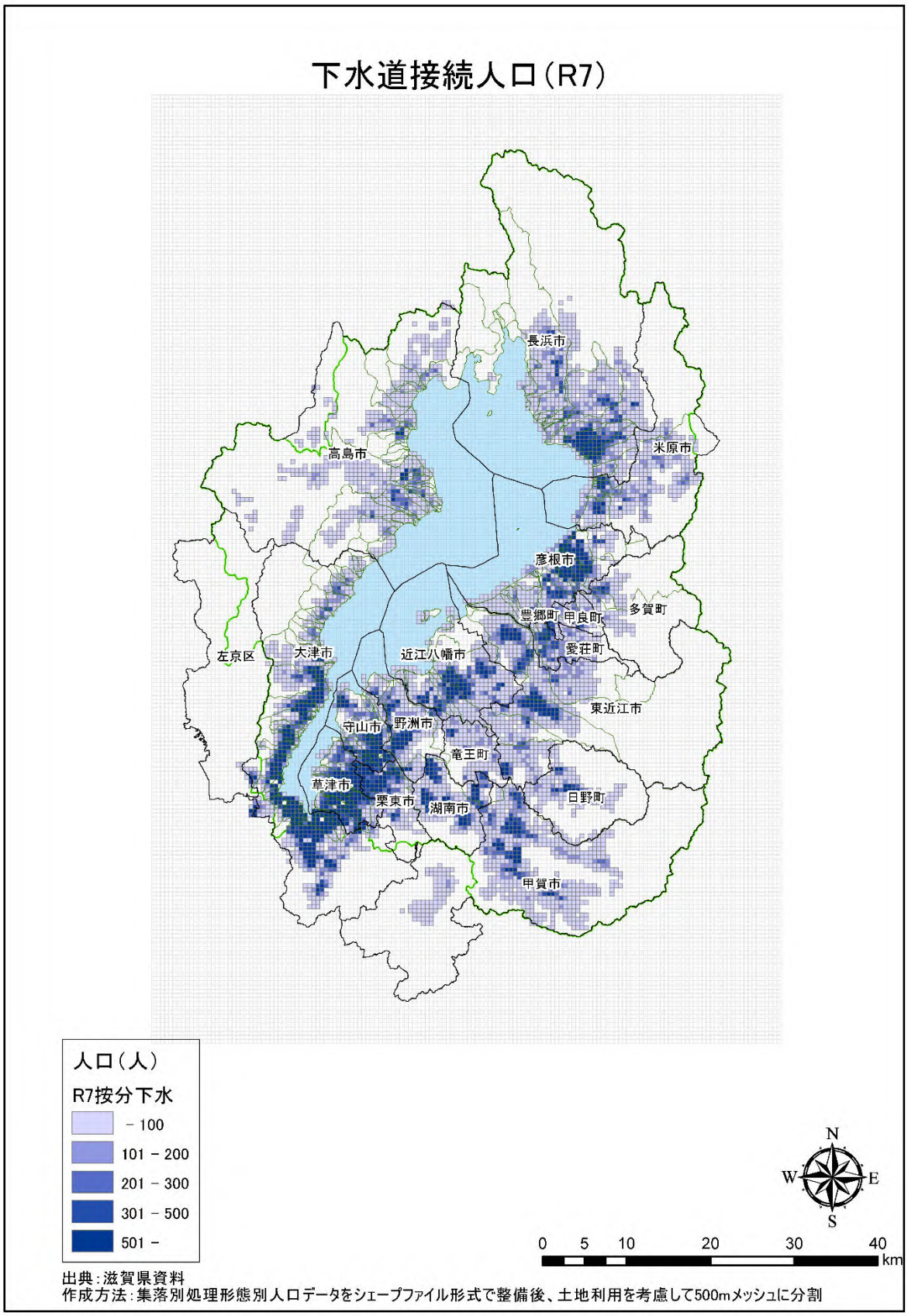


図 3-2　処理形態別人口分布（下水道接続人口の例）

(3) 産業系

2025 年 4 月時点のエコマスまたは大津市提供データから抽出した事業場別排水量・水質の実績値より、各事業場の負荷量を算出した。各事業場の住所から該当するメッシュを求め、当該メッシュより計算した負荷を発生させた。エコマスまたは大津市提供データから対象とする産業系負荷を算出する方法は、以下の通りである。

① 排水の全量が下水道に接続されている事業場を除外する。

② 下水処理場、し尿処理場、農業集落排水処理施設を除外する。

③ 住宅団地・マンション・個人宅等を除外する（これらの負荷については、別途の処理形態別人口の負荷として計上されているため）。

④ 排水水質について、各事業場で複数の採水日の水質データがある場合は、最新のデータを採用する。同日に複数の水質データがある場合は、「放流口」などの記載があるものを優先するとともに、各水質項目に関して最大値を採用する。

⑤ 採水データがない事業場については、当該産業中分類（1993 年 10 月（第 10 回）改定）別の排水水質平均値を採用する。産業中分類別の調査がない業種については、全業種の平均値を採用する。

⑥ 各事業場について、排水量と排水水質をかけて負荷量を算出する。

上記処理の結果、2025 年度の負荷量算出対象事業場としては計 3,328 件が抽出された（図 3-3）。

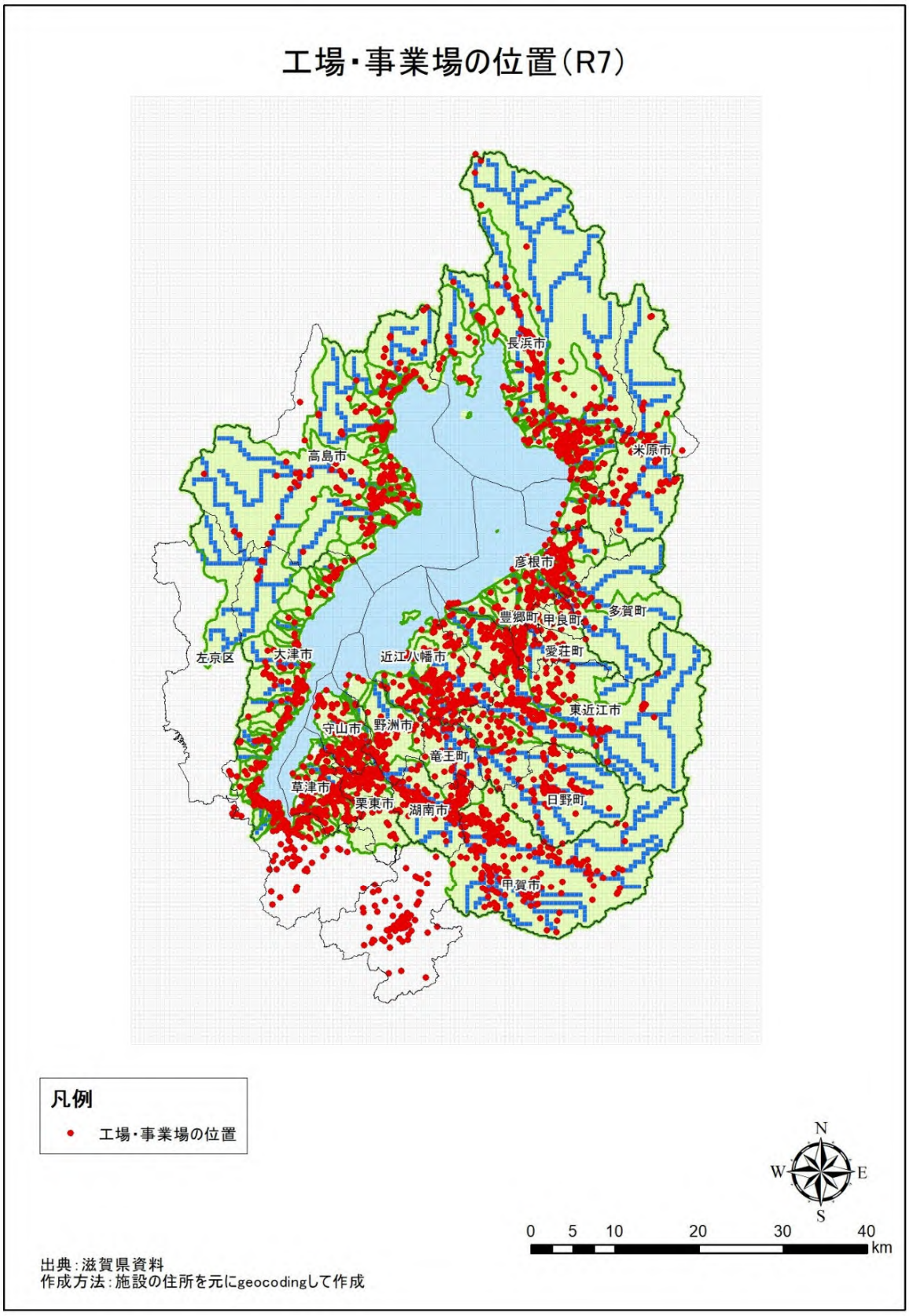


図 3-3　産業系負荷量算出の対象事業場の位置

なお畜産施設および観光客に係る負荷については、以下の考えにより第 6 期湖沼計画より産業系負荷として計上している。

畜産施設については、滋賀県では牛・鶏の糞尿と豚の糞については全量農地還元されている。また豚の尿は、浄化装置を所有している畜産農家は放流し、浄化装置を所有していない畜産農家は 100%再利用されている。この浄化装置を所有している畜産農家からの負荷がエコマス等に掲載されているため、畜産系負荷については全てエコマス等より計上する（畜産系負荷として、原単位法により畜産頭数×原単位といった計算は実施しない）。

観光客については、観光客が訪れる施設についても一般にはエコマス等に掲載されていることから、産業系として計上する（観光客数に原単位（合併浄化槽換算）をかけて計上することはしない）。

(4) 面源系

国土数値情報　土地利用細分メッシュデータ[3]（2021 年度）を元に、市町別の土地利用統計データの変化率をかけて、2025 年度見合いのメッシュ別土地利用データを作成した。具体的な方法は以下の通りである。

① 滋賀県で年度ごとにまとめている統計データ「国土利用計画管理運営事業に係る土地利用現況把握調査」から、2020 年度から 2025 年度にかけての市町別・各土地利用別の面積の年間変化比率を算出する。

② 国土数値情報（2021 年）のデータに、①の市町ごとの変化比率をかける。なお各土地利用の対応関係は以下の通りである。

【国土数値情報】	～	【統計データ】
水田・畑	～	農用地
山林	～	森林
市街地	～	宅地
道路	～	道路
荒れ地	～	原野
その他	～	その他

水面・ゴルフ場：　変化なし

[3] 3 次メッシュ 1/10 細分区画（100m メッシュ）毎に、各利用区分（田、畑、果樹園、森林、荒地、建物用地、幹線交通用地、湖沼、河川等）を整備したもの。

③ 各メッシュにおける面積比率の合計が 1 になるように補正を行う。補正の方法は以下の通りである。補正後土地利用＝補正前土地利用×（1-水面・ゴルフ場）/（水面・ゴルフ場除く合計）

(5) 負荷削減対策

面源を対象とした負荷削減対策として、「環境こだわり農業（水稲）」「水質保全対策事業」「流入河川浄化事業」の 3 種類が設定されている。それぞれの事業について、実施されている地点のメッシュあるいは河川を設定し、設定した負荷削減量を地表流あるいは河川水から毎時削減するようにした。2005～2025 年度における削減量は以下の通りである。なお、年度途中の削減量については線形補間した。

1) 環境こだわり農業

環境こだわり農業実施時における負荷削減率を表 3-1 に示す（県農業技術振興センター調査）。また、後述する水田負荷原単位（g/ha/日）を元に、各年度における環境こだわり農業実施面積と灌漑日を考慮して、流域全体における負荷削減量を算定した。これを、農地のある流域内全メッシュの農地面積に応じて配分することで、効果を考慮した（表 3-2）。

表 3-1　環境こだわり農業による負荷削減効果

流出負荷量*の比較（稲作期間中）　(単位:kg/ha)

区分（年度）	土壌タイプ	試験区	COD	TN	TP
精密調査田(H17)	細粒グライ土(半湿田)	慣行区a	76.5	6.2	1.7
		環境こだわり区b	53.6	3.2	1.4
		削減率％ (a-b)/a	29.9	48.4	13.8
精密調査田(H18)	細粒グライ土(半湿田)	慣行区	138.6	11.0	1.9
		環境こだわり区	83.5	5.9	1.4
		削減率	39.8	46.4	27.8
精密調査田(H19)	細粒褐色低地土(乾田)	慣行区	141.7	15.0	3.0
		環境こだわり区	98.1	10.9	1.8
		削減率	30.8	27.3	38.6
削減率3か年平均値（精密調査田）％			33.5	40.7	26.7

調査場所:H17～18　安土町東老蘇、H19　東近江市下羽田

供試品種:「秋の詩」（東老蘇）、「コシヒカリ」（下羽田）

* 流出負荷量＝地表から排水路へ出た排水の負荷量＋地下へ浸透した水の負荷量

2) 水質保全対策事業

農村振興課提供資料より、農業排水等を浄化する目的で実施されている事業の負荷削減量を表 3-2 に示す。

3) 流入河川浄化事業

流域政策局提供資料より、浚渫事業等による負荷削減量を表 3-2 に示す。

表 3-2　2025 年度における負荷削減対策効果のまとめ（kg/日）

項目	地域		COD	TN	TP
			2025	2025	2025
環境こだわり農業		全体	291.1	65.2	6.02
		うち北湖	268.3	60.1	5.55
		うち南湖	22.8	5.1	0.47
水質保全対策事業	神上沼	北湖	23.0	8.1	
	小中之湖	北湖	162.1	53.4	6.36
	川　並	北湖	6.1	1.3	0.10
	高　月	北湖	14.3	1.7	0.09
	新　旭	北湖	4.1	1.5	
	浮　舟	北湖	16.0	2.7	0.36
	高月II期	北湖	38.0	1.5	0.08
	竜王南部	北湖	4.4	2.1	0.33
	赤野井湾（木浜）	南湖	17.7	4.6	0.60
	ちはら	北湖	4.5	2.7	0.52
	守山南部	南湖	36.4	8.0	1.22
	白鳥川中流I期	北湖	39.9	6.6	2.01
流入河川浄化事業	木浜内湖	南湖		18.7	2.11
	平湖･柳平湖	南湖		16.5	0.95
	西の湖	北湖			0.17
	赤野井湾流入河川	南湖	16.2	1.5	0.82
計			673.8	196.2	21.74

3.2 計算条件

(1) 計算期間

現況再現の対象年度は 2025 年度（2025 年 4 月 1 日～2026 年 3 月 31 日）であるが、将来予測を行うにあたってより長期間のモデルの現況再現性を確認するため、各モデルについて助走計算期間を含め下記の通り 3 ヶ年の連続計算を行った。

陸域水物質循環モデル：2023 年 1 月 1 日から 2026 年 3 月 31 日まで

湖内流動モデル：2023 年 2 月 1 日から 2026 年 3 月 31 日まで

湖内生態系モデル：2023 年 3 月 1 日から 2026 年 3 月 31 日まで

(2) キャリブレーション

各モデルについて、水質や水量等の観測結果が再現できるようキャリブレーション（モデルパラメータの調整）を行った。具体的には、陸域水物質循環モデルについては、主要河川の流量、水質等を参照した。湖内流動モデルについては、水深別の湖内水温の季節変化および水位等を参照した。湖内生態系モデルについては、湖沼計画における評価が必要となる琵琶湖表層の TOC、TN、TP を中心として、水深別水質（各態 CNP、DO 等）の季節変化等についても参照した。

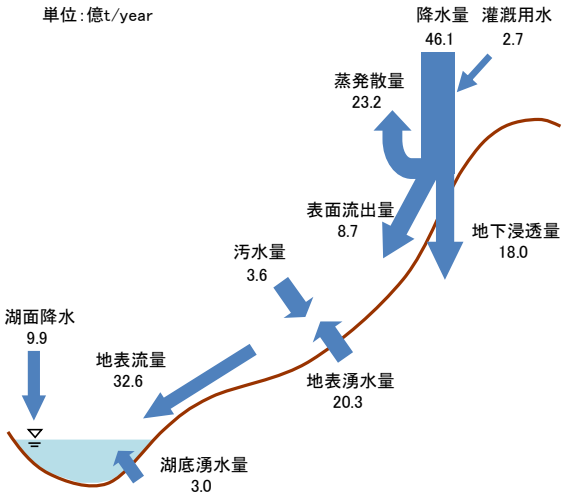
3.3 計算結果

以下に、各モデルによる 2025 年度の再現計算結果を整理して示す。

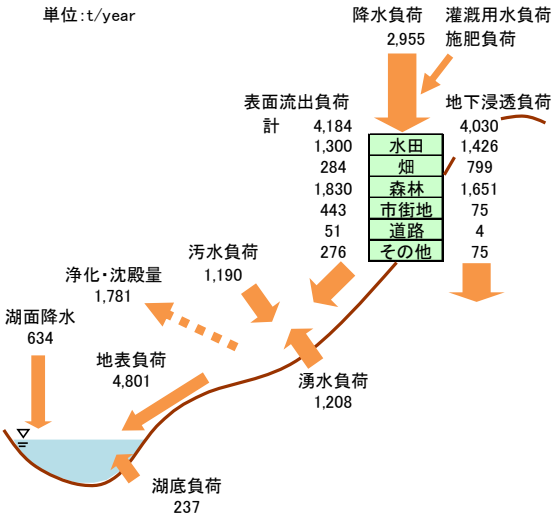
(1) 陸域水物質循環モデル

陸域における 2025 年度の水および物質（TOC、TN、TP）の収支を集計したものを図 3-4 に示す。2025 年度は降水量が少なく、過年度に比べて水量および流入負荷量が少なくなっている。水質項目別に見ると、TOC では森林が、TN では汚水（生活・工場排水等）が、TP では水田が、琵琶湖への流入負荷源としての寄与が最も大きいと考えられた。

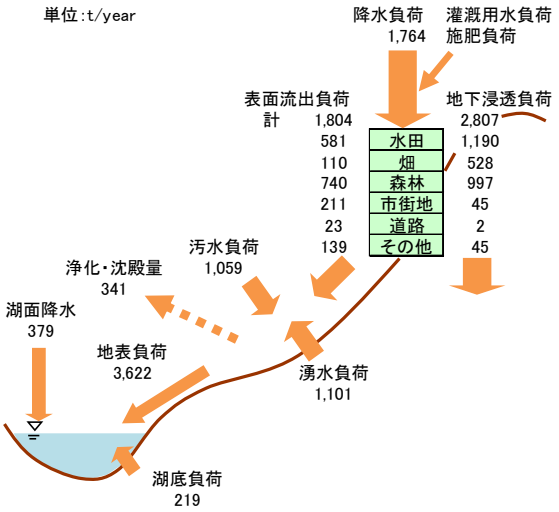
1．水収支図



2．TOC収支図



3．TN収支図



4．TP収支図

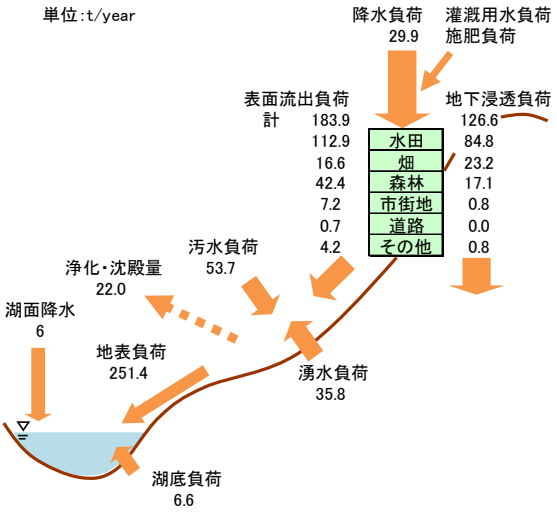


図 3-4　陸域における水・物質収支（2025 年度）

(2) 湖内流動モデル

今津沖中央（17B）、南比良沖中央（12B）、唐崎沖中央（6B）における 2025 年度の水深別水温を検証した結果を図 3-5～図 3-7 に示す。モデル計算値は水深別調査で実測された水温の変化をよく再現しており，水温上昇期・下降期においても実測とほぼ同様の変化を示していることが確認できる。

2018 年度末、2019 年度末は観測史上初めて全層循環が未完了となったが、今回計算を行った 2023～2025 年度はいずれも全層循環が確認されており、計算でも全層循環完了を再現することができた。

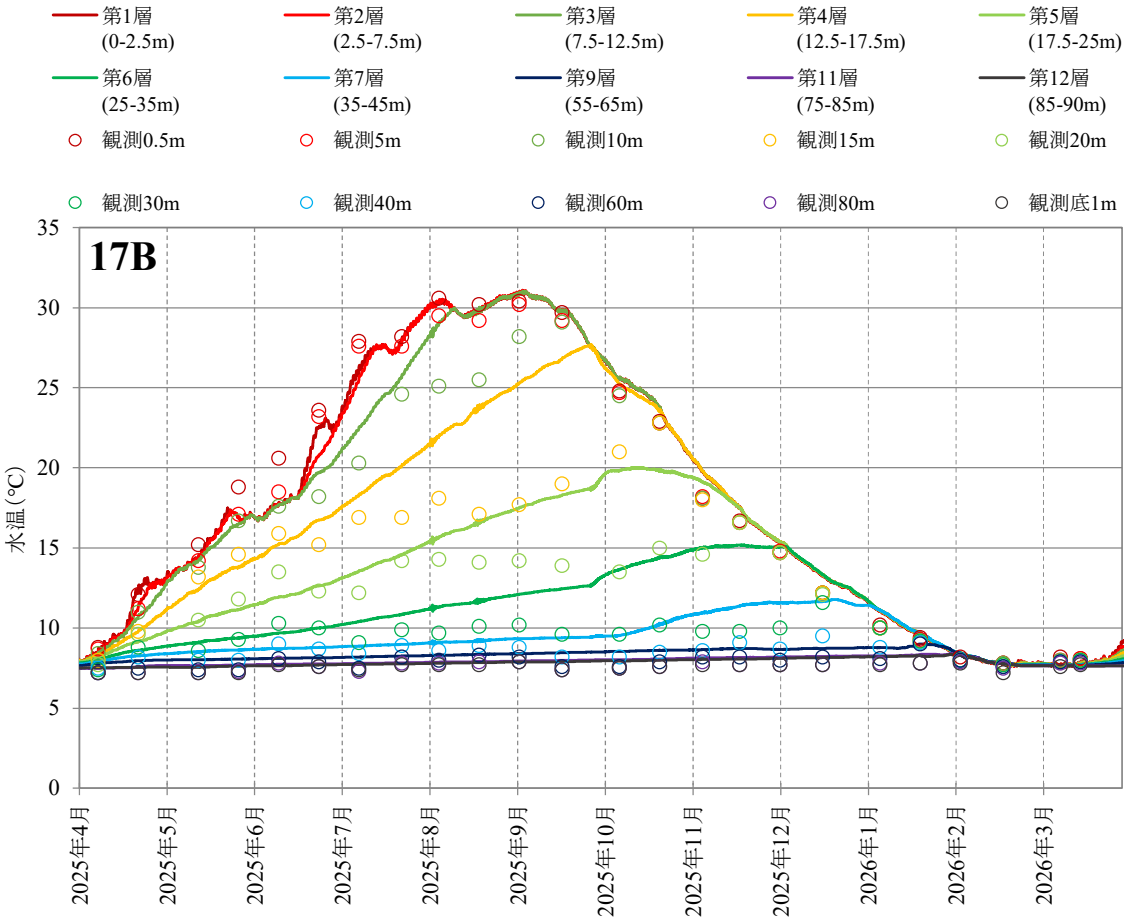


図 3-5　今津沖中央（17B）における水温検証結果

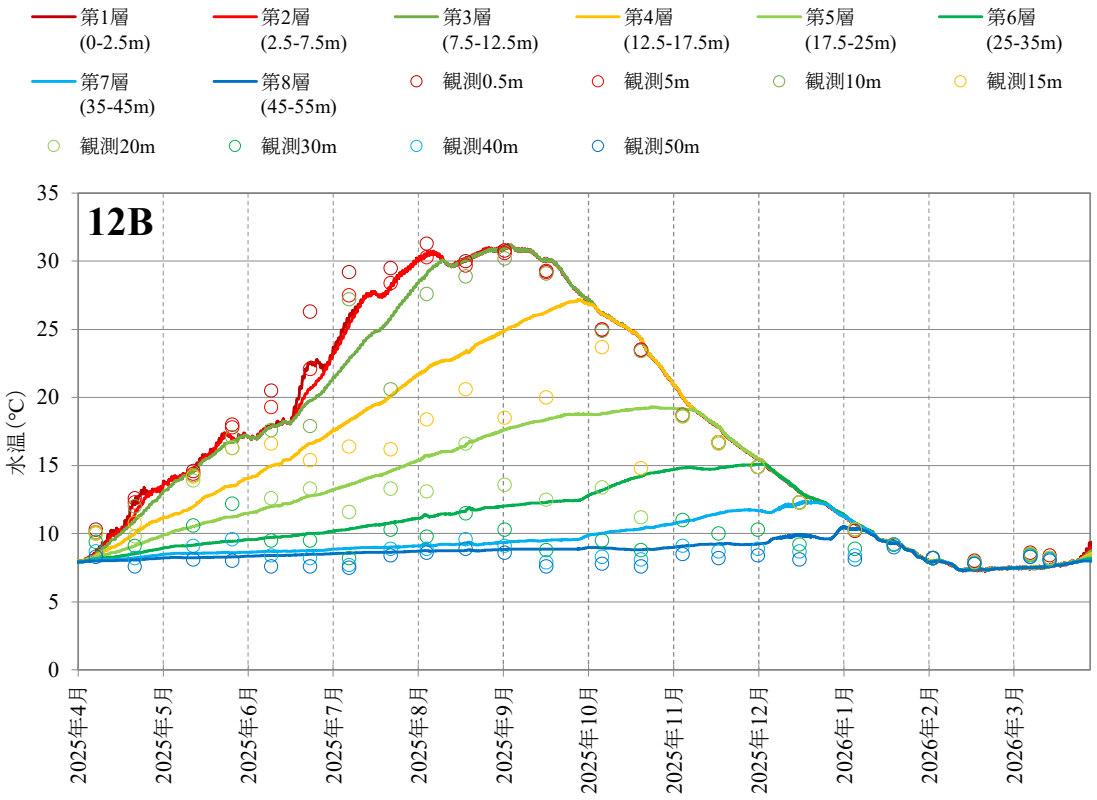


図 3-6　南比良沖中央（12B）における水温検証結果

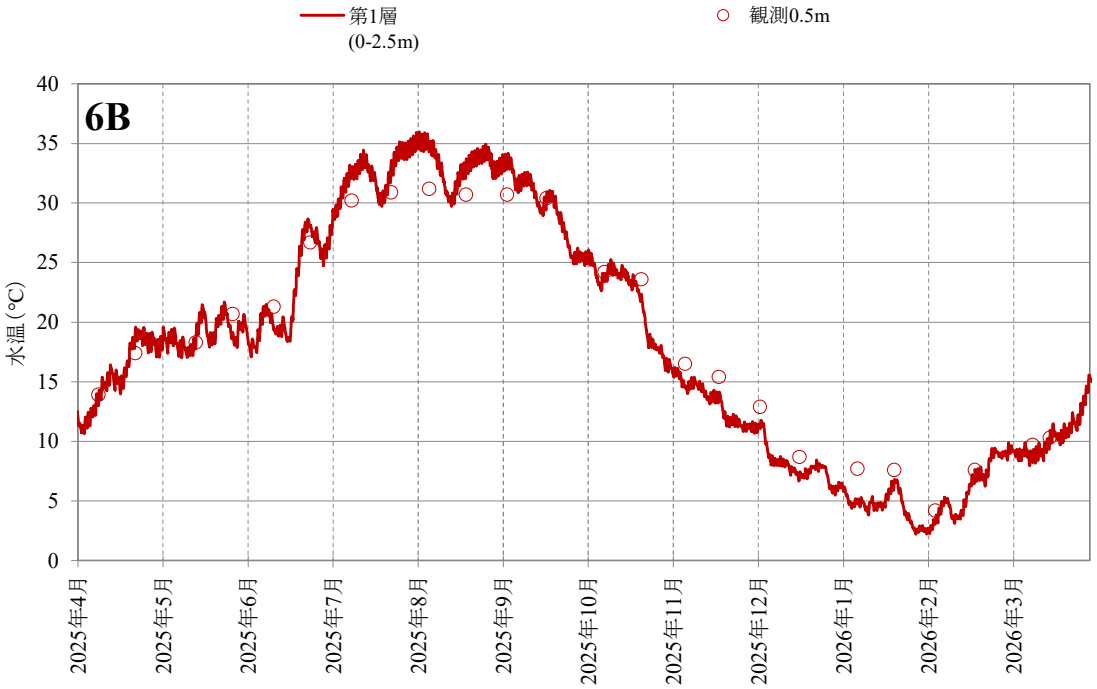


図 3-7　唐崎沖中央（6B）における水温検証結果

(3) 湖内生態系モデル

1) 年平均値

TOC・TN・TP について、各観測地点（図 3-8 参照）の 2025 年度における観測値と計算値の年間平均値を示した結果を図 3-9 に示す（計算については、観測のあった日時における値を利用している）。なお TOC については、滋賀県とそれ以外（国土交通省、水資源機構）で測定方法が異なるため、POC と DOC を別々に測定している滋賀県の観測データのみを検証対象とした。

北湖、南湖ともに、沿岸、湖央や地点ごとの濃度のばらつきが概ね再現され、分布型モデルを用いることで陸域流入負荷を河川ごとに予測した利点を十分に反映した結果となった。

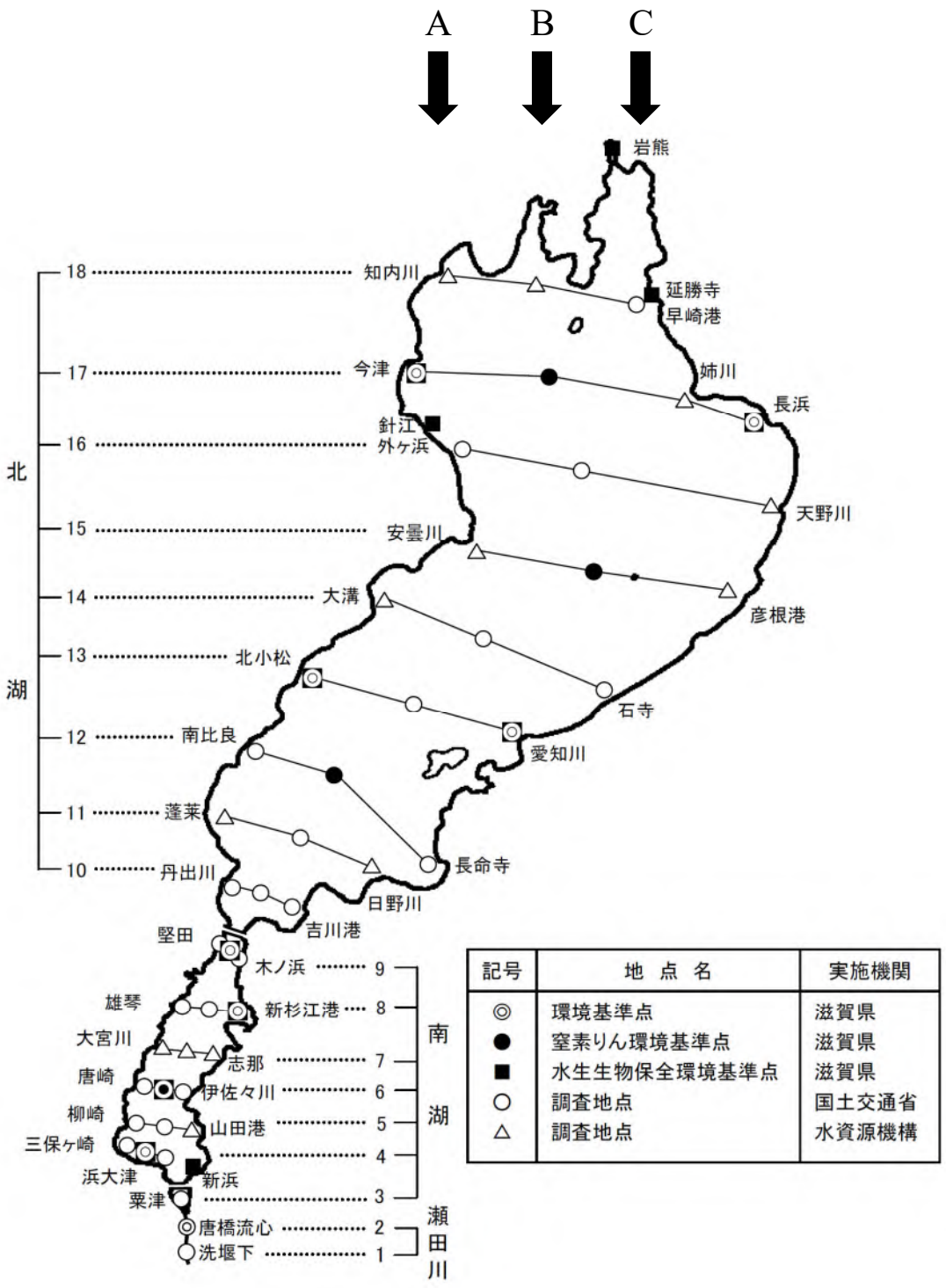


図 3-8　琵琶湖における水質観測地点

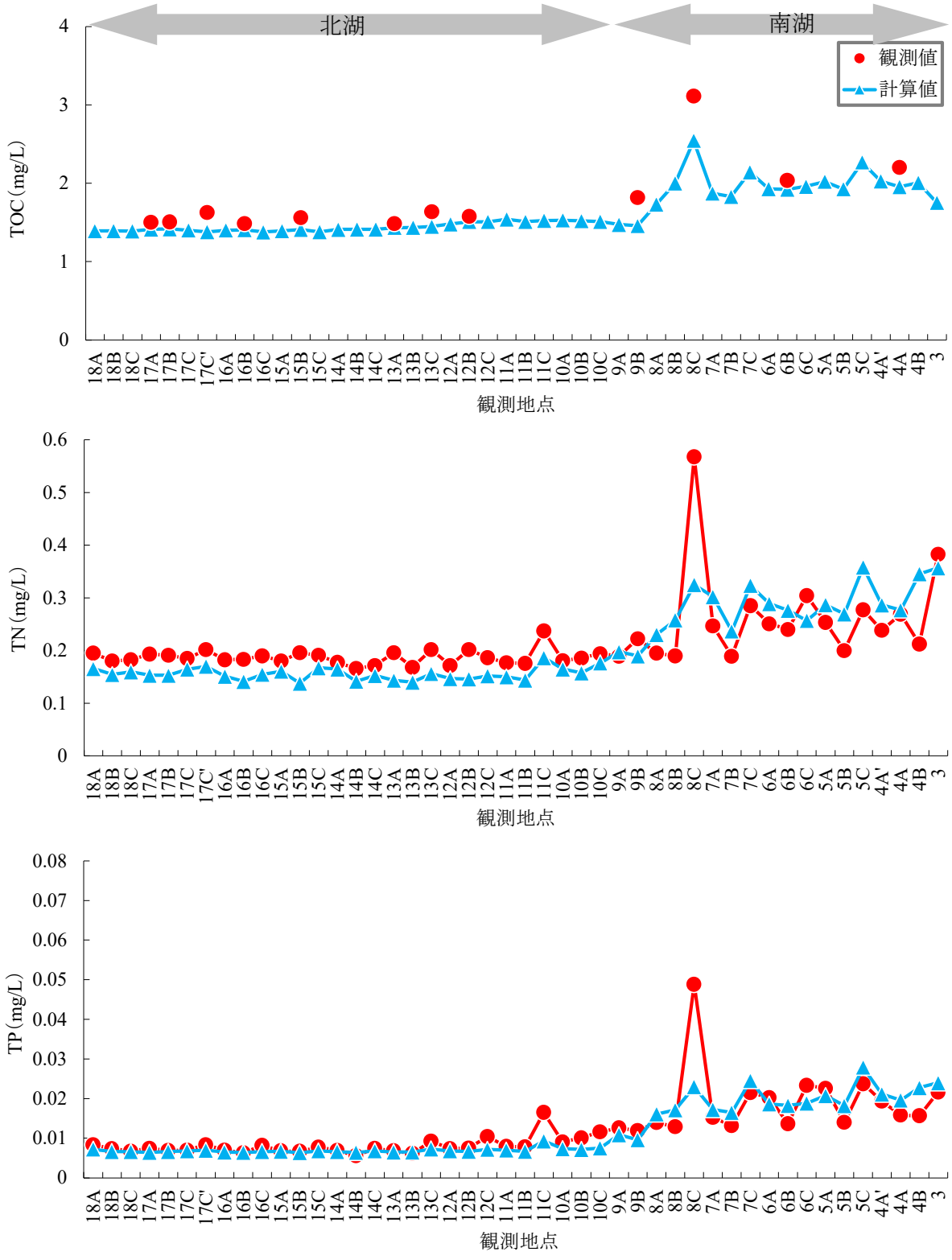


図 3-9　各観測地点における水質年平均値（2025 年度）の検証結果

2) 経時変化

TOC・TN・TP について、それぞれの環境基準点における 2025 年度の観測値と計算値の経時変化を比較したものが図 3-10～図 3-13 である。TOC については春季～秋季の濃度上昇と冬季の下降が概ね再現できた。TN については夏季に減少し、冬季に回復する傾向を再現できた。TP については観測では顕著な季節変化は見られておらず、計算でも概ね同様の結果となった。

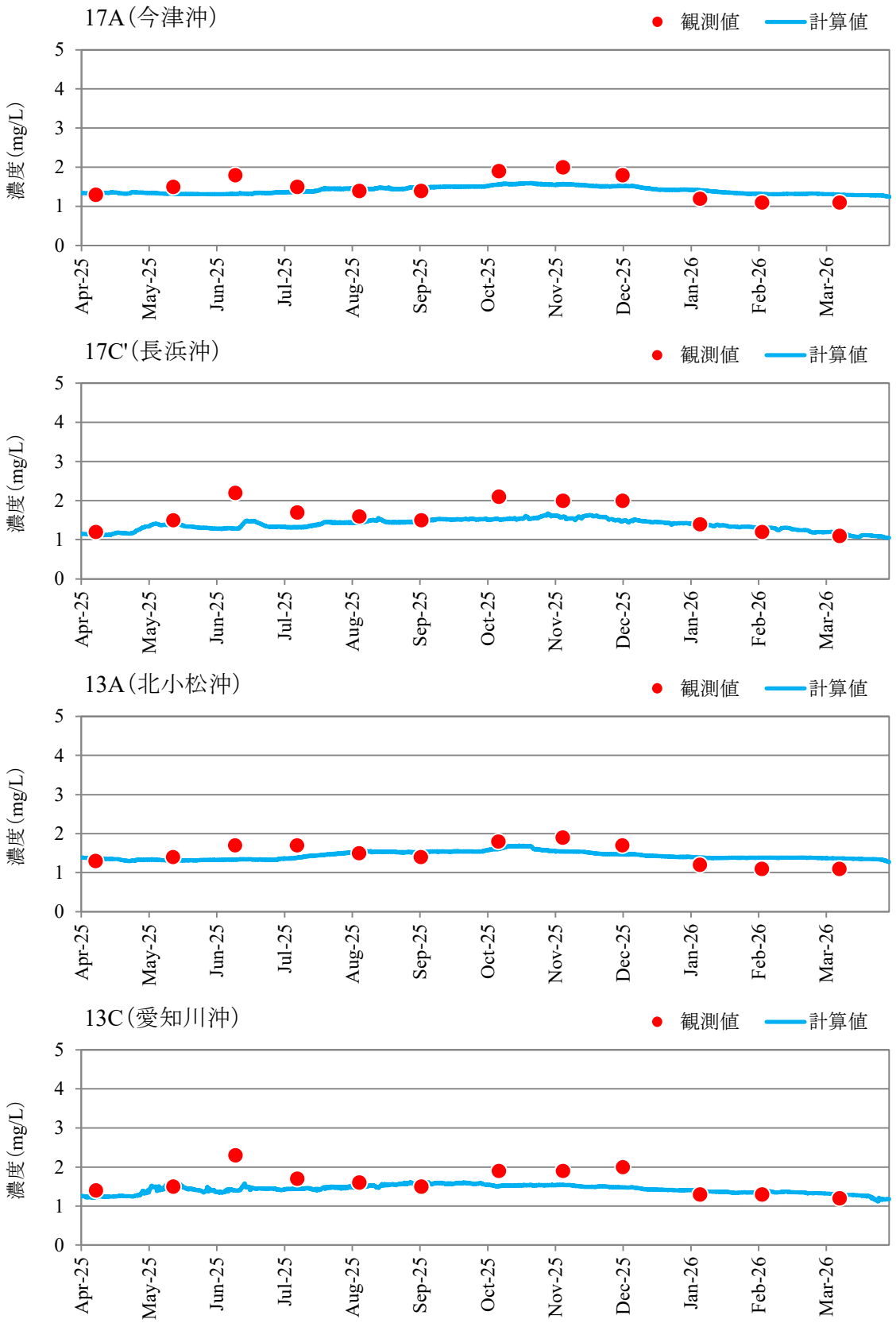


図 3-10　TOC 環境基準点（北湖）における検証結果（2025 年度）

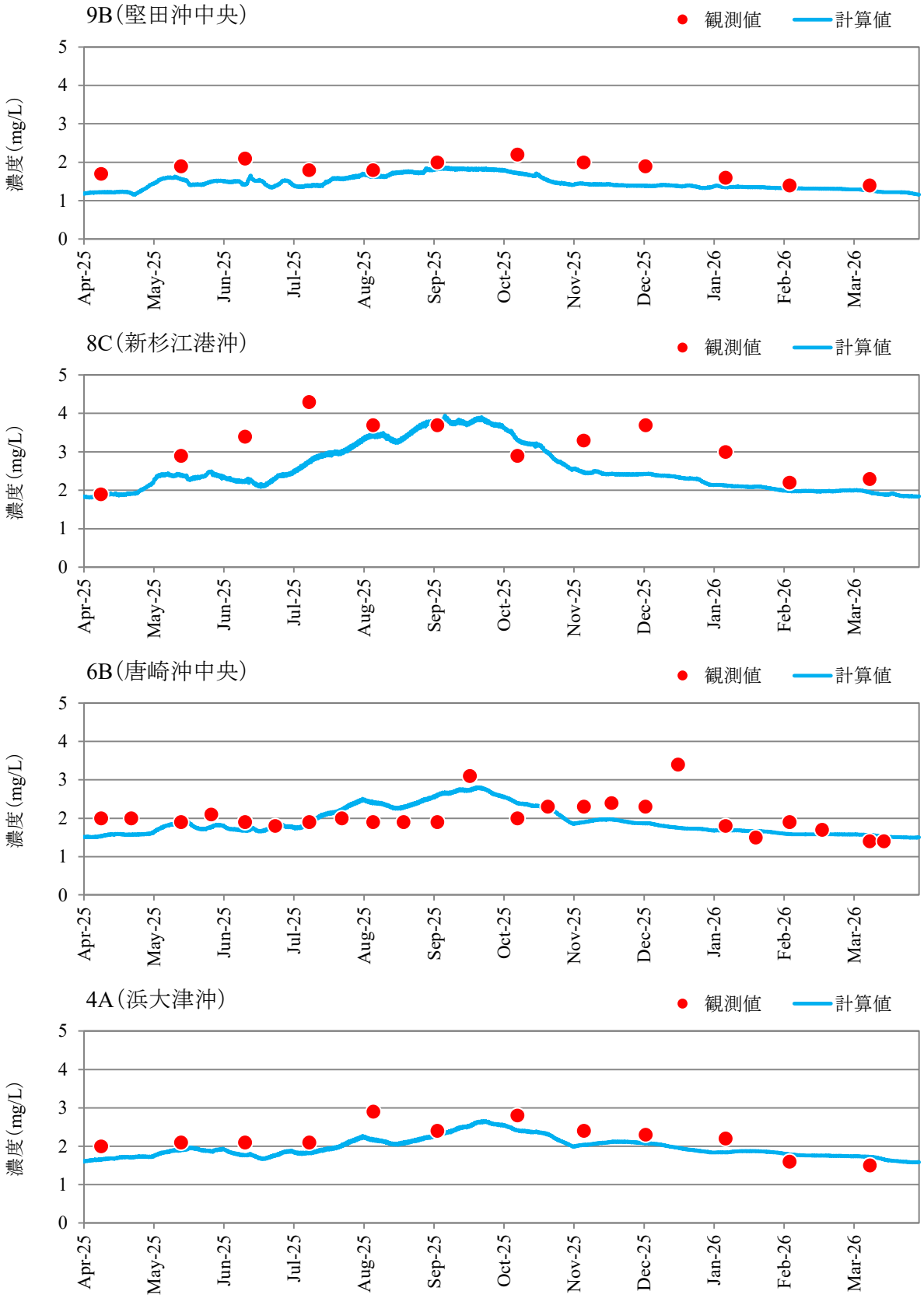


図 3-11　TOC 環境基準点（南湖）における検証結果（2025 年度）

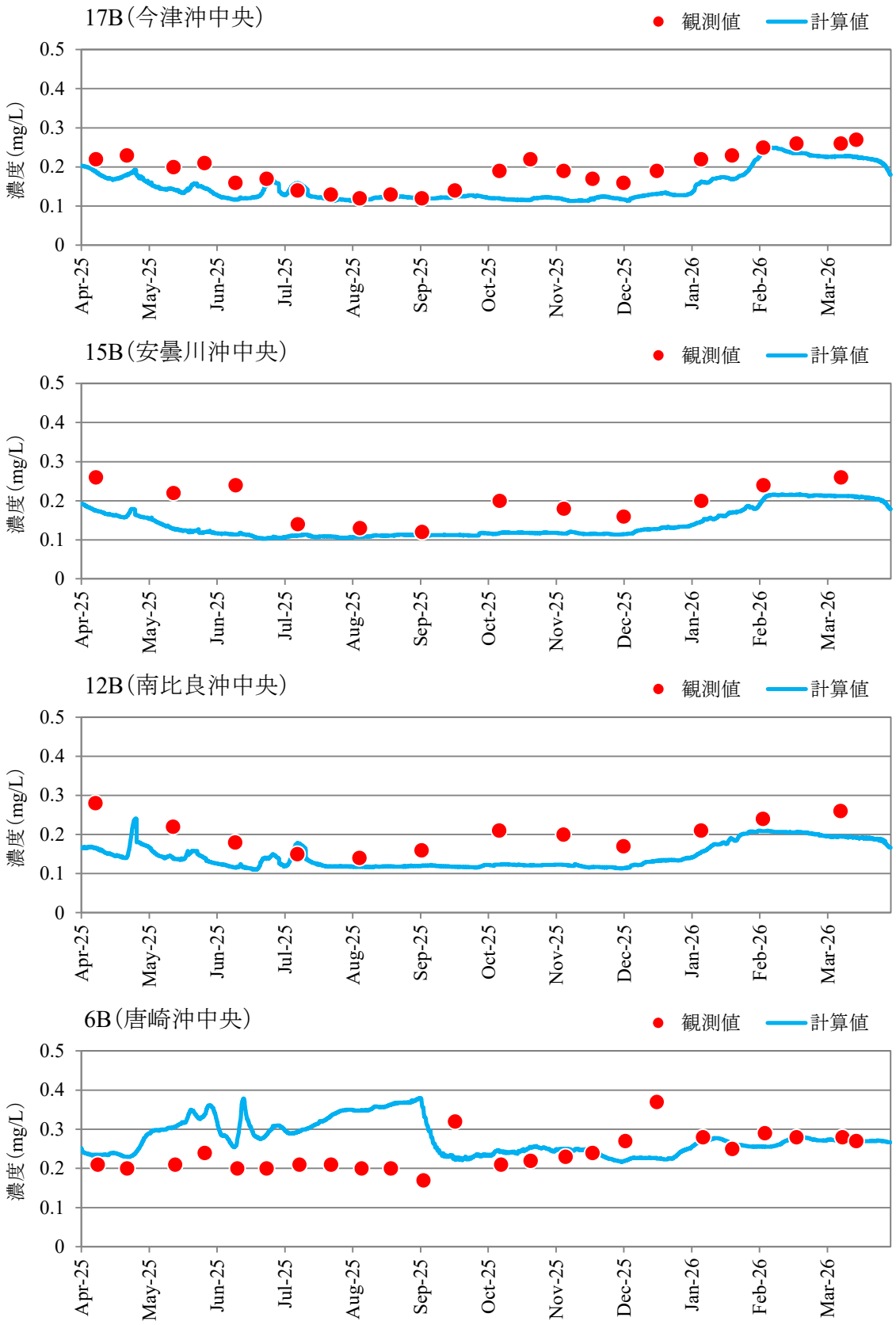


図 3-12　TN 環境基準点における検証結果（2025 年度）

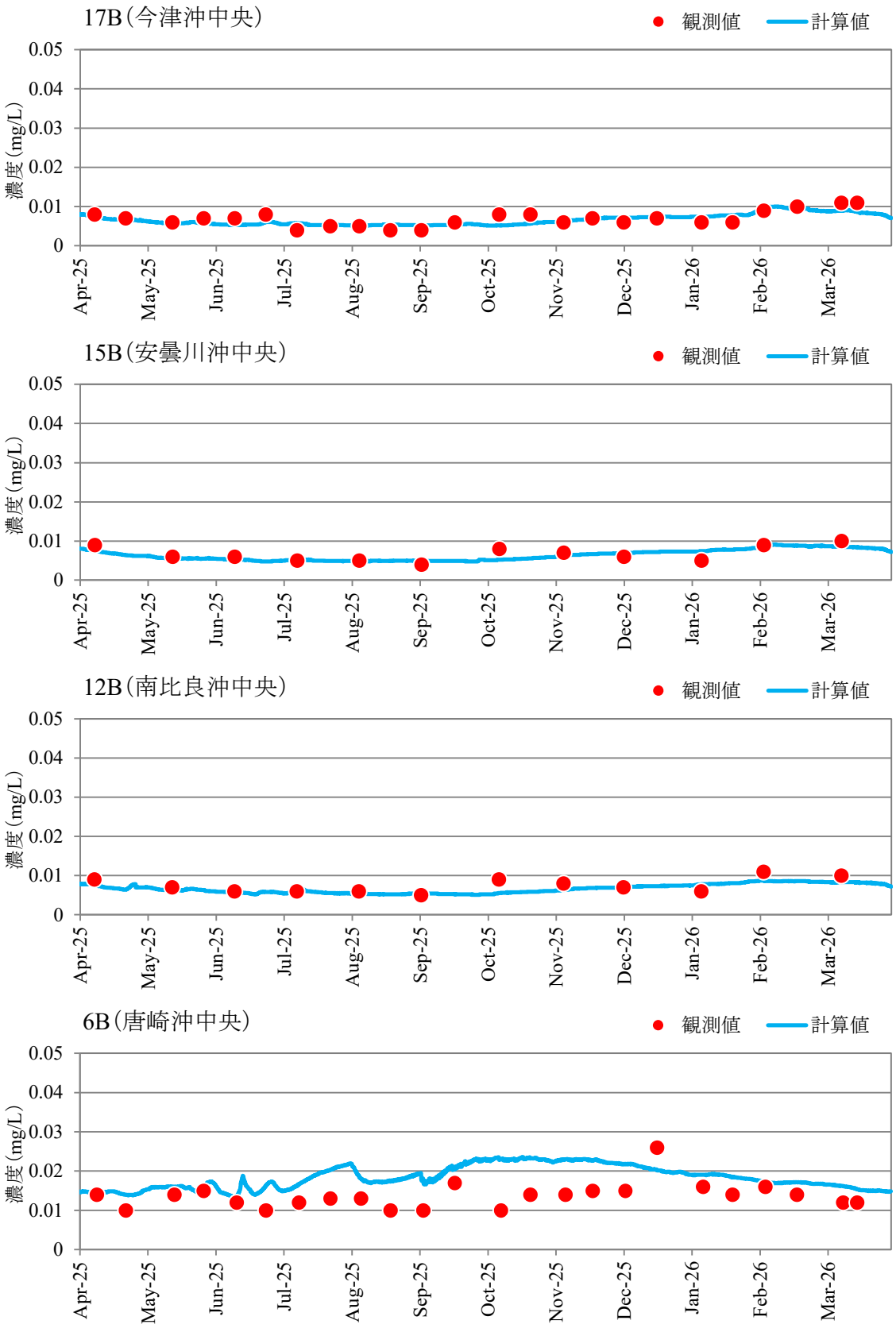


図 3-13　TP 環境基準点における検証結果（2025 年度）

3) 有機物の分解性

有機物については北湖湖心（今津沖中央：17B）および南湖湖心（唐崎沖中央：6B）の 2 地点において、2025 年 2 月・5 月・8 月・10 月に生分解試験を実施している（滋賀県琵琶湖環境科学研究センター環境監視部門提供）。易分解性・難分解性画分の各濃度の検証結果について図 3-14、図 3-15 に示す。北湖は 10 月において易分解性有機物を過小評価、南湖は 8 月や 10 月において易分解性有機物を過大評価（難分解性有機物を過小評価）する傾向が見られた、それ以外については難分解性比率（＝(難分解性 POC＋難分解性 DOC)/TOC）や濃度レベル、南湖より北湖の濃度が低いことなどを一定再現できた。

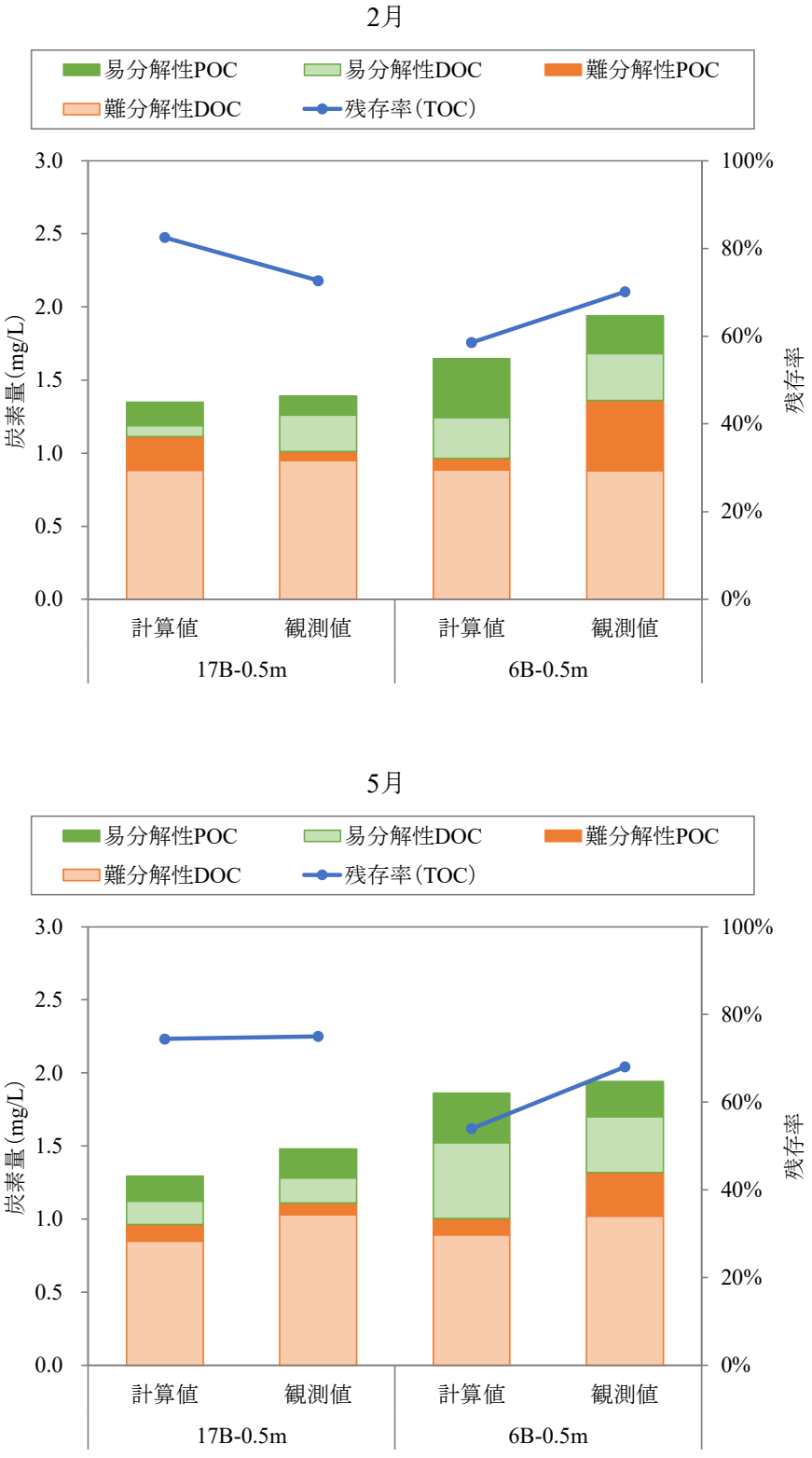
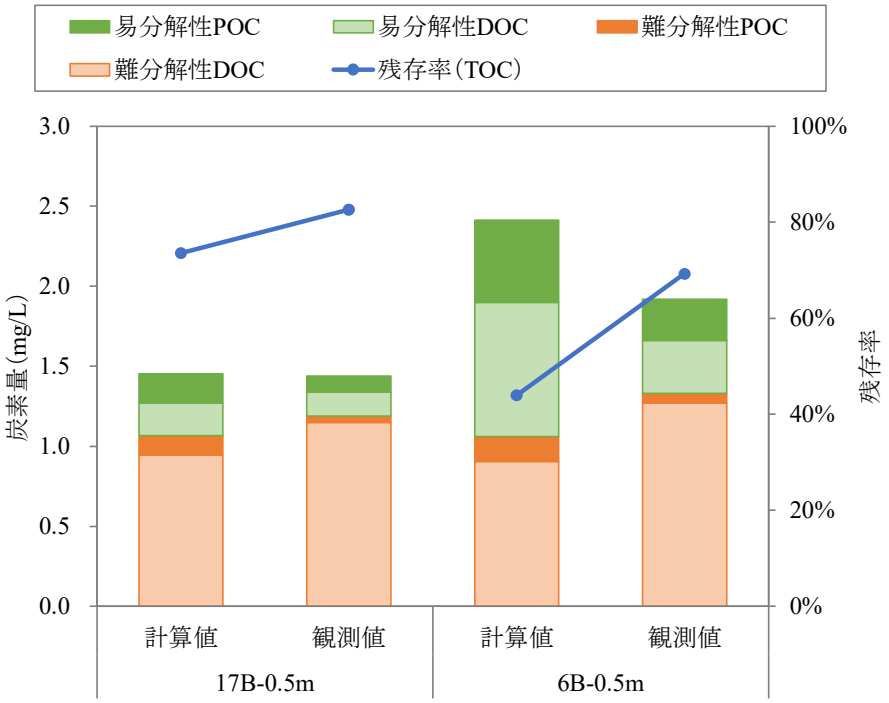


図 3-14　有機物の分解性に関する検証結果（2025 年 2 月・5 月）

8月



10月

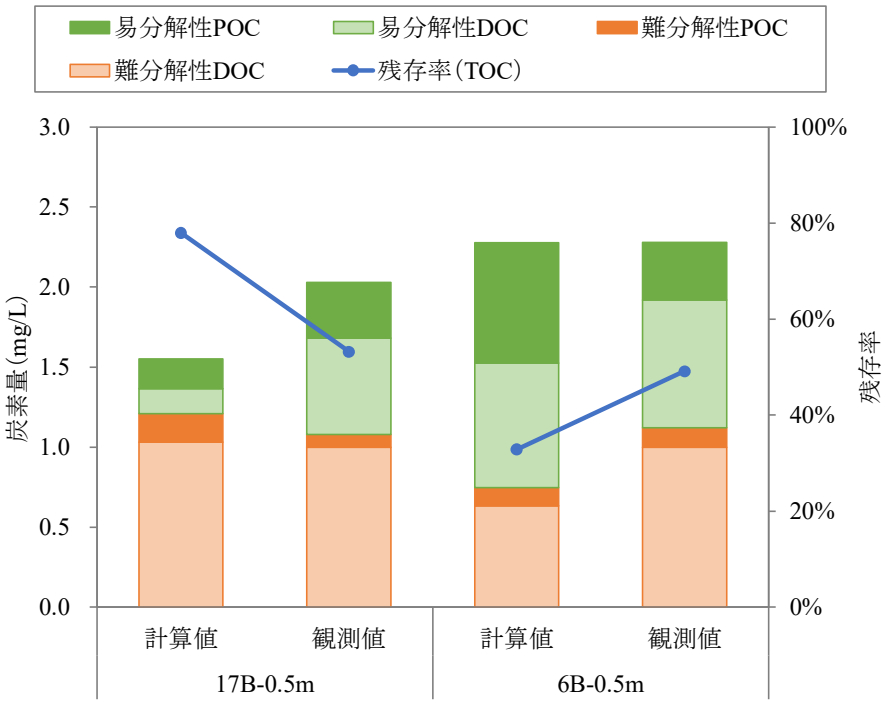


図 3-15　有機物の分解性に関する検証結果（2025 年 8 月・10 月）

4) 鉛直分布

北湖湖心（今津沖中央：17B）における TOC・TN・TP・DO の鉛直分布を検証したものを図 3-16、図 3-17 に示す。表層における TOC は、観測では春季と秋季に増加する傾向が見られるが、計算ではこれを再現できていない。これは、本モデルで取り扱う植物プランクトン種が藍藻・珪藻・緑藻他の 3 種であり、例えば近年春季に増殖が見られる大型緑藻の消長などを再現できていないためである。有機物量や一次生産量の季節変化を再現するためには、植物プランクトン種ごとの特性を踏まえたモデリングを行う必要があり、観測データの蓄積を含めて今後の課題である。

一方で、その他の項目では概ね表層および底層における濃度レベルやその季節変化を良好に再現することができており、水の鉛直混合や湖底付近における有機物の分解等のメカニズムが一定表現できていると考えられる。

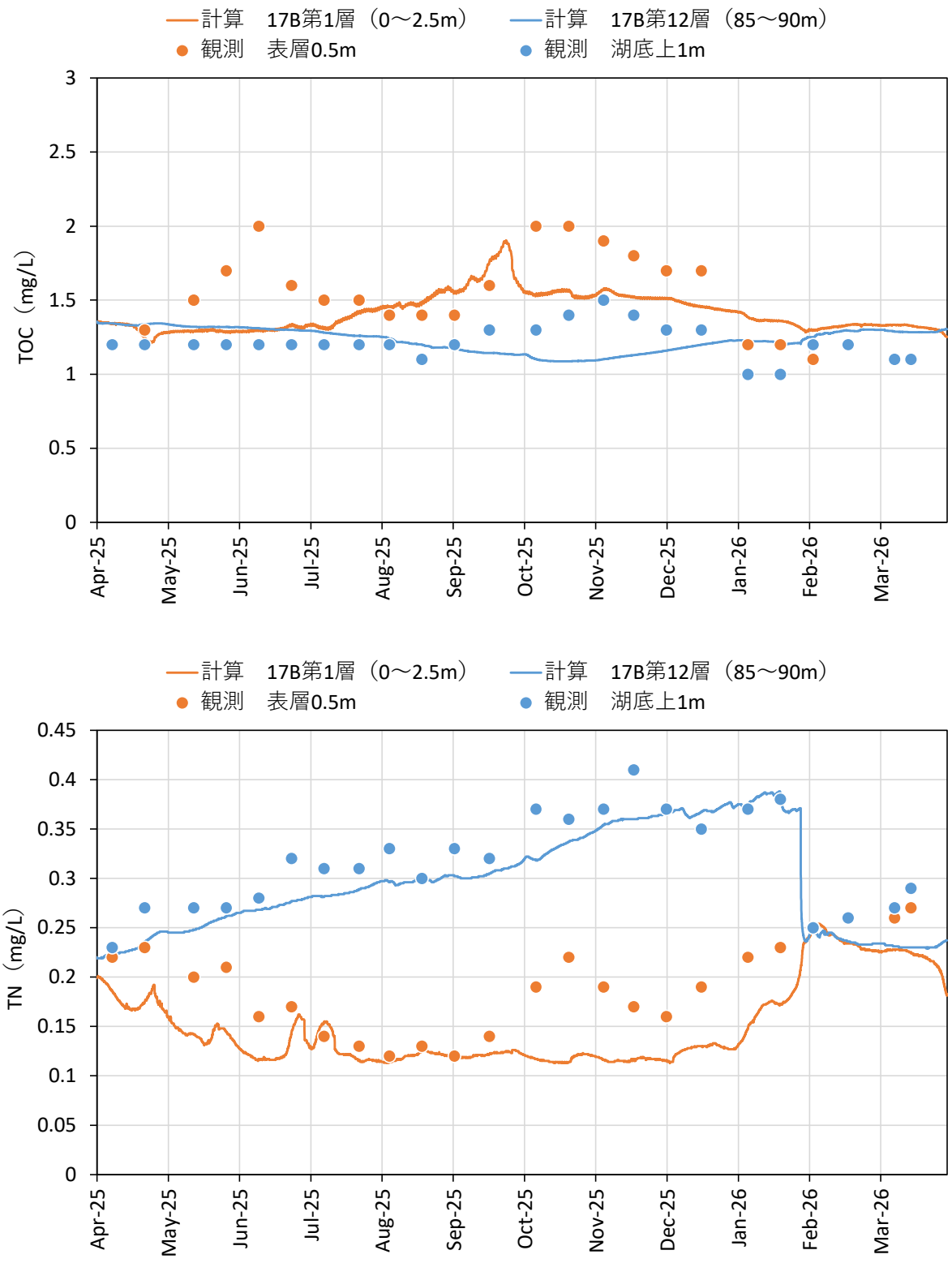


図 3-16　北湖湖心（17B）における TOC・TN 鉛直分布の検証結果（2025 年度）

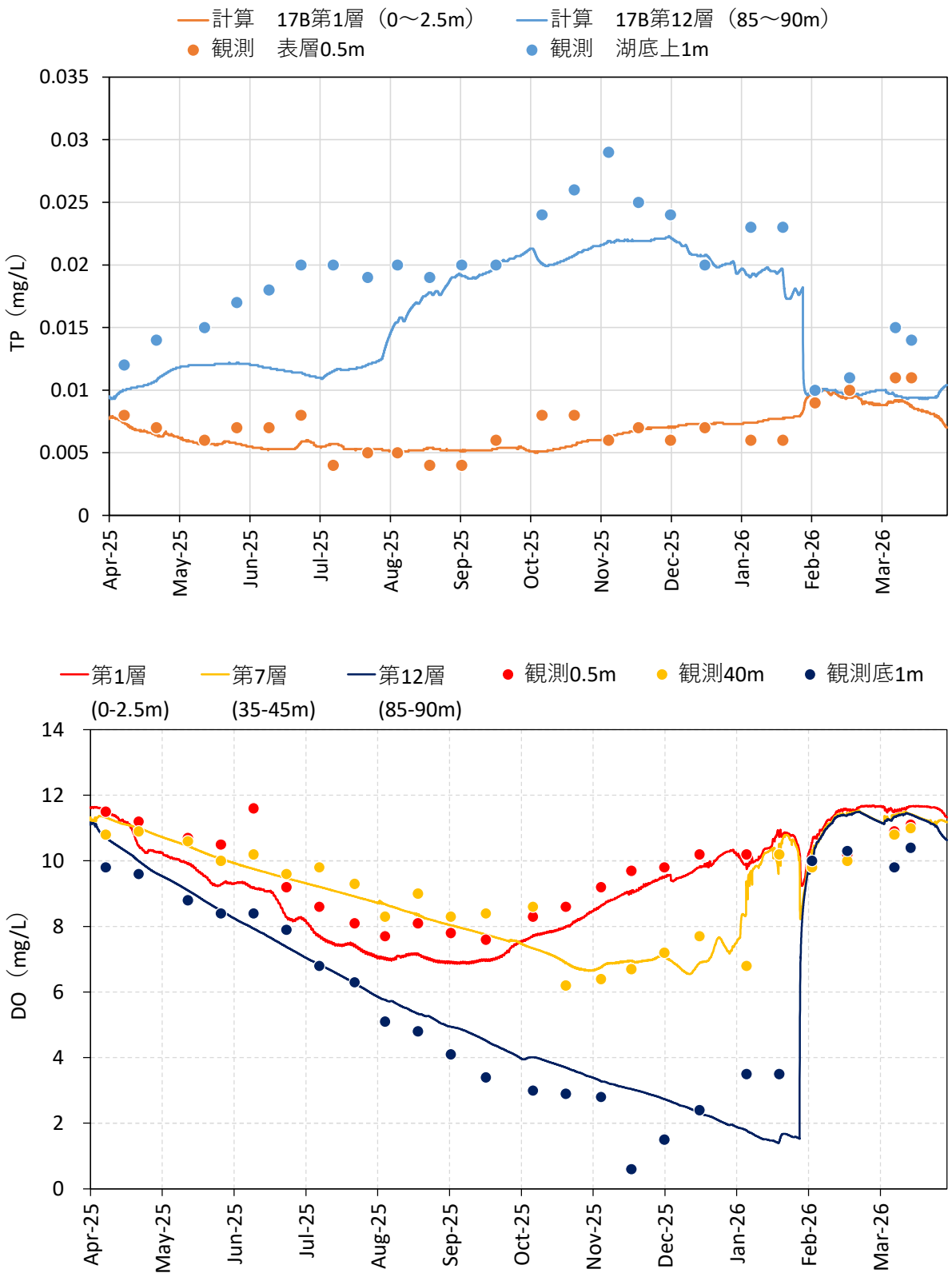


図 3-17　北湖湖心（17B）における TP・DO 鉛直分布の検証結果（2025 年度）

5) 物質フロー

食物連鎖を通じた炭素フローを集計したものを図 3-18 に示す。

琵琶湖の一次生産量についてはこれまで 0.2 ～ 2.0 gC/m²/d 程度の値が報告されており、2010 年代以降に高速フラッシュ蛍光光度計（FRRf）を用いて測定された結果では 0.2 ～ 1.0 gC/m²/d 程度となっている（Kazama et al., 2024）。これを単純に琵琶湖全域で年間を通じて一定と仮定して計算すると、0.2・1.0・2.0 gC/m²/d でそれぞれ 49,000・245,000・489,000 tC/y となり、本モデルで計算した 123,100 tC/y はこの範囲にある。

二次生産量については、琵琶湖で優占するカイアシ類 *Eodiaptomus japonicus*（ヤマトヒゲナガケンミジンコ）について、年間生産量が 4～52 gC/m²/y（平均 18 gC/m²/y）と報告されていることから（Liu et al., 2021）、同様に琵琶湖全域で年間を通じて一定と仮定して計算すると、2,700～34,900 tC/y（平均 12,100 tC/y）となる。本モデルで推定された動物プランクトンの生産量（成長や増殖に使われる量）は 6,814 tC/y（捕食から排泄・呼吸を差し引いた値）であり、ヤマトヒゲナガケンミジンコ以外の生産量があることを考慮するとやや少ないが、概ね範囲内にある。

以上より、物質フローの観点でも概ね妥当な現況再現ができたと言える。

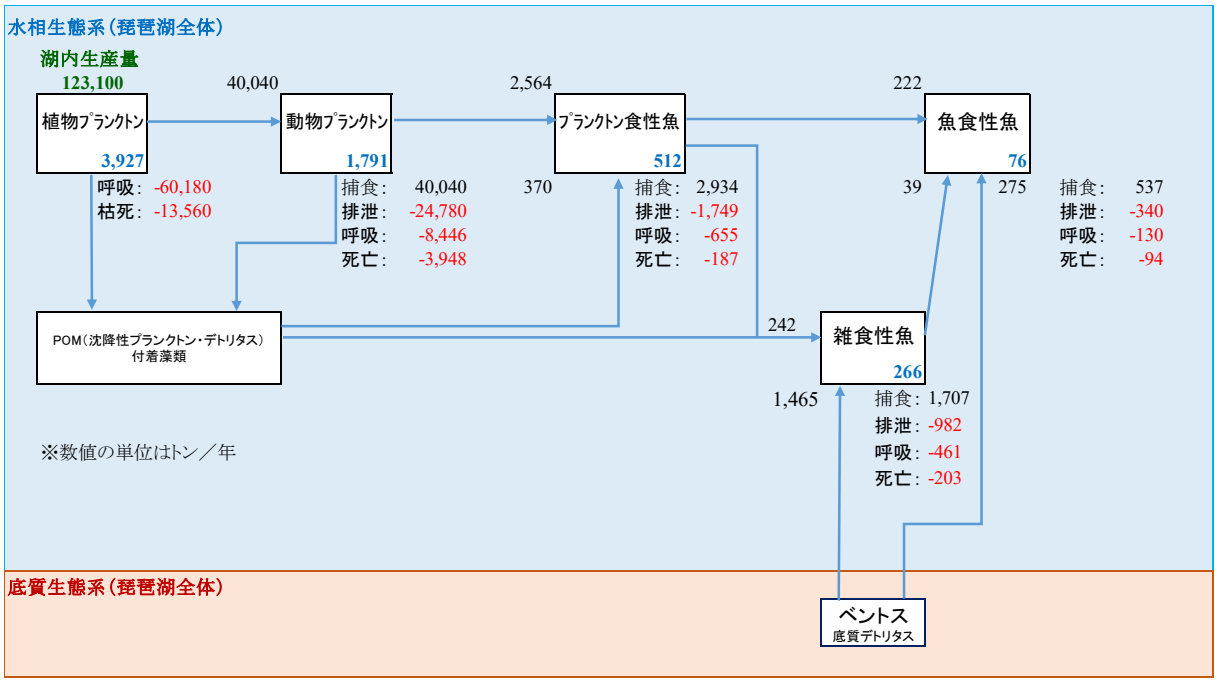


図 3-18　食物連鎖を通じた炭素フロー

4. 将来予測シミュレーション（2031 年度）

4.1 データ整備の方法

今後 2031 年度までに計画通りに追加的対策を実施した場合について、各種フレーム値を以下のように設定した。

処理場系 : 各処理場の処理区域内の処理人口変化に応じて排水量を変化させる。排水水質は 2025 年度と同等とする（流域下水道については後述）。

生活系：2031 年度までの整備計画から設定する。

産業系：2025 年度と同等とする。

面源系：2020～2025 年度における土地利用の変化率から 2031 年度の土地利用を設定する。

負荷削減対策：2025 年度の負荷削減対策から、2031 年度までに実施される環境こだわり農業、流入河川浄化事業に伴う負荷削減量を追加する。

(1) 処理場系

1) 流域下水道

上下水道課設定値に基づき、処理人口の変化に伴う排水量の変化や処理施設の改善等に伴う水質改善の影響を考慮する。

2) 公共下水道、し尿処理場

【排水量】

① 各処理場がカバーする処理区域をメッシュごとに設定する。

② 2025 年度および 2031 年度のメッシュ別・処理形態別人口データ（作成方法は（2）で詳述）から、2025 年度、2031 年度について、各処理場の処理区域内メッシュの処理人口を合計する。

③ 2025 年度から 2031 年度にかけての処理人口の変化比率を 2025 年度の排水量にかけて、2031 年度の各処理場の排水量を算出する。

【排水水質】

2020 年度と同等とする。

3) 農業集落排水処理施設

【排水量】

① 2025 年度および 2031 年度のメッシュ別・処理形態別人口データ（作成方法は（2）で詳述）から、2025 年度、2031 年度のそれぞれについて、市町ごとの農業集落排水処理施設人口を算出する。

② 2025 年度の各農業集落排水処理施設の排水量に、その所在の市町における 2025 年度から 2031 年度にかけての集落排水処理施設人口の変化比率をかけて、2031 年度の各処理場の排水量を算出する。

【排水水質】

2025 年度と同等とする。

(2) 生活系

前述のように、滋賀県琵琶湖環境部上下水道課より提供を受けた小地域別処理形態別人口（下水道・農業小地域排水等処理施設・合併処理浄化槽・単独浄化槽・し尿処理場・自家処理）（小地域数：滋賀県内で 2738 個）に関するデータは、2022 年度の実績（住民基本台帳）をベースとして、2026、2035、2045 年度における中長期の整備計画を 2025 年度時点にまとめたものとなっている。

小地域別処理形態別人口のデータを用いて、第 9 期湖沼計画における 2031 年度の予測値は、2026 年度計画と 2035 年度計画を小地域・処理形態ごとに線形補間することで算出した。

(3) 産業系

産業系については、以下の理由により、対策あり・対策なし共に 2025 年度と同等とした。

① 事業場の新設が明らかになっているのは概ね 1 年後までであり、それ以降は不明であること。

② 事業場の新設に関するデータは基本的に非公開であること。

③ 判明している新設分についても、排水量は不明であること。

(4) 面源系

以下の方法によりメッシュ別土地利用を算定した。

① 滋賀県で年度ごとにまとめている統計データ「国土利用計画管理運営事業に係る土地利用現況把握調査」から、2020 年度から 2025 年度にかけての市町別・各土地利用別の面積の年間変化比率を算出する。

② ①の変化比率が 2031 年度まで続くと仮定して 2031 年度のメッシュ別土地利用を求める。なお各土地利用の対応関係は以下の通りである。

【国土数値情報】　～　【統計データ】

水田・畑　～　農用地

山林　～　森林

市街地　～　宅地

道路　～　道路

荒れ地　～　原野

その他　～　その他

水面・ゴルフ場：変化なし

③ 各メッシュにおける面積比率の合計が 1 になるように補正を行う。補正の方法は以下の通りである。補正後土地利用＝補正前土地利用×（1-水面・ゴルフ場）/（水面・ゴルフ場除く合計）

(5) 負荷削減対策

環境こだわり米の作付面積割合を 2025 年度の 41%から 50%に向上させるとし、削減量を算定した。流入河川浄化事業については一部水域で 2020 年度からさらに対策を進めるものとした。水質保全対策事業については 2025 年度と同様とした。

表 4-1　負荷削減対策事業による負荷削減量の推移（2025・2031 年度）（kg/日）

項目	地域		COD		TN		TP	
			2025	2031	2025	2031	2025	2031
環境こだわり農業		全体	291.1	356.2	65.2	79.8	6.02	7.37
		うち北湖	268.3	328.3	60.1	73.6	5.55	6.79
		うち南湖	22.8	27.9	5.1	6.3	0.47	0.58
水質保全対策事業	神上沼	北湖	23.0	23.0	8.1	8.1		
	小中之湖	北湖	162.1	162.1	53.4	53.4	6.36	6.36
	川　並	北湖	6.1	6.1	1.3	1.3	0.10	0.10
	高　月	北湖	14.3	14.3	1.7	1.7	0.09	0.09
	新　旭	北湖	4.1	4.1	1.5	1.5		
	浮　舟	北湖	16.0	16.0	2.7	2.7	0.36	0.36
	高月II期	北湖	38.0	38.0	1.5	1.5	0.08	0.08
	竜王南部	北湖	4.4	4.4	2.1	2.1	0.33	0.33
	赤野井湾（木浜）	南湖	17.7	17.7	4.6	4.6	0.60	0.60
	ちはら	北湖	4.5	4.5	2.7	2.7	0.52	0.52
	守山南部	南湖	36.4	36.4	8.0	8.0	1.22	1.22
	白鳥川中流I期	北湖	39.9	39.9	6.6	6.6	2.01	2.01
流入河川浄化事業	木浜内湖	南湖			18.7	20.9	2.11	2.33
	平湖･柳平湖	南湖			16.5	16.5	0.95	0.95
	西の湖	北湖					0.17	0.17
	赤野井湾流入河川	南湖	16.2	16.2	1.5	1.5	0.82	0.82
計			673.8	738.9	196.2	213.0	21.74	23.31

4.2 計算条件

(1) 計算期間

2031 年度の水質予測を行うため、各モデルについて助走計算期間を含め下記の通り約 8 ヶ年の計算を行った。

陸域水物質循環モデル：2023 年 1 月 1 日から 2032 年 3 月 31 日まで

湖内流動モデル：2023 年 2 月 1 日から 2032 年 3 月 31 日まで

湖内生態系モデル：2023 年 3 月 1 日から 2032 年 3 月 31 日まで

(2) 将来予測に用いる気象条件

琵琶湖の水質は年々の気象により左右されるため、将来の気象条件の設定は水質予測の上で重要である。2025 年度に実際生じる可能性の高い水質を予測する観点からいえば、将来の気象条件はできるだけ平年値に近いものを選択することが望ましい。一方で将来の気象条件を現況年度（2020 年度）と違ったものにしてしまうと、2025 年度における水質の変化が、対策の進展によるものなのか、それとも気象が違うためなのかが不明確になる。

従来の湖沼計画では後者の方法、すなわち現況年度と同じ気象が将来にわたり続くと仮定して将来の水質予測を行っていた。一方で第 9 期湖沼計画においては、現況年度である 2025 年度は、過去 20 ヶ年において最小の降水量を記録した年である。降水量の増減は流入負荷量に直結するため、この気象条件が将来にわたり続くと仮定すると、流入負荷量が下がり、湖内水質の予測結果に大きな影響を与える可能性があったため、平年気象を将来予測に用いることとした。平年気象としては、**図 2-1** を参考にして、過去 20 ヶ年において気温、降水量、積雪深等の年間値や月別変化に平年値との違いが少ない 2016 年度を選定した（シナリオ①）。

また、特に 2023～2025 年度については、過去にない猛暑や暖冬などが生じ、琵琶湖水質にも大きな影響を与えた。気候変動と見られるこれらの影響が将来さらに激化することも考慮すれば、2031 年度の将来予測にあたっては、平年気象によるものだけでなく、気候変動の影響も踏まえたシナリオ計算を実施し、予測の幅を提示することが望ましい。そこで、近年頻発している猛暑・暖冬気象の代表例として 2023 年度気象を採用したシナリオ②と、さらに温暖化が進行した仮想的な気象条件としてシナリオ③を設定することとした（図 4-1）。

シナリオ③の設定は以下のように行う。2020 年度から 2025 年度の年平均気温のトレンドをプロットし、その傾向が 2031 年度まで続くと仮定した。気温を上昇させる基準年度はシナリオ②の 2023 年度とした（図 4-2）。

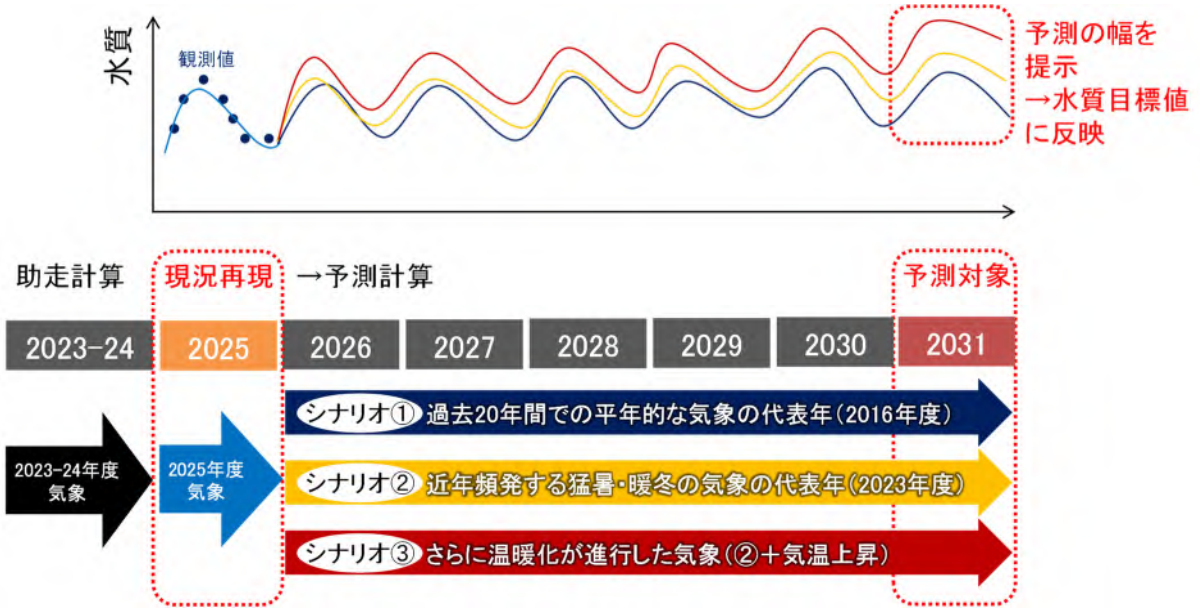


図 4-1　気象条件の考え方

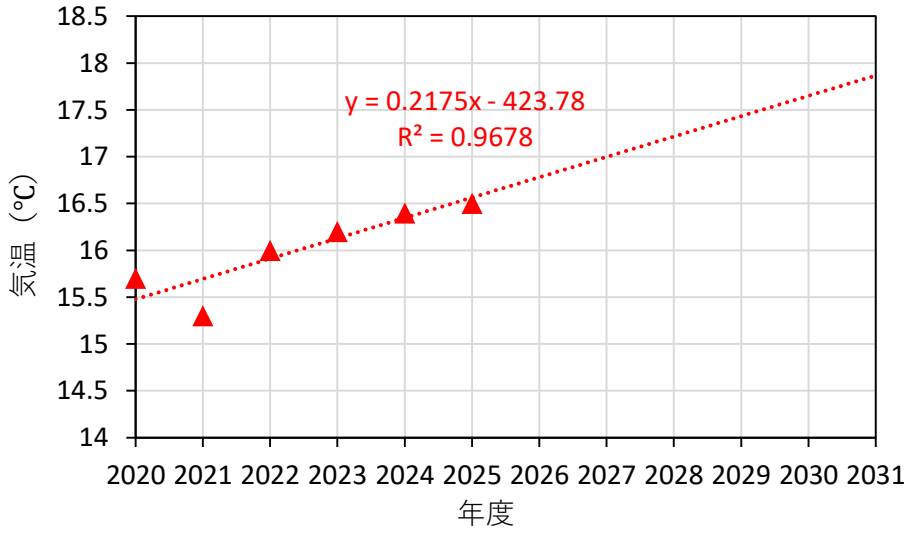


図 4-2　彦根における年平均気温の推移

(3) 経年変化の考慮

4.1 において 2031 年度のフレーム値等のデータを設定したが、2025 年度から 2031 年度を含む 8 ヶ年間の計算を行う場合、その間の変化についても同様に考慮する必要がある。

本予測計算では、点源負荷量、土地利用、負荷削減対策の 3 つについて、2025 年度から 2031 年度までに段階的に変化するものと考え、年度ごとに異なる入力データを用いて計算することにした。なお経年変化は線形的に生じるものと仮定してデータを整備した。

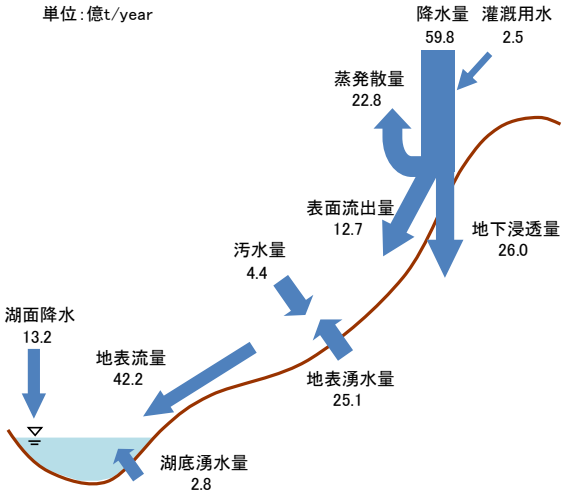
4.3 計算結果

(1) 陸域水物質循環モデル

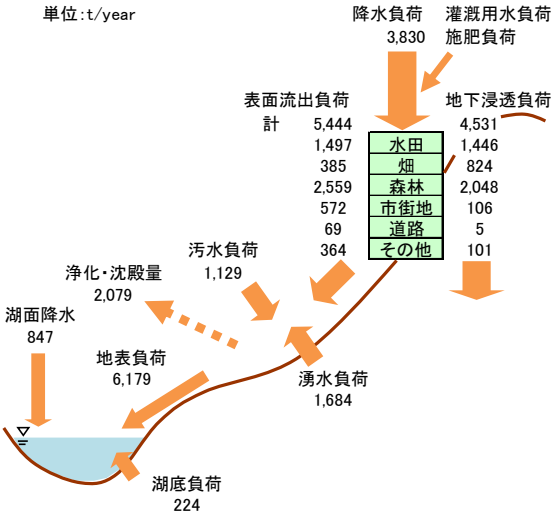
陸域における 2031 年度の流入負荷量等の予測結果を図 4-3（シナリオ①）、図 4-4（シナリオ②）、図 4-5（シナリオ③）に示す。前述のように、2025 年度は過去 20 ヶ年において最小の降水量を記録した年であるため、いずれのシナリオにおいても流入水量および負荷量が大幅に増加している。点源負荷（図中の「汚水負荷」）は 2025 年度から 2031 年度にかけて若干ではあるが減少しているので、これらの増加は降水量の増加に伴うものである。降水量が増加することで、降水由来の負荷が大きくなるとともに、各土地利用からの面源負荷も大きくなり、また湧水由来負荷も大きくなる。

シナリオ間で比較すると、シナリオ①はシナリオ②③に比べてやや負荷量が増加しているが、これも基本的には 2016 年度と 2023 年度の降水量の違いに起因するものである。シナリオ②と③の違いは気温のみであるが、シナリオ③では気温の上昇に伴い蒸発散量が増加し、その分流入水量や負荷量に減少が見られている。

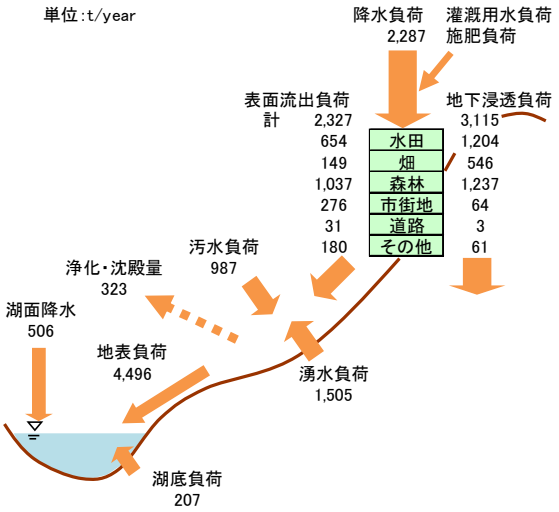
1．水収支図



2．TOC収支図



3．TN収支図



4．TP収支図

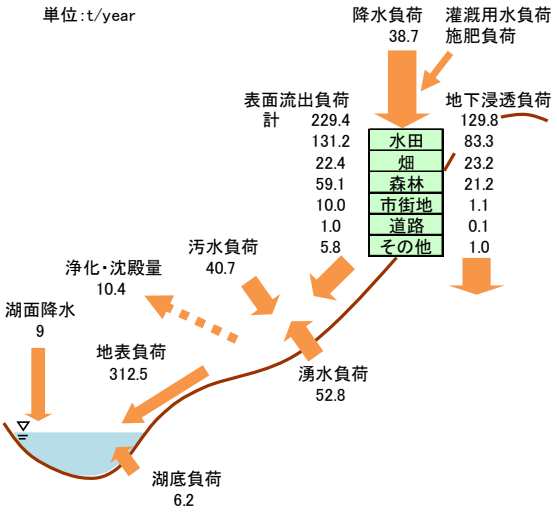
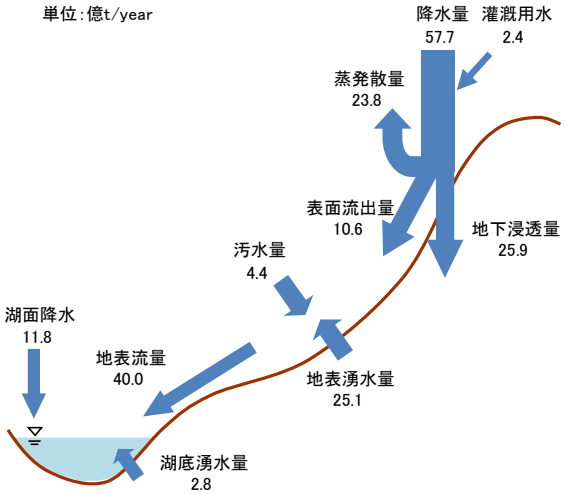
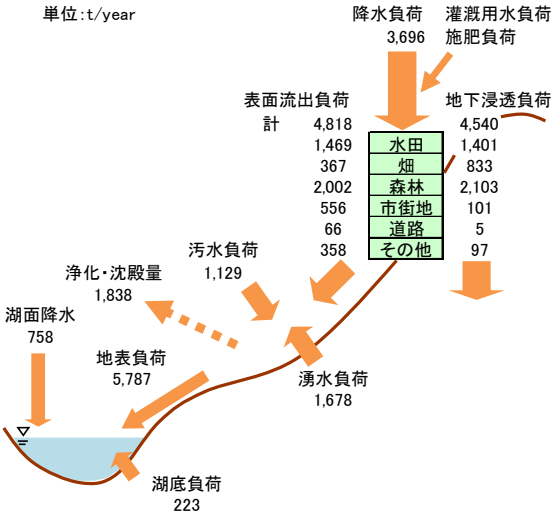


図 4-3　陸域における水・物質収支（シナリオ①）（2031 年度）

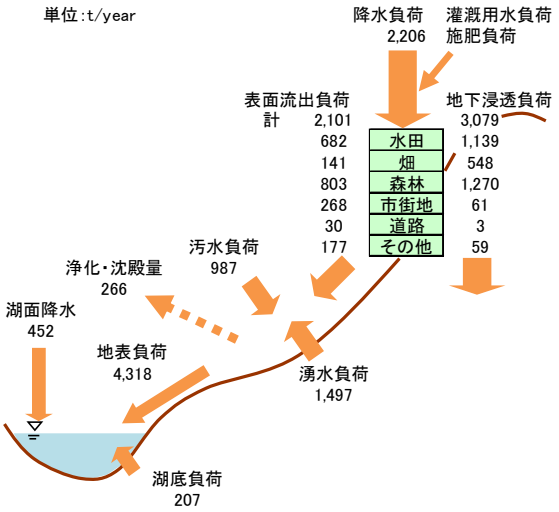
1．水収支図



2．TOC収支図



3．TN収支図



4．TP収支図

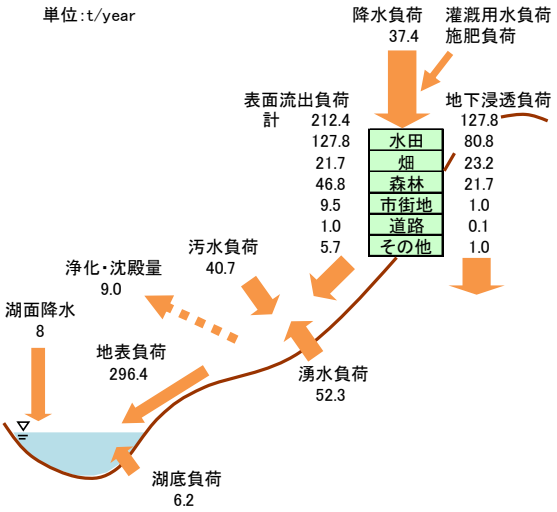
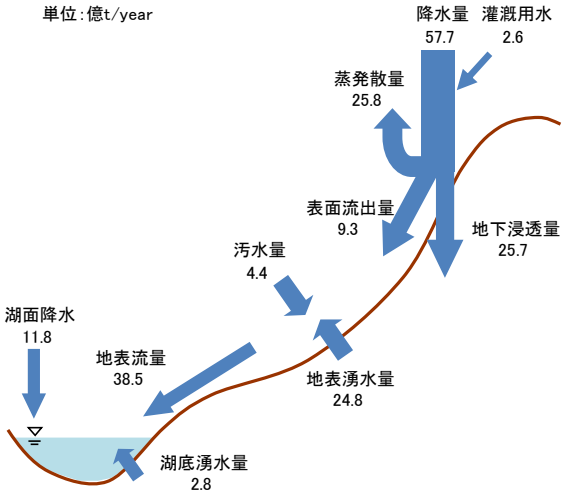
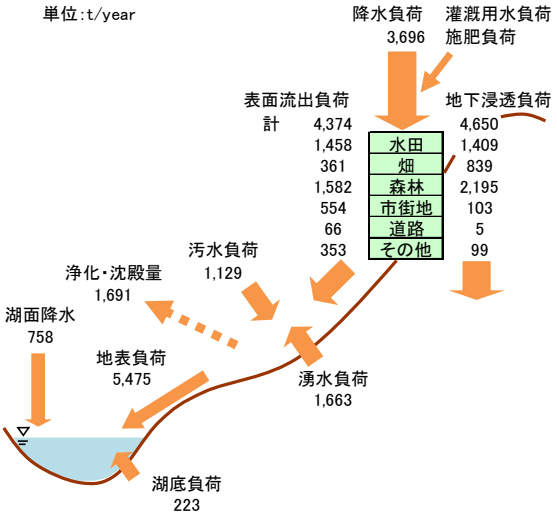


図 4-4　陸域における水・物質収支（シナリオ②）（2031 年度）

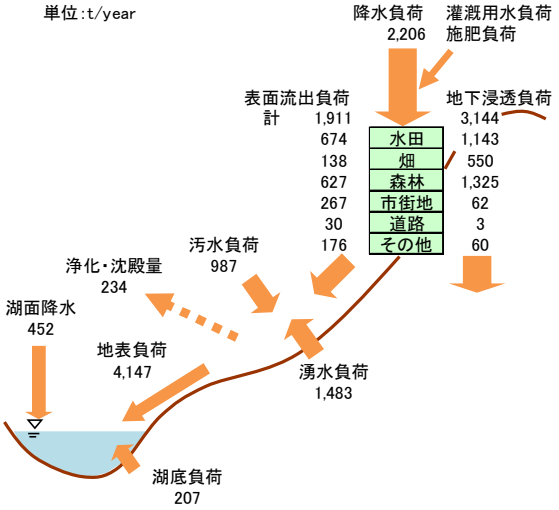
1．水収支図



2．TOC収支図



3．TN収支図



4．TP収支図

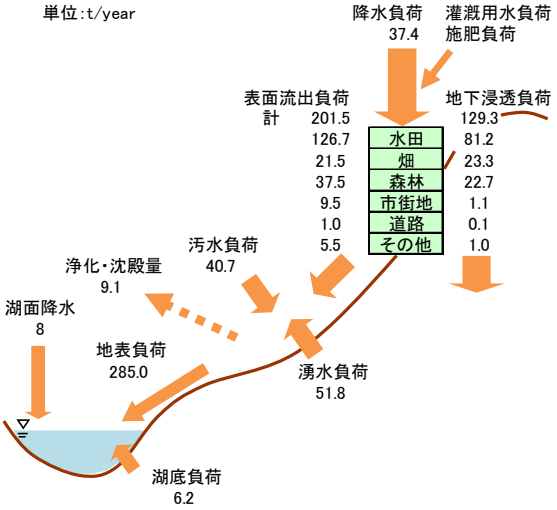


図 4-5　陸域における水・物質収支（シナリオ③）（2031 年度）

(2) 湖内流動モデル

今津沖中央（17B）における湖内の層別水温の予測結果を図 4-6（シナリオ①）、図 4-7（シナリオ②）、図 4-8（シナリオ③）に示す。2031 年度における水温の最高・最低値は、シナリオ①で 29.7℃および 6.9℃、シナリオ②で 29.6℃および 8.1℃、シナリオ③で 30.8℃および 9.6℃であった。気温の上昇は、夏季の最高水温よりも冬季の全層循環時の水温に大きく影響することが明らかになった。また、夏季においても、シナリオ①では 30℃付近になる期間が短期間であるのに対して、シナリオ②や③では 8～9 月の約 2 ヶ月間にわたり継続するという違いが見られた。

また、いずれのシナリオにおいても、全期間において全層循環が完了する結果となった。全層循環は、基本的に表水層と深水層の水温差によって生じるので、当該年度の冬季の気温（水温）だけではなく、前年度の深水層における水温の影響も受ける。シナリオ③では大きな気温上昇を見込んでいるが、年度ごとに徐々に上昇する設定としているため、深水層における水温も徐々に増加し、結果として全層循環しやすい環境になっていたと考えられる。

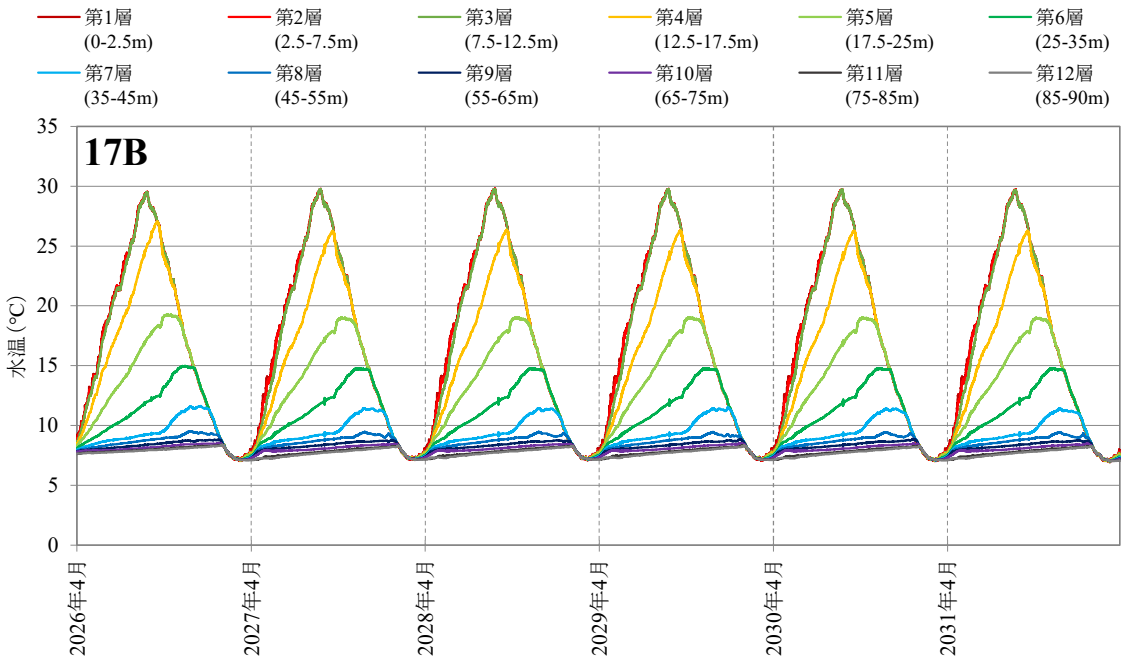


図 4-6　今津沖中央（17B）における水温予測結果（シナリオ①）

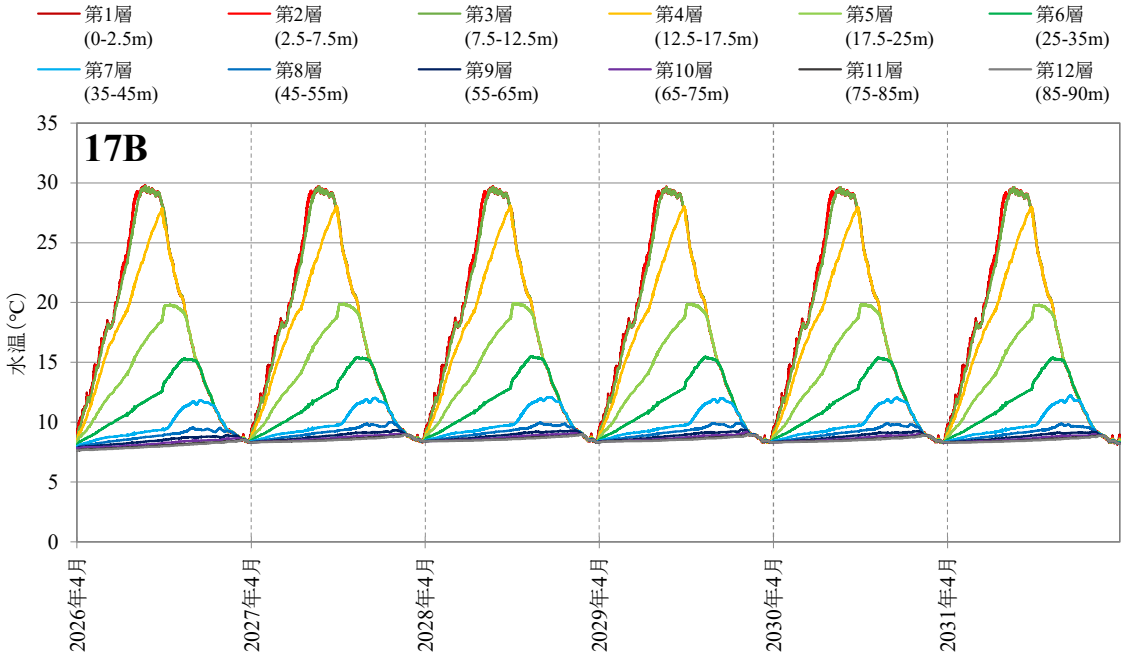


図 4-7　今津沖中央（17B）における水温予測結果（シナリオ②）

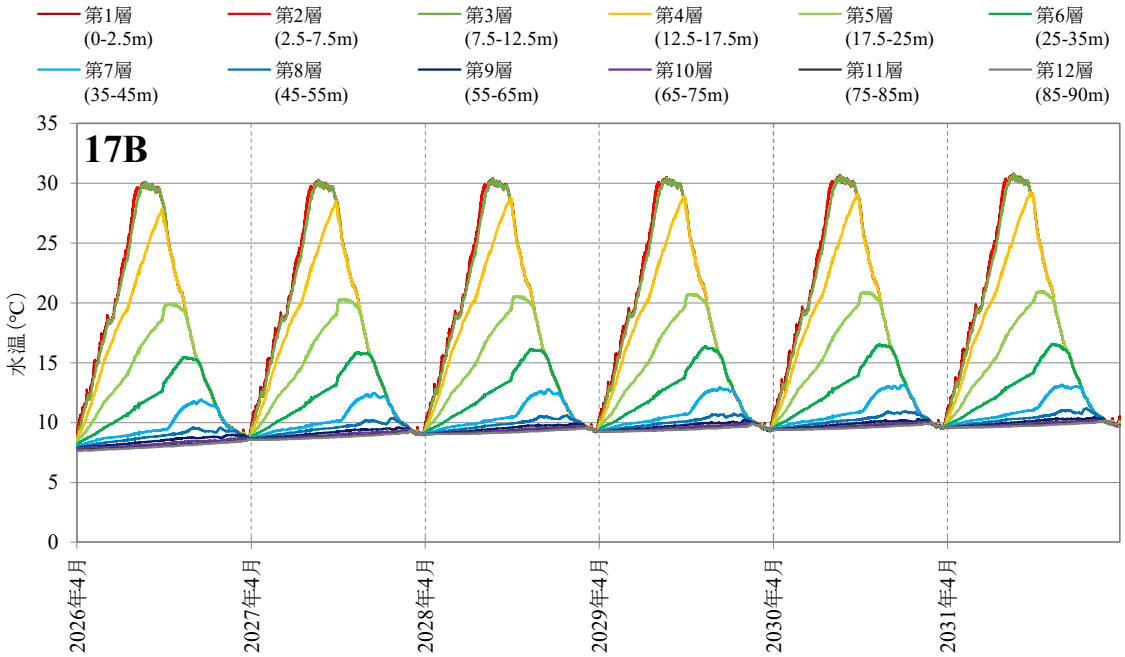


図 4-8　今津沖中央（17B）における水温予測結果（シナリオ③）

(3) 湖内生態系モデル

TOC、TN、TP の環境基準点におけるシナリオ別の予測結果を図 4-9～図 4-12 に示す。

TOC については、いずれの地点においてもシナリオ③の濃度が最も高く、シナリオ②、①がそれに続く結果となった。また現況である 2025 年度と比較して、シナリオ③は濃度が上昇し、シナリオ①は減少する傾向が見られた。この主たる要因としては、一次生産量の違いが挙げられる。現況（2025 年度）およびシナリオ（2031 年度）の北湖における月別一次生産量（総生産量）を図 4-13 に示すが、シナリオ③は夏季を中心に高く、またシナリオ①は低い（この傾向は植物プランクトンの呼吸量を考慮した純生産量においても同様であった）。シナリオ③では気温および水温が高いため、植物プランクトンの一次生産が活発になり、それに伴って植物プランクトンやその分解生成物が増加したと考えられる。

TN、TP については、北湖ではシナリオ間の差異は小さく、類似した季節変動を示した。一方で、冬季から春先にかけて、特に TN についてシナリオ①の濃度が高くなる傾向が見られた。シナリオ①で用いている 2016 年度の気象条件は、年度末（2017 年 2～3 月）が寒冬で、積雪量の多い年であった。そのため、シナリオ①でも年度末に融雪出水に伴う流入負荷量の増加が見られており、特に窒素では降水濃度が湖水濃度よりもかなり高いため、冬季～春先の濃度上昇につながったと考えられる。シナリオ②や③は暖冬傾向が強く、積雪量はわずかであったので、このような予測差につながったと考えられた（積雪しない場合は（計算上）降雨の多くが地下浸透し、脱窒などが生じるため、流入負荷量は減る）。

一方で、南湖の TN、TP ではシナリオ間のばらつきが大きく、特に TP についてシナリオ①で 9 月以降の濃度が低くなる傾向が見られた。これは、2016 年 9 月 20 日に台風 16 号が滋賀県に上陸し、100mm を超える豪雨があったことが要因として挙げられる。これに伴い、栄養塩濃度の低い北湖の水が大量に南湖に流入し、一時的に濃度が急減し、その傾向がしばらく続いたと考えられた。

以上のように、それぞれのシナリオで設定した気温や降水等の気象条件の違いが水質予測の結果に影響したと考えられた。

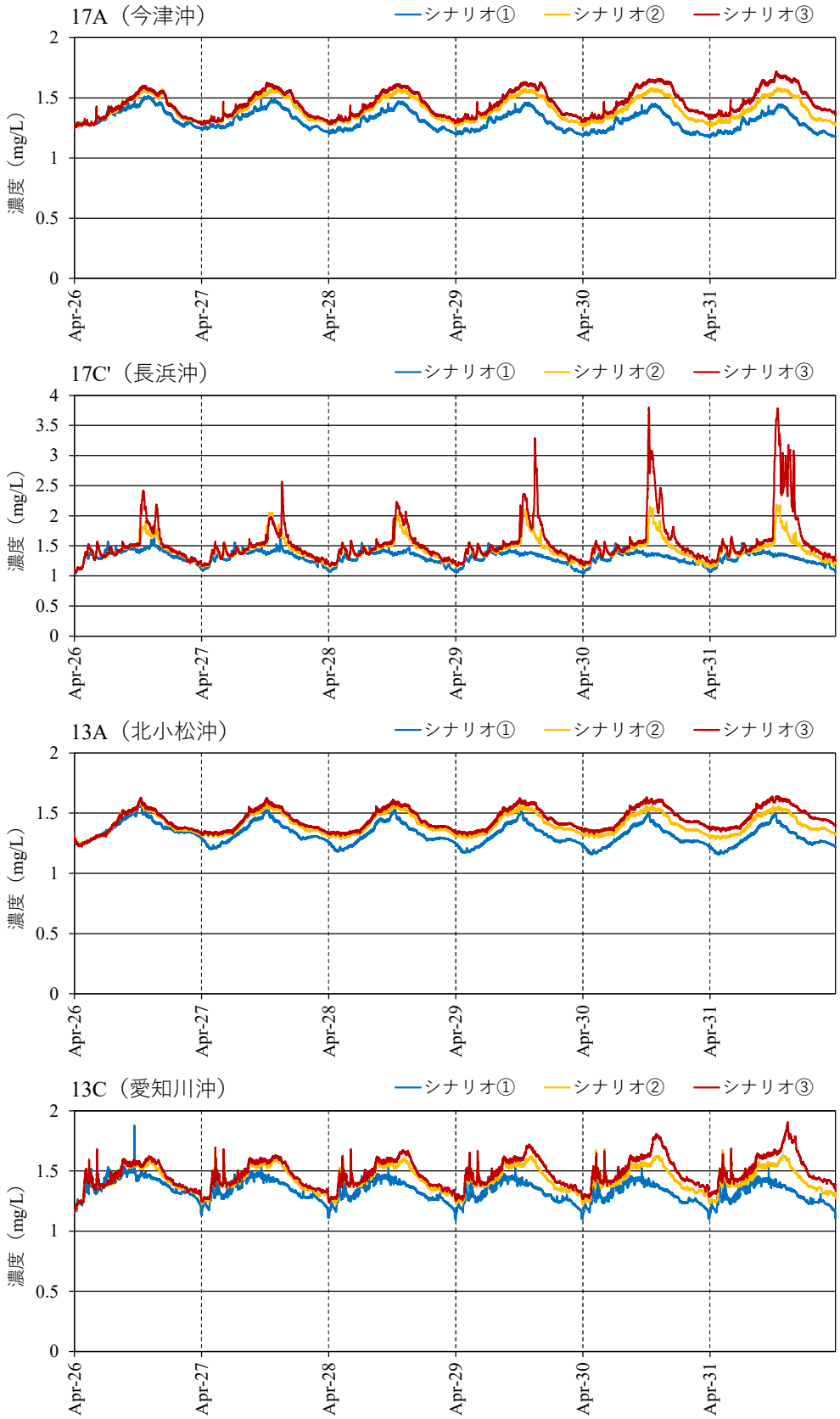


図 4-9　TOC 環境基準点（北湖）における予測結果

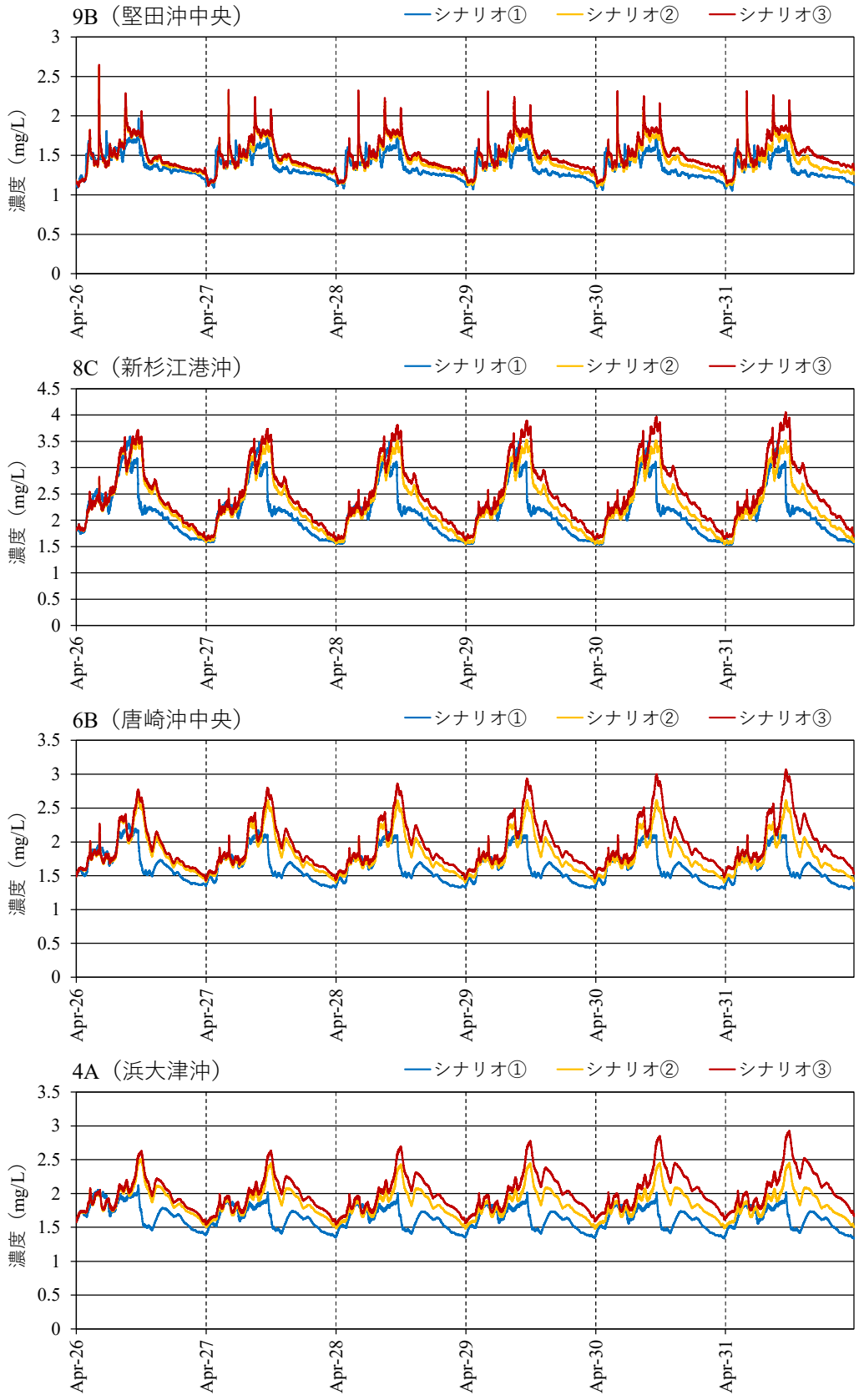


図 4-10　TOC 環境基準点（南湖）における予測結果

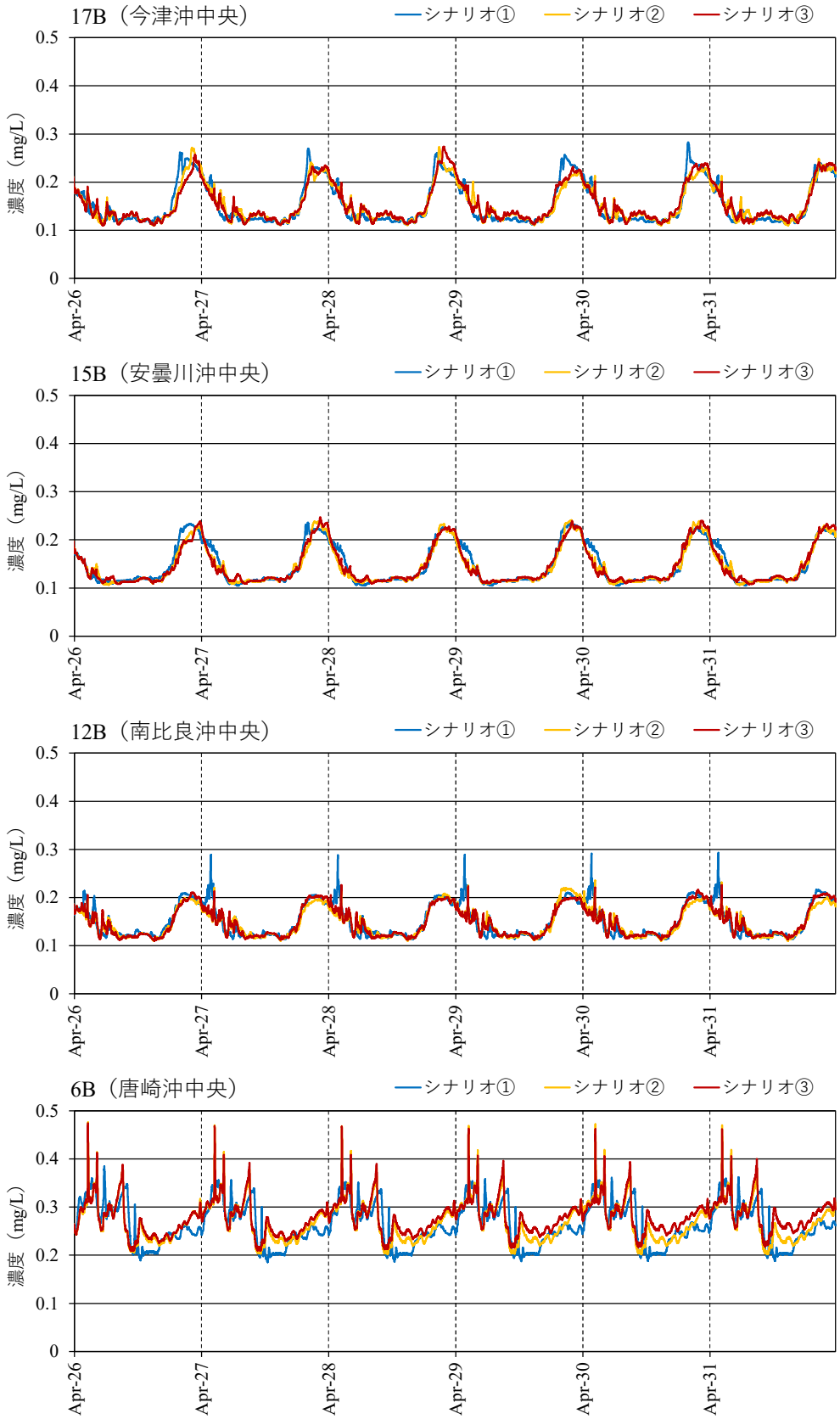


図 4-11　TN 環境基準点における予測結果

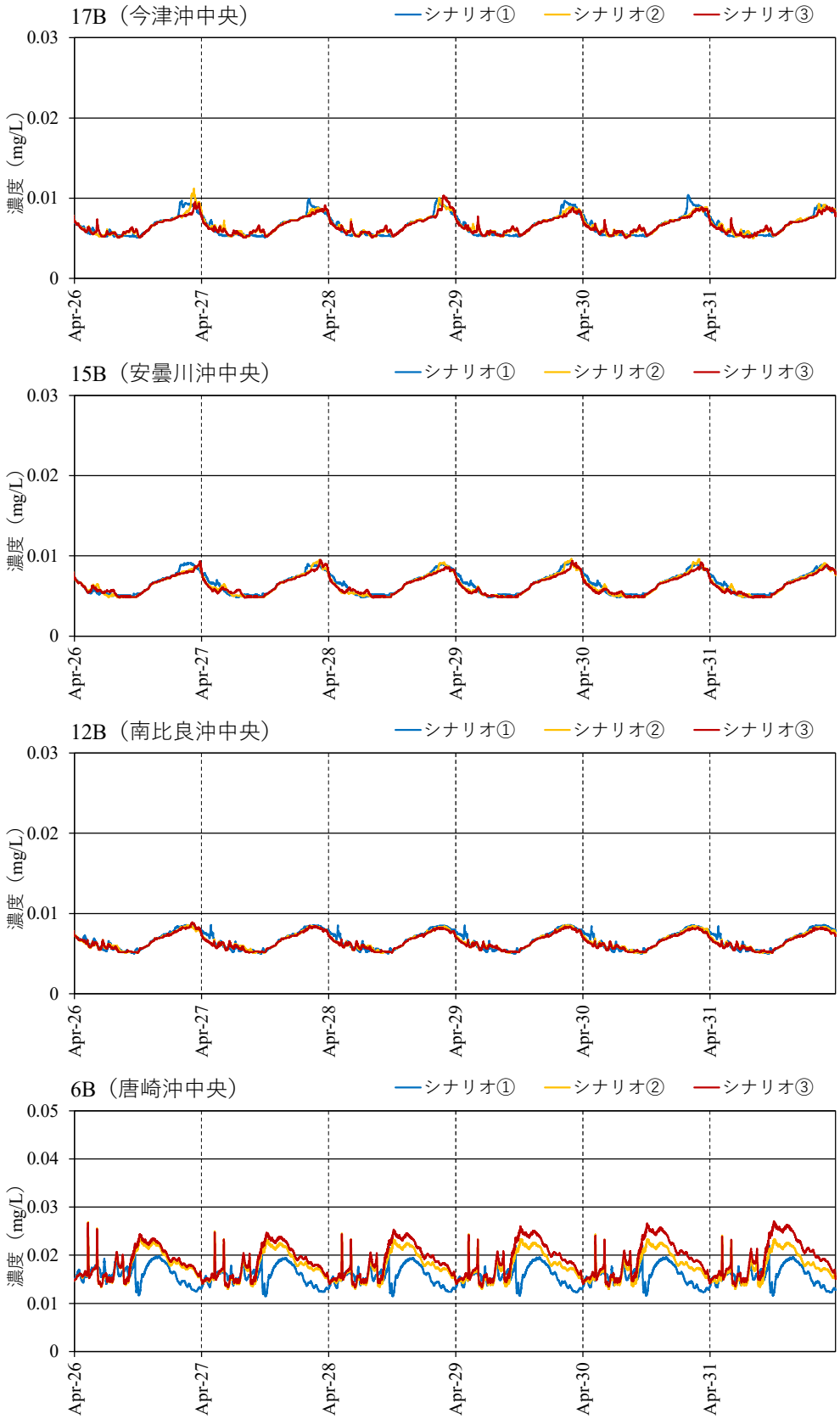


図 4-12　TP 環境基準点における予測結果

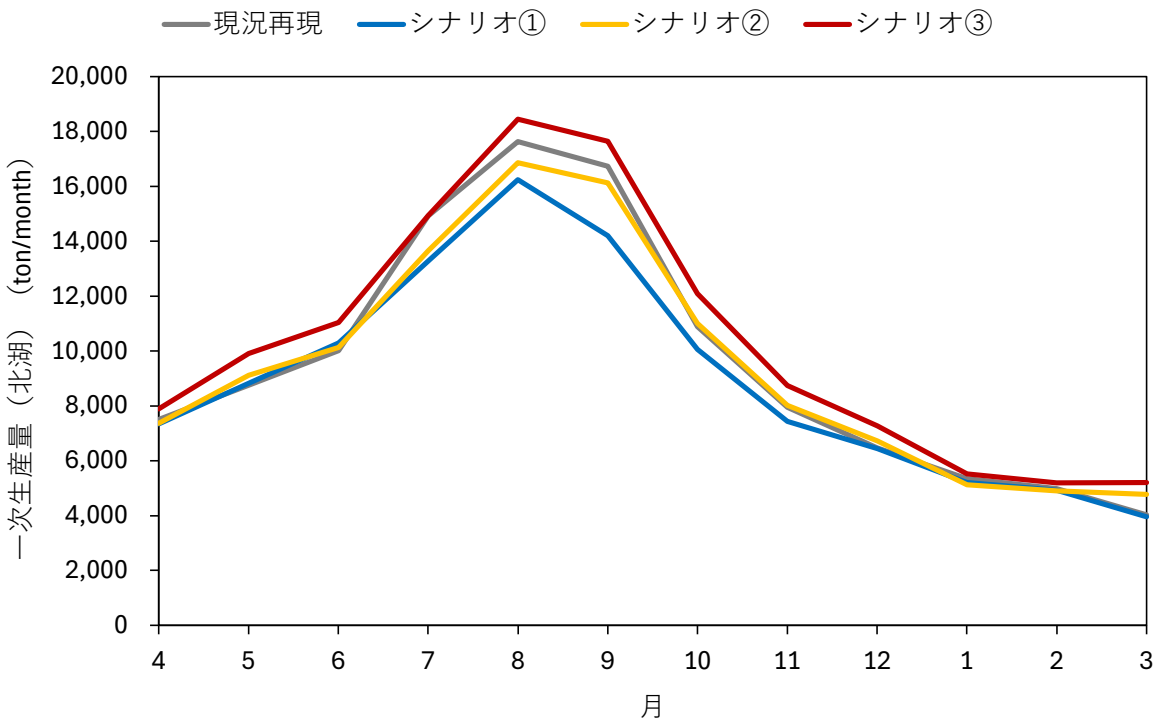


図 4-13　北湖における月別一次生産量（総生産量；現況再現は 2025 年度、シナリオは 2031 年度）

5. シミュレーション結果を踏まえた水質目標値の設定

5.1 評価方法

第 3 章～4 章において計算された琵琶湖水質の現況再現と将来予測シミュレーションの結果から、2030 年度および 2031 年度における水質予測結果を整理した。なお環境基準の評価にあたっては、環境基準点のうち最も濃度の高い地点において評価を行うものとし、また各水質項目の評価基準は下記の通りとなっている。

COD：75%水質値[4]　　TN・TP：年間平均値

なお TOC については、環境基準項目ではないが、COD にならい年間平均値と 75%水質値について提示した。

本計画で使用するモデルは、前述のように COD ではなく炭素量（TOC 等）により有機物の負荷量や濃度の計算を行っている。しかし、有機物の環境基準項目は COD であるため、計算により算出された TOC を COD に換算する必要がある。そこで、北湖 COD 環境基準点 4 地点（17A、17C’、13A、13C）と、南湖 COD 環境基準点 4 地点（9B、8C、6B、4A）を対象として、2021～2025 年度における TOC と COD の相関から TOC を COD に換算した。換算式は以下の通りである（図 5-1）。

北湖：COD = 1.14 × TOC + 0.65　　南湖：COD = 1.29 × TOC + 0.42

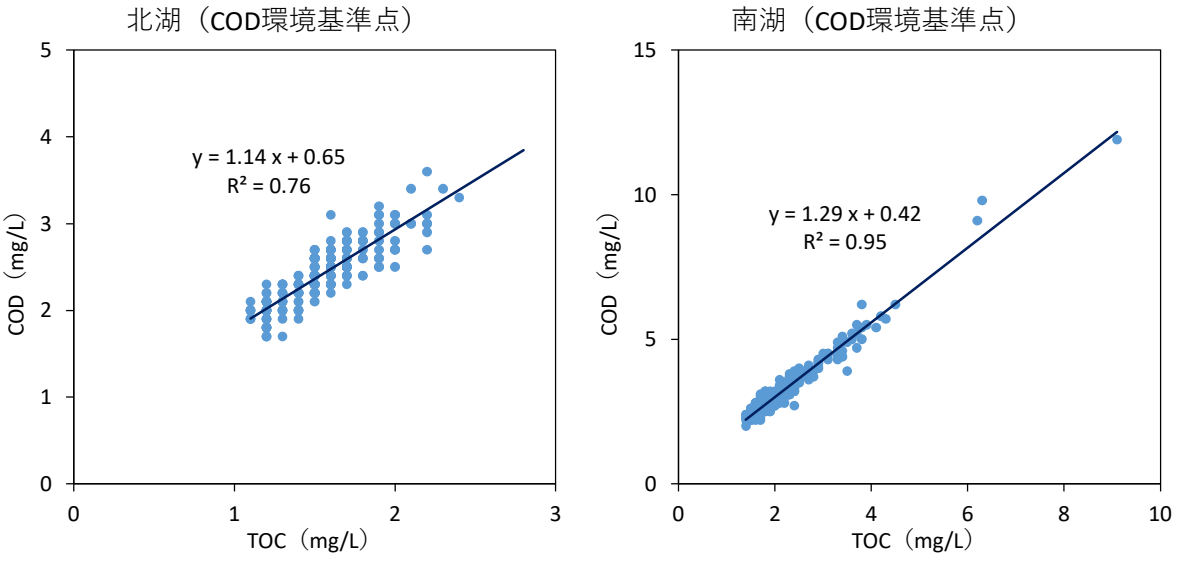


図 5-1　北湖・南湖における TOC と COD の関係

[4]年間の日間平均値の全データをその値の小さいものから順に並べ、0.75×n 番目（n は日間平均値のデータ数）のデータ値をもって 75%水質値とする

2025 年度を対象として行った現況再現の結果は、前述のように地点間の差異を十分表現できるものであったが、必ずしも全ての地点で水質を再現できたわけではない。2025 年度の計算値が観測値と異なる場合に、将来（2026～2031 年度）の水質予測値をそのまま結果として採用すると、現況の実績値と比較した場合に誤った解釈を与える可能性がある。したがって、2025 年度の現況再現計算結果を観測値に合わせ、将来の水質予測値を補正する必要がある。

本計算においては、2025 年度の水質観測値を C_{obs}、モデルによる 2025 年度の計算値を C_{cal}、モデルによる 2030・2031 年度の予測値を C_{pre} としたとき、補正後の将来水質予測値 $C_{pre\text{-}rev}$ を

$$C_{pre\text{-}rev} = C_{pre} \times C_{obs} / C_{cal}$$

と補正して目標水質とした。

5.2 結果のまとめ

以上により算出された 2030 年度および 2031 年度の水質予測値を環境基準点ごとにまとめたものを表 5-1 に示す。2025 年度実績は観測値（C_{obs}）を表し、また 2030 年度・2031 年度予測値は補正後の値（$C_{pre\text{-}rev}$）を表す。一部の水域や水質項目でシナリオ間の差異が大きいものも見られるが、2025 年度実績は 3 つのシナリオの予測値の範囲内にあり、将来の水質は気象条件に左右されると考えられた。

表 5-1　水質予測シミュレーション結果のまとめ

単位：mg/L

水質項目	環境基準点			2025年度実績		2030年度予測						2031年度予測					
				年間平均値	75%値	年間平均値			75%値			年間平均値			75%値		
						シナリオ①	シナリオ②	シナリオ③	シナリオ①	シナリオ②	シナリオ③	シナリオ①	シナリオ②	シナリオ③	シナリオ①	シナリオ②	シナリオ③
TOC	北湖	今津沖	17A	1.5	1.8	1.4	1.5	1.6	1.6	1.8	1.9	1.4	1.5	1.6	1.6	1.8	2.0
		長浜沖	17C'	1.6	2.0	1.5	1.7	1.9	1.8	2.0	2.1	1.5	1.7	2.0	1.8	2.0	2.1
		北小松沖	13A	1.5	1.7	1.3	1.5	1.5	1.5	1.7	1.7	1.3	1.5	1.5	1.5	1.7	1.7
		愛知川沖	13C	1.6	1.9	1.5	1.6	1.7	1.7	1.9	2.0	1.5	1.6	1.7	1.7	1.9	2.0
	南湖	堅田沖中央	9B	1.8	2.0	1.7	1.8	1.9	1.8	1.9	2.0	1.7	1.8	1.9	1.8	1.9	2.0
		新杉江港沖	8C	3.1	3.7	2.6	2.8	3.1	2.8	3.3	3.7	2.6	2.8	3.1	2.8	3.3	3.7
		唐崎沖中央	6B	1.9	2.0	1.6	1.8	2.0	1.5	1.8	2.0	1.6	1.8	2.0	1.5	1.8	2.0
		浜大津沖	4A	2.2	2.4	1.8	2.1	2.3	2.0	2.2	2.6	1.8	2.1	2.3	2.0	2.2	2.6
	北湖平均			1.6	1.9	1.4	1.6	1.7	1.7	1.8	1.9	1.4	1.6	1.7	1.7	1.8	2.0
	南湖平均			2.3	2.5	1.9	2.1	2.3	2.0	2.3	2.5	1.9	2.1	2.4	2.0	2.3	2.6
	北湖最大値			1.6	2.0	1.5	1.7	1.9	1.8	2.0	2.1	1.5	1.7	2.0	1.8	2.0	2.1
	南湖最大値			3.1	3.7	2.6	2.8	3.1	2.8	3.3	3.7	2.6	2.8	3.1	2.8	3.3	3.7
COD	北湖	今津沖	17A	2.2	2.4	2.2	2.4	2.4	2.5	2.7	2.8	2.2	2.4	2.5	2.5	2.7	2.9
		長浜沖	17C'	2.5	2.7	2.4	2.6	2.8	2.7	2.9	3.0	2.4	2.6	2.9	2.7	2.9	3.1
		北小松沖	13A	2.4	2.6	2.2	2.3	2.4	2.4	2.5	2.6	2.2	2.3	2.4	2.4	2.5	2.6
		愛知川沖	13C	2.5	2.5	2.4	2.5	2.6	2.6	2.8	2.9	2.4	2.5	2.6	2.6	2.8	3.0
	南湖	堅田沖中央	9B	2.6	2.8	2.6	2.7	2.8	2.8	2.9	3.0	2.6	2.7	2.9	2.8	2.9	3.0
		新杉江港沖	8C	4.4	5.1	3.8	4.0	4.4	4.0	4.6	5.1	3.8	4.0	4.5	4.0	4.6	5.2
		唐崎沖中央	6B	2.9	2.9	2.5	2.8	3.0	2.4	2.7	3.0	2.5	2.8	3.1	2.4	2.7	3.0
		浜大津沖	4A	3.2	3.2	2.8	3.1	3.4	3.0	3.3	3.7	2.8	3.1	3.4	3.0	3.3	3.8
	北湖平均			2.4	2.6	2.3	2.4	2.5	2.6	2.8	2.9	2.3	2.4	2.6	2.5	2.8	2.9
	南湖平均			3.3	3.5	2.9	3.2	3.4	3.1	3.4	3.7	2.9	3.2	3.5	3.0	3.4	3.8
	北湖最大値			2.5	2.7	2.4	2.6	2.8	2.7	2.9	3.0	2.4	2.6	2.9	2.7	2.9	3.1
	南湖最大値			4.4	5.1	3.8	4.0	4.4	4.0	4.6	5.1	3.8	4.0	4.5	4.0	4.6	5.2
TN	北湖	今津沖中央	17B	0.19		0.19	0.19	0.19				0.19	0.19	0.19			
		安曇川沖中央	15B	0.20		0.21	0.20	0.21				0.21	0.20	0.21			
		南比良沖中央	12B	0.20		0.21	0.21	0.21				0.21	0.20	0.21			
	南湖	唐崎沖中央	6B	0.23		0.22	0.23	0.24				0.22	0.23	0.24			
	北湖平均			0.19		0.20	0.20	0.20				0.20	0.20	0.20			
	南湖平均			0.23		0.22	0.23	0.24				0.22	0.23	0.24			
	北湖最大値			0.20		0.21	0.21	0.21				0.21	0.20	0.21			
	南湖最大値			0.23		0.22	0.23	0.24				0.22	0.23	0.24			
TP	北湖	今津沖中央	17B	0.007		0.007	0.007	0.007				0.007	0.007	0.007			
		安曇川沖中央	15B	0.007		0.007	0.007	0.007				0.007	0.007	0.007			
		南比良沖中央	12B	0.008		0.007	0.007	0.007				0.007	0.007	0.007			
	南湖	唐崎沖中央	6B	0.013		0.011	0.013	0.014				0.011	0.013	0.014			
	北湖平均			0.007		0.007	0.007	0.007				0.007	0.007	0.007			
	南湖平均			0.013		0.011	0.013	0.014				0.011	0.013	0.014			
	北湖最大値			0.008		0.007	0.007	0.007				0.007	0.007	0.007			
	南湖最大値			0.013		0.011	0.013	0.014				0.011	0.013	0.014			

本シミュレーションにおいては、気象条件によって水質が左右される琵琶湖の特性を踏まえて、3 つの気象シナリオを設定し、予測を行った。将来の水質は概ねこの予測の範囲内に収まることが想定されるが、湖沼計画としては目標値を一意に定める必要がある。2031 年度の予測値から目標値を設定する考え方として、各シナリオの予測値を平均する方法がある。しかし、シナリオ③は気温上昇について仮想的な設定を行ったものであり、将来において生じる可能性は必ずしも高くはない。そこで、シナリオ①と②の平均を目標値として設定した場合の結果を表 5-2 に示す（環境基準点のうち最も濃度の高い地点のみを抽出）。

しかし、この結果では、COD（北湖）75%値、および全窒素（北湖）平均値について、現状よりも目標値が悪化している。湖沼計画において、現状からの水質悪化を許容することは考えられていないため、これを現状非悪化の考え方を元に現状維持に置き換えたものを表 5-3 に示す。

表 5-2　水質目標値の設定（シナリオ①と②の平均）

mg/L

項目			現状（2025年度）	2031年度 目標値	2031年度 予測幅		
COD	75%値	北湖	2.7	2.8	2.7	～	3.1
		南湖	5.1	4.3	4.0	～	5.2
	年平均値（参考）	北湖	2.4	2.4	2.3	～	2.6
		南湖	3.3	3.0	2.9	～	3.5
全窒素	年平均値	北湖	0.20	0.21	0.20	～	0.21
		南湖	0.23	0.22	0.22	～	0.24
全りん	年平均値	南湖	0.013	0.012	0.011	～	0.014

（参考値）

mg/L

項目			現状（2025年度）	2031年度 目標値	2031年度 予測幅		
TOC	年平均値	北湖	1.6	1.5	1.4	～	1.7
		南湖	2.3	2.0	1.9	～	2.4

表 5-3　水質目標値の設定（シナリオ①と②の平均から現状非悪化の考え方を元に一部修正）

mg/L

項目			現状（2025年度）	2031年度 目標値	2031年度 予測幅		
COD	75%値	北湖	2.7	2.7	2.7	～	3.1
		南湖	5.1	4.3	4.0	～	5.2
	年平均値（参考）	北湖	2.4	2.4	2.3	～	2.6
		南湖	3.3	3.0	2.9	～	3.5
全窒素	年平均値	北湖	0.20	0.20	0.20	～	0.21
		南湖	0.23	0.22	0.22	～	0.24
全りん	年平均値	南湖	0.013	0.012	0.011	～	0.014

（参考値）

mg/L

項目			現状（2025年度）	2031年度 目標値	2031年度 予測幅		
TOC	年平均値	北湖	1.6	1.5	1.4	～	1.7
		南湖	2.3	2.0	1.9	～	2.4

6. 原単位法による負荷量推計

6.1 負荷量の計算方法

汚濁負荷量の算定方法としては、大きく「原単位法」と「数理モデルを用いる方法」がある。原単位法は、生活・工業・農業・土地利用などの各発生源について、人口、面積、生産量等の活動量（フレーム値）に、単位当たりの汚濁物質の発生量を示す原単位を乗じて負荷量を算定する方法である。計算方法が比較的簡便で、必要なデータも入手しやすく、発生源別の負荷量を把握・比較しやすいことから、行政計画や施策効果の評価などに広く利用されている。一方、原単位は平均的・代表的な値であるため、地域特性や季節変動、降雨等による流出特性、実際の処理状況などを十分に反映できない場合があり、現実の負荷量との乖離が生じる可能性がある。

これに対し、数理モデルを用いる方法は、流域の土地利用、降雨、流出、河川流下、汚濁物質の生成・分解・沈降等の過程をモデル化し、これらの相互作用を考慮して湖沼への負荷量を推定する方法である。降雨や流量などの時間的変動や、発生源から水域までの輸送過程を考慮できるため、原単位法よりも実態に即した負荷量の推定や、将来予測、施策・気候変動による影響の評価に適している。一方で、多数の入力データやパラメータ、観測データに基づくモデルの構築・検証が必要であり、計算や維持管理にも専門的な知識を要する。また、モデルの構造やパラメータ設定に伴う不確実性があるため、精緻なモデルであっても必ずしも推定値の確実性が高いとは限らない。

第 1～5 章では、数理モデル（琵琶湖流域水物質循環モデル）を用いた将来予測について記載したが、本章では、過年度における負荷量を簡便に推定する方法として原単位法を用いた計算結果について説明を行う。各発生源からの負荷量の計算方法は以下の通りである。

(1) 処理場系

第 3・4 章により得られたメッシュ別処理場系負荷を用いて、琵琶湖流域内にあるメッシュ分だけを集計して処理場系負荷量を算出した。

(2) 生活系

第 3・4 章により得られたメッシュ別・処理形態別人口を用いて、琵琶湖流域内にあるメッシュ分だけを集計し、各処理形態の原単位をかけ、生活系負荷量を算出した。

※処理形態別人口の過年度におけるデータ更新について

第 8 期湖沼計画（現況年度：2020 年度）では、処理形態別人口について、小地域単位の実績データが十分に整備されていなかった。このため、第 7 期湖沼計画（現況年度：2015 年度）を基準として作成された集落別処理人口計画値を基礎資料として、2020 年度

の市町別の実績値との整合を図りながら、メッシュ別の処理形態別人口を推計した。具体的には、まず市町別の実績値について、下水道の未接続人口を他の処理形態に配分するなどの補正を行った上で、第 7 期の計画値と 2020 年度の実績値との比率を処理形態別・市町別に算出し、その比率を第 7 期に設定したメッシュ別の計画値に適用することで、2020 年度のメッシュ別人口を推計した。

一方、第 9 期湖沼計画（現況年度：2025 年度）では、下水道、農業集落排水等処理施設、合併処理浄化槽、単独浄化槽、し尿処理場、自家処理といった処理形態別人口について、小地域単位のデータが新たに提供された。このデータは、2022 年度の住民基本台帳人口等を基礎として、2026 年度、2035 年度、2045 年度の整備計画を 2025 年度時点で整理したものである。そこで、第 9 期では、この新たな小地域別データおよび将来計画値を活用し、2020 年度の処理形態別人口を改めて推計し、従来の第 8 期計画で用いた推計値を更新した。

その結果、後述するように、2015 年度までの実績値と今回推計した 2020 年度の値を比較すると、単独浄化槽やし尿処理の人口が増加するという、実態からみてやや不自然な結果が生じた。これは、人口動態によるものではなく、第 7 期と第 9 期で使用したデータの定義・精度が異なることが主な要因と考えられる。第 7 期のデータでは、下水道整備区域内の未接続人口が「下水道整備人口」に含まれていたため、第 8 期の推計では、この未接続人口を合併処理浄化槽、単独浄化槽、し尿処理等の処理形態に一定の比率で配分する補正を行っていた。一方、第 9 期で新たに提供されたデータでは、実際の下水道接続人口が計上されており、単独浄化槽やし尿処理等についても、より実態に近い人口が把握されていると考えられる。このため、2020 年度を境として、データの精度や定義の違いによる処理形態別人口の不連続が生じているものであり、単独浄化槽やし尿処理人口が実際に増加したことを示すものではない。

(3) 産業系

第 3・4 章により得られたメッシュ別産業系負荷を用いて、琵琶湖流域内にあるメッシュ分だけを集計して産業系負荷量を算出した。ただし 2005 年度までの集計については、当時の事業場の存否が不明なため、従来通り観光客と畜産（豚のみ）については別途原単位法により計上した。

(4) 面源系

「国土利用計画管理運営事業に係る土地利用現況把握調査」による統計データ（市町村別）の値を基本として、その流域内分を集計した。ただし、農用地については水田と畑に分割する必要があること、また実際の耕作面積に合わせるため、各年度の農林業センサスデータの値を採用した。したがって、各土地利用区分の面積は以下のように計算される。

① 各年度の市町村別統計データを市町単位で集計する。同様に、各年度の農林業センサスの田・畑面積についても市町単位で集計する。

② 市町別の土地利用面積を以下の 4 区分で集計する。

(ア) 水田：農林業センサスの田の面積

(イ) 畑：農林業センサスの畑の面積

(ウ) 宅地道路：市町村別統計データのうち、宅地と道路を合計した値

(エ) 山林・他：市町別面積から上記 3 区分の合計面積を引く

③ 市町別の各土地利用面積に、流域内比率をかける（流域内比率は、2010 年度メッシュ別土地利用比率から計算する）。山林・他については、市町別の流域内合計面積から他の 3 区分の流域内面積を引く。

このようにして算出した各土地利用面積に、それぞれの原単位をかけて負荷量を算出した。

(5) 湖面降水

降水負荷量（降水量×降水水質）に湖面積をかけて算出した。

(6) 負荷削減対策

表 4-1 に示した負荷削減量を、計算された各発生源からの負荷量から差し引いた。なお負荷削減対策は 2005 年度より集計し、また環境こだわり農業は農地系、その他は面源系の負荷量に比例して差し引くこととした。

6.2 原単位の計算

原単位の値は第 8 期計画時と同様である。また従来の COD・TN・TP の原単位についても合わせて示す。

(1) 処理場系

処理場系（下水処理場、し尿処理場、農業集落排水施設）の負荷は実績を積み上げることで計算するが、COD/TOC と難分解性有機物比率（RTOC/TOC）については下記の通り設定した。

下水処理場：流域下水道のうち 3 施設については 2008 年度に滋賀県が調査した各処理場の結果から設定した。その他流域・公共下水道については、上記施設の平均値を採用した。

し尿処理場:3 施設については 2007 年度に滋賀県が調査した各処理場の結果から設定した。その他のし尿処理場については、上記 3 施設の平均値を採用した。

農業集落排水施設：規模やタイプの異なる県内の 5 施設について、2008 年度に滋賀県が調査した各処理場の結果の平均値を採用した。

設定した各処理施設の値を表 6-1 に示す。

表 6-1 処理場系の COD/TOC と難分解性有機物比率

項目	No.	処理場名	COD/TOC	RTOC/TOC
下水処理場	1	湖南中部浄化センター	1.41	0.75
	2	湖西浄化センター	1.44	0.72
	3	東北部浄化センター	1.46	0.73
	4	高島浄化センター	1.46	0.69
	5	公共・大津水再生センター	1.44	0.72
	6	特環・沖島浄化センター	1.44	0.72
	7	公共・土山オー・デュ・ブール	1.44	0.72
	8	特環・朽木浄化センター	1.44	0.72
	9	特環・南小松浄化センター	1.44	0.72
	10	公共・信楽水再生センター	1.44	0.72
し尿処理場	1	大津市北部衛生プラント	1.23	0.78
	2	大津市南部衛生プラント	1.23	0.78
	3	大津市志賀衛生プラント	1.23	0.78
	4	湖南広域行政組合環境衛生センター	1.23	0.78
	5	甲賀広域行政組合衛生センター第1施設	1.67	1.00
	6	八日市布引ライフ組合衛生センター	1.00	0.59
	7	近江八幡市立第1クリーンセンター	1.23	0.78
	8	彦根市衛生処理場	1.23	0.78
	9	湖北広域行政事務センター第1プラント	1.23	0.78
	10	伊香郡衛生プラント組合	1.23	0.78
	11	高島市衛生センター	1.23	0.78
	12	湖東広域衛生管理組合豊楠苑	1.02	0.74
農業集落排水処理施設			1.38	0.62

(2) 生活系

家庭排水の発生負荷量は、環境省統一原単位の値を使用した（表 6-2）。

表 6-2　家庭排水の発生負荷量原単位

		COD	TN	TP
発生負荷	g/人・日	29.3	12.0	1.17
うち、し尿分	g/人・日	10.1	9.0	0.77
うち、雑排水分	g/人・日	19.2	3.0	0.40

合併浄化槽については、1982 年に実施した県内 5 ヶ所の調査結果から除去率を設定した。単独浄化槽については、文献値から除去率を設定した。

し尿を農地還元する家庭からの原単位については、従来雑排水分の負荷に、農地から流出するし尿分の負荷が加えられたものとして計算されてきた。しかし、農地からの負荷については、別途面源系として計上されており、ダブルカウントになっているという問題があったことから、第 6 期計画よりこの農地からの流出分を除いた原単位を採用することにした。

COD/TOC と難分解性有機物比率（RTOC/TOC）については下記の通りである。合併浄化槽については、2008 年度、2010 年度に滋賀県ならびに琵琶湖淀川水質保全機構により調査された 6 ヶ所の調査結果を平均して設定した。単独浄化槽については、2008 年度、2010 年度に滋賀県ならびに琵琶湖淀川水質保全機構により調査された 3 ヶ所の調査結果を平均して設定した。雑排水については、2006 年度に環境省が調査した 3 ヶ所、6 時期の計 18 サンプルの結果から設定した。

設定した生活系原単位の値を表 6-3 に示す。

表 6-3　生活系の原単位

		COD	TN	TP	COD/TOC	RTOC/TOC
合併浄化槽	g/人・日	7.3	6	0.7	1.25	0.67
（除去率）		(75%)	(50%)	(40%)		
単独浄化槽	g/人・日	6.1	7.2	0.69	1.40	0.75
（除去率）		(40%)	(20%)	(10%)		
（雑排水）		19.2	3	0.4	1.00	0.16
し尿処理	g/人・日	-	-	-	-	-
（雑排水）		19.2	3	0.4	1.00	0.16
農地還元	g/人・日	-	-	-	-	-
（雑排水）		19.2	3	0.4	1.00	0.16

(3) 産業系

事業場の負荷は実績を積み上げることで計算するが、COD/TOC と難分解性有機物比率（RTOC/TOC）については、2007 年度に滋賀県が県内の主要な 24 業種（産業中分類別）（製造業 44 事業場、サービス業等 13 事業場）について調査した結果から、表 6-4 の通り設定した。

なお調査を行っていない業種については、製造業、サービス業等それぞれの平均値から設定した。

表 6-4　事業場の COD/TOC と難分解性有機物比率

業種		COD/TOC	RTOC/TOC
製造業	（全業種平均）	1.48	0.46
	食料品製造業	1.31	0.66
	飲料・たばこ・飼料製造業	1.30	0.35
	繊維工業	1.79	0.67
	木材・木製品製造業（家具を除く）	2.02	0.28
	パルプ・紙・紙加工品製造業	1.47	0.43
	出版・印刷・同関連産業	1.26	0.53
	化学工業	1.46	0.35
	プラスチック製品製造業	1.57	0.66
	ゴム製品製造業	1.37	0.44
	窯業・土石製品製造業	1.18	0.26
	鉄鋼業	1.69	0.71
	非鉄金属製造業	1.41	0.52
	金属製品製造業	1.50	0.50
	一般機械器具製造業	1.83	0.48
	電気機械器具製造業	1.43	0.38
	輸送用機械器具製造業	1.48	0.46
	その他の製造業	1.16	0.07
サービス業等	（全業種平均）	1.38	0.53
	水道業	1.64	0.59
	その他の小売業	1.12	0.47
	洗濯・理容・浴場業	1.33	0.52
	旅館，その他の宿泊所	1.28	0.72
	自動車整備業	1.87	0.28
	医療業	1.11	0.57
	社会保険，社会福祉	1.33	0.58

観光客については、第 5 期計画では観光客数に原単位をかけて計上されていたが、観光客が訪れる施設についても一般には水質関係事業場リストに掲載されていることから、第 6 期計画以降は産業系として計上することにした。ただし 2005 年度以前の負荷量については当時の事業場データが不明であることから、第 5 期計画同様、流総指針に示されている排出負荷比により算定された負荷が合併浄化槽で処理されるとして算出された以下の原単位を用いて計算した。COD/TOC と難分解性有機物比率（RTOC/TOC）については、合併浄化槽と同等とした。

表 6-5　観光客（日帰り）の原単位（2005 年度以前のみ）

		COD	TN	TP	COD/TOC	RTOC/TOC
観光客(日帰り)	g/人･日	7.3	6	0.7	1.25	0.67

畜産由来負荷について、現在滋賀県では牛･鶏の糞尿と豚の糞については全量農地還元されている。また豚の尿は、浄化装置を所有している畜産農家は放流し、浄化装置を所有していない畜産農家は 100%再利用されている。し尿農地還元と同様、農地還元分については農

地からの負荷として計上されているとの考えから、牛・鶏については負荷を計上せず、排水処理により発生する豚の負荷のみ考慮することにした。

なお 2010 年度以降は水質関係事業場リストから畜産農家の負荷量を計上するが、それ以前についてはデータが不明であることから、従来通り原単位により計算した。排水処理により発生する豚の負荷の原単位は、豚からの負荷の発生量のうち、排水処理により流出する割合（20%）と、流出率（COD・TN で 30%、TP で 50%）をかけて算出した。COD/TOC と難分解性有機物比率（RTOC/TOC）については、2006、2007 年度に環境省および滋賀県が調査した結果から設定した（表 6-6）。

表 6-6　豚の原単位

項目	排水量	流出率			COD	TN	TP	COD/TOC	RTOC/TOC
	L/人・日	COD	TN	TP	g/頭・日	g/頭・日	g/頭・日	-	-
発生量	13.5				130	40	25		
農地還元（80%）		0.1	0.1	0.013	10.4	3.2	0.26		
排水処理（20%）		0.3	0.3	0.5	7.8	2.4	2.5		
合計	13.5				18.2	5.6	2.76		
排水処理分のみ*	13.5				7.8	2.4	2.5	1.57	0.53

*** 第6期計画以降の原単位**

(4) 面源系

1) 水田[5]

琵琶湖流域の複数の水田における灌漑期・非灌漑期の調査結果から、水田の正味負荷量（地表排水と浸透排水の負荷から用水負荷を差し引いたもの）を算出し、水田における各種対策効果を考慮して原単位を算出した。

調査の実施された地域は竜王町、湖東町（3 地点）、マキノ町、今津町の 6 地域であり、時期は 1985～1995 年である。肥料には速効性肥料が用いられ、非灌漑期の土壌管理は畝立であり、一部ライシメータによる調査も含まれている。これによれば、正味負荷量は灌漑期で COD : 193g/ha/day、TN : 33.5g/ha/day、TP : 4.82g/ha/day、非灌漑期で COD : 84.9g/ha/day、TN : 56.4g/ha/day、TP : 1.86g/ha/day であり、灌漑期を 5 ヶ月、非灌漑期を 7 ヶ月として平均すると、全期間で COD：123g/ha/day、TN：46.8g/ha/day、TP：3.09g/ha/day となる。

この結果に対して、以下 4 つの対策による削減効果を加味し、最終的な原単位を算出した。

① 緩効性肥料使用による負荷削減効果を評価する（緩効性肥料施用面積率を 11%、負荷削減効果を 20%とする（TN・TP のみ））。【灌漑期原単位に適用】

② 灌漑期における循環灌漑および反復利用による負荷削減効果を評価する（循環灌漑・反

[5] 国土庁等：琵琶湖の総合的な保全のための計画調査報告書　資料編、1999.

復利用面積率を 33.7%、負荷削減効果を COD：27%、TN：12%、TP：18%とする）。【灌漑期原単位に適用】

③ 非灌漑期の土壌管理として不耕起とすると、畝立よりも流出が削減されることを評価する（不耕起面積率を 48%、負荷削減効果を COD : 80%、TN : 60%、TP : 75%とする）。【非灌漑期原単位に適用】

④ 営農組織を設立している対象水田において、排水路の適正な維持管理（浚渫）が行われている水田の削減効果を評価する（営農組織設立面積率を 27.1%、浚渫による削減量を TN：1.84g/ha/day、TP：0.51g/ha/day とする）。【全期間原単位に適用】

以上より、水田の原単位は COD：118g/ha/day、TN：39.2g/ha/day、TP：2.68g/ha/day となる。

また COD/TOC と難分解性有機物比率（RTOC/TOC）については、2007 年度、2008 年度に環境省および滋賀県が調査した結果（平常時・降雨時、灌漑期・非灌漑期を含む計 10 サンプル）から設定した（表 6-7）。

表 6-7　水田の原単位

	COD	TN	TP	COD/TOC	RTOC/TOC
	g/ha・日	g/ha・日	g/ha・日	-	-
水田（灌漑期）	171.8	31.1	4.32	1.47	0.69
（非灌漑期）	79.8	45.1	1.51	1.32	0.77
（通年）	118.0	39.2	2.68	1.38	0.74

2) 畑 [5,6]

COD と TP については､畑地における実態調査結果に流達率をかけて原単位を算出した。TN については、土壌由来・施肥由来の負荷量に流達率をかけて原単位を算出した。

まず COD と TP については、ライシメータを使って施肥の施用方法の異なる試験区を作成し、栽培作物を水稲からキャベツ、ナス、イタリアングラスに順次転作した際の負荷量を調査した結果に基づいている。調査期間は 1979～1983 年である。施用方法は有機物無施用、稲わら施用（500～700kg/10a）、牛ふん施用（2t/10a）の 3 種である。各作物を各施用方法で栽培した際の負荷量(ただし TP はナスのみ)を平均すると､COD : 73g/ha/day､TP : 1.12g/ha/day となる。

TN については、土壌由来の流出量を 64.7g/ha/day、年間施肥量を 591.8kg/year、肥料の流出率を 15%とすれば、負荷量は 307.9g/ha/day となる。

これらの負荷量に対し､流達率として TN : 84.8%､TP : 48.4%､COD : TN と同等（84.8%）

[6] 長谷川清善ら：水田における有機物施用が水質に及ぼす影響（第 3 報）、1985.

を設定すれば、原単位は COD：62g/ha/day、TN：261g/ha/day、TP：0.54g/ha/day となる。

また COD/TOC と難分解性有機物比率（RTOC/TOC）については、2009 年度に滋賀県が調査した結果（平常時・降雨時を含む計 3 サンプル）から設定した（表 6-8）。

表 6-8　畑の原単位

	COD g/ha・日	TN g/ha・日	TP g/ha・日	COD/TOC -	RTOC/TOC -
畑	62.0	261.0	0.54	1.33	0.72

3) 宅地道路

宅地道路の原単位については、第 8 期計画より、滋賀県内で降雨時も含めて調査された以下 2 文献を元に原単位を設定する。

① 道路および宅地屋根からの負荷から算出（和田[7]、Wada ら [6]）

Wada らは道路排水を対象としてモデル構築と降雨イベントから琵琶湖の平均的な道路からの原単位を算定した[8]が、もう一つの構成単位である宅地の汚濁負荷量について、雨天時に建物の屋根から流出する排水（屋根排水）を建物用地（宅地）とみなし、その汚濁負荷量から宅地の原単位を計算するとともに、道路と宅地の土地利用形態別面積割合から、琵琶湖における市街地の原単位を求めた。

屋根排水の調査としては、琵琶湖周辺の一般住宅地で 2015 年度の 2 降雨について調査した結果（それぞれ初期フラッシュ水と全量排水を区別）、および 2012 年度に同住宅で調査した結果を元に、イベント総降水量と単位負荷量の関係を求めた。滋賀県における 2015～2020 年の 6 年間の気象データから宅地負荷量を求めると、TOC：60.4 g/ha/day、TN：18.1 g/ha/day、TP：0.64 g/ha/day と試算された。

さらに、Wada らの道路負荷原単位を用いて、宅地および道路の土地面積比（2018 年の値）を乗じて宅地道路の原単位を算出すると、TOC：140 g/ha/day、COD：159 g/ha/day、TN：24.2 g/ha/day、TP：1.1 g/ha/day が得られた（宅地からの COD 負荷については、第 7 期計画の COD/TOC 比より算出）。

② 市街地負荷の調査（大久保ら[9]）

---

[7] 和田桂子：琵琶湖流域における都市域の汚濁負荷原単位を考える、日本水環境学会シンポジウム講演要旨、2021.

[8] Wada, K. and Fujii, S., 2010. Estimation of pollutant loads from urban roadway runoff. Water Science & Technology, 61(2), 345-354.

[9] 大久保卓也・東善広・佐藤祐一・辻村茂男・金子有子・森田尚・大前信輔：政策課題研究２　面源負荷とその削減対策に関する政策課題研究－面源負荷量の定量的把握と今後の面源負荷対策の方向性の検討－，滋賀県琵琶湖環境科学研究センター　研究報告書，7，pp.70-86，2012.

JR 草津駅近くにある、商業地主体の排水路（集水域面積 49ha）、住宅地主体の排水路（集水域面積 19ha）の 2 箇所の排水路において負荷量調査を実施した。降雨時負荷量調査を商業地排水路で 11 回、住宅地排水路で 7 回実施し、自動採水器を用いて 1 時間間隔を基本として採水した。

降雨イベントごとの総降水量と総流出負荷量の関係（回帰式）を用いて 2007～2009 年の 3 年間の市街地負荷量を求めると、TN : 19.5 g/ha/day、TP : 1.84 g/ha/day となった（3 ヶ年の平均値）。ただし、本調査での流出率（降水量に対する流出水量の比率）が 0.4 と小さく、一般的な市街地における流出率の半分程度となっているため、2 倍の補正を行うと TN : 38.9 g/ha/day、TP : 3.69 g/ha/day となる。

以上、COD・TOC については調査①、TN と TP については調査①と②の原単位を平均することで、第 8 期計画における市街地道路の原単位を設定した（表 6-9）。なお COD/TOC は調査①の結果から算出し、難分解性有機物比率（RTOC/TOC）については 2007 年度、2008 年度に環境省および滋賀県が調査した結果（降雨時の計 10 サンプル）から設定した。

表 6-9　宅地道路の原単位

	COD g/ha・日	TN g/ha・日	TP g/ha・日	COD/TOC	RTOC/TOC	備考
和田(2021)	159.0	24.2	1.10	1.14		
大久保ら(2012)		38.9	3.69			流出率を0.8と仮定した場合
平均	159.0	31.6	2.39	1.14	0.56	

4) 山林・他

山林・他の原単位は、第 8 期計画より、県内で降水時を含め調査された文献で、降水量の多寡によらない原単位を設定する。

Kunimatsu ら[10]は、滋賀県の甲賀市油日（N（23.8ha）および S（3.8ha）の 2 地点）および野洲市妙光寺（1.77ha）の 3 つの森林流域で渓流水の負荷量等調査を実施した。これらの流域の岩盤は花崗岩であり、油日 N と油日 S の主な植生はヒノキ、妙光寺は落葉広葉樹とアカマツが生育する二次林である。渓流水の水質分析は、油日 N では 1987 年から 1991 年まで、油日 S では 1995 年から 1998 年まで、妙光寺では 1991 年から 1993 年まで、それぞれ週 1 回実施した。調査結果から各地点における原単位を算出した（表 6-10）。

各地点における原単位を平均することで、第 8 期計画における市街地道路の原単位を設定した（表 6-10）。なお COD/TOC と難分解性有機物比率（RTOC/TOC）については、2008 年度、2009 年度に環境省および滋賀県が調査した結果（降雨時の計 7 サンプル）から設定した。

[10] Kunimatsu T, Hamabata E, Sudo M, Hida Y. Comparison of nutrient budgets between three forested mountain watersheds on granite bedrock. Water Sci Technol. 2001;44(7):129-40.

表 6-10　山林・他の原単位

	COD g/ha・日	TN g/ha・日	TP g/ha・日	COD/TOC	RTOC/TOC	備考
油日N(甲賀市)	57.5	16.0	0.36			
油日S(甲賀市)	54.8	10.9	0.12			
妙光寺(野洲市)	197.3	22.9	0.77			
平均	103.2	16.6	0.42	1.81	0.65	

(5) 湖面降水

1987 年～1989 年に滋賀県が実施した大気由来降下物負荷調査から、3 ヶ年の平均負荷量（湿性＋乾性（mg/m^2/年））を同年度の降水量（今津、虎姫、北小松、彦根、八幡、大津 6 地点平均値（mm））で割り、平均濃度を算出した（表 6-11）。

なお調査を実施した場所は旧衛生環境センター屋上（大津市御殿浜）であり、湿性沈着については雨水自動採取器により一降雨ごとに測定し、乾性沈着については非降雨時の降下ばい塵を定期的に測定した。

表 6-11　湖面降水濃度の原単位

年度		COD mg/m2	TN mg/m2	TP mg/m2	降水量 mm/年
	1987	2490	847	35.2	1235
	1988	3180	989	24.5	1727
	1989	3290	1354	31.8	2070
平均		2990	1060	30.5	1677
濃度（mg/L）		1.78	0.632	0.018	

(6) 原単位のまとめ

以上により整理した第 9 期計画における原単位を表 6-12 に示す。

表 6-12　第 9 期計画の原単位一覧

			原単位			TOC等への換算係数			
			COD	TN	TP	COD/TOC	RTOC/TOC	RPOC/TOC	RDOC/TOC
処理場系	下水処理場(平均)		実績より積み上げ			1.44	0.72	0.05	0.67
	し尿処理場(平均)		実績より積み上げ			1.23	0.78	0.17	0.60
	農業集落排水処理		実績より積み上げ			1.38	0.62	0.14	0.48
生活系	合併浄化槽	g/人・日	7.3	6.0	0.70	1.25	0.67	0.20	0.47
	単独浄化槽(浄化槽分)	g/人・日	6.1	7.2	0.69	1.40	0.75	0.22	0.53
	(雑排水分)	g/人・日	19.2	3.0	0.40	1.00	0.16	0.10	0.06
	し尿処理(雑排水分)	g/人・日	19.2	3.0	0.40	1.00	0.16	0.10	0.06
	農地還元(雑排水分)	g/人・日	19.2	3.0	0.40	1.00	0.16	0.10	0.06
産業系	製造業(平均)		実績より積み上げ			1.48	0.46	0.22	0.24
	サービス業等(平均)		実績より積み上げ			1.38	0.53	0.23	0.30
	観光客*	g/人・日	1.8	2.4	0.19	1.25	0.67	0.20	0.47
	畜産(豚)*	g/頭・日	7.8	2.4	2.50	1.57	0.53	0.25	0.29
面源系	水田(灌漑期)	g/ha・日	171.8	31.1	4.32	1.47	0.69	0.39	0.30
	(非灌漑期)	g/ha・日	79.8	45.1	1.51	1.32	0.77	0.38	0.40
	(通年)	g/ha・日	118.0	39.2	2.68	1.38	0.74	0.38	0.36
	畑	g/ha・日	62.0	261.0	0.54	1.33	0.72	0.22	0.50
	宅地道路	g/ha・日	159.0	31.6	2.39	1.14	0.56	0.35	0.21
	山林・他	g/ha・日	103.2	16.6	0.42	1.81	0.65	0.21	0.43
湖面降水		mg/L	1.78	0.63	0.02	1.62	0.32	0.17	0.15

*観光客と畜産(豚)の負荷は、2010年度より水質台帳から実績より積み上げする。

6.3 負荷量計算結果

以上により計算された琵琶湖流域のフレーム値と負荷量の経年変化を、次ページ以降に示す。

(1) フレーム値

			過年度実績値・将来予測値									
			1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2025	2031
処理形態別人口	下水道(接続)	(人)	80,226	210,884	356,075	603,827	870,326	1,047,366	1,078,056	1,169,961	1,206,149	1,212,918
	農業集落排水処理		2,516	24,531	65,671	102,067	115,489	111,763	100,368	66,260	45,243	29,645
	合併浄化槽		96,491	86,224	115,933	155,326	140,102	96,038	109,658	46,787	33,536	25,621
	単独浄化槽		180,554	162,828	142,169	116,885	32,208	16,353	9,186	14,566	10,091	7,610
	し尿処理		591,956	546,401	445,797	253,808	132,241	48,733	27,923	39,966	26,110	17,400
	農地還元		104,266	97,380	72,824	13,688	3,943	0	0	0	0	0
	合計	(人)	1,056,009	1,128,248	1,198,469	1,245,601	1,294,309	1,320,253	1,325,190	1,337,539	1,321,130	1,293,193
観光客数(日帰り)		(人)	67,786	90,844	96,114	101,672	104,213	-	-	-	-	-
家畜頭数	豚	(頭)	24,835	15,430	11,872	9,689	10,590	-	-	-	-	-
土地利用面積	水田	(ha)	50,349	48,045	46,027	44,011	42,255	41,713	41,826	40,436	37,693	34,775
	畑		2,464	2,129	2,010	1,969	1,388	1,272	1,124	1,010	1,042	1,320
	宅地道路		29,842	32,553	34,023	35,532	37,332	38,782	39,727	40,627	41,238	41,996
	山林・他		220,774	220,703	221,369	221,918	222,453	221,662	220,752	221,356	223,457	225,338
湖面降水		(m^3/日)	3,102,890	3,208,840	3,016,723	3,147,709	3,042,296	3,186,410	3,355,773	3,412,864	3,070,587	3,070,587

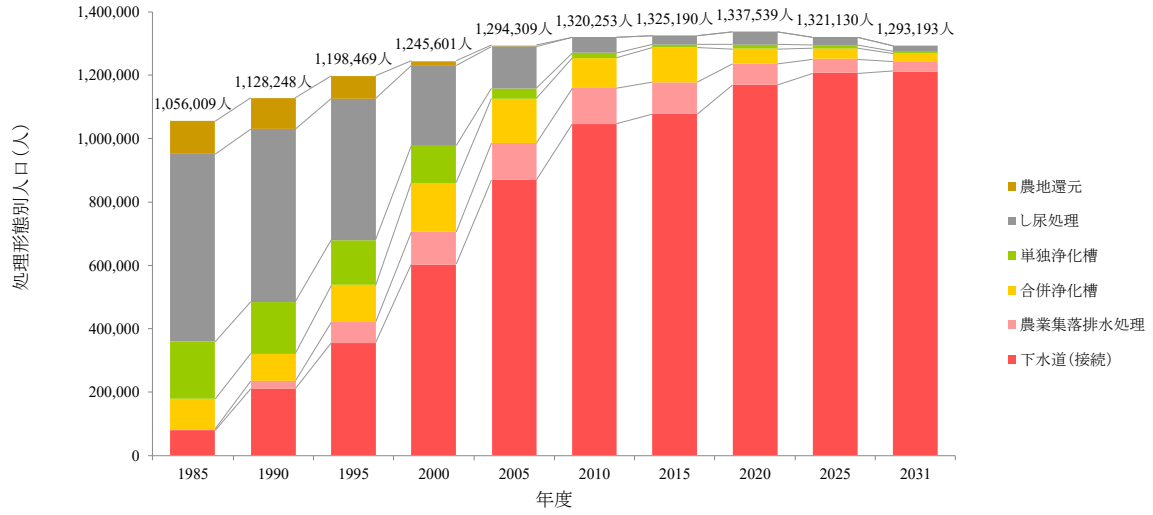
注)

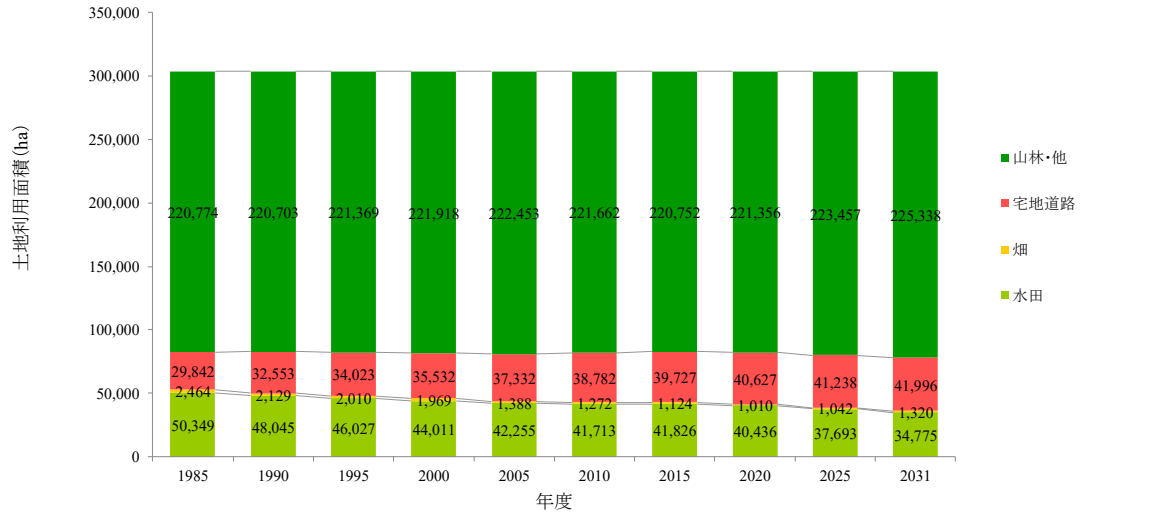
・処理形態別人口は2020年度以降とそれ以前でデータの精度が異なるため、必ずしも経年的な変化を示さない

・農地還元分は把握されていないので、2010年度より0とする

・牛・鶏の畜産系負荷については、糞尿ともに全量農地還元されていることから、集計に含めない

・「観光客」、「畜産(豚)」については、2010年度より「サービス業等」として水質台帳から集計する





(2) COD 負荷量

		過年度実績値・将来予測値(kg/日)									
		1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2025	2031
処理場系	下水処理場	454	634	1,185	1,636	2,041	2,263	2,382	2,473	2,336	2,580
	し尿処理場	42	38	59	38	21	26	14	11	8	5
	農業集落排水処理	5	86	256	348	361	337	334	216	172	114
生活系	合併浄化槽	704	629	846	1,134	1,023	701	801	342	245	187
	単独浄化槽	4,568	4,120	3,597	2,957	815	414	232	369	255	193
	し尿処理	11,366	10,491	8,559	4,873	2,539	936	536	767	501	334
	農地還元	2,002	1,870	1,398	263	76	0	0	0	0	0
産業系	製造業	8,476	8,476	8,543	4,588	3,122	2,499	1,560	1,273	1,184	1,184
	サービス業等	577	607	675	648	635	672	576	498	625	625
	観光客	122	164	173	183	188	-	-	-	-	-
	畜産(豚)	194	120	93	76	83	-	-	-	-	-
面源系	水田	5,948	5,676	5,437	5,199	4,992	4,928	4,941	4,777	4,453	4,108
	畑	153	132	125	122	86	79	70	63	65	82
	宅地道路	4,745	5,176	5,410	5,650	5,936	6,166	6,317	6,460	6,557	6,677
	山林・他	22,784	22,777	22,845	22,902	22,957	22,876	22,782	22,844	23,061	23,255
湖面降水	湖面降水	5,523	5,712	5,370	5,603	5,415	5,672	5,973	6,075	5,466	5,466
負荷削減対策	環境こだわり農業	-	-	-	-	101	287	318	316	291	356
	水質保全対策事業	-	-	-	-	271	290	341	367	367	367
	流入河川浄化事業	-	-	-	-	14	32	32	32	16	16
小計	処理場系	502	759	1,499	2,022	2,424	2,626	2,729	2,700	2,516	2,700
	生活系	18,640	17,110	14,401	9,227	4,452	2,050	1,569	1,477	1,001	714
	産業系	9,368	9,366	9,483	5,494	4,027	3,171	2,137	1,771	1,809	1,809
	農地系	6,101	5,808	5,562	5,321	4,934	4,672	4,638	4,467	4,176	3,787
	市街地系	4,745	5,176	5,410	5,650	5,886	6,108	6,247	6,384	6,483	6,602
	山林・他	22,784	22,777	22,845	22,902	22,764	22,659	22,532	22,577	22,802	22,994
	湖面降水	5,523	5,712	5,370	5,603	5,415	5,672	5,973	6,075	5,466	5,466
総計		67,662	66,706	64,570	56,219	49,903	46,959	45,826	45,452	44,253	44,071

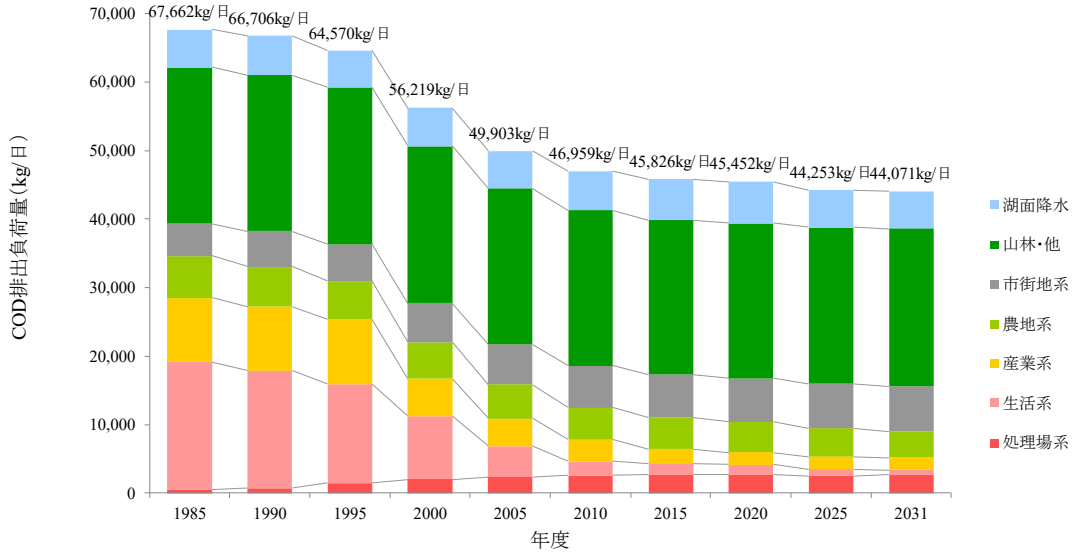
注)

・農地還元分は把握されていないので、2010年度より0とする

・牛・鶏の畜産系負荷については、糞尿ともに全量農地還元されていることから、集計に含めない

・「観光客」、「畜産(豚)」については、2010年度より「サービス業等」として水質台帳から集計する

・負荷削減対策は2005年度より集計し、また小計では環境こだわり農業は農地系、その他は面源系の負荷量に比例して差し引く



(3) 全窒素（TN）負荷量

		過年度実績値・将来予測値(kg/日)									
		1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2025	2031
処理場系	下水処理場	569	796	1,379	1,780	1,902	1,965	1,969	2,019	1,871	1,916
	し尿処理場	45	41	30	27	18	12	6	5	4	2
	農業集落排水処理	4	97	265	342	357	332	339	199	134	88
生活系	合併浄化槽	579	517	696	932	841	576	658	281	201	154
	単独浄化槽	1,842	1,661	1,450	1,192	329	167	94	149	103	78
	し尿処理	1,776	1,639	1,337	761	397	146	84	120	78	52
	農地還元	313	292	218	41	12	0	0	0	0	0
産業系	製造業	1,954	1,954	1,950	1,052	806	791	483	427	430	430
	サービス業等	454	475	517	540	470	551	512	409	462	462
	観光客	163	218	231	244	250	-	-	-	-	-
	畜産(豚)	60	37	28	23	25	-	-	-	-	-
面源系	水田	1,976	1,886	1,806	1,727	1,658	1,637	1,642	1,587	1,479	1,365
	畑	643	556	525	514	362	332	293	264	272	344
	宅地道路	942	1,028	1,074	1,122	1,178	1,224	1,254	1,282	1,302	1,326
	山林・他	3,665	3,664	3,675	3,684	3,693	3,680	3,664	3,675	3,709	3,741
湖面降水	湖面降水	1,961	2,028	1,907	1,989	1,923	2,014	2,121	2,157	1,941	1,941
負荷削減対策	環境こだわり農業	-	-	-	-	23	64	71	71	65	80
	水質保全対策事業	-	-	-	-	75	80	90	94	94	94
	流入河川浄化事業	-	-	-	-	24	36	41	43	37	39
小計	処理場系	618	935	1,673	2,148	2,276	2,309	2,313	2,222	2,009	2,006
	生活系	4,509	4,110	3,702	2,927	1,578	889	835	549	382	284
	産業系	2,630	2,684	2,727	1,859	1,552	1,342	995	835	891	891
	農地系	2,619	2,441	2,331	2,241	1,969	1,872	1,827	1,743	1,652	1,596
	市街地系	942	1,028	1,074	1,122	1,161	1,204	1,230	1,257	1,277	1,300
	山林・他	3,665	3,664	3,675	3,684	3,639	3,618	3,594	3,600	3,638	3,667
	湖面降水	1,961	2,028	1,907	1,989	1,923	2,014	2,121	2,157	1,941	1,941
総計		16,945	16,889	17,088	15,970	14,098	13,247	12,916	12,363	11,790	11,684

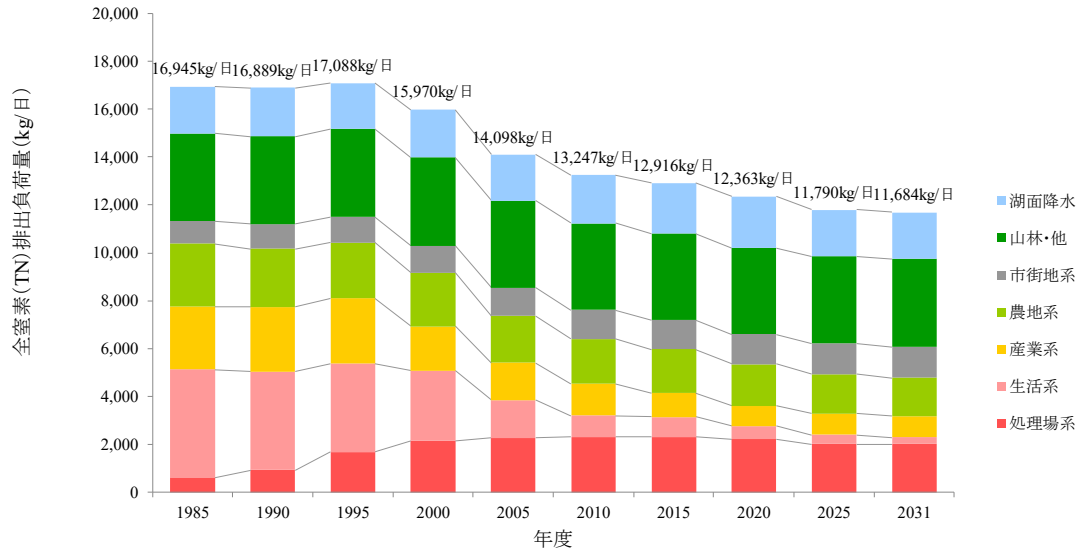
注)

・農地還元分は把握されていないので、2010年度より0とする

・牛・鶏の畜産系負荷については、糞尿ともに全量農地還元されていることから、集計に含めない

・「観光客」、「畜産(豚)」については、2010年度より「サービス業等」として水質台帳から集計する

・負荷削減対策は2005年度より集計し、また小計では環境こだわり農業は農地系、その他は面源系の負荷量に比例して差し引く



(4) 全リン（TP）負荷量

		過年度実績値・将来予測値(kg/日)									
		1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2025	2031
処理場系	下水処理場	26	21	23	20	25	33	36	42	37	40
	し尿処理場	3	3	2	1	1	1	0	0	0	0
	農業集落排水処理	1	14	44	62	64	58	66	43	40	28
生活系	合併浄化槽	68	60	81	109	98	67	77	33	23	18
	単独浄化槽	197	177	155	127	35	18	10	16	11	8
	し尿処理	237	219	178	102	53	19	11	16	10	7
	農地還元	42	39	29	5	2	0	0	0	0	0
産業系	製造業	206	206	206	94	78	58	46	45	42	42
	サービス業等	44	46	51	53	46	68	63	50	54	54
	観光客	13	17	18	19	20	-	-	-	-	-
	畜産(豚)	62	39	30	24	26	-	-	-	-	-
面源系	水田	135	129	123	118	113	112	112	108	101	93
	畑	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	宅地道路	71	78	81	85	89	93	95	97	99	101
	山林・他	93	93	93	93	93	93	93	93	94	95
湖面降水	湖面降水	56	58	54	57	55	57	60	61	55	55
負荷削減対策	環境こだわり農業	-	-	-	-	2	6	7	7	6	7
	水質保全対策事業	-	-	-	-	8	8	11	12	12	12
	流入河川浄化事業	-	-	-	-	1	2	3	3	4	4
小計	処理場系	29	38	69	83	89	92	102	86	77	68
	生活系	543	495	444	343	188	105	98	65	45	33
	産業系	325	308	306	190	169	127	109	95	96	96
	農地系	136	130	124	119	108	102	101	97	90	81
	市街地系	71	78	81	85	87	89	91	92	93	95
	山林・他	93	93	93	93	91	90	89	88	89	89
	湖面降水	56	58	54	57	55	57	60	61	55	55
総計		1,253	1,199	1,171	970	786	662	649	585	545	517

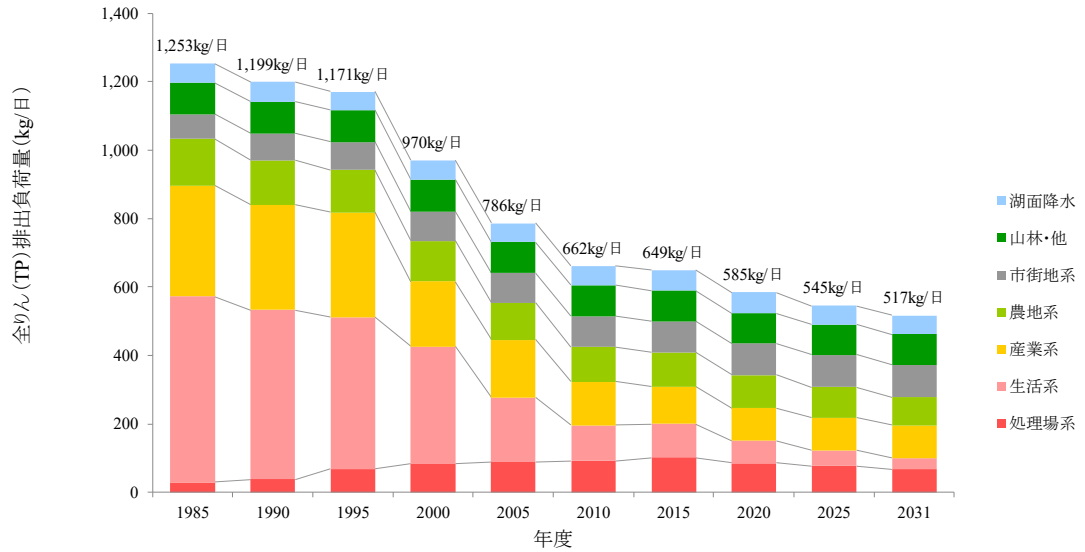
注)

・農地還元分は把握されていないので、2010年度より0とする

・牛・鶏の畜産系負荷については、糞尿ともに全量農地還元されていることから、集計に含めない

・「観光客」、「畜産(豚)」については、2010年度より「サービス業等」として水質台帳から集計する

・負荷削減対策は2005年度より集計し、また小計では環境こだわり農業は農地系、その他は面源系の負荷量に比例して差し引く



(5) 全有機炭素（TOC）負荷量

		過年度実績値・将来予測値(kg/日)									
		1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2025	2031
処理場系	下水処理場	316	443	831	1,147	1,431	1,587	1,670	1,734	1,637	1,809
	し尿処理場	37	34	48	31	19	22	12	10	8	5
	農業集落排水処理	4	63	185	252	262	244	242	157	125	83
生活系	合併浄化槽	562	502	675	904	816	559	638	272	195	149
	単独浄化槽	4,217	3,803	3,320	2,730	752	382	215	340	236	178
	し尿処理	11,314	10,443	8,520	4,851	2,528	931	534	764	499	333
	農地還元	1,993	1,861	1,392	262	75	0	0	0	0	0
産業系	製造業	5,622	5,622	5,674	3,066	2,127	1,662	1,038	848	798	798
	サービス業等	437	460	514	494	476	511	430	373	459	459
	観光客	97	130	138	146	150	-	-	-	-	-
	畜産(豚)	123	77	59	48	53	-	-	-	-	-
面源系	水田	4,304	4,107	3,934	3,762	3,612	3,566	3,575	3,456	3,222	2,973
	畑	115	99	94	92	65	59	52	47	49	62
	宅地道路	4,178	4,557	4,763	4,974	5,227	5,430	5,562	5,688	5,773	5,879
	山林・他	12,583	12,579	12,617	12,648	12,679	12,633	12,582	12,616	12,736	12,843
湖面降水	湖面降水	3,415	3,532	3,321	3,465	3,349	3,507	3,694	3,757	3,380	3,380
負荷削減対策	環境こだわり農業	-	-	-	-	73	207	230	228	211	258
	水質保全対策事業	-	-	-	-	167	179	210	226	226	226
	流入河川浄化事業	-	-	-	-	9	20	20	20	10	10
小計	処理場系	357	540	1,064	1,431	1,712	1,853	1,924	1,901	1,769	1,896
	生活系	18,085	16,609	13,908	8,747	4,171	1,873	1,387	1,376	930	659
	産業系	6,279	6,289	6,385	3,754	2,805	2,173	1,469	1,221	1,256	1,256
	農地系	4,419	4,206	4,028	3,854	3,574	3,384	3,359	3,236	3,025	2,744
	市街地系	4,178	4,557	4,763	4,974	5,184	5,380	5,503	5,624	5,711	5,816
	山林・他	12,583	12,579	12,617	12,648	12,575	12,518	12,449	12,474	12,598	12,704
	湖面降水	3,415	3,532	3,321	3,465	3,349	3,507	3,694	3,757	3,380	3,380
総計		49,316	48,312	46,085	38,873	33,370	30,688	29,785	29,589	28,669	28,455

注)

・農地還元分は把握されていないので、2010年度より0とする

・牛・鶏の畜産系負荷については、糞尿ともに全量農地還元されていることから、集計に含めない

・「観光客」、「畜産(豚)」については、2010年度より「サービス業等」として水質台帳から集計する

・負荷削減対策は2005年度より集計し、また小計では環境こだわり農業は農地系、その他は面源系の負荷量に比例して差し引く

