

### 3. 現況再現シミュレーション(2015 年度)

---

#### 3.1 データ整備の方法

##### (1) 処理場系

下水処理場については、下水道課提供の 2015 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。

し尿処理場については、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、エコマス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。

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ることにした。

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。必ずしも 2015 年度に調査がなされているとは限らない。

##### (2) 生活系

下水道課提供の集落別処理形態別人口（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・その他（＝し尿処理と仮定））（集落数：滋賀県内で 2924 個）のデータ（EXCEL 形式）を GIS で用いるシェープファイル形式で整備し、土地利用を考慮して、500m メッシュに分割した。具体的な方法は以下の通りである。

① 2010 年度国勢調査の結果（平成 22 年国勢調査（小地域）<sup>2</sup>）を GIS でまとめたものと、下水道課の集落別データをマッチングさせ、処理形態別人口の GIS データ（シェープファイル形式）を作成する。なお集落界は国勢調査と下水道課データで異なることもあり、下記のように対処した。

(ア) 国勢調査の集落が複数の下水道課データの集落を包含する場合：下水道課データの集落別処理形態別人口を合計し、国勢調査の GIS データに統合する。

(イ) 下水道課データの集落が複数の国勢調査の集落を包含する場合：下水道課データの集落別処理形態別人口を、国勢調査の集落別人口の比率で割り振り、国勢調査の GIS データに統合する。

---

<sup>2</sup> <http://www.e-stat.go.jp/SG1/estat/toukeiChiri.do?method=init> よりダウンロード

② ①により作成した集落別処理形態別人口の GIS データと、500m メッシュ別土地利用 GIS データ（作成方法は後述）を重ね合わせ（図 8）、下記の方法で集落別処理形態別人口を 500m メッシュに分割する（図 9、図 10）。

(ア) 集落  $i$  ( $i=1,2,\dots,I$ ;  $I$ は集落数)において、処理形態  $k$  ( $k=1,2,\dots,K$ ;  $K$ は処理形態の数)にかかる人口を  $P_i^k$ とする。この集落が重なるメッシュ  $j$  ( $j=1,2,\dots,J$ ;  $J$ は集落  $i$ が重なるメッシュ数)を求める。

(イ) 集落  $i$ がメッシュ  $j$ にかかる面積を  $A_i^j$ とする。またメッシュ  $j$ における市街地面積比率を  $C_j$ とする。

(ウ) これより、集落  $i$ からメッシュ  $j$ に割り振る処理形態  $k$ の人口  $D_{i,j}^k$ を以下のように求める。
$$D_{i,j}^k = P_i^k \times \frac{C_j \cdot A_i^j}{\sum_j (C_j \cdot A_i^j)}$$

(エ) なお、メッシュ  $j$ に市街地が存在しない場合は水田・畑の面積比率を、それもない場合は山林・他の面積比率を対象として、上記と同様の計算を行う。

下水道課提供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し、浄化槽等を含めて実際の排水処理形態別人口に修正する必要がある。しかし、接続率等のデータは市町別にしか把握されていないため、上記で算出したメッシュ別下水道整備人口に市町別の接続率のデータをかけて接続人口を算出し、整備人口と接続人口の差分を合併浄化槽・単独浄化槽・し尿処理に現在の比率で割り振ることにした（下水道以外の人口がゼロの地域は、未接続人口を全て合併浄化槽に割り振る）。また、最新の処理形態別人口データは 2014 年度のものであったが、これが 2015 年度でも同等であると仮定し、以降の計算に使用した。また京都市分については別途計上した。

このようにして得られたメッシュ別処理形態別人口に対し、各処理形態の原単位をかけ、生活系由来負荷量を算出した。

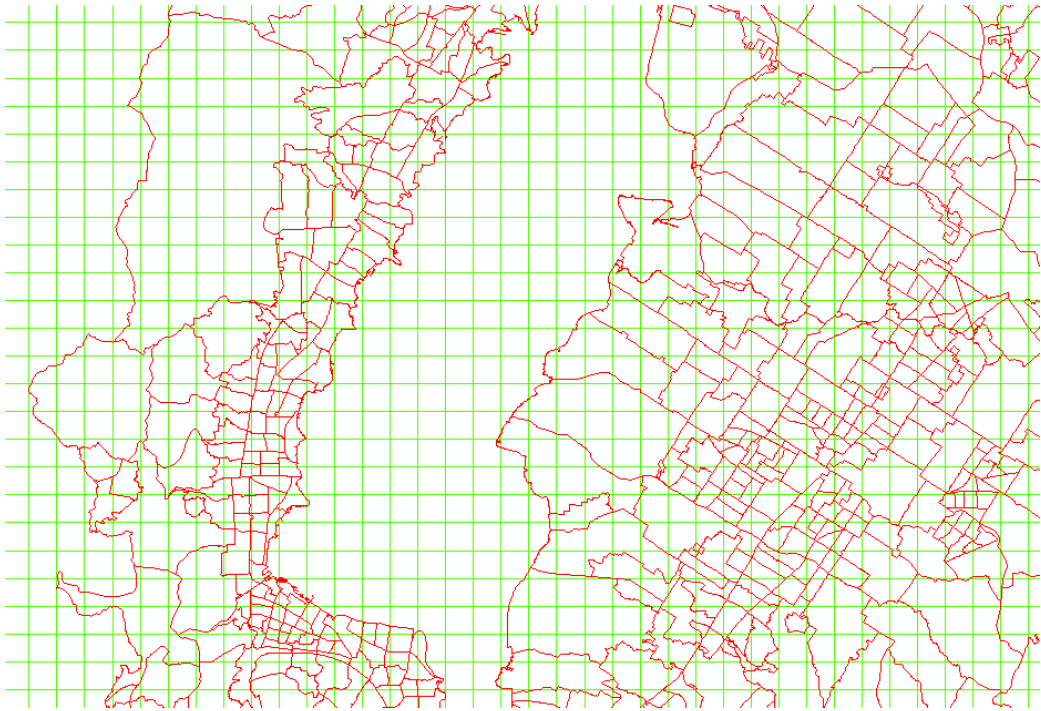


図 8 集落 (赤) とメッシュ (緑) の関係 (南湖周辺の例)

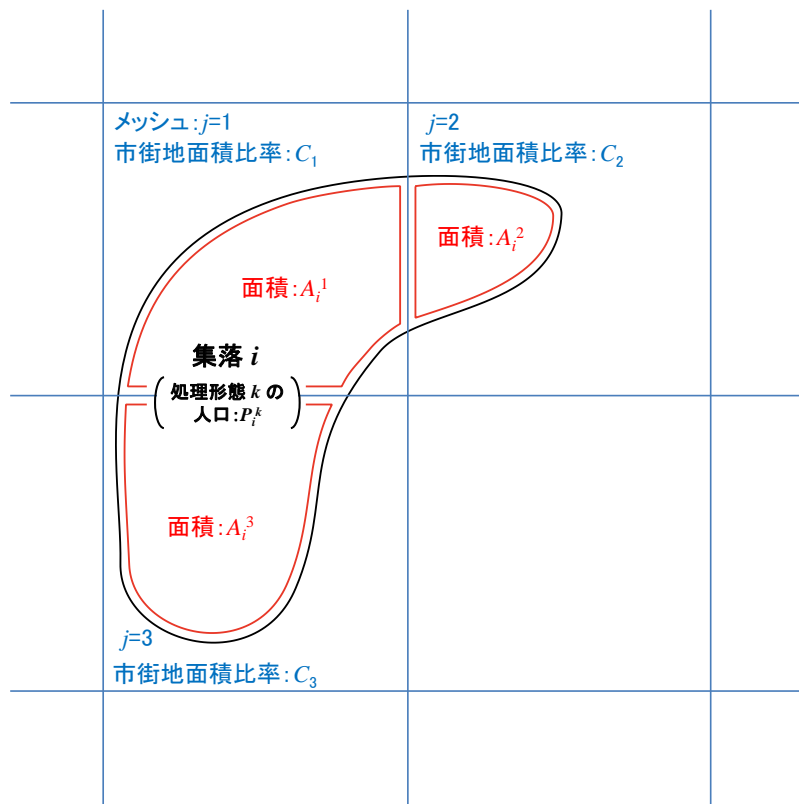


図 9 集落別処理形態別人口のメッシュへの分割方法概念図

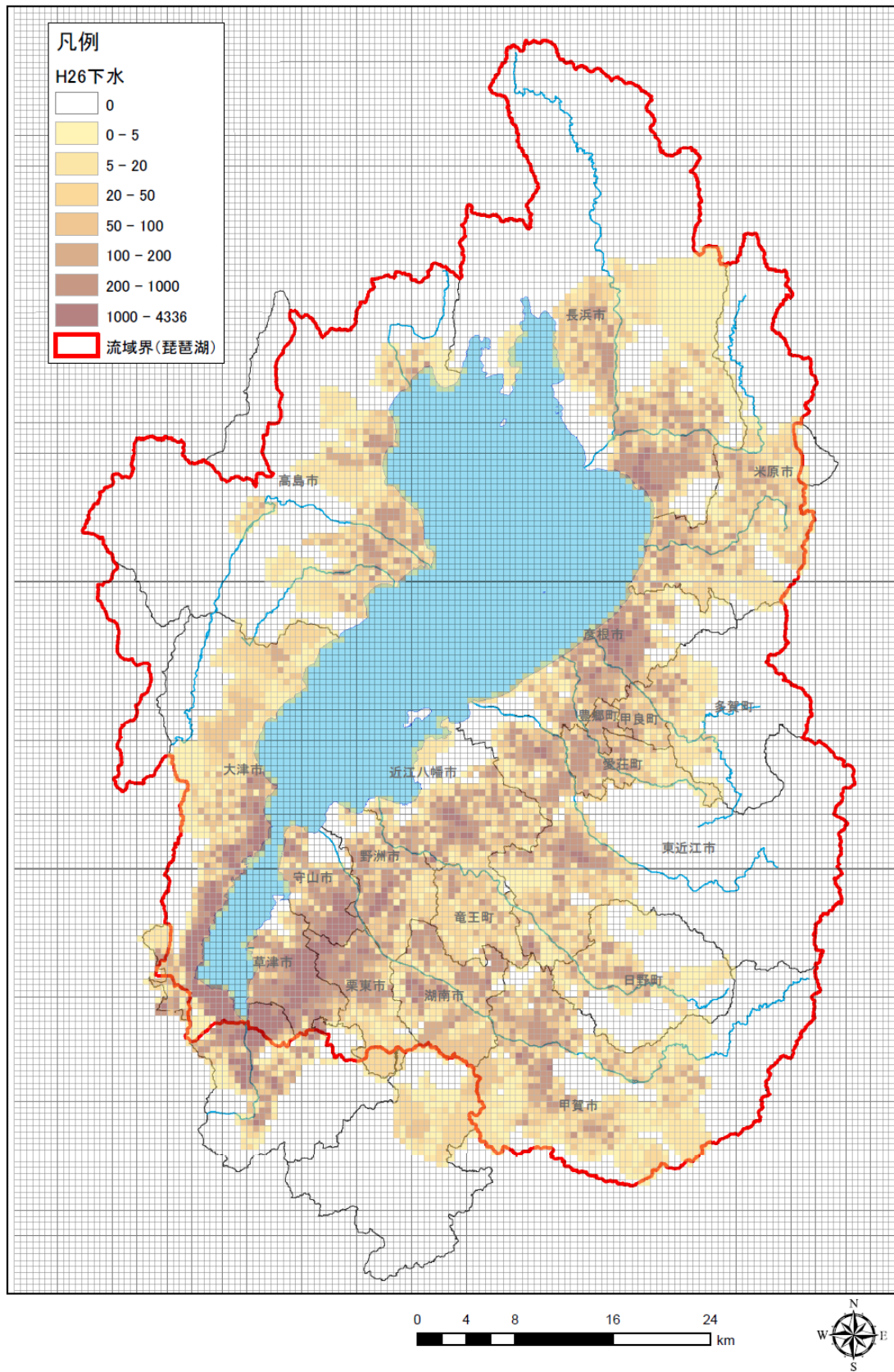


図 10 処理形態別人口分布（下水道接続人口の例）

### (3) 産業系

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、各事業所の負荷量を算出した。各事業所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ることにした。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 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。
- ② すでに廃止されている施設、排水の全量が下水道に接続されている施設、住宅団地・マンションについては除外する（住宅団地・マンションからの負荷については、別途 (2) の処理形態別人口の負荷として計上されているため）。
- ③ 入手したデータが 2016 年度末または当初のものであったため、2015 年度中に廃止となった事業場については別途調査し、データとして追加する。
- ④ 各事業所について、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、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所については、産業中分類別（1993 年 10 月（第 10 回）改定）の平均値を採用する。産業中分類が不明な事業所については、全業種の平均値を採用する。
- ⑥ 各事業所について、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、2015 年度の負荷量算出対象事業場としては計 4,088 件が抽出された（図 11、図 12）。

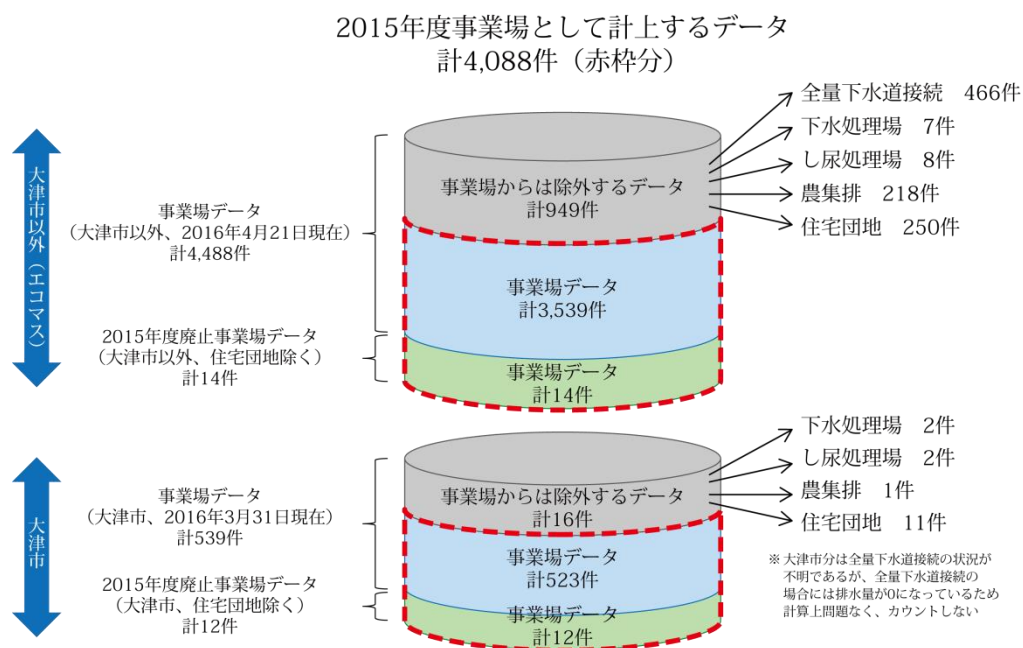


図 11 事業場データの処理件数

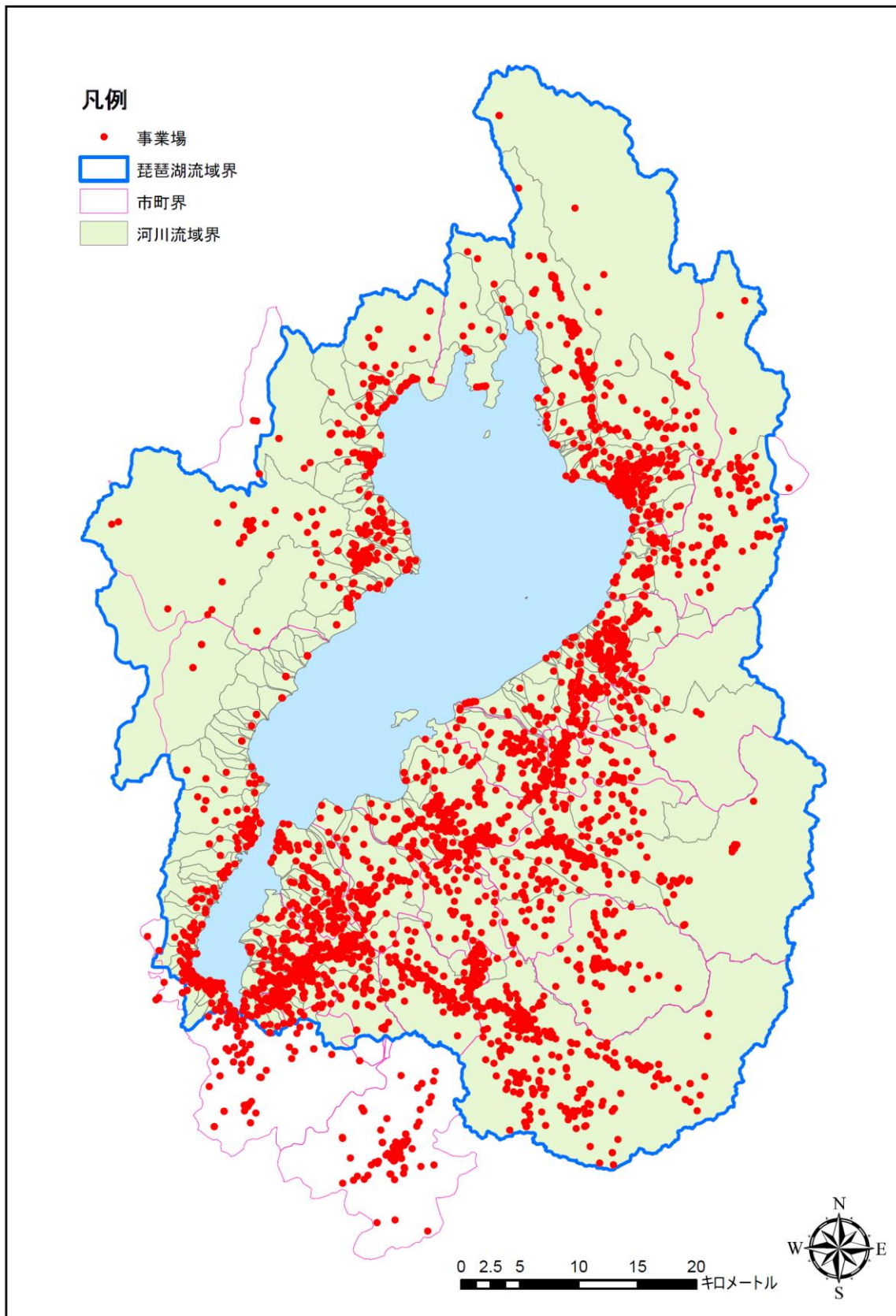


図 12 産業系負荷量算出の対象事業場の位置

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<sup>3</sup>（2006 年度：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）を元に、市町別の土地利用統計データの変化率をかけて、2015 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「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、2006 年度から 2015 年度にかけての市町別・各土地利用別の面積の変化比率を算出する（なお 2015 年度についてはまだデータがまとめられていないため、2014 年度のデータをもって 2015 年度とする）。
- ② 国土数値情報（2006 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

<sup>3</sup> <http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/jpgis/datalist/KsjTmplt-L03-b.html> よりダウンロード

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

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（水稻）」「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。2005～2020年度における削減量をそれぞれ表3の通り設定した（2020年度は後述「対策あり」のケース）。また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。

表3 負荷削減対策事業による負荷削減量（まとめ）

湖沼計画関連事業の負荷削減量(kg/日)

項目	COD				T-N				T-P			
	2005	2010	2015	2020	2005	2010	2015	2020	2005	2010	2015	2020
環境こだわり農業	101.0	286.6	318.1	372.0	22.6	64.2	71.3	83.4	2.1	5.9	6.6	7.7
水質保全対策事業	271.4	290.2	340.8	340.8	75.3	79.7	90.5	90.5	7.8	8.4	10.6	10.6
流入河川浄化事業	14.2	32.2	32.2	32.2	24.5	35.9	40.6	48.7	1.3	2.3	3.0	3.0
計	386.6	609.0	691.1	745.0	122.4	179.9	202.4	222.5	11.2	16.6	20.1	21.3



## 3.2 計算条件

### (1) 計算期間

2015年度（2015年4月1日～2016年3月31日）を対象として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計算を行った。

陸域水物質循環モデル：2015年1月1日から2016年3月31日まで

湖内流動モデル：2015年2月1日から2016年3月31日まで

湖内生態系モデル：2015年3月1日から2016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、L-Q図、また各面源における負荷原単位等を参照した。湖内流動モデルについては、層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、層別水質（各態 CNP、難分解性比率、DO 等）の季節変化等についても参照した。

### 3.3 計算結果

#### (1) 陸域水物質循環モデル

琵琶湖流入河川のうち流域面積の大きい上位3河川である野洲川（流域面積：383km<sup>2</sup>）、姉川（流域面積：369km<sup>2</sup>）、安曇川（流域面積：306km<sup>2</sup>）（図13）において河川流量と水質を検証した結果を図14～図16に示す。河川流量、TOC、TN、TP、およびその形態別濃度は、1ヶ月に1回の定期調査については概ね再現されているが、2015年度には降水時の調査が行われていないため、さらに年間の負荷量としての妥当性を検証することが必要である。

そこで、他年度のデータを含めたL-Q図を元に、降水時や通年の負荷量の検証を行った。具体的には、野洲川と日野川について、2006年度～2007年度にかけて実施された負荷量連続調査（TN・TPのみ、概ね1日に2回の自動採水機による調査）の結果を活用してL-Q図を作成し、計算結果との比較を行った（図17、図18）。日野川ではTN・TPともにL-Q図の傾きが観測よりも若干小さい傾向が見られた。野洲川では低水時の流量が十分再現できていない結果となったが、これは中流部における取水をモデルで考慮できていないことが原因と考えられる。しかしながら総じて、平常時と降水時の負荷量の変化は十分に再現できていると考えられた。

以上計算した結果をもとに、陸域における年間の水および物質（TOC、TN、TP）の収支を集計したものを図19に示す。

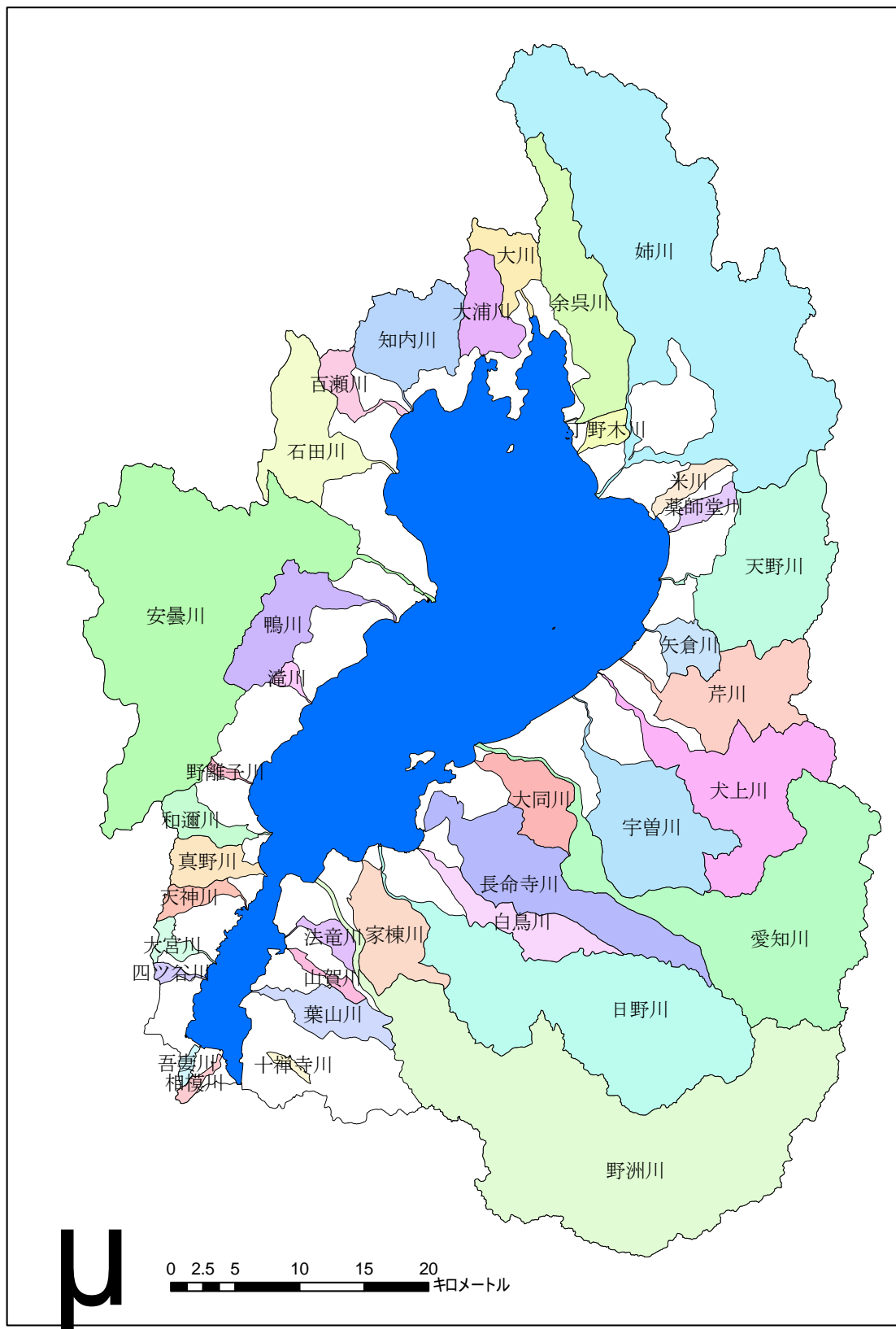


図 13 主な流入河川流域

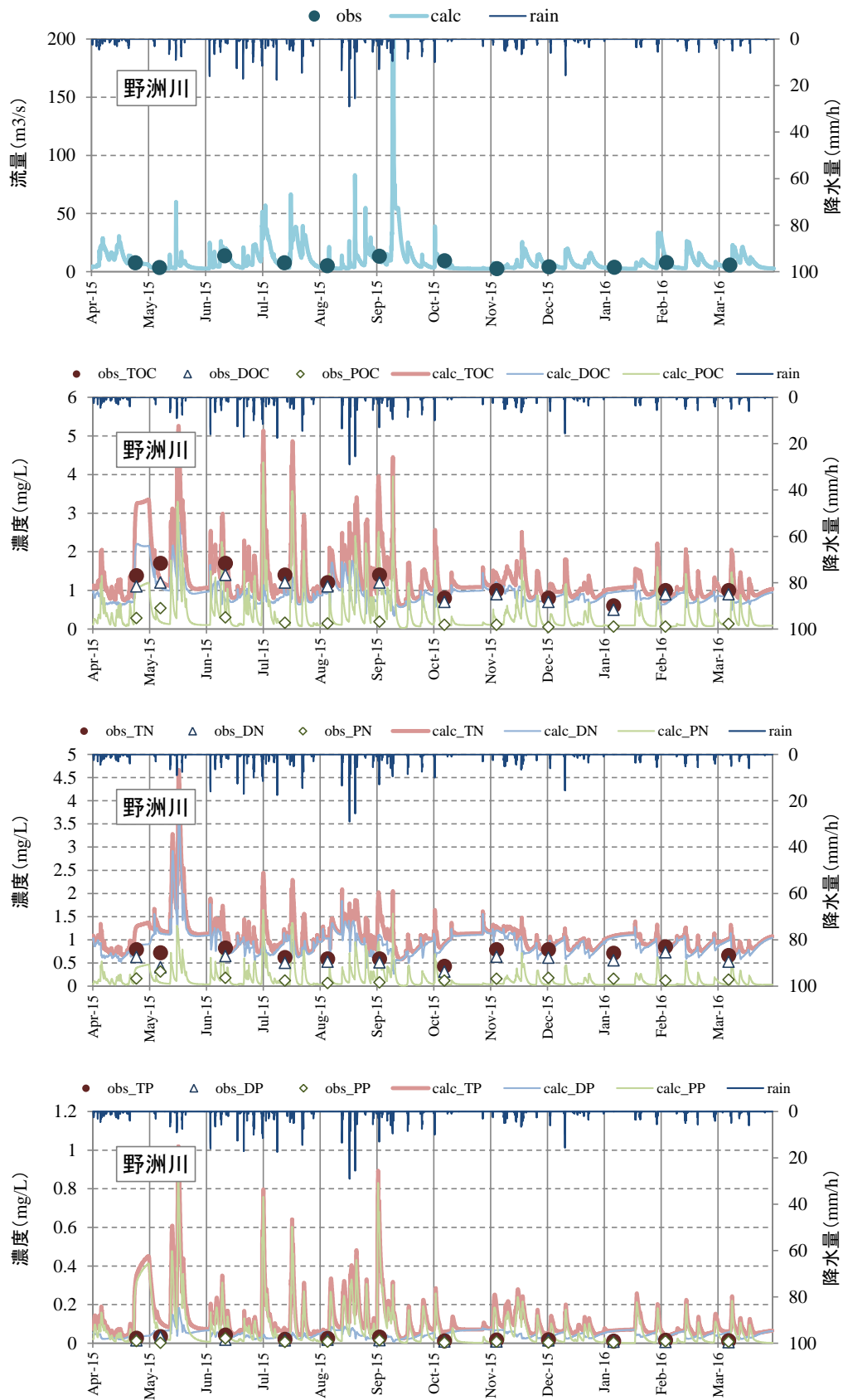


図 14 野洲川の流量・水質検証結果

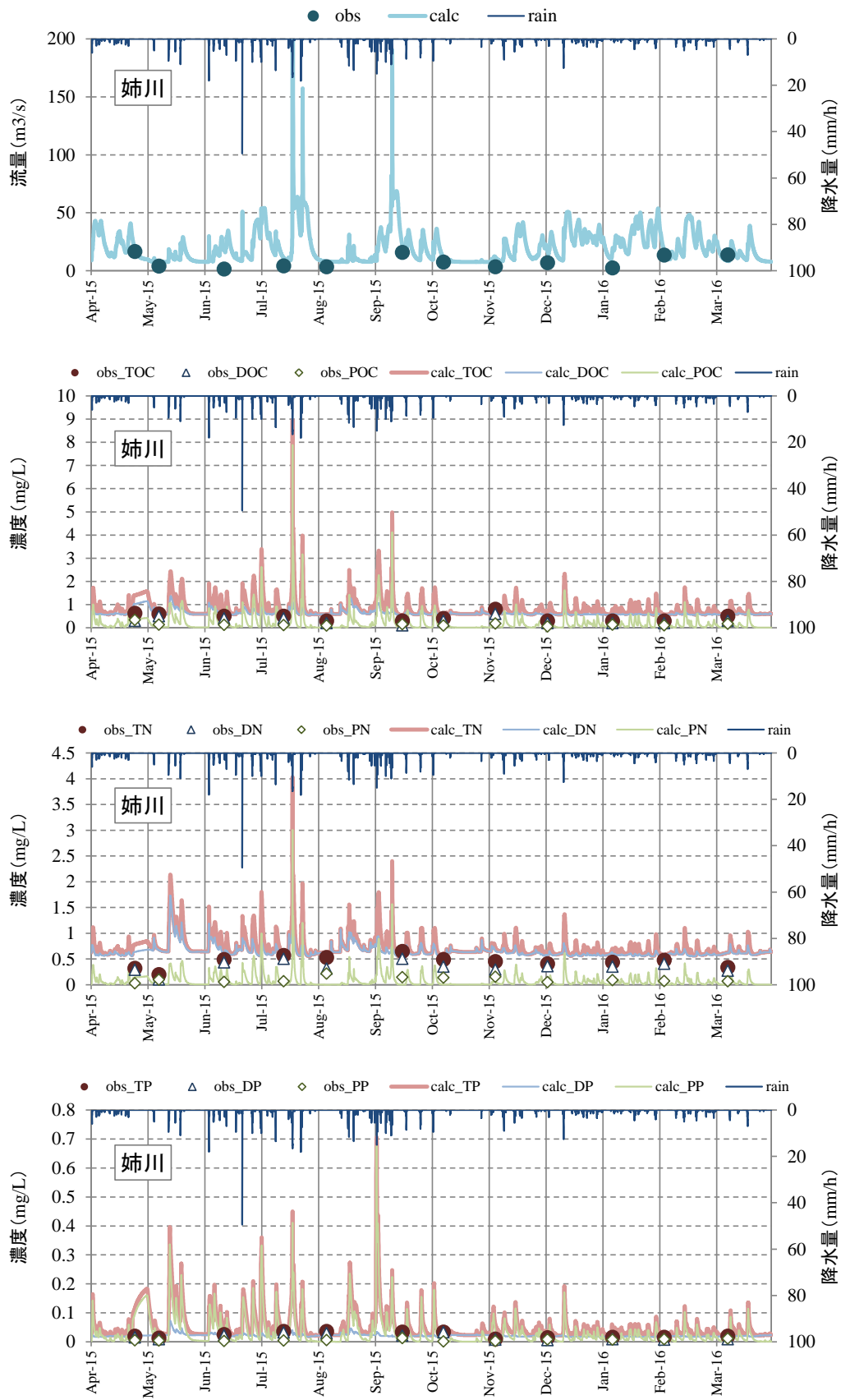


図 15 姉川の流量・水質検証結果

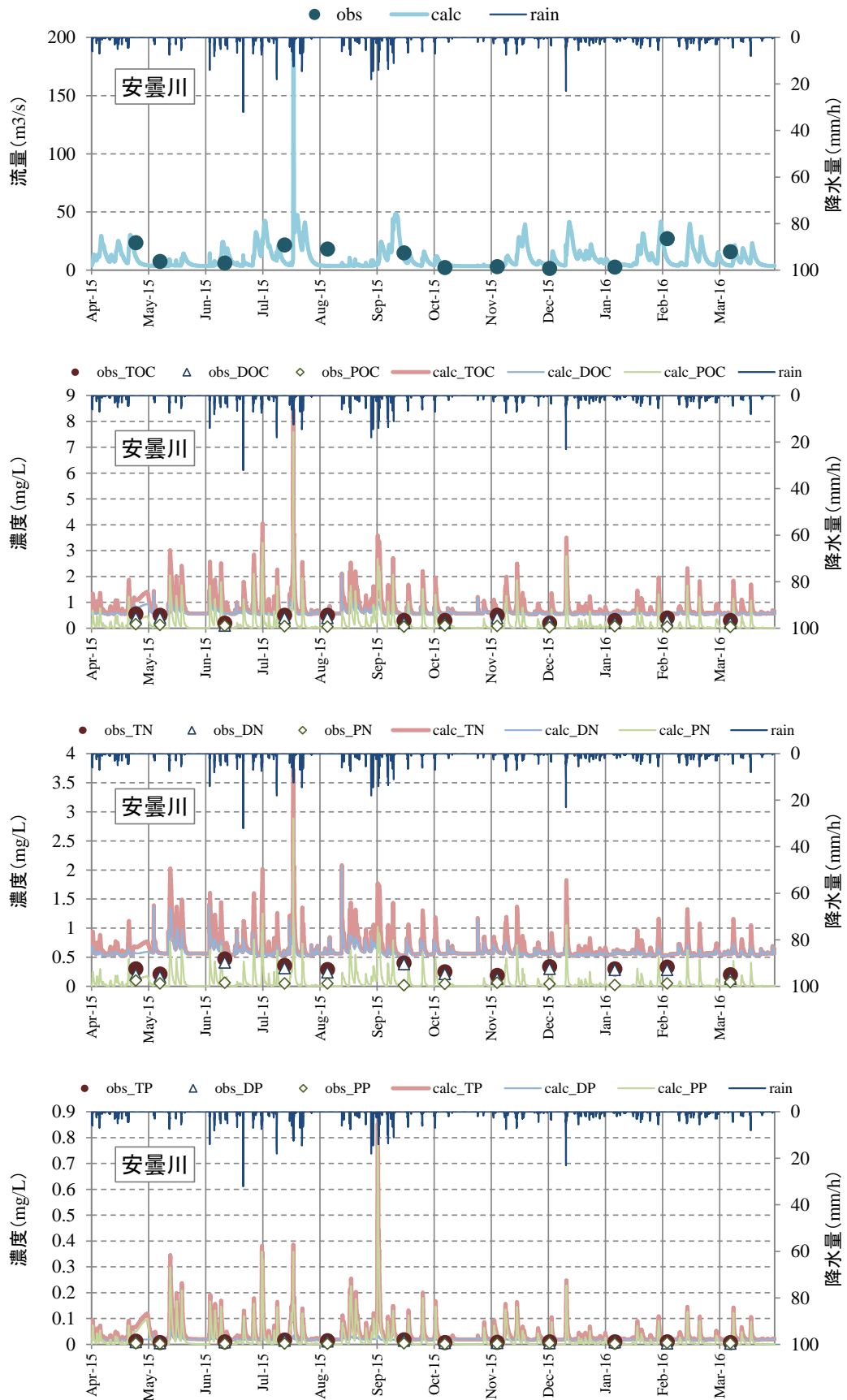


図 16 安曇川の流量・水質検証結果

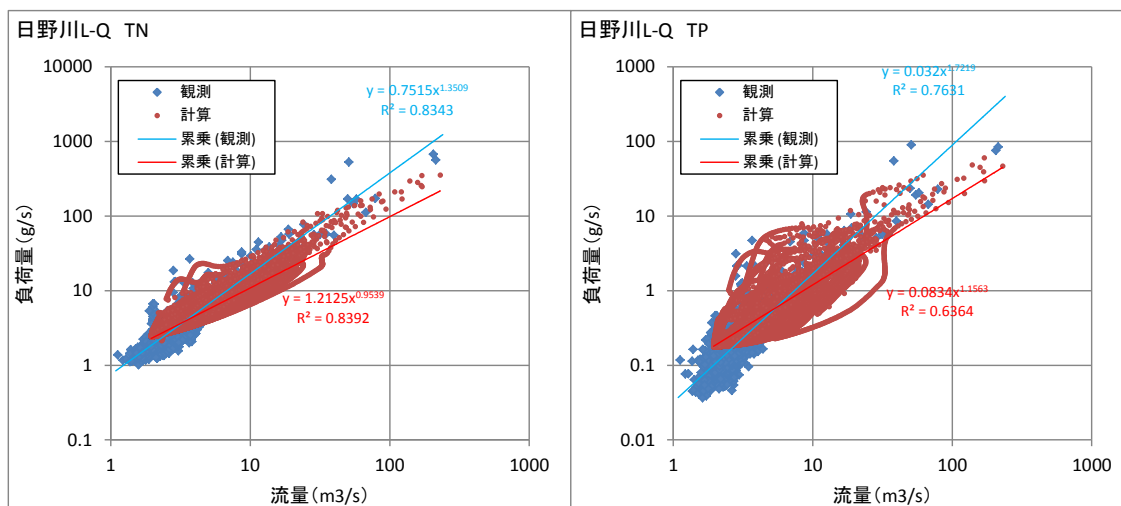


図 17 日野川の L-Q 図による検証結果

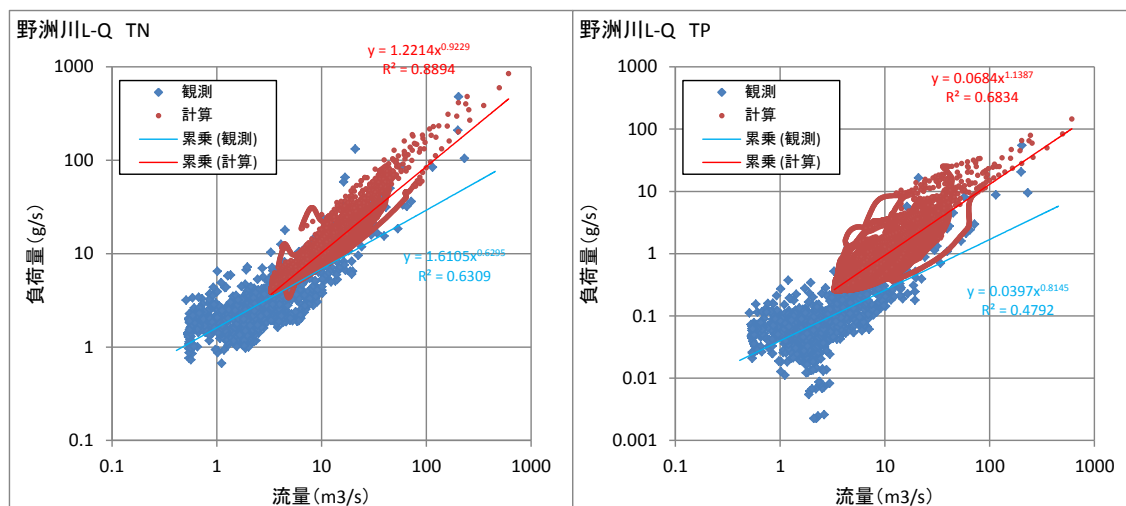


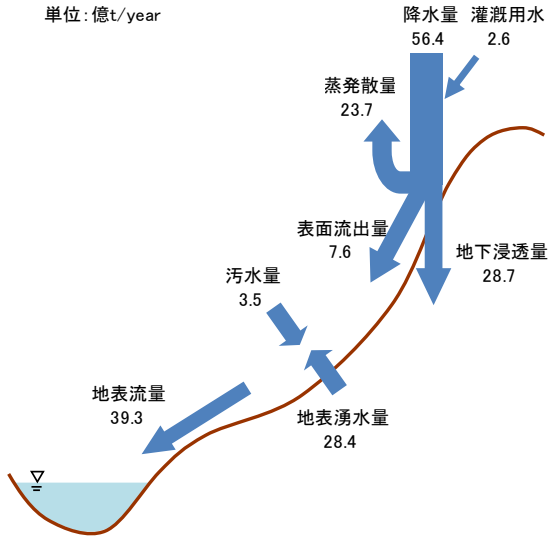
図 18 野洲川の L-Q 図による検証結果

※観測値の出典

大久保卓也：降雨時等の非定常流入負荷の定量的把握とその琵琶湖水質への影響把握（その2），滋賀県琵琶湖環境科学研究センター試験研究報告，3，pp.55-66，2008.

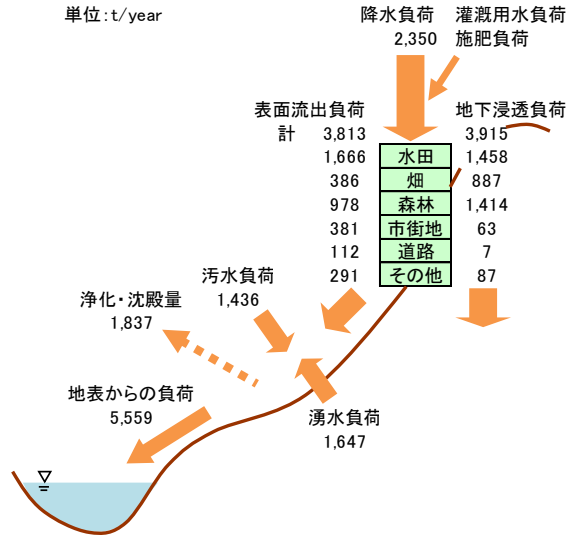
### 1. 水収支図

単位: 億t/year



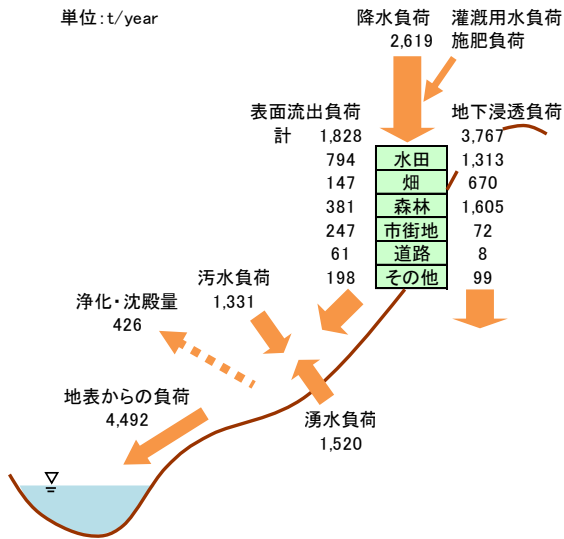
### 2. TOC収支図

単位: t/year



### 3. TN収支図

単位: t/year



### 4. TP収支図

単位: t/year

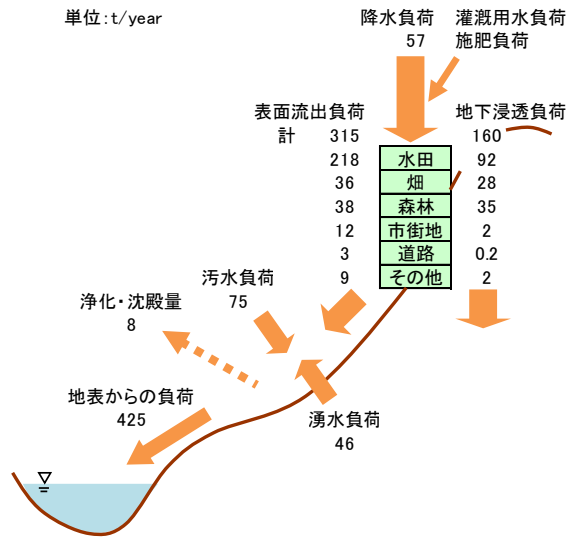


図 19 陸域における水・物質収支 (2015 年度)



## (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）における湖内の層別水温の季節変動を検証した結果を図 20～図 22 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。特に 2015 年度は暖冬となり、3 月中旬まで全層循環が観測されなかったが、モデルにおいてもその傾向が再現された。

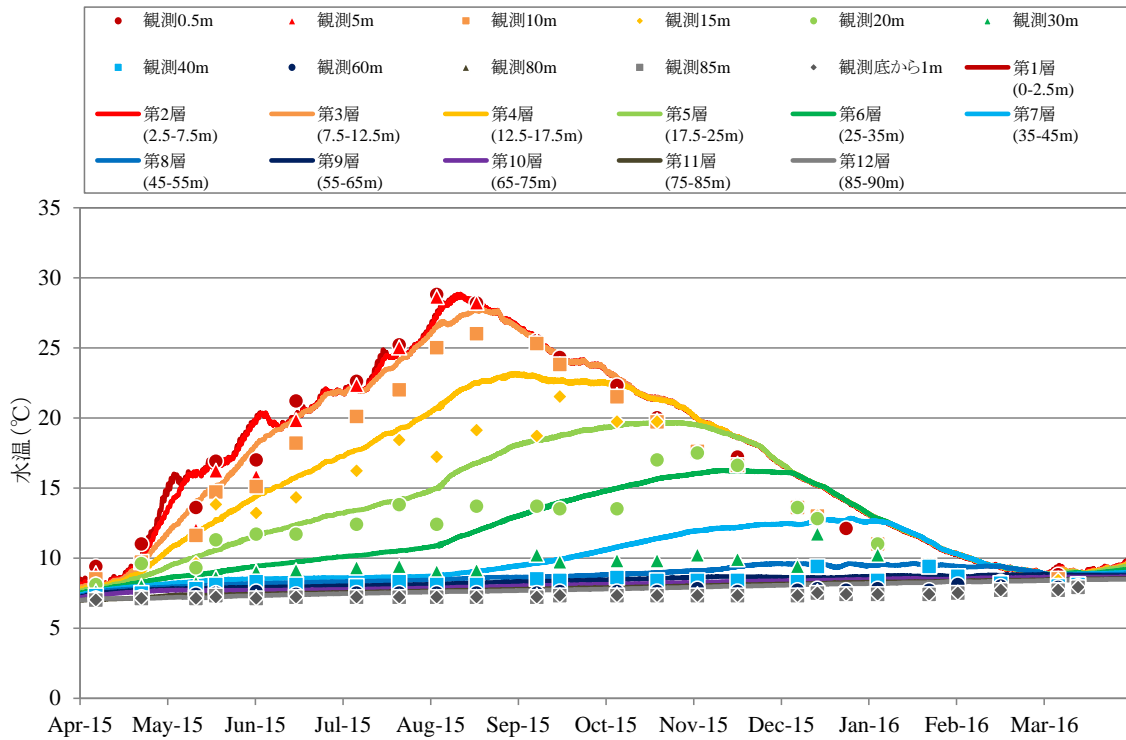


図 20 今津沖中央（17B）における水温検証結果

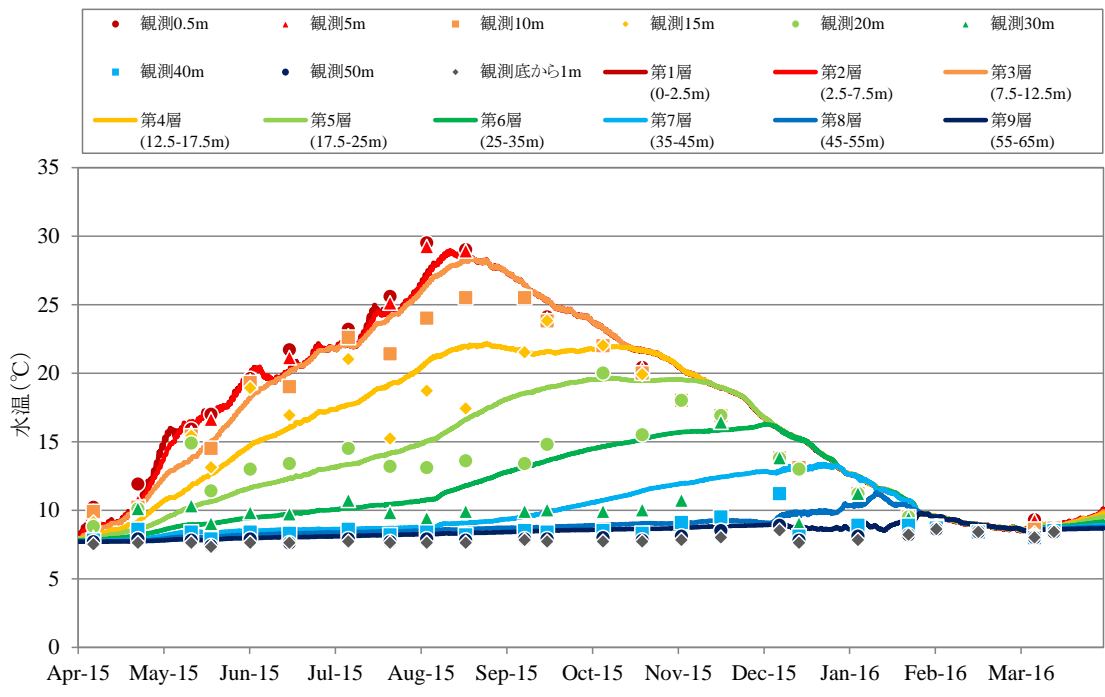


図 21 南比良沖中央 (12B) における水温検証結果

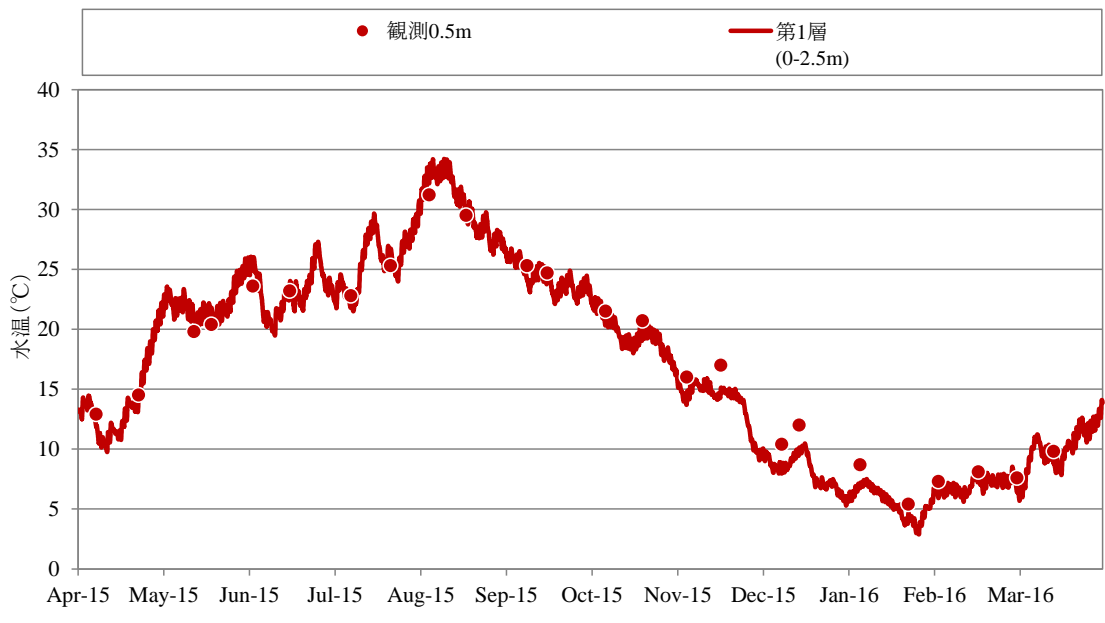


図 22 唐崎沖中央 (6B) における水温検証結果

### (3) 湖内生態系モデル

TOC・TN・TP について、各観測地点の観測値と計算値の年間平均値を示した結果を図 23 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。北湖では沿岸、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。一方で、南湖では北湖に比べて濃度が高い傾向は再現できたものの、TN や TP では沿岸域を中心として詳細な濃度分布までは再現できない地点も見られた。また、有機物についてはいくつかの地点、時期において、2015 年度に生分解試験を実施し、難分解性比率（RTOC/TOC）を算出したので、その検証結果について図 24 に示す。北湖では概ね比率を再現できたが、南湖では観測よりも計算で難分解性比率が低くなる地点が見られた。

次に、湖内生態系モデルの予測結果の時系列的な評価を行う。今津沖中央（17B）、南比良沖中央（12B）、唐崎沖中央（6B）における水質の観測値と計算値の時系列変化を比較したものがそれぞれ図 25～図 27 である。TOC については北湖で春期～夏期の濃度上昇と冬期の下降が概ね再現できた。TN については夏期に減少し、冬期に回復する傾向を再現できた。TP については顕著な季節変化は見られないが、南湖ではやや春期～夏期に濃度を大きく計算する傾向が見られた。

本モデルにより 2015 年度における湖内の有機物収支の概要を描いたものが図 28 である。また難分解性有機物を含む詳細について描いたものが図 29 である。溶存態難分解性有機物の起源を、湖内の溶存態難分解性有機物に至るフローを用いて計算すると、琵琶湖全体で陸域由来が 25.4%、湖内由来が 74.6%となり、湖内由来が陸域由来に比べ 3 倍程度多いという結果になった。これを北湖・南湖別に見ると、北湖では陸域由来が 22.2%、湖内由来が 77.8%、南湖ではそれぞれ 65.2%および 34.8%（ただし北湖から移流する有機物については対象外）となり、南湖では陸域由来の成分が湖内の溶存態難分解性有機物濃度に大きく影響する結果となった。

1) 水質年間平均値

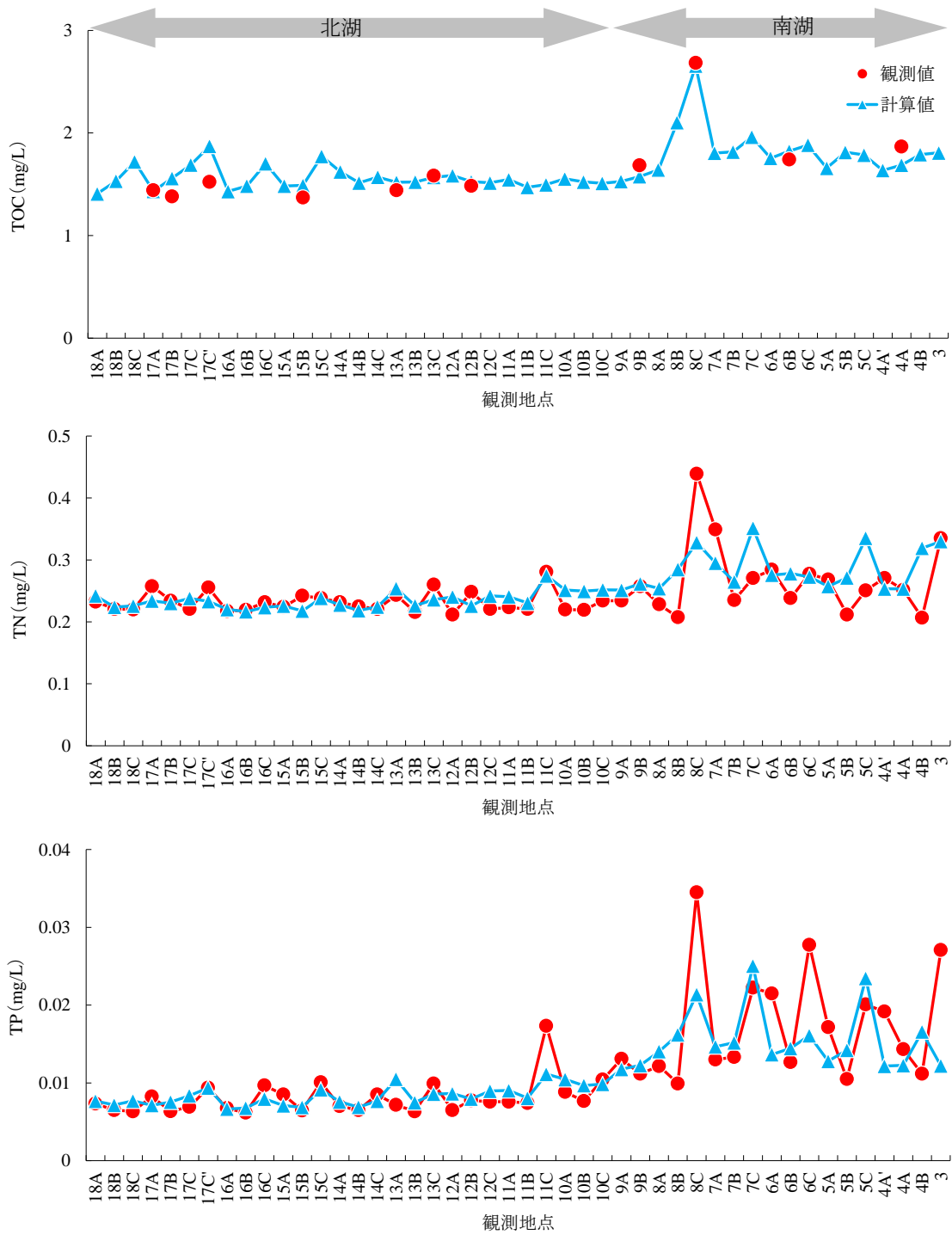


図 23 各観測地点における水質年間平均値の検証結果

2) 難分解性比率

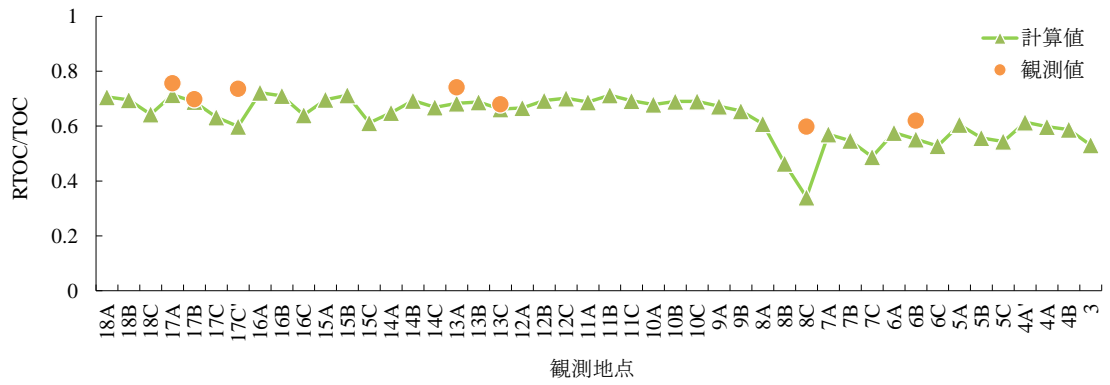


図 24 難分解性比率の検証結果 (年間平均値)

3) 水質時系列変化

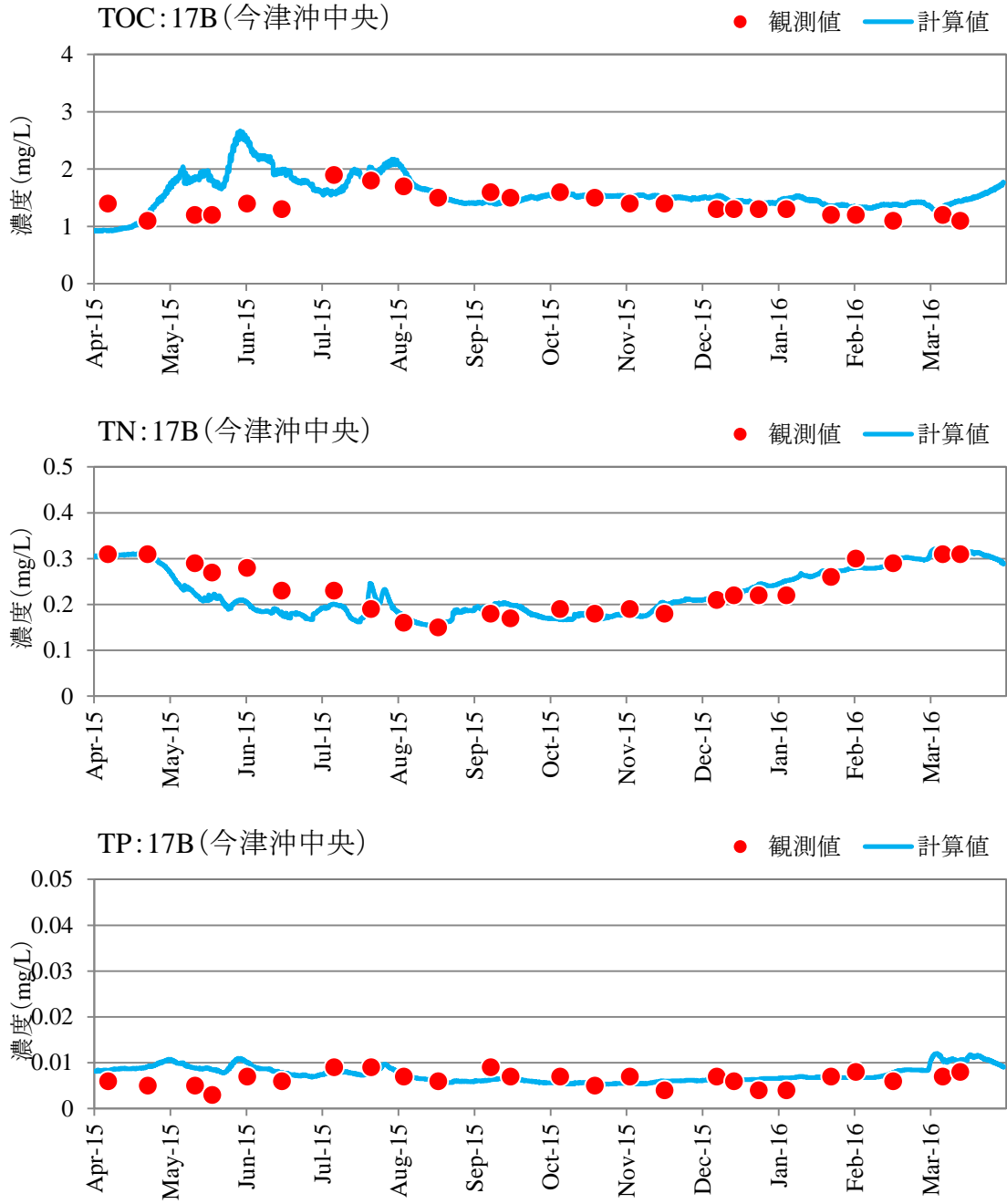


図 25 今津沖中央 (17B) における水質の時系列変化の検証結果

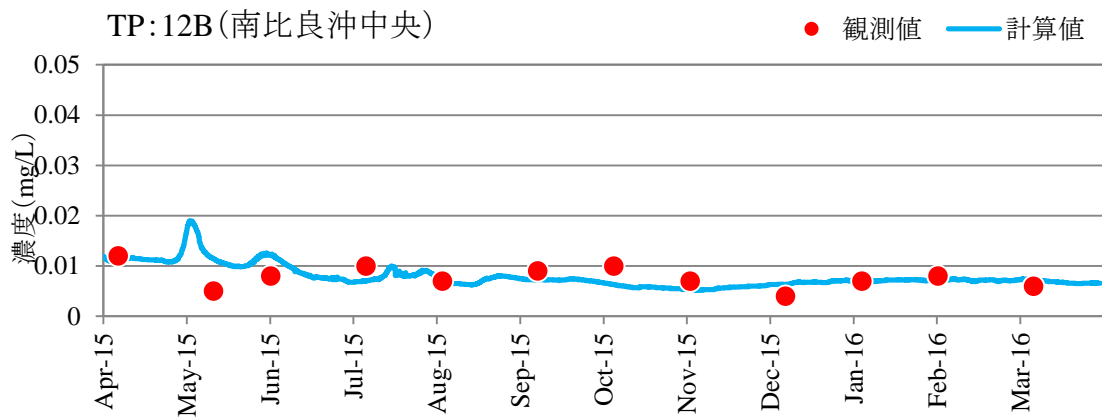
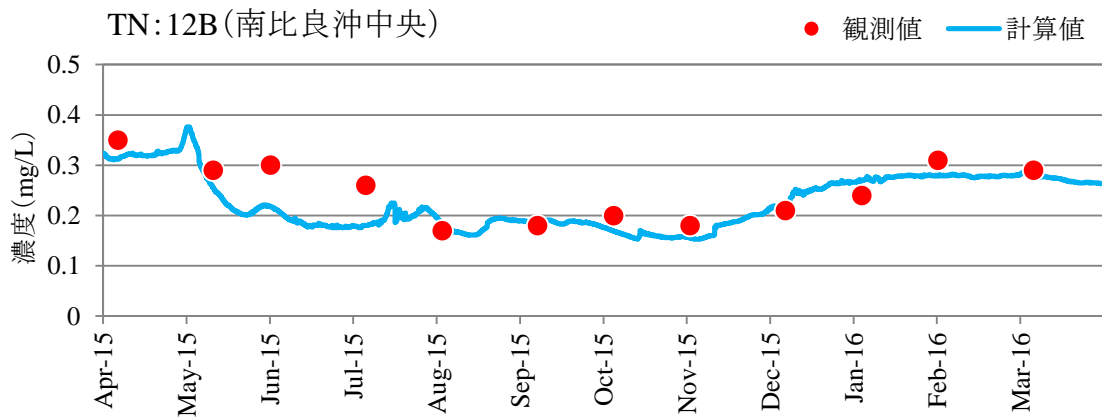
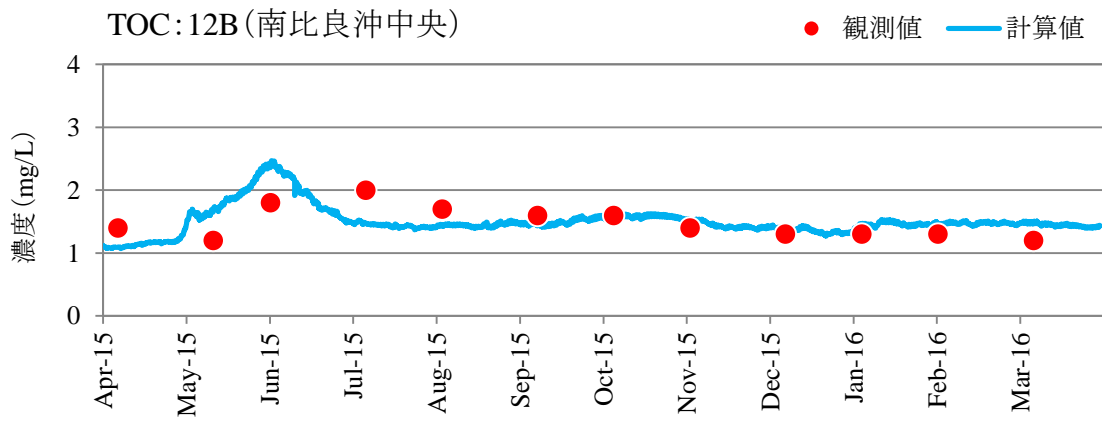


図 26 南比良沖中央 (12B) における水質の時系列変化の検証結果

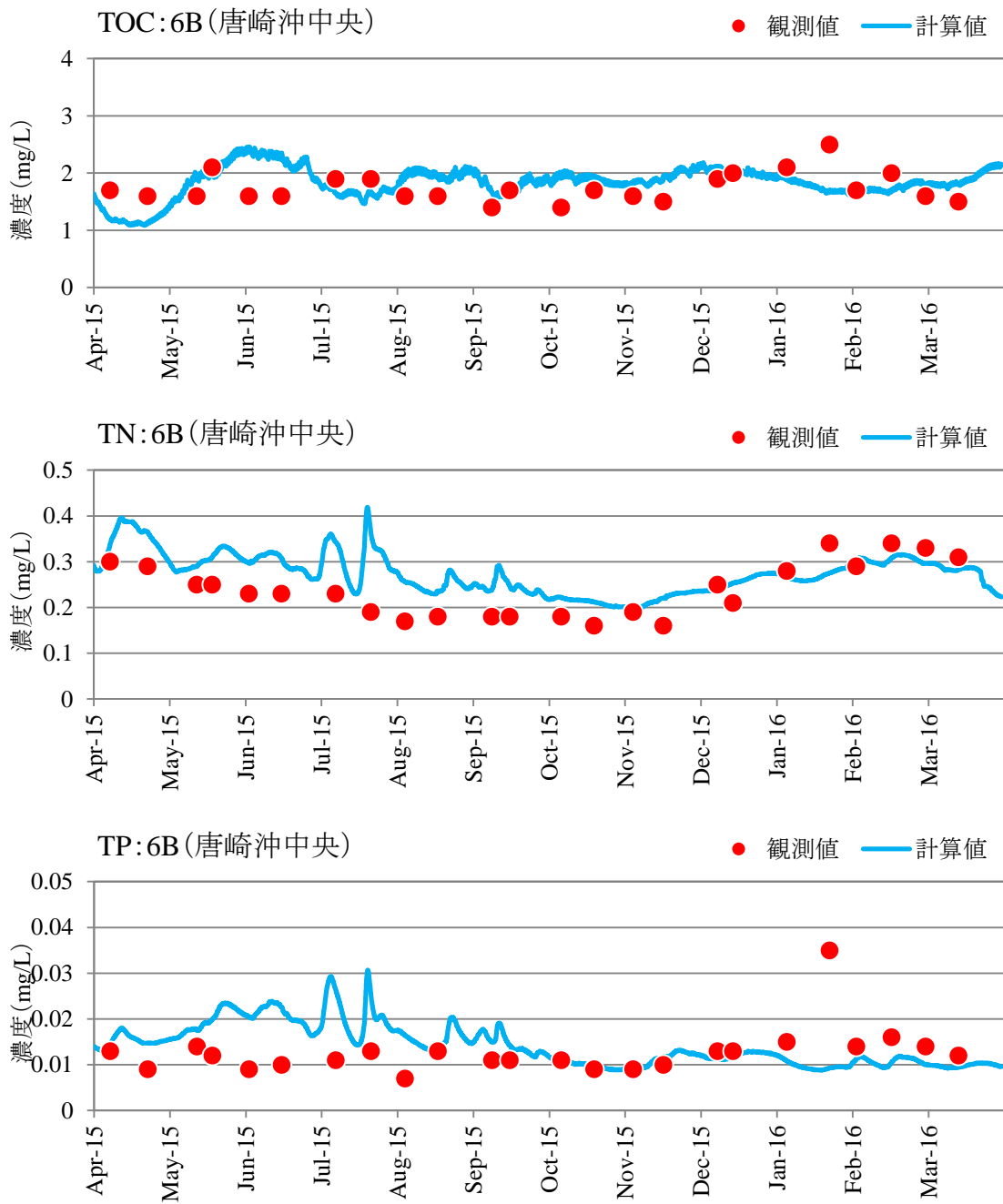


図 27 唐崎沖中央 (6B) における水質の時系列変化の検証結果



4) 有機物収支

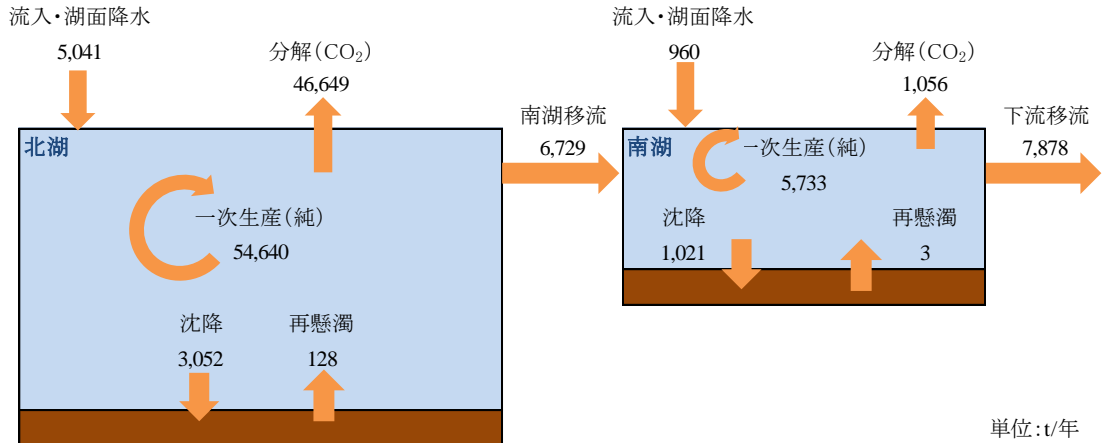
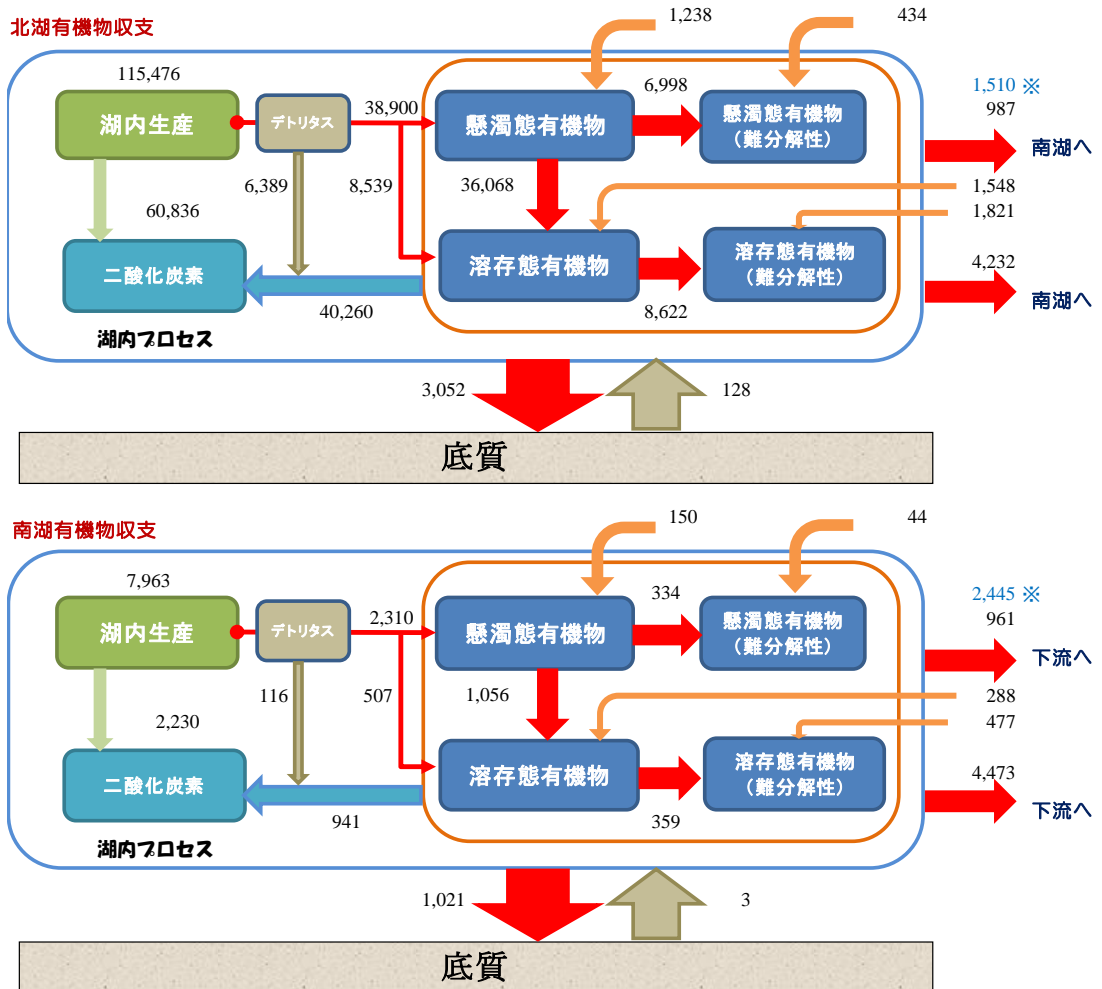


図 28 湖内有機物収支の概要 (2015 年度)



※は生態系のコンパートメントで移流する量を示す。

単位:t/年

図 29 湖内有機物収支の詳細 (2015 年度)