

第3回 油ヶ淵水質浄化対策フォローアップ委員会の 主要意見と対応

－ 対応説明資料 －

1. にごりの実態とメカニズムについて

1-1 河川流量の減少要因について

第3回委員会の意見

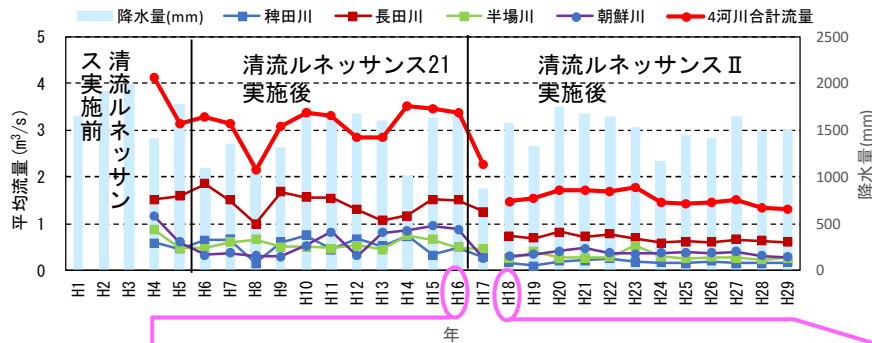
流量減少要因として、取水量や下水道整備による減少流量等の経年変化をチェックする

1-1-1 ①明治用水頭首工の流入量の状況

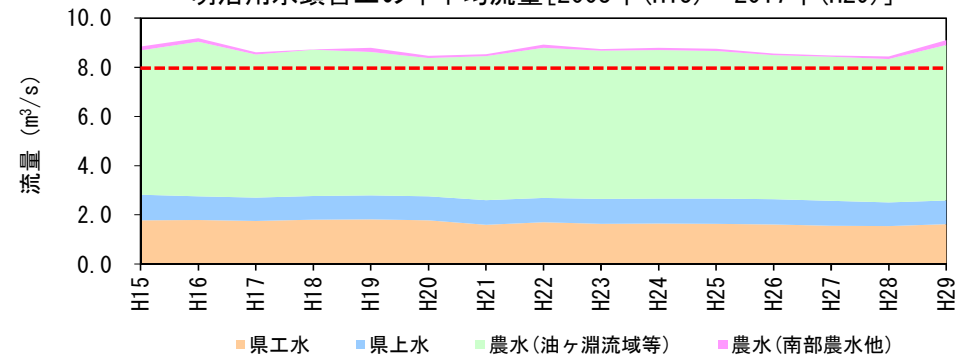
- ◆ 油ヶ淵流域の主な水源である明治用水頭首工の取水量の経年変化を整理した
- ◆ 明治用水頭首工の取水量（農水、県工水、県上水）の経年変化に顕著な変化はみられない
⇒取水量に顕著な変化はみられない



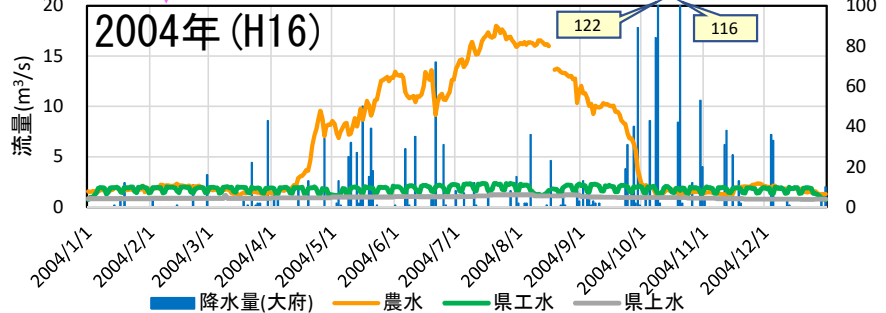
油ヶ淵流入河川の平水流量



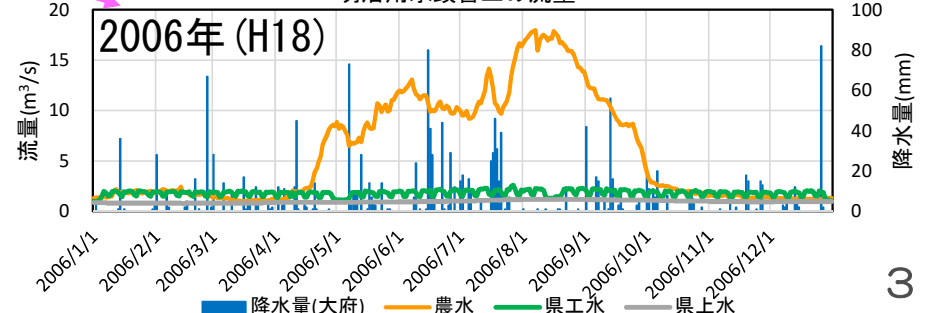
明治用水頭首工の年平均流量 [2003年 (H15) - 2017年 (H29)]



明治用水頭首工の流量



明治用水頭首工の流量



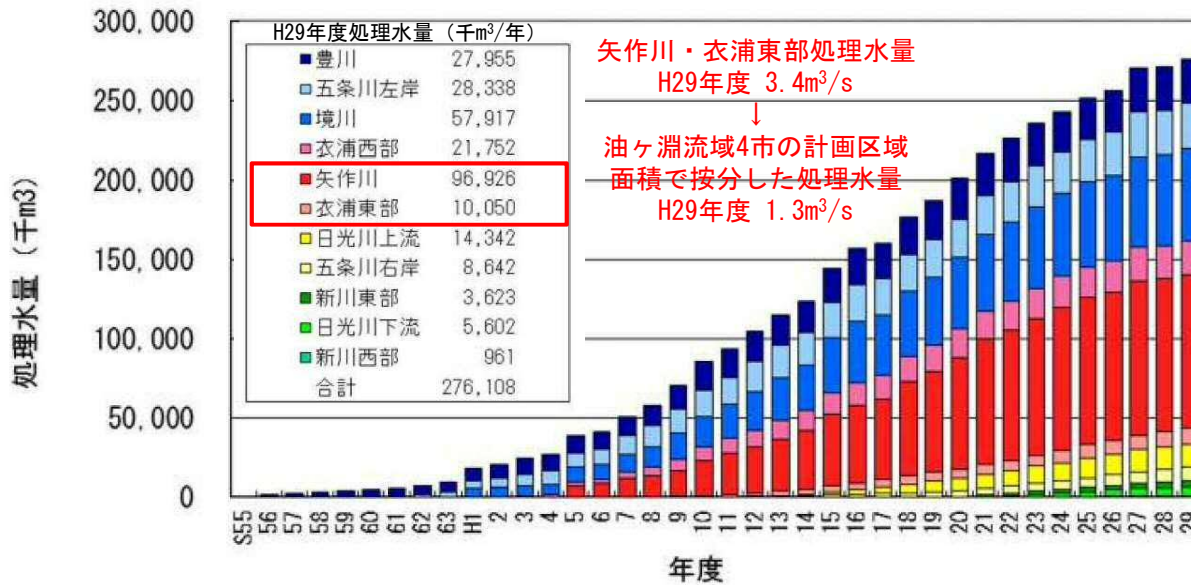
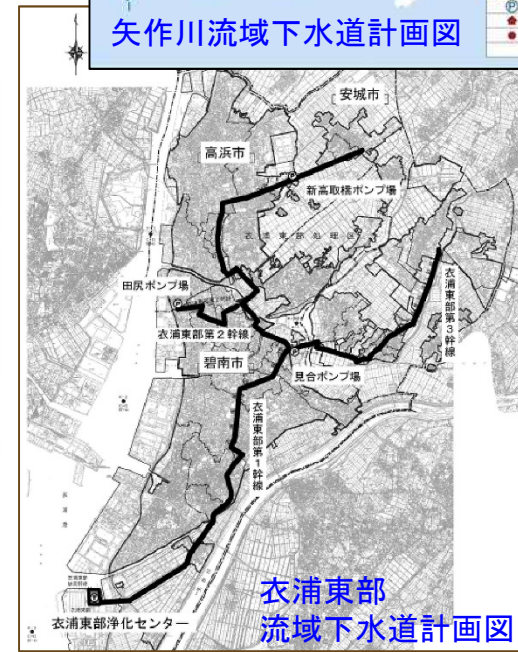
1-1 河川流量の減少要因について

第3回委員会の意見

流量減少要因として、取水量や下水道整備による減少流量等の経年変化をチェックする

1-1-1 ②下水道の状況

- ◆ 油ヶ淵流域の安城市東部及び西尾市は、矢作川流域下水道区域にあたり矢作川浄化センターで処理されており、安城市西部、高浜市、碧南市は、衣浦東部流域下水道区域にあたり衣浦東部浄化センターで処理されている
- ◆ 矢作川流域下水道は平成4年度に供用開始、衣浦東部流域下水道は平成8年度に供用開始となり、処理水量は増加傾向にある
- ◆ H29年度の矢作川・衣浦東部流域下水道の平均処理水量は $3.4\text{m}^3/\text{s}$ であり、油ヶ淵流域4市の計画区域面積で処理水量を按分すると約 $1.3\text{m}^3/\text{s}$ となる



愛知県流域下水道の処理水量経年変化

出典：愛知県流域下水道の維持管理状況（平成29年度）

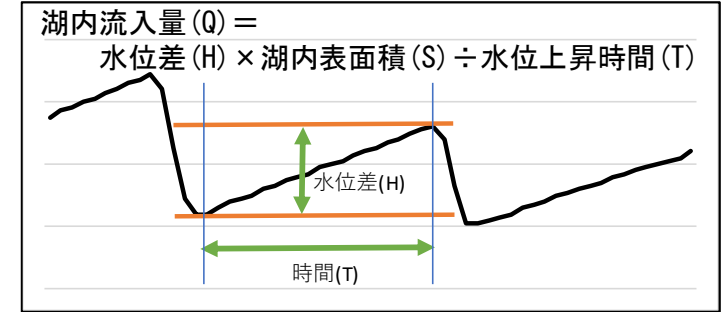
1-1 河川流量の減少要因について

第3回委員会の意見

1-1-2 湖内の水位変動からみた河川流入量の検討

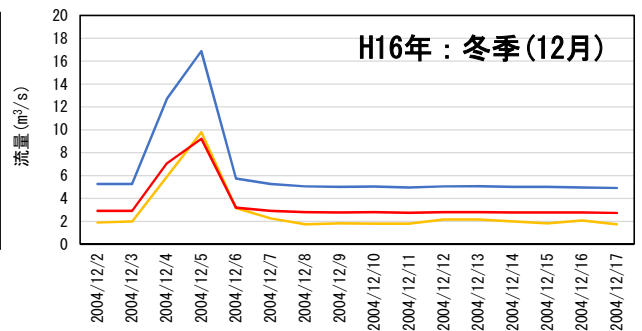
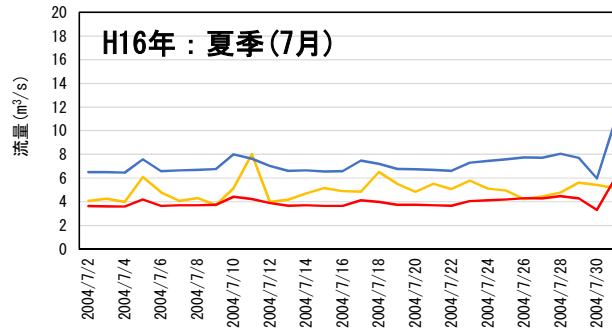
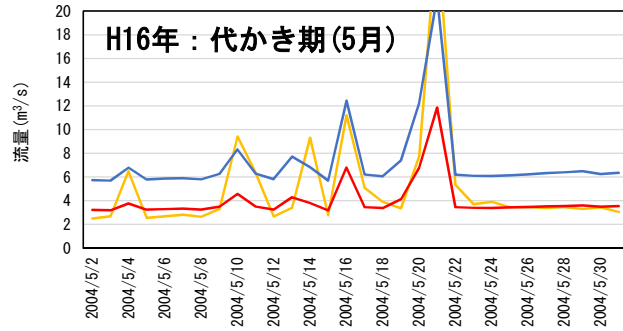
流域の流量として妥当な値を検討した方がよい

- ◆ H-Q曲線による河川流量と、流域面積で補正（観測地点の流量と流域面積の関係から残流域分の流量も加味して補正）した流量を油ヶ淵の水位変動から求めた流量と比較した
- ◆ 油ヶ淵の水位変動から求めた流量は、河川流量の変動傾向と類似していた



⇒過去も現況の流量も概ね妥当と考えられる

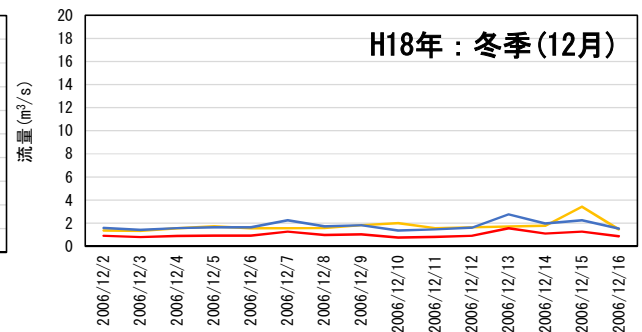
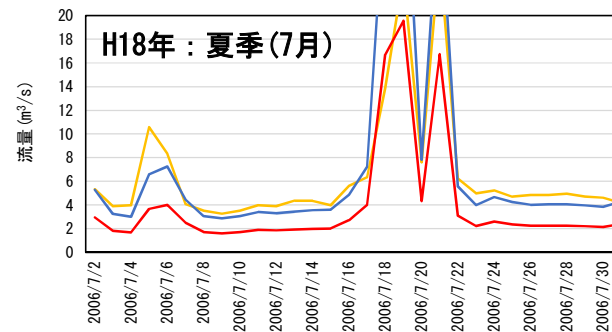
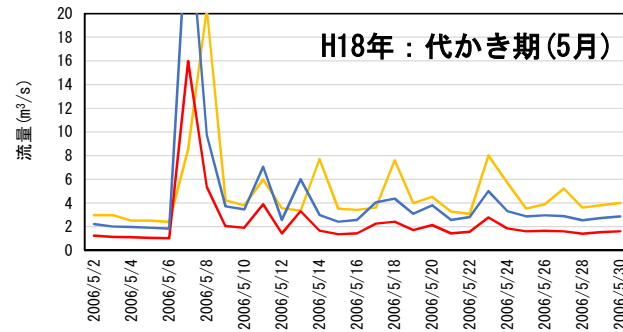
湖内の水位データを用いた流入量算定方法



— 湖内水位上昇より求めた流量 — 4河川合計流量 — 4河川合計流量(流域面積補正)

— 湖内水位上昇より求めた流量 — 4河川合計流量 — 4河川合計流量(流域面積補正)

— 湖内水位上昇より求めた流量 — 4河川合計流量 — 4河川合計流量(流域面積補正)



— 湖内水位上昇より求めた流量 — 4河川合計流量 — 4河川合計流量(流域面積補正)

— 湖内水位上昇より求めた流量 — 4河川合計流量 — 4河川合計流量(流域面積補正)

— 湖内水位上昇より求めた流量 — 4河川合計流量 — 4河川合計流量(流域面積補正)

2004年(H16年)と2006年(H18年)の代かき期(5月)、夏季(7月)、冬季(12月)の流量経時変化

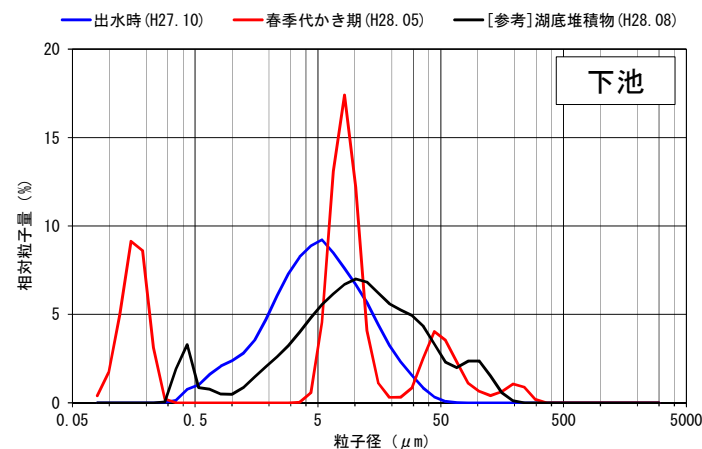
1-2 にごり成分の沈降特性について

第3回委員会の意見

代かき期や代かき期以外の濁水のにごり成分の沈降特性を検討してほしい

- ◆ 油ヶ淵の春季代かき水と秋季出水の粒径分布を調査した結果、代かき水のにごり成分は、出水に比べて微細粒径の割合が多く、沈降しにくいと考えられる
- ◆ 室内静置でにごり沈降試験を行った結果、出水のにごり成分は沈降が速く、1日以内で透視度30cm以上になったが、代かき水は沈降が遅く、透視度30cm以上になるまでに4日以上かかった

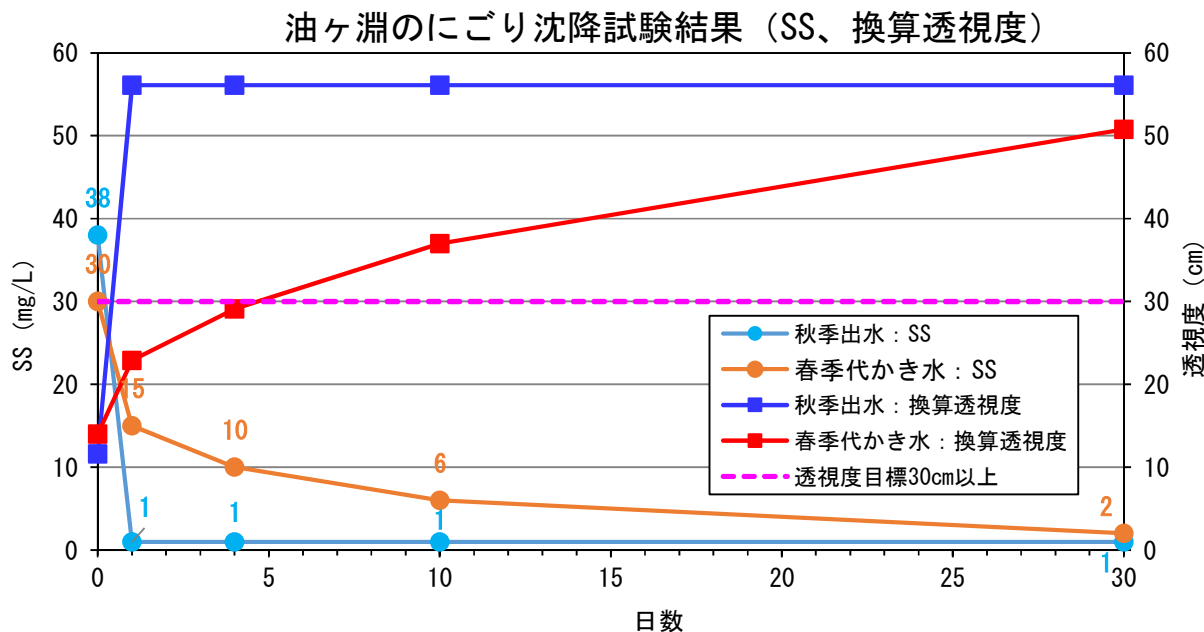
⇒代かき水のにごり成分は沈降しにくい特性



油ヶ淵の春季代かき水と出水の粒径分布

【にごりの沈降試験】

- ・ 春季代かき水、秋季出水の2試料
- ・ 容器に試験水を満たして水面直下に濁度計を固定して試験水をよく攪拌した後静置し、30日間の濁度連続測定を行った
- ・ 0h・24h(1日後)・96h(4日後)・240h(10日後)・720h(30日後)には、表層水を採水して濁度、SS等を測定した
- ・ 濁度とSSの関係式から連続測定濁度をSSに換算し、SSと透視度の関係式から換算SSを透視度に換算した



注. SSから透視度への換算は、2008～2017年度の環境基準点(下池中央)のSSと透視度から以下の回帰式を用いた。
透視度=1/(回帰係数a+回帰係数b×SS濃度)=1/(0.016+0.00184×SS濃度)

2. にごりシミュレーションモデルについて

第3回委員会の意見	
・ SSの再現性向上について	・ 冬季代かき期のSSの高濃度が再現できていないことについてどのように取り扱うのか、流入負荷量条件の精度向上も含めて、SSの再現性向上について検討する必要がある
・ 透視度の再現性向上について	・ 冬季代かき期の透視度の低下をモデルで再現できていないことから、透視度の再現性向上について検討する必要がある

2-1 にごり予測モデル(SS濃度) ①委員会の指摘と対応

◆ 委員会の指摘

環境基準点のSSについて実測値との比較により冬季代かき期に計算濃度が低いため透視度を過大評価する可能性がある。

◆ 計算結果改善に向けた対応

再現性向上のために以下の2項目を実施した

1) 沈降速度の変更

- ・ 冬季代かき期の計算濃度の再現性向上のためにSS粒子が球径より抵抗の大きい形状と考え、沈降速度を段階的に変化させて (Stokes式~Stokes式の1/100) 計算を行い、**冬季代かき期の再現性を考慮して、沈降速度を再設定した**

2) 春季代かき期の負荷量の補正

- ・ 1)により、春季代かき期の計算濃度が実測値を上回る傾向を示した
- ・ 春季代かき期は2007年の濁度連続調査結果に基づいて設定していたが、その後、各対策によりSS負荷量は減少していると考え、**流入4河川の代かき期(4月~6月)の河川SS濃度の減少傾向を考慮して、2014年度~2017年度の春季代かき期の流入負荷量の補正を行った**

※ 冬季代かき期の負荷量は2017年度(2018年連続調査)に基づいて設定しているため、過去に遡って同様の補正を検討したが、1月~3月の河川水質の変動に明瞭な傾向が見られなかったため計算条件は前回と同様とした

2-1 にごり予測モデル(SS濃度) ②沈降速度の再設定

◆ 計算ケースの設定

- ・ 冬季代かき期(1月～3月)の計算結果と実測値の解離を解消するために沈降速度を再検討した
- ・ 沈降速度を変更して4ケースの計算を行った

計算ケース名	沈降速度の設定
ケース0	Stokes式で得られた値
ケース1	Stokes式で得られた値の1/10
ケース2	Stokes式で得られた値の1/20
ケース3	Stokes式で得られた値の1/50
ケース4	Stokes式で得られた値の1/100

◆ 計算結果 RMSE

- ・ 各ケースの、2014年度～2017年度、2017年度の平均二乗誤差(RMSE)は、全データはケース1が最小、代かき期はケース2が最小であった(単位: mg/L)

区分	年度	ケース0	ケース1	ケース2	ケース3	ケース4
全データの平均二乗誤差	2014年度～2017年度	12.86	10.56	10.66	11.53	12.59
	2017年度	10.36	9.39	10.25	12.09	13.79
代かき期の平均二乗誤差	2014年度～2017年度	17.33	13.25	12.84	13.25	14.15
	2017年度	17.29	14.60	14.32	14.53	15.07

2-1 にごり予測モデル(SS濃度)) ③負荷量の補正

◆ 春季代かき期の負荷量推移の決定と補正

春季代かき期の河川SSの平均濃度から負荷量の推移を検討し補正を行った

利用データ : 流入4河川の環境基準点の4月～6月の平均SS濃度

対象期間 : 1998年～2017年

計算方法 : 河川水質濃度が以下の式で表せるとして
減少係数を算定した

$$C = C_0 \exp(k(\text{year} - 2007))$$

C : 平均SS濃度 (mg/L) C_0 : 2007年の平均SS濃度 (mg/L)

year : 年 k : 減少係数 (/year)

※減少係数は、稗田川、長田川、半場川、朝鮮川のSS濃度の推移から求めた平均値-0.021を用いた

負荷量の補正 : 減少係数(-0.021) を用いて2014～2017年度の
春季代かき期の負荷量を補正した

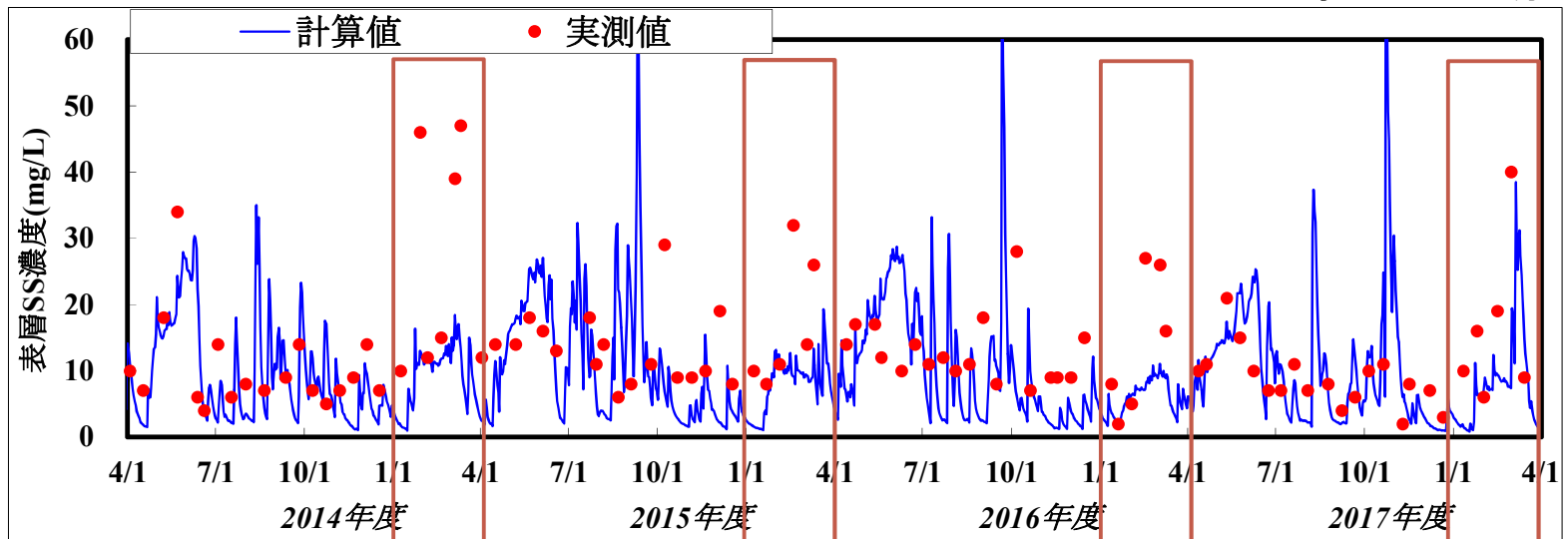
平均	2007	2014	2015	2016	2017
削減率	100%	86%	85%	83%	81%

2-1 にごり予測モデル(SS濃度) ④最終ケースの決定

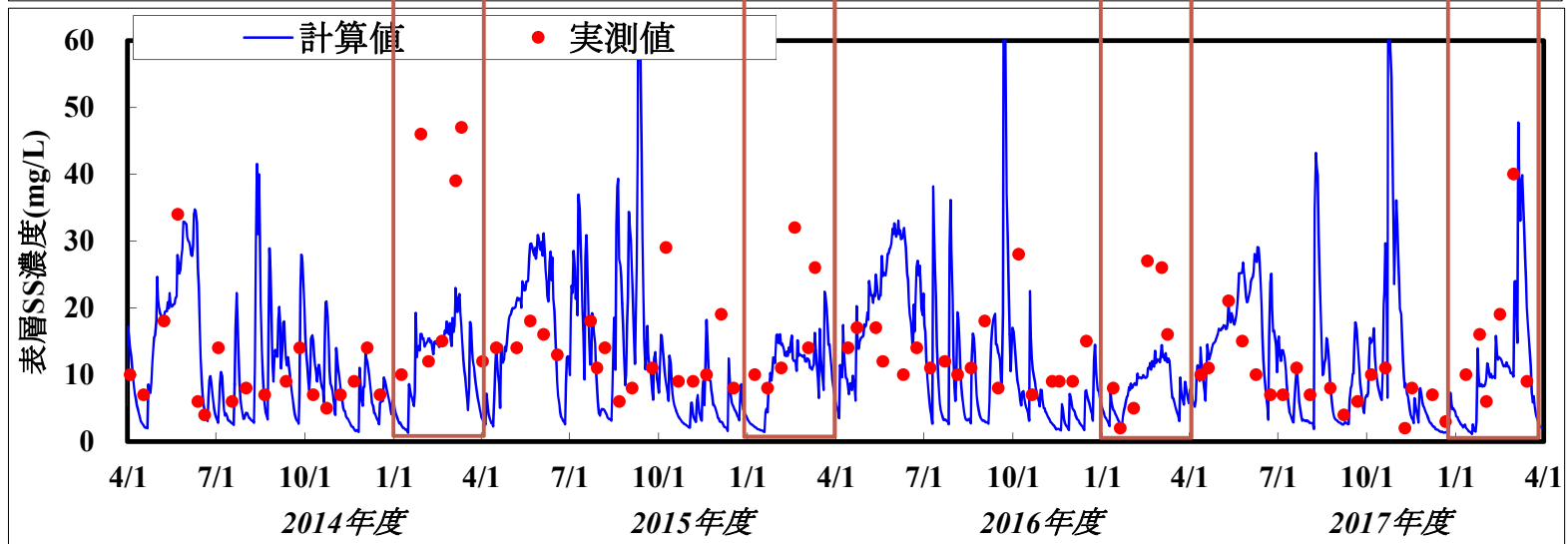
◆ 計算結果 時系列図(環境基準点)

□: 冬季代かき期

ケース1



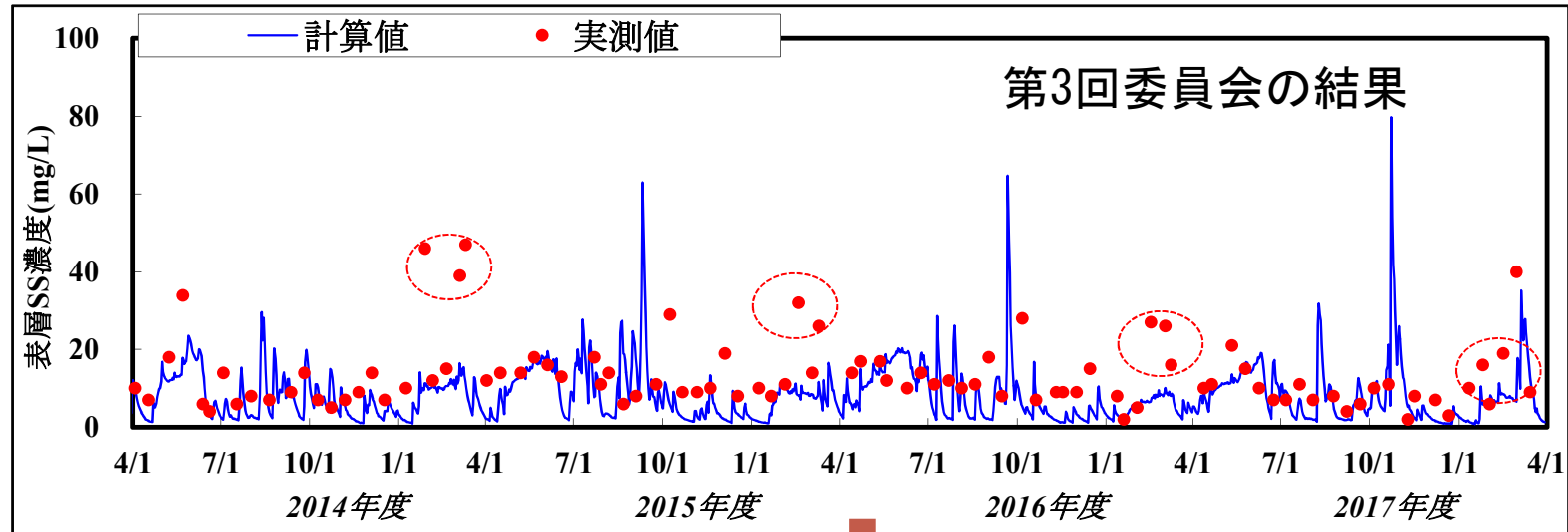
ケース2



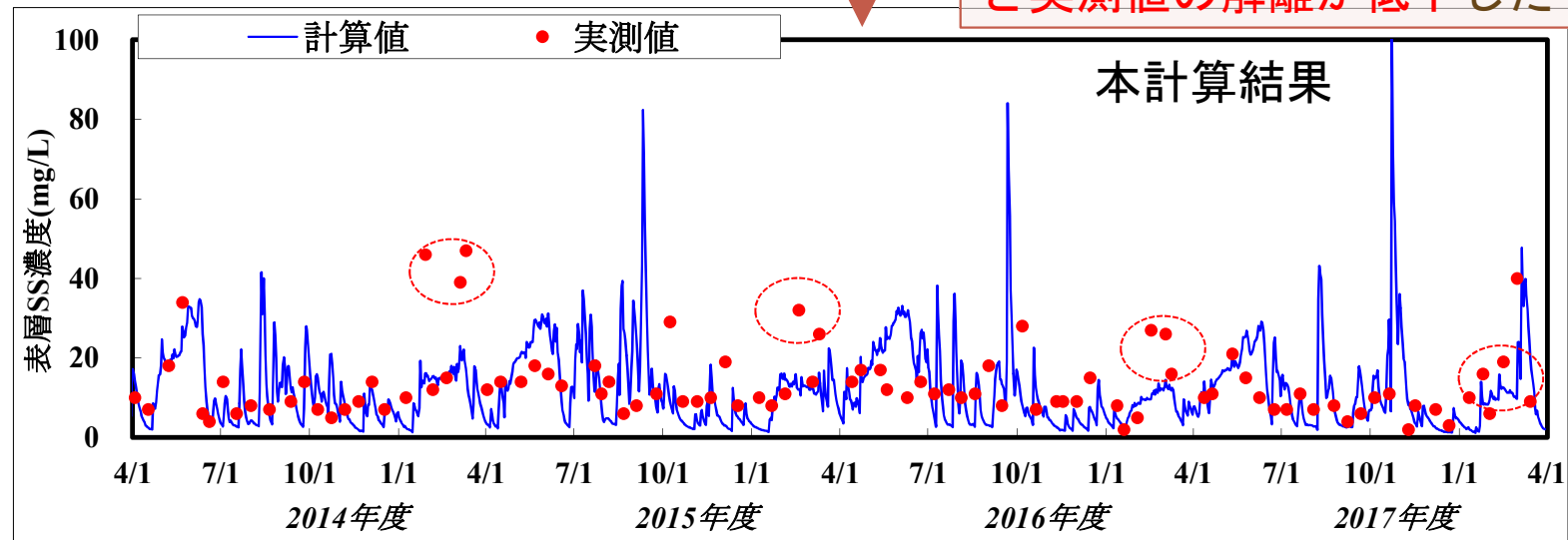
- ・ 代かき期のRMSEはケース2が最小であることや、冬季代かき期の再現性等を考慮して **ケース2(Stokes式で得られた値の1/20)** を最終的な再現計算ケースとした

2-1 にごり予測モデル(SS濃度) ⑤再現性の検討-1

◆ SS濃度の計算値と実測値の比較 下池上層(環境基準点)、2014~2017年度

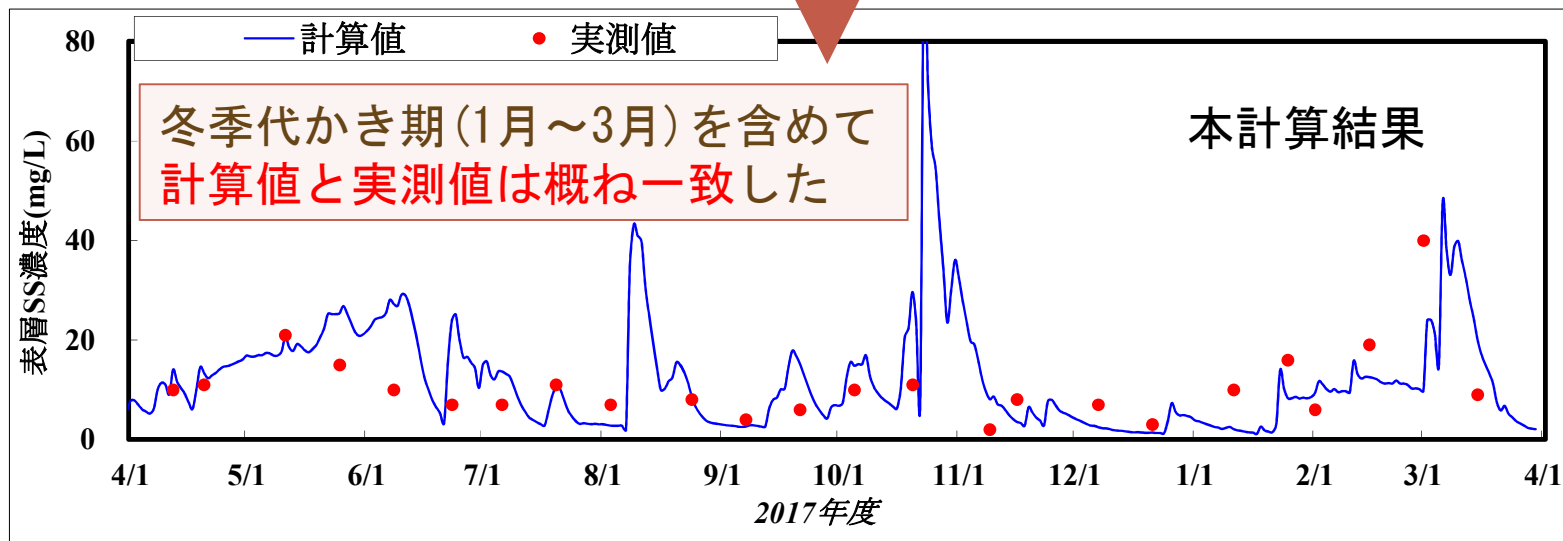
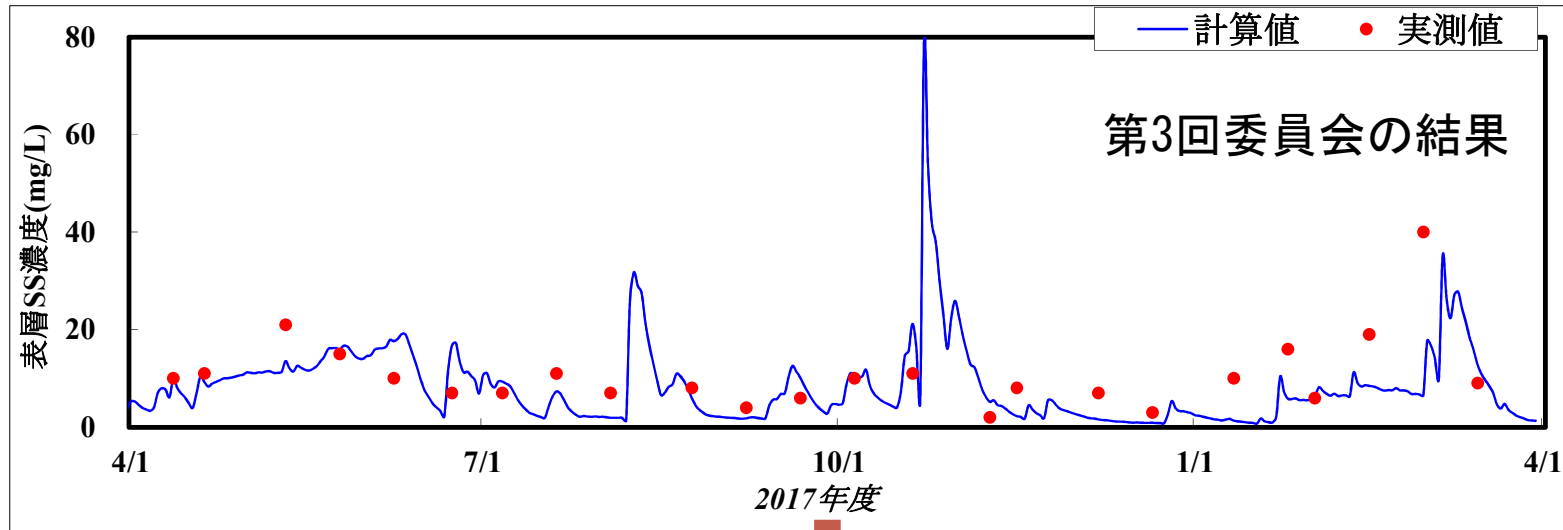


冬季代かき期(1月~3月)の計算値と実測値の解離が低下した



2-1 にごり予測モデル(SS濃度) ⑥再現性の検討-2

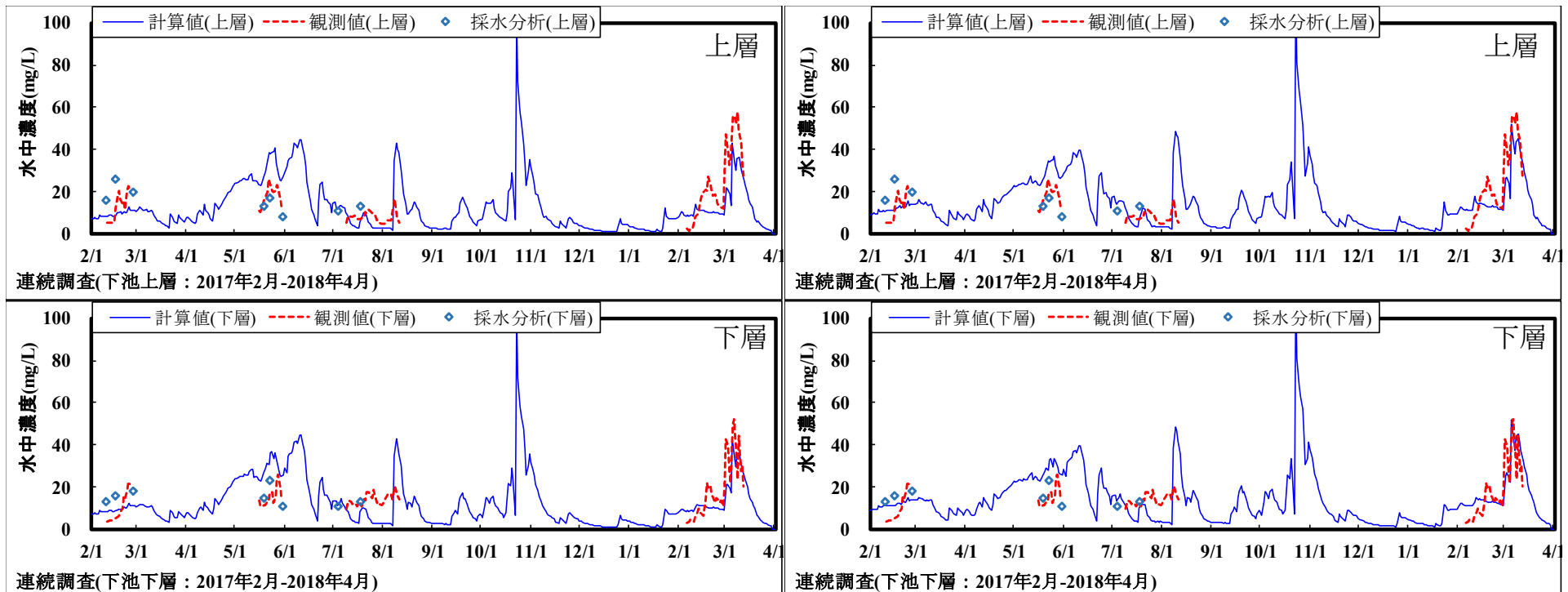
◆ SS濃度の計算値と実測値の比較 下池上層(環境基準点)、2017年度



2-1 にごり予測モデル(SS濃度) ⑦再現性の検討-3

◆ SS濃度の計算値と実測値の比較 連続調査:下池、2017年度

- 実測値は濁度の連続調査結果をSSに換算し、日平均操作を行った
- 7~8月の下層は計算値より実測値がやや高いが、計算値と実測値は概ね一致した
- 第3回委員会時の結果と比較して、**冬季代かき期の計算結果が改善した**



第3回委員会の結果

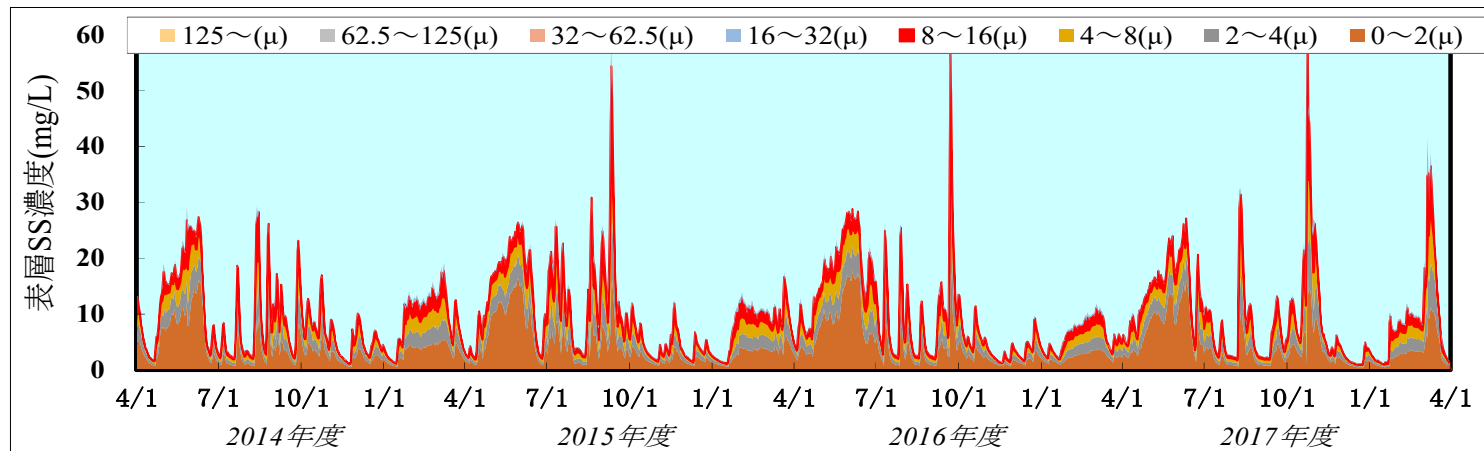
本計算結果

2-2 にごり予測モデル(粒度組成) ①時系列変動

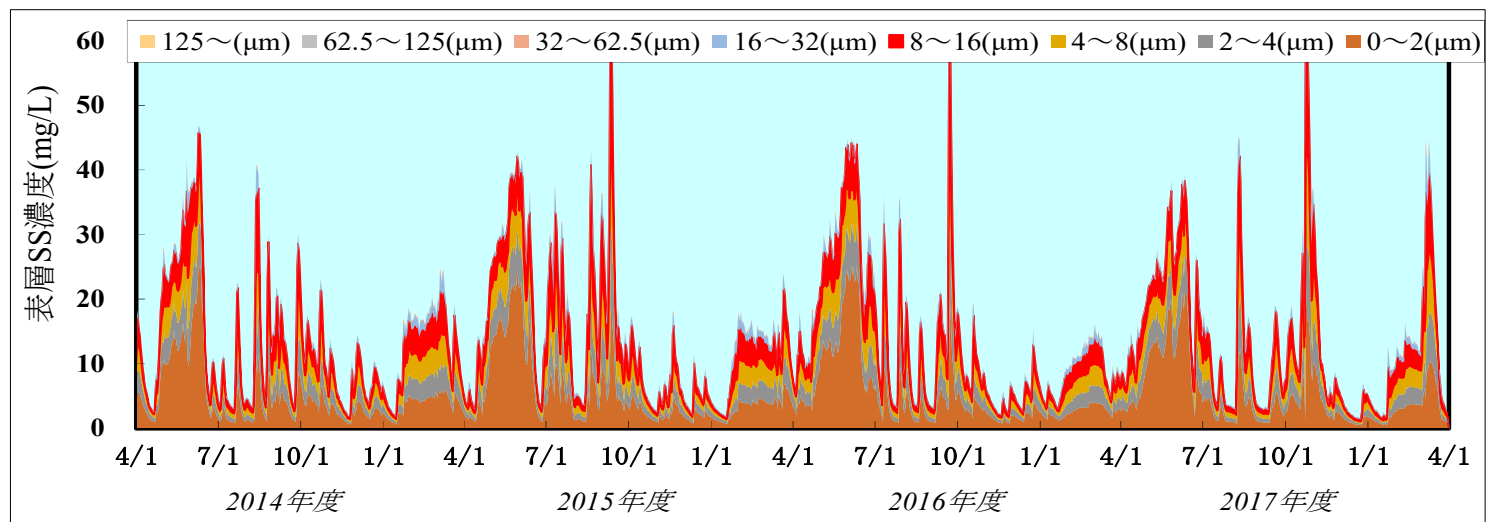
◆ SS濃度と粒度組成の時系列変動 下池上層(環境基準点)、2014~2017年度

- ・ SSの粒度組成の時系列変動は、第3回委員会の結果に比べて4~16 μ mの割合が増加し、粒度組成の割合が微細粒径に偏っていた結果が改善した

第3回委員会の結果



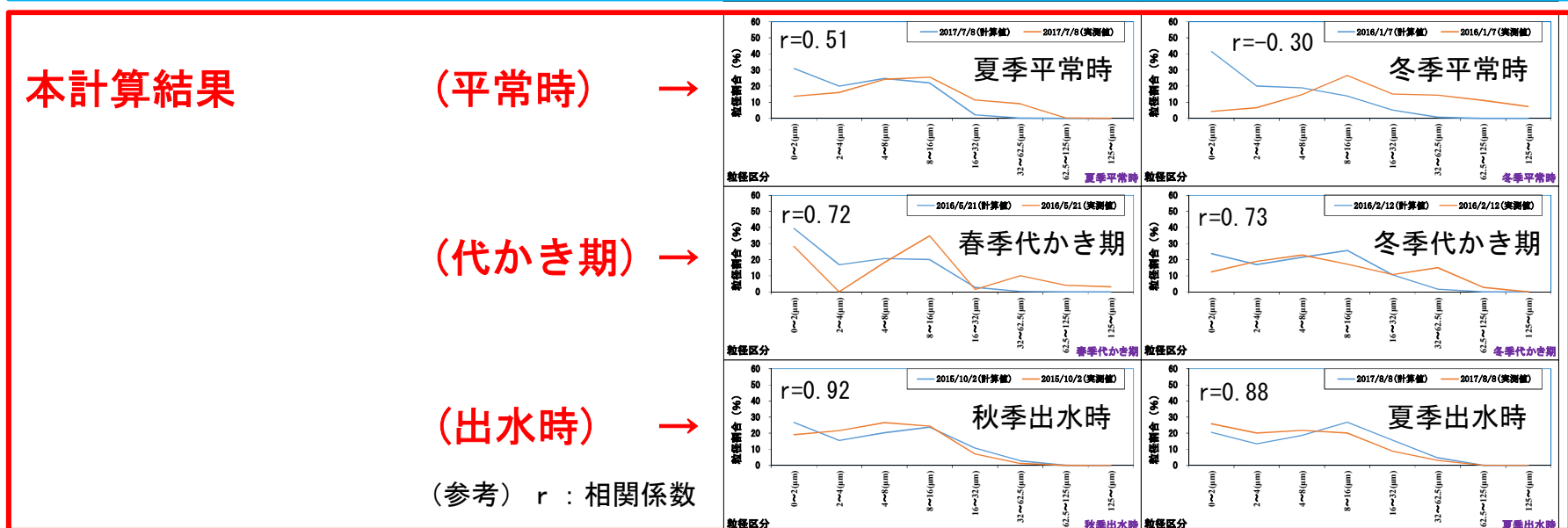
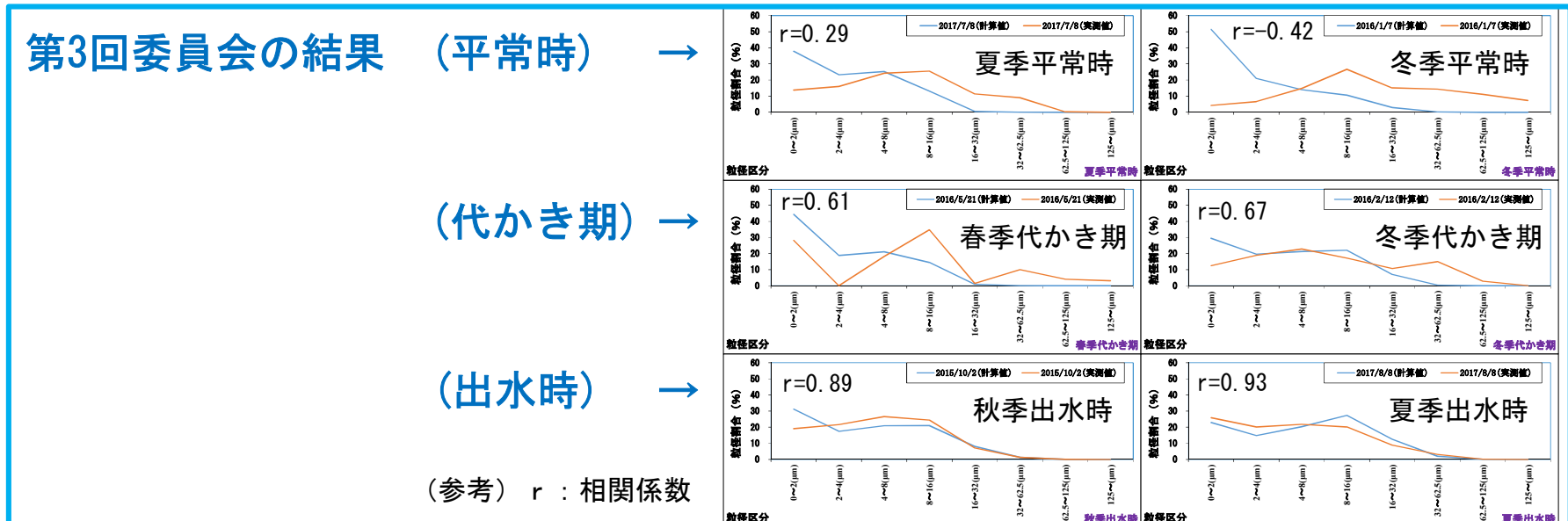
本計算結果



2-2 にごり予測モデル(粒度組成) ②実測値との比較

◆ 粒度組成の計算値と実測値の比較 下池上層(環境基準点)

- 本計算結果では、**粒径4~16 μmの割合が増加し、概ね粒度組成の再現性が向上した**



2-3 にごり予測モデル(透視度) ①委員会の指摘と対応

◆ 委員会の指摘事項

SSと透視度の関係は季節などにより異なるので変動を検討する

◆ 対応

SSと透視度の関係式について以下の見直しを行った

- ・ 2014年度～2017年度の下池中央のデータについて、SSと透視度の関係を季節別に整理した
春季は概ね春季代かき期、冬季は冬季代かき期に対応すると考えられる
(春季：4月～6月、夏季：7月～9月、秋季：10月～12月、冬季：1月～3月)
- ・ SS濃度と透視度の関係式について3種類の回帰式を検討し、比較・検討を行った

2-3 にごり予測モデル(透視度) ②回帰式の作成と比較

◆ 回帰式の作成と比較

- ・ 2008年度～2017年度の環境基準点(下池上層)のデータを利用した
- ・ SS濃度と透視度の関係式について3種類の回帰式を比較した
- ・ 各回帰式について季節別に係数を求め、決定係数で評価した
(Y は透視度(cm)、 x はSS濃度(mg/L)、 a , b は回帰係数を示す)

回帰式1
 $Y = ae^{bx}$

期間	a	b	決定係数
4月～6月	42.83	-0.042	0.66
7月～9月	45.26	-0.041	0.67
10月～12月	46.11	-0.038	0.72
1月～3月	43.74	-0.037	0.79

回帰式2
 $Y = ax^b$

期間	a	b	決定係数
4月～6月	105.19	-0.580	0.60
7月～9月	85.95	-0.481	0.63
10月～12月	85.85	-0.464	0.69
1月～3月	114.90	-0.610	0.82

回帰式3

$$Y = \frac{1}{a+bx}$$

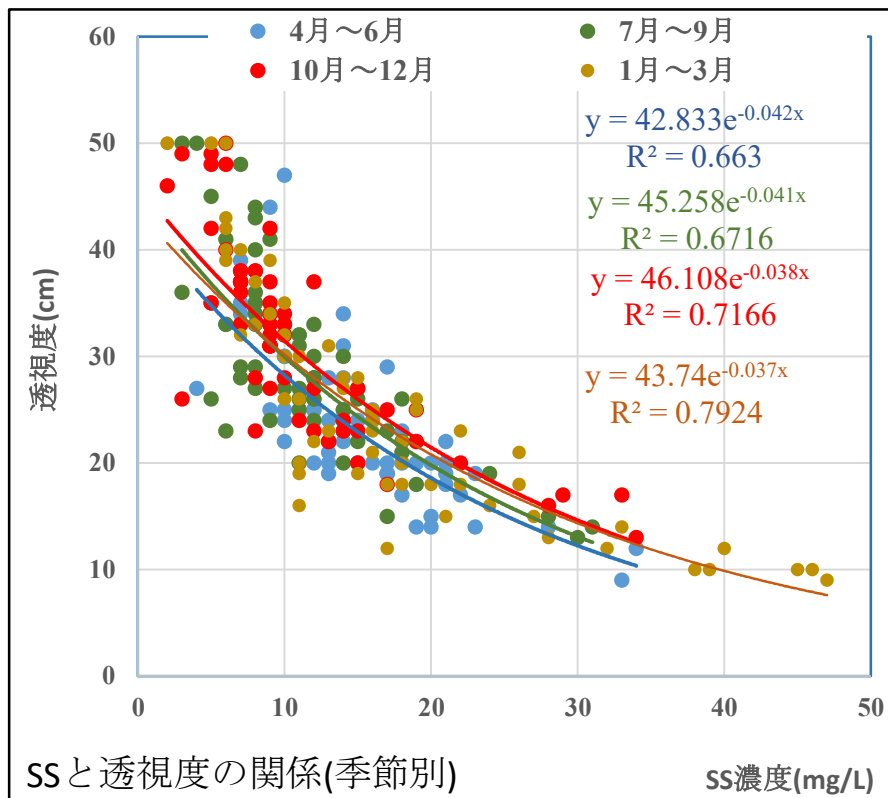
期間	a	b	決定係数
4月～6月	0.014	0.00213	0.70
7月～9月	0.017	0.00174	0.73
10月～12月	0.018	0.00154	0.79
1月～3月	0.015	0.00194	0.85

結果: 回帰式3が最も決定係数(相関係数の二乗)が高い結果が得られた

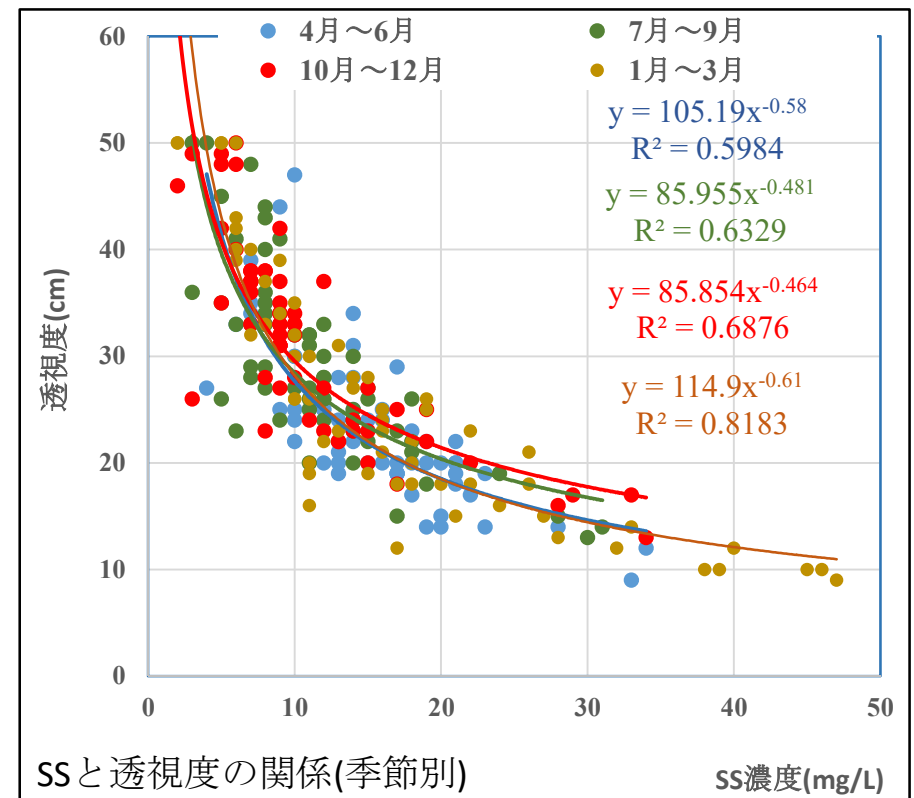
2-3 にごり予測モデル(透視度) ③回帰式の評価-1

◆ 回帰式1, 回帰式2について

- ・ 回帰式1、回帰式2について、季節別に実測値と回帰値の比較を行った
- ・ 回帰式1はSSが低濃度の場合に回帰値に対する実測値の分散が大きく、透明度を過少評価する可能性がある
- ・ 回帰式2はSSが低濃度で透視度が急増し、過大評価する可能性がある



回帰式1による比較



回帰式2による比較

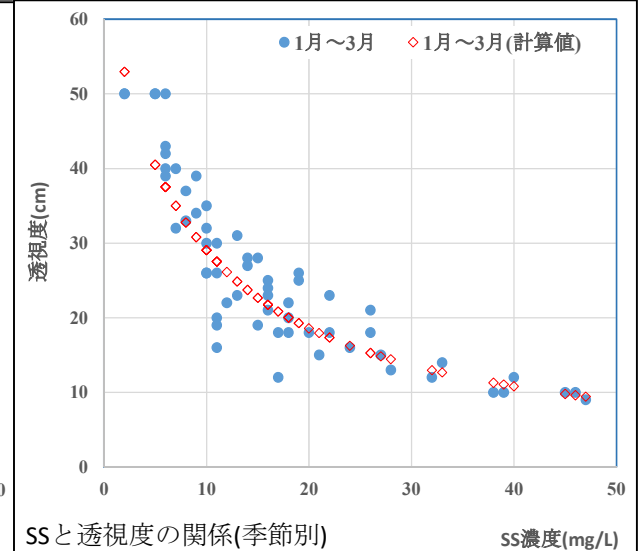
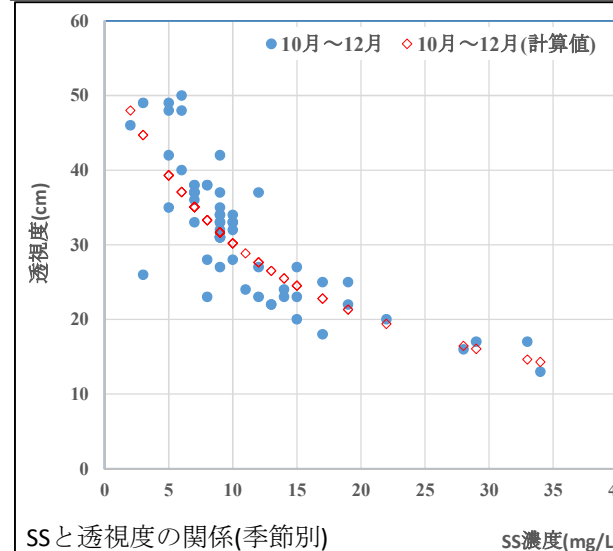
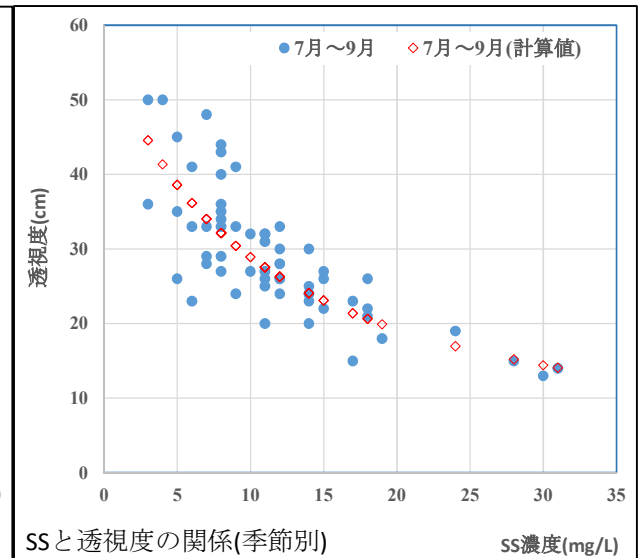
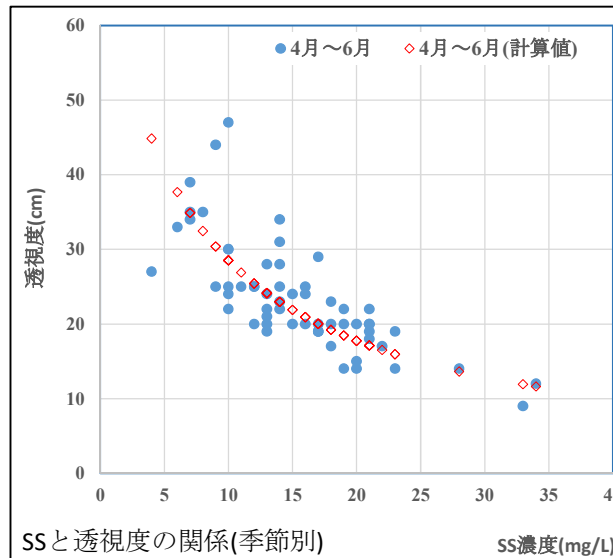
2-3 にごり予測モデル(透視度)) ④回帰式の評価-2

◆ 回帰式3について

- 回帰式3を用いて季節別に回帰値と実測値を比較した
- SSが低濃度時の透視度のバラつきは回帰式3でもみられるが、決定係数は、回帰式1~回帰式3中で最も高い



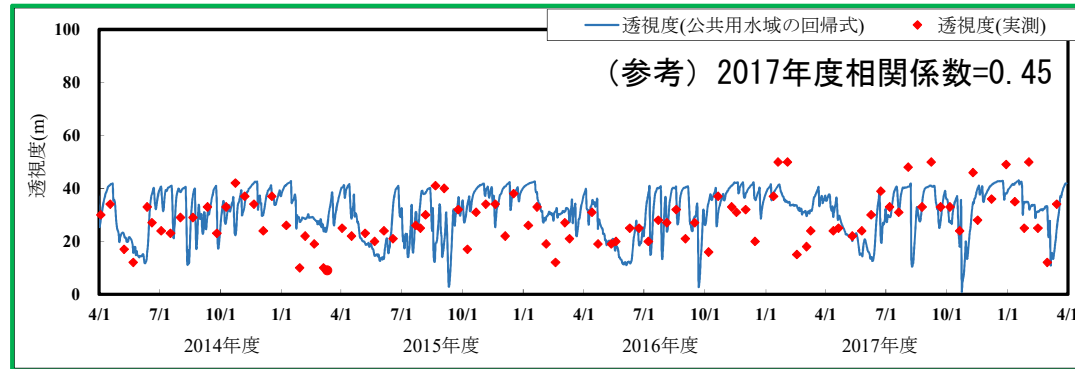
回帰式3を用いて
SSから透視度に換算
する



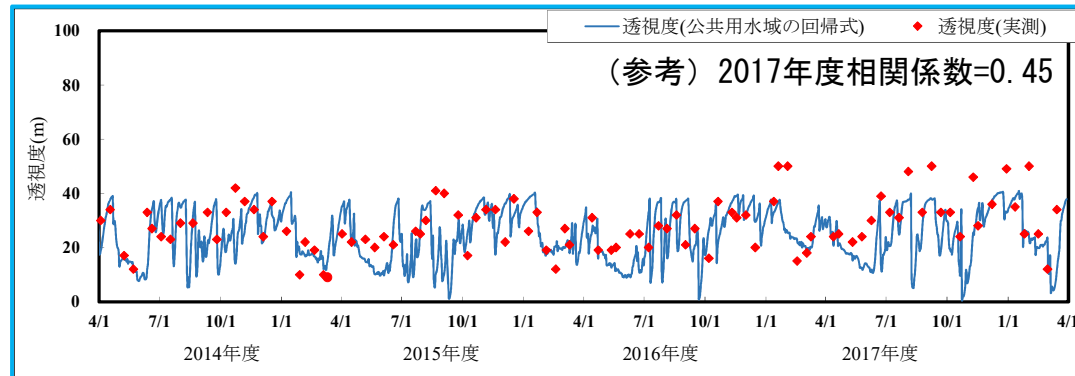
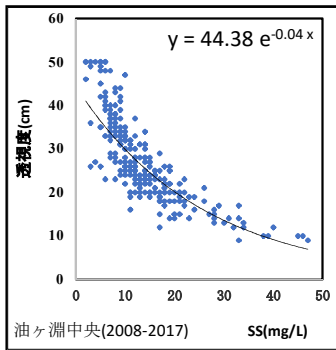
2-3 にごり予測モデル(透視度) ⑤透視度の予測

- ◆ 透視度の予測値と実測値との比較 下池（環境基準点）、2014～2017年度
 - ・ SS計算結果の改善とSSと透視度の回帰式の見直しにより再現性が向上した

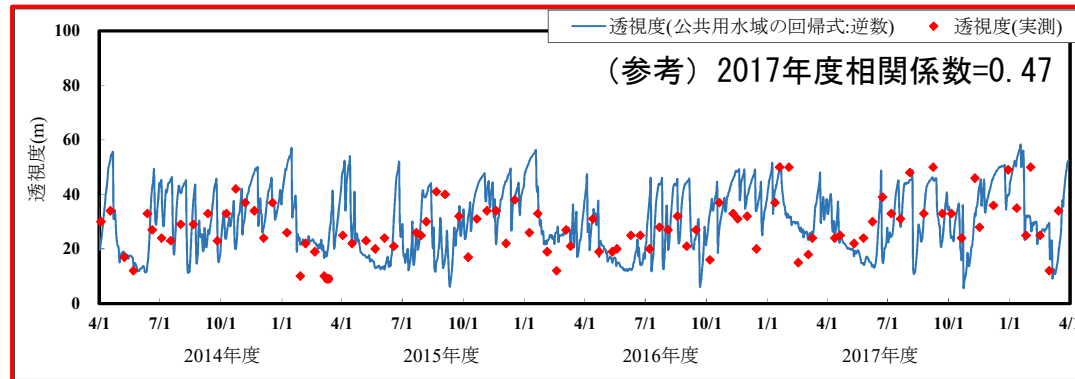
第3回委員会の結果



本計算結果
(SSと透視度の関係式は
第3回委員会の換算式を利用)



本計算結果
(回帰式3を利用)



2-4 にごり予測モデルのまとめ

(1) にごり予測モデルにより、2014～2017年度の環境基準点（下池中央）におけるSS濃度や粒度組成を計算した結果、実測値の時系列変動を概ね再現した

(2) 2014～2017年度の環境基準点（下池中央）におけるSS計算結果と、SSと透視度の回帰式から透視度を計算した結果、実測値の時系列変動を概ね再現した

⇒このにごり予測モデルを使って、にごり対策によるSS、透視度の改善効果を予測・評価していく