

# III にこりシミュレーションモデル

# Ⅲ-1 シミュレーションモデルの概要

## ①流動予測モデル 水平二次元多層モデル

- ・油ヶ淵の流動を再現、予測するモデル
- ・水質予測モデル、にごり予測モデルのベースとなる流動計算を行う
- ・清流ルネッサンスⅡ計画策定時に構築したモデル

- ## ②水質予測モデル ボックスモデル
- ・油ヶ淵の水質を再現、予測するモデル
  - ・清流ルネッサンスⅡ計画策定時に構築したモデル

## ③にごり予測モデル

- ・油ヶ淵の粒径別懸濁物質濃度を再現、予測するモデル
- ・にごり対策によるにごり(SS:浮遊物質量)、透視度の改善効果を予測・評価するモデル
- ・2017年度より構築を始めたモデル

第2回委員会の意見

(11)にごりシミュレーションモデルの作成

水平二次元多層の  
拡散・堆積モデル

にごり対策検討では「①流動モデル」と「③にごり予測モデル」を使用

## Ⅲ-2 にごり予測モデル ①モデルの概要

### 1. 目的

油ヶ淵の粒径別懸濁物質濃度を再現、予測するモデルを作成し、諸対策を講じることによるSS、透視度の改善効果を予測・評価する

### 2. モデル名

にごり予測モデル(水平二次元・多層、  
懸濁物質拡散・堆積モデル)

### 3. モデル基本式

粒径別懸濁物質の保存式、

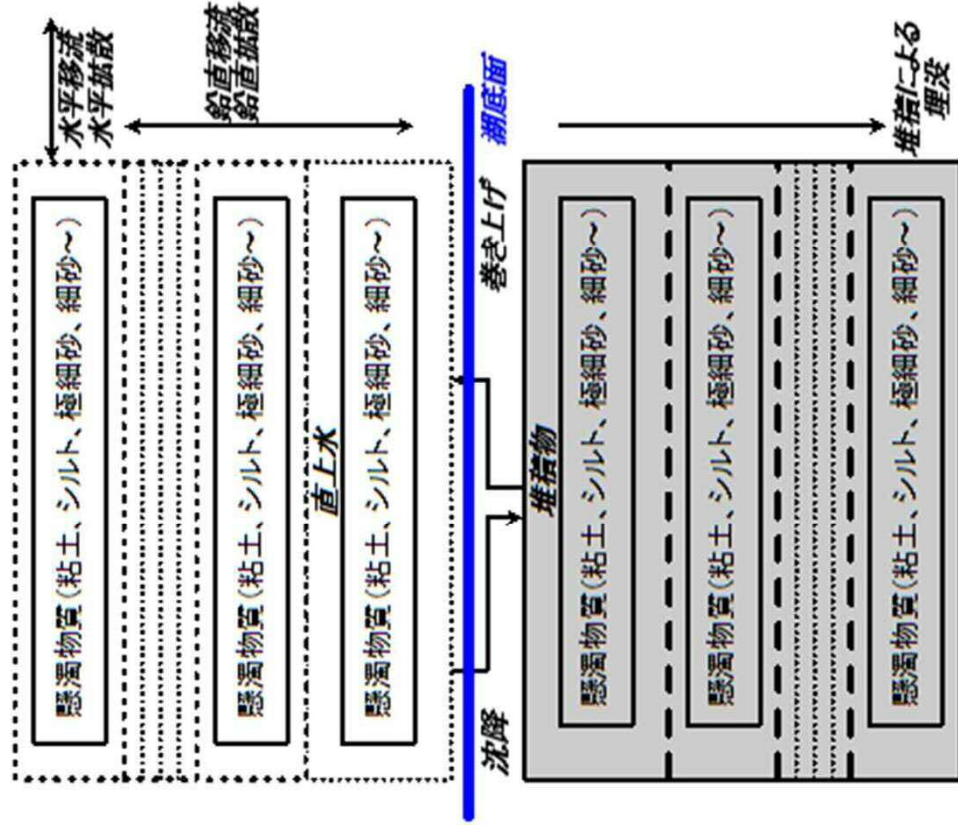
水中・底泥の沈降・堆積の収支式で構成

### 4. 計算領域

油ヶ淵全域(高浜水門・新川樋門～流入河川  
河口部)を対象領域

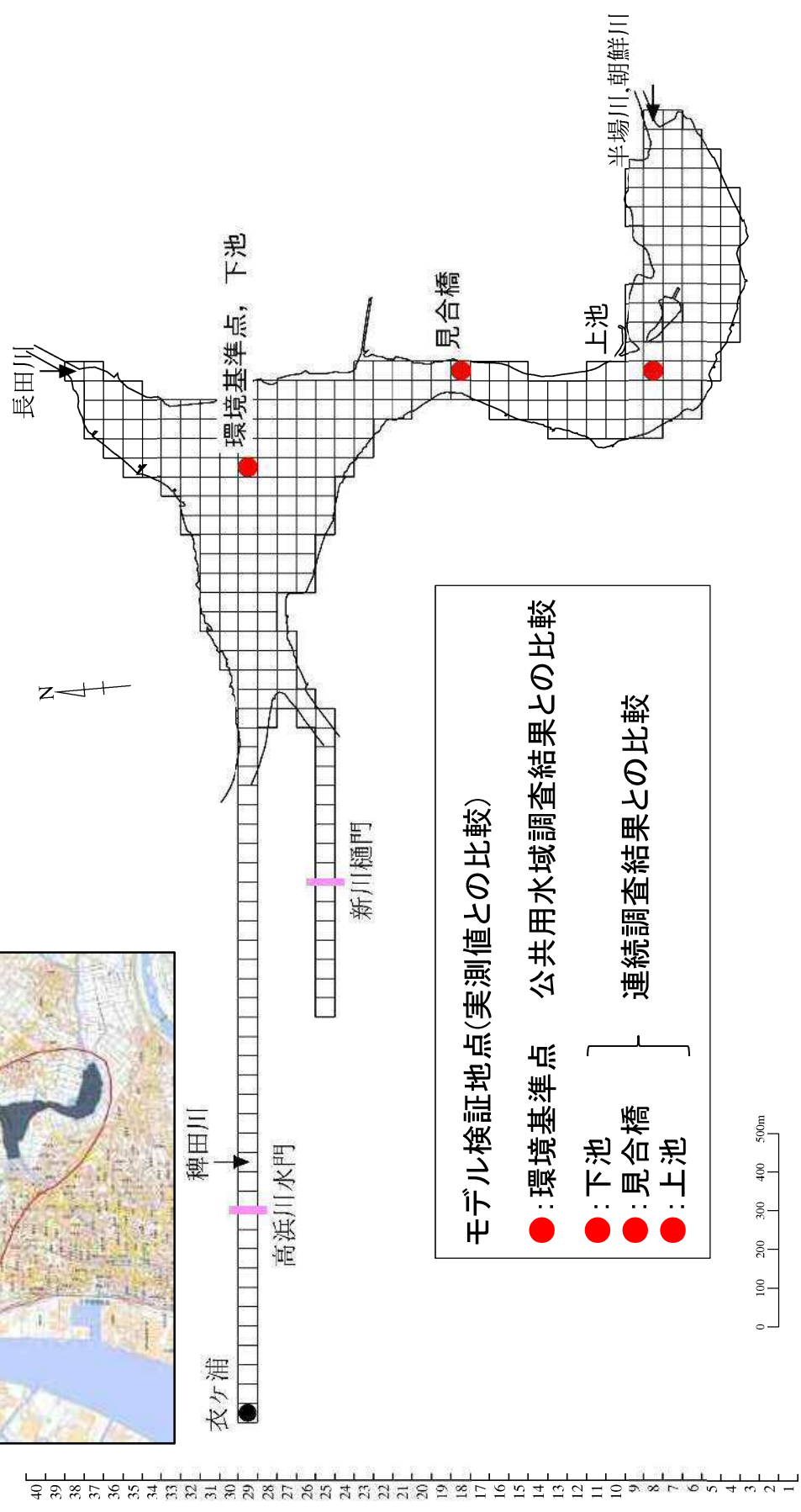
### 5. 領域分割

- ・ 水中：水平方向50m格子、鉛直方向最大6層(0～2m、2m以深は50cm間隔)
- ・ 底泥：水平方向50m格子、25層(1cm間隔)



▲モデル構造

# Ⅲ-2 にごり予測モデル ②計算領域・モデル検証地点



モデル検証地点(実測値との比較)

- : 環境基準点    公共水域調査結果との比較
- : 下池    連続調査結果との比較
- : 見合橋
- : 上池

40  
39  
38  
37  
36  
35  
34  
33  
32  
31  
30  
29  
28  
27  
26  
25  
24  
23  
22  
21  
20  
19  
18  
17  
16  
15  
14  
13  
12  
11  
10  
9  
8  
7  
6  
5  
4  
3  
2  
1

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70

## ▲計算領域

# Ⅲ-2 にごり予測モデル ③入出力項目

## 1. 入力項目

項目	詳細	設定方法の概要
1.地形・水深	メッシュ別の水深	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 深淺測量結果による50m格子の平均</li> </ul>
2.流動場	メッシュ別の流量収支	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 別途に流動モデルにより計算</li> </ul>
3. 流入河川条件	SSの流入負荷量	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 流量負荷量関係式を算定して日流量から計算 (1<math>\mu</math>以下の部分は粒度組成から算定)</li> </ul>
4. 流入河川条件	SSの粒度組成	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 流入河川の粒度組成分析結果を利用</li> </ul>
5.物質循環諸係数	沈降速度 巻き上げ量を計算する諸係数	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 既存文献または実測値との比較から設定</li> </ul>
6.底泥の組成	密度、空隙率、粒度組成	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 底質調査結果</li> </ul>

## 2. 出力項目

項目	内容
水中、底泥の粒径別SS濃度 (透視度はSSから換算)	格子別、層別に粒径別に日単位で計算、出力する (8粒径に分割) (1) $\sim 2\mu$ (2) $2\mu \sim 4\mu$ (3) $4\mu \sim 8\mu$ (4) $8\mu \sim 16\mu$ (5) $16\mu \sim 32\mu$ (6) $32\mu \sim 62.5\mu$ (7) $62.5\mu \sim 125\mu$ (8) $125\mu \sim$

## Ⅲ-2 にごり予測モデル ④流入負荷量設定 (概要)

### 1. 流入負荷量設定方法の概要

- ・ 流入負荷量は、河川のSS濃度と流量から流量負荷量関係式を作成し、日流量から日負荷量を求めた

期間	河川	流量負荷量関係式の作成	利用データ	備考
1. 春季代かき期	長田川 半場川	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 濁度連続調査結果をSSに換算</li> <li>・ 日平均流量と日平均濃度を利用</li> </ul>	2007年度、濁度連続調査 (4月～7月)	
	稗田川	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 環境基準点のSS濃度の平均値を利用</li> <li>・ 負荷量は日平均流量を乗じて求めた</li> </ul>	2010年度～2017年度 河川環境基準点データ (春季代かき期のみ抽出)	*
2. 冬季代かき期	長田川 半場川	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 濁度連続調査結果をSSに換算</li> <li>・ 日平均流量と日平均濃度を利用</li> </ul>	2018年度、濁度連続調査 (2月～3月)	
	稗田川	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 環境基準点のSS濃度と測定日の日平均流量利用</li> </ul>	2010年度～2017年度 河川環境基準点 (冬季代かき期のみ抽出)	*
3. 出水時	長田川 半場川	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 濁度連続調査結果をSSに換算し時間平均流量と時間平均濃度を利用</li> </ul>	2007年度、濁度連続調査 (出水時のみ抽出)	
	稗田川 (灌漑期) 稗田川 (非灌漑期)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 出水時調査結果を利用</li> <li>・ 出水時調査結果を利用</li> </ul>	2018年8月の出水調査結果 2017年10月の出水調査結果	
4. 平常時 (代かき期、 出水時以外)	稗田川 長田川 半場川 朝鮮川	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 環境基準点のSS濃度について該当期間のSS濃度と測定日の平均流量利用</li> </ul>	2010年度～2017年度、河川 環境基準点データ(代かき 期、出水時以外を抽出)	*

\* 測定地点が上流部のため、流域面積比を乗じて河口値とした

## Ⅲ-2 にごり予測モデル ④流入負荷量設定（代かき期）

### 2. 代かき期の流入負荷量設定

#### 2-1 長田川、半場川

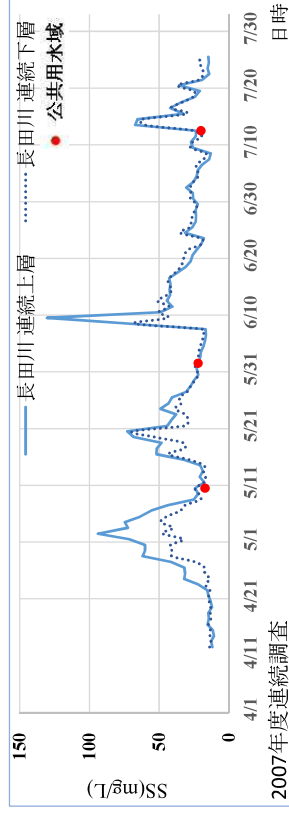
- ・長田川、半場川は、2007年、2018年に濁度連続調査結果を行っているため、濁度-SS換算式を用いてSS連続データに変換した

SS (mg/L) = 0.44 × 濁度 + 5.04 (相関係数(R) : 0.84) 2007年度春季～夏季

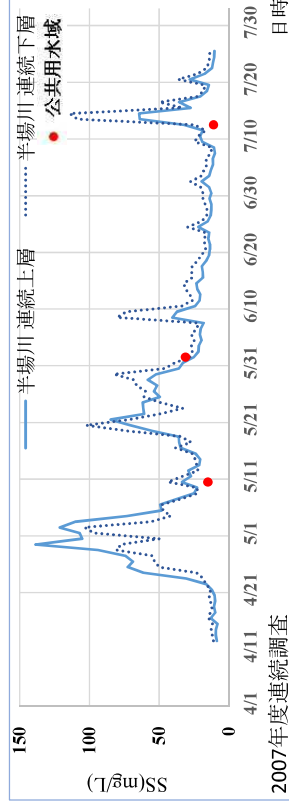
SS (mg/L) = 0.44 × 濁度 + 0.37 (相関係数(R) : 0.48) 2018年度冬季

- ・同期間の採水分析結果と比較し、換算による誤差は小さい事を確認した

長田川

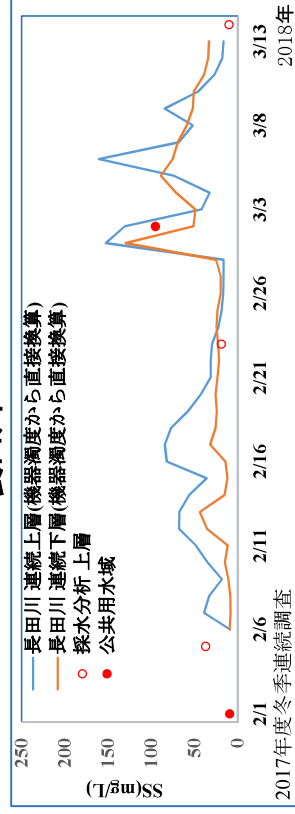


半場川

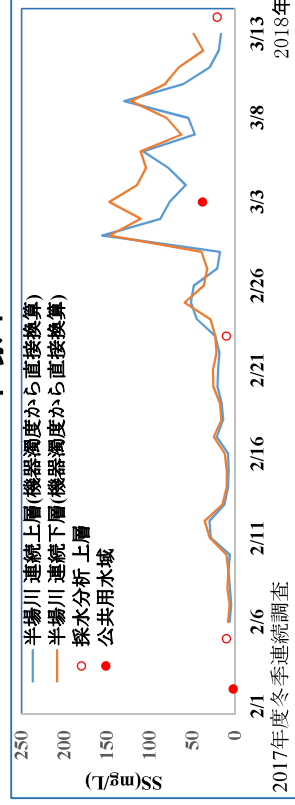


▲濁度から換算したSS濃度と採水分析結果の比較(2007年4月～7月)

長田川



半場川



▲濁度から換算したSS濃度と採水分析結果の比較(2018年2月～3月)



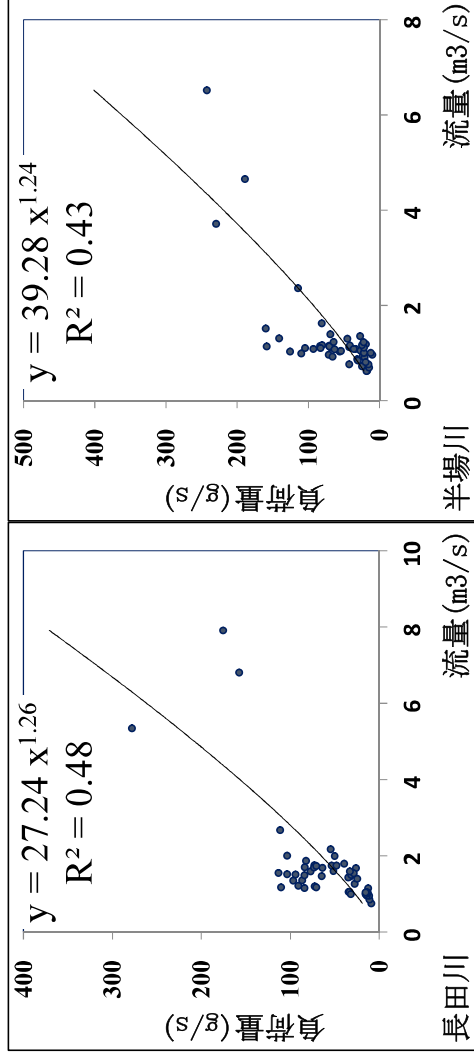
# Ⅲ-2 にごり予測モデル ④流入負荷量設定 (代かき期)

## 2. 代かき期の流入負荷量設定

### 2-1 長田川、半場川

#### 【春季代かき期】

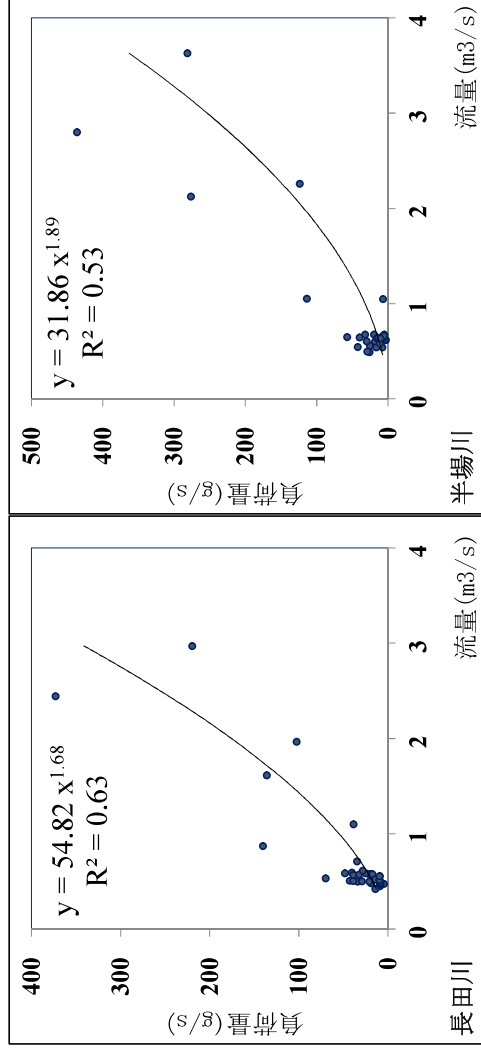
- SSに換算した連続データから春季代かき期(4月21日～6月10日)のデータを抽出し、SSの日平均値と同日の流量の日平均値から流量負荷量関係式を作成した
- 河口部の日平均流量から負荷量を設定した



#### 【冬季代かき期】

- SSに換算した連続データから冬季代かき期(2月6日～3月13日)のデータを抽出し、SSの日平均値と同日の流量の日平均値から流量負荷量関係式を作成した
- 河口部の日平均流量から負荷量を設定した

#### ▲ 春季代かき期の流量負荷量関係式(長田川、半場川)



#### ▲ 冬季代かき期の流量負荷量関係式(長田川、半場川)



## Ⅲ-2 にごり予測モデル ④流入負荷量設定（代かき期）

### 2. 代かき期の流入負荷量設定

#### 2-2 稗田川

- ・ 稗田川は、連続調査結果を実施していないため、公共用水域（環境基準点）の水質測定結果から春季代かき期、冬季代かき期のデータのデータを抽出し、それぞれについて流量・負荷量関係式を検討した

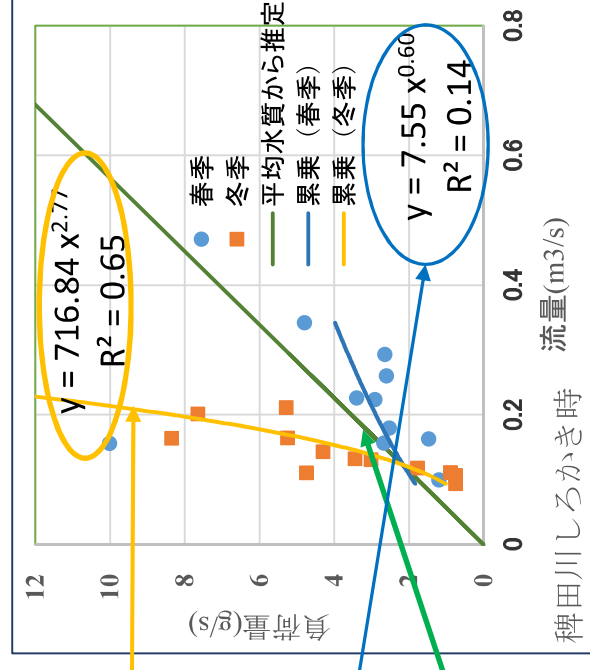
#### 【冬季代かき期】

流量と負荷量の高い相関が見られたため、得られた回帰式を用いることとした

#### 【春季代かき期】

冬季と同様の方法を用いて解析を行った結果では相関係数が低く、流量増加にともないSS濃度は減少する傾向を示した

⇒そのため、春季代かき期は、春季代かき期の平均SS濃度（17.7mg/L）に流量を乗じて負荷量を計算することとした



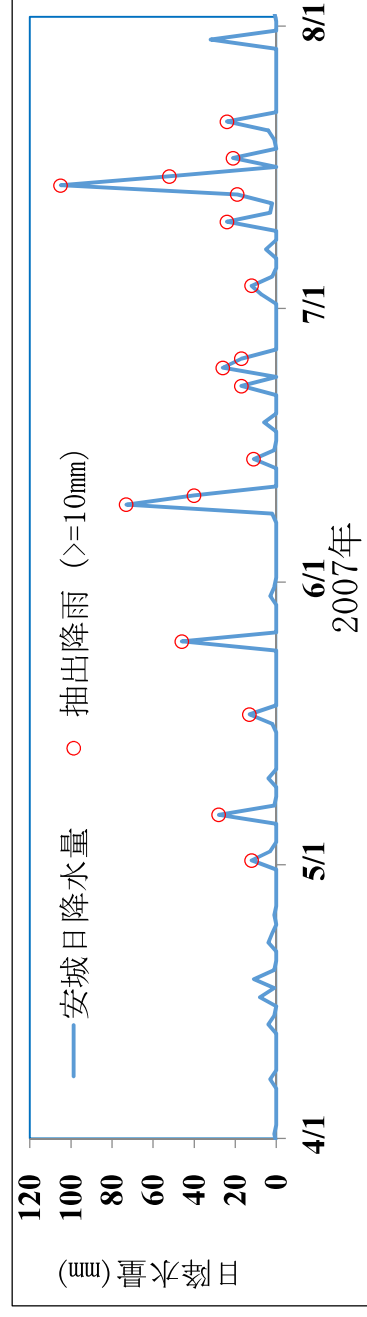
▲代かき期の流量負荷量関係式（稗田川）

## Ⅲ-2 にごり予測モデル ④流入負荷量設定（出水時）

### 3. 出水時の流入負荷量設定

#### 3-1 長田川、半場川

- ・ 利用データ  
2007年4月～7月、長田川河口、半場川河口の濁度連続測定結果をSSに換算した値から出水時のデータを抽出した
- ・ 出水時の設定  
安城の日降水量10mm以上の日時を出水時とし、出水期間として2日間とした（出水は17イベントであった）



▲2007年濁度連続調査期間の安城の日降水量と抽出した出水イベント

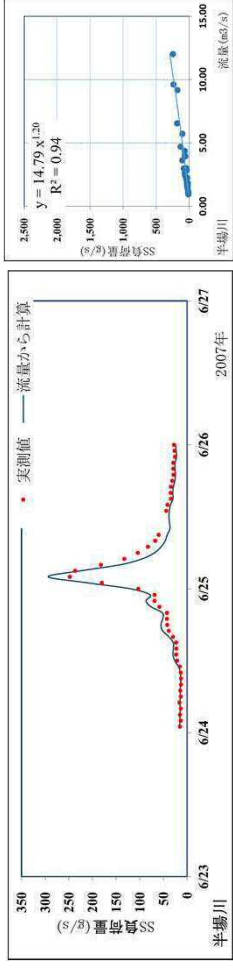
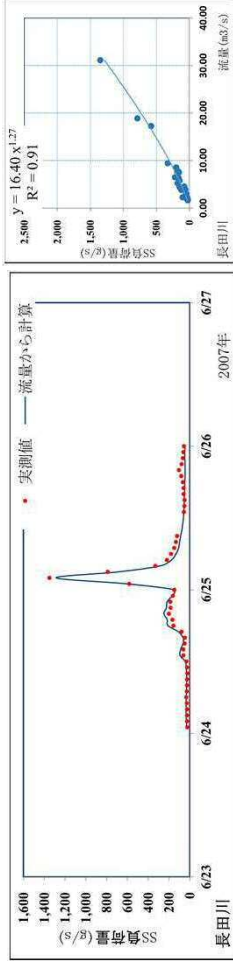
- ・ 各イベントについて出水後2日間データを用いて流量負荷量関係式(LQ式)を作成した  
負荷量 (g/s) =  $Fb \times$  (流量 (g/s))<sup>Fa</sup>
- ・ 代表イベント (6月24～6月25日の出水時) の流量負荷量関係式の係数を以下に示す  
長田川     $Fa=1.27$      $Fb=16.4$     相関係数(R)の二乗 ( $R^2$ )=0.91    安城日降雨: 26 mm  
半場川     $Fa=1.20$      $Fb=14.9$     相関係数(R)の二乗 ( $R^2$ )=0.94    安城日降雨: 26 mm

# Ⅲ-2 にごり予測モデル ④流入負荷量設定（出水時）

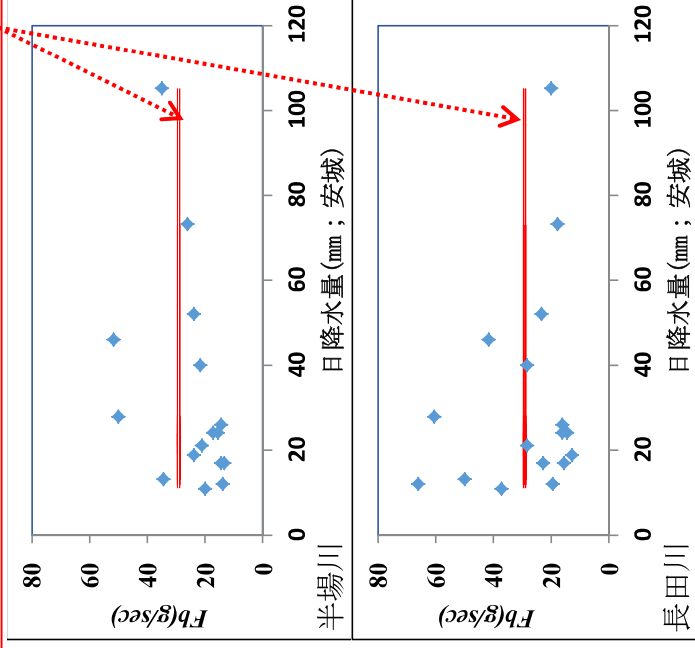
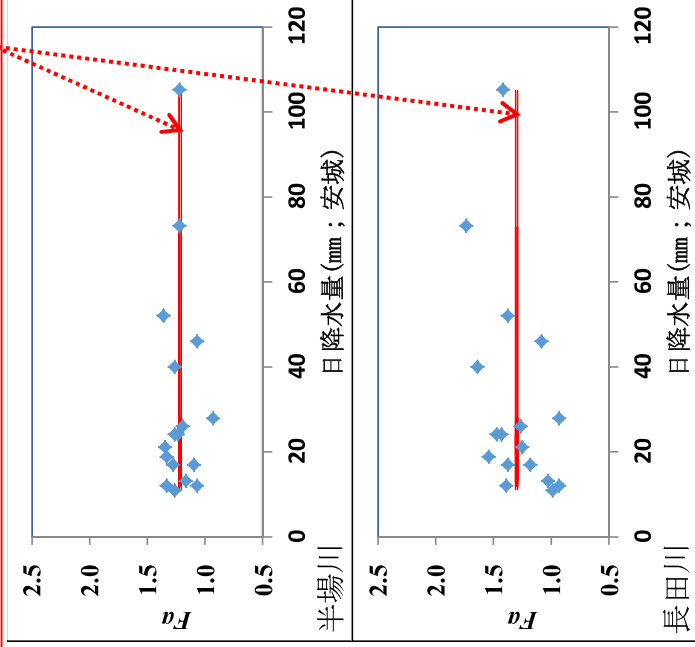
## 3. 出水時の流入負荷量設定

### 3-1 長田川、半場川

- ・ 代表イベントの回帰式と濁度の時系列変動を右に示す →
- ・ 全イベントについて同様の整理を行い相関係数0.8を上回るデータ（17回中、16回）について流量負荷量関係式の係数を ( $F_a$ ,  $F_b$ ) を求めた。
- ・ 各係数について降水量との関係を検討したが明瞭な関係がみられなかった



⇒ 各係数と出水規模（降水量）との間に明瞭な関係がみられなため係数は河川別に平均値を利用



▲ 流量負荷量関係式の係数と降水量の関係（長田川、半場川）

## Ⅲ-2 にごり予測モデル ④流入負荷量設定（出水時）

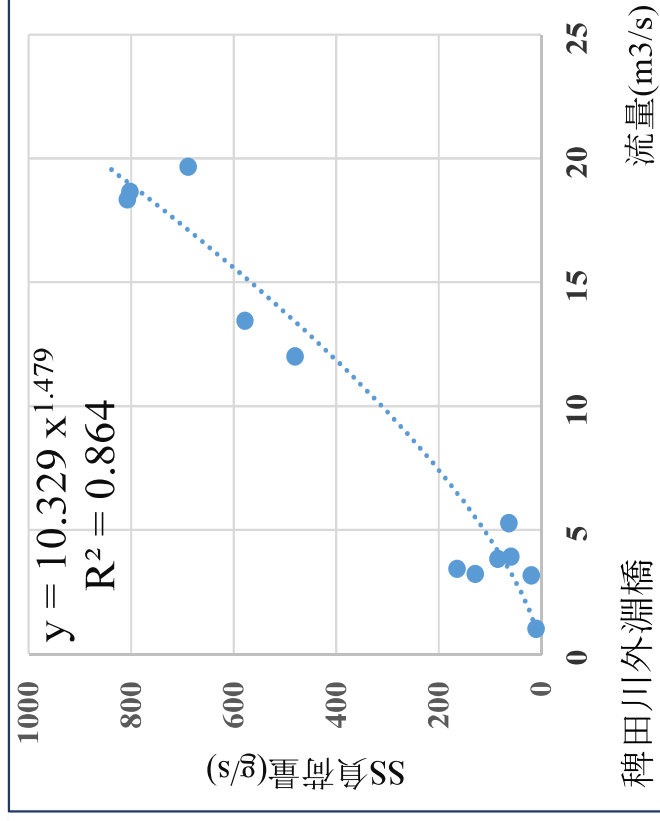
### 3. 出水時の流入負荷量設定

#### 3-2 稗田川

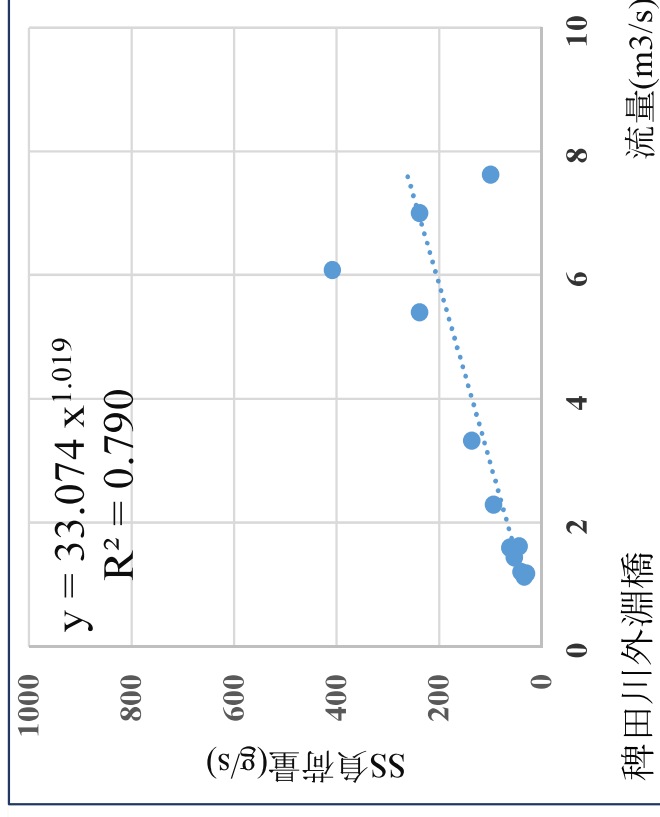
稗田川は濁度連続調査を行っているため、既往の出水時調査結果を用いた

- ・ 灌漑期：平成29年8月出水時調査結果から流量負荷量関係式を作成
- ・ 非灌漑期：平成27年10月出水時調査結果から流量負荷量関係式を作成

（なお、長田川、半場川は日降水量と流量負荷量関係式の係数の間に明瞭な関係が見られなかったが、稗田川ではその確認はとれないため、灌漑期、非灌漑期の調査で得られた係数をそれぞれの期間に適用した）



▲ 流量負荷量関係式（灌漑期）  
（平成29年8月調査結果）



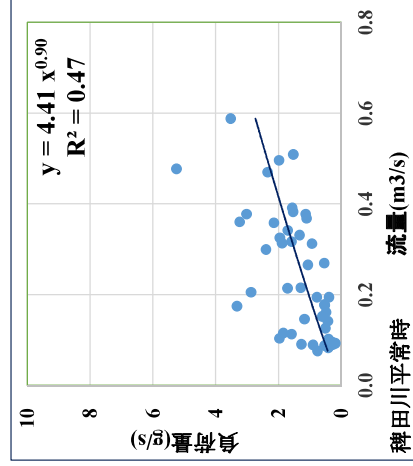
▲ 流量負荷量関係式（非灌漑期）  
（平成27年10月調査結果）

## Ⅲ-2 にごり予測モデル ④流入負荷量設定（平常時）

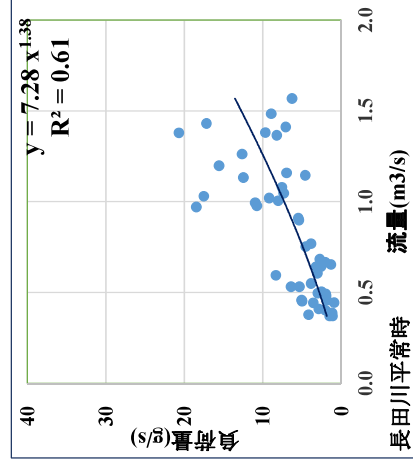
### 4. 平常時（出水時, 代かき期以外）の流入負荷量設定

【長田川、半場川、朝鮮川、稗田川】

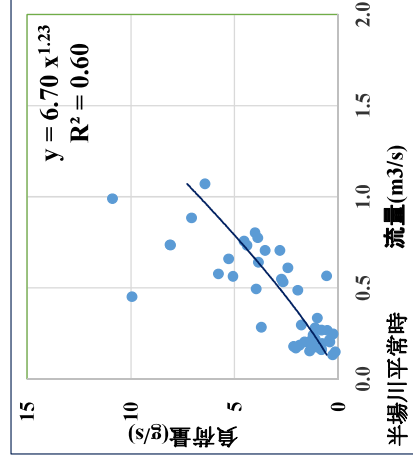
- ・利用データ  
2010年度～2017年度、河川環境基準点データ（代かき期、出水時以外を抽出）を用いた
- ・流量負荷量関係式の設定  
環境基準点のSS濃度についてSS濃度と測定日の日平均流量を用いて流量負荷量関係式を作成した



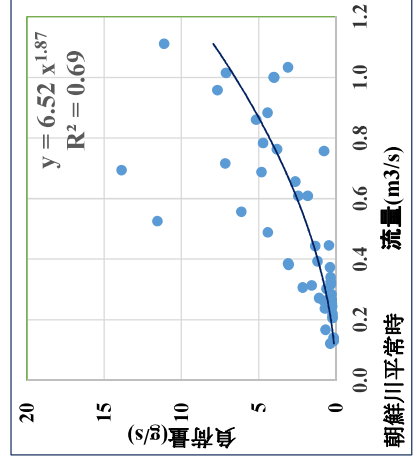
稗田川



長田川



半場川



朝鮮川

### ▲河川環境基準点の流量と負荷量の関係式

- ・流入負荷量の計算  
基準点の日流量から日流入負荷量を計算した後に、流域面積比を乗じて河口値とした

## Ⅲ-2 にごり予測モデル ⑤沈降速度の設定

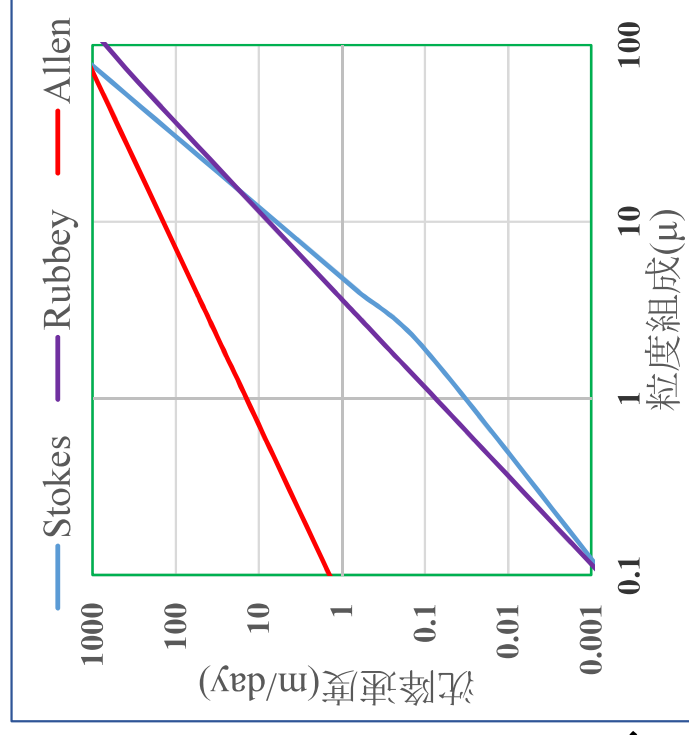
### 1. 沈降速度の設定方針

- ・ 通常の沈降速度はStokes式、Allen式及びStokes式を補正したRubey式が一般的である。ただし、Rubey式は細砂以上の粒径の粗い土砂に適用可能と考えられている
- ・ 油ヶ淵の場合、粒径は $100\mu\text{m}$ より小さい粒子が主体であり、 $100\mu\text{m}$ 以上の粒子は存在率が小さい結果が得られている。

・ 一般にStokes式では、シルトでも粒径が大きい場合は沈降速度を過大評価する可能性があるためRubey式の適用を試みたが、実測のSS濃度を著しく下回った



- ・ そこで、Stokes式を直接補正して適用することとした
- ・ Stokes式は抵抗の小さい球形を想定しているが、実際の油ヶ淵では板状など抵抗の大きい粒子の割合が多いと考えられることから、補正比率は $1\sim 1/100$ の間で段階的に条件を変化させて計算を行い、実測値との差が小さくなる係数を利用することとした

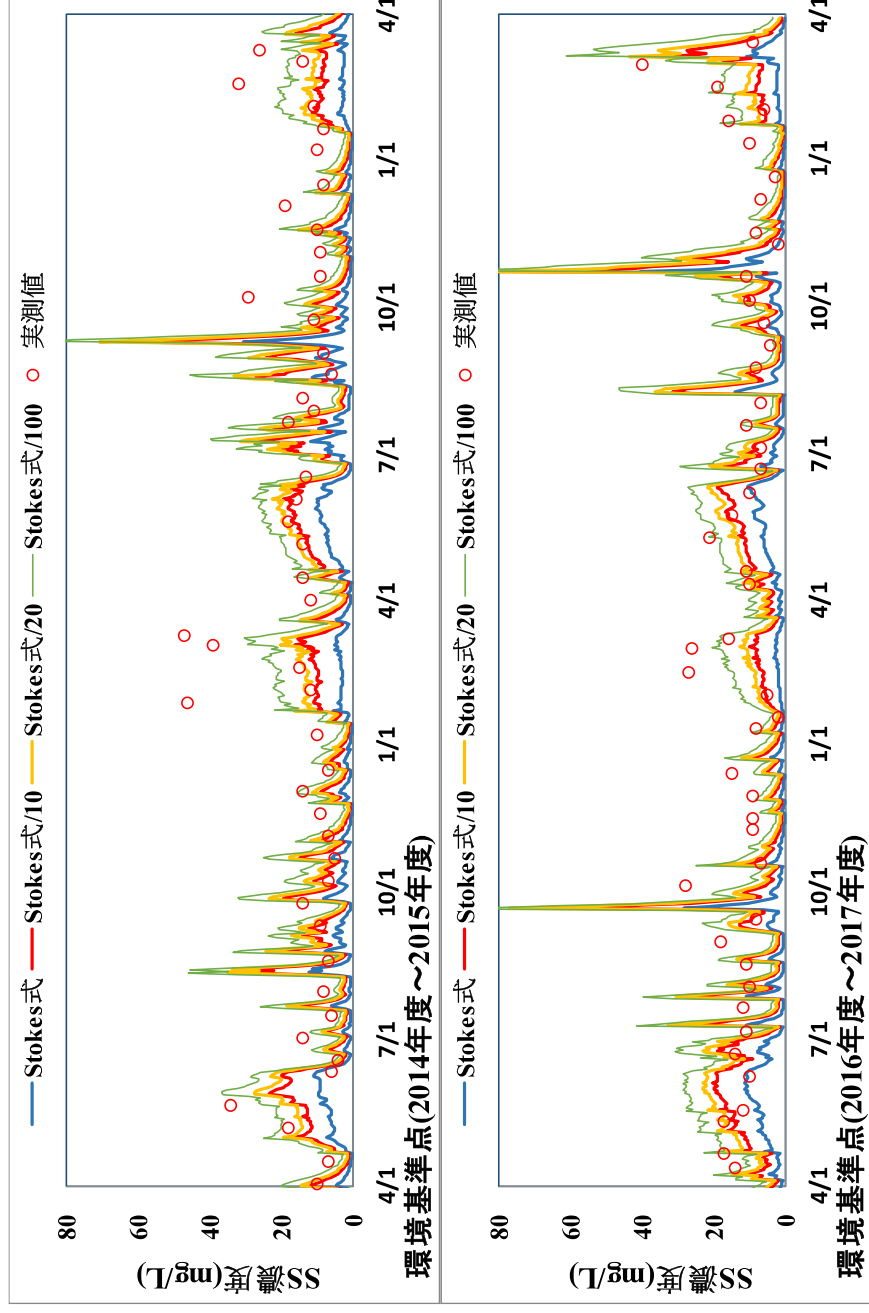


▲粒度組成と沈降速度の関係式

## Ⅲ-2 にごり予測モデル ⑤沈降速度の設定

### 2. 沈降速度の感度解析

- Stokes式による沈降速度を1~1/100の補正比率で変化させてSS濃度の計算を行い、2014年度~2017年度の環境基準点のSS濃度（公共用水域水質調査結果）と比較した結果、Stokes式の1/10の場合に実測値との差が最も小さかった



RMSE(平均平方二乗誤差) (mg/L)	
Stokes式	12.4
Stokes式/10	9.2
Stokes式/20	9.7
Stokes式/100	10.0

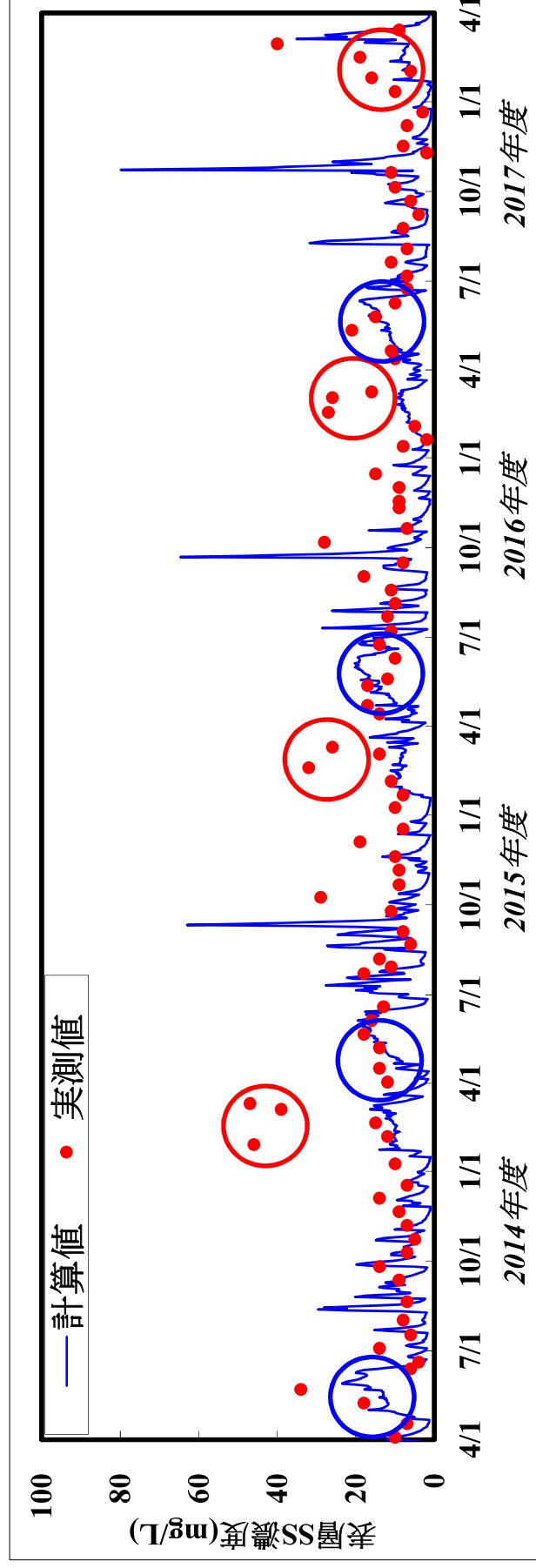
▲沈降速度の変更による再現性の検討（環境基準点：2014年度~2017年度）



## Ⅲ-2 にごり予測モデル ⑥計算結果 (SS濃度)

### 1. SS濃度 (環境基準点：公共用水域水質測定結果との比較)

- ・ 冬季代かき期(○)については、2017年度は計算値と実測値が概ね一致し、過去に遡るにともなって計算値が実測値を下回っている
- ・ 春季代かき期(○)については、2014～2017年度とも計算値と実測値が概ね一致している
- ・ 代かき期の流量負荷量の関係式の設定に用いたデータが単年度に限定されたため、年度による傾向の違いを再現するには限界があるが、2017年度は実測値と計算値の乖離が小さく、概ね現状を表現していると考えられる
- ・ なお、環境基準点の実測値は非出水時に限定されるため、計算値で得られる出水による高濃度ピークは実測値では表示されない



▲SS濃度の計算値と実測値の比較(環境基準点：下池上層のSS濃度)

## Ⅲ-2 にごり予測モデル ⑥計算結果 (SS濃度)

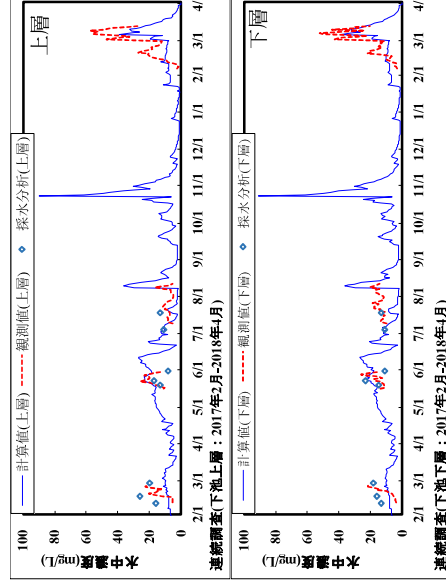
### 2. SS濃度 (下池・見合橋・上池：現地調査結果との比較)

- ・利用したデータ

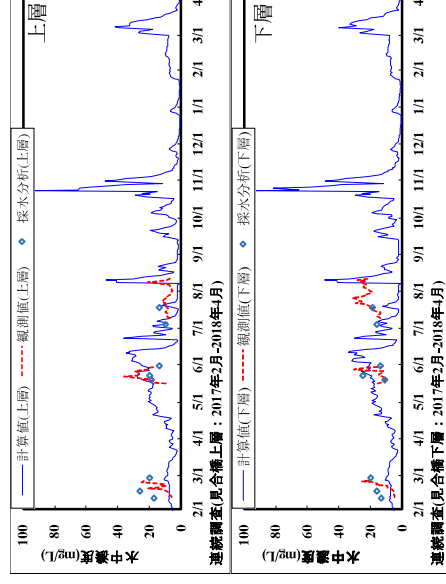
2017年～2018年に実施した濁度の連続調査結果をSSに換算し計算値と比較した調査地点は、下池、見合橋、上池の3地点とした

- ・実測値との比較

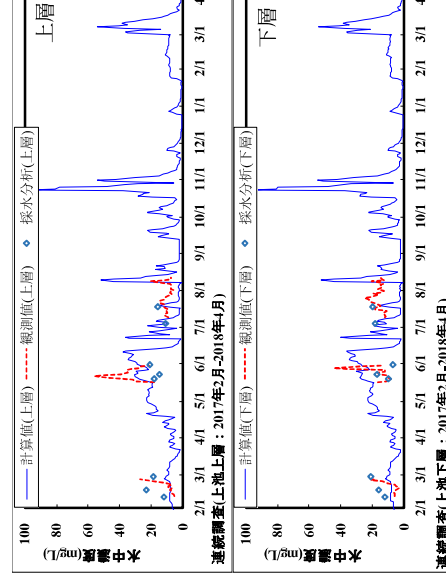
7～8月の下層は計算値より実測値がやや高いが、その他については、計算値と実測値は概ね一致している



下池



見合橋



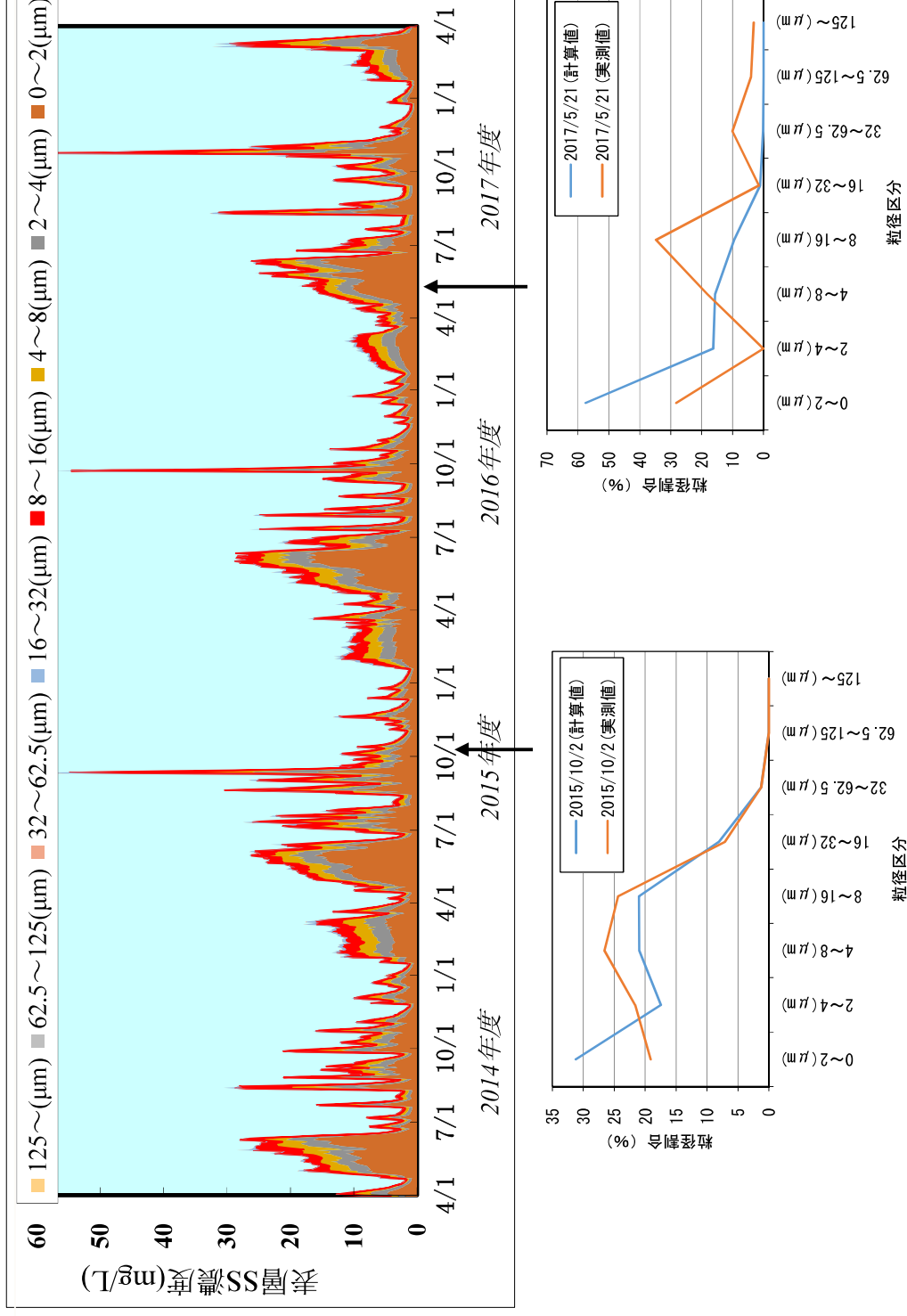
上池

SS濃度の計算値と実測値の比較

# Ⅲ-2 にごり予測モデル ⑥計算結果（粒度分布）

## 3. 粒度分布

- ・ 2014年度～2017年度の環境基準点（下池上層）のSS濃度の粒度組成を示した
- ・ 計算値の粒度分布は、実測値の粒度分布を概ね再現している
- ・ 計算値の粒度分布は、細粒径の割合が多く、16 $\mu$ m以上の割合が少ない場合もある



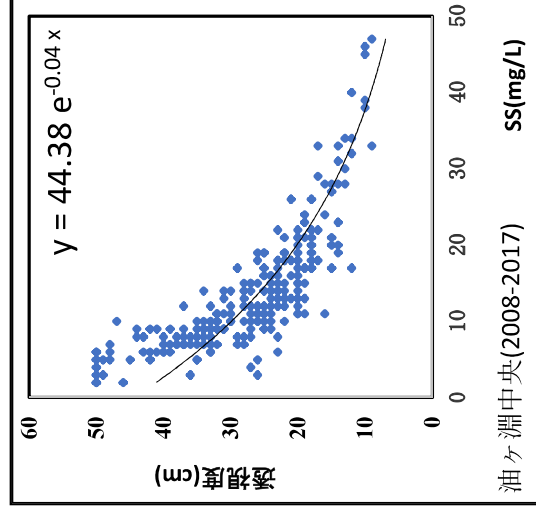
粒度分布の計算値と実測値の比較（環境基準点：下池）

## Ⅲ-2 にごり予測モデル ⑥計算結果（透視度）

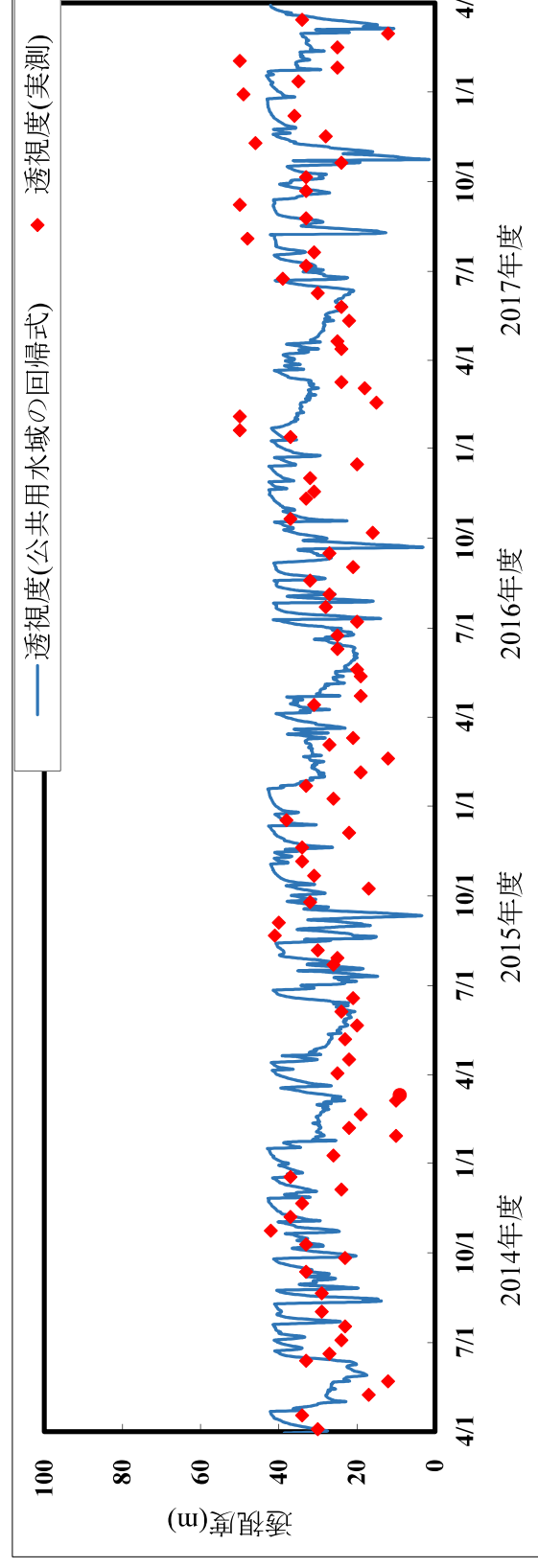
### 4. 透視度

環境基準点（過去10年間）のデータから得られた「SSと透視度の関係式」と表層SS濃度の計算結果から透視度に換算し、実測値と比較した。

- 2014年度～2016年度は冬季の計算値が実測値をやや上回るものの、その他の期間は概ね再現した
- 2017年度は、透視度50cm付近の実測値に比べて計算値がやや下回るものの、全体の傾向は概ね再現した



SSと透視度の関係式



透視度の予測値と実測値の比較（環境基準点）

### Ⅲ-3 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)

におけるSS濃度を計算した結果、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)におけるSS計算結果につい

て、SSと透視度の関係式から透視度を算出した結果、実測値の時系列変動を概ね再現した

⇒今後は、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