

大橋川改修事業

環境調査一次報告書(案)

<参考資料[水環境編]>

平成 19 年 12 月

中国地方整備局
出雲河川事務所

参考資料[水環境編]

目 次

1. 水質	1-1
1.1 水質測定方法及び分析方法	1-1
1.2 流動予測モデルの概要	1-2
1.2.1 流動予測モデルの基本的考え方	1-2
1.2.2 モデルの基礎式	1-5
1.2.3 水域分割	1-8
1.2.4 流動計算条件	1-10
1.2.5 現況再現計算	1-14
1.3 水質	1-27
1.3.1 水質予測モデルの基本構造	1-27
1.3.2 水域分割	1-34
1.3.3 水質計算条件	1-36
1.3.4 モデルパラメータ	1-62
1.3.5 現況再現計算	1-63
1.4 バックグラウンド（他事業）の影響について	1-74
1.4.1 バックグラウンドとして考慮する事業	1-74
1.5 尾原ダム建設及び斐伊川放水路建設の組込み方法	1-76
1.5.1 想定される変化	1-76
1.5.2 尾原ダム建設の考慮方法	1-78
1.6 佐陀川の改修の組込み方法	1-84
1.7 国営中海土地改良事業の変更の取込み方法	1-86
1.7.1 中浦水門の撤去	1-86
1.7.2 西部承水路の撤去，森山堤防の開削及び本庄排水機場撤去	1-87
2. 水底の泥土（底質）	2-1
2.1 中海宍道湖の移動摩擦速度室内実験	2-1

1. 水質

1.1 水質測定方法及び分析方法

表 1.1-1 水質分析項目及び分析方法

分析項目	分析方 法	出 典	表 示 単 位	最 小 単 位	有 効 数 字
pH	ガラス電極法	河川水質試験方法(案) 5・3・1	—	小1位	2
DO	ウィンクラーアジ化ナトリウム変法	” 8・3・1	mg/L	小1位	3
BOD	一般希釈法	” 9・4	mg/L	小1位	3
COD	COD Mn法	” 10・3・1	mg/L	小1位	3
SS	GFPろ過法	” 11-1・3・1	mg/L	小1位	3
大腸菌群数	BGLB培地直接MPN法	” 59-2・3・1	MPN/100ml	小1位	2
糞便性大腸菌群数	M-FC寒天培地法	” 59-3・3・1	MPN/100ml	小1位	2
NH ₄ -N	GFPろ過後、自動分析法(インドフェノール法)	” 53-2・4・3	mg/L	小2位	3
NO ₂ -N	GFPろ過後、自動分析法(スルファニルミド・ナフチルエチレンジアミン法)	” 53-3・3・2	mg/L	小3位	3
NO ₃ -N	GFPろ過後、自動分析法(カドミウム・銅カラム還元法)	” 53-4・3・3	mg/L	小2位	3
D・T-N	GFPろ過後、T-Nに同じ	” 53-6・3・2	mg/L	小2位	3
T-N	NaOH・ペルオキシニ硫酸カリウム分解後、自動分析法	” 53-6・3・2	mg/L	小2位	3
D・PO ₄ P	GFPろ過後、自動分析法(アスコルビン酸法)	” 54-3・3・2	mg/L	小3位	3
D・T-P	GFPろ過後、T-Pに同じ	” 54-3・3・1	mg/L	小3位	3
T-P	ペルオキシニ硫酸カリウム分解後、自動分析法	” 54-3・3・1	mg/L	小3位	3
TOC	燃焼酸化-赤外線自動分析法	” 55-3・2	mg/L	小1位	3
D・COD	GFPろ過後、CODに同じ	” 10・3・1	mg/L	小1位	3
クロロフィル a, b, c	三波長吸光度法	” 58・4・2	μg/L	小1位	2
濁度	積分球式測定法	” 3・3・1	度	小1位	3
導電率	白金黒電極法(零位法)	” 4・3・1	mS/L	小1位	3
総硬度	計算による方法	” 43・3・1	mg/L (CaCO ₃ として)	小1位	3
アルカリ度	酸滴定法	” 51・3・1	mg/L (CaCO ₃ として)	小1位	3
塩化物イオン	硝酸銀滴定法	” 45・3・2	mg/L	1位	3
溶解性鉄	ICP発光分析法	” 31・4・4	mg/L	小2位	3
溶解性マンガン	”	” 32・4・3	mg/L	小2位	3

表 1.1-2 底質分析項目及び分析方法

分析項目	分析方 法	出 典	表 示 単 位	最 小 単 位	有 効 数 字
含水比	重量法	JIS A1203	%	1位	3
強熱減量	”	底質調査方法(環境庁告示第120号)4.	%	小1位	3
硫化物	ヨウ素滴定法	” 17.	mg/g	小2位	3
COD	COD Mn法	” 20.	mgO/g	小1位	3
T-N	ケルダール分解後、インドフェノール青吸光度法	” 18.2	mg/g	小2位	3
T-P	硝酸-硫酸分解、アスコルビン酸法	” 19.2	mg/g	小3位	3

1.2 流動予測モデルの概要

1.2.1 流動予測モデルの基本的考え方

中海・宍道湖水環境予測モデルは、中海・宍道湖の流動・密度構造を精度良く再現し、その流体力学的に裏付けされた物質輸送場での生物化学的な変化過程の再現が可能なモデルを目標とする。このため、水環境予測モデルは、湖内の各種水理項目、水質項目の変化過程をモデル化するためにあたって、その変化過程を大きく水理学的変化過程（流動モデル）と生物化学的な内部変化過程（水質モデル）に分ける。計算に際しては、水理学的変過程に係わる流動、密度（水温・塩分）を算出し、この流動・密度場を受けて水質モデルで各水質項目の変化量を算出する。

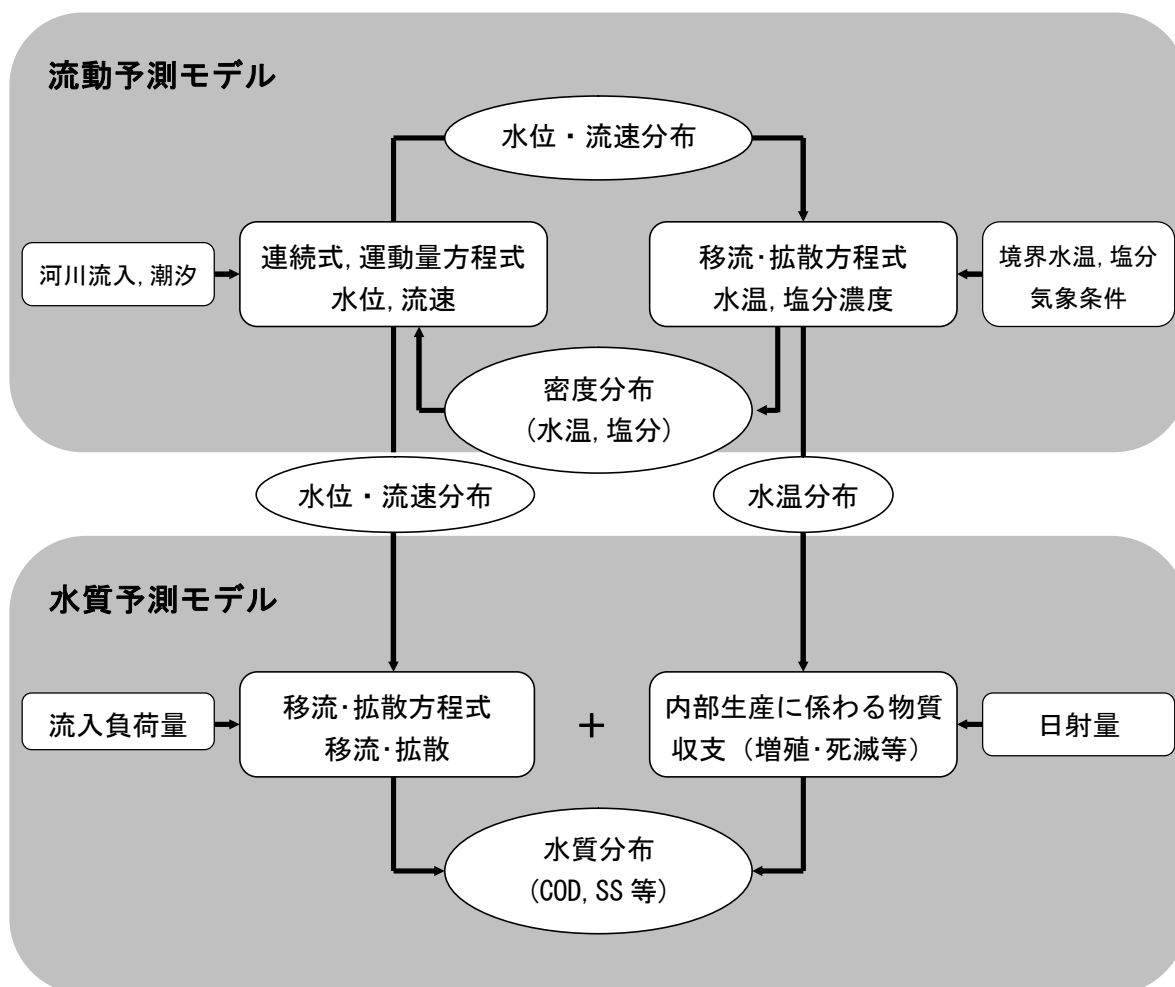


図 1.2-1 水質予測モデルの基本構造

中海・宍道湖は、日本で第5, 6番目に大きな湖沼であり、境水道、大橋川を通じて、それぞれ中海・宍道湖に塩分の進入する汽水湖である。その流動機構は、様々な物理事象に起因している。本モデルでは、中海・宍道湖にみられる以下に示す物理事象を考慮してモデル化を行うものとする。

表 1.2-1 モデルに考慮する中海・宍道湖の物理事象

物理事象	概要
風（吹送流等）	風は湖流生成の最大の成因であり、まず水面に作用するせん断応力により直接吹送流が起こされる。宍道湖のような浅水湖では、強風時に吹送流が生じ、湖底の底泥を巻き上げる現象が確認されている。
河川流	各流入河川からの洪水時を中心とした河川水の流入に伴う流れ。
潮汐流	中海・宍道湖は、境水道を通じて外海と接しており、潮汐変化に伴う流れは、中海・宍道湖の湖流の特徴の1つとなっている。
密度流	淡水と塩水が共存する汽水湖では、湖の底層に高塩分水が閉じ込められ、その密度差より淡水湖ではみられない部分循環現象が卓越する。その密度差は、淡水と塩水の水温、塩分濃度の差に起因する。特に、中海・宍道湖においては、中海を中心として高塩分水が進入するため密度流を考慮するものとする。
その他	湖盆地形に伴う流れ、底面摩擦、内部摩擦等を考慮するものとする。

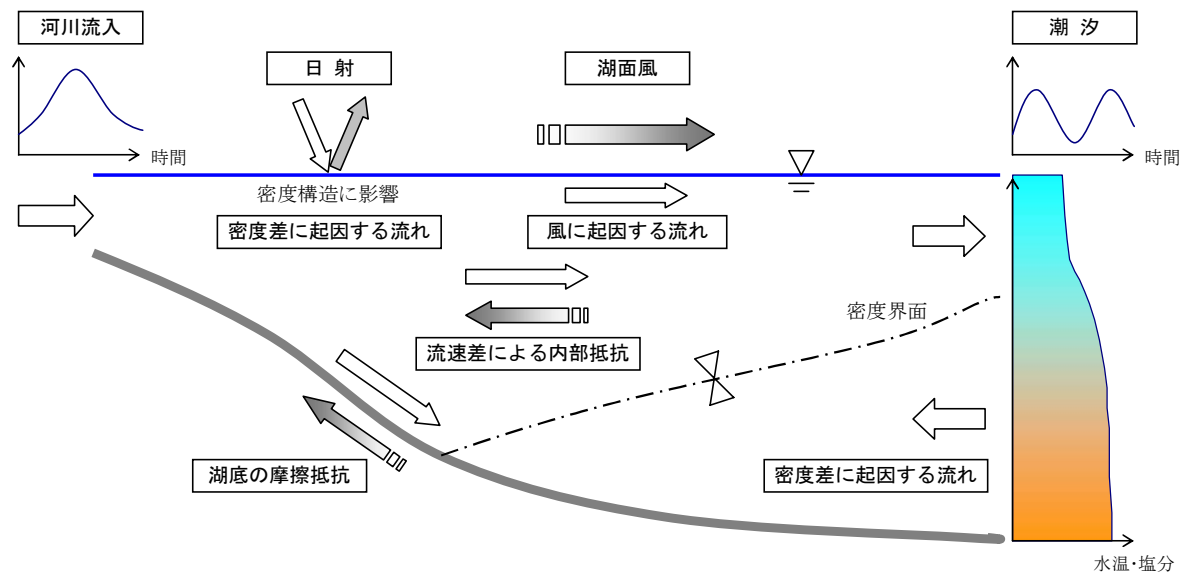


図 1.2-2 流動に影響を及ぼす要因の模式図

(1) 予測項目

湖内流動予測モデルでは、水理学的変化過程に係わる流動(水位・流速)および密度(水温・塩分)を算定するものとする。

表 1.2-2 予測項目

分類	予測項目
水理項目	水位・流速
水理学的変化過程に係る 水質項目	水温・塩分

(2) モデルで考慮する外力

流動モデルの基礎方程式は、上記の各種物理現象が再現可能な連続式、運動方程式、水温、塩分拡散方程式および密度の状態方程式で構成される。流速分布と水位変動のほかに、水温分布と塩分分布を算出する。流動モデルは、流速分布及び水位変動を算定する過程と水温分布及び塩分濃度分布を算定する過程に分けることができるが、両者は密度の状態方程式で相互に関連を持つこととなる。

流速・水位計算過程では、連続式及び運動方程式に境界条件を与えて、流速及び水位変動を算定する。境界条件としては上流端において計算領域への流入量、下流端において潮汐による水位変動を与える。また、支川及び派川においても流入量及び流出量を与える。

水温・塩分濃度計算過程では、拡散方程式に境界条件を与えて、水温及び塩分分布を算定する。境界条件は上下流端において水温及び塩分濃度を与える。

図-1.2-3 は流動モデルの構成を示している。

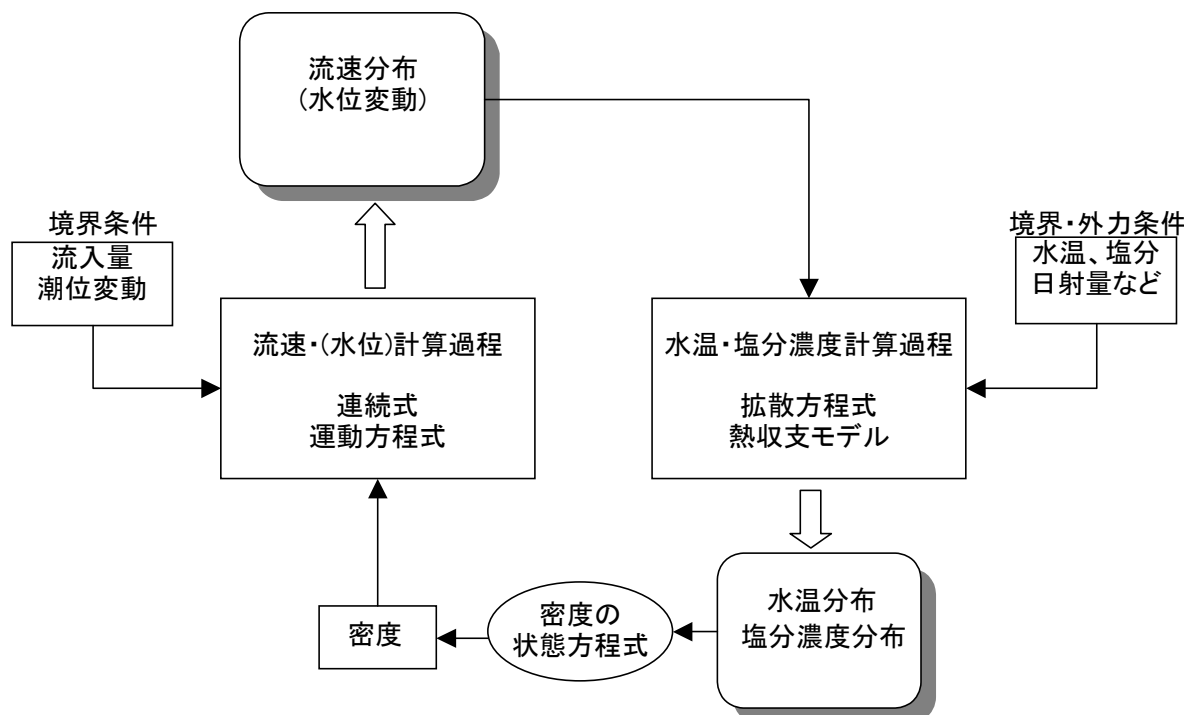


図 1.2-3 流動モデル構成図

1.2.2 モデルの基礎式

流動モデルにおける基本的な考え方および仮定は次のとおりである。

表 1.2-3 流動モデルにおける基本的考え方

項 目		設 定
基本 仮 定	算定項目	流速・水位・水温・塩分を算定
	算定次元	流動の3次元性から水域内を3次的に算定
	静水圧近似	平面的に広い水域であり、鉛直流速が水平流速比較して非常に小さいため、水圧は静水圧のみ考慮
	水の特性	水は非圧縮性であり、状態方程式の密度変化は水温、塩分による線形和で表現
粘性および拡散 項	水平	大きな流速が生じる河道部と大きな流速は生じない湖沼部を含むため、流動状況に応じた粘性を設定できる乱流モデル SGS モデルを適応
	鉛直	成層・混合状態に応じた粘性を設定できる成層化関数を適応
その他		大気との熱交換を考慮

以上から、流動モデルとしての基礎方程式を以下にまとめる。また、各方程式の構成図を図-1.2-4に示す。

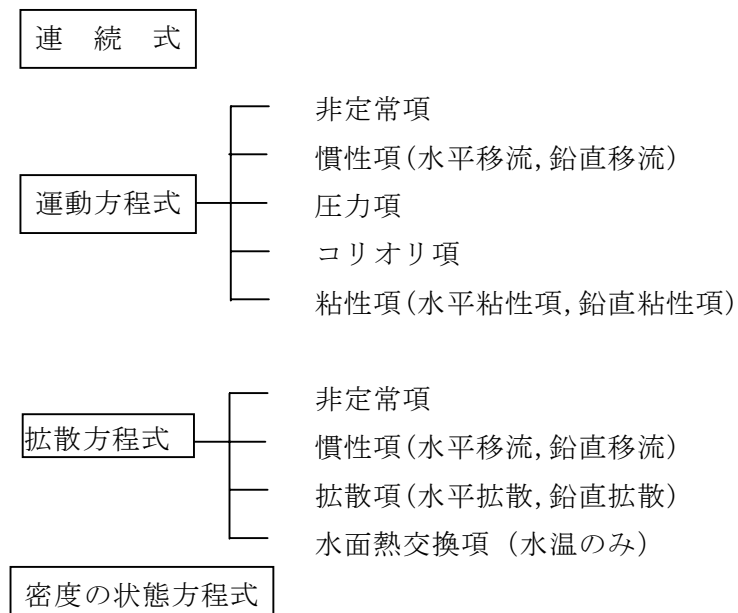


図 1.2-4 湖内流動を表現する基礎方程式各項

以上の基本構造を踏まえた基礎式を以下に示す。

【連続式】

$$\frac{\partial DU}{\partial s} + \frac{\partial DV}{\partial n} + \frac{\partial \omega}{\partial \sigma} + \frac{DV}{r_s} + \frac{DU}{r_n} + \frac{\partial \eta}{\partial t} = 0$$

【運動方程式 s 方向】

$$\begin{aligned} \frac{\partial UD}{\partial t} + \frac{\partial U^2 D}{\partial s} + \frac{\partial UVD}{\partial n} + \frac{\partial U \omega}{\partial \sigma} + \frac{UV}{r_s} - \frac{V^2}{r_n} - fVD + gD \frac{\partial \eta}{\partial s} \\ + \frac{gD^2}{\rho_o} \int_{\sigma}^{\sigma'} \left[\frac{\partial \rho'}{\partial s} - \frac{\sigma'}{D} \frac{\partial D}{\partial s} \frac{\partial \rho'}{\partial \sigma'} \right] d\sigma' = \frac{\partial}{\partial \sigma} \left[\frac{K_M}{D} \frac{\partial U}{\partial \sigma} \right] + F_s \end{aligned}$$

【運動方程式 n 方向】

$$\begin{aligned} \frac{\partial VD}{\partial t} + \frac{\partial UVD}{\partial s} + \frac{\partial V^2 D}{\partial n} + \frac{\partial V \omega}{\partial \sigma} + \frac{UV}{r_n} - \frac{U^2}{r_s} + fUD + gD \frac{\partial \eta}{\partial n} \\ + \frac{gD^2}{\rho_o} \int_{\sigma}^{\sigma'} \left[\frac{\partial \rho'}{\partial n} - \frac{\sigma'}{D} \frac{\partial D}{\partial n} \frac{\partial \rho'}{\partial \sigma'} \right] d\sigma' = \frac{\partial}{\partial \sigma} \left[\frac{K_M}{D} \frac{\partial V}{\partial \sigma} \right] + F_n \end{aligned}$$

【運動方程式 σ 方向：静水圧近似】

$$0 = -g - \frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial \sigma}$$

【拡散方程式：水温・塩分】

$$\begin{aligned} \frac{\partial TD}{\partial t} + \frac{\partial TUD}{\partial s} + \frac{\partial TVD}{\partial n} + \frac{\partial TVD}{r_s} \frac{\partial TUD}{r_n} + \frac{\partial T \omega}{\partial \sigma} = \frac{\partial}{\partial \sigma} \left[\frac{K_H}{D} \frac{\partial T}{\partial \sigma} \right] + F_T - \frac{\partial R}{\partial z} \\ \frac{\partial SD}{\partial t} + \frac{\partial SUD}{\partial s} + \frac{\partial SVD}{\partial n} + \frac{\partial SVD}{r_s} \frac{\partial SUD}{r_n} + \frac{\partial S \omega}{\partial \sigma} = \frac{\partial}{\partial \sigma} \left[\frac{K_H}{D} \frac{\partial S}{\partial \sigma} \right] + F_S \end{aligned}$$

【密度状態式】

$$\begin{aligned} (\rho - 1) \times 10^3 &= T1 + (S0 + 0.1324) \times [1.0 - T2 + T3 \times (S0 - 0.1324)] \\ \text{ここで、} \quad T1 &= -(T - 3.98)^2 / 503.57 \times (T + 283) / (T + 67.26) \\ T2 &= T \times (4.7867 - 0.098185 \times T + 0.0010843 \times T^2) \times 0.001 \\ T3 &= T \times (18.03 - 0.8164 \times T + 0.01667 \times T^2) \times 0.000001 \\ S0 &= -0.069 + 1.4708 \times SS - 0.00157 \times SS^2 + 0.0000398 \times S^3 \\ SS &= 0.5528S \end{aligned}$$

ただし、各変数は以下の通りである。

なお、上式を数値モデルに適用する際にリープフロッグスキームを適用する。

s, n, σ : 各軸方向 (図 3.4 参照) U, V, ω : 各方向の流速
 t : 時間 η : 水位 (図 3.4 参照)
 g : 重力加速度 D : 全水深 ($\eta - H$) (図 3.4 参照)
 ρ : 密度 T : 水温
 ρ_0 : 標準密度 S : 塩分濃度
 f : コリオリ係数

KM : 鉛直方向渦動粘性係数 KH : 鉛直方向渦動拡散係数
 F_s, F_n : 水平方向粘性項 = $\frac{\partial}{\partial s}(H\tau_{ss}) + \frac{\partial}{\partial n}(H\tau_{sn}), \frac{\partial}{\partial s}(H\tau_{sn}) + \frac{\partial}{\partial n}(H\tau_{nn})$
 FT, FS : 水平方向拡散項 = $\frac{\partial}{\partial s}(Hq_s) + \frac{\partial}{\partial n}(Hq_n)$

ただし、

$$\tau_{ss} = 2A_M \frac{\partial U}{\partial s}, \tau_{sn} = \tau_{ns} = A_M \left(\frac{\partial U}{\partial n} + \frac{\partial V}{\partial s} \right), \tau_{nn} = 2A_M \frac{\partial V}{\partial n}, q_x \equiv A_H \frac{\partial \phi}{\partial s}, q_y \equiv A_H \frac{\partial \phi}{\partial n}$$

■ 鉛直方向座標系

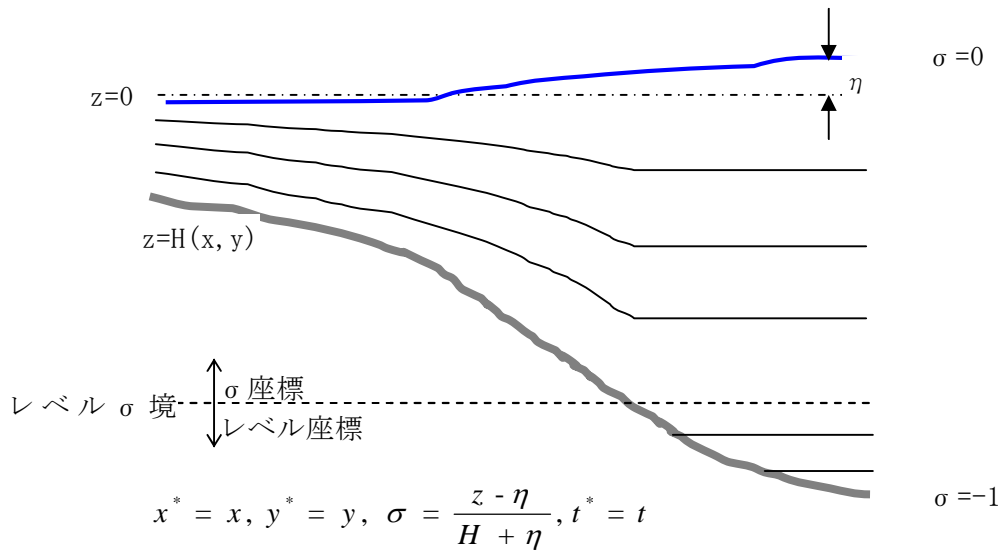


図 1.2-5 σ 座標定義

1.2.3 水域分割

宍道湖、大橋川および中海の流動特性を考慮して、水平方向は直交曲線座標系、水深方向はシグマ座標系およびレベル座標系を併用して水域分割を行う。

表 1.2-4 水域分割における着目点と水域分割方法

水域	着目点	水域分割の方法
宍道湖	高塩分水塊の流入	高塩分水塊が宍道湖のなだらかな湖底を薄い層厚で這うように浸入する現象の再現性を高めるため、鉛直方向には湖底地形に沿った層分割が可能なシグマ座標系を採用し、底層付近の分割層厚を詳細にする。
中海	塩分躍層・内部界面変動	中海において塩分躍層が存在している概ね水深 2~5m における層分割を詳細にした。座標系はレベル座標系とし、上層部のみ水位の変化に追従するためシグマ座標系を採用した。
大橋川	湾曲形状・地形改変の表現	大橋川における湾曲形状および地形改変を表現することを念頭に、平面形状の忠実な表現が可能な直交曲線座標系を用いる。水深方向は、中海と同様とした。

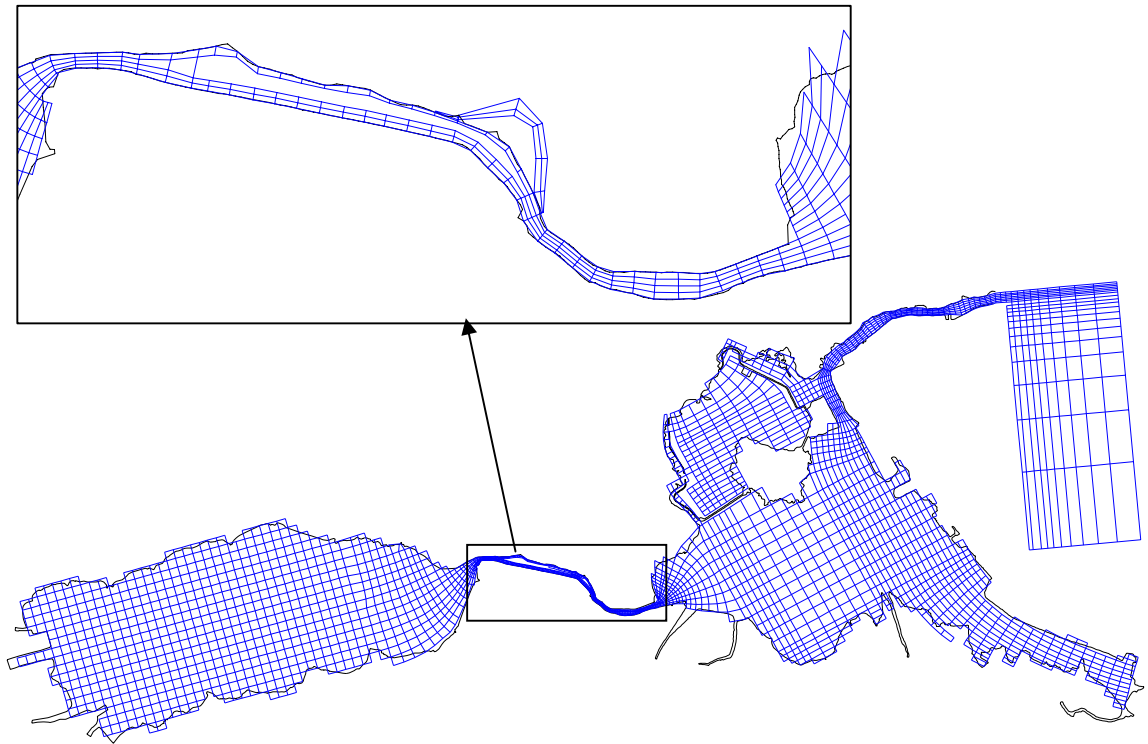
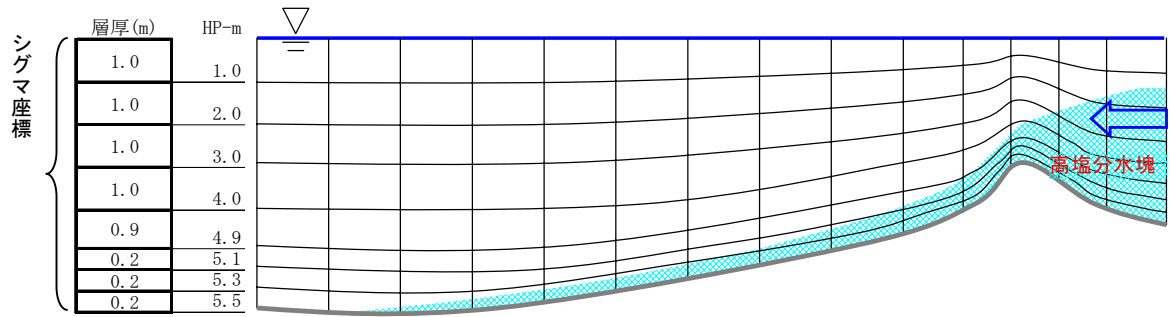


図 1.2-6 水平方向の水域分割（直交曲線座標系）

【央道湖】



【大橋川・中海】

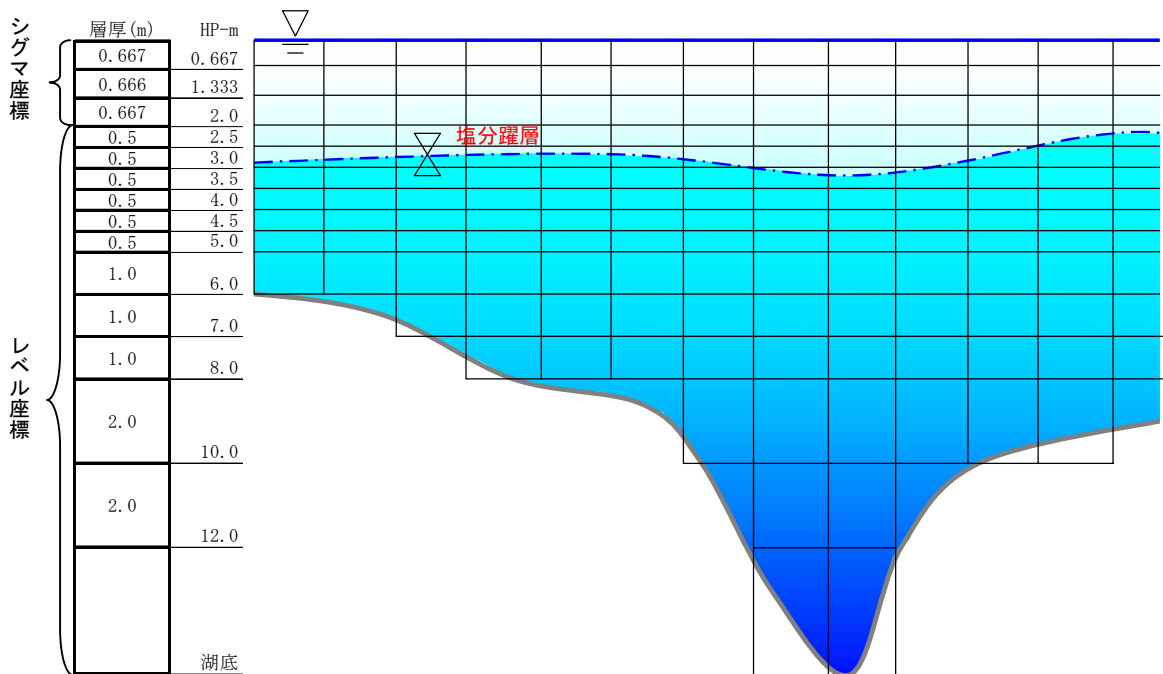


図 1.2-7 鉛直方向の水域分割

※シグマ座標系：湖水の水深方向層分割は、全水深に対する層分割数、層分割比を全格子で固定する。水位変化に伴い、各層とも層厚は時間変化する。

レベル座標系：湖水の水深方向の層分割は、水平方向の層分割を行って、表層を除いて同じ深さの層の厚さは全格子で同じとなる。水深により分割層数が変わる。

1.2.4 流動計算条件

(1) 地形条件

計算対象水域の水平方向メッシュ分割は直交曲線座標系によりメッシュ分割を行った。メッシュ分割図を図 1.2-6 に示す。各メッシュの地盤高は最新測量データからメッシュ内平均地盤高として設定した。

(2) 初期条件

・初期水理条件(水位・流速)

初期水位は水域別に設定する。各水域の初期水位を以下の通り設定する。

宍道湖：宍道湖湖心水位（観測間隔：毎時）

中 海：中海湖心（観測間隔：毎時）

大橋川：河口を中海湖心水位、上流端を宍道湖湖心水位として大橋川内の中間地点は内挿により設定

・初期水質条件(水温・塩分濃度)

計算開始水質（水温・塩分濃度）は水域別に設定する。各水域の初期水質は以下の通り設定する。

宍道湖：宍道湖湖心の観測値（観測間隔：毎時）

中 海：中海湖心の観測値（観測間隔：毎時）

大橋川：宍道湖湖心の観測値（観測間隔：毎時）

ただし、中海については既往の観測から水深 2~4m に躍層が存在しているおり、このような鉛直分布が反映できるように中海湖心観測所の 5 層の観測値から下図の様な鉛直分布を設定する。

(3) 境界条件

本モデルで設定する境界条件は以下の通りである。

- 1) 下流端水位
- 2) 下流端密度 (水温・塩分)
- 3) 流入河川流量
- 4) 流入河川密度 (水温・塩分)
- 5) 湖面風 (表面摩擦係数)
- 6) 底面摩擦係数
- 7) 渦動粘性係数
- 8) 水面輻射熱

1) 下流端水位

下流端水位は、最下流端の境界メッシュの水位を強制的に境界条件水位とすることにより与える。

$$\eta^{n+1} = \eta \quad (\text{下流端境界条件})$$

2) 下流端密度 (水温・塩分)

下流端水質は流動 (密度) に関係する水温・塩分を設定することとし、それぞれ最下流端の境界メッシュ水質を強制的に境界条件水質とすることにより与える。

$$s^{n+1} = s \quad (\text{下流端境界条件})$$

3) 流入河川流量

流入河川流量は流入するメッシュにボリュームとして与える。ただし、水平方向の計算メッシュのサイズは時間的に変化しないため、計算上は河川流入による水位変化量として与えることとする。

$$\eta^{n+1} = \eta^n + q \times \Delta t / A$$

η : 河川流入地点水位、 q : 流入河川流量
 Δt : 計算時間間隔、 A : 河川流入地点メッシュ面積

4) 流入河川密度 (水温・塩分)

流入河川水質は流動 (密度) に関係する水温・塩分を設定することとし、河川流量と同様に流入メッシュにフラックスとして与えることとする。

$$s^{n+1} = (s^n \times A \times dz + ss \times q \times \Delta t) / (A \times dz + q \times \Delta t)$$

S : 河川流入地点メッシュ塩分濃度、
 SS : 流入河川塩分濃度、 dz : 河川流入地点メッシュ層厚

5) 湖面風 (表面摩擦係数)

最上層 (表層) のメッシュに風によりせん断力を下式の通り与える。

$$\frac{K_M}{D} \left(\frac{\partial U}{\partial \sigma}, \frac{\partial V}{\partial \sigma} \right) = \rho_a f_s \sqrt{W_x^2 + W_y^2} (W_x, W_y)$$

6) 底面摩擦係数

最下層（底層）のメッシュに得られた流速から下式の通り与える。

$$\frac{K_M}{D} \left(\frac{\partial U}{\partial \sigma}, \frac{\partial V}{\partial \sigma} \right) = \rho_0 f \sqrt{U^2 + V^2} (U, V)$$

なお、上基礎中の変数は基礎式に示したものの以外は以下の通りである。

	ρ_a : 空気密度	f_s : 表面摩擦係数	W_x, W_y : (x,y)
方向風速	ρ_0 : 水標準密度	f : 底面摩擦係数	

7) 粘性・拡散項の評価

粘性項および拡散項は鉛直方向は式(2)～(5)の KM, KH にそれぞれ一定値を与えることとし、水平方向は SGS モデル(下式)により、粘性係数を設定することとする。

$$K_M = C \Delta x \Delta y [(\partial u / \partial x)^2 + (\partial v / \partial x + \partial u / \partial y)^2 / 2 + (\partial v / \partial y)^2]^{1/2}$$

C : モデル定数 0.0~0.2 の値をとる

8) 熱収支の評価

日射による輻射熱 ϕ_S は水面の反射によって ϕ_0 となって貯水池内に伝達されていくが、このうち半分程が表面で吸収され、残りが指数関数的に減衰しながら深部に到達する。

$$\Phi_0 = (1 - a_r) \Phi_S$$

$$\Phi_y = (1 - \beta) \Phi_0 \exp[-\eta(y_s + y)]$$

ここに、 a_r : 水面反射率 ≈ 0.06

ϕ_y : 標高 y に到達する輻射熱

β : 水面吸収率 ≈ 0.5

η : 減衰係数

ϕ_S : 日射量

ϕ_0 : 水面反射を差引いた日射量

大気との熱の享受の影響範囲は日射を除いて表層の極薄い層に限られる。したがって、大気輻射、逆輻射及び蒸発による熱損失については表層のみについて考慮すれば良い。

水面からの熱損失は、次式で与えられる。

$$\Phi_L = \Phi_e + \Phi_c + \Phi_{ra}$$

ここに、 ϕ_L : 貯水池表面からの熱損失

ϕ_e : 蒸発による熱損失

ϕ_c : 伝導による熱損失

$\phi_{ra} = \phi_{rw} - \phi_a$: 有効逆輻射

ϕ_a : 大気輻射

ϕ_{rw} : 逆輻射

各熱損失には実験、実測に基づく種々の公式が提案されているが、ここでは次の諸式を使用する。

Rohwer の式

$$\Phi_e + \Phi_c = (0.000308 + 0.000185W) p (e_s - \Psi e_a) \times \left[L_v + CT_s + \frac{269.1(T_s - T_a)}{(e_s - \Psi e_a)} \right]$$

ここに、 $\phi_e + \phi_c$ の単位 : kcal/m² · day

W : 風速 (水面上 15 cm) ,m/sec

ρ : 水の密度

e_s : 表面水温に相当する飽和蒸気圧, mmHg
(=0.0418 × TS² - 0.6216 × TS + 13.0068)

e_a : 気温に相当する飽和蒸気圧, mmHg
(=0.0418 × Ta² - 0.6216 × Ta + 13.0068)

ϕ : 相対湿度

L_v : 蒸発の潜熱, kcal/kg
(=597.3 - 0.56 × TS²)

CW : 比熱, kcal/kg · °C

TS : 表面水温, °C

Ta : 気温, °C

Swinbank の式

$$\Phi_{ra} = 0.97k \left[T_w^4 - 0.937 \times 10^{-5} T_A^6 (1.0 + 0.17C^2) \right]$$

ここに、 k : Stefan Bolzman 常数 = 1.171 × 10⁻⁶ kcal/m² · day, ° K

TW : 表面水温, ° K(絶対温度)

TA : 気温, ° K(絶対温度)

C : 雲量

1.2.5 現況再現計算

(1) 計算条件

検証計算の対象期間は、以下のとおりとした。各期間の境界条件を図 1.2-8～11 に示す。

[短期的現象の検証結果]

- 渇水時：H6.7/1～9/30
- 高潮時：H14.8/29～9/7
- 洪水時：H9.7/1～7/31

[長期的現象の検証結果]

- 平成 15 年：H15.4/1～H16.3/31

表 1.2-5 境界条件の設定方法

モデル	設定位置	項目	設定方法	設定時間間隔
流動モデル	下流端	水位	美保関水位観測所観測値を与える。	時間
		水温	美保湾における採水・分析調査結果(月 1 回)を日単位で内挿して与える。	日
		塩分	海水の塩分(35psu)を与える	一定
	河川流入位置	流量	斐伊川新伊萱地点流量観測値および布部・山佐ダム流量観測値を基本に、水利用(人為的な水収支)を考慮して設定する。	時間
		水温	松江気象観測所の気温と河川水温の関係式を作成し、同関係式に松江気温観測値を代入して与える。	日
		塩分	淡水流入(ゼロ)とする。	—
	湖面	風向・風速	中海・宍道湖の湖心観測所における観測値を両湖の湖面全体に一様に与える。	時間
		気温, 日射量, 湿度, 雲量	松江気象台における観測値を与える。	日

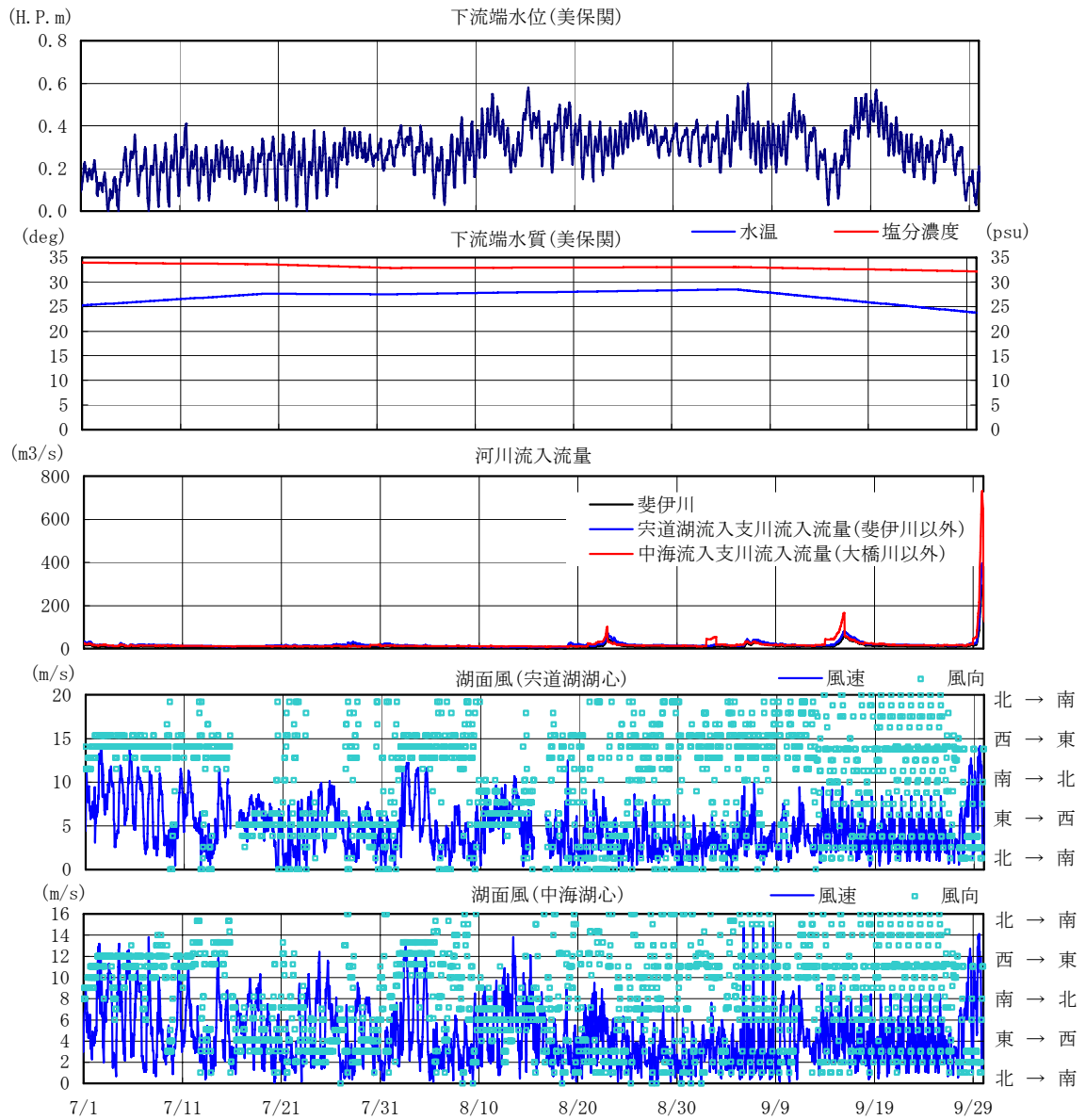


図 1.2-8 境界条件(渇水時 : H6. 7/1~9/30)

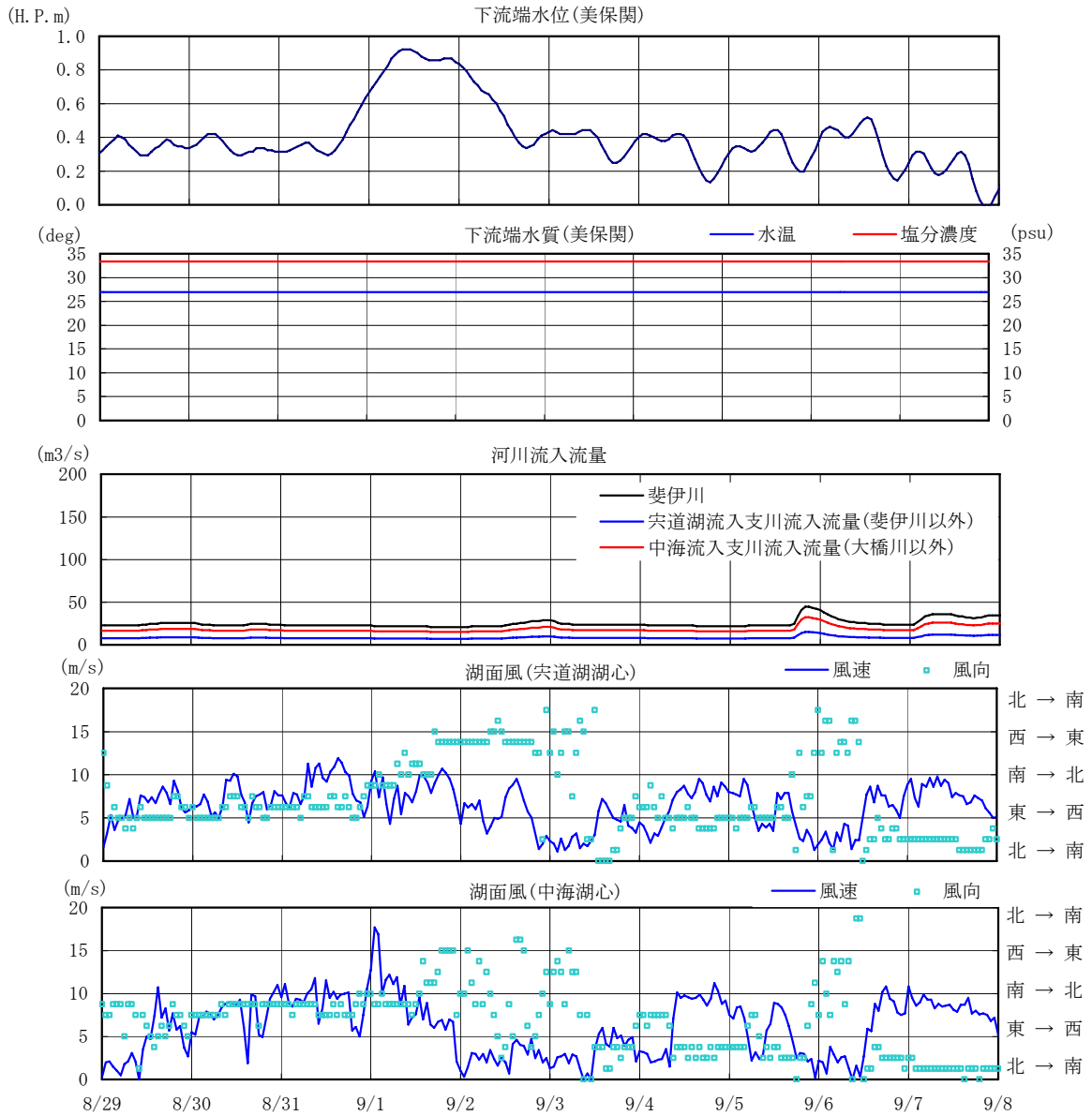


図 1.2-9 境界条件(高潮時 : H14. 8/29~9/7)

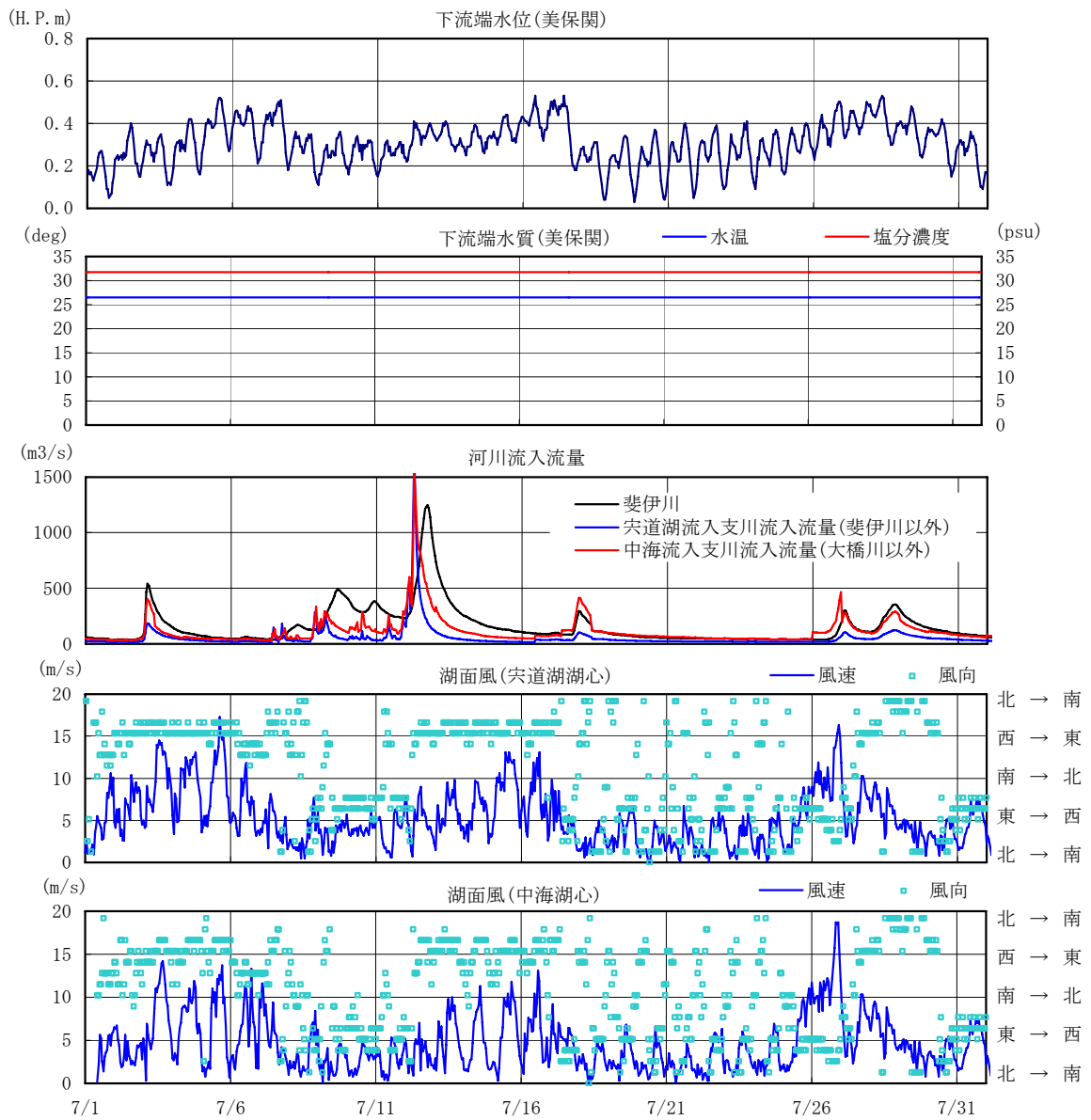


図 1.2-10 境界条件(洪水時：H9. 7/1～7/31)

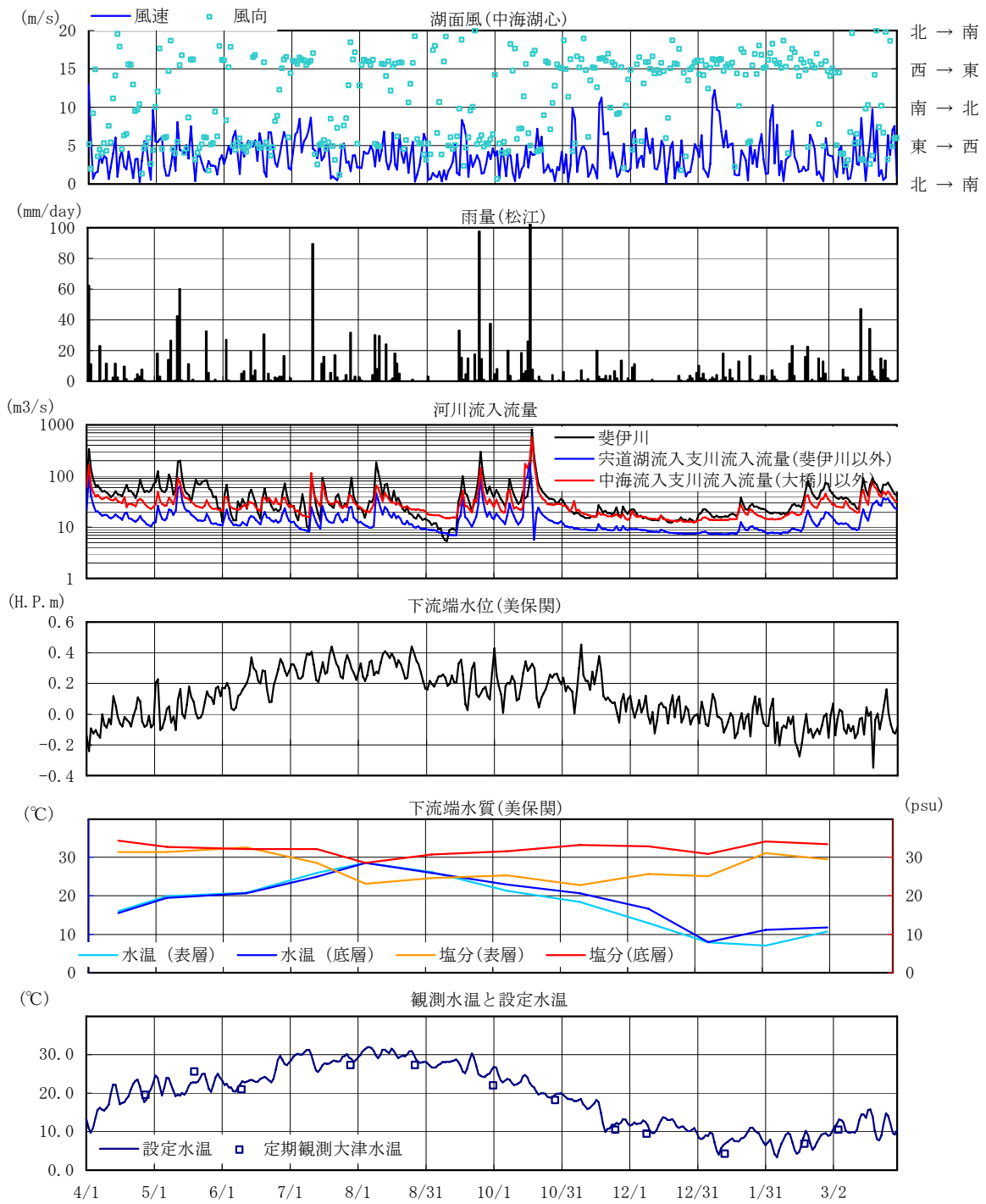


図 1.2-11 境界条件(洪水時 : H15. 4/1~H16. 3/31)

宍道湖湖心及び中海湖心における塩分、水温の観測値と水質予測モデルによる計算値を比較した結果を図 1.2-12～図 1.2-13 に示す。水質予測モデルの計算値は宍道湖及び中海の観測値を概ね再現していると判断した。

i) 水位

大橋川は、宍道湖及び中海の水交換を制限しており、両湖は異なる水位変動特性を示す。平常時は、中海における水位変動が宍道湖に約 3 時間遅れで到達している。また、中海の水位振幅は約 30cm で、半日～日周期の水位変動を生じているが、宍道湖においては水位振幅が約 5cm となり日周期以上の水位変動が卓越する。高潮時は、中海における急激な水位上昇が宍道湖に約半日遅れて到達し、水位上昇量が中海は約 60cm であるが、宍道湖では約 40cm に減衰している。

計算結果は、平常時及び高潮時における時間単位の水交換及び水位変動の再現性を検証している。

ii) 大橋川の流量・塩分量

大橋川は、宍道湖及び中海の水交換および物質交換を制限し、両湖の水環境（汽水環境）の維持に影響している。平常時の流量は、順流時が平均 $96\text{m}^3/\text{s}$ 、遡上時が平均 $19\text{m}^3/\text{s}$ であり、順流と遡上を繰り返している。高潮時は、最大約 $400\text{m}^3/\text{s}$ の遡上流量を生じている。

計算結果は、大橋川の順流・逆流を繰り返している状況を再現している。平常時 10 日間及び高潮時 (1 潮汐間) の上潮時の流量および塩分量の計算値合計は、観測値に対する差が何れも相対的に小さく、宍道湖に進入する水量及び塩分量を再現している。

iii) 水温

クロロフィル a は、中海、米子湾における春先の上昇傾向が見られるなど、各地点における季節的な変動特性を概ね再現している。

各地点における夏季の底層の無機態リン ($\text{PO}_4\text{-P}$) の上昇や夏季の底層の硝酸・亜硝酸態窒素 ($\text{NO}_x\text{-N}$) の低下など季節的な変動傾向、平均的な水質濃度など内部生産に関わる無機態の栄養塩類の特性を概ね再現している。

iv) 塩分

平成 6 年～15 年の定期観測結果によれば、宍道湖の湖水容量の約 9 割を占める上層と下層の塩分はほぼ同じで、淡水流出の影響を受けて変動している。

年間を通して淡水流出の少ない平成 6 年は、 $1\sim 11\text{psu}$ で変動し、淡水流出が平均的な平成 15 年は $1\sim 5\text{psu}$ で変動している。

計算結果は、出水による塩分低下や流量が少ない期間における塩分上昇など淡水流出量の変動に伴う塩分の日変動状況を再現している。

【平常時】

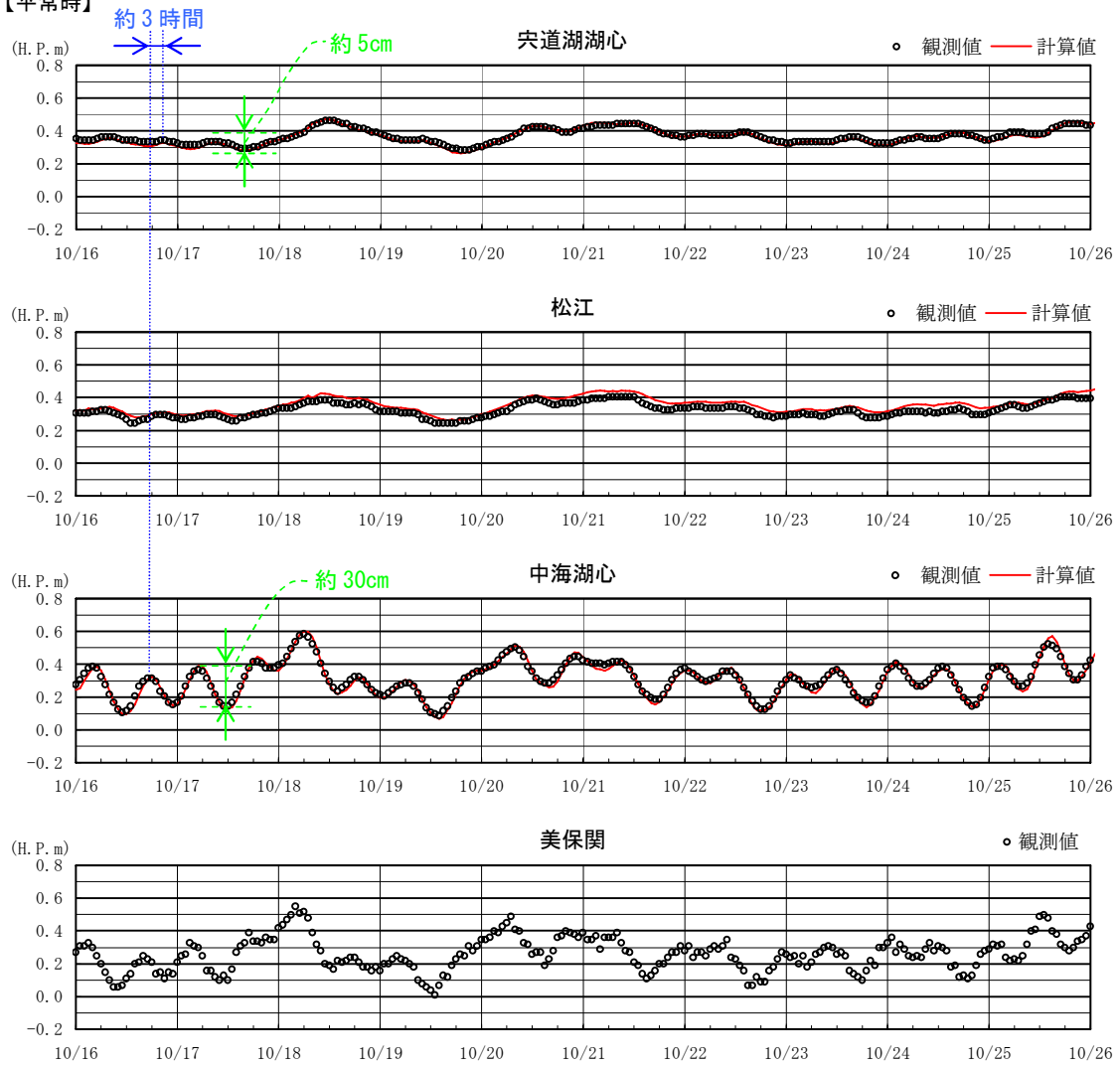


図 1.2-12 宍道湖・大橋川・中海の水位の時間変動 (H12. 10/16～25)

【高潮時】

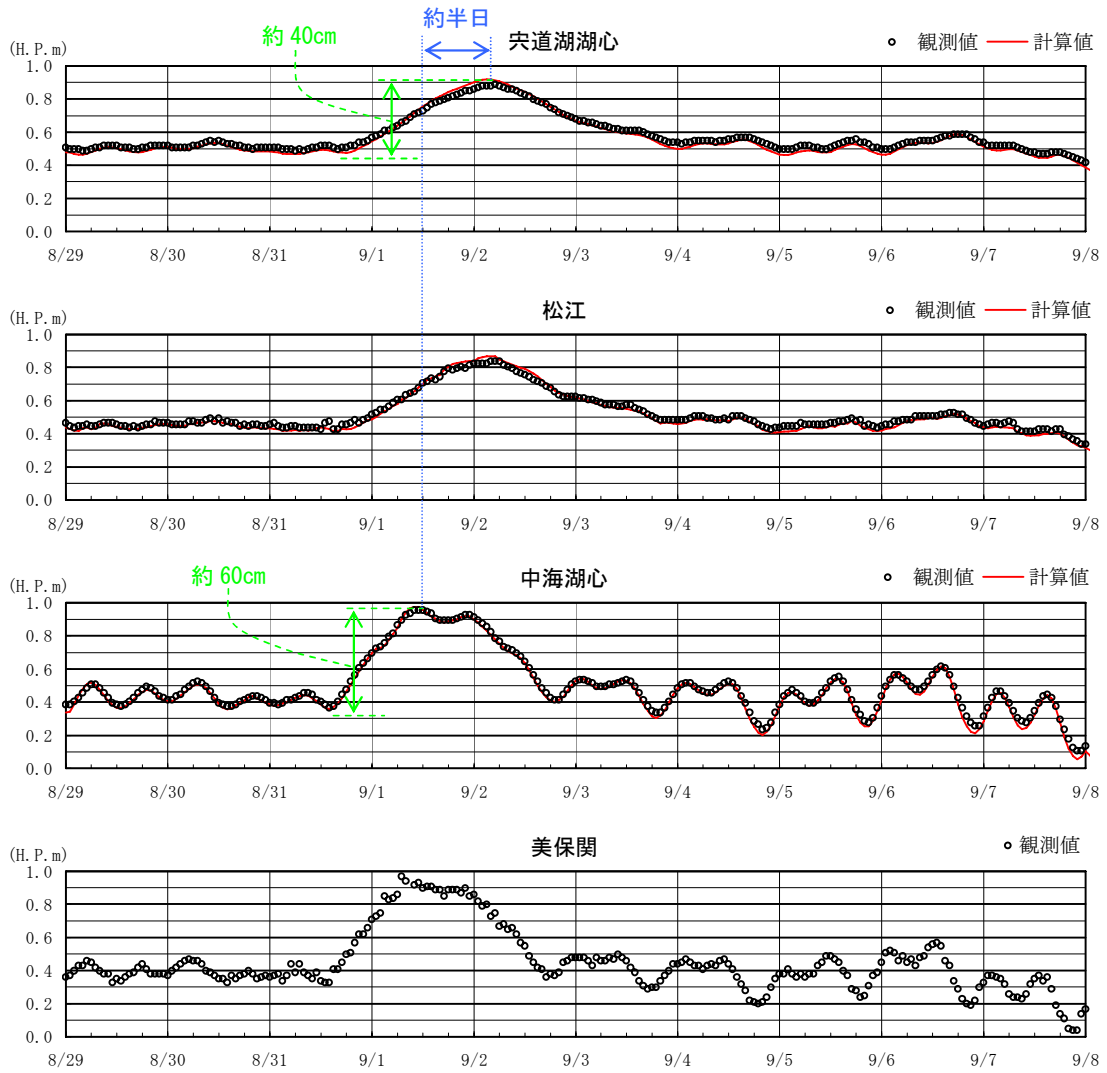


図 1.2-13 宍道湖・大橋川・中海の水位の時間変動 (H14. 8/29~9/7)

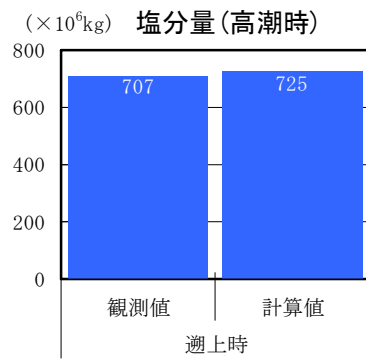
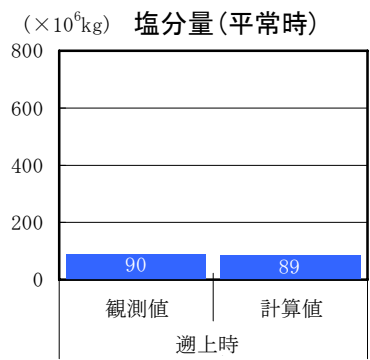
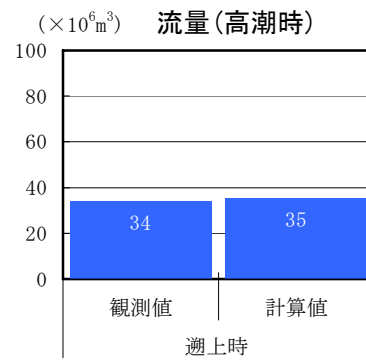
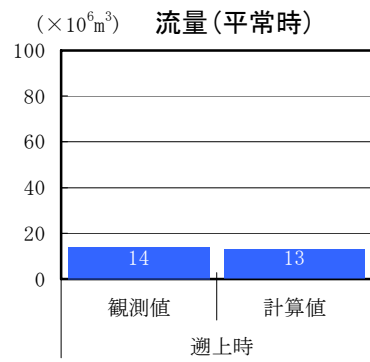


図 1.2-14 大橋川流量・塩分量の比較

【平常時】

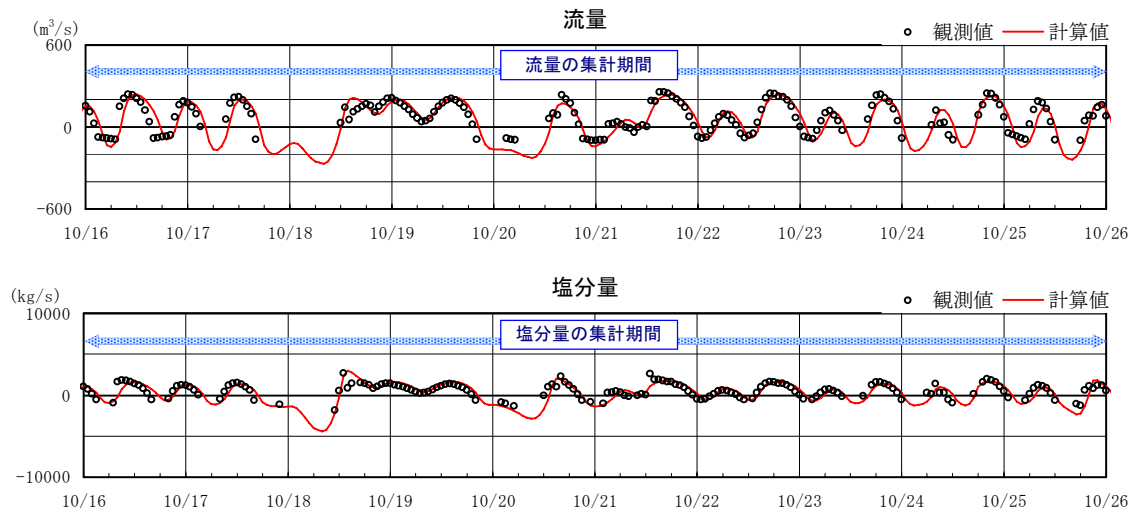


図 1.2-15 大橋川松江地点における流量・塩分量の時間変動 (H12. 10/16～10/25)

【高潮時】

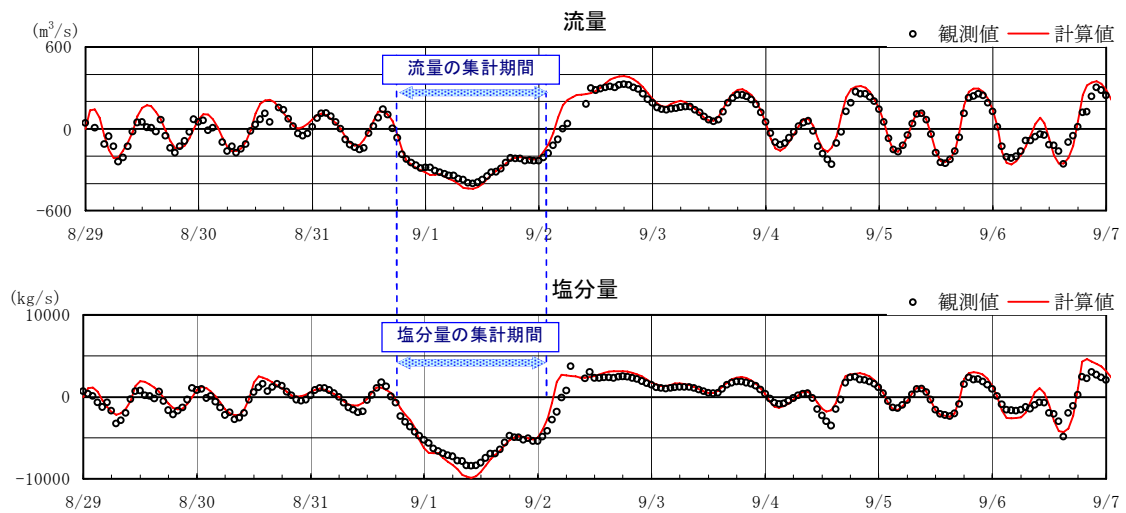


図 1.2-16 大橋川松江地点における流量・塩分量の時間変動 (H14. 8/29～9/6)

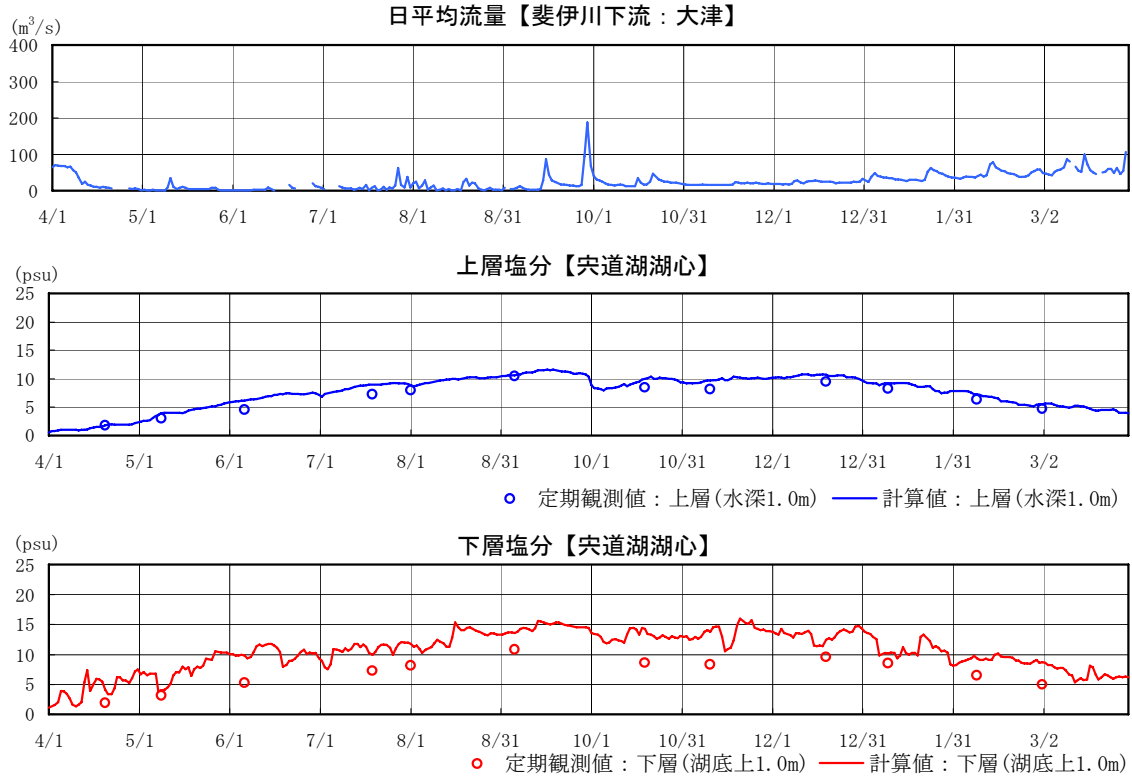


図 1.2-17 宍道湖湖心塩分の日変動 (H6.4/1~H7.3/31)

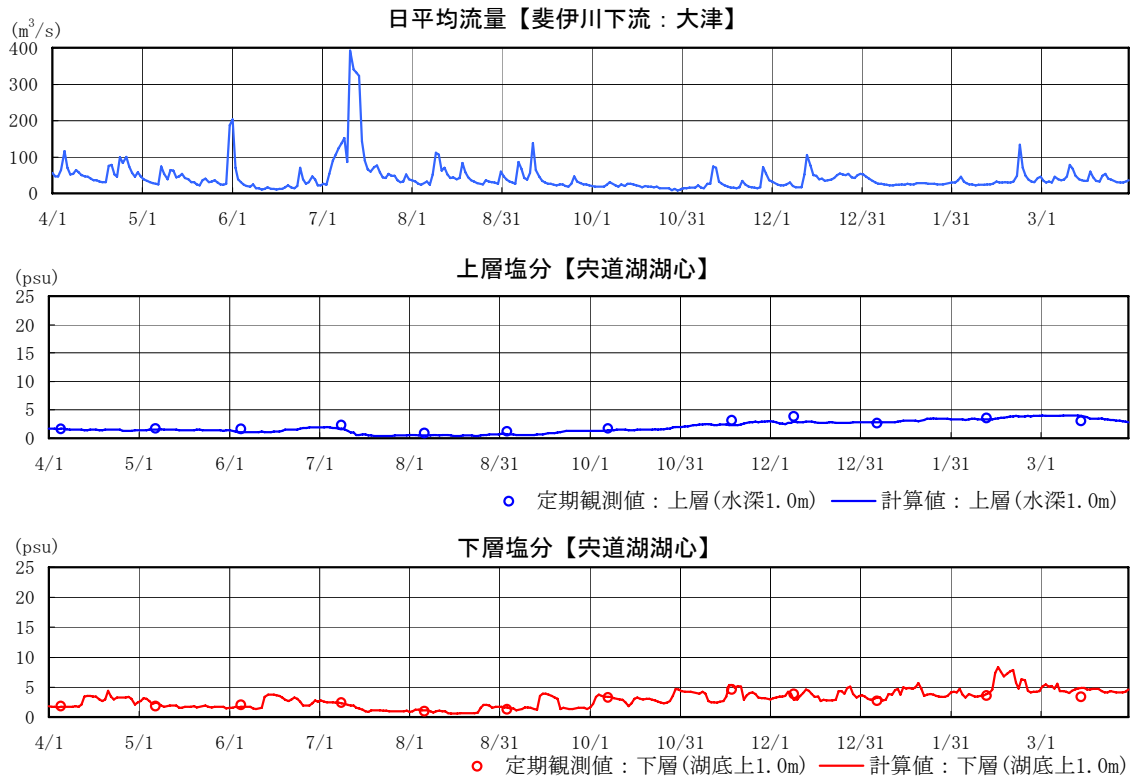


図 1.2-18 宍道湖湖心塩分の日変動 (H15.4/1~H16.3/31)

【頻度分布】

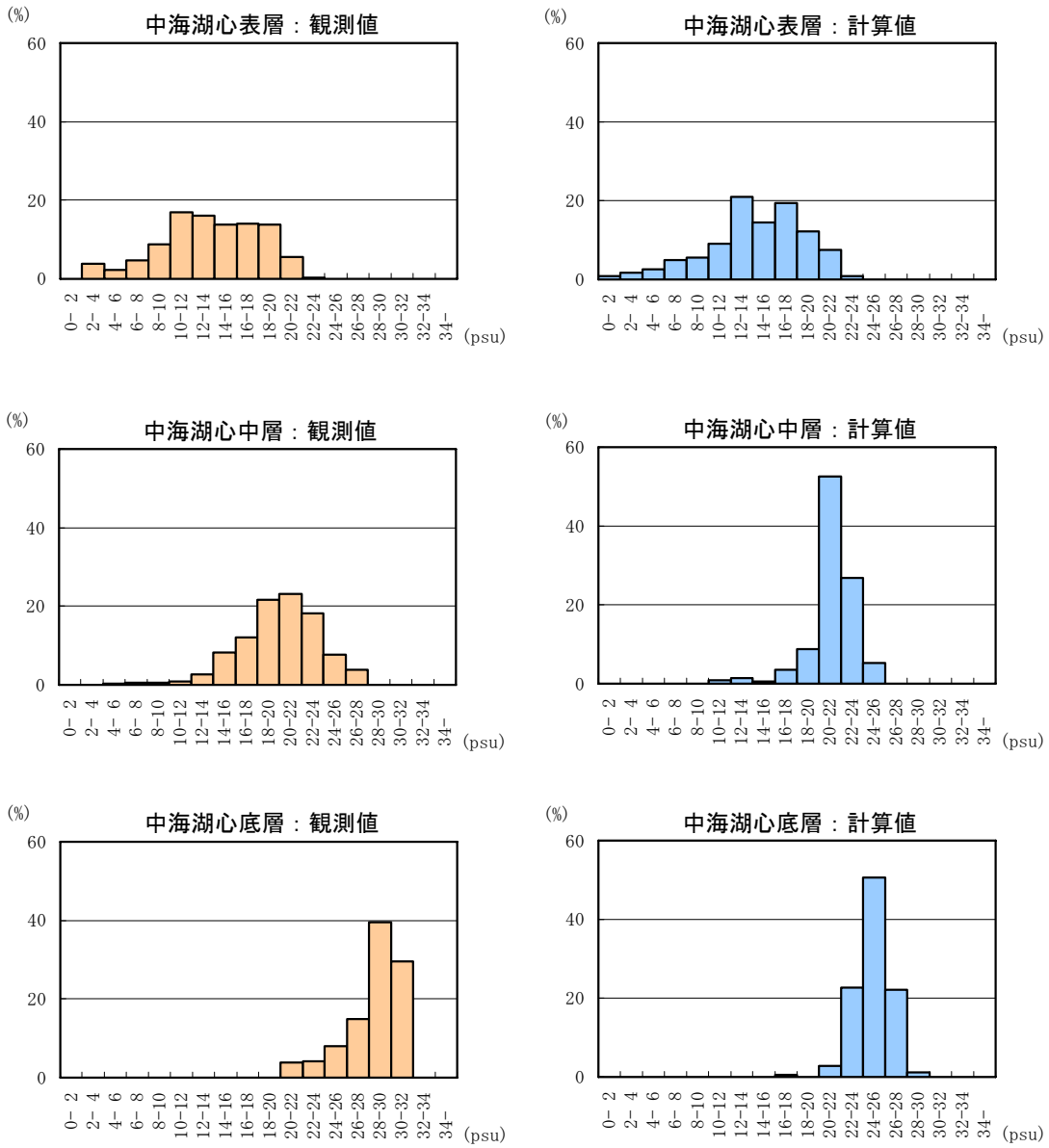


図 1.2-19 中海湖心における塩分の濃度別生起頻度(H15)

【日変動】

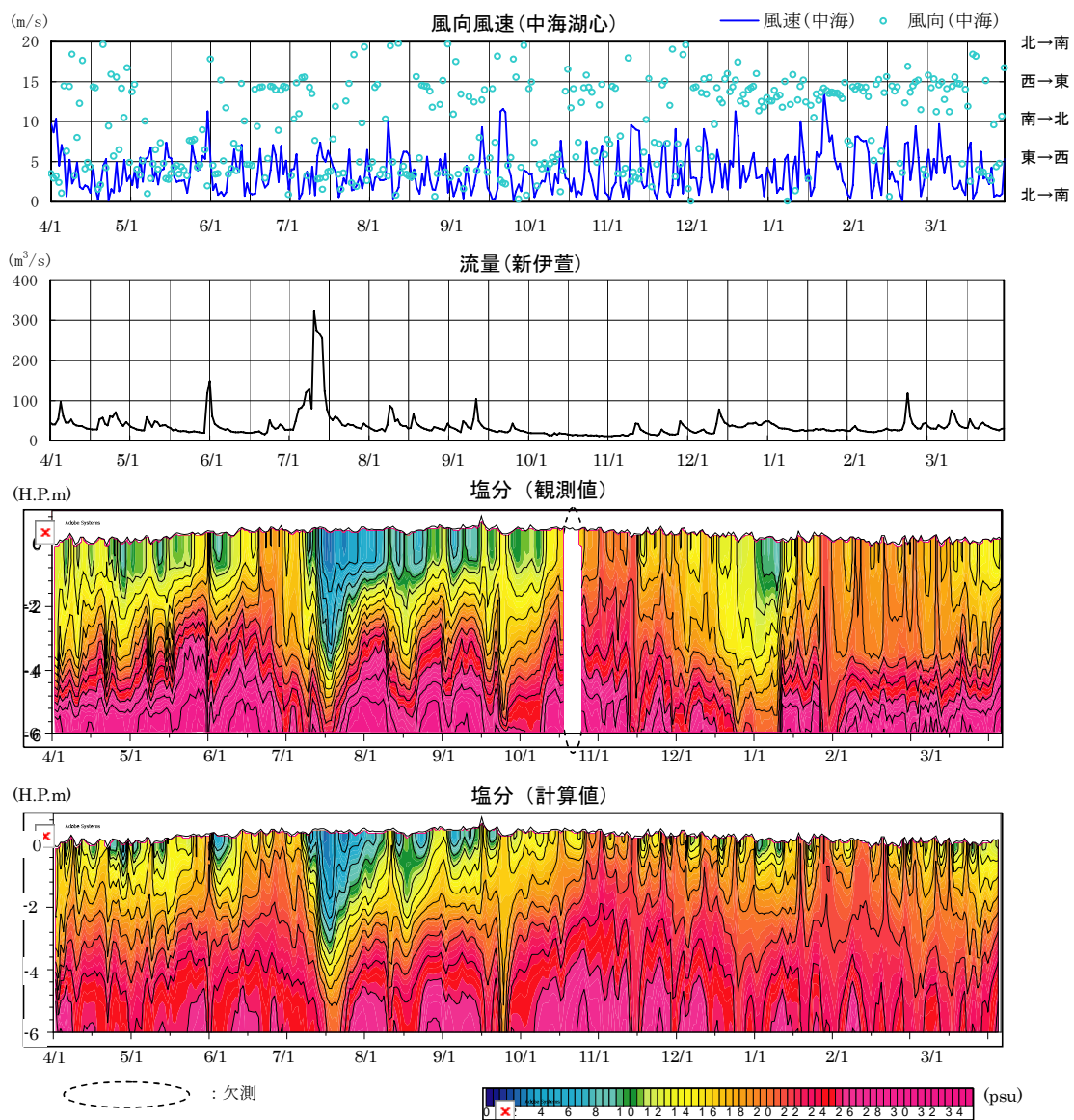


図 1.2-20 中海湖心の塩分の日変動(H15.4/1~H16.3/31)

1.3 水質

1.3.1 水質予測モデルの基本構造

(1) 物質収支の考え方

水質予測モデルの予測対象項目は、窒素及びリンの形態をどのレベルまで詳細に表現するかにより計算項目は異なることとなる。最も単純な項目の分割法は有機態と無機態の2つに分けることである。有機態の窒素、リンをさらに生物毎に分割して扱うモデルが生態系モデルと称され、生態系モデルでは生物体に取り込まれた窒素、リンをどこまで細かく分割するかにより植物プランクトンのみを扱う比較的単純なモデルから、魚類、底生生物などを取り扱うかなり複雑なモデルまで存在する。生態系モデルの選択をする場合、状態変数(計算項目)が増えるほど詳細な記述が可能となるが、それに伴い状態変数間の相互作用を記述する反応変数(モデルパラメータ)が増加する。

本モデルでは、多くの湖沼やダム貯水池における検討結果を参考に、植物プランクトンの一次生産までを対象とした水質予測モデルを構築した。

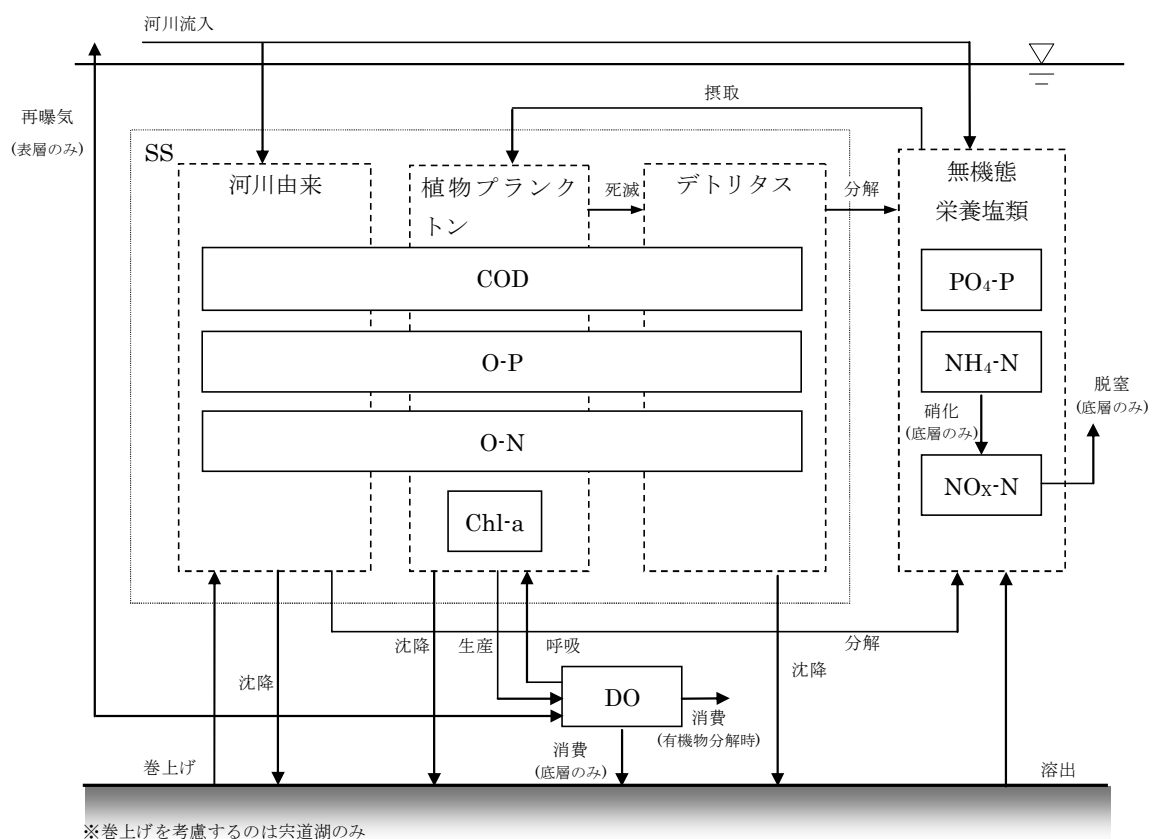


図 1.3-1 水質モデルの物質収支概念図

表 1.3-1 水質モデルの各項目の内部生産項

項目	流入	植物プランクトン			デトリタス	底質		その他		
		増殖	枯死	排泄 (呼吸)	分解	溶出 (消費)	巻上げ	沈降	硝化	再曝気
Chl-a	●	●	▲	▲	—	—	—	■	—	—
P・COD	●				▲		—			
P・T-P	●				▲		—			
P・T-N	●				▲		—			
NL-COD	●	—	●	—	▲	●	—	■	—	—
NL-O-P	●	—	●	—	▲	—	—	■	—	—
NL-O-N	●	—	●	—	▲	—	—	■	—	—
PO ₄ -P	●	▲	—	●	●	●	—	—	—	—
NH ₄ -N	●	▲	—	●	●	●	—	—	▲	—
NO _x -N	●	▲	—	—	—	●	—	—	●	
DO	●	●	—	▲	▲	▲	—	—	—	●
SS ₁ ～SS ₄	●	—	—	—	—	—	●	■	—	—

● : 増加, ▲ : 減少, ■ : 増減

(2) 反応式とモデルパラメータ

1) 水質

a) 生物体有機物(植物プランクトン, chl-a)

植物プランクトンをクロロフィル a の形で評価する。これは、植物プランクトン個体数を計算する方法に比べ測定者による誤差が小さく、また有機物生産などを考える場合には光合成の直接の担い手であるクロロフィル a がよい指標となるからである。

植物プランクトンの増殖速度に影響する因子としては、日射強度、水温、無機態窒素、無機態リン及びスペース効率を考慮して、以下の式で与える。

$$G_p = R_{GP} \cdot F_I \cdot F_T \cdot F_N$$

ここに、 G_p ：植物プランクトン(クロロフィル a)の増殖速度

R_{GP} ：最大増殖速度

F_I ：日射強度とスペース効果による影響の修正係数

F_T ：水温による影響の修正係数

F_N ：栄養塩類濃度による影響の修正係数

日射強度とスペース効率による影響(F_I)は、植物プランクトン増殖に対する強光阻害を考え以下の式で与える。

$$F_I = I/I_s \cdot \exp(1 - I/I_s) \exp(-\mu_s P)$$

ここに、 I_s ：最大増殖速度を与える最適日射量

μ_s ：スペース効果係数

I ：日射量

P ：植物プランクトン(クロロフィル a)濃度

水温による影響(F_T)は以下の式を適用する。

$$F_T = (T/T_s \cdot \exp(1 - T/T_s))^{NCP}$$

ここに、 T_s ：最大増殖速度を与える最適水温

NCP：尖り係数

T ：水温

栄養塩類濃度に関する影響(F_N)は Michaelis-Menton 型の式で近似し、以下の式で与える。

$$F_N = C_{IN} / (K_{IN} + C_{IN}) \cdot C_{IP} / (K_{IP} + C_{IP})$$

ここに、 K_{IN} ：無機態窒素の Michaelis 定数

K_{IP} ：無機態リンの Michaelis 定数

C_{IN} ：無機態窒素濃度

C_{IP} ：無機態リン濃度

また、減少項としては死滅、排泄及び沈降を考慮し、植物プランクトンの内部生産項は以下の式で与える。

$$\partial P / \partial t = (G_P - V_{DP} \cdot \theta_{DP}^{T-20} - V_{EP} \cdot \theta_{EP}^{T-20} / \delta - 1 / \Delta y \cdot V_{PL}) \cdot P$$

ここに、 V_{DP} ：20°Cにおける植物プランクトンの死滅速度(率)

θ_{DP} ：植物プランクトン死滅率の温度補正係数

V_{EP} ：20°Cにおける植物プランクトンの排泄速度(率)

θ_{EP} ：植物プランクトン排泄率の温度補正係数

δ ：DO/chl-a 比率

V_{PL} ：沈降速度

b) 非生物体 COD (NL-COD)

非生物体 COD の増加は植物プランクトンの死滅及び底質からの溶出(最下層のみ)を考慮し、減少はバクテリアなどによる分解及び沈降を考慮して、以下の式で与える。

$$\partial C_{COD} / \partial t = V_{DP} \cdot \theta_{DP}^{T-20} \cdot \gamma P - V_{KDC} \cdot \theta_{KC}^{T-20} \cdot C_{COD} + V_{RC} \cdot \theta_{RC}^{T-20} \cdot A/V - 1 / \Delta y \cdot V_{DT} \cdot C_{COD}$$

ここに、 γ ：生物体有機物中の COD の割合 (COD/chl-a 比率)

V_{KDC} ：非生物体 COD の分解速度

θ_{KC} ：非生物体 COD 分解速度の温度補正係数

V_{RC} ：底質からの COD の溶出速度 (= $27.629 \cdot \exp(0.1474 \cdot X_{IL})$, X_{IL} ：底質の強熱減量 (%))

θ_{RC} ：底質からの COD 溶出速度の温度補正係数

V_{DT} ：非生物体有機物の沈降速度

A, V ：最下層コントロールボリュームの底面積及び体積

c) 非生物体有機態窒素 (NL-0-N)

非生物体有機態窒素の増加は植物プランクトンの死滅を考慮し、減少はバクテリアなどによる分解及び沈降を考慮して、以下の式で与える。

$$\partial C_{ON} / \partial t = V_{DP} \cdot \theta_{DP}^{T-20} \cdot \alpha P - V_{KDN} \cdot \theta_{KN}^{T-20} \cdot C_{ON} - 1/\Delta y \cdot V_{DT} \cdot C_{ON}$$

ここに、 α : 生物体有機物中の窒素の割合 (N/chl-a 比率)

V_{KDN} : 非生物体有機態窒素の分解速度

θ_{KN} : 非生物体有機態窒素分解速度の温度補正係数

d) 非生物体有機態リン (NL-0-P)

非生物体有機態リンの増加は植物プランクトンの死滅を考慮し、減少はバクテリアなどによる分解及び沈降を考慮して、以下の式で与える。

$$\partial C_{OP} / \partial t = V_{DP} \cdot \theta_{DP}^{T-20} \cdot \beta P - V_{KDP} \cdot \theta_{KP}^{T-20} \cdot C_{OP} - 1/\Delta y \cdot V_{DT} \cdot C_{OP}$$

ここに、 β : 生物体有機物中のリンの割合 (P/chl-a 比率)

V_{KDP} : 非生物体有機態リンの分解速度

θ_{KP} : 非生物体有機態リン分解速度の温度補正係数

e) アンモニア態窒素 (NH4-N)

アンモニア態窒素の増加は植物プランクトンの排泄、バクテリアなどによる非生物体有機態窒素の分解、底質からの溶出(最下層のみ)、減少は植物プランクトンによる摂取(固定)、硝化を考慮して、以下の式で与える。

$$\partial C_{IN} / \partial t = -G_P \cdot \alpha P + V_{KDN} \cdot \theta_{KN}^{T-20} \cdot C_{ON} + V_{RN} \cdot \theta_{RN}^{T-20} \cdot A/V + V_{EP} \cdot \theta_{EP}^{T-20} \cdot \alpha P / \delta - V_{NH4N} \cdot \theta_{NH4}^{T-20} \cdot C_{NH4N}$$

ここに、 V_{RN} : 底質からのアンモニア態窒素の溶出速度

θ_{RN} : 底質からのアンモニア態窒素溶出速度の温度補正係数

f) 硝酸+亜硝酸態窒素 (NOX-N)

亜硝酸態窒素の増加はアンモニア態窒素の硝化、底質からの溶出(最下層のみ)、減少は植物プランクトンによる摂取(固定)を考慮して、以下の式で与える。

$$\partial C_{IN} / \partial t = -G_P \cdot \alpha P + V_{NH4N} \cdot \theta_{NH4}^{T-20} \cdot C_{NH4N} + V_{RN} \cdot \theta_{RN}^{T-20} \cdot A/V$$

ここに、 V_{RN} ：底質からの硝酸+亜硝酸態窒素の溶出速度

θ_{RN} ：底質からのアンモニア態窒素溶出速度の温度補正係数

g) 無機態リン(P04-P)

無機態リンの増加は植物プランクトンの排泄，バクテリアなどによる非生物体有機態リンの分解，底質からの溶出(最下層のみ)、減少は植物プランクトンによる摂取(固定)を考慮して、以下の式で与える。

$$\partial C_{IP} / \partial t = -G_P \cdot \beta P + V_{KDP} \cdot \theta_{KP}^{T-20} \cdot C_{OP} + V_{RP} \cdot \theta_{RP}^{T-20} \cdot A/V + V_{EP} \cdot \theta_{EP}^{T-20} \cdot \beta P / \delta$$

ここに、 V_{RP} ：底質からの無機態リンの溶出速度

θ_{RP} ：底質からの無機態リン溶出速度の温度補正係数

h) 溶存酸素量(D0)

D0の変化は、水面での再曝気，植物プランクトンの光合成に伴う溶存酸素の生成，生物体有機物(植物プランクトン)の呼吸，有機物の分解に伴う消費及び底質による消費を考慮して、以下の式で与える。

$$\partial C_{D0} / \partial t = V_{KEX} \cdot (C_{S0} - C_{D0}) \cdot A_S / V_S + G_P \cdot \delta P - V_{EP} \cdot \theta_{EP}^{T-20} \cdot P - V_{KDC} \cdot \theta_{KC}^{T-20} \cdot \delta C_{COD} / \gamma - V_{RBK} \cdot \theta_{RBK}^{T-20} \cdot A_B / V_B$$

ここに、 V_{EX} ：再曝気係数

V_{RBK} ：底質による溶存酸素の消費速度

θ_{RBK} ：底質による溶存酸素消費速度の温度補正係数

C_{S0} ：飽和溶存酸素量(= 14.161-0.3943T+0.007714T²-0.0000646T³-S·(0.0841-0.00256T+0.0000347T²), T:水温, S:塩分濃度)

A, V：コントロールボリュームの面積及び体積(添字=S:表層, =B:底層)

i) 浮遊物質(SS)

濁質の予測は、移流・拡散方程式を基礎方程式とし、これに濁質の沈降を付加し、境界条件として河川からの流入，下流端(海域)での流入出及び底質からの巻上げを考慮する。

$$\partial C_{SS} / \partial t = W_{SS} \cdot A/V - 1/\Delta y \cdot V_{SS} \cdot C_{SS}$$

ここに、 W_{SS} ：底質からの巻上げ濃度， V_{SS} ：濁質の沈降速度

濁質の沈降速度は以下に示すストークスの式により算定する。

$$\text{ストークスの式 } V_{ss} = 1/18 \cdot (\sigma / \rho - 1) \cdot g / \nu \cdot d^2$$

ここに、 σ : 土粒子の密度, ρ : 水の密度, g : 重力加速度, ν : 水の動粘性係数, d : 土粒子の粒径

なお、濁質の沈降速度や底質からの巻上げ量は、土粒子の粒径に支配される。通常自然界に存在する濁質は様々な粒径を持つが水質予測モデルでこれをすべて考慮することはできないので、いくつかの粒径に区分し、各区分の代表粒径を設定して沈降速度や巻上げを考慮することとなる。本水質予測モデルでは、濁質を4つの粒径に区分して濁質濃度の予測を行うこととした。

1.3.2 水域分割

(1) 水質モデル

水平方向の水域分割は全域において直交曲線座標系を採用し、鉛直方向の水域分割は宍道湖について全層シグマ座標系，中海・大橋川についてはシグマレベル座標系を採用する。

【水平】

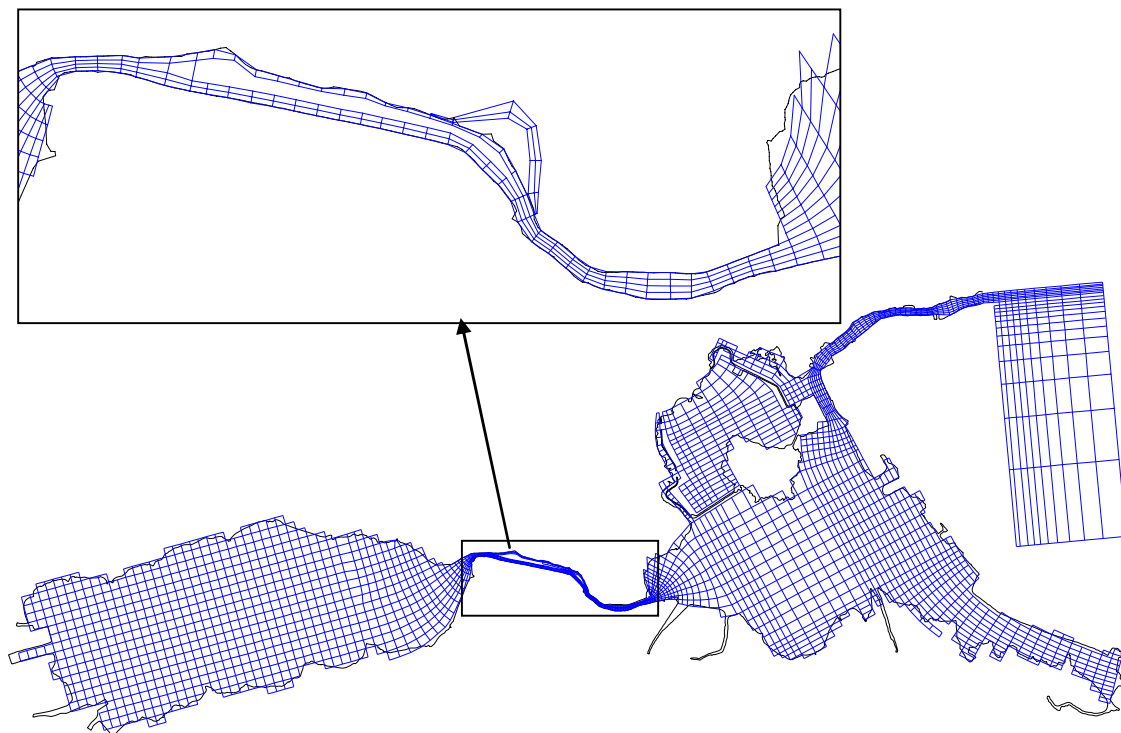


図 1.3-2(1) 水質予測モデルの水域分割(水平)

【鉛直】

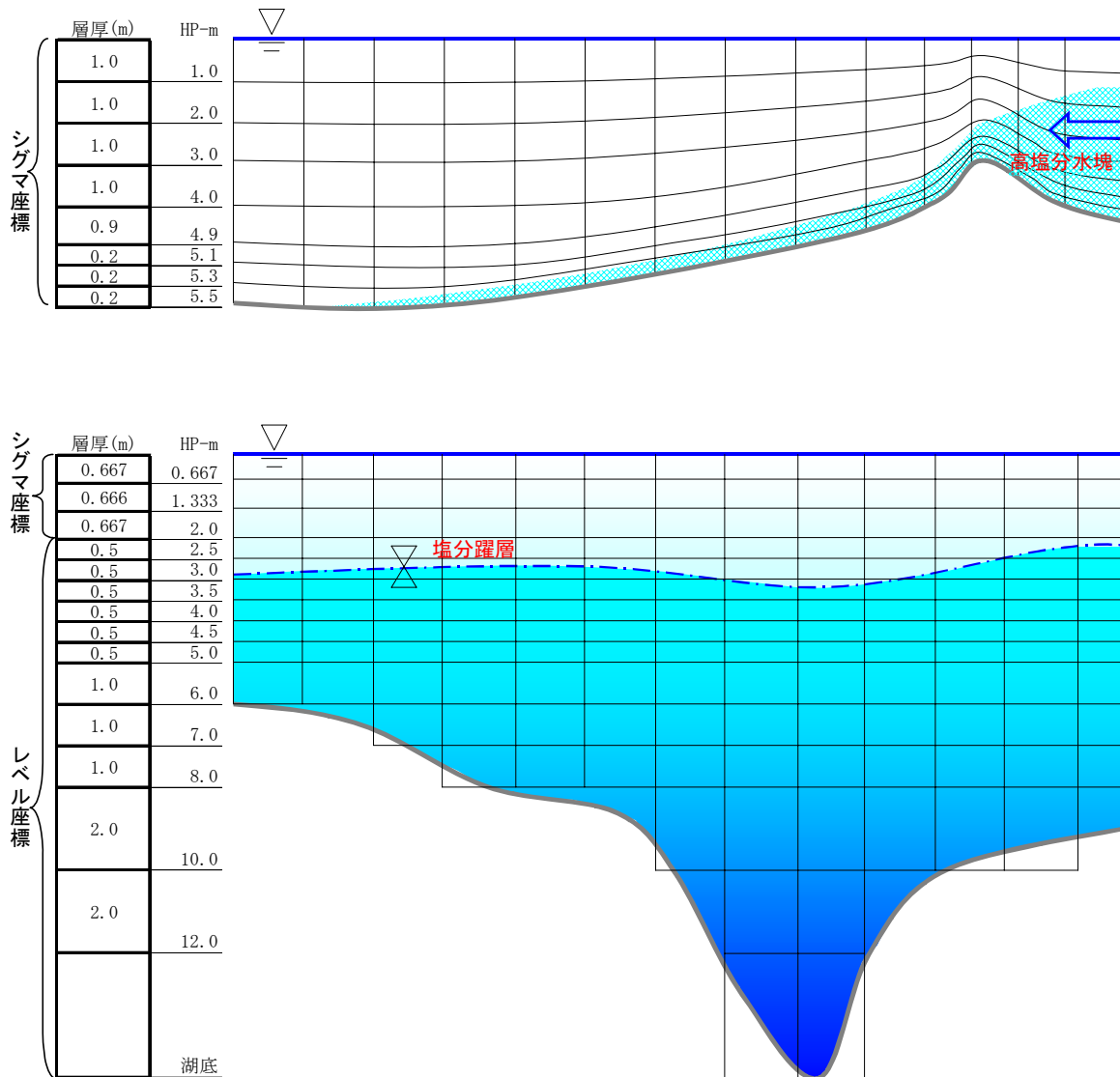


図 1.3-2(2) 水質予測モデルの水域分割(鉛直)

1.3.3 水質計算条件

(1) 初期条件

水質計算の初期条件は、中海・宍道湖における定期水質調査結果に基づき、宍道湖、中海それぞれで一定値を与える。また、大橋川については、中流部で初期水質設定の境界を設け、上流側は宍道湖、下流側は中海の初期水質を与える。

(2) 海域境界条件

水質計算の海域境界水質は、美保関における定期水質調査結果に基づき、月毎に一定値を与える。

(3) 流入水質条件(流域からの流出負荷量)

1) 流域分割

湖内水質予測モデルに入力する流域からの流出負荷量は、中海・宍道湖流域を45分割の小流域に分割し、各流域において設定する。

流出負荷量を与える流域分割は以下に示すとおりである。

表 1.3-2 流域分割

25分割				45分割			
No.		流域名	面積(km ²)	No.		流域名	面積(km ²)
1	S-3	宍道湖西部	1084.05	1		伊野川	24.16
				2		船川	62.41
				3		五右衛門川	38.97
				4		新建川	33.73
				5		佐々布川	12.85
				6		斐伊川	911.93
2	S-2	宍道湖中央	56.91	7		大野川	9.65
				8		秋鹿川	12.21
				9		東長江川	6.97
				10		来待川	28.08
3	S-1	宍道湖東部	56.28	11		佐陀川	32.15
				12		玉湯川	24.13
4	O-4	大橋川4	36.30	13		忌部川	24.39
				14		松江市橋北地区	11.91
5	O-3	大橋川3	3.90	15		松江市橋南地区	3.90
6	O-2	大橋川2	47.01	16		朝酌川	34.19
				17		馬橋川	12.82
7	O-1	大橋川1	3.93	18		大橋川下	3.93
8	N-7	揖屋沖	86.47	19		意宇川・揖屋干拓	74.73
				20		揖屋地区	7.17
				21		大井・大海崎地区	4.57
9	N-6	荒島沖	20.35	22		意東川・羽入川	15.20
				23		日白川・久白川	5.15
10	N-5	米子湾	38.81	24		加茂川・旧加茂川	25.58
				25		島田・安来干拓地	13.23
11	N-4	安来沖	169.60	26		伯太川・吉田川	156.06
				27		彦名地区	7.91
				28		葭津周辺	5.63
12	N-3	大根島南	1.35	29		波入地区	1.35
13	N-2	米子空港沖	230.51	30		田頼川	11.73
				31		飯梨川	210.40
				32		中浜港周辺	4.98
				33		渡周辺	1.43
				34		馬渡・遅江地区	1.26
14	N-1	境水道	20.09	35		江島地区	0.71
				36		森山地区	8.55
				37		境港市街	11.00
				38		江島工業団地	0.54
15	Ss-2	西部承水路2	2.93	39		上宇部尾地区	2.93
16	Ss-1	西部承水路1	11.59	40		本庄川	11.59
17	Hs-1	北部承水路	6.20	41		長海川	6.20
18	H-3	本庄工区3	1.23	42		入江地区	1.23
19	H-2	本庄工区2	1.50	43		野原地区	1.50
20	H-1	本庄工区1	1.35	44		二子・寺津・亀尻地区	1.35
21	Ch-1	貯木場	3.20	45		下宇部尾地区	3.20
宍道湖			1,288.38	宍道湖			1,288.38
中海			595.18	中海			595.18
合計			1,883.56	合計			1,883.56

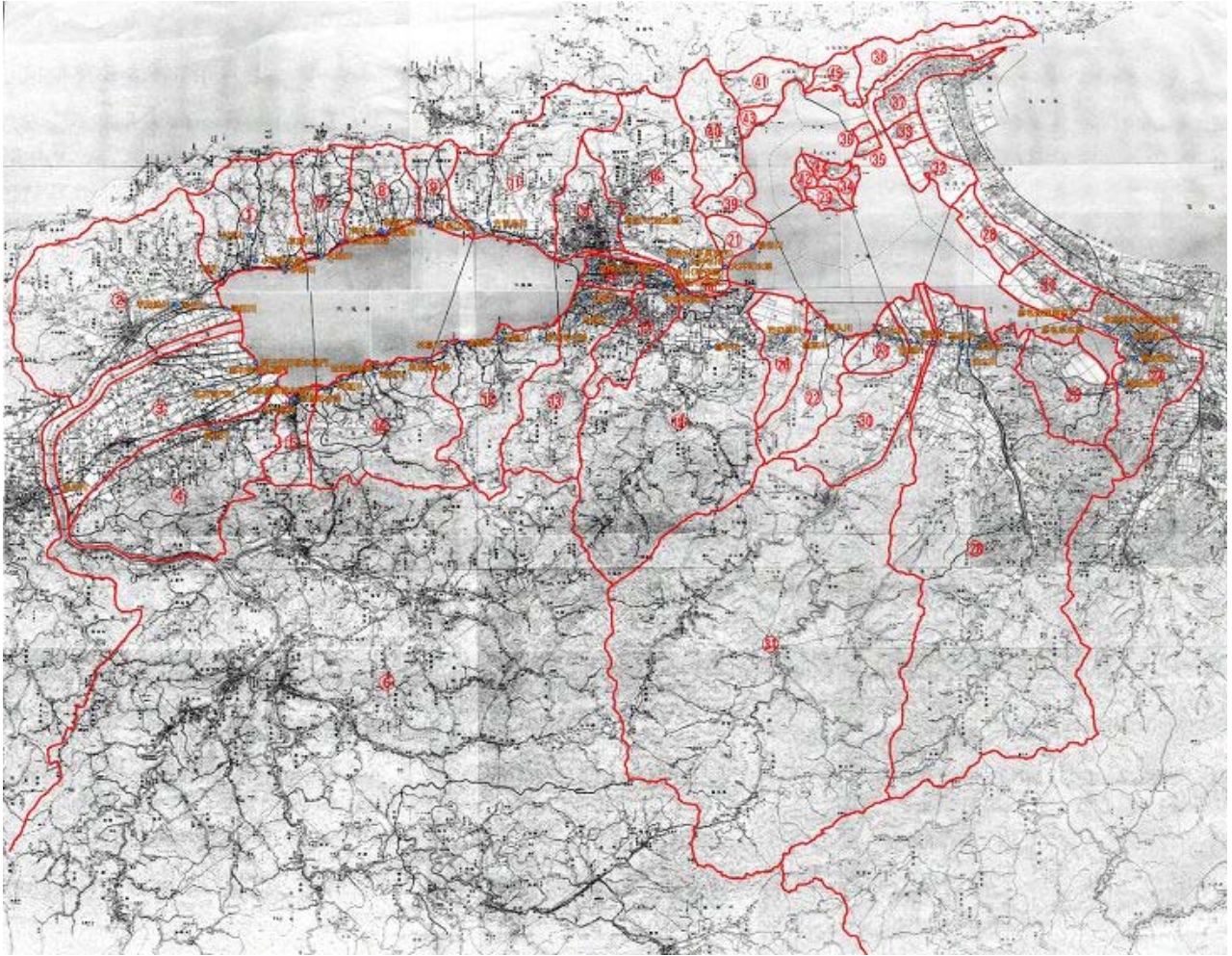


图 1.3-3 流域分割图

2) L-Q 式の設定

中海・宍道湖では、平成 10 年～平成 15 年に両湖に流入する 25 河川において流入負荷量調査を実施している。水質予測モデルに与える流入負荷量は、この負荷量調査結果に基づき各河川で比流量～比負荷量関係式(L-Q 式)を作成し、これに基づき設定する。なお、流入負荷量調査が実施されていない河川については、調査が実施されている近傍河川の L-Q 式を適用する。

表 1.3-3 各河川の L-Q 式と 45 分割流域への適用

	No.	流域名	面積(km ²)	L-Q準用ブロック	L-Q番号
宍道湖	1	伊野川	24.16		1
	2	船川	62.41		2
	3	五右衛門川	38.97		3
	4	新建川	33.73		4
	5	佐々布川	12.85		5
	6	斐伊川	911.93		6
	7	大野川	9.65		7
	8	秋鹿川	12.21		8
	9	東長江川	6.97		9
	10	来待川	28.08		10
	11	佐陀川	32.15		11
	12	玉湯川	24.13		12
	13	忌部川	24.39		13
	14	松江市橋北地区	11.91	15	14
	15	松江市橋南地区	3.90		14
	16	朝酌川	34.19		15
	17	馬橋川	12.82		16
	18	大橋川下	3.93	24	22
中海	19	意宇川・揖屋干拓	74.73		17
	20	揖屋地区	7.17		18
	21	大井・大海崎地区	4.57		19
	22	意東川・羽入川	15.20		20
	23	日白川・久白川	5.15		21
	24	加茂川・旧加茂川	25.58		22
	25	島田・安来干拓地	13.23	21	19
	26	伯太川・吉田川	156.06		23
	27	彦名地区	7.91	13	13
	28	葭津周辺	5.63	13	13
	29	波入地区	1.35	13	13
	30	田頼川	11.73		24
	31	飯梨川	210.40		25
	32	中浜港周辺	4.98	24	22
	33	渡周辺	1.43	24	22
	34	馬渡・遅江地区	1.26	6	6
	35	江島地区	0.71	20	18
	36	森山地区	8.55	4	4
	37	境港市街	11.00	24	22
	38	江島工業団地	0.54	30	24
	39	上宇部尾地区	2.93	30	24
	40	本庄川	11.59	11	11
	41	長海川	6.20	30	24
	42	入江地区	1.23	24	22
	43	野原地区	1.5	11	11
	44	二子・寺津・亀尻地区	1.35	26	23
	45	下宇部尾地区	3.2	30	24
		宍道湖	1,288.38		
		中海	595.18		
		合計	1,883.56		

表 1.3-4 各支川における L-Q 式設定結果

No.	流域名	区分	COD		T-N		T-P		SS	
			a	b	a	b	a	b	a	b
1	伊野川	高水	10.011	1.161	1.484	1.138	0.306	1.245	36.073	1.542
		低水	2.261	0.869	-	-	0.032	0.888	2.587	0.977
		流量	0.00617		-		0.00180		0.00941	
2	船川	高水	9.555	1.233	1.415	1.076	0.283	1.430	34.001	1.544
		低水	-	-	-	-	-	-	-	-
		流量	-		-		-		-	
3	五右衛門川	高水	9.933	1.212	1.521	0.929	0.306	1.240	35.571	1.486
		低水	-	-	-	-	-	-	-	-
		流量	-		-		-		-	
4	新建川	高水	13.820	1.271	1.313	1.051	0.153	1.192	69.149	1.740
		低水	-	-	-	-	-	-	-	-
		流量	-		-		-		-	
5	佐々布川	高水	9.888	1.206	1.513	1.078	0.301	1.340	35.775	1.531
		低水	-	-	-	-	-	-	-	-
		流量	-		-		-		-	
6	斐伊川	高水	27.159	1.673	1.648	1.189	0.380	1.750	181.560	1.870
		低水	2.898	1.063	0.928	1.108	0.031	1.077	7.691	1.269
		流量	0.02549		0.00087		0.02465		0.00521	
7	大野川	高水	10.034	1.160	1.437	1.072	0.307	1.252	35.269	1.604
		低水	2.465	0.847	-	-	0.039	0.861	5.467	1.124
		流量	0.01132		-		0.00491		0.02063	
8	秋鹿川	高水	10.069	1.184	1.493	1.076	0.299	1.264	42.747	1.543
		低水	-	-	-	-	-	-	-	-
		流量	-		-		-		-	
9	東長江川	高水	16.372	1.262	1.347	1.184	0.198	1.293	108.540	1.744
		低水	-	-	-	-	-	-	-	-
		流量	-		-		-		-	
10	来待川	高水	13.372	1.275	1.372	1.216	0.154	1.229	58.312	1.527
		低水	-	-	-	-	-	-	-	-
		流量	-		-		-		-	
11	佐陀川	高水	13.525	1.156	1.310	1.077	0.155	1.030	65.900	1.434
		低水	-	-	-	-	-	-	-	-
		流量	-		-		-		-	
12	玉湯川	高水	12.902	1.256	1.198	1.148	0.122	1.171	90.374	1.661
		低水	-	-	-	-	-	-	-	-
		流量	-		-		-		-	
13	忌部川	高水	8.847	1.109	3.370	1.206	0.379	1.235	31.958	1.333
		低水	-	-	-	-	-	-	-	-
		流量	-		-		-		-	
15	松江市橋南	高水	4.798	1.008	0.628	0.977	0.110	1.147	8.275	1.089
		低水	-	-	-	-	-	-	-	-
		流量	-		-		-		-	
16	朝酌川	高水	14.076	1.281	1.370	1.107	0.159	1.235	70.365	1.648
		低水	-	-	-	-	-	-	-	-
		流量	-		-		-		-	
17	馬橋川	高水	4.412	0.910	0.723	0.699	0.099	0.778	6.858	0.913
		低水	-	-	-	-	-	-	-	-
		流量	-		-		-		-	
19	意宇川・掛屋干拓	高水	9.449	1.253	1.151	1.141	0.284	1.423	35.089	1.499
		低水	-	-	-	-	-	-	-	-
		流量	-		-		-		-	
20	掛屋地区	高水	20.043	2.040	1.194	1.132	0.222	2.020	114.330	2.671
		低水	1.963	0.890	-	-	0.019	0.836	4.998	1.138
		流量	0.13249		-		0.12441		0.12964	
21	大井・大海崎	高水	20.043	2.040	1.348	1.177	0.222	2.020	89.090	2.011
		低水	2.206	0.985	-	-	0.019	0.729	1.723	1.006
		流量	0.12336		-		0.14708		0.01968	
22	意東川・羽入川	高水	20.043	2.040	1.440	1.134	0.222	2.020	114.330	2.671
		低水	1.871	0.875	-	-	0.029	0.935	1.501	0.873
		流量	0.13090		-		0.15078		0.08982	
23	日白川・久白川	高水	13.542	1.209	1.402	0.986	0.173	1.000	57.309	1.523
		低水	-	-	-	-	-	-	-	-
		流量	-		-		-		-	
24	加茂川・旧加茂川	高水	6.604	1.173	1.601	1.157	0.159	1.136	33.054	1.842
		低水	-	-	-	-	-	-	-	-
		流量	-		-		-		-	
26	伯太川・吉田川	高水	20.043	2.040	1.384	1.163	0.222	2.020	114.330	2.671
		低水	3.921	1.053	-	-	0.125	1.219	3.288	0.988
		流量	0.19142		-		0.48657		0.12135	
30	田頼川	高水	11.498	1.220	1.033	1.029	0.089	0.977	53.071	1.578
		低水	-	-	-	-	-	-	-	-
		流量	-		-		-		-	
31	飯梨川	高水	7.638	1.283	0.932	1.157	0.077	1.334	46.937	1.604
		低水	-	-	-	-	-	-	-	-
		流量	-		-		-		-	

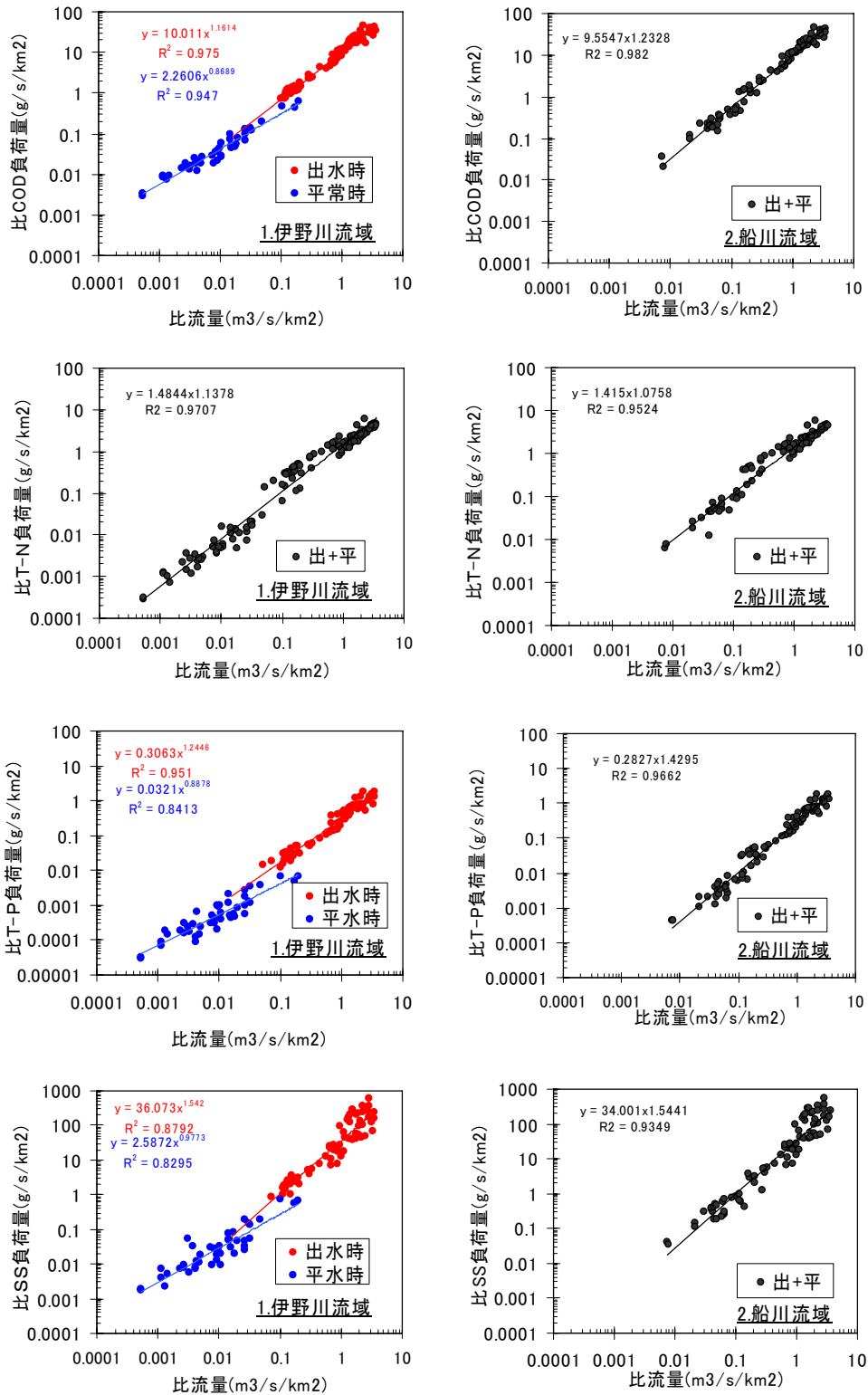


図 1.3-4 流入河川における比負荷量～比流量関係 (1/13)

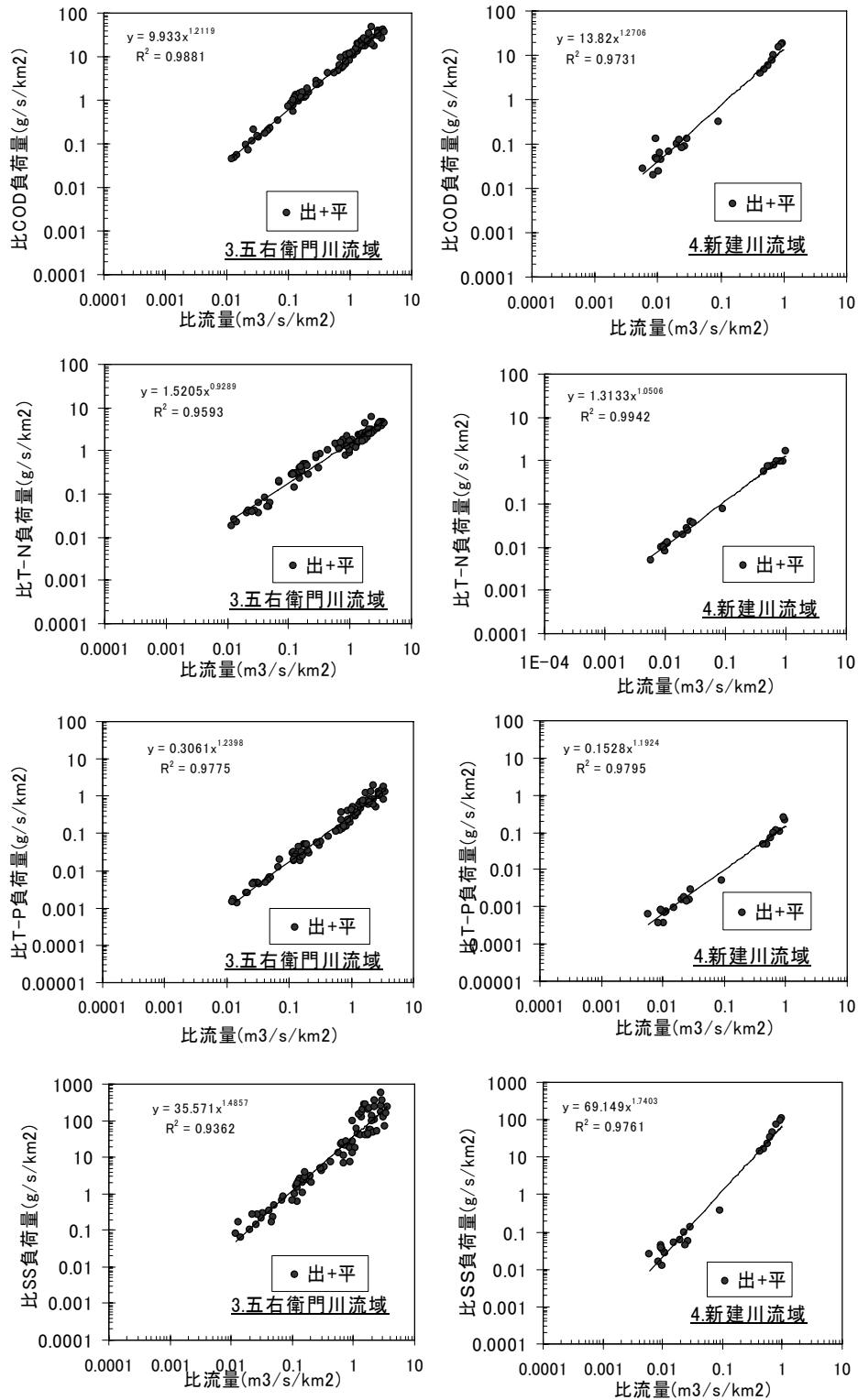


図 1.3-5 流入河川における比負荷量～比流量関係 (2/13)

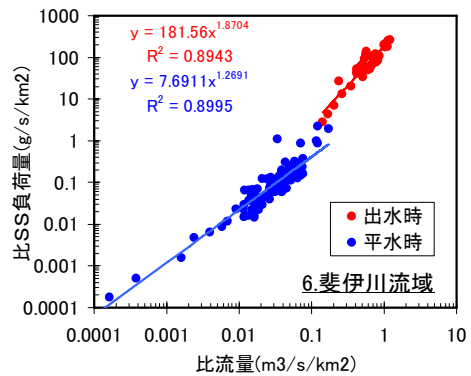
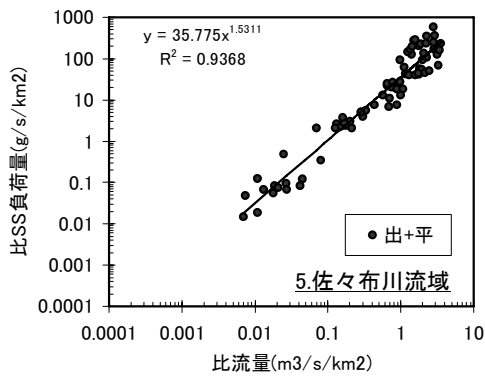
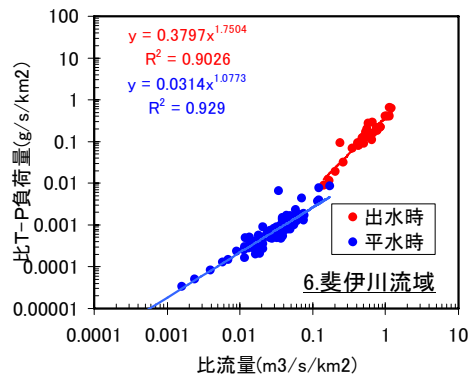
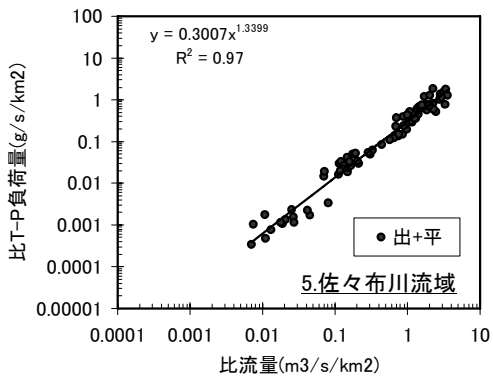
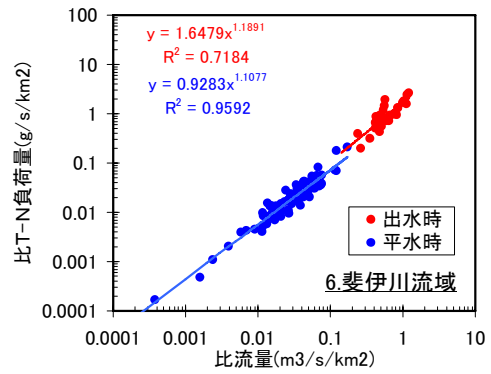
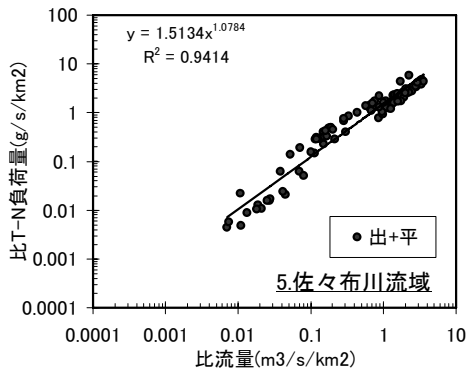
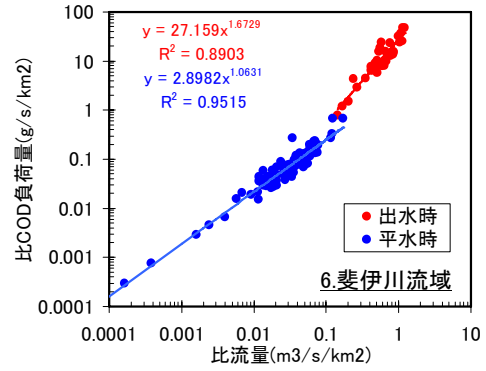
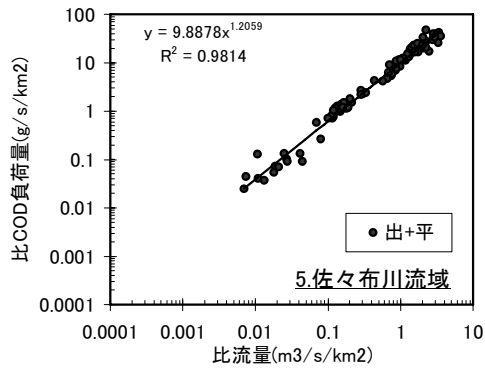


図 1.3-6 流入河川における比負荷量～比流量関係 (3/13)

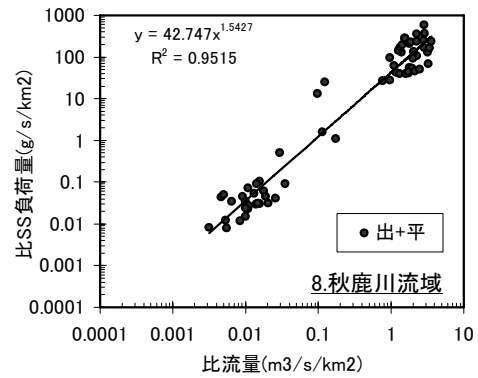
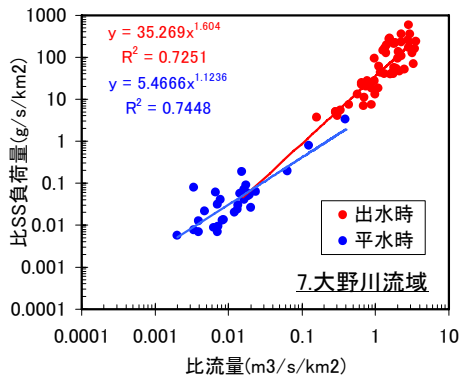
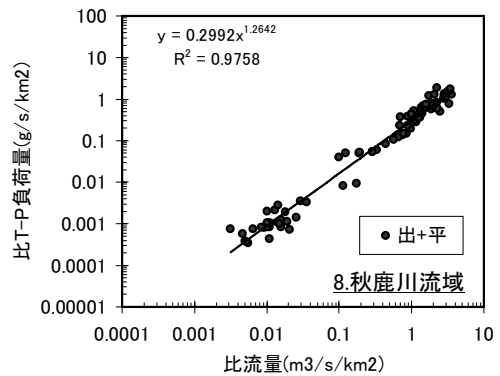
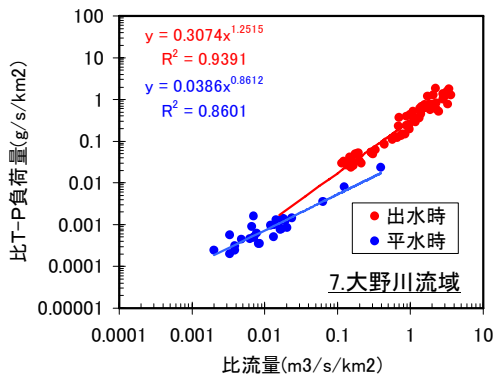
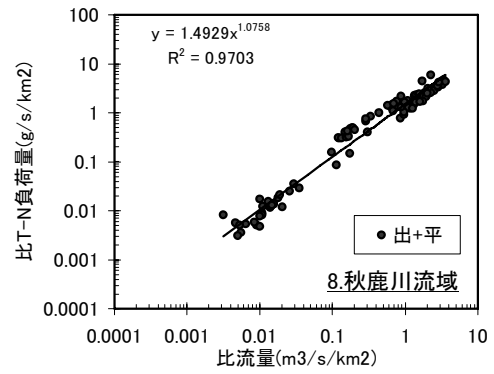
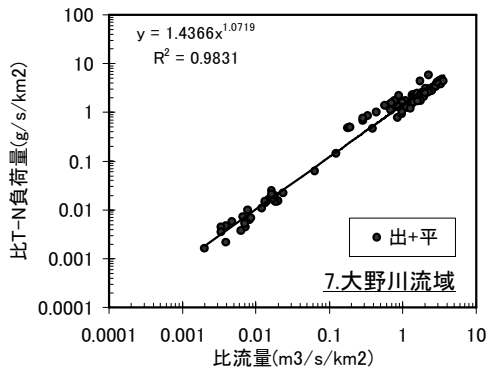
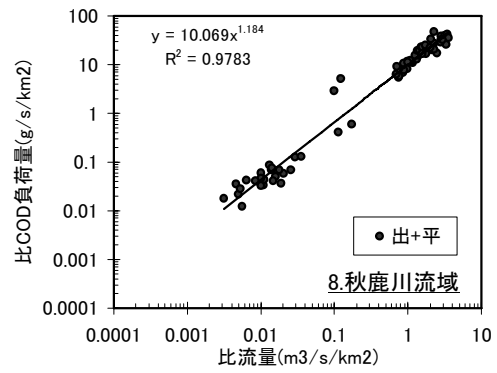
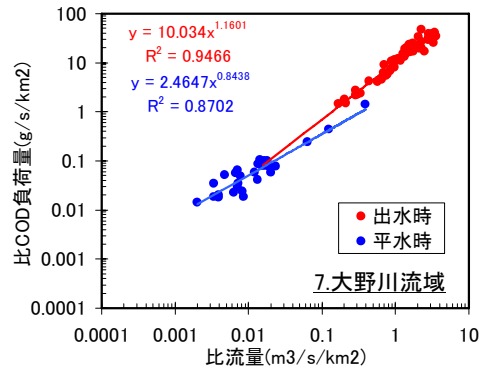


図 1.3-7 流入河川における比負荷量～比流量関係(4/13)

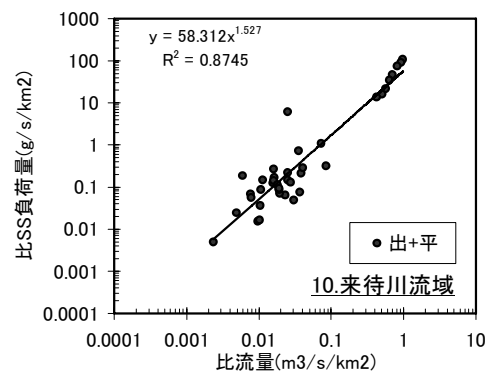
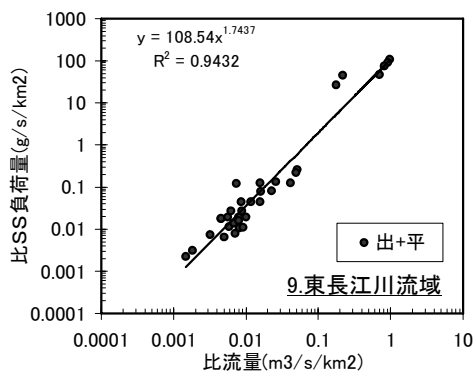
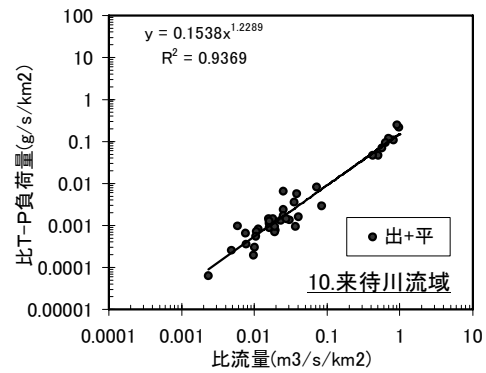
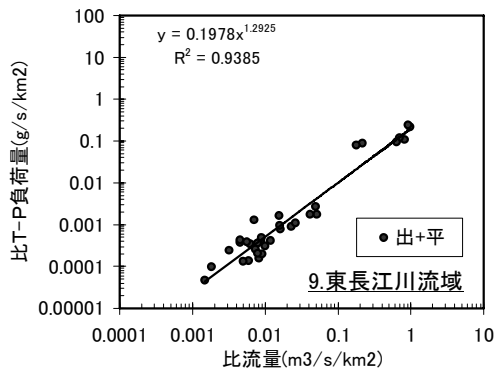
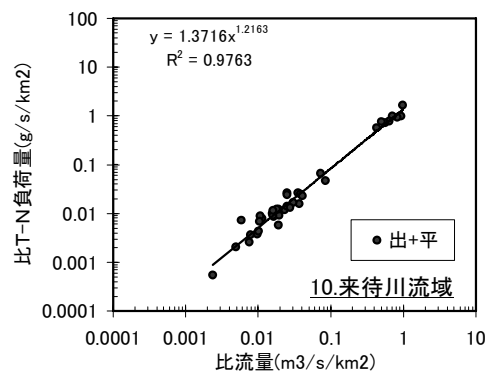
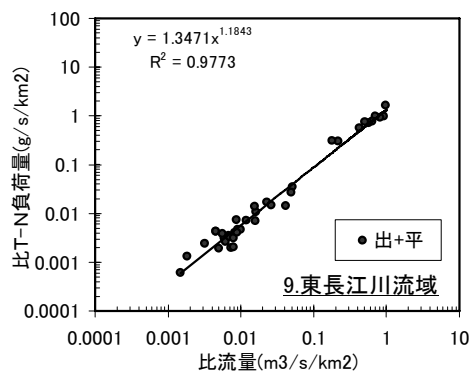
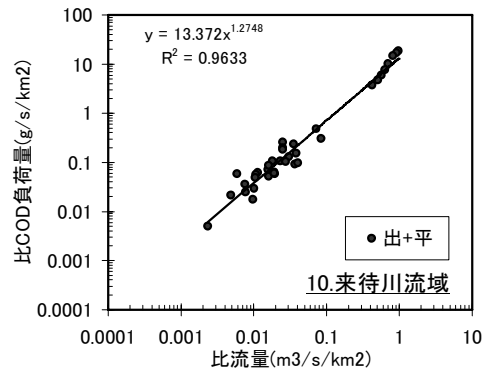
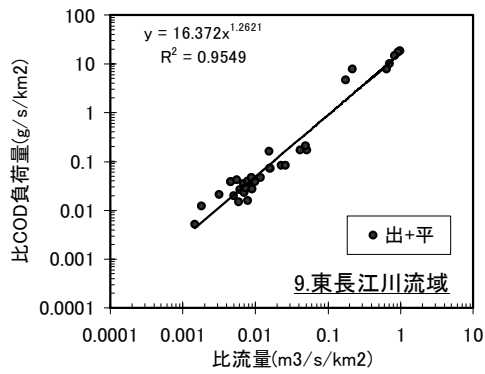


図 1.3-8 流入河川における比負荷量～比流量関係(5/13)

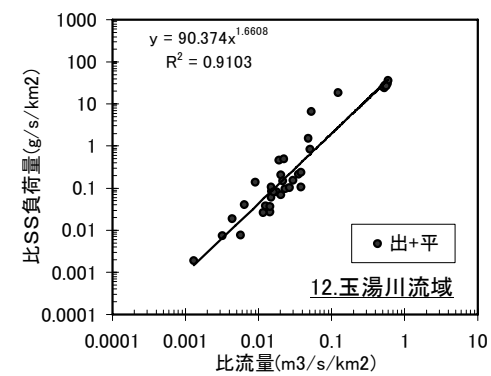
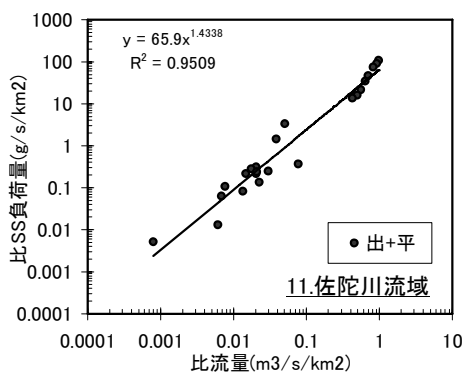
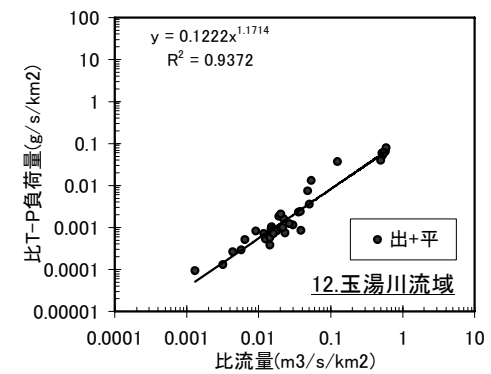
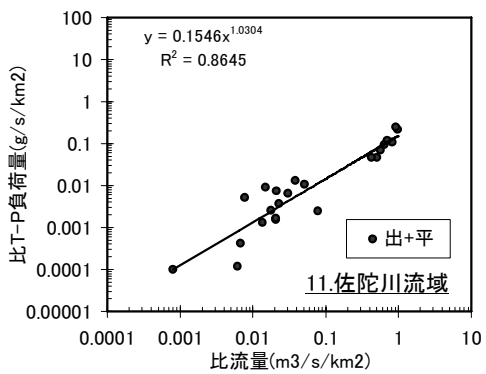
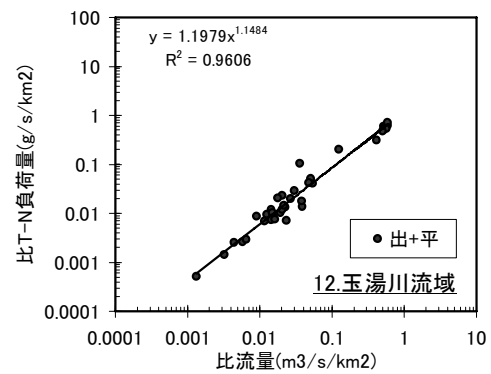
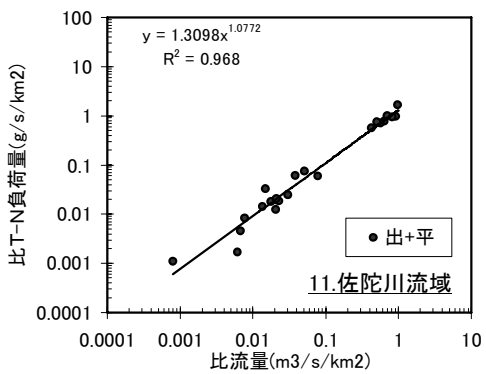
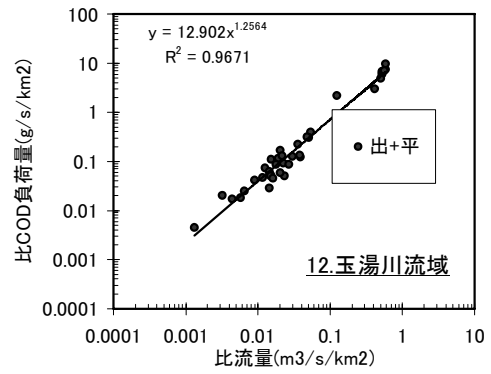
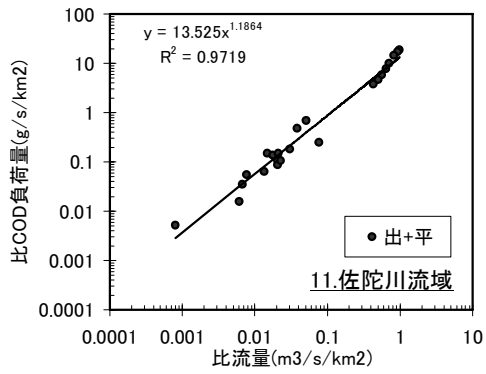


図 1.3-9 流入河川における比負荷量～比流量関係(6/13)

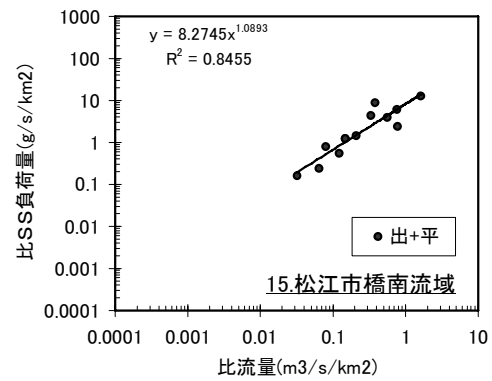
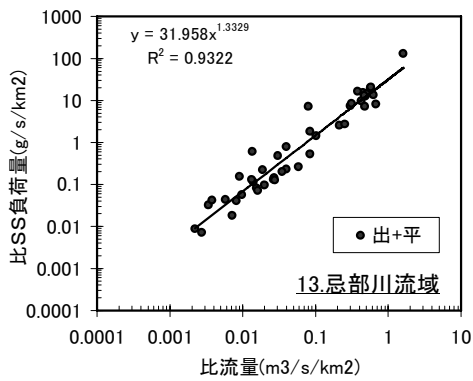
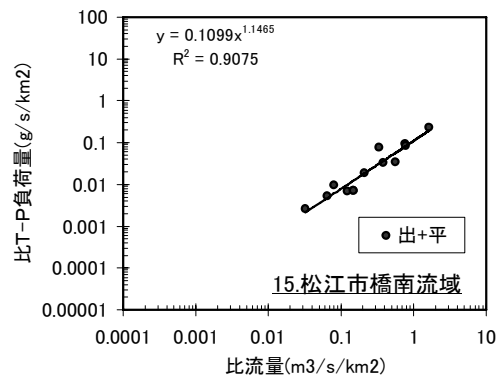
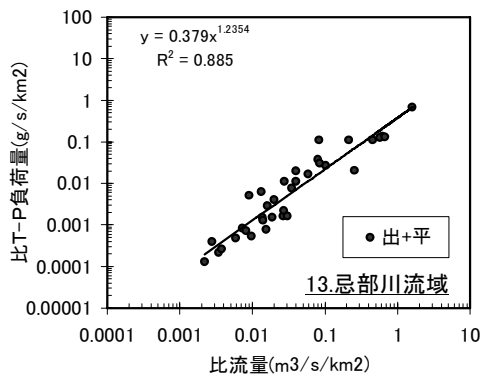
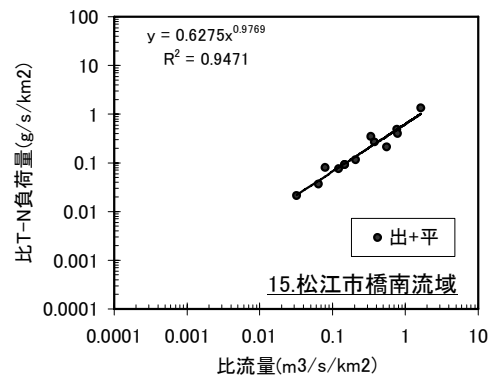
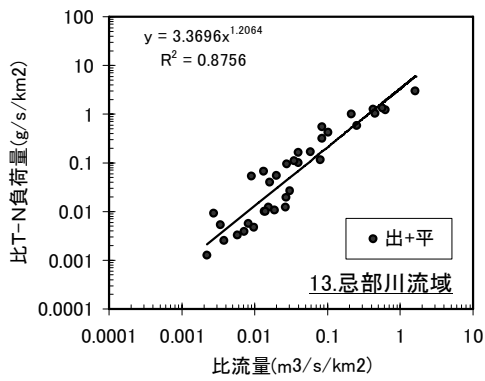
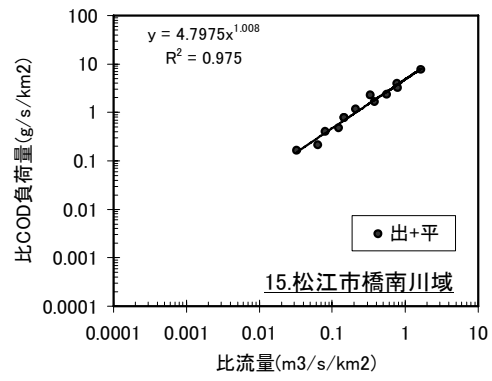
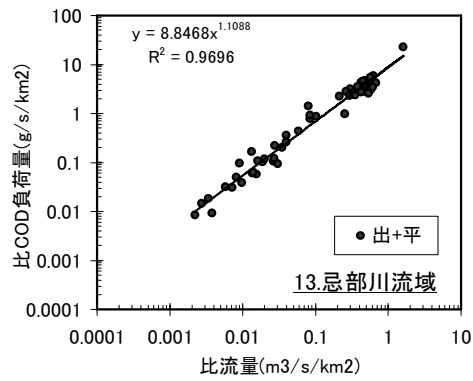


図 1.3-10 流入河川における比負荷量～比流量関係 (7/13)

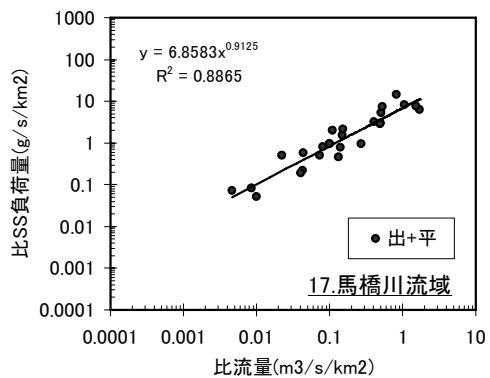
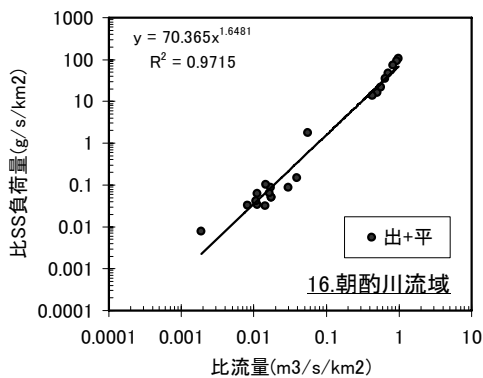
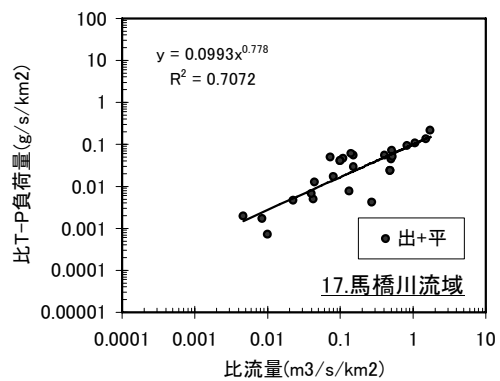
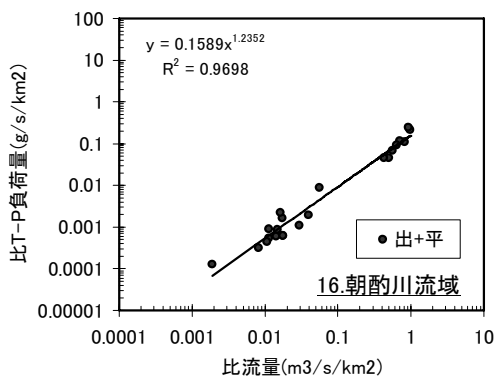
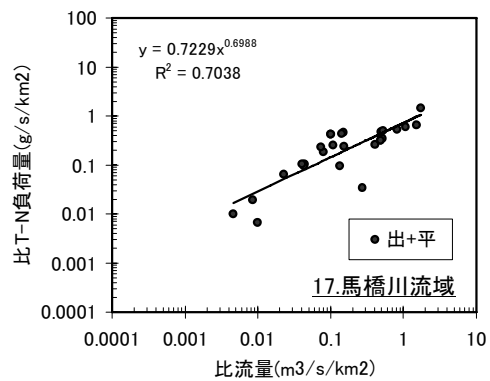
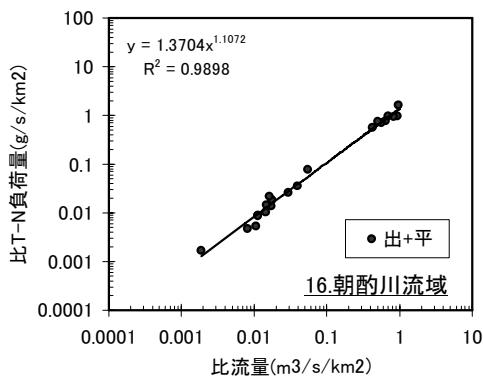
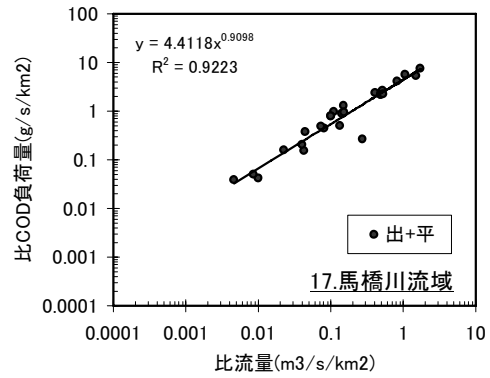
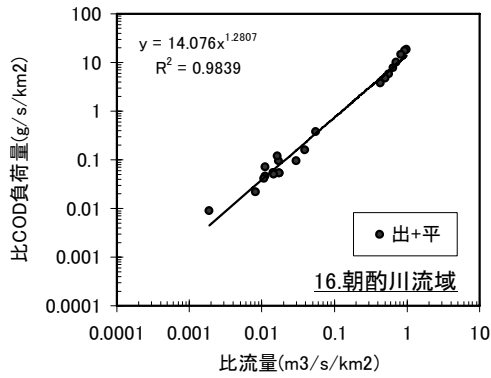


図 1.3-11 流入河川における比負荷量～比流量関係 (8/13)

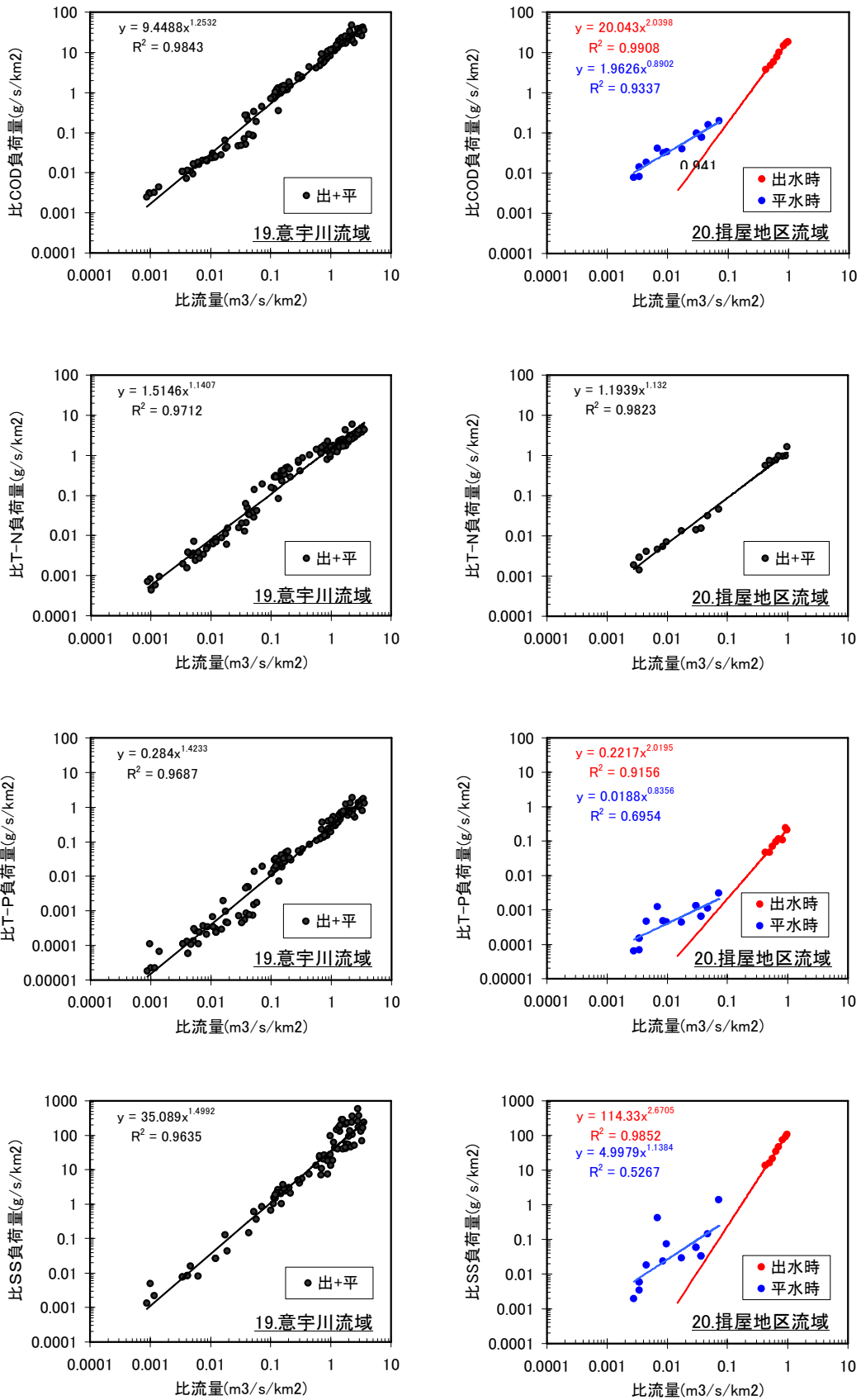


図 1.3-12 流入河川における比負荷量～比流量関係 (9/13)

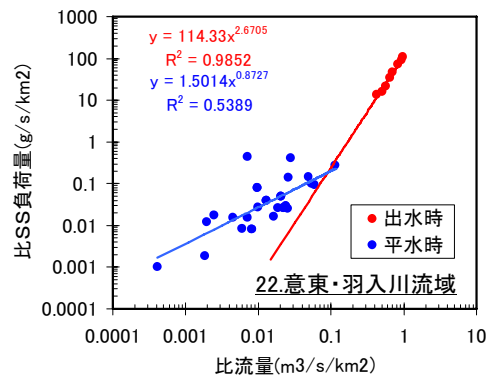
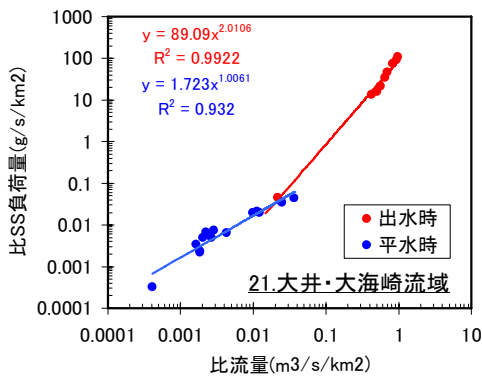
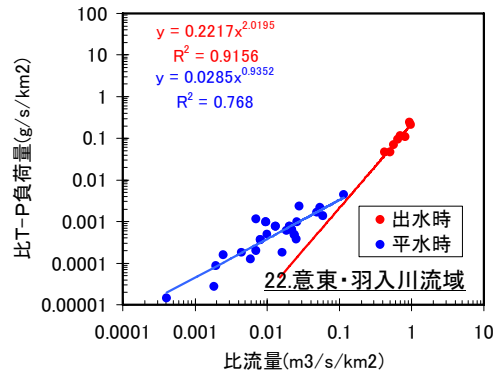
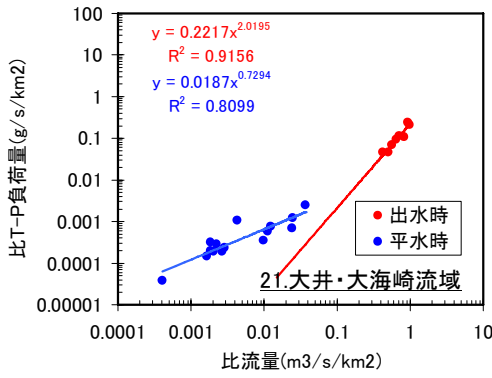
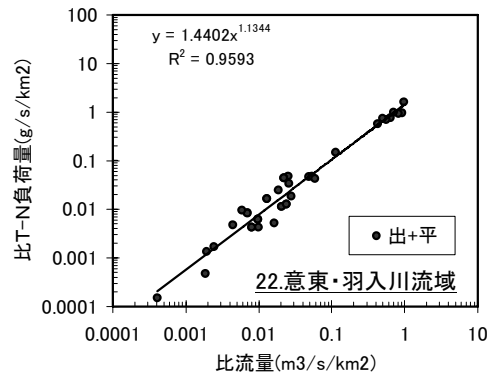
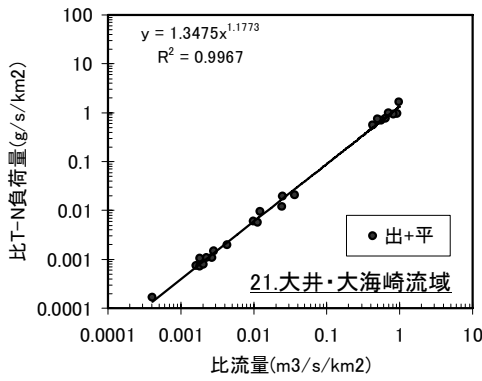
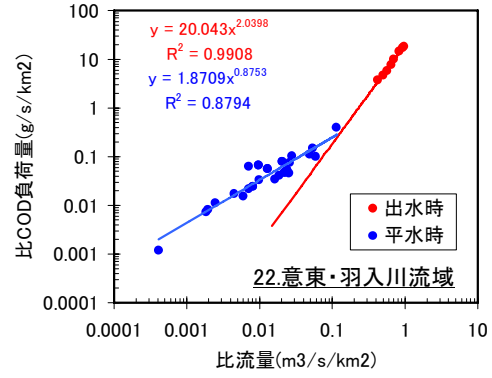
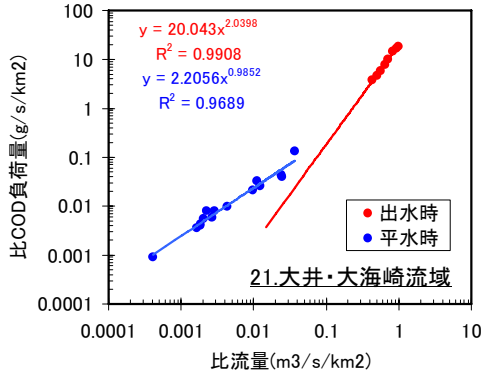


図 1.3-13 流入河川における比負荷量～比流量関係(10/13)

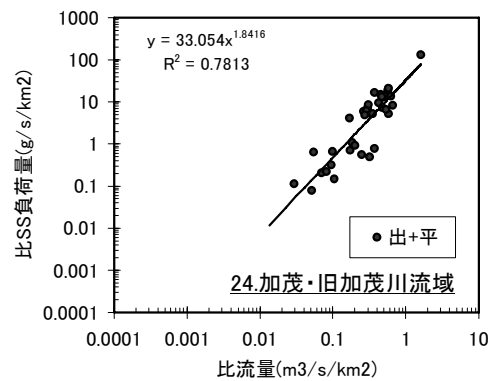
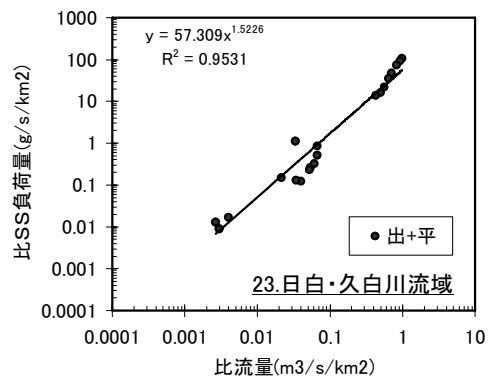
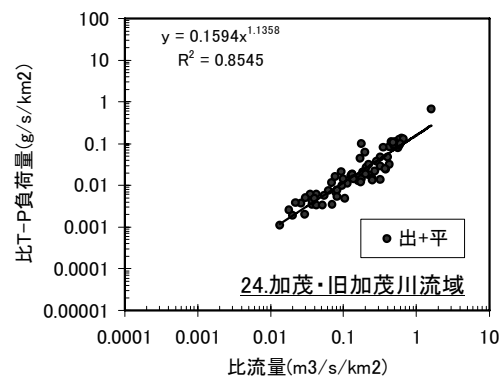
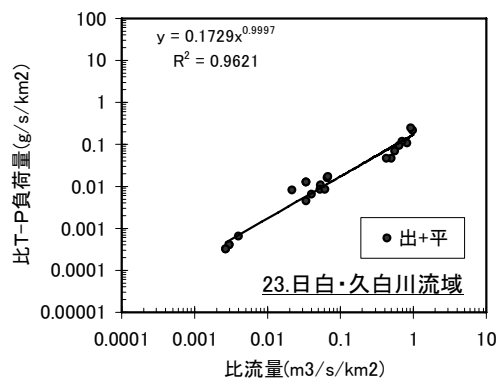
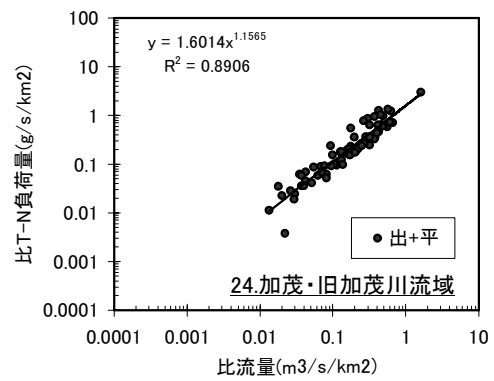
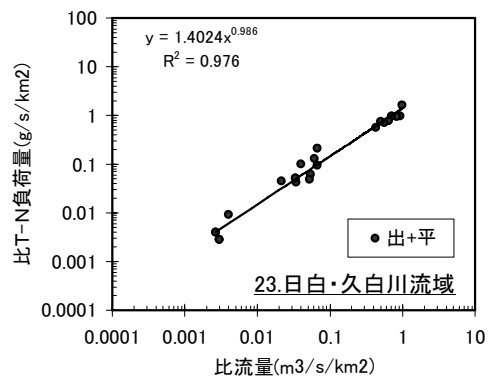
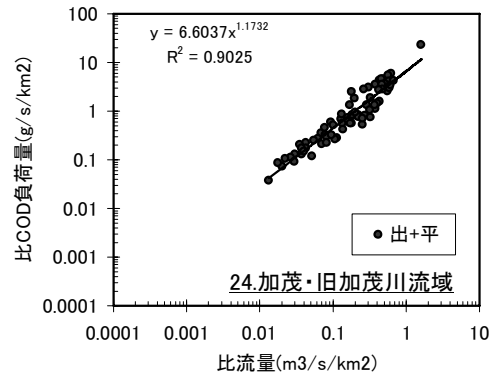
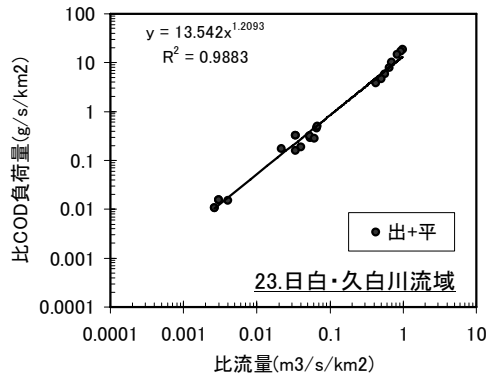


図 1.3-14 流入河川における比負荷量～比流量関係 (11/13)

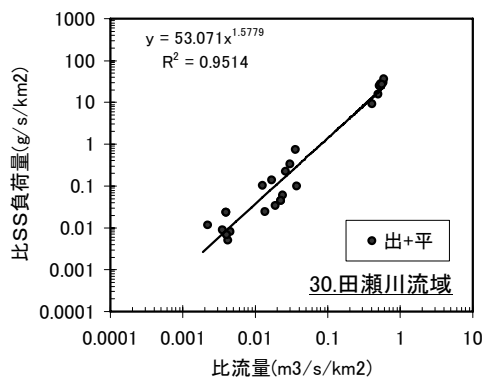
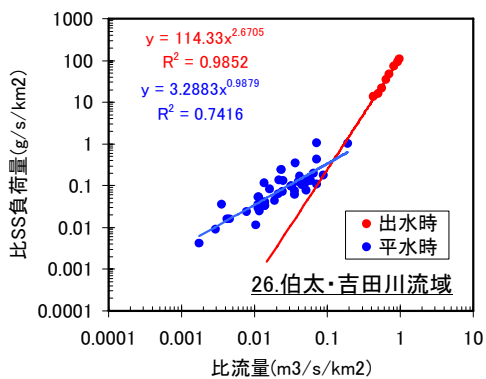
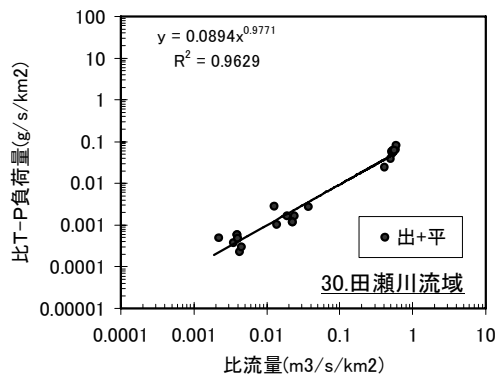
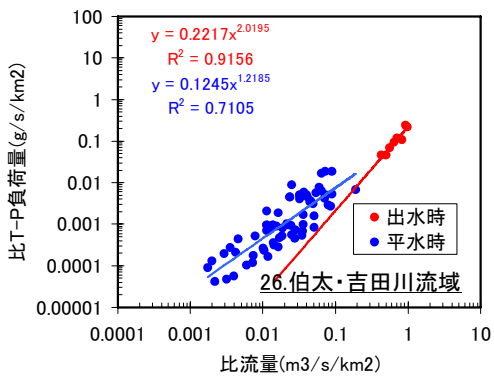
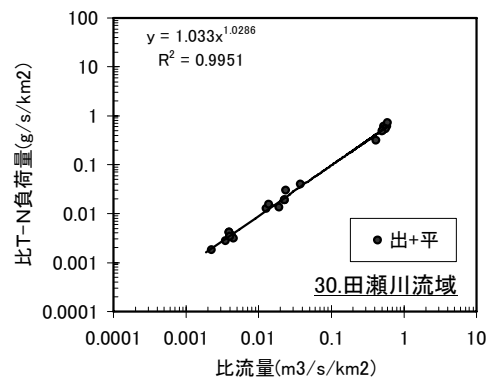
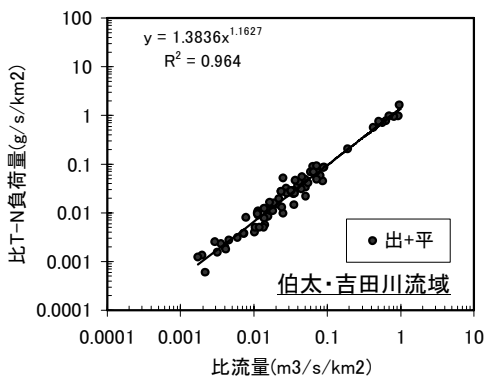
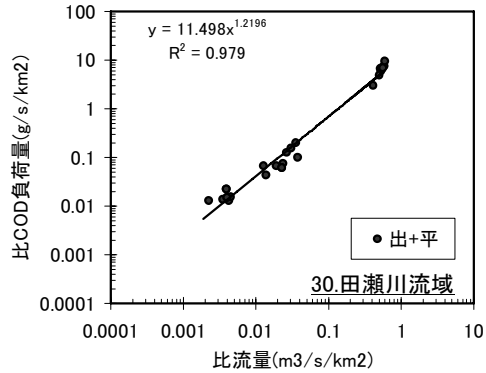
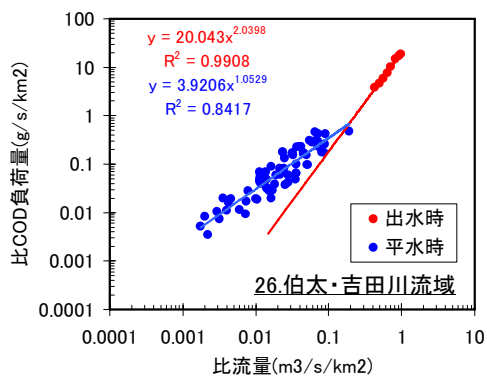


図 1.3-15 流入河川における比負荷量～比流量関係 (12/13)

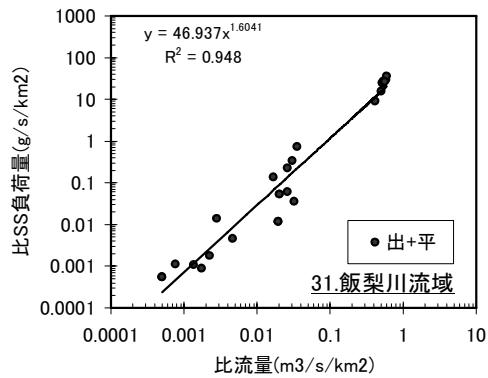
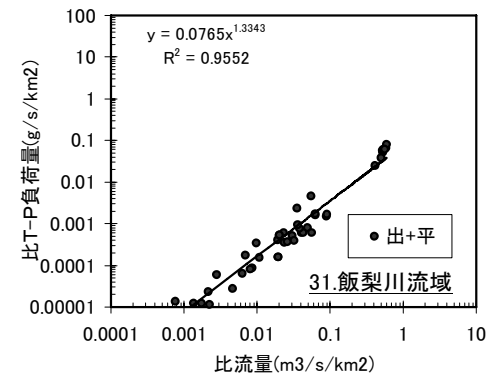
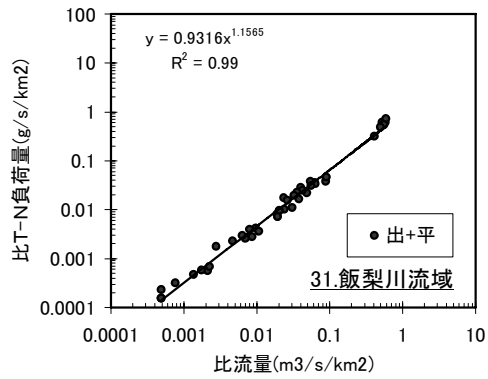
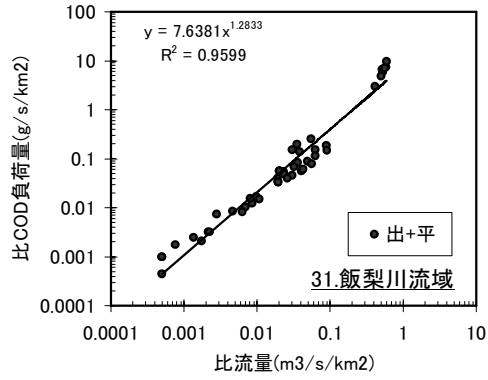


図 1.3-16 流入河川における比負荷量～比流量関係 (13/13)

3) 流出負荷量の各態への配分方法

COD、窒素及びリンの各態(粒子態, 無機態, 有機態)の流入水質は、L-Q 式により算定される COD、総窒素、総リンに各態比率を乗じて設定する。

斐伊川本川の各項目の各態比率は、負荷量調査結果に基づき、流量との関数により設定する。ただし、平常時の硝酸・亜硝酸態窒素は、定期観測結果から得られる月別の比率に基づき設定する。

斐伊川以外の支川の各態比率は、各支川および斐伊川の負荷量調査結果に基づき河川毎に一定の比率を設定する。

4) 配分方法の概略

COD、窒素、リンの各態への配分は、L-Q 式より算定される COD、総窒素、総リンに負荷量調査に基づき設定した各態比率を乗じて設定する。

中海・宍道湖の年間の流出負荷量の約 70%を占める斐伊川は、平常時の窒素を除いて、流量の関数として各態比率を設定する。

また、窒素の内訳は季節的変化傾向にあるため、月別に各態比率を設定する。

斐伊川以外の各支川の各態比率は、流量の関数として設定するに十分な調査が実施されていないため、一定の比率を設定する。

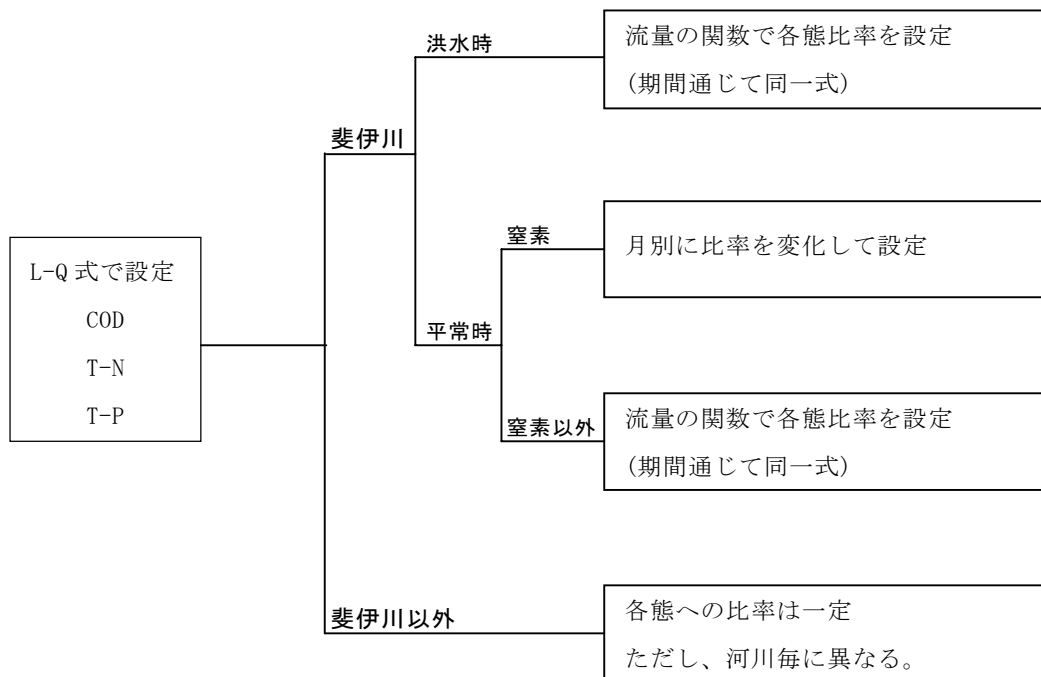


図 1.3-17 流出負荷量の各態(粒子態, 無機態, 有機態)への配分方法

5) 斐伊川の平常時における窒素の配分

斐伊川大津における流量と各態窒素の季節変化を以下に示す。斐伊川では総窒素中の硝酸・亜硝酸態窒素比率は、冬季に高くなる季節変化を示している。したがって、窒素の各態への配分は以下の整理結果に基づき月別に各態比率を設定して行う。

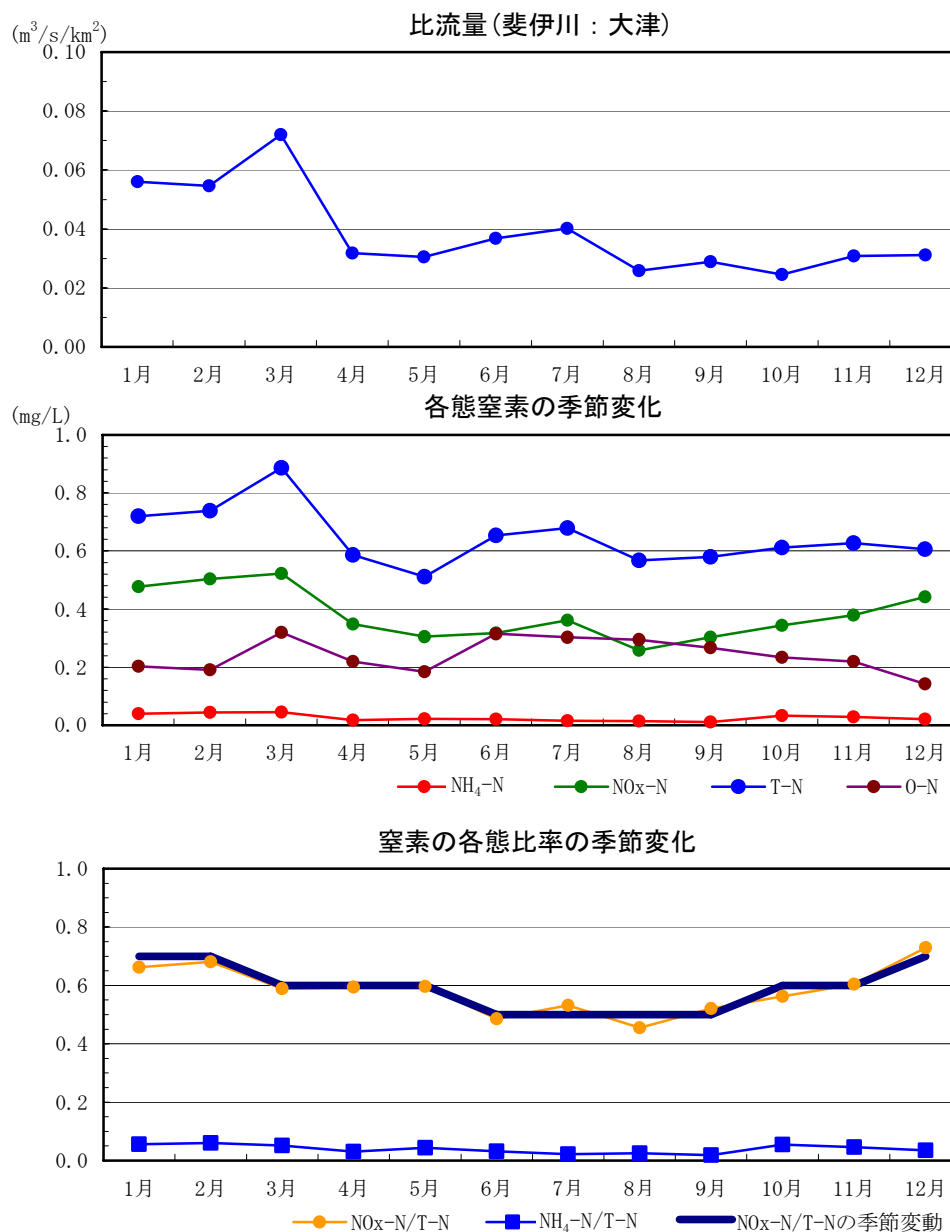


図 1.3-18 各態窒素の季節変化(H6～H15の各月平均値)

6) 斐伊川以外の各態比率

斐伊川本川以外の支川では、H9～H15 において平水時及び出水時に負荷量調査を実施しており、この調査結果に基づき、各態比率を設定する。ただし、同調査では、粒子態、COD、窒素、リンの調査が実施されていないため、粒子態については、斐伊川大津地点負荷量調査結果を参考に比率を一律に設定する。

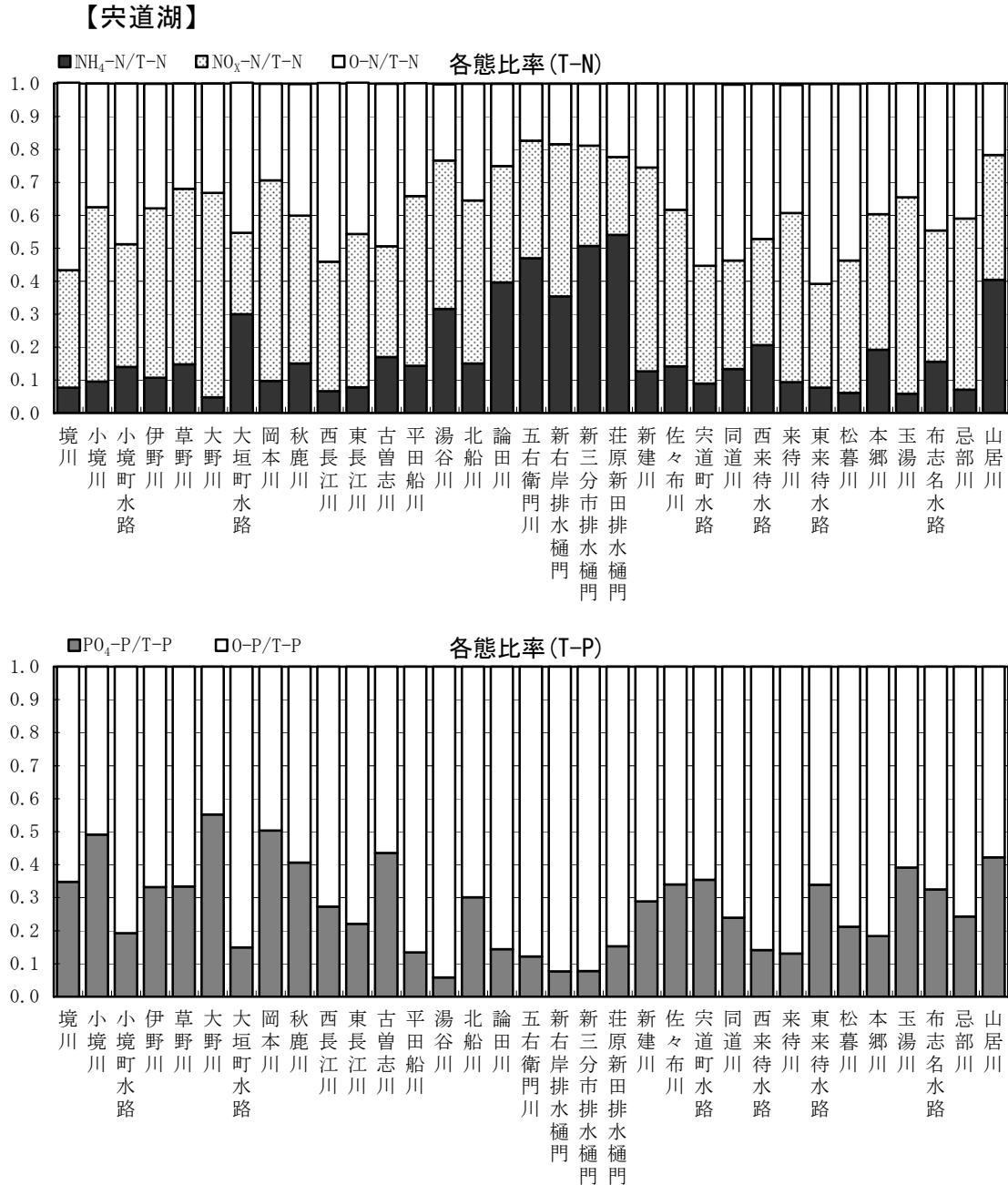
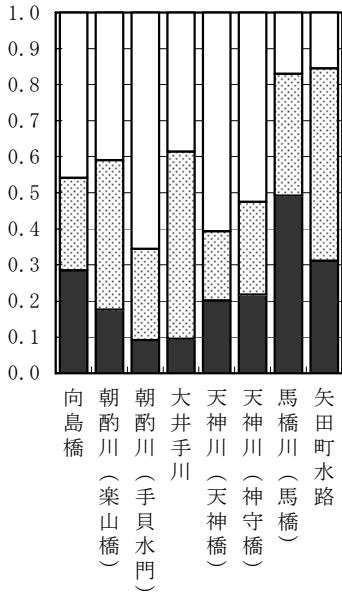


図 1.3-19 支川水質の各態比率(T-N, T-P, 1/2)

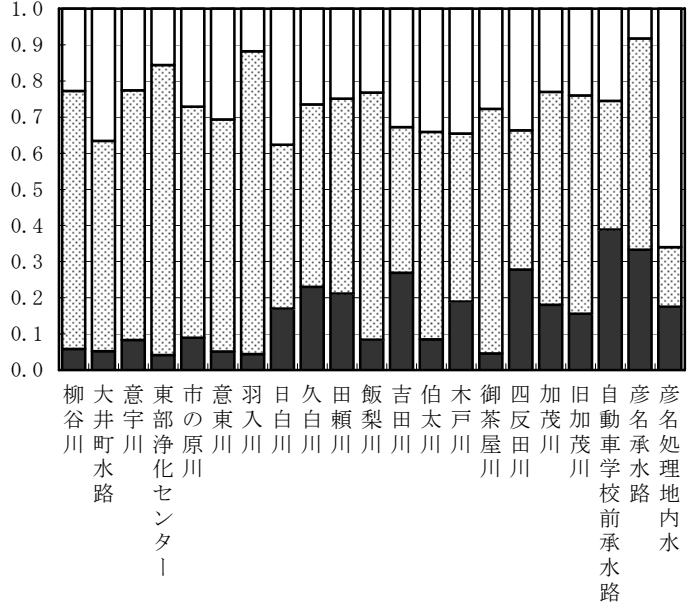
【大橋川】

各態比率(T-N)

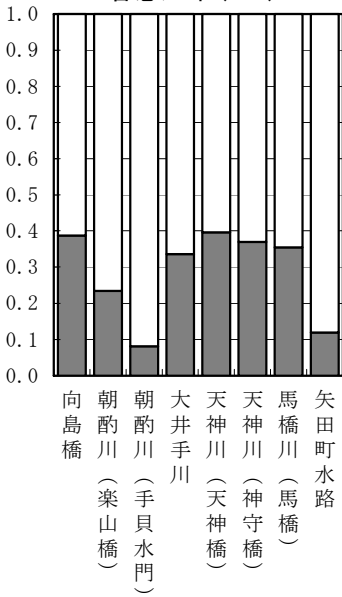


【中海】

各態比率(T-N)



各態比率(T-P)



各態比率(T-P)

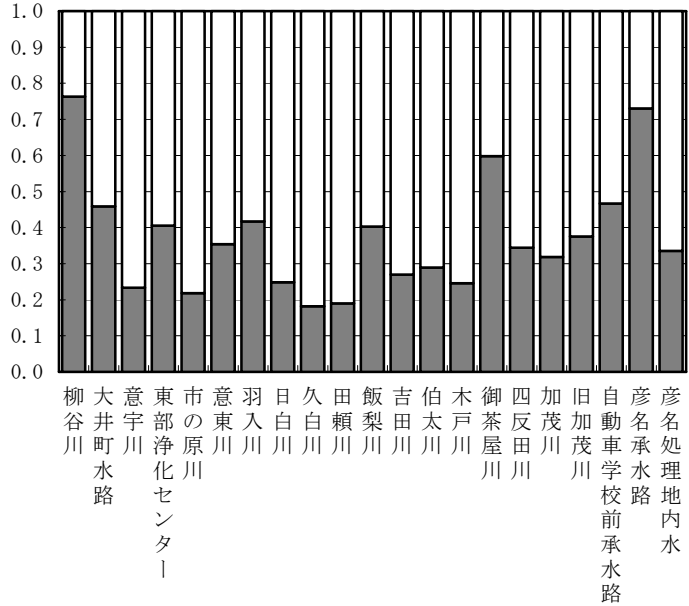


図 1.3-20 支川水質の各態比率(T-N, T-P, 2/2)

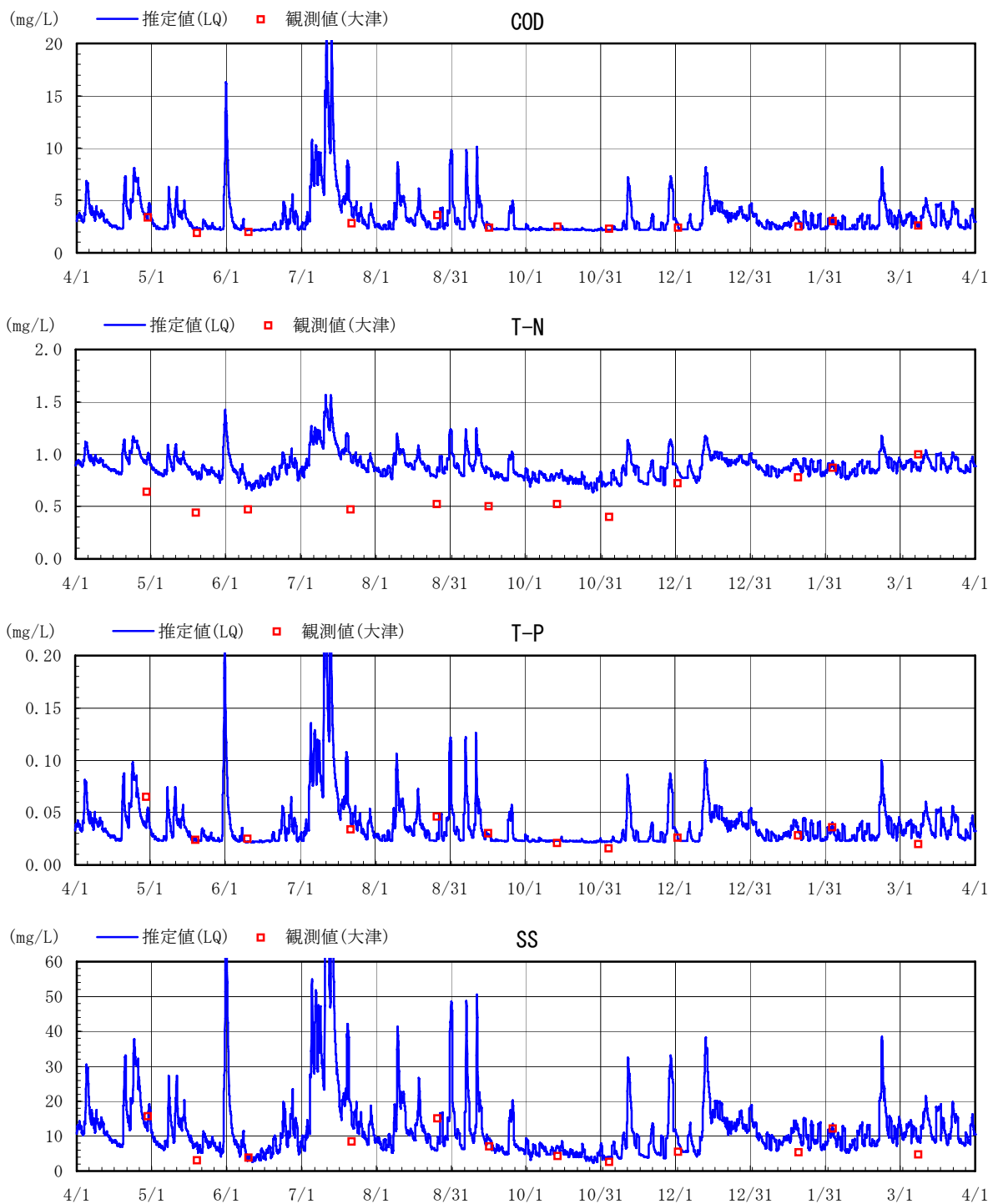


図 1.3-21 斐伊川本川の流入水質(計算値, 1/2)

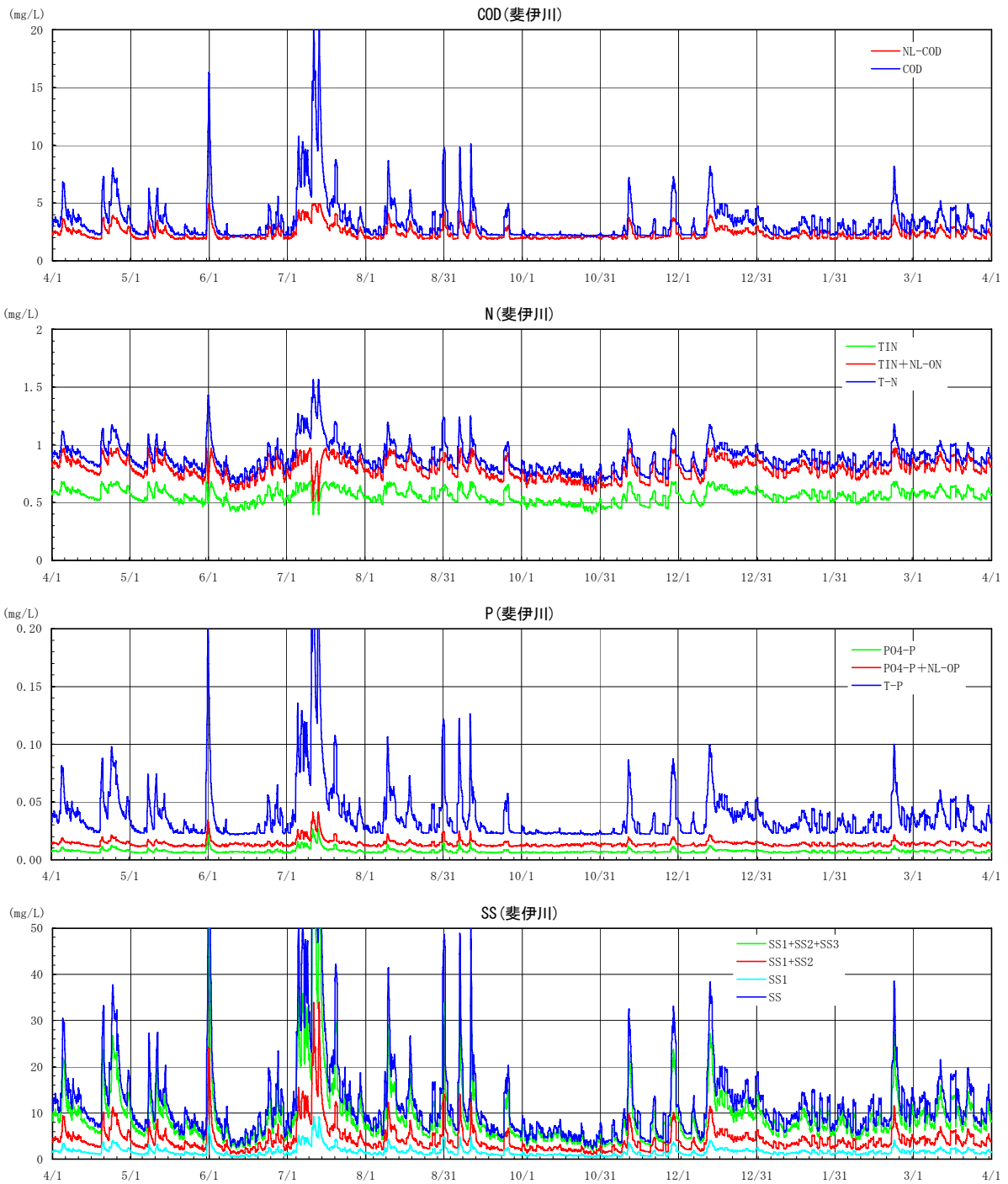


図 1.3-22 斐伊川本川の流入水質(計算値, 2/2)

7) SSの粒度分布

本検討では、便宜上、代表粒径を変化させてSSの再現性を検討したが、実質的には各粒径区分における沈降速度の調整を行っている。本モデルでは、濁質の沈降速度の設定にストークスの式を適用しているが、同式に与える動粘性係数(ν)の設定や濁質の形状(ストークスの式では球体)などの仮定が実現象と乖離していたものと考えられる。

なお、本検討の結果によれば、濁質の粒径区分は当初5区分としていたが、粒径の細かい部分については十分に沈降速度を小さくする必要があり、実質的には4区分としても計算精度上問題ないと考えられる。

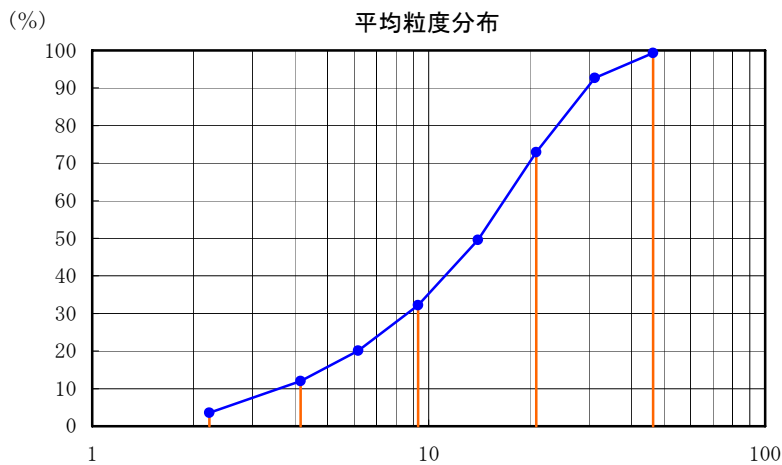


図 1.3-23 平均粒度分布と粒径区分

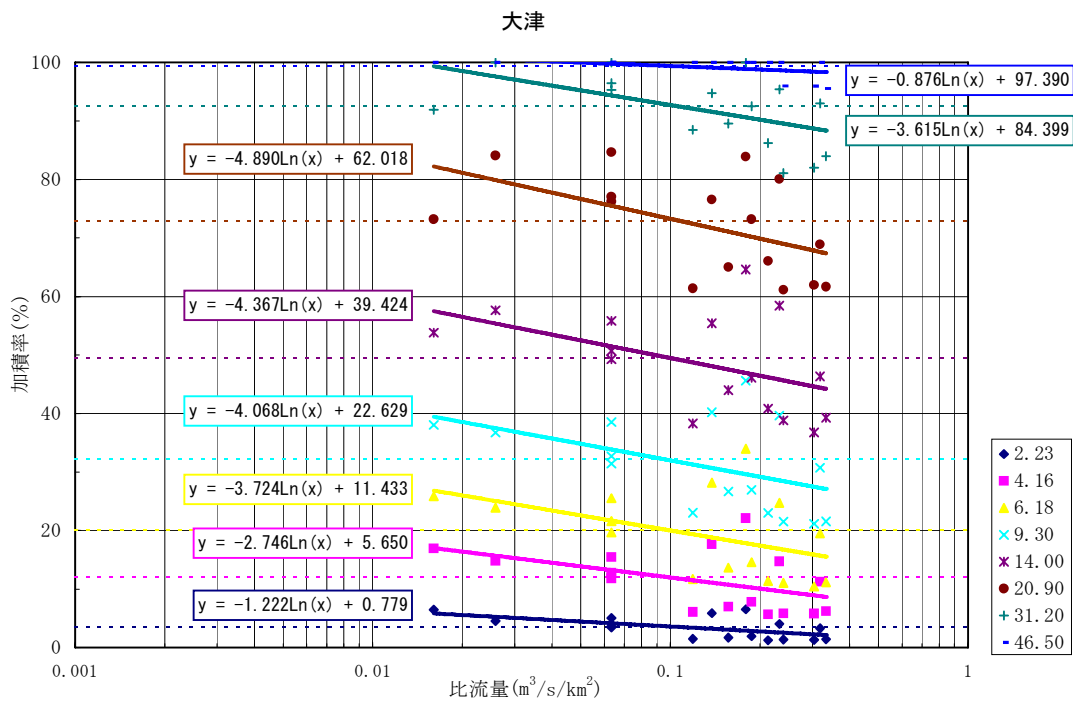


図 1.3-24 粒度分布～比流量関係式

(4) 気象条件

水質予測モデルでは、植物プランクトンの増殖に関わる外力条件として日射量が必要となる。本モデルでは、松江観測所における日照時間からオングストロームの式を用いて日合計日射量を設定した。

1.3.4 モデルパラメータ

表 1.3-5 内部生産項のモデルパラメータ

項目	名称	記号	単位	設定値	備考
植物プランクトン Chl-a	最大比増殖速度	R_{GP}	1/日	2.0~3.5	
	無機態リンの半飽和定数	K_{IP}	—	0.001~0.005	
	無機態窒素の半飽和定数	K_{IN}	—	0.01~0.05	
	最適日射量(照度)	I_s	cal/m ² /日	150~400	
	最適水温	T_s	°C	10~25	
	水温依存項の尖り度	NCP	—	3~5	
	20°Cの枯死速度	DP_{20}	1/日	0.05	
	死滅速度の温度定数	θ_{DP}	—	1.05	
	20°Cの代謝速度	EP_{20}	1/日	0.02	
	代謝速度の温度定数	θ_{EP}	—	1.05	
非生物体粒子態物質 P・COD P・O-P P・O-N	20°Cの粒子態COD分解速度	KD_{PC20}	1/日	0.001	
	粒子態COD分解速度の温度定数	θ_{KPC}	—	1.05	
	20°Cの粒子態リン分解速度	KD_{PP20}	1/日	0.001	
	粒子態リン分解速度の温度定数	θ_{KPP}	—	1.05	
	20°Cの粒子態窒素分解速度	KD_{PN20}	1/日	0.001	
	粒子態窒素分解速度の温度定数	θ_{KPN}	—	1.05	
非生物体有機物 NL・COD NL・O-P NL・O-N	20°CのCOD分解速度	KD_{NC20}	1/日	0.02	
	COD分解速度の温度定数	θ_{KNC}	—	1.05	
	20°Cの有機態リン分解速度	KD_{P20}	1/日	0.02	
	有機態リン分解速度の温度定数	θ_{KP}	—	1.05	
	20°Cの有機態窒素分解速度	KD_{N20}	1/日	0.02	
有機態窒素分解速度の温度定数	θ_{KN}	—	1.05		
溶存態COD D・COD	20°CのD・COD分解速度	KD_{DC20}	1/日	0.02	
	D・COD分解速度の温度定数	θ_{KDC}	—	1.05	
アンモニア態窒素 NH ₄ -N	20°Cの硝化速度	NT_{20}	1/日	0.50	
	硝化速度の温度定数	θ_{NT}	—	1.05	
	20°Cの脱窒速度	A_{20}	1/日	30.0	
	脱窒速度の温度定数	θ_{NT}	—	1.04	
沈降速度	脱窒速度の半飽和定数	K_{NOX}	—	0.50	
	植物PLの沈降速度	V_{PL}	m/日	0.10	
	デトリタスの沈降速度	V_{DT}	m/日	0.05	
	SS(大粒径)の沈降速度	V_{SS1}	m/日	10.0	粒径区分 20.9-46.5 μm
	SS(中粒径)の沈降速度	V_{SS2}	m/日	1.0	粒径区分 9.3-20.9 μm
	SS(小粒径)の沈降速度	V_{SS3}	m/日	0.5	粒径区分 4.2-9.3 μm
SS(細粒径)の沈降速度	V_{SS4}	m/日	0.2	粒径区分 0.0-4.2 μm	
溶存酸素	再曝気係数	R_{AR}	—	0.5	
植物PLとの重量比	クロロフィルa/COD比率	FP_C	μg/mg	70.0	
	クロロフィルa/リン比率	FP_P	μg/mg	0.3~0.6	
	クロロフィルa/窒素比率	FP_N	μg/mg	5.0~10.0	
	クロロフィルa/DO比率	FP_{DO}	μg/mg	124.0	
水中日射量	水面反射率	a_r	—	0.060	
	光の消散係数を決める定数	η_0	—	0.100	$\eta = \eta_0 + \mu_a \cdot P$
		μ_a	—	0.160	

1.3.5 現況再現計算

(1) 計算条件

検証計算の対象年は平成6年、平成15年とした。平成6年、平成15年の斐伊川大津流量、美保関潮位は右図に示すとおりである。計算条件の定方法を下表にまとめる。

表 1.3-6 計算条件一覧

項目		設定方法		
初期条件	水位	水域毎に以下の通り設定。 中海～美保関：計算開始時刻の中海湖心観測水位を設定 宍道湖：計算開始時刻の宍道湖湖心観測水位を設定 大橋川：中海と宍道湖水位より線形内挿により水位を設定		
	流速	静水状態(流速=0)		
	水質	水温	水域毎に以下の通り設定。 中海～美保関：計算開始時刻の中海湖心観測水温を設定 宍道湖：計算開始時刻の宍道湖湖心観測水温を設定 大橋川：宍道湖と同値を設定	
		塩分	水温と同様	
		溶存酸素	水温と同様	
		その他水質	水域毎に以下の通り設定。 中海～美保関：中海内の定期水質観測4月観測値に基づき設定 宍道湖：宍道湖内の定期水質観測4月観測値に基づき設定 大橋川：宍道湖と同値を設定	
境界条件	海域	水位	美保関観測水位を設定(時間変化)	
		水質	水温	境水道中央観測値を設定(月変化)
			塩分	美保湾の定期観測結果から平均塩分33psuを設定(一定)
			溶存酸素	飽和濃度(水温、塩分の関数)を設定
			その他水質	境水道中央観測値を設定(月変化)
	河川	流量	斐伊川(新伊萱)、飯梨川(布部・山佐ダム流入)の観測流量からの流域面積比流量に流域間水収支を考慮して設定(時間変化)	
		水質	水温	松江3日間平均気温からの推定値を設定(日変化)
			塩分	淡水(0.0psu)を設定(一定)
			溶存酸素	飽和濃度(水温、塩分の関数)を設定
			その他水質	負荷量調査結果に基づくL-Q式に対象年の流況を適応して、毎日の流出負荷量(水質)を設定(時間変化)
	気象	湖面風	水域毎に以下の通り設定。 中海：中海湖心の風データを設定(時間変化) 宍道湖：宍道湖湖心の風データを設定(時間変化) 大橋川、境水道：設定せず	
		大気状況	松江气象台、米子气象台観測データを設定(日変化)	

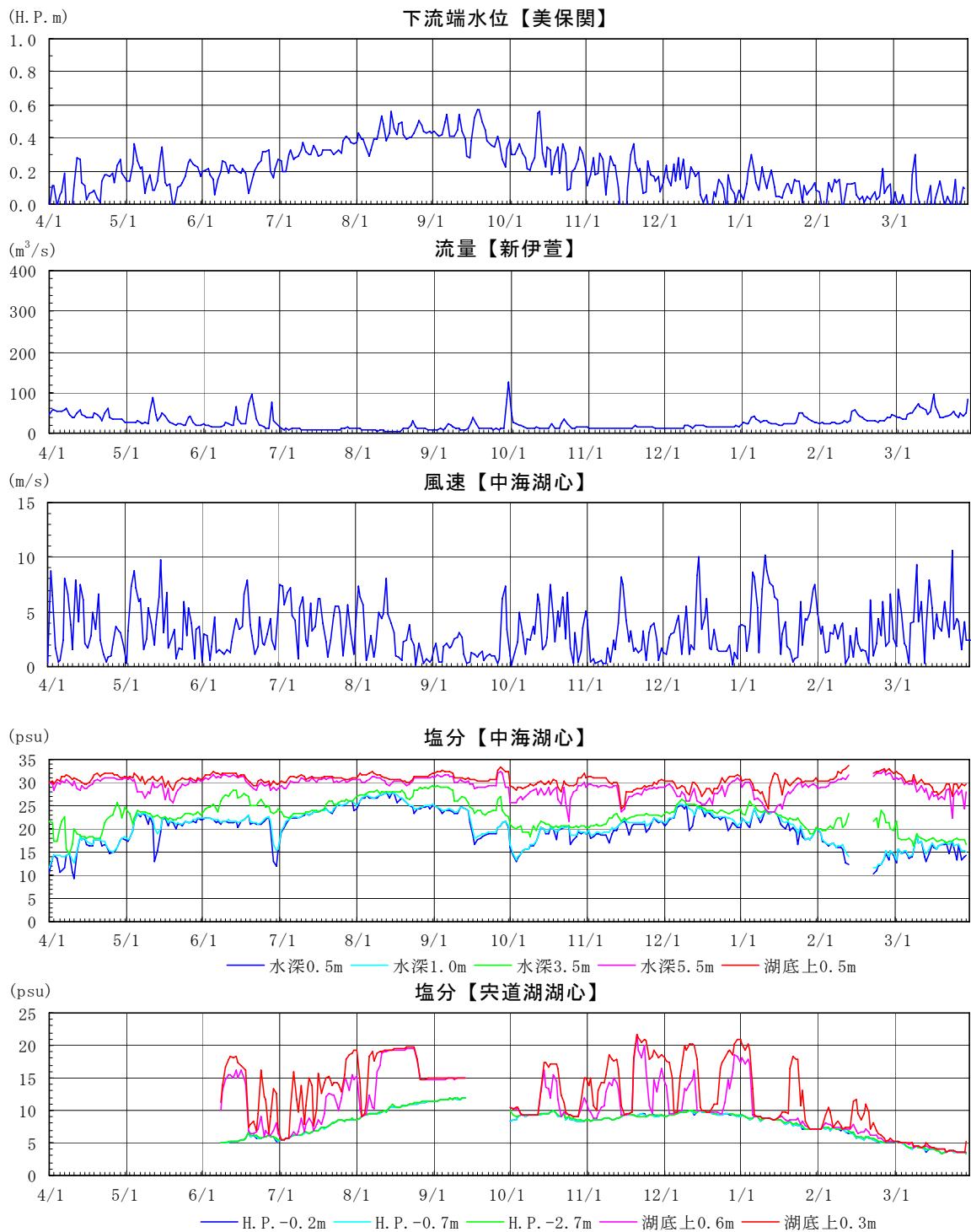


図 1.3-25 水文・気象条件等時系列変化(H6.4/1~H7.3/31, 日平均値)

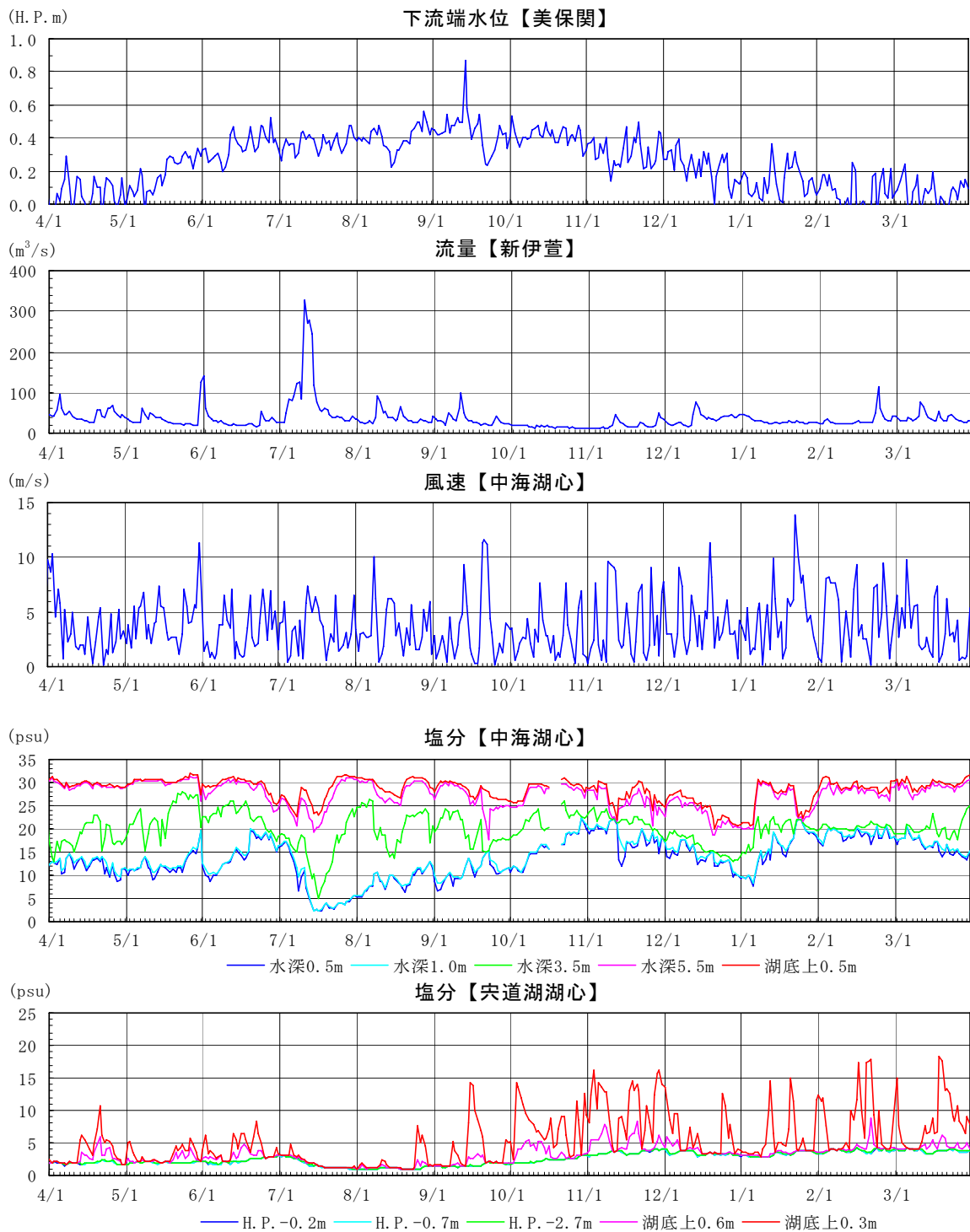


図 1.3-26 水文・気象条件等時系列変化(H15.4/1~H16.3/31, 日平均値)

(2) 計算結果

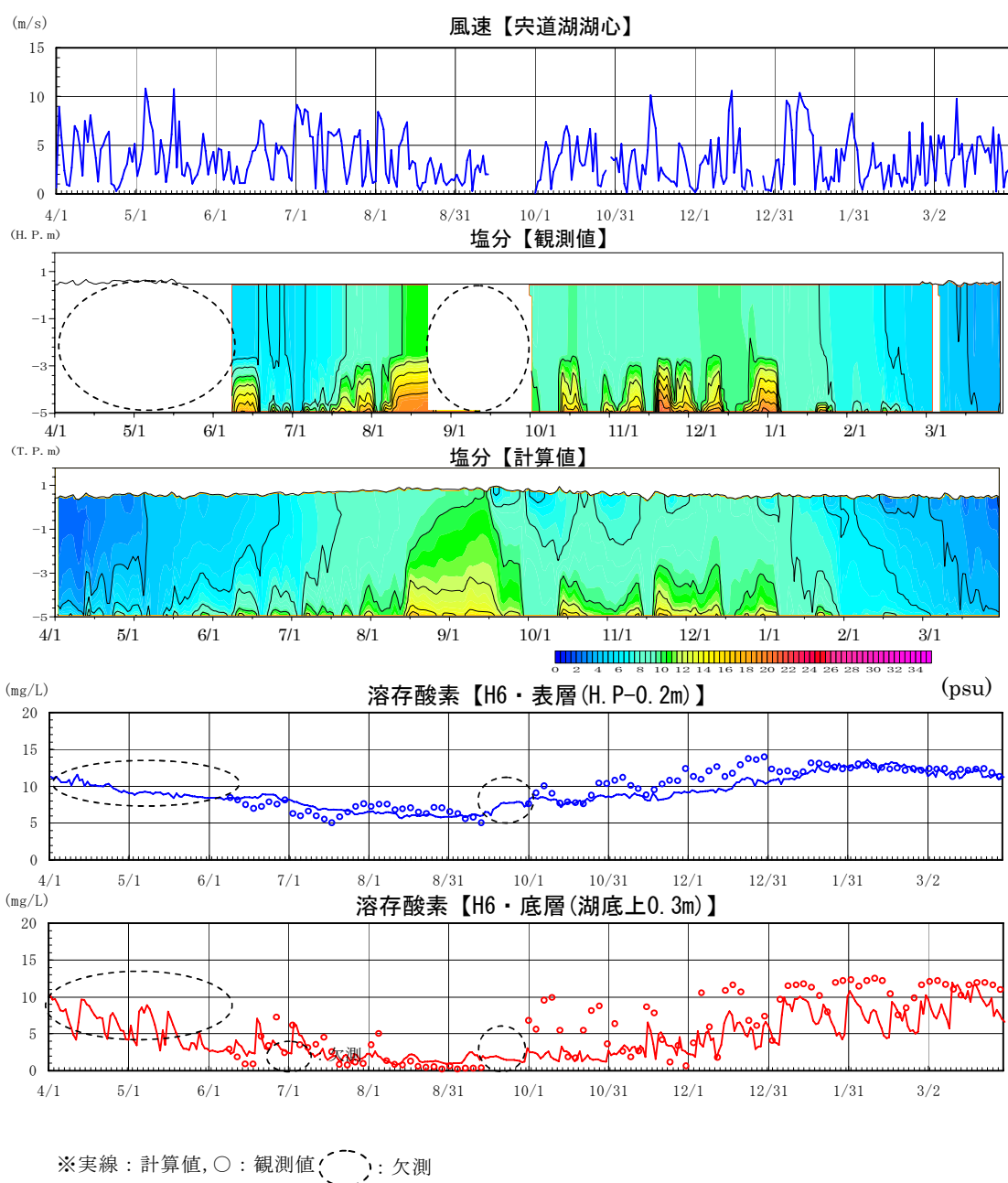


図 1.3-27 穴道湖の検証計算結果(H6. 4/1~H7. 3/31, 溶存酸素の日変動)

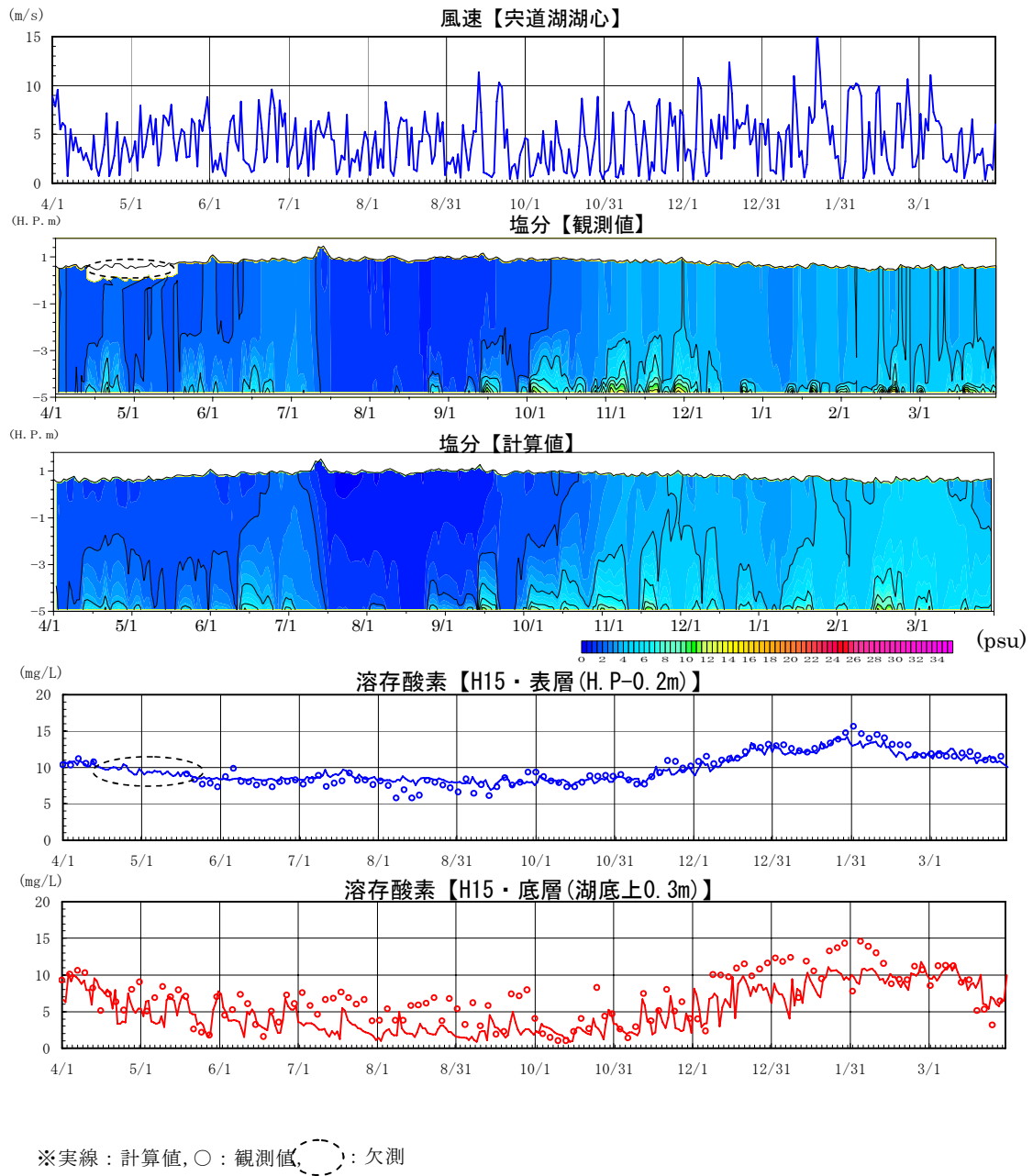


図 1.3-28 宍道湖湖心の検証計算か結果(H15. 4/1～H6. 3/31, 溶存酸素の日変動)

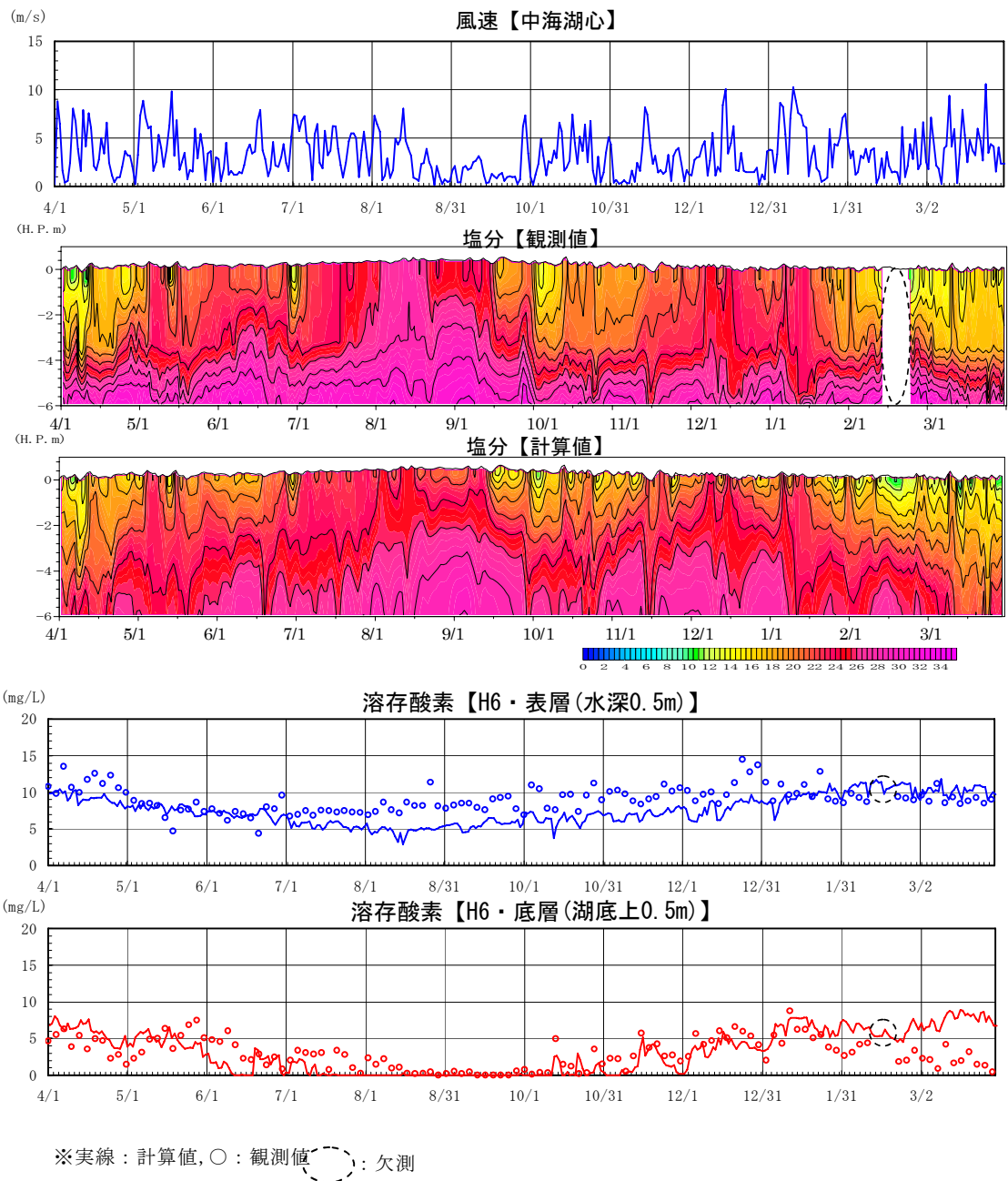


図 1.3-29 中海湖心の検証計算結果(H15.4/1~H6.3/31, 溶存酸素の日変動)

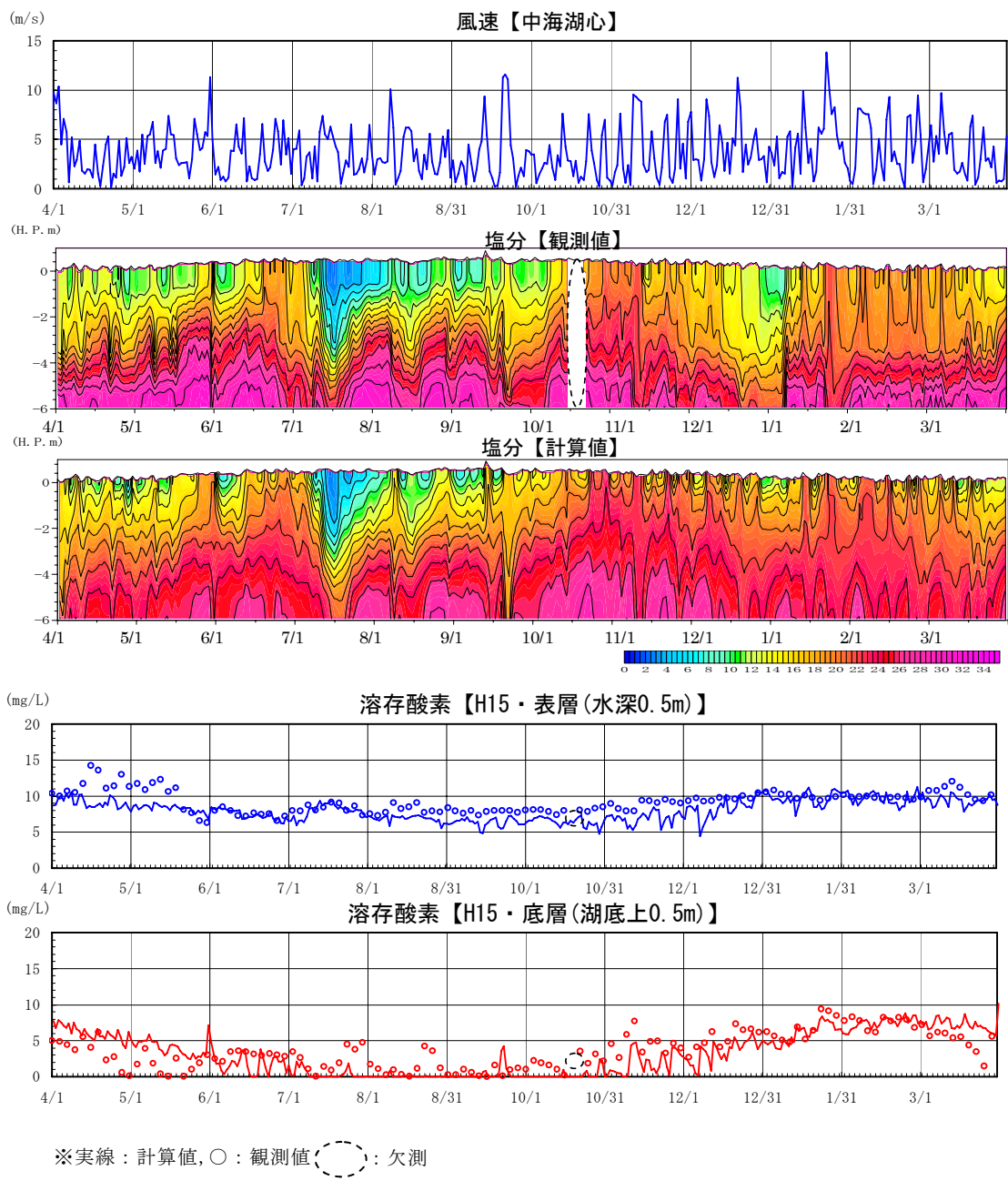


図 1.3-30 中海湖心の検証計算か結果(H15.4/1~H6.3/31, 溶存酸素の日変動)

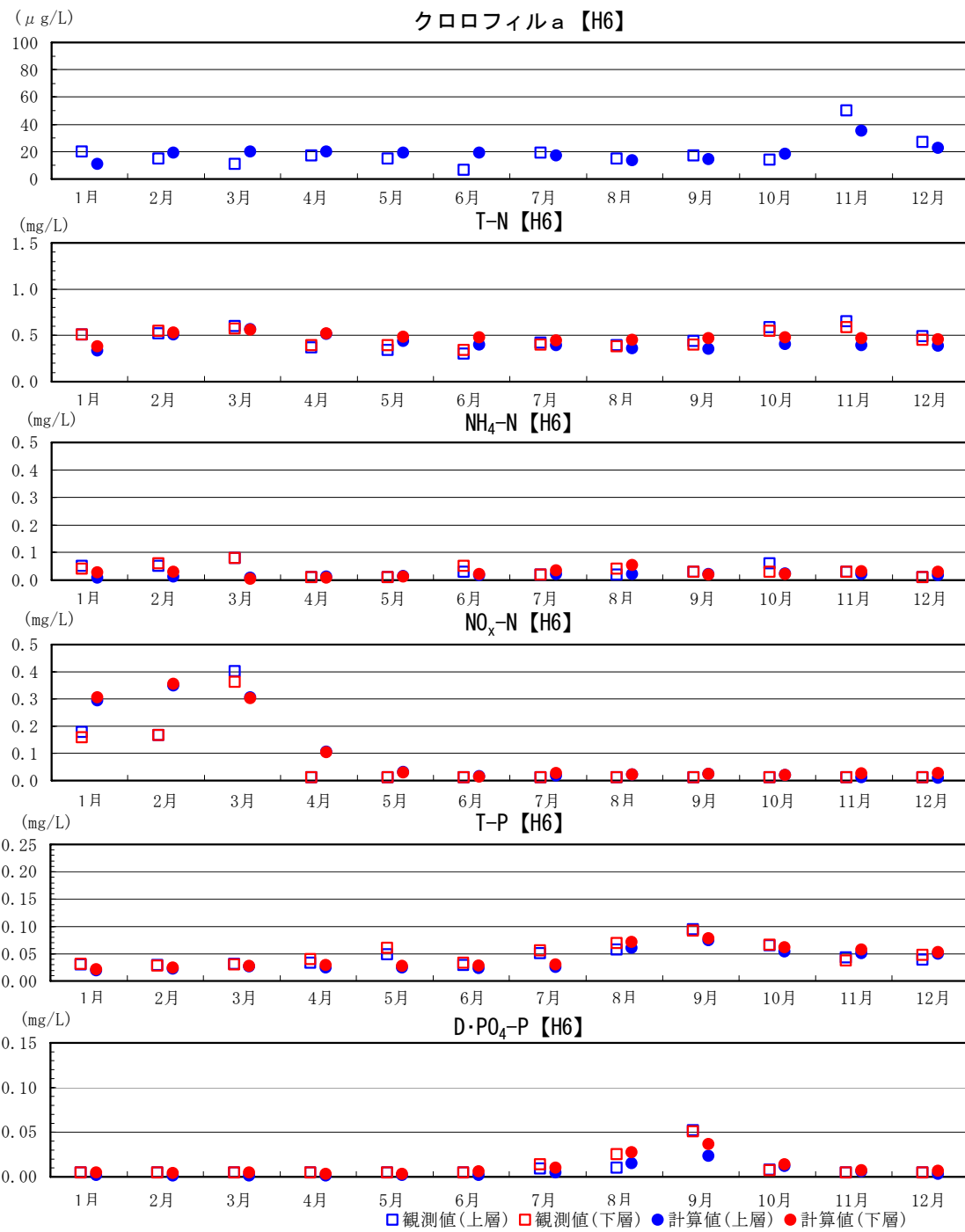


図 1.3-31 水質予測計算結果(H6, 宍道湖湖心)

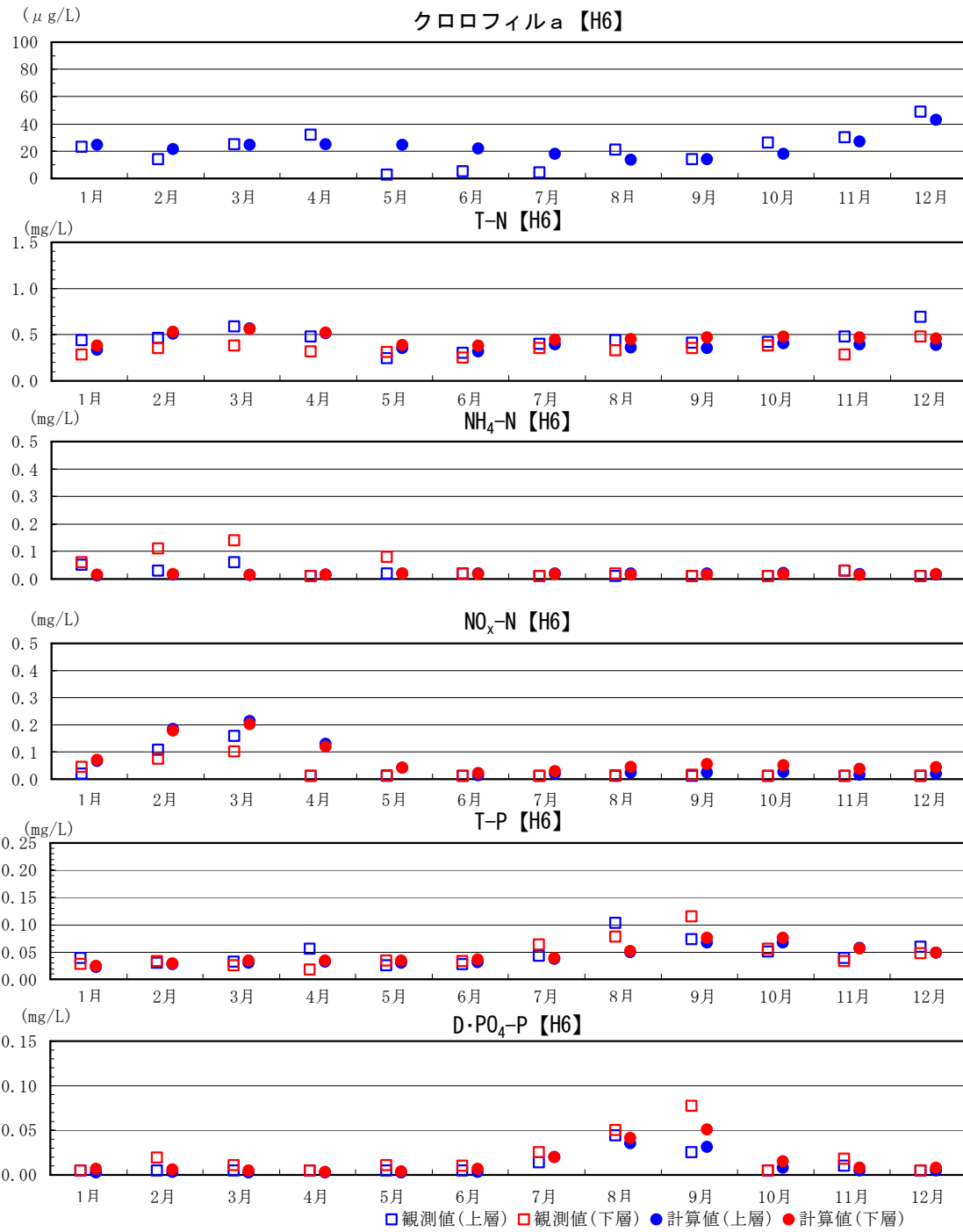


図 1.3-32 水質予測計算結果(H6, 中海湖心)

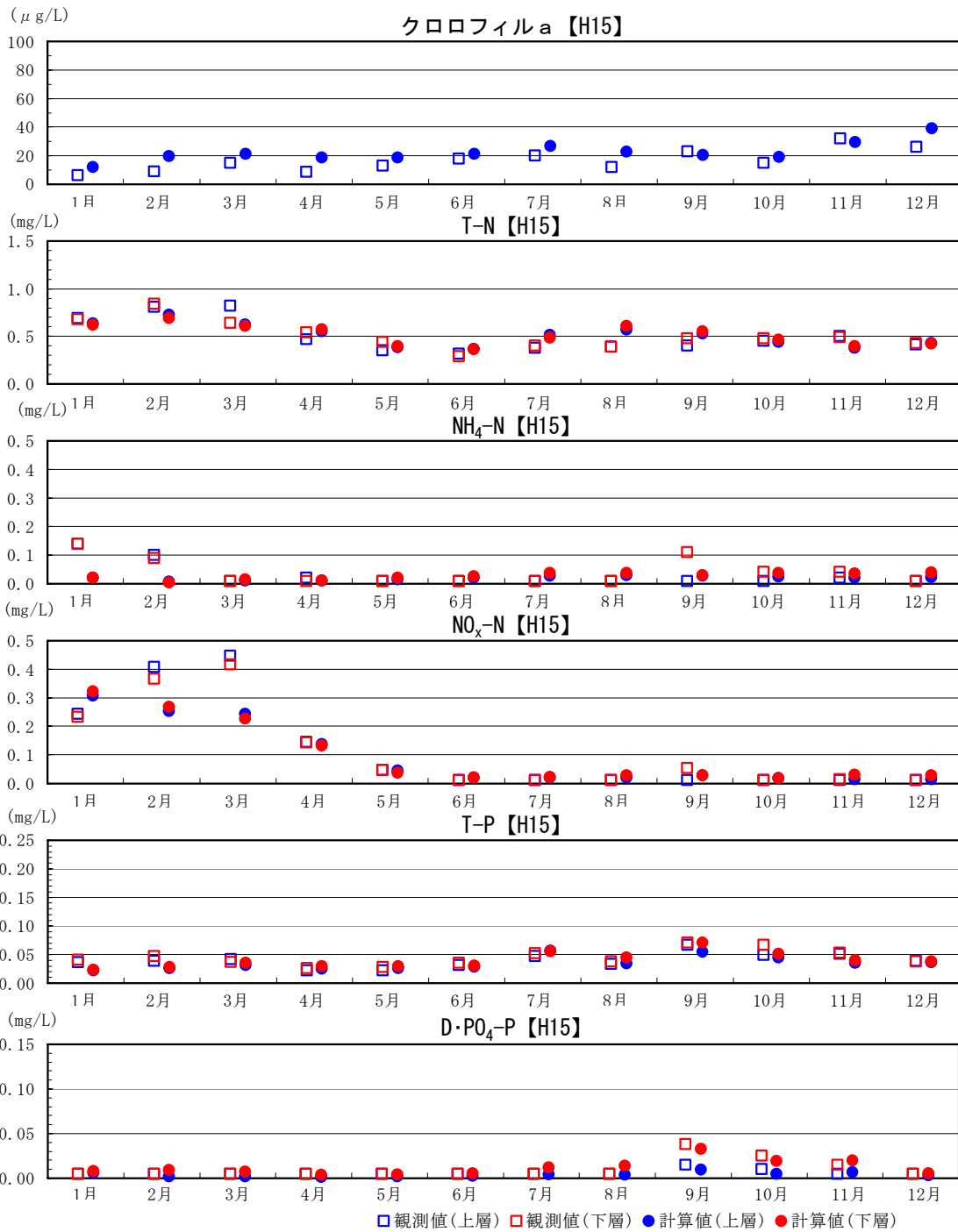


図 1.3-33 水質予測計算結果(H15, 宍道湖湖心)

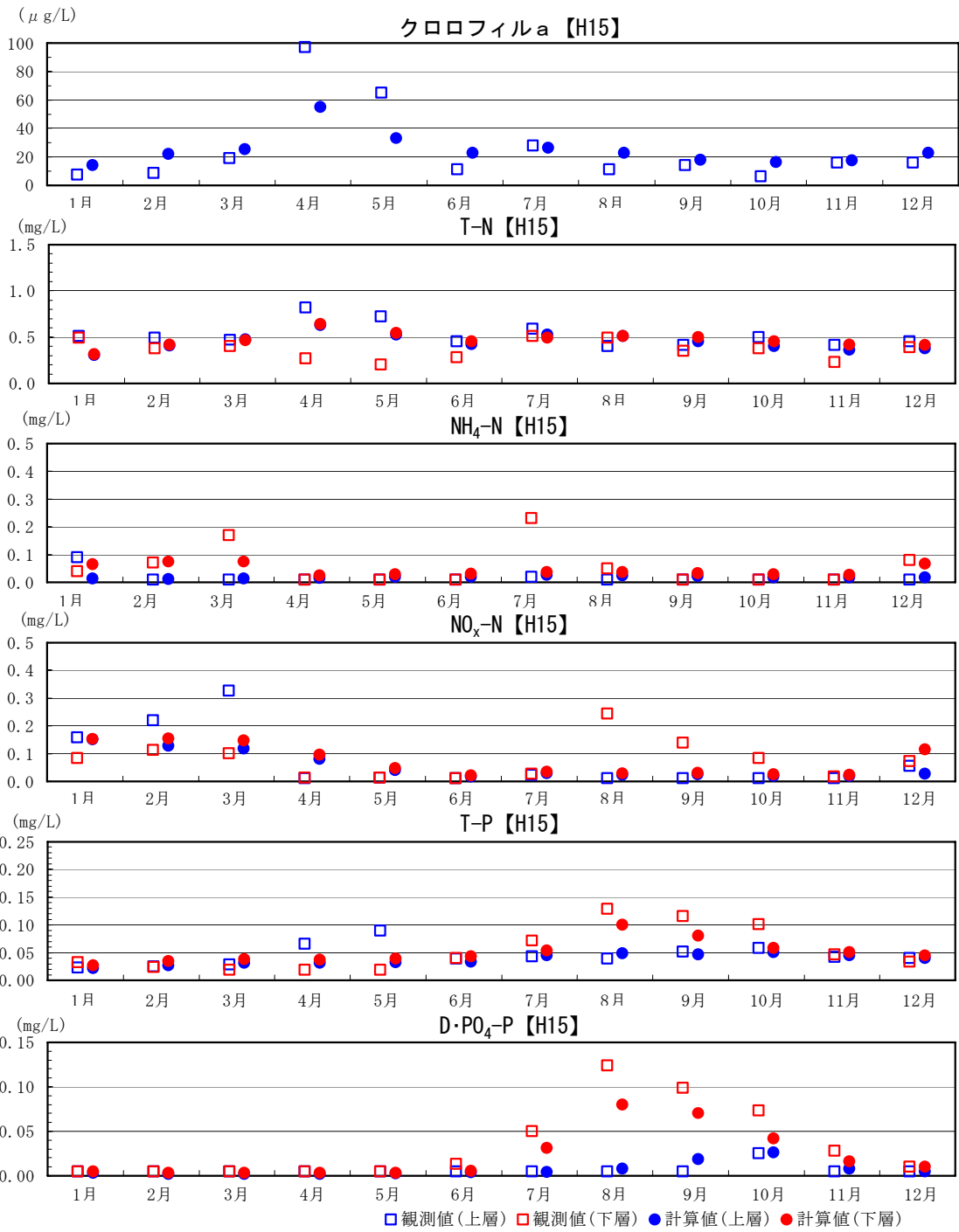


図 1.3-34 水質予測計算結果(H15, 中海湖心)

1.4 バックグラウンド(他事業)の影響について

1.4.1 バックグラウンドとして考慮する事業

大橋川改修による水環境への影響予測は、尾原ダム建設、斐伊川放水路建設、佐陀川改修及び国営中海土地改良事業の変更による境界条件及び地形条件の変化を数値シミュレーションモデルに組み込んで実施する。

表 1.4-1 水環境の予測において考慮するバックグラウンドのメニュー

バックグラウンドメニュー	概要		備考
尾原ダム建設	総貯水容量	60,800 千 m ³	
	有効貯水容量	54,200 千 m ³	
	洪水調節容量	37,000 千 m ³	
	洪水調節方式	一定率・一定量調節	放流量 = (流入量 - 300) × 0.27 + 300
	洪水開始流量	300m ³ /s	
	最大洪水調節量	1,600m ³ /s	
	夏季不特定流量	12m ³ /s	
斐伊川放水路建設	最大分流量	2,000m ³ /s	
	分流開始流量	400m ³ /s	
	分流率	5:4(本川:放水路)	
佐陀川の改修	佐陀川計画流下能力の確保 (計画流量 110m ³ /s)		
国営中海土地改良事業の変更	中浦水門の撤去 (H15.9 中国農政局が全面撤去を説明)		
	西部承水路堤防の撤去 (堤防部分-2.4m, 開口部-3.0m まで掘削)		
	大海崎堤防, 森山堤防, 馬渡堤防の取り扱い方針(森山堤防において 60m の開削)に基づく状態		

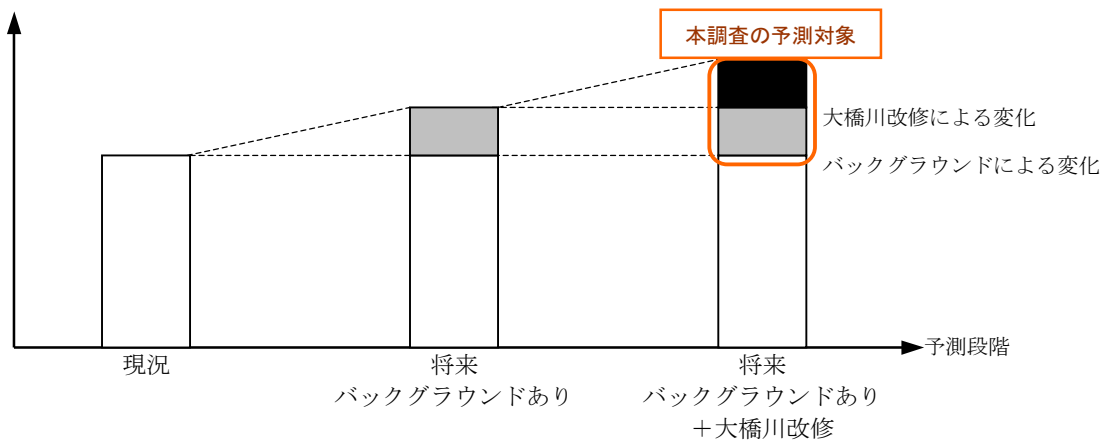


図 1.4-1 大橋川改修による水環境への影響予測のイメージ

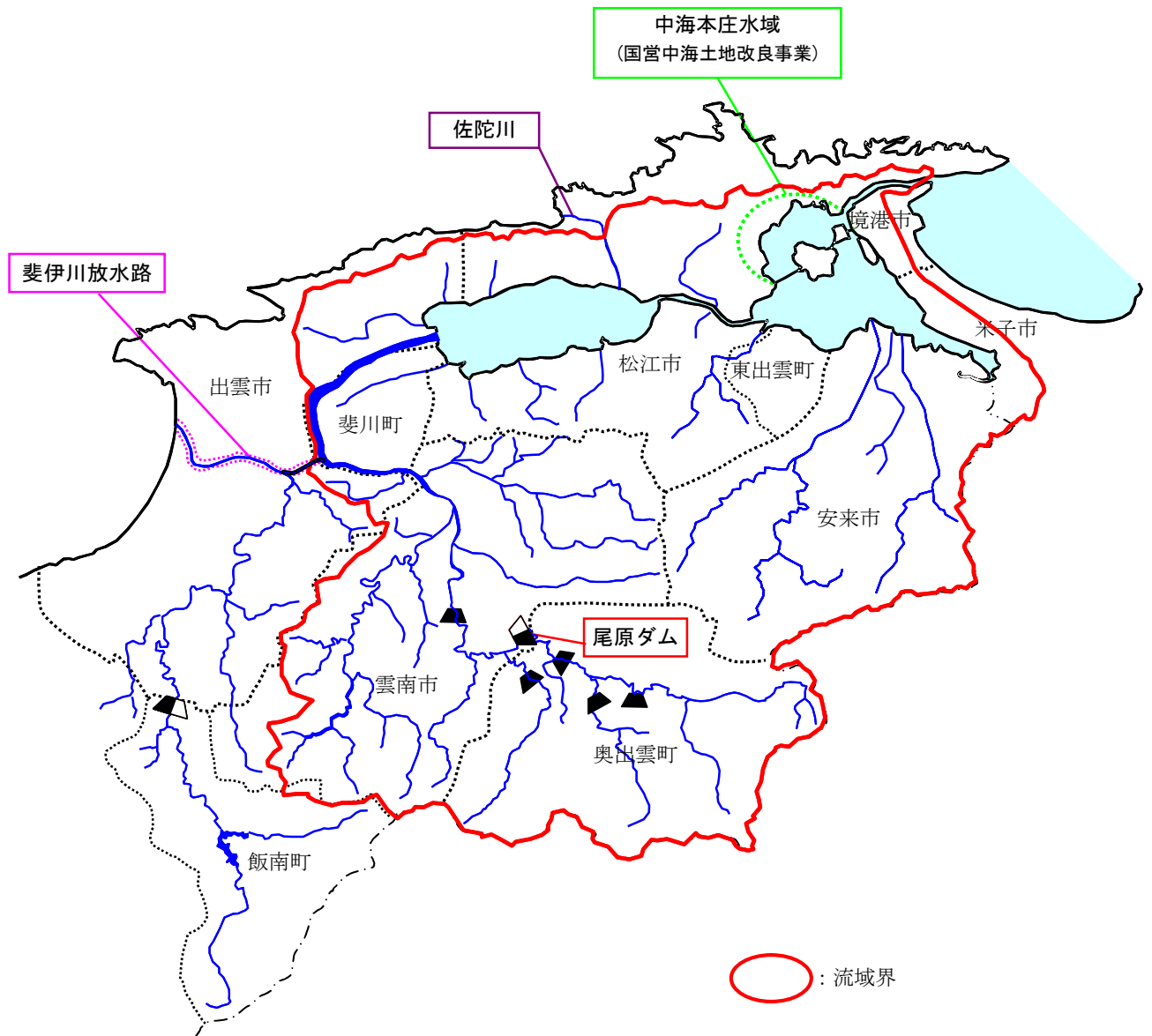


図 1.4-2 バックグラウンドとして考慮する事業の実施位置

1.5 尾原ダム建設及び斐伊川放水路建設の組み込み方法

1.5.1 想定される変化

尾原ダム建設及び斐伊川放水路建設による斐伊川本川の流量及び水質の変化を考慮して大橋川改修後の水環境を予測する。

尾原ダム建設及び斐伊川放水路建設により、洪水時は宍道湖への流入量が減少し、渇水時は宍道湖への流入量が増加する。

ダム貯水池での貯留やダム下流河川での流量変化に伴い、宍道湖の流入水質が変化する可能性がある。

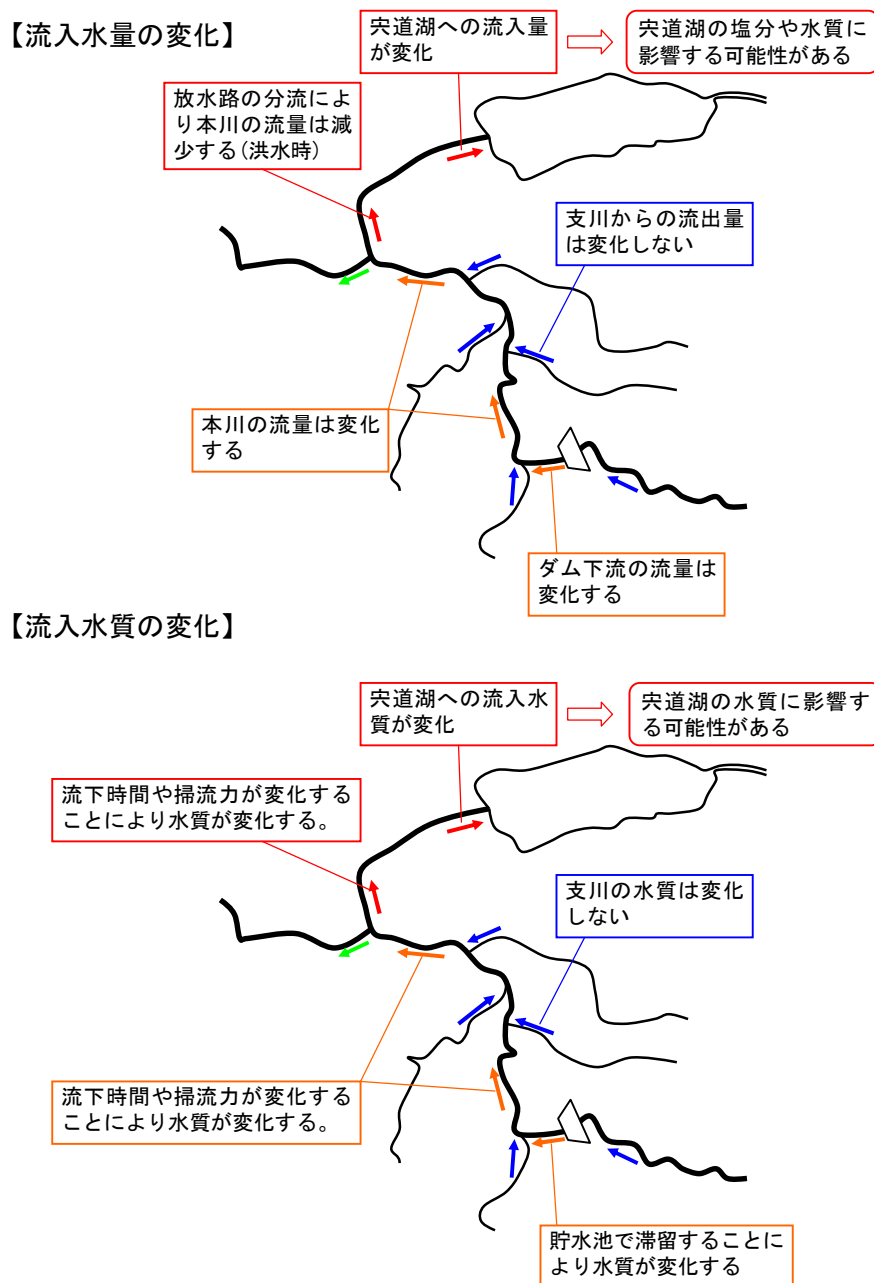
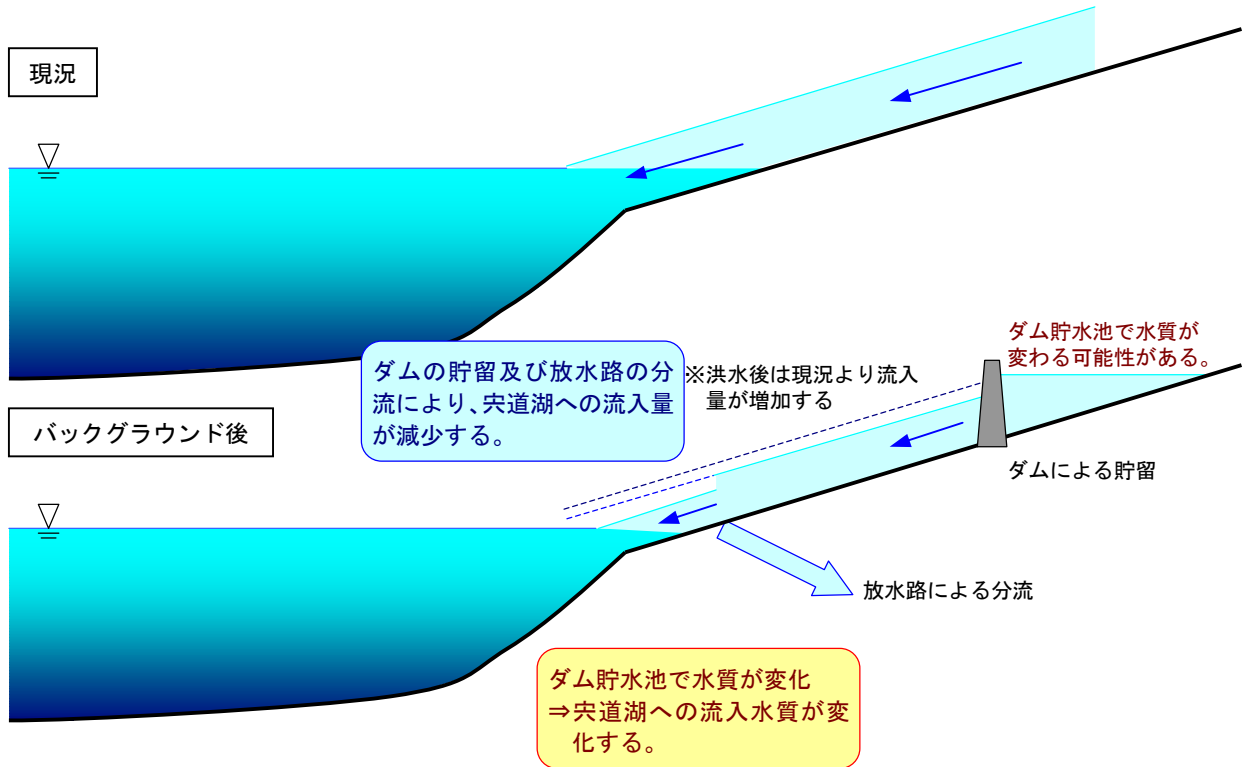


図 1.5-1 尾原ダム建設及び斐伊川放水路建設により想定される変化

【洪水時】



【渇水時】

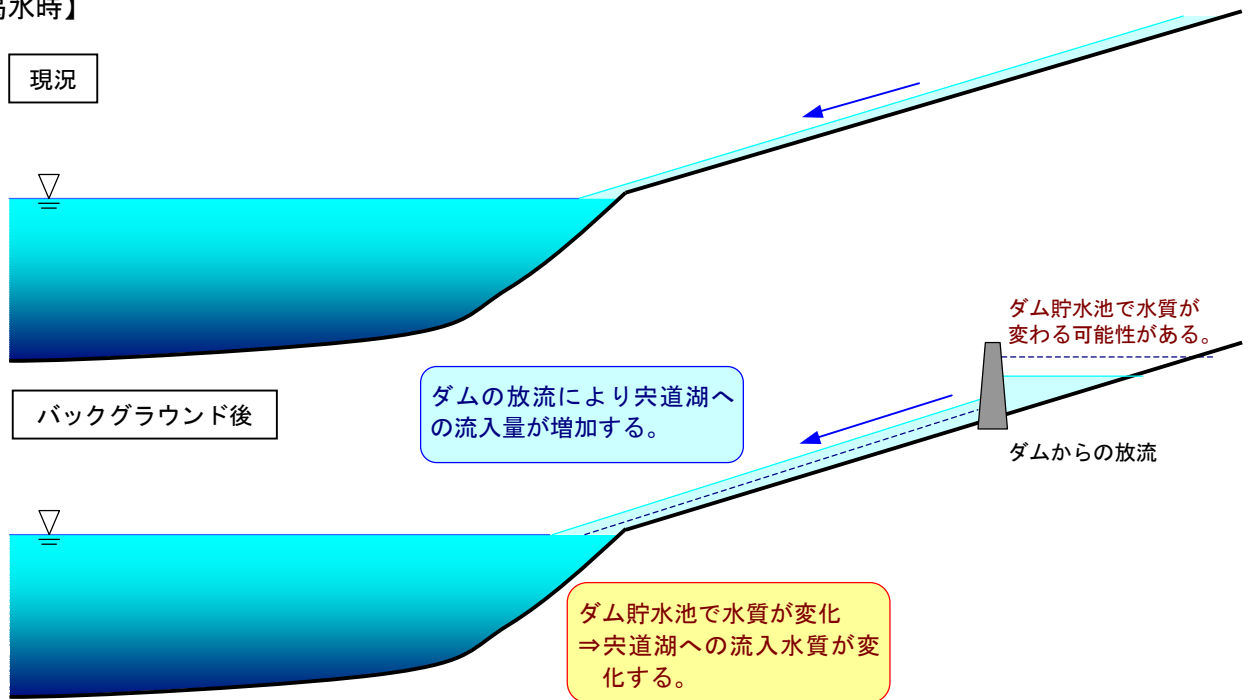


図 1.5-2 尾原ダム建設及び斐伊川放水路建設により想定される流量・水質変化

1.5.2 尾原ダム建設の考慮方法

(1) ダム貯水池水質予測モデルの概要

水質予測モデルは、鉛直2次元モデルを用いて、貯水池内および放流水の水の濁り(SS)、水温、富栄養化、溶存酸素を予測する。

富栄養化及び溶存酸素に係わる項目は、植物プランクトンによる湖内の一次生産と各態の窒素・リンの物質循環を考慮したモデルとする。

水質予測モデルの境界条件は、尾原ダム流入量、放流量、流入水質、気象状況を与える。

貯水池流動モデルは、貯水池を縦断方向、鉛直方向にブロック分割し、各ブロックについて連続式、運動方程式、拡散方程式、熱収支式および内部生産による物質循環を考慮して各水質項目の計算を実施する。

尾原ダムにおけるダム貯水池水質予測モデルの概要をまとめる。

表 1.5-1 尾原ダム水質予測モデルの概要

項目		内容
対象期間		平成6年～平成15年(10ヶ年)
予測項目		水の濁り(SS)、水温、富栄養化(I-N, O-N, P-T-N, I-P, O-P, P-T-P, COD, P-COD, クロロフィルa)、溶存酸素
水域分割		流下方向：200m、鉛直方向：1m
予測モデル	流動	鉛直2次元モデルにより算定
	水温	移流拡散と気象による熱収支を考慮
	水の濁り	ストークス式による沈降を考慮
	富栄養化	移流、拡散、沈降、底泥からの溶出、プランクトン内部生産による物質収支を考慮
	溶存酸素	移流、拡散、曝気、底泥の酸素消費、生物活動による酸素生産・消費を考慮
境界条件	流入量	斐伊川取水ダム放流量、北原地点観測流量から設定
	放流量	尾原ダム操作ルールに基づき設定
	流入水質	水温：北原地点観測気温から推定水温を設定 溶存酸素：飽和濃度を設定 その他水質：佐々木地点の水質調査に基づくL-Q式を流入量に適応して、毎日の流入水質を設定 ※その他の水質：SS, I-N, O-N, P-T-N, I-P, O-P, P-T-P, COD, P-COD, クロロフィルa
	気象条件	北原、松江气象台、掛合气象台観測データを設定

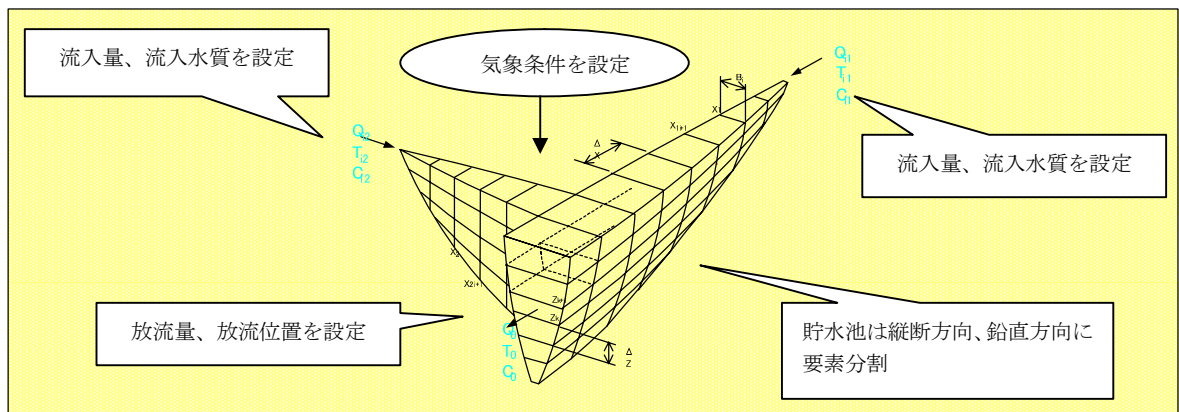


図 1.5-3 尾原ダム水質予測モデルの概要

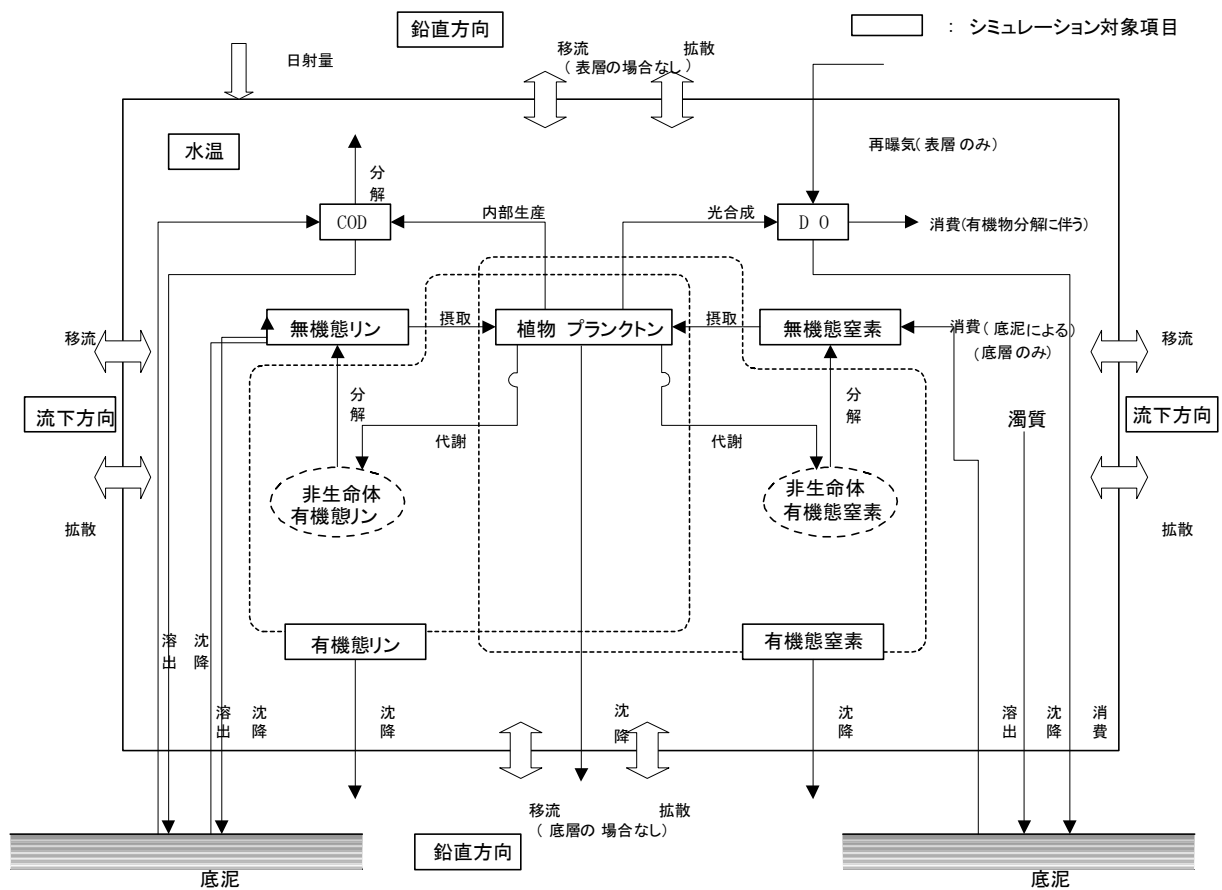


図 1.5-4 物質循環図

(2) 下流河川水質予測モデルの概要

尾原ダム下流河川の水質は、負荷量収支モデルに河道内での負荷の一次減衰を考慮したモデルにより予測する。

1) モデルの概要

下流河川の水質は、河道における負荷の減少を一次減衰係数により表した以下の式に基づき算定する。

$$C = C_0 \cdot 10^{-kt}$$

C : 水質, C_0 : 初期水質, t : 流下時間(=L/v : 流路長/流速), k : 減衰係数(自浄係数)

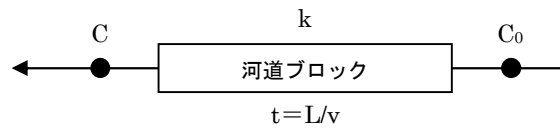


図 1.5-5 下流河川水質予測モデルの概念

具体的には、河道をいくつかのブロックに分割し、各ブロックの上流端水質から下流端水質を順次算定する。各ブロック内の流下時間は、流量規模を変えて実施した不等流計算結果に基づき設定した流量～流下時間関係を用いて設定する。また、各ブロックの自浄係数は、既往の水質調査結果に基づき同定した値を適用する。

2) 尾原ダム下流河川水質予測モデル

尾原ダム下流河川の水質予測モデルは、尾原ダム直下から宍道湖流入部までを 11 ブロック、斐伊川流域を 9 流域に分割して、右図に示すようなモデルとした。

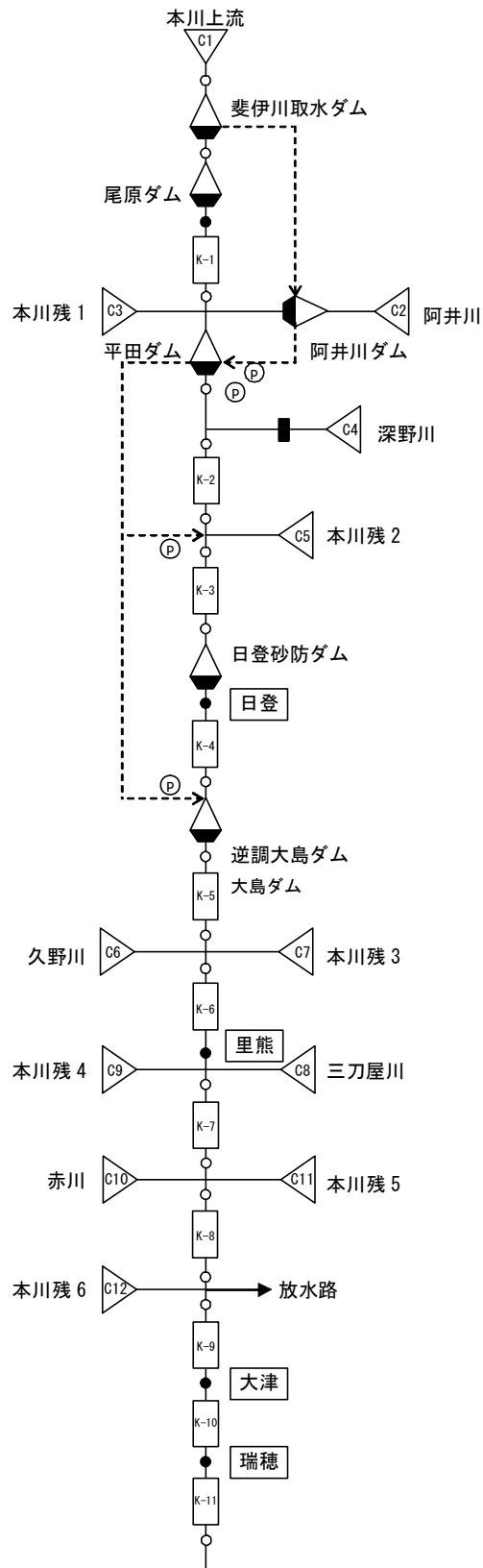


図 1.5-6 尾原ダム下流河川水質予測モデル図

(3) 尾原ダム建設の考慮方法

尾原ダム建設による流量の変化は、ダム建設事業において算定されるダム地点の流量の変化を宍道湖流入地点の現況の流量に加えて(減じて)設定する。

尾原ダム建設による負荷量の変化は、ダム建設事業において算定されるダム地点の負荷量の変化に下流河川流下過程における減衰を考慮して設定する。

なお、洪水時は流下過程における時間遅れを考慮して、ダム地点の流量を宍道湖流入地点に与える。

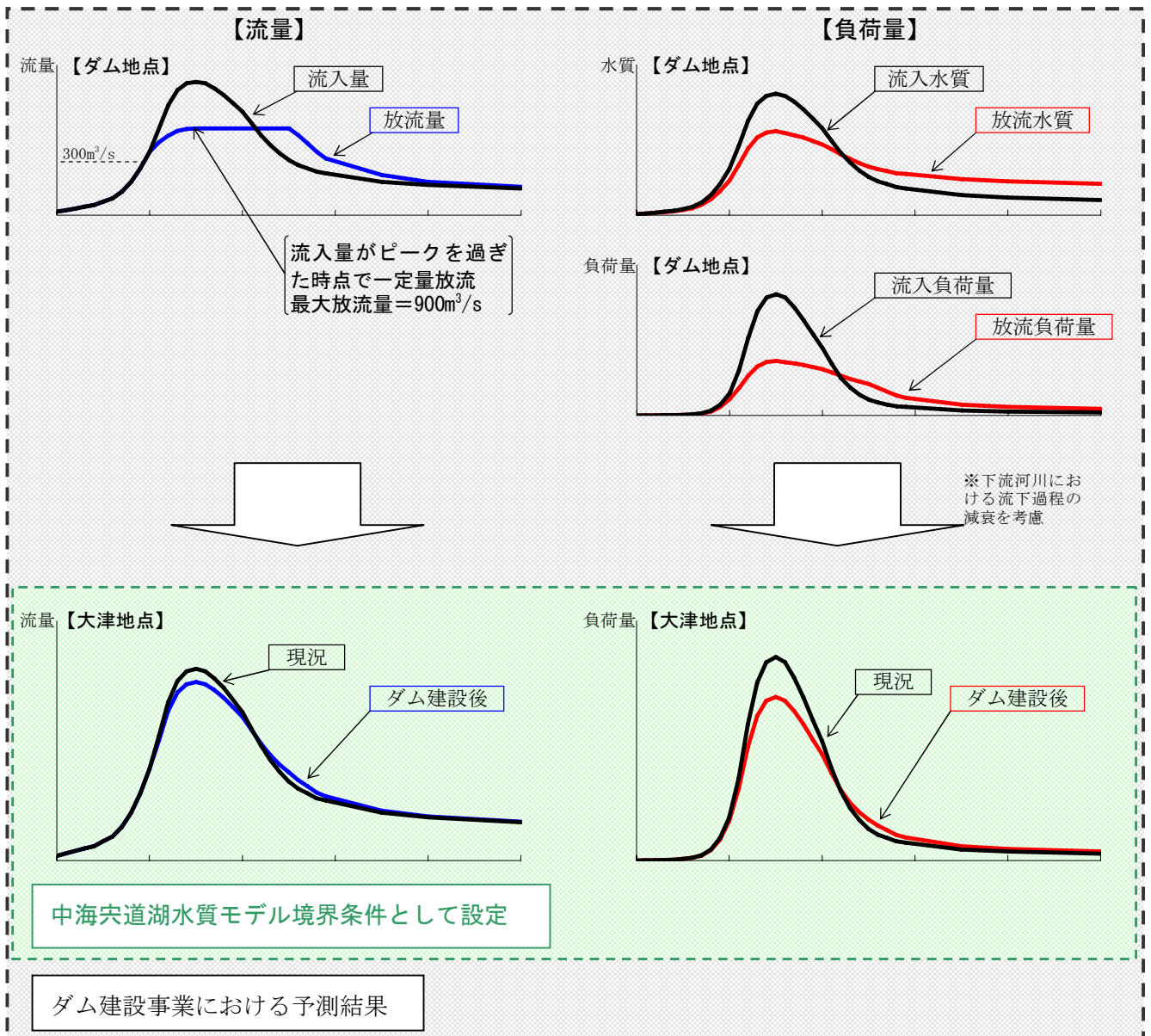


図 1.5-7 尾原ダム建設のモデルへの組み込み

1.5.3 斐伊川放水路建設の考慮方法

斐伊川放水路建設による流量の変化は、放水路事業において算定される分流地点の流量の変化を宍道湖流入地点の現況の流量から減じて設定する。

斐伊川放水路建設による負荷量の変化は、放水路事業において算定される分流地点の負荷量の変化に流下過程における減衰を考慮して設定する。

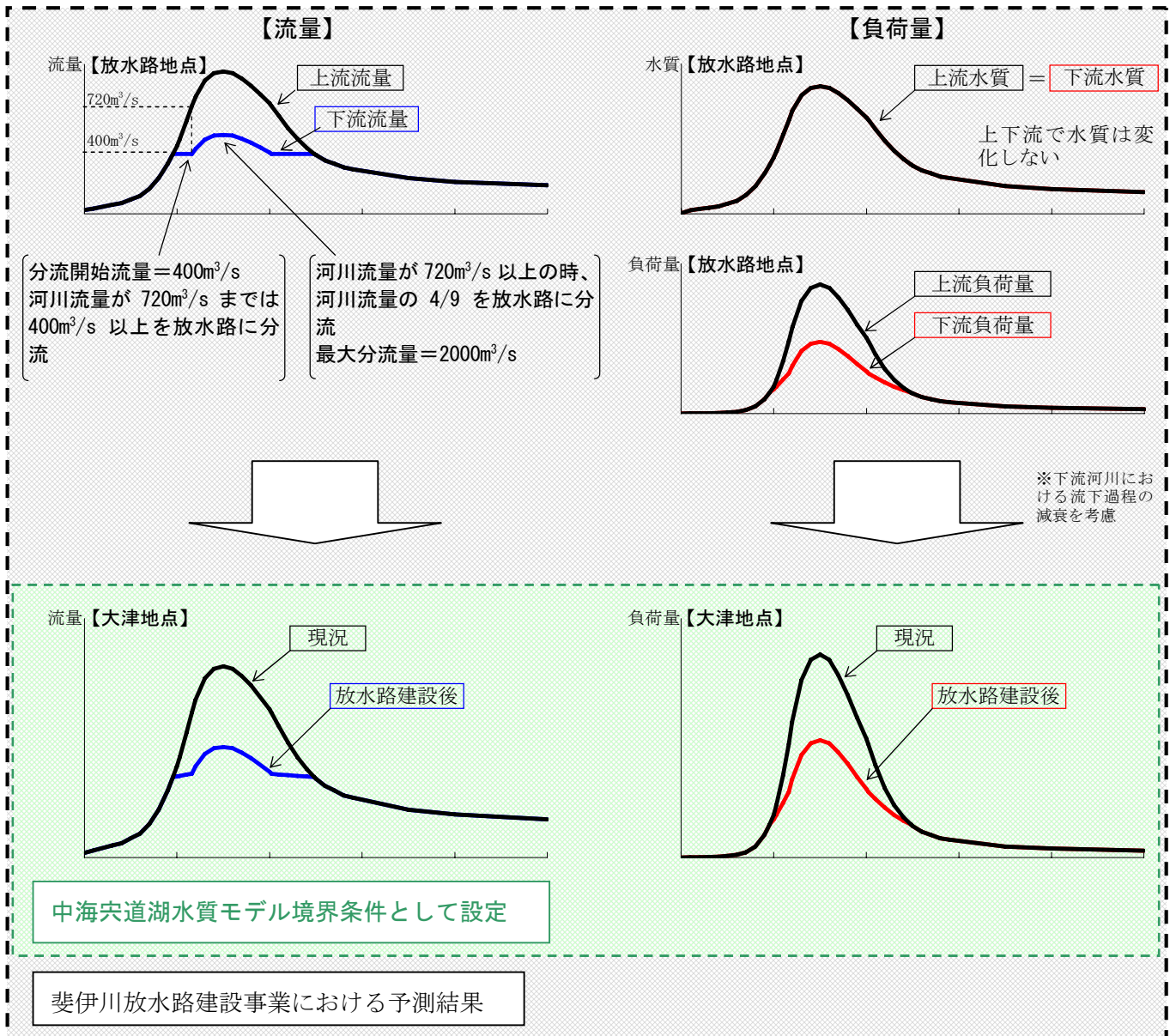


図 1.5-8 斐伊川放水路建設のモデルへの組み込み

1.6 佐陀川の改修の組み込み方法

宍道湖の計算水位および日本海水位から佐陀川通過流量および負荷量を推定し、宍道湖内の佐陀川地点における境界条件として与える。

(1) 想定される変化

佐陀川改修により、佐陀川通過流量が増加し日本海と宍道湖の水・物質交換量が増加する。

(2) 佐陀川の流動遡上特性

佐陀川では、平成 15 年及び 16 年に流動調査を実施している。同調査結果による佐陀川(St. A)流量、塩分の時間変化と宍道湖湖心、日本海の水位および水位差の時間変化を下図に示す。

佐陀川通過流量は上下流(宍道湖水位と日本海水位)の水位差に支配されている。

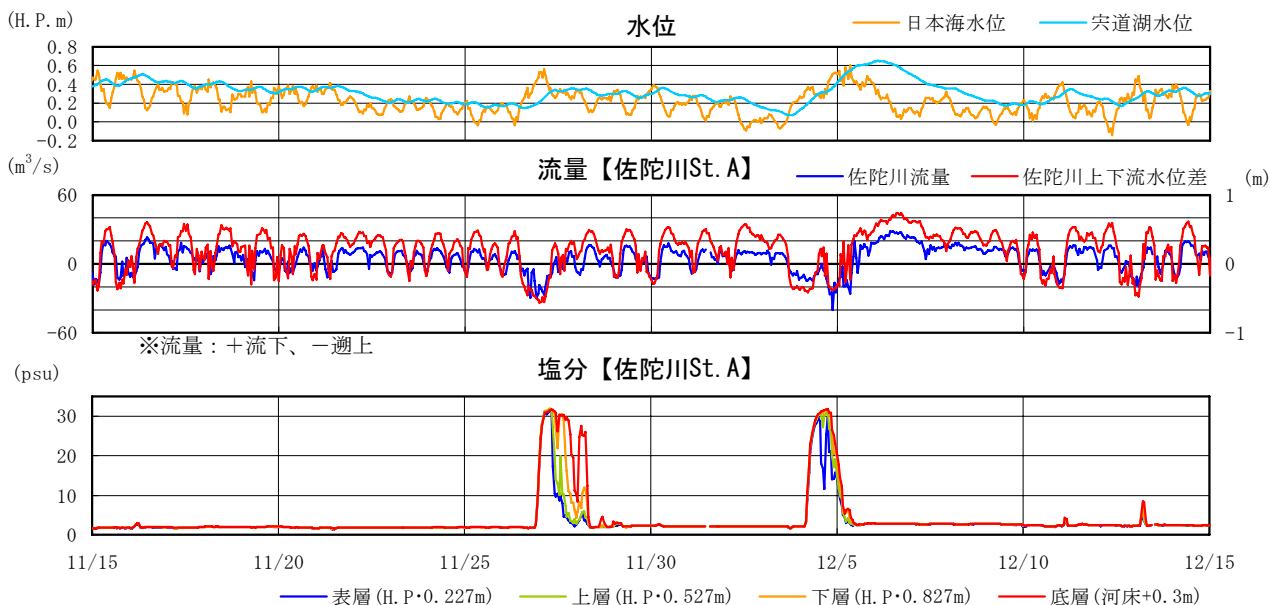


図 1.6-1 佐陀川流量と上下流水位差



図 1.6-2 調査地点

佐陀川の逆流発生時の1潮汐あたりの平均的な遡上水量は約240千 m^3 である。これに対して現況の佐陀川の容量は550千 m^3 (宍道湖平均水位相当)である。すなわち、平均的な潮汐では日本海から流入してきた高塩分水(海水)は、佐陀川を1/2程度遡上して反転することになり、宍道湖には流入しない。また、時系列から遡上する場合における混合形態は強混合である。

【平均的な潮汐】

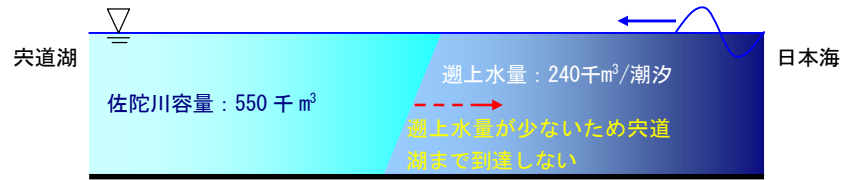


図 1.6-3 佐陀川の塩水遡上特性

(3) 佐陀川通過流量・負荷量の推定方法

佐陀川の通過流量は、宍道湖水位と日本海潮位に基づき不等流計算により算定する。

佐陀川の負荷量は、日本海からの海水が宍道湖に到達しない場合は、宍道湖水質に流量を乗じて負荷量とし、日本海からの海水が宍道湖に到達する場合は日本海水質に流量を乗じて負荷量とする。

日本海からの海水が宍道湖に到達する条件は、上記で算定される流量を基に佐陀川内に遡上している海水容量を算定し、その容積が佐陀川河道容積を上回るか否かとする。

佐陀川改修により、佐陀川は河道容積が約730千 m^3 (宍道湖平均水位相当)となる。また、疎通能力が向上するため、上下流水位と流量の関係が変化する。以上の改修による変化を考慮して、改修後における佐陀川通過流量および負荷量を設定する。

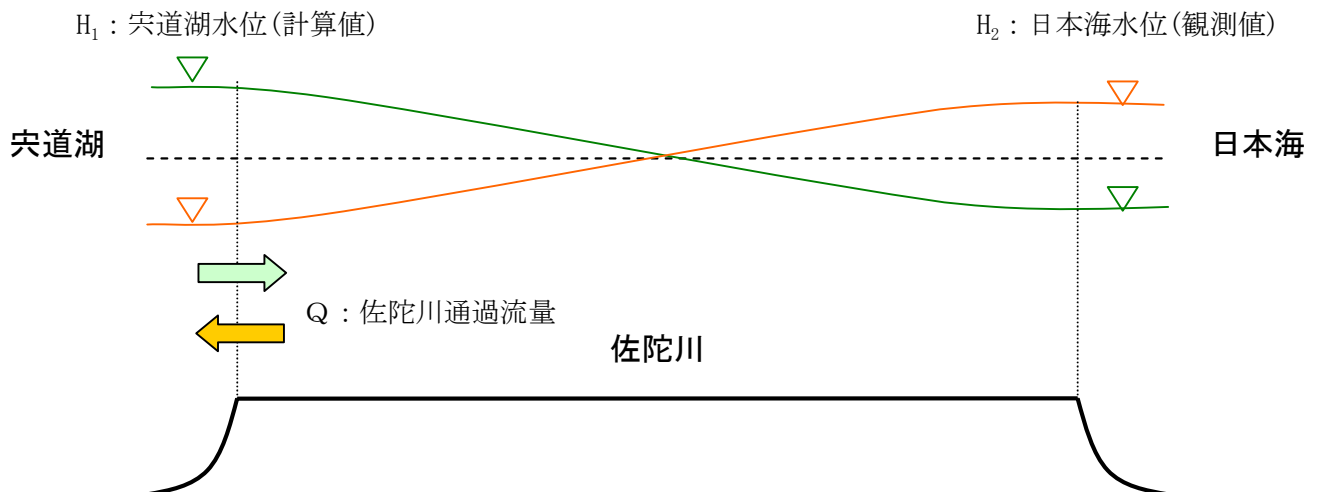


図 1.6-4 佐陀川上下流水位と佐陀川通過流量

1.7 国営中海土地改良事業の変更の組み込み方法

国営中海土地改良事業の変更に伴う地形の変化について数値シミュレーションモデルのメッシュ構造を変更する。

1.7.1 中浦水門の撤去

中浦水門撤去は、水質予測モデルの地形条件として考慮する。

具体的には、下図に示すように現況の地形条件の設定において考慮している水門堰柱部の断面積を、撤去後は考慮せず水路幅をそのままメッシュ幅として与える。ただし、中浦水門で撤去が予定されているのは上部工のみなので撤去後も下部工を考慮して地形条件を設定する。

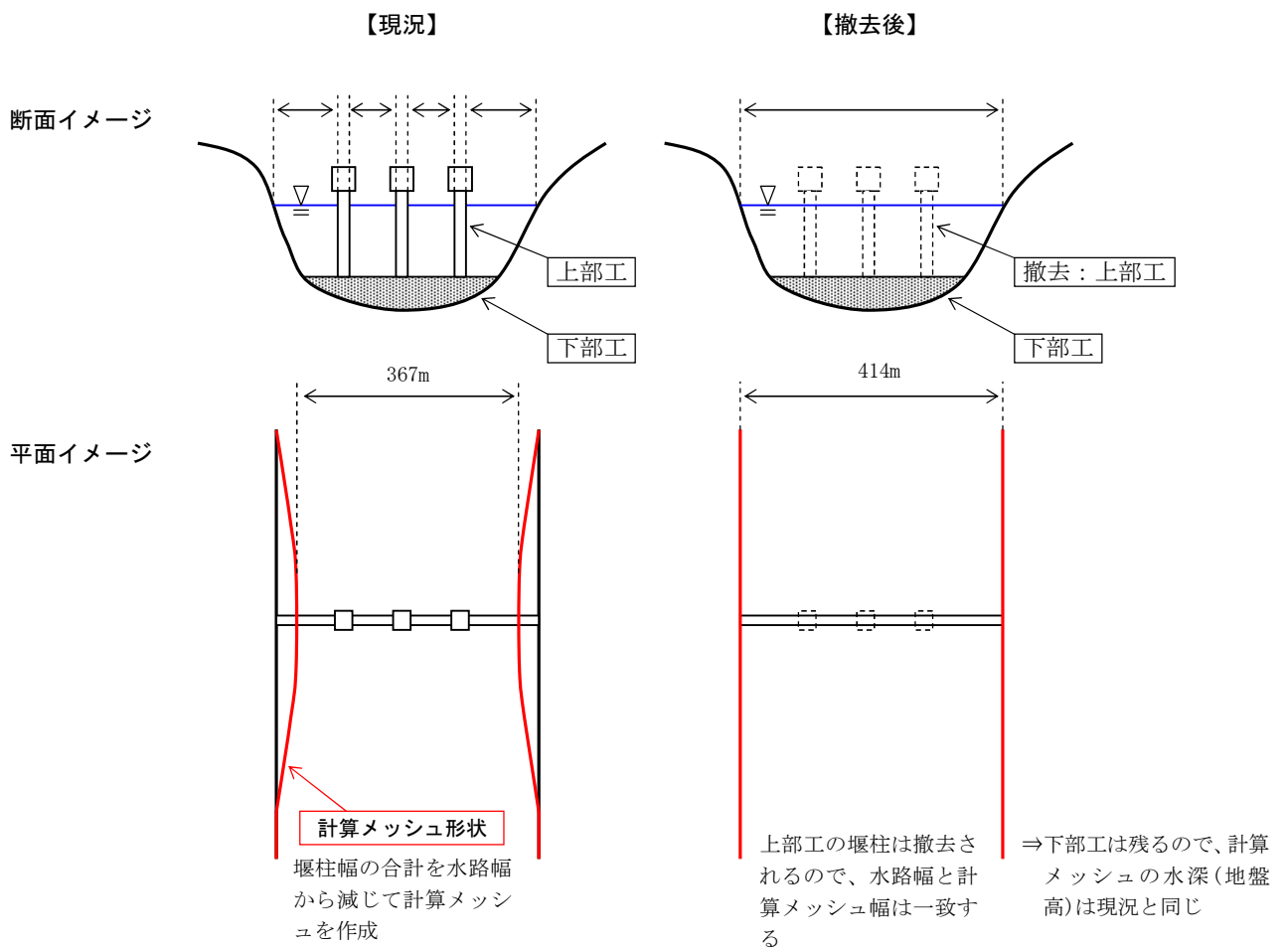


図 1.7-1 中浦水門撤去の地形条件への反映方法

1.7.2 西部承水路の撤去,森山堤防の開削及び本庄排水機場撤去

「中海に関する協議会」の議論を踏まえて決定された方針(森山堤防において 60m の開削)を考慮した地形条件を設定する。

西部承水路の撤去は、堤防部を H. P. -2.4m まで撤去、開口部を H. P. -3.0m することとなっており、当該地点メッシュ地盤高をそれぞれの高さに設定する。

本庄排水機場撤去は、撤去後潮通しとして利用することとなっており、潮通し通過流量・フラックスを境界条件として設定する。流量の設定は、堤防内外の水位差から設定する。

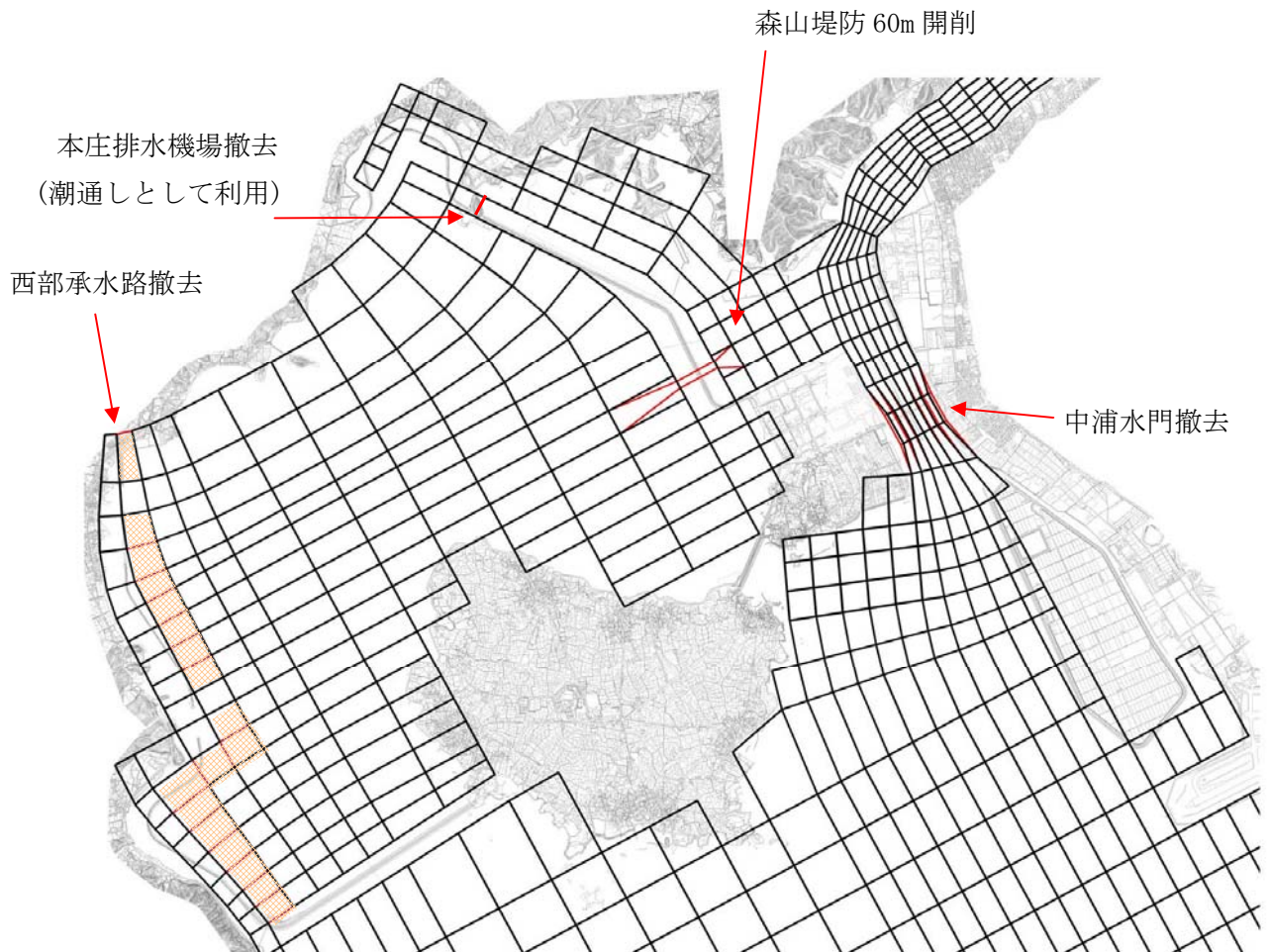


図 1.7-2 西部承水路撤去及び森山堤防開削の地形条件への反映方法

2. 水底の泥土(底質)

2.1 中海宍道湖の移動限界摩擦速度室内実験

2.1.1 調査概要

中海宍道湖で全6地点(下図)において採泥し、室内実験により底質が移動する流速、摩擦速度を推定している。中海宍道湖の底泥は、平均で摩擦速度にして約1.2cm/s、底面流速にして約0.2m/s(20cm/s)である。

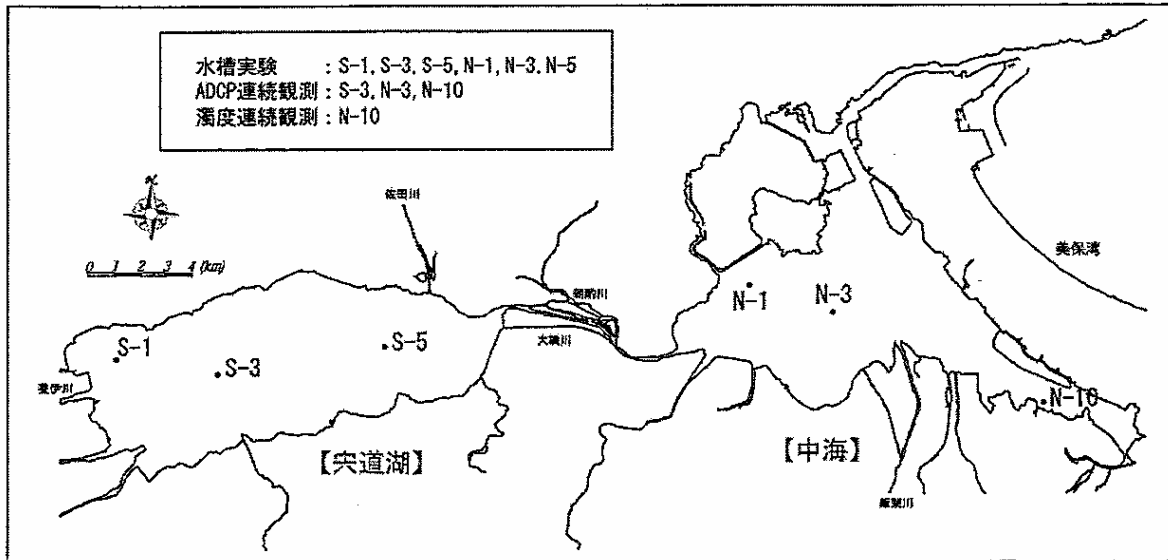


図 2.1-1 採泥地点

摩擦速度 表 2.1-1 底泥移動開始摩擦速度 (cm/s)

試料採取地点		宍道湖			中海		
		S-1	S-3	S-5	N-1	N-3	N-10
初期移動	1回目	0.86	1.22	1.02	0.8	0.8	1.23
	2回目	1.06	1	1.26	0.8	0.43	0.76
	平均	0.96	1.11	1.14	0.8	0.61	0.99
全面移動	1回目	0.93	1.22	1.39	0.95	0.94	1.77
	2回目	1.18	1.22	1.81	1.18	1.41	0.79
	平均	1.05	1.22	1.6	1.07	1.18	1.28

底層流速 表 2.1-2 底泥移動開始底面流速 (cm/s)

試料採取地点		宍道湖			中海		
		S-1	S-3	S-5	N-1	N-3	N-10
初期移動	1回目	13.23	18.77	15.69	16.33	16.33	25.10
	2回目	16.31	15.38	19.38	16.33	8.78	15.51
	平均	14.77	17.08	17.54	16.33	12.45	20.20
全面移動	1回目	14.31	18.77	21.38	19.39	19.18	36.12
	2回目	18.15	18.77	27.85	24.08	28.78	16.12
	平均	16.15	18.77	24.62	21.84	24.08	26.12

※出典：「平成15年度 中海宍道湖新生堆積物調査業務」