

資料 1 1 水質予測モデルの概要

1. 水質予測の概要

1.1 水質予測に当たっての基本的考え方

(1) 宍道湖・中海の特性

宍道湖・中海は一級河川斐伊川の最下流部に位置し、いずれも水深は5～7m程度と浅く、境水道を介して日本海とつながる汽水湖である。

両湖の水理特性をみると、日本海の海水が境水道、中海を経て大橋川に至るまで潮汐の力でほぼ周期的に遡上・流出を繰り返しており、密度の高い海水は主に水深5m以深の下層に分布している。また、低気圧の通過時など海水面が上昇することに伴い上流の宍道湖へも大橋川を介して海水が遡上している。一方、周囲の河川等から流入した淡水は水深約2mまでの上層に比較的密度の低い均一な水塊を形成し、これら上層水が上流側の宍道湖から下流側の中海、日本海に向かって流出している。これら上下層に挟まれた水深2～5m層では両者の遷移的状态を呈している。

淡水と海水の分布は河川流量や日本海の潮位により微妙に変化し、また、このような異質な水塊の接触は生息する生物相、汚濁物質の移動等に大きな影響を与えている。

(2) 水質予測手法の概要

水質予測のためのシミュレーションモデルは後に示すように第三期湖沼水質保全計画策定時のモデルを基本として一部改良を加え、平成13年度～15年度の3か年連続的に計算する手法を採用した。

水質予測の手順は図1.1に示す。

はじめに、平成13年度～15年度の3か年について湖流及び水質について現況再現計算を行い、モデルの精度を確認し、次に、今回の計画の目標年度である平成20年度の汚濁負荷量(施策を行った場合と平成15年度で施策を止めた場合の2ケース)を与えて将来水質を予測した。

なお、平成20年度の予測条件として、地形については中浦水門が撤去されているものとし、それ以外は平成15年度と同様の地形とした。また、降水量その他の気象条件や潮汐及び淡水流入量は平成15年度の値を用いた。

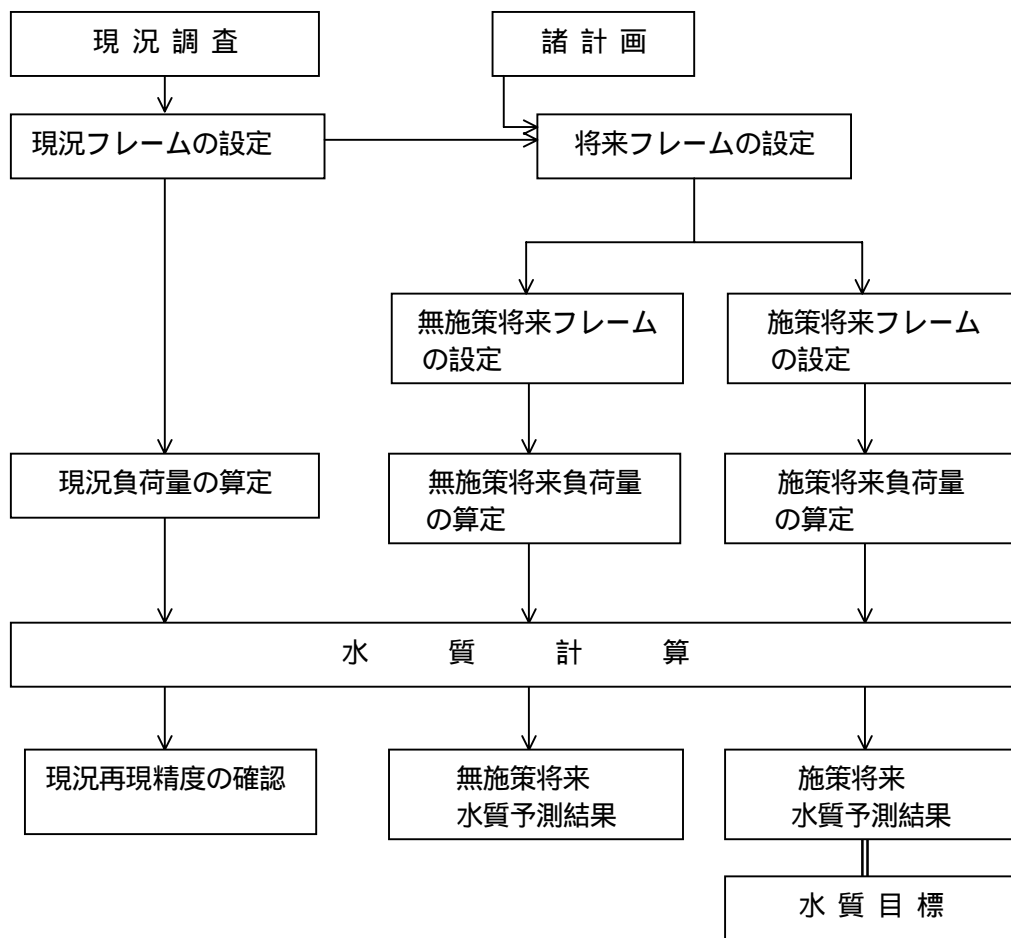


図 1.1 水質目標の設定フロー

1.2 水質予測システムの構築

(1) システム構成

本予測では第三期湖沼水質保全計画と同様に、以下に示す三つのモデル(湖流予測モデル、水質予測モデル、汚濁負荷モデル)で構成される水質予測システムを構築した。

湖流予測モデル

宍道湖・中海は、境水道を通じて海水が流入するとともに、上層を淡水が流れるという汽水湖特有の水理構造をしている。湖流予測モデルは、宍道湖・中海を水平方向 1 km の格子、鉛直方向を 8 層に分割し、美保湾を境界として境界に実測潮位変動を与え、河川から日々の淡水を流入させ、かつ湖面に実測の風を与えることにより、日々の流況が予測できるモデルとした。(図 1.2.1 及び 図 1.2.2 参照)

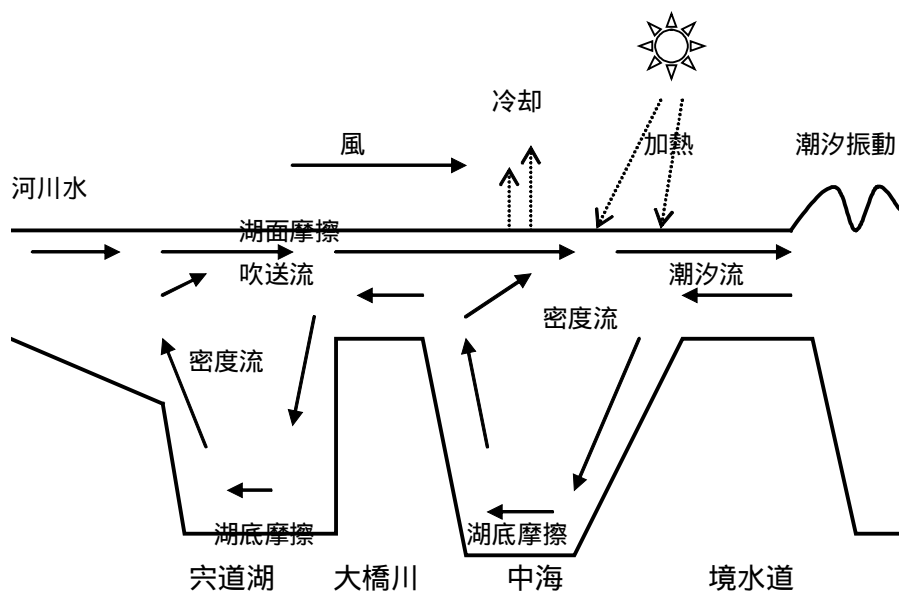


図 1.2.1 穴道湖・中海の流動場

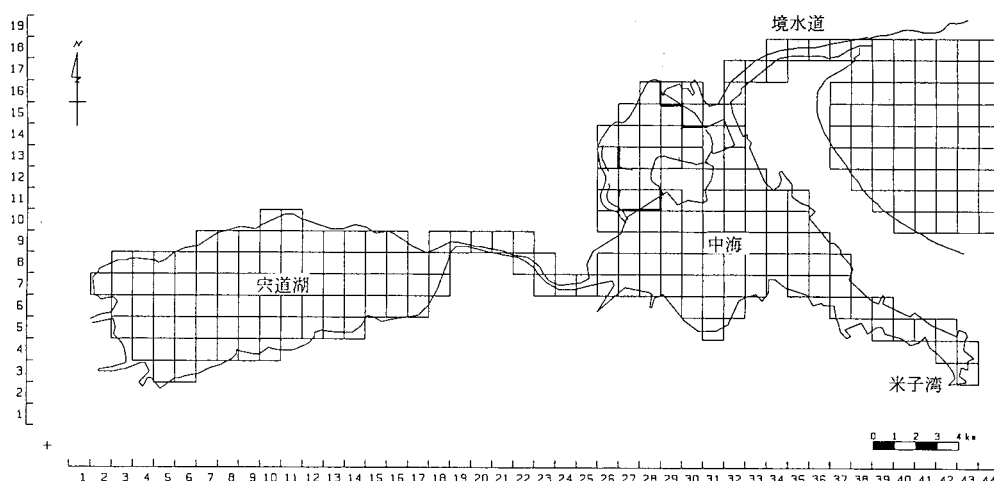


図 1.2.2 計算範囲及び格子分割

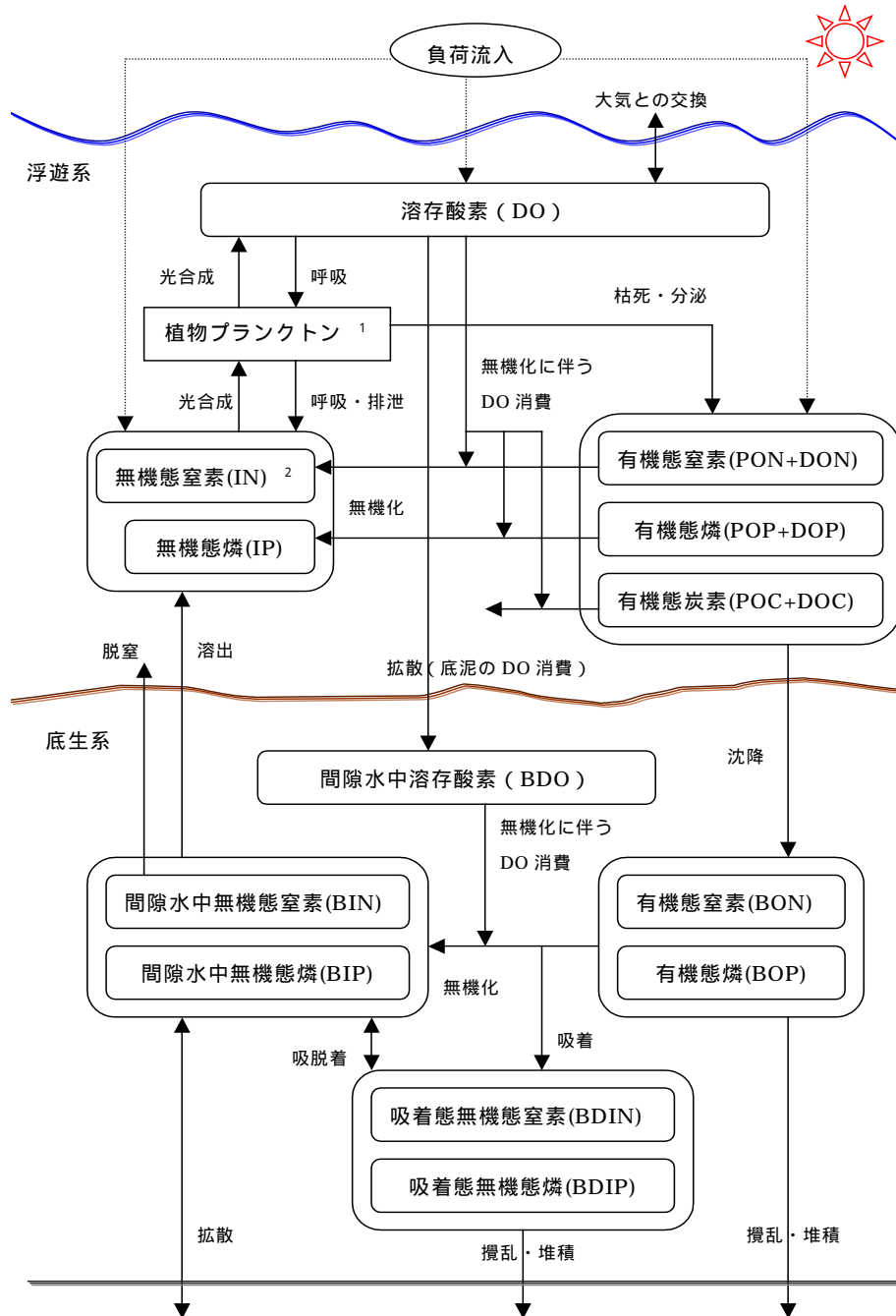
水質予測モデル

穴道湖・中海の水質変動には、燐、窒素等の栄養塩の循環が大きく寄与しているものと考えられるため、水質予測モデルは、穴道湖・中海流域から両湖に流入する負荷量と湖内の植物プランクトンを中心とした物質循環を図 1.2.3 のようにモデル化し、これに湖流の計算結果と後に示す陸域からの流入負荷を加え、水質を予測するものとした。

対象とする範囲、空間分割は、湖流予測モデルと同様に 1 km 格子の 8 層モデルとした。

また、湖底からの溶出に関しては底泥内の有機物の分解による間隙水が直上水へ拡散する現象として捉えた。

なお、図中の「浮遊系」とは、水中の物質循環を表し、「底生系」とは、堆積物（底泥）中の物質循環を表している。



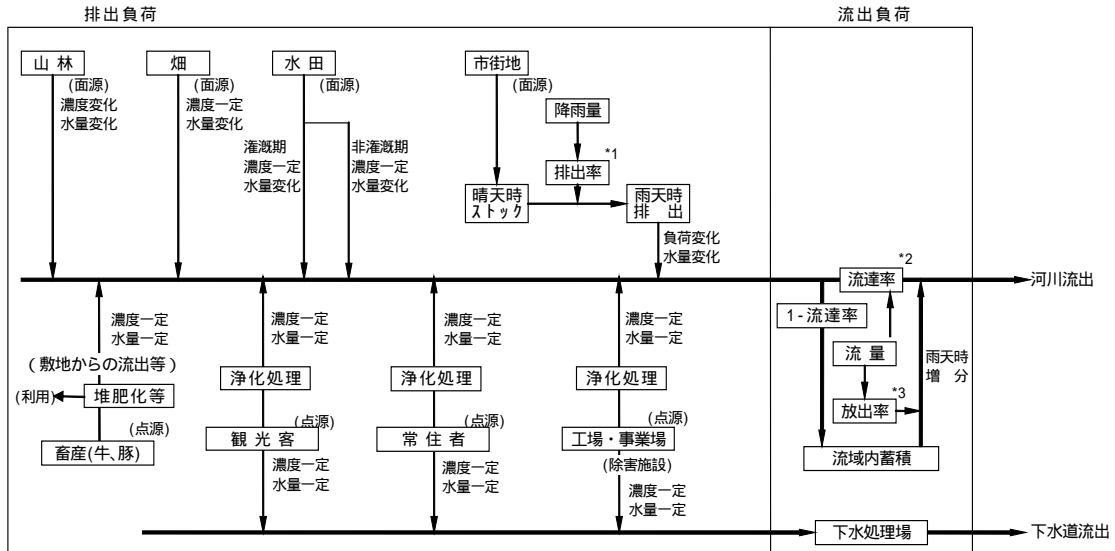
- 1 植物プランクトンを藍藻、渦鞭毛藻、珪藻、緑藻の4種に分けて取り扱っている。
- 2 無機態窒素については、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$ の変化過程を解いている。

図 1.2.3 水質予測モデル (物質循環モデル) の概要

汚濁負荷モデル

流入負荷量については、流域の人口や土地利用面積に単位あたりの負荷量（原単位）を乗じて排出負荷量を求め、その排出負荷量を河川ごとの流量に応じて流入するものとした。

汚濁負荷量モデルは図 1.2.4 に示すように、各汚濁負荷発生源の特性を考慮し、降雨の有無、流出時期の限定などを行い設定した。



*1 排出率 $= 1 - e^{-kp}$ p : 降水量, $k = 0.115$

*2 流達率 $= \frac{\text{流出濃度}}{\text{排出濃度}}$

*3 放出率 $\begin{cases} Q \leq Q_1 \text{ のとき } 0 \\ Q > Q_1 \text{ のとき } 1 - e^{-k_1 Q} \end{cases}$

Q : 新伊萱の日比流量, $Q_1 = 0.0392 \text{ m}^3 / \text{s} / \text{km}^2$, $k_1 = 3.11$

図 1.2.4 汚濁負荷量設定の概念図

2. モデルの変更点

前回モデルとの対比は表 2.1に示すとおりであり、変更点は表 2.2に示すとおりである。

表 2.1 前回モデルからの変更（前計画との対比）

| 区分 | モデルの諸元 | 第三期 | 第四期 |
|-------|---|---|---|
| 基本 | 対象期間 | 平成 8 ~ 10 年度の 3 年間 | 平成 13 ~ 15 年度の 3 年間 |
| | 計算領域 | 宍道湖 + 大橋川 + 中海 + 本庄工区 + 境水道 + 美保湾の一部 | 同左 |
| 流動モデル | 水平分割 | 1km 格子 | 同左 |
| | 鉛直分割 | 8 層(0~2、2~3、3~3.5、3.5~4、4~4.5、4.5~5、5~6、6m~湖底) | 同左 |
| | 基本式 | 連続の式 運動方程式（流向・流速） 拡散方程式（水温、塩分） 状態方程式 | 同左 |
| | 外部制御条件 | 外海潮位：美保関の実測潮位（毎時） 外海水温・塩分：美保湾（月 1 回） 流入淡水水温：斐伊川（大津・月 1 回） 降水量：松江の実測日量（毎日） 淡水流入量：斐伊川の実測流量（大津・毎日） 飯梨川（島根県データ） その他流域：流域面積 × 斐伊川（新伊萱）比流量 風向・風速：境港、米子、松江の実測（毎時） 日射量：米子の全天日射量（毎日） | 同左 |
| | 内部諸係数 | 水面摩擦係数：風速の関数 鉛直粘性係数、鉛直拡散係数： 安定度（リチャードソン数）の関数（成層化関数） | 同左 |
| 水質モデル | 水平分割 | 1km 格子（流動モデルと同一） | 同左 |
| | 鉛直分割 | 8 層（流動モデルと同一） | 同左 |
| | 基本式 | COD、N、P、DO を対象 【湖水中】生物体有機物（植物プランクトンで代表）、非生物体懸濁有機物（デトライタス）、溶存有機物、溶存無機栄養塩に区分し、これら物質について移流・拡散ならびに形態変化を解く 【底泥内】泥粒子の有機物、無機物と間隙水に区分し、これら物質について堆積・拡散ならびに形態変化を解く | 同左（以下を除く） ・ I-N を NH ₄ -N、NO ₃ -N に分割・硝化過程の組込み ・ 植物プランクトンを珪藻、緑藻、藍藻、鞭毛藻に分離・独立して解く |
| | 外部制御条件 | 外海水質：美保湾実測値（月 1 回） 降水負荷量：降水量 × 降水原単位 流入負荷量：年間排出負荷量を降水量、河川流量を基に日分割 メッシュ・層間移流：流動モデル結果 日射量：米子の全天日射量 植物プランクトンの出現割合：珪藻、緑藻、藍藻、鞭毛藻（宍道湖、中海、米子湾毎に月別） | 同左（以下を除く） ・ 降水原単位を更新 ・ 外海水質、降水負荷量、流入負荷量の I-N を NH ₄ -N、NO ₃ -N に分割 ・ 植物プランクトンの出現割合の外部制御は廃止 |
| 内部諸係数 | 【湖水中】生産・呼吸、枯死、分解、沈降、鉛直拡散 【底泥内】堆積、攪乱、分解、吸脱着、脱窒、拡散 | 同左（以下を除く） ・ 生産の I-N 依存項を NH ₄ -N、NO ₃ -N に分割し、塩分依存項を追加 | |

表 2.2 前回モデルからの変更（変更内容と変更理由）

| 区分 | 改良点 | 変更内容 | 理由 |
|------|-------------|---|--|
| 内部生産 | 植物プランクトンの生産 | <p>これまで植物プランクトンを1項目として扱い、生産速度定数を珪藻・藍藻・緑藻・鞭毛藻の現況再現年の出現割合に応じて設定していたものを、珪藻・藍藻・緑藻・鞭毛藻の4種独立に解くこととした。</p> | <p>将来の負荷削減等の施策により栄養塩濃度が低下し、これに伴い珪藻・藍藻・緑藻・鞭毛藻の出現量とその割合が変化すると考えられる。</p> <p>従って、上記4種の植物プランクトンを独自に解くことが理想的であったが、三期モデルまでは、計算機の処理速度や植物プランクトンの生産に係る情報の制約などにより、左記に示す更新前の内容で対応していた。</p> <p>今回、これら制約が徐々に解決してきたので、より現実に近い形にモデルを近づけた。</p> |
| | | <p>これまで植物プランクトンの生産速度を、塩分に対して一定値として与えていたが、これに塩分の依存項を追加した。</p> | <p>宍道湖で発生した藍藻が中海に流出した場合、高塩分の条件下で生産速度の低下、若しくは枯死速度の上昇が起これると考えられる。</p> <p>この内容については上記と同様の理由により三期までは組み込んでいなかったが、今回、より現実に近い形にモデルを近づけた。</p> |
| 栄養塩 | 無機窒素の形態 | <p>これまで無機窒素を1-Nとして一括で扱っていたものを、$\text{NH}_4\text{-N}$、$\text{NO}_3\text{-N}$に分割することとした。</p> <p>なお、水質予測計算では、実測値を基に各計算項目の境界値を設定しているが、$\text{NO}_2\text{-N}$と$\text{NO}_3\text{-N}$の実測値は下限値未満の値が多く、それぞれの境界値を設定することが困難であったため、$\text{NO}_2\text{-N}$は$\text{NO}_3\text{-N}$に含めて1項目として取り扱った。</p> | <p>脱窒現象は、湖水または底泥中の$\text{NH}_4\text{-N}$が$\text{NO}_2\text{-N}$、$\text{NO}_3\text{-N}$を経て、N_2若しくはN_2Oに形態変化し、気相に移行する現象である。</p> <p>この内容については上記と同様の理由により三期までは詳細に組み込んでいなかったが、今回、より現実に近い形にモデルを近づけた。</p> |
| | | | |

3. 流動モデルの再現計算

3.1 基本式

以下に流動モデルの基本式を示す。

<連続方程式>

第1層

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} [u_1(\zeta + D_1)] + \frac{\partial}{\partial y} [v_1(\zeta + D_1)] - w_{1,2} = 0 \dots \dots \dots (1)$$

第n層(n=2~L-1)

$$w_{n-1,n} + \frac{\partial}{\partial x} (u_n D_n) + \frac{\partial}{\partial y} (v_n D_n) - w_{n,n+1} = 0 \dots \dots \dots (2)$$

第L層(最下層)

$$w_{L-1,L} + \frac{\partial}{\partial x} (u_L D_L) + \frac{\partial}{\partial y} (v_L D_L) = 0 \dots \dots \dots (3)$$

<運動方程式>

第1層

$$\begin{aligned} \frac{\partial u_1}{\partial t} + u_1 \frac{\partial u_1}{\partial x} + v_1 \frac{\partial u_1}{\partial y} + w_{1,2} \frac{u_1 - u_2}{2(\zeta + D_1)} = f v_1 - \frac{1}{\rho_1} \left(\frac{\partial p}{\partial x} \right)_1 + A_n \left(\frac{\partial^2 u_1}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u_1}{\partial y^2} \right) \\ - \frac{A_z}{(\zeta + D_1)} \left(\frac{\partial u}{\partial z} \right)_{\frac{1}{2}} + \frac{\rho_a}{\rho_1} \gamma_a^2 W_x \frac{\sqrt{W_x^2 + W_y^2}}{(\zeta + D_1)} \end{aligned} (4)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial v_1}{\partial t} + u_1 \frac{\partial v_1}{\partial x} + v_1 \frac{\partial v_1}{\partial y} + w_{1,2} \frac{v_1 - v_2}{2(\zeta + D_1)} = -f u_1 - \frac{1}{\rho_1} \left(\frac{\partial p}{\partial y} \right)_1 + A_n \left(\frac{\partial^2 v_1}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v_1}{\partial y^2} \right) \\ - \frac{A_z}{(\zeta + D_1)} \left(\frac{\partial v}{\partial z} \right)_{\frac{1}{2}} + \frac{\rho_a}{\rho_1} \gamma_a^2 W_y \frac{\sqrt{W_x^2 + W_y^2}}{(\zeta + D_1)} \end{aligned} (5)$$

第n層(n=2~L-1)

$$\begin{aligned} \frac{\partial u_n}{\partial t} + u_n \frac{\partial u_n}{\partial x} + v_n \frac{\partial u_n}{\partial y} + w_{n-1,n} \frac{u_{n-1} - u_n}{2D_n} + w_{n,n+1} \frac{u_n - u_{n+1}}{2D_n} \\ = f v_n - \frac{1}{\rho_n} \left(\frac{\partial p}{\partial x} \right)_n + A_n \left(\frac{\partial^2 u_n}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u_n}{\partial y^2} \right) + \frac{A_z}{D_n} \left(\frac{\partial u}{\partial z} \right)_{n-\frac{1}{2}} - \frac{A_z}{D_n} \left(\frac{\partial u}{\partial z} \right)_{n+\frac{1}{2}} \dots \dots \dots (6) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& \frac{\partial v_n}{\partial t} + u_n \frac{\partial v_n}{\partial x} + v_n \frac{\partial v_n}{\partial y} + w_{n-1,n} \frac{v_{n-1} - v_n}{2D_n} + w_{n,n+1} \frac{v_n - v_{n+1}}{2D_n} \\
& = -fu_n - \frac{1}{\rho_n} \left(\frac{\partial p}{\partial y} \right)_n + A_h \left(\frac{\partial^2 v_n}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v_n}{\partial y^2} \right) + \frac{A_z}{D_n} \left(\frac{\partial v}{\partial z} \right)_{n-\frac{1}{2}} - \frac{A_z}{D_n} \left(\frac{\partial v}{\partial z} \right)_{n+\frac{1}{2}} \dots \quad (7)
\end{aligned}$$

第L層(最下層)

$$\begin{aligned}
& \frac{\partial u_L}{\partial t} + u_L \frac{\partial u_L}{\partial x} + v_L \frac{\partial u_L}{\partial y} + w_{L-1,L} \frac{u_{L-1} - u_L}{2D_L} = fv_L - \frac{1}{\rho_L} \left(\frac{\partial p}{\partial x} \right)_L + A_h \left(\frac{\partial^2 u_L}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u_L}{\partial y^2} \right) \\
& + \frac{A_z}{D_L} \left(\frac{\partial u}{\partial z} \right)_{L-\frac{1}{2}} - \gamma_b^2 u_L \frac{\sqrt{u_L^2 + v_L^2}}{D_L} \quad (8)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& \frac{\partial v_L}{\partial t} + u_L \frac{\partial v_L}{\partial x} + v_L \frac{\partial v_L}{\partial y} + w_{L-1,L} \frac{v_{L-1} - v_L}{2D_L} = -fu_L - \frac{1}{\rho_L} \left(\frac{\partial p}{\partial y} \right)_L + A_h \left(\frac{\partial^2 v_L}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v_L}{\partial y^2} \right) \\
& + \frac{A_z}{D_L} \left(\frac{\partial v}{\partial z} \right)_{L-\frac{1}{2}} - \gamma_b^2 v_L \frac{\sqrt{u_L^2 + v_L^2}}{D_L} \quad (9)
\end{aligned}$$

<水温の拡散方程式>

第1層

$$\begin{aligned}
& \frac{\partial}{\partial t} [T_1(\zeta + D_1)] + \frac{\partial}{\partial x} [u_1 T_1(\zeta + D_1)] + \frac{\partial}{\partial y} [v_1 T_1(\zeta + D_1)] - w_{1,2} T_{1,2}^* \\
& - \frac{\partial}{\partial x} \left[K_x(\zeta + D_1) \frac{\partial T_1}{\partial x} \right] - \frac{\partial}{\partial y} \left[K_y(\zeta + D_1) \frac{\partial T_1}{\partial y} \right] + \frac{Q}{C_v \rho_1} + K_z \frac{2(T_1 - T_2)}{D_1 + D_2} = 0 \quad (10)
\end{aligned}$$

第n層(n=2~L-1)

$$\begin{aligned}
& \frac{\partial}{\partial t} (T_n D_n) + \frac{\partial}{\partial x} (u_n T_n D_n) + \frac{\partial}{\partial y} (v_n T_n D_n) + w_{n-1,n} T_{n-1,n}^* - w_{n,n+1} T_{n,n+1}^* \\
& - \frac{\partial}{\partial x} \left(K_x D_n \frac{\partial T_n}{\partial x} \right) - \frac{\partial}{\partial y} \left(K_y D_n \frac{\partial T_n}{\partial y} \right) - K_z \frac{2(T_{n-1} - T_n)}{D_{n-1} + D_n} + K_z \frac{2(T_n - T_{n+1})}{D_n + D_{n+1}} = 0 \quad (11)
\end{aligned}$$

第L層(最下層)

$$\begin{aligned}
& \frac{\partial}{\partial t} (T_L D_L) + \frac{\partial}{\partial x} (u_L T_L D_L) + \frac{\partial}{\partial y} (v_L T_L D_L) + w_{L-1,L} T_{L-1,L}^* \\
& - \frac{\partial}{\partial x} \left(K_x D_L \frac{\partial T_L}{\partial x} \right) - \frac{\partial}{\partial y} \left(K_y D_L \frac{\partial T_L}{\partial y} \right) - K_z \frac{2(T_{L-1} - T_L)}{D_{L-1} + D_L} = 0 \dots \dots \dots \quad (12)
\end{aligned}$$

<塩分の拡散方程式>

第1層

$$\begin{aligned} & \frac{\partial}{\partial t} [S_1(\zeta + D_1)] + \frac{\partial}{\partial x} [u_1 S_1(\zeta + D_1)] + \frac{\partial}{\partial y} [v_1 S_1(\zeta + D_1)] - w_{1,2} S_{1,2}^* \\ & - \frac{\partial}{\partial x} \left[K_x(\zeta + D_1) \frac{\partial S_1}{\partial x} \right] - \frac{\partial}{\partial y} \left[K_y(\zeta + D_1) \frac{\partial S_1}{\partial y} \right] + K_z \frac{2(S_1 - S_2)}{D_1 + D_2} = 0 \end{aligned} \quad \dots\dots (13)$$

第n層(n=2~L-1)

$$\begin{aligned} & \frac{\partial}{\partial t} (S_n D_n) + \frac{\partial}{\partial x} (u_n S_n D_n) + \frac{\partial}{\partial y} (v_n S_n D_n) + w_{n-1,n} S_{n-1,n}^* - w_{n,n+1} S_{n,n+1}^* \\ & - \frac{\partial}{\partial x} \left(K_x D_n \frac{\partial S_n}{\partial x} \right) - \frac{\partial}{\partial y} \left(K_y D_n \frac{\partial S_n}{\partial y} \right) - K_z \frac{2(S_{n-1} - S_n)}{D_{n-1} + D_n} + K_z \frac{2(S_n - S_{n+1})}{D_n + D_{n+1}} = 0 \end{aligned} \quad (14)$$

第L層(最下層)

$$\begin{aligned} & \frac{\partial}{\partial t} (S_L D_L) + \frac{\partial}{\partial x} (u_L S_L D_L) + \frac{\partial}{\partial y} (v_L S_L D_L) + w_{L-1,L} S_{L-1,L}^* \\ & - \frac{\partial}{\partial x} \left(K_x D_L \frac{\partial S_L}{\partial x} \right) - \frac{\partial}{\partial y} \left(K_y D_L \frac{\partial S_L}{\partial y} \right) - K_z \frac{2(S_{L-1} - S_L)}{D_{L-1} + D_L} = 0 \end{aligned} \quad \dots\dots\dots (15)$$

<状態方程式>

$$\rho(S, T) = \rho_w + (b_0 + b_1 T + b_2 T^2 + b_3 T^3 + b_4 T^4) S + (c_0 + c_1 T + c_2 T^2) S^{3/2} + d_0 S^2 \quad (16)$$

ここで、

- x, y, z : 右手系の直行座標軸、上向きを正
- t : 時間[s]
- ζ : 潮位[cm]
- u_i, v_i : i 層の x 方向、 y 方向の流速[cm/s]
- $w_{i,i+1}$: i 層と $i+1$ 層間の鉛直流[cm/s]、上向きを正
- A_h : 水平渦動粘性係数[cm²/s]
- A_z : 鉛直渦動粘性係数[cm²/s]
- f : コリオリ係数[1/s]
($f = 2\omega \sin \phi$, $\phi = 35.4^\circ$, $\omega = 2\pi / (24 \times 3600)$)
- γ_a^2 : 海面摩擦係数
- γ_b^2 : 海底摩擦係数

- p : 圧力[g/cm/s²]
 D_i : i 層の厚さ[cm]
 ρ_i : i 層の海水密度[g/cm³]
 W_x, W_y : x 方向、 y 方向の風速[cm/s]
 ρ_a : 空気の密度[g/cm³]
 T_i : i 層の水温[]
 S_i : i 層の塩分
 K_x, K_y : 水平拡散係数[cm²/s]
 K_z : 鉛直拡散係数[cm²/s]
 $T_{i,i+1}^*$: $w_{i,i+1} > 0$ なら $T_{i,i+1}^* = T_{i+1}$ $w_{i,i+1} < 0$ なら $T_{i,i+1}^* = T_i$
 $S_{i,i+1}^*$: $w_{i,i+1} > 0$ なら $S_{i,i+1}^* = S_{i+1}$ $w_{i,i+1} < 0$ なら $S_{i,i+1}^* = S_i$
 g : 重力加速度[cm/s²]
 Q : 海面での熱フラックス[cal/cm²/s]
 C_v : 海水の定積比熱[cal/g/]
 ρ_w : 純水の密度[g/cm³]
 b_0 : 8.24493×10^{-1}
 b_1 : -4.0899×10^{-3}
 b_2 : 7.6438×10^{-5}
 b_3 : -8.2467×10^{-7}
 b_4 : 5.3875×10^{-9}
 c_0 : -5.7246×10^{-3}
 c_1 : 1.0227×10^{-4}
 c_2 : -1.6546×10^{-6}
 d_0 : 4.8314×10^{-4}

ただし、

$$\left(\frac{\partial \phi}{\partial x}\right)_i = g\rho_1 \frac{\partial \zeta}{\partial x} + g \frac{\partial}{\partial x} \left(\sum_{n=1}^{i-1} \rho_n D_n + \frac{1}{2} \rho_i D_i \right) \dots\dots\dots (17)$$

また、海面における大気との間の熱のやりとりは、水温の拡散方程式中に、海面と大気の

間の熱フラックス Q_{suf} として表現されている。

この熱フラックス Q_{suf} の求め方は、海水を暖める向きを正としたとき以下のように表される。

$$Q_{suf} = Q_s - (Q_b + Q_c + Q_e) \dots\dots\dots (18)$$

ここで、 Q_s, Q_b, Q_c, Q_e は以下に示すとおりである。

・吸収日射量 (Q_s)

$$Q_s = (1 - \alpha) Q_{s_0} \dots\dots\dots (19)$$

ここで、 α : 海面のアルベード(0.07)
 Q_{s_0} : 全天日射量[cal/cm²/s]

・有効長波放射量 (Q_b)

$$Q_b = S\sigma\theta_w^4 \left\{ 1 - a - b\sqrt{e(Ta)} \right\} (1 - cn^2) + 4S\sigma\theta_w^3 (Tw - Ta)$$

$$e(Ta) = f \cdot e_s(Ta) \dots\dots\dots (20)$$

$$e_s(Ta) = 6.11 \times 10^{7.5Ta/(237.3+Ta)}$$

ここで、 $S\sigma$: 1.32×10^{-12}
 θ_w : 海水の絶対温度
 a : 0.51
 b : 0.066
 Ta : 接水大気の気温[]
 f : 相対湿度
 $e_s(Ta)$: 水温 Ta []における水面上の飽和水蒸気圧
 c : 0.65
 n : 雲量(0~1)
 Tw : 水温[]

・大気と水面間の乱流伝達係数 (顕熱輸送量: Q_c)

$$Q_c = Kc(Tw - Ta) \dots\dots\dots (21)$$

$$Kc = 2.77 \times 10^{-4} (0.48 + 0.272W)$$

ここで、 Kc : 乱流熱伝達量係数[cal/cm²/s/]
 Ta : 接水大気の気温[]
 Tw : 水温[]
 W : 平均的な海面上の風速[m/s]

・水の相変化に伴う潜熱 (Q_e)

$$Q_e = Q_c / B$$
$$B = 0.66 \times (T_w - T_a) / \{e_s(T_w) - e(T_a)\} \dots\dots\dots (22)$$

ここで、

T_w : 水温 []

T_a : 接水大気気温 []

$e_s(T_w)$: 水温 T_w [] における水面上の飽和水蒸気圧

$e(T_a)$: 気温 T_a [] における大気水蒸気圧

3.2 計算条件

平成13年度～平成15年度を対象とした計算条件を表3.2.1示す。

表 3.2.1 流動計算条件

| 項 目 | | 内 容 |
|------------|-------|--|
| 計算範囲 | | 第三期計画と同様 |
| 対象期間 | | 平成13年度～平成15年度 |
| 境 界 条 件 | 潮 位 | 美保関の1時間毎の実測潮位（時間変動を除く） |
| | 水温、塩分 | 美保湾公共水域測定結果 |
| 淡水流入量 | | 斐伊川：大津実測流量を使用 飯梨川：ダム放流量等から作成 その他：斐伊川の新伊萱の比流量 |
| 気 象 条 件 | 風 | 気象庁データ（境、米子、松江）を空間補間 |
| | 気温 | 気象庁データ（松江） |
| | 全天日射量 | 気象庁データ（米子） |
| | 雲量 | 気象庁データ（松江） |
| | 相対湿度 | 気象庁データ（松江） |
| | 降雨量 | 気象庁データ（松江） |

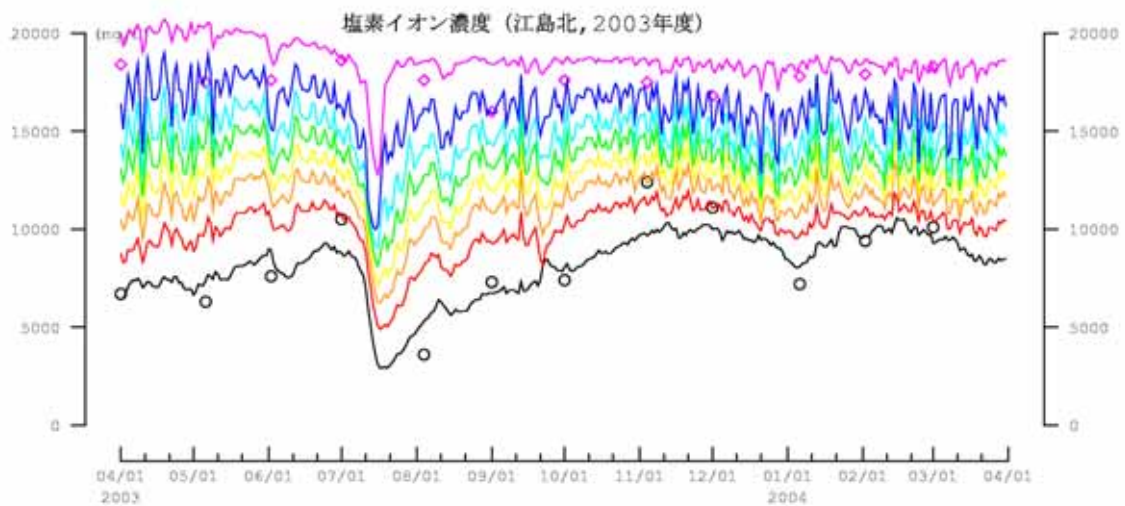
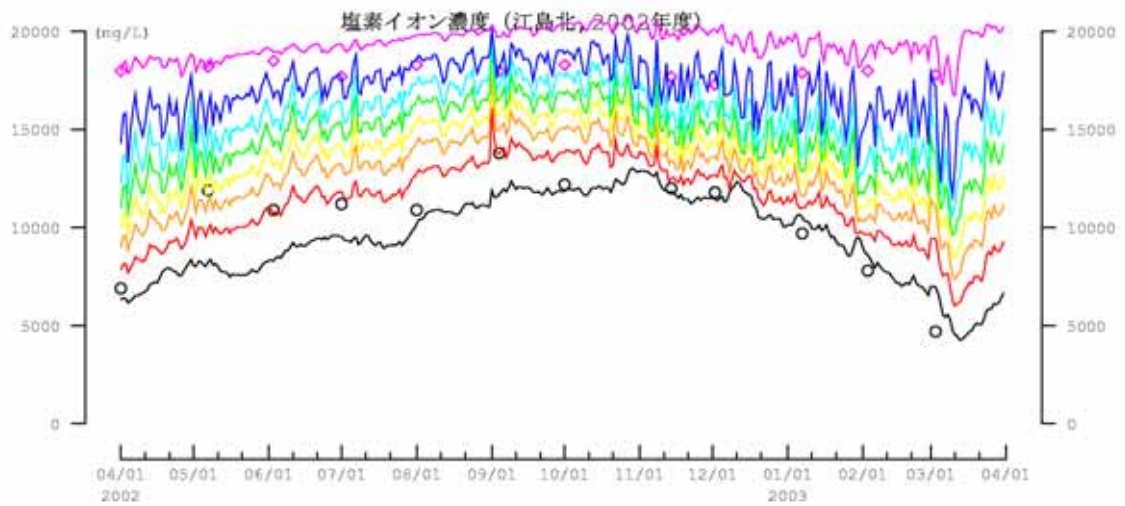
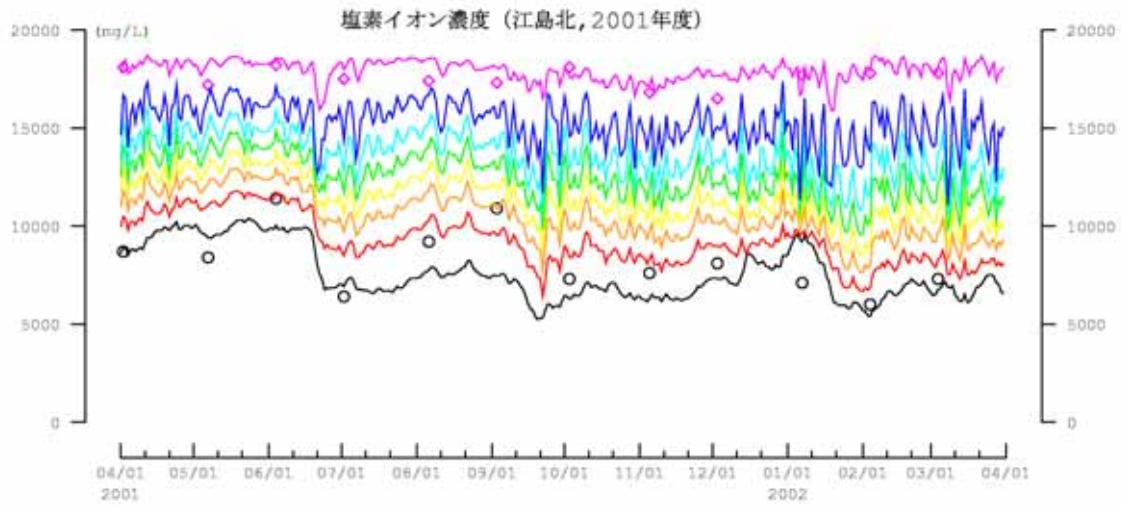
3.3 計算結果

(1) 水温、塩素イオン濃度計算結果

中浦水門の北側の江島北、中海湖心、米子湾、宍道湖湖心の塩素イオン濃度、水温の経時変化を図3.3.1～図3.3.8に示す。また、観測値との相関を図3.3.9に示す。

(2) 潮位計算結果

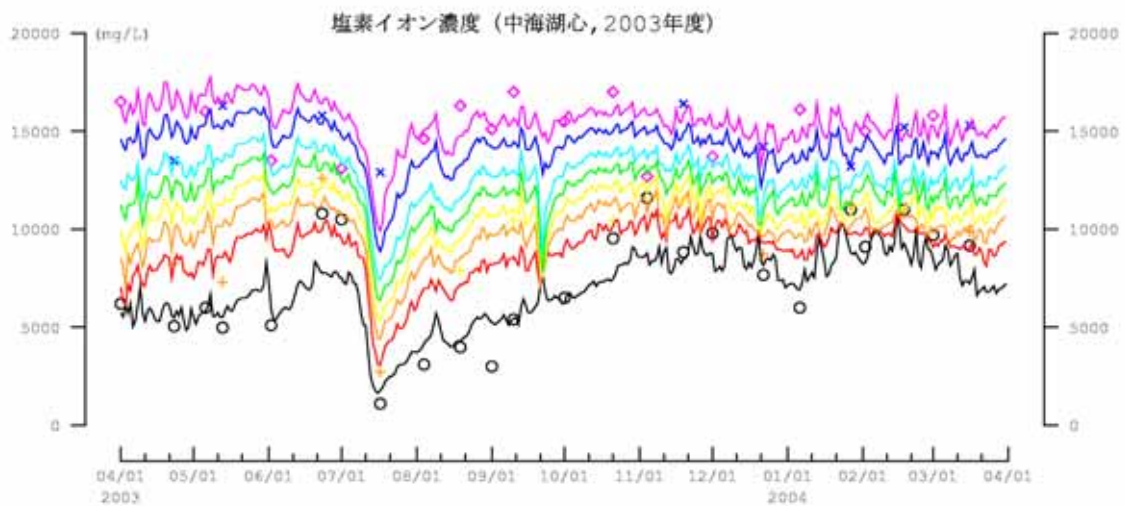
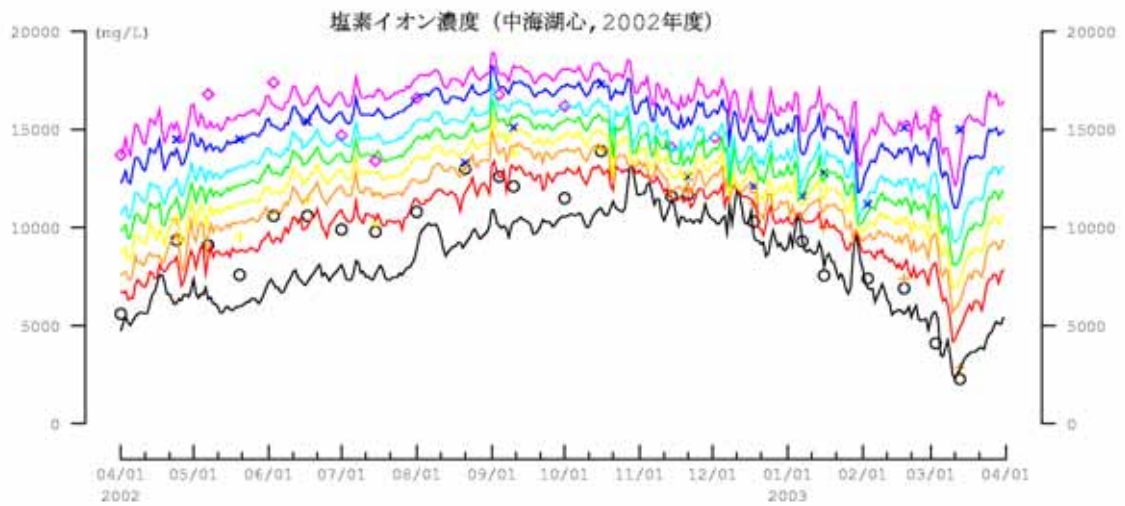
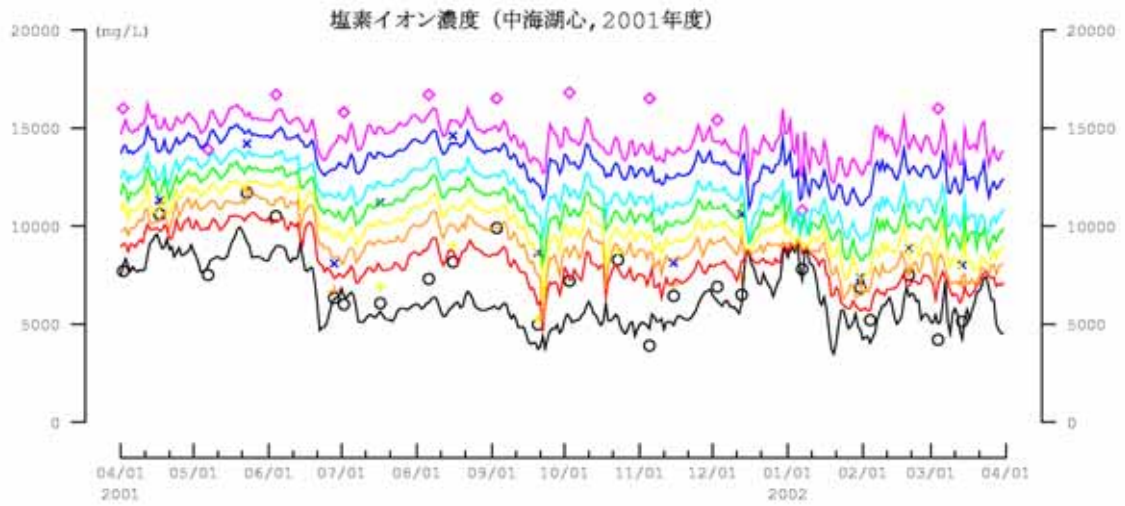
中海湖心、来待の潮位の経時変化を図3.3.10～図3.3.11に示す。また、観測値との相関を図3.3.12に示す。



観測値凡例

○ : 第1層 △ : 第2層 + : 第3層 × : 第4層 × : 第5層 × : 第6層 × : 第7層 ◇ : 第8層

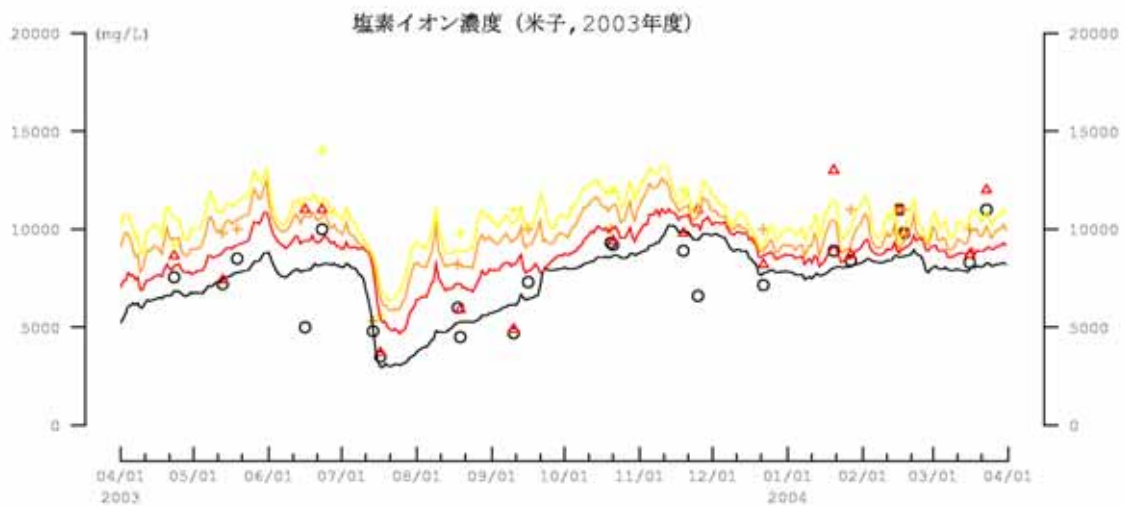
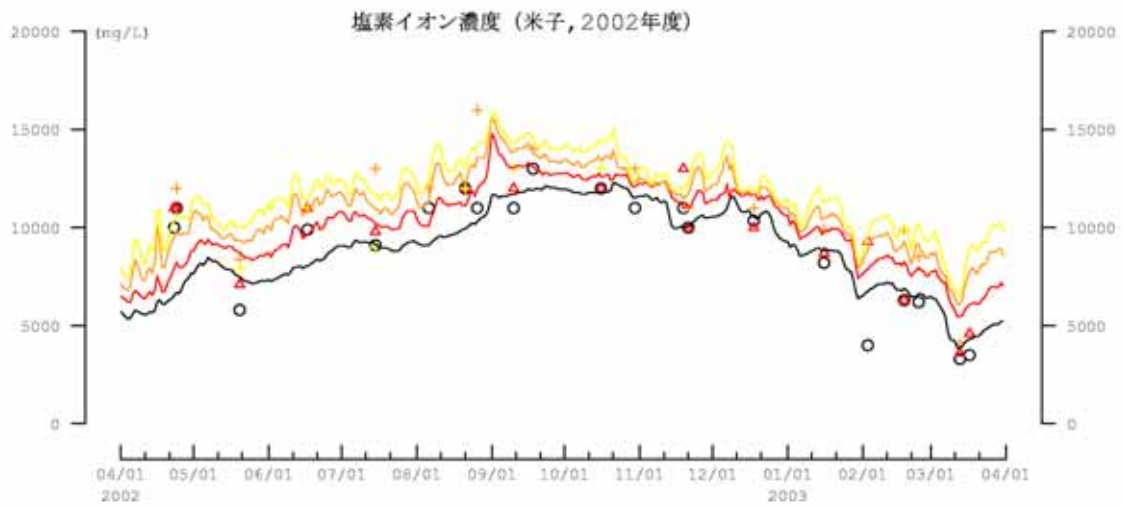
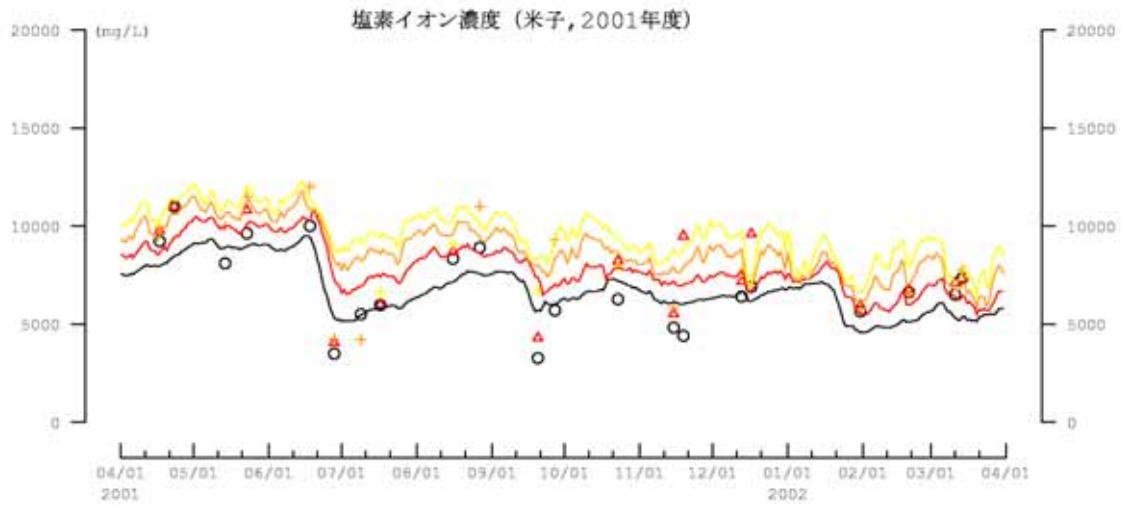
図 3.3.1 計算値と観測値の塩素イオン濃度比較 (江島北)



観測値凡例

○ : 第1層 △ : 第2層 + : 第3層 × : 第4層 × : 第5層 × : 第6層 × : 第7層 ○ : 第8層

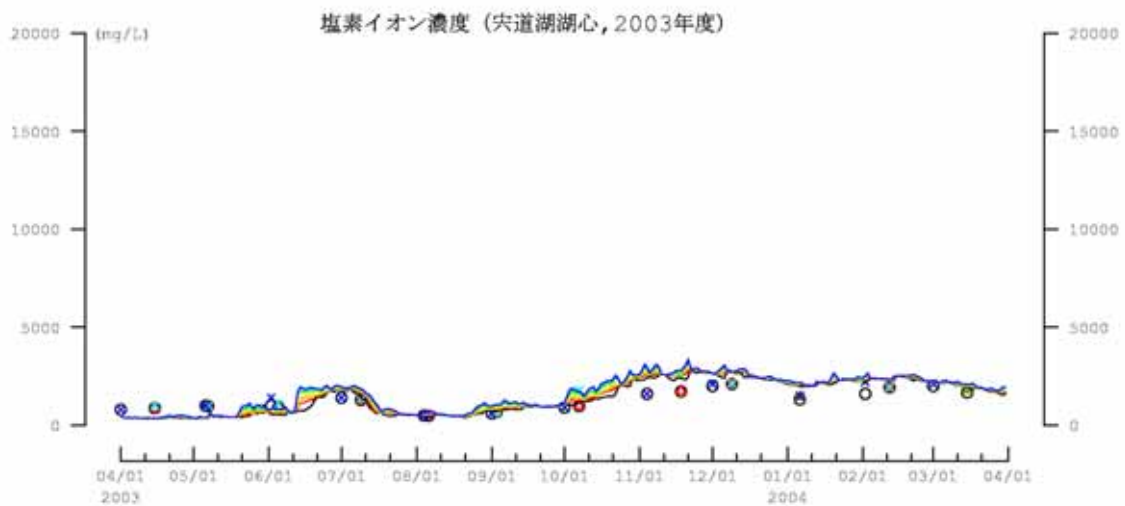
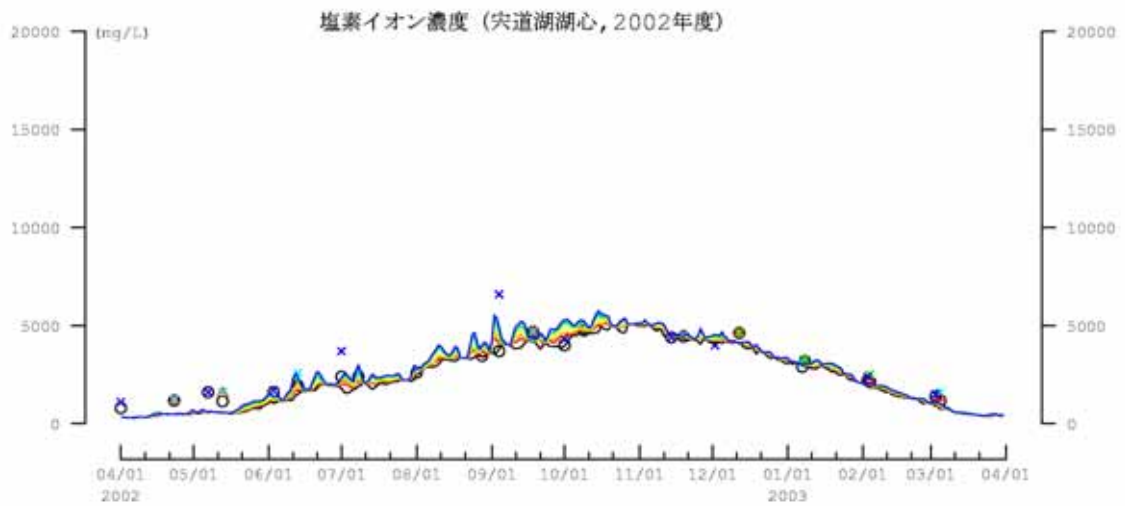
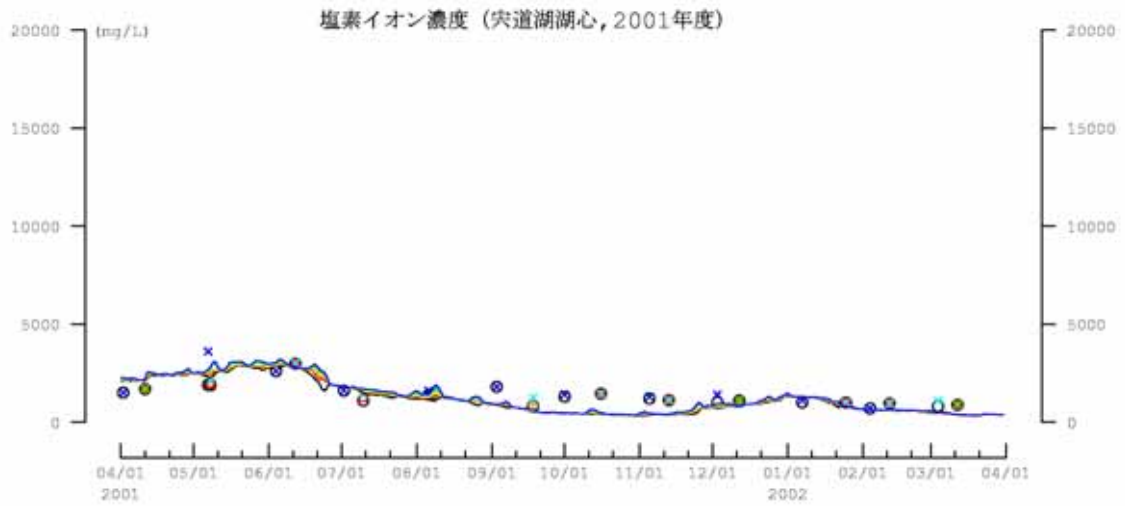
図 3.3.2 計算値と観測値の塩素イオン濃度比較 (中海湖心)



観測値凡例

○ : 第1層 ● : 第2層 + : 第3層 × : 第4層 × : 第5層 × : 第6層 × : 第7層 × : 第8層

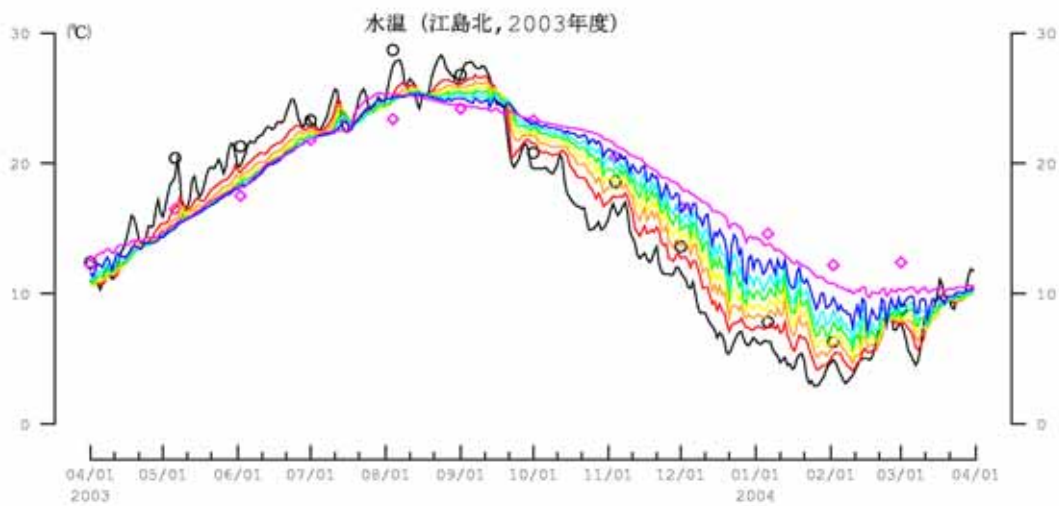
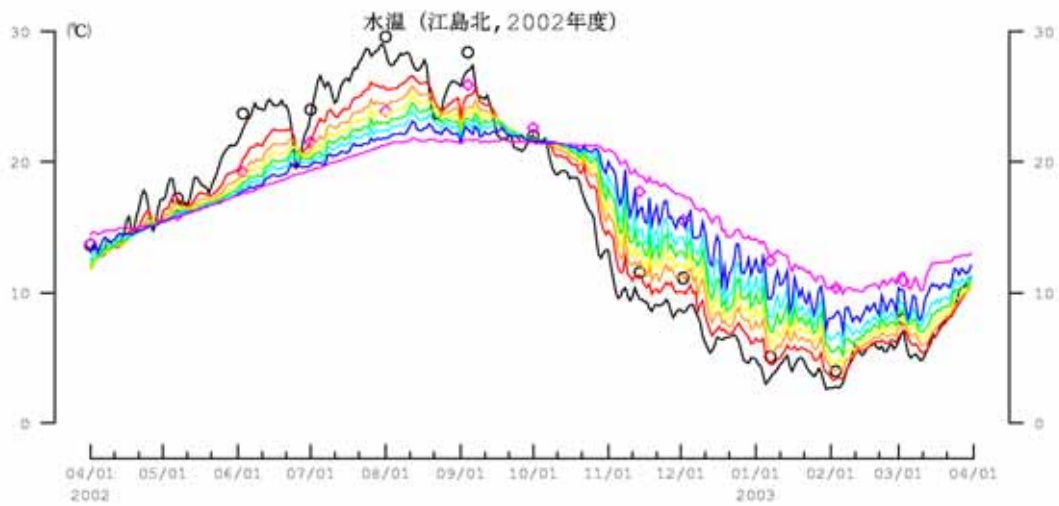
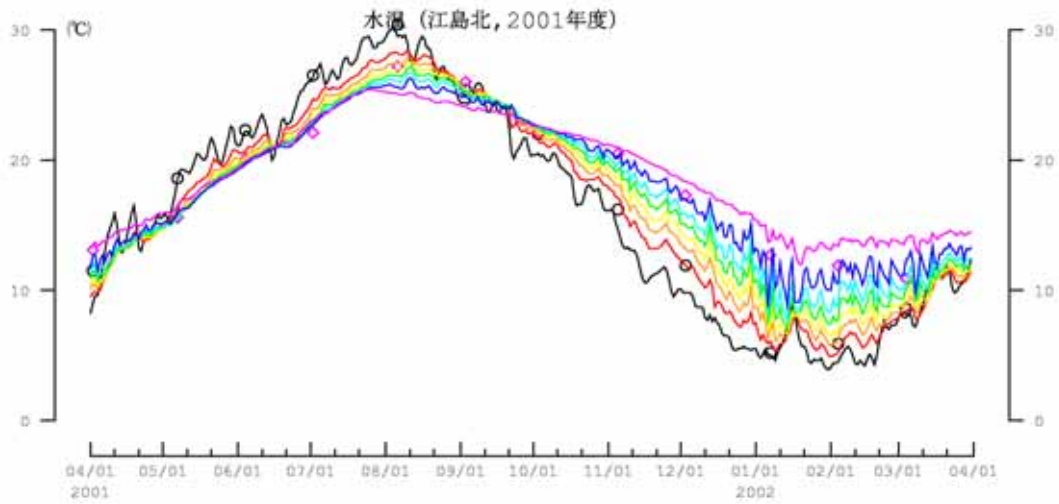
図 3.3.3 計算結果と観測値の塩素イオン濃度比較 (米子湾)



観測値凡例

○ : 第1層 △ : 第2層 + : 第3層 × : 第4層 × : 第5層 × : 第6層 × : 第7層 △ : 第8層

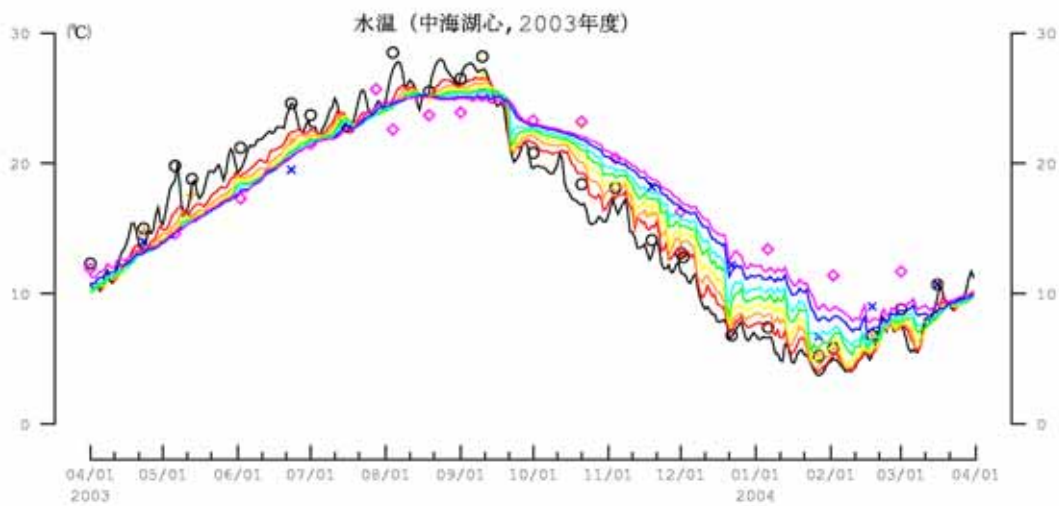
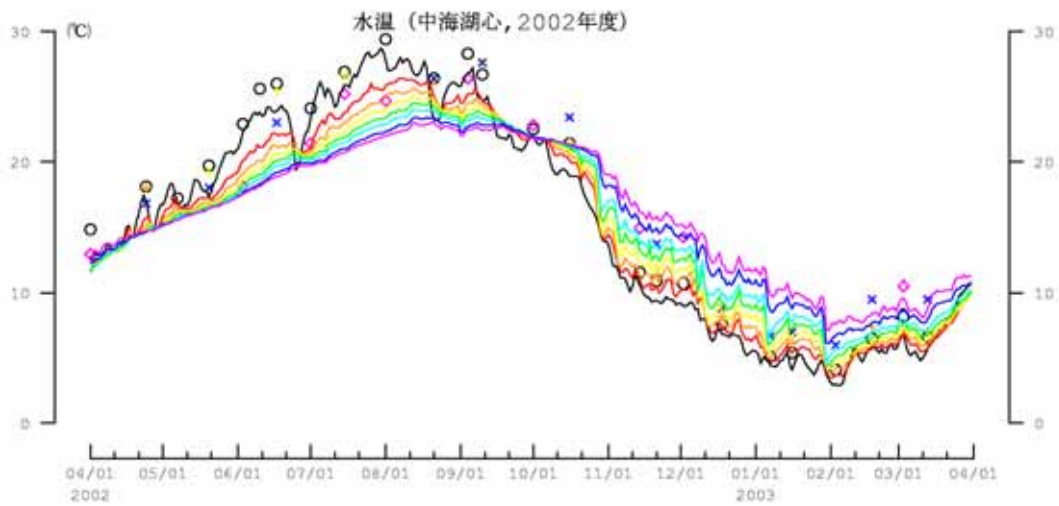
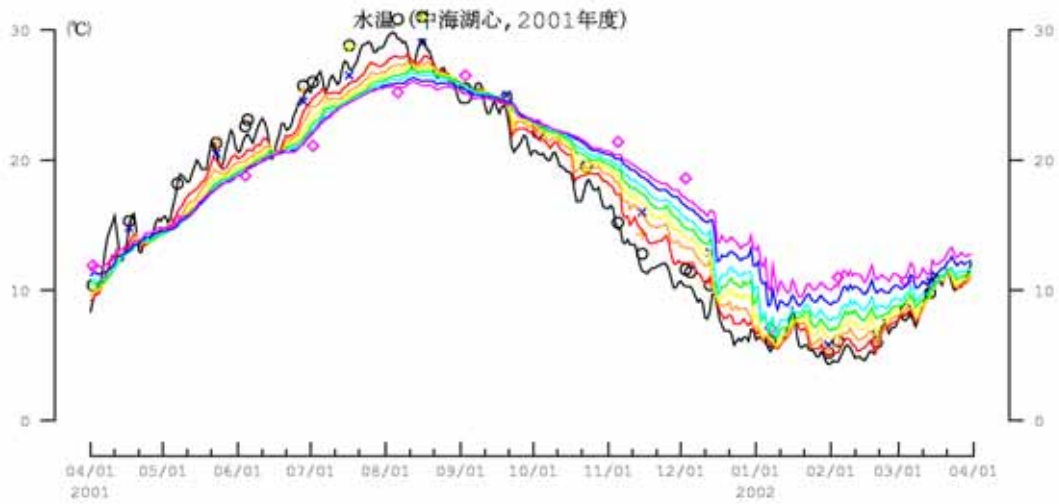
図 3.3.4 計算値と観測値の塩素イオン濃度比較 (穴道湖湖心)



観測値凡例

○ : 第1層 ● : 第2層 + : 第3層 × : 第4層 × : 第5層 × : 第6層 × : 第7層 ○ : 第8層

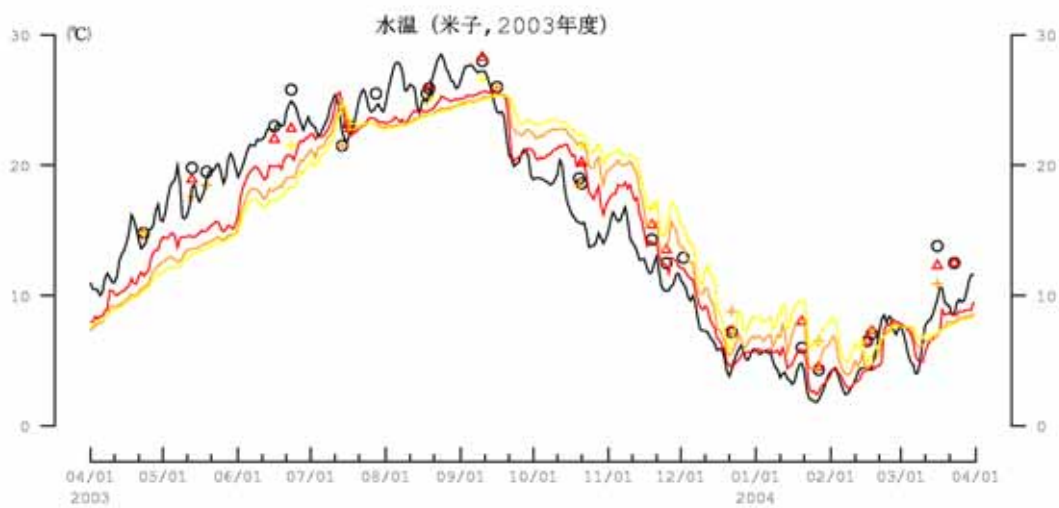
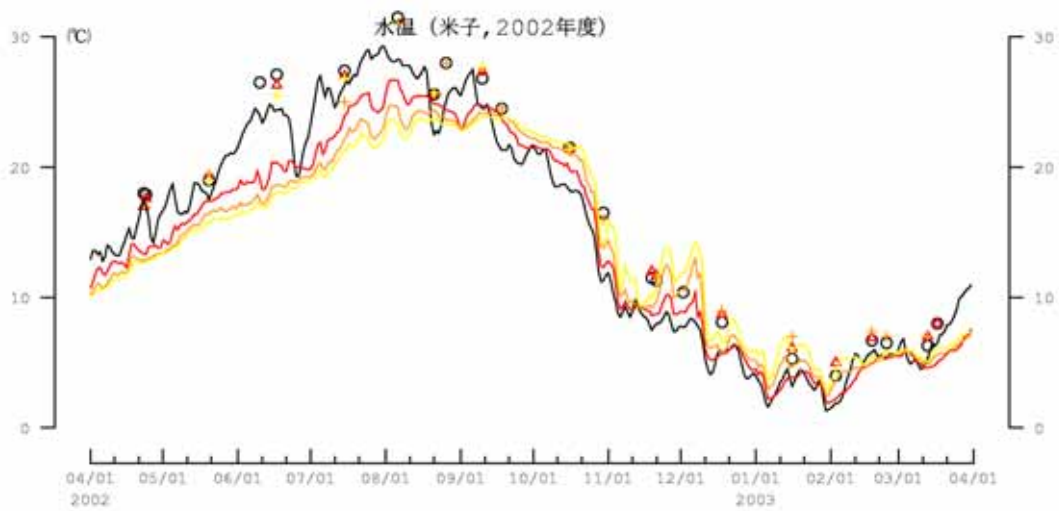
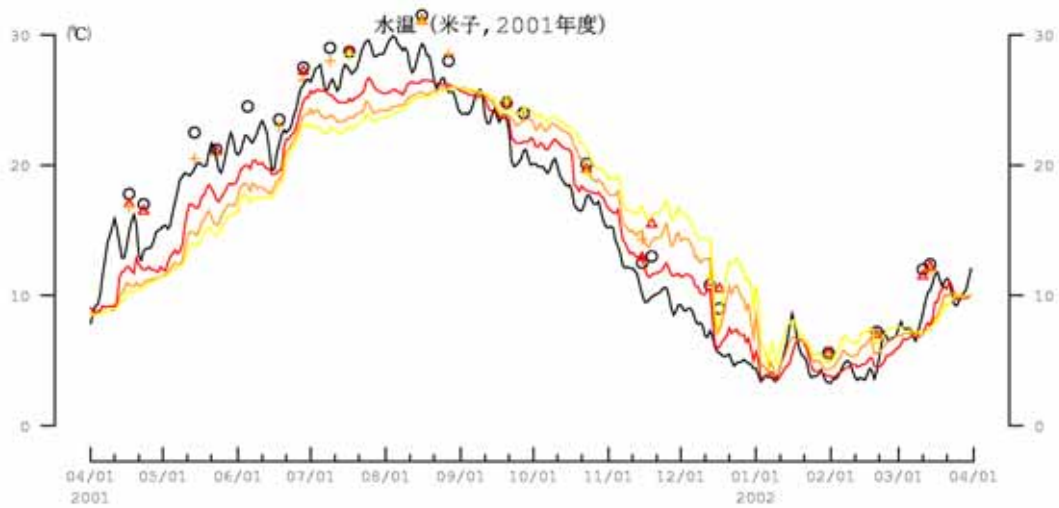
図 3.3.5 計算値と観測値の水温比較 (江島北)



観測値凡例

○: 第1層 ●: 第2層 +: 第3層 ×: 第4層 ×: 第5層 ×: 第6層 ×: 第7層 ○: 第8層

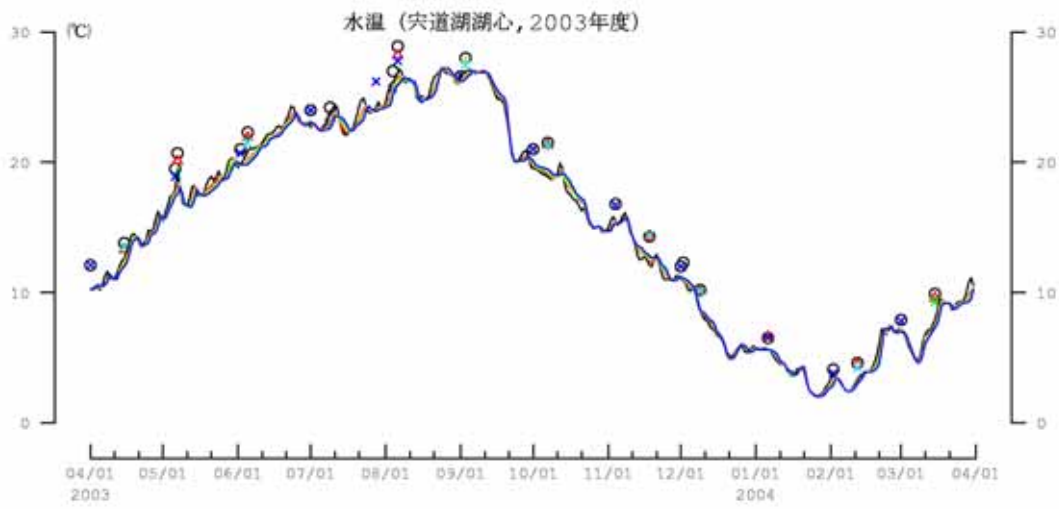
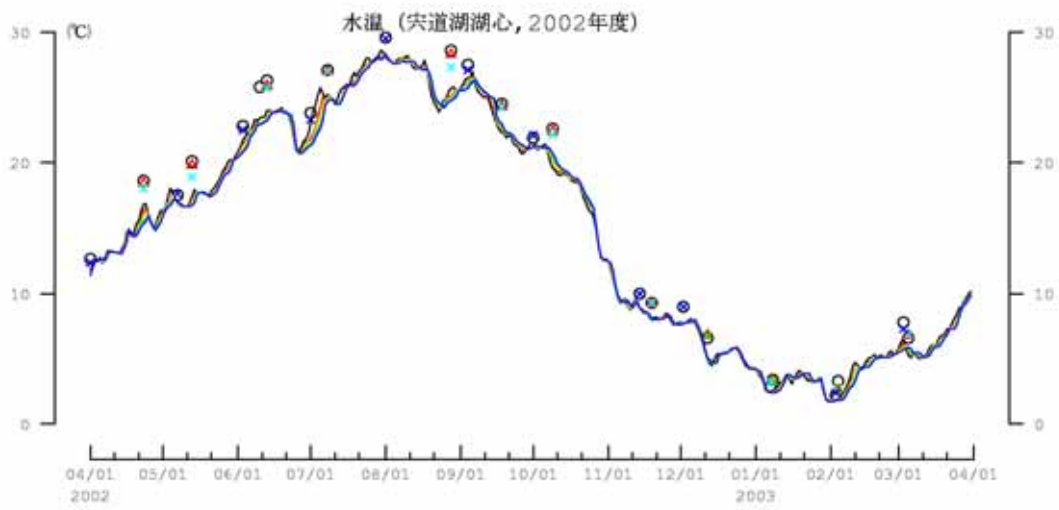
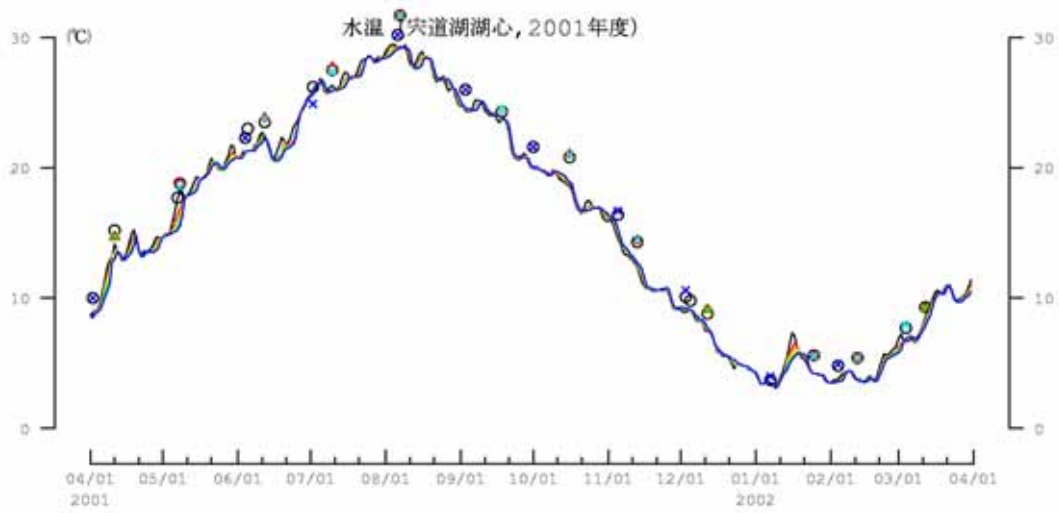
図 3.3.6 計算値と観測値の水温比較(中海湖心)



観測値凡例

○ : 第1層 △ : 第2層 + : 第3層 × : 第4層 × : 第5層 × : 第6層 × : 第7層 ○ : 第8層

図 3.3.7 計算値と観測値の水温比較 (米子湾)



観測値凡例

○ : 第1層 ● : 第2層 + : 第3層 × : 第4層 × : 第5層 × : 第6層 × : 第7層 ○ : 第8層

図 3.3.8 計算値と観測値の水温比較 (宍道湖湖心)

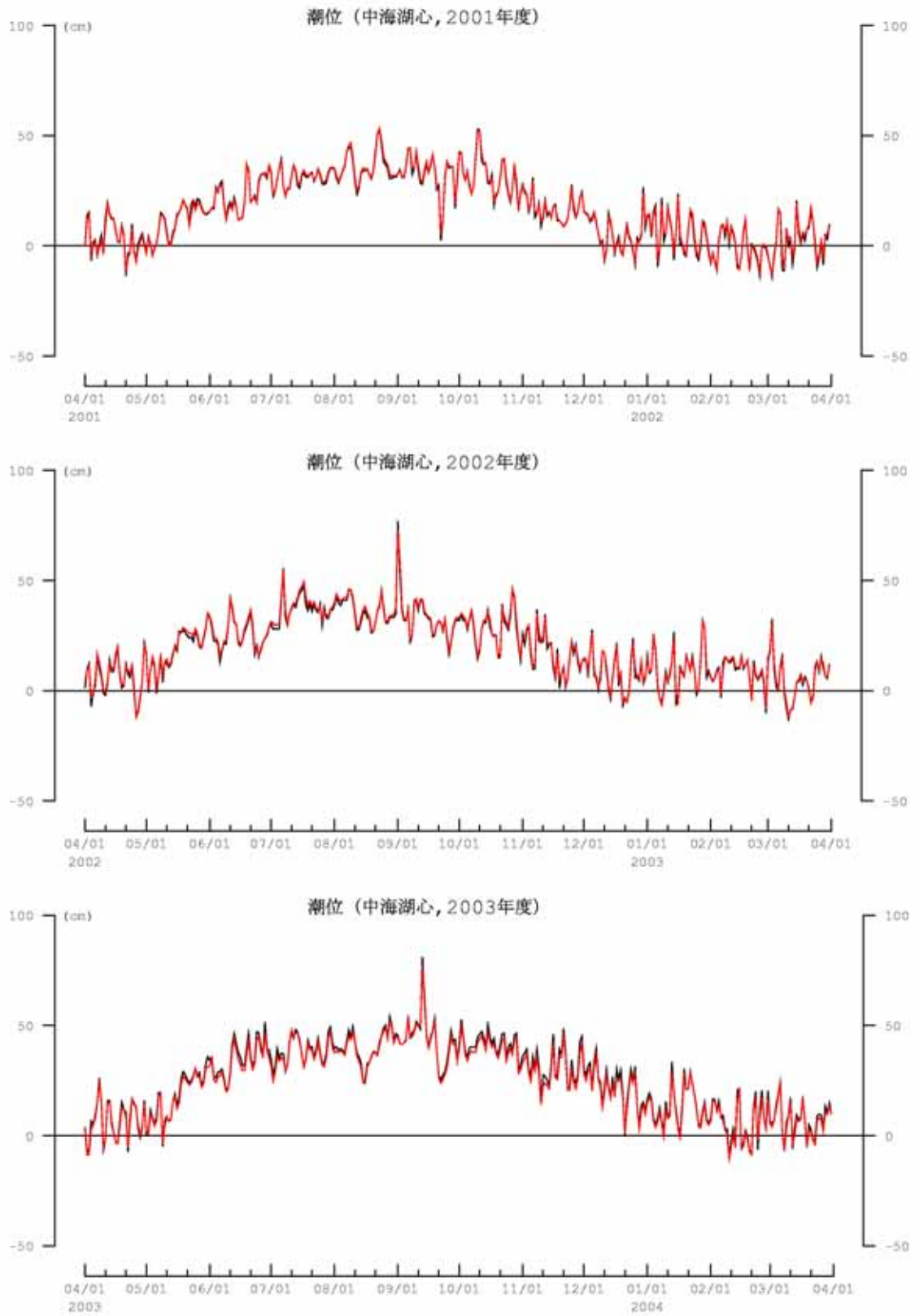


図 3.3.10 計算値と観測値の日平均潮位比較 (中海湖心、黒：観測値、赤：計算値)

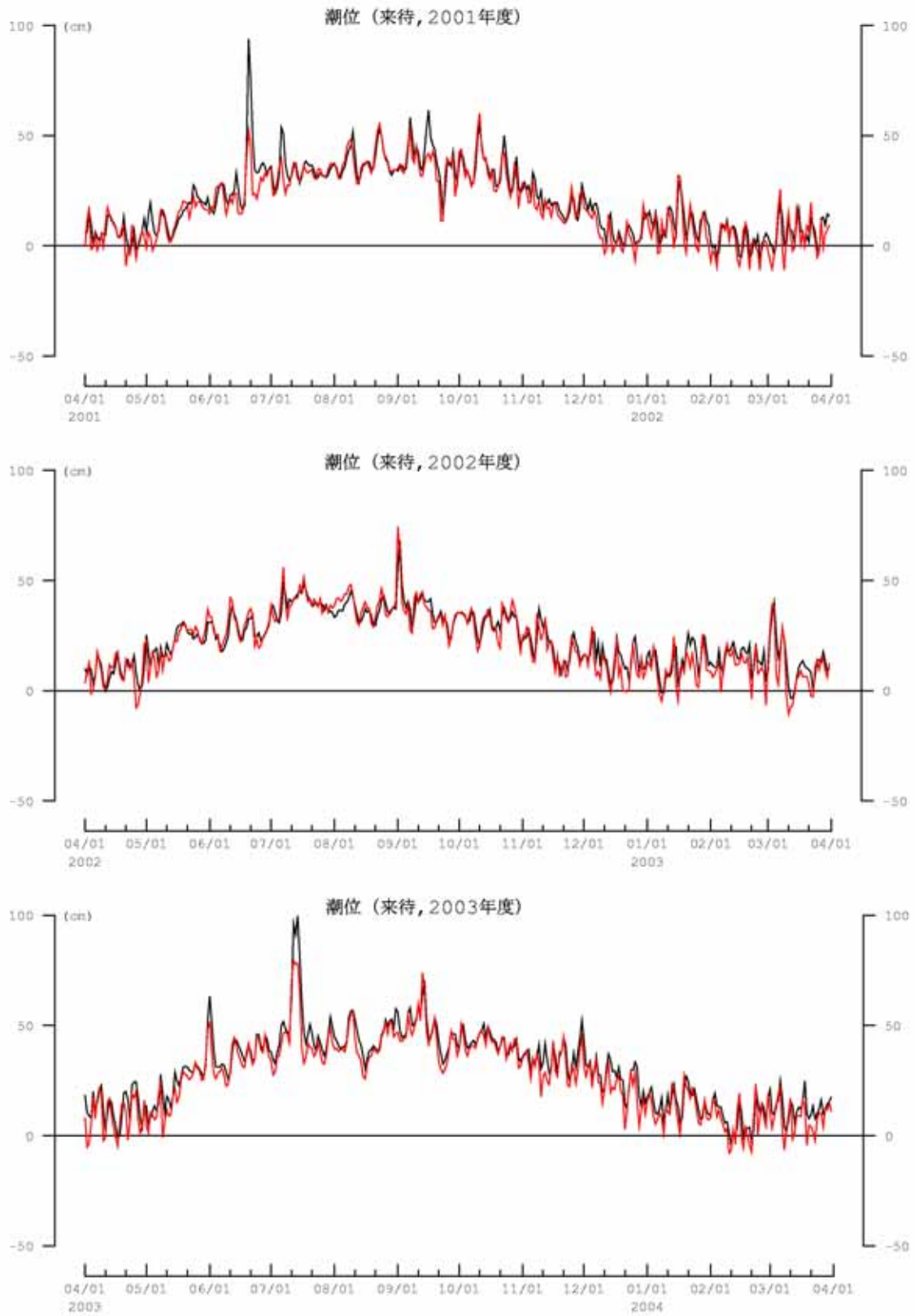


図 3.3.11 計算値と観測値の日平均潮位比較 (来待、黒：観測値、赤：計算値)

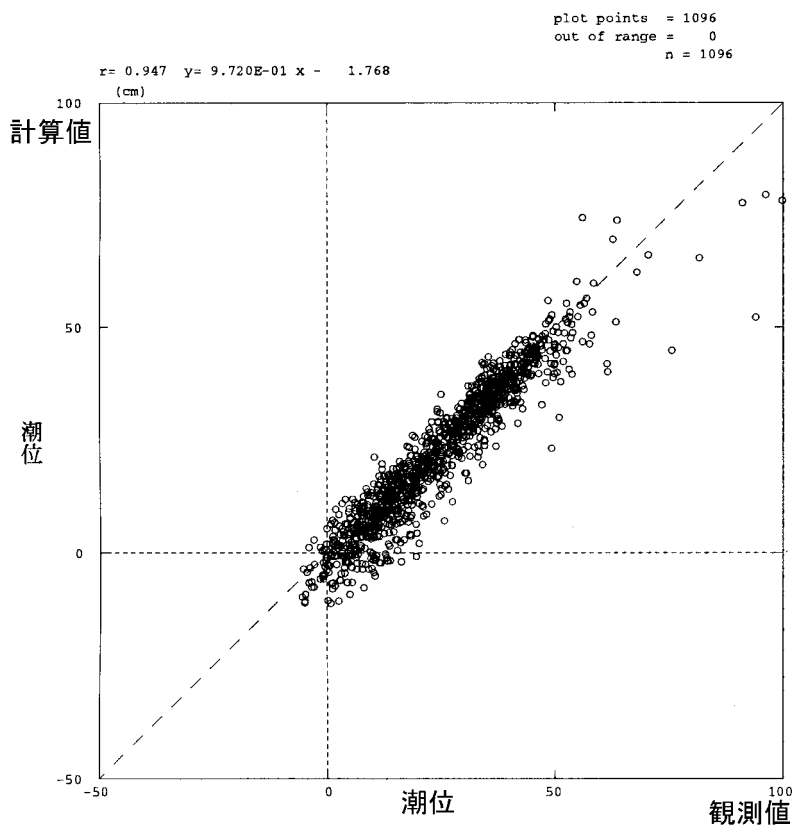
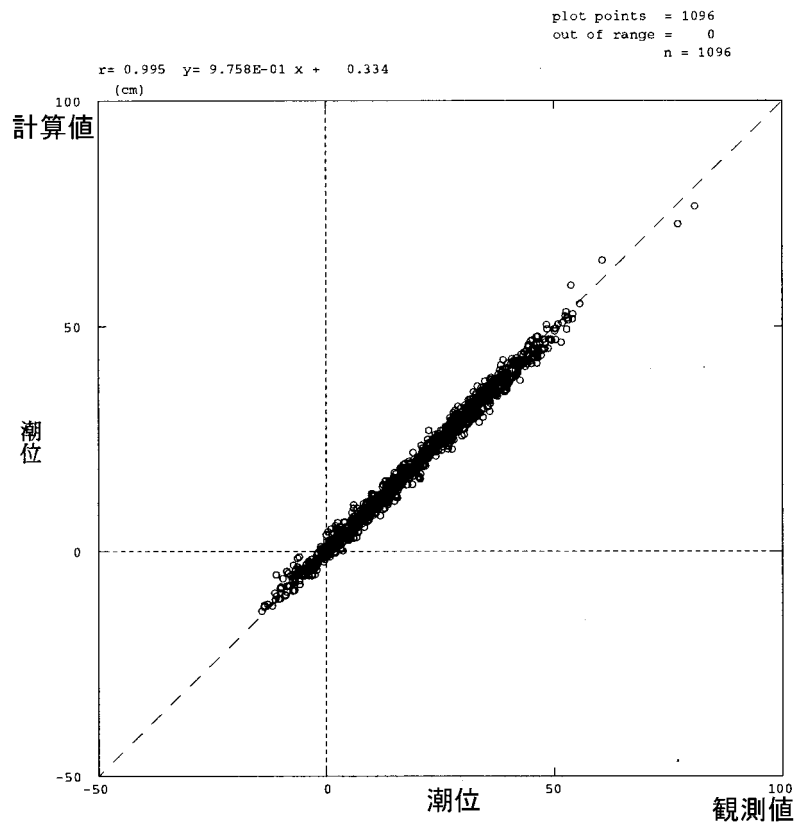


図 3.3.12 計算値と観測値の相関 (上段：中海湖心、下段：来待)