

水質予測モデル説明資料

平成18年12月20日

中国地方整備局
出雲河川事務所

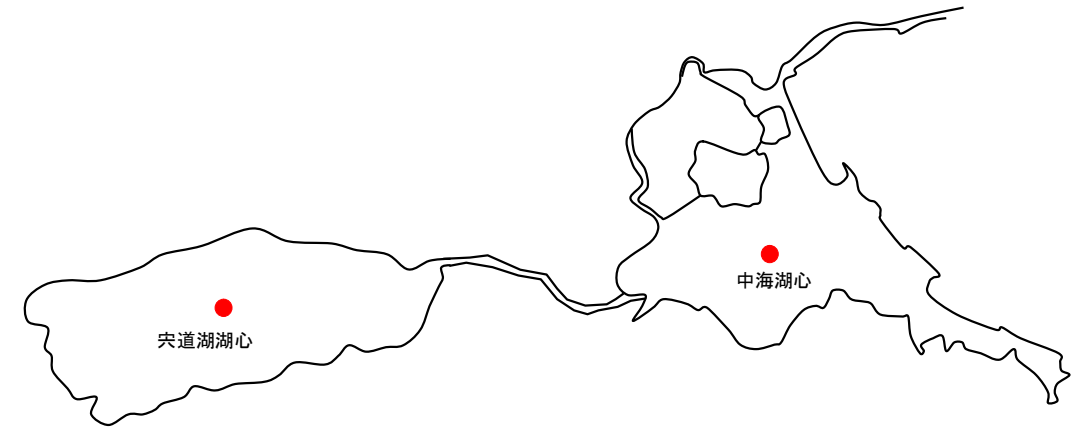
目 次

1. 中海・宍道湖の水質の特徴	1-1
1.1 中海・宍道湖の塩分成層の形成に伴う溶存酸素	1-1
1.2 中海・宍道湖の水質の経年変化	1-2
1.3 富栄養化現象の状況	1-2
1.4 水質(内部生産に係わる項目)の季節変化	1-3
1.5 各水質項目(COD、T-N、T-P、SS)の季節変化	1-4
2. 水質予測モデルの概要	2-1
2.1 モデルの基本構造	2-1
2.2 脱窒のモデル化	2-3
2.3 水域分割	2-4
2.4 境界条件・気象条件	2-5
3. 検証計算	3-1
3.1 検証の着目点	3-1
3.2 計算条件	3-2
3.3 計算結果	3-4
4. バックグラウンド(他事業)の影響について	4-1
4.1 バックグラウンドとして考慮する事業	4-1
4.2 尾原ダム建設及び斐伊川放水路建設の組込み方法	4-2
4.3 佐陀川の改修の組込み方法	4-6
4.4 国営中海土地改良事業の変更の組込み方法	4-7

1. 中海・宍道湖の水質の特徴

1.1 中海・宍道湖の塩分成層の形成に伴う溶存酸素

- ・ 中海・宍道湖では、塩分成層の形成と溶存酸素の変化が密接にかかわっている。
- ・ 宍道湖では、塩分成層の形成と貧酸素水塊の形成が連動しており、塩分成層が形成されると底層の溶存酸素が低下し、塩分成層が解消すると溶存酸素も回復する。
- ・ 中海では、ほぼ一年を通じて水深 3~4m 付近に安定的な塩分成層が形成され、成層下部への酸素供給が抑制され、春から秋にかけて底層の溶存酸素が低下する。
- ・ 特に、水温が高い夏季に溶存酸素が低下する傾向がある。



【宍道湖湖心】

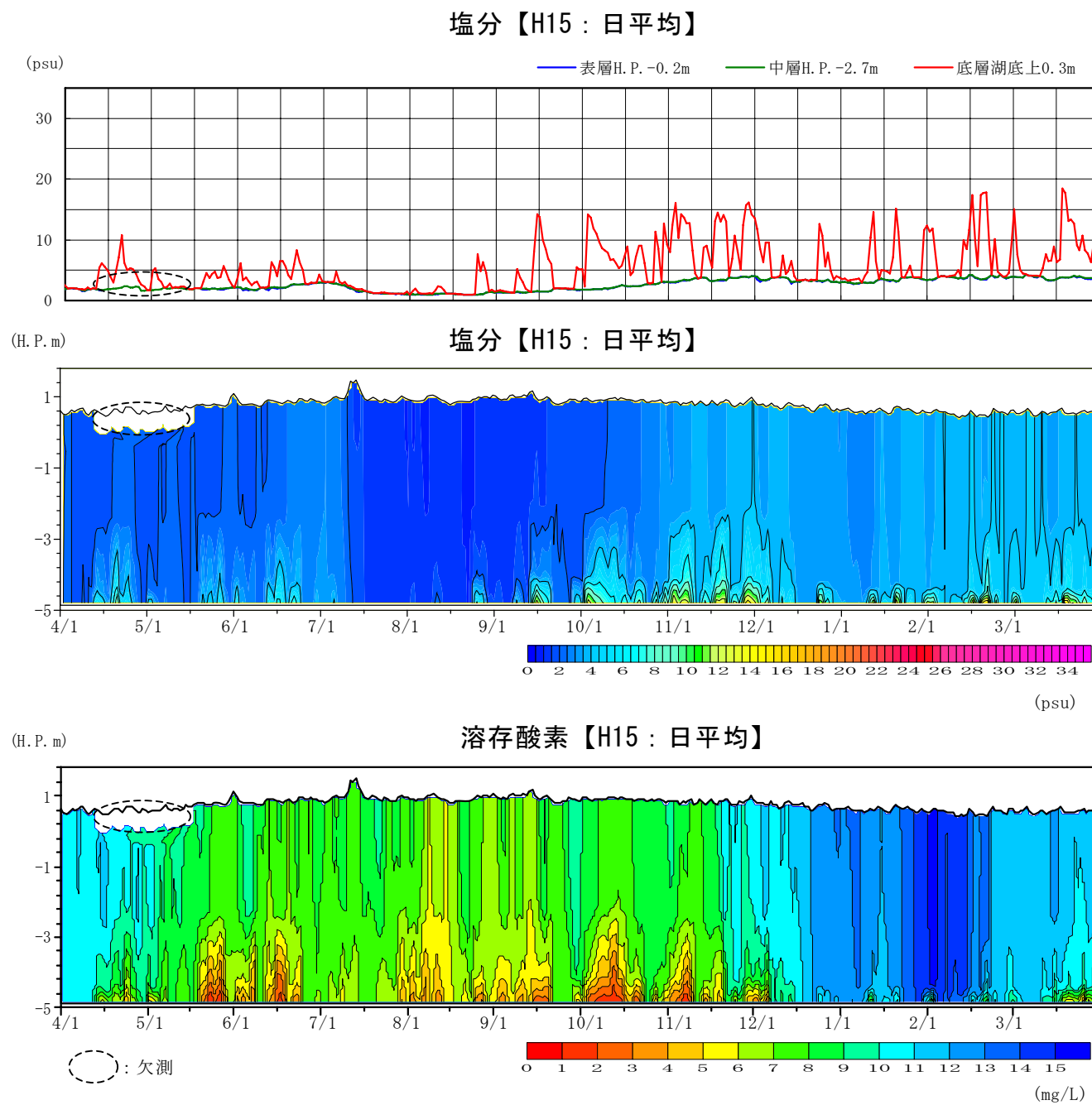


図 1.1.1 宍道湖湖心の塩分と溶存酸素の日変動 (H15. 4/1~H16. 3/31, 自動観測)

【中海湖心】

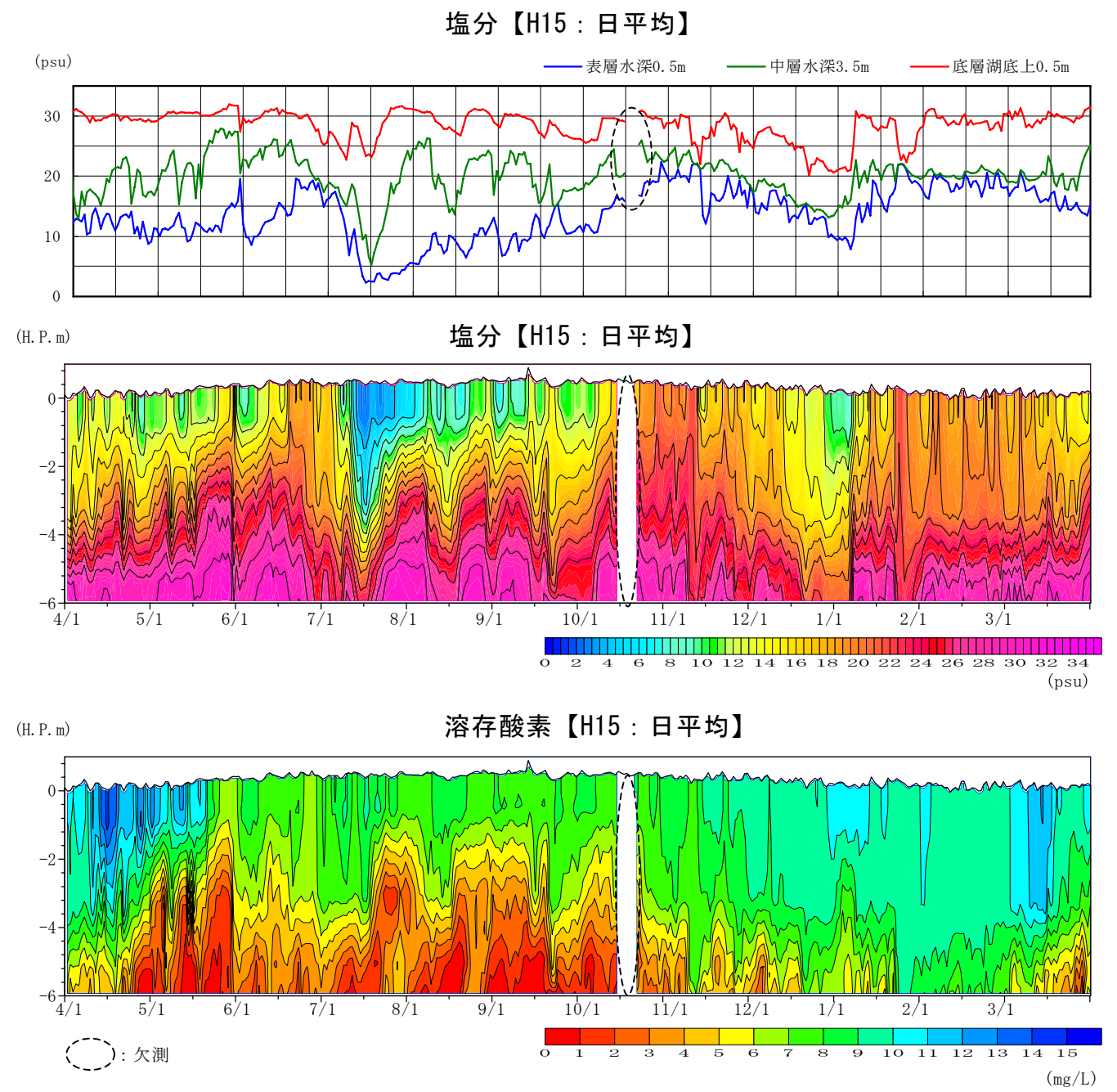


図 1.1.2 中海湖心の塩分と溶存酸素の日変動 (H15. 4/1~H16. 3/31, 自動観測)

1.2 中海・宍道湖の水質の経年変化

- ・ COD、T-N、T-P は各地点とも環境基準値 (COD: 3mg/L 以下、T-N: 0.4mg/L 以下、T-P: 0.03mg/L 以下) を超えている。
- ・ 各項目とも水質の経年的な変化特性は明瞭でない。
- ・ 地点別では各項目ともに米子湾が最も高くなっている。

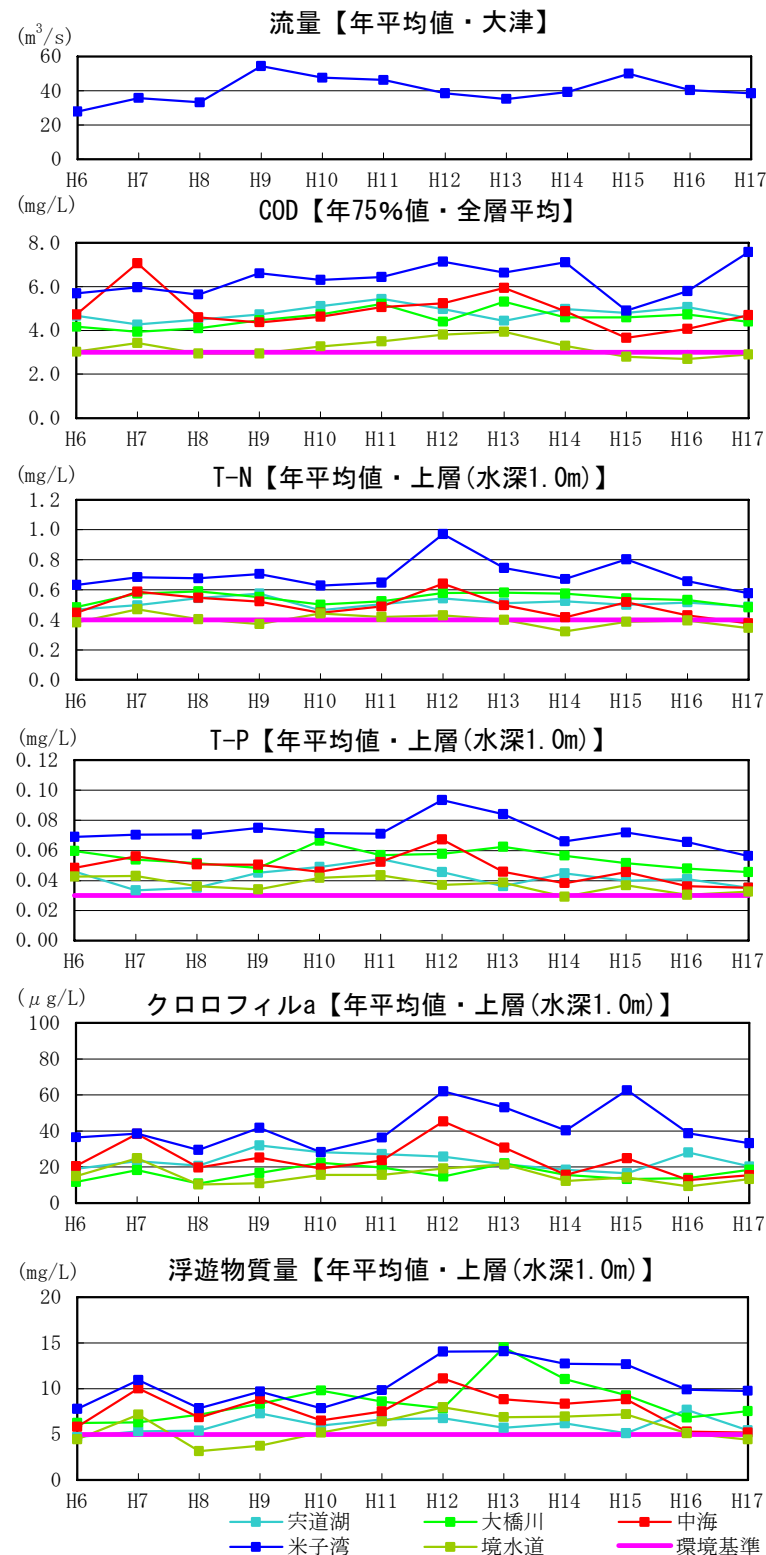


図 1.2.1 湖内水質の経年変化(H6~H17, 定期観測)

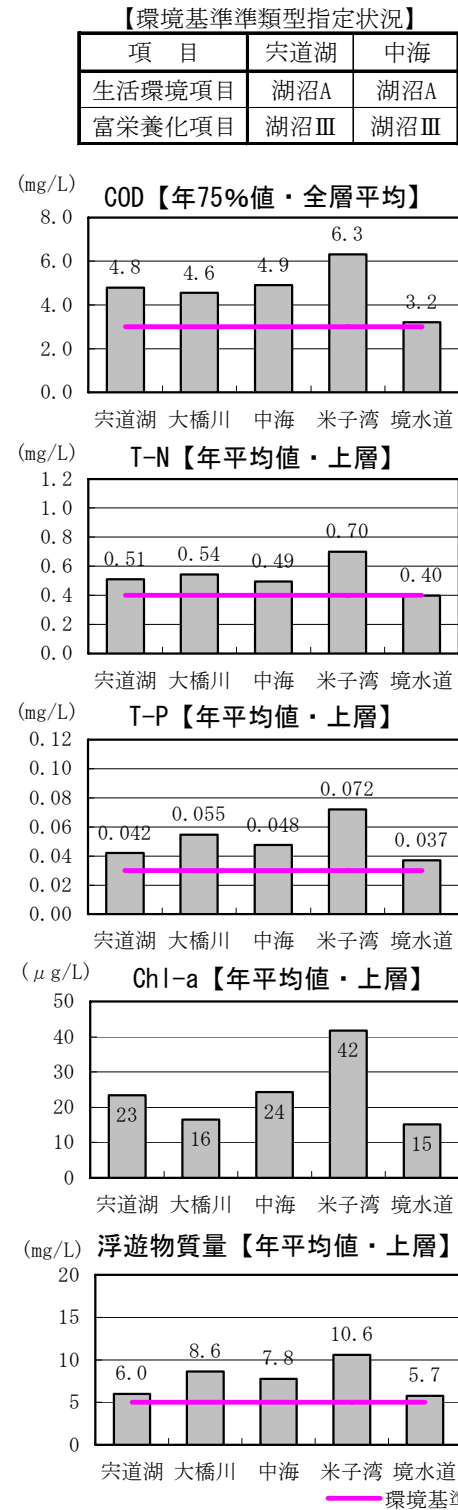


図 1.2.2 水域別水質(H6~H17 平均)

1.3 富栄養化現象の状況

- ・ 中海で赤潮、宍道湖でアオコの発生頻度が高い。
- ・ 宍道湖では、6月と9~11月でアオコ発生日数が大きくなる。
- ・ 中海では、12月~翌年5月にかけて赤潮発生日数が大きくなる。

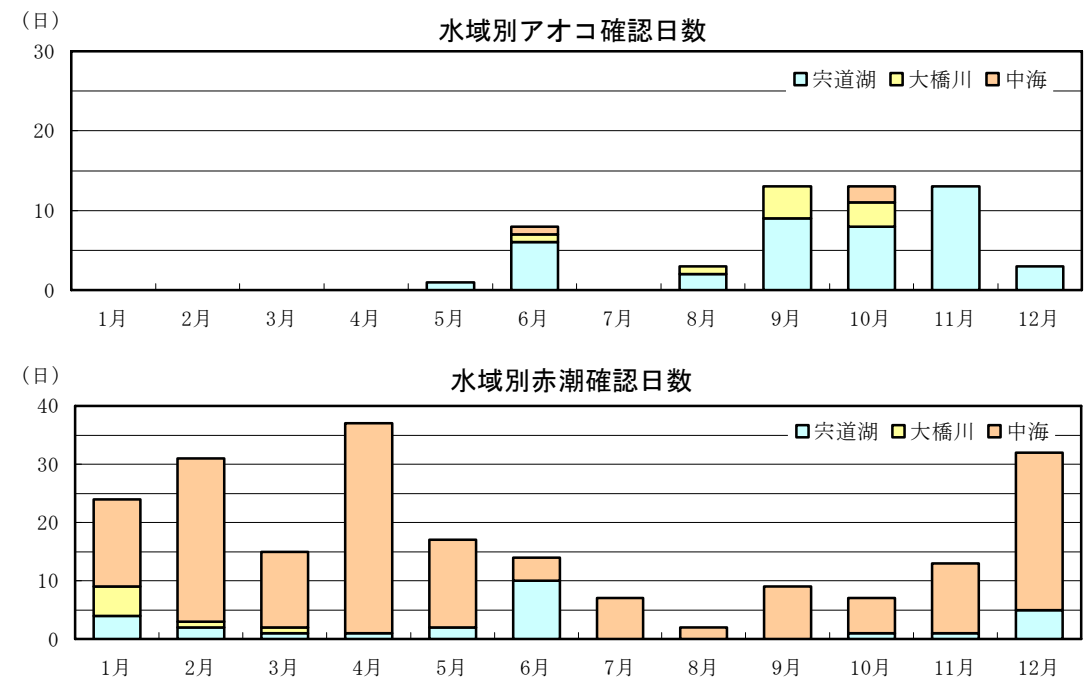
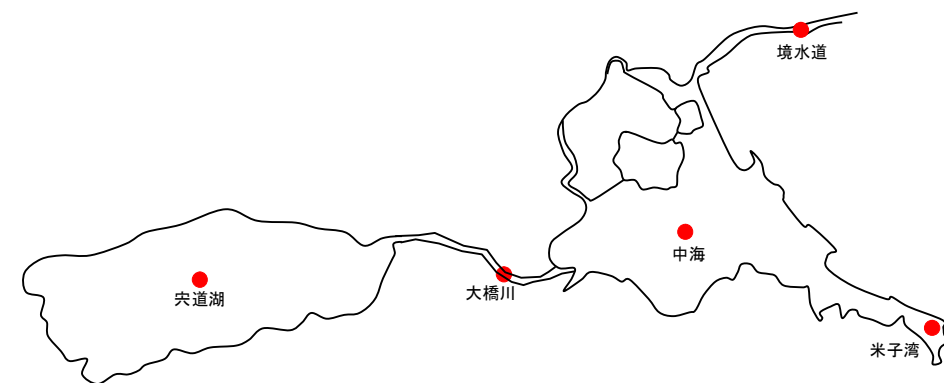
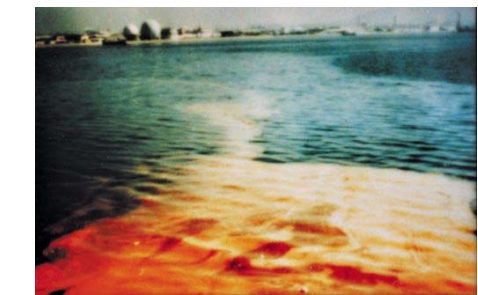


図 1.3.1 河川パトロールによるアオコ・赤潮発生確認日数 (H6~H15 の10年間の総計)

<宍道湖のアオコ>



<中海の赤潮>



1.4 水質(内部生産に係わる項目)の季節変化

- ・ 中海・宍道湖とも3~5月においてクロロフィルaが高くなる傾向を示す。
- ・ 中海では、11~2月のクロロフィルaが高く、宍道湖と比較して季節変化が大きい。
- ・ クロロフィルaの増加に利用される無機態リン(P₀₄-P)は、中海・宍道湖とも夏季に高くなる。
- ・ 無機態リン(P₀₄-P)が高くなる期間は、中海・宍道湖とも水温が高く、溶存酸素が低くなる。
- ・ 硝酸態窒素(NO_x-N)は、宍道湖および米子湾において1~3月で高くなる。

【宍道湖湖心】

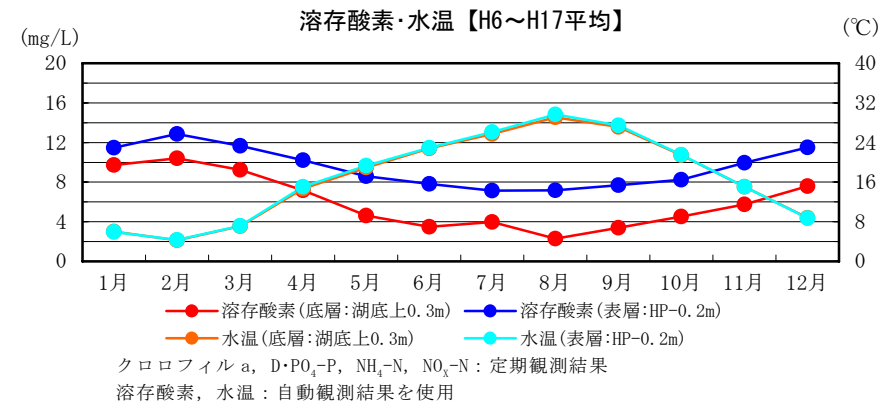
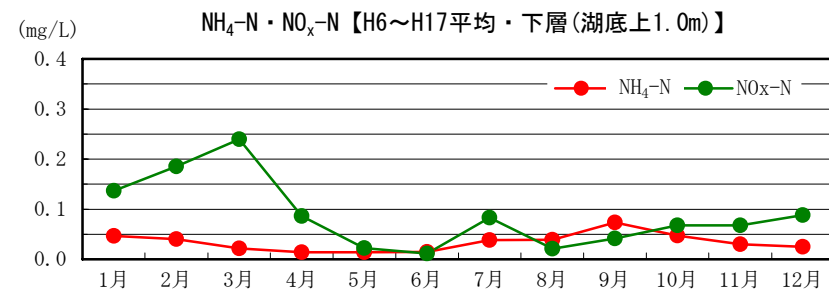
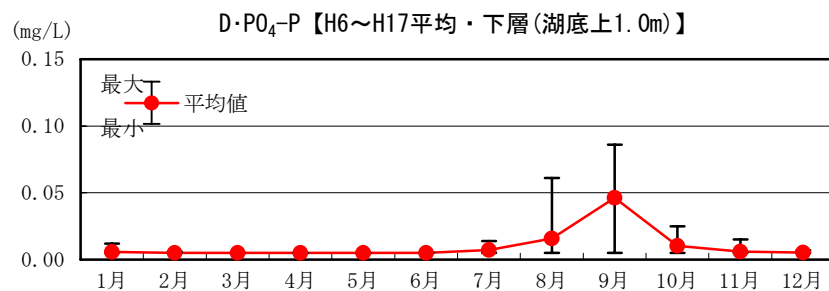
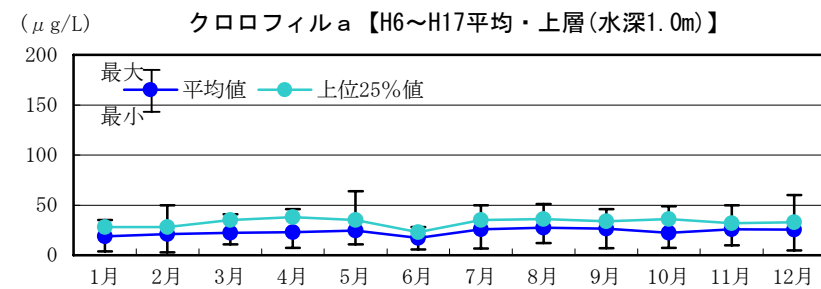
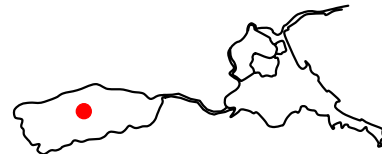


図 1.4.1 宍道湖湖心水質月別平均値(H6~H17平均)

【中海湖心】

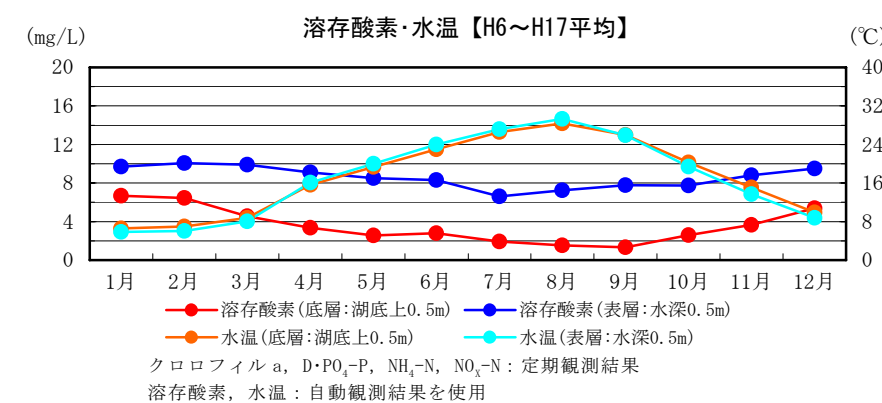
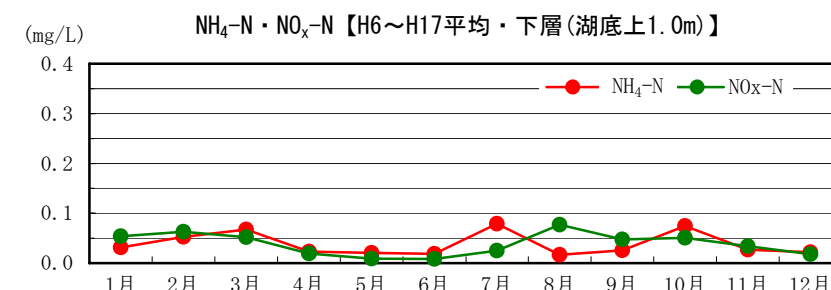
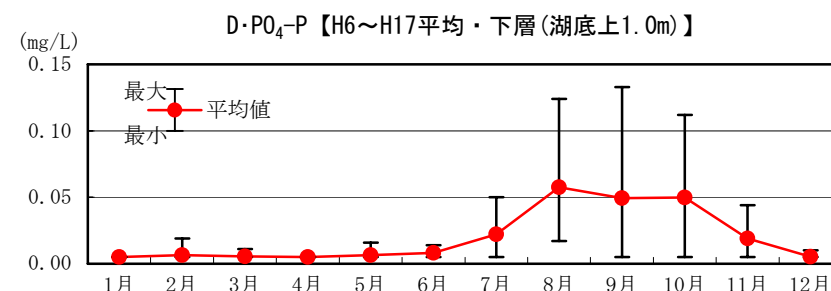
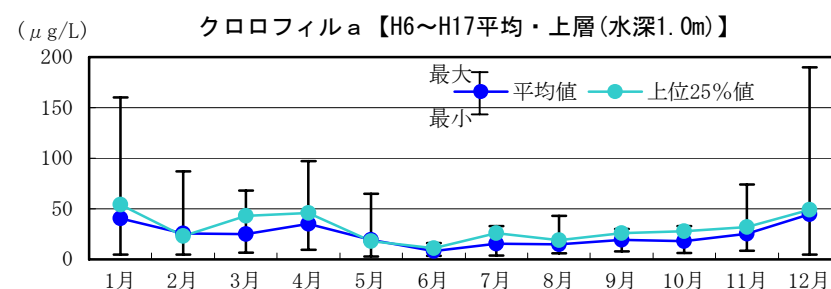
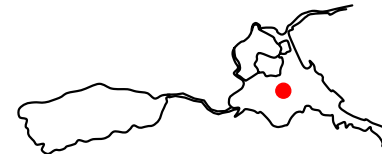


図 1.4.2 中海湖心水質の月別平均値(H6~H17平均)

【米子湾】

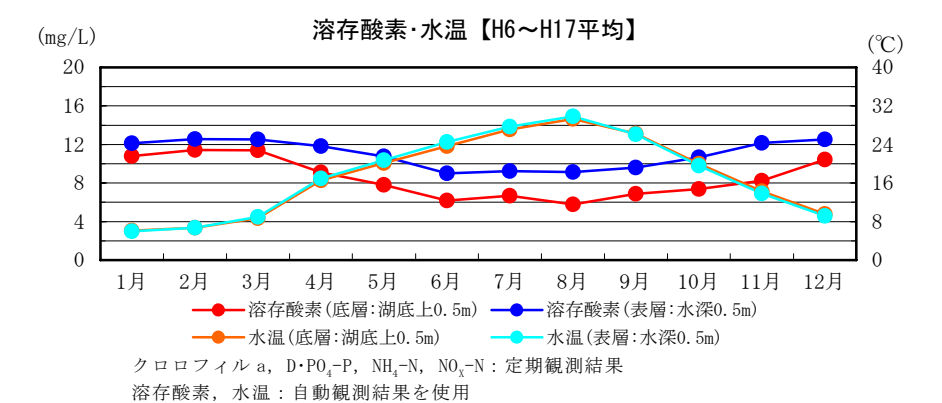
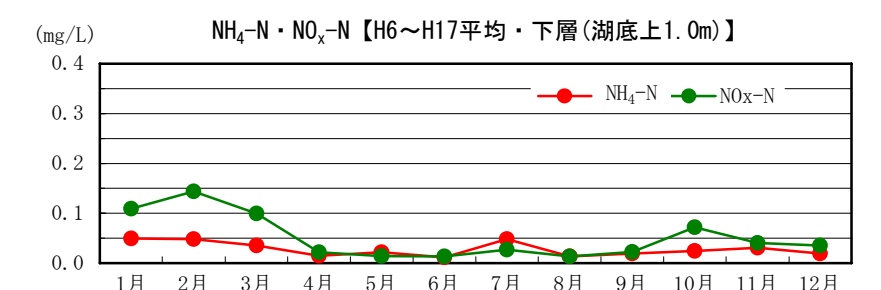
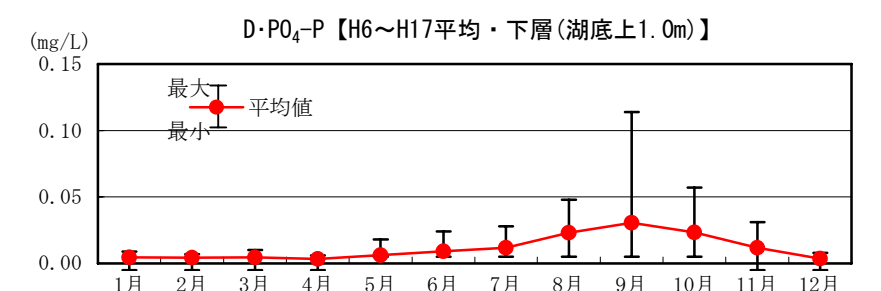
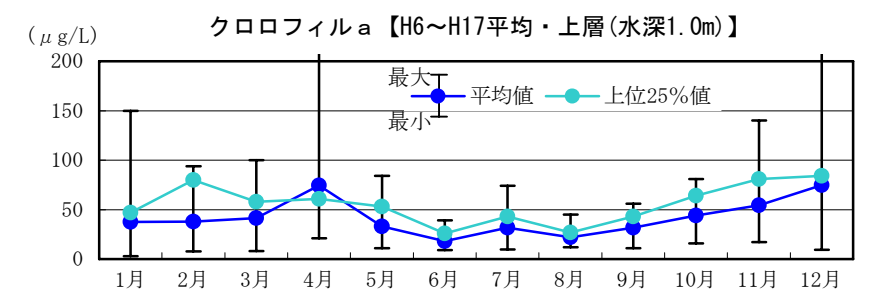
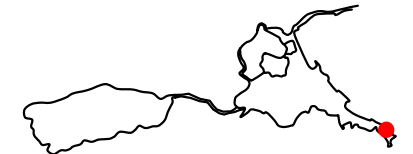
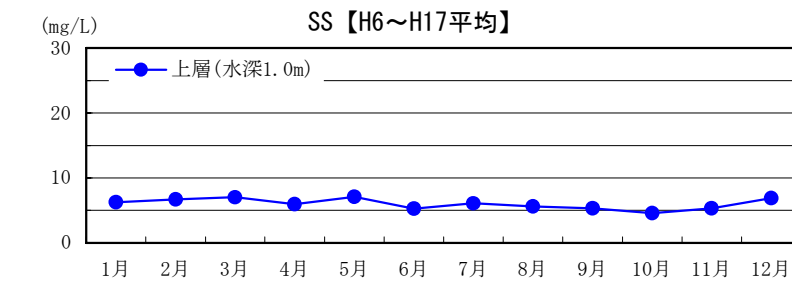
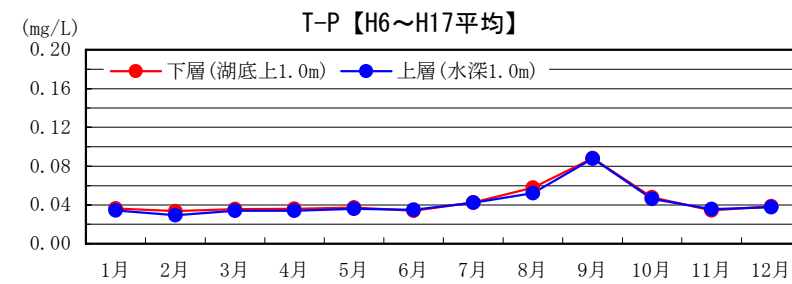
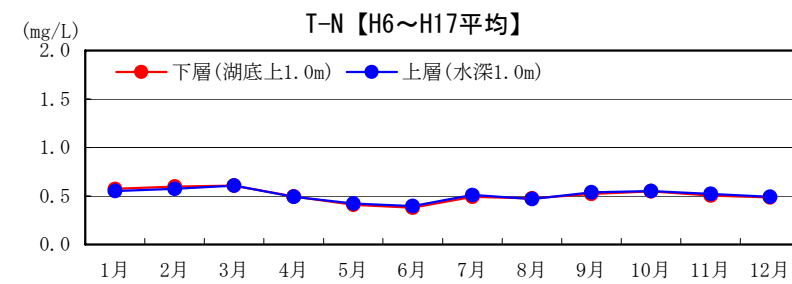
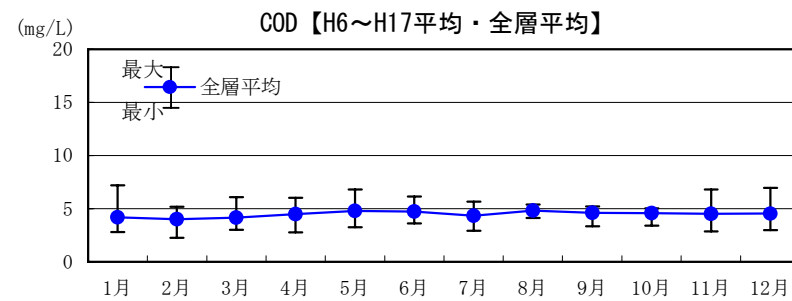
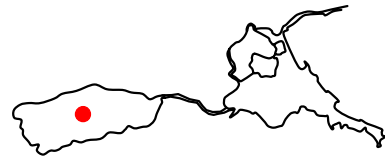


図 1.4.3 米子湾水質の月別平均値(H6~H17平均)

1.5 各水質項目 (COD、T-N、T-P、SS) の季節変化

- ・ 中海の COD は春先に高くなる傾向を示す。これはクロロフィル a 上昇の影響と考えられる。
- ・ 宍道湖の COD は、季節変動が小さい。
- ・ T-N は中海・宍道湖とも季節変動が小さい。
- ・ T-P は中海・宍道湖とも夏季に高くなる傾向を示す。無機態リン (PO₄-P) が増加する影響と考えられる。
- ・ 中海の SS は春先に高くなる傾向を示す。これはクロロフィル a 上昇の影響と考えられる。
- ・ 宍道湖の SS は季節変動が小さい。

【宍道湖湖心】



※観測値は定期観測結果を使用

図 1.5.1 宍道湖湖心水質の月別平均値 (H6~H17 平均)

【中海湖心】

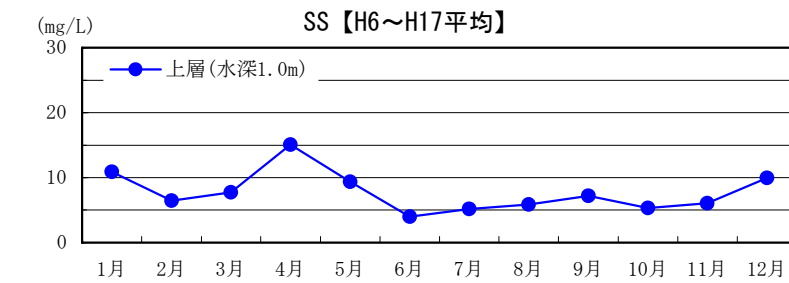
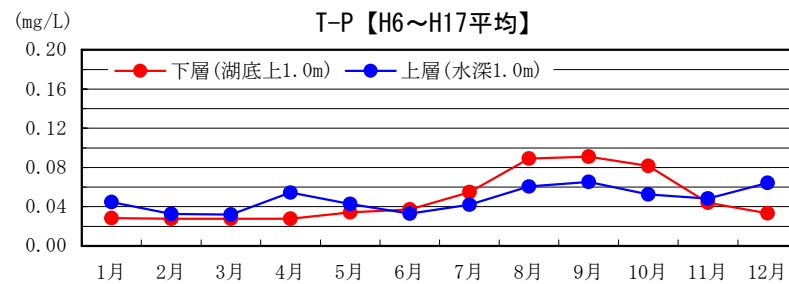
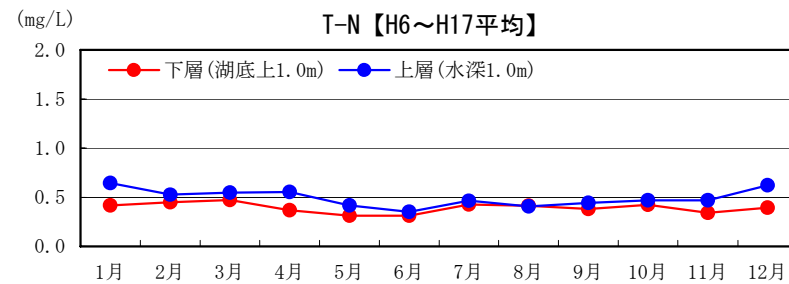
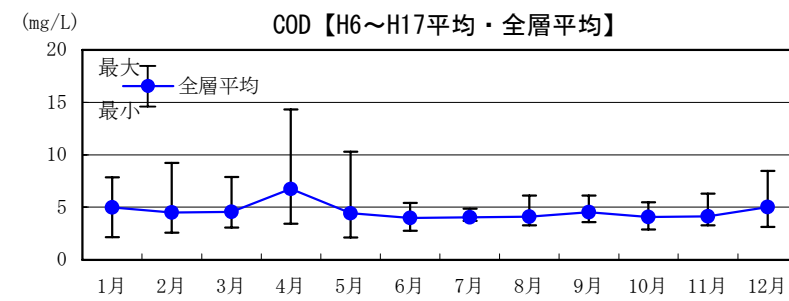
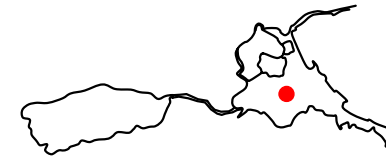


図 1.5.2 中海湖心水質の月別平均値 (H6~H17 平均)

【米子湾】

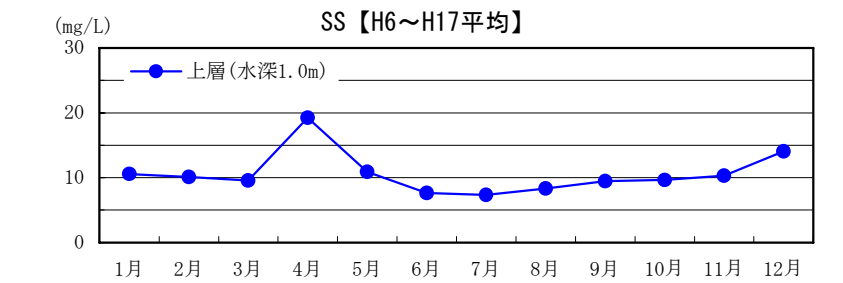
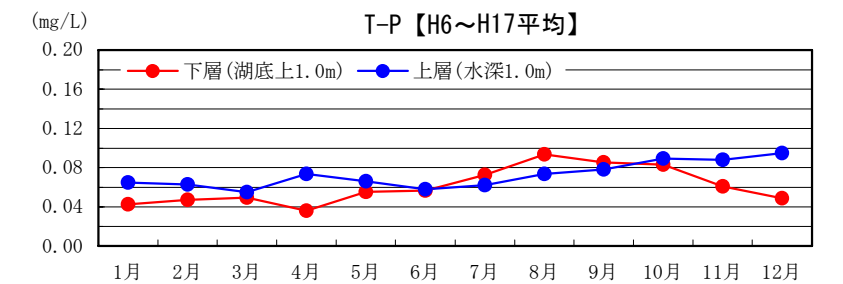
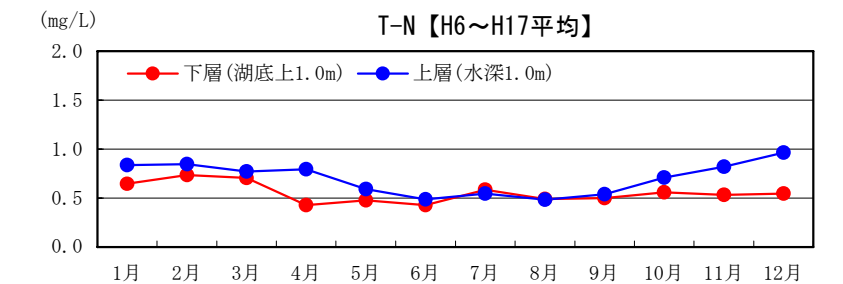
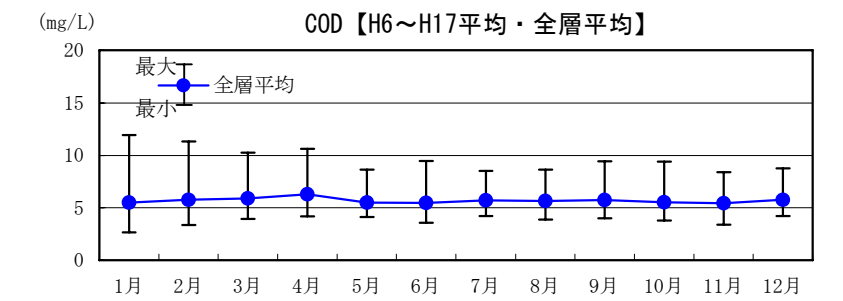
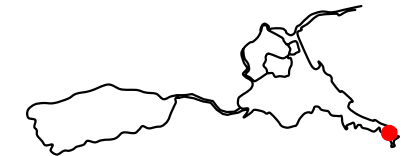


図 1.5.3 米子湾水質の月別平均値 (H6~H17 平均)

2. 水質予測モデルの概要

2.1 モデルの基本構造

- ・ 水質予測モデルの計算項目は、富栄養化、溶存酸素及び水の濁りに関する項目である。
- ・ 富栄養化及び溶存酸素に関わる項目は、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、各計算項目に関して流域からの流入水質と日本海と接する下流端での水質を与える。また、脱窒や湖底からの溶出などについても考慮する。

(1) 計算項目

水質予測モデルの計算項目は、以下のとおりである。

表 2.1.1 水質予測モデルの計算項目

項目	記号	備考
植物プランクトン (クロロフィル a)	Chl-a (Chl ₁ ~Chl ₄)	増殖特性を変えて 4 種類の Chl を設定
非生物体粒子態 COD	P・COD	
非生物体粒子態リン	P・T-P	
非生物体粒子態窒素	P・T-N	
非生物体有機物	NL・COD	NL : Non Living
非生物体有機態リン	NL・O-P	
非生物体有機態窒素	NL・O-N	
非生物体溶存態 COD	D・COD	
リン酸態リン	PO ₄ -P	
アンモニウム態窒素	NH ₄ -N	
硝酸・亜硝酸態窒素	NO _x -N	
溶存酸素	DO	
浮遊物質	SS(SS ₁ ~SS ₄)	沈降速度を変えて 4 種類の SS を設定

$$COD = Chl \cdot a \times \alpha + P \cdot COD + NL \cdot COD + D \cdot COD$$

$$T \cdot P = Chl \cdot a \times \beta + P \cdot T \cdot P + NL \cdot O \cdot P + PO_4 \cdot P$$

$$T \cdot N = Chl \cdot a \times \gamma + P \cdot T \cdot N + NL \cdot O \cdot N + NH_4 \cdot N + NO_x \cdot N$$

α, β, γ : 植物プランクトンにおけるクロロフィル a との重量比(パラメータとして設定)

植物プランクトン由来の SS は Chl-a の予測結果から算出(SS_{PL} = a · Chl-a)

(2) 基礎式

水質予測モデルの基礎方程式は移流・拡散方程式に内部生産項を加えた以下の式とする。

$$\frac{\partial C}{\partial t} + u \frac{\partial C}{\partial n} + v \frac{\partial C}{\partial s} + w \frac{\partial C}{\partial z} = - \frac{\partial}{\partial n} (K_n \frac{\partial C}{\partial n}) - \frac{\partial}{\partial s} (K_s \frac{\partial C}{\partial s}) - \frac{\partial}{\partial z} (K_z \frac{\partial C}{\partial z}) + M$$

ここに、C : 物質濃度(mg/L : クロロフィル a は μg/L)

K_n, K_s, K_z : 渦動拡散係数(m²/s)

u, v, w : 流速(m/s : 流動予測モデルの計算結果)

t : 時間(sec)

M : 内部生産項

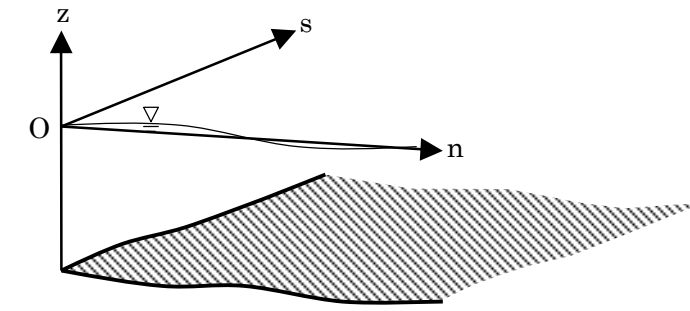


図 2.1.1 基礎方程式の座標系

水質予測モデルでは、流動予測モデルと同様に、宍道湖、大橋川及び中海を 3 次元的に分割し、各分割領域(メッシュ)内では流速や水温、水質などの物理量が一律であると仮定し、流域からの流出地点や日本海と接する下流端で境界条件を与え、湖内の水質を計算する。上述した基礎方程式に基づく湖内水質の計算イメージは以下のとおりである。

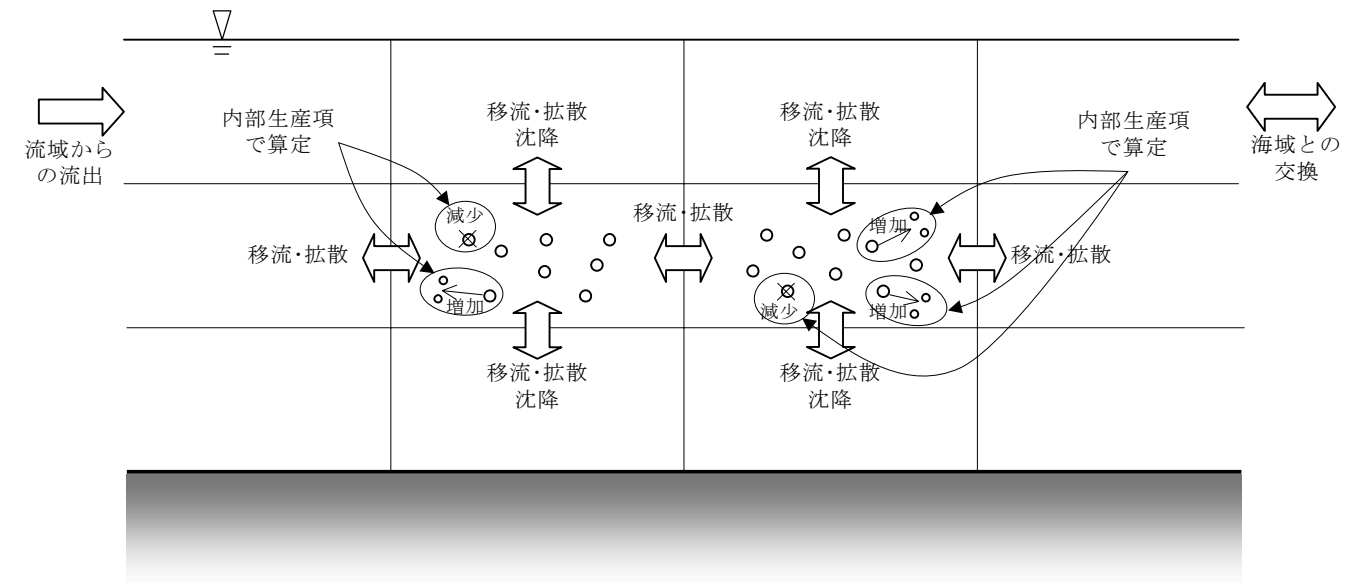
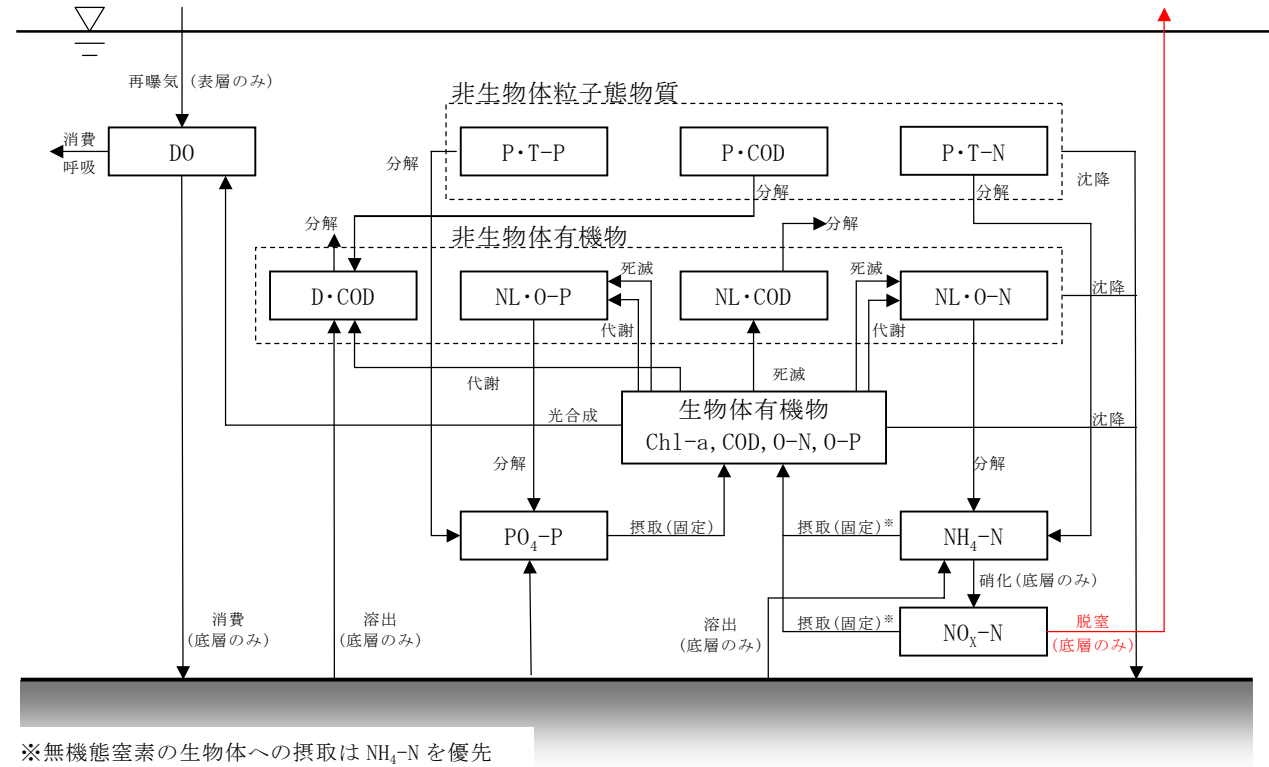


図 2.1.2 湖内水質の計算イメージ

(3) 内部生産項

富栄養化及び溶存酸素の計算では、流域からの流出や海域との交換、各メッシュ間での移流・拡散に加えて、植物プランクトンによる一次生産と窒素・リンの物質循環を考慮したモデルにより内部生産項を計算する。内部生産に関わる湖内の物質循環は図 2.1.3 に示すとおりであり、各物質間の反応式は表 2.1.2 に示すとおりとする。



※無機態窒素の生物体への摂取はNH₄-Nを優先

図 2.1.3 物質収支概念図

表 2.1.2 水質予測モデルの内部生産項

項目	増減	式	内容	備考
Chl-a	増加	$G_p \cdot P$	増殖 (GPは増殖速度：脚注)	←PO ₄ -P, NH ₄ -N, NO _x -N
	減少	$DP_{20} \cdot \theta_{DP}^{T-20} \cdot P$	死滅	→NL-COD, NL-O-P, NL-O-N
	減少	$EP_{20} \cdot \theta_{EP}^{T-20} \cdot P$	代謝	→D-COD, NL-O-P, NL-O-N
	—	$G_p \cdot FP_{D0} \cdot P$	植物PLの光合成による生産	→DO
	増減	$V_{PL} \cdot P / \Delta y$	沈降	
P-COD	減少	$KD_{PC20} \cdot \theta_{KPC}^{T-20} \cdot C_{P-COD}$	分解	→NL-COD
	増減	$V_{SS} \cdot C_{P-COD} / \Delta y$	沈降	
P-T-P	減少	$KD_{PP20} \cdot \theta_{KPP}^{T-20} \cdot C_{P-T-P}$	分解	→PO ₄ -P
	増減	$V_{SS} \cdot C_{P-T-P} / \Delta y$	沈降	
P-T-N	減少	$KD_{PN20} \cdot \theta_{KPN}^{T-20} \cdot C_{P-T-N}$	分解	→NH ₄ -N
	増減	$V_{SS} \cdot C_{P-T-N} / \Delta y$	沈降	
NL-COD	増加	$DP_{20} \cdot \theta_{DP}^{T-20} \cdot FP_C \cdot P$	植物PLの死滅	←Chl-a
	減少	$KD_{NC20} \cdot \theta_{KNC}^{T-20} \cdot C_{NC}$	分解	
	増減	$V_{DT} \cdot C_{COD} / \Delta y$	沈降	
NL-O-P	増加	$DP_{20} \cdot \theta_{DP}^{T-20} \cdot FP_P \cdot P$	植物PLの死滅	←Chl-a
	増加	$EP_{20} \cdot \theta_{EP}^{T-20} \cdot P$	代謝	←Chl-a
	減少	$KD_{P20} \cdot \theta_{KP}^{T-20} \cdot C_{OP}$	分解	→PO ₄ -P
	増減	$V_{DT} \cdot C_{OP} / \Delta y$	沈降	
NL-O-N	増加	$DP_{20} \cdot \theta_{DP}^{T-20} \cdot FP_N \cdot P$	植物PLの死滅	←Chl-a
	増加	$EP_{20} \cdot \theta_{EP}^{T-20} \cdot P$	代謝	←Chl-a
	減少	$KD_{N20} \cdot \theta_{KN}^{T-20} \cdot C_{ON}$	分解	→NH ₄ -N
	増減	$V_{DT} \cdot C_{ON} / \Delta y$	沈降	
D-COD	減少	$KD_{DC20} \cdot \theta_{KDC}^{T-20} \cdot C_{D-COD}$	分解	
	増加	$KD_{C20} \cdot \theta_{KC}^{T-20} \cdot C_{COD}$	P-CODの分解	←P-COD
	増加	$EP_{20} \cdot \theta_{EP}^{T-20} \cdot P$	代謝	←Chl-a
	増加	$R_{COB} \cdot A_B / V_B$	底質からの溶出 (底層のみ)	
PO ₄ -P	減少	$G_p \cdot FP_P \cdot P$	植物PLの増殖に伴うPO ₄ -Pの摂取 (固定)	→Chl-a
	増加	$KD_{P20} \cdot \theta_{KP}^{T-20} \cdot C_{OP}$	NL-O-Pの分解	←NL-O-P
	増加	$R_{IP} \cdot A_B / V_B$	底質からの溶出 (底層のみ)	
	増加	$KD_{PP20} \cdot \theta_{KPP}^{T-20} \cdot C_{P-T-P}$	P-T-Pの分解	←P-T-P
NH ₄ -N	減少	$G_p \cdot FP_N \cdot P$	植物PLの増殖に伴うNH ₄ -Nの摂取 (固定)	→Chl-a
	増加	$KD_{N20} \cdot \theta_{KN}^{T-20} \cdot C_{ON}$	NL-O-Nの分解	←NL-O-N
	増加	$R_{IN} \cdot A_B / V_B$	底質からの溶出 (底層のみ)	
	減少	$NT_{20} \cdot \theta_{NT}^{T-20} \cdot (3 \cdot C_{D0} / C_{S0})^{**} \cdot C_{NH}$	硝化 (C _{S0} : 飽和濃度), () ^{**} ≤ 1.0	→NO _x -N
	増加	$KD_{PN20} \cdot \theta_{KPN}^{T-20} \cdot C_{P-T-N}$	P-T-Nの分解	←P-T-N
NO _x -N	減少	$G_p \cdot FP_N \cdot C_{NO} / (C_{NH} + C_{NO}) \cdot P$	植物PLの増殖に伴うNO _x -Nの固定 (摂取)	→Chl-a
	増加	$NT_{20} \cdot \theta_{NT}^{T-20} \cdot (3 \cdot C_{D0} / C_{S0})^{**} \cdot C_{NH}$	硝化 (C _{S0} : 飽和濃度), () ^{**} ≤ 1.0	←NH ₄ -N
	減少	$A_{20} \cdot \theta_{NT}^{T-20} \cdot C_{NOx} / (K_{NOx} + C_{NOx})$	脱窒による系外排出 (底層のみ)	→系外 (大気中)
DO	増加	$G_p \cdot FP_{D0} \cdot P$	植物PLの光合成による生産	
	減少	$EP_{20} \cdot \theta_{EP}^{T-20} \cdot P$	植物PLの呼吸による消費	
	減少	$R_{D0} \cdot A_B / V_B$	底質による消費 (底層のみ)	
	増減	$R_{AR} \cdot (C_{S0} - C_{D0}) \cdot A_S / V_S$	再曝気 (C _{S0} : 飽和濃度)	
SS	増減	$V_{SS} \cdot C_{SS} / \Delta y$	沈降	
	増加	$S_{SS} \cdot A / V$	底質の巻き上げ	

$$G_p = R_{GP} \cdot f_N \cdot f_I \cdot f_T$$

$$f_N = C_{IP} / (K_{IP} + C_{IP}) \cdot C_{IN} / (K_{IN} + C_{IN}), f_I = I / I_S \cdot \exp(1 - I / I_S), f_T = (T / T_S \cdot \exp(1 - T / T_S))^{NCP}$$

P, C: 水質濃度

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

T, I: 水温及び日射量

その他はモデルパラメータ

2.2 脱窒のモデル化

(1) 脱窒の考え方

- ・ 脱窒とは、脱窒菌の作用により、硝酸・亜硝酸態窒素が窒素ガスに変換される現象であり、主として底泥中もしくは湖底に接する湖水中で起こると考えられる。
- ・ 脱窒速度の律則因子としては、①水中の拡散(上層⇄底層)、②湖底面における拡散(水中⇄泥中)、③脱窒菌による変換速度($\text{NO}_x\text{-N} \rightarrow \text{N}_2\text{O}$)等が考えられる。
- ・ 本モデルでは脱窒菌による変換速度が主な律則因子と考えモデル化を行う。

(2) 脱窒の考慮方法(算定式)

- ・ 水質予測モデルでは、最下層メッシュにおいて脱窒による硝酸・亜硝酸態窒素($\text{NO}_x\text{-N}$)の減少を考慮する。
- ・ 脱窒による硝酸・亜硝酸態窒素の減少速度は、実験結果に基づき設定する。

1) 脱窒試験の概要

中海・宍道湖では、H15に現地において採取した底泥により脱窒活性(速度)の室内実験を実施している。同実験では、中海・宍道湖の合計12地点において底泥を採取している。

表 2.2.1 脱窒速度実験の概要

実験方法	実験概要
スラッジ法	アセチレン阻害法に準じて実施 湖内全地点におけるサンプルを対象に暗条件・一定温度(20℃)で測定
	宍道湖湖心・中海湖心のサンプルを対象に実施 基質(硝酸)濃度を変化させたケース(9ケース)及び温度条件(4ケース)で測定
コア法	単位面積あたりの脱窒活性を算出するため、中海湖心付近及び宍道湖湖心付近のサンプルを対象に実施⇒スラッジ法との関係を求める。

上記実験結果では、底質を採取した場所の違いによる脱窒速度の違いは不明瞭であり、底質の違いによる脱窒速度の違いは見られなかったが、基質(硝酸態窒素)濃度や水温による脱窒速度の違いは確認された。

2) 脱窒速度式

水質予測モデルで設定する脱窒速度は、室内実験結果に基づき、水質(硝酸態窒素)及び水温による関数として以下の式により算定する。

$$v(\text{mgN} / \text{m}^2 / \text{day}) = a \cdot \frac{C_{\text{NOX}}}{K_{\text{NOX}} + C_{\text{NOX}}} \cdot \theta^{T-20}$$

初期値： $a = 6.50$ (コア法試験結果より)

$K_{\text{NOX}} = 0.5$

$\theta = 1.04$ (スラッジ法試験結果より)

C_{NOX} ：基質濃度(水質予測モデル最下層の $\text{NO}_x\text{-N}$ とする。)

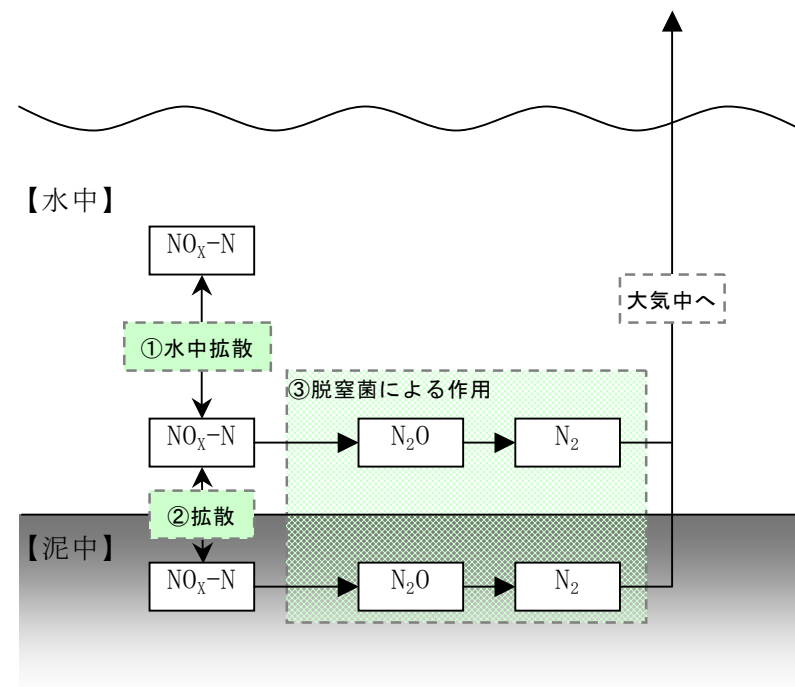


図 2.2.1 脱窒のメカニズム

2.3 水域分割

- ・ 水質予測モデルの水域分割は、塩分成層の形成による溶存酸素の変化を表現できるよう、流動モデルと同様のメッシュ構造とする。
- ・ 水平方向の水域分割は直交曲線座標系を採用し、鉛直方向の水域分割は、宍道湖及び中海の成層特性を考慮してシグマ座標系及びレベル座標系を併用する。

表 2.3.1 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進入する現象を表現するため、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する。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する。
大橋川	湾曲形状・地形変化の表現	大橋川の平面形状を忠実に表現するため、直交曲線座標系を採用する。

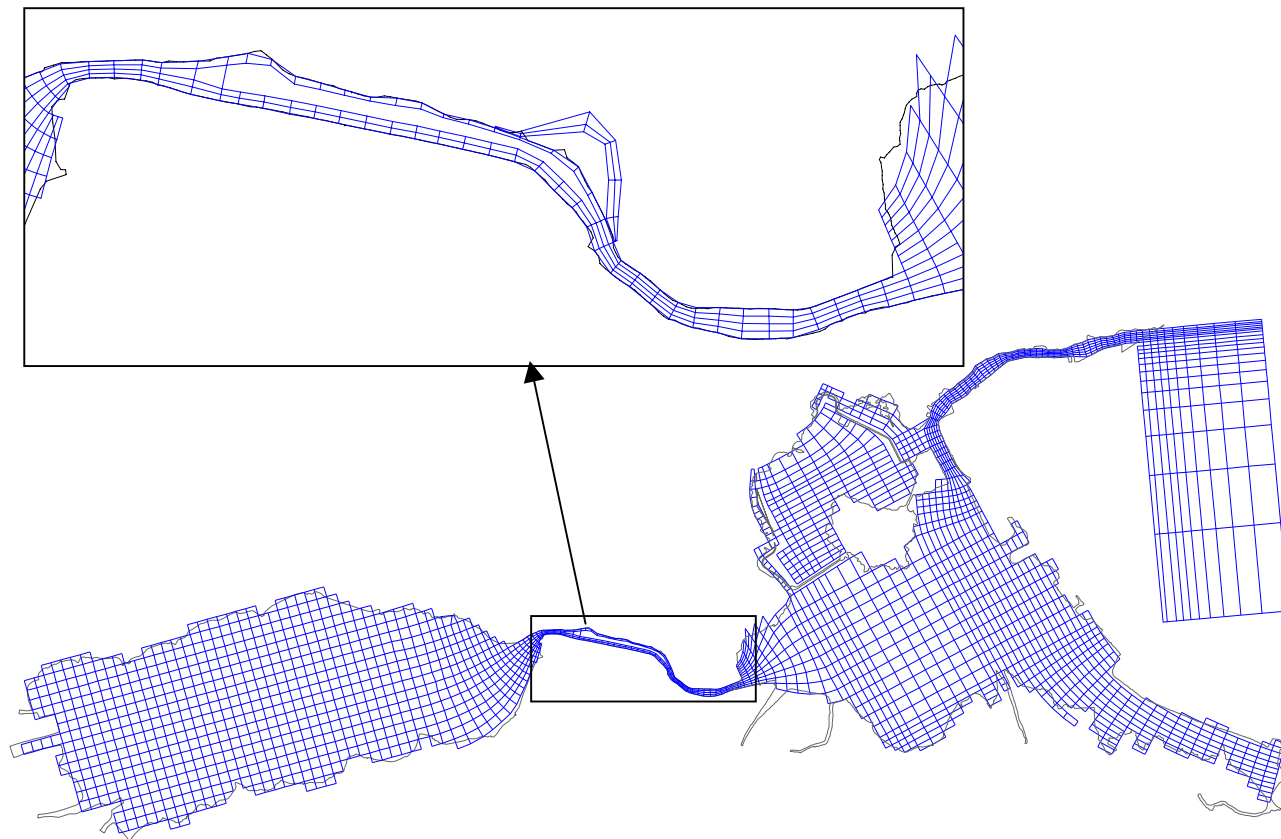
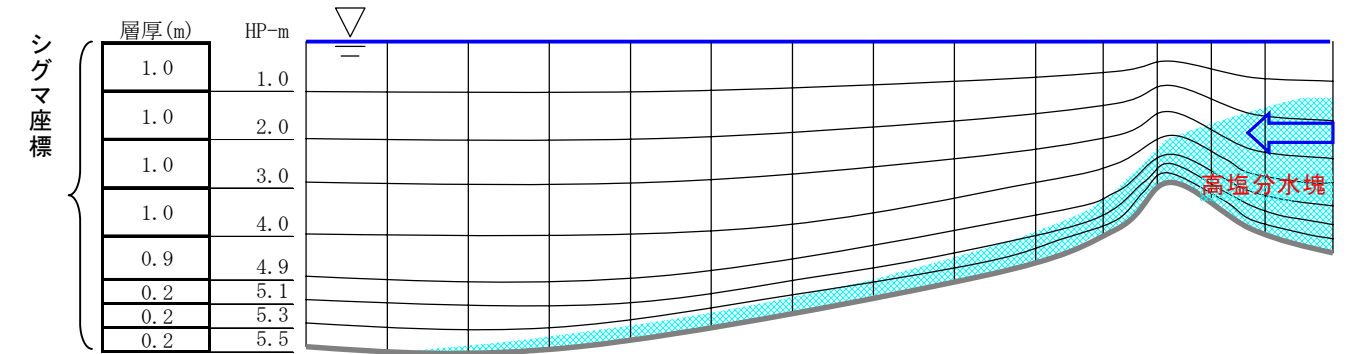


図 2.3.1 水平方向の水域分割（直交曲線座標系）

【宍道湖】



【大橋川・中海】

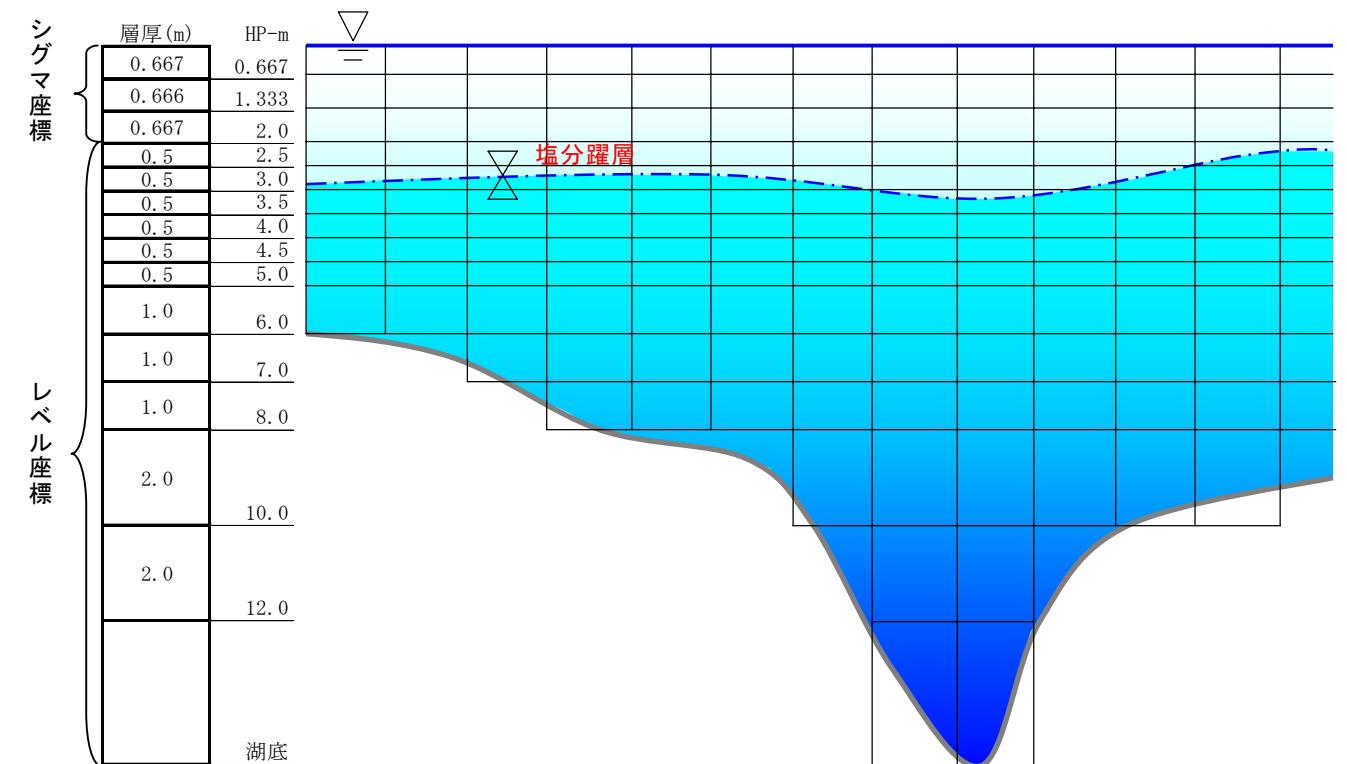


図 2.3.2 鉛直方向の水域分割

※シグマ座標系：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、各層の層厚は変化する。
 レベル座標系：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。

2.4 境界条件・気象条件

(1) 概要

- ・ 水質予測モデルの境界条件は、日本海と接続する下流端、流域と接続する河川流入位置、水面及び湖底面で設定する。
- ・ 日本海と接続する下流端では、美保湾における調査結果に基づき、水質の境界条件を設定する。
- ・ 流域と接続する河川流入位置は、中海・宍道湖流域を 45 流域に分割し、各分割流域において流出量(流量)、水質(負荷量)を境界条件として設定する。
- ・ 気象条件は、風速、気温、日射量、湿度および雲量を設定する。
- ・ 水の濁りは、流域からの流出に加えて、巻き上げによる影響を風速との関係により設定する。

表 2.4.1 境界条件の設定方法

設定位置	項目	設定方法	設定時間間隔
下流端	COD, N, P, クロロフィル a, DO, SS	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
河川流入位置	COD, N, P, SS	負荷量調査結果に基づき、各分割流域における流量と水質(負荷量)の関係式(L-Q 式)を作成し、同関係式に各河川流量(流動モデル設定値)を代入して与える。	時間
	クロロフィル a	斐伊川大津地点観測値の平均値を与える(1.0 μg/L)。	一定
	DO	飽和濃度を与える。	日
水面	風速, 気温, 日射量, 湿度, 雲量	松江气象台における観測値を与える。	日
湖底面	COD, N, P, DO, SS	底質からの溶出速度及び酸素消費速度を室内実験結果に基づき与える。	算定式

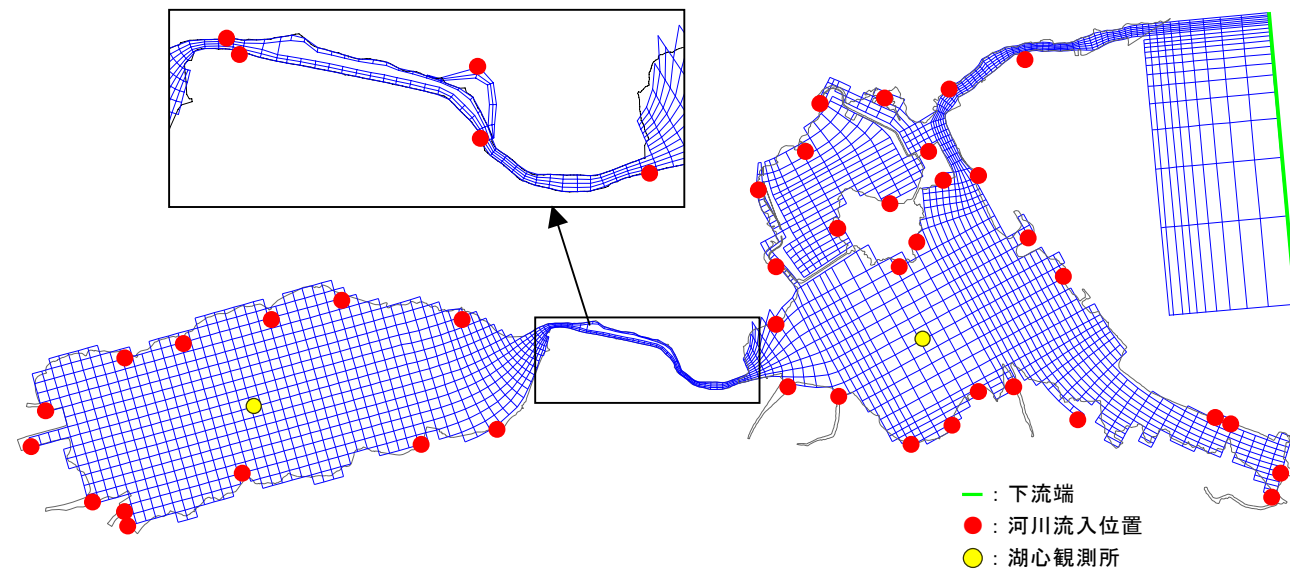
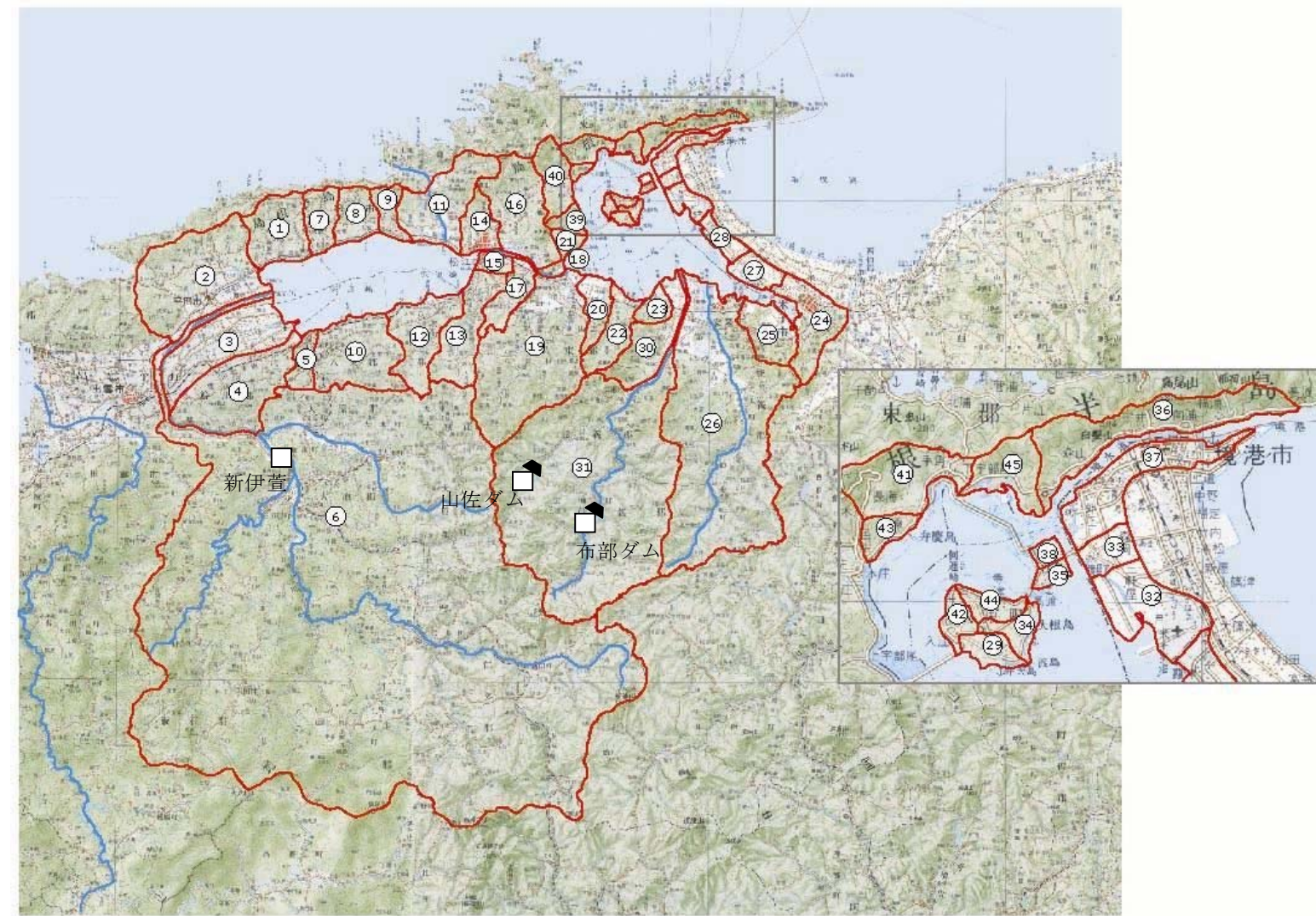


図 2.4.1 境界条件設定位置



※この地図は、国土地理院長の承認を得て、同院発行の 20 万分 1 地勢図を複製し、測量法第 29 条に基づく複製承認『平 17 中複 第 18 号』を転載したものである。

図 2.4.2 流域分割

(2) 流域からの流出負荷量の設定

- ・ 流域からの流出負荷量は、各分割流域において流量と水質(負荷量)の関係式(L-Q式)を設定し、これに流量(毎時)を代入し、算定する。
- ・ L-Q式は、中海・宍道湖に流入する63河川において実施した、流入河川負荷量調査結果に基づき設定する。

中海・宍道湖では、両湖に流入する25流域(63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域からの流出負荷量は、この負荷量調査結果に基づき各流域でCOD, T-N, T-P及びSSの流量(比流量)～負荷量(比負荷量)関係式(L-Q式)を作成し、これに基づき設定する。負荷量調査が実施されていない流域については、調査が実施されている流域から土地利用・流域面積の類似性が高い流域のL-Q式を採用する。

なお、水質予測モデルでは、COD, 窒素, リンは粒子態や溶存態、有機態や無機態などに区分し、SSについても沈降速度の異なる4種類のSSとして計算を行っている。したがって、L-Q式で算出される各水質項目は、観測結果に基づき粒子態や有機態、無機態などに区分して水質予測モデルに与えることとする。

表 2.4.2 L-Q式設定流域と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		

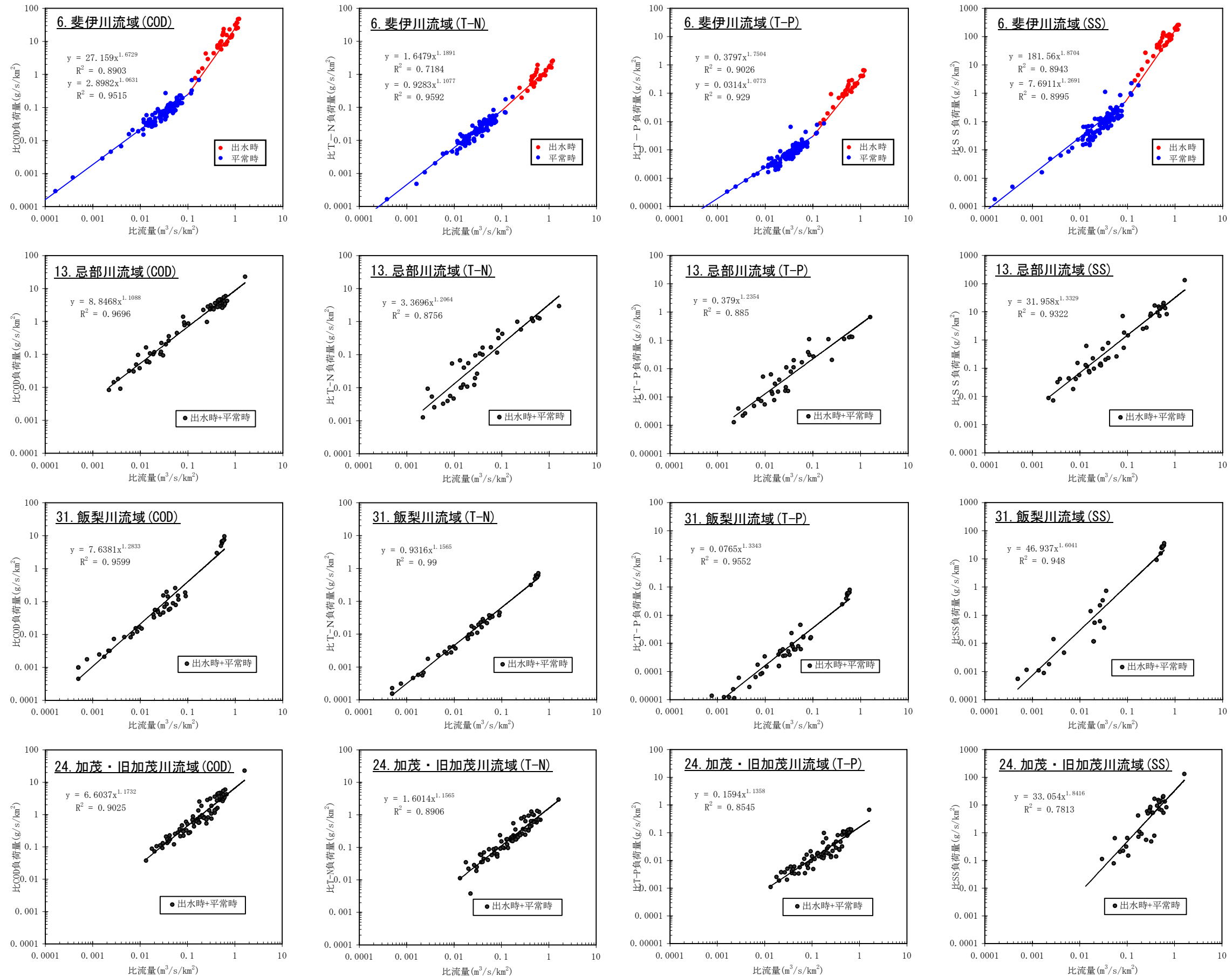


图 2.4.3 流入河川における比負荷量～比流量関係(設定例)

【流入河川負荷量調査】

中海・宍道湖では、流域からの流出負荷量の把握を目的として流入河川における負荷量調査を実施している。調査の諸元は以下のとおりである。

調査項目：流量、COD、D・COD、T-N、D・T-N、NH₄-N、NO₃-N、NO₂-N、T-P、D・T-P、PO₄-P、濁度
 調査時期：晴天時調査（3回/年程度）、雨天時調査（洪水時に数回）
 調査地点：流入河川河口部

表 2.4.3 斐伊川水系（中海・宍道湖流入河川）の調査地点

水域	晴天時調査			雨天時調査		
	河川数	調査期間	面積カバー率	河川数	調査期間	面積カバー率
宍道湖流入河川	34	H6～	95%	3	H5～	82%
大橋川流入河川	8	H8～	80%	0		0%
中海流入河川	21	H5～	89%	5	H5～	72%
境水道・本庄工区流入河川	0		0%	0		0%
合計	63		90%	8		73%

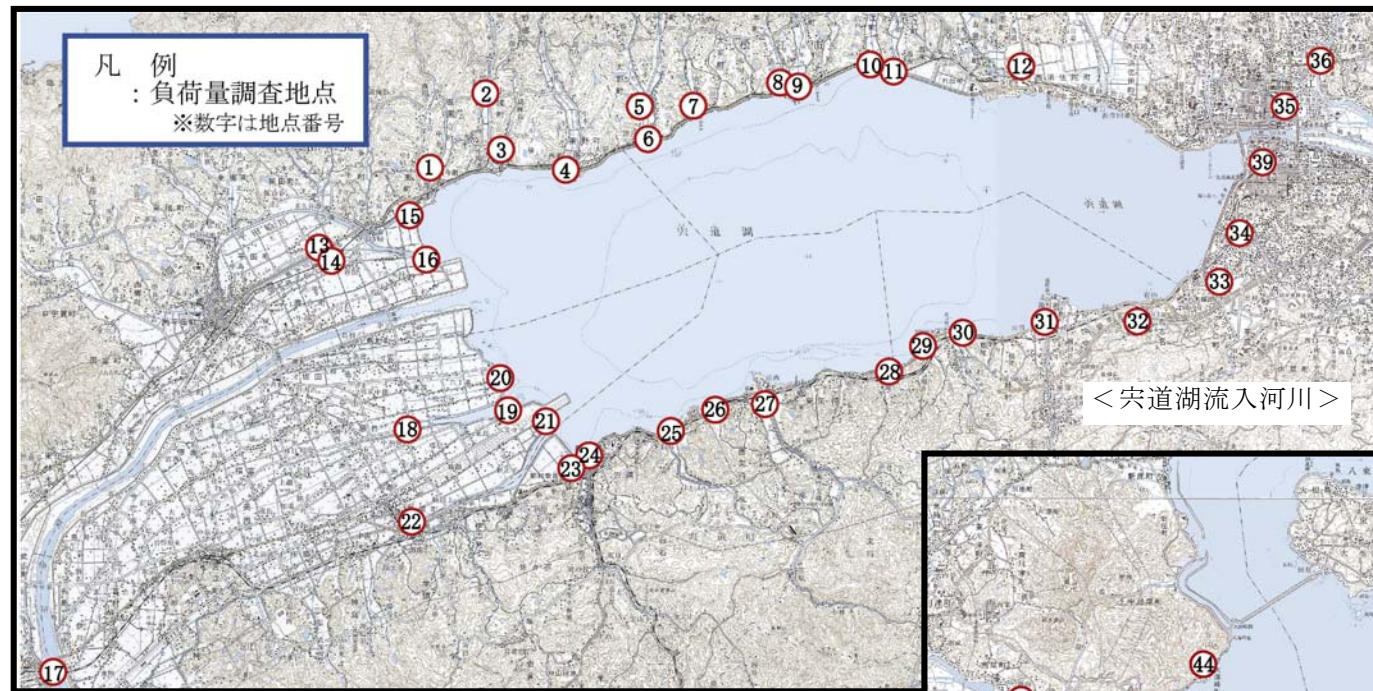


図 2.4.4 負荷量調査実施地点

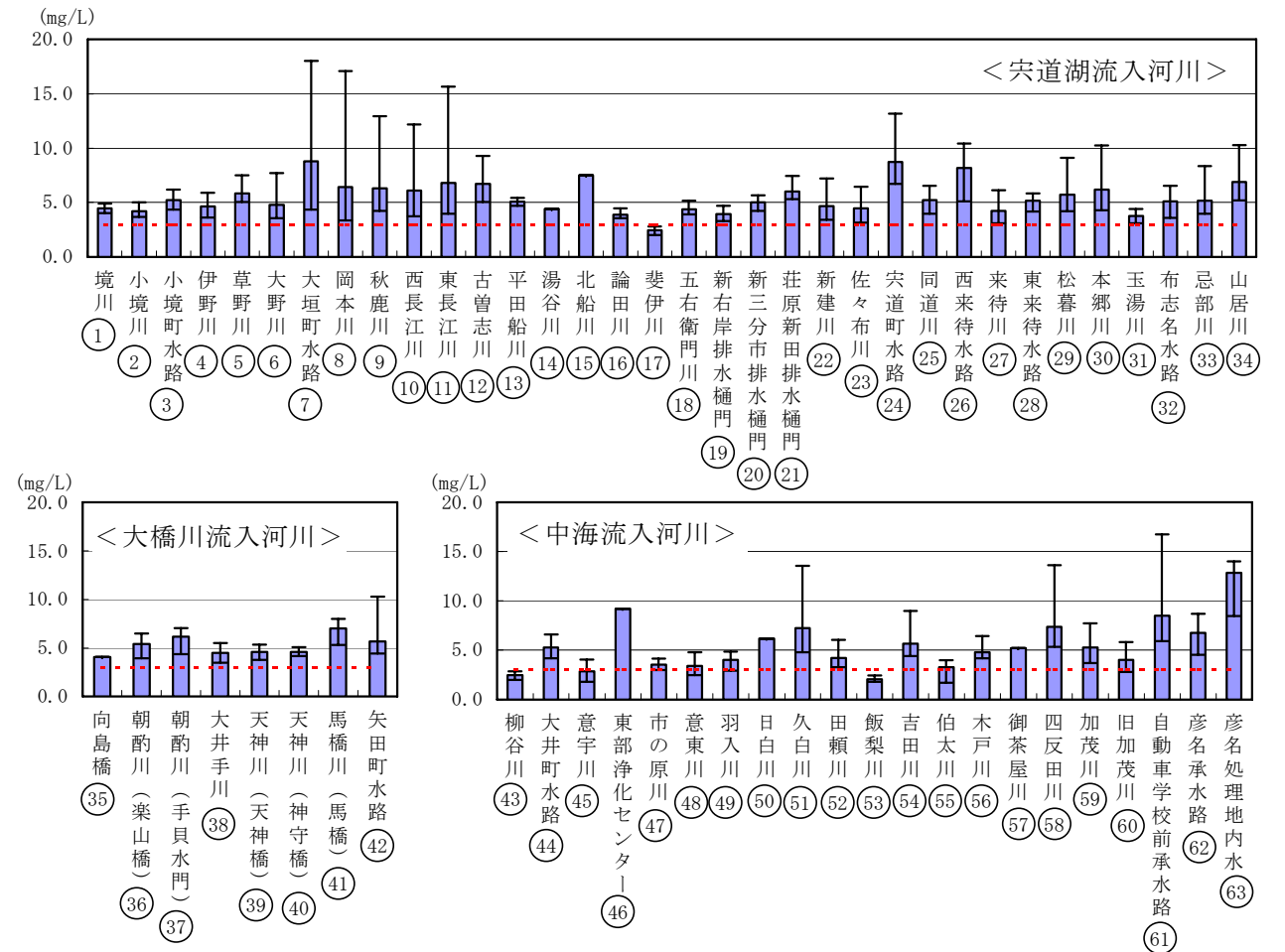
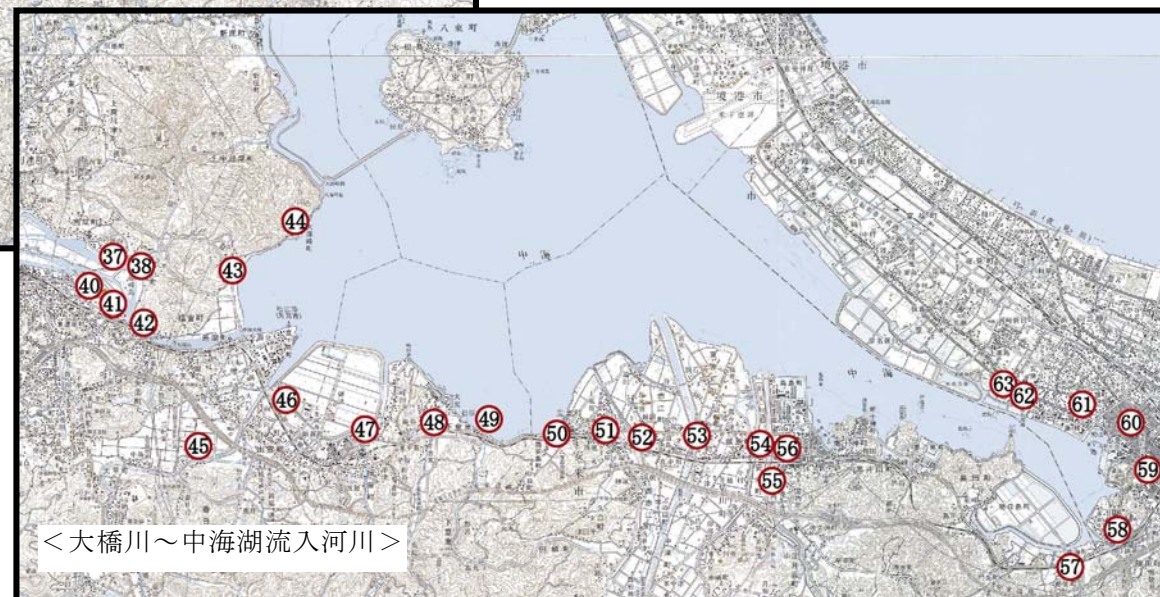


図 2.4.5 流入水質の調査結果 (COD : H9～H15 平均)

(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。

1) 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变化傾向にあるため、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。

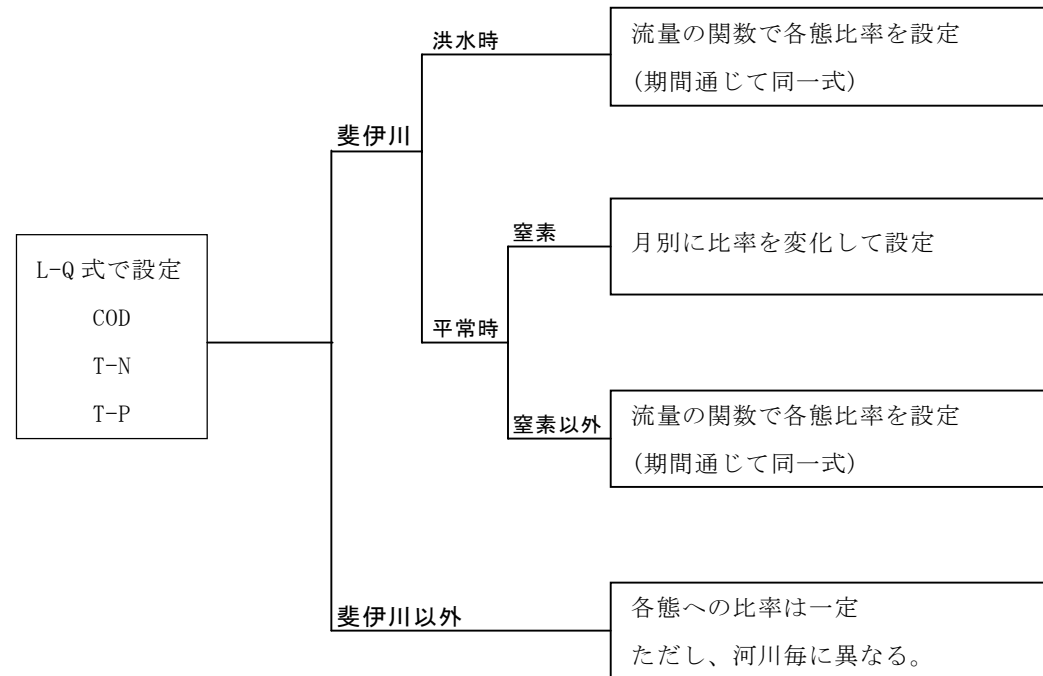


図 2.4.6 流出負荷量の各態(粒子態, 無機態, 有機態)への配分方法

2) 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。

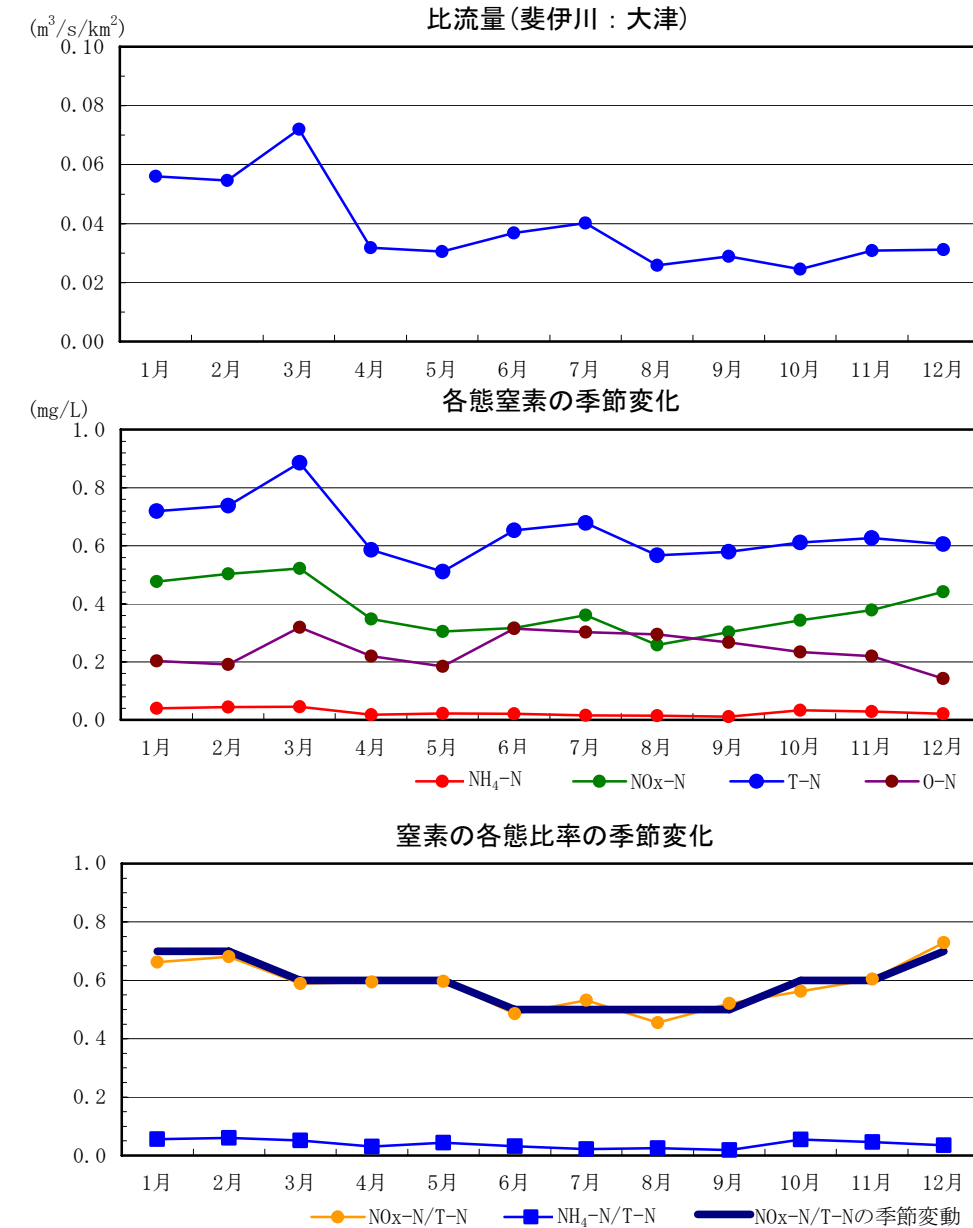


図 2.4.7 各態窒素の季節変化(H6~H15の各月平均値)

3) 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。

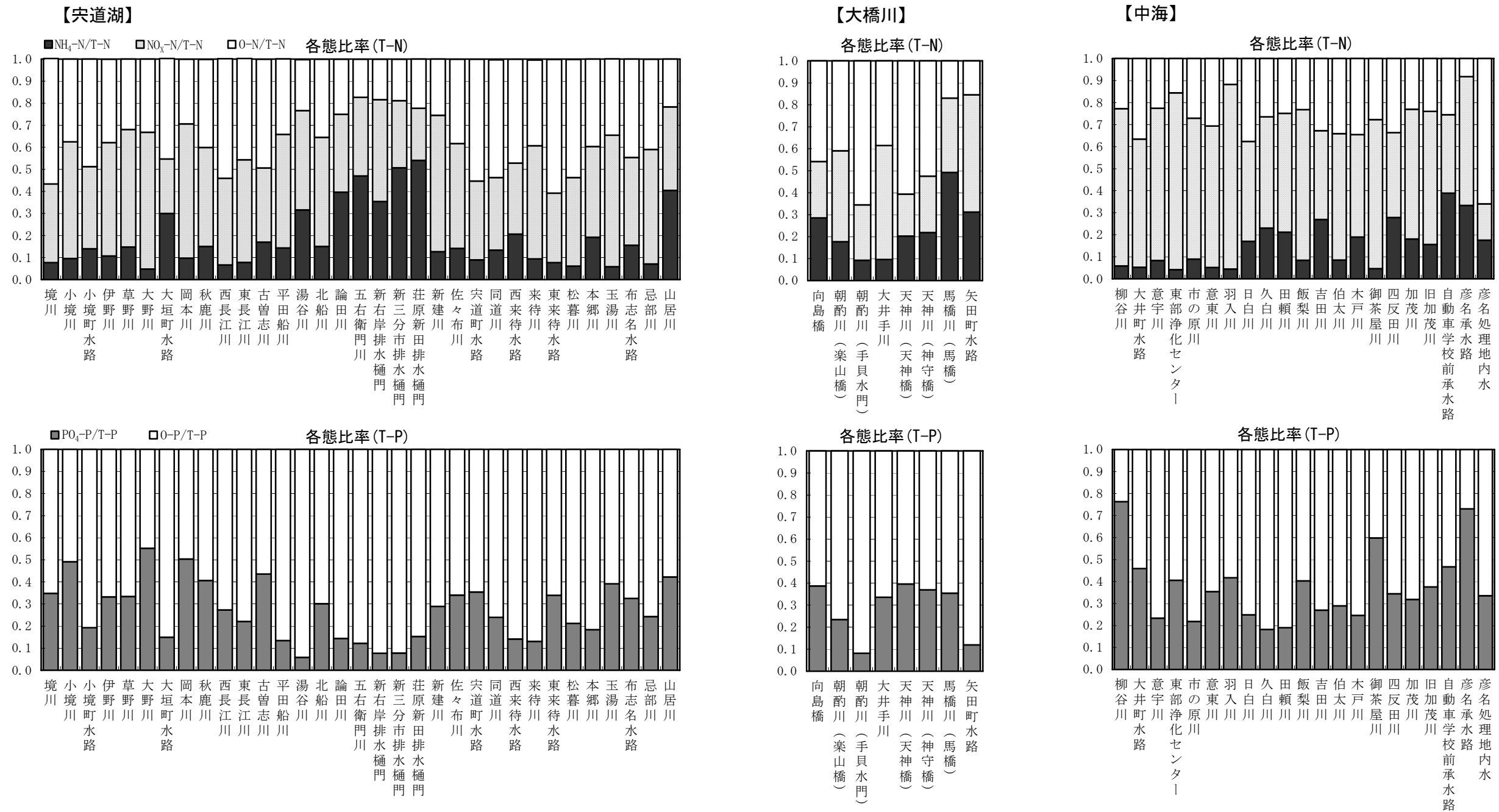


図 2.4.8 支川水質の各態比率(T-N, T-P)

(4) 溶出速度および溶存酸素消費速度の設定方法

- ・ 中海・宍道湖・米子湾では水域により底質の状況が異なる。
- ・ 溶出実験結果からは、底質の性状と溶出速度の関係は明瞭でない。

1) 中海・宍道湖の底質の状況

H5以降実施している底質のメッシュ調査結果を図2.4.9に示す。

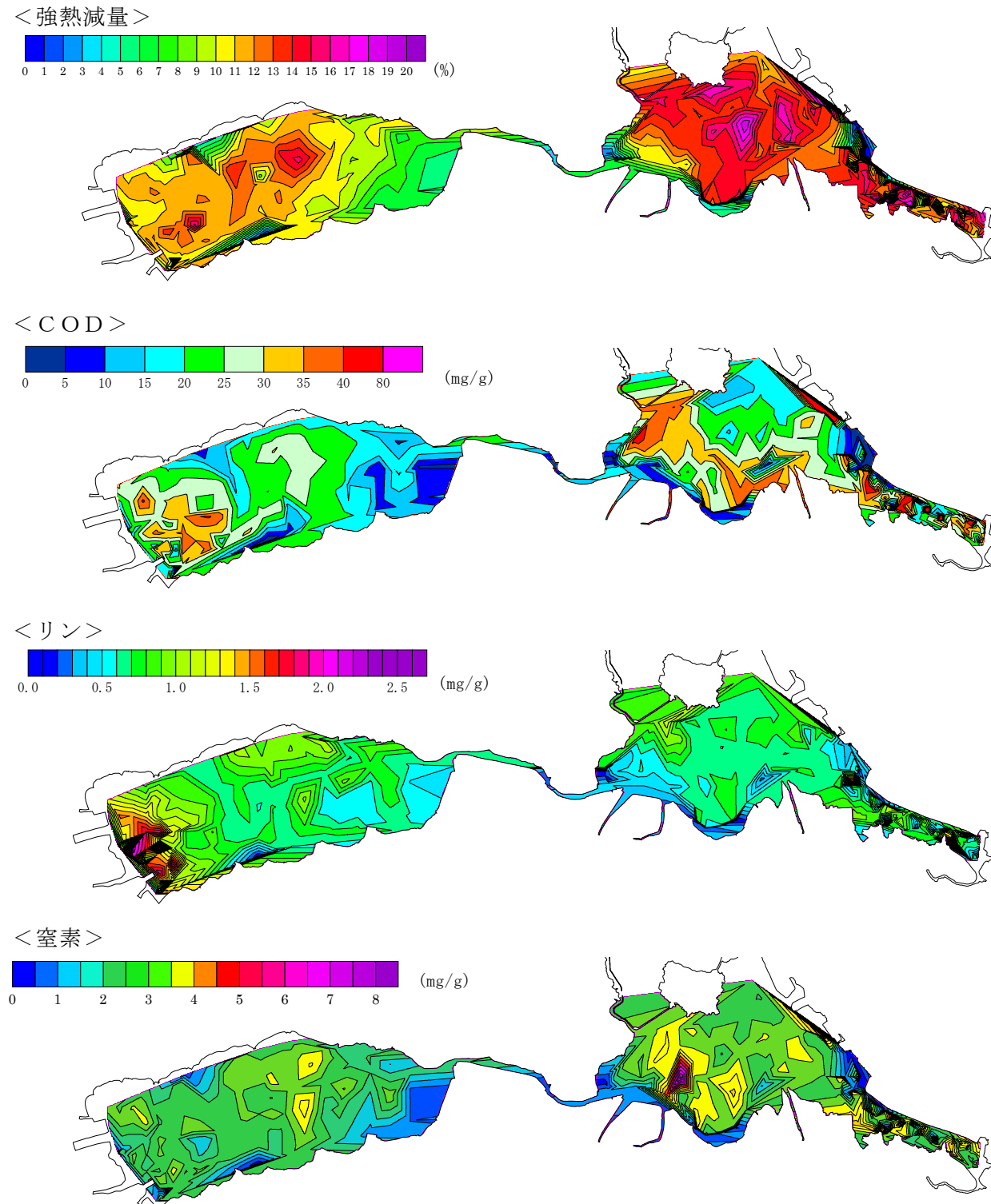


図 2.4.9 底質メッシュ調査結果 (強熱減量, COD, T-N, T-P)

2) 溶出速度 (COD, 窒素, リン) と底質の関係

中海・宍道湖・米子湾の底質を利用して実施した溶出実験結果に基づき底質(性状)と溶出速度の関係を単相関・重相関で整理したが、底質と溶出速度に明瞭な関係が見られなかった。

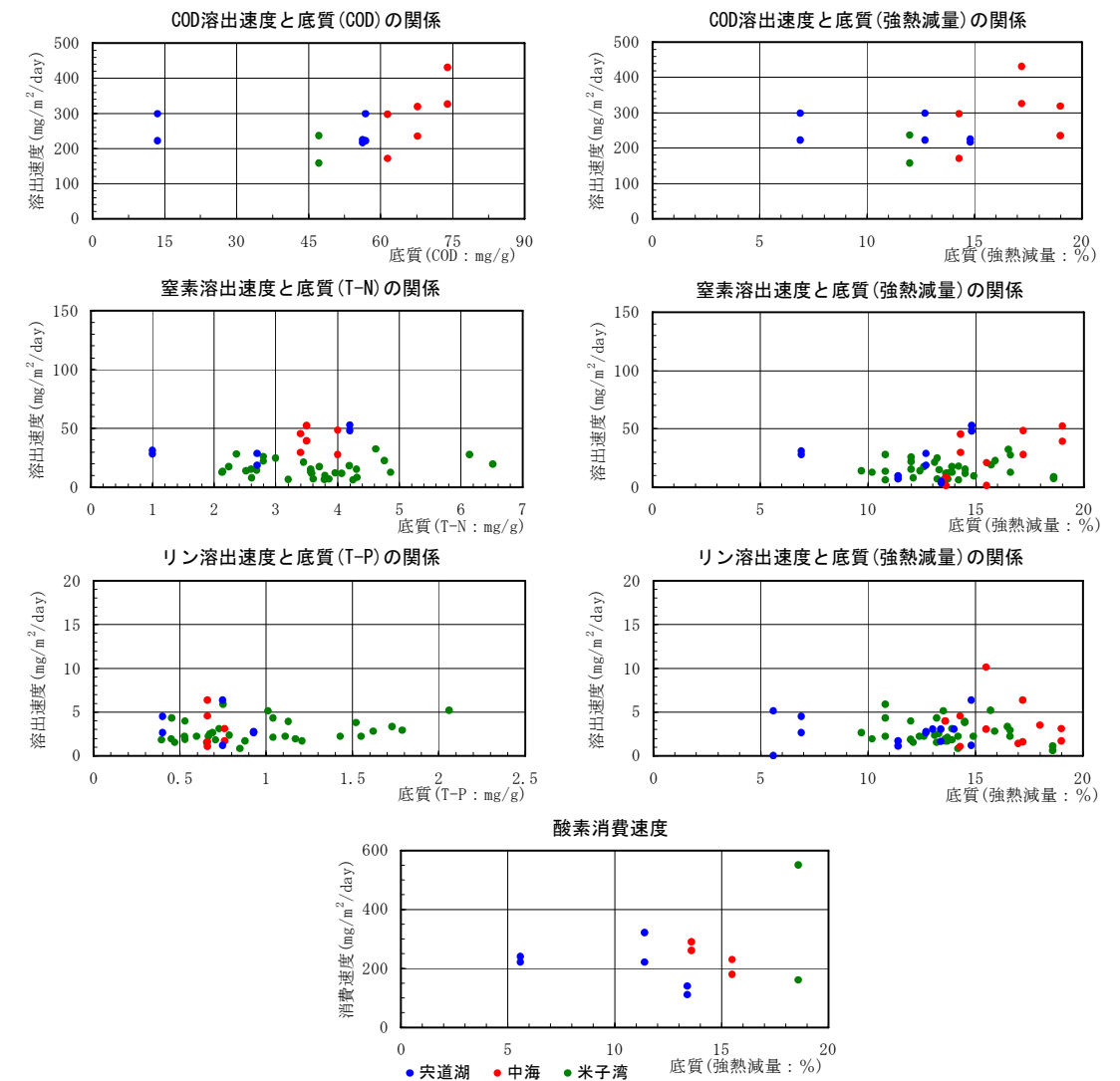


図 2.4.10 COD, 窒素, リン溶出速度, 酸素消費速度と底質との相関

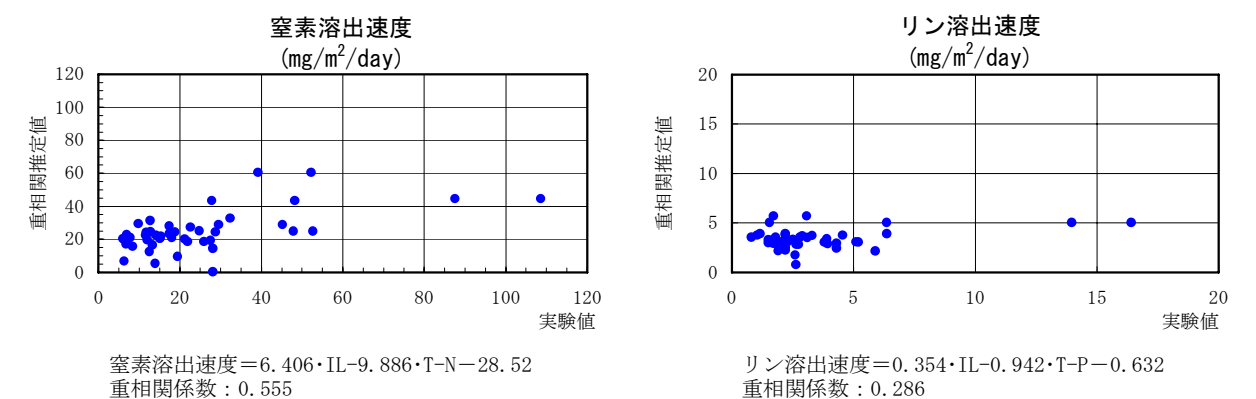


図 2.4.11 実験値と重相関推定結果の比較

3) 溶出速度の設定方法

- ・ 中海・宍道湖・米子湾の底質状況の違いを踏まえ、それぞれで算定式を設定する。
- ・ 溶出速度(COD, 窒素, リン)および酸素消費速度の算定式は、水温の関数とする。なお、リンについては、溶存酸素の関数も加える。
- ・ 算定式における定数(20℃における溶出速度および酸素消費速度)は既往の実験結果より設定する。

表 2.4.4 底質からの溶出負荷量および酸素消費量算定式 (mg/m²/day)

区分	項目	算定式*	20℃における溶出速度および酸素消費速度**			備考
			宍道湖	中海	米子湾	
溶出速度	COD	$R_{COD} = R_{CD20} \times 1.02^{T-20}$	220	244	157	T : 直上水の水温 X _{D0} : 直上水のDO
	I-N	$R_{IN} = R_{IN20} \times 1.02^{T-20}$	20.5	30.8	20.0	
	I-P	$R_{IP} = R_{IP20} \times 1.07^{T-20} \cdot 1.370 \cdot X_{D0}^{-0.133}$	2.53	2.84	3.52	
消費速度	DO	$R_{D0} = R_{D020} \times 1.07^{T-20}$	208	240	355	※リン：溶存酸素 2.0mg/L以下の補正式変更(図2.4.13)

※R_{CD20}, R_{IN20}, R_{IP20}, R_{D020} : 20℃における溶出速度および酸素消費速度

※※20℃における溶出速度および酸素消費速度は既往調査結果の平均値を設定

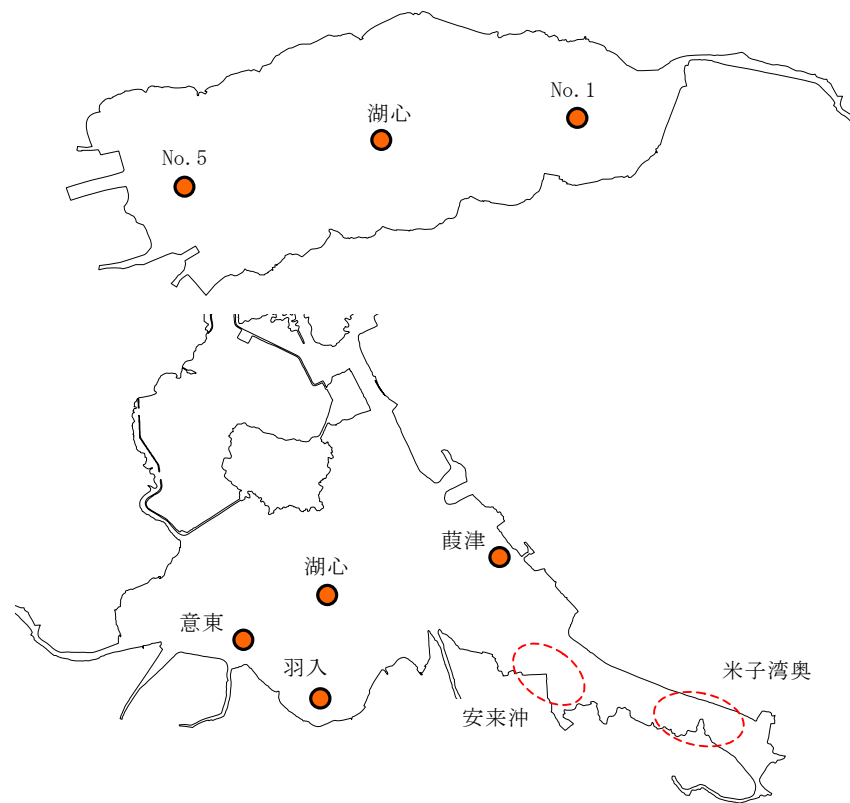
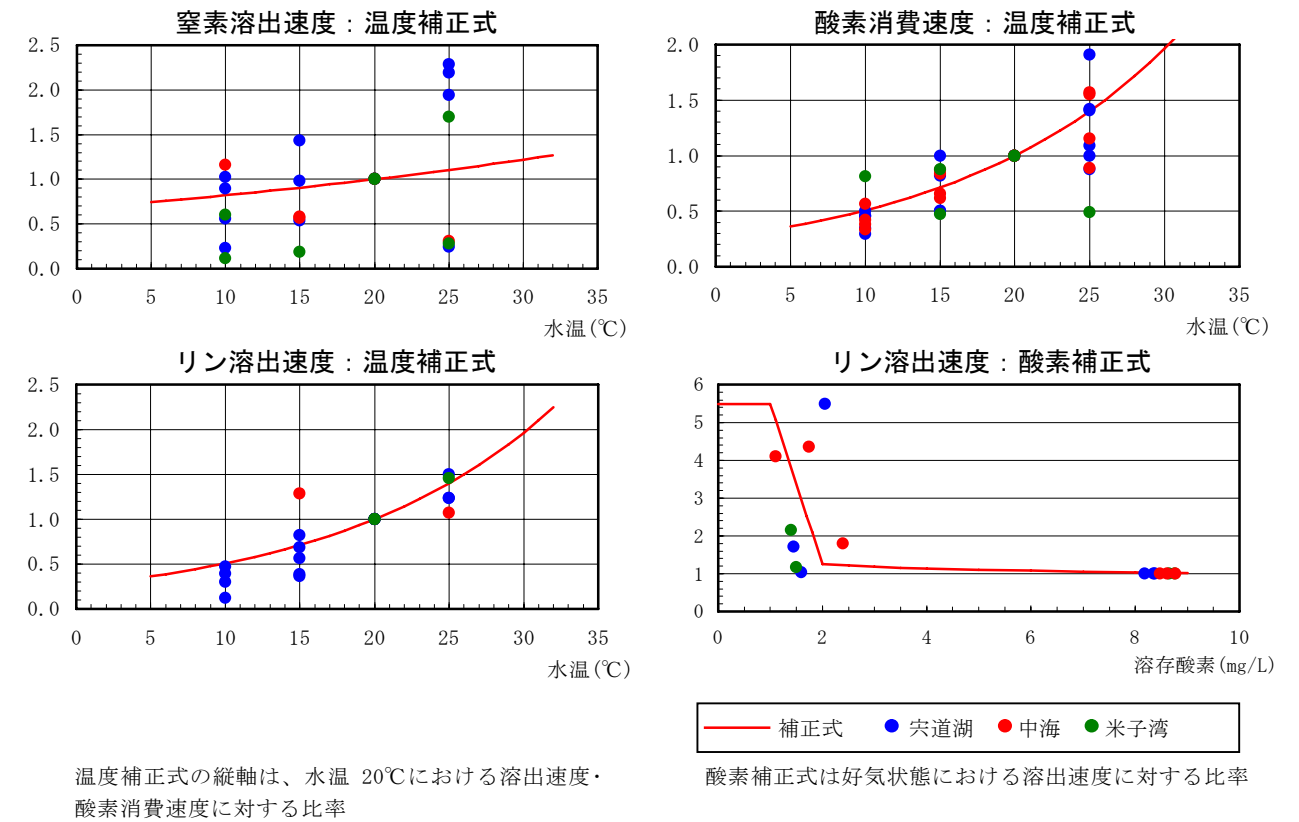


図 2.4.12 溶出試験の採泥地点位置図



温度補正式の縦軸は、水温 20℃における溶出速度・酸素消費速度に対する比率

酸素補正式は好気状態における溶出速度に対する比率

図 2.4.13 溶出速度および酸素消費算定式の温度および溶存酸素補正式

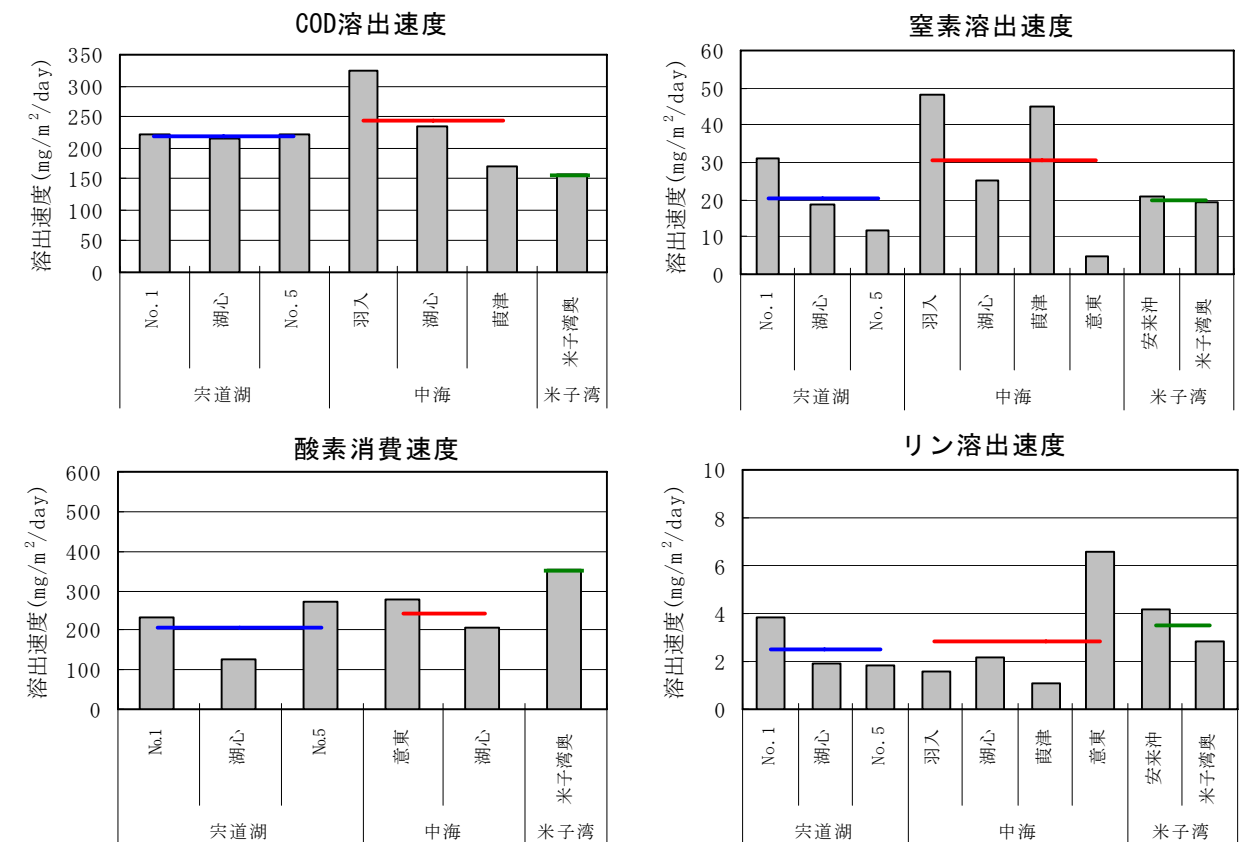


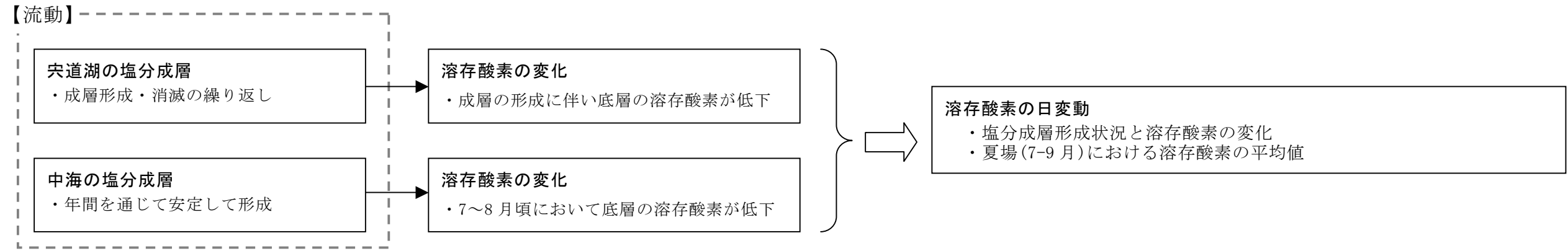
図 2.4.14 水域別の溶出速度および酸素消費速度

3. 検証計算

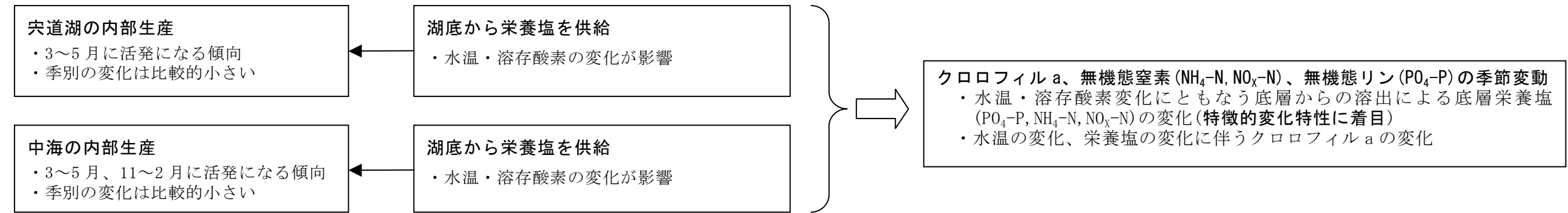
3.1 検証の着目点

・水質予測モデルの検証計算は、塩分成層の形成に伴う溶存酸素の変化や季節的な内部生産特性、環境基準に係る各水質項目の季節変化や年間統計値などに着目して実施する。

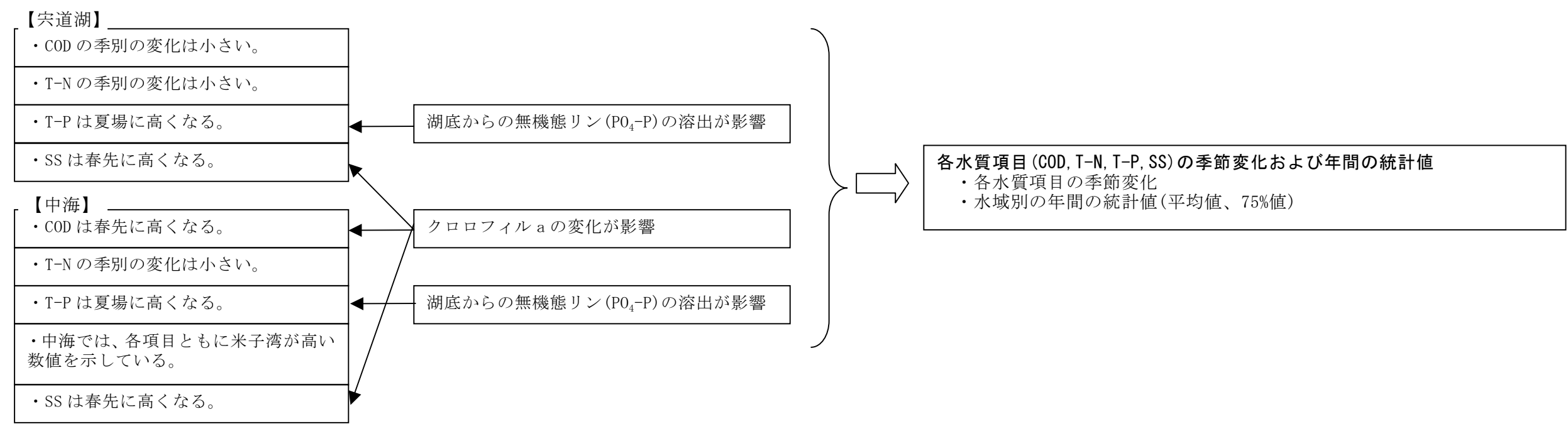
(1) 中海・宍道湖の溶存酸素



(2) 中海・宍道湖の内部生産特性(季節変動特性)



(3) 各水質項目(COD, T-N, T-P, SS)の季節変化



3.2 計算条件

検証計算の計算条件及び検証計算の結果設定したモデルパラメータの一覧表をそれぞれ表 3.2.1 及び表 3.2.2 に示している。また、本資料に示した H6 及び H15 における下流端水位や斐伊川流量などの水文・気象などの境界条件の時系列変化を図 3.2.1 及び図 3.2.2 に示している。

表 3.2.1 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を設定(一定)
			溶存酸素	飽和濃度(水温、塩分の間数)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、塩分の間数)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)	

表 3.2.2 水質予測モデルのパラメータ一覧

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	℃	10~25	
	水温依存項の尖り度	NCP	—	3~5	
	20℃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℃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℃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℃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℃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℃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℃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℃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℃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℃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℃の脱窒速度	A ₂₀	1/日	30.0	
	脱窒速度の温度定数	θ _{NT}	—	1.04	
	脱窒速度の半飽和定数	K _{NNOX}	—	0.50	
沈降速度	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	水表面反射率	a _r	—	0.060	
	光の消散係数を定める定数	η ₀	—	0.100	η = η ₀ + μ _a ・P
		μ _a	—	0.160	

【H6. 4/1~H7. 3/31】

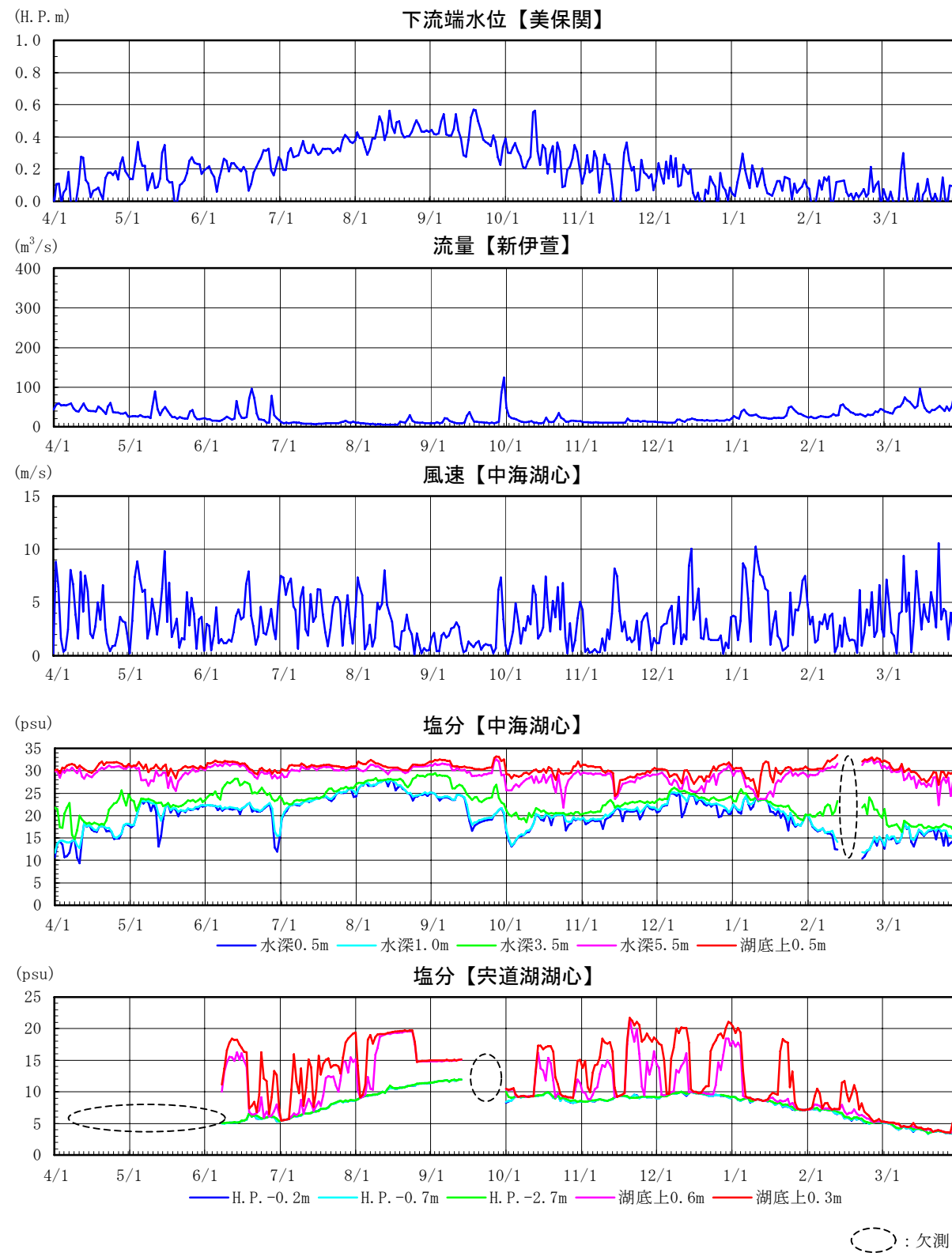


图 3.2.1 水文·气象条件等時系列变化(H6. 4/1~H7. 3/31, 日平均值)

【H15. 4/1~H16. 3/31】

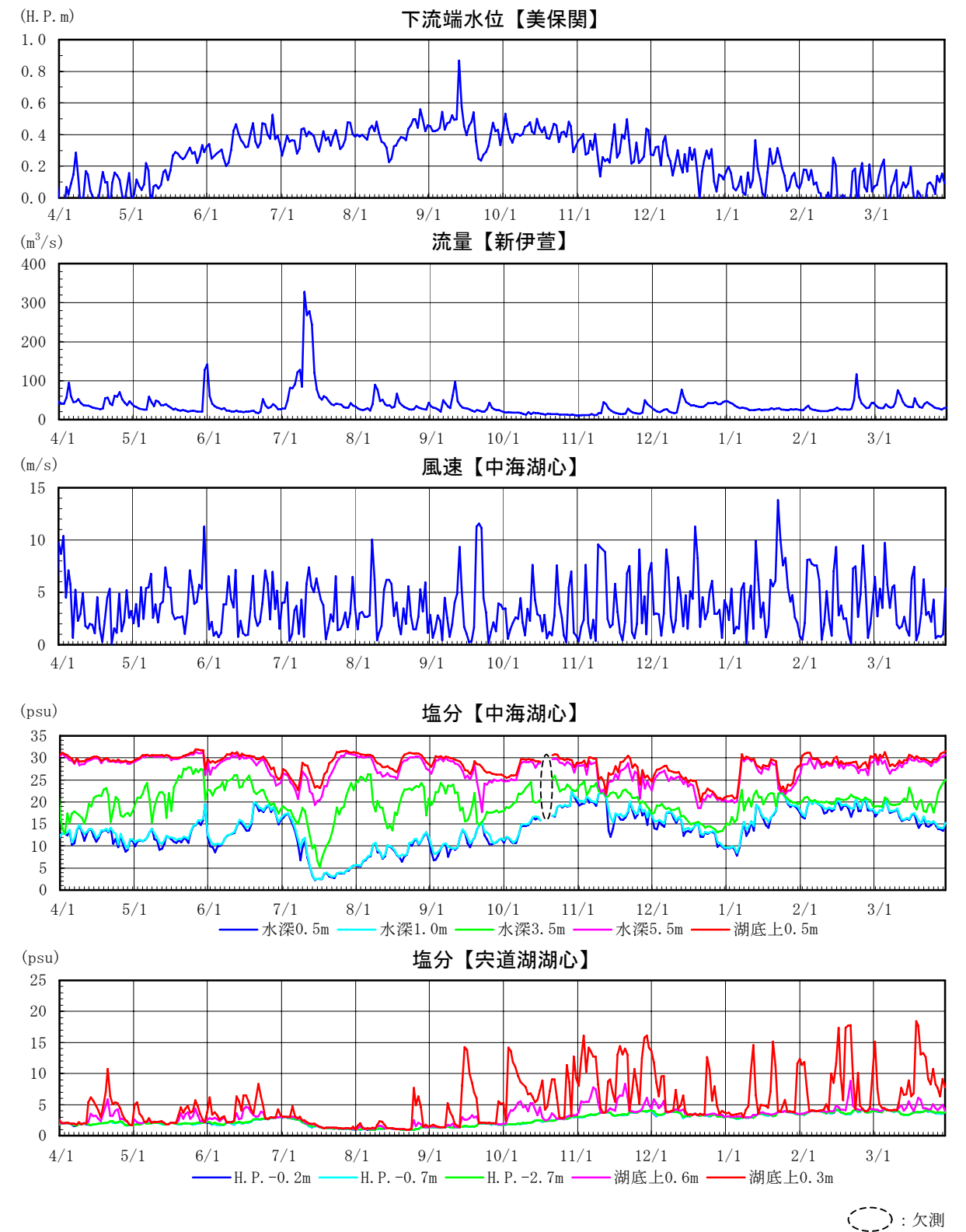


图 3.2.2 水文·气象条件等時系列变化(H15. 4/1~H16. 3/31, 日平均值)

3.3 計算結果

3.3.1 溶存酸素の再現性

(1) 宍道湖(湖心)



- ・ 夏季に底層で溶存酸素が低下し、冬季に上昇する季節的な変動特性を概ね再現している。
- ・ 塩分成層の形成に合わせて溶存酸素が低下し、風による塩分成層の消滅に伴い溶存酸素が上昇する状況を概ね再現している。

【平成 6 年】

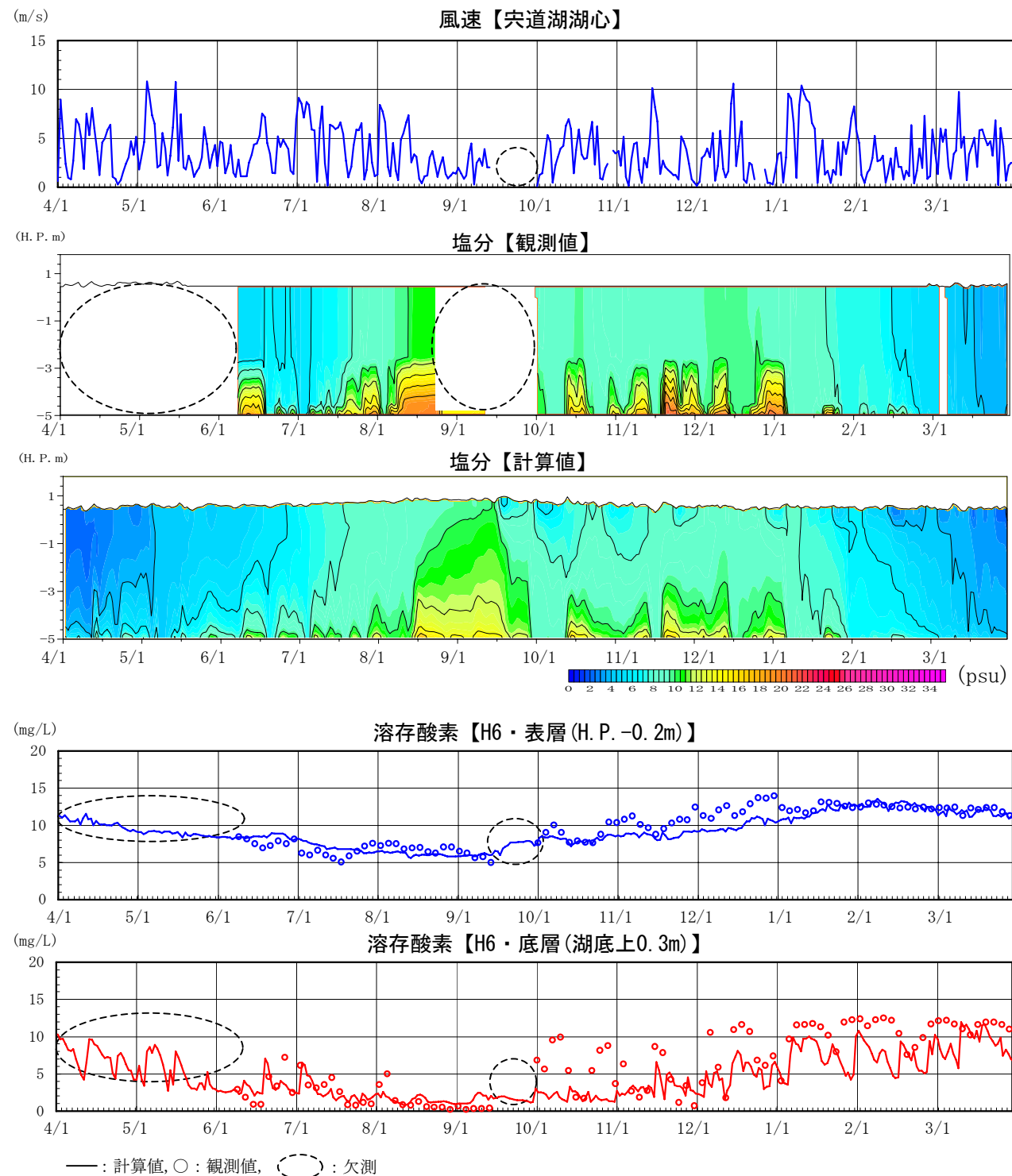


図 3.3.1 宍道湖湖心の検証計算結果 (H6. 4/1~H7. 3/31, 溶存酸素の日変動)

【平成 15 年】

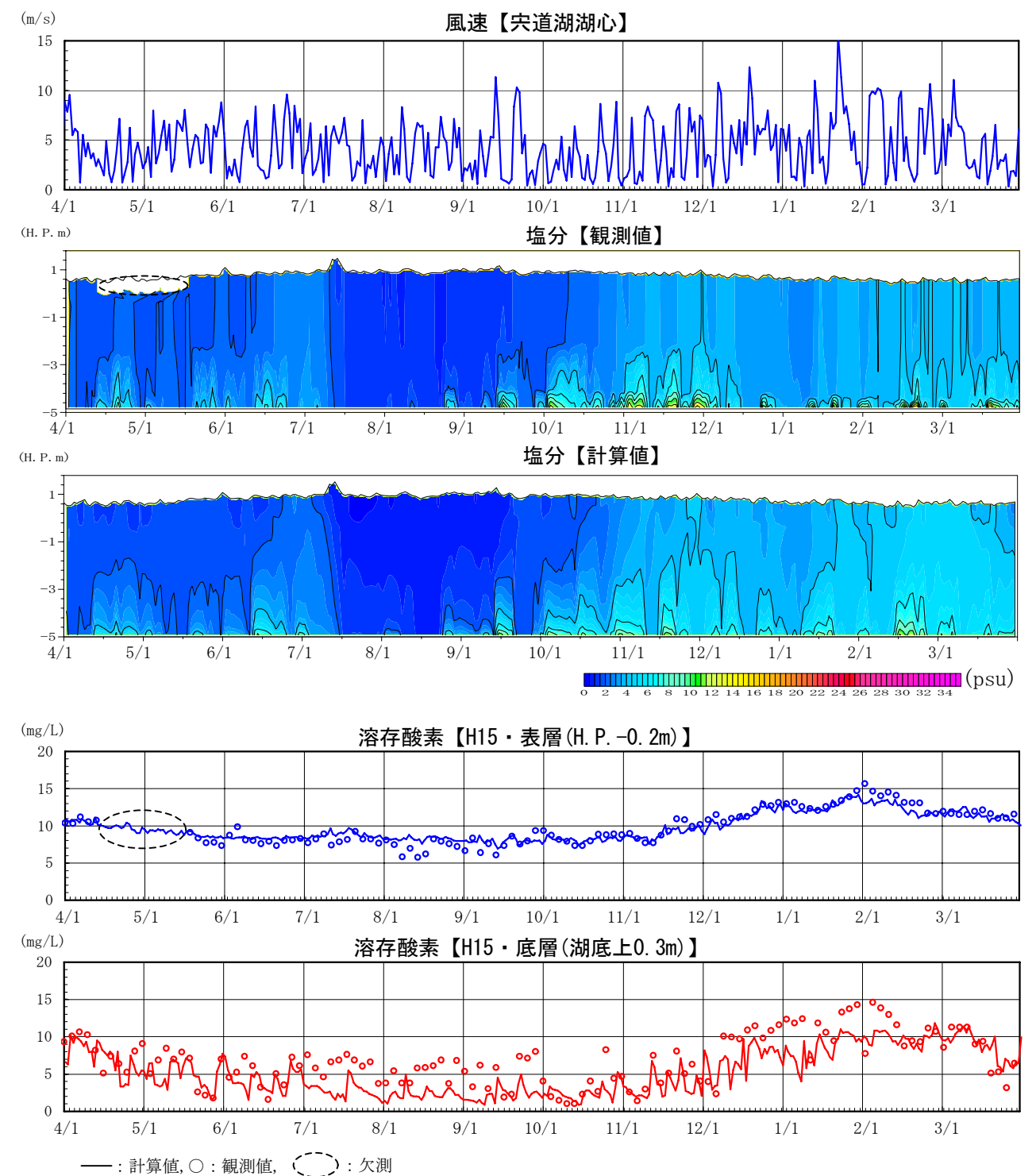
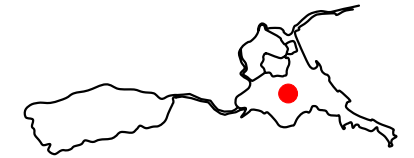


図 3.3.2 宍道湖湖心の検証計算結果 (H15. 4/1~H16. 3/31, 溶存酸素の日変動)

(2) 中海(湖心)

・ 中海は年間を通じて安定して塩分成層が形成されているため、水温が高くなる夏季は底層において溶存酸素が低くなる。計算値はこの溶存酸素の季節的な変動特性を概ね再現している。



【平成 6 年】

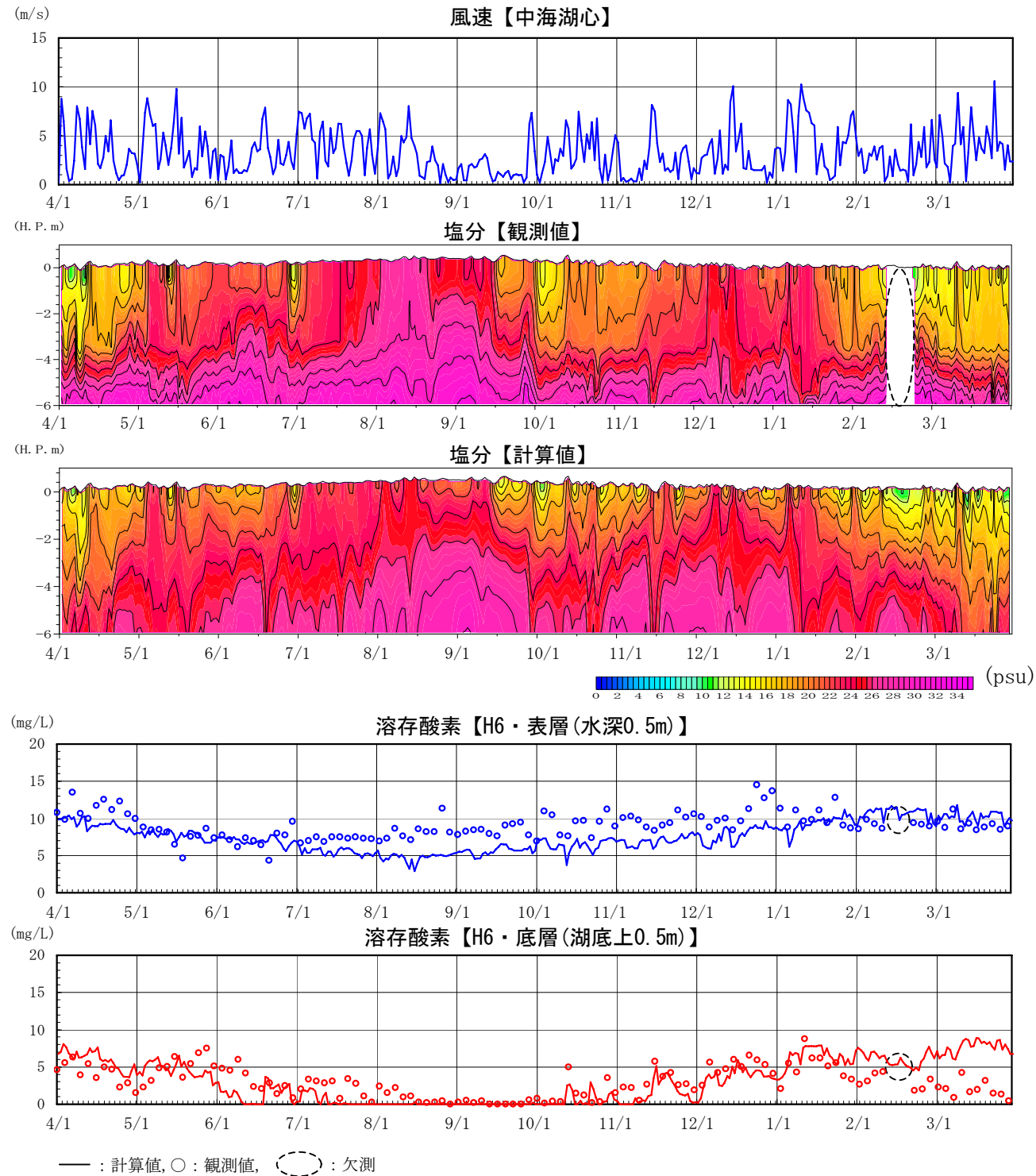


図 3.3.3 中海湖心の検証計算結果(H6. 4/1~H7. 3/31, 溶存酸素の日変動)

【平成 15 年】

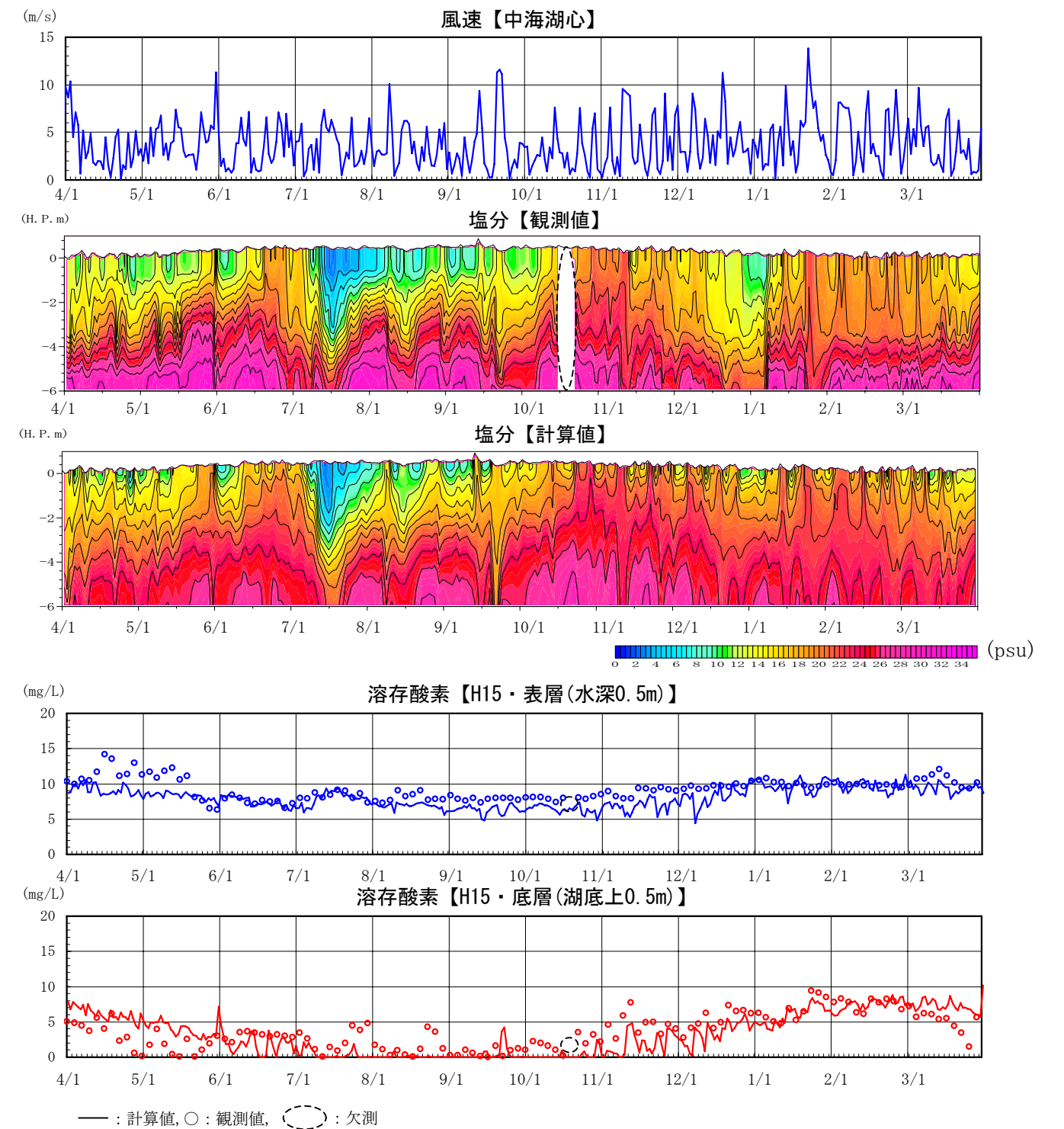
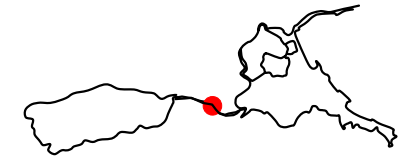


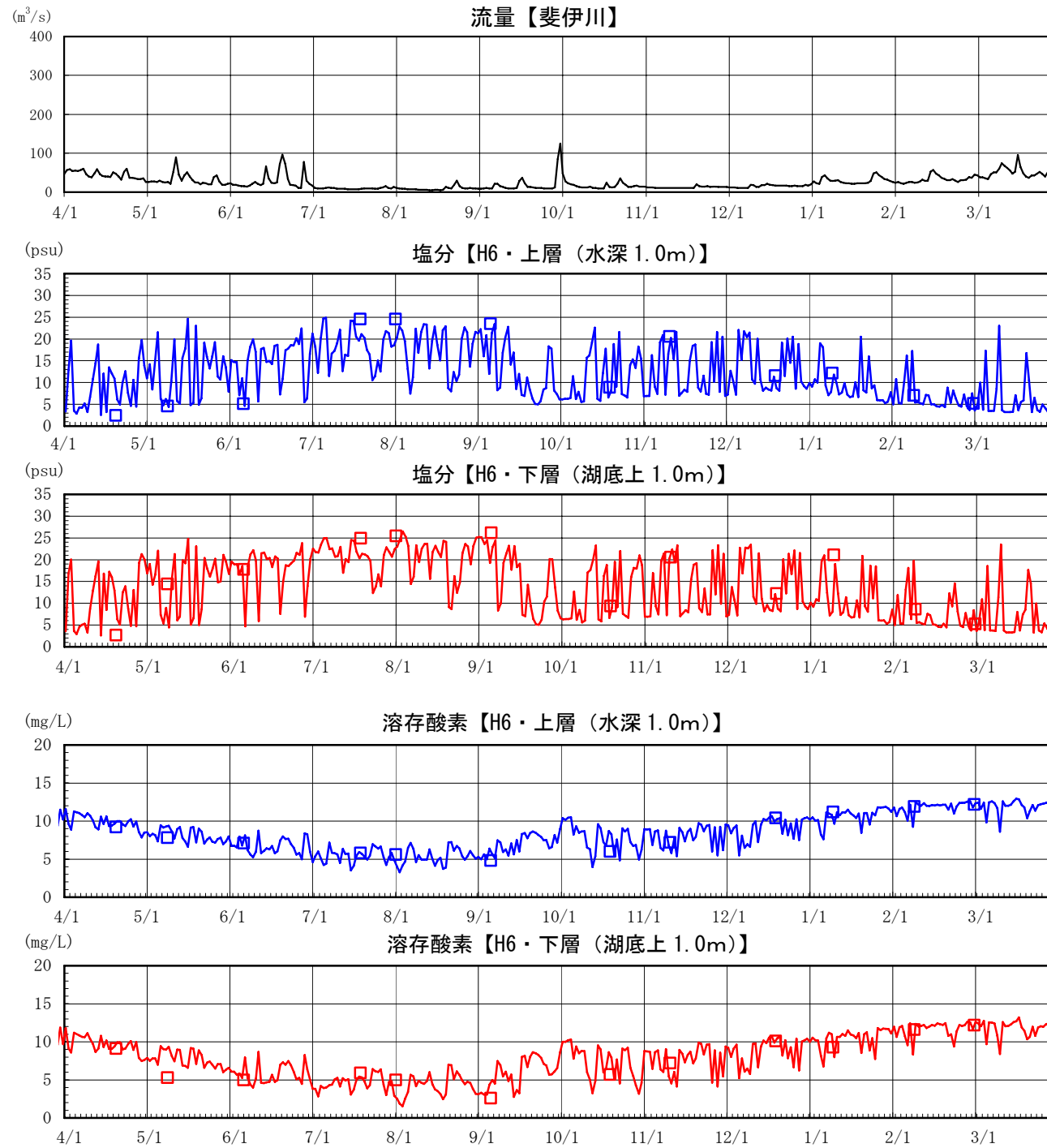
図 3.3.4 中海湖心の検証計算結果(H15. 4/1~H16. 3/31, 溶存酸素の日変動)

(3) 大橋川(矢田)

・ 大橋川は中海・宍道湖のように明瞭な貧酸素期間はないが、中海からの遡上が卓越する期間において下層の溶存酸素が低くなる傾向にある。計算値はこの溶存酸素の変動特性を概ね再現している。



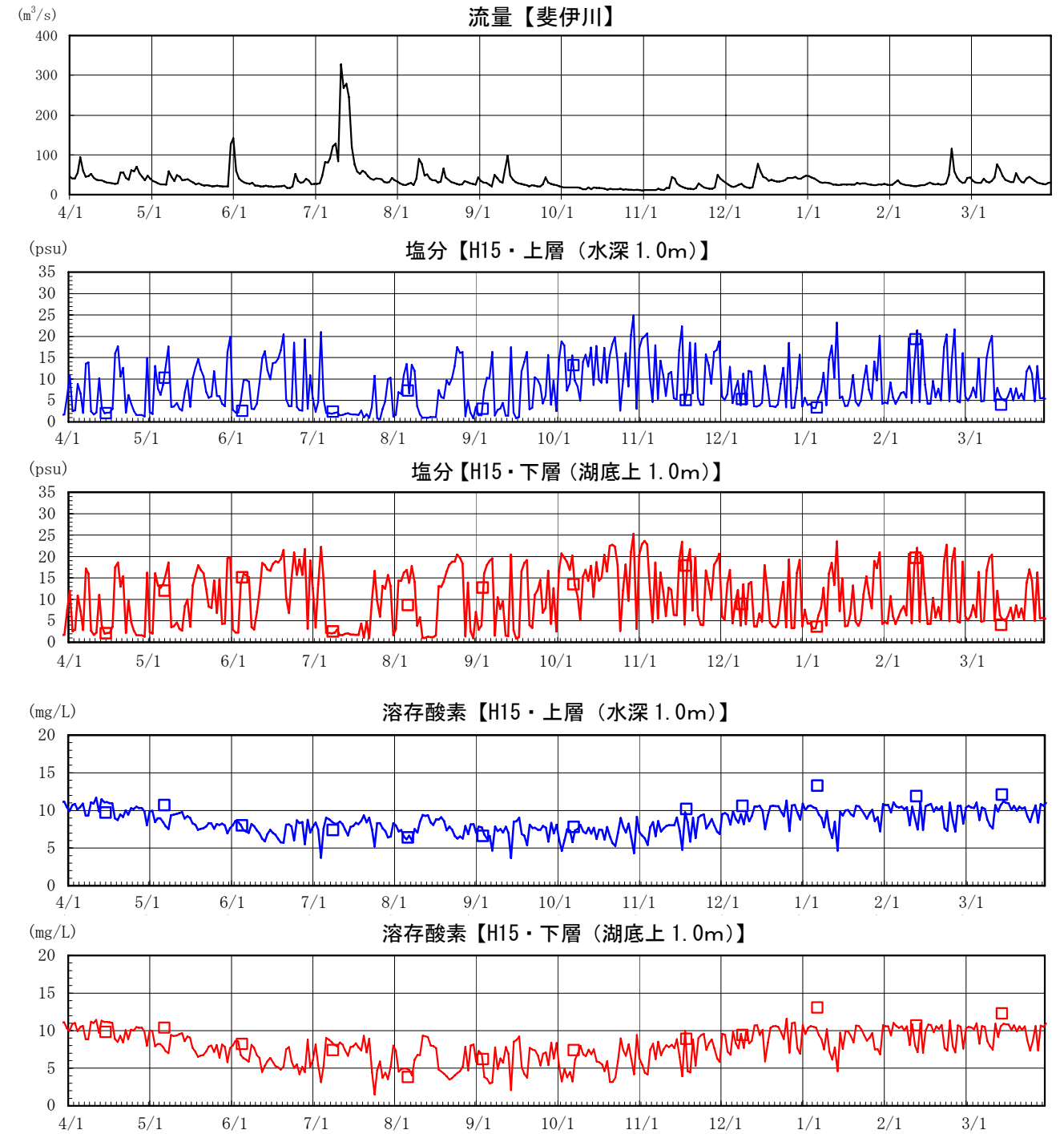
【平成 6 年】



— : 計算値, □ : 観測値

図 3.3.5 大橋川・矢田の検証計算結果(H6. 4/1~H7. 3/31, 溶存酸素の日変動)

【平成 15 年】



— : 計算値, □ : 観測値

図 3.3.6 大橋川・矢田の検証計算結果(H15. 4/1~H16. 3/31, 溶存酸素の日変動)

(4) 溶存酸素の変化に伴うリン溶出

- ・ 水質予測モデルは、宍道湖における塩分成層の形成に伴う底層の溶存酸素の低下、さらに、溶存酸素の低下に伴う底層の無機態リンの上昇を表現している。
- ・ 水質予測モデルは、塩分成層形成による水質状況の変化を表現している。

水質予測モデル検証計算結果より、平成15年10月1～20日における宍道湖内の塩分、溶存酸素、無機態リンを以下に整理する。

宍道湖湖心において、塩分成層形成による底層の溶存酸素の低下、さらに溶存酸素低下による底層の無機態リンの上昇が計算において表現されている。

一方、同期間における宍道湖南岸の結果では、塩分成層が形成されておらず、溶存酸素の低下、無機態リンの上昇は確認されていない。水質予測モデルは塩分成層形成による水質状況の変化が表現されている。

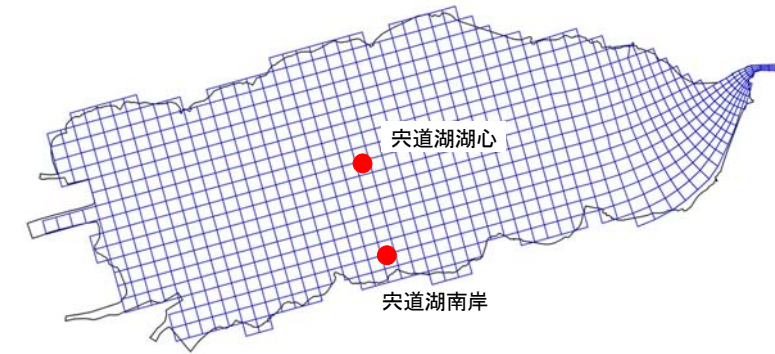


図 3.3.8 出力地点

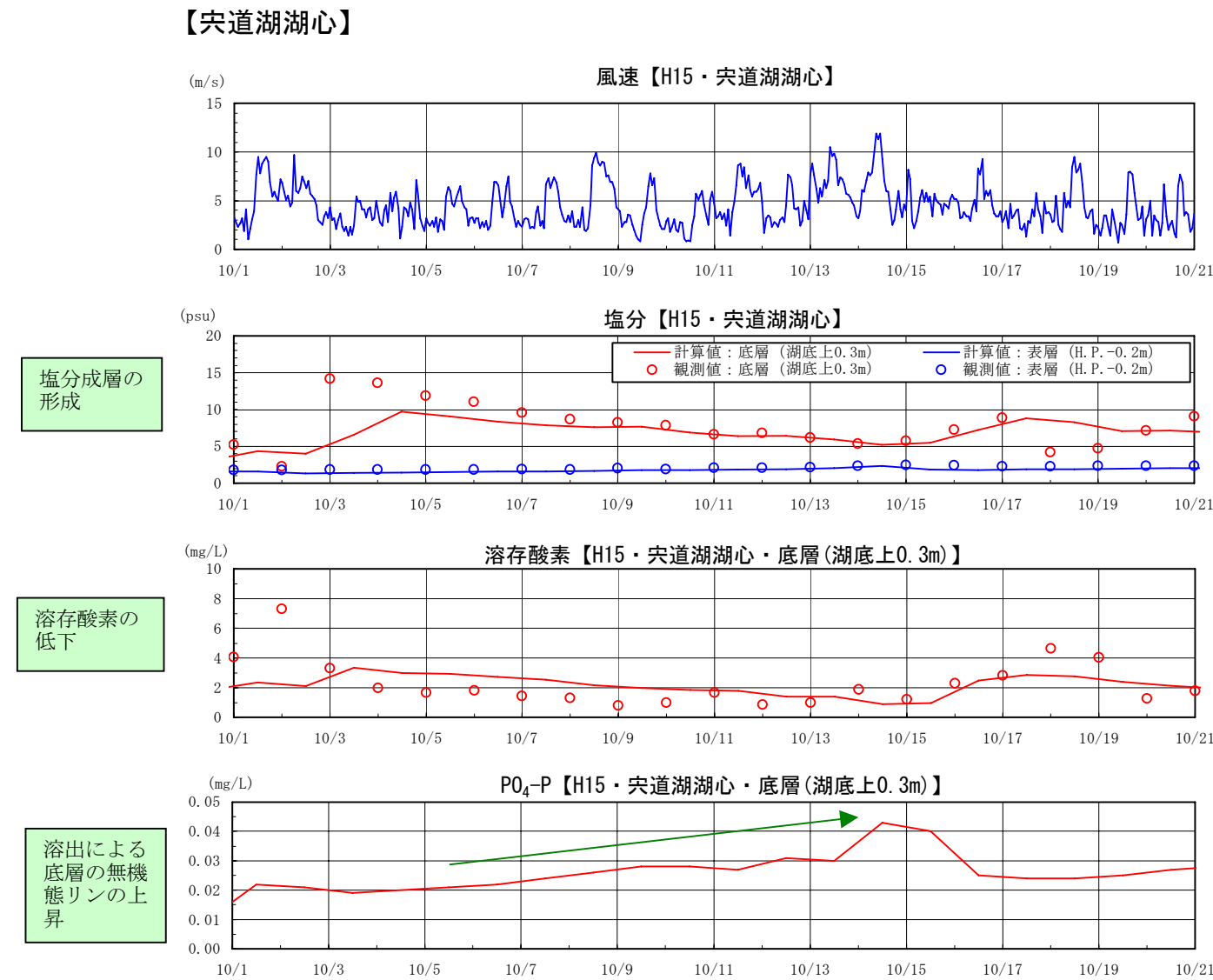


図 3.3.7 宍道湖湖心の成層形成と PO_4-P (H15. 10/1～H15. 10/20, 日変動)

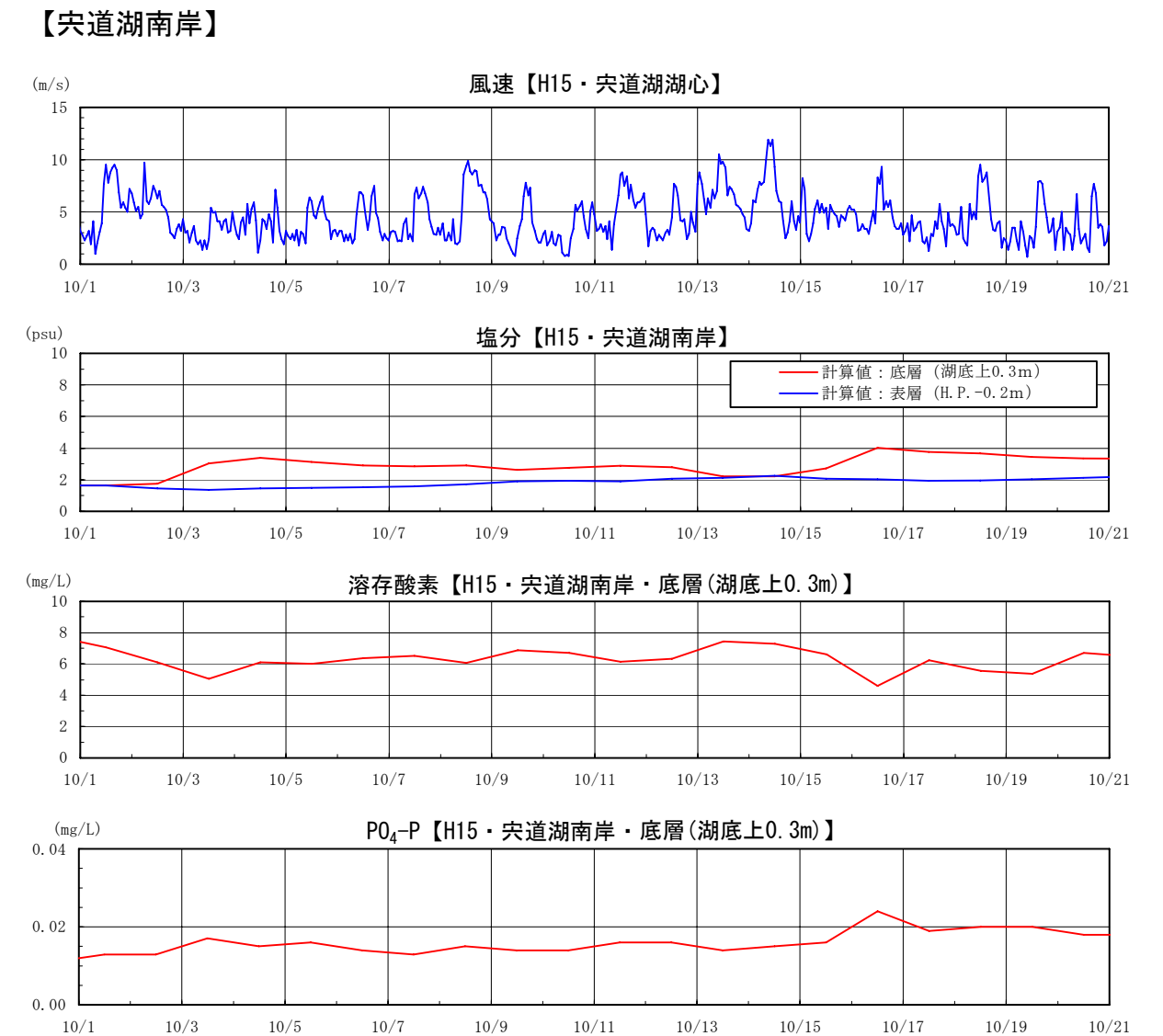


図 3.3.9 宍道湖南岸の成層形成と PO_4-P (H15. 10/1～H15. 10/20, 日変動)

3.3.2 内部生産

(1) 季節変化(平成6年)

- ・ 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($PO_4\text{-P}$)の上昇や夏季の底層の硝酸・亜硝酸態窒素($NO_x\text{-N}$)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。

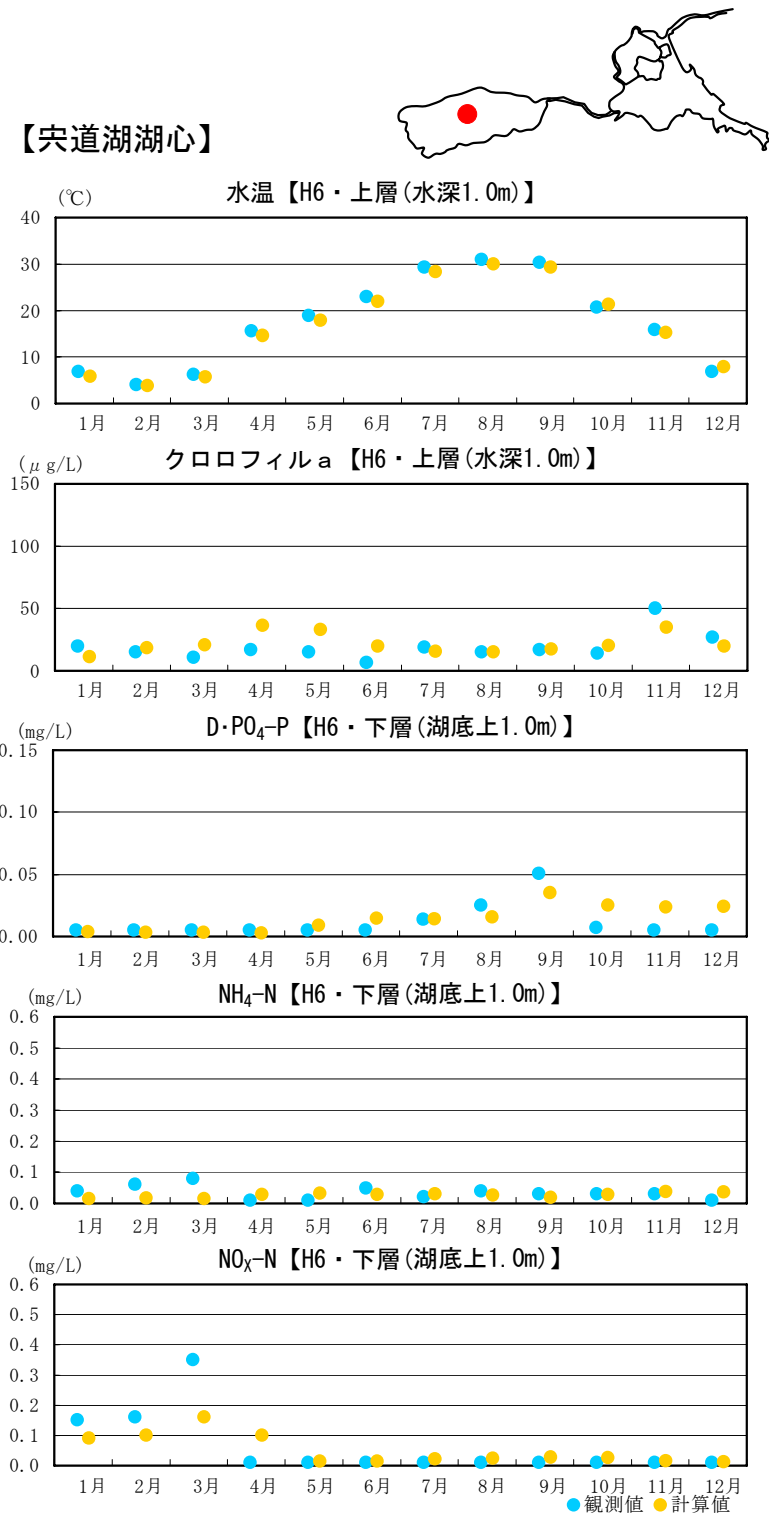


図 3.3.10 水質予測計算結果(H6, 宍道湖湖心)

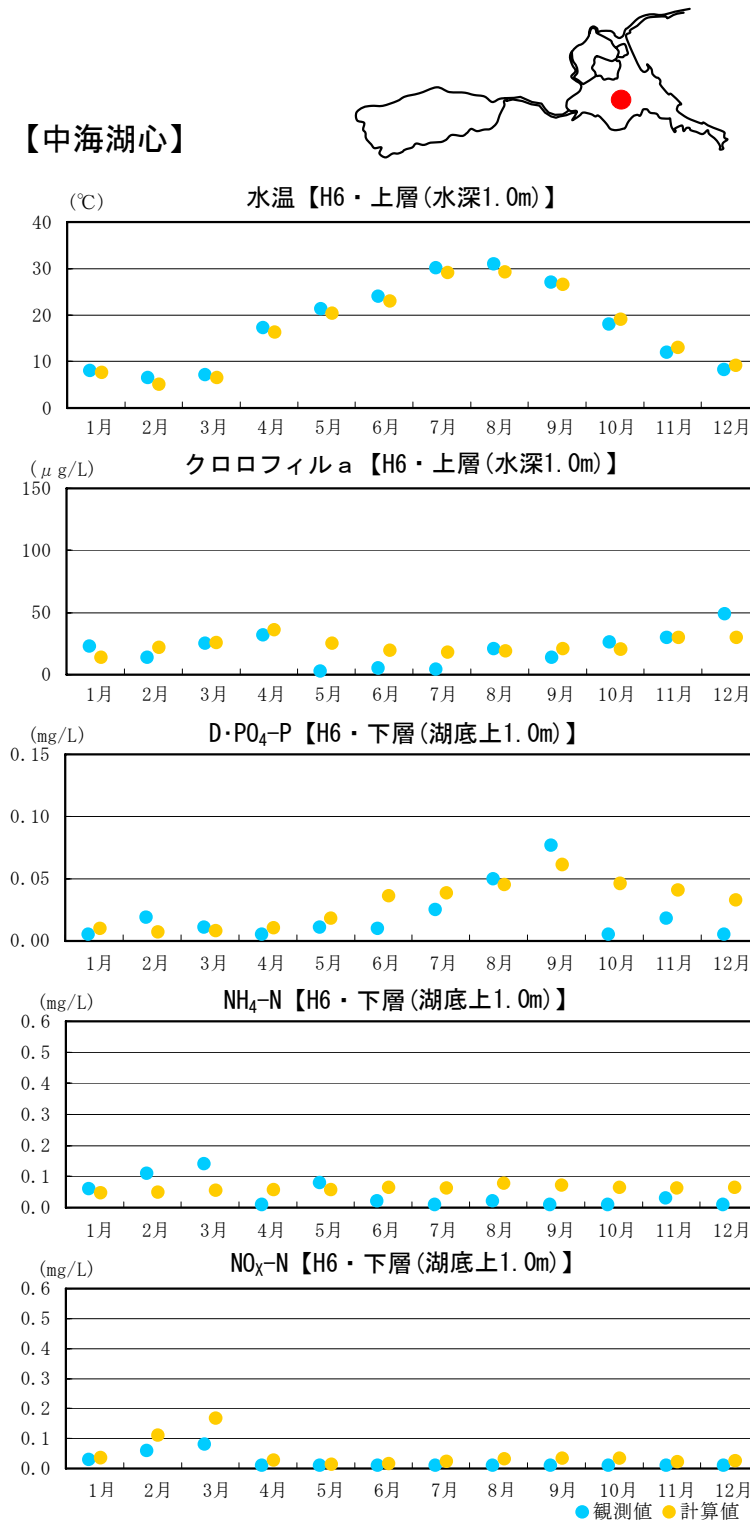


図 3.3.11 水質予測計算結果(H6, 中海湖心)

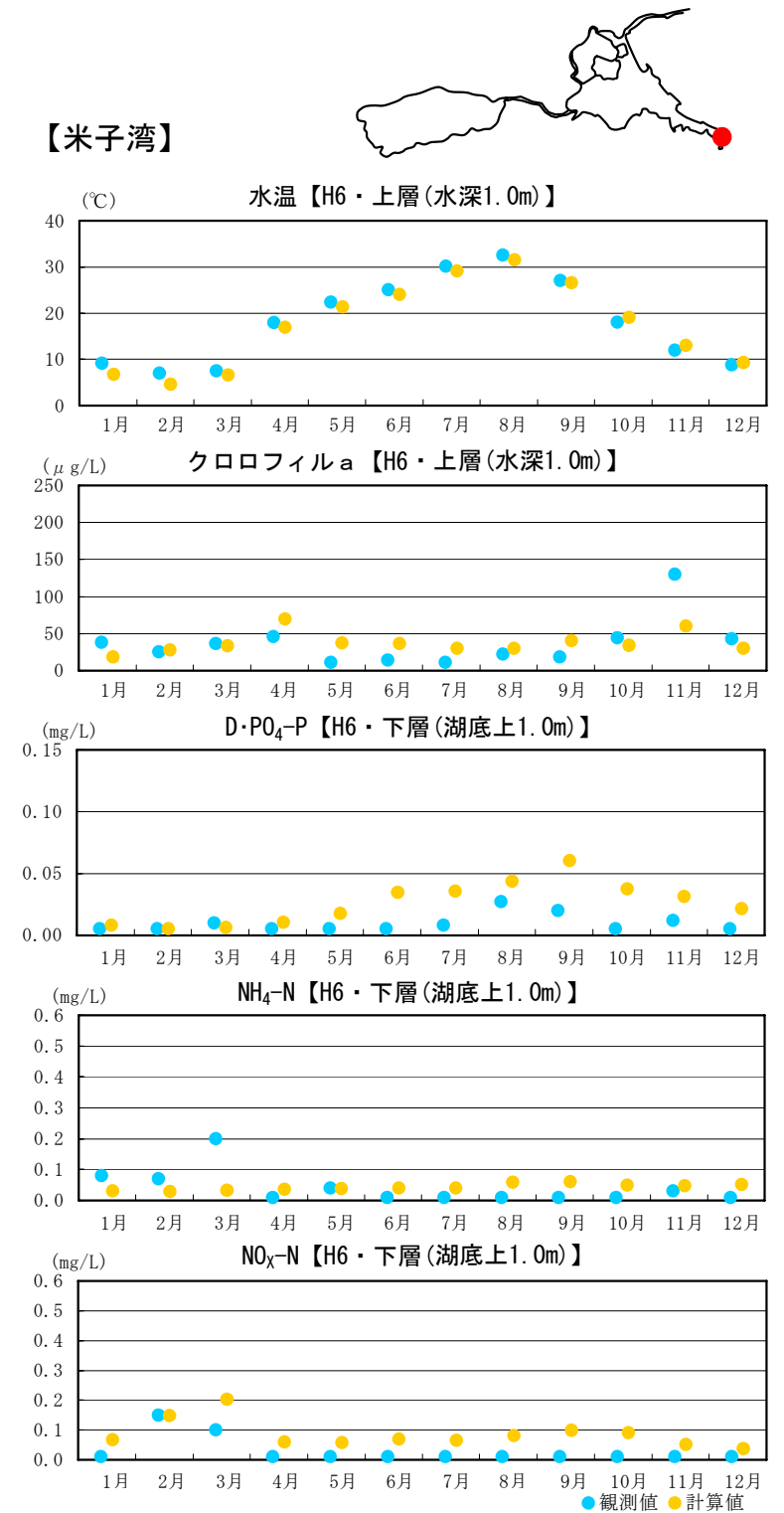


図 3.3.12 水質予測計算結果(H6, 米子湾)

(2) 季節変化(平成 15 年)

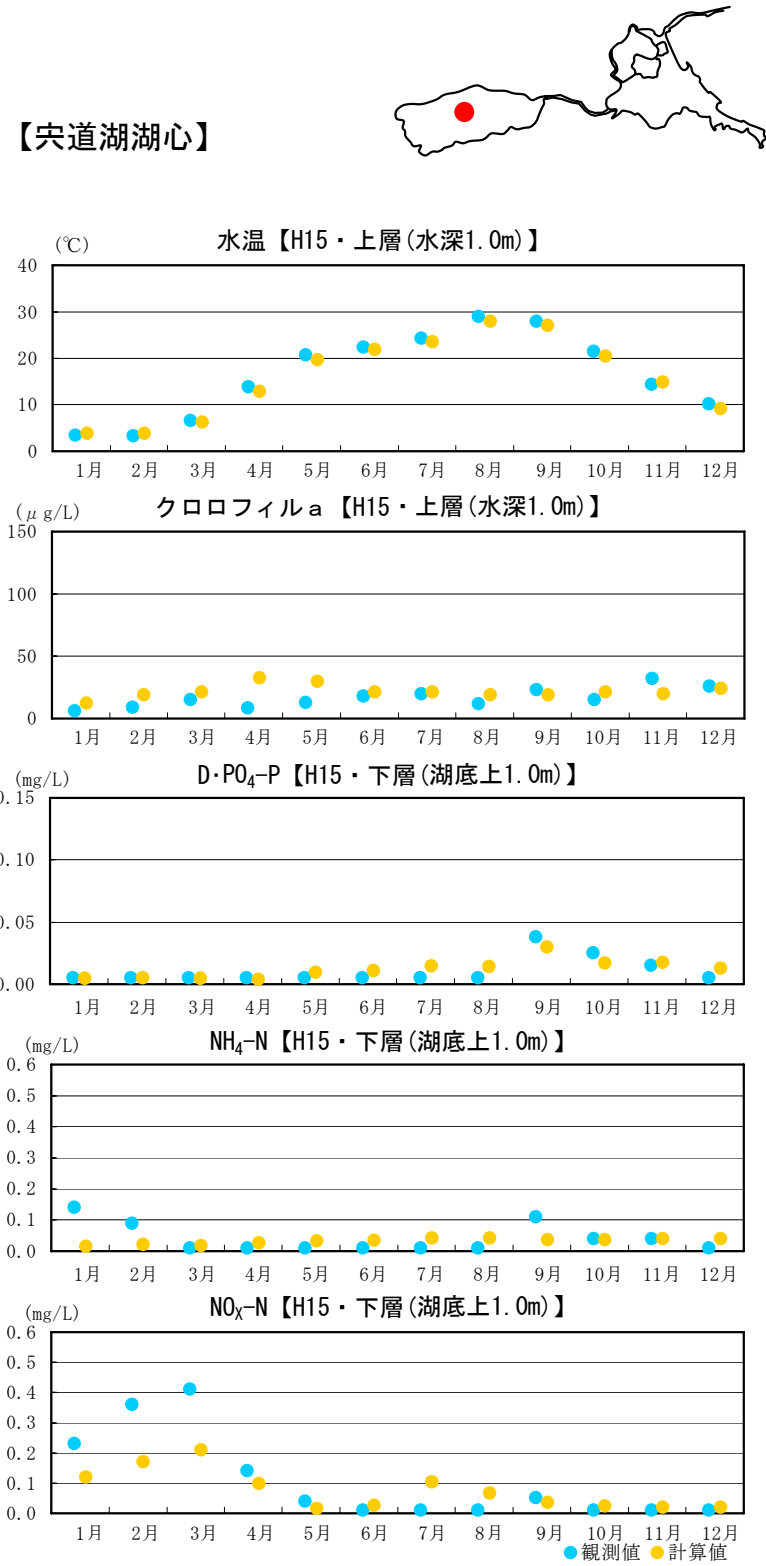


図 3.3.13 水質予測計算結果(H15, 宍道湖湖心)

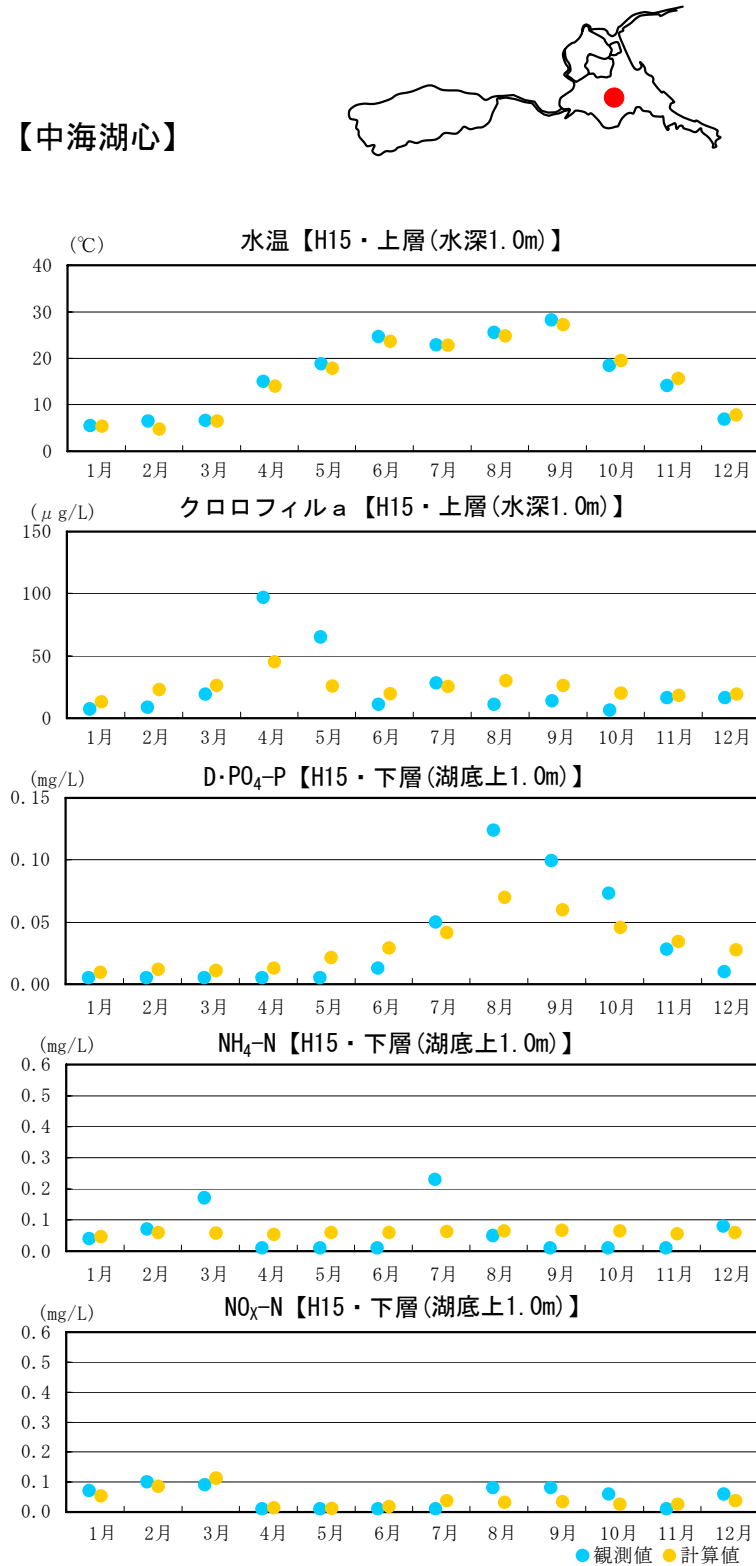


図 3.3.14 水質予測計算結果(H15, 中海湖心)

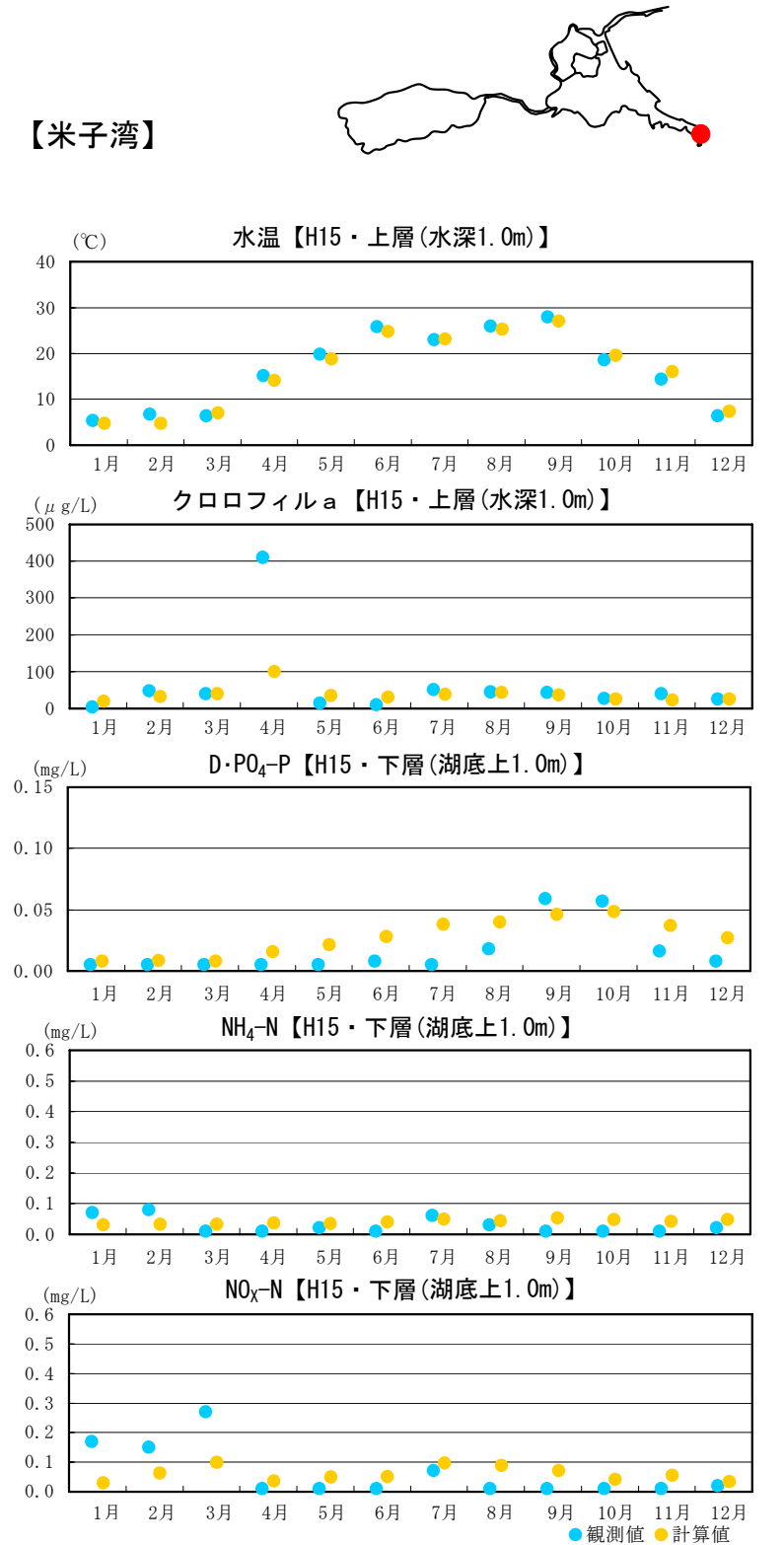


図 3.3.15 水質予測計算結果(H15, 米子湾)

3.3.3 その他の項目 (COD, T-N, T-P, SS)

(1) 季節変化 (平成6年)

- ・ COD, T-N, T-P 及び SS とともに年間の平均的な水質濃度は概ね再現している。
- ・ 宍道湖及び中海における夏季の T-P の上昇傾向や中海における春先の COD や SS の上昇傾向など各項目とも両地点の季節変化特性を概ね再現している。
- ・ 米子湾では、4月の T-N, T-P, SS の急激な上昇は、十分に再現できていないものの、その他の期間では概ね計算値と観測値は同様の变化特性を示している。

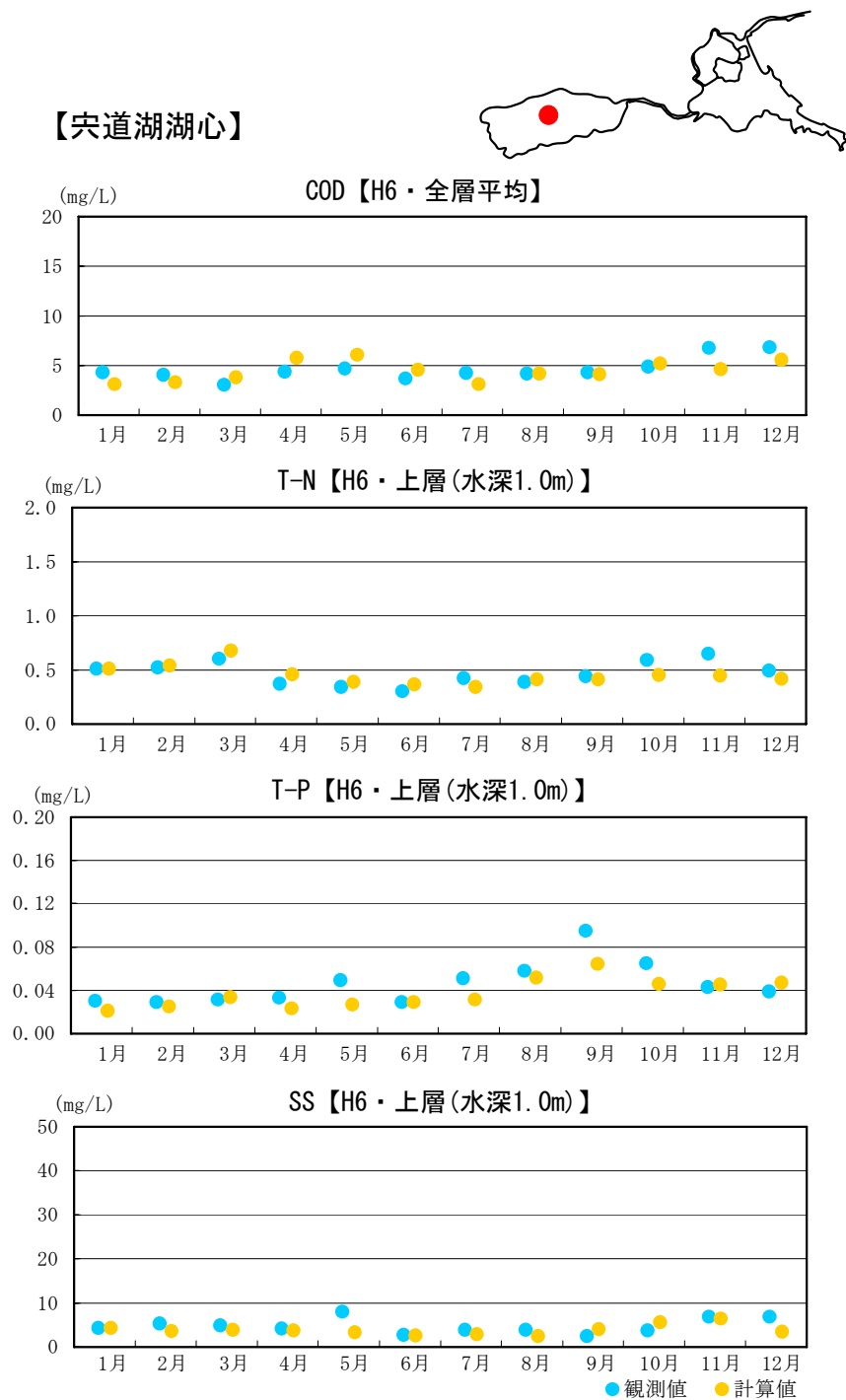


図 3.3.16 水質予測計算結果 (H6, 宍道湖湖心)

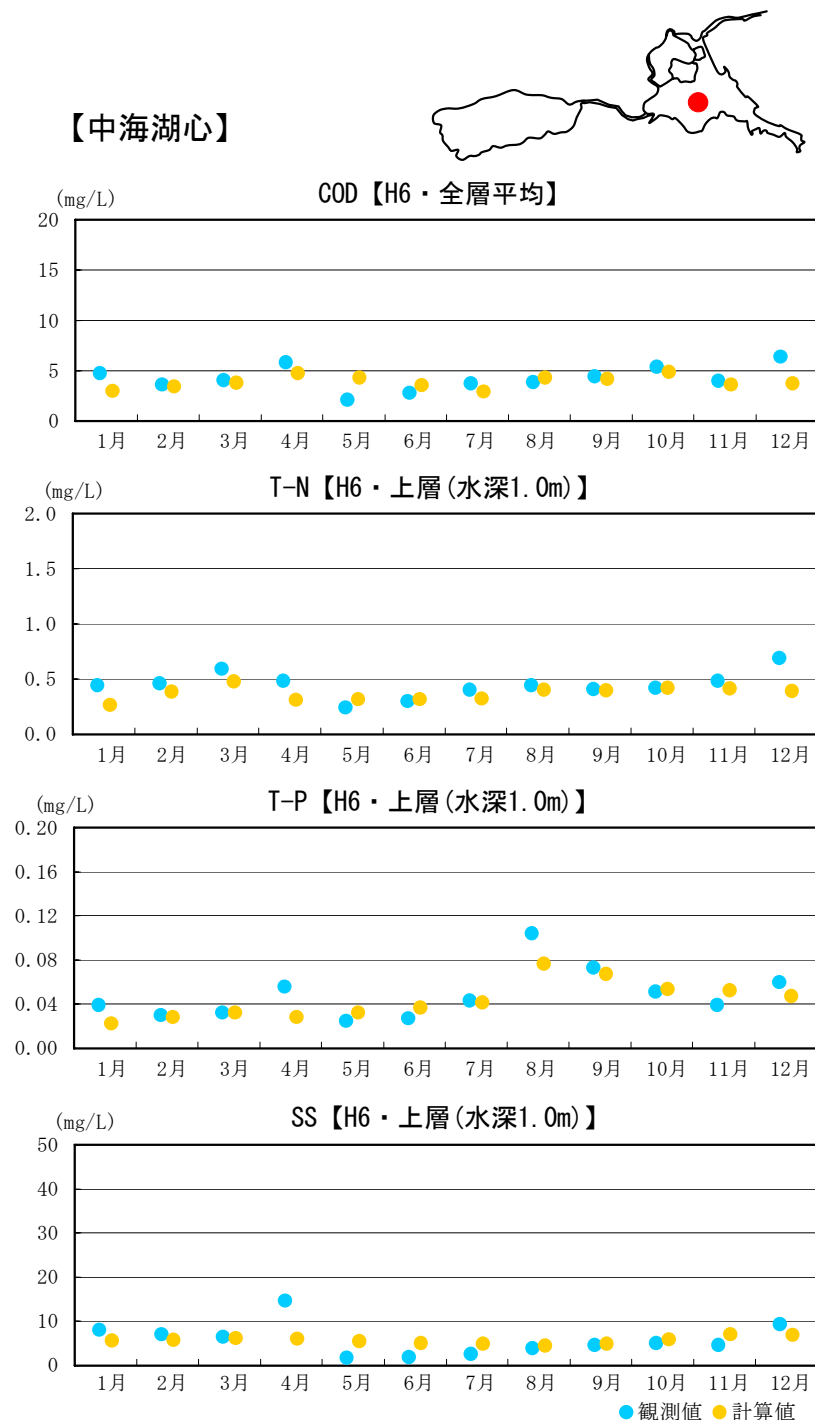


図 3.3.17 水質予測計算結果 (H6, 中海湖心)

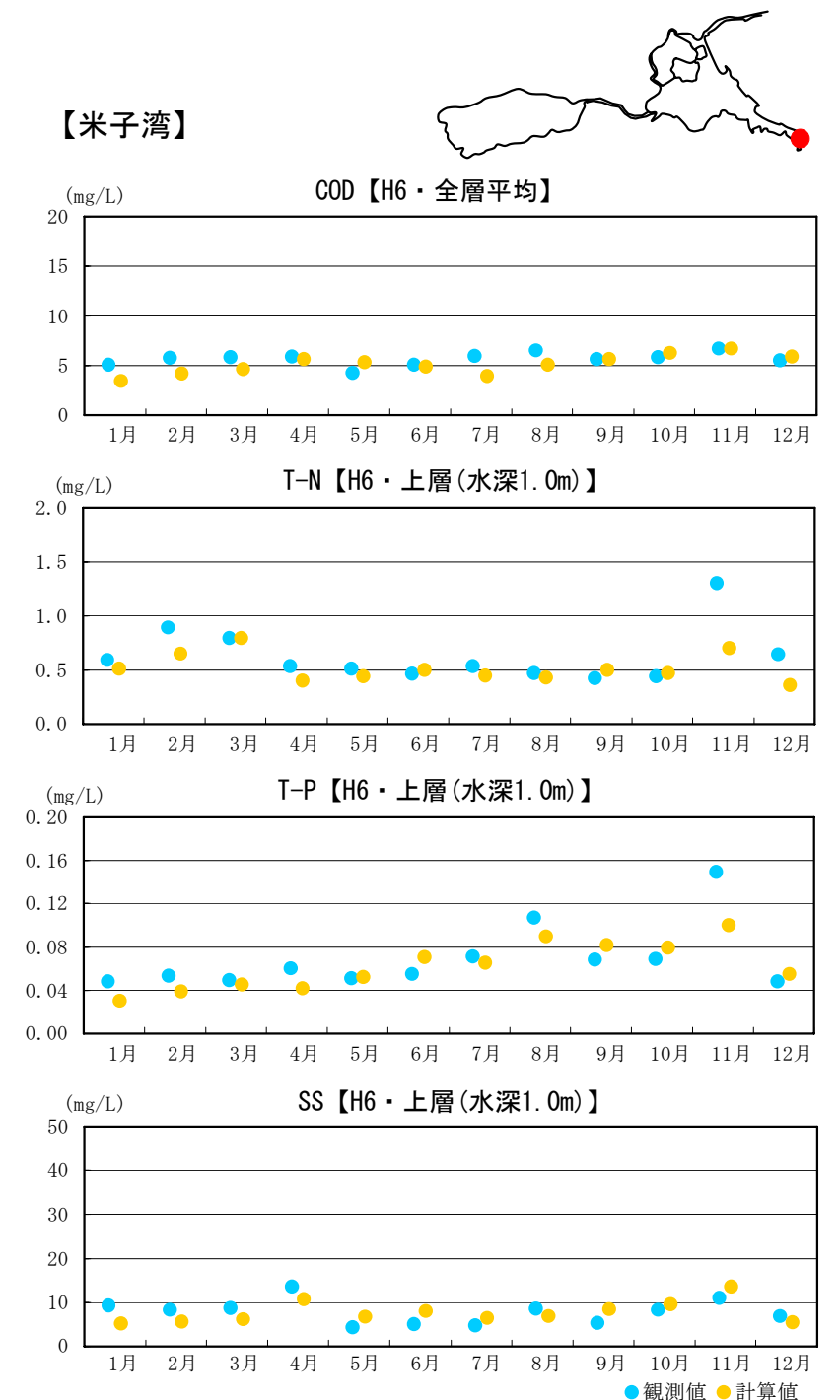


図 3.3.18 水質予測計算結果 (H6, 米子湾)

(2) 季節变化(平成 15 年)

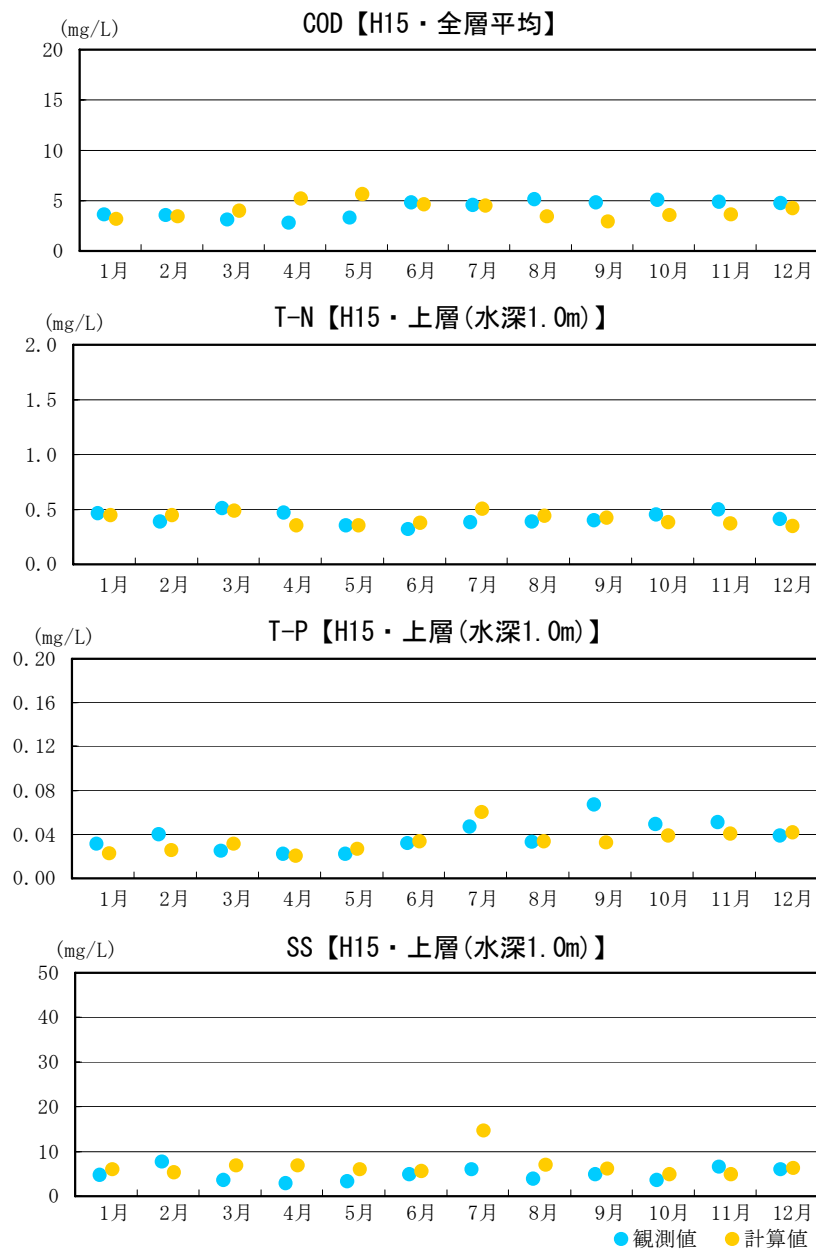


図 3.3.19 水質予測計算結果(H15, 宍道湖湖心)

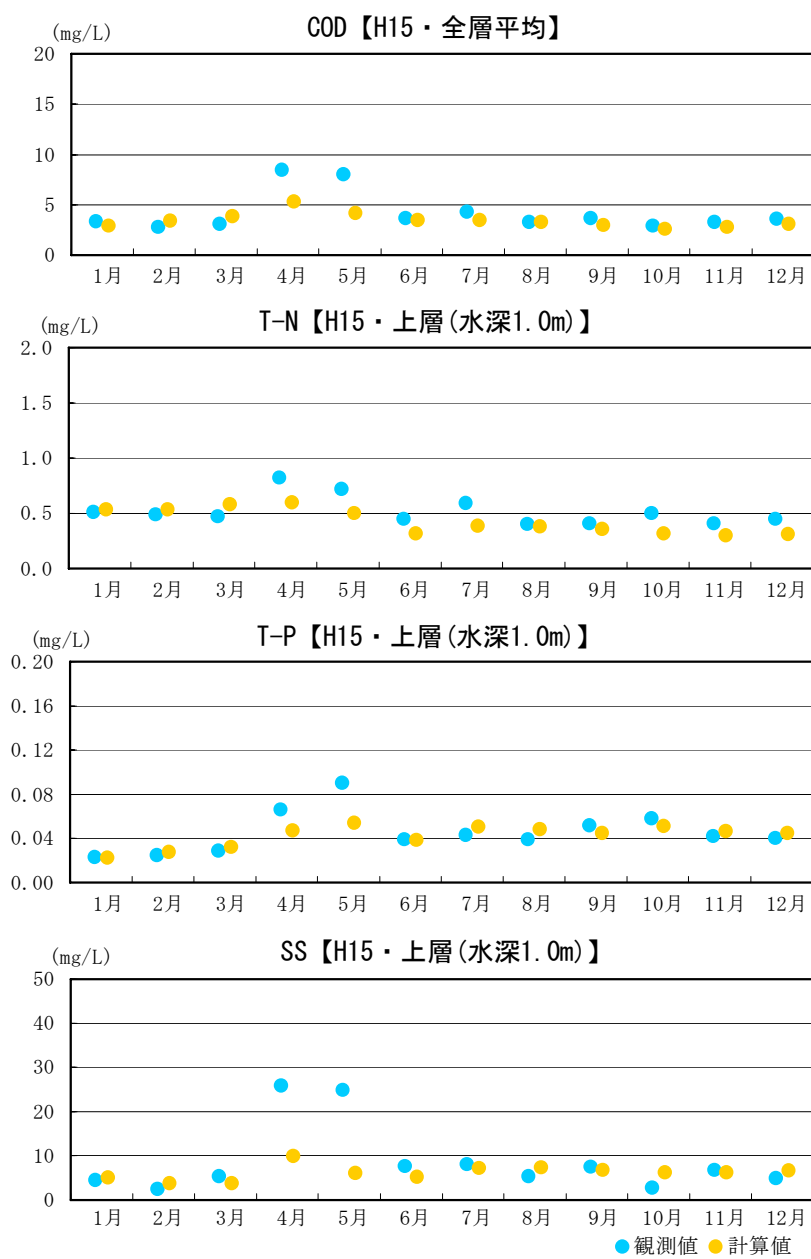


図 3.3.20 水質予測計算結果(H15, 中海湖心)

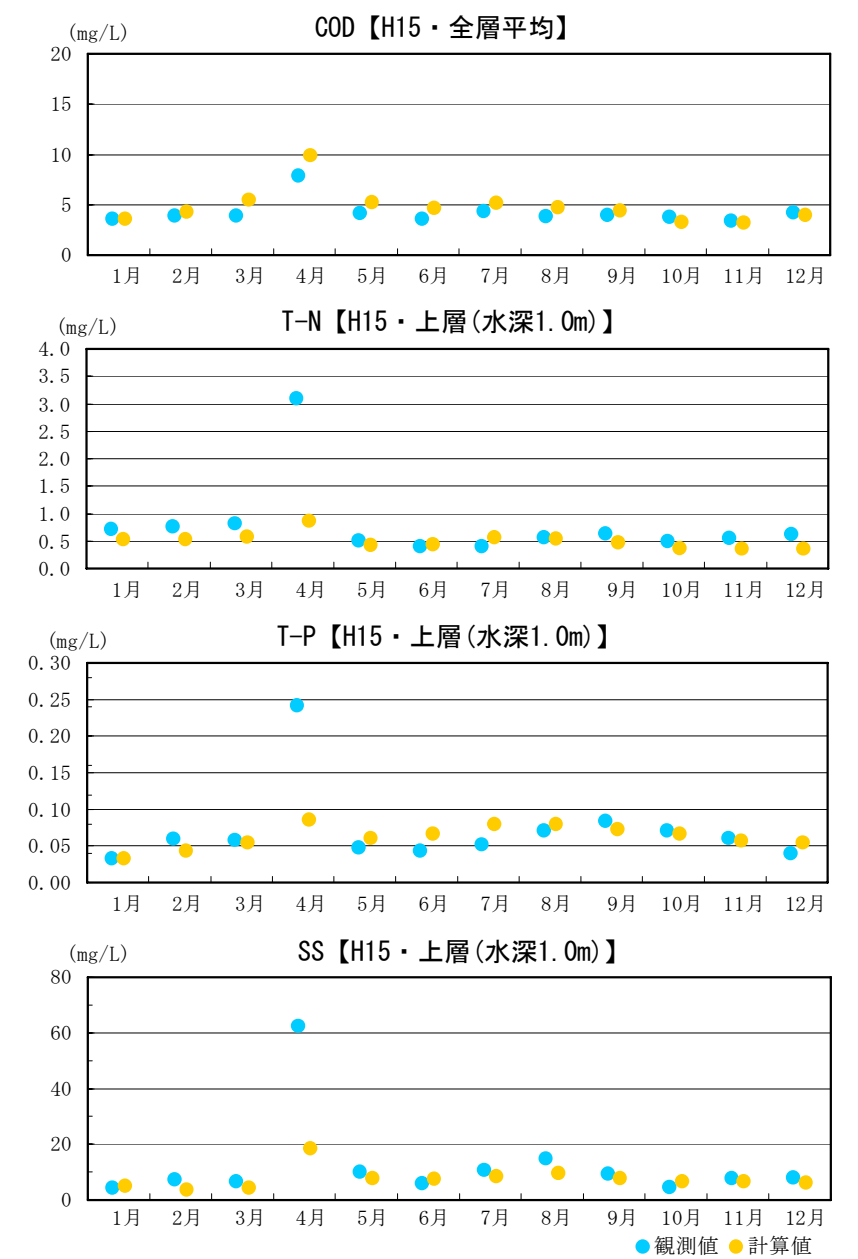


図 3.3.21 水質予測計算結果(H15, 米子湾)

4. バックグラウンド(他事業)の影響について

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 4.1.1 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	完成予定年度	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	H20	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		

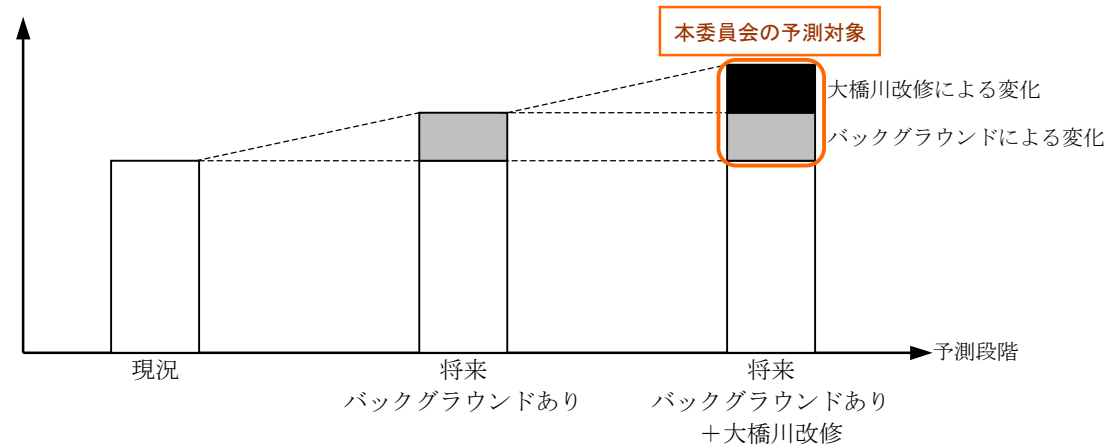


図 4.1.1 大橋川改修による水環境への影響予測のイメージ

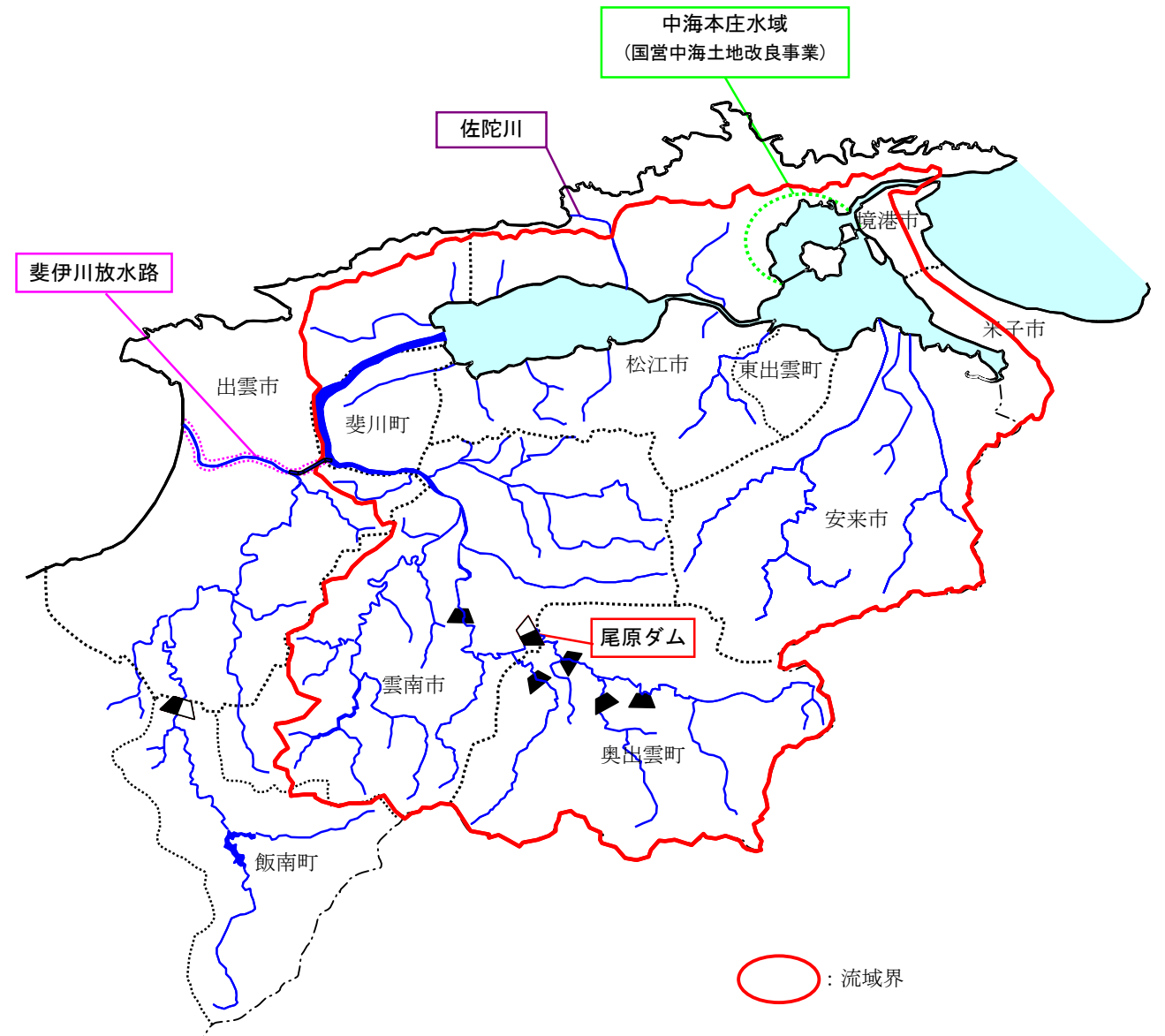


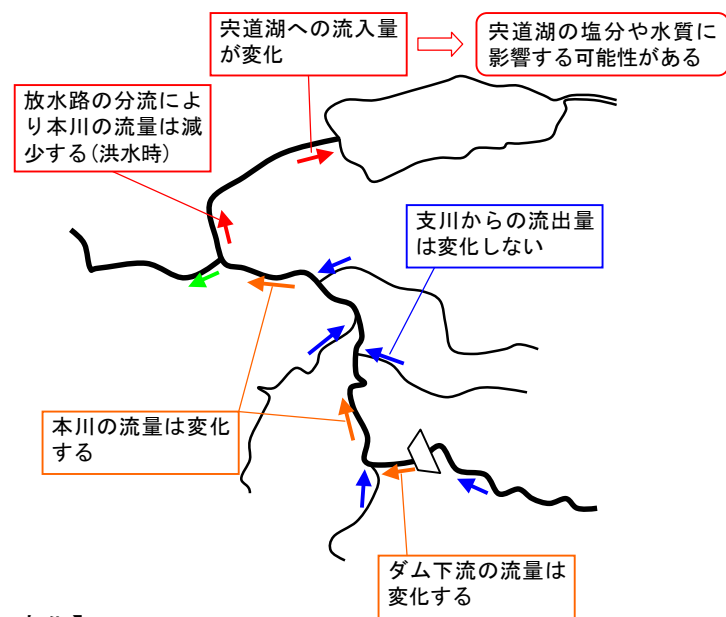
図 4.1.2 バックグラウンドとして考慮する事業の実施位置

4.2 尾原ダム建設及び斐伊川放水路建設の組み込み方法

4.2.1 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。

【流入水量の変化】



【流入水質の変化】

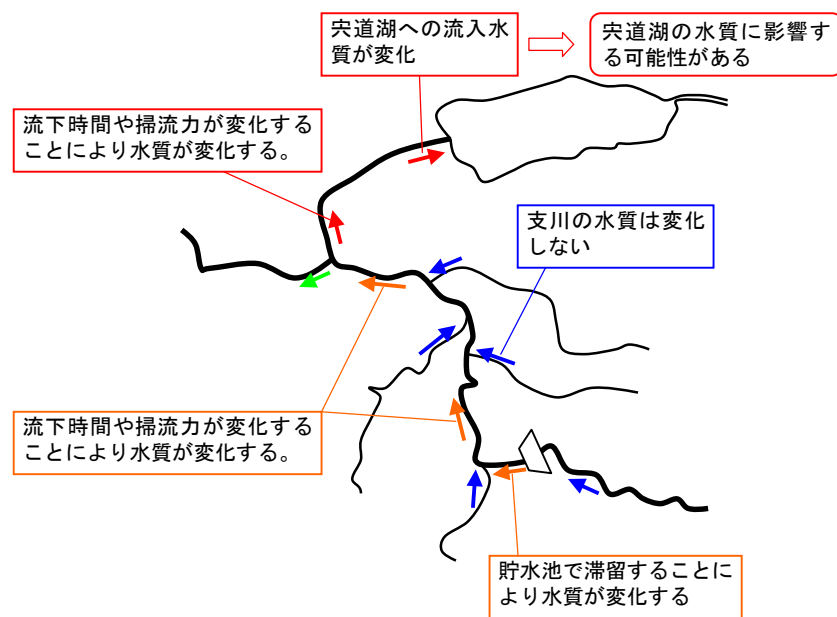
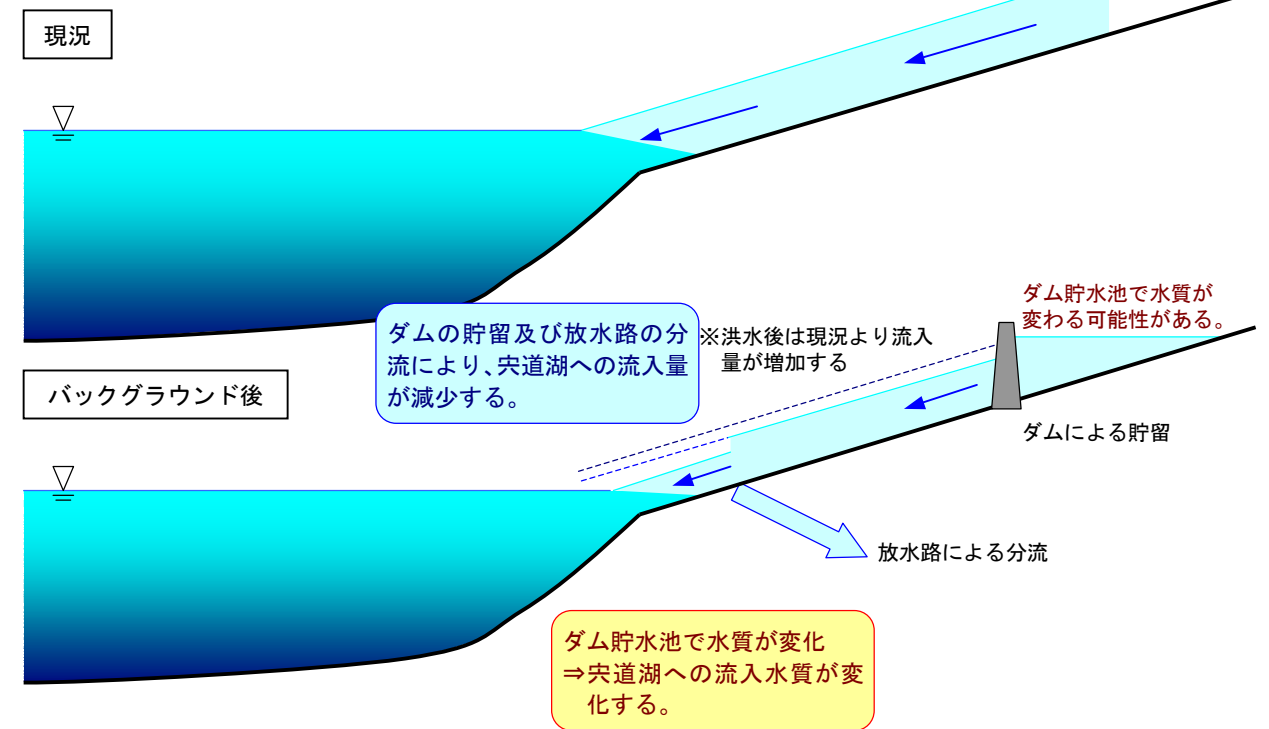


図 4.2.1 尾原ダム建設及び斐伊川放水路建設により想定される変化

【洪水時】



【渇水時】

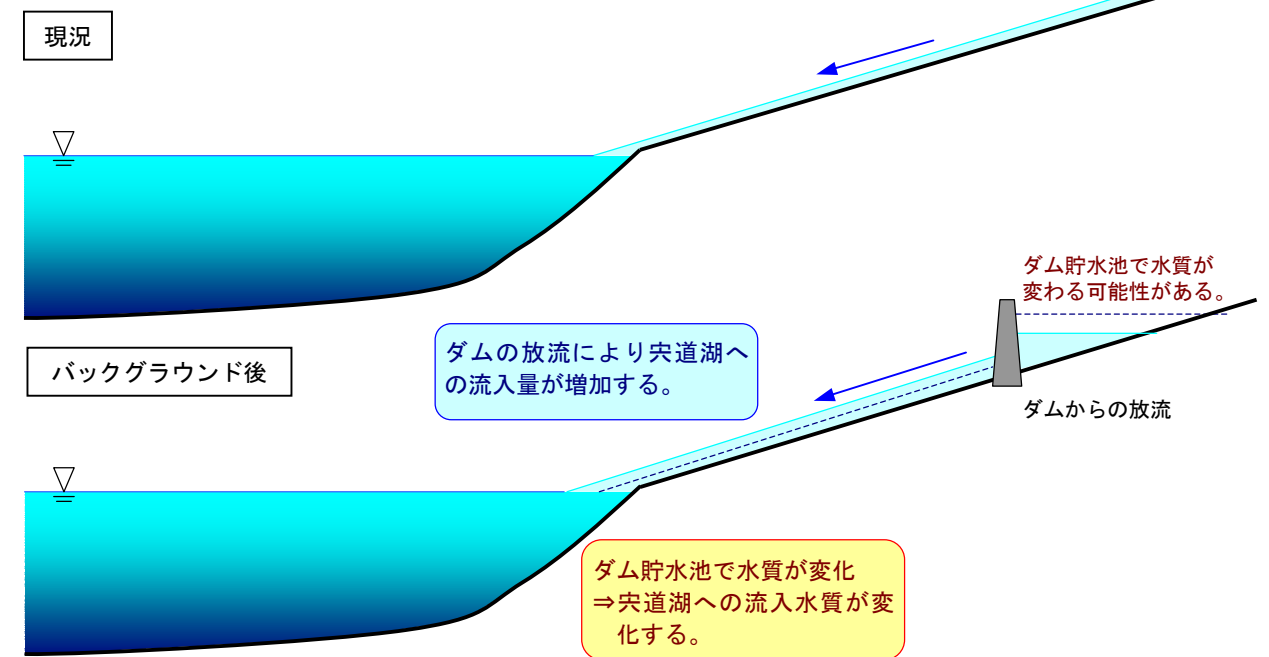


図 4.2.2 尾原ダム建設及び斐伊川放水路建設により想定される流量・水質変化

4.2.2 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 4.2.1 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式を流入量に適用して、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

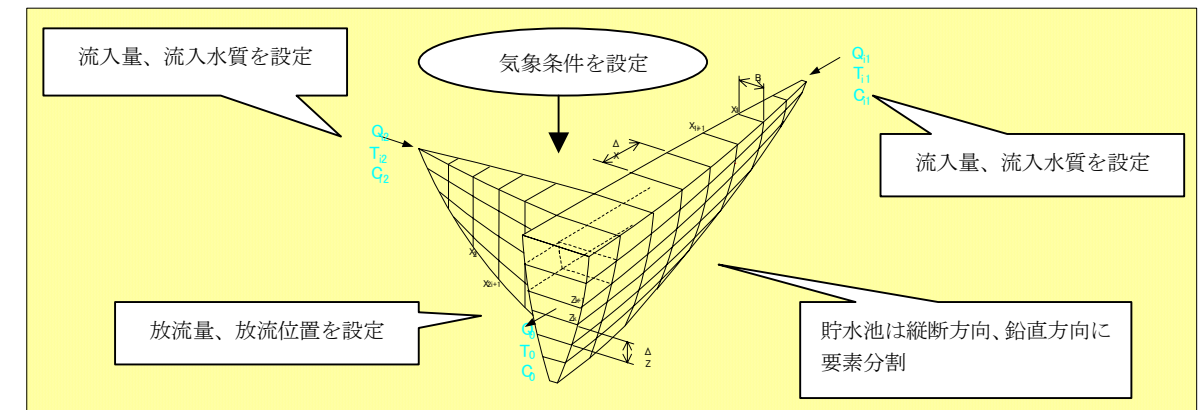


図 4.2.3 尾原ダム水質予測モデルの概要

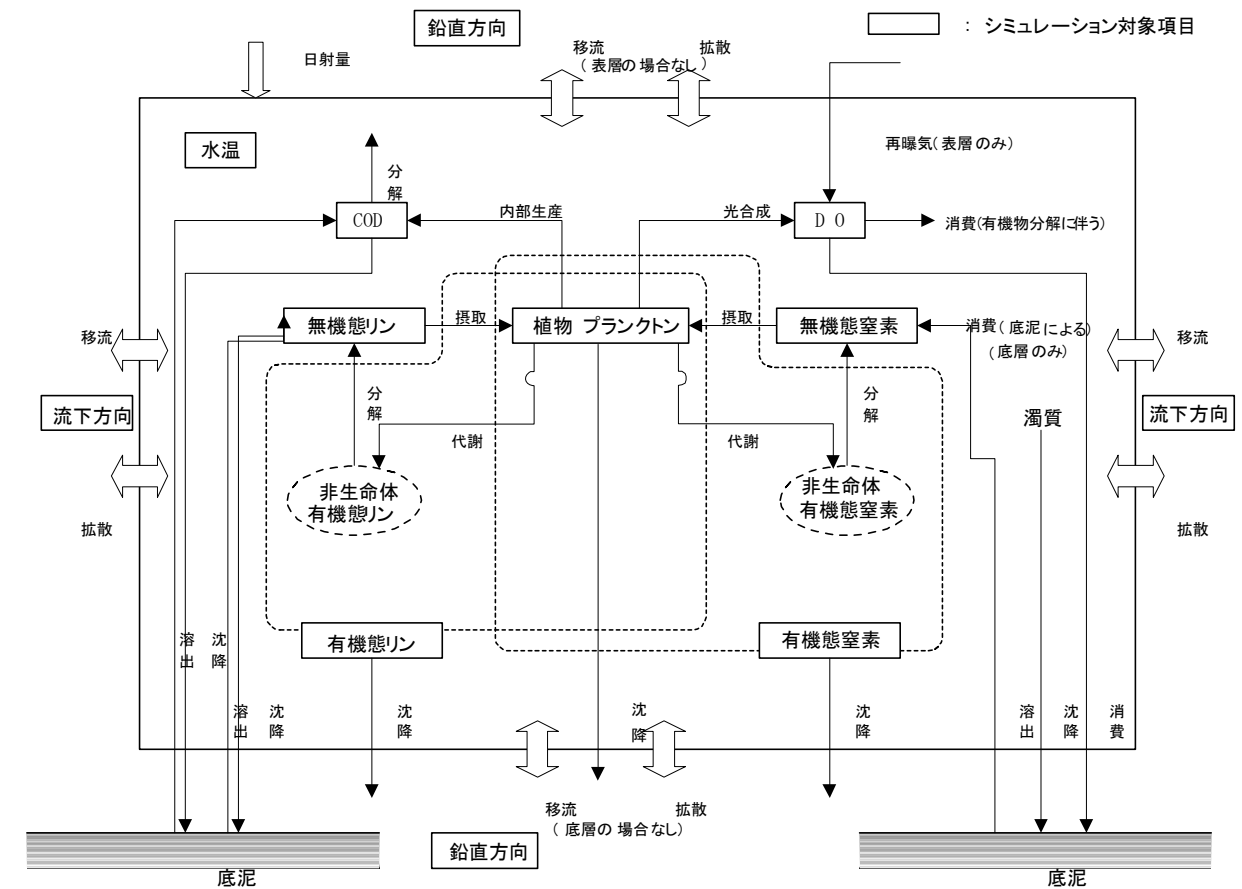


図 4.2.4 物質循環図

(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, C₀ : 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)

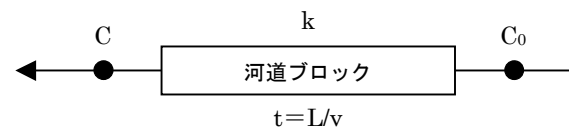


図 4.2.5 下流河川水質予測モデルの概念

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。

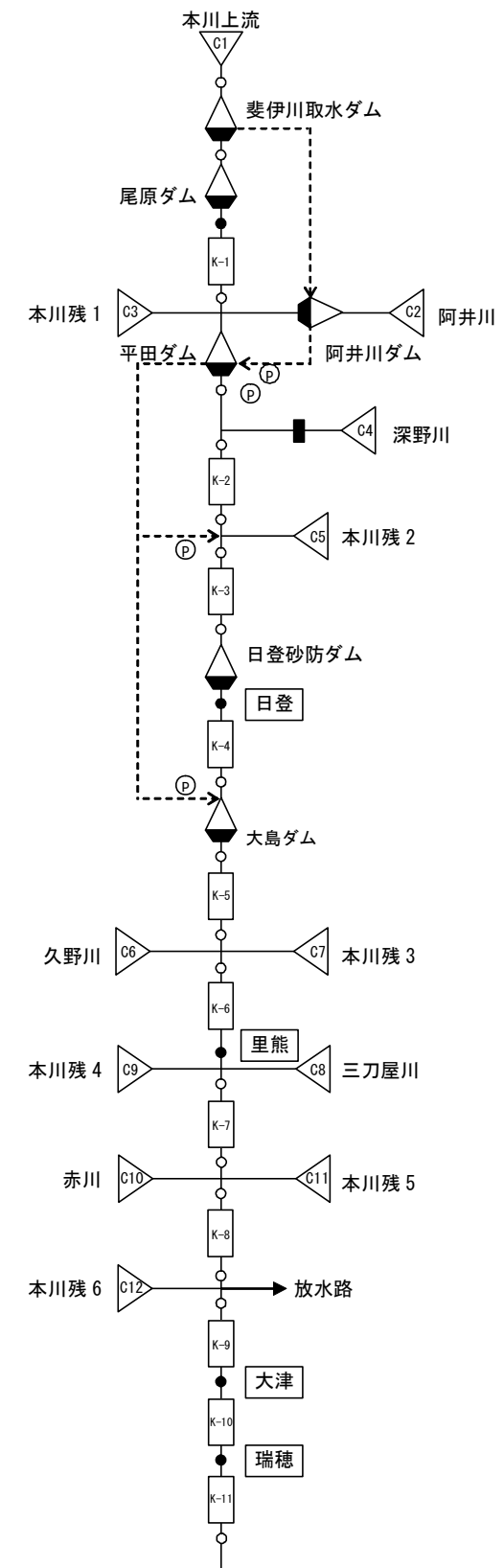


図 4.2.6 尾原ダム下流河川水質予測モデル図

(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。

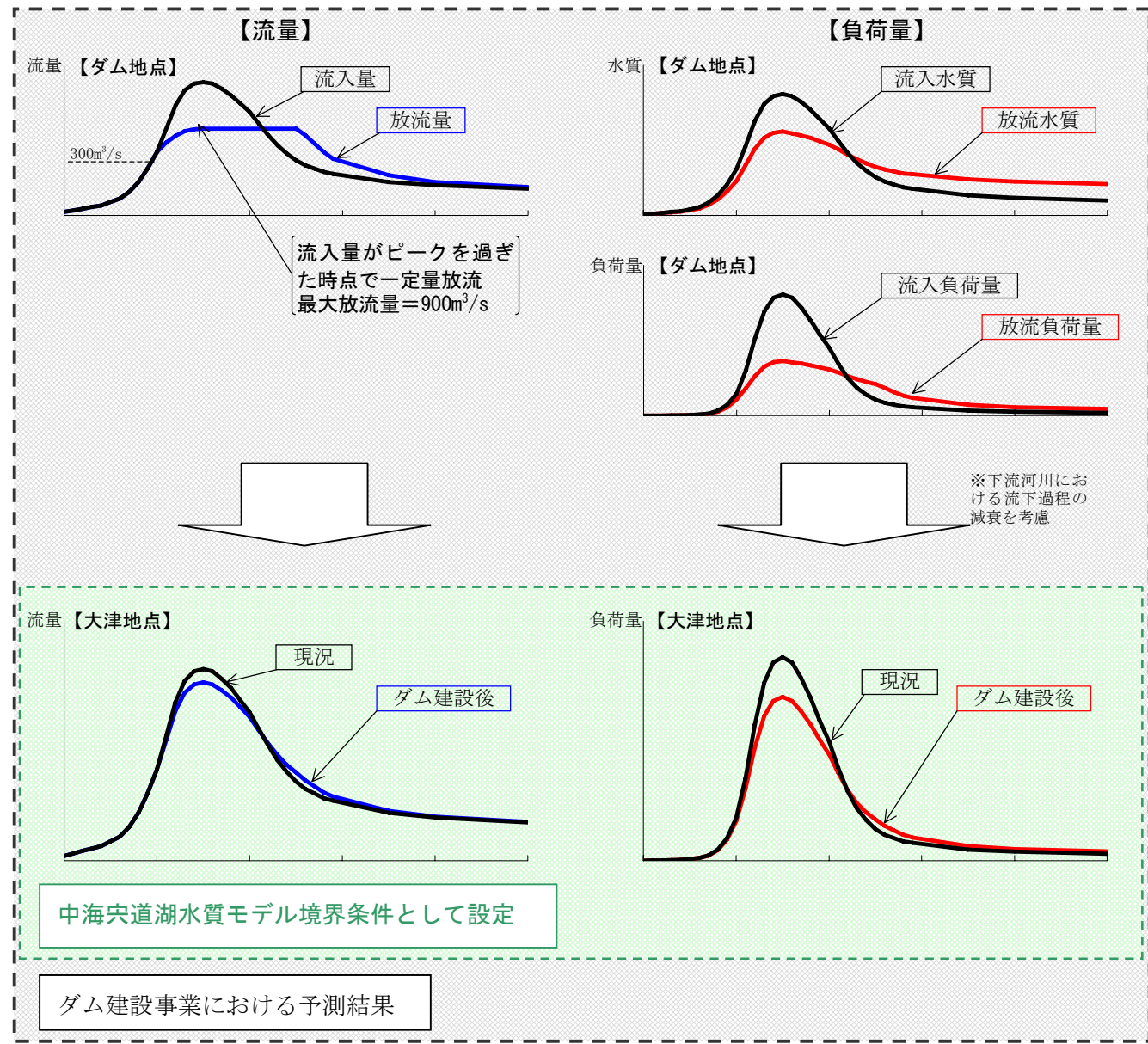


図 4.2.7 尾原ダム建設のモデルへの組み込み

4.2.3 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。

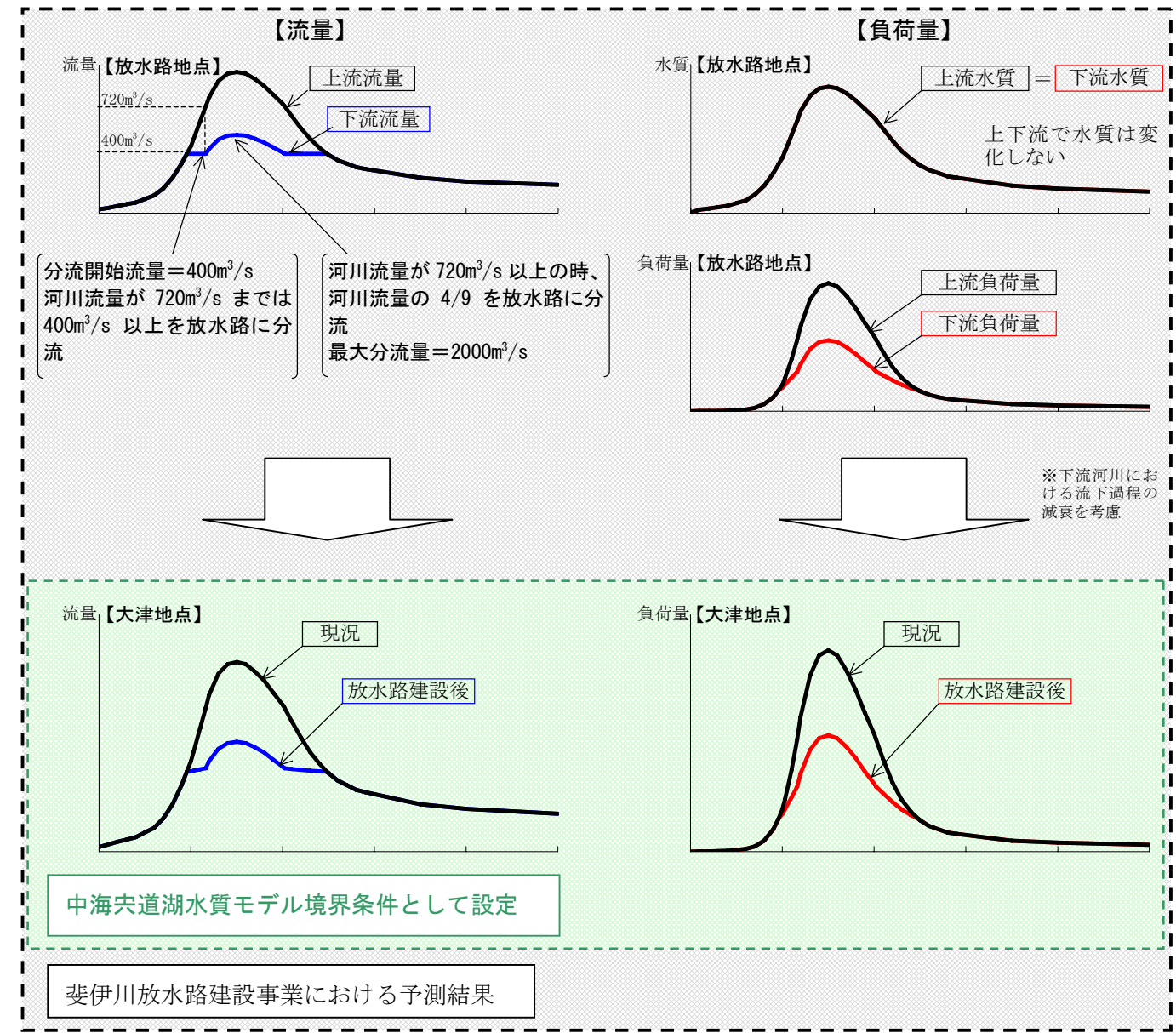


図 4.2.8 斐伊川放水路建設のモデルへの組み込み

4.3 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。

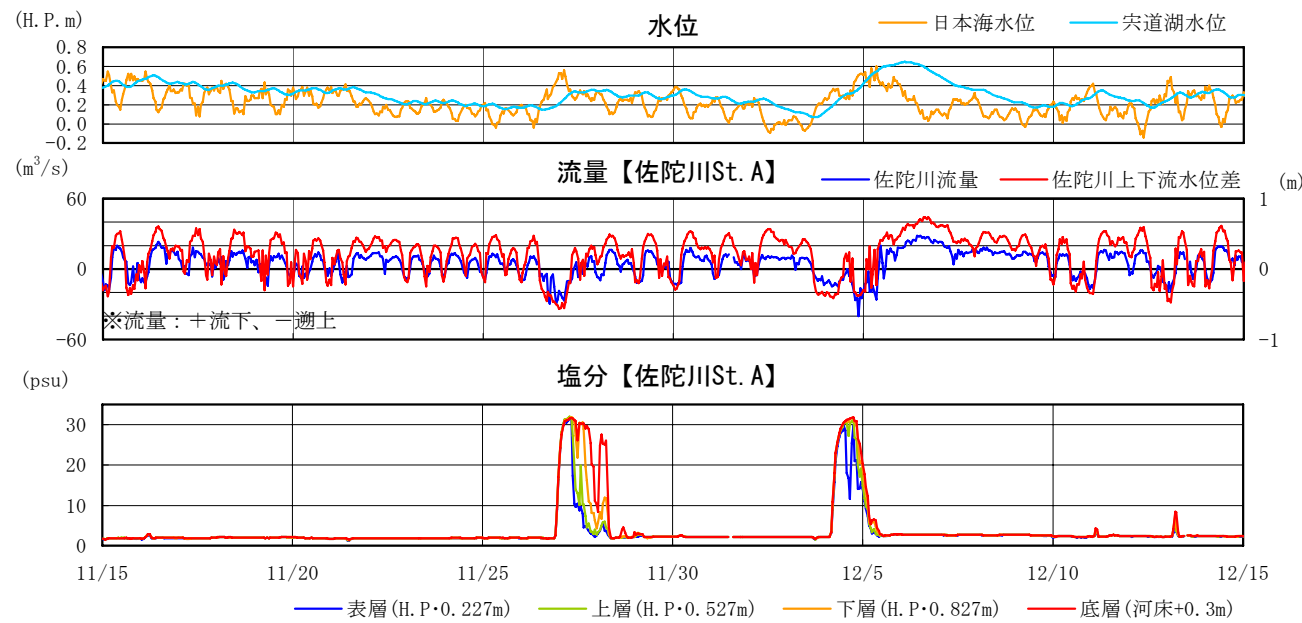


図 4.3.1 佐陀川流量と上下流水位差



図 4.3.2 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】

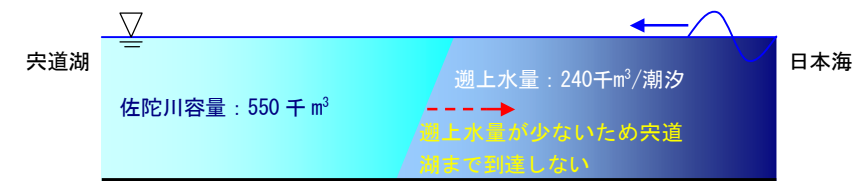


図 4.3.3 佐陀川の塩水遡上特性

(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。

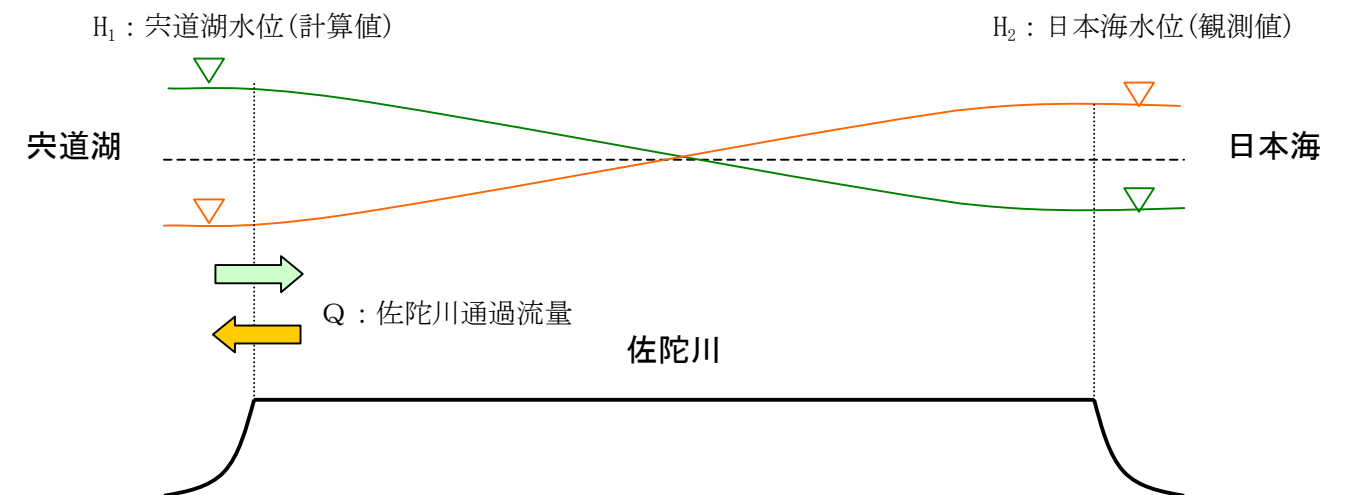


図 4.3.4 佐陀川上下流水位と佐陀川通過流量

4.4 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。

4.4.1 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。

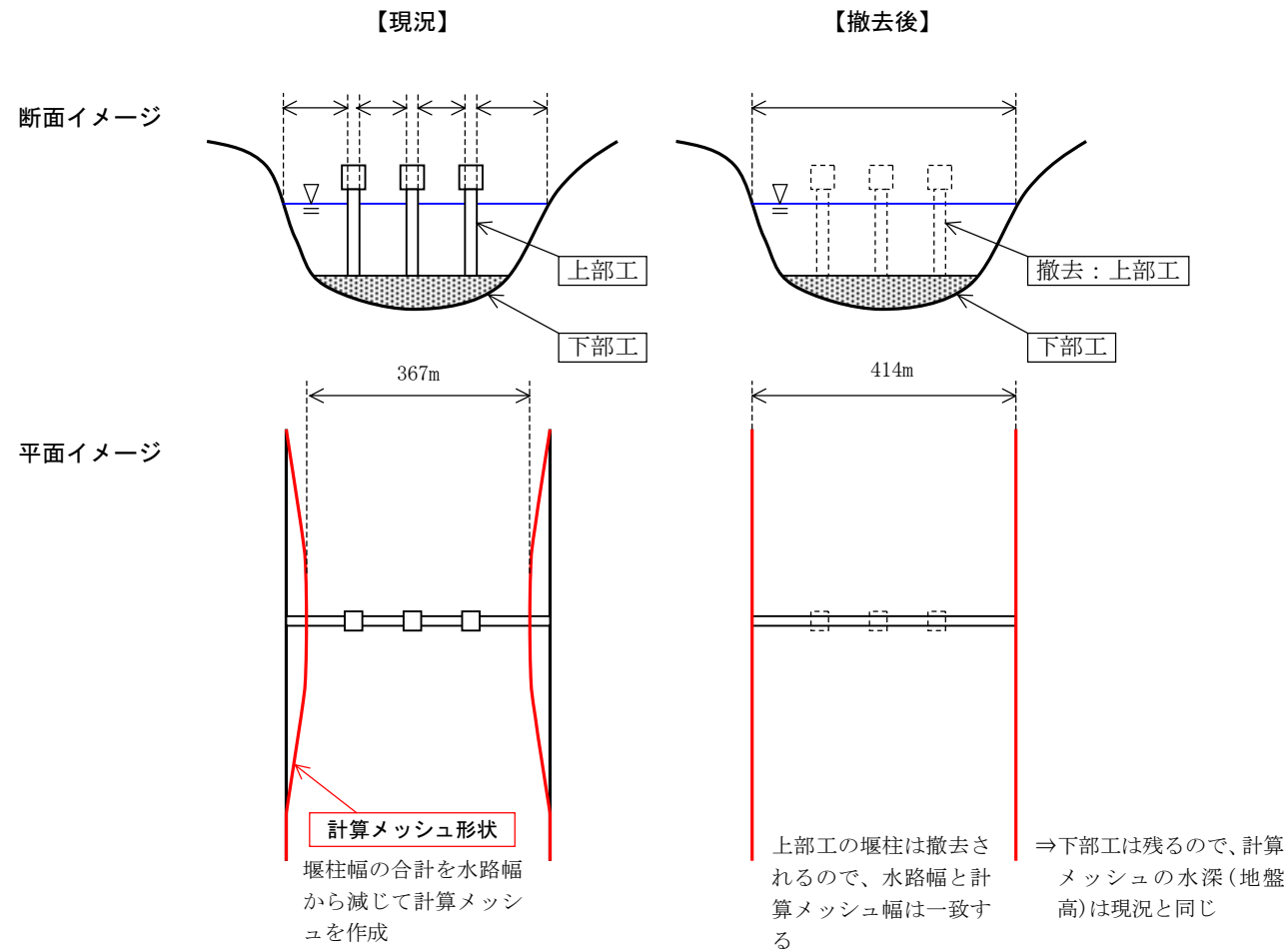


図 4.4.1 中浦水門撤去の地形条件への反映方法

4.4.2 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。

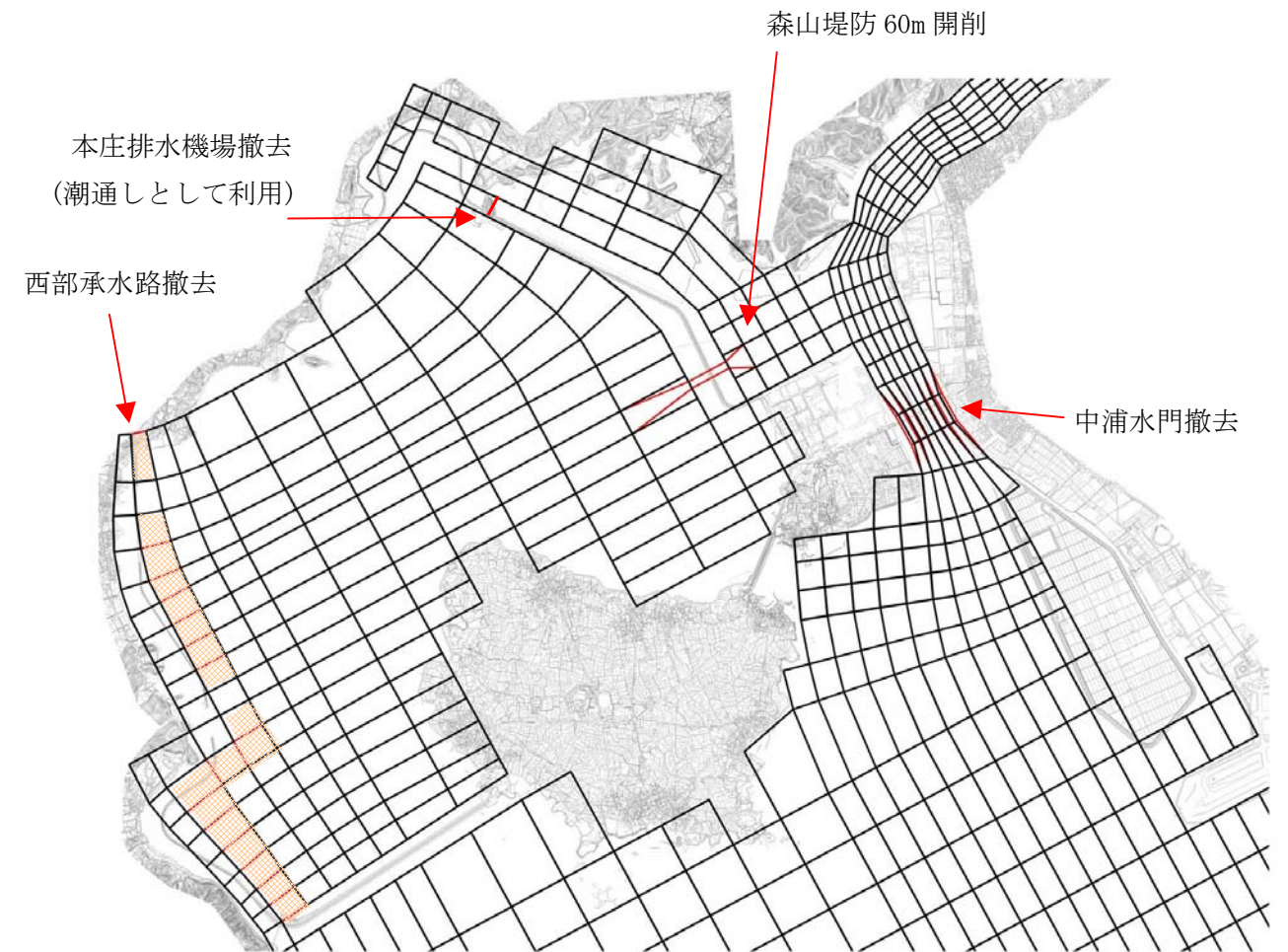


図 4.4.2 西部承水路撤去及び森山堤防開削の地形条件への反映方法