

1.4 水質

1.4.1 調査地点

- ・中海・宍道湖の環境基準は、生活環境項目が湖沼A類型、富栄養化項目が湖沼Ⅲ類型に指定されている。
- ・宍道湖から境水道の湖内における水質観測は、月1回の定期調査(29地点)と自動観測装置による連続調査(7地点)を実施している。
- ・宍道湖湖心、中海湖心、米子湾の各自動観測所では、水深別(5層)の水質自動観測を実施している。
- ・大橋川流動(上流・下流)、境水道流動の各観測所では、流向・流速と同時に水温、塩分、D0について水深別(6層)の観測を実施している。

【流動詳細調査実施状況】

流動詳細調査では、水温、塩分、溶存酸素、流向・流速についての調査を実施している。主な調査の実施状況を以下に示す。

- ・宍道湖塩分成層調査 (H6年、H15年実施)
宍道湖湖底層に広がる塩分成層の範囲や発生、消滅、移動の形態を把握するため、湖内複数地点において塩分等の連続観測を行った。
- ・大橋川塩分遡上調査 (H12~14年実施)
高塩分水塊が中海から大橋川へ進入・遡上し、宍道湖へ到達する形態やメカニズムを把握するため、大橋川河口から宍道湖において、淡塩水界面探査機器や多項目水質計を用いた塩水塊の移動観測や複数地点での定点連続観測を行った。
- ・中海(西部)塩分成層調査 (H13~15年実施)
中海の塩分成層について、風による塩分躍層の変動や大橋川への塩水進入の影響を把握するため、塩分等の定点連続観測及び移動観測を行った。

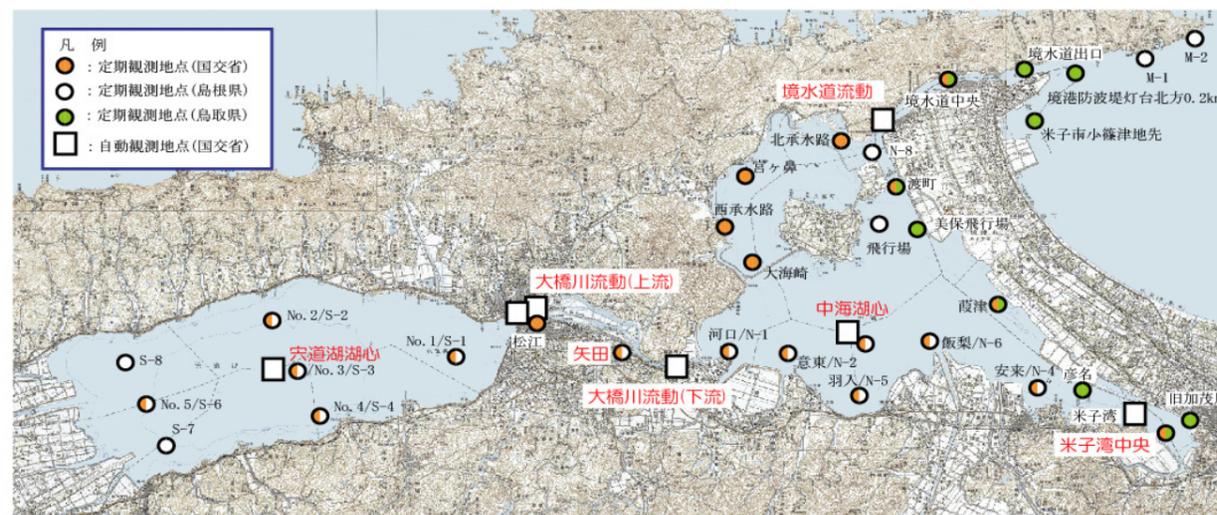


図 1.13 水質調査実施状況

1.4.2 水温

- ・近年 10 カ年の平均水温は各水域で 17℃前後であり、水域間の水温差が小さい。
- ・宍道湖では、表層・底層の水温差がほとんど見られない。
- ・中海では、表層水温は宍道湖とほぼ同様の変化を示す。底層水温は、春季~夏季に表層に比べて低くなり、秋季~冬季には逆に表層に比べて高くなる。

【平均水温】

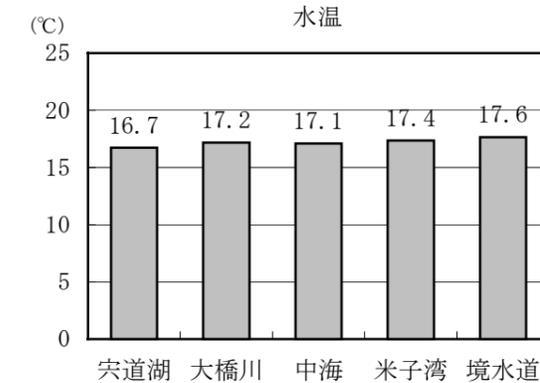


図 1.14 水域別の水温 (H6~15年の全層平均)

【季節変化】

宍道湖の水温は、冬季の1~2月に4℃程度まで低下し、夏季の8月に28℃程度まで上昇する。表層と底層の水温差はほとんど見られない。

中海の水温は、表層は宍道湖とほぼ同様の変化を示し、最低は1~2月の5℃、最高は8月の29℃程度である。一方、底層の最低は1~2月の10℃、最高は8~9月の27℃程度であり、外海水温の影響を受けていると推定される。表層と底層の水温差は秋季~冬季で5℃程度底層が高く、春季~夏季で5℃程度表層が高い。

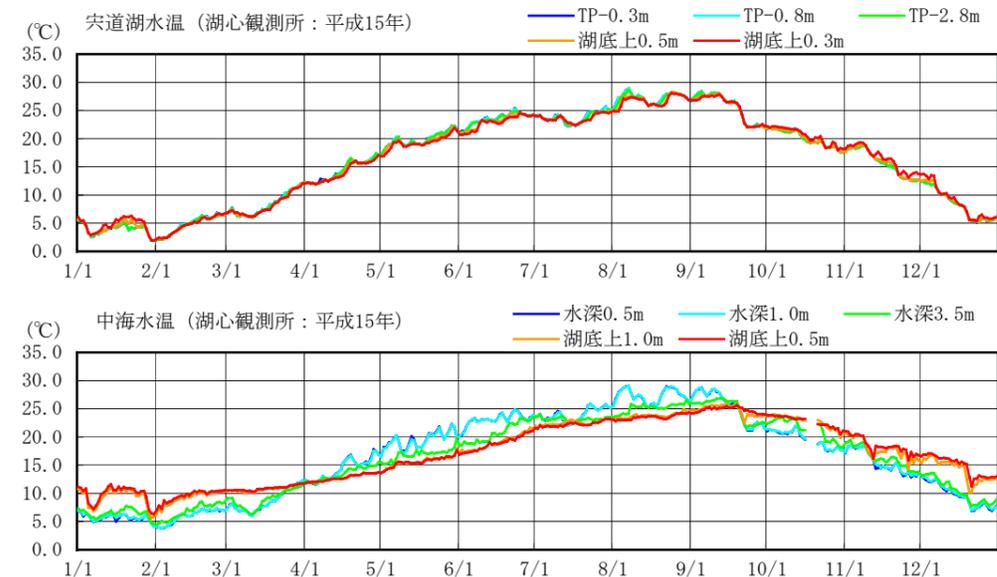


図 1.15 日平均水温の年間変動 (平成15年:自動観測結果)

1.4.3 塩分

(1) 水域別塩分

- ・ 中海(海水の約1/2)と宍道湖(海水の約1/10)は大橋川を挟んで異なる塩分濃度の環境を形成している。
- ・ 中海は境水道を通じて日本海の海水が下層に進入し、塩分濃度は高く、上下層の濃度差は大きい。
- ・ 宍道湖は大橋川を通じて塩水が遡上・進入するが、塩分濃度は中海と比較して低く、上下層の濃度差も小さい。

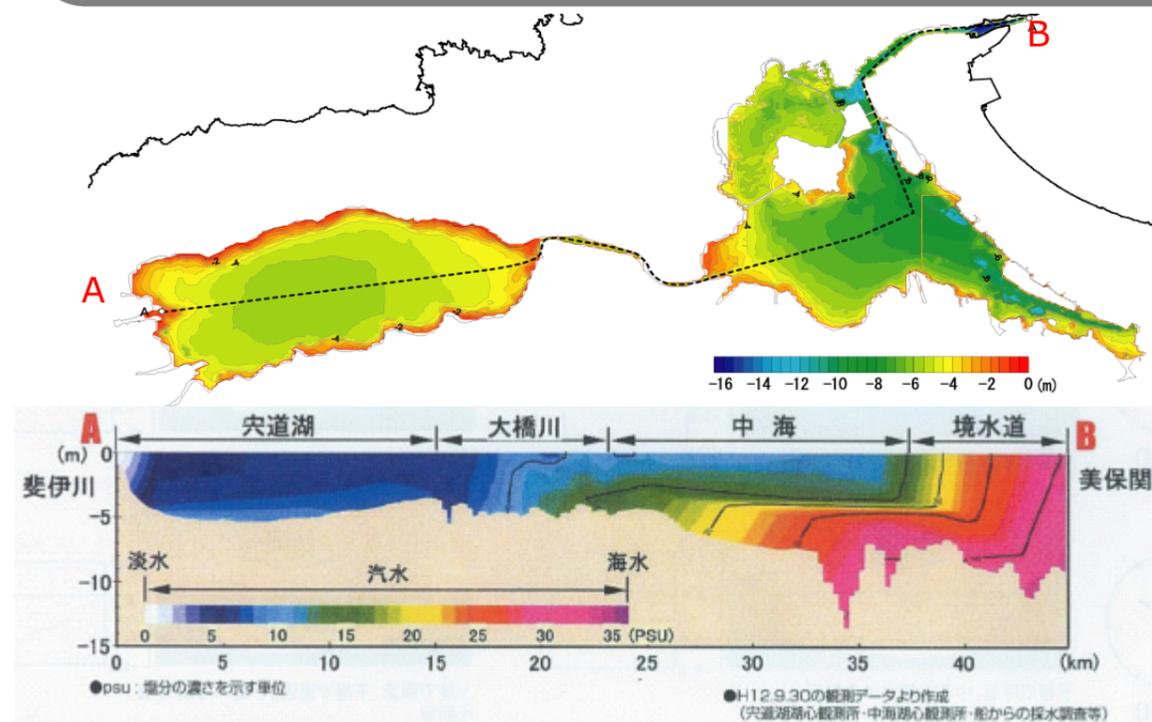


図 1.16 宍道湖～大橋川～中海の塩分濃度

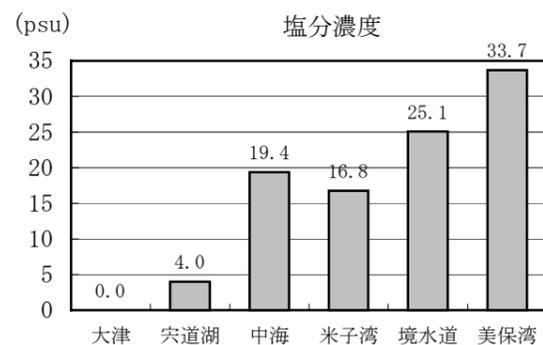


図 1.17 水域別の塩分濃度 (H6～15年の全層平均)

(2) 宍道湖湖心および中海湖心の塩分経年変化

- ・ 宍道湖の塩分は、渇水年の平成6年では10psuを上回り、豊水年の平成9年では0.6psuまで低下している。このように、宍道湖の塩分は流域の降水量に大きく影響され、近年10ヵ年では最大で約18倍にも及ぶ大きな変動を繰り返している。
- ・ 中海でも、表層塩分は渇水年の平成6年で高く、豊水年の平成9～10年では低くなり、降水量の影響を受け変動している。底層塩分の変動は表層ほど顕著ではなく、高塩分が継続しており、成層は長期的・安定的に維持されている。

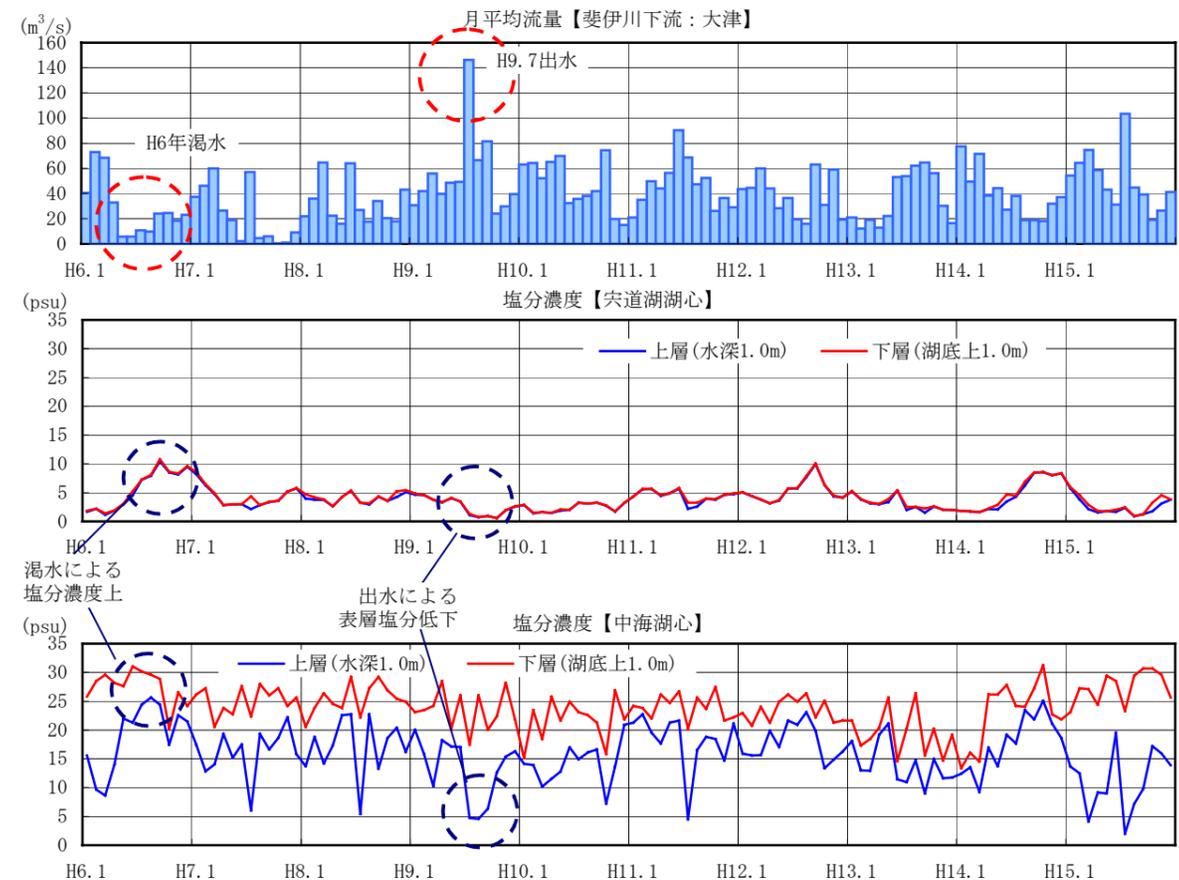


図 1.18 各湖心塩分濃度の変動 (平成6年～15年: 定期観測)

表 1.2 湖心塩分濃度の経年変動 (平成6年～15年: 定期観測)

	宍道湖湖心		中海湖心	
	上層	下層	上層	下層
平均	3.9	4.1	15.9	24.1
最大	10.4	10.8	25.6	31.2
最小	0.6	0.6	2.0	13.3
変動率	17倍	18倍	13倍	2倍

(3) 宍道湖の塩分成層

- ・宍道湖では、大橋川から遡上した塩水が中央湖底部に進入し、厚さ 30~50cm の塩分成層を形成する。
- ・塩分成層の形成は年間で 35 回程度であり、継続時間は平均で 4 日、最大で 13 日であり、生成・消滅を繰り返している。(H15 年)
- ・宍道湖の塩分成層は 10m/s 以上の風により容易に消滅する。10m/s 以上の風速の生起割合は年間を通じて 10%程度である。

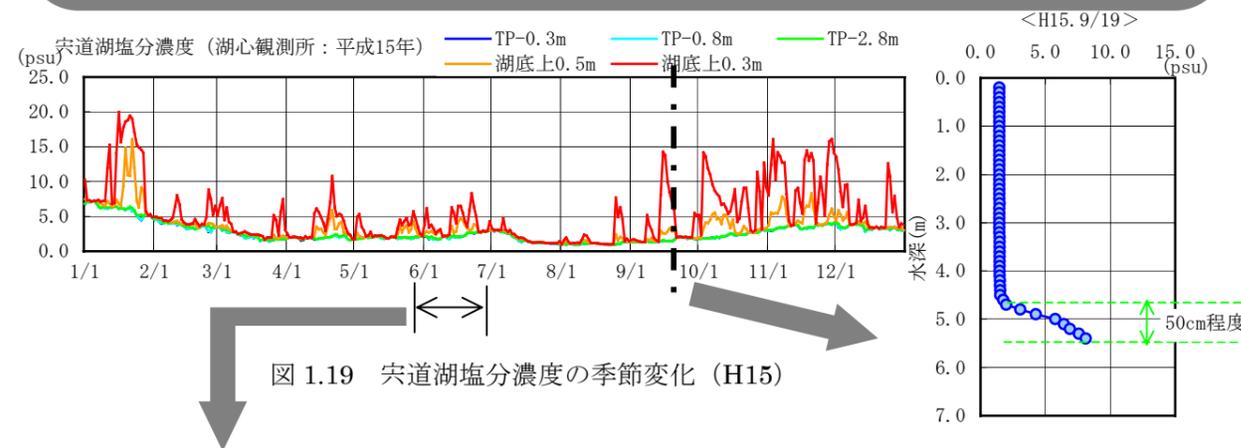


図 1.19 宍道湖塩分濃度の季節変化 (H15)

図 1.20 塩分鉛直分布

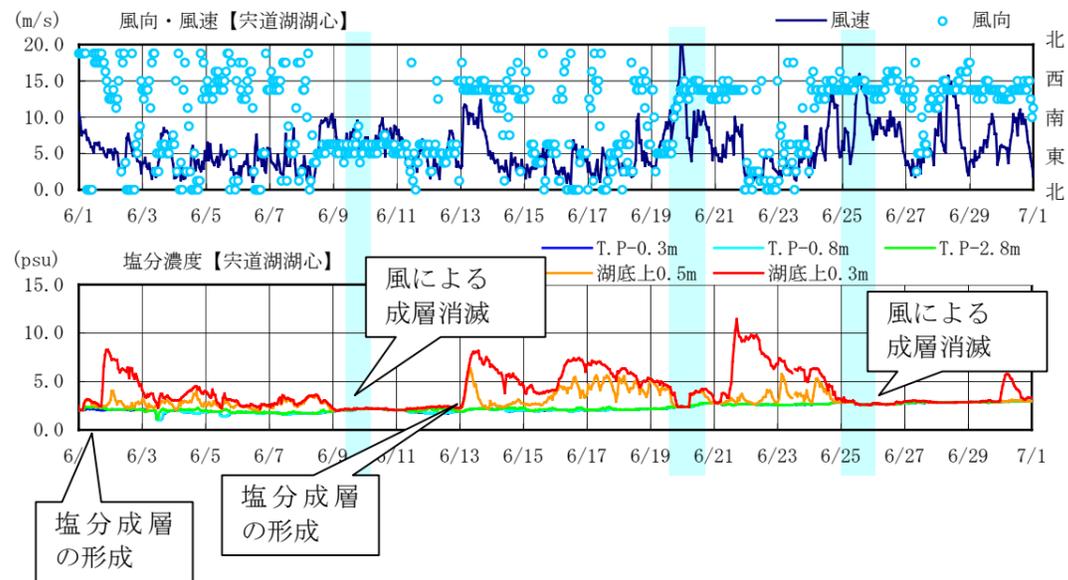


図 1.21 宍道湖塩分成層の風による消滅 (平成 15 年 6 月)

- ※ ここで、塩分成層とは、宍道湖湖心の表層と底層の塩分濃度差が生じるもののうち、最大塩分濃度差が 5psu 以上となる場合と定義する。
- ※ 塩分成層の形成は、上記の塩分成層のうち表層と底層の塩分濃度差が 1psu 以上となった時点とし、塩分成層の消滅は、塩分濃度差が 1psu 未満となる場合とする。
- ※ 塩分成層の継続時間は、上記で定義した塩分成層の形成から消滅までの時間数を集計した。

(4) 中海の塩分成層

- ・中海では、上層と下層の塩分濃度差が大きく、年間を通じ成層が形成されており、強風による成層の消滅はほとんど見られない。
- ・塩分躍層は概ね水深 3~4m に位置するが、湖面の強風、洪水、高潮等の気象擾乱によりその水深位置を変動する。
- ・強い西風が連続して生起する場合、大橋川河口部の塩分躍層が上昇し、底層の高塩分水が大橋川に遡上しやすくなり、大橋川下流付近の底層塩分濃度が上昇する。

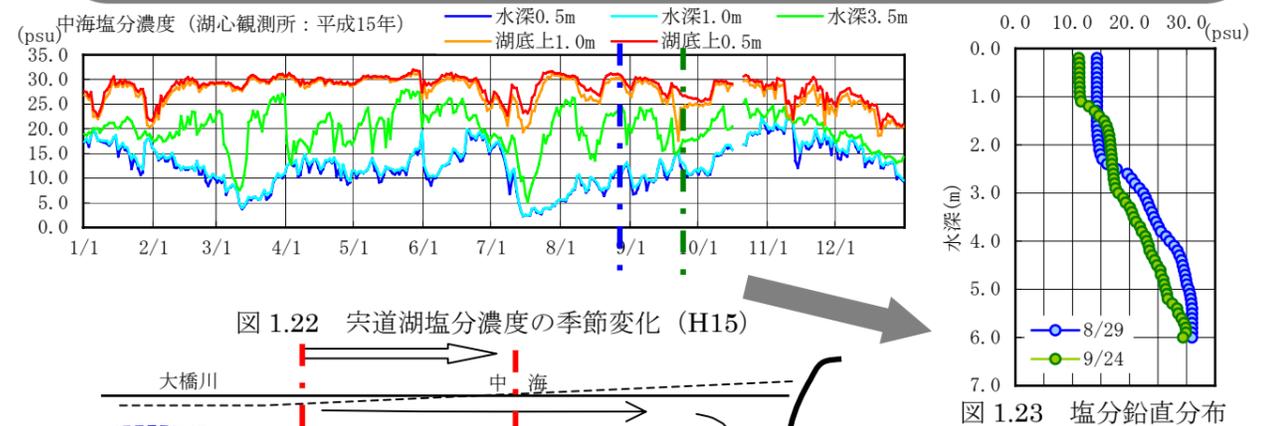


図 1.22 宍道湖塩分濃度の季節変化 (H15)

図 1.23 塩分鉛直分布

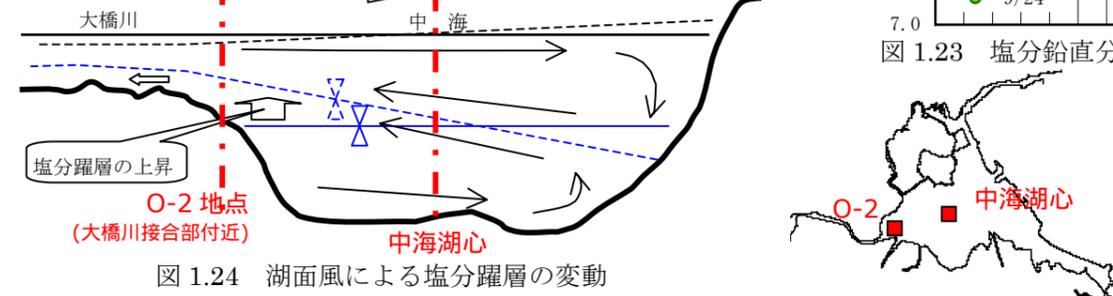


図 1.24 湖面風による塩分躍層の変動

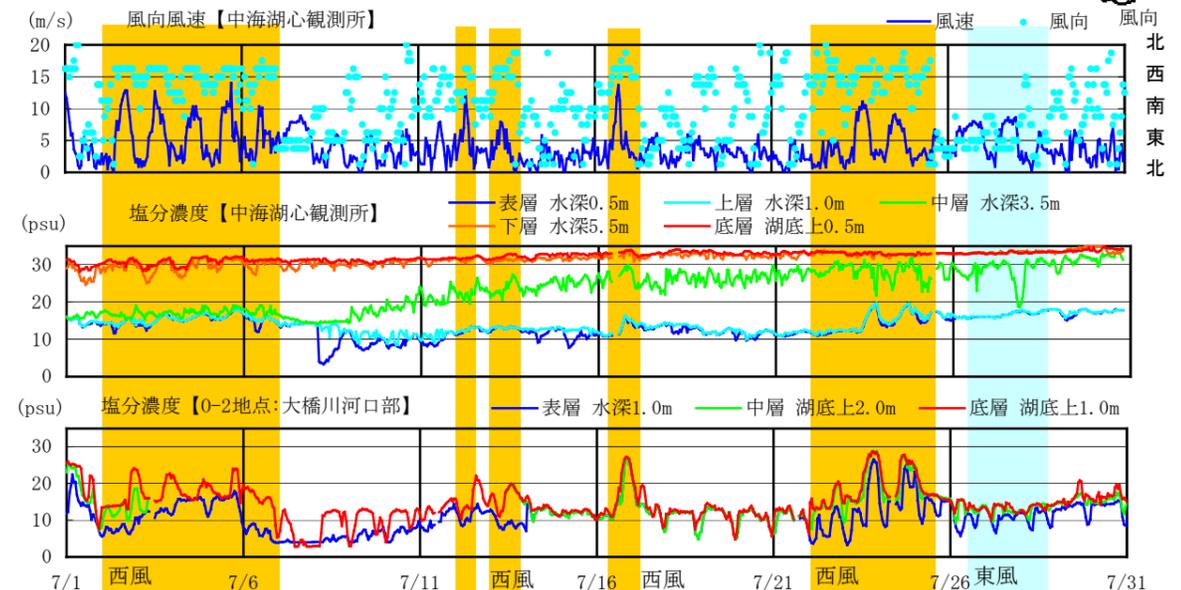
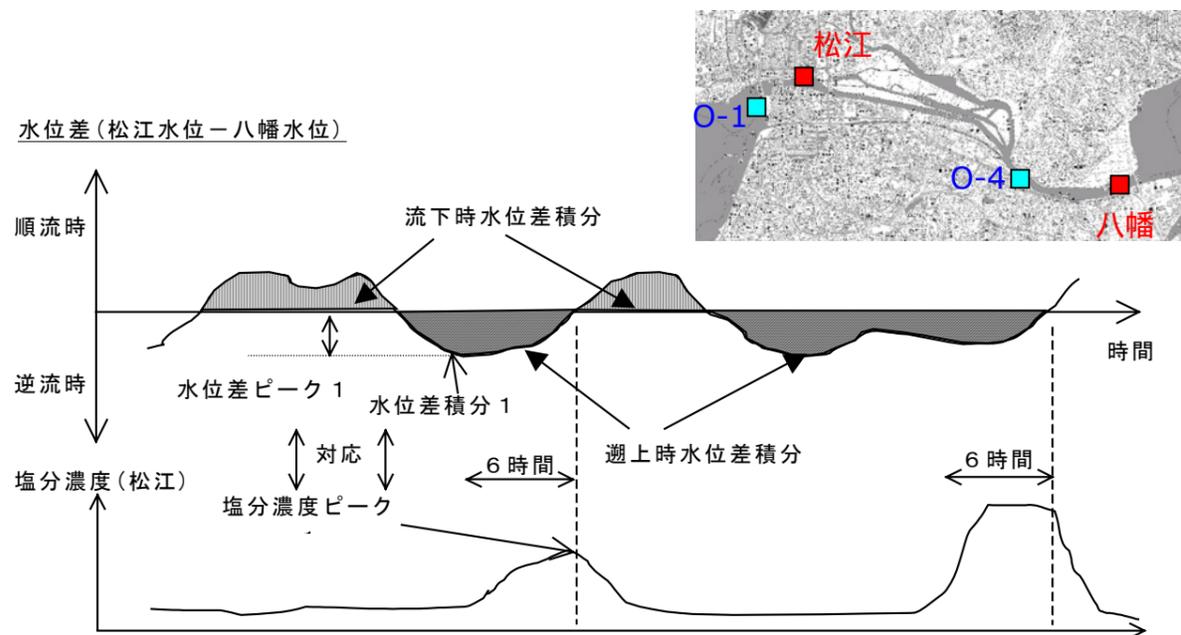


図 1.25 中海の塩分成層の風による変動 (H13.7/1~31)

(5) 大橋川における塩水の遡上形態

①大橋川の塩水遡上の発生機構

- ・ 中海水位が宍道湖水位を上回った場合に、中海の塩水が大橋川を遡上しはじめる。
- ・ 大橋川の塩水の遡上規模は、両湖の逆転水位差の時間積分値との関係が高い。
- ・ 宍道湖への塩水の進入は、大橋川での塩水遡上規模が大きくなる場合に発生し、遡上規模が小さい場合は大橋川内に留まるか、再び中海へ流下する。



※水位差積分：逆転水位差と継続時間の積分値

図 1.26 大橋川の塩水遡上と上下流水位差積分

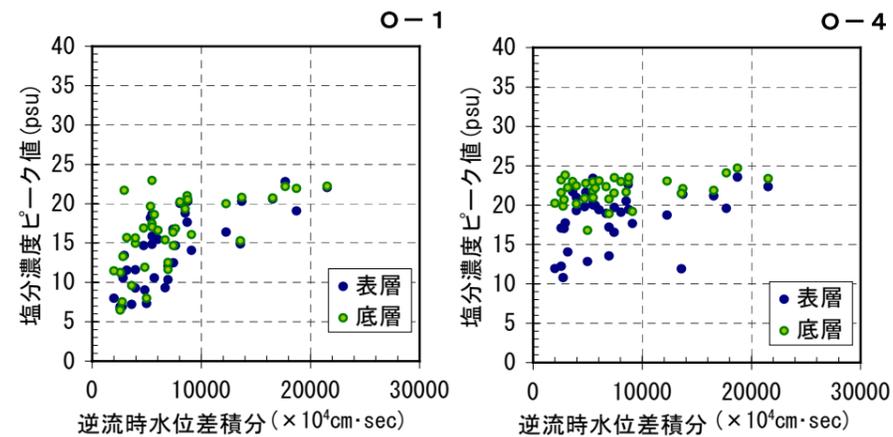


図 1.27 水位差積分と最大塩分濃度

②大橋川の塩水遡上形態 (1) <大橋川の縦断的な遡上状況>

- ・ 大橋川での塩水の遡上は、遡上塩水塊の先端部は弱混合で底層を移動し、塩水塊の後方部は緩混合～強混合で遡上する。
- ・ 先端部の遡上塩水は、河床のマウンド部や深掘部で停滞・混合を繰り返しながら移動する。
- ・ 宍道湖への塩水の進入は、大橋川呑口部に存在する湖底高約 HP. -2.8m のマウンド(図中③)を越えた場合に発生する。

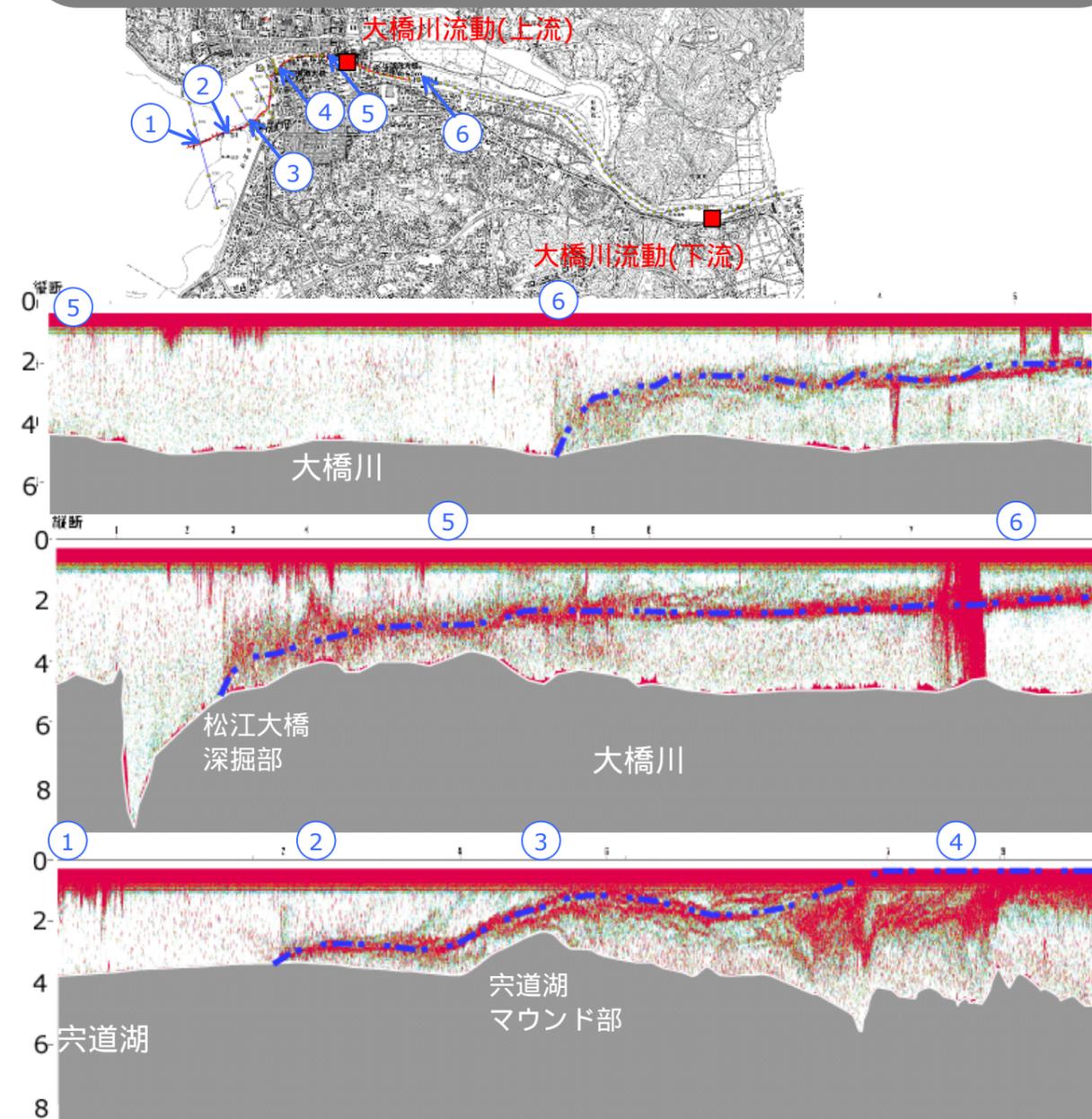


図 1.28 大橋川～大橋川呑口部の塩分遡上状況(H14.8/20：大橋川塩分遡上調査)

③大橋川の塩水遡上形態 (2) <大橋川の横断的な遡上状況>

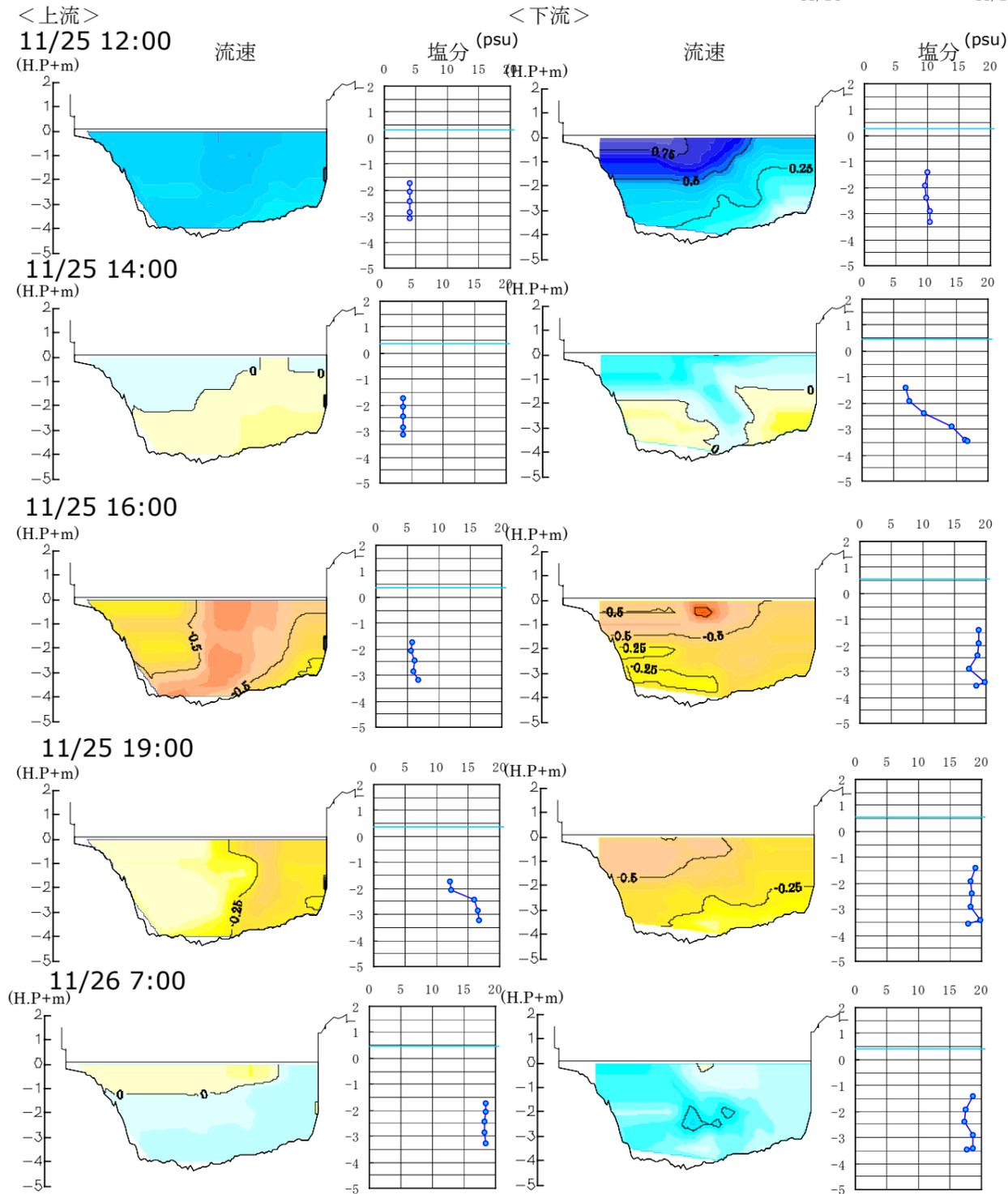
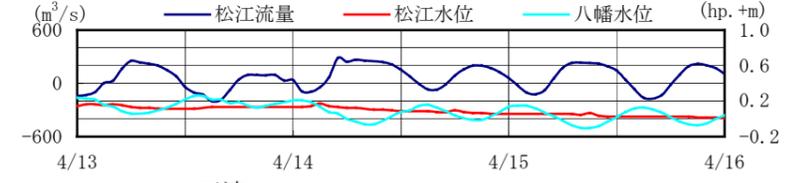
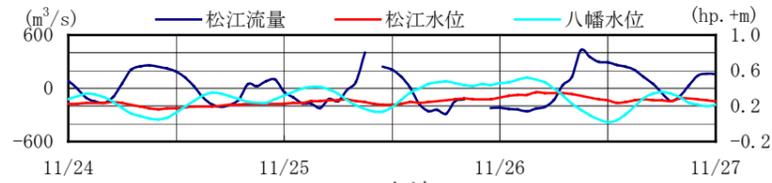
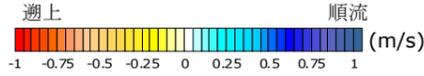


図 1.29 大橋川上下流地点の流速横断分布と塩分鉛直分布(上流地点まで塩水到達する場合)

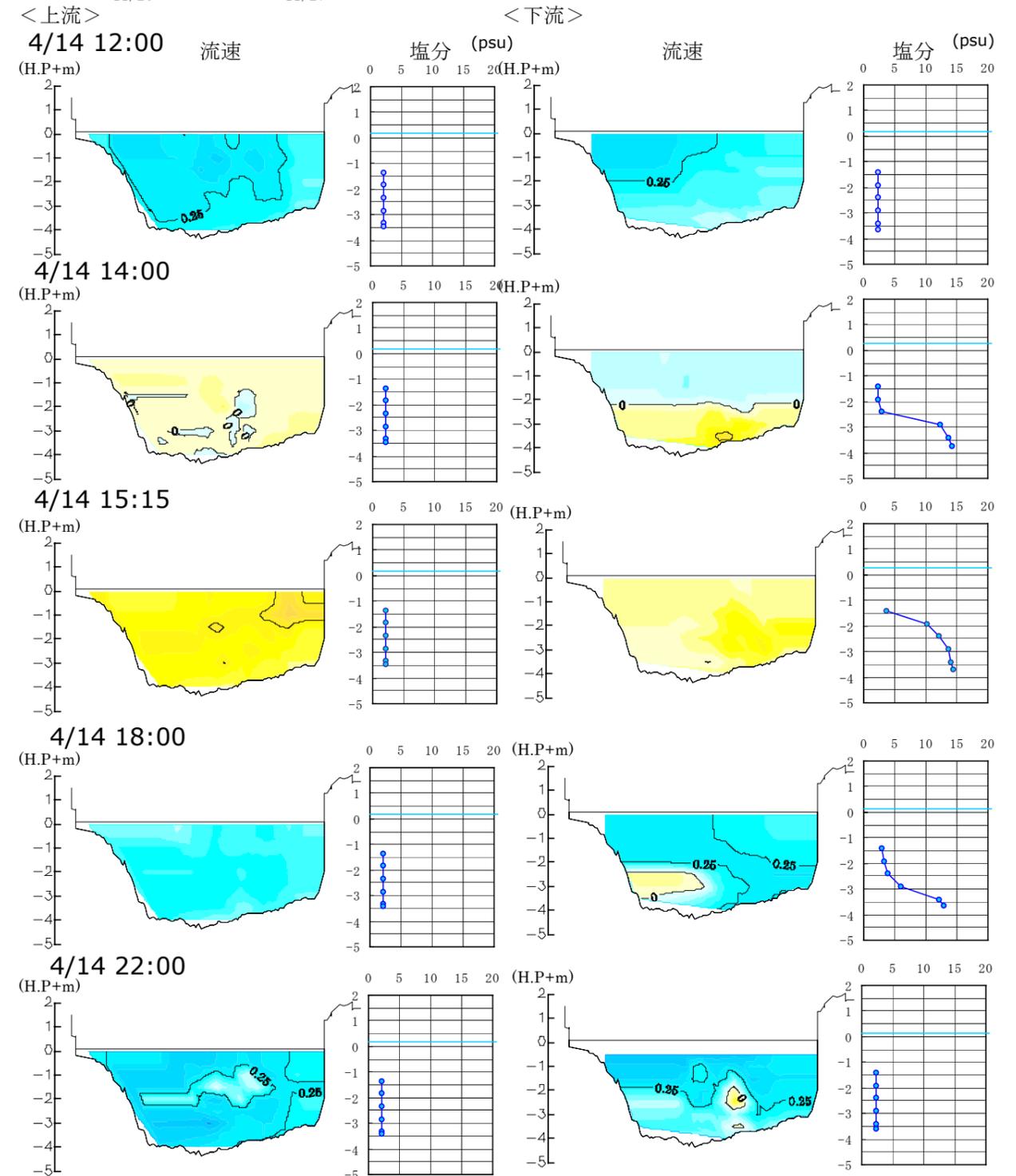
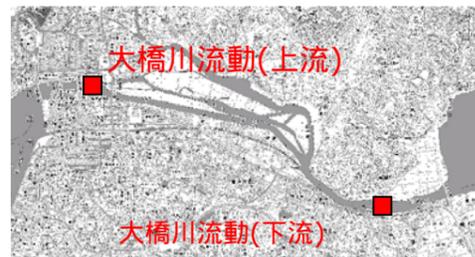


図 1.30 大橋川上下流地点の流速横断分布と塩分鉛直分布(下流地点まで塩水到達する場合)

④大橋川の塩水遡上発生頻度

- ・ 中海水位が宍道湖水位より高くなり塩水遡上が生じる回数は月平均 37 回であり、そのうち大橋川上流まで塩水遡上が到達するのは月平均 22 回である。(H15 年)
- ・ 高塩分水が遡上する時の最大塩分濃度は上流流動観測地点で平均 14psu、下流流動観測地点で平均 17psu である。(H15 年)
- ・ 大橋川で遡上が生じるうち、中海下層の塩水 (25~30psu) が、進入する回数は 412 回中 30 回であり、大橋川上流に到達する回数は 289 回中 4 回である。(H15 年)
- ・ 大橋川を遡上して大橋川上流に到達する塩水の多くが、中海の中層から上層の塩分濃度とほぼ同じである。(H15 年)



上下流の水位差が生じ逆流が発生した際に各地点を通過する塩分が上昇し、かつ、最大塩分濃度が 5psu 以上であった場合を塩水遡上発生とする。

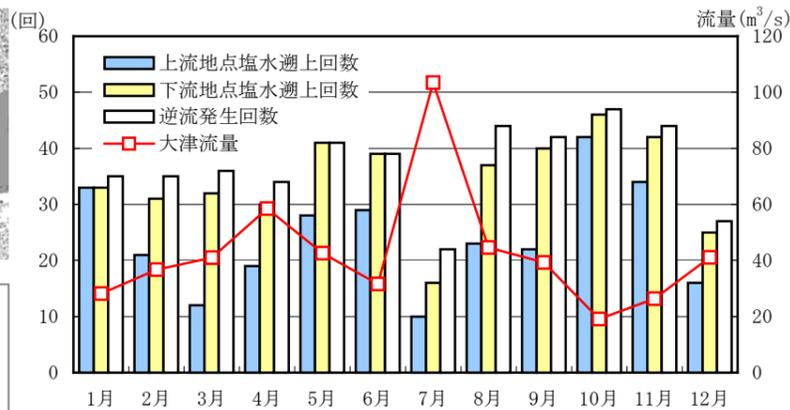


図 1.31 大橋川各地点の塩水遡上回数(H15 年)

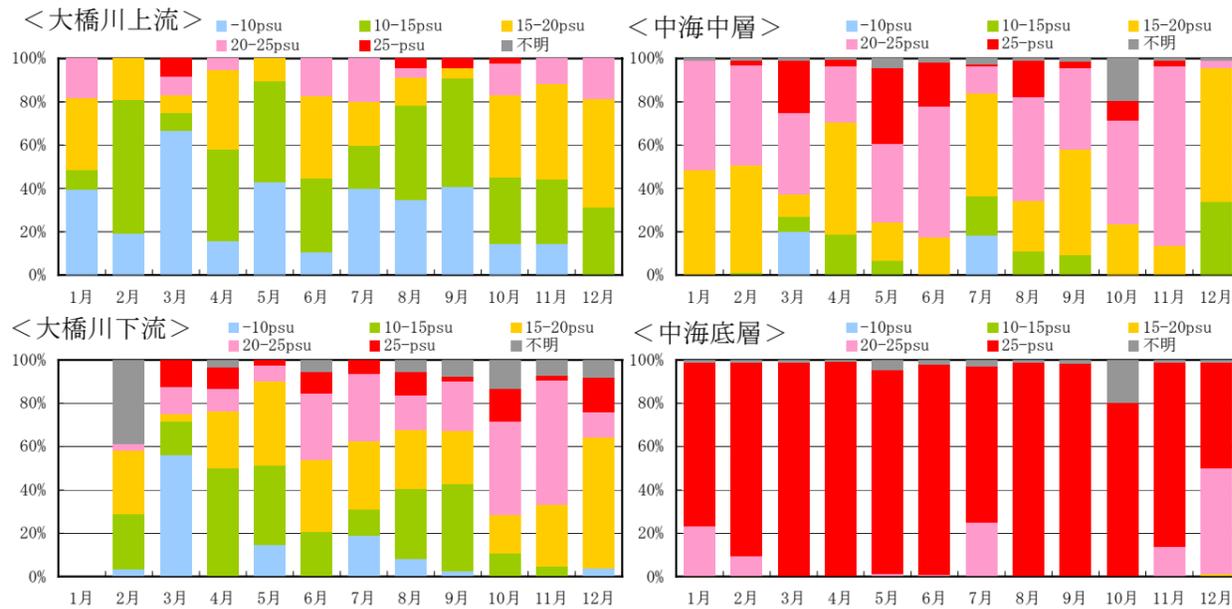


図 1.32 塩水遡上時の最大塩分濃度(H15 年)

大橋川内は遡上時各回の最大塩分濃度、中海は時間データの塩分濃度をそれぞれ頻度分布にて整理した。

(5) 境水道における塩水の流入形態

- ・ 境水道を通過する流量は、平水時の上げ潮最強時で約 1,740m³/s、下げ潮最強時で約 3,170m³/s である。また、一潮汐間の総入出流量は上げ潮、下げ潮のそれぞれで約 0.6 億 m³/回、約 4.2 億 m³/回である。(H16.3~12)
- ・ 高潮生起時 (H16.8/19) の一潮汐間の総流入 (遡上) 量は 7.2 億 m³/回である。
- ・ 平水時の境水道での流向は、全層一様であるが、塩分濃度の鉛直分布に大きな変化は見られない。

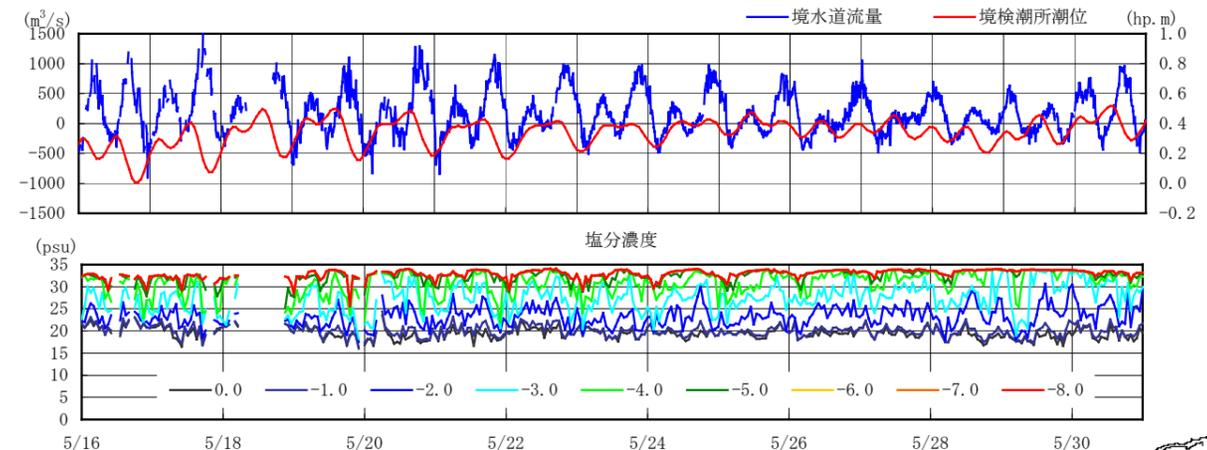


図 1.33 境水道流量と塩分濃度の変化(H16.5/16~31)

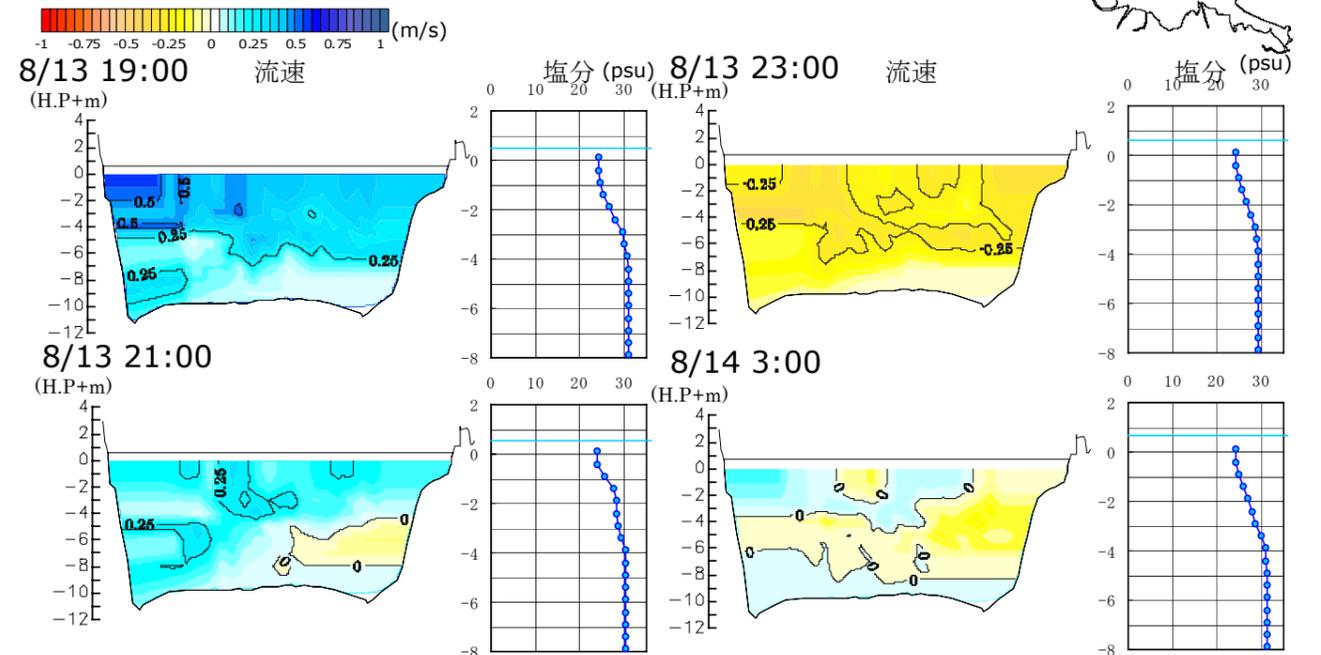


図 1.34 境水道の流速横断分布(H16.8/13~14)

1.4.4 溶存酸素

(1) 宍道湖および中海湖心の溶存酸素の季節変化

- ・宍道湖では、湖底に形成される塩分成層(湖底上 30~50cm)により成層内への酸素供給が遮断されるため、湖底の貧酸素化が進行する。
- ・宍道湖では塩分成層の形成と貧酸素水塊の形成が密接に連動しており、水温が上昇する夏場を中心に底層の貧酸素化が頻繁にみられる。
- ・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貧酸素化が常態化している。

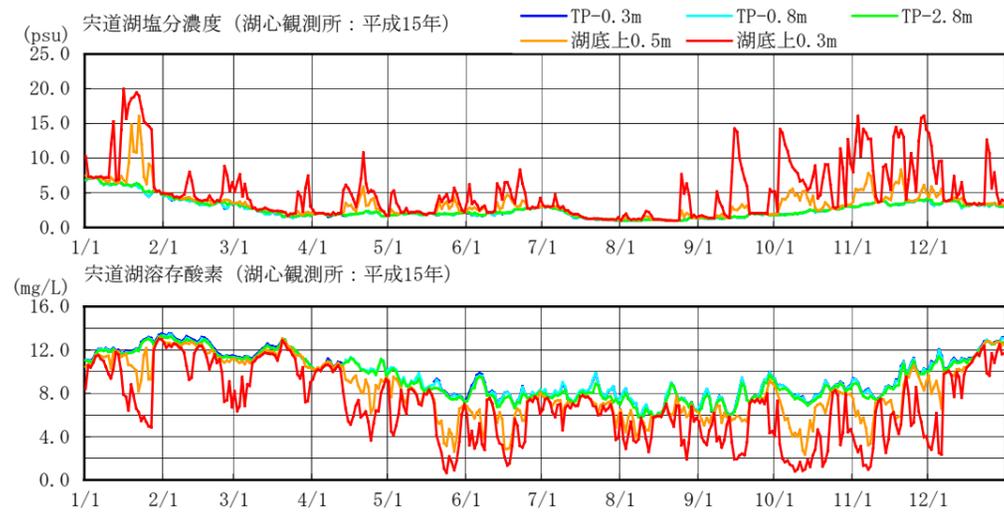


図 1.35 宍道湖湖心の塩分成層化と貧酸素の形成 (平成 15 年)

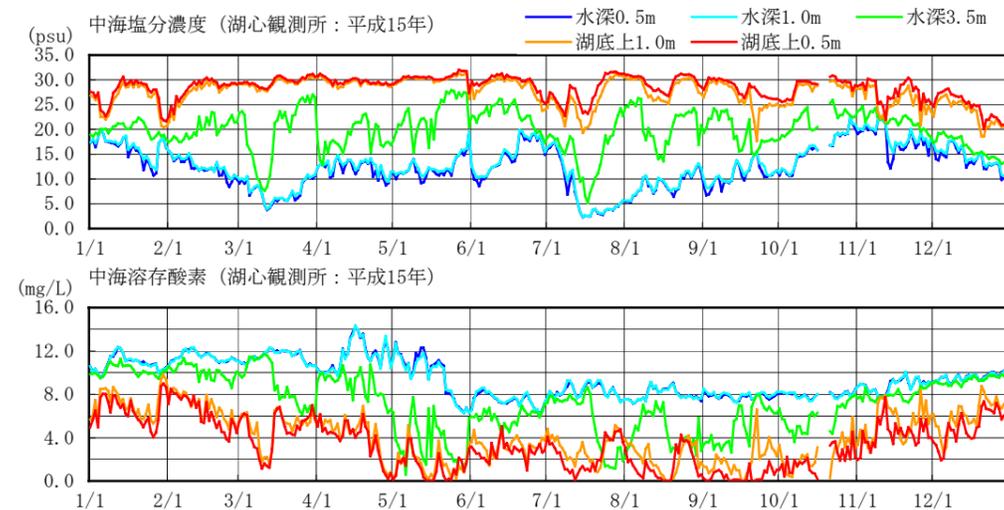


図 1.36 中海湖心の塩分成層化と貧酸素の形成 (平成 15 年)

(2) 宍道湖の塩分成層形成と溶存酸素の低下

- ・宍道湖湖底での塩分成層の形成とともに底層部の溶存酸素濃度が低下をはじめ、時間の経過とともに貧酸素化が進む。
- ・宍道湖湖底で形成された貧酸素水塊は、強風による塩分成層の消滅と同時に解消される。

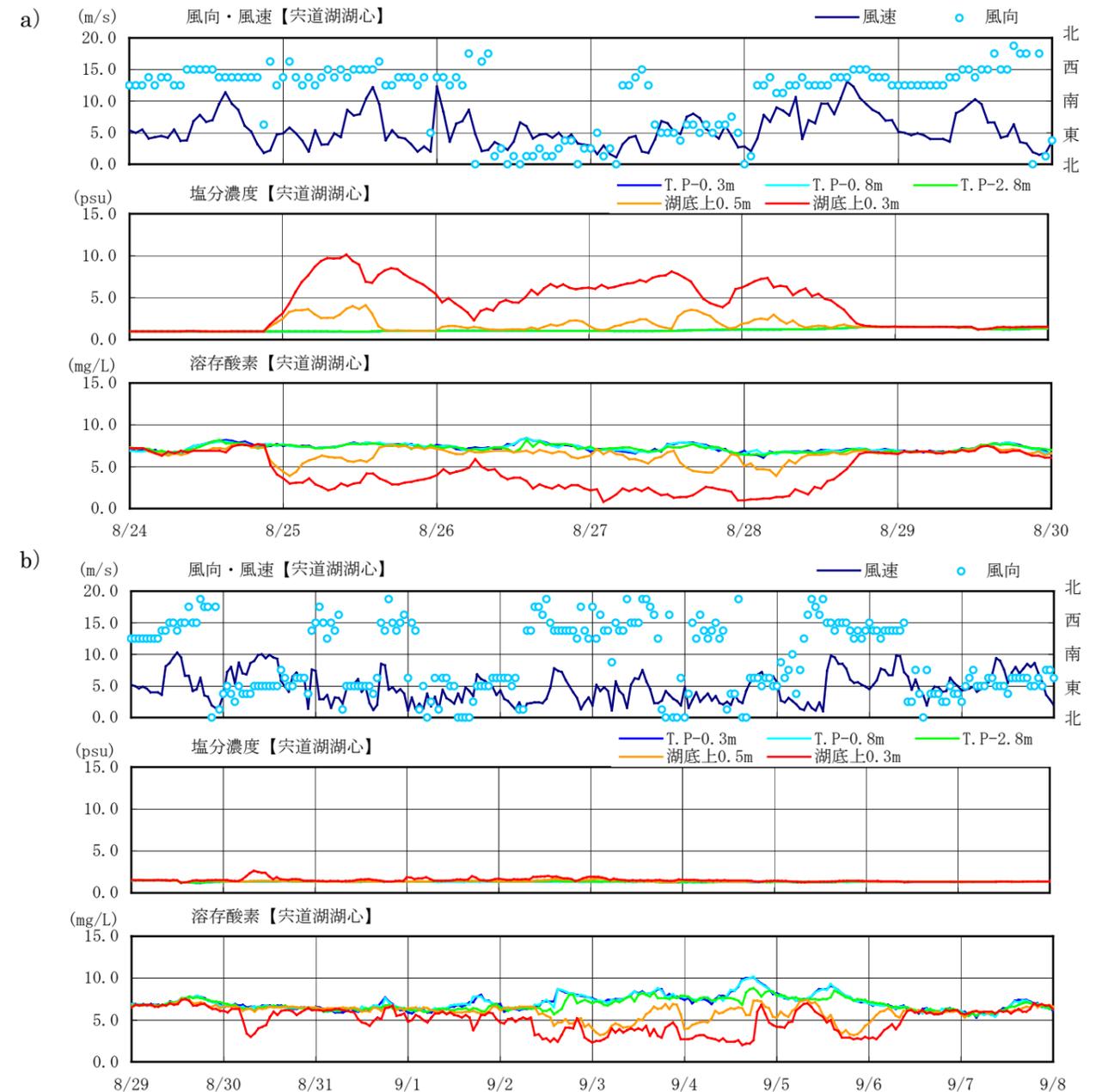
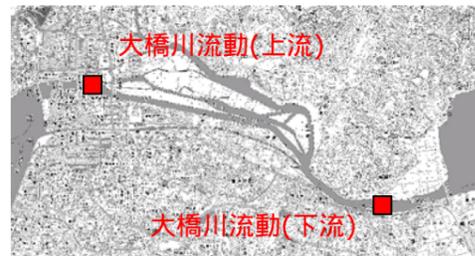


図 1.37 宍道湖湖心の塩分濃度と溶存酸素濃度(H15.8/24~9/8 : 宍道湖自動観測)

(3) 大橋川の溶存酸素の状況

- ・大橋川塩水遡上時の底層溶存酸素濃度(遡上期間平均)をみると、1mg/L未滿の貧酸素水の遡上は下流流動観測地点において最大で5回/月観測されるが、大橋川を遡上する過程で混合・曝気がすすみ、上流流動観測地点では観測されない。(H15年)
- ・3mg/L未滿の貧酸素水は、下流流動観測地点において25%程度、上流流動観測地点で6%程度観測される。(H15年)



※ 塩水遡上発生時毎の大橋川上流・下流地点における遡上期間平均の溶存酸素濃度を算出した。
 ※ 中海については、時間データの溶存酸素濃度を集計した。

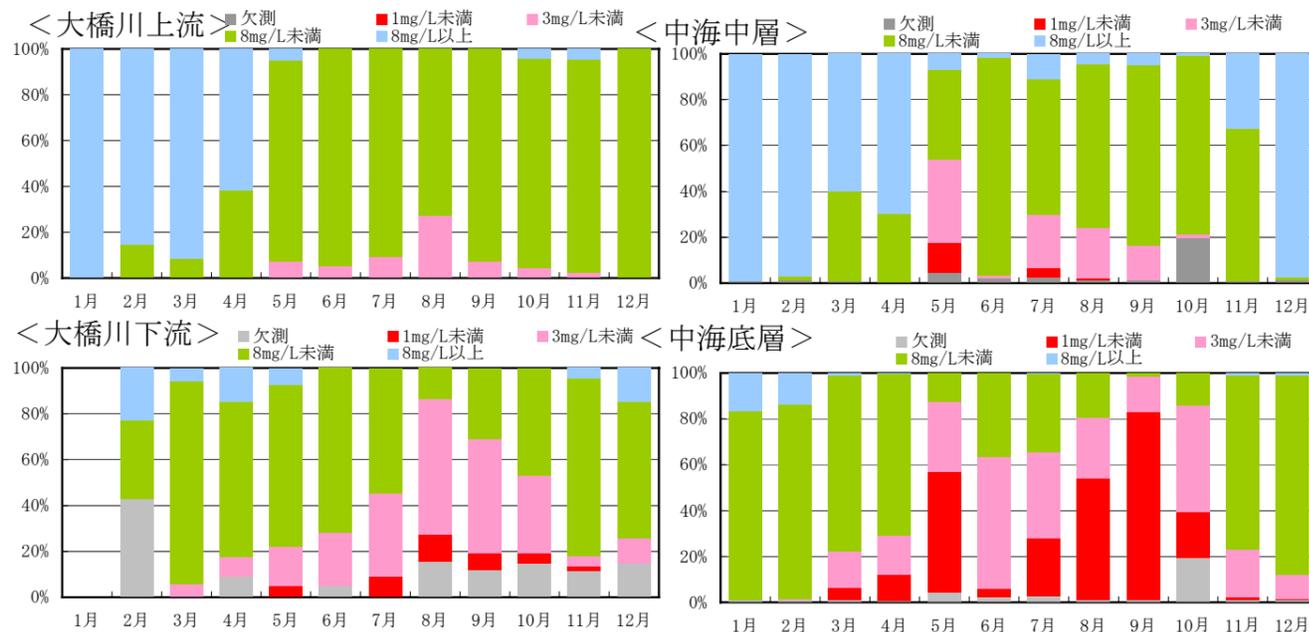


図 1.38 塩分水遡上時の溶存酸素濃度(H15年)

- ※ COD (化学的酸素要求量) : 水中の有機物などを薬品で酸化分解する際に消費される酸素量。湖沼の代表的な有機汚濁の指標。湖沼環境基準項目。
- ※ T-N (全窒素)、T-P (全リン) : 水中に存在する窒素、リンの総量。窒素・リンは湖沼富栄養化の原因物質。
- ※ クロロフィル a : 湖沼の植物プランクトンの量を表す指標。プランクトンなどに含まれる葉緑素の量を示す。
- ※ SS (浮遊物質) : 水中に浮遊している土粒子や生物体の重量。

1.4.5 富栄養化および水の濁り

(1) 湖内の現状

①水域別の水質経年変化

- ・COD、T-N、T-P、SS は各地点とも環境基準を達成していない状況が続いている。
- ・各水質項目とも米子湾の濃度が最も高く、水質悪化が顕著である。
- ・平成12年から13年にかけて赤潮の大発生があり、近年10カ年では水質が最も悪くなっている。

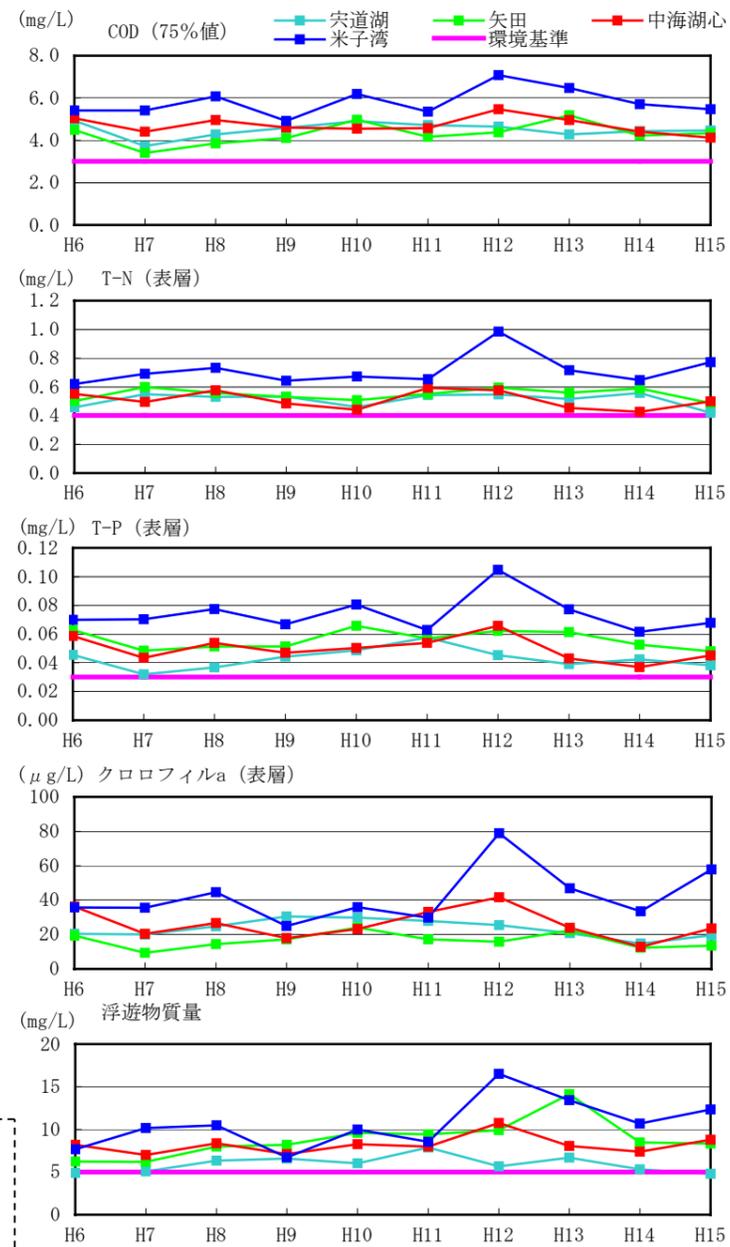


図 1.39 湖内水質の経年変化(定期観測)

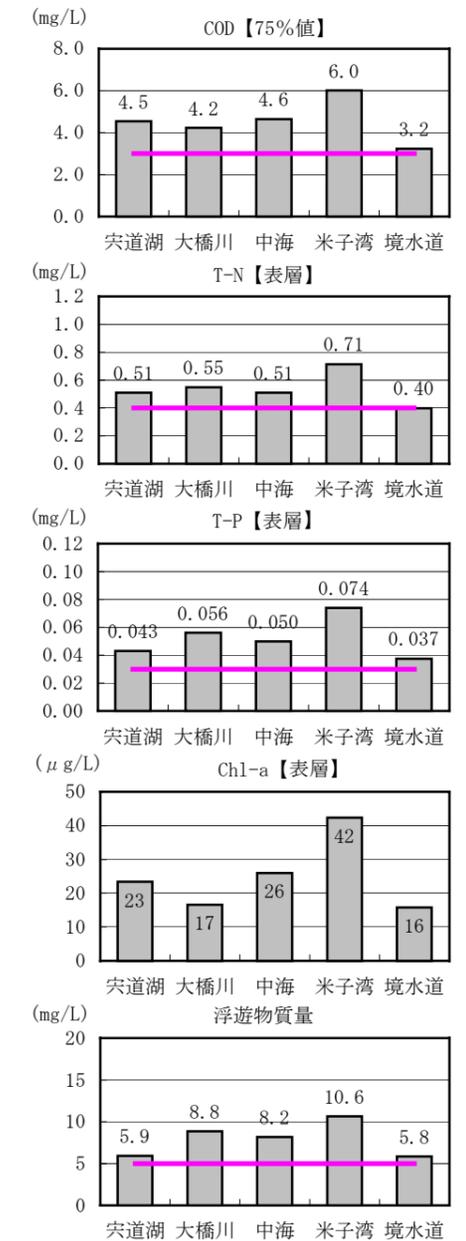


図 1.40 水域別水質(H6~15年平均)

②水質縦断分布状況

- ・溶存酸素濃度は、上層においては水域別の変化が小さく、下層では中海が他の水域と比較して低い。(H15年)
- ・CODは、上層においては中海が他の水域と比較して高く、下層では中海および境水道が、宍道湖、大橋川と比較して低い。(H15年)
- ・T-Pは、上層においては水域別の変化は小さく、下層では中海西部が高い。(H15年)

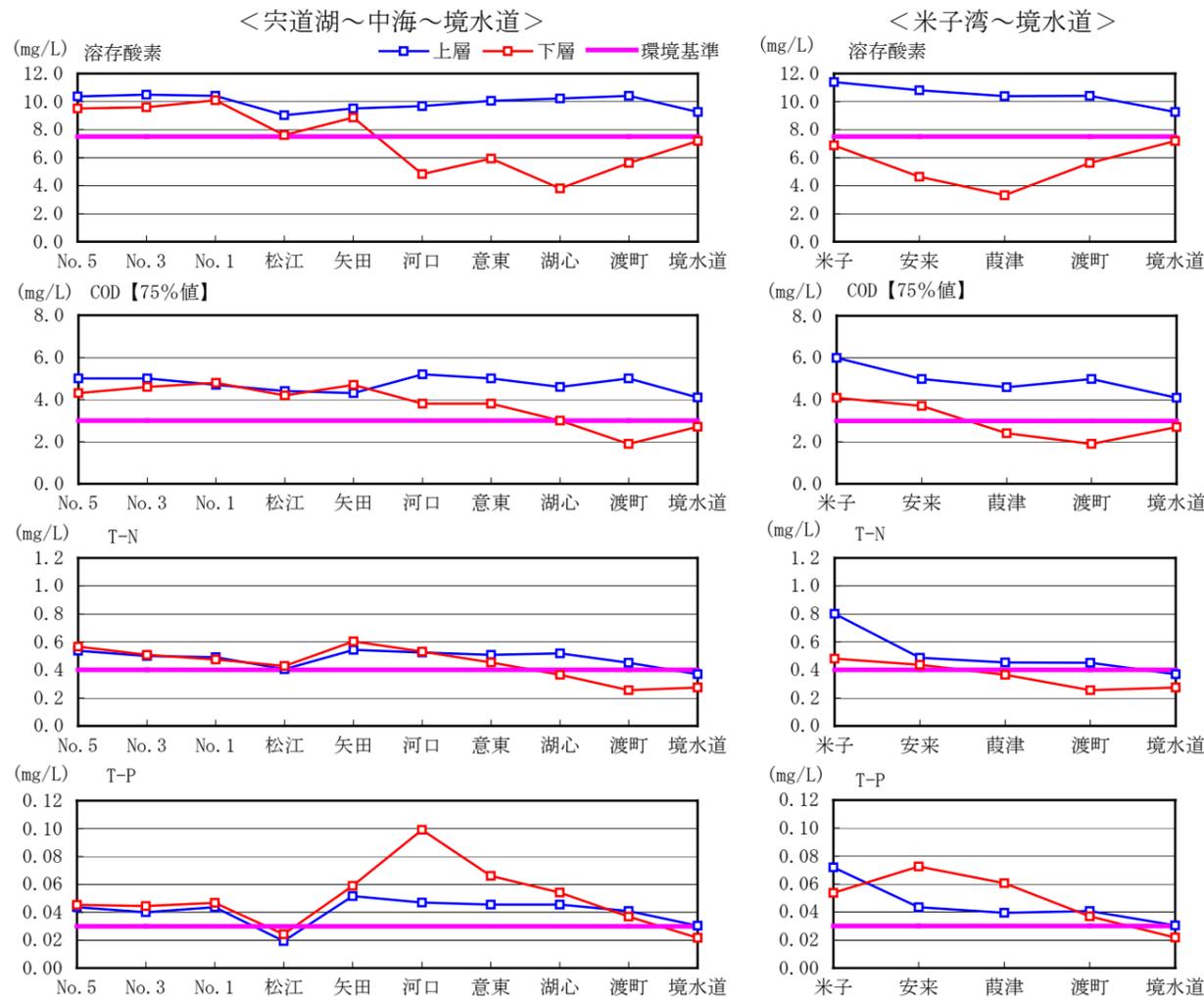
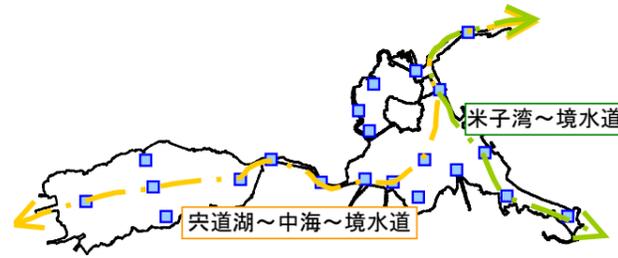


図 1.41 水質の縦断分布(平成 15 年)

(2) 流入河川の現状

- ・宍道湖の流入河川では、流域の 7 割を占める斐伊川の COD が湖沼環境基準を下回るものの、その他の流入河川の COD は湖沼環境基準を上回っている。(H9～15 年平均)
- ・大橋川の流入河川の COD は全ての河川で湖沼環境基準を上回っている。(H9～15 年平均)
- ・中海の流入河川では、柳谷川、飯梨川の COD が湖沼環境基準を下回るものの、その他の河川は、湖沼環境基準を上回っている。(H9～15 年平均)

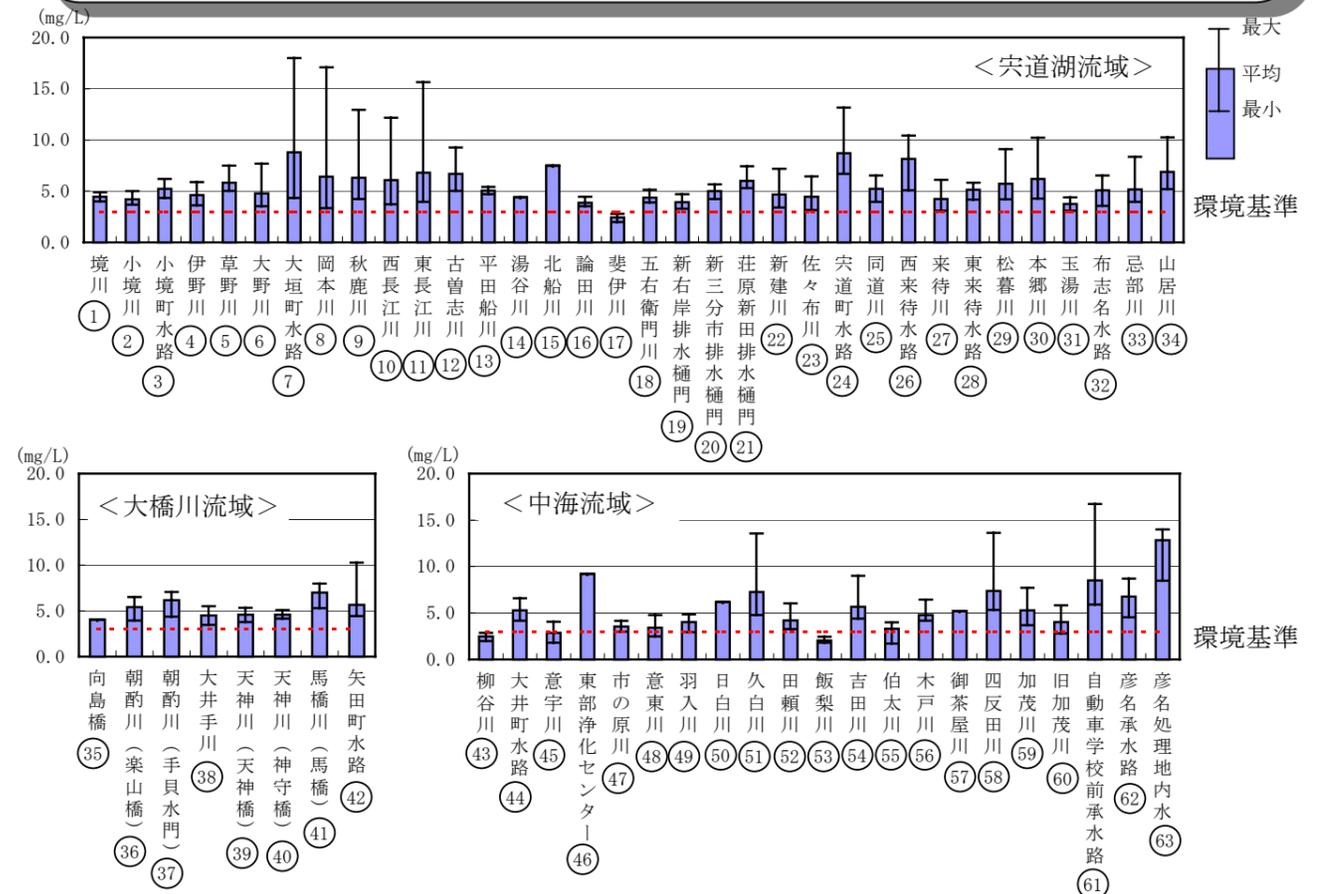


図 1.42 流入水質(COD)と湖沼環境基準値との比較 (負荷量調査：H9～15 年平均)



図 1.43 調査地点位置図

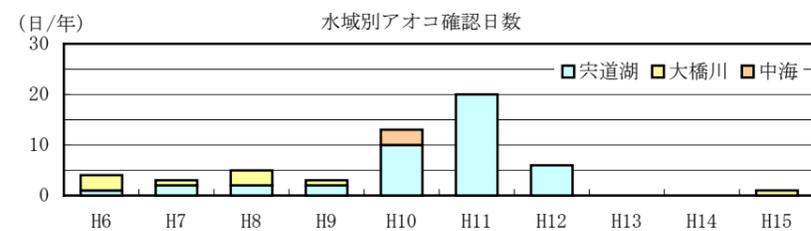
負荷量調査は、主要流入河川の出水・平水時を含めた流入負荷量把握のため実施している。ここでは、平水時の水質について河川毎に集計し示した。

(3) 富栄養化現象の状況

- ・アオコは、宍道湖において夏場を中心に発生している。近年では、平成 10、11 年が多くなっており、年 10~20 回の確認がある。
- ・アオコの主な原因種は藍藻類のミクロキスティスによることが多い。
- ・赤潮は、中海で頻繁に発生しているが、宍道湖でも概ね毎年確認されている。
- ・中海の赤潮は 11 月頃から翌年 5 月頃までが最も多く発生し、冬季中心の発生が特徴である。
- ・赤潮の主な原因種は渦鞭毛類のプロロセントラムミニナムによることが多い。

(4) 流入負荷量

- ・宍道湖の汚濁負荷量は、流域からの流入が約 44~93%と大部分を占める。
- ・中海の汚濁負荷量は、直接流域からの流入が約 15~47%であり、大橋川からの流入は約 33~43%である。
- ・COD 負荷量は、中海・宍道湖ともに内部生産による影響も大きい。
- ・底泥からの溶出負荷量は、COD が約 8~11%、T-N が約 21~22%、T-P が約 6~9% を占める。



<アオコ>

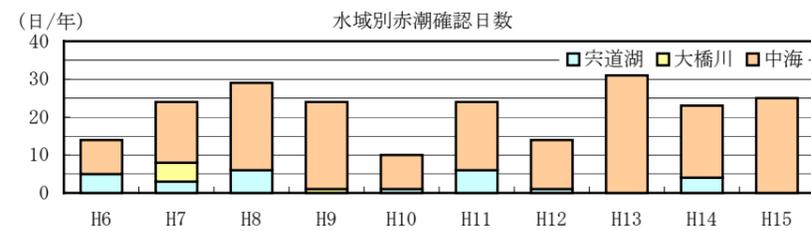


図 1.44 河川パトロールによるアオコ・赤潮発生確認日数

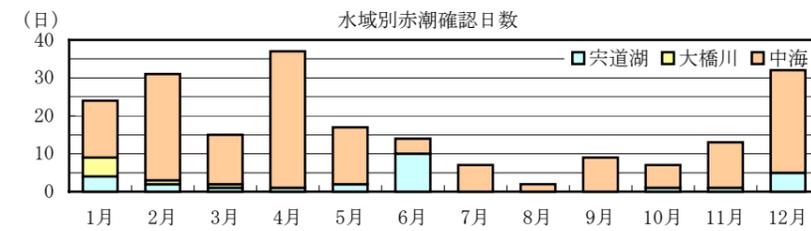
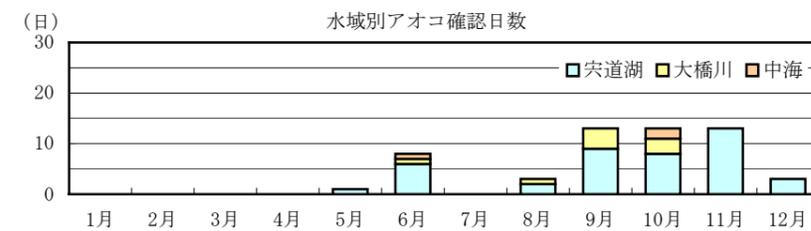


図 1.45 河川パトロールによるアオコ・赤潮発生確認日数 (H6~15年の10ヵ年の総計)

<赤潮>

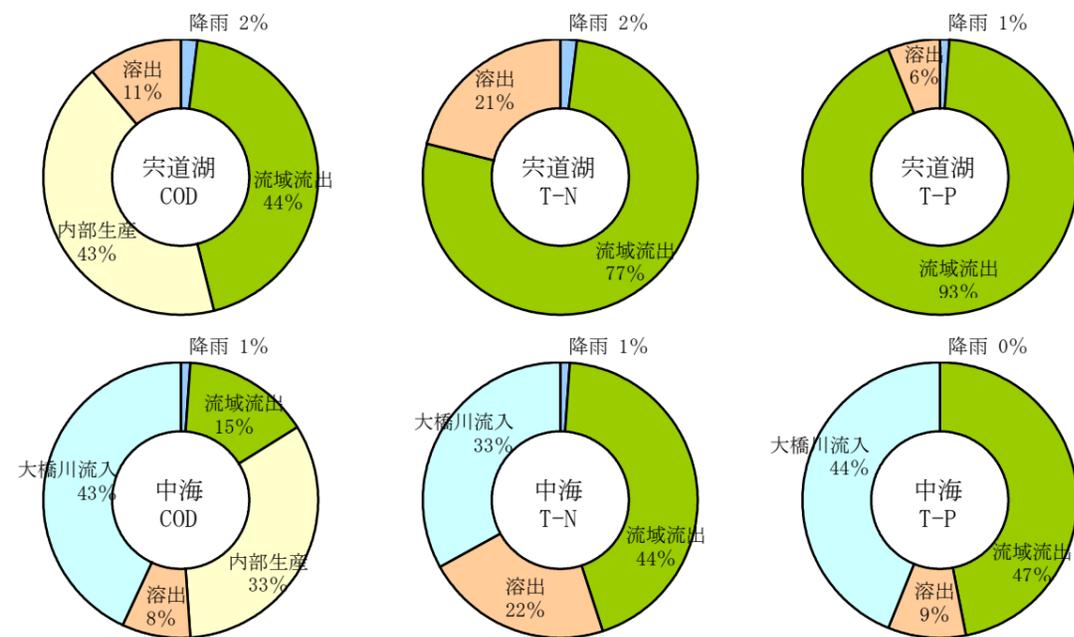
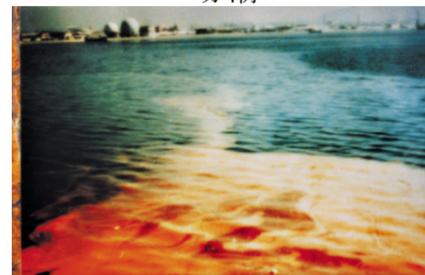


図 1.46 流入負荷量の内訳 (平成 10 年)