

3.2 水環境の状況

3.2.1 水象

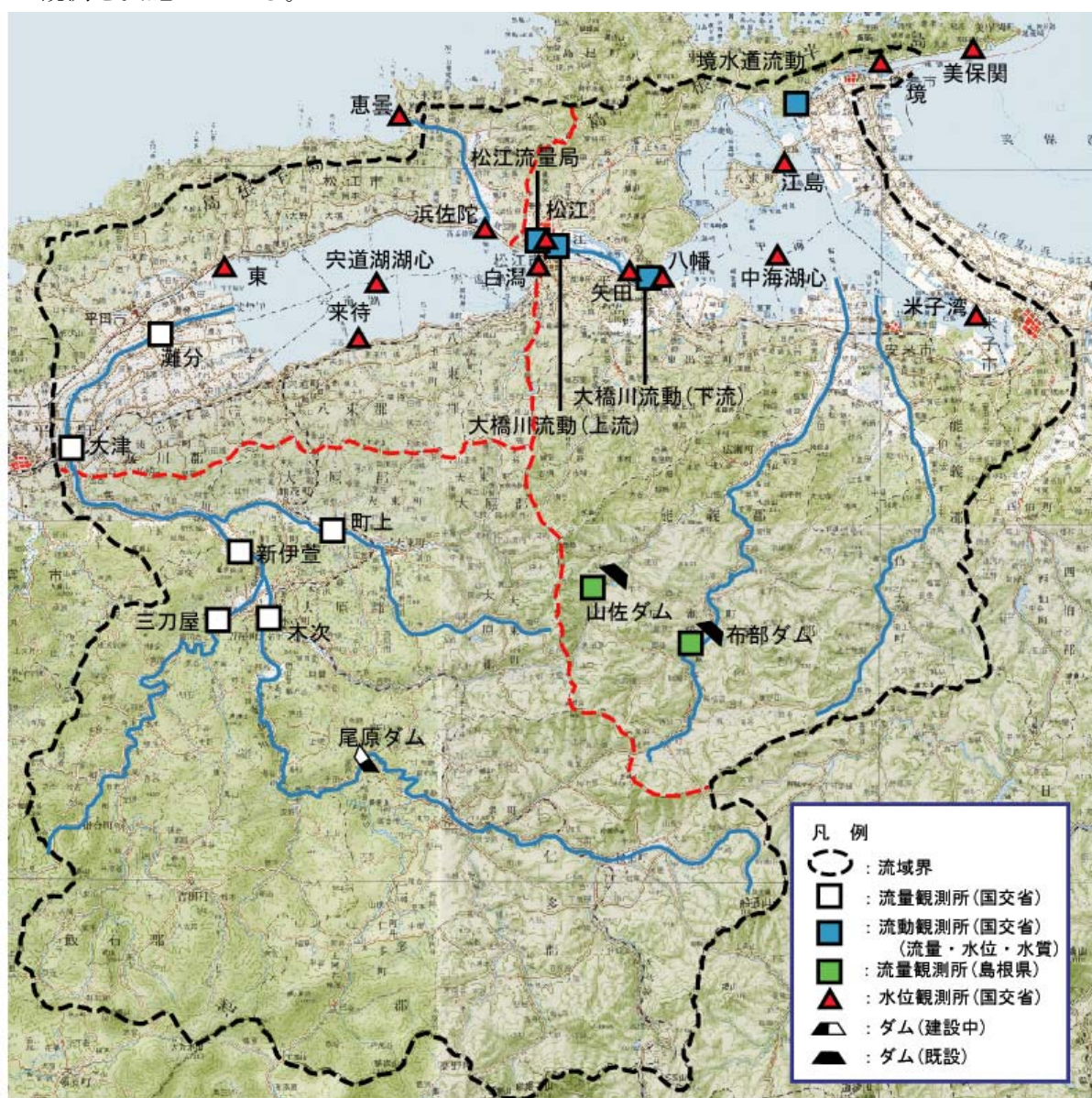
(1) 観測状況

斐伊川流域における水象の観測状況は図 3.2-1、表 3.2-1 に示すとおりである。

斐伊川流域における流量の観測は、斐伊川上流流域 6 地点、大橋川 3 地点、境水道 1 地点で実施している。

水位観測は湖内の穴道湖 5 地点、大橋川 3 地点、中海 3 地点、境水道 2 地点と美保湾 1 地点の 14 地点において実施している。また、佐陀川河口の 1 地点においても水位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、H-ADCP による流量および水位の観測を実施している。



※中海直接流入流域の流量は、飯梨川上流域の布部ダムおよび山佐ダムの流入・放流量を観測している。

図 3.2-1 水象の観測位置図

表 3.2-1 水象の観測一覧表

項目	水域	観測所名	所管	観測開始年月
流量 水位	宍道湖流入域 (斐伊川流域)	灘分	国交省	S46. 4
		大津	国交省	M26. 9
		新伊萱	国交省	S40
		木次	国交省	S31
		三刀屋	国交省	S32. 4
		町上	国交省	S55. 8
	大橋川	松江流量局	国交省	H6. 4
		大橋川流動(上流)	国交省	H15. 2
		大橋川流動(下流)	国交省	H15. 2
	中海流入域	布部ダム(飯梨川)	島根県	S43. 4
		山佐ダム(飯梨川)	島根県	S12. 1
	境水道	境水道流動	国交省	H16. 3
水位	宍道湖	東	国交省	M39. 1
		来待	国交省	S31. 12
		宍道湖湖心	国交省	S63. 12
		浜佐陀	国交省	M32. 6
		白潟	国交省	S5. 7
	大橋川	松江	国交省	S5. 7
		矢田	国交省	S26. 7
		八幡	国交省	M26. 7
	中海	中海湖心	国交省	S53. 12
		米子湾	国交省	S57. 4
		江島	国交省	S50. 6
	境水道及び美保湾	境	気象庁	S24
		美保関	国交省	T4. 2
	その他	恵曇	国交省	—

(2) 斐伊川(大津地点)の流況

斐伊川大津地点における近年 10 年間(平成 6～15 年)の年平均流量および月平均流量は図 3.2-2 に示すとおりである。

近年 10 ヶ年(平成 6～15 年)の年平均流量は約 $41\text{m}^3/\text{s}$ であり、渇水年の平成 6 年が約 $28\text{m}^3/\text{s}$ と小さく、豊水年の平成 9 年が約 $55\text{m}^3/\text{s}$ と大きい。

月平均流量は、融雪の影響による 1～4 月と梅雨・台風の影響による 7 月、9 月に多くなる。

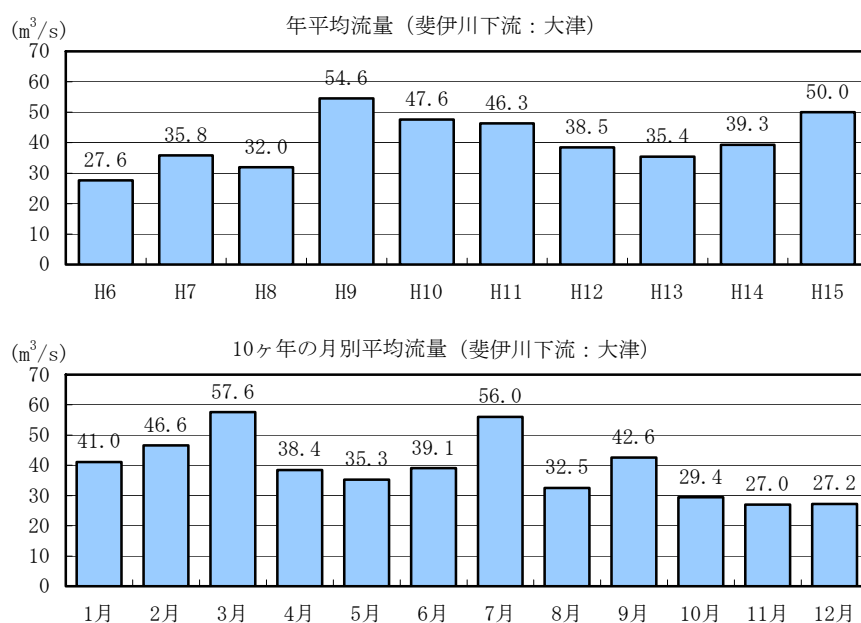


図 3.2-2 斐伊川(大津地点)の流況(平成 6 年～15 年)

(3) 大橋川(松江地点)の流況

大橋川松江地点における近年10年間の月平均,月最大流量は図3.2-3に示すとおりである。

近年10ヵ年(平成6～15年)の平均流量は、順流で約150m³/s、遡上(逆流)で約100m³/sである。

近年10ヵ年の順流時最大流量はH9年7月出水時の約730m³/sであり、遡上時最大流量はH14年9月の約400m³/sである。遡上1回あたりの松江通過水量は、10ヵ年平均で約250万m³/回であり、最大はH14年8月(9/1高潮時)の約3,430万m³/回であり、平常時遡上量の約14倍である。

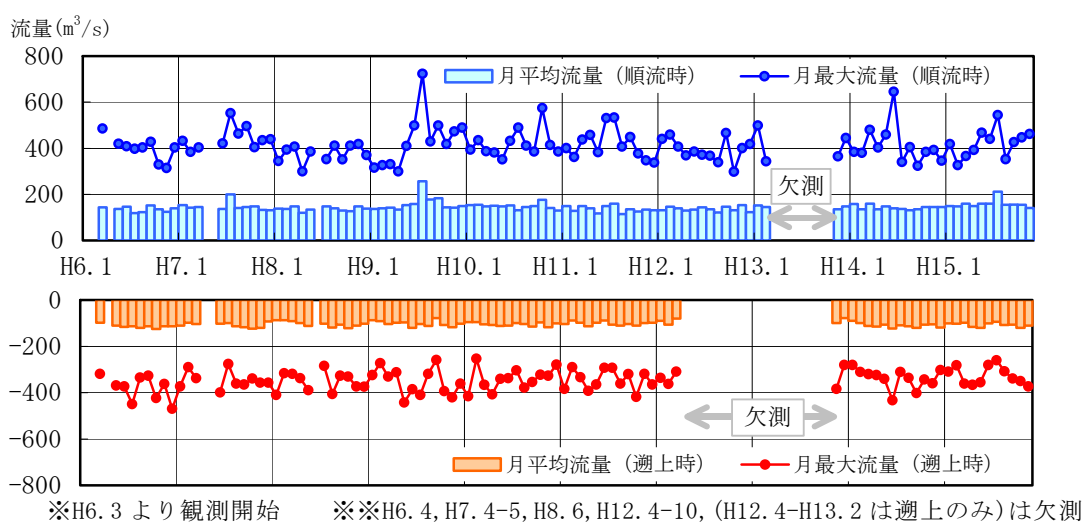


図 3.2-3 大橋川(松江地点)の月平均および月最大時間流量

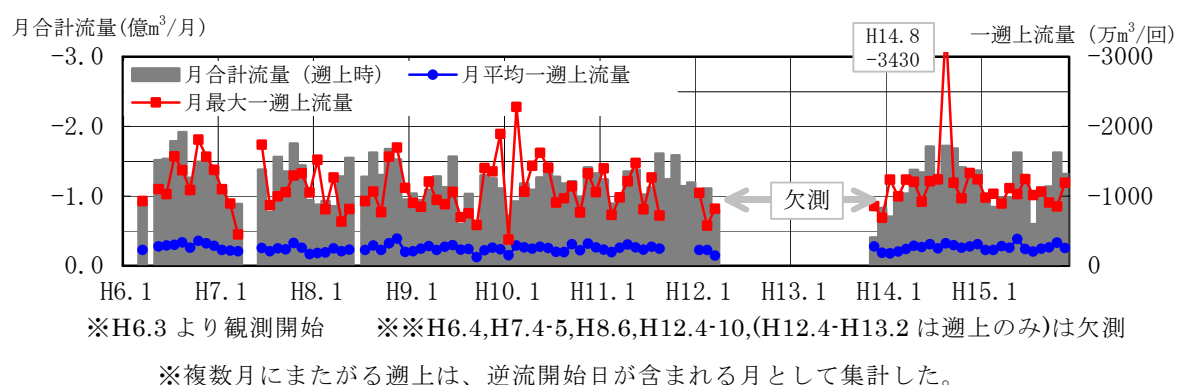


図 3.2-4 大橋川(松江地点)の遡上時流量(1回遡上期間合計：月最大・平均・月合計)

(4) 宍道湖・中海湖内水位の変動特性

宍道湖、大橋川、中海、境水道の各水位観測所における、平水時、洪水時および高潮時の水位変動を図 3.2-5 に示す。

平水時や高潮時の日本海潮位変動は、境水道を通じてほぼ減衰することなく中海に伝達されるが、宍道湖への伝達は大橋川を経由する過程で変動振幅の減衰、伝達時間に遅れが生じている。

洪水時の水位変動は、狭窄部となる大橋川の地形形状に起因して、宍道湖ではより大きな貯留効果が生じている。

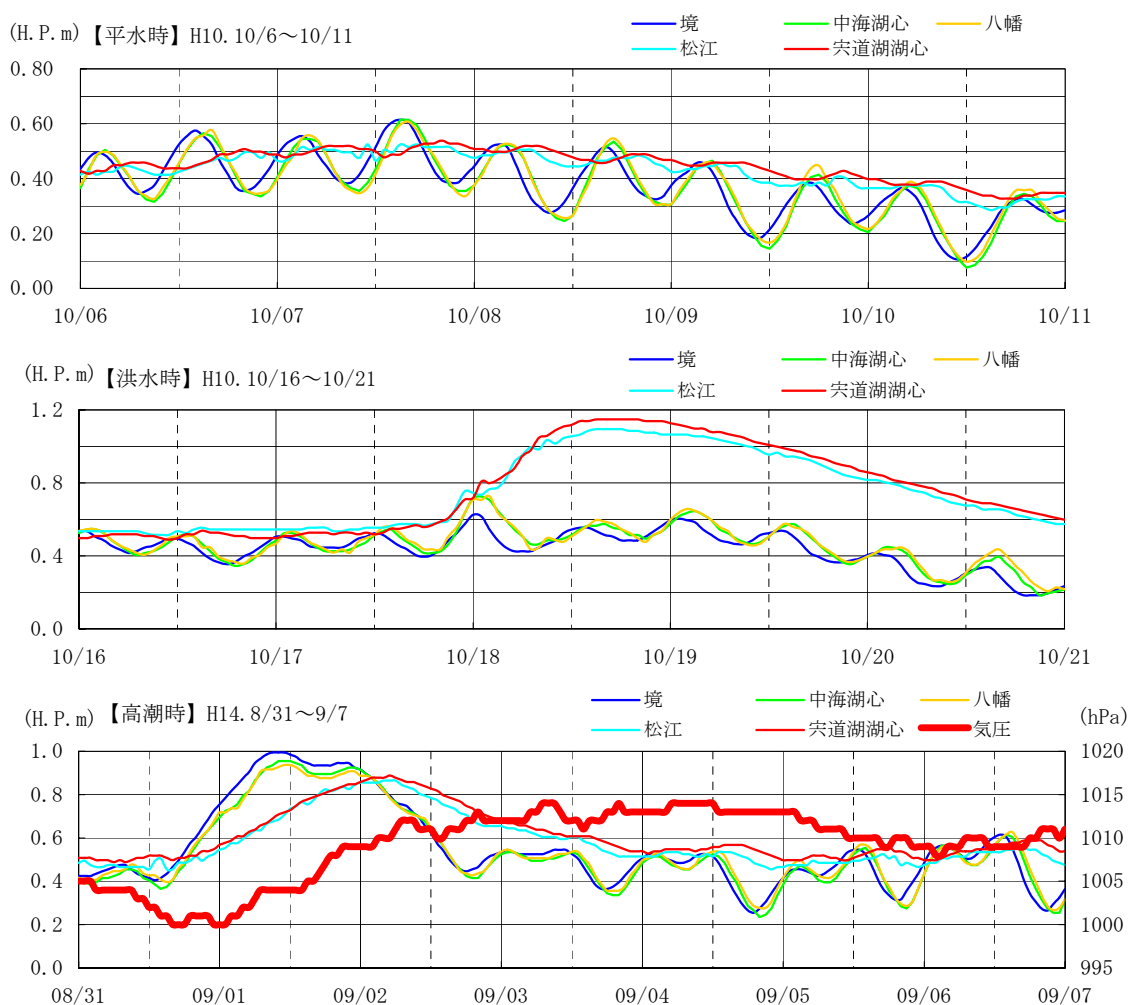


図 3.2-5 水位変動特性

3.2.2 水質

3.2.2.1 調査状況

中海・宍道湖の環境基準は、生活環境項目が湖沼Ⅰ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、大橋川、中海、境水道及び美保湾の水質観測は、月1回の採水・分析調査(35地点)と自動観測装置による連続観測(自動観測)(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、DOについて水深別(6層)の観測を実施している。

表 3.2-2 環境基準類型指定状況

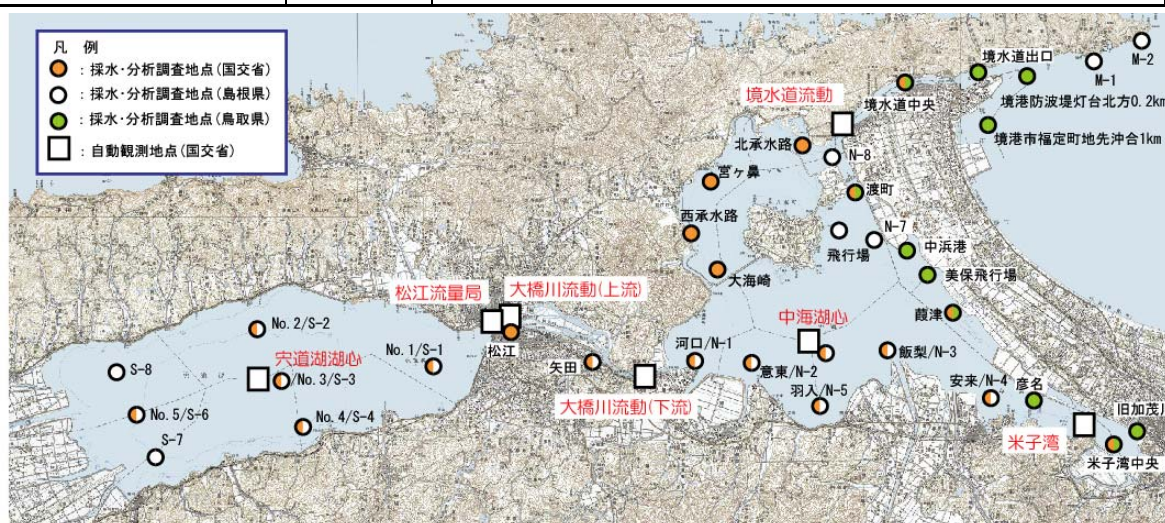
項目	宍道湖 (大橋川含む)	中海※ (境水道含む)
生活環境項目	湖沼Ⅰ	湖沼Ⅰ
富栄養化項目	湖沼Ⅲ	湖沼Ⅲ

※中海には、本庄工区を含む

また、中海・宍道湖内の詳細な流動・水質状況を把握するため、以下のような詳細調査を実施している。

表 3.2-3 詳細調査の実施概要

調査名	実施年	実施概要
宍道湖塩分成層調査	H6, H15	宍道湖底層に広がる塩分成層の範囲や発生、消滅および移動の形態を把握するため、湖内複数地点において塩分調査を実施している。
大橋川塩分遡上調査	H12～H14	高塩分水塊が中海から大橋川へ進入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分水塊の移動観測および複数地点での連続観測を実施している。
中海(西部)塩分成層調査	H13～H16	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、塩分などの移動観測および定点連続観測を実施している。



※採水・分析調査地点の2色で塗分けられた地点は、同地点にて複数の機関による調査が実施されていることを示す。

図 3.2-6 水質調査地点

表 3.2-4 採水・分析調査実施状況

地点※1		所管	観測開始月日	層数	一般項目	生活環境項目	富栄養化関連項目		その他項目
							※1	※2	
宍道湖	No. 1 (S-1)	国交省/島根県	S49	3	○	○	○	○	○
	No. 2 (S-2)	国交省/島根県	S49	2	○	○	○	-	○
	No. 3 (S-3)	国交省/島根県	S48	3	○	○	○	○	○
	No. 4 (S-4)	国交省/島根県	S49	2	○	○	○	-	○
	No. 5 (S-6)	国交省	S43	3	○	○	○	○	○
	S-7	島根県	S57	2	○	○	○	○	○
	S-8	島根県	S57	2	○	○	○	○	○
大橋川	松江	国交省	H13	3	○	○	○	○	○
	矢田 (S-5)	国交省/島根県	S43	3	○	○	○	○	○
中海	大橋川河口 (N-1)	国交省/島根県	S84	3	○	○	○	-	○
	意東鼻沖 (N-2)	国交省/島根県	S48	3	○	○	○	-	○
	飯梨川河口 (N-3)	国交省/島根県	S48	3	○	○	○	-	○
	安来港 (N-4)	国交省/島根県	S47	3	○	○	○	-	○
	羽入川河口 (N-5)	国交省/島根県	S47	3	○	○	○	-	○
	中海湖心 (N-6)	国交省/島根県	S47	3	○	○	○	○	○
	N-7	島根県	H5	2	○	○	○	○	○
	米子湾中央	国交省/鳥取県	S47	3	○	○	○	○	○
	葭津地先	国交省/鳥取県	S47	3	○	○	○	○	○
	渡野地先	国交省/鳥取県	S48	3	○	○	○	-	○
	旧加茂川	鳥取県	-	1	○	○	○	○	○
	彦名地先	鳥取県	-	2	○	○	○	○	○
	飛行場沖	島根県	S49	2	○	○	○	-	○
	美保飛行場	鳥取県	-	2	○	○	○	○	○
	中浜港	鳥取県	-	2	○	○	○	○	○
	大海崎沖	国交省	H1	2	○	○	○	○	○
	宮ヶ鼻沖	国交省	H1	2	○	○	○	○	○
	西承水路	国交省	H8	1	○	○	○	○	○
境水道 及び 美保湾	北承水路	国交省	H9	1	○	○	○	○	○
	N-8	島根県	S50	2	○	○	○	-	○
	境水道中央	国交省/鳥取県	S48	3	○	○	○	○	○
	境水道出口	鳥取県	S48	2	○	○	○	○	○
	M-1	島根県	S48	2	○	○	-	-	-
	M-2	島根県	S48	2	○	○	-	-	-
	境港防波堤灯台北方0.2km	鳥取県	-	2	○	○	○	-	-
	境港市福定町地先沖合1km	鳥取県	-	2	○	○	○	-	-

観測水深：＜国交省＞上層・水深1.0m, 中層・1/2水深, 下層・湖底上1.0m

＜島根県, 鳥取県＞上層・水深0.5m, 中層・1/2水深, 下層・湖底上0.5m

※複数機関により調査を実施している地点は、国交省の観測諸元を示す。

＜一般項目＞：水温

＜生活環境項目＞：pH, COD, SS, DO, 大腸菌群数 ※SSは表層のみの観測

＜富栄養化関連項目＞※1：T-N, T-P, TOC, Chl-a ※富栄養化関連項目は、調査水深を減じている

※2：NH₄-N, NO₃-N, NO₂-N, PO₄-P, D・T-N, D・T-P, D・PO₄-P, D・COD

＜その他項目＞：塩化物イオン, 濁度

※項目を減じて観測している場合がある

表 3.2-5 自動観測実施状況

地点		観測開始月日	水温	pH	DO	濁度	塩分	観測層
宍道湖	宍道湖湖心	H1.1	○	○	○	○	○	5
大橋川	松江流量局	H6.3	○				○	4
	大橋川流動(上流)	H15.2	○		○		○	6
	大橋川流動(下流)	H15.2	○		○		○	6
中海	中海湖心	S61.3	○	○	○	○	○	5
	米子湾	S61.3	○	○	○	○	○	5
境水道	境水道流動	H16.3	○		○		○	6

3.2.2.2 水温

(1) 水域別の変化

近年 10 ヶ年 (H6～H15) における各水域の全層平均水温は図 3.2-7 に示すとおりである。各水域の平均水温は 17℃ 程度であり、水域間の水温差は小さい。

【平均水温】

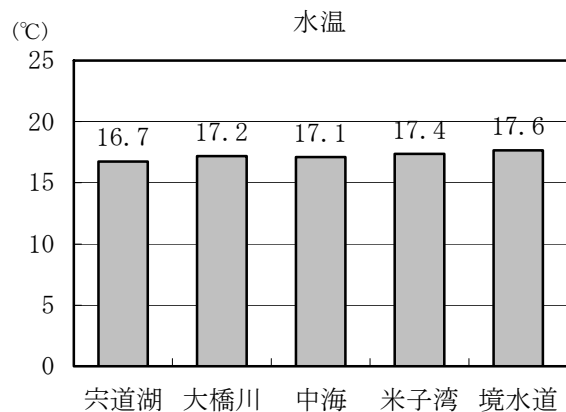


図 3.2-7 水域別の水温

(2) 季節変化

平成 15 年における穴道湖湖心および中海湖心の日平均水温の変化は図 3.2-8 に示すとおりである。

穴道湖の水温は、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小さい。

中海の水温は、表層は概ね穴道湖と同様の変化を示し、最低は 1～2 月の 5℃、最高は 8 月の 29℃ 程度である。一方底層は、最低が 1～2 月の 10℃、最高が 8～9 月の 27 度程度であり、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生じており、秋季～冬季は底層が高く水温差は 5℃ 程度であり、春季～夏季は表層が高く水温差は 5℃ 程度である。

【季節変化】

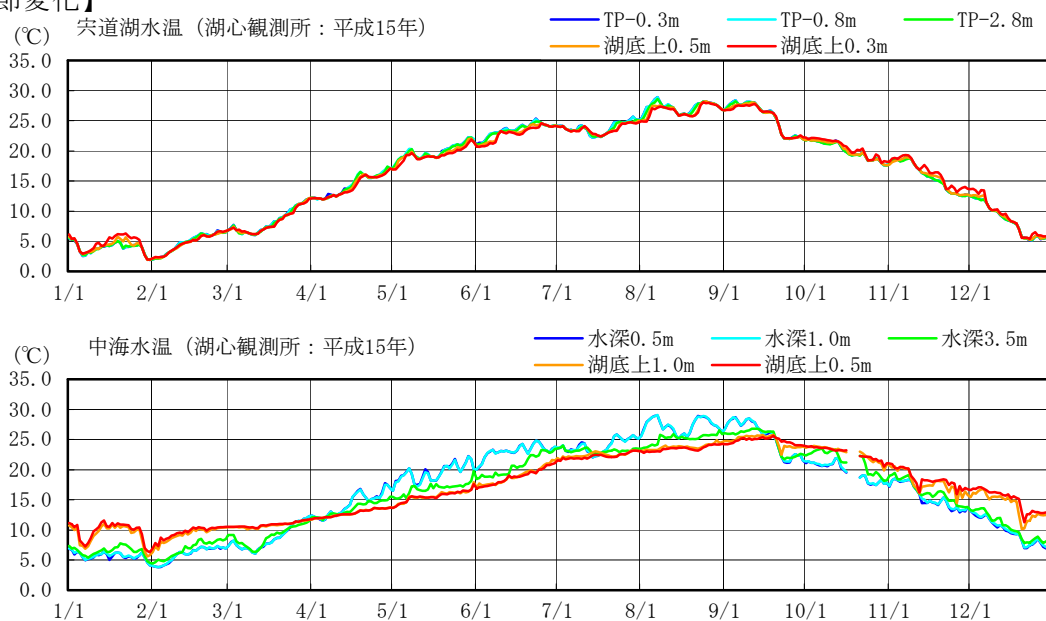


図 3.2-8 日平均水温の年間変動(平成 15 年：自動観測結果)

3.2.2.3 塩分

(1) 水域別の変化

近年 10 ヶ年 (H6～H15) における各水域の全層平均塩分は図 3.2-9、平成 12 年 9 月に実施した塩分測定結果に基づき作成した宍道湖～大橋川～中海の塩分縦断分布図は図 3.2-10 に示すとおりである。

全層平均塩分は、宍道湖では 4.0psu、中海では 19.4psu、境水道では 25.1psu、美保湾では 33.7psu であり、中海が海水の約 1/2、宍道湖が海水の約 1/10 である。

中海の塩分は、境水道を通じて日本海の海水が下層に進入するため、底層の塩分は高く、上下層の濃度差が大きい。一方宍道湖の塩分は、大橋川を通じて塩水が遡上・進入するが、中海と比較して低く、上下層の濃度差が小さい。

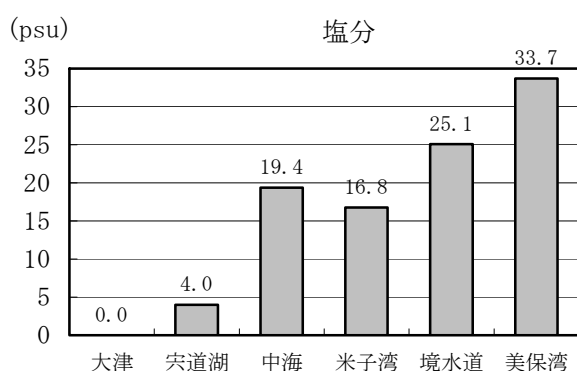


図 3.2-9 水域別の塩分 (H6～15 年の全層平均)

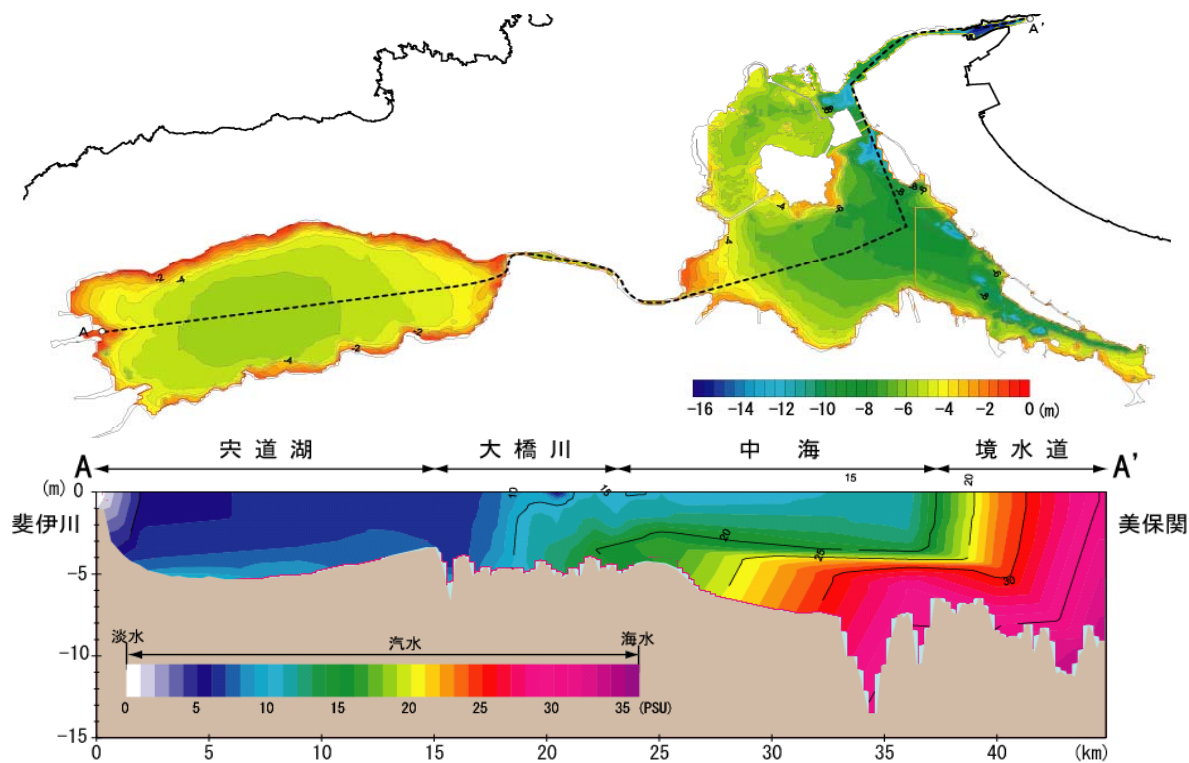


図 3.2-10 宍道湖～大橋川～中海の塩分 (H12.9.30)

(2) 経年変化

採水・分析調査結果(月 1 回観測)に基づく近年 10 ヶ年(H6～H15)の中海湖心および宍道湖湖心の塩分の経年変化は図 3.2-11 に示すとおりである。また、同資料に基づき算定した上下層の平均・最大・最小塩分は表 3.2-6 に示すとおりである。

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 9 年では 0.6psu まですり下がりしている。すなわち、宍道湖の塩分の変化は流域の降水量に大きく影響されており、近年 10 ヶ年では最大 18 倍に及ぶ大きな変動を繰り返している。

中海においても、表層の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、変動は大きい。一方底層の塩分の変化は表層ほど顕著でなく、高塩分水が継続しており、成層は長期的に安定して維持されている。

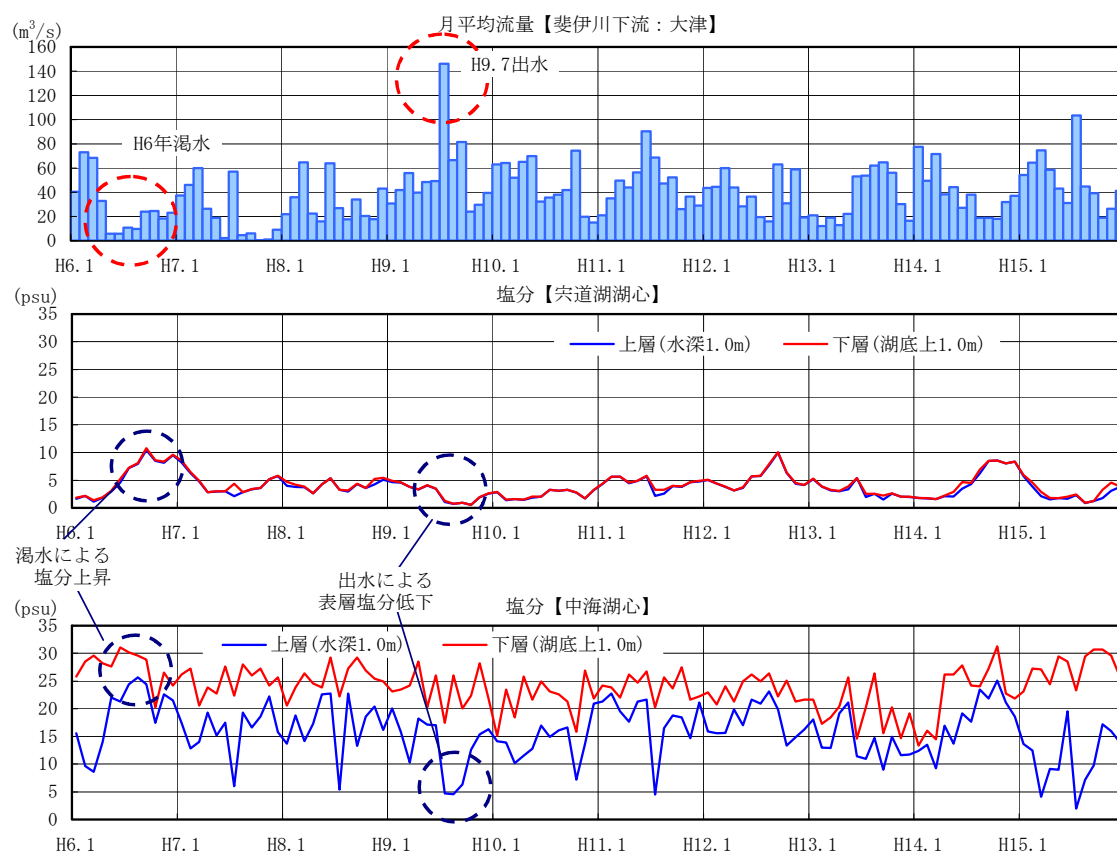


図 3.2-11 湖心塩分の変動

表 3.2-6 宍道湖および中海の塩分

	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出し、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、形成・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。

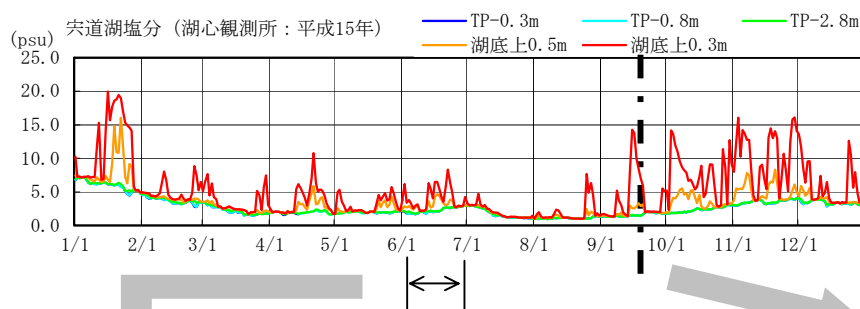


図 3.2-12 宍道湖塩分の季節変化 (H15)

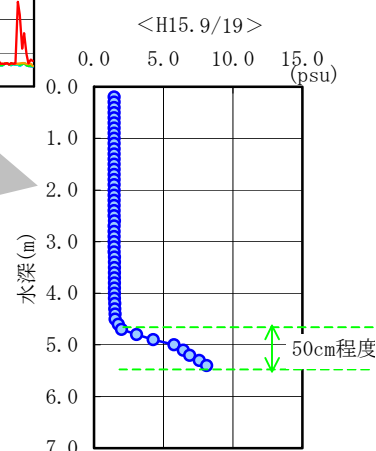


図 3.2-13 塩分鉛直分布

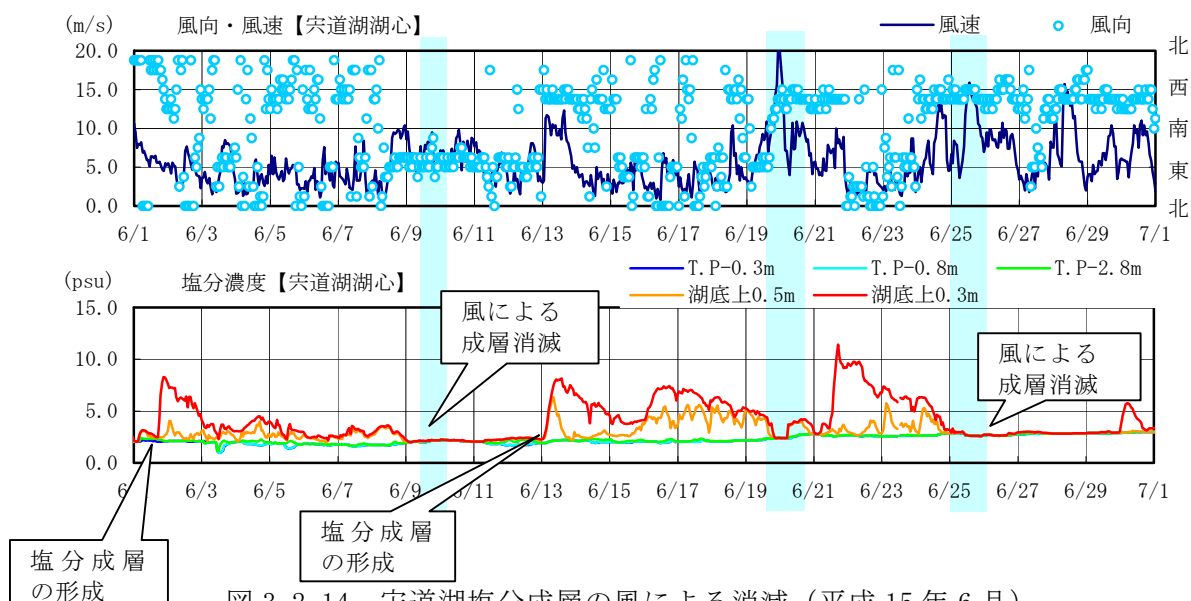


図 3.2-14 宍道湖塩分成層の風による消滅 (平成 15 年 6 月)

※ 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。

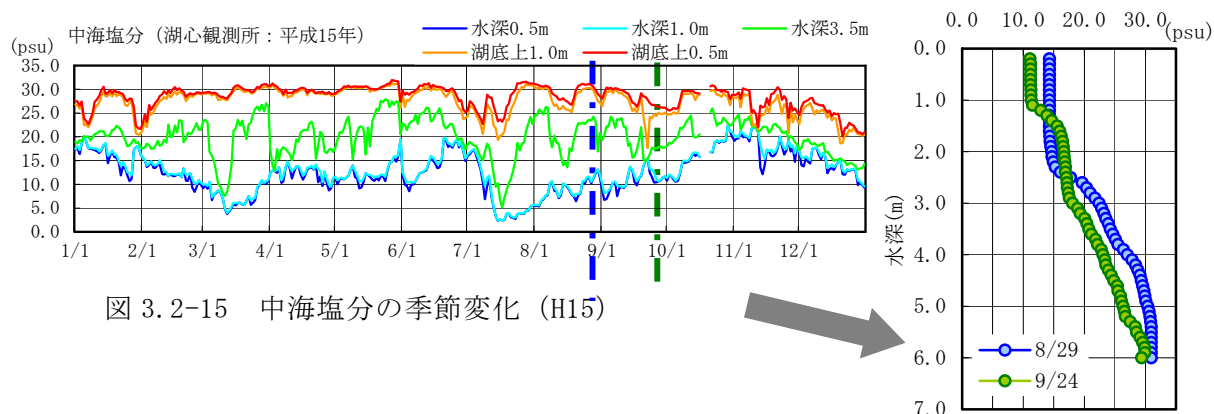


図 3.2-15 中海塩分の季節変化 (H15)

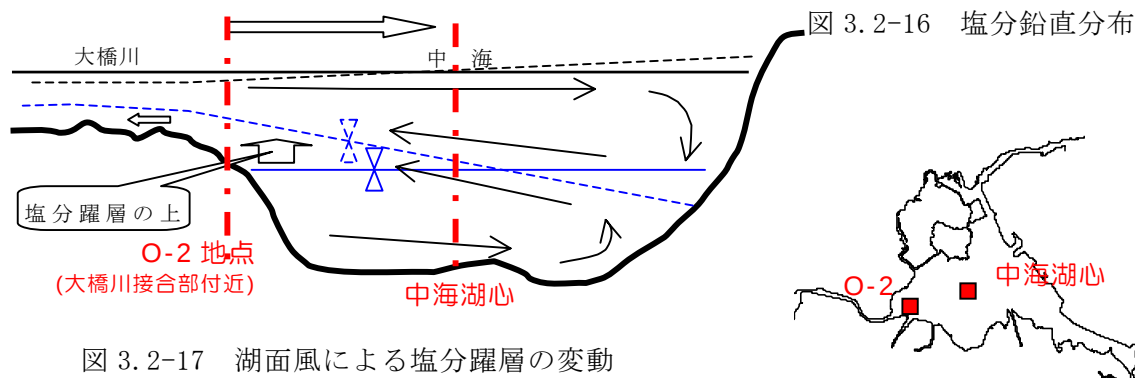


図 3.2-16 塩分鉛直分布

図 3.2-17 湖面風による塩分躍層の変動

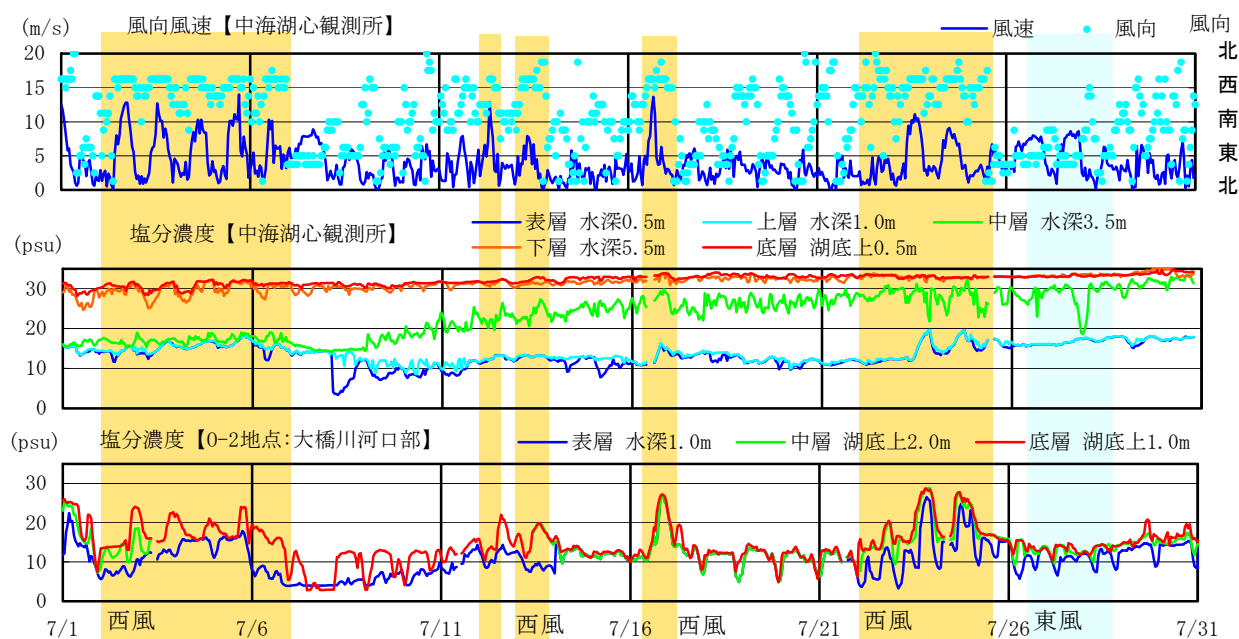


図 3.2-18 中海の塩分成層の風による変動 (H13. 7/1～31)

(5) 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に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)

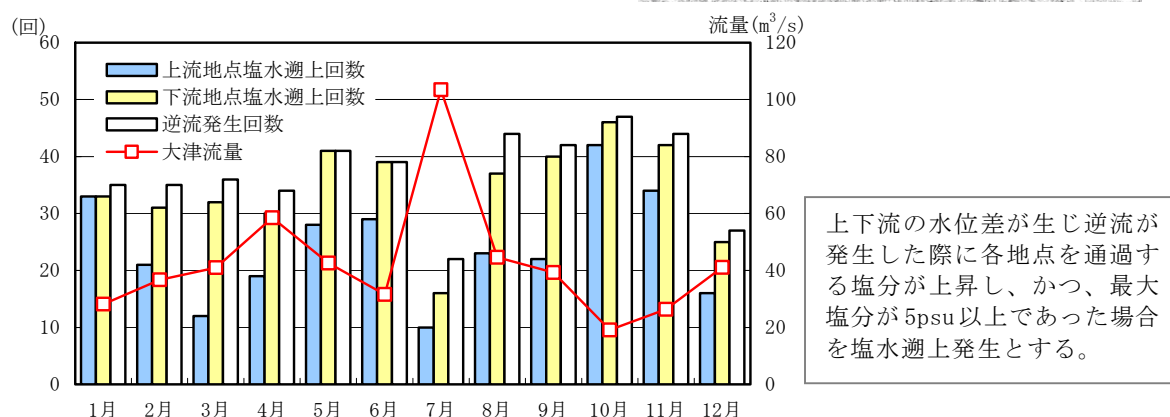
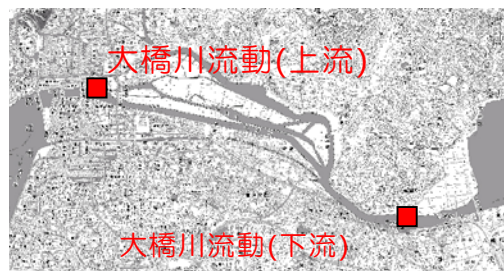


図 3.2-19 大橋川各地点の塩水遡上回数(H15 年)

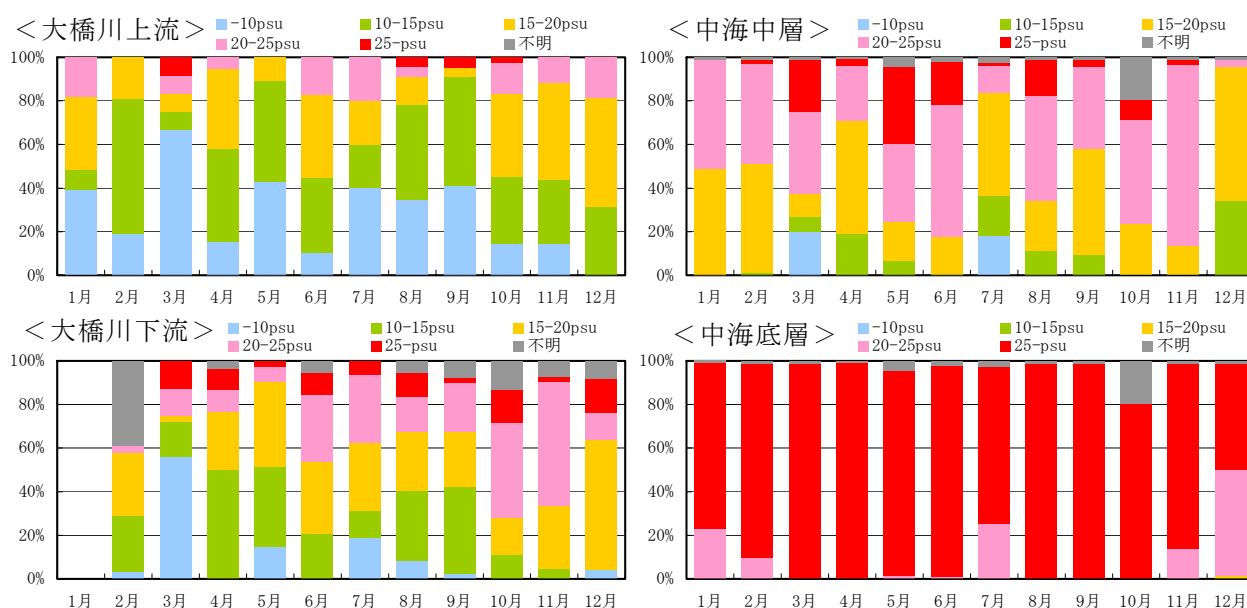


図 3.2-20 塩水遡上時の最大塩分(H15 年)

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

3.2.2.4 溶存酸素

(1) 中海・宍道湖の年間変動

平成 15 年における宍道湖湖心および中海湖心の溶存酸素を、同時に観測されている塩分と対比し図 3.2-21 および図 3.2-22 に示している。

宍道湖では、大橋川から進入する塩水により形成される塩分成層により、底層の塩分が上昇し、これに伴い底層で貧酸素化が起こっている。底層の貧酸素化は、水温が上昇する夏場を中心に頻繁に見られる。

中海では、年間を通じて安定的な塩分成層が形成され、春から秋にかけて底層の貧酸素化が常態化している。

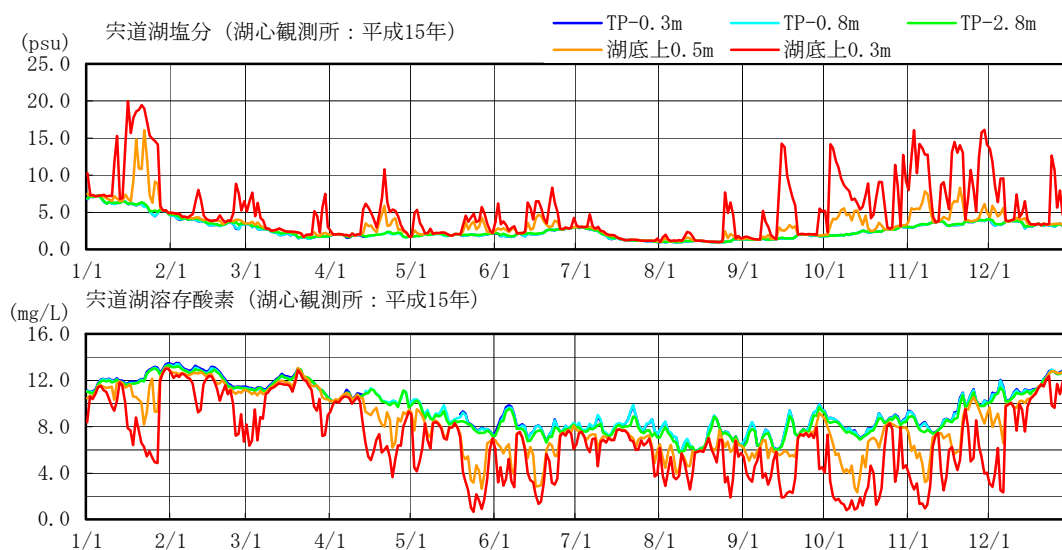


図 3.2-21 宍道湖湖心の塩分と溶存酸素の変化(平成 15 年)

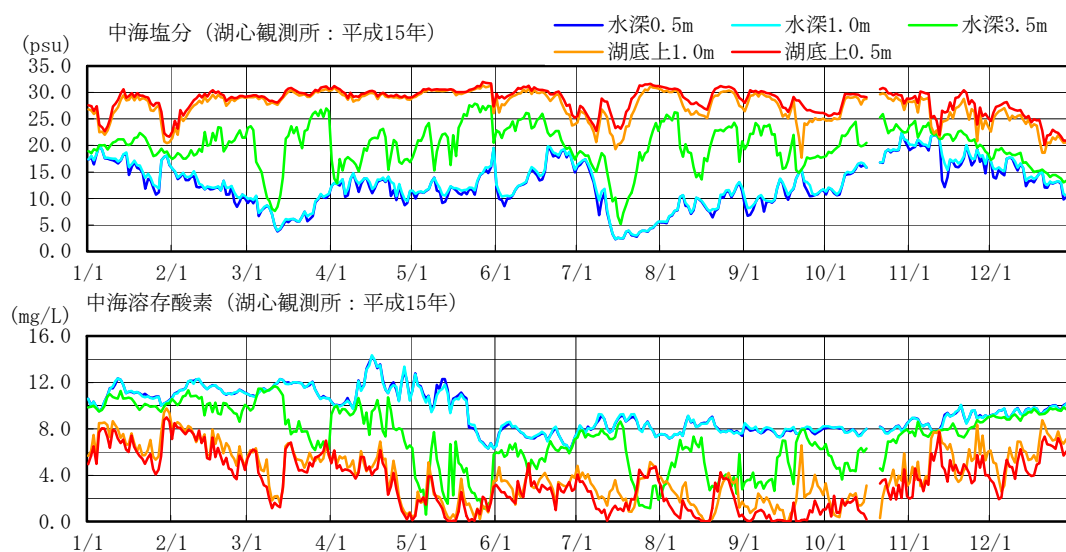
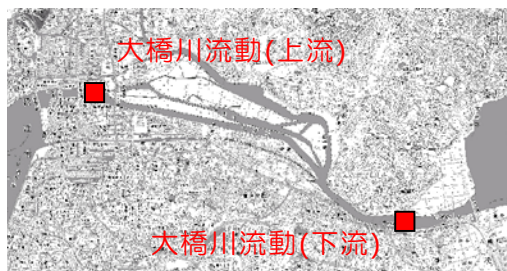


図 3.2-22 中海湖心の塩分と溶存酸素の変化(平成 15 年)

(2) 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(遡上期間平均)をみると、1mg/L 未満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 未満の貧酸素水は、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を算出した。
- ※ 中海については、時間データの溶存酸素を集計した。

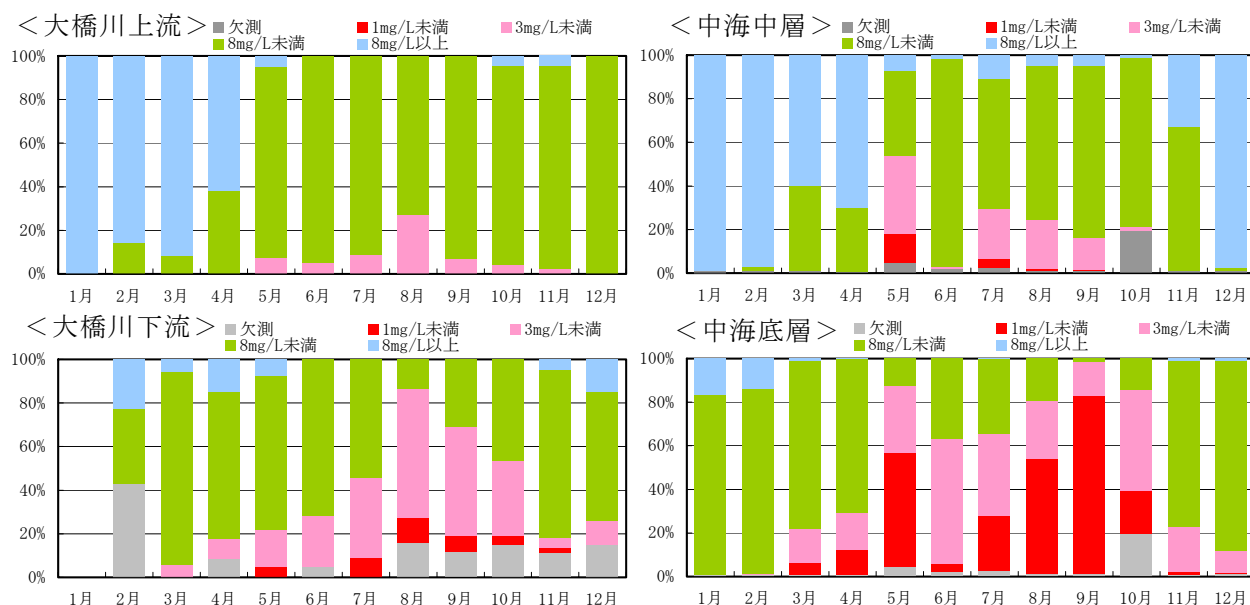


図 3.2-23 塩分水遡上時の溶存酸素(H15 年)

3.2.2.5 富栄養化

(1) 水域別の変化

近年 10 ヶ年 (H6～H15) における各水域の水質は図 3.2-24 に示すとおりである。

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。また、各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。

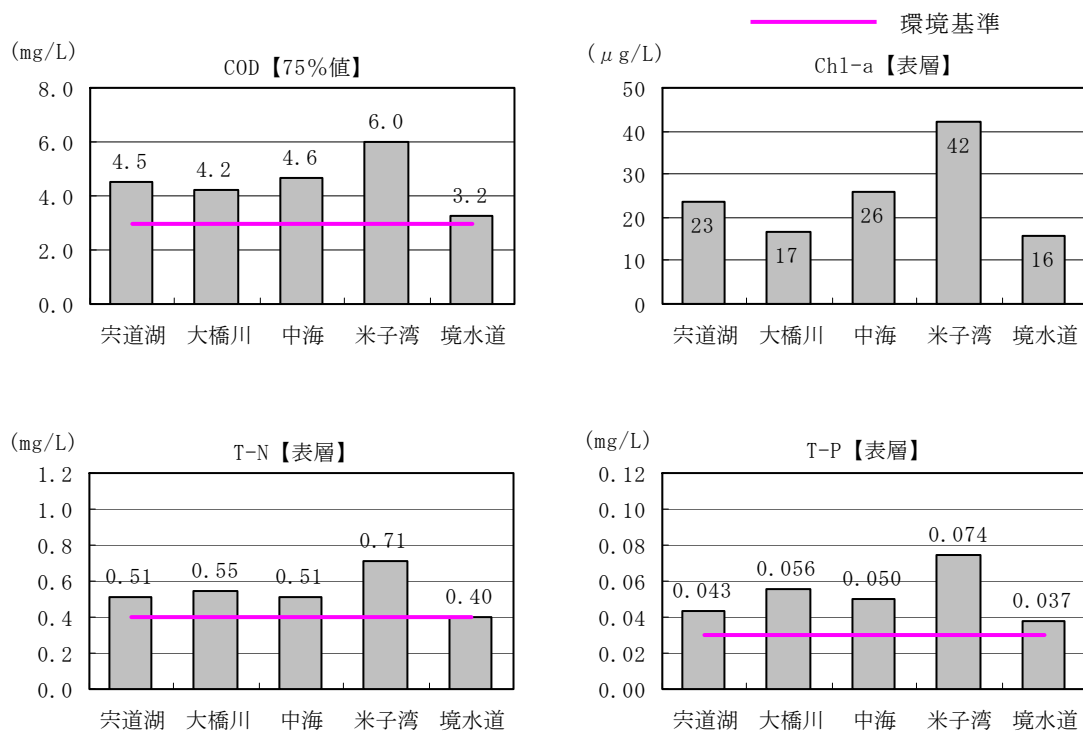


図 3.2-24 水域別水質 (H6～H15 平均)

(2) 経年変化

近年 10 ヶ年の水質の経年変化は図 3.2-25 に示すとおりである。

各項目とも水質の経年的な変化特性は明瞭でない。水質悪化が顕著な米子湾では、各項目とも平成 12 年が最大である。

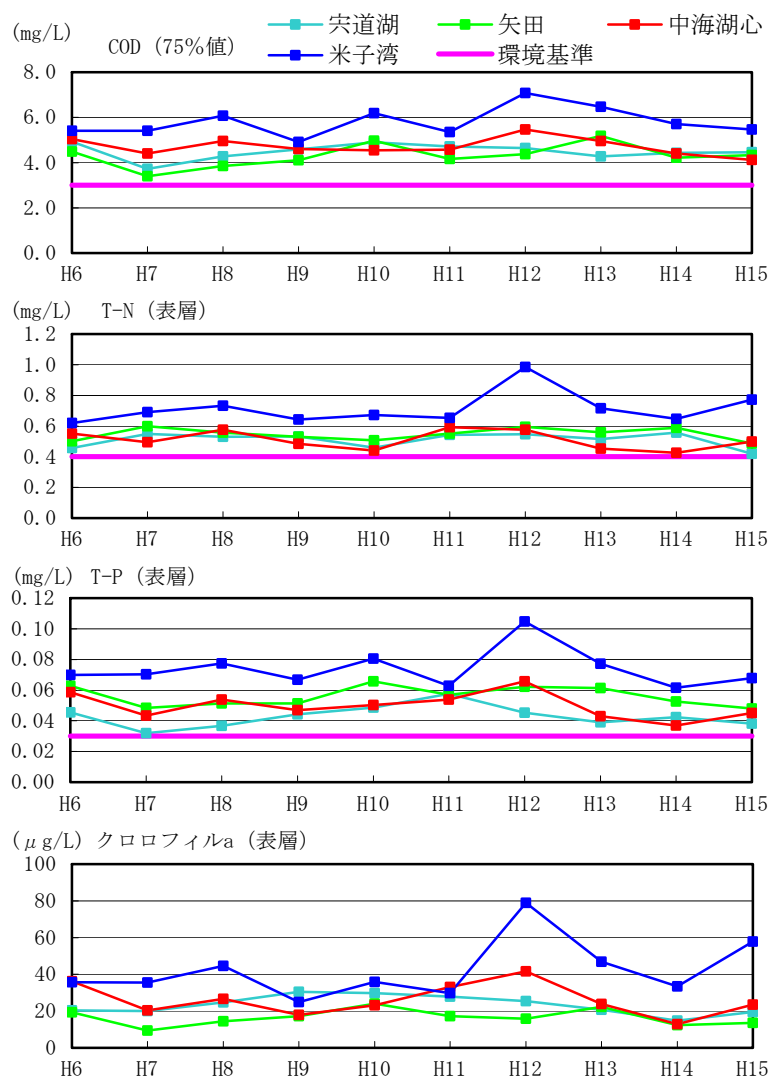


図 3.2-25 湖内水質の経年変化

(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システリ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マムによることが多い。

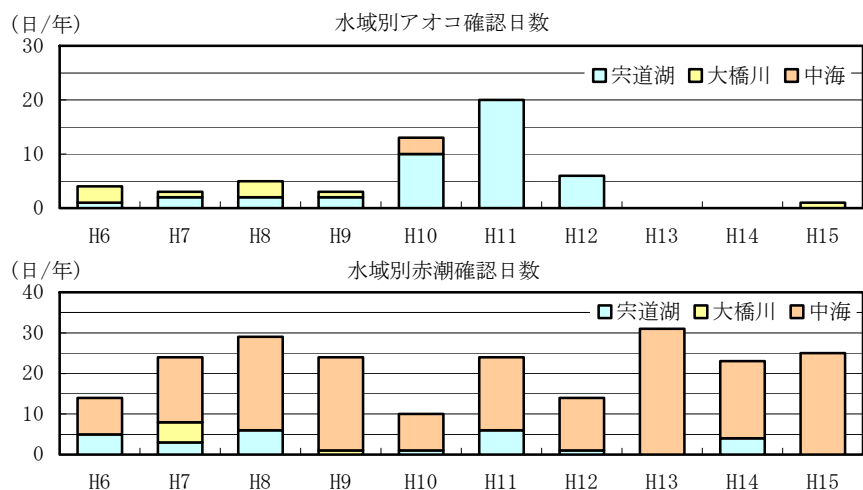


図 3.2-26 河川パトロールによるアオコ・赤潮発生確認日数

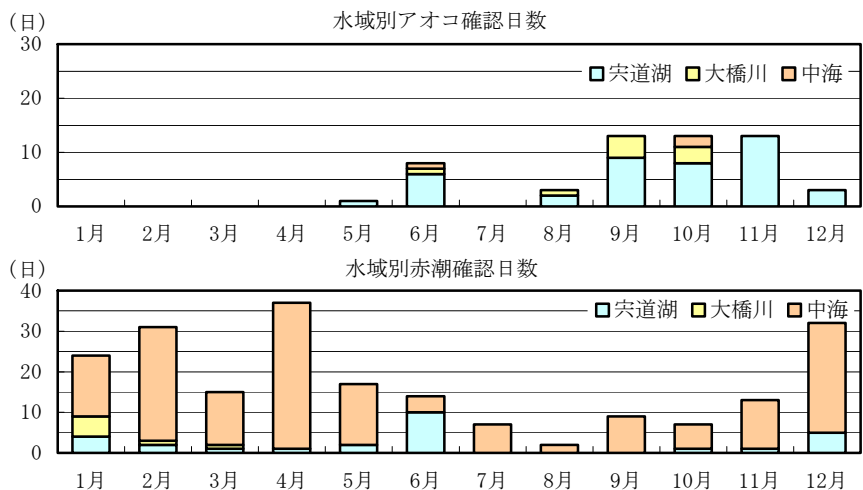


図 3.2-27 河川パトロールによるアオコ・赤潮発生確認日数

(H6～15 年の 10 ヶ年の総計)

<アオコ>



<赤潮>



3.2.2.6 水の濁り

(1) 水域別の変化

近年 10 ヶ年 (H6～H15) における各水域の SS は図 3.2-28 に示すとおりである。

富栄養化項目と同様に、各水域とも環境基準値(SS：5mg/L)を超えており、米子湾の濃度が最も高い。

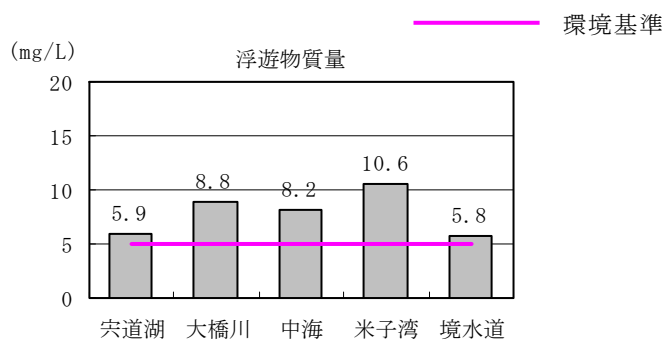


図 3.2-28 水域別の水質 (SS・年平均値, H6～H15 平均)

2) 経年変化

近年 10 ヶ年の SS の経年変化は図 3.2-29 に示すとおりである。

富栄養化項目と同様に、経年的な変化特性は明瞭でなく、水質悪化が顕著な米子湾では、平成 12 年が最大となる。

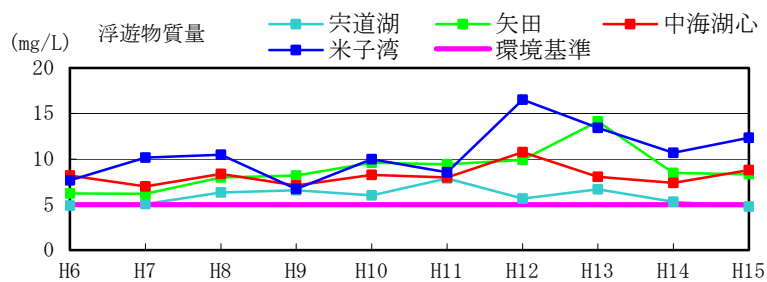


図 3.2-29 湖内水質 (SS) の経年変化

3.2.3 底質

(1) 底質調査状況

中海・宍道湖の湖底底質調査は、水質の採水・分析調査地点のうち、図 3.2-30 に示す 16 地点において 1 回/年(9 月)の頻度で、強熱減量、硫化物、T-N、T-P、COD および健康項目の採泥・分析調査を実施している。

また、平成 5 年より、湖内のおおよそ 1km 四方ごとの 1 点において、底泥堆積厚と底泥深さ別に含水比、強熱減量、硫化物、T-N、T-P、COD などの調査を実施している。平成 5 年から平成 15 年までの調査地点は、図 3.2-33 の調査結果に示す合計 324 地点において実施している。

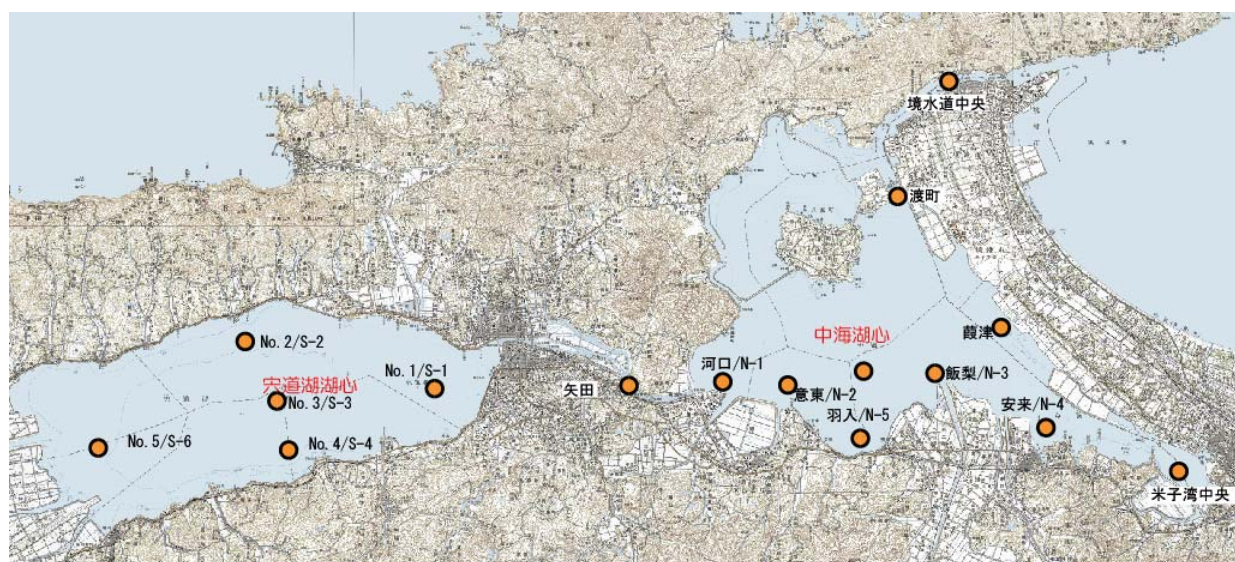


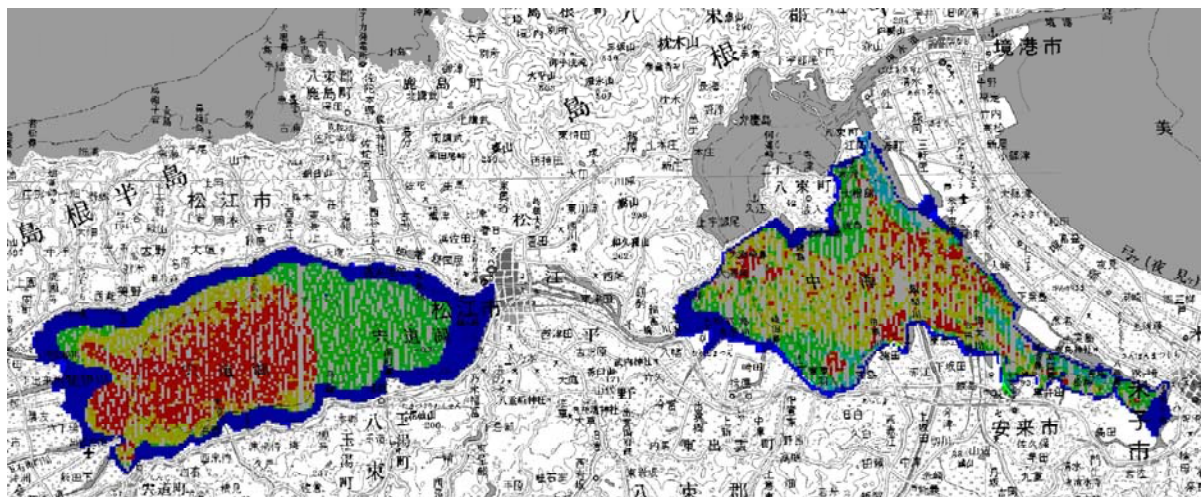
図 3.2-30 底質の採泥・分析調査地点

(1) 底泥堆積厚

中海・宍道湖の底泥堆積厚の状況は図 3.2-31 に示すとおりである。

宍道湖では、宍道湖西岸の斐伊川河口部から湖心にかけて、広範囲に 30～40cm 厚の黑色化底泥が堆積している。

中海では、湖心周辺の広い範囲で 20～30cm 厚の黑色化底泥が堆積しており、飯梨川河口、荒島沖、中浦水門から米子湾にかけても底泥堆積厚が大きくなっている。



出典：平成 3～5 年度音響探査測量
・中海(平成 3 年)と宍道湖(平成 4 年)に音響探査により 200m ピッチ縦断の底泥堆積量調査を実施。
・中海 101 地点、宍道湖 42 地点の合計 143 地点をコアサンプラーにより採取・調査を実施。(平成 5 年)
・音響探査結果を平成 5 年底泥調査結果により水域別に音響探査堆積厚の補正を行い、100m メッシュの底泥堆積図を作成した。

図 3.2-31 底泥堆積厚の状況

(2) 底質の性状

底泥の性状は図 3.2-32、図 3.2-33 に示すとおりである。

強熱減量は、宍道湖内は 10～12% の範囲が多く、中海は大橋川との接合部付近では 10% 未満となっているが、その他の水域は 12～16% が多い。

硫化物では中海・宍道湖の全域で 1.0mg/g 以上の地点が多くなっているが、斐伊川河口部付近では 0.6mg/g 未満と低く、米子湾では 2.0mg/g 以上と高くなっている。

COD は宍道湖西岸で 25mg/g と高く、宍道湖湖心では 15～25mg/g となっている。中海では、大橋川河口及び米子湾で高くなる傾向がある。

T-N は中海・宍道湖ともに 2.4mg/g 以上である。T-P は宍道湖西岸では 1.4～1.6mg/g と高くなっているが、そのほかの水域では 0.4～0.6mg/g となっている。

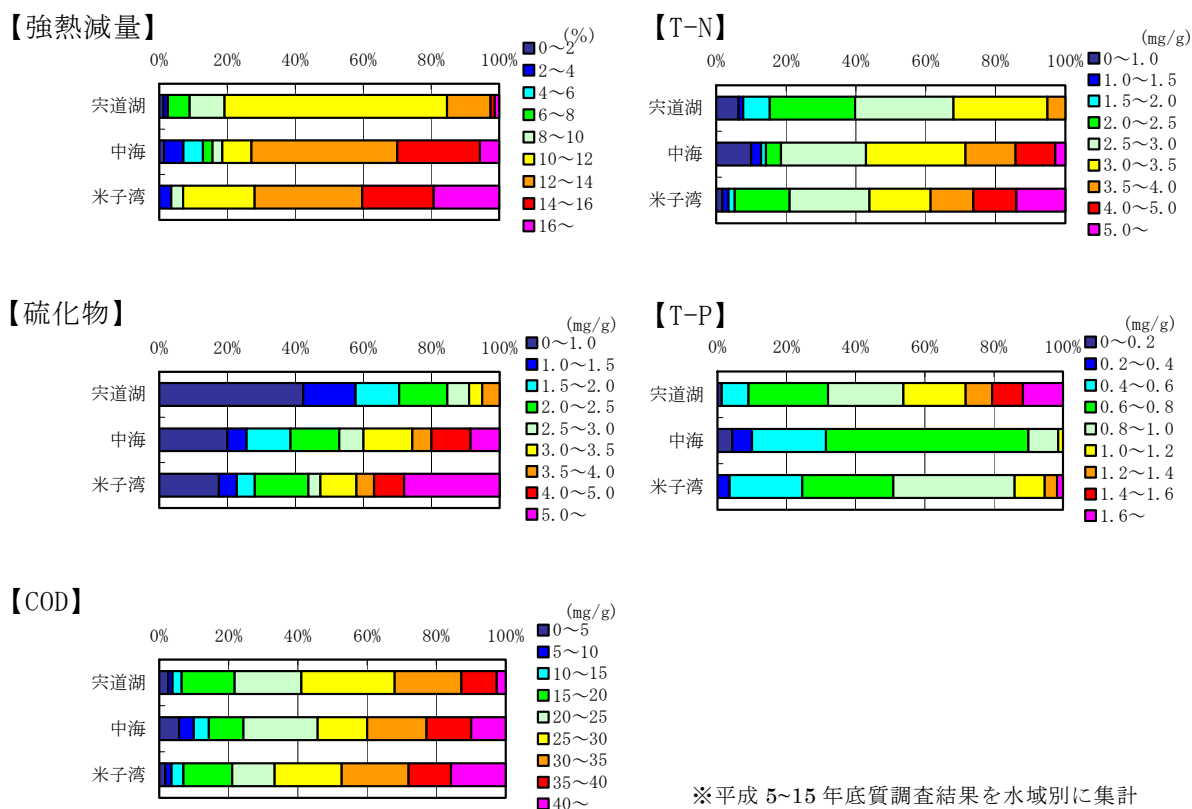
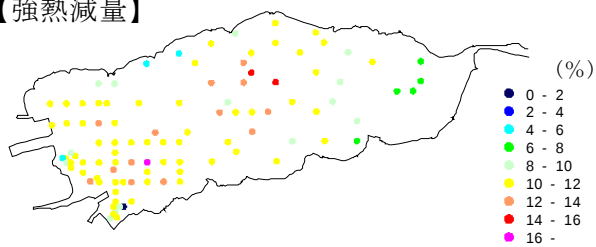
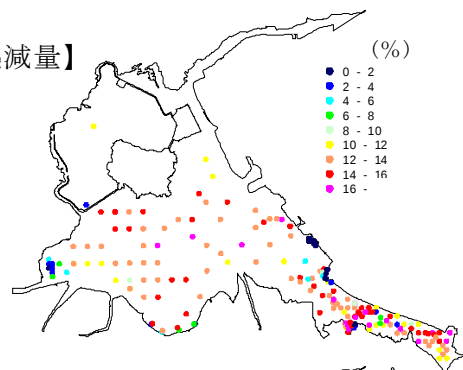


図 3.2-32 底質の水域別頻度分布

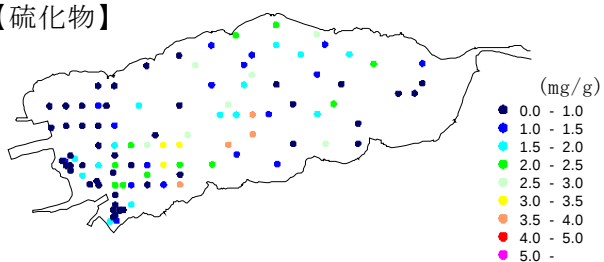
【強熱減量】



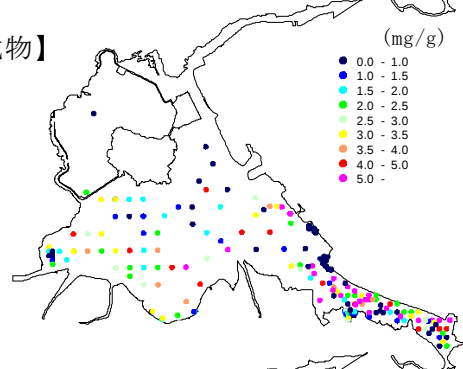
【強熱減量】



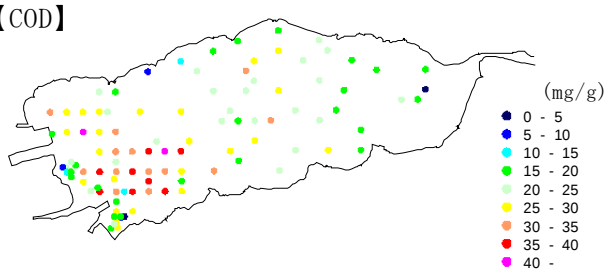
【硫化物】



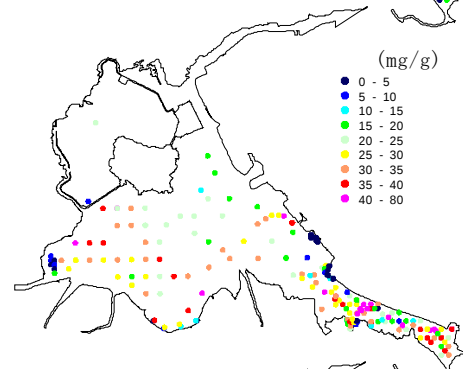
【硫化物】



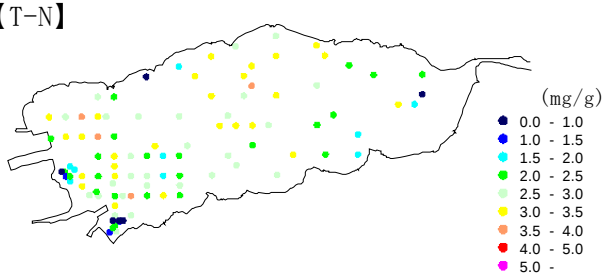
【COD】



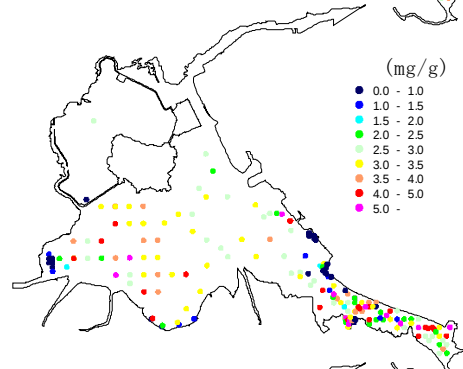
【COD】



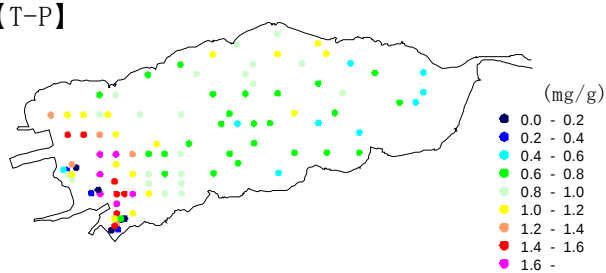
【T-N】



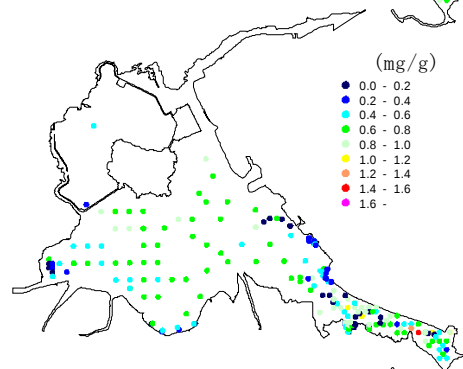
【T-N】



【T-P】



【T-P】



※平成 5~15 年底質調査結果

図 3.2-33 底質の分布状況