

大橋川における高塩分水塊の動態観測 (1999 年秋)

徳岡隆夫¹・三瓶良和¹・上野博芳²・西村清和³
須崎 聡⁴・松田滋夫⁵・久保田俊輔⁶・鈴木重教⁷

Long-term observation of high-saline watermass at River Oohashigawa,, Shimane Pref., Japan (Observation in Autumn, 1999)

Takao Tokuoka¹, Yoshikazu Sampei¹, Hiroyoshi Ueno², Kiyokazu Nishimura³,
Akira Suzaki⁴, Shigeo Matsuda⁵, Shunsuke Kubota⁶ and Shigenori Suzuki⁷

Abstract : A long-term observation system has been developed by the present writers since 1992. The system consists of several sub-systems such as an acoustic reflection profiling system for spatial distribution survey of halocline (Model SC-3), an underwater acoustic reflection measurement systems for long-term observation of halocline behaviour (On-line mode Model SC-2 and Off-line mode CL-2), a thermometry system using optical fiber distributed temperature sensor (Model DTS-80) and a temperature salinity measurement system using multiple CT sensors (Model MCTH-2). The observations was successfully carried out from Sept. 30 to Nov. 2 at the middle part of River Ohashigawa in addition to the ship-survey using Model SC-3.

Key words: halocline, saline wedge, oxygen-poor water mass, Lakes Nakaumi and Shinji,R. Ohashigawa

1. はじめに

著者らの塩水楔研究グループは 1992 年以来、塩水楔 (塩分躍層) の動態観測法の開発を行ってきていて、それらについては徳岡ほか (1999) で報告した。この観測法は当初は中海での塩分躍層の観測のために考案され、1997 年度から主に江の川の塩水楔の観測で機器の開発が進められていったものである。これらの機器のうちマルチ CT センサを使用し

て 1998 年 4 月に大橋川から宍道湖への高塩分水塊の流入を捉えるための予備的な観測についても上記で報告した。中海から大橋川を経て宍道湖にはときに高塩分水塊が流入することが知られていて、それが貧酸素化した水塊である場合には環境に悪影響を及ぼすことが指摘されており、本観測法によって高塩分水塊の動きを時間的・空間的に捉えることができることが明らかになったことから、この問題で貢献できるとの見通しを得ることができた。そのために、

¹ 島根大学総合理工学部 Faculty of Science and Technology, Shimane University, Matsue 690-8504, JAPAN

² 北陸先端科学技術大学院大学情報科学研究科 Japan Advanced Institute of Science and Technology in Hokuriku

³ 地質調査所海洋地質部 Marine Geology Department, Geological Survey of Japan

⁴ 千本電機(株) Senbon Denki Co., Ltd.

⁵ クローバテック(株) Clovertech Inc.

⁶ (株)ワイ・オー・システム Y.O.System Inc.

⁷ (株)鶴見精機 The Tsurumi-Seiki Co., Ltd.

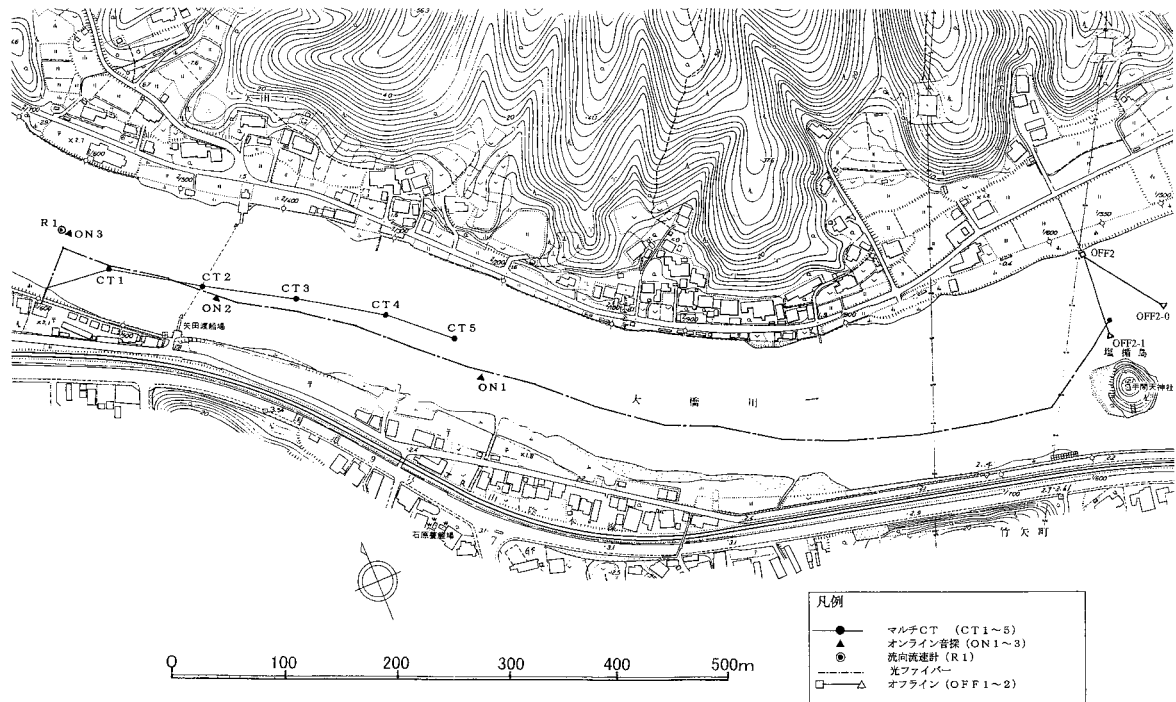


図1 大橋川における高塩分水塊の動態観測地域

Fig.1 Observation area for the behavior of high-saline water at R. Oohashigawa

1999年9月末から約1ヶ月間の予定で大橋川に各種の機器を設置して観測を行うことにした。その後大橋川においては1999年12月および2000年9月にも建設省(現国土交通省)出雲工事事務所の協力を得て観測を行っているが、ここでは上記の観測結果についてのみ報告する。この調査では株式会社シマダ技術コンサルタントには大橋川畔の事務所を観測の基地として提供していただき、かつデータ収録機器の管理に協力をいただいた。島根県内水面水産試験場には大橋川の水質情報の提供を受けるとともに本論文中にデータを利用させていただいた。建設省(現国土交通省)出雲工事事務所からは調査についての便宜をはかっていただくとともに中海~宍道湖の水質および気象データの提供を受けた。宍道湖漁業組合には調査に御協力をいただいた。島根大学汽水域研究センターの各位には御支援をいただいた。これらの機関および各位に御礼申し上げます。

なお、本号には著者らによってこれらの一連の機器開発についてテクノオーシャン2000でなされたポスター展示が資料として掲載されている(徳岡ほか, 2001)。本報告の一部の図がカラーで示されているので、観測機器などについての説明とともに参照していただきたい。

2. 観測場所と観測内容

1998年4月の観測(徳岡ほか, 1999)と同じく、大橋川のほぼ中央部の矢田の渡しの西側右岸に観測基地を置き、ここから各観測機器のセンサ部をケーブルによって川床に下流側に向かって図1のように設置した。使用した機器と設置状況、観測期間は以下のとおりである。

(1) 塩水楔音響動態観測システム(オンライン式, 千本電機株SC-2型)

3地点(ON1, ON2, ON3)で行い、測定時間間隔は2分である。

	(設置位置)	(水深)	(データ収録期間, 月.日.時)
・ON1	2.18 km	— m	データ不調
・ON2	2.44 km	5.3 m	10.01.17~10.10.16, 10.15.14~10.24.02, 10.25.17~11.02.08 計25日
・ON3	2.60 km	5.5 m	↑

(設置位置は大橋川における距離表示で、松江馬潟港からの距離。以下同じ)

(2) 塩水楔音響動態観測システム(オフライン式, クローバテック株CL-3型)

3 地点 (OFF 1, OFF 2, OFF 3) で行い, 測定時間間隔は 3 分である. 水温についても同時に測定している. なお OFF 1 では親器を松江大橋の橋桁に, OFF 2 と 3 では大橋川左岸の陸上に設置してデータの収録を行った.

	(設置位置)	(水深)	(データ収録期間, 月.日.時)
・ OFF 1	8.1 km (松江大橋直下)	7.0 m	10.01.17~11.02.10, 計 32 日
・ OFF 2-0	1.53 km (塩楯島付近)	6.2 m	↑
・ OFF 2-2	1.58 km	7.1 m	↑

(3) マルチ CT センサー (株)鶴見精機製)

5 地点 (CT 1~CT 5) で行い, 測定時間間隔は 5 分である.

	(設置位置)	(水深)	(データ収録期間, 月.日.時)
・ CT 1	2.55 km	5.7 m	センサ不調で測定不能
・ CT 2	2.46 km	5.2 m	09.30.15~ .21.06, 10.21.18~10.24.00, 10.25.17~10.26.11, 10.28.11~11.02.08 計 29 日
・ CT 3	2.37 km	6.4 m	↑
・ CT 4	2.28 km	5.4 m	↑
・ CT 5	2.22 km	5.9 m	↑

(4) 光ファイバ温度分布計測システム (DTS-80 型, 株)ワイ・オー・システム)

全長 1000 m の光ファイバを川床に敷設して行い, 測定時間間隔は 5 分である.

(設置位置)	(データ収録期間, 月.日.時)
1.55 km~2.6 km	09.30.16~11.02.10 計 33 日

(5) メモリ電磁流向流速計 (アレック電子製 ACM 16 M 型)

1 地点に設置して行い, 測定時間間隔は 20 分である.

(設置位置)	(水深)	(データ収録期間, 月.日.時)
R 1	2.6 km	5.9 m 09.30.16~11.02.10 計 33 日

(6) 川床形態調査

1.35 km~2.6 km 間について 50 m 間隔で横断測量を 1999 年 9 月 27 日に行い, 川床地形断面を調査した.

機器の設置は 9 月 30 日~10 月 1 日に行い, 11 月

2 日に撤去した. なお機器の設置はダイバーにより行い, 撤去時にもダイバーによって状況の確認を行っている. これらの観測の他に, 1999 年 9 月 11 日と 10 月 22 日に塩水楔音響プロファイリングシステム (航走式: SC-3 型) により, 中浦水門から湖心の建設省中海観測所を經由し, 大橋川から宍道湖嫁が島付近までの音響探査を行い, 数地点を選定して水質調査 (YSI 600 XL により水温, 塩分, 溶存酸素, 電気伝導度, PH) を行った.

3. 観測結果

3-1. 塩水楔音響プロファイリングシステム (航走式: SC-3 型) による動態観測

中海から宍道湖にかけての水塊構造を把握するために, 1999 年 9 月 11 日と 10 月 22 日の 2 回, により観測を行った (船は島根大学汽水域研究センターのしじみちゃん号を使用). SC-3 は航走しながら 200 kHz の超音波を水面から湖底に向かって発信し, 塩分躍層で生じる反射波を受信し, 塩分躍層の分布, 形状を記録断面として捉えることができる. 反射信号はデジタル化され, データ収録器に記録される. 10 月 22 日の記録をまとめて図 2 に示す. 中浦水門から航路標識塔を経て湖心の建設省中海観測所, さらに大橋川の航路標識を目標に直線的に走行し, そこからは航路に沿い, 大橋川ではほぼ中央部を走るようにした. 船速は約 5 ノットを保つようにし, 位置は GPS 測位によって 5 分ごとに記録している. 水質の測定は中海の 3 点についてはいったん停船して行い, それら以外の点については音探終了後に引き返して測定を行った. 各地点の水質データをまとめて表 1 に, 温度と塩分を図 3 に示す. また図 2 のなかには各地点の温度・塩分の垂直分布を示している.

湖底地形をみると, 中浦水門の南側には干拓工事に伴う深さ 10 m 以深の凹みがあるが, それ以外では水深 8 m から徐々に浅くなっていくスムーズな地形をなしている. 松江馬湯港沖の中海から大橋川では航路にそって浚渫が行われていて水深 5~6 m の凹凸のある地形をしている. 大橋川中にある塩楯島のところには水深 4 m の高まりと 7 m を越える深みがあり, 松江大橋には 9 m の深みがある. また, 宍道湖大橋の西の航路の深みの先には水深 2 m の高まりがあり, それを越えるとスムーズな宍道湖の湖底へと移り変わる. 塩楯島と宍道湖大橋より西の高まりは自然地形で, 後述するように中・高塩分

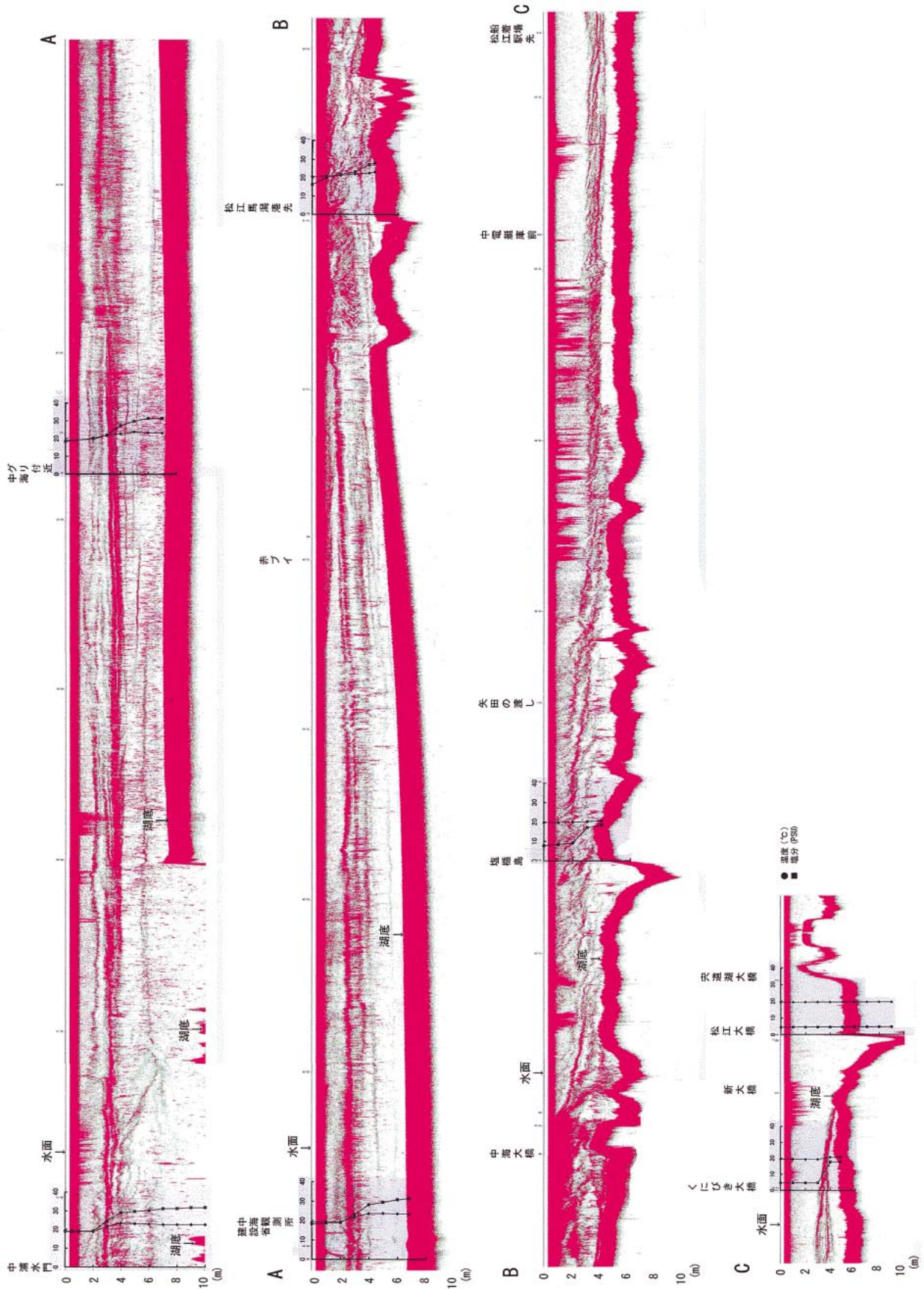


図2 音響プロファイリング装置(航走式)SC-3による中浦水門-中海湖心-大橋川-穴道湖大橋の観測記録(1999年10月22日)

Fig.2 A record of spatial distribution of halocline between Lake Nakaumi and Lake Shinji via R. Oohashi by acoustic reflection profiling system (Model SC-3, Oct. 22, 1999)

表 1 中海～大橋川の水質の垂直分布 (1999 年 10 月 22 日)

st.1 中浦水門					
Depth(m)	Temp(°C)	Sal(PSU)	DO(%)	DO(mg/l)	
0	18.77	18.97	111		
0.5	18.78	18.97	109.4		
1	18.85	19.09	109	9	
2	18.76	19.1	106.6	8.88	
3	21.55	24.56	74.5	5.76	
4	23.32	28.99	26.1	1.88	
5	23.08	29.69	37.8	2.77	
6	22.94	30.21	43.2	3.56	
7	22.64	31.21	60.7	4.41	
8	22.64	31.31	66.5	4.83	
9	22.61	31.8	67.9	4.88	
10	22.64	31.88	67.6	4.86	

st.1.5 中海グリ付近					
Depth(m)	Temp(°C)	Sal(PSU)	DO(%)	DO(mg/l)	
0	18.69	18.27	116.9	9.86	
2	19.52	20.13	119.2	9.22	
3	21.78	21.79	104.3	8.24	
4	22.62	27.28	41.4	2.93	
5	23.69	29.75	21.7	1.55	
6	23.26	31.43	38.3	2.73	
7	23.03	31.43	50.2	3.15	

st.2 中海湖心観測所					
Depth(m)	Temp(°C)	Sal(PSU)	DO(%)	DO(mg/l)	
0	19.09	18.15	116.6	9.75	
1	19.26	18.67	119.6	9.88	
2	19.31	18.91	119	9.67	
3	21.76	23.19	73.2	5.56	
4	23.72	28.27	33.2	52.39	
5	23.79	29.54	21.7	1.55	
6	23.59	30.86	17.1	1.2	
6.8	23.35	31.38	14.1	1	

st.3 松江馬潟港先の中海					
Depth(m)	Temp(°C)	Sal(PSU)	DO(%)	DO(mg/l)	
0	20.68	16.26	97.3	7.92	
1	20.96	20.15	89.5		
2	21.49	21.89	82.6	6.41	
3	22.11	23.27	61.2	4.76	
4	22.66	27.31	25.7	1.98	
4.4	23.31	27.96	17.7	1.29	

st.4 塩櫃島					
Depth(m)	Temp(°C)	Sal(PSU)	DO(%)	DO(mg/l)	
0	19.64	7.74	102.6	8.98	
1	19.74	8.32	98.8	8.57	
2	19.93	9.22	95	8.08	
3	20.24	17.12	81.4	6.45	
4	20.64	18.49	72.5	5.77	

st.5 くにびき大橋					
Depth(m)	Temp(°C)	Sal(PSU)	DO(%)	DO(mg/l)	
0	19.45	4.58	107.1	9.59	
1	19.38	4.61	103.4	9.27	
2	19.29	4.66	100.9	9.05	
3	19.32	4.7	99.6	8.93	
4	20.63	17.7	61.7	4.98	
4.8	20.76	17.84	60.1	4.83	

st.6 松江大橋					
Depth(m)	Temp(°C)	Sal(PSU)	DO(%)	DO(mg/l)	
0	19.36	4.37	109.1	9.85	
1	19.36	4.44	105.4	9.46	
2	19.35	4.45	103.1	9.19	
3	19.36	4.46	101.5	9.08	
4	19.35	4.47	99.7	8.92	
5	19.35	4.5	98	8.76	
6	19.35	4.53	96.3	8.64	
7	19.33	4.56	64.9	8.5	
8	19.33	4.57	93.6	8.4	
9	19.32	4.59	91.5	8.17	

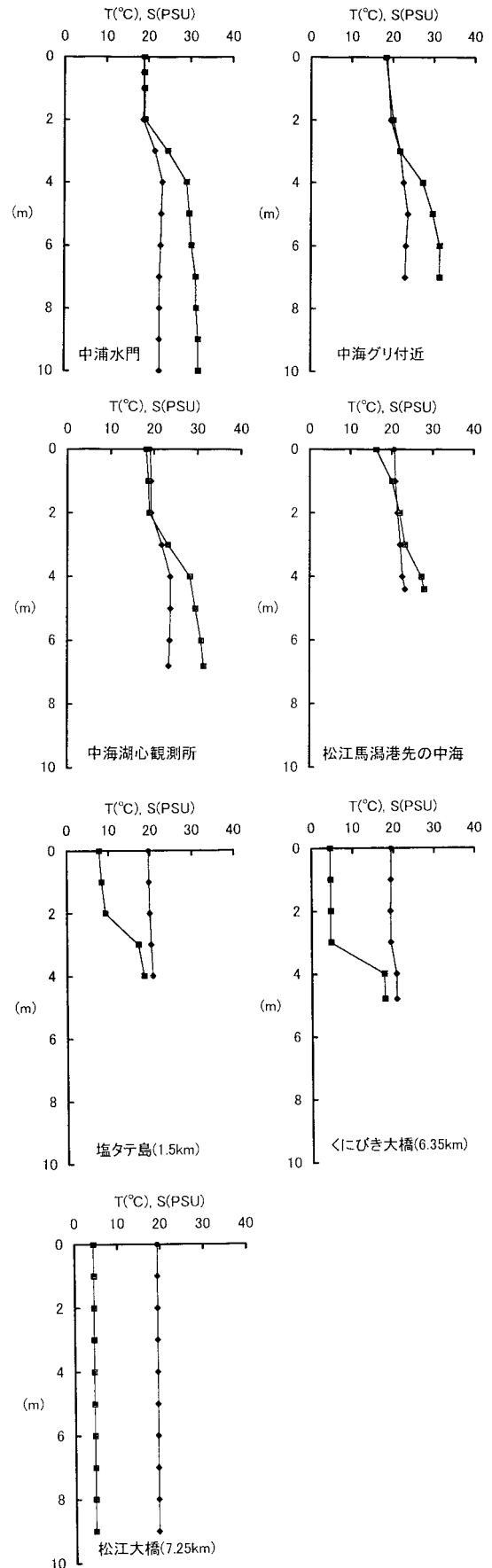


図 3 中海～宍道湖の各地点における温度・塩分の垂直分布 (1999 年 10 月 22 日)

Fig.3 Vertical profiles of temperature and salinity at various points in Lakes Nakaumi and Shinji

水塊の動きはこれらによって規制されている。中海では水深3のあたりに塩分躍層が存在することは良く知られていることで、図2でも音響的によく表現されている。水質データを合わせて全体としてみると、中海では30 PSUを越える高塩分水塊の上に20 PSU前後の中塩分水塊が重なっていると云える。ただし、シャープな1つの境界をしているわけではなく、いくつかの副次的な成層も認められる。大橋川の入口に向かって中・高塩分層の境界面が浅くなって行く理由については明らかでない。大橋川では宍道湖側からの流れと地形の凹凸の影響によって音響的な乱れが認められ、中・高塩分層の境界が明瞭ではないが、中海下層の高塩分水塊は馬潟港の西の辺りまで達している、この先では上層の中塩分水塊と混合しているものと判断される。中塩分水塊はこれより西では宍道湖側からの低塩分水塊の流れによって連行による削り取りの乱れが見られるが、矢田の渡しを越えて、朝酌川の流れの影響がなくなる辺りから上流では音響境界が次第に明瞭になり、新大橋の下にまで中塩分水塊が達しているのがわかる。言い換えると、中海側から侵入した中塩分水塊の塩水楔の先端がこの位置にまで達している。上位の低塩分水塊は5 PSU程度で、東に行くに従って下位の中塩分水塊と混合して塩楯島のあたりでは8~9 PSUとなっている。

3-2. 川床設置式の各機器による動態連続観測

各機器を図1に示すように設置して連続観測を行った。

(1) 塩水楔音響動態観測システム(オンライン式, SC-2型)

矢田の渡し付近に子機3台をそれぞれ400, 200, 200 mのケーブルで設置して観測を行った。うち1台は不調で、2台(ON 2, ON 3)で10月1日から11月2日まで、それぞれ25日間の連続データが得られた。一部に欠測があるのはデータ送信時のトラブルにより、一時的に取り込みが中断されたためである。ON 2の結果をまとめて図4に示す。縦軸は水深、横軸は時間である。中海側からの塩水楔(今回の観測では3-1で述べた中塩分水塊)の侵入は音響境界面の川床からの立ち上がりで示され、またその後退は音響境界面の降下から消失で示される。境界面が水面にまで達している場合は中塩分水塊の上面がほぼ水面にまで達していることを、それが途中にある場合にはその上位に低塩分水塊あることを示している。一般的にいうと、塩水楔の侵入のほうが後

退よりもよりシャープな境界面が観察される場合が多い。これらの観測記録から、ほぼ1日1回の塩水楔の侵入・後退があったことがわかる。ON 2から水平距離にして約160 m離れて設置したON 3でも、ほぼ同様の記録が得られている。両者の音響境界面の動きの時間差から塩水楔の移動速度を算出することが可能である。

(2) 塩水楔音響動態観測システム(オフライン式, CL-3型)

松江大橋直下の1および地点塩楯島付近の2地点(図1)に設置をして観測を行い、それぞれ32日間の連続データが得られた。音響境界面の記録が上記のオンラインのそれと比較するとやや不鮮明であるが、バッテリー内蔵方式であることから、どこにでも設置できる利点がある。また、水温についても同時に観測できるようにしている。ここでは記録を示していないが、今後、水塊の広域的な動態観測には有効である。

(3) マルチCTセンサ

700 m長のケーブルで接続されたセンサ5つ(CT 1, CT 2, CT 3, CT 4, CT 5)を図1のように設置して観測を行った。設置後にCT 1は不調であることがわかり、CT 2~5でそれぞれ計29日間の温度と塩分についての連続データが得られた。なお、途中でデータ収録の際のトラブルで一部が欠測となっている。全期間のCT 2~CT 4の温度と塩分のデータを図5と図6に示す。

CT 2~CT 4は直線距離にして240 mであり、川床に設置していて水深の違いも小さいので、温度・塩分ともほとんど同じ変化をしていることがわかる。温度と塩分を比較すると同じパターンで時間的な変化をしていることから、水塊ごとに温度・塩分が異なっていることがわかる。塩分の時系列変化は温度のそれと比較すると顕著であり、5 PSU程度と17~24 PSUの間でスイッチしている。前者は宍道湖側から大橋川を降る低塩分水塊の、後者は中海側から溯上する中塩分水塊の温度であることが明らかである。上記の(1)の音響による低・中高塩分水塊の侵入・後退(図4)と比較するとその変化のパターンは時間的によく一致していることから、両者は同じ現象を捉えていることが明らかである。

(4) 光ファイバ温度分布計測システム

全長1.0 kmのファイバを図1のように設置し、計

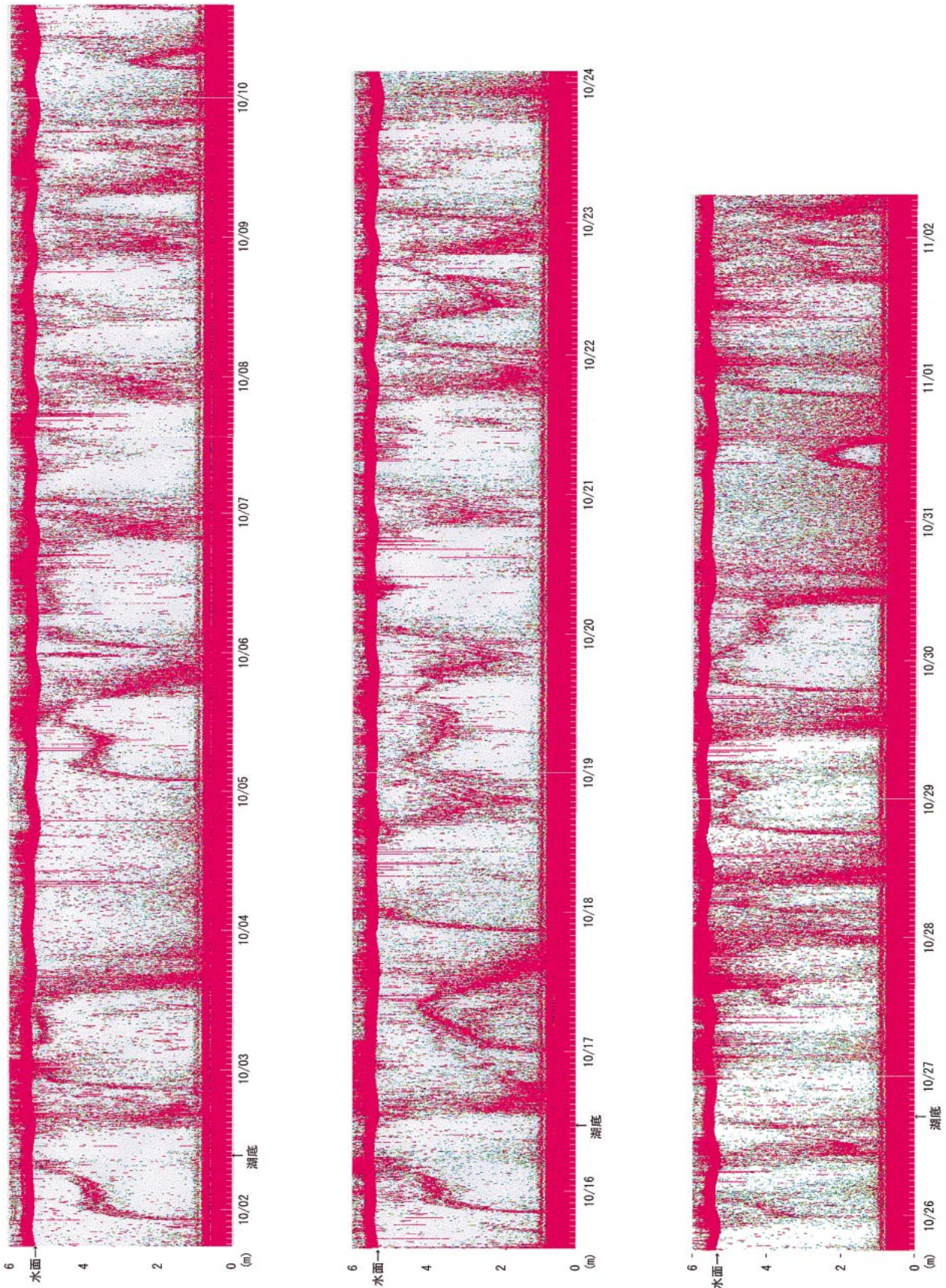


図4 大橋川矢田の渡しの川床に設置した音響探査装置 SC-2 型 (オンライン式) による高塩分水塊の流出入記録 (1999 年 9 月 30 日~11 月 2 日)

Fig.4 A record of the behavior of high-saline water at Yatanowatasi point by SC-3 (Sept.30~Nov.2, 1999)

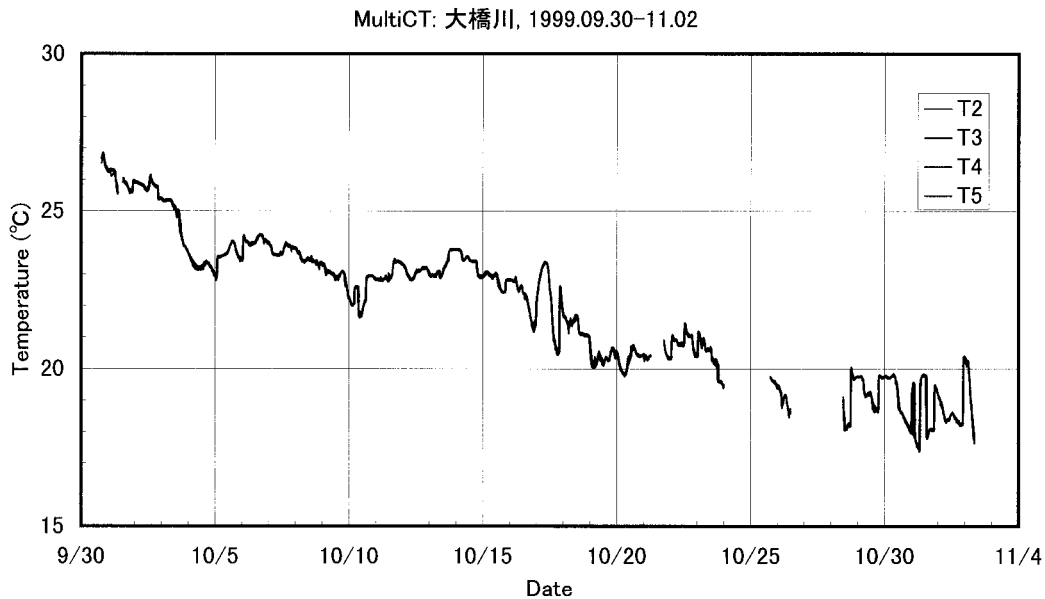


図5 マルチCTセンサによる大橋川川床における温度の時系列変化(1999年9月30日~11月2日)
Fig.5 Time series data of temperature at the bottom of R. Oohasi by Multi-CT sensor (Sept.30~Nov.2, 1999)

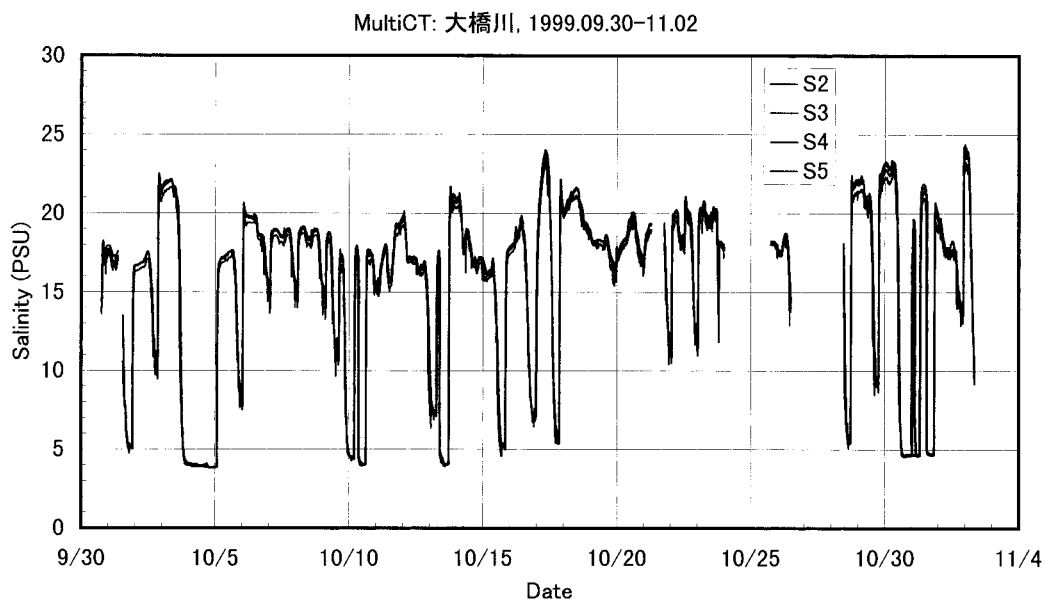


図6 マルチCTセンサによる大橋川川床における塩分の時系列変化(1999年9月30日~11月2日)
Fig.6 Time series data of salinity at the bottom of R. Oohasi by Multi-CT sensor (Sept.30~Nov.2, 1999)

33日間の連続した温度データが得られた。川床でのファイバの延長距離は1050mで、ファイバ1m間隔で5分ごとに温度データが収録された。これらを0.5℃ごとに区切って画像処理した結果を図7に示す(カラー図版は徳岡ほか, 2001を参照)。上記(3)で温度変化と塩分変化は対応していることから、この図にみられる温度変化のパターンは(1)及び(3)

で示されたと同じ現象を捉えていることがわかる。

(5) メモリ電磁流向流速計

図1に示す地点で計33日間の流速, 流向, 温度, 水深の連続記録が得られた。結果をまとめて図8に示す。

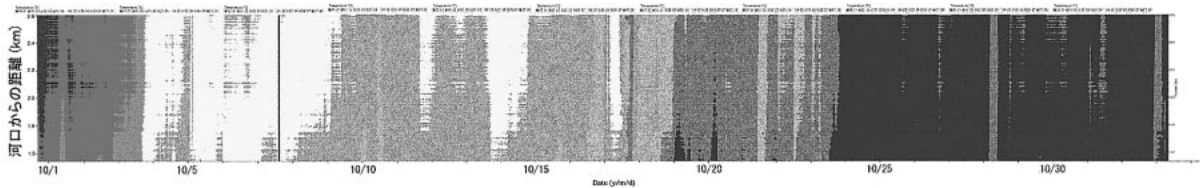


図7 光ファイバによる大橋川川床における温度の時空変化 (1999年9月30日~11月2日)

Fig.7 Time series data of temperature at the bottom of R. Oohashi by Optical fiber sensor (Sept.30~Nov.2, 1999)

4. 島根県内水面水産試験場による 松江大橋での観測との比較

松江大橋下に各種の観測機器を設置しての連続観測 (水面から 1, 3, 6 m ごとの温度・塩分・濁度・溶存酸素および流向・流速など) が行われ, その概要は水質情報として定時ごとに速報されている. この速報は著者らの観測の実施においても貴重な参考資料となっている. 水産試験場による原データから塩分について, 上記と同様に規格化して図9に示す. 図6の大橋川中央部のデータと比較すると, ここでは中塩分層に相当する水塊は塩分で見ると 15~22 PSU であり, 宍道湖から流入する低塩分水塊は約 4 PSU である. 両図を比較することによって, 大橋川中央部まで到達する中塩分水塊のうちのいくつかが大橋川中央部まで到達することがわかる.

5. 1999年10月22日の大橋川における 水塊の動き

10月22日には塩水楔音響プロファイリングシステムによって中海から大橋川を経て宍道湖に至る水塊構造が明らかにされた (図2). 中海から大橋川へ流入した中塩分水塊は矢田の渡しを越えたあたりから次第に塩水楔の形が明瞭となり, 22日の11時10分には新大橋を越えたあたりにその先端が位置している (図10). この日1日間の大橋川の中央部の観測機器設置場所付近での水塊のうごきについて各観測機器のデータを図11~15に示す. 音響探査装置 SC-2型では ON2 および ON3 でそれぞれ2回の中塩分水塊の侵入・後退があったことがわかる (図11). 図2の塩水楔の侵入は図11では最初の侵入が01時過ぎにここを通過して11時に新大橋まで進んだことを示している. 流向流速計 (図12) では上流に向かう流れが支配的で, 16時以降には下流に向かう強い流れに変化しているが, 図11の音響パターンで見られる中塩分水塊の動きとよく対応してい

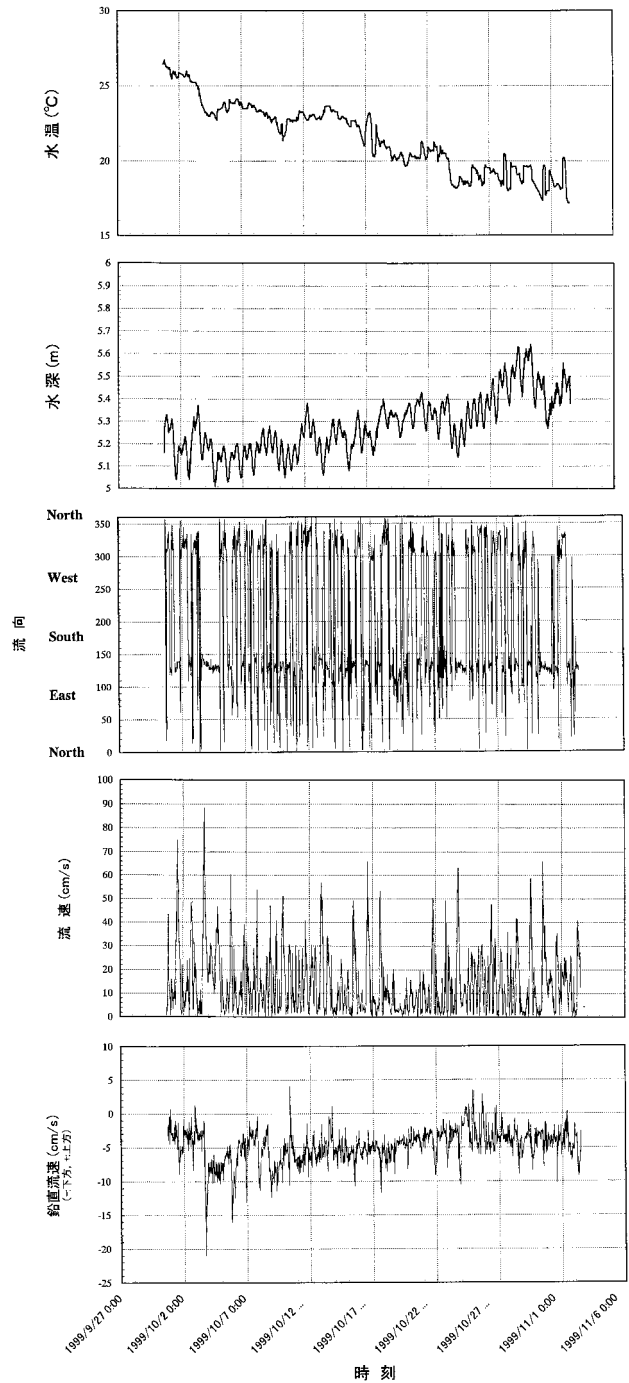


図8 大橋川川床における観測期間中の流速・流向・水温・水深・鉛直流速分布 (1999.9.30~11.02, アレック電子製 ACM 16 M による)

県内水面水試データ: 松江大橋, 1999.09.30-11.02

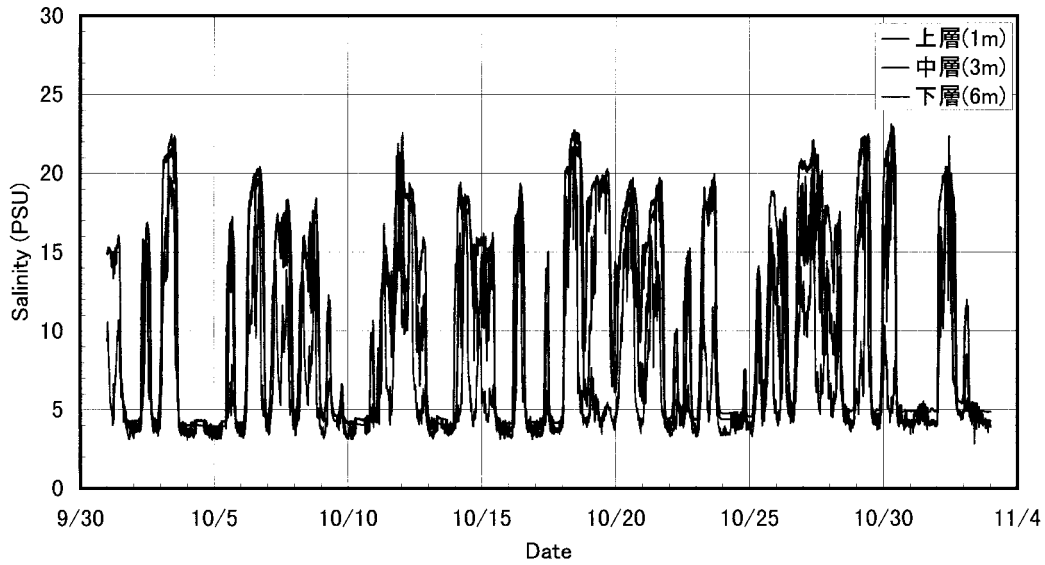


図9 大橋川(松江大橋)における塩分の鉛直変化(1999年9月30日~11月2日, 島根県内水面水産試験場のデータによる)

Fig.9 Vertical profile of salinity at Matsue Oohasi (Sept.30~Nov.2, 1999, Data by Research Center of Brachish Lake, himane Prefecuture)

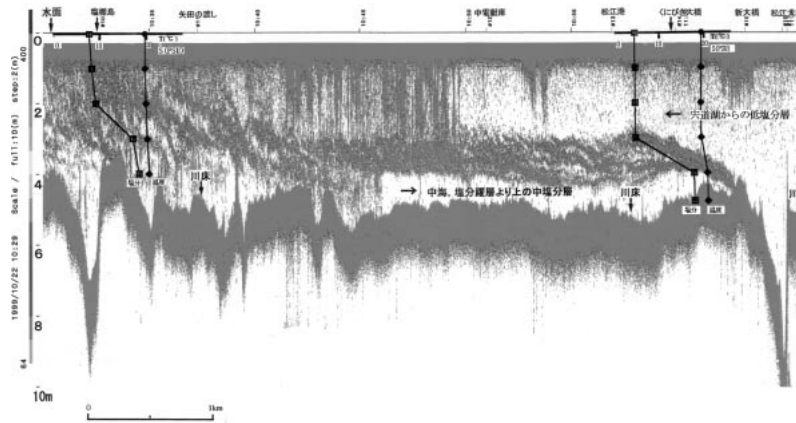


図10 SC-3による塩桶島~松江大橋間の水塊分布(1999年10月22日, 10.30~11.05)

Fig.10 A record of spatial distribution of halocline between Shiotateshima and Matue-Ohasi by Model SC-3

る。CT センサでは温度(図13)と塩分(図14)がよく対応していて、2回の水塊の動きがあったこととよく対応している。CT2 からCT5 までは240 m あるので、2度の塩水塊の侵入速度は0.2 m/s (0.72 km/h)であったことがわかる。光ファイバでもこの日に2度の水温の大きな変化があったことがわかる(図15)。0時過ぎに大橋川をはい上がった水塊がいったんは退き、再度12時ころからはい上がっていったことがしめされている。光ファイバ1000 m

間での温度の時間変化から、最初のはいあがりの速度は0.35 m/s (1.26 km/h)、2度目は0.27 m/s (1.05 km/h)であったと計算される。以上に示したように、このような観測システムによって塩水塊の移動を可視化した上で、さらに具体的に捉えることができた。

つぎに島根県内水面水産試験場による松江大橋下での連続観測データから温度・塩分・流速について図16に示す。ここでも2回の水塊の動きが観測されている。上記の観測地域との間の距離は約5 km

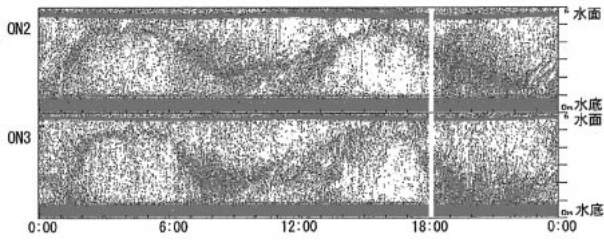


図 11 1999 年 10 月 22 日の音響探査装置 SC-2 型 (オンライン式) による高塩分水塊の流出入記録

Fig.11 A one day (Oct. 22) record of the behavior of high saline water by SC-2

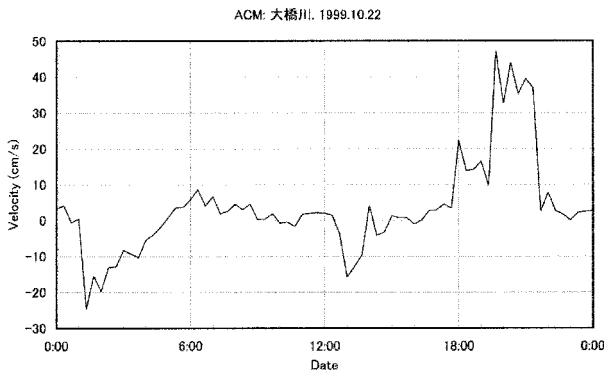


図 12 1999 年 10 月 22 日の流向流速計による流速記録

Fig.12 A one day (Oct. 22) record of velocity of the behavior of high saline water

であることから、両者を比較することによって水塊の移動速度などをさらに把握することができる。

6. まとめ

1) 中海から大橋川を経て宍道湖への塩水塊の動きを著者らがこれまでに開発してきた各種の探査システムをもちいて捉えることについては 1999 年 4 月の予備的な観測をもとに可能であるとの見通しが得られたことから、1999 年 9 月末から約 1 ヶ月間の観測を行った。その結果、水塊の動きを音響を使って可視化して捉えるとともに、温度・塩分および流向流速を連続的に測ることによって水塊の移動をリアルタイムで具体的に捉えることができた。大橋川中央部では水塊の移動速度は時速 1~2 km 程度のゆっくりとしたものである。

2) 音響プロファイリングシステム (航走式, SC-3) をもちいて中海から大橋川を経て宍道湖に至る水塊構造を明らかにすることができた。図 17 に示すように中海から宍道湖にかけては塩分のことなる 3 つの水塊 (高・中・低塩分水塊) があり、それぞれ音

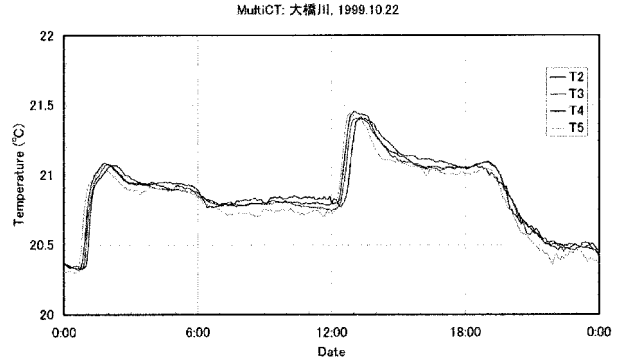


図 13 1999 年 10 月 22 日のマルチ CT センサによる温度記録

Fig.13 A one day (Oct. 22) record of the behavior of high saline water by Multi CT sensor

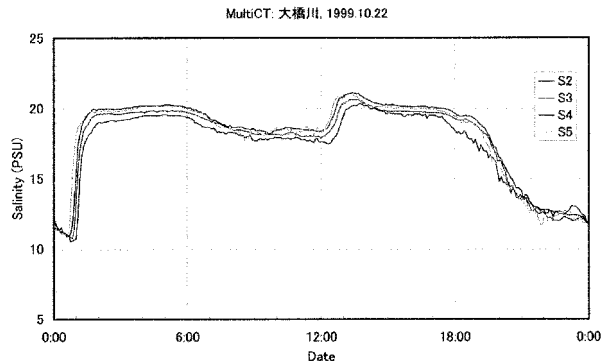


図 14 1999 年 10 月 22 日のマルチ CT センサによる塩分記録

Fig.14 A one day (Oct. 22) record of salinity of the behavior of high saline water by Multi CT sensor SC-2

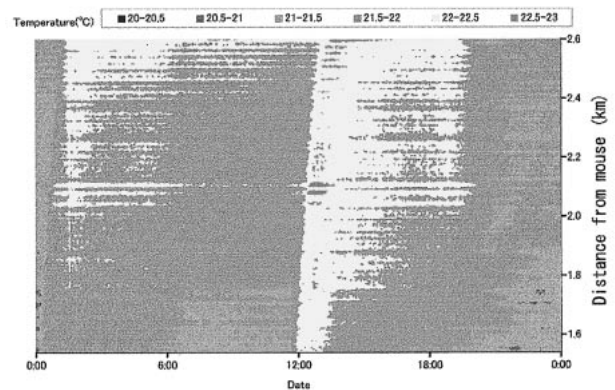


図 15 1999 年 10 月 22 日の光ファイバによる温度記録

Fig.15 A one day (Oct. 22) record of temperature of the behavior of high saline water by Optical fibre

響的に明らかな境界をもって接している。これらの水塊が主に潮汐・斐伊川からの流量・風によって移動する。さらに境水道からときに中海湖心近くまで流入してくる海水と斐伊川から宍道湖に流入する淡

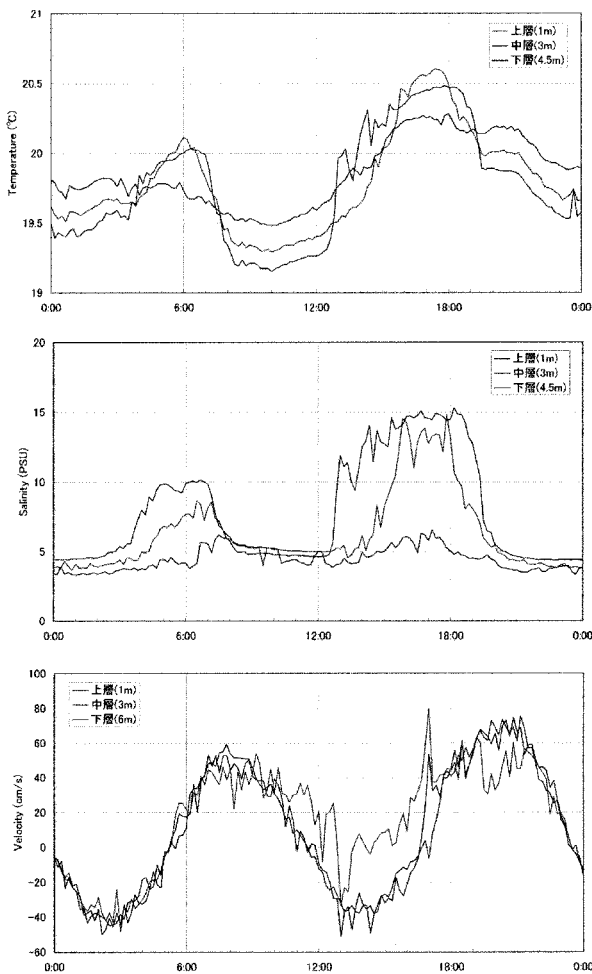


図 16 1999 年 10 月 22 日の松江大橋における温度・塩分・流速記録 (島根県内水面水産試験場のデータによる)

Fig.16 A one day (Oct. 22) record of temperature, salinity, velocity of the behavior of high saline water at Matsueohashi (Data by Research Center of Brachish Lake, Shimane Prefecture)

水を考慮すると、5つの塩分(および温度)の異なる水塊が存在することになる。

3) 川床に設置した各種の観測機器によって大橋川を溯上する水塊のうごきは時速 1 km を越える程度までのゆっくりとしたものであることが明らかになった。したがって貧酸素化した高塩分水塊が大橋川を溯上して宍道湖に達するような場合になんらかの対策を効果的に講じることは可能であると云える。

引用文献

徳岡隆夫・三瓶良和・西村清和・須崎 聡・松田滋夫・久保田俊輔・鈴木重教・上野博芳 (2001) 塩水楔観測システムの開発 (テクノオーシャン 2000 ポスター展示の紹介). LAGUNA (汽水域研究, 島根大学汽水域研究センター), 8 号.
 徳岡隆夫・三瓶良和・亀井健史・西村清和・鈴木重教・松田滋夫・久保田俊輔・須崎 聡・上野博芳 (1999) 塩分躍層 (塩水楔) 動態観測システムの開発 - 汽水域の貧酸素水塊問題への貢献 -. LAGUNA (汽水域研究, 島根大学汽水域研究センター), 6 号, 179-187.

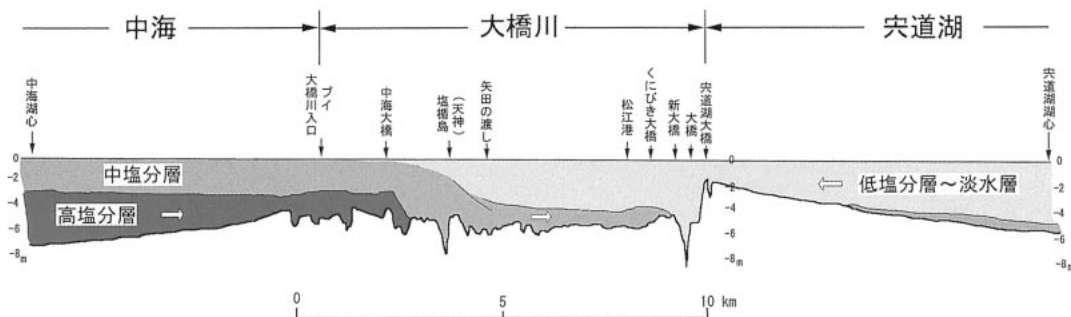


図 17 中海—大橋川—宍道湖における水塊構造の模式図

Fig.17 A schematic modele of the movements of watermasses among Lake Nakaumi, Oohasigawa and Lake Shinji