

本庄工区パイプ潮通し付近の底層水の動態観測

上野博芳¹・徳岡隆夫²・三瓶良和²・高安克巳³・西村清和⁴・須崎 聡⁵
松田滋夫⁶・久保田俊輔⁷・鈴木重教⁸

Observation of bottom water near the pipe exchanging with seawater in Honjou Area, Lake Nakaumi

Hiro Yoshi Ueno, Takao Tokuoka Yoshikazu Sampei, Katsumi Takayasu,
Kiyokazu Nishimura, Satoshi Suzuki, Shigeo Matsuda, Shunsuke Kubota
and
Shigenori Suzuki

Abstract: We observed continuously behaviour of bottom water near the pipe exchanging with seawater in Honjou area, Lake Nakaumi, to explicate the effect of the pipe. We analyzed salinity, water temperature, flow velocity, direction and halocline behaviour by the systems which were developed for the long-term observation of halocline behaviour in estuaries. Although the difference between incoming seawater and the indigenous water in Honjou area was small, the result suggested that (1) the bottom water mass was influenced by seawater inflow near the pipe and (2) more than 50m away from the pipe, the bottom water was not affected by seawater incoming. We also found the other phenomenon, *i. e.* the high temperature water mass moving. The equipments that we used were very useful to observe the water behaviour in the field where the variation of water property was small.

Key words: seawater-mass behaviour, seawater exchange, tide, Lake Nakaumi

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

2 島根大学総合理工学部,
Faculty of Science and Technology, Shimane University

3 島根大学汽水域研究センター,
Research Center of Coastal Lagoon Environments, Shimane University

4 工業技術院地質調査所海洋地質部
Geological Survey of Japan

5 千本電機株式会社
Senbon Denki Co., Ltd.

6 クローバテック株式会社
Clovertech Inc.

7 株式会社ワイ・オー・システム
Y.O.Systems Inc

8 株式会社鶴見精機
Tsurumi-Seiki Co., Ltd.

はじめに

中海干拓事業については、長年その是非が議論されてきたが、島根県は干拓を再開し、農地として利用することを表明した。しかしながら、この本庄工区を農地として利用するだけでなく、その水産利用についても比較検討するために、1998年3月、農水省中国四国農政局により、北部承水路に海水交換を目的とした、いわゆる潮通しパイプが設置された。

筆者らは、以前この潮通しパイプの海水交換について、水工学の立場から検討を加えたが（「第26回汽水水域懇談会」、島根大学汽水水域研究センター）、今回さらに潮通しパイプによる実際の水塊流動を明らかにするため、1998年8月3日～4日にかけて、パイプ付近の本庄工区側において連続観測を行なった。

この観測は主に底層水の動態観測を目的としており、塩分躍層観測のために開発されたシステムを用いて、水温・塩分・流向・流速・躍層・深度などを測定した。本報ではこの観測結果について報告し、若干の考察を加える。

観測方法・期間

潮通しパイプは北部承水路の東端部に位置し、堤防を横切って北東から南西方向に向かって設置されている。本観測ではこの潮通しパイプの本庄工区側を観測対象とし、海水の出入りを中心とした時空間的な湖水の挙動を捕らえるため、潮通しパイプの延長線上約300mにわたって観測機器を設置した。また堤防上（潮通しパイプ直上）にテントを仮設し、計測機器本体やデータ処理用PCをこのテント内に設置して観測ベースとした。使用した観測機器を表1に、またその設置状況を図1に示す。これらの観測機器は、徳岡

ほか（1996）および西村ほか（1998）が中海や江の川での観測に用いたものと同一である。

まず潮通しパイプの延長線上で、全観測水域にわたり温度計測用の光ファイバーセンサーを湖底に敷設、このケーブルに沿ってマルチCTセンサー（温度及び塩分測定）を、同じく湖底に約30～70m間隔で5台設置した（図1、CT1～5）。但しCT4は不調でデータ採取することができなかった。光ファイバーセンサーは約1mの分解能で温度測定が可能であり、サンプリング時間はほぼ7分、同じくマルチCTセンサーは5分とした。また塩分躍層を観測する音響観測装置を、潮通しパイプ近傍・中間点および観測水域終端点（以後END点と呼ぶ）の3地点（同、ON1～3）に設置した。音響データは10分毎に計測を行っている。これら3種類の観測機器によって、時空間的に湖水の動態を把握することができる。さらに上記観測機器の比較検証と湖水動態の関係を明らかにするため、電磁流向・流速計（同、R1～2）とメモリ式小型水温計（同、T1～2）を、潮通しパイプ近傍とEND点の湖底に設置した。ただし電磁流向・流速計の検出部はACM-16Mが湖底上1m、ACM-8mが60cmである。これらのサンプリング時間は各5分である。

観測は1998年8月3日10時頃から観測機器を設置して順次スタート、翌日4日の17時まで、約30時間連続して行った。

観測水域における湖水の動態とは、主には潮通しパイプを通じての海水の流出入であり、それは潮位変動によって支配されると考えられる。そこで、以降の観測データにの議論のために、観測期間中の境港の潮位を図2に示した。これによると、まず3日の17時30分頃に干潮となり、その後4日の1時、11時に満潮となっている。なお潮通しパイプ付近では、

表1. 観測機器。

Table.1. Measuring instruments.

名称	台数	記号	製造メーカー、型式	観測項目
1) 電磁流向流速計	2	R1	アレック電子、ACM-16M	流向、流速、水温 水位、塩分、濁度
		R2	同上、ACM-8M	流向、流速、水温
2) マルチCTセンサー	5	CT1-5	(株) 鶴見精機	水温、塩分
3) 光ファイバ式 温度分布計測システム	320m		ワイ・オー・システム DTS80	水温
4) オンライン式音響観測装置	3	ON1-3	千本電機（株）、SC-2	塩分躍層観測
5) メモリー式小型水温計	2	T1-2	(株) 鶴見精機 T.S.WaDaR	水温

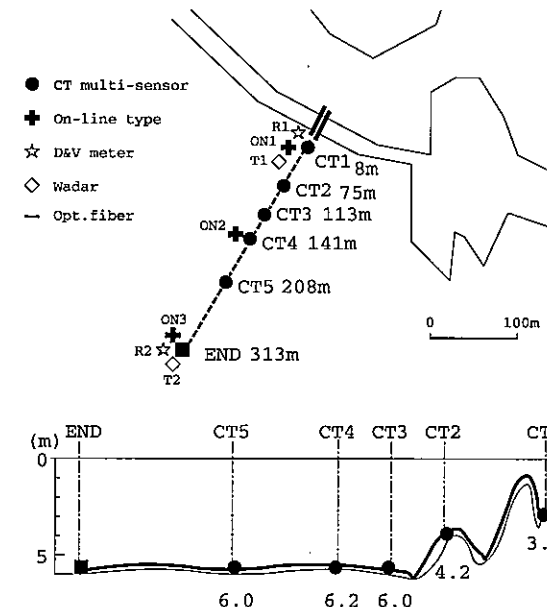


図1. 観測水域。

Fig.1. Map showing the observation area.

境港より約40分遅れで潮位変動が到達すると言われている。

1. 潮通しパイプの近傍

潮通しパイプ近傍は、湖水は海水流出入の影響を直接受け易いと思われる。この水域に設置された流向・流速計（R1）とメモリー式小型水温計（T1）の計測結果を図3、図4に示す。塩分については、8月3日22時から4日3時と4日7時から13時にかけての2回、増加しながら変動している。また同時刻に流速も増加し、濁度は4日10時頃に急激な増加がみられる。ここで水位変化を見ると、3日10時から4日4時及び4日7時から12時までが増加傾向で、境港の満

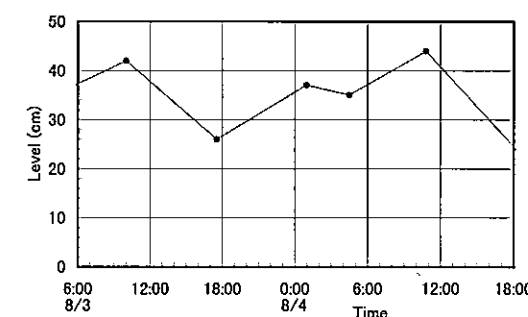


図2. 境港の潮位。

Fig.2. Sea level at Port Sakai.

潮時刻よりやや遅れての満潮が生じており、この満潮による海水の流入時刻と、塩分・流速・濁度などの増加のタイミングとがほぼ一致している。一方、水温については、電磁流向・流速計、メモリ付小型水温計とも、流向・流速とは明確な関係は見られず、むしろ日変化が生じていると思われる。湖上からの観察によれば、潮通し近傍では、表層で数m/s程度の流れが見られたが、この流れは底層まで影響を及ぼしているものと考えられる。

2. 観測水域全体

光ファイバーセンサーによって、観測水域全体の底層水の温度変化を把握することができる。この観測結果を図8に示す。これは潮通しパイプの延長線上約300mにおける温度の経時変化を色調で表している。これによると観測当初は潮通しパイプから離れるにつれ温度が低下する傾向があったが、8月4日1時頃から夜間にもかかわらず、200m以遠の温度が約1℃上昇し、そのまま観測終了まで続いている。これは潮通しパイプ近傍で見られた日変化とは明らかに異なっており、温度のやや高い水塊が侵入してきたものと推定される。

同様の傾向は図5に示すマルチCTセンサーにも見られる。潮通し近傍のCT1では水温の日変化が生じているのに対し、CT2（75m地点）・CT3（113m地点）では異なった傾向を示しており、さらに遠方のCT5（208m地点）では8月3日22時から水温上昇が見られ、これは光ファイバーセンサーの結果とほぼ一致している。また塩分は、逆に潮通しパイプに近いCT1にのみ比較的大きな変化が見られる。CT1では、3日21時から4日16時にかけて塩分量が増加しており、この間、塩分の多い海水に近い成分の水塊侵入があったと推定される。

最後に、図9に示す音響観測装置の観測画像では、ON2（141m地点）において8月3日20時頃から温度のやや高い水塊の侵入によるものと思われる反射が生じており、これが4日7時まで断続的に続いている。

以上観測水域全体を概観すると、潮通しパイプから40～50m以遠における底層では、海水の流出入を主要因とする流動以外の、例えば本庄水域底層水の移動などの動態が生じていると考えられる。

3. 観測水域の終端部（END点、300m付近）

END点付近に設置したメモリ付小型水温計（T2）と

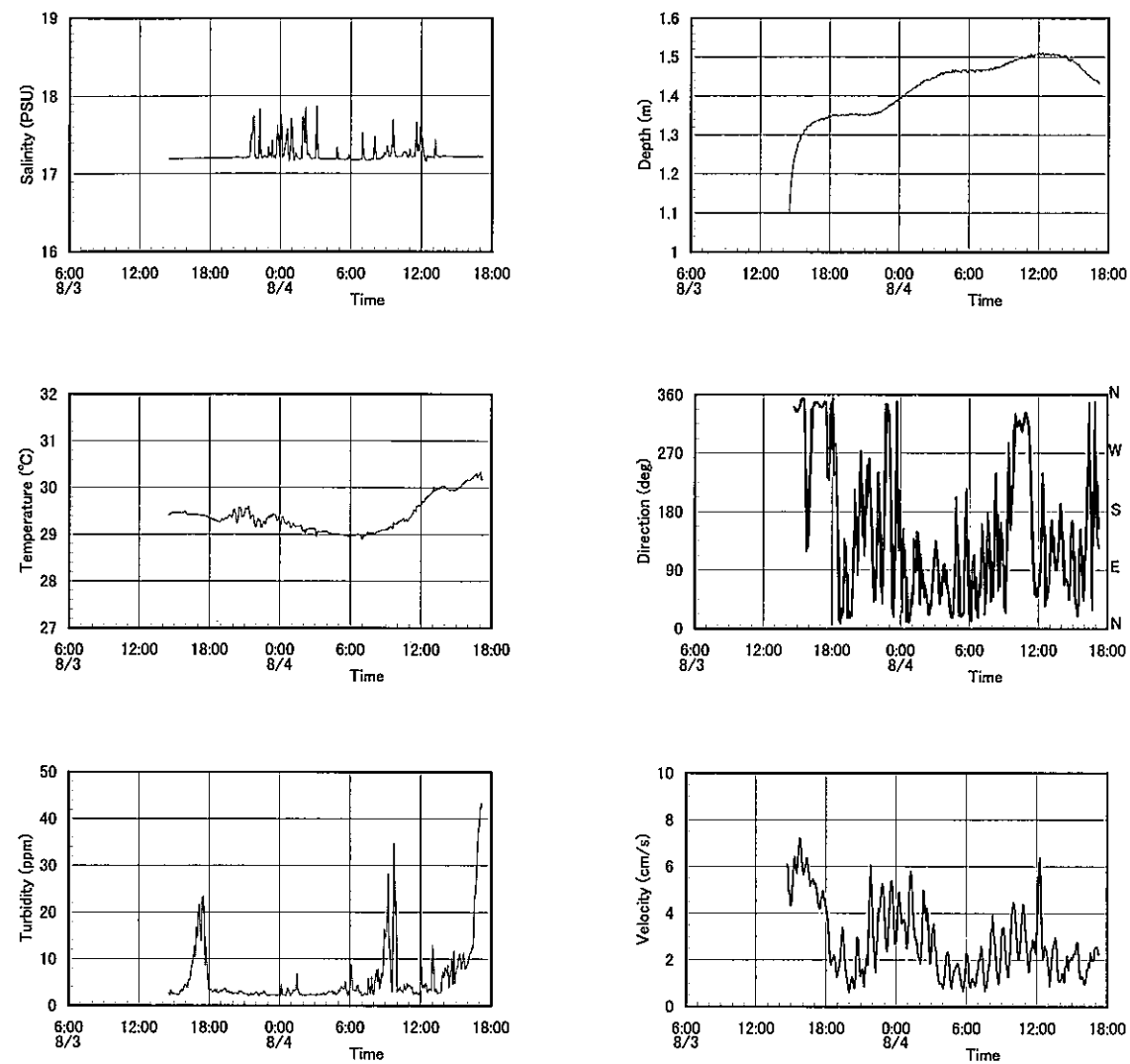


図3. 潮通しパイプ近傍の底層における塩分、水温、濁度、水深、流向、および流速の経時変化 (R1).
Fig.3. The current data of salinity, temperature, muddiness, water-depth, irection, and velocity in the bottom layer near the pipe: R1.

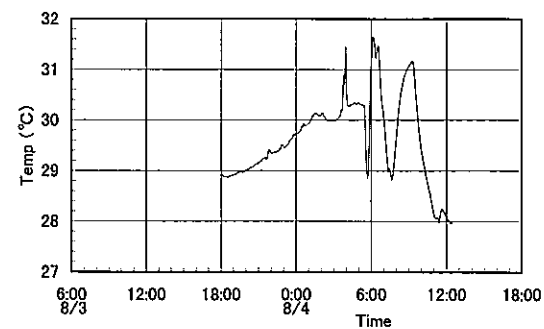


図4. 潮通しパイプ近傍の底層における水温の経時変化: メモリ付小型水温計 (T1).
Fig.4. The current data of temperature by small-thermometer with memory in the bottom water near the pipe of the observaton area: T1.

電磁流向・流速計 (R2) の観測結果を図6, 図7に示す。まず電磁流向・流速計を見ると, 8月3日21時頃から水温が上昇しており, 観測終了まで高温のまま推移しており, また同じく3日22時頃から4日2時にかけて比較的強い南向きの流速が生じている。小型水温計も3日24時頃から水温上昇を捕らえている。

これらの観測結果は光ファイバーセンサーなどの観測結果とも一致しており, 以上のデータから推測すると, この時間に比較的温度の高い水塊が北方から侵入してきたと思われる。

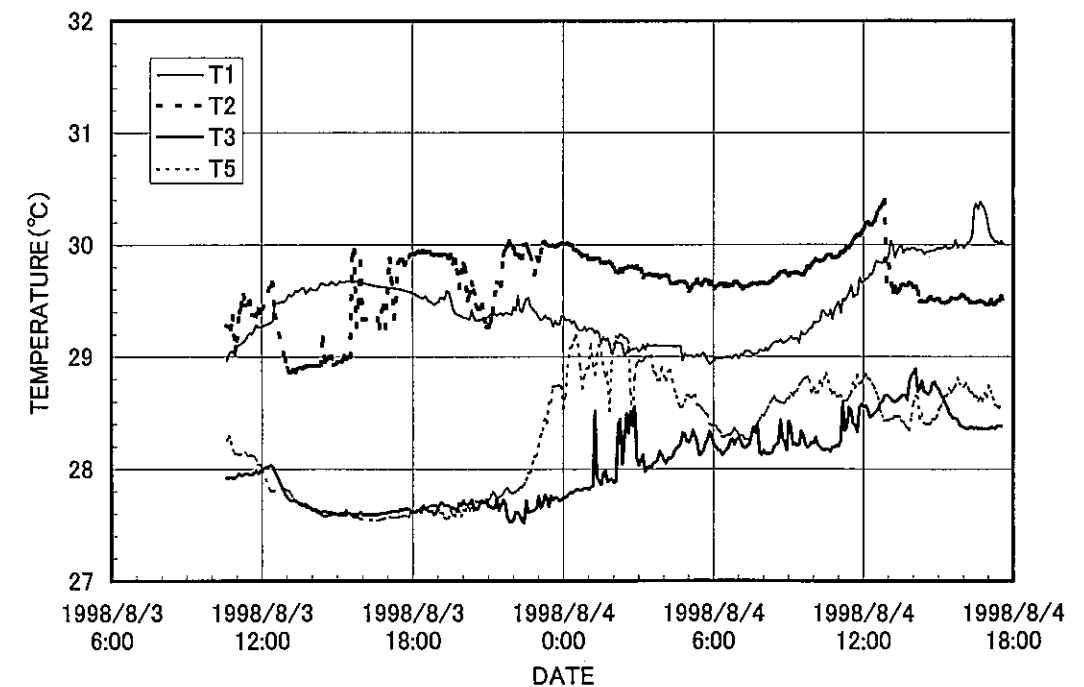
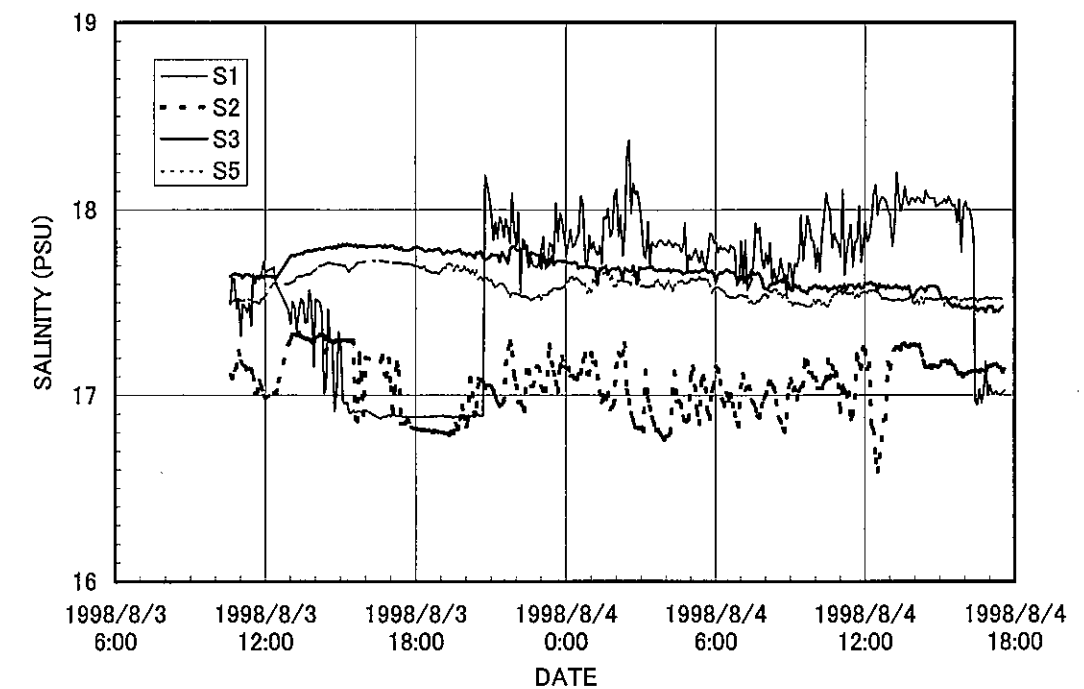


図5. マルチCTセンサによる底層の塩分、水温の経時変化。
Fig.5. The current data of salinity and temperature by the Multi-CT sensor in the bottom water.

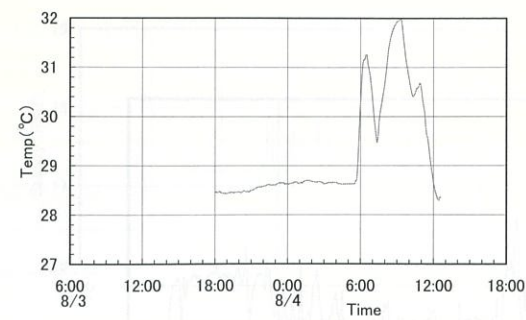


図6. 観測水域の終端部の底層における水温の経時変化: メモリ付小型水温計 (T2).

Fig.6. The current data of temperature by mini-thermometer with memory in the bottom layer at the end of the observaton area.

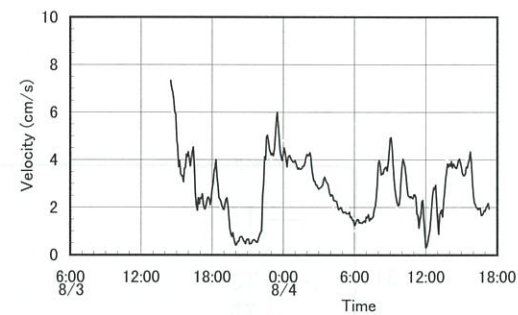
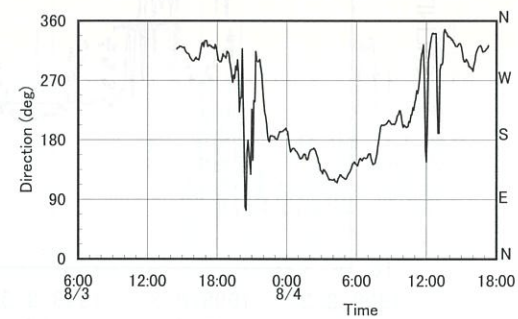
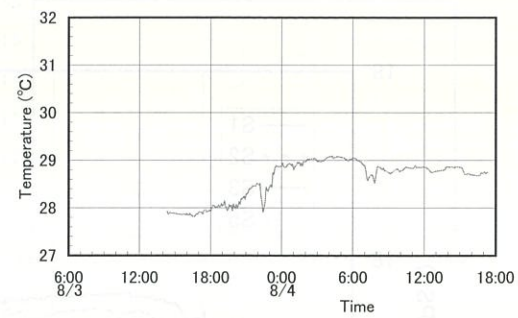


図7. 観測水域の終端部の底層における水温、流向、および流速の経時変化 (R2).

Fig.7. The current data of temperature, direction, and velocity in the bottom layer at the end of the observaton area: R2.

Temp(°C)

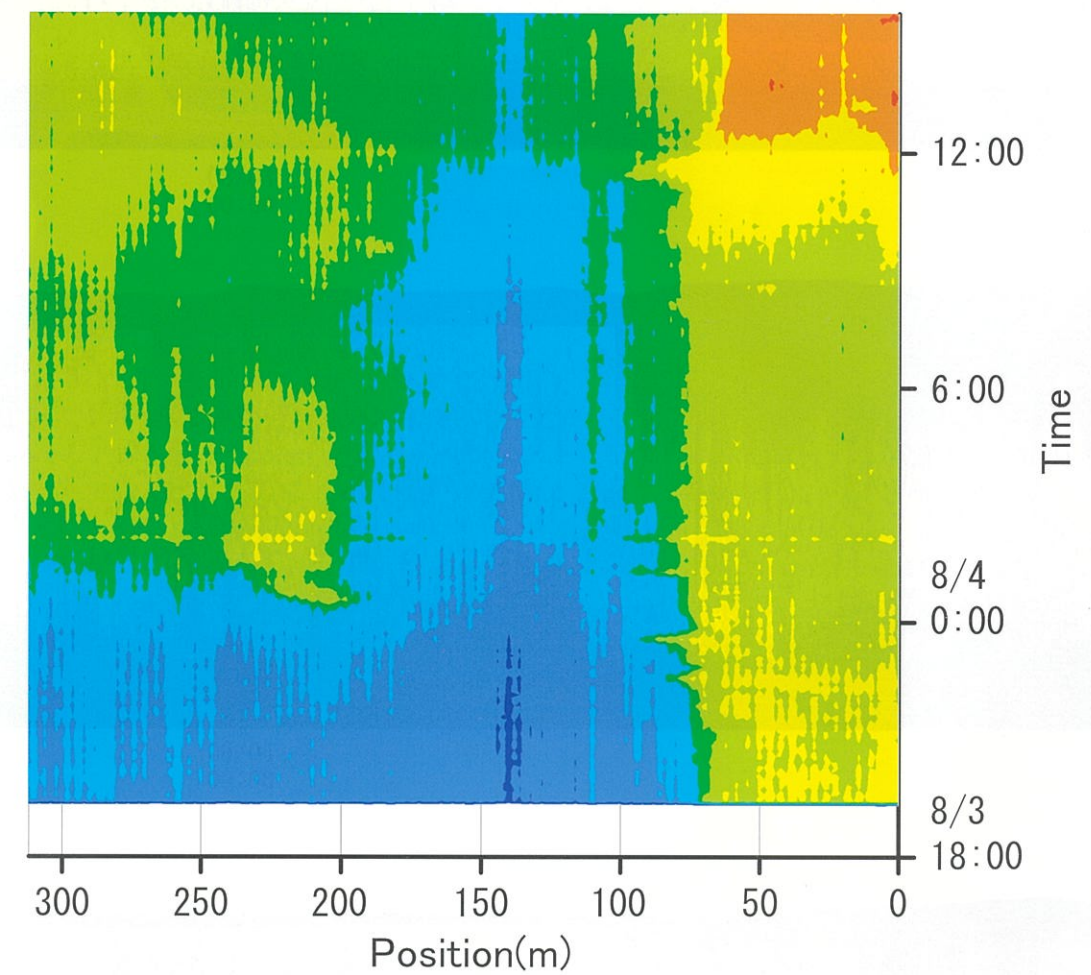


図8: 光ファイバーセンサーによる底層の水温分布の経時変化

Fig.8: The current data of temperature by the optical fiber cable in the bottom layer

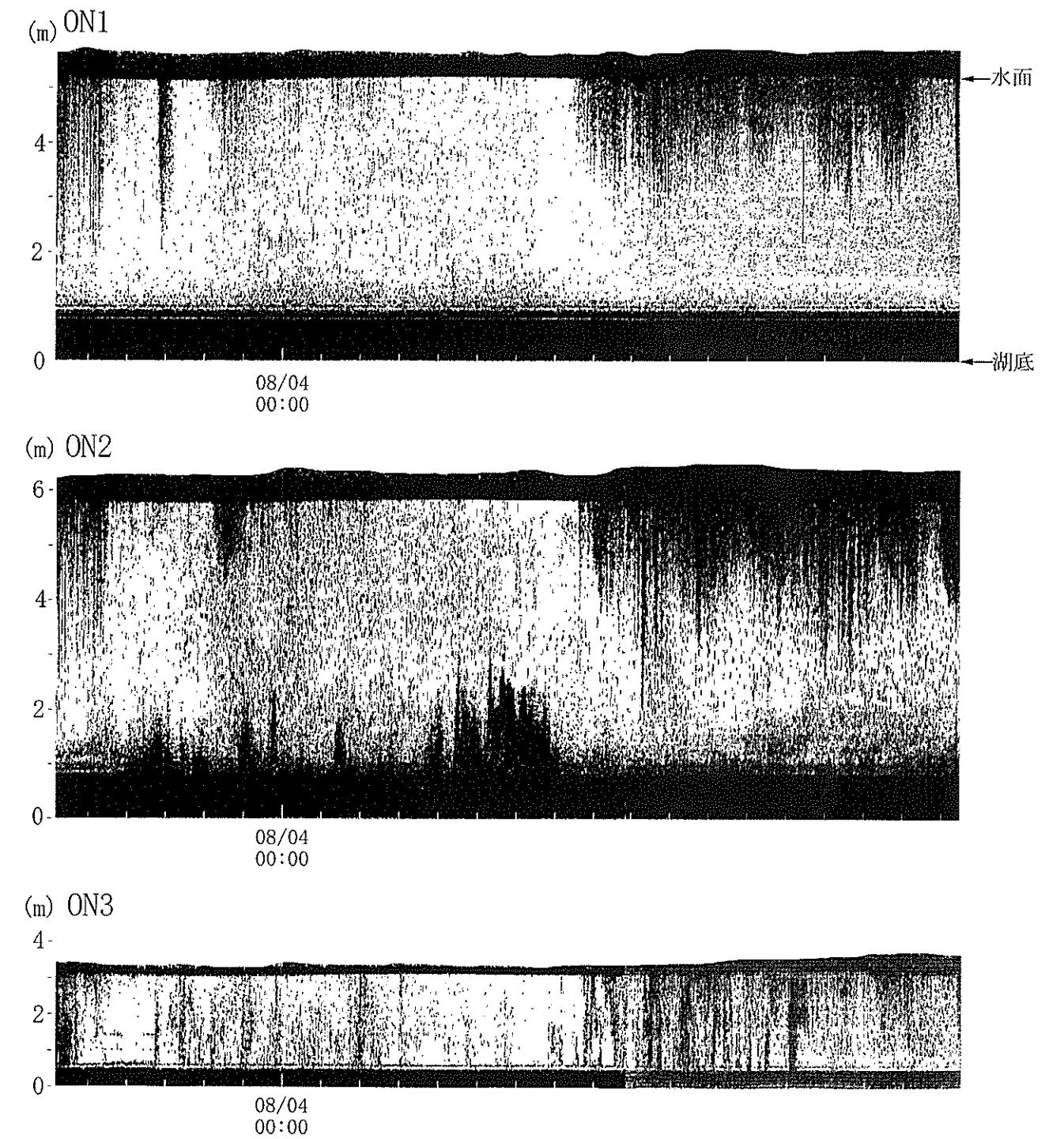


図9. 観測水域の3地点（ON1:潮通しパイプ近傍、ON2:中間、ON3:END点）における音響画像
ON2において8月3日20時頃から4日7時にかけて底層部の反射が強くなっており、やや温度の高い水塊の侵入が認められる（下部のマークは1時間毎）。

Fig.9. Graphics of the current data of acoustic profile at the 3 points (near the pipe, middle, end) of the observation area.