

駿河湾 300m 層の流動と水温の変動

Temporal Variations of Current and Temperature
at 300 m in Suruga Bay

稲葉 栄生¹・勝間田 高明¹・安田 訓啓¹

Hideo INABA, Takaaki KATSUMATA and Kuniaki YASUDA

Abstract

In order to investigate the temporal variations of the current and temperature at 300 m in Suruga Bay, the current and temperature data obtained from a moored ADCP observation in the sea at the eastern part of the bay mouth were analyzed. Observed maximum current speed of the inflow and outflow were 57 cm/sec and 40 cm/sec, respectively. The mean current throughout the whole observing period was less than 1 cm/sec. The maximum and minimum observed temperature were 12.7°C and 7.0°C, respectively. The range of the temperature variation was as large as 5.7°C. Comparing with those values to those off Cape Muroto-misaki, those at Suruga Bay were 2.9°C higher for maximum, 1.1°C lower for minimum and 4°C larger for the range. Therefore, the deep sea water at 300 m in the bay can not be low temperature and constant.

Key Words: Suruga Bay, deep ocean water, current, temperature

要　旨

駿河湾口東部において 15 ヶ月間の長期に亘る係留式 ADCP 観測により取得した資料の最下層である 300 m 層の流動および水温の解析を行って、それらの変動の実状を調べた。その結果、流入と流出の最大値は 57 cm/sec と 40 cm/sec で、全期間の平均流は 1 cm/sec 以下の極めて小さい値である。水温の最大値と最小値は 12.7°C と 7.0°C で、変動幅は 5.7°C に及ぶ。これらを高知県室戸岬沖の 320 m 層の観測値と較べると、同湾は最大値で 2.9°C 高く、最小値で 1.1°C 低く、変動幅は 4.0°C も大きい。流動は短周期では半日および 1 日の潮汐、中周期では 18 日と 37 日が卓越し、長周期は微弱である。水温は短周期では半日および 1 日の潮汐、中周期では 25 日が卓越する。同湾の 300 m 層の流動および水温は内部潮汐の影響による潮汐周期と黒潮変動の影響による中周期変動、さらに水温には季節変動も加わって時間変動が激しい。従って、同湾 300 m 層海洋深層水は必ずしも低温安定性に富むとは言えない。

キーワード：駿河湾、海洋深層水、流動、水温

1. はじめに

海洋深層水は低温安定性、清浄性、富栄養性などに富む事から、その有効利用が期待されている。我が国における海洋深層水の研究は 1985 年に科学技術庁のアクアマリン計画「海洋深層資源の有効利用

技術に関する研究」のモデル海域に高知県の室戸岬が指定されたのを契機にスタートし、1989 年には室戸市に海洋深層水研究所が発足し海洋深層水の利用の為の技術開発研究が始まった（宮本、1999）。次いで 1995 年には富山県の富山湾（奈倉、1999）、2000 年には沖縄県の久米島に（当真ら、2000），

¹東海大学海洋学部（〒424-8610 静岡県清水市折戸 3-20-1）

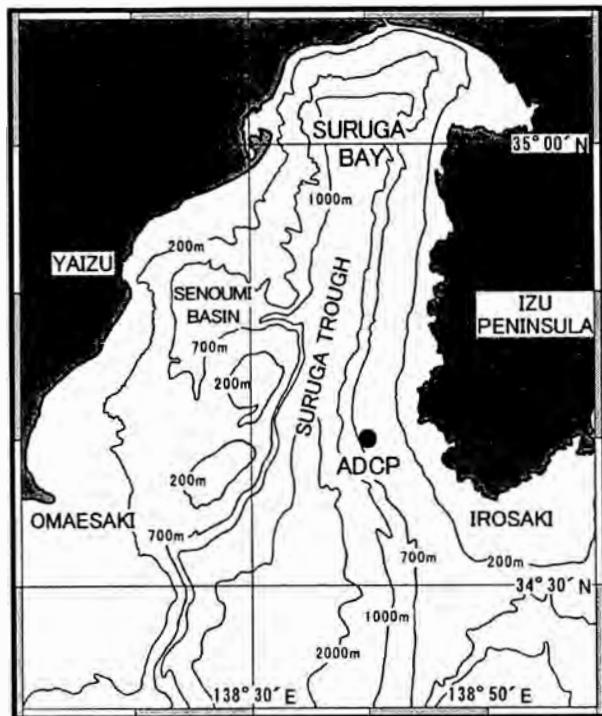


Fig.-1 Bottom topography of the Suruga Bay and its adjacent sea and location of the ADCP observation.

海洋深層水研究所が開所された。その後も日本各地で計画が進んでいるが、駿河湾では同湾西部の焼津市にある静岡県水産試験場内に海洋科学技術センター深層水分析研究棟が建設され、同所沖の石花海（セノウミ）海盆の380 mと680 m層からの取水が計画されている（黒山, 2000）。

同湾は本州南岸にある開放性の深い湾である（Fig.-1）。同湾の奥行きは約60 kmで湾口幅は約55 kmである。同湾には沖合の南海トラフから続く駿河トラフが湾口東部から湾奥まで達し、そのため湾口東部の最深部は約2,400 mあり、湾奥でも1,000 mを越えている。また、焼津沖の石花海海盆には駿河トラフから続く700 m以深の深海域が広がっている。

同湾の海洋構造は外洋の影響を受けて多様である（中村・村中, 1979）。同湾北部と西部の表層には陸水の影響を受けた沿岸水、同湾全域の上層には亜熱帯起源の黒潮系外洋水、中層には亜寒帯起源の北太平洋中層水さらに下層には大西洋および南極起源の太平洋深層水などの影響を受けた海水が層状に存在する（Fig.-2）。

同湾沖には世界最大級の海流である黒潮が存在す

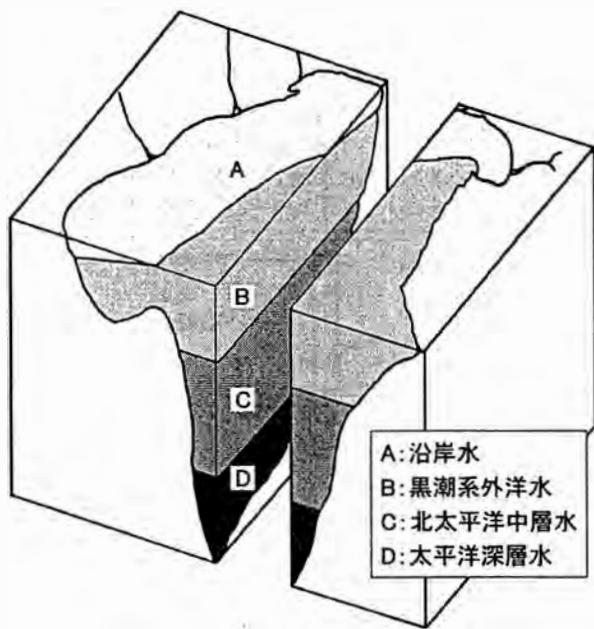


Fig.-2 Oceanographic structure of Suruga Bay.

るが、同湾上層の流動および水温場は黒潮の影響を受け、黒潮系外洋水が同湾東部からしばしば流入する事が知られている（稻葉, 1982；Inaba, 1984；勝間田ら, 1999）。黒潮が湾口東部石廊崎沖約75 kmにある銭洲の北まで同湾に接岸すると、黒潮系外洋水が湾口東部から流入して、湾口海域は反時計回りの環流となる（Fig.-3）。一方、黒潮が銭洲の沖まで同湾から離れると、湾口西部海域から外洋水が流入して、湾口海域は時計回りになる。また、黒潮接岸時外洋水が湾口東部から流入すると同湾上層の水温は上昇を示し、その逆も成り立つ。なお、焼津沖の石花海海盆を含めた湾奥海域の環流は黒潮流

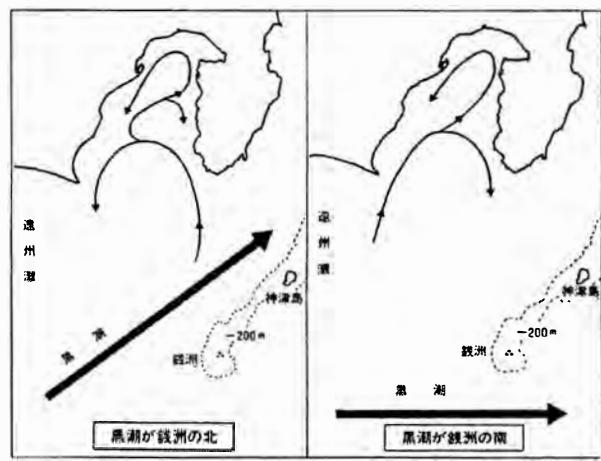


Fig.-3 Schematic figure of the circulation pattern in the sea at the Suruga Bay

軸位置に関係なく反時計回りとなる傾向がある（稻葉，1984）。しかし、これらの研究の根拠となる流速計の観測層は10 mまたは20 mで（稻葉，1982；Inaba, 1984），唯一のA D C Pによる観測層も220 m以浅であり（勝間田ら，1999），本研究の対象水深である300 m層の流動場および水温場に関する知見は皆無に等しい。

そこで、黒潮分枝流の流入路である湾口東部海域にて係留式A D C Pにより約15ヶ月の長期に及ぶ測流資料を用いて、300 m層の流れおよび水温の時間的変動の実状について調べた。

2. データ

ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler) の係留地点は黒潮系外洋水が流入する湾口東部海域の離岸距離約5 km 水深約600 m地点である（Fig.-1）。観測期間は1997年11月4日から1999年1月25日までの447日間15ヶ月間である。なお、本観測期間は一連の連続観測としては異例の長期間であるが、これは投入時係留索が切り離し装置に絡まり、回収予定時に切り離し指令を送っても浮上しなかった為、予定の設置期間を大幅に過ぎてから掃海により回収した為である。係留系は海底のアンカー

から海中ブイで吊り上げる海中ブイ方式で、ADCPを上向きに取り付けた（Fig.-4）。ADCPのトラ

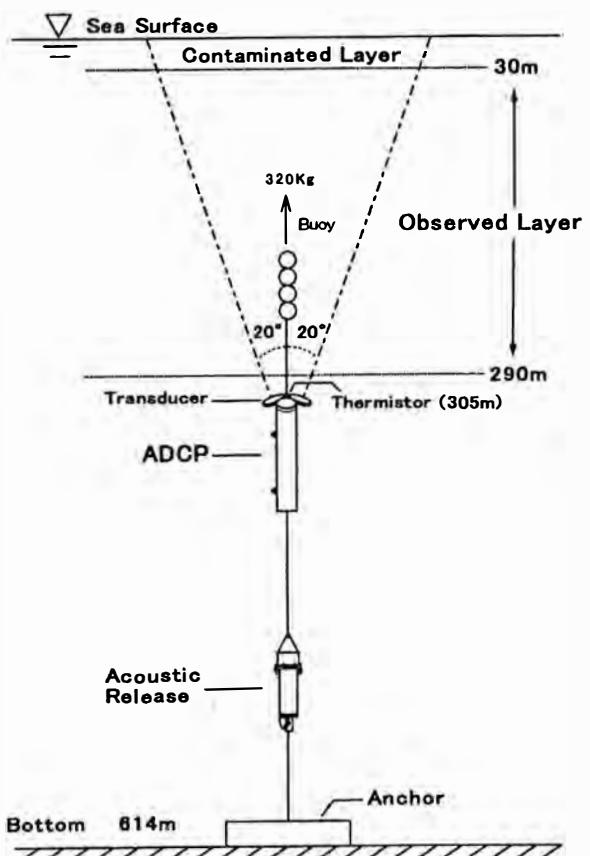


Fig.-4 Schematic configuration of a moored ADCP.

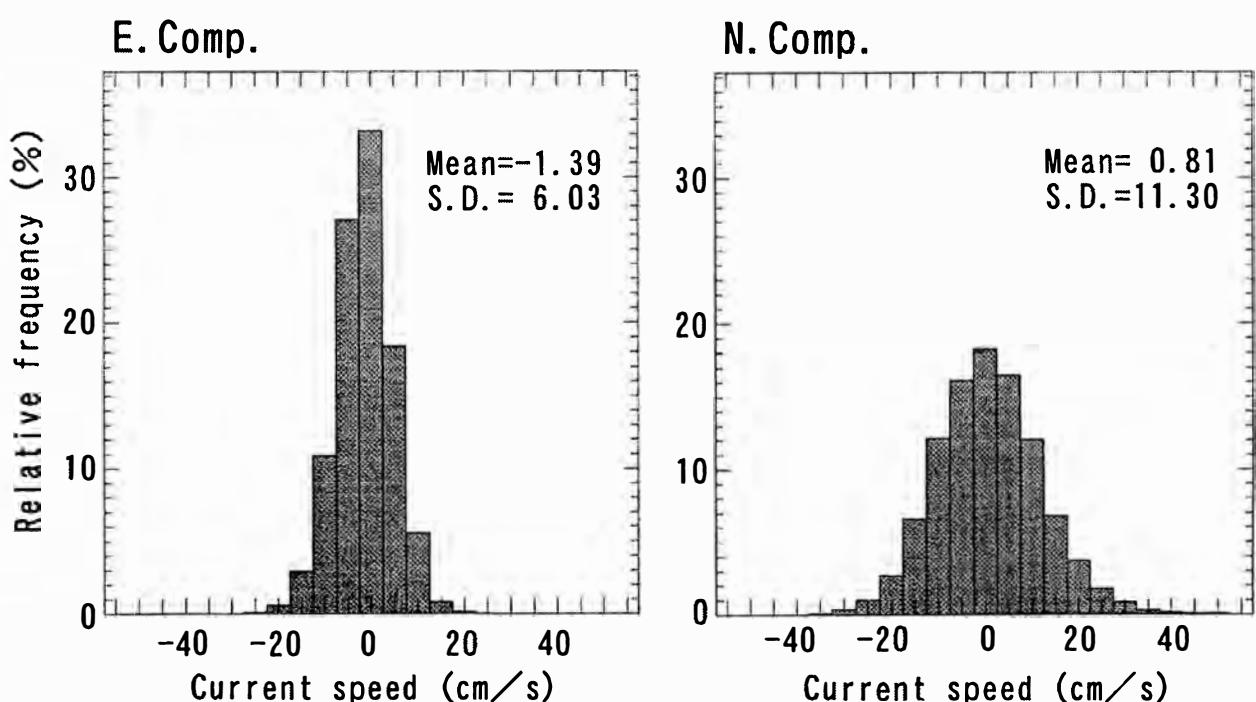


Fig.-5 Histogram of relative frequency distribution for the observed hourly current speed at 290.

ンスデューサーの水深は 305 m で、発信ビーム角は 20 度である。流速の観測水深は 30 m から 290 m で、水温の観測水深は 305 m である。サンプリング間隔は流速・水温とも 20 分である。

3. 結果と考察

3.1 290 m 流速の出現分布

Fig.-5 にADCPで観測された 290 m 流速の毎時値の出現頻度分布図を示す。東分流速の大半は $\pm 10 \text{ cm/sec}$ 以内であるが、 $\pm 20 \text{ cm/sec}$ を越える値も出現している。北分流速の大半は東分の 2 倍の $\pm 20 \text{ cm/sec}$ 以内であるが、40 cm/sec を越える強流が流入 (+の値)に出現している。Fig.-6 に毎時流速の散布図を示す。南北に長い長円状に出現し、流速ベクトルの最大流入は 57 cm/sec 330 度で、最大流出は 40 cm/sec 82 度である。流入と流出の最大流速を較べると流入の方が大であるが、しかし全期間の平均流は 1 cm/sec に満たない弱流であり、300 m 層の流れは流入が卓越するとは云えない。

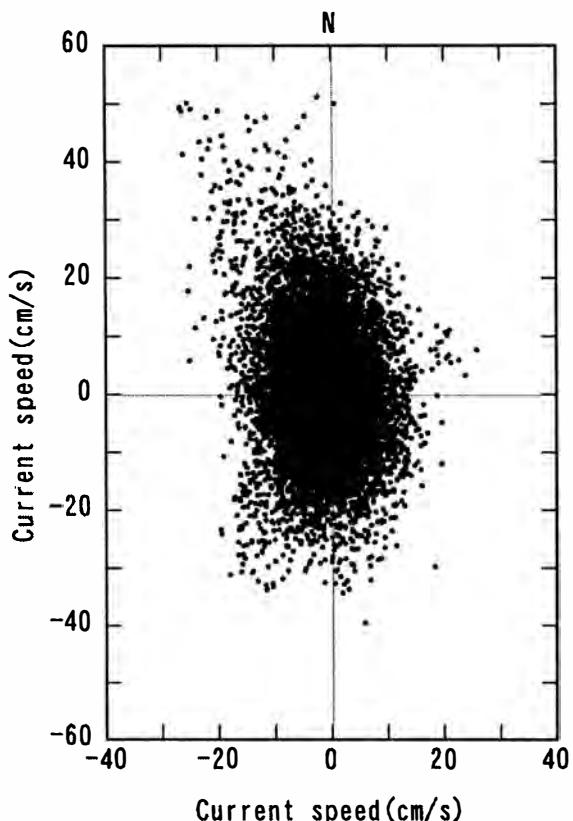


Fig.-6 Scatter plot for the observed hourly current speed at 290m.

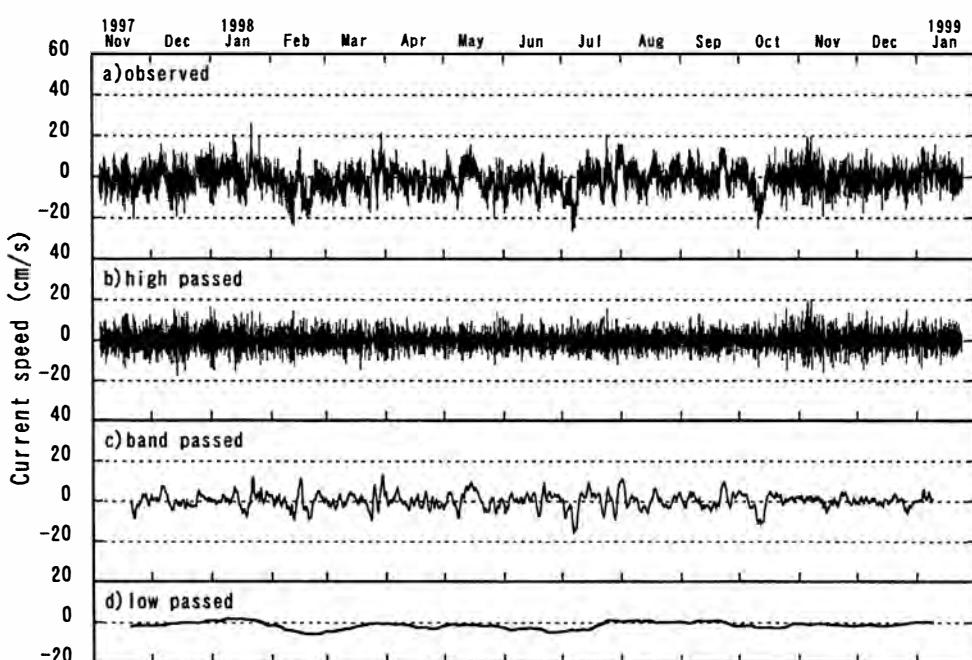


Fig.-7 Time series of the current variation at 290 m for eastward component.
 a): observed. b): high passed (observed -25 hours running mean).
 c): band passed (25 hours running mean -31 days running mean).
 d): low passed (31 days running mean).

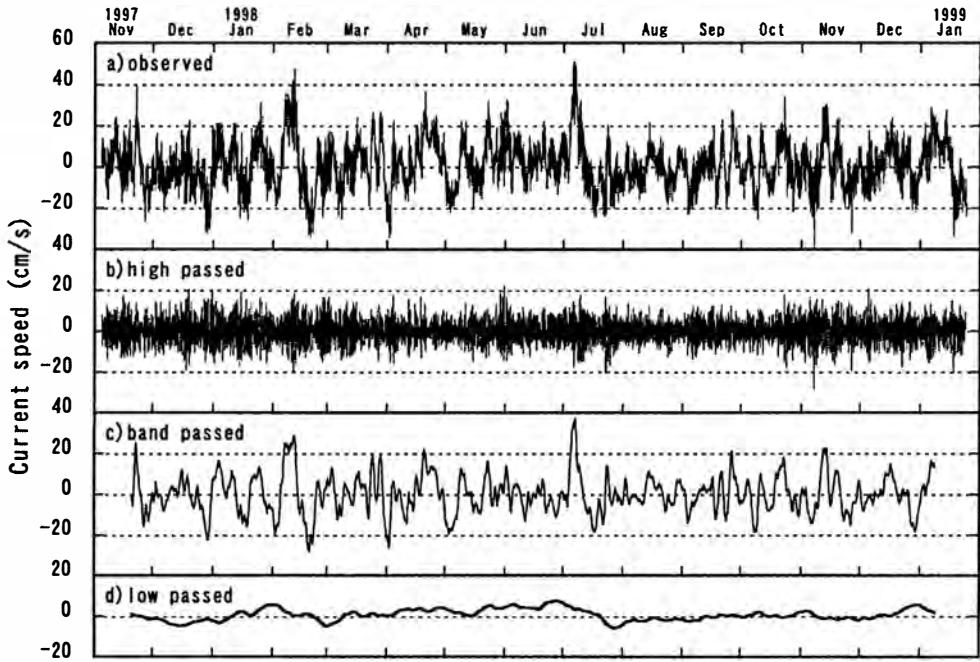


Fig.-8 Same as Fig.7 but for northward component.

3.2 流速の時間変動

290 m の流速の測得流および短周期（毎時値 – 25 時間移動平均値），中周期（25 時間移動平均値 – 31 日移動平均値）および長周期（31 日移動平均値）の 3 成分に分けた時系列を Fig.-7 と Fig.-8 に示す。

まず東分を見ると (Fig.-7)，測得流の大部分は $\pm 10 \text{ cm/sec}$ 以下の微弱な流れである。短・中・長周期の 3 成分のうち，短周期が卓越し，中周期がこれに次ぎ，長周期変動は微弱である。

次いで北分を見ると (Fig.-8)，測得流の大部分は東分の 2 倍の $\pm 20 \text{ cm/sec}$ 以下であるが，時間変動が激しく 1998 年 2 月上旬や同年 7 月上旬に見られる様に 50 cm/sec に及ぶ強流の発生が見られる。3 成分のうち，中周期が顕著に卓越し，短周期がこれに次ぎ，長周期は微弱である。顕著な卓越成分の中周期に注目すると，大半は $\pm 20 \text{ cm/sec}$ 以下であるが，測得流に強流が見られた時期には 30 cm/sec 前後の強流の発生が見られ，激しい測得流の時間変動は中周期変動に負っていると言える。

3.3 水温の時間変動

305 m の測得水温の毎時値および 3 成分の時系

列を Fig.-9 に示す。大部分の水温は 8°C から 11°C であり，最低水温と最高水温は 7.0°C と 12.7°C で，変動幅は 5.7°C に及んでいる。短・中・長周期の 3 成分のうち，中周期が卓越し最大変動幅は 3.4°C で，長周期がこれに次いで 2.6°C で，短周期は長周期よりやや小さい 2.3°C である。流動の卓越成分である北分流速に較べると，両者とも中周期が卓越し，長周期は流速では微弱であるが水温では大きい。

緯度的には駿河湾の南に位置し黒潮が洗う高知県室戸岬沖の 320 m における最低水温および最高水温は 8.1°C と 9.8°C で，変動幅は 1.7°C である (宮本, 1999)。駿河湾と室戸岬沖を較べると，同湾水温は最低温度では約 1.1°C 低く，最高温度では約 2.9°C も高く，変動幅は約 4.0°C も大である。なお，低温の日本海固有水が存在する事で知られる富山湾の 321 m における水温の出現範囲は 2°C から 4°C であり (奈倉, 1999)，駿河湾は富山湾に較べて桁はずれに高温である。

この様に，駿河湾の 300 m 層の水温は同湾より南に位置し黒潮が洗う室戸岬沖より高温でさらに変動幅も非常に大きく，低温安定性に富むとは言えない。

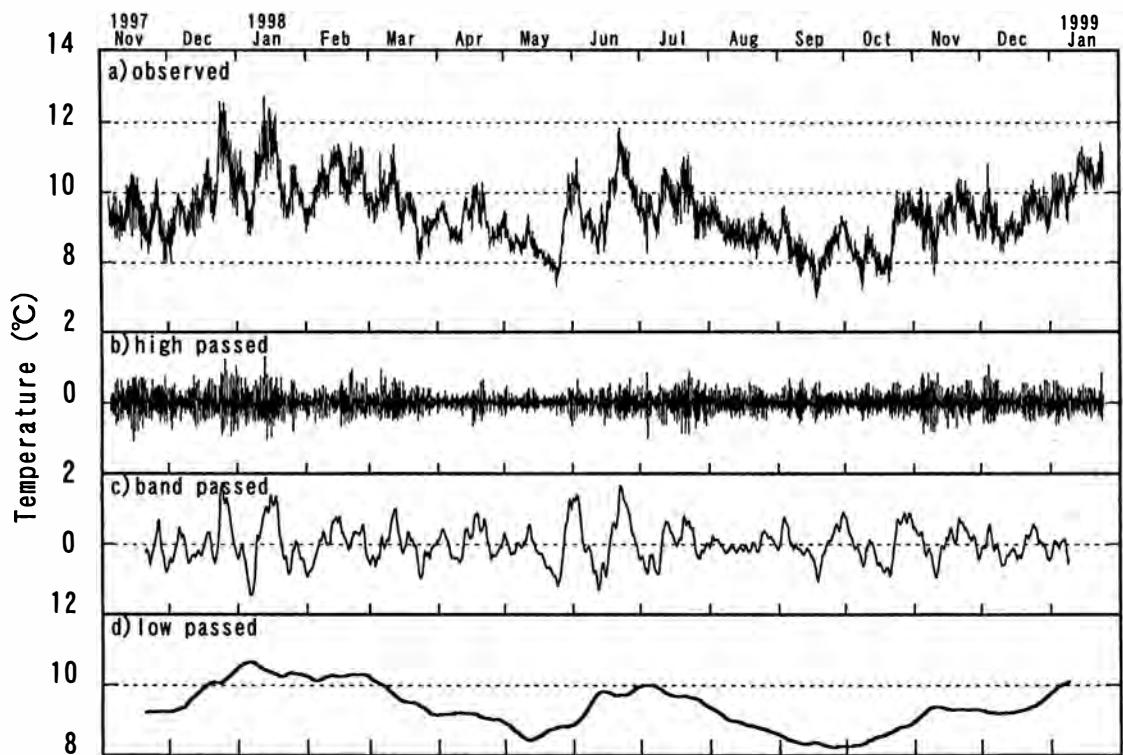


Fig. -9 Time series of the temperature variation at 305 m.
 a): observed. b): high passed (observed -25 hours running mean).
 c): band passed (25 hours running mean -31 days running mean).
 d): low passed (31 days running mean).

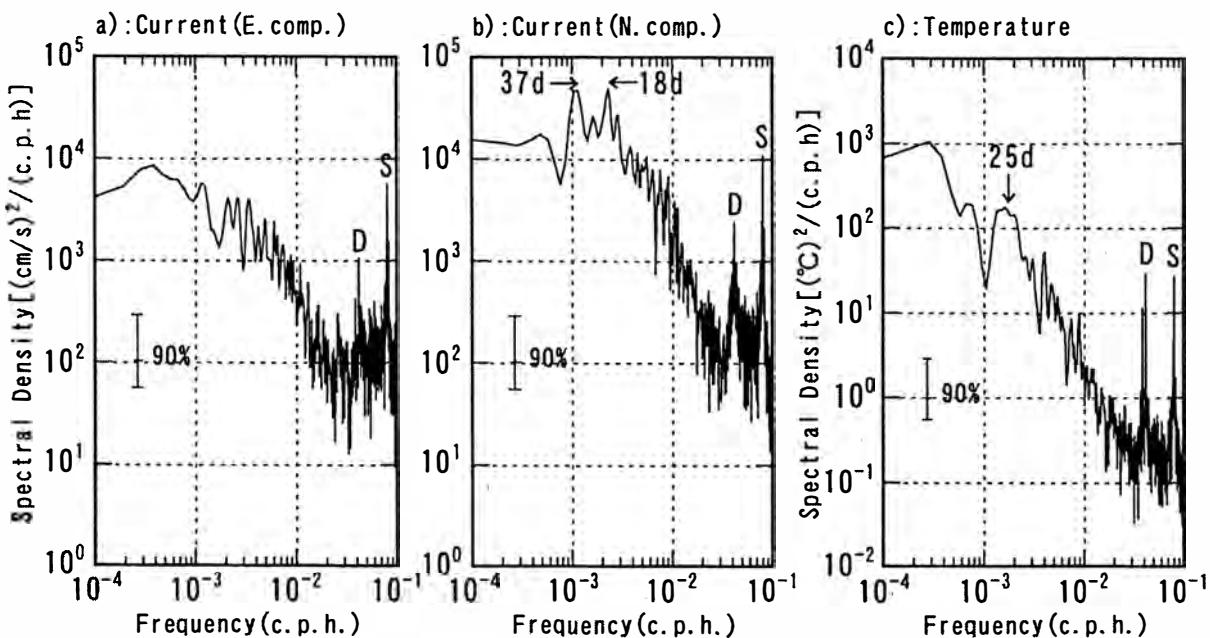


Fig. -10 Power spectra of current and temperature variation.
 a): current for E. comp. b): current for N. comp. c): temperature

3.4 流速・水温のスペクトル構造

290 m の東分流速のパワースペクトルを見ると (Fig. -10), 短周期の半日潮が顕著に卓越し 1 日潮がこれに次ぎ, 中周期および長周期には大したピークは見られない. 卓越成分である北分流速のパワー

スペクトルを見ると, 短周期の半日潮が顕著に卓越し 1 日潮はこれに次ぎ, 中周期の 18 日および 37 日に卓越したピークが見られ, 長周期には大したピークは見られない. 東分と北分を較べると, 地形の影響を受けて北分が卓越し, とりわけ中周期のパワー

が大きく、東分には見られない 18 日および 37 日周期にピークが見られ、パワーも大である。

なお、潮汐周期の卓越は内部潮汐に起因し (Inaba, 1984; 安田ら, 2001), 中周期の 18 日変動は黒潮流軸の離岸・接岸 (稲葉, 1982; Inaba, 1984) と黒潮流前線波動 (勝間田ら, 1999) に起因した現象と思われる。

305 m 水温を見ると、短周期の半日潮および 1 日潮がほぼ同程度に卓越し、中周期の 25 日にピークが見られる。

300 m 層の流速と水温のスペクトル構造を較べると両者には相違があり、潮汐周期の卓越周期は流速では半日潮であるが水温は半日潮と 1 日潮の両者が卓越しほぼ同程度のパワーを持ち、さらに、中周期の卓越周期は流速では 18 日および 37 日周期であるが水温では 25 日であった。

4. 結 論

駿河湾口東部において 15 ヶ月間の長期に亘る係留式 ADCP 観測により取得した資料の最下層である 300 m 層の流動および水温の解析を行って、それらの変動の実状を調べた。

- ・流入の最大流速は 57 cm/sec で流出の最大は 40 cm/sec である。しかし、全期間の平均流は 1 cm/sec 以下の極めて弱い流入である。
- ・最低水温と最高水温は 7.0°C と 12.7°C で変動幅は 5.7°C にも及ぶ。これらを緯度が南に位置し黒潮が洗う高知県室戸岬沖の 320 m 層と較べると、同湾の方が最低水温で 1.1°C 低く最高水温で 2.9 °C 高く、変動幅は 4.0°C も大である。
- ・流動の卓越周期は短周期の半日および 1 日の潮汐および中周期の 18 日と 37 日が卓越し、長周期は微弱である。なお、潮汐周期は内部潮汐の発生、中周期は同湾沖の黒潮流軸変動に伴う黒潮分枝流の流入または黒潮流前線波動に原因しているものと思われる。
- ・水温の卓越周期は短周期の半日および 1 日の潮汐および中周期の 25 日が卓越する。流動と水温のスペクトル構造は必ずしも一致しない。

この様に、同湾 300 m 層の流動および水温は内部潮汐の影響による潮汐周期、黒潮変動による中周期変動さらに水温には季節変化が加わって変動が激しい事が判明した。従って、同湾 300 m 層海洋深層水は必ずしも低温安定性に富むとは言えない。

謝辞：本研究のADCP流速計の係留観測は東海大学海洋研究所の研究費で実施した。また、本研究の一部は海洋科学技術センター委託研究、「深層水の取・放水に関する海洋理工学的基礎研究」(研究代表者・酒匂敏次海洋学部教授)の一環として実施したものである。東海大学海洋研究所の関係者、海洋科学技術センターの関係者、研究代表者の酒匂敏次教授に御礼申しあげます。

ADCPの設置および掃海回収に際し、東海大学海洋学部の小型舟艇の乗組員の皆様、海洋研究所の守屋洋技術員、川畠広紀技術員に大変お世話になりました。データー整理には本学大学院生矢口篤志君および 4 年生大平厚君と中村恵一君にお世話になりました。ここに心から御礼申し上げます。

引用文献

- 稲葉栄生 (1982) : 駿河湾海況と黒潮流軸との関係. 沿岸海洋研究ノート, 19, 94-102.
- Inaba, H. (1984) : Current variation in the sea near the mouth of Suruga Bay. J. Oceanogr. Soc. Japan, 40, 193-198.
- 勝間田高明・稲葉栄生・川畠広紀 (1999) : 駿河湾口東部における係留式 ADCP による流動観測. 東海大学紀要海洋学部, 48, 193-207.
- 黒山 順二 (2000) : 海洋深層水の研究拠点「深層水分析研究棟」. 海洋深層水利用研究会ニュース, 4(1), 79-84.
- 宮本 猛 (1999) : 高知県における海洋深層水研究と今後の課題. 海洋開発ニュース, (日本海洋開発産業協会), 27(6), 9-12.
- 奈倉 昇 (1999) : 富山県における深層水取水システムの有効性の実証. 海洋開発ニュース, 27(6) 13-16.
- 中村保昭・村中文夫 (1979) : 駿河湾および遠州灘の海洋構造の変動特性. 水産海洋研究会報, 34, 128-133.
- 当真 武・津波古喜正・藤井 真・清水勝公・堀 哲朗 (2000) : 沖縄海洋深層水の取水施設の建設. 海洋深

層水研究, 1(1), 79-84.

(2001. 1. 5 受付, 2001. 2. 13 受理)

安田訓啓・稲葉栄生・川畠広紀・守屋洋・勝間田高明

(2001) : 駿河湾口東部海域において係留式 ADCP に
より観測された内部潮汐流. 東海大学紀要海洋学部,
51, 63-88.