

別府湾を含む伊予灘および豊後水道海域における海況特性の解析*

久保田直治**・羽野 忠***・滝田祐作***・島崎 孝**・堀 文昭***

Characterization of the environment in the Beppu Bay, Iyo Nada and Bungo Channel*

Naoji KUBOTA**, Tadashi HANO***, Yusaku TAKITA***, Takashi SHIMAZAKI**
and Fumiaki HORI***

Abstract: Environmental characteristics of the sea area around Oita Prefecture were investigated by employing the monthly observational data (1965-1988) at 54 stations in Beppu Bay, Iyo Nada and Bungo Channel. Analysis of the horizontal and vertical distributions of water temperature and salinity revealed that the sea area was subdivided into several small areas. The characteristic of the Seto Inland Sea was different from that of the Bungo Channel. There was the isolated mixing zone in the northern and southern parts of the Hayasui Strait where water temperature and salinity were uniform by the strong tidal currents, and the tidal fronts were observed. Beppu Bay seemed to be semiclosed area, which was characterized by large seasonal variations in water temperature and salinity. MEM spectra emerged dominant periods of one year and 2-4 years in water temperature and in salinity. These periods can be related to those of atmospheric temperature and precipitation, respectively. The characteristics of the Seto Inland Sea appeared to depend on the climate of the area. The Kuroshio branch strongly affected the characteristics of the Bungo Channel.

1. 緒 言

海洋が環境に及ぼす影響は非常に大きなものであり、わずか2~3℃の海水温の変化が全地球的な異常気象を引き起こすことさえある。このような地球規模の海洋と大気の相互作用ばかりでなく、小さな内湾や沿岸における環境も、四方を海に囲まれた日本にとっては重要な研究対象である。たとえば、瀬戸内海は我が国最大の内海であり、豊後水道や紀伊水道などのわずかな部分で太平洋とつながっているため、これらの水道付近の海況につ

いて研究することは、瀬戸内海の特徴を把握する上でも役にたつものと考えられる。

大分県は、豊予海峡を境にしてその北側が瀬戸内海に、南側は豊後水道に面しており、豊後水道はさらに日本の南西海域に接している。また、瀬戸内海からは豊後水道へ恒流として内海系冷水が南下している。そのため、この海域の海況はきわめて複雑であり、漁況に与える影響も小さくない。特に大分県沿岸に來遊するイワシ、アジ、サバ類は、主として春から夏にかけて北上し、秋から冬にかけては成魚が南下する傾向にあり、この付近の海況について明らかにすることは漁業にとっても大きく貢献できるものと思われる。これらの海域の個々の特性については、既に柳ら(YANAGI, 1980, 1983; 柳・大庭, 1985; YANAGI and KOIKE, 1987)の報告があるが、広範囲にわたる総括的な報告はあまりなされていない。

以上のことを考慮しながら、主に統計的な手法で、伊予灘、別府湾および豊後水道の海況特性の解析を試みた。

* 1989年6月6日受理 Received June 6, 1989

** 大分大学工学部海洋生産工学センター, 〒870-11
大分県大分市大字旦野原700
Marine Science Laboratory, Faculty of Engineering,
Oita University, Dannoharu, Oita, 870-11
Japan

*** 大分大学工学部化学環境工学科, 〒870-11 大分県大分市大字旦野原700
Department of Environmental Chemistry and
Engineering, Faculty of Engineering, Oita University,
Dannoharu, Oita, 870-11 Japan

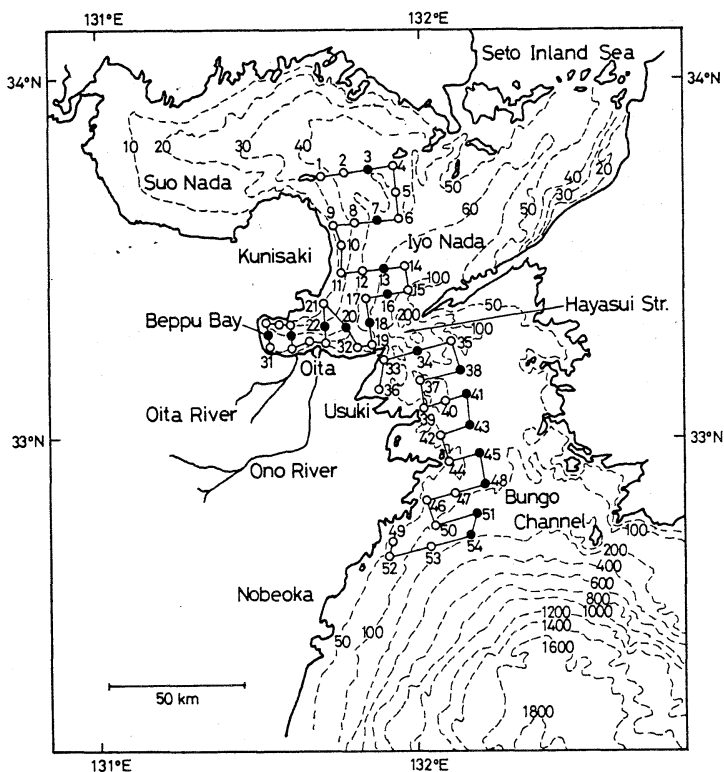


Fig. 1. Observation stations by Oita Prefectural Fisheries Experimental Station. Broken lines represent depth in meters.

2. データおよび解析方法

(1) データ

大分県水産試験場 (1965-1988) は、毎月1回伊予灘、別府湾および豊後水道の54定点を選んで海洋観測を行っている。これらの観測点は、海底地形や潮流を考慮して選定されている。Fig.1に観測点(Stn. 1-54)を示した。1965年4月から1988年3月までの23年間の各観測点における水温(0, 5, 10, 20, 30, 50, 75m深)、塩分(0, 5, 10, 20, 30, 50, 75m深)、天候、気温および瀬戸内海側におけるDO, COD, 窒素, リンなどの栄養塩類についてデータベースを構築し、解析に用いた。

また、大分地方气象台(1965-1988)が毎日観測している気温および降水量データ、さらに海上保安庁水路部(1965-1988)が年間24回観測を行っている黒潮本流の水温データも同様に処理した。

(2) T-S解析

水塊分布を把握するのに有効なT-S(水温-塩分)ダイアグラムを作成した。まず、各観測点ごとに海面、5, 10, 20, 30, 50, および75m深における水温と塩分の23

年間のデータを月別に平均した。得られた各観測点における全水深の値を月別にグラフ上にプロットした。また、海面における全観測点の値を月別にプロットした。水深10, 20, 30および50m深における値についても同様に処理した。

(3) 水温および塩分の鉛直分布

鉛直方向の水塊分布より海況特性を検討するために、伊予灘北端から速吸瀬戸を通り豊後水道南端まで南下する線(縦断線と呼ぶ)上の海域を考え、月別平均水温および月別平均塩分から、水温および塩分の鉛直分布図を作成した。選ばれた観測点は、伊予灘のStn. 3, 7, 13, 16, 豊後水道のStn.34, 38, 41, 43, 45, 48, 51および54である。同様に、別府湾のStn.18, 20, 22, 26および30を選び、別府湾についても考察した。それぞれの観測点をFig.1に黒丸で示した。

(4) スペクトル解析

各観測点の水温および塩分データに欠測があるので、その欠測月の前後数か月にn次補間多項式を当てはめて補間し(Aitken-Neville法)、サンプル間隔1か月の時

系列データとした。スペクトルの計算にはMEMを用い、ARモデルの次数は、最大モデル次数を(サンプル数)/3とし、赤池の方法(南, 1986)によって決定した。また、12か月周期を消去するために $1-2\cos(2\pi/12)$ B+B²なる調和フィルター(岩井ら, 1980)を用いた。また、水温および塩分測定期間に相当する大分市の毎日の平均気温および降水量についても、MEMスペクトルを計算した。さらに、海上保安庁水路部より得た黒潮本流の水温観測データについても、MEMスペクトルを計算した。黒潮水温データは、豊後水道に近い宮崎県都井岬沖および高知県足摺岬沖におけるものを選んだ。

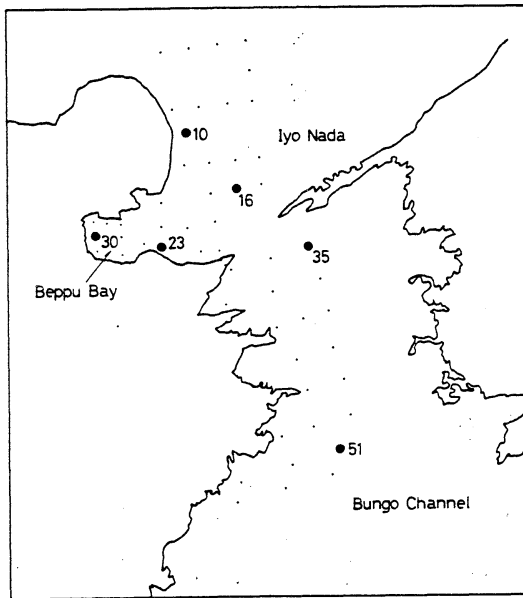


Fig. 2. Representative observation stations of sea area classified with water temperature-salinity diagrams.

3. 結果と考察

(1) データ

観測データは、毎月ほぼ10日前後に得られたものであり、水温は1965年から、塩分は1969年からのものであった。また、各観測点の海面における平均欠測数は水温で21個(最大35個, 最小7個)、塩分で21個(最大38個, 最小11個)あった。ただし、水深が増すにつれて欠測数は増加した。

(2) T-S解析

54の観測点すべてについて、各月ごとに(すなわち

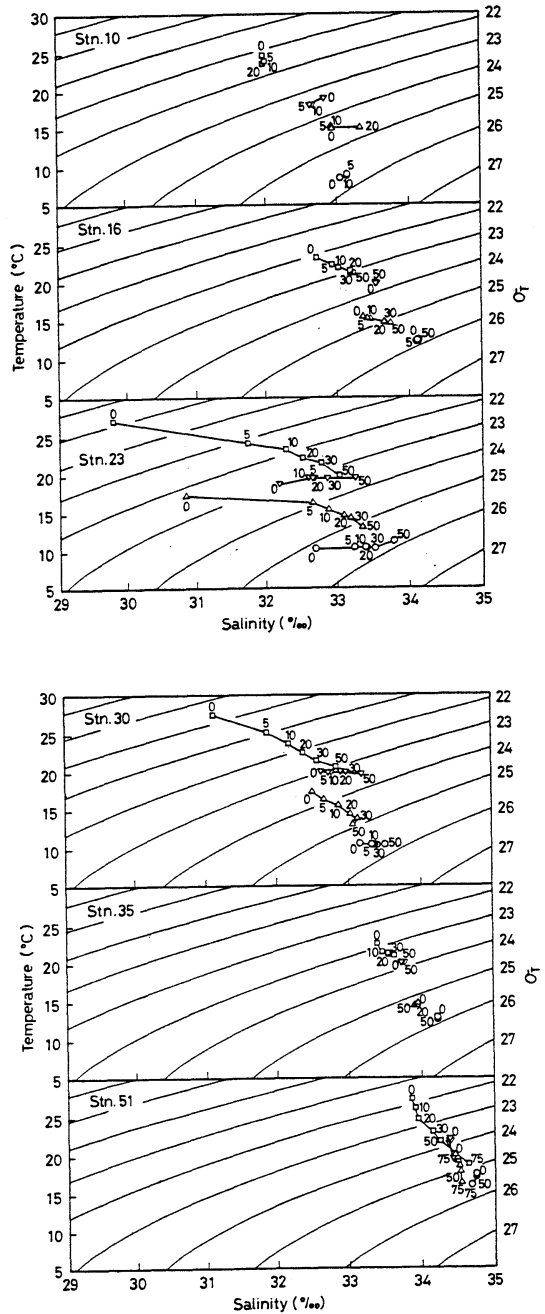


Fig. 3. Water temperature-salinity diagrams of representative observation stations. ○, February; △, May; □, August; and ▽, November. Numerals denote depth in meters.

54×12=648個の)海面から最深観測深度にいたるまでのT-Sダイアグラムを作成した。全般的に、春季から夏季にかけて海面から最深観測深度までの変化が大きく、秋季から冬季にかけてはそれが小さかった。つまり、春季から夏季にかけては、成層が発達していることがわかった。ただし、瀬戸内海は塩分の変化の大きい成層であるのに対し、豊後水道は等密度線に対し垂直に変化している成層であった。また、豊後水道におけるStn.33-39では、年間を通じて非常に変動が小さかった。

つぎに、得られたT-Sダイアグラムを類似の季節変動をする海域ごとに分類し、それぞれの中から代表点を選んだ(Fig.2)。選ばれた観測点のT-Sダイアグラムのうち、2月、5月、8月および11月をそれぞれ冬季、春季、夏季、および秋季の代表としてFig.3に示した。また、海面におけるT-Sダイアグラムのうち2月、5月、8月および11月のものをFig.4に示した。Fig.3から、国東半島沿岸のStn.10では、冬季に著しい低温傾向を示していることがわかる。国東半島沿岸は、冬季に特有の冷水塊を形成することが知られており(YANAGI, 1980)、このことはFig.4の2月のT-Sダイアグラムにもはっきり現われている。つまり、伊予灘のStn.1, 8-11および21だけが9℃前後の独立した水塊分布を示しており、国東半島沖との水温差が著しい沿岸フロントを形成していることが予想される。これは、冬季の強い北西季節風(河村, 1977)によって国東半島沿岸を周防灘系冷水塊が吹送流となって南下しているためと考えられる。この傾向は11月に国東半島北部沿岸から始まり、3月まで続いた。またFig.3から、速吸瀬戸北側に位置するStn.16では、秋季から冬季に瀬戸内海としては比較的高温高塩分を示し、夏季に期待される成層の程度も小さかった。一方、別府湾内のStn.30では、夏季に海面の低塩分と非常に安定した成層状態を示した。このように夏季の別府湾は、成層により鉛直混合がなく湾口部が湾奥部に比べて相対的に浅く停滞しやすいので、Fig.4からわかるように海面では著しく高温(25-28℃)かつ低塩分(30-32)の水塊を形成した。つまり、夏季における浅海暖水の典型である。しかしながら、Fig.5に見られるようにこの高温低塩分も海面のみであり、10, 20, 30mと水深が増すにつれてほぼ一定の低温高塩分に近づいて行くのがわかる。この別府湾の極端な例が、別府湾内の大野川河口付近のStn.23であり、Fig.3からわかるように、春季から夏季にかけて海面における著しい低塩分を示し、成層が発達していた。また、秋季でも塩分の差が大きかった。ここでは、梅雨および秋雨期の降雨による河川水流

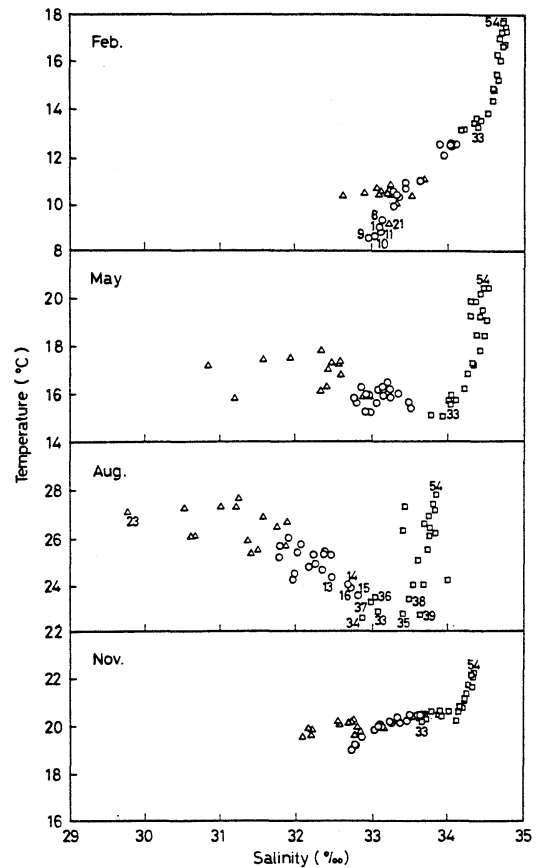


Fig. 4. Mean water temperature-salinity diagrams at sea surface from 1965 to 1988. ○, Iyo Nada; △, Beppu Bay; and □, Bungo Channel. Numerals denote station numbers.

入増に起因する激しい塩分の変化が特徴であるが、この希釈効果はたかだか5mぐらいまでであり、日本のように水量の少ない河川に特有の現象である。Fig.6に、この解析期間と同じ期間の大分市における月別平均降水量を示した。塩分低下と降水量との関係がよく対応している。さらにFig.3より、速吸瀬戸南側のStn.35は、冬季比較的高温高塩分であり、夏季にも水温および塩分の変化が小さい。また、速吸瀬戸北側のStn.16によく似た挙動を示している。豊後水道のStn.51では、夏季に成層が発達するものの、それ以外の季節では変化が小さかった。豊後水道を南下するにつれて、高温高塩分に変化の小さいT-Sダイアグラムが得られ、より黒潮本流の季節変動に近づいていると考えられる。

またFig.4から、豊後水道ではいずれの季節でも、

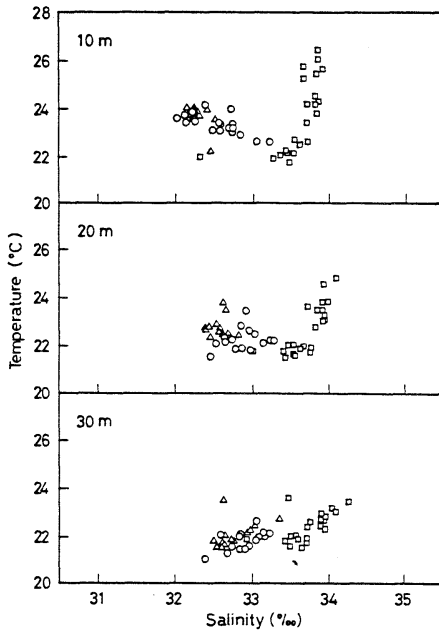


Fig. 5. Mean water temperature-salinity diagrams at subsurfaces in August. ○, Iyo Nada; △, Beppu Bay; and □, Bungo Channel.

Stn. 54 から 33 へ北上するにつれて水温のみが大きく低下し、塩分の変化は小さかった。一方、伊予灘および別府湾では塩分が大きく変化しており、水温も季節ごとに特徴ある変化を示した。春季および夏季には伊予灘北部、別府湾および豊後水道南部ともに水温が高く、速吸瀬戸の南北の Stn. 13-16 および Stn. 33-39 の狭い海域だけ低温になっていることがわかる。この様子を Fig. 7 の水平分布図に示した。これは、速吸瀬戸の南北の海域以外では夏季の表面加熱によって成層しているのに対して、ここでは最大 4.6kt にも達する 1 日 4 回の潮汐流（海上保安庁水路部, 1987）による水平および鉛直方向の活発な混合により、海面から最深観測深度まで均一な水温および塩分の水塊を形成しているためと考えられる。これが、緒方ら（1985）の言う夏季における速吸瀬戸付近での冷水塊に相当しているものと考えられる。

(3) 水温および塩分の鉛直分布

2 月、5 月、8 月および 11 月の縦断線上の各観測点における水温および塩分の鉛直分布を Fig. 8 および Fig. 9 に示した。

2 月には、海面冷却による鉛直混合が起り、海面と最深観測深度との水温差が全くない。この傾向は、豊後

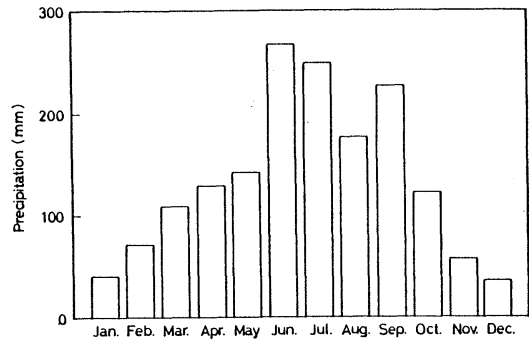


Fig. 6. Seasonal variation of mean precipitation at Oita from 1965 to 1988.

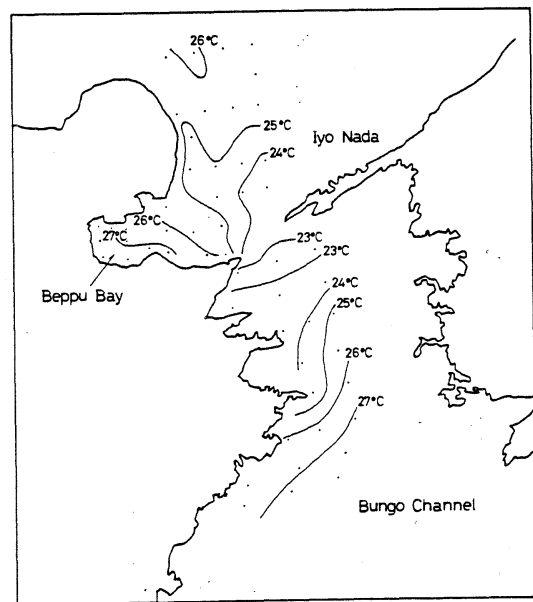


Fig. 7. Horizontal distribution of water temperature in Iyo Nada, Beppu Bay and Bungo Channel in August.

水道の Stn. 38 以北で特に著しかった。また、南高北低の水温分布であり、豊後水道南部と伊予灘北部との差は約 7 度にも達した。塩分も水温と同様南高北低でその差は 1 であるが、豊後水道の Stn. 41 以南ではほとんど差がなくなっており、ほぼ一定の 34.7 を示した。

4 月になると気温上昇にともなって表面水温も上昇しはじめ、5 月には明らかに成層し、速吸瀬戸から北にあるいは南に行くほど海面と最深観測深度の温度差が大きくなった。これに対して、速吸瀬戸付近の豊後水道の Stn. 34 では、ほとんど差がなくなった。塩分は、2 月と

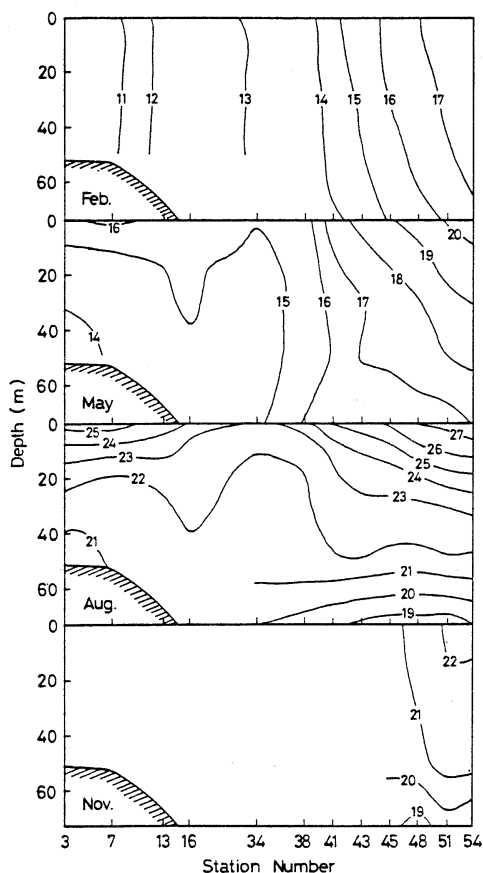


Fig. 8. Vertical distribution of water temperature in Iyo Nada and Bungo Channel.

同様に豊後水道のStn.41以南では34.5と差がないものの、そこから北上するにつれて海面と最深観測深度の差が生じた。また、南高北低の塩分分布を示し、かつその差は2月より大きく1.5になっており、内海への陸水の流入量が増加しはじめることを表わしている。

8月には、海面の水温上昇が著しく、海面と最深観測深度との温度差も非常に大きいことがわかる。海面と50m深の水温差は、伊予灘で5度、豊後水道南部で6度にも達した。しかしながら、豊後水道のStn.34では2度ほどしかなく、この傾向は、速吸瀬戸の北と南に隣接する伊予灘のStn.15-17および豊後水道のStn.33-35でもほとんど同じであった。塩分も同様に、豊後水道のStn.34ではほとんど差がなく、速吸瀬戸からはなれるにしたがって海面と最深観測深度の差が大きかった。このように、夏季には縦断線上で水温および塩分ともに速吸瀬戸付近で収束する結果が得られた。以上のことから、

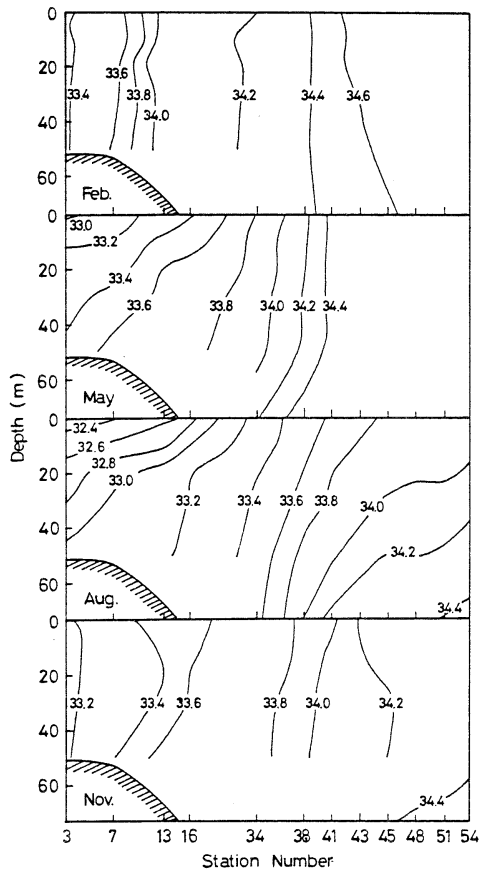


Fig. 9. Vertical distribution of salinity in Iyo Nada and Bungo Channel.

速吸瀬戸付近で鉛直方向の強い混合が起こっていることが明らかであるが、これは、藤原・早川(1978)の瀬戸内海の海峡部における速い潮流による鉛直混合発生と同じメカニズムと考えられる。夏季には瀬戸内海の水温に鉛直方向の大きな分布が現われるため混合の様子を明確に観察することができたが、この主な原因は潮汐流によると思われるので、強い混合は年間を通じて生じているものと推定される。

9月には海面と最深観測深度の水温差が小さくなりはじめ、11月になるとその温度差が全くなり、さらに伊予灘側と豊後水道側との間にも温度差がなくなっていることがわかる。つまり、水平方向にも鉛直方向にも水温差がない。詳細に見ると豊後水道の北部と南部で1-2度の水温差があるが、この差も年間を通じて最も小さい。塩分の分布は2月と同様に、南高北低でその差は1程度になっているものの、海面と最深観測深度との塩分の差

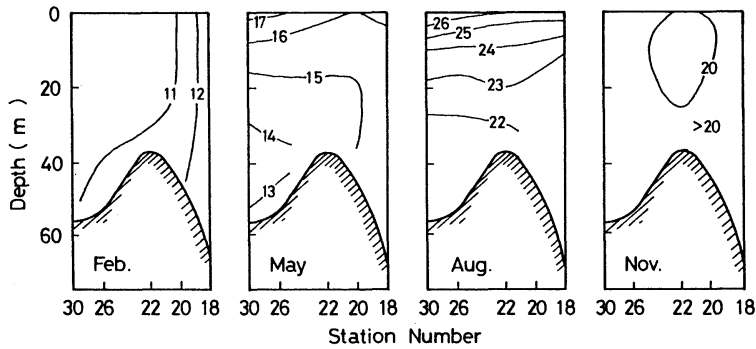


Fig. 10. Vertical distribution of water temperature in Beppu Bay.

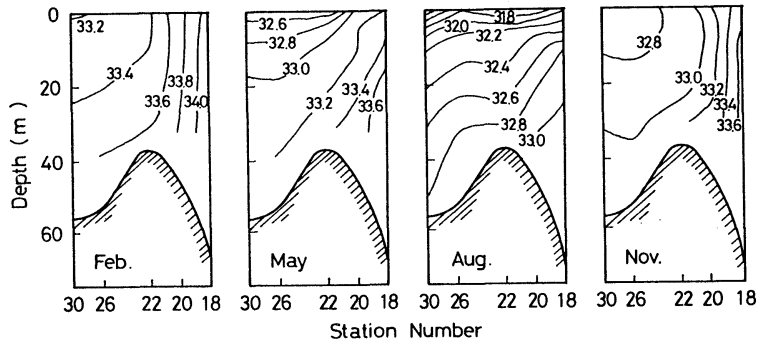


Fig. 11. Vertical distribution of salinity in Beppu Bay.

はほとんど見られなかった。これが、秋季の典型的な海況である。

以上のように、内海ほど気温と陸水の影響による水温および塩分の季節変動が大きく、一方、豊後水道ではあまり影響を受けていない。特に、豊後水道のStn.41以南の塩分は降水量の多い夏季を除いてほぼ34.3-34.7のせまい範囲に納まっていた。また、これらの図を見ると、特に冬季に伊予灘のStn.7と13の間および豊後水道のStn.38と41の間で等温線または等塩分線の間隔が狭くなっており、この部分でフロントを形成している(柳・大庭, 1985)ことを示している。これは、速吸瀬戸付近の混合域の広さを表しており、速吸瀬戸の南北の混合海域のStn.13-18およびStn.33-39に相当するものであろう。速吸瀬戸南側のフロントは、吉岡(1971, 1984)による紀伊水道のフロントに対応するものと考えられる。

以上のような伊予灘-豊後水道で行った解析を、別府湾内でも行った。Fig.10およびFig.11にその結果を示した。選択された観測点は、湾中央部を東西に横断して

いる。いずれの観測点においても最低水温を示すのは3月で、冬季には海面から最深観測深度までほぼ同じ水温と塩分を示した。4月には水温上昇が始まるが、海面の方が上昇速度も大きく、成層が始まる。さらに夏季には、湾奥部に行くほど海面と最深観測深度の水温差、塩分差が大きく、湾口部には潮汐流の混合効果があると考えられる。冬季の別府湾のStn.20と18の間の等温線および等塩分線の間隔が狭く、ここにもフロントが形成されているものと考えられる。

(4) スペクトル解析

Fig.12に、観測期間の長い代表的な観測点の水温と塩分の時系列データを示した。瀬戸内海では水温および塩分の振幅が大きく、逆に豊後水道では小さいことがわかる。また、例としてFig.13およびFig.14に伊予灘のStn.1における海面水温および塩分のMEMスペクトルを示した。予想されたように、どちらも1年周期が卓越していた。しかしながら、それぞれのスペクトル強度は水温で 10^5 、塩分では 10^3 程度にすぎなかった。同様

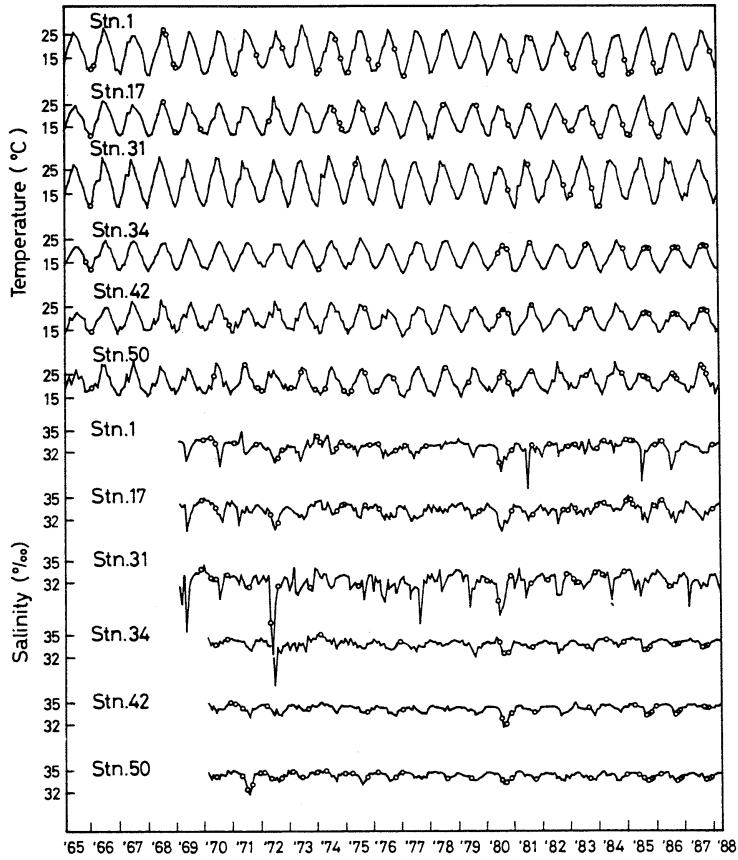


Fig. 12. Time series of sea surface water temperature and salinity at representative observation stations. Open circles denote the interpolated data.

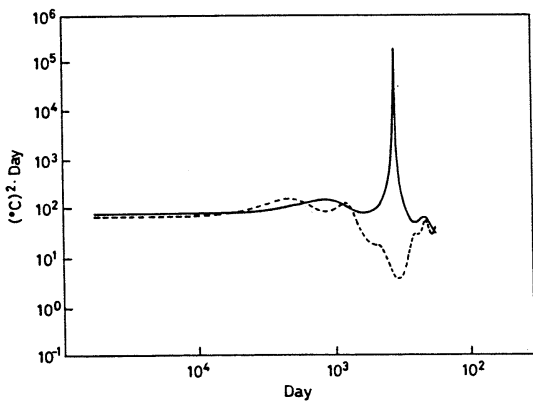


Fig. 13. MEM spectra of sea surface water temperature at Stn. 1 in Iyo Nada. Solid line represents the spectrum for the raw data and broken line for the data through the harmonic filter.

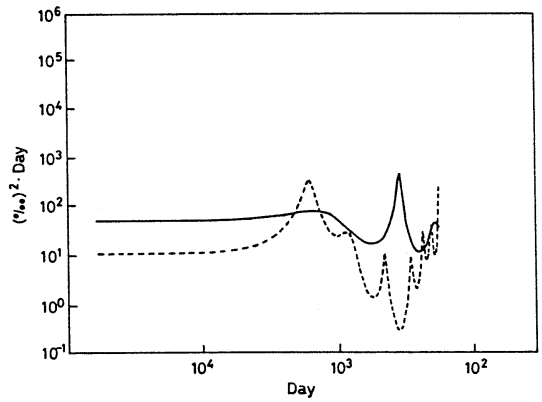


Fig. 14. MEM spectra of sea surface salinity at Stn. 1 in Iyo Nada. Solid line represents the spectrum for the raw data and broken line for the data through the harmonic filter.

Table 1. Dominant periods of MEM spectra of water temperature, salinity, atmospheric temperature and precipitation.

Station no.	Dominant period of water temperature (Year)	Dominant period of salinity (Year)	Station no.	Dominant period of water temperature (Year)	Dominant period of salinity (Year)
1	1.0 3.2	1.0 4.3	31	1.0 3.2	— 4.5* 2.7* 1.7*
2	1.0 1.8 3.4	1.0 3.6	32	—	—
3	1.0 2.8	1.0 3.8	33	1.0 3.7	1.0 2.7 1.4
4	1.0 2.1*	1.0 4.7	34	1.0 4.8 2.5 1.3	1.0 3.5
5	1.0 2.8	1.0 4.2	35	1.0 5.2 1.3 2.3	1.0 6.8*
6	1.0 2.7	1.0 4.0	36	1.0 1.5 4.4	1.0 2.6* 6.5*
7	1.0 2.3	1.0 3.5	37	1.0 1.6 4.2	1.0 6.5*
8	1.0 2.2 5.5	1.0 3.5	38	1.0 2.0 3.6	1.0 3.0*
9	1.0 3.4	— 4.7* 2.7*	39	1.0 3.7 1.4	1.0 2.3*
10	1.0 3.2	1.0 3.8	40	1.0 3.1	1.0 3.9*
11	1.0 3.3	1.0 3.8	41	1.0 3.7	1.0 1.2 4.2 2.6
12	1.0 3.6	1.0 4.0	42	1.0 3.5*	1.0 4.1
13	1.0 4.1	1.0 3.9	43	1.0 3.6*	1.0
14	1.0 4.7	1.0 3.5	44	1.0 1.7	1.0
15	1.0 3.6	1.0 4.1	45	1.0 4.3 1.6	1.0 3.0
16	1.0 4.6	1.0 4.1	46	1.0 1.9	1.0 3.0*
17	1.0 4.5	1.0 4.1	47	1.0 2.8	1.0 5.4*
18	1.0 4.0	1.0 3.5*	48	1.0 2.1	1.0 3.6 1.6
19	1.0 4.7 1.4	1.0 3.4*	49	1.0 5.1 1.4 1.9	1.0 5.4* 2.0*
20	1.0 4.3 1.8	1.0 5.1*	50	1.0 4.4 1.6	1.0 4.0 1.8 1.3
21	1.0 3.5	1.0 4.1	51	1.0 4.6	1.0 1.7 3.7
22	1.0 4.0 2.3	1.0 4.0	52	1.0 3.9 1.6	1.0 1.8 1.2 3.8
23	1.0 4.2	— 4.0*	53	1.0 3.7 1.6	1.0 3.8*
24	1.0 2.8	1.0 3.0	54	1.0 3.0	1.0 2.3*
25	1.0 2.4	1.0 2.7*	Toi	1.0 2.7*	
26	1.0 3.3	1.0 3.5	Ashizuri	1.0 2.6*	
27	1.0 3.3	1.0 4.0	Atmospheric temperature	1.0 2.8*	
28	1.0 3.4	1.0 4.1	Precipitation	—	3.1*
29	1.0 3.6	1.0 4.5			
30	1.0 3.4	1.0 3.7			

*Spectra for the data through the harmonic filter.

に、各観測点の表面水温および塩分のMEMスペクトル解析を行った。各水深の測定データからもMEMスペクトルを計算したが、海面と周期の違いは見られなかったため、海面について考察した。いずれの観測点でも1年周期が卓越していた。また、気温および黒潮水温も1年周期が卓越していた。しかし、河口付近の塩分および降水量の生データは確率過程に含まれず、スペクトルは得られなかったため、調和フィルターを通して1年以外の周期性があるかどうかを検討した。また、1年周期しかみられない観測点の水温および塩分についても同様に処理した。このようにして得られた結果をTable 1にまとめた。

水温に関しては、1年以外に国東半島沿岸のStn. 1, 9-11, 21で3.2-3.5年、速吸瀬戸北側のStn. 12-20で

3.6-4.7年、別府湾のStn. 26-31で3.2-3.6年、別府湾河口域のStn. 24と25で2.4-2.8年の周期性が見られた。これらは、先のT-S解析から明らかになった海域にはほぼ一致している。一方、豊後水道では、Stn. 39-43に3.1-3.7年、Stn. 50-53に3.7-4.6年の周期性が見られたが、T-S解析の結果とはそれほどよい対応を示さなかった。大分市の気温には2.8年、都井岬沖および足摺岬沖の黒潮本流にそれぞれ2.7年および2.6年の周期があり、いずれも伊予灘および別府湾の水温における周期性とはほぼ一致しており、互いに強い相関がある。また、塩分に関してはT-S解析とそれほどよい一致を示さなかったが、速吸瀬戸北側のStn. 10-17で3.5-4.1年、別府湾のStn. 27-31で3.7-4.5年、別府湾河口域のStn. 24と25で2.7-3.0年の周期性が見られ、豊後水道では2-4年の

種々の周期性が見られた。大分市の降水量については3.1年の周期があり、伊予灘および別府湾の塩分、特に別府湾の河口域の塩分における周期性とよく一致している。YANAGI (1983) は、同じ豊後水道の愛媛県側の水温および塩分のスペクトル解析により、3-5年の水温周期性と、3年の塩分の周期性を認めている。しかしながら、本研究における豊後水道の大分県側では種々の周期性が得られた。これは、秋山・柳 (1989) の日向灘定点観測データの解析でも明らかにされているように、豊後水道の愛媛県側は黒潮分岐流の影響を直接受けるが、大分県側では瀬戸内海からの南下流と黒潮分岐流の影響を受けるためと考えられる。そのため、黒潮勢力の変化により2年から4年にわたる比較的幅広い周期性が観測されたものと思われる。

4. 結 論

本報の検討結果により、伊予灘、別府湾および豊後水道ではその海況特性がそれぞれ異なっていることが明らかになった。特に、瀬戸内海と豊後水道では挙動が大きく異なっていた。水温および塩分の解析から、速吸瀬戸の南北の狭い海域で潮汐によると思われる強い混合が起こっていることが確認された。さらに、この混合域は、北部で国東半島沖の海域と、また南部では豊後水道南部の海域とのあいだにフロントを形成していることが明らかになった。一方では、別府湾の閉鎖性があらためて確認された。水深が浅いため、年間を通しての水温および塩分の変化の大きいことが特徴で、この閉鎖性は別府湾奥部に行くにしたがって著しかった。

水温および塩分には、1年周期以外に2-4年の弱い周期性がみられ、気温、降水量および黒潮の影響を強く受けていることがわかった。

謝 辞

本研究を進めるにあたり、貴重な資料を提供いただいた大分県水産試験場および有益なる助言をいただいた宮澤正化学科長に深謝いたします。また、スペクトル解析にあたり、討論していただいた大分大学工学部電気工学科杉坂政典教授、同じく組織工学科永井武昭教授、越智

義道助教授に感謝いたします。なお、本研究の中の黒潮本流の水温データは、海上保安庁水路部の海洋速報を使用させていただいたことを付記いたします。

文 献

- 秋山秀樹, 柳哲雄 (1989): 日向灘の水系分布とその季節変動. 沿岸海洋研究ノート, **27**, 146-157.
- 藤原建紀, 早川典生 (1978): 明石海峡における表層水の集束, 発散および鉛直混合について. 1978年度日本海洋学会春季大会講演要旨集, p.117-118.
- 岩井重久, 住友恒, 松岡譲 (1980): 水質データの統計的解析. 森北出版, 東京, p.124-129.
- 海上保安庁水路部 (1965-1988): 海洋速報.
- 海上保安庁水路部 (1987): 豊後水道及付近潮流図.
- 河村武 (1977): 全国地上風分布図. 気象庁技術報告, (91), 1-76.
- 南茂夫 (1986): 科学計測のための波形データ処理. CQ出版, 東京, p.166-180.
- 緒方純俊, 工藤勝宏, 篠原俊夫, 幡司明 (1985): NOAA/AVHRR データによる豊後水道周辺海域における水塊特性の把握. 日本リモートセンシング学会誌, **5**, 5-13.
- 大分県水産試験場 (1965-1988): 漁況海況予報事業結果報告書.
- 大分地方気象台 (1965-1988): 気象月表.
- YANAGI, T. (1980): A coastal front in the Sea of Iyo. J. Oceanogr. Soc. Japan, **35**, 253-260.
- YANAGI, T. (1983): Variability of the oceanic condition in the Bungo Channel. La mer, **21**, 21-28.
- 柳哲雄, 大庭哲哉 (1985): 豊後水道の Tidal Front. 沿岸海洋研究ノート, **23**, 19-25.
- YANAGI, T. and T. KOIKE (1987): Seasonal variation in thermohaline and tidal fronts, Seto Inland Sea, Japan. Continental Shelf Res., **7**, 149-160.
- 吉岡洋 (1971): 冬期紀伊水道の Oceanic Front について. 海と空, **46**, 31-44.
- 吉岡洋 (1984): 沿岸海域のフロント. 沿岸海洋研究ノート, **21**, 110-117.