

# 比井湾における夏季の短期的海況変動

諏訪 剛

## 目的

比井湾は紀伊水道の入口付近に位置し、西に大きく口を開いた、湾口幅と奥行きがいずれも2 km程度の湾である(図1)。水深は湾口の最深部で30 m程度、その他の大部分では10~20 mで、中央部には中磯と呼ばれる瀬が存在する。比井湾におけるこれまでの海洋学的知見としては、紀伊水道入口付近における熱塩フロントの変動に伴う外海系水と内海系水の入替わり<sup>1)2)</sup>や、北西風による沿岸湧昇<sup>3)</sup>に関する報告がある。

平成16年度より開始した緊急磯焼け対策モデル事業では、比井湾を主なフィールドとして磯焼けの原因解明調査などを実施しており、その一環として海洋学的特性の把握のために水温・塩分の連続観測を行っている。この観測結果のうち、夏季のデータには水温と塩分が短期的に大きく変化する海況変動がしばしば観察されたので、ここで報告する。

## 方法

水温・塩分の観測はメモリー式水温塩分計(アレック電子製、COMPACT-CT)を中磯のやや東寄りに位置する水深6 mの海底(図1)に設置し、本報告では30分インターバルの観測値を用いた。

なお、付着生物などによる塩分センサーの汚染が原因の感度低下をなるべく防ぐため、本計器をストックなどで被覆するとともに、およそ1ヶ月おきに現場から回収して清掃した。しかし、センサー部の汚染を完全には防止できず、塩分値は実際よりも低く測定された可能性があるため、本報告では塩分の絶対値ではなく、その変動パターンに注目して考察した。

また、2004年8月17日の9:00~11:00にSt.1~17(図1)の各観測点において0.5 mインターバルでSTD(アレック電子製、AST500-PK)を用いた調査を実施し、その結果をもとにA~Fライン(図1)について水温と塩分の断面分布図を作製した。

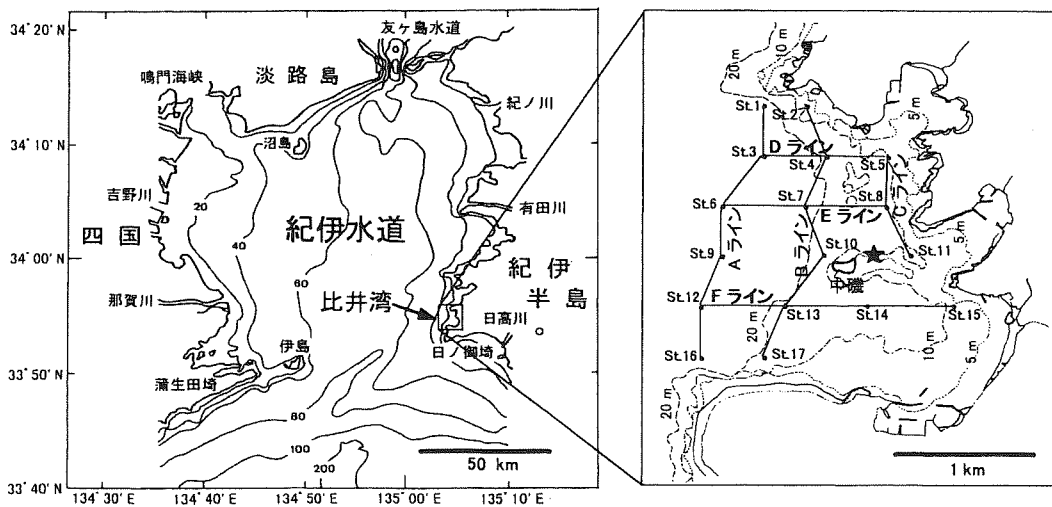


図1 調査海域図

★:メモリー式水温塩分計設置点、St.1~17:STD調査点、  
A~Fライン:断面分布図の作製ライン

結果

2004年7～8月の連続データ(図2)によると、しばしば水温と塩分が数時間で大きく変動しており、変動幅はそれぞれ2～3℃、1.5 PSUにも及んでいた。また、水温の上昇には塩分の下降が、水温の下降には塩分の上昇が、それぞれ伴っていた。変動周期はピークが1日2回のことが多く(特に7月18～20日で明瞭)、潮汐との関係が予想されたので月相をイラストで記入したところ、変動が特に顕著な7月3～8日、7月16～20日、8月14～18日の各期間(図2では太線の横矢印で示す)は、いずれも大潮の直後あるいはその前後であった。ただし例外もあり、例えば8月1日の大潮後には変動はほとんど認められなかった。

潮汐との関係をさらに詳しく検討するため、7月3～7日、7月16～20日、8月14～18日について塩分と潮位(海上保安庁のホームページ「<http://www.kaiho.mlit.go.jp/>」による御坊の潮汐推算値)を一緒にグラフ表示して比較した(図3)。その結果、両者のピークは必ずしも一致しないものの、変動パターンは概ね同調していた。

8月17日の9:00～11:00における断面分布図(図4)では成層構造が発達しており、水深5～10 m以浅には水温26℃台、塩分33.0 PSU台の高温低塩分水が、水深約30 m以深には水温23℃以下、塩分34.0 PSU以上の低温高塩分水が、それぞれ分布していた。東西断面であるD～Fラインでは、25℃、33.5 PSUの等値線が海底斜面を這い上がるように分布していた。この日の連続データ(図5)では、STD調査の2～3時間前の6:00～7:00に水温23℃台、塩分33.9 PSUの低温高塩分のピークが記録されていた。

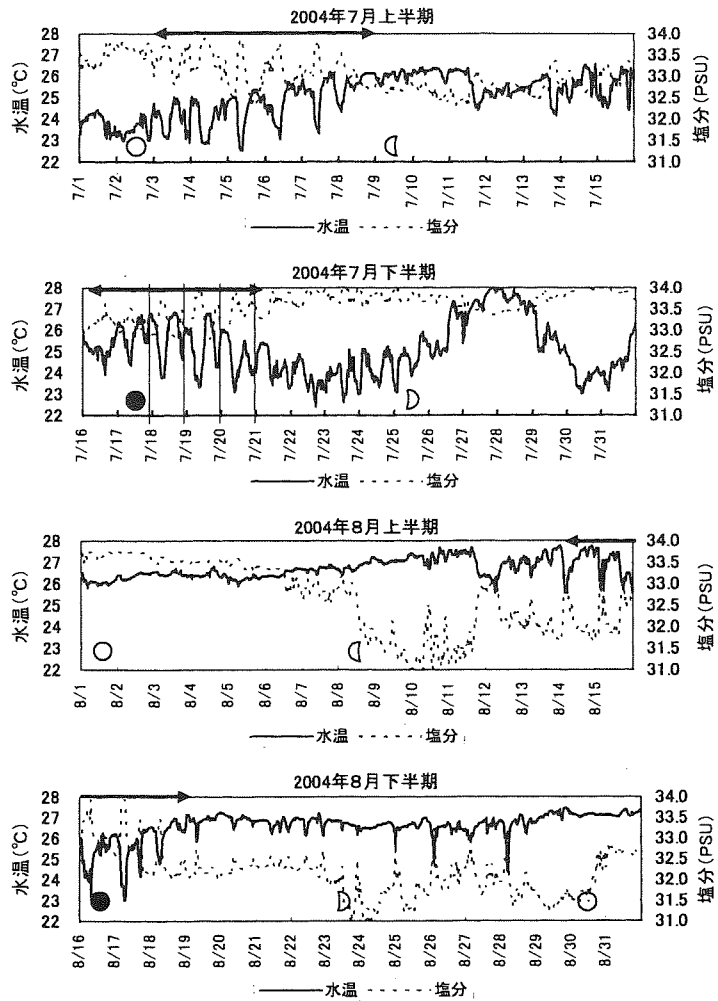


図2 水温と塩分の連続データ(2004年7～8月)  
 大潮と小潮の目安とするため月相をイラストで図示した。1日2回の変動周期のパターンが明瞭な7月18～20日には縦線を記入した。また、水温と塩分が特に顕著な変動を示している期間に太線の横矢印を示した。

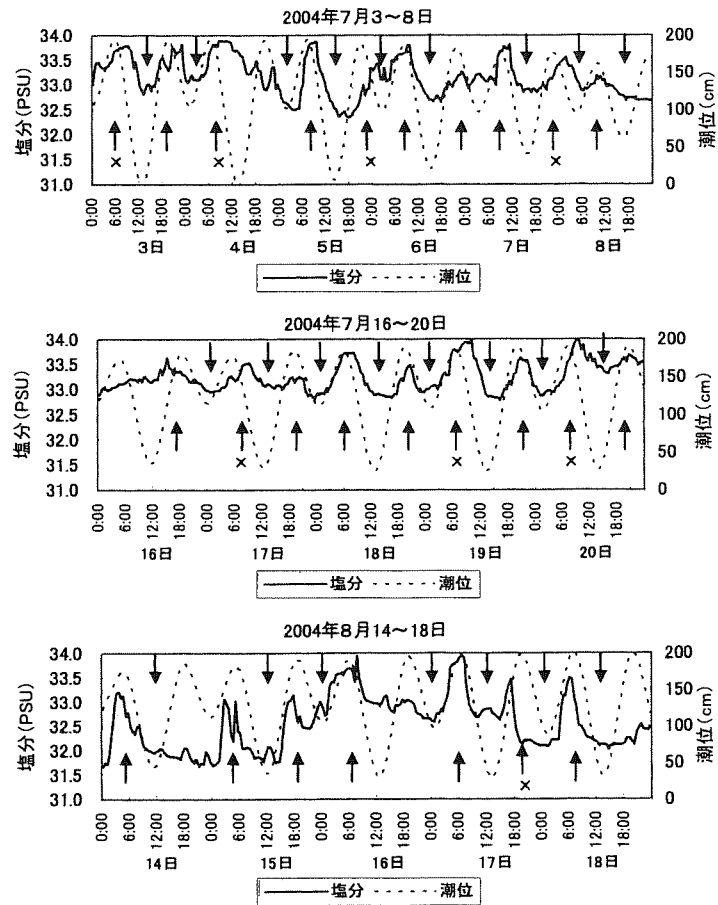


図3 塩分と潮位

短期的海況変動が特に顕著な期間（図2では太線の横矢印）について示した。塩分と潮位の変動パターンが同調している箇所に矢印を付した。（「x」を付したのは両者のピークがズレている場合）

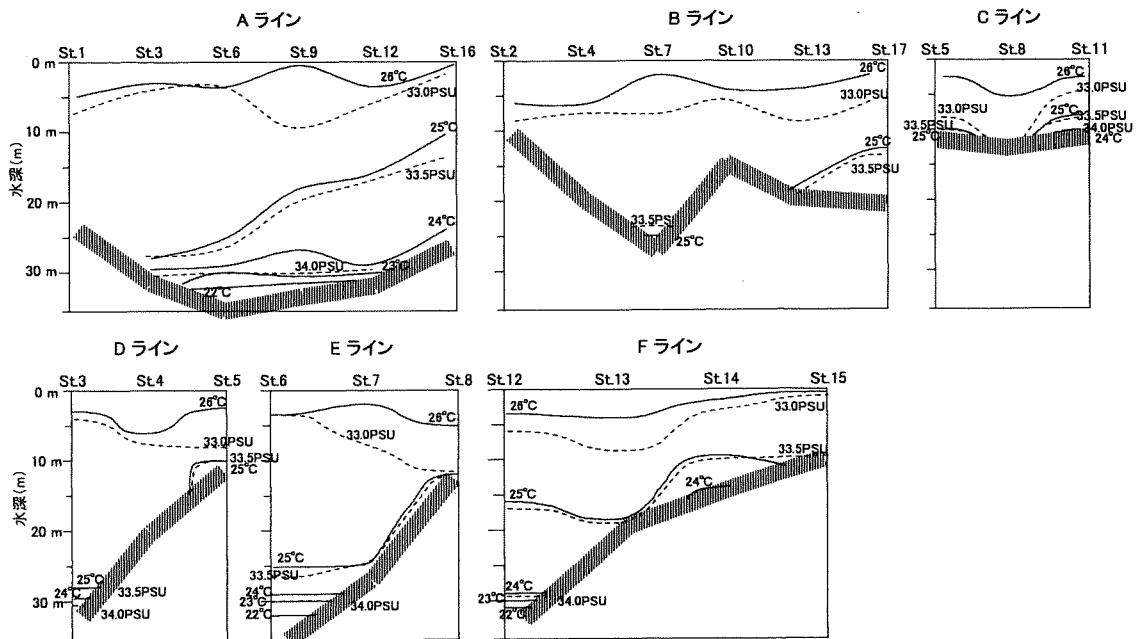


図4 水温と塩分の鉛直断面分布図（2004年8月17日、9:00～11:00）

等値線のインターバルは水温が1°C（実線）、塩分が0.5 PSU（破線）である。各ラインの位置は図1のとおり。

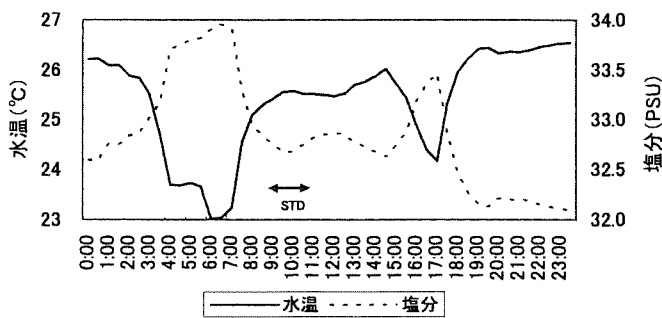


図5 2004年8月17日における水温と塩分の連続データ STD 調査を実施した時間を両矢印で示した。

## 考 察

連続データに認められた短期的な海況変動では、水温上昇には塩分低下が、水温低下には塩分上昇が、それぞれ伴っていた(図2)。一方、断面分布図(図4)で認められたように、一般に夏季には成層構造が発達し、表層ほど高温低塩分、底層ほど低温高塩分である。このことから、短期的海況変動は成層構造が発達した状態で、水温塩分計の設置場所の水が高温低塩分な表層水に変わるときには水温上昇と塩分低下が、低温高塩分な底層水に変わるときには水温低下と塩分上昇が、それぞれ記録された結果であると考えられる。

夏季に現れたこの短期的海況変動は、水温で2～3°C、塩分で1.5 PSUに及ぶ大きな急変であり、大潮時に顕著で(図2)、潮汐周期に概ね同調していた(図3)。松山<sup>4)</sup>によると、このような現象は内部潮汐の存在を示唆している。内部潮汐は潮汐周期に関連した内部波であり<sup>5)</sup>、和歌山県ではこれまでに田辺湾から報告されている<sup>6)</sup>。

ところで、8月17日の6:00～7:00には水温23°C台、塩分33.9 PSUの低温高塩分をピークとした変動が記録されていた(図5)。ただし、方法のところ述べたように塩分の連続データは低く記録されている可能性があるため、ここでは実際の塩分値を33.9 PSU以上と考えておく。同日の9:00～11:00における水温と塩分の鉛直断面図(図4)によると、水温23°C台で塩分33.9 PSU以上の低温高塩分水の分布の中心はAライン(湾口付近を南北に横断するライン)の水深30 m付近にある。したがって、6:00～7:00に中磯の水深6 mに分布した低温高塩分水が、9:00～11:00に

は湾口域の水深30 m付近まで下降したと考えられる。図4に示した断面分布図のうち、東西断面であるD～Fラインでは、25°C、33.5 PSUの等値線が海底の斜面を這い上がるように分布していた。このことは、水温23°C、塩分33.9 PSU以上の水も同様に海底斜面に沿って上昇、下降した可能性を示唆する。

上述のように水温23°C、塩分33.9 PSU以上の水が水深30 mと6 mの間を深浅移動したとすると、その移動水深は24 mにも及ぶ。内部波の波高(等温線などの鉛直変位で表すことが多い)は数十～100 m近くにも達する場合があります<sup>5)</sup>、このことから8月17日の低温高塩分な底層水による大きな深浅移動は内部波の一種(ここでは内部潮汐)であることが支持される。この日と同様、あるいはそれ以上の水温、塩分の急変は、7月5日前後や7月19日前後にも起きており(図2)、いずれも内部潮汐による底層水の大きな深浅移動を伴った現象と推測される。つまり、内部潮汐が比井湾における夏季の短期的海況変動の主要因であると推測される。

今回検討した短期的海況変動は大潮時に顕著な傾向が認められたものの例外もあり、例えば8月上旬は大潮後にもかかわらずほとんど変動は現れなかった(図2)。その原因として、7月31日には台風10号が四国に上陸し、8月4日には台風11号が四国東部を北上しており、これらの影響により表層海洋構造が攪乱されて連続データを観測した水深6 mに内部潮汐の影響が及ばなかったことが考えられる。その他にも、水温塩分の変動と潮位のピークがしばしば一致しない(図3)など、短期的海況変動は潮汐現象と完全には一致しなかった。二木ら<sup>6)</sup>は田辺湾では内部潮汐に加えてエクマン湧昇や黒潮二次流による内部急潮など複数の要因が水温変動に影響を及ぼしているとしており、阿保ら<sup>7)</sup>は五ヶ所湾で沿岸湧昇による下層水の上昇と内部潮汐が組み合わさって湾内への下層水の進入が起きることを報告している。比井湾の短期的海況変動も内部潮汐だけではなく他のさまざまな要因が影響しており、このために潮汐現象との不一致が起きたと推測される。

## 要 約

2004年7～8月に比井湾で観測された短期的な海況変動を、潮汐周期と比較するとともに、STD観測結

果から作成した水温と塩分の断面分布図とともに検討し、下記の結果を得た。

1. 短期的海況変動は、水温で2～3°C、塩分で1.5 PSUに及び、潮汐周期に概ね一致していた。
2. 水温の上昇には塩分の低下が、水温の低下には塩分の上昇がそれぞれ伴っており、これは成層構造の発達した状態で表層の高温低塩分水と底層の低温高塩分水が入れ替わった結果と考えられた。
3. 成層構造の発達した夏季に表れ、水温と塩分が潮汐周期で大きく変動することから、内部潮汐の存在が示唆された。
4. 8月17日の観測例では底層水が24mも海底斜面を上昇、下降した可能性があり、このように大きな深浅移動は内部潮汐の存在を支持すると考えられた。

- 6) 仁木将人, 山下隆男, 芹沢重厚, 山口弘誠, 福神和興, 2004: 田辺湾における夏季成層時の海水交換過程. 海岸工学論文集, 51, 896～900.
- 7) 阿保勝之, 杜多 哲, 西村昭史, 1996: 五ヶ所湾への湾外水の進入と沿岸湧昇. 沿岸海洋研究, 33(2), 211～220.

## 謝 辞

比井崎漁業協同組合には比井湾での調査に非常に協力頂いている。京都大学防災研究所白浜海象観測所の芹沢重厚助手には田辺湾の内部潮汐や、長期間設置したメモリー式水温塩分計による塩分データの問題点などについて貴重な助言を頂いた。ここにあわせて御礼申し上げます。本報告で用いたデータは緊急磯焼け対策モデル事業により観測されたものであり、本事業の調査等で協力と支援を頂いた同僚諸氏に感謝致します。

## 文 献

- 1) 諏訪 剛, 2003: 和歌山県の沿岸水温. 平成13年度和歌山水試漁海況予報事業結果報告書, 161～167.
- 2) 諏訪 剛, 2005: 比井湾で顕著な水温変動が起こる機構の検討. 和歌山県農林水産総合技術センター研究報告, 第6号, 185～194.
- 3) 諏訪 剛, 2004: 2002年8月に観測された紀伊半島西岸の沿岸湧昇. 和歌山県農林水産総合技術センター研究報告, 第5号, 101～106.
- 4) 松山優治, 1987: 駿河湾・相模湾周辺の内部潮汐. 海洋科学, 19(8), 470～477.
- 5) 松山優治, 2003: 海洋の内部波. 海洋と生物, 25(5), 319～322.