

紀伊水道の「リング状配列現象」*

諏訪 剛

目的

著者は平成13年9月12～13日に高知市で開催された「中央ブロック 黒潮の資源海洋研究会」において「紀伊水道の微細な海洋構造」と題した発表を行い、紀伊水道の中央部をほぼ南北に縦断する当県の浅海定線の観測ラインについて水温、塩分、密度の鉛直断面分布図を作成し、そこにどのような海洋構造がみられるかを報告した。このなかでみいだされた幾つかの海洋構造のなかに、水温と塩分の等値線がリング状に配列するケースがみつきり(図1)、著者はこのような現象を便

宜的に「リング状配列現象」と呼んだ¹⁾。

「リング状配列現象」には、次の3つの特徴がみられた。すなわち、①「リング状配列」を成す部分の水は、周囲より高温・高塩分あるいは低温・低塩分である、②「リング状配列現象」がみられるときの密度分布は成層している、③「リング状配列現象」は、4～6月によくみられる、である¹⁾。このうち①の特徴に関して、紀伊水道内部海域において周囲より高温・高塩分の水は、外海から入ってきた黒潮系水であると考えられた¹⁾。

ここで「リング状配列現象」は、あくまで断面分布図上にみられる等値線の配列に対して付した呼称であり、

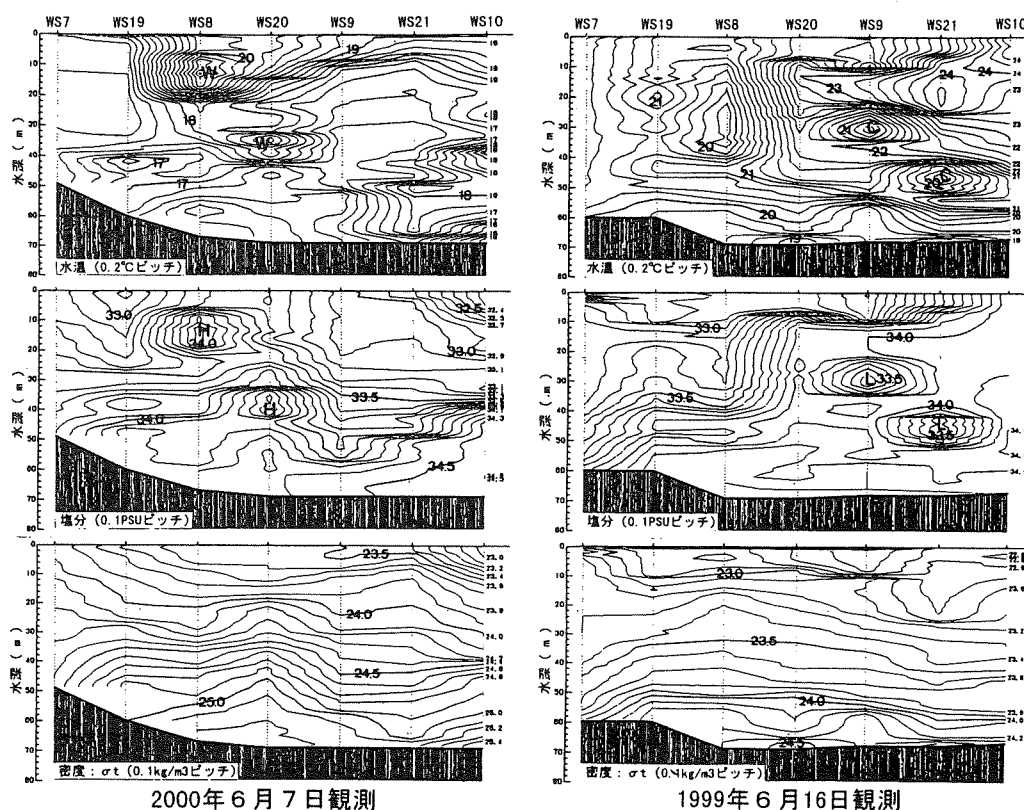


図1 「リング状配列現象」の観測例

「リング状配列現象」は浅海定線のWS7～WS10の観測ラインにおける鉛直断面分布図に現れる。左の2000年6月7日は高温・高塩分水による、また右の1999年6月16日は低温・低塩分水による「リング状配列現象」である。上段と中段に示した水温と塩分の等値線は「リング」に配列しているも、下段に示した密度の等値線は「リング」にならず水平に成層分布している。

* 本報告は平成14年1月16日に広島市で開催された「平成13年度瀬戸内海ブロック生物環境研究会」において「紀伊水道のリング状配列現象」という演題で発表した。発表の要旨は「瀬戸内海ブロック生物環境研究会報第3号」に掲載されている。

実際に海の中でリング状の海洋構造が形成されていることを意味しているのではない。

ところで、金田・秋山²⁾は、「リング状配列現象」に相当するとみられる海洋構造を紀伊水道入口近くの東西断面図と紀伊水道西部の南北断面図で報告している。彼等はこの海洋構造を、黒潮系水が紀伊水道内の中層へ貫入すること(中層貫入現象)によって生じたものと考えている。

本報告では、1998～2001年の浅海定線調査によって観測された「リング状配列現象」について、断面分布図では等値線が「リング状」に配列してみえる海洋構造が、平面的にはどのような水の分布になっているのかを検討し、「リング状配列現象」と中層貫入現象、および紀伊水道の海洋構造について考察する。

方法

紀伊水道内部海域における浅海定線調査の観測点は全部で18点あり、これらは紀伊水道東部を中心に配置されている(図2)。観測は毎月1回実施しており、1回

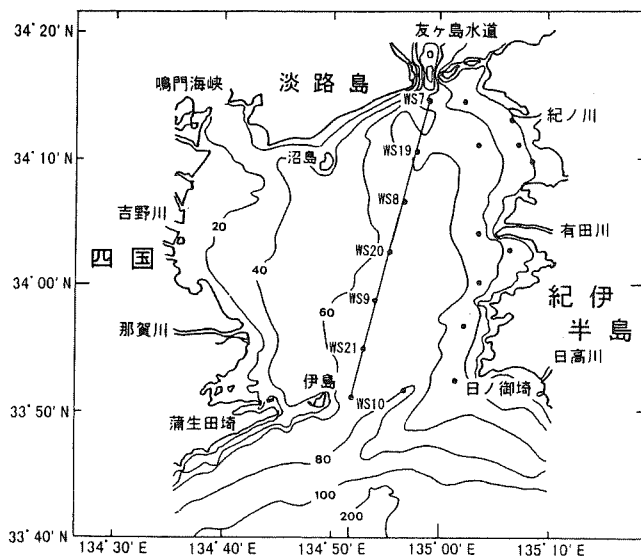


図2 紀伊水道内部海域における浅海定線の観測点

の観測は2日間で行っている。紀伊水道の中央部には、ほぼ南北にまっすぐ伸びる観測ラインがあり、これが断面分布図を作成したラインである。この観測ラインには7つの観測点が4マイルおきに設定されており、各観測点名は北から順番にWS7、WS19、WS8、WS20、WS9、WS21、WS10である。

この観測ラインの調査は1日以内に実施しており、こ

の1回分の観測結果毎にCTDによる1mピッチの観測結果を用いて断面分布図を作成した。これを、1998～2001年の4年分について用意し、この中から「リング状配列現象」のみられる断面分布図を探し出した。その結果、1998年4月17日、1999年6月16日、2000年6月7日、2001年6月12日の断面分布図に典型的な「リング状配列現象」がみられた。先にも述べたように、浅海定線の調査は2日にわたって実施しており、断面分布図に典型的な「リング状配列現象」がみられた調査は、それぞれ1998年4月16～17日、1999年6月15～16日、2000年6月6～7日、2001年6月11～12日に行われている。これら4回の浅海定線調査について、紀伊水道内部の18点の観測点におけるCTD観測結果をもとに、調査海域における水温の水平分布図を作成した。水平分布図は、「リング状配列現象」のみられる水深を中心にして3～4m刻みの深さ毎に10～11層にわたって作成した。さらに、「リング状配列」の中心部にあたる水深については、塩分の水平分布図も作成した。水平分布図の作成にあたっては、水温は1℃、塩分は0.5PSUの間隔で等値線を描いた。

結果

1998年4月16～17日(図3-1)

各水深の水温の水平分布図によると、紀伊水道外域から同水道内部に進入した黒潮系の暖水は、顕著な潮目を形成して、断面分布図を作成した観測ラインの東側に偏って分布している。水深14mと33mの塩分の水平分布図でも、観測ラインの東側に偏って高塩分水が分布しており、上記の暖水の分布に対応している。

水深24～42mの水平分布図では、この高温・高塩分の黒潮系暖水がWS19(観測ラインの北から2番目の観測点)で観測ラインの西側へ部分的にはみ出している。この高温・高塩分水のはみ出しは、断面分布図におけるWS19の水深25～45mにみられる「リング状配列現象」に相当する。したがって、観測ラインにおけるこのような高温・高塩分水の分布の部分的なはみ出しが、断面分布図では「リング状配列」として表れると推測される。

高温・高塩分水による観測ラインを越えた西側への分布のはみ出しに対して、低温・低塩分水による同ラインを越えた東側への分布の張り出しが、各水深の水平分布図におけるWS9(観測ラインの南から3番目の観測点)～WS10(同ラインの一番南)の間でみられる。

1999年6月15～16日（図3-2）

この観測では低温・低塩分の水による「リング状配列現象」がみられた。各水深の水温・塩分の水平分布図によると、観測ラインの東側に高温・高塩分水が、西側に低温・低塩分水が、それぞれ分布する傾向がみられる。このような水の分布パターンは、1998年4月16～17日で認められたものと同様である。

水深25～34mの水平分布図のWS9（観測ラインの南から3番目の観測点）における低温・低塩分水の観測ラインの東側への分布のはみ出しと、水深40～49mの水平分布図のWS21（同ライン南から2番目）における低温・低塩分水の同じくはみ出しは、断面分布図ではWS19の水深22～31m付近とWS21の水深40～52m付近にそれぞれみられる低温・低塩分水の「リング状配列現象」に対応している。このことから、これらのように観測ラインの西側に偏って分布する低温・低塩分水が、観測ラインを東側に越えて部分的に分布を拡大した場合に、観測ラインの断面分布図に「リング状配列」が現れるものと推測される。

2000年6月6～7日（図3-3）

各水深の水平分布図からは、1998年4月16～17日、1999年6月15～16日でそれぞれみられたのと同様に、高温・高塩分水が断面図を作成した観測ラインの東側に偏って分布する傾向が認められる。

断面分布図で「リング状配列現象」のみられるWS8（観測ラインの北から3番目の観測点）の水深7～22mと、WS20（同ライン北から4番目）の水深35～38mが、それぞれ水平分布図ではどのようなになっているかを確認すると、いずれも高温・高塩分水が観測ラインの西側へ部分的にはみ出して分布しているのが認められる。

低温・低塩分水については、観測ラインの南側に位置するWS9（観測ラインの南から3番目）～WS10（同ラインの一番南）の付近において、観測ラインの東側へ大きく張り出すように分布を広げているのが、各水深の水平分布図にみられる。

2001年6月11～12日（図3-4）

水深12～15mの水平分布図では、紀伊水道外域から同水道内部へ進入する暖水が認められる。この暖水は、水深18～21mでは伊島の北東部から東北東へ向かって伸びる冷水によって紀伊水道外域から分断され、水深23～42mでは紀伊水道内部の有田川河口沖に孤立している。これまでみてきたいずれの観測事例と同様に、各水深の水平分布図からは、高温・高塩分水が観測ライ

ンの東側に偏って分布する傾向がみてとれる。

水深21～23mの水平分布図ではWS20（観測ラインの北から4番目）を中心に高温・高塩分水が観測ラインの西側へはみ出しており、このはみ出しが断面分布図では「リング状配列現象」を形成している。また水深27～42mの水平分布図では有田川河口沖に孤立する暖水を、観測ラインがWS8（観測ラインの北から3番目）の位置で横切っており、これが断面分布図では「リング状配列現象」となって現れている。

考 察

水平分布図にみられた以上の結果から、「リング状配列現象」がみられるときの紀伊水道では、次のような状況が推察される。すなわち、紀伊水道外域から紀伊水道内部へ進入してきた黒潮系の暖水は同水道内部の東側に偏って分布し、その結果、観測ラインの東側には高温・高塩分水が、西側には低温・低塩分水が分布するパターンが形成される。金田・上田³⁾は、紀伊水道における春季（5月）の平均的水温分布としては同水道の東部で高く西部で低いことを報告している。水温・塩分の鉛直断面分布図に「リング状配列現象」が現れる時には、東側の高温・高塩分水が西側に、あるいは西側の低温・低塩分水が東側に、それぞれ部分的に観測ラインを越えて分布している。

ここで「リング状配列現象」には、この現象がみられるときの密度分布は成層しており、密度の等値線には「リング」は認められないという特徴があった¹⁾。すなわち、水温・塩分の等値線は「リング状」に配列していても、密度の等値線は「リング状」に配列せず、水平的には同じ密度で成層分布している。このことから、紀伊水道東側の高温・高塩分水が西側へ、あるいは同水道西側の低温・低塩分水が東側へ広がる際には、それぞれ同じ密度の水の層へと水平的に広がるものと解釈される。このように、ある密度を持った一方の水が、同じ密度の他方の水へと分布を広げる現象は、それが中層で起きた場合には柳⁴⁾ および金田・秋山²⁾ が報告している中層貫入現象に相当すると考えられる。おそらく、水道東部の高温・高塩分水と、同西部の低温・低塩分水は、それぞれ密度的には成層構造を成しており、互いに等密度な水同士が接した場所で中層貫入を起こして、それぞれ相手の分布域へと分布を広げているものと推測される。

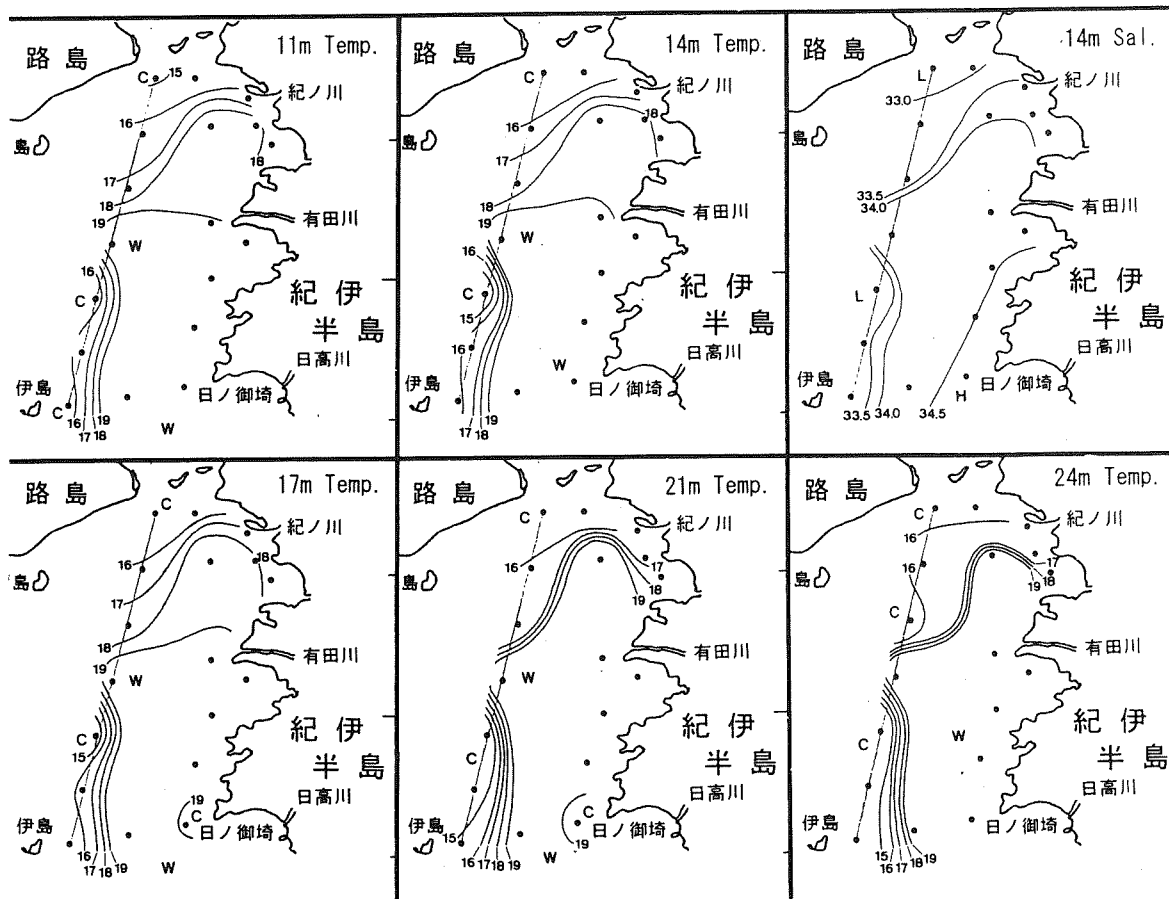
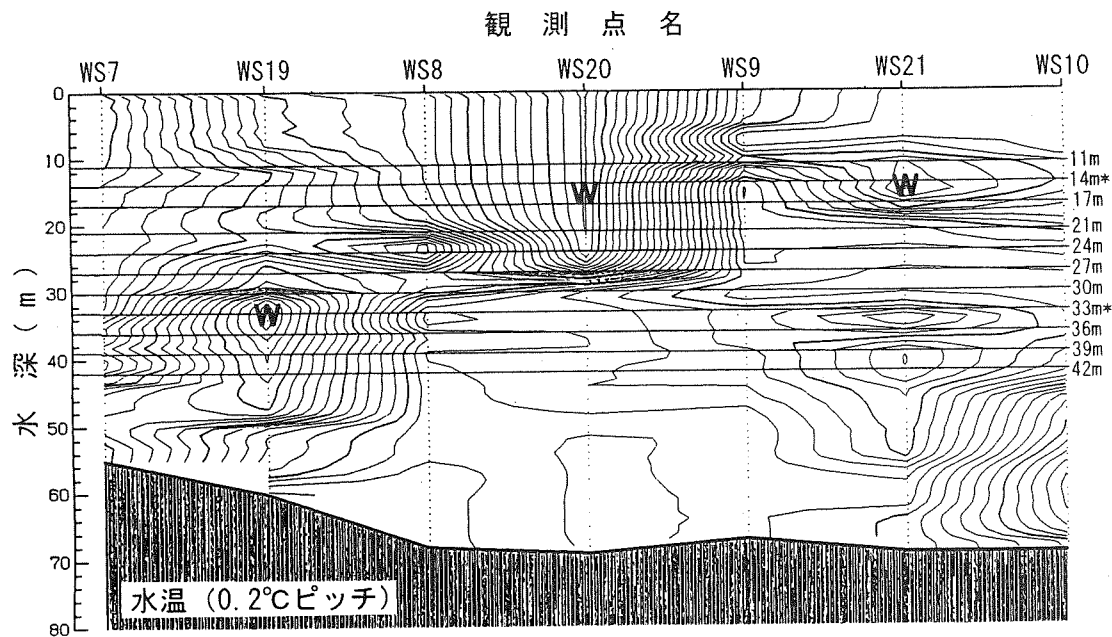


図3-1 水温の断面分布図と水平分布図 (1998年4月16～17日観測)

紀伊水道中央部の観測ライン(直線で表す)における水温の断面分布図と、「リング状配列現象」がみられる水深を中心とした水温の水平分布図(水深11、14、17、21、24、27、30、33、36、39、42m)を示す。水深14mと33mについては、「リング状配列現象」の中心部に当たる水深であるので、塩分の水平分布図も示した。水平分布図の等値線間隔は、水温については1℃、塩分については0.5PSUである。

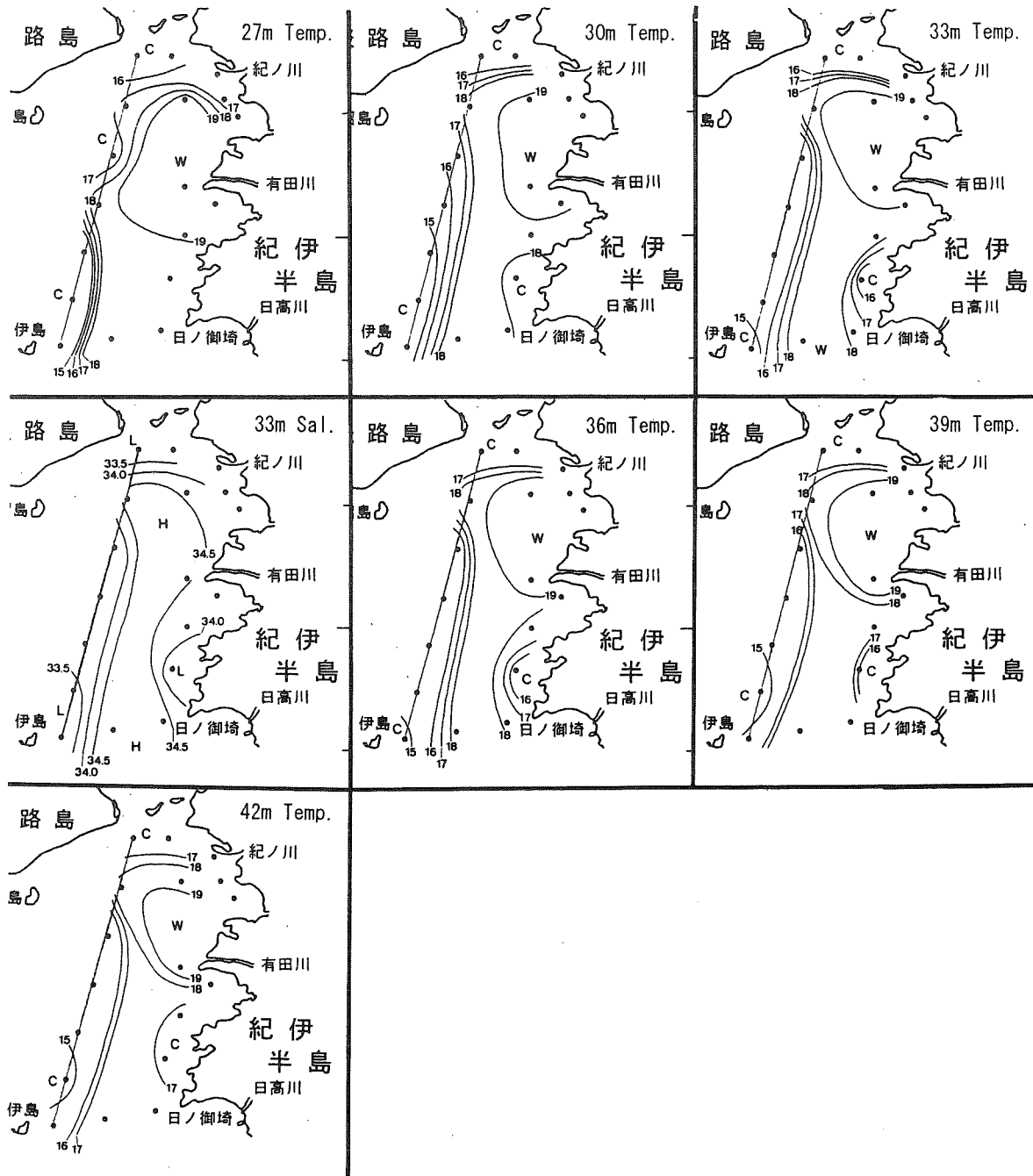


図 3-1 続き

さて、水平分布図上で高温・高塩分水あるいは低温・低塩分水が観測ラインを部分的に越えて分布しているからといって、必ずしも断面分布図に「リング状配列現象」が現れる訳ではない。例えば、1998年4月16～17日の観測における水深11～27mの水平分布図では、WS20（観測ラインの北から4番目の観測点）において高温・高塩分水の観測ラインを越えた部分的な分布のはみ出しがみられるけれども、断面分布図のWS20の水深11～27mには「リング状」の等値線配列は現れてい

ない（図3-1）。また、2001年6月11～12日の水深15～18mの水温水平分布図にはWS9（観測ラインの南から3番目の観測点）において暖水による部分的な分布のはみ出しが認められるものの、これに対応する断面分布図の箇所には「リング状配列現象」はみられない（図3-4）。前者については、高温・高塩分水の分布のはみ出しが中層だけで起きておらず、海表面とつながって起きていることから、いわゆる典型的な中層貫入にはなっていないことが「リング状配列現象」を成さない原

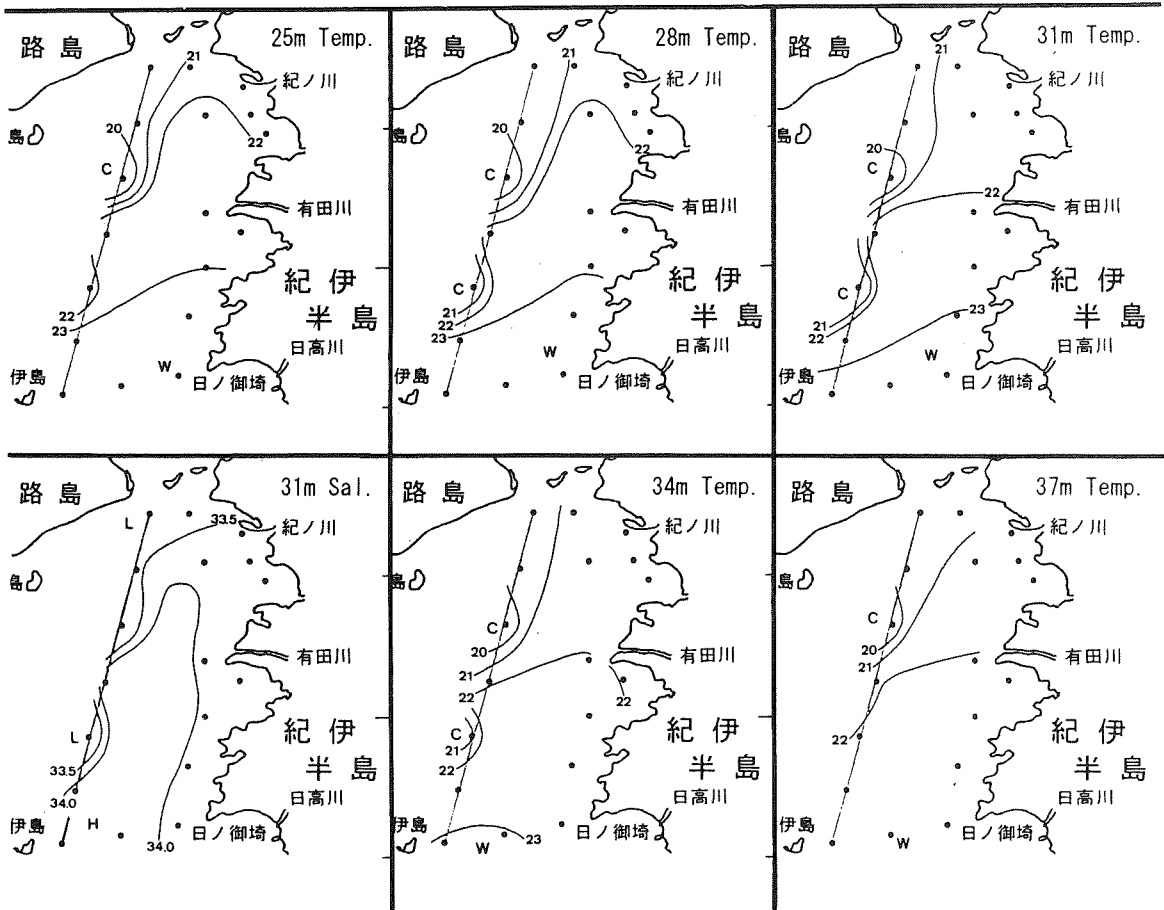
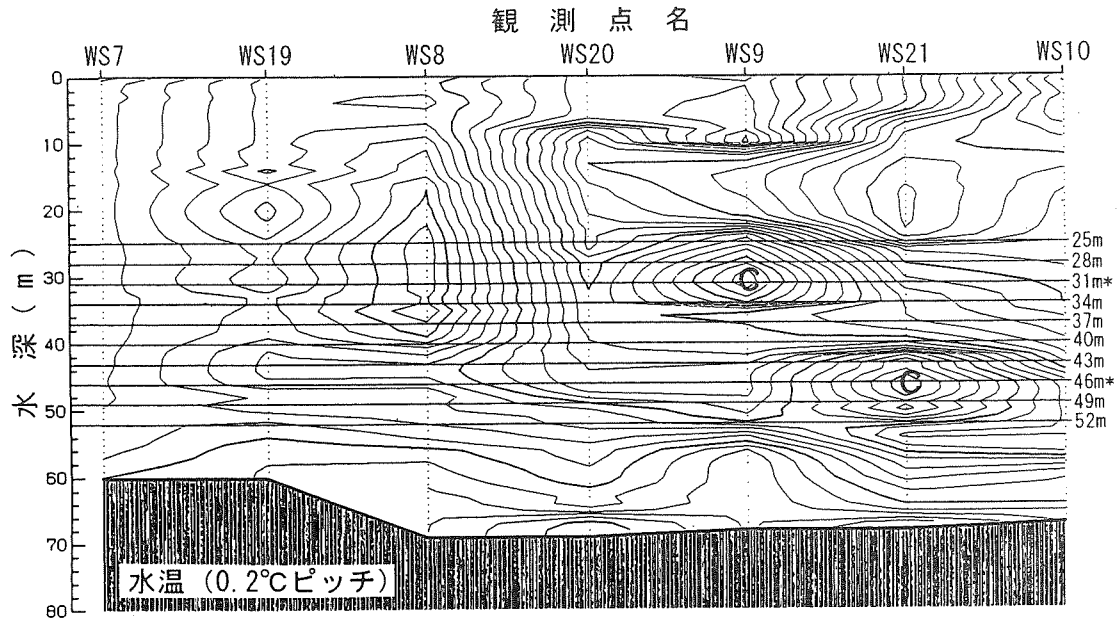


図3-2 水温の断面分布図と水平分布図 (1999年6月15～16日観測)

紀伊水道中央部の観測ライン (直線で表す) における水温の断面分布図と、「リング状配列現象」がみられる水深を中心にした水温の水平分布図 (水深25、28、31、34、37、40、43、46、49、52m) を示す。「リング状配列現象」のほぼ中心部に当たる水深31mと46mについては、塩分の水平分布図も示した。水平分布図の等値線間隔は、水温については1℃、塩分については0.5PSUである。

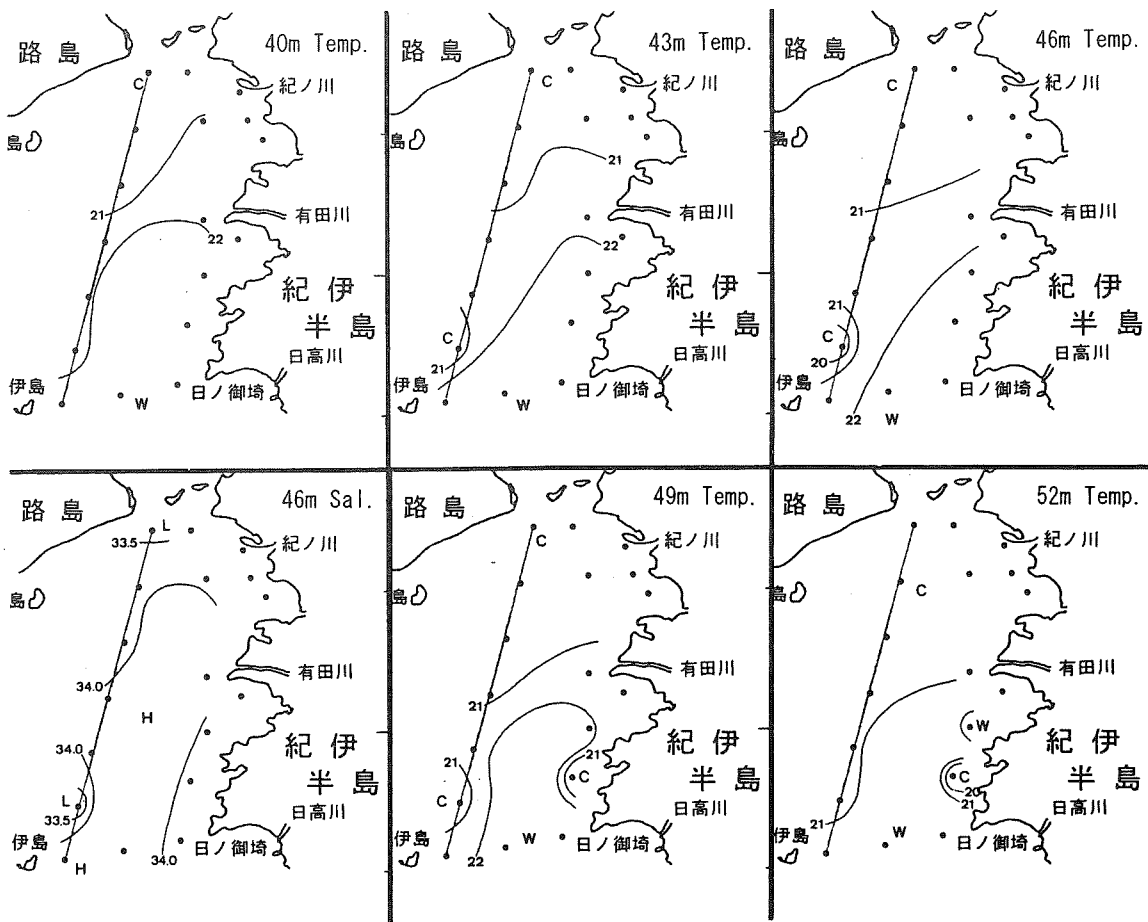


図3-2 続き

因である。また後者についても、水深15～18mの水平分布図では暖水が部分的に観測ラインの西側へはみ出しているものの、これより少し上層の水深12mの水平分布図では暖水がWS9より南のライン上で全体的に観測ラインより西側へ分布を広げていることから、この場合は中層のある限られた層だけで起きた水の貫入にはなっていないことが原因である。つまり「リング状配列現象」は、高温・高塩分水が低温・低塩分水の中へ、あるいは低温・低塩分水が高温・高塩分水の中へ、中層のある限られた層だけで部分的に貫入した場合にのみ、その貫入した水の断面が「リング」に見えるのである。

著者は水温・塩分の断面分布図にみられるリング状の等値線の配列が特に著者の目を惹いたことから、これに注目して「リング状配列現象」と便宜的に名付け、この現象について検討を試みた。しかし「リング状配列現象」はそれ自体に海洋構造上の本質的な意味があるというより、むしろこの現象を生じさせる状況、すなわち「紀伊水道内部の東側に高温・高塩分水が、西側に低温・低塩分水が、それぞれ密度成層を成して分布し、両

者の水が中層貫入をはじめとした様式で互いに他方へと分布を広げる」ということが、より大きな意味を持った本質的な海洋現象であると考えられる。「リング状配列現象」は、海洋構造にこのような本質的な状況が生じたときに、その結果の一つとして、断面分布図上に現れる現象に過ぎない。

ところで、1998年4月16～17日および2000年6月6～7日の観測における各水深の水平分布図によると、観測ラインの南側を中心にして、低温・低塩分水が観測ラインよりも東側へ大きく張り出すように分布を拡大しているのがみられる(図3-1、3)。このことから、紀伊水道内部の西側に偏って分布する低温・低塩分水が東へ分布を広げるのは、観測ラインの南側付近においてなされる傾向が強いと推測される。

以上のことをまとめて、「リング状配列現象」がみられる時の紀伊水道内部の海洋構造を、図4に模式図で表してみた。まず、紀伊水道外域から紀伊水道内部へ進入してきた黒潮系水は紀伊水道内部の東側に偏って分布し、その結果、紀伊水道のほぼ中央を南北に伸びる観測

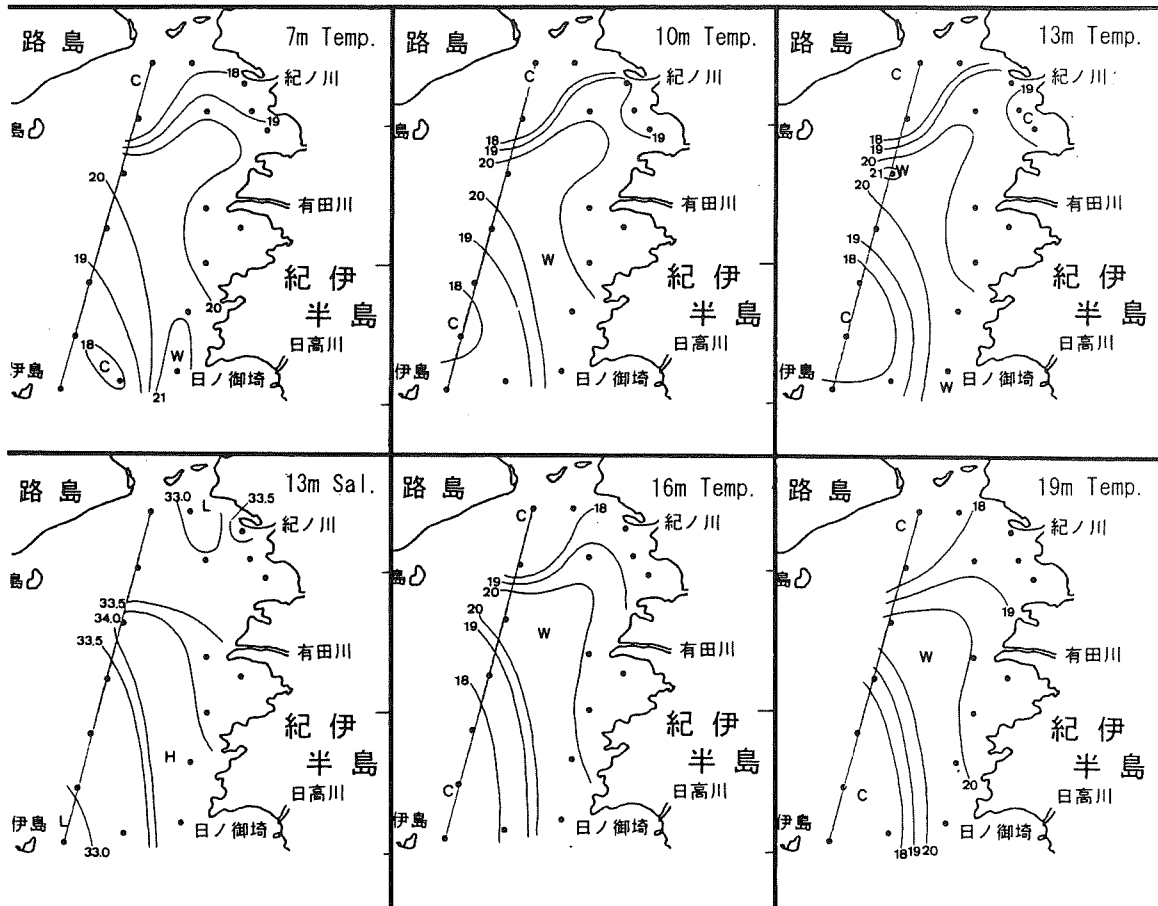
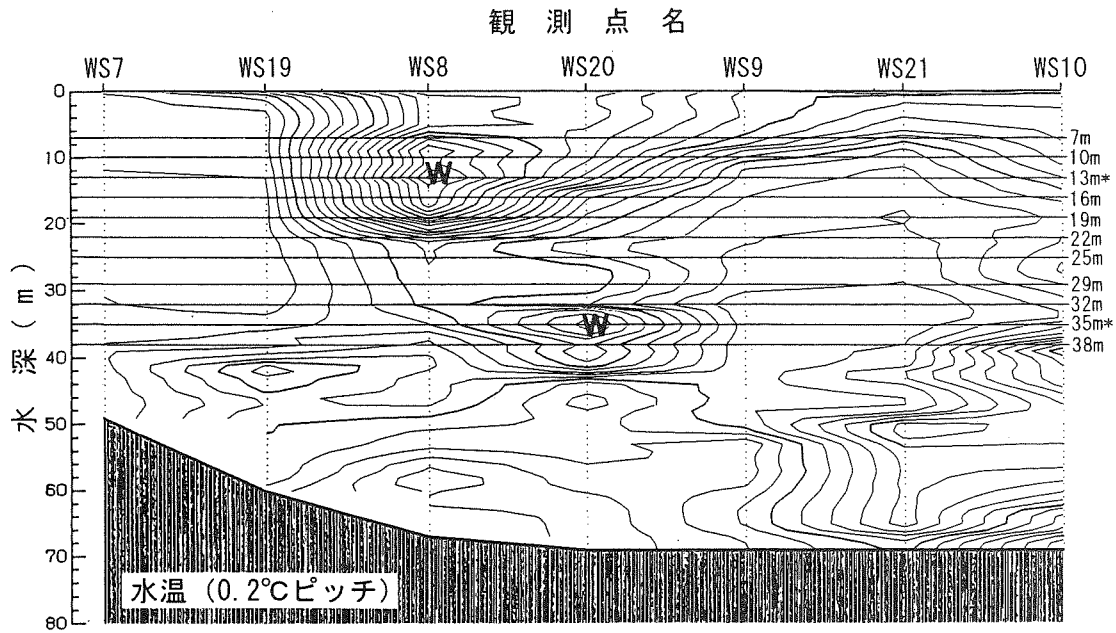


図3-3 水温の断面分布図と水平分布図 (2000年6月6~7日観測)

紀伊水道中央部の観測ライン (直線で表す) における水温の断面分布図と、「リング状配列現象」がみられる水深を中心にした水温の水平分布図 (水深7、10、13、16、19、22、25、29、32、35、38m) を示す。「リング状配列現象」のほぼ中心部に当たる水深13mと35mについては、塩分の水平分布図も示した。水平分布図の等値線間隔は、水温については1°C、塩分については0.5PSUである。

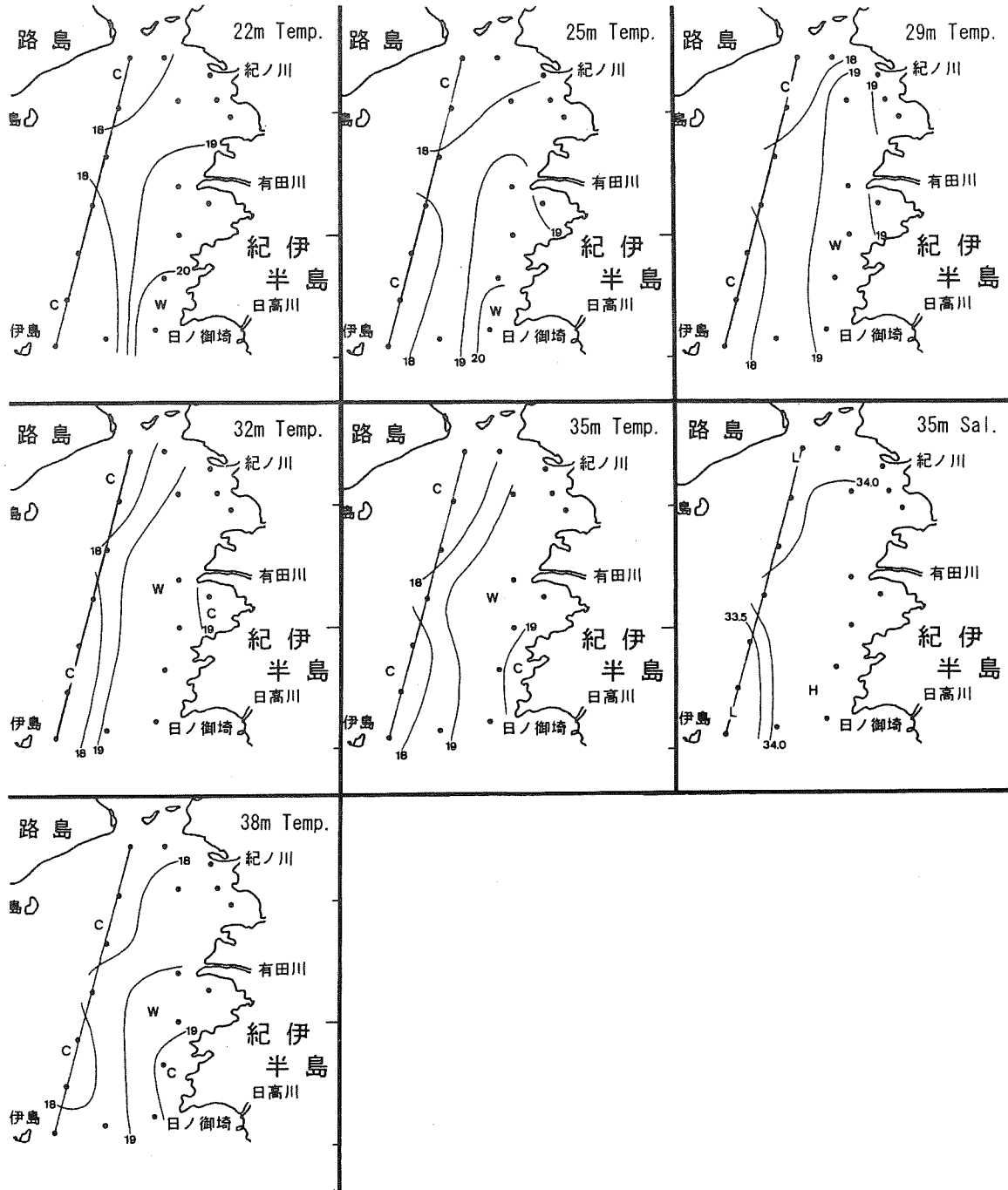


図3-3 続き

ラインの西側には低温・低塩分水が、東側には高温・高塩分水が分布する。東西に分かれて分布したそれぞれの水は密度成層しており、互いに同じ密度の水同士が中層貫入などによって他方へと分布を広げる。西側に分布する低温・低塩分水は、紀伊水道内部の南方面で東側への分布拡大をする傾向にあると推測される。

最後に、「リング状配列現象」には4～6月によくみられるという特徴があった¹⁾。したがって、図4の海洋

構造も4～6月に形成されることが多いと予想される。もしそうであれば、このような海洋構造が、なぜこの時期に形成され易いかについては、今後の課題である。

謝 辞

本報告を作成するにあたり和歌山県農林水産総合技術センター水産試験場の諸先輩および同僚諸氏には貴

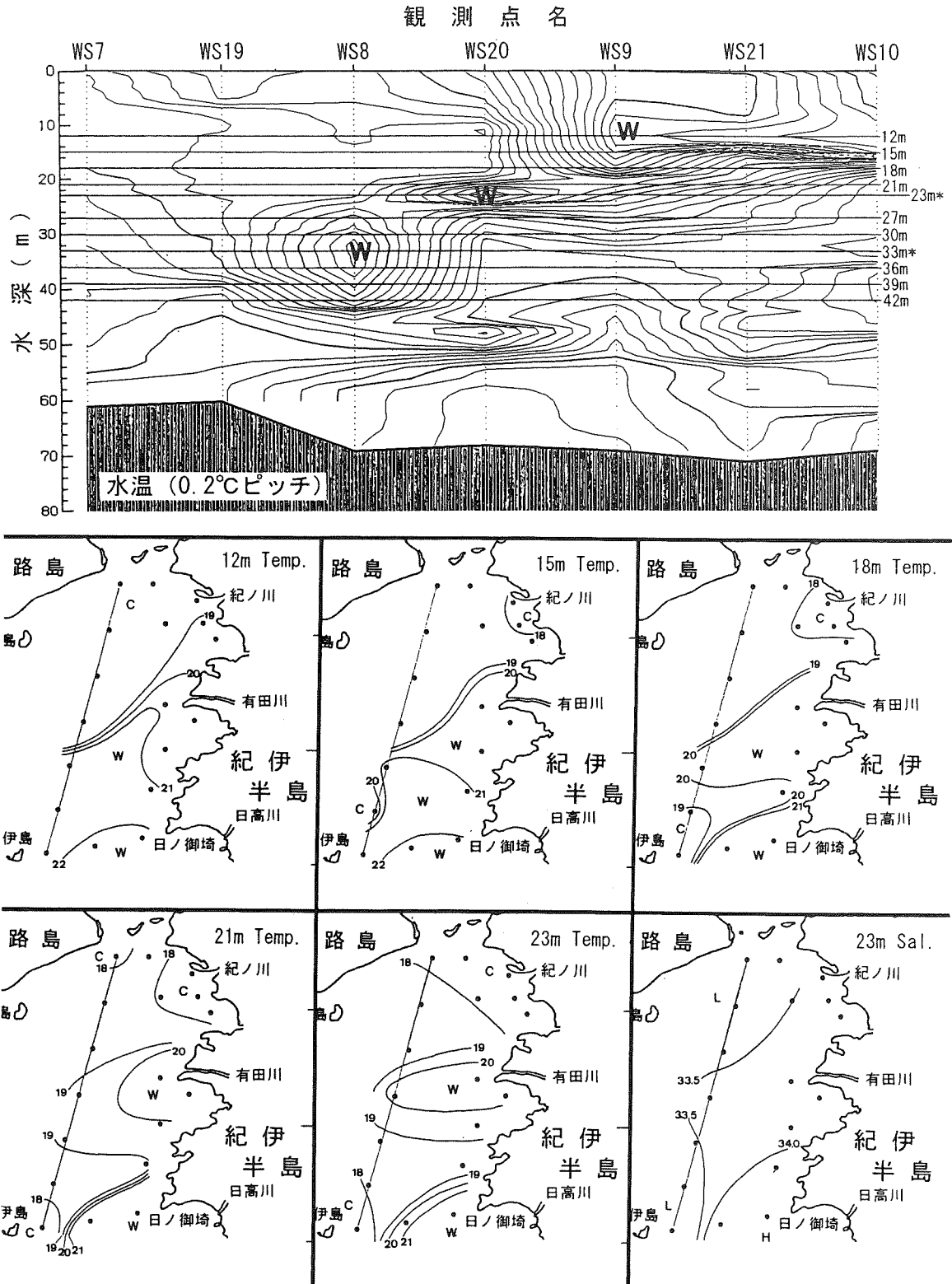


図3-4 水温の断面分布図と水平分布図 (2001年6月11～12日観測)

紀伊水道中央部の観測ライン (直線で表す) における水温の断面分布図と、「リング状配列現象」がみられる水深を中心にした水温の水平分布図 (水深12、15、18、21、23、27、30、33、36、39、42m) を示す。「リング状配列現象」のほぼ中心部に当たる水深23mと33mについては、塩分の水平分布図も示した。水平分布図の等値線間隔は、水温については1°C、塩分については0.5PSUである。

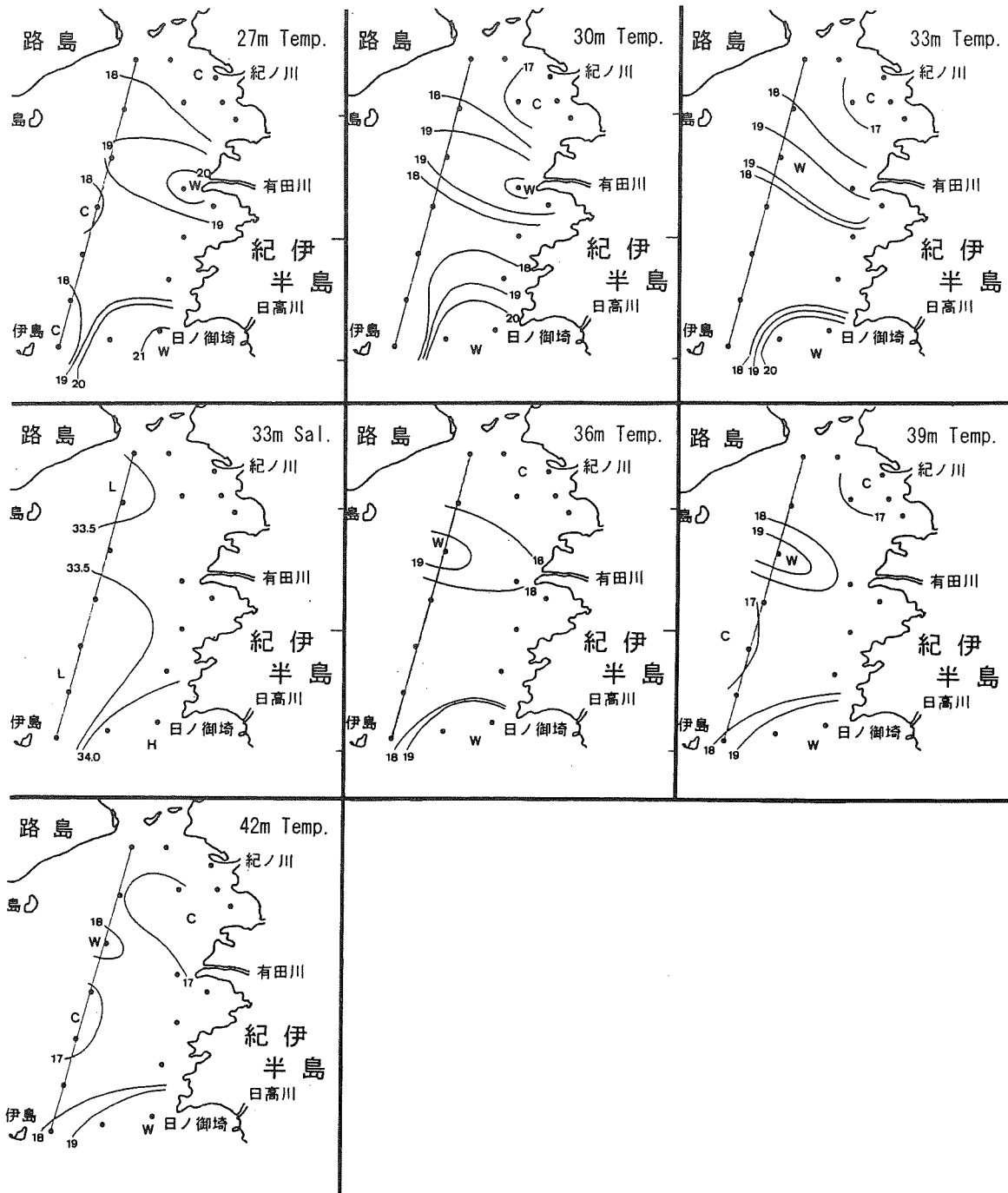


図3-4 続き

重なる助言と助力を承りました。また本報告の断面分布図は同水産試験場の田中嘉治場長が作成されたプログラムを使用させていただきました。ここに併せてお礼申し上げます。

また、海洋観測に御協力頂いた漁業調査船「きのくに」の乗組員の皆様、および調査船に乗船して観測に従事された研究員の方々に、深く感謝の意を表明します。

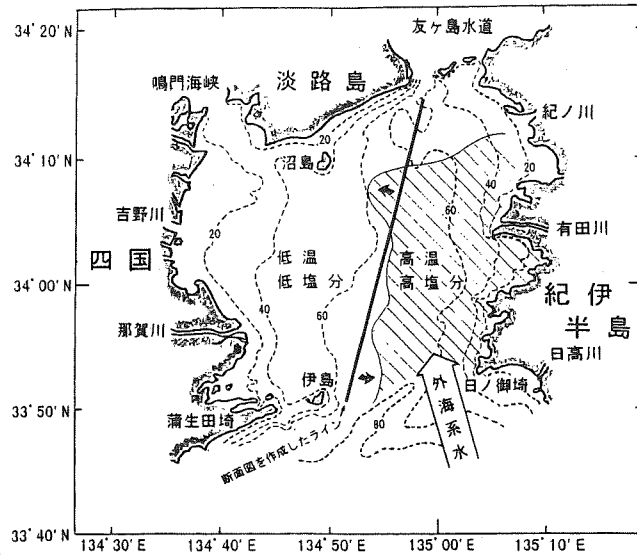


図4 「リング状配列現象」がみられる時の紀伊水道内部の海洋構造

紀伊水道外域から紀伊水道内部へ侵入した外海系水（黒潮系水）は同水道内部の東側に偏って分布する。その結果、高温・高塩分水と低温・低塩分水は紀伊水道内部の東側と西側に分かれて分布する。双方の水は密度成層していると考えられ、互いに同じ密度の層では中層貫入などにより分布をそれぞれ地方へ広げると推察される。特に西側に分布する低温・低塩分水は伊島の北東付近で東方へと分布を拡大する傾向にあると推察される。

文 献

- 1) 諏訪 剛、2002：紀伊水道の微細な海洋構造．黒潮の資源海洋研究、(3)、17-28.
- 2) 金田 佳久・秋山 秀樹、2000：紀伊水道の海洋構造．黒潮の資源海洋研究、(1)、1-18.
- 3) 金田 佳久・上田 幸男、1998：紀伊水道の平均的海洋構造と陸棚斜面水の這い上がり現象．第4回瀬戸内海資源海洋研究会報告、15-26.
- 4) 柳 哲雄、1996：大阪湾・紀伊水道の海況変動に対する外洋の影響．沿岸海洋研究、34 (1)、53-57.