

# 潮岬沖を通過する黒潮小蛇行と沿岸海況\*

— 1998年 5月～ 6月の事例 —

竹内 淳一・諏訪 剛

(和歌山県農林水産総合技術センター水産試験場)

## 1. はじめに

紀伊水道沖で急速に発達した黒潮小蛇行が、1998年5月末から6月はじめにかけて潮岬沖を通過した。この小蛇行の通過前後わずか数日のうちに潮岬周辺の海況が大きく変化したことについて報告する。あわせて、この小蛇行の移動速度とその発達過程および潮岬沖の通過日について考察した。以下、便宜上この小蛇行のことを'98小蛇行と記述する。

'98小蛇行は3月下旬に九州東岸に認められ、5月中旬に四国沖へ東進したあと5月下旬に室戸岬から紀伊水道沖で急速に発達して潮岬沖を通過した。熊野灘ではS字蛇行に近い流路がみられたものの、蛇行は熊野灘～遠州灘で停滞することはなかった。7月下旬になると、黒潮は伊豆諸島の東側を北上するC型流路となった。

九州東岸から房総半島までの黒潮内側域の海況は、小蛇行の通過に伴って大きく変動することが経験的に知られている。しかし、現場観測によって、その短期間で変動する海況の実態を報告した事例はほとんどみられない。和歌山県農林水産総合技術センター水産試験場（以下、和歌山水試）では、'98小蛇行が潮岬沖を通過する前後に数日の間隔で潮岬周辺の定線観測を2回実施した。この通過前後に、潮岬周辺の海況が大きく変化していたことをとらえることができた。定例の海洋観測業務を遂行する中で、このような機会に恵まれたことは幸運ともいえる。

'98小蛇行が潮岬を通過したあとの6月上旬には、第五管区海上保安本部の「せつつ」、三重大学の「勢水丸」および三重県科学技術振興センター水産技術センターの「あさま」などが潮岬周辺でほぼ同時期に観測を実施している。高知県水産試験場では、足摺岬から室戸岬の四国沖に設置している3基の黒潮牧場ブイで流速と水温の連続観測を実施していた。これらの資料を活用すれば、'98小蛇行の発達過程に関するさらに詳細な特徴を明らかにすることができると考えられる。ここではとりあえず和歌山水試の観測結果だけを使った解析にとどめた。

## 2. '98小蛇行の発達とその移動速度

永田ほか(1999)は、小蛇行の移動に関して新たな視点から再検討し、次のような考えを述べている。都井岬に発生した小蛇行がそのまま東進するのではなく、その西縁はほとんど動かないままに東西幅が増大していく、すなわち東縁だけが東進する。その後、東西に引き伸ばされた蛇行の東端が切り離される形で紀伊水道沖に東西幅の

\* 本小論は第28回南海・瀬戸内海洋調査技術連絡会(平成10年12月9日、高知市)報告に加筆したものである。

関東・東海ブロック水産海洋連絡会 第24号(平成10年11月)に掲載

小さい小蛇行が新たに発生し、発達する。この小蛇行がさらに東進し、潮岬を通過した後、熊野灘～遠州灘で再びさらに発達して黒潮大蛇行を引き起こすと考えるほうがより合理的であるとする考え方である。

ここに紹介する'98小蛇行は、永田ほか（1999）が指摘した「紀伊水道沖に小蛇行が新たに発生し、発達する」ような発達過程が認められた。ただし、'98小蛇行の場合、潮岬を通過した後もそのままの移動速度を保って東進し、いわゆる大蛇行にならなかった。中央ブロックの海況担当者の間では、従来から、大蛇行へ発達する小蛇行の東進速度に関して「紀伊水道沖における小蛇行の移動速度の大小が、その後の蛇行発達の目安になる」ことが経験的に知られていた。

そこで、'98小蛇行の流路の特異点を追跡することで、その移動速度を試算した。和歌山水産試が直接受信したNOAA HRPT衛星画像で雲域の少ない良好な画像が得られた5/22、5/26および5/31の3日間の画像を使って、土佐湾沖から紀伊水道沖における移動速度を求めた。移動速度を求める基準として、図2に示したように衛星画像から明らかに識別できる黒潮の北縁部をトレースし、蛇行東縁（北上する黒潮左側のフロント）の中央付近と蛇行頂点（南端）などの特異点の位置から、それぞれの移動速度を求めた。その速度は蛇行東縁の中央付近で3.4～3.5kt/日、蛇行頂点では2.6～3.8kt/日であった。求められた速度は、大蛇行へ発達した時の「室戸岬から遠州灘までの東進速度」とほぼ同じである（川崎ほか:1992, 松本:1993）。

川崎ほか（1992）は、蛇行の東進速度を海域毎に調べ、大蛇行に発達した場合には「遠州灘以东ではそれまでのおおよそ半分程度の速度（約1.0～2.0kt/日）」になることを示している。

'98小蛇行の場合、5月末に潮岬を通過した後7月下旬には伊豆諸島の東側へ達している。つまり、約60日で約210マイルを移動したことになり、潮岬から伊豆諸島までの東進速度はおおよそ3.5kt/日と計算された。'98小蛇行は潮岬を通過した後、熊野灘から遠州灘でもほぼ同じ速度を保って東進したことになる。大蛇行へ発達した事例のように減速することはなかった。つまり、東進速度からみると、土佐湾から紀伊水道沖では大蛇行へ発達した事例と同じであるのに対し、熊野灘から遠州灘では大蛇行の場合とは異なっていた。

図1で示したように、'98小蛇行は遠州灘沖の136-140°E付近で蛇行頂点が31°N付近まで大きく南へ張り出した。この南への張り出しを蛇行の発達とみることもできる。しかし、その時の蛇行の東西幅は、紀伊水道沖における東西幅とほぼ同じくらいである。東西幅が広がったのは、黒潮が伊豆諸島の東側を北上するC型流路となつてからであった。'98小蛇行は、遠州灘付近で発達したのか、しなかったのか。現在のところ、蛇行の発達程度を何であらわすのか、決まった基準がなくあいまいである。その基準として、もし蛇行の南への張り出しではなく、その東西幅であるとすれば、'98小蛇行の場合、少なくとも「熊野灘～遠州灘」で再び発達したとは考えにくい。このことは、'98小蛇行が潮岬を通過した後も東進速度を変えなかったことから支持されよう。

前述した永田ほか（1999）が指摘した後半部分の「小蛇行は熊野灘～遠州灘でさら

発達して黒潮大蛇行を引き起こす」ことを、紀伊水道沖につづく第二段階目の小蛇行の発達過程であると理解すれば、'98小蛇行は熊野灘～遠州灘で第二段階目の発達過程がみられなかったことになる。

### 3. 潮岬沖における小蛇行通過日の推定

'98小蛇行が潮岬沖を通過したことは、人工衛星画像、串本・浦神の潮位差(気象庁)、潮岬東・西岸のテレメータブイ連続水温および潮岬灯台からの目視による流れの観察などからもはっきり観測された。小蛇行が潮岬沖を通過した日を日単位で推定することができた。

Fujita (1997) は、黒潮が接岸路であるか大蛇行路であるかを見分けるための串本・浦神の水位差の閾値が約25cmであることを報告している。図3と図4aに示すように、串本・浦神の水位差は5月28～29日にかけて急激に低下しはじめ、6月末までの約1カ月の間、水位差が25cm程度かあるいはそれ以下の低い値がつづいた。この水位差の低下と持続は、'98小蛇行の通過に伴って黒潮が潮岬から大きく離岸したために起きたものである。黒潮が再び接岸しはじめた6月末には潮位差が25cm以上に回復している。

図4a、bに示した水位差および潮岬の東岸と西岸の水深5m水温および潮岬灯台からの目視による流れの観察などから次のことがわかった。(1)下り潮(東向流)が速い時に水位差が大きく、潮岬東・西の水温差も約2℃と大きい。(2)下り潮が止まると水位差はその閾値である25cm程度へ低下して潮岬東・西の水温はほぼ同じ均一の水温となって東西の水温差がなくなる。(3)'98小蛇行が潮岬西側にかかりはじめた時に、まず、西側で水温上昇が起こり、そのあと東側の水温が上昇する。(4)水位差の変動を詳しくみると、'98小蛇行が潮岬を通過する時と黒潮が再び接岸し始める時に、その短期変動が大きくなっていることも特徴の一つである。

また、潮岬灯台からの目視による流れの観察で、5月28日朝に「やや速い下り潮」だった流れが、29日朝には止まった。28, 29日に潮岬周辺で操業していた漁業者からの情報として、29日に「上り潮(西向流)」に変わったことを聞き取り調査している。

これらのことから、小蛇行が潮岬を通過したのは、5月28日～29日と推定した。

### 4. '98小蛇行の通過前後に観測した潮岬周辺の海況変化

潮岬周辺での定線観測は、'98小蛇行が通過する前後の5月26～27日と6月1～5日の2回、数日の間隔をおいて実施された。この現場観測によって、潮岬周辺の海況が小蛇行の通過前後のきわめて短期間に大きく変化したことが明らかになった。

#### 4-1. 流速場

'98小蛇行の通過直前と直後に観測された流速場を図5に示した。小蛇行の通過直前(a)には、黒潮の強い東流(下り潮)が潮岬陸岸に接し、海底付近まで達していた。また、黒潮の強い流れは、潮岬東側で海底斜面から離脱して東方沖へと直進して流れていた。これらの特徴は、表層よりも下層のほうが明瞭で、潮岬の西東の沿岸水は完全に分離されており、潮岬に接する東方に流れの陰領域が形成されている。これに対

し、小蛇行の通過直後(b)には、潮岬周辺の流れがほぼ全域で上り潮(西向流)に変化していた。この上り潮は、黒潮が熊野灘でS字蛇行に近い流路になった時に紀伊半島先端付近で発生した黒潮内側反流とみられる流れであろう。

#### 4-2. 水温場

図6 aに示すように、水深200m水温分布から'98小蛇行の通過直前(5/26, 27)には、黒潮の主流が潮岬の南沖10マイル付近にあること、水深100m水温分布では20℃台の黒潮系暖水が紀伊半島南西岸に向かって北西方向へ侵入していることがわかる。黒潮は潮岬付近の陸岸に接し、潮岬の西側と東側の沿岸水は完全に分離されている。潮岬に接する東側に顕著な水温フロントをもつ低水温域(流れの陰領域)が存在した。

'98小蛇行の通過直後(6/1, 4, 5)には、通過直前に比べて水温が全域全層で大きく変化した(図6 b)。潮岬西側域の水温は約1~3℃低下し、潮岬東側域で約1~3℃上昇していた。潮岬周辺は全域がほぼ均一の水温となり、きわめて単調な水温分布へと変化した。全域で暖水が東から西へゆるやかに張り出していることがわかる。この暖水は、図5 bで示した黒潮内側反流とみられる上り潮に対応している。

#### 5. 串本・浦神間の潮位差と潮岬周辺の海況および黒潮との関連

'98小蛇行はいわゆる大蛇行とはならなかったものの、その通過に伴って潮岬周辺沿岸域は、黒潮接岸時の海況から大蛇行時の海況へと短期間で大きく変化し、その状態は次に再び黒潮が接岸してくるまでの約1カ月間つづいたと推定される。このことは、串本・浦神の潮位差にもはっきりとあらわれていた。潮位差の視点からみると、潮岬周辺の海況変動は Takeuchi and Nagata (1998)および Nagata et al. (1999) などが報告しているとおりで、次のように理解できる。

黒潮が紀伊半島先端に接岸して流れると、潮岬を挟んで東西の沿岸水が完全に分離されることから串本・浦神間で大きな潮位差が生じる。この潮位差は、黒潮接岸時に黒潮系暖水が半島西側(串本)へ侵入することや半島先端の潮岬に接する東側(浦神)に水温が低い流れの陰領域が形成されることで、さらに大きくなる。これに対し、小蛇行の通過などで潮岬から黒潮が離岸すると、半島西側の沿岸水は東側の沿岸水とほとんど同じ性質を帯びるようになることから、黒潮接岸時のような大きな潮位差はみられなくなる。つまり、黒潮が接岸して流れる時には半島先端の潮岬を境に東西の沿岸水が完全に分離されるので、直線距離がわずか約14kmしか離れていない二つの検潮所であっても大きな潮位差が生まれる。

このように、'98小蛇行の通過に伴って起きた潮岬沿岸の海況変動は、黒潮強流域に突き出た半島先端周辺における外洋(黒潮)と沿岸との相互作用の典型的な事例ともいえる。

#### 文 献

永田 豊・吉田昭三・藤田弘一(1999) : 黒潮大蛇行の前駆現象としての小蛇行.

La mer, 36, 119-130.

- 川崎 清・松本孝治・稲掛伝三・横内巳・松尾 豊・友定 彰 (1992) : 地球環境変化に伴う海洋中小規模現象に関する研究. 平成3年度地球遠隔探査技術等の研究 - 研究成果集 - (科学技術庁研究開発局, 平成4年12月), 51-58.
- 松本孝治 (1993) : 海況予報に関するメモ. 平成4年度第3回中央ブロック漁況海況長期予報会議資料. pp3.
- 藤田弘一 (1997) : 日本南岸の黒潮流路の変動と串本・浦神の潮位差との関連に関する研究. (三重大学大学院生物資源学研究科博士論文, pp136).
- Nagata, Y., J. Takeuchi, M. Uchida, I. Ishikura, Y. Morikawa and T. Koike (1999) : Current Nature of Kuroshio in the Vicinity of the Kii Peninsula. *J. Oceanogr.*, 55, 407-411.
- Takeuchi J., and Y. Nagata (Sep. 1998) : The Interaction between the Kuroshio Water and Coastal Water off the Kii Peninsula. 9th Physics Estuaries and Coastal Seas (PECS) .

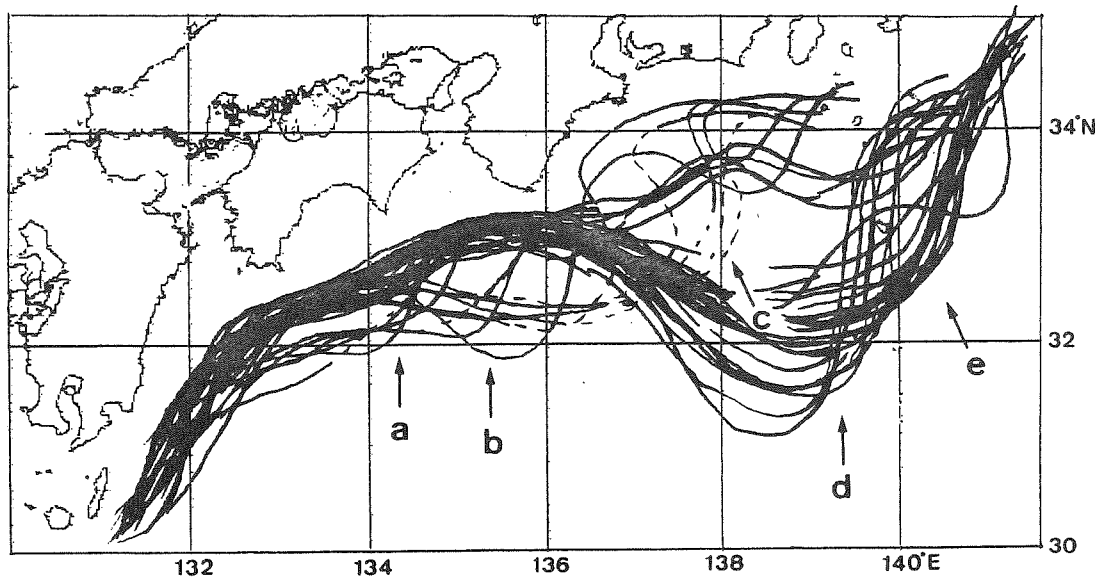


図1 人工衛星画像からみた黒潮小蛇行の東進 (a → b → c → d → e)  
 和歌山水試 人工衛星画像海況速報 1998 No.63 5/19 ~ No.97 8/31  
 a: 5/22, b: 5/31, c: 6/17, d: 6/28, e: 7/28

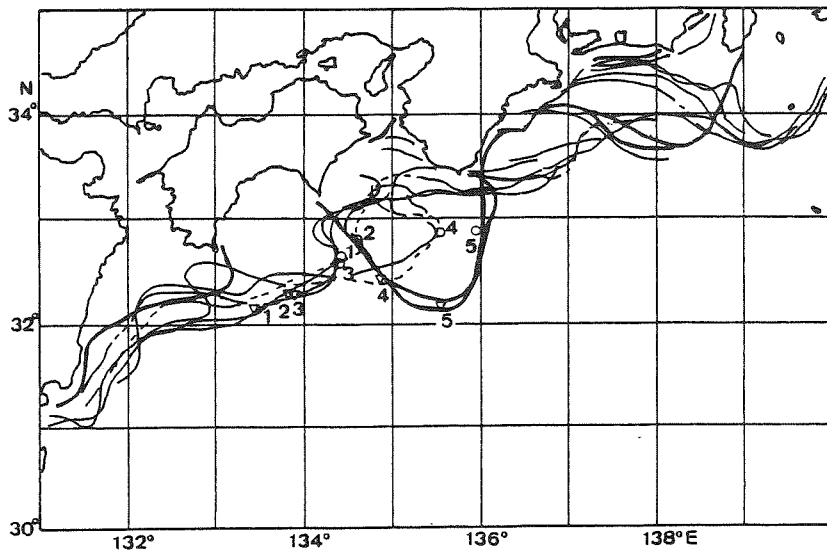


図2 四国沖から潮岬沖における黒潮小蛇行の東進 (1998.5/20~5/31の5日間)  
 実線は黒潮北縁位置、破線は推定される黒潮北縁位置である。  
 ▽印は蛇行頂点(南端)の位置、○印は蛇行東端北上部の中央位置。  
 画像観測日を数字で順番に示した。それぞれの数字は次の観測日である。  
 1; 5/20, 2; 5/21, 3; 5/22, 4; 5/26, 5; 5/31

小蛇行の東進速度

- ◆ 蛇行北上部の中央位置 (○印) による計算結果
  - ① 5/22→5/26 3.4kt/day, ② 5/26→5/31 3.5kt/day
- ◆ 蛇行頂点の位置 (▽印) による計算結果
  - ① 5/22→5/26 3.8kt/day, ② 5/26→5/31 2.6kt/day

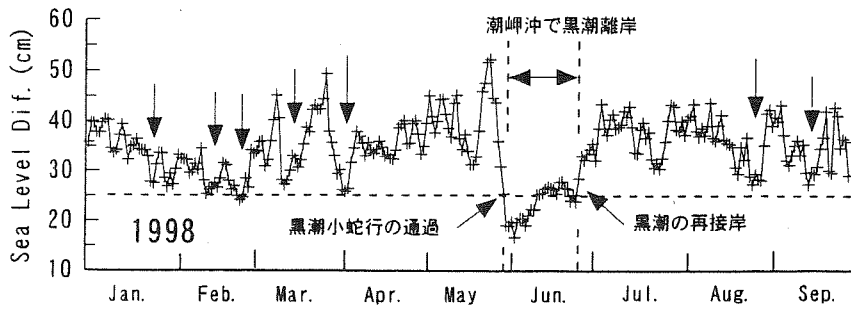


図3 串本・浦神の日平均水位差 (1998. 1/1 ~ 9/30)  
 水位差25cmに水平の破線を記入した。  
 水位差25cm以上で黒潮接岸、それ以下で黒潮離岸の目安となる。  
 ↓印は下り潮(東向流)が止まるか、きわめてゆるくなった日をあらわす。  
 ←→印は潮岬南沖で黒潮が60~35㍓に離岸した期間。

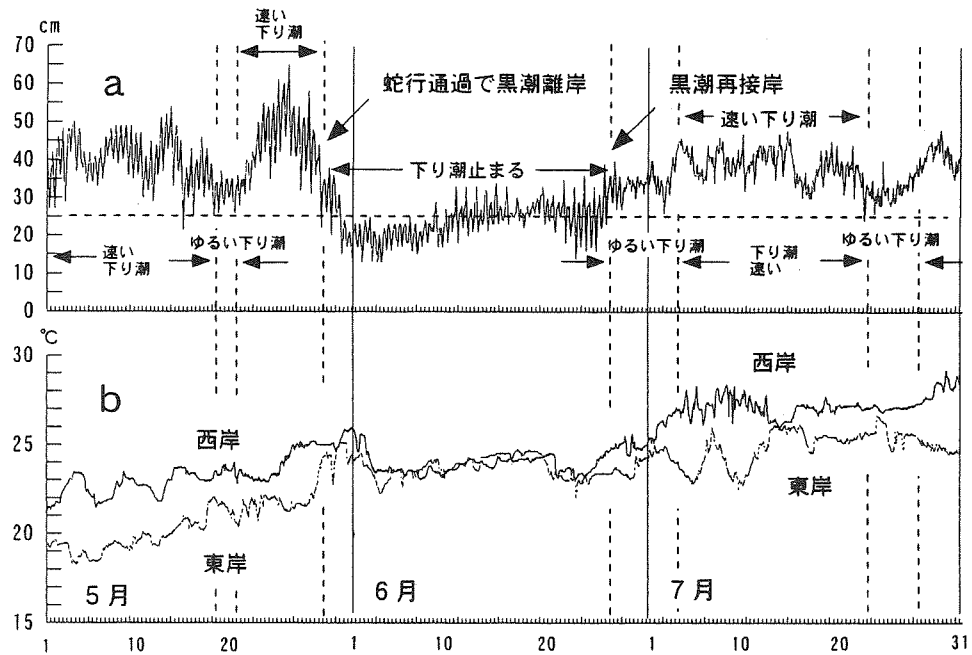


図4 串本・浦神の水位差 (a) と潮岬東岸・西岸の水深5m水温 (b)  
 1998. 5月1日 ~ 7月31日

a ; 串本・浦神の毎時水位差、図中には水位差25cmに水平の破線と潮岬灯台下からの目視による流況観察結果を記入している。

b ; 潮岬東西の水深5m連続水温

◆ 潮岬沿岸では、5/29にそれまでの下り潮は止まり、上り潮へと変化した。

5/29~6/25の期間、下り潮は観察されなかった。

6/26からゆるい下り潮、7/4から比較的速い下り潮となった。

◆ 潮岬東西岸の水温は、小蛇行の通過とともに水温差がなくなり、同一水温となった。

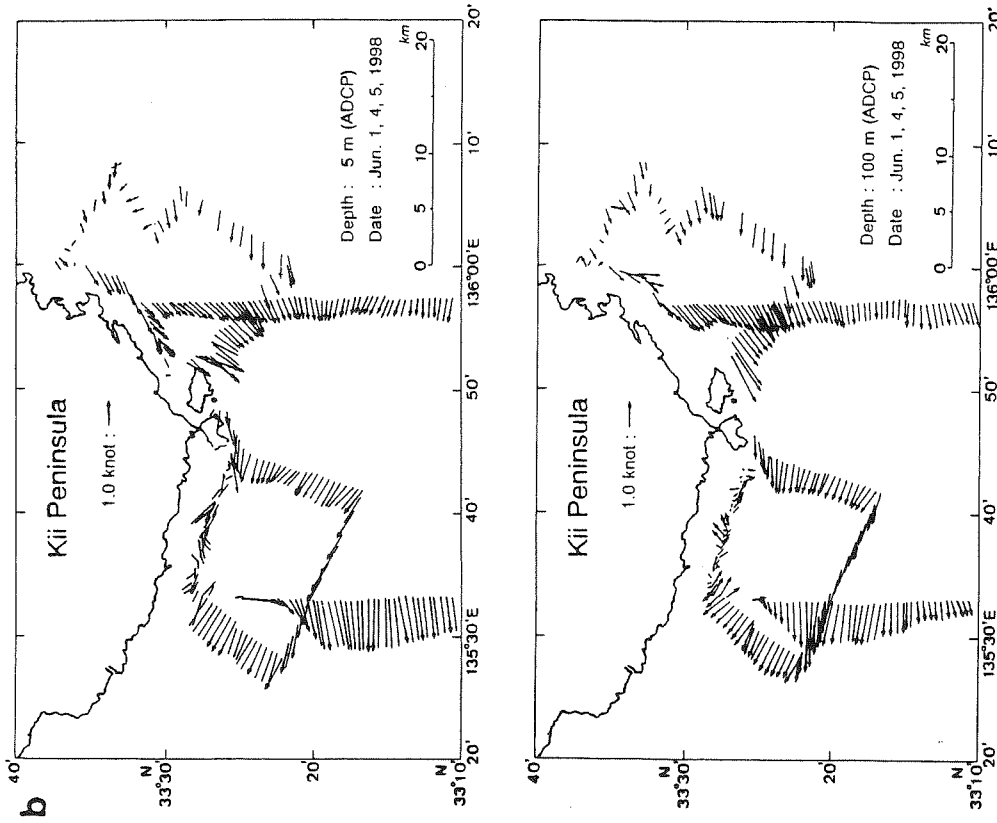
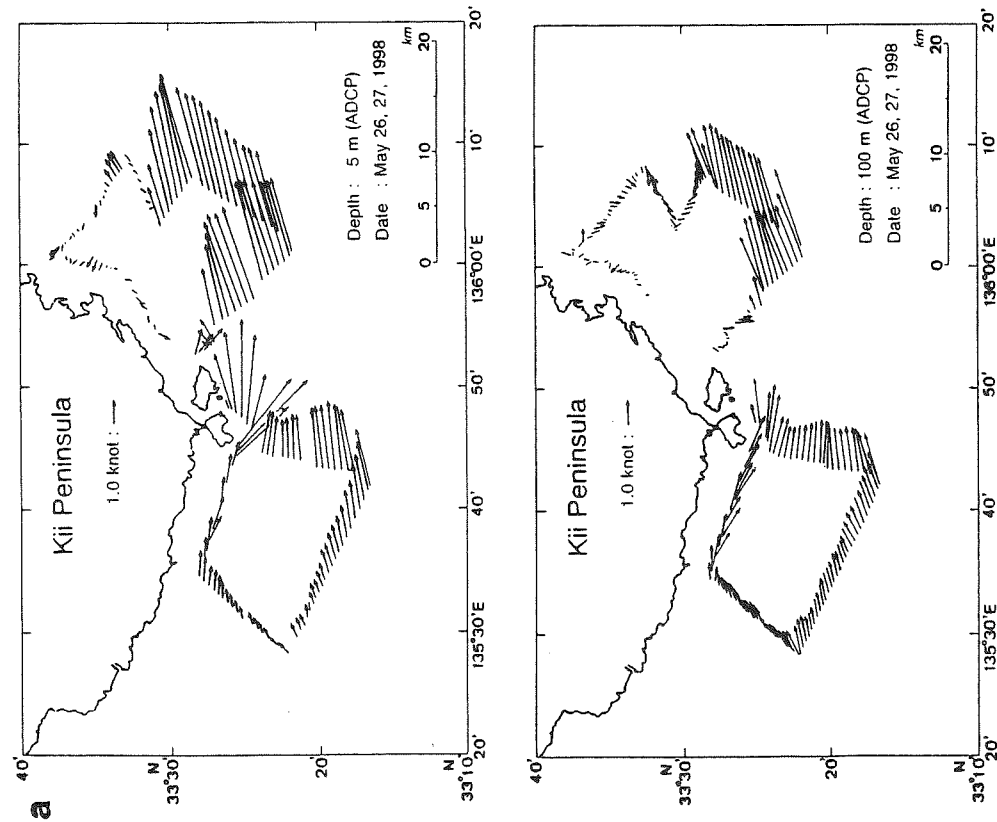
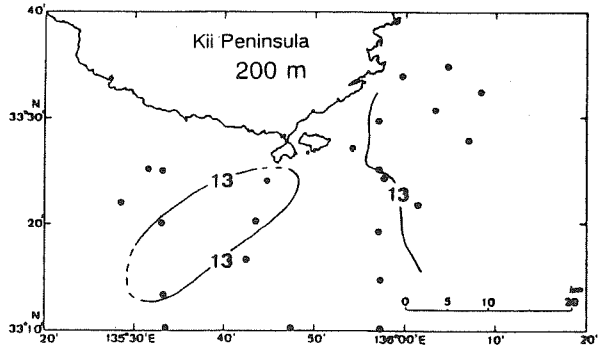
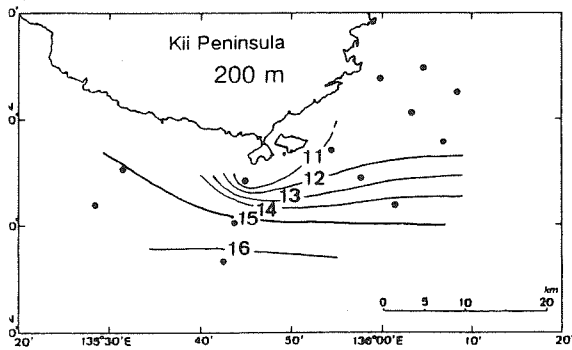
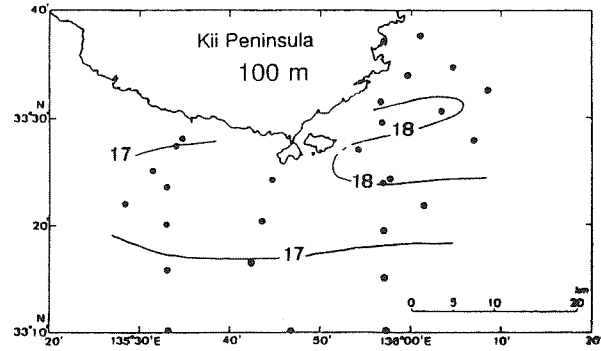
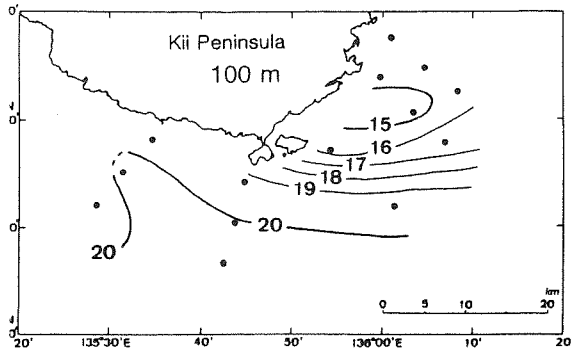
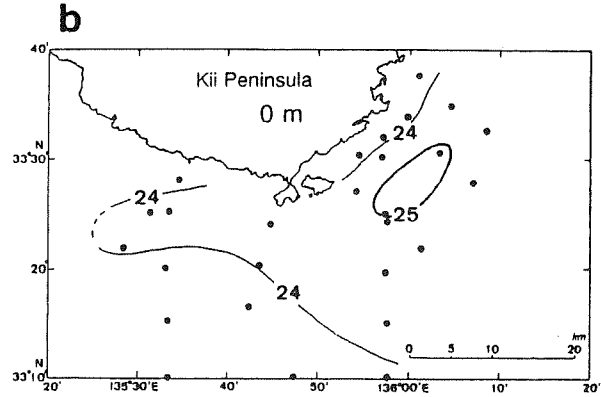
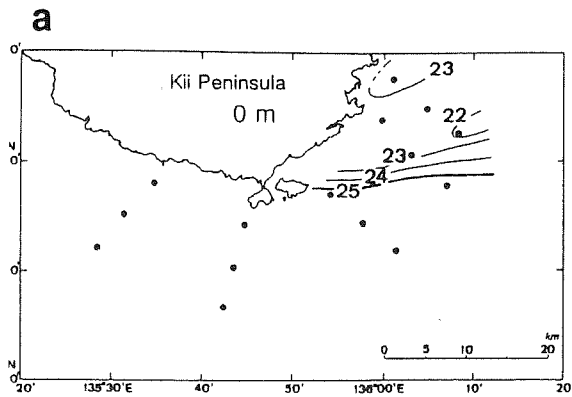


図5 黒潮小蛇行通過前後における潮岬周辺の流況変化

- a ; 小蛇行通過直前 (5/26,27) 、上から水深5m,100m
- ・黒潮は潮岬沖で岸に接し、海底付近まで達している。
  - ・黒潮の強い流れは、潮岬東方で海底斜面から離脱している。
  - ・潮岬の西と東の沿岸水は分離されており、潮岬の東側に流れの陰領域が形成されている。
- b ; 小蛇行通過直後 (6/1,4,5) 、上から水深5m,100m
- 黒潮は潮岬沖で大きく離岸し、ほぼ全域が上り潮 (西向流) である。





Temp. May 26, 27, 1998

Temp. Jun. 1, 4, 5, 1998

図6 黒潮小蛇行通過前後における潮岬周辺の水温水平分布

a ; 小蛇行通過直前 (5/26,27)、上から水深0m,100m,200m

- ・黒潮は潮岬沖で岸に接し、ほぼ海底付近まで達している。
- ・潮岬の西と東の沿岸水は分離されており、潮岬の東側に流れの陰領域が形成されている。
- ・水深100mで20℃以上の暖水が半島西岸に侵入している。
- ・水深200mでは潮岬沿岸に10℃台の低水温がある。

b ; 小蛇行通過直後 (6/1,4,5)、上から水深0m,100m,200m

- ・通過前(a)の水温に比べて、潮岬西側で約1~3℃低下し、潮岬東側で約1~3℃上昇している。
- ・潮岬東西海域ではほぼ均一な水温となり、コントラストのない単調な分布である。暖水が全域で東から西へゆるやかに張り出していることが認められる。