

## 2001年1月23日に急潮をひきおこした 相模灘における黒潮系暖水流入の特徴

樋田史郎・中田尚宏

The warm water intrusion from the Kuroshio into Sagami-Nada,  
which caused the Kyucho on January 23, 2001.

Shiro TOIDA\* , Naohiro NAKATA\*\*

### 緒言

相模湾における急潮についての研究は古くから多く存在し、大半の事例は湾内に反時計回りの流れが起こることを指摘している<sup>1,2,3)</sup>。岩田<sup>4)</sup>は、定地水温の変化を伴う3種類のパターンを指摘し、黒潮の流路変動が急潮の発生に関与していることを示した。一方、急潮発生の際の要因として低気圧の通過<sup>5)</sup>や、連続的な強風<sup>6)</sup>が存在する。

今までの文献では定線海洋観測によるデータを使って解析されていない。本報は、2001年1月23日から24日にかけて、相模湾において発生した大規模な急潮とそれをひきおこした黒潮系暖水流入の特徴について、相模灘における定線海洋観測の結果を用いて検討した。

### 材料と方法

水深ごとの水温及び塩分は、1965年から2001年までの沿岸定線海洋観測の資料<sup>7)</sup>を用いた。図1に定線観測の定点を示した。

流向流速は、2001年1月23日の沿岸定線海洋観測(調査船さがみ)においてADCP(Sunwest; SW2000)により観測したデータを用いた。

定点連続観測データは、城ヶ島沖浮魚礁ブイによる水温及び流向流速を、三崎瀬戸の定点連続観測による水温、塩分及び潮位をそれぞれ使用した。

黒潮の流路については、一都三県漁海況速報<sup>8)</sup>を参照した。

### 結果

**定線観測** 今回の急潮発生の際に近づく観測は、2001年1月23日に定点14、15、26、25、24、23、22、19、18、17及び16であった。

定点19及び22における水温及び塩分を表1に示した。

表面水温は、定点19において17.0℃(年平均偏差は+0.3℃)であり年平均並、定点22において19.6℃(年平均偏差は+2.6℃、年平均値の標準偏差の2.1倍)であり極めて高かった。200m層の水温は、定点19において13.82℃(年平均

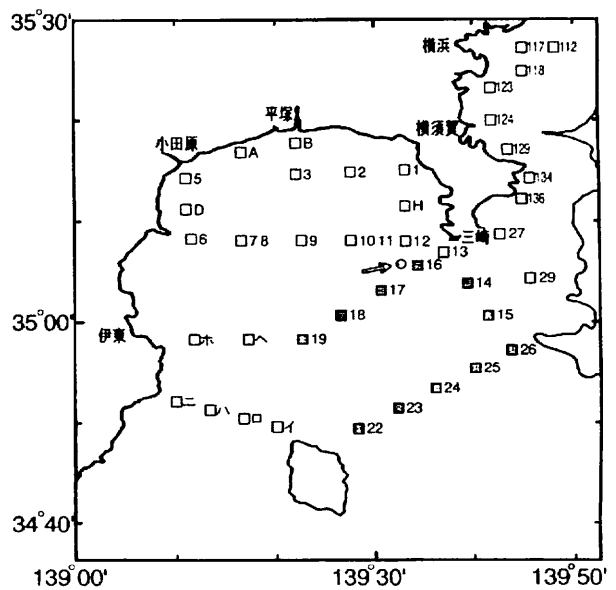


図1 定線観測測点図  
2001年1月23日に観測した点を塗りつぶして示した。浮魚礁ブイを丸印の点(矢印)で示した。

差は+1.00℃)であり年平均より「やや高め」、定点22において15.73℃(年平均偏差は+2.64℃)であり年平均より「高め」であった。300m層の水温は、定点19において12.30℃(年平均偏差は+2.01℃)であり極めて高く、定点22において12.65℃(年平均偏差は+2.54℃)であり極めて高かった。400m以深の水温は、400mでは定点19において9.52℃及び定点22において9.20℃、500mでは定点19において7.63℃及び定点22において7.35℃、600mでは定点19において5.82℃及び定点22において5.77℃であり、いずれも年平均より「高め」であった。

定点19の塩分は、各層で34.24PSUから34.63PSUの範囲にあり、50m層、100m層及び600m層で「やや低め」、

表1 定点19及び22における水温及び塩分(2001年1月23日観測)

測点	2001年1月23日の観測値		平年値		平年偏差	塩分(PSU)	平年値		平年偏差
	水深(m)	水温(°C)	平均値	標準偏差			平均値	標準偏差	
19	0	17.00	16.68	1.21	0.32	34.63	34.48	1.08	0.14
	50	15.46	16.29	1.08	-0.83	34.55	34.61	0.10	-0.06
	100	15.26	15.41	0.98	-0.15	34.52	34.59	0.07	-0.07
	150	15.18	14.06	1.11	1.12	34.52	34.55	0.07	-0.03
	200	13.82	12.63	1.00	1.19	34.50	34.49	0.06	0.01
	250	13.23	11.52	1.19	1.71	34.48	34.42	0.06	0.06
	300	12.30	10.29	0.98	2.01	34.44	34.38	0.07	0.06
	400	9.52	8.12	0.79	1.40	34.33	34.30	0.05	0.03
	500	7.63	6.63	0.64	1.00	34.27	34.27	0.05	0.00
600	5.82	5.37	0.34	0.45	34.24	34.28	0.04	-0.04	
22	0	19.60	16.97	1.23	2.63	34.66	34.49	1.15	0.15
	50	19.31	16.68	1.30	2.63	34.67	34.64	0.05	0.03
	100	16.77	15.87	1.01	0.90	34.60	34.61	0.06	-0.01
	150	16.31	14.73	1.25	1.58	34.57	34.56	0.05	0.01
	200	15.73	13.09	1.56	2.64	34.56	34.50	0.06	0.06
	250	14.77	11.66	1.83	3.11	34.56	34.44	0.08	0.12
	300	12.65	10.20	1.21	2.45	34.47	34.37	0.05	0.10
	400	9.20	7.93	0.78	1.27	34.31	34.28	0.04	0.03
	500	7.35	6.45	0.61	0.90	34.25	34.26	0.02	-0.01
600	5.77	5.23	0.35	0.54	34.25	34.27	0.02	-0.02	

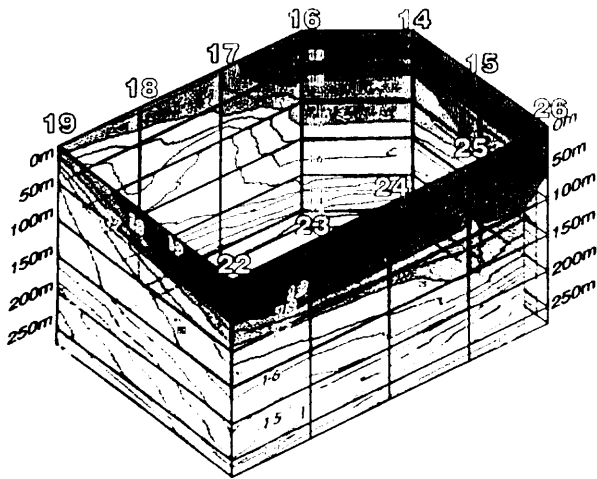
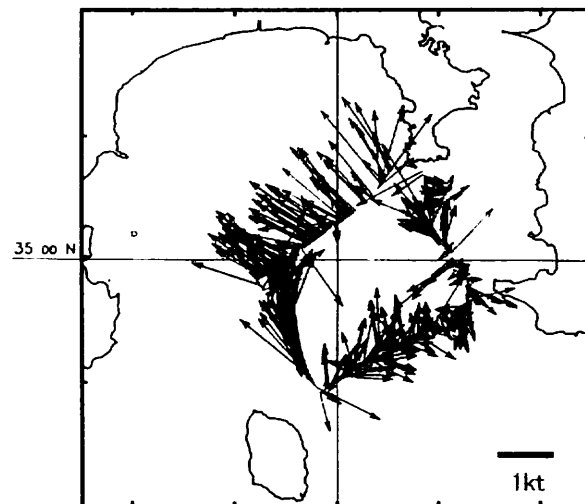


図2 水温断面図(2001年1月23日観測)

250m層及び300m層で「やや高め」であった。定点22の塩分は、34.26から34.61の範囲にあり、600m層で「やや低め」、200m層及び400m層で「やや高め」、250m層及び300m層で「高め」であった。

水温断面図を図2に示した。20°C近い高い表面水温(最高19.76°C)は、海域の南から東にかけて存在した。海域全体にわたって200m付近に高めの水塊が見られ、特に定点22において広い深度域で高い水温が分布していた。

ADCPによる流向流速の観測結果を図3に示した。航跡は9時に三崎を出港し、時計回りに定点を周り、15時15分に入港した。観測値は、第1層、水深12.5mの値で、観測値5個で移動平均を施した。ADCPの観測では、アライメントの誤差角を補正<sup>2)</sup>する必要があるが、調査



第1層 水深12.5m 移動平均(N=5)  
139 30 E

図3 ADCPによる流向流速  
ADCPのアライメント誤差は未補正。

船「さがみ」に設置のSW2000では、これまで2000年9月に1回試みた以外は補正をおこなっていない。その試みではアライメントの誤差角は-3.3°と見積もられた。その時を含めこれまでの観測事例では、船の左舷にほぼ直角に1ノット以上の一定して偏った観測値が得られており、-3.3°前後の誤差角に起因することが考えられた。今回の観測も同様の傾向があると考えられ、その傾向を勘案して結果を観察すると、定点14から26にかけてはやや西向きの流れが、定点26から22にかけては北へ向かう強い流れが、定点22から19にかけては北東へ向かう強い流れが、定点19から16にかけては北西に向かう流れがそれぞれ推察される。

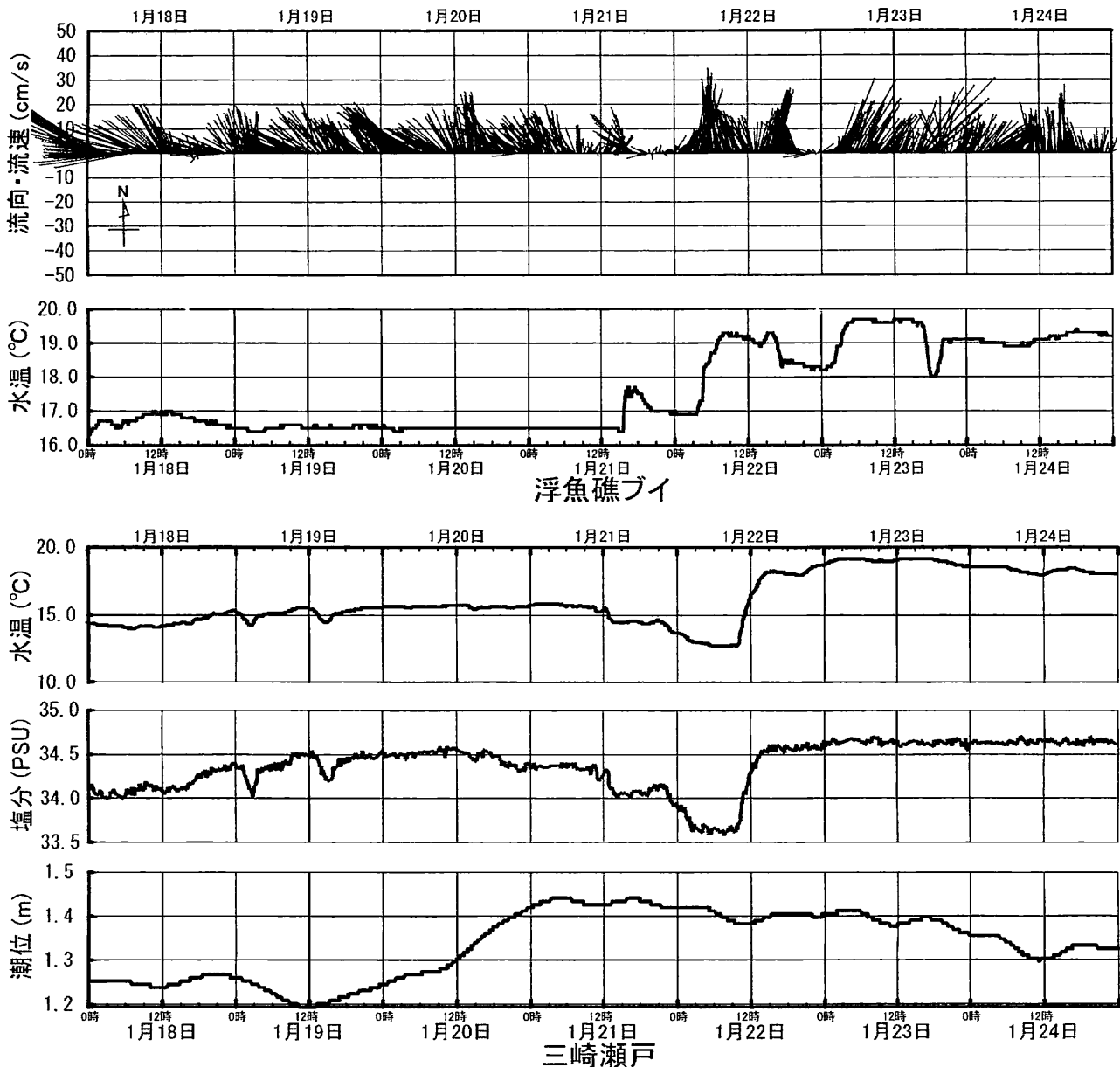


図4 定点連続観測における流向流速、水温、塩分及び潮位（2001年1月）  
 上：城ヶ島沖浮魚礁ブイにおける流向流速および水温  
 下：三崎瀬戸における水温、塩分及び潮位

定点連続観測 図4に浮魚礁ブイ及び三崎瀬戸における定点連続観測の結果を示した。  
 浮魚礁ブイにおける流速は、1月23日16時50分に観測された51.2cm/sが最高値で、それ以外は50cm/sに達する例は無かった。流向は、東西成分は変動が大きい、南北成分はほとんど全ての観測値が北向きとなっていた。浮魚礁ブイにおける水温は、1月20日の24時間は、平均水温16.50℃、標準偏差0.02℃であり、翌日1月21日15時まではほとんど変化がなかった。1月21日16時に水温

は17.60℃に上昇し小さなピークを形成した。今回の事例における浮魚礁ブイ水温の最も大きな水温変化として、1月22日4時ごろから8時20分にかけての4時間ほどの間に16.90℃(2時から4時までの平均)から19.27℃に達する水温の急上昇が観測された。1月21日の最低水温と1月22日の最高水温の差は2.87℃であった。  
 三崎瀬戸における水温は、1月20日の24時間は平均15.6℃、標準偏差0.1℃であったが、1月21日12時頃から徐々に低下し、1月22日5時50分に12.6℃になった。その

後、1月22日10時20分から著しく上昇し、15時30分に18.3℃に達した。その後も約1℃上昇し、1月22日の最低水温と1月23日の最高水温の差は6.6℃に及んだ。塩分は、水温と軌を一にした推移が見られた。1月20日の24時間は平均34.49PSU、標準偏差0.07PSUであったが、1月21日12時頃から低下し、1月22日7時50分に33.58PSUになった。その後、10時20分から著しく上昇し、15時10分に34.62PSUに達した。塩分の各日ごとの最高値は、1月19日に34.55PSU、1月20日に34.60PSU、1月22日に34.65PSU、1月23日は34.71PSU、1月24日は34.72PSUであった。潮位は、潮汐変動を除去するため25時間移動平均を施した。そのため、変化のおこりは、ある時刻においてその前後に合計25時間の幅があり、水温及び塩分のように明瞭な変化を確認することはできない。1月20日午前までは1.30mに満たなかったが、1月21日に1.44mに達した。その後、1月23日までは約1.4mで推移し、1月24日には1.3mに低下した。

過去の事例との比較 2001年1月23日の観測例では、200m層から600m層での平年より高い水温が特徴的であった。しかし、定点22においては、300m層、400m層、500m層及び600m層の1965年以来的観測例はそれぞれ、8例、7例、7例及び5例と少なく、相模湾及び相模灘海域において過去に観測数の多い水深は250mまでである。そのため本報では、200m層と250m層について検討する。測点及び観測月を問わず全観測例について集計した水温値の頻度分布を図5に示した。1月23日の観測例を矢印で示した。

200m層及び250m層における高水温の事例を表2に示した。

200m層で15℃を超えた事例は、1965年以來、60例存在する。さらに、15.5℃を超えた事例は8例存在する。沿岸定線観測史上最も高い例は、1988年10月6日に観測された定点24の16.21℃であり、2番目に高い例は、1999年11月5日に観測された定点24の15.81℃である。そして

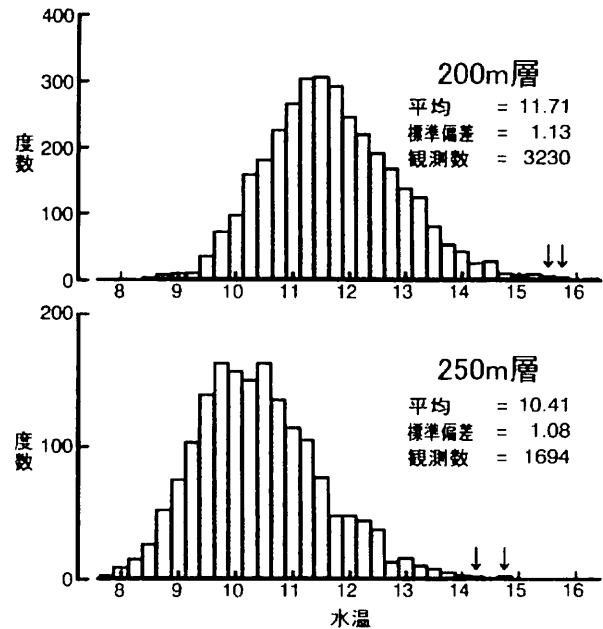


図5 全観測例における水温の頻度分布(200m、250m層) 2001年1月23日の観測例を矢印で示した。

表2 200m層及び250m層における高水温の事例

順位	200m層15.5℃以上				250m層14.0℃以上			
	年月日	測点	水温	年月日	測点	水温		
1	1988/10/6	24	16.21	2001/1/23	22	14.77		
2	1999/11/5	24	15.81	1997/3/1	3	14.20		
3	2001/1/23	22	15.73	2001/1/23	23	14.04		
4	1994/1/26	25	15.69					
5	2001/1/23	16	15.61					
6	2001/1/23	24	15.54					
7	2001/1/23	14	15.51					
8	1999/12/2	24	15.50					

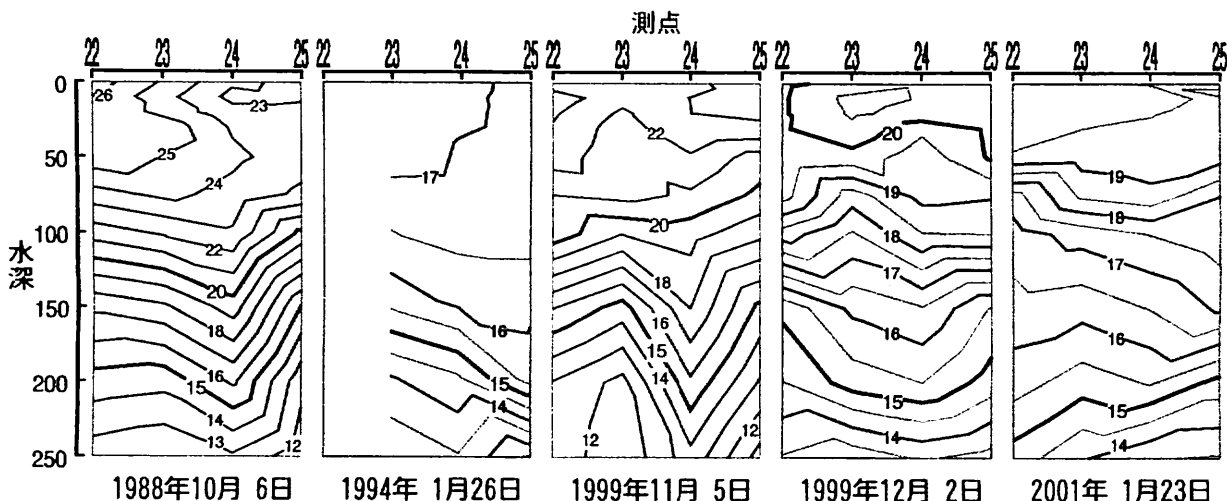


図6 大島東水道における水温の鉛直断面図 200m層及び250m層において顕著に高い水温が観測された事例について示した。

3番目に高い例として、今回対象としている2001年1月23日の定点22の15.73℃であった。4番目に高い例は、1994年1月26日に観測された定点25の15.69℃であるが、5番目から7番目は今回対象としている2001年1月23日の定点16, 24, 14の3例が占めている。8番目に高い例は、1999年12月2日の例であった。

250m層で14℃を超えた事例は、1965年以来、3例のみ存在する。沿岸定線観測史上最も高い2例が、今回対象としている2001年1月23日に観測された定点22の14.77℃及び定点23の14.20℃である。残る1例は、1997年3月の調査における観測結果の14.04℃であるが、同観測の航海の中でその定点のみ高い値を示しており、異常データの可能性がある。

200m層及び250m層において観測された顕著に高い水温の事例として、1988年10月6日、1994年1月26日、1999年11月5日及び1999年12月2日の観測例を参照し、今回の2001年1月23日の事例と比較した。これらの観測例において、大島東水道すなわち定点22から25にかけての鉛直断面を図6に示した。これらの過去の事例に共通してみられる特徴として、200m層において定点22で15℃を超えた例がないこと、定点24が定点22、23及び25と比べより深くまで高い水温が分布していることが挙げられる。一方、今回の2001年1月23日の観測結果では、定点22の200m層の水温が15℃を超えていること、定点22において他の定点と比べ最も深くまで高い水温が分布していることが特徴として挙げられる。

**黒潮の流路** 1988年10月6日、1994年1月26日、1999年11月5日及び1999年12月2日の観測例と今回の2001年1月23日について、関連する海況図を図7に示した。

1988年10月6日については、9月末に黒潮流路の接岸傾向とそれに伴う相模湾への顕著な暖水波及が見られたが、その傾向が10月上旬まで継続しており、大島西水道から暖水が流入している。1994年1月26日は、水温情報が少なく詳細は不明とされている。しかし、蛇行北上部の形態に注目すると、流軸が北西向きから北東向きへ屈曲する部位が御蔵島付近であり、伊豆諸島北部海域では流軸に並行した北東の流れが存在すると推察される。したがって、この例も大島西水道から暖水が流入していると推察された。1999年11月5日は、西水道から暖水が流入している様子が示されている。1999年12月2日は、相模湾へは大島西水道と東水道のどちらを通過して暖水が流入したかは明瞭ではない。しかし、三宅島付近から駿河湾に向かう暖水域が存在し、どちらかと言えば西水道から相模湾へ流入したと推察される。

2001年1月23日は、C型流路における蛇行北上部のS字状の上部屈曲から黒潮の分枝が発生し、房総沖から大島東水道を通過して相模湾にむけて、1月22日から分枝が直接的に到達した。

## 考 察

2001年1月23日の観測例について三崎瀬戸の塩分の変化を見ると、日毎の最高値は1月19日に34.55PSUに達しており、既に沖合水の流入が示唆された。1月22日の午前に顕著な極小を示した後に上昇し34.65PSUに達し完全に黒潮系沖合水が優占した。その後の変化は、塩分は水温に比べ上昇限度が限られているため、明瞭な変化はつかみにくい。1月23日、24日は、いずれも34.7PSUを超えており、黒潮系暖水によって置き換えられたと考えられる。

1988年10月6日、1994年1月26日、1999年11月5日及び1999年12月2日の定線観測の結果は、いずれも、大島東水道において定点22あるいは23が定点24より低温であった。黒潮分枝の中あるいは黒潮が伴った速い流れの中に大島が入る場合、島で剥離が生じ、その後流の渦に伴う局所的な湧昇が知られている<sup>9)</sup>。このような黒潮分枝あるいは黒潮系の流れが大島西水道を通過して相模湾に流入する場合、定点22及び23のような大島の近傍ではこの湧昇により水温が周囲より下がる。これらの観測日及び関連する日の黒潮流路は、一都三県漁海況速報によると、いずれの例においても程度の差こそあれ、これまでの知見どおり大島西水道から相模湾に流入している<sup>10)</sup>。

今回の2001年1月23日の例では、逆に定点22の水温が他の定点よりも高く、湧昇をとまなう西水道からの流入のパターンにあてはまらず、一都三県漁海況速報からみた黒潮の動きと一致している。なお、この黒潮の動きは、最近の特異的な傾向としてとりあげられている<sup>10)</sup>。すなわち、1999年9月以降2001年6月まで、黒潮は室戸岬沖から潮岬沖において、大蛇行期間中の特徴とされる離岸基調が継続していた。これに伴い、遠州灘沖から伊豆諸島海域では、蛇行が継続して存在するという大蛇行期間に類似した形態が特徴的であった。特に、伊豆諸島海域を大きく取り囲むC型流路の際に、蛇行北上部の流路変動が特徴的であり、しばしばS字状の形態を示し、房総沖から伊豆諸島北部海域へ暖水波及が見られた。2001年1月23日の他、1999年11月5日及び1999年12月2日の水温は顕著に高い観測値を示しており、この特異的な蛇行傾向と一致している。

ADCPの観測結果は、定点19の南側で北東に向かう流れが推察され、従来どおり大島西水道からの流入の存在を示している。しかし、定点26から22にかけては北へ向かう強い流れが見られ、大島東水道からの黒潮分枝の直接的な流入が顕著である。

城ヶ島沖の浮魚礁ブイでは、流速に関しては「急潮注意報」を発表する水準<sup>11)</sup>に達していなかった。流速計の観測値を疑問視する声もあるが、急潮発生時の兆候の見られる前と観測値がほとんど変わっておらず、水温上昇に一致した流速の上昇は実際に存在しなかった可能性が示唆される。

今回の三崎瀬戸の1月21日午後から1月22日午前にかけて、水温に低下が見られた。この水温の低下は、塩分の低下が軌を一にして起こっており、東京湾系水の関与が

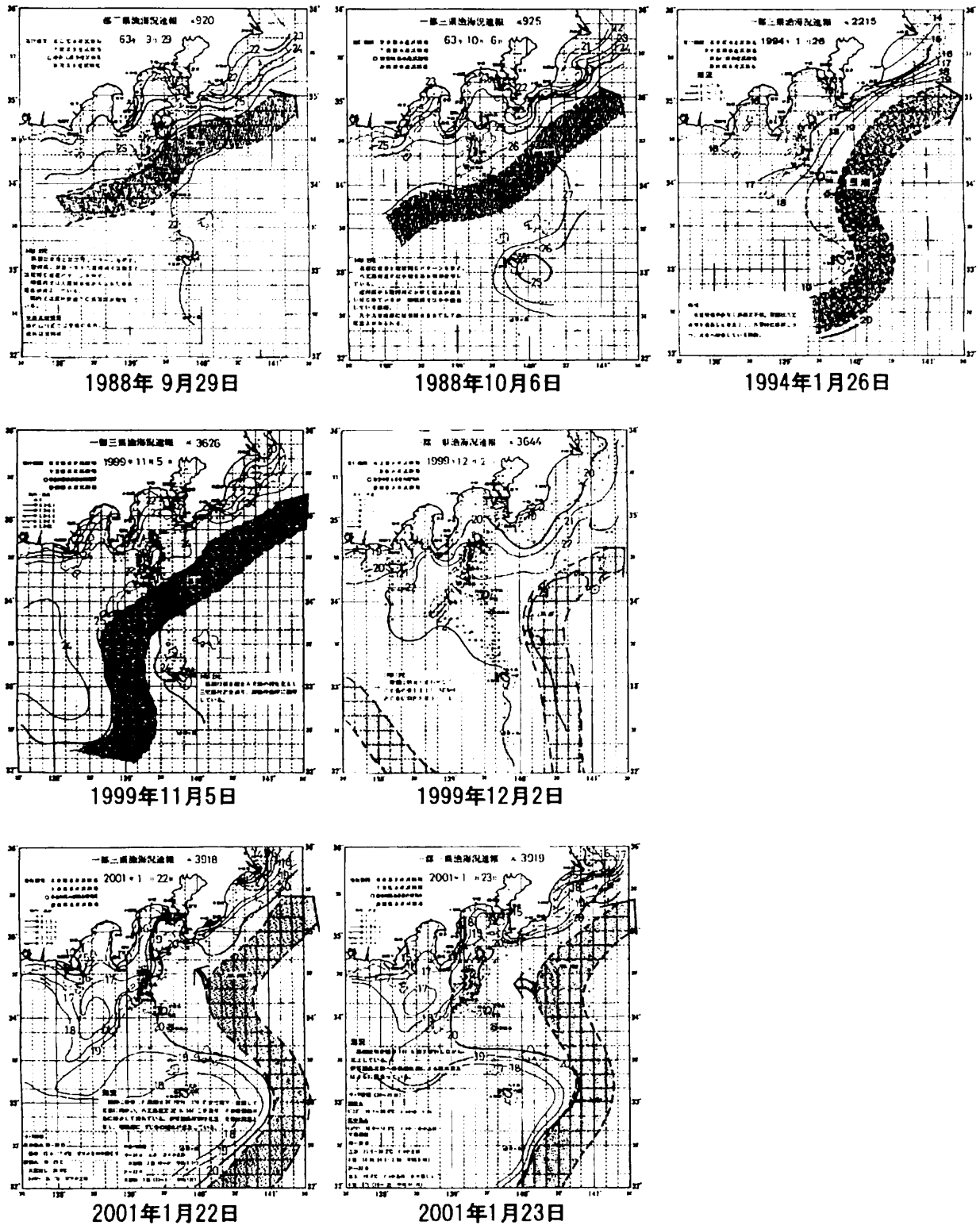


図7 一都三県魚海況速報による黒潮の流路  
200m層及び250m層において顕著に高い水温が観測された事例について示した。

推察される。すなわち、沖合からの強勢な暖水の侵入により、東京湾口から流出する東京湾系水は沖合に流去することなく、三浦半島沿いに西進し、三崎瀬戸の水温塩分を低下させたのではないかと推察される。

1988年の例に関しては、岩田他<sup>9)</sup>が9月18日、9月29日及び12月1日に定置網に大被害をもたらした急潮の発生を報告している。このなかで、12月1日に発生した急潮は沖合からの高温水の流入によることを指摘しているが、ほかの2例については黒潮流路と表面水温の変化を伴わなかったことを指摘している。しかしながら、定線観測の結果では1988年10月6日に、200m層における観測史上最も高い水温を記録していた。これは、定地水温等の表面水温で検出されないような沖合暖水流入が200m層の水温で検出されたと解釈でき、1988年9月29日の急潮と沖合暖水の流入の関連が推察される。

過去の事例では、相模灘の200m層においては黒潮の流路変動に伴う水温変化が顕著であるものの、定地水温では明瞭に変化が現れない場合が見うけられた。このことから、急潮の発生につながる沖合暖水の流入をより明瞭に捉えることができるCTD観測の重要性が指摘できる。本報では、CTD観測結果から過去の事例における急潮の発生と沖合暖水流入の関係を論じることができた。このような定線観測結果を用いた解析あるいはその他のCTD観測による解析を今後も積み重ねることは、急潮発生機構の解明のひとつの方法となろう。

相模灘海域の200m層において見られた、黒潮の流路変動に伴う温度変化は、定点24付近に顕著に見られた。従来沿岸定線観測では、代表点として定点19及び22を見てきたが、特に22は大島による湧昇流の影響があり、黒潮流路の変動を的確に示さない場合があることが示唆された。今後は、定点24にも注目する必要があるだろう。

また、現時点では実現困難であるが、相模灘海域における200m以深の定点連続観測が実現できれば、急潮予測の精度がより向上するものと考えられる。

2001年1月23日発生した大規模な急潮は、近年の特異的な黒潮流路に関連した大島東水道からの黒潮分枝が直接的に流入し、これまでに見られない特徴を有した。

## 要 約

2001年1月23日の沿岸定線観測では相模灘に厚さの著しい暖水が流入していた。250m層では、定点22で観測史上最高の14.77℃を記録した。沿岸定線観測による大島東水道における水温の鉛直断面は、従来の高水温事例とは異なる分布形態が見られ、より強い黒潮分枝の流入が推察された。

浮魚礁ブイにおいては、流速に顕著な上昇は見られなかった。水温は1月21日から22日にかけて約3℃上昇した。

三崎瀬戸において、水温及び塩分は1月21日から22日にかけて低下した後、22日のうちに著しく上昇した。1月22日から23日にかけて、水温は6.6℃上昇した。潮位は1月21日に上昇が見られ、23日まで高かった。

1月23日に発生した急潮は、黒潮暖水の流入によるタ

イプであった。その流入形態は、これまでの事例に見られない特徴として、大島東水道からの黒潮分枝の直接的な関与が示唆された。

## 謝 辞

海洋観測を支えてくださった調査船「さがみ」の奥村弘幸船長をはじめ乗組員の方々にお礼申し上げます。また、平成12年3月で廃船となった「さがみ」に改めて惜別の念を表します。

## 引用文献

- 1) 木村喜之助 (1942): 沿岸の大急潮について. 中央気象台彙報, 19, 1-85.
- 2) 宇田道隆 (1953): 相模湾の急潮とその予知について(第1報). 日本海洋学会誌, 9, 15-22
- 3) 石野誠・大塚一志・瀬戸口明宏・橋本敬之助 (1967): 日本近海海流系に関する水産海洋学的研究 I 黒潮分枝流の接岸流入とそれに伴う漁業災害の1例. うみ, 5, 244-250.
- 4) 岩田静夫 (1979): 相模湾の急潮について 定地水温の変動からみたパターン分け. 神水試 相模湾資源環境調査報告書 (環境部門), 35-40.
- 5) 岩田静夫・松山優治・前田明夫 (1990): 相模湾の急潮(2). 神水試研報, 11, 11-15
- 6) 神奈川県 (1965-1994): 昭和39年度-平成5年度 漁海況予報事業結果報告書, 神奈川県水産試験場.
- 7) 東京都・千葉県・神奈川県・静岡県 (1988, 1994, 1999, 2001): 一都三県漁海況速報, No.920, 925, 2215, 3626, 3644, 3918, 3919.
- 8) Joyce, T. M. (1989): On in situ calibration of shipboard ADCP. J. Atmos. Oceanic Technol., 6, 169-172.
- 9) Takahashi, M., I. Koike, T. Ishimaru, T. Saino, K. Furuya, Y. Fujita, A. Hattori and S. Ichimura (1980): Upwelling plumes in Sagami Bay and adjacent water around the Izu Islands, Japan. J. Ocean. Soc. J., 36, 209-216.
- 10) 宇田道隆 (1937): 「ぶり」漁期における相模湾の海況及び気象と漁況との関係. 水産試験場報告, 8, 1-59.
- 11) 岩田静夫 (1984): 相模湾の流動特性. 水産海洋研究会報, 47・48, 100-102.
- 12) 中央水産研究所 (2001): 長期漁海況予報 中央ブロック No.115.
- 13) 石戸谷博範 (2000): 相模湾における定置網を急潮から守るマニュアル. ていち, 97, 1-23.