

**短 報**

**急潮が発生する海洋条件の検討**

長谷川雅俊<sup>1</sup>

Short paper

Examination of the marine condition that causes Kyucho outbreak

Masatoshi Hasegawa

キーワード：急潮，沿岸密度流

相模湾及び駿河湾でこれまで黒潮系暖水の流入によって発生した急潮現象がいくつか報告されている。松山, 岩田<sup>1)</sup>は1975年4月に相模湾で暖水の流入によって発生し定置網に被害を与えた急潮現象を報告した。この急潮現象をYamagata<sup>2)</sup>は回転流体に衝撃波が伝わったものとして考察した。また, Kubokawa and Hanawa<sup>3)</sup>は回転流体での岸に沿う密度流の侵入現象として考察し, 沿岸密度流の先端部の伝達速度Cを計算する式を次のように与えている。

$$C = (1.45 \pm 0.02) \sqrt{g'h}$$

ここで,  $g' = g\Delta\rho/\rho$ ,  $\rho$ :密度,  $g$ :重力加速度,  $h$ :流入暖水の厚さ(m)

この式(以下, KH式と称す)は, その後も利用されている。

1992年3月に駿河湾で発生した急潮現象は稲葉ら<sup>4)</sup>と勝間田<sup>5)</sup>によって報告された。2者の報告は同じ観測記録を使用しているが, KH式に用いるデータが異なり伝達速度の計算結果が異なっている。相模湾では, その後1994年1月(石戸谷<sup>6)</sup>に代表される)と2001年1月(樋田, 中田<sup>7)</sup>)の急潮が, また, 駿河湾では2002年11月の急潮(長谷川<sup>8-10)</sup>)が報告されている。

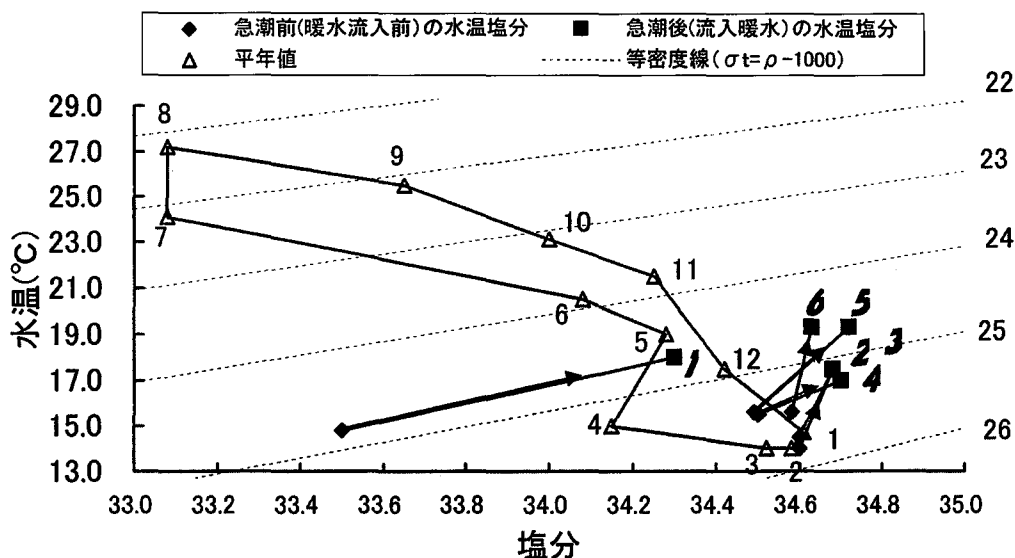
第1表 相模湾, 駿河湾で発生した暖水流入による急潮時の状況

事例	年月日	湾	急潮前(暖水流入前)			急潮後(流入暖水)					密度差	ロスビーの内部変形半径(km)	沿岸密度流の先端部の伝達速度(m/s)	研究者
			水温(°C)	塩分	密度	水温(°C)	塩分	密度	厚さ(m)	幅(km)				
1	1975.4.23	相模湾	14.8	33.5	24.86	18.0	34.3	24.74	50	-	0.12	-	1.00	松山・岩田 <sup>1)</sup> Yamagata <sup>2)</sup> Kubokawa・Hanawa <sup>3)</sup>
2	1992.3.5	駿河湾	14.0	34.6	25.87	17.5	34.68	25.15	60	15	0.72	7.7	0.93	稲葉・安田・川畑・勝間田 <sup>4)</sup> 勝間田 <sup>5)</sup>
3			14.5	34.6	25.75	17.5	34.68	25.15	60	15	0.60	7.7	0.70	
4	1994.1.9	相模湾	15.5	34.5	25.48	17.0	34.7	25.29	70	15	0.30	5.5	0.70	石戸谷 <sup>6)</sup>
5	2001.1.23	相模湾	15.6	34.49	25.45	19.3	34.72	24.73	70	-	0.72	-	1.00	樋田・中田 <sup>7)</sup>
6	2002.11.25	駿河湾	15.6	34.58	25.51	19.3	34.63	24.66	50	-	0.85	7.6	0.92	長谷川 <sup>8)</sup>
	平均		15.0	34.38	25.49	18.1	34.62	24.95	60	15	0.55	7.1	0.88	
	最小		14.0	33.5	24.86	17.0	34.3	24.66	50	15	0.12	5.5	0.70	
	最大		15.6	34.6	25.87	19.3	34.72	25.29	70	15	0.85	7.7	1.00	
事例1除く平均			15.0	34.55	25.61	18.1	34.68	25.00	62	15	0.638	7.1	0.85	

2007年3月15日受理

静岡県水産試験場伊豆分場研究報告第142号

<sup>1)</sup>静岡県水産試験場伊豆分場



第1図 駿河湾における表層の水温塩分の月別平均値の変動と急潮前後の水温塩分  
 (平年値は地先観測 st26 の 1964~1974 年の平均値を、△の数字は月を、流入暖水の数字は第1表の事例を表す。矢印の方向が急潮前から急潮後を表す)

これらの急潮は 11~4 月の寒候期に発生しており、湾内のある密度を持つ海水の中にそれより密度の軽い暖水が流入して急潮現象が発生したものである。

ここでは、急潮の発生する海洋条件を、相模湾及び駿河湾における過去の黒潮系暖水の流入による急潮時の状況と KH 式から検討した結果を報告する。この小論は静岡県農業水産部水産振興室（前静岡県水産試験場漁業開発部）海野幸雄氏との議論から示唆されたところが大きい。記して感謝の意を表す。

海洋観測結果からみた急潮の発生する海洋条件

第1表に相模湾及び駿河湾で発生した暖水流入による急潮現象の暖水流入前の水温、塩分、密度、流入暖水の水温、塩分、密度、暖水の厚さと幅、暖水流入前と後の密度差、ロスビーの内部変形半径、KH 式によって計算した沿岸密度流の先端部の伝達速度を示した。このうち、事例5は樋田、中田<sup>7)</sup>が示したデータから筆者が計算したものである（水温及び塩分は樋田、中田<sup>7)</sup>の図4水温塩分の連続観測から、暖水の厚さは図6水温鉛直断面から求めた）。KH 式では地衡流平衡が仮定されているが、駿河湾口の幅：56 km、相模湾口の大島西水道の幅：37km、大島東水道の幅：42km であり、これらはロスビーの内部変形半径より大きかった。また、流入暖水の幅が求められている例でもそれぞれロスビーの内部変形半径より大きかったため、地球の回転効果の影響を受けるには十分な空間スケールであり、沿岸密度流として暖水が岸に沿って流入することが想定された。

第1図には T-S ダイアグラム上に暖水流入前の水温及び塩分と流入暖水の水温及び塩分を示すとともに、中村<sup>11)</sup>が示した駿河湾湾央での表層の水温及び塩分（静岡水試地先定線観測 St26 の 1964~1974 年の平均値、中村<sup>11)</sup>の第51 図からの読み取り値）を月毎に示した。この図によると事例 2~6 においては密度の低い暖水が流入したことが示されているが、事例 1 では既に松山、岩田<sup>12)</sup>で指摘されているように等密度線に沿って暖水が流入したことが示されている。これは「湾内のある密度を持つ海水の中にそれより密度の軽い暖水が流入して急潮現象が発生した」との考えに反する現象である。ここで使用した水温及び塩分の観測場所は三崎瀬戸であり（松山、岩田<sup>12)</sup>、ごく沿岸では流入してきた暖水を直接観測することができないためかもしれない\*。事例 1 の水温及び塩分観測値を異常値として除いて計算すると、急潮発生前に湾内に分布していた海水の平均値は水温 15.0℃、塩分 34.55、密度 25.61、湾内に流入してきた暖水の平均値は水温 18.1℃、塩分 34.68、密度 25.00、暖水の厚さ 62m であり、密度差は 0.64 となった。その結果暖水の流入速度は 0.85m/s であった。以上過去の知見から、この程度の密度差で急潮現象が起こることが示された。

駿河湾内の平均的な海況からみると、事例 2~6 は 12~3 月の海洋条件で急潮が発生している。しかし、実際に発生したのは 11~4 月であること<sup>1,4-10)</sup>からわかるように、同じ月でも海況は年によって変動するため、急潮の発生は

\*漁業情報サービスセンター岩田静夫氏から示唆された。

月に依存するのではなく、水温 16°C 以下、かつ塩分 34.4 以上という海洋条件に依存していると言える。このことから、海洋観測により湾内外の海況を押さえることで、急潮発生の可能性を探ることができる。

**KH 式からみた急潮の発生する海洋条件**

黒潮系暖水の流入による急潮を「湾内のある密度を持つ海水の中にそれより密度の軽い暖水が流入することにより生じる現象」と考えた場合、海洋観測（水温塩分観測）によって湾内水と外洋水の密度が計算されるので、KH 式での未知数は沿岸密度流の先端部の伝達速度：C と流入暖水の厚さ：h となる。ここで、第 1 表から過去の急潮において KH 式で計算された伝達速度の最小値、すなわち少なくとも急潮現象とみなせる速度 0.7m/s を C の値とすることで、暖水の厚さ h が計算される。

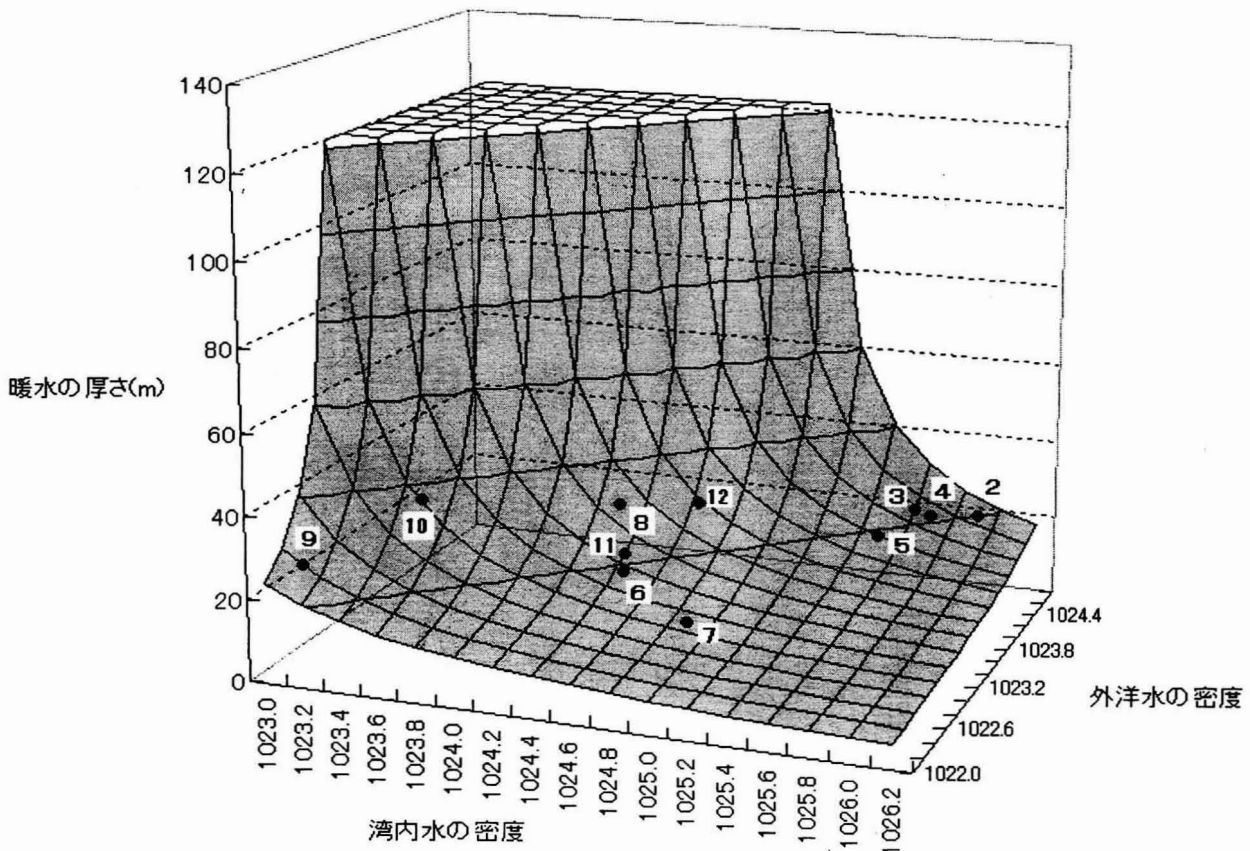
暖水の厚さ h の計算値が小さくなる場合は僅かな暖水の流入で C=0.7 が実現することになり、急潮が発生する可能性が高いことになる。逆に暖水の厚さ h の計算値が大きくなる場合は C=0.7 が実現されるためには暖水が大量に流入しなければならないことになり、比較的急潮が発生する可能性が低くなる。

第 2 図に湾内水と外洋水の密度で規定される急潮が発生

する時の KH 式で計算された暖水の厚さを示した。網目状に末広りの斜面領域（色付き領域）が KH 式上で急潮が発生する領域で、暖水の厚さが低い領域は僅かな暖水の流入で急潮が起こることを示しており、急潮の発生する可能性が高い領域である。湾内水の密度が低く、外洋水の密度が高い領域は KH 式上で急潮が発生しない領域である。

静岡県水産試験場が沿岸・沖合漁業指導調査船駿河丸で行った 1997 年度の地先定線観測<sup>12)</sup>では御前崎正南の 32.5° N まで毎月観測が行われており（1998 年 1 月のみデータがない）、湾内水と外洋水（黒潮系水）の水温及び塩分が得られている。湾内水と外洋水（黒潮系水）の水温及び塩分から月毎に湾内水と外洋水の密度を求め、第 2 図にプロットした。ここで、湾内の 50m 以浅に外洋水が流入し急潮が発生すると考え、湾内水は St25~27 の 50m 以浅の平均値（極端に低塩分の観測値は除いた）、外洋水は水温が高い測点 St30~35 の 50m 以浅の平均値である。

月により、急潮が発生する暖水の厚さは異なっており、1997 年の観測例では 5~7 月が比較的急潮発生の可能性が高く、8~10 月と 12 月が低い海洋条件であったと判断できる。また、どの月も急潮が発生する暖水の厚さは 40m 以下であった。この値は伝達速度 0.7m/s であった事例 3、及び 4 の急潮時の暖水の厚さ 60~70m よりも小さい値で



第 2 図 湾内水と外洋水の密度から計算された急潮を起こす暖水の厚さ  
 プロットは 1997 年度地先定線観測における湾内水と外洋水の関係を表す(数字は月を表す)。  
 KH 式  $C=(1.45\pm 0.02)\sqrt{g'h}$  ( $g' = g\Delta\rho/\rho$ ,  $\rho$ : 密度,  $g$ : 重力加速度,  $h$ : 暖水の厚さ(m)で,  $C=0.7\text{m/s}$ とした。

あった(第1表)。湾内に直接外洋水(黒潮系水)が流入して急潮が発生すると考えると、暖水の厚さは非常に小さい値となることがわかった。現実の急潮時の暖水の厚さはこれほど小さい値ではないので、この違いを明らかにすることは今後の課題である。黒潮系水の密度の年変動や変質した黒潮系暖水の流入などを検討する必要があると考える。

以上のように、急潮発生の可能性を検討できる二つの考え方を記述したが、いずれも湾内外の海洋観測が重要となる。これらの考え方は現時点が急潮の発生に留意しなければならぬ時かどうかを判断するのに役立つと考えられる。さらに、急潮の被害防止のためには急潮がいつ起こるかを予測する黒潮の動向<sup>13)</sup>、水温・流況観測<sup>8,15)</sup>および潮位変動<sup>9,10,13)</sup>からなる海況モニタリングによる急潮予報を組み合わせる必要がある。

## 文 献

- 1) 松山優治, 岩田静夫 (1977): 相模湾の急潮について (1)1975年に起った急潮, 水産海洋研究会報, 30, 1~7.
- 2) Yamagata, T (1980): A theory for propagation of an oceanic warm front with application to Sagami Bay, *Tellus*, 32, 73~76.
- 3) Kubokawa, A. and K. Hanawa (1984): A Theory of Semigeostrophic Gravity Waves and its Application to the Intrusion of a Density Current along a Coast. Part 2 Intrusion of a Density Current along a Coast in a Rotating Fluid, *Journal of Oceanographical Society of Japan*, 40, 260~270.
- 4) 稲葉栄生, 安田訓啓, 川畑広紀, 勝間田高明 (2003): 1992年3月上旬に発生した駿河湾の急潮, *海の研究* 12(1), 59~67.
- 5) 勝間田高明 (2004): 駿河湾への外洋水の流入過程, 東海大学大学院 2003年度博士論文, 110pp.
- 6) 石戸谷博範 (2001): 相模湾における急潮と定置網の防災に関する研究, 神奈川県水産総合研究所論文集, 1, 108pp.
- 7) 樋田史郎, 中田尚宏 (2002): 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, 神奈川県水産総合研究所研究報告, 7, 109~115.
- 8) 長谷川雅俊 (2004): 2002年11月下旬に駿河湾で発生した急潮と関連した水温変動, 静岡県水産試験場研究報告, 39, 51~54.
- 9) 長谷川雅俊 (2005): 2002年11月下旬に駿河湾で発生した急潮現象, 静岡県水産試験場研究報告, 40, 1~10.
- 10) 長谷川雅俊 (2006): 2002年11月下旬に駿河湾で発生した急潮現象における潮位変動, 静岡県水産試験場研究報告, 41, 1~5.
- 11) 中村保昭 (1982): 水産海洋学的見地からの駿河湾の海洋構造について, 静岡県水産試験場研究報告, (17), 1~153.
- 12) 静岡県水産試験場 (1999): 平成9年度漁況海況予報関係事業結果報告書, 50pp.
- 13) 岩田静夫 (2004): 急潮の特徴と予報について, *てい*ち, 105, 39~66.