

## 駿河湾・相模湾への黒潮系暖水流入による 急潮の前駆現象

長谷川雅俊\*<sup>1</sup>・藤田信一\*<sup>2</sup>・石戸谷博範\*<sup>3</sup>

駿河湾・相模湾では黒潮系暖水の流入による急潮が発生するが、その前駆現象を検討し急潮予測に役立てた。2001年3月～2007年7月までの神津島潮位と波勝崎沖水温の変動を、その後に駿河湾・相模湾に暖水が流入したかどうかの観点で検討した。神津島の潮位上昇から平均で6日後に波勝崎沖で昇温しており、その潮位上昇速度は平均10.5cm/日、潮位上昇量は平均35cmであった。神津島の潮位上昇事例の67%、波勝崎沖の昇温事例の83%で駿河湾への暖水流入が、神津島の潮位上昇事例の90%、波勝崎沖の昇温事例の100%で相模湾への暖水流入が発生していた。これらのことから神津島潮位上昇－波勝崎沖水温上昇は黒潮系暖水流入による急潮の前駆現象として扱うことができると判断された。また、波勝崎沖での日平均水温の前日差、前々日差、前々々日差がそれぞれ $\mu + 2.5\sigma$  ( $\mu$ : 前日差, 前々日差, 前々々日差の平均値,  $\sigma$ : 標準偏差) にあたる1.1°C, 1.6°C, 2.0°Cのいずれかの値以上が観測されたときには、暖水流入の前駆現象となる昇温現象と判断できると考えられた。そのため、これらの前駆現象を利用した駿河湾・相模湾の急潮予測の具体的手順を示した。

キーワード：急潮, 前駆現象, 駿河湾, 相模湾

### はじめに

駿河湾や相模湾では、黒潮系暖水の流入による急潮が発生し<sup>1-6)</sup>、定置網の被害が問題となっている。定置網の漁具被害防止のためには、網抜き・付着物除去等の事前の対策が必要であり、前駆現象を把握して早期かつ正確な急潮予測を行う必要がある。

2005年11月に駿河湾・相模湾へ黒潮系暖水が流入した事例における海況パターンを解析した結果<sup>7)</sup>、「①神津島への黒潮系暖水の波及と前後して神津島の潮位が上昇し、南伊豆－伊東の潮位差が大きくなる。遅れて三宅島の潮位が上昇する。②駿河湾口に暖水が波及する前に湾西部で南下流が卓越する。③波勝崎沖で昇温が観測され、駿河湾、相模湾に暖水が波及する」というパターンが見出された。また、石戸谷らは、相模湾を対象に急潮の発生要因等を整理して急潮の予報システムについて検討しており<sup>8)</sup>、この中で2005年11月の事例等を参考に、神津島における潮位や波

勝崎沖の水温等を注目すべき要素としてあげている。

そこで本研究では、長期間の観測記録が得られている神津島潮位と波勝崎沖水温の変動から黒潮系暖水流入による急潮の前駆現象を明らかにし、急潮予測の具体的手順について検討を行った。

本文に先立ち、タイドカラーフィルターのソフトを御提供いただいた東海大学海洋学部勝間田高明博士に感謝の意を表す。

### 材料及び方法

2001年3月2日～2007年7月26日における神津島潮位の変動および波勝崎沖水深5m層の水温と、駿河湾・相模湾への黒潮系暖水流入との関係を、潮位または水温の変動後に暖水が流入したかどうかの観点で、NOAA画像、一部三県漁海況速報、湾内水温観測記録により検討した。

2009年2月16日受理

静岡県水産技術研究所伊豆分場研究報告第148号

<sup>1</sup> 静岡県水産技術研究所漁業開発部

<sup>2</sup> 静岡県水産技術研究所伊豆分場

<sup>3</sup> 神奈川県水産技術センター相模湾試験場

表1 神津島の潮位上昇事例と波勝崎沖昇温、駿河湾・相模湾への暖水流入の状況(付:神津島で潮位上昇なくて波勝崎

No.	神津島潮位(気圧・潮汐変動補正值)						波勝崎沖水温昇温状況						駿河湾・相模湾の昇温状況			
	潮位上昇年月日	昇温までの日数	潮位上昇速度(cm/日)	上昇後の潮位(cm)	上昇時の潮位(cm)	潮位上昇量(cm)	昇温年月日	昇温状況(°C)	前日差(°C)	前々日差(°C)	前々々日差(°C)	雲見地先(°C)(月日)	沼津地先(°C)(月日)	口野地先(°C)(月日)	城ヶ島沖(°C)(月日)	
1	2002/2/25~28(急上昇)	4	11.3	103	75	28	2002/3/1	+4.0	+2.1	+3.1	+3.0	+2.5(3/1~4)	+1.4(3/1~4)	+3.0(3/2~3)	+3.0(3/3)急潮警報	
2	2002/3/16~18(急上昇)	4	19.7	116	80	36	2002/3/20	+2.5	+1.7	+1.7	+1.6	+1.3(3/20~22)	昇温なし	昇温なし	+2.5(3/26~31)	
3	2002/3/23~29	7	11.2	130	95	35	2002/3/30	+2.5	+1.5	+2.5	+2.7	+1.6(3/29~4/1)	+1.3(3/29~4/1)	+2.0(3/30)	+3.0(4/5~6)	
4	2002/4/12~15(急上昇)	7	19.3	126	88	38	2002/4/19	+2.8	+1.2	+1.4	+2.3	+1.6(4/19~23)	+2.0(4/23~25)	+3.0(4/22~24)	+3.0(4/22)	
5	2002/9/3~10	昇温なし	8.6	150	98	52	(2002/9/3)	昇温なし	-	-	-	昇温なし	昇温なし	欠測	昇温なし	
6	2002/9/29~10/2	昇温なし	19.7	140	100	40	(2002/9/29)	昇温なし	-	-	-	-	-	昇温なし	昇温なし	
7	2003/7/23~26(27~欠測)	4	14.0	124.6	91	33.6	2003/7/27	+2.0	+1.8	+2.1	+2.2	+1.2(7/29~30)	昇温なし	昇温不明瞭	+3.5(7/28)	
8	2003/8/9~15	1	7.0	128.6	91.5	37.1	2003/8/10~11	+3.0	+1.3	+1.7	+1.2	+2.3(8/9~10)	昇温なし	欠測	+4.5(8/17)直後に降温	
9	2003/10/5~9	3	12.2	140	96	44	2003/10/8~10	+4.5	+1.6	+2.6	+3.4	+4.1(10/8~10)	+2.3(10/10~14)	+2.0(10/10~11)	+3.5(10/11)	
10	2003/11/23~26	4	13.8	126	94	32	2003/11/27~28	+3.5	+2.3	+2.8	+3.1	+1.8(11/26~27)	+2.2(11/28~12/1)	+2.0(11/29)	+4.5(12/3~4)	
11	2003/12/7~16(12/26まで高潮位)	20	4.7	122	90	32	2003/12/27	+2.5	+1.2	+1.3	+2.1	+1.2(12/24~27)	+2.4(12/26~1/5)途中欠測	欠測	+3.5(12/23~28)	
12	2004/1/3~10	13	5.7	125	95	30	2004/1/16~19	+3.5	+1.0	+1.9	+2.4	+1.4(1/16~18) +2.8(1/19~20)	+0.9(1/20~21)		+2.5(1/18~20)	
13	2004/2/22~(2/24~欠測)	7	9.7		82		2004/2/29~3/4	+3.5	+1.3	+2.0	+1.9	+1.3(2/29~3/1) +2.7(3/4~5)	+1.6(3/9~10)	+2.5(3/1~10)	+3.5(3/7~10)	
14	欠測(2004/3/6には高潮位)	-	-	-	-	-	2004/5/6~7	+3.5	+1.4	+1.4	+1.2	+3.4(5/2~8)	+3.2(4/30~5/14)	欠測	+3.0(5/6~7)	
15	2004/5/18~27	9	15.5	144	88	56	2004/5/27	+4.5	+2.7	+3.2	+3.0	+1.2(5/27~28)	+3.4(5/26~31)途中欠測	+2.0(5/30)	+3.0(5/24~28)	
16	2004/6/10~15	昇温なし	18.1	121	85	36	2004/6/10	昇温なし	-	-	-	-	-	-	-	
17	2004/7/1~3	6	14.7	127	95	32	2004/7/7	+2.0	+0.8	+1.2	+1.3	+1.4(7/9~10)変動激しい	昇温なし	欠測	昇温なし	
18	2004/10/11~20	昇温なし	3.4	148	113	35	(2004/10/11)	昇温なし	-	-	-	-	-	-	-	
19	2004/11/21~27	昇温なし	5.7	134	112	22	2004/11/21	昇温なし	-	-	-	-	-	-	-	
20	2005/1/14~20	7	5.8	133	107	26	2005/1/21~23	+2.5	+0.9	+1.8	+1.6	+1.7(1/22~24)	+3.0(1/21~26)	観測終了	昇温なし	
21	2005/2/3~5	3	7.5	121	108	13	2005/2/6~8	+2.0	+0.6	+1.2	+1.4	+1.7(2/6~8)	昇温なし		+2.0(2/9)	
22	2005/2/22~3/2	9	4.1	117	100	17	2005/3/3~6	+2.0	+0.9	+1.0	+1.1	+2.1(3/4~5)	+0.8(3/8~10)		昇温なし	
23	2005/4/10~18	2	6.9	116	93	23	2005/4/12~13	+2.0	+1.1	+1.2	+1.0	+1.7(4/12~14)	+1.5(4/14~18)		+2.0(4/19)	
24	2005/10/10~16	2	5.9	220	185	35	2005/10/12~17	+4.0	+1.1	+1.5	+2.3	+1.8(10/13~15)	+1.9(10/18~20)		+4.0(10/18)	
25	2005/11/9~11(11/12~2006/1/6欠測)	4	14.1		192		2005/11/13~14	+3.0	+1.4	+2.5	+2.7				+3.0(11/15~16)	
26	2006/4/16~25	10	10.9	225	176	49	2006/4/26	+6.0	+2.8	+5.1	+5.1	+2.8(4/26~27)	+2.5(4/27~28)		欠測	
27	2006/8/26?~(この前欠測)	昇温なし	15.5	222	179	43	(2006/8/26~29)	昇温なし				昇温なし	+1.0(8/29~30)		昇温なし	
28	2006/12/29~2007/1/7	3	10.0	236	180	56	2007/1/1~6	+5.0	+1.5	+2.3	+2.6	+1.3(1/3~4)	+3.4(1/5~9)		+6.0(1/5)	
29	高潮位のまま(昇温あり)	-					2007/1/12~14	+2.5	+0.9	+1.4	+1.4	昇温なし	昇温なし		+2.5(1/17~18)	
30	2007/1/24~2/10	11	7.5	219	175	44	2007/2/4~8	+2.5	+0.9	+1.3	+1.4	+1.1(2/8~9)	昇温なし(三津では昇温あり*)		昇温なし	
付1	神津島で潮位上昇無し						2003/8/28~29	+3.0	+1.3	+1.3	+2.1	+1.2(8/29~30)	+0.9(8/29~9/1)	口野の測定データなし	昇温なし	
付2							2004/7/22~24	+3.0	+1.1	+2.1	+2.1	+2.7(7/22~24)	+2.5(7/23~26)	+4.0(7/29~8/2)	+2.2(7/29~31)	
付3							2005/9/7~10	+3.5	+1.1	+1.4	+2.0	+1.8(9/8~12)	+2.1(9/8~15)	観測終了	昇温なし	
付4							2006/8/1~4	+4.0	+1.5	+2.4	+2.9	+4.0(7/31~8/6)	+2.4(8/1~9)	観測終了	+2.7(8/3)	

\* ○:あり, △:顕著でないが, ×:なし, -:波勝崎沖昇温がない事例

\* 2 日浦技研が内浦湾三津で測定している連続水温記録

## 沖で昇温した事例)

駿河湾への暖水流入 <sup>※1</sup>	相模湾への暖水流入 <sup>※1</sup>	三重NOAA画像による暖水流入状況	一都三県漁海況速報による暖水流入状況	黒潮流型
○	○	2/25: 神津島に暖水到達、その後石廊崎沖に暖水舌が発達(雲量多)。3/1: 波勝崎に到達。3/4: 駿河湾奥、相模湾に流入。3/6: 相模湾奥に到達。	駿河湾・相模湾に暖水流入	N
×	△	3/16~3/19: 暖水舌が銭洲~大島西水道に急速に流入。3/20: 大島西水道~大島に暖水回り込み。(その後は雲量多く不明)	顕著な暖水波及なし	N
○	○	3/30: 大島西水道から大島にかけて大島を回り込む強勢な暖水波及。駿河湾東部への暖水波及は少ない。3/31: 駿河湾奥に到達した模様。(No.2の暖水波及との分離が困難)	駿河湾・相模湾に暖水流入	N
○	○		駿河湾・相模湾に暖水流入	N
—	—		顕著な暖水波及なし	N
—	○	10/1: 大室出しに暖水波及、10/3~5: 大島西水道、駿河湾西部に暖水波及、10/10~11: 西水道、駿河湾西部に暖水波及(9/28~30、10/6~9: 雲量多く不明)	10/2: 石廊崎に黒潮接岸、大島西水道に暖水波及(25℃台)、10/7: 西水道~相模湾東部に暖水波及、10/9: 暖水後退	N
○	○	7/24: 銭洲に暖水舌(神津島には未到達)、7/26: 石廊崎沖に到達? 7/28: 大島に暖水回り込み?(全体的に雲量多く不明瞭)	駿河湾・相模湾に暖水流入	N
×	○	雲量多く不明	8/14以降大島西水道~暖水波及、その後相模湾~暖水流入	N
○	○	9/27: 熊野灘から小蛇行が東進。10/1: 遠州灘から駿河湾口に暖水波及?(画像カラーバー表示変更の影響?) 10/8~9: 駿河湾東部から暖水が北上。(10/5~7、10/10~11: 雲量多く不明)	駿河湾・相模湾に暖水流入	N
○	○	11/16~: 熊野灘から小蛇行が東進。11/25: 石廊崎沖に到達。11/28: 駿河湾東部に流入。12/1: 駿河湾奥まで暖水進入。12/2: 大島西水道に進入、12/3: 相模湾に進入。(11/29~30: 雲量多く不明)	駿河湾に暖水流入 相模湾には大島東水道から流入	N
×	○	12/22~: 大島西水道に暖水流入。12/23: 大島を回り込む。12/24: 石廊崎沖に暖水波及、12/26: 波勝沖に波及。12/27~29: 駿河湾湾口部に波及(湾奥への進入はなかった模様)。	相模湾に暖水流入	N
○	○		駿河湾・相模湾に暖水流入	N
○	○	2/25: 石廊崎沖、大島西水道に暖水波及、大島を回り始めている。3/4: 駿河湾東部、大島西水道~大島北側に暖水波及。(3/1~3: 雲量多く不明)	駿河湾・相模湾に暖水流入	N
○	○	4/24: 熊野灘にあった小蛇行が東進。4/29: 神津島に到達。5/6: 大島西水道、波勝沖に到達、大島・利島・新島・神津島から東に越流。5/10: 暖水後退、暖水は駿河湾に封入、湾奥まで到達模様。(4/30~5/5: 雲量多く不明)	駿河湾・相模湾に暖水流入	N
○	○	5/21: 遠州灘沖に小蛇行あり。神津島・新島利島から東に暖水が越流。5/24~25: 小蛇行は御前崎沖に到達。黒潮より低温の暖水が大島西水道~大島を回り神津島に到達。5/28: 大島の北を回り込む。(その後は雲量多く不明)		N
—	—			N
○	○	6/17~22: 暖水が石廊崎沖から大島西水道を通り大島の北を回り込んでいる(6/16は大島北の回り込みなし)。7/1: 大島~神津島は冷水域。駿河湾は西から暖水が分布。7/3~: 神津島に暖水波及、7/4: 利島~大島間を暖水が東に越流。7/6~10: 引続き大島北を暖水が回り込む。全期間で駿河湾全域に暖水分布。(6/23~30: 雲量多く不明)	駿河湾・相模湾に暖水流入	N
—	○	10/14~16: 大島西水道に暖水波及。(全体に雲量多く不明瞭)	10/12~16: 大島西水道に暖水波及。10/17: 収束。	A
—	—			A
○	○	1月上旬~: 黒潮接岸傾向。1/20: 石廊崎先端に暖水分布、大島北を暖水が回り込む。1/22~24: 石廊崎先端に暖水接岸傾向、大島北への顕著な回り込み。1/29: 駿河湾奥に暖水分布の模様。(1/25~: 雲量多く不明瞭)	駿河湾・相模湾に暖水流入	A
○	○	2/9: 駿河湾に暖水流入。2/13~14: 大島北への暖水回り込み。(雲量多く不明瞭)	駿河湾・相模湾に暖水流入	A
○	○	3/1: 石廊崎先端に暖水接岸し、大島西水道から大島北に暖水が進入。雲が多いが、3/4には波勝沖に暖水が分布、3/6は雲が多いが、3/7と同様と思われる。3/7は暖水が大島の北を大きく回りこんでいる。駿河湾奥に暖水が流入しているようである。	駿河湾・相模湾に暖水流入	A
○	○	4/12~13: 暖水波及なし。4/16~17: 黒潮はB型で伊豆列島線を北上、神津島に南からの暖水波及。4/18: 石廊崎沖、大島まで暖水が拡大。4/19: 石廊崎に暖水接岸。4/20: 波勝沖に暖水波及(雲量多)。4/21~22: 大島北に小規模な暖水回り込み。4/27: 石廊崎沖まで暖水後退。(その後は雲量多く不明)	駿河湾・相模湾に暖水流入	A
○	○	10/12: 御前崎沖~遠州灘に暖水が波及、そこから波勝方面に細い暖水流が伸長。10/13: 波勝方面への暖水流が増大し、伊豆半島西岸を北上。10/14: 土肥沖~清水沖に暖水波及。10/19: 土肥沖から御前崎に暖水が伸長。10/20: 駿河湾全体と相模湾に暖水波及。(10/15~18: 雲量多く不明)	駿河湾・相模湾に暖水流入	D
○	○		駿河湾・相模湾に暖水流入	N
○	○		駿河湾・相模湾に暖水流入	N
×	△		相模湾中央まで暖水流入	N
○	○		駿河湾・相模湾に暖水流入	N
×	△		相模湾中央まで暖水流入	N
○	△		相模湾中央まで暖水流入	D
×	○	雲量多く不明	8/29以降、大島東水道から相模湾に暖水が流入	N
○	○	黒潮がA型になる直前。7/13: すでに暖水が遠州灘に接岸、駿河湾には東部から湾奥まで流入、利島~神津島に暖水が押し寄せている。その後雲が多い。7/20~28: 暖水が大島の北を回りこんでいる。	事例17以降継続的に駿河湾・相模湾に暖水流入	NA
×	×	雲量多く、はっきりしない。9/7: 駿河湾内は冷たい。9/8~9: 駿河湾内に暖水が閉じ込められている。9/12: 石廊崎沖から駿河湾内は暖かくなっている。9/16: 遠州灘に暖水舌がある。	顕著な暖水波及なし	C
×	×	7/31~8/3: 暖水波及はなく、駿河湾内は冷たい。8/4: 駿河湾内に暖水分布。8/5: 再び駿河湾内は冷たくなる。	顕著な暖水波及なし	N

神津島の潮位は第三管区海上保安本部海洋情報部HP<sup>1)</sup>の潮汐日報の潮位（実測値）を用い、同日報の気圧により1,013hpaを基準に1hpa=1cmとして補正し、48時間タイムドカラーフィルター<sup>2)</sup>で潮汐変動を取り除いた。

波勝崎沖水深5m層の水温は「しずおかマリンロボシステム」（多機能型ブイ）のデータを用い、水温変動から暖水波及による昇温現象を抽出するために、日平均水温の前日差、前々日差、前々々日差の頻度分布を求めた。

NOAA画像は、三重県水産研究所HP<sup>2)</sup>の画像を参照した。

湾内水温観測記録は、雲見、沼津については一都三県漁海況速報のデータを用い、口野については「海洋水産情報のページ」HP<sup>3)</sup>のマリンロボ観測値グラフより判断した。また、城ヶ島沖については城ヶ島沖ブイ（神奈川県）のデータを利用した。

黒潮流型は、「我が国周辺水域における海況の特徴と長期変動」<sup>10)</sup>掲載の長期漁海況予報会議資料に拠った。

図1に各観測地点の位置を示した。

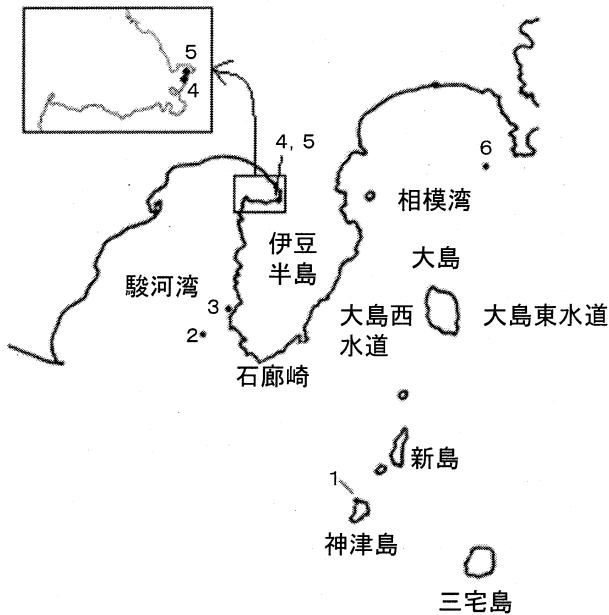


図1 観測地点の位置

- 1：神津島 2：波勝崎沖 3：雲見 4：沼津
- 5：口野 6：城ヶ島沖

## 結果と考察

2001年3月から2007年7月の期間における神津島の潮位上昇事例と波勝崎沖等の昇温状況、暖水流入状況を表1に示した。

調査期間のうち、波勝崎沖で最も急激な昇温現象がみられたのは2006年4月26日の事例（No.26）であった。その前後の波勝崎沖の水温と神津島の潮位（気圧補正、48時間タイムドカラーフィルター済）の変動を図2に示した。波勝崎沖水温は4月25日までは14℃台であったが、4月26日に20℃に昇温した。神津島の潮位は昇温に先立つ約10日前から上昇した。この事例や2005年11月の事例<sup>7)</sup>（No.25）では、神津島の潮位上昇は波勝崎沖の昇温に先駆けて起きている。

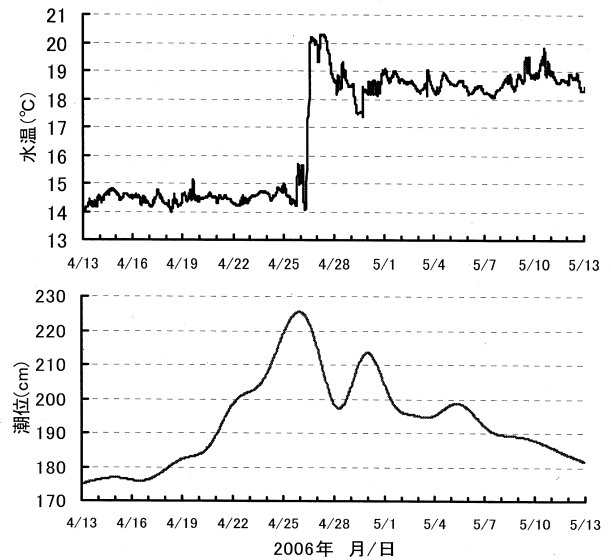


図2 2006年4～5月の波勝崎沖の水温変動と神津島の潮位変動（事例No.26）

### 1 神津島の潮位上昇と波勝崎沖昇温との関係

調査期間中に神津島で潮位上昇がみられたのは30例であった（表1）。その後に波勝崎沖で急激な昇温現象がみられたのは24例であった。この24例の潮位上昇の概要を表2に示した（図3参照）。

表2 波勝崎沖で昇温を伴うときの神津島の潮位上昇の概要

項目	平均	最小	最大
波勝崎沖昇温までの日数	6	1	20
潮位上昇速度 (cm/日)*	10.5	4.1	19.7
潮位上昇量 (cm)*	35	13	56

\*：図3参照

<sup>1)</sup><http://www1.kaiho.mlit.go.jp/KAN3/tyoseki.htm>

<sup>2)</sup><http://www.mpstpc.pref.mie.jp/SUI/>

<sup>3)</sup><http://222.146.202.52/suisanit/>

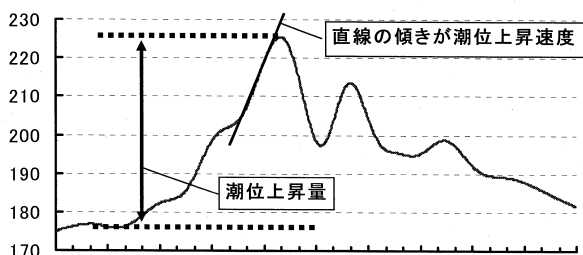


図3 表2における潮位上昇速度と潮位上昇量の算出方法

神津島の潮位上昇から波勝崎沖における昇温までの日数は、平均6日（最小1日，最大20日），潮位上昇速度は平均10.5cm/日（最小4.1cm/日，最大19.7cm/日），潮位上昇量は平均35cm（最小13cm，最大56cm）であった。

## 2 駿河湾・相模湾への暖水流入の前駆現象

神津島の潮位上昇事例30例における駿河湾，相模湾への暖水の流入状況をNOAA画像，一都三県漁海況速報，湾内水温観測記録から判断したところ，駿河湾に暖水が流入したのは20例，相模湾に暖水が流入したのは27例であった（表1，表3）。波勝崎沖での昇温事例24例から見ると，駿河湾に暖水が流入したのは20例，相模湾に暖水が流入したのは全事例の24例であった（表1，表3）。つまり，神津島の潮位上昇事例の67%，波勝崎沖の昇温事例の83%で駿河湾への暖水流入が，神津島の潮位上昇事例の90%，波勝崎沖の昇温事例の100%で相模湾への暖水流入が発生しており，かなり高い確率で神津島潮位上昇→波勝崎沖水温上昇→駿河湾・相模湾への暖水流入というパターンがみられることがわかった。これらのことから，神津島における潮位上昇と波勝崎沖における水温上昇は，黒潮系暖水流入による急潮の前駆現象として扱うことができると考えられる。

表3 相模湾、駿河湾における黒潮系急潮の前駆現象としての神津島潮位および波勝崎沖水温の適合事例数

	神津島における潮位上昇事例 a	うち波勝崎沖における昇温事例 b		暖水流入事例 c	c/a	c/b
		昇温あり	昇温なし			
駿河湾	30	24	—	20	0.67	0.83
		—	6	0	0.00	0.00
相模湾	30	24	—	24	0.80	1.00
		—	6	3	0.10	0.13

なお，ここでは神津島で潮位上昇がみられた事例（表1）について検討したが，この期間中に神津島の潮位上昇がなく波勝崎沖で昇温（後述の基準： $\mu + 2.5\sigma$ ）したのは4例だけであった（表1）。このうち，2例（付3，4）は両湾に暖水流入はなかったが，付1では大島東水道から相模湾に暖水流入が見られた。また，付2では黒潮はN型からA型に移り変わる時で，2004年7月1～3日の事例（No.17）以降継続的に駿河湾・相模湾に暖水が流入していた。

## 3 暖水流入の前駆現象としての波勝崎沖水温上昇量の検討

波勝崎沖の水温上昇においてどの程度の温度差を暖水流入の前駆現象と判断できるかを，日平均水温の前日差，前々日差，前々々日差について平均値と標準偏差を用いて検討した。波勝崎沖における日平均水温の前日差，前々日差，前々々日差の頻度分布を図4に，頻度分布の概要を表4に示した。

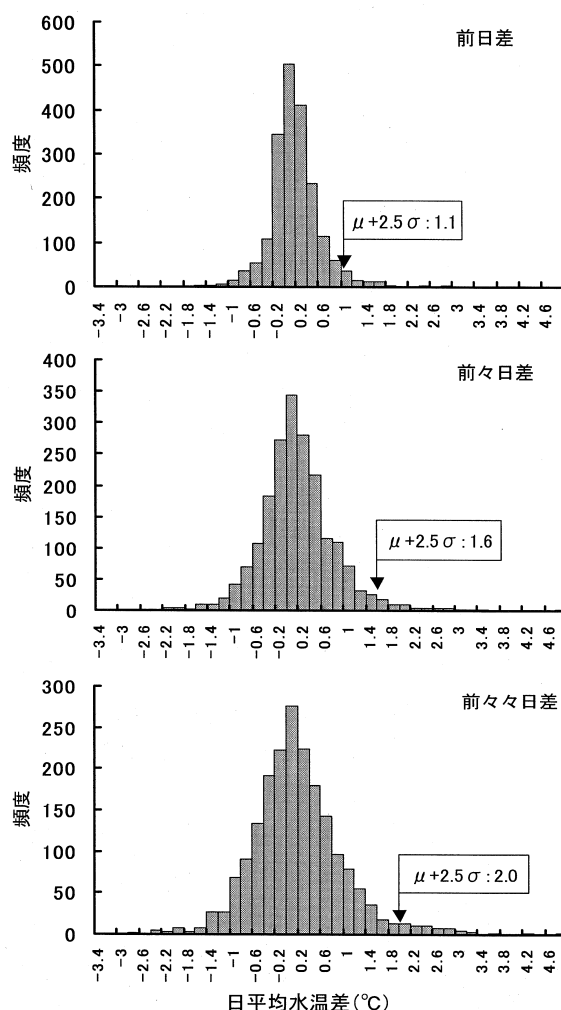


図4 波勝崎沖水温の前日差、前々日差、前々々日差の頻度分布

表4 波勝崎沖における日平均水温の前日差、前々日差、前々々日差の概要

（データ期間：2001/3/2～2007/7/26）

項目	日平均水温	前日差	前々日差	前々々日差
データ数(N)	1987	1986	1985	1984
平均( $\mu$ )	20.19	0.00	0.01	0.01
標準偏差( $\sigma$ )	4.13	0.44	0.65	0.80
	$\mu + \sigma$	—	0.44	0.66
	$\mu + 2\sigma$	—	0.88	1.31
	$\mu + 2.5\sigma$	—	1.10	1.64
	$\mu + 3\sigma$	—	1.32	1.97
昇温基準検討値(a)	$\mu + \sigma$	—	0.18(44/239)	0.33(64/261)
	$\mu + 2\sigma$	—	0.42(30/71)	0.46(31/67)
	$\mu + 2.5\sigma$	—	0.41(16/39)	0.58(22/38)
	$\mu + 3\sigma$	—	0.56(14/25)	0.59(13/23)
延べ昇温事例数/aを超えるデータ数			0.27(68/256)	0.49(35/72)
			0.59(27/46)	0.60(15/25)

\*昇温基準検討値(a)を超えるデータのうち表1事例の延べ昇温事例数の割合

日平均水温の平均 ( $\mu$ ) は20.2°C, 標準偏差 ( $\sigma$ ) は4.13であった。前日差は平均0.00°C, 標準偏差0.44, 前々日差は平均0.01°C, 標準偏差0.65, 前々々日差は平均0.01°C, 標準偏差0.80であった。前日差, 前々日差, 前々々日差の頻度分布はいずれもモード0を中心とした単峰形の分布であるが, 前日差から前々々日差にかけて順次標準偏差が大きくなる傾向がみられた。また, 前日差, 前々日差はほぼ左右対称とみなせるが, 前々々日差は1~2°C以上に大きく昇温した例が多いが目立った。

平均値に標準偏差のX倍 ( $X=1, 2, 2.5, 3$ ) を加えた値を超えたデータ数に表1の昇温事例数が含まれている割合(表4)を見ると, 前日差が $\mu + 2.5\sigma$ 以下では0.5を超えないが,  $\mu + 3\sigma$ では0.56と高くなった。前々日差, 前々々日差については $\mu + 2\sigma$ 以下では0.5を超えないが,  $\mu + 2.5\sigma$ を超えると0.6前後でほぼ一定となった。このことから, 暖水流入に関係する昇温の基準値としては, 平均値に標準偏差のX倍を加えた値を超えたデータ数に表1の昇温事例数が含まれている割合がほぼ一定となる $\mu + 2.5\sigma$ が適当と考えられた。

そこで, 表1に示した神津潮位上昇後に波勝崎沖で昇温した24事例を見ると, 19事例(約80%)で前日差, 前々日差, 前々々日差のいずれか一つ以上が $\mu + 2.5\sigma$ を超えており, その値は前日差1.1°C, 前々日差1.6°C, 前々々日差2.0°Cであった。これらの値を超えたデータ数は前日差で39例(全体のデータ数に占める割合2%), 前々日差で38例(2%), 前々々日差で46例(2%)であった。

なお, 神津島の潮位上昇に引き続いて波勝崎沖で昇温は認められたが, 前日差, 前々日差, 前々々日差のいずれも $\mu + 2.5\sigma$ を超えなかった事例が5例あった。それらの事例の波勝崎沖水温の推移を図5に示した。2004年7月7日(No.17), 2005年2月6~8日(No.21), 2005年3月3~6日(No.22), 2007年2月4~8日(No.30)では急激な昇温と降温を繰り返しており, そのために日平均水温の前日差, 前々日差, 前々々日差が $\mu + 2.5\sigma$ を超えなかったと考えられた。また, 2007年1月12~14日(No.29)は緩やかに昇温したために, 日平均水温の前日差, 前々日差, 前々々日差が $\mu + 2.5\sigma$ を超えなかったと考えられた。

これらのことから, 急激な昇降温の繰り返しがあるケース等を除き, 波勝崎沖で前日差, 前々日差, 前々々日差のいずれかで $\mu + 2.5\sigma$ 以上の昇温が観測された場合は暖水流入の前駆現象となり得る昇温現象と判断できると考えられた。

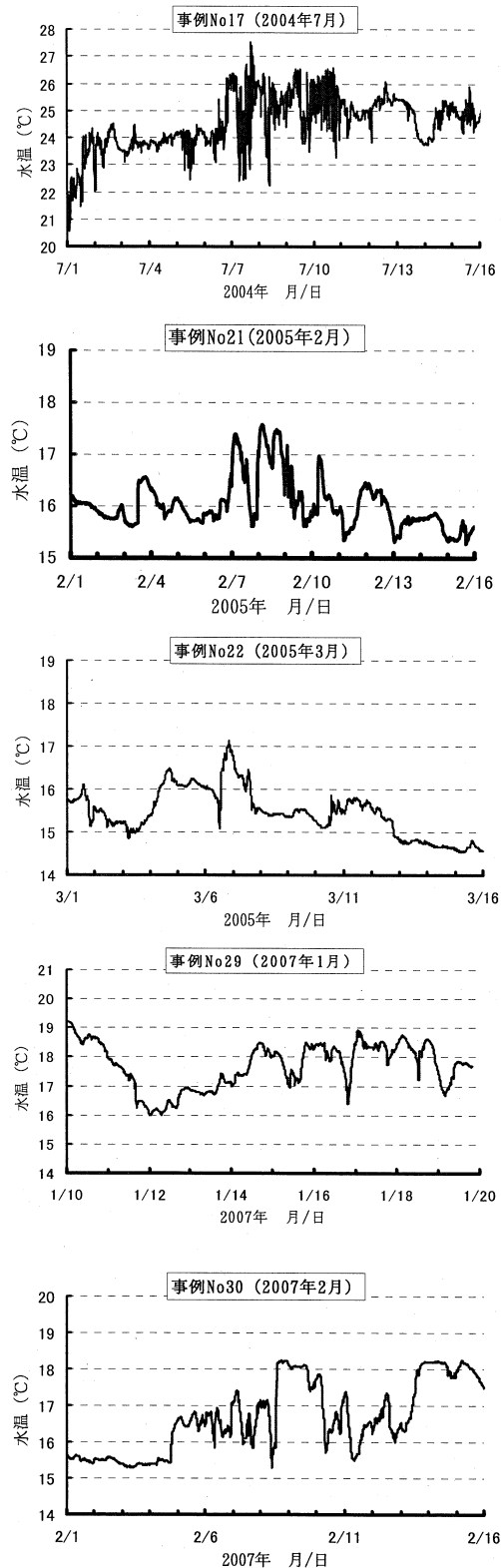


図5 2004年7月、2005年2月、2005年3月、2007年1月、2007年2月における波勝崎沖水温の推移

#### 4 神津島潮位上昇と波勝崎沖昇温の前駆現象としての特徴

神津島の潮位上昇と波勝崎沖の昇温の前駆現象としての特徴を把握するために、黒潮流型<sup>10)</sup>ごとの前駆現象の発生状況、季節ごとの発生状況を検討した。

神津島の潮位上昇は黒潮の離接岸に関係しているため、表5に黒潮流型ごとの神津島潮位上昇の発生状況を示した。神津島の潮位上昇はN, A, D型で発生しており、B, C, W型では起きていなかった。1ヶ月当りの発生例数はN, A, D型いずれも約0.5であり、発生頻度に大きな違いはなかった。神津島の潮位上昇の後、波勝崎沖で昇温する割合(波勝昇温例数/神津潮位上昇例数)は、D型(100%)、N型(82%)、A型(67%)の順となり、A型では神津島潮位上昇→波勝崎沖水温上昇へと結びつく例が比較的少なかった。A型は大蛇行流型で駿河湾や相模湾に比較的接岸傾向で推移するが、暖水波及は少ないのかもしれない。そこで、N, A, D型の間で神津島潮位上昇後の波勝崎沖昇温の有無の頻度に差があるかについて $\chi^2$ 検定を行ったが、有意な差はみられなかった。今後事例を積み重ねて確かめる必要がある。

表5 黒潮流型ごとの神津島潮位上昇の発生状況

黒潮流型	出現月数	神津島 潮位上昇a (例数/月数)	波勝崎沖 昇温ありb (b/a)	波勝崎沖 昇温なし
N	40	22 (0.55)	18 (0.82)	4
A	11	6 (0.55)	4 (0.67)	2
B	4	0	—	—
C	15	0	—	—
D	4	2 (0.5)	2 (1.0)	0
W	2	0	—	—
計	76	30	24	6

破線内の $\chi^2=2.623 < \chi^2(0.05, 2) = 5.991$

季節との関係を検討するために、神津島潮位上昇と波勝崎沖昇温の発生状況を成層期(5~10月)と混合期(11~4月)に分けて表6に示した。神津島で潮位上昇がみられた30例中、成層期には12例、混合期は18例であった。続いて波勝崎沖の昇温がみられたのは、成層期では7例(58%)、混合期では17例(94%)であり、混合期にはかなりの割合で神津島潮位上昇後に波勝崎沖の昇温が起これるといえよう。また、波勝崎沖昇温の後に駿河湾へ暖水が流入したのは、成層期には6例(86%)、混合期には14例(82%)で特に差はなかった。相模湾への暖水流入については波勝崎沖昇温事例のすべてで相模湾に暖水が流入しており、季節との関係はみられなかった。

表6 成層期(5~10月)、混合期(11~4月)別の神津島潮位上昇と波勝崎沖昇温の発生状況

月	神津島 潮位上昇a	波勝崎沖 昇温b(b/a)	駿河湾への 暖水流入事 例数c(c/b)	相模湾への 暖水流入事 例数d(d/b)
5~10 (成層期)	12	7(0.58)	6(0.86)	7(1.00)
11~4 (混合期)	18	17(0.94)	14(0.82)	17(1.00)
計	30	24	20	24

さらに、成層期に神津島での潮位上昇後に波勝崎沖での昇温がみられなかった5例(42%)中、相模湾に暖水が流入した事例が3例(60%)あった。このことから、成層期に神津島で潮位上昇が観察された場合には、波勝崎沖の昇温がみられなくても相模湾への暖水波及が起きる事例があると考えられ、注意を要する。

#### 5 駿河湾・相模湾における急潮予報システム

石戸谷ら<sup>8)</sup>は相模湾における急潮の予報システムの基礎について示している。これを基に、今回明らかにした神津島の潮位上昇と波勝崎沖の昇温の前駆現象を含め、さらに駿河湾の急潮予測も考慮して予報システムを整理すると次のような手順が考えられる。

- ① 黒潮の離接岸の状況を関東・東海海況速報<sup>11)</sup>で把握する。
- ② 遠州灘で小蛇行が東進したり、暖水舌が発生したときには神津島の潮位動向に注意する。
- ③ 神津島の潮位が上昇したら、波勝崎沖水温の動向に注意する。
- ④ 波勝崎沖日平均水温が前日差1.1℃、前々日差1.6℃、前々々日差2.0℃のいずれかを超えて昇温したときは、駿河湾、相模湾に暖水流入する可能性が高い。急潮に対する対策を喚起するために駿河湾については暖水波及情報を、相模湾については定置網安全対策情報を出す。
- ⑤ その後、相模湾については城ヶ島沖ブイの水温、流れをモニターし、0.5m/s以上の北向流が過去2時間で8割を超えたとき、あるいは混合期で水温が約2℃以上昇温したときは急潮注意報を、0.8m/s以上の北向流が過去2時間で8割を超えたときは急潮警報を出す<sup>8)</sup>。

#### 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) 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.

- 3) 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.
- 4) 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.
- 5) 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.
- 6) 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.
- 7) 長谷川雅俊・石戸谷博範・久野正博・中地良樹・岡本隆 (2006) : 2005年11月中旬の駿河湾, 相模湾への黒潮系暖水波及について I 海況パターンの解明, 2006年度水産海洋学会研究発表大会講演要旨集.
- 8) 石戸谷博範・長谷川雅俊・岩田静夫・松山優治・北出裕二郎・井桁庸介 (2008) : 相模湾の急潮のモニタリングと予報, ていち, 113, 41~55.
- 9) 花輪公雄・三寺史夫 (1985) : 海洋資料における日平均値の作成について—日平均潮位を扱う際の留意点—, 沿岸海洋研究ノート, 23 (1), 79~87.
- 10) 水産庁増殖推進部・独立行政法人水産総合研究センター (2008) : 我が国周辺水域における海況の特徴と長期変動, 21pp.
- 11) 萩原快次 (2008) : 海況図が新しくなりました, 碧水 (静岡県水産技術研究所), 122, 3~5.



# The phenomena preceding Kyucho events caused by the inflow of the warm water of the Kuroshio Current to Suruga and Sagami bays

Masatoshi Hasegawa, Shin-ichi Fujita and  
Hironori Ishidoya

**Abstract** A Kyucho event caused by the inflow of the warm water of the Kuroshio Current occurs in the Suruga and Sagami bays. The phenomena preceding Kyucho events was examined and used to predict Kyucho events. From March 2001 to July 2007, the change in the tide level at Kozushima and the temperature of the waters off Hagachizaki were examined from the viewpoint of whether the warm water flowed in the Suruga and Sagami bays. The temperature of the waters off Hagachizaki rose after the tide level at Kozushima had risen. Because the warm water of the Kuroshio Current flowed in the Suruga and Sagami bays after these 2 events occurred, both these events were judged to be phenomena preceding Kyucho events. We showed the standard of the temperature rise in the waters off Hagachizaki that became phenomenon preceding the inflow of warm water. We also identified a concrete procedure of predicting Kyucho events in the Suruga and Sagami bays on the basis of these phenomena.

**Key words:**kyucho event, forerunner phenomenon, Suruga Bay, Sagami Bay