

鹿島灘の海況 — II

暖水舌について*

久保治良・友定 彰**

Oceanography of Kashima Nada — II on the Warm Water Tongue

Haruyoshi KUBO Akira TOMOSADA

第1報では、1972年5月下旬以来、茨城県で1週間毎に発行している「海況速報」を用いて、鹿島灘海域の海面水温変動の実態を記述した。さらに、30分マス目毎に、平均海面水温を求め、質量と熱量の連続関係から、12個の30分マス目内を黒潮系水が占める割合を試算した。第1報では、暖水舌、冷水舌の存在について若干ふれてはいるが、その詳細は記述されていない(友定、久保、1976)。

暖水舌、冷水舌の縁辺に形成される潮境は、鹿島灘海域におけるイワシ類、イカ類、サバ等の重要な漁場となり、暖水舌、冷水舌の挙動が、漁業に与える影響は極めて大きい。

また、黒潮というシアーを伴った速い流れの一部が陸岸を離れた直後に暖水舌として鹿島灘に張り出す現象は海洋学的に興味のある現象である。

本報では、1972年5月下旬から1976年5月までの4年間、206週分の「海況速報」をもとにして、暖水舌の特徴、発生から消滅に至る過程を記述し、その実態を明らかにすることを目的としている。

暖水舌の特性

本節の目的は暖水舌の実態を記述し、そのアウトラインを明らかにすることである。茨城県で発行している「海況速報」で対象としている海域は、142°E以西、35°~37°Nの房総から常磐南部の比較的沿岸に近い海域である。

暖水舌の発生から消滅までの一例を図1に示す。1974年1月12~18日の間では、142°E以西の鹿島

灘全域を黒潮系の暖水が覆っている(図1.a)。1月19~24日には、37°N、141°30'E付近から10°C以下の冷水が南下し、温度勾配はゆるやかであるが、11~15°Cの等温線は142°E以西で1波長を形成する状態になっている(図1.b)。このような状態は2月7日まで続いている。2月8~14日には、犬吠埼の沖合から鹿島灘へ暖水が張り出す形となり、鹿島灘沿岸域に急激な温度勾配を伴った潮境が形成さ

* 昭和52年度 日本海洋学会春季大会発表
昭和53年度12月 東海区水研報96発表(英文)
** 東海区水産研究所海洋部

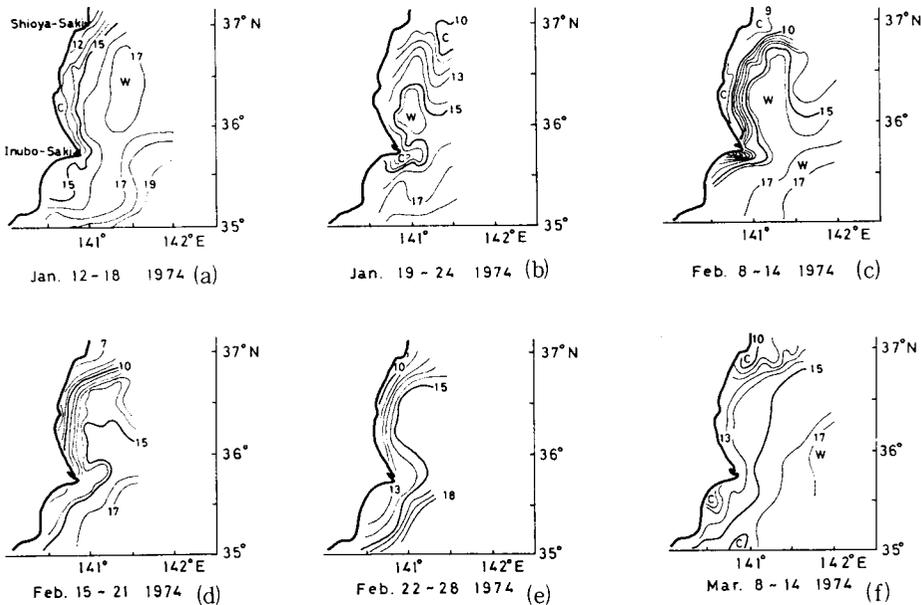


図1 暖水舌の発生から消滅までの一例

れ、142°E以西で一波長を形成する明瞭な暖水舌が形成されている。その中心水温は16°C台である。他方、房総半島の沖合には、17°C以上の高温帯が北東へと伸びている。これは、黒潮に相当する部分であろう(図1. c)。このような状態が2月28日まで続いている(図1. d, e)が、3月8~14日には、鹿島灘全域を暖水が覆い、142°E以西で1波長を形成するような波動は消滅している(図1, f)

第1報で、図1. b, cに示されているように、142°E以西で1波長を形成する犬吠埼沖から鹿島灘への暖水の張り出しを、“暖水舌”と定義し、他方、142°E以西では1波長を形成しない暖水の鹿島灘への張り出しを“黒潮分派”と定義した。図1からうかがえるように、暖水舌は黒潮そのものが鹿島灘に張り出すのではなく、黒潮の縁辺部がその本流から分離して鹿島灘へ張り出す現象である。また、図1. a~1. fに示されるように、鹿島灘に張り出す暖水は、142°E以西で1波長を形成する暖水舌と、142°Eあるいはさらに沖合に蛇行の峰が出来る黒潮分派

に分けられ、その中間の波長をもった蛇行は観察されていない。このことは極めて特徴的な現象である。

暖水舌は全資料数206のうち約半数の102の資料でその存在が認められ、四季別の存在数は夏季の7月~9月に極端に少なく、冬季の1月~3月に最も多く存在している。それに続いて秋季、春季の順になっている(図2)。図1. c~1. eにみられるような典型的な暖水舌は、冬季に圧倒的に多く、春季、秋季の順に続き、夏季は4年間に1例認められたにすぎない。塩屋埼沖と犬吠埼沖の海面水温の差は、冬季、夏季ともに7~8°Cであり、夏季に暖水舌が存在すれば、海面でも観測される筈である。従って、夏季に暖水舌が存在していても観測網にかからないということではなく、実際に存在しにくいことになる。しかし、このことは海面水温からみた結果であり、夏季、海面下に暖水舌が存在するか否かは今後の調査検討事項である。夏季の海面水温分布によると、鹿島灘には急な温度勾配を伴った潮境が存在しにくく、また、黒潮分派を形成する場合が多い。

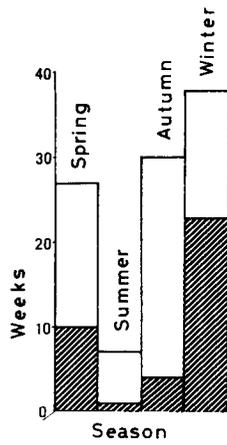


図2 暖水舌の季節別存在週数
(斜線部は典型的な暖水舌)

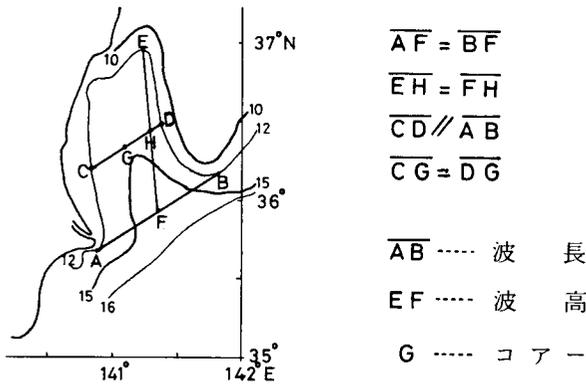


図3 暖水舌の波高・波長，コアのとり方模式図

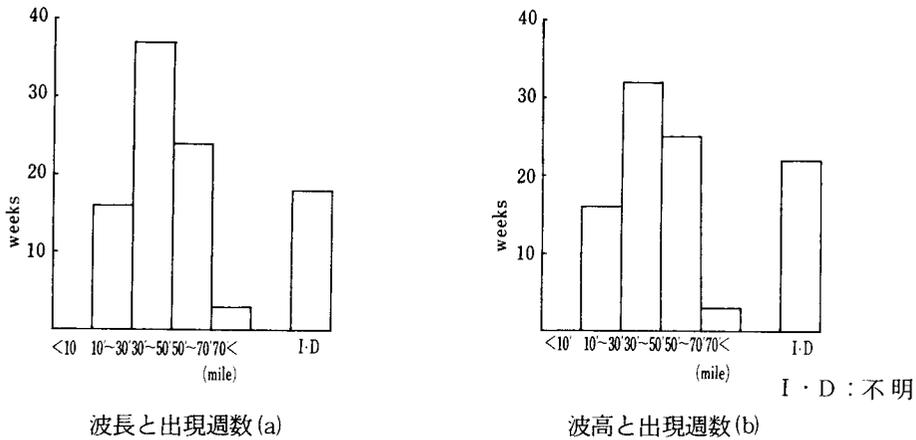


図4 暖水舌の波長・波高の頻度分布

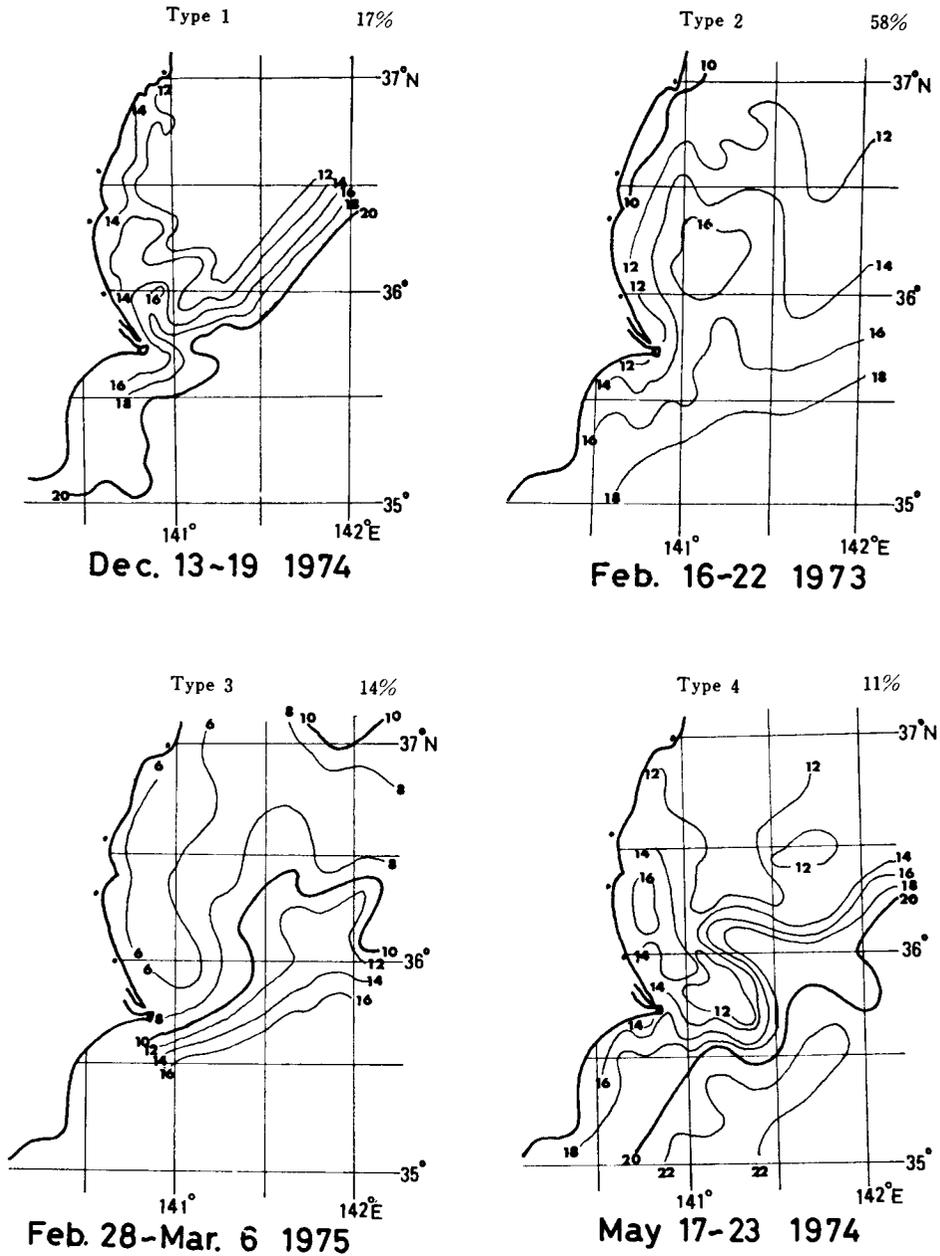


図5 暖水舌の峰の経度の頻度分布

- タイプ1：峰が141°以西にある。
- タイプ2：峰が141°～141.5°間にある。
- タイプ3：峰が141.5°～142°間にある。
- タイプ4：暖水舌が東から入っている。

前記4年間の12月から6月の間の128資料中98資料で暖水舌が存在している。そこで、暖水舌の特性、発生、移動、持続、消滅等を検討するために、この期間の資料を取り扱う。

暖水舌が存在している時に、犬吠埼の南から鹿島灘へ張り出す最低水温線の波高と波長をそれぞれ暖水舌の波高および波長と定義する。図3に示す例では、12℃等温線の波高、波長が暖水舌の波高、波長である。上記の定義から分かるように、波高、波長の指標となる水温値は時期によっても、また1つの暖水舌であっても異なることがある。

選んだ資料から暖水舌の波高と波長を読みとり、その頻度分布を描いたものが図4 a, bである。暖水舌の波長は30～50マイルのものが全体の約50%、さらに30～70マイルの範囲内に約80%が入る。また、波高も波長と同程度の頻度分布を示し、30～70マイルの波高になることが多い。従って、37°Nに位置する塩屋埼を越える暖水舌はまれである。

以上のことから、海面水温から見た暖水舌とは、波高、波長ともに30～70マイルで、142°E以西で1波長を形成し、塩屋埼以北に達する場合はまれな鹿島灘への暖水の張り出しで、夏季にはほとんど観

測されない現象であるといえる。

等温線によって画かれる暖水舌の舌端部の位置を経度30分毎に分類すると(図5)、半数以上が141°E～141°30'Eの間に入り、暖水舌の岸寄りの潮境は陸棚およびその斜面にかかっている。

暖水舌の発生

1972年から1976年の4年間の12月から6月の間で、暖水舌は25回発生している。その発生状況は2通りに大別される。

1つは、犬吠埼以西の海域から黒潮縁辺部の小さい振幅の波動が伝播し、鹿島灘で増幅する場合(図6 a)、他は北から冷水が舌状に南下することによって、黒潮分派の波長が短くなる場合(図6 b)である。前者の方法で12回、後者の方法で13回、暖水舌の発生が認められ、両者による発生は略々同数である。但し、前者のうち4回は既に存在している暖水舌内に房総半島以西の小振幅の波が伝わって来て暖水舌を形成したものを含み、後者のうち2回は暖水舌が2分し、沿岸寄りのものが暖水舌として鹿島灘に残り、沖合の方のものが142°E以东へ移動したものを含んでいる。従って、暖水舌の発生方法を

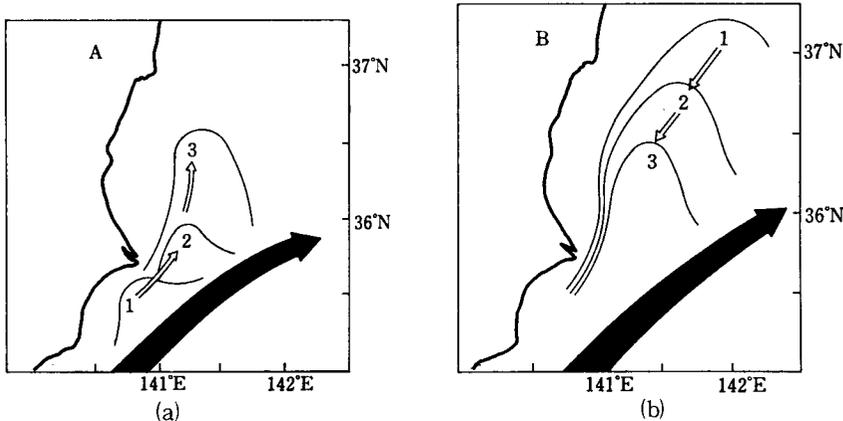


図6 暖水舌の発生状況の様式図

- A : 房総沖の小振幅が鹿島灘で増幅
- B : 黒潮分派が縮小する

細分すれば、表1に示されるようになる。表1に示されるそれぞれのタイプの発生状況の具体例を図7

表1 暖水舌の発生('72年冬~'76年春, 冬春期)

タイプ	発生の特徴	回数
A	黒潮の小振幅波の増巾	8
B	黒潮分派の短縮	11
C	暖水舌内に新たに発生	4
D	暖水舌が2分する	2

(Aタイプ), 8(Cタイプ), 9(Dタイプ)及び図1(Bタイプ)に示す。黒潮分派の波長が短くなって暖水舌を形成する場合(B, Dタイプ)は、もともと鹿島灘が暖水で覆われているために、暖水舌を形成した時の最高水温は、それ以前のその場所の水温と同程度あるいは低くなる傾向があり、通常暖水舌の水温は黒潮分派の水温より低い。逆に、房総沿岸の小振幅波が鹿島灘で増幅する場合(A, C

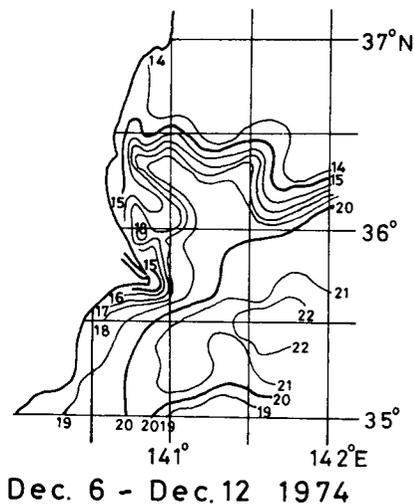
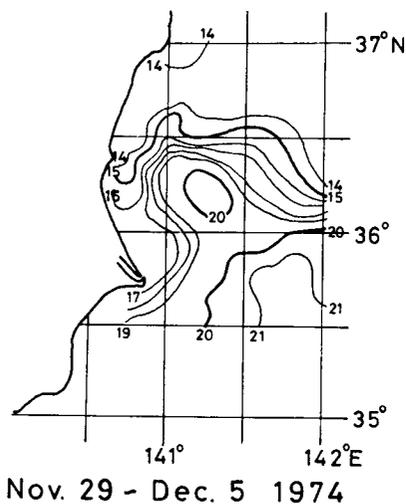
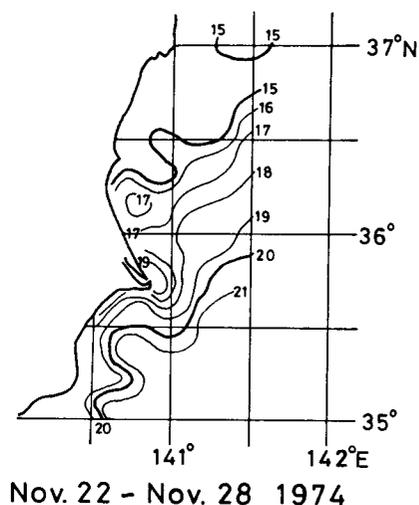
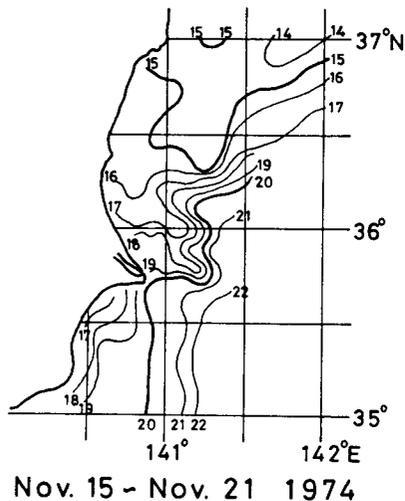
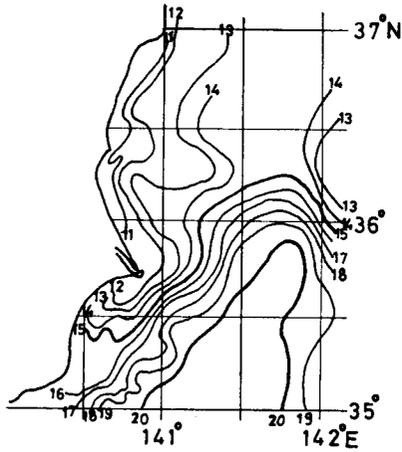


図7 犬伏崎以西の海域から黒潮縁辺部の小振幅の波動が伝播し、鹿島灘で増幅して暖水舌を形成する例(Aタイプ)

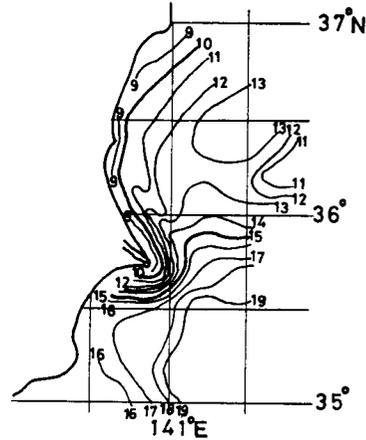
タイプ)は、もともと鹿島灘の水温が低い所へ、暖水舌を形成するため、鹿島灘の水温は上昇し、極端な例では、暖水舌の発生後6°Cも上昇している(表2)。

タイプAおよびCによる暖水舌の発生機構として以下のようなことが推定される。房総半島沖合で、黒潮の強い流れの一部が陸棚およびその斜面の海底まで達して、その沖合では海底まで流れが達してい

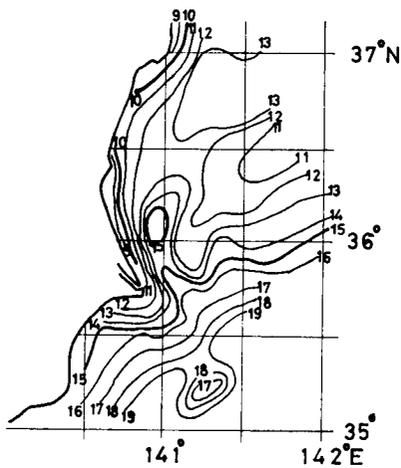
ない場合に、海底まで達している流れは地形性のロスビー波を形成して等深線に沿って鹿島灘を北上し、ある緯度まで達した後南下するであろう。それに対して、海底まで達していない流れは海底の影響を受けない波としてふるまうであろう。このような作用が働けば、海底まで流れが達している黒潮の縁辺部が暖水舌として鹿島灘に張り出すことになり、タイプAおよびCのような暖水舌の発生が予想される。



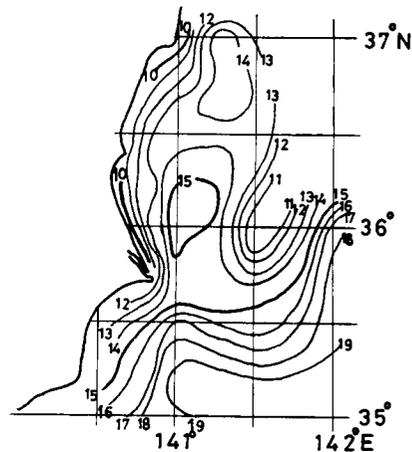
Jan. 12-18 1973



Jan. 19-25 1973



Jan. 26 - Feb 1 1973



Feb. 2-8 1973

図8 既に存在している暖水舌の中に房総沿岸の小振幅の波が伝わって新たに暖水舌を形成する例(Cタイプ)

表2 暖水舌の発生前後の鹿島灘の水温昇降

タイプ 発生後-発生前	Aタイプ	Bタイプ	Cタイプ	Dタイプ
+6	1			
+5				
+4				
+3	1		1	
+2	3			
+1	2	3	2	
0	1	5	1	
-1		2		1
-2		1		
-3				1

図10は房総～常磐、鹿島灘の海底地形を示したものである。前節で記述したように、暖水舌の岸寄りの潮境は陸棚およびその斜面にかかっている。混合層が発達している冬～春季には、強い流れが海底まで達していることが多く、そのために暖水舌の形成が冬季に多く、また長期間持続すると推定される。このことは、図5の暖水舌の峰の位置の頻度が 141° ～ $141^{\circ}30'E$ の間に50%以上あることからもうなずける。

黒潮というシアを伴った速い流れの一部が陸岸

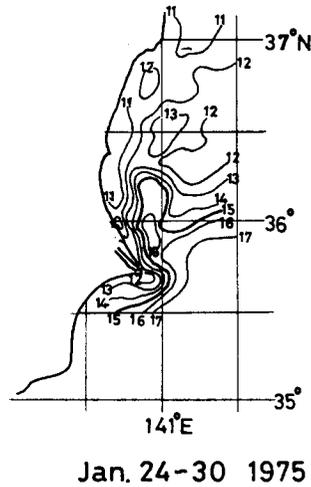
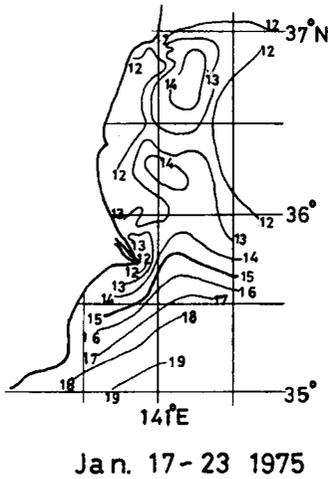
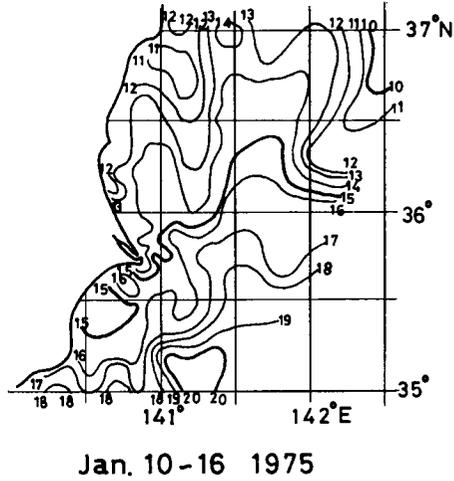
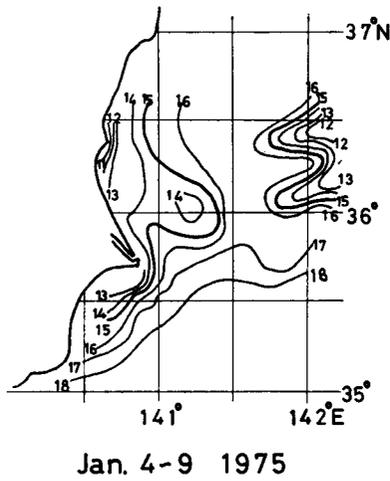


図9 暖水舌が二分して、沿岸寄りのものが暖水舌として鹿島灘にとどまる例(Dタイプ)

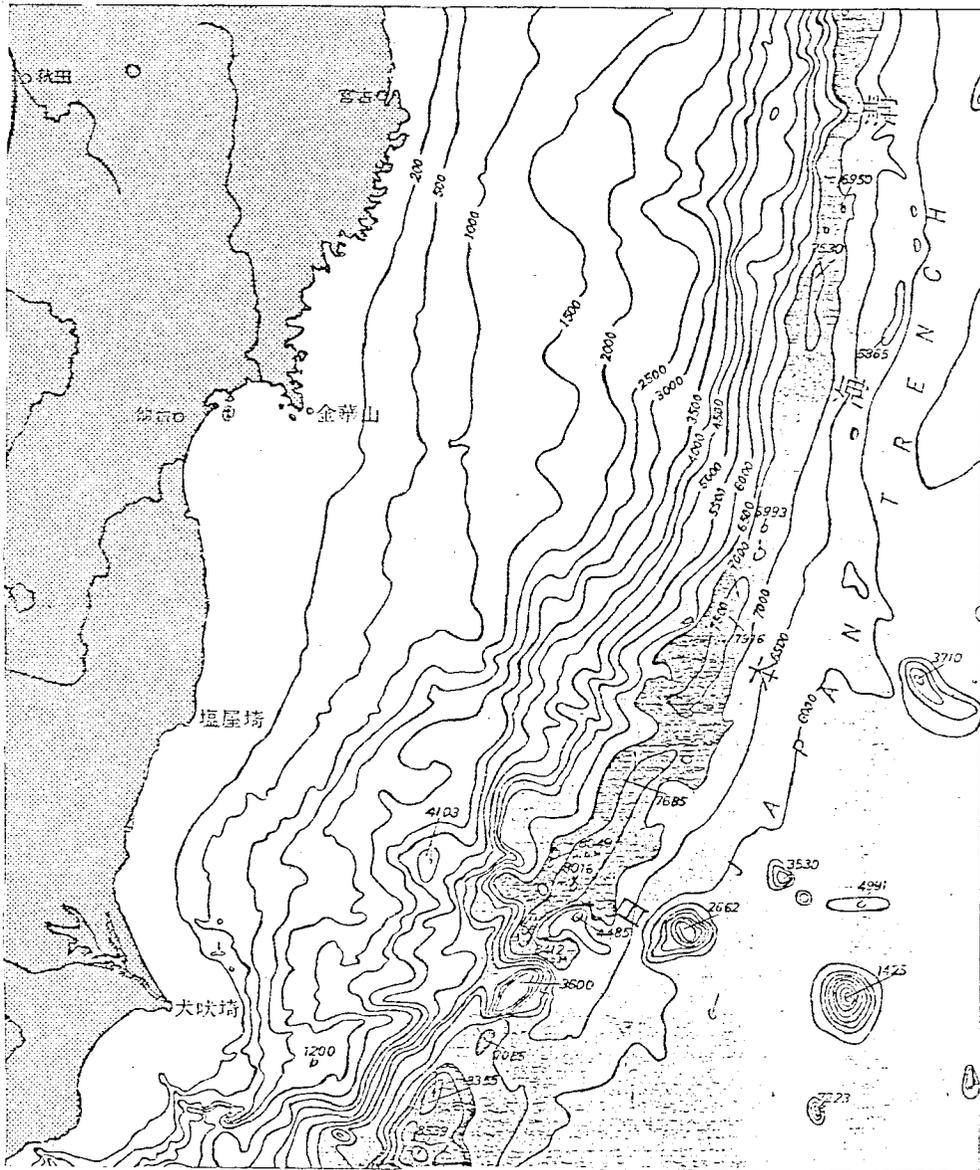


図10 常磐・鹿島灘近海海底地形図（海上保安庁水路部 No.6301より）

を離れた直後に北へ張り出すという現象は、伊豆半島東側の相模灘（大塚，1972），四国東側の紀伊水道（吉岡，1977），さらに対島暖流域では、朝鮮半島東岸（AN，1974）でも見られ、これらの現象はいずれも鹿島灘に形成される暖水舌の場合と、地形的にも海況的にも類似性をもっていると推定される。

暖水舌の移動と持続

暖水舌は前述のように25回発生しているが、それらの暖水舌の発生から消滅までの舌端部の経度の推移を図11に示す。暖水舌の舌端部位置は 141°E ～ $141^{\circ}30'\text{E}$ の間に存在することが多く、これは図5とも関連している。 141°E 以西の沿岸域で発生した暖水舌も、 $141^{\circ}30'\text{E}$ 以東で発生した暖水舌も、 141°E

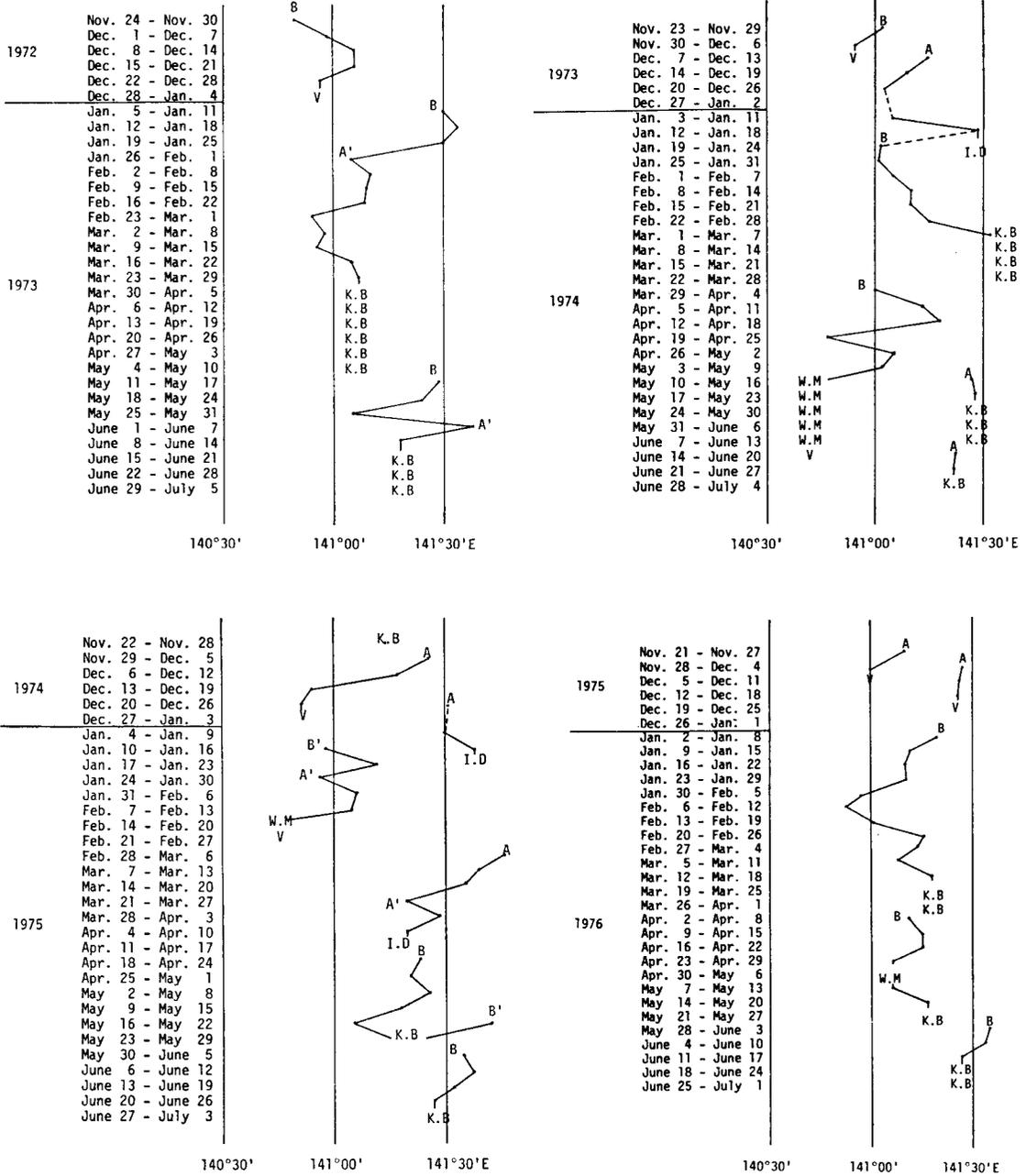


図 11 暖水舌の発生から消滅までの中心位置の経度の推移

記号は発生タイプ

(A : Aタイプ, B : Bタイプ, A' : Cタイプ, B' : Dタイプ,)
 (K・B : 黒潮分派, V : 消滅, W・M : 暖水塊, I・D : 不明)

表 3 暖水舌の消長

移動と消滅		持続期間(週)													
沿岸	沖合	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	計
							1		1			1			3
		1		2											3
								1				1	1	1	4
		1	1	2	2	2									8
		1			1	1									3

●：発生，○：移動，K・B：黒潮分派，V：消滅

～141°30'Eの間を指向し、沖合で発生した暖水舌は西へ、沿岸で発生した暖水舌は東へと移動する傾向がある。

冬季に発生した暖水舌は、例えば1973年1月5日～1973年4月5日のように、2ヶ月～3ヶ月続く場合があり、それに対して、晩秋および春季に発生した暖水舌は1ヶ月前後持続する場合が多い。このように暖水舌が長期間にわたって持続するのは、冬季、海面における蒸発や冷却に伴って起る対流混合によって、混合層が最も発達し、強い流れが長期間海底に達していることによるのであろう。

暖水舌の持続期間は、2～5週間即ち1ヶ月前後のものが13例と半数程度を占めている。11～13週間と2～3ヶ月程度持続するものも4例ある(表3)。しかし、発生海域による持続期間の長短は認められない。

暖水舌の消滅

暖水舌の持続期間は約1ヶ月、長いもので2～3ヶ月であることを述べたが、これらの暖水舌がその形態を失うには、黒潮分派になる場合(図1)、鹿島灘海域内で孤立暖水塊状になる場合(図12)、鹿島

灘海域内で拡散、消滅する場合(図13)の3通りがある。その他に、「海況速報」で対象としている海域外(142°E以东)へ移動したと推定される場合がある。それぞれの消滅例の数を表4に示す。暖水舌が消滅する場合には、その波長が長くなって黒潮分派になることが多い。孤立暖水塊状になった場合には、表4に示した3例とも当海域内で消滅し、暖水塊状になった後5週間持続して消滅したのが1例、他は1週間で消滅している。

表4 暖水舌の消滅方法とその頻度

黒潮分派	10例
孤立暖水塊状	3例
海域内で拡散、消滅	5例
不明	3例

暖水舌の東西方向への移動の仕方と消滅過程との関係をみると、暖水舌が沿岸方向へ移動して行った場合には当海域内で拡散消滅するか、孤立暖水塊状になった後に当海域内で拡散、消滅する傾向があり、

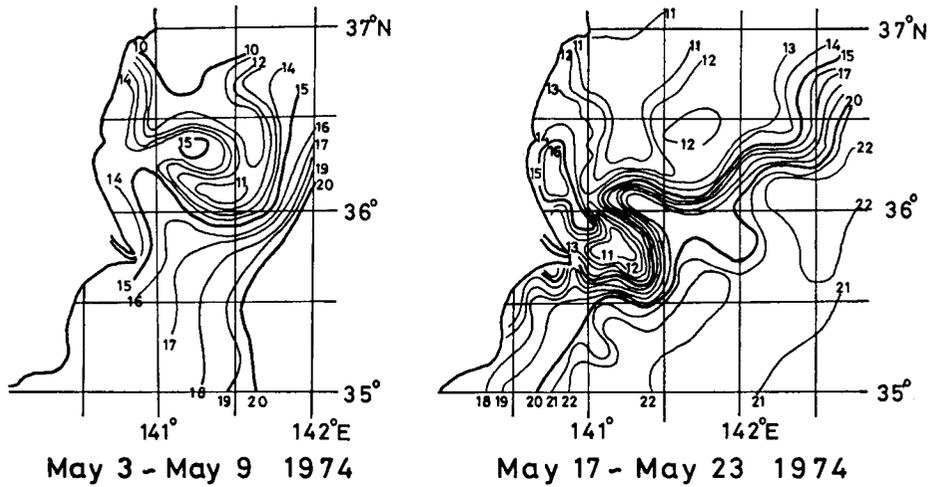


図 12 消滅時鹿島灘で孤立暖水塊になる例

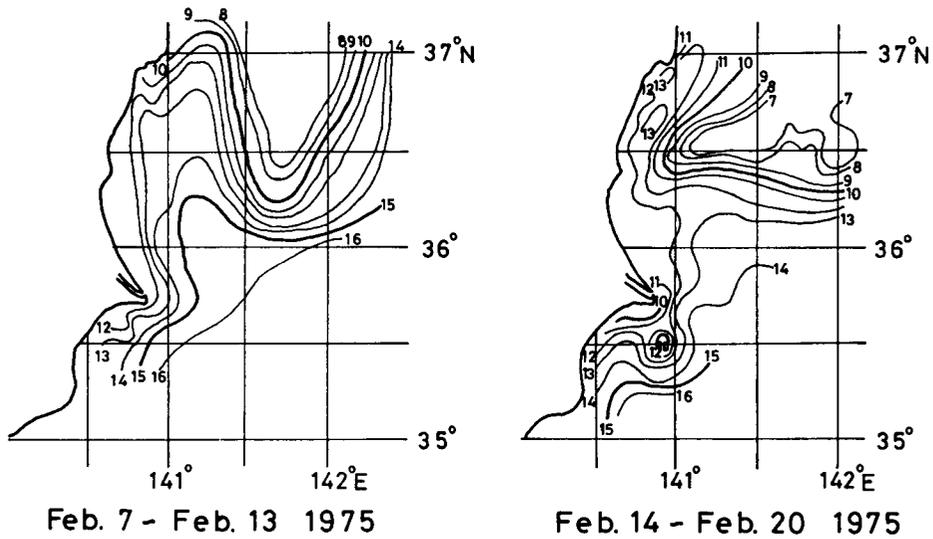


図 13 消滅時鹿島灘で拡散消滅する例

沖合方向に移動して行った場合には、黒潮分派になる傾向が多いようである。黒潮分派になった後、6例は数週間後に再び暖水舌になっている。

結 論

1972年5月から1976年5月まで、1週間毎に発行している「海況速報」を用いて、鹿島灘に形成される暖水舌の特性、その発生、移動、消滅の過程を

記述し、統計的な解析を行なった。

暖水舌の波高、波長はともに30～70マイルのものが圧倒的に多く、東西方向では、142°E以西で1波長を形成し、南北方向では塩屋崎に達する暖水舌はまれである。

暖水舌の発生方法は、黒潮分派の波長が短くなること、房総沿岸の小振幅の波が鹿島灘で増幅することの2つに大別される。

暖水舌は夏季には、まれにしか存在せず、冬季に最も多く存在する。また、その持続期間は1ヶ月前後のものが半分以上を占めているが、12月下旬から1月上旬に形成された暖水舌の中には、2～3ヶ月持続するものがある。

暖水舌の存在位置は、その舌端部の経度が141°E～141°30'Eの間である場合が半分以上を占め、暖水舌の持続には、陸棚およびその斜面が関与していると推定される。

暖水舌がその形態を失う時には、黒潮分派になる場合が多い。

暖水舌が海面下でどのような構造をしているか、黒潮に比べてどの程度変性しているか、暖水舌が何故発生するか今後の調査研究課題である。

あ と が き

茨城県沖の鹿島灘海域は、イワシ、サバ、イカ等の漁場であるばかりでなく、当海域の海況は秋期のサバの滞留、移動を大きく左右する。当海域の海況を迅速に漁業者に伝達する「海況速報」は、漁業のみならず、海況の短期変動について、海洋学的にも極めて有益な示唆を与えてくれる。

データを提供される茨城県漁業協同組合をはじめ

関係方面の方々、また、このシステムを完成された茨城県水産試験場長に敬意を表すると同時にデータの整理、解析の途中で、便宜をはかられ、有益な助言をいただいた東海区水産研究所第1研究室長上原進氏、茨城県水産試験場前漁業部長小林稔氏、環境部長大方昭弘博士に深謝します。なお、原稿の校閲をいただいた北海道大学秋葉芳雄、大谷清隆両助教授に深謝し、作図の労を願った高崎美津江嬢に謝意を表します。

参 考 文 献

- 1) AN, H. S., 1974; On the cold water mass around the southeast coast of Korean Peninsula, J. Oceanogr. Soc. Korea, 9 (1, 2), 10～18.
- 2) 藤森 完, 1969; 関東近海における68年海況の二三の特徴—豆南・房総海域の黒潮を中心として—, 水産海洋研究会報, 14, 26～34.
- 3) 大塚一志, 1972; 日平均水面の変動からみた相模湾への黒潮分枝流の流入について, 水産海洋研究会報, 20, 1～12.
- 4) 吉岡 洋, 1977; 冬期紀伊水道のOCEANIC FRONTの変動(II), 1977年度日本海洋学会春季大会講演要旨集, 214, 105.