

表面水温からみた近年の海況パターンの変動について

久保治良・友定 彰

Oceanography of Kashima-Nada - V
Variations of Oceanographic Pattern in Recent Years
observed from Sea Surface Water Temperature

Haruyoshi KUBO · Akira TOMOSADA *

Abstract

A trial to classify the oceanographic patterns in Kashimanada is made statistically, using three hundred and sixty five Prompt Report of Oceanographic Conditions which have been published weekly from Ibaraki Prefectural Fisheries Experimental Station since 1972. The sea surface temperature distribution can be classified into three patterns, namely, O pattern, W pattern and K pattern. O pattern is the one that Oyashio water or its branch flows into Kashimanada like a cold water tongue. W pattern the warm water tongue (Kubo *et al.*, 1978) one and K pattern is the Kuroshio branch (Kubo *et al.*, 1978) pattern. O pattern frequently appears during the year with the cold sea surface temperature. W pattern dominantly appears in winter and K pattern occupies 77% during summers. Both in spring and in autumn K, W and O patterns appear approximately in the same order.

The duration of K pattern is the longest and this pattern continued 22 weeks in the remarkable case. Except for one case with the duration of 6 weeks, O pattern continues shorter than 4 weeks. W pattern continues longer than O pattern. W pattern has a tendency to last long period in winter or in spring and K pattern is in spring or in summer. Since the frequency of transition among these patterns are few in winter and in summer, oceanographic condition is suggested to be stable in these seasons. In spring and in autumn, the pattern varies from one to another comparatively in short period. This suggests that the oceanographic condition in these seasons is in the transient stage to the stable oceanographic condition of summer or winter.

When O pattern is dominantly observed such as in the winter of 1975, the pattern varies very frequently. This suggests that the variation of the oceanographic condition has a great relation to the fluctuation of the cold water. The pattern changes cyclic with high probability from O to W, W to K and K to W. When O pattern appears in autumn, O pattern appears in winter or in spring of the next year.

* 東海区水産研究所海洋部

はじめに

海況を単純化し、これを幾つかのパターンに分類して、その変動を論じる方法は多くの研究者によってなされている(吉田, 1964, 二谷, 1969, 奏, 1968, 黒田, 1974, 等)。彼等の研究は黒潮の蛇行とか、親潮の分布域とか、津軽暖流の張り出しといったような比較的大規模なものである。また、地域的なものとしては、中村(1977)、工藤(1971)、岩田(1979)等の研究がある。これ等の研究は湾部への外洋水の流入パターンを分類したものである。ところが鹿島灘のように或る時期は黒潮に、また或る時期は親潮に覆われるように2つの異なった水塊が入れ変り、しかも外洋に面している地域的な海況現象をパターンに分類し、これの変化について論じた研究はない。

今回の研究は海況のパターンがどのように変動してゆくのか解明しようとするものである。

茨城県水産試験場では、第1報(友定ら, 1976)で報告した「海況速報」を1972年以来毎週発行し続けており、1979年12月現在で400回に達しようとしている。

本報告では、1972年から1978年までの7カ年分(356週)の「海況速報」を使用し、その各々をパターン分けして、近年の海況パターンの変動の様子を統計的に分析した。

対象とした海域は、 $35^{\circ}\text{N}\sim 37^{\circ}\text{N}$ 、陸岸 $\sim 142^{\circ}\text{E}$ で囲まれた範囲である。

「鹿島灘の海況-II」では暖水舌に注目したので舌状構造をすべて抜き出したが、本報では当海域を総観的にみてパターンの判定をした。

パターンの分類

フロントの位置により次のO、W、Kの3つのパターンに分類した。パターンの決定に当っては、フロントがはっきりしている冬・春期には問題はないが、夏・秋期にはフロント位置が明確でない時がありその場合には、等温線が5海里内に2本以上(2°C 以上)引かれる所をフロントの位置とした。

第1図は各パターン実際の海況図と、その模式図を示したものである。

Oパターン：低温水が当海域の 141.5°E 以西のほとんど全域を覆っているか、又はフロントが鹿島灘海域で東西に形成されるいわゆる冷水舌型(友定ら, 1976)である。

Wパターン：沿岸域と沖合域を低温水が南下し、その中間を暖水が張り出しているいわゆる暖水舌型(KuBo *et al.*, 1978)である。

Kパターン：沿岸域に低温水があり、沖合にゆくに従って高温となり、フロントが南北に形成されるいわゆる黒潮分派型(友定ら, 1976)である。

冷水年とは冬・春期に小型船の出漁可能な海域全体が親潮系水に覆われ、ツノナシオキアミなど寒帯系生物の漁獲がみられる年をいう。W・Kパターンでも沿岸に親潮系水が入って来るような年もある。そのような年も冷水年と呼ぶ。冷水年を第1表に示した。

海況パターンの存在頻度

各パターンの年別、季節別頻度分布を第2図に示す。

冬期(1~3月)Oパターンが多い年は1975年でこの年は2月上旬まではWパターンであったが、中旬の急激な低温水の侵入によりOパターンに移行した。

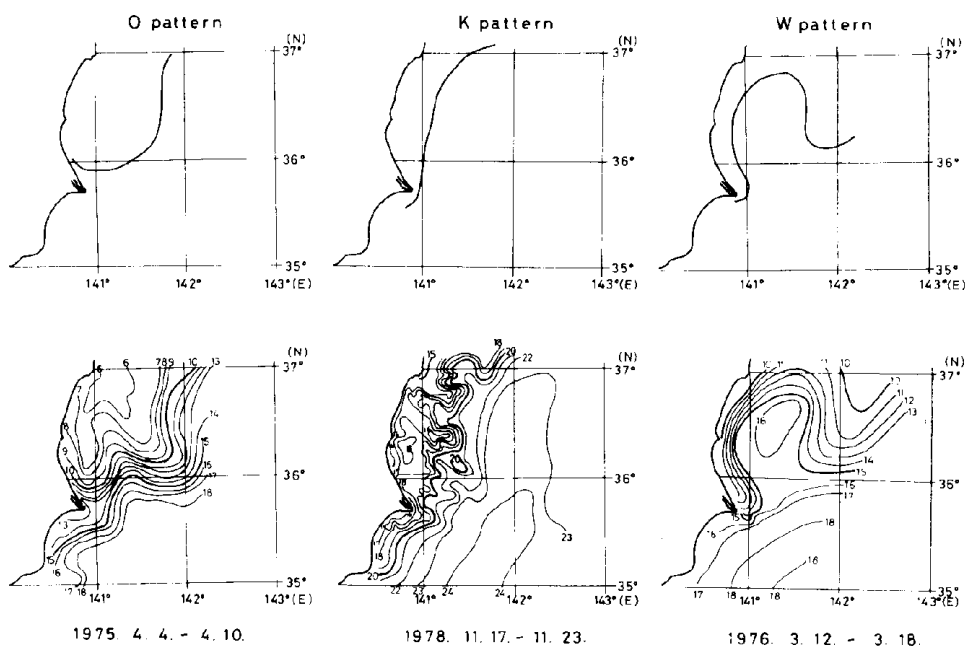


Fig. 1. The schematic figure of the oceanographic patterns (upper) and an example of temperature distribution at the sea surface (under).

Wパターンが圧倒的に多い年は1973年、1976年で、この両年とも北からの低温水が当海域へ除々に入ってきた年で、Oパターンは全く存在していない。

Wパターンが比較的多く、Kパターンがそれに次ぐ年は1977年、1978年で、両年とも低温水の侵入は急激であったが、最初は沖合に侵入し、Wパターンとなった。その後この低温水が沿岸側に細く南下したため、Kパターンへ移行した。この両年の沿岸側の低温水は、前記1973年、1976年の低温水よりはるかに低いものである。

Kパターンが比較的多く、Wパターンがそれに次ぐ年は1972年、1974年で、1972年は黒潮系水に覆われ、高温年と呼ばれた年である。1974年は冷水年であったが、2月上旬までは黒潮系水に覆われ高温で経過し、中旬から沿岸域を低温水が南下し始めたが、これは下旬には後退した。

春期(4~6月)Oパターンの多い年は1974年で、4月上旬に急激な低温水の侵入があり、これが当海域で拡大し、Oパターンとなった。Kパターンは全くみられない。

Wパターンが多い年は1978年で、Kパターンであったものが、沖合に低温水の侵入があり、Wパ

Table 1. The cold water years and the period when cold water moved to Kashimanda.

Winter(Jan~Mar.)	Spring(Apr~Jun.)
1975	1974
1977	
1978	

ターンに移行したものである。

Kパターンが多い年は1973年で、当海域は黒潮系水で覆われていた。

Kパターンが比較的多く、Wパターンがそれに次ぐ年は、1972年、1975年、1977年で、1972年は低温水の中に暖水が張り出しWパターンとなり、更に暖水が拡大してKパターンへ移行した。1975年と1977年は低温水を沿岸域に圧迫したKパターンであり、この低温水は1973年や1972年の沿岸域の低温水よりかなり低温である。時には沖合にも低温水の侵入がありWパターンに移行したりもした。

Kパターンが比較的多く、Oパターンがそれに次ぐ年は1976年で、最初Kパターンであったが、黒潮系水が南に後退したため、低温水が当海域を占めOパターンに移行したもので、低温水は、1974年や1977年の低温水に比してかなり高温である。

夏期(7~9月)Kパターンが圧倒的に多くなっているが、1974年にはOパターンも認められ、これは、春期の低温水がその名残りとして、前半まで当海域を広く覆っていたものである。しかし、低温水の水温は、かなり昇温した。

1977年にはWパターンが比較的多く、これは6月に暖水舌から暖水塊となり、持続したためによる。

Kパターン以外ほとんどみられない年は、1972年、1976年、1978年であり、1975年、1973年も他のパターンは少ない。

秋期(10~12月) 一般的にKパターンは夏期に比して減小している。

Kパターンが多く、Wパターンがそれに次ぐ年は1972年、1977年、1978年の3ヶ年である。

Oパターンが多い年は1973年、1974年で、後半になり暖水が後退し、低温水が当海域を覆ったためOパターンを示すようになった。

第3図は7年間分の各パターンの頻度を季節別に示したものである。

これを見ると冬期にはWパターンが52週(全体の58%)に存在している。Kパターンは26週(全体の29%)、Oパターンが11週(全体の13%)となっており、Wパターンが優位を占めていることがわかる。

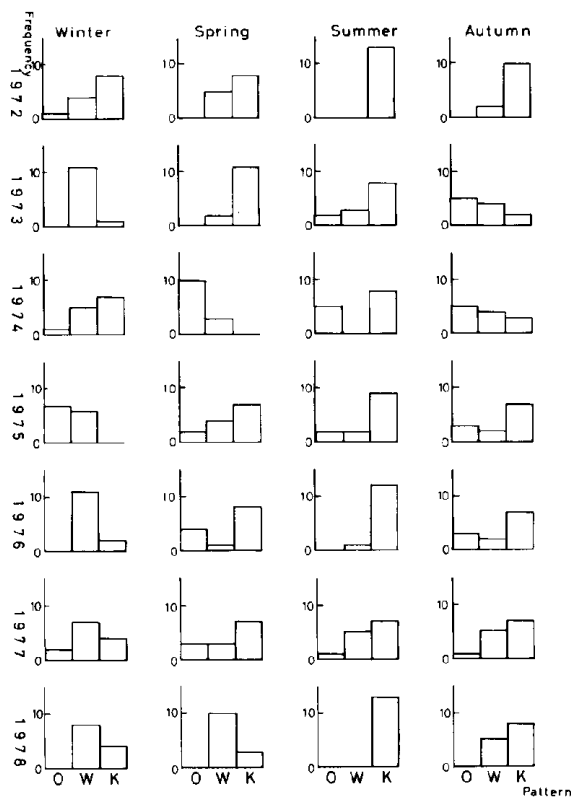


Fig.2. Frequency of each pattern for years and for seasons.

春期になると、夏期への移行過程として、各パターンの優位性が小さくなり、Kパターンが増加して44週（全体の48%）に存在している。Wパターンは28週（全体の31%）、Oパターンが19週（全体の21%）となっている。Oパターンが冬期より増加しているのは、低温水の安定期が冬期末から春期初めにかけているためである。

夏期には、Kパターンが圧倒的に多く、70週（全体の77%）に存在している。Wパターンは11週（全体の12%）、Oパターンは10週（全体の11%）に存在しているに過ぎない。Oパターンのうち5週は1974年の冷水年に存在したもので、例年ならばほとんど存在しないと考えても良い。

秋期は冬期への移行過程として、Kパターンが減少しているが、44週（全体の52%）に存在し、優位性を保っている。Wパターンはやや増加して24週（全体の28%）、Oパターンは17週（全体の20%）に存在している。

第4図に7年間全部（356週）の各パターンの存在頻度分布を示した。

これによるとKパターンが184週（全体の52%）、Wパターンが115週（全体の32%）、Oパターンが57週（全体の16%）ということになり、Kパターンが年間を通じて、過半数を占めていることがわかる。

海況パターンの持続性と変動

Wパターン（暖水舌型）の持続性についてはすでにKuBo *et al* (1978) が発表したところである。

第2表は各パターンの持続性について調べたものである。持続週数の分け方は、例えば、冬期に発生して春期まで持続した場合は、長く持続した方の季節に入れ、週数が同数の場合は、発生した方の季節に入れた。

これからみると、冬期はWパターンの持続が長く、発生回数9回のうち5回は5週以上持続しており、そのうち2回は11週と2ヶ月以上の持続を示している。平均で5.5週である。

Kパターンの場合は2週から長い時で7週の持続であり、平均して4.4週である。

Oパターンは1975年に9週も続いたことはあるが、他は2週以内で、平均は3.2週となっている。

春期にはWパターンの持続が短くなり、発生回数13回のうち2週以内というのが10回となっ

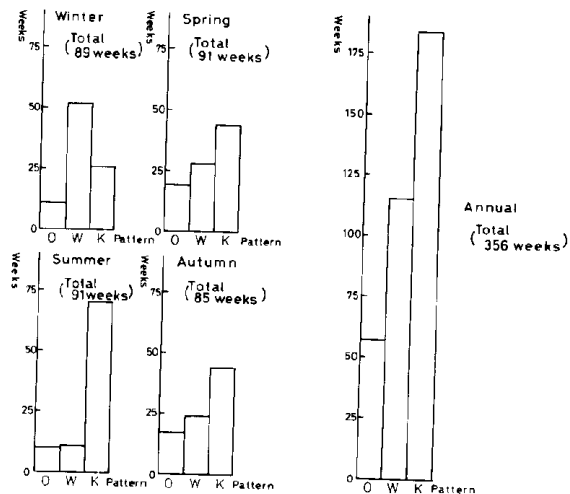


Fig.3. Seasonal frequency of oceanographic patterns(1972-1978). Fig.4. Annual frequency of oceanographic patterns(1972-1978).

ている。しかし1978年の4月末から6月末までの2ヶ月(9週)も続いたのが1例ある。平均は2.4週である。

Kパターンは冬期の場合とあまり変わらず、長いもので8週、短いものでは1週のみで持続で、平均4.1週となっている。

Oパターンは冬期より長く持続し、3週から6週で、平均4.0週の持続となっている。

夏期の持続が長いものはKパターンで、例えば1972年などは、7月から11月までの5ヶ月間(22週)も続いた。発生回数13回のうち、8回は5週以上続いており、平均では7.2週となっている。

他のパターンの持続は短かく、3週以下であり、Oパターンの平均は1.6週、Wパターンの平均は1.2週の持続となっている。

秋期になると、各パターンともに持続が短くなり、長い場合でもKパターンの5週である。全発生回数32回のうち2週以内の持続が24回で、平均持続は2週となっている。

Table 2. Duration of the oceanographic patterns.

Winter

P _{er} i. pat.t.	Periods of duration(weeks)										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
O	2	1							1		
W	1	2	1		1		2				2
K		1	2	1	1		2				

Spring

P _{er} i. pat.t.	Periods of duration(weeks)										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
O			2	1		1					
W	8	2		1		1			1		
K	3	1	1		1	1	2	1			

Summer

P _{er} i. pat.t.	Periods of duration(weeks)													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	17	22	
O	3	1	1											
W	7	2												
K	3	1	1		1	1		2	1		1	1	1	

Autumn

P _{er} i. pat.t.	Periods of duration(weeks)										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
O	3	3	2	1							
W	5	7	2								
K	4	2		1	2						

第3表はパターンの変動回数を年別・季節別に調べたものである。分け方は、例えばOパターンが続いていて、春期にWパターンになったとすると、変動は春期に1回というようにした。

表を一覧すると、春夏秋冬変動回数はあまり変りないように見えるが、その総計をみると、秋期が34回(年平均5回)で一番多く、次いで春期の27回(年平均4回)、夏期の23回(年平均3回)、冬期が21回(年平均3回)となっており、夏期及び冬期には変動が少なく、海況が安定していることを示している。また、春期及び秋期は安定海況への移行期として、比較的短時間で海況が変動しているといえる。

年ごとの総計をみると、冷水年と呼ばれた年(1974年、1975年、1977年)には、変動回数が多くなっており、これは冷水の動向が海況変動に大きく関与していることを示唆している。

海況パターンの移行

各海況パターンの移行例の模式図を第5図～第10図に示す。

各海況パターンはフロントが顕著な場合（低温水の侵入が顕著な場合）と、あまり顕著でない場合の2つの過程に分けることができる。①の過程の移行型をとる場合はフロントが顕著なときであり、②の過程の場合はあまり顕著でないときである。

○パターンからWパターンに移行する場合は、南部海域に暖水の突出があり、これが拡大してWパターンとなる（第5図）。

Table 3. Frequency of pattern variation.

Season Year	Winter	Spring	Summer	Autumn	Total
1972	3	2	1	2	8
1973	2	4	4	6	16
1974	6	5	5	5	21
1975	1	6	6	7	20
1976	2	4	2	3	11
1977	4	2	5	6	17
1978	3	4	0	5	12
Total	21	27	23	34	105
Mean	3	3.7	3.3	4.9	15

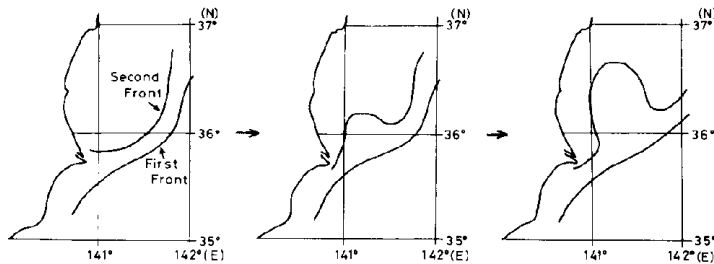


Fig. 5. The schematic figure of the process of pattern variation from O to W.

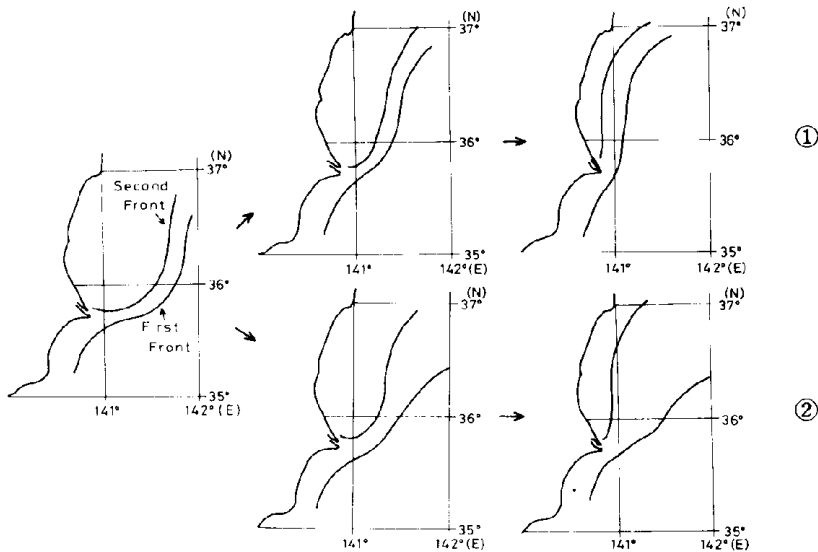


Fig. 6. The schematic figure of the process of pattern variation from O to K. The shift type takes the upper case when the front is shown clearly and the shift type takes the under case when the front is not shown clearly.

OパターンからKパターンに移行する場合は沖合の暖水が北にのぼり、更に低温水を沿岸に圧迫してKパターンとなる(第6図)。

WパターンからOパターンに移行する場合は低温水の範囲が拡大し、暖水が南に後退してOパターンとなる(第7図)。

WパターンからKパターンに移行する場合は、暖水範囲が拡大し、沖合の低温水が北に後退して、Kパターンとなる(第8図)。

KパターンからOパターンに移行する場合は、沿岸域の低温水が拡大し、暖水が南に後退してOパターンとなる(第9図)。

KパターンからWパターンに移行する場合は、沖合を低温水が南下してWパターンになる(第10図)。

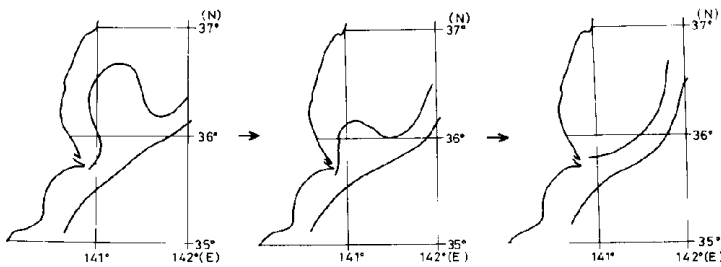


Fig. 7. The schematic figure of the process of pattern variation from W to O.

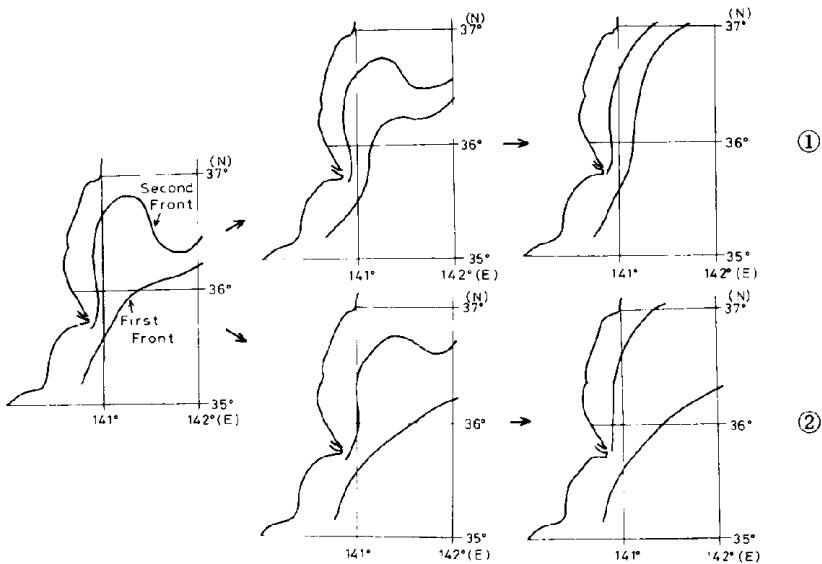


Fig. 8. The schematic figure of the process of pattern variation from W to K. The shift type takes the upper case when the front is shown clearly and it takes the under case when the front is not shown clearly.

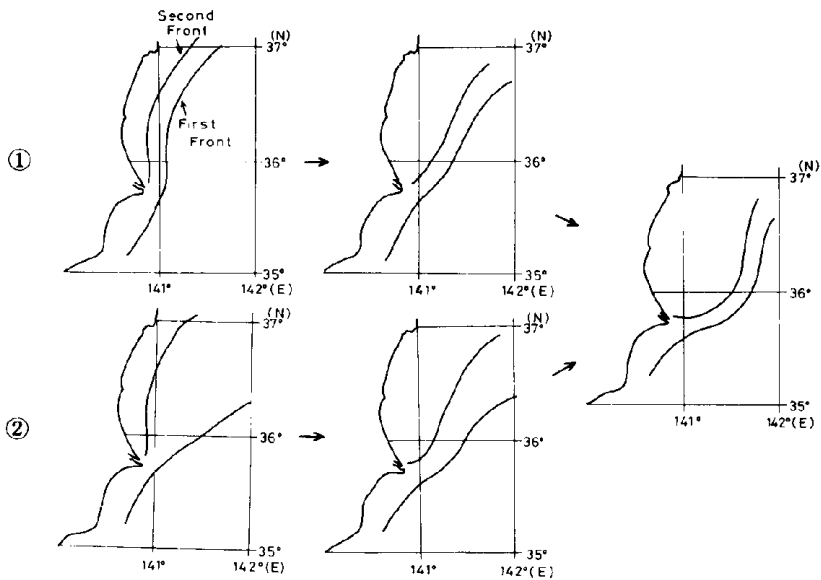


Fig. 9. The schematic figure of the process of pattern variation from K to O. The shift type takes the upper case when the front is shown clearly and it takes the under case when the front is not shown clearly.

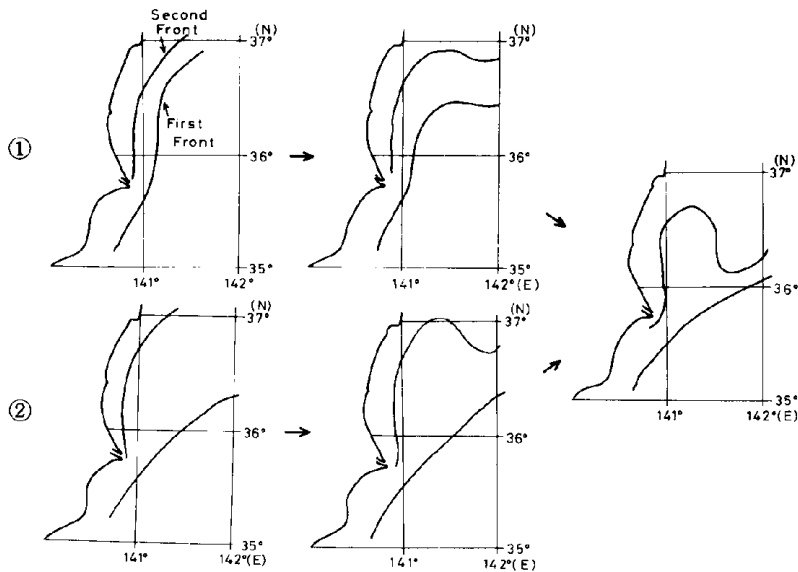


Fig. 10. The schematic figure of the process of pattern variation from K to W. The shift type takes the upper case when the front is shown clearly and it takes the under case when the front is not shown clearly.

次に各パターンの季節別移行の割合について示す(第11図)。

Oパターンの場合には、冬期にはWパターンへ100%の移行をしているが、春期にはWパターンへ50%、Kパターンへ50%の移行となっている。夏期にはWパターンへの移行が少し減り、40%で、

Kパターンへ60%の移行となっている。秋期は再びWパターンへの移行が多くなり78%で、Kパターンへ22%の移行となっている。

Wパターンの場合、冬期にはOパターンへ60%、Kパターンへ40%の移行であるが、春期にはOパターンへの移行が減少して18%のみの移行で、Kパターンへ82%が移行している。夏期にはOパターンへ25%、Kパターンへ75%の移行となっている。秋期も夏期と同程度の移行で、Oパターンへ23%、Kパターンへ77%の移行となっている。

Oパターンの場合、冬期にOパターンへの移行はなく、Wパターンへ100%の移行であり、春期には、Oパターンへ9%、Wパターンへ91%の移行となっている。夏期にはOパターンへの移行が増加し、56%、Wパターンへ44%の移行となっている。秋期には再びOパターンへ29%の移行と減少し、Wパターンへ71%とWパターンへの移行が多くなっている。

四季全体をまとめた移行型を第12図に示す。

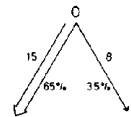
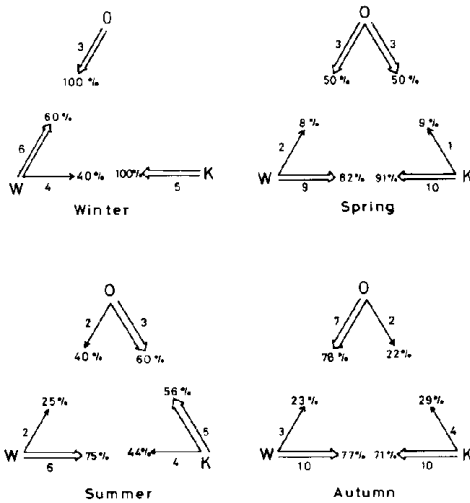


Fig. 11. The shift type of the pattern for each season and the number of shift and its percentages.

Fig. 12. The shift type of all year of the pattern and the number of shift and its percentages.

Oパターンの場合、Wパターンへ65%、Kパターンへ35%の移行となっており、Wパターンの場合、Oパターンへ31%、Kパターンへ69%の移行となっている。Kパターンの場合、Oパターンへ26%、Wパターンへ74%の移行となっている。従って、WパターンはOパターンとKパターンの中間的な立場をとっているといえる。即ち、O→W、K→Wの移行型が7割内外の確率で成立している。

海況パターン移行の年間サイクルは、冷水年と他の年とでは違いがある。第13図に年別の模式的にみた海況パターンの変動サイクルを示した。この図よりみて、低温水の南下が顕著でない年は、晩秋から初冬にかけてKパターン（黒潮分派型）のものが、冬期には沖合から低温水の侵入がみられWパターン（暖水舌型）となる。春期には暖水の北上に伴ない再び、Kパターンとなる。晩春か

ら初夏にかけて、一時的に沖合の低温水が南下し、Wパターンとなる（水温第一極小形成期と一致）。夏期には暖水が当海域を覆い、Kパターンとなる。秋期になると、北から低温水の南下がみられるようになりWパターンになる。ここで低温水の範囲が拡大してOパターンになる場合と、そのまま晩秋まで続いて、暖水の北上が顕著となる晩秋にKパターンになる場合とがある。Oパターンになった場合は、秋期に沿岸の暖水が張り出し、Wパターンとなり、次第に黒潮は北向型をとるようになり、晩秋にはKパターンとなる。

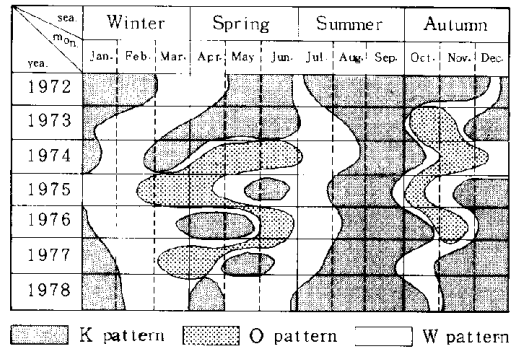


Fig. 13. Cycles of variation of oceanographic patterns in a year.

冷水年は、晩秋から初冬にかけて、Kパターンのものが、冬期には沖合から低温水の侵入がみられ、Wパターンとなる。ここで移行形式が2つに分れ、一方は低温水がそれほど顕著でない場合で、この時は、晩冬から初春にかけて、暖水が北上し、一時的にKパターンとなる。春期には顕著な低温水の侵入により、Oパターンとなる。初夏になると、暖水の突出があり、Wパターンとなる。夏期には更に暖水が北上し、Kパターンとなる（1974年、1976年）。他方は顕著な低温水の侵入が早い時期からある場合で、この時は冬期に顕著な低温水の侵入があり、Oパターンとなる。春期になると沖合の暖水が北上し、低温水を沿岸側に圧迫してKパターンとなる。この時の低温水は、前記の晩冬から初春にかけて出現するKパターンのそれより、かなり低温となっている。晩春には再び沖合の低温水が南下してWパターンとなり、夏期には暖水の北上が著しくなり、Kパターンへと移行する（1975年、1977年）。この後は冷水年ではない年と同じ経過をたどる。

以上のことを図示すると第14図のような移行形式となる。

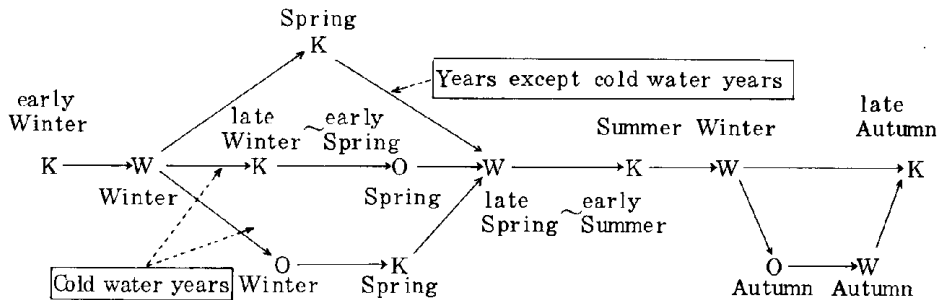


Fig. 14. A shift form of oceanographic patterns in a year.

第13図で注目すべきことは、秋期にOパターンが出現した年の翌年の冬・春期にも、Oパターンが出現しており、冷水年になる可能性があることを示唆している。又、秋期にOパターンが出現しない年の翌年の冬・春期にはOパターンが現われていないことである。

結論

1972年から1978年までの7ヶ年分(365週)の「海況速報」を使用して、海況をパターンに分けて、近年の海況パターンの変動の様子を統計的に分析した。

海況パターンは、Oパターン(冷水舌型)、Wパターン(暖水舌型)、Kパターン(黒潮分派型)の3つに分けられる。

海況パターンの存在頻度を年別にみると、冷水年と他の年に大きく分けられ、冷水年には、Oパターンが比較的多く出ている。

季節別では、冬期にWパターンが優位性を示し、春期になると、各パターンとも50%を割り、夏期にはKパターンが77%と圧倒的に多くなっている。秋期には、再びKパターンが減少し、Wパターン、Oパターンが増加している。

パターンの持続性については、Kパターンが一番長く、22週も続いたこともある。次いでWパターンで、Oパターンは1回(6週)を除き4週以下の持続である。季節別では、冬・春期のWパターン、及び春・夏期のKパターンの持続が長い。

海況の変動(パターンの変動)は、夏期及び冬期に少なく、海況が安定していることを示している。春期及び秋期は、安定海況への移行期として、比較的短期間で海況が変動している。一般に冷水年には変動回数が多く、これは冷水の動向が、海況変動に大きく関与していることを示唆している。

海況パターンの移行型は、O→W、W→K、K→Wの移行型をとる確率が高い。

海況パターン移行の年間サイクルは、冷水年と他の年とでは違いがあり、冷水年でも早期に顕著な低温水の侵入があるか、遅れてあるかによって違いが出ている。

秋期にOパターンが出現した年の翌年の冬・春期には、Oパターンが出現し、秋期にOパターンが出現しない年の翌年の冬・春期にはOパターンが出現していない。この傾向は資料には用いなかったが、1980年夏期現在まで続いている。

おわりに

海況の変動は、例えば、OパターンからWパターンへ直接変わるものではなく、変動の途中の海況は、OパターンともWパターンともいえない海況を呈したりしている。今後はもっとパターンを細かく分類して、その変動を調べる必要がある。

秋期にOパターンが出現した場合、その翌年の冬・春期にもOパターンが出現するという現象については、漁況予報という点からもその機構の解明が急がれる。

関東・東海ブロック水産海洋連絡会の席上で、有役な助言を下された東海区水産研究所伊藤祐方資源部長及び藤本実技官に感謝する。また、この小論の製図の任に当られた深作美津江女史に感謝する。

参考文献

吉田昭三、1964：近年における黒潮について、水産海洋研究会報、5、66-69。

秦 克己、1968：釧路沖の暖水塊について—特に親潮との関連、水産海洋研究会報、12、47～

56.

- 二谷 颯男, 1969 : 最近数年の黒潮の変動について, 水産海洋研究会報, 14, 13 ~ 18.
- 工藤 英郎, 1971 : 仙台湾に流入する沖合水について, Interim Report of the Studies on the Sendai - Bay for J. IBP, 4, 9 ~ 26.
- 黒田 隆哉, 1974 : 津軽暖流の張出し東限の変動について, 東北水研報, 34, 59 ~ 66.
- 友定 彰, 久保 治良, 1977 : 鹿島灘の海況 - I, 海面水温の変動と黒潮系水の占有率, 東海水研報, 86, 113 ~ 125.
- 中村 保昭, 1977 : 駿河湾ならびに隣接海域の海況変動, 水産海洋研究会報, 30, 8 ~ 38.
- KUBO H., and A. TOMOSADA, 1978 : Oceanography of Kashima - Nada, off the east coast of Honshu - II On the warm water tongue. Bull. Tokai Reg. Fish Res. Lab., 96, 11 ~ 27.
- 岩田 静男, 1979 : 相模湾における表層水の季節変化, 神水試, 相模湾資源環境調査報告, 27 ~ 37.