

東北・北海道海区の表面水温分布の数量化と サンマ漁場との結びつき

松 宮 義 晴 ・ 田 中 昌 一
(長崎大学水産学部) (東京大学海洋研究所)

Numerical Implication between the Distribution of Surface Temperature and the Saury Fishing Ground in the Pacific Ocean off Northern Japan

Yoshiharu MATSUMIYA¹⁾ and Syoiti TANAKA²⁾
(Faculty of Fisheries, Nagasaki University, Nagasaki)¹⁾
(Ocean Research Institute, University of Tokyo, Tokyo)²⁾

Abstract

From old times, the close relation was observed between the formation of saury fishing ground and the distribution of surface temperature. The main fishing ground was formed on the current rip resulted in the Kuroshio and the Oyashio. In order to embody these relations, in this paper, the distribution of surface temperature, the power of the two currents and the current rip were numerized for 20 years data (the chart of sea condition) from 1954 to 1973 in fishing season. The central location of fishing ground and several population parameters (total catch in number, total available population in number and mean of the number of 10-day periods of stay) were compared with the numerical results using correlation and multiple regression analysis by year and by 5-day period. The observation of several important results showed that the shift of fishing ground and the dynamics of saury population were related to the oceanographic environments.

1. 緒 言

東北・北海道海区のサンマ *Cololabis saira* (BREVO-ORT) の漁場移動と親潮との関係については、宇田¹⁾、宇田・渡辺²⁾、久保³⁾等の研究があり、漁場中心は、表面水温 17~18°C の親潮先端部にあり、黒潮・親潮のもたらず温度勾配の大きい、いわゆる潮目(潮境)に形成され、漁場中心の移動方向は、親潮先端部の等温線の勾配の方向と一致していると述べている。また、この海区の海洋構造については、川合⁴⁾により、詳細に述べられている。

魚類の漁獲水温については、多くの研究⁵⁾⁶⁾⁷⁾があるが、サンマでは福島⁸⁾によると、表面水温 7~24°C という非常に広い範囲をもち、最多獲水温でみても 14~18°C という範囲であり、また年変動も大きい。しかし、このように温度に対して広い適応性をもっている、サンマ漁

場は、表面水温分布と密接な関係をもっている。漁場の南限は、17°C の等温線と一致し、漁場の約 9 割は、18°C 以下の水域として説明される⁹⁾¹⁰⁾。

以上から、サンマ漁場を形成している主要な要因は潮目(親潮前線)という海況の不連続帯が魚群の南下移動に対して温度障壁として作用し、魚群の濃縮化を起こしているものと考えられる。従って、漁場形成と移動が、黒潮と親潮の強弱・潮目をもたらず水塊配置等によって影響されていることは明らかである。一般に漁獲量が、黒潮・親潮の関係により影響されるといわれている。実際、海況図とともに説明されれば、断片的には納得のいくものもある。しかし、各年の黒潮の勢力はどの位なのか、相対的に数量化して記述しているものは少ない。また、潮目にしても同様であり、理由づけは、いつも常識的抽象的段階にとどまっている。本論文では、黒潮と親

潮の強弱・潮目を、水塊配置を表現している表面水温分布を用いて数量化し、具体的に、漁場形成機構の解明を試みた。また、このような海況の影響が強いといわれている各資源特性値との関係についても、いくつかの知見が得られたので報告する。

2. 資料および方法

資料としては、1954～1973年の漁況速報〔1972年より漁況速報年報〕(東北区水産研究所のち漁場知識普及会のち漁業情報サービスセンター発行)の、8～11月の半月ごとの表面水温を用い、対象水域としては36～44°N, 150°E以西を取り扱った(Fig. 1)。この水域は、東北・北海道海区のサンマ漁場の約9割を満たしている。サンマ漁期は、ふつう12月まで続くが、12月以後の資料は乏しく、また150°E以东の資料も乏しいため、このような期間および対象水域とした。なお、期間中、対象水域内において、資料が欠除している部分(特に10月以降の148～150°E)は、前後の資料および、欠除部分以外(例えば148°E以西)の傾向より推定した。

各資料ごとに、各月の黒潮および親潮前線の指標等温線となる15, 17, 20, 22, 25°C⁴⁾を選び、15°C以下、

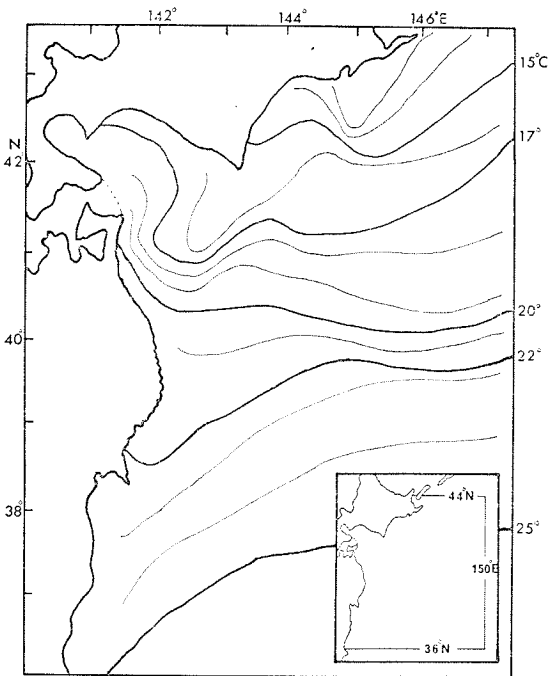


Fig. 1. A model of index isotherms, and the objective area.

15～17°C, 17～20°C, 20～22°C, 22～25°C, 25°C以上の、6水域(Fig. 1)の面積比を、プランメーターにより求めた。また、142～150°Eの1°ごとの9経線において、潮目を表示するものとして、60マイル(緯度1°)間で最も等温線の密な所を捜し、その等温線数、中心緯度(°N)、中心温度(°C)を求めた(1956, 1967, 1971, 1973年は141°E, 1972年は140, 141°Eに、漁期末、漁場が存在するので、この経線上での値も求めた)。

旬ごと、30分区画ごとの漁獲統計(東北区水産研究所)から、第1～6位の最多獲区画の平均位置を算出し、これをもって、旬ごとの漁場中心位置とした。次に、中心位置の経度に注目し、最も近接した経線の各値(ほぼ中間の場合は、両経線の平均値)を、漁場が形成された潮目の値とした。具体的には、第1～6位の最多獲区画はほぼ集中し、144°45'E以上、145°15'E未満に位置する時は145°Eの値、145°15'E以上、145°45'E未満に位置する時は145°Eと146°Eの値の平均値を用いた。ほぼ同程度の潮目が二つ以上存在する時は、中心漁場の緯度に注目し、より近接しているものを、中心漁場の潮目として採用した。沖合と近海に明瞭に漁場が分離した、1956, 1959, 1967, 1968年は、同様なことを漁場別に、また漁場の分散が激しく、先の方法では、漁場中心位置が、明瞭でない時期のある1956, 1968～1972年については、その時期だけ、最多獲区画のなるべく多くが集中している水域を選び、別に中心位置を求めて、同様なことを行った。

3. 結果および考察

1) 漁場中心位置と17°C等温線

従来の研究で注目されてきた、17°C等温線に着目し、17°C以下の水域面積比の増加と、漁場中心緯度(°N)の南下の季節変化を、毎年図示した。Fig. 2には豊漁年である1961, 1962年と、最近の1972, 1973年の4例を示したが、このように、両者は非常によく一致した。そこで、毎年の季節変化に、一次回帰直線をあてはめ、経年変化を図示した(Fig. 3)。水域面積比の増加速度が、2～4%/半月の範囲で、ほぼ一定であるのに対して、漁場の南下速度は、0.1～0.4緯度1°/半月の範囲で、近年増加傾向があり、両速度間には相関関係はなかった。次に、水域面積比が、9月まではほぼ一定であり、10月以降に急激に増加することに着目し、9月までと、10月以降の前・後半に分離して、両速度を計算し直し、経年変化を図示した(Fig. 3)。これによると両者とも、後半の値の方が大きく、後半については、両者の間には

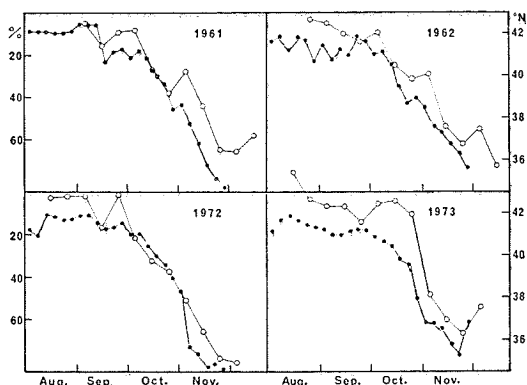


Fig. 2. Seasonal variations of the central latitude of fishing ground (O) and the ratio of area under 17°C (●).

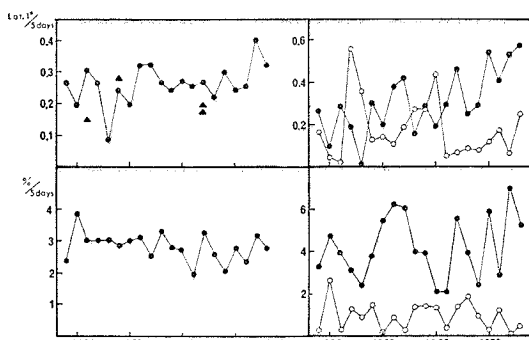


Fig. 3. The moved speed of fishing ground in the south direction (upper parts), and the increasing speed of the ratio of area under 17°C (lower parts).

▲: offshore fishing ground
○ (right parts): the first half (before September)
● (right parts): the second half (after October)

$r=0.591$ と、高度に有意な相関関係が得られた。前・後半に分離した意味が十分にあると思われ、また、17°Cの等温線と漁場との関係も、ある程度説明できたと思われる。

MATSUMIYA and TANAKA¹¹⁾による、毎年の平均滞留旬数 (\bar{T})、総漁獲尾数 (N_1)、延資源尾数指数 ($N_2\bar{T}$) と、先の前・後半の速度との相関係数を計算した。各速度が小さい程、 \bar{T} 、 N_1 、 $N_2\bar{T}$ の各資源特性値が大きくなる。換言すれば、負の相関係数が期待されたが、すべて、有意な相関関係は得られなかった。水域面積比の前半の増加速度と \bar{T} が、 $r=-0.361$ 、漁場の前半の南下速度と

\bar{T} が、 $r=-0.217$ 、後半の南下速度と N_1 が $r=-0.355$ と、有意ではないが負の相関係数を示した。木村¹²⁾は、漁場の南下速度を計算し、体長組成の変化よりみた魚群の集合および分離との関係について述べている。また、木村¹³⁾は、漁場の南下速度と漁獲量減少係数の関係について述べ、資源学的考察を行っている。しかし、以上のように、漁場の南下速度と資源特性値との間は、部分的に説明できたとしても、全体的な説明は無理のようである。

2) 水域面積比

川合⁴⁾によると、黒潮前線北端、および親潮前線南端の、8、11月の平均表面水温は23.4、17.0°C、および21.4、17.0°Cであるという。ここでは、便宜的に、黒潮・親潮前線の指標水温を、8月は25、22°C、9月は22、20°C、10月は20、17°C、11月は17、15°Cにとり、各水域面積比を、両者の勢力の強弱と仮定し、各月とも、半月ごと六つのデータの平均値の経年変化を図示した (Fig. 4)。各月とも年変動が大きく周期性も見られないが、11月は、近年やや、親潮勢力が弱まっている傾向がある。

各月の水域面積比を八つの説明変数に、 \bar{T} 、 N_1 、 $N_2\bar{T}$ をそれぞれ、目的変数として、20年間の重回帰分析を行った。各月内の、黒潮と親潮勢力間では負の相関、隣接した各月間の、黒潮および親潮勢力では正の相関を示す

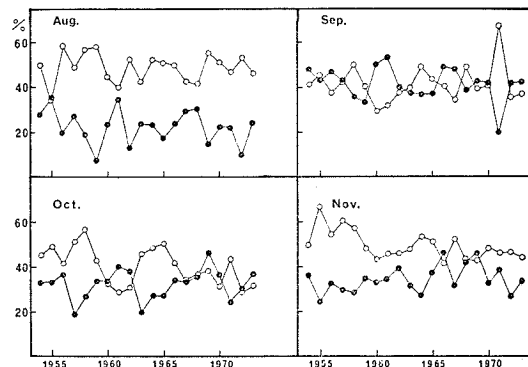


Fig. 4. Yearly variations of the ratio of each area by month.

August ●: above 25°C
○: under 22°C
September ●: above 22°C
○: under 20°C
October ●: above 20°C
○: under 17°C
November ●: above 17°C
○: under 15°C

Table 1. The correlation matrix between the ratio of each area and \bar{T} (mean of the number of 10-day periods of stay), by month.

	Aug.			Sep.			Oct.			Nov.			\bar{T}
	above 25°C Variable 1	under 22°C Variable 2	above 22°C Variable 3	under 20°C Variable 4	above 20°C Variable 5	under 17°C Variable 6	above 17°C Variable 7	under 15°C Variable 8	above 17°C Variable 9				
Variable 1	1.0000	-0.8168**	0.3688	0.0526	-0.0779	0.0698	-0.1770	0.2916	0.1525				
Variable 2	-0.8168	1.0000	-0.2137	0.0274	0.0869	0.1425	0.1789	-0.1380	-0.0760				
Variable 3	0.3688	-0.2137	1.0000	-0.8283**	0.4448*	-0.3872	-0.0082	-0.0524	0.5725**				
Variable 4	0.0526	0.0274	-0.8283	1.0000	-0.4421	0.5623**	0.0593	0.2139	-0.5231*				
Variable 5	-0.0779	0.0869	0.4448	-0.4421	1.0000	-0.6107**	0.4616*	-0.4262	0.2131				
Variable 6	0.0698	0.1425	-0.3872	0.5623	-0.6107	1.0000	-0.1941	0.6332**	-0.2812				
Variable 7	-0.1770	0.1789	-0.0082	0.0593	0.4616	-0.1941	1.0000	-0.6862**	-0.1246				
Variable 8	0.2916	-0.1380	-0.0524	0.2139	-0.4262	0.6332	-0.6862	1.0000	-0.1510				
Variable 9	0.1525	-0.0760	0.5725	-0.5231	0.2131	-0.2812	-0.1246	-0.1510	1.0000				

* significance at 5 % level

** significance at 1 % level

はずである。他はすべて期待された相関関係を示したにもかかわらず、8月と9月の両者の黒潮勢力は $r=0.369$ 親潮勢力は $r=0.027$ と、有意な相関関係を示さず、8~9月間では、海況の変動が大きいことが示唆された (Table 1)。他の単相関行列をみると、 \bar{T} と9月の黒潮勢力間に $r=0.573$ と高度に有意な正の相関、同じく親潮勢力間に $r=-0.523$ と有意な負の相関関係が得られた。 \bar{T} と両勢力間では、統計的に有意ではないが、11月の黒潮を除いて、黒潮と正の相関、親潮と負の相関関係を示したが、 N_1 および $N_2\bar{T}$ と両勢力間には、特に有意な相関関係はなかった。寄与率は、 \bar{T} 、 N_1 、 $N_2\bar{T}$ の順で大きかったが、分散分析の結果、すべての重回帰は有意でなかった。漁場および細かい水塊配置を考慮していない水域面積比と、各資源特性値を、対比すること自体にも、問題があると思われ、今後は、漁場および水塊配置を考慮した展開が、必要と思われる。

3) 潮目

i) 等温線の数

中心漁場となった経線上の値と、その他の水域の平均値とを、各年について比較した。Fig. 5 に、典型的な1955, 1958年, 例外的な, 1971年, 沖合漁場が出現した1956年の4例を示したが、この場合、漁場中心位置の資料は旬ごとのため、半月の表面水温の資料の平均を用いた。一般に、中心漁場の方が等温線数が多く、中心漁場がより顕著な潮目に形成されるようである。その他の水域が中心漁場より多いことはあるが、特定の旬に起こるとは言い難く、しいてあげれば、9月、11月に多いと言え

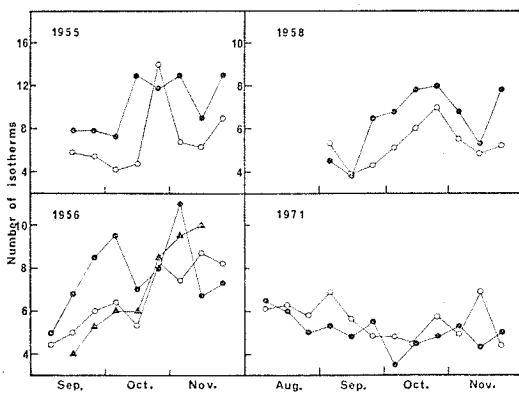


Fig. 5. Seasonal variations of the number of isotherms in each current rip.

- : main fishing ground
- △: other areas
- ▲: offshore fishing ground

る。また、ふつう、3旬以上連続しての形勢逆転は起こらない。

中心漁場の等温線数の季節変化をみると、ほぼ以下の三つの型に分類される (Fig. 5)。

I型……10月中~下旬に最高値をもつ一つの山を形成する。

1955, 1958, 1959, 1962, 1964, 1965年

II型……9月下旬~10月上旬および10月下旬~11月上旬に、二つの山を形成する。

1954, 1956, 1957, 1961, 1963, 1966, 1973年

III型……小さな変動が多く、はっきりした山が形成されない。

1960, 1967, 1968, 1969, 1970, 1971, 1972年

これらの型と総漁獲尾数(N_1)を比較すると、全般的に、I型は豊漁年、II型は中漁年、III型は不漁年にあたる。また、III型は、等温線数そのものも少なく、また、その他の水域が中心漁場より多い旬がよく起こっており、明瞭な潮目が形成されなかったようである。

沖合漁場とその他の水域では、一般に、沖合漁場の方が多いが、沖合漁場と中心漁場を比較すると、一般に、中心漁場の方が多く、沖合漁場が形成された明瞭な理由は判明しなかった (Fig. 5, 1956年)。また、漁場の分散が激しく、明瞭な中心漁場が形成されなかった1956年10月下旬、11月上旬、1968年8月中旬、10月上旬~11月上旬、1969年9月中旬~下旬、1970年9月中旬~下旬、10月中旬~11月上旬、1971年8月上旬~中旬、10月上旬~11月中旬、1972年8月中旬、9月中旬、10月上旬は、最多獲区画のなるべく集中している水域を選び、別に中心位置を求めた。その中心位置での等温線は、平常の例と比べて一般に少なく、また、その他の水域との差も小さいか、あるいは形勢逆転している例が多く、明瞭な潮目が形成されず、漁場の分散が激しかったと思われる (Fig. 5, 1971年)。1969年10月と、1972年8月下旬~9月上旬には、漁場が沖合化し、対象水域に中心漁場が形成されなかった。しかし、この旬の等温線数は、他と比べて、特に少ないとはいえず、また、範囲も大きく、等温線数からは、漁場沖合化の原因はつかめなかった。

ii) 中心緯度

先と同様に、中心漁場となった経線上の値と、その他の水域の沖合側、および沿岸側の値とを、各年について比較した。一般に、沖合側は中心漁場より南下が遅く、沿岸側は早い傾向がある。Fig. 6 に、典型的な1962年、例外的な1971年、特徴のある1973年、沖合漁場が出現した1967年の4例を示した。この南下の傾向の形勢逆転に

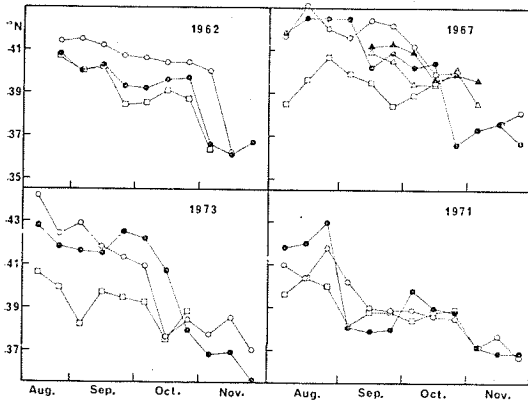


Fig. 6. Seasonal variations of central latitude in each current rip.

- : main fishing ground
- : area in the offshore side
- : area in the nearshore side
- ▲: offshore fishing ground
- △: area between main fishing ground and offshore one

ついて調べてみると、沖合側と中心漁場の逆転は、沿岸側と中心漁場の逆転より多く、豊漁年は、両方の逆転が少なく、不漁年は多い傾向がある。不漁年では、2~4旬連続して逆転が起こることもあり、この形勢逆転の時期は、沖合側においては特徴がなく、沿岸側においては、10月が一番多い。

沖合漁場と中心漁場を比較すると、1968年8月下旬の沖合漁場の経線上の値が、中心漁場より、かなり北に存在する以外は、あまり差が認められなかった。なお、沖合漁場と中心漁場の中間の中央部の値は、沖合側、沿岸側のほぼ中間の値を示した (Fig. 6, 1967年)。また、先に述べた漁場の分散の激しい旬は、南下の傾向の形勢逆転が多い (Fig. 6, 1971年)。また、漁場が沖合化した旬では、全経度上での平均値は、その前後の旬と大差はなく、特に異常な現象は、見出せなかった。

実際の中心位置 (漁場の分散の激しい旬では、別に求めた中心位置) と、中心漁場の潮目の位置 (°N) を比較すると、よく一致し、潮目のやや北に漁場が形成されており、潮目が、魚群の南下を阻止しているようにみえる。この傾向は、一般によくあてはまるが、年によっては潮目の南や、2~3°N北方に、漁場が形成されている。また、沖合漁場にも、以上と同様の傾向がうかがえる。Fig. 7 に、典型的な1963, 1965年、例外的な1968年、沖合漁場が出現した1959年の4例を示した。

iii) 中心温度

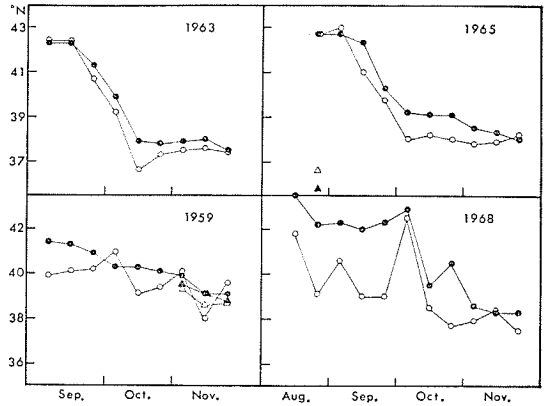


Fig. 7. Seasonal variations of the central latitude of fishing ground and its current rip.

- : main fishing ground
- : current rip of main fishing ground
- ▲: offshore fishing ground
- △: current rip of offshore fishing ground

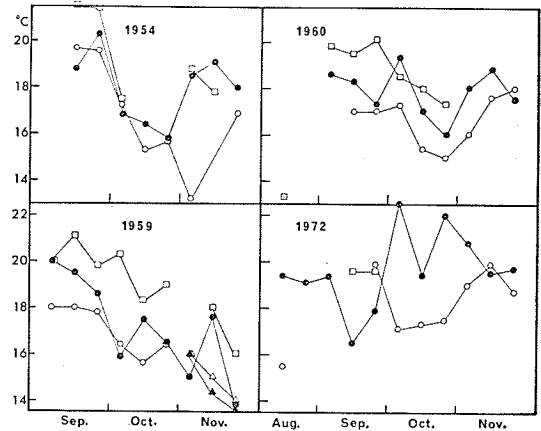


Fig. 8. Seasonal variations of the mean temperature in each current rip.

- : main fishing ground
- : area in the offshore side
- : area in the nearshore side
- ▲: offshore fishing ground
- △: area between main fishing ground and offshore one

先と同様に、中心漁場と沖合側、および沿岸側を比較すると、中心漁場は、だいたい、17~18°Cを示し、宇田¹⁾、宇田・渡辺²⁾、久保³⁾、田中⁹⁾¹⁰⁾らの指摘と一致した。沖合漁場は中心漁場より低く、沿岸漁場は高い傾向があるが、変動は大きい。また、中心漁場の季節変化をみると、10月の盛漁期にやや低くなる傾向がある。Fig. 8 に、典型的な1954, 1960年、高温年の1972年、沖合漁場

出現の1959年の、4例を示した。

沖合漁場と中心漁場を比較すると、やや沖合漁場の方が低い傾向がある。1959年においては、沖合漁場の潮目は、3旬とも、17°C以下であった。また、中央部は、沖合および沿岸漁場の中間値を示す例が多い (Fig. 8, 1959年)。また、対象水域に中心漁場ができなかった1969年10月は、その他の水域の平均が、18.3°C、1972年8月下旬は19.1°C、9月上旬は19.4°C (1972年は高温年) であり、特に異常な現象は見出せなかった。

iv) 各値の経年変化と資源特性値の重回帰分析

各月の平均値を求め、中心漁場 (●) およびその他の水域 (○) の、潮目の等温線数の経年変化を、Fig. 9 に示した。沖合漁場が出現した旬においては、中心漁場と沖合漁場の平均値を計算し、更に、各月の平均値を求めた。1969年10月、1972年8月下旬~9月上旬は、その他の水域の平均値をもって、中心漁場の値とした。Fig. 9 をみると、各月の中心漁場およびその他の水域とも、年変動が激しいが、10、11月は、8、9月より、両方の値とも大きくなっている。

20年間の全資料がない8月を除いて、9、10、11月の等温線数および中心漁場とその他の水域の等温線数の差を説明変数に、 \bar{T} , N_1 , $N_2\bar{T}$ を目的変数として、重回帰分析を行った。単相関行列を見ると、等温線数については、9月と11月に $r=0.479$, 10月と11月に $r=0.688$, 差については、9月と11月に $r=0.659$, 10月と11月に $r=0.620$ と、有意な相関関係があった。また、9月の等温線数の差と N_1 に $r=0.657$, 同じく11月の差と N_1 に $r=0.583$ と有意な相関関係があり、分散分析の結果、等温線数の差と、 N_1 の重回帰は有意であった。等温線

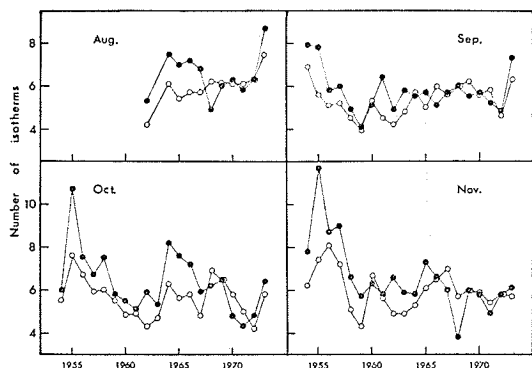


Fig. 9. Yearly variations of the number of isotherms in each current rip by month.

●: main fishing ground
○: other areas

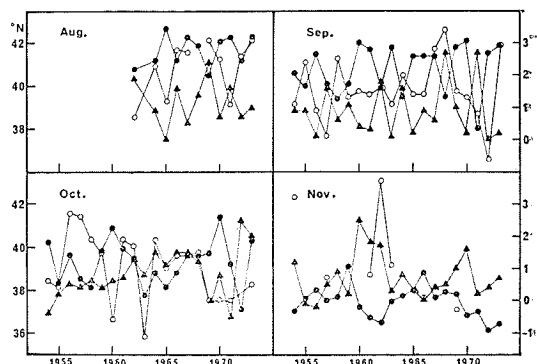


Fig. 10. Yearly variations of the central latitude in the current rip of main fishing ground (●) and the difference in the current rip of each area, by month.

○: area in the offshore side—area in the nearshore side
▲: main fishing ground—current rip of main fishing ground

数の差が大きい、即ち、明瞭な潮目が形成された年ほど漁獲が多いという結果となった。しかし、その他の重回帰はすべて有意でなかった。

各月の潮目の、中心漁場の中心緯度 (●), および沖合側と沿岸側の中心緯度の差 (○), および中心漁場と潮目の位置 (°N) の差 (▲) の経年変化を Fig. 10 に示す。沖合漁場については、先と同様に取り扱った。また、1969年10月、1972年8月下旬~9月上旬は、中心漁場と潮目の位置の差を 0 とした。Fig. 10 をみると、各値とも、年変動が激しく、一定の傾向はない。

先と同様に、9~11月の各値を説明変数に、 \bar{T} , N_1 , $N_2\bar{T}$ を目的変数として、重回帰分析を行った。なお、沖合側、あるいは沿岸側しか資料のない月においては、差は 0 として計算を実施した。単相関行列を見ると、11月の沖合側と沿岸側の差と $N_2\bar{T}$ に $r=0.447$, 11月の中心漁場と潮目の位置の差と \bar{T} に $r=0.491$ と、有意な相関があった。分散分析の結果、沖合側と沿岸側の差と、 $N_2\bar{T}$ の重回帰は有意であり、他はすべて有意でなかった。沖合側から沿岸側にかけて、潮目の南北傾斜が大きいほど、 $N_2\bar{T}$ が大きい結果となった。しかし、これらの結果は、仮定の値を入れて計算しており、結果に対して、十分な考慮が必要と思われる。

各月の潮目の、中心漁場の中心温度 (●), および沿岸側と沖合側の中心温度の差 (○) の経年変化を、Fig. 11 に示す。沖合漁場、および1969、1972年については、先と同様に取り扱った。Fig. 11 をみると、各値とも年変

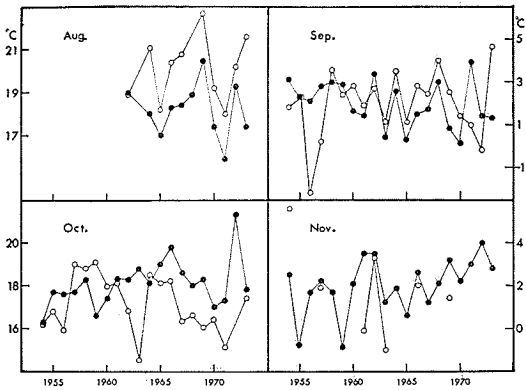


Fig. 11. Yearly variations of the mean temperature in the current rip of main fishing ground (●), and the difference in the current rip between area in the nearshore side and area in the offshore side (○), by month.

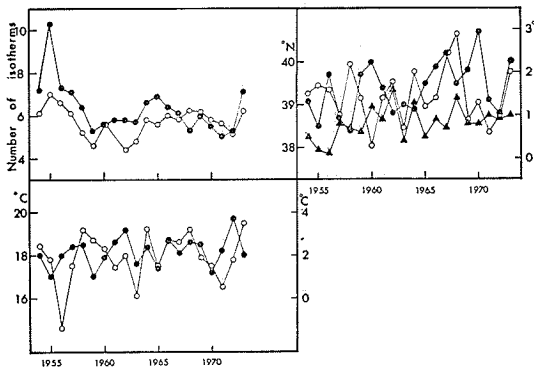


Fig. 12. Yearly variations of each value in the current rip.

The number of isotherms (left upper part).

- : main fishing ground
- : other areas

The central latitude and the difference (right upper part).

- : main fishing ground
- : area in the offshore side—area in the nearshore side
- ▲: main fishing ground—current rip main fishing ground

The mean temperature and the difference (left lower part).

- : main fishing ground
- : area in the nearshore side—area in the offshore side

動が激しいが、中心温度において、10、11月は、8、9月に比べて低くなっている。また、各月とも、中心温度

が高い年ほど、差が大きい傾向がある。

先と同様に、9～11月の各値と \bar{T} , N_1 , $N_2\bar{T}$ について、重回帰分析を行なった。単相関、および重回帰とも、有意なものを得られなかった。中心温度、および差とも、各月間で変動が大きく、各資源特性値との関連も少ないようである。また、中心温度においては、17°Cあるいは18°Cとの差というような取り扱い方が、今後、必要と思われる。

以上の、潮目についての各値の年平均を、8月の資料も含めて計算して、その経年変化を、Fig. 12に示した。なお、沖合側、あるいは沿岸側しか資料のない旬については、年平均の計算から除外したが、他については、すべて先と同様に取り扱った。Fig. 12の七つの値を説明変数に、 \bar{T} , N_1 , $N_2\bar{T}$ を目的変数として重回帰分析を行なった。七つの値の単相関行列をみると、中心漁場とその他の水域の差に $r=0.839$ 、等温線数と、実際の中心位置と潮目の位置との差に $r=-0.525$ 、等温線数の差と中心漁場の緯度に $r=-0.523$ 、同じく等温線数の差と、実際の中心位置と潮目の位置との差に $r=-0.447$ 、沖合側と沿岸側の中心緯度の差と、沿岸側と沖合側の中心温度の差に $r=0.490$ 、実際の中心位置と潮目の位置との差と、中心漁場の中心温度に $r=0.568$ 、同じく差と、沿岸側と沖合側の中心温度の差に $r=0.515$ と、有意な相関関係があった。また、七つの値と、 \bar{T} , N_1 , $N_2\bar{T}$ の単相関をみると、 N_1 と等温線数の差に $r=0.631$ 、 N_1 と中心漁場の中心緯度に $r=-0.461$ と有意な相関関係があった (Table 2)。寄与率は N_1 , $N_2\bar{T}$, \bar{T} の順で大きく、分散分析の結果、 N_1 に対する重回帰のみ有意であった。等温線数の差と N_1 の関連が、大きいようである。

土井・小野¹⁴⁾は、重回帰分析を用いて、十和田湖のヒメマスの漁獲量と、環境要因との関連に、重要な知見を得ている。また、土井・岡田・石橋¹⁵⁾は、クルマエビ減耗の八つの環境要因について、多変量解析を行っている。しかし、資源特性値と環境要因の関連については、環境要因の選択、数量化に問題があり、また、分析が、形式的な取り扱いに終わってしまうことは否めない。本論文の資料は、連続している環境変動に対する観測の時間空間密度からいっても精密とは言えず、以上の結果に対して十分に留意する必要がある。サンマ漁場形成機構解明の一端となり、魚群の動きを、環境との関連で考慮した、新しい資源のダイナミクス理論への端緒となれば幸いである。

Table 2. The correlation matrix between the yearly mean of each value and N_1 (total catch in number).

Variable 1	Variable 2	Variable 3	Variable 4	Variable 5	Variable 6	Variable 7	Variable 8
Variable 1	1.0000	0.8389**	0.1889	-0.5249*	-0.3599	-0.0356	0.2937
Variable 2	0.8389	1.0000	0.0770	-0.4473*	-0.3052	-0.0288	0.6311**
Variable 3	-0.3148	-0.5230*	1.0000	0.0300	-0.2976	0.0284	-0.4614*
Variable 4	0.1889	0.0770	1.0000	0.1704	0.1145	0.4904*	0.2016
Variable 5	-0.5249	-0.4473	0.0300	1.0000	0.5681**	0.5153*	-0.2143
Variable 6	-0.3599	-0.3052	-0.2976	0.1145	1.0000	0.1455	-0.1335
Variable 7	-0.0356	-0.0288	0.0284	0.4904	0.5153	1.0000	0.0110
Variable 8	0.2937	0.6311	-0.4614	-0.2143	-0.1335	0.0110	1.0000

* significance at 5 % level

** significance at 1 % level

Variable 1: the number of isotherms in the current rip of main fishing ground

Variable 2: the difference in the number of isotherms in the current rip (main fishing ground—other areas)

Variable 3: the central latitude in the current rip of main fishing ground

Variable 4: the difference in latitude of the current rip (area in the offshore side—area in the nearshore side)

Variable 5: the difference in latitude (main fishing ground—current rip of main fishing ground)

Variable 6: the mean temperature in the current rip of main fishing ground

Variable 7: the difference in temperature of the current rip (area in the nearshore side—area in the offshore side)

Variable 8: N_1 (total catch in number)

4. 要 約

1) サンマ漁場と関連が深いと言われる、黒潮と親潮の強弱、潮目を、表面水温分布を用いて数量化して、具体的な、サンマ漁場形成機構の解明を試み、また、各資源特性値との関連についても言及した。

2) 1954~1973年の漁(海)況速報の、8~11月の半旬ごとの表面水温の資料を用い、 $36\sim 44^{\circ}\text{N}$ 、 150°E 以西を対象水域とした。また、旬ごと、30分区分画ごとの漁獲統計の最多獲区画(1~6位)より、サンマ漁場中心位置を算出した。

3) 各資料ごとに 15°C 以下、 $15\sim 17^{\circ}\text{C}$ 、 $17\sim 20^{\circ}\text{C}$ 、 $20\sim 22^{\circ}\text{C}$ 、 $22\sim 25^{\circ}\text{C}$ 、 25°C 以上の六つの水域の面積比を、プランメーターより求めた。

4) 17°C 以下の水域面積比の増加と、漁場中心位置($^{\circ}\text{N}$)の南下の季節変化を図示したところ毎年よく一致した。これらに、一次回帰直線(速度となる)をあてはめ、経年変化を観察したが、水域面積比の増加速度はほぼ一定であるのに対して、漁場の南下速度は近年増加傾向を示し相関関係はなかった。

5) 先の速度を9月までと10月以降の前・後半に分離し計算しなおした結果、後半については、両者の間に $r=0.591$ と、高度に有意な相関関係が得られ、 17°C 等温線と漁場との関係が、ある程度説明できた。

6) 毎年の平均滞留旬数(\bar{T})、総漁獲尾数(N_1)、延資源尾数指数($N_2\bar{T}$)と、先の前・後半の速度との相関関係を計算したが、有意なものは得られなかった。

7) 黒潮・親潮前線の指標水温を、8月は 25 、 22°C 、9月は 22 、 20°C 、10月は 20 、 17°C 、11月は 17 、 15°C にとり、各水域面積比を両者の勢力の強弱と仮定し、経年変化を図示した。

8) 先の各水域面積比を説明変数に、 \bar{T} 、 N_1 、 $N_2\bar{T}$ を目的変数として重回帰分析を行った結果、9月の親潮勢力と \bar{T} に、正の相関関係があった以外、有意な相関関係は得られなかった。分散分析の結果、すべての重回帰は有意でなく、水域面積比に、漁場および細かい水塊配置を考慮する必要があると思われる。

9) 水域内9経線上の60マイル(緯度 1°)間で、最も等温線の密な所を捜し、その等温線の数、中心緯度($^{\circ}\text{N}$)、中心温度($^{\circ}\text{C}$)を求め、漁場中心位置の経度に最も近接した経線での各値を、漁場が形成された潮目の値とした。

10) 潮目の等温線数について、中心漁場とその他の水域の平均値を比較すると、一般に中心漁場の方が多く、中心漁場が、より顕著な潮目に形成されるようである。

また、中心漁場の等温線数の季節変化をみると、三つの型に分類される。

11) 中心漁場とその他の水域の沖合側、および沿岸側とを比較すると、一般に、沖合側は中心漁場より南下が遅く、沿岸側は早い傾向がある。また、実際の中心位置と中心漁場の潮目の位置($^{\circ}\text{N}$)を比較すると、よく一致し、潮目のやや北に漁場が形成されており、潮目が魚群の南下を阻止しているように見える。

12) 同様に、中心漁場と沖合側、および沿岸側を比較すると、中心漁場は、 $17\sim 18^{\circ}\text{C}$ を示し、沖合側は中心漁場より低く、沿岸側は高い傾向があるが、変動も大きい。

13) 沖合漁場が出現した1956、1959、1967、1968年では、同様なことを漁場別に行い、ほぼ中心漁場と同様な結果を得た。

14) 漁場が分散し、中心漁場が明瞭でない時期のある1956、1968~72年では、その時期だけ別に中心位置を求めて、同様なことを行ったが、平常年と比較して、先の各値の傾向と一致しない例が多かった。

15) 1969年10月、1972年8月下旬~9月上旬は、対象水域に中心漁場が形成されなかったが、平常旬と比べて、特に異常な現象はなく、漁場の沖合化の原因はつかめなかった。

16) 以上の潮目の値を月ごと、および年で集計し、これらを説明変数、 \bar{T} 、 N_1 、 $N_2\bar{T}$ を目的変数として重回帰分析を行い、いくつかの、重要と思われる知見を得た。

おわりに、数量化の方法等について有益な御指導を賜った静岡県水産試験場中村保昭氏に厚くお礼申し上げます。

文 献

- 1) 宇田道隆(1936) 東北海区に於けるサンマ漁場の移動と親潮寒流との関係。日水誌, 5, 236~238.
- 2) 宇田道隆, 渡辺信雄(1938) サンマ・カツオの漁況と秋の低気圧及び海況との関係。日水誌, 6, 240~242.
- 3) 久保雄一(1954) 東北海区に於けるサンマ *Cololabis saira* (BREVOORT) 漁場移動と親潮との関係。茨城水試報, 昭和25・26年度, 9~11.
- 4) 川合英夫(1955) 東北海区における極前線帯とその変動について(第1報)。東北水研報, 4, 1~46.
- 5) 黒田隆哉(1955) 東北海区に於けるカツオ魚群の漁獲水温に就いて。東北水研報, 4, 47~61.
- 6) 井上元男(1958) 北西部太平洋に於けるピンナガマグロ漁場動態に関する研究-I 漁獲水温より見た

- 冬ビンナガの水温に対する適応性. 日水誌, **23**, 673~679.
- 7) 井上元男, 岩崎行伸 (1971) 表面水温とマグロ漁場. 水産海洋研究会報, **19**, 129~134.
- 8) 福島信一 (1958) 東北海区に於けるサンマ漁況と海況との関係に就いて. 東北水研報, **12**, 1~27.
- 9) 田中昌一 (1971) 資源と環境の関連性についての一つの提案. 水産海洋研究会報, **18**, 12~16.
- 10) 田中昌一 (1971) サンマ資源の解析と漁海況問題. 第20回サンマ研究討論会議事録, 105~106.
- 11) MATSUMIYA, Y. and S. TANAKA (1976) Dynamics of the saury population in the Pacific Ocean off northern Japan-II Estimation of the catchability coefficient q with the shift of fishing ground. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., **42**, 943~952.
- 11) 木村喜之助 (1956) 海況による魚群の集合・分離の一理論 第1報 東北海区秋季のサンマ漁場に関して. 東北水研報, **7**, 103~145.
- 13) 木村喜之助 (1960) 東北海区サンマ漁況に対する資源学的考察. 東北水研報, **14**, 1~82.
- 14) 土井長之, 小野静子 (1971) 十和田湖において観光客と自然環境要因がヒメマス漁獲に及ぼす影響について—観光公害をみつもる一つの試み—. 東海水研報, **68**, 23~29.
- 15) 土井長之, 岡田啓介, 石橋喜美子 (1973) クルマエビ環境要因の減耗作用の評価-I 西条干潟における環境指標の選抜. 東海水研報, **76**, 37~52.