

本州東方海域におけるサンマ漁場と 衛星データから得られる海況との関係

木村典嗣*¹・岡田喜裕*²・Kedarnath MAHAPATRA*³

Relationship between the saury fishing ground and sea surface oceanographic features determined from satellite data along the northeastern coast of Japan

Noritsugu KIMURA, Yoshihiro OKADA and Kedarnath MAHAPATRA

Abstract

Relationship between the distributions of sea surface temperature in the formation of the saury fishing ground has been reported by many studies. However, it is not clear whether the saury fishing ground is related to the boundary of water masses and the chlorophyll-a concentration. We used the satellite images to retrieve the temperature gradients and chlorophyll-a concentration, and studied further in conjunction with simultaneously collected saury fish catch data. The saury fishing ground east off Hokkaido was closely related to the temperature gradient characterized by 0.8-2.0°C/km. In the meantime the fishing ground off Sanriku was closely related to chlorophyll-a concentration level of 0.6-1.6 mg/m³. The fact that the formation of the saury fishing ground is related to the boundary of water masses and the chlorophyll-a concentration has been proved clearly in this paper.

1. はじめに

北海道、三陸の沖合いにおけるサンマ *Cololabis saira* (BREVOORT) の漁場移動と親潮の関係については、宇田 (1936)、宇田・渡辺 (1938)、久保 (1954) などの研究がある。これらの報告からサンマ漁場は、表面水温 17~18°C の親潮先端部にあり、黒潮、親潮のもたらす温度勾配の大きい、いわゆる潮目 (潮境) に形成され、漁場の移動方向は、親潮先端部の等温線の勾配の方向と一致している。福島 (1979) はサンマと親潮の動向 (水塊配置) によって主漁場の位置、魚体組成、漁獲水準をパターン分けし、漁況予測の方法について報告している。松宮・田中 (1976) は表面水温分布図を数量化して、サンマ漁場の中心位置と潮境を比較して、潮境のやや北に漁場が形成されていると報告しているが、半旬毎のデータをもとにした結果であり、環境変動に対する観測の時空間密度からしても

精密とはいえ注意する必要があると指摘している。

漁場 (カツオやビンナガマグロ、マグロなど) と漁獲水温については、昔から多くの研究が行われてきた (例えば、黒田, 1955; 井上, 1958; 井上・岩崎, 1971; 福島, 1958 など)。福島 (1958) は、サンマが表面水温 7~24°C という非常に広い水温域に存在し、最多獲水温でみても 14~18°C という範囲であり、年変動も大きいと報告している。しかし、このように温度の適応性が広いサンマでも、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 以下の水域であると報告されている (田中, 1971a,b)。このようにサンマ漁場と水温との関係があることがわかってきた。

広範囲に定期的に観測可能な人工衛星によるリモートセンシングに注目が集まってきている。漁場と水温との関係があることから、水産分野では、海表面水温画像が得られる赤外リモートセンシングに注目が集まった。赤外域リモートセンシングから得られる海表面水温画像を用いた水産

2004年9月13日受理

*1 株式会社 NTT データ 技術開発本部 (Research and Development Headquarters, NTT DATA Corporation)

*2 東海大学海洋学部地球環境工学科 (Department of Geo-Environmental Technology, School of Marine Science and Technology, Tokai University)

*3 株式会社アースウェザー (Earth Weather Inc.)

海洋分野での研究例として、平井 (1984), 斎藤 (1983), Saitho et al. (1986), Sugimoto and Tameishi (1992) などがある。NOAA/AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer) による海表面水温画像を用いたサンマ漁場における海況解析の例は斎藤 (1983) と平井 (1984) しかない。平井 (1984) は、50~100km スケールの Frontal Eddy や親潮系冷水の急激な南下、1~14km スケールの潮境付近の暖、冷水パッチなどの海況変化が、時間的スケールとして短すぎるために船舶観測では捉えることが難しく、海表面水温画像が有効であると報告している。これらの研究では、潮境について定性的な比較のみが行われており、具体的な数値として検討されていない。可視域リモートセンシングによるクロロフィル-a 濃度画像を用いたサンマ漁場における海況解析の例は岡田ら (1991) しかない。岡田ら (1991) は、CZCS (Coastal Zone Color Scanner) によるクロロフィル-a 濃度画像とサンマ漁場と比較した結果、8~9月までのクロロフィル濃度分布とサンマ漁獲高とは相関が低いが、10月になると相関が見られたと報告している。中村 (1979) は、環境条件とサンマの分布について考察する場合に日単位で考える必要が

あると指摘している。また、平井 (1984) は、常磐から鹿島近海のサンマ漁群の移動には Frontal Eddy や親潮系冷水の急激な南下のような1から数日間に発生する海況の変動が重要な役割を果たしていると報告している。

そこで本研究の目的は、2000年を例としてサンマ漁場の短期変動の特徴、サンマ漁場とクロロフィル-a 濃度との関係、サンマ漁場となりうる潮境の数値化について、衛星画像 (海表面水温画像とクロロフィル-a 濃度画像) と船間通信データを用いて検討することである。

2. 使用したデータ

研究対象期間は2000年の大型船 (40トン以上) の出漁が解禁になった8月20日以降を対象とし、研究対象海域はサンマ主漁場が形成される北海道東方沖及び三陸沖とした (Fig. 1)。使用したデータは、漁業情報サービスセンターより提供された船間通信データと、NOAA/AVHRR から得られる海表面水温画像と、OrbView-2/SeaWiFS (Sea viewing Wild Field Scanner) から得られるクロロフィル-a 濃度画像である。船間通信データは、サンマ棒受網漁

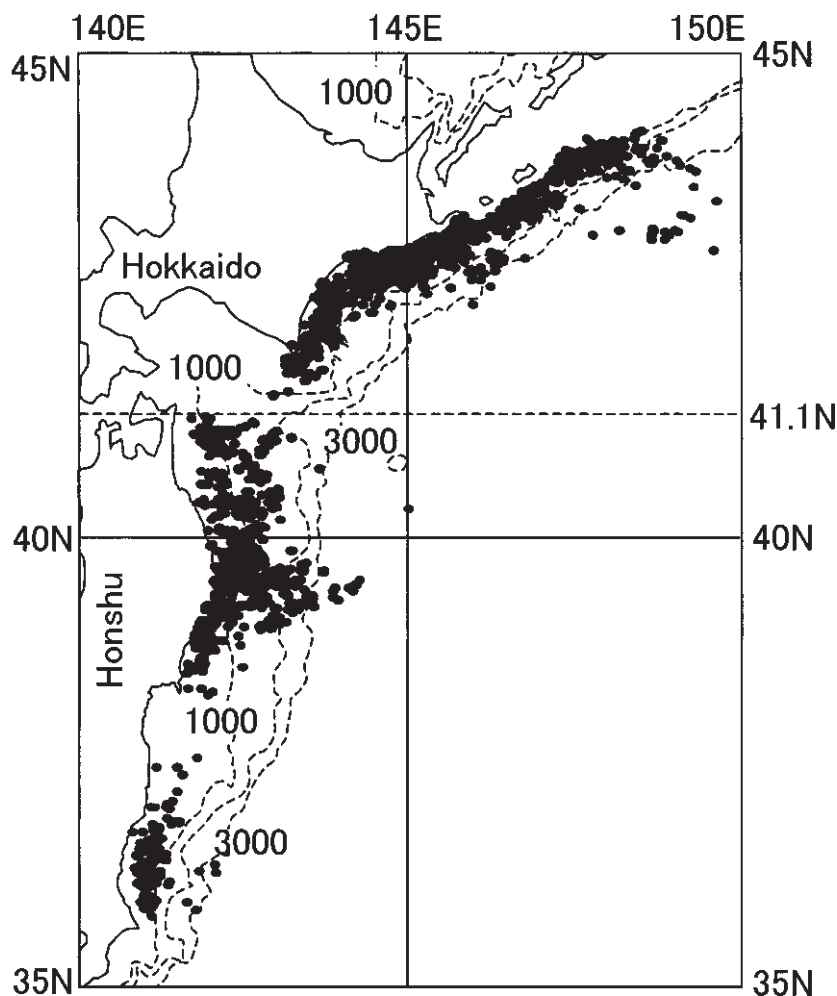


Figure 1 Research area and the locations of the saury fishing ground as obtained from ship to ship communication data shown as solid black circles.

法によって漁が行われた結果を示しており、漁船名、日付、緯度、経度、漁獲量（トンで記録）、海表面水温（小数点以下2桁で記録）の項目から構成され、8月20日から12月8日までの本研究対象期間の船間通信データの総数は5758網のデータであった。本研究では日付、緯度、経度、漁獲量、海表面水温のデータを使用する。緯度と経度は小数点以下2桁の度で記録されている。北緯40度から41度の距離が111.3kmであることから0.01度は1.11kmとなる。本研究では、海表面水温画像とクロロフィル-a濃度画像の解像度が1.1kmであり、衛星画像と船間通信データを比較するために、同じ日に同じ緯度経度での船間通信データについて、漁獲量の和の値を用いるとデータ数は1898点であった。海表面水温画像とクロロフィル-a濃度画像の切り出し海域は北海道東方海域（41.1°N～45.8°N，141.3°E～147.7°E）と三陸沖合海域（37.5°N～42.4°N，139.8°E～146.2°E）の範囲（Fig. 1）である。本研究で用いた海表面水温画像は、1日に取得された複数枚の画像に

雲除去作業を行ってから最大値法により合成した画像である。本研究の対象期間における北海道東方海域の海表面水温画像は87枚、クロロフィル-a濃度画像は18枚あり、三陸沖合海域の海表面水温画像は87枚、クロロフィル-a濃度画像は10枚ある。本研究では、道東沖と三陸沖の海域毎の特徴を検討するために、北緯41.1度より以北の海域を道東沖、以南の海域を三陸沖とする。

3. 結果および考察

船間通信データに見られる漁場位置の時間変化

本研究において船間通信データは、任意の日にある海域にサンマが存在していたことを確認することが出来たデータであると考えた。船間通信データにある漁場位置と水温をもとに日毎の漁場位置の移動と漁場水温の変動について検討をおこなった。最初に、サンマ漁場の位置と時間による移動について検討をする（Fig. 2）。Fig. 2は船間通信デ

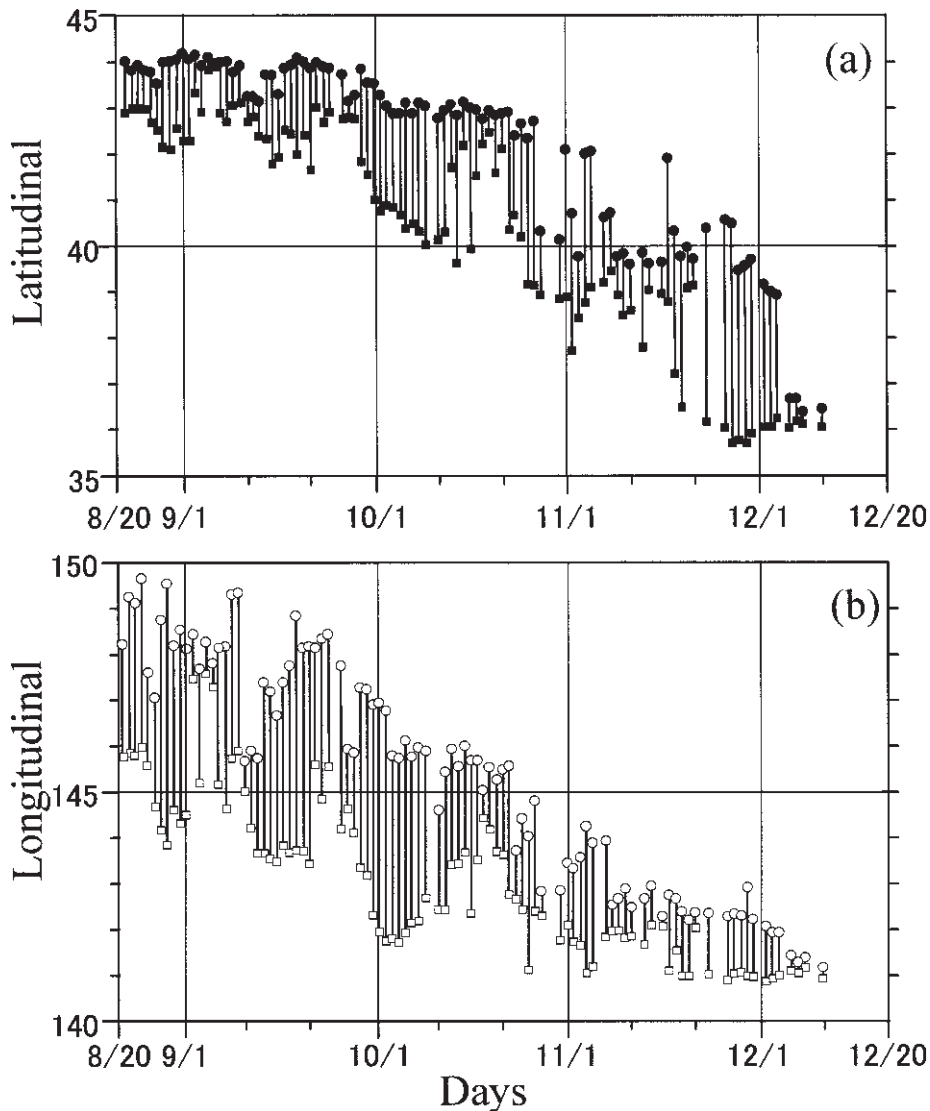


Figure 2 Temporal and spatial variations of the saury fishing ground locations. (a) Latitudinal: ● northern fishing ground; ■ southern fishing ground. (b) Longitudinal: ○ eastern fishing ground □ western fishing ground.

ータにおける日毎の漁場の最北と最南 (Fig. 2(a)), 最東と最西位置 (Fig. 2(b)) をもとにプロットした。

漁場の最北位置は, 8月下旬に北緯44度から9月下旬まで大きな移動はないが, 10月上旬になると徐々に南に移動が始まり, 10月下旬に北緯42.2度から北緯40.3度と大きく移動している。11月上旬に再び北緯41.5度まで北上するが, 11月中旬以降は北緯40度付近に位置しているが, 12月になると北緯35.7度まで南下している。漁場の最南位置は, 9月下旬に北緯42.3度であったが10月中旬までに北緯40.2度まで南下しているが, 10月中旬になると三陸沖の漁場がいったん消滅し, 11月下旬になると北緯39度まで漁場が南下している。11月下旬に最南下位置 (北緯35.6度) に達している (Fig. 2(a))。

漁場の最東位置は, 8月下旬に東経147度から150度であるが, 12月上旬に東経141度に移動していることがわかる。漁場の最西位置は, 8月下旬に東経144度から146度であるが, 12月上旬に東経141度に移動している。9月の下旬に東経146度から143度と9月の下旬に東経145.6度から141.8度まで大きく漁場が移動していることがわかる (Fig. 2(b))。

9月下旬から10月上旬にかけて, 漁場の最南位置と最西位置が大きく移動して, 道東沖から三陸沖に移動していることがわかる。サンマ漁場は, 道東沖で東西に広く南北に狭いが, 三陸沖で東西に狭く南北に広がることからわかる。本研究の結果は中村 (1979) の豊漁の年の漁場分布と一致している。

船間通信データに見られる漁場水温の時間変動

サンマ漁場の水温と時間変動について検討をする (Fig. 3)。Fig. 3は船間通信データにおける日毎の漁場水温の最高値と最低値をもとにプロットした。漁場の最高水温は, 18°Cを超えることが11月下旬までほとんどない。11月中旬から下旬にかけて18°Cから14°Cに大きく変動している。漁場の最低水温は, 9月中旬に16°Cであったが10月上旬に12°Cに達し, 10月20日に最低水温 (10.3°C) になり, 11月は12°Cから14°Cの間で推移している。10月上旬になると漁場水温の幅が広がる。この理由として, 9月まではサンマ漁場が道東沖にあったが, 10月上旬になると三陸沖にもサンマ漁場が拡がり始めたために漁場水温の幅が広がったと考えられる。本研究の結果は, 福島 (1979) の漁場水温とよく一致していた。

船間通信データに見られる漁場水温による漁獲量と漁場数の変動

Fig. 4は水温毎の漁獲量と漁場数の関係を示している。16.0~16.9°Cにおける漁獲量の総漁獲量に対する割合は道東沖26.8%, 三陸沖22.7%, 全域25.4%である。17.0~17.9°Cにおける漁獲量の総漁獲量に対する割合は道東沖13.0%, 三陸沖31.4%, 全域19.2%である。14.0~17.9°Cにおける漁獲量の総漁獲量に対する割合は道東沖84.9%, 三陸沖80.9%, 全域83.5%である。本研究の結果は, 宇田 (1936) が報告しているサンマ適水温15~18°Cと一致していた。道東沖と三陸沖との水温による漁獲量の違いは余り

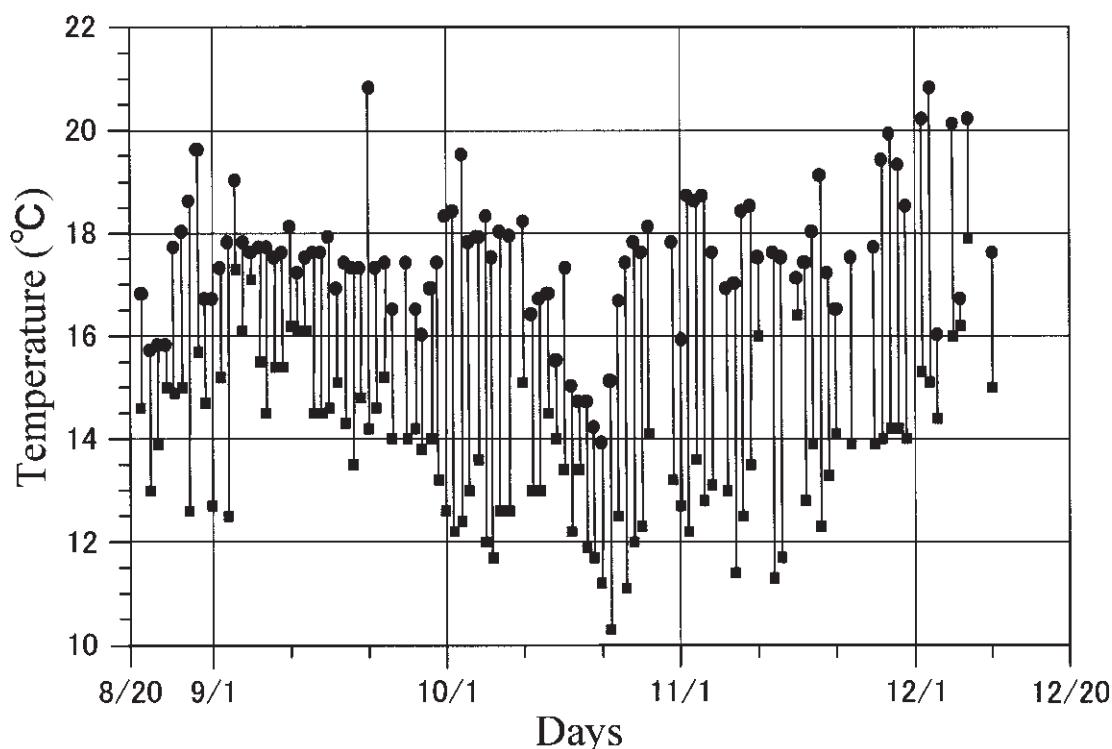


Figure 3 Temporal variations of the surface temperature at the saury fishing ground. ● and ■ denote highest and lowest surface temperature, respectively.

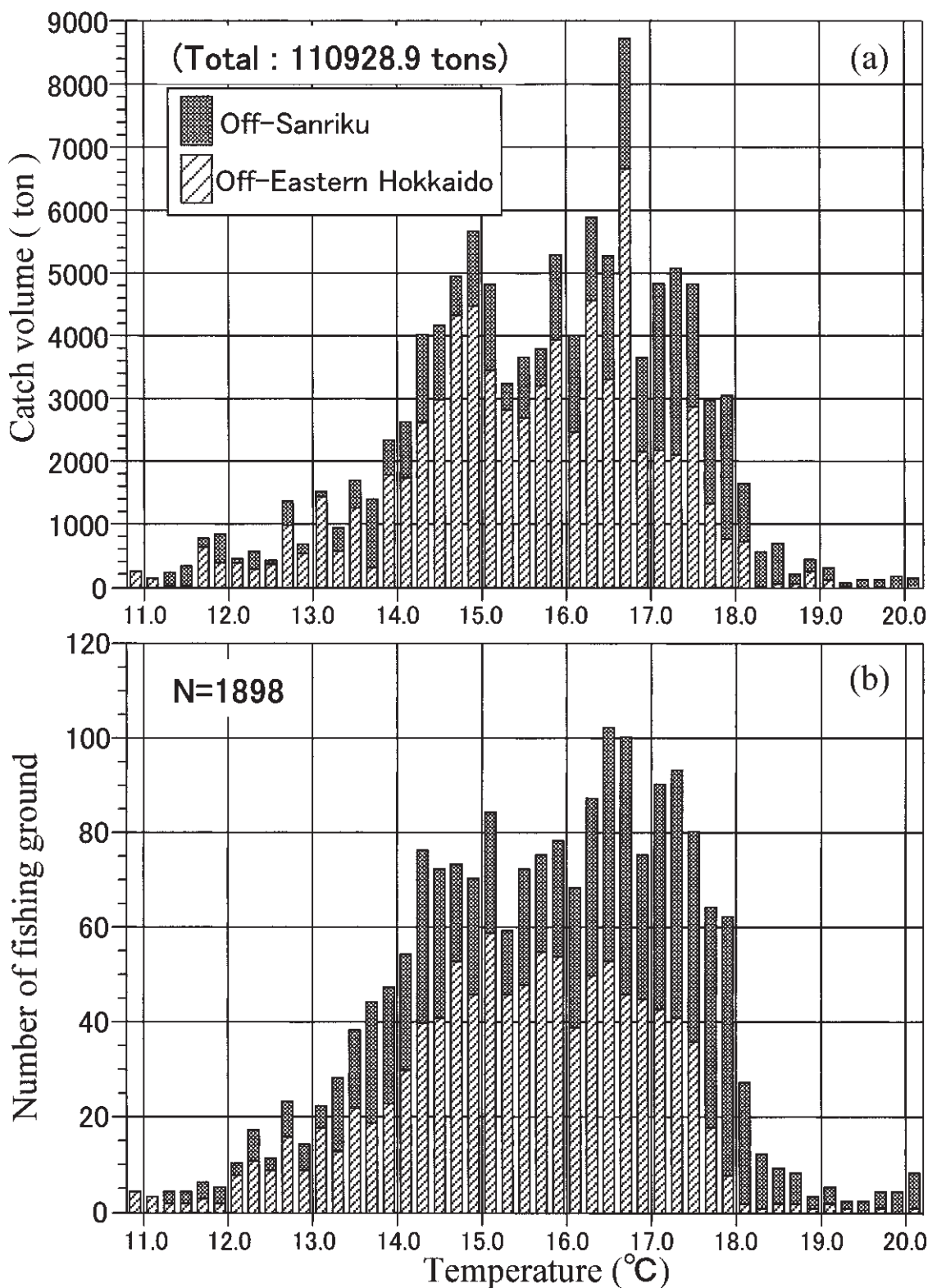


Figure 4 Relationship between SST and (a) the saury catch volume (tons), and (b) the number of fishing ground.

ないが、道東沖で16.0~16.9°Cの時に漁獲量が卓越し、三陸沖で17.0~17.9°Cの時に漁獲量が卓越していることがわかった。14.0~17.9°Cまでの平均漁獲量 (=漁獲量÷漁場数)は全域で58.8(トン/漁場数)、道東沖で71.7(トン/漁場数)、三陸沖で42.6(トン/漁場数)であった。

衛星画像に見られるサンマ漁場の特徴

本研究では、NOAA/AVHRRによる海表面水温画像とOrbview-2/SeaWiFSによるクロロフィル-a濃度画像と船間通信データに記載された海表面水温データを使用し、サンマ漁場について検討を行う。海表面水温画像と船

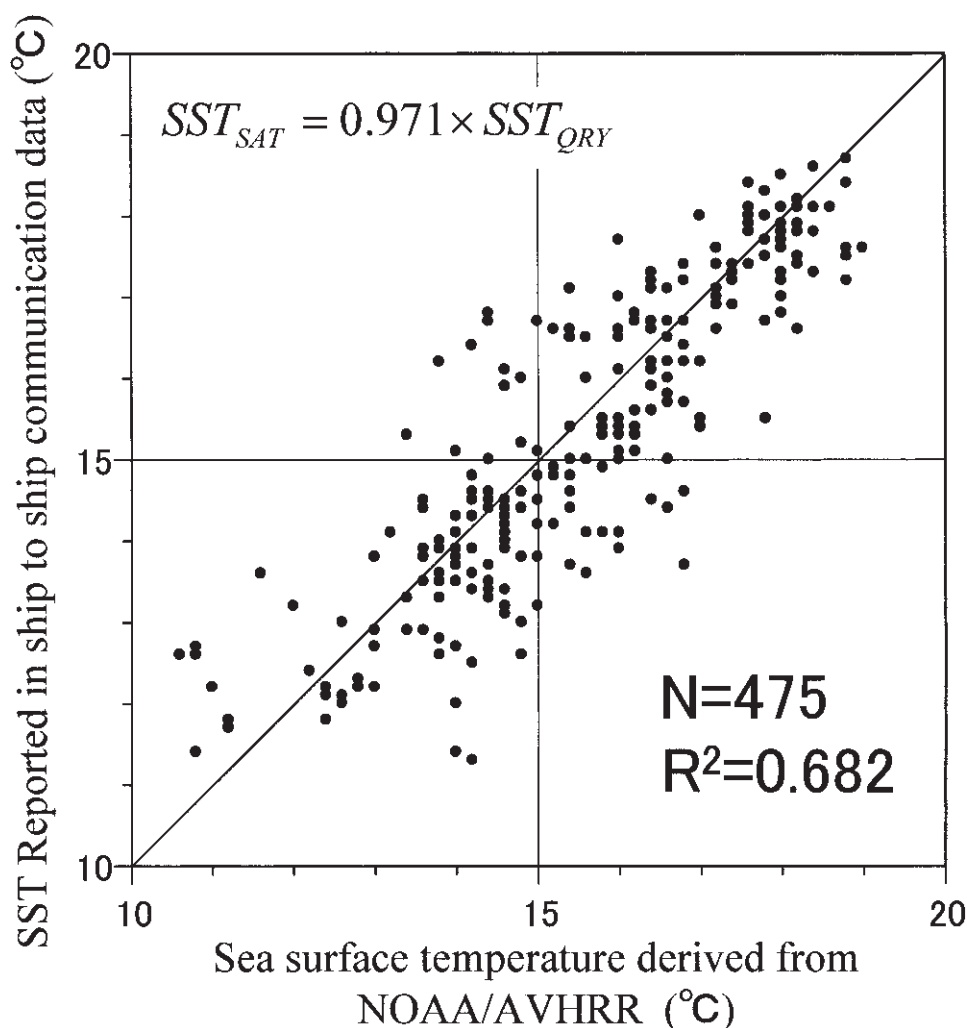


Figure 5 Relationship between SST derived from NOAA/AVHRR and SST reported in ship to ship communication data.

間通信データの水温データの精度を検証するために、船間通信データの漁場位置を時間差が1日以内の海表面水温画像にマッピングして、海表面水温画像の画素が雲でなかった475点について関係を調べた (Fig. 5)。R²が0.682となり良い相関関係にあることがわかった。漁船で測定された船間通信データによる水温和人工衛星によって観測された水温和の間に大きな隔たりがないことが示された。

道東沖と三陸沖のサンマ漁場が出現した海域における水温和クロロフィル-a濃度の水平的な分布とサンマ漁場について調べた。結果の一例として、2000年9月19日から22日までの連続画像について説明する。船間通信データに記載されている、緯度・経度情報をもとに、海表面水温画像とクロロフィル-a濃度画像にサンマ漁場となった位置をプロットした (Fig. 6)。9月20日から22日のサンマ漁場は、千島列島の沖合いに親潮を起源とする10°C以下の冷水が水深200mに沿うように道東沖に流れ込んで来ており、その千島列島周辺の暖水と冷水の間の水温14.0°Cから17.6°Cの温度変化の急な海域に漁場が形成されていた (Fig. 6(a)-(d))。根室半島と釧路沖のサンマ漁場は、沿

岸域の高クロロフィル-a濃度域と沖合域の低クロロフィル-a濃度域の境界に沿うように0.51mg/m³から3.00mg/m³の水深200m以浅の海域に形成されていた。このクロロフィル-a濃度の急激に変化する海域と水温の急激に変化する海域は一致していることがわかる。歯舞諸島の南側の漁場は1.12mg/m³から3.72mg/m³の水深200m以深の海域に形成され、色丹島沖のサンマ漁場は高クロロフィル-a濃度域と一致していた (Fig. 6(e)-(h))。この結果は、宇田 (1936)、宇田・渡辺 (1938)、久保 (1954) などの指摘しているサンマ漁場と潮境が密接な関係にあるという報告と一致するものであり、サンマ漁場に潮境が重要な役割を果たしていることを確認することができた。

海表面水温画像から得られる潮境と漁場の関係

サンマ漁場と潮境との関係について多くの研究で指摘されてきた (宇田 1936; 宇田・渡辺 1938; 久保 1954など)。海表面水温画像から得られる勾配を潮境として検討したものに平井 (1984) の報告がある。彼は50~100mのスケールの Frontal Eddy の親潮系冷水の急激な南下、1~14km

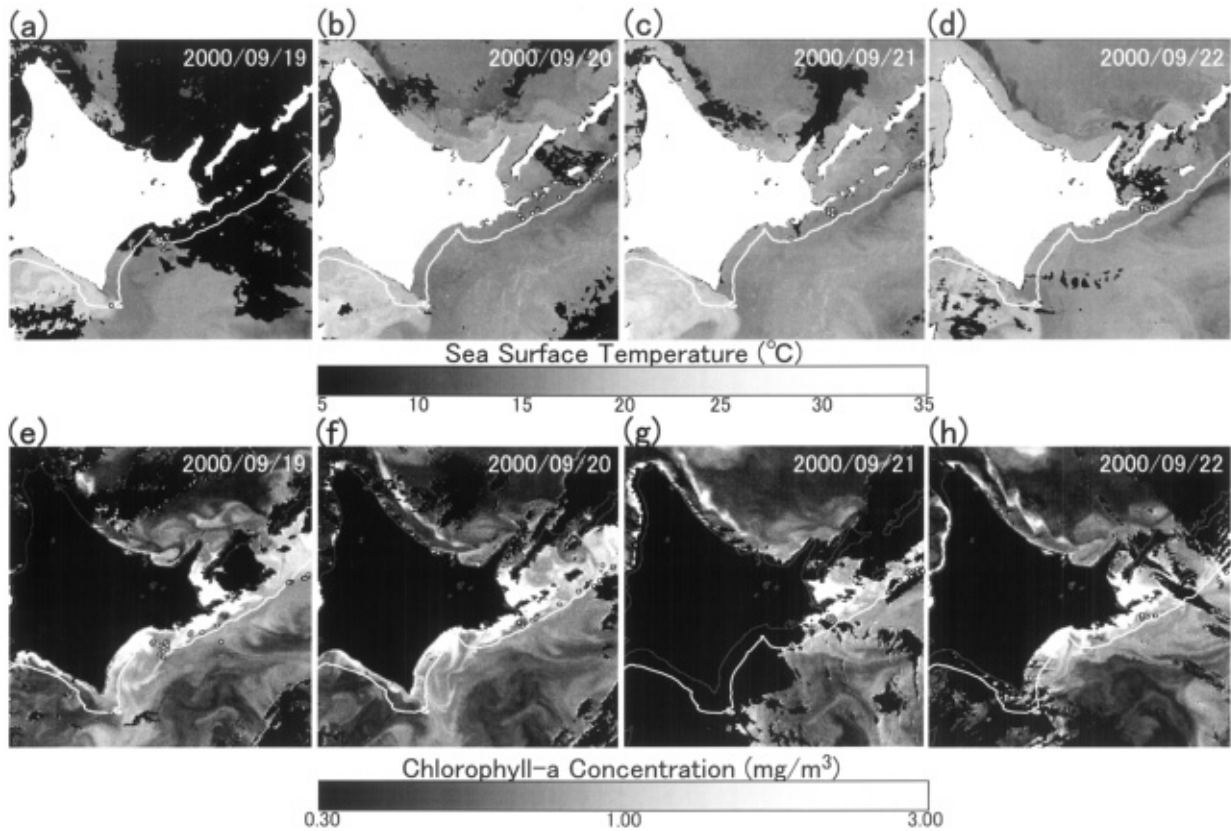


Figure 6 Satellite images of SST; (a)~(d), and chlorophyll-a concentration; (e)~(h) during September 19~22 2000. The saury fishing grounds are shown as circles. The white line shows 200m depth contour.

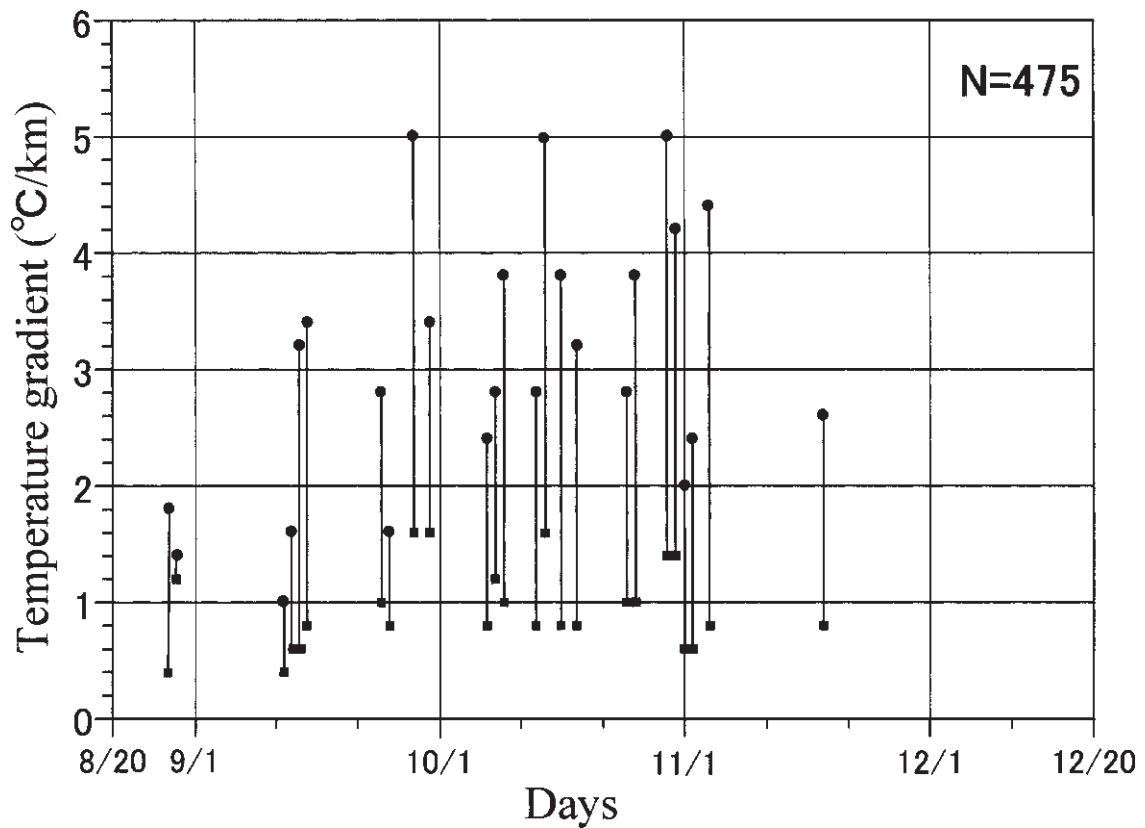


Figure 7 Diurnal variation of temperature gradient at the saury fishing ground location. ● and ■ indicate highest and lowest temperature gradient, respectively.

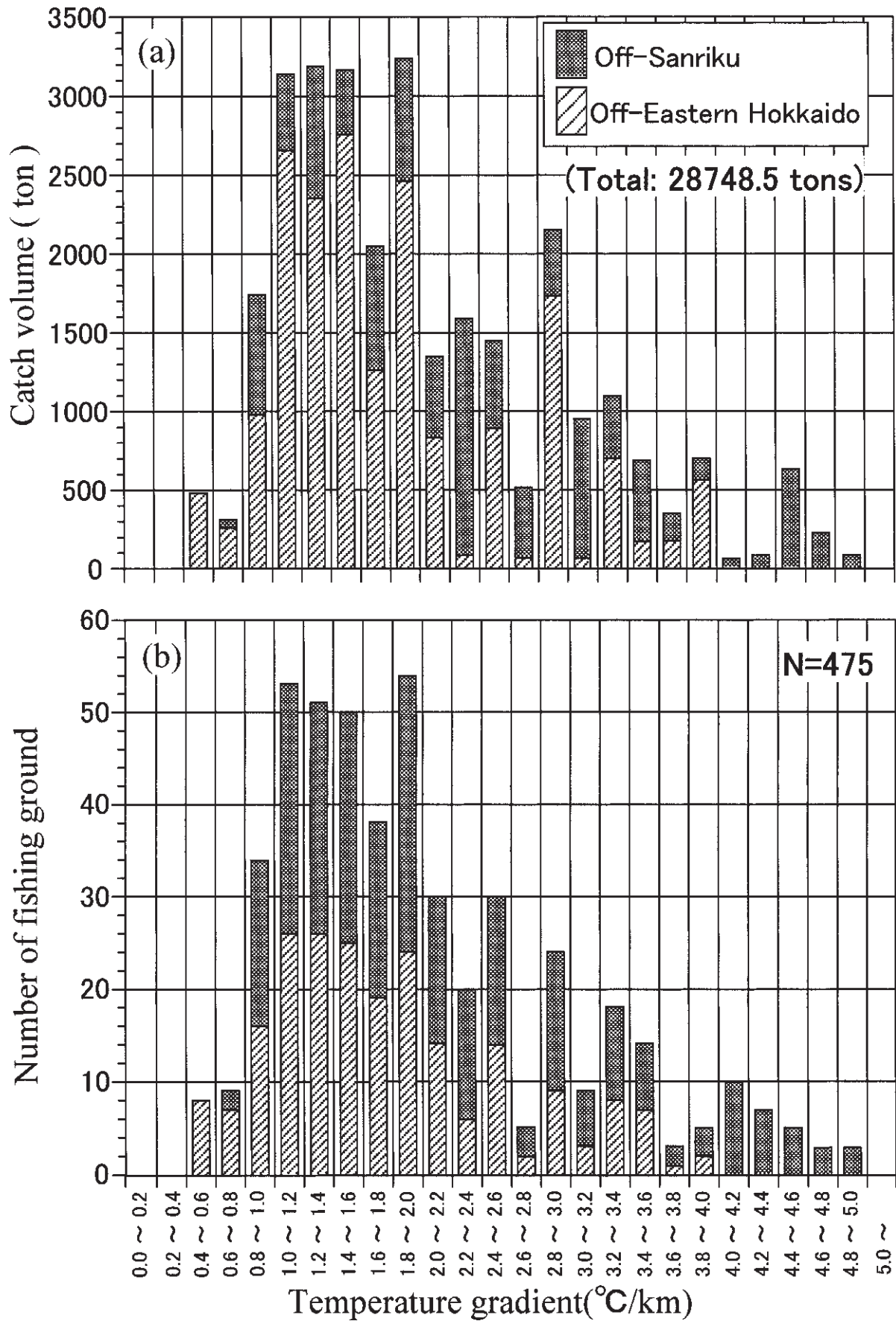


Figure 8 Relationship between the temperature gradient and (a) the saury catch volume (tons), (b) the number of fishing ground.

スケールの潮境付近の暖・冷水パッチなどの海況変化がサンマ漁場の短期的な変動に関与しているのではないかと報告している。

そこで本研究では、サンマ漁場となりうる潮境の数値化について検討するために、以下のようにしてもとめる漁場毎の最大水温勾配を潮境として提案する。最大水温勾配は、海表面水温画像から漁場位置を中心に、半径が21ピクセルを解析領域とした。その解析領域内の3×3ピクセルのサブウィンドウについて中心ピクセル値と8近傍のピクセル値の勾配を計算した。その最大値をサブウィンドウ内の水温勾配として、1ピクセルずつ移動させ、半径21ピクセルの全エリアについて実施した。これらの水温勾配の最大値を漁場毎の最大水温勾配と定義した。海表面水温画像から漁場位置を中心に、半径21ピクセルを解析領域とする理由は、道東沖の親潮の流速が約0.5ノットであることから、親潮が1日で移動する距離を最大22kmと仮定した。海表面水温画像は、24時間以内に観測された画像の合成であり、1ピクセルの解像度が1.1kmであることから、半径21ピクセルのエリアを解析領域とした。

Fig. 7は、サンマ漁場の水温勾配の毎日の変化を示している。最大水温勾配の最高値は1.0~5.0(°C/km)まで変動しているが、最低値は0.4~1.75(°C/km)の海域であることがわかった。つまり、海表面水温画像から得られる最大水温勾配が0.4~5.0(°C/km)の範囲の海域のみでしかサンマ漁場が存在しないことがわかった。全画像の全領

域の最大水温勾配を求めると0.0~12.4(°C/km)であることから、本研究で提案した最大水温勾配による潮境がサンマ漁場となりうる海域を絞り込むことができる可能性が示唆された。Fig. 8は、最大水温勾配毎の漁獲量と漁場数を示している。最大水温勾配が0.8~2.0(°C/km)の漁獲量は全漁獲量の57.2%を占め、道東沖の全漁獲量の67.7%、三陸沖の全漁獲量の35.4%である。最大水温勾配が0.8~2.0(°C/km)の漁場は全漁場の51.2%を占め、道東沖の全漁場の62.2%、三陸沖の全漁場の41.9%である。最大水温勾配が0.8~2.0(°C/km)の1漁場あたりの平均漁獲量が道東沖で90.2(トン/漁場数)、三陸沖で36.7(トン/漁場数)である。1漁場あたりの平均漁獲量が道東沖で80.5(トン/漁場数)、三陸沖で41.0(トン/漁場数)である。これらのことから、サンマ漁場となりうる潮境の数値化の方法を提案して、道東沖のサンマ漁場が0.8~2.0(°C/km)の潮境に集中していることがわかった。海表面水温画像の水温から算出する最大水温勾配が、サンマ漁場となりうる海域として設定できることが示唆された。

クロロフィル-a濃度画像に見られるサンマ漁場の特徴

サンマ漁場とクロロフィル-a濃度の時間変化について検討をする (Fig. 9)。クロロフィル-a濃度の最高値は1.12~3.96(mg/m³)まで変動しているが、最低値は0.23~1.38(mg/m³)の海域であることがわかった。つまり、サンマ漁場はクロロフィル-a濃度が0.23~3.96(mg/m³)の範囲

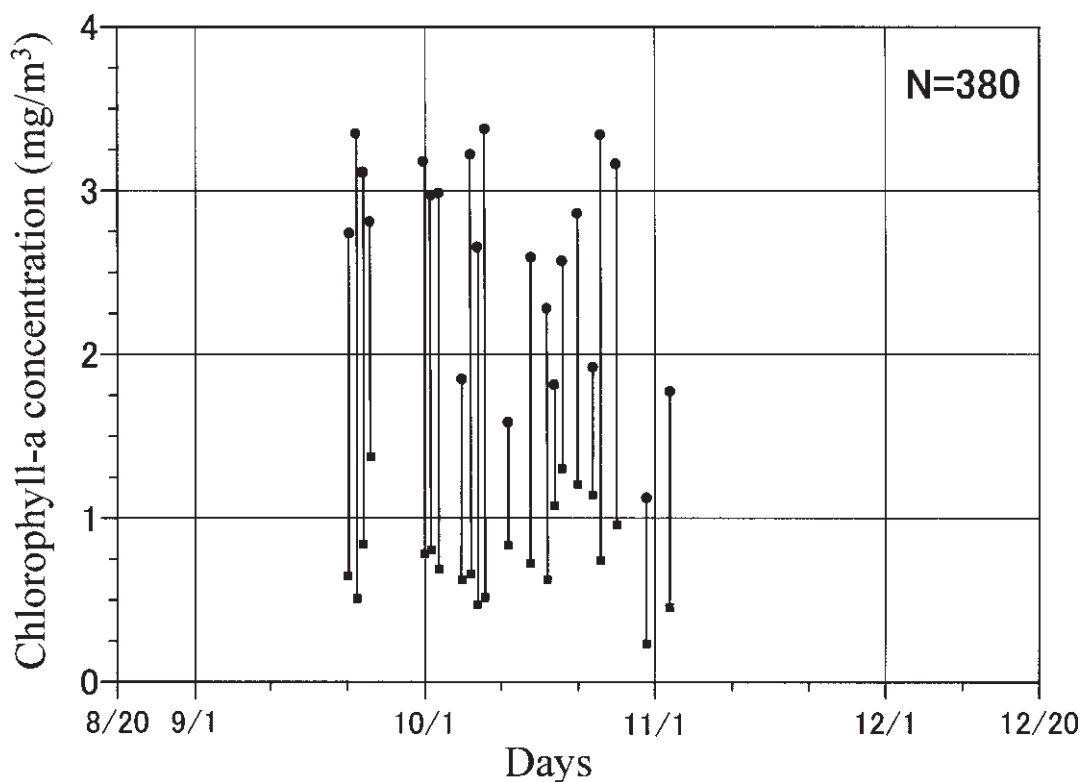


Figure 9 Diurnal variation of chlorophyll-a concentration at the saury fishing ground. ● and ■ denote highest and lowest chlorophyll-a concentration, respectively.

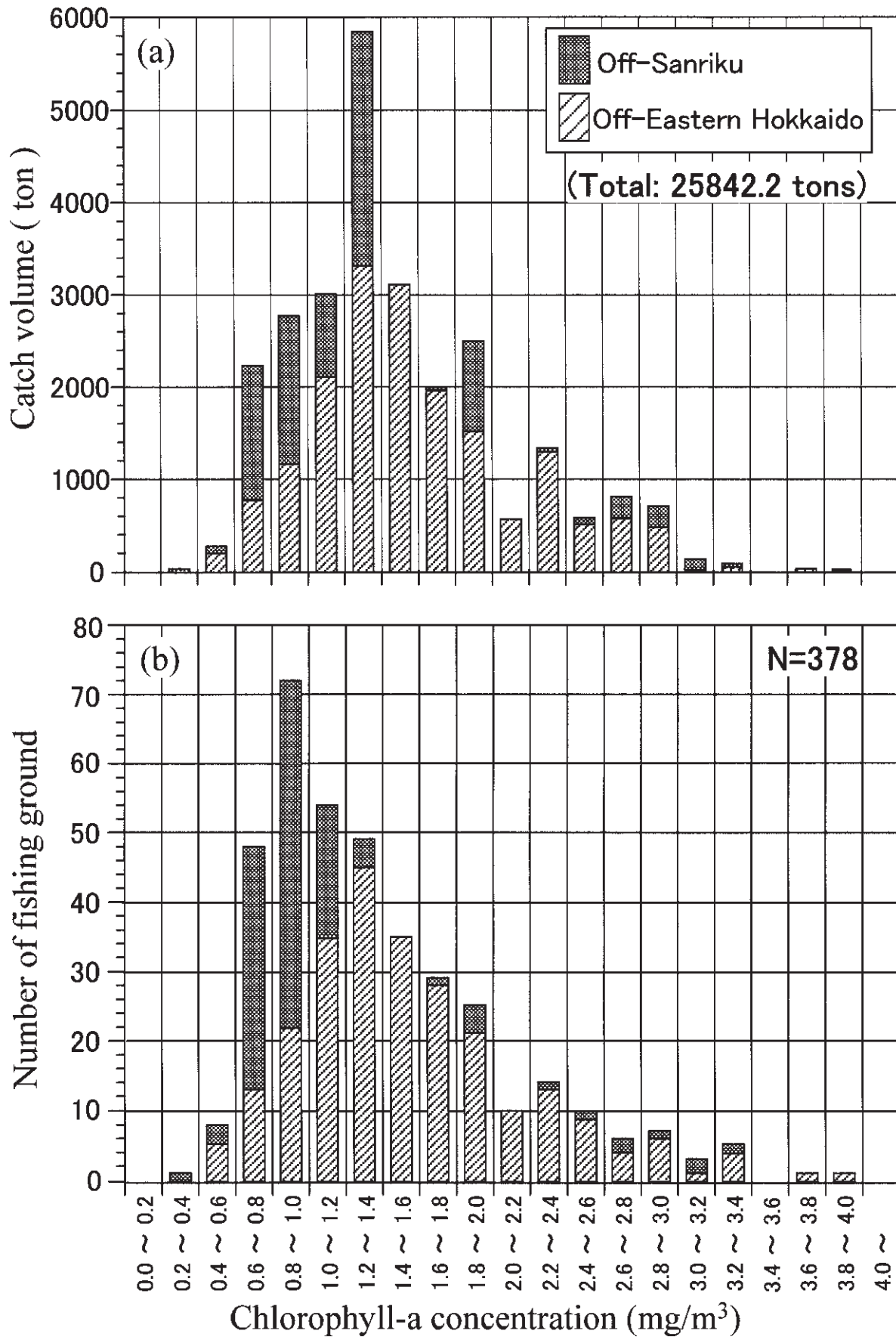


Figure 10 Relationship between the chlorophyll-a concentration and (a) the saury volume (tons), (b) the number of fishing ground.

の海域のみが漁場になっていることがわかった。Fig. 10は、クロロフィル-a濃度毎の漁獲量と漁場数を示している。クロロフィル-a濃度が0.6~1.6(mg/m³)の漁獲量は全漁獲量の65.4%を占め、道東沖の全漁獲量の59.1%、三陸沖の全漁獲量の79.5%である。クロロフィル-a濃度が0.6~1.6(mg/m³)の漁場数は全漁獲量の68.3%を占め、道東沖の全漁獲量の59.3%、三陸沖の全漁獲量の86.4%である。三陸沖のサンマ漁場はクロロフィル-a濃度が0.6~1.6(mg/m³)の海域に集中していることがわかった。これらのことから、サンマ漁場とクロロフィル-a濃度との関係を把握することができ、クロロフィル-a濃度画像からサンマ漁場となりうる海域を設定できる可能性が示唆された。

まとめ

これまで調べてきた、2000年におけるサンマ漁場出現の特徴についてまとめる。漁場の出現位置は、月日を経つにつれて北から南へ、東から西へ移動していた。これは、松宮・田中(1979)の漁場中心位置の変動と一致するものであり、本研究は松宮・田中(1979)で問題点と指摘していた半旬における変動を補間するものであると考えられる。海況の特徴は、南下してくる親潮水と津軽海峡から張り出す津軽暖流や三陸沖の暖水塊とが接触し水温勾配が大きくなる、潮境に形成されていた。漁場が出現した水温帯は、83.5%が14.0°C~17.9°Cであった。これは、宇田(1936)が報告したサンマ適水温15°C~18°Cとほぼ一致していた。漁場が出現した海域の最大水温勾配は、0.8~2.0(°C/km)の漁獲量は全漁獲量の55.6%を占めている。サンマ漁場が出現した海域のクロロフィル-a濃度は、0.6mg/m³~1.6mg/m³で全漁獲量の65.4%を占めていた。

これらの事から、月日の変化や位置、水温、水温勾配、クロロフィル-a濃度は、漁場出現に影響を与えていると考えられる。しかし、本研究では、2000年サンマ漁期のデータのみについて比較検討をしているために、十分な結果とは言えず、他の年についても短期変動について検討する必要があると考えられる。以上のことから海表面水温画像とクロロフィル-a濃度画像からもサンマ漁場の特徴、サンマ漁場となりうる潮境の数値化、サンマ漁場とクロロフィル-a濃度との関係を捉えられることができることが確認できた。

謝辞

本研究で使用しました船間通信データは、社団法人漁業情報サービスセンターから提供していただいたデータである。参与 為石日出男 博士、課長 斎藤克弥 博士に感謝いたします。本研究は、衛星リモートセンシング推進委員会漁業水産ワーキンググループで報告したものを再構成

したものである。適切なコメントを頂きました委員の皆様にご感謝いたします。本研究で使用しました深度データは日本海洋データセンターから提供されたものです。関係者各位に感謝いたします。最後に、本論文を教育的かつ良心的に査読していただいた諸先生方に心より御礼申し上げます。

引用文献

- 福島信一(1958): 東北海区におけるサンマ漁況と海況との関係について。東北水産研究所研究報告, **12**, 1-27.
- 福島信一(1979): 北西太平洋系サンマの回遊機構の綜観的解析。東北水産研究所研究報告, **41**, 1-70.
- 平井光行(1984): サンマ漁場の移動と親潮。月刊海洋科学, **16**, 707-712.
- 井上元男(1958): 北西太平洋におけるビ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。日本水産学会誌, **23**, 673-679.
- 井上元男・岩崎行伸(1971): 表面水温とマグロ漁場。水産海洋研究会会報, **19**, 129-134.
- 久保雄一(1954): 東北海区におけるサンマ *Cololabis saira* (BREVOORT) 漁場移動と親潮との関係。茨城水産試験場報告書, 昭和25・26年度, 9-11.
- 黒田隆哉(1955): 東北海区におけるカツオ魚群の漁獲水温に就いて。東北水産研究所研究報告書, **4**, 47-61.
- 中村保昭(1979): サンマ漁場形成に関する研究 - 東北海区北部の温度前線の時空的変動とサンマ漁場の分布・移動 -。静岡県水産試験場研究報告, **13**, 1-20.
- 岡田喜裕・松村皐月・一井太郎(1991): CZCSによるクロロフィル濃度の漁場との対応。1991年度日本海洋学会春季大会講演要旨集, 391-392.
- 斎藤誠一(1983): リングの変動と資源生物の時空間分布 - 人工衛星データによるアプローチ -。海洋科学, **15**, 274-285.
- Saitoh, S. S. Kosaka and J. Iisaka (1986): Satellite infrared observations of Kuroshio warm-core rings and their application to study Pacific saury migration. *Deep-Sea Res.*, **33**, 1601-1615.
- 松宮義晴・田中昌一(1976) 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。水産海洋研究会報, **29**, 30-40.
- Sugimoto, T. and H. Tameishi (1992): Warm-core rings, streamers and their role on the fishing ground formation around Japan. *Deep-Sea Res.*, **39**, 183-201.
- 田中昌一(1971a): 資源と環境の関連性についてのひとつの提案。水産海洋研究会会報, **18**, 12-16.
- 田中昌一(1971b): サンマ資源の解析と漁海況問題。第20回サンマ研究検討会議事録, 105-106.
- 宇田道隆(1936): 東北海区におけるサンマ漁場の移動と親潮寒流との関係。日本水産学会誌, **5**, 236-238.
- 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。日本水産学会誌, **6**, 240-242.

要 旨

サンマ漁場と表面水温の分布との間には密接な関係にあると言われてきたが、クロロフィル-a 濃度との関係や潮境について検討が行われていなかった。本研究の目的は、船間通信データから得られるサンマ漁場の短期変動の特徴、サンマ漁場とクロロフィル-a 濃度の関係、サンマ漁場となりうる潮境の数値化について、衛星画像と船間通信データをもとに検討することである。研究対象期間は、2000年8月～12月とし、海域はサンマ主漁場が形成される北海道東方沖及び三陸沖とした。使用したデータは、船間通信データとNOAA/AVHRR 海表面水温画像とOrbView-2/SeaWiFS クロロフィル-a 濃度画像である。その結果、道東沖のサンマ漁獲量の66.0%は最大水温勾配が $0.8-2.0(^{\circ}\text{C}/\text{漁場数})$ の海域に集中し、三陸沖のサンマ漁獲量の86.4%は、クロロフィル-a 濃度が $0.6-1.6\text{mg}/\text{m}^3$ の海域に集中していた。海表面水温画像とクロロフィル-a 濃度画像からもサンマ漁場の特徴、サンマ漁場となりうる潮境の数値化、サンマ漁場とクロロフィル濃度との関係を捉えられることができることが確認できた。