

## インド洋におけるメバチの 成熟状態と水温の関係

毛利雅彦\*

### Correlation between Sexual Maturity of Bigeye Tuna and Water Temperature in the Indian Ocean

Masahiko Mohri\*

This study discusses the possible relations between the distribution of bigeye tuna in high sexual maturity and the water temperature in the Indian Ocean. The sea water temperature for successful fishing was obtained in the range of 11°C to 28°C. The observed values of G.I was 0.3 to 14.8 at 11°C to 25°C. Individuals with high sexual maturity to no maturity have been observed in a variety of sea water temperatures. Based on this, the author concludes that there is no significant correlation between the distribution layer and the sexual maturity stage on bigeye tuna. The study was further expanded into the sea water temperature and the sexual maturity in the upper 0 to 50 m depth layer. As a result, it was clarified that the sea areas with the larger distribution of high sexual maturity occur in the lower latitude sea region, in particular, in the equatorial sea areas exceeding 26°C in the range of depth. In the middle-high latitude areas, such sea regions above 26°C are not found in the upper 0-50 m depth layer. The author considers that a difference by sea area influences the distribution patterns on bigeye tuna in the stage of high sexual maturity, and has a primary relation with the sea water temperature exceeding 26°C in the upper 0-50 m layer.

#### 1 はじめに

マグロ・カジキ類は、市場価格が高く、国際的に重要な水産資源の一つである。特に、日本にとってメバチ (*Thunnus obesus*) は、生鮮向けの需要が多く、重要な漁獲対象魚種である。メバチの分布海域は太平洋、大西洋、インド洋の3大洋南北緯度45°から50°にかけて広範囲に

わたっている。このため、操業に際し、漁場探索に多くの時間と労力を費やしている。

さらに、メバチの時空間的分布について、著者らは水平分布<sup>1)</sup>、漁期・漁場と回遊パターン<sup>2)</sup>および鉛直分布<sup>3)</sup>に関する検討を行ってきた。成熟状態と水温の関係を明らかにすることは、禁漁期や禁漁海域を設定しうることになり、資源の適正な維持・管理に大きく寄与する。

水産大学校研究業績 第1583号, 1997年11月25日受付.

Contribution from National Fisheries University, No.1583. Received Nov.25, 1997.

\* 水産大学校海洋生産管理学科 生産システム学講座(Laboratory of Fishing Systems, Department of Fishery Science and Technology, National Fisheries University)

しかし、成熟度に関する研究については、現在のところ地理的分布の検討に留まっている<sup>4-7)</sup>。この理由の一つとして、商業漁業では、海洋環境要因(例えば生息水深での水温等)の測定ができなため、成熟状態と水温の関係がみだせない。メバチの成熟状態と海洋環境要因の既往の研究や資料はほとんどなく、操業海域において数年間にわたる平均の水温<sup>8), 9)</sup>、あるいは海面水温<sup>10), 11)</sup>などとの関係が調べられてきたに過ぎない。

そこで、本研究では遊泳層が他のマグロ類より深いメバチについて、操業地点において枝縄別魚体測定と同時測定により得られた水温資料(表層から水深 300m 深)から、成熟状態と分布層における水温の関係を検討した。

## 2 資料および方法

### 2.1 資料

本研究では、20° Nから40° S, 20° から120° Eのインド洋において収集された次の3種類の資料を使用した。

- ①著者が1986年11月から1987年1月に水産大学校練習船耕洋丸で収集した資料。
- ②海洋水産資源開発センターが1981年から1986年の6年間に実施した「まぐろ延縄調査操業の結果」のうち、1982年、1984年から1986年の資料。
- ③日本海洋データセンター(JODC)所蔵の1906年から1989年にかけての各層海洋観測資料。

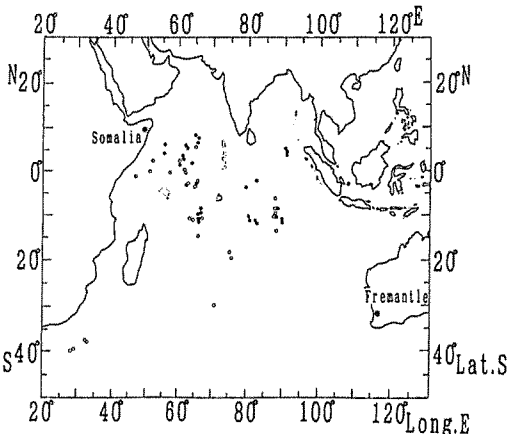


Fig. 1. Tuna longline fishing stations at which data of bigeye tuna catch along with water temperature were collected (○:immature, ●:mature).

①, ②により得られた「延縄枝縄別漁獲記録」、「水温鉛直分布記録」と「魚体測定資料(卵巣重量と尾叉長)」を用いて、成熟状態と水温との関係を調べた。①, ②の調査は操業数59回、魚体測定数252尾(卵巣重量と尾叉長)である。また、標本を収集した位置をFig. 1に示す。これらの資料は、成熟状態と水温との関係を同時測定から知り得る唯一の資料であると考えられる。

③の資料からは、鉛直断面平均水温分布図(°C)を求めするために用いた。

### 2.2 成熟の定義

一般に成熟は、生殖腺の状態(生殖腺の大きさ、色調、卵粒の大きさ等)からその段階を調べる。しかし、この方法では船上において多数の個体を扱うには困難が伴い、また、観察者の主観的判断に左右される欠点がある。そのため、次式の生殖腺指数(以下G. I.: Gonad Index とする)を用いて成熟度を求めた。

$$G. I. = (W/L^3) \times 10^4$$

(W: 卵巣重量(g) L: 尾叉長(cm))

木川<sup>4), 12)</sup>は、メバチ個体の成熟状態を観察し、同時に個体のG. I.を調べて、雌のG. I.  $\geq 3.1$ の条件を満たしたものを成熟個体とした。

成熟状態の変化や成熟に関連した研究は、一般に木川の熟度区分(G. I.  $\geq 3.1$ が成熟)を用いている。本研究においても木川の方法を用いて成熟状態を調べた。Fig. 1に示した資料収集位置のうち、成熟個体が得られた位置を●で、未熟個体だけの位置を○で示した。

### 2.3 成熟状態と水温との関係

Fig. 2に示すように水中で延縄は懸垂曲線を描き、枝縄が11本付の場合、第6番目の釣鉤が最も深く、浮子に近い第1, 11番目の釣鉤が最も浅くなる。釣鉤の深度は、次の方法により求めた。①耕洋丸で収集した資料: 各操業ごとに用いた幹縄の全長と投縄距離から短縮率(幹縄全長に対する投縄距離)を計算し、吉原の方法<sup>13), 14)</sup>により求めた。②海洋水産資源開発センターの資料: 「新漁場企業化調査報告書」「新漁場開発調査報告書」に記載されている数値を用いた。その数値は、1982年度のは深度計により測定された各釣鉤の平均深度、1984年度のは深度計の測定値と計算深度、1985年度のは計算深度であり、1986

年度のもは著者が各操業ごとの投縄距離と時間から短縮率を求め、懸垂曲線として得た計算深度である。

標本が得られた各操業位置において、鉛直断面の水温分布図を描き、各釣鉤の設置深度における1℃ごとの水温とG.Iの関係をまず調べた。さらに、「2.2 成熟の定義」にしたがって、成熟個体と水温との関係について検討した。

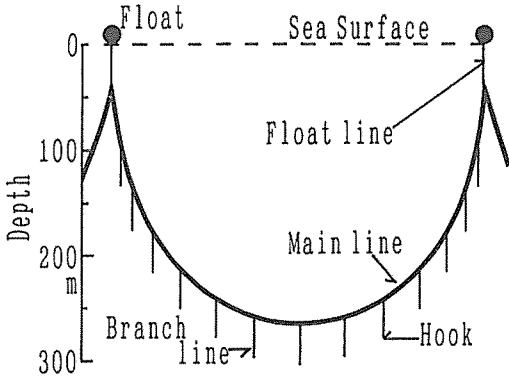


Fig. 2. Schematic diagram of the deep longline (gear having 11 branch lines per basket).

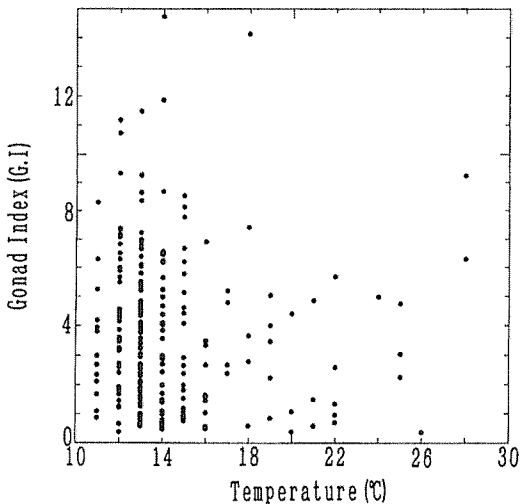


Fig. 3. Co-relative effect of sexual maturity and its corresponding temperature on bigeye tuna distribution.

### 3 結果および考察

#### 3.1 釣鉤深度における水温とG.Iとの関係

Fig. 3に、釣鉤深度における水温とG.Iとの関係を示した。同図によると、メバチは、11℃から28℃の広範囲にわたって漁獲された。また、全般に11℃から25℃の範囲においては、G.Iが0.3から14.8の範囲にあり、成熟から未熟までの個体が得られた。最も高温の28℃において、G.Iが6.3から9.2の範囲にあり成熟個体だけが得られた。しかし、28℃における標本数は少なく、必ずしも実態を表しているとはいえない。

したがって、メバチの生息層における水温とG.Iとの間には関連がみられなかった。当然の結果として、適水温(10℃から16℃<sup>15)</sup>付近を中心に、11℃から15℃の範囲で特に漁獲が多く、成熟状態の相違にかかわらず、漁獲の中心は適水温付近にあるものと示唆される。

#### 3.2 データ収集地点における海域ごとの鉛直水温分布と成熟との関係

Fig. 4に著者らが調べたメバチの成熟個体(●)と未成熟個体(○)の割合の海域別分布<sup>16)</sup>を示す。

同図に示したように、成熟個体の得られる海域は15° S以北の赤道を中心とする低緯度海域で、15° S(90° E以東では20° S)以南では未成熟個体だけしか得られなかった。15° S以北と以南の海域における特徴の一つとして、表面付近における水温は、15° Sから北に向かうほど高温、南下するほど低温である<sup>17)</sup>。しかし、メバチの分布層における水温と成熟には、顕著な関係はみいだせなかった(Fig. 3)。したがって、15° Sを境に成熟状態が異なるのは、メバチが分布する層より表層近くの水温と関係があると推察される。

このことを検証するため、成熟個体が分布する海域における、鉛直断面水温分布の特徴を把握する必要がある。そのため、「2.1 資料」の項で述べた①、②の資料を用い、漁獲と同時に海洋観測が行われた地点において、各層にわたって鉛直断面における水温分布(平均値±標準偏差)を求めて、Fig. 5のa)に示した。

同図に示すように、成熟個体が得られる低緯度海域の水温は、表層から50mまでは27℃以上とほぼ一定で、50m以深においては深さと共に水温は低下し、水深300mでは11から12℃を示した。

既往の研究によれば、海産魚の成熟に最も関係が深い環境要因は、水温である<sup>18)</sup>。そして、表層から50mにおける

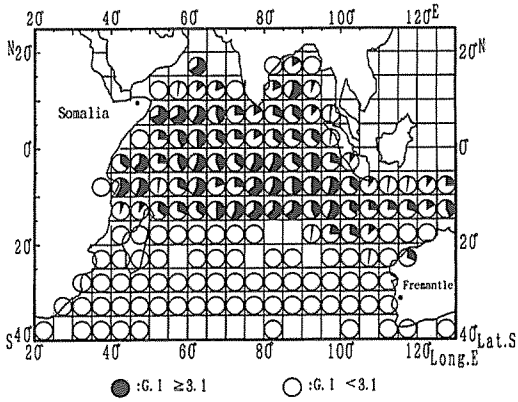


Fig. 4. Sexual maturity composition in 2 stages on bigeye tuna, 1952-1967(with no reference to seasonal changes)

水温は、産卵親魚の生存のためよりは、卵、稚仔魚の生き残りにとって重要であると考えられている<sup>19)</sup>。メバチについて、上柳<sup>20)</sup>は稚仔魚の鉛直分布は表層から50mにわたっていると述べ、久田<sup>8), 9)</sup>は成熟個体の分布が表層から50mの水温と関係がある可能性を報告している。そこで、本研究ではメバチの成熟個体の分布は表層から50mにおける水温との関係があるものと考え、この深度範囲の水温に着目した。

Fig. 5のa)によると、表層から50mの水温 ( $\bar{x} \pm \sigma$  または  $\bar{x} \pm 3\sigma$ ;  $\bar{x}$  は平均値,  $\sigma$  は標準偏差) のうち、最も高温であった表層と最も低温であった50m層において次の通りであった。

	表層	50m層
$\bar{x} \pm \sigma$	27.6~29.4	27.3~28.8
$\bar{x} \pm 3\sigma$	25.8~31.2	25.6~30.4

本研究で用いた資料は、漁獲と水温観測が可能な限り同時に行われたものとはいえ、水温資料は延縄操業1回につき1カ所(揚縄開始点)の観測で得られたものである。そのため、観測点と漁獲場所との間に、距離誤差(0 kmから70 km)、観測時刻と漁獲時刻との間に時間誤差(0時間から9時間)がある。また、ここで用いた漁獲深度の一部を除いては計算深度であるため、実際の漁獲深度に比較し、幾分深めに表される可能性がある<sup>21)</sup>。

したがって、本研究で用いた漁獲水温と実際の漁獲水温との間にはある程度の差異が存在する。

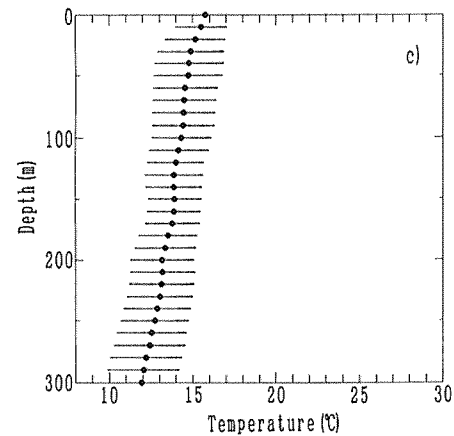
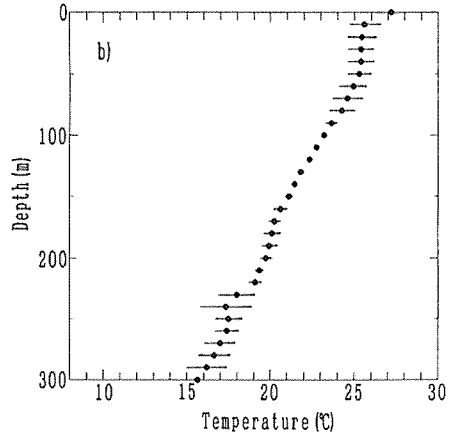
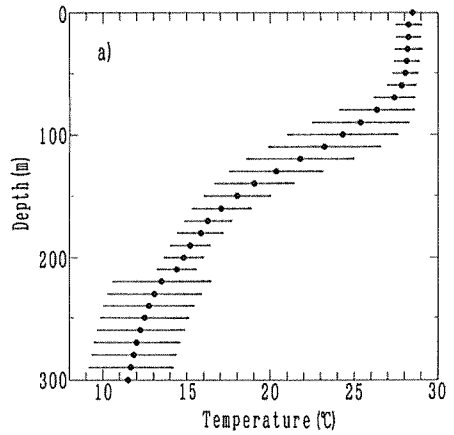


Fig. 5. Vertical profile of temperature (● : average, - : standard deviation, a) : to the north of lat. 15° S, b) : 15° S~25° S, c) : to the south of 25° S).

本研究ではこの差異を考慮して、最も低温を示した50m層において低温側の26°C(平均 $-3\sigma$ )を最低の水温とし、表面から50mの水温が26°C以上に成熟個体が、分布していると推論した。この水温の値は、メバチ成熟個体の分布について、久田<sup>9)</sup>が表面から50mの水温が24°C以上とした結果よりも2°C高かった。この違いは、久田<sup>9)</sup>が数年間の水温資料について全年にわたる平均値を求めたのに対し、本研究では分布層と同時観測の水温から求めたため生じたものと考えられる。

成熟個体が分布する海域と分布しない海域を比較するため、Fig. 5のb)とc)には15°S以南の鉛直水温分布を示した。15°S以南におけるメバチの水平分布は、30°Sを中心としたフリーマントル沖から南アフリカ沖にいたる高緯度海域では豊漁、20°Sを中心とした中緯度海域で不漁となることが知られている<sup>1)</sup>。

そこで、この海域の特徴に基づいて、15°Sから25°Sの中緯度海域と、25°S以南の高緯度海域の2海域に分け、それぞれ各層にわたる鉛直断面水温分布(平均±標準偏差)をFig. 5のb)とc)に示した。Fig. 5のb)とc)の図から中緯度海域の水温は、表層では27°C、10mでは25.5°Cと低く、高緯度海域における水温は、表層で16°Cであり、10m以深において26°C以上はみられなかった。中・高緯度海域にメ

バチの成熟個体が分布しなかった原因の一つに、表層から50mまでの水温が26°Cに達しなかったことが影響していると考えられる。

### 3.3 海域別水温鉛直断面分布からみた表面から50m層における水温の特徴

日本海洋データセンターの水温資料が得られた位置を1°区画に分けて示したものがFig. 6である。1°区画(緯度 $\pm 0.5^\circ$ 、経度 $\pm 0.5^\circ$ )ごとの各観測点について、比例配分により基準深度0, 10, 20, 30, 50, 75, 100, 125, 150, 175, 200, 250, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 1000mの水温を求め、平均水温値とした。

Fig. 6の実線で示すように、低緯度・中緯度・高緯度の各海域を5°N, 20°S, 30°Sとし、それぞれにおける鉛直断面水温分布をFig. 7のa), b), c)に示す。鉛直断面水温分布から50m以浅の水温をみると、低緯度海域(Fig. 7のa))では、50°Eから100°Eのほぼ全域で、26°C以上に達していた。これに対し、中緯度海域(Fig. 7のb))では、63°Eから84°Eの区間において20m以浅で26°C以上が見られるにとどまり、26°Cが50m以深にまで達する海域は、みられなかった。高緯度海域(Fig. 7のc))では、全域にわたり26°C以上の水温は見出されていなかった。

### 3.4 水温が成熟におよぼす影響

既往の研究によれば、一般に低緯度海域に分布する成熟個体は産卵群、中・高緯度海域の未熟個体は索餌群であるものと考えられている<sup>5), 7), 16)</sup>。また、低緯度海域が、メバチ成熟個体の産卵に重要である。このことは、同海域において漁獲された親魚より取り出した熟卵から、受精・孵化・仔魚の飼育が成功したことから推察される<sup>22), 23)</sup>。Fig. 1に示したように、メバチの成熟個体は低緯度海域に分布し、15°S以南の海域には分布していなかった。このことは、メバチ成熟個体の分布に関する既往の研究結果を裏付ける結果となった。

Fig. 5とFig. 7に示すように、表層から50mの水温が26°C以上となる海域は低緯度海域に限られ、他の中、高緯度海域にはみられなかった。低、中、高緯度の3つに分けて検討した海域ごとに表面から50mの水温が異なるため、成熟個体の分布は、低緯度海域でみられ、中・高緯度海域ではみられなかったものと推察される。

成熟した個体の産卵と分布層および水温との関係につい

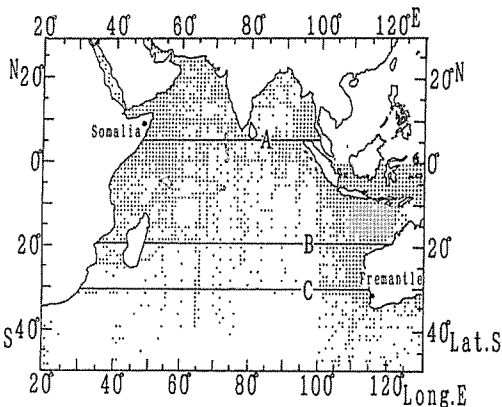


Fig. 6. Positions where oceanographic data were collected in the Indian Ocean are plotted in each  $1^\circ \times 1^\circ$  division. Vertical section of temperature distribution as shown in Fig. 7 a), b) and c) was dependence on the basis of mean temperature along the lines A, B and C respectively was obtained.

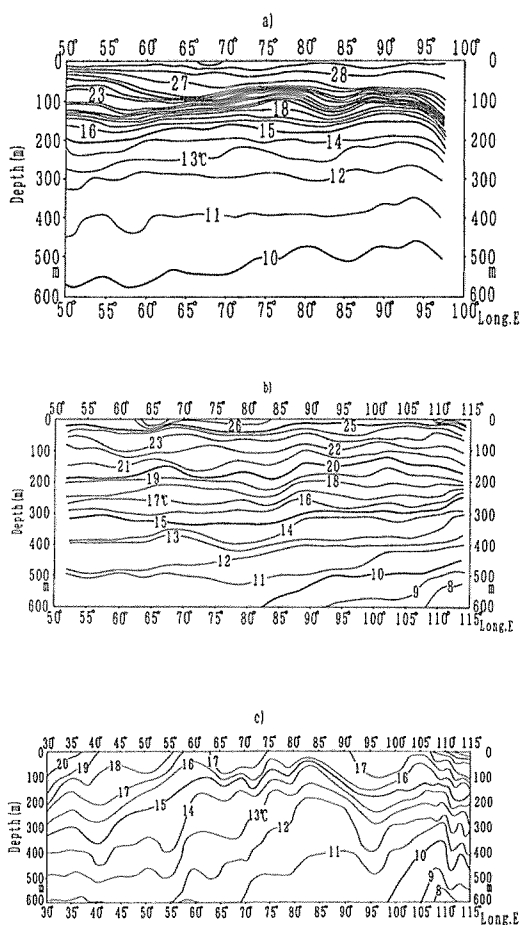


Fig. 7. Vertical section of temperature distribution from 50° E to 100° E along lat. 5° N (a), from 50° E to 115° E along lat. 20° S (b) and from 30° E to 115° E along lat. 30° S (c) in the Indian Ocean and its locations are shown in Figure 6.

て、次の報告がなされている。上柳<sup>20)</sup>は、マグロ類親魚の産卵層は、稚仔魚の分布とほぼ同じである表層から50m前後であるものと考え、稚仔魚が分布する層の水温は高温であるとしている。卵の受精、ふ化、ふ化後の稚魚の生き残りが最も良好であった水温について、安武ら<sup>22)</sup>は26°Cから28°Cであるとし、人工授精に用いた産卵直前の親魚を捕獲した海域の表面水温は、26°Cから27°Cであると述べてい

る。

得られた結果から、メバチの成熟に伴う回遊について検討すると、高緯度海域において好漁場を形成した成魚の索餌群は、産卵に適した表層から50mが26°C以上の水温を求めて、赤道を中心とする低緯度海域に向かい回遊する。その後、産卵を終えた個体は、再び高緯度海域に索餌回遊するものと考えられる。Fig. 3に示したように、成熟程度と水温の関係は認められなかったため、メバチが分布する適水温は10°Cから16°C<sup>15)</sup>ではないかと考えられる。

低緯度海域におけるメバチの鉛直移動については、須田ら<sup>24)</sup>が述べているように、低緯度海域における完全熟の個体は、主たる分布層を離れて高温の上層に向かい、上層で産卵し、産卵を終えて再び主たる生息層に戻るとサイクルを繰り返しているものと考えられる。

本研究では、メバチの成熟状態と水温との関係について、季節変化を考慮せずに海域別に検討を行った。しかし、成熟個体が分布する範囲は、季節によって拡大・縮小することが知られているので<sup>5), 7), 16)</sup>、今後、季節変化をする海流等の影響を考慮して検討する必要がある。

#### 4 まとめ

マグロ類の商業漁業において、成熟状態と海洋の水温を同時に測定することは困難である。本研究では、メバチの成熟状態と水温との関係を検討する前段階として、同時測定により得られた魚体測定資料と、漁獲地点における各層水温資料をもとに、インド洋におけるメバチの成熟状態と水温の関係を調べた。

その結果、漁獲がみられた水温範囲は11°Cから28°Cの広範囲にわたっていた。このうち、11°Cから25°Cの広範囲においてはG. I が 0.3から14.8の範囲にあることが分かった。

表面から50mにおける水温と成熟との関係について検討を行った結果、成熟個体の分布する海域は、この深度範囲における水温が26°C以上の赤道を中心とする低緯度海域であることが明らかになった。中・高緯度海域では、表層から50mにおいて水温26°C以上になる海域は形成されない。

したがって、メバチ成熟個体の分布が海域により相違する要因は、表層から50mの水温が26°C以上か否かに関係するものと考えられる。

#### 謝 辞

資料収集に際し、耕洋丸乗組員の各位にご協力を頂きました。また、海洋水産資源開発センターと日本海洋データ

センターから、漁獲資料と海洋観測資料を貸与頂きました。

東京水産大学海洋環境学科教授・竹内正一博士からは貴重なご意見を頂くことができました。

ここに深く感謝致します。

## 文 献

- 1) 毛利雅彦・花本栄二・竹内正一：日水誌，57，1683-1687 (1991).
- 2) 毛利雅彦・花本栄二・根本雅生・竹内正一：神奈川水総研研報，2，13-19 (1997).
- 3) 毛利雅彦・花本栄二・根本雅生・竹内正一：水産海洋研報，61，10-17 (1997).
- 4) 木川昭二：南海区水研報，5，145-157 (1957).
- 5) 木川昭二：南海区水研報，23，131-208 (1966).
- 6) 坂本久雄：遠洋水研報，1，49-56 (1969).
- 7) 久米 漸・森田安雄・小木立夫：遠洋水研報，4，141-164 (1971).
- 8) 久田幸一：昭和53年度マグロ漁業研究協議会議事録，234-240 (1978).
- 9) 久田幸一：遠洋水研報，17，159-175 (1978).
- 10) 久米 漸：遠洋水研報，1，77-98 (1969).
- 11) 久米 漸：太平洋におけるメバチの生態と資源，初版，日本水産資源保護協会，東京，pp.11-17 (1979).
- 12) 木川昭二：南海区水研業績集，1，1-10 (1953).
- 13) 吉原友吉：日水誌，16，370-374 (1951).
- 14) 吉原友吉：日水誌，19，1012-1014 (1954).
- 15) 毛利雅彦・花本栄二・竹内正一：日水誌，62，761-764 (1996).
- 16) 毛利雅彦・宮部尚純：平成7年度マグロ資源部会報告書，166-175 (1996).
- 17) Wyrski K. : Oceanographic Atlas of the International Indian Ocean Expedition, 1, National Science Foundation, Washington D.C.
- 18) 原田輝雄：魚類の成熟と産卵-その基礎と応用 (日本水産学会編)，初版，恒屋社厚生閣，東京，pp.66-75 (1974).
- 19) 渡部泰輔：東海区水研報，62，1-283 (1970).
- 20) 上柳昭治：遠洋水研報，2，177-256 (1969).
- 21) 花本栄二：日仏海誌，12，128-136 (1974).
- 22) 安武 洋・西 源二郎・森 慶一郎：遠洋水研報，8，71-78 (1973).
- 23) Kume S.: Nankai Rgional Fish. Res. Lab., Bull. 15, 79-84 (1962).
- 24) 須田 明・久米 漸・塩浜利夫：遠洋水研報，1，99-114 (1969).