まぐろ延縄の漁獲からみたインド洋のメバチの適水温

毛利雅彦, 花本栄二, 竹内正一

(1995年10月18日受付)

Optimum Water Temperatures for Bigeye Tuna in the Indian Ocean as Seen from Tuna Longline Catches

Masahiko Mohri,*¹ Eiji Hanamoto,*² and Shoichi Takeuchi*³

Until now, the study of optimum water temperature for bigeye tuna has relied mainly on the use of sea surface water temperature data. However, this method has not proved entirely satisfactory since this species, in particular, occurs at considerable depths.

The present authors studied the optimum water temperature for bigeye tuna by determining the *in situ* temperatures at the hook depths (*i.e.*, the depths at which bigeye tuna were caught) by the use of tuna longline fishing and oceanographic data that had been collected simultaneously in the Indian Ocean.

The results indicated that the optimum water temperature for bigeye tuna ranges between 10°C and 16°C in the Indian Ocean, which is virtually identical to the finding of 10°C–15°C for this species in the Pacific Ocean. Moreover, the present results were found to be considerably lower than the previously reported optimum water temperature of 20°C (derived from sea surface temperature data), by approximately 4°C–10°C. The present results also indicated that bigeye tuna have not been caught at depths where the temperatures were lower than 9°C or 10°C, indicating perhaps that they do not occur in waters of such low temperatures.

キーワード: メバチ, まぐろはえなわ, 水温, 釣獲率

漁業資源の有効利用を図ろうとする場合, まず第1に対象魚がいつ, どこで, どの様な分布をするのか, そして何故その様な分布をするのか知る必要がある。前報¹⁾では, まぐろ類の中でも刺身原料として重要なインド洋のメバチ *Thunnus obesus* の平均的な水平分布について, まぐろはえなわにより得られた資料に基づき報告した。

魚の分布が何によって決定されるかを知ることは, 昔から重要な課題であった。魚類の分布に影響する環境要因は数多く, 単一因子だけでなく, 種々の因子が組み合わさって影響する場合もあるため, 実際にどの因子がどのように魚類に影響を及ぼすか知る必要がある。

数多い環境因子の内, 水温は測定が容易で, 資料が比較的収集しやすく, 生息に直接影響を与える因子²⁾として, また, 水塊の特性を代表する指標の一つの物理量としても重要である。そのため, 魚類に影響する環境の研

究は主に水温(いわゆる適水温)について行われてきた。しかし, 漁獲と環境を同時に測定することは多くの困難が伴うため, これらの同時測定の資料は少なく, 研究は主として平均場の水温や海面水温等を用いて行われてきた。³⁻⁶⁾ メバチの適水温に関しても, 同時測定の資料を用いた研究は, Hanamoto⁷⁾の太平洋におけるメバチの例, 超音波発信機による遊泳層水温の測定⁸⁾等しか見られず, インド洋の同種についてはまだ無い。海面水温は時間や気象の影響を受けて変動しやすく, 解析の結果に誤差を生じやすい。また, まぐろ類は水温躍層を含む海面から数100 mの層にわたって生息するため⁸⁻¹²⁾環境因子として海面水温を用いることは, 同種の分布層と異なる層の水温を扱うことになり, 大きな問題を含んでいる。

そこで, 本研究ではインド洋におけるメバチと環境との関連を知る第1段階として, 漁獲と水温観測が時空

*¹ 水産大学校 (National Fisheries University, Nagatahonmachi, Shimonoseki 759-65, Japan).

*² 神奈川県水産総合研究所 (Kanagawa Prefectural Fisheries Research Institute, Miura, Kanagawa 238-02, Japan).

*³ 東京水産大学海洋環境学科 (Department of Ocean Sciences, Tokyo University of Fisheries, Konan, Minato, Tokyo 108, Japan).

間的に同時に行われた資料, すなわち, インド洋において海洋水産資源開発センターが行ったまぐろはえなわによる釣鉤別深度別漁獲尾数, 水温観測資料より, 釣鉤が設置された各深度における漁獲尾数と水温を求め, メバチの漁獲層の水温から適水温について検討したので報告する。

資料および方法

海洋水産資源開発センターでは, 1981年から1986年度までの6年間, インド洋においてまぐろはえなわ新漁場企業化調査^{*4,5} まぐろはえなわ新漁場開発調査^{*6-9}を実施した。その際, 操業毎に位置, 漁獲量, 漁獲魚の体長や釣鉤の実測深度, 釣鉤別深度別漁獲尾数等を記録するとともに, 揚縄前に海洋観測を実施している。

そこで, メバチの分布層の水温を知るため, この釣鉤別深度別漁獲尾数と, 揚縄開始点で観測した水温資料を同時観測の資料と位置付け, これらの資料よりメバチの漁獲層における水温を求めた。資料の収集点を Fig. 1 に示す。

水温資料は, はえなわ操業1回につき1ヵ所(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ある程度の距離(0~70 km), 観測時刻と漁獲時刻との間に時間差(0~9時間)がある場合がある。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, 幾分深めに現される可能性がある。¹³⁾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ずれが存在する場合がある。

しかし, これら漁獲と水温観測が同時になされた資料は他からでは得られず, 漁獲層の水温を知ることのできる唯一の資料であり, 資料数も長期間, 広範囲にわたって数多く集められたものである(資料収集点: 1,002地点, 釣鉤数: 2,288,318本, メバチの漁獲尾数: 11,339尾)。

釣鉤の深度は, 1981~84年度航海については, 前記昭和56~57年度まぐろはえなわ新漁場企業化調査報告書, 昭和58~59年度まぐろはえなわ新漁場開発調査報告書に記載の深度計による記録や計算深度に基づいた数値をそのまま用い, 1985年度航海については, 昭和60年度まぐろはえなわ新漁場開発調査報告書に記載の

Fig. 1. Tuna longline fishing stations at which data were obtained on bigeye tuna catch by specific hook depths as well as on water temperature at the depth of capture.

^{*4} 海洋水産資源開発センター: 昭和56年度 まぐろはえなわ新漁場企業化調査報告書, 1985, 125pp.

^{*5} 海洋水産資源開発センター: 昭和57年度 まぐろはえなわ新漁場企業化調査報告書, 1985, 105pp.

^{*6} 海洋水産資源開発センター: 昭和58年度 まぐろはえなわ新漁場開発調査報告書, 1985, 103pp.

^{*7} 海洋水産資源開発センター: 昭和59年度 まぐろはえなわ新漁場開発調査報告書, 1986, 113pp.

^{*8} 海洋水産資源開発センター: 昭和60年度 まぐろはえなわ新漁場開発調査報告書, 1986, 101pp.

^{*9} 海洋水産資源開発センター: 昭和61年度 まぐろはえなわ新漁場開発調査報告書, 1988, 120pp.

計算により求めた推測深度範囲の内の中間深度を用い、1986年度航海については、昭和61年度まぐろはえなわ新漁場開発調査報告書に記録されている各操業毎の投縄距離と漁具構成資料から、吉原の方法¹⁴⁾に基づき計算により求めた。

資料が得られた各操業点 (i) について水温鉛直分布を描き、各釣鉤の深度における水温 (t)、釣鉤数 (h_{it}) とメバチの漁獲尾数 (C_{it}) を求めた。次いで全操業点にわたって、水温 1°C 毎に釣鉤数、漁獲尾数を集計し、この集計した釣鉤数 1,000 本当りの漁獲尾数 (水温 t $^\circ\text{C}$ におけるメバチの釣獲率 R_t) を求めた。すなわち、

$$R_t = \left(\frac{\sum_{i=1}^n C_{it}}{\sum_{i=1}^n h_{it}} \right) \times 1,000 \quad (1)$$

で表される (n はある水温値における資料数)。

そして釣獲率が高い水温範囲を適水温とした。

結果および考察

メバチの適水温を調べるため、Fig. 2 に水温 1°C 毎の同種の釣獲率、釣鉤数および漁獲尾数の分布を示した。Fig. 2 に示すように、釣鉤は $9\sim 30^\circ\text{C}$ の間に設置され、漁獲は $10\sim 30^\circ\text{C}$ の広範囲にわたっていた。しかし、漁獲は 20°C 以上で少なく、 10°C 未満では全くみら

れず、全体の 85% が $10\sim 20^\circ\text{C}$ の水温帯で漁獲されていた。この内、釣獲率の顕著なピークが $11\sim 14^\circ\text{C}$ の水温帯に存在していた。漁獲はこのピークの低温側で急激に減少し、高温側では、ゆるやかに減少していた。釣獲率の高い値は、低温側では 10°C 台以上、高温側ではその値を 10°C 台の釣獲率とほぼ同じとすれば、 15°C 台 $\sim 17^\circ\text{C}$ 台 ($15\sim 18^\circ\text{C}$) 以下にあることが認められた。これらのことは、主漁獲水温は $10\sim 16^\circ\text{C}$ 、ないしは $10\sim 17^\circ\text{C}$ 、 $10\sim 18^\circ\text{C}$ の範囲にあることを示すものである。

Fig. 2 によれば、 10°C 台の釣獲率は高いが、釣鉤、漁獲尾数とも 12°C 台のそれらに比べ僅少であり、実態を表していないのではないかと危惧がある。しかし、その釣鉤数は 17,338 本、漁獲尾数 90 尾、釣獲率 0.52% と比較的多く、これは、本資料が得られた最初の年である 1981 年のインド洋における日本のまぐろ延縄漁船の 1 回操業当りの平均釣鉤数 2,490 本 (遠洋水研: 未発表) から見ると、民間船の 7 回操業分に相当する貴重な資料であり、釣獲率もインド洋平均の 0.26% (遠洋水研: 未発表) に比べ 2 倍に達しているため、また、下記に示す実際の漁獲水温との差も考慮して、本研究では 10°C を用いた。

資料および方法の項で述べた通り、本研究で用いた漁獲水温と実際にメバチが漁獲されたところの漁獲水温との間には、ある程度のずれが存在する場合がある。また、内部波¹⁵⁾の影響により、同一釣獲層の水温でも時間的に変化が生じる場合がある。これらのことを考慮すると、主漁獲水温は $10\sim 16^\circ\text{C}$ としても、 $10\sim 17^\circ\text{C}$ 、 $10\sim 18^\circ\text{C}$ としてもそれ程相違はないものと考えられる。そこで、本研究では水温の幅を狭くとり、 $10\sim 16^\circ\text{C}$ を主漁獲水温とし、適水温として取り扱った。

このメバチの適水温と考えられる $10\sim 16^\circ\text{C}$ は、従来の研究から得られた 20°C 前後^{3,16)} に比べ、 $4\sim 10^\circ\text{C}$ も低い。これは従来の研究では海面水温であったり、平均場から論じられたものであるのに対し、本研究では漁獲層およびそこでの同時観測の水温から求めたことにより生じたものと考えられる。

小型メバチに超音波発信機を装着して追跡調査をした Holland *et al.*⁸⁾ の研究によると、同魚は夜間は浅く 25°C 前後、昼間は深く $191\sim 250\text{ m}$ 深で、主として $14\sim 17^\circ\text{C}$ の水温帯に出現していた。試験魚が 75 cm 以下と、本報告で扱った延縄の対象魚である 2 歳魚 (76 cm) 以上¹⁷⁾ の魚体に比べて小さく、一般に小型魚は表層を遊泳すると言われていることから、また実験資料も少なく、海域も異なるので一概には論じられないが、上記の $14\sim 17^\circ\text{C}$ は本研究の適水温の高温側と一致していた。しかし、本研究では $10\sim 14^\circ\text{C}$ で漁獲が高いにもかかわらず、Holland *et al.*⁸⁾ の報告では、 14°C 以下での遊

Fig. 2. The catch rates (catch per 1,000 hooks), catch in number ($N=11,339$) of bigeye tuna, and the numbers of hooks (2,288,318) fished, shown by water temperature at the depth of capture.

泳は極くわずかにみられる程度である。同報告の遊泳記録を見ると、250 m 以深では、水温は 14°C 以下であるが、遊泳はほとんど無であるため、水深的に小型魚は同以深では分布できず、したがって、水温に比べ水深（水圧）が直接鉛直分布に影響している可能性があり、これが 14°C 以下で遊泳の少ない原因ではないかと考えられる。

一方、上述した 10~16°C の値は、太平洋において深はえなわの漁獲と水温の同時観測から求めた 10~15°C⁷⁾ また太平洋でたてなわの漁獲と平均場の水温から得た 11~15°C¹⁰⁾ とほぼ一致している。このことは、メバチの適水温は太平洋とインド洋とで相違のないことを示すものである。

メバチの漁獲は、本研究では 10°C 未満で零であり、太平洋の場合は 10°C 以下で少なく、9°C 未満では全く見られなかった⁷⁾ ことから、同種は 10°C あるいは 9°C 以下では生息できないものと考えられる。

メバチの鉛直分布に関して、従来から食餌組成の相違¹⁸⁾ 深度計による漁獲記録¹⁹⁾ また漁獲試験の結果^{9,10,20,21)} 等から他のまぐろ類に比べ深いと言われ、事実たて縄の試験結果では、300 m 層およびそれ以深で多く漁獲⁹⁾ されている。また適水温の低温側が 10°C と低く、その深度が太平洋では 600 m 深に達していることは、⁷⁾ 水温分布から見てもメバチは相当深くまで分布することを示すものである。しかし、これらは相対的深度であったり、資料数が少なかつたりして、最高分布深度、生息限界深度等鉛直分布は依然として不明のままである。それが水温、水深（水圧）等に如何に影響されているか、鉛直分布も含めその実態解明が必要とされる。

今後、この適水温がインド洋においてどのように分布し、メバチの生息にいかなる影響を及ぼしているか、同種の鉛直分布とともに究明する必要がある。

要 約

従来、メバチの適水温に関する研究は主として海面水温を用いて行われてきた。しかし、分布層が深いメバチにとって、それでは大きな問題がある。著者らはインド洋において延縄による漁獲と水温観測が同時になされた資料を用いて、漁獲層の水温から同種の適水温について調べた。その結果、メバチの適水温は 10~16°C であり、太平洋の場合の 10~15°C とほぼ同じであった。この値は、海面水温から得られた結果に比べ、約 4~10°C も低かった。また、メバチは 9°C あるいは 10°C 未満では、漁獲は見られず、生息できないものと考えられる。

本研究を遂行するに当たり、漁獲と水温の同時観測の資料を快く提供して下さい海洋水産資源開発センタ

一、また、英文のご校閲を賜った前 National Marine Fisheries Service, Hawaii Fishery Center の Tamio Otsu 部長に心から感謝の意を表する。最後に本稿に対し貴重なコメントを下された、レフェリーの方々に深く感謝申し上げる。

文 献

- 1) 毛利雅彦, 花本栄二, 竹内正一: 延縄の漁獲からみたインド洋のメバチの分布. 日本誌, 57, 1683-1688 (1991).
- 2) 山口裕一郎: 環境水温とマグロ類・カジキ類の釣獲時体温について. 日本誌, 39, 1021-1030 (1973).
- 3) M. Uda: A Consideration on the Long Years Trend of the Fisheries Fluctuation in Relation to Sea Conditions. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 23, 368-375 (1957).
- 4) 久米 漸: メバチの生態学的研究—Ⅵ. 赤道 (16°N 以南) ならびに南部太平洋における分布と魚体に関する既往の知見の集約と、若干の考察. 遠洋水研報, 1, 77-98 (1969).
- 5) 久米 漸, 森田安雄, 小木立夫: インド洋メバチの分布および性成熟状態からみた魚群構造. 遠洋水研報, 4, 141-164 (1971).
- 6) 中村広司, 山中 一: マグロ類の分布と海洋構造. 日海誌, 15, 143-149 (1959).
- 7) E. Hanamoto: Effect of Oceanographic Environment of Bigeye Tuna Distribution. *Bull. Japan. Soc. Fish. Oceanogr.*, 51, 203-216 (1987).
- 8) K. N. Holland, R. W. Brill, and R. K. C. Chang: Horizontal and Vertical Movements of Yellowfin and Bigeye Tuna Associated with Fish Aggregating Devices. *Fish. Bull.*, 88, 493-507 (1990).
- 9) 齊藤昭二, 佐々木成二: 改良たてなわによるビンナガの釣獲層. 日本誌, 40, 643-649 (1974).
- 10) S. Saito: On the Depth of Capture of Bigeye Tuna by Further Improved Vertical Longline in the Tropical Pacific. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 41, 831-841 (1975).
- 11) Z. Suzuki, Y. Warashina, and M. Kishida: The comparison of catches by regular and deep tuna longline gears in the Western and Central Equatorial Pacific. *Far Seas Fish. Res. Lab. Bull.*, 15, 51-89 (1977).
- 12) 山中 一: カツオ, マグロ類の分布・移動と海洋環境, 「資源生物論」(西脇昌治編), 海洋学講座 13, 東大出版会, 東京, 1974, pp. 92-98.
- 13) 花本栄二: メバチに関する水産海洋学的研究—I. 東部熱帯太平洋におけるマグロはえなわの漁獲深度. 日海誌, 12, 128-136 (1974).
- 14) 吉原友吉: 鮪延縄の漁獲分布—Ⅱ. 垂直分布. 日本誌, 16, 370-374 (1951).
- 15) A. Defant: *Physical Oceanography* Vol. II, Pergamon Press, New York, 1961, p. 589.
- 16) 須田 明, 久米 漸, 塩浜利夫: インド, 太平洋のメバチのはえなわ漁場形成と生活領域に関する一解釈. 遠洋水研報, 1, 99-114 (1969).
- 17) 久米 漸: 太平洋におけるメバチの生態と資源, 水産研究叢書 32, 日本水産資源保護協会, 東京, 1979, p. 54.
- 18) 渡辺久也: 西部太平洋赤道海域におけるキハダとメバチの食餌組成の相違について. 南水研報, 7, 72-81 (1958).
- 19) 渡辺博之: マグロ類の餌付層に関する研究—I. 神奈川水試資料, 4, 1-11 (1961).
- 20) 上条清光: 相模丸マグロ延縄漁業試験調査報告 (第 12 次航海). 神奈川水試資料, 9, 18-28 (1963).
- 21) 花本栄二: メバチの遊泳層. 水産海洋研究会報, 29, 41-44 (1976).