

インド洋におけるヨシキリザメ (*Prionace glauca*) の年齢および成長Age and Growth of blue shark (*Prionace glauca*) in the Indian Ocean

中野秀樹・ 淵上悟史

(遠洋水産研究所・ 東海大学海洋学部)

Hideki Nakano¹ and Satoshi Fuchigami²¹National Research Institute of Far Seas Fisheries²Tokai University

要 約

インド洋におけるヨシキリザメの年齢、成長、成熟がミナミマグロ即時資源調査 (RTMP) とミナミマグロ調査漁獲 (EFP) で収集された試・資料により検討された。雄 260 個体、雌 279 個体について体長と体重の関係を検討した。雄は体長 155cm 以上、約 6 歳で成熟する。雌は体長 180cm 以上、約 8 歳で成熟すると考えられた。脊椎骨椎体上の輪紋数は、雄では 2-14 輪、雌では 2-10 輪観察された。輪紋形成は年 1 回、時期は 6 月付近の夏季に輪紋が形成されると考えられた。Walford の定差図法より von Bertalanffy の成長式を求めた。求めた成長式を以下に示す。

$$\text{雄} : L_t = 367.46 \times [1 - e^{-\{ 0.077 (t + 1.137)\}}]$$

$$\text{雌} : L_t = 287.47 \times [1 - e^{-\{ 0.109 (t + 1.038)\}}]$$

Summary

Age, growth and maturity of blue shark in the Indian Ocean were examined using biological data and vertebrae sampled by the observer of Real Time Monitoring Program (RTMP) and Experimental Fishery Program (EFP) of southern bluefin tuna fishery. Length and weight relationships were obtained by 260 male and 279 female, respectively. Size and age of maturity was analyzed. Male matured larger than 155cm BL at age 6 years old and female reach maturity more than 180cm at 8 years. Numbers of rings were observed 2-14 for male, 2-10 for female respectively. Ring formation was occurred winter time in southern hemisphere. The von Bertalanffy growth formula was obtained by Walford's graphical methods. The equations obtained were as follows:

$$\text{Male} : L_t = 367.46 \times [1 - e^{-\{ 0.077 (t + 1.137)\}}]$$

$$\text{Female} : L_t = 287.47 \times [1 - e^{-\{ 0.109 (t + 1.038)\}}]$$

序

ミナミマグロ漁業で混獲されるサメ類には、ヨシキリザメ *Prionace glauca*、ニシネズミザメ *Lamna nasus*、アオザメ *Isurus oxyrinchus*、ビロウドザメ *Zameus squamulosus* 等が報告されており中でも、ヨシキリザメが最も多く混獲されている。

ヨシキリザメ *Prionace glauca* (Linnaeus, 1758) は、メジロザメ科に属するサメであり、最大で全長 383cm に達するとされている (Bigelow and Schroeder, 1948)。外洋表層性で、全世界の熱帯から温帯にかけて分布することから、幅広い水温帯に適応できると考えられる (Compagno, 1984)。北太平洋で生まれた幼魚は、北緯 40 度付近の亜寒帯境界を生育場とし、成熟すると亜寒帯域に移動することが知られている (中野, 1994)。繁殖様式は胎生で、妊娠期間は 9 ~ 12 ヶ月である (中野, 1994)。また、胎仔数は 4 ~ 135 尾で (Springer and Gold, 1992)、平均胎仔数は約 30 尾である (須田, 1953)。

本研究では、資源学的知見の蓄積を目的として、脊椎骨を用いた年齢査定を行いインド洋で混獲されるヨシキリザメの成長を推定した。

材料と方法

ミナミマグロ漁場において 1992 年 ~ 2000 年にかけて実施された、ミナミマグロ即時資源調査 (RTMP) および 1998 年 ~ 2000 年に実施されたミナミマグロ調査漁獲プログラム (EFP) で収集された、ヨシキリザメの生物測定資料を解析に使用した。体長は、吻端から尾柄欠刻までを測定し、1cm 未満は切り上げた。体重測定は、kg 以下は四捨五入した。雄は交接器長を mm 単位で測定、開腹し貯精囊の上から総排泄孔付近までを搾り、精液の有無を確認した。雌は開腹し、妊娠の有無を調べた。

本研究 (体長) と既存の研究 (全長) の結果を比較するために、320 個体を用いて、体長 (BL) と全長 (TL) の換算式を求めた。雄 260 個体、雌 279 個体について体長と体重の関係性を求めた。また雌雄間に統計的な差異があるか検定した。雄の成熟体長は、193 個体の体長と交接器長、及び精液の有無から推定した。体長階級 5 cm 毎の精液有りの個体の出現頻度を求めた。雌の成熟体長は、2,849 個体の体長と妊娠の有無から推定した。体長階級 5 cm 毎の妊娠個体の体長組成、各階級の妊娠個体の出現頻度 (%)、累積度数分布を求めた。

年齢査定には 165 個体 (雄 : 72 個体 雌 : 93 個体) の脊椎骨を用いた。脊椎骨は鰓孔部より採取した。脊椎骨は船上で肉を軽く削ぎとって凍結させたものを実験室に持ち帰り、その後、煮沸して余分な肉片を削ぎおとした後、70% アルコール溶液中に保存した。椎体表面に形成される輪紋を観察するために、椎体標本にアリザリンによる染色を行った。

椎体標本を観察すると隆起した部分 (凸部) と、陥没した部分 (凹部) とが観察される。本研究では、凸部を輪紋と定義した。椎体標本を作成し、切断した側から光を当て輪紋構造が最も良く見える状態で観察した。切片標本を観察すると、アリザリンに濃染される部分 (暗帯) と濃染されない部分 (明帯) とが観察される。本研究では、明帯を輪紋と定義した。

各輪紋半径 (R) は実体顕微鏡とマイクロメーター (0.1 mm) を用いて、0.01 mm 単位まで計測した。輪紋半径は神経孔から凸部の始まりまでの長さを、椎体半径 (r) は椎体の外縁部までの長さとした。観察した輪紋の位置を図 1 に示す。

輪紋形成周期を知るために、椎体縁辺部の凹凸構造を観察し、各サンプルが採集された月ごとの凸部の出現率(%)を調べた。

椎体半径(R)と体長(BL)の関係について回帰直線を求めた。その関係式に各輪紋の平均輪紋半径を代入し、輪紋形成時の計算体長を求めた。t歳の体長を L_t 、 $t+1$ 歳の体長を L_{t+1} としWalfordの定差図法より理論上の最大体長(L)と成長係数(K)と体長0cmの理論上の年齢(t_0)を求めた。これらの値を用いてvon Bertalanffyの成長式を推定した。

結果

体長と全長の換算式を以下に示す。

$$\begin{aligned} BL &= 0.78TL - 3.80 & (N = 320 \quad r = 0.998) \\ TL &= 1.24BL + 2.60 & (N = 320 \quad r = 0.998) \end{aligned}$$

体長(BL)と体重(BW)の関係を図2に示す。同体長で比較すると、雌が雄よりも重いという結果になった。体長と体重の関係には、雌雄間で統計的に有意な差異があった($F = 9.48 \quad P < 0.05$)。雌雄それぞれの関係式を以下に示す。

$$\begin{aligned} \text{雄} : BW &= 7.20 \times 10^{-6} BL^{3.026} & (N = 260 \quad r = 0.936) \\ \text{雌} : BW &= 4.06 \times 10^{-6} BL^{3.156} & (N = 279 \quad r = 0.921) \end{aligned}$$

雄の体長と交接器長の関係を図3に示す。交接器は体長120cm付近から伸長し、体長210cm以降は伸長が緩やかになる傾向がみられた。精液が観察された個体の50%出現頻度は体長階級155cm以上であることから、雄の成熟体長は約155cm以上であると推定した。

妊娠個体の体長組成、累積度数分布と出現頻度を図4に示す。妊娠個体の体長組成は、体長176~180cmで最も個体数が多くなった。妊娠個体の累積度数分布50%は、178cmとなった。妊娠個体の出現頻度50%を成熟体長としたところ、体長階級180cm以上となったので、雌の成熟体長を約180cm以上と推定した。

年齢と成長

体長(BL)と椎体半径(R)の関係は雌雄ともに高い正の相関を示した(図5)。体長と椎体半径の関係には雌雄間で統計的に有意な差はなかった($F = 1.27 \quad P > 0.05$)。雌雄込みの関係式を以下に示す。

$$BL = 14.83R + 17.43 \quad (N = 165 \quad r = 0.975)$$

雌雄の体長と輪紋数の関係を図6に示す。輪紋数は、雄で2-14輪、雌で2-10輪観察された。雌雄ともに体長の増加に伴って輪紋数が増加する傾向があった。高齢魚を用いた輪紋半径の計測結果から得た計算体長が、若齢魚を用いた計算体長と比較して小さく出るLee現象やその逆の反Lee現象は、観察されなかった。

月毎の椎体縁辺部の月毎の凹凸構造の出現率を観察した(図7)。6月の凸部の出現率(%)が最も低くなり、凸部の出現率(%)が7月以降に増加する傾向があった。従って本研究では、輪紋は年1輪、6月付近の冬季に形成されると推定した。

本研究では、第1輪の計算体長は雄で約32cm、雌で約31cmであった。ヨシキリザメの出生体長は30~36cmと考えられているので(須田, 1953; 中野, 1994)、第1輪は、出生時前後で形成される出生輪と考え、成長曲線の推定に使用しなかった。また、中野(1994)

が北太平洋のヨシキリザメの出生時期を4月1日としていることから、南半球の本研究では、出生時期を10月1日と仮定した。出生してから第1輪ができるまで約半年であるので、第2輪は0.5歳時にできると考えた。

椎体半径と体長の関係から求めた計算体長をWalfordの定差図に当てはめ、 L 、 K 、 t_0 を求めた。次に、これらの値を用いてvon Bertalanffyの成長式を雌雄別に求めた(図8)。

$$\begin{aligned} \text{雄: } L_t &= 367.46 \times [1 - e^{-0.077(t+1.137)}] \\ \text{雌: } L_t &= 287.47 \times [1 - e^{-0.109(t+1.038)}] \end{aligned}$$

ここで、 L_t : t 歳の体長、 L : 理論上の最大体長、 K : 成長係数、 t_0 : 体長0cmの理論上の年齢。

考察

本研究ではインド洋に棲息する雄のヨシキリザメの成熟体長を155cm以上と推定した。本種の成熟体長は、北太平洋で140-160cm、北西大西洋で168cmと報告されている(中野, 1994; Pratt, 1979)。なお成熟体長を全長で求めてあるものは、本研究の換算式を用いて体長に換算し比較した。また、本研究では雄の成熟年齢が6歳以上であると考えられた。北太平洋では4-5歳、北西太平洋では6歳の成熟年齢が報告されている(中野, 1994; Pratt, 1979)。本研究の結果は、成熟体長では北太平洋と類似し、年齢では北大西洋と同様な結果になった。

雌の成熟体長は、180cm以上であると推定した。本種の成熟体長は、北太平洋で140-160cm、北西太平洋で150cm、北東大西洋で137cm、北大西洋で135-173cmと報告されている(中野, 1994; 須田, 1953; Stevens, 1974; Pratt, 1979)。本研究では雌の成熟年齢が、8歳以上であると考えられた。北太平洋では5-6歳、北西大西洋では4-5歳と報告されている(中野, 1994; Pratt, 1979)。本研究の結果は、北太平洋、北大西洋と比べて成熟体長、成熟年齢ともに大きな値となった。北西太平洋の成熟体長は、最小妊娠個体を、北東大西洋は、交尾時の噛み傷を成熟の基準としているため、本研究より小さな値になったと考えられた。また北太平洋、北大西洋とは成熟の基準が同じであること、インド洋に棲息する雌のヨシキリザメは少なくとも体長180cmまでは成熟しないと報告されていることから(Gubanov and Grigor'yev, 1973; Gubanov, 1978) 雌の成熟は、北太平洋、北大西洋と比べて大きい可能性があると考えられた。

本研究では、脊椎骨椎体の縁辺部の凹凸構造を観察することで輪紋形成は年1回、形成時期は南半球の冬季(6月付近)であると推定した。北太平洋では10月~2月に形成すると報告されている(中野, 1994)。南半球での6月は冬季にあたり、ヨシキリザメの輪紋形成時期は、北太平洋と同様に冬季であると考えられた。

本研究では、年間の成長量が雄で10-24cm、雌で12-25cmとなった。北太平洋では雌雄込みの年間の成長量が14-29cmと報告されている(中野, 1994)。また、北東大西洋では、標識再補の結果より全長で32cm(体長で21cm)と報告されている(Stevens, 1976)。本研究と北太平洋の年間の成長量は類似した値を示した。成長係数(K)に注目すると、本研究は雄が0.077、雌が0.109であった。北太平洋では雄で0.104、雌で0.129、北東大西洋では雌雄込みで0.11の成長係数(K)が報告されている(中野, 1994; Stevens, 1975)。本研究の雄の K 値は他の海域の雄と比べて低い値を示した。

引用文献

- Aasen, O.(1966): Blahaien, *Prionace glauca*(Linnaeus),1758.*Fisken og havet*,1 .1-15 .
- Bigelow, H.B. and W.C. Schroeder. (1948) : Sharks . *In* Fishes of the western North Atlantic, Part one, . A.E. Parr and Y.H. Olsen (eds.) , Sears Found . Mar . Res . , Yale Univ . Mem . 59 - 546 .
- Compagno, L.J.V. (1984) : FAO Species Catalogue Vol.4,Part2 Sharks of the world. An annotated and illustrated catalogue of shark species known to date. FAO Fisheries Synopsis. No.125 . 521 - 524 .
- Gubanov, Ye.P. and V.N. Grigor'yev.(1973) : Observation on the distribution and biology of the blue shark *Prionace glauca* (Carcharhinidae) of the Indian Ocean. *Vopr. Ikhtiol.*, 15 (1) : 43 - 50 .
- Gubanov, Ye.P. (1978) : The reproduction of some species of pelagic sharks from the equatorial zone of the Indian Ocean. *J. Ichthyol* . 781 - 792 .
- 中野 秀樹 (1994) : 北太平洋に分布するヨシキリザメの年齢と繁殖および回遊に関する生態学的研究 . 遠洋水研報 , 31 . 141 - 256 .
- Pratt, H.W.Jr.(1979) : Reproduction in the blue shark ,*Prionace glauca*.*Fish.Bull.*,77(2) . 445 - 470 .
- Springer, V.G and Gold, J.P. (1992) : サメ・ウォッチング.(中谷一宏訳・監修) 平凡社, 東京 . pp273 .
- Stevens, J.D. (1974) : The occurrence and significance of tooth cuts on the blue shark (*Prionace glauca* L.)from British waters .*J. Mar. Biol. Assoc. U.K.* ,54 .373-378 .
- Stevens, J.D. (1975) : Vertebral rings as a means of age determination in the blue shark (*Prionace glauca* L.). *J. Mar. Assoc. U.K.*, 55 : 657-665 .
- Stevens. J.D.(1976) : First results of shark tagging in the north-east Atlantic. *J. mar. Biol. Assoc. U.K.*, 56 . 929 - 937 .
- 須田 明 (1953) : ヨシキリザメ (*Prionace glauca* LINNE) の生態研究.南海区水産研究所業績. (26) . 1 - 11 .

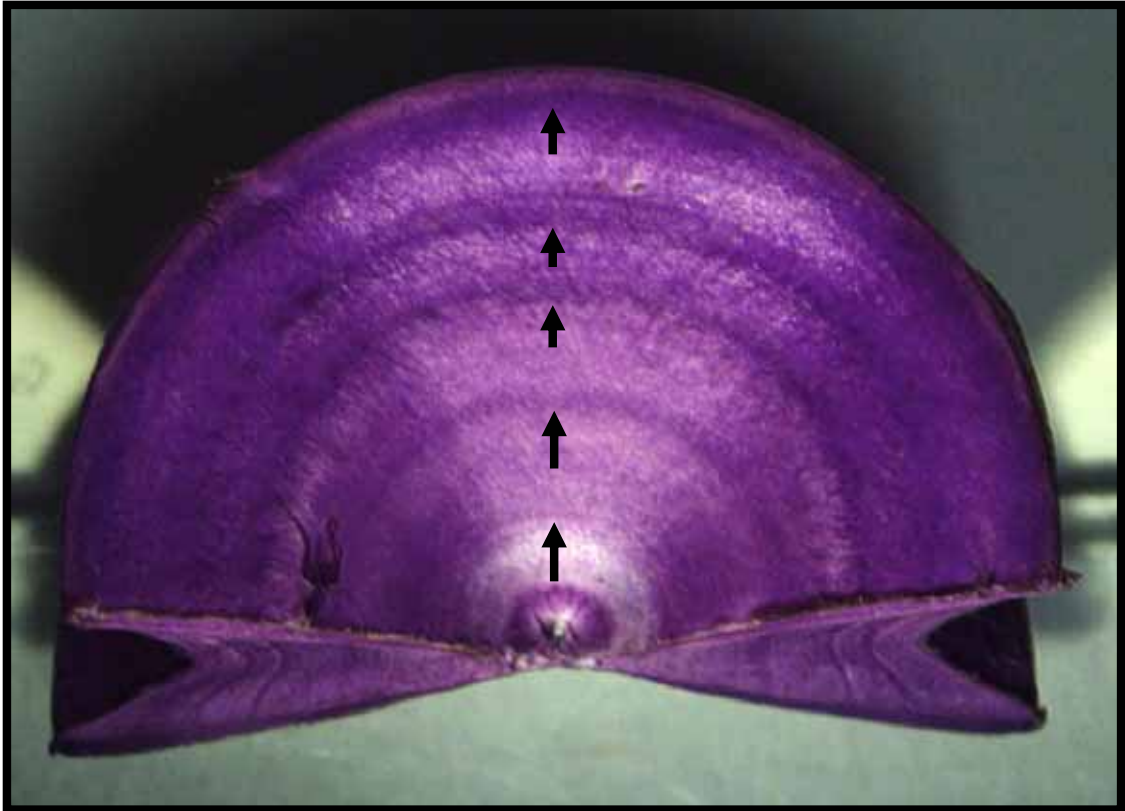


图 1 .脊椎骨計測部位

Fig. 1. Rings on the surface of blue shark vertebrae.

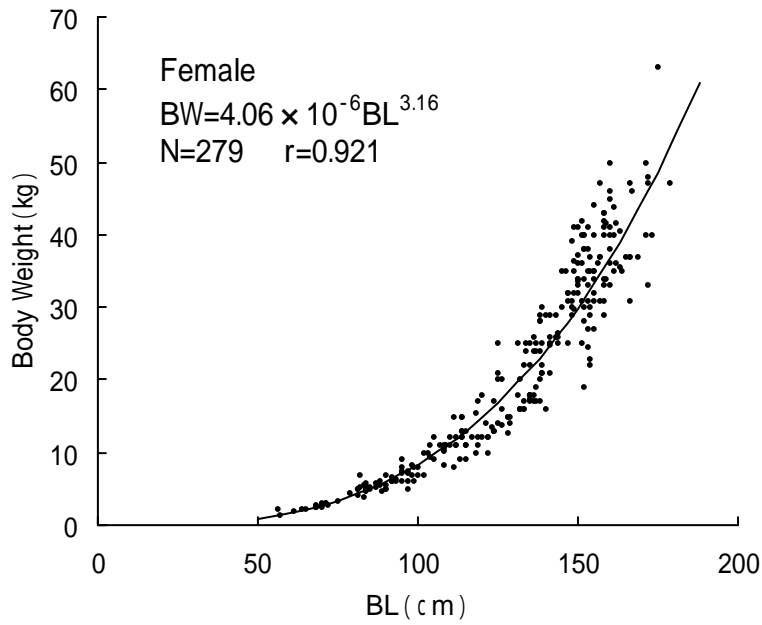
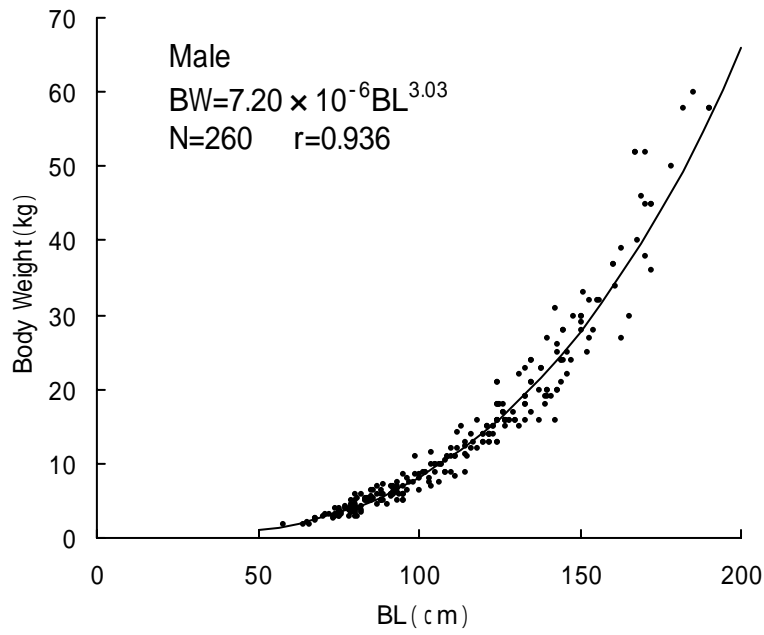


図2 . ヨシキリザメ雌雄の体長と体重の関係
 Fig.2. Length(BL) and weight relationship of female and male blue shark.

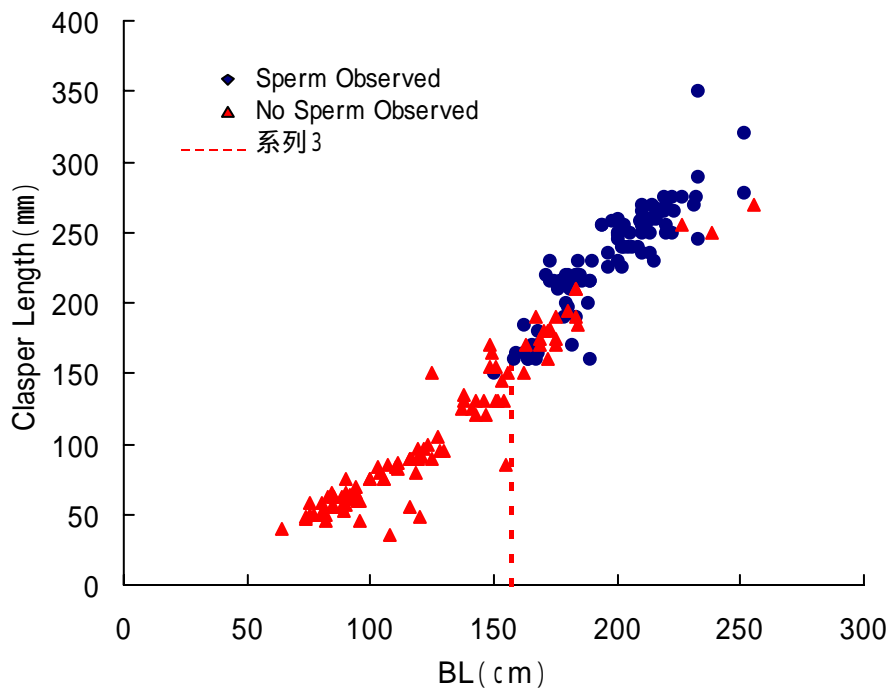


図3 . ヨシキリザメ雄の体長と交接器長の関係および精液の有無

Fig.3. Relationship between body and clasper length of male blue shark and observation of sperm fluid.

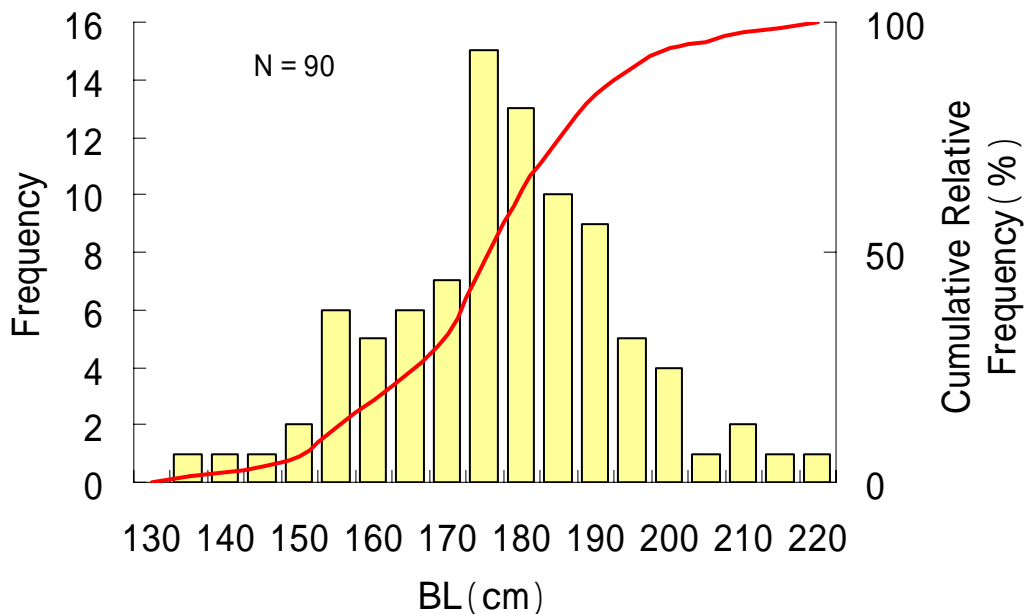


図4 . ヨシキリザメ妊娠固体の体長組成と累積度数分布

Fig.4. Length frequency distribution and cumulative relative frequency of pregnant female blue shark.

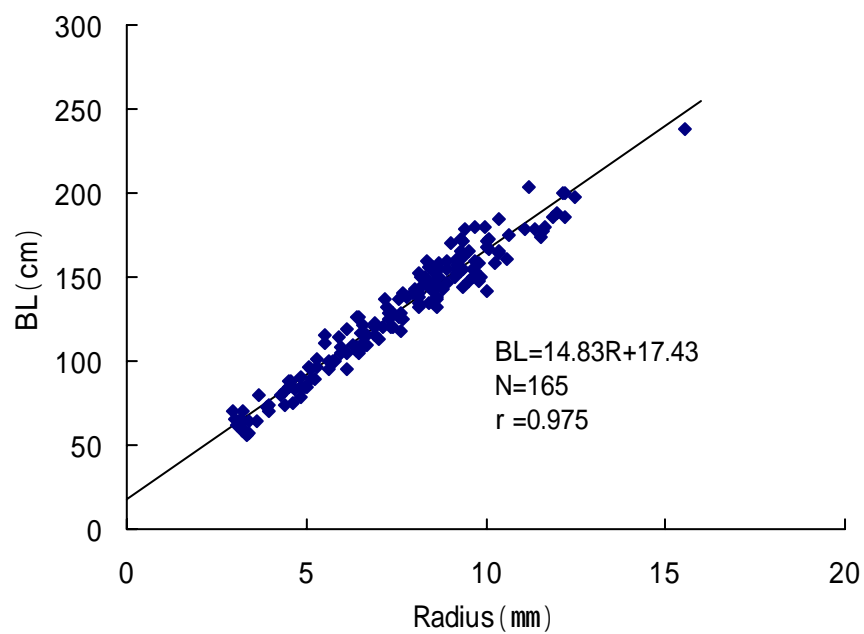


図5 . ヨシキリザメ脊椎骨椎体半径と体長との関係

Fig. 5. Relationship between Radius of vertebrae and body length(BL).

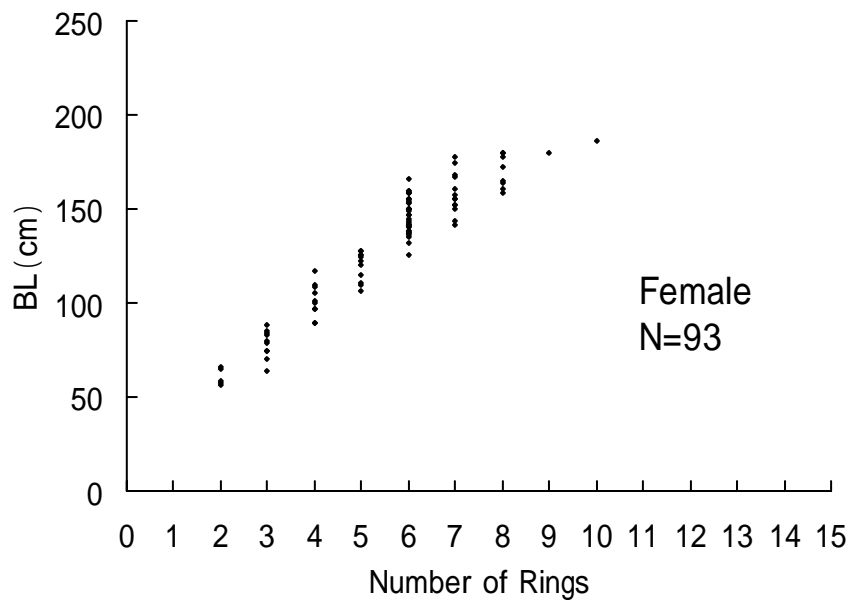
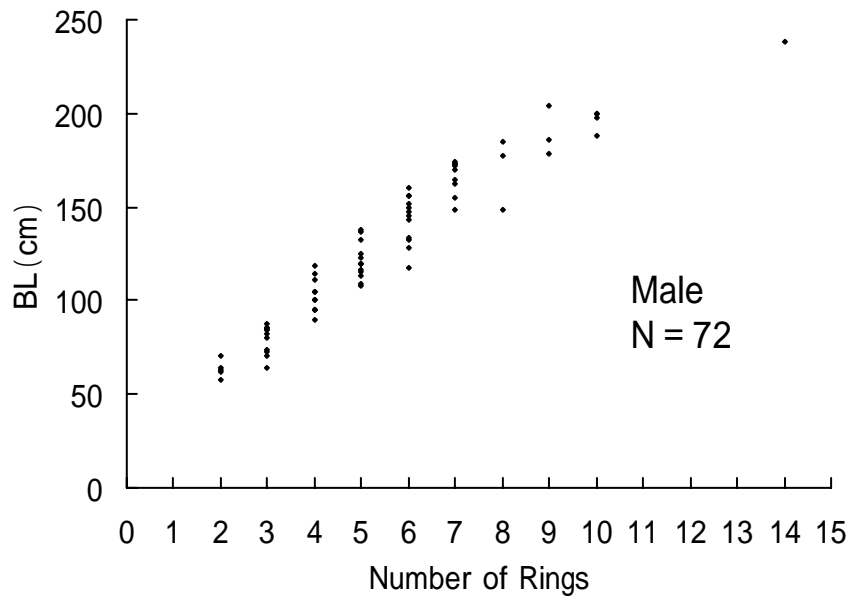


図6 . 雌雄の脊椎骨輪紋数と体長との関係

Fig.6. Relationship between number of rings and body length(BL) for male and female blue shark.

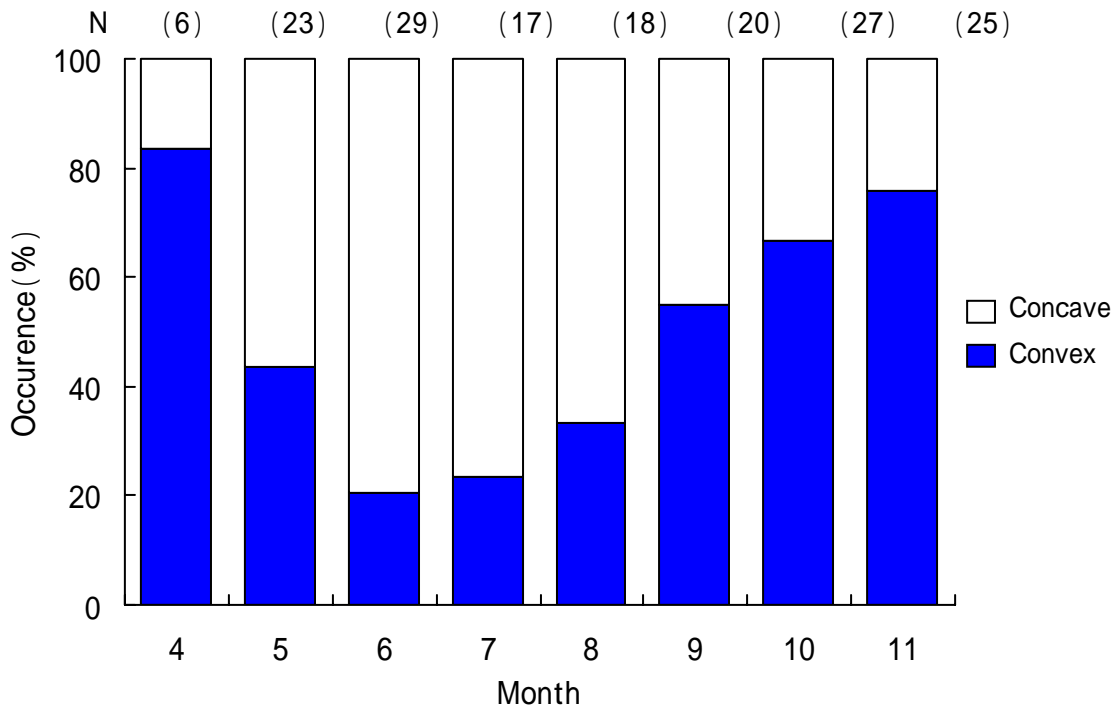


図7．脊椎骨椎体縁辺部における凸部の出現率．上部の括弧内の数字はサンプル数．

Fig.7. Occurrence percent of convex part on the surface of vertebrae.

Upper figures indicates number of vertebrae.

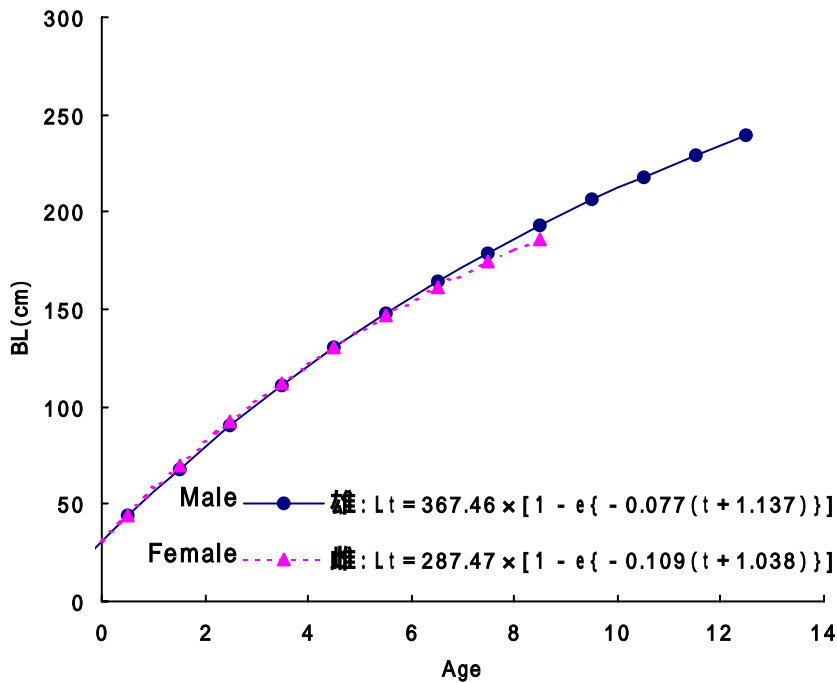


図8．本研究で得られたヨシキリザメ雌雄の成長曲線

Fig.8. Von Bertalanffy growth curve for male and female blue shark, obtained in this study.