

沿岸域に出現するフグ類の生態学的研究 : III. トラフグの年齢と成長

小谷, 正幸
九州大学農学部水産学第二教室

山口, 善昭
南西海区水産研究所

伊藤, 弘
南西海区水産研究所

松井, 誠一
九州大学農学部水産学第二教室

<https://doi.org/10.15017/22243>

出版情報 : 九州大学農学部学藝雑誌. 41 (3/4), pp.195-200, 1987-03. 九州大学農学部
バージョン :
権利関係 :

沿岸域に出現するフグ類の生態学的研究

III. トラフグの年齢と成長*

小谷正幸・山口義昭[†]
伊東弘[†]・松井誠一

九州大学農学部水産学第二教室
(1986年12月10日 受理)

Ecological Studies of Puffers (Tetraodontidae, Teleostei) in Coastal Waters.

III. The Age and Growth of *Takifugu rubripes* (Temminck et Schlegel)

MASAYUKI KOTANI, YOSHIAKI YAMAGUCHI, HIROSHI ITO
and SEICHI MATSUI

Fisheries Laboratory, Faculty of Agriculture,
Kyushu University 46-04, Fukuoka

トラフグ *Takifugu rubripes* (Temminck et Schlegel) は、日本では北海道南部(室蘭)および西部(函館)から鹿児島までの太平洋と日本海の沿岸に、大陸側ではウラジオストック、朝鮮半島、中国、台湾までの日本海、渤海、黄海、東シナ海に分布して、量的には日本の本州中部以西の沿岸域と東シナ海中部海域、黄海、日本海西部などの水域に多いが(多部田, 1986)、その生態については不明点が多い。

本研究では年齢形質を検査し、年齢査定と成長解析を行った。フグ類は、一般に体表に鱗を欠如するか特化するうえ、耳石が極めて小さいため、年齢と成長については年齢形質にもとづいた研究が行われておらず、もっぱら体長組成によつて行われてきた(尾串, 1980; 檜山, 1981)。そのため、成長を明らかにするためには周年の標本採集や多数の個体数が必要であった。前報では、筑前海に生息する沿岸性フグ類のうち、ショウサイフグ *Takifugu vermicularis* (Temminck et Schlegel) について椎体内部に明瞭な標示がみとめられ、これを用いた成長を明らかにした(松井ら,

1986)。本報でもトラフグの全ての骨質部を用いて年齢形質の有効性についての検討を行い、更に、その結果にもとづいて年齢と成長を明らかにした。

報告に先立ち、原稿の御校閲を賜つた本学部教授奥田武男博士に厚く御礼申し上げる。また、材料の採集に御協力頂いた福岡県豊前水産試験場の林 功氏に深謝の意を表す。

材料と方法

供試魚は1981年4月～1984年3月に広島県安芸郡音戸町地先の小型底曳網による漁獲物127個体、1985年6月～11月に福岡県豊前市地先に設置された定置網の一種である柵網による漁獲物60個体の計187個体を用いた。全ての骨質部のうち、角舌骨、前鰓蓋骨、主鰓蓋骨、烏口骨、基底後頭骨、尾部棒状骨、下尾骨、および脊椎骨の8種類が年齢形質として有効である可能性が高いことが、予備観察によつて明らかとなつたので、これらについて詳細に検討し、最も有効な形質の検出に努めた。

供試魚は、生鮮状態(冷凍後解凍した標本を含む)で全長を計測し、生殖巣の観察による雌雄の判別を行った後、内臓を除去した魚体を5～10分間煮沸し、骨質部を取り出し1～2% KOH液に16～24時間浸した。

* 昭和61年度日本水産学会秋季大会において口頭発表
(一部改変)

[†] 南海海区水産研究所

その後十分水洗し、アリザリンレッドで染色したものを測定部位が水平になるように粘土上に固着させた。落射照明下、描画装置を取り付けた実体顕微鏡を用いて、形質の測定部位と scale を同時に測定紙に写し取り、これをキャリパー (1/10 mm 単位) で測定した。輪紋の標示部は透明帯から不透明帯への移行境界部とした。

結 果

年齢形質

ショウサイフグでは第5椎体が年齢形質として最も有効であったが(松井ら, 1986), 種による違いを考慮して本種においても全ての骨質部を対象に年齢形質を検討した。そして, 8種類の形質に輪紋の標示が明瞭であったのでこれらの中から最も適当な形質を選出することとした。その結果, 脊椎骨が最も有効であったが, それぞれの観察結果を以下に述べる。

角舌骨 (ceratohyal) は細長い筒状を呈しており, 上舌骨 (epihyal) とゆ合し, 前端は下舌骨 (hypohyal) に, 後端の上舌骨は間舌骨 (interhyal) を介して接続骨 (symplectic) に接続する。角舌骨のこの筒状部を縦割すると内壁に同心円状を成した輪紋が認められる。この形質の中心と輪紋は比較的明瞭である。前鰓蓋骨 (preopercle) は中心部で折れ曲つた半円形をしており, その腹側の薄板に同心円状をした輪紋を有す。しかし, 標示の個体差が多いため安定性がなく, 中心部が広い中心を決め難い。

三角形をした主鰓蓋骨 (opercle) の広い薄板には輪紋は認められるが, 不安定である。しかし, 主鰓蓋骨と舌顎骨 (hyomandibular) との接合部は円錐状にくぼんだ形でその内壁に同心円状を成した輪紋を有す。中心部は明瞭で中心が決め易く, 輪紋も比較的明瞭であるが標示部が全体的に小さい。

烏口骨 (coracoid) は, 肩甲骨 (scapula) を介して射出骨 (actinost) に, さらに胸鰭鱗条につながら, これらとともに胸鰭の基部を形成する骨で, 鎖骨 (cleithrum) にも接続する。その一部に同心円状に輪紋を刻んだ薄板がある。極めて薄い板状を成しているため破損し易く, 中心部が比較的大きいためその中心が決め難い。

基底後頭骨 (basioccipital) は頭骨と脊椎骨を接続する骨で, 副蝶形骨 (parasphenoid) とともに頭蓋骨の基底を形成する。脊椎骨との接続部は円錐状にくぼんだ形であり, この内面に明瞭な同心円状の輪紋を有し, その中心部は一点に集中し, 中心を決め易い。しかし, これらの形質は後に述べる脊椎骨の腹椎に比べると標

示が小さい。

尾部棒状骨 (urostyle) は, 脊椎骨の最後部に位置する。椎体に接続するその前半部は基底後頭骨と同様に円錐状にくぼんでおり, その内面には明瞭な輪紋を有し, 標示の中心が決め易い。また, この骨を縦割するとその後半部にも同様の円錐状にくぼみがあり, 比較的明瞭な輪紋が認められ, 標示の中心も前半部のそれと同様に決め易い。基底後頭骨と同様に腹椎に比べて標示が小さい。

下尾骨 (hypural) は三角形をした1枚の骨で尾部棒状骨の後半部に接続する。これを縦割すると内壁に輪紋が認められ, 輪紋は比較的明瞭であるが, 個体によつては輪紋が出現せず標示の安定性を欠く傾向がある。中心部は比較的決め易い。

脊椎骨は19~22個あるが, ほとんどの個体は21個の椎体からなり, その椎体の前後両面は強く円椎状にくぼんだ形で, この部分に輪紋が形成されている。標示は中心が決まりやすく縁辺の形状はほぼ円形であった。また, 椎体の大きさは尾椎より腹椎の方が大きい傾向があり, 輪紋も尾椎より腹椎の方が明瞭であった。

年齢形質としての有効性を外観的に検討するため, 以上述べた8形質について取りまとめて, 標示の明瞭度, 中心の明確さ, 大きさ, 採取の容易さの4点を比較して, Table. 1 に示した。その結果, 角舌骨, 主鰓蓋骨接合部, 基底後頭骨, 尾部棒状骨, 下尾骨, 脊椎骨の輪紋は比較的明瞭で, 年齢形質として使用することが可能であるが, 中心の明確さ, 大きさ, 形状などから脊椎骨の腹椎が最も適当と考えられた。さらに腹椎のなかでも最も大きく, 形状に変異が見られなかつた第7椎体を年齢形質として詳しく検討する事にした。

第7椎体の標示の相似性と年齢形質としての有効性

トラフグの第7椎体は, Fig. 1-a, b に示したような形状を呈している。椎体部は側面から見ると鼓状を成し, 前, 後は円錐状にくぼんでいる。縁辺の形状は背, 腹側で僅かに偏した円形を成している。椎体を垂直に縦割すると Fig. 1-c に示したように前後の扇形をなした縦断面が出現し, 中心から縁辺までの半径 (椎体半径) と輪紋までの長さ (標示長) を測定部位とした。

まず標示の相似性を検討するため4~6月に採集されたトラフグの第7椎体の椎体半径と標示長との関係を各輪紋数毎に Fig. 2 に示した。いずれの輪紋数でも, 標示長と椎体半径との間には正の相関があり, 輪紋数と同数の回帰直線が得られた。その結果, 標示の形成に相似性があることが認められた。

外観的には大きさ, 標示の明瞭度, 中心の取り易さ

Table 1. Comparison of the bones on the clearness of marks and center, and the practicality.

Bones	Clearness of marks	Clearness of center	Largeness	Ease of removal
Vertebrae	++	+	++	++
Basioccipital	+	+	+	++
Opercle	±	+	±	++
Preopercle	-	-	++	++
Coracoid	-	±	++	±
Ceratohyal	±	+	++	+
Urostyle	+	+	++	++
Hypural	±	+	++	++

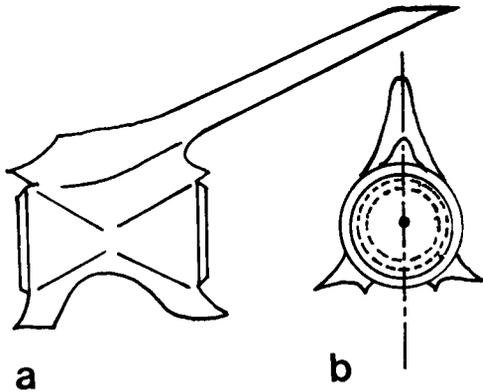


Fig. 1. Showing the 7th vertebra and measured parts of a centrum. a, lateral view of the outer surface; b, frontal view; c, lateral view of the longitudinal; R, centrum radius; r_1 and r_2 , the first and second ring radii.

などから、脊椎骨が年齢形質として有効であると予想されたが、さらに年齢形質としての有効性を証明するためには、椎体の長さと同フグの大きさとの間に直

線回帰式が得られる必要がある。そこで雌 66 個体、雄 121 個体の標本を用いて全長を L (mm)、第 7 椎体の椎体半径を R (mm) として両者の関係を見ると、Fig. 3 に示したように雌雄とも相関係数の高い直線関係があり、次の直線回帰式が得られた。

$$\text{雌: } L = 57.05R + 12.65 \quad (r = 0.994)$$

$$\text{雄: } L = 55.17R + 17.45 \quad (r = 0.993)$$

このように第 7 椎体において外観的な特徴による有効性が認められたばかりでなく、標示の相似性や全長と椎体半径との間の高い相関をもつ直線回帰も認められ、年齢査定に第 7 椎体が最も有効であると考えられた。

年齢と成長

標示が明瞭に認められた全長 176~540 mm の雌 30 個体、雄 50 個体のトラフグの第 7 椎体を用いて年齢査定を行い、その成長を検討した。まず、前述の全長と椎体半径との関係式を用いて、標示長 r_i (i は標示数) から標示形成時期における標準標示全長 L_i を求めた。さらにこの標準標示全長から雌雄毎の L_i の平均値を求め、Walford の定差図を描くと Fig. 4 に示したようになる。その結果、極限全長は雌で 705 mm、雄で 639 mm となった。

次に標示の形成時期を検討するため、椎体の縁辺成長率 $(R - r_1)/r_1$ を求め、その月別変化を Fig. 5 に示した。なお、 r_1 は中心から第 1 標示までの長さである。その結果、椎体は 10 月~2 月末にかけて良く成長するが 4 月初旬には急落することにより 3 月の低成長期に標示が形成されるものと推定された。また、ここでは 1 年を通じての月別の縁辺成長率が求められていないが、標示が 1 つ形成される度毎の成長量から、1 年間に標示が 1 つ形成されるのではないかと推測した。トラフグの産卵期は、瀬戸内海では 3~6 月、最盛期は 5 月ごろと考えられるので標示形成時期を 3 月とすると第 1 標示は生後 10 カ月で形成され始められると考

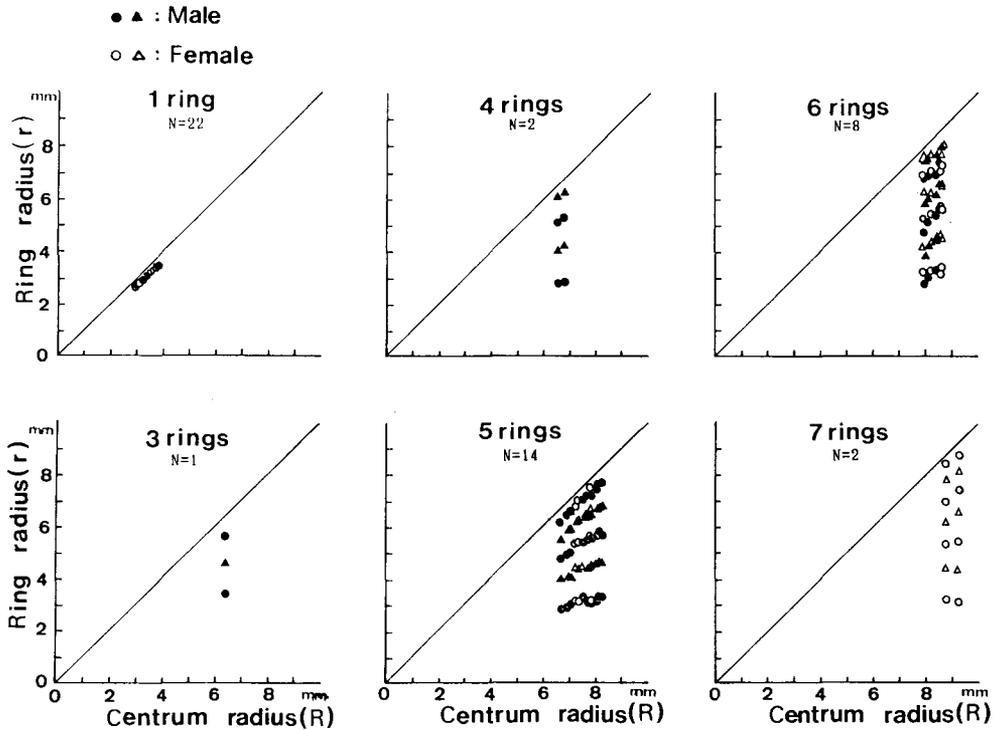


Fig. 2. Relationship between the ring radius and the centrum radius (specimens caught from April to June).

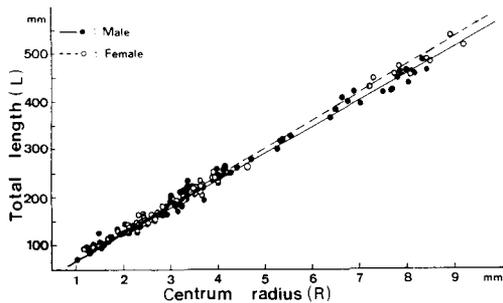


Fig. 3. Relationship between the total length and the centrum radius of the 7th vertebra.

えられる。

3月を標示形成時期としてトラフグの成長は Bertalanffy の成長式によつて求めると以下のようになつた。

$$\text{雌: } Lt = 704.6 \{1 - e^{-0.151(t+1.198)}\}$$

$$\text{雄: } Lt = 639.0 \{1 - e^{-0.167(t+1.207)}\}$$

Lt は生後 t 年の計算全長を示す、これにより年齢別の

全長を雌雄別に求めると、トラフグは雌雄それぞれ1歳で199 mm, 197 mm, 2歳で267 mm, 265 mm, 3歳で331 mm, 323 mm, 4歳で383 mm, 371 mm, 5歳で428 mm, 412 mm, 6歳で467 mm, 447 mm, 7歳で500 mm, 476 mm に成長し、いずれも雌の方が大きい。

考 察

フグ類の年齢形質、年齢査定及び成長に関する研究は数少ない。筆者らは、瀬戸内海中・西部域で漁獲されたトラフグを用いて、これらの課題について調べた。全ての骨質部を観察した結果、8形質に比較的明瞭な輪紋が認められ、これらが年齢形質として適当であるかを更に検討した。その結果、脊椎骨の第7椎体が大型で標示と中心が最も明瞭であり、形状の変形したものや標示の出現しない個体が少なく、測定も容易であつたので、年齢形質として選ばれた。年齢形質として用いた椎体の中には標示は明瞭であつても、一部が変形している個体が見られ、同一の個体でも尾部に近いほど標示が不明瞭となる傾向も認められた。しかし、脊椎骨は年齢形質として多くの魚類に用いられており、

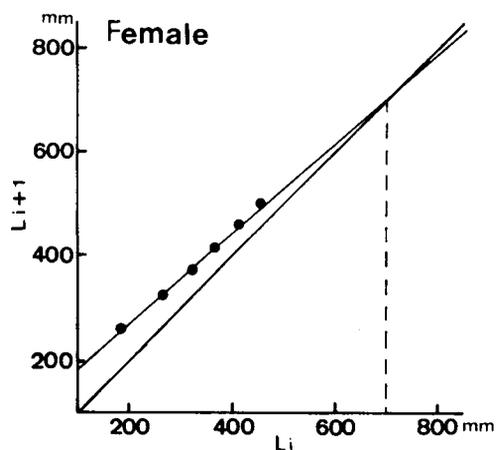
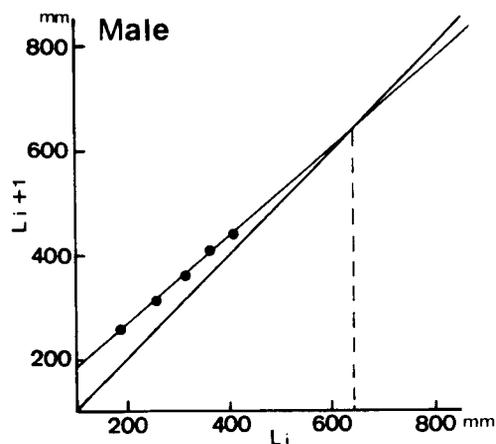


Fig. 4. Walford's growth transformation of the total length. L , total length; i , number of the rings.

1個体から多数の椎体を用いて精度の高い年齢査定を行うことができるといった特性がある(三谷, 1958)。

トラフグにおいても、前報のショウサイフグと同様に脊椎骨椎体が最も有効な年齢形質となり、タキフグ属では椎体が共通して年齢査定に有効な形質であることが示唆された。

本種の天然における成長について、藤田(1962)は飼育標本と採集標本によつて、5月にふ化した本種の仔魚は6月下旬に20~30mmとなり夏の高温期に盛んに成長して、その年の冬の始めに全長180~200mm前後に、ふ化後2年目の冬には全長320mm前後に達している。また、尾串(1980)は下関市南風泊魚市場に水揚げされた、主として黄海、東シナ海産のトラフグについて、その全長組成をCassieの方法によつ

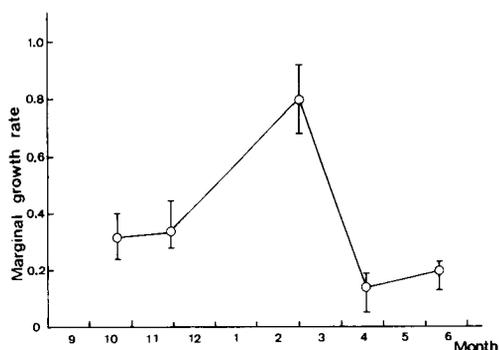


Fig. 5. Monthly change in the marginal growth rate $(R-r_1)/r_1$; the rate $(R-r_2)/(r_2-r_1)$ used only in February.

て各々のモードを持つ山に分解し、年級群との関係を求めて、1歳で352mm、2歳で425mm、3歳で476mm、4歳で522mm、5歳で558mm、極限全長734.5mmになるとしている。さらに檜山(1981)は瀬戸内海産トラフグについて漁獲物の体長組成から、1歳で全長250mm、2歳で350mm、3歳で420mm、4歳で470mm、5歳で520mmに達するとした。また、伊東・山口(1984)は、瀬戸内海中央部の芸予瀬戸及び安芸灘で採集したトラフグの脊椎骨椎体を用いて雌雄別に年齢査定を行い、雌雄それぞれ1歳で全長190mm、191mm、2歳で267mm、260mm、3歳で332mm、318mm、4歳で386mm、369mm、極限全長は雌で664.9mm、雄で673.9mmであるとしている。

これらの結果は、瀬戸内海中部及び黄海、東シナ海産のものについて調べたものであるが、海域によつて成長にかなりの違いが認められ、前者のものが後者に比べて成長が劣る傾向がある。この傾向は1歳魚で著しく、今回の調査結果においても、黄海、東シナ海産の1歳魚が全長352mmに対して(尾串, 1980)、約200mmであった。国行ら(1981)は瀬戸内海のトラフグの移動回遊を漁獲実態と標識放流調査によつて解析し、三原水道や布刈瀬戸などの産卵場で産卵された卵は(Kusakabe *et al.*, 1962)、ふ化、成長して、水温の低下と共に沖合へ移動した後、豊後水道、宇和海、日向灘へ移動し、一部は隠灘や伊予灘の深所で越冬するとした。さらに、これらの群は翌春には再び瀬戸内海に回遊し、3歳魚以上に成り産卵するという結果を得た。筆者らの用いた標本が、大型の成長したものは音戸瀬戸で、小型の当歳魚は豊前海の浅所で採集されたものであり、これらがほぼ年間を通して採集されたことと、前述の移動回遊結果を考慮すると、若齢期に外海への

回遊を行わず瀬戸内海水域に滞留している成長の悪い個体群の存在が示唆され、供試魚がこのような個体群であったため低成長結果となつたとも考えられる。しかし瀬戸内海に生息する本種が本質的に成長が悪い可能性もあり、さらに精査する必要がある。

本研究では、年齢査定に用いた標本が 80 個体と少なく、その中でも高齢魚の割合が低かつた事も今後検討を要するところである。

要 約

瀬戸内海中・西部域で採集されたトラフグを材料として、有効な年齢形質の検出と年齢査定を行い、当水域に生息するトラフグの成長について明らかにした。

1) 予備観察によつて明瞭な輪紋が認められた、脊椎骨、基底後頭骨、主鰓蓋骨、前鰓蓋骨、烏口骨、角舌骨、尾部棒状骨、下尾骨の 8 形質を対象として年齢形質の検討を行つた結果、脊椎骨椎体が最も適当であり、有効性も認められた。

2) 椎体の中でも大型で、変形の少なかつた第 7 椎体を用いて雌雄別にトラフグの年齢査定を行つた結果 Bertalanffy の成長式

$$\text{雌} : Lt = 704.6 \{1 - e^{-0.151(t-1.198)}\}$$

$$\text{雄} : Lt = 639.0 \{1 - e^{-0.167(t-1.207)}\}$$

を得た。Lt は t 年時の計算全長を示す。この結果、雌雄はそれぞれ、1 歳で全長 199 mm, 197 mm, 2 歳で 267 mm, 265 mm, 3 歳で 331 mm, 323 mm, 4 歳で 383 mm, 371 mm, 5 歳で 428 mm, 412 mm, 6 歳で 467 mm, 447 mm, 7 歳で 500 mm, 476 mm, とな

り、雌の方がわずかながら成長がよく、極限全長は、雌で 705 mm, 雄で 639 mm であつた。

3) 椎体の縁辺成長率によつて標示形成時期は 3 月と推定された。

文 献

- 藤田矢郎 1962 日本産主要フグ類の生活史と養殖に関する研究。長崎県水試論文集, (2): 1-121
- 檜山節久 1981 山口県海域におけるトラフグ資源の管理について。山口県内海水産試験場報告, 8: 40-50
- 伊東 弘・山口義昭 1984 トラフグの年齢と成長(予報)。昭和 58 年度 GSK 西日本底魚部会報, 33-40
- 国行一正・伊東 弘・矢野 実 1981 架橋予定域及びその周辺水域におけるトラフグ (*Fugu rubripes* Temminck et Schlegel) の資源生態。本四連絡架橋漁業影響調査報告, (29): 420-441
- Kusakabe, D., Y. Murakami and T. Onbe 1962 Fecundity and Spawning of a Puffer, *Fugu rubripes* (T. et S.) in the central water of the Inland sea of Japan. *J. Fac. Fish. Anim. Husb., Hiroshima Univ.*, 4: 47-49
- 松井誠一・福元勝志・塚原 博 1987 沿岸域に出現するフグ類の生態学的研究 II。ショウサイフグの年齢と成長。九大農芸雑誌, 41: 105-110
- 三谷文夫 1958 プリの成長と年齢に関する研究-I。年齢形質としての脊椎骨の検討。日水誌, 24: 626-631
- 尾串好隆 1980 トラフグの成長について。第 28 回西海区水研ブロック底魚会議議事録: 8-9
- 多部田修 1986 トラフグの分布と生態。日本水産資源保護協会月報, (262): 11-21

Summary

The present report deals with the age character, age determination and growth of the puffer, *Takifugu rubripes* (Temminck et Schlegel) caught in the middle and west Seto Inland Sea.

1) The most suitable age character for age determination of this species was the 7th vertebral centrum among the basioccipital, opercle, preopercle, coracoid, ceratohyal, urostyle, hypural and vertebrae.

2) The relationship between the year (*t*) after the birth and the total length (*Lt* mm) after *t* year was estimated as follows :

$$\text{for males, } Lt = 639.0 (1 - e^{-0.167(t+1.207)})$$

$$\text{and for females, } Lt = 704.6 (1 - e^{-0.151(t+1.198)})$$

3) By the monthly change of the marginal growth rate of the vertebral centrum, it was estimated that the annual mark was formed from March.