

耳石解析によるクサフグの成長過程

メタデータ	言語: Japanese 出版者: 水産大学校 公開日: 2024-10-11 キーワード (Ja): キーワード (En): sagittal otolith; otolith daily growth ring; Takifugu niphobles. von Bertalanffy growth model 作成者: 今井, 千文, 野中, 和賀樹 メールアドレス: 所属:
URL	https://fra.repo.nii.ac.jp/records/2012053

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.



耳石解析によるクサフグの成長過程

今井千文^{1,†}, 野中和賀樹²

Growth process of grass puffer *Takifugu niphobles* by otolith analysis

Chifumi Imai^{1,†} and Wakaki Nonaka²

Abstract : Growth process of grass puffer *Takifugu niphobles* was analysed by sagittal otolith size measurements. The growth of otolith was monitored using otolith height (OH). The OH increased rapidly from hatching to 60 days after hatching. The growth rates somewhat varied yearly. The growth rate decreased later, and growth stopped from December to next April. The otolith grew slowly (0.220mm/214days) and stably with small yearly variation after age one. Otolith did not grow from December to April. The von Bertalanffy growth model, $TL_t = 31.2 \{1 - e^{-1.12(t+1.35)}\}$ was derived. Otolith daily growth rings were observed by dorso-ventral sections. Winter no growing marks were observed in otolith sections of age-2 *T. niphobles*. Above mentioned growth of otolith was confirmed by measurements of otolith daily growth ring widths.

Key words : sagittal otolith, otolith daily growth ring, *Takifugu niphobles*, von Bertalanffy growth model,

緒 言

トラフグ属魚類 *Takifugu* はフグ科 Tetraodontidae に属し、アジア太平洋の温帯海域に広く分布し、日本近海には約20種が知られている¹⁾。内臓や皮膚にフグ毒素テトロドトキシンを含有するが、筋肉は無毒または弱毒で食用種も多く、トラフグをはじめ、水産重要種が多く含まれる。一方で、商業価値の高いトラフグは強い漁獲にさらされ、資源量は激減していて、資源管理が急務である²⁾。資源管理の実施に際しての資源情報として成長モデルは重要である³⁾。しかし、以下に述べる理由からトラフグ属魚類の成長に関する情報は十分ではない。

トラフグ属魚類には鱗が無い上に、各鰭は軟条のみで構成されるため、年齢形質に乏しい。このため、成長研究は水産重要種のトラフグを対象とした体長組成の分離による研究が比較的多く行われている程度であり⁴⁻¹¹⁾、年齢査定が実施された事例は少ない。わずかにショウサイフグ¹²⁾とトラフグ^{13, 14)}について、脊椎骨の年輪に基づく年齢査

定の報告があるが、脊椎骨の年輪が常に年輪である保証は無い。キアンコウ *Lophius lituron* では脊椎骨の年輪を年輪とした論文¹⁴⁾ に対し、疑問が呈されている¹⁵⁾。

他の多くの魚類とは異なりトラフグ属の最大全長は種間差が非常に大きく、トラフグの全長70cmに達し^{1, 17)}、最小であるクサフグの約15cm^{1, 17)} の約5倍近い。また、種内でも成長速度には個体変異があると考えられるので、体長組成の分離による年齢推定は慎重にならざるを得ない。そこで本研究ではこれらに代わる成長推定方法として、これまで試みられることのなかった耳石サイズを年齢形質とした方法に着目した。

耳石の年輪による年齢査定は、多くの魚種において実施されてきた。一例として、カレイ類では、ムシガレイ *Eopsetta grigorjewi*¹⁸⁾ とヤナギムシガレイ *Tanakius kitaharai*¹⁹⁾ の耳石に明瞭な年輪が形成される。こうした耳石は相対的に大きく成長するもので、体サイズと一定の関係を持ち、同一年齢の個体間の体サイズ変異が耳石サイズの変異に表れている。タイ類、マアジ、スズキ科などがこちらに属す

1 水産大学校海洋生産管理学科 (Department of Fisheries Science and Technology, National Fisheries University)

2 水産大学校水産学研究科修士 (Graduate School of Fisheries Science, National Fisheries University)

† 別刷り請求先 (corresponding author) : cimai@fish-u.ac.jp (〒759-6595 下関市永田本町2-7-1 : 2-7-1, Nagata-Honmachi, Shimonoseki, Yamaguchi 759-6595, Japan)

る。一方で、サケ属、サンマ、ブリ属のように体サイズの割に耳石が小さい種も多く、これらの魚種では、年輪を観察できる可能性は低い。トラフグ属魚類もこちらに属し、いずれの種でも耳石は非常に小さく、耳石成長速度は遅い。属内の種間差が小さく、このことは、耳石の成長を詳細に解析すれば、耳石サイズにより年齢を推定できる可能性があることを示している。

クサフグ *Takifugu niphobles* は日本各地の内湾や汽水域の砂泥底に生息している。最大全長は約15cmで^{1, 17)}、トラフグ属魚類で最も小型である。本研究では、野外調査により得られたクサフグの耳石を計測することにより耳石の成長速度が一定であることを示し、耳石測定により年齢推定が可能であることを示した。耳石日周輪間隔を測定して、耳石成長速度の安定性を検証した。

材料と方法

クサフグの標本

クサフグの標本は山口県下関市の永田川と西田川の河口域において採集した。永田川は下関市永田本町で日本海へ流入する小河川で、河口から約450mの所に最大高約1.5mの金属製可動堰がある。クサフグはこの堰まで川を遡り、特に当歳魚は堰の付近に多く分布した。西田川は河口が下関市吉見新町にあり、これも河口の約450m上流に高さ約1.5mの石製の堰があり、クサフグの分布はここまでである。西田川では当歳魚の分布密度は永田川よりも低く、2011～2013年の5～7月末まで主として1歳魚以上を採集した。

タナゴなどの小魚を対象とする長さ約6mmの小さな釣り針に餌の青イソメを付けて竿釣りにより採集した。この方法により、最も小型の個体で全長約3cmクサフグを採集することができた。2011年6月から2013年12月まで、標本採集を行ったが、クサフグが河口域に出現しないため12月中旬から4月中旬までをはずし、釣獲した。得られた標本は冷凍保存した。

冷凍保存標本は解凍して全長 TL を0.1cm単位まで測定した。耳石（扁平石）は長さ0.6～1.6mmと小さく、実体顕微鏡下で頭部を解剖して取り出した。約2%の水酸化ナトリウム溶液に1日浸漬して表面に付着した粘膜を溶解洗浄してから1日以上汲みおいて塩素を除去した水道水中で保存した。シャーレの中の水の中においた接眼マイクロメータとともに、単光路実体顕微鏡 Z16 APO A (Leica社製) に

装着した顕微鏡デジタルカメラ DXM 1200C (ニコン社製) で暗視野落射照明により撮影した。この画像に対し、画像解析ソフトウェア Image Pro Plus Ver.3.0 (Media Cybernetics社製) を用いて、耳石高 otolith height: OH (Fig.1) を0.01mmまで測定した。

クサフグの産卵期は5月中旬から6月下旬¹⁷⁾ であるため、孵化日を6月1日と仮定して解析を進めた。したがって、孵化からその年末までを当歳 (age-0) 以後は暦年により年齢を1歳～4歳 (age-1～age-4) とした。なお、4歳魚は標本数が少なかったため、成長曲線を作成する際の平均全長のみ使用した。

これまでに成長に関する記載のあるトラフグ属魚類において成長の雌雄差は報告されていない。¹⁾ クサフグの成長に関する知見はほとんど無く、今回使用した標本においても雌雄による全長に統計的有意な差は認められなかったため、雌雄を込みにして成長解析を行った。

耳石日周輪の解析

耳石の測定後、耳石を乾燥させた。OHPフィルムで作成した80×10×10mmの箱に2液混合型の低粘度エポキシ樹脂 (日新レジン社製) を半量注入して硬化させた。この上に等間隔で4個の耳石を耳石高測定線が箱の長軸と直角になるように並べ、慎重に樹脂を注入して硬化させ、耳石を樹脂包埋した。OHPシートは樹脂との接着性がほとんど無いため、硬化した樹脂棒から容易に剥離できるので便利である。耳石を包埋した樹脂棒をダイヤモンドカッターを使用して耳石高測定線の両側を切断して厚さ約0.3mmの耳石断面を切り出した。ダイヤモンドカッターにはダイヤモンドディスク (旭ダイヤモンド工業社製) の位置に目盛り線が一致するように工作顕微鏡が取り付けられ、耳石はデジタルマイクロメーターにより左右に移動するステージに取り付けてあるため、耳石の切断位置と断面の厚さを自由に調整することができる。耳石の断面はホットボンド (マルトー社製) を使用してスライドガラスに貼り付けた。ホットボンドは所定の温度まで上昇すると融解するもので、スライドガラスの反対側から加熱することにより、耳石断面を張り替えることができる。本研究では53℃で溶けるものを使用した。#1000の研磨盤を使用して厚さが約0.1mmになるまで両側から研削した。切断時に0.1mmとしなかったのは、耳石は非常に脆く破断しやすいため、破断することを防ぐためである。#3000の研磨シートと粒径0.01μmの酸化アルミニウム (アルミナ) パウダー、バイカ

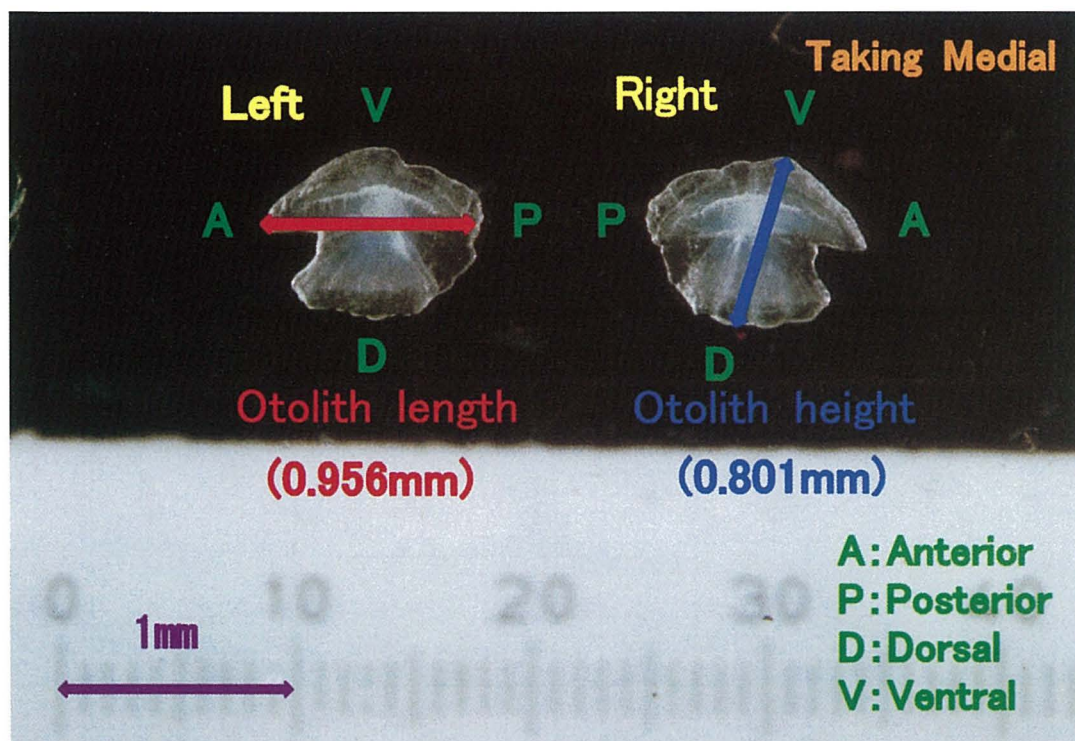


Fig. 1. Otoliths (sagittae) of *T. niphobles* and measurement lines. OL: Otolith length, OH: Otolith height

ロックス（マルトー社製）を使用して琢磨し、光学顕微鏡 E600（ニコン社製）により検鏡しながら耳石日周輪が観察できるようになるまで研磨を繰り返した。顕微鏡に装着した有効画素数2640万画素のデジタル一眼レフカメラ D3200（ニコン社製）で撮影を行い、画像解析ソフトウェア NisElements Ver.4.2（ニコン社製）により日周輪間隔を測定した。

結 果

クサフグの全長と耳石高組成

クサフグの月別の全長組成を Fig.2-A, B, C に、耳石高組成を Fig.3-A, B, C に示す。2011～2013 年の全長、耳石高ともに 4 月、5 月には 2 つの明瞭な峰とともに大型群が小数みられる。6 月、7 月には第 1 峰は明瞭なままで大きくなることが観察できるが、第 2 峰は不明瞭となった。全長 (TL)、耳石高 (OH) の両組成図の 8 月分には小数の小型群が観察され、9 月以降この群れが主群となった。この群れはその年生まれの当歳群であると考えられる。

耳石高によるクサフグの年齢査定

採集日毎の耳石高組成には明瞭な切れ目が認められたため、この切れ目より小さな耳石高をその年 6 月 1 日に孵化した当歳魚として分離し、耳石高の平均値を求めた。日変化を Fig.4 に示す。散布図に回帰直線を当てはめて当歳魚の 8 月 1 日における耳石高を求めたところ、2011 年は 0.568mm、2012 年は 0.464mm で 3 年間の最小値、2013 年が最大の 0.651mm で、かなり明瞭な年変動が認められた。同様に 2011 年から 2013 年の 11 月 30 日の推定耳石高は、それぞれ、0.768, 0.762, 0.804mm で 8 月との差は 0.200, 0.298, 0.153mm と 8 月時点の大きな差が縮小した。すなわち、8 月 1 日までの成長は 2012 年には最も遅く、2013 年が最大であったが、8 月 1 日から 11 月 30 日までの成長は逆に 2012 年が最大であった。

次に 1 歳魚以上を耳石高により分離した。2012 年と 2013 年の 5 月の耳石高組成を見ると、前年生まれの 1 歳魚と目される耳石高の峰は約 0.78mm 付近にピークが認められ、前年の 11 月、12 月の当歳魚のそれとほとんど重なった。したがって、クサフグの耳石は 12 月から 4 月まで成長を停止す

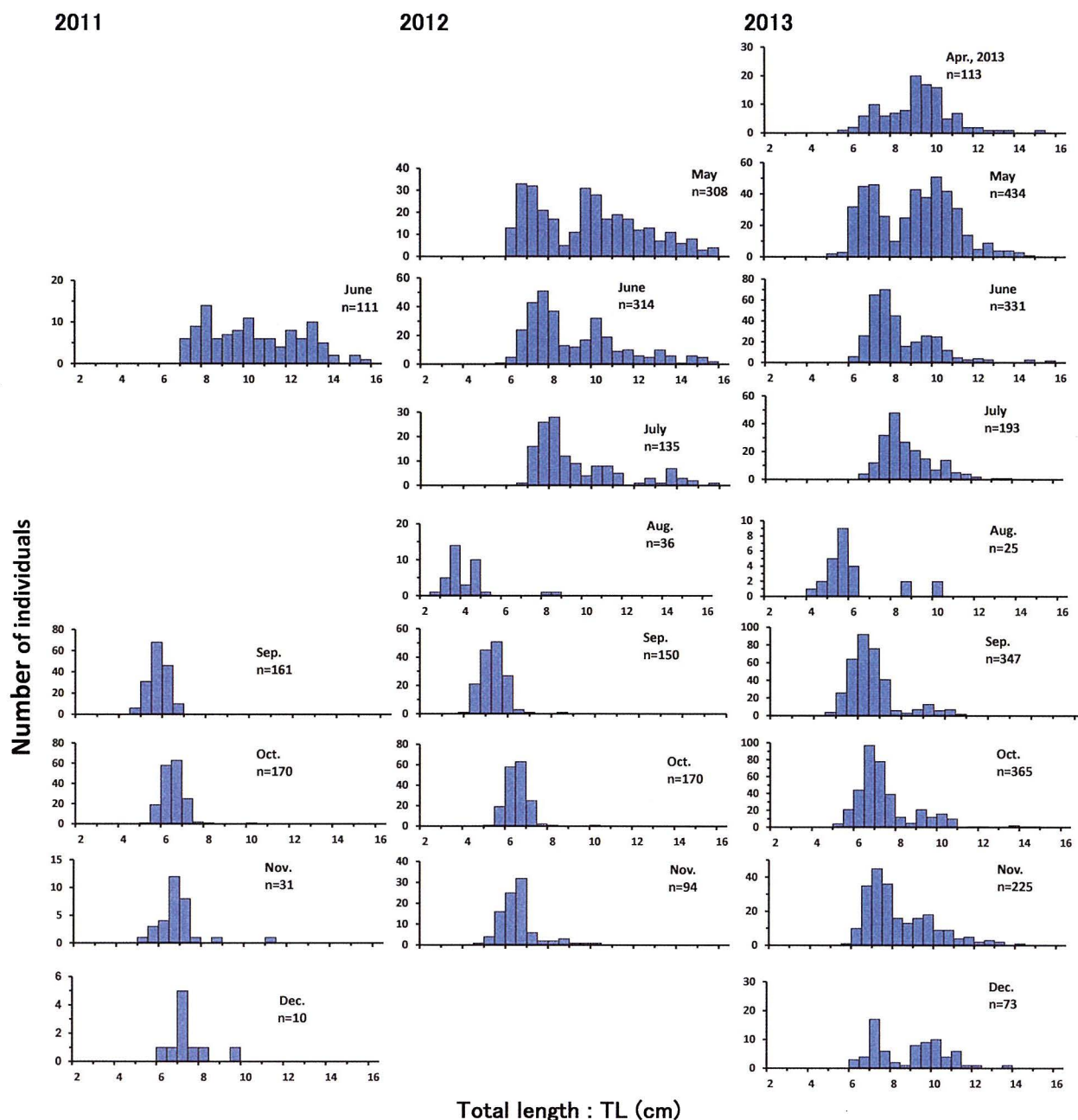
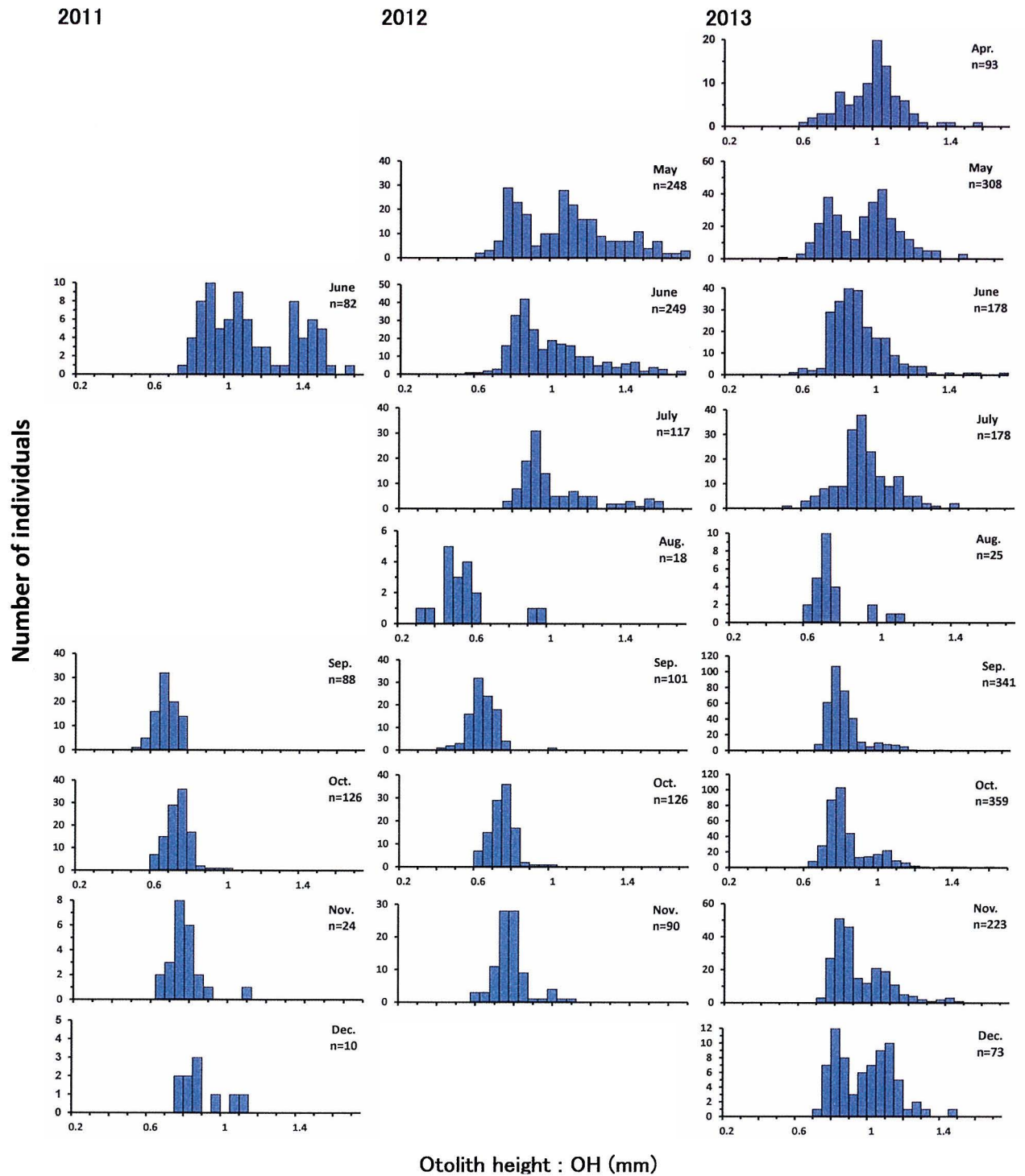


Fig. 2. Total length (TL) compositions of *T. niphobles*.

るものと判断した。そして、11月には最頻値は1mm付近まで成長していた。これにより、耳石高の成長は0.22mm/年であるが、5月から11月に限って成長した。この仮定に基づき、1歳魚以上の耳石高分布に0.22mmの幅の直線を引き、これを境界として年齢区分を行った。得られた日別、年齢別の耳石高平均値をFig.5に示す。1歳魚の耳石高成長速度は2011～2013年で、それぞれ、1.13, 1.27, 1.21 $\mu\text{m}/\text{日}$ と計算され、2歳魚はそれぞれ1.12, 1.12, 0.731 $\mu\text{m}/\text{日}$ であった。

クサフグの体成長

前項で年齢分解したクサフグの平均全長の日変化をFig.6に示す。図の当歳魚の回帰直線から8月1日の全長を計算すると、2011年～2013年で、それぞれ、5.0cm, 4.1cm, 5.3cmで、2013年が最大、2012年が最少であった。一方で、8月1日以降11月30日までの当歳魚の全長成長速度は2011年が0.139mm/日、2012年は0.181mm/日、2013年は0.139mm/日と計算され、2011年と2013年が遅く、2012年が早く、8月1日以前と反対であった。1歳魚以上でも同様



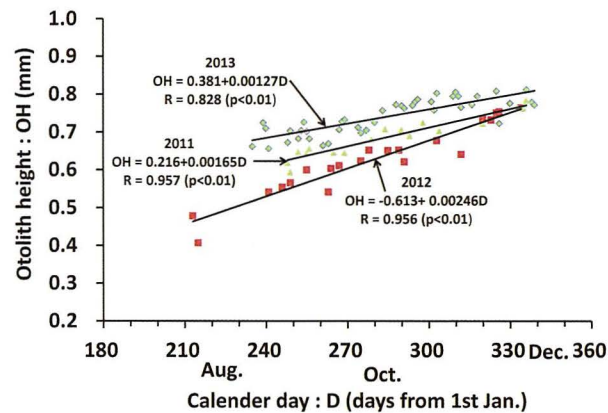


Fig. 4. Daily mean of otolith height (OH) of age-0 *T. niphobles*.

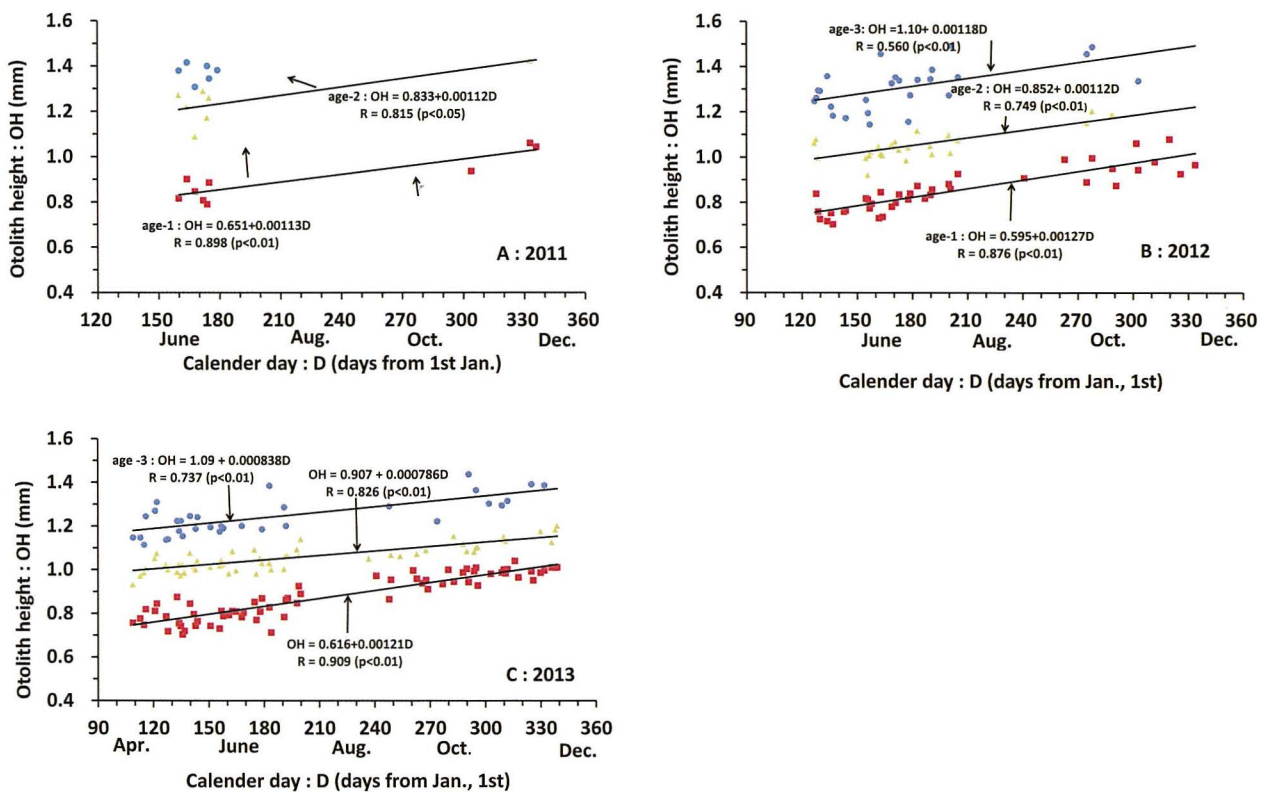


Fig. 5. Daily mean of otolith height (OH) of *T. niphobles*.

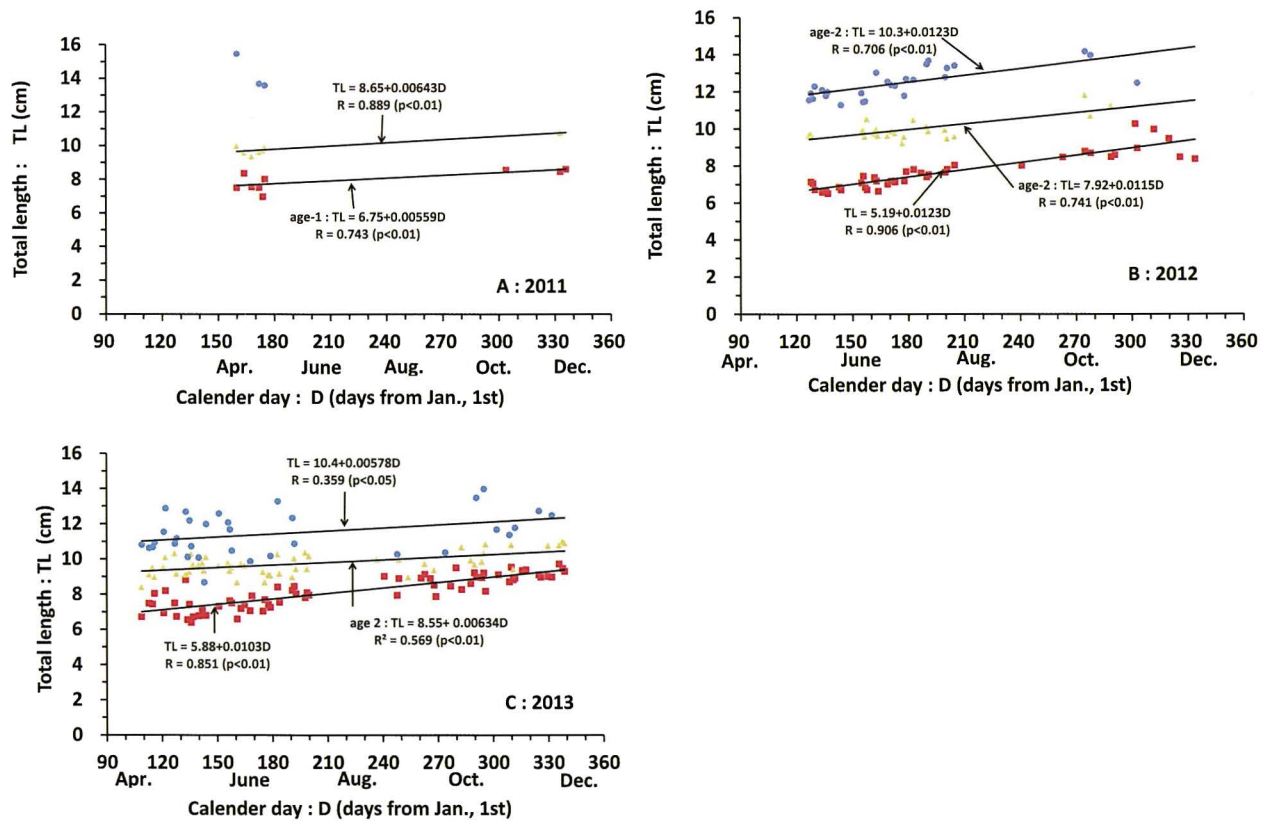
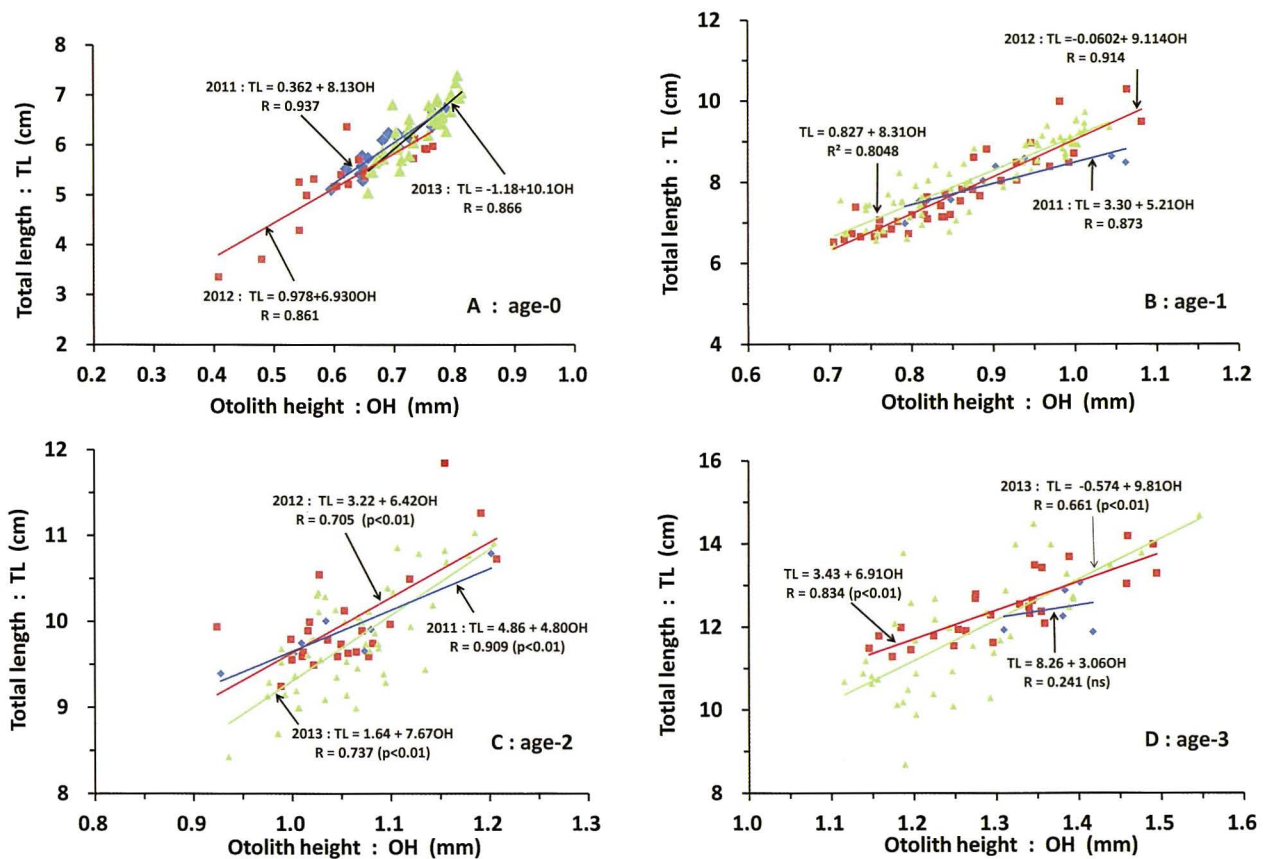
で、2011年は0.0559mm/日、2012年が0.131mm/日、2013年は0.0997mm/日であった。

Fig.7-A~Dに耳石高 (OH) に対する全長 (TL) の関係を示す。標本数が少なかった2011年の3歳魚を除き、当歳から3歳魚までいずれも有意水準1%で有意な相関が得られ、両者に直線的な関係が認められた。しかし、年齢とともに相関係数は減少する傾向にあり、プロットは縦長に分布するようになった。特に2013年の2歳魚と3歳魚で全

長のばらつきが顕著であった。

Fig.6の3年分の回帰直線の傾きとY切片を平均した直線から求めた8月1日の計算全長を求めた。Fig.8に孵化日を6月1日と仮定した成長曲線を示す。Microsoft Excelのソルバーを使用した非線形最小自乗法により、von Bertalanffyの成長モデル、

$$TL_t = 31.2 \{1 - e^{-0.112(t+1.35)}\} \dots\dots\dots (1)$$

Fig. 6. Daily mean of total length (TL) of *T. niphobles*.Fig. 7. Relationship between otolith height (OH) and total length (TL) of *T. niphobles*.

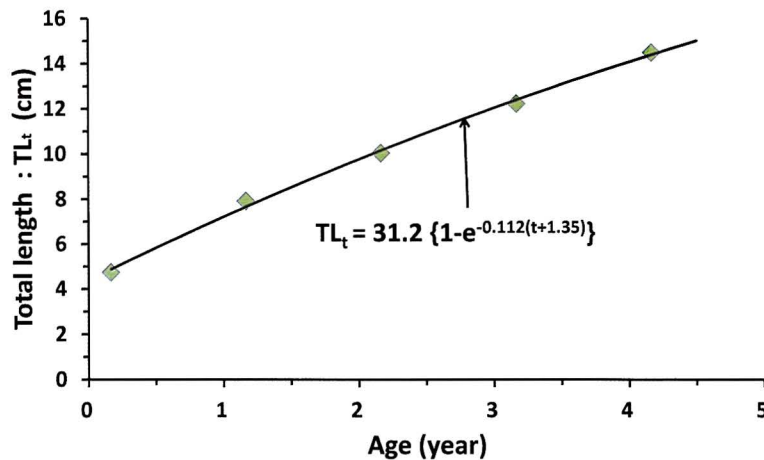


Fig. 8. Calculated total length at age and von Bertalanffy growth curve of *T. niphobles*.

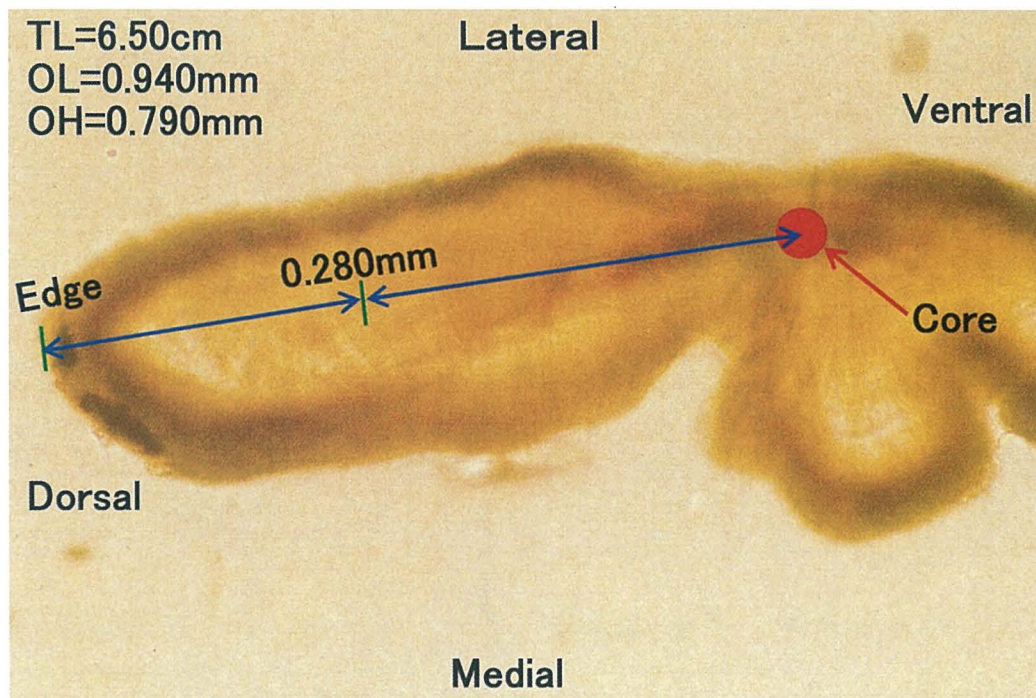


Fig. 9. Daily growth increments image of age-0 *T. niphobles*.

が得られた。クサフグの成長モデルは、極限体長 L_{∞} が大きく、 K が小さい値であり、クサフグの成長は直線に近い曲線であった。

耳石日周輪の解析

クサフグの耳石成長に周期性があり、12月から翌年4月末までの冬季には耳石成長が停滞すると考えた。そこで、耳石薄片を作成し、日周輪の観察と計測を行った。ただ

し、耳石薄片作成による日周輪の観察には、薄片をぎりぎりまで薄くしなければならず、薄片が非常に割れやすかったため困難を極めた。このため、本研究では2012年の以下の4個体についてのみ記述する。

個体1. 2012年11月22日採集 TL=6.5cm, OL=0.940mm, OH=0.790mm (Fig.9)

2012年生まれの当歳魚である。Fig.10に測定した耳石日周輪間隔を示す。図の横軸は耳石核から耳石背方

(dorsal) への距離である。耳石核 (core) から0.120mmまでは耳石の透過性が低く、日周輪は観察できなかった。耳石核から0.120~0.280mmまでの間に、 $3.90\sim 8.30\ \mu\text{m}$ と間隔の広い日周輪が認められ、日周輪間隔の平均値は $6.10\ \mu\text{m}$ であった。耳石核から0.280mmより耳石縁辺まで、 $1.70\sim 2.78\ \mu\text{m}$ 間隔、平均 $2.18\ \mu\text{m}$ の中間的な日周輪が計測され

た。

個体2. 2012年11月16日採集 TL=9.5cm, OL=1.28mm, OH=1.08mm (Fig.11)

2011年生まれの1歳魚である。個体1よりもやや長く、幅広の日周輪は約0.340mmまでであった。間隔の平均値が約 $2\ \mu\text{m}$ で一定の中程度輪が約0.530mmまで続き、縁辺の

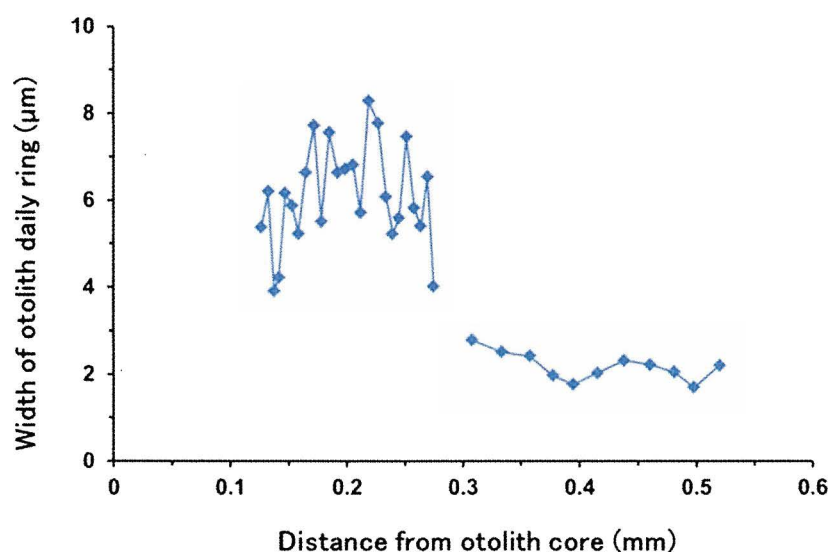


Fig. 10. Interval of daily growth increments of age-0 *T. niphobles*.

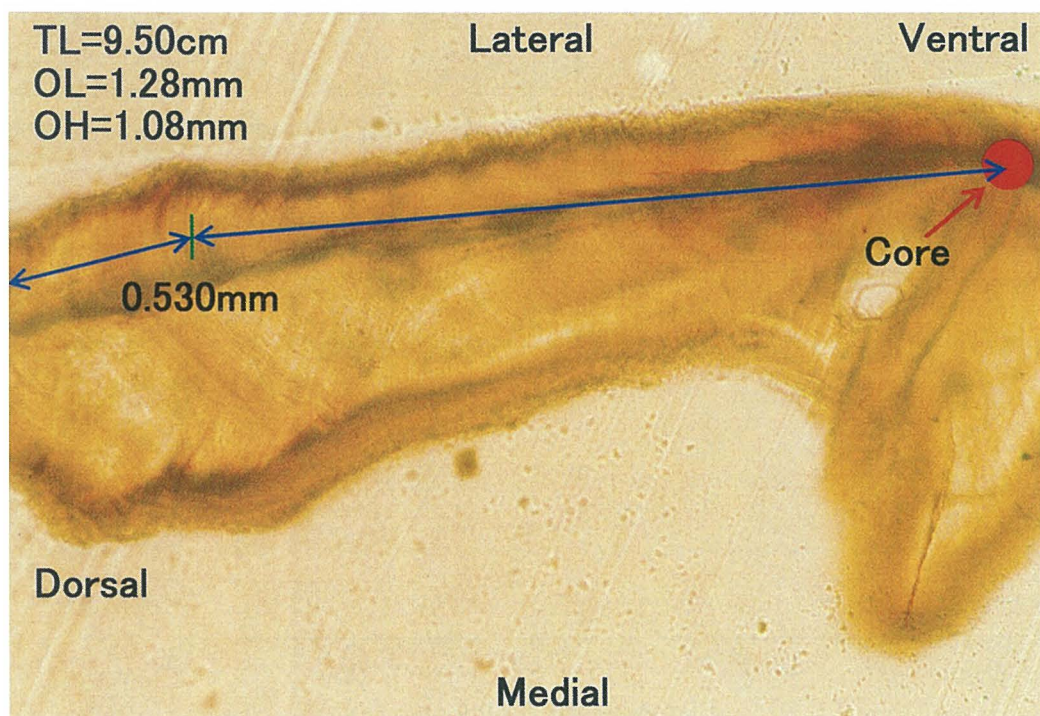


Fig. 11. Daily growth increments image of age-1 *T. niphobles*.

0.704mmまでは細密な日周輪が続いていた。この個体では日周輪間隔を連続して測定することはできなかった。

個体3. 2012年10月16日採集 TL=10.9cm, OL=1.47mm, OH=1.22mm (Fig.12)

2010年生まれの2歳魚とみられる。Fig.13に耳石核から0.170~0.330mmまでの太い日周輪の間隔を示す。0.190mm付近が最大で $7.01\mu\text{m}$ で0.330mmでは約 $3.36\mu\text{m}$ まで単調減少した。耳石核から0.493mmと0.648mm付近に不連続帯が観察さ

れ、それぞれ2011年と2012年の耳石成長停止帯と考えた。2011年, 2012年の耳石背方の耳石成長量はそれぞれ, 0.155mm, 0.143mmであった。2011年の成長期間は5月1日から11月30日までの214日, 2012年の成長期間は5月1日から採集された10月15日までの168日で, これを割って日周輪間隔を求めると, 2011年が $0.724\mu\text{m}$, 2012年が $0.851\mu\text{m}$ と計算され, 2012年の耳石日周輪間隔が2011年よりも大きかった。また, 両年の日周輪をそれぞれ15本計測した平

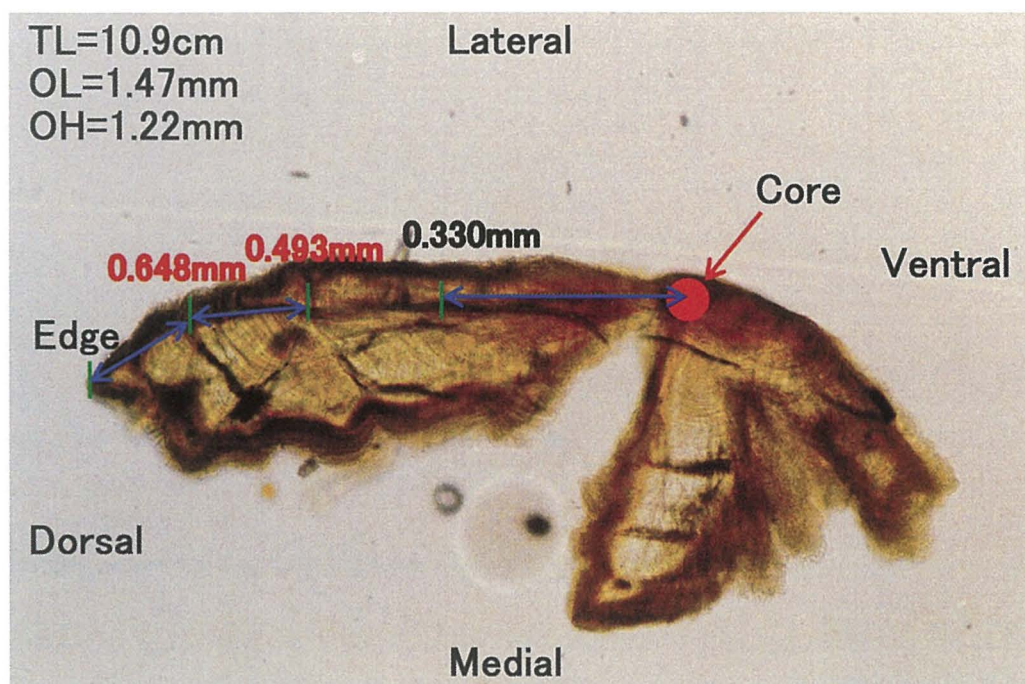


Fig. 12. Daily growth rings image of age-2 *T. niphobles*. Thick arrows show the mark of no growing interval in winter.

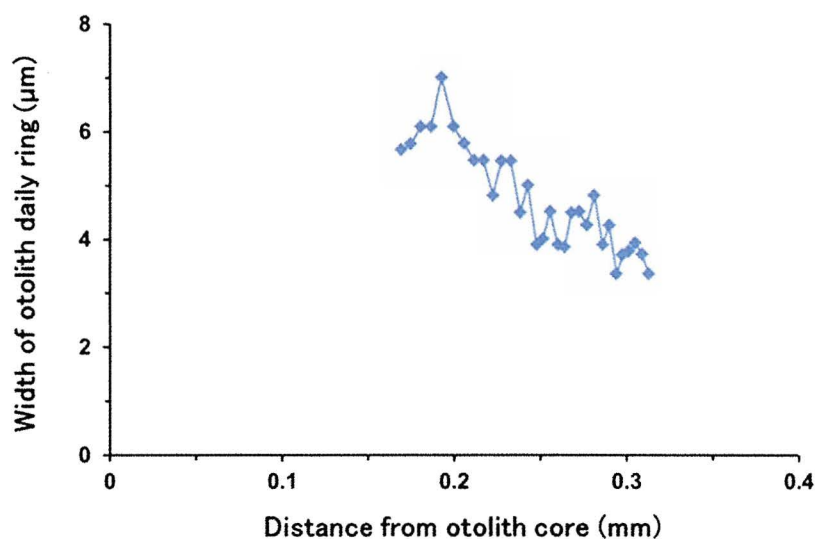


Fig. 13. Interval of daily growth rings of age-2 *T. niphobles*.

均日周輪間隔は、2011年が $0.768\ \mu\text{m}$ 、2012年が $0.857\ \mu\text{m}$ と計算結果に近い数値が得られた。

個体4. 2012年10月2日採集 TL=12.9cm, OL=1.47mm, OH=1.20mm (Fig.14)

個体3と同じく2歳魚とみられる。耳石核より 0.501mm と 0.633mm 付近に不連続帯が観察され、それぞれ2011年と2012年の耳石成長停止帯と考えられる。個体3と同様に日周輪間隔を求めると、2011年、2012年の耳石の成長量は 0.132mm と 0.131mm であり、2011年の成長期間は214日で2012年は5月1日から10月1日までの154日であった。日周輪間隔は2011年が $0.617\ \mu\text{m}$ 、2012年が $0.851\ \mu\text{m}$ と計算された。実測した日周輪間隔の平均値は2011年が $0.741\ \mu\text{m}$ であり、実測値の方が少し大きかった。2012年については日周輪が不明瞭で、計測できなかった。

考 察

本研究では耳石計測値の内、背腹方向の最大値である、耳石高 (Fig.1) を年齢推定の指標として使用した。耳石の背部には凹凸があり、個体により凸部が中央付近にある場合とずれている場合がある。このため、計測者により計

測値がばらつく恐れがある。一方、体軸方向の最大値である耳石長も有力な耳石サイズの指標であり、尖った前端と後端の距離を測るため、計測誤差は耳石高の場合よりも小さいと考えられる。しかし、耳石核は耳石長測定線よりも背方にあるため、耳石日周輪の解析用の薄片は耳石高測定線に沿ったものとせざるを得ず、これに対応させるため、耳石高を採用した。

河川の河口域で採集したクサフグの成長過程を調べた結果、クサフグの成長過程は、3つの段階に区分することができた。孵化後60日と考えられる8月初旬までは体、耳石ともに最も速く成長し、孵化後60日以後では成長速度は徐々に減速し、孵化後約180日の11月末以後、翌年の4月末までの約5ヶ月の冬季には、体も耳石も成長は停止する。翌年の1歳魚以降も5～11月末まで成長し、冬季は成長を停止するものと考えられた。こうした冬季の体成長の停滞はトラフグについても知られている⁸⁾。

クサフグの耳石日周輪の解析により上述の当歳魚の孵化後2ヶ月の速やかな成長と年内のやや遅い成長、冬季の成長停止が確認できた。翌年以後の耳石は5～11月に限り非常に遅い成長をする。

本研究ではクサフグの耳石成長が一定速度で安定してい

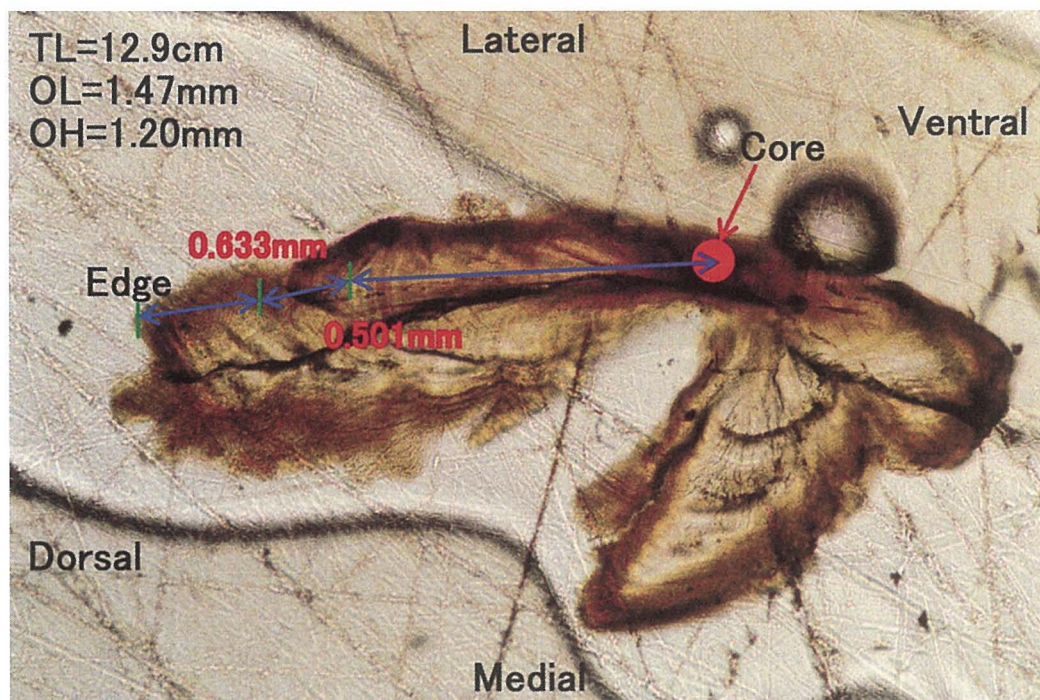


Fig. 14. Daily growth rings image of age-2 *T. niphobles*. Thick arrows show the mark of no growing interval in winter.

ることを示し、年齢査定に応用した。全長の変異は、高齢魚において耳石高のそれよりも大きいことが示された (Fig.7)。したがって、本研究の耳石サイズを使用した年齢推定は、全長組成の切断法より優れていると考えられる。しかし、クサフグはトラフグ属魚類中最も小型であり、全長の変異は相対的に小さい。トラフグ属魚類の体成長は種により大きく異なり、トラフグなどの大型種では耳石の成長より遙かに大きく体が成長し、同一年齢でも全長の変異は大きいと予想される。著者らの測定データで、平均全長38.8cmのトラフグの平均耳石長は1.94mm、クサフグの平均全長と平均耳石長はそれぞれ、13.4cmと1.85mmで体サイズが大きく異なっても耳石サイズは大きく変わらない。耳石サイズを用いた年齢査定は、体成長の個体変異が大きい中大型種において、より有効な方法であると考えられる。

トラフグ属魚類の耳石は体成長と無関係に一定の非常に小さい速度で成長すると考えられる。クサフグよりも大型の種では、耳石がゆっくりと一定の速度で成長するのに対し、体の大きさはより大きな速度で成長し、両者の関係は指数関数型になる。こうした傾向はトラフグ、ショウサイフグやヒガンフグなど他の種においてもあてはまる^{*1}。しかし、高齢になると体成長は減速し、von Bertalanffyの成長曲線が良くあてはまる。^{14, 20} 今回得られたクサフグの成長曲線の極限成長 $L_{\infty}=31.2\text{cm}$ は実際に得られるクサフグの最大全長の約2倍であった。この曲線は標本の得られた生後4～4.5年とみられる4歳魚までにしか適用できない。クサフグが4歳まで直線式に近い成長をし、その後は寿命を終えるのか、あるいは成長が減速してさらに生きる個体がいるのか否かは不明である。今後、より多くの個体の耳石を計測して明らかにすべきである。

謝 辞

研究の全般にわたり、丁寧なご助言をいただいた水産大学校の須田有輔氏に深く感謝します。本研究のクサフグ標本採集では、水産大学校海洋生産管理学科資源管理学講座の4年生および同校水産学研究科学生に多大なご協力をいただいた。ここに深い謝意を示します。

引用文献

- 1) 山田梅芳, 柳下直己: フグ科. 中坊徹次 (編), 日本産魚類検索全種の同定, 第三版. 東海大学出版, 東京, 1728-1742 (2013)
- 2) 片町大輔, 石田 実: 平成24年度トラフグ日本海・東シナ海・瀬戸内海系群の資源評価. 平成24年度我が国周辺水域の漁業資源評価. 水産庁増進部・水産総合研究センター, 1589-1613 (2012)
- 3) 田中昌一: 水産資源学総論 (増補改訂版) 恒星社厚生閣, 東京406pp. (1998)
- 4) 松浦 勉: 漁獲組成から見た東海・黄海におけるフグ漁業に関する2・3の知見. Uo, (29), 13-30 (1978)
- 5) 尾串好隆: 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 (1980)
- 6) 尾串好隆: 黄海・東シナ海産トラフグの年齢と成長. 山口県外海水試研報, 22, 30-36 (1987)
- 7) 岩政陽夫: 黄海・東シナ海産トラフグの成長と成熟に関する一考察. 山口県外海水試研報, 23, 30-35 (1988)
- 8) 伊東 弘, 山口義昭: 瀬戸内海中西部海域におけるトラフグの分布と移動. 漁業資源研究会議西日本部会報, (15), 19-28 (1987)
- 9) 国行一正, 伊東 弘: 瀬戸内海中西部海域のトラフグについて. 昭和56年漁業資源研究会議西日本底魚部会会議報告, 25-35 (1982)
- 10) 永井達樹: 平成14年トラフグ瀬戸内海系群の資源評価. 我が国周辺水域の漁業 資源評価. 水産庁増進部・水産総合研究センター, 720-737 (2002)
- 11) 桧山節久: 山口県内海域におけるトラフグの資源管理について. 山口県内海水試研報告, (8), 40-50 (1981)
- 12) 松井誠一, 福元勝志, 塚原 博: 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. 九大農学芸誌, 41 (3/4), 105-110 (1987).
- 13) 小谷正幸, 山口善昭, 伊藤 弘, 松井誠一: 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. 九大農学芸誌, 41 (3/4), 195-200 (1987)
- 14) 上田幸男, 佐野二郎, 内田秀和, 天野千絵, 松村靖

*1 今井千文: 未発表資料

- 治, 片山貴士: 東シナ海, 日本海および瀬戸内海産トラフグの成長とAge-length key. Nippon Suisan Gakkaishi, 76 (5), 803-811 (2010)
- 15) Yoneda M., Tokimura M., Fujita H., Takeshita N., Takeshita K., Matsuyama M: Age and growth of angler fish *Lophiuslitulon* in the East China Sea and the Yellow Sea. Fish. Sci., 63 (6): 887-892 (1997).
- 16) 河野光久: 日本海南西海域におけるキアンコウの資源管理に関する研究－Ⅱキアンコウの資源解析の試み. 山口水研セ研報, (8), 37-43 (2010)
- 17) 藤田矢郎: 日本産主要フグ類の生活史と養殖に関する研究. 長崎水誌論文集 2, 199pp. (1962)
- 18) 今井千文, 宮崎義信: 耳石解析によるムシガレイ日本海西部群の成長モデルの再検討. 水大校研報, 53 (1), 21-34 (2005)
- 19) 今井千文, 伊藤玄子: 資源増大期における日本海西部海域産ヤナギムシガレイの成長モデル. 水大校研報, 57 (1), 57-63 (2008)
- 20) 片町大輔, 石田 実: 平成25年トラフグ日本海・瀬戸内海・東シナ海系群の資源評価, 平成25年度資源評価表, 水産庁, 1612-1636 (2013)