

北海道後志沿岸におけるクロソイの年齢と成長

佐々木正義^{†1}, 蜜谷法行², 西内修一³, 塩川文康⁴, 高橋豊美⁵Age and Growth of *Sebastes schlegeli* in the Coastal Waters of Shiribeshi Subprefecture, Hokkaido, JapanMasayoshi SASAKI^{†1}, Noriyuki MITSUTANI², Syuichi NISHIUCHI³, Fumiyasu SHIOKAWA⁴ and Toyomi TAKAHASHI⁵

Age and growth of *Sebastes schlegeli* collected from the coastal waters of the Shiribeshi subprefecture in Hokkaido were studied. Observations of the otolith margin verified that annuli (outer margins of the opaque zone) were formed chiefly in June. This period accorded approximately with the parturition season (late May–mid-June) that was judged from the seasonal change in gonadosomatic index, occurrence of eyed eggs and histological observations of ovaries. The surface method of otolith aging was found to be inadequate for aging of *S. schlegeli* older than 7 years because of the underestimation of age. A significant difference was found in the parameters of the growth equations between females and males. Growth of *S. schlegeli* was expressed by the von Bertalanffy asymptotic growth function as $TL_t = 633.1(1 - \exp^{-0.160(t+0.965)})$ for females and $TL_t = 417.7(1 - \exp^{-0.363(t+0.368)})$ for males, where TL_t is the total length (mm) at age t (after parturition in years). Based on previously published data, the growth rate of *S. schlegeli* in this region was relatively low, especially in males, because of low temperatures during the winter and spring and the shortness of the high growth period of 10–20°C.

Key words: age, cross-section method, growth, otolith, *Sebastes schlegeli*.

はじめに

クロソイ *Sebastes schlegeli* は日本各地, 朝鮮半島, 千島列島, サハリン沿岸, 黄海などの水深100m以浅の海域に分布し (Barsukov, 1981), 北海道では主に日本海およびオホーツク海沿岸において, 底建網や底刺網などで他魚種の混獲魚として水揚げされている (草刈, 1988). 北海道におけるクロソイの漁獲統計は不完全であるが, 1982~1986年に

は年間213~390tが漁獲されていた (渡辺, 1991). 近年は資源水準の低下が懸念され (渡辺, 1991), オホーツク海を除く水域で人工種苗の放流も行われている (北海道, 2001).

年齢と成長に関する知見は資源の管理や有効利用方法を検討する上で不可欠であり, 本種についてはこれまでに秋田県 (佐々木ほか, 1979), 宮城県 (酒井ほか, 1990), 新潟県 (新潟県, 1995) などから報告がある. しかし, 北海道沿岸に生息するクロソイについては, 太平洋側の鹿部 (草刈・森, 1978) で断片的な情報が得られているに過ぎず, 日本海側に関しての知見はない.

これまで本種の年齢査定は耳石の表面観察により行われてきたが, この方法はアラスカメヌケ *Sebastes alutus* (Beamish, 1979), カサゴ *Sebastes marmoratus* (林ほか, 1995), ユメカサゴ属の一種 *Helicolenus d. dactylopterus* (Kelly *et al.*, 1999), キツネメバル *Sebastes vulpes* (Sekigawa *et al.*, 2003) などメバル亜科魚類では, 高齢魚になると年齢を過少評価する傾向があり, 耳石横断面の観察が適切であることが指摘されている. そこで本研究では, 北海道日本海側の後志沿岸で採集したクロソイについて, 耳石を用いた年齢査定を表面観察法と横断面薄片法 (以下, それぞれ

2002年12月9日受付, 2004年8月13日受理

¹ 北海道立釧路水産試験場

Hokkaido Kushiro Fisheries Experimental Station, Hama, Kushiro, Hokkaido 085-0024, Japan

² 北海道渡島東部地区水産技術普及指導所

Hokkaido Oshima-Tobu Fisheries Extension Office, Usuziri, Minami-kayabe, Hokkaido 041-1613, Japan

³ 北海道立網走水産試験場

Hokkaido Abashiri Fisheries Experimental Station, Masuura, Abashiri, Hokkaido 099-3319, Japan

⁴ 北海道根室地区水産技術普及指導所

Hokkaido Nemuro Fisheries Extension Office, Tokiwa, Nemuro, Hokkaido 087-8588, Japan

⁵ 北海道大学大学院水産科学研究科

Graduate School of Fisheries Sciences, Hokkaido University, Minato, Hakodate, Hokkaido 041-8611, Japan

[†] sasakimy@fishexp.pref.hokkaido.jp

表面法、横断面法と記す)で行い、両法の年齢査定法としての妥当性を検討した。また、その結果を基礎に当海域における本種の年齢と成長の関係を解析し、他海域との比較を行った。

材料および方法

標本の採集

用いた標本は1996年5月から1999年7月までの期間、後志支庁南部の寿都町および島牧村沿岸 (Fig. 1) において、底建網と底刺網によって漁獲されたクロソイ1,475個体 (雌775個体, 全長146~549 mm; 雄684個体, 全長128~429 mm) である。これらの標本には人工種苗の標識放流調査 (北海道ほか, 1999) による有標識魚が6個体含まれており、無標識の放流魚も混入している可能性があるが、天然魚との区別ができない。そのため、本研究では天然魚と人工種苗個体とを区別しないで扱った。生鮮状態で標本の全長 (1 mm 単位)、内臓除去重量 (0.1 g 単位)、生殖腺重量 (0.01 g 単位) の測定と肉眼観察による雌雄の判別を行い、左右の耳石を摘出して乾燥保存した。また、1997年3月から1999年6月までに採集した雌については発眼卵の有無を記録した。

耳石の観察

本種の耳石は前後方向に長く背腹方向に短い楕円形を呈し、外面が皿状に窪んでいる (Fig. 2)。前端部は尖っており、腹側は湾曲しているが、背側と後端部は凹凸が激しい。また、核を含む不透明帯と透明帯が耳石の表面および横断面ともに交互に形成されており、特に不透明帯から透明帯への移行部が明瞭に観察された。このため、既往の研究 (青森県, 1994; 新潟県, 1995; 酒井ほか, 1990; 佐々木ほか, 1979; 山内・山田, 1995) と同様に、内外を透明帯で挟まれた不透明帯 (以下、輪紋と記す) を計数した。表面観察による輪紋の計数は耳石の成長がよく、凹凸の少ない前端部方向で無処理のまま行った。正常な耳石では左右の耳石の輪紋数が等しかったため、年齢査定には原則として右側の耳石を用いた。ただし、破損、顆粒状物質の沈着、変形などが生じていたり、輪紋が不明瞭であったりした場合には左側の耳石を用いた。

耳石の輪紋が年周輪であることを確認するため、1996年5月から1999年6月までに採集した1,465個体のうち、耳石前端部の縁辺において透・不透明の判別が可能であったもの (雌689個体, 雄587個体) を用いて、不透明帯が出現する時期を表面観察により調べた。また、耳石の輪紋数と産出後の満年齢との関係を調べるため、1997年6月に寿都町漁業協同組合クロソイ種苗生産センターで産出後、北海道立中央水産試験場で4ヶ月間飼育された当歳魚8個体、1996年6月に同センターで産出され、当歳時に標識放流された後1998年4月および1998年10月に再捕された産出後1年11ヶ月の満1歳魚および2年5ヶ月の満2歳魚をそ

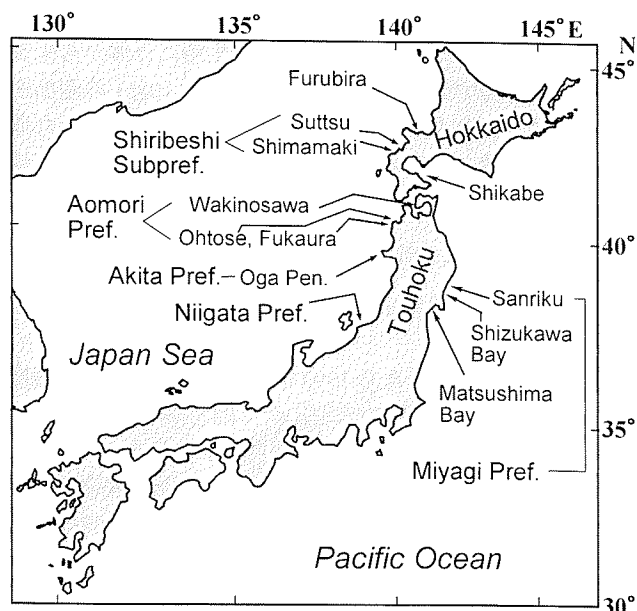


Figure 1. Location of the Shiribeshi subprefecture and other places which are referred to in the text.

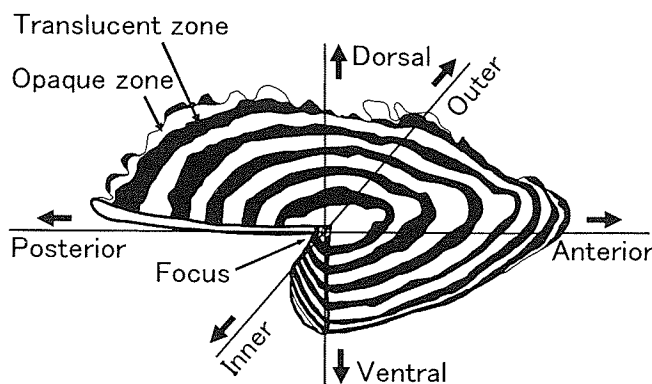


Figure 2. Surface and cross section of the otolith of *Sebastes schlegeli*.

れぞれ1個体ずつ入手し、耳石の輪紋を計数した。

高齢魚を主体とする175個体については、耳石内面方向の輪紋 (Fig. 2) を計数するため、横断面薄片標本を以下の手順により作成した。まず、表面観察に用いた耳石と同一のものをよく乾燥させた後、工業用エポキシ樹脂系接着剤 ((株) コニシ、ボンドEセットM) に包埋し、24時間以上かけて硬化させた。その後、小型硬組織切断器 (マルト社製ラボカッターMC-120) により耳石中央部で短軸方向に厚さ約0.5 mmの薄片に切断して、1,000~1,500番耐水サンドペーパーで核が露出するまで研磨し、4,000番エメリーパーで仕上げを施した。耳石の観察は実体顕微鏡下で水に浸し、表面法では落射照明により、横断面法では透過照明により20~40倍に拡大して行った。

産出期の推定

年齢起算日を決定するに当たり、胚発生中に母体から栄養を受ける胎生魚である本種 (Boehlert *et al.*, 1986) の産出期を知るため、1996年5月から1999年6月までに採集した雌の生殖腺体指数 (GSI) の月変化を調べた。生殖腺体指数は胃内容物量に左右されないように次式により計算した。

$$GSI = GW \times 10^2 / EBW$$

ここでGWは生殖腺重量 (g)、EBWは内臓除去重量 (g) である。

さらに、1998年4月から1999年7月までに採集した雌標本の一部について卵巣をブアン液で固定し、通常のパラフィン法により3~8 μ mの連続切片を作成した。その後、マイヤーの酸性ヘマトキシリンとエオシンの二重染色を施して光学顕微鏡で観察し、排卵後濾胞の有無を調べた。

成長式

各個体の年齢と全長の関係から、雌雄それぞれについて von Bertalanffy の成長式を求めた。パラメータの推定には Microsoft Excel のソルバーを用い、非線型最小二乗法により求めた。

結果

不透明帯の出現時期

縁辺部が不透明帯であった耳石は雌雄ともに11月に出現し始めた。その割合は3月から4月にかけて急激に増えて5月に雌雄それぞれ93.0%、84.5%の最高値を示し、その後7月にかけて急激に低下した (Fig. 3)。雌雄とも6月と7月に縁辺部が透明帯であった耳石は、すべて不透明帯が完成して間もないものであった。雌では8月から10月まで、雄では7月から10月まではいずれの耳石も縁辺部は透明帯になっていた。このように本種の耳石縁辺部には不透明帯と透明帯が交互にそれぞれ年1回形成され、不透明帯外縁は主に6月に形成される年周輪であることが確認された。

産出期

雌のGSI値は7月から11月まで3以下であり、12月から3月までは5~11の個体も出現した。その後4月中旬から6月中旬にかけてGSI値が20を超える個体が多数みられたが (最高値は5月24日の42.9)、6月下旬になると5以上の個体は出現しなかった (Fig. 4)。卵巣の肉眼観察では、産出が近いと考えられる発眼卵を有する個体が4月下旬から6月中旬まで認められた (Fig. 4)。また、卵巣の組織学的観察によると、排卵後濾胞が認められる産出後の個体は5月22日以降に出現した。これらのことから、産出期は5月下旬から6月中旬であると推定された。

輪紋数と産出後の年齢

産出後4ヶ月飼育された当歳魚では、観察した8個体すべての耳石で核を含む不透明帯と透明帯のみ形成されていた (Fig. 5A)。また、1998年4月および1998年10月に再捕され

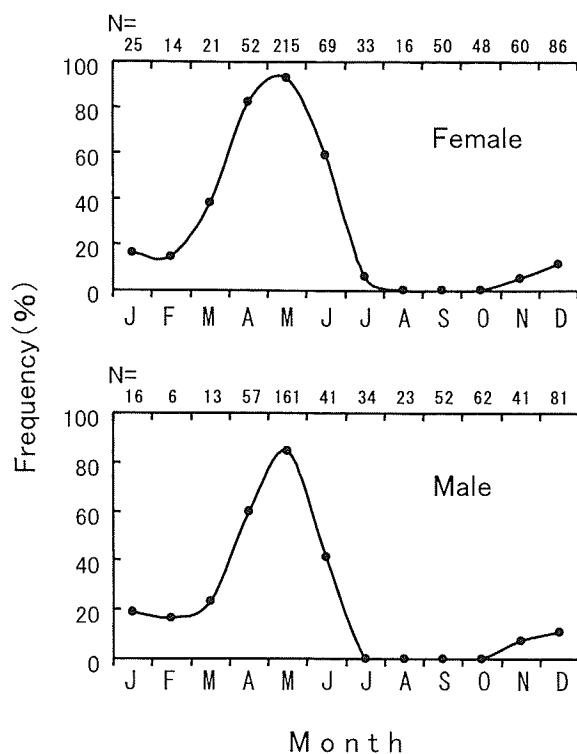


Figure 3. Monthly change in percentage occurrence of opaque edge in otoliths of *Sebastes schlegeli*. Samples were collected from May 1996 to June 1999. N: sample size.

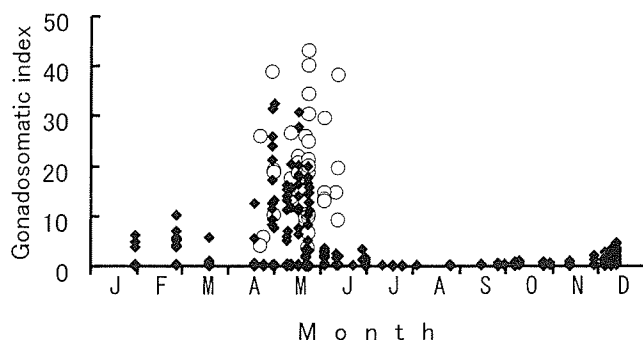


Figure 4. Seasonal change in gonadosomatic index (GSI) of female *Sebastes schlegeli* (○) with and (◆) without eyed eggs. Samples were collected from May 1996 to June 1999.

た産出後1年11ヶ月と2年5ヶ月の個体では、それぞれ1本と2本の輪紋が形成されていた (Fig. 5B, C)。このほか、測定標本中における産出後2年4ヶ月~2年6ヶ月にあった有標識魚6個体の輪紋数はすべて2本であった。このように、耳石の輪紋数は当歳魚、1歳魚、2歳魚ではそれぞれ0、1、2本であり、産出後の満年齢と一致した。したがって、輪紋を計数することによって産出後の年齢を知ることができる。ただし、産出期 (5月下旬から6月中旬) をもとに年齢起算日を便宜的に6月1日とした場合、6月と7月に採

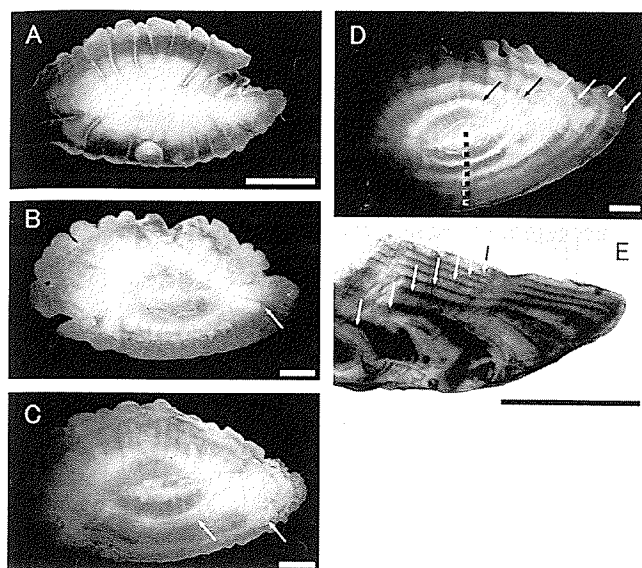


Figure 5. Surface (A–D) and cross section (E) otoliths of *Sebastes schlegeli*. A: sex unknown, 97 mm TL, 4 months after parturition; B: sex unknown, 242 mm TL, 23 months after parturition; C: male, 274 mm TL, 29 months after parturition; D, E: 406 mm TL male collected in January 1998. A broken line (D) indicates the plane observed by cross section. Scale bars indicate 500 μ m and arrows represent annuli.

集された耳石縁辺部に不透明帯をもつ個体は、まもなく透明帯の形成が始まると考えられるため、それらの個体については輪紋数に1を加えたものを年齢とした。

表面法と横断面法による輪紋数の比較

得られた標本のうち、表面法によって年齢査定が可能であったのは、雌770個体中741個体、雄669個体中637個体、性不明36個体中33個体であった。本種の耳石の輪紋は若齢魚では表面法により明瞭に観察できた (Fig. 5B, C)。一方、大型魚もしくは高齢魚の耳石における表面法による観察では、縁辺に近い部分の輪紋幅が狭く、また、不透明帯が不明瞭なものが多かった。しかし、このような耳石でも横断面法を用いることにより、明瞭な輪紋を観察することができた (Fig. 5D, E)。そこで表面法で年齢が4歳以上と判定された全121個体を含む173個体について、横断面法で年齢査定を行い、表面法による読み取り値と比較した (Table 1)。表面法で1~5歳と判定された153個体については、いずれも横断面法による年齢と一致した。これに対し、表面法で6歳以上と判定された20個体のうち、15個体で両法による年齢が一致したが (一致率75%)、4個体で横断面法のほうが1齡ずつ上回った。なお、残る1個体は横断面法で明瞭な輪紋を観察できなかった。

成長式

表面法と横断面法による輪紋の読み取り値に違いがみられた場合には、横断面法による年齢を成長解析に用いた。ま

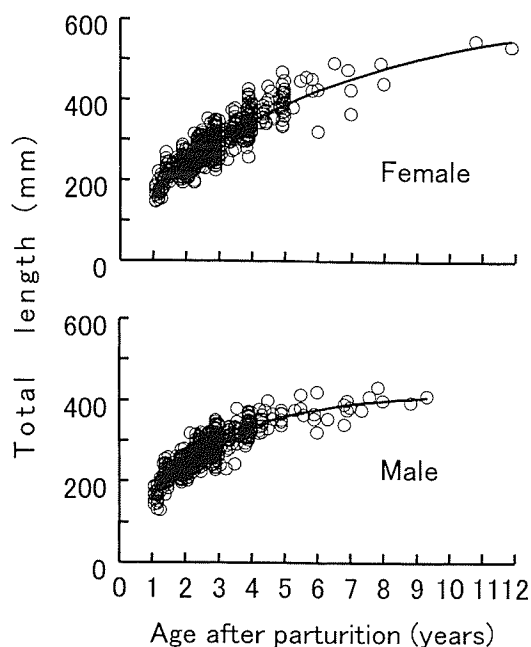


Figure 6. Relationship between age after parturition and total length for *Sebastes schlegeli* collected from May 1996 to June 1999. Von Bertalanffy growth curves are superimposed.

た、輪紋形成時期および年齢起算日を6月1日として、各個体の年齢と全長のデータから、雌雄について von Bertalanffy の成長式を求めた (Fig. 6)。

$$\text{雌: } TL_t = 633.1(1 - \exp^{-0.160(t+0.965)}), \quad N=741$$

$$\text{雄: } TL_t = 417.7(1 - \exp^{-0.363(t+0.368)}), \quad N=637$$

ただし、 t は産出後の年齢、 TL_t は t 歳時の全長 (mm)、 N は調査個体数である。すべてのパラメータを含めて雌雄間で尤度比検定 (Kimura, 1980) を行った結果、有意差が認められた ($p < 0.05$)。

考察

本研究では、これまで知見のなかった北海道日本海側の後志沿岸におけるクロソイの年齢と成長について解析を行った。耳石の表面観察によると、輪紋 (不透明帯) は年1回形成され (Fig. 3)、その形成時期と産出期はほぼ一致した。また、産出後4ヶ月の人工種苗8個体の輪紋数はすべて0本であり、産出後1年11ヶ月、2年5ヶ月の人工種苗は各1個体と資料は少ないものの、輪紋数はそれぞれ1、2本であった (Fig. 5A~C)。これらのことから、当海域のクロソイについても耳石の輪紋数から産出後の年齢を推定できることが分かった。

表面法と横断面法で年齢査定を行った結果、1~5歳では両法による年齢が一致したが、表面法で6歳以上と判定された個体中25%は横断面法では1齡ずつ多かった (Table

Table 1. Comparison of the estimated ages between surface and cross section otolith reading methods. Samples were collected from May 1996 to June 1999.

Age by surface method	Age by cross section method												Total	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Unknown		
1	14													14
2		17												17
3			21											21
4				84										84
5					17									17
6						9		1					1	11
7							5	1						6
8								0	1					1
9									0					0
10										1	1			2
Total	14	17	21	84	17	9	6	1	1	1	1	1	1	173

1). 林ほか(1995)によると, カサゴでは表面法を用いた場合, 横断面法に比べて輪紋の計数値が低くなり, 不透明帯数が増すほどその差が開く傾向がある. その原因として, 横断面法では計数可能な耳石縁辺部付近の不透明帯が, 表面法では上下に重なった不透明帯層により識別できなくなるためであると述べている. 他のメバル亜科魚類でも同様のことが知られており (Beamish, 1979; Bennett *et al.*, 1982; Kelly *et al.*, 1999; Sekigawa *et al.*, 2003), いずれの報告でも年齢の増加に伴う耳石の成長方向の変化が, 表面法における輪紋の読み違いの原因であると指摘している. 本研究で扱ったクロソイも, 表面法による観察では高齢魚の場合に耳石縁辺部付近の輪紋が縦に重なるようになっており, 年齢の過少評価が生じたものと判断される. これらのことから, 実年齢が7歳以上のクロソイについては横断面法による年齢査定を行う必要があるといえる.

当海域における成長式によると, 全長約350 mm以内の4歳までは雌雄の全長に大きな違いはみられなかったが, 5歳以降では雌の全長が雄のそれを大きく上回っていた (Fig. 6). 青森県脇野沢 (青森県, 1994) でも大きな雌雄差は4歳 (全長約360~370 mm) まで見られないが, 5歳以降生じている. 後志沿岸におけるクロソイは雄では4歳以上, 全長おおよそ370 mm以上, 雌では5歳以上, 全長350 mm以上で100%成熟すると考えられており (北海道, 2000), 大きな雌雄差が生じる年齢や大きさとほぼ一致している. このことからすると, 当海域のクロソイでは雌雄の成長差は性成熟後に生じる可能性が示唆される. 脇野沢の完全成熟の年齢やサイズに関する資料はないが, もし, 後志沿岸と同様とすると, 脇野沢でも全長の著しい雌雄差は, 後志沿岸と同じように, 完全成熟後に生じていることになる.

また, これまでメバル亜科魚類の成長については40種

以上の報告があり (Love *et al.*, 2002), *Sebastes rastrelliger*, *S. auriculatus* (Love and Johnson, 1998) およびキツネメバル (Sekigawa *et al.*, 2003) など雌雄差がみられない種や, カサゴ (横川ほか, 1992) のように雄の方が成長のよい種もみられる. 後志, 脇野沢のクロソイは前記したように *Sebastes emphaeus* (Beckmann *et al.*, 1998) などと同様, 雄よりも雌の成長が良いという結果が得られた. しかし, 秋田県男鹿半島近辺 (佐々木ほか, 1979) では3歳 (全長約350 mm), 南三陸 (酒井ほか, 1990) では8歳 (全長約540 mm), 新潟県沿岸 (新潟県, 1995) では8歳 (全長約490 mm) までの資料をそれぞれ用いた結果において, 雌雄差は認められないと報告されている. すなわち, クロソイの場合, 海域によって雌雄間の成長差に有無がみられる. この要因については明確に言及できない. しかし, 後志沿岸以外の海域では後志沿岸と比較して完全成熟年齢と考えられる5歳以上の標本数が少ないことが, 要因の一つになっている可能性がある. 今後, 各海域において多数の完全成熟年齢以降の大型魚を用い, クロソイの雌雄における成長差を再検討していく必要がある.

クロソイについてはいくつかの海域で成長式が求められており, 計測部位の違いはあるものの, いずれの報告も耳石の表面観察によって年齢査定を行い, その輪紋半径の測定値と年齢別の平均全長の両方またはその一方からパラメータの推定を行っている (佐々木ほか, 1979; 酒井ほか, 1990; 青森県, 1994; 新潟県, 1995; 山内・山田, 1995). 輪紋形成時期と産出期が明確でない青森県脇野沢・大戸瀬 (青森県, 1994) および青森県深浦町 (山内・山田, 1995) の報告を除く各海域の成長曲線を Fig. 7に示した. ただし, 宮城県南三陸周辺水域 (酒井ほか, 1990) と新潟県沿岸 (新潟県, 1995) については産出後の年齢と全長の関係を示

示しているが、秋田県男鹿半島近辺（佐々木ほか，1979）では輪紋形成時の全長で記載しているため、輪紋形成時期と産出期とのずれを考慮して産出後の年齢と全長の関係に修正した。それによると、宮城県と秋田県の報告は雌雄を一緒に扱っているが、3歳以降では宮城県、秋田県の順に成長が良く、当海域は雌では新潟県に近似するものの、雄の成長が非常に悪い。したがって、前記した4海域にお

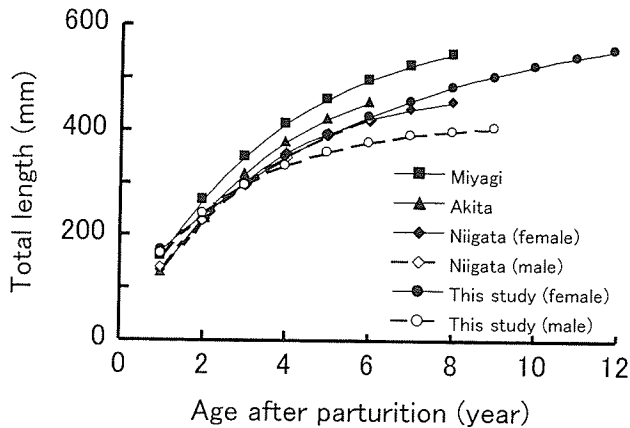


Figure 7. Comparison of *Sebastes schlegeli* growth curves for the present study area with those for the Miyagi region given by Sakai *et al.* (1990), for the Akita region by Sasaki *et al.* (1979), and for the Niigata region by Niigata Pref. (1995).

る雌雄を合わせた成長は後志沿岸が最も低い。北海道古平町におけるクロソイの海面養殖試験（三浦・松山，1994）では、12月下旬から3月下旬までの冬の低水温期（8.4～5.5℃）に1歳から3歳までのすべての年齢群で平均全長の増加量が4～7mmと少なく、成長の停滞がみられている。また、高橋ほか（1994）も宮城県志津川湾における標識放流再捕魚の平均全長の推移から、12月から4月の低水温期の成長停滞を示唆している。さらに、宮城県松島湾の当歳魚でも、表層水温が10℃以下になる12月から3月までは成長がほとんど認められない（酒井ほか，1985）。これらのことから、東北以北において冬季間の低水温は本種の成長を制限する要因となっていると考えられる。このほか、クロソイの良好な成長が期待できる水温は10～20℃程度であると報告されている（藤田，2000）。このため、1992～2001年の後志沿岸寿都（深度3.5m）^{*1}、秋田県戸賀（表面）^{*2}、新潟県両津（深度6.0m）^{*3}および1994～2001年の宮城県歌津（深度1.0m）^{*4}（南三陸周辺水域）の沿岸水温を検討した（Fig. 8）。平均水温10～20℃の期間は宮城県歌津では5月中旬から8月上旬および10月上旬から1月上旬の計18～19旬、秋田県戸賀では4月中旬～6月下旬および10月中旬～12月下旬の計16旬、新潟県両津では4月上旬～6月下旬および10月下旬～1月上旬の計18旬、寿都では5月中旬～7月下旬および9月下旬～12月上旬の計15～16旬である。したがって、水温10～20℃の期間は宮城県>新

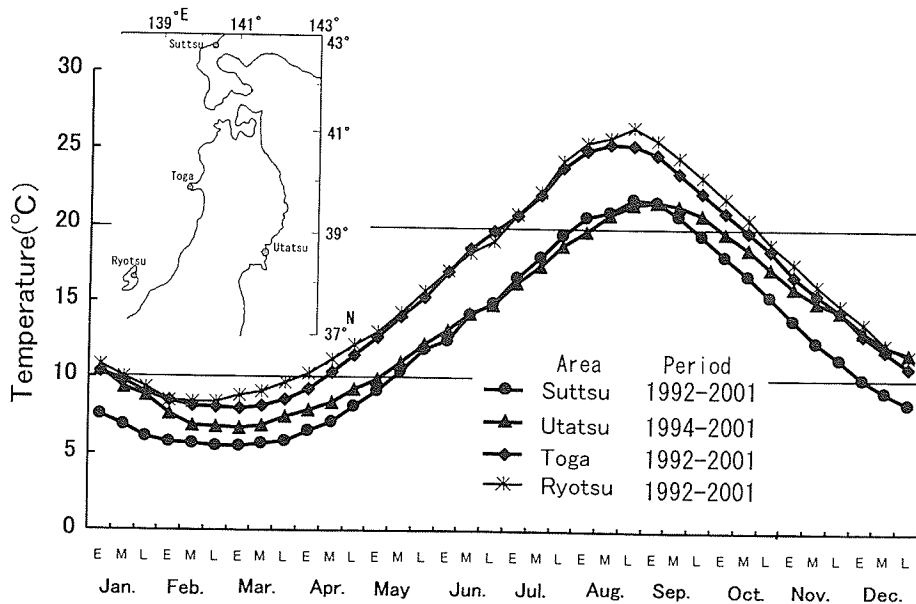


Figure 8. Change of the ten day averaged sea temperature at various areas. Utatsu: Southern Sanriku region, Toga: Akita region, Ryotsu: Niigata region.

*1 北海道沿岸漁場海況観測取りまとめ（第32号）
 *2 平成4～13年度新潟県水産海洋研究年報
 *3 平成4～13年度秋田県水産振興センター事業報告書
 *4 宮城県水産研究開発センター資料

潟県>秋田県>北海道となっており, 秋田県と新潟県において, 成長と水温10~20°Cの期間の順が逆になっているが, ほぼ成長と同じ結果が得られている。このことから, 本種の成長は水温環境, 特に水温10°C~20°Cの期間の長さ起因している可能性が高い。ただし, 大きな移動回遊をせず, 深淺移動が主体の本種(青森県水産増殖センター, 1975)では生息域が比較的狭い範囲に限られていることから, 成長が資源豊度や餌の発生量の変化に伴う餌料環境の変動など, その他の要因にも影響されることが想定される。秋田県と新潟県で水温と成長の傾向が一致しなかったのは, これらに起因する可能性が考えられる。

謝 辞

本報告にあたり貴重なご意見とご助言を頂いた北海道大学大学院水産科学研究科中谷敏邦助教授, 高津哲也助手, 小岡孝治博士に深甚なる謝意を表す。また, 標本の測定等にご協力頂いた資源生産生態学講座の大学院生と学生諸氏に感謝する。さらに水温のデータを提供していただいた宮城県水産研究開発センターに感謝申し上げる。なお, 本研究は平成7年から12年まで実施された放流技術開発事業(国庫補助)として行った。

引用文献

- 青森県水産増殖センター(1975)太平洋北区栽培漁業資源生態調査結果総合報告書, 52-71。
- 青森県(1994)平成5年度放流技術開発事業報告書(クロソイ), 80-84。
- Barsukov, V. V. (1981) A brief review of the subfamily Sebastinae. J. Ichthyol., **21**, 1-26。
- Beamish, R. J. (1979) New information on the longevity of Pacific ocean perch (*Sebastes alutus*). J. Fish. Res. Board Can., **36**, 1395-1400。
- Beckmann, A. T., D. R. Gunderson, B. S. Miller, R. M. Buckley and B. Goetz (1998) Reproductive biology, growth, and natural mortality of Puget Sound rockfish, *Sebastes emphaeus* (Starks, 1911). Fish. Bull., **96**, 352-356。
- Bennett, J. T., G. W. Boehlert and K. K. Turekian (1982) Confirmation of longevity in *Sebastes diploproa* (Pisces: Scorpaenidae) from ²¹⁰Pb/²²⁶Ra measurements in otoliths. Mar. Biol., **71**, 209-215。
- Boehlert, G. W., M. Kusakari, M. Shimizu and J. Yamada (1986) Energetics during embryonic development in kurosoi, *Sebastes schlegelii* Hilgendorf. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., **101**, 239-256。
- 林 周・道津光生・太田雅隆(1995)耳石によるカサゴの年齢査定における横断面法と表面法の信頼性の比較。日水誌, **61**, 1-5。
- 藤田則孝(2000)クロソイ。最新海産魚の養殖。熊井英水編, 湊文社, 東京, 203-211。
- 北海道(2001)魚類Aグループ。平成12年度資源増大技術開発事業報告書, 1-14。
- 北海道(1999)平成10年度放流技術開発事業報告書, 底棲種グループ(クロソイ), 1-43。
- 北海道(2000)平成7~11年度放流技術開発事業報告書, 底棲種グループ(クロソイ), 1-39。
- Kelly, C. J., P. L. Connolly and J. J. Bracken (1999) Age estimation, growth, maturity, and distribution of the bluemouth rockfish *Heli-colemus d. dactylopterus* (Delaroche, 1809) from the Rockall Trough. ICES J. Mar. Sci., **56**, 61-74。
- Kimura, D. K. (1980) Likelihood methods for the von Bertalanffy growth curve. Fish. Bull., **77**, 765-776。
- 草刈宗晴(1988)クロソイの増養殖技術について(その二)。育てる漁業, **179**, 2-8。
- 草刈宗晴・森 泰雄(1978)魚類種苗培養技術開発試験, クロソイ, 昭和52年度北海道栽培漁業総合センター事業報, 29-37。
- Love, M. S. and K. Johnson (1998) Aspects of the life histories of grass rockfish, *Sebastes rastrelliger*, and brown rockfish, *S. auriculatus*, from southern California. Fish. Bull., **87**, 100-109。
- Love, M. S., M. Yoklavich and L. Thorsteinson (2002) The rockfishes of the northeast Pacific. Univ. of California Press, Berkeley, 57-62, 332-347。
- 三浦宏紀・松山恵二(1994)クロソイの浮き生簀養殖技術開発試験, 平成5年度北海道中央水試事業報, 125-130。
- 新潟県(1995)平成6年度放流技術開発事業報告書(クロソイ), 120-124。
- 酒井敬一・永島 宏・木曾克裕(1985)松島湾に放流したクロソイの成長と移動。東北水研報, **47**, 21-32。
- 酒井敬一・川村 亨・熊野芳明(1990)南三陸周辺水域におけるクロソイの年齢と成長。宮城水試研報, **13**, 10-20。
- 佐々木 攻・佐藤善雄・遠藤 実・渋谷和治(1979)指定調査研究総合助成事業報告書, クロソイ種苗生産, 秋田県水産試験場, 1-8。
- Sekigawa, T., T. Takahashi, T. Takatsu, S. Nishiuchi, M. Sasaki and F. Shiokawa (2003) Age and growth of *Sebastes vulpes* in the coastal waters of western Hokkaido, Japan. Fish. Sci., **69**, 575-580。
- 高橋清孝・熊谷 明・浅野勝志・富川なす美・佐藤 靖・及川茂・菊地吉彦(1994)志津川湾におけるクロソイの種苗放流—III. 湾内漁獲魚の成長と分布。宮城水試研報, **9**, 18-21。
- 渡辺安廣(1991)クロソイ。北のさかなたち。長澤和也・鳥澤 雅編, 北日本海洋センター, 札幌, 154-157。
- 山内高博・山田嘉暢(1995)資源管理型漁業推進総合対策事業調査(地域重要資源:クロソイ)。平成6年度青森水試事業報, 282-291。
- 横川浩治・井口政紀・山賀賢一(1992)播磨灘南部沿岸海域におけるカサゴの年齢, 成長, および肥満度。水産増殖, **40**, 227-234。