HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	北海道木古内湾におけるアイナメHexagrammos otakiiの年齢と成長
Author(s)	関河, 武史; 高橋, 豊美; 髙津, 哲也
Citation	水産増殖, 50(4), 395-400
Issue Date	2002
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/38491
Rights	© 2002 日本水産増殖学会
Type	journal article
File Information	takahashi1-42.pdf

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

SUISANZOSHOKU 50(4), 395－400 (2002)

北海道木古内湾におけるアイナメ *Hexagrammos otakii* の年齢と成長

関河武史・高橋豊美・高津哲也

(2002年10月8日受理)

Age and Growth of Fat Greenling *Hexagrammos otakii* in Kikonai Bay, Hokkaido

Takeshi SEKIGAWA*1, Toyomi TAKAHASHI*1, and Tetsuya TAKATSU*1

Abstract: Age and growth of fat greenling *Hexagrammos otakii* collected from Kikonai Bay, Hokkaido were examined. Observation of otolith margin verified that annuli (outer margins of the opaque zone) were chiefly produced between August and September. It was found that the surface method tended to underestimate the age of fat greenling older than 6 years, comparing with the cross section method. Growth of fat greenling was expressed by the von Bertalanffy asymptotic growth function as $SL_t=435.0\ (1-\exp^{-0.234(t+1.387)})$ for males and $SL_t=564.6\ (1-\exp^{-0.138(t+1.927)})$ for females, where SL_t is the standard length (mm) at estimated age t (years). A significant difference was found in parameters of growth equation between both sexes. It seems that the growth rate of fat greenling in this study area is relative low, because of low temperature during the winter.

Key words: *Hexagrammos otakii*; Age; Growth; Otolith

アイナメ *Hexagrammos otakii* Jordan and Starksは日本各地，朝鮮半島南部および黄海に分布し[1]，沿岸漁業の重要な対象種となっている。アイナメの年齢と成長に関しては，これまでに陸奥湾[2]，岩手県沿岸[3]，仙台湾[4]，福島県沿岸[5]，常磐北部海域[6]，三河湾・伊勢湾[7]などから報告があるが，北海道沿岸における集団については報告がない。本種の年齢査定は，1940年代に大島・中村[7]では脊椎骨，山本・西岡[2]では鱗が用いられ，その後小林ら[4]では耳石の横断面薄片法，福島県[5]，筒井[3]，泉[6]では耳石の表面観察法により行われている。アイナメが属するカサゴ目のアラスカメヌケ *Sebastes alutus* (Gilbert)[8]，*Helicolenus d. dactylopterus* (Delaroche 1809)[9]，カサゴ *Sebastiscus marmoratus* (Cuvier)[10]，ギンダラ *Anoplopoma fimbria* (Pallas)[11]などでは，高齢魚になると表面観察法は年齢を過少評価しがちであり，横断面薄片法が適切であることが指摘されている。したがって，アイナメについても上述2法の年齢査定法としての妥当性を調べる必要がある。

そこで本報では，北海道木古内湾に生息するアイナメについて，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，それぞれ表面法および横断面法という）で行い，本種の年齢査定法を吟味した上で，当海域における年齢と成長の関係を解析するとともに海域間の比較を行い，成長に影響を及ぼす要因について考察した。

材料および方法

本研究に用いたアイナメは1999年6月から2000年5月までの期間，北海道南部の木古内湾において漁船による底建網と底刺網，および当学部研究調査船うしお丸によるオッタートロール網の着底曳きにより得られた（Fig. 1, Table 1）。標本は生鮮状態で研究室に持ち帰り，全長と体長（それぞれ1mm単位），体重（1g単位），生殖腺重量と胃内容物重量（それぞれ1mg単位），性別を記録し，左右の耳石を摘出して乾燥保存

*1 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).

した。また，耳石輪紋数と孵化後の年齢との関係を調べるため，青森県階上漁業協同組合で人工飼育された満1歳魚（367日齢）と2歳魚（744日齢）各2個体を1999年12月に入手し，体長の測定と耳石輪紋の観察を行った。

本種の耳石は小型で外形は不規則な波状を呈し，一部欠刻部を持つやじり状をなしている。また，核を含む幅広い不透明帯の外側に透明帯と不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(Fig. 2)。そのため耳石を用いた既往の研究[3-6]と同様に，耳石不透明帯を計数した。左右の耳石について輪紋の計数を行った結果，正常な耳石では左右で輪紋数に違いがみられなかったため，年齢査定には脱灰や変形などの異常や破損がない限り左側の耳石を用いた。表面観察で輪紋が不鮮明な場合や，高齢で耳石縁辺部付近の輪紋を判別しにくい場合には横断面標本を作成して年齢査定を行った。横断面標本はまず耳石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，

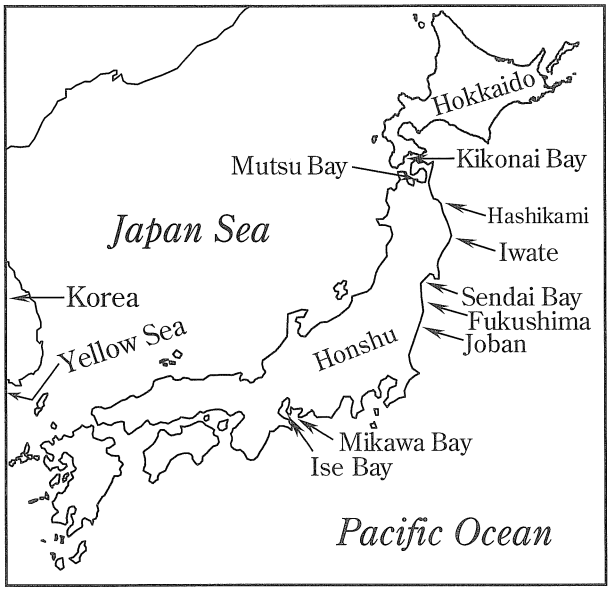

Fig. 1. Location of Kikonai Bay and other places which were referred to in the text.

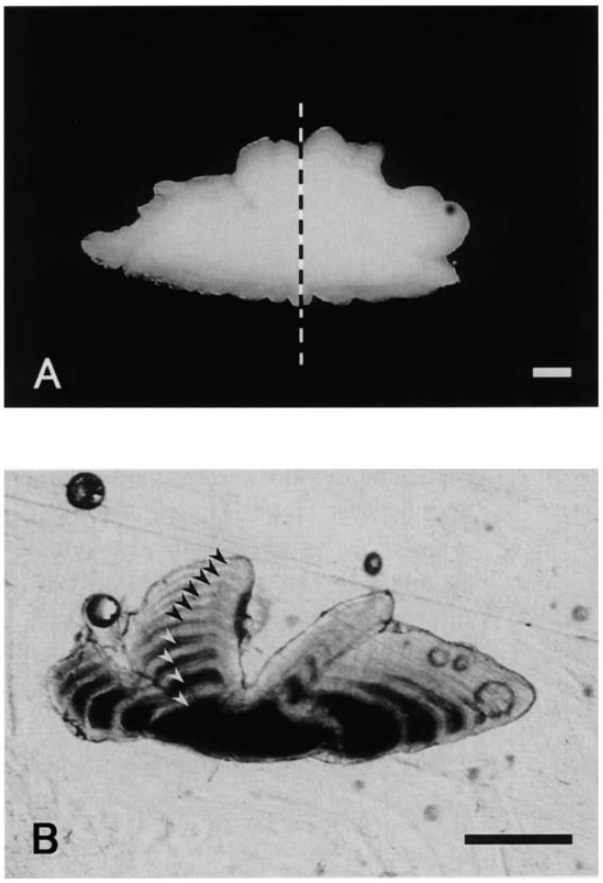

Fig. 2. Otolith of surface (A) and cross section (B) of female fat greenling (422 mm SL) collected on 15 November 1999. A vertical broken line (A) indicates a plane observed by cross section. Scale bars indicate 500μm and arrows denote annuli.

Table 1. A list of fat greenling samples used in this study

Month		Male		Female	
		Number of fish examined	Standard length (mm)	Number of fish examined	Standard length (mm)
1999	Jun.	30	177 - 407	18	170 - 432
	Jul.	18	200 - 307	21	195 - 304
	Aug.	33	195 - 376	23	193 - 375
	Sep.	28	217 - 385	19	218 - 403
	Oct.	35	218 - 403	5	181 - 348
	Nov.	23	229 - 435	51	190 - 454
	Dec.	23	233 - 400	22	198 - 437
2000	Jan.	17	219 - 351	19	229 - 362
	Feb.	15	275 - 353	5	275 - 352
	Apr.	20	194 - 410	8	225 - 431
	May	29	207 - 394	16	228 - 460
	Total	271	177 - 435	207	170 - 460

ボンドEセットM）に包埋して完全に固まるまで放置した。その後，小型硬組織切断器（マルトー社製ラボカッター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，核が露出するまでは600番から1500番の耐水サンドペーパーで，また仕上げには4000番エメリーペーパーでそれぞれ研磨して作成した。耳石の観察は双眼実体顕微鏡下で水に浸して20倍から40倍に拡大して行い，表面法による観察では落射光の下で輪紋を計数し，耳石縁辺部が透明か不透明であるかを記録した。横断面法による観察では落射光と透過光を用いて輪紋を計数した。

von Bertalanffyの成長式はMicrosoft Excelのソルバーを使用し，非線型最小二乗法により求めた。また，魚体の栄養状態の指標として肥満度（CF）を調べた。肥満度は胃内容物重量や生殖腺重量に左右されないように次式により算出した。

$$CF=(BW-GW-SCW)/SL^3\cdot 10^5$$

ここでBWは体重(g)，GWは生殖腺重量(g)，SCWは胃内容物重量(g)，SLは体長(mm)である。

結　果

耳石表面観察による不透明帯の出現時期

不透明帯が耳石縁辺部に出現する時期を表面観察により調べた（Fig. 3）。6月には縁辺部が不透明帯の耳石は雄21.4%，雌7.1%であったが，7月には雄雌とも

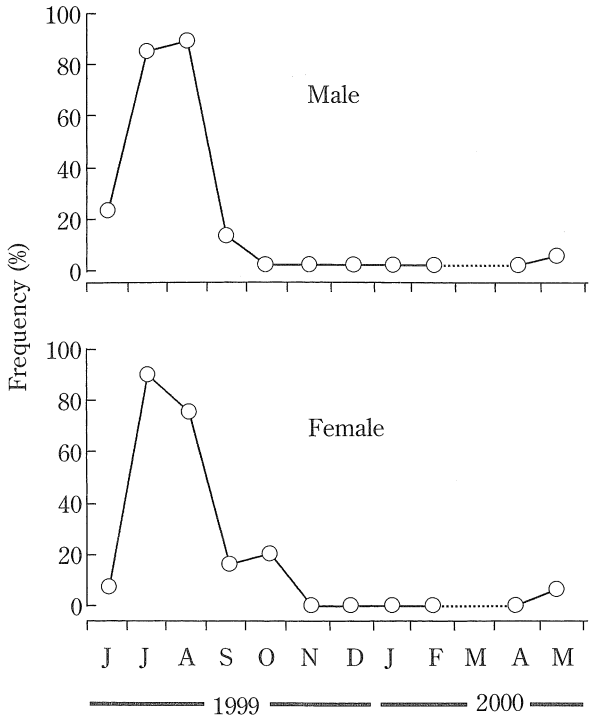

Fig. 3. Monthly changes in percentage occurrence of opaque edge in otoliths of fat greenling.

に80%を超え，8月も雄87.5%，雌73.7%の高い値であった。その後9月になるとその割合は大きく低下し（雄11.1%，雌15.8%），11月から翌年4月までは雌雄ともに耳石縁辺部はすべて透明帯になり，5月に再び縁辺部に不透明帯を持つ耳石がみられた。このように耳石縁辺部には不透明帯と透明帯が交互に1年に1回ずつ形成され，不透明帯外縁は主に8月から9月にかけて形成される年周輪であることが確認された。

また，1999年12月に入手したアイナメ人工飼育魚の耳石を観察した結果，満1歳魚（367日齢）では核を含む不透明帯が1本とそれに外接する透明帯が形成されており，満2歳魚（744日齢）では不透明帯2本とそれに外接する透明帯が形成されていた（Fig. 4A, B）。以上から，輪紋（不透明帯外縁）を計数することにより孵化後の年齢を知ることができると判断された。ただし，当海域における産卵盛期（11月中旬から12月下旬[12]）から年齢起算日を便宜的に1月1日とした場合，9月から12月に採集された縁辺に透明帯を持つ個体については輪紋が形成された後であると考え

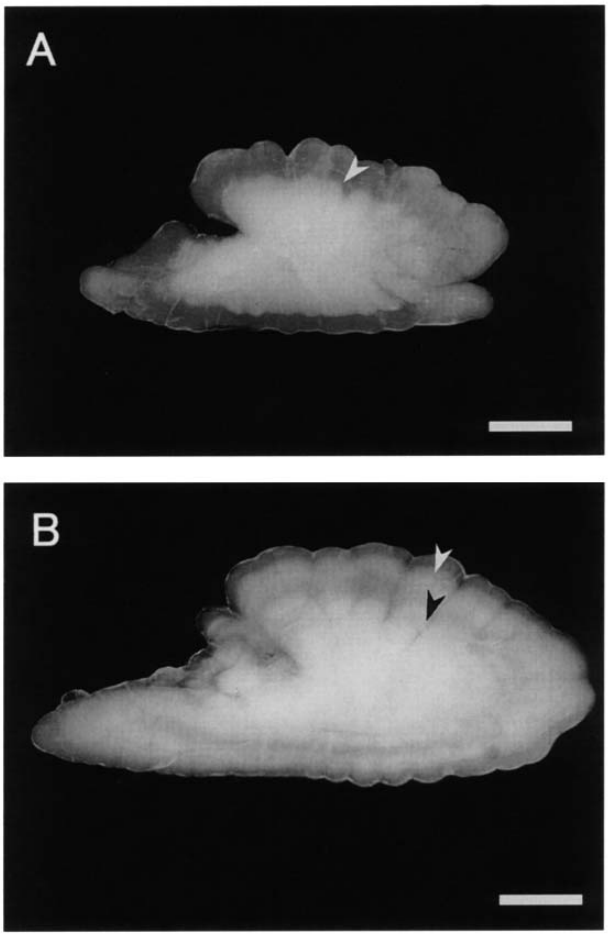

Fig. 4. Otolith surface of artificially reared fat greenling. A: sex unknown, 166 mm SL, 367 days after hatch; B: female 248 mm SL, 744 days after hatch. Scale bars indicate 500 μm and arrows denote annuli.

られるため，これらの個体については輪紋数から1を差し引いたものを年齢とした。

なお，本研究で扱った耳石は孵化（およそ12月～1月）から満1年に満たない8月から9月頃まで不透明帯で，その後，透明帯が形成されていた。したがって当歳魚では，透明帯が主に11月から4月に形成される1歳魚以上とは輪紋形成過程が異なる。

表面法と横断面法による輪紋数の比較

表面法と横断面法の両法で年齢査定が可能であったのは，雄271個体中268個体，雌207個体中203個体であった。これらのうち表面法による輪紋の計数から年齢が5歳以上と判断された134個体を含む146個体については，横断面標本を作成して表面法の読み取り値との比較を行った（Table 2）。全長が比較的大きな個体や高齢魚の耳石を表面観察すると，縁辺部付近の輪紋幅が狭く不透明帯が不鮮明であった（Fig. 2A）。しかし，横断面標本では，表面法に比べて耳石縁辺部付近の不透明帯が明瞭に観察された（Fig. 2B）。表面法で4歳と査定されたものについては両法で読み取り値に差はみられなかったが，5歳では65個体中2個体（3.1%），6歳では39個体中5個体（12.8%），7歳以上では30個体中14個体（46.7%）で読み取り値に差が生じ，その多くは横断面法に比べて1～2少ない数であった。

成長曲線

表面法と横断面法での輪紋読み取り値に違いがみられた耳石については，横断面法による年齢を成長解析に用いた。また，輪紋形成期を9月1日，年齢起算日を1月1日として，体長と年齢のデータから雌雄それぞれについてvon Bertalanffyの成長式を求めた。

雄：$SL_t=435.0\,(1-\exp^{-0.234(t+1.387)})$, N=268

雌：$SL_t=564.6\,(1-\exp^{-0.138(t+1.927)})$, N=203

ただし，SL_tはt歳時の体長(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[13]を行った結果，成長パラメータに有意差がみられた（$p<0.05$）。

Table 2. Comparison of opaque zone counts between surface method and cross section method

Number of annulus by surface method	Number of annulus by section method							Total
	4	5	6	7	8	9	10	
4	**12**							12
5		**63**	2					65
6		1	**34**	4				39
7				**11**	8	1		20
8				1	**4**	2	1	8
9						**1**	1	2
Total	12	64	36	16	12	4	2	146

肥満度（CF）

雌雄ともに肥満度は5月から10月までは大きな増減はみられなかったが，11月から4月にかけて徐々に低下し，4月に最低値を示し，5月には急激な増加がみられた（Fig. 5）。

考　察

年齢の増加に伴って表面法により年齢の過少評価が生じることは，同じカサゴ目の底魚類をはじめとして様々な魚種で知られている[8-11,14-17]。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輪紋の読み違いの原因であると指摘している。本報告においては表面法で4歳と査定された耳石については表面法と横断面法で読み取り値に差はみられなかったが，5歳以降では差がみられ，そのほとんどが表面法により過少評価されていた。高齢魚では耳石縁辺部付近の輪紋が縦に重なるようになっており（Fig. 2），そのため表面法の場合には年齢の過少評価がおきたものと判断される。したがって，耳石の表面観察による年齢査定は簡便な方法であるが，アイナメの場合，表面法で5歳以上と判定される耳石については横断面法を用いることが必要と考えられる。

アイナメは広温性魚種として知られ[18]，福島県[4]による標識放流試験の結果でも定着性の強いことが示されていることから，本研究海域の集団についても大きな移動・回遊は行わないものと思われ，その成長様式には地域的な特徴が現れるものと思われる。本種の年齢と成長の関係についてはいくつかの海域

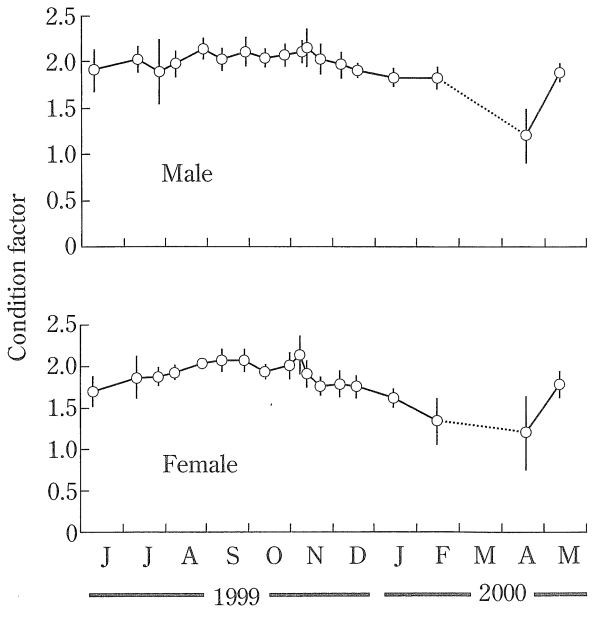

Fig. 5. Seasonal change in condition factor of fat greenling. Vertical bars above and below mean indicate standard deviation.

で成長式が求められている（Fig. 6）。ただし，福島県常磐北部海域[6]の報告は満年齢と全長の関係からパラメータの推定が行われていたので，海域間の比較を行うために本研究で扱った標本から全長と体長の回帰式（SL=0.843TL+0.262）を求め，満年齢と体長の関係に改変した。また，岩手県沿岸[3]と仙台湾[4]の報告は雌雄を合わせた成長式である。各海域とも高齢魚の採集個体が少ないので，5歳以下の成長を比較すると，当海域は雌雄ともに2歳から4歳までは常磐北部海域および岩手県沿岸より成長が悪い。また，2歳では仙台湾よりも体長が大きいものの，3歳以降ではその差が小さく，4海域の中では仙台湾と同様に成長の遅いことが示唆された。常磐北部海域の報告[6]は，年齢の過少評価の割合が高くなる7歳以上の個体を含んでおり，表面法の年齢を採用して成長式を求めているため成長が良い結果となっていることも考えられるが，7歳以上の個体はわずかであり，その影響は小さいものと思われる。

泉[6]は常磐北部海域における市場調査で得られた全長組成のモードの季節変化から，本種は季節的にはS字曲線的成長を示し，その成長は春から秋にかけて急速であり，水温が10℃を下回る1月から4月の冬季は遅滞または休止すると報告している。北川・久新[19]もクジメ *Hexagrammos agrammus*（Temminck and Schlegel）で同様のことを認めている。当海域においてアイナメの生息水温が10℃を下回る時期は12月下旬から5月下旬頃であり[*2]，常磐北部海域に比べておよそ1ヶ月長い。前述のように，本種の肥満度に10月までは大きな変化はみられないが，産卵期（11月～1月）[12]から4月まで低下し，5月には急激な増加が認められた（Fig. 5）。このことから本種は産卵期および産卵後に活発な摂餌をすることがなく，4月から5月にかけて摂餌活動が活発になることがうかがえる。しかし，この摂餌は産卵後の飢餓状態からの回復に充てられ，実際に成長に使われるエネルギーは低いものと思われる。このことからも冬季の低温下で成長が停滞していたことが示唆される。以上のように，当海域において本種の成長が遅いのは摂餌活動を抑制する低水温期が長いことが影響している可能性が考えられる。ただし，本種においてはこれまでの報告をみる限りではヒラメ *Paralichthys olivaceus*（Temminck and Schlegel）[20]やマガレイ *Pleuronectes herzensteini*（Jordan and Snyder）[21]などで示されているような，緯度の変化に伴う成長の地理的変異は明らかでない。このことはマコガレイ *Pleuronectes yokohamae*（Günther）[22]などでみられるように，本種の成長が水温のほかに餌料環境にも強く影響されている可能性を示唆している。

本研究においては4歳までの成長に雌雄差は認められなかったが，5歳以降では雌雄差が徐々に大きくなっていた。泉[6]の報告でも雌雄の成長差が示されている。これに対し，筒井[3]，小林ら[4]は雌雄で成長差がないと述べているが，いずれも7歳以上の高齢魚が扱われていないため，本研究および泉[6]とは異なる結果を得たのではないかと考えられる。

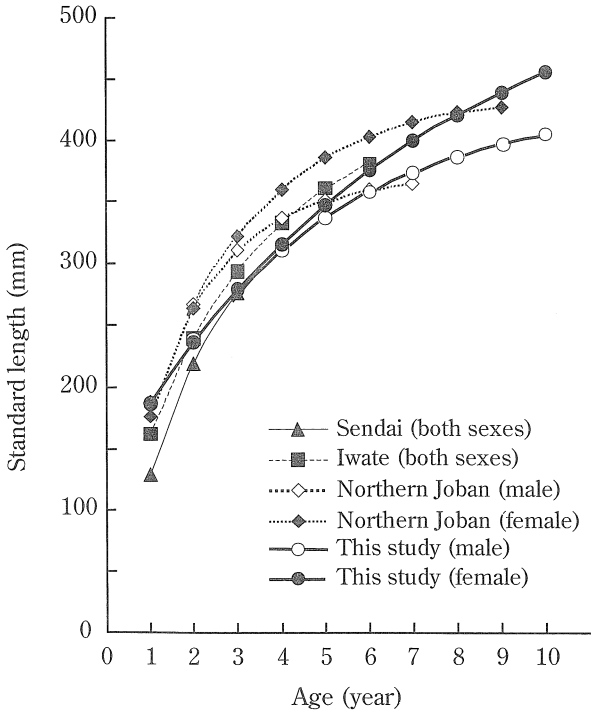

Fig. 6. Comparison of fat greenling growth curves between this study, Sendai Bay[4], Iwate region[3], and Northern Joban region[6].

要　約

北海道木古内湾から採集したアイナメの年齢と成長の関係を調べた。耳石の不透明帯外縁は主に8月から9月に形成される年周輪であることを確認した。横断面薄片法との読み取りの比較から，表面観察法は6歳以上の個体に対して年齢を過少評価しがちであることが判った。t（歳）時の体長を SL_t（mm）とすると，成長式は雄で $SL_t=435.0\ (1-\exp^{-0.234(t+1.387)})$，雌で $SL_t=564.6(1-\exp^{-0.138(t+1.927)})$ と表され，雌雄差が認められた。本研究水域のアイナメの成長は比較的遅く，その原因として冬季間の低水温の影響が考えられた。

謝　辞

本報告にあたり，有益な御意見と御助言を賜った北海道大学大学院水産科学研究科助教授桜井泰憲助教

[*2] 高橋（未発表）.

授，中谷敏邦助教授に感謝の意を表します。また，標本採集に多大な御援助を頂いた木古内湾漁場利用協議会の皆様，飼育魚を提供して頂いた青森県階上漁業協同組合に対し厚く御礼申し上げます。

文　献

1）中坊徹次（2000）：アイナメ科．日本産魚類検索（中坊徹次編），東海大学出版会，東京，pp. 624-625.

2）山本護太郎・西岡丑三（1948）：アイナメの産卵習性並びに発生経過．生物，**3**(5)，167-170.

3）筒井　実（1998）：岩手県に於けるアイナメ資源評価の試み．東北底魚研究，**18**，4-7.

4）小林徳光・小林一郎・菊地喜彦・佐藤孝三（1990）：仙台湾におけるアイナメの年齢と成長．宮城水試研報，**13**，1-9.

5）福島県（1974）：アイナメ．昭和47年・48年度太平洋北区栽培漁業漁場資源生態調査　選択魚種(アイナメ・メバル・キツネメバル）に関する調査結果報告書．pp. 11-24.

6）泉　茂彦（1999）：常磐北部海域におけるアイナメの成長と成熟．福島水試研報，**8**，41-49.

7）大島泰雄・中村中六（1944）：アイナメ（*Hexagrammos otakii* JORDAN et STARKS）の生活史に就いて．水産学会報，**9**，81-89.

8）Beamish, R. J. (1979): New information on the longevity of Pacific ocean perch (*Sebastes alutus*). *J. Fish. Res. Board Can.*, **36**, 1395-1400.

9）Kelly, C. J., P. L. Connolly, and J. J. Bracken (1999): Age estimation, growth, maturity, and distribution of the bluemouth rockfish *Helicolenus d. dactylopterus* (Delaroche 1809) from the Rockall Trough. *ICES J. Mar. Sci.*, **56**, 61-74.

10）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)，1-5.

11）Fujiwara, S. and D. G. Hankin (1988): Aging discrepancy related to asymmetrical otolith growth for sablefish *Anoplopoma fimbria* in northern California. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **54**(1), 27-31.

12）関河武史・高橋豊美・桜井泰憲．北海道木古内湾におけるアイナメ雌の成熟．日水誌（投稿中）.

13）Kimura, D. K. (1980): Likelihood methods for the von Bertalanffy growth curve. *Fish. Bull.*, **77**(4), 765-776.

14）Beamish, R. J. and G. A. Mcfarlane (1987): Currents trends in age determination methodology, in "*The Age and Growth of Fish*" (ed. by R. C. Summerfelt and G. E Hall), Iowa State University Press, Iowa, pp. 15-42.

15）Bennett, J. T., G. W. Boehlert, and K. K. Turekian (1982): Confirmation of longevity in *Sebastes diploproa* (Pisces: Scorpaenidae) from $^{210}Pb/^{226}Ra$ measurements in otoliths. *Mar. Biol.*, **71**, 209-215.

16）Campana, S. E. (1984): Comparison of age determination methods for the starry flounder. *Trans. Am. Fish. Soc.*, **113**, 365-369.

17）Campana, S. E. and K. C. T. Zwanenburg (1990): $^{210}Pb/^{226}Ra$ determination of longevity in redfish. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, **47**, 163-165.

18）川崎　健・佐々木浩一（1980）：仙台湾の魚類相と海洋環境．海洋科学，**12**，358-364.

19）北川大二・久新健一郎（1984）：北海道南部，茂辺地の平磯におけるクジメの年令と成長．北大水産彙報，**35**(1)，8-16.

20）北川大二・石戸芳男・桜井泰憲・福永辰廣（1994）：三陸北部沿岸におけるヒラメの年齢，成長，成熟．東北水研研報，**56**，69-76.

21）Takahashi, T., Y. Hayakawa, T. Kamiharako, T. Nakatani, and T. Takatsu (1995): Age and growth of brown sole *Pleuronectes herzensteini* in the coastal waters of western Aomori Prefecture, Japan. *Fisheries Sci.*, **61**(6), 893-897.

22）Shafieipour, M. M., T. Takahashi, K. Ishino, T. Takatsu, and T. Nakatani (1995): Age and growth of marbled sole *Pleuronectes yokohamae* in Kikonai Bay, Hokkaido, Japan. *Iranian J. Fish. Sci.*, **1**(1), 5-21.