



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	噴火湾産アカガレイの年齢と成長
Author(s)	中谷, 敏邦; 小泉, 広明; 横山, 信一 他
Citation	日本水産学会誌, 56(6), 893-901 https://doi.org/10.2331/suisan.56.893
Issue Date	1990
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/38664
Rights	© 1990 公益社団法人日本水産学会
Type	journal article
File Information	takahashi1-17.pdf



噴火湾産アカガレイの年齢と成長

中谷敏邦, 小泉広明, 横山信一
前田辰昭, 高橋豊美, 松島寛治

(1989年12月25日受付)

Age and Growth of Pleuronectid Flounder *Hippoglossoides dubius*
in Funka Bay, Hokkaido

Toshikuni Nakatani,^{*1} Hiroaki Koizumi,^{*2} Shin-ichi Yokoyama,^{*1}
Tatsuaki Maeda,^{*1} Toyomi Takahashi,^{*1} and Hiroharu Matsushima^{*1}

Otoliths obtained from 1004 specimens of pleuronectid flounder *Hippoglossoides dubius* were examined in order to validate aging method. Samples were collected by otter trawling in Funka Bay from November 1982 to December 1983, and from November 1985 to September 1986. From the seasonal change in the percentage of otolith with translucent edge and marginal growth rate, it was confirmed that the translucent zone of the otolith was formed annually in winter. Based on the relationship between the radius of the otolith and the standard length of *H. dubius*, and the distances from the focus to the outer margin of successive translucent zones, average growth was estimated as follows;

November 1982~December 1983

male: $SL_t = 233.1 [1 - \exp(-0.1630(t+1.0346))]$

female: $SL_t = 433.0 [1 - \exp(-0.0624(t+1.5759))]$

November 1985~September 1986

male: $SL_t = 240.8 [1 - \exp(-0.2522(t+0.3195))]$

female: $SL_t = 294.8 [1 - \exp(-0.2147(t-0.1468))]$

SL_t : standard length in mm at age t years

Annual change in age composition showed that the year class strength of *H. dubius* in Funka Bay considerably fluctuated and strong year classes were formed in 1973, 1980 and 1983.

噴火湾およびその沖合域は北海道南部太平洋海域におけるスケトウダラ *Theragra chalcogramma* の好漁場として知られているが、アカガレイ *Hippoglossoides dubius* (年間約 2,000~3,000 トン) をはじめカレイ類もまた多く漁獲されており、生産性の高い海域となっている。著者らはこの海域において底生魚類群集の生物生産機構を解明するための研究に着手し、1982年よりトロール網による魚類相の調査を行ってきた。その結果、湾内の底生魚類群集はアカガレイおよびスケトウダラ幼魚が優占種となっており、特にアカガレイは周年噴火湾に分布し、腐食物網上に位置する key species となっていることを明らかにした。¹⁾

アカガレイの生物生産機構を明らかにするためには、個体群生態学的知見の充実を図ることが基盤になると考えられるが、そのうち、本種の年齢については、吉池^{*3}

が若狭湾の標本から採取された鱗の輪紋形成過程からその輪紋数が年齢を示していることを確認し、北海道区水産研究所ほか²⁾は室蘭および噴火湾内部豊浦沖で採集されたアカガレイについて鱗による年齢査定を行っている。この報告の中で耳石による年齢査定も行われたが、²⁾高年齢の輪紋の読み取りが困難であることや輪紋の形成時期および回数が不明であるなどの疑問点が残されている。そこで、噴火湾内部森沖で採集されたアカガレイの耳石輪紋の形成過程を周年にわたり追跡し、輪紋数と年齢との関係を検討した。さらに、得られた結果からアカガレイの成長および年齢組成とその経年変化についても考察した。

本報告にあたり、年齢査定に御協力を頂いた北海道大学水産学部漁場学講座昭和62年度学生桑山未来氏、標本の採集に御助力を頂いた同学部研究調査船うしお丸乗

^{*1} 北海道大学水産学部 (Faculty of Fisheries, Hokkaido University, Minato, Hakodate 041, Japan).

^{*2} 現所属: 岩谷産業 (Iwatani Int. Co. Hattyo-Bori, Chuo, Tokyo 104, Japan).

^{*3} 吉池直史: 若狭湾産アカガレイの漁業生物学的研究, 京都大学農学部水産学教室卒業論文 1-23 (1962).

組員諸氏ならびに本学部漁場学講座学生諸氏に対し厚くお礼申し上げる。なお、本研究の一部は文部省科学研究費補助金 (No. 63560178) によって行われた。

材料および方法

本研究に用いた標本は、アカガレイの分布の中心と考えられる森沖北方約 16.7 km の地点で (Fig. 1), 1982 年 11 月から 1983 年 12 月までのほぼ毎月、および 1985 年 11 月, 1986 年 2 月, 5 月および 9 月に、北海道大学水産学部研究調査船うしお丸 (107.85 トン) で、オッターロール網 (袖網先端間隔: 10.4 m, 網口高さ: 1.5 m, オッターボード間隔: 30 m, 胴尻内網目合: 12 mm) を用いて採集された。得られた標本は雌雄別に標準体長 (計測単位 1 mm) を測定した後、耳石を取り出した。耳石はそのままでは表面にある石灰質の沈着による凹凸で輪紋が不明瞭であるため (Fig. 2-B), 耐水サンドペーパー (600~1,000 番) で内側表面を中心部まで研磨したものを顕微鏡オイルまたは食物油に浸し、双眼実体顕微鏡

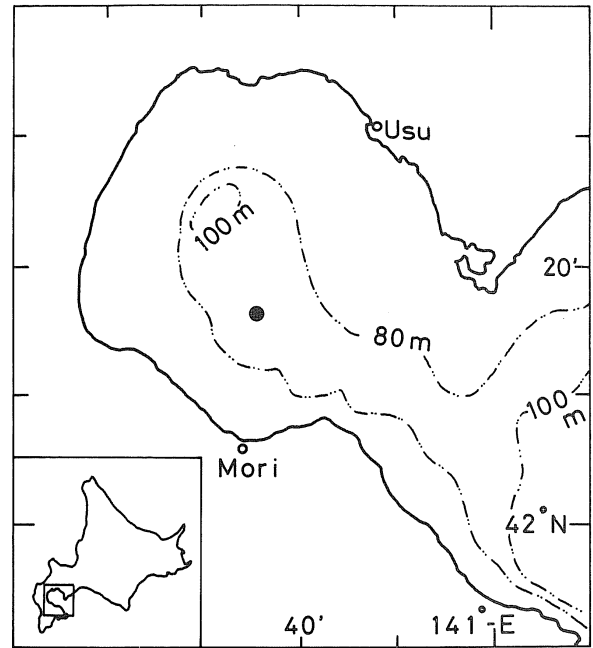


Fig. 1. Location of sampling station and bottom contour in Funka Bay.

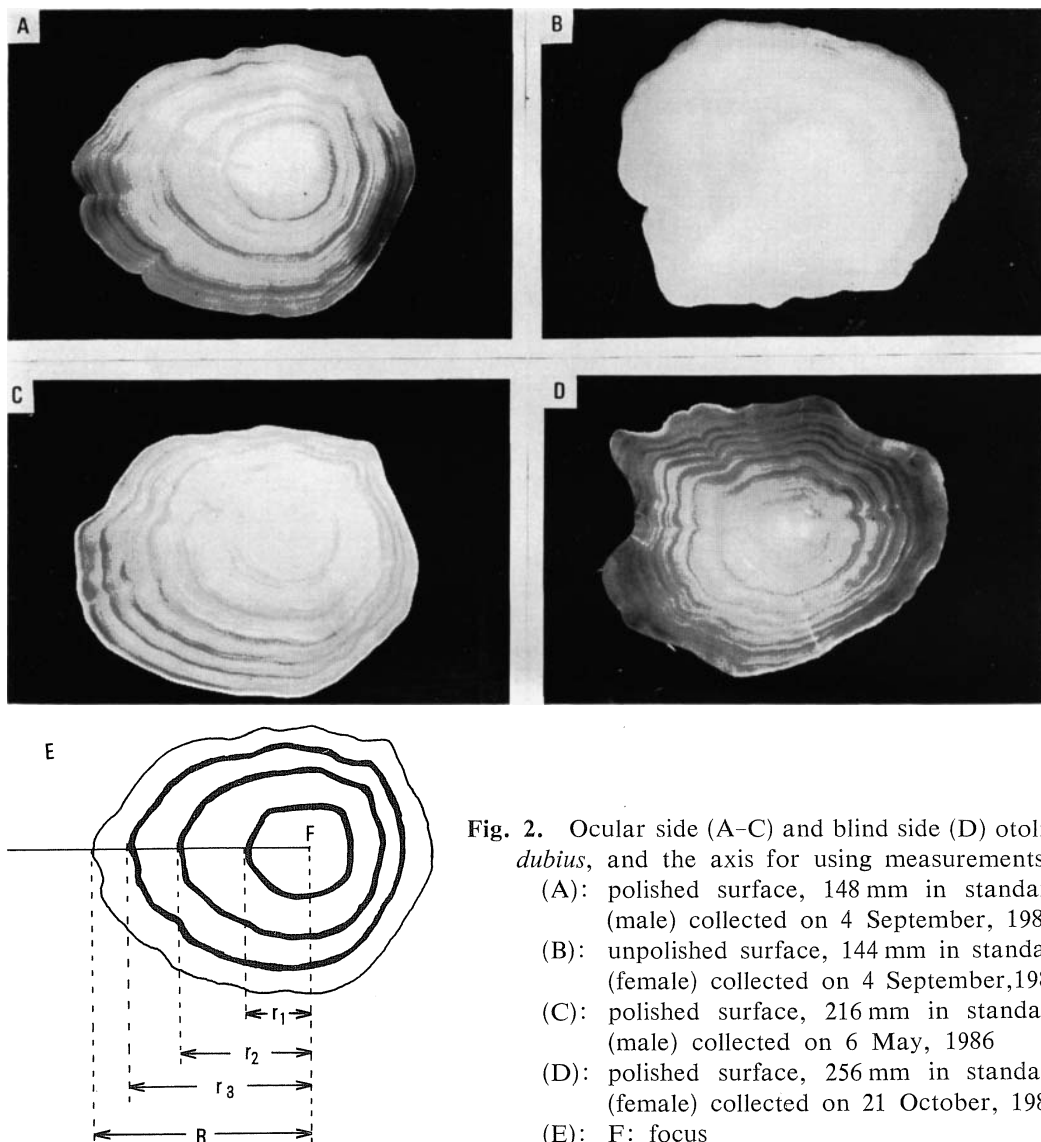


Fig. 2. Ocular side (A-C) and blind side (D) otoliths of *H. dubius*, and the axis for using measurements (E).

- (A): polished surface, 148 mm in standard length (male) collected on 4 September, 1986
- (B): unpolished surface, 144 mm in standard length (female) collected on 4 September, 1986
- (C): polished surface, 216 mm in standard length (male) collected on 6 May, 1986
- (D): polished surface, 256 mm in standard length (female) collected on 21 October, 1983
- (E): F: focus

と描画装置を用いて観察・測定を行った。

カレイ類の耳石の形状は石田ら^{3,4)} 石田・北片⁵⁾ が述べているように、有眼側と無眼側とでは異なっており、年齢査定には核が中心にある無眼側の耳石が用いられている例が多い。これに対して、和田⁶⁾ は有眼側の耳石の中心から前方に向かう軸で成長が速いことに着目し、その透明帯から不透明帯に移行する透明帯外縁を年齢標示と規定した。Fig. 2 に示したように、アカガレイの耳石も有眼側で速い成長がみられ、高齢魚についてもその部分の輪紋が明瞭に観察できる。このため、本研究では有眼側の耳石を用い、核から各輪紋の透明帯外縁までの距離を計測した。また、噴火湾のアカガレイ個体群の年齢組成の経年変化をみるため、1982 年～1988 年までの各年 99～1857 個体について耳石による年齢査定を行った。

結 果

透明帯の出現時期 アカガレイの耳石では他魚種と同様、透明帯と不透明帯が交互に現れている (Fig. 2)。そこで、1982 年 11 月から 1983 年 12 月および 1985 年 11 月から 1986 年 9 月までの期間に採集された標本を用いて、透明帯が耳石縁辺部に現れる時期を周年にわたり追跡した (Fig. 3)。これによると、縁辺部が透明になっている耳石は 9 月から出現し、11 月になるとその出現率が急激に高くなった。1 月から 2 月までの期間は 90% 前後の高い値であったが、3 月になると減少し始め、5 月には 10% 前後まで低下し、6 月から 8 月までの期間はすべての個体の耳石の縁辺部が不透明となっていた。このように、耳石縁辺部には透明帯と不透明帯と

が交互に各々年 1 回形成されることが確認された。なお、雌雄間では耳石縁辺部が透明な個体の出現率は 1 月 ($\chi^2=4.312$; d.f.=1; $p<0.05$) を除き 5% 水準で有意差はなかった。

縁辺成長率の季節変化 耳石の成長過程をみるため、上記標本について次式に示す縁辺成長率を求め、その季節変化を Fig. 4 に示した。

$$\text{縁辺成長率} = (R - r_n) / (r_n - r_{n-1})$$

R : 耳石半径

r_n : 核から最終透明帯外縁までの輪紋半径

r_{n-1} : 核から $n-1$ 輪透明帯外縁までの輪紋半径

この値は、最も外側に形成されている透明帯外縁からその内側の透明帯外縁までの長さ ($r_n - r_{n-1}$) に対する最外側透明帯外縁から耳石端までの長さ ($R - r_n$) の比をとったものであり、前年に対する伸長を示している。3 月の標本についてみると、すでに縁辺部が不透明になっている耳石が出現し (雄 37.2%; 雌 36.5%), これらの縁辺成長率は 0.2 前後の最低値となっていた。その後この割合は徐々に増加し、2 月から 3 月にかけて最大値を示した。3 月にみられた 1.0 以上の値は耳石縁辺部が透明帯として観察された個体のものであるが、輪紋間隔から判断して (Tables 1 and 2), 耳石縁辺部にはすでに不透明帯が形成されているものと思われる。すなわち、本研究では耐水ペーパーを用いて耳石表面を研磨したため、縁辺部に形成され始めた不透明帯を確認することが出来なかった。これらの個体も 4 月には縁辺部に明瞭な不透明帯を形成し、前述の 0.2 前後の最低値を示すものと考えられる。このように、縁辺成長率には透明帯と同様、一年周期の変化が認められた。

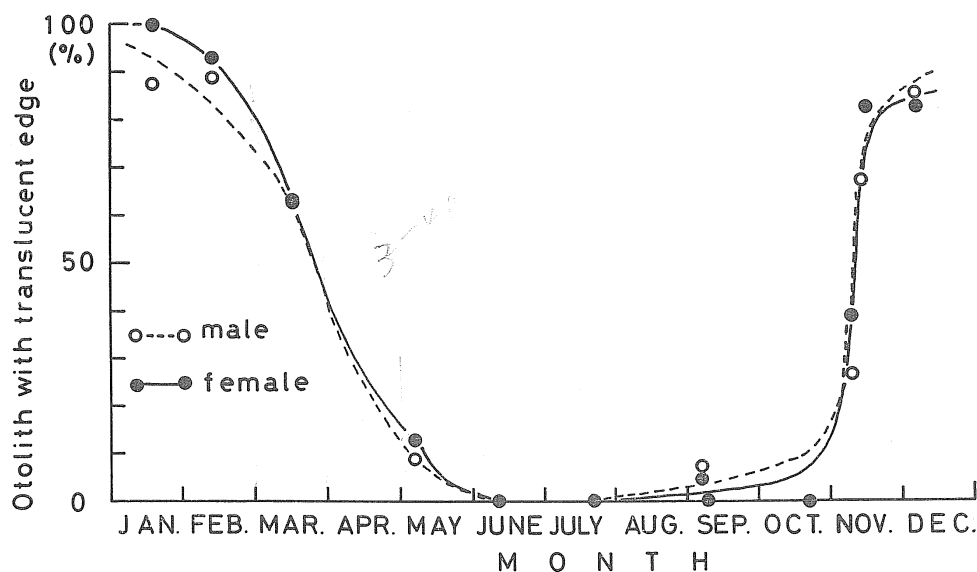


Fig. 3. Seasonal change in percentage occurrence of otoliths of *H. dubius* with translucent edges. Samples were collected by otter trawling from November 1982 to December 1983, and from November 1985 to September 1986.

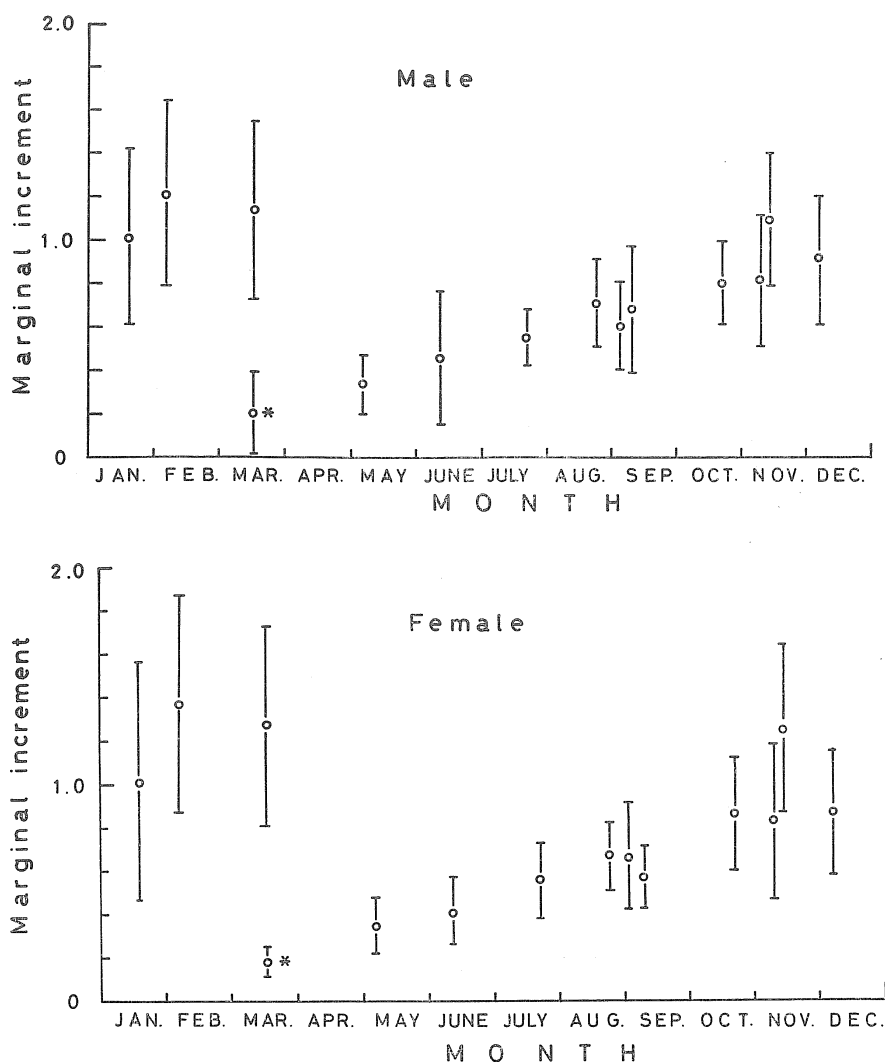


Fig. 4. Seasonal change in marginal increment of otoliths of *H. dubius* collected by otter trawling from November 1982 to December 1983, and from November 1985 to September 1986. Vertical bars indicate standard deviations. Values more than 1.0 observed in winter probably contain the increment of outer opaque zone.

*: early formation of opaque edge.

耳石半径と体長との関係 Fig. 5 に 1982 年 11 月から 1983 年 12 月および 1985 年 11 月から 1986 年 9 月までの各期間に採集された標本の標準体長 (SL) と耳石半径 (R) との関係を雌雄別に示した。それぞれの関係は次に示す直線式で表すことができる。

1982 年 11 月～1983 年 12 月

雄: $SL = 41.47R + 27.44$ ($n = 412$; $r^2 = 0.90$)

雌: $SL = 46.99R + 15.22$ ($n = 432$; $r^2 = 0.92$)

1985 年 11 月～1986 年 9 月

雄: $SL = 47.25R + 26.31$ ($n = 160$; $r^2 = 0.79$)

雌: $SL = 55.07R + 4.39$ ($n = 178$; $r^2 = 0.85$)

n : 測定個体数; r^2 : 寄与率

成長 上記の耳石半径と標準体長との関係式および Tables 1 and 2 に示した透明帯外縁の輪紋半径の平均値を用いて輪紋形成時の標準体長を求めた。これらの計

算体長から Walford の定差方程式を導き、次に示す von Bertalanffy の成長式が得られた。

1982 年 11 月～1983 年 12 月

雄: $SL_t = 233.1 [1 - \exp(-0.1630(t + 1.0346))]$

雌: $SL_t = 433.0 [1 - \exp(-0.0624(t + 1.5759))]$

1985 年 11 月～1986 年 9 月

雄: $SL_t = 240.8 [1 - \exp(-0.2522(t + 0.3195))]$

雌: $SL_t = 294.8 [1 - \exp(-0.2147(t - 0.1468))]$

SL_t : t 歳の標準体長 (mm)

これによると、雌雄ともに 1982 年～1983 年の標本に比べて 1985 年～1986 年のものは成長が良くなっていた。また、雌雄を比較すると、4～5 歳までの個体では明瞭な体長差はみられなかったが、それ以上の年齢の個体では雄の成長が遅くなっていた (Fig. 6)。

Table 1. Mean distances from the focus to the outer margin of successive translucent zones of otoliths of *H. dubius* and their standard deviations*

Estimated age	N	Mean distances										
		r^1	r^2	r^3	r^4	r^5	r^6	r^7	r^8	r^9	r^{10}	r^{11}
Male												
I	3	0.86±0.09										
II	52	0.94±0.13 1.73±0.20										
III	98	0.99±0.11 1.71±0.16 2.25±0.20										
IV	11	0.92±0.16 1.83±0.15 2.34±0.23 2.75±0.24										
V	4	0.95±0.12 1.84±0.14 2.38±0.24 2.83±0.23 3.26±0.35										
VI	5	0.95±0.14 1.67±0.15 2.20±0.26 2.62±0.25 2.95±0.31 3.31±0.27										
VII	9	0.91±0.08 1.67±0.13 2.19±0.16 2.57±0.13 2.91±0.17 3.18±0.17 3.50±0.19										
VIII	25	0.89±0.09 1.57±0.22 2.05±0.21 2.47±0.20 2.85±0.20 3.14±0.22 3.41±0.24 3.70±0.26										
IX	69	0.89±0.11 1.55±0.19 2.04±0.21 2.51±0.22 2.87±0.23 3.16±0.27 3.40±0.29 3.63±0.30 3.86±0.32										
X	81	0.87±0.09 1.51±0.17 1.97±0.20 2.44±0.23 2.81±0.25 3.08±0.27 3.33±0.29 3.57±0.31 3.80±0.32 4.02±0.33										
XI	5	0.96±0.13 1.69±0.18 2.25±0.17 2.65±0.20 2.97±0.18 3.31±0.18 3.51±0.20 3.70±0.22 3.89±0.27 4.07±0.27 4.24±0.27										
Mean		0.92±0.12 1.63±0.20 2.12±0.24 2.50±0.23 2.86±0.24 3.13±0.26 3.38±0.28 3.61±0.30 3.83±0.32 4.02±0.33 4.24±0.27										
Female												
I	8	0.94±0.06										
II	57	0.93±0.14 1.75±0.23										
III	111	0.99±0.10 1.69±0.16 2.28±0.21										
IV	8	0.92±0.07 1.80±0.11 2.39±0.16 2.83±0.18										
V	1	0.82 1.52 2.09 2.47 3.01										
VI	3	0.95±0.16 1.70±0.28 2.33±0.26 2.76±0.39 3.15±0.51 3.45±0.60										
VII	8	0.84±0.09 1.54±0.18 2.06±0.23 2.49±0.29 2.85±0.33 3.21±0.37 3.60±0.44										
VIII	14	0.88±0.10 1.61±0.16 2.13±0.18 2.51±0.21 2.82±0.22 3.14±0.25 3.46±0.31 3.85±0.34										
IX	60	0.87±0.10 1.51±0.14 1.99±0.18 2.47±0.18 2.85±0.22 3.14±0.25 3.42±0.29 3.70±0.33 4.07±0.38										
X	110	0.86±0.09 1.48±0.15 1.93±0.18 2.42±0.20 2.81±0.22 3.09±0.25 3.35±0.29 3.63±0.33 3.99±0.38 4.37±0.40										
XI	11	0.92±0.13 1.79±0.59 2.13±0.25 2.54±0.21 2.92±0.23 3.30±0.30 3.61±0.36 3.89±0.38 4.20±0.40 4.53±0.45 4.87±0.49										
Mean		0.91±0.12 1.61±0.22 2.09±0.25 2.47±0.21 2.83±0.24 3.12±0.27 3.40±0.31 3.68±0.34 4.03±0.38 4.38±0.41 4.87±0.49										

* Samples were collected by otter trawling from November 1982 to December 1983.

Table 2. Mean distances from the focus to the outer margin of successive translucent zones of otoliths of *H. dubius* and their standard deviations*

Estimated age	N	Mean distances							
		r^1	r^2	r^3	r^4	r^5	r^6	r^7	r^8
Male									
II	12	0.88±0.11	1.61±0.12						
III	22	0.80±0.08	1.54±0.19	2.18±0.18					
IV	19	0.83±0.12	1.74±0.17	2.40±0.22	2.88±0.22				
V	33	0.90±0.11	1.73±0.11	2.39±0.21	2.90±0.27	3.29±0.26			
VI	28	0.98±0.10	1.70±0.14	2.31±0.17	2.77±0.21	3.12±0.24	3.49±0.27		
Mean		0.89±0.12	1.68±0.16	2.32±0.21	2.85±0.24	3.22±0.26	3.49±0.27		
Female									
I	1	0.95							
II	5	0.89±0.19	1.72±0.13						
III	30	0.89±0.25	1.60±0.18	2.26±0.17					
IV	24	0.82±0.11	1.72±0.16	2.37±0.18	2.91±0.19				
V	42	0.89±0.12	1.72±0.17	2.40±0.20	2.91±0.29	3.39±0.31			
VI	29	0.98±0.10	1.75±0.13	2.37±0.17	2.84±0.23	3.23±0.27	3.71±0.31		
VII	3	0.88±0.10	1.77±0.08	2.42±0.03	2.90±1.43	3.37±0.20	3.81±0.29	4.55±0.28	
VIII	3	0.85±0.10	1.75±0.10	2.32±0.10	2.85±0.09	3.23±0.13	3.52±0.10	3.93±0.10	4.23±0.11
Mean		0.89±0.16	1.70±0.17	2.35±0.19	2.89±0.31	3.32±0.29	3.70±0.29	4.18±0.37	4.23±0.11

* Samples were collected by otter trawling from November 1985 to September 1986.

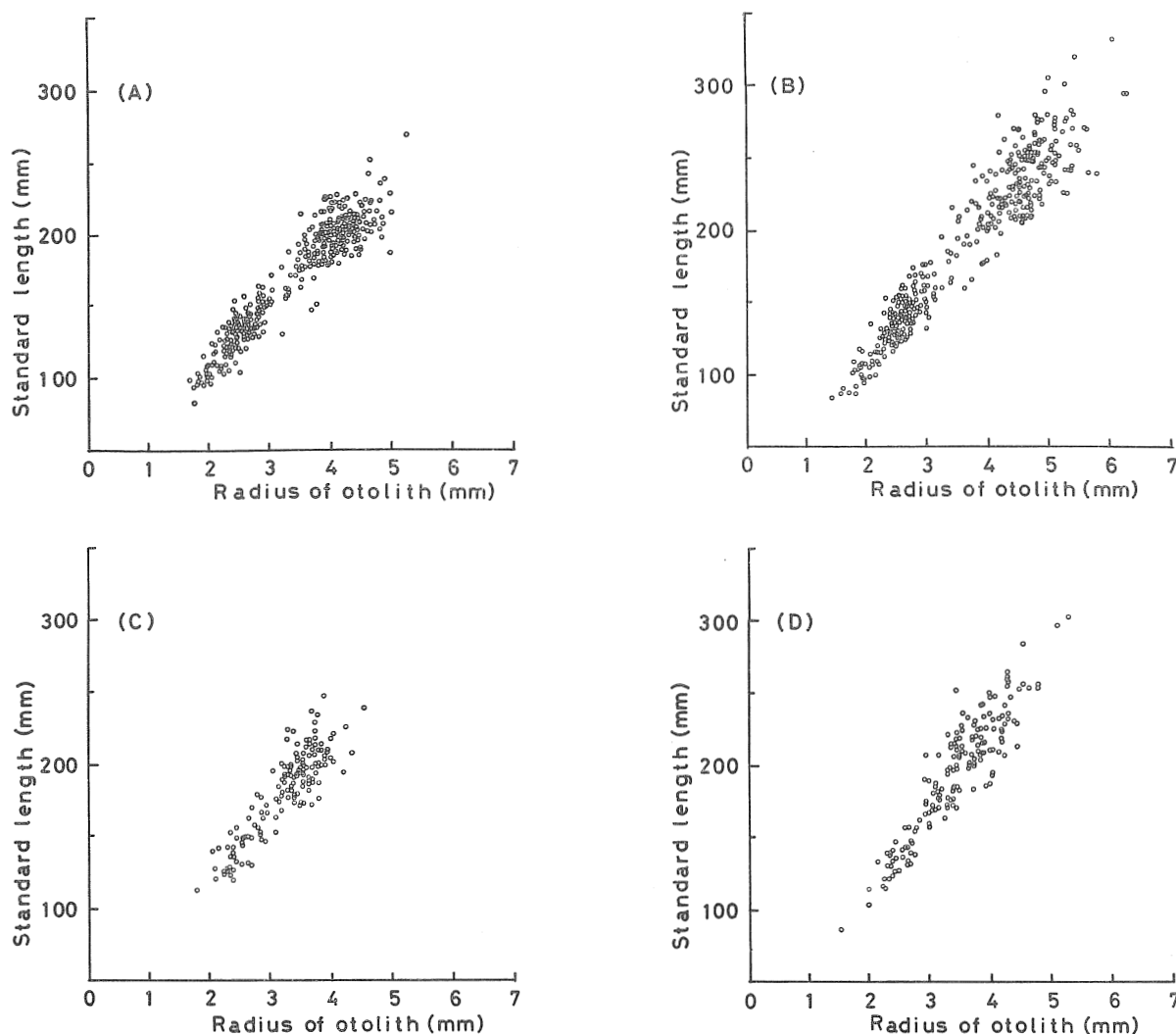


Fig. 5. Relationship between otolith radius and standard length of *H. dubius* collected by otter trawling from November 1982 to December 1983 (A: male; B: female), and from November 1985 to September 1986 (C: male; D: female).

考 察

先に述べたように、これまでアカガレイの年齢に関しては鱗および耳石による解析例がある。^{2,7-9)} このうち、耳石についてはとりわけ高齢魚になると輪紋が不明瞭になるほど問題が残されていた。そこで、噴火湾で各月に採集された本種の耳石標本を観察した結果、透明帯の形成は11月に始まり、5月にはほとんど終了し、その後、11月初旬までは不透明帯が伸長する1年周期の成長様式が確認された (Fig. 3)。このことから、耳石輪紋数は年齢を示しているものと考えられる。この結果に基づいて1982年から1988年までの期間に噴火湾で無作為抽出されたアカガレイ標本の年齢組成を解析してみると (Fig. 7)、年級群豊度は大きく変動しており、1973年、1980年および1983年に卓越年級群の発生がみられる。このような卓越年級群の発生は1950年代にも確認されており、⁹⁾ 当海域に分布するアカガレイ個体群の生物生

産過程の特徴を示すものとして注目される。

Fig. 8に1982年～1983年に採集された1980年級群の標準体長の季節変化を示した。これらは卓越年級群として1982年に2歳で採集された若齢魚であり (Fig. 7)、雌雄ともに7～10月の夏季を除いて安定した成長が認められた。手持ちの資料によるとアカガレイは周年噴火湾を主分布域としているが、夏季には海底付近の水温上昇に伴う移動がみられることから (未発表資料)、この時期に標本の標準体長が減少したのは、採集地点が魚群分布の中心からずれたことによる資料の偏りが原因と考えられるため、今後、この時期の分布・移動についてさらに調査する必要がある。

3歳魚の標準体長 (1980年級群) について雄は132.9 mmで (1983年3月16日)、雌では135.9 mm (1983年3月16日) であり、吉池 (p. 893 脚注) による若狭湾産アカガレイの雄185 mm; 雌196 mmに比べて50～60 mmも小さな値となっていた。この違いは海底水温、

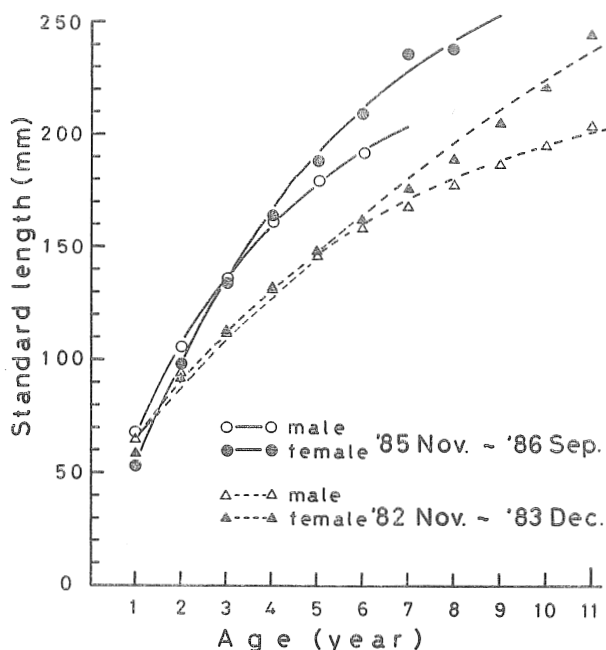


Fig. 6. von Bertalanffy's growth curves for *H. dubius* collected by otter trawling from November 1982 to December 1983, and from November 1985 to September 1986. The plots represent back-calculated standard length.

餌生物環境などの環境要因の地域差が反映されたものであろう。また、同じ噴火湾の個体であっても、1983年級群の3歳魚(1986年2月12日)では雄で121.8 mm ($t_0=12.135$, d.f.=23, $p<0.001$), 雌で120.0 mm ($t_0=12.508$, d.f.=23, $p<0.001$) とともに1980年級群に比べて小さな値となっていた。一般に、魚類の成長は個体群密度が増加するにつれて小さくなると考えられており、アカガレイの近縁種である American plaice *Hippoglossoides platessoides* についてもこのような現象が認められていることから¹⁰⁾ 年級群間にみられたアカガレイの成長の相異は個体群密度と関係があるものと推察される。また、Fig. 6に示した成長式に相異がみられたのもそれぞれ成長の異なった年級群の資料をまとめて用いたために生じた偏りが原因ではないかと思われる。今後は各年級群ごとにその成長を追跡し、個体群密度と生物生産との関係を明らかにしてゆく必要があろう。

文 献

- 1) 横山信一, 前田辰昭, 高橋豊美, 中谷敏邦, 松島寛治: 北大水産彙報, **40**, 8-21 (1989).
- 2) 北海道区水産研究所, 北海道立水産試験場, 北海道区底魚資源研究集団: 北海道区資源調査要報, **14**, 47-50 (1957).

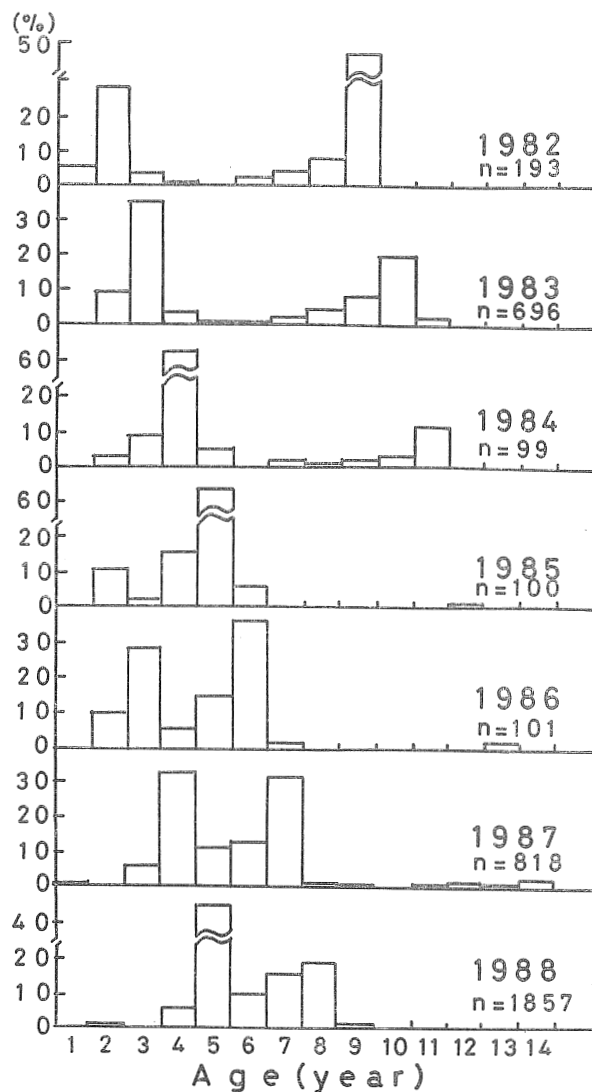


Fig. 7. Annual change in age composition of *H. dubius* from 1982 to 1988. Samples were collected by otter trawling in Funka Bay. n: number of individuals examined.

- 3) 石田力一, 北片正章, 石垣富夫: 北水試研究報告, **7**, 95-105 (1950).
- 4) 石田力一, 北片正章, 石垣富夫: 北水研報告, **3**, 31-42 (1952).
- 5) 石田力一, 北片正章: 北水研報告, **8**, 63-84 (1953).
- 6) 和田克彦: 日水研報告, **22**, 31-43 (1970).
- 7) 渡辺 徹: 日水研報告, **4**, 281-292 (1956).
- 8) П. А. Моисеев: ソ連北洋漁業関係文献集 (小山 譲, 半位四郎, 大槻尚志, 中場 稔, 中山 登, 崎浦治之訳), **22**, 1-270, (1957).
- 9) 林 清: 北水試月報, **20**, 1-15 (1963).
- 10) T. K. Pitt: *J. Fish. Res. Bd. Can.*, **32**, 1383-1398 (1975).

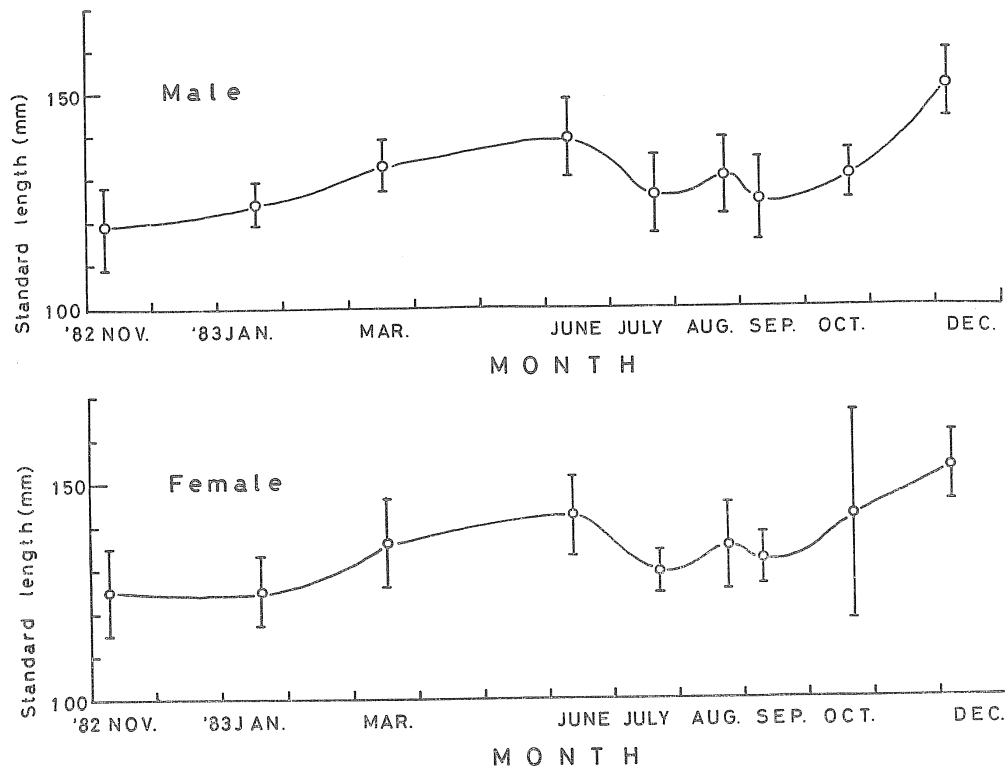


Fig. 8. Monthly change in standard length of 1980 year class *H. dubius* collected by otter trawling from November 1982 to December 1983. Vertical bars indicate standard deviations.