

青森県北部日本海におけるヒラメの年令と成長

小田切譲二・池内 仁・奈良 賢静・小倉大二郎

目 的

これまでにヒラメの年令と成長については、幾つかの報告があり鱗による前川⁽¹⁾、脊椎骨による佐藤⁽²⁾、耳石による篠田⁽³⁾、亀井⁽⁴⁾、山洞⁽⁵⁾、体長組成曲線法による土井⁽⁶⁾、板野⁽⁷⁾、山本⁽⁸⁾等が代表的なものである。これらの報告から、海域による成長の違が明らかにされている。しかし、1才魚の大きさのばらつき、年令形質による方法と体長組成曲線との相違、雌雄による成長の違い、超大型魚には雌が多いなどの理由について十分明らかにされたとは言えない。

種苗放流事業を実施するに当り放流前後の資源状態及び放流効果の把握、放流後の資源管理に年令と成長は重要な知見である。青森県北部日本海における年令と成長を耳石により調べ従来⁽⁹⁾の知見と比較検討したので報告する。

材 料 及 び 方 法

用いた資料は表1に示すように鰺ヶ沢町魚市場、深浦町北金ヶ沢魚市場に水揚げされたものである(耳石採取尾数 765尾)。1才魚の一部は七里長浜沿岸(水深10 m以浅)を桁網曳きした際採集されたものを含んでいる。いずれも本県の北部日本海(権現崎以南~大戸瀬崎以北)で漁獲されたものである。耳石は魚体から摘出した後管瓶中に水と共に保存した。摘出直後のものほど透明帯と不透明帯との区別は容易であったが1週間以上経過したものでは耳石表面上に白濁が見られるようになった。若令魚ほどその変化は早かった。その場合には電動消しゴムか耐水サンドペーパーにより研磨した。耳石の観察は時計皿に水を入れ耳石が隠れる程度水中に浸し、双眼実体顕微鏡を使用しマイクロメーターで測定した。照明装置にはフィルター(昼光色)を使用したほうが輪紋はより鮮明となるようであった。なお、輪紋の観察及び耳石半径、輪半径の計測は、読み取りの個人差をなくするため小田切が担当した。魚体測定の項目は、全長、体長、体重、性別、生殖腺の熟度と重量、胃内容物種類と重量とした。

結 果

1. 耳石の形状と輪紋について

形状は図1に示すように後方が少し膨らんだ楕円形であるが、中央に不透明な核があり成長と共に核を中心に増大し厚みも増す。輪紋の鮮明度は左右差よりも個体差のほうが大きく、左右どちらが有利とは言えなかった。左(有眼側)の耳石の核は中心をズレやや後域にあるので、計測には右(無眼側)の耳石を用いた。輪半径は、核の前域に形成される不透明帯の最外縁を計測した。また、耳石長Rは体軸にそって耳石の核中心から前端までの長さをいう。

表 1. 採集標本の記録

No	採集年月日	採集尾数	雌	雄	全 長 範 囲	漁 法	漁 場
					cm		
1	58. 7. 13	10	8	2	33.8 ~ 36.2	刺 網	鯆ケ沢
2	16	10	8	2	22.9 ~ 29.6	底 建 網	大戸瀬
3	25	23	9	14	22.7 ~ 30.2	刺 網	鯆ケ沢
4	27	12	7	5	29.5 ~ 31.6	"	"
5	11. 29	64	21	43	25.0 ~ 41.2	底 建 網	" (赤石)
6	12. 7	5	4	1	40.9 ~ 48.0	"	大戸瀬
7	22	39	17	22	29.5 ~ 43.8	"	"
8	25	7	1	6	47.8 ~ 74.0	底 曳 網	鯆ケ沢
9	26	33	15	18	25.0 ~ 29.2	底 建 網	"
10	59. 1. 9	2	2	0	60.3 ~ 64.0	"	"
11	13	38	8	30	28.4 ~ 43.6	底 建 網	大戸瀬
12	3. 7	2	2	0	83.7 ~ 87.0	底 曳 網	鯆ケ沢
13	14	16	10	6	45.2 ~ 87.6	"	"
14	18	1	1	0	81.5	"	"
15	20	58	25	33	30.3 ~ 71.5	"	"
16	4. 19	74	43	31	23.0 ~ 91.0	"	"
17	23	35	21	14	29.5 ~ 53.0	"	"
18	5. 31	3	1	2	19.8 ~ 28.6	桁 網	"
19	6. 12	3	2	1	64.0 ~ 79.4	刺 網	"
20	22	2	不 明		12.8 ~ 13.0	桁 網	"
21	7. 11	3	"		14.8 ~ 17.2	"	"
22	22	1	1	0	18.5	三 枚 網	"
23	23	3	0	3	17.1 ~ 21.5	桁 網	"
24	26	2	不 明		18.5 ~ 19.5	"	"
25	8. 9	5	"		19.8 ~ 24.8	"	"
26	12	1	"		23.2	三 枚 網	"
27	9. 22	2	"		23.1 ~ 34.2	桁 網	"
28	10. 9	5	"		11.3 ~ 20.1	"	"
29	11	49	2	1	8.2 ~ 40.4	"	" (雌雄不明46尾)
30	11. 21	18	16	2	40.4 ~ 60.2	定 置	"
31	24	21	11	10	35.1 ~ 51.0	"	"
32	26	3	不 明		17.4 ~ 31.3	桁 網	"
33	30	26	17	9	32.5 ~ 54.8	定 置	"
34	12. 4	16	11	5	42.0 ~ 55.3	"	"
35	7	8	5	3	56.0 ~ 84.5	底 曳 網	"
36	60. 2. 28	8	4	3	17.0 ~ 23.1	"	" (雌雄不明 1 尾)
37	3. 17	4	3	1	72.5 ~ 84.0	"	"
38	19	16	8	8	39.4 ~ 44.7	"	"
39	24	39	27	12	35.0 ~ 64.0	"	"
40	28	5	2	3	17.3 ~ 22.5	"	"
41	29	24	8	16	30.4 ~ 35.3	"	"
42	5. 24	7	4	3	13.1 ~ 18.8	桁 網	"
43	6. 17	24	7	17	12.3 ~ 29.5	"	"
44	19	4	4	0	71.0 ~ 78.0	定 置	"
45	7. 3	14	13	1	45.2 ~ 73.7	"	"
46	26	20	11	9	12.1 ~ 41.5	桁 網	"

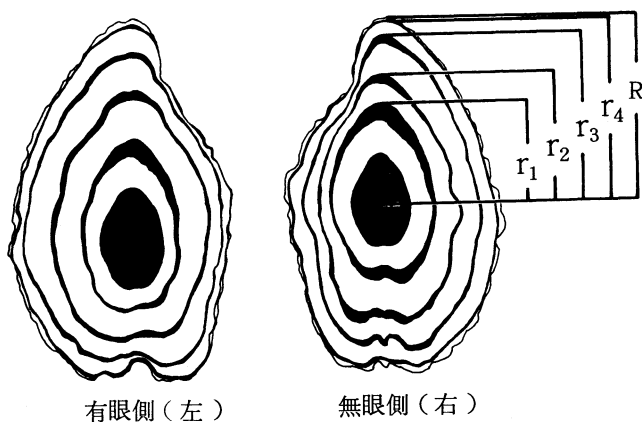


図 1. 耳石の形状及び計測部位

2. 耳石の大きさと全長との関係

図 2 は耳石の大きさと全長との関係を示したものである。用いた資料は輪紋の形成される前の 0 才魚と、輪紋の不鮮明な高令魚を含む 720 尾についてである。図の点のばらつき具合から見ると、全長の増大と耳石の成長とは直線の関係ではなく、高令魚になると耳石の成長は衰えてくるようである。電算機で 2 次、3 次及び指数による回帰を見たところ 2 次曲線に最も良く適合しているから両者の関係は次式によって現される。

$$\text{雌} \quad T L = 0.519 R^2 + 7.714 R + 0.054 \cdots \cdots (1) \quad N = 423^*$$

$$\text{雄} \quad T L = 0.432 R^2 + 7.997 R - 0.062 \cdots \cdots (2) \quad N = 389^*$$

大きな差ではないが、全長に対する見掛上の耳石の成長は雄が雌よりやや良いので、同一全長では雄の耳石が大きい。言い換えれば、同一耳石長では雌の全長が雄より大きい。

3. 各輪紋の平均輪径

輪数を異にする魚体群ごとに各輪径を求めると表 2 に示すようになる。なお、耳石径の相違によって生じた分散を取り除くために $\hat{R}/R$ でもって各標示径を補正した。 $\hat{R}$ は全長と耳石長との関係曲線上の値である。

この表からは輪紋ごとに LEE 又は反 LEE 現象など特別な関係は認められないので、各輪の平均値を用いた。但し、一輪数群は採集漁具の違によって魚体の大きさが異なるので除いて計算を行った。これら輪径の定差図⁽⁹⁾を描くと図 3 を得る。図を見ると、各点はほぼ同一直線上に並ぶことが認められる。そして、この直線の勾配 (雌 0.942 雄 0.877) は年間成長量の比の値である。この値から雌の成長が良いことが解る。

4. 各輪紋形成時の計算体長

各輪紋までの平均輪径が求められたので、次ぎにそれらが形成された時の魚体の大きさを推定する。全長と耳石長との関係は前記の 2 次式で表わされる。表 2 における各 r_i の平均値を R に代入した各 I_i の値を求めて表示したものが表 3 である。表 3 の値によって定差図を描くと図 4 を得る。

* 雌雄不明の 92 尾を含む。

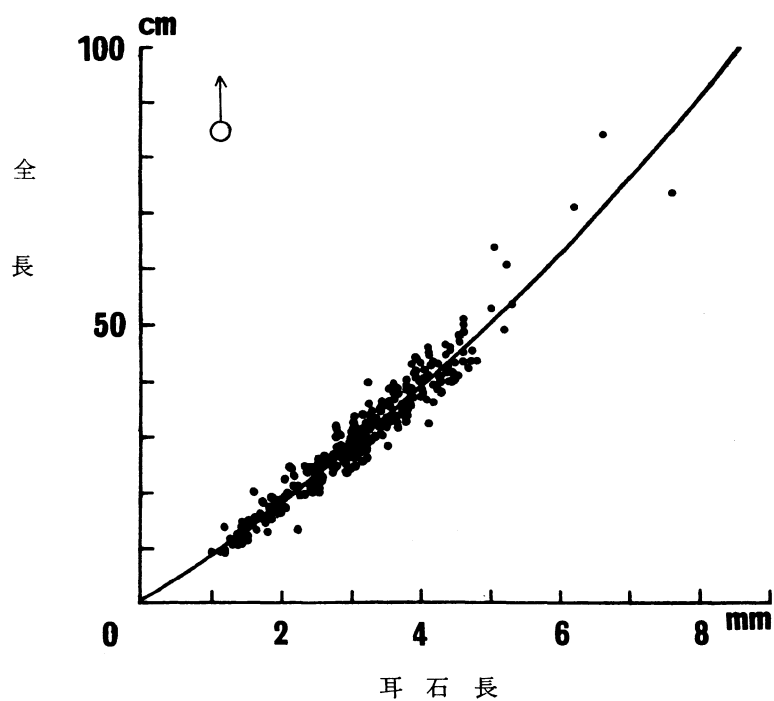
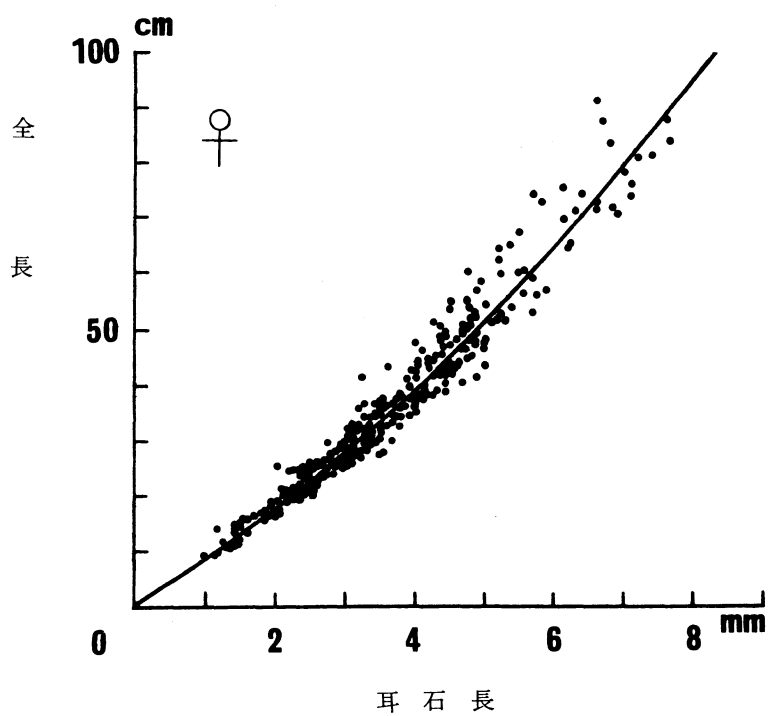


図2. 耳石の大きさと全長との関係

表 2 - 1 計算体長と輪数魚別の平均輪径（雌）

輪数	尾数	r 1	r 2	r 3	r 4	r 5	r 6
1	41	(2.00 ± 0.34)					
2	108	1.98 ± 0.22	2.96 ± 0.27				
3	83	1.98 ± 0.21	2.90 ± 0.26	3.83 ± 0.34			
4	35	2.12 ± 0.26	3.00 ± 0.29	3.76 ± 0.40	4.45 ± 0.39		
5	16	2.00 ± 0.23	2.93 ± 0.44	3.75 ± 0.59	4.49 ± 0.61	5.16 ± 0.58	
6	13	2.16 ± 0.36	3.10 ± 0.59	3.90 ± 0.61	4.65 ± 0.59	5.29 ± 0.62	5.77 ± 0.62
平均	296	2.05	2.98	3.81	4.53	5.23	5.77

表 2 - 2 計算体長と輪数魚別の平均輪径（雄）

輪数	尾数	r 1	r 2	r 3	r 4	r 5	r 6
1	47	(1.79 ± 0.31)					
2	114	1.98 ± 0.26	2.94 ± 0.24				
3	78	1.99 ± 0.24	2.89 ± 0.25	3.74 ± 0.27			
4	24	2.14 ± 0.24	2.96 ± 0.27	3.70 ± 0.24	4.32 ± 0.19		
5	9	2.06 ± 0.22	2.99 ± 0.38	3.66 ± 0.41	4.25 ± 0.31	4.73 ± 0.25	
6	5	2.02 ± 0.19	2.94 ± 0.20	3.66 ± 0.22	4.46 ± 0.27	4.94 ± 0.26	5.29 ± 0.27
平均	277	2.04	2.94	3.69	4.34	4.84	5.29

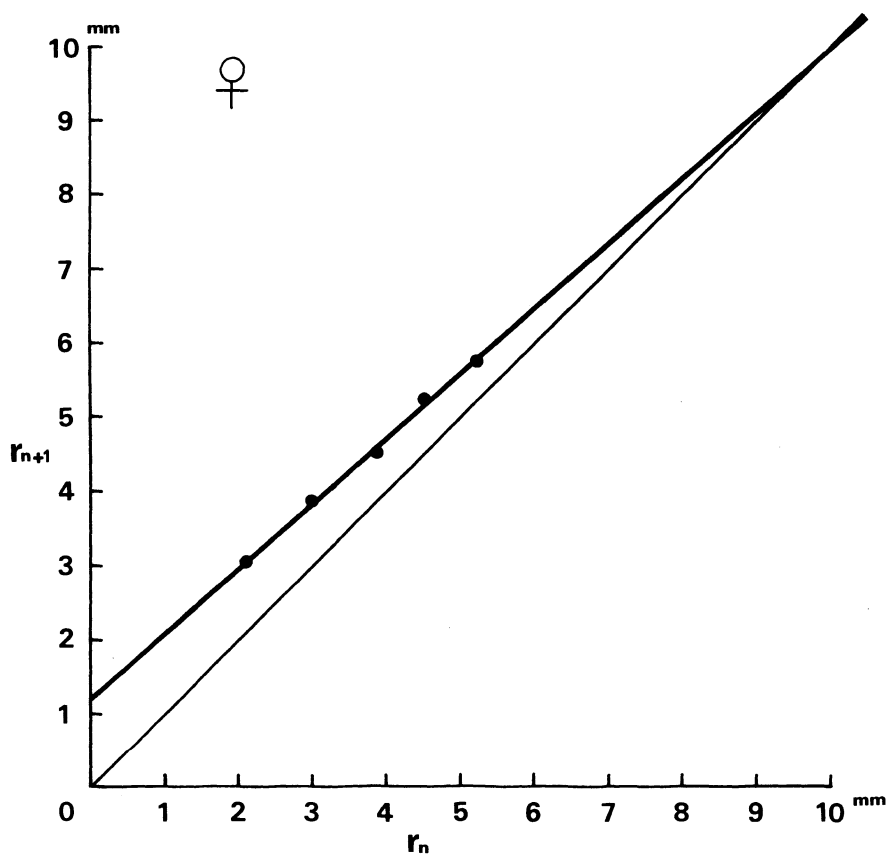
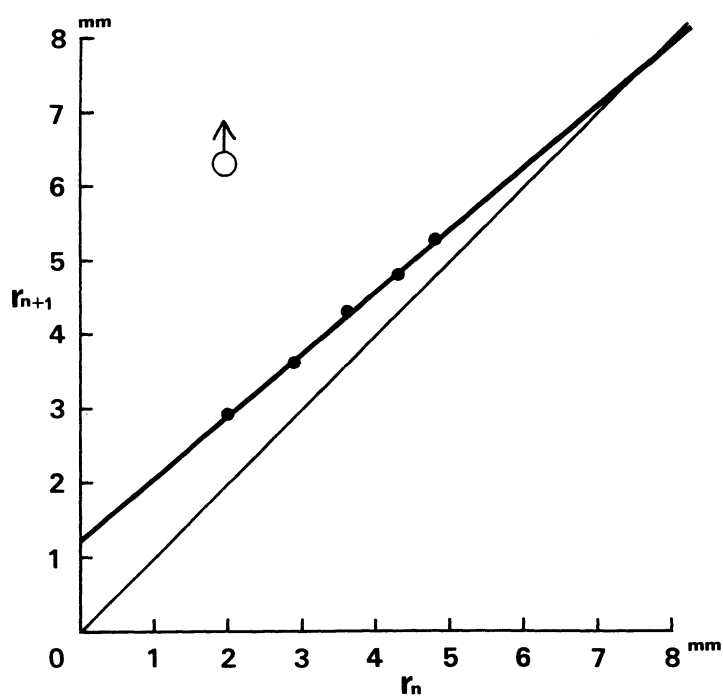


図3. 輪 径 の 定 差 図

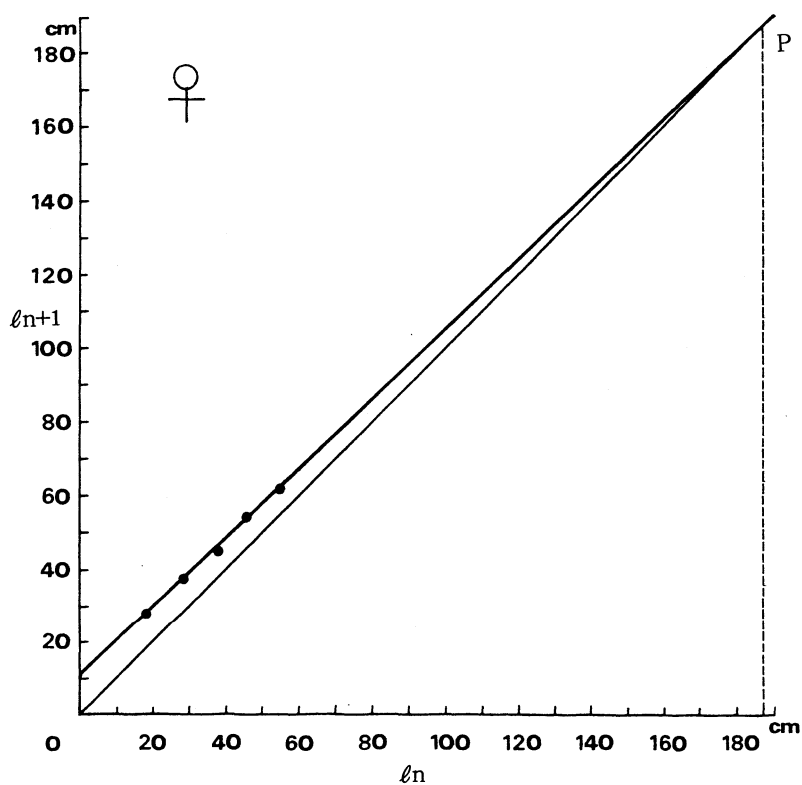
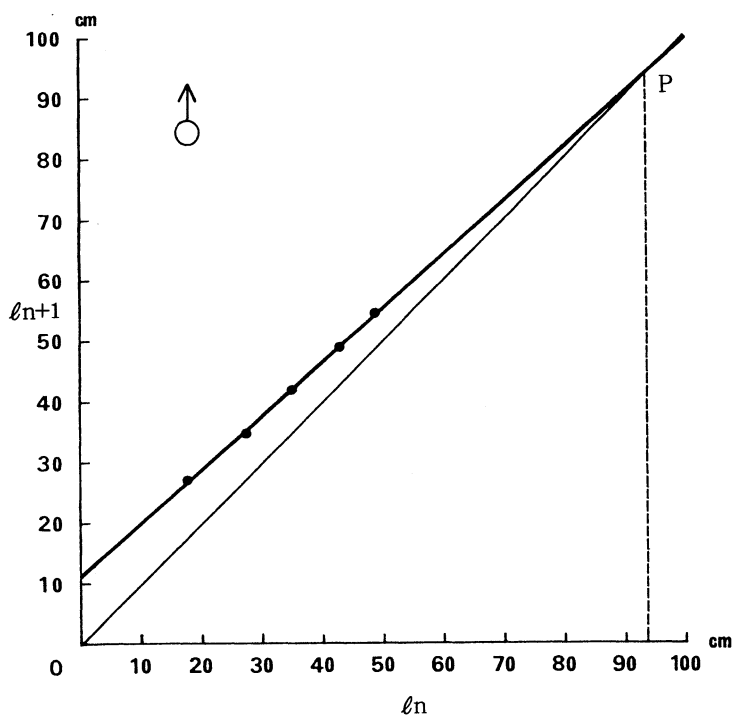


図 4. 輪紋形成時の全長の定差図

表 3. 輪紋形成時の計算体長（全長）

輪 数	r 1	r 2	r 3	r 4	r 5	r 6
雌 (cm)	18.0	27.7	37.0	45.6	54.8	61.8
雄 (cm)	18.0	27.7	35.3	42.8	48.8	54.3

図 4 において各点は輪径におけるそれらと同様にはほぼ一直線上に並ぶ。それら 5 点を通る直線が横軸と 45° の勾配をなす直線に交わる点 P によって与えられる極限全長は雌 187.3 cm 雄 93.6 cm

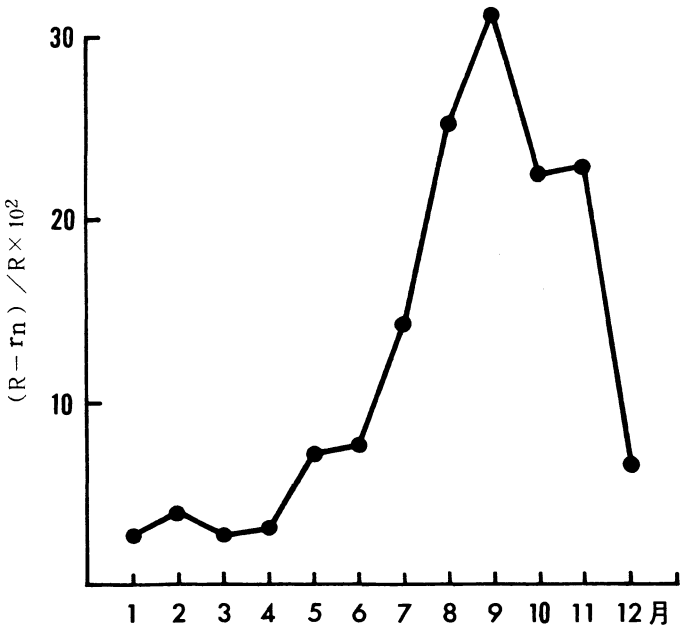


図 5. 縁域指数の季節変化

となる。BERTALANFFYの成長モデルに従ってヒラメが成長すると仮定し、その式におけるパラメータを次ぎのように推定した。定差図から傾き e^{-k} は求められるので K の値は雌 0.0599, 雄 0.1309 となる。また, t_0 は $t_0 = t + 1/k \log \{ 1 - l_t / 1 - l_\infty \}$ ⁽¹⁰⁾ に第 1 輪形成時の全長を代入して求めた。尚, 輪紋の形成時期は図 5 の縁域指数値の時期別推移から 12 ~ 3 月で、盛期は 2 月と推定された。さらに、産卵期は 6 月と推定されているので第 1 輪形成時の年令は 0.67 才となり、これらを代入すると

t_0 が求められる。従って成長式として次式が得られる。

雌 $l_t = 187.3 (1 - e^{-0.0599(t+1.0204)})$ (3)

雄 $l_t = 93.6 (1 - e^{-0.1309(t+0.9645)})$ (4)

5. 満年令時の全長と体重

(3), (4) 式から満年令時におけるそれぞれの全長を推定すると、表 4 が得られる。これによって描かれた平均成長曲線が図 6 である。

雌雄の差は 2 才までは小さいものの、3 ~ 4 才頃から徐々にその差が大きくなるのが解る。一方、全長と体重の関係は次式によって与えられる。

$BW = 3.885 \times 10^{-6} TL^{3.164}$ (5) $N = 680$ $r = 0.848$

満年令時の体重は表 5 に示した。

表4. 年 令 と 全 長

年 令	一 才	二 才	三 才	四 才	五 才	六 才	七 才	八 才	九 才	十 才
雌 (cm)	21.3	31.0	40.1	48.6	56.7	64.3	71.5	78.2	84.5	90.5
雄 (cm)	21.2	30.1	37.9	44.7	50.7	56.0	60.6	64.6	68.2	71.3

表5. 年 令 と 体 重

年 令	一 才	二 才	三 才	四 才	五 才	六 才	七 才	八 才	九 才	十 才
雌 (g)	90	297	669	1,230	2,003	2,982	4,173	5,540	7,079	8,795
雄 (g)	89	270	560	944	1,406	1,926	2,472	3,027	3,593	4,136

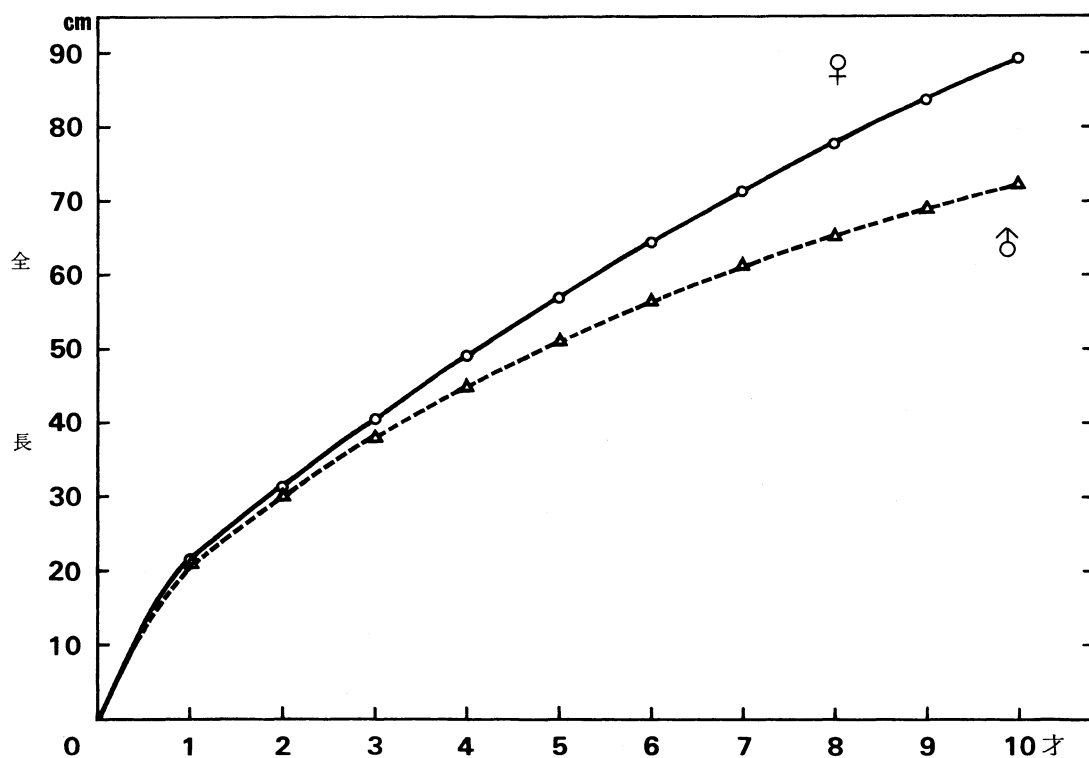


図 6 ヒラメの成長曲線

考 察

1. 輪紋形成時期

耳石に不透明帯が形成される時期は12月下旬～3月でこれまでの報告にあったように、海域による違いは殆ど見られなかった。当海域では、不透明帯が形成される期間の水温は8℃以下になりヒラメの成長が停止する⁽¹⁾期間と一致していた。

2. 全長と耳石との関係

全長範囲を狭くとる場合は別として、広く取る時には直線関係にないことは明らかであると言える。輪径の測定部位をどこにとっても直線よりは曲線に良く当てはまる。直線を当てた篠田⁽³⁾の場合、掲載している図から判断して直線より曲線によく合っていると思われる。直線を用いたために若令魚と高令魚、いずれも全長を過小に算出している。この点を緩和するために変極点を設け2つの直線で対応させたのが亀井⁽⁴⁾である。これによって若干緩和されてはいるが、基本的に解決されたとは言えないだろう。そのため成長式により1才あるいは5才以上の高令魚の全長を算出する際過小となる恐れがある。1才魚の大きさにばらつきが見られるのはこのことが一因していると考えられる。また、高令魚を過小に算出すると、成長式のパラメータを算出する時の係数(e^{-k})が過小になり成長は低く見積られてしまう。極限全長が80.7⁽³⁾, 92.1⁽⁵⁾ cmと小さいのはそのためと考えられる。これまでの報告では128.6 cm⁽⁴⁾が最も大きな極限全長であり、これは全長と耳石との関係に2つの直線を用いてだされたものである。

従来は面倒であった曲線の当てはめも、現在では電算機を使えば容易に各種曲線の当てはめが瞬時にできるので、活用すればこれからは十分威力を発揮するであろう。

3. 雌雄の成長差について

これまで、飼育ヒラメでは雌雄に成長差のあることが報告⁽¹⁴⁾されていたが天然ヒラメでの報告例はなかった。今回の調査によって天然ヒラメに雌雄の成長差があることを初めて明らかにすることができた。雌雄の成長差がこれまで認められなかった理由は測定数(特に高令魚を含む)の多寡が最も効いたと考えられる。更に、雌雄別に全長と耳石長との関係をださなかったことも一因しているであろう。

大型魚に雌が多い⁽¹⁵⁾という事実は、漁業者や市場関係者の間で注目されていた。今回測定したもののでも全長が50 cmを超えると雌の占める割合が極端に多くなっていた(全長50 cm～100 cm, 77尾中雌65尾)。このことは、雌の成長が雄を上回ることによって説明がつく。

体重比で見ると雌/雄は2～3才で110～119%, 4才を超えると130%以上となる。人工的に飼育する時には成長が促進されるので、雌雄の差は短期間に更に顕著になるであろう。ヒラメの養殖は全国的に広がってきているが、雌のみを飼育することができるならば経営上有利になるであろう。

4. 寿命について

これまでに実測した最大のもは雌が全長101.5 cm, 体重16.6 kg雄が84.5 cm, 8.4 kgであったがこれらを成長式(3), (4)に代入するとそれぞれ12才, 16才と推定される。この外に、雌雄は確

認できなかったが全長 107 cm, 16.2 kg, があり雌とすれば13才となる。一方, 下北郡佐井地区で刺網漁業が始まった 54, 55年には年に 2~3 尾18kgを超すもの(一部雌が確認されている)が獲れた。これらを(5)式に代入すると全長は 110 cmを超え, (3)式から雌の14才と推定される。漁獲されているサイズでは最高令が16才であることから, ヒラメの寿命は20才を超えず17~18才前後と推測される。

5. 年令形質によらない成長式の求め方について

Polymodal な度数分布を正規分布へ分解するには曲線のあてはめ⁽¹²⁾によって可能であるが, 最近では電算機を使用⁽¹³⁾することでより容易となった。各モード群が年級群であるならばこれらの方法によって年令毎の平均体長と標準偏差が求められる。但し, 成長に雌雄差がある場合には注意が必要となる。雌雄同数をサンプリングできて, 同一年級群の雌雄差が小さく単一モードの場合にのみ雌雄を込にした平均値が求められる。しかし, 雌雄のモードが別々に現われた時にはそれぞれを一つの年級と読み取る恐れがある。これまでの報告で最も低い成長⁽⁶⁾を示したのがこの例に当てはまると推測される。

終りに, 供試魚特に高令魚の入手に多大な便宜を与えられた見崎商店見崎繁信氏に厚く御礼申し上げます。又, 1才魚の採捕及び耳石採取に協力してくれた調査船青鵬丸の方々, 木村大氏(大畑地方水産業改良普及所主任), 電算機使用に助力してくれた佐藤晋一氏(むつ地方水産業改良普及所技師)に感謝の意を表する。

要 約

昭和58年~60年の間に青森県日本海北部で獲られたヒラメの右耳石(無眼側)を用いて年令と成長を調べた。

1. ヒラメの全長と耳石長(輪半径)との関係は次ぎの2次式で表わされ, 同一耳石長では雌の全長が雄より大きい。

$$\text{雌} \quad TL = 0.519 R^2 + 7.714 R + 0.054$$

$$\text{雄} \quad TL = 0.432 R^2 + 7.997 R - 0.062$$

2. 不透明帯の形成される時期は12~3月で, ヒラメの成長が停止する期間とほぼ一致する。
3. BERTALANFFY の成長式に従ってヒラメが成長すると仮定すると次式が得られる。

$$\text{雌} \quad Lt = 187.3 (1 - e^{-0.0599(t+1.0204)})$$

$$\text{雄} \quad Lt = 93.6 (1 - e^{-0.1309(t+0.9645)})$$

4. 成長式より推定した漁獲魚の最高令は雌14才, 雄16才であることから, ヒラメの寿命は20才を超えず17~18才前後と推定される。
5. 雌雄の全長の差が顕著になるのは3~4才頃からで, 各年令時の全長は次表で表わされる。

年 令	一 才	二 才	三 才	四 才	五 才	六 才	七 才	八 才	九 才	十 才
雌 (cm)	21.3	31.0	40.1	48.6	56.7	64.3	71.5	78.2	84.5	90.5
雄 (cm)	21.2	30.1	37.9	44.7	50.7	56.3	60.6	64.6	68.2	71.3

文 献

- (1) 前川 兼祐・松清 恵一 (1951) 山口県瀬戸内海に於る重要生物の資源学的研究第二報ヒラメ *Paralichthys olivaceus*の年令査定について, 日水誌, 16(12), 179-181.
- (2) 佐藤 裕二(1975) 仙台湾を中心としたヒラメ *Paralichthys olivaceus* の生活史について, 東北水研報告, 35, 15-30.
- (3) 篠田 正俊(1974) ヒラメの年令と成長について, 鳥取水試報告, 15, 80-89.
- (4) 亀井 正法・増沢 寿 (1974) ヒラメ発育段階別分布生態(年令と成長), 昭和48年度太平洋中区栽培漁業資源生態調査報告書, 神奈川水試資料 № 217, 64-67.
- (5) 山洞 仁・樋田 陽治 (1977) 昭和51年度浅海漁場重要資源生態調査報告, 山形水試資料 № 112, 1-45.
- (6) 土井捷三郎(1983) 昭和57年度放流技術開発事業報告書(ヒラメ班, 富山県) 100-106.
- (7) 板野 英彬(1984) 昭和58年度 " (ヒラメ班, 新潟県) 115-123.
- (8) 山本 和稔(1985) 昭和59年度 " (ヒラメ班, 岩手県) 45-51.
- (9) WALFORD, L. A., (1946) A NEW GRAPHIC METHOD OF DESCRIBING THE GROWTH OF ANIMALS. Biol. Bull., 90(2), 141-147.
- (10) 鉄 健司(1974) 成長(個体群の生物学的特性), 海洋学講座 13 資源生物論, 東京大学出版会, 50-64.
- (11) 阪本喜三雄(1978) ヒラメの資源管理と生産, 育てる漁業 № 68, 北海道栽培漁業振興公社, 2-3.
- (12) 田中 昌一(1956) Polymodal な度数分布の一つの取扱方及びそのキダイ体長組成解析への応用, 東海水研報告, 14, 1-12.
- (13) 赤嶺 達郎(1984) Marquardt 法による Polymodal な度数分布を正規分布へ分解する BASIC プログラム 日水研報告, 34, 53-60.
- (14) 中本 幸一・小野山 弘 (1985) 飼育ヒラメにおける雌雄の成長差について, 兵庫水試研報, 23, 57-61
- (15) 小林 啓二(1974) 産卵親魚の分布生態, 鳥取水試報告, 15, 64-76.