

제주산 썸뱅이 (*Sebastes marmoratus*)의 연령과 성장

배희찬 · 정상철
 제주대학교 수산생물학과

Age and Growth of the Marbled Rockfish, *Sebastes marmoratus* from the Coastal Waters of Cheju Island

Hee-Chan BAE and Sang-Chul CHUNG

Department of Marine Biology, Cheju National University, Cheju 690-756, Korea

Age and growth of the marbled rockfish, *Sebastes marmoratus* were studied based on 818 specimens caught from the coastal waters of Cheju Island from July 1992 to July 1993 and from June 1994 to July 1995. According to the monthly changes of marginal increment in each annual ring groups, the ring of otolith was formed in both female and male in February. Relationship between the total body length (TL) and the radius of otolith (R) was estimated. Growth of females was rather slower than that of male in total length; $TL = -0.526 + 4.818R$ ($r = 0.847$) for female, and $TL = -1.895 + 5.239R$ ($r = 0.881$) for male. The growth curve fits well with Bertalanffy equation: $L_t = 21.484 (1 - e^{-0.424(t+0.334)})$ for female and $L_t = 23.698 (1 - e^{-0.441(t+0.0589)})$ for male. Growth in weight as follows: $W_t = 163.42 (1 - e^{-0.424(t+0.334)})^3$ for female and $W_t = 210.14 (1 - e^{-0.441(t+0.0589)})^3$ for male.

Key words: *Sebastes marmoratus*, age, growth, Cheju Island

서 론

썸뱅이 (*Sebastes marmoratus*)는 양볼락과, 썸뱅이 속의 어류로서 우리나라 남해안, 일본, 대만 및 동중국해의 연안 암초 지역에 서식하고, 성어는 주로 새우류, 게류, 조개류, 어류 등 저서 동물을 잡아 먹으며, 연중 어획 가능한 경제성 어종으로 연안 연승어업의 주요 대상종이다 (Chyung, 1977). 제주도에서 양볼락과 어류는 홍감쟁 (*Helecolenus hilgendorfi*)을 비롯하여 23종이 보고되고 있고, 썸뱅이 속에는 붉감쟁 (*Sebastes albofasciatus*), 썸뱅이 (*S. marmoratus*), 붉은 썸뱅이 (*S. tertius*) 3종이 분포한다 (Kim and Lee, 1993).

일반적으로 어류의 연령형질은 비늘, 이석, 척추골, 상후두골 등 경조직에 나타나는 것이 보통이다. 그중 이석은 정보의 입력이 안정되어 있고, 입력정보가 양호하게 보존되어 있어 연령사정의 형질로써 중요시되고 있다 (Mugiya, 1994). 특히, 볼락류의 이석은 잘 발달되어 있고, 대부분의 연령사정도 이석을 이용하여 이루어졌다 (Love and Westphal, 1981; Laidig and Ralston, 1995).

볼락류에 대한 국내 연구로는 볼락 (*Sebastes inermis*) (Kang, 1982), 개볼락 (*Sebastes pachycephalus*) (Choi et al., 1993) 등이 보고되고 있다.

썸뱅이에 대한 연령과 성장 연구로는 일본 각지에서 Mizue (1958), Mio (1961), 카사고放流技術開發研究會 (1975), 有園 等 (1978), Yokogawa et al., (1992), Hayashi et al., (1995)에 의한 보고가 있으며, 국내에서는 비늘을 이용한 Chang and Kim (1991)의 연구가 있다.

이 연구에서는 제주도 북부연안에 서식하는 썸뱅이를 대상으로 이석을 이용하여 연령과 성장에 관하여 조사하였다.

재료 및 방법

1992년 7월~1993년 7월, 1994년 6월~1995년 7월까지 제주도 북부연안에서 연승어업에 의해 어획된 썸뱅이를 월 1~2회씩 30~60마리를 제주시 공동어시장에서 구입하였다. 전장 (TL)과 표준체장 (SL)은 0.1 cm, 체중 (BW), 생식소 (GW), 위내용물중량 (SCW), 간중량 (LW)은 0.01 g까지 측정하였다.

생식소중량지수 (Gonadosomatic index: GSI)는 월별로 통합하여 암·수별로 $GSI = GW \times 10^2 / BW$ 으로, 비만도 (Condition factor: CF)는 $CF = (BW - GW - SCW - LW) \times 10^3 / SL^3$ 의 계산식으로 구하였다.

소낭내 이석은 청수로 세척한 후 불룩한 면을 밑으로 하여 윤문이 뚜렷할 때까지 숫돌에 연마하였다. 연마된 이석은 슬라이드 글라스 위에 연마면한 면이 밀착하도록 캐나다발삼으로 봉입하여 영구표본을 만들었다. 이석은 Black disk 위에 놓고 실체현미경 10배 하에서 관찰하였다. 이석 측정축은 외형으로 가장 불룩하고 길며, 투명대와 불투명대가 선명한 쪽을 축으로 하였다. 이석경 (R)은 촛점에서 바깥둘레까지를, 성장윤문경 (r_n)은 촛점에서 각 불투명대가 끝나는 n번째 윤문까지의 거리를 현미경 계측장치 (K. K. Kogaku)로 0.01 mm 단위까지 측정하였다 (Fig. 1).

윤문형성시기와 연간형성회수를 확인하기 위하여 이석 연변성장의 월 변화는 2개년간의 이석측정값을 월별로 통합하여 연변성장률 (Marginal increments, $MI = (R - r_n) / (r_n - r_{n-1})$)로서 분석하였다.

고연령어의 저연령어의 전장과 체중을 알기 위해 이석의 중심부에서 각 윤문까지의 평균거리를 측정하고, 이석반경과 전장간의 회귀관계를 구하였다. 이 회귀관계식에 평균 윤경을 대입하여 각 윤문형성시의 평균전장을 측정하였다. 각 윤문형성시의 평균체

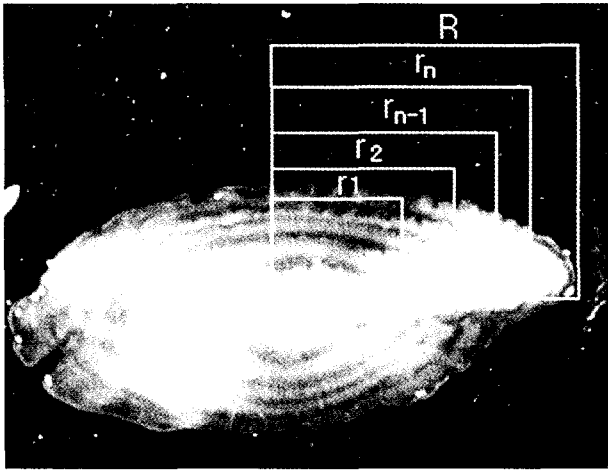


Fig. 1. A method for measuring the annual ring radius of otolith.

중은 전장과 체중간에서 얻은 상대성장식에 계산전장을 대입하여 추정했다. 이러한 추정치에서 Bertalanffy 성장식을 구하여 썸뱅이의 전장과 체중에 대한 성장을 검토하였다. Bertalanffy 성장식의 정수인 성장계수와 극한체장은 Walford의 정착도를 이용하여 추정하였으며, 이 극한체장을 전장과 체중간의 상대성장식에 대입하여 극한체중을 추정하였다.

결 과

1. 윤문형성의 대응성

추출한 이석표본 818개에서 연령사정이 가능한 개체는 암컷 223개, 수컷 186개로 총 409개였다.

연령사정의 적합성여부를 확인하기 위한 윤문군별로 이석경과 윤문경과의 관계를 나타내었다 (Fig. 2). 각 윤문군별로 이석반경이 크면 각각 대응하는 윤문경이 커서 일정한 간격을 두고 양의 상관관을 가지는 회귀직선으로 표시되어 이석경 (R)과 윤문경 (r_n) 사이에는 대응성이 인정되었다.

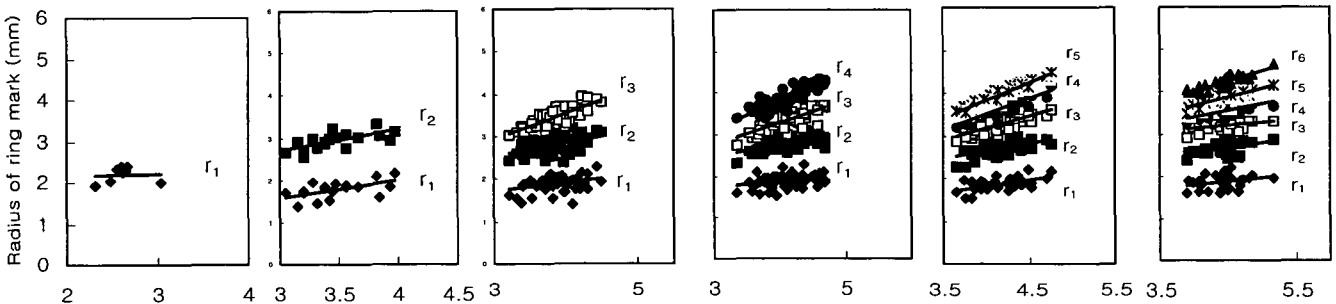


Fig. 2. Relationship between the radius of otolith (mm) and ring (r_n) of *Sebastes marmoratus*.

2. 윤문 형성시기의 추정

윤문의 형성시기 및 주기성은 연변부 성장률로써 추정하였다. 연령사정된 이석은 불투명대의 성장이 끝나는 부분을 기준으로 조사기간동안 연변부 성장률을 월별로 통합하여 그림으로 나타내었다 (Fig. 3). 암·수 모두 8월에 0.843, 0.791로 최고값을 나타낸후 감소하기 시작하여 2월에 0.325, 0.434로 최저값을 보였다.

이와같이 암·수 모두 여름철에 불투명대가 형성되고, 겨울철에 투명대가 형성되었으며, 윤문형성시기는 2월을 중심으로 년 1회 형성되는 것으로 추정하였다.

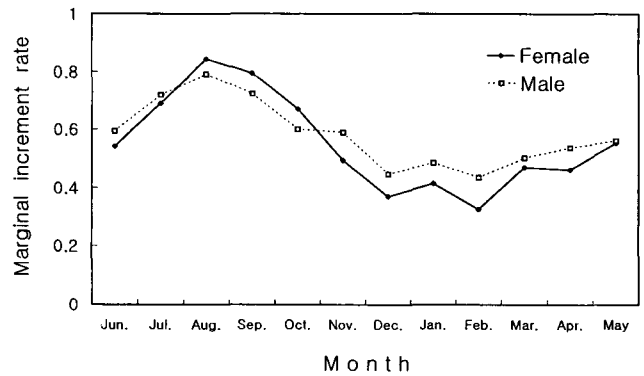


Fig. 3. Monthly changes of the marginal increment rate of otolith of *Sebastes marmoratus*.

3. 생식소중량지수와 비만도의 월 변동

생식소중량지수와 비만도의 월 변동을 통하여 연변부 성장률과의 연관성을 추정하였다. 생식소중량지수에 있어 암컷은 주 성숙 및 산출시기인 10월부터 2월까지 높게 나타났으나, 연변부 성장률은 반대로 낮게 나타나 뚜렷한 역의 상관관을 보였다. 수컷의 생식 주기는 연변성장률과 비슷한 변동을 나타내었다 (Fig. 4).

비만도 변동은 암컷의 경우 6월이후 상승하여 9월에 최고치를 나타낸 후 점차 감소하여 3, 4월에 낮게 나타났으나, 수컷의 연간 월 변동폭은 암컷보다 크지 않았다 (Fig. 5). 비만도의 증가가 이루어지는 시기에 연변부 성장률이 좋았음을 알 수 있었다.

4. 전장과 이석경과의 관계

조사된 전체 표본중 암컷 223개체, 수컷 186개체에 대하여 연급군별로 전장의 평균치와 표준편차를 구하였다. 아직 1세어 이하에서는 생식소 미발달로 암 수 구별이 불가능하여 전체평균치를 나타내었다 (Table 1).

전장과 이석경과의 관계는 Fig. 6과 같이 직선회귀의 관계를 가지며 암·수별 관계식은 다음과 같다.

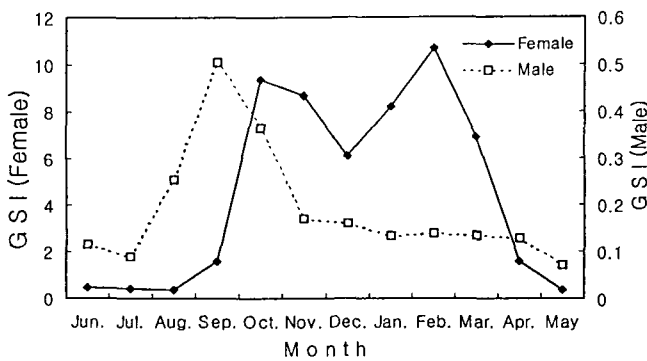


Fig. 4. Monthly gonadosomatic index of *Sebastiscus marmoratus*.

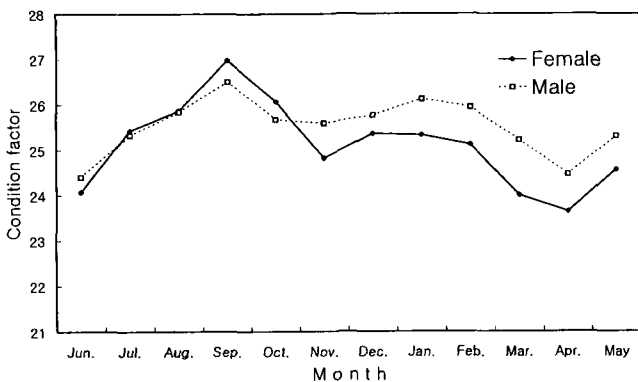


Fig. 5. Monthly fluctuation of condition factor of *Sebastiscus marmoratus*.

Table 1. Mean total length of *Sebastiscus marmoratus* in each group of otolith annulus

Annulus group	Female		Male	
	Number of samples	Mean ± SD*	Number of samples	Mean ± SD*
1**	9	11.10 ± 1.07	9	11.10 ± 1.07
2	18	16.14 ± 3.69	36	18.34 ± 1.96
3	54	18.47 ± 2.53	129	19.57 ± 2.07
4	61	18.95 ± 1.77	30	21.38 ± 2.94
5	36	19.63 ± 1.94	31	22.81 ± 3.07
6	30	20.98 ± 2.67	9	22.40 ± 2.71
7	9	21.07 ± 2.55		

* Mean total length ± standard deviation.

** Sex unidentified.

Female : $TL = -0.526 + 4.818R$ ($r = 0.847$)

Male : $TL = -1.895 + 5.239R$ ($r = 0.881$)

5. 윤문형성시의 계산체장

각 윤문군별 평균 윤문경을 암·수별로 측정된 결과 Lee 현상이 나타나 동일연급의 윤문경으로 회귀직선식을 구하고, 이들 직선식과 이에 각각 대응하는 윤문의 종축과의 교점을 Lee 현상을 보정한 윤문 형성시의 이론적인 윤문경의 추정치로 구하였다 (Table 2).

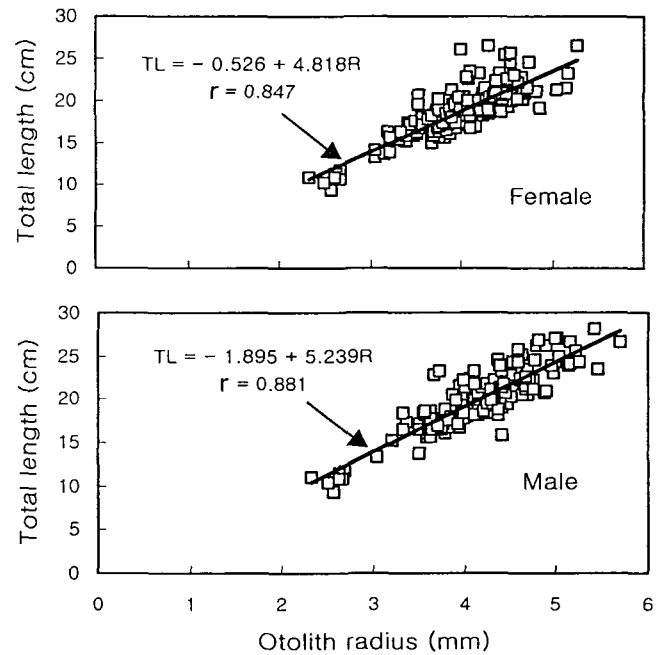


Fig. 6. Relationship between otolith radius and total body length of *Sebastiscus marmoratus*.

Table 2. Mean value at ring radius in each ring group of *Sebastiscus marmoratus*

Sex	Ring group	No. of Samples	Ring radius (mm)						
			r ₁	r ₂	r ₃	r ₄	r ₅	r ₆	r ₇
Female	1	9	2.21						
	2	18	1.93	3.01					
	3	54	1.85	2.84	3.56				
	4	61	1.97	2.85	3.39	3.83			
	5	36	1.96	2.84	3.33	3.70	4.04		
	6	30	1.91	2.78	3.26	3.63	3.93	4.26	
	7	10	1.92	2.81	3.23	3.59	3.87	4.13	4.40
	Mean		2.05	2.94	3.51	3.81	4.03	4.26	4.40
Male	1	9	2.21						
	2	36	1.90	3.20					
	3	69	1.82	2.89	3.66				
	4	30	1.87	2.90	3.56	4.11			
	5	31	1.86	2.89	3.53	3.97	4.41		
	6	9	1.86	2.82	3.38	3.79	4.12	4.58	
	Mean		2.05	3.09	3.66	4.11	4.41	4.58	

윤문형성시의 계산체장은 체장과 이석경과의 관계를 나타낸 (1), (2)식에 Table 2에서 제시한 각 윤문경의 추정치를 대입하여 구하였다 (Table 3).

6. 성장식의 추정

1) 체장의 성장

연륜별 윤문형성시의 계산체장 (Table 3)을 이용하여 L_n 과 L_{n+1} 의 관계를 Walford의 정차도로 나타내었으며 (Fig. 7) 그 관계식은 다음과 같다.

Female : $L_{n+1} = 7.425 + 0.654L_n$ ($r^2 = 0.993$) (4)

Male : $L_{n+1} = 8.444 + 0.644L_n$ ($r^2 = 0.995$) (5)

정차도에서 이론적인 최대체장 (L_∞)은 암·수 각각 21.484 cm, 23.698 cm 이었으며, 성장계수 (κ)는 암·수 각각 0.424, 0.441이었던다.

$\log_e(L_\infty - L_t) = (\log_e L_\infty + \kappa t_0) - \kappa t$ 에서 구한 t_0 값은 암·수 각각 -0.334, -0.0589이었다. 따라서, 체장에 관한 Bertalanffy의 성장식에 적용시킨 결과는 다음과 같다.

Female (cm) : $L_t = 21.484 (1 - e^{-0.424(t+0.334)})$ (6)

Table 3. Back-calculated total body length (cm) at the time of ring formation in *Sebastiscus marmoratus*

Sex	r ₁	r ₂	r ₃	r ₄	r ₅	r ₆	r ₇
Female	9.35	13.65	16.40	17.81	18.90	20.00	20.68
Male	8.85	14.30	17.30	19.64	21.21	22.10	

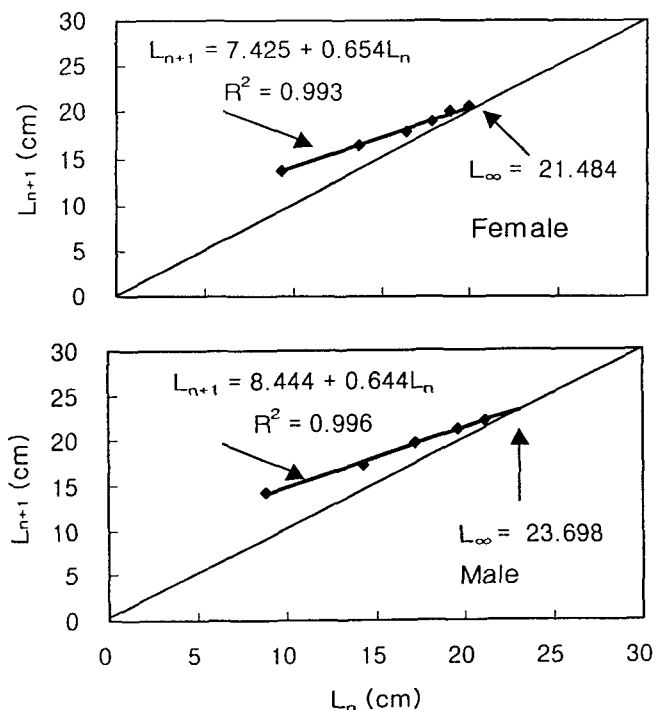


Fig. 7. Walford's growth transformation based on the calculated total length.

Male (cm) : $L_t = 23.698 (1 - e^{-0.441(t+0.0589)})$ (7)

각 연령별 체장은 만 1세에서 7세까지는 암컷에서 각각 9.28 cm, 13.50 cm, 16.26 cm, 18.06 cm, 19.25 cm, 20.02 cm, 20.53 cm 이었고, 수컷은 6세까지 8.84 cm, 14.14 cm, 17.55 cm, 19.74 cm, 21.15 cm, 22.06 cm 이었다 (Fig. 8).

2) 체중의 성장

암·수별로 체장과 체중과의 관계를 나타내었고 (Fig. 9), 그 관계식은 다음과 같다.

Female : $W = 0.01648 TL^3$ ($r^2 = 0.951$) (8)

Male : $W = 0.01579 TL^3$ ($r^2 = 0.970$) (9)

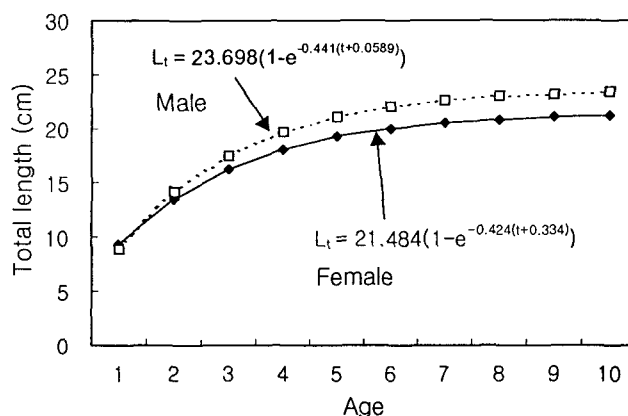


Fig. 8. Theoretical von Bertalanffy growth curves in length of *Sebastiscus marmoratus*.

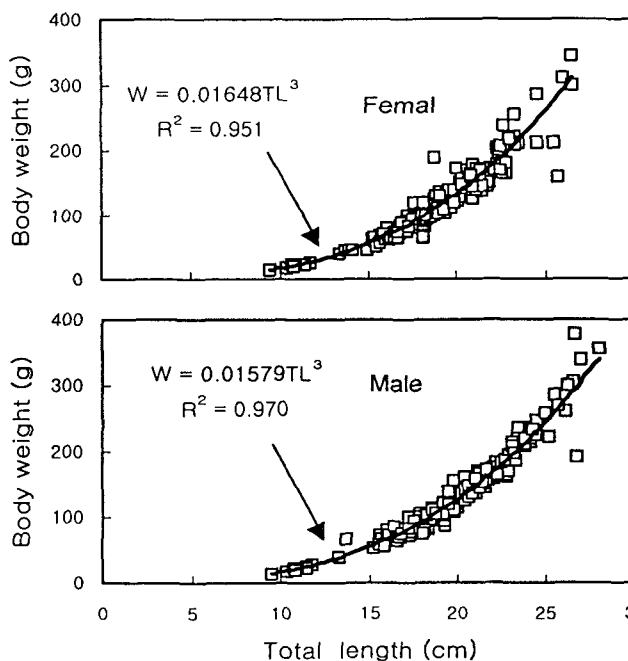


Fig. 9. Relationship between total length and body weight of *Sebastiscus marmoratus*.

최대체장 (W_{∞})은 앞에서 검출된 최대체장 (L_{∞})값을 (8), (9)에 대입하여 구하였다. 따라서, Bertalanffy의 체중에 관한 성장식은 다음과 같으며,

$$\text{Female (g)} : W_t = 163.42 (1 - e^{-0.424(t+0.334)})^3 \dots\dots\dots (10)$$

$$\text{Male (g)} : W_t = 210.14 (1 - e^{-0.441(t+0.0589)})^3 \dots\dots\dots (11)$$

각 연령별 체중은 만 1세에서 7세까지는 이론적 체중은 암컷에서 각각 13.17 g, 40.53 g, 70.82 g, 97.14 g, 117.48 g, 132.22 g, 142.51 g이었고, 수컷은 6세까지 10.91 g, 44.64 g, 85.32 g, 121.48 g, 149.43 g, 169.51 g이었다 (Fig. 10).

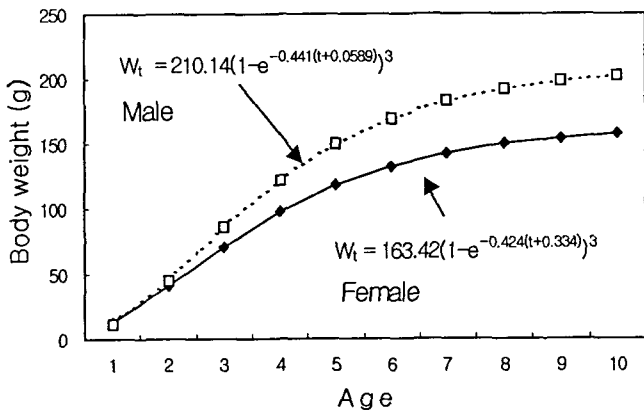


Fig. 10. Theoretical von Bertalanffy growth curves in weight of *Sebastiscus marmoratus*.

고찰

대부분 어류들에 있어 이석과 비늘은 연령사정형질로 많이 이용되어 왔으며, 특히 볼락류에서는 이석이 잘 발달되어 있어 연령사정의 형질로서 적합하다. 이석을 이용한 연령사정 방법에는 절단 (Hayashi et al, 1995), 굽거나, 연마 (鄭, 1981; Kim, 1985), 동위원소 사용 (West and Gauldie, 1994) 등의 방법이 사용되어 왔으며, 최근에는 전자현미경의 발달로 초기자어의 일련형성시기와 출생분포 (Penney and Evans, 1985; Laidig et al, 1991), 이석의 생성과 발달에 관한 연구 (Woodbury and Ralston, 1991; Mugiya, 1994)가 보고되고 있다.

비늘을 이용한 Chang and Kim (1991)의 연구에서는 윤문형성 시기를 연변부 성장률이 낮은 시기를 기준으로 암·수 각각 1~2월, 9~10월로 성숙시기와 일치한다고 하였다. 그러나, 이 연구에서 암컷은 주 성숙시기가 (Fig. 4) 겹치면서 12~2월에 연변부 성장률이 가장 낮게 나타났으나, 수컷은 9~10월의 주 방정시기와 연변부 성장을 최저시기 2월과는 차이를 보였다. 이는 수컷의 정소는 암컷의 1/20정도로 매우 작고 체내수정으로 암컷에 비해 많은 생식에너지를 소비하기보다는 겨울철 수온저하와 먹이부족 등에 의한 비만도 저하 (Fig. 5) 등 생활환경요인이 더 크게 작용한 것으로 사료된다.

제주지역 솜뱅이 성장에 대해 비늘을 이용한 Chang and Kim (1991)은 성장계수 (κ)는 암·수 각각 0.462, 0.398로 전장 11~16 cm, 전장 13~19 cm였으며, 이석을 사용한 이 연구에서는 성장계수 (κ)가 더 높아 암·수 각각 0.424, 0.441로 암컷의 경우 1세 9 cm에서 7세 20 cm, 수컷은 1세 8 cm에서 6세 22 cm로 실측치 평균크기와 (Table 1) 비슷하였고, 일본 Ehime 지역과 (カサゴ放流技術開發研究會, 1975) 유사한 성장을 보였다. 또한 암컷의 최대 성장은 21.48 cm로, 수컷은 23.69 cm로 암·수의 성장 차이가 명확하게 나타났다.

솜뱅이 암·수의 성장차이는 지금까지의 연구에서도 예외 없이 암컷이 성장이 떨어지는 것으로 나타났다 (Mizue, 1958; Mio, 1961; 有園 等, 1978; Yokogawa et al., 1992). 이러한 암·수 성장차이는 다른 종의 (Choi et al., 1993; Kim, 1985) 연구에서도 보고되고 있으나, 솜뱅이처럼 암·수의 성장차이가 명확한 종은 드물어 솜뱅이종 특성의 하나로 보고되고 있다 (Yokogawa et al., 1992). 이 연구에서 22 cm 이상 고체급 성비는 암컷의 점유율이 크게 떨어지는 경향을 보였다.

솜뱅이는 또한 지역별 성장차이도 큰 것으로 나타나 Nagasaki나 Miyazaki의 것에서는 전장이 30cm가 넘는 것이 있으나, Oita와 Kagawa의 것에는 최대크기가 20cm를 초월하는 것이 드문 것으로 조사되었다 (Yokogawa et al., 1992). 이러한 지역별 성장차이는 수온이나 이료생물 등의 환경요인에 기인되는지, 또는 솜뱅이와 유사종인 붉은 솜뱅이 (Barsukov and Chan, 1978) 혼획에 의한 원인 때문인지 아직 명확하지는 않다. 그러나 이 연구에서는 붉은 솜뱅이의 혼획 가능성은 최대한 배제하도록 노력하였다.

요약

1992년 7월~1993년 7월 그리고 1994년 6월~1995년 7월까지 제주도 연안에서 어획된 솜뱅이 818개체를 표본 추출하여 연령과 성장을 조사하였다.

1. 연별성장율을 검토한 결과 이석의 불투명대를 기준으로 얻은 암·수 모두 2월경에 형성되는 것으로 추정되었다.
2. 체장 (TL)과 이석경 (R)과의 관계에서 암컷의 체장 성장이 수컷보다 낮은 것으로 나타났다.

$$\text{Female : TL} = -0.526 + 4.818R (r = 0.847)$$

$$\text{Male : TL} = -1.895 + 5.239R (r = 0.881)$$

3. Bertalanffy의 체장에 관한 성장식에 적용시킨 결과

$$\text{Female (cm)} : L_t = 21.484 (1 - e^{-0.424(t+0.334)})$$

$$\text{Male (cm)} : L_t = 23.698 (1 - e^{-0.441(t+0.0589)})$$

로 나타났으며, 체중에 관한 성장식은 다음과 같다.

$$\text{Female (g)} : W_t = 163.42 (1 - e^{-0.424(t+0.334)})^3$$

$$\text{Male (g)} : W_t = 210.14 (1 - e^{-0.441(t+0.0589)})^3$$

참 고 문 헌

- Barsukov, V.V. and L. Chen, 1978. Review of the subgenus *Sebastiscus* (*Sebastes*, Scorpaenidae) with a description of a new species, J. Ichthyol., 18 (2), 179~193.
- Chang, D.S. and D.G. Kim. 1991. Age and growth of *Sebastiscus marmoratus* (Cuvier et Valenciennes). Bull. Nat'l Fish. Res. Dev. Agency, Korea, 45, 63~70 (in Korean).
- Choi, S.H., J.P. Hong., Y.J. Park and G.T. Sung. 1993. Growth, spawning, and feeding ecology of jacobever, *Sebastes pachycephalus* in the east sea of Korea. Bull. Nat'l Fish. Res. Dev. Agency, Korea, 48, 39~56 (in Korean).
- Chyung, M.K. 1977. The Fishes of Korea. Iijisa, Seoul, Korea, pp. 498~511 (in Korean).
- Hayashi, A., K. Dotsu and M. Ohta. 1995. Reliability of surface reading methods to count otolith opaque zones on aging in marbled rockfish, *Sebastiscus marmoratus* compared with the cutaway reading method. Nippon Suisan Gakkaishi, 61 (1), 1~5 (in Japanese).
- Kang, Y.J. 1982. Studies on the structure and production processes of biotic communities in the coastal shallow waters of Korea. 1. Age and growth of *Sebastes inermis* from namhae island, Korea. Pub. Inst. Mar. Sci., Nat'l Fish. Univ. Busan, 14, 51~58 (in Korean).
- Kim, D.H. 1985. On the age and growth of the red tile fish, *Branchiostegus japonicus japonicus* (Houttutyn) in the adjacent waters of Cheju Island. M.S. thesis, Cheju Nat'l. Univ., pp. 1~30 (in Korean).
- Kim, I.S. and W.O. Lee. 1993. Taxonomic revision of the Scorpionfishes (Pisces: Scorpaenidae) with four new records from Korea. Korea J. Zool., 36, 452~475 (in Korean).
- Laidig, T.E., S. Ralston and J.R. Bence. 1991. Dynamics of growth in the early life history. Fish. Bull., 89, 611~621.
- Laidig T.E. and S. Ralston. 1995. The potential use of otolith characters in identifying larval rockfish (*Sebastes* spp.). Fish. Bull., 93, 166~171.
- Love, M.S. and W. Westphal. 1981. Growth, reproduction, and food habits of olive rockfish, *Sebastes serranoides*, off central California. Fish. Bull., 79 (3), 533~545.
- Mio, S. 1961. Studies on population biology of coastal fishes in Kyushu II. Biology of *Sebastiscus marmoratus* (Cuvier et Valenciennes). Fish. Labor., Fac. Agri., Kyushu Univ., 18 (4), 437~449 (in Japanese).
- Mizue, K. 1958. Studies on scorpaenous fish *Sebastiscus marmoratus* Cuvier et Valenciennes - III, On the annulus of otolith and the growth. Bull. Fac. Fish. Nagasaki Univ., 7, 1~9 (in Japanese).
- Mugiya, Y. 1994. Studies on otolith reading in fish. Nippon Suisan Gakkaishi, 60 (1), 7~11 (in Japanese).
- Pearson, D.E., J.E. Hightower and T.H. Chan Jacqueline. 1991. Age, growth, and potential yield of shortbelly rockfish, *Sebastes jordani*. Fish. Bull., 89, 403~409.
- Penney, R.W. and G.T. Evans. 1985. Growth histories of larval redfish (*Sebastes* spp.) on an offshore Atlantic fishing bank determined by otolith increment analysis. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 42, 1452~1464.
- West, I.F. and R.W. Gauldie. 1994. Determination of fish age using ^{210}Pb : ^{226}Ra disequilibrium methods. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 51, 2333~2340.
- Woodbury, D. and S. Ralston. 1991. Interannual variation in growth rates and back-calculated birthdate distributions of pelagic juvenile rockfishes (*Sebastes* spp.) off the central California coast. Fish. Bull., 523~533.
- Yokogawa, K., M. Iguchi and K. Yamaga. 1992. Age, growth and condition factor of marbled rockfish, *Sebastiscus marmoratus* in southern coastal waters of the Harima Sea. Suisanzoshoku, 40 (2), 227~234 (in Japanese).
- 有園眞琴・松浦季喜・大内俊彦・道中和彦. 1978. カサゴの放流技術開発に関する研究. 山口外海水試研報., 16, 32~52.
- 鄭相喆. 1981. 메르루사 (*Merluccius hubbsi*)의 성장과 성숙에 관한 연구. 東京大學校 博士學位論文. pp 19~24.
- カサゴ放流技術開発研究會. 1975. カサゴ放流技術開發調査研究報告. 瀬戸内海栽培漁業協會編, 114 pp.

1999년 2월 24일 접수

1999년 6월 30일 수리