

범가자미, *Verasper variegatus*의 연령과 성장

전복순 · 박병하* · 전임기* · 강용주

부경대학교 해양생물학과 · *국립수산진흥원 증식부

1992년 12월부터 1993년 12월까지 매월 1회씩 남해안에서 어획된 범가자미를 대상으로 연령과 성장을 조사하였다. 연령사정은 이석으로 하였으며, 윤문은 투명대에서 불투명대로 이행하는 경계로 하였다. 윤문은 2월부터 3월 사이에 연 1회 형성되었다.

이석경(R)에 대한 전장(TL)의 관계를 보면 암컷은 $TL = 18.0329R - 11.6879$, 수컷은 $TL = 15.1458R - 5.6902$ 였다. 전장(TL)에 대한 체중(BW)의 관계는 암컷은 $BW = 0.0065TL^{3.2042}$, 수컷은 $BW = 0.0146TL^{2.9620}$ 이었다. 연령(t)에 대한 체장(Lt)의 Von Bertalanffy 성장식은 암컷은 $L_t = 71.0783(1 - e^{-0.3036(t - 0.1173)})$, 수컷은 $L_t = 57.4414(1 - e^{-0.2991(t + 0.1590)})$ 이었다. 채집된 표본 중 암컷은 6세, 수컷은 4세까지 있었지만 대부분 3세 이하였다.

서 론

범가자미, *Verasper variegatus*는 가자미목 붕넙치과 범가자미속에 속하는 어류로서 우리나라 서남부 및 일본 중부 이남 연해에 분포하고 있다(鄭, 1977). 같은 속에 속하는 노랑가자미, *Verasper moseri*와 형태는 대단히 유사하지만, 등지느러미, 배지느러미 및 꼬리지느러미에 범가자미는 둥근 검은 점이, 노랑가자미는 암색의 수직대를 가지고 있는 것으로 쉽게 구별할 수 있으며, 체형은 난형에 가깝다. 이 종은 연안의 사니질에 서식하며 먹이로는 주로 갑각류를 섭취한다(內田, 1933).

이 종에 대한 연구로는 난발생 및 부화자어(田北等, 1967; 水戸, 1963), 변태기 전후의 형태 및 생태(內田, 1933), 종묘생산(聿崎, 1992) 등에 관한 보고가 있을 뿐이다.

현재 국내의 해산어 양식은 넙치 등 단지 일부 품종에 국한되어 있으므로 새로운 품종의 개발이 요구되고 있다. 이에 본 종은 전장 60cm, 체중 5.0kg 까지 이르는 체형을 가지는 가자미목 어류중에서

대형종에 속하며, 고급어종으로 선호도가 높은 어종이므로 새로운 양식대상종으로 적합하다고 판단된다. 따라서 본 연구는 양식종으로의 개발에 앞서 범가자미의 생태적 특성을 파악하기 위하여 자연상태에서의 성장 및 연령을 조사한 것이다.

재료 및 방법

이 연구에 사용된 표본은 1992년 12월부터 1993년 12월까지 매월 1회씩 남해안에서 소형 기선저인망에 의해 어획된 것을 여수 활어위판장에서 구입하였다(Fig. 1).

구입된 어체는 활어 상태로 국립수산진흥원으로 옮겨와 측정하였다. 측정시 전장은 digital vernier caliper로 0.1mm까지, 체중은 전자저울로 0.1g까지 측정하였다. 또한 연령사정을 위해서 이석을 채취하였다. 이석은 眼渦候緣의 中央候下部骨을 절개하여 좌우 한쌍을 꺼내어 0.4~0.5%의 KOH 용액에 1~2일 담갔다가 사포에 갈아서 박판을 만들어 실온에서 건조시킨 후 슬라이드글라스에 놓고 Canada

* 이 연구는 한국 과학기술처 특정연구개발사업의 연구비 지원에 의해 수행하였음.

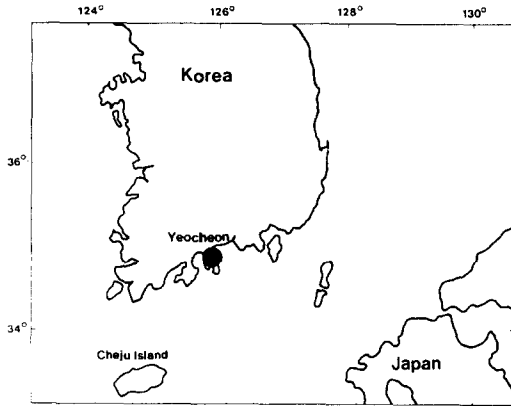


Fig. 1. A map showing the sampling site.

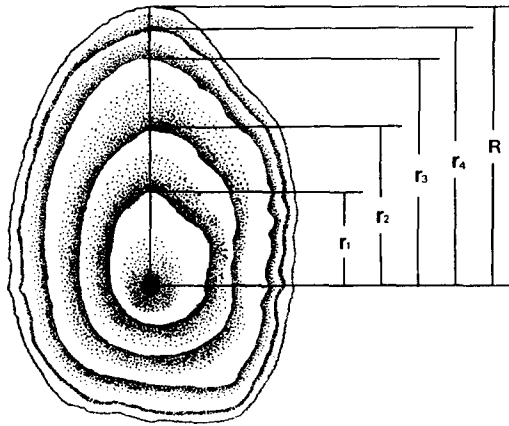


Fig. 2. Schematic diagram and measurement of otolith radii of *Verasper variegatus*.

balsam으로 봉하여 영구표본으로 만들었다.

이석에는 투명대와 불투명대가 교대로 나타나는 데, 투명대에서 불투명대로 이행하는 경계가 불투명대에서 투명대로 이행하는 경계보다 명확하였다. 따라서 투명대에서 불투명대로 이행하는 경계를 윤문으로 간주하였다. 이석 중심부의 촛점에서 연변까지 최장축을 측정 기준선으로 설정하여 이석경과 각 윤문까지의 거리(윤경)를 측정하였다(Fig. 2).

윤문의 형성시기와 연간 형성 횟수를 알기 위해 연변부 성장지수(Marginal Index : MI)의 월별변화를 추정하였다. 연변부 성장지수는 다음의 식을 사용하였으며, 여기서 R은 이석경, r_n 은 이석의 중심부에서 n번째 윤문까지의 거리이다.

$$MI = \frac{R - r_n}{r_n - r_{n-1}}$$

윤경이 측정된 표본으로부터 암수별 평균윤경을 구하고 윤문형성시의 전장을 역계산하는데 이석경과 전장간의 직선 회귀관계를 적용하였으며, 전장과 체중간의 상대성장에 대해 포물선식을 구하고 이 식에 역계산 전장을 대입하여 윤문형성시의 체중을 추정하였다.

성장식은 Walford 정차도법(Gulland, 1969)을 사용하여 역계산 전장으로부터 연속하는 연령군의 전장관계를 회귀직선에 의해 극한체장 및 성장 파라메타를 추정하여 Von Bertalanffy 성장식을 구하였다.

산란기는 생식선 속도지수(Gonadosomatic Index : GSI)의 월별변화를 통해 추정하였다. 생식선 속도지수는 다음의 식을 사용하였으며, 여기서 GW는 생식소 중량, W는 체중이다.

$$GSI = \frac{GW}{W} \times 10^3$$

결 과

1. 연 령

범가자미의 이석은 타원형으로 투명대와 불투명대가 교대로 나타나며, 좌우의 이석이 윤문 형성 위치 및 모양이 다르므로 윤문형성이 비교적 균일하고, 고연령어에서도 윤문이 잘 나타나는 우측(눈이 있는 쪽)의 이석만을 사용하였다(Fig. 3).

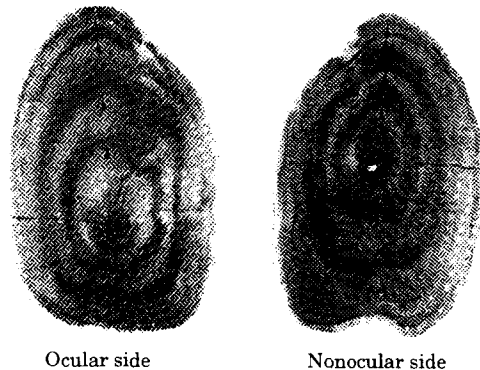


Fig. 3. Thin sectioned otolith of *Verasper variegatus*. Triangle arrows represent the annuli.

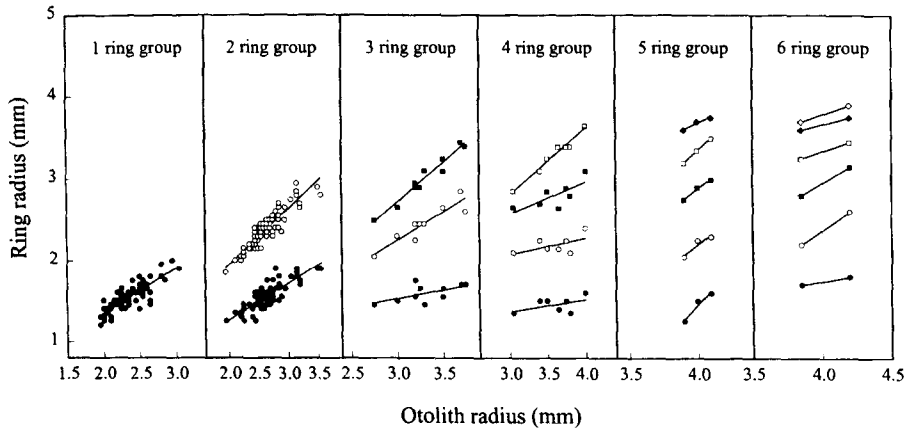


Fig. 4. Relationship between otolith radius and ring radius of *Verasper variegatus*.

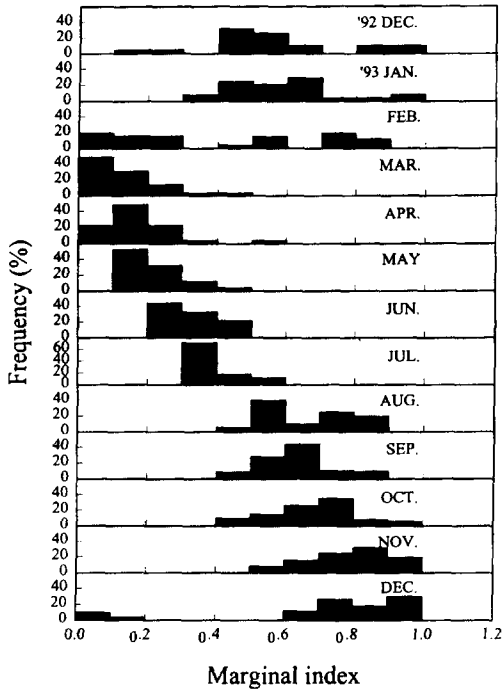


Fig. 5. Monthly change of marginal index of *Verasper variegatus*.

이석에 나타나는 윤문이 연륜으로 적합한지, 윤문판독의 정확성을 검토하기 위하여 연륜별 이석경에 대한 윤경간의 관계를 구하였다(Fig. 4). 그 결과 2륜군 이상에서 각 윤경은 인접한 윤경과 서로 명확히 구분되어지며, 또 같은 수의 윤문을 가지는 경우에도 이석경이 큼에 따라 윤경 역시 크게

나타났다.

윤문이 형성되는 시기 및 1년에 형성되는 횟수를 알기 위해 연변부 성장지수(MI)의 월별변화를 나타내었다(Fig. 5). 1992년 12월 부터 1993년 2월 까지 낮은 값부터 높은 값까지 전체적으로 나타나고 있으며, 3월부터는 모든 개체들이 0.1~0.5의 낮은 값을 나타낸다. 그 이후 부터는 연변부 성장지수가 점점 증가하여 11월에 가장 높은 수준에 이르며 12월부터 다시 낮은 값을 가지는 개체들이 나타나고 있다. 이것은 개체 혹은 연령에 따라 윤문형성이 일찍 이루어지는 경우도 있으나 대부분의 개체는 2월에서 3월 사이에 윤문형성이 완료된다고 볼 수 있다. 따라서 범가자미 이석의 윤문은 2~3월에 연 1회 형성됨을 알 수 있다. 이상의 결과로 이석에 나타나는 윤문을 연륜으로 하였다.

이석에 나타나는 윤문을 연륜으로 판독하고 각 연륜별로 평균 윤경을 구하였다(Table 1). 암컷은 $r_1=1.58\text{mm}$, $r_2=2.39\text{mm}$, $r_3=2.96\text{mm}$, $r_4=3.30\text{mm}$, $r_5=3.70\text{mm}$, $r_6=3.94\text{mm}$ 였고, 수컷은 $r_1=1.50\text{mm}$, $r_2=2.23\text{mm}$, $r_3=2.70\text{mm}$, $r_4=3.14\text{mm}$ 였다. 범가자미의 이석에서 관찰된 최고 연륜수는 암컷이 6개, 수컷이 4개였다.

2. 성 장

암컷과 수컷에 대한 이석경(R)과 전장(TL)간의 관계를 상대성장식으로 나타내면, 암컷은 $TL=18.0329R - 11.6879$, 수컷은 $TL=15.1458R -$

Table 1. Mean ring radii of the otoliths of spotted halibut *Verasper variegatus*

• Female

Ring group	No. of sample	Total length (cm)	Ring radius (mm)							
			R	r ₁	r ₂	r ₃	r ₄	r ₅	r ₆	
1	73	29.00	2.24	1.56						
2	63	37.34	2.72	1.55	2.45					
3	7	52.39	3.41	1.56	2.53	3.07				
4	5	57.10	3.69	1.57	2.33	2.90	3.36			
5	3	64.43	4.00	1.60	2.32	2.93	3.35	3.70		
6	2	64.95	4.03	1.61	2.30	2.96	3.20	3.69	3.94	
			Mean	1.58	2.39	2.96	3.30	3.70	3.94	

• Male

Ring group	No. of sample	Total length (cm)	Ring radius (mm)							
			R	r ₁	r ₂	r ₃	r ₄	r ₅	r ₆	
1	70	26.43	2.10	1.51						
2	28	33.20	2.51	1.49	2.24					
3	3	43.07	3.08	1.48	2.33	2.75				
4	3	43.40	3.35	1.53	2.13	2.65	3.14			
			Mean	1.50	2.23	2.70	3.14			

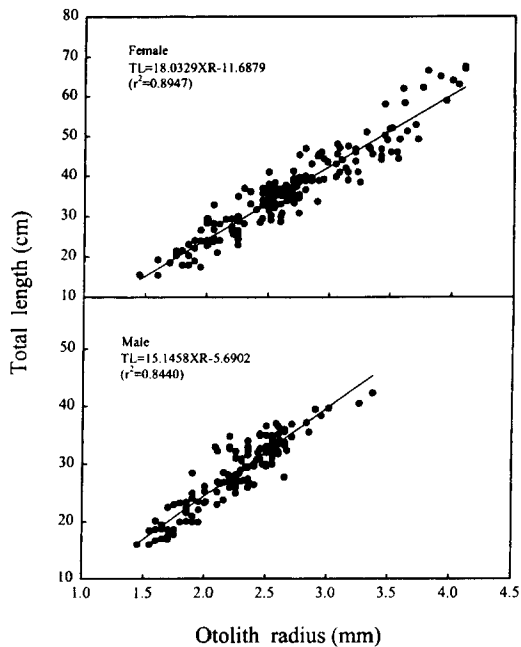


Fig. 6. Relationship between otolith radius and total length of female and male of *Verasper variegatus*.

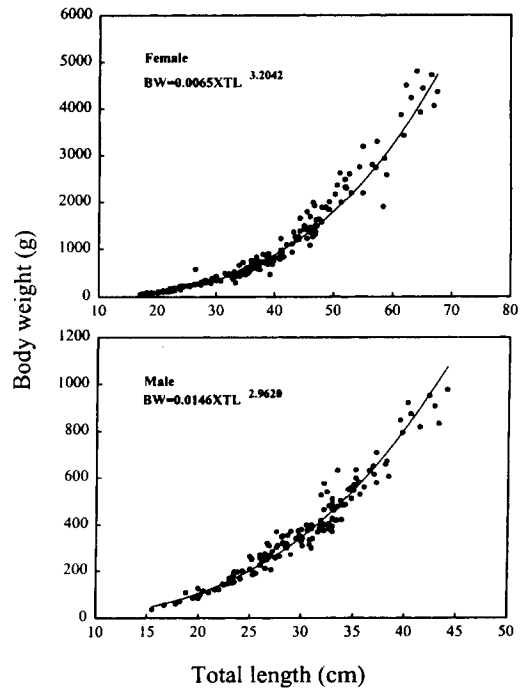


Fig. 7. Relationship between total length and body weight by sex of *Verasper variegatus*.

5.6902이었다(Fig. 6).

암컷과 수컷의 전장(TL)과 체중(BW)간의 관계

는 암컷은 $BW=0.0065TL^{3.2042}$, 수컷은 $BW=0.0146TL^{2.9620}$ 으로 나타났다(Fig. 7).

Table 2. Back - calculated total length from the otolith ring of spotted halibut, *Verasper variegatus*. TL* : mean empirical length ; TL : back - calculated length from otolith radius**

• Female									
Ring group	No. of sample	TL*	TL**	l ₁	l ₂	l ₃	l ₄	l ₅	l ₆
1	73	29.00	28.71	16.44					
2	63	37.34	37.36	16.26	32.49				
3	7	52.39	49.80	16.44	33.94	43.67			
4	5	57.10	54.05	16.62	30.33	40.61	48.90		
5	3	64.43	60.44	17.16	30.15	41.15	48.72	55.03	
6	2	64.95	60.98	17.35	29.79	41.16	46.02	54.85	59.36
			Mean	16.71	31.34	41.64	47.88	54.94	59.36
• Male									
Ring group	No. of sample	TL*	TL**	l ₁	l ₂	l ₃	l ₄	l ₅	l ₆
1	70	26.43	26.15	17.18					
2	28	33.20	32.33	16.88	28.24				
3	3	43.07	40.91	16.73	29.60	35.96			
4	3	43.40	45.05	17.48	26.57	34.45	41.07		
			Mean	17.07	28.14	35.20	41.07		

Table 3. Back - calculated body weight from back - calculated total length of spotted halibut, *Verasper variegatus*.

• Female								
Ring group	No. of sample	BW	W ₁	W ₂	W ₃	W ₄	W ₅	W ₆
1	73	305.17	51.19					
2	63	710.03	49.41	453.92				
3	7	1783.59	51.19	521.71	1170.81			
4	5	2430.37	53.01	363.98	927.28	1682.18		
5	3	3316.79	58.34	357.09	967.45	1662.38	2456.06	
6	2	3412.86	60.74	343.58	967.45	1384.36	2430.37	3130.28
		Mean	53.98	408.05	1008.25	1576.31	2443.21	3130.28
• Male								
Ring group	No. of sample	BW	W ₁	W ₂	W ₃	W ₄	W ₅	W ₆
1	70	228.39	66.11					
2	28	429.46	62.72	287.77				
3	3	865.42	61.07	330.86	588.73			
4	3	1147.02	69.62	240.36	518.32	923.50		
		Mean	64.88	286.33	553.53	923.50		

이로부터 윤문형성시의 전장과 체중을 구하였다(Table 2, 3).

생식소 속도지수의 월별 변화(Fig. 8)에 의하면 범가자미의 산란기는 1~2월이었다. 그리고 윤문형성시기가 2~3월이므로 산란된 후 첫 윤문이 형

성되기까지 소요되는 시간은 13개월 즉 1.08년이 었다.

따라서 윤문형성시 전장의 평균치는 암컷의 경우 $l_{1.08}=16.71$, $l_{2.08}=31.34$, $l_{3.08}=41.64$, $l_{4.08}=47.88$, $l_{5.08}=54.94$, $l_{6.08}=59.36$ 였고, 수컷은 $l_{1.08}=17.07$,

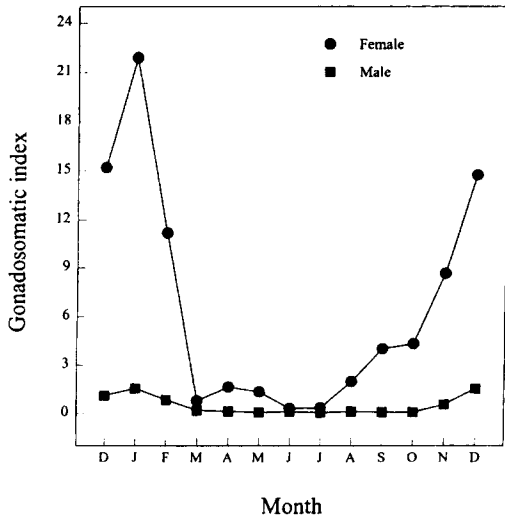


Fig. 8. Monthly changes of gonadosomatic index of *Verasper variegatus*.

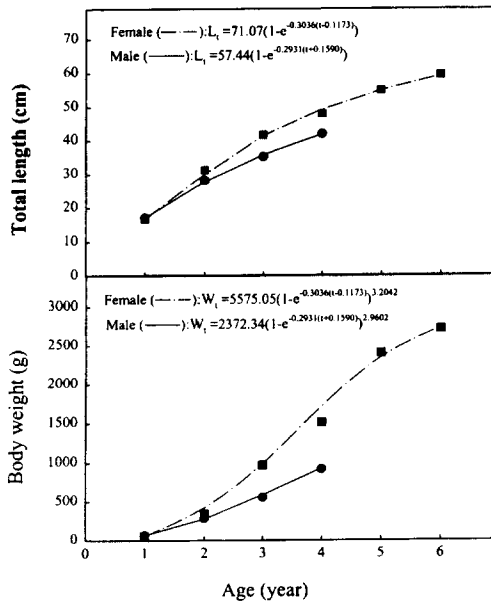


Fig. 9. Theoretical von Bertalanffy growth curves in length and weight of *Verasper variegatus*.

$l_{2.08} = 28.14$, $l_{3.08} = 35.20$, $l_{4.08} = 41.07$ 이었다. 이때 체중의 평균치는 암컷은 $w_{1.08} = 53.98$, $w_{2.08} = 408.05$, $w_{3.08} = 1008.25$, $w_{4.08} = 1576.31$, $w_{5.08} = 2443.22$, $w_{6.08} = 3130.28$, 수컷은 $w_{1.08} = 64.88$, $w_{2.08} = 286.33$, $w_{3.08} = 553.53$, $w_{4.08} = 923.50$ 이었다.

연령과 평균역계산 전장과의 관계를 von Bertalanffy 성장식에 적용시켜 연령 - 전장의 성장식을 구하면, 암컷은 $L_t = 71.0783 \times (1 - e^{-0.3036(t - 0.1173)})$, 수컷은 $L_t = 57.4414 \times (1 - e^{-0.2931(t + 0.1590)})$ 이었다(Fig 9).

암수의 추정극한 체장값(암컷 : 71.07cm, 수컷 : 57.44cm)은 실제 관찰된 최대 체장값(암컷 : 67.5cm, 수컷 : 44.0cm)과 거의 부합되고, 추정성장계수 k값은 암컷이 0.3036 yr^{-1} , 수컷이 0.2931 yr^{-1} 으로 암컷이 수컷보다 약간 높았으며, 암수 다 같이 대체로 성장이 빠른 것으로 보인다.

연령과 평균체중과의 관계를 von Bertalanffy 성장식으로 나타내면, 암컷은 $W_t = 5575.05 \times (1 - e^{-0.3036(t - 0.1173)})^{3.2042}$, 수컷은 $W_t = 2372.34 \times (1 - e^{-0.2931(t + 0.1590)})^{2.9620}$ 이었다(Fig. 9).

암컷의 연령별 이론 계산체중값은 53.89g(1세), 388.23g(2세), 990.65g(3세), 1716.40g(4세), 2442.21g(5세), 3096.88g(6세)이다. 수컷은 65.21g(1세), 276.54g(2세), 585.55g(3세), 3096.88g(4세)였다.

고 찰

수산생물은 체장에 대해 상대적인 비율로 성장한 경질부위에 다양한 연령형질을 가지고 있는데, 어류에서는 비늘, 이석, 척추골, 새개골 등이 연령형질로 유용하게 사용된다(김, 1977). 범가자미에서 연륜으로 확인할 수 있었던 형질은 비늘, 이석, 추체였다. 그러나 비늘은 채표로부터 탈락하여 재생린과 위류이 많아 운문판독이 비교적 부정확하였으며, 추체는 표본처리 과정에 소요되는 시간이 많은 반면, 이석은 표본처리가 용이하며, 운문이 명확하여 이석을 연령형질로 사용하였다.

범가자미의 이석에 나타나는 운문의 형태는 일반적으로 온대산 어류에서 볼 수 있는 투명대와 불투명대의 연속(Bagenal and Tesch, 1978)으로 나타나고 있었다. 또한 범가자미의 이석은 일반어류에 비해서 좌우 이석의 모양 및 운문형성 위치가 달랐다. 이러한 현상은 체형이 특이한 가자미류에서 이석의 운문형성 위치가 다르게 나타나(최 등, 1986), 본 연구에서는 운문형성이 균일한 눈이 있는 쪽의 이석만을 이용하였다.

범가자미의 연령별 성장은 1세때는 수컷이 암컷

에 비해 전장과 체중 모두 성장이 약간 빨랐으나 2세 이후 부터는 암컷이 빠르기 시작하여 고연령어가 되면 암수간에 성장차가 컸으며, 또한 수컷은 4세, 암컷은 6세까지 나타나는 것으로 보아 수명도 암컷이 수컷에 비해 긴 것으로 추정된다. 이러한 현상은 시간의 경과에 따른 성장과정이 생물 자체의 내부조건과 생물체가 처해있는 환경요인에 의해 좌우된다(Pinka and Parker, 1975). 또한 암수 성장의 차이는 성숙연령의 차이와 관계가 있는 듯하며, 빠르게 성숙하는 성은 대개가 소형이다(김, 1993). 따라서 범가자미는 암컷이 수컷보다 더 유리한 성장조건을 가지고 있다고 생각된다.

범가자미의 Von Bertalanffy 성장식에 의한 추정성장계수 K값은 암컷이 0.3036yr^{-1} , 수컷이 2.9602yr^{-1} 로서 물가자미(황, 1978), 참가자미(최 등, 1986), 문치가자미(김 등, 1991) 등에 비해 암수 모두 성장이 빠른 것으로 판단된다.

인용문헌

- 김기주 · 공영. 1977. 수산자원학. 태화출판사. 332pp.
 金盈蕙 · 姜龍柱 · 裴仁柱. 1991. 문치가자미, *Limanda yokohamae*(GUNTHER)의 연령과 성장. 韓魚誌, 3(2) : 130 - 139.
- 김용술. 1993. 수산자원학. 신흥출판사. 258pp.
 鄭文基. 1977. 韓國魚圖譜. 一志社, 서울. pp. 210 - 218.
 崔秀河 · 全永烈 · 孔龍根 · 孫松正. 1986. 참가자미의 연령, 성장 및 成熟에 관한 研究. 水振研報, 39 : 43 - 52.
 黃繁一. 1978. 韓國南西海産 물가자미의 漁業生物學的 研究 I. 年齡과 成長. 水振研報, 20 : 21 - 31.
 內田惠太郎. 1933. 本邦産異體魚類의 變態期前後. 動物學雜誌, 45(535) : 268 - 277.
 水戶 敏. 1963. 魚雜, 9(3 - 6) : 88, Pls. 32 - 33.
 田北 徹 · 藤田矢郎 · 道津喜衡. 1967. 卵發生と化仔魚. 長崎大學水産學研究報告, 第23號 : 101 - 106.
 津崎龍雄. 1992. ホシガレイ의 種苗生産. 水産の研究, 11(4) : 105 - 111.
- Bagenal, T. B. and F. W. Tesch. 1978. Age and growth. pp.101 - 136. In T. Bagenal (ed). Methods for assessment of Fish Production in Fresh Waters. Blackwell Scientific Publications Ltd. Oxford.
- Gulland, J. A. 1969. Manual of method for fish stock assessment, Part I. Fish population analysis. FAO Man. Fish. Sci. 4. 154pp.
- Pianka, E. R. and W. S. Parker. 1975. Age - specific reproductive tactics. Am. Nat. 109 : 453 - 464.

Age and Growth of Spotted Halibut, *Verasper variegatus*

Bok-Soon Jeon, Byung-Ha Park*, Im-Ki Jeon* and Yong-Joo Kang

Department of Marine Biology, Pukyong National University, Pusan 608 – 737, Korea

*National Fisheries Research and Development Agency, Pusan 626 – 900, Korea

Age and growth of spotted halibut, *Verasper variegatus* were determined using samples collected from commercial catch in the Southern Sea, Korea. Age was determined by counting the otolith annuli which were clearly defined between translucent and opaque zones, and formed between February and March. Growth of spotted halibut was expressed by the von Bertalanffy's equation as $L_t = 71.07(1 - e^{-0.3036(t - 0.1173)})$ for females and $L_t = 57.44(1 - e^{-0.2931(t + 0.1590)})$ for males. Almost all the fish examined were younger than 3 years old. The oldest fish was 6 years old in female and 4 years old in male.