

한국근해 황아귀, *Lophius litulon*의 연령과 성장

차병열 · 박영철* · 허성희**

국립수산진흥원 남해수산연구소, *원양자원과, **부경대학교 해양학과

Age and Growth of the Yellow Goosefish, *Lophius litulon*

Byung-Yul CHA, Yeong-Chull PARK* and Sung-Hoi HUH**

South Sea Fisheries Institute, National Fisheries Research and Development Institute, Cheonnam 550-120, Korea

*Division of Deep-sea Resources, National Fisheries Research and Development Institute, Pusan 619-900, Korea

**Department of Oceanography, Pukyong National University, Pusan 608-737, Korea

Age and growth of the yellow goosefish, *Lophius litulon*, were studied using samples collected from the southwestern waters of Korea. Vertebrae of the fish had relatively clear annuli on their surface. The opaque zone of vertebrae was formed once a year between March and April. The oldest fish observed in this study was 8 years old for females and 5 years old for males. The relationship between the radius (R) of vertebral centrum and total length (L) was as follows: $L=12.7+4.8R$ for females and $L=9.8+5.6R$ for males. The relationship between total length and body weight (W) was as follows: $W=0.0089L^{3.0311}$ for females and $W=0.0329L^{2.7752}$ for males. Growth in length of the fish was expressed by the von Bertalanffy's equation as $L_t=127.60(1-e^{-0.1832(t+0.6431)})$ for females and $L_t=82.23(1-e^{-0.1832(t+0.6431)})$ for males.

Key words: *Lophius litulon*, yellow goosefish, age, growth, vertebrae, von Bertalanffy's equation

서 론

황아귀 (*Lophius litulon*)는 아귀목 (Lophiiformes), 아귀과 (Lophiidae)에 속하는 어종으로 우리나라 주변에는 황해와 동중국해에 널리 분포하고 있는 저서성 어류이다 (Chyung, 1977; Kim et al., 1994; Cha et al., 1997b). 농림수산통계연보에는 황아귀와 아귀 (*Lophiomus setigerus*)가 함께 아귀류로 일괄 취급되어 있어 이들 각 어종에 대한 정확한 어획량은 알 수 없다. 그러나 아귀류를 가장 많이 어획하는 근해안강망어업에서 어획된 아귀류는 대부분이 황아귀인 것으로 알려져 있다 (Cha et al., 1997b).

지난 10년간 아귀류 어획량의 변동 추이를 보면, 1985년에는 9,000톤 이상의 비교적 높은 어획량을 보였으나, 그 후 감소하여 1994년에는 6,000톤 이하를 나타내었고, 1995년에는 다시 9,000톤 이상을 상회하는 등 지난 10년간 아귀류의 어획량은 큰 변동을 보이고 있다 (MOAF, 1985~1995).

지금까지 보고된 우리나라산 황아귀에 대한 연구는 Cha et al. (1997a)에 의한 위내용물 조사, 그리고 Cha et al. (1997b)에 의한 분포와 산란 연구 등이 있으나, 아직까지 생태 및 자원학적 연구가 부족한 실정이다.

본 연구에서는 황아귀의 자원관리를 위한 기초 자료를 마련하기 위하여 황아귀의 연령과 성장을 조사하였다.

재료 및 방법

본 연구에서 사용된 시료는 1995년 1월부터 12월까지 매월 제주도 부근 해역 (Fig. 1)에서 안강망에 의해 어획된 것으로 여수공동어시장에서 구입하였다. 실험실에서 시료의 전장 (total length)과 체중 (body weight)을 측정하였는데, 전장은 0.1 cm 단위까지, 그리고 체중은 전자저울을 이용하여 0.1 g 단위까지 측정하였다.

황아귀의 연령사정을 위하여 두부로부터 3~11번째에 위치한 척추골을 어체에서 분리시킨 후, 척추골에 붙어 있는 육질 및 이물질을 제거하였다. 척추골을 세제용액에 하루정도 담근 후 꺼내어서 실온에 수시간 동안 건조시켰다. 완전히 건조된 척추골을 추체의 윤문이 나타나는 안쪽면을 따라 단면을 자른 뒤, 만능투명기를 이용하여 관찰하였다. 본 어종의 척추골은 다른 어종과 마찬가지로 추체의 초점 (focus)을 중심으로 타원형의 불투명대와 투명대가 교대로 나타났다 (Fig. 2). 투명대에서 불투명대로 이행되는 경계가 비교적 명확했는데, 이 경계를 윤문으로 판독하였다.

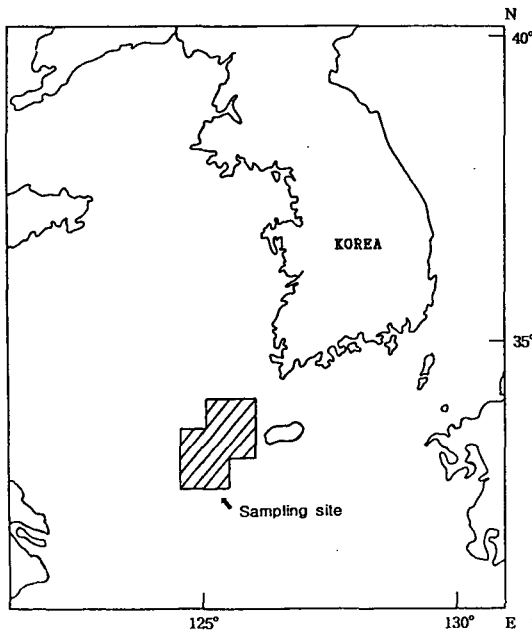


Fig. 1. Map showing the sampling site for this study.

추체 초점으로부터 최외 연변부까지 최장축을 측정 기준선으로 설정하고, 측정 기준선을 따라 초점에서 연변까지의 거리를 측정하여 추체경 (R)으로 하였다. 그리고 초점에서 제 1윤문까지의 거리를 제 1윤문경 (r_1), 초점에서 제 2윤문까지의 거리를 제 2윤문경 (r_2) 등으로 하여 초점으로부터 각 윤문까지의 윤경을 0.01 mm 단위까지 측정하였다.

한편, 윤문의 형성시기를 추정하기 위하여 추체의 연변에 불투명대를 띠고 있는 개체의 비율을 월별로 조사하였는데, 연변에 불투명대를 띠고 있는 개체의 비율이 가장 높은 시기를 윤문의 형성시기로 간주하였다.

평균 윤경으로부터 윤문 형성시의 전장을 역계산하는데는 추체경과 전장간의 직선회귀식을 적용하였다. 전장과 체중 사이의 관계는 Huxley (1932)의 상대성장식을 적용하여 구하였다. 그리고 Walford 정차도법 (Gulland, 1969)을 사용하여 극한체장 및 성장 파라메타를 추정한 뒤, von Bertalanffy의 성장식을 구하였다.

결 과

연령사정에 사용된 황아귀의 전장 범위는 암컷이 20~89 cm, 수컷이 20~63 cm로 수컷보다 암컷의 전장 범위가 넓게 나타났다 (Table 1, Fig. 3). 그리고 평균 체장도 암컷이 43.3 cm, 수컷이 37.6 cm로 암컷이 수컷보다 큰 것으로 나타났다.

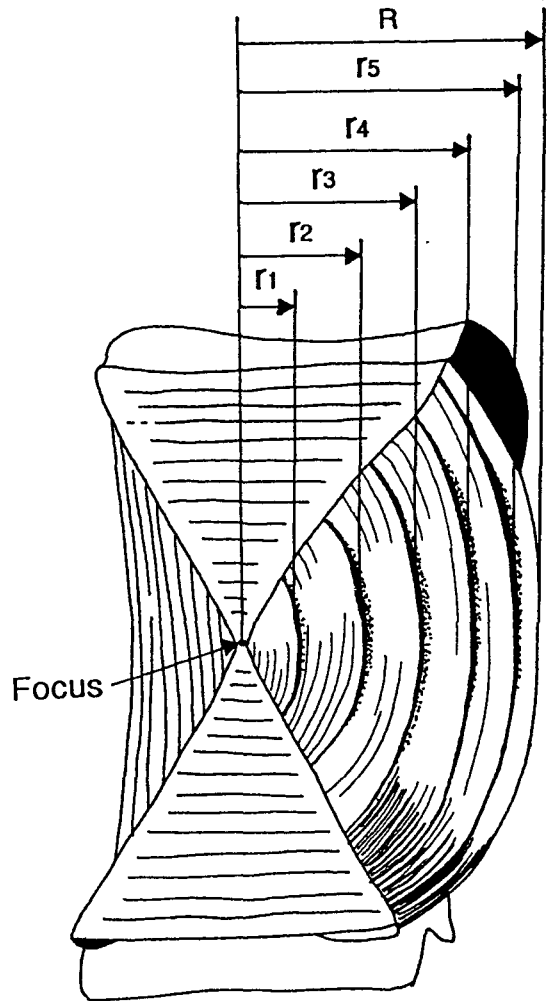


Fig. 2. Schematic diagram and measurement of the radii of vertebral centrum of *Lophius litulon*.

추체의 연변에 불투명대를 지니는 개체의 비율을 보면 (Fig. 4), 1월에는 30% 정도였으나, 2월부터 급격히 증가하기 시작하여 3월에는 87%, 그리고 4월에는 조사된 개체의 거의 대부분인 95% 정도가 추체의 연변에 불투명대를 보였다. 그러나 5월이 되면서 불투명대를 지닌 개체가 급격히 감소하여 30% 이하로 크게 낮아졌으며, 그 이후 지속적으로 감소하여 8월과 9월에는 10% 이하의 낮은 수치를 보였다. 그러나 10월 이후에는 다시 서서히 증가하는 양상을 보였다. 따라서 황아귀 추체의 윤문은 3~4월 경에 연 1회 형성된다고 말할 수 있다.

추체에 나타나는 윤문을 연륜으로 간주하고, 각 연륜별로 평균 윤경을 구해본 결과, 암컷은 1세부터 8세까지 존재하였으며, 평균 윤경은 r_1 의 1.59 mm에서 r_8 의

Table 1. Number and the range of total length of *Lophius litulon* used in this study

Month	No. of specimens		Total length (cm)	
	Female	Male	Female	Male
1995 Jan.	21	9	26~61	22~50
Feb.	20	5	32~80	32~49
Mar.	16	21	20~86	25~48
Apr.	24	17	35~84	34~55
May.	29	11	26~88	29~51
June	14	37	30~83	27~57
July	27	13	34~71	32~63
Aug.	52	10	23~71	24~52
Sep.	32	18	22~68	20~60
Oct.	39	20	21~67	24~60
Nov.	34	5	20~89	20~32
Dec.	15	14	30~78	32~50
Total	323	180	20~89	20~63

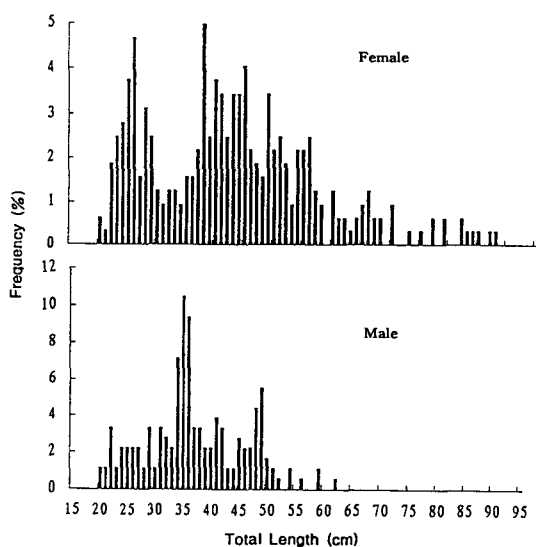


Fig. 3. Length frequency distributions of *Lophius litulon*.

14.51 mm 범위였다. 그리고 수컷은 1세부터 5세까지 존재하였으며, 평균 연령은 r_1 의 2.05 mm에서 r_5 의 7.70 mm 범위였다 (Table 2).

각 연령군의 제 1윤경을 비교해 보면, 암컷의 경우 1윤군의 1.66 mm에서 연령이 증가함에 따라 점차 감소하여 8윤군의 1.49 mm을 보였고, 수컷의 경우에도 마찬가지로 연령이 증가할수록 제 1윤경이 작아지는 Lee 현상 (Lee, 1912)을 나타내었다. 그 외 제 2윤경, 제 3윤경, 제 4윤경 등에서도 같은 현상을 나타내었다.

한편, 추체에 나타난 추체경 (R)과 전장 (L) 사이의

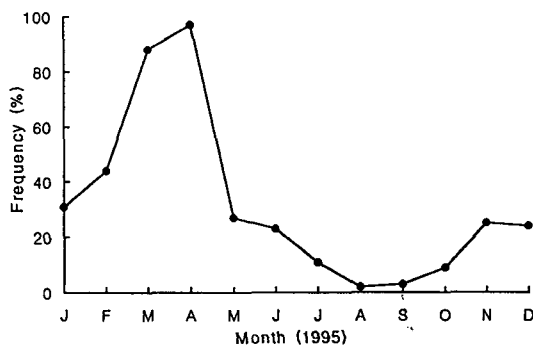


Fig. 4. Monthly changes in the frequency of the occurrence of vertebrae with opaque margin of *Lophius litulon*.

Table 2. Mean sizes of radii on the vertebrae of (*Lophius litulon*) (Female)

Observed age	No. of fish	Ring radius (mm)								
		R	r_1	r_2	r_3	r_4	r_5	r_6	r_7	r_8
1	63	1.71	1.66							
2	60	4.78	1.61	4.69						
3	90	7.09	1.63	4.32	6.97					
4	51	8.92	1.59	4.25	6.73	8.80				
5	31	11.01	1.60	4.26	6.59	8.61	10.21			
6	11	12.48	1.58	4.31	6.51	8.53	10.18	12.38		
7	6	15.11	1.52	4.11	6.41	8.31	10.19	11.81	14.20	
8	5	15.49	1.49	3.98	6.42	8.29	9.96	10.54	11.94	14.51
mean			1.59	4.27	6.61	8.51	10.14	11.58	13.07	14.51

(Male)

Observed age	No. of fish	Ring radius (mm)					
		R	r_1	r_2	r_3	r_4	r_5
1	27	2.31	2.21				
2	83	4.01	2.19	3.96			
3	49	5.61	2.02	3.83	5.52		
4	15	7.08	2.03	3.74	5.41	6.91	
5	6	7.83	1.82	3.76	5.29	6.53	7.70
mean			2.05	3.82	5.41	6.72	7.70

R : centrum radius (mm), r : centrum ring radius (mm)

관계를 보면 (Fig. 5), 암컷의 경우 $L=12.7+4.8R$, 수컷의 경우 $L=9.8+5.6R$ 의 관계식을 보였다.

상기의 관계식을 이용하여 연령별 윤문 형성시의 평균 전장을 암수별로 역계산하면, 암컷의 경우 $l_1=20.31$ cm에서 $l_8=82.35$ cm 범위였고, 수컷의 경우 $l_1=21.30$ cm에서 $l_5=52.92$ cm의 범위를 보였다 (Table 3).

역계산된 체장값으로부터 구한 암수별 von Bertalanffy 성장식에 대한 계수값들은 다음과 같다.

암컷의 경우,
 추정 성장계수 $k=0.1228$
 추정 극한체장 $L_{\infty}=127.60$ cm
 체장이 0 일때 연령 $t_0=-0.3851$

수컷의 경우,
 추정 성장계수 $k=0.1832$
 추정 극한체장 $L_{\infty}=82.23$ cm
 체장이 0 일때 연령 $t_0=-0.6431$ 이다.

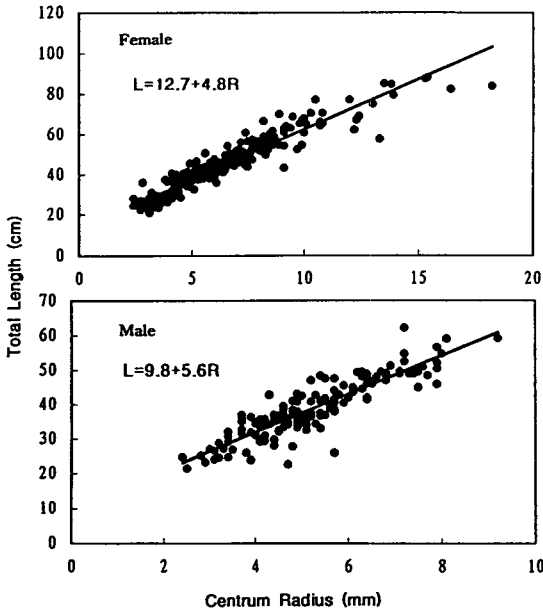


Fig. 5. Relationship between vertebral centrum radius (R) and total length (L) of *Lophius litulon*.

Table 3. Back-calculated total length from the ring radii on the vertebrae of *Lophius litulon* (Female)

Age	l_1	l_2	l_3	l_4	l_5	l_6	l_7	l_8
1	20.67							
2	20.43	35.21						
3	20.52	33.44	46.16					
4	20.33	33.10	45.00	54.94				
5	20.38	33.15	44.33	54.03	61.71			
6	20.28	33.39	43.95	53.64	61.56	72.12		
7	20.00	32.43	43.47	52.59	61.61	69.39	80.86	
8	19.85	31.80	43.52	52.49	60.51	63.29	70.01	82.35
mean	20.31	33.22	44.41	53.54	61.35	68.27	75.44	82.35

(Male)

Age	l_1	l_2	l_3	l_4	l_5
1	22.18				
2	22.06	31.98			
3	21.11	31.25	40.71		
4	21.17	30.74	40.10	48.50	
5	19.99	30.86	39.42	46.37	52.92
mean	21.30	31.21	40.08	47.44	52.92

따라서 von Bertalanffy 체장성장식은 암컷의 경우 $L_t = 127.60 (1 - e^{-0.1228(t+0.3851)})$, 수컷의 경우 $L_t = 82.23 (1 - e^{-0.1832(t+0.6431)})$ 였다 (Fig. 6).

상기의 성장식에서 추정된 각 연령별 전장은 암컷의 경우 1세때 19.96 cm, 2세때 32.40 cm 그리고 8세때에는 82.03 cm로 산정되었고, 수컷의 경우 1세때 21.37 cm, 2세때 31.56 cm 그리고 5세때에는 52.98 cm로 산정되었다.

한편, 전장 (L)과 체중 (W) 사이의 관계식은 암컷의 경우 $W = 0.0089L^{3.0311}$, 수컷의 경우 $W = 0.0329L^{2.7752}$ 로 나타났다 (Fig. 7).

암수별 전장과 체중관계식을 이용하여 추정 극한체중 값 W_{∞} 을 구해보면, 암컷의 경우 21,499.8 g, 수컷의 경우 6,789.7 g으로 산정되었다.

고찰

어류의 연령형질로 비늘, 이석, 척추골, 새개골 등이 많이 사용되고 있다 (Lagler et al., 1977). 황아귀의 경우 연륜을 보인 형질은 이석, 척추골 등이 있으나, 본 연구에서는 다른 형질 (이석 등)에 비하여 비교적 윤문의 판독이 용이한 척추골을 선택하였다.

본 연구에서는 척추골의 윤문을 투명대에서 불투명대로 이행하는 경계선으로 간주하였는데, 황아귀의 윤문의 형성시기는 3~4월로 추정되었다. 미국 연안에서 출현하는 아귀류인 *Lophius americanus*의 추체에서 관찰된 윤문의 형성시기는 5월로 추정되어 (Armstrong et al., 1992), 본 어종의 윤문 형성이 *L. americanus* 보다 약

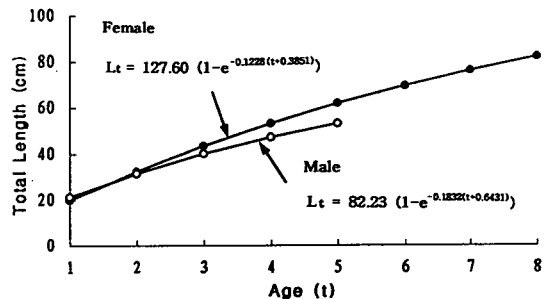


Fig. 6. Growth curves in total length (L_t) of *Lophius litulon* fitted to the von Bertalanffy's equation.

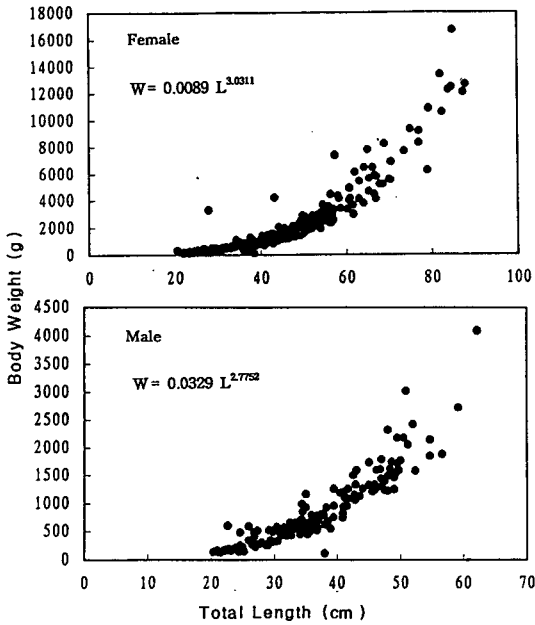


Fig. 7. Relationship between total length (L) and body weight (W) of *Lophius litulon*.

1개월 정도 빠른 것으로 나타났다. 이같은 차이는 서식 환경의 차이에서 기인된 것으로 생각된다.

황아귀의 산란시기는 3~4월로 알려져 있어 (Cha et al., 1997b), 윤문의 형성시기와 산란시기가 거의 일치하였다. 따라서 어미로부터 산란이 되어 첫 연륜이 형성되기까지 소요되는 기간은 1년 정도라고 말할 수 있다.

물론 윤문의 형성시기와 산란시기가 일치하기 때문에 산란 mark가 아닌가 하는 논란의 소지도 있으나, 다음과 같은 사실로 보아 윤문의 형성이 틀림 없다고 판단된다. 즉, 3월과 4월에 어획된 황아귀는 암컷뿐만 아니라 거의 대부분 수컷의 추체에에서도 최외 연변부에 윤문이 나타났다. 그리고 황아귀는 2세 이상이 되어야 산란하는 것으로 추정되는데, 산란에 참여하지 않는 1세와 2세어의 추체에서도 최외 연변부에 윤문이 나타났다.

본 연구에서 황아귀의 최고연령은 암컷의 경우 8세이고, 수컷의 경우 5세로 조사되어 암컷의 최고 연령이 수컷보다 높았다. 미국 연안산 아귀류인 *L. americanus*의 경우 암컷의 최고 연령이 11세, 그리고 수컷이 9세로 보고되어 (Armstrong et al., 1992), 본 어종의 최고 연령이 *L. americanus*에 비해 낮았다. 그러나 한국 근해에 출현하는 병어 (*Pampus argenteus*)는 최고 연령이 7세 (Lee et al., 1992), 범가자미 (*Verasper variegatus*)는 6세 (Jeon et al., 1996), 문치가자미 (*Limanda yokohamae*)는 6세 (Kim et al. 1991) 그리고 갈치

(*Trichiurus lepturus*)는 7세 (Park et al., 1996)로 보고된 바 있어, 이들 어종보다는 황아귀의 최고 연령이 다소 높은 것으로 나타났다.

윤경의 측정 결과, 윤문의 수가 증가할수록 동일 번째 윤경이 작아지는 Lee 현상이 본 어종에서 뚜렷히 나타났다. Lee 현상은 서해안 참조기 (*Pseudosciaena manchurica*)의 비늘 (Chung, 1970), 병어의 이석 (Han, 1973), 참가자미 (*Limanda herzensteini*)의 이석 (Choi et al., 1986), 불바리 (*Epinephelus akaara*)의 이석 (Lee and Lee, 1996) 등의 조사에서도 확인된 바 있다.

황아귀의 성장은 암수간에 다르게 나타났다. 즉, 성장 초기에는 암수간 차이가 별로 크지 않았으나, 나이가 많아 질수록 암컷의 체장이 수컷에 비해 월등히 커졌다. 이와 같이 성체에 이르면서 암컷이 수컷에 비해 몸의 크기가 월등히 커지는 현상은 아귀류와 같이 주로 심해저에 서식하는 어종들 사이에서 흔히 발생하는 현상이다 (Bertelsen, 1951). 심해저는 빛이 없어 항상 어두우며, 먹이가 부족하여 생물의 밀도가 매우 낮다. 그 결과 암수가 서로 배우자를 찾기 어려운 환경 조건을 지녔기 때문에 이에 대한 적응의 일환으로 암수간 몸 크기의 불균형이 초래된 것으로 보인다.

요 약

1995년 1월부터 12월까지 한국 남서해역 (제주도 부근)에서 매월 어획된 황아귀를 대상으로 연령과 성장을 조사하였다. 연령사정은 척추골을 이용하였다. 황아귀 척추골의 추체에 윤문이 형성되는 시기는 3~4월경으로 산란시기와 거의 일치하였다. 암컷의 연령은 8세까지, 그리고 수컷은 5세까지 나타났다. 추체경 (R)과 전장 (L) 사이에는 암컷의 경우 $L = 12.7 + 4.8R$, 그리고 수컷의 경우 $L = 9.8 + 5.6R$ 의 관계식을 보였다. 전장과 체중 (W) 사이에는 암컷의 경우 $W = 0.0089L^{3.0311}$, 그리고 수컷의 경우 $W = 0.0329L^{2.7752}$ 의 관계식을 보였다. 황아귀의 성장식은 암컷의 경우 $L_t = 127.60 (1 - e^{-0.1228(t+0.3851)})$ 이었으며, 수컷은 $L_t = 82.23 (1 - e^{-0.1832(t+0.6431)})$ 이었다.

참 고 문 헌

Armstrong, M.P., J.A. Musick and J.A. Eolvocoresces. 1992. Age, growth, and reproduction of the goosefish *Lophius americanus* (Pisces: Lophiiformes). Fish. Bull., 90, 217~230.
 Bertelsen, E. 1951. The Ceratioid Fishes. Dana Report, 39. Copenhagen.

- Cha, B.Y., B.Q. Hong, H.S. Jo, H.S. Sohn, Y.C. Park, W.S. Yang and O.I. Choi. 1997a. Food habits of the yellow goosefish, *Lophius litulon*. J. Korean Fish. Soc., 30 (1), 95~104 (in Korean).
- Cha, B.Y., B.Q. Hong, H.S. Sohn and H.S. Jo. 1997b. Distribution and spawning of the yellow goosefish, *Lophius litulon*. Bull. Korean Soc. Fish. Tech., 33 (2), 97~108 (in Korean).
- Choi, S.H., Y.Y. Chun, Y.G. Gong and S.J. Son. 1986. Studies on the age, growth, and maturity of the flounder *Limanda herzensteini* Jordan et Snyder in Yong-il Bay of the Eastern Sea of Korea. Bull. Fish. Res. Dev. Agency, 39, 43~51 (in Korean).
- Chyung, M.K. 1977. The Fishes of Korea. Ilji-sa, Seoul, 727 pp. (in Korean).
- Chung, S.C. 1970. Age and growth of the yellow croaker, *Pseudosciaena manchurica* Jordan et Thompson, in the western coastal waters of Korea. Bull. Korean Fish. Soc., 3 (3), 154~160.
- Gulland, J.A. 1969. Manual of Methods for Fish Stock Assessment, Part I. Fish Population Analysis. FAO Man. Fish. Sci., 4, 1~154.
- Han, P.C. 1973. Age studies on the butter fish population from southwestern waters of Korea. J. Oceanol. Soc. Korea, 8 (2), 68~74.
- Huxely, J.S. 1932. Problem of Relative Growth, 2nd ed., Dover Publications, Inc., London, 312 pp.
- Jeon B.S., B.H. Park, I.K. Jeon and Y.J. Kang. 1996. Age and growth of spotted halibut, *Verasper variegatus*. Korean J. Ichthyol., 8 (1), 56~63 (in Korean).
- Kim, Y.H., Y.J. Kang and I.J. Bae. 1991. Age and growth of marbled sole *Limanda yokohamae* (Günther). Korean J. Ichthyol., 3 (2), 130~139 (in Korean).
- Kim, Y.U., Y.M. Kim and Y.S. Kim. 1994. Commercial Fishes of the Coastal and Offshore Waters in Korea. Nat'l Fish. Res. Dev. Agency, Pusan, 299 pp.
- Lagler, K.F., J.E. Bardach, R.R. Miller and D.R.M. Passion. 1977. Ichthyology, 2nd ed., John Willey & Sons, Inc., New York, 506 pp.
- Lee, D.W., Y.M. Kim and B.Q. Hong. 1992. Age and growth of silver pomfret (*Pampus argenteus*) in Korean waters. Bull. Fish. Res. Dev. Agency, 46, 31~40 (in Korean).
- Lee, R.M. 1912. An investigation into the methods of growth determination in fishes. Cons. Explor. Mer. Publ. de Circonstance 63, 35 pp.
- Lee, T.W and C.K. Lee. 1996. Age and growth of *Epinephelus akaara* in the southwestern sea of Korea. Korean J. Ichthyol. 8 (2), 16~22 (in Korean).
- MOAF. 1985~1995. Annual Statistics on Agricultural and Fishery Products.
- Park, C.S., B.Q. Hong and D.W. Lee. 1996. Age and growth of hairtail (*Trichiurus lepturus*) in Korean waters. Bull. Fish. Res. Dev. Agency, 52, 15~24 (in Korean).

1998년 1월 15일 접수

1998년 7월 7일 수리