

동중국해에 분포하는 물가자미 (*Eopsetta grigorjewi*)의 연령과 성장

김영혜 · 김영섭* · 강현정¹ · 김진구¹ · 전영열²

국립수산과학원, ¹부경대학교, ²동해수산연구소 독도수산연구센터

Age and Growth of Shotted Halibut *Eopsetta grigorjewi* in the East China Sea by Yeonghye Kim, Youngseop Kim*, Hyunjung Kang¹, Jin Koo Kim¹ and Young Yull Chun² (National Fisheries Research and Development Institute, Busan 619-705, Korea; ¹Pukyong National University, Busan 608-737, Korea; ²Dokdo Fisheries Research Center, East Sea Fisheries Institute, NFRDI, Pohang 791-802, Korea)

ABSTRACT Age and growth of shotted halibut *Eopsetta grigorjewi* were estimated using right sagittal otoliths of 389 fish specimens from February 2004 to January 2005 in the East China Sea. Examination of outer margins of the otolith showed that the opaque zone was formed once a year and annual rings were formed from December to March. The age of specimens examined ranged from 3 to 5 years. Shotted halibut begin spawning in February and show a peak in March. Length and weight relationships showed no significant difference between females and males ($P > 0.05$), and can be expressed as $TW = 0.5091 \times 10^{-2} TL^{3.222}$ ($r^2 = 0.92$). Estimated von Bertalanffy growth curve was $L_t = 46.58(1 - e^{-0.14(t+1.32)})$.

Key words : Shotted halibut (*Eopsetta grigorjewi*), age and growth, otolith, marginal index (MI), von Bertalanffy's growth equation

서 론

물가자미 (*Eopsetta grigorjewi*)는 가자미목 가자미과에 속하는 어종으로, 우리나라 전 연근해와 일본연안, 발해만, 동중국해 등의 연안에 분포하고, 수심 200 m 이내의 모래나 펄질인 바닥에 서식하며 최대전장 60 cm까지 성장한다 (Yamada *et al.*, 1995).

우리나라 어업생산통계 (<http://fs.fips.go.kr/>)에서는 물가자미, 용가자미, 기름가자미 등이 모두 가자미류로 생산량이 집계되고 있으며, 가자미류의 생산량은 1990년부터 2004년까지 약 15,000톤 정도의 수준을 유지하였다. 이후 점차 증가하여 2007년 24,340톤을 기록하였으나 2009년에는 19,687톤으로 다시 어획량이 감소하는 경향을 나타내고 있다.

물가자미에 대해서 국내에서는 황(1978)의 연령과 성장, 안 등(1999)의 정자변태 및 정자미세구조, 이 등(2003)의

먹이에 따른 물가자미 치어의 에너지 수지에 관하여 연구 보고되었다. 일본에서는 초기생활사 (Imaoka and Misu, 1974), 연령과 성장 (Ishito, 1964; Imaoka and Misu, 1969; Imai and Miyazaki, 2005), 성숙과 산란 (Imaoka, 1971; Ishito, 1982), 어획량과 자원량 동향에 관한 연구 (Kitazawa *et al.*, 1989) 등이 연구되었다.

최근 우리나라는 기후온난화 등으로 인해 해양생태계에 많은 변화가 있을 뿐만 아니라 그 곳에 서식하는 수산자원에도 많은 변화가 있을 것으로 판단된다. 그러나 물가자미의 자원진단과 관리는 과거에 밝혀진 생물학적 특성치를 근거로 하고 있어 현재의 물가자미의 자원 구조와는 많은 차이가 있으리라 생각된다. 따라서 물가자미 자원의 효율적인 평가 및 관리를 위해서는 변화된 환경에 따른 물가자미의 생태학적 특성치를 재조명할 필요성이 있다고 판단된다.

본 연구는 동중국해와 동해에 분포하는 물가자미의 생태학적 특성치인 산란기, 연령, 성장 등을 추정하여, 물가자미 자원관리를 위한 과학적 기초 자료를 제공하는 데 그 목적

*교신저자: 김영섭 Tel: 82-51-720-2800, Fax: 82-51-720-2828,
E-mail: kys0321@nfrdi.go.kr

을 두고 있다.

재료 및 방법

2004년 2월부터 2005년 1월까지 동중국해 및 동해 (Fig. 1)에서 중형 외끌이 기선저인망에 의해 어획되어 부산공동어시장에서 위판된 것을 구입하여 표본으로 사용하였다 (Table 1). 총 389개체의 표본 시료는 실험실로 옮겨 전장 (0.1 cm)과 전중 (0.1 g)을 계측하고 생식소를 관찰하여 암수를 구분한 후 연령사정을 위해 이석을 추출하였다. 산란기는 생식소숙도지수 (Gonadosomatic index, $GSI = GW/TW \times 100$)의 월별 변화로 추정하였다. 생식소숙도지수에 사용된 data는 2004년 1월부터 2008년 12월까지 물가자미 어체

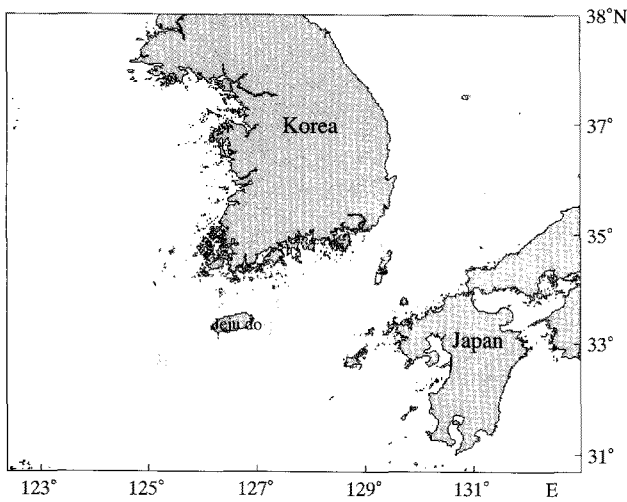


Fig. 1. Sampling area of shotted halibut, *E. grigorjewi* caught by the Danish seine in the East China Sea.

Table 1. Number specimens and total length of shotted halibut, *E. grigorjewi* sampled for age determination in the East China Sea

Year	Month	Number	Mean TL ± SD (cm)	Range of TL (cm)	
				Min.	Max.
2004	Feb.	43	33.8 ± 0.9	29.5	38.6
	Mar.	36	33.9 ± 0.7	29.7	38.0
	Apr.	—	—	—	—
	May	20	33.2 ± 1.3	28.4	37.2
	Jun.	31	30.8 ± 1.5	23.0	38.7
	Jul.	—	—	—	—
	Aug.	27	32.3 ± 0.8	28.3	36.8
	Sep.	71	31.8 ± 0.6	27.0	37.8
	Oct.	29	33.2 ± 1.3	27.6	40.5
	Nov.	—	—	—	—
	Dec.	74	27.2 ± 0.7	22.3	34.0
	2005	Jan.	58	28.3 ± 0.9	22.4
Total		389			

정밀조사 자료를 사용하였다. 여기서 GW (Gonad weight)은 생식소 중량(g), TW (Total weight)는 전중(g)이다.

이석추출은 전 표본을 대상으로 시행하였다. 물가자미의 눈을 기준으로 두부를 상하좌우로 절단하여 한 쌍의 이석을 확인하고 추출하였다 (Fig. 2). 어체에서 꺼낸 이석의 이물질을 제거한 후 우측이석을 연령형질의 표본으로 사용하였다. 연령형질에 사용된 이석은 모두 389개였고 성별을 구분하여 분석하였다. 이석의 윤문은 불투명대에서 투명대로 이행하는 경계를 기준으로 하였으며, 저배율의 입체현미경 (SV-11, ZEISS Co.)과 컴퓨터 영상분석 시스템 (IMAGE ANALYZER)을 이용하여 이석의 반경과 윤경을 μm 단위로 측정하였다 (Fig. 2). 이때 광원은 반사광 (2,800~3,000 Lux)을 사용하였다.

이석에 나타난 윤문이 연륜으로 적합한지를 확인하고 윤문판독의 정확성을 검토하기 위하여, 각 윤문별로 윤경 간의 관계를 비교하고 윤문의 대응성을 검토하였다. 또한 윤문의 형성시기와 형성회수를 추정하기 위하여 다음의 식을 이용하여 연역지수 (Marginal Index, MI)의 월별 변화를 조사하였다.

$$MI = (R - r_n) / (r_n - r_{n-1})$$

여기서 R은 이석의 중심부 초점에서 가장자리까지의 거리, r_n 은 초점부터 n번째 윤경까지 거리이다.

초륜이 형성되는데 소요되는 기간을 산란기와 윤문형성시기로 추정하였다. 그리고 평균 윤경으로부터 윤문형성시기의 전장과 전중을 역계산하기 위하여 Huxely (1932) 방법에 의거하여 이석경 (R)과 전장 (TL), 전장 (TL)과 전중 (TW) 간의 상대성장식을 추정하였다.

성장 Model은 일반적으로 가장 널리 사용되는 von Bertalanffy (1938) 성장식을 사용하였다. 성장모델의 매개변수 추정방법은 Walford (1946)의 정차도법에 의해 추정치를 구

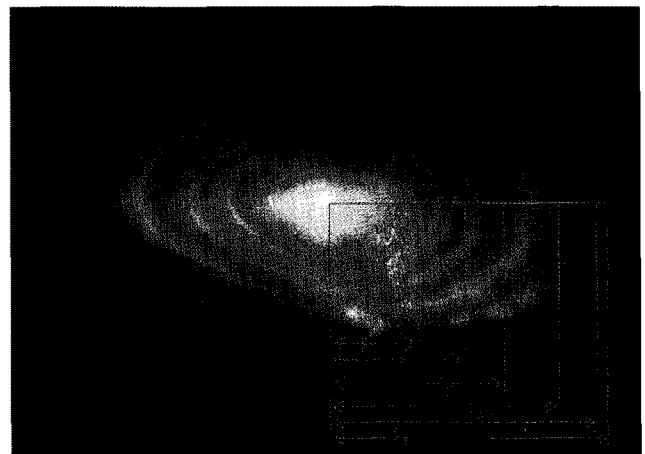


Fig. 2. Otolith radius (R) and ring radius (r_n) of *E. grigorjewi*.

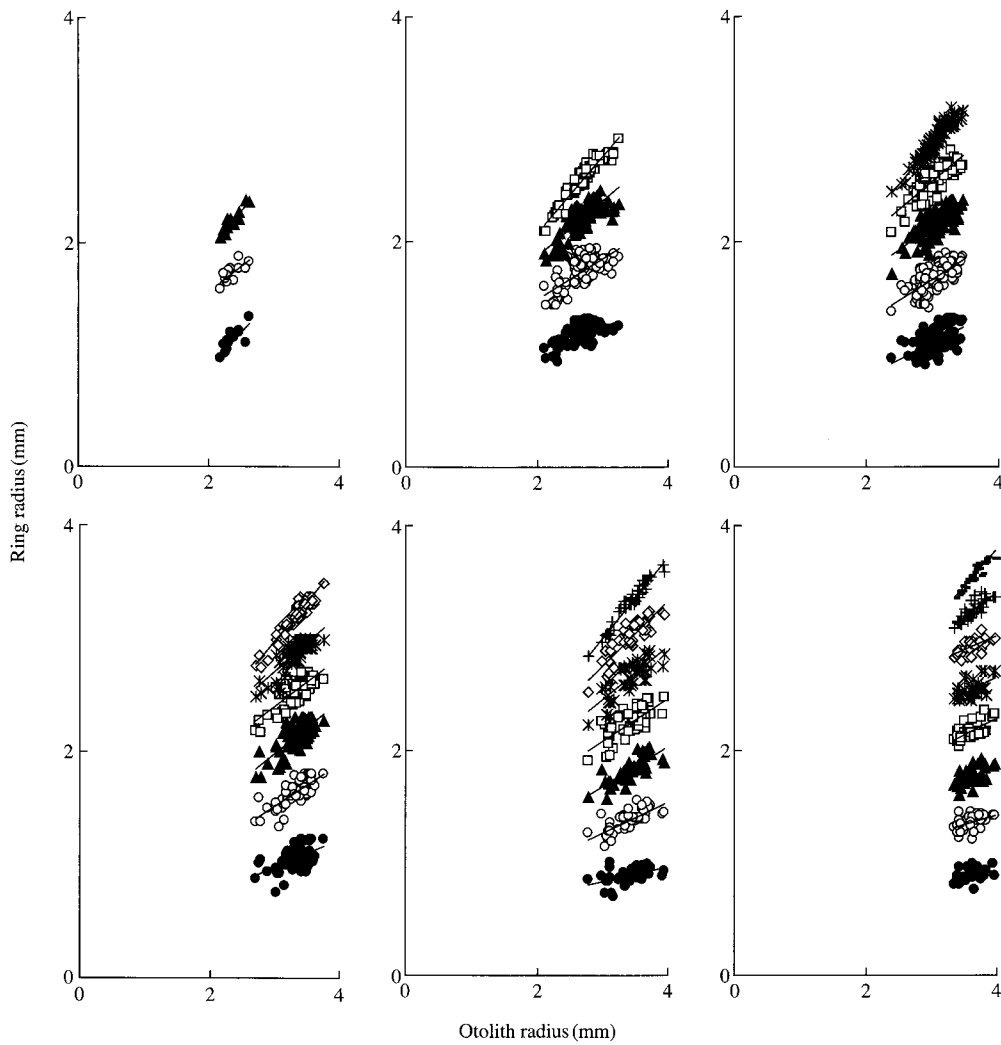


Fig. 3. Relationship between otolith radius and ring radius of *E. grigorjewi* in the East China Sea.

한 후, 이 추정치를 초기값으로 하여 비선형최소자승법에 의해 추정하였다.

$$L_t = L_\infty(1 - e^{-K(t-t_0)})$$

여기서 L_t 는 i 연령이 t 일 때의 전장이고, L_∞ 는 이론적 최대 전장, K 는 성장계수, t_0 는 전장이 0일 때의 이론적 연령을 의미한다.

결 과

1. 윤문형성의 대응성

물가자미 이석에 나타난 윤문의 연륜 적합성을 알아보기 위하여, 각 연령별로 윤경간의 관계를 조사하였다(Fig. 3). 이석에 나타난 윤경은 인접한 윤경과 중복됨이 없이 잘 분리되었고, 같은 수의 윤문을 가지는 경우에도 이석경이 커

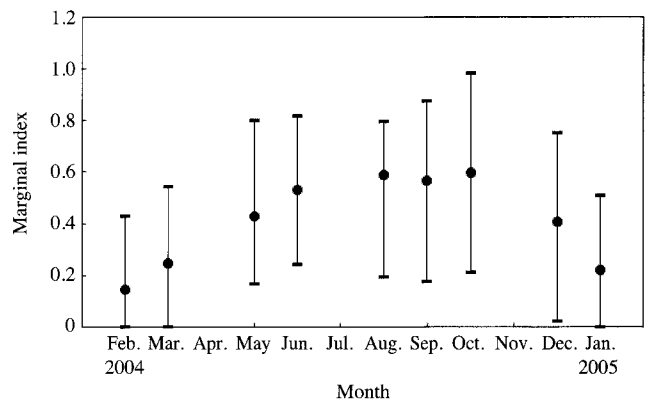


Fig. 4. Monthly change in the otolith marginal index (MI) of *E. grigorjewi* in the East China Sea and the East Sea.

짐에 따라 윤경 역시 크게 나타났으므로 이석경과 윤문의 대응성이 확인되었다.

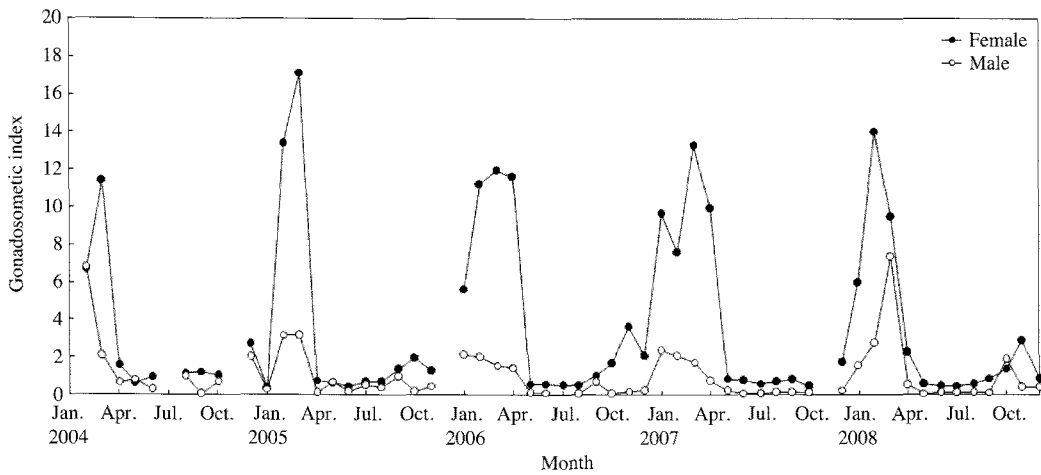


Fig. 5. Monthly change of gonadosomatic index of *E. grigorjewi* in the East China Sea.

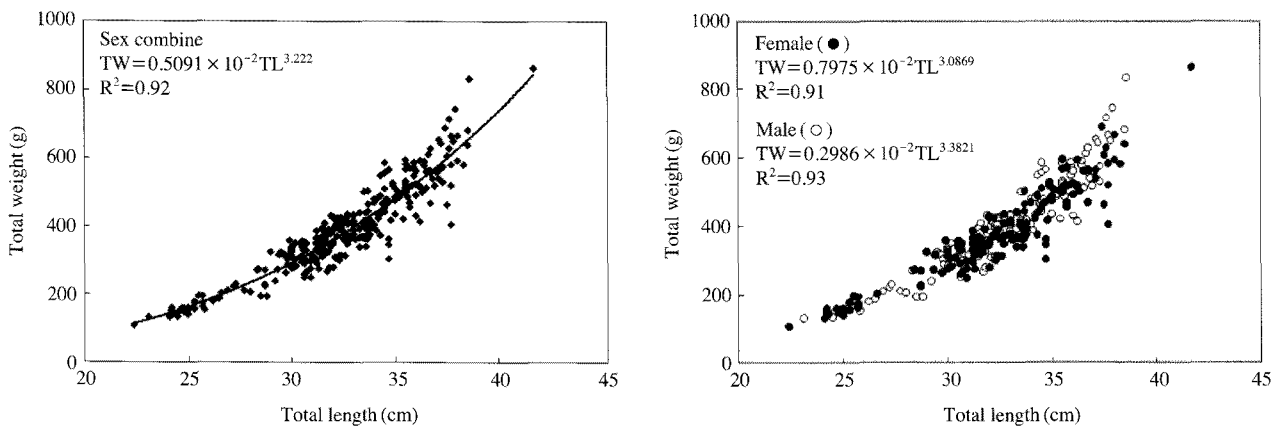


Fig. 6. Relationship between total length and total weight of *E. grigorjewi* in the East China Sea and the East Sea.

Table 2. Average ring radii on the otolith of *E. grigorjewi* in the East China Sea. N: number of specimens examined, R: total radius, r_i: radius to the i-th ring

Ring group	N	R (mm)	r ₁	r ₂	r ₃	r ₄	r ₅	r ₆	r ₇	r ₈
3	13	2.36	1.12	1.72	2.19					
4	97	2.68	1.18	1.74	2.20	2.54				
5	111	3.17	1.09	1.66	2.15	2.55	2.88			
6	87	3.34	1.06	1.64	2.14	2.54	2.88	3.20		
7	46	3.43	0.89	1.39	1.83	2.25	2.65	3.00	3.32	
8	35	3.62	0.89	1.36	1.77	2.17	2.54	2.92	3.23	3.54
Total	389	Mean	1.04	1.58	2.05	2.41	2.74	3.04	3.27	3.54
		SD	0.12	0.17	0.19	0.18	0.17	0.15	0.06	0.00

2. 윤문형성시기의 주기성

물가자미의 윤문이 형성되는 시기와 형성되는 횟수를 추정하기 위한 연역지수(MI)의 월 변화를 나타내었다. 연역지수 평균값은 12월 이후 감소하기 시작하여 2월에 가장

작은 값을 나타내었다. 윤문이 새로 형성된 개체(MI < 0.1)는 12월부터 3월까지 출현하고 있었다. 따라서 이석의 윤문형성시기는 12~3월, 주 형성시기는 2월이며, 연 1회 형성됨을 알 수 있었다(Fig. 4).

3. 산란기

생식소속도지수(GSI)의 월별변화는 해에 따라 한 달 정도의 차이가 있었다(Fig. 5). 암컷의 경우, 2004년과 2005년에는 2~3월에 가장 높았고, 4월에 급격히 낮아졌다. 2006년과 2007년에는 1월에서 4월까지 비교적 높았고, 5월에 급격히 낮아졌으며, 2008년에는 1~3월에 높고 4월에 낮아졌다. 수컷의 경우도 약간의 차이가 있었으나 암컷과 비슷한 월별 변화를 보였다. 이 결과는 물가자미의 산란기는 2월부터 4월까지이며, 주산란기는 3월이고 해에 따라 한 달 정도 산란기가 차이가 있는 것으로 보인다.

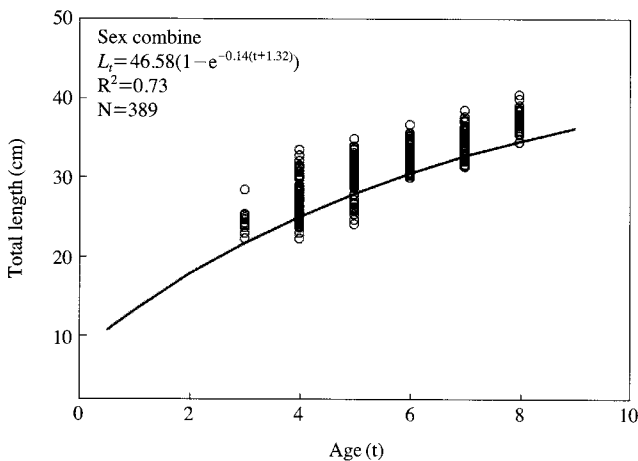


Fig. 7. The von Bertalanffy growth curve estimated by non-linear regression method of *E. grigorjewi* in the East China Sea.

Table 3. Age composition of *E. grigorjewi* caught by the Danish seine in the East China Sea from February 2004 to January 2005

Age	Male		Female	
	Mean TL (cm)	No.	Mean TL (cm)	No.
3+	24.58	5	24.78	8
4+	25.77	49	27.57	48
5+	29.51	31	30.79	80
6+	31.70	24	33.30	63
7+	33.99	29	35.37	17
8+	37.05	25	37.70	10
Total		163		226

Table 4. Back-calculated total length (TL) at estimated age of *E. grigorjewi* in the East China Sea

Sex	Age (year)							
	1+	2+	3+	4+	5+	6+	7+	8+
Combine	12.24	17.29	21.46	24.84	27.81	30.59	32.73	34.86
Female	15.13	19.45	23.00	25.89	28.42	30.80	32.63	34.45
Male	12.06	16.96	21.20	24.39	27.30	30.12	32.38	34.96

* Age: 1+ (=0.9), 2+ (=1.9), 3+ (=2.9), 4+ (=3.9), 5+ (=4.9), 6+ (=5.9), 7+ (=6.9), 8+ (7.9)

4. 상대성장

윤문형성시의 전장과 전중을 역계산하기 위하여, 전장(TL)과 전중(TW) 간의 상대성장식은 $TW=0.5091 \times 10^{-2} TL^{3.222}$ ($r^2=0.92$)으로 추정되었다. 암·수별 상대성장식은 다음과 같다(Fig. 6).

Female : $TW=0.7975 \times 10^{-2} TL^{3.0869}$ ($r^2=0.91$)

Male : $TW=0.2986 \times 10^{-2} TL^{3.3821}$ ($r^2=0.93$)

5. 윤문형성시 평균 전장과 전중

표본의 이석을 연령사정한 결과, 최고 연령은 암컷과 수컷 모두 8세로 나타났다(Table 2). 표본 중 5세의 개체수는 전체 표본의 29%, 4세의 개체수는 25%를 차지하였다. 암컷은 5세의 개체수가, 수컷은 4세의 개체수가 가장 많았다(Table 3).

이석의 불투명대에서 투명대로 이행하는 경계가 연 1회 형성되는 주기성의 윤문이므로, 이 윤문을 연륜으로 간주하였다. 물가자미의 주산란기는 3월, 윤문형성시기는 2월로 추정되므로 초륜형성시기까지의 소요기간은 0.9년으로 추정되었다. 따라서 윤문형성시의 평균 전장 0.9세는 $TL_{0.9}=12.24$ cm, 1.9세는 $TL_{1.9}=17.49$ cm, …… 7.9세는 $TL_{7.9}=34.86$ cm로 추정되었다(Table 4).

6. 성장식 추정

윤문형성시의 평균 전장을 이용하여 비선형회귀방법으로 추정된 암·수의 VB 성장식은 회귀계수와 위치차를 검증하였으나, 유의한 차가 없어 ($P>0.05$), 암수자료를 합하여 추정된 von Bertalanffy 성장식은 $L_t=46.58(1-e^{-0.14(t+1.32)})$ 이었다(Fig. 7).

고 찰

어류의 이석은 일생동안의 기록을 축적하며 지속적으로 성장하기 때문에 연령형질로 널리 이용되고 있다(Campana, 1984). Secor *et al.* (1995)는 수산자원의 이석은 비늘보다는 전 생활사의 생물학적 그리고 환경적인 요인을 잘 반영한

다고 보고하고 있다.

이석에는 성장이 빠른 시기에는 불투명대가 형성되고, 성장이 느리거나 멈추는 시기에는 투명대가 형성된다고 보고하고 있다(김 등, 2000). 본 종은 불투명대에서 투명대로 이행하는 부분을 윤문으로 간주하고 있으며, 윤문형성시기는 12~3월(주형성시기 2월) 그리고 산란기 2~4월(주산란기 3월)로 추정되었다. 물가자미의 윤문형성 요인은 성장이 느리거나 멈추는 시기에 윤문이 형성된다는 김 등(2000) 연구 보고와 잘 일치하고 있다.

물가자미의 윤문형성 연구결과를 살펴보면, 우리나라 남서해안에 서식하는 물가자미는 5~8월(황, 1978), 일본 Hachinohe 근해는 9~10월(Ishito, 1964), Thusima 주변해역은 2월(Imaoka and Misu, 1969)로 보고하고 있다. 본 연구의 연구결과와 황(1978)의 연구결과가 차이가 많이 나타나고 있는데, 이는 본 연구는 동중국해에 포함되는 남해 전해역과 동해에 분포하는 것을 대상으로 한 반면, 황(1978)은 남서해역에 분포하는 것을 대상으로 하였기 때문이다. 이는 같은 종이라도 해역별로 서식환경이 다르기 때문에 조사해역의 범위의 차이에 많은 영향을 받았으리라 판단되어진다.

물가자미의 암·수간 크기는 전 연령에서 큰 것으로 나타났다으며, 이는 황(1978)과 Imai and Miyazaki(2005)의 연구결과와 잘 일치하는 것으로 나타났다. 이는 채집시기 및 채집 조건에 따라 어획된 개체의 크기의 차이로 판단된다. 그러나 본 연구에서는 암·수간 성장과 암·수간 연령별 차이가 없는 것으로 나타났다.

요 약

물가자미의 표본은 동중국해 및 동해에서 중형 외끌이 기선저인망에 의해 2004년 2월부터 2005년 1월까지 어획된 것이다. 총 389개체 표본의 오른쪽 이석을 연령형질로 사용하여 연령과 성장을 추정하였다. 윤문은 12~3월(주형성시기 2월), 연 1회 형성되는 것으로 나타났다. 산란시기는 2~4월(주산란시기 3월)이었다. 전장과 전중과의 상대성장식은 $TW=0.5091 \times 10^{-2} TL^{3.222}$ ($r^2=0.92$)로 나타났고, 암·수간의 상대성장식 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다($P>0.05$). 추정된 von Bertalanffy 성장식은 $L_r=46.58(1-e^{-0.14(+1.32)})$ 로 추정되었다. 암·수간의 연령별 성장에는 차이가 없는 것으로 나타났다($P>0.05$).

사 사

본 연구는 국립수산물과학원 『동해 심해생태계 자원특성조

사』에 의하여 수행되었으며(RP-2010-FR-023), 익명의 심사위원들의 고견에 대해 감사드립니다.

인 용 문 헌

- 김영혜 · 강용주 · 류동기. 2000. 한국 남해안의 까나리 (*Ammodytes personatus*)의 연령과 성장. 한국어류학회지, 12: 166-172.
- 김익수 · 최 윤 · 이충렬 · 이용주 · 김병직 · 김지현. 2005. 한국어 류대도감. 교학사, p. 477.
- 안철민 · 이정식 · 허성희. 1999. 물가자미 (*Eopsetta grigorjewi*)의 정자변태 및 정자구조. 한국수산과학회지, 32: 730-736.
- 이선식 · 한경남 · 윤원득. 2003. 먹이에 따른 물가자미 (*Eopsetta grigorjewi*) 치어의 에너지 수치. 한국수산과학회지, 36: 358-364.
- 황번일. 1978. 한국남서해안 물가자미 (*Eopsetta grigorjewi*)의 어업생물학적 연구. 국립수산진흥원연구보고, 20: 21-31.
- Bertalanffy, L.V. 1938. A quantitative theory of organic growth (Inquiries on growth laws. II). Hum Biol., 10: 181-213.
- Campana, S.E. 1984. Lunar cycles of otoliths growth in the juvenile stary flounder *platichthys stellatus*. Mar. Biol., 80: 239-246.
- Huxely, J.S. 1932. Problems of relative growth. 2nd ed. Dover Publ., Inc., New York, p. 312.
- Imai, C. and Y. Miyazaki. 2005. Revision of growth model of spotted sole from waters of the Sea of Japan using otolith analysis. J. Natl. Fish. Univ. Jap., 53: 21-34.
- Imaoka, Y. 1971. The fishery biology of the roundnose flounder (*Eopsetta grigorjewi* Herzenstein) in the south-western Japan Sea and its adjacent waters-On the maturity and the spawning. Bull. Seikai Reg. Fish. Res. Lab., 39: 51-63.
- Imaoka, Y. 1972. Fisheries biology of the roundnose flounder, *Eopsetta grigorjewi* Herzenstein, in the south-western Japan Sea and its adjacent waters-On the feeding habits. Bull. Seikai Reg. Fish. Res. Lab., 42: 77-90.
- Imaoka, Y. and H. Misu. 1969. Fisheries biology of roundnose flounder (*Eopsetta grigorjewi* Herzenstein) in the south-western Japan Sea and its adjacent waters-Age and Growth. Bull. Seikai Reg. Fish. Res. Lab., 37: 51-70.
- Imaoka, Y. and H. Misu. 1974. Fisheries biology of roundnose flounder, *Eopsetta grigorjewi*, in the south-western Japan Sea and its adjacent waters-Early stage in development and growth by rearing. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 40: 1107-1114.
- Ishito, Y. 1964. Age and growth of the Three Flounder Species, "Sohachi", Roundnose and "Migigarei" Flounders, in the Fishing Area off Hachinohe. Bull. Tohoku Reg. Fish. Res. Lab., 24: 73-80.
- Ishito, Y. 1982. Maturation and Spawning of the roundnose flounder (*Eopsetta grigorjewi* HERZENSTEIN) off the North-eastern Coast of Japan. Bull. Tohoku Reg. Fish. Res. Lab., 45: 33-44.

- Kitazawa, H., Y. Fujikawa, J. Adachi and N. Tanaka. 1989. Recent trends in catch and stock of roundnose flounder in the southwestern Japan Sea and its adjacent waters. *Jap. Soc. Sci. Fish.*, 55: 1297-1304.
- Pianka, E.R. and W.S. Parker. 1975. Age-specific reproductive tactics. *Am. Nat.*, 109: 453-464.
- Secor, D.H., J.M. Dean and S.E. Campana. 1995. *Recent Development in Fish Otolith Research*. Univ. South Carina Press, U.S.A., p. 735
- Walford, L.A. 1946. A new graphic method of describing the growth of animals. *Biol. Bull.*, 90: 141-147.
- Yamada, U., S. Shirai, T. Irie, M. Tokimura, S. Deng, Y. Zheng, C. Li, Y.U. Kim and Y.S. Kim. 1995. *Names and Illustrations of fishes from the East China Sea and the Yellow Sea*. Overseas Fishery Cooperation Foundation, Tokyo, Japan, p. 288.