

한국 서남해 민어(*Miichthys miiuy*)의 연령과 성장

이승환 · 정상덕 · 유준택 · 김영혜*

국립수산과학원 남해수산연구소 자원환경과

Age and Growth of Brown Croaker *Miichthys miiuy* in the South-western Water of Korea by Seung Hwan Lee, Sang Deok Chung, Joon-Taek Yoo and Yeong Hye Kim* (Fisheries Resources and Environment Division, South Sea Fisheries Research Institute, National Institute of Fisheries Science, Yeosu 59780, Republic of Korea)

ABSTRACT Age and growth of Brown croaker *Miichthys miiuy* were estimated using right sagittal otoliths of 327 fish specimens from August 2015 to July 2016 in Korea. Annual rings in otoliths were formed from March to June once a year. The oldest specimens were 11 yr in female and 9 yr in male. Brown croaker began spawning in September and showed a peak in October. Total length and body weight relationships showed no significant difference between females and males ($P > 0.05$), and can be expressed as $BW = 1.15 \times 10^{-5} \times TL^{2.928}$ ($R^2 = 0.98$). Estimated von Bertalanffy growth curve was $L_t = 182.4(1 - e^{-0.067(t + 1.754)})$ ($R^2 = 0.96$).

Key words: Brown croaker (*Miichthys miiuy*), age and growth, otolith, Marginal Index (*M*), von Bertalanffy growth curve

서 론

민어(*Miichthys miiuy*)는 농어목(Order Perciformes), 민어과(Family Sciaenidae)에 속하며, 한국 서남해, 황해, 동중국해 및 일본 중부에 분포한다(Lee and Park, 1992; Kim *et al.*, 2004). 민어는 가을이 되면 남하하여 제주도 서방해역에서 월동한 후 봄이 되면 월동을 끝내고 다시 북쪽으로 이동한다. 산란기는 7~9월의 여름철로서 남쪽이 빠르고 북쪽일수록 늦으며, 한국 서해에서는 인천, 덕적도 앞바다가 주산란장으로 알려져 있다(Kim *et al.*, 2004).

민어는 한국 서해안의 특산종이며 경제적으로 가치가 높은 어종이다. 민어 어획량은 1990년도부터 2000년대 초반까지는 약 2,000톤 내외 수준이었으며, 2013년에 약 8,000톤까지 증가하였다. 그후 다소 감소하는 경향을 보였고, 2015년에는 4,200톤의 어획량을 기록하였다(MAFRA, 2016).

민어의 국내 연구는 서해안 민어의 산란특성과 부화에 미치는 염분의 영향(Yoon *et al.*, 2006b), 생식소 발달(Park *et al.*, 2007a), 체성분 및 탄력의 계절적 변화(Yoon *et al.*, 2006a), 난

발생과정 및 자치어의 형태발달(Han *et al.*, 2002), 초기형태발달(Park *et al.*, 2012), 양식 민어의 두부형질에 의한 전장 예측(Park *et al.*, 2007b) 등이 있다. 국외에서는 계통발생에 대한 유전자 분석(Cheng *et al.*, 2010), 소화효소의 발생학적 발달 및 기아의 영향(Shan *et al.*, 2009), 면역 유전자 동정(Xu *et al.*, 2010) 등이 있지만, 국내에서 민어의 연령과 성장에 관해서는 아직까지 연구되지 않았다.

민어는 서해의 특산어종으로 여름철에 특히 수요가 많고, 최대 1m 이상까지 자라는 대형어이다. 또한 우리나라 주요 수산자원 중 가장 많이 어획되는 고등어, 멸치, 오징어류와 비교하였을 때, 민어는 어획량 대비 생산금액이 약 9배 이상 높은 어종으로 상업적으로 매우 유용하고 가치가 높다. 하지만 민어의 자원생태에 대한 연구는 미비한 실정이다. 이번 연구는 민어의 자원생태를 규명하기 위해 우리나라에 분포하는 민어의 연령과 성장을 연구하여 자원의 합리적 이용과 관리를 위해 과학적 근거자료를 제공하고자 한다.

재료 및 방법

민어 표본은 2015년 8월부터 2016년 7월까지 매일 서해 남

*Corresponding author: Yeong Hye Kim Tel: 82-61-640-8971, Fax: 82-61-686-1588, E-mail: fishmail@korea.kr

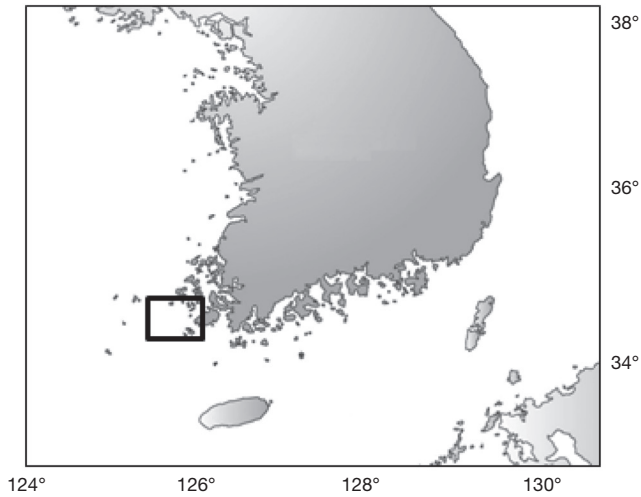


Fig. 1. The sampling area (□) of *M. miiuy* in Korea.

Table 1. Number of individuals and total length of *M. miiuy* collected in the sampling area in 2015 and 2016

Year	Month	Number (inds.)	Mean TL ± SD (cm)
2015	Aug.	37	46.1 ± 10.4
	Sep.	35	49.1 ± 12.0
	Oct.	35	52.5 ± 13.1
	Nov.	34	46.2 ± 11.1
	Dec.	42	49.7 ± 14.3
2016	Jan.	35	42.9 ± 8.3
	Feb.	30	41.9 ± 8.2
	Mar.	9	90.8 ± 5.5
	Apr.	21	64.4 ± 20.0
	May	23	46.6 ± 19.6
	Jun.	17	36.8 ± 2.2
	Jul.	21	51.5 ± 24.4
Total		339	

부 연안에서 안강망으로 어획되어 양육된 것을 채집하였다 (Fig. 1). 총 339개체의 표본은 실험실로 옮겨, 전장 (TL, 0.1 cm), 체장 (SL, 0.1 cm) 그리고, 체중 (BW, 0.1 g)을 계측하였다 (Table 1). 암수판별은 생식소를 육안 관찰하여 구분하였으며, 연령사정을 위해 이석을 추출하였다. 산란기는 생식소숙도지수 (Gonadosomatic index, GSI = GW/BW × 100)의 월별 변화로 추정하였다. 여기서 GW (Gonad weight)는 생식소 중량 (g), BW (Body weight)는 체중 (g)이다.

이석을 추출할 때 눈을 기준으로 머리 아랫부분을 절개하면 이석 한 쌍을 확인할 수 있다. 어체에서 이석을 적출한 후 이석낭과 이물질을 제거한다. 이후 시료의 통일성을 위해 우측 이석을 이용하여 연령사정을 하였다. 이석을 몰당한 후 동결 조직절편기를 이용하여 중심부를 기준으로 1 mm 정도의 두께가 되도록 횡단면을 절편하였다. 이석의 윤문은 불투명대에서 투명대로 이행하는 경계를 기준으로 하였으며, 이석의 반경은

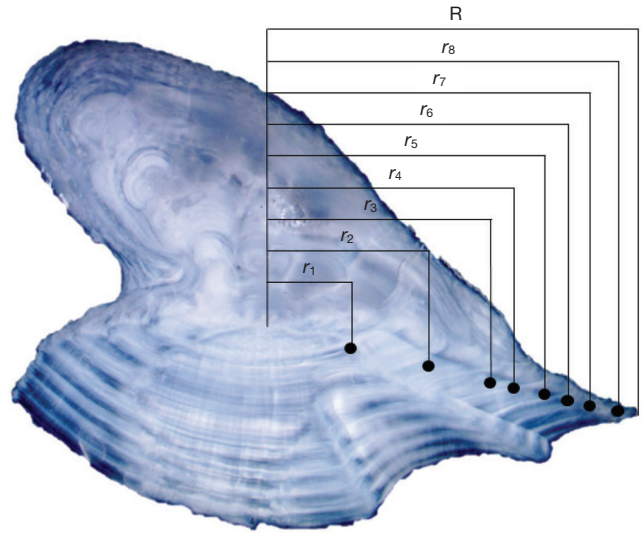


Fig. 2. Otolith radius (R) and ring radius (r_n) of *M. miiuy*.

중심부로부터 후단부 끝까지의 직선거리를, 윤경은 이석의 중심부로부터 불투명대 끝까지의 직선거리를 저배율의 입체현미경과 컴퓨터 영상분석 시스템을 이용하여 μm 의 단위로 측정하였다 (Fig. 2). 이때 반사광은 (2,800~3,000 Lux)을 사용하였다. 이번 연구에 사용된 민어의 이석의 개수는 327개였다.

이석에 나타난 윤문에 대한 윤문판독의 정확성은 각 윤문별 윤경 간의 관계를 비교하였으며 윤문 대응성을 검토하였다. 이후 연륜으로서 적합성을 알아보기 위한 방법으로 윤문의 형성시기와 횡수를 알아보기 위해 연역지수 (Marginal Index, MI)의 월별 변화를 연구하였다.

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

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

초륜이 형성되는데 소요되는 기간은 산란기와 윤문 형성시기로 추정하였다. 또한 전장과 체중 간의 상대성장식을 추정하였다.

$$BW = \alpha TL^\beta$$

여기서 α 와 β 는 상수이다.

성장 Model은 일반적으로 널리 사용되는 von Bertalanffy 성장식 (1938)을 이용하여 추정하였다. 성장모델의 매개변수 추정방법은 Walford 정착도법 (1948)에 의해 추정치를 구했으며, 추정치를 초기값으로 하여 비선형회귀 분석 (엑셀 solver)을 추정하였다 (Zhang, 2010).

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

여기서 L_t 는 연령이 t일 때의 전장이고, L_∞ 는 이론적 최대 전

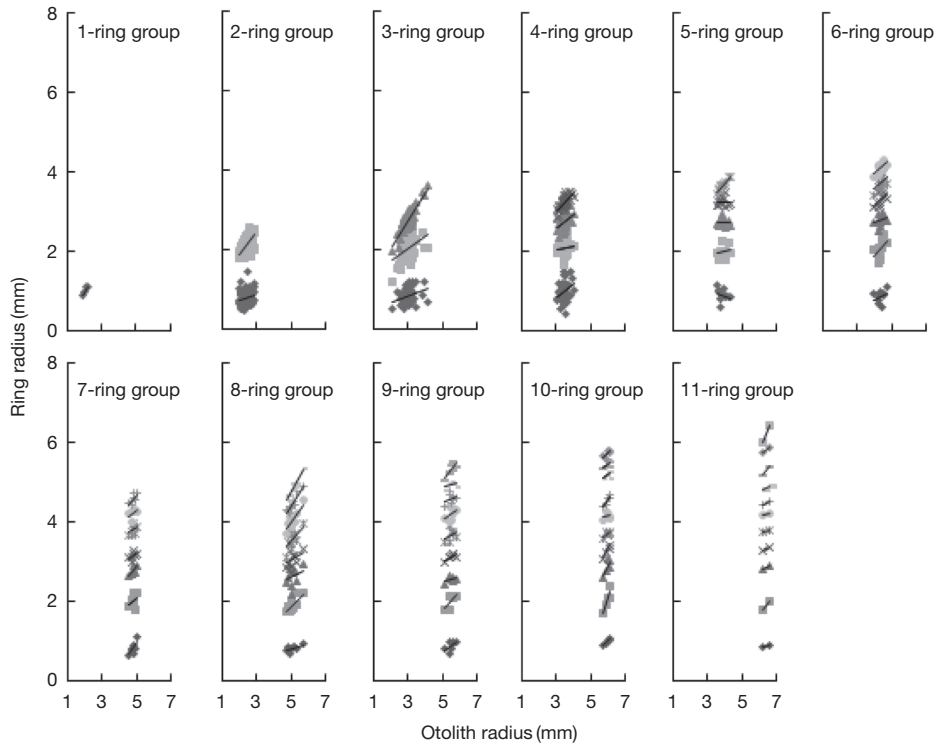


Fig. 3. Relationship between otolith radius and ring radius of *M. miuy* in Korea.

장, K 는 성장계수, t_0 는 전장이 0일 때의 이론적 연령을 의미한다.

결 과

1) 윤문형성의 대응성

민어 이석에서 관찰된 윤문이 연륜으로서 적합한지 확인하기 위하여, 각 연령별 윤경간의 관계를 연구하였다(Fig. 3). 이석에서 관찰된 윤경은 인접한 윤경과 중복되지 않고 분리되었으며, 같은 수의 윤문도 이석경이 커짐에 따라 윤경 역시 크게 나타났으므로 이석경과 윤문에 대응성이 확인되었다.

2) 윤문형성시기

윤문형성시기와 횡수는 연역지수(MI)의 월별 변화를 통하여 확인하였다(Fig. 4). 연역지수 평균값은 3월 이후 감소하여 6월에 가장 낮은 값을 나타내었다. 따라서 윤문형성시기는 3~6월, 주 형성시기는 6월, 연 1회 형성됨을 확인하였다.

3) 산란기

암컷의 경우 생식소속도지수가 가장 높았던 시기는 2015년

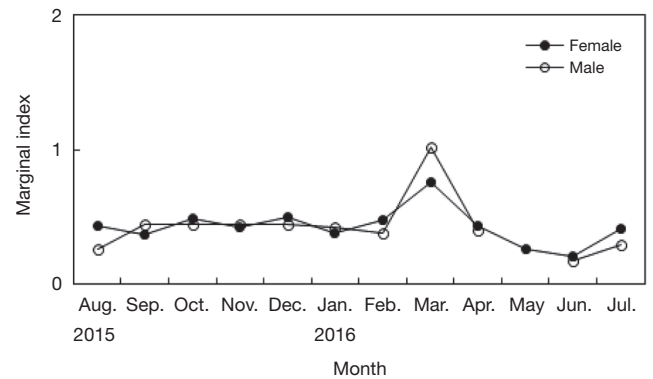


Fig. 4. Monthly changes in the marginal index in otolith (MI) of *M. miuy* in Korea.

9월이었고, 이후 10월부터 급격히 떨어지기 시작하였다(Fig. 5). 산란기는 생식소속도지수가 가장 높은 값을 기록한 후 급격히 떨어지는 지점부터 가장 낮은 값을 기록한 지점까지의 기간으로 추정하였다. 따라서 민어의 산란기는 9월~10월(주 산란기 9월)로 추정되었다.

4) 상대성장

민어의 이석을 연령 사정한 결과 각 윤문별 윤경은 Table 2

와 같았다. 암수 간의 전장(TL)과 체중(BW)간의 상대성장식 사이에 유의한 차이가 없었으므로 ($P > 0.05$), 암수 구별하지 않고, 암수를 합하여 구한 상대성장식은 $BW = 1.15 \times 10^{-5} \times TL^{2.928}$ ($R^2 = 0.98$)으로 추정되었다(Fig. 6).

5) 성장식 추정

민어의 이석을 연령사정한 결과로는 최고 연령은 암컷 11세, 수컷은 9세로 추정되었다. 암컷의 표본 중 2세어의 개체수가 29%, 4세 22%, 1세 20% 순으로 차지하였다. 수컷 또한 2세어의 비중이 30%로 가장 높았고, 다음으로 3세 28%, 1세

21% 순으로 차지하였다. 민어 이석은 관찰 결과 불투명대에서 투명대로 이행하는 경계를 기준으로 하였을 때 연 1회 형성되는 주기성을 확인하였으며, 이 윤문을 연륜으로 간주하였다. 민어의 주산란기는 9월, 주윤문형성시기는 6월로 추정되므로, 초륜형성까지의 소요기간은 약 9개월(0.75년)로 추정되었다. 따라서 암수 모두의 연령별 평균 윤경에 의거하여, 추정된 윤문형성시의 평균 전장은 1세 $TL_{0.75} = 31.4$ cm, …… 10세 $TL_{10.75} = 99.8$ cm이었다(Table 3). 윤문형성시의 평균 전장을 바탕으로 엑셀에서 비선형 회귀방법을 이용하여 추정된 VBF 성장식은 $L_t = 182.4(1 - e^{-0.067(t+1.754)})$ ($R^2 = 0.96$)로 나타났다(Fig. 7).

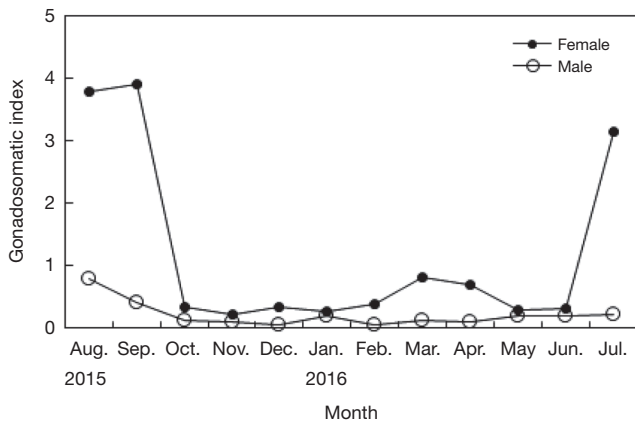


Fig. 5. Monthly changes in gonadosomatic index of *M. miiuy* in Korea.

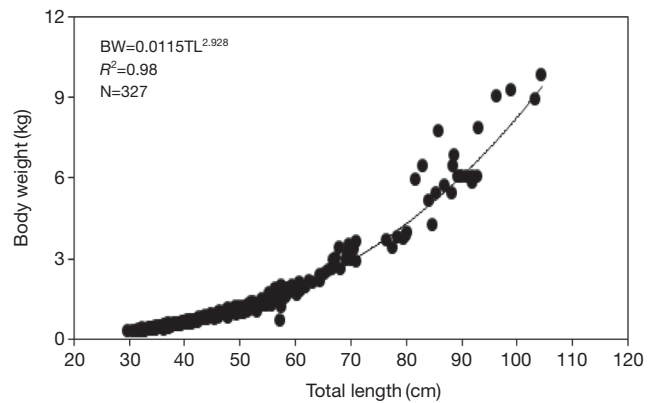


Fig. 6. Relationship between total length and body weight of *M. miiuy* in Korea.

Table 2. Average ring radii on the otolith of *M. miiuy* in Korea. 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	r_9	r_{10}
0	4	2.05										
1	150	2.39	2.11									
2	70	3.02	2.06	2.73								
3	48	3.50	2.04	2.73	3.22							
4	13	3.90	1.99	2.73	3.26	3.67						
5	11	4.40	2.04	2.79	3.31	3.72	4.11					
6	7	4.81	1.97	2.76	3.22	3.81	4.23	4.57				
7	10	5.10	1.95	2.63	3.08	3.59	4.05	4.46	4.84			
8	7	5.52	1.92	2.62	3.25	3.77	4.18	4.62	4.96	5.33		
9	5	5.98	2.02	2.88	3.34	3.75	4.16	4.57	5.03	5.39	5.68	
10	2	6.43	1.90	2.92	3.32	3.73	4.18	4.54	4.87	5.31	5.82	6.22
Total	327	4.28	2.00	2.75	3.25	3.72	4.15	4.55	4.93	5.34	5.75	6.22
		SD	0.07	0.10	0.08	0.07	0.06	0.06	0.09	0.04	0.10	

Table 3. Back-calculated total length (TL) at estimated age of *M. miiuy* in Korea

Age	Age (year)									
	1+	2+	3+	4+	5+	6+	7+	8+	9+	10+
Total length (cm)	31.4	43.7	51.7	59.3	66.3	72.8	78.8	85.6	92.3	99.8

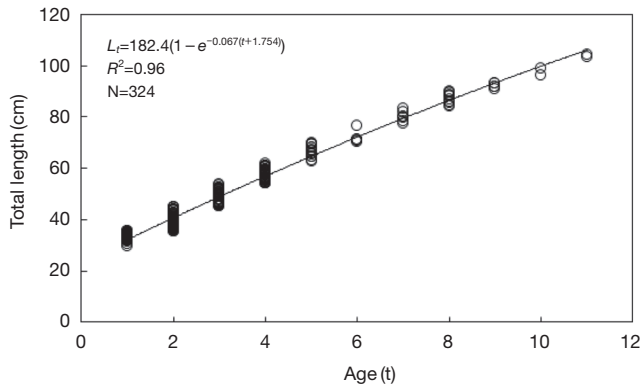


Fig. 7. The von Bertalanffy growth curve estimated from back-calculated lengths of *M. miiuy* in Korea.

고찰

자원의 상태 파악과 효율적인 관리를 위해서는 수산자원의 연령 조성 및 구조를 이용한 기초자료가 중요하기 때문에 각 수산자원의 연령형질을 이용하여 파악하는 것이 중요하다. Secor *et al.* (1995)은 수산자원의 이석이 비늘보다 생활사의 생물학적 및 환경적인 요인을 잘 반영한다고 보고하여, 이번 연구에서도 보다 정확한 결과를 얻기 위하여 민어의 이석을 이용하여 연령 구조를 파악하였다.

이석은 형태에 따라 이석 절단방법에 차이가 있고, 민어 이석처럼 불룩한 형태는 시상면 관찰보다 횡단면과 전두단면의 관찰이 용이하다. 이번 연구에서 전두단면 절단 시 실험 중 손상이 많고 윤문의 관찰이 어려워 비교적 윤문이 선명하게 관찰되는 횡단면을 관찰하였다.

이석은 성장이 빠른 시기에 불투명대가 형성되고, 성장이 느리거나 멈추는 시기에 투명대가 형성되는 것으로 보고하였다(Kim *et al.*, 2000). 민어는 불투명대에서 투명대로 이행하는 지점을 윤문으로 간주하였으며, 윤문형성시기는 3~6월(주형성시기 6월), 산란기는 9~10월(주산란기 9월)로 추정되어 초륜이 형성되기까지의 기간은 0.75년으로 나타났다. 흔히 불투명대는 성장이 좋은 여름에, 투명대는 성장이 상대적으로 나쁜 겨울에 형성되는 것으로 생각되지만, 일부 어종에서는 투명대가 봄과 초여름에 관찰되는 것으로 보고되었다(Kimura *et al.*, 2007). 민어 또한 윤문은 초여름에 주로 형성되어 여름철에 성장이 느린 것으로 생각되며 때문에 윤문은 하륜으로 판단되었다. 또한 이번 연구에서 산란기는 9~10월(주산란기 9월)로 추정되어, Kim *et al.* (2004)에서 보고된 산란기(7~9월)와 약간의 차이를 보였다.

이번 연구의 연령별 평균 전장과 Kim *et al.* (2004)을 비교하였을 때, 초기 3세까지는 비슷한 크기였지만 4세부터 차이가 시작되어 6세 때 이번 연구결과가 약 10 cm 큰 전장으로 나타

났다. 또한 Kim *et al.* (2004)은 최대 전장을 90 cm로 보고하였지만, 이번 연구에서 100 cm 이상의 개체들이 어획되어 선행 연구와의 차이가 있었다.

현재 우리나라의 수산자원관리법 시행령에 따르면 민어의 포획금지 체장은 33 cm이며, 이번 연구 결과에서는 약 1.2세에 해당된다. Kim *et al.* (2004)에서 민어는 50 cm 이상 되어야 성숙한다고 보고하여, 현재 민어의 포획금지 체장인 33 cm는 성숙하지 않은 미성어의 어획을 허용하고 있는 것으로 생각된다. 따라서 민어의 성숙체장을 규명하기 위한 산란생태 연구가 필요하다고 판단된다.

요약

본 연구는 우리나라 주요 수산자원 중 하나인 민어의 이석을 이용하여 민어의 연령과 성장을 추정하였다. 연구에 사용된 민어의 이석은 2015년 8월부터 2016년 7월까지 서해 남부 연안에서 안강망으로 어획되어 양육된 것으로 총 339개체 중, 연령사정에 이용된 개체수는 327마리였다. 연령은 민어는 불투명대에서 투명대로 이행하는 지점을 윤문으로 간주하였으며, 윤문형성시기는 3~6월(주형성시기 6월), 산란기는 9~10월(주산란기 9월)로 추정되어 초륜이 형성되기까지의 기간은 0.75년으로 나타났다. 최고 연령은 암컷 11세, 수컷 9세로 추정되었으며, 윤문이 형성될 시기의 평균 전장을 바탕으로 비선형 회귀방법으로 추정한 Von Bertalanffy 성장식은 $L_t = 182.4(1 - e^{-0.067(t+1.754)})$ ($R^2 = 0.96$)이었다.

사사

이 논문은 2017년도 국립수산물과학원 수산과학연구사업(R2017032)의 지원으로 수행된 연구이며 연구비 지원에 감사드립니다.

REFERENCES

- Bertalanffy, L. Von. 1938. A quantitative theory of organic growth (Inquiries on growth laws. II). *Human Biol.*, 10: 181-213.
- Cheng, Y., T. Xu, G. Shi and R. Wang. 2010. Complete mitochondrial genome of the Miiuy croaker *Miichthys miiuy* (Perciformes, Sciaenidae) with phylogenetic consideration. *Marine Genomics*, 3: 201-209.
- Han, K.H., S.H. O, D.S. Hwang, Y.H. Cho and D.C. Seo. 2002. Egg development and morphological change of larvae of the Brown croaker, *Miichthys miiuy*. *Korean J. Ichthyol.*, 14:

- 93-99.
- Kim, Y.H., Y.J. Kang and D.K. Ryu. 2000. Growth of *Ammodytes personatus* in the South Sea, Korea. Korean J. Ichthyol., 12: 166-172.
- Kim, Y.U., Y.M. Kim and Y.S. Kim. 2004. Commercial fish of the coastal and offshore water in Korea. Nat'l. Fish Res. Dev. Agency Korea, 299pp.
- Kimura, D.K., D.M. Anderl and B.J. Goetz. 2007. Seasonal marginal growth on otoliths of seven Alaska groundfish species support the existence of annual patterns. Alaska Fish Res. Bull., 12: 243-251.
- Lee, C.L. and M.H. Park. 1992. Taxonomic revision of the family Sciaenidae (Pisces, Perciformes) from Korea. Korean J. Ichthyol., 4: 29-53.
- MAFRA. 2016. Statistic database for fisheries production. Retrieved from <http://fs.fips.go.kr/main.jsp> on July 25.
- Park, I.S., D.W. Seol, S.Y. Im, M.O. Park, W.J. Hur, S.W. Cho, Y.C. Song, J.S. Kim, H.J. Jo, C.H. Noh and H.J. Choi. 2007a. Gonad ontogeny in relation to somatic growth in the Brown croaker *Miichthys miiuy* (Basilewsky). Korean J. Ichthyol., 19: 107-111.
- Park, I.S., Y.J. Kim, H.J. Choi and S.Y. Oh. 2007b. Total length estimation from head dimensions of artificially propagated Brown croaker *Miichthys miiuy*. Korean J. Ichthyol., 19: 128-131.
- Park, I.S., Y.J. Kim, I.B. Goo and D.S. Kim. 2012. Early morphological development of the Brown croaker, *Miichthys miiuy* (Basilewsky): fin differentiation, head dimensions, and squamation. Korean J. Ichthyol., 24: 125-130.
- Secor, D.H., J.M. Dean and S.E. Campana (eds). 1995. Recent development in fish otolith research. Univ. South Carina Press U.S.A., 735pp.
- Shan, X.J., W. Huang, L. Cao, Z.Z. Xiao and S.Z. Dou. 2009. Ontogenetic development of digestive enzymes and effect of starvation in miiuy croaker *Miichthys miiuy* larvae. Fish Physiol. Biochem., 35: 385-398.
- Walford, L.A. 1946. A new graphic method of describing the growth of animals. Biol. Bull., 90: 141-147.
- Yoon, H.S., D.C. Seo, Y.K. An and S.D. Choi. 2006a. Seasonal changes of body composition and elasticity between wild and cultured Brown croaker, *Miichthys miiuy*. Korean J. Environ. Biol., 24: 179-185.
- Yoon, H.S., D.C. Seo and S.D. Choi. 2006b. Effect of salinity on hatching and spawning characteristics of *Miichthys miiuy* in the Western of Korea. Korean J. Environ. Biol., 24: 53-59.
- Xu, T.J., F.X. Meng, Y.N. Sun, G. Shi and R.X. Wang. 2010. Identification of immune genes of the miiuy croaker (*Miichthys miiuy*) by sequencing and bioinformatic analysis of ESTs. Fish and Shell Fish Immunology, 29: 1099-1105.
- Zhang, C.I. 2010. Marine fisheries resources ecology. Pukyong National University. Busan Korea, pp. 228-230.