

## 제주 연안 독가시치 *Siganus fuscescens*의 연령과 성장

이승종\* · 김종빈 · 김맹진 · 정석근<sup>1</sup>

국립수산과학원 아열대수산연구센터, <sup>1</sup>제주대학교 해양의생명과학부

### Age and growth of rabbit fish, *Siganus fuscescens* in the coast of Jeju island, Korea

Seung-Jong LEE\*, Jong-bin KIM, Maeng-Jin KIM and Suk-Geun JUNG<sup>1</sup>

Subtropical Fisheries Research Center, National Fisheries Research and Development Institute, Jeju, 690-192, Korea

<sup>1</sup>School of Marine Biomedical Sciences, Jeju National University, Jeju, 690-756, Korea

The age and growth of rabbit fish, *Siganus fuscescens* were investigated from samples monthly collected in the coast of Jeju island, Korea from February to December 2012. Ages were determined from annuli in otoliths, and annuli were formed in one or two months immediately after spawning once a year. Also, main spawning period was estimated between July and August, thus rings were considered as annual marks. The von Bertalanffy growth equations estimated from a non-linear regression method were  $L_t=37.24(1 - e^{-0.33(t+1.24)})$  ( $R^2=0.92$ ) for female and  $L_t=31.44(1 - e^{-0.45(t+1.23)})$  ( $R^2=0.90$ ) for male, and the growth between female and male was different.

Keywords : Rabbit fish, *Siganus fuscescens*, Age, Growth, Otoliths

#### 서 론

독가시치 (*Siganus fuscescens*)는 농어목 (Perciformes), 독가시치과 (Siganidae)에 속하는 아열대성 해산어이며, 주로 남해와 제주도 연안에 분포하는 정착성 어종으로서 관독가시치 (*S. canaliculatus*)와 더불어 우리나라에는 2종류의 독가시치류가 서식하고 있는 것으로 알려져 있다 (Kim et al., 2005).

제주 연안에서 독가시치는 주로 자망과 정치망에 의해 어획되고 있으며, 최근 지구 온난화에 따른 수온 상승으로 인해 제주 연안에서의 출현빈도가 증가하여 유용 수산자원으로서의 이용 가능성이 점점 높아지고 있기 때문에, 이에 대한 체계적인 관리가 필요한 실정이다.

독가시치류에 관한 연구로는 일본산 독가시치에 관한 성숙, 식성 등 자원생태학적 특성 (Naganuma, 2009), 연령과 성장 (Katayama et al., 2009), 이석 성분조성 변화 (Yamada and Shibuno, 2007) 등 다양한 연구들이 보고된 바 있다. 하지만 국내에서 독가시치에 관한 생태적 연구는 기존 관독가시치에 대한 생식생태학적 연구 (Hwang et al., 2004) 이외에는 전무한 상태이다.

따라서 이 연구는 제주도 연안에서 어획되고 있는 독가시치 자원의 체계적인 이용 및 관리를 위해 자원생태학적 기초자료를 제공하고자 독가시치의 연령과 성장을 조사하였다.

\*Corresponding author: sjlee1225@korea.kr, Tel: 82-64-750-4370, Fax: 82-64-743-5884

재료 및 방법

이 연구에 사용한 독가시치의 시료는 2010년 2월부터 12월까지 제주도 연안 4개 지역에서 매월 자망과 정치망에 의해 직접 어획된 개체를 사용하였다 (Fig. 1).

측정에 사용된 독가시치의 시료는 총 638개체로서 (Table 1) 각각 암수로 구분하여 전장 (TL)은 0.1cm, 체중 (BW)은 0.1g까지 측정하였고, 생식소의 무게 (GW)는 0.01g까지 측정하였다. 연령을 파악하기 위해 소낭의 편평석 (이석)을 적출하였으며, 적출한 이석은 이물질을 제거한 후 연령형질의 표본으로 사용하였다. 이석의 윤

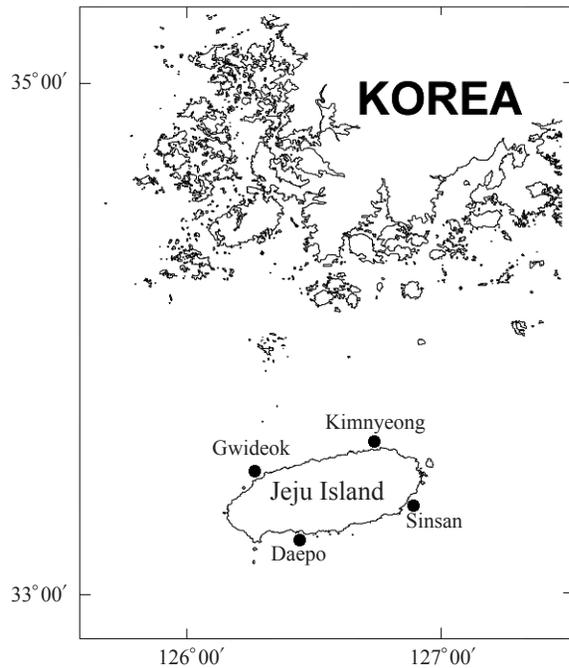


Fig. 1. Location of the sampling area (●) in the Jeju island.

문은 불투명대에서 투명대로 이행하는 경계를 기준으로 하였으며, 이석의 중심부 초점에서 연변부까지의 거리를 이석경 (R)으로 하였다 (Fig. 2). 이석경과 윤경은 컴퓨터 영상분석시스템 (Image analyzer)을 이용하여  $\mu\text{m}$  단위까지 측정하였다. 윤문이 연령형질로 적합한지를 알아보기 위해 각 윤문별로 윤경간의 관계를 비교하고 윤문 대응성을 검토하였다. 또한 윤문 형성시기와 주기성을 추정하기 위하여 월별 연역지수 (Marginal index, MI)를 다음의 식으로 구하였다.

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

여기서, R은 이석경,  $r_n$ 은 초점에서 n번째 윤문까지의 거리이다.

독가시치의 산란기는 월별 생식소속도지수 (Gonadosomatic index, GSI)를 다음의 식으로 구하여 추정하였다.

$$GSI = GW / BW \times 100 \quad (2)$$

독가시치의 초란이 형성되는데 소요되는 기간을 윤

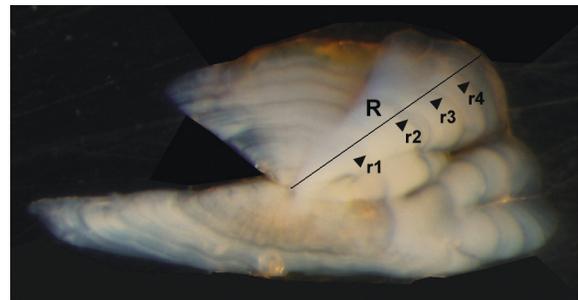


Fig. 2. Otolith radius (R) and ring radius ( $r_n$ ) on the otolith of *Siganus fuscescens*.

Table 1. Number of individuals and size range of rabbit fish, *Siganus fuscescens*

Year	Month	Female		Male	
		No.(inds.)	Mean TL $\pm$ SD (cm)	No.(inds.)	Mean TL $\pm$ SD (cm)
2010	Feb.	21	25.1 $\pm$ 5.57	16	27.5 $\pm$ 4.43
	Mar.	20	32.3 $\pm$ 2.14	19	32.8 $\pm$ 1.90
	Apr.	15	32.1 $\pm$ 1.75	23	33.1 $\pm$ 1.87
	May	94	27.8 $\pm$ 7.21	58	25.1 $\pm$ 6.01
	Jun.	42	27.0 $\pm$ 6.61	34	24.6 $\pm$ 4.10
	Jul.	27	32.5 $\pm$ 5.11	20	30.1 $\pm$ 5.35
	Aug.	39	25.7 $\pm$ 5.20	70	25.4 $\pm$ 5.32
	Sep.	14	25.5 $\pm$ 1.55	9	25.1 $\pm$ 1.99
	Oct.	18	32.6 $\pm$ 1.47	12	31.0 $\pm$ 1.16
	Nov.	17	33.1 $\pm$ 3.02	38	31.1 $\pm$ 1.78
	Dec.	18	30.3 $\pm$ 4.73	14	27.8 $\pm$ 4.04
	Total		325		313

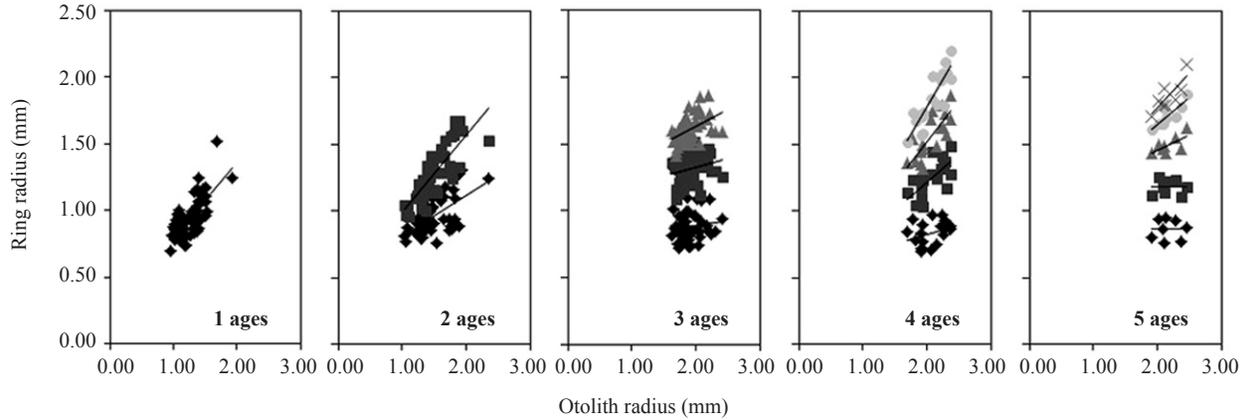


Fig. 3. Relationship between otolith radius and ring radius of rabbit fish, *Siganus fuscescens*.

문형성시기로 추정하였다. 또한 평균 윤경으로부터 윤문형성시기의 전장과 체중을 역계산하기 위하여 Huxely (1932) 방법에 의해 암수별 이석경과 전장, 전장과 체중간의 상대성장식을 추정하였으며, 암수 성장 차이는 공분산분석법 (ANCOVA)으로 검정하였다.

성장식은 von Bertalanffy 성장식을 사용하였고, 성장식의 매개변수는 Walford 정착도법 (1948)에 의해 추정치를 구한 후, 이 추정치를 초기값으로 하여 다음 식과 같이 비선형회귀분석으로 추정하였다 (Zhang, 2010).

$$L_t = L_\infty (1 - e^{-k(t-t_0)}) \quad (3)$$

여기서,  $L_t$ 는  $t$ 세의 전장,  $L_\infty$ 는 이론적 최대전장,  $k$ 는 성장계수  $t_0$ 는 전장이 0일 때의 이론적 연령이다.

## 결 과

### 윤문 형성 대응성 및 주기성

이석에 나타나는 윤문들이 연령형질로서 적합한지를 확인하고, 확인된 윤문 중 위륜 및 이상형 성륜을 가려내기 위해 이석경과 윤경간의 관계를 비교해 보았다 (Fig. 3). 각 윤경간은 거의 중복없이 잘 분리되고 있었고, 이석경이 커짐에 따라 윤경도 커지는 것으로 나타나 이석경과 윤경간에 대응성이 있음을 확인할 수 있었다.

독가시치의 윤문 형성시기와 형성되는 횟수를 추정하기 위해 월별 연역지수 (MI)를 살펴보았다 (Fig. 4). 암컷과 수컷 모두 8월 이후부터 감소하기 시작하여 9월에 가장 낮은 값을 나타냈고, 윤문이 새롭게 형성되는 개체 ( $MI < 0.1$ )는 9월에 출현하고 있어 독가시치 이석내 윤문 형성시기는 9월임을 알 수 있었다.

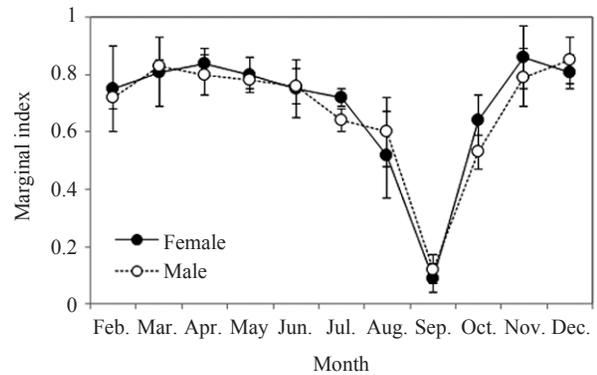


Fig. 4. Monthly changes in the marginal index (MI) of rabbit fish, *Siganus fuscescens*.

### 산란기 추정

독가시치의 산란기를 추정하기 위해 암수의 생식소 속도지수 (GSI)의 월별 변화를 조사한 결과 (Fig. 5), 암

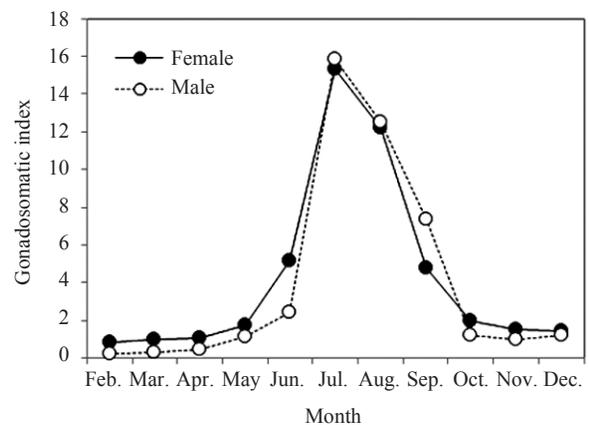


Fig. 5. Monthly changes in the gonadosomatic index (GSI) of rabbit fish, *Siganus fuscescens*.

컷과 수컷 모두 5월 이후부터 증가하기 시작하여 7월에 최대값을 보였고, 9월 이후부터는 다시 낮은 값을 나타냈다. 따라서 독가시치의 산란기는 6~9월, 주산란기는 7~8월로 추정되었다.

**상대성장**

독가시치의 전장 (TL)과 체중 (BW)간의 상대성장식을 구한 결과 (Fig. 6), 암컷은  $BW=0.0300 \times TL^{2.7814}$  ( $R^2=0.93$ ), 수컷은  $BW=0.0215 \times TL^{2.8908}$  ( $R^2=0.95$ )로

나타나 암수간 상대성장에 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다 ( $P<0.05$ ).

**성장식 추정**

이 연구에서 이용한 독가시치 개체들의 이석을 분석한 결과, 최고 연령은 암수 모두 5세로 나타났다 (Table 2). 이석의 불투명대에서 투명대로 이행하는 경계가 연 1회 형성되는 주기성의 윤문이므로 이 윤문을 연륜으로 간주하고, 독가시치의 주산란기는 7월, 윤문 형성시기는

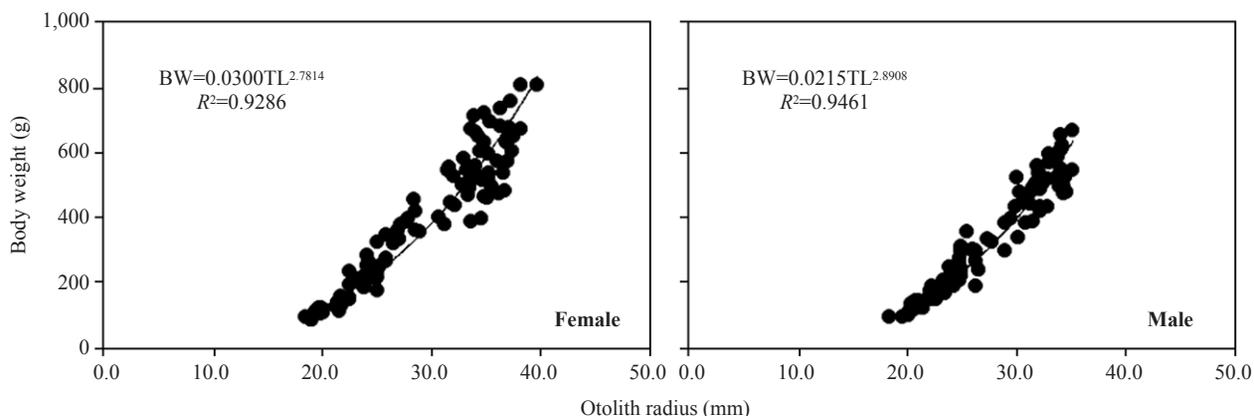


Fig. 6. Relationship between total length and body weight of rabbit fish, *Siganus fuscescens*.

Table 2. Age composition of rabbit fish, *Siganus fuscescens* caught by gill net and set net in the Jeju island

Age	Female			Male		
	Mean TL(cm)	No.	%	Mean TL(cm)	No.	%
1	20.49	92	28.0	20.66	123	39.5
2	25.87	88	27.0	25.08	76	24.2
3	30.66	78	24.0	29.26	83	26.4
4	33.72	45	14.1	31.66	24	7.7
5	34.31	23	7.0	32.20	7	2.2
Total		325			313	

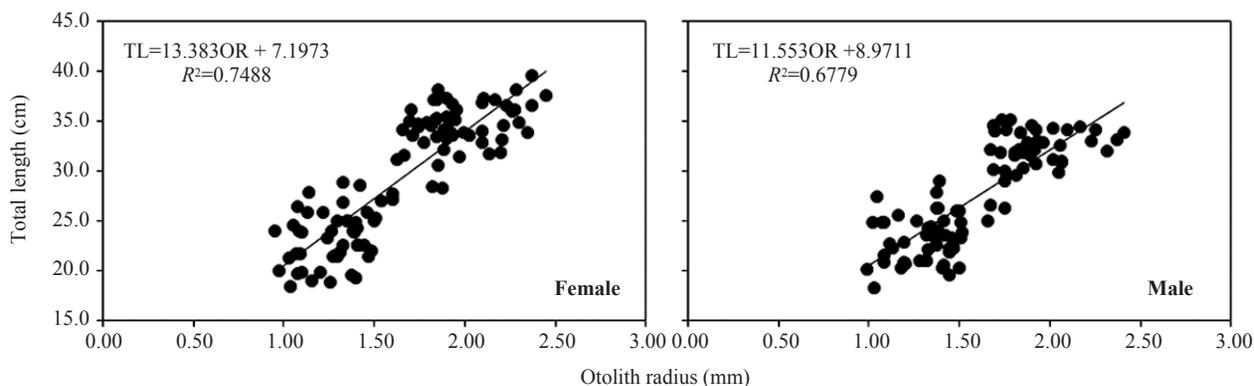


Fig. 7. Relationship between otolith radius and total length of *Siganus fuscescens*.

**Table 3. Mean ring radius for each ring group of rabbit fish, *Siganus fuscescens***

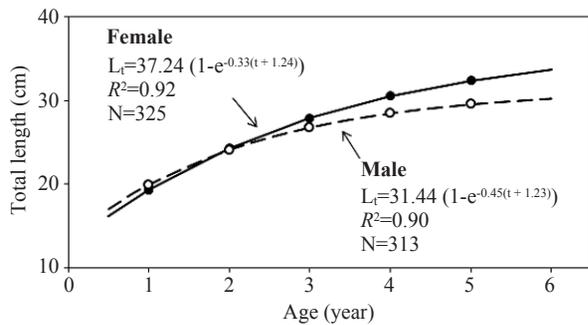
Ring group	Number of specimen	Ring radius (mm)				
		r <sub>1</sub>	r <sub>2</sub>	r <sub>3</sub>	r <sub>4</sub>	r <sub>5</sub>
1	92	0.95				
2	88	0.94	1.25			
3	78	0.90	1.33	1.62		
4	45	0.82	1.22	1.53	1.82	
5	23	0.86	1.18	1.49	1.73	1.87
Total, Mean	325	0.89	1.25	1.55	1.78	1.87
SD		0.05	0.06	0.07	0.06	0.00

Ring group	Number of specimen	Ring radius (mm)				
		r <sub>1</sub>	r <sub>2</sub>	r <sub>3</sub>	r <sub>4</sub>	r <sub>5</sub>
1	123	0.96				
2	76	0.99	1.31			
3	83	0.87	1.30	1.60		
4	24	0.86	1.25	1.56	1.80	
5	7	0.87	1.18	1.46	1.63	1.76
Total, Mean	313	0.91	1.26	1.54	1.72	1.76
SD		0.06	0.06	0.07	0.12	0.00

**Table 4. Back-calculated total length (TL, cm) at estimated age of rabbit fish, *Siganus fuscescens***

Sex	Age (year)				
	1	2	3	4	5
Female	19.46	24.46	28.05	30.63	32.49
Male	19.91	24.09	26.75	28.45	29.53



**Fig. 8. von Bertalanffy growth curves in female and male of rabbit fish, *Siganus fuscescens*.**

이듬해 9월로 추정되므로 초륜 형성시기까지의 소요기간은 약 14개월로 추정되었다. 암수 모두 연령이 증가할수록 윤경의 증가폭이 감소하는 경향을 보여주었는데, 각 윤경으로부터 윤문 형성시의 전장을 역계산하기 위해 이석경과 전장간의 관계를 추정한 결과 둘 사이에 직선회귀관계가 성립하였다 (Fig. 7). 따라서 독가시치 암수의 각 연령별 평균 윤경 (Table 3)을 통해 추정된 윤문

형성시의 평균 전장은 암컷은 1세 19.46 cm, 2세 24.46 cm, 3세 28.05 cm, 4세 30.63 cm, 5세 32.49 cm였으며, 수컷의 경우 1세 19.91 cm, 2세 24.09 cm, 3세 26.75 cm, 4세 28.45 cm, 5세 29.53 cm로 나타났다 (Table 4). 윤문 형성시의 평균 전장을 이용하여 독가시치 암컷과 수컷의 von Bertalanffy 성장식을 추정한 결과 (Fig. 8), 암컷의 성장식은  $L_{\infty}=37.24 (1 - e^{-0.33 (t + 1.24)})$  ( $R^2=0.92$ )이였으며, 수컷의 경우에는  $L_{\infty}=31.44 (1 - e^{-0.45 (t + 1.23)})$  ( $R^2=0.90$ )으로 추정되었다.

### 고 찰

독가시치는 제주 연안 해조류 군락 주변에 무리를 지어 서식하며, 봄부터 가을에 걸쳐 주로 연안 청치망에서 어획되는 어종으로서 최근 들어 연안 수온 상승 등으로 인한 자원 증가로 지역 어민들에게 중요한 소득원이 되면서 자원관리의 필요성이 대두되고 있다. 일반적으로 어류 자원의 현재 상태를 파악하고 관리하기 위해 통상 이석이나 비늘을 통한 연령형질을 이용하고 있는데, 현

재 우리나라 연안에 서식하고 있는 독가시치의 연령 및 성장과 관련하여 기존 국내에서 보고된 바가 전혀 없기 때문에 과거와 현재 또는 서식 해역별 성장 상황을 서로 비교할 수는 없었고, 또한 독가시치의 이석은 상대적으로 타 어종에 비해 매우 작고 연약하여 분석을 위한 전처리시 이석을 다루기가 매우 까다로웠던 점이 특징적이었다.

이 연구에서 제주산 독가시치의 경우 이석분석을 통해 매년 주기적인 윤문 형성시기 및 주기성을 확인할 수 있었는데, 독가시치의 윤문 형성시기를 추정한 결과 9월임을 알 수 있었고, 생식소숙도지수 변화를 통한 산란기를 추정한 결과 수산란기가 7~8월로 나타나 독가시치의 윤문은 산란 직후 1~2개월 사이에 형성되고 있는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 일본산 독가시치 (Katayama et al., 2009)를 이용한 연구 결과에서 매년 산란기인 7월경에 윤문이 1회 형성된다는 보고와 약간의 차이를 보이고 있으나, 독가시치는 산란기 또는 산란기 바로 직후에 윤문이 형성되는 것을 알 수 있었다.

독가시치를 암컷과 수컷으로 구분하여 성장 상태를 조사한 결과, 이번 제주산 독가시치의 경우 동일 연령에서 암컷이 수컷에 비해 1cm 내외로 성장상태가 더 좋은 것으로 나타났는데, 이러한 현상은 일본산 독가시치 (Katayama et al., 2009)의 경우에 있어서도 서로 유의한 차를 보이며, 각각의 성장식으로부터 극한체장이 암컷 쪽이 크다고 보고되고 있다. 이와 같이 해산 어류에 있어서 암수간 성장 차이는 갈치 (Kim et al., 2011), 눈볼대 (Choi et al., 2012), 참가자미 (Lee et al., 2006) 등 다른 어종에서도 많이 나타나는 현상으로 알려져 있다.

이 연구에서 독가시치의 이석으로부터 연령별 크기를 추정해 본 결과, 암컷과 수컷 모두 3세까지 성장이 급속도로 진행되다가 이후에 성장이 정체되고 있음을 알 수 있었고, 이러한 결과와 유사하게 일본산 독가시치에서도 암수 모두 연령이 2~3세까지의 어린 시기에는 성장속도가 빠르며, 그 이후부터는 성장이 느려진다는 것이 확인되고 있다 (Katayama et al., 2009). 이와 더불어 같은 속의 관독가시치의 경우에도 성숙 연령이 2세부터 시작되며, 이 시기부터 성숙 및 산란이 이루어지면서 동시에 성장이 정체되고 있다고 보고된 바 있다 (Wassef and Hady, 1997; Grandcourt et al., 2007). 이와 관련하여 일반적으로 독가시치는 해조류를 주로 섭식하는 어종으로서 일본산 독가시치는 2세 미만의 어린 시절에 대

량의 해조류 포식에 의해 급속도로 성장하고 있는 것으로 추정하고 있는데 (Naganuma, 2009), 이러한 독가시치의 성장 방식은 제주산 독가시치에서도 유사할 것이라 생각되며, 제주산 독가시치도 성숙 연령에 달하는 동시에 성장이 정체되고, 그 이후 재생산을 반복하는 생활사를 보내고 있는 것으로 판단된다. 또한 이번 연구에서 독가시치의 연령별 분포 비율을 조사한 결과, 전체 조사 개체 중 2세어 미만 개체의 비율이 암컷 55.3%, 수컷 63.7%로 높은 비율을 차지하였으며, 제주 연안에서 어획되는 독가시치들은 암컷과 수컷 모두 주로 1~2세어가 많이 어획되고 있었다. 그러나 일본산 독가시치의 경우 암수의 최고 연령이 11~13세로 추정되고 있으므로 (Katayama et al., 2009), 제주 연안에서는 어구에 의해 어획되는 독가시치들이 상대적으로 어린 개체들임을 알 수 있었으며, 이와 같이 어린 개체들이 주로 어획되는 것에 대한 원인 규명이 필요하리라 사료된다.

## 결 론

제주 연안에 서식하는 독가시치를 대상으로 연령과 성장에 관하여 조사하였다. 조사기간은 2010년 2월부터 12월까지로서 제주도 연안 4개 지역에서 정치망과 자망 어구에 의해 어획된 독가시치를 이용하였다. 연령형질로서 이석을 사용하였으며, 윤문은 산란 직후 1~2개월 사이에 형성되고 있었으며, 연간 1회 형성되어 윤문을 연륜으로 간주하였다. 독가시치 암컷과 수컷의 von Bertalanffy 성장식을 추정한 결과, 암컷의 성장식은  $L_t = 37.24 (1 - e^{-0.33(t+1.24)})$  ( $R^2=0.92$ )이었으며, 수컷의 경우에는  $L_t = 31.44 (1 - e^{-0.45(t+1.23)})$  ( $R^2=0.90$ )이었으며, 암수간 성장의 차이가 있었다.

이번 연구를 통해 제주 연안에 서식하는 독가시치들은 3세까지 성장이 급속도로 진행되다가 이후에 성장이 정체되고 있음을 확인할 수 있었으므로 앞으로 제주산 독가시치의 산란생태학적인 연구를 통한 성숙 및 산란과 성장과의 관계뿐만 아니라 3세 미만의 소형어 독가시치 개체군의 해조류에 대한 의존도와 성장과의 관계 규명 등 종합적인 연구가 필요할 것으로 사료된다. 이와 더불어 제주 연안에서 어획되는 독가시치들은 암컷과 수컷 모두 주로 1~2세어에 해당하는 어린 개체들이 많이 어획되고 있으므로, 제주 연안에서 독가시치들은 주로 자망과 정치망 어구에 의해 어획되고 있는 실정임을 감안했을 때, 이러한 원인이 어구 특성에 의한 것인지

등에 대해서도 사전에 규명하여 향후 제주 연안 독가시치 자원의 체계적인 관리방안을 마련해 나가야 할 것으로 생각한다.

## 사 사

이 연구는 국립수산물과학원 (2014년 제주주변 연근해 어업 및 환경생태조사, RP-2014-FR-010)의 지원에 의해 수행되었습니다.

## References

- Choi JH, Choi SH, Kim YH, Lee DW and Ryu DK. 2012. Age and growth of blackthroat *Seaperch* *Doederleinia berycoides* in the South Sea of Korea. *Kor J Fish Aquat Sci* 45, 246–252. (DOI: <http://dx.doi.org/10.5657/KFAS.2012.0246>)
- Grandcourt E, Al Abdessalaam T, Francis F and Al Shamsi A. 2007. Population biology and assessment of the white-spotted spin-foot, *Siganus canaliculatus* (Park, 1797), in the southern Arabian Gulf. *J Appl Ichthyol* 23, 53–59. (DOI: 10.1111/j.1439–0426.2006.00796.x)
- Huxely JS. 1932. Problems of relative growth. 2nd ed. Dover Publish Inc., New York, USA, 312pp.
- Hwang HK, Park CB, Kang YJ, Lee JH, Rho S and Lee YD. 2004. Gonadal development and reproductive cycle of the rabbitfish (*Siganus canaliculatus*). *J Kor Fish Soc* 37, 393–399.
- Katayama S, Akiyama S, Naganuma M and Shibata R. 2009. Age and growth of rabbit fish *Signanus fuscescens* in Tateyama Bay, Japan. *The aquiculture* 57, 417–422.
- Kim IS, Choi Y, Lee CL, Kim BJ and Kim JH. 2005. Illustrated book of Korean fishes. Kyo-Hak Publishing Co, Seoul, 615pp.
- Kim YH, Yoo JT, Lee EH, Oh TY and Lee DW. 2011. Age and growth of largehead hairtail *Trichiurus lepturus* in the East China Sea. *Kor J Fish Aquat Sci* 44, 696–700. (DOI: <http://dx.doi.org/10.5657/KFAS.2011.0695>)
- Lee SI, Park KY, Kim YS, Park HW, Yang JH and Choi SH. 2006. Age and growth of brown Sole, *Pleuronectes herzensteini* (Jordan et Snyder) in the East Sea of Korea. *Korean J Ichthyol* 18, 355–362.
- Naganuma M. 2009. A population ecological study of Rabbit fish *Signanus fuscescens* in Tateyama Bay, Japan. M.S. Thesis Tokyo Univ Mar Sci Tec, Japan 1–33.
- Wassef EA and A.A.Hady H. 1997. Breeding biology of rabbitfish *Siganus canaliculatus* (Siganidae) in mid Arabian Gulf. *Fish Res* 33, 159–166. (DOI: 10.1016/S0165–7836(97)00075–1)
- Yamada H and Shibuno T. 2007. Changes in otolith microstructure and microchemistry of two siganid fishes during settlement period. *Nippon Suisan Gakkaishi* 73, 859–866. (DOI: 10.2331/suisan.73.859)
- Zhang CI. 2010. Marine Fisheries Resources Ecology. Pukyong National University. Busan, Korea, 228–230.

2014. 3. 7 Received

2014 4. 7 1st Revised

2014. 4. 19 2nd Revised

2014. 4. 24 Accepted