

부산 주변 해역에 출현하는 불볼락 (*Sebastes thompsoni*) (쏨뱅이목: 양볼락과)의 생식생태

백근욱^{1,2} · 박세창³ · 김지형³ · 남기문⁴ · 허성화⁴ · 박주면^{5,*}

¹경상대학교 해양생명과학과 · ²해양산업연구소, ³서울대학교 수의학과,
⁴부경대학교 해양학과 · ⁵해양과학공동연구소

Reproductive Ecology of a Goldeye rockfish, *Sebastes thompsoni* (Scorpaeniformes: Scorpaenidae) in the Coastal Waters of Busan, Korea by Gun Wook Baeck^{1,2}, Se Chang Park³, Ji Hyung Kim³, Ki Mun Nam⁴, Sung-Hoi Huh⁴ and Joo Myun Park^{5,*} (¹Department of Marine Biology & Aquaculture, ²Institute of Marine Industry, College of Marine Science, Gyeongsang National University, Tongyeong 650-160, Korea; ³College of Veterinary Medicine, Seoul National University, Seoul 151-742, Korea; ⁴Department of Oceanography & ⁵Korea Inter-University Institute of Ocean Science, Pukyong National University, Busan 608-737, Korea)

ABSTRACT The reproductive ecology of the goldeye rockfish (*Sebastes thompsoni*) was examined using 421 specimens collected monthly from January to December 2005 in the coastal waters of Busan, Korea. Specimens ranged in standard length (SL) from 13.8 to 31.8 cm. The gonadosomatic index (GSI) of females was highest in March and decreased until June. In males the GSI was the highest in February after that the values declined. The spawning season lasted from January to June, and the ratio of female to male did not differ significantly (χ^2 -test, $p > 0.05$). The length at first spawning was 16.8 cm SL, and the size at 50% maturity was estimated at 20.11 cm SL. All females more than 25 cm SL were sexually mature and the egg diameters were from 0.60 to 1.75 mm. Fecundity (F) ranged from 23,881 to 44,509 eggs, with a mean of 30,937 eggs. The relationship between fecundity and standard length was estimated as $F = 9.3762 SL^{1.1662}$ ($R^2 = 0.81$). The relationship between fecundity and body weight (BW) was estimated as $F = 184.37 \ln(BW) - 665.09$ ($R^2 = 0.87$).

Key words : Goldeye rockfish, *Sebastes thompsoni*, reproductive ecology, coastal waters off Busan

서 론

불볼락 (*Sebastes thompsoni*)은 쏨뱅이목 (Scorpaeniformes) 양볼락과 (Scorpaenidae)에 속하는 어류로 우리나라 전 연안, 일본 북해도 이남, 동중국해의 수심 약 70~150m 암반지역에 서식하는 연안 정착성어류이다 (국립수산과학원, 2004; 김 등, 2005). 양볼락과 어류는 현재까지 전 세계적으로 약 330종이 알려져 있으며, 이 중 약 110종이 난태생 어류이다 (Mori *et al.*, 2003). 우리나라에는 43종의 양볼락과 어류가 출현하고 있고, 우리나라와 일본에서 중요한 상업성 어종으로 알려져 있다 (김 등, 2005). 양볼락과 어류 중 많은 종들은 상

업적인 이용가치가 높아, 인공수정과 치어방류 등을 통하여 자원관리를 하고 있다 (Mori *et al.*, 2003). 불볼락은 일반적으로 주낙과 자망에 의해 어획되어지나 최근 선상 외줄낚시로 취미, 여가활동의 대상으로 어획되고 있다. 그러나 최근 연안 해역의 개발에 따른 환경오염, 서식환경의 변화, 남획 등으로 인해 자원량이 감소되는 추세이다.

우리나라를 비롯하여 전 세계적으로 양볼락과 어류의 생태적 연구는 활발히 이루어져 있다. 양볼락과 어류의 재생산에 관한 국내 연구는 볼락 (*Sebastes inermis*)의 생식과 체내 자어의 발달 (이와 김, 1992), 조피볼락 (*Sebastes schlegeli*)의 생식주기 (백 등, 2000), 황점볼락 (*Sebastes oblongus*)의 생식소발달과 성비 (곽 등, 2006) 등이 있었다. 그 중 불볼락에 관한 연구는 생식주기 (이 등, 1998), 불볼락과 개볼락의 난형태

*교신저자: 박주면 Tel: 82-10-9559-8271, Fax: 82-55-642-4509,
E-mail: marbus@hanmail.net

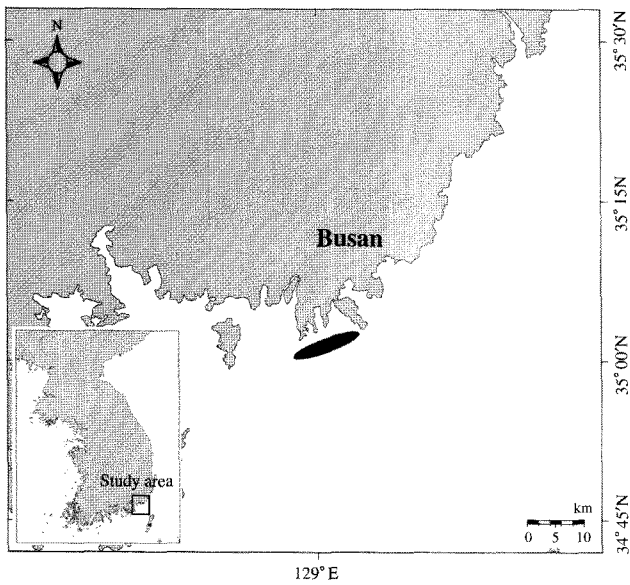


Fig. 1. Location of the sampling area (●).

및 자어의 형태발달(한 등, 1996), 연령과 성장(Suzuki *et al.*, 1978) 등이 있었다. 난태생 양볼락과 어류에 관한 이전의 연구들에서 조피볼락의 산출기는 11~5월이었고(백 등, 2000; Mori *et al.*, 2003), 볼락은 12~2월에 수정 및 자어 산출기를 가지며(이와 김, 1992), 황점볼락은 12~3월에 수정 및 자어 산출기를 가진다고(곽 등, 2006) 보고하였다.

어류의 생식생태에 관한 연구는 자원보존과 관리에 중요한 자료를 제공한다. 대부분의 해산정갈어류의 경우 일반적으로 체외수정을 통한 난생의 생식방법을 취하여 많은 연구가 이루어져 있으나, 체내수정을 통한 난태생 및 태생의 어류들에 대한 연구는 아직도 극히 단편적이며 불충분한 점이 많다. 따라서 본 연구는 우리나라 부산 주변해역에서 출현하는 불볼락의 생식소중량지수(GSI) 변화, 성비, 성숙도, 난경, 포란수를 조사하여 불볼락의 효율적인 자원 관리를 위한 기초생태학적 자료를 제시하고자 한다.

재료 및 방법

본 연구에 사용된 불볼락 시료는 2005년 1월부터 2005년 12월까지 부산 주변해역에서 자망과 주낙을 사용하여 어획하였다(Fig. 1). 본 연구에 사용된 불볼락 시료는 암컷 201개체, 수컷 220개체로 총 421개체였으며, 체장(standard length, SL)은 13.8~31.8cm의 범위를 보였다(Fig. 2). 어획된 시료는 ice box에 보관하여 즉시 실험실로 옮겨 각 개체의 체장(0.1 mm)과 체중(0.01 g)을 측정하였다.

생식소 추출과정에서 암수를 구분하고, 간과 생식소를 추출하여 각각의 중량(0.01 g)을 측정하였다. 생식소중량지수

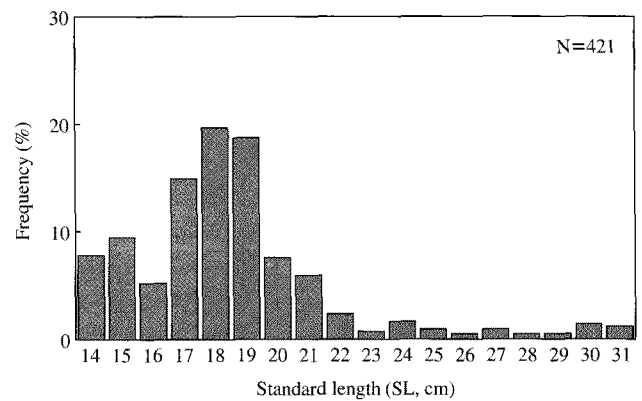


Fig. 2. Size distribution of *Sebastes thompsoni* collected monthly in the coastal waters of Busan in 2005.

(gonadosomatic index, GSI), 간중량지수(hepatosomatic index, HSI), 비만도지수(condition factor, CF)를 다음의 식을 이용하여 구하였다(King, 2007).

$$GSI(\%) = GW(g) / BW(g) \times 10^2$$

$$HSI(\%) = LW(g) / BW(g) \times 10^2$$

$$CF = BW(g) / SL(cm)^3 \times 10^2$$

여기서 GW(gonad weight)는 생식소의 중량, LW(liver weight)는 간의 중량, BW(body weight)는 체중, SL(standard length)는 체장이다.

불볼락의 암·수간 성비 차이는 chi-square test를 통하여 유의성을 검증하였다(χ^2 -test). 최소성숙체장은 난경 600 μ m 이상을 나타내는 가장 작은 체장으로 나타내었고, 군성숙도(group maturity)는 산란시기 동안 체장별 성숙개체의 비율로 logistic regression의 방법으로 추정하였다(King, 2007).

$$P = \frac{1}{1 + e^{-r(SL - SL_{50})}}$$

각 개체의 생식소를 3개 부분으로 나누어 조사한 난의 개수와 난경분포에서 통계적으로 유의한 차이가 없었기 때문에(Kolmogorov-Smirnov test, $p > 0.05$), 성숙한 개체의 생식소 가운데 부분은 약 0.05 g을 추출하여 난경과 포란수를 측정하였다. 난의 직경은 0.1 mm 단위까지 해부현미경을 이용하여 측정하였고, 포란수는 난의 무게를 이용한 중량법(gravimetric method)을 사용하여 산정하였다.

결 과

1. 생식소중량지수(GSI), 간중량지수(HSI) 및 비만도지수(CF)의 월별 변화

Fig. 3은 2005년 1월부터 12월까지 조사된 불볼락 암컷과

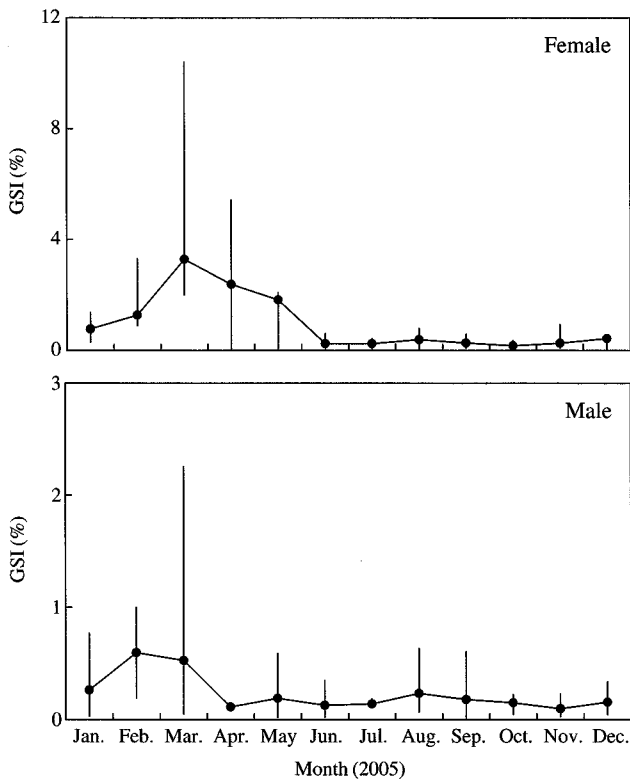


Fig. 3. Monthly change in gonadosomatic index (GSI) for female and male *Sebastes thompsoni* (vertical bar are from minimum to maximum value).

수컷의 GSI의 월별 변화를 보여준다. 암컷의 GSI값은 1월에 평균 0.77이었던 것이 증가하여 3월에 가장 높은 3.28을 나타내었고 5월까지 2.0 이상의 높은 값을 나타내었다. 이 후 그 값은 급격히 감소하여 6월에 연중 가장 낮은 값(0.24)을 보였다. 수컷의 GSI값은 1월에 평균 0.26이었던 것이 증가하여 2월에 연중 가장 높은 0.60을 나타낸 후 급격히 감소하여 4월부터 0.10 수준의 비교적 낮은 값을 나타내었다. 따라서 불볼락의 GSI의 월별 변화를 살펴본 결과 산란시기는 1월부터 6월 사이로 추정되며, 1~2월은 암수의 교미가 이루어지는 교미기와 알이 성숙하는 성숙기, 3~6월은 암컷 체내에서 알이 성장하고 부화하는 성장기 및 출산기를 가지는 것으로 판단된다.

불볼락 암컷의 월별 간중량지수(HSI)와 비만도지수(CF)의 변화양상을 조사한 결과(Fig. 4), 간중량지수의 평균값은 성숙기인 1월에 2.31을 나타내었고 2월에 연중 가장 높은 2.80을 나타내었다. 이 후 5월까지 점점 감소하였다. 비만도지수의 경우 1월에 2.82로 비교적 높은 값을 나타내었고, 그 후 점점 감소하여 4월에 가장 낮은 값을 나타내었다. 산출기인 3~6월에는 그 값이 점점 증가하여 7월에 연중 가장 높은 2.99를 나타내었다.

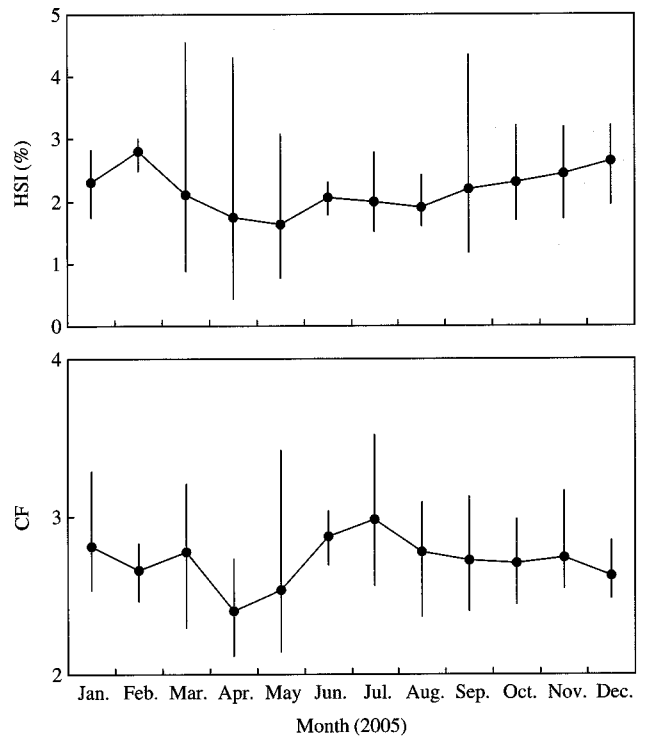


Fig. 4. Monthly change in mean value of hepatosomatic index (HSI) and condition factor (CF) for female *Sebastes thompsoni* (vertical var are standard error).

Table 1. Monthly variation in sex ratio of *Sebastes thompsoni* collected monthly in 2005

Month	No.			Sex ratio (Female/Total)	χ^2 Chi squared*
	Female	Male	Total		
Jan.	8	13	21	0.62	0.78
Feb.	4	8	12	0.67	1.00
Mar.	22	28	50	0.56	0.28
Apr.	29	51	80	0.64	4.24
May	41	37	78	0.47	0.73
Jun.	11	17	28	0.61	0.80
Jul.	15	6	21	0.29	4.72
Aug.	10	16	26	0.62	0.90
Sep.	22	21	43	0.49	0.20
Oct.	13	8	21	0.38	1.69
Nov.	16	9	25	0.36	2.65
Dec.	10	6	16	0.38	1.40
Total	201	220	421	0.52	19.38

*statistical difference were base on the 0.05 significance level

2. 성비 및 군성숙도

본 연구에서 불볼락의 암컷과 수컷의 성비(♀:♂)는 1:1.09로 수컷이 암컷보다 비교적 높게 나타났으나(Table 1), 암·수간 성비에서 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다(χ^2 -test, $p > 0.05$). 월별 성비의 변화양상을 살펴보면 성숙기

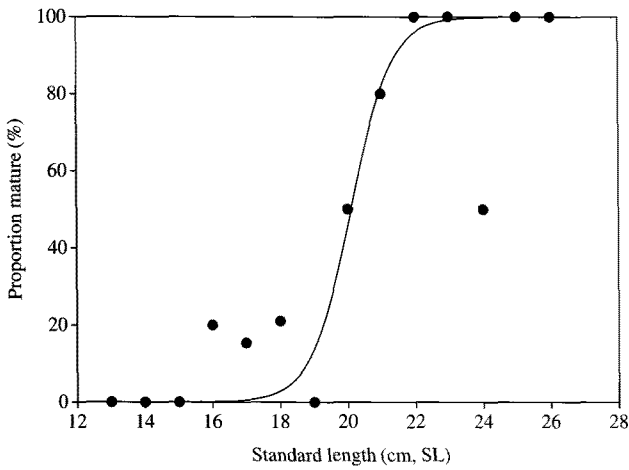


Fig. 5. A logistic relationship between standard length and maturation rate for female *Sebastes thompsoni* during spawning period.

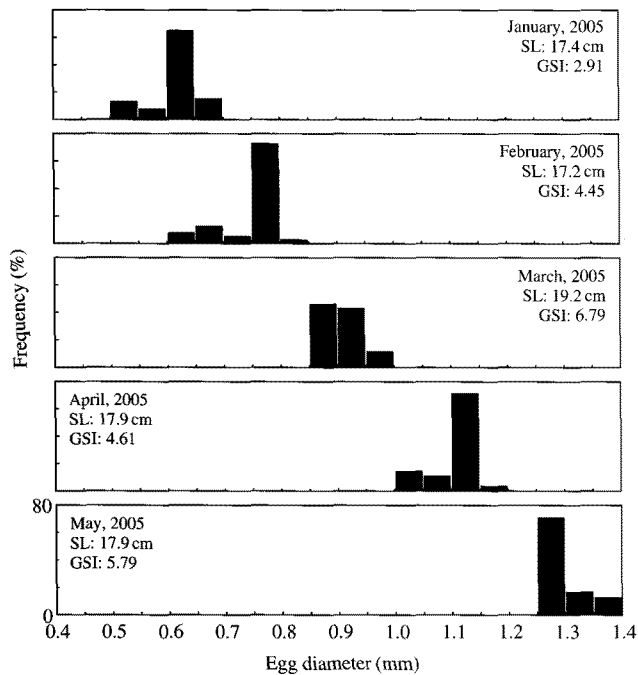


Fig. 6. Size frequency distribution of egg diameter with the progression in GSI of *Sebastes thompsoni* during spawning period.

(1~2월)와 산출기(3~6월) 동안 수컷의 비율이 암컷보다 5월을 제외하고 모두 높았으나, 그 외의 기간(7~12월)에는 암컷의 비율이 8월을 제외하고 모두 높게 나타났다.

산란시기동안 불볼락 암컷의 체장별 성숙개체의 비율은 Fig. 5에서 나타내었다. 불볼락 암컷은 체장 16.8 cm 이상에서 성숙한 개체가 출현하기 시작하였으며, 체장 25 cm 이상부터는 모든 개체가 성숙하여 100% 성숙율을 나타냈다. Logistic equation을 통하여 추정된 50% 준성숙체장은 20.11 cm로 나

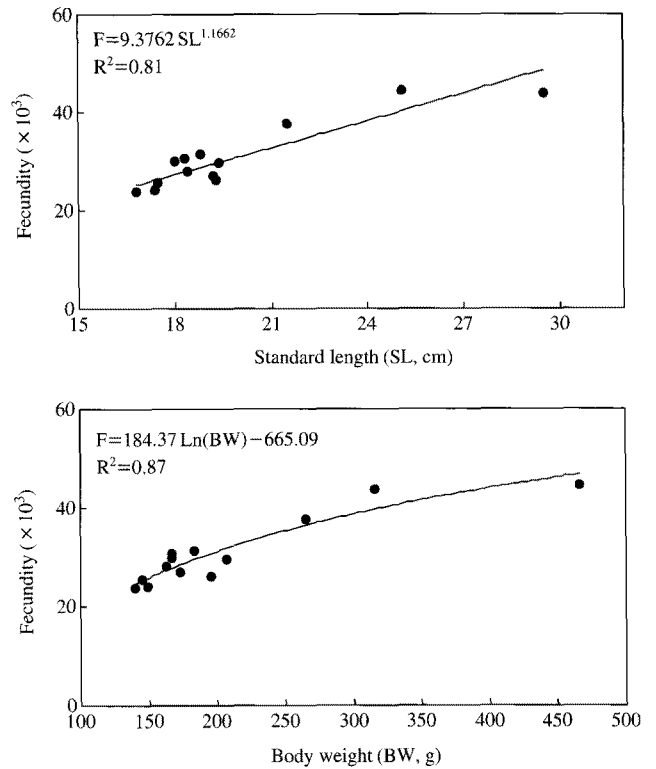


Fig. 7. Relationship between fecundity and standard length (A), body weight (B) of *Sebastes thompsoni*.

타났다 (Fig. 5).

$$P = \frac{1}{1 + e^{-1.67(BL - 20.11)}}$$

3. 난경 및 포란수

산란시기 동안의 난경 변화 및 포란수를 파악하기 위해 난소성숙이 시작되는 1월부터 산출이 끝나는 6월까지의 암컷을 대상으로 난소 내 난경 조성 변화를 조사하였다 (Fig. 6). 불볼락의 난은 성숙기 초기인 1월에 0.50~0.70 mm 크기의 구형이었고, 2월에 성장하여 0.60~0.85 mm의 크기를 나타내었다. 그 후 산출기동안 난은 2~3개월에 걸쳐 난경의 크기가 점점 증가하여 5월에 1.25~1.40 mm의 크기를 보였다.

Fig. 7은 산란시기동안 불볼락 암컷의 체장과 체중에 따른 포란수 관계를 보여준다. 개체당 포란수는 23,881~44,509개의 범위를 보였으며, 평균 포란수는 30,937개였다. 체장별 포란수는 체장 16~17 cm에서 평균 24,491개, 18~19 cm에서 평균 29,025개, 20~21 cm에서 평균 37,601개 그리고 25~30 cm에서 평균 44,100개를 나타내어 체장이 증가함에 따라 포란수도 증가하는 양상을 보였다. 불볼락 암컷의 체장과 포란수 관계식은 $F = 9.3762 SL^{1.1662}$ ($R^2 = 0.81$)로 나타

Table 2. Comparison with reproductive characters of three *Sebastes* species from Korean waters

Species name	Standard length (SL, cm)	Fertilization egg size (mm)	Fecundity (individuals)	Reference
<i>Sebastes inermis</i>	14.1~24.0	1.20~1.35	2,356~45,850	Lee and Kim, 1992
<i>S. schlegeli</i>	28.0~49.0	1.20~1.50	20,000~410,000	NFRDI, 2004
<i>S. thompsoni</i>	16.8~29.5	1.27~1.33	23,831~44,509	Present study

났다. 체중별 포란수는 140~200 g에서 평균 27,400개, 200~300 g에서 33,612개, 그리고 400~500 g에서 44,500개의 난을 가져 체중이 증가함에 따라 포란수 또한 증가하는 양상을 보였다. 불볼락 암컷의 체중과 포란수 관계식은 $F=184.37 \ln(BW)-665.09$ ($R^2=0.87$)로 나타났다.

고 찰

본 연구에서 불볼락은 썸뱅이(*Sebastes marmoratus*), 황점볼락(*Sebastes oblongus*), 조피볼락(*Sebastes schlegeli*), 쭈굴감팽(*Scropaena miostoma*) 등 양볼락과 어류들과 마찬가지로 암컷과 수컷의 GSI 변화가 시기별로 일치하지 않았다(Mizue, 1958; 장 등, 1995; 이 등, 1996; 이 등, 1997). 이와 같이 교미에 의해 수정을 하고, 임신기를 거쳐 자어를 출산하는 난태생 어류의 대부분은 암컷이 체내에 자어를 품고 있는 시기가 있기 때문에, 암컷과 수컷의 GSI 변화가 시기별로 일치하지 않는 경향을 보인다(김, 2001). 반면, 암컷과 수컷의 월별 GSI 변화가 시기별로 유사하게 일어나는 어류는 자리돔(*Chromis notatus*), 대구(*Gadus macrocephalus*), 자주복(*Takifugu rubripes*), 농어(*Leteolabrax japonicus*) 등 대부분의 난생어류에서 볼 수 있다(이, 1987; Smith and Paul, 1990; 양 등, 1994; 노, 2000).

어류에서 난황단백질은 estrogen에 의해 간에서 합성되어 혈액을 통하여 난소로 들어가 축적되어 생식활동에 이용된다고 알려져 있다(Aida et al., 1973; Wallace and Selman, 1990). 그리고 생식소의 발달은 근육과 간에서 에너지 증가와 관련 있고 간과 근육에서 증가된 에너지 생식소가 더 발달함에 따라 감소하게 된다. 불볼락 암컷의 간중량지수(HSI)와 비만도지수(CF)는 성숙기인 2월과 3월에 가장 높았고, 산출기동안 그 값이 급격히 낮아지는 경향을 보였다(Fig. 4). 따라서 이러한 변화는 성숙기에 많은 양과 고열량의 먹이를 섭식함으로써 영양분을 간과 체내에 축적하여 체내에 자어를 품고 있는 동안 축적된 영양분을 사용하기 때문으로 판단된다.

본 연구에서 불볼락의 암·수 성비는 1:1.09로 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다(χ^2 -test, $p>0.05$). 불볼락과 같은 속 어류인 조피볼락(*Sebastes schlegeli*)과 황점볼락(*Sebastes oblongus*) 또한 각각 1:1.08, 1:1.09로 수컷이 암컷보다 비교적 높았으며(장 등, 1995; 이 등, 1996), 우리나라 연안에 출

현하는 어류 중 연안 정착성 어류인 개서대(*Cynoglossus robustus*) (1:1.17), 별망둑(*Chasmichthys gulosus*) (1:1.04), 실양태(*Repomucenus valenciennei*) (1:0.99), 말뚝망둥어(*Periophthalmus modestus*) (1:0.92) 등은 불볼락과 같이 암·수의 성비에서 유의한 차이가 없었다(Baeck and Kim, 2004; 김 등, 2004; 허와 백, 2004; 김 등, 2007). 반면, 대표적인 회유성 어류인 고등어과 어류들은 암컷의 성비가 수컷에 비해 비교적 높은 특징을 보였는데, *Scomberomorus cavalla*와 *Scomberomorus maculatus*의 성비는 각각 1:0.42와 1:0.44였으며(Sturm and Salter, 1989; Schmidt et al., 1993), 날개다랑어(*Thunnus alalunga*)의 경우 성비가 1:0.45였다(Ramon and Bailey, 1996). 불볼락과 같이 암·수간 성비에서 유의한 차이가 나타나지 않는 어류들은 부화한 개체에서 암컷과 수컷의 비율이 유사하거나, 성장하면서 암컷과 수컷의 사망률이 유사하기 때문인 것으로 추정된다(Sturm and Salter, 1989).

불볼락은 부화 후 만 2년에 15 cm, 3년에 19 cm, 4년에 22 cm, 5년에 24 cm로 성장하는 것으로 알려져 있다(Yamada et al., 1986). 본 연구에서 산란에 참여하는 불볼락의 체장을 알아보기 위해 산란시기인 1~6월의 암컷 109마리를 대상으로 최소성숙체장과 군성숙도를 조사해 본 결과 최소성숙체장은 16.8 cm, 50% 군성숙체장은 20.11 cm 이었고 25 cm 이상의 개체에서는 100%의 군성숙도를 나타내었다. 이전에 이루어진 연구에서 불볼락 암컷은 17.1~18.0 cm (SL)의 크기군에서 20%의 군성숙이 나타났으며, 최소성숙체장은 17.1 cm이고 20.1~21.0 cm의 크기군에서 50% 이상의 군성숙도를 나타내었다(이 등, 1998). 따라서 불볼락은 만 2세인 약 17 cm (SL) 내외의 크기에서 최소성숙체장에 이르며, 만 3세인 20 cm (SL) 내외의 크기에서 50% 이상의 개체가 성숙, 만 5세 이상에서 100% 성숙하는 것으로 판단된다.

일반적으로 어류의 포란수는 큰 크기의 종이 작은 크기의 종보다 더 많은 포란수를 가진다(Moyle and Cech, 1996). 브라질 Parana강에 출현하는 loricariid 어류 6종의 경우 난경과 포란수는 역의 상관관계를 나타내었다(Suzuki et al., 2000). 대부분 어류의 경우 복강내 용적이 제한되어 있기 때문에 난경이 클수록 포란수가 적어지는 경향이 있다(Wotton, 1990). 우리나라에 출현하는 양볼락과 어류 중 볼락, 조피볼락, 불볼락은 수정된 난의 크기에서 큰 차이를 보이지 않았다(Table 2). 포란수의 경우 볼락은 체장 14.1~24.0 cm에서 2,356~45,850개(이와 김, 1992), 조피볼락은 체장 28.0~49.0 cm에서 약 2~41만개의 포란수를 나타내었다. 본 연구

에서 볼볼락은 16.8cm에서 23,831개, 29.5cm에서 44,509개의 포란하여 평균 30,937개의 포란수를 나타내었다(Table 2). 따라서 이들 3종에서는 수정된 난의 크기는 유사하였지만 상대적으로 체장이 큰 조피볼락이 가장 많은 포란수를 가졌고 그 다음이 볼볼락, 볼락 순이었다.

요 약

부산 주변해역에서 2005년 1월부터 12월까지 매월 채집된 볼볼락 421개체의 생식생태를 조사하였다. 볼볼락의 체장범위는 13.8~31.8cm SL이었다. 볼볼락 암컷의 생식소중량지수는 3월에 가장 높았으며 그 이후 6월까지 감소하였다. 수컷의 경우 생식소중량지수는 2월에 가장 높았으며 그 이후 감소하였다. 산란시기는 1~6월로 추정되었다. 볼볼락의 암수간 성비에서는 유의한 차이가 나타나지 않았다(χ^2 -test, $p>0.05$). 볼볼락 암컷의 최소성숙체장은 16.8cm였고 50% 성숙체장은 20.11cm로 추정되었다. 모든 암컷은 25cm 이상의 성숙하였고 난경은 0.6~1.75mm의 범위를 보였다. 포란수는 23,881~44,509개의 범위였고, 평균 30,937개 였다. 체장과 포란수의 관계식은 $F=9.3762 SL^{1.1662}$ ($R^2=0.8120$), 체중과 포란수의 관계식은 $F=184.37 \ln(BW)-665.09$ ($R^2=0.8713$)로 추정되었다.

인 용 문 헌

곽은주 · 이경우 · 최낙현 · 박충국 · 한경호 · 이원교 · 양석우. 2006. 황점볼락 *Sebastes oblongus* 인공종묘의 생식소 발달과 성비. 한국수산학회지, 39: 297-302.

국립수산과학원. 2004. 한국연근해 유용어류도감 제2판. 333pp.

김광수. 2001. 한국산 붉은썸뱅이의 번식주기와 종묘생산. 부경대학교 석사학위논문, 76pp.

김삼연 · 박창범 · 강지웅 · 최영찬 · 노 섬 · 백혜자 · 김형배 · 이영돈. 2004. 별망둑 *Chasmichthys gulosus*의 생식소 발달 및 생식주기. 한국어류학회지, 16: 261-270.

김익수 · 최 윤 · 이충렬 · 이용주 · 김병직 · 김지현. 2005. 원색한국어류대도감. 교학사, 서울, 613pp.

김재원 · 윤양호 · 신현출 · 임경훈 · Toru Takita · 박세창 · 백근욱. 2007. 한국 순천만 갯벌지역 말뚝망둥어 *Periophthalmus modestus*의 성숙과 산란. 한국수산학회지, 40: 79-83.

노용길. 2000. 광주기와 호르몬 처리에 의한 점농어 *Lateolabrax maculatus*의 성숙과 배란 유도. 부경대학교 석사학위논문, 122pp.

백재민 · 한창희 · 김대중 · 박철원 · 전승미. 2000. 조피볼락의 생식주기. 한국수산학회지, 33: 431-438.

양상근 · 이영돈 · 변충규. 1994. 자주복, *Takifugu rubripes*의 성숙과 호르몬 처리에 의한 인공채란에 관한 연구. 한국양식학회지, 7: 189-205.

이영돈. 1987. 자리돔 *Chromis notatus*의 성숙에 관한 연구. 부경대학교 석사학위논문, 76pp.

이영돈 · 노 섬 · 장영진 · 백혜자 · 안철민. 1996. 조피볼락 *Sebastes schlegeli*의 성분화. 한국수산학회지, 29: 44-50.

이정식 · 강주찬 · 허성희. 1997. 주굴갑쟁 *Scorpaena miostoma*의 생식소 구조 및 생식주기. 한국수산학회지, 30: 627-633.

이정식 · 안철민 · 허성희. 1998. 볼볼락 *Sebastes thompsoni*의 생식주기. 한국수산학회지, 31: 8-16.

이택열 · 김성연. 1992. 난태생 경연골어류 볼락 *Sebastes inermis*의 생식과 체내자어발달. 한국수산학회지, 25: 413-431.

장영진 · 임한규 · 변순규. 1995. 황점볼락 *Sebastes oblongus*의 성숙과 생식주기. 한국수산학회지, 8: 31-46.

한경호 · 김용익 · 김충만. 1996. 볼볼락 *Sebastes thompsoni*과 개볼락 *Sebastes pachycephalus*의 난형태 및 자어의 형태발달. 한국어류학회지, 8: 1-9.

허성희 · 백근욱. 2004. 평양만에서 채집된 실양태 *Repomucenus valenciennesi*의 성숙과 산란. 한국어류학회지, 16: 87-93.

Aida, K., V. Nagama and T. Hibiya. 1973. Physical studies on the gonadal maturation of fish. I. Sexual difference in composition of plasma protein of ayu in relation to gonadal maturation. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 39: 1091-1106.

Baeck, G.W. and J.W. Kim. 2004. Maturation and spawning of robust tonguefish *Cynoglossus robustus*. J. Fish. Sci. Technol., 7: 136-140.

King, M.G. 2007. Fisheries Biology, Assessment and Management: 2nd ed. Blackwell Publ., Oxford, 382pp.

Mizue, K. 1958. Studies on a scorpaenous fish *Sebasticus marmoratus* Curvier et valenciennes-II. The seasonal cycle of mature testis and the spermatogenesis. Bull. Fac. Fish. Nagasaki Univ., 6: 27-38.

Mori, H., M. Nakagawa, K. Soyano and Y. Koya. 2003. Annual reproductive cycle of black rockfish *Sebastes chlegeri* in captivity. Fish. Sci., 69: 910-923.

Moyle, P.B. and J.J. Cech Jr. 1996. Fishes: An Introduction to Ichthyology. Prentice Hall. New Jersey, 590pp.

Ramon, D. and K. Bailey. 1996. Spawning seasonality of albacore, *Thunnus alalunga*, in the South Pacific Ocean. Fish. Bull., 94: 725-733.

Schmidt, D.J., M.R. Collins and D.M. Wyanski. 1993. Age, growth, maturity, and spawning of Spanish mackerel, *Scomberomorus maculatus* (Mitchill), from the Atlantic Coast of the southeastern United States. Fish. Bull., 91: 526-533.

Smith, R.L. and A.J. Paul. 1990. Seasonal changes in energy and the energy cost of spawning in Gulf of Alaska pacific cod. J. Fish Biol., 36: 307-316.

Strum, M.G. de L and P. Salter. 1989. Age, growth and reproduction of the king mackerel *Scomberomorus cavalla* (Cuvier) in Trinidad waters. Fish. Bull., 88: 361-370.

Suzuki, T., K. Ouchi and K. Ikehara. 1978. On the determination of the age and growth of *Sebastes thompsoni*. Bull. Jap. Sea Reg. Fish. Res. Lab., 29: 111-119. (in Japanese)

Suzuki, H.I., A.A. Agostinho and K.O. Winemiller. 2000. Relation-

ship between oocyte morphology and reproductive strategy in loriciid catfishes of the Parana River, Brazil. *J. Fish Biol.*, 57: 791-807.

Wallace, R.A. and K. Selman. 1990. Ultrastructure aspects of oogenesis and oocyte growth in fish and amphibians. *J. Electron Microsc.*, 16: 175-201.

Wotton, R.J. 1990. *Ecology of Teleost Fishes*. Chapman Hall, New York, USA, 404pp.

Yamada, U., M. Tagawa, S. Kishida and K. Honjo. 1986. *Fishes of the East China Sea and the Yellow Sea*. Seikai Reg. Fish. Res. Lab., 501pp. (in Japanese)