

고리 주변 해역에 출현하는 열동가리돔(*Apogon lineatus*)의 생식생태

백근욱^{1,2} · 박찬일^{1,2} · 허성희³ · 박주면^{4,*}

¹경상대학교 해양생명과학과, ²해양산업연구소, ³부경대학교 해양학과, ⁴전남대학교 해양기술학부

Reproductive Ecology of the Cardinalfish *Apogon lineatus* (Perciformes: Apogonidae) in the Coastal Waters of Gori, Korea by Gun Wook Baeck^{1,2}, Chan Il Park^{1,2}, Sung-Hoi Huh³ and Joo Myun Park^{4,*} (¹Department of Marine Biology & Aquaculture, ²Institute of Marine Industry, College of Marine Science, Gyeongsang National University, Tongyeong 650-160, Korea; ³Department of Oceanography, Pukyong National University, Busan 608-737, Korea; ⁴Division of Marine Technology, Chonnam National University, Yeosu 550-749, Korea)

ABSTRACT The reproductive ecology of the cardinalfish *Apogon lineatus* was examined using 4,300 specimens collected monthly from January to December 2006 in the coastal waters of Gori, Korea. Specimens ranged in standard length (SL) from 2.1 to 8.6 cm. They were distributed more in surface areas during summer and autumn and more on bottom areas during spring and winter. The gonadosomatic index (GSI) of females was highest in September and decreased until December, with the spawning season lasting from August to October. The monthly ratio of female to male did not significantly differ (χ^2 -test, $p > 0.05$). The size of 50% maturity was estimated at 5.43 cm SL and all females more than 7.0 cm SL were sexually mature. *A. lineatus* is a multiple spawner, spawning on more than one occasion in a single spawning season. The maximum egg diameter was 0.65 mm. Fecundity (F) ranged from 8,555 to 20,084 eggs, with a mean of 15,038 eggs. The relationship between fecundity and standard length was estimated as $F = 334,851 \text{ SL}^{1.9876}$ ($R^2 = 0.53$). The relationship between fecundity and body weight (BW) was estimated as $F = 7,167.6 \text{ Ln}(\text{BW}) - 2,198.1$ ($R^2 = 0.33$).

Key words : Cardinal fish, *Apogon lineatus*, reproductive ecology, coastal waters of Gori

서 론

열동가리돔(*Apogon lineatus*)은 농어목(Perciformes) 동갈돔과(Apogonidae)에 속하는 어류로 한국 남해안, 일본 북해도 이남, 중국 남부, 서태평양 연안해역의 수심 100 m 전후 사니질지역에 서식하는 것으로 알려져 있다(국립수산물학원, 2004). 동갈돔과 어류는 전 세계적으로 약 200종이 알려져 있으며, 많은 종들이 인도-태평양 산호초 및 암초 지역에 풍부하게 출현하고 있다(Thresher, 1984). 열동가리돔은 온대해역 연안 저층 어류 군집에서 우점하는 종이고, 본 조사해역에서 이전에 실시된 저인망 조사에서도 우점종으로 보고되었다(김, 1998; 조, 2001; 추, 2007). 열동가리돔

은 상업적으로 이용되는 어종은 아니지만, 한국 남해안 연안 저층 생태계에서 많이 출현하여 많은 저어류의 먹이원으로써 중요한 역할을 하고 있다(차 등, 1997; 추, 2007; 허 등, 2007, 2008).

대부분 동갈돔과 어류들은 비교적 수심이 얇은 곳에 서식하고 있고, 스쿠버 다이빙 조사를 통하여 그들의 행동 및 생태학적 연구가 많이 이루어져 왔다(Suzuki and Ueno, 1987a, b; Ueno *et al.*, 1987). 특히 이들은 수컷이 알을 구내보육(mouthbrooding) 하는 독특한 생태학적 특징을 가지고 있어(Blumer, 1982), 많은 연구자들에게 관심의 대상이 되어 왔다. 그러나 열동가리돔은 다른 동갈돔과 어류와 달리 수심이 더 깊은 연안해역 저층에 주로 서식하고 있어 열동가리돔의 연구에 제한점이 많았고, 저인망에 의한 채집된 이들의 생태학적 특성이 보고되었다(Kume *et al.*, 1998,

*교신저자: 박주면 Tel: 82-10-8559-8271, Fax: 82-55-642-4509,
E-mail: marbus@hanmail.net

1999, 2000). 최근 가덕도 주변 어류군집 연구에서 열동가리돔이 저층에 주로 서식한다는 과거의 연구와 달리 부어류 채집 어구인 삼각망에 의해서도 채집되었고, 특히 여름과 가을에 채집량이 많았다(허와 안, 2002). 이 시기는 열동가리돔의 산란기로 알려져 있고(국립수산과학원, 2004), 이때 삼각망에서 이들이 채집된 것은 산란기와 분포특성 사이에 어떤 연관성이 있을 것으로 추측된다.

어류의 생식생태에 관한 연구는 자원보존과 관리에 중요한 자료를 제공한다. 비록 과거 연구들에서 열동가리돔의 생식생태적 특성을 보고하였지만, 충분한 시료 확보를 통한 자원생태학적 특성에 대한 정보 제공이 부족하였다. 따라서 본 연구는 한국 남해 고리 주변해역에서 저인망과 삼각망에서 채집된 열동가리돔의 채집량, 월별 체장분포, 생식소중량지수(GSI) 변화, 성비, 군성숙도, 난경, 포란수를 조사하였다.

재료 및 방법

본 연구에 사용된 열동가리돔 시료는 2006년 1월부터 12월까지 동해 남부 고리 주변해역에서 소형기선저인망과 삼각망을 이용하여 어획하였다(Fig. 1). 어획된 시료는 ice box에 보관하여 즉시 실험실로 옮긴 뒤 각 개체의 체장(0.1 cm)과 체중(0.01 g)을 측정하였다. 본 연구에서 열동가리돔은 4,300개체가 채집되었는데, 생식생태조사를 위하여 월별 최대 100개체의 시료를 무작위로 추출하여 생식소를 조사하였다.

각 개체는 간과 생식소를 추출하여 각각의 중량(0.01 g)을 측정하였고, 생식소 추출과정에서 암수를 구분하였다. 생식소중량지수(gonadosomatic index, GSI), 간중량지수(hepatosomatic index, HSI), 비만도지수(condition factor, CF)를 다음의 식을 이용하여 구하였다(King, 2007).

$$GSI(\%) = \frac{GW(g)}{BW(g)} \times 10^2$$

$$HSI(\%) = \frac{LW(g)}{BW(g)} \times 10^2$$

$$CF = \frac{BW(g)}{SL(cm)^3} \times 10^2$$

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

열동가리돔의 월별 암·수간 성비 차이는 chi-square test를 통하여 유의성을 검증하였다(χ^2 -test). 산란기 동안 난경 200 μ m 이상의 난을 가지는 암컷을 성숙한 개체로 판단하였고(Kume *et al.*, 2000), 군성숙도(group maturity)는 산란시기 동안 체장별 성숙개체의 비율로 logistic regression의 방법으로 추정하였다(King, 2007).

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

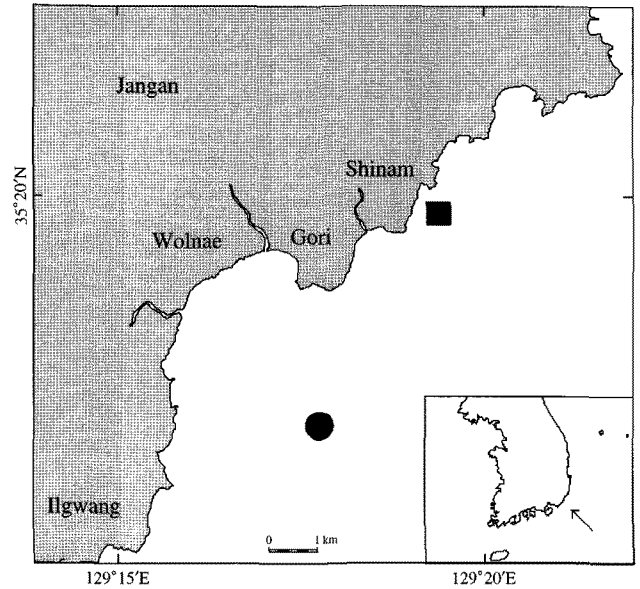


Fig. 1. Location of the sampling area of *Aponogon lineatus* in the coastal waters off Gori, Korea, from January to December, 2006 (●; small otter trawl, ■; three side fyke net).

여기서 SL_{50} 은 50% 군성숙체장이다.

각 개체의 생식소를 3개 부분으로 나누어 조사한 난의 개수(ANOVA)와 난경분포(Kolmogorov-Smirnov test)에서 통계적으로 유의한 차이가 없었기 때문에($p > 0.05$), 성숙한 개체의 생식소 가운데 부분은 약 0.05 g을 추출하여 난경과 포란수를 측정하였다. 난의 직경은 0.05 mm 단위까지 해부 현미경을 이용에서 측정하였고, 포란수는 난의 무게를 이용한 중량법(gravimetric method)을 사용하여 산정하였다.

결 과

1. 채집개체수와 체장분포

조사기간 동안 열동가리돔은 저인망에 의해서 3,981개체, 삼각망에 의해서 319개체, 총 4,300개체가 채집되었으며, 이들의 체장(SL)은 2.1~8.6 cm의 범위를 보였다(Fig. 2). 1월에 2.5~8.0 cm 사이의 체장분포를 보이던 것이 시간이 지남에 따라 체장군의 체장이 증가하는 양상을 보였으며, 8~10월에 4.0~9.0 cm 사이의 가장 큰 체장군을 보였다. 11월에 2.0~2.5 cm의 작은 체장군의 개체가 출현하기 시작하였으며, 2.0~6.0 cm와 7.0~9.0 cm의 2개의 체장군으로 구분되었다. 2.0~6.0 cm 사이의 체장군은 시간이 지남에 따라 체장이 증가하는 양상을 보였다.

열동가리돔은 연중 저인망에 의해서는 꾸준히 채집되었으며, 1월에서 5월, 11월과 12월에는 저인망에 의해서만 채집되었다(Fig. 2). 그러나 6월에 삼각망에서 4.0 cm 이상의

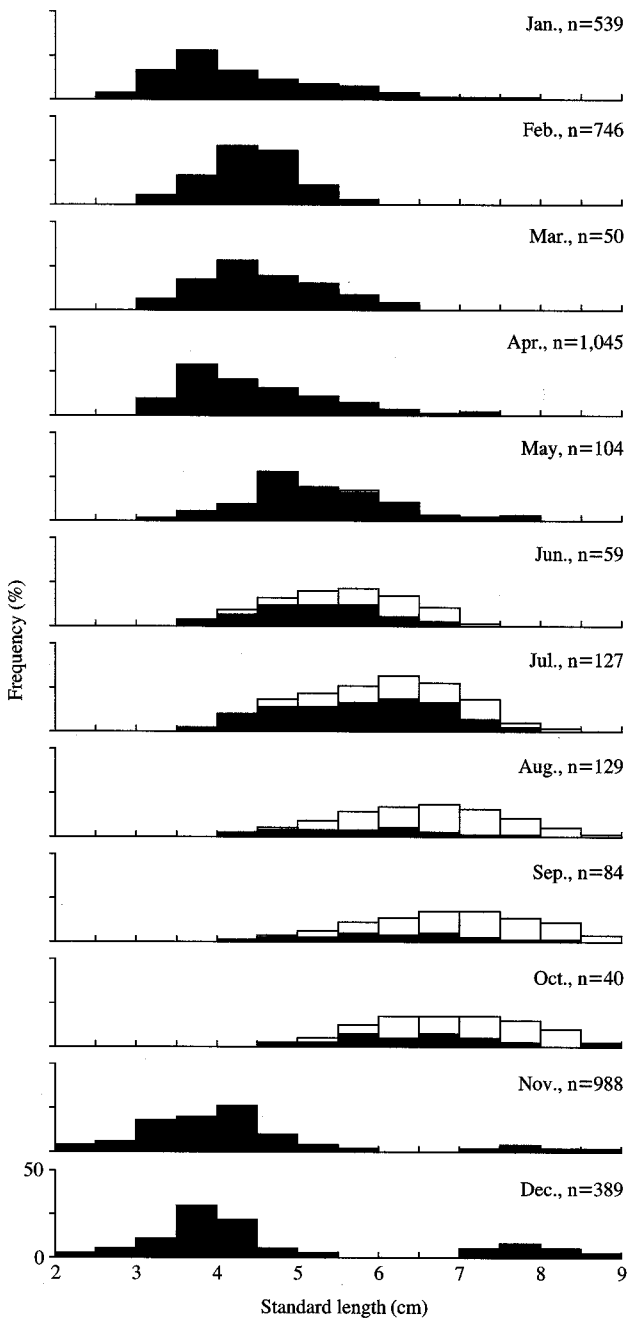


Fig. 2. Monthly size distribution of *Apogon lineatus* collected monthly in the coastal waters of Gori in 2006 (■ : small otter trawl, □ : three-side fyke net).

개체들이 채집되기 시작하여 10월까지 4.0~9.0 cm의 개체들이 꾸준히 채집되었다 (Fig. 2).

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

열동가리돔 암컷 생식소중량지수의 월 변동양상을 살펴보면 (Fig. 3), 6월에 평균 1.16이었던 것이 이후 증가하기 시

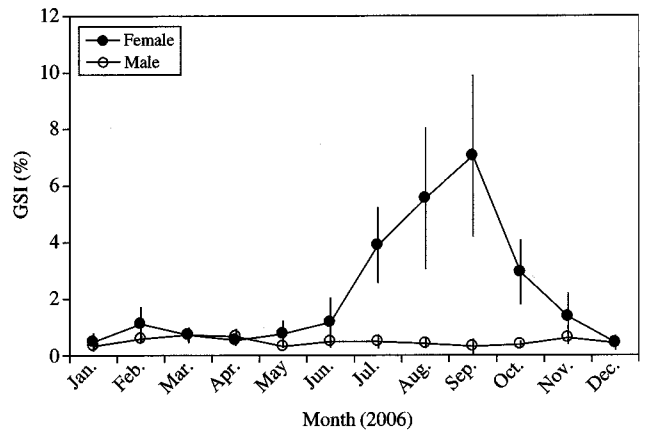


Fig. 3. Monthly change in gonadosomatic index (GSI) for female and male *Apogon lineatus* (vertical bar are from minimum to maximum value).

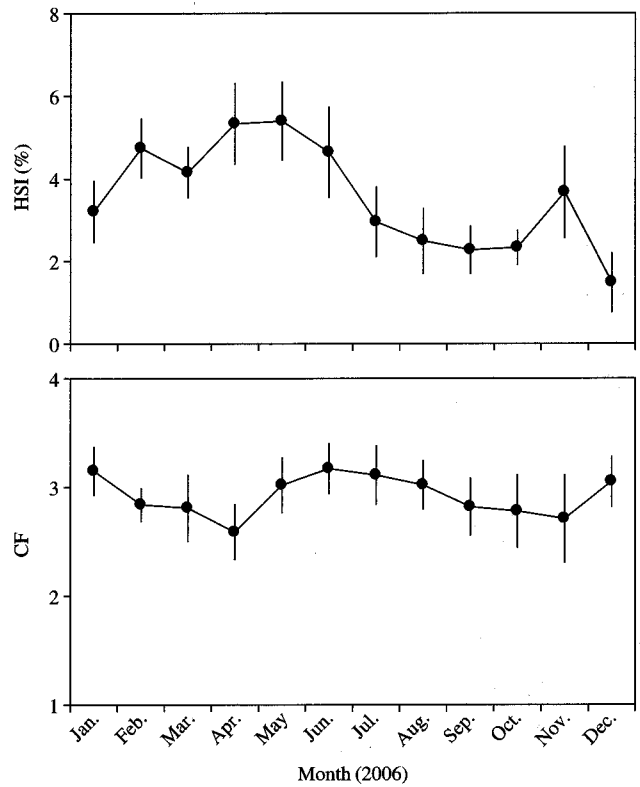


Fig. 4. Monthly change in mean value of hepatosomatic index (HSI) and condition factor (CF) for female *Apogon lineatus* (vertical var are standard error).

작하여 9월에 평균 7.04로 연중 가장 높은 값을 보였다. 9월 이후 그 값이 감소하기 시작하여 12월에 평균 0.44로 연중 가장 낮은 값을 나타내었다. 열동가리돔 수컷 생식소중량지수는 연중 큰 변동 없이 0.35~0.74의 범위를 나타내었다. 이와 같은 생식소중량지수의 월 변동양상을 살펴본

Table 1. Monthly variation in sex ratio of *Apogon lineatus* collected monthly in 2006

Month (2006)	Total (ind.)*	Male (ind.)	Female (ind.)	Sex ratio (M/F)
Jan.	100	43	57	0.75
Feb.	100	42	58	0.72
Mar.	37	16	21	0.76
Apr.	100	41	59	0.69
May	100	48	52	0.92
Jun.	58	26	32	0.81
Jul.	100	52	48	1.08
Aug.	100	51	49	1.04
Sep.	84	44	40	1.10
Oct.	40	19	21	0.90
Nov.	100	58	42	1.38
Dec.	100	54	46	1.17
Total	1019	494	525	0.94

*monthly maximum 100 individuals analysed

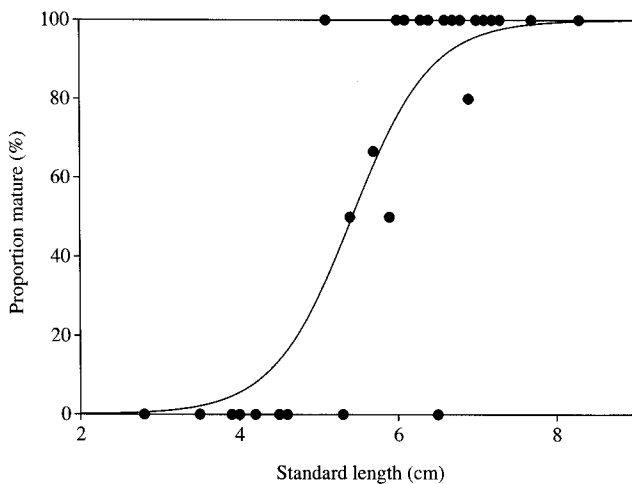


Fig. 5. A logistic relationship between standard length and maturation rate for female *Apogon lineatus* during spawning period.

결과 열동가리돔의 산란기는 8월에서 10월이고 산란성기는 9월에서 10월임을 유추할 수 있었다.

열동가리돔 암컷 간중량지수와 비만도지수의 월 변동양상을 살펴보면(Fig. 4), 간중량지수는 5월에 평균 5.39로 연중 가장 높은 값을 보였으며, 이후 그 값이 점점 감소하여 10월에 평균 2.33의 값을 나타내었다. 그리고 11월에 평균 3.67로 증가하였다. 비만도지수는 6월에 평균 3.17로 연중 가장 높은 값을 나타내었고 7월과 8월에 각각 3.11과 3.02로 비교적 높은 값을 나타내었다. 이후 점점 감소하여 11월에 평균 2.71을 나타내었다. 이와 같은 열동가리돔의 간중량지수와 비만도지수는 산란기 초기에 높은 값을 나타내었으며, 나머지 산란기 동안 감소하는 양상을 보였다.

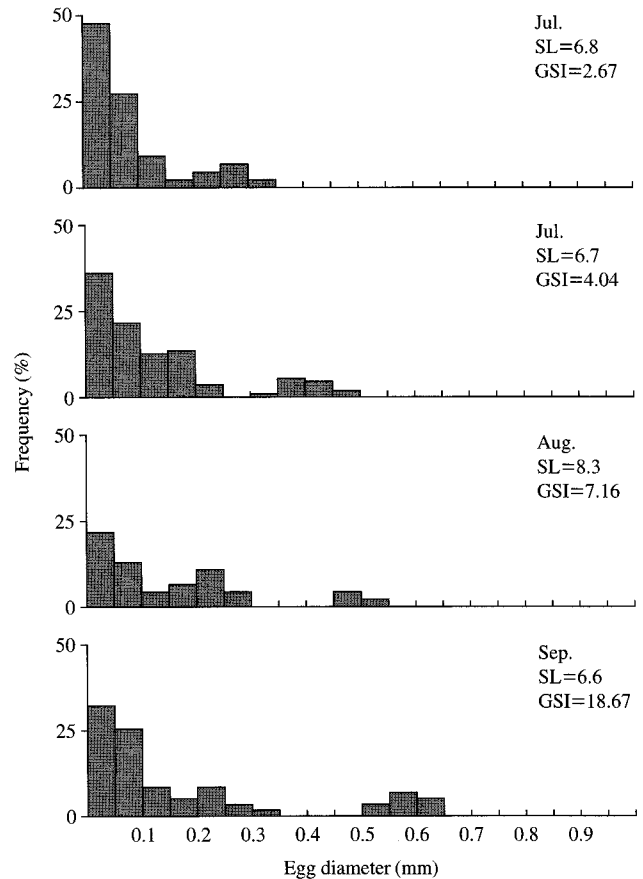


Fig. 6. Size frequency distribution of egg diameter with the progression in GSI of *Apogon lineatus* during spawning period (SL: standard length, GSI: gonadosomatic index).

3. 성비 및 균성속도

월별 열동가리돔 암컷과 수컷의 성비를 조사해 본 결과 (Table 1), 1:0.94로 암·수간 유의한 차이를 보이지 않았다 (χ^2 -test, $p > 0.05$). 월별 성비를 살펴보면, 1~6월, 10월에는 암컷의 비율이 더 많았으나, 7~9월과 11월, 12월에는 수컷의 비율이 더 많았다.

열동가리돔 암컷은 체장 5.1 cm에서 성숙한 개체가 출현하기 시작하였으며, 7.0 cm 이상에서는 모든 개체가 성숙한 것으로 나타났다. 50% 균성숙체장은 logistic equation을 통하여 추정된 결과 5.43 cm로 나타났다(Fig. 5).

$$P = \frac{1}{1 + e^{-1.98(SL - 5.43)}}$$

4. 난경 및 포란수

열동가리돔 암컷의 산란기 동안 월별 난경조성을 살펴본 결과(Fig. 6), 7월에는 0.00~0.15 mm와 0.15~0.35 mm, 0.00~0.2 mm와 0.30~0.50 mm의 2개의 난경모드가 관찰

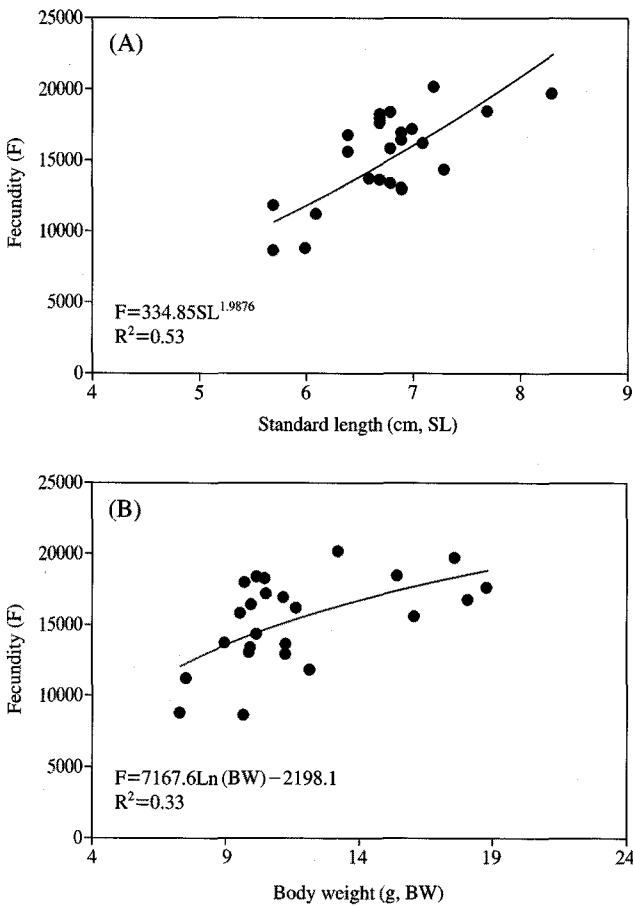


Fig. 7. Relationship between fecundity and standard length (A), body weight (B) of *Apogon lineatus*.

되었다. 완숙단계의 난은 8~10월에 관찰되었으며, 0.00~0.15 mm, 0.15~0.35 mm, 0.50~0.65 mm의 3개의 난경모드가 관찰되었다.

산란기 동안 열동가리돔의 개체당 포란수는 8,555~20,084개의 범위를 보였으며, 평균 포란수는 15,038개였다. 체장별 포란수를 살펴보면, 체장 6 cm 미만에서는 평균 10,149개, 체장 6~7 cm 크기군에서는 14,950개, 체장 7~8 cm 크기군에서는 17,190개, 체장 8 cm 이상에서는 19,621개의 난을 포란하여 체장이 증가함에 따라 포란수가 증가하는 경향을 보였다. 산란기간 동안 열동가리돔의 체장(SL)과 포란수(F)의 관계식은 $F=334.851SL^{1.9876}$ ($R^2=0.53$)으로 나타났다(Fig. 7A). 체중별 포란수를 살펴보면 체중 10.0 g 이하에서는 평균 12,742개, 10.0~12.0 g에서는 15,951개, 12.0~16.0 g에서는 16,734개, 16.0 g 이상에서는 17,550개의 난을 포란하여 체중이 증가함에 따라 포란수 또한 증가하는 경향을 보였다. 산란기 동안 열동가리돔의 체중(BW)과 포란수(F)의 관계식은 $F=7,167.6\ln BW - 2,198.1$ ($R^2=0.33$)으로 나타났다(Fig. 7B).

Table 2. Proportion of mature female *Apogon lineatus* collected by two fishing gear, small otter trawl and three side fyke net, during spawning period

Month	N _i	Proportion of mature female	
		Small otter trawl	Three-side fyke net
Aug.	60	23.5	85.7
Sep.	40	31.6	78.5
Oct.	21	14.3	76.9

N_i: total number of individuals of female *Apogon lineatus*

고찰

열동가리돔은 11~5월까지의 비교적 작은 개체가 저층에 분포하면서 저인망에 의해 채집되었으며, 6~10월에는 비교적 큰 개체들이 저인망과 삼각망에 의해서 채집되었다. 산란기 동안(8~10월) 저인망과 삼각망에서 채집된 암컷 열동가리돔의 성숙개체 비율을 살펴보면(Table 2), 삼각망에서 채집된 개체는 76.9~85.7%의 높은 성숙율을 보였으며, 저인망에서는 14.3~31.6%의 낮은 성숙율을 나타내었다. 그리고 체장을 살펴보면, 저인망의 경우 4.0~7.5 cm(평균 5.8 cm)였고, 삼각망의 경우 4.5~8.5 cm(평균 6.7 cm)를 나타내었다. 따라서 열동가리돔은 산란기 동안 성숙한 큰 체장의 개체가 표층 근처에 많이 서식하면서 삼각망에 채집되었고, 저층에는 성숙하지 않은 작은 개체가 많이 서식한 결과로 유추해 볼 수 있다. 그리고 비산란기철에는 대부분 개체가 저인망에서 채집되었고, 11월 이후 부화 후 가입한 개체가 조사해역에 출현하여 저층에 서식하면서 성장하는 것을 알 수 있다.

어류의 생식소중량지수(GSI)는 산란과 생식의 주기성을 나타내는 지시자로 유용하게 사용된다(Wilk *et al.*, 1990). 어류의 성숙과 산란은 빛과 수온에 의해 영향을 많이 받는데(de Vlaming, 1972), Aida(1991)는 이러한 수온과 빛 등의 환경요인에 따라 어류의 산란유형을 춘계 산란형, 춘·하계 산란형, 하계 산란형, 춘·추계 산란형, 추계 산란형, 동계 산란형의 6가지 형태로 나누었다. 이러한 수온과 빛 등의 계절적 변화에 따라 해양의 생산성 변동과 먹이생물 출현량이 달라지게 되어 어류의 산란시기를 결정하는 요인으로 작용한다(Cushing, 1975). 많은 동갈돔과 어류들은 봄에서 가을 사이에 산란하는 것으로 알려져 있는데(Kawamura, 1983a, b; Okuda, 1997; Klein, 2007), 이들은 수온이 낮은 겨울철에 비하여 생산성이 비교적 높은 시기에 산란기를 가지는 전략을 택한 것으로 사료된다.

많은 온대해역의 어류들에서 체내의 에너지 저장은 먹이가 풍부한 봄과 여름철에 발생하며, 저장된 에너지는 신진대사와 생식활동, 먹이가 부족한 시기에 사용된다(Gorbach, 1971; Dawson and Grimm, 1980). 어류에서 난황단백질은

estrogen에 의해 간에서 합성되어 혈액을 통하여 난소로 들어가 축적되어 생식활동에 이용된다고 알려져 있으며 (Aida *et al.*, 1973; Wallace and Selman, 1990), 에너지 저장 정도를 나타내는 어류의 간중량지수와 비만도지수의 연간 변동양상을 어류의 생식주기와 관련 있다 (Encina and Granado-Lorencio, 1997). 본 연구에서 열동가리돔의 간중량지수와 비만도지수는 산란기 전에 높은 값을 나타내었으며, 산란기 동안 그 값이 감소하는 경향을 나타내었다. 이는 산란기 전인 봄철에 왕성한 섭식활동을 하여 두 지수가 높은 값을 나타내었고, 산란기 동안은 섭식을 줄였거나 섭식량에 비해 생식활동에 필요한 에너지가 더 많았기 때문에 낮은 값을 나타낸 것으로 추측된다. 이러한 생식활동과 관련된 에너지 이용은 *Cololabis saria*와 셋돔 (*Psenopsis anomala*)과 같은 어류에서도 발견되었다 (Hara, 1986; Wang and Chen, 1995).

조사기간 동안 출현한 열동가리돔의 암·수의 성비를 살펴본 결과 암·수의 성비에서 유의한 차이를 보이지 않았다 (χ^2 -test, $p > 0.05$). 인도네시아 군도에 서식하는 동갈돔과 어류인 *Pterapogon kauderni* 또한 암·수 성비에서 유의한 차이를 보이지 않았다 (Vagelli and Volpedo, 2004). 동갈돔과 어류를 포함한 대부분 어류들에서 암·수의 성비는 유의한 차이를 보이지 않았다. 그러나 몇몇 어류들에서 암·수 성비에서 유의한 차이를 보였는데, 이는 알에서 부화한 개체에서 암컷과 수컷의 개체수 차이, 성장하면서 암컷과 수컷의 성장율, 사망률, 수명의 차이, 성장에 따른 성전환 등이 중요한 이유로 제시되었다 (Wenner, 1972; Sturm and Salter, 1989).

본 연구에서 열동가리돔의 최소성숙체장은 5.10 cm, 50% 군성숙체장은 5.43 cm로 나타났다. 이때 열동가리돔의 연령은 1세였고 (Kume *et al.*, 1998), 따라서 열동가리돔은 부화 후 1년 만에 성숙하는 것으로 유추해 볼 수 있다. 열동가리돔과 유사하게 만 1년 만에 성숙하는 종에는 멸치 (*Engraulis japonicus*), 꼰치 (*Liparis tanakai*) 등이 있었는데, 이 중 멸치의 수명은 1.5년, 꼰치는 1년, 열동가리돔은 3년으로 알려져 있다 (Kosaka, 1971; Kume *et al.*, 1998; 국립수산물과학원, 2004). 부화 후 2년 만에 성숙하는 종은 전갱이 (*Trachurus japonicus*)가 있었고, 수명은 약 6세였다 (Hotta and Nakashima, 1971; Nishida and Hasegawa, 1994). 부화 후 3년 만에 성숙하는 종은 황아귀 (*Lophius litulon*), 문치가자미 (*Limanda yokohamae*) 등이 있었고, 황아귀의 수명은 약 8세, 문치가자미는 약 6세로 나타났다 (Solomon *et al.*, 1987; 차 등, 1998; 국립수산물과학원, 2004). 이와 같이 성숙연령이 만 1세인 어종은 다른 어종에 비하여 비교적 수명이 짧은 것으로 나타났는데, 이는 짧은 수명으로 인한 개체군 유지 및 보존을 위하여 빠른 성숙연령을 가지는 것으로 판단된다.

본 연구에서 열동가리돔은 2개 이상의 난경모드를 나타내어 산란기 동안 2회 이상 반복산란하는 것을 알 수 있었

다 (Fig. 2). 대부분 동갈돔과 어류들 역시 반복산란하는 종으로 알려져 있다 (Kuwamura, 1989). 반복산란하는 어류들은 일정 시기에 폭발적으로 산란하는 불연속산란종 (total spawner)과 산란시기 동안 시간 간격을 두고 연속적으로 산란하는 연속산란종 (multiple spawner)으로 구분할 수 있다 (김과 장, 1994). 불연속산란종은 먹이가 부족한 환경에서 특정 시기에 집중적으로 산란하는 산란전략을 가진 종이고, 연속산란종은 먹이가 풍부하여 정해진 시기에 자어를 산출할 필요성이 없는 환경에서 연속적으로 산란하는 산란전략을 가진 종이다. 열동가리돔은 비교적 생산성이 높고 먹이생물이 풍부한 여름과 가을철에 산란하기 때문에 연속산란전략을 택한 것을 판단된다.

어류는 성숙한 난을 수용할 수 있는 복강 내 용적이 제한되어 있기 때문에 대부분 경골어류에서 계통발생학적으로 진화된 종일수록 난의 크기를 최소화하여 포란수를 최대화하려는 경향이 있으며, 크기가 클수록 포란수는 많아진다 (Wotton, 1990). 열동가리돔과 비슷한 체장을 가지는 동갈돔과 어류 중 *Apogon imberbis*의 포란수는 전장 7.4 cm에서 4,147개, 전장 10.0 cm에서 19,219개를 보여 (Klein, 2007), 열동가리돔과 비슷한 포란수를 가졌고, 체장 증가에 따라 포란수 또한 증가하였다.

요 약

한국 동해 남부 고리 주변해역에서 2006년 1월부터 12월까지 매월 저인망과 삼각망에서 채집된 열동가리돔 4,300개체의 생식생태를 조사하였다. 열동가리돔의 체장범위는 2.1~8.6 cm였다. 열동가리돔은 여름과 가을에는 표층에 더 많이 분포하였으며, 봄과 겨울에는 저층에 더 많이 분포하였다. 열동가리돔 암컷의 생식소중량지수는 9월에 가장 높았으며, 그 이후 12월까지 감소하였다. 따라서 산란시기는 8~10월로 추정되었다. 열동가리돔의 암·수간 성비에서는 유의한 차이가 나타나지 않았다 (χ^2 -test, $p > 0.05$). 열동가리돔 암컷의 50% 군성숙체장은 5.43 cm로 추정되었고, 모든 암컷은 7.0 cm 이상의 성숙하였다. 열동가리돔은 연속산란종으로 산란기 동안 2회 이상 산란을 하였으며, 최대난경은 0.65 mm를 보였다. 포란수는 8,555~20,084개의 범위였으며, 평균 15,038개였다. 체장과 포란수의 관계식은 $F=334,851 SL^{1.9876}$ ($R^2=0.53$), 체중과 포란수의 관계식은 $F=7,167.6 \ln(BW)-2,198.1$ ($R^2=0.33$)로 추정되었다.

인 용 문 헌

국립수산물과학원. 2004. 유용어류도감. 333pp.
김대지. 1998. 고리 주변해역 저어류 종조성의 계절 변동. 부경대

- 학교 석사학위논문, 63pp.
- 김수암 · 장창익. 1994. 어류생태학. 서울출판사, 273pp.
- 조춘옥. 2001. 고리 주변해역 어류의 종조성 변화. 부경대학교 석사학위논문, 78pp.
- 차병열 · 박영철 · 허성희. 1998. 한국근해 황아귀, *Liphius litulon*의 연령과 성장. 한국수산학회지, 31: 529-534.
- 차병열 · 홍병규 · 조현수 · 손호선 · 박영철 · 양원석 · 최옥인. 1997. 황아귀, *Lophius litulon*의 식성. 한국수산학회지, 30: 95-104.
- 추현기. 2007. 동해 남서부 고리 주변해역 어류의 종조성과 섭식생태. 부경대학교 박사학위논문, 126pp.
- 허성희 · 박주면 · 남기문 · 박세창 · 박찬일, 백근옥. 2008. 부산 주변해역에서 출현하는 살살치 (*Scorpaena neglecta*)의 식성. 한국어류학회지, 20: 117-122.
- 허성희 · 박주면 · 백근옥. 2007. 부산 주변해역에서 출현하는 성대 (*Cheidonicthys spinosus*)의 식성. 한국어류학회지, 19: 51-56.
- 허성희 · 안용락. 2002. 가덕도 주변 해역 어류의 종조성과 계절변동. 2. 삼각망에 의해 채집된 어류. 한국수산학회지, 35: 366-379.
- Aida, K. 1991. Environmental regulation of reproductive rhythms in teleosts. Bull. Inst. Zool., Academia Sinica, Monograph, 16, 173-187.
- 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.
- Blumer, L.S. 1982. A bibliography and categorization of bony fishes exhibiting parental care. Zool. J. Linnean Soc., 76: 1-22.
- Cushing, D.H. 1975. Marine Ecology and Fisheries. Cambridge Univ. Press, London, 292pp.
- Dawson, A.S. and A.S. Grimm. 1980. Quantitative seasonal changes in the protein, lipid and energy content of the carcass, ovaries and liver of adult female plaice, *Peuronectes platessa* L. J. Fish Biol., 16: 493-504.
- de Valaming, V.L. 1972. The effects of diurnal thermoperiod treatments on reproductive function in the estuarine gobiid fish, *Gillichthys mirabilis* Cooper. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 9: 155-163.
- Encina, L. and C. Granado-Lorencio. 1997. Seasonal variations in the physiological status and energy content of somatic and reproductive tissues of chub. J. Fish. Biol., 50: 511-522.
- Gorbach, E.I. 1971. Condition and fatness of the grass carp, *Ctenopharyngodon idella* (Val.) in the Amur Basin. J. Ichthyol., 11: 880-890.
- Hara, M. 1986. Change in the fatness coefficient and catch of Pacific saury *Cololabis saria* during southward migration. Bull. Tohoku Reg. Fish. Res. Lab., 48: 1-12.
- Hotta, H. and J. Nakashima. 1971. Studies on the structure of the population of jack mackerel, *Trachurus japonicus*, in the western sea of Japan-V. Analyses based on the spawning and maturity. Sei. Reg. Fish. Res. Lab., 39: 33-49. (in Japanese)
- King, M.G. 2007. Fisheries Biology, Assessment and Management: 2nd ed. Blackwell Publ., Oxford, 382pp.
- Klein, N.R. 2007. Age, growth and reproductive parameters of the Mediterranean cardinal fish, *Apogon imberbis*. J. Appl. Ichthyol., 23: 675-678.
- Kosaka, M. 1971. On the ecological niche of the sea-snails, *Liparis tanakai* in Sendai Bay. J. College of Marine Science and Technology, Tokai Univ., 5: 27-41. (in Japanese)
- Kume, G., A. Yamaguchi and T. Taniuchi. 1998. Age and growth of the cardinalfish *Apogon lineatus* in Tokyo Bay, Japan. Fish. Sci., 64: 921-923.
- Kume, G., A. Yamaguchi and T. Taniuchi. 1999. Feeding habits of the cardinalfish *Apogon lineatus* in Tokyo Bay, Japan. Fish. Sci., 65: 420-423.
- Kume, G., A. Yamaguchi, I. Aoki and T. Taniuchi. 2000. Reproductive biology of the cardinalfish *Apogon lineatus* in Tokyo Bay, Japan. Fish. Sci., 66: 947-954.
- Kuwamura, T. 1983a. Spawning behavior and timing of fertilization in the mouthbrooding cardinalfish *Apogon nufatus*. Japanese J. Ichthyol., 30: 61-71.
- Kuwamura, T. 1983b. Change of habitat and spacing pattern in the life histories of the cardinalfishes *Apogon* spp. at Shirahama, Japanese Nankiseibutu., 25: 12-17. (In Japanese).
- Kuwamura, T. 1989. Mouthbrooding and marriage form of Aponogonidae. In: Goto, A and Maekawa, K. (eds.), Breeding Behavior of Fishes, Tokai University Press, Tokyo, 140-150.
- Nishida, H. and S. Hasegawa. 1994. Age and growth of jack mackerel, *Trachurus japonicus*, spawning in the Coastal Waters along Niigata. Bull. Jap. Sea. Natl. Fish. Res. Inst., 44: 73-80. (in Japanese)
- Okuda, N. 1997. Life history and sexual strategies of the cardinal fish (Pisces: Apogonidae) in the temperate sea. Doctoral thesis, Kyoto University, 112pp.
- Solomon, G., M. Sano and M. Shimizu. 1987. Age and growth of pleuronectid flounder *Limanda yokhamae* in Tokyo Bay, Japan. Jap. Soc. Fish. Sci., 711-716.
- Sturm, M.G. and P. Salter. 1989. Age, growth, and reproduction of the king mackerel *Scomberomorus cavalla* (Cuvier) in Trinidad waters. Fish. Bull., 88: 361-370.
- Suzuki, K. and S. Ueno. 1987a. Life history of the cardinalfish, *Apogon cyanosoma*, in Suruga Bay, central Japan. Bull. Inst. Ocean Res. Develop., Tokai Univ., 5: 49-55.
- Suzuki, K. and S. Ueno. 1987b. Life history of the cardinalfish, *Apogon semilineatus*, in Suruga Bay, central Japan. J. Fac. Mar. Sci. Technol., Tokai Univ., 24: 121-131.
- Thresher, R.E. 1984. Reproduction in Reef Fish. TFH Publications Inc, Neptune City, 399pp.
- Ueno, S., K. Suzuki and T. Funato. 1987. Life history of the cardinalfish, *Apogon natatus*, in Suruga Bay, central Japan. J. Fac. Mar. Sci. Technol., Tokai Univ., 24: 111-119.
- Vagelli, A.A. and A.V. Volpedo. 2004. Reproductive ecology of *Pterapogon kauderni*, an endemic apogonid from Indonesia

- with direct development. Environ. Biol. Fish., 70: 235-245.
- Wallace, R.A. and K. Selman. 1990. Ultrastructure aspects of oogenesis and oocyte growth in fish and amphibians. J. Electron. Microsc., 16, 175-201.
- Wang, S.B. and S.T. Chen. 1995. Reproductive biology of Japanese butterfish *Psenopsis anomala* (Stromateidae) from coastal waters of northeastern Taiwan. Fish. Res., 23: 127-141.
- Wilk, S.J., W.W. Morse and L.L. Stehlik. 1990. Annual cycles of gonadosomatic indices as indicators of spawning activity for selected species of finfish collected from the New York Bight. Fish. Bull., 88: 775-786.
- Wenner, A. 1972. Sex ratio as function of size in marine crustacea. Am. Nat., 106: 310-350.
- Wotton, R.J. 1990. Ecology of Teleost Fishes. Chapman Hall, New York, USA, 404pp.