

## 한국 남해안 감성돔 (*Acanthopagrus schlegeli*)의 성숙과 산란

권혁찬\* · 장창익 · 신영재 · 김광훈 · 김주일<sup>1</sup> · 서영일<sup>1</sup>

부경대학교 대학원 수산물리학과, <sup>1</sup>국립수산과학원 남해수산연구소

**Maturation and Spawning of Black Seabream *Acanthopagrus schlegeli* in the Southern Sea of Korea by Hyeok Chan Kwon\*, Chang Ik Zhang, Young Jae Shin, Kwang Hoon Kim, Joo Il Kim<sup>1</sup> and Young Il Seo<sup>1</sup>** (Department of Fisheries Physics, Pukyong National University, Busan 608-737, Korea; <sup>1</sup>South Sea Fisheries Research, NFRDI, Yeosu 556-820, Korea)

**ABSTRACT** The maturation and spawning of Black seabream *Acanthopagrus schlegeli* were investigated using samples randomly collected in the Southern Sea of Korea from March 2007 to February 2008. The FL at 50% sex-changers maturity was estimated to be 26.7 cm. We estimated monthly changes in maturity stages and gonadosomatic index (GSI). The spawning period ranged from March to July, and the peak spawning occurred in May and June. The fecundity (F) was 839,600 eggs at 32.2 cm fork length (FL) to 2,894,913 eggs at 42.0 cm FL, and the relationship between FL and F was expressed as  $F=1.264FL^{3.869}$  ( $R^2=0.736$ ). The FL at 50% group maturity was estimated to be 25.8 cm for females and 19.0 cm for males. The sex ratio was 19.9% for female, 20.9% for early sex-changers, 28.7% late sex-changers, 30.5% for male.

**Key words** : blackseabream, *Acanthopagrus schlegeli*, maturation, spawning, reproduction

### 서 론

감성돔 (*Acanthopagrus schlegeli*)은 분류학적으로 농어목 (Perciformes) 도미과 (Sparidae) 감성돔속 (*Acanthopagrus* sp.)에 속하며, 감성돔속에는 감성돔 (*Acanthopagrus schlegeli*)과 새눈치 (*Acanthopagrus latus*)가 속한다. 감성돔은 우리나라 전 연안과 홋카이도 이남, 발해, 황해 및 동중국해에 널리 분포한다(최 등, 2003). 치어는 내만이나 연안의 바위지역에 서식하고 강 하구에도 올라온다. 감성돔의 서식장소는 수심 50 m 이내, 바닥이 해조류가 있는 모래질이거나 암초지대인 연안에서 주로 서식하며, 내만성 어종으로 큰 이동은 없으며, 겨울철 깊은 곳으로 이동한다. 감성돔은 수컷에서 암수 한몸인 시기를 거쳐서 암컷으로 성전환하는 자웅동체형의 응성선속어이다(최 등, 2003).

감성돔은 1980년대 후반 종묘생산에 관한 연구(이와 노, 1987)에서 남해의 양식대상종으로 현재까지 각광을 받고

있으며, 특히 2002년도에 시작된 전남다도해형 바다목장에서 대상종으로 관심이 집중되고 있다.

성전환 연구는 놀래기류의 성전환과 산란행동에 관한 연구(Robertson and Coat, 1974)와 국내에서 자성선속종의 놀래기류(이 등, 1992), 능성어, *Epinephelus septem fasciatus*(이 등, 1996), 붉바리, *Epinephelus akaara*(황 등, 1998) 등이 있다. 하지만 응성선속종의 연구는 찾아보기 힘들다.

국내 감성돔에 대한 연구는 김(1970)의 난 및 부화치어의 특성에 관한 연구, 이 등(1994)의 성분화 연구, 허와 곽(1998)의 유어의 식성 그리고 황 등(2000)의 성전환에 관한 연구 등 대부분이 난 발생이나 부화치어의 형태학적 변화 및 성전환에 관한 연구가 수행되었다. 국외의 연구는 Leu(1997)의 감성돔 산란 연구가 있다. 하지만 국내 감성돔 성숙과 산란에 관한 연구는 국립수산과학원(2002)에서 종묘생산을 목적으로 한 연구를 제외하고 전무한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 우리나라 남해안 감성돔의 재생산에 관련된 생식생태를 밝히고자 생식소성속도지수, 포란수, 군성속도 분석, 성성숙 체장분석 등을 파악하여, 감성돔 자원 관리육성을 위한 수산자원학적 연구에 필요한 기초 자

\*교신저자: 권혁찬 Tel: 82-51-629-5892, Fax: 82-51-629-5886,  
E-mail: hckwon98@pknu.ac.kr

료 제공에 목적을 두고 있다.

### 재료 및 방법

본 연구에서 사용한 감성돔 시료는 2007년 3월부터 2008년 2월까지 전라남도 여수시 군내리 연안(전남바다목장해역)에서 낚시어업으로 어획된 것을 매월 30~50미를 구입하여 시료로 사용하였다(Fig. 1). 구입된 시료는 실험실에서 수컷 · 초기자웅동체 · 후기자웅동체 · 암컷을 구분하

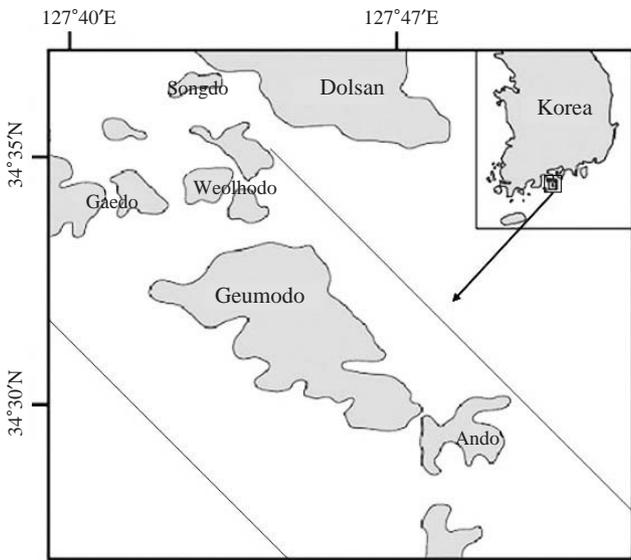


Fig. 1. Sampling area of Blackseabream, *Acanthopagrus schlegelii* caught by fish in the Southern Sea of Korea.

여 체장 (folk length)은 0.1 cm까지, 체중은 0.1 g까지, 그리고 생식소 중량은 전자저울(MW-II)로 0.01 g까지 정밀 측정하였다.

초기자웅동체는 정소의 복강 안쪽에 난소가 발달하고 후기자웅동체는 난소가 발달하여 정소가 퇴화하는 외부형태로 초기자웅동체와 후기자웅동체를 구분하였다.

성전환 체장은 전체 월에서 성전환한 군의 비율을 구하여 logistic식에 적용시켜 50% 성전환 체장을 측정하였다.

성숙도는 생식소 크기, 색조, 난의 투명상태 그리고 난립의 크기 등을 기준으로 육안관찰 하였으며, 성숙단계는 미숙 (immature), 중숙 (maturing), 완숙 (mature), 방후 (spent)의 4단계로 구분하여 월별 각 단계의 출현율을 관찰하였다(김과 장, 1994).

생식소중량지수(GSI)의 월 변화는 다음 식으로 구하였으며,

$$GSI = \frac{GW}{BW} \times 10^3$$

여기서, GW는 생식소 중량(습중량, g), BW는 체중(습중량, g)을 각각 나타낸다.

난경조성의 월 변화를 알아보기 위하여 체장크기별로 난소 내 난피를 임의 추출하여 Gilson 용액에 2~3일간 고정시켜 난을 분리한 후, 1개체당 50립씩 형상투영기(Nikon, V-16B)로 난의 장경을 측정하였다.

포란수(F)는 성숙한 개체의 난소에 대하여 습중량법(Bagenal and Brown, 1978)으로 구하였다.

$$F = \frac{A - B}{C} \times e$$

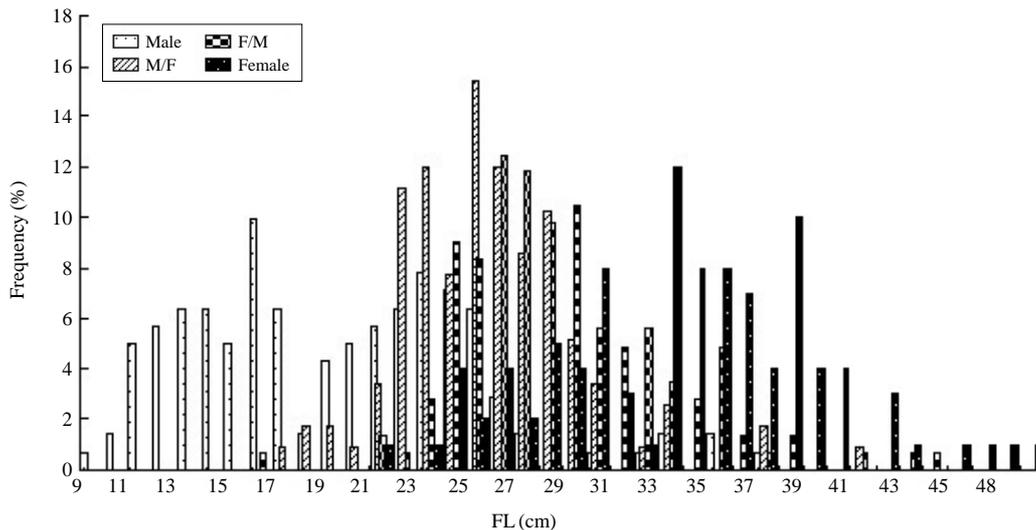


Fig. 2. Frequency-FL distribution of male, early sex-changers (M/F), late sex-changers (F/M), female and Blackseabream, *Acanthopagrus schlegelii* in the Southern Sea of Korea.

여기서, A는 난소의 중량, B는 난소 껍질의 중량, C는 난소 일부의 중량, 그리고 e는 C의 난 수이다.

군성숙체장은 산란기로 추정되는 시기에 있어서 중숙이상의 개체를 당해연도 산란가능군으로 보고 그 비율을 구하여 logistic식에 적용시켜 50% 군성숙체장을 추정하였다.

$$P_i = \frac{1}{1 + e^{(b_1 - b_2 \cdot TL_i)}}$$

여기서  $P_i$ 는  $i$  체장계급에서의 군성숙비율,  $TL_i$ 는  $i$  체장계급의 전장, 그리고  $b_1, b_2$ 는 상수이다.

월별 출현율은 조사기간 동안 어체를 측정할 전 개체에 대해 월별 수컷 · 초기자웅동체 · 후기자웅동체 · 암컷의 출현율을 분석하였다.

## 결 과

### 1. 체장조성

조사기간 동안 감성돔 502미의 수컷의 체장범위는 체장 9~37 cm이었고, 초기자웅동체의 체장은 17~41 cm이었으며, 후기자웅동체의 체장범위는 체장 18~44 cm이었고, 암컷의 체장범위는 21~52 cm이었다. 평균체장은 수컷은 23.0 cm, 초기자웅동체는 29.0 cm, 후기자웅동체는 30 cm, 암컷이 34.7 cm이었다 (Fig. 2).

### 2. 성 전환체장

성전환 체장을 알기 위해 매월 전체 개체를 체장 크기별, 성전환의 출현율을 조사한 결과 Fig. 3과 같다. 체장 17.2 cm에서는 성전환 하는 개체가 없었고, 38.4 cm 이상에서는 전 개체가 성전환을 한 것으로 판명되었다. 따라서 체급별 성숙개체의 출현비율을 logistic식에 적용시킨 결과, 감성돔의 50% 성전환 체장은 26.7 cm로 나타났다.

### 3. 산란기 추정

#### 1) 성숙도의 월 변화

육안관찰에 의한 감성돔 암컷의 생식소 발달 과정을 4단계로 구분하여 조사한 결과, 미숙상태 (immature)의 난소는 작고 가늘며 색깔이 투명한 흰색 혹은 아주 옅은 노란색을 띠고 난립은 육안관찰이 거의 불가능하였다. 중숙상태 (maturing)의 난소는 색깔이 분홍색 혹은 옅은 주황색으로 소혈관이 산재되어 있었고, 난립이 점차 분리되어 육안으로 관찰되었다. 완숙상태 (mature)의 난소는 진한 주황색을 띠며 최대로 비대해졌고, 난소 내의 난립이 쉽게 분리되었다. 방란 후 상태 (spent)의 난소의 색깔이 옅은 분홍빛으로 수

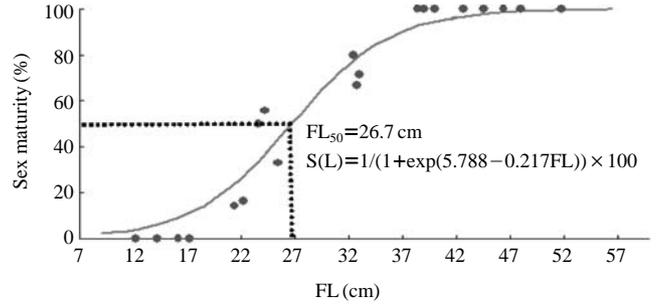


Fig. 3. Relationships between fork length sex-changers of Blackseabream, *Acanthopagrus schlegeli* in the Southern Sea of Korea.

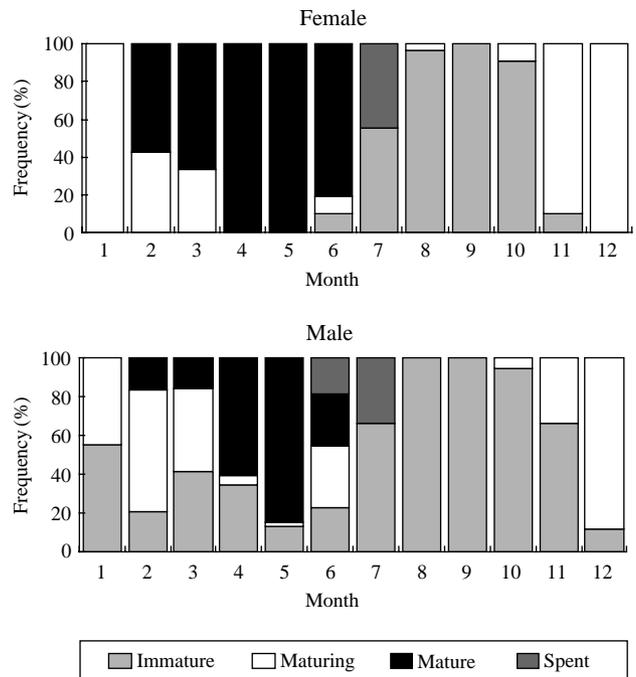


Fig. 4. Monthly changes in maturity stages of male and female Blackseabream, *Acanthopagrus schlegeli* in the Southern Sea of Korea.

측되어 있었고, 산란흔적을 볼 수 있었으며, 포피는 얇고 축소되어 있었다.

2007년 3월부터 2008년 2월까지 감성돔의 월별 성숙도 변화는 Fig. 4와 같다. 중숙상태의 개체가 11~3월에 33~100%로 높은 출현율을 보였으며, 완숙상태의 개체는 2월부터 출현하기 시작하여 3월에 66.7%로 증가하였고, 4~6월에 각각 81~100%로 매우 높은 출현율을 보였다. 방란후 단계의 개체는 7월에 44.4% 출현하였다. 조사결과로 볼 때 성숙 개체가 50% 이상 출현하는 2월부터 6월까지 감성돔의 성숙 시기라 할 수 있다.

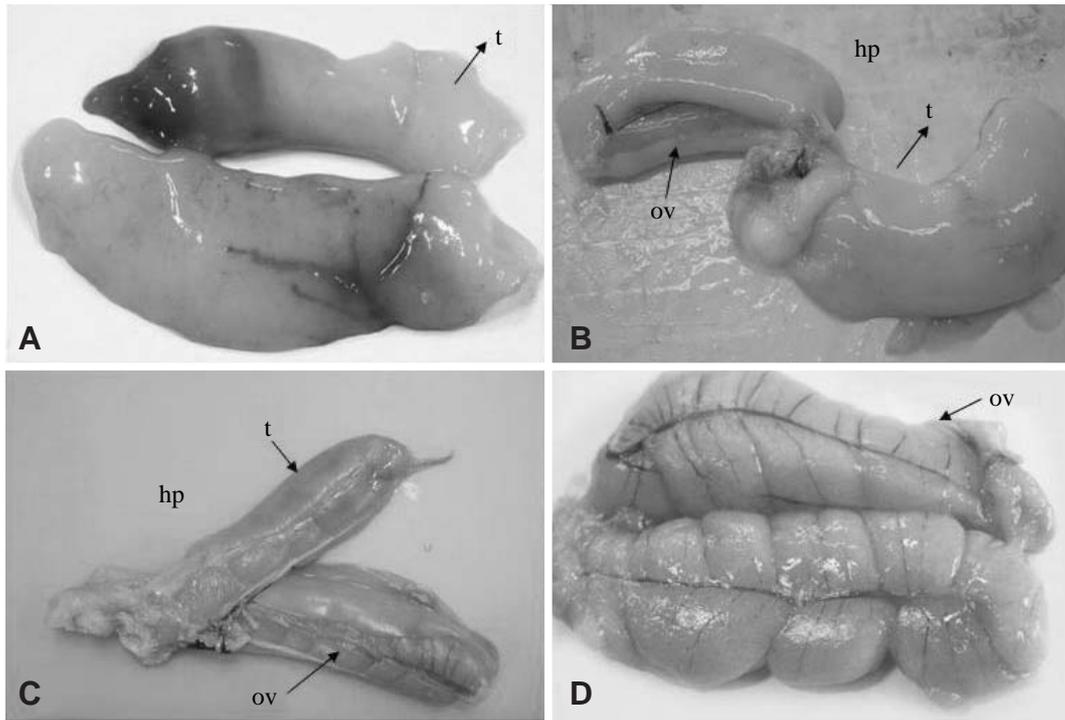


Fig. 5. Photographs of gonad in Blackseabream *Acanthopagrus schlegeli* (A: male, B: hermaphrodite, C: hermaphrodite, D: female) ov: ovary, hp: hermaphrodite, t: testis.

2) 생식소의 형태와 구조

(1) 정상정소

감성돔 생식소의 형태 및 구조는 Fig. 5와 같다. 생식소는 복강 후면에서 척추골의 혈관 간극을 따라 1쌍이 대칭을 이루고 있으며, 성숙함에 따라 원추형의 주머니 모양으로 생식소의 전체가 길게 늘어나 뒷지느러미 끝부분까지 발달한다. 정소는 좌우 1쌍으로 이루어져 있으며, 복강 안에서 엽상형태로 발달하고 있다. 정소는 정소·소엽으로 구성되어 있으며, 각 소엽들은 정소의 중앙에 위치하고 있는 수정관으로 이어져 있다. 정소는 성숙해짐에 따라 회백색에서 유백색으로 변한다(Fig. 5A).

(2) 양성생식소

양성생식소는 난소와 마찬가지로 1쌍으로 이루어져 있으며, 성장시기에 육안으로 정소역과 난소역이 격막으로 구분되어 있고, 정소에서 난소로 전환되며, 복강 안에서 주머니 모양으로 발달한다(Fig. 5B, 5C).

(3) 정상난소

난모세포들은 대체적으로 난소강을 중심으로 하여 외측에서 내측으로 점진적으로 발달되며 배란기 난소 내강에는 난소 소낭에서 배란된 투명한 완숙난을 볼 수 있다(Fig. 5D).

3) 생식소 속도지수의 월 변화

감성돔 암컷과 수컷의 생식소중량지수(GSI)의 월 변화를

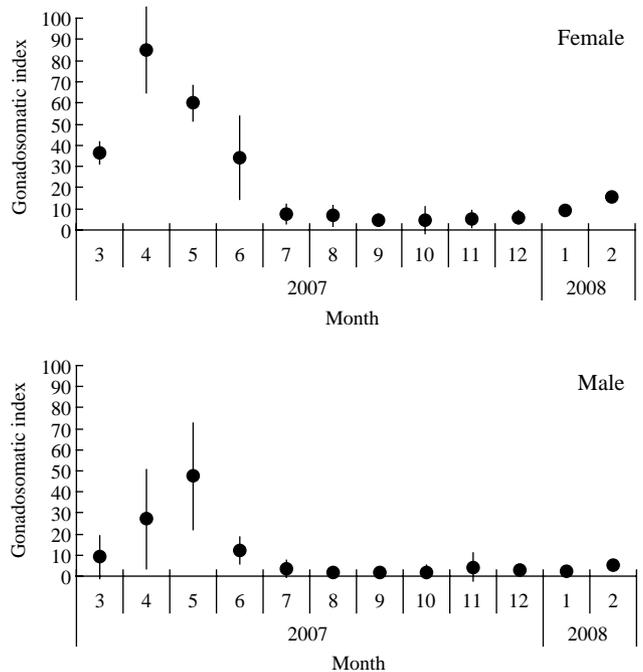


Fig. 6. Monthly changes in GSI of female and male Blackseabream, *Acanthopagrus schlegeli* in the Southern Sea of Korea.

나타내었다(Fig. 6). 암컷의 GSI 평균값의 월 변화를 보면 1월부터 증가하기 시작하여 4~5월에 현저히 높았고, 7~12

월까지의 낮은 값을 나타내었다.

수컷의 GSI 평균값의 월 변화는 2월부터 증가하여 4~5월에 현저히 높았고, 6월부터 낮아져 7월부터 다음해 1월까지 낮은 값을 나타내었다. 또한 감성돔 암컷과 수컷의 월별 GSI 최대값의 변화도 GSI의 평균값 변화와 유사한 경향을 보였다.

따라서 생식소 발달과정 및 GSI의 월 변화로부터 우리나라

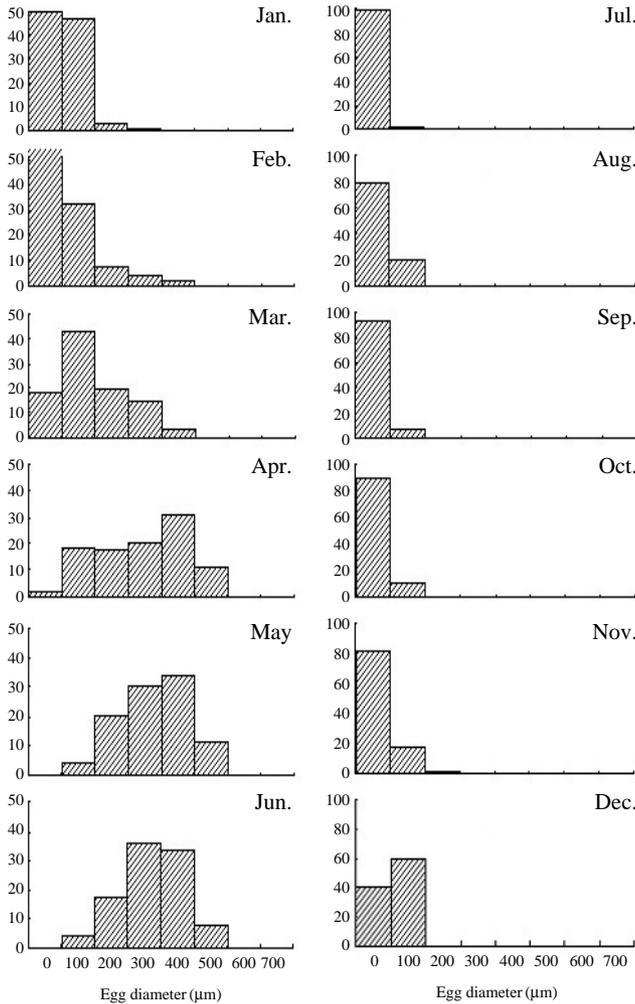


Fig. 7. Monthly changes in egg diameter Blackseabream, *Acanthopagrus schlegeli* in the Southern Sea of Korea.

남해안 감성돔의 산란기는 3~7월, 주 산란기는 5~6월로 추정된다.

#### 4. 난 경

산란기 동안의 방란횟수 및 난소의 성숙발달에 따른 난경 크기 변화를 알아보기 위해 난소 내 난경조성의 월 변화를 조사한 결과는 Fig. 7과 같다. 대부분 미숙단계가 출현한 8~12월에는 100~200 µm 전후의 난모세포군이 주 모드를 형성하고 있었으며, 이후 점차 증가하기 시작하여 중숙단계가 주를 이루는 1~2월에는 200 µm와 300 µm 전후의 모드로 형성하였다. 3월에는 이들 모드가 더욱 발달하여 난모세포의 크기가 300~400 µm군으로 변화하였으며, 주 산란기인 4~6월에는 400~500 µm 전후의 대형 난모세포군이 주 모드를 형성하였고, 대부분의 개체가 산란을 마친 7월에는 100 µm 이하의 크기로 급격히 감소하였다. 따라서 난경조성의 월 변화로부터 본 종의 산란회수는 연속 산란 증임을 알 수 있었다.

#### 5. 포란수

감성돔의 재 생산력을 알아보기 위해 주 산란기로 추정되는 3~6월의 성숙개체를 대상으로 조직 검경을 통해 산란경험이 없다고 판단되는 개체에 대해 포란수(F)를 조사한 결과 (Table 1), 최소 839,596립 (체장 32.2 cm)에서 최대 2,894,913립 (체장 42.0 cm)으로 계수되어 체장 (FL)과 포란수 (F) 간의 관계식은  $F=1.264FL^{3.8696}$  ( $R^2=0.736$ )이며 (Fig. 8), 체장에 따른 절대포란수 및 상대포란수가 증가하는 경향을 나타내었다 (Table 1).

#### 6. 군성숙도

재생산에 참여하는 체장을 알기 위해 주 산란기로 추정되는 4~6월에 육안식별을 통해 중숙상태 이상의 개체를 당해년도에 산란에 참여하는 것으로 간주하여 체장크기별 성숙개체의 출현율을 조사한 결과는 Fig. 9와 같다. 체장 22 cm 이하에서는 산란에 참여하는 개체가 없었으며, 25 cm에서는 50%, 26.5 cm 이상에서는 100%로 전 개체가 산란에

Table 1. Absolute relative fecundities according of fork length of Blackseabream, *Acanthopagrus schlegeli* in the Southern Sea of Korea

Fork length (cm)	Absolute fecundity (eggs)		Relative fecundity (egg/cm)		n
	Range	Mean	Range	Mean	
32.0~33.9	839,596~1,249,647	1,044,621	26,074~37,192	31,633	4
34.0~35.9	813,241~1,562,674	1,198,909	31,761~43,650	33,849	9
36.0~37.9	1,291,193~1,613,035	1,426,933	35,472~43,129	39,152	3
38.0~39.9	1,874,608~2,079,899	1,782,404	49,202~52,128	46,191	5
40.0~43.0	2,079,899~2,894,913	2,487,406	51,868~68,927	60,397	3

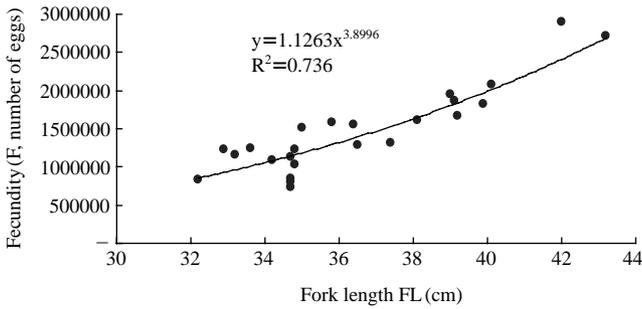


Fig. 8. Relationships between fork length fecundity of Black-seabream, *Acanthopagrus schlegeli* in the Southern Sea of Korea.

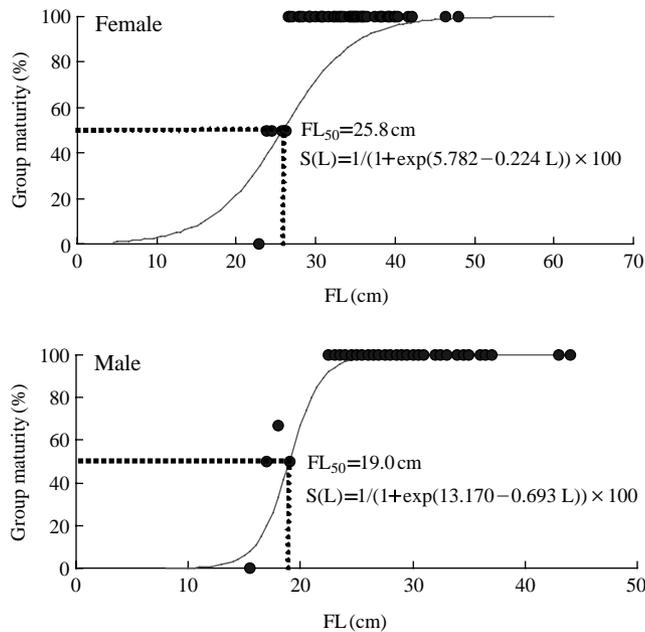


Fig. 9. Relationships between fork length group maturity of female and male Blackseabream, *Acanthopagrus schlegeli* in the Southern Sea of Korea.

참여하는 것으로 나타났다. 따라서 logistic식에 의한 감성돔 암컷의 50% 성숙체장은 25.8cm로 나타났다.

### 7. 성 비

2007년 3월부터 2008년 2월까지 채집된 표본을 대상으로 감성돔의 월별 수컷·초기자용동체·후기자용동체·암컷의 출현율을 분석한 결과는 Fig. 10과 같다.

## 고 찰

경골어류의 난소는 생식수관의 구조와 연관하여 크게 나상형 (gynovarian donditi on)과 낭상형 (cystovarian condi-

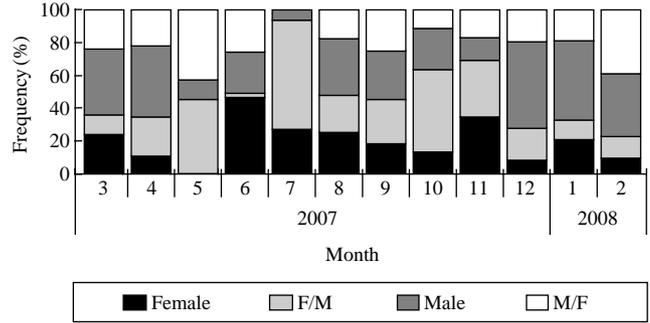


Fig. 10. Monthly appearance ratio of Blackseabream, *Acanthopagrus schlegeli* in the Southern Sea of Korea (M/F: early sex-changers, F/M: late sex-changers).

tion)으로 나누는데, 감성돔의 난소강은 난소 실질부의 등쪽 좌우측에 밀착되어 길게 체축을 따라 커지며 난소후측 끝 부분에서 합쳐져서 수란관으로 연결되어진 낭상형에 속한다(김과 장, 1994).

어류의 생식소 성은 자용이체형과 자용동체형으로 대별되고, 자용이체형은 초기 분화형태에 따라 분화형과 미분화형으로 나누어진다. 자용동체에 있어서도 성체제에 따라 동시자용선숙형, 자성선숙형, 웅성선숙형으로 나누고 있다 (Atz, 1964; Yamamoto, 1969).

감성돔은 자용동체형의 웅성선숙어에 속하며 (Kinoshita, 1936; Okada, 1965), 이와같은 웅성선숙어는 도미과 (Sparidae), 양태과 (Platycephalidae), 흰동가리속 (*Amphiprion*)에서 보고되고 있다 (Fujii, 1971; Moyer and Nakazono, 1978).

웅성선숙어류 중 양태과의 성분화 과정을 보면 양성능을 갖는 난정소에서 먼저 성숙한 수컷으로 기능을 한 후 정보 부분이 퇴행 소멸된다. 이후 암컷으로 성숙하는 A type과 먼저 정소로 기능을 한 다음 양성 생식소 단계를 거쳐 암컷으로 성숙하는 B type으로 나타나고 있다 (Fujii, 1971). 감성돔의 성분화 형태는 미숙단계를 지나 수컷으로 성숙한 다음 양성생식소를 가지는 난정소 단계를 나타나고 있어, B type에 속한다.

본 연구에서 감성돔의 50% 성전환 체장은 26.7 cm로 나타났다으며, 38.4 cm 이상에서는 100% 성전환이 이루어졌다.

감성돔 생식소 발달과정의 월 변화를 보면, 2월부터 완숙상태의 개체가 출현하여 4~6월에는 대부분의 개체가 완숙상태였고, 7월에는 방란 후 상태가 출현하였다. 생식소중량지수 (GSI)의 월 변화에서 2월부터 증가하기 시작하여 4~5월에 현저히 높은 값을 나타내어 감성돔의 산란기는 3~7월, 주 산란기는 5~6월로 추정된다. 한편 국립수산물과학원 (2002)은 5~7월에 감성돔의 산란이 일어난다고 보고하였다. Leu (1997)은 감성돔 산란을 2~4월과는 약간의 차이가 있음을 알 수 있다. 이 차이는 저위도 서식어가 고위도 서식어보다 산란기가 빠르고 산란기간이 긴 것으로 지역에

따른 산란시기의 차이와도 관련이 있을 것으로 생각된다 (김과 장, 1994).

어류의 산란형태는 난경조성을 통하여 나타내는 모드의 수와 산란기 동안의 산란하는 횟수로부터 그 형태를 추측할 수 있는데 (김, 1997), 감성돔의 경우 완숙난의 난경이 400~500 μm로 단일 모드이며 산란기 동안 수십 회 산란하는 것으로 확인되어 연속 산란형인 것을 알 수 있다.

본 연구에서 감성돔의 포란수는 최소 839,596개에서 최대 2,894,913개로 계수되었으며, 체장(FL)과 포란수(F)간의 관계식은  $F=1.264FL^{3.8696}$  ( $R^2=0.736$ )으로, 체장이 커질수록 포란수도 증가하는 것으로 나타나 일반 경골어류와 유사한 경향을 보였다 (김과 장, 1994).

감성돔 암컷의 50% 균성숙체장은 25.8 cm이었으며, 수컷의 50% 균성숙체장은 19.0 cm이다.

이후 본 연구결과를 바탕으로 전남바다목장 대상종인 감성돔의 연령과 성장에 관한 연구를 실시하여 감성돔에 대한 보다 종합적인 생태 연구가 요구된다.

## 요 약

본 연구는 전남바다목장 해역 내에 서식하는 감성돔의 성숙과 산란에 관한 연구로, 2007년 3월부터 2008년 2월까지 낚시어업에 의해 어획된 시료를 대상으로 수행하였다.

감성돔의 50% 성전환 체장은 26.7 cm로 추정되었고, 암컷의 생식소 발달과정 및 생식소중량지수(GSI) 월변화로부터 감성돔의 산란기는 3~7월, 주 산란기는 5~6월로 추정되었다. 포란수는 최소 839,596립 (체장 32.2 cm)에서 최대 2,894,913립 (체장 42.0 cm)으로 계수되었고, 체장(FL)과 포란수(F)간의 관계식은  $F=1.264 FL^{3.8696}$  ( $R^2=0.736$ )으로, 일반적 경골어류에서와 같이 체장이 커질수록 포란수도 증가하는 경향을 보였다. 산란에 참여하는 50% 균성숙도 체장은 암컷은 25.8 cm, 수컷은 19.0 cm이다.

## 인 용 문 헌

국립수산과학원. 2002. 감성돔 종묘생산 보고서, pp. 1-16.  
 김수암 · 장창익. 1994. 어류생태학. 서울프레스, 서울, 237pp.  
 김용역. 1970. 감성돔 *Mylio macrocephalus* (Basilewsky)의 난 및

부화자어의 특성에 대하여. 한국수산학회지, 4: 233-247.  
 김용술. 1997. 수산자원학. 신흥출판사, 부산, 291pp.  
 이영돈 · 안철민 · 이정재 · 이택열. 1992. 황놀래기, *Pseudolabrus japonicus* (HOULTUYN)의 채생산과 성전환. 제주대 해자연보, 16: 55-66.  
 이영돈 · 강범세 · 이정재. 1994. 감성돔, *Acanthopagrus schlegeli*의 성분화. 한국어류학회지, 6: 237-243.  
 이영돈 · 김형배 · 송춘복 · 노 섬 · 이정재. 1996. 호르몬 처리에 의한 능성어의 성전환. 한국양식학회지, 9: 19-23.  
 이정재 · 노 섬. 1987. 감성돔, *Mylio macrocephalus* (Basilewsky)의 종묘생산에 관한 연구. 제주대 해자연보, 11: 1-20.  
 최 윤 · 김지현 · 박종영. 2003. 한국의 바닷물고기. 2판. 교학사, 서울, 646pp.  
 허성희 · 광석남. 1998. 광양만 갈피발에 서식하는 감성돔 *Acanthopagrus schlegeli* 유어의 식성. 한국어류학회지, 10: 168-175  
 황성일 · 이영돈 · 송춘복 · 노 섬. 1998. 불바리, *Epinephelus akaara*의 생식소 발달과 17 super(α)-methyltestosterone 처리 효과. 한국양식학회지, 11: 173-182.  
 Atz, F.W. 1964. Intersexuality in fishes. In: Armstrong, C.N. and A.J. Marshall (eds.), Intersexuality in Vertebrates. Incuding Man, Academic Press, London, pp. 145-232.  
 Bagenal, T.B. and E. Brown, 1978. Egg and early life history. In: Bagenal, T.B. (ed.), Methods for assessment of fish production in fresh water, 3rd ed., Blackwell scientific publications Ltd., Oxford., pp. 165-201.  
 Fujii, T. 1971. Hermaphroditism and sex reversal in fishes of the Platycephalidae II. *Kumococius detrusus* and *Inegocia japonica*. Japan. J. Ichthyol., 18: 109-117.  
 Kinoshita, Y. 1936. On the conversion of sex in *Sparus longispinis*. J. Sci. Hiroshima Univ., Ser. B4: 69-79.  
 Leu, M.Y. 1997. Natural spawning and mass larviculture of black porgy *Acanthopagrus schlegeli* in Captivity in Taiwan. Journal. World. Aquaculture. Soc., 2: 180-187.  
 Moyer, J.T. and A. Nakazono. 1978. Protandrous hermaphroditism in six species of the anemonefish genus *Amphiprion* in Japan. Japan. J. Ichthyol., 25: 101-106.  
 Okada, Y.K. 1965. Bisexuality in sparid fish II. Sex segregation in *Mylio macrocephalus*. Proc. Japan. Acad., 41: 300-304.  
 Robertson, D.R. and J.H. Coat, 1974. Protogynous hermaphroditism and social systems in labrid fish. Proc. 2nd Int. Symp. Coral Reefs, 1: 217-225.  
 Yamamoto. T. 1969. Sex differentiation. In: Hoar, W.S. and D.J. Randoll (eds.), Fish physiology, Academic Press, New York., pp. 117-175.