

# 부산 주변해역에 출현하는 삼치 (*Scomberomorus niphonius*) 암컷의 성숙과 산란

백근욱 · 김재원<sup>1</sup> · 허성희<sup>2</sup> · 박주면<sup>2\*</sup>

전남대학교 해양기술학부, <sup>1</sup>강원도립대학교 해양생물자원개발과, <sup>2</sup>부경대학교 해양학과

## Maturation and Spawning of Female Spanish Mackerel (*Scomberomorus niphonius*) in the Coastal Waters off Busan

Gun Wook BAECK, Jae Won KIM<sup>1</sup>, Sung-Hoi HUH<sup>2</sup> and Joo Myun PARK<sup>2\*</sup>

Faculty of Marine Technology, Chonnam National University, Yeosu, 550-749, Korea

<sup>1</sup>Department of Marine Bio-resource, Gangwon Provincial Collage, Gangneung 210-840, Korea

<sup>2</sup>Department of Oceanography, Pukyong National University, Busan 608-737, Korea

We studied the maturation and spawning of female Spanish mackerel (*Scomberomorus niphonius*) based on 445 specimens collected monthly from January to December 2004 in the coastal waters off Busan. The fork length (FL) of *S. niphonius* ranged from 26.1 to 105.4 cm, the gonadosomatic index (GSI) of the females was highest in May 2004, and the spawning season take place from April to July. A significant difference was detected in the sex ratio between females and males ( $\chi^2$  test,  $p < 0.01$ ). The percentage of sexually mature females exceeded 50% in the 50-60 cm (FL) size group and reached 100% in the over 70 cm (FL) size group. Fecundity (F) varied between 201,156 and 836,426 egg per female. The relationship between F and FL of the fish was expressed as  $F = 5.8756FL^{3.8465}$ . The relationship F and body weight (BW) was expressed as  $F = 581.421n(BW) - 4108.5$ . The first spawning length was 41.8 cm (FL.)

Key words: Spanish mackerel, *Scomberomorus niphonius*, Maturation, Spawning, Coastal waters, Busan

### 서 론

삼치 (*Scomberomorus niphonius*)는 우리나라 주변해역을 비롯하여, 동중국해, 일본 중부이남 해역의 연안 표층에 주로 서식한다 (Chyung, 1977). 삼치는 봄에 서·남해의 연안으로 이동을 하며, 가을에 월동을 위해 남쪽으로 이동을 한다 (Hunter, 1981; NFRDI, 2004).

일본의 경우 삼치에 대한 중요성을 인식하여 자원생태학적 연구가 다양하게 진행되어 왔다. Kishida (1985, 1986, 1989)에 의한 연령과 성장, 먹이습성, 분포와 회유에 관한 연구, Kishida and Aida (1989)에 의한 성숙과 산란의 연구, 그리고 Shoji and Tanaka (2001)와 Shoji et al. (2001, 2002)에 의한 초기의 먹이습성에 관한 연구 등이 있다. 하지만 삼치가 중요한 상업성 어종임에도 불구하고 우리나라에서는 삼치에 대한 자원생태학적 연구가 부족한 실정이다. Whang et al. (1977)에 의한 분포와 생태에 관한 연구와 Kim (1972)에 의한 삼치에 대한 유자망의 선택성에 관한 연구 그리고 최근에 Huh et al. (2006)에 의한 삼치의 식성 연구가 있을 뿐이다.

일반적으로 해양생물의 생태학적 특징은 수온, 염분, 저질 그리고 수심 등의 환경요인에 따라 달라지는데, Kishida and Aida (1989)에 의한 성숙과 산란의 연구는 일본 Seto 내만에 서식하는 삼치를 대상으로 이루어진 연구인 반면, 본 연구는

비교적 외해에 서식하는 삼치를 대상으로 성숙과 산란을 조사하여 기존의 연구와 생태학적으로 차이가 있을 것으로 판단된다. 어류의 산란기는 수온과 밀접한 관계를 가지고 있는데 (De Vlaming, 1972), Aida (1991)는 어류의 산란 유형을 춘계 산란형, 춘·하계 산란형, 하계 산란형, 춘·추계 산란형, 추계 산란형, 동계 산란형의 6가지로 나누었다. Whang et al. (1977)의 연구에서 삼치의 산란기가 6월 하순에서 8월 하순이라고 하여 삼치는 춘·하계 산란형이었다. 그러나 Whang et al. (1977)에 의한 연구는 30년 이전의 연구로 그 동안 우리나라 주변해역의 환경변화 (특히 수온)에 의해 본 연구는 이전의 결과와 다른 결과가 나타날 것으로 판단하였다.

따라서 본 연구에서는 부산 주변해역에서 출현하는 삼치의 성숙과 산란을 조사하였으며, 기존의 연구 자료들과의 차이점을 밝히기 위하여 체장분포, GSI, HSI 및 CF의 월변화, 성비 및 군성숙도, 난소 발달과 포란수를 조사하였다.

### 재료 및 방법

본 연구에 사용된 삼치 (*Scomberomorus niphonius*)는 2004년 1월부터 12월까지 매월 부산 남쪽에 위치한 목도와 남·북형제도 부근 해역 (Fig. 1)에서 자망과 주낙에 의해 어획된 것이다. 어획한 삼치는 ice box에 보관하여, 즉시 실험실로 운반하였다. 그리고 각 개체의 체장 (0.1 cm)과 체중 (0.1 g)을 측정하고, 각 개체의 간과 생식소를 적출하여 각각의 중량을

\*Corresponding author: marbus@hanmail.net

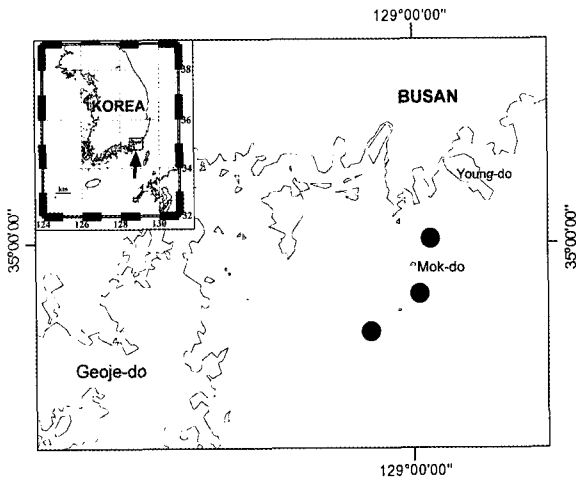


Fig. 1. Location of the sampling area (●).

0.01 g 단위까지 측정하였다.

삼치 시료의 생식소 적출과정에서 암, 수를 구별하였으며, 월별 생식소중량지수 (gonadosomatic index, GSI), 간중량지수 (hepatosomatic index, HSI)와 비만도 지수 (condition factor, CF)를 다음과 같이 구하였다.

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

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

$$CF = \frac{BW(g)-VW(g)}{FL(cm)^3} \times 10^3$$

여기서 GW는 생식소 중량 (gonad weight)이고, BW는 체중 (body weight), LW는 간 중량 (liver weight), VW는 내장 총 중량 (visceral weight), FL은 가랑이체장 (fork length)이다.

포란수는 난의 무게를 이용한 중량법 (gravimetric method)을 사용하여 산정하였다.

생식소의 내부 구조와 생식소 발달의 조직학적 변화를 관찰하기 위하여 조직표본을 제작하였다. 조직표본 제작은 추출된 생식소를 Bouin's solution에 24시간 고정한 후 수세와 탈수의 과정을 거쳤다. 이후 파라핀으로 포매한 뒤 4-6 μm 두께로 연속 절편을 만들었다. 조직표본 염색은 조직표본을 xylene 용액에서 파라핀을 제거한 후 알코올에서 저농도 순의 단계로 친수과정을 거쳐 조직내에 수분을 첨가시켰다. 그 후 Mayer's hematoxylin과 0.5% eosin으로 비교염색 하였으며, 조직표본의 관찰과 사진촬영은 Olympus BX-50 현미경 하에서 이루어졌다.

### 결과 및 고찰

생식중량지수 (GSI), 간중량지수 (HSI), 비만도지수 (CF)의 월변화

2004년 1월부터 12월까지 삼치 암컷의 월별 생식소중량지수 (GSI)의 변화는 Fig. 2에서 보여준다. 암컷의 생식소중량지수는 3월에 평균 0.35 (0.17-0.56)였던 것이 그 이후 증가하기 시작하여 4월에 0.66 (0.36-0.96)이었으며, 5월에는 가장 높은

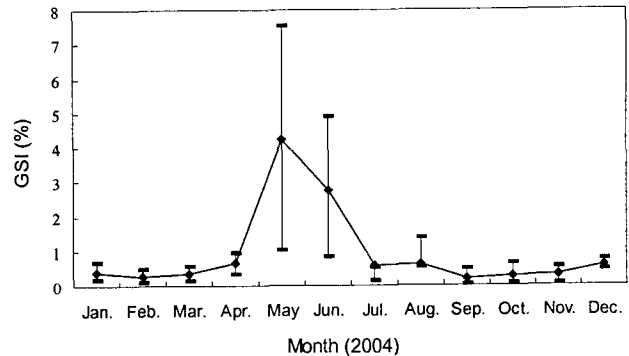


Fig. 2. Monthly change of gonadosomatic index of female *Scomberomorus niphonius*.

수치인 4.22 (1.02-7.56)를 기록하였다. 그리고 6월에 2.75 (0.82-4.91)로 비교적 높은 수치를 나타내었으나, 7월 이후 크게 감소하여 0.6 이하의 값을 보였으며, 9월에는 1년 중 가장 낮은 수치 (0.19)를 보였다. 이와 같은 생식소중량지수 의 월변동 양상을 보아 삼치의 산란기는 4월에서 6월 사이이며, 산란 성기는 5월에서 6월로 판단된다.

삼치 암컷의 월별 간중량지수 (HSI)와 비만도지수 (CF)를 살펴보면 (Fig. 3), 간중량지수는 4월에 가장 높은 수치 [3.78 (3.03-4.53)]를 보였으며, 비만도지수는 4월에 가장 높은 수치 [8.34 (7.65-9.03)]를 보이다가 그 이후 급격히 감소하는 경향을 나타내었다.

일반적으로 어류는 산란에 필요한 에너지를 간 또는 내장에서 가져온다 (Diana and Mackay, 1979). 어류의 간중량지수는 체내 영양물 축적과 소비, 난황전구물질인 vitellogenin의 합성 등과 관련이 있고 (Aida et al., 1973; Miller, 1989), 비만도지수는 섭이율과 관련이 있다. 따라서 삼치의 산란기 전에 높은 간중량지수와 비만도지수는 산란을 위한 에너지 저장과 관련 있고, 산란이 시작되면서 간중량지수와 비만도지수가 감소하는 것은 산란하는 동안 많은 에너지가 소비되었기 때문이다. 한국 연안에 출현하는 줄망둑 (*Acentrogobius pflaumi*) 역시 산란기 직전인 4월에 연중 가장 높은 간중량지수 (HSI)와 비만도 지수 (CF) 값을 보였으며, 산란기인 5월 이후 그 값이 감소하는 경향을 보였다 (Baek et al., 2004).

본 연구에서 삼치의 산란기는 4-6월로 나타나 춘계 산란형임을 알 수가 있었다 (Aida, 1991). 삼치가 속해있는 고등어과 어류 중 한국 연근해에 출현하는 고등어의 산란기가 3-5월 이었고 (Cha et al., 2002), 멕시코만에 서식하는 고등어과 어류인 *Scomberomorus maculatus*는 5-8월 이었다 (Schmidt et al., 1993). 한편, 삼치속 어류중 남반구에 서식하는 종인 호주 서쪽 연안의 *Scomberomorus commerson*과 브라질 서쪽 연안의 *Scomberomorus cavalla*의 산란기는 각각 10-11월, 10-3월 이었다 (Sturm and Salter, 1989; McPherson, 1993). 이와 같이 고등어과 어류들은 지역과 종에 따라 다른 산란기를 가지고 있었지만 대부분 종들이 수온이 상승하는 봄과 여름에 산란하는 것으로 나타났다.

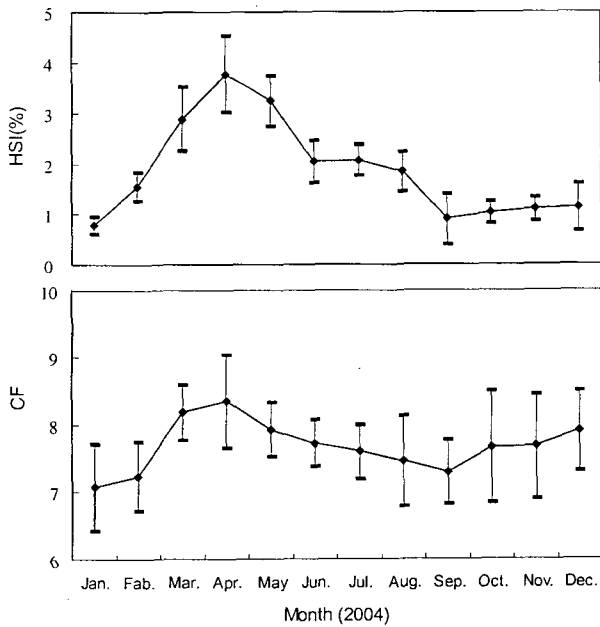


Fig. 3. Monthly change in mean values of hepatosomatic index (HSI) and condition factor (CF) of female *Scomberomorus niphonius*.

1973년 우리나라 남해에서 출현하는 삼치의 산란기를 연구한 Whang et al. (1977)은 삼치의 산란기가 6월 하순에서 8월 하순이라고 밝힌바 있어, 본 연구 결과와 다소 차이를 보였다. 이번 연구 결과에 따르면 지난 30년 전에 비해 삼치의 산란기가 적어도 1개월 정도 앞 당겨진 것으로 나타났다. 여러 가지 환경요인이 이러한 결과를 가져왔을 것이라고 추정되지만, 가장 중요한 환경요인은 지구 온난화에 따른 한국 연근해의 수온상승 때문이라고 생각된다. 어류의 주 산란기는 수온과 밀접한 관계를 가지고 있는데 (De Vlaming, 1972), 지난 30년 동안 한국 남해의 평균수온은 약 0.65°C 상승하였다 (NFRDI, 1967-2004). 이 같은 수온상승이 삼치의 산란기의 변동에 기여했을 가능성이 크다. 앞으로 보다 정확한 원인의 규명을 위해서는 남해안에서 해양생태계의 변화에 대한 심도 깊은 연구가 필요하다고 생각한다.

**성비 및 균성속도**

산란기 동안 삼치의 성비와 체장별 성숙된 암컷의 비율은 Table 1과 2에서 보여준다. 50 cm FL 이하의 소형 개체에서는 미성숙 개체들로 생식소가 발달하지 않아 명확한 성구분이 어려웠다. 그러나 50 cm FL 이상에서는 뚜렷한 성구분이 되었으며 50% 이상의 균성속율을 보였다. 암컷과 수컷의 성비는 1:0.68로 유의한 차이를 보였다 ( $\chi^2$ -test,  $p < 0.01$ ).

많은 고등어과 어류들이 암컷이 수컷에 비해 그 수가 더 많은 특징을 보였는데, *Scomberomorus cavalla*와 *Scomberomorus maculatus*의 성비는 각각 1:0.42과 1:0.44였으며 (Sturm and Salter, 1989; Schmidt et al., 1993), 날개다랑어 (*Thunnus alalunga*)의 경우 성비가 1:0.45였다 (Ramon and Bailey, 1996).

Table 1. Monthly variation in sex ratio of the adult *Scomberomorus niphonius*

Month (2004)	Female (ind.)	Male (ind.)	Total (ind.)	Sex ratio (M/F)
Jan.	18	17	35	0.94
Feb.	8	7	15	0.88
Mar.	16	16	32	1.00
Apr.	9	12	21	1.33
May	15	5	20	0.33
Jun.	6	11	17	1.83
Jul.	9	11	20	1.22
Aug.	9	-	9	0.00
Sep.	30	27	57	0.90
Oct.	51	21	72	0.41
Nov.	50	27	77	0.54
Dec.	9	3	12	0.33
Total	230	157	387	0.68

Table 2. Percentage of immature and mature females of *Scomberomorus niphonius* within size classes for spawning season

Fork length (cm)	n	Females	
		Immature (%)	mature (%)
40.0-49.9	7	85.72	14.28
50.0-59.9	9	33.33	66.67
60.0-69.9	10	10.00	90.00
70.0-79.9	5	-	100
80.0-89.9	4	-	100
≥90.0	4	-	100
Total	39		

그러나 한국 연안에 출현하는 어류의 성숙과 산란 연구에서 불볼락 (*Sebastes thompsoni*)는 성비가 1:0.9이었고 (Lee et al., 1998), 개서대 (*Cynoglossus robustus*)는 1:1.17 (Baeck and Kim, 2004), 별망둑 (*Chasmichthys gulosus*)는 1:1.04였으며 (Kim et al., 2004), 실양태 (*Repomucenus valenciennesi*)는 성비가 1:0.99를 보여 (Baeck and Huh, 2004) 암, 수간 유의한 차이를 보이지 않았다. 이와 같이 고등어과 어류가 다른 과의 어류에 비해 암컷이 우점하는 것은 부화한 개체에서 암컷이 수컷보다 더 많거나, 성장하면서 암컷보다 수컷의 사망률이 더 높기 때문인 것으로 추정된다 (Sturm and Salter, 1989).

고등어과 어류 중 고등어 (*Scomber japonicus*)는 최소 성숙체장이 28.7 cm였으며 (Cha et al., 2002), *Scomberomorus cavalla*는 58.5 cm (Sturm and Salter, 1989) 날개다랑어 (*Thunnus alalunga*)는 82.0 cm였다 (Ramon and Bailey, 1996). 본 연구에서 삼치의 최소 성숙체장은 41.8 cm였는데, 이는 고등어 보다 10 cm 이상 컸고, 같은 속 어류인 *Scomberomorus cavalla*와 비슷했으며, 날개다랑어 보다는 작았다.

**생식주기 및 난소의 조직학적 발달단계**

어류의 난 형성과정은 난의 형태적 특징 및 염색성, 난황 축적 상태 및 난막과 여포세포의 발달 정도 그리고 핵의 상태 등에 의해 구분된다. 삼치의 난소 발달단계는 회복 및 휴지기, 초기 성장기, 후기 성장기, 성숙기, 완숙기 및 방란기, 퇴화 흡수기의 6단계로 나눌 수 있었다.

Fig. 4는 삼치 암컷의 난소 발달 단계를 보여주고 있다. 10월과 1월의 회복 및 휴지기의 난소 내에 혈관과 소엽의 결합조직에서는 많은 혈구들이 관찰되었다. 10-15  $\mu\text{m}$  내외의 난원세포들이 우점적으로 나타났으며, 이들의 세포질은 강한 호염기성을 보였다. 핵은 세포의 약 80% 이상을 차지하였다 (Fig. 4A). 2-3월의 초기 성장기 난소에는 40-120  $\mu\text{m}$ 의 초기 난모세포들을 포함하고, 이들 세포의 핵은 세포의 대부분을 이루고 있으며 적은 섬유상의 염색질이 핵 내에서 고르게 나타나며 hematoxylin에 농염되는 다수의 인들이 핵 주변에 고르게 발달하였다 (Fig 4B). 이후 성장할수록 난소소낭 내의 결합성 조직

사이에 보이는 200-300  $\mu\text{m}$  크기의 주변인기 난모세포들이 대부분을 차지하며, 난황구들이 관찰되었고 여포세포층이 미약하게 발달하고 있었다 (Fig. 4C). 3월의 후기 성장기는 난세포질의 주변으로부터 호산성의 난황구가 형성되기 시작하고, 소형의 유구가 관찰되며 난경이 300-400  $\mu\text{m}$  였다. 그리고 여포세포층은 차츰 발달하게 되는 난모세포들이 우점적으로 나타나게 되었다 (Fig. 4D). 4월 이후 성숙기에 접어들면서 핵막은 불규칙하게 되고 세포질은 수질부 일부를 제외하고 대부분 호산성의 난황으로 채워졌다. 그리고 대소형의 유구로 채워지며, 조직 표본상에서 난경이 450-550  $\mu\text{m}$  내외의 범위로

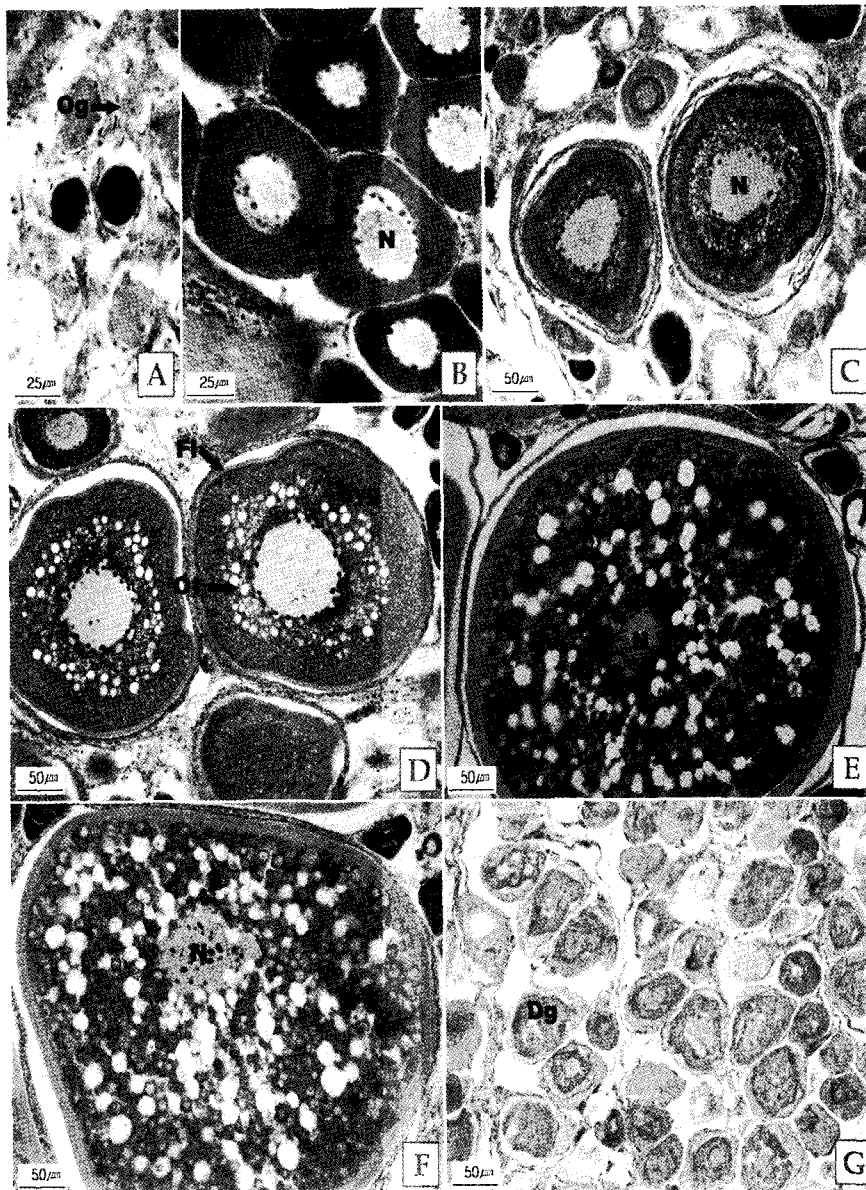


Fig. 4. Photomicrographs of developmental stages of ovary in the *Scomberomorus niphonius*. A, recovery and resting stage; B and C, Early growing stage; D, late growing stage; E, maturing stage; F, ripe stage; G, degenerating stage: Dg, degenerating oocytes; Eyg, eosinophilic yolk globules; Fl, follicle layer; N, nucleus; No, nucleolus; Og, oogonium; Ol, oil globule; Op, ooplasm; Yg, yolk globules.

균일하게 충만되는 세포들이 우점적으로 관찰되었다 (Fig. 4E). 5월에서 6월 초순 완숙기 난소의 대부분은 난경 600-700  $\mu\text{m}$ 의 완숙 난모세포들이 차지하며, 핵은 세포질의 한쪽에 치우쳐 동물극으로 이동하였다 (Fig. 4F). 7월 이후의 퇴화흡수기에는 방란을 마친 난소의 소낭내에 잔존하는 미방출난은 세포질의 붕괴가 일어나기 시작하였다 (Fig. 4G).

### 포란수

Fig. 5와 6은 삼치의 주 산란기인 5월과 6월에 채집된 삼치 암컷의 체장과 체중에 따른 포란수 관계를 보여준다. 삼치의 개체당 포란수는 201,156-836,426개의 범위를 보였으며, 평균 포란수는 461,697개 였다.

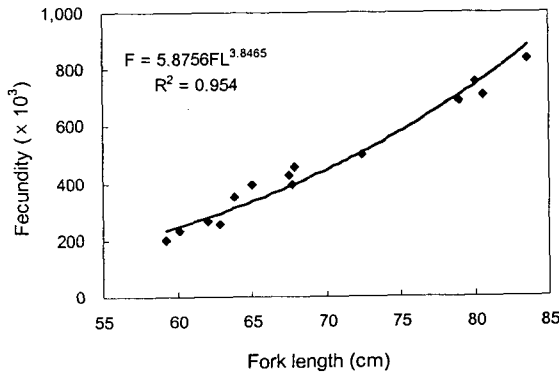


Fig. 5. Relationship between the fork length and fecundity of *Scomberomorus niphonius* collected in May and June, 2004.

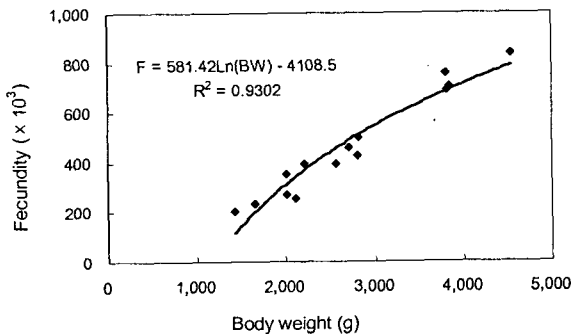


Fig. 6. Relationship between the body weight and fecundity of *Scomberomorus niphonius* collected in May and June, 2004.

체장별 포란수를 보면 체장 60-70 cm FL 크기군에서는 평균 347,060개, 체장 70-80 cm FL 크기군에서는 593,647개, 그리고 80 cm FL 이상에서는 766,275개의 난을 포란하여 체장이 증가함에 따라 포란수가 증가하는 경향을 보였다. 산란기간 동안 삼치의 체장과 포란수의 관계식은  $F = 5.8756FL^{3.8465}$  ( $R^2 = 0.954$ )로 나타났다.

체중별 포란수를 보면, 체중 1,000-2,000 g 범위에서는 평균 217,152개의 난을 포란하였으며, 2,000-3,000 g 에서는 380,235

개, 3,000-4,000 g 에서는 717,049개 그리고 4,000-5,000 g 에서는 836,426개의 난을 포란하여 체중이 증가함에 따라 포란수 또한 증가하는 경향을 보였다. 산란기간 동안 삼치 암컷의 체중과 포란수의 관계식은  $F = 581.42Ln(BW) - 4108.5$  ( $R^2 = 0.9302$ )로 나타났다.

어류의 포란수는 종을 유지하기 위한 중요한 전략 중 하나로 어종, 어류의 체장, 산란시기, 서식지 등에 따라 달라진다. 다른 고등어과 어류와 비교해 보면 삼치보다 크기가 작은 고등어 (*Scomber japonicus*)의 포란수는 114,611-465,833개 였으며 (Cha et al., 2002), 삼치보다 큰 체장을 지닌 황다랑어 (*Thunnus albacares*)의 경우 991,129-3,913,724개 였다 (Schaefer, 1996). 대부분 다랑어류는 200만개 이상의 포란수를 가졌다 (Kim et al., 2004). 일반적으로 큰 크기의 종이 작은 크기의 종보다 더 많은 포란수를 가지는데 (Morse, 1980; Moyle and Cech, 1996), 큰 어종이 산란을 위해 더 많은 물질과 에너지를 투자할 수 있기 때문이다 (Moyle and Cech, 1996).

### 참고 문헌

- 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. Physiological 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.
- Baeck, G.W., J.W. Kim and S.H. Huh. 2004. Maturation and spawning of striped goby (*Acentrogobius pflaumi*) (Teleostei; Gobiidae) collected in Gwangyang Bay, Korea. J. Kor. Fish. Soc., 37, 226-231.
- Baeck, G.W. and S.H. Huh. 2004. Maturation and spawning of *Repomucenus valenciennei* collected in Gwangyang Bay, Korea. Kor. J. Ichthyol., 16, 87-93.
- Cha, H.K., Y.M. Choi, J.H. Park, J.Y. Kim and M.H. Sohn. 2002. Maturation and spawning of the club mackerel, *Scomber japonicus* Houttuyn in Korean waters. J. Kor. Soc. Fish. Res., 5, 24-33.
- Chyung, M.K. 1977. The Fishes of Korea. Ilji-sa, Seoul, 1-727.
- De Vlaming, V.L. 1972. The effects of temperature and photoperiod on reproductive cycling in estuarine gobiid fish, *Gillichthys mirabilis*. Fish. Bull., 70, 1137-1152.
- Diana J.S. and W.C. Mackay. 1979. Timing and magnitude of energy deposition and loss in the body, liver and

- gonads of northern pike (*Esox lucius*). J. Fish. Res. Bd. Can., 36, 481-487.
- Hunter, J.R. 1981. Feeding ecology and predation of marine fish larvae. In: Marine Fish Larvae, Lasker, R., ed. Univ. Washington Press, 33-77.
- Kim, D.S. 1972. Selectivity of drift net for Spanish mackerel *Scomberomorus niphonius*. Bull. Kor. Fish. Soc., 5, 11-16.
- Kim, S.Y., C.B. Park, J.W. Kang, Y.C. Choi, S. Rho, H.J. Bawk, H.B. Kim and Y.D. Lee. 2004. Gonadal development and reproductive cycle of gluttonous goby *Chasmichthys gulosus* (Guichenot). Kor. J. Ichthyol., 16, 261-270.
- Kishida, T. 1985. Age and growth of Japanese Spanish mackerel in the central and western waters of the Seto Inland Sea. Nippon Suisan Gakkaishi., 51, 529-537.
- Kishida, T. 1986. Feeding habits of Japanese Spanish mackerel in the central and western waters of the Seto Inland Sea. Bull. Nansei Reg. Fish. Res. Lab., 20, 73-89.
- Kishida, T. 1989. Distribution and migration of Japanese Spanish mackerel based on the catch and effort data in the central and western waters of the Seto Inland Sea. Bull. Nansei Reg. Fish. Res. Lab., 22, 13-27.
- Kishida, T. and K. Aida. 1989. Maturation and spawning of Japanese Spanish mackerel in the central and western waters of the Seto Inland Sea. Nippon Suisan Gakkaishi., 55, 2065-2074.
- Lee, J.S., C.M. An and S.H. Huh. 1998. Reproductive cycle of the goldeye rockfish, *Sebastes thompsoni* (Teleostei: Scorpaenidae). J. Kor. Fish. Soc., 31, 8-16.
- McPherson, G.R. 1993. Reproductive biology of the narrow barred Spanish mackerel (*Scomberomorus commerson* Lacepede, 1800) in Queensland Waters. Asian Fish. Soc., 6, 169-182.
- Miller, P.J. 1989. The Ecology of Gobioid Fishes, Academic Press. New York, 1-482.
- Moyle, P.B. and J.J. Cech, Jr. 1996. Fishes: An Introduction to Ichthyology. Prentice Hall, New Jersey, 1-590.
- NFRDI (National Fisheries Research and Development Institute). 1967-2004. Annual Report of Oceanographic Observations for 1966-2003. Natl. Fish. Res. Dev. Inst. Korea, vol. 16-52.
- NFRDI (National Fisheries Research and Development Institute). 2004. Commercial Fishes of the Coastal and Offshores Waters in Korea. Natl. Fish. Res. Dept. Ins., 1-333.
- Ramon, D. and K. Bailey. 1996. Spawning seasonality of albacore, *Thunnus alalunga*, in the South Pacific Ocean. Fish. Bull., 94, 725-733.
- Schaefer, K.M. 1996. Spawning time, frequency, and batch fecundity of yellowfin tuna, *Thunnus albacares*, near Clipperton Atoll in the eastern Pacific Ocean. Fish. Bull., 94, 98-112.
- 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.
- Shoji, J. and M. Tanaka. 2001. Strong piscivory of Japanese Spanish mackerel larvae from their first feeding. J. Fish. Biol., 59, 1682-1685.
- Shoji, J., M. Aoyama, H. Fujimoto, A. Iwamoto and M. Tanaka. 2002. Susceptibility to starvation by piscivorous Japanese Spanish mackerel *Scomberomorus niphonius* (Scombridae) larvae at first feeding. Fish. Sci., 68, 59-64.
- Shoji, J., T. Maehara, M. Aoyama, H. Fujimoto, A. Iwamoto and M. Tanaka. 2001. Daily ration of Japanese Spanish mackerel *Scomberomorus niphonius* larvae. Fish. Sci., 67, 238-245.
- 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.
- Whang, H.J., M.N. Kim and J.C. Kim. 1977. Study on the distribution and ecology of Spanish mackerel (*Sawara niphonia*). Bull. Fish. Res. Dev. Agency, Korea, 17, 113-124.

---

2007년 1월 22일 접수

2007년 8월 20일 수리