

## 한국 서해산 응어, *Coilia nasus* 암컷의 성숙과 산란

전제천<sup>1</sup> · 강희웅<sup>1\*</sup> · 이봉우<sup>2</sup>

<sup>1</sup>국립수산과학원 서해수산연구소, <sup>2</sup>충청남도청

### Maturation and Spawning of the Korean Anchovy *Coilia nasus* on the West Coast of Korea

Je-Cheon Jun<sup>1</sup>, Hee-Woong Kang<sup>1\*</sup> and Bong-Woo Lee<sup>2</sup>

<sup>1</sup>West Sea Fisheries Research Institute, National Fisheries Research & Development Institute, Incheon 400-420, Korea

<sup>2</sup>Province of Chungcheongnam do, Daejeon 300-763, Korea

**ABSTRACT** : The gonadosomatic index (GSI), fatness, ovarian development, first sexual maturity, and fecundity of the Korean anchovy *Coilia nasus* were investigated by histological observations and morphometric analysis from January to December, 2007. The GSI and fatness began to increase in February, and reached the maximum in June when the ovary was getting mature and spawning occurred. Thereafter these parameters rapidly decreased in July when spawning occurred. Therefore, monthly changes in the GSI and fatness were closely related to ovarian maturation and spawning. The duration of ovarian development in females can be classified into five successive stages: early growing stage (February to March), late growing stage (March to April), mature stage (May to June), ripe and spent stage (June to July), and recovery and resting stage (December to January). Maturation and spawning of this species occurred between June and July during the period of high seawater temperature-long day length. Percentages of first sexual maturity in female individuals were over 50% for fish ranging 24.1 to 27.0 cm in total length, and 100% for fish over 30.1 cm in total length. The number of total eggs and mature eggs in the absolute fecundity were increased with the increase of total length and body weight, respectively. The number of total eggs and mature eggs in relative fecundity were also proportional to total length, but rather these numbers decreased in the maximum body weight (126.0~150.0 g).

**Key words** : *Coilia nasus*, Fatness, Fecundity, First sexual maturity.

**요약** : 응어 *Coilia nasus*의 생식소증량지수(GSI), 비만도지수, 난소 발달, 군성숙도, 포란수를 2007년 1월부터 2007년 12월까지 조직학적 관찰 및 형태 측정 분석에 의해 조사하였다. GSI와 비만도지수는 2월에 증가하기 시작하여 난소가 성숙해지는 6월에 최대에 이르며, 그 후 산란이 일어나는 7월에 급격히 감소하였다. 그러므로 GSI와 비만도지수의 월별 변화는 난소의 성숙 및 산란과 밀접한 관련을 갖는다. 암컷의 난소 발달 단계는 연속적인 5단계로 구분되었다: 초기성장기(2~3월), 후기성장기(3~4월), 성숙기(5~6월), 완숙 및 산란기(6~7월), 회복 및 휴지기(12~1월). 본 종의 성숙과 산란은 고수온-장일장인 6~7월 사이에 일어났다. 군성숙도 조사에서 50% 이상 산란에 참여하는 암컷 개체는 전장 24.1~27.0 cm이었으며, 30.1 cm 이상에서 전 개체가 산란에 참여하였다. 절대포란수에 있어서 총포란수와 성숙란수는 전장 및 체중이 커질수록 증가하였다. 상대포란수에 있어서 총포란수와 성숙란수는 전장에 비례하여 증가하였으나, 이들 난수는 최대 체중(126.0~150.0 g)에 도달하면 상대포란수는 오히려 감소하는 경향을 보였다.

## 서론

응어(*Coilia nasus*)는 청어목(目) 멸치과(科)에 속하는 어류로 우리나라 서해안으로 유입되는 하천(압록강, 대동강, 임진강, 한강, 금강, 동진강)의 기수역에 서식하는 서해 특산

\* 교신저자: 인천광역시 중구 을왕동 707 국립수산과학원 서해수산연구소, (우) 400-420, (전) +82-32-745-0621, (팩) +82-32-745-0619, E-mail: hwgang@nfrdi.go.kr

식용어 중 하나이다(Kim & Kang, 1993). 1990년대 중반 이후 전라북도와 충청남도 사이에 금강하구둑이 완성되어 농업용수를 위해 수문을 닫음으로서 기수역과 차단되어 본 종이 산란시기에 담수역으로 산란회유를 할 수 없게 되었고, 인근지역인 동진강 지역에도 새만금 간척사업으로 막히게 되어 천혜의 산란장을 잃게 되었다(Lee et al., 2003). 웅어는 충청남도 논산시와 서천군 일대의 지역 특산 수산물로 예로부터 선정되어 '우여회'로 각광을 받아 무문별하게 남획되고 있어 최근 자원량이 급격히 감소되고 있어, 이들 생물자원의 보호 및 자원관리가 시급히 요구되는 실정이다. 지금까지 한국산 웅어에 관해 보고된 것으로는 분포(Chyung, 1977; Kim & Kang, 1993; Choi, 1994)와 분류 및 형태(윤, 1996; Kim, 1997), 생식주기(Lee et al., 2003)가 보고되어 있다. 외국산 웅어에 관해 보고된 것으로는 산란과 초기생활사(Takita, 1967), 산란장(Takita & Masutani, 1979), 생태(Matsui et al., 1986; Yoshimoto et al., 1993) 등이 연구보고되어 있으나, 효과적인 자원관리를 위한 생식잠재력에 관련된 연구는 수행된 바 없었다. 따라서 본 연구의 목적은 서해특산품종인 웅어의 성숙과 산란 등의 생식생물학적 연구를 위해 웅어 암컷의 생식소중량지수, 비만도지수(fatness), 난소 발달, 포란수, 군성숙도 등을 조사하여 본 종의 생식잠재력과 관련된 기초자료를 제공하는데 있다.

## 재료 및 방법

### 1. 실험어 및 서식환경

본 연구에 사용된 실험어는 2007년 1월부터 2007년 12월까지 충청남도 서천군 장항읍과 전라북도 군산시를 연계한 금강하구둑 아래 주변 연안 기수역에서 소형안강망 어선으로 채집된 개체 중 해부에 의해 암컷만을 매월 30마리씩 실험어로 사용하였다. 2007년 1월부터 12월까지 채집기간 동안의 수온과 일장에 관한 자료는 국립해양조사원 자료를 인용하였다. 채집된 시료는 즉시 실험실로 옮겨 전장과 체장은 0.1 cm까지, 체중은 0.1 g까지 계측하였고, 어체로부터 떼어낸 난소는 0.01 g까지 계측하였다.

### 2. 난소 발달 조사

광학현미경 조직표본 제작을 위해 Bouin 고정액에 24시간 고정하여 파라핀절편법에 따라 5~8  $\mu\text{m}$  두께로 연속절편

을 만들었으며, Hansen's hematoxylin과 0.5% eosin으로 이중염색하였고, Mallory 삼중염색으로 결합조직과 근육조직을 구분하여 생식세포의 형태와 난소 발달 상태를 조사하였다.

### 3. 생식소중량지수 및 비만도지수

산란기를 간접적으로 추정하기 위하여 조사한 생식소중량지수(gonadosomatic index, GSI)와 비만도지수(fatness)를 다음 식으로 계산하였다.

$$\text{생식소중량지수} = \text{생식소중량(g)} / \text{체중(g)} \times 100$$

$$\text{비만도지수} = \text{체중(g)} \times 10^3 / \text{전장(cm)}^3$$

### 4. 군성숙도

군성숙도는 성숙시기인 2007년 5월에서 산란이 종료되는 2007년 7월까지 채집된 암컷 개체들의 생식소 조직표본을 현미경하에서 난경을 조사하여 성숙에 이른 후 재생산에 참여하는 크기를 조사하였다. 웅어 암컷 개체군 중 50% 또는 그 이상이 재생산에 가담하는 개체의 크기와 전 개체가 재생산에 가담하는 크기를 조사하였다.

### 5. 포란수

포란수의 계산은 400  $\mu\text{m}$  이상의 난들을 Bagenal & Braum (1987)의 습중량법을 사용하여 계수하였으며, 전장별, 체중별 절대포란수를 측정하였고, cm 당 및 g 당 상대포란수를 측정하여 생식잠재력을 파악하였다. 전장과 체중에 대한 절대포란수와 상대포란수의 통계처리는 Excel 프로그램을 이용 회귀분석의 계산법을 따라 분석하였으며, Kang et al.(2004)의 방법을 참고로 조사하였다.

## 결 과

### 1. 생식소중량지수(Gonadosomatic Index, GSI)의 월별 변화

2007년 1월부터 2007년 12월까지 1년간 웅어 암컷 생식소중량지수(GSI)의 월별 변화를 Fig. 1에 나타내었다. GSI 평균값은 1월(1.89)부터 서서히 증가하여 3월에 2.42를 보인 후 6월에 연중 최고값(8.63)을 나타내었다. 6월 이후 GSI의 평균값은 점차 낮아져 9월에 1.84를 보였고, 12월에 연중 최저값(1.29)을 나타내었다. GSI 월별 변화는 일장이 가장 길

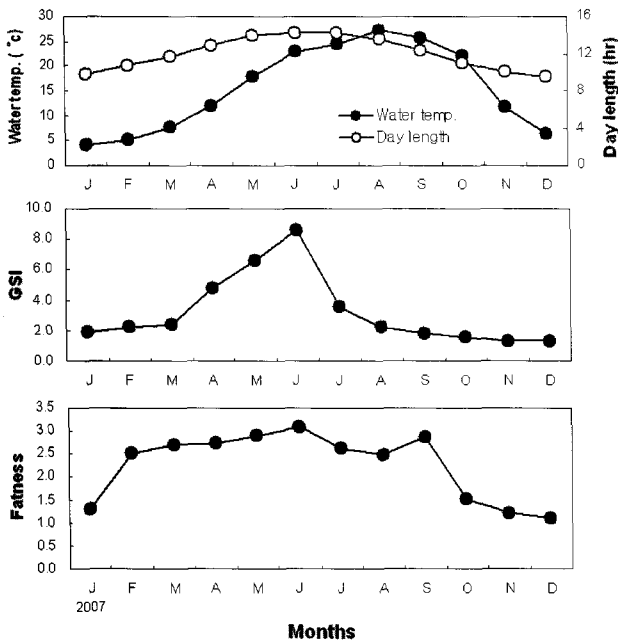


Fig. 1. Monthly variations of water temperature and day length in the Geum River estuary dyke, gonadosomatic index (GSI) and fatness in female *Colia nasus*.

고(14.3시간), 금강하구둑 주변의 평균수온이 22.8°C인 6월에 가장 높은 값을 나타내었다.

2. 비만도지수(Fatness)의 월별 변화

산란기를 간접적으로 추정하게 하는 잉어 암컷의 비만도 지수의 월별 변화는 Fig. 1과 같다. 비만도지수의 평균값의 변화는 1월(1.29)부터 서서히 증가하기 시작하여 3월에 2.69를 보였고, 6월에 연중 최대값(3.09)을 보인 후 7월(2.62)부터 낮아지는 경향을 보이다가 9월(2.86)에 일시적으로 증가하였다. 10월 이후부터는 1.51 이하로 점차 다시 감소하였다.

3. 난소 발달 단계

월별로 연간 조사된 잉어 난소 내 생식세포 발달의 조직학적 관찰을 토대로 잉어 암컷의 생식세포 형성과정은 초기성장기, 후기성장기, 성숙기, 완숙 및 산란기, 그리고 회복 및 휴지기의 연속적인 5단계로 구분되었다.

1) 초기성장기(Early Growing Stage)

초기성장기의 난소소엽 내에서는 난경 13~15 μm의 난원

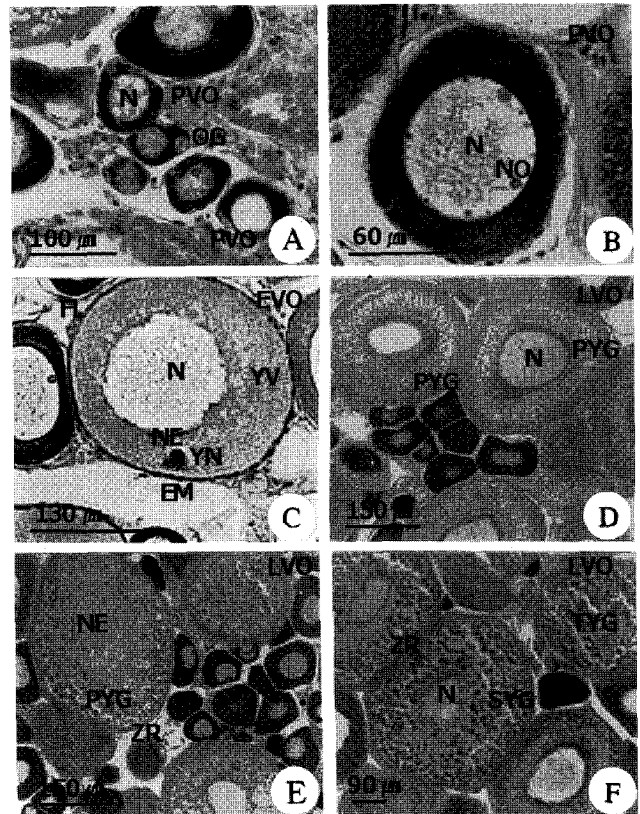


Fig. 2. Photomicrographs of ovarian development of *Colia nasus*. A, Section of the ovarian lobules in the early growing stage. Note oogonia and previtellogenic oocyte (oocytes containing chromatin-nucleolus and perinucleolus) in the lobules. Scale bar = 100 μm. B, Section of the ovarian lobule in the same stage. Note previtellogenic oocyte containing perinucleolus along the nuclear envelope. Scale bar = 60 μm. C, Section of the ovarian lobule in the late growing stage. Note early vitellogenic oocyte containing a number of vesicles and yolk nucleus in the cytoplasm. Scale bar = 130 μm. D, Section of the ovarian lobule in the late growing stage. Note late vitellogenic oocytes containing primary yolk granules in the cytoplasm. Scale bar = 150 μm. E, Section of the ovarian lobules in the same stage. Note late vitellogenic oocytes containing primary yolk granules in the cytoplasm. Scale bar = 150 μm. F, Section of the ovarian lobule in the same stage. Note late vitellogenic oocyte containing secondary and tertiary yolk granules in the lobule. Scale bar = 90 μm. Abbreviations: EM, egg membrane; EVO, early vitellogenic oocyte; FL, follicle layer; LVO, late vitellogenic oocyte; N, nucleus; NE, nuclear envelope; NO, nucleolus; OG, oogonium; PVO, previtellogenic oocyte; PYG, primary yolk granule; SYG, secondary yolk granule; TYG, tertiary yolk granule; YN, yolk nucleus, YV, yolk vesicle; ZR, zona radiata.

세포들과 20~40  $\mu\text{m}$ 의 전난황형성난모세포(핵 내에 크로마틴을 갖는 난모세포)와 난경 70~145  $\mu\text{m}$ 의 전난황형성난모세포(핵막 주변에 인을 갖는 난모세포)가 출현하였다(Fig. 2A). 이때 전난황형성난모세포들의 세포질은 헤마톡실린에 강한 호염기성을 나타내었다(Fig. 2B). 웅어 난소의 초기성장기 개체들은 2~3월에 출현하였다.

## 2) 후기성장기(Late Growing Stage)

후기성장기 난소소엽 내에서는 세포질 내에 수많은 난황포(난경 205~245  $\mu\text{m}$ )와 난황핵을 갖는 초기 난황형성난모세포가 출현하였다(Fig. 2C). 그리고 세포질 내에 1차 난황과립을 갖는 후기 난황형성난모세포가 관찰되었고(Figs. 2D, E), 난소소엽 내에 2차 난황과립, 3차 난황과립을 함유하는 후기 난황형성난모세포(난경 250~300  $\mu\text{m}$ )가 출현하였다(Fig. 2F). 암컷 난소의 후기성장기 개체들은 3~4월에 출현하였다.

## 3) 성숙기(Mature Stage)

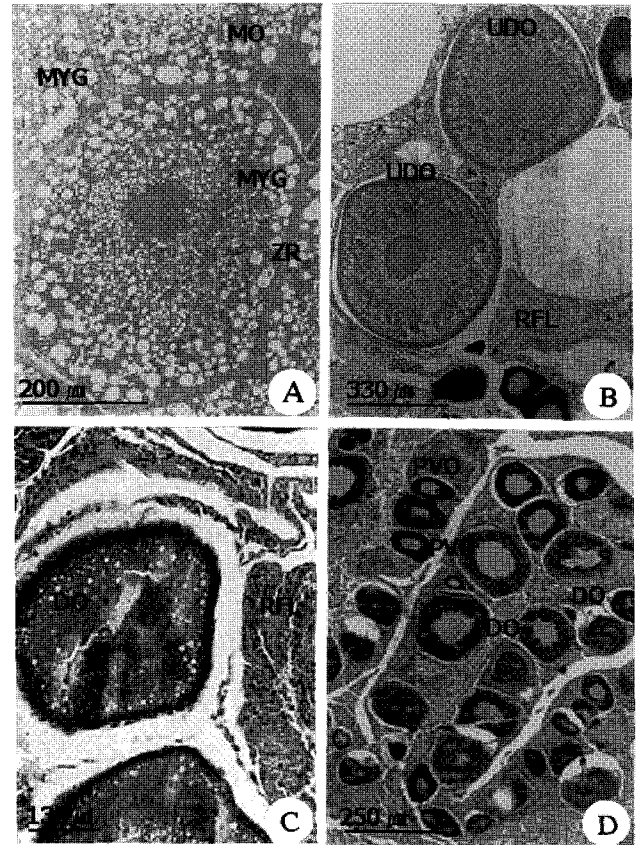
난소의 발달이 급격히 진행되어 대부분의 난소소엽 내에는 배포이동기의 성숙난모세포(난경 520~595  $\mu\text{m}$ )들로 가득 채워져 있고 세포질 내에는 성숙 난황과립을 갖는 성숙 난모세포들이 출현하였다(Fig. 3A). 암컷 난소의 성숙기 개체들은 5~6월에 출현하였다.

## 4) 완숙 및 산란기(Ripe and Spent Stage)

완숙기의 난소소엽 내에는 난경 595~635  $\mu\text{m}$ 의 완숙란으로 가득 채워져 있으며, 이들 완숙란의 난황구는 균질화되었다(Fig. 3B). 난소소엽 내의 완숙란이 배란을 하면 배란흔적을 보이는 잔존여포가 출현하였다. 암컷 난소의 완숙 및 산란기 개체들은 수온이 높아지고 일장이 길어지는 6~7월에 출현하였다.

## 5) 회복 및 휴지기(Recovery and Resting Stage)

방란이 끝난 후, 난소소엽 내에는 미방출된 난모세포들과 잔존 여포들이 퇴화·흡수되었으며, 난소소엽은 위축되었다(Fig. 3C). 특히 난소소엽 내에서 퇴화·흡수중인 난모세포들과 전난황형성난모세포들이 출현하였다(Fig. 3D). 암컷 난소의 회복 및 휴지기 개체들은 수온이 낮고 일장이 짧아지는 12~1월에 출현하였다.



**Fig. 3. Photomicrographs of ovarian development of *Colia nasus*.** A, Section of the ovarian lobule in the mature stage. Note oocytes in the nucleus migratory stage and mature oocytes containing mature yolk granules in the cytoplasm. Scale bar = 200  $\mu\text{m}$ . B, Section of the lobule in the ripe and spent stage. Note undischarged oocytes and residual follicle layers in the lobule. Scale bar = 330  $\mu\text{m}$ . C, Section of the lobules in the recovery and resting stage. Note degenerating oocytes near residual follicle layers in the lobules. Scale bar = 130  $\mu\text{m}$ . D, Section of the lobule in the same stage. Note degenerating oocytes and previtellogenic oocytes in the lobules. Scale bar = 250  $\mu\text{m}$ . Abbreviations: DO, degenerating oocyte; MO, mature oocyte; MYG, mature yolk granule; RFL, residual follicle layer; UDO, undischarged oocyte; ZR, zona radiata.

## 4. 군성숙도

웅어 암컷 개체들이 성적 성숙에 도달한 이후 재생산에 참여하기 시작하는 가을 알기 위해서 군성숙도를 조사하였다. 군성숙도의 판정은 선행 연구들(Fedrov(1971); Hayashi(1972);

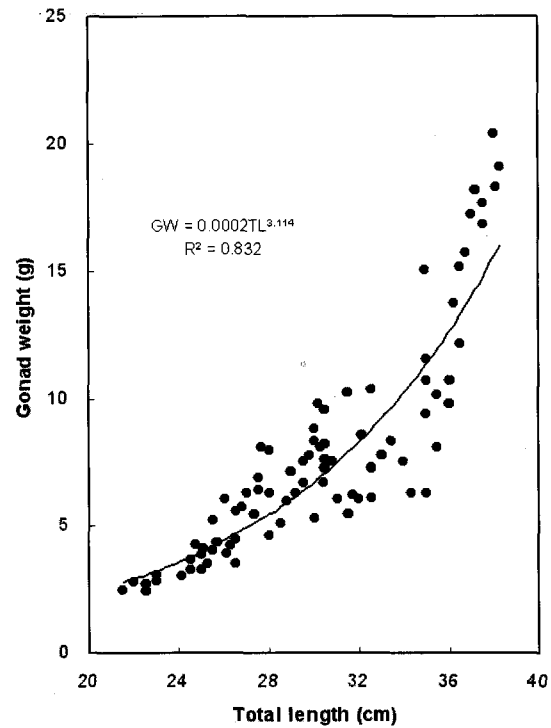
**Table 1. Total length of first sexual maturity in female *Coilia nasus* below the Geum River estuary dyke during the breeding season**

Total length (cm)	Number	Maturity (%)
18.4~21.0	9	0.0
21.1~24.0	23	26.7
24.1~27.0	22	53.4
27.1~30.0	21	87.8
30.1~33.0	18	100.0
33.1~36.0	21	100.0
36.1~39.3	7	100.0
Total	121	

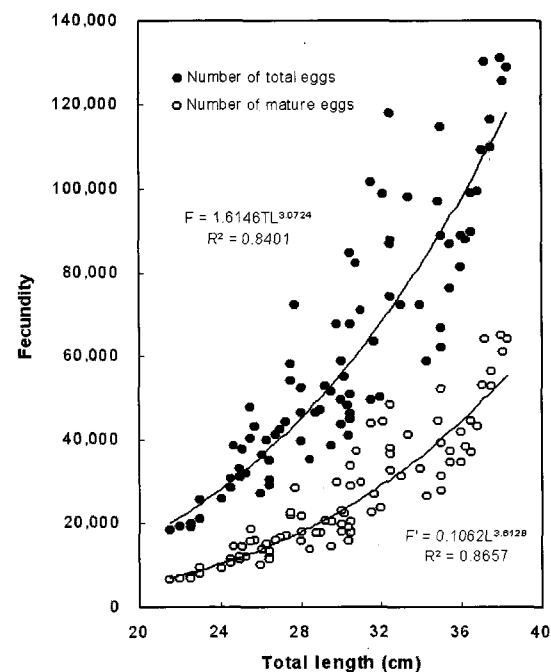
Volodin et al.(1974))에서 조사된 방법을 참고로 생식소가 성숙하는 2007년 5월부터 산란이 완료되는 2007년 7월까지의 기간동안 전장 18.4~39.3 cm의 암컷 121마리를 대상으로 생식소 조직표본을 검경하여 방란하여 재생산에 참여한 개체와 참여하지 못한 미성숙 개체를 조사하였다(Table 1). 군성숙도 조사에서 웅어 암컷 개체 중 가장 많이 출현한 전장 범위는 21.1~24.0 cm이었다. 전장 21.0 cm 이하에서 산란에 참여하는 개체는 없었고, 전장 24.1~27.0 cm에서는 군성숙도 53.4%로 군성숙도 50% 이상이었으며, 전 개체가 재생산에 참여하는 군성숙도 100%의 전장은 30.1 cm 이상으로 나타났다.

**5. 산란기 난소 내 포란수**

웅어의 생식잠재력을 조사하기 위하여 산란 경험이 없다고 판단되는 총 85개체를 대상으로 포란수를 조사한 결과, 생식소중량(GW)과 전장(TL)과의 관계는  $GW=0.0002 TL^{3.114}$  ( $R^2=0.832$ ) (Fig. 4), 총 포란수(F)와 전장(TL)과의 관계는  $F=1.6146 TL^{3.0724}$  ( $R^2=0.8401$ ), 성숙란수(F')와 전장(TL)과의 관계는  $F'=0.1062 TL^{3.6128}$  ( $R^2=0.8657$ ) (Fig. 5), 성숙란의 비율(PM)과 전장(TL)과의 관계는  $PM=23.7 TL^{0.0183}$  ( $R^2=0.8112$ )의 식으로 나타났다(Fig. 6). 그리고 생식소중량(GW)과 체중(W)과의 관계는  $GW=2.5403 W^{0.0105}$  ( $R^2=0.6401$ ) (Fig. 7), 총 포란수(F)와 체중(W)과의 관계는  $F=758.99 W^{0.9645}$  ( $R^2=0.7554$ ), 성숙란수(F')와 체중(W)과의 관계는  $F'=152.73 W^{1.1255}$  ( $R^2=0.7903$ ) (Fig. 8), 성숙란의 비율(PM)과 체중(W)과의 관계는  $PM=33.778 W^{0.0022}$  ( $R^2=0.7645$ )의 식으로 나타났다 (Fig. 9).



**Fig. 4. Relationship between total length (cm) and gonad weight (g) of *Coilia nasus*.**



**Fig. 5. Relationship between total length (cm) and fecundity of *Coilia nasus*.**

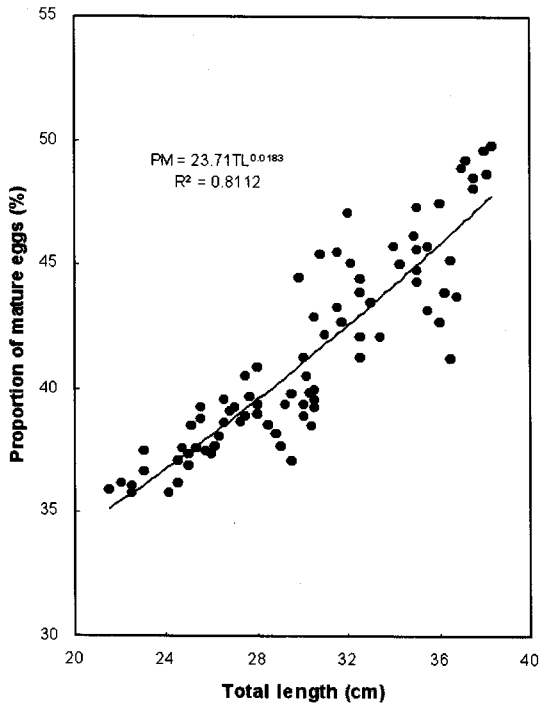


Fig. 6. Relationship between total length (cm) and proportion of mature eggs (%) of *Coilia nasus*.

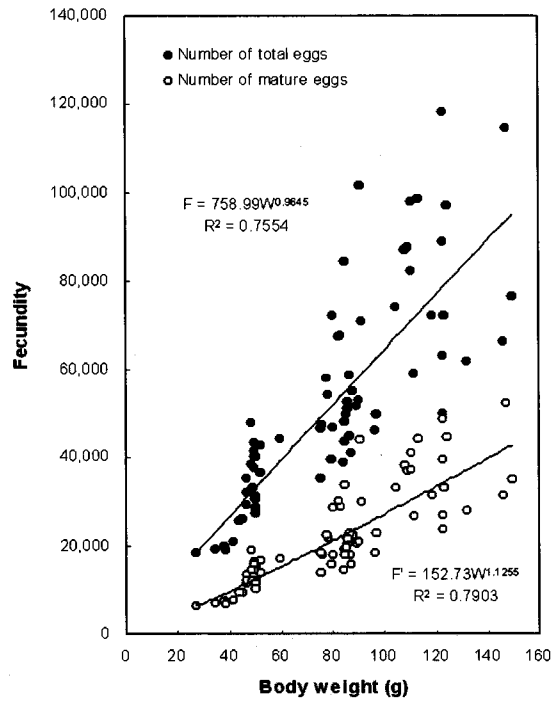


Fig. 8. Relationship between body weight (g) and fecundity of *Coilia nasus*.

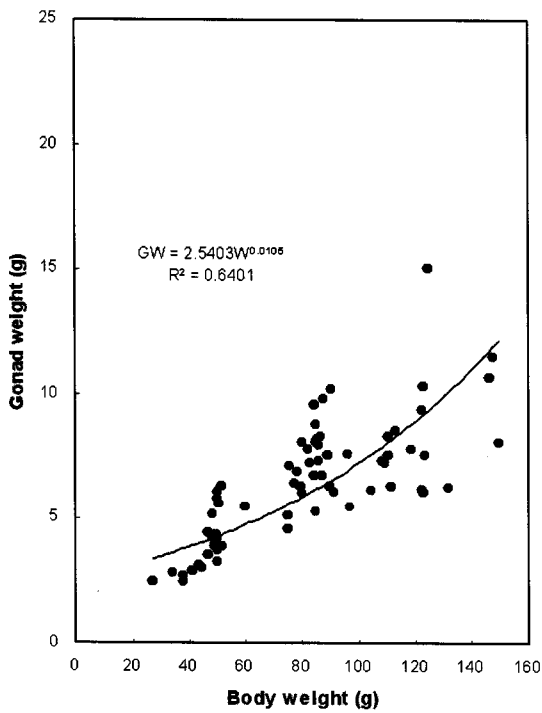


Fig. 7. Relationship between body weight (g) and gonad weight (g) of *Coilia nasus*.

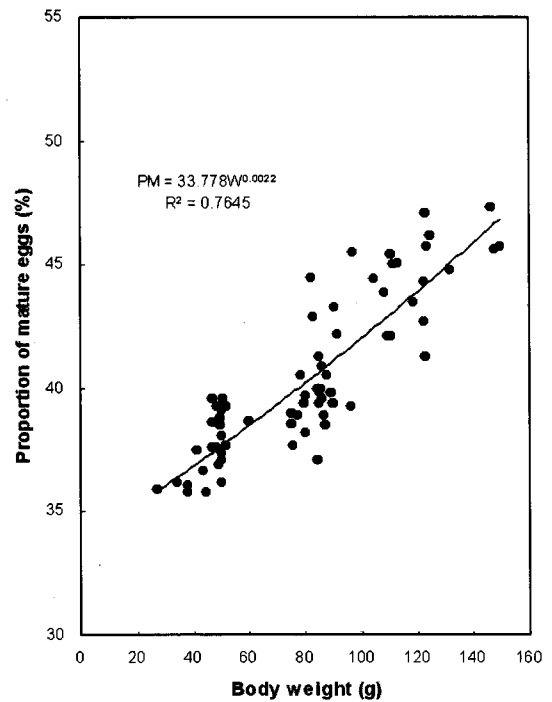


Fig. 9. Relationship between body weight (g) and proportion of mature eggs (%) of *Coilia nasus*.

채집된 개체 중 전장(cm)에 대한 절대포란수 중 총포란수는 최소 성숙개체인 전장 21.0~24.0 cm의 개체군들에서 평균 20,499개의 난을 가지고 있었으며, 이 중 성숙란수는 평균 7,462개이었다. 29.0~32.0 cm의 개체군들은 평균 64,177개(총포란수)이었고, 이 중 26,912개가 성숙란이었고, 최대 성숙개체인 전장 37.0~39.0 cm의 개체군들은 평균 121,507개이었고, 이 중 성숙란수는 평균 59,542개이었다(Table 2). 용어의 전장(cm 당)에 따른 상대포란수는 21.0~24.0 cm의 개체들은 총포란수 913개/cm, 성숙란수 332개/cm이었으며, 29.0~32.0 cm의 개체들은 총포란수 2,073개/cm, 성숙란수

868개/cm이었다. 그리고 최대 전장인 37.0~39.0 cm의 개체들은 총포란수 3,225개/cm, 성숙란수 1,580개/cm로 전장이 증가할수록 포란수도 증가하는 경향을 보였다(Table 2). 체중(g)에 따른 절대포란수는 25.0~50.0 g의 개체들은 총포란수 31,144개, 성숙란수 11,758개이었으며, 76.0~100.0 g의 개체들은 총포란수 56,175개, 성숙란수 22,830개이었다. 126.0~150.0 g의 개체들은 총포란수 79,859개, 성숙란수 36,594개이었다(Table 3). 체중(g 당)에 따른 상대포란수는 25.0~50.0 g의 개체들은 총포란수 1,249개/g, 성숙란수 471/g이었으며, 76.0~100.0 g의 개체들은 총포란수

**Table 2. Composition of absolute and relative fecundities with total length in female *Coilia nasus***

Total length (cm)	Number	Absolute fecundity ( $\pm$ S.E.)		Relative fecundity (per cm) ( $\pm$ S.E.)	
		Total eggs	Mature eggs	Total eggs	Mature eggs
21.0~24.0	10	18,302~25,617	6,570~9,401	841~1,114	301~409
		20,499 $\pm$ 842	7,462 $\pm$ 331	913 $\pm$ 32	332 $\pm$ 13
25.0~28.0	25	27,350~72,389	10,223~28,738	1,052~2,613	393~1,037
		41,569 $\pm$ 2,019	16,133 $\pm$ 834	1,545 $\pm$ 69	599 $\pm$ 29
29.0~32.0	27	38,848~118,104	14,413~48,777	1,317~3,634	489~1,501
		64,177 $\pm$ 4,035	26,912 $\pm$ 1,852	2,073 $\pm$ 120	868 $\pm$ 55
33.0~36.0	16	58,986~114,531	26,544~52,226	1,720~3,272	774~1,492
		84,650 $\pm$ 3,743	37,685 $\pm$ 1,672	2,402 $\pm$ 103	1,069 $\pm$ 46
37.0~39.0	7	108,982~131,032	52,827~64,992	2,929~3,495	1,409~1,720
		121,507 $\pm$ 3,628	59,542 $\pm$ 1,993	3,225 $\pm$ 88	1,580 $\pm$ 49
Total	85				

**Table 3. Composition of absolute and relative fecundities with body weight in female *Coilia nasus***

Body weight (g)	Number	Absolute fecundity ( $\pm$ S.E.)		Relative fecundity (per g) ( $\pm$ S.E.)	
		Total eggs	Mature eggs	Total eggs	Mature eggs
25.0~50.0	23	18,302~47,832	6,570~18,798	841~1,876	301~737
		31,144 $\pm$ 1,765	11,758 $\pm$ 719	1,249 $\pm$ 61	471 $\pm$ 25
51.0~75.0	13	35,431~47,410	13,676~18,198	1,243~1,667	480~650
		42,180 $\pm$ 1,416	16,244 $\pm$ 561	1,525 $\pm$ 47	587 $\pm$ 19
76.0~100.0	25	38,848~101,475	14,413~43,939	1,317~3,221	489~1,395
		56,175 $\pm$ 2,973	22,830 $\pm$ 1,350	1,890 $\pm$ 96	767 $\pm$ 43
101.0~125.0	16	50,243~118,104	23,664~48,777	1,570~3,691	740~1,501
		82,027 $\pm$ 4,540	36,115 $\pm$ 1,856	2,491 $\pm$ 138	1,097 $\pm$ 56
126.0~150.0	8	62,062~114,531	27,804~52,226	1,773~3,272	794~1,492
		79,859 $\pm$ 5,966	36,594 $\pm$ 3,823	2,274 $\pm$ 171	1,042 $\pm$ 77
Total	85				

1,890개/g, 성숙란수 767개/g이었다. 126.0~150.0 g의 개체들은 총포란수 2,274개/g, 성숙란수 1,042/g이었다(Table 3). 체중에 따른 절대포란수와 상대포란수는 체중이 증가함에 따라 증가 경향을 보이다가 최대 성숙개체의 체중에 도달하면 오히려 감소하는 경향을 나타내었다(Table 3).

## 고 찰

대부분의 경골어류는 각각의 정해진 시기에 성숙 산란을 하며, 산란기를 전후하여 생식소발달 단계는 1년의 주기성을 보이는 생식년 주기를 나타내고 있다(Chung et al., 1991; Kang et al., 2004; Chung et al., 2008). 용어 암컷의 생식소발달과 산란에 영향을 미치는 외적 환경요인은 고수온(22.8°C)-장일장(14.3시간)이며, 전형적인 하계산란형 어류에 속한다(Lee et al., 2003). 용어의 산란기는 수온이 상승하고 일조시간이 장일화되는 6~7월에 난소가 완숙되어 산란이 일어나는 것으로 관찰되었다. 생식소중량지수(GSI)는 10°C 이하인 1~3월에는 낮은 값을 보이다가 수온이 17°C 전후로 상승한 5월부터 생식소발달이 활성화되어 6월에 최대값을 나타낸 후 수온이 고수온기인 7월부터 감소하였다. 용어 암컷의 비만도지수의 변화는 생식소중량지수의 월별 변화, 생식소발달 단계와 유사한 경향을 보였으며, 난황형성난모세포들은 성장기인 3월부터 비만도지수가 서서히 증가되어 산란기인 6월에 일시적으로 최고값을 나타낸 다음 7월부터 회복 및 휴지기인 1월까지 급감하고 있어, 산란기 체내 에너지 소모가 큰 어종으로서 산란한 이후에 생애를 마치는 개체가 많을 것으로 추정되었다(이, 2003).

용어 난소 발달의 조직학적 관찰에 의하면, 초기성장기의 전난황형성난모세포는 호염기성을 나타내었으나, 후기성장기의 난황형성난모세포들은 호염기성에서 성장함에 따라 호산성으로 변화되고 있다. 이러한 현상은 그물코쥐치 *Rudarius ercodes*(Lee & Hanyu, 1984), 전어 *Konosirus punctatus*(Kim & Lee, 1984), 짱뚱어 *Boleophthalmus pectinirostris*(Chung et al., 1991), 각시붕어 *Rhodeus uyekii*(안, 1994), 쥐노래미 *Hexagrammos otakii*(Kang et al., 2004), 병어 *Pampus argenteus*(Chung et al., 2008) 등의 어종들에서 흔히 나타나고 있는데, 이는 초기 성장중인 난모세포들의 세포질 내에서 성장에 필요한 핵단백질의 합성과 축적을 위해 RNA 핵산물질이 많이 분비되어 호염기성을 나타내었으나,

난모세포가 발달하면서 난황물질의 축적이 일어나 생화학적 변화가 일어나기 때문으로 생각된다(최, 2007). 용어 암컷의 주변인기 난모세포에서 관찰되는 난황핵은 난모세포의 난황형성과 함께 나타나고 난황포의 형성이 활발히 진행되면서 점차 핵 주변에서 난모세포의 피질부로 이동한 후 사라지는 것을 관찰할 수 있고, 이러한 현상은 그물코쥐치(Lee & Hanyu, 1984), 전어(Kim & Lee, 1984), 짱뚱어(Chung et al., 1991), 각시붕어(안, 1994) 등에서 보고되어 있는데, 난황핵은 난황형성에 관여하는 것으로 사료된다. 용어의 경우, 방란 종료 후에 잔존 난모세포들이 퇴화·흡수되고 있는 현상을 쉽게 발견할 수 있는데, 이것은 청어 *Clupea pallasii*(石田等, 1961), 은어 *Plecoglossus altivelis*(Honma, 1961) 등에서 이와 유사한 경향을 나타내고 있으며, 이것은 뇌하수체에서 분비되는 GTH 호르몬의 분비 여부와 관련이 있다고 사료된다. 그리고 잔존 난모세포들 중 난황형성이 진행되지 않은 전난황형성난모세포(크로마틴 및 주변인을 가지는 난모세포)에서는 난모세포의 퇴화·붕괴 현상을 관찰할 수 없었고, 새로이 형성된 난소소엽 내에 장기간 출현하는 것으로 미루어 이들 난모세포들은 이듬해의 성장기 중에 다시 성장·발달하는 것으로 생각된다(Chung et al., 1991; Kang, 2002).

Matsui et al.(1986)은 용어를 이석에 의하여 연령을 측정 한 결과, 1세군은 전장 18.2 cm, 2세군은 26.0 cm, 3세군은 32.4 cm 내외로 보고하였다. 본 연구에서 용어 개체군의 군성숙도를 조직학적으로 조사한 바에 의하면, 성숙에 도달하여 재생산에 가담하기 시작하는 군성숙도 50% 이상(생물학적 최소형)인 암컷 개체의 전장은 24.1~27.0 cm이었으며, 전장 30.1 cm 이상인 암컷 개체는 군성숙도 100%를 나타내고 있어, 용어 암컷 개체군은 2세군부터 군성숙도 50% 이상에 도달하여 재생산에 가담하는 것으로 추정되었으며, 군성숙도 100%인 개체들은 3세군으로 판단된다. 따라서 전장 24.1 cm 이하인 개체들을 어획하게 되면, 가입량이 감소되어 용어의 자원량이 급격한 감소가 일어나므로 남획을 방지하기 위한 어획금지 크기 설정은 전장 24.1 cm 정도가 적당할 것으로 사료된다.

생식잠재력을 측정하기 위해 조사된 절대포란수는 전장이 커질수록 절대포란수도 점차 증가되는 경향을 보였고, 또한 체중에 비례하여 증가하는 경향을 나타내었다(Table 2, 3). 본 조사에서 용어의 단위 체장(cm) 당 상대포란수는 전장의 증가와 함께 증가하였으며, 단위 체중(g) 당 상대포란수와



성숙란 수 사이에는 체중 증가에 따라 계속 증가하다가 최대 체중 126.0~150.0 g에 도달하면 체중 증가에 따라 오히려 포란수가 감소하는 경향을 보였다. 이와 같이 체중 증가에 따라 상대포란수와 성숙란수가 감소하는 현상을 보였는데, 이러한 현상은 전어(Kim & Lee, 1984), 노래미 *Hexagrammos agrammus*(Chung & Kim, 1994), 쥐노래미(Kang et al., 2004), 병어(Chung et al., 2008)에서도 나타나고 있다. 본 연구결과로 토대로 서해산 잉어의 난소 발달, 군성숙도, 포란수 등의 번식기작을 밝힘으로서 앞으로 서해 특산품종인 잉어의 종묘생산을 위한 기초자료 및 자원보호를 위한 어획금지 크기를 선정하는데 도움이 될 것으로 기대된다.

### 감사의 글

본 연구는 국립수산물과학원 수산시험연구사업과제인 서해 특산품종 양식산업화 기술개발의 지원에 의해 수행되었습니다.

### 인용문헌

- Bagenal TB, Braum E (1987) Eggs early life history. In: E. Ricker (editor). Methods for Assessment of Fish Production in Fresh Water. (Int Bio programme) Hand b. 3. pp 165-210.
- Choi KC (1994). One Hundred Species of Korean Freshwater Fishes. Hyunam Co., pp 356-359.
- Chung EY, An CM, Lee TY (1991) Sexual maturation of the bluespotted mudhopper, *Boleophthalmus pectinirostris* (Linnaeus). J Kor Fish Soc 24:167-176 (in Korean).
- Chung EY, Kim SY (1994) On the maturity and spawning of greenling, *Hexagrammos agrammus*. Korean J Ichthyol 6:222-236 (in Korean).
- Chung EY, Bae JS, Kang HW, Lee HB, Lee KY (2008) Reproductive ecology of the silver pomfret *Pampus argenteus* on the West coast of Korea. Dev Repro 12: 169-181 (in Korean).
- Chung MK (1977) The Fishes of Korea. Ilji-Sa, Korea, pp 118-120.
- Fedorov KY (1971) The state of the gonads of the Barents Sea Greenland halibut, *Reinhardtus hippoglossoides* (Walb.) in connection with failure. J Ichthyol (Translated from the russian) 11:673-682.
- Hayashi I (1972) On the white pomfret of the East China Sea-II. Relation between the oceanographical condition and distribution of the white pomfret in the south-west region of the East China Sea Mem Fac Fish. Kogoshima Univ 25:181-191.
- Honma Y (1961) Studies on the endocrine glands of the salmonid fish, ayu *Plecoglossus altivelis* Temminck et Schlegeli. Jap Soc Sci Fish 27:873-880.
- Kang HW (2002) Reproductive ecology and larval growth of the greenling *Hexagrammos otakii*. Ph. D. Thesis Kunsan National Univ pp 1-134 (in Korean).
- Kang HW, Chung EY, Kim JH (2004) Sexual maturation and spawning characteristics in greenling, *Hexagrammos otakii* of the west coast in Korea. J Aquaculture 17: 30-38 (in Korean).
- Kim HB, Lee TY (1984) Reproductive biology of a shad, *Konosirus punctatus* (Temminck et Schlegel). Bull Kor Fish Soc 17:206-218 (in Korean).
- Kim IS, Kang EJ (1993) Colored Fishes of Korea. Academic Pub Co., Seoul, pp 135-136.
- Kim IS (1997) Illustrated Encyclopedia of Fauna & Flora of Korea. Freshwater Fishes 37:148-149.
- Lee BW, Chung EY, Lee JY (2003) Histological study on the reproductive cycle of *Coilia nasus*. J Aquaculture 16:179-186 (in Korean).
- Lee TY, Hanyu I (1984) Reproductive cycle of small filefish *Rudarius ercodes*. Bull Korean Fishes Soc 17: 423-435.
- Matsui S, Tomishige SI, Tsukahara H (1986) Ecological studies on the Engraulid fish, *Coilia nasus* Temminck et Schlegel. I. Preliminary report on the ecology of the ascending population. Sci Bull Fac Agr Kyushu Univ 40:221-228.
- Takita T (1967) The spawning and the early life history of the Engraulid fish, *Coilia* sp. distributed in Ariake Sound. Japan J Ichthyol 23:107-122.

- Takita T, Masutani H (1979) Spawning area of Engraulid fish, *Coilia nasus*. Japan J Ichthyol 46:219-230.
- Volodin VM, Mehnin FI, Kuzmina VV (1974) An experimental study of egg resorption in the bream, *Abramis brama*. J Ichthyol (Translated from the Russian) 14:219-230.
- Yoshimoto M, Kitajima H, Kawamura Y (1993) Ecological study of Engraulid fish, *Coilia nasus* in the Ariake Sea-I. Estimation of anadromous migration by using information of catch. Bull Saga Prefect Ariake Fish Res Dev Cent 15:1-10.
- 石田方一, 佐々木武男, 有田節子 (1961) ニシンの卵巢卵に関する組織的研究(豫報) 所謂“死に子”について. 水産廳 北海道區 水産研究所 研究報告 23:171-176.
- 이봉우 (2003) 한국 서해산 응어, *Coilia nasus*의 성성숙과 산란. 群山大學校 産業大學院 碩士學位論文. pp 1-50.
- 안철민 (1994) 각시붕어, *Rhodeus uyekii* (Pisces Cyprinidae)의 生殖週期 및 그 制御에 관한 研究. 釜山水產大學校 大學院 博士學位論文. pp 1-81.
- 윤창호 (1996) 韓國産 멸치科와 청어科 魚類의 分類 및 形態. 全北大學校 大學院 博士學位論文. pp 17-26.
- 최기호 (2007) 한국산 쟁뚜어, *Boleophthalmus pectinirostris* (Linnaeus)의 번식생태 및 유전학적 분석. 群山大學校 大學院 博士學位論文. pp 1-128.

---

(received 26 May 2009, received in revised form 12 June 2009, accepted 15 June 2009)