

서해 자연산 돌가자미, *Kareius bicoloratus*의 포란수와 부화율

전제천 · 강희웅* · 김병균 · 최기호 · 조기채

국립수산물과학원 서해수산연구소

Fecundity and Hatchability of Natural Stone Flounder *Kareius bicoloratus* from the West Coast of Korea
by Je-Cheon Jun, Hee-Woong Kang*, Byung-Gyun Kim, Ki-Ho Choi and Ki-Che Jo (West Sea Fisheries Research Institute, NFRDI, Incheon 400-420, Korea)

ABSTRACT To establish a database for artificial seed production of stone flounder *Kareius bicoloratus*, experiments were conducted to study the characteristics of spawning and fecundity of this species. Broodstocks were captured in the area of Gyeokryeolbiyeoldo, Chungnam, Korea in October 2003 and induced to natural spawning. The broodstock consisted of 12 females (34.5~51.0 cm total length and 540~2,200 g body weight) and 23 males (29.0~38.0 cm total length and 310~680 g body weight). Gonad development began in December and proceeded in the direction of the tail; measurements were made with the naked eye. The tank-held broodstock were reared for 3 months before spawning, which continued for 77 days from January 9 to March 27, 2004. Daylength during the spawning was recorded at the yearly shortest of 9.8~12.1 hours and the water temperature was maintained at 8.4~12.2°C. The total fecundity was 19,844,000 individuals, among which 15,433,000 individuals (77.8%) were produced during the mid-spawning period. The average bloating rate, egg-fertilization rate and hatching rate of the total number spawned reached 50.4%, 58.5% and 55.6%, respectively, and 93.8% of the hatched fry appeared normal. The number of total eggs in absolute fecundity per total length was proportional to both lengths, as was the number of total eggs in relative fecundity per total length. The number of total eggs in absolute fecundity per body weight was proportional to body weight as was the number in relative fecundity per body weight except that the number in relative fecundity per gram decreased after a peak in increased body weight at a certain point.

Key words : Fecundity, hatchability, *Kareius bicoloratus*

서 론

돌가자미, *Kareius bicoloratus*는 가자미목 (Order Pleuronectiformes) 가자미과 (Family Pleuronectidae) 돌가자미속 (Genus *Kareius*)에 속하는 어류로 우리나라 전 연해, 일본 연해, 황해, 대만, 동중국해 연안 수역의 얕은 곳에 서식하며 (정, 1977; 김과 윤, 1994; 국립수산물과학원, 2004), 성어는 눈이 있는 쪽에 옆줄의 아래 위와 등부분 및 배부분의 중앙에 돌같이 생긴 골질판을 가지는 형태적 특징을 보여 영명으로는 stone flounder라고 불린다 (Basilewsky, 1855; 국립

수산물과학원, 2004). 돌가자미는 모래나 뺨지역에서 서식하는 저서어류로서 맛이 좋고 가격이 비싸 경제적 가치가 높은 양식대상종이지만 아직까지 종묘생산 기술이 확립되지 않고 초기 성장이 늦어 우리나라에서는 본격적인 양식이 이루어지지 못하고 있으나 중국에서는 자연산 종묘를 채포하여 축제식 양식장을 이용한 양식이 성행하고 있다 (전 등, 1999).

지금까지 돌가자미에 관한 연구는 우리나라에서 혈액 (심 등, 2002), 초기 생활사 (문, 1997; 최, 2000)와 미성어기의 성장 (최, 2000)과 식성 (전 등, 2000), 발생 (한과 김, 1997; 전 등, 2002), 연령과 성장 (박, 1995; 전과 임, 2004), 종묘생산 (전 등, 1999; 전 등, 2000)이 보고되어 있다. 외국의 경우 자원학적 연구로 연령형질 (Masaki *et al.*, 1986; Uehara and

* 교신저자: 강희웅 Tel: 82-32-745-0714, Fax: 82-32-745-0619,
E-mail: hwgang@nfrdi.go.kr

Shimizu, 1999), 성장 (Chen *et al.*, 1992; Uehara and Shimizu, 1996) 등의 보고가 있고, 발생과 번식에 관해서는 성숙과 산란 (Mori *et al.*, 1986; Uehara and Shimizu, 1999), 생식선 자극 호르몬제의 이용 (高城, 1976, 1977) 등의 다양한 연구가 이루어져 왔다.

어류의 종묘생산을 위해서는 무엇보다도 친어관리를 통한 우량 수정란의 안정적인 확보가 중요하며, 종묘생산 및 양성의 성패를 좌우할 만큼 큰 비중을 차지하고 있다. 양식 대상종의 수정란 확보는 초기에 어종의 산란기에 맞추어 자연산 어미의 복부를 압박하여 획득하였고 (熊井과 中村, 1971) 그 후에는 호르몬 주사로 인위적인 성숙유도에 의한 채란방법 (장, 1996; 황, 1999a)과 실내에서 어미사육을 통해 환경조절에 의한 자연 채란방법 (김과 허, 1991; 황 등, 1999b)이 많이 이용되고 있다. 특히 최근에는 넙치어미를 관리하면서 실내 자연산란에 의한 수정란 생산이 연중 이루어져 다른 어종에 비해 넙치 종묘생산 및 양식산업이 매우 발전해 있다.

수정란의 난질은 초기생존과 성장에 큰 영향을 미치는 데 (山下, 1978), 난경, 유구경, 부상란 비율, 수정률, 부화율 및 기형률 등을 조사하여 평가한다 (황 등, 1999b). 또한 난질은 어미의 연령, 영양상태, 산란시기 등에 따라 차이를 보인다 (清野, 1974; Kashiwagi *et al.*, 1984; Watanabe, 1985).

따라서 본 연구는 서해안 지역의 새로운 양식대상종 개발을 목적으로 자연산 돌가자미를 실내수조에서 순치사육하면서 자연산란을 유도하여 산란량, 수정률, 부화율을 조사하였고, 성숙시기에 암컷 돌가자미의 포란량을 조사하여 생식잠재능력을 구명하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 어미 사육

실험용 어미는 2003년 10월 충남 격렬비열도 해역에서 어획된 자연산으로 외상이 없는 개체를 선별하였으며, 크기와 수량은 암컷이 전장 34.5~51.0 cm (체중 540~2,200 g) 12마리, 수컷은 전장 29.0~38.0 cm (체중 310~680 g) 23마리였다 (Table 1). 실내 순치사육은 원형 콘크리트 수조 (수용적 20 m³, ϕ 5 m, 수심 1 m)를 이용하였으며 냉동 까나리와 넙치용 부상 배합사료 (EP, C社)를 1일 각각 1회씩 공급하였으며, 사육수는 고압 모래여과기로 여과된 해수를 1일

6회전 환수하였다. 사육환경은 10~12월은 자연해수 (7.2~18.8°C)로, 1~3월까지의 가온사육하여 8.4~12.2°C로 유지하였고, 자연광주기에서 사육하였다. 사육수의 수온 조사는 매일 오전 10시를 기준으로 측정하였으며, 일장시간은 대전 천문대의 일출·일몰시간 자료를 인용하였다.

2. 수정란 채집 및 관리

사육수조에서 자연산란한 알은 배수구에 집란망 (ϕ 60 cm \times h 45 cm, 망목 500 μ m)을 설치하여 매일 아침 8시에 수거하여 여과해수로 세란한 후 표본병 (ϕ 10 cm \times h 40 cm)에 넣어 부상란과 침강란을 1차로 분리하였다. 부상란은 500 L 투명 아크릴수조에 수용하여 24시간 동안 관리하다가 다시 2차로 침강란을 분리하여 부상란의 양을 산출하였다. 산란량은 전자저울 (BP 4100, Germany)로 습중량을 측정하여 1 g 당 알 수를 1,300개로 환산하여 총 산란량을 계산하였다. 수정률은 부상란 중 200개씩 무작위로 채취하여 현미경 하에서 정상적인 난발생이 진행되는 알의 수를 계수하여 그 비율로 구하였다.

부화율은 2 L 비이커 3개에 수정란 200개씩을 수용한 후 10.0 \pm 0.5°C로 조절되어진 incubator에 넣고 부화시까지 관리하여 부화된 자어수를 계수하고 기형률을 조사하였다. 매일 사이펀을 이용하여 침강한 사란을 수거하였으며 1 μ m 카트리지를 여과기를 통과시킨 여과해수를 수정란 관리 수온과 동일하게 맞추어 매일 5~10%씩 환수하여 수질악화를 방지하였다. 난경은 매일 산란된 알을 1차 분리 후 부상란만을 100개씩 채집하여 만능투영기 (Nikon, V12-A)를 이용하여 측정하였다.

3. 포란수

포란수의 계산은 산란기 전후 산란경험이 없는 자연산 22마리를 구입하여 전장 (cm)과 체중 (g)을 측정한 후, 개체마다 400 μ m 이상의 난들을 Bagenal and Braum (1987)의 습중량법을 사용하여 계수하였으며, 전장별, 체중별 절대포란수를 측정하였고, cm 당 및 g 당 상대포란수를 측정하여 생식잠재능력을 파악하였다. 전장과 체중에 대한 절대포란수와 상대포란수의 통계처리는 Excel 프로그램을 이용 회귀직선의 계산법을 따라 분석하였으며, 선행된 강 등 (2004), 정 등 (2008)의 방법을 참고로 조사하였다.

Table 1. Total length and body weight of wild stone flounder, *Kareius biocoloratus* for induction of natural spawning

Date	Sex	No. of adult fish	Total length (cm) (Mean \pm SD)	Body weight (g) (Mean \pm SD)	Condition factor (Mean \pm SD)
2003 Oct.	Female	12	34.5~51.0 (41.8 \pm 5.3)	540.0~2,200.0 (1,270 \pm 120.2)	12.6 \pm 1.4
	Male	23	29.0~38.0 (32.0 \pm 4.2)	310.0~680.0 (465.0 \pm 96.6)	13.9 \pm 1.3

결 과

1. 생식소 발달

외관상 생식소의 발달은 암컷의 경우, 수온이 하강하고 일장이 가장 짧아지는 12월부터 난소가 부풀어 오르기 시작하여 발달함에 따라 꼬리지느러미 쪽으로 길게 확장되었으며, 난소의 색은 황색을 띠었다. 수컷의 정소는 외관적인 변화는 관찰되지 않았으나, 12월 하순부터 복부를 약간 압착하면 유백색의 정액이 유출되었다.

2. 산란특성

돌가자미의 산란은 2004년 1월 9일부터 3월 27일까지 77일간으로 장기간 이루어졌으며, 산란수온은 8.4~10.8°C로 동계산란 어종의 특징을 보였다. 산란기간 중 광주기는 일장이 가장 짧아졌다가 증가하기 시작하는 9.8시간(1. 9일)에 시작하여 낮과 밤의 길이가 비슷해지는 12.1시간(3. 27일)에 산란을 완료하였다(Fig. 1). 염분은 34.2~34.4 psu로 산란된 난의 부상에 최적 조건을 나타내었다. 돌가자미

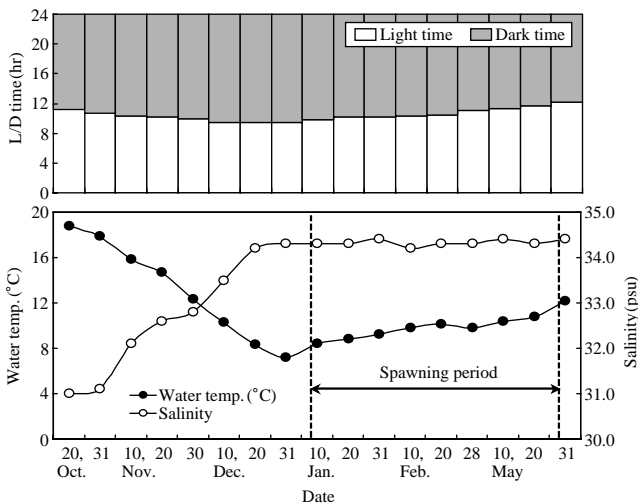


Fig. 1. Changes in photoperiod, water temperature and salinity during the spawning period of the stone flounder, *Kareius bicoloratus* from Oct. 2003 to May 2004.

의 실내 자연산란 결과는 Table 2와 같다. 산란기간은 산란 상황에 따라 산란초기(1. 9~1. 24: 16일간), 산란중기(1. 25~2. 26: 33일간), 산란후기(2. 27~3. 27: 28일간)로 구분할 수 있었다. 산란 간격은 산란중기에는 2~4일 간격으로 일정한 경향을 보였으나 산란후기에는 불규칙적으로 산란이 이루어졌다. 산란기간 동안 총 24회 산란이 이루어졌으며, 산란초기에는 4회, 산란중기에는 11회, 산란후기에는 9회로 조사되었다. 총 산란량은 19,844,000개로 산란기간에 따른 산란량은 산란초기에 2,037,000개 (10.3%), 산란중기에 15,433,000개 (77.8%)로 가장 많았고, 산란후기에는 2,374,000개 (11.9%)로 감소하였고, 산란후기의 경우 산란 횟수에 비해 산란량은 적게 나타났다.

산란기간별 최고, 최저 산란량은 산란초기에 각각 794,000개, 342,000개이었고, 산란중기에는 각각 2,338,000개, 510,000개로 가장 많이 산란하였으며, 산란후기에는 각각 894,000개, 112,000개로 산란기간 중 가장 적은 양을 산란하였다. 산란기간 동안 1회 평균 산란량은 827,000개였으나 산란중기가 1회 평균 산란량 1,403,000개로 가장 많았고 산란초기와 산란후기에는 509,000개 이하로 매우 불규칙한 경향을 나타내었다(Table 2).

산란기간 동안의 난경은 1.12~1.20 mm이었고, 평균 1.18 ± 0.02 mm이었다. 산란시기별로 살펴보면 산란초기 1.20 ± 0.02 mm, 산란중기 1.17 ± 0.02 mm, 산란후기 1.12 ± 0.01 mm로 나타나 산란이 진행될수록 난경크기는 감소하였으며, 산란종료시에는 난경이 가장 작아지는 경향을 보였다.

3. 수정 및 부화율

총 산란량 중 부상란 수는 9,995,000개로 평균 부상율은 50.4 ± 5.9%이었으며, 산란초기와 산란중기에 각각 1,082,000개, 8,041,000개를 보여 산란후기의 872,000개 보다 양호하게 나타났다. 산란중기와 산란후기의 평균 부상율은 각각 53.2 ± 1.0%, 52.1 ± 5.1%로 비슷하였으나 산란중기의 부상량은 8,041,000개로 가장 많은 양을 차지하였으며, 산란후기보다 비교적 높게 나타났다(Table 2, Fig. 2). 부상란에 대한 수정률은 산란기간 동안 13.2~81.6% (평균 58.5 ± 4.6%)이었으며, 산란초기 54.3~77.8% (평균 70.0 ± 5.0%), 산란중기 19.8~81.6% (평균 62.7 ± 5.6%), 산란후기 0.0~

Table 2. Spawning, fertilization and hatching proceed during spawning season of stone flounder, *Kareius biocoloratus*

Spawning period (days)	No. of spawned eggs ($\times 10^3$)	Floating eggs		Fertilized eggs		Hatched larvae		Rate of normal larvae (%)
		Number ($\times 10^3$)	Rate (%)	Number ($\times 10^3$)	Rate (%)	Number ($\times 10^3$)	Rate (%)	
Jan. 9~Jan. 24 (16)	2,037	1,082	53.2 ± 1.0	757	70.0 ± 5.0	497	65.6 ± 5.0	92.9 ± 3.2
Jan. 25~Feb. 26 (33)	15,433	8,041	52.1 ± 5.1	5,042	62.7 ± 5.6	2,748	54.5 ± 6.3	94.0 ± 3.5
Feb. 27~Mar. 27 (28)	2,374	872	36.7 ± 8.7	44	5.0 ± 2.5	2	3.5 ± 1.7	78.0 ± 4.1
Total	19,844	9,995	50.4 ± 5.9	5,843	58.5 ± 4.6	3,247	55.6 ± 4.6	93.8 ± 3.6

16.2% (평균 $5.0 \pm 2.5\%$)로 산란을 마치는 산란후기에 가장 낮게 나타났다(Table 2, Fig. 2). 수정란에 대한 부화율은 9.4~78.8% (평균 $55.6 \pm 4.6\%$)이었으며, 산란초기와 산란중기에 각각 $65.6 \pm 5.0\%$, $54.5 \pm 6.3\%$ 로 양호한 반면 산란후기에는 $3.5 \pm 1.7\%$ 로 저조하였다(Table 2, Fig. 2). 부화 자어의 정상출현율은 산란초기와 산란중기에 각각 $92.9 \pm 3.2\%$, $94.0 \pm 3.5\%$ 로 양호하였으며, 산란후기에 부화시 $78.0 \pm 4.1\%$ 로 산란초기와 산란중기에 비해 다소 낮게 나타났다(Table 2, Fig. 2).

4. 포란수

돌가자미의 번식력을 알기 위하여 산란 경험이 없다고 판단되는 22개체를 대상으로 포란수를 조사한 결과, 총 포란수(F)와 전장(TL)과의 관계는 $F=0.0105TL^{3.317}$ ($R^2=0.957$),

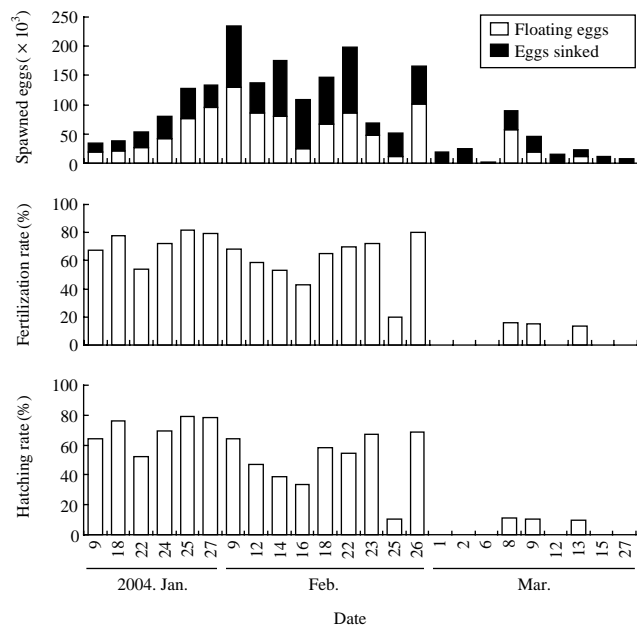


Fig. 2. Changes in the number of spawned eggs, fertilization rate and hatching rate during the spawning period of the stone flounder, *Kareius bicoloratus* in 2004.

성숙란수(F')와 전장(TL)과의 관계는 $F'=0.0214TL^{2.9869}$ ($R^2=0.914$)식으로 나타났다(Fig. 3). 또한 총 포란수(F)와 체중(BW)과의 관계는 $F=3.0249BW^{0.9817}$ ($R^2=0.9382$), 성숙란수(F')와 체중(BW)과의 관계는 $F'=3.3993BW^{0.8887}$ ($R^2=0.9056$)의 식으로 나타났다(Fig. 4). 채집된 개체 중 최소 성숙크기인 전장 27.0~30.0 cm의 개체군들은 총 포란수와 성숙란수가 각각 698,000개, 378,000개(54.0%)이었으며, 최대 성숙개체인 전장 50.1~55.0 cm의 개체군들의 총 포란수와 성숙란수는 각각 5,398,000개, 2,801,000개이었다(Table 2). 따라서 개체당 절대포란수는 전장이 커짐에 따라 총 포란수와 성숙란수가 증가하는 경향을 보였다. 전장에 따른 상대포란수(cm 당)는 최소 성숙개체인 27.0~30.0 cm의 개체들은 총 포란수 25,100개/cm, 성숙란수 13,600개/cm이었으며, 최대 성숙개체인 50.1~55.0 cm의 개체들은 총 포란수 103,100개/cm, 성숙란수 53,500개/cm로서 전장이 증가할수록 총 포란수도 증가하는 것으로 나타났다(Table 3).

체중에 따른 절대포란수는 240~500 g의 개체들은 총 포

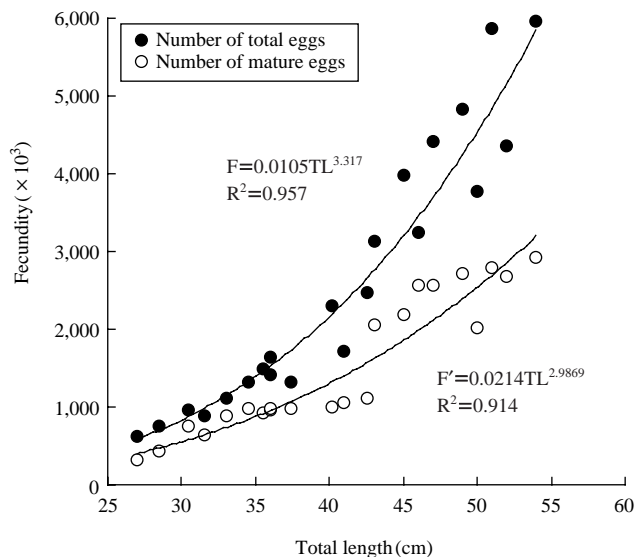


Fig. 3. Relationship between total length (cm) and fecundity of the stone flounder, *Kareius bicoloratus*.

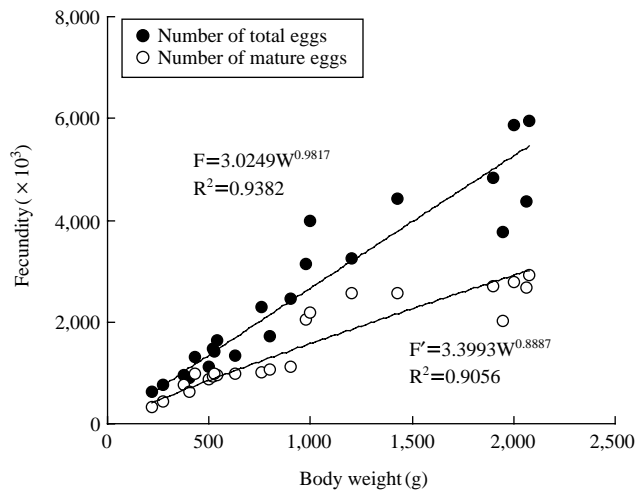
Table 3. Compositions of absolute and relative fecundities with total length in female stone flounder, *Kareius bicoloratus*

Total length (cm) (YCG)	Number	Absolute fecundity (\pm SD)		Relative fecundity (per cm) (\pm SD)	
		Total eggs ($\times 10^3$)	Mature eggs ($\times 10^3$)	Total eggs ($\times 10^3$)	Mature eggs ($\times 10^3$)
27.0~30.0 (II)	2	632~763 (698 ± 93)	324~431 (378 ± 76)	23.4~26.8 (25.1 ± 2.4)	12.0~15.1 (13.6 ± 2.2)
30.1~35.0 (III)	4	889~1,324 ($1,074 \pm 193$)	641~982 (816 ± 149)	28.2~38.4 (33.0 ± 4.3)	20.3~28.5 (25.1 ± 3.5)
35.1~40.0 (IV)	4	1,329~1,649 ($1,469 \pm 136$)	925~986 (964 ± 27)	35.5~45.8 (40.6 ± 4.3)	26.1~27.4 (26.6 ± 0.6)
40.1~45.0 (V)	5	1,725~3,987 ($2,722 \pm 866$)	997~2,189 ($1,485 \pm 585$)	42.1~88.6 (63.8 ± 17.6)	24.8~48.6 (34.7 ± 12.4)
45.1~50.0 (VI)	4	3,251~4,835 ($4,072 \pm 699$)	2,010~2,710 ($2,461 \pm 308$)	70.7~98.7 (84.7 ± 13.7)	40.2~55.7 (51.4 ± 7.5)
50.1~55.0 (VII)	3	4,356~5,962 ($5,398 \pm 903$)	2,676~2,932 ($2,801 \pm 128$)	83.8~115.2 (103.1 ± 16.9)	51.5~54.8 (53.5 ± 1.8)

*YCG means year class group. II, 2-yr; III, 3-yr; IV, 4-yr; V, 5-yr; VI, 6-yr; VII, 7-yr

Table 4. Compositions of absolute and relative fecundities with body weight in female stone flounder, *Kareius bicoloratus*

Body weight (g)	Number	Absolute fecundity (\pm SD)		Relative fecundity (per g) (\pm SD)	
		Total eggs ($\times 10^3$)	Mature eggs ($\times 10^3$)	Total eggs ($\times 10^3$)	Mature eggs ($\times 10^3$)
240~500	6	632~1,324 (948.5 \pm 248.5)	324~982 (670.0 \pm 256.5)	2.2~3.1 (2.6 \pm 0.4)	1.5~2.3 (1.8 \pm 0.3)
501~800	6	1,329~2,302 (1,650.3 \pm 351.6)	925~1,065 (986.0 \pm 46.1)	2.1~3.1 (2.6 \pm 0.4)	1.3~1.9 (1.6 \pm 0.2)
801~1,100	3	2,468~3,987 (3,194.7 \pm 761.6)	1,120~2,189 (1,788.3 \pm 582.6)	2.7~4.0 (3.3 \pm 0.6)	1.2~2.2 (1.8 \pm 0.5)
1,101~1,400	1	3,251	2,563	2.7	2.1
1,401~1,700	1	4,423	2,559	3.1	1.8
1,701~2,000	3	3,777~5,876 (4,829.3 \pm 1,049.5)	2,010~2,795 (2,505 \pm 430.8)	1.9~2.9 (2.5 \pm 0.5)	1.0~1.4 (1.3 \pm 0.2)
2,001~2,200	2	4,356~5,962 (5,159 \pm 1,135.6)	2,676~2,932 (2,804 \pm 181.0)	2.1~2.9 (2.5 \pm 0.5)	1.3~1.4 (1.4 \pm 0.1)

**Fig. 4.** Relationship between body weight (g) and fecundity of the stone flounder, *Kareius bicoloratus*.

란수 948,500개, 성숙란수 670,000개이었으며, 801~1,100 g의 개체들은 총 포란수 3,194,700개, 성숙란수 1,788,300개이었다. 1,701~2,000 g의 개체들은 총 포란수 4,829,300개, 성숙란수 2,505,000개이었다(Table 4). 체중 1,200 g까지는 체중 증가에 따라 절대포란수의 성숙란수가 증가하지만 체중 1,200 g 이상에서는 절대포란수의 성숙란수는 2,500,000개 정도로 일정하게 나타났다(Fig. 4). 체중(g 당)에 따른 상대포란수는 240~500 g의 개체들은 총 포란수 2,600개/g, 성숙란수 1,800개/g이었으며, 801~1,100 g의 개체들은 총 포란수 3,300개/g, 성숙란수 1,800개/g이었다. 1,701~2,000 g의 개체들은 총 포란수 2,500개/g, 성숙란수 1,300개/g이었다(Table 4). 체중에 따른 절대포란수는 체중이 증가함에 따라 증가하였고, 상대포란수는 체중이 증가함에 따라 감소하는 경향을 보였다(Table 4). 돌가자미의 연령별 전장 조성은 2세가 27.0~30.0 cm, 4세가 35.1~40.0 cm, 6세가 45.1~50.0 cm이었으며, 2~7세까지 연령(전장)이 증가함에 따라 상대포란수와 절대포란수는 증가 경향을 보였다(Table 3).

고 찰

경골어류의 성숙속은 영양상태, 연령 등의 내적요인과 외부 환경요인인 수온과 광주기에 깊은 관련이 있고 해산어의 성숙, 산란에는 수온이 가장 중요한 역할을 한다(Lee and Hanyu, 1984; 原田, 1974). 우리나라 서해안에서의 돌가자미 산란기는 12월말~1월말로서 이때 수온은 8~12°C이며, 일본의 경우 11월~2월로 해역에 따라 다소간의 차이를 보이고 있는데 이는 해역에 따른 수온 차이에 의한 것으로 생각된다. 본 연구에서 돌가자미는 자연계에서의 산란시기와 비슷한 시기에 산란이 시작되어 3월말까지 산란이 장기간 지속되는 결과를 나타내었는데 이것은 실내 사육수온을 자연계 산란기의 해수 수온과 비슷한 8.4~10.8°C로 유지하여 주었으나, 사육상태가 자연상태와는 달라 생식소 발달과 성숙이 지연되면서 나타난 현상으로 판단된다. 경골어류의 산란형(spawning forms)은 어종에 따라 다양하나 크게 3가지형으로 나눌 수 있는데, 첫째는 산란기 중에 1회만 산란하는 형, 둘째는 산란기 중에 여러번 산란하는 형, 그리고 셋째는 특정 산란기를 가지지 않고 연중 산란하는 형으로 열대에 서식하는 형으로 구분되며(隆島와 羽生, 1989; 안, 1995), 이 중 돌가자미는 두 번째 형에 속하는 어종이다.

돌가자미의 자연산란에 관한 연구는 호르몬 투여로 다회에 걸쳐 산란이 가능한 것으로 보고(高越, 1976)된 바 있으나 자연산 어미를 실내에서 순치, 사육하여 자연산란을 유도한 보고는 없다. 돌가자미는 동계산란종으로서 성숙, 산란에 광주기와 수온의 복합적인 영향을 많이 받는 춘계산란종인 넙치, *Paralichthys olivaceus*와 돌돔, *Oplegnathus fasciatus*(김과 허, 1991; 정 등 1998; 황 등, 1999b) 등과는 다르게 수온에 영향을 많이 받는다. 또한 돌가자미는 산란횟수에 있어서도 은어, 송어 등의 일회 일제산란형과는 달리 참돔, 돌돔과 같이 산란기에 여러 번에 걸쳐 산란이 이루어졌으며, 본 연구에서는 한 산란기에 20회 이상 산란하는 다회 산란종으로 확인되었다. 이러한 현상은 가자미과에서 동계 산란어종인 범가자미, *Verasper variegatus*(김 등, 1998), 찰가자미, *Microstomus achne*(변, 2002), 그리고 쥐노래미과

에 속하는 노래미, *Hexagrammos agrammus* (정과 김, 1994), 입연수어 *Pleurogrammus azonus* (Ivankov, 1976), 쥐노래미, *Hexagrammos otakii* (강 등, 2004) 등에서도 나타나고 있는데, 이들의 난 발달 양식은 다회산란 어종이며 비동기발달 형에 속하는 종들로 돌가자미와 유사한 생식특성을 가지고 있다. 그러나 같은 가자미과에 속하는 한국산 및 일본의 仙態灣에 서식하는 문치가자미는 1회 산란하는 것으로 보고 되어 있어 (狩谷과 白旗, 1955; 이 등, 1985) 종특이성으로 볼 수 있다.

어류의 난질은 어미의 영양상태, 연령, 사육환경 그리고 산란시기 등과 밀접한 관련이 있으며 (Kashiwagi *et al.*, 1984; 松浦 등, 1988), 산란용 어미의 영양상태는 산란량, 알의 영양성분, 부화율, 부화된 자어의 활력과 생존율에 많은 영향을 미친다 (Springate *et al.*, 1985; Eskelinen, 1989). 본 연구에서 돌가자미가 실내에서 자연산란이 가능한 타 어종에 비해 부상율, 수정률 및 부화율이 낮았던 원인은 자연산을 구입하여 실내사육 및 먹이 적응기간이 3개월 정도로 짧았고, 공급했던 먹이가 냉동 가나리와 시판 배합사료로 영양의 불균형에서 온 결과로 생각된다. 돌가자미 수정란의 부화는 환경요인 중 수온과 염분의 영향을 많이 받게 되는데 적정 부화조건인 수온 8~10°C, 염분 33~34 psu에서 양호하게 부화가 이루어지는 것으로 보고하고 있어 (전 등, 1999) 본 연구에서도 이 환경조건에 따라 수정란을 관리하였다. 난질은 비중, 색채, 난경, 유구경, 부화자어의 전장과 난황 용량, 이상난의 비율 등에 기준을 두고 평가한다. 일반적으로 수정란의 난경이 클수록 난질이 좋다고 판단하는 경향이 있지만 어종에 따라 다소간의 차이가 있다. 본 연구에서 돌가자미 산란중기의 난경은 1.17 ± 0.02 mm로 산란초기와 산란후기의 중간 값으로 난경의 크기가 일정하게 나타났으며 수정률, 부화율에서도 다른 시기보다 양호하였다. 산란된 돌가자미 난의 난경은 수정률 및 부화율이 양호하였던 시기를 기준으로 보면 1.17 ± 0.02 mm로 水戸 등 (1969) 0.99~1.23 mm, 南 (1984) 1.05~1.15 mm, 高越 (1976) 1.00~1.15 mm 등의 보고와는 약간의 차이는 있었으며 전 등 (1999)이 보고한 1.15~1.20 mm와는 유사한 결과를 나타내었다. 동계 저수온기에 산란된 알은 부화에 많은 시간이 소요되며 (전 등, 1999), 안정적이고 경제적인 종묘생산을 위해서는 적정 시기에 양질의 수정란을 일시에 다량 확보하는 것이 매우 중요하다.

번식능력을 측정하기 위해 조사된 돌가자미의 절대포란수는 전장 27.0~30.0 cm인 경우, 평균 698,000개이었고, 전장 50.1~55.0 cm에서는 평균 5,398,000개로 전장이 커질수록 절대포란수도 증가하였으며, 또한 체중에 비례해서도 증가하는 경향을 보였다. 본 연구에서 체중 증가에 따라 포란수가 증가되는 현상은 이 (1999)와 강 등 (2004)이 보고한 쥐노래미의 포란수를 조사한 결과와 유사하였다. 단위 전

장 (cm) 당 상대포란수는 전장의 증가와 함께 증가하였으나 단위 체중 (g) 당 상대포란수와 성숙란수 사이에는 체중 증가에 따라 감소하는 경향을 보였다. 이와 같은 현상은 전어 *Konosirus punctatus* (김과 이, 1984), 노래미 *H. agrammus* (정과 김, 1994), 쥐노래미, *H. otakii* (강 등, 2004), 병어, *Pampus argenteus* (정 등, 2008) 등에서도 유사한 결과를 보이고 있다. 박 (1995)에 의하면 본 돌가자미 포란수 연구에 사용된 전장 범위는 27.0~55.0 cm로 2~7년군으로 추정할 수 있다. 포란수를 연령과 관련지어 살펴보면 전장 (연령)이 증가됨에 따라 절대포란수와 상대포란수가 증가되었는데 이러한 현상은 쥐노래미 (강 등, 2004)에서도 나타났다.

돌가자미는 우리나라 서해안에서 연안수온이 가장 낮은 시기에 산란이 이루어짐으로서 실내사육시 가온에 따른 경제적 부담을 감수해야 하는 어려움이 있지만 인위적인 환경 조절에 의해 산란시기를 조절함으로써 상기의 부담 요소를 해결할 수 있을 뿐만 아니라 지속적인 발전을 가져올 수 있는 계기를 마련할 수 있을 것으로 생각된다. 앞으로 돌가자미 어미의 생식소 발달에 관련된 환경요소의 구명으로 양질의 수정란 즉 부상율, 수정률, 부화율 그리고 정상개체의 출현율 등이 높은 수정란을 안정적으로 적기에 생산할 수 있도록 좀더 세밀한 연구가 요구된다.

요 약

본 연구는 돌가자미의 인공종묘생산을 위한 기초자료를 확보하고자 2003년 10월에 충남 격렬비역도 해역에서 자연산 어미를 채집하여 실내에서 자연산란을 유도하고 산란특성과 포란수를 조사하였다. 실험에 사용된 어미는 암컷 12마리 (전장 34.5~51.0 cm, 체중 540~2,200 g), 수컷 23마리 (전장 29.0~38.0 cm, 체중 310~680 g)이었다. 난소의 발달은 12월부터 꼬리쪽으로 길게 확장되어 육안적으로 쉽게 확인되었다. 돌가자미 어미는 실내에 수용하여 3개월 후부터 산란을 시작하였으며, 2004년 1월 9일부터 3월 27일까지 77일간 이루어졌다. 산란기간 중 일장은 9.8~12.1시간으로 연중 가장 짧았으며, 수온은 8.4~12.2°C이었다. 총 산란량은 19,844,000개였으며, 산란중기에 15,433,000개 (77.8%)로 가장 산란량이 많았다. 총 산란량중 평균부상율은 50.4%, 수정률은 58.5%, 부화율은 55.6%, 부화자어의 정상출현율은 93.8%이었다. 전장당 절대포란수의 총 난수는 전장이 커짐에 따라 증가되는 경향을 보였으며, 상대포란수 (cm 당)의 총 난수도 전장이 커짐에 따라 증가되는 경향을 보였다. 체중당 절대포란수의 총 난수는 체중이 증가됨에 따라 증가되는 경향을 보였으나 체중당 상대포란수 (g 당)의 총 난수는 체중이 증가됨에 따라 증가되나, 일정 체중 이상으로 커지면, 오히려 체중 증가에 따라 감소하는 경향을 보였다.

사 사

본 연구는 국립수산물연구원 수산시험연구과제인 어류양식 기술개발(RP-2009-AQ-069)의 지원에 의해 수행되었습니다.

인 용 문 헌

- 강희웅 · 정의영 · 김종화. 2004. 서해산 쥐노래미, *Hexagrammos otakii*의 성성숙과 산란 특성. 한국양식학회지, 17: 30-38.
- 국립수산물연구원. 2004. 한국연근해 유용어류도감 제2판. 333pp.
- 김익수 · 윤창호. 1994. 한국산 가자미아목 어류의 분류학적 연구. 한국어류학회지, 6: 99-131.
- 김 윤 · 안철민 · 김경길 · 백혜자. 1998. 범가자미 *Verasper variegatus*의 성성숙. 한국어류학회지, 10: 191-199.
- 김 윤 · 허성범. 1991. 수온과 광주기 조절에 의한 넙치(*Paralichthys olivaceus*)의 자연산란유도. 한국양식학회지, 4: 85-95.
- 김형배 · 이택열. 1984. 전어, *Konosirus punctatus*의 생식생물학적 연구. 한국수산학회지, 17: 206-218.
- 문형태. 1997. 대천해빈 어류의 종조성 변화와 우점종 돌가자미(*Kareius bicoloratus*)의 초기생활사. 충남대학교대학원 석사학위논문, 46pp.
- 박종수. 1995. 한국 서해안 격렬비열도 근해산 돌가자미의 연령과 성장. 한국어업기술학회지, 31: 121-126.
- 변순규. 2002. 찰가자미 *Microstomus achne*의 번식생물학적 특성 및 초기 발육. 여수대학교대학원 박사학위논문, 162pp.
- 심두생 · 전제천 · 김병균 · 김치홍. 2002. 자연산 돌가자미의 혈액 성분과 혈청화학 성분. 국립수산진흥원연구보고, 61: 62-69.
- 이종관. 1999. 쥐노래미의 종묘생산에 관한 연구. 동의대학교대학원 박사학위논문, 123pp.
- 이택열 · 강용주 · 이병돈. 1985. 문치가자미의 생식기구 및 개체군 동태. 1. 생식기구. 한국수산학회지, 18: 253-261.
- 안철민. 1995. 각시붕어, *Rhodeus uyekii*의 생식주기. 한국어류학회지, 7: 33-42.
- 장선일. 1996. 인간의 태반성 성선자극호르몬 또는 성선자극호르몬-방출호르몬 유도제와 Pimozide에 의한 황복의 배란 유도. 한국양식학회지, 9: 3-10.
- 전복순 · 최설화 · 강용주. 2000. 낙동강 하구역에 분포하는 돌가자미 *Kareius bicoloratus* (Basilewsky)의 식성. 추계수산관련학회 공동학술발표, 부산, 5월 2002, pp. 235-234.
- 전제천 · 김선웅 · 김병균 · 김치홍 · 김종식. 1999. 돌가자미 종묘생산 기술개발. 서해수산연구소사업보고, pp. 343-349.
- 전제천 · 김병균 · 김치홍 · 심두생. 2000. 돌가자미 종묘생산 기술개발. 서해수산연구소사업보고, pp. 353-357.
- 전제천 · 김치홍 · 정의영 · 이창훈 · 김병균. 2002. 서해산 돌가자미, *Kareius bicoloratus*의 초기발생시 수온과 염분의 영향. 한국어류학회지, 14: 190-197.
- 전제천 · 임양재. 2004. 한국 서해산 돌가자미, *Kareius bicoloratus*의 연령과 성장. 한국어류학회지, 16: 173-180.
- 정관식 · 김석민 · 방인철 · 김성연 · 이원교. 1998. 수온 및 광주기 조절에 의한 돌돔, *Oplegnathus fasciatus*의 산란 유도. 한국양식학회지, 11: 141-149.
- 정문기. 1977. 한국어도보. 일지사, 571pp.
- 정의영 · 김성연. 1994. 노래미 *Hexagrammos agrammus*의 성성숙과 산란. 한국어류학회지, 6: 222-236.
- 정의영 · 배주승 · 강희웅 · 이황복 · 이기영. 2008. 한국 서해산 병어, *Pampus argenteus*의 번식생태. 발생과 생식, 12: 169-181.
- 최설화. 2000. 낙동강 하구역에 분포하는 미성어기의 돌가자미 *Kareius bicoloratus* (Basilewsky)의 성장. 부경대학교대학원 석사학위논문, 40pp.
- 한경호 · 김용익. 1997. 돌가자미, *Kareius bicoloratus* 자치어의 형태발달. 국립여수대학교 수산과학연구보고, 6: 39-47.
- 황형규 · 이정희 · 양상근 · 노 섬 · 강용진. 1999a. 태반성 성선자극호르몬(HCG) 처리에 의한 독가시치, *Siganus canaliculatus*의 배란유도. 한국양식학회지, 12: 197-204.
- 황형규 · 강용진 · 양상근 · 김성철 · 김경민 · 이정희. 1999b. 인공산 돌돔, *Oplegnathus fasciatus*의 자연산란과 산란시기별 난질의 변화. 국립수산진흥원연구보고, 56: 67-72.
- Bagenal, T.B. and E. Braum. 1987. Eggs and early life history. In: Ricker E. (ed.), Methods for assesment of fish production in fresh water. pp. 165-210 (Int. Bio. programme) Hand b. 3.
- Basilewsky. S. 1855. Ichthyographia Chinese Borealis. Nouv. Mem. Soc. Imp. Natur. Mosc., 10: 215-263.
- Chen, D.G., C.A. Liu and S.Z. Dou. 1992. The biology of flatfish (Pleuronectinae) in the coastal waters of China. Netherlands J. Sea Res., 29: 25-33.
- Eskenlinen, P. 1989. Effects of different diets on eggs production and eggs quality of Atlantic salmon (*Salmo salar* L). Aquaculture, 79: 275-281.
- Ivankov, V.N. 1976. The formation of ultimate fecundity in intermittently spawning fish with reference to the Southern One finned Greenling, *Pleurogrammos azonus* and the wild glod fish *Carassius auratus gibelio*. J. Ichthyol., 16: 56-62.
- Kashiwagi, M., N. Yamada, Y. Okada and F. Nakamura. 1984. A periodic variation of spawning time of Japanese whiting, *Sillago japonica* during the spawning season. Nippon Suisan Gakkaishi, 50: 2135pp.
- Lee, T.Y. and I. Hanyu. 1984. Reproductive cycle of small filefish *Rudarius ercodes*. Bull. Kor. Fish. Soc., 17: 423-435.
- Masaki, Y., H. Ito, T. Tokai and Y. Yoshiaki. 1986. Age and growth of stone flounder in Suo-Nado of Seto Inland Sea. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 52: 434-445. (in Japanese)
- Mori, K., S. Kimura, T. Tojima and K. Tashiro. 1986. Growth and maturity of stone flounder *Kareius bicoloratus* in Ise Bay. Bull. Fac. Fish. Mie Univ., 13: 151-161. (in Japanese)
- Springate, J.R.C., N.R. Bromage and P.R.T. Cumaranatunga. 1985. The effects of different ration on fecundity and egg quality in the rainbow trout (*Salmo gairderi*). In: Cowey, C.B., A.M. Mackle and J.G. Bell (eds.), Nutrition and feeding in fish. Academic Press, London, pp. 371-393.

- Uehara, S. and M. Shimizu. 1996. Age and growth of stone flounder *Kareius bicoloratus* in Tokyo Bay. Fish. Sci., 62: 897-901. (in Japanese)
- Uehara, S. and M. Shimizu. 1999. Maturity, condition and feeding of stone flounder *Kareius bicoloratus* in Tokyo Bay. Nippon Suisan Gakkaishi, 65: 209-215. (in Japanese)
- Watanabe, T. 1985. Importance of the study of broodstock nutrition for further development of aquaculture. In : Nutrition and feeding in fish. Ed. by Cowey, C. B., A. M., Mackie and J. G. Bell. Academic press, London, pp. 395-414.
- 高越哲男. 1976. イシガレイからの採卵における生殖腺刺戟ホルモン剤の利用に関する検討-I. 親魚の選定とホルモン剤の効果. 水産増殖, 23: 155-160.
- 高城哲男. 1977. イシガレイからの採卵における生殖腺刺戟ホルモン剤の利用に関する検討-III. 未成熟個体に對する倍加的なホルモン投與方法の効果および成熟個体に對する適正投與量. 水産増殖, 25: 1-5.
- 南 卓志. 1984. イシガレイの初期生活史, Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 50: 551-560.
- 態井輝雄・中村元二. 1971. 養殖ヒラメ1年魚からの採卵と仔魚飼育. 日本水産學會秋季大會講演要旨集, pp. 1-2.
- 隆島史夫, 羽生 功. 1989. 水族繁殖學. 録書房, pp. 222-271.
- 水戸 敏・鳥川正雄・樋口正毅. 1969. イシガレイの卵發生, ふ化子魚の飼育および陸上池内における 産卵. 魚類學 (落合 明・田中 克, 恒星社厚生閣, 東京), pp. 1099-1102.
- 山下正男. 1978. 養殖 基礎 實際. 東京, pp. 146-149.
- 狩谷貞二・白旗總一郎. 1955. マガレイ卵巢卵の成熟過程について. 日水誌, 21: 476-481.
- 松泡修平・吉市政達・九山克彦・松山倫也. 1988. マダイ1尾による毎日産卵とその卵質. 水産増殖, 36: 33-39.
- 原田輝雄. 1974. 海産魚. 魚類の成熟と産卵その基礎應用 (日本水産學會編). 恒星社 厚生閣, 東京, pp. 66-75.
- 清野通康. 1974. 産出卵の卵質評價-海産魚. 魚類の成熟と産卵. 水産學 シリス6 (日本水産學會編). 恒星社 厚生閣. 東京, pp. 113-119.