한국 동해안 대구, *Gadus macrocephalus* TILESIUS의 성숙과 산란

차형기 · 이성일 · 윤상철 · 김영섭¹ · 전영열² · 장대수 · 양재형

동해수산연구소 어업자원팀, ¹서해수산연구소 연구지원팀,

²동해수산연구소 심해연구센터

Maturation and spawning of the Pacific cod, *Gadus macrocephalus* TILESIUS in East Sea of Korea

**Hyung Kee CHA, Sung Il LEE*, Sang Chul YOON, Young Seop KIM¹, Young Yull CHUN,
Dae Soo CHANG and Jae Hyeong YANG**

*Fisheries Resources Research Team, East Sea Fisheries Research Institute, NFRDI,
Gangnung 210-861, Korea*

¹*Research Support, Team, West Sea Fisheries Research Institute, NFRDI, Incheon 400-420, Korea*

²*Deep-sea Fisheries Resources Research Center, East Sea Fisheries Research Institute, NFRDI,
Pohang 791-802, Korea*

Maturation and spawning of the Pacific cod, *Gadus macrocephalus* was investigated based on the samples captured in East Sea of Korea from April 2006 to July 2007. Gonadosomatic index began to increase in November, and reached maximum between December and January. After spawning it began to decrease from March. Reproductive season was estimated to November-February, with peak in January. Fecundity was proportional to the size of the female, with the clutch size varying from 753,985 eggs in the smallest female(TL = 58.6cm) to 9,311,520 eggs in the largest(TL = 101.0cm). Size at 50% sexual maturity(TL50%) determined from mature females was 56.3cm of TL. Annual reproductive cycles of this species could be divided into six successive stages; immature stage(March-September), nucleolus stage(September-October), yolk vesicle stage(October-November), vitellogenic stage (November-December), ripe stage and spent stage(December-February).

Key words : Maturation, Spawning, Annual reproductive cycle, Pacific cod, East Sea of Korea

*Corresponding author: silee@momaf.go.kr, Tel: 82-22-660-8524, Fax: 82-33-661-8513

서론

대구(*Gadus macrocephalus*)는 우리나라 전해역과 오호츠크해, 베링해, 알라스카만, 북미 캘리포니아 연안까지 매우 광범위한 해역에서 분포하며, 연직적으로 대륙붕과 대륙사면 상부에 서식하는 냉수성어류이다(Westheim, 1996). 우리나라 동해안에서 대구는 자망, 동해구기선저인망, 정치망어업 등에서 주로 어획되며, 동해에서의 어획량은 1970-2000년까지 600톤 미만으로 소량이 어획되다가 2001년 이후부터 763-2,023톤으로 높은 어획수준을 보이고 있다. 따라서, 최근 대구자원의 어획량이 증가함에 따라 이들 자원을 지속적이고 합리적으로 이용하기 위해서는 적절한 자원관리가 필요한 실정이다.

대구의 재생산에 관련된 연구는 비교적 많이 수행되었다. 인근 일본의 경우는 북해도 남부해역의 대구에 대한 성숙과정과 산란시기에 관한 연구(Hattori et al., 1993), Matsu만 대구의 포란수에 관한 연구(Hattori et al., 1995) 등이 있다. 또한, 베링해 대구의 생태 및 생물학적 특성연구(Klovach et al., 1995), British Columbia 해역의 대구와 대서양 대구에 관한 생태 비교(Westheim, 1996) 등에 관한 연구가 있으며, 우리나라는 서

해산 대구의 체장 체중의 상관관계에 관한 연구(Chung and Kim, 1971), 진해만 대구와 서해산 대구의 계군에 관한 연구(Park, 1965), 동해안 대구의 성숙과 산란에 관한 연구(Lee et al., 2005) 등이 있다.

본 연구는 우리나라 동해안에 분포하는 대구의 재생산에 관련된 생식생태를 밝히고자 최근 2006년부터 2007년까지 조사된 결과로 월별 성숙비율, 생식소숙도지수, 포란수 등을 파악하여 자원의 합리적 이용 및 관리에 필요한 방안을 마련하는데 목적을 두고 있다.

재료 및 방법

본 연구에서 사용한 대구 시료는 2006년 4월부터 2007년 7월까지 우리나라 강원도 인근해역에서 연안자망 및 동해구기선저인망어업에 의해 어획된 것으로, Table 1과 같다.

조사기간 동안 출현한 개체 중 가장 크기가 작은 암컷은 2007년 3월의 16.5cm이었고, 수컷은 2007년 3월의 16.0cm이었으며, 가장 큰 암컷은 2006년 11월의 101.0cm이었고, 수컷은 2007년 3월의 77.2cm이었다. Fig. 1은 암수별 체장분포를 나타내는데, 암컷의 평균 체장은 42.2cm이었고,

Table 1. Monthly size distributions(TL, cm) of *G. macrocephalus* in the East Sea of Korea, April 2006 – July 2007

Year	Month	Female			Male		
		Range	Mean	n	Range	Mean	n
2006	Apr.	40.5 – 68.0	53.2	21	39.7 – 62.4	48.7	29
	May	21.8 – 61.3	33.8	64	21.7 – 61.4	32.9	74
	Jun.	29.7 – 61.7	43.8	29	30.8 – 59.1	41.0	28
	Jul.	25.7 – 94.8	38.7	96	27.3 – 67.6	36.9	79
	Aug.	34.1 – 90.1	45.7	31	31.7 – 65.4	41.1	36
	Sep.	31.5 – 79.0	40.5	33	32.2 – 39.5	35.6	32
	Oct.	26.5 – 88.5	44.6	39	29.4 – 65.8	37.6	41
	Nov.	32.0 – 101.0	38.5	51	27.5 – 64.4	37.5	44
2007	Dec.	22.0 – 71.0	34.1	155	23.0 – 75.8	34.5	140
	Jan.	21.5 – 84.0	41.6	87	20.5 – 74.5	40.5	102
	Feb.	32.3 – 73.0	43.3	74	31.2 – 74.0	39.3	94
	Mar.	16.5 – 75.5	53.1	38	16.0 – 77.2	49.4	47
	Apr.	37.0 – 67.3	44.3	72	32.0 – 74.0	45.2	82
	May	32.3 – 71.6	53.3	66	35.1 – 70.1	50.7	56
	Jun.	37.3 – 76.6	47.9	57	37.1 – 74.3	48.2	56
	Jul.	35.1 – 76.7	45.5	67	33.5 – 66.2	44.4	40

Fig. 1. Size frequency distribution of total length of *G. macrocephalus* in the East Sea of Korea, April 2006 – July 2007.

수컷은 40.5cm이었다.

분석에 사용된 시료는 전장(total length: TL)은 0.1cm 단위로, 체중(body weight: BW)과 생식소 중량(gonad weight: GW)은 전자저울(M-5500S, SARTORIUS(Co.))로 0.01g까지 측정하였다.

생식소 속도는 생식소 크기, 색조, 난의 투명상태, 난립의 크기 등을 기준하여, 어체 측정시 육안관찰로써 미숙(immature), 중숙(maturing), 완숙(mature), 방후(spent)의 4단계로 구분하였다.

생식소속도지수(gonadosomatic index: GSI)의 월 변화는 다음 식으로 구하였으며,

여기서, GW는 생식소중량(습중량, g)이고, BW는 체중(습중량, g)이다.

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

포란수는 완숙단계의 개체 중 조직검경으로 산란하지 않았다고 판단되는 개체를 선정하여, 미세한 침에 의해 완전히 분리하여 해부현미경

으로 계수한 후, 습중량법으로 구하였다.

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

여기서, A는 난소의 중량, B는 난소 껍질의 중량, C는 난소 일부의 중량, 그리고 e는 C의 난수이다. 또한, 난경은 난소 내 난괴를 개량 Gilson 액(Love and Westphal, 1981)에 넣어 분리한 후, 1개체당 50립씩 해부현미경으로 난의 장경을 측정하였다.

군성숙도는 산란기간 중 체장 체급을 1cm 단위로 구분하여 성숙개체의 비율로서 구하였으며, 50% 성숙체장은 logistic식에 의해 구하였다.

생식소의 내부구조와 생식소 발달의 조직학적 변화를 관찰하기 위하여 생식소를 추출한 후, Bouin's solution에 24시간 고정하였고, 이후 수세(水洗)와 탈수과정을 거쳐 paraplant에 포매후 4-6 μ m 두께로 연속 절편하여 조직표본을 만들었다. 조직표본의 haematoxyline-eosin 염색은 조

직표본을 xylene 용액에서 파라핀을 제거한 후 알코올에서 저농도 순의 단계로 친수과정을 거쳐 조직 내에 수분을 첨가시켰다. 그후 진행성인 Mayer's haematoxylin에서 약 4분 동안 핵 염색을 한 후, 0.5% eosin에서 약 1분 동안 세포질 염색을 실시하였다. 그리고 탈수과정을 거쳐 Canada balsam으로 봉입하였다. 제작된 생식소 조직표본은 광학현미경을 이용하여 검경하였다.

결 과

산란기 추정

성숙도의 월 변화

어체측정시 육안관찰로써 난소의 속도를 4단계로 나누어 분석한 결과, 미숙상태(immature)는 난소가 왜소하고 색깔이 투명한 흰색 혹은 아주 옅은 노란색을 띠고 난립을 볼 수 없었다. 중숙상태(maturing)는 난소의 색깔이 옅은 노란색이며 난립이 육안으로 관찰되었다. 완숙상태(mature)는 난소가 최대로 비대되고, 색깔이 짙은 노란색 혹은 주황색이며 난소내의 난립이 쉽게 분리되었다. 방후상태(spent)는 난소의 색깔이 회색이며 수축되고 산란흔적을 보였다.

육안관찰에 의한 2006년 4월부터 2007년 7월까지 월별 성숙도 변화는 Fig. 2와 같다. 완숙단계의 개체가 2006년 10월부터 2007년 2월에 걸쳐 출현하였으며, 매월 완숙단계의 비율은 각각 33%, 67%, 89%, 100%, 60%를 나타내었고, 이후

Fig. 2. Monthly changes of maturity stages of female *G. macrocephalus* in the East Sea of Korea, April 2006 – July 2007.

3월부터 7월까지의 완숙 단계의 개체가 출현하지 않았다.

생식소 속도지수의 월 변화

Fig. 3은 2006년 4월부터 2007년 7월까지 대구 암컷의 GSI값의 월 변화를 나타낸다. 최대 GSI값의 월 변화를 보면 2006년 4월에 13.3의 낮은 값을 보였으며, 이후 9월부터 증가하기 시작하여 11월부터 123.5의 완숙된 개체가 출현하기 시작하여 2007년 2월까지 100 이상의 완숙된 개체가 출현하였다. 가장 높은 값을 나타낸 개체는 2007년 1월에 채집된 167.9로 방중단계의 개체이었으며, 이후 3월부터 14.1로 급격히 감소하여 7월까지 12.8–24.0으로 매우 낮은 값을 보이고 있다. 또한, 대구 암컷의 월별 평균 GSI값의 변화도 최대 GSI값의 변화와 동일한 경향을 나타내었다.

수컷의 GSI값의 월 변화는 Fig. 4와 같고, 최대 GSI값의 월 변화를 보면 2006년 4월에 5.1의 값을 보였고, 11월에 가장 높은 275.3을 나타내었으며, 2007년 2월까지 높은 값을 나타내었다. 암컷과 마찬가지로 수컷 역시 월별 평균 GSI값의 변화도 최대 GSI값의 변화와 유사한 경향을 나타내었다.

따라서, 월별 난소와 정소의 성숙상태와 월별 생식소 속도지수의 변화로부터 대구의 산란기는 11–2월간으로, 산란성기는 12–1월간으로

Fig. 3. Monthly changes of gonadosomatic indices(GSI) of female *G. macrocephalus* in the East Sea of Korea, April 2006 – July 2007. Solid circles indicate mean GSI, and vertical bars indicate low and high GSI.

Fig. 4. Monthly changes of gonadosomatic indices(GSI) of male *G. macrocephalus* in the East Sea of Korea, April 2006 – July 2007. Solid circles indicate mean GSI, and vertical bars indicate low and high GSI.

추정되었다.

생식소 발달의 조직학적 변화 및 생식주기 난소

난 형성과정은 난의 형태적 특징 및 염색성, 난황축적 상태 및 난막과 여포세포의 발달정도, 그리고 핵의 상태 등에 따라 Fig. 5와 같이 6단계로 나누었다.

1) 미숙기(immature stage)

3–9월경에 출현한 대부분의 개체에서는 난소가 극히 빈약하며 외관상 연회색을 나타내었다. 이 시기의 난소조직은 세포질이 극히 빈약하며, 핵은 배포상으로 세포질의 대부분을 차지하고 있다(Fig. 5①).

2) 주변인기(nucleolus stage)

9–10월이 되면 난소는 팽대해지고 연한 노란색을 나타내었다. 주변인기의 난모세포는 세포질이 haematoxylin에 농염되어 나타나며, 호염기성인 과립상의 인들이 핵막을 따라 일정하게 배열되어 나타나고 있다(Fig. 5②).

3) 난황포기(yolk vesicle stage)

난소가 짙은 노란색으로 나타나는 10월부터 일부 개체에서 난소가 활성화되어 성장하기 시작하였으며, 난모세포가 직경 250 μ m 이상으로 성장하면 세포질 내 난황포들이 출현하였다. 이후 난모세포들의 성장과 함께 난황포들은 점진

Fig. 5. Photomicrographs of the ovaries at different stage of maturity of *G. macrocephalus*. ① Immature stage, ② Nucleolus stage, ③ Yolk vesicle stage, ④ Vitellogenic stage, ⑤ Ripe stage, ⑥ Spent stage.

적으로 그 수가 증가하면서 핵막 주변까지 확산되어 간다(Fig. 5③).

4) 난황형성기(vitellogenic stage)

11–12월경 난소가 비대해지기 시작하는데, 이 시기의 외부형태는 난립이 명확히 보이고 일부는 투명해지고 있으며, 연보라색을 띄고 있다. 난모세포의 난경은 300–400 μ m 전후로 성장하면서 세포질의 염색성은 약한 호산성으로 변한다. 난황이 난 전체에 가득 차 있고, 여러 개의 크고 작은 난황구를 볼 수 있으며, 이후 난황구의 축적이 일어난다(Fig. 5④).

5) 완숙기(ripe stage)

이 시기의 외부 형태는 투명한 알로 가득 차 있으며, 쉽게 난이 방출된다. 난황축적이 완료되면서 과립상의 난황구들이 치밀하게 융합하여 광학현미경 하에서는 거의 균질성을 나타내고 있다. 완숙난의 크기는 800–1000 μ m에 달하며, 세포질 전체에 공포상의 난황구가 불규칙하게

분포하며 여포세포층과 난막은 더욱 뚜렷해진다(Fig. 5⑤).

6) 휴지기(spent stage)

2월에 접어들면 대부분의 개체가 산란을 마치고 난소는 퇴화하기 시작한다. 산란이 일어나면 완숙난을 싸고 있던 여포대가 남아서 산란된 것을 알 수 있다. 산란을 마친 난소내 잔존하는 미방출난은 핵내 염색질이 흩어져 소괴상을 이루다가 서서히 핵막과 함께 소실되고 곧 세포질의 붕괴가 일어나면서 퇴화 흡수된다. 이후 새로운 난원세포가 재배치된다(Fig. 5⑥).

정소

3월 이후 출현한 개체들의 정소는 위축되어

Fig. 6. Photomicrographs of the testis at different stage of maturity of *G. macrocephalus*(SG-spermatogonia, SC-spermatocyte, ST-spermatid). ① recovery stage, ② growing stage, ③ ripe stage.

정세관내의 생식상피 부근에서 정원세포(SG)들이 관찰되었다. 3-9월에는 정원세포의 분열 증식으로 정원세포들로 이루어진 포낭과 정모세포가 관찰되었다. 9-10월이 되면 대부분의 개체들은 정모세포들이 활발히 분열하여 정모세포의 포낭과 정세포(ST)의 포낭들이 관찰되었다(Fig. 6).

포란수

12-2월의 성숙된 개체 36마리를 대상으로 포란수를 분석한 결과는 Table 2 및 3과 같고, 대구 포란수는 최다 9,311,520개, 최소 753,985개로 계측되었다. 전장과 체중에 따른 절대포란수와 상대포란수는 전장과 체중이 커질수록 증가하는 것으로 나타났다. Fig. 7은 전장(TL)과 포란수(Fe)와의 관계를 나타내는데, 그 관계식은 $Fe = 1E - 07TL^{4.4801}$ ($R^2 = 0.7891$)이었다.

난경

Fig. 8은 속도별 난경조성을 나타낸 것으로,

Fig. 7. Relationship between total length and fecundity of *G. macrocephalus* in the East Sea of Korea.

Table 2. Absolute and relative fecundities according to total length of *G. macrocephalus* in the East Sea of Korea

Total length (cm)	Absolute fecundity		Relative fecundity(cm ⁻¹)		n
	Range	Mean	Range	Mean	
50.0 - 59.9	753,985 - 853,448	803,717	12,715 - 12,867	13,791	2
60.0 - 69.9	1,073,143 - 3,763,276	2,002,453	19,928 - 54,540	30,164	17
70.0 - 79.9	2,013,397 - 3,628,326	2,886,954	28,681 - 51,766	40,173	15
80.0 - 89.9	6,237,288	6,237,288	74,253	74,253	1
100.0 - 109.9	9,311,520	9,311,520	92,193	92,193	1

Fig. 8. Size frequency distributions of egg diameter of *G. macrocephalus* in the East Sea of Korea.

Fig. 9. Logistic functions fitting the cumulative proportion of maturing and mature female *G. macrocephalus* in the East Sea of Korea.

3-9월의 미숙단계(GSI = 10.0)의 난경 범위는 50-350 μ m이었으며, 10월의 중숙단계(GSI = 47.0)의 난경 범위는 350-600 μ m이었다. 또한, 1월의 완숙단계(GSI = 110)의 난경 범위는 450-850 μ m로 난소가 성숙함에 따라 난경이 점차 커졌으며, 분포는 1개의 모드를 중심으로 정규분포를 이루었다.

성숙체장

재생산에 참여하는 체장을 알기 위해 주 산란기로 추정되는 12-1월간 암컷 150마리를 대상으로 체급별 중숙단계 이상의 성숙개체의 출현율을 나타낸 결과는 Fig. 9와 같다. 암컷의 경우 전장 30cm 이하에서는 성숙개체가 출현하지 않았고, 75cm 이상의 개체에서는 전부 성숙한 개체로 판명되었다. 암컷의 50% 성숙체장은 이들 체급별 성숙개체의 출현 비율을 logistic식에 적용하여 추정한 결과, 전장 56.3cm로 산출되었다.

고 찰

대구의 월별 성숙단계별 빈도를 보면, 본 연구에서는 완숙단계의 개체가 10월부터 이듬해 2월까지 출현하였다. 그러나 Lee et al.(2005)는 1, 2월에만 성숙된 개체가 출현하는 것으로 보고하고 있다. 이는 Lee et al.(2005)의 연구에 있어서, 본 조사에서 도출된 생물학적 성숙체장인 전장 56cm 이상되는 개체에 대한 조사미수가 20마리 내외로 매우 적었기 때문인 것으로 생각된다. 또한, 일본 북해도 남부 연안의 대구 주 산란기는 본 조사와 동일한 12-1월이었고(Hattori et al.,

Table 3. Absolute and relative fecundities according to total weight of *G. macrocephalus* in the East Sea of Korea

Total length (cm)	Absolute fecundity		Relative fecundity(cm ⁻¹)		n
	Range	Mean	Range	Mean	
1,999 >	853,448	853,448	445	445	1
2,000 - 2,999	753,985 - 1,923,545	1,290,844	356 - 669	498	5
3,000 - 3,999	1,073,143 - 3,069,843	2,105,588	339 - 859	614	12
4,000 - 4,999	2,013,397 - 3,763,276	2,898,671	526 - 791	642	16
8,000 - 8,999	6,237,288	6,237,288	775	775	1
10,000 <	9,311,520	9,311,520	993	993	1

1993), 베링해 및 알래스카 대구는 1-4월 (Westrheim, 1996)로 조사되어 서식해역 및 해양 환경에 따라 산란기 차이가 있는 것으로 나타났다. 따라서, Lee et al.(2005)이 제안한 대구 산란기는 위도가 높을수록 산란기가 길고 늦게 시작된다는 주장과는 다른 결과를 나타내었으며, 이러한 원인으로 조사해역의 해양환경을 고려하지 않았을 가능성과 조사 개체수의 부족에 따른 분석결과의 차이를 나타낸 것으로 추측된다.

대구 난모세포의 성숙과정은 일반 경골어류와 유사한 경향을 나타내었는데, 난소가 10월경에 발달하기 시작하여 12-1월경 완숙기에 이르고, 1월 이후 산란하면 남아있는 작은 난모세포가 퇴화 흡수되고, 난경조성에서 1개의 정규분포 모드가 나타나는 것으로 보아 대구의 산란은 일시에 이루어지는 것으로 판단된다.

또한, 본 조사결과에서 우리나라 동해산 대구의 성숙체장은 56.3cm(TL)로서 캐나다 British Columbia 연안의 55cm(Westrheim, 1996)와는 비슷하지만, 서해산 대구는 38cm, 베링해는 67cm(Westrheim, 1996)로 지역별로 매우 큰 차이가 있음을 알 수 있다. 이러한 차이는 서식환경이나 계군의 차이 등의 요인에 의해 발생할 수도 있을 것으로 판단된다. 한편, 동해산 대구가 재생산에 참여하는 체장 56.3cm(TL)일 때의 연령은 3세(NFRDI, 2005)로 추정되는데, 특히, 성숙체장에 있어서 서해산 대구와는 큰 차이를 보이고 있다. 어획의 대상이 되는 자원은 재생산 과정이 어업의 존속 여부를 지배할 수 있다는 점에서 자원관리에 대단히 중요한데, 본 연구에서 제시된 자료들은 두 지역간 대구의 자원량과 가입량 관계를 구명하는데 중요한 정보가 될 것이다.

대구 암컷 최대 GSI값의 월별 변화는 뚜렷이 11월부터 2월까지 높은 값을 볼 수 있었지만 최대값과 달리 최소값이 11월과 2월에 낮은 개체가 출현하는 것은 일부 중숙 이하의 개체가 포함되어 있기 때문이다. 또한, 대구도 다른 경골어류와 마찬가지로 산란기인 12월부터 2월에는 암

컷 생식소의 무게가 체중의 15% 내외로 매우 크다는 것을 알 수 있었다. 하지만 수컷의 경우에는 체중의 20% 이상을 차지하는 경우도 있었으며, 산란기간에도 생식소 무게의 변화가 큰 것으로 나타났다.

우리나라 강원도 양양연안에서의 대구의 포란수 범위는 130만개-940만개(Lee et al., 2005)이었고, 본 연구에서는 75만개-930만개로 큰 차이가 없는 것으로 조사되었으며, 일반 경골어류처럼 체장의 증가에 따라 포란수도 기하급수적으로 증가하는 경향을 보였다. 체장과 체중 계급에 대한 절대 및 상대포란수는 크기가 클수록 증가하였는데, 이러한 경향은 황아귀(Park et al., 1999), 고등어(Cha et al., 2002) 등에서도 볼 수 있다.

최근 우리나라 대구 어획량이 2001년부터 증가하고 있고, 동해산과 서해산 대구의 생태학적 차이가 분명한 것으로 판단되며, 우리나라 해역별 대구자원의 풍흉에 따른 자원생물학적 파라메타의 변화가 예상되므로, 해양환경 변화를 고려한 종합적인 연구가 있어야 할 것으로 생각된다.

결론

조사기간에 출현한 개체 중 가장 크기가 작은 암컷은 2007년 3월의 전장 16.5cm이었고, 수컷은 2007년 3월의 16.0cm이었으며, 가장 큰 암컷은 2006년 11월의 전장 101.0cm이었고, 수컷은 2007년 3월의 77.2cm이었다. 또한, 평균체장은 암컷이 42.2cm이었고, 수컷은 40.5cm이었다. 대구 완숙단계의 개체가 10월부터 이듬해 2월에 걸쳐 출현하였으며, 암컷의 최대 GSI값은 11월부터 급격히 증가하여 12-2월간에 높은 값을 보였고, 이후 3월에 급격하게 감소하였으며 7월까지 낮은 값을 나타내었다. 수컷도 암컷과 유사한 경향을 나타내었다. 따라서, 월별 난소와 정소의 성숙상태와 월별 생식소 속도지수의 변화로부터 대구의 산란기는 11-2월간으로, 산란성은 12-1월로 추정되었다. 포란수는 최다

9,311,520개, 최소 753,985개로 계측되었고, 개체 크기(체장, 체중)가 클수록 절대 및 상대포란수도 증가하는 경향을 보였으며, 암컷의 50% 성숙 체장은 전장 56.3cm로 추정되었다. 미숙단계(GSI=10.0)에서의 난경 범위는 50–350 μ m이었으며, 10월의 중숙단계(GSI=47.0)에서는 350–600 μ m이었다. 그리고 1월의 완숙단계(GSI=110)에서는 450–850 μ m로 난소가 성숙함에 따라 난경이 점차 커졌으며, 분포는 1개의 모드를 중심으로 정규분포를 이루었다.

사 사

이 연구는 국립수산물학원(동해연안어업자원 관리연구, RP-2007-FR-020)의 지원에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

- Cha, H.K., Y.M. Choi, J.H. Park, J.Y. Kim and M.H. Sohn, 2002. Maturation and spawning of the Chub mackerel, *Scomber japonicus* Houttuyn in Korean Waters. J. Korean Soc. Fish. Res., 5, 24–33.
- Chung, T.Y and Y.U. Kim, 1971. Length-weight relationship of *Gadus macrocephalus* Tilesius of the Yellow Sea. Bull. Kor. Fish. SOC., 4, 103–104.
- Hattori, T., Y. Sakurai and K. Shimazaki, 1993. Maturation and reproductive cycle of female Pacific cod in water adjacent to the southern coast of Hokkaido, Japan. Nippon Suisan Gakkaishi, 58, 2245–2252.
- Hattori, T., Y. Sakurai and K. Shimazaki, 1995. Fecundity of spawning Pacific cod(*Gadus macrocephalus*) in Matsu Bay, Japan. Bull. Tohoku Natl. Fish. Res. Inst. Tohoku Suiken Ho, 57, 1–5.
- Klovach, N.V, O.A. Rovnina and D.V Kol'-tsov, 1995. Biology and exploitation of Pacific cod, *Gadus macrocephalus*, in the Anadyr-Navarin region of the Bering Sea. J. Ichthyol. Vopr. IKHTIOL., 35, 9–17.
- Lee, C.S., Y.H. Hur, J.Y. Lee, W.K. Kim, S.H. Hong, S.J. Hwang and S.H. Choi, 2005. Maturity and Spawning of Pacific cod(*Gadus macrocephalus*) in the East Sea. J. Kor. Fish. Soc., 38(4), 245–250.
- Love, M.S. and W.V. Westphal, 1981. Growth, reproduction and food habits of olive rockfish, *Sebastes serranoides*, off Central California. Fisheries Bulletin, 79, 533–543.
- National Fisheries Research and Development Institute, 2005. Ecology and fishing ground of major commercial species in the Korean waters. Ye-Moon Publish. Co., Busan, pp. 383.
- Park, B.H., 1965. On the race cods(*Gadus macrocephalus*) between Yellow Sea and Chin Hae Bay of Korea. Fish. Res. Dev. Agen. Rep. Fish. Res., 6, 107–115.
- Park, Y.C., B.Y. CHA and H.K. CHA, 1999. Maturation and spawning of the Yellow Goosefish, *Lophius litulon* in Korean Waters. J. Korean Soc. Fish. Res., 2, 84–91.
- Westrheim, S.J., 1996. On the Pacific Cod(*Gadus macrocephalus*) in British Columbia waters, and a comparison with Pacific cod elsewhere, and Atlantic cod(*G. morhua*). Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci., 2092, pp. 390.

2007년 9월 10일 접수

2007년 11월 12일 수리