

한국 남해에 출현하는 참돔(*Pagrus major*)의 성숙과 산란

진수연 · 임양재¹ · 최정화¹ · 정재묵¹ · 남기문² · 김도균 · 최유정 · 백근욱*

경상대학교 해양식품생명의학과/해양산업연구소/해양생물교육연구센터, ¹국립수산과학원 수산자원연구센터, ²부경해양생물연구소

Maturation and Spawning of the Red Seabream *Pagrus major* in the South Sea of Korea

Suyeon Jin, Yang Jae Im¹, Jung Hwa Choi¹, Jae Mook Jeong¹, Ki Mun Nam², Do-Gyun Kim, Yu Jeong Choi and Gun Wook Baek*

Department of Seafood & Aquaculture Science/Institute of Marine Industry/Marine Bio-Education & Research Center, College of Marine Science, Gyeongsang National University, Tongyeong 53064, Korea

¹Fisheries Resources Research Center, National Institute of Fisheries Science, Tongyeong 53064, Korea

²Pukyong Marine Life Research Institute, Sacheon 52540, Korea

The maturation and spawning of red seabream *Pagrus major* were investigated using 1,014 samples collected monthly from January to December of 2018, in the South Sea of Korea. Based on monthly changes in maturity stage and gonadosomatic index, the spawning period was estimated to be between April and August, with peak spawning occurring from May to June. Fecundity varied between 228,996 and 4,544,948 eggs. The relationship between fecundity (F) and fork length (FL) in this species can be expressed by the equation $F=0.4869FL^{3.9452}$ ($R^2=0.7448$). Using a logistic function, the percentage of sexually mature females was estimated to be over 50% for fish with a FL of 35.3 cm.

Keywords: Red seabream, *Pagrus major*, Spawning period, Maturation, Spawning

서론

참돔(*Pagrus major*)은 농어목(Perciformes) 도미과(Sparidae)에 속하며 우리나라 전 해역, 일본, 중국, 대만, 하와이 등의 연안에 분포한다(Chyung, 1977). 참돔은 산란기에 수심 30-70 m의 사질연안에 주로 서식하고, 이 시기를 제외하고는 수심 30-150 m의 대륙붕 암초지대에 주로 서식한다(Zenitani et al., 2014). 또한 제주도 남방 해역에서 월동을 하고 봄이되면 중국 연안과 서해 연안으로 이동을 하는 회유성어종이다(Kim et al., 2004).

참돔은 유어납시의 주 대상어종으로 연안복합, 외끌이대형저인망, 근해안강망 등의 어업에 의해 어획되며(KOSIS, 2019), 회·찜·구이 등의 다양한 식재료로 이용되는 경제적으로 가치가 높은 어종이다. 국내 참돔의 어획량은 2000년대 중반까지 연간 약 600톤 수준이었으나 최근 어획량이 지속적으로 증가해 2018년에 2,809톤이 어획되었다(KOSIS, 2019).

참돔의 생태에 관한 선행 연구로는 국외에서 연령과 성장(Toshio, 1984), 성숙구분과 군성숙(Matsuyama et al., 1987), 계절별 먹이변화(Shimamoto and Watanabe, 1994), 산란장(Zenitani et al., 2014) 등이 있고, 국내에서는 식성(Huh et al., 2006)이 있지만 국내에서 참돔의 산란생태에 관한 연구는 부족한 실정이다.

어류의 산란생태에 관한 연구는 종의 생활사를 이해하고 자원량 평가를 위한 정보를 제공하는데 있어서 중요하다(Coleman et al., 1996). 특히 산란기와 성숙체장에 관한 정보는 산란에 참여하는 개체를 보호하고 재생산량을 극대화시킬 수 있는 다양한 정책(최소어획크기 제한, 산란장에서의 시·공간적 어획 제한 등)을 마련하는데 중요한 파라메터가 된다(Sadovy, 1996).

따라서, 우리나라 남해에 출현하는 참돔의 성숙과 산란 연구를 위해 생식소 발달과정, 생식소숙도지수, 난소의 조직학적 변화 결과를 이용한 산란기 추정, 포란수, 성숙체장(fork length,

*Corresponding author: Tel: +82. 55. 772. 9156 Fax: +82. 55. 772. 9159

E-mail address: gwbaeck@gnu.ac.kr



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

<https://doi.org/10.5657/KFAS.2020.0043>

Korean J Fish Aquat Sci 53(1), 43-49, February 2020

Received 20 December 2019; Revised 21 January 2020; Accepted 4 February 2020

저자 직위: 진수연(대학원생), 임양재(연구관), 최정화(연구관), 정재묵(연구사), 남기문(대표), 김도균(대학원생), 최유정(대학원생), 백근욱(교수)

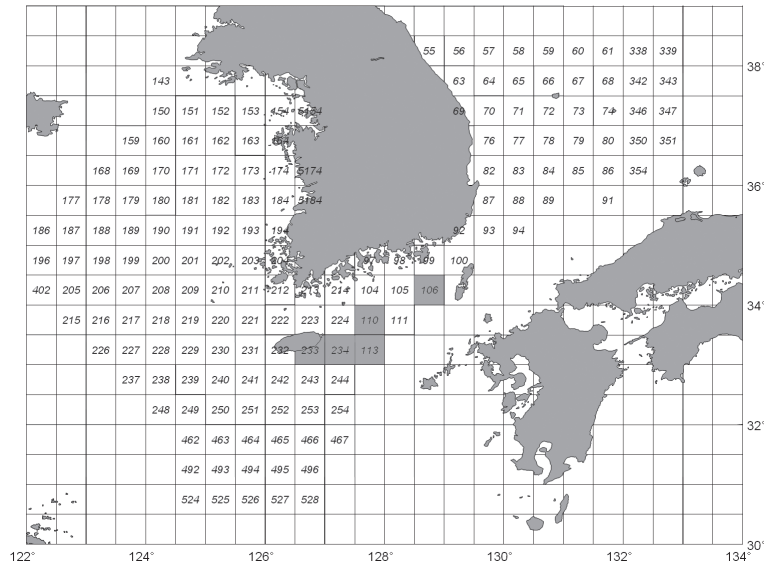


Fig. 1. Location of sampling areas (■).

FL)을 파악하여 참돔의 재생산력과 관련된 생식생태에 도움이 되는 정보를 제공하고자 한다.

재료 및 방법

이번 연구에 사용한 참돔 시료는 2018년 1월부터 12월까지 매월 1회, 대형외끌이, 대형트롤, 중형외끌이어업에 의해 어획된 것을 부산공동어시장에서 구입하였다(Fig. 1). 구입한 시료는 국립수산물연구원 수산자원연구센터 측정실에서 가랑이 체장(fork length, FL)을 0.1 cm, 중량을 0.01 g, 생식소중량을 0.01 g까지 측정하였다. 수온자료는 조사해역에 해당하는 국립해양조사원의 성산포 조위관측소와 남해동부 해양관측부이에서 측정된 자료(KOSIS, 2019)를 월 평균하였다. 생식소숙도지수(gonadosomatic index, GSI)는 다음과 같이 구하였다.

$$GSI = \frac{GW}{BW} \times 10^2$$

여기서, GW (gonad weight)는 생식소중량(g), BW (body weight)는 체중(g)이다. 참돔 생식소의 발달과정을 알아보기 위하여 생식선 크기, 색조, 난의 투명상태, 난립의 크기 등을 기준으로 하여 육안관찰하였으며, 육안으로 판별이 불분명하거나 어려운 개체의 경우, 조직학적 관찰을 통해 구분하였다. 암컷의 성숙단계는 미숙(immature), 중숙(maturing), 성숙(mature), 방중 및 방후(spawning and spent)의 4단계로 구분하였다. 생식소 구조 및 생식세포 발달과정을 구분하기 위하여 생식소를 Bounin's solution에 24시간 고정하였으며, 수세와 탈수과정을 거쳐 paraplast에 포매 후, 4-6 μm 두께로 연속 절편하여 조직

표본을 만들었다. 이 후, Mayer's Hematoxylin-Eosin (H-E) 비교염색하였으며, marinol로 봉입하였다. 또한 제작된 생식소 조직표본은 광학현미경으로 검정하였다.

포란수(F)는 산란기간 동안 방란의 흔적이 없는 성숙한 개체의 난소에 대하여 습중량법(Bagenal, 1978)으로 구하였다.

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

여기서, A는 난소의 중량, B는 난소 겉질의 중량, C는 난소 일부의 중량, e는 C 내의 난 수이다.

상대포란수는 성숙한 개체의 체중에 대하여 Bagenal (1978)의 방법으로 구하였다.

$$F = aFL^b; F = aTW^b; F = aOW^b$$

여기서, FL (fork length)은 가랑이 체장, TW (total weight)는 체중, OW (ovary weight)는 생식소중량, a와 b는 상수이다.

성숙체장(FL)은 산란기로 추정되는 시기의 중숙 이상의 개체를 당해연도 산란가능군으로 보고 그 비율을 구하여 다음의 logistic식(King, 2007)을 이용하여 추정하였다.

$$P_i = \frac{1}{1 + e^{-b(FL_i - FL_{50})}}$$

여기서, P_i 는 i 가랑이 체장계급에서의 성숙비율, FL_i 는 i 가랑이 체장계급의 가랑이 체장, b는 상수이다.

결 과

가랑이 체장분포

2018년 1월부터 12월까지 암·수 총 1,014개의 참돔을 측정한 결과(Table 1), 총 549개체의 암컷 가랑이 체장은 최소 18.4 cm, 최대 64.6 cm, 평균 32.0 cm로 나타났으며, 25-30 cm 범위에서 27.0%로 가장 많은 분포를 나타냈다. 또한 총 465개체의 수컷 가랑이 체장은 최소 18.6 cm, 최대 70.4 cm, 평균 31.3 cm로 나타났으며, 20-25 cm 범위에서 23.7 %로 가장 많은 분포를 나타냈다.

생식소숙도지수(GSI) 월별 변화

참돔 암컷과 수컷의 생식소숙도지수(GSI)의 월 변화를 분석하였다(Fig. 2). 암컷의 GSI는 3월부터 증가하기 시작하여 4월과 5월에 각각 1.10 ± 1.12 과 2.23 ± 2.01 로 높았고, 이 후, 0.52 ± 0.69 이하의 낮은 값을 나타내었다. 수컷의 GSI는 암컷과 마찬가지로 3월부터 증가하기 시작하여 5월에 2.20 ± 2.14 의 최대값을 보였으며, 이 후, 0.58 ± 0.67 이하의 낮은 값을 나타내었다.

성숙도의 월 변화

생식소의 육안관찰 및 조직학적 관찰을 통하여 암컷의 숙도를 4단계로 구분하여 분석한 결과는 다음과 같다(Fig. 3). 미숙단계는 연중 높은 비율로 출현하였고, 중숙단계인 개체의 비율은 1월에서 5월로 갈수록 점차 증가했다. 성숙단계는 4월부터 5월 까지 출현하였으며 6부터 8월까지 방중 및 방후단계의 개체들이 관찰되었다. 우리나라 남해에 출현하는 참돔의 산란기는 4-8월이며, 주 산란기는 5-6월로 추정되었다.

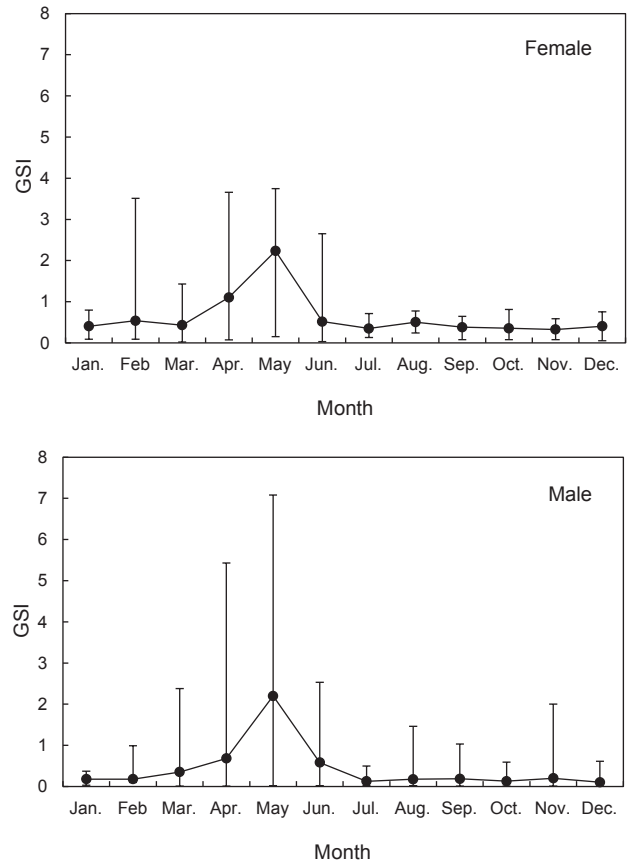


Fig. 2. Monthly variation in gonadosomatic index (GSI) of red seabream *Pagrus major* collected from January to December 2018 in the South Sea of Korea

Table 1. Size distributions of red seabream *Pagrus major* collected from January to December 2018 in the South Sea of Korea

Month	Total number	Female			Male		
		Range (cm)	Mean (cm)	n	Range (cm)	Mean (cm)	n
Jan.	90	24.6-61.9	32.2	44	24.1-58.6	32.5	46
Feb.	88	21.0-58.4	31.1	43	20.1-52.5	29.4	45
Mar.	85	20.0-56.8	26.3	55	20.2-37.8	25.6	30
Apr.	84	19.3-56.2	33.7	43	18.6-54.5	28.7	41
May	90	22.2-58.2	33.1	49	22.1-50.8	31.4	41
Jun.	90	23.6-56.5	31.5	52	24.0-56.5	36.0	38
Jul.	71	22.6-52.4	31.4	45	24.4-55.0	32.5	26
Aug.	74	28.2-51.2	36.3	36	26.1-41.5	32.9	38
Sep.	90	25.6-52.5	32.7	46	24.0-70.4	34.5	44
Oct.	93	26.5-63.4	33.4	57	28.2-57.8	34.5	36
Nov.	73	19.1-64.5	30.5	46	19.9-46.5	30.0	27
Dec.	86	18.4-57.7	31.3	33	18.8-53.4	28.2	53
Total	1,014	18.4-64.5	32.0	549	18.6-70.4	31.3	465

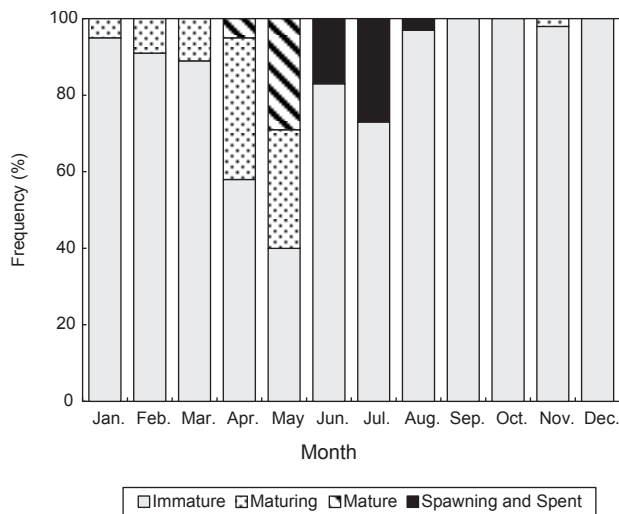


Fig. 3. Monthly changes of maturity atages of red seabream *Pagrus major* collected from January to December 2018 in the South Sea of Korea.

난소의 조직학적 관찰

참돔 암컷의 생식소를 조직학적으로 살펴 본 결과, 초기성장기(early growing stage) 난소에는 세포질이 빈약하고 핵이 세포의 대부분을 차지하고 있는 초기 난모세포들이 관찰되었다(Fig. 4A). 성장할수록 핵 내의 인과 난황구들이 관찰되었고, 여포세포층이 발달하는 주변인기 난모세포들이 대부분인 후기성장기(late growing stage)이었다. 이후, 중숙기(maturing stage)에 이르면 난황구가 형성되기 시작하고, 소형의 유구가 관찰되었으며, 여포세포층이 발달한 난모세포들이 나타나게 되었다(Fig. 4C). 성숙기(mature stage)에 접어들면서 핵막은 불규칙한 타원형이 되고, 세포질은 난황으로 채워졌으며, 크고 작은 유구들과 크기가 큰 세포들이 관찰되었다(Fig. 4D, 4E). 또한, 방중 및 방후기(spawning and spent stage)의 난소에서는 난소 내 유구기 난모세포부터 미방출된 완숙난모세포들이 퇴화, 흡수되는 개체들이 관찰되었다(Fig. 4F).

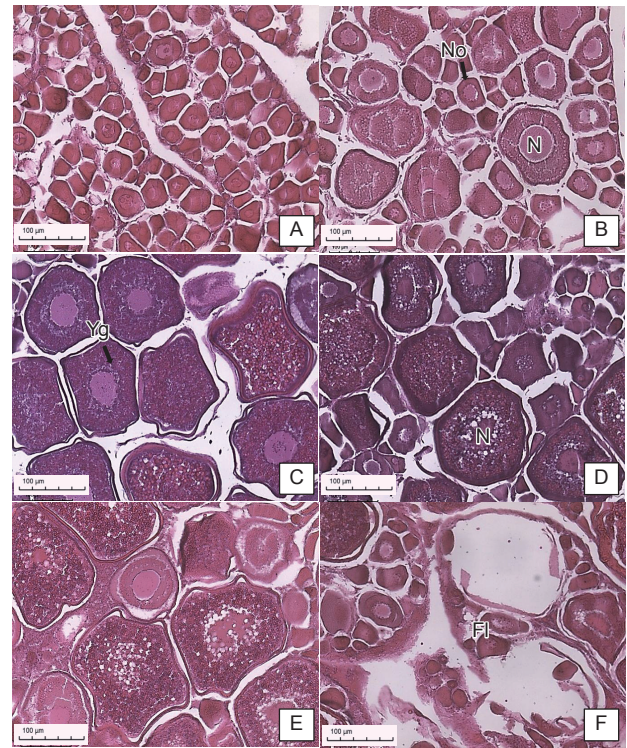


Fig. 4. Photomicrographs of the ovarian development phase of red seabream *Pagrus major* in the South Sea of Korea, A, Early growing stage; B, Late growing stage; C, Maturing stage; D, E, Mature stage; F, Spawning and spent stage; N, nucleus; No, nucleous; Yg, yolk globules; Fl, follicle layer.

포란수

참돔의 재생산력을 알아보기 위하여 산란기로 추정되는 4-8월의 성숙한 34개체를 대상으로 포란수를 조사한 결과(Table 2), 가랑이 체장에 따른 절대포란수는 최소 228,996개(33.6 cm FL)에서 최대 4,544,948개(49.9 cm FL)로 나타났다. 가랑이 체장(FL)과 포란수(F)간의 관계식은 $F=0.4869FL^{3.9452}$ ($R^2=0.7448$)으로 체장이 커질수록 포란수가 증가하는 경향이 나타났다(Fig. 5). 상대포란수는 가랑이 체장 30.0-34.9 cm에

Table 2. Absolute and relative fecundities according to fork length of red seabream *Pagrus major* collected from April to August 2018 in the South Sea of Korea

Fork length (cm)	Absolute fecundity (eggs)		Relative fecundity (eggs/cm)		n
	Range	Mean	Range	Mean	
30.0-34.9	228,996-924,820	439,405	6,750-27,261	12,952	8
35.0-39.9	480,232-1,632,127	905,478	14,156-48,110	26,691	16
45.0-49.9	193,142-4,544,948	2,763,212	56,932-133,970	81,451	5
50.0-54.9	201,142-2,747,953	1,525,754	5,932-81,001	44,974	4
55.0-56.2	4,212,648	4,212,648	124,175	124,175	1

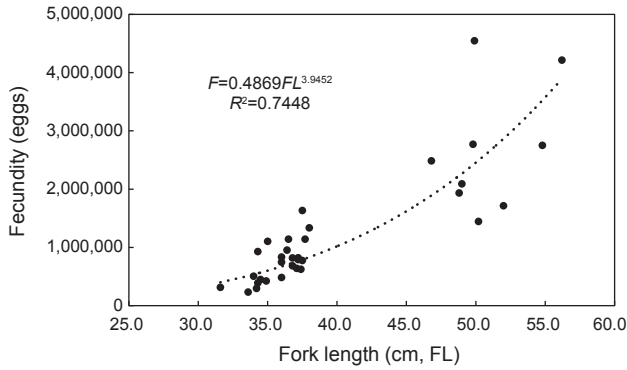


Fig. 5. Relation between fork length and fecundity of red seabream *Pagrus major* collected from April to August 2018 in the South Sea of Korea

서 12,952개로 가장 적게 나타났으며 55.0-56.2 cm 크기군에서 124,175개로 가장 많게 나타났다.

성숙체장(FL)

참돔 암컷의 성숙체장(FL) 알아보기 위하여 산란기로 추정되는 4-8월의 중숙 이상 개체를 당해년도에 산란에 참여하는 것으로 보고 가량이 체장을 1 cm로 나누어 성숙개체의 출현율을 조사하였다. 가량이 체장 25.5 cm 미만에서는 산란에 참여하는 개체가 없었으며, 35.3 cm에서는 50%, 37.8 cm에서는 75%, 43.3 cm에서는 97.5%가 산란에 참여하는 것으로 나타났다. 따라서, logistic식에 의한 참돔 암컷의 50% 성숙체장(FL)은 35.3 cm로 추정되었다.

고 찰

참돔의 생식소숙도지수(GSI) 월 변화를 살펴본 결과 GSI 값이 3월부터 증가하기 시작해 5월에 가장 높은 값을 나타내었다. 또한, 참돔 성숙도의 월 변화를 살펴본 결과, 4월부터 성숙상태

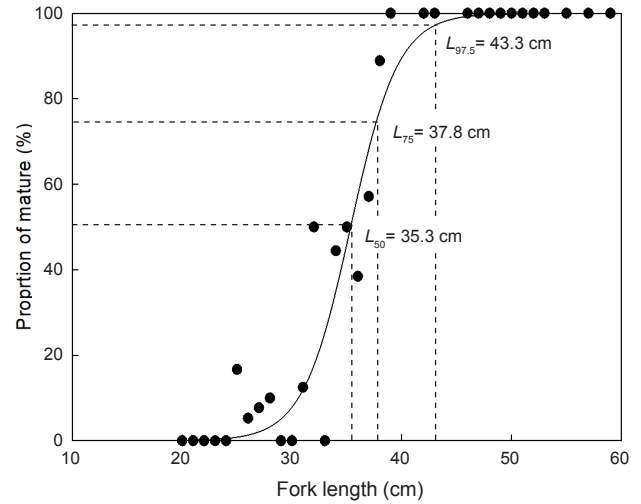


Fig. 6. A logistic between fork length and proportion of mature of female of red seabream *Pagrus major* collected from January to December 2018 in the South Sea of Korea.

의 개체가 출현하였으며, 5월부터는 개체수가 증가하였고, 5월 이후, 방중 및 방후 개체들이 출현하는 것으로 보아 참돔의 산란기는 4-8월, 주 산란기는 5-6월로 추정되었다. 참돔의 산란수온은 16.5-21.5°C로 알려져 있는데(Zenitani et al., 2014), 이번 연구해역에서 주 산란기로 추정되는 5-6월의 수온은 17.1-20.9°C로 유사한 수온 범위를 보였다(KHOA, 2019). 선행연구에 따르면 일본 후쿠오카현 주변해역에 출현하는 참돔의 산란기는 4-6월, 홍콩 연안해역에 출현하는 참돔은 11-2월로 알려져 있는데, 일본 후쿠오카현 주변해역에서 이루어진 연구의 경우, 이번 연구와 유사한 결과가 나타났지만 홍콩 연안해역에서 이루어진 연구는 차이를 보였다(Table 3). 도미과 어류는 생활사 초기에 높은 수온에 대한 내성이 낮기 때문에 비교적 저위도인

Table 3. Summary of reproductive biology studies of red seabream *Acanthopagrus schlegelii* and *Pagrus major*

Species	Location	Spawning period	Average sea surface temperature (°C)		50% group maturation of female (cm)	Method	References
			Annual range	During spawning period			
<i>Acanthopagrus schlegelii</i>	Hong Kong 22°N, 114°E	Nov.-Mar.	16.9-27.6	16.9-23.4	29.1 SL	H, G	Law, 2017
<i>A. schlegelii</i>	South Sea, Korea 33°N, 127°E	May-Jun.	7.3-24.1	15.8-19.3	23.4 FL	G	Kwon et al., 2009
<i>Pagrus major</i>	Fukuoka, Japan 33-34°N, 130°E	Apr.-Jun.	11.7-26.1	14.3-19.8	30.0 FL	H	Matsuyama et al., 1987
<i>P. major</i>	Hong Kong 22°N, 114°E	Nov.-Feb.	16.9-27.6	16.9-23.4	33.2 SL	H, G	Law, 2017
<i>P. major</i>	South Sea, Korea 33°N, 127°E	May-Jun.	9.4-21.1	17.1-20.9	35.1 FL	H, G	This study

SL, standard length; FL, fork length; H, gonad histology; G, gonadosomatic index.

홍콩 연안해역의 경우, 연중 표층수온이 높아 수온이 낮은 11-2월에 산란을 하며 한국과 일본 연안해역의 경우, 약 4-6월의 수온이 산란에 적합한 수온이므로 이 시기에 산란을 하는 것으로 판단된다(Sheaves, 2006). 또한 어류의 성숙과 산란은 수온, 광주기와 밀접한 관련이 있는데(De vlaming, 1972), Aida (1991)는 수온과 광주기 변화에 따라 크게 춘계산란형, 춘-하계산란형, 하계산란형, 춘-추계산란형, 추계산란형, 동계산란형의 6가지 형태로 구분하였다. 우리나라 남해에 출현하는 참돔은 이 중, 4-8월에 산란하는 춘-하계산란형이었다

참돔의 재생산력을 파악하기 위하여 포란수를 조사한 결과, 가량이 체장 33.6 cm 개체에서 최소 228,996개, 가량이 체장 49.9 cm에서 최대 4,544,948개로 관찰되었으며, 체장과 포란수 관계식은 $F=0.4869FL^{3.9452}$ ($R^2=0.7448$)로 나타났다. 어류의 체장이 커질수록 포란수가 증가하는 현상은 이번 연구 결과뿐만 아니라, *Pagrus auratus* (Jackson, 2007), 감성돔(Kwon et al., 2009), *Pagrus pagrus* (Militelli et al., 2017) 등에서도 관찰되었는데, 이와 같은 포란수의 변화는 어체의 크기나 연령, 서식밀도, 환경조건 등에 따라 변화되는 것으로 판단되었다(Kim and Zhang, 1994).

이번 연구에서 참돔 암컷의 50% 성숙체장(FL)은 35.3 cm로 나타났으며, 43.3 cm (FL) 이상에서는 대부분의 개체가 산란에 참여하였다. 일본 홋카이도현 주변해역에 출현하는 참돔의 경우, 50% 성숙체장은 30.3 cm (FL), 홍콩 연안해역에 출현하는 참돔에서는 33.2 cm (SL)로 보고되었다(Matsuyama et al., 1987; Law, 2017). 이번 연구 결과, 참돔의 50% 성숙체장(FL)은 일본과 홍콩 연안해역에 출현하는 참돔의 50% 성숙체장(FL)보다 각각 5.2 cm, 2.1 cm로 더 컸다(Table 3). 서식해역에 따른 성숙체장(FL)의 차이는 같은 도미과에 속하는 감성돔에서도 발견되었는데, Kown et al. (2009)에서 23.4 cm (FL), Law (2017)에서 29.1 cm (FL)로 홍콩 연안해역에 출현하는 감성돔이 우리나라 남해안에 출현하는 감성돔의 성숙체장(FL)보다 5.7 cm 더 컸다. 이와 같은 동일 종에서의 성숙체장(FL) 차이는 조사해역에 따른 해양환경, 개체군의 자원상태, 조사시기 등이 관계가 있을 것으로 판단된다.

사 사

본 연구는 국립수산물연구원(근해어업자원조사, R2020021)의 지원에 의해 수행되었습니다.

References

- Aida K. 1991. Environmental regulation of reproductive rhythms in teleostei. Bull Inst Zool Acad Sinica Monogr 16, 173-187.
- Bagenal TB. 1978. Methods for assessment of fish production in freshwaters. Blackwell scientific publications, Oxford, U.K., 300.
- Coleman FC, Koenig CC and Collins LA. 1996. Reproductive styles of shallow-water groupers (Pisces: Serranidae) in the eastern Gulf of Mexico and the consequences of fishing spawning aggregations. Enviro Biol Fish 47, 129-141. <https://doi.org/10.1007/BF00005035>.
- Chyung MK. 1997. The fishes of Korea. Ilji-sa, Seoul, Korea.
- De vlaming VL. 1972. The effects of temperature and photoperiod on reproductive cycling in estuarine gobbidfish, *Gillichthys mirabilis*. Fish Bull 70, 1137-1152.
- Huh SH, Kim HY and Baeck GW. 2006. Feeding habits of red sea bream, *Pagrus major* in the coastal waters off Busan, Korea. Korean J Ichthyol 18, 216-223.
- Jackson G. 2007. Fisheries biology and management of pink snapper, *Pagrus auratus*, in the inner gulfs of Shark Bay, Western Australia. Ph.D. Dissertation, University of Murdoch, Perth, Australia.
- Kim S and Zhang CI. 1994. Fish ecology. Seoul Press, Seoul, Korea, 274.
- Kim YS, Han KH, Kang CB and Kim JB. 2004. Commercial fishes of the coastal & offshore waters in Korea. Hanguel Graphics Press, Busan, Korea, 175.
- King MG. 2007. Fisheries biology, assessment and management: 2nded. Blackwell Publication, Oxford, U.K., 382.
- Kwon HC, Zhang CI, Shin YJ, Kim KH, Kim JI and Seo YI. 2009. Maturation and spawning of black seabream, *Acanthopagrus schlegelii* in the Southern Sea of Korea. Korean J Ichthyol 21, 93-99.
- KOSIS (Korean Statistical Information Service). 2019. Statistic database for fisheries production. Retrived from <http://www.fips.go.kr> on Dec 03, 2019.
- KOHA (Korea Hydrographic and Oceanographic Agency). 2019. Report of real-time Korea oceanographic observation. Retrived from <http://www.khoa.go.kr> on Dec 11, 2019.
- Law SW. 2017. Reproductive biology of black seabream *Acanthopagrus schlegelii*, threadfin porgy *Evynnis cardinalis* and red pargo *Pagrus major* in the northern South China Sea with consideration of fishery status and management needs. J Fish Biol 91, 101-125. <https://doi.org/10.1111/jfb.13331>
- Matsuyama M., Matsuura S, Ouchi Y and Hidaka T. 1987. Maturity classification and group maturity of the red sea bream *Pagrus major*. I. Female maturity. Mar Biol 96, 163-168. <https://doi.org/10.1007/BF00427015>.
- Militelli MI, López S and Rodrigues KA, García S and Macchi GJ. 2017 Reproductive potential of *Pagrus pagrus* (Perciformes: Sparidae) in coastal waters of Buenos Aires Province (Argentina) and Uruguay (34°-39°S). Neotrop Ichthyolo 15, e160127. <http://dx.doi.org/10.1590/1982-0224-20160127>.
- Shimamoto N and Watanabe J. 1994. Seasonal changes in feeding habit of red sea bream *Pagrus major* in the Eastern Seto Inland Sea, Japan. Nippon Suisan Gakkaishi 60, 65-71. <https://doi.org/10.2331/suisan.60.65>.

- Sadovy YJ. 1996. Reproduction of reef fishery species. In: Reef Fisheries. NVC Polunin and CM Roberts, Eds. Chapman & Hall, London, U.K., 15-59.
- Sheaves M. 2006. Is the timing of spawning in sparid fishes a response to sea temperature regimes?. *Coral Reefs* 25, 655-669. <https://doi.org/10.1007/s00338-006-0150-5>.
- Toshio S. 1984. Age and growth of the red sea bream in the Outer Waters adjacent to the Kii Strait. *Nippon Suisan Gakkai-shi* 50, 1829-1834. <https://doi.org/10.2331/suisan.50.1829>.
- Zenitani H, Onishi Y and Obata Y. 2014. Spawning grounds of red sea bream in the east Seto Inland Sea. *Fish Sci* 80; 499-504. <https://doi.org/10.1007/s12562-014-0710-5>.