

동해 중부해역에 출현하는 말쥐치(*Thamnaconus modestus*) 암컷의 성숙과 산란

남기문 · 유준택¹ · 김재원² · 박종혁³ · 백근욱^{3*}

부경해양생물연구소, ¹국립수산과학원 수산자원연구센터, ²강원도립대학교 해양생명과학과,
³경상대학교 해양식품생명의학과/해양산업연구소/해양생물교육연구센터

Maturation and spawning of female black scraper, *Thamnaconus modestus* in the coastal waters off Middle East Sea, Korea

Ki-Mun NAM, Jun-Taek YOO¹, Jea-Won KIM², Jong Hyeok PARK³ and Gun Wook BAECK^{3*}

Pukyong Marine Life Research Institute, Sacheon 52540, Korea

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

²*Department of Marine Life Science & Aquaculture, Gangwon Provincial College, Gangneung 25425, Korea*

³*Department of Seafood and Aquaculture Science/Institute of Marine Industry/Marine Bio-Education and Research Center,
Gyeongsang National University, Tongyeong 53064, Korea*

The maturation and spawning of black scraper, *Thamnaconus modestus* were studied using samples collected monthly from March, 2015 to February, 2016 in the coastal waters off Middle East Sea, Korea. The gonadosomatic index (GSI) of female was the highest in June. The spawning periods lasted from March to September based on histological observation of female gonad development. The percentage of sexually mature females estimated from a logistic function was over 50% for the size group 18.02 cm (total length, TL). The size of eggs spawned was between 0.40 to 0.58 mm. Fecundity varied between 185,648 and 9,747,250 eggs. The relationship between the fecundity and TL of the fish was expressed in the fecundity equation as $F = 0.0297TL^{5.4835}$.

Keywords : *Thamnaconus modestus*, Black scraper, Maturation and spawning, Group maturation

서론

말쥐치(*Thamnaconus modestus*)는 복어목(Tetraodontiformes) 쥐치과(Monacanthidae)에 속하는 어류로 우리나라 전 연안, 일본 북해도 이남, 동중국해, 남아프리카 등지에 분포한다(Yamada et al., 2007). 말쥐치는 쥐치(*Stephanolepis*

cirrifer), 객주리(*Aluterus monoceros*) 등과 같은 쥐치과 어류와 마찬가지로 건어포, 회, 탕, 조림 등의 다양한 식품으로 이용될 만큼 우리나라에서 경제적 가치가 매우 높은 어종이다.

우리나라의 쥐치과 어류 어획량은 1990년 이전에 연

*Corresponding author: gwbaeck@gnu.ac.kr, Tel: +82-55-772-9156, Fax: +82-55-772-9159

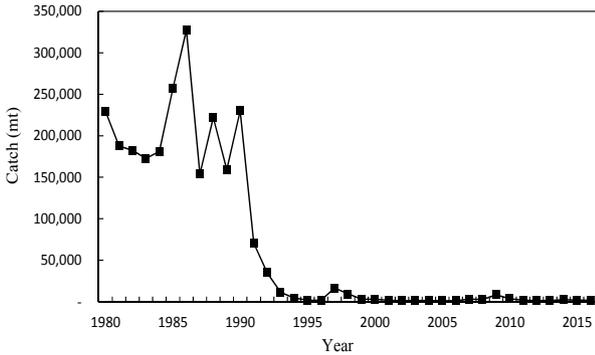


Fig.1. Variations in annual catch (mt) of Monacanthidae fishes in the Korean waters.

간 약 20만 mt 수준이던 것이 1991년 약 10만 mt 이하, 1994년 5천 mt 이하로 급감한 이후 현재까지 약 2천 mt 내외의 어획량을 보이고 있다(MOF, 2017; Fig. 1). 또한 우리나라에서 쥐치과 어류는 1980년대에 어획량이 높고 가격이 저렴하여 가공수출의 대상이었다. 하지만 1990년대 이후부터 어획량이 이전에 비해 급감하여 현재 이용되는 쥐치과 어류 가공품의 원료는 대부분 수입산 쥐치과 어류로 대체되고 있는 실정이다.

이와 같이 최근 쥐치과 어류 자원의 급격한 감소에 대한 자원관리 방안을 수립하기 위해서는 자원의 생태적인 변화를 파악하는 것이 필요하다. 특히 자원량에 직접적인 영향을 주는 산란생태에 대한 연구는 반드시 이루어져야 할 연구 중의 하나이다. 따라서 본 연구에서는 말쥐치의 산란생태를 규명하기 위하여 암컷 생식소의 월별 중량지수 변화, 조직학적 변화, 군성숙 전장, 포란수 등을 알아보았다.

재료 및 방법

말쥐치 시료는 영덕군 축산항 주변 해역에서 2015년 3월부터 2016년 2월까지 매월 1회 정기망에 의해 채집된 암컷 170개체를 사용하였다(Fig. 2). 채집된 시료는 실험실에서 어체 측정판과 전자저울을 이용하여 전장 0.1 cm, 체중 0.1 g, 생식소 0.01 g까지 측정하였다. 생식소중량지수(Gonadosomatic index, GSI)는 (1)의 식을 이용하여 계산하였다(Anderson and Gutreuter, 1983).

$$GSI = (GW / BW) \times 100 \quad (1)$$

여기서, GW는 생식소 중량(g), BW는 체중(g)이다. 생식소의 내부구조와 생식소 발달의 조직학적 변화를 관찰하기 위하여 생식소를 추출하여 Bouin's solution에 24시간 고정하였다. 이후 수세와 탈수과정을 거쳐 parplast에 포매한 후, 4-6 μm 두께로 연속 절편하여 H-E(Hematoxylin-eosin) 비교염색을 실시하고 Marinol 로 봉입하였다. 제작된 생식소 조직표본은 광학현미경 (LEICA DMIL LED)을 이용하여 검정하였다.

군성숙 전장은 산란기로 추정되는 기간에 중숙 이상의 개체를 당해 연도 산란 가능군으로 판단한 후, 비율을 구하고 식 (2)의 logistic식(King, 2007)을 이용하여 추정하였다.

$$P_i = \frac{1}{1 + e^{-b(TL - TL_{50})}} \quad (2)$$

여기서, P_i 는 i 체장계급에서의 군성숙 비율, b 는 상수, TL 은 체장계급의 전장, TL_{50} 은 50% 군성숙전장이다. 포란수는 성숙한 개체의 난소에 대하여 식 (3)의 습중

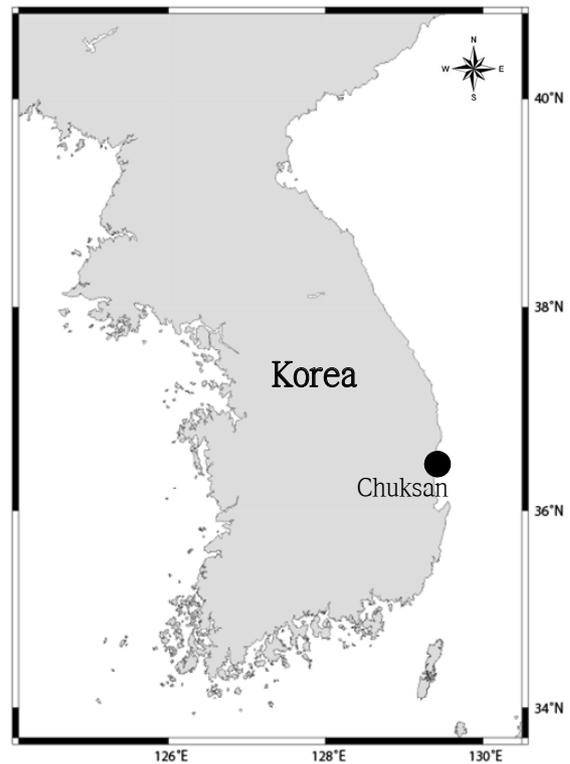


Fig. 2. Sampling location of black scrapper *Thamnaconus modestus*(●).

량법(Bagenal, 1978)으로 구하였다.

$$F = \frac{A - B}{C} \times e \quad (3)$$

여기서, A는 난소의 중량, B는 난소 껍질의 중량, C는 검정한 난소 일부의 중량, e는 C에서 계수된 난의 수이다. 상대포란수는 성숙한 개체의 체중에 대하여 식 (4)의 방법(Bagenal, 1978)으로 구하였다.

$$F = aTL^b; F = aTW^b; F = aOW^b \quad (4)$$

여기서, TL은 전장, TW는 체중, OW는 생식소중량, a와 b는 상수이다.

결과 및 고찰

생식소중량지수(GSI)의 변화와 생식소의 조직학적 변화

2015년 3월부터 2016년 2월까지 말쥐치 암컷 170개체를 대상으로 조사한 생식소중량지수(GSI)의 변화를 알아보았다(Fig. 3). GSI는 3월에 평균 0.91이었던 값이 점진적으로 높아져 6월에 평균 4.25로 가장 높은 값을 보였다. 7월에 평균 3.93이었으며 이후, 점진적으로 낮아져 9월에 평균 0.33으로 조사기간 중 가장 낮은 값을 나타냈다. 10월부터 2월까지 평균 0.44~1.04로 점차 높아지는 양상을 나타냈다.

말쥐치의 생식소 조직 발달과정을 알아보기 위해 암컷 생식소의 조직학적 변화를 살펴본 결과(Fig. 4), 3월의 개체들에서는 난소가 활성화되기 시작하여 초기성장기(Early growing stage)의 난소소엽 내에서 초기 난모세포(난경 10~20 μm)와 주변인기 난모세포(난경 20~50 μm)들이 출현하였다(Fig. 4A). 4~5월에 접어들면서 대부분의 개체가 후기성장기(Late growing stage)의 난소를 갖는데 난소 내에서는 난황포기 및 난황과립을 갖는 난모세포(난경 70~150 μm)들이 난소소엽을 채웠다(Fig. 4B). 6월에는 난소의 발달이 급격히 진행되어 대부분의 난소 내에는 다량의 난황이 축적된 난모세포들과 배포이동기에 속하는 성숙난모세포(Mature stage; 난경 150~200 μm)들이 출현하였다(Fig. 4C). 7월과 8월에는 완숙기(Ripe stage)의 난소가 출현하였고 이때 난소소엽 내에는 난경 400~580 μm 전후의 완숙 난으로

가득 채워졌으며(Fig. 4D), 배란흔적(Spent stage)이 나타나는 난소도 출현하는 것을 볼 수 있었다(Fig. 4E). 9월 이후 방란이 끝난 암컷 개체들의 난소소엽 내에는 미방출된 난모세포들과 잔존여포들이 회복·흡수 되었으며 난소소엽은 위축되어 1월까지 회복 및 휴지기(Recover and resting stage)의 상태를 보였다(Fig. 4F).

말쥐치 생식소의 조직학적 발달단계를 살펴보면 3월부터 중숙 이상 난모세포들의 발생이 대량 관찰되기 시작하였고 이후, 완숙상태의 난들이 출현하기 시작한 6월 이후인 8월과 9월에도 생식소 내에서 후기성장기 또는 성숙기의 세포들이 여전히 존재하여 난으로 발생되는 것이 관찰되었다. 따라서 말쥐치의 산란기는 생식소의 조직학적 변화와 생식소중량지수 변화에 따라 3~9월로 추정해 볼 수 있었으며, 주 산란기는 생식소중량지수가 급격히 높아졌다 낮아지는 6~9월로 추정된다. 과거의 연구들에서 말쥐치의 산란기는 봄부터 이른 여름까지로 알려져 있어 본 연구결과와 계절적으로는 유사하지만 보다 상세하게 월별로 살펴보았을 때에는 Kwon et al.(2011)의 연구에서 3~5월, Park(1985)의 연구에서 4~6월, Wu et al.(1989)의 연구에서 6월, Lee et al.(2000)의 연구에서 3~6월, Kim et al.(2016)의 연구에서 5~6월의 결과를 보여 본 연구 결과와 차이를 나타냈다(Table 1). 본 연구와 과거의 연구들에서 산란기의 월별 차이를 보이는 것은 시료채집 지역의 차이와 조사 시기의 차이를 고려해 보았을 때 산란기가 다소 상이한 다른 계군일 가능성이 높다고 판단된다.

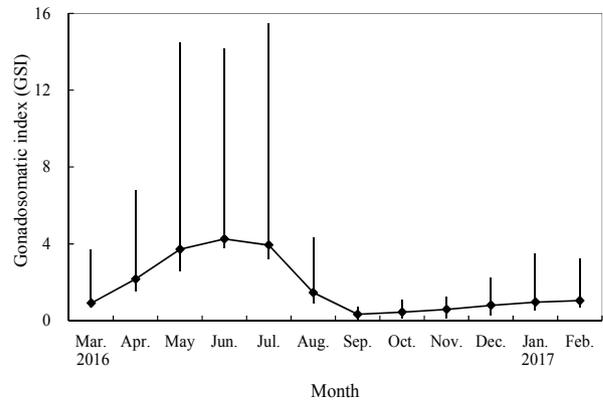


Fig. 3. Monthly changes in gonadosomatic index of female *Thamnaconus modestus* in the coastal waters off Middle East Sea, Korea (Bars indicate max. and min. value of GSI).

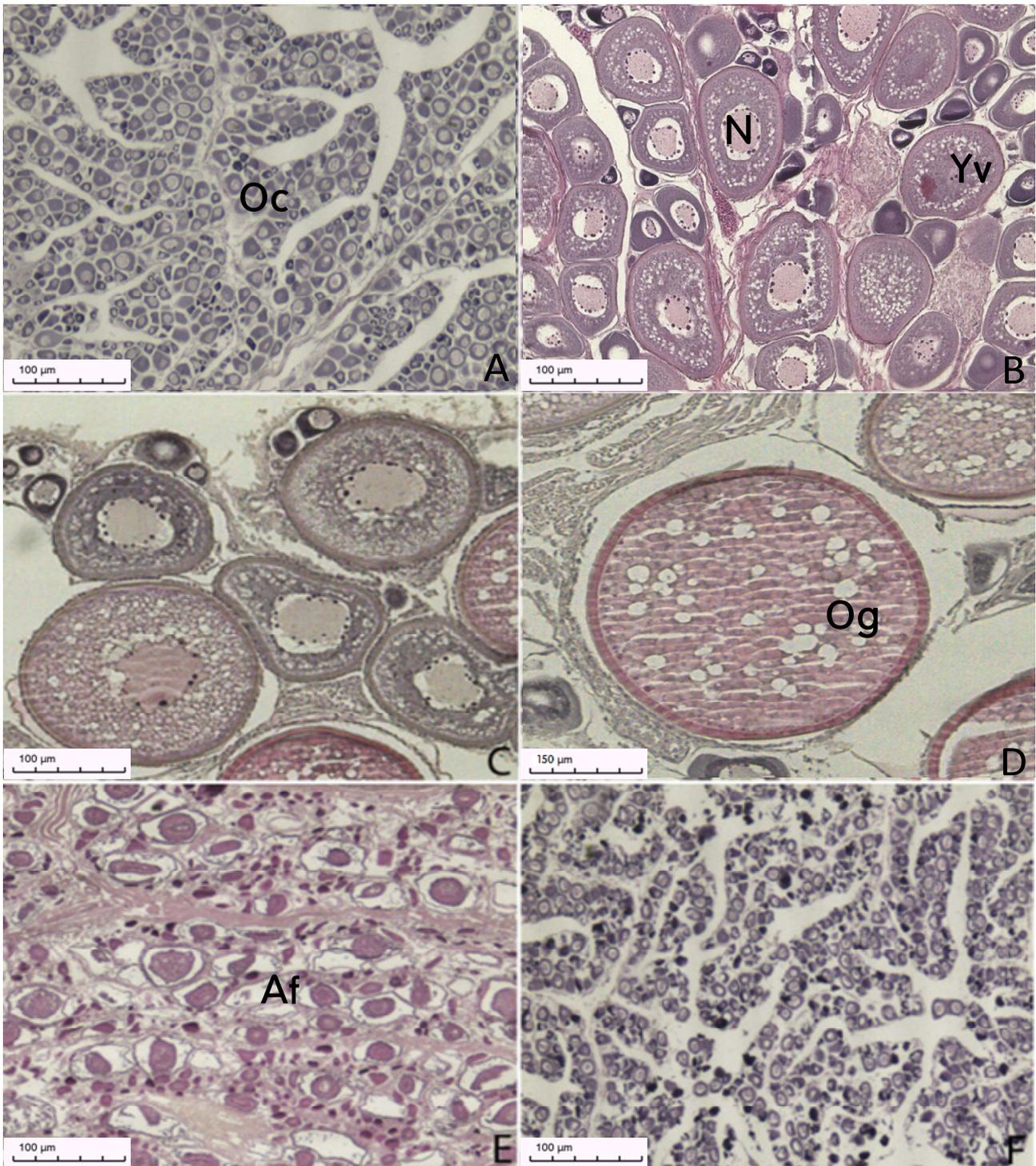


Fig. 4. Photomicrographs of ovarian development phases of female *Thamnaconus modestus* in the coastal waters off Middle East Sea, Korea. (A) Early growing stage: Note the oogonia, perinucleolus, and early oocyte in the cytoplasm; (B) Late growing stage: Note the oocyte with yolk vesicle in the cytoplasm; (C) Mature stage: Note the oocyte in nucleus migratory; (D) Ripe stage: Note the ripe eggs containing homogenized yolk materials and oil globules in the cytoplasm; (E) Spent stage: Note the residual follicles after ovulation; (F) Recovery and resting stage: Note residual immature oocytes. Abbreviation; N, nucleus; Oc, oocyte; Og, oil globule; Yv, yok vesicle; Af, atretic follicle.

군성숙 전장과 포란수

말쥐치 암컷의 군성숙 전장을 알아본 결과는 Fig. 5와 같이 나타났다. 말쥐치의 전장 16 cm 미만에서는 성숙한 개체들이 출현하지 않았으며, 전장 17.1 cm부터 산란에 참여 가능한 성숙한 개체들이 나타나기 시작하였다. 또한 전장 26 cm 이상의 개체들부터 모든 개체들이 산란에 참여 가능한 성숙한 개체로 나타났다. 따라서 logistic식에 의한 말쥐치 암컷의 군성숙 전장은 18.02 cm로 추정되었다.

우리나라 연안에 출현하는 말쥐치 산란생태에 대한 선행연구 중에서 말쥐치의 군성숙 전장에 관하여 조사

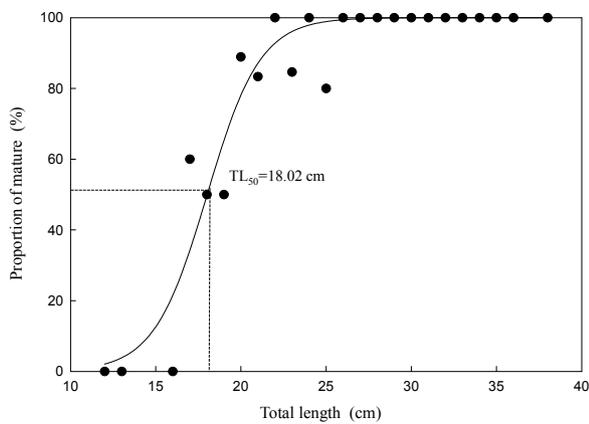


Fig. 5. A logistic relationship between total length and proportion of mature of female *Thamnaconus modestus* collected from March to September, 2015 in the coastal waters off Middle East Sea, Korea.

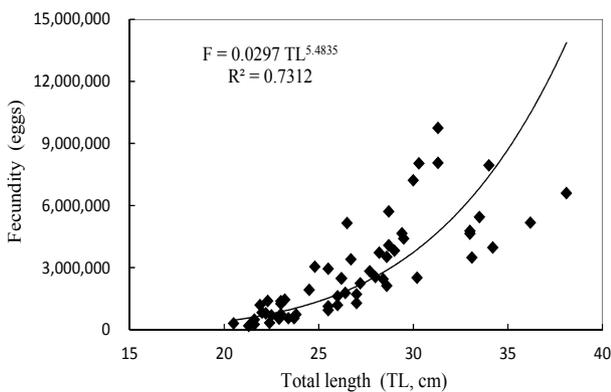


Fig. 6. Relationship between total length and fecundity of *Thamnaconus modestus* collected from March to September, 2015 in the coastal waters off Middle East Sea, Korea.

한 연구로는 Kim et al.(2016)과 Park(1985) 연구가 있는데 각각 전장 25.9 cm와 전장 21.0 cm라는 결과를 도출하여 본 연구 결과와 달랐다. Kim et al.(2016)의 연구는 말쥐치 생식소를 육안 관찰한 결과를 이용하여 추정된 결과로 본 연구와 분석방법의 차이가 있어 결과를 직접적으로 비교하기는 어려운 상황이다. 하지만 과거 Park(1985)의 연구에서는 본 연구와 마찬가지로 말쥐치 생식소의 조직학적 분석방법을 이용한 결과로 군성숙 전장을 전장 21.0 cm로 보고하였다. 따라서 자원량이 풍부했던 과거보다 현재 말쥐치의 군성숙 전장이 약 3 cm 작아진 것을 추정해 볼 수 있었다. 이러한 결과는 Kim et al.(2009), Yeon et al.(2010), Kim et al.(2012) 등에 의해 선행된 많은 연구 결과에서 밝히 바와 같이 높은 강도의 어획이 장기간 이루어져 지속적인 자원감소가 이루어짐에 따라 말쥐치의 성숙체장이 작아진 남획의 징후 중에 하나라고 판단해 볼 수 있다.

말쥐치의 재생산력을 알아보기 위해 포란수를 조사한 결과는 Table 2와 같다. 전장에 따른 절대포란수는 전장 21.3 cm 개체에서 최소 185,684개, 전장 31.3 cm 개체에서 최대 9,747,250개로 나타나 전장과 포란수 관계식은 $F=0.0297TL^{5.4835}(R^2=0.7312)$ 로 나타났다 (Fig. 6).

상대포란수(eggs/cm)는 전장 20.0~21.9 cm 크기군에서 평균 22,698개로 가장 적게 나타났으며 전장 30.0~31.9 cm 크기군에서 232,347개로 가장 많게 나타났다. 쥐치과 어류의 과거 연구들에서 쥐치는 약 700,000~7,400,000개, *S. hispidus*는 약 14,000~91,000개의 포란수 범위를 나타냈고 말쥐치는 과거의 연구들에서 약 160,000~1,410,000개의 포란수 범위를 나타내 말쥐치속 어류가 전장이 더 작은 쥐치속 어류와 비교해 적은 포란수 범위를 가지는 것으로 나타났다(Table 1).

하지만 본 연구에서 말쥐치는 쥐치속 어류와 동일한 전장범위에서는 적은 포란수를 가지지만 쥐치속 어류의 최대 성장전장보다 전장이 더 큰 말쥐치는 쥐치속 어류와 비교해 볼 때 더 많은 포란수를 갖는 것으로 파악되었다. 어류의 포란수는 연령, 크기, 영양상태 등에 따라 다르다고 알려져 있다(Kim and Zhang, 1994). 따라서 말쥐치 또한 전장이 커질수록 포란수도 증가하여 일반 경골어류와 유사한 경향을 나타내는 것으로 판단된다.

Table 1. Spawning period, 50% group maturation, absolute fecundity, egg diameters and total length range of Monacanthidae fishes

Species	Spawning period	50% group maturation (TL, cm)	Absolute fecundity (Eggs)	Egg diameters (mm)	Total length range (TL, cm)	Reference
<i>Stephanolepis cirrhifer</i>	Apr.~Sep.	11.70	693,981~7,383,429	0.40~0.70	13.3~23.6	1
<i>S. hispidus</i>	May~Oct.	13.90	14,071~91,323	0.37~0.57	8.9~25.9	2
<i>Thamnaconus modestus</i>	Mar.~May	~	450,000~1,100,000	0.60~0.64	22.0~26.0	3
<i>T. modestus</i>	Apr.~Jun.	21.00	210,000~1,410,000	0.57~0.72	22.2~25.5	4
<i>T. modestus</i>	Jun.	~	162,255~435,610	0.63~0.66	23.5~26.4	5
<i>T. modestus</i>	Mar.~Jun.	~	~	0.45~0.55	~	6
<i>T. modestus</i>	May~Jun.	25.92	~	~	~	7
<i>T. modestus</i>	Mar.~Sep.(2015)	18.02	185,684~9,747,250	0.40~0.58	12.7~38.2	Present

References : (1) Kwon et al., 2011, (2) Mancera-Rodriguez and Castro-Hernandez, 2015, (3) Kitashima et al., 1964, (4) Park, 1985, (5) Wu et al., 1989, (6) Lee et al., 2000, (7) Kim et al., 2016

Table 2. Absolute and relative fecundity according to total length of Black scraper *Thamnaconus modestus* collected from March to September, 2015 in the coastal waters off Middle East Sea, Korea

Total length(cm)	Absolute fecundity(eggs)		Relative fecundity(eggs/cm)		n
	Range	Mean	Range	Mean	
20.0~21.9	185,684~1,188,571	485,275	8,686~55,593	22,698	5
22.0~23.9	322,586~1,450,400	863,213	14,101~63,400	37,733	13
24.0~25.9	943,800~3,037,238	1,995,725	37,512~120,717	79,321	5
26.0~27.9	1,190,44~5,144,200	2,375,131	44,708~193,193	89,199	11
28.0~29.9	2,120,974~5,710,226	3,699,811	73,876~198,893	128,868	10
30.0~31.9	2,515,277~9,747,250	7,114,450	82,143~318,330	232,347	5
32.0~33.9	3,480,420~5,444,000	4,584,040	104,990~164,223	138,282	4
34.0~35.9	3,971,000~7,947,995	5,957,497	116,452~232,962	174,707	2
36.0~37.9	5,171,400	5,171,400	142,856	142,856	1
38.0~38.1	6,599,400	6,599,400	173,213	173,213	1

결론

2015년 3월부터 2016년 2월까지 동해 중부해역에 출현하는 말쥐치의 성숙과 산란생태에 대하여 조사하였다. 암컷의 생식소중량지수(GSI)는 6월에 가장 높게 나타났고 산란기는 3월부터 9월까지로 나타났다. 암컷의 50% 군성숙전장은 18.02 cm로 추정되었다. 난경의 범위는 0.40~0.58 mm였다. 절대포란수는 185,648~9,747,250 개로 나타나 전장과 포란수의 관계식은 $F=0.0297TL^{5.4835}$ 로 나타났다.

사사

본 연구는 2017년도 국립수산물과학원 수산과학연구소(근해어업자원조사, R2017025)의 지원으로 수행되었으며, 연구비 지원에 감사드립니다.

References

Anderson RO and Gutreuter SJ. 1983. Length, weight and associated structural indices in Nielson LA and Johnson DL(eds.) Fisheries Techniques. American Fisheries Society, Bethesda, Maryland, 468.

Bagenal TB. 1978. Methods for assessment of fish production in freshwaters. Blackwell scientific publications, Oxford, 300.

Kim AR, Bae HJ, Kim GH and Oh CW. 2016. Age and growth of filefish *Thamnaconus modestus*(Günther, 1877) off Jeju Island of Korea. Ocean Sci J 51, 355-362. (DOI:10.s12601-016-0031-y)

Kim S and Zhang CI. 1994. Fish Ecology. Seoul Press. Seoul, 274.

Kim SH, Park SW, Bae JH and Kim YH. 2009. Mesh selectivity of Drift gill net for yellow croaker,

- Larimichthys polyactis*, in the coastal sea of gageo-do. Kor J Fish Aquat Sci 42, 518-522.
- Kim SH, Park SW, Lee K and Yang YS. 2012. The estimation of optimum mesh size selectivity of a drift net for yellow croaker(*Larimichthys polyactis*) using by the SELECT model. J Korean Soc Fish Technol 48, 010-019. (DOI:10.3796/KSFT.2012.48.1.010)
- King MG. 2007. Fisheries Biology, Assessment and Management: 2nded. Blackwell Publ Oxford, 382.
- Kitashima C, Kawanishi M and Takeuchi T. 1964. Egg development and post-larval of a filefish, *Navodon modestus*(Günther, 1877). Suisanzoushoku 12, 49-54.
- Kwon HC, Zhang CI, Lee DW and Choi YM. 2011. Maturation and spawning of filefish *Stephanolepis cirrhifer* in the East Sea of Korea. Korean J Ichthyol 23, 111-118.
- Lee SJ, Go YB, Lee YD, Jung JH and Han CH. 2000. Annual Reproductive cycle of the filefish *Thamnaconus modestus* on the southern coast of Cheju Island. Korean J Ichthyol 12, 71-84.
- Mancera-Rodriguez NJ and Castro-Hernandez JJ. 2015. Reproductive biology of the planehead filefish *Stephanolepis hispidus*(Pisces: Monacanthidae) in the Canary Island area. Ichthyol Res 62, 258-267. (DOI:10.1007/s10228-014-0435-6)
- Ministry of Ocean and Fisheries(MOF). 2017. Statistic Database for Fisheries Production. <http://www.fips.go.kr/>. Accessed 15 Dec. 2017.
- Park BH. 1985. Studies on the fishery biology of filefish *Navodon modestus* in the Korean waters. Ph.D. Thesis, Pukyong National University, Korea, 64.
- Wu PQ, Wu HJ and Yang J. 1989. Reproduction ecology of fishes in the Jiaozhou Bay Waters. Chin J Oceanol Limnol 3, 183-195.
- Yamada UY, Tokimura H, Horikawa H and Nakada T. 2007. Fishes and Fisheries of the East China and Yellow Seas. Tokai University Press, 1172-1182.
- Yeon I, Lee DW, Choi KH, Hong BK, Kim JI and Kim YS. 2010. Long-term changes in the small yellow croaker, *Larimichthys polyactis*, Population in the Yellow and East China Seas. J Korean Soc Fish Technol 46, 392-405. (DOI:10.3796/KSFT.2010.46.4.392)
-
2017. 12. 28 Received
 2018. 02. 23 Revised
 2018. 02. 23 Accepted