

한국 연안해역에 출현하는 황아귀(*Lophius litulon*)의 성숙과 산란김도균 · 임양재¹ · 김정년¹ · 이해원¹ · 진수연 · 최유정 · 백근욱*경상대학교 해양식품생명과학과/해양산업연구소/해양생물교육연구센터, ¹국립수산과학원 수산자원연구센터Maturity and Spawning of the Yellow Goosefish *Lophius litulon* in the Coastal Waters of KoreaDo-Gyun Kim, Yang Jae Im¹, Jung Nyun Kim¹, Hae Won Lee¹, Suyeon Jin, 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

The maturity and spawning of the yellow goosefish *Lophius litulon* were studied using samples collected monthly from January to December 2018 from the coastal waters of Korea. We analyzed monthly changes in maturity stage, gonadosomatic index (GSI), total length (TL) at 50%, 75%, and 97.5% group maturity, egg diameter and fecundity. The spawning period was from January to June. The size of eggs spawned was between 0.30 to 1.28 mm. Fecundity varied between 328,314 to 1,624,783 eggs. The percentage of sexually mature females estimated from a logistic function was over 50% at 48.67 cm TL, 75% at 56.76 cm TL and 97.5% at 74.89 cm TL.

Keywords: Yellow goosefish, Maturity, Spawning

서론

황아귀(*Lophius litulon*)는 아귀목(Lophiiformes), 아귀과(Lophiidae)에 속하는 저서성 어류로 경제적 가치가 높으며, 우리나라의 중남부 연안, 동중국해 북부, 일본의 홋카이도 이남 등지의 깊은 곳에 분포한다(Chyung, 1977; Yamada et al., 1986; Kim et al., 2004). 황아귀가 속한 아귀과 어류는 세계적으로 4속 25종이 서식하고 있는 것으로 알려져 있으며, 우리나라에는 황아귀를 포함한 아귀(*Lophiomus setigerus*)와 용아귀(*Lophiodes insidiator*)가 출현하여 3속 3종이 알려져 있다(Kim et al., 2005). 통계청의 어업생산 동향조사를 살펴본 결과, 황아귀의 어획량은 아귀류로 일괄 취급되어 정확한 양은 알 수 없었으나, 우리나라 연안에 어획되는 아귀과 어류의 대부분이 황아귀인 것으로 보아 황아귀의 어획량은 상승하는 추세인 것을 알 수 있었다(Baek and Huh, 2003; KOSIS, 1990-2018). 황아귀는 큰 입을 가진 최상위 포식자로서 저층생태계 내에서 다른 종에 미치는 영향력이 크므로 생태학적으로 매우 중요한 종이다(Park

et al., 1999; Park et al., 2014).

황아귀 생태에 관한 선행연구를 살펴보면, 국외에서는 식성(He et al., 2012), 연령과 성장(Michio et al., 1997), 산란회유(Michio et al., 2002), 생식주기와 계절분포(Michio et al., 2001) 등이 수행되었고, 국내에서는 식성(Cha et al., 1997a; Baek and Huh, 2003; Choi et al., 2011; Park et al., 2014), 연령과 성장(Cha et al., 1998), 성숙과 산란(Park et al., 1999), 분포특성(Park et al., 2000), 분포와 산란(Cha et al., 1997b) 등이 수행되었다.

어류에 대한 생태학적인 연구 중 성숙과 산란에 관한 연구는 수산자원의 지속적인 관리와 보존을 위해 필수적이다. 하지만 국내에서 수행된 황아귀의 성숙과 산란 연구는 약 20년 이상의 과거 연구자료이며, 변화하는 해양환경, 어구어법의 발달 등 다양한 요인에 의해 수산자원의 생식주기, 산란습성, 성숙 및 성장의 변화 등 생물학적 특성치가 과거의 양상과 다르게 나타나 지속적인 연구수행이 필요하다(Cardinale and Modin, 1999; Engelhard and Heino, 2004). 또한, 수산자원의 생태특성 및 자

*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.2020.0067>

Korean J Fish Aquat Sci 53(1), 67-73, February 2020

Received 20 December 2019; Revised 21 January 2020; Accepted 31 January 2020

저자 직위: 김도균(대학원생), 임양재(연구관), 김정년(연구관), 이해원(연구사), 진수연(대학원생), 최유정(대학원생), 백근욱(교수)

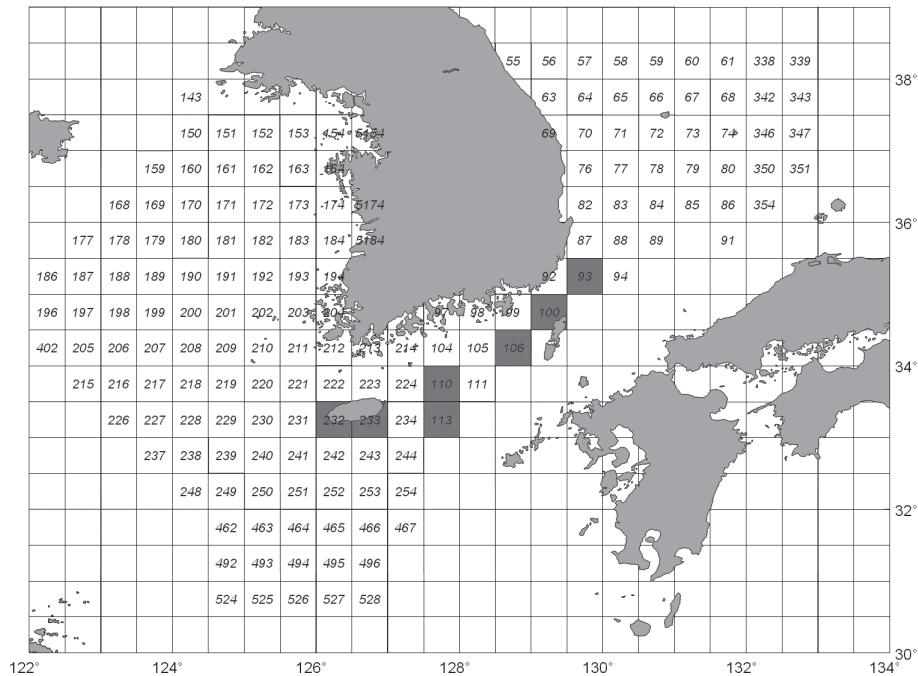


Fig. 1. Location of sampling areas (■).

원상태가 변화함에 따라 금지 채장, 금어기 등 자원관리를 위한 제도가 변화되어야 하지만 여전히 과거의 생물학적 기준을 토대로 자원관리 제도가 유지됨으로써 비교적 체계적이지 못한 자원관리가 이루어지고 있는 실정이다(Seo et al., 2010).

따라서 이번 연구는 우리나라 연근해에 서식하는 황아귀의 성숙과 산란에 대한 추가적인 연구를 통해 전장분포, 성비, 산란기, 성숙체장(total length, TL) 등을 정확히 규명하여 올바른 수산자원의 관리와 보존을 위한 parameter를 제공하고자 한다.

재료 및 방법

이번 연구에 사용된 황아귀의 시료는 2018년 1월부터 12월까지 우리나라 연안 93, 100, 106, 110, 113, 232, 233해구에서 외끌이 어업으로 어획된 개체를 부산공동어시장에서 매달 1회 구입하였다(Fig. 1). 구입한 시료는 국립수산물과학원 수산자원연구센터의 측정실에서 어체 측정기를 이용하여 전장 0.1 cm, 체중 0.01 g, 생식소 0.01 g 단위까지 측정하였다.

황아귀의 성비는 조사기간 동안 어체를 측정한 전 개체에 대해 암:수의 비율을 월별로 나타낸 후, 성비가 1:1인지 아닌지를 Chi-squared test를 이용하여 분석하였다.

생식소속도지수(gonadosomatic index, GSI)의 월별 변화는 다음의 식으로 구하였다.

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

여기서, GW (gonad weight)는 생식소 중량(g), BW (body weight)는 체중(g)이다.

황아귀의 생식소 발달 과정을 알아보기 위하여 생식소의 외부형태, 색조, 난의 크기 등을 기준으로 하여 생식소 성숙단계를 육안으로 관찰하였다. 육안으로 판별이 불분명하거나 어려운 개체는 조직학적 관찰을 통해 구분하였다. 황아귀 암컷의 성숙단계는 미숙(immature), 중숙(maturing), 성숙(mature), 방중 및 방후(spawning and spent), 회복(recovering)의 5단계로 구분하였다.

생식소의 내부구조와 생식소 발달의 조직학적 변화를 관찰하기 위하여 생식소를 추출하여 Bouin's solution에 24시간 고정하였다. 이 후, 수세와 탈수과정을 거쳐 paraplant에 포매한 후, 4-6 μm 두께로 연속 절편하여 Mayer's Hematoxylin-eosin (H-E) 비교염색을 실시하였고, marinol로 봉입하였다. 또한, 제작된 생식소 조직표본은 광학현미경(LEICA DMIL LED, Leica microsystems, Wetzlar, Germany)을 이용하여 검경하였다.

포란수는 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(g), B는 난각의 중량(g), C는 검경한 난소 일부의 중량(g), e는 C에서 계수된 난의 수이다. 상대포란수는 성숙한 개체의 체중에 대하여 다음의 식(Bagenal, 1978)

Table 1. Size distribution and sex ratio of yellow goosfish *Lophius litulon* collected from January to December 2018 in the coastal waters of Korea

Month (2018)	Total number	No. of inds.		Range TL (cm)		Sex ratio
		Female	Male	Female	Male	
Jan.	90	80	10	30.6-79.5	32.7-59.3	1 : 0.13
Feb.	85	72	13	30.7-82.0	29.3-39.2	1 : 0.18
Mar.	78	72	6	39.1-69.4	41.1-67.7	1 : 0.08
Apr.	90	79	11	24.5-83.0	25.5-40.6	1 : 0.14
May	81	78	3	37.3-80.2	40.5-43.2	1 : 0.04
Jun.	73	62	11	36.4-82.5	36.8-46.3	1 : 0.18
Jul.	66	51	15	38.8-93.6	40.4-58.5	1 : 0.29
Aug.	90	77	13	31.4-90.0	35.1-47.1	1 : 0.17
Sep.	87	82	5	40.3-80.8	39.7-44.5	1 : 0.06
Oct.	87	80	7	34.9-64.4	41.1-50.1	1 : 0.09
Nov.	90	64	26	29.2-89.0	31.4-36.3	1 : 0.41
Dec.	85	72	13	40.4-78.1	39.4-48.2	1 : 0.18
Total	1,002	869	133	24.5-93.6	25.5-67.7	1 : 0.15

TL, total length.

으로 구하였다.

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

여기서, TL (total length)은 전장(cm), TW (total weight)는 체중(g), OW (overian weight)는 생식소중량(g), a와 b는 상수이다.

성숙체장(TL)은 산란기로 추정되는 기간에 중숙 이상의 개체를 당해 연도 산란 가능군으로 판단한 후, 비율을 구하고 logistic식(King, 2007)을 이용하여 추정하였다.

$$P_i = \frac{1}{1 + e^{-b(TL_i - TL_0)}}$$

여기서, P_i 는 i전장계급에서의 성숙 비율, TL_i 는 i전장계급의 전장, b는 상수이다.

결 과

전장분포 및 성비

2018년 1월부터 12월까지 조사된 1,002개체의 전장분포와 암·수의 월별 성비를 알아본 결과(Table 1), 황아귀의 전장 범위는 24.5-93.6 cm였으며, 암·수의 전장 범위는 각각 24.5-93.6 cm와 25.5-67.7 cm로 나타나 암컷이 수컷보다 비교적 더 큰 것으로 관찰되었다. 또한, 전체 개체에서의 암·수 성비는 1:0.15로 암컷의 비율이 월등히 높게 나타났다. 암수의 성비를 Chi-

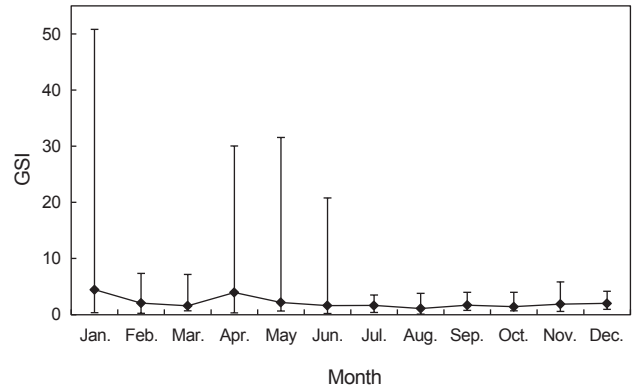


Fig. 2. Monthly changes in gonadosomatic index (GSI) of yellow goosfish *Lophius litulon* collected from January to December 2018 in the coastal waters of Korea.

squared test로 검정한 결과, 암·수간의 성비는 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다($P < 0.05$).

생식소속도지수(GSI)의 월 변화

2018년 1월부터 12월까지 황아귀 암컷 869개체를 대상으로 생식소속도지수(GSI)의 변화를 알아보았다(Fig. 2). GSI는 1월에 평균 4.45 ± 6.87 로 최대값을 나타낸 후, 2월과 3월에는 각각 2.07 ± 1.71 , 1.58 ± 1.11 로 급격하게 감소하였다. 4월에는 평균 3.96 ± 6.14 로 다시 급격하게 증가하였으며, 5월에 평균 2.18 ± 3.88 로 급격하게 감소한 후, 6월부터 12월까지 평균 1.09 ± 0.58 - 2.02 ± 0.89 로 낮은 값을 보였다. 8월에는 평균 1.09 ± 0.58 로 조사기간 중 가장 낮은 값을 나타냈다.

성숙도의 월 변화

생식소의 육안관찰 및 조직학적 관찰을 통하여 성숙도를 5단계로 구분하여 분석한 결과(Fig. 3), 암컷의 중숙단계는 10월부터 점차 증가하여 1월에 가장 높은 비율을 나타낸 후, 2월부터 5월까지 낮은 비율로 관찰되었다. 성숙단계는 1월부터 5월까지 나타났으며, 1월과 4월에 높은 비율로 관찰되었다. 방중 및 방후단계는 1월부터 6월까지 나타났으며, 3월에 가장 높은 비율로 관찰되었다.

난소의 조직학적 관찰

황아귀 암컷의 생식소 조직 발달과정을 알아보기 위하여 생식소의 조직학적 변화를 살펴보았다(Fig. 4). 초기성장기(early growing stage) 개체들은 난소소엽 내에서 직경 100 μ m 이내의 초기난모세포와 주변인기 난모세포가 나타났다(Fig. 4A). 후기성장기(late growing stage) 개체들은 난소조직 내에서 직경 100-300 μ m의 난황포기와 난황과립을 가진 난모세포들이 나타났다(Fig. 4B). 중숙기(maturing stage) 개체들은 난소조직 내에서 난경 300-600 μ m의 다량의 난황이 축적된 난모세

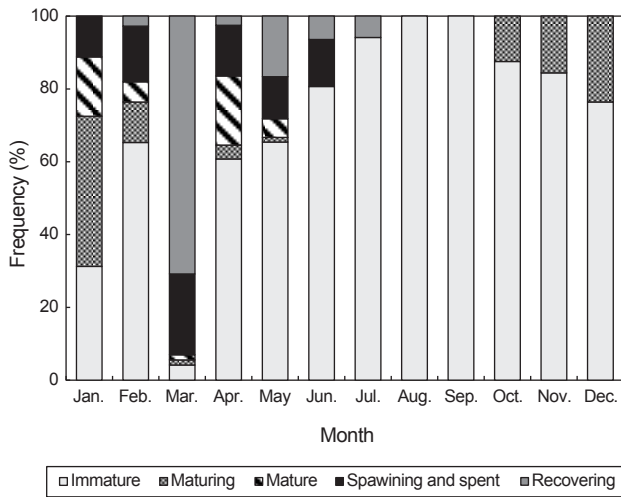


Fig. 3. Monthly changes of maturity stages of yellow goosefish *Lophius litulon* collected from January to December 2018 in the coastal waters of Korea.

포와 배포이동기에 속하는 난모세포가 나타났다(Fig. 4C). 성숙기(mature stage) 개체들은 난경 600-1,200 μm 의 완숙 난으로 가득 채워졌으며(Fig. 4D), 배란흔적(spent stage)이 나타나는 난소도 출현하였다(Fig. 4E). 방란이 끝난 회복 및 휴지기(recovery and resting stage) 개체들은 난소소엽 내에서 방출되지 않은 난모세포와 잔존여포들이 퇴화하며 흡수되었다(Fig. 4F).

난경 및 포란수

산란기로 추정된 1-6월에 난경 크기와 포란수를 측정하였다. 난경의 경우에는 전체 난경의 크기 분포가 0.3-1.28 mm로 나타났다. 평균 난경은 1월에 0.72 ± 0.20 mm로 나타났으며, 2월과 3월에는 각각 0.60 ± 0.24 mm와 0.55 ± 0.35 mm로 감소하였다. 이 후, 4월에는 0.82 ± 0.23 mm로 다시 증가하였으며, 5월과 6월에는 각각 0.68 ± 0.23 mm와 0.60 ± 0.28 mm로 감소하

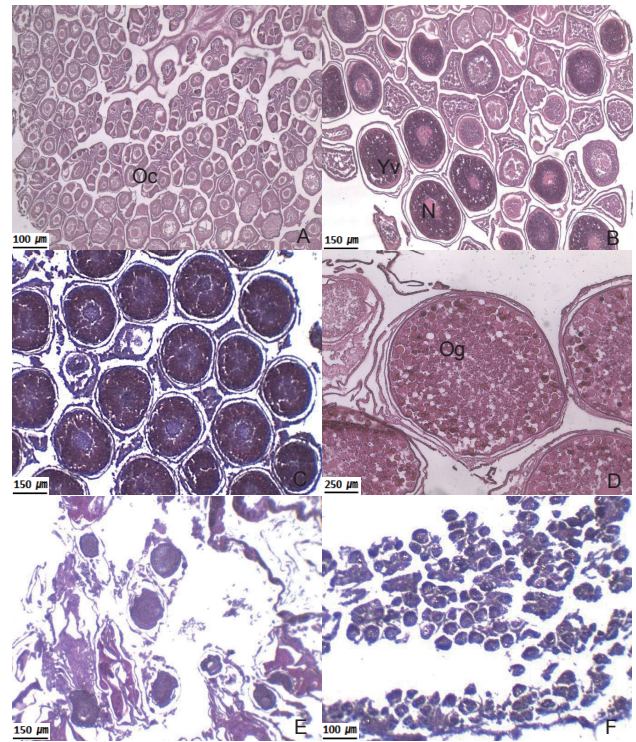


Fig. 4. Photomicrographs of ovarian development phases of yellow goosefish *Lophius litulon* in the coastal waters of Korea. A, Early growing stage; B, Late growing stage; C, Maturing stage; D, Mature stage; E, Spent stage; F, Recovery and resting stage; Oc, oocyte; N, nucleus; Yv, yolk vesicle; Og, oil globule. Scale bars=100-250 μm .

였다. 포란수의 경우에는 전장에 따른 절대포란수가 전장 54.9 cm 개체에서 최소 328,314개와 전장 80.0 cm 개체에서 최대 1,624,783개로 나타났다(Table 2). 따라서 전장과 포란수의 관계식은 $F=122.4 TL^{2.0925}$ ($R^2=0.247$)으로 나타났다(Fig. 5).

Table 2. Absolute and relative fecundity according to total length of yellow goosefish *Lophius litulon* collected from January to December 2018 in the coastal waters of Korea

Total length (cm)	Absolute fecundity (eggs)		Relative fecundity (eggs/cm)		n
	Range	Mean	Range	Mean	
50.0-54.9	328,314-692,467	533,090	6,094-12,854	9,896	7
55.0-59.9	375,720-993,350	598,163	6,566-17,359	10,453	36
60.0-64.9	373,920-1,073,931	712,263	6,013-17,269	11,453	27
65.0-69.9	360,380-1,207,710	853,774	5,380-18,029	12,745	9
70.0-74.9	1,000,680	1,000,680	13,802	13,802	1
75.0-79.9	-	-	-	-	-
80.0-84.9	1,624,783	1,624,783	20,310	20,310	1

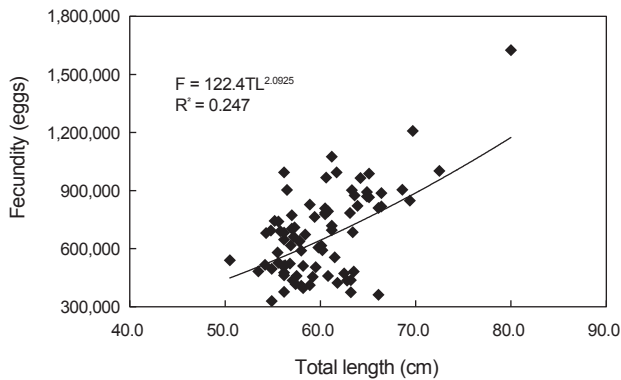


Fig. 5. Relationship between total length (TL) and fecundity of yellow goosfish *Lophius litulon* collected from January to December 2018 in the coastal waters of Korea.

성숙체장(TL)

황아귀 암컷의 성숙체장(TL)을 알아보기 위해 산란기로 추정되는 1월부터 6월까지 암컷 443개체를 조사하여 중숙단계 이상에 속하는 개체들의 출현비율을 구하였다(Fig. 6). 황아귀의 전장 39.0 cm 미만에서는 성숙한 개체들이 출현하지 않았으며, 전장 68.0 cm 이상의 모든 개체들은 산란에 참여 가능한 성숙개체로 나타났다. 따라서 logistic식에 의한 황아귀 암컷의 50% 성숙체장(TL)은 48.67 cm, 75% 성숙체장(TL)은 56.76 cm, 97.5%의 성숙체장(TL)은 74.89 cm로 추정되었다.

고 찰

황아귀의 전장분포 및 성비를 조사한 결과, 전장 범위는 24.5-93.6 cm였으며 암·수의 전장 범위는 각각 24.5-93.6 cm와 25.5-67.7 cm로 나타나 암컷이 수컷보다 전장이 더 큰 것으로 관찰되었다. 또한, 전체 개체에서의 암·수 성비는 1:0.15로 암컷의 비율이 월등히 높게 나타났다. 우리나라 근해에서 수행된 황아귀에 대한 선행연구에 따르면 최대연령이 암컷 8세, 수컷 5세로 추정되었으며, 추정 극한전장은 암컷 127.60 cm, 수컷 82.23 cm로 나타났다(Cha et al., 1998). 따라서 이번 연구결과 비교적 수

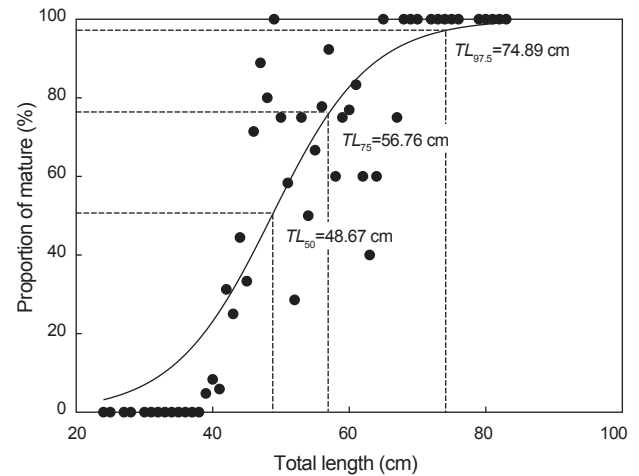


Fig. 6. Relationship between total length (TL) and group maturity of yellow goosfish *Lophius litulon* collected from January to December 2018 in the coastal waters of Korea. TL_{50} =50% group maturation; TL_{75} =75% group maturation; $TL_{97.5}$ =97.5% group maturation.

명이 길고 극한전장이 큰 암컷이 수컷보다 전장이 더 컸으며, 암컷의 성비가 월등히 높게 나타난 것으로 생각된다. 하지만 이번 연구에서는 24.5 cm 이상의 큰 개체들만 분석에 사용되어 큰 성비 차이를 보였을 가능성이 높다고 판단된다. 보다 정확한 황아귀 전체 크기군의 성비를 알아보기 위해서는 추후 24.5 cm 이하의 개체에 대한 연구를 통해 성비에 대한 추가 보완이 필요할 것으로 판단된다. 황아귀 암컷의 생식소숙도지수 월 변화를 관찰한 결과, 1월에 최대값을 나타낸 후, 2월과 3월에는 급격하게 감소하였다. 4월에는 다시 급격하게 증가하였으며, 5월에 급격하게 감소한 후, 6월부터 12월까지 낮은 값을 나타내었다. 황아귀 암컷의 성숙도 월 변화를 조사한 결과, 중숙단계는 10월부터 5월까지 나타났으며, 1월에 가장 높은 비율로 관찰되었다. 성숙단계는 1월부터 5월까지 나타났으며, 1월과 4월에 높은 비율로 관찰되었다. 또한, 1월부터 6월까지의 방중 및 방후단계 개체들이 출현하였다. 따라서 생식소숙도지수와 성숙도의 월 변화를 고려한 결과, 황아귀의 산란기는 1-6월로 추정된다. Cha et al.

Table 3. Spawning period, 50% group maturation, absolute fecundity and total length (TL) range of Lophiidae fishes

Species	Spawning period (Month)	50% group maturation (TL, cm)	Absolute fecundity (Eggs)	Total length range (TL, cm)	Reference
<i>Lophius americanus</i>	5-6	48.53	301,150-2,780,632	61.0-104.8	Armstrong et al., 1992
<i>L. americanus</i>	2-4	-	229,100-2,243,300	55.5-112.0	Mcbride et al., 2017
<i>Lophius litulon</i>	3-4	-	-	-	Cha et al., 1997
<i>L. litulon</i>	1-5	48.50	369,570-1,874,560	22.0-90.0	Park et al., 1999
<i>L. litulon</i>	2-5	56.70	-	59.4-101.3	Michio et al., 2001
<i>L. litulon</i>	1-6	48.67	328,314-1,624,783	24.5-93.6	Present study

(1997b)의 연구에서 보고된 황아귀의 산란기는 3-4월, Park et al. (1999)의 연구에서는 1-5월, Michio et al. (2001)의 연구에서 2-5월로 보고되어 이번 연구와 유사하게 나타났다(Table 3). 하지만 선행 연구와는 달리 이번 연구에서는 1월과 4월의 생식 소숙도지수가 급격하게 상승하였으며, 방중 및 방후단계의 개체들이 1월부터 6월까지 지속적으로 출현하였다. 이러한 이유는 해역에 따른 산란시기의 차이, 산란기가 다소 상이한 두 개 이상의 다른 계군, 난소의 발달에 따른 순차적 산란에 의한 결과 등 다양한 요인에 의한 것으로 판단된다. 따라서 이번 연구결과를 바탕으로 해역별로 정밀한 생태 연구 및 계군 분석에 대한 연구가 이루어져야 할 것으로 사료된다.

산란기로 추정된 1월부터 6월까지의 난경크기를 살펴본 결과, 평균난경의 경우 1월에 0.72 ± 0.20 mm로 나타난 후, 2월과 3월 각각 0.60 ± 0.24 mm와 0.55 ± 0.35 mm로 감소하였다. 4월에는 0.82 ± 0.23 mm로 다시 증가하였으며, 5월과 6월에는 각각 0.68 ± 0.23 mm와 0.60 ± 0.28 mm로 감소하였다. 평균난경이 1월과 4월에 2회 상승하는 결과로 보아 황아귀는 연중 2회 산란하는 종으로 추정되지만 황아귀 산란에 관한 Cha et al. (1997b), Park et al. (1999), Michio et al. (2001)의 선행연구에서 연중 1회 산란 종이라는 결과가 나타났다. 이러한 이유는 이번 연구에서의 채집해역이 넓기 때문에 산란기간이 다소 상이한 다른 산란 계군이 채집되었을 가능성이 있다고 판단된다. 따라서 해역별로 정밀한 생태 연구 및 계군 분석에 관한 연구를 통해 추가 보완해야 할 것으로 생각된다.

이번 연구에서 황아귀의 포란수는 328,314-1,624,783개로 나타났다는데, 선행연구에서 황아귀 포란수는 369,570-1,874,560개로 나타났으며(Park et al., 1999), 같은 속인 *Lophius americanus*의 포란수는 229,100-2,780,632개로 나타났다(Armstrong et al., 1992; McBride et al., 2017). 어류의 포란수는 연령, 크기, 영양상태 등에 따라 변화한다고 알려져 있다(Kim and Zhang, 1994). 따라서 포란수의 범위가 다소 차이가 나는 것으로 판단된다.

50%, 75%, 97.5% 이상의 개체가 생식 가능한 성숙체장(TL)을 알아본 결과, 황아귀 암컷의 성숙체장(TL)은 50%에서 48.67 cm, 75%에서 56.76 cm, 97.5%에서 74.89 cm로 나타났다. 우리나라에서 수행된 Park et al. (1999)의 연구에서 황아귀의 50% 성숙체장(TL)은 48.50 cm로 나타나 이번 연구와는 유사하였지만 동중국해와 황해에서 수행된 Michio et al. (2001)의 연구에서 황아귀 50% 성숙체장(TL)은 56.70 cm로 나타나 이번 연구와는 다소 차이가 있었다(Table 3). 이러한 이유는 해역별 서식 환경의 차이 및 개체군 특성에 따라 자원상태에 기인하기 때문에 동일 종에서의 성숙체장(TL)이 차이가 나는 것으로 판단된다(Kim et al., 2016).

현재 황아귀는 과거와 달리 상업적 가치가 높으며, 우리나라 어획량의 상당한 부분을 차지하고 있다(Park et al., 2014). 하지만 황아귀 자원의 관리와 보존을 위한 방안은 미비한 실정이다.

따라서 이번 연구는 산란시기, 성숙체장(TL), 성비, 난경, 포란수 파악을 통해 황아귀 포획금지 체장 설정 및 미성어의 어획을 제한할 수 있는 방안을 수립하는 등 황아귀의 올바른 자원관리에 필요한 근거자료로 활용 가능할 것으로 판단된다.

사 사

이 연구는 국립수산물자원원(근해어업자원조사, R2020021)의 지원에 의해 수행되었습니다.

References

- Armstrong MP, Musick J and Colvocoresses JA. 1992. Age, growth and reproduction of the goosfish *Lophius americanus* (Pisces : Lophiiformes). Fish Bull US 90, 217-230.
- Bagenal TB. 1978. Methods for assessment of fish production in freshwaters. Blackwell scientific publications, Oxford, U.K., 300.
- Baeck GW and Huh SH. 2003. Feeding habits of juvenile, *Lophius litulon* in the coastal waters of Kori. Korea J Korean Fish Soc 36, 695-699. <https://doi.org/10.5657/kfas.2003.36.6.695>.
- Chyung MK. 1977. The fishes of Korea. Ilji-sa, Seoul, Korea, 727.
- Cha BY, Hong BQ, Jo HS, Sohn HS, Park YC, Yang WS and Choi OI. 1997a. Food habits of the yellow goosfish *Lophius litulon*. J Korean Fish Soc 30, 95-104.
- Cha BY, Hong BQ, Sohn HS and Jo HS. 1997b. Distribution and spawning of the yellow goosfish *Lophius litulon*. Bull Korean Soc Fish Tech 33, 97-108.
- Cha BY, Park YC and Huh SH. 1998. Age and growth of the yellow goosfish *Lophius litulon*. J Korean Fish Soc 31, 529-534.
- Cardinale M and Modin J. 1999. Changes in size-at-maturity of Baltic cod (*Gadus morhua*) during a period of large variations in stock size and environmental conditions. Fish Res 41, 285-295. [https://doi.org/10.1016/s0165-7836\(99\)00021-1](https://doi.org/10.1016/s0165-7836(99)00021-1).
- Choi JH, Sung BJ, Lee DW, Kim JB, Oh TY and Kim JN. 2011. Feeding habits of yellow goos fish *Lophius litulon* and john dory *Zeus Faber* in the South Sea of Korea. Korean Fish Aquat Sci 14, 435-441. <https://doi.org/10.5657/fas.2011.0435>.
- Engelhard GH and Heino M. 2004. Maturity changes in Norwegian spring-spawning herring before, during, and after a major population collapse. Fish Res 66, 299-310. [https://doi.org/10.1016/s0165-7836\(03\)00195-4](https://doi.org/10.1016/s0165-7836(03)00195-4).
- He ZT, Zhang YZ, Xu KD and Jin HW. 2012. Feeding habits and ontogenetic variation of *Lophius litulon* in East China Sea and Yellow Sea. Yuye Kexue Jinzhan 33, 9-18.
- 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. Natl Fish Res Dev Ins Busan, 333.
- Kim IS, Choi Y, Lee CL, Lee YJ, Kim BJ and Kim JH. 2005. Illustrated book of Korean fishes. Kyo-hak Publication, Seoul, Korea, 615.
- King MG. 2007. Fisheries biology, assessment and management: 2nded. Blackwell Publication, Oxford, U.K., 382.
- KOSIS (Korean Statistical Information Service). 1990-2018. Statistic database for fisheries production. Retrieved from [Http://www.fips.go.kr](http://www.fips.go.kr) on Nov 1, 2019.
- Kim SR, Cha HK, Lee JB, Lee HW, Yang JH, Baek HJ and Kim ST. 2016. Maturity and spawning of the marbled flounder *Pseudopleuronectes yokohamae* off the coast of Pohang, East Sea. Korean J Fish Aquat Sci 49, 367-375. <https://doi.org/10.5657/kfas.2016.0367>.
- Michio Y, Muneharu T, Hitoshi F, Naohiko T, Koji T, Michiya M and Shuhei M. 1997. Age and growth of anglerfish *Lophius litulon* in the East China Sea and the Yellow Sea. Fish Sci 63, 887-892. <http://doi.org/10.2331/fishsci.63.887>.
- Michio Y, Muneharu T, Hitoshi F, Naohiko T, Koji T and Michiya M. 2001. Reproductive cycle, fecundity, and seasonal distribution of the anglerfish *Lophius litulon* in the East China and Yellow seas. Fish Bull 99, 356-370.
- Michio Y, Muneharu T, Hiroshi H, Keisuke Y, Michiya M and Shuhei M. 2002. Spawning migration of the anglerfish *Lophius litulon* in the East China and Yellow Seas. Fish Sci 68, 310-313. https://doi.org/10.2331/fishsci.68.sup1_310.
- Mcbride RS, Johnson AK, Lindsay EK, Walsh HJ and Richards RA. 2017. Goosefish *Lophius americanus* fecundity and spawning frequency, with implications for population reproductive potential. J Fish Biol 90, 1861-1882. <https://doi.org/10.1111/jfb.13272>.
- Park YC, Cha BY and Cha HK. 1999. Maturation and spawning of the yellow goosfish, *Lophius litulon* (Jordan) in Korean waters. J Korean Soc Fish Res 2, 84-91.
- Park YC, An DH and Cha BY. 2000. Distributional characteristics of *Lophius litulon* (Jordan) in Korean waters. J Korean Soc Fish Res 3, 60-67.
- Park JM, Huh SH, Jeong JM, Baek and GW. 2014. Diet composition and feeding strategy of yellow goosfish, *Lophius litulon* (Jordan, 1902) on the southeastern coast of Korea. J Appl Ichthyol 30, 151-155. <https://doi.org/10.1111/jai.12337>.
- Seo YI, Joo H, Lee SK, Kim HY, Ko JC, Choi MS, Kim JI and Oh TY. 2010. Maturity and spawning of Marbled Sole *Pleuronectes yokohamae* in the Southern Sea of Korea. Korean J Ichthyol 22, 83-89.
- Yamada U, M Tagawa, S Kishida and K Honjo. 1986. Fishes of the East China Sea and the Yellow Sea. Seikai Reg Fish Res Lab 47, 501.