

동해 강원연안 홍가자미(*Hippoglossoides dubius*)의 성숙과 산란

최영민* · 윤병선 · 박정호 · 박기영¹ · 손명호 · 이재봉² · 김재원³

동해수산연구소 자원환경과, ¹강릉원주대학교, ²독도수산연구센터, ³강원도립대학

Maturation and Spawning of the Flathead Flounder *Hippoglossoides dubius* off the coast of Gangwon Province, East Sea of Korea

Young Min Choi, Byoung Sun Yoon, Jeong-Ho Park, Kie Young Park¹,
Myoung Ho Sohn, Jae Bong Lee² and Jae Won Kim³

Fisheries Resources and Environment Division, East Sea Fisheries Research Institute, National Fisheries Research & Development Institute, Gangneung 210-861, Korea

¹Department of Marine Bioscience, Gangneung-Wonju National University, Gangneung 210-702, Korea

²Dokdo Fisheries Research Center, East Sea Fisheries Research Institute, National Fisheries Research & Development Institute, Pohang 791-110, Korea

³Department of Marine Life Science, Gangwon Provincial College, Gangneung 210-804, Korea

Flathead flounder *Hippoglossoides dubius* is a commercially important fish in the coastal waters of Gangwon Province, which is its spawning ground and breeding habitat. A total of 1,669 gonads were sampled monthly from February 2011 to May 2013 to investigate ecological characteristics, such as variations in maturation and spawning by gonad index, visual maturity stage, histological observations and oocyte diameter. Males were numerically dominant over females in the fishing grounds year round. The spawning season was from January to April, and the peak was from February to March. Oocyte number as a measure of fecundity was between 27,372 and 915,209 eggs with a length range of 26.0-48.7 cm TL, while the largest oocyte grew to 0.9-1.4mm in egg diameter during its spawning season. The relationship between fecundity and total length was $F=0.0016TL^{5.2539}$. The smallest mature lengths of the females and males were 28.4 and 22.6 cm respectively, and the 50% mature lengths of females and males were 32.9, 26.9 cm respectively.

Key words: Flathead flounder, *Hippoglossoides dubius*, Maturation and spawning, Oocyte number, 50% mature length

서론

홍가자미(*Hippoglossoides dubius*)는 동해 중부 이북, 일본 북부, 사할린, 캄차카반도 등 북서태평양 대륙붕의 모래와 빨이 섞인 저층에 분포하고, 우리나라에서는 강원연안에 주로 분포하며 동해안에서 많이 어획되는 기름가자미와 용가자미에 비해 비교적 깊은 150 m이심에서 주로 서식한다. 홍가자미는 가자미목 가자미과에 속하는 종으로 체형은 타원형이고 외형적으로는 눈이 있는 측의 체색은 황적색을 띠며 반대편의 체색은 흰색 바탕에 내출혈이 있는 것처럼 붉은 빛을 띠는 것이 특징이다(Kim et al., 2005). 홍가자미는 연안자망, 연안통발이나 기선저인망에서 주로 어획되며 어획통계 집계는 되고 있지 않지만 강

원연안에서는 기름가자미 다음으로 많이 어획되고 있으며 횡감이나 생선찜 요리 등 상업적으로 널리 사용된다(NFRDI, 2012).

홍가자미에 대한 연구로는 외국의 경우 분포와 이동, 계절적 분포(Yokohama et al., 1990; Vdovin, 2004), 연령·성장 및 성장양식(Yagishita et al., 2006; Iwakawa et al., 2013), 폰카만의 연급근 연변동 원인(Nakatani et al., 2002), 산란장 특성, 성숙상태와 산란, 성어의 생활사 및 성숙체장의 소형화(Ishida and Kitakata, 1982; Yokohama et al., 1991; Hirose and Minami, 2007; Yamada et al., 2008; Fujiwara et al., 2009), 난자치어의 분포 및 식성(Miyamoto, 1993) 등 많은 연구가 있었지만, 우리나라의 경우 동해안 가자미 연구는 용가자미의 성숙과 산란(Choe et al., 1999), 참가자미의 연령과 성장 및 성숙과 산란

Article history;

Received 25 September 2013; Revised 11 November 2013; Accepted 28 November 2013

*Corresponding author: Tel: +82. 33. 660. 8521 Fax: +82. 33. 661. 8513

E-mail address: ymchoe@korea.kr

Kor J Fish Aquat Sci 46(6) 835-842, December 2013

http://dx.doi.org/10.5657/KFAS.2013.0835

pISSN:0374-8111, eISSN:2287-8815

© The Korean Society of Fisheries and Aquatic Science. All rights reserved

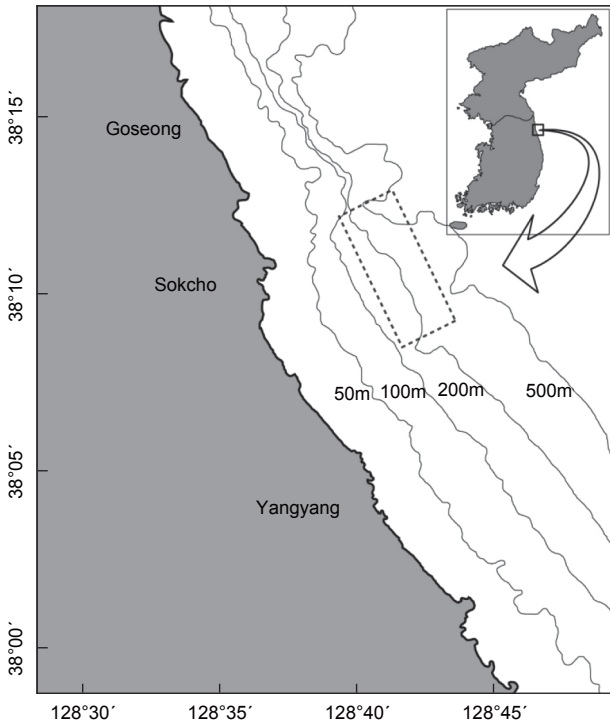


Fig. 1. Map showing the sampling site of flathead flounder *Hippogloides dubius* off Gangwon Province, East Sea of Korea.

(Lee et al., 2006; Cha et al., 2006), 기름가자미의 성숙과 산란 (Cha et al., 2008) 등이 있을 뿐 홍가자미에 관한 연구는 아직 이루어 지지 않았다.

최근 기후변화 등에 의한 해양환경의 변화로 우리나라 동해안에 분포하는 가자미류는 종수가 현저히 줄어들었고 자원수준도 많이 감소하였으며, 특히 홍가자미는 동해안 일원에서만 한정적으로 서식하고 있어 자원의 보호와 회복이 시급한 실정에 있다. 본 연구는 우리나라 동해안 홍가자미의 성숙 및 산란과정을 관찰하고 산란시기, 포란수 및 성숙체장 등의 자원생태학적 특성치를 분석하여 어획크기 제한과 어획기준 등 자원관리를 위한 기초자료를 얻고자 시도하였다.

재료 및 방법

실험에 이용된 홍가자미는 2011년 2월부터 2013년 4월까지 강원연안 수심 150-400 m부근에서 상업적인 자망어선으로 조업한 어획물을 위판장에서 구득한 것이다(Fig. 1, Table 1).

홍가자미에 대한 생물학적 측정으로 어체의 길이는 체장 (Body length, BL)과 전장(Total length, TL)을 0.1 mm, 전중 (Total weight, TW)은 0.1 g, 생식소 중량(Gonad weight, GW)은 0.01 g 단위까지 계측하였다. 홍가자미 암컷 및 수컷의 생식소중량의 월별 변화를 통한 산란시기를 추정하기 위한 생식소

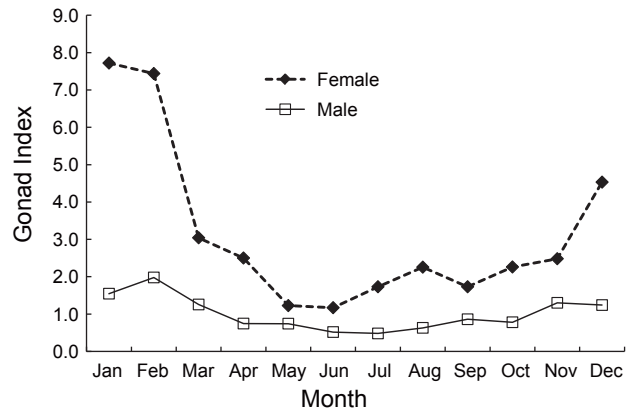


Fig. 2. Monthly change of GI (Gonad Index) of female and male of flathead flounder *Hippogloides dubius*.

중량지수(Gonad Index, GI)는 전중에 대한 생식소 중량 비율로 구하였다.

$$GI = \frac{GW}{TW} \times 100$$

생식소의 성숙단계를 판단하기 위하여 육안관찰과 조직학적 방법을 병행하여 조사하였다. 육안관찰의 방법으로 암컷 난소의 경우, 미숙기(Immature)는 생식소가 작고 육안으로 난립을 확인하기 어려운 상태, 중숙기(Maturing)는 생식소 부피와 난립이 커졌지만 투명란은 보이지 않는 상태, 성숙기(Mature)는 생식소의 부피가 최대이고 투명란이 나타나기 시작하는 상태, 방중기(Spawning)는 복부에서 투명란이 유출되어 생식소 부피가 줄어드는 상태, 방후기(Spent)는 생식소가 현저히 줄어들고 암자색 또는 적자색으로 변하게 되는 상태로 구분하였다. 수컷 정소의 경우, 미숙기(Immature)는 정소가 반투명한 연분홍색을 나타내는 상태, 성숙기(Mature)는 정소가 유백색으로 변화되며 유상정액은 흐르지 않는 상태, 방중기(Spawning)는 복부를 압박하면 유상정액이 유출되는 상태, 방후기(Spent)는 정소가 축소되고 어두운 회색으로 변하게 되는 상태를 기준으로 하였다(NFRDI, 1985; Wenner et al., 1990).

난소의 발달과정을 조직학적으로 관찰하기 위해 생식소 중 일부는 Bouin용액에 24시간 고정하고 탈수하여 paraffine 블록 제작을 한 후, 마이크로톰 절단에 따라 4-6 μm의 두께로 연속절편을 만들어서 Mayer's Haematoxyline과 Eosin으로 염색하여 현미경을 사용하여 관찰하였다.

포란수와 난경을 측정하기 위해 생식소 일부를 절취하여 중량을 재고, Gilson용액에 보존한 후 관찰 시에는 희석용액 중 0.2 mL씩 취하여 만능투영기(Nikon V-16E)로 50배의 배율로써 난립수와 난경을 측정하였고 난경의 월별조성 및 모드의 변화를 관찰하였다.

산란참여전장을 알기 위하여 군성숙도는 산란기간을 중심으

Table 1. Sampling data of flathead flounder *Hippogloides dubius* off Gangwon Province, East Sea of Korea

Date			Number of fish measurement		Range of total length(cm)			
			Female	Male	Female		Male	
					Range	Mean±SD	Range	Mean±SD
28	Feb	2011	19	34	24.5-35.6	30.0±2.7	23.1-33.2	27.3±2.1
25	Mar	2011	14	45	19.0-38.3	28.3±2.3	20.3-33.5	26.9±3.1
22	Apr	2011	11	41	30.9-38.3	34.5±2.2	20.0-32.0	25.8±3.3
12	May	2011	11	38	23.1-40.3	34.1±5.1	19.8-34.0	2.49±3.7
9	Jun	2011	19	36	19.9-41.8	31.7±6.0	18.5-33.2	25.7±4.0
14	Jul	2011	11	41	22.1-39.8	33.1±5.6	22.3-3.4	29.2±2.5
25	Aug	2011	26	34	20.9-41.8	31.1±6.2	20.9-30.9	27.7±2.6
15	Sep	2011	16	44	21.3-42.8	32.6±4.8	22.5-36.2	28.3±3.1
18	Oct	2011	7	53	23.9-37.4	34.4±4.4	21.1-33.2	25.6±2.8
28	Nov	2011	14	46	31.7-39.1	35.9±2.9	22.2-30.7	25.8±2.3
16	Dec	2011	14	54	33.8-37.6	35.7±1.4	20.9-32.1	25.0±2.8
10	Jan	2012	28	38	32.0-39.4	35.5±1.9	24.7-31.2	30.5±4.0
8	Feb	2012	57	131	18.7-39.5	27.9±4.9	17.9-29.9	24.5±1.9
20	Mar	2012	15	39	26.7-40.2	26.4±0.0	21.8-29.6	25.0±1.7
10	Apr	2012	32	15	24.3-42.9	32.4±5.6	22.2-26.1	24.6±1.0
30	Jan	2013	34	65	27.7-48.7	36.1±5.2	25.2-30.4	27.4±1.0
22	Feb	2013	78	45	24.5-43.1	32.9±4.8	23.3-30.7	27.0±1.9
19	Mar	2013	61	81	20.7-36.7	27.3±4.6	20.4-31.5	24.5±3.1
15	Apr	2013	29	53	27.7-40.2	33.3±3.0	29.4-31.3	30.3±0.8
20	May	2013	52	188	26.7-44.4	32.9±5.3	24.6-30.7	27.4±1.6
Total			548	1,121	18.7-48.7	31.9±5.5	17.9-36.2	26.2±2.9

로 전장을1 cm단위로 구분하여 전체 출현개체수에 대한 성숙 개체의 비율로서 구하였으며, 전장별 성숙비율(S_L)은logistic식으로 추정하였다.

$$S_L = \frac{a}{1 + \exp(-(\chi - \chi_0) / b)}$$

a: 최대 성숙비율, b: 상수, χ : 전장, χ_0 : 50% 성숙전장

결 과

전장 및 성비조성

조사해역에서 채집한 홍가자미의 전장범위는 암수 각각 평균 31.9±5.5 (18.7-48.7)cm, 26.2±2.9 (17.9-36.2)cm로 나타났

으며 전체 암수의 성비는 암컷 32.8%, 수컷 67.2%로서 수컷이 2배 이상 많았다(Table 1). 산란시기의 전장조성과 성비조성의 차이를 분석하기 위하여 산란시기(1-4월)와 비산란시기(5-12월)로 구분하여 통계검정을 실시한 결과, 평균전장은 암컷과 수컷 모두 산란시기가 비산란시기보다 작게 나타났다(Mann-Whitney U-test, $P < 0.01$). 또한 성비조성에서는 암컷의 비율이 산란시기가 되면 비산란시기에 비해 증가하는 것으로 나타나 산란시기와 비산란시기간의 암수 성비의 차이가 있는 것으로 나타났다(T-test, $P < 0.05$).

생식소 속도지수

2011년 2월부터 2013년 4월까지 홍가자미 암컷과 수컷의 생식소 속도지수의 월 변화를 분석하였다(Fig. 2). 홍가자미 암컷

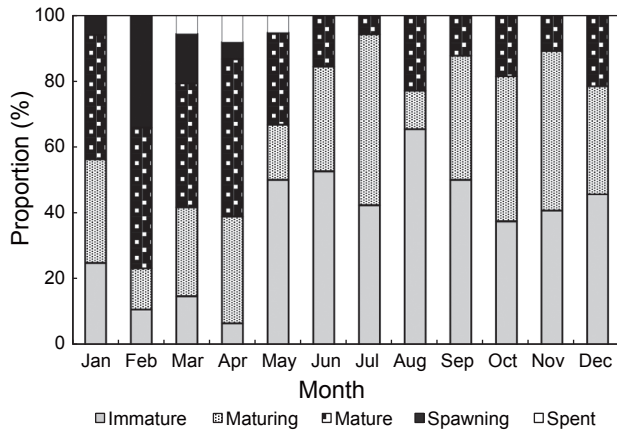


Fig. 3. Monthly proportion variation of female flathead flounder *Hippogloides dubius* by the maturity stage.

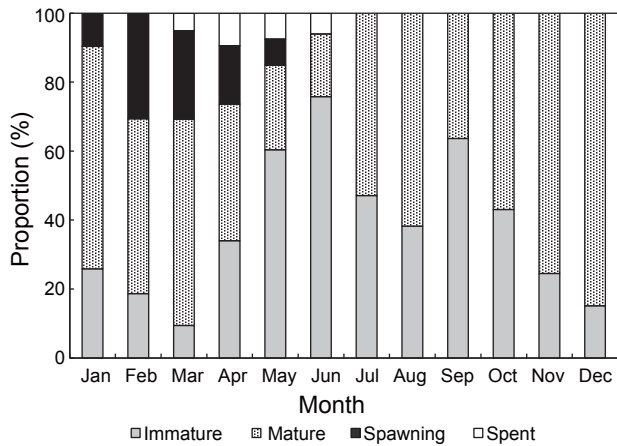


Fig. 4. Monthly proportion variation of male flathead flounder *Hippogloides dubius* by the maturity stage.

생식소 속도지수의 월 변화를 보면 1월과 2월에 평균 7.72, 7.44로 가장 높았으며 3월에 평균 3.04로 급격히 떨어졌다. 4월부터 11월까지 평균 1.17-2.50의 범위에서 변동을 보였으며 12월에 평균 4.53으로 증가하기 시작하였다. 홍가자미 수컷 생식소 속도지수의 월 변화를 보면 2월에 평균 1.97로 가장 높았으며 3월에 평균 1.25로 감소하였다. 4월부터 10월 동안은 0.48-0.86의 범위에서 변동을 보였으며 11월부터 2월까지 점차 증가하는 것으로 나타났다. 따라서 월별 난소 및 정소의 생식소 속도지수는 2월부터 4월 사이에 크게 떨어지는 것으로 나타났으며 2월에 가장 높은 값을 보이고 3월부터 속도지수가 급격히 감소하는 것으로 보아 주 산란시기는 2-3월로 추정되었다.

월별 성숙비율

홍가자미의 월별 성숙비율을 알아보기 위해 전장 30 cm 이상의 개체에 대한 성숙단계별 월별 출현빈도를 관찰하였으며 성

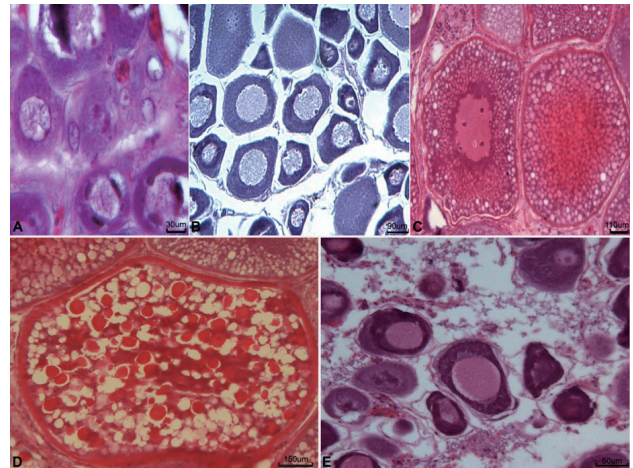


Fig. 5. Cross-section of ovary of flathead flounder *Hippogloides dubius* off Gangwon Province, East Sea of Korea. (A) Immature stage, scale bar=30 μ m. (B) Maturing stage, scale bar=90 μ m. (C) Mature stage, scale bar=110 μ m. (D) Spawning stage, scale bar=150 μ m. (E) Spent stage, scale bar=50 μ m.

숙도 구분은 미숙기, 중숙기, 성숙기, 방란기 및 방후기의 5단계로 분류하였다. 암컷은 미숙기, 중숙기 및 성숙기 단계를 보이는 개체는 연중 출현하는 경향을 보였는데 각각의 성숙단계별 출현비율을 살펴보면, 미숙단계 개체의 출현범위와 평균은 7-65%(평균 37%), 중숙단계는 12-52%(평균 31%), 성숙단계는 6-47%(평균 25%)로서 나타났다. 반면 방란중인 개체는 1월부터 4월까지 5-34%(평균 15%)로서 2월에 34%로 가장 높았으며, 방란후 개체는 3-5월에 출현하였고 범위와 평균은 6-8%(평균 7%)이었다(Fig. 3).

수컷의 연중 성숙단계별 출현비율을 보면 미숙과 성숙단계에 해당하는 개체는 연중 출현하였다. 미숙단계 개체의 출현범위와 평균은 9-76%(평균 38%), 성숙단계는 18-85%(평균 52%)이었고 방정중인 개체는 1월부터 5월까지 출현하였고, 2월과 3월에 각각 31%, 26%로 가장 높았다. 방후기 개체는 3월부터 6월에 출현하였고 출현범위와 평균은 5-9% (평균 7%)로 나타났다(Fig. 4).

조직관찰에 의한 난소 성숙과정

(a) 미숙기(Immature)

5-7월의 개체들에서는 난소가 활성화되기 시작하여 초기성장기의 난소소엽내에서는 난원세포(난경 3-10 μ m)와 초기 난모세포(난경 20-100 μ m)들이 출현하였다(Fig. 5A).

(b) 중숙기(Maturing)

8-10월에 접어들면 대부분의 개체가 성장기의 난소를 갖는데, 난소내에서는 주변인기 난모세포(난경 80-300 μ m)들이 난소소엽을 채웠다(Fig. 5B).

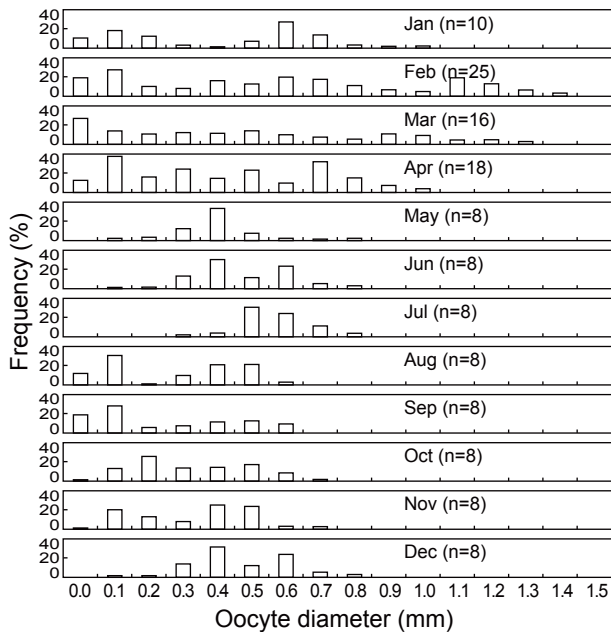


Fig. 6. Monthly change of oocyte diameter distribution of flathead flounder *Hippogloides dubius*.

(c) 성숙기(Mature)

11-1월에는 난소의 발달이 급격히 진행되어 대부분의 난소내에는 난황포기 및 난황과립을 갖는 난모세포와 다량의 난황이 축적된 난모세포(난경 250-800 μm)들이 출현한다(Fig. 5C).

(d) 방란기(Spawning)

2월과 3월에는 완숙기의 난소가 출현하였고, 이때 암컷의 난소소엽내에는 난경 700-1,300 μm 전후의 완숙난으로 가득 채워진다(Fig. 5D).

(e) 방후기(Spent)

4월 이후 방란이 끝난 암컷개체들의 난소소엽내에는 미방출된 난모세포들과 잔존여포들이 회복·흡수 되었으며 난소소엽은 위축되었다(Fig. 5E).

난경성장 및 조성

2011년 2월부터 2013년 4월까지 강원연안에 분포하는 107마리의 성숙개체에 대한 월별 난소내 난모세포의 난경조성을 분석하였다. 1월에는 난경모드 0.1 mm를 중심으로 하는 소형난경군(Small size group)과 난경모드 0.6 mm를 중심으로 중형난경군(Middle size group)으로 2개의 그룹을 형성하였으며 관찰된 가장 큰 난모세포는 난경 1.0 mm이었다. 2월에는 1월처럼 난경모드 0.1 mm의 소형난경군과 난경모드 0.6 mm의 중형난경군과 함께 산란이 진행중인 난경모드 1.1 mm의 대형난경군(Large size group)으로 3개의 그룹을 형성하였으며 최대 난경크기는 1.4 mm이었다. 3월에는 난경모드 0.1 mm미만의 소형

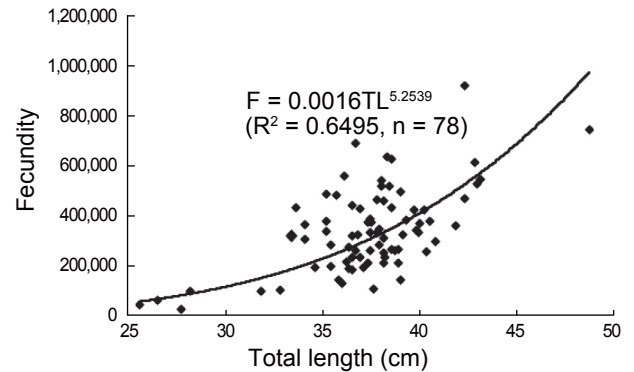


Fig. 7. Fecundity estimations of flathead flounder *Hippogloides dubius* related to the total length.

난경군과 0.5 mm의 중형난경군과 난경모드 0.9 mm이상의 난경군에서 산란이 진행 중에 있었다. 4월에는 난경 0.1 mm의 소형난경군과 난경 0.7 mm의 중형난경군에서 주 모드를 보이고 있으며, 난경 0.9-1.0 mm이상의 대형난경군(Large size group)의 조성비율은 2월과 3월에 비해 감소한 것으로 나타났다.

5월부터 7월까지의 난경 0.4-0.6 mm의 범위에서 주 모드를 형성하고 있으며 대형난경군은 거의 관찰되지 않았으며 난경 0.1 mm이하의 소형난경군도 출현하지 않았다. 8월과 11월까지의 주 모드가 난경 0.1-0.2 mm와 난경 0.4-0.6 mm인 소형 및 중형난경군이 주축을 이루며 난경 0.8 mm이상의 대형난경군은 나타나지 않았다. 12월에는 난경이 0.3-0.6 mm인 중형난경군이 주축을 이루고 있었으며 최대난경은 0.8 mm로 나타났다(Fig. 6).

포란수

홍가자미 난소내의 포란수를 관찰한 결과, 전장 26.0-48.7 cm 범위에 대한 포란수는 27,372-915,209립으로 각 전장체급별로는 체급 25-30 cm의 평균포란수와 표준편차는 59,536 ± 31,297립, 체급 31-35 cm에서는 259,984 ± 128,861립, 체급 36-40 cm에서는 339,582 ± 133,711립, 체급 40 cm이상에서는 502,971 ± 196,807립으로 나타났으며 전장(TL)과 포란수(F)와의 관계는

$$F=0.0016TL^{5.2539} (R^2 = 0.6495)$$

의 포물선식으로 전장이 증가함에 따라 포란수는 크게 증대하는 것으로 나타났다(Fig. 7).

군성숙도

재생산에 참여하는 홍가자미의 군성숙전장을 알기 위해 산란기로 추정되는 1-4월의 암컷 107마리(전장 24.7-42.9 cm)와 수컷 132마리(전장 22.6-39.6 cm)를 대상으로 중숙단계 이상에서 출현하는 성숙개체의 출현비율을 구하였다(Fig. 8). 암컷은

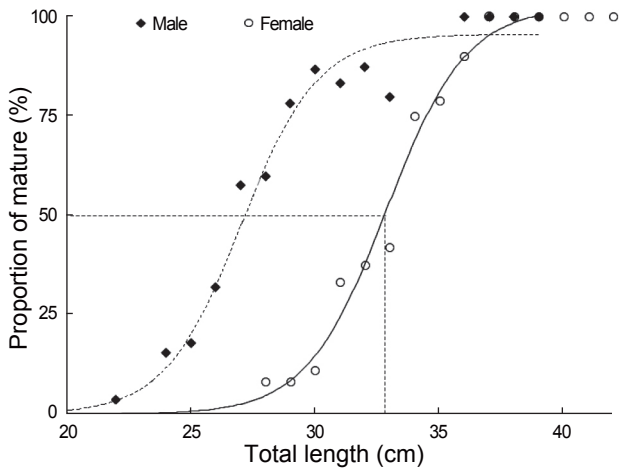


Fig. 8. Group maturity length for female and male *Hippogloides dubius*.

28 cm에서 4.7%, 31 cm에서 24.3%, 33 cm에서 75.0%이었고 39 cm 이상에서는 100%로 나타났으며 수컷은 22 cm에서 3.8%, 25 cm에서 21.5%, 28 cm에서 64.1%이었고 36 cm에서 95%이상으로 나타났다. 홍가자미의 최소성숙전장은 암수 각각 28.4 cm, 22.6 cm 이었고 50% 성숙전장은 체급별 성숙개체의 출현 비율을 logistic식에 적용한 결과 암컷은 32.9 cm, 수컷은 27.1 cm로 추정되었다.

고 찰

본 연구의 전체 조사기간 중 채집된 홍가자미의 성비에서 수컷비율이 우세하였는데, 산란기에는 암컷의 비율이 38.7%로 비산란기에 비해 높은 비율을 보였다. Hirose and Minami (2007)의 보고에 의하면 교토연안 홍가자미 산란장에서 수컷이 암컷보다 성비가 우세하다는 것을 관찰하였는데, 수컷 개체 수 비율의 우세가 산란시기 전부터 나타나는 것으로 보아 산란장에서 장기간 수컷들이 머무르는 것은 암컷과의 짝짓기 기회를 많이 갖도록 하기 위한 것으로 보고하였다. Yamasaki et al. (1999)은 암컷보다 수컷이 산란장에서 더 오래 머문다고 하였고 같은 산란장내에서 수컷들은 일찍 성숙하며 암컷보다 생식활동을 보다 길게 한다고 제안하였다. 본 연구에서 산란기간 암수의 평균전장은 비산란기간의 평균전장에 비해 작은 것으로 나타났는데, 이는 상업어선이 산란기간 동안에는 수심이 얕고 비교적 작은 어체와 산란친어가 함께 서식하는 150-200 m층에서 조업을 하고 비산란기간에는 산란을 마친 큰 개체들이 이동하여 서식하는 300-400 m층에서 주로 조업을 하기 때문인 것으로 생각된다.

홍가자미 암컷의 평균 생식소속도지수(GI)는 1월과 2월에 각각 7.72와 7.44로 가장 높은 값을 보이다가 3월에 3.04로 급격히 떨어지고, 성숙단계를 육안으로 관찰하여 속도를 구분하였

을 때 방란중인 개체는 1월부터 4월 사이에 출현하고 2월에 전체 개체수의 34%로 가장 높은 비율을 보였다. 또한 난소의 발달단계를 조직학적으로 분석한 결과에도 2월과 3월에 방란기의 완숙난이 관찰되었고, 4월이 되면서 방란 후기의 개체들이 관찰되는 것으로 보아 홍가자미의 주 산란시기는 2월과 3월로 추정된다. 홍가자미 수컷의 생식소 속도지수(GI)도 1월과 2월에 각각 1.54와 1.97로 가장 높은 값을 보였으며 3월이 되면서 1.25로 급격하게 감소하였고, 생식소를 육안으로 관찰한 결과에서도 방란중인 개체가 1-5월까지 출현하지만 2월과 3월에 방란중인 개체의 비율이 각각 31%와 26%로 가장 높은 것으로 보아 수컷도 암컷과 마찬가지로 2월과 3월이 산란성기로 판단된다. Yamada et al. (2008)의 일본 후쿠시마현 연안해역 홍가자미의 성숙과 산란에 관한 연구에서 홍가자미 암컷 성숙개체의 출현 빈도는 1월 하순에 높았다가 2월 상순부터 4월 하순까지 낮게 나타났으며, 성숙개체와 방란중인 개체는 1월 하순은 낮았고 2월 상순부터 3월 하순까지는 높게 나타났다가 4월 상순 이후에는 감소하였다. 방란후 개체는 1월 하순에는 나타나지 않고, 2월 상순부터 3월 하순까지 낮게 나타나고 4월 상순 이후 증가하였다. 이 결과로 후쿠시마현에 서식하는 홍가자미의 산란시기는 2-3월로 추정되었으며 Yokohama et al. (1991)의 폰카만(Funka bay)에서 1-4월, 동해 동쪽에서는 2-4월 등으로 본 연구 결과 추정된 동해안 강원연안의 홍가자미의 산란시기와 크게 다르지 않았다.

월별 난경조성에서 산란시기인 1월부터 4월까지 출현하는 난경 0.9 mm이상의 난모세포는 방란을 통하여 산란을 하게 되며 산란을 하지 못한 난모세포는 5월 이후에 퇴화하거나 흡수되는 것으로 여겨진다. 산란기간 동안 전체 난모세포수에 대한 방란되는 난모세포수의 비율은 3.6-27.0%로서 이 수치는 포란수(Fecundity)에 대한 산란비율로 홍가자미의 산란수(Fertility)로 간주 될 수가 있다. 산란수에 관한 연구로 멸치의 재생산력 연구(Choi and Kim, 1988)에서 포란한 난중 방란되는 난의 비율은 4.3-13.1%로 부어류인 멸치에 비해 저서어류인 홍가자미의 방란비율은 높은 수준에 있는 것으로 나타났다.

자원관리 매개변수의 하나인 성숙전장은 본 연구에서 암컷의 경우, 최소성숙전장은 28.4 cm, 50% 성숙전장은 32.9 cm이었고 39.0 cm 이상에서는 100% 성숙을 하는 것으로 나타났다. 이에 비해 Ishida and Kitakata (1982)의 홋카이도 연안의 홍가자미에 관한 보고에서 최소성숙전장은 29-30 cm, 50% 성숙전장은 32-33 cm, 100% 성숙전장은 35 cm이었고, Yokohama et al. (1991)의 홋카이도 폰카만의 보고에서 최소성숙전장은 25.5 cm, 50% 성숙전장은 27-28 cm이었다. 또한, Yamada et al. (2008)의 후쿠시마현 연안해역에 대한 보고에서 최소성숙전장은 27 cm, 50% 성숙전장은 29.9 cm, 100% 성숙전장은 37 cm이었다. 성숙전장에 관련한 이상의 연구 결과들을 기준으로 볼 때, 본 연구의 최소성숙전장 및 50% 성숙전장은 각각 28.4 cm, 32.9 cm로서 Ishida and Kitakata (1982)의 29-30 cm, 32-33

cm와 거의 일치하였고 100% 성숙체장은 39 cm 이상으로서 Yamada et al.(2008)의 37 cm와 유사한 것으로 나타났다. 같은 조사해역인 홋카이도에서 실시한 Ishida and Kitakata (1982)와 Yokohama et al. (1991)의 결과는 큰 차이를 보였고, Yamada et al.(2008)의 최소성숙전장과 50% 성숙전장은 Ishida and Kitakata (1982)와 Yokohama et al.(1991) 두 결과의 중간값 수준이고 100% 성숙전장은 가장 높은 값을 보였다. 이러한 성숙과 성장에 대한 차이는 조사해역의 개체군 특성에 따른 자원상황이나 조사시기와 관련한 해양환경의 변화 등과도 관계가 있을 것으로 생각된다.

어류의 성숙·산란과 수온의 중요성에 관한 연구로는 대부분이 인위적인 수온조절에 의한 사육실험(Solomon et al., 2011; Smith and Walker, 2004; Tan-Fermin et al., 1997)으로 수온 증가가 산란기작에 영향을 미치는 것으로 나타났으며, 자연상태의 조사로서는 조건대 수온상승이 망둑어류의 생식속도 지수를 지속적으로 높인다는 결과가 연구된 바가 있다(Shiota et al., 2003). 가자미류는 저서정착성 생활을 하는 어종으로 표층과 중층 생활을 하는 다른 어류들에 비해서 온도에 대한 민감성이 상대적으로 낮은 것으로 알려져 있지만(Fonds, 1979; Murawski, 1993), 문치가자미의 경우 산란장의 수온증가에 의해 산란시기가 점차적으로 길어지고 산란 수층 또한 깊은 수심으로 이동하는 경향을 보인다고 하였다(Seo et al., 2010). 또한 비스카이만에서 가자미류 초기생활사 단계의 생체량과 개체수는 산란시기의 수온과 관련 있는 것으로 겨울과 봄에 주로 산란하는 차가운 북부해역의 가자미에 대해서는 해수온난화가 가입상황을 악화시키는 것으로 나타났다(Désaunay et al., 2006; Hermant et al., 2010). 동해안 저층수의 수온은 1960년대 이후 점차적으로 상승하여 계절별로 0.24-0.4℃ 정도 상승한 것으로 보고한 바 있어(Yoon et al., 2010), 우리나라 동해안의 깊은 수심에서 주로 서식하는 홍가자미를 비롯한 냉수성 가자미류의 생식생태와 산란장의 변화가 생길 지가 주목되는 것으로 효율적인 자원관리를 위해 해양수온 변동에 따른 생식특성과 가입상황을 지속적으로 모니터링 해야 할 것으로 여겨진다.

사 사

본 연구는 국립수산과학원(RP-2013-FR-092)의 지원으로 수행되었습니다.

References

Cha HK, Park KY, Lee SI, Park HW, Kwon HC and Choi SH. 2006. Maturity and spawning of brown sole, *Pleuronectes herzensteini* in the East Sea of Korea. Korean J Ichthyol 18, 363-367.
 Cha HK, Kwon HC, Lee SI, Yang JH, Chang DS and Chun YY. 2008. Maturity and spawning of Korean flounder, *Glyptocephalus stelleri* in the East Sea of Korea. Korean J Ichthyol

20, 263-271.
 Choe SH, Hur YH, Chun YY and Zhang CI. 1999. Growth and maturity of pointhead flounder, *Cleisthenes pinetorum* in the East Sea. J Korean Soc Fish Res, 2, 1-13.
 Choi YM and Kim JY. 1988. Reproduction of anchovy *Engraulis japonica* in the southern coastal waters of Korea. Bull Nat Fish Dev Agency 41, 27-34.
 Désaunay Y, D Guérault, OL Pape and JC Poulard. 2006. Changes in occurrence and abundance of northern/southern flatfishes over a 20-year period in a coastal nursery area(Bay of Vilaine) and on the eastern continental shelf of the Bay of Biscay. Sci Mar 70, 193-200.
 Fonds M, 1979. Laboratory observations on the influence of temperature and salinity on development of the eggs and growth of the larvae of *Solea solea* (Pisces). Mar Ecol Progr Ser 1, 91-99.
 Fujiwara K, Hirose T, Miyajima T and Yamasaki A. 2009. Miniaturization of the mature size of female *Hippoglossoides dubius* off Kyoto Prefecture. Nippon Suisan Gakkaishi 75, 704-706.
 Hernant M, J Lobry, S Bonhommeau, JC Poulard and OL Pape. 2010. J Sea Res 64, 45-53.
 Hirose T and Minami T. 2007. Spawning grounds and maturation status in adult flathead flounder *Hippoglossoides dubius* off Niigata Prefecture, Sea of Japan. Fish Sci 73, 81-86
 Ishida R and Kitakata M. 1982. Studies on the maturity of the female flathead flounder *Hippoglossoides dubius*. Bull Tokai Reg Fish Res Lab 107, 61-105.
 Iwakawa K, Takahashi T, Takatsu T, Inakaki Y, Nakatani T and Maeda T. 2013. Growth pattern of flathead flounder *Hippoglossoides dubius* in Funka Bay, Hokkaido, Japan. Nippon Suisan Gakkaishi 79, 10-19.
 Kim IS, Choi Y, Lee CL, Lee YJ, Kim BJ and Kim JH. 2005. Illustrated book of Korean Fishes. Kyo-Hak Publishing Co, Seoul, Korea, 613.
 Lee SI, Park KY, Kim YS, Park HW, Yang JH and Choi SH. 2006. Age and growth of brown sole, *Pleuronectes herzensteini* in the East Sea of Korea. Korean J Ichthyol 18, 355-362.
 Miyamoto T, Takatsu T, Nakatani T, Maeda T, Takahashi T. 1993. Distribution and food habits of eggs and larvae of *Hippoglossoides dubius* in Funka Bay and its offshore waters, Hokkaido. Jpn Soc Fish Oceanogr 57, 1-14.
 Murawski SA. 1993. Climate change and marine fish distributions: forecasting from historical analogy. Trans Am Fish Soc 122, 647-658.
 Nakatani T, Maeda T, Sugimoto K, Takatsu T, and Takahashi T. 2002. Possible causes of annual change in the year class strength of flathead flounder *Hippoglossoides dubius* (Pisces, Pleuronectiformes) in Funka Bay, Hokkaido. Bull Jpn Soc Fish Oceanogr 66, 216-223.
 NFRDI. 1985. Guide on fisheries resources research. Resources

- research data report 10, 193.
- NFRDI. 2012. Report on survey of Gangwon trammel net fisheries Resources. TR-2012-FR-004, 94.
- Seo YI, Joo H, Lee SK, Kim HY, Ko JC, Choi MS, Lim 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.
- Shiota T, A Ishimatsu and K Soyano. 2003. Effects of temperature on gonadal development of mudskipper (*Periophthalmus modestus*). Fish Physiol and Biochem 28, 445-446.
<http://dx.doi.org/10.1023/B:FISH.0000030624.35937.3d>.
- Smith BB and Walker KF. 2004. Spawning dynamic of common carp in the River Murray, South Australia, shown by macroscopic and histological staging of gonads. J Fish Biol 64, 336-354. <http://dx.doi.org/10.1111/j.0022-1112.2004.00293.x>.
- Solomon K, J Aoki and K Soyano. 2011. Annual changes in ovarian development and sex steroid levels in cultured female dojo loach *Misgurnus anguillicaudatus*. Aquacult Sci 59, 19-28.
- Tan-Fermin JD, T Miura, H Ueda, S Adachi and K Yamauchi. 1997. Testicular histology and serum steroid hormone profiles in hatchery-bred catfish, *Clarias macrocephalus* (Gunther) during an annual reproductive cycle. Fish Sci 63, 681-686.
- Vdovin AN, Shvydkii GV and Kalchugin PV. 2004. Seasonal distribution of the red halibut *Hippoglossoides dubius* in the northwestern part of the Sea of Japan. J Ichthyol 44, 371-375.
- Wenner C A, Roumillat WA, Moran Jr JE, Maddox MB, Daniel III LB and Smith JW. 1990. Investigations on the life history and population dynamics of 407 marine recreational fishes in South Carolina Part 1 Technical report South Carolina 408 Wildlife and Marine Resources Department.
- Yagishita N, Yamasaki A and Tanaka E. 2006. Age and growth of flathead flounder *Hippoglossoides dubius* collected off Kyoto Prefecture, Japan. Nippon Suisan Gakkaishi 72, 651-658.
- Yamada M, Yamanobe A, Sato M, Yoshida T and Kawai T. 2008. Maturity and spawning period of female flathead flounder *Hippoglossoides dubius* off Fukushima Prefecture, Japan. Nippon Suisan Gakkaishi 74, 849-855.
- Yamasaki A, Ohki S, Uchino K, Yoshiya M. 1999. Ecological studies on flat fish, *Hippoglossoides dubius* in the sea off Kyoto Prefecture-IV. Bathymetric distribution pattern during spawning period. Bull Kyoto Inst Ocean Fish Sci 21, 1-7.
- Yokoyama S, Maeda T, Nakatani T, Takahashi T, Matsushima H. 1990. Distribution and migration of *Hippoglossoides dubius* in Funka Bay and its offshore waters, Hokkaido. Bull Jpn Soc Fish Oceanogr 54, 373-380.
- Yokoyama S, Maeda T, Takahashi T, Nakatani T and Matsushima H. 1991. Annual life cycle of adult *Hippoglossoides dubius* in Funka Bay, Hokkaido. Nippon Suisan Gakkaishi 57, 1469-1476.
- Yoon YY, Jung SJ and Yoon SC. 2010. Characteristics and long term variation trend of water mass in the coastal part of East Sea, Korea. J Korean Soc Mar Env Eng 10, 59-65.