

강원도 동해시 연안에 서식하는 까나리(*Ammodytes japonicus*)의 성숙과 산란

김소라 · 김종빈¹ · 이수정¹ · 양재형^{1*}

국립수산과학원 연근해자원과, ¹국립수산과학원 동해수산연구소 자원환경과

Maturity and Spawning of Pacific Sand Eels *Ammodytes japonicus* in Coastal Waters near Donghae, Gangwon-do

So Ra Kim, Jong Bin Kim¹, Soo Jeong Lee¹ and Jae Hyeong Yang^{1*}

Researcher, Coastal Water Fisheries Resources Research Division, National Institute of Fisheries Science, Busan 46083, Korea

¹Researcher, Fisheries Resources and Environment Research Division, East Sea Fisheries Research Institute, National Institute of Fisheries Science, Gangneung 25435, Korea

The maturity and spawning of pacific sand eels *Ammodytes japonicus*, was investigated using samples collected by gill net in coastal waters near Donghae, Gangwon-do, from January 2017 to December 2018. Monthly changes were analyzed in maturity stage, gonadosomatic index (GSI), egg diameter, fecundity (F), and total length (TL) at 50% group maturity. The average TLs of female and male *A. japonicus* were 18.5 and 18.1 cm, respectively. The spawning period was from November to March, with the peak from December to February based on monthly changes in GSI and maturity stages. The egg diameter during the spawning-capable stage was 300-1000 (main mode 500-600) μm . Fecundity ranged from 6,411 eggs at 16.7 cm fork length to 45,771 eggs at 24.7 cm fork length. The relationship between TL and F was $F=0.00005\text{TL}^{4.2715}$ ($R^2=0.7216$), such that F increased with TL. TL at 50% group maturity was estimated to be 15.1 cm for both sexes.

Keywords: Maturity, Spawning, Pacific sand eels, Sand lance, *Ammodytes japonicus*

서론

까나리(*Ammodytes japonicus*)는 농어목(Perciformes), 까나리과(Ammodytidae)에 속하는 어종이고, 동해안에서는 “양미리”라는 방언으로 불리고 있다. 우리나라에 서식하고 있는 까나리는 크게 두 계군(동해, 서해)으로 구분 된다(Kim et al., 2008, 2015). 동해에 서식하는 성어의 전장은 25 cm 전후, 서해는 10 cm 내외로 계군 간의 전장 차이가 큰 것으로 알려져 있다(Kim et al., 2005). 까나리의 학명은 과거 *Ammodytes personatus*로 통용 되었으나, 최근 계통분류학적 연구결과에 따르면 연구에서는 *Ammodytes japonicus*로 표기하였다(Turanov and Kartavtsev, 2014; Orr et al., 2015; Kim et al., 2017). 까나리의 식성은 부유성 소형갑각류, 곤쟁이류, 소형어류, 동물성 플랑크톤 등을 먹고(NFRDI, 2004), 냉수성이며 연안성 어류로

서 바닥이 모래질인 내만이나 연안에서 무리를 지어 생활하며, 수온 15°C 이상 되면 모래 속에 들어가 “여름잠(Aestivation)”을 자는 특징이 있는 것으로 알려져 있다(Choi et al., 2002; Kim et al., 2005). 까나리는 겨울에서 초봄에 걸쳐 바닥 또는 모래나 조개껍질이 섞인 모래질의 수심 20-30 m에서 산란하고, 우리나라 전 연안, 일본, 알래스카 및 시베리아이남 연안에 널리 분포하고 있다(NFRDI, 2004; Chyung, 1977). 까나리는 상업적으로 중요한 어종으로 특히, 동해안에서는 알을 품고 있는 어체를 말려서 소비하는 경향이 크며, 서해안에서는 발효시켜 액젓으로 이용한다(Myoung et al., 2002). 까나리는 동해안에서 연안자망에 의해 대부분 어획되고, 연도별 동해안 어획량은 1993년에 8,980톤으로 최고 어획량을 보였으며, 최근 5년 평균 어획량은 1,197톤으로 1990년대 후반부터 지속적으로 어획량이 감소하였다(KOSIS, 2019; Fig. 1). 겨울철 동해안 어업인의 주요 소득

*Corresponding author: Tel: +82. 33. 660. 8522 Fax: +82. 33. 661. 5813

E-mail address: yangjh159@korea.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.2020.0019>

Korean J Fish Aquat Sci 53(1), 19-26, February 2020

Received 20 December 2019; Revised 20 January 2020; Accepted 12 February 2020

저자 직위: 김소라(석사 후 인턴 연구원), 김종빈(연구관), 이수정(연구사), 양재형(연구사)

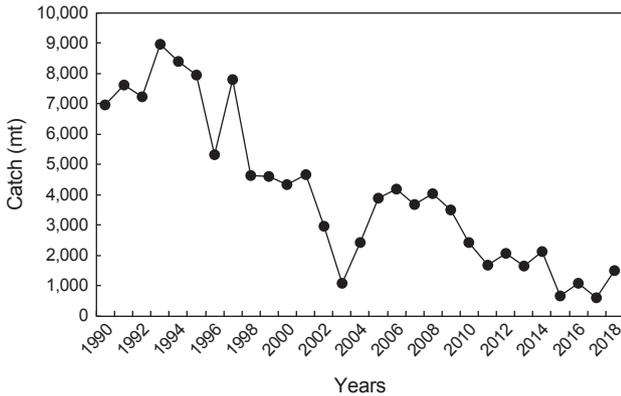


Fig. 1. Changes in annual catch of sand eels *Ammodytes japonicus* in the East Sea from 1990 to 2018.

원인 까나리는 최근 자원량 감소로 인해 어업인 소득에 큰 영향을 미치기 때문에 이들 자원의 효율적인 자원관리를 위해서 현재 상황이 반영된 생태학적 특성에 대한 연구가 선행되어야 한다. 까나리 연구는 생물학적연구(Chun, 1974), 식성연구(Kim and Kang, 1991), 연령, 성장 및 성숙 연구(Choi et al., 1997), 강원 연안산 까나리의 자치어의 분포연구(Han et al., 1999), 수온과 연령, 성장관계(Tomiya and Yanagibasi., 2004), 계통분류학적 연구(Kim et al., 2008; 2015; 2017) 등 과거부터 많은 연구가 국내외에서 진행되었다. 까나리의 산란생태학적특성은 국내외에서 어류도감 및 선행연구 등을 통해 많은 보고가 되어 있으나, 최근 동해안의 수온상승 등 해양환경의 변화에 따라 강원도 연안 특산종인 까나리의 생태학적 변화가 나타날 수 있어 재검토가 필요한 상황이다. 따라서 본 연구는 동해중부해역인 동해시 연안에 분포하는 까나리의 재생산에 관한 연구를 위해 직접자원조사를 실시하였고, 까나리의 월별 성숙비율, 산란시기, 포란수, 성숙체장 등을 분석하여 최근 까나리의 성숙과 산란에 대해 살펴보고자 한다.

재료 및 방법

본 연구에 사용된 까나리는 2017년 1월에서 2018년 12월까지 강원도 동해시 묵호항연안에서 자망을 이용하여 직접자원조사를 수행하였고, 수심은 30 m 내외로 사질이 넓게 분포한 곳에서 어획하였다(Fig. 2). 까나리의 월별 어획량은 11-4월에 많았으나, 수온이 높아지는 7-10월에는 어획개체수가 적거나 전혀 어획이 되지 않았다(Table 1). 채집된 시료는 냉장 또는 냉동상태로 실험실에 운반하였고, 어체정밀조사는 암·수를 구분하여 전장(total length, TL) 0.1 cm, 체중(body weight, BW) 0.1 g, 생식소 중량(gonad weight, GW) 0.01 g까지 측정하였다.

까나리의 산란기는 암컷과 수컷의 생식선 크기, 색조, 난의 투명상태, 난립의 크기 등을 기준으로 육안관찰을 통해 성숙도

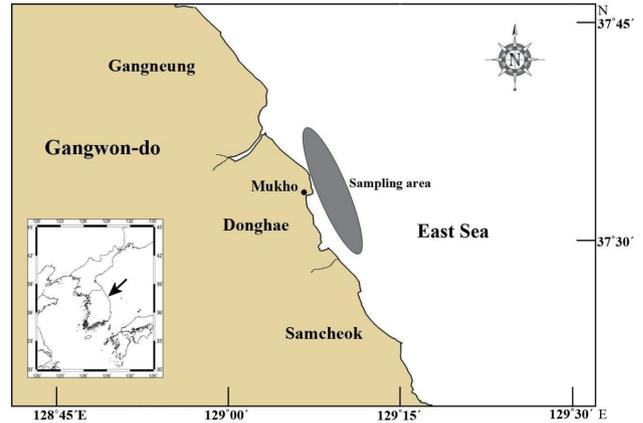


Fig. 2. Sampling area of the Pacific sand eels *Ammodytes japonicus* in the coastal waters of Donghae-si, Gangwon-do.

를 조사하였고, 성숙단계는 미숙(immature), 중숙 및 성숙(developing), 완숙 및 방중(spawning capable), 방후(regressing)의 4단계로 구분하여 각 단계의 월별 출현비율을 확인하였다(Brown-Peterson et al., 2011). 또한 생식소중량지수(gonadosomatic Index, GSI)는 다음 식으로 구하여 월 변화를 분석하였다.

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

여기서 GW는 생식소 중량(g, 습중량), BW는 체중(g, 습중량)을 각각 나타낸다.

성숙단계별 난경의 변화를 알아보기 위해 난소의 중앙부 일부를 절취하여, 개량 Gilson용액에 고정시킨 후 난을 분리하였다(Love and Westphal, 1981). 난경은 현미경아래에서 0.001 mm 까지 측정하였다.

포란수(fecundity, F)는 산란기로 추정되는 시기의 완숙 및 방중(spawning capable) 개체를 대상으로 난소에서 일부를 절취한 후 계수하여, 습중량법(Bagenal and Brown, 1978)으로 구하였다.

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

여기서, A는 난소의 중량, B는 난소 껍질의 중량, C는 난소 일부의 중량, 그리고 e는 C의 난수이다.

성숙체장은 산란기로 추정되는 시기에 중숙 및 성숙(developing) 이상의 개체를 산란가능군으로 보고 성숙한 까나리 개체의 비율을 logistic식에 베이지안 회귀모형이 적용된 sizeMat package (Torrejon-Magallanes, 2019)를 이용하여 분석하였다(R v.3.5.2).

$$P_i = \frac{1}{1 + e^{-(S_1 + S_2 \cdot TL_i)}} \times 100$$

여기서 P_i 는 체장계급에서의 성숙비율, TL_i 는 i 체장계급의 전장, 그리고, S_1, S_2 는 상수이다.

성숙체장은 대상어종의 자원상태를 판단하기 위한 중요한 요소이며, 일반적으로 50%성숙체장을 사용한다. 본 연구에서는 대상어종의 자원상태 악화에 따른 효과적인 자원관리 방안을 위한 과학적 기준을 제시하기 위해 50%성숙체장뿐만 아니라 75%, 97.5%성숙체장 또한 추정하였다.

결 과

까나리의 체장조성

까나리 표본은 2017년 1월부터 2018년 12월까지 동해 강원

도 동해시 묵호항 연안에서 자망을 이용하여 직접어획시험 조사를 통해 매월 어획하였고, 채집된 표본은 총 1,093개체로 암컷 632개체, 수컷 461개체였다(Table 1). 까나리 암컷의 전장범위는 11.8-25.3 cm (평균전장 18.5 cm)로 나타났고, 수컷의 전장범위는 7.9-26.3 cm (평균전장 18.1 cm)로 나타났다(Table. 1, Fig. 3). 까나리의 암-수간 전장은 큰 차이를 보이지 않았고 ($P>0.05$), 전장모드는 19.0-20.0 cm에서 주 모드를 보였다.

산란기 추정

까나리 생식소 성숙도 월 변화를 보면(Fig. 4), 암컷의 미숙(immature)개체는 1-9월까지 출현하여 3-7월, 9월에는 90%이상 높은 비율로 차지하였다. 중숙 및 성숙(developing)개체는 10월부터 출현하여 11월까지 80%이상 나타났다. 완숙 및 방중(spawning capable)개체는 11월에 15%이하의 낮은 비율로 출현하기 시작하여 12-2월에 80%이상 높은 비율을 보였고, 3

Table 1. Size range and Number of individuals and of the pacific sand eels *Ammodytes japonicus* in the coastal waters off Donghae-si, Gangwon-do from 2017 to 2018

Year	Month	Female			Male		
		Range (cm)	Mean (cm)	n	Range (cm)	Mean (cm)	n
2017	Jan.	11.8-24.1	18.2	12	13.6-26.3	19.9	10
	Feb.	12.0-23.6	16.1	55	12.2-19.5	16.0	50
	Mar.	12.9-21.6	16.2	61	13.2-21.4	15.9	41
	Apr.	16.3-24.8	19.9	92	16.6-21.6	18.6	8
	May	13.0-23.5	15.9	71	12.7-18.8	15.2	25
	Jun.	12.4-20.3	14.4	42	12.0-21.7	13.7	49
	Jul.	14.0-23.5	18.0	8	13.8-22.3	16.2	8
	Aug.	-	-	-	-	-	-
	Sep.	-	-	-	-	-	-
	Oct.	-	-	-	-	-	-
	Nov.	18.8-23.1	20.4	33	17.8-22.8	20.4	86
	Dec.	17.4-23.2	19.4	40	16.6-22.5	19.8	34
2018	Jan.	16.7-25.3	20.7	61	13.6-24.3	21.1	21
	Feb.	12.8-25.1	21.0	30	19.9-24.7	21.5	8
	Mar.	18.1-20.6	19.2	5	14.4-22.6	18.5	2
	Apr.	17.8-24.7	20.6	32	14.2-23.5	19.3	27
	May	18.2-20.9	19.2	5	7.9-24.0	16.1	13
	Jun.	16.1-20.5	18.3	6	15.0-19.7	17.8	5
	Jul.	-	-	-	-	-	-
	Aug.	-	-	-	18.5-22.7	20.4	3
	Sep.	12.2-12.2	12.2	1	13.9-19.3	17.2	7
	Oct.	17.7-21.7	20.2	11	18.3-22.2	20.2	18
	Nov.	17.8-21.7	20.0	13	18.9-22.2	20.1	19
	Dec.	17.8-24.5	20.5	54	18.5-23.5	20.7	27
Total		11.8-25.3	18.5	632	7.9-26.3	18.1	461

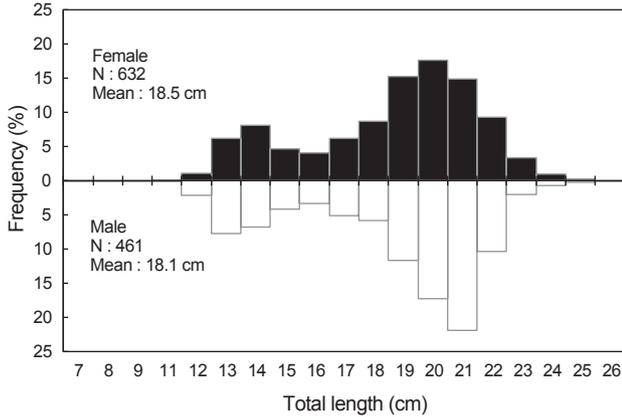


Fig. 3. Length-frequency distribution of the Pacific sand eels *Ammodytes japonicus* in the coastal waters off Donghae-si, Gangwon-do.

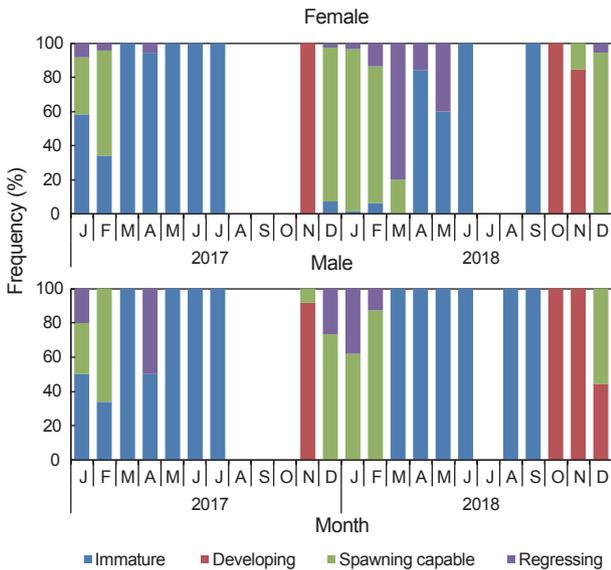


Fig. 4. Monthly changes in maturity stages of female and male of the Pacific sand eels *Ammodytes japonicus* in the coastal waters off Donghae-si, Gangwon-do.

월에는 20%이하로 급격히 낮아지는 경향을 보였다. 방후(regressing)개체는 12월부터 출현하여 2월까지 20%이하로 나타났으며, 3월에는 80%이상 가장 높은 비율을 보였고, 4-5월까지 출현하였다. 수컷의 미숙(immature)개체는 3-9월에 높은 비율로 출현하였고, 중숙 및 성숙(developing)개체는 10-12월에 높은 비율을 차지하였다. 완숙 및 방중(spawning capable)개체는 12-2월에 높은 비율을 보였고, 방후(regressing)개체는 12-2월, 4월에 출현하였다. 까나리의 성숙도는 암·수간 유사한 경향을 보였고, 완숙 및 방중(spawning capable)개체는 12-2월에 집

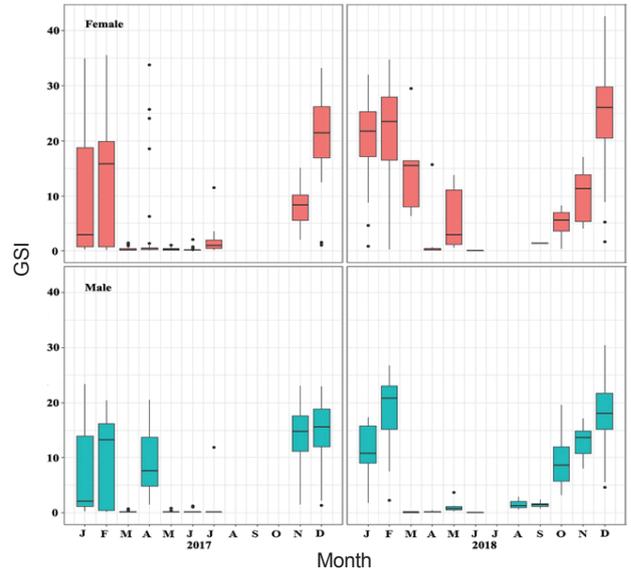


Fig. 5. Monthly variation of GSI (gonadosomatic index) of the Pacific sand eels *Ammodytes japonicus* in the coastal waters off Donghae-si, Gangwon-do.

중되었다.

까나리의 생식소중량지수(GSI)의 월 변화를 보면(Fig. 5), 암컷은 10월부터 평균 GSI값이 높아지기 시작하여 2월까지 8.1-24.8로 나타났고, 3월부터 낮아지는 경향을 보였다. 특히하게 2017년 4월에 33.8로 높은 값을 나타낸 개체가 출현하였고, 2018년에는 평균값이 낮아지는 4-5월에 13.7-15.7로 높은 값의 개체가 출현하였다. 수컷은 암컷과 유사한 월별 경향을 보여 10월부터 높아지기 시작하여 3월에 낮아지는 경향을 보였고, 수컷 또한 특히하게 2017년 4월과 7월에 각각 20.5, 11.9로 높은 값의 개체가 출현하였다. 까나리의 생식소성숙도와 생식소속도지수를 분석한 결과 산란기는 11-3월로 추정되었고, 주 산란기는 12-2월로 이 시기에 집중적으로 산란이 이루어지는 것으로 나타났다.

난경 및 포란수

까나리의 암컷의 성숙단계별 난의 크기변화를 보면(Fig. 6), 미숙개체의 난의 크기는 대부분 200 μm 이하로 나타났고, 중숙 및 성숙개체는 300-500 μm 로 나타났다. 완숙 및 방중개체는 500-600 μm 에서 주 모드를 보였고, 최대난경은 1,000 μm 까지 나타내었다. 방후개체는 300-500 μm 로 성숙한 큰 크기의 난들은 방란되고 잔존난들이 분포하였다. 까나리의 포란수는 산란기간 중 산란경험이 없는 중숙 및 성숙단계이상의 개체를 대상으로 계수하였다(Fig. 7). 포란수 범위는 최소 6,411개(TL 16.7 cm)에서 최대 45,771개(TL 24.7 cm)로 계수되었고, 전장(TL)과 포란수(F) 간의 관계식은 $F=0.00005TL^{4.2715}$ ($R^2=0.7216$)로 나타나 전장이 커질수록 포란수가 증가하는 경

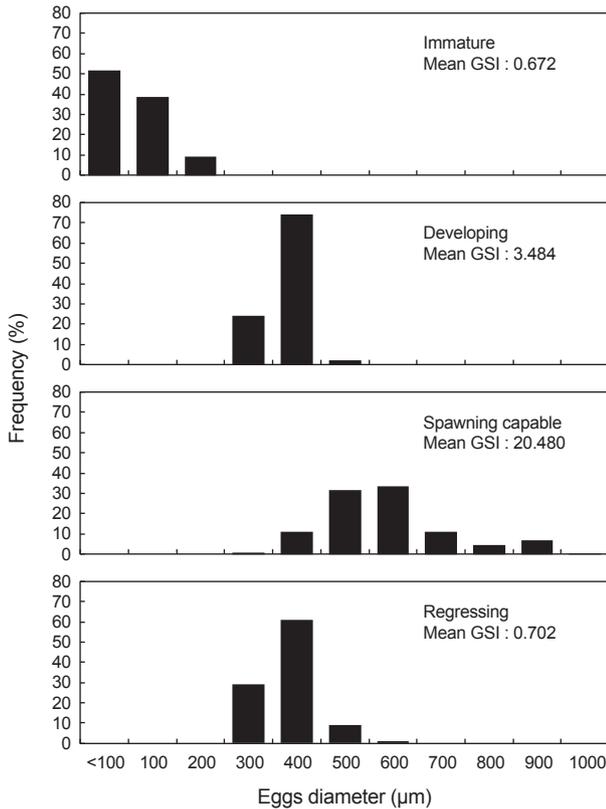


Fig. 6. Distributions of eggs diameter in mature stage of the pacific sand eels *Ammodytes japonicus* in the coastal waters off Donghae-si, Gangwon-do.

향을 보였다(Fig. 7).

성숙체장

까나리의 성숙체장은 산란기로 추정되는 12-2월까지 중숙 및 성숙 이상의 개체들이 산란에 참여하는 것으로 간주되어 성숙 개체의 출현 비율을 조사하였다(Fig. 8). 암컷의 50%성숙체장은 15.1 cm (95% 신뢰구간, 14.7-15.5 cm), 수컷의 50%성숙체장 또한 15.1 cm (95% 신뢰구간, 14.6-15.8 cm)로 나타나 본 연구에서는 까나리의 성숙체장을 암·수 합쳐 분석하였다. 까나리의 체장별 성숙상태는 전장이 13 cm 이하에서는 성숙한 개체가 출현하지 않았고, 전장 20 cm 이상인 개체는 전 개체가 산란에 참여하는 것으로 나타났다. 성숙비율과 전장을 logistic식에 적용하여 까나리의 50%, 75%, 97.5% 성숙체장을 분석한 결과, 각각 전장 15.1 cm (95% 신뢰구간, 14.6-15.6 cm), 15.8 cm, 17.7 cm로 추정되었다.

고 찰

까나리는 17-20°C이상에서 여름잠에 들어가고, 수온이 약 15-16°C이하가 되면 여름잠을 마치며 빠르게 성숙하는 것

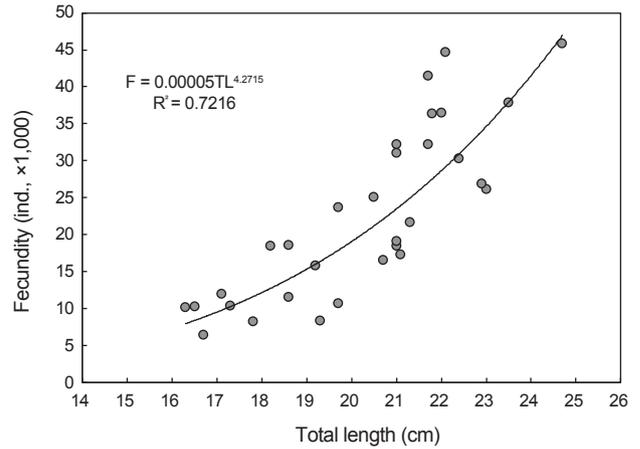


Fig. 7. Relationship between total length and fecundity of the pacific sand eels *Ammodytes japonicus* in the coastal waters off Donghae-si, Gangwon-do.

으로 알려져 있다(Yanagibashi et al., 1997; Tomiyama and Yanagibashi, 2004). 강원도 동해시 연안 표층 수온은, 7월부터 19-21°C로 높아지고, 11월부터 16°C이하로 낮아지는 경향을 보여 본 연구 해역의 까나리는 7-10월까지 약 4-5개월 정도 여름잠 기간으로 추정된다(KODC, 2019; Fig. 9). 일본의 이세만(Ise Bay)의 까나리는 5-6월에 여름잠에 들어가며, 센다이만(Sendai Bay)의 까나리는 8-11월이 여름잠 기간으로 보고되어 본 연구결과와 비교해 보았을 때, 고위도 일수록 여름잠 시작이 늦어지는 경향을 보이며, 여름잠의 개시는 수온의 영향이 큰 것으로 판단된다(Tomiyama and Yanagibashi, 2004).

본 연구에서 여름잠을 마친 까나리의 10-12월 체장범위는 16.6-24.5 cm로 조사되었고 동해안 주문진에서는 18.5-27.8 cm의 체장범위를 보여, 본 연구결과보다 체장이 큰 것으로 나타났다(Chun, 1974). 해역간 체장 차이로는 남해안 거제도 7.7-11.4 cm, 서해안 백령도 까나리는 5.5-13.1 cm로 보고하여 동해안의 까나리 크기가 남해와 서해에 비해 상대적으로 큰 것으로 나타났다(Chun, 1974).

생식소 육안관찰에 의한 생식소의 월별 성숙도 판별과 생식소 속도지수의 월 변화를 분석한 결과 묵호연안 까나리의 산란기는 11-3월로 주 산란기는 12-2월로 추정되었다. 반면, Choi et al., (1997)의 연구에서 동해안에 서식하는 까나리의 산란기를 11-12월, 주 산란기는 12월로 추정하였으며, 강원 연안산 까나리 자치어의 분포연구에서는 주로 12월-이듬해 1월에 산란이 이루어지고, 1월에 10 mm 내외의 자어 출현이 가장 많은 것으로 보고하였다(Han et al., 1999). 따라서 선행 연구에 비하여 최근 동해안 까나리의 주 산란기간이 2개월 길어진 것으로 나타났다. 산란을 마치는 시기가 2-3월로 늦어지는 경향을 보였다. 해역별 산란기 차이를 보면 Kim et al. (1999)의 연구에서 남해안 자치어의 일련분석을 통해 발생시기를 11월 3일-3월 8일로

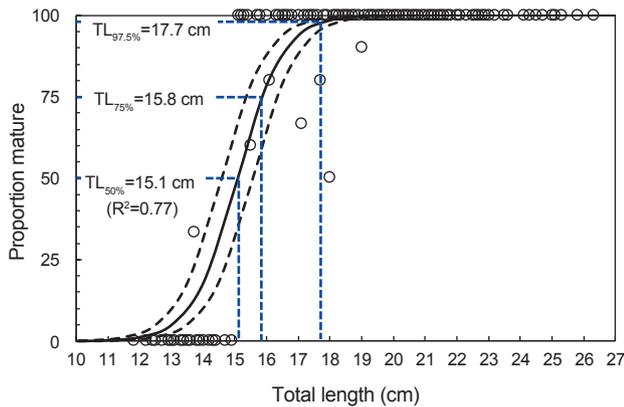


Fig. 8. Relationship between total length and group maturity of the pacific sand eels *Ammodytes japonicus* in the coastal waters off Donghae-si, Gangwon-do.

추정하여 본 연구 결과와 비슷하였으며, 서해안 까나리는 주 산란기가 1-2월(수온 4-6°C)로 보고하여(Hur and Yoo, 1984) 동해안과 차이를 보였다. 특히, 동해안 산란기 수온은 서해안 보다 3-5°C 높은 것으로 나타났다(Fig. 9). 또한 Hamada (1979)는 일본 까나리의 산란기를 11월-이듬해 3월로 추정하였고, 일본 이세만의 까나리는 12월 하순-1월 상순에 산란을 하는 것으로 알려져 있어(Yanagibashi et al., 1997) 본 연구해역의 까나리와 유사한 산란기를 보였다. 까나리의 산란기는 수온과 밀접한 관계가 있으며(Han et al., 1999), 수온이 16°C이하로 낮아지면 빠르게 성숙하여 12°C이하가 되면 산란을 하는 것으로 알려져 있다(Yanagibashi et al., 1997). 본 연구해역의 수온이 12월에 12°C 이하로 낮아지기 시작하여 3월부터 수온이 상승하는 것으로 보아 본 연구에서 추정된 주 산란기(12-2월)와 선행연구에서 제시한 산란 적수온(<12°C)이 일치하는 것으로 나타났다(Fig. 9).

일반적으로 고위도 서식어가 저위도 서식어보다 산란이 늦은 것으로 알려져 있는데(Kim and Zhang, 1994), 강원도 동해시 연안 까나리는 동해남부와 남해안의 까나리 보다 산란기간이 오히려 빠르거나 유사한 경향을 보였다. 최근 까나리의 계통학적 연구결과로 우리나라 동해와 서·남해 계군으로 나누어지고, 동해안 까나리는 북부와 남부계군으로 두 계통이 발생한다고 하였다(Kim et al., 2008; 2015). 이렇게 해역에 따른 산란장 및 체장 변화를 보이는 것은 종의 분화를 거치는 증거이며, 산란기의 차이는 동지역성 그룹 간에 생식학적으로 분리되기 위한 과정이라고 보고하였다(Kim et al., 2008; 2015).

일본 북해도에 서식하는 까나리의 산란기는 봄철로 추정하였으나 정확한 산란기간은 제시하지 않았다. 그 원인으로 북해도 까나리는 3종(*Ammodytes japonicus*, *Ammodytes heian*, *Ammodytes hexapterus*)이 함께 서식하여 산란기간을 정확히 밝히지 못하는 것으로 생각된다(HFRMM, 2018). 따라서 본 연구결과를 좀 더 면밀히 살펴보면, 과거 까나리의 산란기는 11-12월

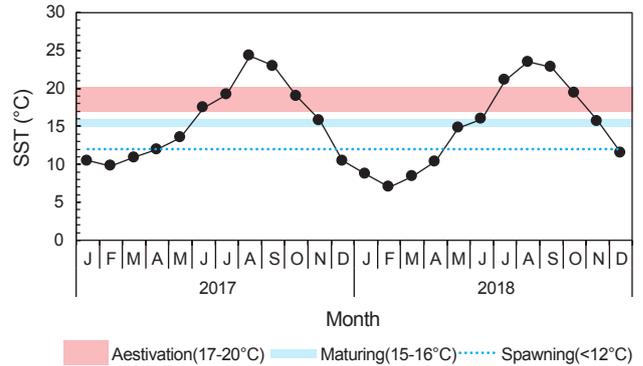


Fig. 9. Monthly mean sea surface temperature (SST) in the coastal waters off Donghae-si, Gangwon-do.

로 추정되었는데, 최근 조사결과에서는 11월-이듬해 3월까지 산란기간이 길게 추정되었고, 남해안과 유사한 산란기간을 보였다. 또한 산란기가 끝나고 5월까지 방후개체가 소수 출현하는 특이한 경향을 보이고 있어 까나리의 계군 혼합에 대한 가능성을 내포하는 결과라 생각된다. 향후 까나리 연구는 해역별 조사를 통해 계통생물학적 분석과 산란생태 및 성장특성 등 생물학적 특성 연구를 전반적으로 비교분석하여 좀 더 명확한 결과 도출이 필요할 것으로 판단된다.

까나리 암컷의 성숙단계별 난경측정 결과, 완숙 및 방중개체는 500-600 μm 에서 주 모드를 보였고, 최대 난경은 1,000 μm 를 보였다. Choi et al. (1997)은 산란성기(12월)의 난경 범위가 0.76-0.91 mm, 평균 0.85 mm로 보고하였고, 일본 이세만 까나리의 산란기 난경은 11월 중순 400-600 μm , 12월 중·하순에 720-780 μm 로 나타나(Yanagibashi et al., 1997) 본 연구와 유사한 결과를 보였다. 따라서 까나리의 산란직전 최소 난경은 700 μm 이상이 되어야 할 것으로 생각된다. 또한 방후개체는 성숙한 큰 크기의 난들은 방란하고 잔존난들이 분포하는 것을 확인하였다.

강원도 동해시 연안 까나리의 포란수는 최소 6,411개(TL 16.7 cm)에서 최대 45,771개(TL 24.7 cm)로 계수되었고, 전장이 커질수록 포란수가 증가하는 경향을 보였다. Choi et al. (1997)의 연구에서는 포란수가 최소 24,245개(17.4 cm)에서 최대 136,237개(24.4 cm)로 계수되어 많은 차이를 보였고, 한국어도 보(Chyung, 1977)에서는 2,000-6,000개로 알려져 있어 까나리의 포란수가 국내 연구자료에서 많은 차이를 보였다. 일본 중부해역 이세만 까나리의 포란수는 3,426-4,185개로 보고하였다(Yanagibashi et al., 1997). 까나리의 포란수는 대형계군인 동해안 까나리와 북해도 까나리가 가장 많은 것으로 나타났고, 남해·서해 및 이세만 등 체장이 작은 까나리의 포란수는 적은 것으로 나타났다. 까나리는 여름잠을 시작하기 전에 섭이한 먹이 생물을 체내에 에너지로 저장하며, 저장한 에너지를 여름잠 기간 중의 생존과 생식소 발달, 산란에 쓰이는 것으로 알려져 있다

(Tomiyama and Yanagibashi, 2004; Kuzuhara et al., 2019). 실 내사육실험을 통해 체중의 4% 먹이를 제공한 그룹의 경우 체중의 1% 먹이를 제공한 그룹보다 산란기의 성숙개체의 비율과 포란수가 증가하는 것으로 나타났다(Kuzuhara et al., 2019). 따라서 체장차이 뿐만 아니라 여름잡을 시작하기 전 짧은 섭이기간 동안의 먹이량 또한 까나리의 성숙과 산란에 영향을 줄 것으로 판단된다(Kuzuhara et al., 2019; Nishikawa et al., 2019). 본 연구에서 추정된 까나리의 50% 성숙체장(TL)은 15.1 cm (95% 신뢰구간, 14.6-15.6 cm)로 추정되었고, 성숙연령은 Choi et al. (1997)의 von Bertalanffy 성장식에 대입하여 약 1.5 세로 계산되었다. 향후 본 연구의 까나리에서 추출한 이석을 이용하여 동해안 까나리의 연령과 성장 연구를 분석하고자 한다. 현재까지의 선행연구를 종합해보면 까나리의 생식소 발달, 산란, 여름잡, 성장 등의 생태학적 특성은 수온과 먹이풍도에 많은 영향을 받는 것으로 판단된다.

사 사

본 연구는 국립수산물학원(동해 연안어업 및 환경생태조사, R2020026)의 지원에 의해 수행되었습니다.

References

- Bagenal TB and Brown E. 1978. Egg and early life history. In: Methods for assessment of fish production in fresh waters 3rded. Blackwell scientific publications Ltd., Oxford, U.K., 165-201.
- Brown-Peterson, NJ, Wyanski DM, Saborido-Rey F, Macewicz BJ and Lowerre-Barbieri SK. 2011. A standardized terminology for describing reproductive development in fishes. *Mar Coast Fish* 3, 52-70. <https://doi.org/10.1080/19425120.2011.555724>.
- Choi SH, Jeong DS, Han KH, Park CS and Park JH. 1997. Age, growth and maturity of the sand eel, *Ammodytes personatus* in the East Sea, Korea. *Bull Natl Fish Res Dev Inst* 53, 37-42.
- Choi Y, Kim JH and Park JY. 2002. Marine fishes of Korea. Kyo-Hak Publishing Co, Seoul, Korea, 646.
- Chun CI. 1974. Biological studies on the sand-eel, *Ammodytes personatus* Girard. *Bull Korean Fish Soc* 7, 215-220.
- Chyung MG. 1977. The Fishes of Korea. Il Gi Publishing Co, Seoul, Korea, 533.
- Hamada T. 1979. Studies on fluctuation in abundance of larval sand lance in the Harima-nada and Osaka Bay-X. Relationship between the catches of adjacent sea regions in the Inland Sea of Japan. *Bull Hyogo Pref Fish Exp Stn* 19, 1-6.
- Han KH, Kim BK, Choi SH, Kim KY, Kim YU and Cho JK. 1999. Distribution of larva and juvenile of sand eel, *Ammodytes personatus* in Kangwon-do coast, Korea. *Korean J Ichthyol* 11, 155-162.
- HFRMM (Hokkaido Fisheries Resource Management Manual). 2018. Hokkaido fisheries resource management manual. Retrieved from <http://www.pref.hokkaido.lg.jp/sr/ggk/manualHP2010.htm> on Sep 01, 2019.
- Hur SB and Yoo JM. 1984. Distribution of fish eggs and larvae in the western waters of Korea. *Bull Korean Fish Soc* 17, 536-542.
- Kim IS, Choi Y, Lee CY, Lee YJ, Kim BJ and Kim JH. 2005. Illustrated book of Korean fishes. Hwang JS, ed. Kyo Hak Publishing Co, Seoul, Korea, 478.
- Kim JK, Bae SE, Lee SJ and Yoon MG. 2017. New insight into hybridization and unidirectional introgression between *Ammodytes japonicus* and *Ammodytes Heian* (Trachini-formes, Ammodytidae). *PLoS One* 12, e0178001. <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0178001>.
- Kim JK, Kim SY, Kim YH and Lee SI. 2008. Geographic variations in pacific sand eels *Ammodytes personatus* (Ammodytidae) from Korea and Japan using multivariate morphometric analysis. *J Ichthyol* 48, 904-910. <https://doi.org/10.1134/S003294520810007X>.
- Kim JK, Lee SJ, Lee WC, Kim JB and Kim HC. 2015. Restricted separation of the spawning areas of the two lineages of sand lance, *Ammodytes personatus*, in the Yellow and East Seas and taxonomic implications. *Biochem Sys Ecol* 61, 319-328. <https://doi.org/10.1016/j.bse.2015.06.038>.
- Kim S and Zhang CI. 1994. Fish ecology. Seoul Press, Seoul, Korea, 273.
- Kim YH and Kang YJ. 1991. Food habits of sand eel, *Ammodytes personatus*. *Bull Korean Fish Soc* 24, 89-98.
- Kim YH, Kang YJ and Ryu DK. 1999. Growth of *Ammodytes personatus* in Korea waters, 1. Daily growth increment, Early growth and spawning time in juvenile stage. *J Korean Fish Soc* 32, 550-555.
- KODC (Korea Oceanographic Data Center). 2019. Coastal oceanographic observation. Retrieved from www.kodc.nifs.go.kr on Sep 01, 2019.
- KOSIS (Korean Statistical Information Service). 2019. Fishery production survey. Retrieved from www.Kosis.kr on Sep 01, 2019.
- Kuzuhara H, Yoneda M, Tsuzaki T, Takahashi M, Kono N and Tomiyama T. 2019. Food availability before aestivation governs growth and winter reproductive potential in the capital breeding fish, *Ammodytes japonicus*. *PLoS ONE* 14, e0213611. <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0213611>.
- Love MS and Westphal WV. 1981. Growth, reproduction and food habits of olive rockfish, *Sebastes serranoides*, off Central California. *Fisheries Bulletin* 79, 533-543.
- Myoung JG, Kim BI, Lee SM and Jeon GB. 2002. The sea fishes of Korea. Darakwon Publishing Co, Seoul, Korea, 287.
- NFRDI (National Fisheries Research and Development Institute). 2004. Commercial fishes of the coastal & offshore waters in Korea (2nd ed.). Hanguel graphics, Busan, Korea,

258.

- Nishikawa T, Nakamura Y, Okamoto S, Ueda H. 2019. Interannual decrease in condition factor of the western sand lance *Ammodytes japonicus* in Japan in the last decade: Evidence for food-limited decline of the catch. *Fish Oceanogr* 29, 52-55. <http://doi.org/10.1111/fog.12448>.
- Orr JW, Wildes S, Kai Y, Raring N, Nakabo T, Katugin O and Guyon J. 2015. Systematics of North Pacific sand lances of the genus *Ammodytes* based on molecular and morphological evidence, with the description of a new species from Japan. *Fish Bull* 113, 129-156. <https://doi.org/10.7755/FB.113.2.3>.
- Tomiya M and Yanagibashi S. 2004. Effect of temperature, age class, and growth on induction of aestivation in Japanese sandeel (*Ammodytes personatus*) in Ise Bay, central Japan. *Fish Oceanogr* 13, 81-90. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2419.2003.00272.x>.
- Torrejon-Magallanes J. 2019. SizeMat: an R package to estimate size at sexual maturity. <https://cran.r-project.org/web/packages/sizeMat/vignettes/sizeMat.html#load-data> on Jul 31, 2019.
- Turanov SV and Kartavtsev YP. 2014. The taxonomic composition and distribution of sand lances from the genus *Ammodytes* (Perciformes: Ammodytidae) in the North Pacific. *Russ J Mar Biol* 40, 447-454. <https://doi.org/10.1134/S1063074014060212>.
- Yanagibashi S, Funakoshi S, Mukai R and Nakamura M. 1997. Mechanisms of the maturation and spawning of Japanese sandeel *Ammodytes personatus* GIRARD in and around Ise Bay with special reference to their survival during the aestivation period. *Bull Aichi Fish Res Inst* 4, 23-31.