

한국산 참홍어 (*Raja pulchra*)의 다배성 난각 특징과 자어의 형태

조현수 · 강언종* · 조영록¹ · 서형철¹ · 임양재 · 황학진

국립수산과학원 서해수산연구소 자원환경과, ¹해역산업과

Characteristics of Multi-embryo Egg Capsule and Larvae of Mottled Skate *Raja pulchra* from Korea by Hyun-Su Jo, Eon-Jong Kang*, Yeong Rok Cho¹, Hyung Chul Seo¹, Yang-Jae Im and Hak-Jin Hwang (Fisheries Resources and Environment Division, ¹Aquaculture Industry Division, West Sea Fisheries Research Institute, NFRDI, Incheon 400-420, Korea)

ABSTRACT An investigation was carried out to obtain basic information needed to develop methods for artificial propagation and conservation of the mottled skate *Raja pulchra*, an important food resource in western Korea that has declined from overfishing. In this paper we provide evidence of multiple spawning and describe properties of the ovary, and morphology of the egg capsule and the fully-formed offspring. The vitellogenic follicles in the ovary was 179.8 ± 57.1 (54~247) and can be classified into five size groups, which the last group of ova are considered as the moving to the capsule gland where fertilization and encapsulation of ova take place. The morphology of the egg capsule of *R. pulchra* is unique among the species of the family Rajidae and showed multi-embryo characteristics, having two to six yolks in each capsule. The adaptive morphological changes of larvae developing inside the egg capsule are described based on specimens extracted from the capsule.

Key words : *Raja pulchra*, multi-embryo, egg capsule, morphology of larvae

서 론

참홍어 (*Raja pulchra*)는 홍어목 (Rajiformes) 홍어과 (Rajidae)의 대형어류로 우리나라에서는 황해와 동해에 그리고 외국에는 오츠크해에서 동중국해까지 분포하지만 (김, 1975; 정, 1999; 김 등, 2005) 최근 어업량이 감소하였다 (Jin, 2004). 본 종이 속하는 연골어류는 경골어류에 비해 성장과 성숙이 느리고 생산성이 낮은 *k*-생식 전략형으로 진화되어 개체군 증가율이 느리기 때문에 남획 시 개체군 회복 속도 역시 느리므로 남획으로부터 보호가 필요한 분류군이다 (Birkeland and Dayton, 2005; Codling *et al.*, 2005; Ebert *et al.*, 2008; Camhi *et al.*, 2009). 그러나 세계적으로 연골어류에 대한 어획은 부수어획이 대부분으로 종 수준에서 공식 통계가 집계되지 않을 만큼 관리가 부실하며 (Stevens *et al.*, 2000; Bizzarro *et al.*, 2007), 저인망 어업으로부터 파생되는 먹이에 대해 반응하고 학습하여 개체군이 일시적으로 증가

될 수 있으므로 개체군 변화 요소에 대한 평가조차도 어려운 실정이다 (Dolgov *et al.*, 2005).

홍어과 어류의 경우 일부 종은 교미 후 정자를 저장하여 6개월 이상 수정난을 산란하는 등 번식과정이 흥미로우며 (Luer *et al.*, 2007), 연중 난각의 형태로 소량씩 다회산란하고 부화 치어의 발생정도가 높아 부화 치어의 생존율이 높지만 (Kim *et al.*, 2005; McPhie and Campana, 2009), 수심이 비교적 낮은 대륙붕 일정지역에 보육장을 형성하여 산란 (Hoff, 2008)하므로 저층 어업에 의한 교란시 발생배가 호흡 곤란을 겪어 폐사하는 등 직접적인 영향을 받기 쉽다 (Leonard *et al.*, 1999).

난황의 길이 딱딱한 껍질로 싸이는 난각은 형태가 특이하여 속이나 중별 분류형질이 되므로 외국에서는 난각의 형태 및 다배성에 관한 조사와 연구 (Ishiyama, 1950; Odone *et al.*, 2006; Flammang *et al.*, 2007), 난각 내 배의 호흡에 관련된 연구 (Pelster and Bemis, 1992; Leonard *et al.*, 1999) 등이 이루어지는 등 주목을 받고 있다.

우리나라의 서해안 일대에서 기호식품으로 이용되는 참

*교신저자: 강언종 Tel: 82-41-675-3773, Fax: 82-41-675-7077,
E-mail: ejkang@nfrdi.go.kr

홍어를 비롯하여 홍어과 어류는 산업적 이용률이 높음에도 정(1999, 2000)의 분류학적 연구 현황과 국명 정리, Jeong and Kim (2009)의 고려홍어 (*R. koreana*) 난각 특징, Kim et al. (2005)에 의한 고려홍어에 대한 산란기 구멍과 연중 산란 추정 등 소수의 기초 연구가 있으며, 자원조사를 위한 홍 등(2000)의 홍어 식성 조사, Yeon et al. (1997)의 참홍어 생식 및 산란기 조사 등의 연구 외에는 거의 밝혀진 바가 없다.

본 연구의 대상종인 참홍어 (*R. pulchra*)는 식용으로 가장 널리 이용되는 홍어과의 대형 종으로 중요한 산업종이지만 홍어류에 대한 연구가 늦어 국명의 사용이 혼동되어 왔고, 정(1999)이 국내에 출현하는 11종에 대해 검토하면서 그간 사용되어 온 홍어 (*Okamejei kenojei*)의 국명 우선권을 인정하고 이와 구분하면서 참홍어로 제안하였다. 본 종은 서해안 지역에서 기호성이 높은 특산식품으로 가공되고 있으며, 자원 보존과 식용산업으로의 개발을 피하고, 세계적으로 멸종위기가 심한 종의 보존을 통한 생물다양성 제고로 기후변화에 대응하기 위해서는 인공증식 등 추가 연구가 시급한 실정이다. 본 보고는 이러한 연구의 일환으로 연중 난각 산란을 가능케 하는 난소 내 난의 크기 분포, 난각의 형태적 특징 및 난각 내 발생중인 자어의 일부 특징 등을 조사한 결과이다.

난각의 형태와 특징 및 자치어의 특징은 우리나라 뿐 아니라 중국 연안 대륙붕에 존재할 것으로 예상되는 홍어류 보육장의 분석 자료로서 중요한 역할을 할 것으로 기대되며, 인공증식 등 서식지외 보전에도 활용될 수 있으므로 중요하다. 한편 추후 참홍어의 교미 및 산란 행동, 난각 내 배 발생과 부화 치어의 성장, 인공증식을 통한 서식지외 보존과 산업적 활용을 위한 개체군 유전적 분석 및 선발육종 프로그램 개발 등 연구의 기초로 필요한 자료이다.

재료 및 방법

난소 내 난의 특성 조사에 이용된 표본은 어업자원 조사의 일환으로 2009년 2월과 3월 대청도 연안연승어선에 어획된 참홍어 중 체반 폭 65.7~71.5 cm 범위의 성숙한 암컷 22개체이었다. 채집된 표본은 실험실로 운반하여 체장, 체반폭, 체중 등 기본적인 계측을 마친 후 복부를 절개하여 난소를 적출하고, 육안으로 구분이 가능한 크기의 난소 내

난경을 1/20 mm까지 측정하면서 난의 수를 계수하였다.

난각 난의 다배성은 2008년 1월부터 7월까지 대청도에서 포획된 참홍어 조사 시 생식소에서 채취된 난각 난을

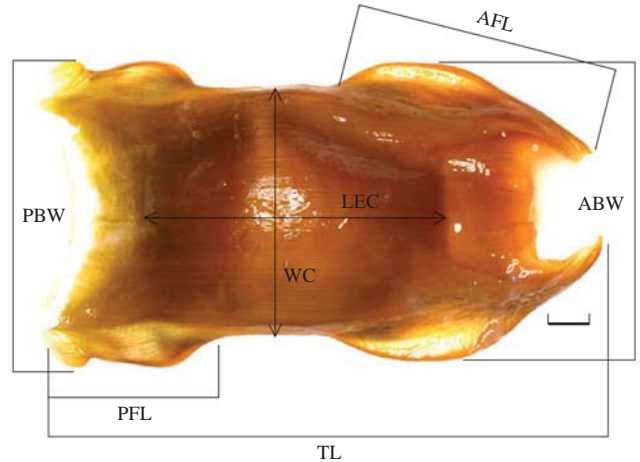


Fig. 1. Shape and structure of the egg capsule of *Raja pulchra* from Korea. ABW: anterior border width, AFL: anterior fissure length, LEC: length of egg cavity, PBW: posterior border width, PFL: posterior fissure length, TL: total length, WC: width of capsule. Scale bar indicates 1 cm.

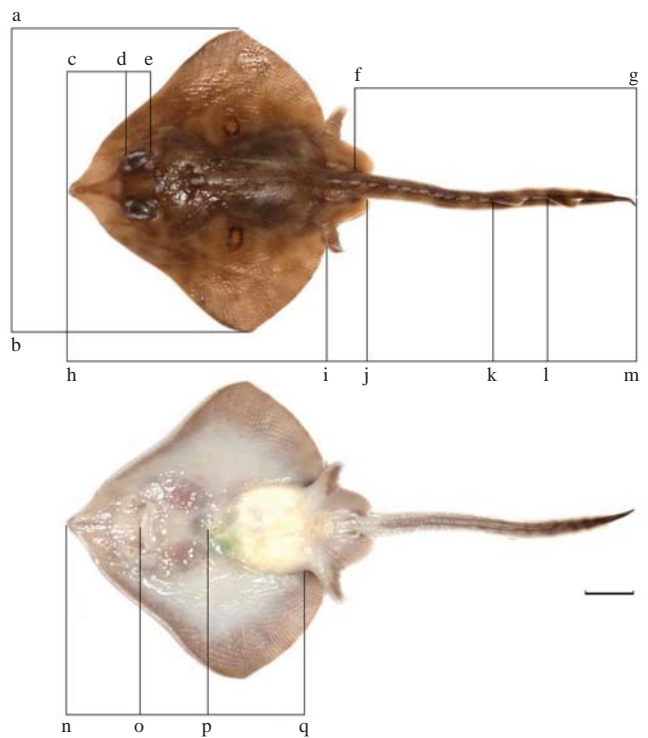


Fig. 2. External morphology of fingerling of *Raja pulchra* and the parts for measurements. a-b: disk width, h-i: disk length, c-e: snout length, d-e: eye diameter, f-g: caudal length, h-k: distance from head to 1st dorsal fin, h-l: distance from head to 2nd dorsal fin, h-m: total length, n-p: distance to yolk sac base. Scale bar indicates 1 cm.

Table 1. Changes of average water temperature during the culture of egg capsule of *Raja pulchra*

Month	Apr.	May	Jun.	Jul.	Sep.	Aug.	Oct.
Water temperature (°C)	13.0	15.3	17.8	22.2	21.6	21.7	20.6

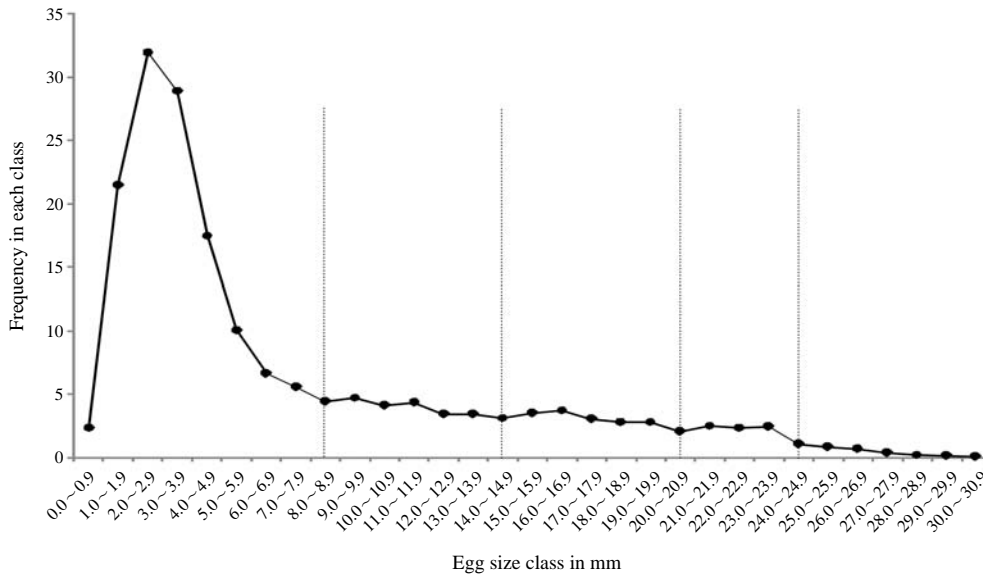


Fig. 3. Distribution of frequency for each class of egg diameter observed in ovary.

절개하여 난황의 수를 계수하고 난경을 측정하였다. 난각 난은 조사 표본 중 체반폭 66.3~81.0 cm, 체중 5.0~10.2 kg의 범위인 17개체에서 발견되었다. 난각의 형태적 특징은 2010년 4월 25일 서해수산연구소 해역산업과 태안양식연구센터의 실내 사육실로 이송한 참홍어 친어가 산란한 난각을 수집한 후 Oddone *et al.* (2006)과 Jeong and Kim (2009)에 따라 난각의 구조와 부위별 특성을 조사하였다 (Fig. 1).

난각은 친어를 수용한 후 매일 아침 수조 내 저면을 관찰하여 산란 유무를 확인하고, 난각을 수집하여 배양 1일차로 하였으며, 수집한 난각은 실내 수온에서 별도로 관리하면서 배양하였다. 배양 중 일부 난각은 절개하여 자어의 형태 형성 과정을 관찰하였다. 본 실험에서 사육 수온은 Table 1과 같으며, 자어의 형태 분석을 위한 부위별 측정 위치는 Fig. 2와 같다.

결 과

1. 난소 내 난의 난경 크기 분포

조사된 22개의 난소에서 발견된 난의 수는 평균 179.8 ± 57.1 (54~247)개/개체로 개체 변이의 폭이 컸으며, 난경은 0.24~30.65 mm 범위로 아주 다양하였다. 난의 발육 및 산란 참여과정을 조사하기 위해 측정된 난경 자료는 1 mm 간격으로 구분하여 계급별 빈도를 조사하였다. 2월과 3월 분석 결과는 양자 사이에 월별 빈도 경향의 차이가 없어 계급별 빈도의 평균치 정수부를 이용하여 추후 분석에 이용

하였다.

난경 계급별 빈도는 1 mm 미만에서 31 mm 미만까지 총 31개 난경 계급 중 2.0~2.9 mm 계급이 가장 높았다. 난소 내 난의 성숙 단계는 분석 수치 중 빈도의 급격한 변화를 기준으로 구분한 결과, 0.1~8.9, 9~14.9, 15.0~20.9, 21.0~23.9, 24.0 mm 이상의 5군으로 구분되었다 (Fig. 3).

2. 난각의 다배성

한 개체가 생산하는 수정된 난황의 수는 좌우 난각의 난황을 합하여 5~11개로 중앙값은 9개이었다. 조사 당시 좌우 생식소를 구분하여 한 난각 내 난황의 수를 조사한 결과 왼쪽 난각 내 난황의 수 중앙값은 4(2~6)개, 오른쪽 난각은 5(3~6)개로 오른쪽 난각의 다배성이 다소 높았다. 그러나 좌우 난각 내 난황 수의 상관관계는 상관계수가 가장 높은 6차수까지 다항식으로 회귀분석 결과 회귀계수가 0.395로 낮아 유의적인 상관관계는 없었다.

개체별 1회 산란시의 생산성은 월별 평균 난황 수로 계산하였다. 1월에서 7월까지 월 평균 산란된 난각 내 난황의 수는 8~10개 범위이었으며, 3월, 5월, 6월이 1월과 4월에 비해 2개 많은 것으로 나타났다. 월별 좌우 난각 내 난황의 수적 차이는 평균치를 비교한 결과 1~5월 사이에는 우 난각 내 난황의 수가 1개 많았으나 6월을 분기점으로 7월에는 역전되었다 (Fig. 4).

체중의 증가에 따른 좌각 및 우각 내 난황의 수적 증가는 관련성은 없는 것으로 나타났다. 전체 난황수는 체반폭에 대한 상관성이 체중의 경우보다 다소 높았으나 유의적인 차이는 없었다.

3. 참흥어 난각의 형태적 특징

참흥어의 난각은 앞쪽이 약간 좁고 뒤로 갈수록 넓어 축이 긴 화살촉 모양으로, 갓 산출되었을 때는 밝은 황갈색이지만 시간이 지남에 따라 짙은 흑갈색으로 변화였다. 난각

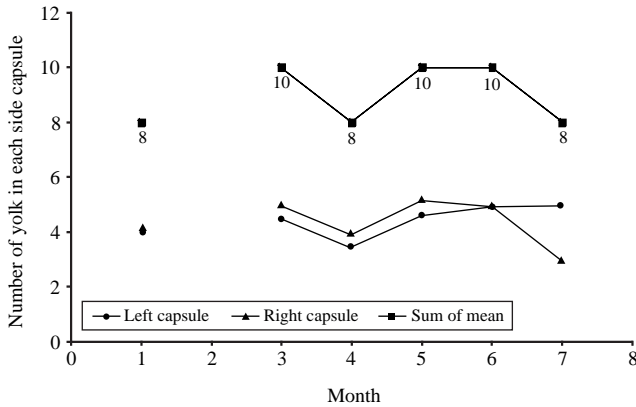


Fig. 4. Mean number of eggs in left and right capsule by month.

돌기는 끝이 둔탁하고, 뒷 돌기의 끝에만 가늘고 긴 각질의 돌기끝이 발생하나 취급 중 쉽게 파손되었다. 난소 내 난각의 후부 가장자리에는 흰색 교질 물질이 테를 두르고 있으며, 그 끝은 약 2 cm 정도로 시간이 지남에 따라 경화되어 덩굴손으로 변화되었다. 난각의 길이는 146.1~174.9 mm, 난황이 자리하는 부위의 폭은 76.6~89.1 mm이었고, 두께는 22.5~30.6 mm이었다.

참흥어 난각의 특징을 조사한 결과 난각 앞쪽과 뒤쪽의 폭은 길이의 45.9 (39.0~51.6)%와 49.2 (43.6~58.4)%이었고, 난황을 포함하는 중앙부의 폭은 40.5 (36.0~45.6)%이었다. 난각의 앞 뒤 가장자리에는 호흡을 위한 호흡구가 길게 발달하였으며, 앞과 뒤 호흡구의 길이는 각각 전장의 42.2 (37.6~51.2)% 및 36.0 (32.4~39.1)%로 앞부분이 약간 길었다(Table 2).

4. 난각 난 내 자어의 형태

4월부터 10월까지 난각 난 배양 사육수조의 수온은 13.0~20.6°C 범위이었다. 조사에 사용한 자어의 수는 4개

Table 2. Biometric comparison of various parts of egg capsule of *Raja pulchra*. The numbers in parenthesis are the range of proportion (n=7)

Total length (mm)	Width of capsule (mm)	Proportion of various parts in % of total length					
		Width of capsule	Width of anterior horn part	Width of posterior horn part	Length of anterior fissure	Length of posterior fissure	Length of yolk room
146.0~174.9	76.6~89.1	40.5±3.9 (36.0~45.6)	45.9±4.3 (39.0~51.6)	49.2±5.0 (43.6~58.4)	42.2±5.0 (37.6~51.6)	36.0±2.8 (32.4~39.1)	51.4±1.1 (49.8~53.2)

Table 3. The result of measurements for larva and fingerling extracted from egg capsule of *Raja pulchra*. See Fig. 2 for the measured parts and terminoly

Measurements (mm)	Observation age			
	74 days old	99 days old	123 days old	180 days old
Total Length (TL)	65.37	86.05	97.84	118.67
Distance from head to 1st dorsal (Pre-1d)	39.20	55.25	71.00	86.58
Distance from head to 2nd dorsal (Pre-2d)	45.64	62.37	78.56	99.40
Snout length (Sn L)	5.70	12.00	13.30	18.32
Eye diameter (ED)	2.53	4.20	5.23	7.30
Disk width (DW)	19.73	37.30	49.38	64.54
Disk length (DL)	20.12	37.44	47.05	64.24
Distance from head to pelvic (Pre-pv)	18.59	29.58	36.47	49.48
Caudal length (CL)	41.88	51.97	55.55	59.64
Caudal width (CW)	3.20	4.54	4.72	4.33
Distance from head to yolk sac base (DYS)	11.71	17.66	18.20	30.89
Yolk sac diameter (YSD)	25.43	21.59	-	-
Proportion of parts in %				
Pre-1d/TL	60.0	64.2	72.6	73.0
Pre-2d/TL	69.8	72.5	80.3	83.8
Pre-pv/TL	28.4	34.4	37.3	41.7
CL/TL	64.1	60.4	56.8	50.3
ED/Sn L	12.6	35.0	39.3	39.8
DYS/SL	17.9	20.5	18.6	26.0
Sn L/DL	28.3	32.1	28.3	28.5
CW/CL	7.6	8.7	8.5	7.3

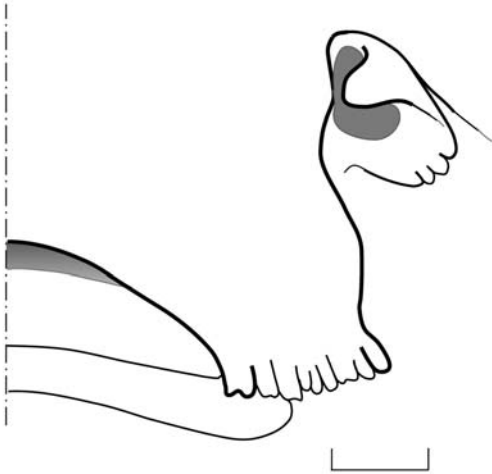


Fig. 5. Ventral view of right half of the mouth part showing maxillary papillae on the corner. Scale bar indicates 1 mm.

체로 발생 중 자어는 성장에 따른 형태적 변화가 심하므로 전체 평균에 대한 분석은 하지 않았으며, 일령별 자어의 부위별 특징을 조사하였다(Table 3).

74일된 자어는 전장 65.4 mm로 수정체를 제외한 몸 전체에 흑색소포가 전혀 침착되지 않았고, 피부는 투명하여 실핏줄이 관찰되었다. 눈 앞쪽의 두부는 재단형으로 직각을 이루었고, 약 20쌍의 외새가 발달하였으며, 난황 표면에는 주정맥을 사이에 두고 그 사이에 실핏줄이 넓게 발달하였다. 난황은 직경 25.4 mm이었으며, 상부는 좁은 관을 통해 자어의 복부와 연결되어 있다.

99일이 지난 자어는 전장 86.1 mm로, 아직 직경 21.6 mm 크기의 난황이 복부에 달린 상태이며, 두부 융기도 아직은 뚜렷하였으나 흑색소포의 침착이 어느 정도 이루어졌다. 성체 등쪽에 나타나는 특징적인 가시는 원기가 관찰되나 끝이 피부 밖으로 돌출되지 않았으며, 체반 후반 중앙부의 눈모양의 무늬가 희미하게 형성되었다. 입과 홍문 그리고 아가미는 모두 개구되었다.

123일이 경과한 자어는 체장 97.8 mm로 성장하였고, 난황은 아직 완전히 흡수되지 않은 상태이었으나 자어의 특징인 두부 융기 형태는 거의 사라졌고, 등쪽 가시도 양안 사이 2쌍, 눈 뒤 등쪽 중앙에 1개, 제1등지느러미 앞에 7개, 등지느러미 사이에 1개가 돌출되었다.

180일이 지난 자어는 체장 118.7 mm로 성장하였으며, 난황은 흔적만 남기고 거의 흡수되었다(Fig. 1). 등쪽 가시는 양안 사이 2쌍, 눈 뒤 중앙에 1개, 등지느러미 사이에 1개로 변화가 없었으나 제1등지느러미 앞쪽 가시의 수는 10개로 증가하였다. 한편 뒷지느러미 전엽과 후엽에는 각각 5개, 15개의 기조가 형성되었고, 체반에도 기조가 발달하여 전체적으로 방사형 무늬를 이룬다. 체반 중앙의 눈모양이 뚜렷하

게 형성되었고, 상악의 양 귀통이에는 8쌍의 구순이 발달하였다(Fig. 5).

고 찰

홍어류는 우리나라의 경우 참홍어(*R. pulchra*)와 홍어(*O. kenoei*)가 서해안 특산 식품으로 활용되는 주요 수산생물이며, 근래 외국에서는 성질이 온순하고 사람을 잘 따르므로 수족관 관상용으로도 인기가 높아 운송이나 수족관에서 번식과 보존 등 연구가 진행된 바 있고(Smith *et al.*, 2004; Smith *et al.*, 2004; João *et al.*, 2008), 외부 형태가 특이하고 내부 구조가 간단하므로 오래전부터 해부용으로 사용된 기록이 있을 정도로 관심을 받은 어류이다(Creaser, 1927).

홍어류의 난각은 구조나 다배성 특징이 종 혹은 속의 특징을 나타내는데 이용될 정도로 독특하여 계통분석에도 이용된 바 있다(Flammang *et al.*, 2007). Ishiyama(1950)는 일본산 홍어류 10종의 난각을 근거로 종의 검색표를 제시하면서 참홍어(*R. pulchra*)의 난각은 Pulchra type으로 별도 구분하였다. 본 연구 결과 난각 돌기가 편평하고 중앙부가 좁은 점 및 외부 형태는 그와 일치하고 있으며, 다른 종과의 구분점으로 활용이 가능하리라 사료되었다. 본 연구에서는 다배성 특성 및 후돌기의 덩굴손 구조 그리고 난각 부위별 특징에 대해서 추가하여 기록하였으므로 추후 유사 난각과의 구분점으로 활용이 기대된다. 한편 정(1999)은 홍어(*Okamejei kenoei*)에 대해, Jeong and Kim(2009)은 고려홍어(*R. koreana*)의 난각 형태에 대해 보고하여 역시 참홍어와의 차이점을 보였으나, 우리나라에 출현하는 기타 종에 대해서는 전혀 기록이 없어 추후 연구가 요구되었다. 홍어류는 산란 시 보육장을 형성하며, 보육장에서 난각 종류 및 수량 등의 조사는 생물을 직접 조사하지 않고도 가장 정밀하게 추론할 수 있는 종 및 개체군에 대한 중요한 자료가 되므로 난각의 종별 특징에 대한 기초정보의 확보가 시급하다.

난소 내 난각은 1월에서 7월까지 지속적으로 관찰되었고 이는 한국산 홍어류의 연중 산란에 대한 기존의 자료와도 부합하였다(Yeon *et al.*, 1997; 정, 1999; Kim *et al.*, 2005). 난각 난을 생산한 집단은 전장 90.4~106.4 cm, 체반 폭 66.3~81.0 cm, 체중 5.0~10.2 kg 범위이었으며, 이중 최하위 크기에 대해서는 난각 난 배출 직후 난각이 아직 형성되지 않은 개체에 대한 자료가 포함되지 않았으므로 추후 추가 조사가 필요하다. 한편 난각 생산은 좌우 생식소에서 1개씩 1쌍이 형성되었으며, 좌우 난각 내 난황의 수적 비교는 상관관계가 낮아 좌우 생식기능이 평형을 이루고 있는 것으로 판단되었다. 참홍어 1개체가 1회 산란하여 발생이 가능한 최대 자어의 수는 평균 9마리로 나타났으며, 산란

간격에 대한 자료가 확보되면 개체 당 연간 총 생산력 추정이 가능할 것으로 사료되었다.

이러한 난각의 생산 주기는 아직 일부 종을 제외하고는 불분명하여 (Chevolot *et al.*, 2006; King and McFarlane, 2010), 난소 내 난경의 분석은 소수의 난각을 연중 다회 산란하는 특성을 구명하는데 중요한 자료가 된다. 본 종은 연중 산란하는 것으로 알려졌으므로 2월과 3월의 표본 조사는 최고조에 달하는 4월 (Yeon *et al.*, 1997) 이전의 것으로 산란 정보를 대표할 수 있다. 난경 분포는 계급 분석 결과 난소 내 잔류 난을 1주기로 볼 때 1주기 난의 수는 180~250개 범위이었다. 1회 산란 시 소요되는 난황의 수는 약 10개이므로 18~25회/주기 산란하는 것으로 추정이 가능하며, 1주기를 1년으로 본다면 약 1회/2주 간격으로 산란이 가능할 것이다. 한편 난각 내 총 난황수의 평균 10개는 개체별 난경 계급 빈도 누적 시 난경 분석의 5번째 계급에 해당하는 24.0 mm 이상 계급의 수치와 같았다. 이러한 결과는 난소 내 난이 순차적으로 난경이 성장하면서 난각 내 난황으로 기여하는 것으로 해석되었다. 이는 배란 가능한 난소 내 난황 크기가 *Atlantoraja cyclophora*의 2.6~3.0 cm, *A. castelanau*의 경우 3.0 cm, *Raja agassizi*의 경우 2.0 cm인 결과와 거의 일치하고 있으나, 그 수는 각각 18개, 12개, 30개이어서 약간의 차이를 보이고 있다 (Oddone *et al.*, 2007, 2008).

연간 총 생산성은 자어 생존율이 높으므로 최대 180~250개체이지만, 난각 난이 배출된 후 난소 내 잔류난의 수를 기초로 한 계산이므로 연주기 생산성은 추후 정밀 조사와 검토가 필요하다. 또한 실내 보존 및 사육시에는 품종화되고 성장 조건이 일정하게 되므로 연주기 생산성은 더욱 늘어날 것으로 기대된다. 홍어류의 수명은 10년에서 25년 정도 (Ismen, 2003; Chevolot *et al.*, 2006; McFarlane and King, 2006; Natanson *et al.*, 2007)로서 4~5년생 이후 기간 내 지속적으로 산란하며, 부화된 치어는 생존율이 높으므로 개체당 생산성은 낮지 않은 것으로 판단되었다. 유사종인 *Raja binoculata*의 경우 연간 350개의 다중배 (난황 수 8개 이하) 난각을 산란하고 연주기 산란량은 약 2,500개체인 것으로 알려졌고 (Ebert *et al.*, 2008) 참홍어의 경우 배 다중성이 1.13배 높으므로 연간 약 2,800개체 이상 생산이 가능할 것으로 기대되었다.

홍어류의 배발생 및 생활사는 난각 난으로 생산하기 때문에 수정난을 충분히 얻기 힘들고 관찰이 힘들며, 실내 사육이 거의 이루어지지 않는 어려움 때문에 종별 기록이 거의 없는 실정이다 (Luer and Gilbert, 1985; Luer *et al.*, 2007). 한편 홍어류의 자어는 단단한 난각 내에 간혀 발생이 진행되므로 배적 시기 시각의 기능에 관련된 조사 (Pardue *et al.*, 1995)와 호흡에 관련된 외세의 발달 (Pelster and Bemis, 1992)과 꼬리지느러미의 기능 (Leonard *et al.*, 1999)이 보고

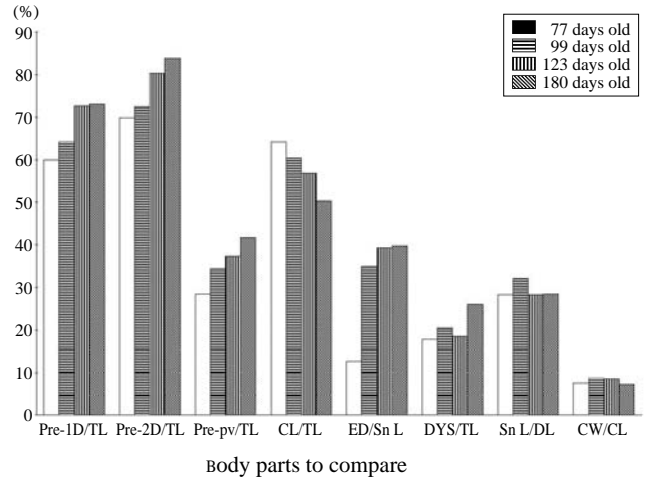


Fig. 6. Dendrogram showing the change of body parts during development. See Fig. 2 and Table 3 for abbreviations.

된 바 있다. 외세와 난황 표면의 배적 시기 호흡관련 기능에 대해서는 다른 경골어류의 일부 종에서도 알려진 것으로 주변 수중에서 용존산소의 확산을 직접적으로 돕는 적응형질로 알려졌다 (Balon, 1975; 강 등, 2007).

꼬리지느러미는 외세와는 달리 난각 내 수류를 발생시킴으로써 호흡구를 통해 외부에서 신선한 해수의 유입을 유발하여 호흡을 돕는 적응형질이다. 이러한 경향으로 인해 꼬리의 길이 성장은 비율이 다르게 나타날 것으로 예측되었다. 조사 결과 꼬리의 체장에 대한 길이 비는 성장에 따라 낮아졌으며, 폭은 난황 소모 후 가늘어져 호흡관련 기능의 쇠퇴와 부화 후 유영 능력 기능으로의 전환으로 해석되었다. 이와 더불어 제1 및 제2등지느러미의 위치도 성장에 따라 뒤쪽으로 이동하였다 (Fig. 6).

뒷지느러미는 성장에 따라 기점거리의 비율이 계속 커지고 있어 몸통부의 성장이 미부보다 빠름을 나타내는 증거로 해석되었으며, 문부는 성장에 따라 뾰족해지고, 자어 후기에 가장 길었으며, 안경도 부화 직후 정형을 이루는 것으로 판단되었다. 아울러 본 조사에서 관찰한 난황이 거의 흡수된 표본은 하악에 성어의 특징인 입술수염이 발현되는 등 치어기에 도달한 것으로 사료되므로, 이에 대한 계측 및 조사 결과는 자연에서 유어에 대한 분류 기준으로 활용할 수 있을 것으로 기대되었다. 이 표본은 난황이 거의 흡수되었고, 성어의 특징을 완전히 갖추고 있어 부화 시기에 해당하는 것으로 판단되었으며, 이를 기준으로 하면 부화에 약 6개월이 소요되는 것으로 사료되었다.

홍어류의 경우 평균 부화 기간이 산란장의 온도에 따라 아주 길어 *Bathyraja parmifera*의 경우 4.4°C에서 1,290일이 최장기간이며, 본 종의 근연종인 홍어 (*O. kenojei*)의 경우 14.6°C에서 137일인 것으로 알려졌으나 (Hoff, 2008), 참홍어에 대한 기록은 없어서 본 조사의 월 평균 수온 18.9°C

조건에서 결과는 추후 참홍어의 인공번식 등 연구에 중요한 자료가 될 것으로 생각된다.

요 약

참홍어 (*Raja pulchra*)는 서해지역에서 산업적으로 활용도가 높고 개체군 크기의 축소가 예상되므로 인공증식 기술 개발과 보존을 위해 일련의 연구를 수행하였다. 이 연구는 연중 대형 난각의 형태로 다회 산란하는 특성과 완전한 형태로 부화하는 치어의 특징을 기록하였다. 난소 내 난은 평균 179.8 (54~247)개로 직경이 5가지 무리로 구분되어 순차적인 산란에 기여하는 특성을 보였다. 난각은 다른 홍어류의 종과 구분되는 특징적 구조를 보였으며, 하나의 난각 내에 포함되는 배의 수는 2~6개 범위이었다. 아울러 난각 내에서 발생하는 자어와 부출 직전에 해당하는 치어의 형태적 특징 및 변화를 분석하여 기술하였다.

사 사

본 연구는 농림수산식품부 서해연안어업 자원조사 (RP-2010-FR-053)의 일환으로 수행되었으며, 연구의 수행에 도움을 주신 직원 여러분에게 감사드립니다.

인 용 문 헌

강연중 · 양 현 · 이흥연 · 김응오 · 김치홍. 2007. 종고기 (*Sarcocheilichthys nigripinis morii*)의 산란숙주 선택 및 초기생 활사 특성. 환경생물, 25: 370-377.

김리태. 1975. 조선 서해어류 조사 목록. 생물학, 4: 37-44.

김익수 · 최 윤 · 이충렬 · 이용주 · 김병직 · 김지현. 2005. 원색한 국어류대도감, 교학사, 서울, 615pp.

정충훈. 1999. 한국산 홍어류 (판새아강, 홍어과) 어류의 분류학적 연구 현황과 국명 검토. 한국어류학회지, 11: 198-210.

정충훈. 2000. 한국산 가오리류 (어류, 연골어강)의 종 목록과 분 포상. 한국수산자원학회지, 3: 97-106.

홍승현 · 연인자 · 임양재 · 황학진 · 고태승 · 박영철. 2000. 황해 홍어 (*Okamejei kenojei*)의 식성. 수과원 연구보고, 58: 1-9.

Balon, E.K. 1975. Reproductive guilds of fishes: A proposal and definition. J. Fish. Res. Board of Canada, 32: 821-864.

Birkeland, C. and P.K. Dayton. 2005. The importance in fishery management of leaving the big ones. Tren. Ecol. Evol., 20: 356-358.

Bizzarro, J.J., W.D. Smith, J.F. Marquez-Farias and R.E. Hueter. 2007. Artisanal fisheries and reproductive biology of the golden cownose ray, *Rhinoptera steindachneri* Evermann and Jenkins, 1891, in the northern Mexican Pacific. Fisher-

ies Research, 84: 137-146.

Camhi, M.D., S.V. Valenti, S.V. Fordham, S.L. Fowler and C. Gibson. 2009. The conservation status of pelagic sharks and rays: Report of the IUCN shark specialist group pelagic shark red list workshop. IUCN species survival commission shark specialist group. Newbury, UK, x+78p.

Chevolot, M., J.R. Ellis, G. Hoarau, A.D. Rijnsdrop, W.T. Stam, and J.L. Olsen. 2006. Population structure of the thornback ray (*Raja clavata* L.) in British waters. J. Sea Res., 56: 305-316.

Codling, E.A., C.J. Kelly and M. Clarke. 2005. Comparison of the effects of exploitation on theoretical long-lived fish species with different life-history strategies and the implications for management. Paper presented in Session N: Elasmobranch Fisheries Science at ICES ASC 2005. ICES CM 2005/N:24.

Creaser, C.W. 1927. The skate, *Raja erinacea* Mitchell. A laboratory manual, The Macmillan Company, New York, 57pp.

Dolgov, A.V., A.A. Grekov, I.P. Shestopal and K.M. Sokolov. 2005. By-catch of skates in trawl and long-line fisheries in the Barents Sea. J. Northw. Atl. Fish. Sci., 35: 357-366.

Ebert, D.A., W.D. Smith and G.M. Cailliet. 2008. Reproductive biology of two commercially exploited skates, *Raja binoculata* and *R. rhina*, in the western Gulf of Alaska. Fisheries Research, 94: 48-57.

Flammang, B.E., D.A. Ebert and G.M. Cailliet. 2007. Egg cases of the genus *Apristurus* (Chondrichthyes: Scyliorhinidae): Phylogenetic and ecological implications. Zoology, 110: 308-317.

Hoff, G.R. 2008. A nursery site of the Alaska skate (*Bathyraja parmifera*) in the eastern Bering Sea. Fish. Bull., 106: 233-244.

Ishiyama, R. 1950. Studies on the rays and skates belonging to the family Rajiidae, found in Japan and adjacent regions. 1. Egg-capsules of ten species, Japanese J. Ichthyol., 1: 30-36.

Ismen, A. 2003. Age, growth, reproduction and food of common stingray (*Dasyatis pastinaca* L., 1758) in Iskenderun Bay, the eastern Mediterranean. Fisheries Research 60: 169-176.

Jeong, C.-H. and J.-K. Kim. 2009. Egg capsule of *Hongoe koreana* (Chondrichthyes: Rajiformes: Rajiidae). Korean J. Ichthyol., 21: 283-286.

Jin, X. 2004. Long-term changes in fish community structure in the Bohai Sea, China. Est. Coast. Shelf Sci., 59: 163-171.

João, P., S.C. José, T.C. Graçal and M. Hirofumi. 2008. Long-term transportation, by road and air, of devil-ray (*Mobula mobular*), meagre (*Argyrosomus regius*), and ocean sunfish (*Mola mola*). In: 7th International Aquarium Congress (IAC 2008), Shanghai, China, October 19~24 2008, pp. 40-47.

Kim, J.K., D.S. Sim and S.D. Jeong. 2005. Sexual maturity of *Raja koreana* (Elasmobranchii, Rajoidei) from Korea. Korean J. Ichthyol., 17: 229-235.

King, J.R. and G.A. McFarlane. 2010. Movement patterns and growth estimates of big skate (*Raja binoculata*) based on tag-recapture data. Fisheries Research, 101: 50-59.

- Leonard, J.B., K.A.P. Summers and T.J. Koob. 1999. Metabolic rate of embryonic little skate, *Raja erinacea* (Chondrichthyes: Batoidea): The cost of active pumping. *J. Exp. Zool.*, 283: 13-18.
- Luer, C.A., C.J. Walsh, A.B. Bodine and J.T. Wyffels. 2007. Normal embryonic development in the clearnose skate, *Raja eglanteria*, with experimental observations on artificial insemination. *Environ. Biol. Fish.*, 80: 239-255.
- Luer, C.A. and P.W. Gilbert. 1985. Mating behavior, egg deposition, incubation period, and hatching in the clearnose skate, *Raja eglanteria*. *Env. Biol. Fishes*, 13: 161-171.
- McFarlane, G.A. and J.R. King. 2006. Age and growth of big skate (*Raja binoculata*) and longnose skate (*Raja rhina*) in British Columbia waters. *Fisheries Research*, 78: 169-178.
- Mephie, R.P. and S.E. Campana. 2009. Reproductive characteristics and population decline of four species of skate (Rajidae) off the eastern coast of Canada. *J. Fish Biol.*, 75: 223-246.
- Natanson, L.J., J.A. Sulikowski, J.R. Kneebone, and P.C. Tsang. 2007. Age and growth estimates for the smooth skate, *Malacoraja senta*, in the Gulf of Maine. *Environ. Biol. Fish.*, 80: 293-308.
- Oddone, M.C., A. Mesa and A.F. De Amorim. 2006. The egg capsule of *Rioraja agassizi* (Müller & Henle) (Elasmobranchii, Rajidae), endemic to the SW Atlantic. *Pan-American J. Aquat. Sci.*, 1: 43-48.
- Oddone, M.C., A.F. Amorim, P.L. Mancini, W. Norbis and G. Velasco. 2007. The reproductive biology and cycle of *Rioraja agassizi* (Müller and Henle, 1841) (Chondrichthyes: Rajidae) in southeastern Brazil, SW Atlantic Ocean. *Scientia Marina*, 71: 593-604.
- Oddone, M.C., W. Norbis, P.L. Mancini and A.F. Amorim. 2008. Sexual development and reproductive cycle of the eyespot skate *Atlantoraja cyclophora* (Regan, 1903) (Chondrichthyes: Rajidae: Arhynchobatinae), in southeastern Brazil. *Acta Adriat.*, 49: 73-87.
- Pardue, M.T., C.A. Luer, M.G. Callender, B.R. Chou and J.G. Sivak. 1995. The absence of a photopic influence on the refractive development of the embryonic eye of the clearnose skate (*Raja eglanteria*). *Vision Res.*, 25: 1675-1678.
- Pelster, B. and W.E. Bemis. 1992. Structure and function of the external gill filaments of embryonic skates (*Raja erinacea*). *Res. Physiol.*, 89: 1-13.
- Smith, M., D. Warmolts, D. Thoney and R. Hueter (editors). 2004. The elasmobranch husbandry manual: Captive care of sharks, rays and their relatives. Ohio Biological Survey Inc., Columbus, Ohio, xv+589pp.
- Smith, M., D. Warmolts, D. Thoney and R. Hueter. 2004. The Elasmobranch Husbandry Manual: Captive Care of Sharks, Rays and their Relatives. In: Firchau, B., W. Pryor and J.P. Correia, Census of elasmobranchs in public aquariums. Ohio Biological Survey, Inc., Columbus, Ohio, pp. 515-519.
- Stevens, J.D., R. Bonfil, N.K. Dulvy and P.A. Walker. 2000. The effects of fishing on sharks, rays, and chimaeras (chondrichthyans), and the implications for marine ecosystems. *ICES J. Mar. Sci.*, 57: 476-494.
- Yeon, I.J., S.H. Hong, Y.C. Park, S.T. Kim and H.K. Cha. 1997. The reproduction of *Raja pulchra* Liu in the Yellow Sea. *Bull. Natl. Fish. Res. Dev. Inst.*, 53: 23-26.