

스텔렛 철갑상어 (*Acipenser ruthenus*)의 난 발생과 자치어 형태 발달

박재민 · 윤성민¹ · 서영석¹ · 한경호² · 유동재^{3,*}

경상북도 토속어류산업화센터, ¹경상북도 민물고기연구센터, ²전남대학교 양식생물학전공, ³경상북도 수산자원연구소

Morphological Development of Eggs, Larvae and Juveniles of the Sterlet Sturgeon, *Acipenser ruthenus* (Pisces: Acipenseridae) by Jae Min Park, Seung Min Yoon¹, Young Seok Seo¹, Kyeong Ho Han² and Dong Jae Yoo^{3,*} (Gyeongsangbuk-Do Native Fish Business Center, Uiseong 37366, Republic of Korea; ¹Gyeongsangbuk-Do Research Center for Freshwater Fishes, Uljin 36332, Republic of Korea; ²Department of Aqualife Science, Chonnam National University, Yeosu 59626, Republic of Korea; ³Gyeongsangbuk-Do Fisheries Resources Development Institute, Yeongdeok 36405, Republic of Korea)

ABSTRACT To develop cultivation technique for *Acipenser ruthenus* and secure basic taxonomic materials, this study examined egg development and larva morphological development. This study used a couple of male and female broodstork matured in a PVC circle water tank (Ø 5 m) with the water temperature of $16.0 \pm 1.0^\circ\text{C}$ in June 2005. They were oval opaque and sinking cohesive eggs and the sizes of them were between 3.83~3.85 (3.84 ± 0.01) mm ($n=10$). As for the egg development, the dry process was adopted with artificial insemination in this study, and an hour after the insemination, the embryo disks were developed, 31 hours after the insemination, they reached the end of gastrula stage, and 82 hours (50%) after the insemination, they were hatched. Right after the hatch, the total lengths of larvae were 10.1~10.3 (10.2 ± 0.11) mm ($n=10$) with big yolks in the venter. 17 days after the hatch, the total lengths of them were 26.2~32.4 (29.3 ± 4.39) mm ($n=10$) and in the front of a dorsal fin there were 11 scute scales that started to make tracing development. As 50 days after the hatch, the total lengths were 86.4~93.1 (89.8 ± 4.71) mm ($n=10$), and fin rays all reached integer, they were moved to the larva apparatus.

Key words: *Acipenser ruthenus*, egg development, juvenile, larvae, sterlet sturgeon

서 론

난의 형태적, 생리적 특징과 배 발생 및 초기 성장과정을 거치면서 종 고유 형질의 정보를 보여주기 위한 발생학적 특징에 관한 연구는 종 간의 유연관계를 밝히는 데 중요하게 사용되어 왔다. 또한 최근에는 멸종위기종 복원에서도 초기생활사 연구가 활발하게 진행되고 있으며 이를 토대로 어류의 종 보존과 복원을 위한 종묘 생산 기술을 확보하는 등 다양한 활용이 가능하게 된다(Song and Choi, 2000).

생물에서 개체발생은 계통발생을 반복하기 때문에 분류학

적으로 구분이 어려운 자매종이나 유사종 사이에 종을 구분하거나 유연관계를 연구하는 데 있어서 초기생활사의 연구는 매우 유용하며, 특히 어류의 발생과정 중에 드러난 많은 형질들은 근연종들의 분류학적인 유연관계를 밝히는 데 중요한 기초 자료를 제공하게 된다(Blaxter, 1974; Balon, 1985).

철갑상어류는 전 세계에 2과 6속 31종이 분포하는 것으로 알려져 있고(Omato *et al.*, 2002; Kwon and Adachi, 2009), 스텔렛 철갑상어(*Acipenser ruthenus*)는 철갑상어목(Acipenseriformes) 철갑상어과(Acipenseridae)에 속하는 어류로 독일을 비롯한 러시아, 루마니아 및 우크라이나 등 여러 나라에서 분포하는 것으로 알려져 있으며(NBC, 2016), 현재 CITES (Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Flora and Fauna)에 II등급으로 등록되어 있는 국제멸종

*Corresponding author: Dong Jae Yoo Tel: 82-54-730-1114, Fax: 82-54-734-1709, E-mail: donglondon@korea.kr

위기보호종이다. 또한 기존 서식처에 하천개발 및 수력발전소가 들어서 수면의 높이가 낮아지고 산란장소가 파괴되어 개체수가 급격히 감소하여 자연에서는 절멸위기에 처해있는 실정이다(FAO, 2013).

절멸위기에 처한 철갑상어류는 다른 나라뿐만 아니라 우리나라에서 서식하고 있는 철갑상어류에게도 나타나고 있는 실정이다. 현재 우리나라에 서식하는 철갑상어류는 철갑상어(*A. sinensis*)를 비롯한 칼상어(*A. dabryanus*), 용상어(*A. medirostris*) 등이 서식하는 것으로 보고되어 있고, 과거 동해를 비롯한 서해 및 남해안에서 서식하였으나 최근 포획되거나 관찰된 기록이 없어, 철갑상어는 1995년 이후로 자연에서 포획되거나 관찰되지 않고 있다(Kim *et al.*, 2005). 현재 우리나라에 도입된 철갑상어류는 알을 재료로 사용하는 캐비어 생산을 목적으로 1997년 양양내수면연구소에서 스텔렛을 비롯한 *A. gueldenstaedtii*, Bester hybrid sturgeon (*Huso huso* ♀ × *A. rthenus* ♂) 및 시베리아 철갑상어(*A. baerii*)를 이식 후 연구하기 시작하였으며, 이후 2004년부터 스텔렛 철갑상어의 인공종묘생산에 성공하면서 새로운 내수면 양식대상종으로 자리매김하기 시작하였다(Seo, 2006).

철갑상어류에 대한 국외연구로는 초기발달과 성장패턴(Gisbert, 1999; Gisbert *et al.*, 2014), 자어사육(Gisbert and Williot, 2002), 골격형태 및 발달(Ma *et al.*, 2014), 부화시간과 후기성장(Nathanailides *et al.*, 2002), 난의 크기 및 초기성장(Gisbert *et al.*, 2000) 등의 초기생활사에 대한 기초연구가 일부 이루어졌고, 국내 연구로는 성전환(Kwon and Adachi, 2009), 위팽창증후군(Park *et al.*, 2012), 초기성장(Seong and Baik, 1999), 영양성분 분석(Jin *et al.*, 2008) 및 종묘생산(FAO, 2011) 등 주로 종묘생산 기초연구, 질병 및 식품영양에 대한 연구가 진행되었을 뿐 초기생활사 관련 연구는 이루어지지 않았으며, 철갑상어류의 난 발생과 자치어 형태발달에 대한 연구는 부족한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 스텔렛 철갑상어의 인공종묘 생산을 통해 양식기술에 대한 기초자료를 마련하고, 난 발생 과정과 자치어 형태를 관찰하여 근연종과의 특징을 비교함으로써 분류학적 연구의 기초자료로 이용하고자 한다.

재료 및 방법

1. 친어관리 및 인공채란

실험에 사용된 친어는 2004년 철갑상어류 양식장으로부터 분양 받은 개체로 경상북도 민물고기연구센터에서 사육하던 중 2005년 6월에 성숙한 친어를 선별하여 폴리염화비닐(Polyvinyl chloride, PVC) 재질의 원형수조(Ø 5 m)에서 사육하였고, 실험에 사용된 암컷(n=1)은 전장 125.4 cm, 체중 12.7

kg, 수컷(n=1)은 전장 75.9 cm, 체중 4.10 kg이었다. 사육수온은 15.5~17.5°C (평균 16.0±1.50°C)를 유지해주었고, 먹이는 침강 배합사료를 1일 3회 공급하였으며, 산란유도를 위해 잉어 뇌하수체를 체중 1 kg당 2.0~5.0 mg을 등 근육에 주사하였다. 인공채란은 성숙된 암컷의 복부를 절개한 후 채란하였고, 산란수 파약을 위해 채란된 알의 총 중량과 1 g당 난의 개수를 조사하였으며, 미리 채정한 수컷의 정액을 혼합하여 건식법으로 인공수정 하였다.

2. 난 발생 및 자치어 형태발달

인공수정한 수정란은 100개를 임의로 채취하여 1,000 mL 유리 비이커에 수용하였고, 매일 1/2씩 환수시켜 주었다. 사육수온은 15.5~17.5°C (평균 16.0±1.50°C)를 유지하였고, 산소공급을 위해 에어레이션으로 약하게 폭기시켜주었다. 난 발생 과정은 입체해부현미경(Nikon NM-40, Japan)을 사용하여 0.01 mm까지 측정 및 관찰하였고, 난의 형태는 디지털카메라(Nikon Coolpix 995, Japan)를 이용하여 사진 촬영하였다. 외부형태 관찰을 위해 부화 직후부터 50일까지 자치어를 각 단계별로 10마리씩 임의로 샘플 하였고, MS-222 (Tricaine methane sulfonate; Sindel Co., Canada)로 마취시킨 후 입체해부현미경 및 디지털카메라를 이용하여 0.01 mm까지 측정 및 관찰하였다. 자치어의 발달단계는 Kendall *et al.*(1984)에 따랐다.

결 과

1. 난의 특징 및 산란수

수정 직후 수정란의 형태는 원형으로 난막이 다소 불투명하였고, 동물극(animal pole) 쪽에 링 모양의 띠를 이루었으며, 내부난황층(internal yolk)과 외부난황층(external yolk) 및 점액층(slime layer) 등 3개의 층을 가지고 있었다. 난 표면을 둘러싸고 있던 점액질을 제외한 난의 크기는 3.83~3.85 mm (평균 3.84±0.01 mm, n=10)였다. 암컷 친어의 체중이 12.7 kg일 때 채란된 알의 총 중량은 1,412 g이었고, 1 g당 알의 개수는 82개였으며, 산란수는 115,784개였다.

2. 난 발생 과정

수정 후 1시간에는 동물극 쪽이 함몰되면서 난의 위쪽으로 회전하여 상부에 위치하였고, 배반이 형성되었으며(Fig. 1A), 수정 후 2시간에는 동물극과 식물극(vegetal pole)을 잇는 난축 방향에 수직으로 경할이 시작되어 2세포기에 달하였다(Fig. 1B). 수정 후 28시간에는 세포분열이 계속해서 진행되어

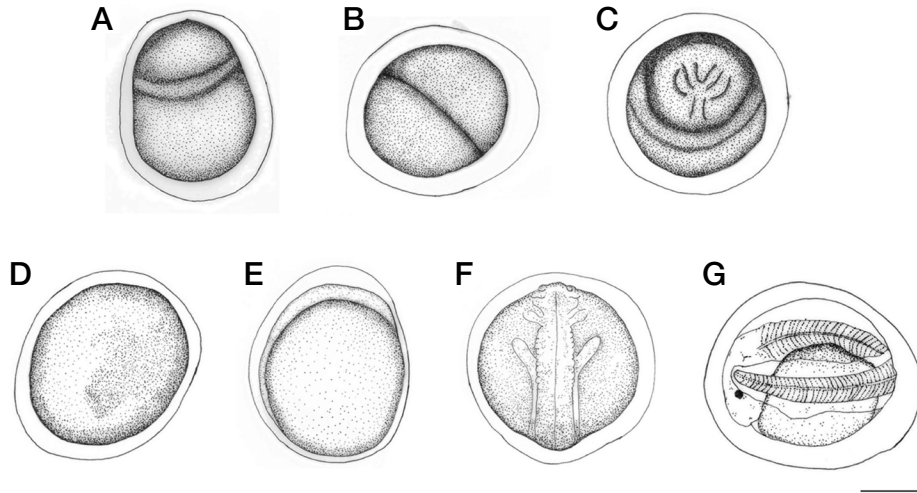


Fig. 1. Egg development of sterlet sturgeon, *Acipenser ruthenus*. A: Blastodisc, 1 hrs (lateral view); B: 2 cells, 2 hrs (dorsal view); C: Early gastrula stage, 28 hrs (dorsal view); D: Late gastrula stage, 31 hrs (lateral view); E: Formation of the embryo, 35 hrs (lateral view); F: Appearance of optic vesicle, 49 hrs (dorsal view); G: Embryo just before hatching, 75 hrs (lateral view). Scale bar = 1.0 mm.

초기 낭배기에 달하여 식물극 쪽의 원구가 함입되기 시작하였고 (Fig. 1C), 수정 후 31시간에는 원구의 함입이 완료되어 낭배말기에 달하였으며 (Fig. 1D), 수정 후 35시간에는 원구가 폐쇄되고, 배체가 형성되기 시작하였다 (Fig. 1E). 수정 후 49시간에는 머리 부분에 안포가 형성되기 시작하였고, 척추를 따라 꼬리까지 다수의 근절이 형성되었다 (Fig. 1F). 수정 후 75시간에는 꼬리에 막으로 된 지느러미가 형성되어 있었고, 꼬리는 난황으로부터 분리되었으며, 난막 내 움직임이 활발해지면서 부화가 시작되었다 (Fig. 1G). 수정 후 82시간에는 전체의 50% 이상이 부화가 완료되었고, 부화자어는 수면 위로 유영하였다가 가라앉기를 반복하였다.

3. 자치어 형태발달

부화 직후 자어는 전장 10.1~10.3 (10.2±0.11) mm (n=10)로 복부에 큰 난황을 달고 있었고, 난황의 등쪽과 체측면 및 항문부에 나뭇가지 모양의 흑색소포가 관찰되었으며, 꼬리자루 아래쪽에는 별모양과 점모양의 흑색소포가 관찰되었다. 난황의 등 쪽과 아래쪽에는 혈액의 흐름이 관찰되었고, 근절 수는 67~69개였으며, 눈은 렌즈가 형성되지 않은 안포의 흔적적인 형태로 검게 착색되어 있었다. 비공은 뚜렷하게 형성되어 있었고, 항문은 열려 있었으나, 입은 개구되지 않은 상태로 자어는 수면 쪽으로 떠올라 유영하다 가라앉기를 반복하였다 (Fig. 2A).

부화 후 3일째 전기자어는 전장 13.7~14.0 (13.8±0.18) mm (n=10)로 복부의 난황에서 영양분을 흡수하면서 성장하여 난황의 등쪽과 항문부에 나뭇가지 및 별모양의 흑색소포가 발달하였고, 두부의 눈 위쪽, 이포 뒤쪽 및 협부에 나뭇가지 모양

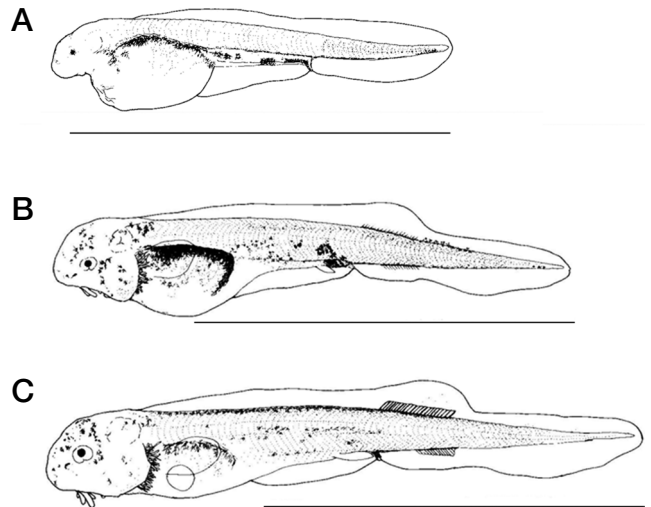


Fig. 2. Prelarvae and postlarvae development of sterlet sturgeon, *Acipenser ruthenus*. A: Newly hatched larvae, 10.2 mm in total length (TL); B: 3 days after hatching, 13.8 mm in TL; C: 6 days after hatching, 15.0 mm in TL. Scale bars = 1.0 mm.

의 흑색소포가 관찰되었으며, 꼬리자루의 등 쪽에 별모양 및 점상의 흑색소포가 관찰되었다. 눈에는 렌즈가 형성되었고, 입이 열리면서 입의 전단부에 4개의 수염이 발달하기 시작하였으며, 아가미의 새엽이 아가미뚜껑 밖으로 발달되어 있었다. 배지느러미 및 가슴지느러미에는 원기모양의 지느러미가 형성되기 시작하였고, 등지느러미 기조는 D. 17개, 뒷지느러미 A. 13개의 줄기가 형성되면서 움직였다 (Fig. 2B).

부화 후 6일째 자어는 전장 14.7~15.2 (15.0±0.36) mm (n=10)로 난황을 흡수하여 후기자어기로 이행하였고, 몸통의

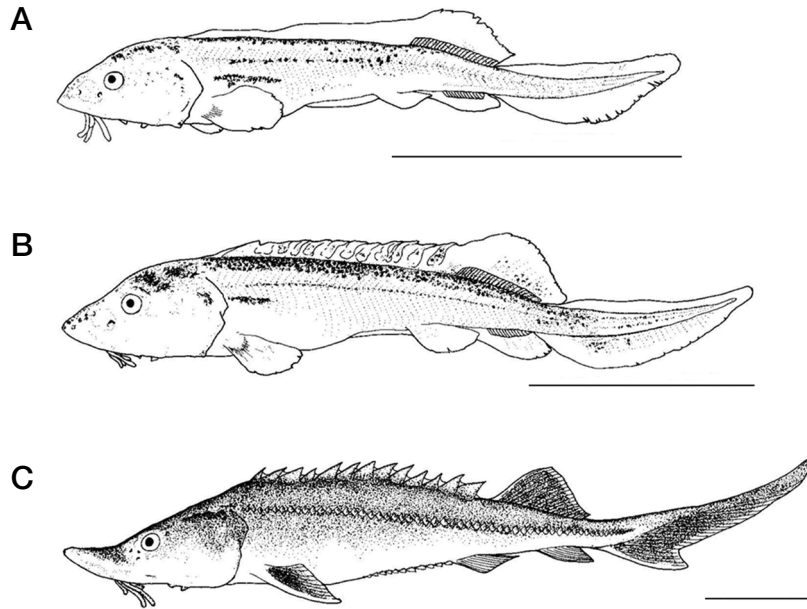


Fig. 3. Postlarvae and juveniles development of sterlet sturgeon, *Acipenser ruthenus*. A: 11 days after hatching, 21.5 mm in TL; B: 17 days after hatching, 29.3 mm in TL; C: 50 days after hatching, 89.8 mm in TL. Scale bars = 1.0 mm.

위쪽, 막상의 등지느러미 기저에 별모양 및 나뭇가지 모양의 흑색소포가 발달하였다. 각 부위별 기조 수는 등지느러미가 D. 22개로 증가하였고, 뒷지느러미 A. 15개로 증가하였다. 이 시기에는 외부로부터 영양분 흡수를 위해 먹이섭식 활동을 시작하였으며, 물벼룩 (*Daphnia* sp.)과 알테미아 (*Artemia* sp.) 유생을 급이 하였다 (Fig. 2C).

부화 후 11일째 후기자어는 전장 19.9~23.2 (21.5±2.33) mm (n=10)까지 성장하였으며, 두부의 전단부가 앞으로 돌출하기 시작하였다. 막상의 지느러미는 가장자리가 점차 갈라지기 시작하였고, 꼬리 부위 막상의 지느러미는 등지느러미와 뒷지느러미 부위 막상의 지느러미와 분리되었으며, 등지느러미의 기조 수가 D. 23개로 증가하였다. 이 시기의 자어는 주로 바닥을 유영하며 저서생활로 이행하였다 (Fig. 3A).

부화 후 17일째 후기자어는 전장 26.2~32.4 (29.3±4.39) mm (n=10)까지 성장하였으며, 돌출된 두부 전단부가 앞으로 신장하였고, 등지느러미 앞쪽이 11개의 굳비늘이 흔적 적으로 발달하기 시작하였다. 눈 뒤쪽 상부와 배체의 등 쪽에는 별모양, 나뭇가지 및 점모양의 흑색소포가 발달하였으며, 등지느러미의 윗부분과 꼬리자루 하단부에는 별모양 및 점모양의 흑색소포가 발달하였다. 등지느러미 기조 수는 D. xiii, 21개로 증가하였다 (Fig. 3B).

부화 후 50일째는 전장 86.4~93.1 (89.8±4.71) mm (n=10)로 두부아랫면과 몸통 및 꼬리자루의 아래쪽을 제외하고는 모두 검게 착색되었다. 옆줄에는 54~59개, 등지느러미 앞쪽에는 13개, 배지느러미 앞쪽에는 11~14개의 굳비늘이 형성되었

다. 각 부위별 지느러미에는 막이 소실되었고, 기조 수는 등지느러미 D. xiii, 28개, 뒷지느러미 A. ix, 18개로 증가하여 정수에 달하였으며, 체형과 기조 수가 어미와 일치하면서 치어기로 이행하였다 (Fig. 3C).

고 찰

스텔렛 철갑상어의 난 형태는 불투명한 원형의 침성점착란으로 난막에 점액질을 가진 것이 특징이다. 난막에 점액질을 가지는 담수어류는 *Cyprinus carpio*, *Carassius Carassius*, *Pseudobagrus fulvidraco*, *Leiocassis ussuriensis* 및 *Silurus asotus* 등이 있으며, 모두 난막에 점액질을 가지고 있다 (Kang and Lee, 1996; Han et al., 2001; Park et al., 2015). 그러나 스텔렛 철갑상어는 다른 담수어류와 달리 난황이 진한 검은색을 띠고, 난막 전체를 덮은 다량의 점액질을 가지고 있었다. 이러한 난의 특징은 메기목 어류인 *S. asotus* (Chang, 1996), *P. fulvidraco* (Kang and Lee, 1996) 및 *L. ussuriensis* (Park et al., 2015)에서 볼 수 있었고, 주로 수초나 자갈에 산란하는 특징을 가진다. 알의 표면에 점액질을 가지는 것은 수초, 자갈 등의 물체에 부착 후 원활한 산소공급을 유도하여 부화율을 높이기 위한 생태적인 특징으로 생각된다.

스텔렛 철갑상어의 산란수는 체중 12.7 kg일 때 115,784개로 나타났고 FAO (2013)의 결과에 따르면 *A. nudiventris* 체중 17.7~21.9 kg일 때 280,000~1,000,000개, 페르시아 철갑상어

Table 1. Comparison of the spawning amount and body weight acipenseridae fishes

Species	Body weight (kg)	Number of eggs	Authors
	Range	Range	
<i>Acipenser ruthenus</i>	12.7	115,784	Present study
<i>Acipenser nudiventris</i>	17.7~21.9	280,000~1,000,000	FAO, 2013
<i>Acipenser persicus</i>	27.8	85,000~840,000	
<i>Acipenser gueldenstaedtii</i>	22~24	50,000~165,000	
<i>Huso huso</i>	81~142	80,000~200,000	

Table 2. The number of stem with every part of fin and barbel and ganoid scale which is related to development of sterlet sturgeon, *Acipenser ruthenus*

Meristic character	Days after hatching					
	0	3	6	11	17	50
Dorsal fin	0	17	22	23	xiii + 21	xiii + 28
Anal fin	0	13	15	15	15	ix + 18
Barbel	0	4	4	4	4	4
Ganoid scale	0	0	0	0	D11	D13, L54~59, V11~14

D: dorsal, L: lateral, V: ventral.

(*A. persicus*) 체중 27.8 kg일 때 85,000~840,000개, 베루가 철갑상어 (*Huso huso*) 체중 81~142 kg일 때 80,000~200,000개, *A. gueldenstaedtii* 체중 22~24 kg일 때 50,000~165,000개로 보다 적었다 (Table 1).

스텔릿 철갑상어의 난경은 3.83~3.85 (3.84±0.01) mm (n=10)로 *A. gueldenstaedtii* 1.07~3.16 mm, *A. sturio* (FAO, 2013) 평균난경 2.63 mm, 페르시아 철갑상어 (FAO, 2013) 3.20~3.80 mm, 시베리아 철갑상어 (FAO, 2011) 3.00~3.80 mm, *A. nudiventris* (FAO, 2013) 평균난경 3.00 mm, *A. gueldenstaedtii colchicus* (FAO, 2013) 평균난경 2.56 mm, *A. gueldenstaedtii persicus* (FAO, 2013) 0.60~1.50 mm, *A. stellatus* 평균난경 2.89 mm (FAO, 2013), 3.19 mm (Persov, 1975)로 보다 큰 편이었고, 베루가 철갑상어 (FAO, 2013)는 평균난경 3.60~4.30 mm로 보다 작은 편이었다.

수온은 어중에 따라 생활사와 생태적 특성에 따른 적정 수온 범위를 가지고, 초기발생에 있어서도 난 발생과 자치어의 성장 및 생존에 영향을 미치는 요인으로 작용한다. 또한 어류의 종묘생산 과정에 있어 수온의 영향은 수정란의 발생과정, 난 발생 속도 및 부화율에 영향을 미치므로 수온은 안정적인 종묘생산에 있어 중요한 환경요인이다 (Cho *et al.*, 2015).

스텔릿 철갑상어는 평균수온 16.0°C일 때 난의 성숙이 관찰되어 적정 산란수온으로 보고 인공 채란하였다. 수정란 관리 수온은 사육수와 동일하였으며, 부화에 소요되기까지 82시간이 소요되었다. 다른 철갑상어류의 수온별 부화 소요시간을 비교한 결과 베루가 철갑상어 (FAO, 2013)는 수온 11.0~12.0°C에서 200시간이 소요되었고, *A. gueldenstaedtii* (FAO, 2013)는 평균수온 18.0°C에서 100시간, 시베리아 철갑

상어 (FAO, 2011)는 수온 13.0~14.0°C에서 144시간 (6일), *A. nudiventris* (FAO, 2013)는 수온 17.0~19.0°C에서 120시간 (5일), Bester hybrid sturgeon (Hwang *et al.*, 2000)는 수온 14.0°C 216시간 (9일), 15.0°C 192시간 (8일) 소요되어 보다 부화시간이 짧았다. 그러나 Bester hybrid sturgeon (Hwang *et al.*, 2000)은 수온 16.0°C일 때 168시간 (7일)이 소요되었고, 스텔릿 철갑상어와 동일한 수온이었으나 부화시간이 보다 짧아 종에 따른 차이를 보였다.

스텔릿 철갑상어의 부화 자어 크기는 평균전장 10.2 mm였고, FAO (2013)의 보고 결과 전장 8.0~10.0 mm로 과거에 관찰된 결과에 비해 다소 크게 나타났다. 다른 철갑상어류와 비교한 결과 베루가 철갑상어 (FAO, 2013)는 전장 13.0~16.0 mm, Bester hybrid sturgeon (Hwang *et al.*, 2000) 전장 13.0 mm로 보다 컸고, *A. sturio* (FAO, 2013)는 전장 9.30~11.0 mm로 보다 컸다. *A. gueldenstaedtii* (FAO, 2013)는 전장 10.5~12.0 mm로 보다 컸고, *A. stellatus* (Persov, 1975)는 전장 8.0~10.0 mm, *A. nudiventris* (FAO, 2013) 전장 9.0~10.0 mm로 부화자어의 크기가 유사하였다 (Table 3).

스텔릿 철갑상어의 계수형질을 조사한 결과 (Table 2) 지느러미 기초 수는 등지느러미 D. xiii, 28개, 뒷지느러미 A. ix, 18개였고, 입수염은 4개였다. 같은 속에 속하는 *A. sturio*는 기초수가 등지느러미 D. 30~44개, 뒷지느러미 A. 23~30개였고 (Rochard and Elie, 1994), 칼상어는 등지느러미 D. 40~49개, 뒷지느러미 A. 27~30개였다 (Wang, 1998).

A. sturio (Rochard and Elie, 1994)와 칼상어 (Wang, 1998)는 지느러미 기초에 불분지 연조가 없고 분지연조만 있어 불분지와 분지 연조가 모두 있는 스텔릿 철갑상어와 형태적인 차이

Table 3. Comparison characters of the eggs and larvae characters in the Acipenseridae fishes

Species	Egg diameter (mm, mean)	Time of hatching (*WT)	Hatching larvae size (mm, mean)	Authors
<i>Acipenser ruthenus</i>	3.83~3.85 (3.84)	82 hrs (16.0°C)	10.1~10.3 (10.2)	Present study
	—	—	8.00~10.0	
<i>Acipenser gueldenstaedtii</i>	1.07~3.16	100 hrs (18.0°C)	10.5~12.0	FAO, 2013
<i>Acipenser gueldenstaedtii colchicus</i>	2.56	—	—	
<i>Acipenser gueldenstaedtii persicus</i>	0.60~1.50	—	—	
<i>Acipenser nudiventris</i>	(3.00)	120 hrs (17.0~19.0°C)	9.0~10.0	
<i>Acipenser sturio</i>	(2.63)	—	9.30~11.0	
<i>Acipenser persicus</i>	3.20~3.80	—	—	
<i>Acipenser baerii</i>	3.00~3.80	144 hrs (13.0~14.0°C)	—	
<i>Huso huso</i>	(3.60~4.30)	200 hrs (11.0~12.0)	13.0~16.0	
<i>Acipenser stellatus</i>	2.89	—	—	Persov, 1975
	3.19	—	8.0~10.0	
Bester hybrid sturgeon (<i>Huso huso</i> ♀ × <i>A. ruthenus</i> ♂)	—	216 hrs (14.0°C) 192 hrs (15.0°C) 168 hrs (16.0°C)	13.0	Hwang <i>et al.</i> , 2000

*WT: water temperature.

를 보였다. 군비늘 수는 스텔렛 철갑상어가 옆쪽 54~59개, 등 쪽 13개, 배 쪽 11~14개였고, *A. sturio*는 등 쪽 9~16개, 옆쪽 24~39개, 배 쪽 9~14개였으며, 시베리아 철갑상어는 군비늘이 등 쪽 10~19개, 옆쪽 32~59개, 배 쪽 7~16개로 차이를 보였다(Keith and Allardi, 2001).

스텔렛 철갑상어의 난 발생 및 자치어 형태발달을 관찰한 결과 난의 크기는 비교한 종들 가운데 가장 컸고, 배루가 철갑상어 (FAO, 2013)보다는 작은 것으로 나타났으며, 산란량 및 부화시간은 다른 철갑상어류와 차이를 보였으나 부화자어의 크기에서 *A. stellatus* (Persov, 1975) 및 *A. nudiventris* (FAO, 2013) 두 종은 스텔렛 철갑상어와 유사하였다.

철갑상어류는 같은 종에서도 몸의 형태가 달라 분류학적으로 구분하기 어려운 종류가 있다. 러시아 철갑상어의 경우 주둥이 끝의 형태에 따라 카스피산, 페르시아산, 아조프산으로 나누어진다(FAO, 2013). 이와 같이 성어의 경우에는 분류학적으로 형태적인 구분이 가능하나 자치어 시기에는 형태적 특징에 대한 자료는 부족한 실정이다. 향후 철갑상어류의 종묘생산 연구를 위해서는 초기생활사에 대한 지속적인 연구가 필요할 것으로 생각된다.

요 약

스텔렛 철갑상어 *Acipenser ruthenus*의 양식기술 개발 및 분류학적 기초자료를 확보하기 위하여 난 발생 및 자치어 형태 발달을 조사하였다. 친어는 2005년 6월에 PVC 원형수조(Ø 5 m) 수온 16.0±1.0°C에서 성숙시킨 암수 1쌍을 사용하였다. 난은 타원형의 불투명한 침성 점착란으로 크기는 3.83~3.85

(3.84±0.01) mm (n=10)였다. 난 발생은 건식법으로 인공수정 시켰고, 수정 1시간 후에 배반이 형성, 수정 31시간 후에 난 배말기에 도달하였으며, 수정 82시간(50%) 후에 부화하였다. 부화 직후 자어는 전장 10.1~10.3 (10.2±0.11) mm (n=10)로 복부에 큰 난황을 달고 있었다. 부화 17일 후에는 전장 26.2~32.4 (29.3±4.39) mm (n=10)로 등지느러미 앞쪽이 11개의 군비늘이 흔적 적으로 발달하기 시작하였다. 부화 50일 후에는 전장 86.4~93.1 (89.8±4.71) mm (n=10)로 지느러미 기조가 모두 정수에 도달하여 치어기로 이행하였다.

REFERENCES

- Balon, E.K. 1985. The Theory of Salfatory Ontogeny and Life History Models Revisited. pp. 13-28. In: Balon, E.K. (ed.), Early life histories of fishes: New developmental, ecological and evolutionary perspectives. Dr. W. Junk Publishers. Dordrecht, 280pp.
- Blaxter, J.H.S. 1974. The Early Life History of Fish. Spring-Verlag Berlin, Heidelberg, 765pp.
- Chang, K.N. 1996. Fresh Water Fish Aquaculture Technology. Osung Publishing, Seoul Korean, pp. 273-276. (in Korean)
- Cho, J.K., C.G. Hong, J.Y. Park, M.H. Son, C.K. Park and J.M. Park. 2015. Effects of water temperature and salinity on the egg development and larvae of sevenband grouper, *Epinephelus septemfasciatus*. Korean J. Ichthyol., 27: 21-25. (in Korean)
- FAO. 2011. Sturgeon Hatchery Practices and Management for Release Guidelines. Food and agriculture organization of the united nations (FAO) fisherise and aquaculture technical paper, Rome Italy, pp. 1-105.
- FAO. 2013. Sturgeon Hatchery Manual. Food and agriculture orga-

- nization of the united nations (FAO) fisherise and aquaculture technical paper, Rome Italy, pp. 1-279.
- Gisbert, E. 1999. Early development and allometric growth patterns in siberian sturgeon and their ecological significance. *J. Fish Biol.*, 54: 852-862.
- Gisbert, E. and P. Williot. 2002. Advances in the larval rearing of siberian sturgeon. *J. Fish Biol.*, 60: 1071-1092.
- Gisbert, E., P. Williot and F. Castello ovary. 2000. Influence of egg size on growth and survival of early stages of siberian sturgeon (*Acipenser baeri*) under small scale hatchery conditions. *Aquacult.*, 183: 83-94.
- Gisbert, E., R. Asgari, G.H. Rafiee, N. Agh, S. Eagderi, H. Eshaghzadeh and C. Alcaraz. 2014. Early development and allometric growth patterns of beluga *Huso huso* (Linnaeus, 1758). *J. Fish Biol.*, 30: 1264-1272.
- Han, K.H., D.S. Jin, D.J. Yoo, S.R. Baek and D.S. Hwang. 2001. The early life history of the crucian carp, *Carassius auratus* in Korea. *Bull. Yosu Nat. Univ.*, 16: 379-387. (in Korean)
- Hawng, G.D., G.H. Hwang and H.J. Choi. 2000. Sturgeon Aquaculture Technical Paper. Chungcheongbuk-do research center for freshwater fishes, pp. 1-17. (in Korean)
- Jin, S.I., Y.C. Kim, S.W. Kang, C.H. Jeong, S.J. Choi, J.K. Kim, S.G. Choi and H.J. Heo. 2008. Analysis of nutritional components and development of an intermediate moisture food from sturgeon. *Korean J. Food Preserv.*, 15: 719-724. (in Korean)
- Kang, E.J. and C.H. Lee. 1996. Early life history of korean bullhead, *Pseudobagrus fulvidraco* (Pisces, Bagridae), from Korea. *Korean J. Ichthyol.*, 8: 83-89. (in Korean)
- Keith, P. and J. Allardi. 2001. Atlas of freshwater fishes of france. National History Museum, Paris. natural heritage, 47: 1-387. (in France)
- Kendall, A.W. Jr., E.H. Ahlstrom and H.G. Moser. 1984. Early Life History Stages of Fishes and Their Characters. In: Moser, H.G. *et al.* (eds.). *Ontogeny and Systematics of Fishes*. *Am. Soc. Ichthyol. Herpetol., Spec. Publ.*, 1: 11-22, Allen Press, Lawrence, KS.
- Kim, I.S., Y. Choi, C.L. Lee, Y.J. Lee, B.J. Kim and J.H. Kim. 2005. Illustrated book of Korean fishes. Kyo Hak Publishing, Seoul Korean, pp. 79-80. (in Korean)
- Kwon, O.N. and S. Adachi. 2009. Effects of Oral-Administered 17 α -Methyltestosterone and Estradiol-17 β for Sex Reversal of Hybrid Sturgeon, Bester Juvenile. *Korean J. Aquat. Sci.*, 42: 585-590. (in Korean)
- Lee, W.O., K.H. Kim, J.M. Back and M.Y. Song. 2013. Egg development and early life history of *Zacco koreanus* (Pisces: Cyprinidae). *Korean J. Ichthyol.*, 25: 200-207. (in Korean)
- Ma, J., P. Zhuang, B. Kynard, T. Zhang and L.Z. Zhang. 2014. Morphological and osteological development during early ontogeny of chinese sturgeon (*Acipenser sinensis* Gray, 1835). *J. Appl. Ichthyol.*, 30: 1212-1215.
- Nathanailides, C., M. Tsoumani, A. Papazogloy and I. Paschos. 2002. Hatching time and post hatch growth in russian sturgeon *Acipenser gueldenstaedtii*. *J. Appl. Ichthyol.*, 18: 651-654.
- NBC (National Biodiversity Center). <<http://www.kbr.go.kr/home/cites/cites010011.do>> (09 20 2016).
- Omoto, N., M. Maebayashi, E. Mituhashi, K. Yoshitomi, S. Adachi and K. Yamauchi. 2002. Effects of estradiol-17 β and 17 α -methyltestosterone on gonadal sex differentiation in the F2 hybrid sturgeon, the bester. *Fish. Sci.*, 68: 1047-1054.
- Park, J.M., H.S. Yim, Y.S. Lee, H.Y. Kim and K.H. Han. 2015. Egg development of the ussurian bullhead fish, *Leiocassis ussuriensis* (Pisces: Bagridae) morphological development of its larvae and juveniles. *Dev. Reprod.*, 19: 189-196. (in Korean)
- Park, S.W., J.H. Yu and J.J. Han. 2012. Studies on the overinflation of the cardiac stomach in sterlet sturgeon *Acipenser ruthenus*, fingerlings. *J. Fish Pathol.*, 25: 59-65. (in Korean)
- Persov, G.M. 1975. Sex differentiation of fish. Leningradskii Gosudarstvenyi Universitet, Leningrad, 148pp.
- Rochard, E. and P. Elie. 1994. Aquatic macrofauna of the Gironde estuary. Contribution to the White Paper of the Water Agency Adour Garonne. p. 1-56. In JL Bad and Guillaud JF (eds.) *Current knowledge on the Gironde estuary*. Water Agency Adour-Garonne, Bergeret Editions, Bordeaux, France. p. 115. (in France)
- Seo, S.G. 2006. Sturgeon aquaculture technology Gyeongsangbuk-do research center for freshwater fishes. Yang Ji Publishing, Uljin Korea, pp. 1-21. (in Korean)
- Seong, G.B. and K.G. Baik. 1999. *Acipenser baerii* of the early growth. National fisheries research and development institute (NFRDI), pp. 87-93. (in Korean)
- Song, H.B. and S.S. Choi. 2000. Reproductive ecology and early life history of paradise fish, *Macropodus chinensis* (Pisces; Belontiidae) in aquarium. *Korean J. Limnol.*, 33: 282-294. (in Korean)
- Wang, S. 1998. China red data book of endangered animals. Pisces. National Environmental Protection Agency. Endangered Species Scientific Commision. Science Press, Beijing, China. p. 247.