

장갱이, *Stichaeus grigorjewi* Herzenstein의
종묘생산에 관한 연구

1. 실내에서의 자연산란과 난발생

이정의 · 조재윤*

국립수산진흥원 울진수산종묘배양장
*부산수산대학교 양식학과

Studies on the Seedling Production of Long Shanny,
Stichaeus grigorjewi Herzenstein

1. Natural Spawning in Indoor Tanks and
Embryonic Development

Jung-Uie Lee and Jae-Yoon Jo*

Ulchin Hatchery, National Fisheries Research and Development Agency, Ulchin 767-860, Korea
*Department of Aquaculture, National Fisheries University of Pusan, Pusan 608-737, Korea

ABSTRACT

In order to study the embryonic development and hatching of wild long shanny, *Stichaeus grigorjewi*, were caught with the gill nets in the East Sea of Korea, and stocked at indoor tanks to induce natural spawning in February 25, 1994 and February 16 to 24, 1995. They were already matured when stocked, and average body length (50.66 cm) and body weight (1,192.74 g) of 57 females and average body length (48.62 cm) and body weight (612.58 g) of 43 males were recorded. Before stocking, they were inserted with identification tags (ID tags) in the dorsal muscle, and spawning was traced by the portable reader (Destron/IDI Ltd.).

Forty females among 57 spawned successfully in the average of 4 days after stocking. Females spawned almost all eggs contained in the ovaries at one time in the form of an egg mass and averaging 227,200 eggs per egg mass. The egg mass was oval in shape, translucent milky in color, 20.32 cm long axis and 14.57 cm short axis in size, and 803.7 g in weight. Male parents guarded their egg masses and circulated water with the tail part of the body.

Fertilized egg was spherical in shape, and their average diameter was 1.54 mm. Each egg had a containing single oil globule, and it's average diameter was 0.37 mm. The average water temperature was 13.2°C and incubation times after fertilization were 5 hours 25 minutes up to 2-cell stage, 13 hours up to morula stage, and 66 hours 35 minutes up to embryo formation stage. Hatching rate was approximately 10 percent in 368 hours 50 minutes after fertilization, and approximately 90 percent of eggs were hatched in 425 hours 30 minutes after fertilization.

서 론

장갱이, *Stichaeus grigorjewi* Herzenstein는 농어목(Order Perciformes), 등가시치아목(Suborder Zoarcoidei), 장갱이과(Family Stichaeidae), 장갱이속(Genus Stichaeus)에 속하는 어종(김과 강 1991)으로, 우리나라 동해를 비롯하여 일본의 北海道, 러시아의 오희크해에 분포하며 비교적 찬물 밀층에 서식한다(鄭 1977; 손 1980). 체장은 두장의 4.7~5.2배, 체고의 5.8~7.3배로 비교적 연장된 측편형의 어류로서, 보통 40~45 cm까지 성장하지만 60 cm까지도 성장한다(김과 강 1991). 몸에는 작은 등근비늘로 둘러싸여 있고, 옆줄은 한 줄이지만 옆줄구멍은 2 줄인 특색이 있다. 장갱이속에 속하는 근연종으로 *Stichaeus nozawai*가 있는데, 이 종은 장갱이에서 보다 더욱 북쪽에 서식하여 우리나라 동해 북부, 일본 北海道 및 러시아의 블라디보스톡 연안에만 서식하며 강원도 이남에는 분포하지 않는다(손 1980; 阿部 1989). 장갱이는 우리나라 동해안의 경우 수심 20~100 m에서 자망이나 통발로 어획되며, 특히 겨울철에는 가자미류와 함께 횡감이나 기타 식용으로 쓰이는 중요한 수산자원의 하나이다. 그런데, 장갱이의 알에는 ichthyotoxin dinogunellin (blenny roe toxin)이라는 독소가 있어서 알을 먹으면 식중독 증세를 일으키기도 한다(羽田野 等 1964a & b; Kamiya et al. 1977).

양식종을 개발하여 어민소득 증대를 꾀하거나 종묘 방류를 통한 자원 조성을 위해서는 우선 종묘의 생산기술 확립은 물론 대량 생산기술이 필요하다. 이러한 종묘의 생산에서 가장 중요한 것 중 하나는 양질의 알을 충분히 확보하는 것이라 할 수 있다(Min 1988). 이러한 양질의 알을 확보하는 방법에는 어미의 확보방법에 따라, 성숙한 어미를 어획하여 바로 사용하는 방법, 미성숙 상태의 자연산 어미를 어획하여 일정 기간 순치시킨 후 사용하는 방법, 그리고 인공적으로 생산한 치어를 육성시켜 어미로 쓰는 방법 등이 있다(Kuronuma and Fukusho 1988). 또한, 알과 정자를 확보하는 방법에 따라서, 자연산 어미에서 알과 정자를 짜내고 수정시키는 방법, 어미에 호르몬을 주사하여 알과 정자를 짜거나 자연산란을 유도하는 방법, 그리고 인위적인 자극없이 수조내에서 자연산란을 유도하는 방법으로 나눌 수 있는데(Fujita 1993), 이 중 가장 좋은 방법은 자연산란을 유도시키는 방법이라 할 수 있다. 따라서, 본 연구는 장갱이 종묘생산을 위한 가장 첫단계이며 중요한 과정중의 하나인 양질의 수정란을 대량 확보하는 방법으로서, 성숙된 자연산 어미를 실내수조에 수용하여 자연산란을 유도하였고, 그 난발생을 연구하여 장갱이의 종묘생산을 위한 기초자료를 제공하고자 한다.

재료 및 방법

1994년 2월 25일(1회)과 1995년 2월 16일부터 2월 24일까지(4회) 총 5회에 걸쳐 수심 20~40 m에서

자망으로 어획된 성숙한 장갱이 어미를 경북 울진군 원남면 오산항에서 구입하여 자연산란시켰다. 산란시기를 알아보기 위하여 산란기를 중심으로 하여 정기적인 현장조사를 실시하였고, 횃집이나 기타 축양시설 등에서 일부 자연산란이 이루어지는 시기에 어미를 구입하였다. 어미는 외상이 비교적 적은 것만을 선별 구입하였고, 산소가 봉입된 비닐봉지에 포장한 후 국립수산진흥원 울진수산종묘배양장으로 옮겼다. 어체 측정과 함께 개체별 산란량을 조사하기 위하여 각각의 고유번호가 입력되어 있는 radio frequency identification tag (ID tag)을 등근육에 삽입한 후, 실내 콘크리트 수조 (3×3×1 m, 유효수량 : 8 m³)에 암수를 유사한 비율로 수용하였다. 그러나, 1995년 2월 24일에는 암컷만을 구입하여 2월 18일과 2월 22일에 이미 구입하여 수정에 사용하였던 수컷과 동일한 비율로 섞어서 사용하였다. 어미는 자망으로 어획시에 복부 등에 심한 외부상처가 있어서 세균의 감염을 막기 위하여 oxytetracycline HCl 성분인 울트라마이신(한국바이엘)을 3~4일간 300 ppm, 1시간씩 약욕하였다. 자연산란이 끝난후 수컷에 의해 수정과 동시에 알만들기(암컷이 산란하고 나면 수컷이 수정시키면서 꼬리지느러미로 알을 동그랗게 만드는 것)가 이루어진 다음, portable reader (DESTRON/IDI Ltd.)로 어체에 삽입되어 있는 ID tag의 고유번호를 확인하고 산란전과 산란후의 중량을 비교함으로써, 산란개체를 추적하여 개체별 산란량을 조사하였다. 어미 사육기간 중에 먹이는 공급하지 않았고, 수조 위에는 검정색 차광망을 덮어서 어미가 안정되도록 하였다. 사육수는 인위적인 조절없이 자연해수를 주수하여 수질환경을 유지하였고, 산란된 알이 유실되는 것을 방지하기 위하여 망지(망목 1 mm)를 통하여 배수시켰다. 자연산란을 위한 어미 사육기간중의 수온범위는 9.2~11.0°C, 염분농도는 31.5~32.6‰였다.

수정된 알은 수정율을 조사한 후 중량을 측정하여, 부화를 위한 투명 아크릴수조(직경 40 cm, 높이 150 cm)로 옮겨서 부화시까지 관리하였다. 주수는 유수식으로 1일 사육수의 약 10회전 유지하였고, 수정란과 부화자의 유실을 방지하기 위하여 망지(망목 1 mm)를 통하여 배수시켰다. 또한, 수조 저면에서부터 강한 aeration으로 수정란이 수조의 바닥에 가라앉지 않도록 유지하였다. 발안율은 알의 내부까지 발안이 이루어진 다음, 표면과 내부의 알을 각각 20 g씩 표본하여 만능투영기(Nikon, V-12A)에서 조사하였다. 부화율은 부화가 진행되는 동안 1일 5~6회씩 부화자어를 계수한 다음 다른 수조로 옮겨주면서 누적 계수하였다. 수정에서 부화까지의 관리에는 가온이나 조명등의 인위적인 환경조절을 실시하지 않았으나, 부화자어를 옮길 때는 자어가 강한 추광성이 있으므로 야간에 수조 한쪽에 30W 백열등을 켜서 자어를 모은 다음, 내경 16 mm의 호스를 사용해서 사이폰 방식으로 옮겼다. 수정란 관리 기간중의 평균수온과 염분도는 11.9°C와 31.7‰였다.

평균수온 13.2°C (범위 12.0~14.2°C)로 조절된 항온수조(40×30×30 cm) 3개에 각각 다른 어미에서 얻어진 수정란 약 5,000개씩 수용하고, 현미경(Olympus, BH-2)과 TV 영상장치(JVC, TK-900U)를 사용하여 난발생 과정을 조사하였다. 수온은 온도 감지센서가 부착되어 있는 히터(Advantec Ltd., LH-1000 C)로 조절하였고, 주수량은 1일 사육수의 2~3회전 유지하면서 약하게 aeration시켜 수정란이 항상 수중에 뜨도록 하였다. 수정후 특정 발생단계까지의 소요시간은 각 발생단계가 50% 이루어졌을 때를 기준으로 하였고, 3개 수조의 결과를 평균으로 하였다.

결 과

자연산란에 사용된 장갱이 어미의 전장, 체장 및 중량을 Table 1, 2 및 Fig. 1에 나타내었다.

1994년 2월 25일에 사용된 어미는 평균전장 56.18 cm, 평균체장 51.02 cm 및 평균중량 1,168.20

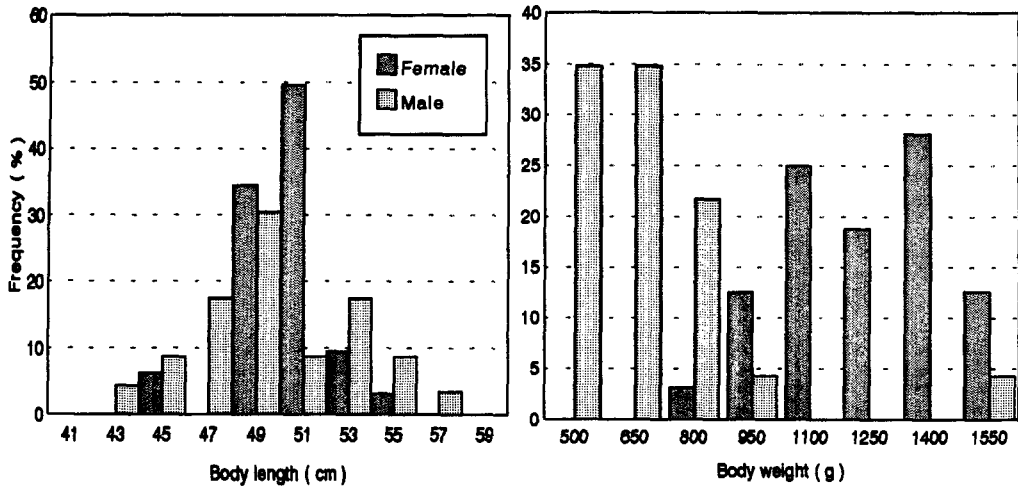


Fig. 1. Size frequencies of the body length and weight of parents *Stichaeus grigorjewi* used for spawning experiment.

Table 1. Average body length (total length, TL; standard body length, BL) and weight (BW) of wild mature *Stichaeus grigorjewi* stocked in 9 m³ tanks for the induction of natural spawning. Values in parentheses are the standard deviations

Trial	Date	Sex	No.	TL (cm)	BL (cm)	BW (g)
94-1	Feb. 25, 1994	F	25	56.18 (4.28)	51.02 (3.57)	1,168.20 (235.20)
		M	20	50.08 (2.30)	46.06 (2.10)	564.25 (190.40)
95-1	Feb. 16, 1995	F	7	54.59 (1.33)	49.97 (1.21)	1,036.00 (122.89)
		M	7	55.96 (2.45)	50.89 (2.61)	764.29 (353.54)
95-2	Feb. 18, 1995	F	6	55.35 (3.07)	49.93 (2.70)	1,217.33 (238.26)
		M	6	57.38 (5.01)	52.20 (4.60)	735.33 (47.29)
95-3	Feb. 22, 1995	F	8	55.91 (2.45)	51.11 (1.98)	1,256.87 (202.99)
		M	10	53.42 (2.72)	48.51 (2.52)	529.30 (102.49)
95-4	Feb. 24, 1995	F	11	54.94 (2.34)	50.38 (2.31)	1,288.18 (133.16)
		M	0	-	-	-
Subtotal & mean		F	32	55.18 (2.29)	50.38 (2.08)	1,211.91 (191.53)
		M	23	55.26 (3.61)	50.17 (3.37)	654.61 (227.31)
Total & mean		F	57	55.62 (3.16)	50.66 (2.73)	1,192.74 (210.68)
		M	43	52.85 (3.00)	48.26 (2.76)	612.58 (210.14)

g의 암컷 25마리와 평균전장 50.08 cm, 평균체장 46.06 cm, 그리고 평균중량 564.25 g의 수컷 20마리였다. 그리고 1995년 2월 16일부터 2월 24일까지 4회에 걸쳐 사용한 어미는 평균전장, 평균체장 및 평균중량이 각각 55.18 cm, 50.38 cm 및 1,211.91 g의 암컷 32마리와 각각의 크기 55.26 cm, 50.17 cm 및 654.61 g의 수컷 23마리였다. 사용된 어미 암컷 총 57마리의 체장범위는 45.2~55.3 cm였고, 48~52 cm의 범위에서 46마리 즉 80.7%로 대부분을 차지하였다. 그리고, 수컷 43 마리의 체장범위는 43.9~56.0 cm였으나, 36~40 cm에서 24마리 즉 전체의 55.8%로 암컷에서 보다 비교적 작은 편이었다. 중량분포는 체장분포에서 보다 암수의 차이가 뚜렷하여, 암컷의 경우 1,000 g에서 1,450 g까지가 71.9%인 반면, 수컷의 경우는 400 g에서 850 g까지가 전체의 90.7%로 대부분을 차지하여, 성숙된 알의 무게로 인하여 암컷의 중량이 수컷에서 보다 현저히 무거웠다.

Table 2. Regression data for logarithmic values of body weight (BW, g) against total length (TL, mm) and standard length (BL, mm) of wild mature *Stichaeus grigorjewi* used for natural spawning

Trial	Date	Log BW against	Sex	Regression equation	SE	γ	F
94-1 (N=F, 25 ; M, 20)	Feb. 25, 1994	Log TL	F	$BW=0.9042 \times 10^{-4} TL^{2.59082}$	0.06842	0.67235	18.2526**
			M	$BW=2.8819 \times 10^{-5} TL^{2.69598}$	0.12829	0.78256	18.2966**
		Log BL	F	$BW=1.3785 \times 10^{-4} BL^{2.55708}$	0.05963	0.66208	15.8253**
			M	$BW=1.5665 \times 10^{-5} BL^{2.84265}$	0.10923	0.79320	20.1058**
95-1~ 95-4 (N=F, 32 ; M, 23)	Feb. 16~ Feb. 24, 1995	Log TL	F	$BW=1.0389 \times 10^{-4} TL^{2.57549}$	0.05608	0.61266	16.8256**
			M	$BW=1.2443 \times 10^{-5} TL^{2.80987}$	0.09935	0.63732	14.3640**
		Log BL	F	$BW=1.8784 \times 10^{-4} BL^{2.51808}$	0.05833	0.55910	12.7329**
			M	$BW=0.8813 \times 10^{-5} BL^{2.90854}$	0.09549	0.67184	17.2767**

SE : Standard error of slope, γ : Correlation coefficient, F : Test of statistical significance.

* : $p < 0.05$, ** : $p < 0.01$.

사용된 어미의 전장에 대한 증량의 관계(Table 2)는 1994년 2월 25일에 구입한 어미의 경우 암컷 $BW=0.9042 \times 10^{-4} TL^{2.59082}$, 수컷 $BW=2.8819 \times 10^{-5} TL^{2.69598}$ 이었고, 1995년 구입분의 경우는 암컷 $BW=1.0389 \times 10^{-4} TL^{2.57549}$, 수컷 $BW=1.2443 \times 10^{-5} TL^{2.80987}$ 이었다. 체장에 대한 증량의 관계는 1994년도에는 암컷 $BW=1.3785 \times 10^{-4} BL^{2.55708}$, 수컷 $BW=1.5665 \times 10^{-5} BL^{2.84265}$ 였고, 1995년의 경우는 암컷 $BW=1.8784 \times 10^{-4} BL^{2.51808}$, 수컷 $BW=0.8813 \times 10^{-5} BL^{2.90854}$ 로 전장과 증량의 관계에서와 유사한 경향을 보여 주었다.

실내 수조에서 장갱이 어미에 의한 자연산란 결과를 Table 3에 나타내었다.

Table 3. Results of natural spawning by wild mature *Stichaeus grigorjewi* stocked at 9 m³ indoor tanks. Values are mean \pm standard deviation

Trial*	No. of spawners			Time** after stocking (days)	Weight of spawner (g)		Spawned eggs		Remained eggs	
	Stock	Spawn	%		Pre-spawning	Post-spawning	Weight*** (g)	No. (10 ³)	Weight*** (g)	No. (10 ³)
94-1	25	19	76.0	3.8	1,325.0	1,198.7	816.7	230.6	21.2	3.9
				± 2.8	± 312.8	± 195.4	± 178.7	± 48.4	± 10.4	± 1.0
95-1	7	3	42.9	10.0	1,072.0	872.0	867.7	244.3	27.3	5.0
				± 1.7	± 144.3	± 150.1	± 50.3	± 14.7	± 9.5	± 1.7
95-2	6	3	50.0	8.3	1,350.3	1,112.7	873.3	246.3	41.3	7.6
				± 1.2	± 227.9	± 195.4	± 117.1	± 33.0	± 9.5	± 2.4
95-3	8	7	87.5	2.7	1,256.9	963.7	729.7	205.8	18.9	3.5
				± 1.9	± 203.0	± 115.6	± 157.7	± 44.4	± 4.9	± 0.9
95-4	11	8	72.7	1.9	1,288.2	983.9	787.2	224.3	12.1	2.2
				± 0.6	± 133.1	± 97.8	± 197.3	± 54.0	± 6.2	± 0.4
Total & mean	32	21	65.6	4.2	1,248.1	937.1	791.9	224.1	20.7	3.8
				± 1.3	± 167.9	± 217.5	± 161.0	± 44.7	± 10.0	± 0.8
Total & mean	57	40	70.2	4.0	1,284.6	1,061.4	803.7	227.2	20.9	3.8
				± 2.3	± 236.7	± 177.3	± 169.4	± 46.5	± 10.2	± 0.9

* Symbols as in Table 1.

** Elapsed time in days after stocking until the natural spawning occurred.

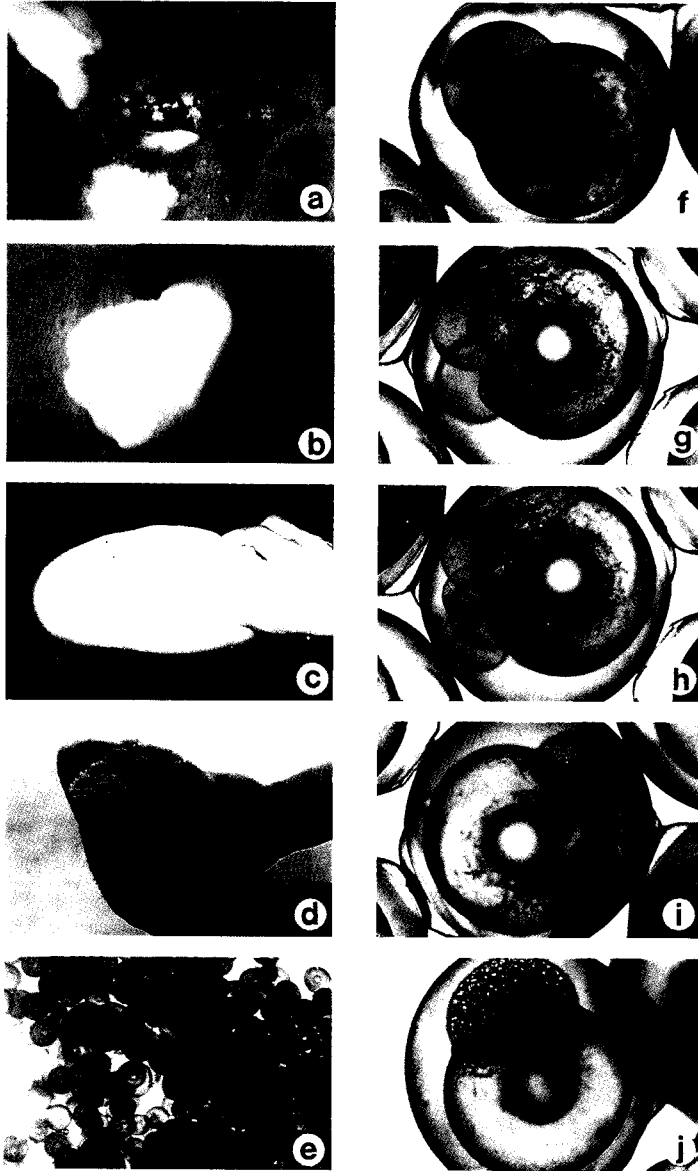
*** wet weight

1994년 2월 25일 암컷 25마리중 19마리가 산란하여 76.0%의 자연산란률을 보였다. 수조에 수용후 평균 3.8일만에 자연산란이 이루어졌고, 산란전 평균체중 1,325.0 g에서 산란후에는 1,189.7 g으로 감소하였다. 산란시의 수온은 9.2~11.0°C였다. 암컷 1마리당 산란량은 816.7 g으로 230,600개였으며, 산란이 이루어지지 않고 체내에 남아 있는 알은 평균 3,900개로 대부분 미숙난이었다. 1995년의 경우 2월 16일부터 2월 24일까지 4회에 걸쳐 수용한 암컷 총 32마리중 21마리가 산란하여 평균 65.6%의 자연산란률을 보였으며, 그 자연산란률의 범위는 42.9~87.5%였다. 수조에 수용후 산란일까지의 소요기간은 2월 24일에 수용한 어미(실험구 95-4)에서가 가장 짧아 수용후 1.9일만에 산란하였고, 2월 16일(실험구 95-1)에 수용한 어미는 평균 10.0일이 소요되었다. 평균 소요일수는 4.2일로 1994년도의 결과와 유사하였다. 산란으로 인한 체중의 변화도 1994년에서와 유사하여 산란전 평균체중 1,248.1 g에서 산란후 937.1 g으로 감소하였다. 암컷 1마리당 산란량은 205,800개에서 246,300개(습중량 729.7~873.3 g)의 범위였으며, 평균 224,100개(습중량 791.9 g)였다. 한편, 산란이 이루어지지 않고 체내에 남은 알은 암컷 1마리당 평균 2,200개에서 7,600개(평균 3,800개)였다. 1994년 1회와 1995년 4회의 자연산란 결과를 종합하면, 전체 암컷 57마리중 40마리가 자연산란하여 평균 70.2%의 자연산란률을 보였다. 암컷 1마리당 평균산란량은 227,200개였고, 산란이 되지 않고 난소내에 남아 있던 알은 전부 미숙난으로 암컷 1마리당 평균 3,800개였다.

산란시각은 특정 시간대에 이루어지지는 않았지만, 주로 새벽 5시부터 8시 사이에 이루어졌다. 산란과 수정 행위를 보면, 먼저 암컷이 수조 바닥에 가만히 앉아서 산란을 하게 되는데, 이 때의 알은 하얀색의 반투명한 알로서 점액질에 의해 다소 불규칙한 덩어리를 형성하며 수조 바닥에 놓인다(Fig. 2a). 산란이 완료시까지는 30분에서 1시간 정도 소요되었으며, 일단 산란이 끝나면 그 주위에 있던 수컷 1마리가 다가와서 알의 주위를 돌면서 수정을 시켰다. 또한 꼬리지느러미를 이용하여 물을 유동시켜서 덩어리 속에 있는 알까지 정자가 운반되어 수정할 수 있도록 하였고, 용존산소의 공급도 용이하게 하였다(Fig. 2b). 이렇게 꼬리지느러미로 알만들기가 끝나면 불규칙하게 놓여 있던 알들이 타원형이나 원형의 난피가 되었고, 알에 붙어 있던 점액도 차츰 없어지면서 물을 흡수하여 스펀지와 같이 되어 난피 속까지 개스교환이 용이하게 되었다. 그리고, 알과 알 사이에 기포가 들어가면서 난피는 수면위로 부상하였다. 난피의 평균크기는 장경 20.32 ± 5.70 cm, 단경 14.57 ± 4.82 cm 및 중량 803.7 g으로 수조 등 타물질에는 부착하지 않고 알의 덩어리를 형성하였다(Fig. 2c).

산란된 알과 체내에 남아있던 알 및 발안란의 크기는 Table 4과 같다. 수정란의 평균 난경은 1.54 ± 0.12 mm였고 평균 난황경은 1.12 ± 0.37 mm였다. 각각의 알에는 평균직경 0.37 ± 0.03 mm의 유구를 1개 갖는다. 산란이 되지 않고 난소 내에 남아 있던 미숙난의 평균 난경은 1.23 ± 0.10 mm로서, 산란된 수정란에 비해 작았다. 발생이 진행되어 눈에 흑색색소가 다량 침착되면서 육안으로도 알이 검게 변하는 것을 쉽게 알 수 있는 발안기의 평균난경은 1.60 ± 0.05 mm로 수정란에 비해 다소 컸다. 그러나, 난황은 난발생중에 일부 소비되면서 그 크기가 작아져서 평균직경 0.93 ± 0.09 mm였다. 발안란 유구의 평균직경은 0.40 ± 0.05 mm였다. 수조내에서 자연산란된 알의 수정률과 난발생중 색소가 강하게 침착되어 육안관찰이 용이한 발안란 및 부화시까지의 생존률을 Table 5에 나타내었다.

수정률은 실험구 95-2에서 평균 246,300개의 알중 167,800개가 수정되어 68.1%로 실험구중 가장 낮았고, 실험구 95-3에서 평균 205,800개의 알중 195,000개가 수정되어 94.8%로 가장 높았다. 발안란까지의 생존률과 부화율도 실험구 95-2에서 가장 낮아서 각각 57.8%와 49.8%였고, 실험구 95-3에서 가장 높아서 각각 89.7%와 72.9%였다. 이러한 수정률, 발안률 및 부화율의 차이는 구입하여 자연산



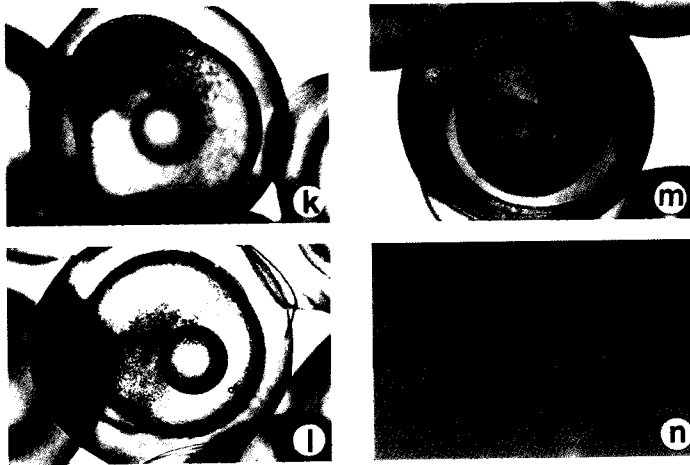


Fig. 2. Embryonic development of *Stichaeus grigorjewi*.

(a) Spawning and egg mass ; (b) Fertilization and guarding by male ; (c) Egg mass after fertilization, 20.32 cm in long axis, 14.57 cm in short axis, 803.7 g in wet weight ; (d) Egg mass of eye-pigmented stage ; (e) eggs attached with one another ; (f) Fertilized egg, 1.54 cm in diameter ; (g) 2-cell stage ; (h) 4-cell stage ; (i) 8-cell stage ; (j) Morula stage ; (k) Blastula stage ; (l) Gastrula stage ; (m) Formation of lens and auditory vesicles ; (n) Newly hatched larva, 6.42 mm in total length.

Table 4. Comparison of egg characteristics of spawned, eye pigmented and remained eggs in ovaries after spawning

	Spawned eggs		Remained eggs in ovaries		Eye pigmented eggs	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
Egg						
Diameter (mm)	1.54	0.12	1.23	0.10	1.60	0.05
Weight (mg)	3.55	0.43	2.93	0.22	3.57	0.59
Yolksac						
Diameter (mm)	1.12	0.37	0.93	0.13	0.93	0.09
Oil globule						
Diameter (mm)	0.37	0.03	0.25	0.02	0.40	0.05

란시킨 시기의 차이에서 오는 결과라기 보다는 구입된 어미의 성숙 상태 등 난질이 난발생 기간중의 생존률과 부화율에 직접적인 영향을 끼침을 알 수 있다. 1994년과 1995년 5회에 걸쳐 자연산란된 알의 난발생 기간중의 생존률과 부화율을 종합하여 보면, 암컷 1 마리당 평균 227,200개의 알 중 194,700개가 수정되어 85.7%의 평균수정률을 보였고, 182,700개가 발안되어 80.4%의 평균발안률을 보였다. 그리고, 평균 246,300개의 알중에서 143,600개가 부화되어서 평균부화율은 63.2%였다.

Table 5. Changes of survival rates for spawned eggs during the embryonic development. Values are mean \pm standard deviation

Trial*	Spawning		Fertilization		Eye pigmented stage		Hatching	
	No. spawners	No. eggs (10 ³)	No. eggs (10 ³)	%	No. eggs (10 ³)	%	No. larvae (10 ³)	%
94-1	19	230.6 ± 48.4	204.5 ± 42.7	88.7	190.9 ± 39.4	82.8	141.4 ± 32.2	61.3
95-1	3	244.3 ± 14.7	182.3 ± 15.9	74.6	172.5 ± 13.6	70.6	148.3 ± 21.3	60.7
95-2	3	246.3 ± 33.0	167.8 ± 42.3	68.1	142.4 ± 31.3	57.8	122.7 ± 21.0	49.8
95-3	7	205.8 ± 44.4	195.0 ± 31.3	94.8	184.6 ± 20.4	89.7	150.0 ± 16.4	72.9
95-4	8	224.3 ± 54.0	185.9 ± 52.3	82.9	180.4 ± 20.4	80.4	149.3 ± 30.7	66.6
Subtotal & mean	21	224.1 ± 42.2	185.8 ± 33.7	82.9	175.2 ± 30.0	78.2	145.6 ± 23.2	65.0
Total & mean	40	227.2 ± 45.1	194.7 ± 38.0	85.7	182.7 ± 34.5	80.4	143.6 ± 27.5	63.2

* Symbols as in Table 1.

Table 6. Incubation time of various developmental stages of *Stichaeus grigorjewi* eggs at 13.2°C

Developmental stages	Time after fertilization (hours)
2-cell stage	5 : 25
4-cell stage	6 : 45
8-cell stage	8 : 00
16-cell stage	10 : 20
32-cell stage	11 : 15
64-cell stage	13 : 00
Morula stage	14 : 40
Blastula stage	18 : 00
Early gastrula stage	26 : 55
Late gastrula stage	57 : 20
Embryo formation	66 : 35
Formation of 4~5 myomeres	90 : 00
Formation of eye vesicles	114 : 30
Formation of auditory vesicles	138 : 25
Heart beat started	148 : 00
Eye pigmented egg	210 : 20
10% embryos hatched	368 : 50
50% embryos hatched	395 : 40
90% embryos hatched	425 : 30

평균수온 13.2°C에서 장갱이의 난발생 과정중 각 발생단계까지의 소요시간을 보면(Table 6, Fig. 2), 수정후 2세포기까지 5시간 25분이 소요되었고, 이 후 난할을 계속하여 14시간 40분에는 상실기에 이르렀다. 18시간이 경과한 후 포배기에 이르렀고, 26시간 55분에 전기 낭배기, 57시간 20분에 후기 낭배기에 이르렀다. 66시간 35분이 경과했을 때 배체가 형성되었고, 90시간 경과하면서 4~5개의 근절이 관찰되었다. 안포와 이포의 형성은 각각 수정 후 114시간 30분과 138시간 25분에 관찰되었다. 148시간이 경과했을 때 심장이 박동하고 배체가 움직였으며, 210 시간 20분이 경과하면서 안구에 흑색색소가 강하게 침착되어, 난괴의 바깥쪽에서 부터 검정색으로 변하는 것이 육안으로도 쉽게 관찰되었다. 부화도 발 안에서와 같이 난괴의 바깥에서부터 이루어졌고, 수정후 368시간 50분(약 15일)이 경과 하였을 때 약 10%의 부화가 이루어지기 시작하여, 425시간 30분(약 18일)에 약 90%의 자어가 부화되었다.

고 찰

손(1980)은 북한해역에서의 장갱이 산란기를 6~7월로 보고하고 있고, Kyushin (1990)은 일본 Funka Bay에서 3월 중순의 6°C 전후에서 성숙한 어미를 어획하여 수정을 시킨 바 있다. 그러나, 본 연구의 예비실험을 위해서 장갱이의 포란개체를 연중 조사하였으나, 6~7 월에는 포란개체를 찾아볼 수 없었고, 산란기는 1월 하순에 시작하여 2월 하순까지로 해양의 수온이 11°C 이하로 하강하면서 산란이 이루어졌다. 이러한 산란기의 현저한 차이는 본 연구를 수행하기 위해 어미를 어획한 해역과 손(1980)이나 Kyushin (1990)이 보고한 해역에서의 수온 등 해양 환경의 차이에 기인한 것으로 생각된다.

1995년 2월 16일부터 2월 24일까지 어미를 구입하여 실내에서 자연산란 실험을 행한 결과, 수정후 산란이 이루어지기까지 요하는 시간은 2월 22일의 경우 평균 1.9일로 가장 짧았고, 2월 16일에는 10.0일로 가장 길었다. 그런데, 1995년도 실험을 시작하기 전에 횃집의 축양장을 중심으로 사육중인 장갱이 어미가 수조내에서 자연산란이 이루어지는지를 지속적으로 조사하였으나 2월 16일 이전에는 거의 산란되지 않았고, 2월 24일 이후에는 어획되었을 당시 이미 산란되어 버린 개체가 많았었다. 즉, 장갱이는 수온 10~11°C 범위인 2월 20일을 전후로 하여 외상이 크지 않은 어미를 수용하여 2일 정도 경과하면, 다른 자극없이도 실내에서 쉽게 자연산란을 시킬 수 있을 것으로 생각된다. 암컷의 산란전과 산란후의 중량을 비교해 보면, 장갱이 암컷의 산란전 평균체중은 1,284.6 g에서 산란후에는 1,061.4 g으로 평균 223.2 g의 체중이 감소하였다. 그런데, 산란된 수정난의 평균무게는 803.7 g으로 약 3.6배가 증가하였다. 이것은 산란 직후 egg chorion이 부풀면서 수분을 흡수할 뿐만 아니라(Kyushin 1990), 알과 알 사이에 함유되어 있는 해수에 기인한 것으로 생각된다.

장갱이 암컷 1 마리의 평균 산란량은 227,200개였다. 이러한 결과는 손(1980)이 보고한 장갱이의 산란량 21만개와 유사하였다. 또한 장갱이와 같은 등가시치아목(Zoacoidei)인 그물베도라치, *Dictyosoma burgeri*의 2,146~6,475개(鹽垣·道津 1972a), 육점날개속인 *Opisthocinthus tinuis*의 400~2,200개(鹽垣 1981)보다 훨씬 많았고, 장갱이와 산란생태가 유사하고 분류학상 가까운 관계에 있는 베도라치아목(Blennoidei) 어류인 앞동갈베도라치속 *Omobranchus loxozonus*의 900개(道津·太田 1973), *Blennius yatabei*의 450~1,200개(道津·森内 1980) 및 *Dasson trossulus*의 1,000~2,000개(道津 1982)와 비교하면 현저히 많았다. 1회 산란후에 체내에 남아있던 알은 평균 3,800개, 평균 난경 1.23 mm로 자연산란되어 나온 알의 평균 난경 1.54 mm보다 작았고 대부분 미숙난이었다. 이러한 결과를 볼 때 장갱이는 앞동갈베도라치속의 *Omobranchus loxozonus* (道津·太田 1973)과는 달리 거의 전량을 한번에 산란함을

알 수 있다. 자연산란에 사용된 어미 총 57 마리의 암컷중 40 마리가 수조에 수용후 평균 4일 만에 실내에서 자연산란하였다. 자연산란이 완료된 후 산란량 및 어체 조사만을 실시하고 다시 수조에 수용하였으나, 개체의 크기나 성별에 관계없이 모든 개체는 1개월 이내에 전부 폐사하였다. 이러한 폐사는 자망에서 어획중 복부등에 심한 출혈 등의 상처를 입고 있었고, 산란에 따른 체력약화에 의해 폐사하였다고 생각된다.

베도라치류의 산란 습성에는 *Chasmodes bosquianus* (Hildebrand and Cable 1938), *Neoclinus bryope* (鹽垣·道津 1972b), *Omobranchus loxozonus* (道津·太田 1973), *Tripterygion etheostoma* (鹽垣·道津 1973), *Blennius yatabei* (道津·森内 1980), *Chasmodes suburrai* (Kevin 1981), 두줄베도라치(道津 1982), 저울베도라치 *Istiblennius stellifer* (金과 韓 1989) 및 청베도치 *Pictiblennius yatabei* (金等 1992) 등과 같이 알은 덩어리를 형성하지 않고 한 층으로 다른 물체에 붙여 산란하여 어미가 알을 보호하는 종과, 그물베도라치 *Dictyosoma burgeri* (鹽垣·道津 1972a), 우베도라치(*Zoarchias uchidai*), 세줄베도라치(*Ernogrammus hexagrammus*), *Enedrias nebulosus*, 및 *Ernogrammus hexagrammus*와 같이 하나의 덩어리를 형성하여 어미가 이것을 감싸서 보호하는 두가지의 형태가 있는데(水戶 1954; 金等 1992), 장갱이는 후자의 경우에 속하는 산란습성을 갖고 있다. 즉, 암컷이 산란을 하고 나면 수컷이 다가가서 암컷을 내보내고 알을 감싸고 꼬리지느러미로 물을 유동시키면서 수정을 시키고, 수정이 완료된 후에도 수컷은 계속 알을 보호하면서 꼬리지느러미로 물을 유동시켜 알덩어리를 원형 또는 타원형으로 만든다. 이러한 알의 보호 본능은 다른 등가시치아목 어류(鹽垣·道津 1972a; 鹽垣 1983)에서 뿐만 아니라, 베도라치아목 어류(Hildebrand and Cable 1938; 水戶 1954; 鹽垣·道津 1972b; 道津·森内 1980; Kevin 1981)에서도 흔히 볼 수 있다.

Kyushin (1990)은 장갱이의 수정란의 chorion 표면에는 특별한 구조물이 없고 난황에는 5~30 μm 의 많은 거품과 같은 입자가 분포하며, 알끼리 서로 점착성질이 있는 침성란이라고 보고하였다. 본 연구 결과, 장갱이의 알은 수정전까지는 점액이 알을 둘러 싸여 있고 부착력이 약하여 쉽게 흩어지지만, 일단 수정을 하고 나서 물을 흡수하게 되면, 난경이 커지면서 점액성분이 차츰 없어지고 스폰지와 같은 성질이 되어서 난피의 내부까지 용존산소 등 개스의 교환이 원활하게 되었다. 그리고, 수컷의 꼬리지느러미 유동과 외부 요인으로 인해, 차츰 알과 알 사이에 공기 방울이 들어가면 부력이 생기면서 난피는 수면 위로 뜨게 되지만, 미수정란에서는 점액이 그대로 남아 있어서 항상 딱딱한 덩어리로 노랗게 변하면서 썩는다.

장갱이의 수정란은 인접한 알과 부착되면서 용기한 부분을 제외하면 거의 구형으로 크기는 평균직경 1.54 ± 0.12 mm로서 Kyushin (1990)이 보고한 장갱이의 수정란 크기 1.59~1.72 mm 보다는 작은 경향이 있었다. 이 크기는 다른 등가시치아목 어류인 그물베도라치의 수정란 크기 2.12~2.18 mm (鹽垣·道津 1972a)보다 작지만, 베도라치아목 어류인 두줄베도라치의 0.80~0.86×0.73~0.79 mm (道津 1982), 저울베도라치의 0.84~0.88 mm (金과 韓 1989) 및 청베도라치의 0.72~0.80 mm (金等 1992)보다는 큰 편이다.

Kyushin (1990)은 평균수온 6.1°C에서 장갱이 수정란의 발생을 실시하였으며, 배체형성 160시간이 소요되었고, 부화까지는 797시간(약 33일)이 소요되었다. 본 연구에서는 평균수온 13.2°C에서 수정란을 관리하여, 배체 형성까지 66시간 35분, 50% 부화까지 395시간 40분이 소요되었다. 이렇게 발생단계까지 소요시간이 다른 것은 수온의 차이에 기인된다고 할 수 있다. 이 두 수온의 차이를 보정하기 위해서, 적산수온(평균수온, °C × 누적시간, hours)으로 환산하여 나타내어 보면, Kyushin (1990)의 경우 배체

형성까지의 적산수온은 976°C였고, 부화까지의 적산수온은 4,862°C였다. 본 연구의 경우 배체 형성시까지의 적산수온은 878°C였고, 부화까지의 적산수온은 5,522°C로서 Kyushin의 연구 결과와 큰 차이를 보이지 않았다.

요 약

겨울철 동해안에서 어획되어 식용으로 널리 이용되는 중요 어종중의 하나인 장갱이, *Stichaeus grigorjewi* Herzenstein를 1994년 2월 25일과 1995년 2월 16일부터 2월 24일까지 총 5회에 걸쳐 경북 울진군 원남면 오산항에서 구입하여, 실내수조에서 자연산란을 유도하였고 그 난발생을 연구하였다. 구입된 어미의 평균전장, 체장 및 중량은 각각 암컷에서 55.62 cm, 50.66 cm, 1,192.74 g이었고, 수컷에서는 52.85 cm, 48.26 cm, 및 612.58 g으로 수컷에 비해 암컷의 체장에 대한 중량의 비가 높았다. 산란은 수조에 수용한 후 평균 4일 만에 이루어졌고, 산란시의 수온은 9.2~11.0°C였다. 암컷 총 57마리중 40마리가 실내에서 산란하여 70.2%의 자연산란률을 보였고, 암컷 1 마리당 평균산란수는 227,200개였다. 산란은 주로 새벽에 이루어졌고 1회에 거의 전량 백색의 반투명한 타원형 난괴의 형태로 산란하였으며, 그 난괴의 크기는 평균장경 20.32 cm, 평균단경 14.57 cm 및 평균중량 803.7 g이었다. 수정이 완료된 후에도 수컷은 계속 알을 보호하였다.

수정란의 평균난경은 1.54 mm, 평균난황경은 1.12 mm였으며, 평균직경 0.37 mm의 유구 1개를 갖는다. 산란된 알의 평균수정률, 발안률 및 부화율은 각각 85.7%, 80.4% 및 63.2%였다. 평균수온 13.2°C에서 수정란의 수정후 발생 단계별 소요시간은 2세포기까지 5시간 25분, 상실기 13시간, 포배기 18시간, 후기 낭배기 57시간 20분이었으며, 66시간 35분에 배체가 형성되었다. 그 후 발생이 진행되어 368시간 50분만에 약 10%의 자어가 부화되었고, 425시간 30분에는 전체 부화자어의 약 90%가 부화되었다.

참 고 문 헌

- Fujita, S., 1993. Technology for the mass production of marine fish seeds. pp.1~6. In Nagasaki International Training Centre, Marine fish culture. Propulsion Conference of NIFTC, Nagasaki, Japan.
- Hildebrand, S. E. and L. E. Cable, 1938. Further notes on the development and life history of some teleosts at Beaufort, N. C. Bull. U.S. Bur. Fish. 48 : 505~642.
- Kamiya, H., M. Hatano and Y. Hashimoto, 1977. Screening of ichthyotoxin. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. 43 : 1461~1465.
- Kevin, M. P., 1981. Reproductive biology and developmental osteology of the Florida blenny, *Chasmodes saburrae* (Perciformes : Blennidae). Northeast Gulf Science 4 : 79~98.
- Kuronuma, K. and K. Fukusho, 1984. Rearing of marine fish larvae in Japan. International Development Research Centre, Ottawa, Canada. 109pp.
- Kyushin, K., 1990. Embryonic development and larvae of long shanny, *Stichaeus grigorjewi* Herzenstein. Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ. 41 : 13~17.
- Min, B. S., 1988. Maturation and spawning of flounder (*Paralichthys olivaceus*) under captive condi-

- tions. J. Aquacult. 1 : 25~39.
- 金容億·明正求·韓景鎬·姜忠培, 1992. 청베도라치, *Pictiblennius yatabei*의 産卵習性, 卵發生過程 및 孵化仔魚의 形態. 韓魚誌 4 : 44~54.
- 金容億·韓景鎬, 1989. 實驗室에서 飼育한 저울베도라치의 卵發生 및 孵化仔魚. 韓魚誌 1 : 9~18.
- 김익수·강언중, 1991. 한국산 베도라치亞目과 등가시치亞目(농어目) 어류의 분류학적 재검토. 韓魚誌 34 : 500~525.
- 道津喜衛, 1982. ニジギンボの初期生活史およびふ化直後3カ月の飼育魚の産卵. 長崎大研究報告 52 : 19~27.
- 道津喜衛·森内新二, 1980. イソギンボの生活史. 長崎大研究報告 49 : 17~24.
- 道津喜衛·太田泰三, 1973. クモギンボの生活史. 長崎大研究報告 36 : 13~22.
- 손용호, 1980. 조선동해어류지. 과학백과사전 출판사, 평양. pp. 229~230.
- 水戸 敏, 1954. カエルウオ *Salarias enosimae*의 産卵習性. 九州大研究報告 6 : 144~149.
- 鹽垣 優, 1981. ハナジロガジ의 生活史. 日本魚類學會誌 28 : 319~328.
- 鹽垣 優, 1983. フサギンボ의 生活史. 日本魚類學會誌 29 : 446~455.
- 鹽垣 優·道津喜衛, 1972a. 다이난긴보의 生活史. 長崎大研究報告 33 : 21~38.
- 鹽垣 優·道津喜衛, 1972b. 코케긴보의 生活史. 長崎大研究報告 34 : 1~8.
- 鹽垣 優·道津喜衛, 1973. 헤비긴보의 卵發生および幼生飼育. 日本魚類學會誌 20 : 42~47.
- 羽田野六男·座間宏一·五十嵐久尚, 1964a. 나가스카卵의 脂質-I. 아세톤可溶性脂質. 日水誌 30 : 516~518.
- 羽田野六男·座間宏一·五十嵐久尚, 1964b. 나가스카卵의 脂質-II. 레시틴. 日水誌 30 : 519~522.
- 鄭文基, 1977. 韓國魚圖譜. 一志社, 서울, 韓國. pp. 427~429.
- 阿部宗明, 1989. 原色魚類檢索圖鑑 I. 北隆館, 東京, 日本. 177.