

수온 및 광주기 조절에 의한 돌돔, *Oplegnathus fasciatus*의 산란 유도

정관식 · 김석민* · 방인철** · 김성연*** · 이원교

여수대학교 양식학과, *여수지방해양수산청 어촌지도과

순천향대학교 자원과학부, *국립수산진흥원 남해수산연구소

Induced Spawning of Striped Knife-Jaw, *Oplegnathus fasciatus* by Manipulating Water Temperature and Photoperiod

Kwan-Sik Jeong, Seok-Min Kim*, In Chul Bang**,
Sung-Yeon Kim*** and Won-Kyo Lee

Dept. of Aquaculture, Yosu National University, Chonnam 550-180, Korea

*Fisheries Extension Service Division, Yosu Regional Maritime Affairs and Fisheries Office,
Chonnam 550-030, Korea

**Dept. of Biological Resources, Soonchunhyang University, Chungnam 336-900, Korea

***South Sea Regional Fisheries Research Institute, NFRDI, Chonnam 550-120, Korea

Spawning inducement of striped knife-jaw, *Oplegnathus fasciatus*, was attempted by two experiments. In experiment I (Exp. I), water temperature was gradually increased from 14.5°C in December 15, 1996 to 21.0°C in February 22, 1997 and then maintained at this level. Photoperiod was also gradually increased from 10.5L/13.5D in December 15, 1996 to 15.5L/8.5D in February 17, 1997, and then maintained at this level. In experiment II (Exp. II), water temperature was increased in the same way from Exp. I. Photoperiod was natural conditions from December 1996 to March 9, 1997, and then suddenly increased to 15.5L/8.5D until the end of experimental period.

Spawning of the fish was occurred from February 22 through April 2, 1997 (for 40 days) in Exp. I. Number of total spawned eggs was 30.04 million and fertilization rate was 77.2%. The fish began to spawn at 21.0°C and 15.5L/8.5D. It required 65 days to spawn since the water temperature had increased from 14.5°C to 21.0°C.

Spawning of the fish was not occurred until March 9, 1997 in Exp. II. After 7 days, photoperiod was suddenly increased to 15.5L/8.5D and fish were spawned from March 17 through April 4, 1997 (for 20 days). Number of total spawned eggs was 21.28 million and fertilization rate was 72.1%. The fish began to spawn at 21.0°C and 15.5L/8.5D. It required 65 days to spawning since the water temperature had increased from 14.5°C to 21.0°C.

Key words : Striped knife-jaw, *Oplegnathus fasciatus*, Induced spawning

서 론

우리 나라 해산어 양식은 넙치(*Paralichthys*

olivaceus)와 조피볼락(*Sebastes schleli*)에 편중되어 생산성이 크게 하락하고 있어, 대체 어종이 절실히 필요하며, 특히 남해안 해상 가두리 양식

이 논문은 1997년도 한국학술진흥재단 학술연구조성비(지역개발연구과제)에 의하여 연구되었음.

에 적합한 어종의 개발 차원에서 돌류는 매우 중요하게 인식되고 있다.

돌돔(*Oplegnathus fasciatus*)은 농어목(Order Perciformes), 돌돔과(Family Oplegnathidae), 돌돔속(Genus *Oplegnathus*)에 속하며, 이 속에는 전 세계적으로 6종이 보고되고 있으며(Nelson, 1994), 우리 나라에는 돌돔과 강담돔(*O. punctatus*) 2종이 분포하고 있다. 본 종은 온대성 어류로 우리 나라 전 연안과 일본 및 중국 연안의 암초지대에 주로 서식한다. 산란기는 4~7월이며, 최소 성숙 체장은 수컷은 가랑이 체장 13.3 cm (55 g, 만 1년), 암컷은 23.8 cm(365 g, 만 2년)로서 수컷의 성숙이 빠르며(熊井, 1984), 산란 기간 중 30회 전후로 여러번 산란하고, 총 산란 수는 가랑이 체장 38.3~47.3 cm 정도면 약 750만개 전후로 알려져 있다(국립수산진흥원, 1994).

본 종에 대한 양식 현황을 보면 일본의 경우 1965년 자연산 종묘 50마리를 채포하여 양성을 시작한 이후, 우리 나라 등지에서 채포된 자연산 종묘를 수입하여 양식하였으나 자연산 종묘의 수급에 한계를 인식하여 인공 종묘생산을 시도하여 현재는 전량 인공종묘에 의해 양식하고 있다(長崎水試, 1968, 1973a & b, 1974; 熊本水試, 1972a & b, 1975; 和歌山水試, 1972, 1973, 1974, 1975; 福所, 1979). 우리 나라의 경우 국립수산진흥원 북제주수산종묘배양장에서 1987년 종묘생산 기초 기술 개발 연구를 시작하여 1989년 9천 마리의 종묘를 생산한 이후, 현재는 남제주수산종묘배양장에서 매년 20만마리의 종묘를 생산하여 연안에 방류하고 있다(황 등, 1995, 1996). 또한 민간 배양장에서는 대량 종묘생산 기술이 확립되어 충분한 물량이 생산되고 있으며, 해상 가두리에서 양식되고 있다. 그러나 본 종의 경우 남해안에서 월동이 어려우며 주로 당년생 종묘가 동계에 *Achromobacter* sp.에 감염되어 대량으로 폐사되며, 12월 이후부터 수온 상승기인 봄에 단생 흡충류인 *Benedenia* sp.에 감염되어 대량 폐사를 일으킨다(최 등, 1997). 따라서 본 종을 남해안 해상 가두리에서 양식하기 위해서는 수온 하강기

이전에 당년생 종묘를 육상 수조로 옮겨 가온 사육하여 월동한 후 봄에 다시 가두리로 옮겨 양식하거나, 조기에 종묘를 생산하여 당년에 상품 크기인 200~300 g 정도로 성장시켜 질병 감염을 피하여 출하하는 방법을 이용하여야 한다.

조기에 종묘를 생산하기 위해서는 인위적으로 환경을 조절하여 조기 산란을 유도하여야 한다. 어류의 성숙과 배란 및 산란은 생식 내분비계 지배에 의해 조절되지만 이들의 조절을 유도하는 것은 환경요인이며, 그 중에서도 수온과 일장에 의한 영향이 가장 크다(Vlaming, 1975; 羽生, 1982; Asahina and Hanyu, 1983; Lee and Hanyu, 1984). 그러나 생식소의 활성화를 유도하는 온도와 일장의 조건이 복합적으로 작용하고 있으며, 종에 따라 그 범위가 각기 다르게 나타나고 있다(福所等, 1986; 伊島等, 1986; Min, 1988; Kim and Hur, 1991; Kim et al., 1993; 조·양, 1993).

본 종의 산란 유도에 관한 연구로는 인위적으로 양성된 천어를 대상으로 자연 산란을 유도한 보고(福所等, 1975)와 연어 뇌하수체와 HCG를 투여하여 성숙과 배란을 유도한 보고(松山等, 1989) 등이 있으나, 아직까지 환경을 인위적으로 조절하여 조기에 산란을 유도한 보고는 없는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 돌돔의 종묘를 조기에 생산하여 해상 가두리 양식의 활성화를 위한 기초 연구로, 우선 인위적으로 환경요인을 조절하여 산란을 유도하였다. 또한 산란에 미치는 환경 요인의 영향을 구명하기 위하여 대조구, 수온과 광주기를 같이 조절한 시험구 및 수온만 조절한 수온 조절 시험구를 설정하고 산란기에 산란량 조사를 통한 환경 요인에 대한 영향을 분석하였고, 환경 조절에 따른 난질을 평가하기 위하여 산란·수거된 난의 부상률과 수정률을 조사하였다.

재료 및 방법

실험어

전남 여천군 삼산면 거문도의 해상 가두리에서

수온 및 광주기 조절에 의한 돌돔, *Oplegnathus fasciatus*의 산란 유도

자연산 치어를 채포하여 양식하던 친어와 그 중 일부를 1996년 11월부터 전남 여천군 남면 횡간도에 위치한 육상 실내 사육수조로 옮겨 1주일간 적응시켜 실험에 사용하였다. 친어로 사용한 돌돔은 전장 20.5~28.7 cm, 체중 200.5~566.0 g 크기의 만 2.5년생이었다(Table 1).

사육

콘크리트 사각수조(유효용량: 65톤, 7×7×1.4 m)에 2중 배수장치를 시설하여 난과 찌꺼기를 분리할 수 있도록 하였고, 각 수조 당 친어 250 마리를 수용하였다. 사료는 냉동 전갱이(*Trachurus japonicus*)와 고등어(*Scomber japonicus*)를 세절하여 공급하였고, 산란 예정 1주일 전부터 살아 있는 자주새우(*Crangon affinis*)를 같이 공급하였다.

환경 조절

환경 조절 조건에 따라 대조구와 수온과 광주기 조절구 및 수온 조절구로 나누었다.

대조구는 겨울에 쿠로시오 난류의 영향을 받는 거문도 해상 가두리 양식장의 자연 해수 수온과 광주기를 그대로 유지하는 친어를 대상으로 하였다.

수온 및 광주기 조절 시험구(실험 I)는 육상의 실내 사육 수조에 보온 덤개를 이용하여 완전 차단한 후, 할로겐 램프(500 W)를 이용하여 조도를 150~200 lux로 조절한 다음 10분 간격의 타이머(24시간용)를 이용하여 광주기를 12월 20일의 일장 10:30 L/13:30 D에서 2일마다 10분씩 증가시켜 15:30 L이 되는 1997년 2월 18일 이후에는 그대로 유지하였다. 수온은 보일러 2대(80,

10만 kcal), 열교환기 및 디지털 수온 조절기($\pm 0.2^{\circ}\text{C}$)를 이용하여 12월 20일부터 14.5°C에서 매일 0.1°C씩 증가시키다가 21°C가 되는 1997년 2월 22일 이후에는 실험 종료시까지 계속 21°C를 유지하였다.

수온 조절 시험구(실험 II)는 수온을 실험 I에서와 동일하게 조절하였고, 차광막과 보온덮개를 설치하여 조도 50~70 lux로 자연 광주기를 이용하였다. 그러나 산란이 유도되지 않아 3월 10일부터 조도와 광주기를 실험 I과 같이 각각 150~200 lux, 15:30 L로 재조절하였다 (Fig. 1).

채란, 산란량, 부상란 수 및 수정률 조사

산란 후 부상한 알은 집란조에 설치된 사각 가두리(망목 0.5 mm 나일론망) 내에 모이도록 하였다. 알의 수거는 산란 후 2시간 이내에 하였으며, 수거된 알은 10분간 3회 이상 세란하여 총산란량을 계수하였다. 침하란은 메스실린더에 해수와 함께 30분간 빙치하여 저면에 가라앉은 알을 계수하였고, 부상란 수는 총산란량에서 침하란량을 뺀 나머지로 하였다. 부상률은 총산란량에 대한 부상란량의 백분율로 계산하였으며, 수정률은 100개의 부상란 중 난할이 진행되고 있는 알의 수로 계산하였고, 3회 평균하여 구하였다. 이상의 조사에서 알의 계수는 용적법으로 하여 1 cc 당 1,400개로 계수하였다.

결 과

실험 I의 산란 유도 결과를 Fig. 2와 Fig. 3에 나타내었다. 산란이 개시된 시기는 1997년 2월

Table 1. Ranges and means of total length and body weight in the experimental group during the experimental period

Sex	Total length (cm)		Body weight (g)		Number of sample
	Range	Mean*	Range	Mean	
Female	21.0~28.5	24.4±1.75	231.0~566.0	358.0±71.42	57
Male	20.5~28.7	24.1±2.01	200.5~558.5	346.4±84.31	59

* Mean±S.D.

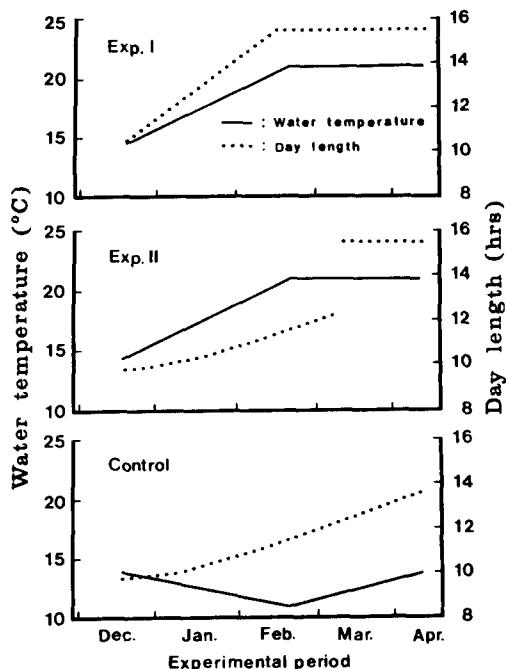


Fig. 1. Changes of water temperature and day length under natural condition (Control) and designed experimental conditions (Experiment I and II).

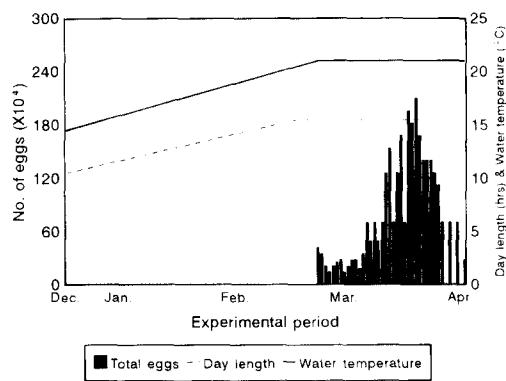


Fig. 2. Variations of photoperiod, water temperature and the number of eggs spawned in the Experiment I during the experimental period.

22일로 인위적으로 환경을 조절한 지 65일이 경

과된 시기였다. 산란이 개시된 날의 환경 조건을 보면 수온이 14.5°C에서 21°C로 상승한 시기였으며, 일장이 10 : 30 L에서 15 : 30 L로 증가되어 (2월 17일) 5일 동안 유지되는 시기였다. 산란이 종료된 때는 4월 2일로 총 산란 기간은 40일간이었으며, 그 중 산란이 이루어진 날은 37일간이었다 (Fig. 2).

총 산란량은 3,004.4만개, 1일 평균 산란량은 75.1만개였으며, 1일 최대 산란량은 196만개였다. 산란기간 40일 중 산란이 개시되어 본격적인 산란이 이루어지기 전인 산란 초기(13일간)에는 총 산란량이 330.4만개였으며, 1일 평균 산란량은 25.4만개였다. 본격적인 산란이 이루어진 산란 중기(21일간)에는 총 산란량이 2,506만개였으며, 1일 평균 산란량은 119만개였다. 이후 산란량이 크게 감소한 산란 후기(6일간)의 총 산란량은 168만개였으며, 1일 평균 산란량은 28만개였다. 산란 후기 6일 중 3일간은 전혀 산란이 이루어지지 않았다(Fig. 3).

총 산란량 중의 부상란 수는 전체 2,454.2만개로 1일 평균 부상란 수는 61.4만개였으며, 총 산란량에 대한 부상란 비율은 82.7%였다. 산란 초기에는 183.4만개로 1일 평균 부상란 수는 14.1만개였으며, 부상률은 55.5%였다. 중기의 부상란

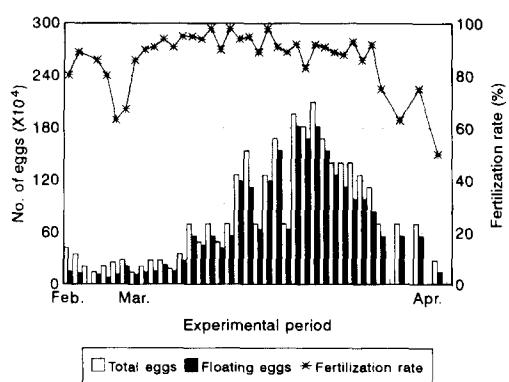


Fig. 3. Number of total eggs and floating eggs during the spawning period and fertilization rate of the floating eggs in the Experiment I.

Table 2. Number of spawned and floated eggs, floating rate and fertilization rate under Experiment I and II during the spawning period

Experiments	Period	Number of spawned eggs($\times 10^4$)	Number of floated eggs($\times 10^4$)		Fertilization rate (%)
			Number	Rate*	
Exp. I	1st term	330.4	184.4	55.5	77.9
	2nd term	2,506.0	2,144.8	85.6	91.1
	3rd term	168.0	126.0	75.0	62.7
	Total	3,004.4	2,454.2	81.7	77.2
Exp. II	Total	2,128.0	1,862.0	87.5	72.1

* Floated eggs $\times 100$ / spawned eggs

수는 2,144.8만개로 1일 평균 102.1만개였으며, 부상률은 85.6%였다. 후기의 부상란 수는 126만개로 1일 평균 42만개였으며, 부상률은 75%였다. 전 산란기간 중의 부상란에 대한 수정란의 비율 즉, 수정률은 평균 77.2%였으며, 산란 초기 77.9%, 중기 91.1% 그리고 후기 62.7%로 나타나 산란 중기에 가장 높은 수정률을 보였다(Table 2).

실험 II에서는 1997년 3월 8일까지는 산란이 일어나지 않았다. 따라서 광주기에 대한 영향을 검토하기 위하여 3월 10일부터 인위적으로 광주기를 12:00 L에서 15:30 L로 조절한 결과 7일 후(3월 17일)부터 산란이 이루어졌다(Fig. 4). 산란이 종료된 때는 4월 5일로 총 20일간 산란이 이루어졌다. 그 중 산란이 이루어진 날은 19일간 이었다.

총 산란량은 2,128만개, 1일 평균 산란량은 112만개였으며, 1일 최대 산란량은 252만개였다(Fig. 4). 총 산란량 중의 부상란 수는 전체 1,862만개로 1일 평균 98만개였으며, 총 산란량에 대한 부상률은 87.5%였다. 수정률은 20~95%로 평균 72.1%였다(Fig. 5).

고 찰

Aida (1991)는 어류의 주년 생식 리듬의 유형을 수온과 일장 등의 환경 요인과 관련하여 6가지로 나누었다. 즉, 봄 산란형(spring spawner), 봄 여름 산란형(spring-summer spawner), 여

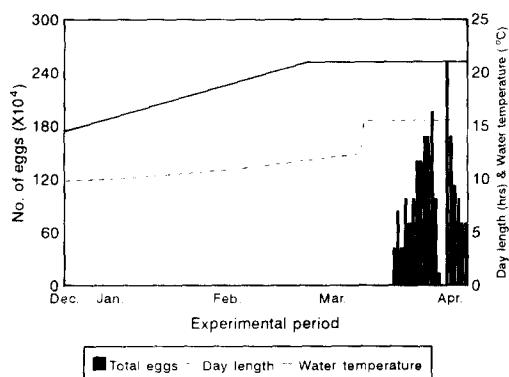


Fig. 4. Variations of photoperiod, water temperature and the number of eggs spawned in the Experiment II during the experimental period.

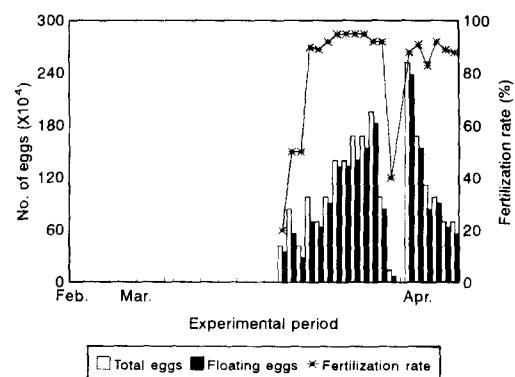


Fig. 5. Number of total eggs and floating eggs during the spawning period and fertilization rate of the floating eggs in the Experiment II.

름 산란형(summer spawner), 봄 가을 산란형(spring-autumn spawner), 가을 산란형(autumn spawner), 겨울 산란형(winter spawner)으로 나누고 있다. 그 중 흰줄남줄개, *Rhodeus ocellatus ocellatus* (Asahina et al., 1980; Asahina and Hanyu, 1983, 1985, 1991), 일본산 송사리, *Orhyzias latipes* (Awaji and Hanyu, 1987, 1988, 1989a & b), 검정망둑, *Tridenniger obscurus* (Kaneko, 1986; Kaneko and Hanyu, 1985), 그물코쥐치, *Rudariys ercodes* (Lee and Hanyu, 1984; Lee et al., 1984) 등은 봄 여름 산란형에 속한다. 산란기의 결정은 종 특유의 수온과 일장에 대한 반응성으로 나타나며, 일반적으로 봄 여름 산란형에 속하는 어류는 생식소 성숙의 시작과 산란기의 시작은 수온의 상승에 의하여 유도되어지며, 산란기의 종료는 일장의 단일화에 의하여 유도된다고 보고하고 있다 (Vlaming, 1975; Asahina et al., 1980; Shimizu and Hanyu, 1982; Asahina and Hanyu, 1983, 1985; Kaneko, 1986; Awaji and Hanyu, 1988). 돌돔의 산란은 자연상태에서는 4~7월에 이루어지며 (국립수산진흥원, 1994), 육상 수조에서는 주 산란기가 6~7월이다 (황 등, 1994, 1995). 또한 수온 20°C 이상에서 25°C 전후까지 이루어지며, 산란 성기는 21°C~24°C이다. 따라서 본 연구에서 봄 여름 산란형에 속하는 돌돔을 대상으로 조기산란을 유도하기 위한 수온 및 광주기의 설정은 적절하였다고 볼 수 있다.

광주기나 수온과 같은 환경지배 요인들이 춘·하계 산란형 어류의 생식활동과 성성숙에 어떻게 관여하는지는 일부 해산어류 (Lee et al., 1984; 백·이, 1985)와 담수산 어류에서 보고되고 있다. 해산어류의 경우 그물코 쥐치에서는 (Lee et al., 1984) 생식소의 성숙은 장일주기에 의해 개시되고 여기에 수온이 보상적 역할을 하여 산란에 이른다고 보고하였고, 점망둑 (백·이, 1985)은 상승하는 수온만이 광주기와는 관계없이 생식소 활성화를 유도하는 요인이라고 보고하고 있다. 그리고 담수산 어류에서는 대부분 춘계에 수온이 상승하-

므로서 생식소 활성화와 성숙을 유도하고 여기에 장일주기가 보상 촉진 작용을 하나 (羽生, 1982; Asahina and Hanyu, 1983; 이·김, 1987), 파랑볼우럭은 고수온과 장일주기의 복합적 작용이 성숙 및 산란에 필요하다고 보고하고 있다 (이·김, 1987).

짧은 기간동안 환경을 조절하여 산란 유도 실험을 실시한 이 연구의 결과를 여타 결과들과 비교 고찰시 실험 I의 생식소는 2월 이후 모두 성숙에 도달하였으나, 실험 II에서는 2월까지 성숙은 개시되고 있으나 생식소의 부분적 성숙 발달만을 보이다 3월 이후 광주기의 증가와 함께 본격적으로 성숙에 참여하는 결과로 볼 때, 본 돌돔의 생식소 성숙에는 두 가지 환경요인이 모두 복합적으로 작용해야만 완전성숙에 이르는 것으로 보이며 생식소 활성 및 성숙 개시의 주요인은 춘계 상승하는 수온이며 여기에 증가하는 광주기가 보상적으로 작용해야 최종 성숙에 도달하는 담수산 어류에서의 생식기구와 유사한 결과를 나타내었다. 그러나 이 연구에서는 단기간 환경조절로 산란기를 앞당기는데 목적을 두는 실험이였으므로, 돌돔의 생식 기구에 대한 환경요인의 작용에 관한 정확한 구명은 차후 좀더 세분화된 실험을 통해 밝혀져야 되겠다.

넙치의 경우 Kim and Hur (1991)는 수온과 광주기를 조절하여 60일만에 산란을 유도하였고, 자연상태보다 약 6개월 정도 조기에 채란하였다. 참돔의 경우 김·김 (1990)은 광주기와 수온을 조절하여 자연 상태보다 약 1개월 조기 채란하였다. 본 연구에서는 수온과 광주기를 조절하여 자연 산란기인 6월보다 4개월 정도 빠른 2월에 산란을 유도함으로써 조기 종묘생산이 가능하였다.

한편, 이 연구에서 수온과 광주기를 조절한 실험 I에서는 2월 22일부터 4월 2일까지 40일간 산란이 이루어졌으나, 황 등 (1995)은 제주도의 자연 산란이 6월 7일부터 8월 2일까지 57일간 지속되었으며, 18.7°C부터 20°C로 상승한 6월 20일 이후에 급격한 산란량의 증가를 나타낸다고 하였다. 熊井 (1984)는 5월 14일부터 7월 25일까지

72일간 산란이 이루어졌으며, 이 때의 수온은 20~28°C였다. 이렇듯 본 연구에서의 총 산란기간이 여타 다른 연구에서의 산란기간보다 짧았던 것은 친어로 이용한 암컷의 크기가 다른 연구 보다 작았고, 친어 마리수도 적었으며 암·수의 성비가 1:1이었던 원인과 아울러 수온과 광주기를 조절한 지 65일만에 산란이 이루어져 인위적으로 성숙을 유도하기 위한 기간이 너무 짧았을 가능성 때문인 것으로 생각된다.

熊井(1984)은 수컷이 먼저 성숙하여 수온 18°C부터 방정을 개시하며, 암컷은 20°C 이상에서 산란을 개시하여 20~24°C가 산란 적기이며, 28°C 이상에서는 산란이 종료되었다고 하였다. 1일 최대 산란량은 친어 2 kg의 암컷이 612,200개이다. 산란 횟수는 암수비가 1:3일 경우 1~26회이며, 암수비가 5:1의 경우에는 30회 전후라고 한다. 산란 수는 가령이 체장 38.3~47.3 cm의 경우 약 750만개로 추정한 바 있다.

양식산 돌돔은 수컷 1년, 암컷 2년에 일부가 성숙하지만 수컷은 2년 이상(체중 380 g), 암컷은 3년 이상(체중 700 g)이 군 성숙도가 83.3%에 도달하며 수정란 생산에 이상적이다(熊井, 1984). 따라서 이후 산란을 유도하기 위하여는 본 연구에서 이용한 전장 24.4 cm, 체중 360 g 보다 큰 친어를 이용하는 것이 산란량을 늘리는 데 효과적일 것으로 생각된다. 한편 총 산란량에 대한 부상률에 있어서 본 연구의 실험 I에서는 82.7%로 나타났다. 이는 황 등(1995)의 96.3% 보다는 낮고, 황 등(1994)의 68.7% 보다는 높은 값을 보였는데 이렇게 부상률이 다르게 나타난 것은 산란시의 수질 환경(비중, 수온 또는 기후 환경)과, 친어의 조성 즉, 암수비에 따라 큰 영향을 받는다(熊井, 1984). 본 연구에서의 암수비는 거의 1:1이었다. 따라서 효과적인 채란을 위해서는 부상률과 수정률이 양호한 암수비 2:1로 하는 것이 바람직할 것으로 생각된다(熊井, 1984). 한편, 총 산란량에 있어서熊井(1984)은 친어 35마리(가령이체장 25~30 cm)에서 총 7,160만개를 생산하였고, 황 등(1994)은 40마리의 친어를

이용하여 2,163만개를 생산하였으나, 본 연구의 실험 I에서는 약 200마리의 친어(전장 24.4 cm)를 수용하여 총 3,004만개를 생산하는데 그쳤다. 이렇게 산란량이 적었던 원인으로는 본 연구에서 이용한 친어의 크기 특히, 암컷의 크기가 작아 미성숙 친어가 많았던 것으로 생각된다.

본 연구 결과 조기산란은 성공적으로 이루어졌으며 부상률 및 수정률 역시 비교적 높게 나타났으나 총 산란량은 타 연구들에 비해 낮게 나타나 차후 이에 대한 정확한 요인이 분석되어야 할 것이다.

요 약

돌돔의 수정란을 조기에 생산하기 위하여 수온과 광주기 조절에 의한 산란을 유도하였다. 실험 I에서는 12월 15일 수온 14.5°C에서 2월 22일 21°C로 증가시키고 광주기도 10:30 L에서 2월 17일 15:30 L로 증가시킨 결과 65일 만에 산란이 시작되었으며 총 산란기간은 40일간 이었다. 총산란량은 3,004.4만개, 부상란 수는 2,454.2만개로 부상률은 85.6%이며, 평균 수정률은 77.2%였다. 실험 II에서는 수온만을 실험 I와 같이 상승시킨 결과 산란이 이루어지지 않아 광주기를 15:30 L로 조절한 지 7일만에 산란이 이루어졌으며, 총 산란기간은 40일, 총산란량은 2,128만개, 부상란수는 1,862만개, 평균 수정률은 72.1%였다.

참 고 문 헌

- Aida, K., 1991. Environmental regulation of reproductive rhythms in teleosts, Bull. Inst. Zool., Academia Sinica, Monograph, 16 : 173~187.
Asahina, K., I. Iwashita, I. Hanyu and T. Hibiya. 1980. Annual reproductive cycle of bitterling, *Rhoreus ocellatus*. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish., 46 : 299~305.
Asahina, K. and I. Hanyu, 1983. Role of temperature and photoperiod in annual repro-

- ductive cycle of the rose bitterling, *Rhodeus ocellatus ocellatus*. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish., 49 : 61–67.
- Asahina, K. and I. Hanyu, 1985. Development of photoperiodism involved in the gonadal activity of the rose bitterling, *Rhodeus ocellatus ocellatus*. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish., 51 : 1655–1670.
- Asahina, K. and I. Hanyu, 1991. Effects of temperature during winter on gonadal recrudescence in spring in the rose bitterling, *Rhodeus ocellatus ocellatus*. Nippon Suisan Gakkaishi, 57 : 255–260.
- Awaji, K. and I. Hanyu. 1987. Annual reproductive cycle of wild type of medaka. Nippon Suisan Gakkaishi, 53 : 959–965.
- Awaji, K. and I. Hanyu. 1988. Effect of water temperature and photoperiod on the beginning of spawning season in the orange-red type medaka. Zool. Sci., 5 : 1059–1064.
- Awaji, K. and I. Hanyu. 1989a. Temperature-photoperiod conditions necessary to being the spawning season in wide type medaka. Nippon Suisan Gakkaishi, 55 : 747.
- Awaji, K. and I. Hanyu. 1989b. Seasonal changes in ovarian response to photoperiods in orange-red type medaka Zool. Sci., 6 : 943–950.
- Kaneko, T. 1986. Studies on reproductive rhythms in gobbid fishes. Doctoral thesis, The University of Tokyo.
- Kaneko, T. and I. Hanyu. 1985. Annual reproductive cycle of the chichibugoby *Tridentiger obscurus*. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish., 51 : 1645–1650.
- Kim, Y. and S. B. Hur. 1991. Spawning induction of flounder *Paralichthys olivaceus* by the control of water temperature and photoperiod. J. Aquacult., 4 : 85–95.
- Kim, Y., S. B. Hur, and H. S. Choi, 1993. Control of spawning periods of olive flounder, *Paralichthys olivaceus* in indoor culture. Bull. Nat. Fish. Res. Dev. Agency, 48 : 71–79.
- Lee, T. Y. and I. Hanyu, 1984. Reproductive cycle of small filefish *Rudarius ercodes*. Bull. Korean Fish. Soc., 17 : 423–435.
- Lee, T. Y., I. Hanyu and K. Furukawa. 1984. Effects of photoperiod and temperature on the gonadal activity in small filefish *Rudarius ercodes*. Bull. Korean. Fish. Soc., 17 : 523–528.
- Min, B. S., 1988. Maturation and spawning of flounder (*Paralichthys olivaceus*) under captive conditions. J. Aquacult., 1 : 25–39.
- Nelson, J. S., 1994. Fishes of the world (3rd Edition). John Wiley & Sons, Inc., 600 pp.
- Shimizu, A. and I. Hanyu, 1982. Environmental regulation of annual reproductive cycle in a spring-spawning bitterling *Ascheilognathus tabira*. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish., 48 : 1563–1568.
- Vlaming, V. L., 1975. Effects of photoperiod and temperature on gonadal activity in the cyprinid teleost, *Notemigonus crysoleucas*. Biol. Bull., 148 : 402–415.
- 국립수산진흥원, 1994. 한국 연근해 유용어류도감. 부산, 예문사, 299 pp.
- 김형배 · 김종만, 1990. 참돔, *Pagrus major*의 광주기 및 수온 조절에 따른 조기산란. 한국양식학회지, 3 : 1–11.
- 백해자 · 이택열, 1985. 점망둑, *Chamichthys dolichognathus* 의 생식기구에 관한 실험적 연구. 한수지, 18 : 243–252.
- 福所邦彦, 1979. イシダイの種苗生産に関する基礎的研究. 長崎県水産試験場論文集, 6 : 1–173.
- 福所邦彦 · 藤村卓地 · 山本剛史, 1986. 加温循環濾過式水槽によるマダイ親魚養成と早期採卵. 水産増殖, 34 : 69–75.
- 福所邦彦 · 神田高司 · 與賀田稔久 · 藤田失郎, 1975. 人工孵化養成イシダイの自然産卵による採卵. 長崎県水産試験場研究報告, 1 : 29–37.
- 松山倫也 · 勝山成美 · 塚島康生 · 吉田満彦 · 荒川敏久 · 北島 力 · 松浦修平, 1989. シロザケ脳下垂體およびHCG投與のイシダイに對する成熟、排卵の促進效果. 水産増殖, 37 : 203–209.
- 羽生功, 1982. 外部環境要因による成熟卵の制御. コイ科魚類・魚介類の成熟卵の制御. 日本水産學會篇, 恒星社 厚生閣, 115~118.
- 原田輝雄, 1974. 海產魚. 魚類の成熟と產卵その基礎應用(日本水產學會編), 66–75, 恒星社 厚生閣(東京).
- 熊本縣水產試験場, 1972a. イシダイ親魚の陸上水槽での產卵について. 昭和46年度事業報告書, 284–289.
- 熊本縣水產試験場, 1972b. イシダイ種苗生産のための基礎研究-II. 昭和46年度事業報告書, 273–283.

수온 및 광주기 조절에 의한 돌돔, *Oplegnathus fasciatus*의 산란 유도

- 熊本縣水產試驗場, 1975. イシダイ種苗生産のための基礎研究-V(9トンコンクリート水槽による種苗生産試験). 昭和49年度事業報告書, 400-403.
- 熊井英水, 1984. イシダイの養殖生物學的研究. 近畿大學水產研究報告, No. 2: 1-127.
- 伊島時郎・阿部登志勝・平川京三郎・鳥島嘉明, 1986. 長日處理によるヒラメの早期採卵. 栽技研, 5: 57-62.
- 이영돈·이택열, 1987. 자리돔의 생식주기에 관한 연구. 한수지, 20: 509-519.
- 이택열·김성연, 1987. 파랑볼우럭, *Lepomis macrourus*의 생식기구에 관한 실험적 연구. 한수지, 20: 489-500.
- 長崎縣水產試驗場, 1968. イシダイのホルモン注射による採卵とふ化仔魚の飼育. 種苗生産技術研究報告書-I. 長崎縣水產試驗場報告書, 19 pp.
- 長崎縣水產試驗場增養殖研究所, 1973a. イシダイの種苗生産. 長崎縣水產試驗場增養殖研究所報告書, 9-15.
- 長崎縣水產試驗場增養殖研究所, 1973b. イシダイ仔魚に関する2, 3の餌料試験. 増養殖に関する研究報告-I. 長崎縣水產試驗場增養殖研究所報告書, 16-18.
- 長崎縣水產試驗場增養殖研究所, 1974. 昭和48年度イシダイの人工採苗試験. 培養に関する研究報告-II. 長崎縣水產試驗場增養殖研究所報告書, 24-30.
- 조용철·양상근, 1993. 넙치 (*Paralichthys olivaceus*)의 조기산란에 관하여. 수진연구보고, 45: 183-195.
- 최상덕·공용근·백재민·방인철, 1997. 남해 양식 산 돌돔, *Oplegnathus fasciatus*에 기생한 단생류, *Benedenia* sp.의 구제에 관하여. 한국양식 학회지, 10: 1-7.
- 和歌山縣水產增殖試驗場, 1972. イシダイ種苗生産試験. 昭和46年度和歌山縣水產增殖試驗場事業報告書, 4: 45-47.
- 和歌山縣水產增殖試驗場, 1973. イシダイ種苗生産試験. 昭和47年度和歌山縣水產增殖試驗場事業報告書, 5: 82-87.
- 和歌山縣水產增殖試驗場, 1974. イシダイ種苗生産試験. 昭和48年度和歌山縣水產增殖試驗場事業報告書, 6: 91-100.
- 和歌山縣水產增殖試驗場, 1975. イシダイ種苗生産試験. 昭和49年度和歌山縣水產增殖試驗場事業報告書, 7: 117-128.
- 황형규·이종화·이종문, 1995. 돌돔 종묘양산 시험. 남해수산연구소사업보고, 381-383.
- 황형규·강용진·이종화·양상근, 1996. 돌돔 종묘양산 시험. 남해수산연구소사업보고, 406-409.