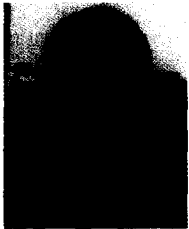


# 능성어류의 양식산업화를 위해서 (2)

## - 자바리의 어미관리와 종묘생산 -



이영돈 교수, 송영보 박사  
제주대학교 해양과환경연구소  
Tel) 064-782-8922  
E-mail) leemri@cheju.ac.kr

2001년 13권 2호에 게재한 능성어류 양식산업화를 위해서 (1)에 이어서 자바리의 어미관리와 종묘 생산에 관하여 소개하고자 한다. 본문의 내용은 세계양식학회지에 투고중인 내용의 일부이다.

### 서론

전 세계적으로 능성어류 (Epinephelinae) 중 해산종은 15속에 159종이 보고 되고 있으며, 이들은 대부분 아열대와 열대지방에 암초와 산호초가 발달한 지역에 서식하고 있다 (FAO, 1993).

우리나라에서는 남해안과 제주도 연안에 자바리 *Epinephelus bruneus*, 능성어 *E. septemfasciatus*, 붉바리 *E. akaara* 등 11종이 분포하고 있다 (Kim et al., 2001).

능성어류는 우리나라뿐만 아니라 일본, 중국 그리고 동남아시아 지역에서도 식용어와 관상어로서 기호도가 높은 어종으로서 종묘생산을 위해 어미관리 (Lim et al., 1990; Kayano, 1996; Duray et al., 1997; Hassin et al., 1997; Sugama and Ikenoue, 1999), 성전환유도 (Lee et al., 2002; Tsuchihashi et al., 2003; Yeh et al., 2003), 성성숙유도 (Kim et al., 1997; Sugama and Ikenoue, 1999; Marino et al., 2003) 그리고 연안자원 관리와 능

성어류의 성현상에 관한 연구들 (Hwang et al., 1998; Song et al., 2003)이 활발히 진행되고 있다.

자바리는 우리나라 제주도 연안과 일본 남부에서 주로 서식하는 자성선속형 자웅동체어로서 제주도 특산품으로 기호도가 높은 어종이나 최근 연안 자원의 남획으로 자원이 감소하는 추세이다. 연안자원회복과 양식어종의 다양화를 위해 자바리의 성성숙과 배란유도, 수정란의 발생, 자어의 발달과 성장, 그리고 사육에 관하여 언급하고자 한다.

### 재료 및 방법

#### 1. 어미사육과 성성숙 및 배란

##### 1) 어미사육

자바리 (전장  $81.5 \pm 3.5$ cm, 체중  $7.38 \pm 1.06$ kg)를 대상으로 성성숙 및 배란 유도 실험을 실시하였다. 먹이는 배합사료와 생사료를 이용한 MP

(moist pellet)를 제조하여 1회/1일 공급하였고, 유수식 방법을 이용하여 사육하였다.

## 2) 호르몬 처리에 의한 난 성숙 및 배란 유도

자바리 어미의 성숙 정도를 파악하고, 인위적 배란을 유도하기 위한 호르몬의 적정 처리시기를 알아보기 위하여 cannulation으로 난 발달 정도를 조사하였다. 실험어는 외부 생식공의 발달 정도를 육안적으로 판단하여, 실험어를 선별 채집하여 2-phenoxyethanol 200~300ppm으로 마취시킨 후 내경 0.8mm, 외경 1.0mm인 실리콘 재질의 튜브로 cannulation을 실시하였다.

생식소내 성숙란을 가지고 있는 어체를 대상으로 격리 수용하였다. 난 성숙 및 배란유도를 위해 HCG (Human chorionic gonadotropin, Sigma Co., USA)를 사용하였다. HCG 처리는 호르몬을 생리식염수에 용해 후 어체중 kg당 500IU 농도로 어체의 등 근육 제1극조 아래 1cm 부분에 1회 주사하였고, 복부압박으로 채란하였다.

## 3) 수정률 및 부화율

성숙된 자바리 암컷을 이용하여 인공 채란된 난과 수컷에서 얻은 정자를 이용하여 건식법으로 수정시켰다. 수정된 난의 수정률과 부화율을 조사하였다.

## 2. 자·치어의 형태발달과 성장

### 1) 난황흡수 및 개구시간

자바리 자어의 난황 흡수율 및 개구시간 조사는 수온 22°C와 25°C조건에서 조사하였다. 난황 흡수율 조사는 20ℓ의 아크릴 수조에

2,000~3,000개의 수정란을 수용한 후 부화된 자어를 대상으로 조사하였다.

난황 및 유구의 측정 방법은 사육중인 자어를 대상으로 24시간 간격으로 5~10마리씩을 표본 추출하여 MS 222로 마취시킨 다음 profile projector로 1 $\mu$ m 단위까지 측정하였다. 난황 및 유구의 용적은 Blaxter and Hempel (1963)의 방법에 따라 다음의 식으로 계산하였다.

$$\text{난황용적} = \pi/6lh^2 \quad (l: \text{난황자경}, h: \text{난황단경})$$

$$\text{유구용적} = \pi/6d^3 \quad (d: \text{유구경})$$

개구시간 판정은 자어 중 약 80% 이상이 개구된 시점을 기준으로 하였다.

### 2) 부화자어의 전장과 입 크기 변화

자어의 입크기 (d)는 자어의 상악장 크기 (UJL, Upper jaw length)를 기준으로 설정한 Shirota (1970)의 방법에 따라  $d = \sqrt{2} \text{UJL}$ 의 식으로 구하였다. 자어의 전장 및 상악장, 항문장 크기는 부화 후 24시간 간격으로 10마리 내외의 자어를 채집하여 MS 222에 마취시킨 후, profile projector를 이용하여 1 $\mu$ m 단위까지 측정하였다.

### 3) 등지느러미 극과 배지느러미 극의 변화

지느러미 극과 배지느러미 극의 변화는 변태를 시작하는 부화후 11일째부터 변태 완료시기의 부화후 48일째까지 3~5일 간격으로 10마리 내외의 자어를 채집하여 MS 222에 마취시킨 후, profile projector를 이용하여 1 $\mu$ m 단위까지 측정하였다.

## 3. 종묘생산

### 1) 사육수조 및 관리

## 기획특집

수정란 수용은 7m×7m 콘크리트수조 (유효수량 40ton) 2개조에 각각 300,000개와 400,000개를 수용하였다. 사육조의 수온조절은 보일러를 이용하여 관리하였으며, 수온은 25.0°C로 유지하였고, 사육해수는 자외선 살균 해수를 이용하였다. 부화후 5일째부터 일부 환수를 해주었다.

사육 수조내 *Nannochloropsis*와 *Isocrysis*를 일령 2일부터 수조내에 50만cells/ml로, 일령 5일 이후부터는 *Chlorella* sp를 같이 공급하였다 (그림 1).

부화자어의 수표면의 표면장력에 의해 사망하는 것을 방지하기 위하여 수조내 유막을 만들었다. 유막 형성은 피드오일 (Feed oil)을 1㎡당 0.1ml로 아침저녁으로 부화 개시일 (일령 0일)부터 부화후 3일째 까지 수조내 에어레이션 부근에 첨가하여 주었다 (그림 1).

### 2) 먹이 공급

*Rotifer* (크기 100~210 $\mu$ m) 공급은 개구가 시작되는 부화 3일째부터 수조내 15개체/ml의 밀도를 유지할 수 있도록 공급하였다. *Artemia*는 부화후 14일째부터 영양 강화 시킨 개체를 수조내 2~3개체/ml 되도록 공급하였다. 부화후 16일째부터 초기 인공사료 (150 $\mu$ m 내외, INVE, USA)를 *rotifer*와 *artemia*를 함께 공급하였으며, 이후 자바리 자어가 성장함에 따라 점차 인공사료의 크기를 증가 시켰다 (그림 1).

### 3) 기형개체

기형개체는 부화후 50일 전후부터 변태를 마친 개체들에서 기형개체들을 육안적으로 구분하였다. 기형의 유형은 두부와 척추 그리고 복부 부

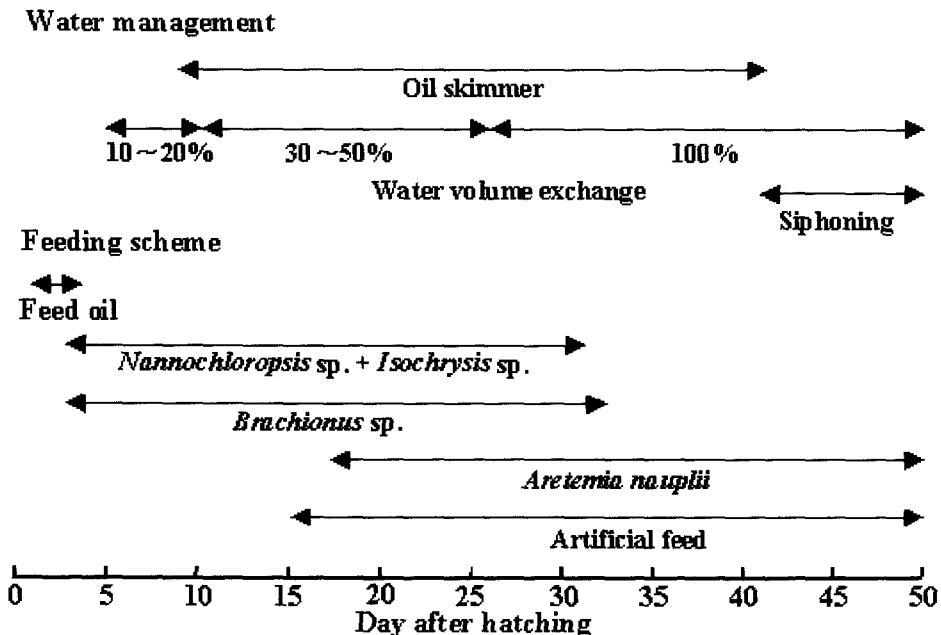


그림 1. 자바리 종묘생산 사양관리.

분에서 관찰되었으며, 발생부위에 따라 7가지 형태로 구분하였다.

#### 4) 성장

사육일수에 따른 자바리의 전장과 항문장의 변화는 부화 직후부터 변태전까지 1~2일간격으로 측정하였으며, 변태를 시작하는 부화후 11일째부터 변태 완료시기의 부화후 48일째까지 3~5일간격으로 10마리 내외의 자어를 채집하여 MS 222에 마취시킨 후, profile projector를 이용하여 1 $\mu$ m 단위까지 측정하였다. 변태 완료 이후의 자어는 약 7일 간격으로 측정판을 이용하여 1mm 단위 측정하였다.

### 결 과

#### 1. 수정란 생산과 난발생

인공 채란된 난 (500ml) 중 부상란 (466ml)의 비율은 95.2%였다. 수정란은 무색투명한 난으로 난경은 830~950 $\mu$ m (평균 900 $\pm$ 2 $\mu$ m)였으며, 유구경은 200~260 $\mu$ m (평균 244 $\pm$ 3 $\mu$ m)이었으며, 수정율은 97.7 $\pm$ 0.6%이었다 (그림 2).

수정란 발생 (수온 25 $^{\circ}$ C)은 수정 1시간 후 2세포기에 이르렀으며, 4.5시간 경과 후 상실기로 되었다. 그리고 10시간이 경과 되었을 때 포배기, 13시간이 경과되었을 때 낭배기에 접어들었다. 16.5시간이 경과되었을 때 배체가 형성되고, 수정 32시간 후부터 일부 부화가 시작되었다 (그림 3).

#### 2. 자치어의 형태발달과 성장

##### 1) 난황흡수 및 개구시간

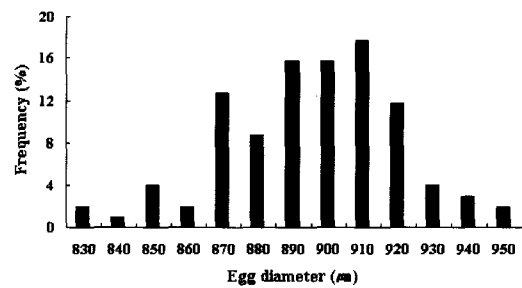
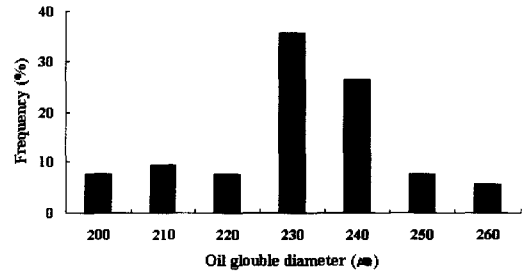


그림 2. 수정란과 유구의 크기분포.

부화자어의 난황용적비는 0.140 $\pm$ 0.011mm<sup>3</sup> (100%)이었다. 사육수온은 22 $^{\circ}$ C와 25 $^{\circ}$ C 실험구에서 시간경과에 따른 난황흡수는 25 $^{\circ}$ C에서 부화 후 24시간 20.9%, 48시간 2.9%로 난황이 대부분 흡수되었으나, 22 $^{\circ}$ C에서는 부화 후 24시간 53.7%, 48시간 23.4%, 72시간 4.4%로 일부 난황이 존재하였다 (그림 4).

자어의 유구용적비는 부화 직후 0.0050 $\pm$ 0.0009 mm<sup>3</sup> (100%)이었다. 25 $^{\circ}$ C에서 부화 후 24시간 54.6%, 48시간 35.8% 그리고 96시간 이전에 흡수되었으나, 22 $^{\circ}$ C에서 부화 후 24시간 55.5%, 48시간 46.5%, 96시간 13.3%로 서서히 흡수되었다 (그림 4).

부화 후 개구까지 소요 시간은 난황이 흡수하는 시기와 일치하여 25 $^{\circ}$ C에서는 부화 후 3일, 22 $^{\circ}$ C에서는 부화 후 4일이었다.

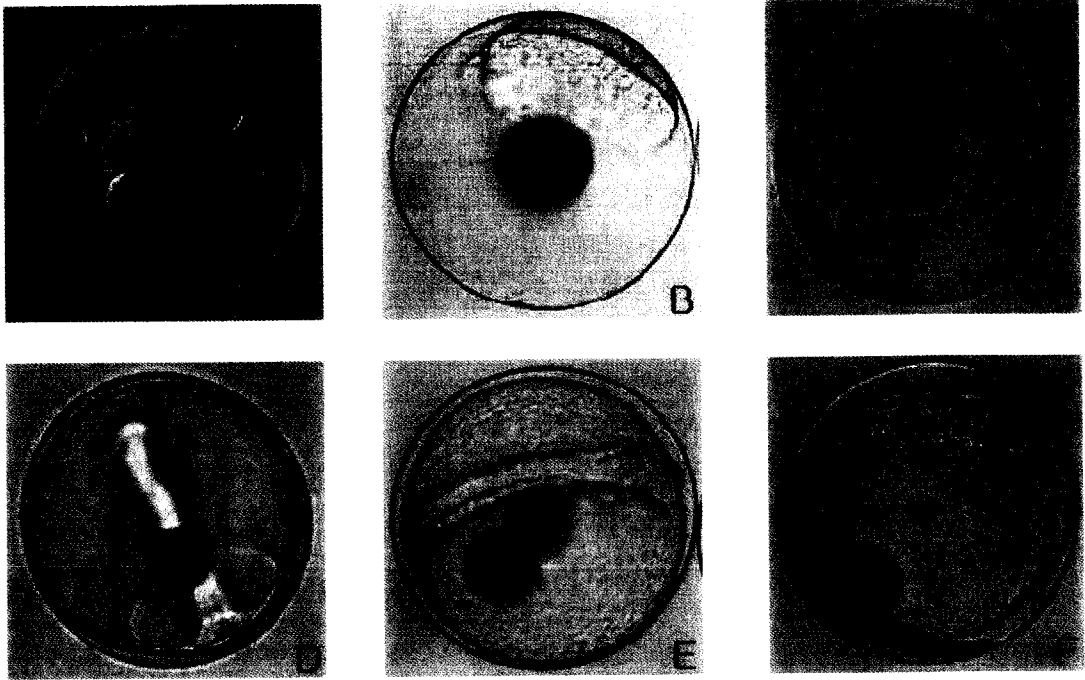


그림 3. 배발생 과정. A: 2 cell (1 h), B: Morula stage (4.5 h), C: Blastula stage (10 h), D: Embryo formation stage (16.5 h), E: Kuffer's vesicle appearance (22 h) F: Hatching (32 h).

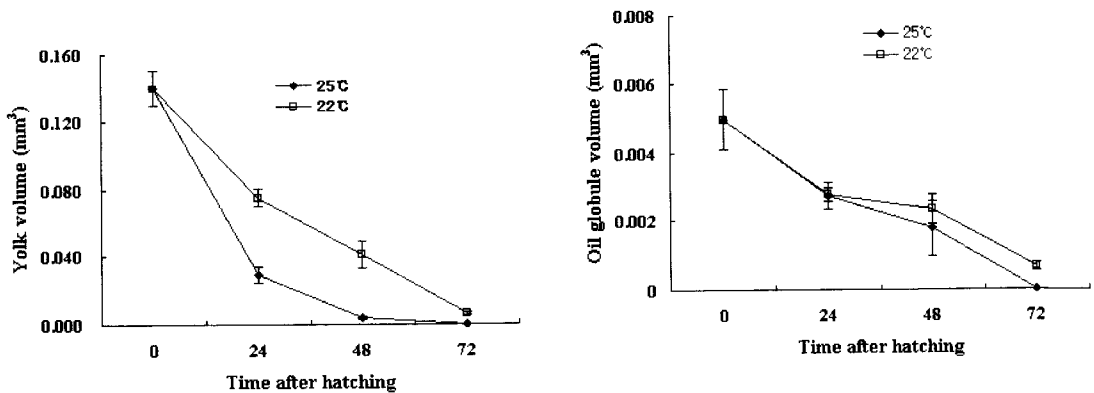


그림 4. 자바리 자어의 시간경과에 따른 난황과 유구 흡수.

## 2) 부화자어의 구경 변화

먹이를 섭취하기 시작하는 부화 후 3일째 부터 4일까지 자어의 입 크기 d는 0.219~0.223mm,

0.75d는 0.164~0.167 mm, 0.5d는 0.109~0.111 mm 이었다. 이 기간동안 자어의 전장은 상악장의 크기 변화와 마찬가지로 부화후 6일째부터 점차

표 1. 자바리 자어의 신간경과에 따른 구경변화

Day after hatching	Total length (mm ±s.e)	Upper jaw length (mm ±s.e)	Calculated mouth length		
			d	0.75d	0.5d
3	2.76 ±0.08	0.155 ±0.008	0.219	0.164	0.109
4	2.84 ±0.06	0.157 ±0.006	0.223	0.167	0.111
6	2.74 ±0.04	0.176 ±0.008	0.249	0.187	0.125
8	2.95 ±0.09	0.160 ±0.005	0.226	0.170	0.113
11	4.12 ±0.09	0.302 ±0.006	0.427	0.320	0.213
14	4.95 ±0.12	0.287 ±0.008	0.406	0.305	0.203
17	6.10 ±0.14	0.406 ±0.039	0.574	0.430	0.286
20	5.75 ±0.30	0.536 ±0.057	0.758	0.569	0.379
23	7.62 ±0.33	0.687 ±0.056	0.972	0.729	0.486
26	10.42 ±0.17	0.957 ±0.152	1.353	1.015	0.677
33	15.93 ±0.42	0.905 ±0.011	1.280	0.960	0.640
38	21.18 ±1.14	1.466 ±0.123	2.074	1.555	1.037
44	25.60 ±1.17	1.741 ±0.058	2.462	1.847	1.231
48	30.74 ±0.95	2.001 ±0.081	2.816	2.112	1.408
54	41.12 ±1.20	2.838 ±0.176	4.013	3.010	2.007

증가하는 경향이였다 (표 1).

### 3. 자치어의 형태발달과 성장

#### 3) 등지느러미 극과 배지느러미 극의 변화

등지느러미 제2극과 배지느러미 극의 출현은 부화후 11일째부터 나타났으며, 등지느러미 제1극과 제3극은 부화후 17일째부터 나타났다. 등지느러미 제2극의 변화는 출현 시기에 0.56 ±0.20mm에서 부화후 38일에 최대 5.35 ±0.20mm까지 성장하였다. 배지느러미 극의 변화는 출현 시기에 0.83 ±0.23mm에서 부화후 33일에 최대 4.11 ±0.17mm까지 성장하였다. 등지느러미와 배지느러미는 부화 48일후 지느러미로 분화 되었다 (그림 5).

#### 1) 형태발달

부화 직후 자어는 유구가 난황의 끝부분, 항문은 난황에서 약간 떨어진 몸의 중앙보다 뒤에 위치하였다. 꼬리부분 중앙의 등과 복부면에는 흑색소포가 있었다. 막지느러미를 가지는 몸측 전면은 포상의 과립으로 덮혀있다. 부화자어는 대부분 수표면에 분산하여 유영하고, 머리를 아래쪽으로 향하고 정지상태를 유지하다가 순간적으로 빠르게 유영하는 행동을 보였다 (그림 6A).

부화 2~3일째 자어는 난황과 유구가 일부 남아 있고, 개구되지 않았다. 두부 골격 형성이 뚜

## 기획특집

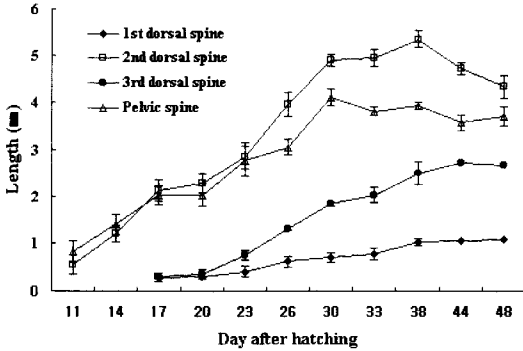


그림 5. 등지느러미와 배지느러미 극의 길이변화.

렷하게 관찰되고, 가슴지느러미 원기가 발현하였다. 자어는 대부분 수조 저면으로 이동하였다.

부화 4~5일째 자어는 난황과 유구를 완전하게 흡수하였다. 입이 개구되고, 항문이 열렸으며, 안

구에 흑색 색소포가 침적되었다. 흑색소포는 소화관 위쪽으로 보다 농밀하게 산재하고 있었으며, 근절을 따라 복부쪽으로도 산재되어 있었다. 자어들은 수표면으로 이동하여 활발한 섭식 행동을 보였으며, 일부 개체에서 로티퍼를 섭이한 개체가 관찰되었다 (그림 6B).

부화 11일째 등지느러미 제2극과 배지느러미 극의 출현하고, 변태를 시작하였고 복강부위의 흑색층이 발달하였다 (그림 6C). 부화 26일째 등지느러미 제2극조와 배지느러미 극이 최대로 신장하였고, 두부 골격 형성이 뚜렷하였다. 그리고 꼬리지느러미가 분화 발달하기 시작하였다 (그림 6D).

부화 38일 전후로 지느러미 형태로 분화되기 시작하고 (그림 6E), 부화 50일 전후로 지느러미

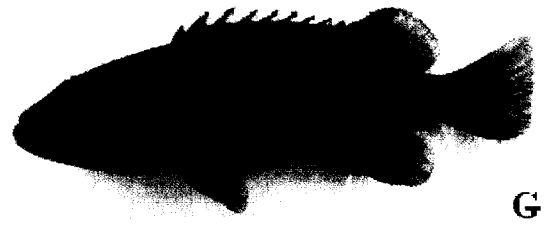
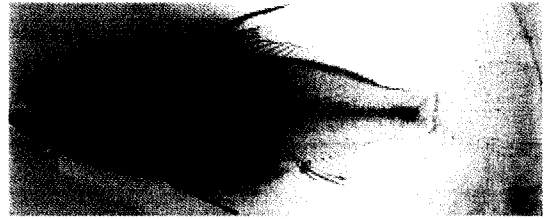
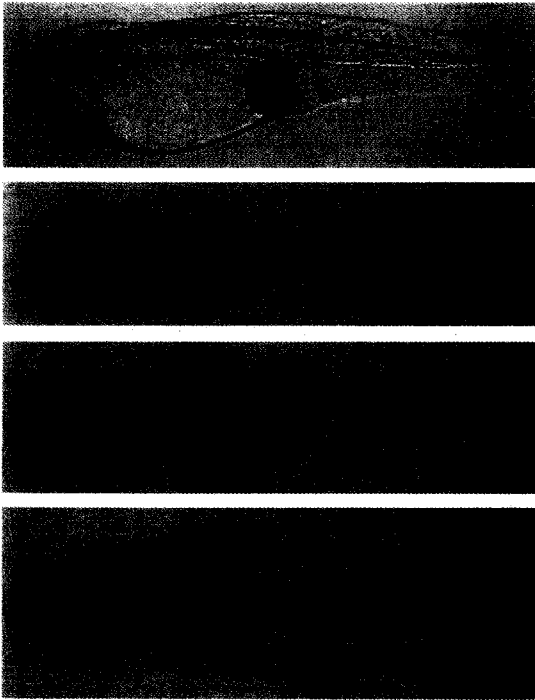


그림 6. 자어 발달. A, newly hatched larva, 2.02 mm TL; B, four days old larva, 2.84 mm TL; C, eleven days old larva, 4.12 mm TL; D, twenty-six days old larva, 10.42 mm TL, E, thirty-eight days old larva, 21.18 mm TL, F, fifty days old larva, 30.74 mm TL G, ninety-two days old larva, 93.78 mm TL.

분화가 완료되고, 체색이 형성되어 변태 단계를 끝내고 자어에서 치어의 형태로 변하여 (그림 6F), 이후 성체의 모습과 동일한 형태를 나타냈다 (그림 6G).

### 2) 성장

사육일수에 따른 자바리 전장의 변화는 부화 직후  $2.02 \pm 0.20\text{mm}$  였으며, 변태 시작 시  $4.12 \pm 0.09\text{mm}$ 였다. 변태 시작 이후 점차 빠르게 성장하여 변태 완료 시기에  $30.74 \pm 0.95\text{mm}$ 까지 성장하였다. 이후 급격한 성장을 하여 부화후 93일째  $93.78 \pm 1.98\text{mm}$ 까지 성장하였다. 그리고 항문장의 변화는 부화 직후  $1.22 \pm 0.02\text{mm}$ 에서 부화 72일에  $30.57 \pm 0.81\text{mm}$ 로 전장의 변화와 같이 변태 이후 빠른 성장을 보였다 (그림 7).

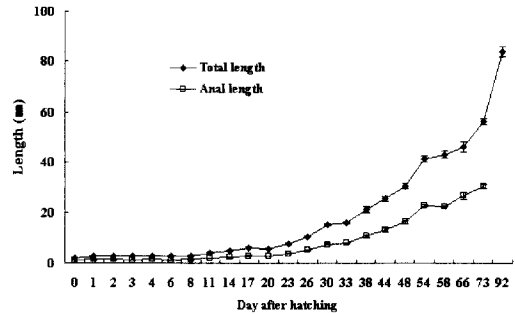


그림 7. 전장과 항문장 성장

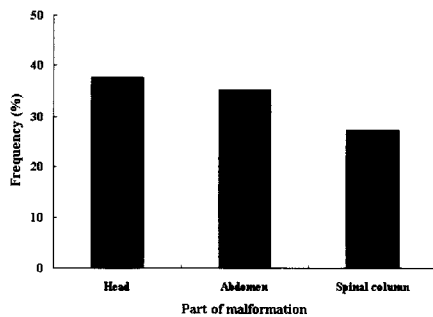
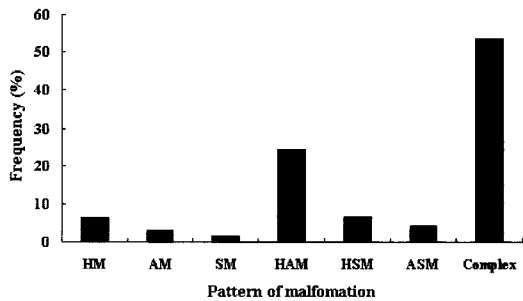


그림 8. 기형의 형태. Head (HM), abdomen (AM), spinal column (SM), head+abdomen (HAM), head+spinal column (HSM), abdomen+spinal column (ASM), and complex(head+abdomen+spinal column) malformations.

### 3) 기형개체

이 실험에서 자바리 치어의 기형 출현은 조사 개체 대상 중 복합적인 기형 (53.8%)이 가장 많이 나타났으며, 단순 척추 기형 (1.49%)이 가장 적게 관찰되었다 기형 개체는 단순 기형이 아닌 대부분 복합적인 기형이었다. 기형 발생 부위별은 두부 (37.59%)와 복부 (35.20%)로 가장 높게 나타났다 (그림 8).

#### - 능성어류의 양식 산업화를 위하여

국내에서도 능성어류 (자바리, 능성어)의 어미 관리와 종묘생산에 관한 기초기술이 자리잡아가는 단계에 접어들었다. 능성어류 양식산업화 기술개발은 해양수산부 해양수산개발원에서 수행하는 수산특정과제로 이루어 졌다. 능성어류의 양식산업화를 위해서 앞으로 지속적인 기술개발 투자가 절실히 필요한 시점이다.

### 참 고 문 헌

Duray, M. N., C. B. Estudillo and L. G. Alpasan. 1997. Larval rearing of the grouper *Epi-*



- nephelus suillus* under laboratory conditions. *Aquaculture*, 150 : 63~76.
- FAO. 1993. FAO species catalogue Vol. 16. Groupers of the world. pp. 1~10. FAO Rome.
- Hassin, S. D. de Monbrison, Y. Hanin, A. Elizur, Y. Zohar and D. M. Popper. 1997. Domestication of the white grouper, *Epinephelus aeneus* L. Growth and reproduction. *Aquaculture*, 156 : 305~316.
- Hwang, S. I, Y. D. Lee, C. B. Song and S. Rho. 1998. Gonadal development and the effect of 17 $\alpha$ -methyltestosterone on sex inversion of the red spotted grouper, *Epinephelus akaara*. *J. of Aquaculture*, 11 : 173~182.
- Kayano, Y. 1996. Yearly change in egg production of the red spotted grouper, *Epinephelus akaara* in a rearing tank. *Saibai. Giken.*, 25 : 47~52.
- Kim, I. S., Y. Choi and B. J. Kim, 2001. Percoid fishes of Korea. Korea research institute of bioscience and biotechnology, Korea, pp. 279.
- Kim B. H., K. M. Kim, Y. D. Lee, C. B. Song and S. Rho. 1997. Reproductive biology of the sevenband grouper, *Epinephelus septemfasciatus* [L.]. The effect of hCG on ovulation induction. *J. of Aquaculture*, 10 : 55~61.
- Lee, Y. D., S. H. Park, A. Takemura and K. Takano. 2002. Histological observations of seasonal reproductive and lunar-related spawning cycle in the female honeycomb grouper, *Epinephelus merra* in Okinawa waters. *Fisheries Science*, 68 : 872~877.
- Lim, L. C., T. M. Chao and L. T. Khoo. 1990. Observations on the breeding of brown-marbled grouper, *Epinephelus fuscoguttatus* (Forsk.) (Forsk.). *Singapore Journal of Primary Industry*, 18 : 66~84.
- Marino, G., E. Panini, A. Longobardi, A. Mandich, M. G. Finioia, Y. Zohar and C. C. Mylonas. 2003. Induction of ovulation in captive-reared dusky grouper, *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834), with a sustained-release GnRH $\alpha$  implant, *Aquaculture*, 219 : 841~858.
- Song, Y. B., C. H. Lee, J. P. Seo and Y. D. Lee. 2001. Fall meeting of the Korean aquaculture society : abstracts and Proceedings.
- Sugama, K. and H. Ikenoue. 1999. Research and development: The seed production technique of humpback grouper, *Cromileptes altivelis*. *JICA.*, pp. 53.
- Tsuchihashi, Y., H. Tanaka, Y. Kuromiya, M. Kashiwagi and M. Yoshioka. 2003. Control of induction of sex reversal in the sevenband grouper, *Epinephelus septemfasciatus*. *Suisanzoshoku*, 51 : 189~196.
- Yeh, S. L., C. M. Kuo, Y. Y. Ting and C. F. Chang. 2003. The effects of exogenous androgens on ovarian development and sex change in female orange-spotted protogynous grouper, *Epinephelus coioides*. *Aquaculture*, 218 : 729~739.