

능성어류의 양식산업화를 위해서(1)

이영돈 · 송영보
제주대학교 해양연구소



이영돈, 교수, 한국양식학회지 편집위원
제주대학교 해양연구소
Tel) 064-782-8922 Fax) 064-783-6066
E-mail) leemri@cheju.cheju.ac.kr

1. 서 론

능성어류는 대부분 아열대와 열대지방의 암초와 산호초가 발달한 지역을 서식 장소로 선호하는 어류로서, 약 15속 159종이 분포하고 있다(FAO, 1993). 능성어류는 어류중에 기호도가 매우 높고 고가의 어류로서 연안에 서식하는 능성어류 자원은 현재 급격히 감소하고, 이에 따른 어획 강도는 점차 증가하는 추세에 있다. 이에 따라 AFEC/NACA에서는 능성어류의 자원 회복을 위해 다양한 연구 과제들을 수행하고 있다. 그리고 일본과 대만을 비롯한 인도네시아, 태국, 필리핀 등 아시아 국가들에서 능성어류를 대상으로 어미 관리와 종묘생산 그리고 번식 특성에 관한 연구들이 국가차원에서 진행되고 있으며(Marte, 1999; Sugama *et al.*, 1999; Duray *et al.*, 1997; Kayano and Wan, 1997; Toledu *et al.*, 1997; Kitajima *et al.*, 1991), 미국, 호주 그리고 멕시코 등지에서도(Rimmer, 1999; Ruangpanit, 1999), 능성어류의 번식 생태에 관한 관심이 매우 높다.

국내에서도 능성어류의 양식산업화에 많은 관심을 가지고, 불바리를 대상으로 국립수산진흥원과 수산 관련대학의 연구기관에서 번식 생태와 종묘생산에 관한 연구가 수행되고 있으나(Lee *et al.*, 1998; Hwang *et al.*, 1998; Lee *et al.*, 1997) 실험적 기초 연구에 그치고 있는 실정이며, 능성어를 대상으로 한 어미 관리와 수정

난 생산에 관한 연구(Kim *et al.*, 1997; Lee *et al.*, 1996)도 제주도 한라수산(대표 서학령)과 제주대학교 해양연구소가 공동으로 진행되고 있는 상황에 불과하다.

2. 능성어의 성

어류의 성 체제는 자웅이체와 자웅동체로 대별하고 있다. 자웅동체는 암·수 성에 있어서 성숙의 진행속도에 따라, 암컷으로 먼저 성숙한 후에 개체 중 일부가 수컷으로 성전환 하는 자성선숙형과 이와 반대로 수컷으로 먼저 성숙한 후에 개체중 일부가 암컷으로 기능하는 응성선숙형, 그리고 한 개체의 생식소에서 동시에 정자형성과 난자형성의 기능을 가지는 동시 자웅동체형으로 구분하고 있다(Lee *et al.*, 1993).

능성어는 자성선숙형에 속하는 것으로 알려지고 있으나, 최근에 능성어류의 종묘생산과 생식 생태에 있어서 성 특성에 관한 연구들이 심도 있게 이루어지면서 이들의 성 체제에 대한 이견이 제시되고 있다. 발생 후 성 성숙 전까지는 생식소 안에 난 세포질에 난황 축적이 없는 어린 난모세포들이 대부분 차지하는 난소이나, 성성숙 시기에 이르면 난소의 기능을 가지는 암컷과 성전환 단계의 간성 개체 그리고 정소의 기능을 가지는 수컷이 출현하고 있어, 앞으로 심도있는 연구가 요망된다(Lee *et al.*, 1996).

능성어류의 균성숙도(기능적으로 성숙 연령에 이르는 나이 또는 체장)은 종에 따라 다양하다. 발생 후 2~3년에 성 성숙하는 붉바리, honeycomb grouper (*Epinephelus merra*) 그리고 발생 후 7~9년이 지나야 성숙하는 자바리, 능성어, *E. tauvina* 등을 볼 수 있다. 대부분 소형종은 균성숙 연령이 대형종에 비해서 빠른 경향이 있다(Lee et al., 1998; Kim et al., 1997).

3. 능성어의 성전환과 성 성숙 유도

어류에서 기능적 수컷을 유도하기 위해서 성적으로 미분화 시기에 환경 조건(수온)조절 이나 성 스테로이드 호르몬(MT, 17 α -MT, 11 KT)을 침적·경구 투여하는 방법을 사용하고 있다. 대부분 자웅이체에 속하는 어류는 성적으로 미분화 시기가 초기 자·치어 시기에 이루어지는데 반해서, 능성어류는 성적으로 성 성숙 전단계에 있는 개체는 성적으로 미분화 상태에 있는 것으로 간주 할 수 있어 성분화 기간이 비교적 길다. 능성어의 수컷 성전환과 성 성숙 유도에 관한 연구들을 보면 표 1과 같다.

4. 능성어류의 종묘생산에 관한 연구동향

1) 일본

능성어(*E. septemfasciatus*), 붉바리(*E. akara*), 자바리(*E. bruneus*), *E. salmonoides*, *Plectropomus leopardus* 등을 대상으로 큐수지방(나가사키, 오이타 등)과 오끼나와에서 활발히 진행되고 있다. 능성어류 종묘생산에서 수정난 생산 확보를 위해 수조내 자연산란과 LHRH, HCG 등의 호르몬 처리에 의한 성숙 산란 유도 및 인공수정 방법을 병행하고 있다는데, 수조내 능성어류 사육에서 어미의 성숙과 산란 생태 관리를 고려하여 호르몬 처리에 의한 성숙 산란과 인공수정 방법을 선호하고 있다(표 2).

2) 대만

능성어류의 주요 종묘생산 어종은 *E. tauvina*, *E. fuscoguttatus*, *E. malabaricus*, *E. cooides*, *E. lanceoratus* 등이다. 대만의 경우 능성어류의 치어 관리가 1980년 대에서부터 시작하여 1990년대에 접어들어 종묘생산에 관한 먹이생물, 자치어 사육 생태에 관한 연구들이

표 1. 능성어류의 수컷 성전환과 성성숙 유도방법

호르몬종류	처리방법	처리농도	어종	목적	참고 문헌
PMSG ¹⁾	근육주사, 복강주사	150IU/kg BW	능성어, 자바리	성숙·산란	Takaya and Arakawa, 1987
HCG ²⁾	근육주사, 복강주사	500~1000IU/kg BW	능성어, 자바리, 붉바리	성숙·산란	Kim et al., 1997 Lee et al., 1996 Takaya and Arakawa, 1987
Methyltestos-terone	경구투여	0.5~3 mg/kg BW	능성어, 자바리	성 전 환 (수컷)유도	Takaya and Arakawa, 1987
LHRH (LHRH-a) ³⁾	근육삽입, 근육주사	50 μ g/kg BW	능성어	성숙·산란	Shein, 2000
17 α -MT ⁴⁾	경구투여	0.2~0.5 mg/kg BW	붉바리	성 전 환 (수컷)유도	Hwang et al., 1998

¹⁾Pregnant mare's serum gonadotropin.

²⁾Human chorinic gonadotropin.

³⁾Luteinizing hormone-releasing hormone (it's superactive analogue).

⁴⁾17 α -methyltestosterone.

표 2. 국내외 능성어류의 연구대상 및 주요 종묘생산 종

국 가	주요 종묘생산 및 연구대상 종 (국명)	생산량 (마리수)	비 고	참 고 문 헌
한 국	<i>Epinephelus septemfasciatus</i> (능성어)	-	어미관리, 수정난 생산, 자어 사육	Kim <i>et al.</i> , 1997 Lee <i>et al.</i> , 1997
	<i>E. akara</i> (붉바리)			
	<i>E. bruneus</i> (<i>E. moara</i>)(자바리)			
일 본	<i>E. septemfasciatus</i>	20,000	종묘생산, 연안 방류	Kayano & Wan. 1997. Kitajima <i>et al.</i> , 1991. Sugama <i>et al.</i> , 1999 Toledu <i>et al.</i> , 1997 Shein, 2000.
	<i>E. akara</i>	100,000		
	<i>E. bruneus</i>	-		
	<i>E. salmonoides</i>			
	<i>E. coioides</i>			
대 만	<i>E. tauvina</i>	-	종묘생산, 양식 산업화	Huei, 1999
	<i>E. malabaricus</i>	15,000		
	<i>E. lanceoratus</i>	70,000		
	<i>E. fuscoguttatus</i>	100,000		
	<i>E. coioides</i>	150,000		
태 국	<i>E. malabaricus</i>	15,000~ 260,000	종묘생산	Yashiro <i>et al.</i> , 1999
	<i>E. coioides</i>			
	<i>E. tauvina</i>			
	<i>E. salmonoides</i>			
	<i>Cromileptus altivalis</i>			
	<i>Lujanus argentimaculatus</i>			
필리핀	<i>E. aeneus</i>	-	종묘생산	Marte. 1999
	<i>E. fuscoguttatus</i>			
	<i>E. malabaricus</i>			
	<i>E. coioides</i>			
	<i>C. altivalis</i>			

활발히 진행되어 1996~1998년에 20,000~150,000 마리의 종묘를 생산하여 산업화 단계에 이르렀다.

묘생산을 시험적으로 하고 있으며, 생산량은 15,000~260,000 마리에 달하고 있다.

3) 태국

주로 자연 종묘 채집을 통한 가두리 사육에 의존해 왔으나, 태국의 남부지역 Hat Yai에 위치한 National Institute of Coastal Aquaculture 에서 *E. aeneus*, *E. salmonoides*, *Lujanus argentimaculatus*, *E. malabaricus*, *E. coioides*, *Cromileptes altivalis* 등의 어미 관리와 종

4) 필리핀

E. aeneus, *E. fuscoguttatus*, *E. malabaricus*, *E. coioides*, *C. altivalis*를 대상으로 번식 특성에 관한 연구들이 수행되고 있으며, 연안에서 능성어류를 채집하여 가두리에서 중간 육성하는 가두리 양식이 발달하고 최근에 들어 종묘생산에 관한 기술 개발이 진행되고 있다. 특

히 *C. altivelis*의 치어는 관상어로서 가치가 매우 높다.

5) 인도네시아

능성어류, *Cromileptes altivelis*를 대상으로 인도네시아 발리섬에 위치한 Gondol Research Station for Coastal Fisheries (GRSCF)에서 어미 관리와 종묘생산을 활발히 진행하고 있다.

6) 기타

말레시아, 싱가포르, 홍콩, 그리고 중국에서도 연안에서 식하는 능성어류의 자원 관리와 함께 종묘생산에 관한 연구들이 활발히 진행되고 있다. 그리고 호주, 미국, 멕시코, 중남미지역 등지에서도 연안자원 관리 측면에서 관심이 매우 높은 어종으로 취급되고 있다.

5. 국내의 연구동향

우리나라에서는 남해안과 제주도 연안에 분포하고 있는 능성어류는 약 10여종으로 알려져 있으며(Kim and Lee, 1994) 현재까지는 대부분 자연에서 종묘를 채집하여 가두리에 사육하는 부분양식이 남해안과 제주 연안에서 일부 이루어지고 있다. 그리고 능성어류에 관한 연구는 이들 중 특히 상업적으로 가치가 높은 붉바리와 능성어를 중심으로 연구되고 있다(Hwang *et al.*, 1998; Lee *et al.*, 1998; Kim *et al.*, 1997; Lee *et al.*, 1996).

붉바리의 경우 2~3세가 되면 성 성숙이 가능하여 국립수산진흥원과 수산관련 대학의 연구기관에서 어미 관리와 종묘생산에 관한 기초 연구가 진행되고 있다. 그리고 능성어는 7~9세가 되어야 성 성숙을 하는 어류로서 어미 관리의 어려움으로 1991년부터 능성어를 육상수조에서 사육하면서 이들의 성 성숙 및 산란에 관한 연구가 수행되었고 있으나, 아직까지는 미미한 실정이다(표 2).

6. 양식산업화를 위해서

능성어류의 양식을 위해서는 무엇보다 기다림의 여

유가 필요하다. 필자와 한라수산 서학령 대표이사님이 능성어류에 관심을 기울인 것은 1991년도 부터 시작하였다. 그때 당시 대만에서는 능성어류의 수정란 생산과 종묘생산이 수산관련 연구소에서 이루어지고 있어서 우리는 대만의 동남부 지역에 위치한 수산연구소를 방문하였는데, 능성어류 어미 사육수조에서 소형 개체는 체중 10 kg에서 대형 개체는 체중 30 kg을 상회하는 어미들을 사육하는 것을 보고 놀라움을 금치 못했다. 이미 대만에서는 1980년 초부터 능성어류의 어미 관리를 시작한 것이었다. 그때 당시 만난 연구원이 말하기를 능성어류 양식은 어미 관리에 시간과 노력을 얼마만큼 투자하느냐에 따라 종묘생산의 성패가 좌우된다고 하였다.

한라수산에서는 1992년부터 제주연안과 남해안에서 채집하여 가두리에서 축양하는 체중 100 g 전후의 미성어를 구입하여 현재까지 능성어 어미로 사용하기 위해 사육하고 있다. 지면을 통하여 지금까지 어려운 여건 속에서 능성어의 종묘생산을 위해 능성어 어미 관리에 노력과 애정을 아끼지 않으신 한라수산 서학령 대표이사님과, 사육을 담당하는 서종표 소장님을 비롯한 관계자님께 능성어를 연구하는 한사람으로서 심심한 사의를 표합니다.

말레시아, 인도네시아, 태국, 필리핀 등지에서도 능성어류 양식은 1990년대에 접어들어 수산관련 국립연구소에서 활발하게 진행되고 있고 산업화의 초기단계에 접어든 실정이다. 일본의 경우도 나가사키와 오이타현에서 1980년대 부터 어미 관리와 종묘생산을 위한 기초 기술 개발을 시작하여 현재 붉바리와 능성어 그리고 자바리의 종묘생산이 이루어지고 있고, 오키나와에서는 능성어류의 일종인 *Plectropomus leopardus*를 대상으로 연간 10만마리 이상의 종묘를 생산하고 있다.

근년에 들어 국내에서도 능성어류의 종묘생산에 많은 관심이 고조되고 있다. 특히 붉바리를 대상으로 국립수산진흥원 완도 종묘시험장에서 어미 관리와 종묘생산에 심혈을 기울이고 있으나 많은 애로사항에 직면하고 있다. 능성어류의 양식산업화는 2~3년의 단기간 연구 기간에 의해서 이루어지는 연구사업이 아

니므로, 해양수산부나 관련 연구기관에서는 10년 이상의 장기 계획을 수립하여 지금부터라도 어미 양성을 위한 지원과 기초 연구가 수행되어야 할 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

1. Duray, M. N., C. B. Estudillo and L. G. Alpasan. 1997. Larval rearing of the grouper, *Epinephelus suillus* under laboratory conditions. *Aquaculture*, 150, 63~76.
2. FAO. 1993. Species Catalogue. Vol. 16. Groupers of the world. pp. 382.
3. Hwei, M. S. 1999. Briefing on grouper aquaculture in Chinese Taipei. Proceedings of the grouper aquaculture research workshop, Bangkok, Thailand, 7~8 April, 1999.
4. Hwang, S. I., Y. D. Lee, C. B. Song and S. Rho. 1998. Gonadal development and the effects of 17 α -methyltestosterone on sex inversion of the red spotted grouper, *Epinephelus akaara*. *J. Aquacult.*, 11(2), 173~182. (Korean)
5. Kayano, Y and H. Y. Wan. 1997. Initial feeding and growth of larval red spotted grouper, *Epinephelus akaara*. *Suisanzoshoku*, 45(3), 213~218. (Japanese)
6. Kim, B. H., K. M. Kim, Y. D. Lee, C. B. Song and S. Rho. 1997. Reproductive biology of the sevenband grouper, *Epinephelus septemfasciatus*. I. The effect of HCG on ovulation induction. *J. Aquacult.*, 10(1), 55~61. (Korean)
7. Kim, I. S. and W. O. Lee, 1994. Fish fauna from Cheju Island, Korea. The study group of Korea Fish Fauna Dept. Biol., Chonbuk Nat. Univ., pp. 1~51. (Korean)
8. Kitajima, C., M. Takaya, Y. Tsukashima and T. Arakawa. 1991. Development of eggs, larvae and juveniles of the grouper, *Epinephelus septemfasciatus*, reared in the laboratory. *Jap. J. Ichthyol.*, 38(1), 47~55.
9. Lee, C. K. and S. B. Hur. 1997. Yolk resorption, onset of feeding and survival potential of larvae of red spotted grouper, *Epinephelus akaara*. *J. Aquacult.*, 10(4), 473~483.
10. Lee, C. K., S. B. Hur, T. S. Ko and S. Park. 1998. Maturation, sex ratio and sex-reversal of red spotted grouper, *Epinephelus akaara*. *J. Aquacult.*, 11(4), 573~580. (Korean)
11. Lee, Y. D., H. B. Go, H. B. Kim, I. -S. Park and J. J. Lee. 1993. Sex reversal of protogynous hermaphrodite fish. *Bull. Mar. Res. Inst. Cheju Nat. Univ.*, 17, 115~127. (Korean)
12. Lee, Y. D., H. B. Kim, C. B. Song, S. Rho and J. J. Lee. 1996. Hormonal induction of sex reversal in serranid fish, *Epinephelus septemfasciatus*. *J. Aquacult.*, 9(1), 19~23.
13. Marte, C. 1999. Status of grouper research in the Philippines. Proceedings of the grouper aquaculture research workshop, Bangkok, Thailand, 7~8 April, 1999. 40~42.
14. Rimmer, M. 1999. Grouper aquaculture in Australia. Proceedings of the grouper aquaculture research workshop, Bangkok, Thailand, 7~8 April, 1999. 15~20.
15. Ruangpanit, N. 1999. Grouper aquaculture in Australia. Proceedings of the grouper aquaculture research workshop, Bangkok, Thailand, 7~8 April, 1999. 34~39.
16. Shein, N. L. 2000. A new method for induction of ovulation using LHRH analogue in cultured sevenband grouper. M.S. Thesis Univ. Nagasaki, pp. 53.
17. Sugama, K., T. Wardoyo, J. H. Hutapea, H. Matsuda and S. Kumgai. 1999. Natural spawning and larval rearing of barramundi cod grouper, *Cromilepte altivelis* in tank. The proceeding of grouper culture. pp. 11.
18. Takaya M. and T. Arakawa. 1987. Hormon treatment

- for spawning induction in *Epinephelus moara* and *E. septemfasciatus*. Bulletin of Nagasaki Prefectural Institute of Fisheries, No. 13.
19. Toledu, J. D., S. N. Golez, M. Doi and A. Ohno, 1997. Food selection of early grouper, *Epinephelus coioides*, larvae reared by the semi-intensive method. Suisanzoshoku, 45(3), 327~337.
20. Yashiro, R., V. Vatanakul and P. Panichsuke. 1999. Present status of grouper culture in Thailand. Proceedings of the grouper aquaculture research workshop, Bangkok, Thailand, 7~8 April, 1999. ㉠