

넙치와 범가자미 교잡종의 성장과 성현상

이영돈·나오수·송춘복*·노 섬·이화자**·박준현***

제주대학교 해양연구소, *제주대학교 해양생물공학과
제주대학교 생물학과, *인해수산

Growth and Sexual Phenomena of the Hybrid between Olive Flounder and Spotted Flounder

Young-Don Lee, Oh Soo Na, Choon Bok Song*, Sum Rho, Hwa-Ja Lee** and Choon-Hyun Park***

Marine Research Institute, Cheju National University, Cheju 695-810, Korea

*Department of Marine Biotechnology, Cheju National University, Cheju 690-756, Korea

**Department of Biology, Cheju National University, Cheju 690-756, Korea

***Inhae Aquafarm, Chunnam 537-810, Korea

Early development, growth and sexual phenomena of the hybrid between male spotted flounder (*Verasper variegatus*) and female olive flounder (*Paralichthys olivaceus*) were investigated. The hybrid produced was newly called the "Bumnupchi" in Korean name, "Mottled flounder" in English name. Fertilization rate, hatching rate and early survival rate of the mottled flounder were 56.9~72.3%, 86.7~92.5% and 89.1~96.0%, respectively. At 50th day and 240th day after hatching, they were 2.1±0.2 cm and 22.9±2.1 cm in total length, 0.10±0.02 g and 179.0±38.5 g in body weight, respectively. Eye position of the mottled flounder was mixed with both dextral (77.7%) and sinistral type (22.3%). Gonads were differentiated into ovarian type and testis type at 80th day after hatching, and its ratio was 1:1 (p>0.05). Most Gonads seemed to be sterile without having germ cell, whereas only 3.6% of investigated individuals turned out to have oocytes in the gonad. When the induction of sex reversal were attempted by daily oral administration of 17β-methyltestosterone (0.5 mg/kg fish) and estradiol-17β (0.5 mg/kg fish) from 40th to 100th day after hatching, both testis and ovary type were induced 81.9% and 87.7% of each hormone-treated fish, respectively.

Key words : Growth, Sexual phenomena, Hybrid, Olive flounder, Spotted flounder

서 론

자연에서 어류의 잡종현상은 어류의 서식환경 변화에 따라 다양한 종간 교잡에 의해서 광범위 하게 일어나고 있다(Purdom, 1993). 자연적인

또는 인위적인 조건에서 만들어진 잡종 어류에 관하여 Slaztenenko (1957)와 Dangel (1973) 등이 기술하고 있고, 이러한 잡종현상에 관하여 Hubbs (1955)가 고찰한 바 있다.

어류를 사육하는 측면에서 잡종은 서로 다른

* 이 논문은 1993년도 한국학술진흥재단의 대학부설연구소연구과제 연구비에 의하여 연구되었음.

두 종간의 교배를 통하여 우량 형질을 가지는 잡종강세를 얻기 위해서 유도하고 있다. 잡종강세의 이점은 잡종개체의 생존력, 성장력, 생식력 등에 따른 환경적응력에 의해 결정된다.

잡종강세의 이점을 활용하여 환경적응에 성공한 예를 보면, Tait (1970)가 송어류인 *Salvelinus fontinalis*와 *S. namaycush*를 교잡하여 부레의 크기를 향상시켜 서식환경에서 보다 깊은 서식 환경에 적응할 수 있도록 유도하였다. 또한 Foerster (1968)는 연어류를 대상으로 육질이 좋은 *Oncorhynchus nerka*를 성숙이 빠른 *O. gorbuscha* 또는 *O. keta*와 교잡하여 성장력을 향상시켰다. 이외에도 산업화에 적용된 어류는 잉어류 (Zhang, 1985), 농어류 (Kerby et al., 1987), 연어류 (Buss and Wright, 1985), 철갑상어류 (Nikolyukin, 1971), 돌돔류 (Kumai, 1984) 등을 들 수 있다.

한편, 국내에서의 잡종어류에 관한 연구는 미꾸라지와 미꾸리의 잡종 및 잡종 3배체 (박, 1992), 넙치와 범가자미의 잡종에 대한 세포유전학적 및 분자생물학적 연구 (김, 1994) 등 소수의 어종에 한정되어 있는 실정이다.

따라서, 이 연구는 넙치 (*Paralichthys olivaceus*) 암컷의 성숙 난과 범가자미 (*Verasper variegatus*) 수컷의 정자를 인공 수정시켜 유도된 잡종(이 논문에서 넙치와 범가자미의 교잡종을 국명으로 “범넙치”, 영명으로 “Mottled flounder”로 명명하고자 한다)의 부화율, 생존율, 그리고 생식력에 대하여 번식생물학적인 측면에서 조사하였다.

재료 및 방법

넙치는 인해수산(전남 완도군 군외면)에서 사육중인 건강하고 성숙한 암컷으로 체중 2.7~3.2 kg 되는 것과, 범가자미는 남해안 근해에서 수집하여 친어조에서 순치 사육한 체중 700~800 g 되는 수컷을 사용하였다.

성숙 및 산란유도는 넙치 암컷 28마리와 범

가자미 수컷 12마리를 별도로 수용하여 광·수온 조절을 하였다. 광주기 조절은 Kim and Hur (1991)의 방법을 수정하여 행하였다. 잡종유도를 위한 인공수정은 넙치와 범가자미에 HCG (Sigma chemical company)를 어체중 kg당 1,000 IU 농도로 주사한 후 복부를 압박하여 각각 성숙난과 정자를 채란·채정 하였고, 습식법으로 행하였다.

수정율은 부상란중 백탁란을 제외한 투명한 알중에서 200여개의 알을 무작위 추출하여 2~4 세포기로 발생이 진행되는 것을 계수 하였다. 부화율은 수정란에 대한 부화개체의 백분율로 나타났다. 부화 소요시간은 수정란을 수온 15±0.5 °C로 유지하면서 50% 이상의 개체가 각 발생단계의 특징을 보일 때를 기준으로 단계별 발생 소요시간을 측정하였다. 초기 생존율은 부화후 10일과 20일에 전체 개체수에 대한 생존 개체수의 백분율로 계산하였다.

범넙치의 자치어 사육 방법은 넙치 종묘생산 방법과 유사하게 로티퍼 (*Branchionus plicatilis*), *Artemia* sp., 배합사료를 투여하였다. 성장은 자어시기, 착저시기, 그리고 나서 20~30일 간격으로 30여 마리를 무작위 추출하여 전장과 체중을 측정하였다. 부화후 80일, 평균 전장 6.5 cm된 치어에서부터 사육밀도는 500마리/m²로 하여 3개 수조에서 사육하였다.

범넙치의 성장에 따른 성현상은 부화후 40일부터 1년간 생식소를 조직학적으로 분석하였다. 조직분석은 어체 전체 또는 어체에서 생식소를 절취한 후 Bouin's 용액에 고정하였고, 고정시간 만큼 수세하였다. 그리고 나서 paraffin 절편법에 따른 실험과정을 거친 후 5~6 μm 절편을 제작하여 haematoxylin과 eosin 염색을 행하였다.

성스테로이드 호르몬 처리에 의한 인위적인 암·수 성유도는 Kuo et al. (1988)의 방법에 따라 17α-methyltestosterone (Sigma)과 estradiol-17β (Sigma)를 각각 2 ppm (0.5 mg/kg fish) 농도로 사료에 혼합한 후 부화후 40일부터 60일간 경구투여 하였으며, 이에 따른 호르몬의

영향을 조직학적으로 분석하였다.

결 과

1. 성숙과 산란유도

넙치의 성숙과 산란유도는 15~17°C 수온에서 일조시간을 13~14시간으로 조절하여 30~45일간 처리한 후 HCG를 1,000 IU/kg fish의 농도로 28마리에 복강 주사하여 12마리에서 성숙란을 얻을 수 있었다.

범가자미는 11~12°C 수온에서 일조시간을 11~12시간으로 조절하여 30일간 처리한 후 넙치와 같은 농도의 HCG를 15마리에 주사하여 5마리에서 정자를 얻을 수 있었다(Table 1).

2. 수정율, 부화율 및 초기 생존율

넙치와 범가자미의 교배에 의한 잡종(범넙치)의 수정율은 59.6~72.3%, 부화율은 86.7~92.5%, 그리고 초기 생존율은 89.1~96.0% 이었다(Table 2).

수온 15±0.5°C에서 발생시간은 2세포기 2시간, 상실기 8시간, 낭배기 24시간이 소요되었으며, 부화는 76시간 후에 일어났다.

3. 성 장

부화자어의 크기는 전장 2.4±0.1 mm 이었다. 난황을 흡수하고 먹이를 먹기 시작하는 부화후 5일된 자어의 전장은 3.7±0.1 mm 이었고, 변태를 마치고 착저생활을 하는 부화후 50일된 치어의 크기는 2.1±0.2 cm 이었다. 이후부터 급격히 성장하기 시작하여 부화후 80일에 범넙치의 크기는 전장 6.5±0.8 cm, 체중 2.4±0.9 g, 부화후 240일에 전장 22.9±2.1 cm, 체중 179.0±38.5 g으로 성장하였다(Table 3).

변태후 범넙치는 왼쪽에 눈이 위치하는 것과 오른쪽에 위치하는 두가지 형태를 볼 수 있다(Fig. 1). 범넙치에 있어서 넙치형과 범가자미형의 성장은 부화후 240일에는 전장이 각각 23.1±2.2 cm, 22.8±2.1 cm 범위였고 체중이 각각 184.7±41.7 cm, 173.2±35.4 cm 범위로 유의차가 없었다(Table 3).

몸의 왼쪽에 눈이 위치하는 개체가 466마리로서 조사 개체수의 77.7%, 몸의 오른쪽에 눈이 위치하는 개체가 134마리로서 조사 개체수의 22.3%로 3:1의 비율이었다(Table 4).

Table 1. Induced spawning of olive flounder female (*Paralichthys olivaceus*) and spotted flounder male (*Verasper variegatus*) by HCG injection

Exp. No	Duration of experiment	No. of fish used	No. of fish injected with HCG	No. of fish spawned
I	Dec. 20. 1995 ~Jan. 26. 1996	10(7)	10(7)	4(2)
II	Jan. 20 ~Feb. 20. 1996	9(5)	9(5)	5(2)
III	Feb. 20 ~Mar. 20. 1996	9(3)	9(3)	3(1)

Numbers in parenthesis are data obtained from the male of *Verasper variegatus*.

Table 2. Fertilization rate, hatching rate and early survival rate of the hybrid (mottled flounder) between olive flounder (*Paralichthys olivaceus*) and spotted flounder (*Verasper variegatus*)

Exp No.	Fertilization rate	Hatching rate	Early survival rate
I	67.7±0.4	92.5±0.9	96.0±2.3
II	72.3±1.3	86.7±0.8	93.2±3.2
II	59.6±0.7	90.4±1.2	89.1±0.8

Table 3. Total length and body weight of the hybrid (mottled flounder) between olive flounder (*Paralichthys olivaceus*) and spotted flounder (*Verasper variegatus*)

Days after hatching	Undifferentiated type	Olive flounder type		Spotted flounder type	
	Total length (mm)	Total length (cm)	Body weight (g)	Total length (cm)	Body weight (g)
0	2.4±0.1				
10	3.9±0.1				
20	4.7±0.2				
50		2.1±0.2	0.09±0.02	2.1±0.2	0.08±0.03
80		6.7±0.9	2.7±1.0	6.3±0.7	2.2±0.9
120		11.3±0.6	16.9±2.5	11.4±1.1	17.7±2.8
150		14.4±1.1	36.3±9.8	14.1±0.7	33.5±4.9
210		22.4±0.8	120.1±12.7	20.8±1.5	119.1±15.5
240		23.1±2.2*	184.7±41.7*	22.8±2.1*	173.2±35.4*

Values in the same lane having the equal superscript are not significantly different ($p>0.05$).

Table 4. Frequency of eye orientation of the hybrid (mottled flounder) between olive flounder (*Paralichthys olivaceus*) and spotted flounder (*Verasper variegatus*) at 80th day after hatching

No. of fish	Frequency of eye orientation	
	Dextral type	Sinistral type
I	45(22.5)	155(77.5)
II	42(21.0)	158(77.9)
III	47(23.5)	153(76.5)
Total	134(22.3)	466(77.7)

Numbers in parenthesis reveal percentage frequency of eye orientation.

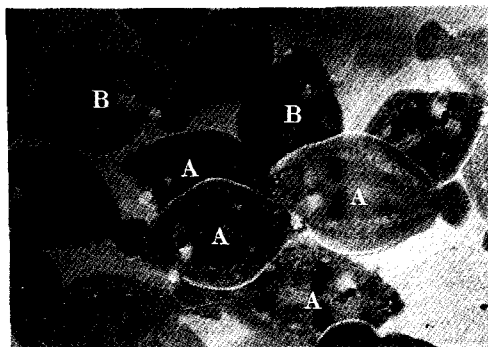


Fig. 1. External morphology of the hybrid (mottled flounder) between olive flounder (*Paralichthys olivaceus*) and spotted flounder (*Verasper variegatus*). A : olive flounder type ; B : spotted flounder type.

4. 생식소의 성현상

부화후 50일된 전장 2.2 cm 전후인 치어들의 생식소는 얇은 피막으로 싸여 있으며, 체세포와 섬유성 간충적으로 구성되어 있다(Fig. 2-A). 이들 생식소는 난소·정소로써 구조적인 특징이나 원생식세포의 분열상을 찾아 볼 수 없었다. 부화후 80일이 지난 전장 6.5 cm된 치어들의 생식소는 강(cavity)을 형성하는 것(Fig. 2-B)과 강(cavity)이 없는 것(Fig. 2-C)으로 구분되었다. 이 시기에도 생식소는 체세포와 섬유성 간충적 그리고 다수의 혈관으로 구성되어 있다. 부화후 150일에서 240일까지 90마리를 대상으로 조사해 본 결과 이들 생식소의 대부분은 부화후 80일된 치어의 생식소와 구조적인 차이가 없었다. 다만 체성장애 따라 생식소의 길이가 발달하고, 난소형의 생식소는 강(cavity)이 보다 발달하였고(Fig. 2-D), 정소형의 생식소는 수질부가 발달하였으며(Fig. 2-E), 일부 개체에서 생식소내에 난원세포, 난모세포들이 분포하고 있다. 부화후 150일된 범납치의 생식소내에는 난경 15~20 μ m의 난모세포들과 난소박판에 난원세포들이 위치하고 있다(Fig. 2-F). 그리고 부화후 240일된 범납치의 생식소내에는 생식상피를 따라 난경 50~60 μ m의 난모세포들이 분포하고 있다(Fig. 2-G).

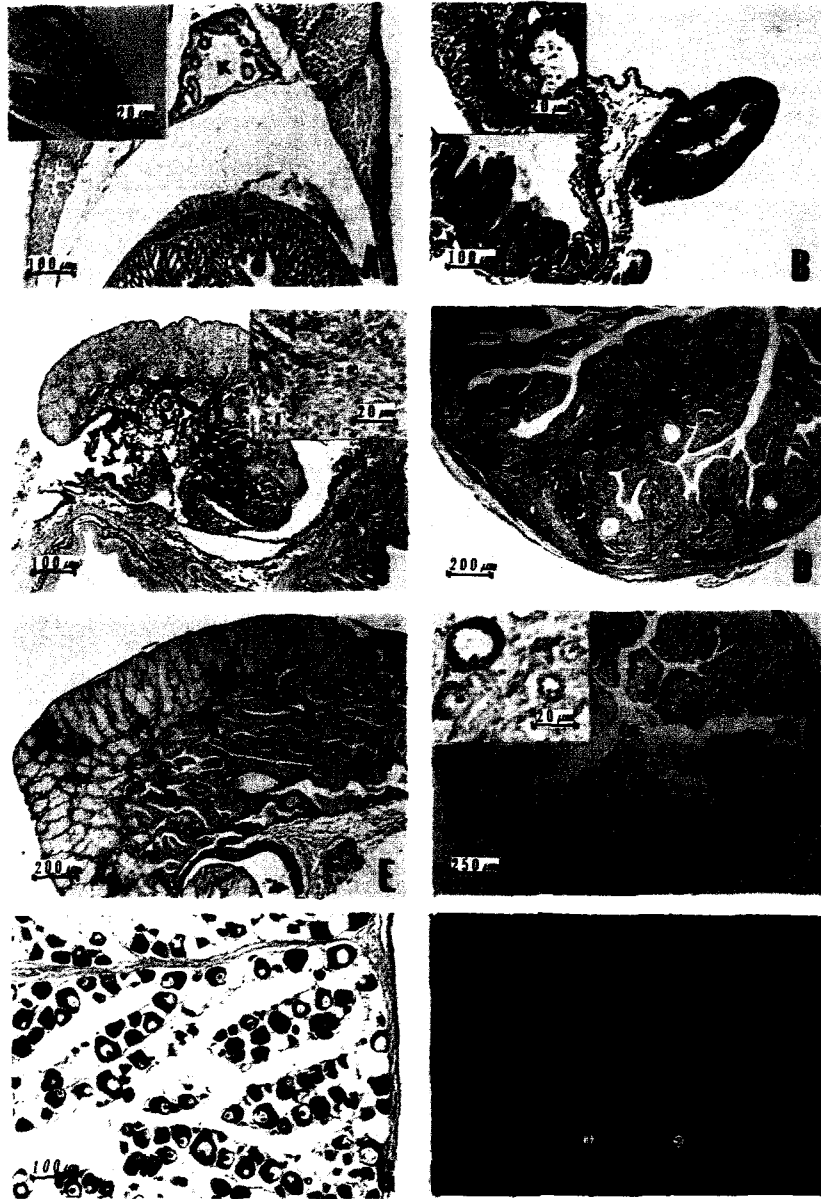


Fig. 2. Internal structure and external morphology of the hybrid's gonad.
 A: Undifferentiated gonad at 50th day after hatching (I: intestine, K: kidney, Pg: primitive gonad).
 B: Ovary type at 80th day after hatching (C: cavity).
 C: Testis type at 80th day after hatching.
 D: Ovary type at 150th day after hatching.
 E: Testis type at 150th day after hatching.
 F: The ovary is composed of ovarian cavity (Oc) and oocytes (Oo) at 150th day after hatching.
 G: The ovary at 240th day after hatching.
 H: External morphology of the gonad (①: ovary type, ②: testis type).

범넙치의 생식소는 비뇨생식공 후방의 복강에 위치하고 있다. 난소형의 생식소는 발달함에 따라 뒷지느러미 혈관극 양측으로부터 근육층 안으로 신장하는 반면, 정소형의 생식소는 복강내에서 삼각형의 형태로 발달하고 있다(Fig. 2-H).

부화후 80일에서 240일된 범넙치 110마리의 생식소를 조직학적으로 조사한 결과, 난소형의 생식소를 갖는 것은 53마리, 정소형의 생식소를 갖는 것은 49마리였고, 나머지는 조직분석이 어려웠다(Table 5). 범넙치 생식소 구조에 있어서, 난소형과 정소형의 비율은 1 : 1이었다.

5. 성스테로이드 호르몬 처리에 의한 성유도

수컷 유도를 위하여 부화후 40일부터 60일간 17 α -methyltestosterone을 2 ppm (0.5 mg/kg fish) 농도로 경구투여한 결과는 Table 6과 같다. 부화후 80일, 167일, 245일에 조사된 52마리의 생식소는 정소형 생식소를 갖는 것이 43마리(81.9%), 난소형 생식소를 갖는 것이 6마리(11.5%)

였고, 나머지는 조직검정이 어려웠다.

암컷 유도를 위하여 부화후 40일부터 60일간 estradiol-17 β 를 2 ppm(0.5 mg/kg fish) 농도로 경구투여한 결과는 Table 7과 같다. 부화후 80일, 167일, 245일에 조사된 52마리의 생식소는 난소형 생식소를 갖는 것이 45마리(87.7%), 정소형 생식소를 갖는 것이 3마리(5.7%)였으며, 나머지는 조직 검정이 어려웠다.

고 찰

인위적으로 종내 또는 종간의 잡종유도는 유전적 변이에 따른 잡종강세의 성장력, 생식력, 환경적응력 등의 우수성을 얻기위해서 시도되고 있다. 잉어과 어류인 *Alburnes alburnes*와 *Rutilus rubilio* 교잡으로 만든 잡종은 빠른 성장을 보였고(Crivelli and Dupont, 1987), 이러한 성장의 잡종강세는 생식소 불임에 따라 모든 성장이 체성장으로 전환된 것으로 보고하고 있다

Table 5. Gonadal sex structure of the hybrid (mottled flounder) between olive flounder (*Paralichthys olivaceus*) and spotted flounder (*Verasper variegatus*)

Days after hatching	No. of fish used	Gonadal sex structure			ND
		Undifferentiated	Ovary type	Testis type	
50	20	18			2
80	20		7	10	3
150	30		11(1)	15	4
210	30		19	11	
240	30		16(3)	13	1
Total	130	18	53(4)*	49*	10

*Values in the same lane having the equal superscript are not significantly different (P>0.05). Values of parenthesis are the number of fish having an ovary. ND : no detection.

Table 6. Gonadal types of the hybrid (mottled flounder) between olive flounder (*Paralichthys olivaceus*) and spotted flounder (*Verasper variegatus*) after 17 β -methyltestosterone treatment

Days after hatching	No. of fish used	Gonadal type			ND
		Undifferentiated	Ovary	Testis	
40	20	16			4(20)
80	20		3(15)	14(70)	3(15)
167	12		2(16.7)	10(83.3)	
245	20		1(5)	19(95)	
Total	72	16	6(11.5)	43(81.9)	7(9.7)

Values in parenthesis are percentage frequency of each gonadal type. ND : no detection.

Table 7. Gonadal types of the hybrid (mottled flounder) between olive flounder (*Paralichthys olivaceus*) and spotted flounder (*Verasper variegatus*) after estradiol-17 β treatment

Days after hatching	No. of fish used	Gonadal type			ND
		Undifferentiated	Ovary	Testis	
40	20	13			7(35)
80	20		16(80)	1(5)	3(15)
167	12		11(91.7)		1(8.3)
245	20		18(90)	2(10)	
Total	72	13	45(87.7)	3(5.7)	11(15.3)

Values in parenthesis are percentage frequency of each gonadal type. ND ; no detection.

(Bianco, 1982). 이 연구에서 넙치의 성장력과 저수온에 강한 범가자미의 환경적응력의 이점을 얻기 위한 교잡종인 범넙치의 수정율은 59.6~67.7%, 부화율은 86.7~92.5%, 초기 생존율은 89.1~96.0%였다. 이러한 결과는 김(1994)의 결과와 유사하였다. 수정율과 부화율 그리고 초기 생존율은 난질과 정자의 활성 그리고 환경 조건에 따라 영향을 받는다고 보고하고 있다(박 등, 1994).

이 연구에서 범넙치의 성장은 부화후 80일에 전장 6.5 \pm 0.8 cm, 체중 2.4 \pm 0.9 g, 부화후 240일에 전장 22.9 \pm 2.1 cm, 체중 179.0 \pm 38.5 g으로 넙치의 경우인 부화후 80일에 전장 11.10 \pm 0.74 cm, 체중 15.69 \pm 3.28 g, 부화후 240일에 전장 32.02 \pm 1.32 cm, 체중 373.15 \pm 69.38 g의 성장(미발표자료)에 비하여 낮은 값을 보였다. 이러한 성장은 사육수온과 환경조건에 따라 차이를 가져올 수 있으며, 범넙치에 대한 사료개발과 적정 사육 환경요인을 규명하여 사육할 경우에는 보다 나은 성장을 가져올 수 있으리라고 사료된다.

범넙치의 눈은 왼쪽에 위치하는 넙치형과 오른쪽에 위치하는 범가자미형이 혼재하고 있다. 이 연구에서 넙치형과 범가자미형은 3:1의 비율을 나타내어 김(1994)의 보고와 일치하고 있다. 범넙치는 부화후 40~50일에 성적으로 미분화 시기였다. Tanaka (1987)와 이(1990)에 의하면 넙치 성분화는 부화후 45~70일에 이루어 진다고 보고하고 있다. 부화후 80일된 치어들은 생식소 내에 강(cavity)이 형성된 난소형과 강이 없는

정소형으로 구분할 수 있었다. 부화후 240일된 110마리의 생식소를 조직학적으로 조사한 결과 난소형과 정소형의 비율은 1:1이었다. 부화후 40일부터 60일간 여성 호르몬 제통인 17 α -methyltestosterone과 남성호르몬 제통인 estradiol-17 β 을 0.5 mg/kg fish 농도로 경구 투여한 결과 성스테로이드 호르몬에 따라서 각각 정소형 81.9%, 난소형 87.7%로 유도되었다. 어류의 성결정은 유전인자의 지배를 받고 있으나, 성스테로이드 호르몬이나 사육환경 등이 성결정에 많은 영향을 주고 있다고 보고하고 있다(방, 1996; 이 등, 1994; Convert and Fleisher, 1986).

범넙치의 생식소는 대부분 생식세포를 갖지 않는 불임상태였다. 조사된 110마리중 4마리(3.6%)가 생식소내에 난모세포들을 갖고 있었다. 그러나 이들 난모세포는 난경 50~60 μ m이고 호염기성의 세포질과 핵내에 1~2개의 인을 갖는 단계였다. 잡종개체는 대부분 성적 불임상태를 가지고 있으나 일부 생식능력을 갖고 있는 종들도 보고되고 있다(Wood and Jordan, 1987). 범넙치의 생식능력의 유무관계는 앞으로 연구되어야 할 것으로 사료된다.

한편, 송어류인 *Salvelinus namaycush*와 *S. fontinalis*의 교잡종의 이름은 "splake trout" (Tait, 1970), 철갑상어류인 *Acipenser ruthenus*와 *Huso huso*의 교잡종을 "bester"라고 부르고 있다(Burtzev, 1972). 이 연구에서 범가자미 수컷과 넙치 암컷의 교잡종의 이름은 한국명으로 "범넙치", 영명으로 "mottled flounder"라고

하였다. 영명으로 mottled flounder로 붙이게 된 것은 교잡종의 체표면에 짙은 갈색 반점과 흰 반점들이 혼재해서 분포하기 때문이고, 한국 명으로 범넙치라고 한 것은 일부 양어가에서 통용되고 있는 이름을 사용하였다.

요 약

범가자미 수컷과 넙치 암컷 교잡종의 초기발생, 성장 그리고 성현상이 조사되었다. 범가자미와 넙치의 교잡종은 국명으로 “범넙치”, 영명으로 “mottled flounder”로 명명하였다. 범넙치의 수정율, 부화율, 초기 성장률은 각각 56.9~72.3%, 86.7~92.5%, 그리고 89.1~96.0% 범위였다. 성장은 부화후 50일에 전장 2.1±0.2 cm, 체중 0.10±0.02 g 이었고 부화후 240일에 전장 22.9±2.1 cm, 체중 179.0±38.5 g 이었다. 범넙치의 눈이 몸의 왼쪽에 위치하는 형 77.7%와 오른쪽에 위치하는 형 22.3%로 혼재하고 있었다. 부화후 80일에 생식소는 강(cavity)을 형성하는 난소형과 강을 갖지 않는 정소형으로 분화되었고, 이들의 출현 비율은 1 : 1이었다(P>0.05). 범넙치의 생식소는 대부분 생식세포를 갖지 않는 불임 상태였다. 생식소내에 난모세포를 갖는 개체는 조사 개체중 3.6%였다. 성전환 유도를 위하여 부화후 40일부터 100일까지 60일간 17 α -methyltestosterone (MT)과 estradiol-17 β (E₂)을 0.5 mg/kg fish 농도로 경구투여 하였다. MT 처리구는 정소형이 81.9% 유도되었고, E₂ 처리구는 난소형이 87.7% 유도되었다.

참 고 문 헌

- Bianco, P. G., 1982. Hybridization between *Alburnus albidus* and *Leuciscus cephalus cabeda R.* in Italy. *Journal of Fish Biology*, 21 : 593-603.
- Burtzev, I. A., 1972. Progeny of intergeneric hybrids of beluga and sterlet. p.211-220. *Genetics selection and Hybridization*(ed. Y. Sobel), Keter Press, Jerusalem.
- Buss, K. and J. E. Wright, 1958 Appearance and fertility of trout hybrids. *Transactions of the American Fisheries*, 87 : 172-181
- Conovert, O. O. and M. H. Fleisher, 1986. Temperature-sensitive period of sex determination in the Atlantic silverside, *Menidia menidia*. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 43 : 514-520.
- Crivelli, A. J. and F. Dupont, 1987. Biometrical and biological feature of *Alburnus alburnus*×*Rutilus rubilio* natural hybrids from Lake Mikra Prespa, Northern Greece. *Journal of Fish Biology*, 32 : 7212-733.
- Dangel, J. R., 1973. An annotated bibliography of interspecific hybridization of Salmonidae. *F.A.O Fisheries Circular*, 133 : 1-32.
- Foerster, R. E., 1968. The sockeye salmon. *Bulletin of the Fisheries Research Board of Canada*, 162. Ottawa, Canada.
- Hubbs, C. L., 1955. Hybridization between fish species in nature. *Systematic Zoology*, 4 : 1-20.
- Kerby, J. H., Hinshaw, J. M. and M. T. Huish, 1987. Increased growth and production of striped bass×whit bass hybrid in earthen ponds. *Journal of the world aquaculture*, 18 : 35-43.
- Kim, Y. and S. B. Hur, 1991. Spawning induction of flounder, *Paralichthys olivaceus* by the control of water temperature and photoperiod. *J. Aquaculture*, 2 : 73-84.
- Kumai, H., 1984. Biological studies on culture of the Japanese parrot fish, *Oplegnathus fasciatus* (Temminck et schlegel). *Bull. Fish, Kinki University*, 2 : 1-116. (abstract in English).
- Kuo, C. M., Y. Y. Ting and S. L. Yeh, 1988. Induced sex reversal and spawning blue spotted grouper. *Aquaculture*, 74 : 113-126.
- Nicoljukin, N. I., 1971. Hybridization of Acipenseridae and its practical significance. *F.A.O. United Nations Development Programme (technical assistance), Reports on Fisheries*, 2926 : 328-334.
- Purdom, C. E., 1993. Hybridization. p.158-177. In : *Genetics and fish breeding*. Chapman & Hall. Press. London. England.
- Slaztenenko, E. P., 1957. A list of natural fish hybrid of the world. *Hidrobiology*. Istanbul.

- 4B : 6-27.
- Tait, J. s., 1970. A method of selecting trout hybrids (*Salvelinus fontinalis*, *S. namaycush*) for ability to retain swimblader gas. Journal of the Fisheries Research Board of Canada, 27 : 39-45.
- Tanaka, H., 1987. Gonadal sex differentiation in flounder, *Paralichthys olivaceus*. Bull. Natl. Res. Inst. Aquaculture, 11 : 7-18.
- Wood, A. B. and D. R. Jordan, 1987. Fertility of roach×bream hybrids, *Rutilus rutilus*(L.) ×*Abramis brama*(L.) and their identification, Journal of Fish Biology, 30 : 249-261.
- Zhang, J., 1985. A study of reciprocal cross hybrids and backcross hybrids of *Cyprinus carpio* var. *wuyuanensis* with *C. carpio yuan-kiang* and the economic benefit in F2. Journal of Fisheries of China, 9 : 375-382.
- 김경길, 1994. 넙치와 범가자미의 잡종에 대한 세 포유전학적 및 분자생물학적 연구. 박사학위 청구논문. 부산수산대학교, 109pp.
- 박인석, 1992. 미꾸리와 미꾸라지의 잡종 및 잡종 3배체에 관한 연구. 박사학위 청구논문. 부산수산대학교, 84pp.
- 박인석·김형배·최희정·이영돈·강혜원, 1994. 태반성 성선자극호르몬(HCG) 및 잉어 뇌하수체 호르몬(CPE) 처리에 의한 넙치, *Paralichthys olivaceus*의 인공산란 유도. 한국양식학회지, 7(2) : 89-96.
- 방인철, 1996. 성전환 및 염색체 공학기법에 의한 넙치의 품종 개량. 박사학위 청구논문. 부산수산대학교, 101pp.
- 이영돈, 1990. 넙치, *Paralichthys olivaceus*의 성분화와 생식소 발달. 박사학위 청구논문. 부산수산대학교, 41pp.
- 이영돈·노 섬·고환봉·김동수, 1994. 넙치(*Paralichthys olivaceus*)의 성현상. 제주대 해양연보, 18 : 85-92.