

자주복, *Takifugu rubripes*의 性成熟과 호르몬 處理에 의한 人工採卵에 關한 研究

梁相根 · 李榮敦* · 卞忠圭**

國立水產振興院 南濟州水產種苗培養場

*濟州大學校 海洋研究所

**濟州大學校 增殖學科

A Study on the Gonadal Maturation and Egg-Stripping by Hormone Treatments of Tiger Puffer, *Takifugu rubripes*

Sang-Geun YANG, Young-Don LEE,* and Choong-Kyu PYEN**

Namcheju Hatchery, National Fisheries Research and Development Agency, Cheju 699-805, Korea

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

**Department of Aquaculture, Cheju National University, Cheju 690-121, Korea

ABSTRACT

Formerly, adult-tiger puffer, *Takifugu rubripes* with ova caught in the sea, were used for seedling production. But it was difficult to secure naturally-ripened adults.

For the purpose of adult tiger puffer in captivity, this study was carried out. To determine the growth 220 tiger puffers hatched in 1990 (3-year-old) and 1991 (2-year-old) were used. For spawning and egg incubation leading to fry development, eggs were stripped from tiger puffers hatched in 1988 (5-year-old) and 1990 (3-year-old) through human chorionic gonadotropin (HCG) treatments.

In May, 1993, mean body length and mean body weight of 2-year-old tiger puffer were 30.72 ± 1.35 cm and $1,048 \pm 228$ g, and that of 3-year-old tiger puffers were 36.02 ± 1.17 cm and $1,402 \pm 66$ g respectively. The relationship between body length (L) and body weight (W) of 2-year-old the tiger puffers during the experiment period was represented as $W = 1.7892L^{3.1524} \times 10^{-5}$ ($r = 0.9436$) and that of 3-year-old, $W = 3.2840L^{3.6099} \times 10^{-6}$ ($r = 0.9070$) respectively.

The GSI in female 2-year-old-fish changed from 0.23 ± 0.12 to 0.74 ± 0.08 , during the experiment period, and in male it didn't change remarkably until November, but thereafter it increased and showed a peak of 8.69 ± 5.09 . The GSI of 3-year-old-fish showed a peak of 8.05 ± 5.58 in April in female and 12.65 ± 4.60 in May in male.

The change of HSI in 3-year-old-fish was correlative to the change of GSI, but in 2-year-old-fish it was little correlative.

In female gonad of 2-year-old tiger puffer, the mature oocytes reached 350 μm in April, but thereafter they didn't spawn and became atrophied. But in male gonad, a great number of spermatozoa were crowded in the testicular lobuli in April.

Female gonad of 3-year-old tiger puffer had the mature oocytes of 650 μm in March and the ripe oocytes, 900 μm in April. Male testis development was similar to that of 2-year-old-fish.

Egg-stripping after hormone treatments was possible past 139 hours and 142 hours from each of two 5-year-old-fish (500 IU/kg, BW), and after 114 hour from a 3-year-old-fish (1,000 IU/kg, BW) under water temperature 16.3~17.8°C. Eggs stripped amounted was 650 g and 400 g from two 5-year-old-fish and 610 g from the 3-year-old-fish, and fertilization rates were 98.0%, 97.4% and 96.5% respectively. All the hatched larvae developed into normal fry.

서 론

자주복, *Takifugu rubripes*은 우리나라 천연안과 일본 홋카이도 이남, 중국 등의 연안에 분포하는 주요 양식 대상 어종이다.

자주복에 있어서 기초적인 실험으로 난발생과 자어전기에 대한 연구(藤田·上野 1956)을 실시한 바 있고, 종묘생산에 관한 연구는 高見 等 (1974), Hiroshisa와 Yusaku (1982), 北田와 北島(1983), 林田·松濤(1984)이 있다. 그리고 자주복의 인공채란 시험과 호르몬처리에 의한 천연산 친어의 성숙 촉진에 대한 보고(長谷川 等 1978; 宮本 等 1992)와 복섬, *Takifugu niphotes* (藤田 等 1966), *Takifugu exascurus* (藤田와 本間 1991), 흰점복, *Takifugu pecilonotus* (小西 1992), 검복, *Takifugu porphyreus* (藤田 1987) 등에서도 행하여 지고 있다.

우리나라에서 자주복의 양식을 위한 기초 연구는 李와 金(1969)의 인공수정에 의한 발생과 초기사육에 대한 보고와 卞과 盧(1970)의 종묘생산에 대한 연구, 盧와 卞(1971)의 축양에 대한 시험, 金과 李(1990)의 한국산 참복亞目 魚類의 분류에 관한 연구, 朴과 金(1991)의 자치어의 내부 골격 발달과 성장에 대한 연구, 盧와 鄭(1993)의 종묘생산에 관한 연구, 梁 等(1993)의 종묘생산시 먹이 효과에 대한 연구 등이 있다.

지금까지 자주복의 종묘생산은 천연산 친어에서 수정란을 이용하였으나 최근에는 천연산 친어의 어획이 어렵기 때문에, 실내 수조에서 사육한 자주복에서 양질의 수정란 확보를 위한 기초 자료를 얻고자 생식소 성숙에 따른 월별 생식소숙도지수와 간숙도지수 그리고 산란기 전후의 생식소 발달을 조사하였고, 태반성 성선 자극 호르몬(HCG) 처리로 배란을 유도한 후 인공수정하여 이들의 수정율과 부화율 등을 번식 생물학적 측면에서 조사하였다.

재료 및 방법

1. 성장과 생식소 발달

1990년에 종묘생산된 자주복 90마리(A수조)와 1991년에 종묘생산된 자주복 130마리(B수조)를 국립수산진흥원 남제주수산종묘배양장 사육조(8.00 m×8.00 m×2.45 m : 유효수량 50 ton)에 각각 수용하여 사육하였다. 공급한 사료는 냉동 전갱이와 배합사료를 3 : 1로 혼합하여 만든 moist pellet을

1일 1회 A수조에 0.5~1.5 kg, B수조에 1.0~2.0 kg을 공급하였다.

어체측정은 1991년산은 1992년 7월 7일부터 1993년 5월 25일까지 총 63마리, 1990년산은 1992년 1월 12일부터 1993년 5월 25일까지 총 33마리를 매일 전장과 체장은 0.1 cm, 체중은 1 g, 생식소 중량과 간 중량은 0.01 g까지 측정했다.

생식소속도지수(gonadosomatic index : GSI)는 생식소 중량×100/체중, 간속도지수(hepatosomatic index : HSI)는 간중량×100/체중의 식에 의하여 계산하였다.

생식소 세포의 발달과정을 조직학적 생식소를 조사하기 위하여 Bouin's 용액에 고정하여 수세한 후 常法인 paraffin 切片法에 의해 5 μm 두께로 절편하고, Hansen's haematoxylin과 0.5% eosin으로 비교염색하였다.

2. 배란 유도과 수정 및 부화

1993년 5월 19일에 실내 수조(8.00 m×8.00 m×2.45 m : 유효수량 50 ton)에 사육중인 1988년산(5년어) 10마리에서 암컷 2마리와 수컷 2마리, 1990년산(3년어) 암컷 1마리와 수컷 1마리를 호르몬 처리에 사용하였고, 1988년산(5년어) 중 나머지 6마리에 대해서는 자연상태로 두고 성숙과정을 관찰하였다.

태반성 성선 자극 호르몬(human chorionic gonadotropin, Sigma)을 사용하였는데 5년어는 체중 1 kg당 500 IU, 3년어에는 체중 1 kg당 1,000 IU를 복강에 주사하였다. 호르몬 주사후 FRP수조(직경 3 m, 깊이 0.6 m)에 수용하여 복부의 팽만 상태를 관찰하였다.

채란시기는 시험어의 활력 및 복부의 팽만 상태를 매일 관찰하여 결정하고, 채란은 복부를 압박하여 난이 용이하게 유출했던 개체에서 실시하였다. 채란 직후 수컷에서 채정하여 건식법으로 인공수정을 하였다.

채란량을 측정하기 위하여 인공수정후 즉시 세란하고 수분을 제거한 후 중량을 1 g까지 측정하였으며, 난수는 濕重量 1 g당 600개로 환산했다(立石 1984). 위생식소속도지수(pseudogonadosomatic index), 수정을 및 부화율을 구하여 HCG에 의한 배란 유도 효과를 검토하였다.

$$\text{Pseudogonadosomatatic index} = \frac{b}{a+b} \times 100$$

a : Weight of fish after egg-stripping

b : Weight of stripped eggs

수정을 조사는 受精卵膜을 차아염소산나트륨(NaClO)으로 용해시켜 全觀察卵數에 대한 수정란수로 구하였다(道津 1986).

부화는 수정란을 아크릴 수조(직경 55 cm, 깊이 90 cm)에 200 g을 수용하고 자외선 살균 해수를 1일 8~10회 환수하였고, 부화기간은 수조 중앙에 강한 통기를 해서 알이 항상 유동되도록 하였다(立石 1984). 부화율은 全個體數에 대한 全孵化仔魚數의 비율로 구하였다.

결 과

1. 1990, 1991년산어의 성장

실험 기간 동안의 수온 변화는 최고수온이 9월 초순의 26.54±1.18°C, 최저 수온은 1월 하순의 12.32±0.43°C로서 평균 18.16±4.66°C였다.

1991년산어의 사육기간 동안 월별 체장과 체중의 변화는 Fig. 1과 같다.

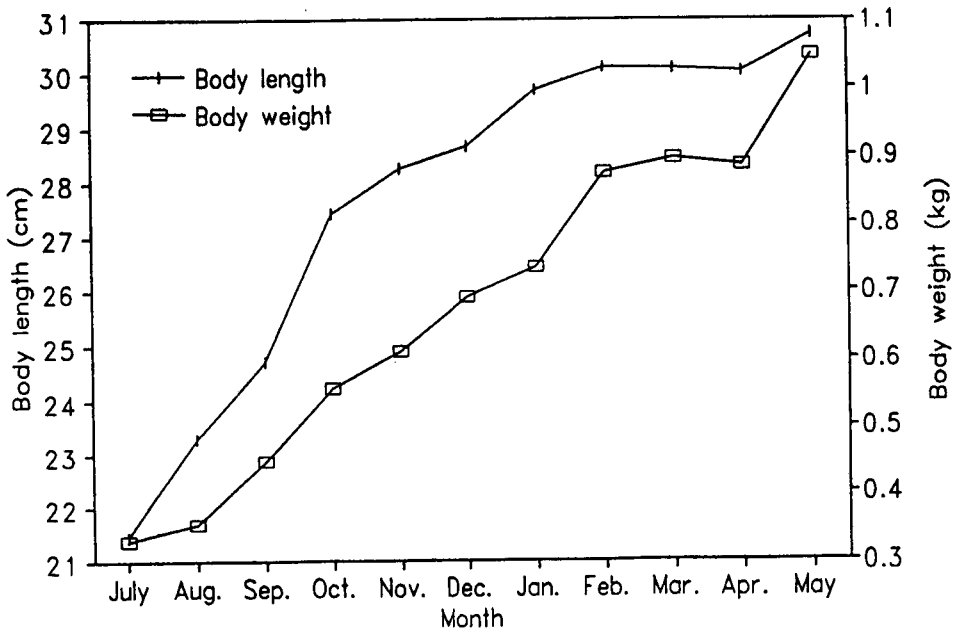


Fig. 1. Variation of mean body length and body weight of tiger puffer, *Takifugu rubripes* hatched in 1991 by the rearing tank (July 1992~1993).

1992년 7월에 체장과 체중은 각각 21.44 ± 1.72 cm, 330 ± 88 g에서 시험 종료일인 1993년 5월에 각각 30.72 ± 1.35 cm, $1,048 \pm 228$ g까지 성장하였다. 체장(L)과 체중(W)과의 相關關係는 Fig. 2와 같이 $W = 1.7892L^{3.1524} \times 10^{-5}$ ($r = 0.9436$)의 指數曲線式으로 표시되었다.

1990년산어의 사육기간 동안의 월별 체장과 체중의 변화는 Fig. 3과 같다. 1992년 11월에 체장과 체중은 각각 32.70 ± 0.68 cm, 927 ± 32 g에서 시험 종료일인 1993년 5월에 각각 36.02 ± 1.17 cm, $1,402 \pm 66$ g까지 성장하였다. 체장(L)과 체중(W)의 相關關係式은 Fig. 4와 같이 $W = 3.2840L^{3.6099} \times 10^{-6}$ ($r = 0.9070$)으로 나타낼 수 있었다.

2. 생식소와 간속도지수의 월별 변화

1) 1991년산(2년어)

1991년산어의 사육기간 동안 생식소속도지수(GSI)와 간속도지수(HSI)의 변화는 Table 1과 같다.

GSI의 변화는 Fig. 5와 같다. 암컷의 GSI는 시험개시시기인 7월에는 0.25 ± 0.05 이고 시험종료시인 5월에는 0.56 ± 0.14 이었다. 전 시험 기간을 통하여 8월에 0.23 ± 0.12 최저값, 2월에 0.74 ± 0.08 로 최고값을 보여 생식소속도지수의 변화가 뚜렷하지 않았다. 수컷의 GSI의 변화는 7월에서 11월까지 0.13

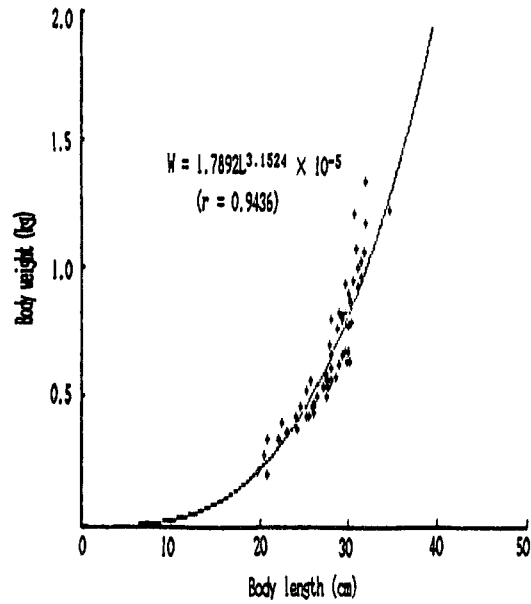


Fig. 2. Relationship between body length and body weight of tiger puffer, *Takifugu rubripes* hatched in 1991 (July 1992~May 1993).

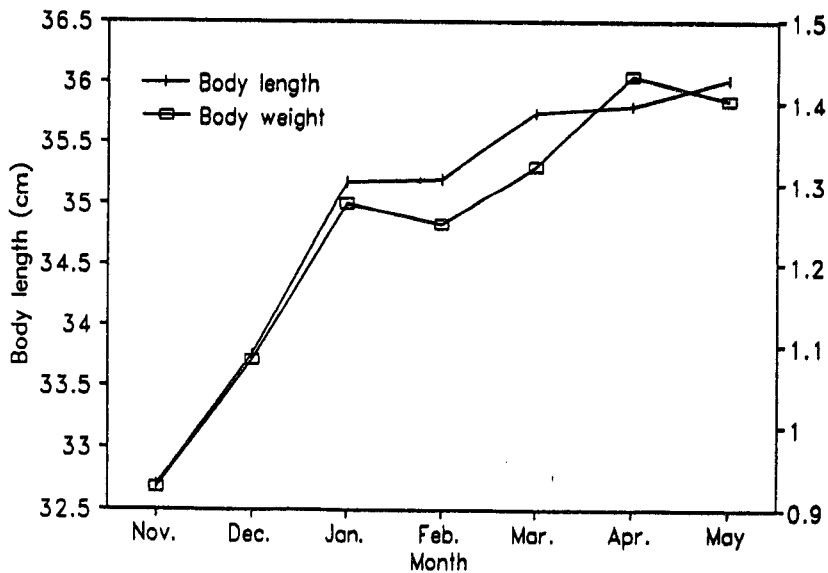


Fig. 3. Variation of mean body length and body weight of tiger puffer, *Takifugu rubripes* hatched in 1990 by the tank rearing (Nov. 1992~May 1993).

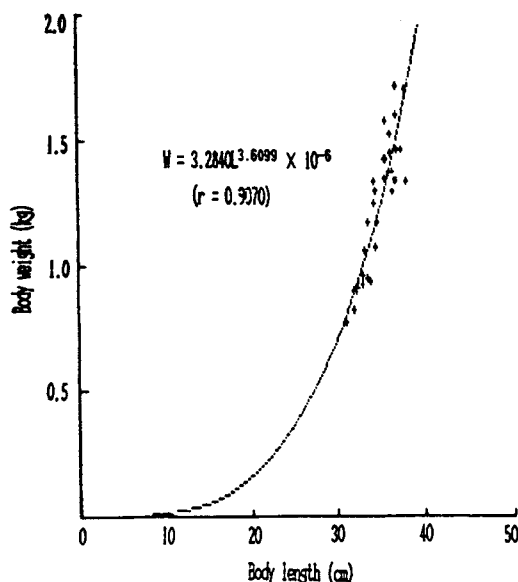


Fig. 4. Relationship between body length and body weight of tiger puffer, *Takifugu rubripes* hatched in 1990 (Nov. 1992~May 1993).

Table 1. Monthly changes of gonadosomatic and hepatosomatic index in growth of tiger puffer hatched in 1991

Date	Mean total length cm±(SD)	Mean body length cm±(SD)	Mean body weight g±(SD)	Sex*		GSI		HSI	
				F**	M***	F	M	F	M
'92. July 7	24.72±1.49	21.44±1.76	330 ±88	3	2	0.25±0.05	0.16±0.01	8.13±2.95	6.52±0.26
Aug. 19	26.56±2.35	23.30±1.93	354 ±95	4	1	0.25±0.06	0.13	8.01±0.59	8.78
Sep. 17	27.03±1.93	24.70±1.41	449 ±76	3	2	0.23±0.12	0.16±0.01	8.82±0.70	8.01±0.41
Oct. 19	31.63±0.48	27.44±1.39	558 ±81	2	3	0.48±0.06	0.27±0.08	8.29±0.93	8.64±0.42
Nov. 12	31.45±1.76	28.26±1.48	611 ±103	3	4	0.49±0.05	0.31±0.16	8.88±1.08	8.80±0.82
Dec. 17	31.83±2.14	28.66±1.62	691 ±179	2	5	0.42±0.06	5.91±6.77	8.19±1.44	7.65±2.24
'93. Jan. 18	32.95±1.89	29.70±2.62	735 ±257	3	4	0.38±0.06	3.26±5.45	10.36±2.13	7.80±1.33
Feb. 22	33.50±1.25	30.13±1.33	875 ±118	2	2	0.74±0.08	3.34±0.47	10.56±1.99	8.98±0.23
Mar. 24	34.22±1.95	30.10±1.44	896 ±155	2	3	0.58±0.26	4.56±5.64	10.78±3.32	9.08±1.41
Apr. 23	34.20±0.80	30.05±0.66	886 ±187	3	2	0.45±0.04	8.69±5.09	10.56±1.99	8.28±1.49
May 25	34.50±1.72	30.72±1.35	1,048±228	4	1	0.56±0.14	4.86	13.32±4.32	5.69

* Number of individual

** Female

*** Male

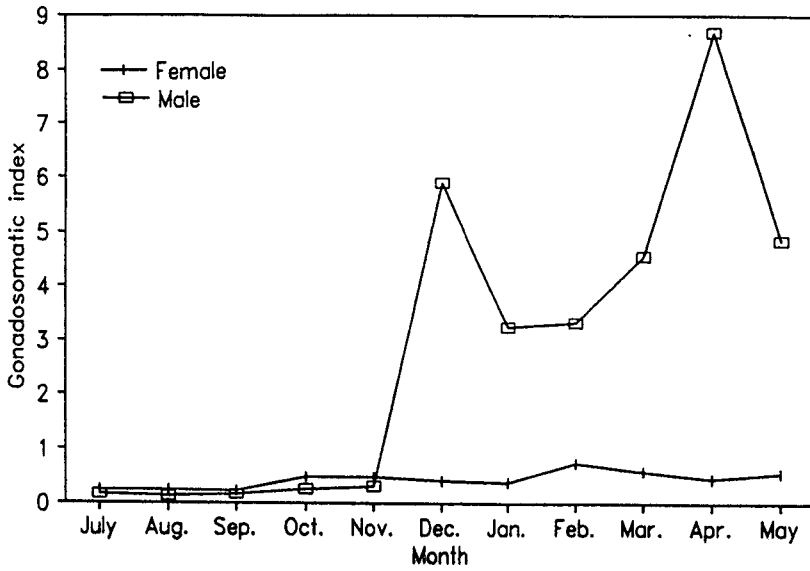


Fig. 5. Monthly changes of the gonadosomatic index in tiger puffer, *Takifugu rubripes* hatched in 1991 (July 1992~May 1993).

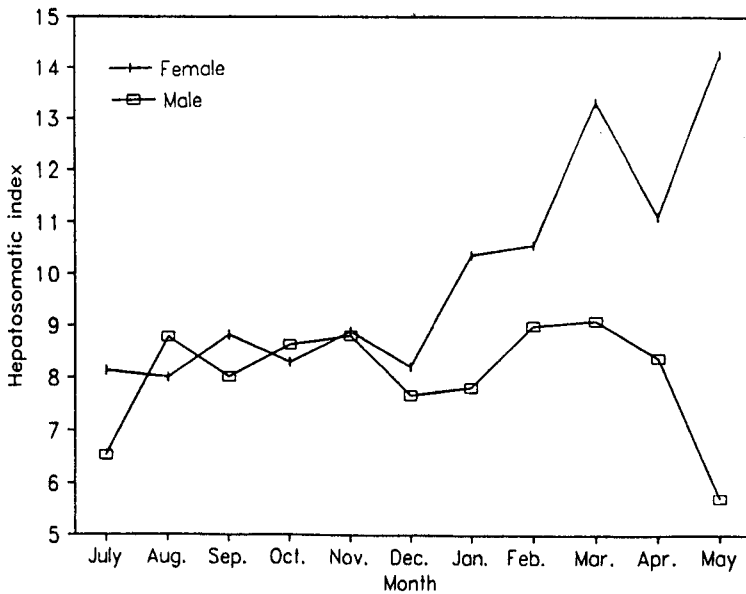


Fig. 6. Monthly changes of the hepatosomatic index in tiger puffer, *Takifugu rubripes* hatched in 1991 (July 1992~May 1993).

에서 0.31로 낮은 값을 보이다가 12월에 5.91 ± 6.77 로 급격한 증가하였고, 1월에 3.26 ± 5.45 로 낮아지다가 4월에는 최고값인 8.69 ± 5.09 이었다. 2년어에 있어서 GSI는 암컷은 변화가 없지만, 수컷에 있어서는 변화폭이 높다.

HSI의 변화는 Fig. 6과 같다. 암컷의 HSI는 GSI가 0.25 ± 0.05 인 7월에 8.13 ± 2.95 이고 GSI가 0.56 ± 0.14 인 5월에 14.26 ± 0.53 로 최고값이었다. 수컷의 HSI는 7월에 6.52 ± 0.26 에서 GSI값이 4.56 ± 5.64 인 3월에 9.08 ± 1.41 로 최고값을 가지나 5월에는 5.69로 최저값을 보였다.

2) 1990년산(3년어)

1990년산의 사육기간 동안 생식소숙도지수(GSI)와 간숙도지수(HSI)의 변화에 대한 결과는 Table 2와 같다.

Table 2. Monthly changes of gonadosomatic and hepatosomatic index in growth of tiger puffer hatched in 1990

Date	Mean body length cm±(SD)	Mean body weigh g±(SD)	Sex*		GSI		HSI	
			F**	M***	F	M	F	M
'92. Nov. 12	32.70 ± 0.68	927 ± 32	3	1	0.72 ± 0.04	0.66	9.27 ± 0.71	8.86
Dec. 15	33.76 ± 1.46	$1,082 \pm 219$	3	2	1.13 ± 0.57	1.03 ± 0.45	10.70 ± 0.42	10.85 ± 0.55
'93. Jan. 18	35.18 ± 2.81	$1,275 \pm 349$	2	2	2.40 ± 1.88	5.12 ± 6.99	11.59 ± 0.71	11.29 ± 0.54
Feb. 22	35.20 ± 2.10	$1,250 \pm 326$	4	1	2.23 ± 2.51	4.33	11.30 ± 1.15	12.08
Mar. 24	35.74 ± 1.89	$1,324 \pm 209$	4	1	3.62 ± 5.33	4.72	12.02 ± 0.92	11.45
Apr. 23	35.80 ± 1.37	$1,433 \pm 207$	3	2	8.05 ± 5.58	12.04 ± 1.83	13.93 ± 1.22	9.18 ± 1.82
May 25	36.02 ± 1.17	$1,402 \pm 66$	3	2	0.76 ± 0.16	12.21 ± 4.45	10.90 ± 2.92	7.16 ± 1.66

* Number of individual

** Female

*** Male

GSI의 월별 변화는 Fig. 7과 같다. 암컷 GSI의 변화는 0.72 ± 0.04 에서 2월에 2.23 ± 2.51 로 낮았으나 3월에 3.62 ± 5.33 으로 증가하기 시작하여 4월 8.05 ± 5.58 로 최고값을 보였고 5월에 0.76 ± 0.16 로 급격히 감소하였다. 수컷의 GSI의 변화는 12월에 1.03 ± 0.45 로 낮았으나 1월에 2.40 ± 1.88 로 증가하여 3월까지 유사한 값을 유지하다가 4, 5월에 12.21 ± 4.45 로 증가하여 시험 기간중 최고값을 나타내었다.

HSI의 월별 변화는 Fig. 8과 같다. 암컷의 HSI 변화는 11월에 8.86이었고, GSI가 8.05 ± 5.58 로 최고값인 4월에 13.93 ± 1.22 로 최고에 달한 후 5월에는 10.90 ± 2.92 로 감소하였다. 수컷의 HSI의 변화는 11월에 8.86에서 2월 12.08까지 점차 증가하였지만 그후 감소하여 GSI가 최고값인 5월에 7.16 ± 1.66 으로 최저값을 보였다.

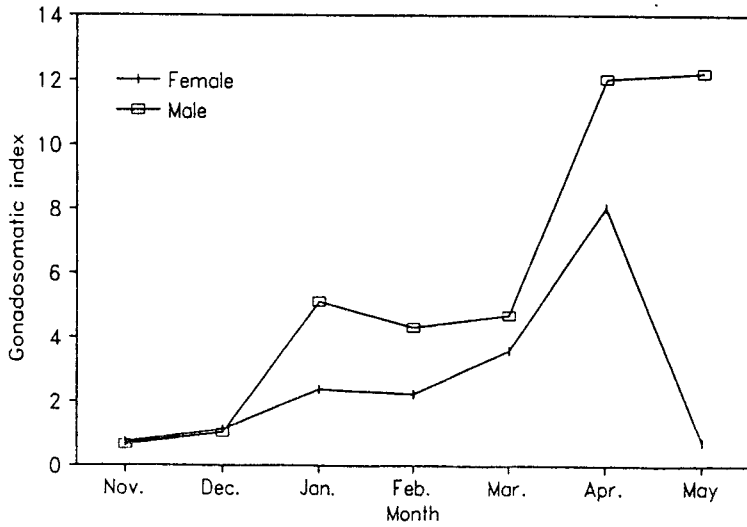


Fig. 7. Monthly changes of the gonadosomatic index in tiger puffer, *Takifugu rubripes* hatched in 1990 (Nov. 1992~May 1993).

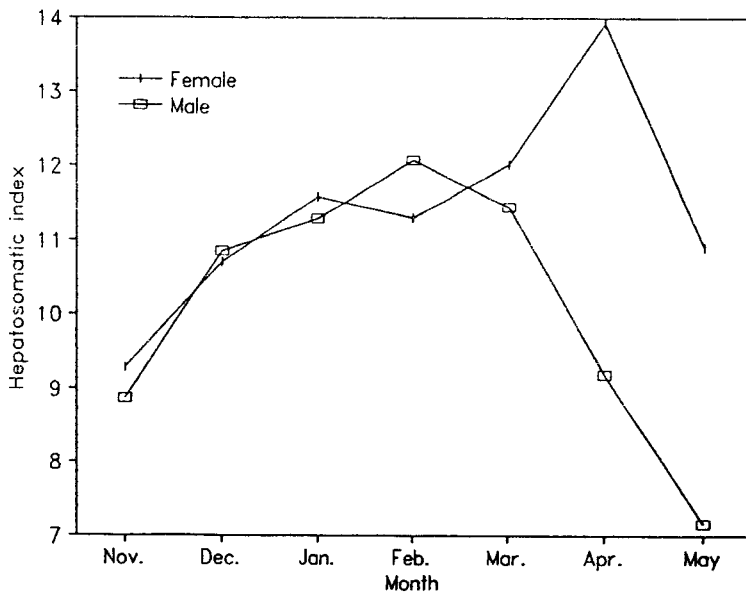


Fig. 8. Monthly changes of the hepatosomatic index in tiger puffer, *Takifugu rubripes* hatched in 1990 (Nov. 1992~May 1993).

3. 생식소 발달의 조직학적 변화

1) 난소 발달

초기 성장기 난소는 난소 소낭내에 25 μm 의 주변인기 난모세포와 100 μm 의 난황포기 난모세포들이 나타나고 있다(Fig. 9-1). 난 세포질의 피질층으로부터 공포상의 난황포가 형성되기 시작하는 난경 130 μm 난황포기 난모세포가 대부분 차지하고 있다(Fig. 9-2). 이러한 성장기 개체는 1~2월에 걸쳐 주로 나타나고 있다.

난이 좀더 성장하여 난경 350 μm 에 달하면 eosin에 짙게 염색되는 放射線帶와 濾胞細胞層이 형성되며(Fig. 9-3), 핵막이 거치화되고 세포질내에 卵黃球의 축적이 충실해지면서 난경 500~650 μm 에 이르는 성숙단계의 난모세포를 갖는 개체는(Fig. 9-4) 주로 3월에 나타나고 있다. 이후 난모세포의 세포질에 난황축적과 더불어 배포가 동물극쪽으로 이동하는 단경 650 μm 를, 장경 900 μm 의 완숙 단계의 난모세포를 갖는 개체(Fig. 9-5)와 주변인기 이상의 난모세포들이 퇴행변성하는 퇴행난소(Fig. 9-6)를 갖는 개체들이 4~5월에 나타나고 있다.

자주복 2년어(1991년산) 암컷의 경우는 방사선대와 여포세포층이 형성되는(Fig. 9-1~3) 단계까지 발달 한후 퇴행되었고, 3년어는 완숙단계의 난모세포(Fig. 9-1~5)까지 발달하였다.

2) 정소 발달

정소는 많은 정소 소엽으로 구성되어 있으며 이들 소엽 상피에서 정원세포들이 분열증식하고 있다(Fig. 10-1). 이러한 분열증식은 대부분 12~1월이었다. 이들 정원세포들은 정모세포로 발달하여 정소 소엽내에 밀집한다(Fig. 10-2). 이후 소엽내의 정모세포들은 성숙분열을 하여 정세포와 정자로 성숙해간다. 정소의 발달과 함께 각기 다른 발달 단계의 생식세포군 즉 정모세포, 정세포, 정자 등을 내포한 정소소엽들이 나타난다(Fig. 10-3). 이와 같은 성장기 정소는 2~3월에 나타나고 있다. 정소의 성숙과 함께 정세포가 정자로 변태되면서 소엽은 비후된다. 이들 정자는 정소소엽의 내강에서 수정세관으로 이동되어 정자피를 형성한다(Fig. 10-4). 이런 완숙 정소를 갖는 개체는 3~4월에 나타나고 있다. 방정후 소엽내에 남아 있는 정자들은 퇴화 흡수되어 가며 정소 자체는 위축된다(Fig. 10-5). 위축된 정소내에는 소엽상피가 비후되어 재배치되면서 정원세포들이 출현하기 시작한다(Fig. 10-6). 이러한 휴지기 개체는 5월과 11월에 나타나고 있다.

4. 호르몬 처리에 의한 배란 유도과 수정 및 부화

1988년에 종묘생산된 10마리(5년어)의 체장과 체중은 각각 32.28 ± 1.94 cm, $1,710 \pm 135$ g, 암수비율은 4 : 6이었다. 호르몬 처리를 하지 않은 1993년 5월 19일에 사육수조에서 외부 형태적으로 방란 직후로 보이는 암컷(1,820 g)에서 인공채란(25 g)수정시켰으나 부화는 되지 않았다.

1988년산(5년어)과 1990년산(3년어)을 대상으로 호르몬 처리에 의한 위생식소속도지수, 주사후의 채란 시간, 수정율 및 부화율의 결과는 Table 3과 같다. 호르몬 처리한 친어의 채란후 체중은 5년어 암컷 2마리는 각각 1,650 g, 1,800 g, 3년어 암컷은 1,600 g이었다.

사육수는 $16.3 \sim 17.8^\circ\text{C}$ (평균 $17.06 \pm 0.65^\circ\text{C}$)에서 HCG 주사후 채란까지의 소요된 시간은 체중 1 kg당 500 IU를 처리한 5년어는 각각 139시간, 142시간이었고, 체중 1 kg당 1,000 IU를 처리한 3년어는 114 시간이었다.

채란량은 5년어가 각각 650 g, 400 g (일부 난이 자연 방란 됨)이었고, 3년어는 610 g이었다.

위생식소속도지수는 5년어가 28.65, 18.18이었고, 3년어는 27.6이었다.

수정율은 5년어가 각각 98.0%, 97.4%였고, 3년어는 96.5%였다. 수정후 부화까지는 수온 $17.9 \sim 19.6^\circ\text{C}$ 에서 6~8일이 소요되었고, 부화율은 5년어가 각각 83.8%, 82.7%였고, 3년어는 79.8%였다.

부화자어의 크기는 2.66~2.99 mm로서 평균 2.85 ± 0.11 mm였다.

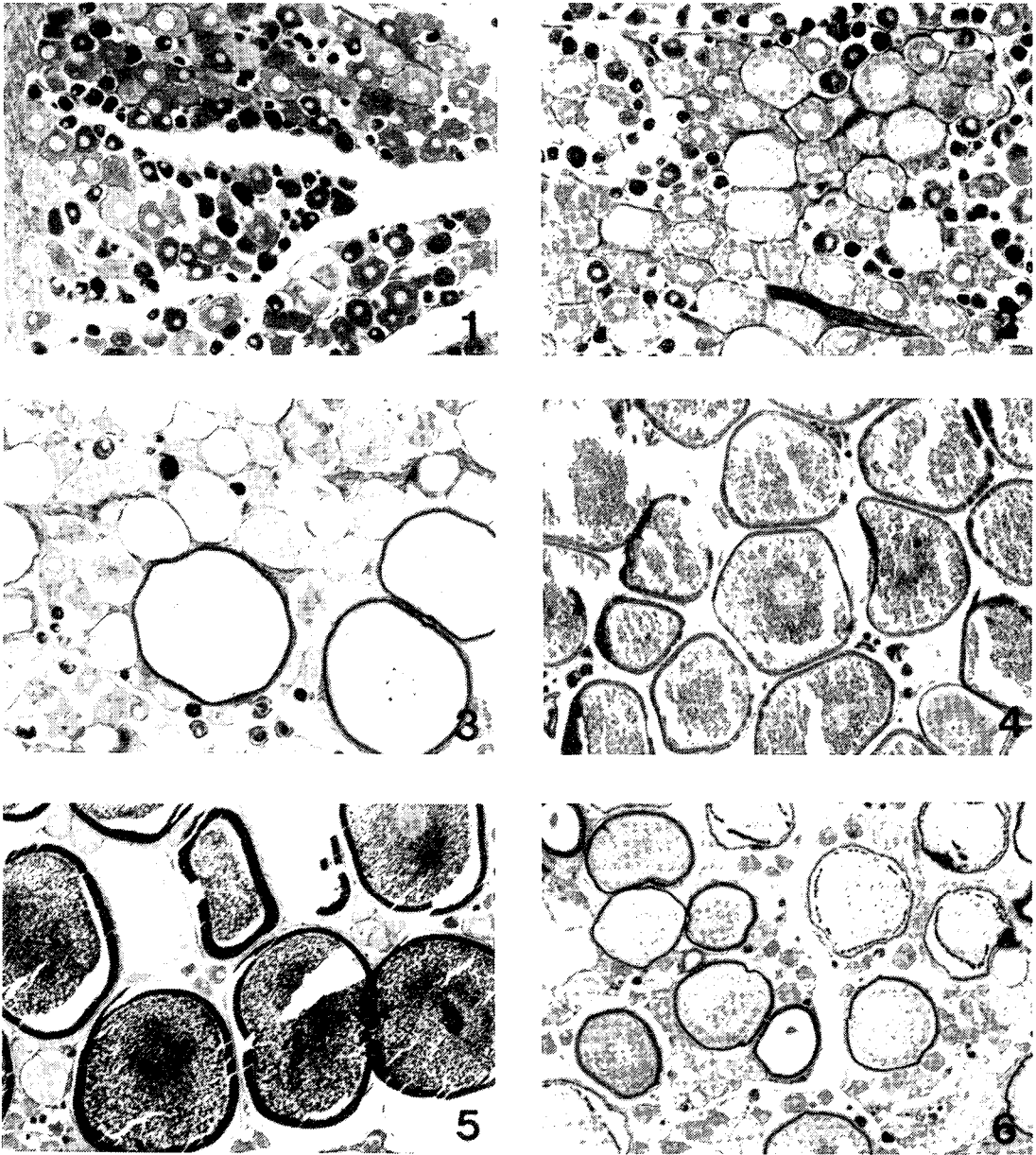


Fig. 9. Gonadal development of female tiger puffer, *Takifugu rubripes* of the reproductive cycle.

1 & 2. growing stage ($\times 100$).

3. early mature stage ($\times 100$)

4. mature stage ($\times 100$).

5. ripe stage ($\times 50$).

6. degenerative stage ($\times 50$).

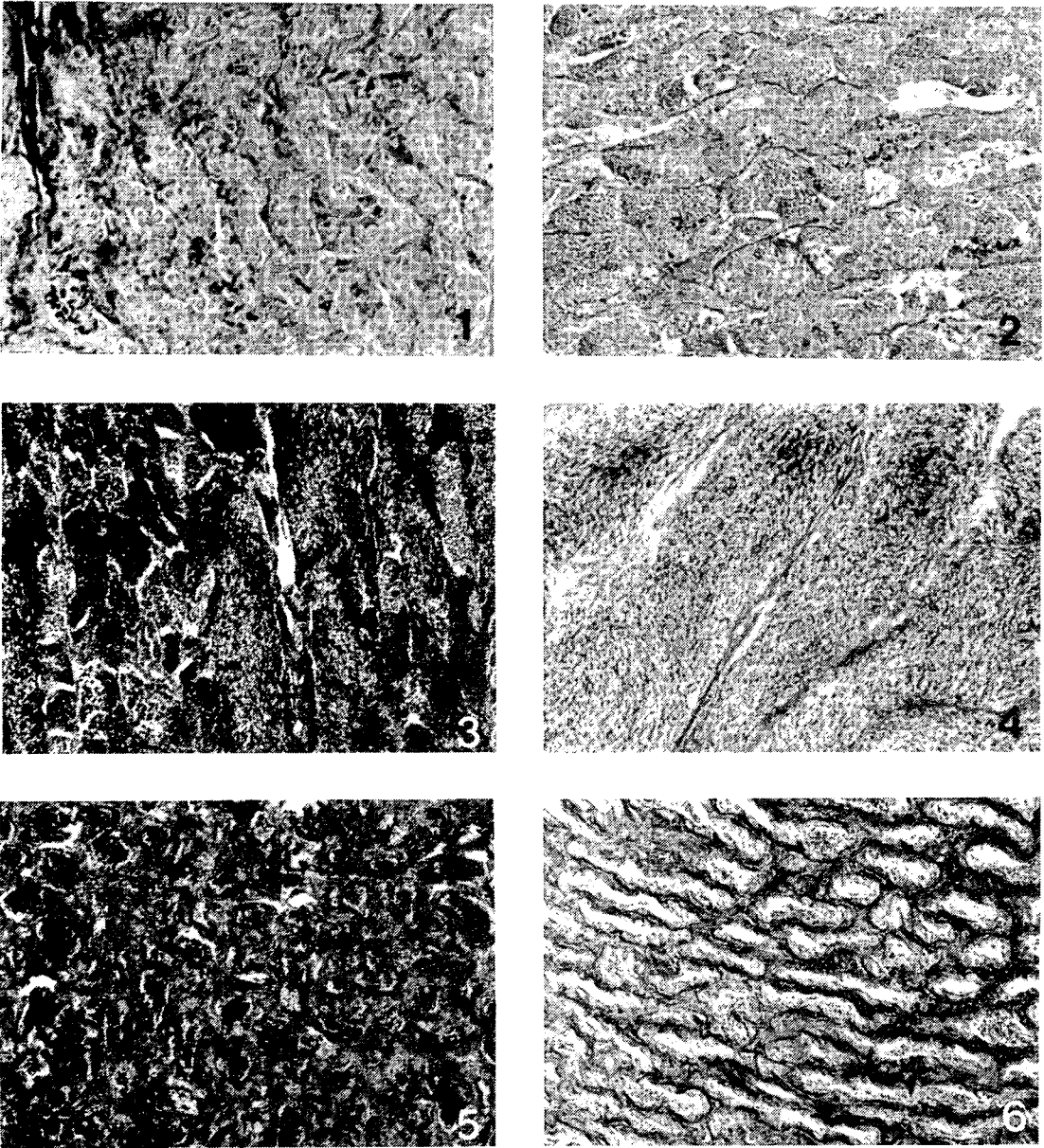


Fig. 10. Gonadal development of male tiger puffer, *Takifugu rubripes* of the reproductive cycle.

1. multiplicative stage ($\times 200$).
2. growing stage ($\times 200$).
3. mature stage ($\times 200$).
4. ripe and spent stage ($\times 200$).
5. degenerative stage ($\times 200$).
6. resting stage ($\times 200$).

고 찰

어류에 있어서 性成熟은 내적요인과 아울러 외부 환경 요인으로 온도와 광이 깊어 관련되고 있음이 일반 硬骨魚類에서 알려져 있고(Henderson 1963; Lee and Hanyu 1984; Wootton 1982), 천연산 자주복의 전장에 따른 연령추정을 1년어 220 mm, 2년어 400 mm, 3년어 460 mm, 4년어 510 mm로 보고하고 있다(Ogushi 1987; Iwamasa 1988). 그리고 천연에서 자주복의 첫 성숙기는 수컷은 전장 40 cm (2년어), 암컷은 48 cm (3년어)이며(Iwamasa 1988), 암컷은 3년만에 성숙하여 연안의 산란장으로 이동하여 오면서 어획자원으로 가입된다(Tadashi *et al.* 1993).

이 연구에서 1991년산 자주복(2년어)은 1993년 5월에 전장과 체중이 각각 34.50 ± 1.72 cm, $1,048 \pm 228$ g으로 성장하였고, GSI는 암컷이 1992년 9월에 최소값 0.23 ± 0.12 에서 1993년 2월에 최대값 0.74 ± 0.08 로 월별 변화가 적었지만, 수컷은 1992년 8월에 최소값 0.13에서 1993년 4월에 최대값 8.69 ± 5.09 로 월별 변화가 크게 나타났다. 암컷의 GSI가 0.45 ± 0.04 로 나타나는 4월에 난소내 대부분 난경 $130 \mu\text{m}$ 전후의 난황포기 난모세포들이 차지 하고 있으며 일부 성장이 빠른 난모세포는 방사선대와 여포세포층이 형성되는 난경 $350 \mu\text{m}$ 까지 성숙하고 있으나 5월에 $25 \mu\text{m}$ 전후 어린 난모세포를 제외한 성숙란들은 퇴행 변성되었다. 반면에 수컷의 GSI가 8.69 ± 5.09 로 나타나는 4월의 정소 소엽내에는 변태된 정자들이 무리를 지어 나타나고 있어 기능적인 수컷으로 성성숙에 도달하였다. 1990년산 자주복(3년어)은 1993년 5월에 체장과 체중이 각각 36.02 ± 1.17 cm, $1,402 \pm 66$ g으로 성장하였고, GSI는 4월에 암컷 8.05 ± 5.58 , 수컷 12.04 ± 1.83 으로 나타났다. 암컷 GSI가 3.62 ± 5.33 인 3월의 난소내에는 $650 \mu\text{m}$ 전후의 성숙란이 대부분 차지하고 있고, GSI가 8.05 ± 5.58 인 4월의 난소내에는 $900 \mu\text{m}$ 내외의 완숙란들이 나타나고, 수컷 GSI가 4.72인 3월의 정소내에는 정모세포군, 정세포군 및 변태된 정자들이 집괴를 형성하며 GSI가 12.21 ± 4.45 인 5월에는 정소의 비후된 소엽내강에 변태된 정자들이 무리를 지어 나타나서 이들 암수는 기능적 성성숙에 도달하는 것으로 생각된다. 이와 같은 결과는 크기에서 Ogushi (1987)와 Iwamasa (1988)가 보고한 천연산 2, 3년어에 비해 적었지만, 기능적 성성숙에 도달하는 것은 Iwamasa (1988)가 보고한 첫 성숙기 수컷 2년어, 암컷 3년어와 일치하였다.

어류의 간에는 vitellogenin 물질을 합성하여 卵巢內卵의 난황형성을 촉진케하는 중요한 역할을 하고 있다(Aida *et al.* 1973; Takashima *et al.* 1971). 자리돔, *Chromis notatus* (李와 李 1988), 그물코 쥐치, *Rudarius ercodes* (Lee and Hanyu 1984), 점망둥어, *Chasmichthys dolichognathus* (Beak *et al.* 1985), 은어, *Pleoglossus altivelis* (Ishida 1979) 등은 GSI에 따른 HSI의 변화는 반비례적인 상관관계를 보고하고 있으며 이와 반대로 고등어, *Scomber japonicus* (Noguchi and Bito 1953), 노래미, *Agrammus agrammus* (Chung *et al.* 1986) 등에서는 GSI와 함께 HSI도 증가하는 정상관계를 나타내고 있다. 이 연구에서 3년어 자주복은 GSI와 HSI가 정상관적인 변화를 보이거나 2년어 자주복은 거의 상관관계 없이 나타나고 있다. GSI에 대한 HSI의 정상관역상관 관계를 가지고 변화는 것은 간에서 생식소 발달에 관여하는 난황전구물질의 합성 및 저장시기와 간으로부터 난소에 공급되는 시기의 차이 그리고 각 어종에 따른 서식습성 및 먹이관계에서 오는 체내영양에너지 축적의 차이에서 오는 것으로 보고하고 있다(李와 李 1988).

자주복의 종묘생산은 천연산 친어에서 인공수정하여 수정란을 이용하였으나 최근에는 자연산 친어의 어획이 어렵기 때문에 원활한 수정란 공급을 위하여 HCG 처리로 배란을 유도하게 되었다.

호르몬에 의한 산란 유도는 Houssay (1930, 1931)가 *Prochilodus platensis*의 뇌하수체를 *Cnesterdon decemmaculatus*에 복강에 주사함으로써 산란을 최초로 유도시킨 이래 여러 종을 대상으로 다양한 호르몬에 의한 유도가 이루어지고 있으며 주로 성숙, 산란 유도 및 산란 시간의 조절 등이 중점적으로 연구되어지고 있다(Donaldson and Hunter 1983).

산란 유도 호르몬 중 HCG는 비교적 값이 싸고 표준화가 가능하다는 점 등으로 인해 인공성숙촉

진 및 산란 유도에 많이 사용되고 있다(Gordin and Zohar 1978). 그리고 천연산 자주복, *Takifugu rubripes*의 호르몬 처리에 있어서는 은연어, *Oncorhynchus keta*의 뇌하수체 및 Gonadotropin을 체중 1 kg에 대해서 각각 7 mg과 500 IU를 주사했고, 주사후에 복부 팽만이 적을 경우에 동량의 뇌하수체를 등근부(背筋部)에 주사하여 성숙을 촉진시켰다(宮本 等 1992).

호르몬 주사후 채란 가능 시간은 방어, *Seriola quinqueradiata* (梅田 等 1981), 참돔, *Pagrus major* (赤崎 等 1976), 새눈치, *Acanthopagrus latus* (赤崎 等 1978), 도다리, *Pleuroichthys cornutus* (北島 等 1988), 돌돔, *Oplegnathus fasciatus* (松山 等 1989), 능성어, *Epinephelus septemfasciatus* (北島 等 1991) 등에서 48시간 이내에 가능하였다. 그리고 宮本 等(1992)의 자주복에서 83~174시간에서 가능하고, 호르몬 처리에 따른 채란시간의 차이는 호르몬 주사시의 친어 상태나 활력에 따라 차이가 있는 것으로 보고하고 있다. 이 연구에서는 114~142시간이 소요되어 宮本 等(1992)과 유사하게 자주복은 다른 어종에 비해서 채란 가능 시간이 길었다.

호르몬 량은 common sole (*Solea solea* L.)에서 HCG를 어체 kg당 1,000 IU 처리한 구보다 250에서 500 IU 처리한 구가 배란과 산란량의 증가와 수정율이 높은 효과가 있었고, HCG량은 난모세포 vitellogenic 단계와 역의 관계를 보여 주고 적은 량 처리에서 오랜 기간 동안 완숙란의 산란이 유도된다(Ramos 1986). 이와 유사한 결과는 *Sparus aurata* L.에서 Zohar and Billard (1978), Zohar and Gordin (1979) 등이 보고하고 있다. 미꾸라지, *Misgurnus mizolepis*에서는 어체 1 g당 2~10 IU에서 23.1~100% 산란이 유발되었으며, 특히 6 IU의 농도 이상에서는 모든 실험어가 100%로 산란하였다. 그러나 HCG 농도 증가에 따른 수정율, 부화율 및 생식소속도지수의 변화는 관찰되지 않았다(金 等 1992). 미꾸리, *Misgurnus anguillicaudatus*는 어체 1 g당 10 IU에서 80~100% 산란 유도되었다(Suzuki and Yamaguchi 1977). 이 연구에서 어체 1 kg당 1,000 IU 주사한 3년어가 500 IU 주사한 5년어보다 24시간 빠르게 채란이 가능한 것은 HCG량을 많이 주사한 결과인지 아니면 친어의 활력이나 성숙 상태의 차이인지는 앞으로 연구가 필요하다.

자주복 난소내 난수는 전장 62 cm, 체중 4,160 g의 개체에서 완숙된 난소의 중량은 910 g으로 左卵巢에 324,887개, 右卵巢에 319,820개, 총 644,707개(藤田과 上野 1956), 전장 54 cm, 체중 4.5 kg인 개체에서는 左卵巢에 약 90만개, 右卵巢에 약 60만개, 총 150만개(藤田 1962)을 보고하고 있다.

채란량에 대하여 長谷川 等(1978)은 인공종묘를 생산하여 가두리에서 사육한 3년어 3마리에서 총 43만개를 채란한 보고가 있으나, 본 실험에서는 3년어 1마리를 사용하여 36만개(610 g)를 채란하였다. 그리고 宮本 等(1992)은 호르몬 처리한 천연산 친어 체중 3.35~7.55 kg에서 20~2,080 g 채란한 보고가 있다. 이 연구에 있어서 채란량은 체중 1.65 kg인 5년어에서 650 g, 1.80 kg에서 400 g, 1.6 kg의 3년어에서 610 g로서 宮本 等(1992)에서 보고한 채란량과의 차이는 친어의 성숙과 체중에 따른 차이로 생각된다. 그런데 이 시험에 사용한 5년어의 위생식선지수가 각각 28.65, 18.18로 차이가 컸던 것은 후자의 경우 채란전 수조에서 자연방란 된 것에 기인한 것으로 생각된다. 수정율은 천연산 완숙어에서 75.0~98.1% (立石 1984), 양식산은 30% (長谷川 等 1978), 천연산 친어에 호르몬을 처리한 경우는 68~96% (宮本 等 1992)라고 보고하였는데 본 연구에서는 종묘생산하여 사육한 친어에 HCG처리로 96.5~98.0%로서 다소 높은 결과를 얻을 수 있었다.

부화율은 환수와 통기를 하지 않은 콘크리트수조(1,690 l)에서 收容卵量($100 \times 10^3 \sim 145 \times 10^3$ 개)에 따라 26.0~88.5%였고, 환수(8.5~10회)와 강한 통기 상태의 硬質鹽化비닐水槽(180 l)에서는 수용란량($182.5 \times 10^3 \sim 1,200.0 \times 10^3$ 개)에 따라 88.3~99.1% (立石 1984)였고, 양식산에서 22% (長谷川 等 1978), 천연산 어미에 호르몬 처리를 하여 11~75% (宮本 等 1992)를 각각 보고하고 있다. 이 연구에서는 180 l에 200 g (12만개)을 수용하여 79.8~83.8%의 결과를 얻을 수 있어 천연산 완숙어에서 채란한 立石 (1984)의 강한 통기에 의한 부화보다는 조금 낮지만 長谷川 等(1978)의 양식산이나 宮本 等(1992)이 자연산 어미에 호르몬 처리한 것 보다는 다소 높았다.

이 연구를 종합하여 보면 종묘생산한 자주복을 실내 수조에서 사육하였을 때 機能的 性成熟에 도

달은 수컷은 2년어, 암컷은 3년어였다. 그리고 3년어와 5년어 암컷에 HCG을 주사하여 인공수정시킨 결과 채란량, 수정율 및 부화율에서 양호한 성적을 얻을 수 있어 앞으로 실내사육에 의해서도 보다 안정적인 수정란을 공급할 수 있을 것으로 사료된다.

요 약

자주복, *Takifugu rubripes* 수정란 확보를 목적으로 실내 수조에서 사육한 1990년산(3년어), 1991년산(2년어)을 인공 사육 조건하에서 성장에 따른 월별 생식소속도지수(GSI)와 간속도지수(HSI)를 조사하고, 1988년산(5년어)과 1990년산(3년어)을 대상으로 태반성 성선 자극 호르몬(HCG)을 처리하여 배란을 유도한 후 채란시험을 실시한 결과는 다음과 같다.

1993년 5월까지 성장은 2년어는 체장과 체중이 각각 30.72 ± 1.35 cm, $1,048 \pm 228$ g였고, 3년어는 각각 36.02 ± 1.17 cm, $1,402 \pm 66$ g이었다. 그리고 시험 기간중 양식 자주복의 체장(L)과 체중(W)과의 상관 관계는 2년어는 $W = 1.7892L^{3.1524} \times 10^{-5}$ ($r = 0.9436$)였고, 3년어는 $W = 3.2840L^{3.6069} \times 10^{-6}$ ($r = 0.9070$)였다.

GSI의 변화는 2년어 암컷은 시험기간 중에 0.23 ± 0.12 에서 0.74 ± 0.08 의 범위였지만, 수컷에서는 11월까지의 변화폭이 적었지만 그후 증가하여 4월에 최고값인 8.69 ± 5.09 을 나타냈다. 3년어 암컷은 4월에 8.05 ± 5.58 , 수컷에서는 5월에 12.65 ± 4.60 로 최고값을 나타냈다.

HSI의 변화에 있어서 3년어는 GSI와 정상관적인 변화를 보이거나 2년어는 거의 상관관계 없이 나타난다.

수컷 2, 3년어는 기능적 性成熟에 도달하나, 암컷에 있어서 2년어가 230 μ m 전후의 초기 성숙 단계까지 발달하여 그후 퇴행 변성되고, 3년어는 난경 900 μ m 까지 발달하여 완숙란에 도달하고 있다.

HCG 처리후 채란까지 소요시간은 수온 $16.3 \sim 17.8^\circ\text{C}$ 에서 5년어(500 IU/kg, BW)는 각각 139시간, 142시간, 3년어(1,000 IU/kg, BW)는 114시간이었다. 1마리당 채란량은 5년어가 각각 650 g, 400 g이었고, 3년어에서는 610 g이었으며, 수정율은 각각 98.0%, 97.4%와 96.5%였다. 호르몬 처리에 의한 채란은 성공적이었고, 수정이후 정상적인 부화자어로 이행이 확실하였다.

참고문헌

- Beak, H. J., H. B. Kim, T.-Y. Lee and B. D. Lee, 1985. On the maturity and spawning of the longchin goby, *Chasmichthys dolichognathus*, Bull. Korean fish. Soc. 18: 477~483.
- Chung, E. Y., H. B. Kim and T. Y. Lee, 1986. Changes of the activity of the liver cells accompanied with the reproductive cycle of greening, *Agrammus agrammus*. Bull. Korean fish. Soc. 19: 83~91.
- Donaldson, E. M. and G. A. Hunter, 1983. Induced final maturation, ovulation, and spermiation in cultured fish. p.351~403. In : Hoar, W. S., D. Randall and E. M. Donaldson (Editors), Fish Physiology, Vol. 9(B). Academic Press, London.
- Noguchi E. and M. Bito. 1953. On the seasonal variations of the liver weight and oil content of mackerel. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish. 19: 423~435.
- Takashima, F. T. Hibiya, T. Watanabe and T. Hara. 1971. Endocrinological studies on lipid metabolism in Rainbow trout-I. Difference in lipid content of plasma, liver and visceral adipose tissue, between sexually immature and mature females. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish. 37: 307~311.

- Gordin, H. and Y. Zohar. 1978. Induced spawning of *Sparus aurata* (L.) by means of hormonal treatments. *Ann. Biol. Anim. Biochem. Biophys* 18: 985~990.
- Hayashi, I. 1972. On the ovarian maturation on the Japanese sea bass, *Lateolabrax japonicus*. *Jap. J. Ichtyol.* 19: 243~254.
- Henderson, N. E. 1963. Influence of light and temperature on the reproductive cycle of the eastern brook trout, *Savelinus fontinalis* (Mitchill). *J. Fish. Res. Bd. Can.* 20: 859~897.
- Hiroshisa, D. and S. Yusaku, 1982. The influence of rearing condition on survival and cannibalism on fingerlings of tiger puffer (*Takifugu rubripes* T. et S.). *Bull. Shizouka Pref. Fish. Exp. Stn.* 16: 79~85.
- Wamasa, H. I. 1988. A study on growth and maturity of *Takifugu rubripes* (Temminck et Schlegel) in the Yellow sea and East china Sea. *Bull. Yamaguchi Gaikai Fish. Expl. Stn.* 23: 30~35 (in Japanese).
- Houssay, B. A. 1930. Action sexul de la hipofisis en los perces by reptiles. *Rev. Soc. Arhent. Biol.* 6: 686~688.
- Houssay, B. A. 1931. Action sexuelle de l'hypophyse sur les poissons et les reptiles. *C. R. Seances Soc. Bilo. Ses Fil.* 106: 377~378.
- Aamos, J. R. 1986. Induction of spawning in Common Sole (*Solea solea* L.) with Human Chorion Gonadotropin (HCG). *Aquaculture* 56: 239~242.
- Aida, K. K. Hirose, M. Yokota and T. Hibiya. 1973. Physiological studies on gonadal maturation of fishes-II, Histological changes in the liver cells of Ayu following gonadal maturation and estrogen administration. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.* 39: 1107~1115.
- Lee, T. Y. and I. Hanyu. 1984. Reproductive cycle of small filefish, *Rudarius ercodes*. *Bull. Kor. Fish. Soc.* 17: 423~435.
- Ishida, R. 1979. Changes of hepatosomatic index of the Ayu, *Plcoglossus altivelis*, during a spawning season. *Bull. Tokai. Reg. Fish. Res. Lad.* 100: 167~171.
- Suzuki, R. and M. Yamaguchi. 1977. Effect of temperature on maturation of a cyprinid loach. *Bull. Jpn. Soc. Fish.* 43: 367~373.
- Tokai, T., R. Sato, H. Ito and T. Kitahara. 1993. Year class strength of the ocellate puffer around a spawning area in the inland sea of Japan. *Nippon Suisan gakkaiishi* 59: 245~252.
- Wootton, R. J. 1982. Environmental factors in fish reproduction. *Proceedings of the international symposium on reproductive physiology of fish Wageningen the Netherland*, 210~219.
- Ogushi, Y. 1987. Age and growth of *Takifugu rubripes* (Temminck et Schlegel) in the Yellow sea and East China sea. *Bull. Yamaguch Gaikai Fish. Expl. Stn.* 22: 30~36.
- Zohar, Y. and R. Billard. 1978. New data on the possibilites of controlling reproduction in teleost fish by hormonal treatments. *Coll. Aguac. Thon., Sete. CNEXO Edit., Paris.* 111~123.
- Zohar, Y. and H. Gordin. 1979. Spawning Kinetics in the gilthead sea bream, *Sparus aurata* L. after low doses of human chorionic gonadotropin. *J. Fish Biol.* 15: 665~670.
- 김동수 · 김중현 · 박인석. 1992. 태반성 성선 자극 호르몬 (Human Chorion Gonadotropin) 처리에 의한 미꾸라지의 산란 유도 및 연중 다산란 유도를 위한 연구. *韓國養殖學會誌* 5: 109~115.
- 李秉喆 · 金容億. 1969. 韓國產 主要 海産魚類의 種苗生産에 關한 研究. 1. 자주복 卵發生과 仔魚 및 成長에 대하여. *釜水大臨海研報* 2: 1~11.
- 李榮敦 · 李澤烈. 1988. 자리돔, *Chromis natatus*의 性成熟에 따른 肝細胞 및 GTH 細胞의 活性變化. *濟州大學校 海洋研究所 研究報告* 12: 73~78.

- 朴愛全·金容億. 1991. 자주복, *Takifugu rubripes* 仔稚魚의 内部骨骼發達과 成長. 韓國魚類學會誌 3: 120~129.
- 卞忠圭·盧暹. 1970. 자주복, *Fugu rubripes* (Temminck et Schlegel)의 種苗生産에 관한 研究. 韓國水産學會誌 11: 1~20.
- 盧暹·鄭潤碩. 1993. 자주복, *Fugu rubripes* (Temminck et Schlegel)의 種苗生産에 관한 研究. 韓國養殖學會誌 6: 295~310.
- 盧暹·卞忠圭. 1971. 자주복의 蓄養에 관한 基礎的 研究. 國立水産振興院 研究報告 8: 93~106.
- 梁相根·趙鏞哲·金鍾華. 1993. 자주복, *Takifugu rubripes* 種苗生産의 먹이 效果에 관한 研究. 國立水産振興院 研究報告 48: 81~96.
- 金益秀·李完玉. 1990. 韓國産 참복亞目 魚類. 韓國魚類學會誌 2: 1~27.
- 赤崎正人·橋本秀帝. 1978. 키치마의 種苗生産에 關する 基礎的 研究-I. 癲醉效果とホルモン注射による排卵效果. 宮大農報 25: 277~285.
- 赤崎正人·梶河武史·立中義徳·石橋制. 1976. 마다이의 種苗生産에 關する 基礎的 研究-I.ホルモン投與による卵巢卵의 催熟效果. 宮大農報 23: 25~35.
- 道津喜衛. 1986. 트라프그의 不透明な卵膜層을 除去する 簡便法. 水産増殖 34: 81~82.
- 藤田矢郎. 1962. 日本産主要フグ類의 生活史と 養殖에 關する 研究. 長崎縣水産試驗場論文集 2: 3~31.
- 藤田矢郎. 1962. 트라프그의 人工受精と 仔魚育成. 水産増殖 10: 15~22.
- 藤田矢郎. 1987. 마프그의 産卵と 幼稚魚. 昭和62年度日本水産學會秋季大會講演要旨集. 95pp.
- 藤田矢郎·上野雅正. 1956. 트라프그의 卵發生仔魚前期. 九州大學農學部學藝雜誌 15: 519~523.
- 藤田矢郎·小味山太·與賀田稔久. 1966. 쿠사프그의 人工採卵と 高密度孵化法. 水産増殖 14: 31~36.
- 藤田矢郎·本間義治. 1991. 무시프그의 成熟促進, 卵發生と 飼育による 仔稚魚의 形態. 魚雜 38: 211~218.
- 長谷川仁·大順賀穂作·近藤優. 1978. 養殖트라프그からの採卵. 静岡水試研報 12: 35~36.
- 林田豪介·松清恵一. 1984. 트라프그 種苗生産. 長崎縣水試事報 59: 233~235.
- 北島力·林田豪介·安元進. 1988. 메이타가시이仔稚魚의 飼育と 形態의 變化. 魚雜 35: 69~77.
- 北島力·高屋雅生·塚島康生·荒川敏久. 1991. 마하타의 卵內發生および 飼育による 仔稚魚의 形態變化. 日本魚類學雜誌 38: 47~55.
- 北田哲夫·北島力. 1983. 트라프그 種苗生産試驗. 長崎縣水試事報 58: 170~177.
- 小西貴廣. 1992. フグ類의 養殖에 關する 基礎的 實驗. 平成3年度長崎大學水産學部卒業論文.
- 松山倫也·勝山成美·塚島康生·吉田滿彦·荒川敏久·北島力·松浦修平. 1989. 시로자케腦下垂體および HCG 投與의 인스타이에 對する 成熟, 排卵의 促進效果. 水産増殖 37: 203~209.
- 宮本廉夫·立原一憲·蛭子亮制·塚島康生·松村靖治·藤田矢郎·林田豪介·多部田修. 1992.ホルモン處理による트라프그天然魚의 成熟促進. 水産増殖 40: 439~442.
- 立石建. 1984. 트라프그 種苗生産의 現狀と 要點ならびに 問題點. 技術情報センター 80~91.
- 高見東洋·河村勇一·岩本哲二. 1974. 트라프그의 種苗生産에 關する 研究と 量産化에 關하여. 山口縣水産種苗センター 47pp.
- 梅田晋·水内俊郎·落合明·長谷川泉. 1981. 催熟した브리親魚의 水槽內産卵에 關하여. 栽培技研 10: 127~131.