

박사학위논문

솜뱅이, *Sebasticus marmoratus*와
붉은솜뱅이, *S. tertius*의 성장과 성숙



제주대학교 대학원
제주대학교 중앙도서관
수산생물학과 LIBRARY

배 회 찬

1999년 12월

솜뱅이, *Sebasticus marmoratus*와 붉은솜뱅이, *S. tertius*의 성장과 성숙

지도교수 정 상 철

배 희 찬

이 논문을 이학 박사학위 논문으로 제출함

1999년 12월

배희찬의 이학 박사학위 논문을 인준함



제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

심사위원장 이 정 재

위 원 강 용 주

위 원 이 기 완

위 원 송 춘 복

위 원 정 상 철

제주대학교 대학원

1999년 12월

Growth and Maturation of the Scorpionfish,
Sebastiscus marmoratus and *S. tertius*

Hee-Chan B_{AE}

(Supervised by Professor Sang-Chul C_{HUNG})

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL
FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF
DOCTOR OF SCIENCE

DEPARTMENT OF MARINE BIOLOGY
GRADUATE SCHOOL
CHEJU NATIONAL UNIVERSITY

1999. 12.

목 차

Summary	i
I. 서론	1
II. 재료 및 방법	3
1. 어업 현황	3
2. 형태 분석	3
3. 성숙	6
4. 성장	8
5. 산출 생태	10
III. 결과	11
1. 어업 현황	11
1) 솜뱅이류 어획량의 연 변동	11
2) 어업별 연도별 솜뱅이류 어획량 변동	11
3) 지역별 어획량	15
4) 수협별 판매현황	15
2. 형태 분석	15
1) 종내 암·수간 형태 비교	15
2) 암·수별 중간 비교	19
3) 암·수를 혼합한 중간 비교	19



3. 성숙	19
1) 솜뱅이	19
가. 생식소중량지수 (GSI)의 월 변화	19
나. 간중량지수 (HSI)의 월 변화	23
다. 생식세포 형성과정	23
라. 배발생과 체내 자어 발달	26
마. 생식주기	28
바. 군성속도	32
사. 난경 및 체내 자어 체장 조성	33
자. 포란수와 체내 자어수	36
2) 붉은솜뱅이	36
가. 생식소중량지수 (GSI)의 월 변화	36
나. 간중량지수 (HSI)의 월 변화	40
다. 생식세포 형성과 배발달 과정	42
라. 생식주기	45
마. 군성속도	47
바. 난경 및 체내 자어 체장 조성	50
사. 포란수와 체내 자어수	52
4. 성장	55
1) 솜뱅이	55
가. 윤문 형성의 대응성	55
나. 윤문 형성 시기의 추정	55
다. 생식소중량지수와 비만도의 월 변화	55
라. 전장과 이석경과의 관계	59
마. 윤문 형성 시기의 계산 체장	61
바. 성장식의 추정	62

사. 성숙 연령	65
자. 체장 조성	65
2) 붉은쏨뱅이	69
가. 윤문 형성의 대응성	69
나. 윤문 형성시기의 추정	69
다. 생식소중량지수의 월 변화	69
라. 전장과 이석경과의 관계	72
마. 윤문 형성 시기의 계산 체장	74
바. 성장식의 추정	75
사. 성숙 연령	77
자. 체장 조성	81
5. 산출 생태	81
1) 사육 환경	81
2) 자어 산출	81
3) 자어 산출 횟수와 간격	84
4) 절식 실험	84
5) 자어 사육	84
IV. 고찰	87
V. 요약	94
VI. 참고문헌	97
감사의 글	103

Summary

The study has been carried out to understand population dynamics of two species of scorpionfish, *Sebastiscus marmoratus* and *S. tertius*, based on morphometric analyses, age and growth, gonadal development, and reproductive cycle. The samples used in this study were collected from the coast of Cheju and Wando islands between July, 1992 and August, 1997.

1. Current Status of Scorpionfish Fisheries in Korea

The catch amount of scorpionfishes reached its peak in 1989 showing 6,453 M/T, and then have steadily decreased to 4,705 M/T until 1996. These fishes were caught mainly by three different methods and the amount of catches from 1986 to 1996 by using longline, gillnets and angling were 19,637, 16,487, and 7,715 M/T, respectively. There were also some regional differences in the catch amount of scorpionfish, which were reported as followed : 20,937 M/T in Kyeongnam province, 11,020 M/T in Cheonnam province, 9,695 M/T in Incheon, and 4,872 M/T in Cheju province.

2. Morphometric Analyses

Intraspecific comparisons between female and male *S. marmoratus* showed significant differences in some morphometric characters such as PDL/BL (ratio of predorsal length to body length), PVL/BL (ratio of preventral length to body length), and PPL/BL (ratio of prepectoral length to body length), whereas the same comparisons between female and male *S. tertius* showed significant differences in PDL/BL and PVL/BL. On the other hands, interspecific comparisons indicated that PPL/BL of male *S. marmoratus* was significantly larger than that of male *S. tertius*.

3. Reproductive Cycle

Gonadosomatic index (GSI) of *S. marmoratus* female increased from October and reached the maximum in March, then decreased during the period of November to April. In *S. marmoratus* male, GSI reached the maximum in September, which was one to three months earlier than the female, and then rapidly decreased during the period of October to December. On the other hand, GSI of *S. tertius* female reached the maximum during the period of April and May, and then decreased from June, whereas GSI of male reached the maximum during the period of November and December, which was four to five months earlier than the female, and then rapidly decreased from January.

The annual reproductive cycle of *S. marmoratus* could be divided into five stages in female: growing (June to September), maturation (September to February), ripe and copulation (March to October), gestation and parturition (November to April), degenerative and resting (December to May); and four stages in male: growing (April to July), maturation (August to November), ripe and copulation (September to December), and degenerative and resting (November to March). On the other hand, *S. tertius* had quite different annual reproductive cycle from that of *S. marmoratus*, which was as followed: growing (November to February), maturation (January to April), ripe and copulation (April to May), gestation and parturition (May to June), degenerative and resting (June to November) stages for female; and growing (August to September), maturation (December to November), ripe and copulation (December to January), and degenerative and resting (January to August) stages for male.

About 50% of both female and male of *S. marmoratus* ranging 13.0 to 13.9 cm in total length turned out to become the first maturity, and when the fish grew to be 15.0 cm to 15.9 cm in total length, no fish were

failed to become the first maturity. For *S. tertius*, percentage of the fish reaching the first maturity was 50% when the total body lengths of female and male were 26 and 25 cm, respectively, whereas 100% of fish reached the first maturity when female and male total length were larger than 28 and 27 cm, respectively.

Size frequency distribution of eggs and larvae of *S. marmoratus* showed non-synchronism, and maternal larvae parturition occurred one or two times during the period of November to April. On the other hand, *S. tertius* showed synchronism with only one occurrence of maternal larvae parturition.

Total mean number of eggs and maternal larvae per *S. marmoratus* was 83,224 (ranged 42,974 to 142,975), whereas that of *S. tertius* was much higher at 351,222 (ranged 26,333 to 942,791). The fecundity tended to increase proportionally with the increase in total length and body weight.



4. Growth

The monthly changes of marginal increment in each annual ring groups indicated that the ring of otolith would be formed once a year in February for both *S. marmoratus* female and male, whereas in January for *S. tertius*.

Relationship between the total body length (TL) and the radius of otolith (R) of *S. marmoratus* were as followed:

$$TL = -0.526 + 4.818R \quad (R^2 = 0.717) \text{ for female}$$

$$TL = -1.895 + 5.239R \quad (R^2 = 0.776) \text{ for male.}$$

For *S. tertius*,

$$TL = -3.894 + 5.445R \quad (R^2 = 0.747) \text{ for female}$$

$$TL = -7.428 + 6.260R \quad (R^2 = 0.864) \text{ for male.}$$

When Bertalanffy equation was applied to generate the growth curve, the following equations were obtained.

Growth equations generated with the total length of *S. marmoratus*:

$$L_t(\text{cm}) = 21.484 (1 - e^{-0.424(t+0.334)}) \text{ for female}$$

$$L_t(\text{cm}) = 23.698 (1 - e^{-0.441(t+0.0589)}) \text{ for male.}$$

Growth equations generated with the weight of *S. marmoratus*:

$$W_t(\text{g}) = 163.42 (1 - e^{-0.424(t+0.334)})^3 \text{ for female}$$

$$W_t(\text{g}) = 210.14 (1 - e^{-0.441(t+0.0589)})^3 \text{ for male.}$$

Growth equations generated with the total length of *S. tertius*:

$$L_t(\text{cm}) = 54.491 (1 - e^{-0.101(t+0.471)}) \text{ for female}$$

$$L_t(\text{cm}) = 57.382 (1 - e^{-0.118(t-0.438)}) \text{ for male.}$$

Growth equations generated with the weight of *S. tertius*:

$$W_t(\text{g}) = 2585.54 (1 - e^{-0.101(t+0.471)})^3 \text{ for female}$$

$$W_t(\text{g}) = 3002.28 (1 - e^{-0.118(t-0.438)})^3 \text{ for male}$$

These results indicated that the males grew relatively faster than the females for both *S. marmoratus* and *S. tertius*.

5. Parturition

Mean length of newly born *S. marmoratus* larvae was 3.68 mm (ranged 3.34 to 4.01 mm) and that of *S. tertius* was 3.76 mm (ranged 3.42 to 3.98 mm). Mean number of larvae was 59,836 (ranged 1,440 to 160,080) for *S. marmoratus*, and 191,433 (ranged 8,200 to 334,600) for *S. tertius*. On the other hand, an additional larvae parturition was observed at the three batches of *S. marmoratus* during the period of 14 to 21 days after the first parturition, but no additional parturition was occurred in *S. tertius*.

I. 서 론

우리 나라 전 연안에서 쏨뱅이목 양볼락과 어류는 8속 30종이 보고되고 있으며, 쏨뱅이 속(屬)에는 붉감쟁 (*Sebastiscus albofasciatus*), 쏨뱅이 (*Sebastiscus marmoratus*), 붉은쏘뱅이 (*Sebastiscus tertius*) 3종이 분포한다 (Kim and Lee, 1993).

이 중 쏨뱅이, *S. marmoratus*는 체내 수정 경골어류로 우리 나라 남해안, 일본, 대만 및 동중국해의 연안 압초 지역에 서식하는 정착성 어류로 체색은 서식처에 따라 흑갈색, 갈적색 등으로 변이가 다양하며, 성어는 주로 새우, 게, 어류 등 저서동물을 잡아 먹는다 (Chyung, 1977). 일부 지방에서는 우럭, 돌우럭 등으로 불리우며, 연중 어획 가능한 경제성 어종으로 연안 연승 어업의 주요 대상종이다.

붉은쏘뱅이, *S. tertius*는 쏨뱅이 보다 깊은 곳에 서식하는 종으로 여겨지던 것을 형태적 특징을 바탕으로 Barsukov and Chen (1978)이 신종으로 분류하면서 다른 종으로 알려지게 되었다. 우리 나라에서는 Kim and Lee (1993)가 처음으로 “붉은쏘뱅이”로 신칭 하였으며, 쏨뱅이 보다 대형종으로 체색은 분홍색 또는 붉은색을 나타내며, 가슴지느러미 연조수는 19개로 쏨뱅이 보다 1개 더 많다.

볼락류 성숙에 대한 연구로는 *Sebastes*류의 성숙과 생식주기 (Bowers, 1992; Macgregor, 1970; Moser, 1967; Sasaki and Igarashi, 1974; Takahashi et al., 1991; Wyllie, 1987), 생식에너지와 영양 변동 (Boehlert and Yoklavich, 1984; Norton and MacFarlane, 1995), 난과 배발달 (Yamada and Kusakari, 1991) 등이 보고되고 있다. 국내에는 볼락류의 분류 (Kim and Lee, 1993), 황점볼락, *Sebastes oblongus*의 성숙과 생식주기 (Chang et al., 1995), 볼락, *Sebastes inermis*의 생식과 체내 자어 발달 (Lee and Kim, 1992), 조피볼락, *Sebastes schlegeli*의 초기생활사 (Kim and Han, 1991) 등

이 있다. 쏘뱅이 성숙에 관한 연구로는 생식 생태 (Mizue, 1957, 1958, 1959), 성장과 성숙 (Mio, 1960), 식성과 성숙 (Yokogawa and Iguchi, 1992), 산출 습성과 방류기술 (Ohgami et al., 1978; 有園 등, 1978) 등이 있으며, 국내에는 생식주기에 관한 연구 (Bae et al., 1998; Kim et al., 1999) 등이 보고되고 있다. 그러나, 붉은쏘뱅이에 대한 연구는 일부 분류학적 연구가 있을 뿐 성 성숙과 생식 생태에 관한 체계적인 연구는 국내외적으로 미흡한 실정이다.

볼락류 연령과 성장에 대한 연구는 대부분의 연령사정이 잘 발달된 이석을 바탕으로 조사되어 왔으며 (Love and Westphal, 1981; Laidig and Ralston, 1995), 국내 연구로는 볼락, *S. inermis* (Kang, 1982), 개볼락, *S. pachycephalus* (Choi et al., 1993) 등이 있다. 쏘뱅이에 대한 연령과 성장의 연구로는 Mizue (1958), Mio (1960), 카사고放流技術開發研究會 (1975), 有園 등 (1978), Yokogawa and Iguchi (1992), Hayashi et al. (1995)에 의한 보고가 있으며, 국내에서는 비늘을 이용한 Chang and Kim (1991)의 연구가 있을 뿐이고, 특히 붉은쏘뱅이 연령과 성장에 관한 연구는 국내외에서 찾아보기 힘들다.

쏘뱅이와 붉은쏘뱅이는 형태적 (Barsukov and Chen, 1978), 유전학적 차이가 (關 등, 1990) 보고되고 있음에도 불구하고, 이전에 쏘뱅이에 대한 연구는 일부 두 종이 혼획되어 연구되었을 가능성이 제기되고 있으며, 지역적으로도 성장과 성숙에 많은 차이가 있는 것으로 보고되고 있으나 (Yokogawa and Iguchi, 1992), 아직 두 종에 대한 생식 생태와 연령과 성장에 관한 체계적인 연구는 부족한 실정이다.

따라서 이 연구는 쏘뱅이와 붉은쏘뱅이를 대상으로 어업 현황, 형태 분석, 성숙, 성장, 산출 생태를 바탕으로 두 종의 자원생물학적 특성을 밝히고자 하였다.

II. 재료 및 방법

1. 어업 현황

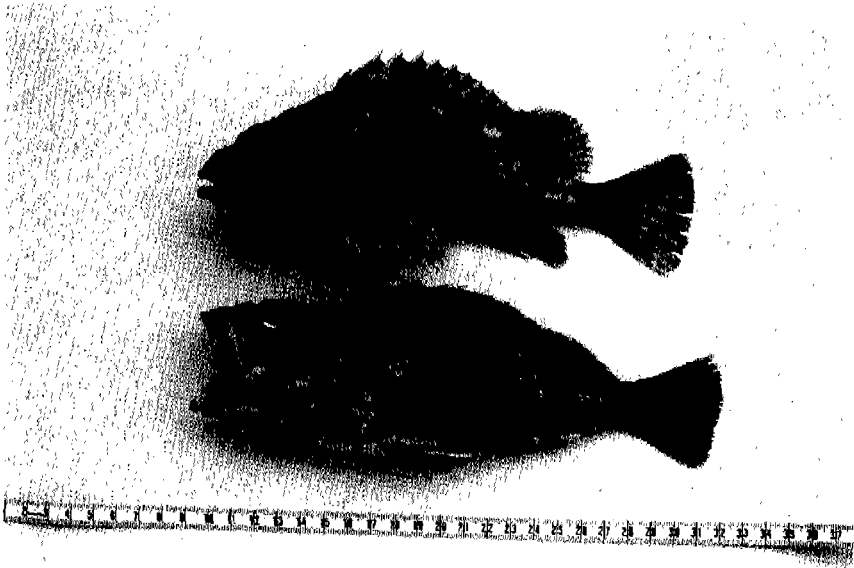
1986년부터 1996년까지 10년간 솜뱅이류 어업의 실태를 분석하기 위하여 농림수산통계연보 (농림수산부, 1986~1996)와 수산물 계통판매고 통계연보 (수협중앙회, 1986~1996)를 조사하였다. 또한 제주시 공동어시장과 완도군 활어공판장, 어촌계 어업인들을 대상으로 의견을 청취하였다.

통계자료 분석을 통하여 솜뱅이류 어획량의 연 변동, 어업별 연도별 어획량 변동, 지역별 어획량, 수협별 판매현황에 대하여 조사하였다.

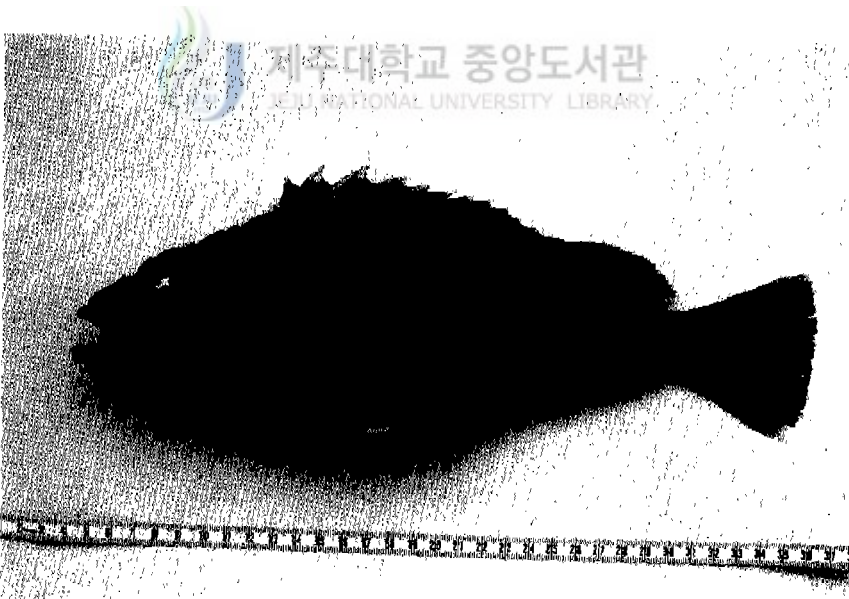
2. 형태 분석

솜뱅이와 붉은솜뱅이의 형태적 특징은 체장 (BL : body length), 체고 (BH : body height), 두장 (HL : head length), 배린전체장 (PDL : predorsal length), 흉린전체장 (PPL : prepectoral length), 복린전체장 (PVL : preventral length) 등의 형질을 이용하여 상대성장을 분석하였다 (Fig. 1, 2). 체고는 어체의 높이로 몸통의 최장경, 두장은 주둥치에서 아가미뚜껑 끝부분까지의 길이, 복린전체장은 주둥치에서 등지느러미 앞까지의 길이, 흉린전체장은 주둥치에서 가슴지느러미 앞까지의 길이, 복린전체장은 주둥치에서 배지느러미 앞까지의 길이를 기준으로 하여 측정하였다.

솜뱅이와 붉은솜뱅이의 종내 또는 종간 암·수의 형태적 차이를 상대성장식 (Huxley, 1932)에 의거하여 비교하였으며, 또한 암·수를 통합하여 종간의 비교를 실시하였다. 이들 형질에 의한 암·수간 및 종간의 형태적 차이는 체장을 기준으로 하여 BL-BH, BL-HL, BL-PDL, BL-PPL, BL-PVL의 회귀직선식을 구한 다음 Snedecor and Cochran (1967)의 공분산 방법으로 검정하였다.



Sebastiscus marmoratus



Sebastiscus tertius

Fig. 1. Two kinds of the scorpionfish, *S. marmoratus* and *S. tertius*.

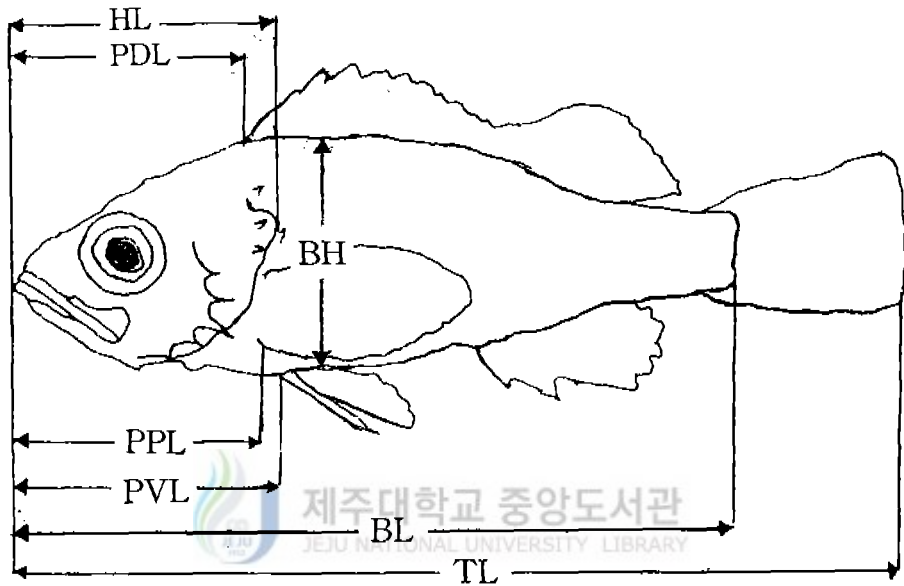


Fig. 2. Measurement of scorpionfish body parts for morphometrical analysis. TL, total length; BL, body length; BH, body height; HL, head length; PDL, predorsal length; PPL, prepectoral length; PVL, preventral length.

3. 성숙

1992년 7월부터 1996년 5월까지 제주도 및 전남 완도 지방에서 연승 어업에 의해 어획된 솜뱅이 총 1,035개체와 1994년 9월부터 1997년 8월까지 어획된 붉은솜뱅이 총 504개체를 어시장에서 구입하였다 (Fig. 3).

전장과 체장은 0.1 cm 까지, 체중, 생식소와 간은 0.01 g까지 측정하였다. 생식소의 조직학적 관찰을 위하여 Bouin 고정액에 24시간 고정 후, 상법인 paraffin 절편법에 의해 5~6 μ m의 두께로 절편하여 Hansen's haematoxylin과 0.5% eosin을 비교 염색하여 조직 표본을 만들었다. 생식소중량지수 (Gonadosomatic index : GSI)는 생식소중량 (GW)과 체중 (BW)의 (1)식, 간중량지수 (Hepatosomatic index : HSI)는 간 중량 (HW) 및 체중 (BW)으로 부터 (2)식에 의해 계산하였다.

$$GSI = GW / BW \times 10^2 \dots \dots \dots (1)$$

$$HSI = HW / BW \times 10^2 \dots \dots \dots (2)$$



난과 자어의 분리는 Gilson 용액에 담근 다음 3~7일간 수회 흔들어 주면서 분리하고, 분리되지 않는 난들은 해부 침으로 완전 분리시킨 다음, 이때 떨어져 나온 결체 조직들은 증류수로 씻어 제거하였다.

포란수 및 체내 자어수는 주 산란기동안 산출 흔적이 없는 성숙한 난소를 조사하였다. 전체의 포란수 (E) 및 체내 자어수 (L)를 난소 중량 (W), 난소막 무게 (W'), 난소의 일부 중량 (ω), 난소 일부 중량중의 포란수 (ϵ) 및 체내 자어수 (λ)를 중량법에 의해 다음식으로 계산하였다.

$$E \text{ (or L) } = \frac{w - w'}{\omega} \times \epsilon \text{ (or } \lambda \text{)}$$

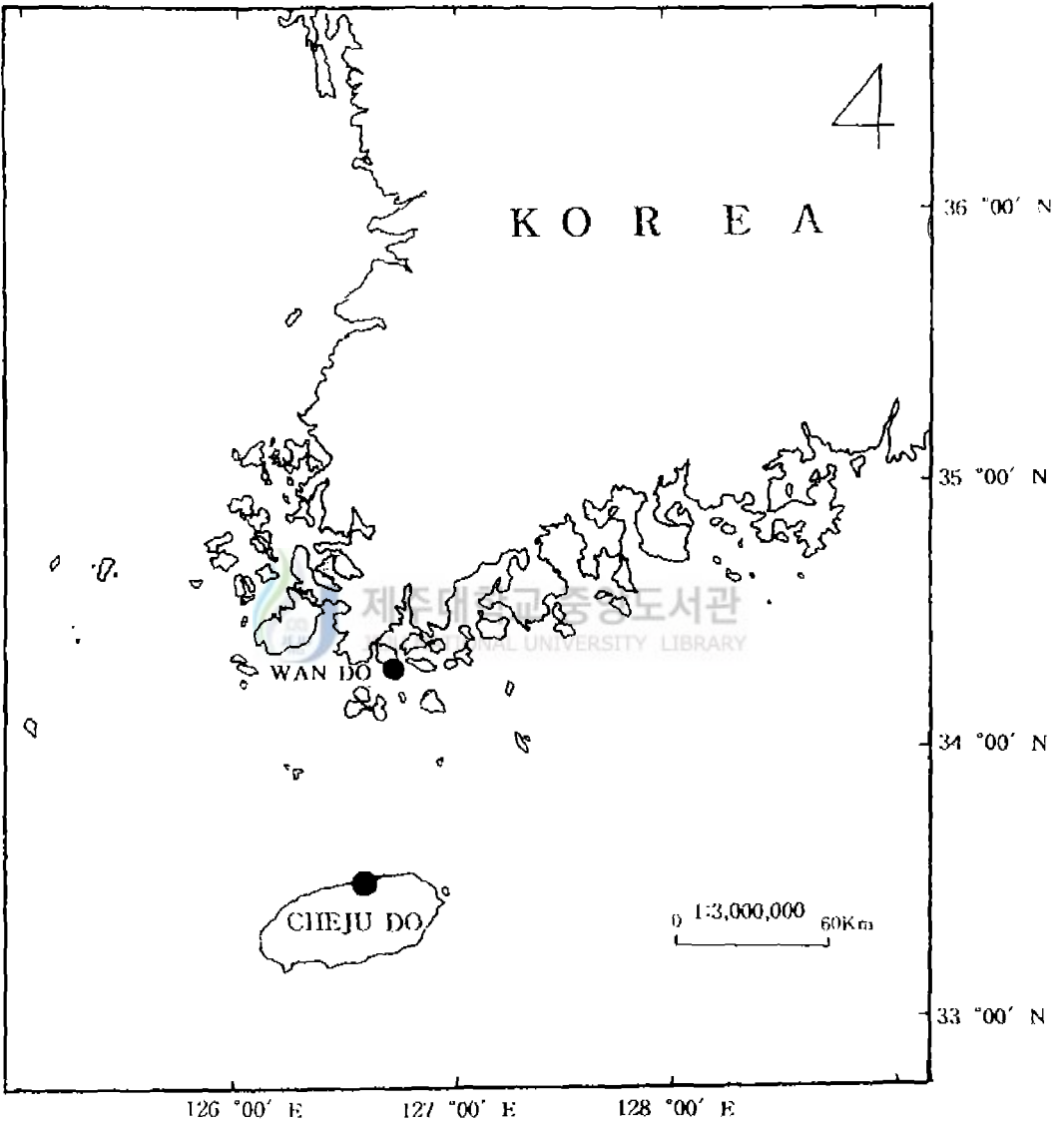


Fig. 3. Sampling locations of the scorpionfish, *S. marmoratus* and *S. tertius*.

포란수와 체내 자어수 (F)의 증가는 $F = aL^b$ 식으로 구하였으며, 난경과 체내 자어의 체장 조성은 만능투영기 10~20배하에서 0.01 mm까지 계측하였다.

4. 성장

성숙조사에 사용된 동일한 개체들에서 추출한 이석을 바탕으로 솜뿔이와 붉은솜뿔이의 연령과 성장에 대하여 조사하였다. 추출한 이석 표본 중 연령 사정이 가능한 표본은 솜뿔이 409개체, 붉은솜뿔이 339개체였다.

소낭내 이석은 청수로 세척한 후 불룩한 면을 밑으로 하여 윤문이 뚜렷할 때까지 솟들에 연마하였다. 연마된 이석은 슬라이드 글라스 위에 불룩면을 밑으로 오게한 다음 캐나다발삼으로 봉입하여 영구 표본을 만들었다. 이석은 Black disk 위에 놓고 실체현미경 10배로서 관찰하였다. 이석은 타원형으로 중심부에서 외측으로 투명대와 불투명대가 교대로 나타났다. 윤문은 불투명대에서 투명대로 이행하는 경계로 하였다. 이석경 (R)은 촛점에서 바깥둘레까지를, 성장윤문경 (r_n)은 촛점에서 각 불투명대가 끝나는 n번째 윤문까지의 거리를 현미경 계측장치 (K. K. Kogaku)로 0.01 mm 단위까지 측정하였다 (Fig. 4).

윤문 형성시기와 연간 형성회수를 확인하기 위하여 이석 연변성장의 월 변화는 전체 이석측정치를 월별로 통합하여 연변부 성장률 (marginal increments, $MI = (R - r_n) / (r_n - r_{n-1})$)을 추정하였다. 여기서 R은 이석경, r_n 은 이석의 중심부에서 n번째 윤문까지의 거리이다.

그리고 평균 윤문경으로 부터 윤문 형성시의 전장을 역계산하는 데는 이석경과 전장과의 관계를 회귀직선에 적용하였다. 전장과 체중간의 상대성장 관계는 포물선식을 이용하였고, 이 식에 역계산 전장을 대입함으로써 윤문 형성시의 체중을 추정하였다.

Walford 정차도법 (Gulland, 1969)으로 극한체장 및 성장의 파라메타를 추정하였고, 성장식을 Bertalanffy 모델로 나타내었다.

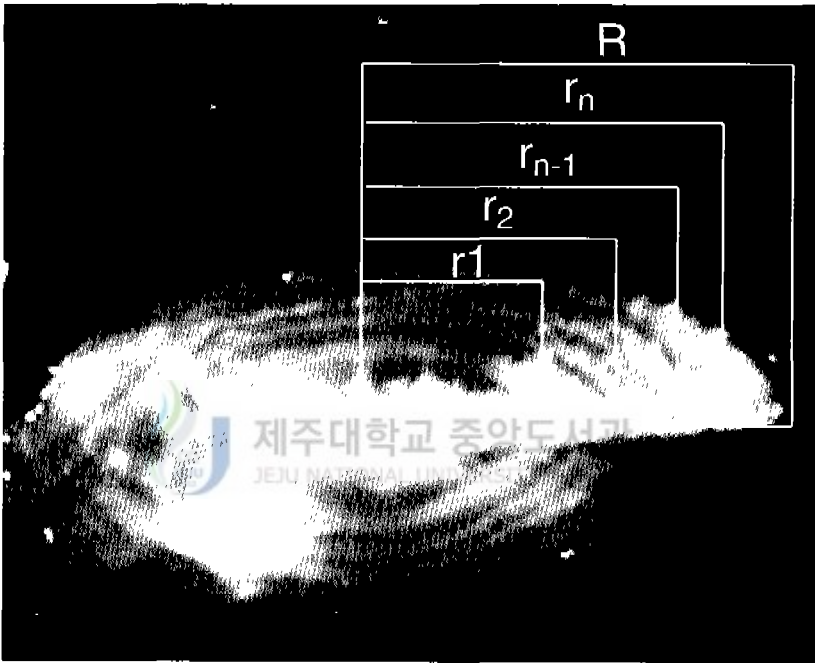


Fig. 4. A method for measuring the annual ring radius of otolith.

5. 산출 생태

친어의 산출 생태를 조사하기 위하여 1997년 5월에 완도군 수협 활어공판장에서 육안으로 성숙한 쏘뱅이와 붉은쏘뱅이 암컷 14마리와 9마리를 각각 구입한 후 국립수산진흥원 완도 수산종묘시험장의 실내 사육 수조에 수용 후 산출 생태를 조사하였다. 사육 기간중 수온, 비중, 용존 산소를 측정하였으며, 개체 식별을 위하여 표지를 부착한 후, 산출이 가까운 개체는 1 ton 원형 FRP 수조에 수용하였다. 산출이 확인되면 바로 친어를 제거하고 용적법으로 산출 자어수 및 폐사율을 산정하였다.

또한 1차 산출을 마친 친어들은 다른 수조에 옮겨 2차 산출 여부를 확인하였다. 절식 실험에 따른 생존율을 파악하기 위하여 1 l 비이커에 자어 200마리씩을 수용한 후 먹이를 공급하지 않은 상태에서 전체가 폐사할 때까지 반복 관찰하였다. 자어 사육은 산출 후 일령 2일째부터 rotifer를 공급하였으며, 5일째부터는 *Artemia nauplii*를 rotifer와 병행하여 급이 하였다.



III. 결 과

1. 어업 현황

1) 쏨뱅이류 어획량의 연 변동

1986년부터 1996년까지 전국의 연도별 쏨뱅이류 총 어획 통계량을 조사하였다 (Fig. 5). 쏨뱅이류는 우리 나라 일반 해면 어류 생산량 약 1,200,000 M/T에 0.5% 수준인 연간 5,000~6,000 M/T을 차지하고 있었다. 쏨뱅이류는 1992년까지 “블락 (rockfish)” 이란 명칭으로 쏨뱅이류 전체의 어획 통계량이 집계되었으나, 1993년부터 조피블락 (jacopever), 쏨뱅이 (scorpion fish), 기타 블락류 (other rockfish) 등으로 세분하여 집계되어 오고 있었다. 1986년의 경우 약 5,970 M/T, 1989년에 6,453 M/T으로 가장 많이 어획되었고, 그후 감소하기 시작하여 1996년에는 조피블락 1,854 M/T, 쏨뱅이 58 M/T, 기타 블락류 2,793 M/T으로 이를 합한 전체 어획량이 4,705 M/T으로 해마다 점점 감소하였다.

2) 어업별 연도별 쏨뱅이류 어획량 변동

1986년부터 1996년까지 10년간 어업별 쏨뱅이류 어획량 변동은 주로 연승 (19,637 M/T)에 의해 가장 많이 어획되었고, 다음으로 유자망 (16,487 M/T), 낚시 (7,715 M/T), 저인망 (7,120 M/T), 정치망 (3,712 M/T), 부망 (3,060 M/T), 통발 (2,007 M/T)등의 순으로 어획되었다 (Fig. 6).

어업별 연도별 어획량 변동은 Fig. 7과 같다. 연승 어업은 1986년에서 1991년에 약 2,000~2,300 M/T의 많은 어획량이 1996년에는 과거의 절반 수준인 1,002 M/T으로 감소하였다. 유자망 어업은 1986~1993년 사이 2,000 M/T 전후로 어획량 변동이 없었으나, 1994년 이후 급격히 감소하여 1,000 M/T 이하로 어획되었다. 반면, 낚시 어업은 1992년까지 400 M/T 규모로 어획되었으나, 이후 증가하기 시작하여 1996년에는 1,066 M/T으로 2.5배 정도 어획되었다.

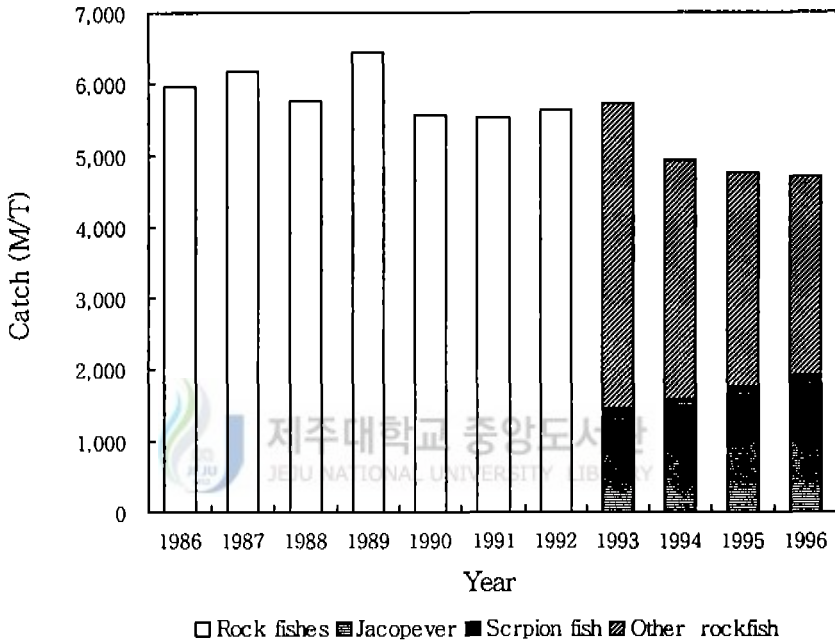


Fig. 5. Comparison of annual catch among rockfishes in Korea 1986~1996.

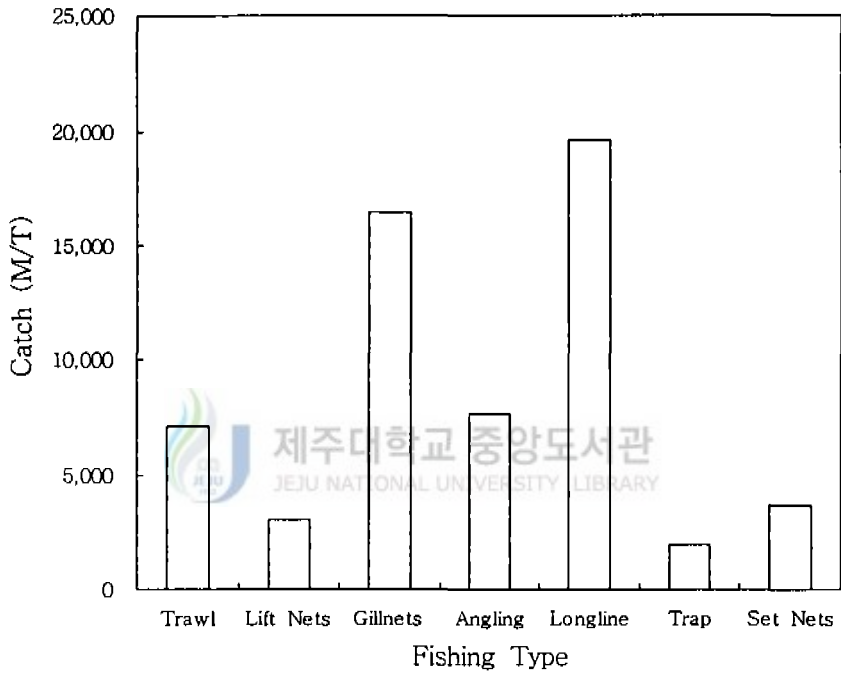


Fig. 6. Estimated total scorpionfish catch by different fishing gear type in Korea 1986~1996.

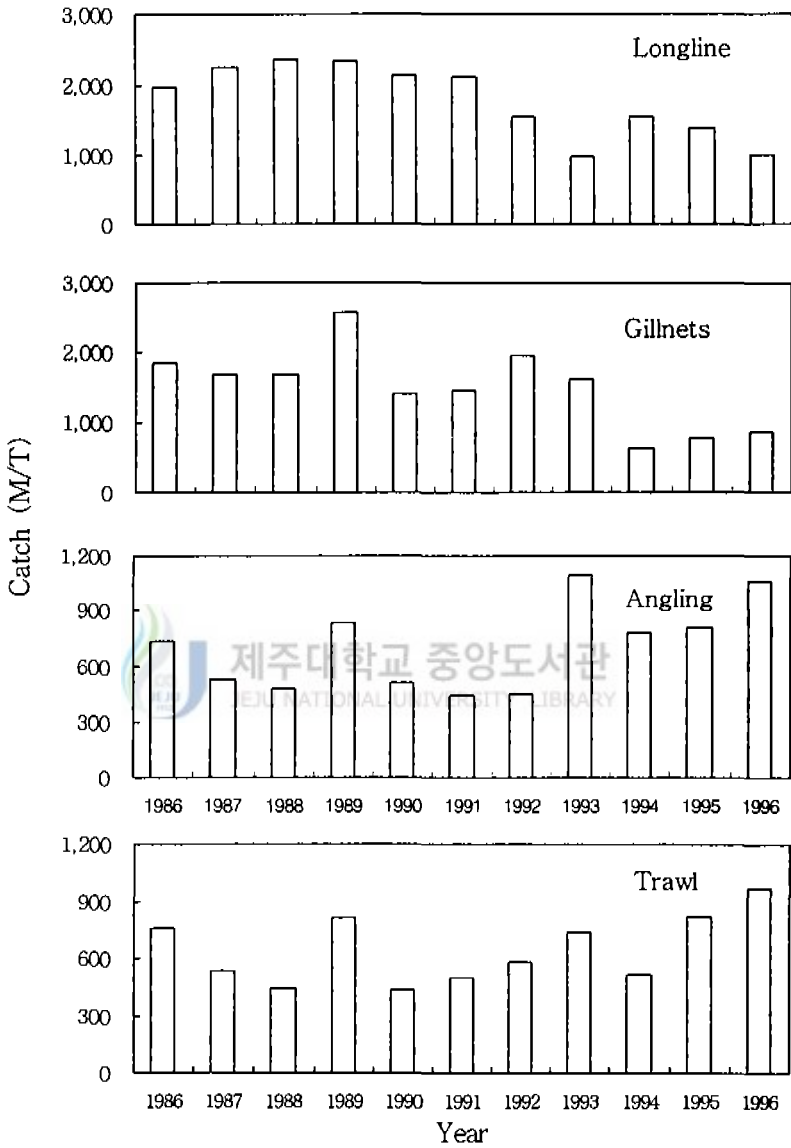


Fig. 7. Comparison of annual scorpionfish catch by different fishing gear types in Korea 1986~1996.

저인망 어업은 1990년 437 M/T의 어획량이 증가하기 시작하여 1996년에는 967 M/T으로 가장 많이 어획되었다.

이와 같이 연승, 유자망 어업에 의한 어획량은 매년 감소 추세에 있으나, 낚시와 저인망 어업에 의한 어획량은 최근 증가하고 있었다.

3) 지역별 어획량

1986년부터 1996년까지 10년간 대표적인 지역별로 썸뱅이류 어획량은 경남 지방이 전체 어종별 합계 20,937 M/T으로 가장 높았으며, 다음으로 전남 지방이 11,020 M/T, 인천 9,695 M/T, 제주 4,872 M/T 순으로 많이 어획되었다 (Fig. 8).

1993년부터 조피볼락 어획량은 전남 (1,712 M/T), 인천 (1,495 M/T), 제주 (1,228 M/T) 순이었으며, 기타 볼락류는 경남 (5,366 M/T), 인천 (2,779 M/T), 전북 (1,364 M/T) 순이었으나, 썸뱅이는 전남 (198 M/T), 경남 (54 M/T)에서만 어획되었다.

4) 수협별 판매 현황

1993년부터 1997년까지 5년간 제주도의 서귀포, 성산포, 제주시, 추자도, 한림 지역과 전남 완도의 지역별 수협 계통 판매량을 바탕으로 지역별 판매 단가를 비교하였다. 조피볼락은 완도 수협에서 22,945원/Kg으로 가장 높았고, 제주 한림 수협에서 3,675원/Kg으로 가장 낮았다. 기타 볼락류는 완도 수협에서 16,004원/Kg으로 가장 높았고, 한림 수협에서 2,390원/Kg으로 가장 낮았다.

썸뱅이는 완도 수협에서 10,928원/Kg으로 가장 높았고, 제주시 수협에서 1,008원/Kg으로 가장 낮았다 (Fig. 9).

2. 형태 분석

1) 종내 암·수간 형태 비교

표준 체장 (BL)을 기준으로 각 어체 부위별 크기와의 관계를 종내 암·수별로 회귀성장식을 구하여 상대성장을 비교하였다 (Table 1).

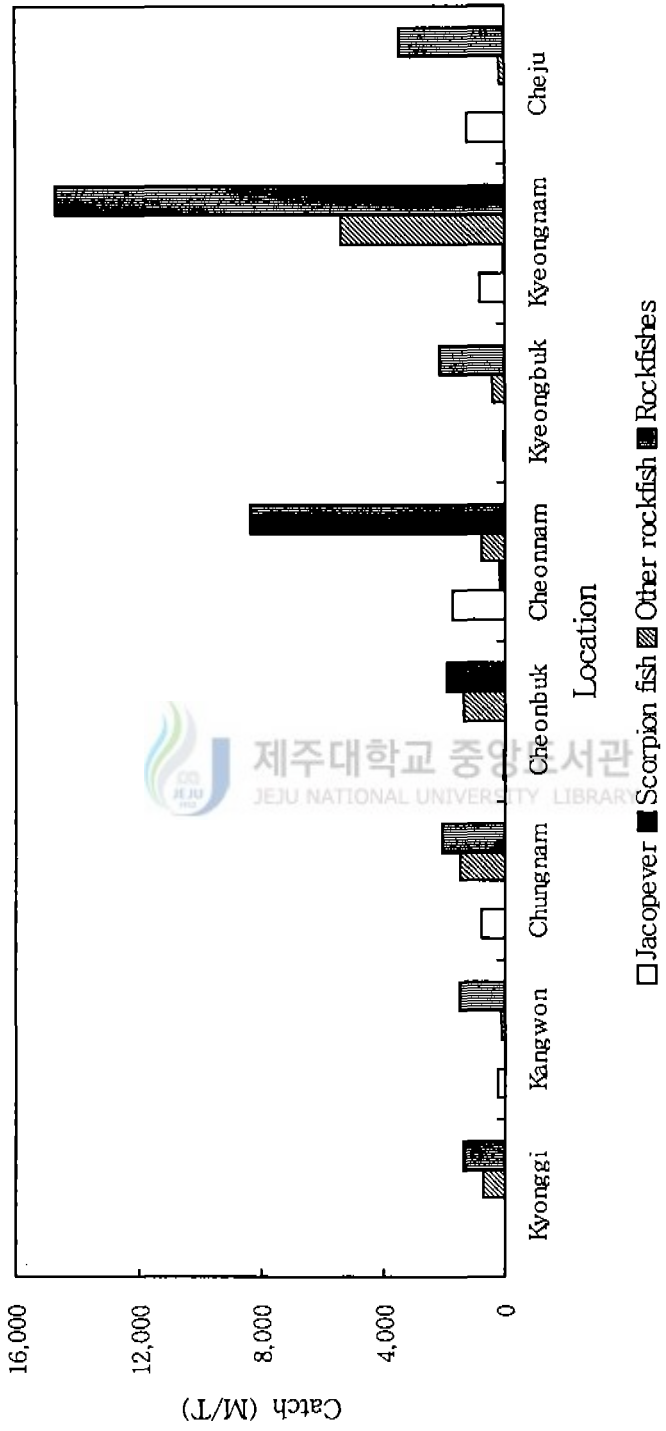


Fig. 8. Comparison of total scorpionfish catch among the different provinces of Korea 1986 ~ 1996.

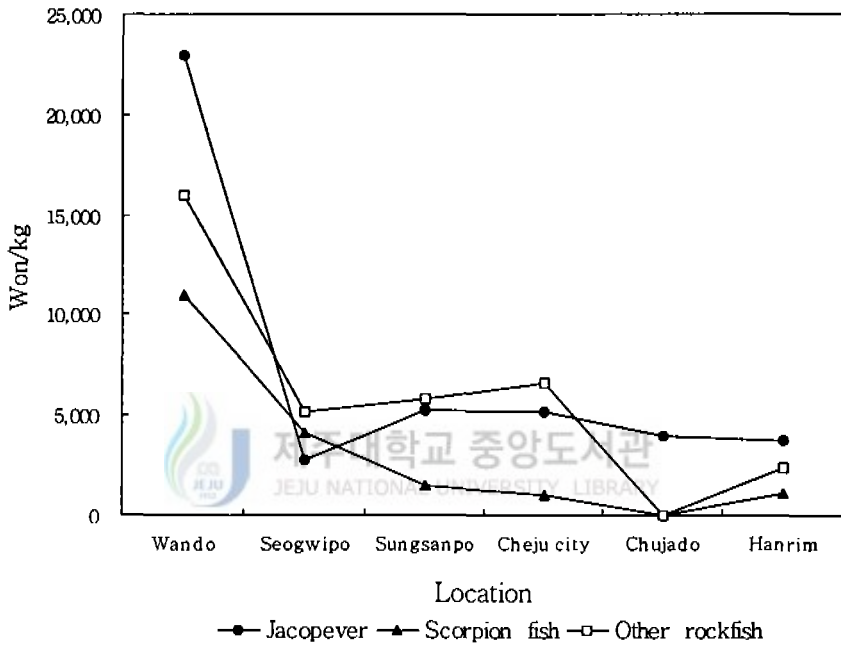


Fig. 9. Comparison of unit price in consignment sales through the cooperative association for scorpionfishes from 1993 to 1997.

Table 1. Morphometric differences between female and male *S. marmoratus* and *S. tertius* based on the analysis of covariance

Species	Relationship	Female	Male	Test for slopes
<i>S. marmoratus</i>	BH/BL	BH = 0.419 BL ^{0.940} (R ² = 0.90)	BH = 0.311 BL ^{1.037} (R ² = 0.87)	F(1, 279) = 1.120
	HL/BL	HL = 0.411 BL ^{0.998} (R ² = 0.93)	HL = 0.381 BL ^{1.024} (R ² = 0.92)	F(1, 279) = 2.634
	PDL/BL	PDL = 0.382 BL ^{0.984} (R ² = 0.84)	PDL = 0.423 BL ^{0.946} (R ² = 0.88)	F(1, 279) = 6.086*
	PPL/BL	PPL = 0.414 BL ^{0.973} (R ² = 0.84)	PPL = 0.291 BL ^{1.101} (R ² = 0.80)	F(1, 279) = 4.741*
	PVL/BL	PVL = 0.499 BL ^{0.956} (R ² = 0.79)	PVL = 0.379 BL ^{1.064} (R ² = 0.77)	F(1, 279) = 4.289*
<i>S. tertius</i>	BH/BL	BH = 0.319 BL ^{1.029} (R ² = 0.94)	BH = 0.314 BL ^{1.036} (R ² = 0.91)	F(1, 333) = 1.451
	HL/BL	HL = 0.406 BL ^{1.004} (R ² = 0.95)	HL = 0.405 BL ^{1.007} (R ² = 0.92)	F(1, 333) = 1.072
	PDL/BL	PDL = 2.555 BL ^{0.899} (R ² = 0.94)	PDL = 0.437 BL ^{0.939} (R ² = 0.94)	F(1, 333) = 10.413**
	PPL/BL	PPL = 0.446 BL ^{0.949} (R ² = 0.91)	PPL = 0.441 BL ^{0.956} (R ² = 0.89)	F(1, 333) = 0.031
	PVL/BL	PVL = 0.492 BL ^{0.955} (R ² = 0.85)	PVL = 0.416 BL ^{1.017} (R ² = 0.83)	F(1, 333) = 8.138**

솜뱅이는 PDL/BL (배린전체장 비), PPL/BL (홍린전체장 비), PVL/BL (복린전체장 비)의 3가지 형질에서 암·수 사이에 유의 ($P<0.05$) 하였고, 붉은솜뱅이 암·수 사이에는 PDL/BL, PVL/BL의 두 가지 형질에서 고도의 유의 차가 ($P<0.01$) 있었다.

2) 암·수별 종간 비교

솜뱅이와 붉은솜뱅이의 암·수별로 종간 상대 성장식을 비교하였다 (Table 2). 암컷 내에서 솜뱅이와 붉은솜뱅이 사이에는 어체 부위별 유의 차가 인정되지 않았지만 ($P>0.05$), 수컷은 PPL/BL에서는 고도의 유의 차가 ($P<0.01$) 인정되었다.

3) 암·수를 혼합한 종간 비교

암·수를 혼합하여 솜뱅이와 붉은솜뱅이 종간 상대성장식을 비교하였다 (Table 3).

솜뱅이와 붉은솜뱅이 사이 PPL/BL (홍린전체장 비)에는 고도의 유의 차가 ($P<0.01$) 인정되었으며, PVL/BL (복린전체장 비)에서도 두 종 사이의 유의 차가 ($P<0.05$) 인정되었다.

3. 성숙

1) 솜뱅이

가. 생식소중량지수 (GSI)의 월 변화

암·수 생식소중량지수 (GSI)의 월 변화는 Fig. 10과 같다. 연도별로 약간의 차이는 있으나, 암컷의 생식소중량지수 (GSI)는 9월부터 급격히 증가되어 10월에서 3월 사이에 연도별로 최대값에 이른 후, 그 값은 11월과 4월에 급격히 감소되었다. 수컷의 GSI값은 8월부터 증가하여 9월에 최대값에 이른 후, 10월부터 12월까지 급격히 감소되었다. 따라서 수컷은 암컷보다 GSI 최대값이 1~3개월 빨랐다.

Table 2. Morphometric differences between *S. marmoratus* and *S. tertius* based on the analysis of covariance when female and male traits were considered independently

Species	Relationship	<i>S. marmoratus</i>	<i>S. tertius</i>	Test for slopes
Female	BH/BL	BH = 0.419 BL ^{0.940} (R ² = 0.90)	BH = 0.319 BL ^{1.029} (R ² = 0.94)	F(1, 295) = 2.013
	HL/BL	HL = 0.411 BL ^{0.998} (R ² = 0.93)	HL = 0.406 BL ^{1.004} (R ² = 0.95)	F(1, 295) = 0.216
	PDL/BL	PDL = 0.382 BL ^{0.984} (R ² = 0.84)	PDL = 2.555 BL ^{0.859} (R ² = 0.94)	F(1, 295) = 1.086
	PPL/BL	PPL = 0.414 BL ^{0.973} (R ² = 0.84)	PPL = 0.446 BL ^{0.949} (R ² = 0.91)	F(1, 295) = 2.778
	PVL/BL	PVL = 0.499 BL ^{0.956} (R ² = 0.79)	PVL = 0.492 BL ^{0.955} (R ² = 0.85)	F(1, 295) = 1.772
Male	BH/BL	BH = 0.311 BL ^{1.037} (R ² = 0.87)	BH = 0.314 BL ^{1.036} (R ² = 0.91)	F(1, 317) = 0.463
	HL/BL	HL = 0.381 BL ^{1.024} (R ² = 0.92)	HL = 0.405 BL ^{1.007} (R ² = 0.92)	F(1, 317) = 3.249
	PDL/BL	PDL = 0.423 BL ^{0.946} (R ² = 0.88)	PDL = 0.437 BL ^{0.939} (R ² = 0.94)	F(1, 317) = 0.713
	PPL/BL	PPL = 0.291 BL ^{1.101} (R ² = 0.80)	PPL = 0.441 BL ^{0.956} (R ² = 0.89)	F(1, 317) = 17.782**
	PVL/BL	PVL = 0.379 BL ^{1.064} (R ² = 0.77)	PVL = 0.416 BL ^{1.017} (R ² = 0.83)	F(1, 317) = 1.790

Table 3. Morphometric differences between *S. marmoratus* and *S. tertius* based on the analysis of covariance without discrimination between female and male traits

Relationship	<i>S. marmoratus</i>	<i>S. tertius</i>	Test for slopes
BH/BL	BH = 0.377 BL ^{0.973} (R ² = 0.88)	BH = 0.317 BL ^{1.032} (R ² = 0.93)	F(1, 616) = 0.872
HL/BL	HL = 0.398 BL ^{1.009} (R ² = 0.93)	HL = 0.405 BL ^{1.006} (R ² = 0.94)	F(1, 616) = 0.732
PDL/BL	PDL = 0.402 BL ^{0.965} (R ² = 0.91)	PDL = 0.427 BL ^{0.949} (R ² = 0.94)	F(1, 616) = 1.117
PPL/BL	PPL = 0.353 BL ^{1.032} (R ² = 0.82)	PPL = 0.444 BL ^{0.952} (R ² = 0.91)	F(1, 616) = 16.633**
PVL/BL	PVL = 0.431 BL ^{1.015} (R ² = 0.78)	PVL = 0.462 BL ^{0.979} (R ² = 0.84)	F(1, 616) = 5.109*

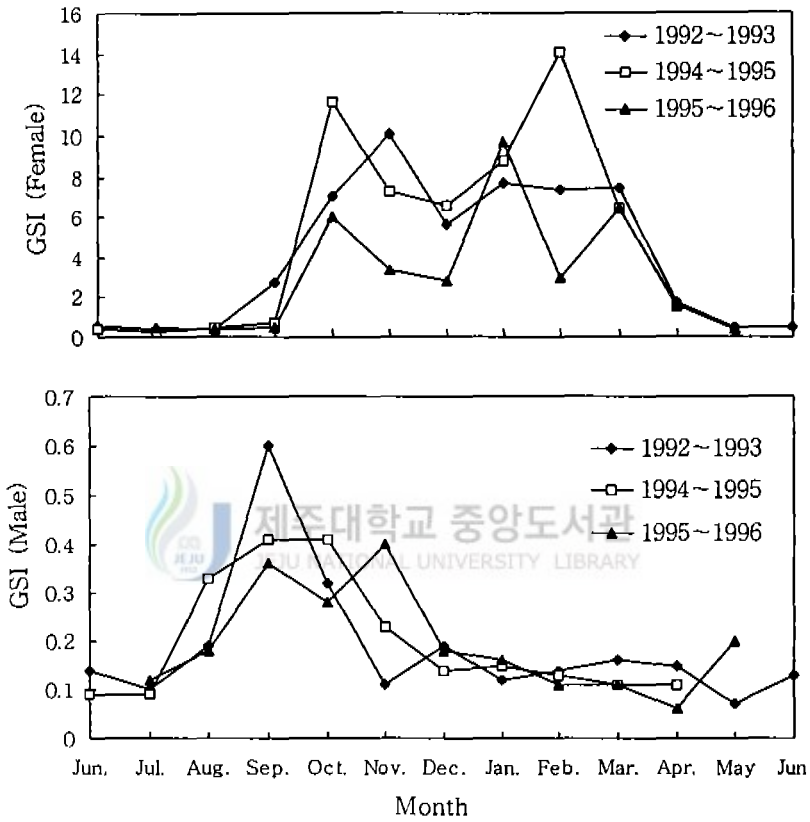


Fig. 10. Monthly variation in gonadosomatic index (GSI) of *S. marmoratus*.

나. 간중량지수 (HSI)의 월 변화

암·수 간중량지수 (HSI)의 월 변화는 Fig. 11과 같다. 암컷의 HSI 월별 평균 변화의 최대값은 92년 9월, 94년 7월, 95년 10월에 각각 2.58, 2.65, 2.42 이었고, 이후 점차 감소하여 93년 5월, 95년 3월, 96년 2월에는 각각 약 1.0 전후로 가장 낮았다.

수컷의 경우에는 93년 2월, 94년 7월, 95년 8월에 1.46, 2.03, 1.85로 가장 높았으며, 1995년 11월을 제외하면, 12월을 전후하여 HSI가 감소하다가 다시 증가하는 경향이였다.

다. 생식세포 형성 과정

① 난자 형성 과정

썸배이 난소는 1쌍의 낭상형으로 많은 난소 박판으로 구성되어 있고, 각각의 난소 박판 상피에서는 난원세포들이 분열 증식하고 있었다. 초기 성장기 난모세포들은 난경 20~50 μm 전후로서 핵내에 커다란 단일 인과 소수의 작은 인들이 핵막 주변에 혼재하여 분포하며 이들 세포들은 haematoxylin에 농염되어 있었다 (Fig. 12-1).

이 후 난모세포가 50~200 μm 전후로 여러개의 발달 단계를 보이며, 세포질의 피질층으로 부터 공포상의 난황포가 내층으로 확산되어 갔다 (Fig. 12-2). 난경 260~320 μm 전후의 난모세포는 세포질 피질층에 eosin에 짙게 염색된 난황구들이 나타나 난황물질의 축적이 시작되며, 난경 330~420 μm 전후의 난모세포는 난세포질 전체에 난황구가 축적되고, 세포질에는 부분적으로 유구도 관찰되며, 핵막이 일부 거치화되기 시작하였다 (Fig. 12-3). 이때가 되면 난소 소낭내 완숙난들 사이 간질에는 무리를 지은 정자들이 보이며, 이러한 정자들은 이 시기 난소의 전 부분에서 고르게 출현하고 있었다 (Fig. 12-4).

난경 360~480 μm 전후의 완숙 난모세포들은 난소의 난소강 (ovarian cavity)내에 대기중인 정자와 수정이 일어났다. 수정된 난은 밝은 선홍색으로 염색되어 하나의 동질적인 덩어리로 육안적으로는 투명하며, 이들 주위에는 성숙난과 어린 난모세포들이 함께 존재하였다 (Fig. 12-5).

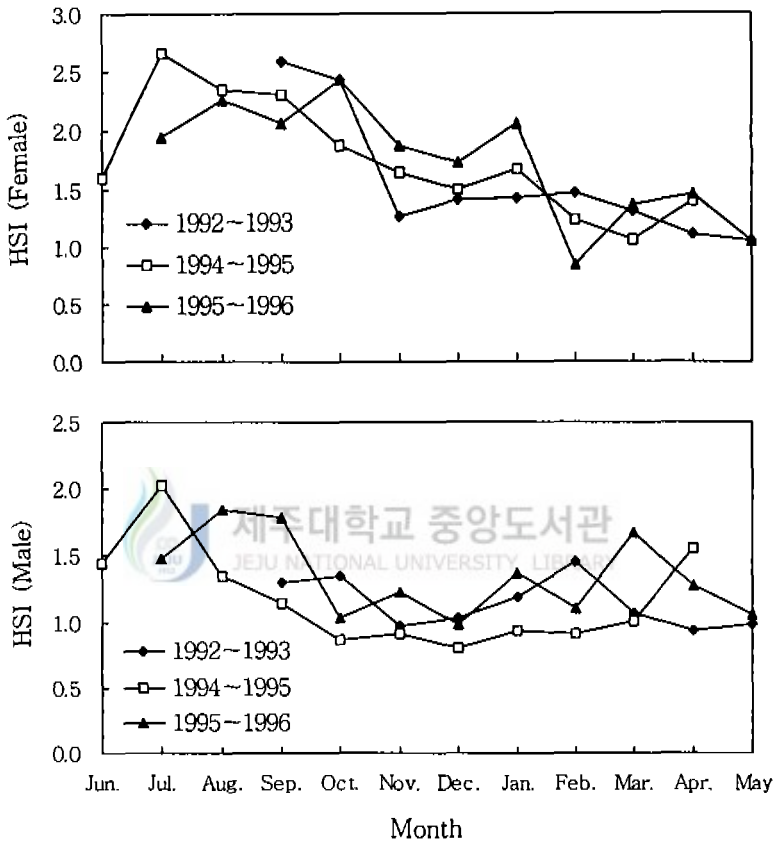


Fig. 11. Monthly variation in hepatosomatic index (HSI) of *S. marmoratus*.

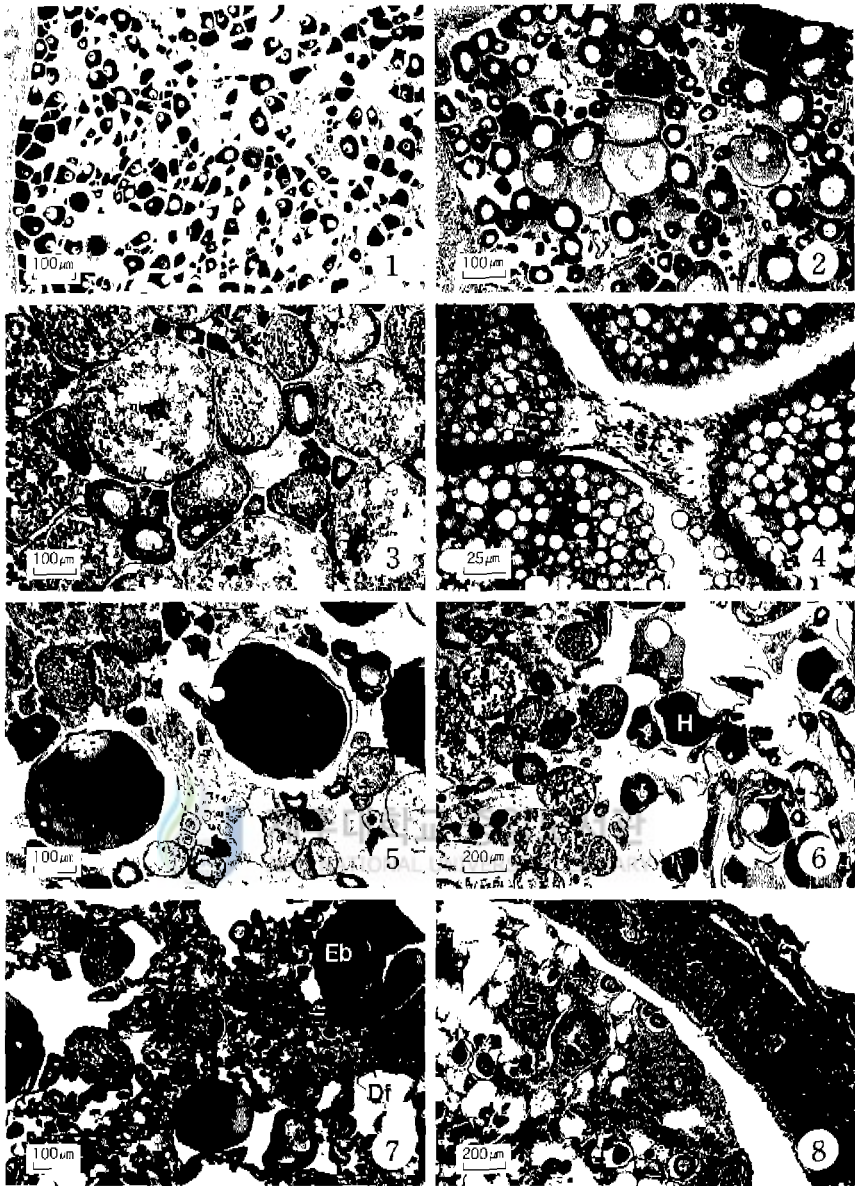


Fig. 12. Ovarian development of *S. marmoratus*.

1. Section of the ovary in the early growing stage; 2, Ovary in the late growing stage; 3, Ovary in the mature stage; 4, Ovary during the copulation period. Note numerous spermatozoa located in the interstitial tissue around ripe eggs; 5. Section of fertilized eggs. Note mature and premature oocytes coexist; 6. Hatched prelarva in ovarian cavity. Note mature eggs coexist inside ovarian cavity; 7. Section of degenerated ovary; Note degeneration follicle cells and embryonic stage; 8, Resting stage. Note thickness of ovarian wall. Df, degenerating follicle cells; Eb, embryonic body; Fe, fertilized egg; H, hatched prelarva; Sz, spermatozoa.

수정난들은 난소강에서 배 발생이 진행되고 이곳에서 부화된 체내 자어들은 산출 크기에 이르기까지 성장한 후 산출이 일어나며, 2회 산출인 경우에는 대기중인 성숙난이 함께 존재하였다 (Fig. 12-6). 일부 자어를 산출한 난소내에서는 잔존된 성숙난, 미 산출된 개체들과 여포세포들의 퇴화 흡수 후 (Fig. 12-7), 휴지기가 되었다 (Fig. 12-8).

② 정자 형성 과정

정소는 좌우 1쌍의 긴 원추형으로 많은 곡정세관으로 구성되어 있다. 초기 성장기 정소내 타원형으로 배열된 곡정세관 사이에는 간층직세포들이 발달해 있고, 각 곡정세관내에는 분열 증식중인 정원세포들이 분포하였다 (Fig. 13-1).

정소발달과 함께 간질세포들이 발달하여 그 수를 증가시키며, 각 세관내 포낭 (cyst) 속의 핵질이 다소 호염기성인 정모세포들 (Fig. 13-2)은 성숙분열을 하여 haematoxylin에 강한 염기성 반응을 하는 정세포로 성숙해 갔다 (Fig. 13-3). 정소의 발달과 함께 각기 다른 발달 단계의 정모세포군, 정세포군 그리고 변태된 정자들을 갖는 곡정세관들이 발달 비후되었다 (Fig. 13-4). 정소의 성숙과 함께 정세포들은 계속 정자로 변태된 완숙정자들이 수정관을 가득 채웠다 (Fig. 13-5).

교미 이후 곡정세관내에는 잔존 정자들이 소수 남아 있으나, 이들은 점차 퇴화 흡수되고, 곡정세관 상피는 공포상 구조를 가지며 정원세포들이 출현하여, 결체조직들이 채워지는 휴지기 상태의 조직상이 장기간 지속되었다 (Fig. 13-6).

라. 배 발생과 체내 자어 발달

10월부터 3월까지 암컷의 난소강내에서 수정난으로 부터 발생하는 초기 배 발생 과정과 체내 자어 발달은 다음과 같았다.

수정난은 동물극쪽에 배반이 형성되고 (Fig. 14-1), 난황이 계속되어 상실기 (Fig. 14-2), 낭배기 (Fig. 14-3)가 형성되었다. 이 후 발생이 진행되면서 난황을 품은 배체가 형성되고 두부와 미부가 발달되었다 (Fig. 14-4).

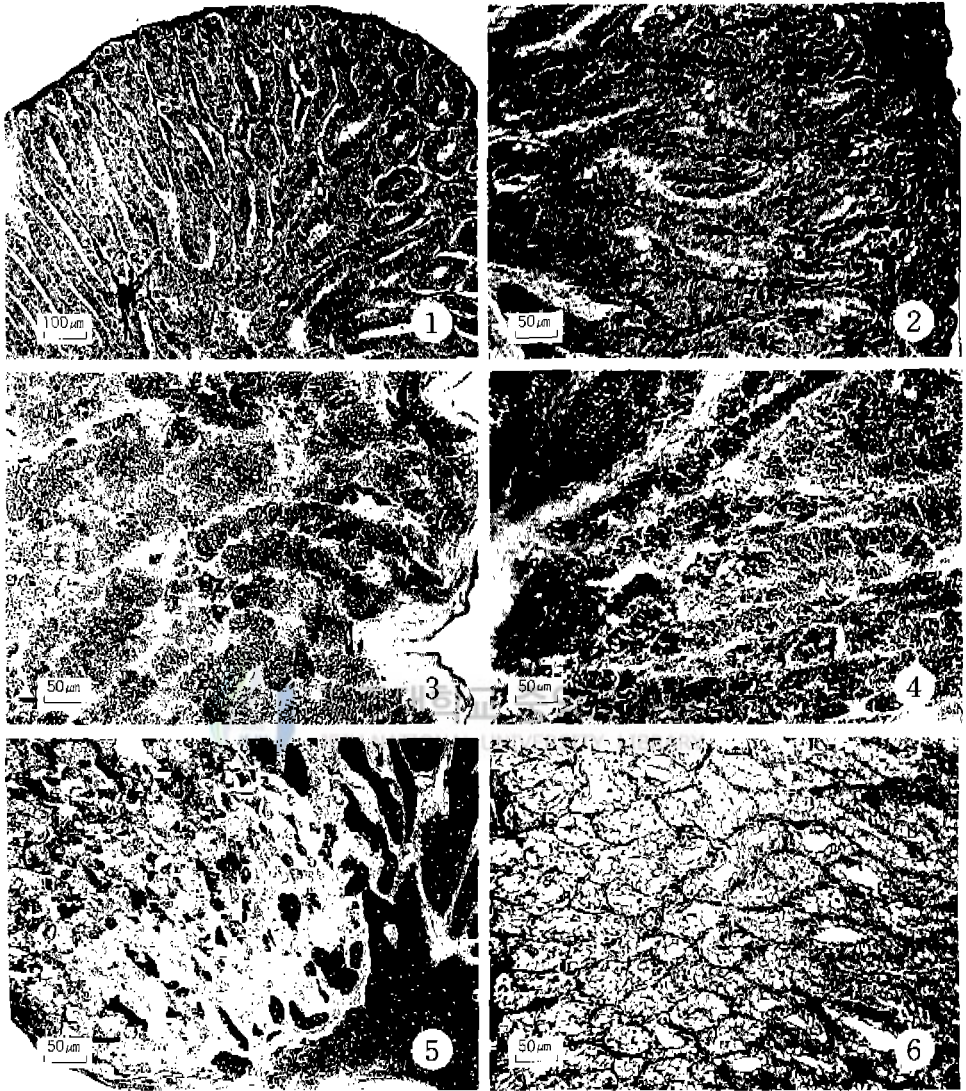


Fig. 13. Testicular development of *S. marmoratus*.

1. Early growing stage. Testis in composed of many seminiferous tubules; 2, Late growing stages; 3, Mature stage; 4, Ripe stage. Note the existence of spermatocytes, spermatid and spermatozoa; 5, Spent stage; 6, Resting stage. Sc, spermatocyte; Sd, spermatid; Sg, spermatogonia; St, seminiferous tubule; Sz, spermatozoa.

배 발생이 진행되면서 안포가 형성되고 신경관과 척색 그리고 근절이 발달되고 있었다 (Fig. 14-5). 난황을 품은 부화 직전의 자어는 두부에 렌즈가 형성되고 그 후방에 이포가 출현하나 입은 개구되어 있지 않았다 (Fig. 14-6). 이후 체내 부화 자어는 미부쪽이 신장 발달하면서 체성장을 하였다 (Fig. 14-7). 산출 직전의 체내 자어는 체형이 곧게 뻗어 전장 3.2~3.5 mm에 달하며 소화기관이 분화 발달되고 있었다 (Fig. 14-8).

마. 생식주기

생식세포발달의 조직학적인 관찰과 생식소중량지수의 변화를 종합하여 암·수의 생식주기를 구분하였다. 암컷의 경우는 성장기 (growing stage), 성숙기 (mature stage), 완숙 및 교미기 (ripe and copulation stage), 임신 및 산출기 (gestation and parturition stage), 퇴화 및 휴지기 (degeneration and resting stage) 등의 5단계로 나눌 수 있었고 (Fig. 15), 수컷의 경우는 성장기, 성숙기, 완숙 및 교미기, 퇴화 및 휴지기의 4단계로 나눌 수 있었다 (Fig. 16).



① 암컷

성장기는 6월에 접어들면서 난원세포의 분열 증식과 더불어 주변인기, 난황포기가 나타나는 시기로 주로 6월에서 9월 사이였다. 성숙기는 난경 360~480 μm 의 난이 다수 나타나는 시기로 주로 9월에서 2월에 출현한다. 완숙 및 교미기는 완숙난과 수정난을 가지는 개체는 주로 10월에서 3월에 걸쳐 장기간 출현하고 있었다. 임신 및 산출기는 난소내 체내 자어가 존재하거나 자어 산출 흔적이 나타나는 시기로 11월에서 4월까지였다. 퇴화 및 휴지기는 12월에 접어들면서 일부 산출이 빠른 개체에서는 난소내 잔존 여포세포가 퇴화 흡수되기 시작하고, 생식상피상에는 어린 난모세포들이 재배치되어 이듬해 성장기까지 휴지기 상태를 주로 12월에서 5월까지 출현하였다.

② 수컷

성장기는 4월에 접어들면서 일부 개체들이 정원세포, 정모세포들이 출현하

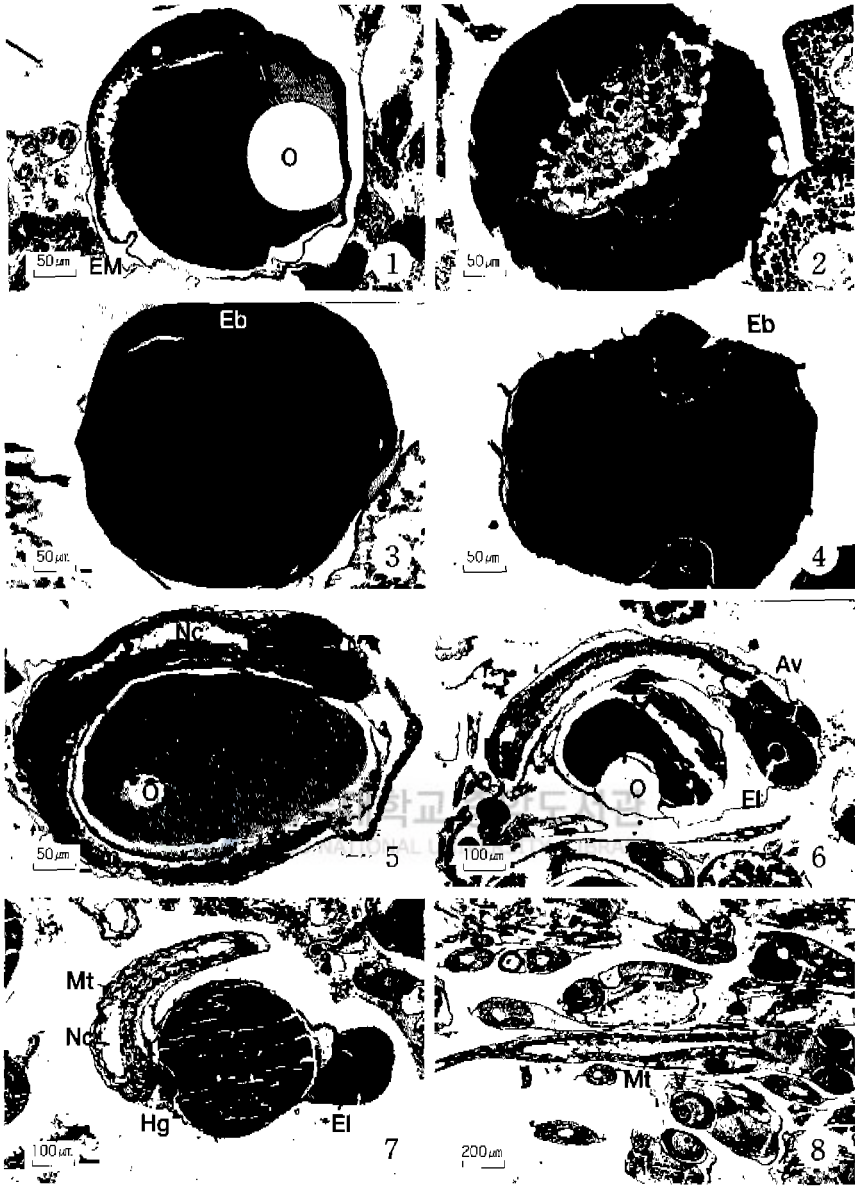


Fig. 14. Embryonic development in the ovary of *S. marmoratus*.

1. Fertilized egg stage. Note the formation of blastodisc in animal pole; 2, Morula stage; 3, 4, Early embryonic development stage; 5, Late embryonic development stage. Embryonic body had developed notochord and myotome; 6, Embryos before hatching in ovarian cavity. Embryonic head part had developed eye lens and auditory vesicle; 7, Hatched prelarva in the ovarian cavity; 8, Section of larva before parturition. Av, auditory vesicle; B, blastodisc; Eb, embryonic body; El, eye lens; Em, egg membrane; H, hatched prelarva; Hg, hind gut; Mt, myotome; Nc, notochord; O, oil vacuole; Y, yolk.

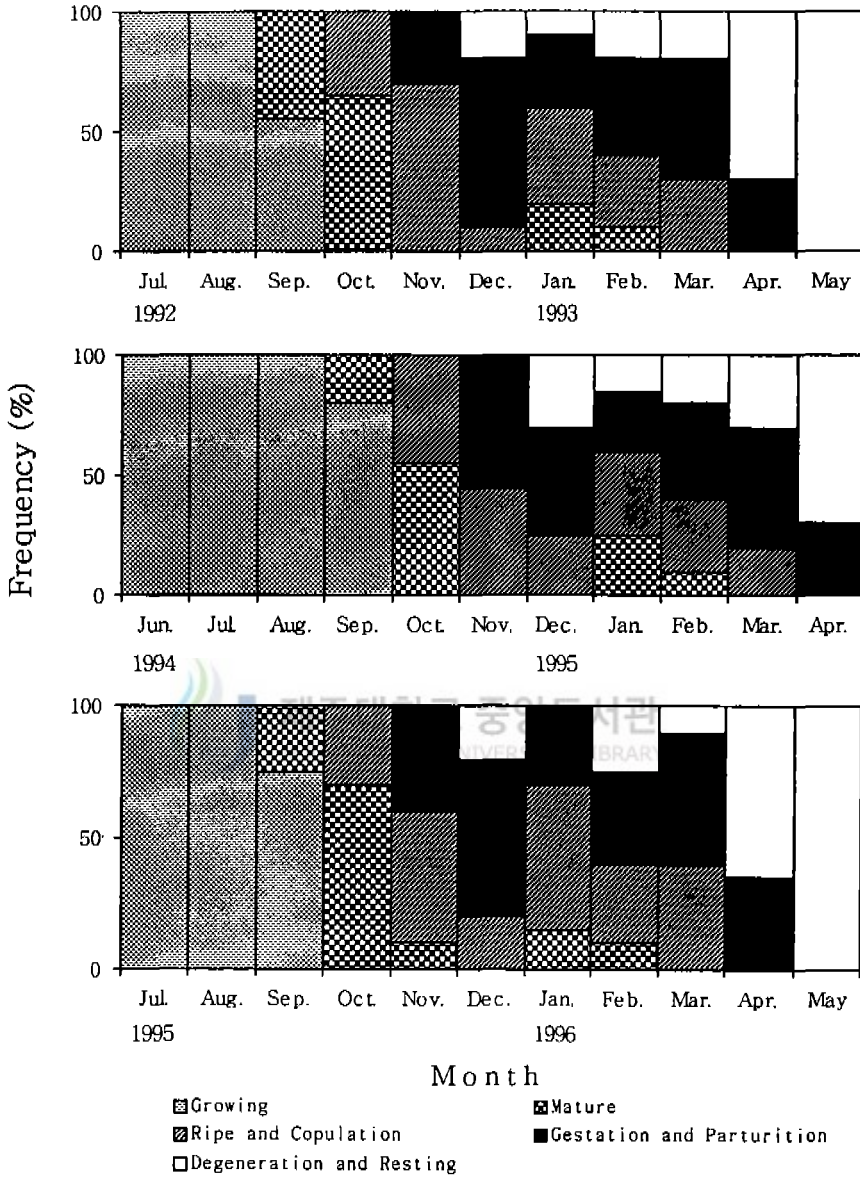


Fig. 15. Composite figure showing seasonal cycles of gonadal phases in female *S. marmoratus*.

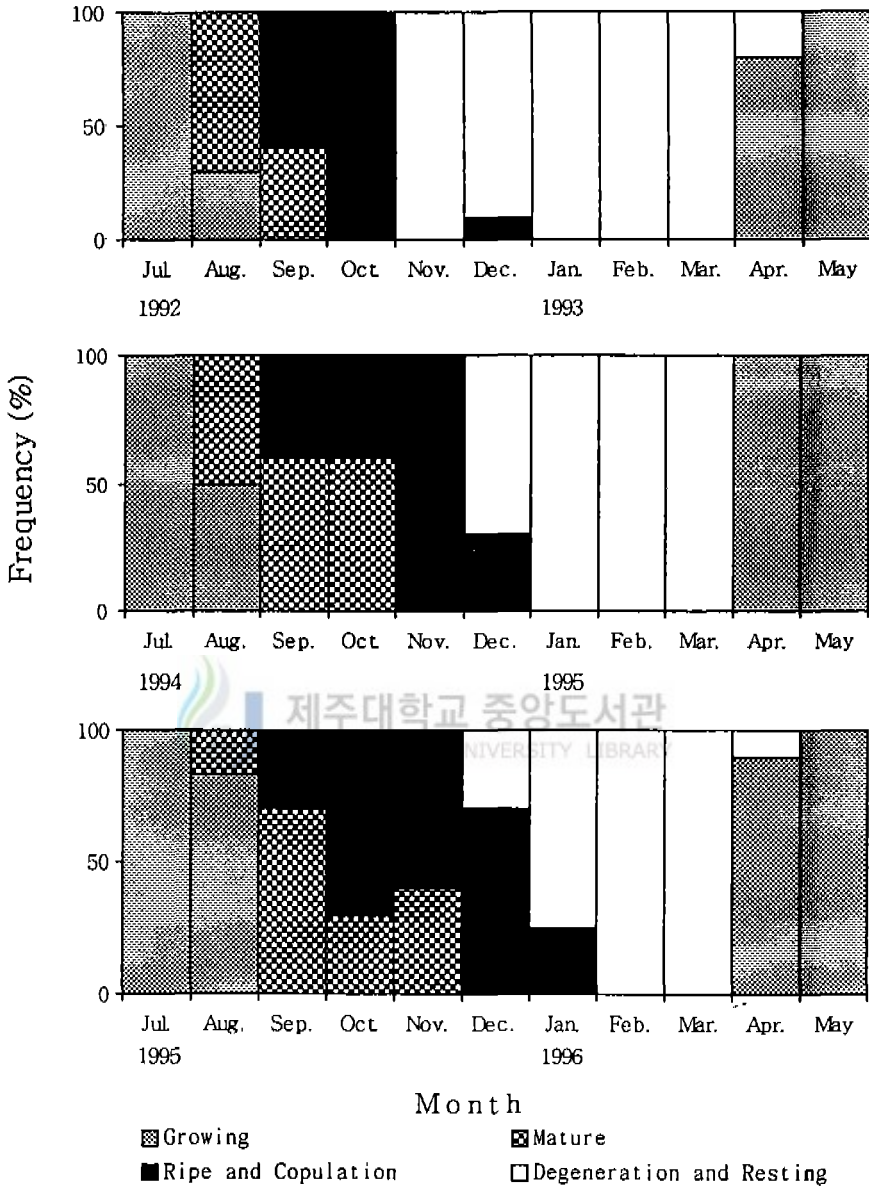


Fig. 16. Composite figure showing seasonal cycles of gonadal phases in male *S. marmoratus*.

는 시기로 대체로 4~7월 였다. 성숙기는 정모세포군, 정세포군 그리고 소수의 변태된 정자들이 정소내에 출현하며, 일부 성숙이 빠른 개체는 8월부터 11월에 걸쳐 나타났다. 완숙 및 교미기는 정소내 곡정세관과 수정관내 정자들이 가득 채워져 있는 개체들과 교미로 수정관내 정자들이 배정되어 텅비게 되는 시기로 9월에서 12월 사이였다. 퇴화 및 휴지기는 미방출 정자들의 퇴화 흡수가 일어난 후 생식소는 결체조직과 정원세포들이 출현되어 휴지기는 주로 11월에서 3월 사이였다.

바. 군성숙도

개체의 성숙에 따른 생식 참여율을 알기 위하여 군성숙도를 조사하였다 (Table 4). 11.0~12.9 cm 크기에서는 생식에 참여율이 저조하였으나, 암·수 모두 전장 13.0~13.9 cm의 크기에서 군성숙도 50%를 초과하여 각각 62%와 58% 이었다. 또한 전 개체가 100% 생식에 참여하는 크기는 암·수 모두 15.0~15.9 cm 크기 이상으로 조사되었다.

Table 4. Relationship between total length and the first maturity of *S. marmoratus*

Total length (cm)	Female		Male	
	No. individual	Mature (%)	No. individual	Mature (%)
11.0 ~ 11.9	1	0	1	0
12.0 ~ 12.9	1	16	1	24
13.0 ~ 13.9	3	62	2	58
14.0 ~ 14.9	5	91	3	83
15.0 ~ 15.9	8	100	3	100
16.0 ~ 16.9	10	100	6	100
17.0 ~ 17.9	6	100	8	100
18.0 ~ 18.9	8	100	7	100
Total	42		31	

사. 난경 및 체내 자어 체장 조성

① 월 변화

성숙이 일어나는 9월부터 체내 자어 산출이 끝나는 4월까지 난소내 난경 조성 (0.1~1.0 mm)과 체내 자어 체장 조성 (1.5~4.0 mm)을 이루고 있었다 (Fig. 17).

9월에는 난경 0.3~0.55 mm 범위의 난모세포들이 대부분이었으며, 일부 0.75 mm 전후의 성숙난들이 관찰되었고, 산출 후 퇴화 흡수 중인 체내 자어가 일부 검은 점 모양으로 나타났다. 10월에는 0.3, 0.55, 0.8 mm 전후의 뚜렷한 발달 단계를 가지는 난경 group과 3.0 mm 전후로 성장 중인 체내 자어들이 관찰되었다. 11월은 0.3, 0.6, 0.8 mm의 난경 모드와 새로 체내 자어로 가입이 일어나는 1.5 mm 모드, 2.6~3.5 mm의 성장중인 체내 자어 모드, 그리고 3.5 mm 이상의 체내 자어는 산출이 일어난 것으로 추정되었다. 12월에 체내 자어는 대부분이 산출되어 일부만이 남아 있고, 난경은 0.15~0.45 mm 전후의 미숙난이 주 모드를 형성하며, 일부 0.8 mm 전후의 성숙난도 관찰되었다.

1월에는 0.2, 0.45, 0.8 mm 전후의 발달 단계를 가진 난모세포들과 2.2~3.1 mm의 성장중인 체내 자어가 있었다. 2월은 좀더 발달한 난모세포 단계들과 많은 체내 자어들이 2.7~3.7 mm까지 성장하며 산출 가능하였다.

3월은 11월과 비슷한 모드로 성숙난들이 체내 자어로 가입이 일어났으며, 체내 자어들은 2.5~3.6 mm로 산출이 일어난 모드를 보였다. 4월에는 대부분 산출이 끝난 초기 난모세포 모드가 주를 이루고 있으며, 일부 산출되지 않은 체내 자어가 일부 남아 있었다.

② 개체별 변화

개체별 난군 형태와 산출 횟수 추정을 위하여 1992년 10월 28일과 12월 1일에 동일 체급 ($18\text{ cm} \leq TL \leq 19\text{ cm}$)의 개체별 난경 조성과 체내 자어의 체장 조성을 나타내었다 (Fig. 18).

10월 28일 개체에 있어 Fig. 18-A (18.7 cm, GSI 6.3)의 경우처럼 체내 자어를 가지고 있지 않고 뚜렷이 3개의 난경 모드만 가지고 있는 개체, Fig. 18-B (18.5 cm, GSI 18.6)와 같이 0.2 mm 전후의 미숙난과 2.2~2.9 mm 전후의 체내 자어만 나타나는 개체가 있었다.

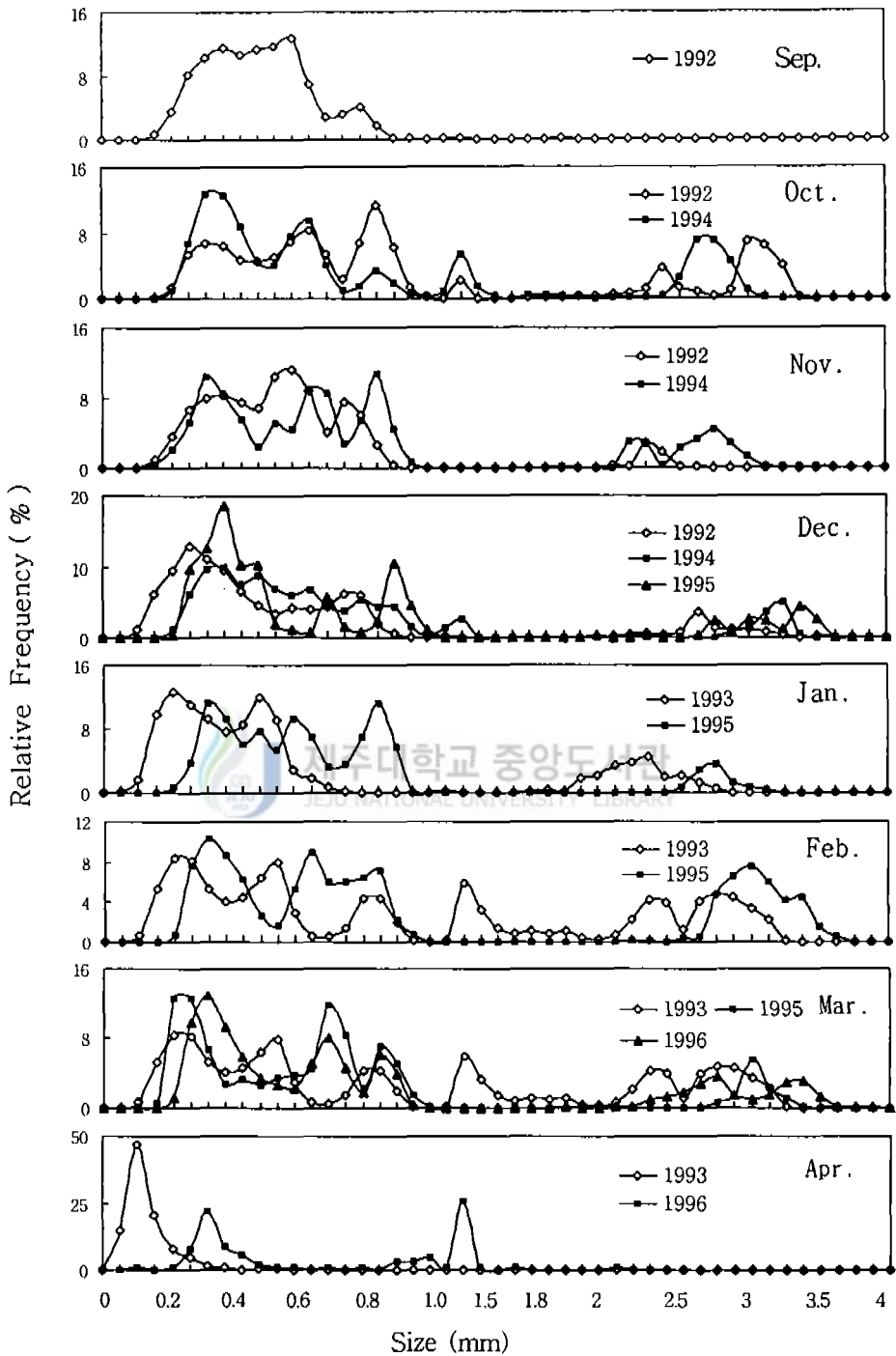


Fig. 17. Size frequency distribution (%) of eggs and larvae of *S. marmoratus*.

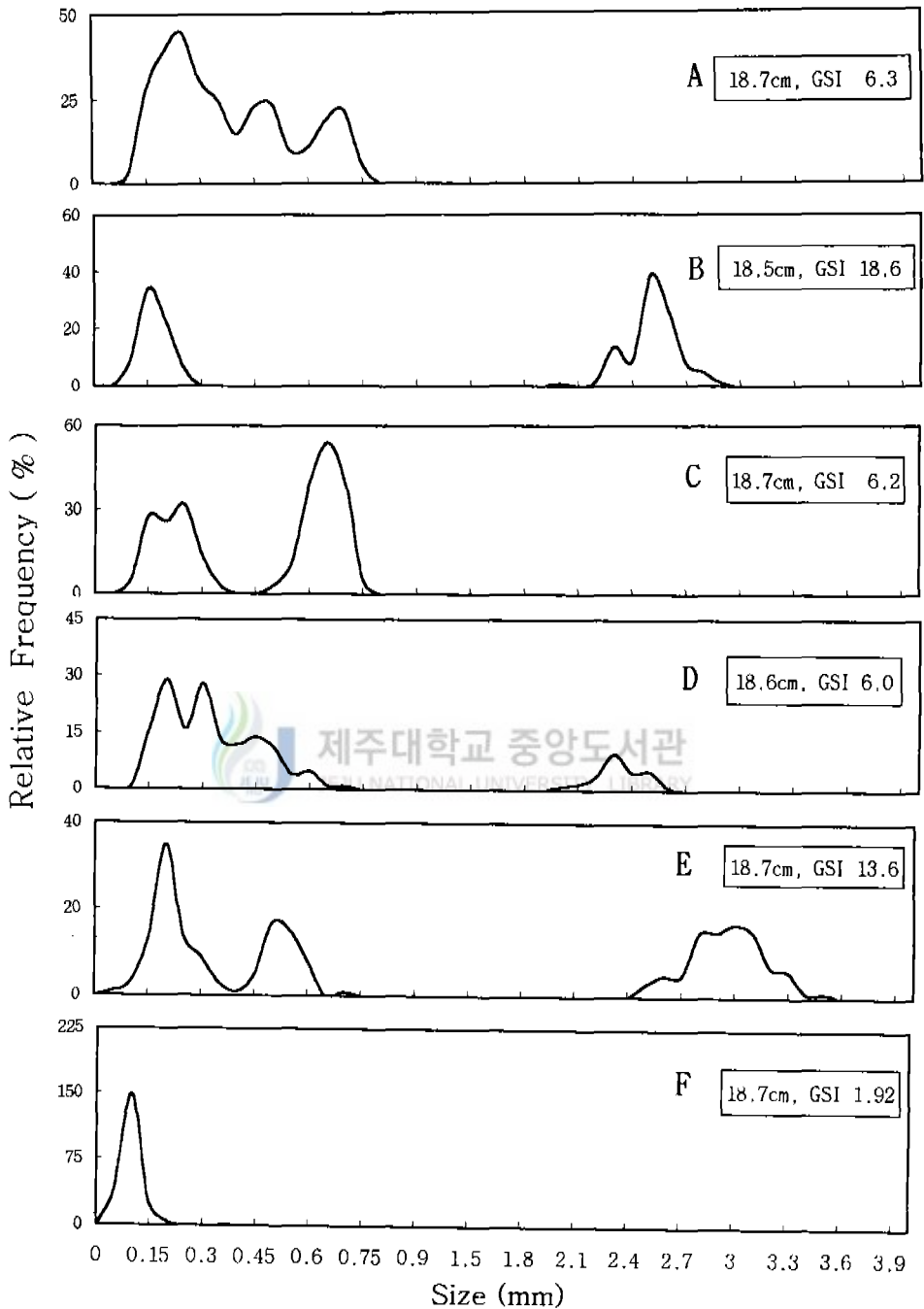


Fig. 18. Size frequency distribution (%) of eggs and larvae from *S. marmoratus* female 18.5~18.7 cm TL.

12월 1일 개체에 있어서는 Fig. 18-C (18.7 cm, GSI 6.2)의 경우처럼 미숙난과 0.45~0.75 mm 전후의 성숙 난경을 가지며 뚜렷한 2개 모드를 형성하는 개체, Fig. 18-D (18.6 cm, GSI 6.0)와 같이 여러개의 성숙 난경과 2.2~2.5 mm 전후의 체내 자어 모드의 개체, Fig. 18-E (18.7 cm, GSI 13.6)와 같이 미숙난경과 산출 가능한 2.5~3.4 mm 전후의 체내 자어 조성으로 뚜렷한 3개의 모드를 형성하는 개체, Fig. 18-F (18.7 cm, GSI 1.92)처럼 0.2 mm 이하 휴지기 상태의 난경을 가지는 개체가 있었다. 이상과 같이 솜뱀이는 동일한 시기 및 체급에 있어서는 난경 조성 및 체내 자어 체장 조성의 개체 차이가 크며, 1회 산출 모드는 B, C, 2회 산출 모드는 A, D, E로 관찰되었다.

자. 포란수와 체내 자어수

포란수와 체내 자어수는 성숙기인 9월에서 이듬해 3월까지 난소내 성숙 난수와 체내 자어수를 계수 하였다. 포란수와 체내 자어수는 총 37마리를 조사하였고, 최소 42,974개에서 최대 142,975개로 평균 83,224개였다 (Table 5).

전장 15.0~16.9 cm에서 포란수와 체내 자어수는 평균 58,377개, 전장 21.0 cm 이상에서는 평균 105,283개였다. 전장 (TL)과 포란수 및 체내 자어수 (N)와의 관계식은 $N = 182.38 TL^{2.066}$ ($R^2 = 0.610$) 이었다 (Fig. 19).

체중 40.0~79.9 g에서 포란수 및 체내 자어수는 평균 54,728개, 체중 200.0 g 이상에서는 평균 117,862개였다. 체중 (BW)과는 $N = 5313.6 BW^{0.564}$ ($R^2 = 0.538$)로 표시되었다 (Fig. 20).

2) 붉은솜뱀이

가. 생식소중량지수 (GSI)의 월 변화

조사기간 동안 월별로 통합한 붉은솜뱀이 암·수 생식소중량지수 (GSI)의 월 변화는 Fig. 21과 같다. 암컷의 생식소중량지수 (GSI)는 1월에도 1.47로 4, 5월에 지수 5.05, 6.86으로 가장 높았다. 그러나 6월 이후 지수는 급격히 낮아져 8월부터 12월까지의 0.1전후였다.

수컷의 GSI 값은 10월부터 증가하기 시작하여 11, 12월에 지수 0.23, 0.20으로 최대값에 이른 후, 1월부터 급격히 감소하기 시작하여 2월부터 9월까지

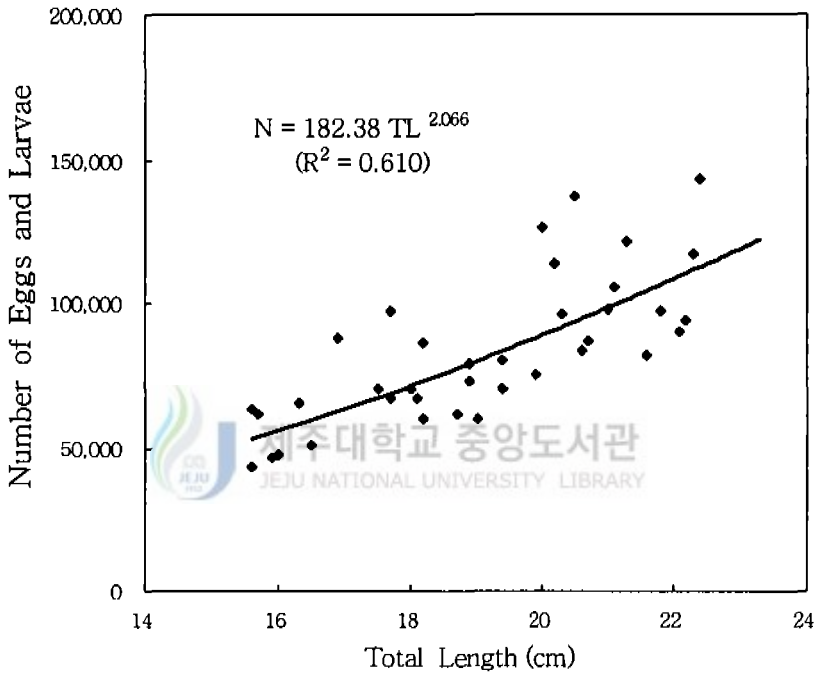


Fig. 19. Regression line from the number of eggs and larvae against the total length of *S. marmoratus*.

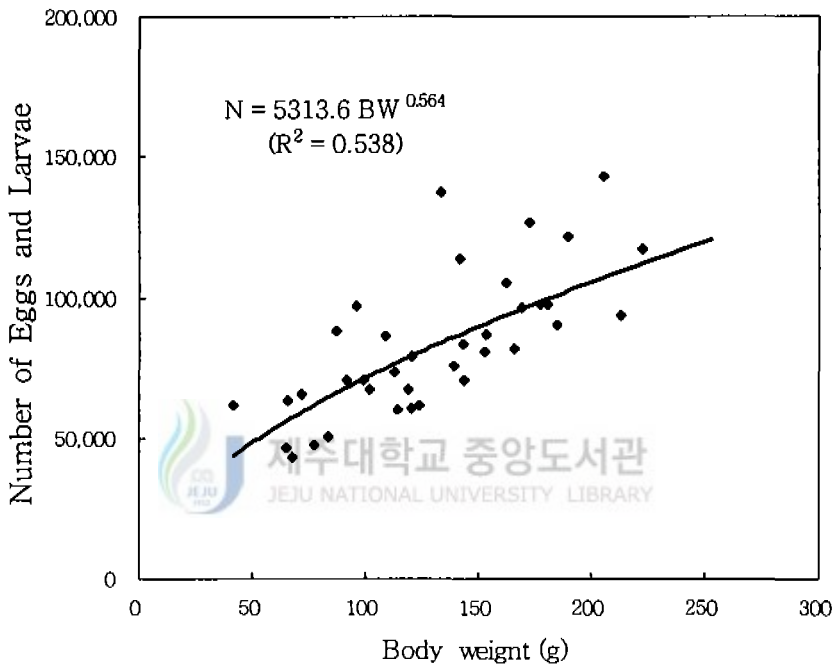


Fig. 20. Regression line from the number of eggs and larvae against body weight of *S. marmoratus*.

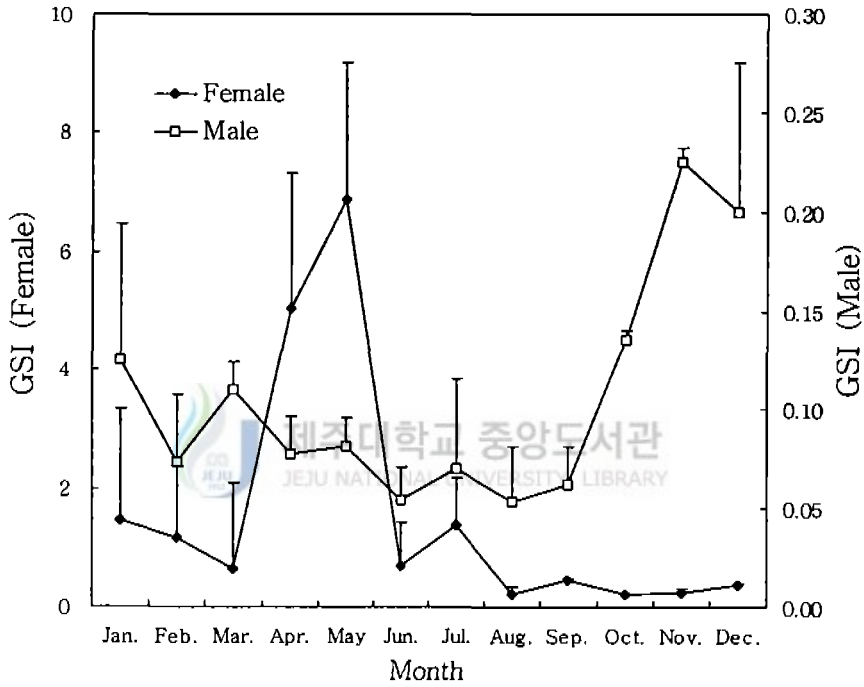


Fig. 21. Seasonal variation in GSI of female and male *S. tertius*.

Table 5. Composition of fecundity and number of larvae based on total length and body weight of *S. marmoratus*

Total length (cm)	Number of eggs and larvae	Number of individual
	Mean (Range)	
15.0~16.9	58,377 (42,974~ 88,073)	8
17.0~18.9	73,366 (60,350~ 97,067)	10
19.0~20.9	93,106 (60,127~137,266)	10
21.0~	105,283 (81,728~142,975)	9
Body weight (g)	Number of eggs and larvae	Number of individual
	Mean (Range)	
40.0~ 79.9	54,728 (42,974~ 65,734)	6
80.0~119.9	73,117 (50,568~ 97,067)	10
120.0~159.9	84,940 (60,350~137,266)	10
160.0~199.9	102,094 (81,728~126,475)	8
200.0~	117,862 (93,771~142,975)	3

지수 0.1전후로 낮았다. 이와 같이 붉은쏨뱅이 암·수의 생식소중량지수의 최대값은 암컷이 수컷에 비해 4~5개월 늦게 나타나 성숙 시기가 일치하지 않았다.

나. 간중량지수 (HSI)의 월 변화

조사기간 동안 월별로 통합한 암·수 간중량지수 (HSI)의 월별 변화는 Fig. 22와 같다. HSI는 암·수 모두 전체적으로 비슷한 경향이었으며, 암컷의 경우 초기 생식소 발달기인 봄철에 HSI는 2월에 1.38, 난소가 가장 성숙한 시기에 5월에 1.59 낮았다가, 이후 점차 증가하기 시작하여 휴지기인 9월에는 지수 3.57로 최고값이 되었다. 수컷의 HSI는 정소가 휴지기인 3, 5월에 1.60, 1.59으로 낮았고, 정소 성숙기인 12월에 3.21로 높았다.

이러한 HSI의 연간 변화에 있어 수컷의 GSI는 비슷하게 변동하였으나, 암컷은 GSI와 반대의 변화가 관찰되었다.

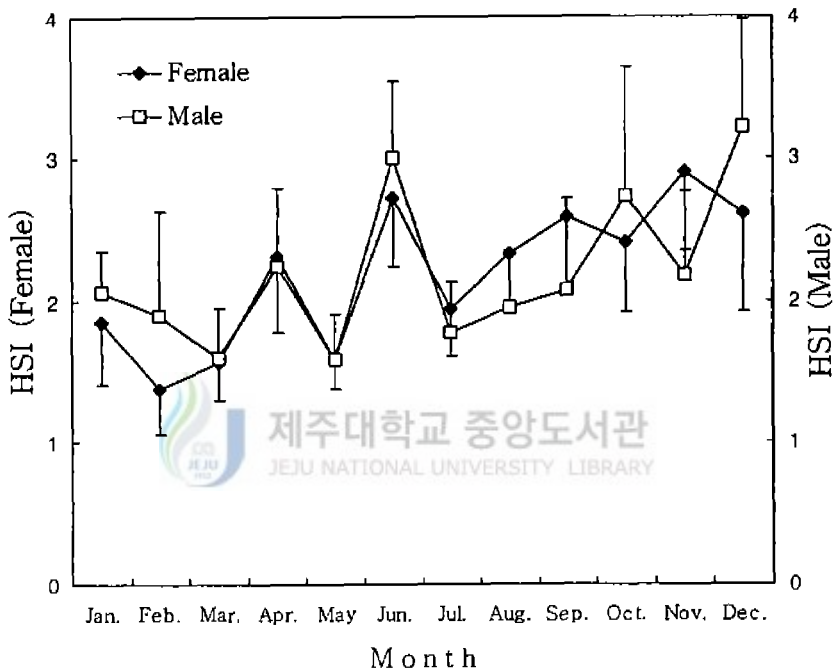


Fig. 22. Seasonal variation in HSI of female and male *S. tertius*.

다. 생식세포 형성과 배 발달 과정

① 난자 형성 과정

난소는 1쌍의 낭상형으로 많은 난소 소낭으로 구성되어 있었다. 각각의 소낭내에는 이들 소낭 상피에서 난원세포들이 분열 증식하고 있으며, 주변인기 난모세포들은 난경이 약 20~50 μm 전후로써 핵내에 커다란 단일 인과 소수의 작은 인들이 핵막 주변에 혼재하여 분포하였다. 이러한 주변인기 난모세포들은 haematoxylin에 농염되어 난소내에서 연중 관찰되었다 (Fig. 23-a).

주변인기 난모세포가 성장하여 난경이 약 80~220 μm 인 유구기 난모세포로 성장하였다. 유구기 난모세포의 초기에는 핵 주변의 세포질에 유구환을 형성하지만, 성장함에 따라 세포질 전역에 산재하였다 (Fig. 23-b).

난경 310~420 μm 전후의 난모세포는 세포질 피질층에 eosin에 짙게 염색된 난황구들이 출현하여 난황물질이 축적되기 시작하며, 점차 난모세포의 세포질 전체에 난황구가 축적되는 1차, 2차, 3차 난황구기 난모세포로 성장하였다. 세포질에는 부분적으로 유구도 관찰되며 핵막이 일부 거치화되기 시작하였다 (Fig. 23-c, 23-d, 23-e).

난모세포가 난황을 축적하여 충분히 성숙하면 세포질의 중심부에 위치하고 있던 핵이 동물극쪽으로 이동하고, 세포질내 난황구들은 서로 융합되어 균질화되기 시작하였다. 이러한 난모세포의 난경은 약 480~620 μm 전후까지 성장하였다 (Fig. 23-f).

② 정자 형성 과정

붉은솜뱅이의 정소는 좌우 한쌍의 긴 소뿔 모양으로 많은 곡정세관 (seminiferous tubules)으로 구성되어 있으며, 이러한 곡정세관들은 정소 중앙 부위의 수정관과 연결되었다. 초기 성장기 곡정세관 사이에는 간층직세포들 (interstitial cells)이 발달해 있고, 각 곡정세관내에는 분열 증식중인 정원세포들과 정모세포들이 출현하였다 (Fig. 24-a).

정소발달과 함께 정원세포를 가진 각 세관내 포낭 (cyst)속에는 정모세포들이 소수 출현하면서 포낭들의 면적이 증가하기 시작하였다 (Fig. 24-b). 증가된 포낭내에 정모세포군들이 점차 증가하기 시작하며 (Fig. 24-c), 성숙분열

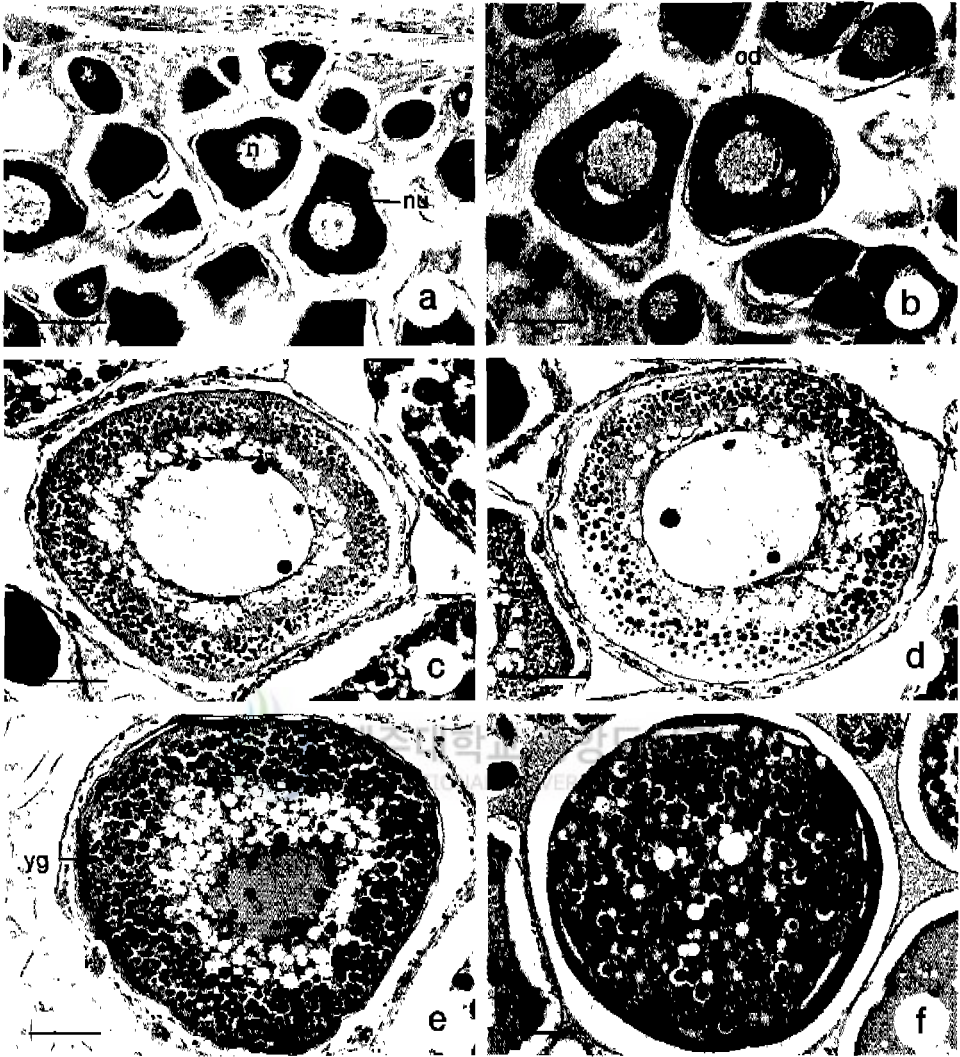


Fig. 23. Oogenesis and ovarian development of *S. tertius*.

a, oocyte in the perinucleolus stage; b, oocyte in the oil droplet stage; c, oocyte in the primary yolk stage; d, oocyte in the secondary yolk stage; e, oocyte in the tertiary yolk stage; f, ripe oocyte. n: nucleus, nu: nucleolus, od: oil-droplet, yg: yolk globule. a-f; Bar indicate 25 μ m.

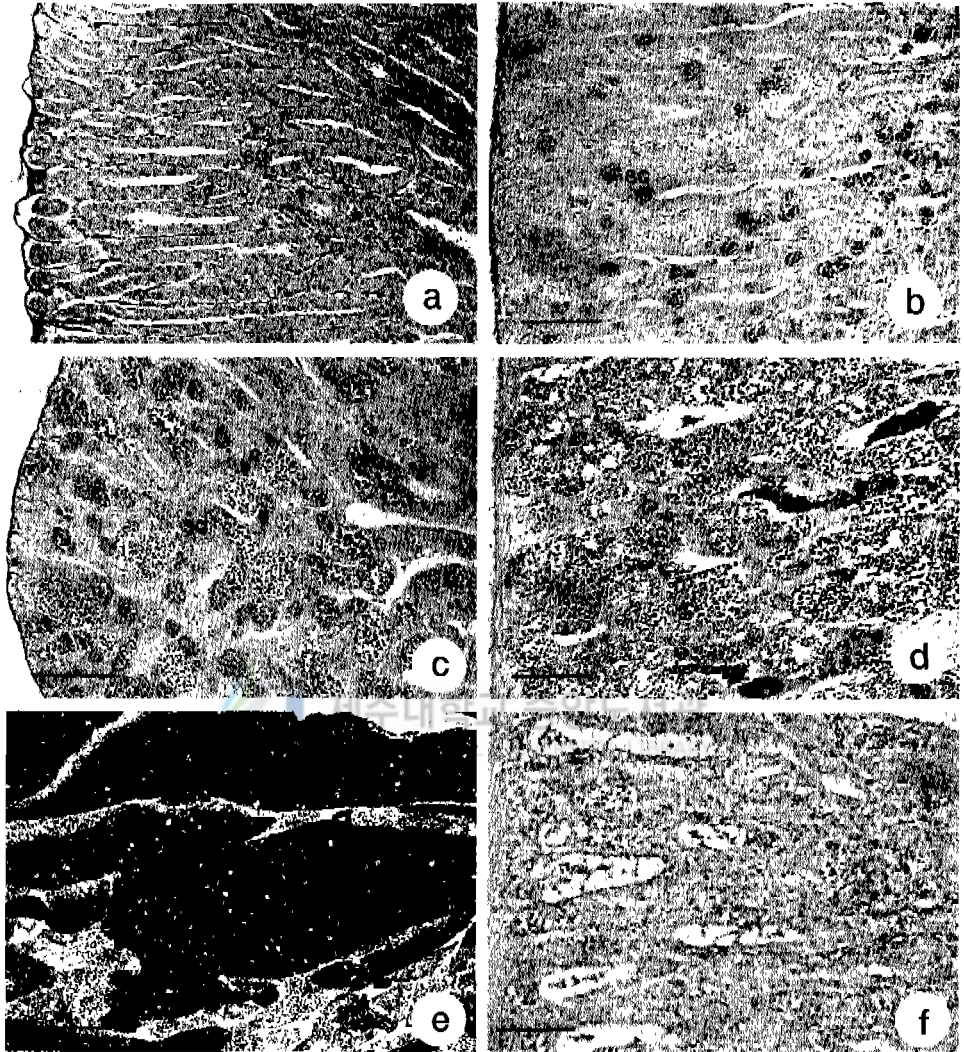


Fig. 24. Spermatogenesis and testicular development of *S. tertius*.

a, internal structure of testis: testis composed of many seminiferous tubules; b, early growing stage; c, late growing stage; d, mature stage; e, spent stage; f, resting stage. sc; spermatocyte, sd; spermatid, sg; spermatogonia, sz; spermatozoa. a~f; Bars indicate 50 μ m.

을 마친 후 haematoxylin에 강한 염기성 반응의 정세포로 발달하여, 세관내에는 정모세포군, 정세포군들로 가득 찼다. 그리고 이 시기에 변태를 마친 정자로 채워진 포낭들도 관찰되기 시작하였다 (Fig. 24-d). 정소의 성숙과 함께 정세포들은 정자로 변태된 완숙정자들이 수정관을 가득 채워 기능적인 성숙 시기라 할 수 있었다 (Fig. 24-e). 교미 이후 곡정세관내에는 방출되지 않은 소수의 잔존 정자들이 남아 있으나, 점차 퇴화 흡수되어 휴지기 상태의 조직상을 이루었다 (Fig. 24-f).

③ 배 발달 과정

난소내 성숙난들 사이 간질에는 암·수간의 교미에 의하여 무리를 지은 정자들이 출현하기 시작하며, 이러한 정자 무리들은 난소의 전 부분에서 고르게 분포하고 있었다 (Fig. 25-a). 난경 500~650 μm 전후의 완숙 난모세포들은 난소의 난소강 (ovarian cavity)내로 배란되면서 정자와 수정이 일어났다. 수정된 난은 밝은 심홍색으로 염색되어 하나의 동질적인 덩어리로 육안적으로 투명하게 보였다 (Fig. 25-b). 수정난은 동물극쪽에서 배반이 형성되고 난황이 계속되어 상실기, 낭배기가 되었다 (Fig. 25-c). 점차 발생이 진행되어 난황을 품은 배체가 형성되고 두부와 미부가 발달하였다 (Fig. 25-d). 배발생이 진행되면서 안포가 형성되고 신경관과 척색 그리고 근질이 발달되었다 (Fig. 25-e). 출산 직전의 자어는 두부에 렌즈가 형성되고 그 후방에 이포가 출현하며 입은 개구되어 소화기관이 분화 발달되고 있었다 (Fig. 25-f).

라. 생식주기

생식세포 발달의 조직학적인 관찰과 생식소중량지수의 변화를 종합하여 암·수의 생식주기를 구분하였다. 암컷의 경우는 성장기 (growing stage), 성숙기 (mature stage), 완숙 및 교미기 (ripe and copulation stage), 임신 및 산출기 (gestation and parturition stage), 퇴화 및 휴지기 (degeneration and resting stage) 등의 5단계로 (Fig. 26), 수컷의 경우는 성장기, 성숙기, 완숙 및 교미기, 퇴화 및 휴지기의 4단계로 나누었다 (Fig. 27).

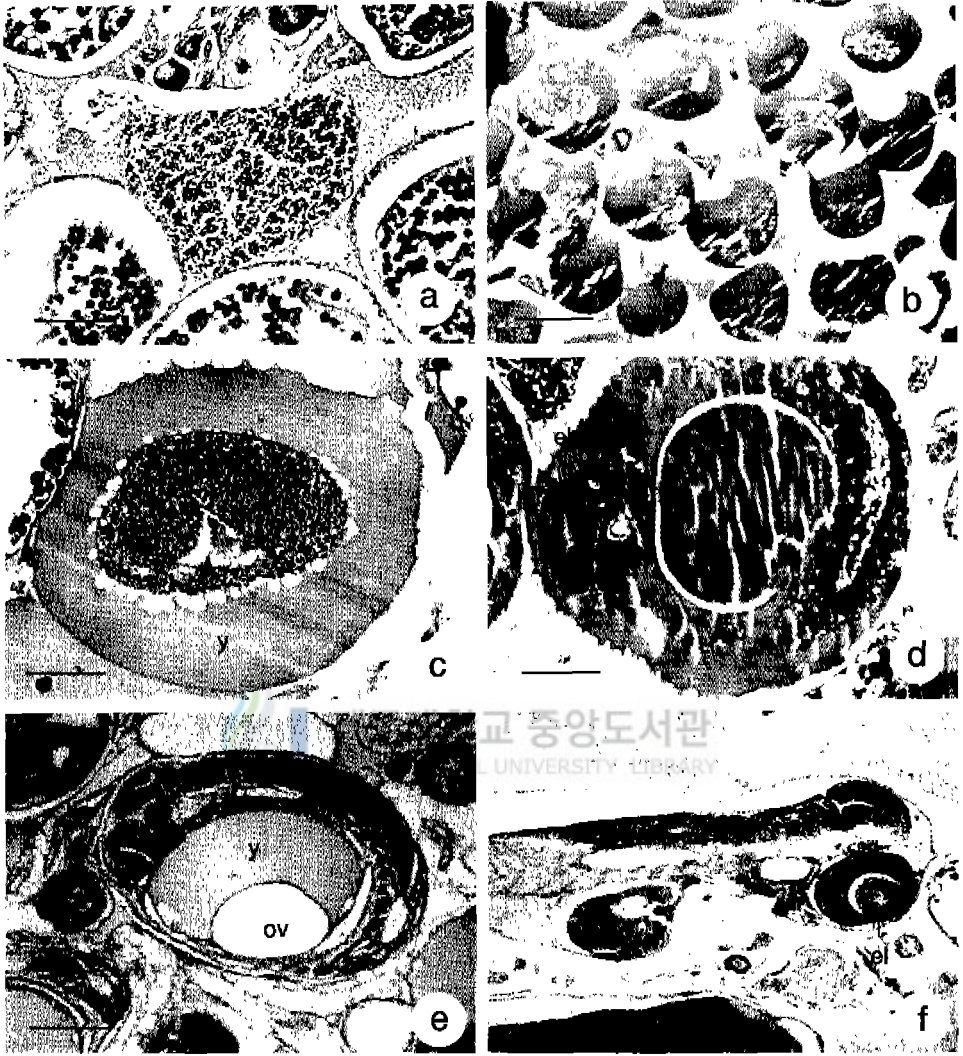


Fig. 25. Ovarian egg development after copulation of *S. tertius*.

a, section of the ovarian lobules containing a number of spermatozoa; b, fertilized egg stage; c, morula stage; d, early embryonic development stage; e, embryos before hatching in ovarian cavity; f, section of larvae before parturition.

eb; embryonic body, el; eye lens, ov; oil vacuole, sz; spermatozoa, y; yolk. a, c~d; Bar indicate 50 μm , b; Bar indicate 200 μm , e~f; Bar indicate 100 μm .

① 암컷

성장기는 11월에 접어들면서 난원세포의 분열 증식과 더불어 주변인기, 유구기가 관찰되는 시기는 주로 11월에서 2월 사이였다. 성숙기 난모세포 및 교미에 의한 체내 정자의 출현은 난경 310~420 μm 의 성숙난이 다수 관찰되는 시기로 주로 12월에서 4월 사이였다. 완숙난과 수정난을 가지는 개체는 1~6월 동안에도 확인되지만, 주로 4~5월에 출현하였다. 임신 및 산출기는 난소내 체내 자어가 존재하거나 자어산출 흔적이 나타나는 시기로 5월에서 6월 사이였다.

퇴화 및 휴지기는 6월에 접어들면서 일부 산출이 빠른 개체에서는 난소내 잔존 여포세포가 퇴화 흡수되기 시작하고, 생식상피상에는 어린 난모세포들이 재배치되어 6월에서 11월까지 관찰되었다.

② 수컷

성장기는 7월에 접어들면서 일부 개체들이 정원세포, 정모세포들이 출현하는 시기로 대체로 8~9월 사이였다. 성숙기는 정모세포군, 정세포군 그리고 소수의 변태된 정자들이 정소내에 출현하며, 일부 성숙이 빠른 개체는 10월부터 12월에도 관찰되었다. 완숙 및 교미기는 정소내 곡정세관과 수정관내 정자들이 가득 채워져 있는 개체들과 교미로 수정관내 정자들이 배정이 일어나는 시기로 12월에서 1월 사이이며, 일부는 4월에도 관찰되었다. 퇴화 및 휴지기는 미 방출 정자들의 퇴화 흡수가 일어난 후, 생식소는 결체 조직과 정원세포들이 출현되어 휴지기를 맞이하며, 1월에서 8월 사이에 많이 관찰되었다.

마. 균성속도

균성속도에서 암컷의 경우 50%이상 최초 성숙 시기는 전장이 26.0 cm 이상이 되면서 62%, 전체 개체가 성숙되는 체장은 28.0 cm 이상이었다 (Table 6). 수컷은 암컷보다 낮은 체장인 25.0 cm 이상에서 66%, 27.0 cm 이상에서는 100%의 균성속도를 보이고 있어 암컷보다 일찍 성 성숙에 도달하고 있었다.

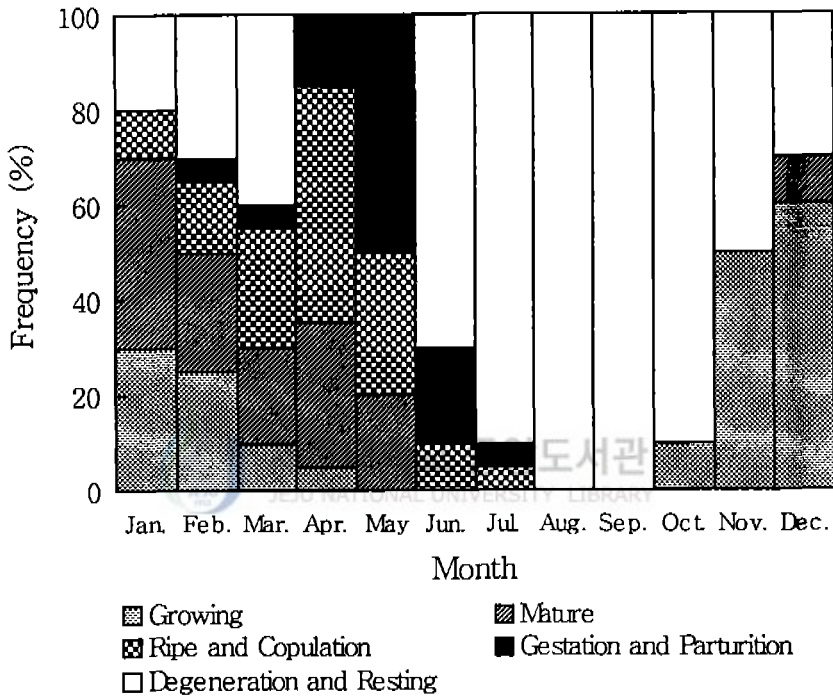


Fig. 26. Composite figure showing seasonal cycles of gonadal phases in female *S. tertius*.

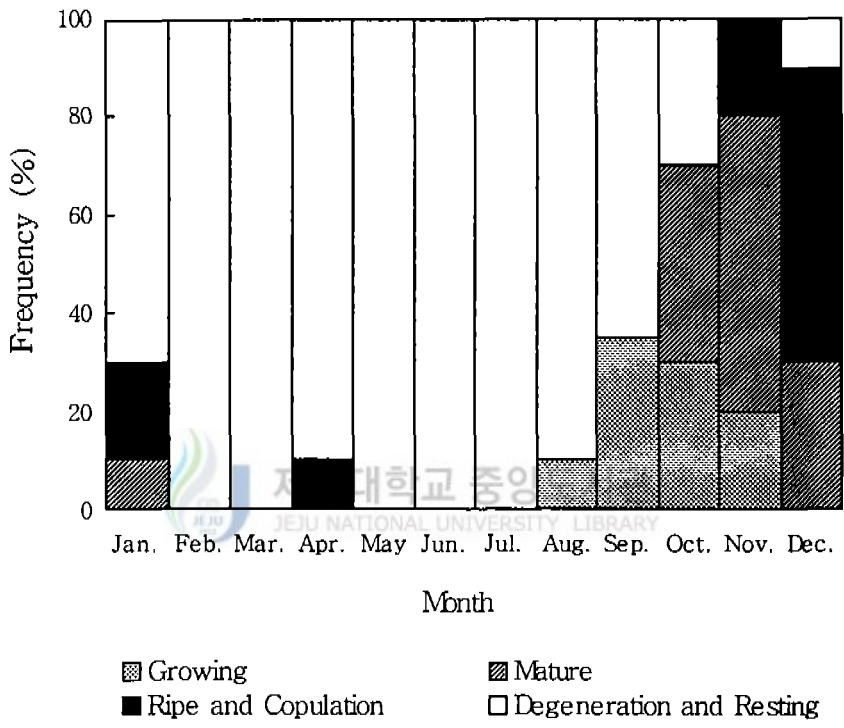


Fig. 27. Composite figure showing seasonal cycles of gonadal phases in male *S. tertius*.

Table 6. Relationship between total length and the first maturity of *S. tertius*

Total length (cm)	Female		Male	
	No. individual	Mature (%)	No. individual	Mature (%)
20.0 ~ 20.9	5	0	3	0
21.0 ~ 21.9	4	0	4	0
22.0 ~ 22.9	5	0	3	10
23.0 ~ 23.9	3	5	2	22
24.0 ~ 24.9	4	13	3	31
25.0 ~ 25.9	4	27	3	66
26.0 ~ 26.9	5	62	4	87
27.0 ~ 27.9	3	84	3	100
28.0 ~ 28.9	4	100	3	100
29.0 ~ 29.9	3	100	2	100
30.0 ~ 30.9	4	100	3	100
31.0 ~ 31.9	4	100	2	100
32.0 ~ 32.9	3	100	3	100
Total	51		38	

마. 난경 및 체내 자어 체장 조성

주 성숙기인 3월부터 6월까지 난소내 난경 조성 (0.2~1.0 mm)과 체내 자어의 체장 조성 (1.5~4.0 mm)을 조사하였다 (Fig. 28).

3월에는 난경 0.35~0.55 mm 범위의 성장기 난모세포들이 주를 이루고 있었으며, 4월에는 일부 0.40~0.60 mm 전후의 발달 단계를 가지는 난경 group 과 0.75~0.90 mm 전후의 완숙 및 수정난이 주 모드를 형성하고 있었으며, 소수 체내 자어도 관찰되었다. 5월은 0.25~0.40 mm의 난경 모드와 2.30~2.70 mm의 체내 자어가 주 모드를 형성하고 있다. 6월에 체내 자어는 대부분이 산출되어 일부만이 남아 있었고, 난경은 0.20~0.40 mm 전후의 미숙난이 주 모드를 형성하고 있었다.

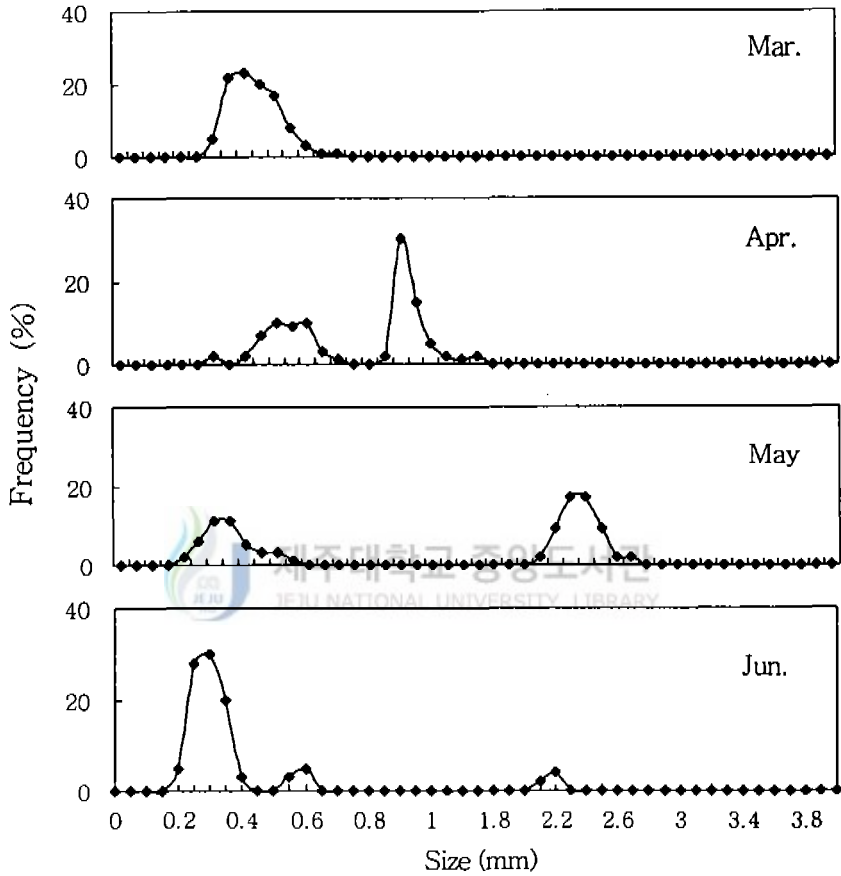


Fig. 28. Size frequency distribution (%) of eggs and larvae of *S. tertius*

사. 포란수와 체내 자어수

포란수와 체내 자어수는 성숙기인 1월에서 6월까지 난소내 산출 흔적이 없
은 성숙 난수와 체내 자어수를 계수 하였다. 포란수와 체내 자어수는 총 27
마리를 조사하였고, 최소 26,333개에서 최대 942,791개로 계측되었다 (Table
7). 전장 29.9 cm이하에서 포란수와 체내 자어수는 평균 45,755개, 전장 45.0
cm 이상에서는 평균 798,083개였다. 전장 (TL)과 포란수 및 체내 자어수 (N)
와의 관계식은 $N = - 1027720.87 + 36695.71 TL$ ($R^2 = 0.635$) 이었다 (Fig.
29). 체중 499.9 g이하에서 포란수 및 체내 자어수는 평균 45,755개, 체중
1500.0 g 이상에서는 평균 724,062개였다. 체중 (BW)과의 관계식은 $N = -$
 $30184 + 349.15 BW$ ($R^2 = 0.627$) 이었다 (Fig. 30).

Table 7. Composition of fecundity and number of larvae based on total length and body weight of *S. tertius*

Total length (cm)	Number of eggs and larvae		Number of individual
	Mean (Range)		
~29.9	45,755 (40,322 ~ 51,188)		2
30.0~34.9	203,161 (120,092 ~ 322,099)		5
35.0~39.9	282,894 (26,333 ~ 593,981)		13
40.0~44.9	575,953 (319,731 ~ 758,023)		4
45.0~	798,083 (624,776 ~ 942,791)		3
Total weight (g)	Number of eggs and larvae		Number of individual
	Mean (Range)		
~ 499.9	45,755 (40,322 ~ 51,188)		2
500.0~ 999.9	195,696 (26,333 ~ 438,829)		13
1,000.0~1,499.9	461,020 (319,731 ~ 758,023)		7
1,500.0~	724,062 (545,023 ~ 942,791)		5

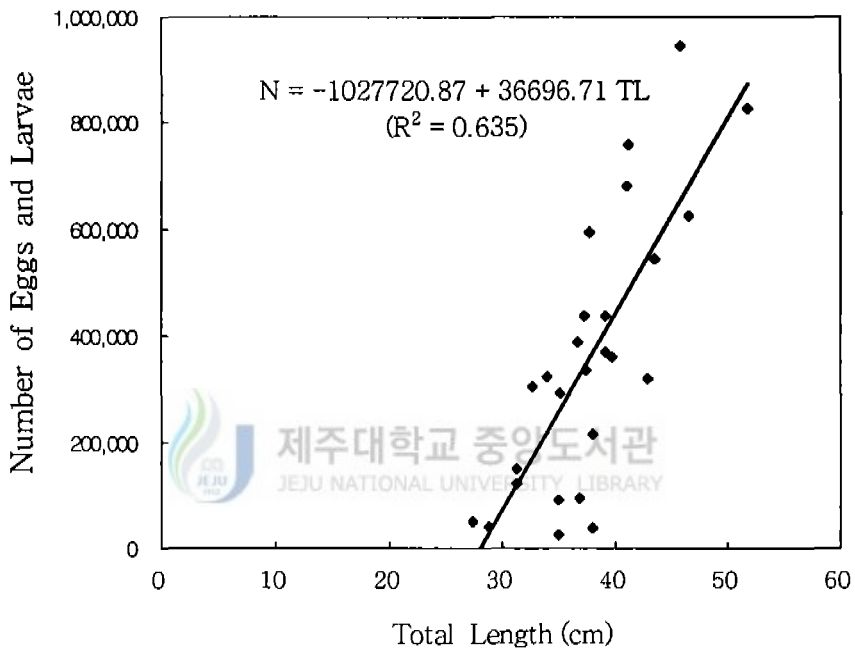


Fig. 29. Regression line from the number of eggs and larvae against the total length of *S. tertius*.

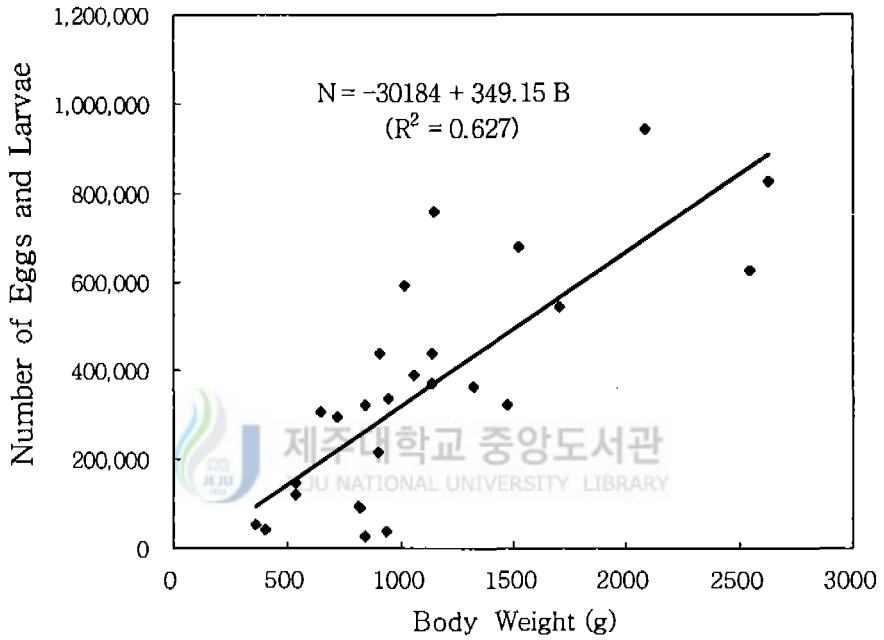


Fig. 30. Regression line from the number of eggs and larvae against the body weight of *S. tertius*.

4. 성장

1) 솜뽕이

가. 윤문 형성의 대응성

추출한 이석 표본 818개에서 연령사정이 가능한 개체는 암컷 223개, 수컷 186개로 총 409개였다. 연령사정의 적합성 여부를 확인하기 위한 윤문군별로 이석경과 윤문경과의 관계를 조사하였다 (Fig. 31).

각 윤문군별로 이석반경이 크면 각각 대응하는 윤문경이 커서 일정한 간격을 두고 양의 상관관계를 가지는 회귀직선으로 표시되어 이석경 (R)과 윤문경 (r_n) 사이에는 대응성이 인정되었다.

나. 윤문 형성 시기의 추정

윤문의 형성 시기 및 주기성은 연변부 성장률로써 추정하였다. 연령사정된 이석은 불투명대의 성장이 끝나는 부분을 기준으로 조사 기간 동안 연변부 성장률을 월별로 통합하였다 (Fig. 32). 암·수 모두 8월에 0.843, 0.791로 최고값을 나타낸 후 감소하기 시작하여 2월에 0.325, 0.434로 최저값을 보였다. 이와 같이 암·수 모두 여름철에 불투명대가 형성되고, 겨울철에 투명대가 형성되었으며, 윤문 형성 시기는 2월을 중심으로 연 1회 형성되는 것으로 추정하였다.

다. 생식소중량지수와 비만도의 월 변화

생식소중량지수와 비만도의 월 변화를 통하여 연변부 성장률과의 연관성을 추정하였다. 생식소중량지수에 있어 암컷은 주 성숙 및 산출 시기인 10월부터 3월까지 높았으나, 연변부 성장률은 반대로 낮아져 뚜렷한 역의 상관관계를 보였다. 수컷의 생식주기는 연변부 성장률과 비슷한 변동을 하고 있었다 (Fig. 10). 비만도 변동은 암컷의 경우 6월 이후 상승하여 9월에 최고치를 나타낸 후 점차 감소하여 3, 4월에 낮았으나, 수컷의 연간 월 변동폭은 암컷보다 크지 않았다 (Fig. 33). 비만도의 증가가 이루어지는 8~9월에 연변부 성장률이 좋았음을 알 수 있었다.

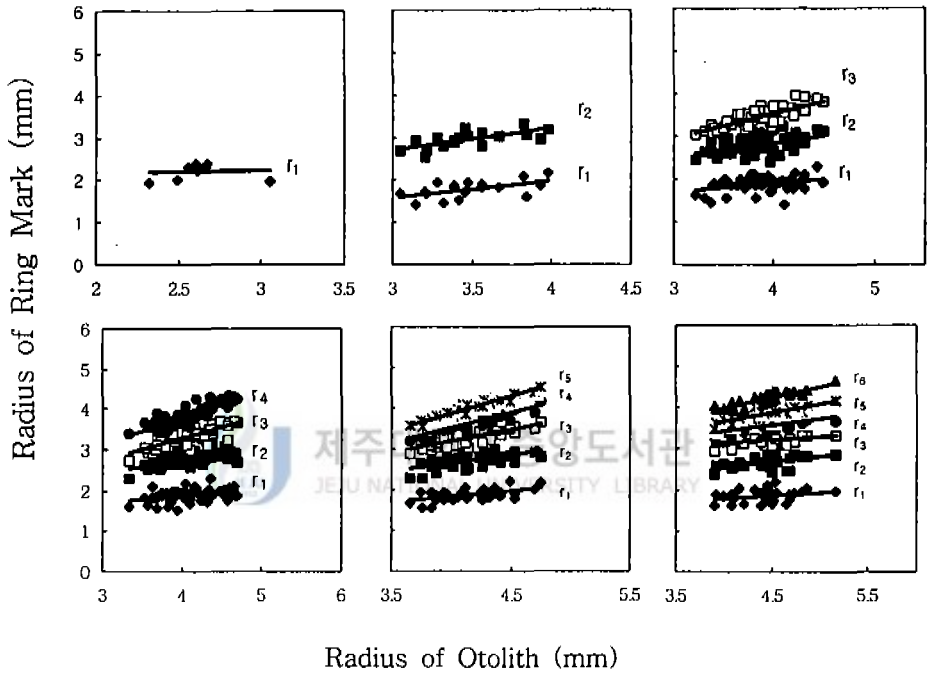


Fig. 31. Relationship between the radius of otolith (R) and ring (r_n) of *S. marmoratus*.

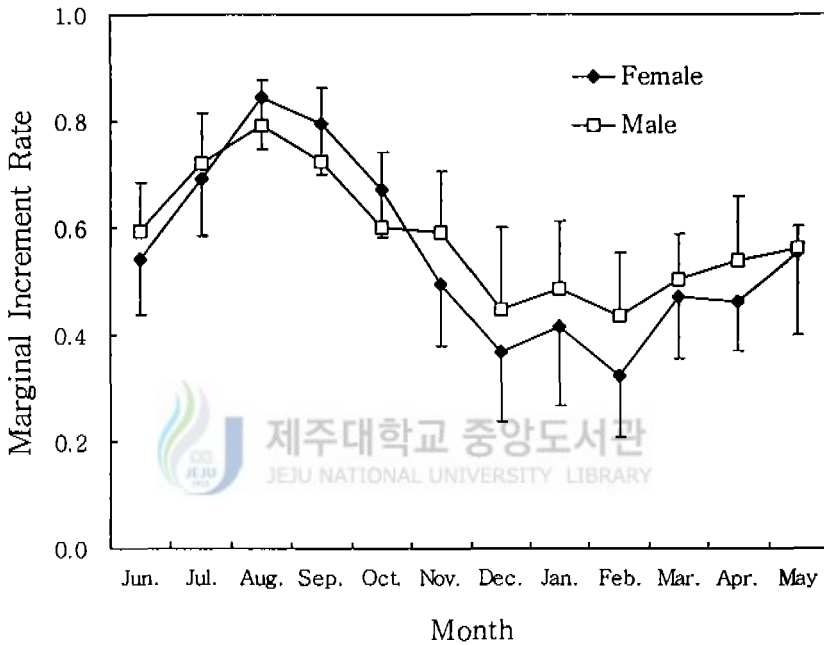


Fig. 32. Monthly changes of the marginal increment rate of *S. marmoratus* otolith.

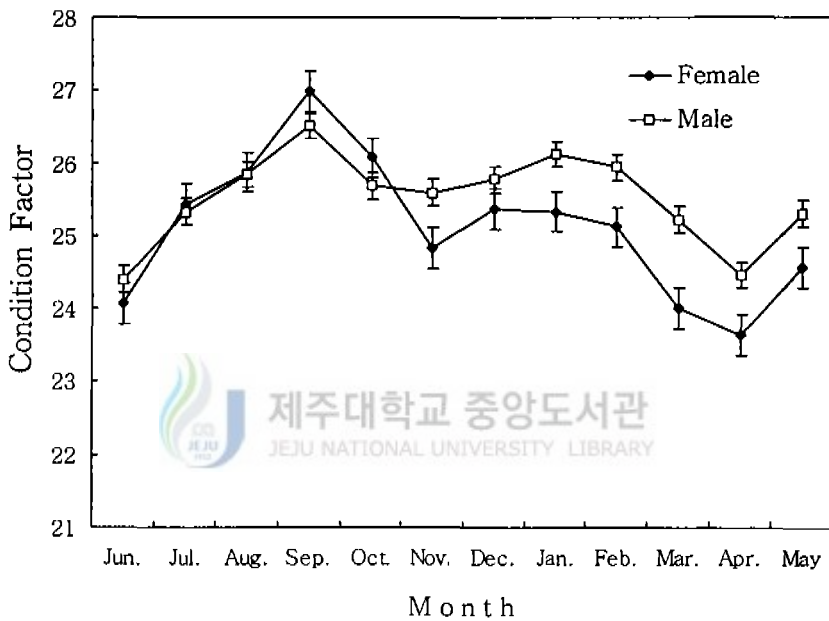


Fig. 33. Monthly variation in the condition factor of *S. marmoratus*.

라. 전장과 이석경과의 관계

조사된 전체 표본중 암컷 223개체, 수컷 186개체에 대하여 연급군별로 전장의 평균치와 표준편차를 구하였다. 아직 1세어 이하에서는 생식소 미발달로 암·수 구별이 불가능하여 전체 평균으로 계산하였다 (Table 8).

Table 8. Comparison of mean total length of *S. marmoratus* in each group of otolith annulus

Annulus group	Female		Male	
	Number of individual	Mean ± SD*	Number of individual	Mean ± SD*
1**	9	11.10 ± 1.07	9	11.10 ± 1.07
2	18	16.14 ± 3.69	36	18.34 ± 1.96
3	54	18.47 ± 2.53	129	19.57 ± 2.07
4	61	18.95 ± 1.77	30	21.38 ± 2.94
5	36	19.63 ± 1.94	31	22.81 ± 3.07
6	30	20.98 ± 2.67	9	22.40 ± 2.71
7	9	21.07 ± 2.55	-	-

* Mean total length ± standard deviation.

** Sex unidentified.

전장 (TL)과 이석경 (R)과의 관계는 Fig. 34와 같이 직선회귀의 관계를 가지며 암·수별 관계식은 다음과 같다.

$$\text{Female : TL} = -0.526 + 4.818R \quad (R^2 = 0.717) \dots \dots \dots (1)$$

$$\text{Male : TL} = -1.895 + 5.239R \quad (R^2 = 0.776) \dots \dots \dots (2)$$

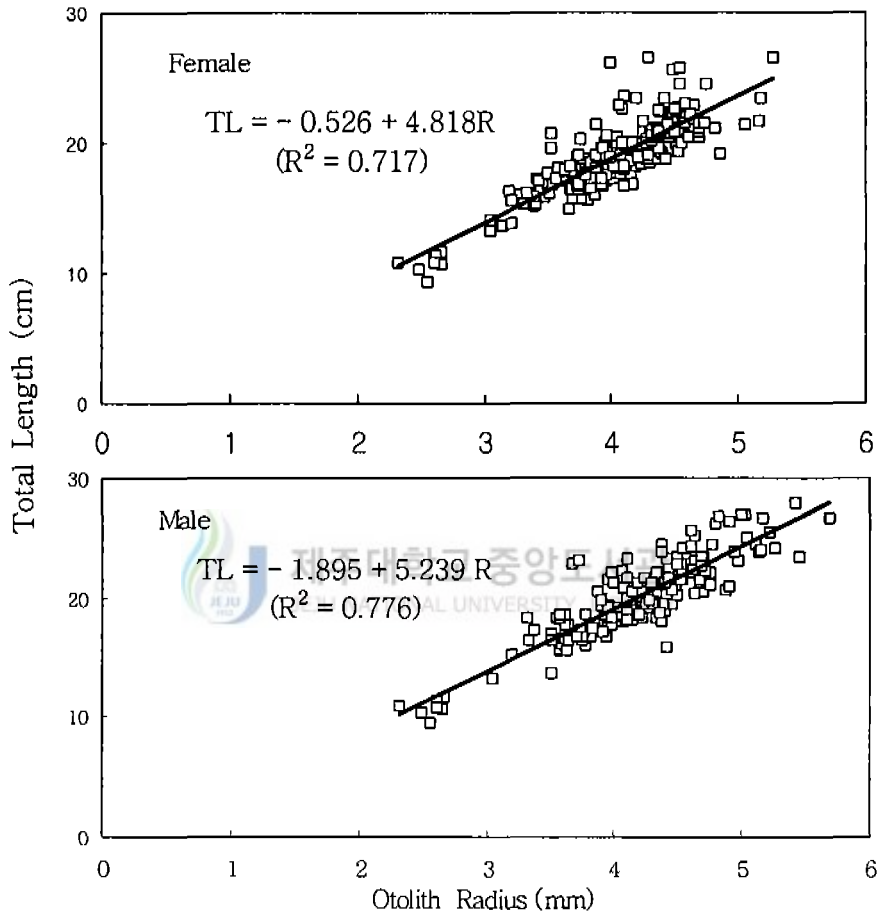


Fig. 34. Relationship between otolith radius (R) and total length (TL) of *S. marmoratus*.

마. 윤문형성시의 계산체장

각 윤문군별 평균 윤문경을 암·수별로 측정한 결과 Lee 현상이 관찰되어 동일연급의 윤문경으로 회귀직선식을 구하고, 이들 직선식과 이에 각각 대응하는 윤문의 종축과의 교점을 Lee 현상을 보정한 윤문 형성시의 이론적인 윤문경의 추정치를 구하였다 (Table 9).

윤문형성시의 계산체장은 체장과 이석경과의 관계식인 (1), (2)식에 Table 9에서 제시한 각 윤문경의 추정치를 대입하여 산출하였다 (Table 10).

Table 9. Mean length (mm) of ring radius in each ring group of *S. marmoratus*

Sex	Ring group	Number of individual	Ring radius (mm)						
			r ₁	r ₂	r ₃	r ₄	r ₅	r ₆	r ₇
Female	1	9	2.21						
	2	18	1.93	3.01					
	3	54	1.85	2.84	3.56				
	4	61	1.97	2.85	3.39	3.83			
	5	36	1.96	2.84	3.33	3.70	4.04		
	6	31	1.91	2.78	3.26	3.63	3.93	4.26	
	7	10	1.92	2.81	3.23	3.59	3.87	4.13	4.40
	Mean		2.05	2.94	3.51	3.81	4.03	4.26	4.40
Male	1	9	2.21						
	2	36	1.90	3.20					
	3	69	1.82	2.89	3.66				
	4	30	1.87	2.90	3.56	4.11			
	5	31	1.86	2.89	3.53	3.97	4.41		
	6	9	1.86	2.82	3.38	3.79	4.12	4.58	
	Mean		2.05	3.09	3.66	4.11	4.41	4.58	

Table 10. Estimated total body length (cm) at the time of ring formation in *S. marmoratus*.

Sex	r ₁	r ₂	r ₃	r ₄	r ₅	r ₆	r ₇
Female	9.35	13.65	16.40	17.81	18.90	20.00	20.68
Male	8.85	14.30	17.30	19.64	21.21	22.10	-

바. 성장식의 추정

① 체장의 성장

연륜별 윤문 형성시의 계산 체장 (Table 10)을 이용하여 L_n과 L_{n+1}의 관계를 Walford의 정차도로 산출하였으며 (Fig. 35), 그 관계식은 다음과 같다.

$$\text{Female : } L_{n+1} = 7.425 + 0.654 L_n \quad (R^2=0.993) \dots\dots\dots(3)$$

$$\text{Male : } L_{n+1} = 8.444 + 0.644 L_n \quad (R^2=0.996) \dots\dots\dots(4)$$

정차도에서 이론적인 최대체장 (L_∞)은 암 · 수 각각 21.484 cm, 23.698 cm 이었으며, 성장계수 (κ)는 암 · 수 각각 0.424, 0.441이었다. log_e (L_∞-L_t) = (log_e L_∞ + κ t₀) - κ t에서 구한 t₀값은 암 · 수 각각 -0.334, -0.0589 이었다. 따라서, 체장에 관한 Bertalanffy의 성장식에 적용시킨 결과는 다음과 같다.

$$\text{Female (cm) : } L_t = 21.484 (1 - e^{-0.424(t+0.334)}) \dots\dots\dots(5)$$

$$\text{Male (cm) : } L_t = 23.698 (1 - e^{-0.441(t+0.0589)}) \dots\dots\dots(6)$$

각 연령별 체장은 만 1세에서 7세까지는 암컷에서 각각 9.28 cm, 13.50 cm, 16.26 cm, 18.06 cm, 19.25 cm, 20.02 cm, 20.53 cm이었고, 수컷은 6세까지 8.84 cm, 14.14 cm, 17.55 cm, 19.74 cm, 21.15 cm, 22.06 cm이었다 (Fig. 36).

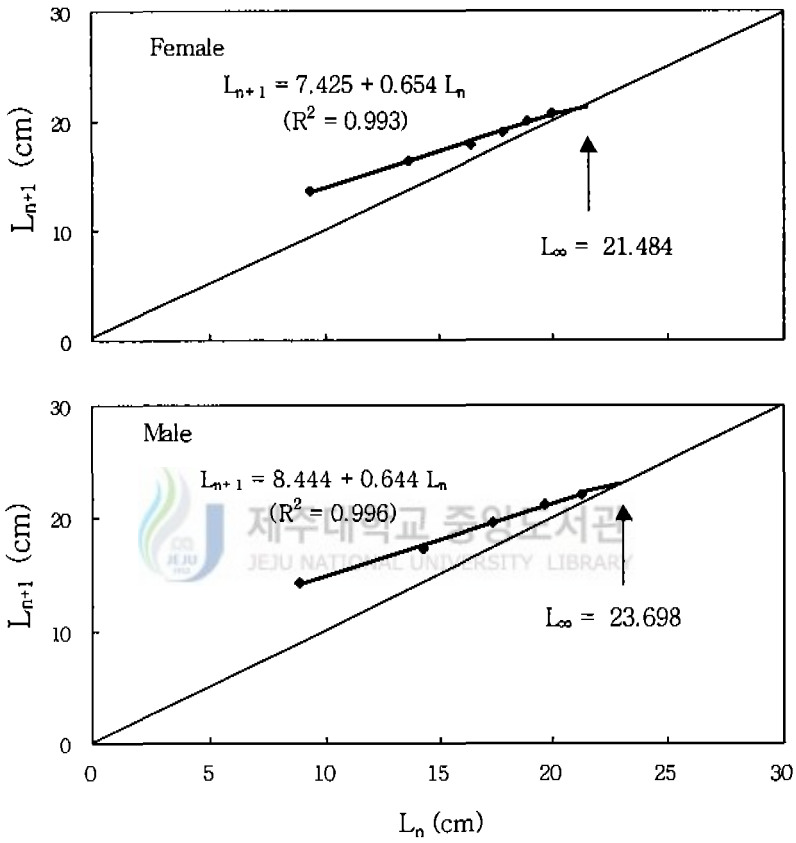


Fig. 35. Walford's growth transformation based on the estimated total length of *S. marmoratus*.

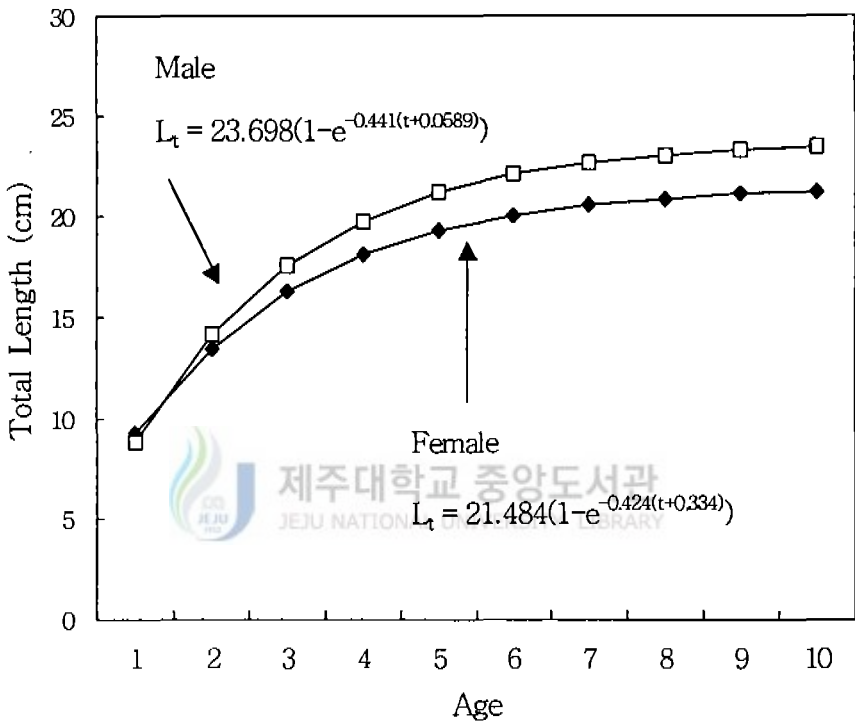


Fig. 36. Theoretical von Bertalanffy growth curves based on total length of *S. marmoratus*.

② 체중의 성장

암·수별로 체장과 체중의 관계식 (Fig. 37)은 다음과 같다.

$$\text{Female} : W = 0.01648 \text{ TL}^3 \quad (R^2 = 0.951) \dots \dots \dots (7)$$

$$\text{Male} : W = 0.01579 \text{ TL}^3 \quad (R^2 = 0.970) \dots \dots \dots (8)$$

최대체장 (W_∞)은 앞에서 검출된 최대체장 (L_∞)값을 (7), (8)에 대입하여 구한 Bertalanffy의 체중에 관한 성장식은 다음과 같으며,

$$\text{Female (g)} : W_t = 163.42 (1 - e^{-0.424 (t+0.334)})^3 \dots \dots \dots (9)$$

$$\text{Male (g)} : W_t = 210.14 (1 - e^{-0.441 (t+0.059)})^3 \dots \dots \dots (10)$$

각 연령별 체중은 만 1세에서 7세까지는 이론적 체중은 암컷에서 각각 13.17 g, 40.53 g, 70.82 g, 97.14 g, 117.48 g, 132.22 g, 142.51 g이었고, 수컷은 6세까지 10.91 g, 44.64 g, 85.32 g, 121.48 g, 149.43 g, 169.51 g이었다 (Fig. 38).

사. 성숙 연령

솜뱅이 균성숙도 (Table 4)에서 50%, 100% 성숙에 참여하는 크기는 암·수 각각 13 cm, 15 cm 체급으로 조사되었다. 따라서 Bertalanffy 체장의 성장식으로 50% 성숙 연령을 추정하면 암·수 각각 1.9세, 1.8세, 100%는 각각 2.8세, 2.2세로 추정되었다.

자. 체장 조성

1988년부터 1996년까지 조사된 솜뱅이 3,304개체의 월별 체장 조성의 모드 변화는 뚜렷하지 않으나, 주 어획 대상이 되는 체장 범위는 17.0~21.0 cm로 대부분 3~5세어가 주 Mode를 이루고 있었다 (Fig. 39).

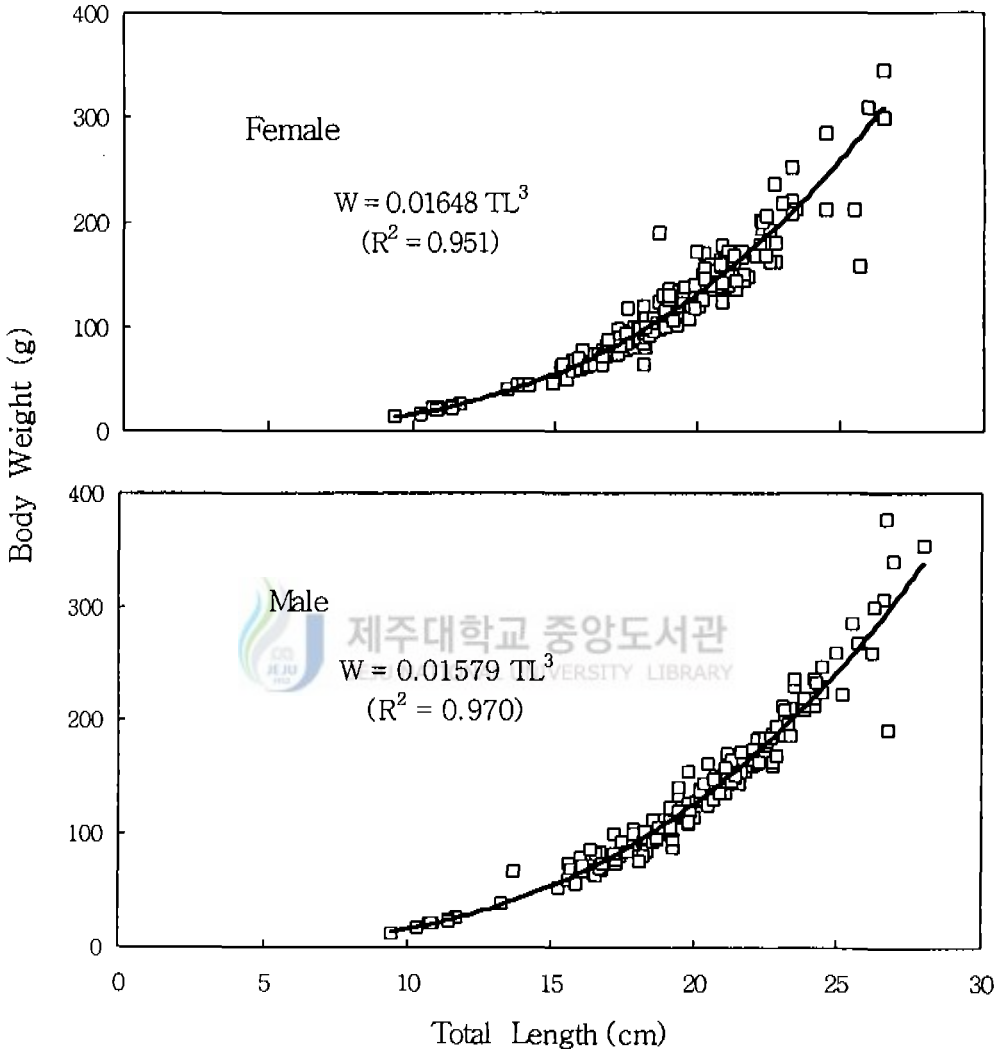


Fig. 37. Relationship between total length and body weight of *S. marmoratus*.

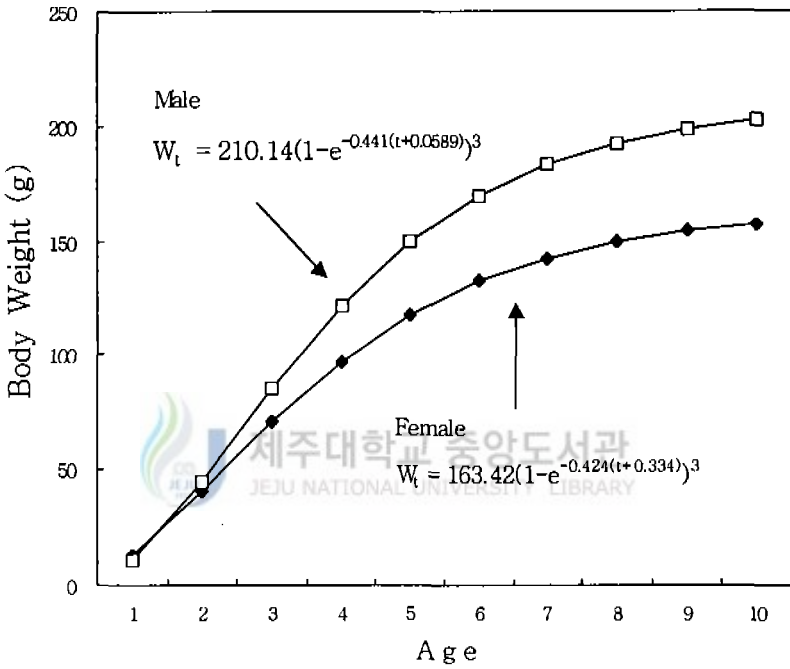


Fig. 38. Theoretical von Bertalanffy growth curves based on body weight of *S. marmoratus*.

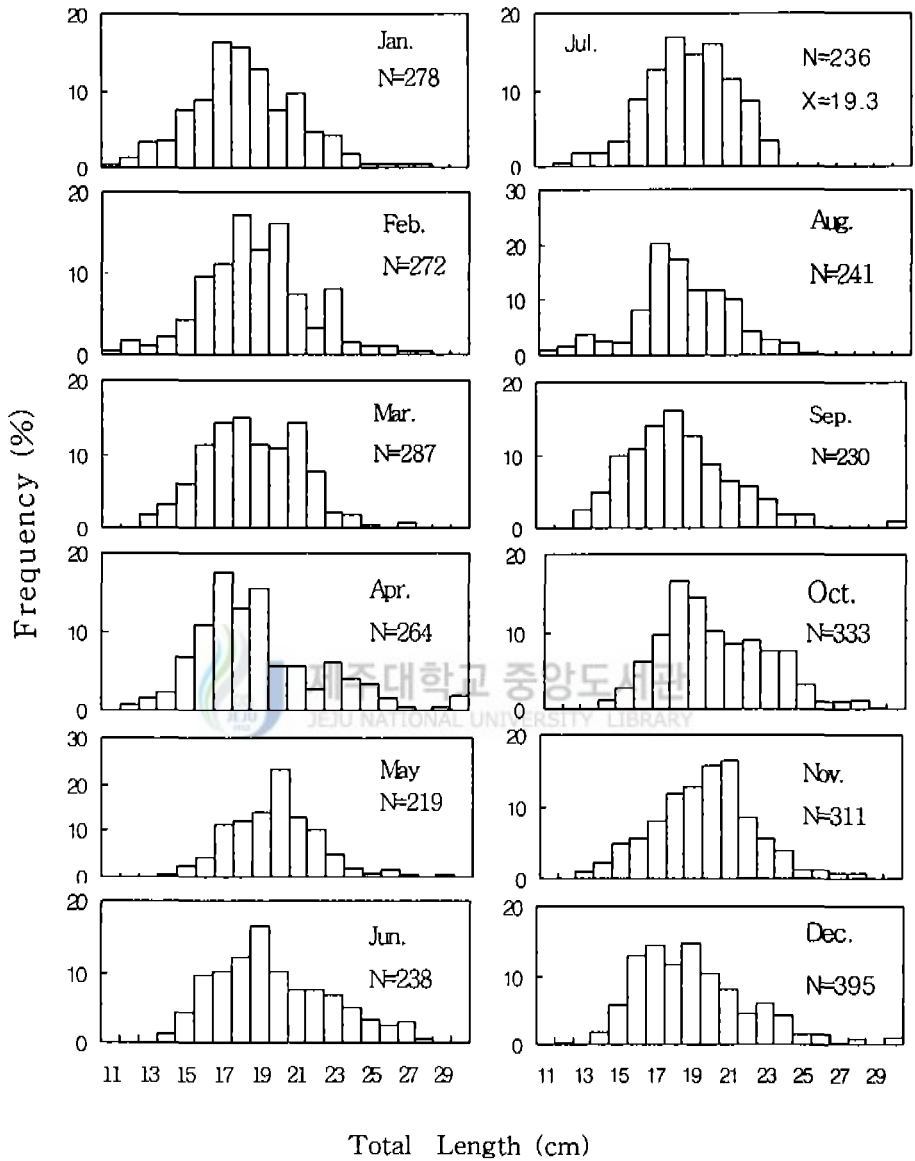


Fig. 39. Monthly change in size distribution of total length in *S. marmoratus*.

2) 붉은썸뱅이

가. 윤문 형성의 대응성

추출한 이석 표본 564개에서 윤문 판독이 가능한 것이 암컷 163개, 수컷 176개로 총 339개 (60.1%) 였다. 이 중 작업중 파손된 것이 89개 (15.7%) 였으며, 판독이 불가능한 것이 136개 (24.2%) 였다. 판독한 윤문이 연령 형질로 적합한가를 검토하기 위해 이석경과 윤문경간의 대응성과 윤문 형성 시기 및 주기성을 검토하였다 (Fig. 40).

각 윤문군별로 이석 반경이 크면 각각 대응하는 윤문경이 커서 일정한 간격을 두고 양의 상관을 가지는 회귀직선으로 표시되어 이석경 (R)과 윤문경 (r_n) 사이에는 대응성이 인정되었다.

나. 윤문 형성 시기의 추정

윤문의 형성 시기 및 주기성은 연변부 성장률로써 추정하였다. 연령 사정된 이석은 불투명대의 성장이 끝나는 부분을 기준으로 조사 기간 동안 연변부 성장률을 월별로 통합한 그림이다 (Fig. 41). 성장률은 암·수 모두 8월에 0.74, 0.80로 연중 최고값을 나타낸 후, 감소하기 시작하여 1월에 0.41, 0.40로 가장 낮았다.

이와 같이 암·수 모두 여름철에 불투명대가 형성되고, 겨울철에 투명대가 형성되었으며, 윤문형성시기는 1월을 중심으로 년 1회 형성되는 것으로 추정하였다.

다. 생식소중량지수의 변화

생식소중량지수의 월 변동을 (Fig. 21) 통하여 연변부 성장률과의 연관성을 추정하였다. 암컷은 주 성숙 및 산출 시기인 4월에서 5월까지 생식소중량지수가 3.84~2.88로 가장 높았고, 수컷은 11월에서 12월 사이에 지수 0.23~0.20으로 가장 높았다. 이 시기 Fig. 41의 연변부 성장률은 비교적 낮았고 생식소중량지수와는 역의 관계였다.

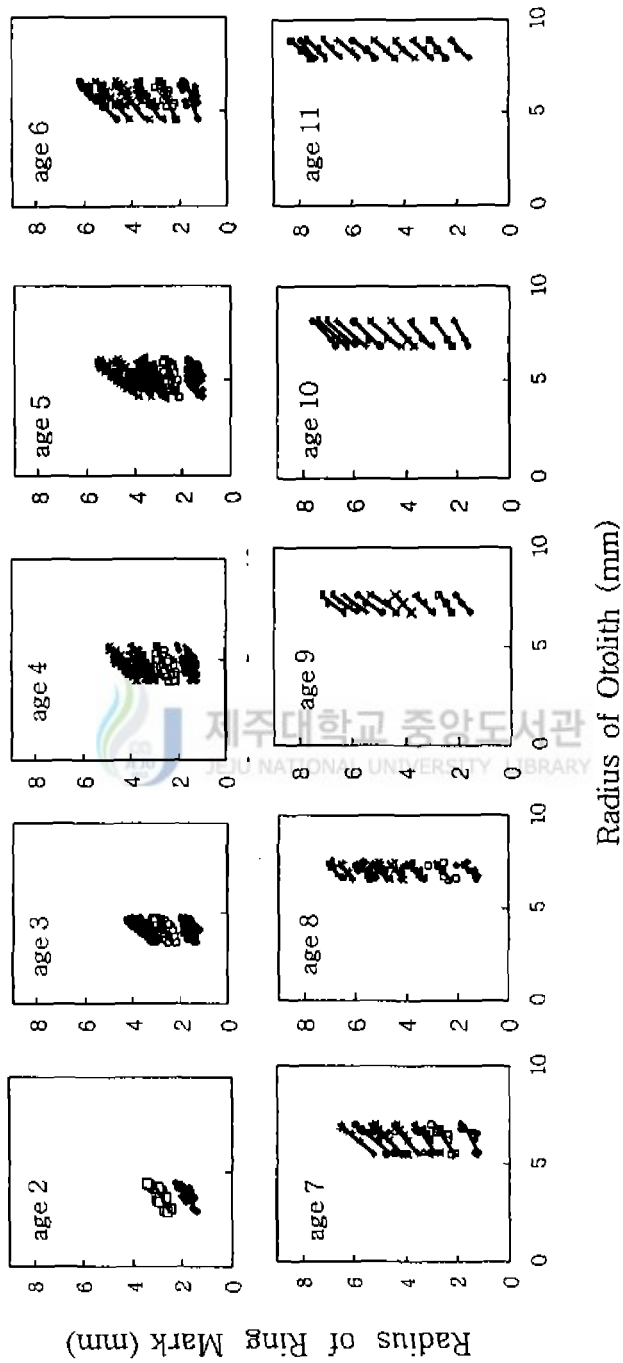


Fig. 40. Relationship between the radius of otolith (R) and ring (r_n) of *S. tertius*.

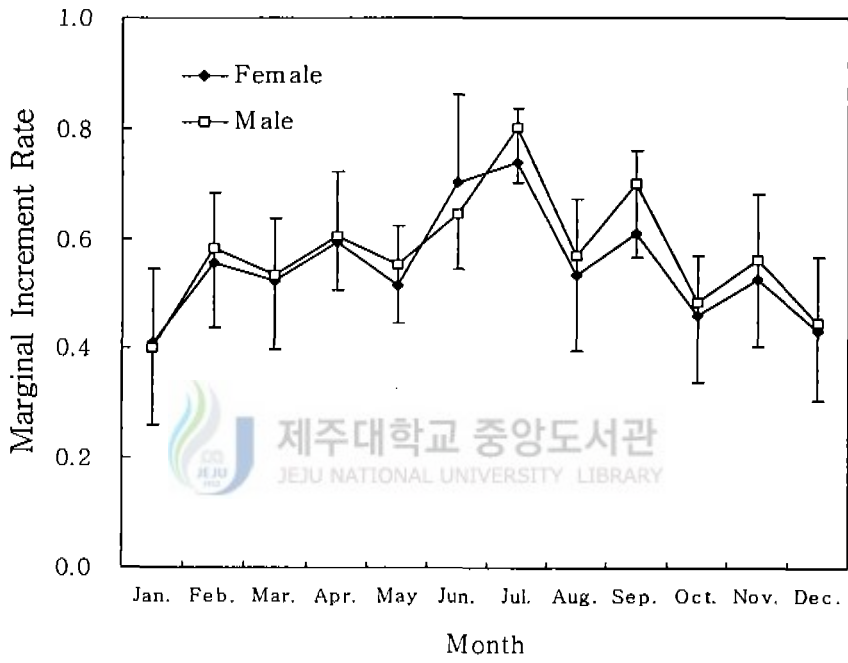


Fig. 41. Monthly changes in the marginal increment rate of *S. tertius* otolith.

라. 전장과 이석경과의 관계

조사된 전체 이석 표본에 대하여 연급군별로 만 2세에서 11세까지 전장의 평균치와 표준편차를 구하였다. 1세 이하의 어린 개체는 채집되지 않았으며, 붉은솜뱅이는 최저 13.1 cm, 32.87 g부터 최대 49.3 cm, 2,190 g까지 관찰되었다 (Table 11).

전장 (TL)과 이석경 (R)과의 관계는 Fig. 42와 같이 직선회귀의 관계를 가지며 암·수별 관계식은 다음과 같이 나타내었다.

Table 11. Mean total length and mean body weight of *S. tertius* in each group of otolith annulus

Annulus group	Number of individual	Female		Number of individual	Male	
		Total length	Body weight		Total length	Body weight
		Mean \pm SD* ¹	Mean \pm SD* ¹		Mean \pm SD* ¹	Mean \pm SD* ¹
2	18	15.23 \pm 1.07	42.43 \pm 25.89	17	15.41 \pm 1.79	54.78 \pm 33.71
3	58	18.55 \pm 2.27	82.97 \pm 38.51	55	18.52 \pm 1.86	102.18 \pm 36.14
4	50	21.90 \pm 2.56	124.66 \pm 49.41	46	22.69 \pm 2.61	146.29 \pm 62.45
5	28	24.11 \pm 3.04	217.32 \pm 98.30	20	26.23 \pm 3.57	271.66 \pm 136.81
6	10	27.41 \pm 3.01	390.81 \pm 190.81	6	29.80 \pm 4.23	398.15 \pm 194.99
7	4	30.80 \pm 4.25	586.07 \pm 286.38	6	33.83 \pm 4.14	676.05 \pm 292.71
8	3	33.86 \pm 4.52	700.49 \pm 193.61	5	36.76 \pm 3.43	858.97 \pm 125.98
9	2	35.68 \pm 3.19	864.24 \pm 87.02	3	38.13 \pm 2.12	1053.41 \pm 295.61
10	2	37.85 \pm 0.21	937.33 \pm 37.33	3	40.51 \pm 2.82	1241.08 \pm 234.86
11	1	37.7	1020	2	41.92 \pm 4.81	1352.29 \pm 182.42

*¹ Mean total length \pm standard deviation.

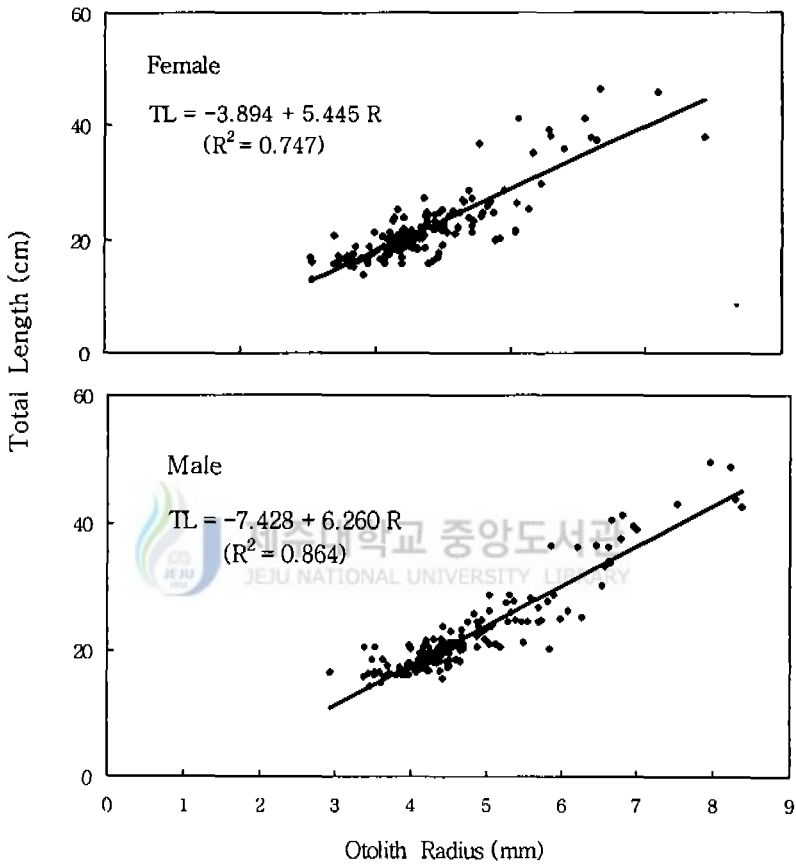


Fig. 42. Relationship between otolith radius and total length of *S. tertius*.

$$\text{Female : TL} = -3.894 + 5.445 R \quad (R^2 = 0.747) \dots \dots \dots (15)$$

$$\text{Male : TL} = -7.428 + 6.260 R \quad (R^2 = 0.864) \dots \dots \dots (16)$$

마. 윤문형성시의 계산체장

각 윤문군별 평균 윤문경을 측정한 결과 Lee 현상이 관찰되어 동일연급의 윤문경으로 회귀직선식을 구하고, 이들 직선식과 이에 각각 대응하는 윤문의 종축과의 교점을 Lee 현상을 보정한 윤문 형성시의 이론적인 윤문경의 추정치로 구하였다 (Table 12).

Table 12. Mean length (mm) of ring radius in each ring group of *S. tertius*

Sex	Ring group	Ring radius (mm)									
		r ₂	r ₃	r ₄	r ₅	r ₆	r ₇	r ₈	r ₉	r ₁₀	r ₁₁
Female	2	2.94									
	3	2.71	3.58								
	4	2.58	3.45	4.27							
	5	2.57	3.26	4.13	4.89						
	6	2.53	3.32	4.05	4.78	5.57					
	7	2.40	3.18	3.98	4.66	5.43	6.28				
	8	2.38	3.18	3.84	4.56	5.32	6.11	6.73			
	9	2.35	3.10	3.77	4.52	5.27	6.01	6.61	7.15		
	10	2.17	2.93	3.70	4.38	5.12	5.88	6.51	7.08	7.47	
	11	2.08	2.80	3.58	4.37	5.08	5.82	6.44	6.93	7.34	7.52
		Mean	2.84	3.46	4.15	4.77	5.45	6.12	6.62	7.04	7.34
Male	2	2.97									
	3	2.69	3.59								
	4	2.59	3.45	4.40							
	5	2.45	3.36	4.21	4.93						
	6	2.42	3.51	4.36	5.02	5.74					
	7	2.40	3.21	4.07	4.85	5.61	6.32				
	8	2.34	3.16	4.03	4.77	5.56	6.15	6.91			
	9	2.29	3.00	3.84	4.51	5.25	5.87	6.66	7.28		
	10	2.29	2.94	3.83	4.46	5.36	5.95	6.57	7.02	7.64	
	11	2.14	3.00	3.70	4.43	5.11	5.74	6.27	6.77	7.38	7.69
		Mean	2.72	3.49	4.30	4.92	5.62	6.14	6.70	7.06	7.38

윤문 형성시의 계산 체장은 체장과 이석경과의 관계를 나타낸 (15), (16) 식에 Table 12에서 제시한 각 윤문경의 추정치를 대입하여 구하였다 (Table 13).

Table 13. Back-calculated total body length (cm) at the time of ring formation in *S. tertius*

Sex	r ₂	r ₃	r ₄	r ₅	r ₆	r ₇	r ₈	r ₉	r ₁₀	r ₁₁
Female	11.54	14.94	18.70	22.08	25.78	29.54	32.15	34.49	36.12	37.05
Male	9.57	14.43	19.52	23.37	27.74	31.02	34.53	36.68	38.77	40.71

마. 성장식의 추정

① 체장의 성장

연륜별 윤문형성시의 계산체장 (Table 13)을 이용하여 L_n과 L_{n+1}의 관계를 Walford의 정차도로 나타내었으며 (Fig. 43) 그 관계식은 다음과 같다.

$$\text{Female : } L_{n+1} = 5.242 + 0.904 L_n \quad (r^2=0.995) \dots\dots\dots(17)$$

$$\text{Male : } L_{n+1} = 6.364 + 0.889 L_n \quad (r^2=0.998) \dots\dots\dots(18)$$

정차도에서 이론적인 최대체장 (L_∞)은 암·수 각각 54.491 cm, 57.382 cm 이었으며, 성장계수 (κ)는 암·수 각각 0.101, 0.118이었다.

log_e (L_∞-L_t) = (log_e L_∞ + κ t₀) - κ t에서 구한 t₀값은 암·수 각각 -0.471, 0.438이었다. 따라서, 체장에 관한 Bertalanffy의 성장식에 적용시킨 결과는 다음과 같다.

$$\text{Female : } L_t \text{ (cm)} = 54.491 \left(1 - e^{-0.101(t-0.471)} \right) \dots\dots\dots(19)$$

$$\text{Male : } L_t \text{ (cm)} = 57.382 \left(1 - e^{-0.118(t-0.438)} \right) \dots\dots\dots(20)$$

각 윤문이 형성되는 연령별 체장은 2세에서 11세까지 암컷에서 각각 11.54 cm, 14.94 cm, 18.70 cm, 22.08 cm, 25.78 cm, 29.54 cm, 32.15 cm,

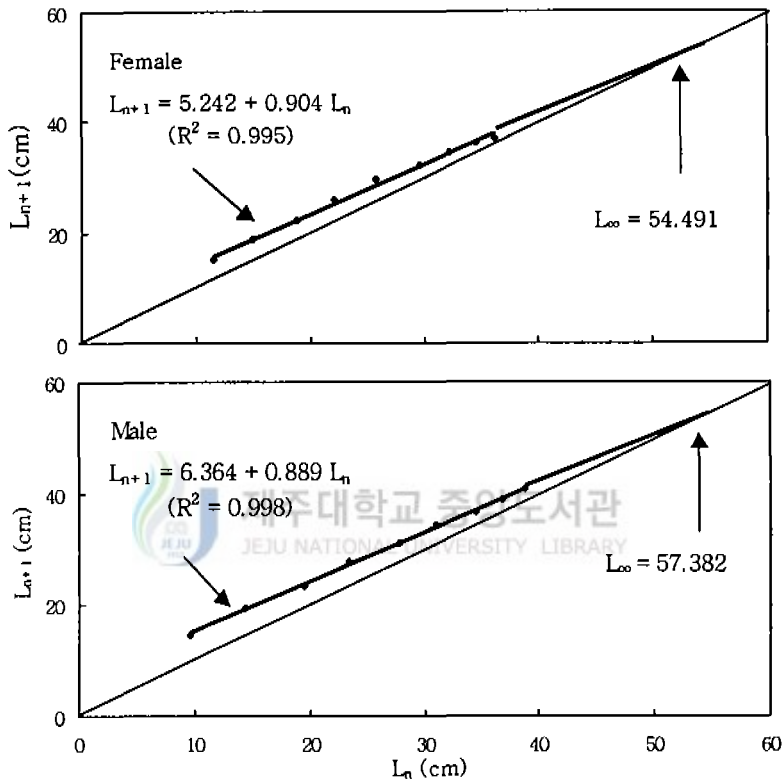


Fig. 43. Walford's growth transformation based on the estimated total length.

34.49 cm, 36.12 cm, 37.05 cm이었고, 수컷은 9.57 cm, 14.43 cm, 19.52 cm, 23.38 cm, 27.75 cm, 31.02 cm, 34.53 cm, 36.69 cm, 38.77 cm, 40.71 cm이었다 (Fig. 44).

② 체중의 성장

암·수별로 전장 (TL)과 체중 (BW)과의 관계에서 (Fig. 45), 그 관계식은 다음과 같다. Bertalanffy 성장식 적용을 위한 지수 3에 대한 유의성을 검정한 결과 암·수 각각 $t = 1.151$ ($P > 0.05$), $t = 0.826$ ($P > 0.05$)로 유의 차가 없었다.

$$\text{Female : BW} = 0.01598 \text{ TL}^3 \text{ (} R^2 = 0.986\text{)} \dots\dots\dots(21)$$

$$\text{Male : BW} = 0.01589 \text{ TL}^3 \text{ (} R^2 = 0.991\text{)} \dots\dots\dots(22)$$

최대체장 (W_∞)은 앞에서 검출된 최대체장 (L_∞)값을 (21), (22)에 대입하여 구하였다. 따라서, Bertalanffy의 체중에 관한 성장식은 다음과 같으며,

$$\text{Female (g) : } W_t = 2585.54 \left(1 - e^{-0.101 (t+0.471)} \right)^3 \dots\dots\dots(23)$$

$$\text{Male (g) : } W_t = 3002.28 \left(1 - e^{-0.118 (t-0.438)} \right)^3 \dots\dots\dots(24)$$

각 윤문이 형성되는 연령별 체중은 2세에서 11세까지는 이론적 체중은 암컷에서 27.86 g, 66.86 g, 124.05 g, 197.83 g, 285.61 g, 384.47 g, 491.43 g, 603.74 g, 718.94 g, 834.93 g이었고, 수컷은 14.32 g, 53.32 g, 121.32 g, 216.56 g, 334.61 g, 470.08 g, 617.53 g, 771.99 g, 929.19 g, 1085.66 g 이었다 (Fig. 46).

사. 성숙 연령

붉은쏨뱅이 군성숙도 (Table 6)에서 50%, 100%로 성숙에 참여하는 암컷의 크기는 각각 26 cm, 28 cm 체급, 수컷은 각각 25 cm, 27 cm 체급으로 조사되었다. 따라서 Bertalanffy 체장의 성장식으로 성숙 연령을 추정하면 암컷은 각각 6.0세, 6.8세, 수컷은 각각 5.3세, 5.8세로 추정되었다.

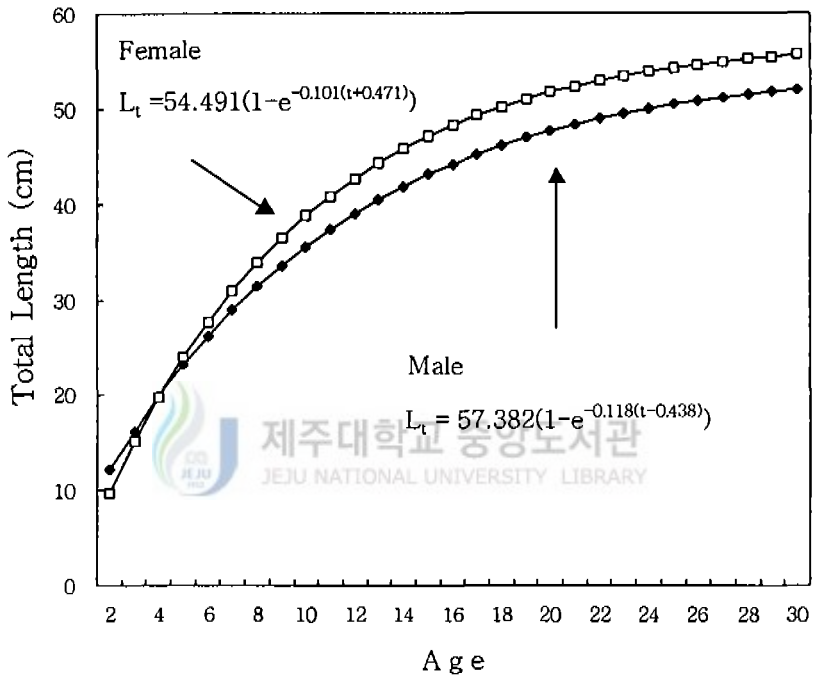


Fig. 44. Theoretical von Bertalanffy growth curves based on total length of *S. tertius*.

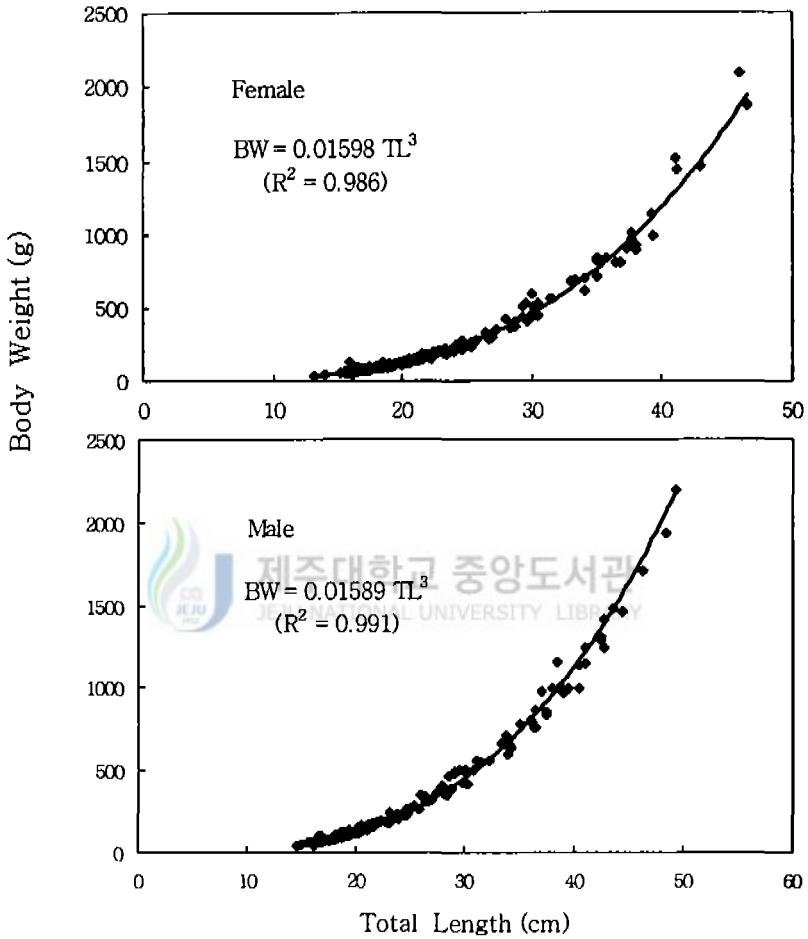


Fig. 45. Relationship between total length and body weight of *S. tertius*.

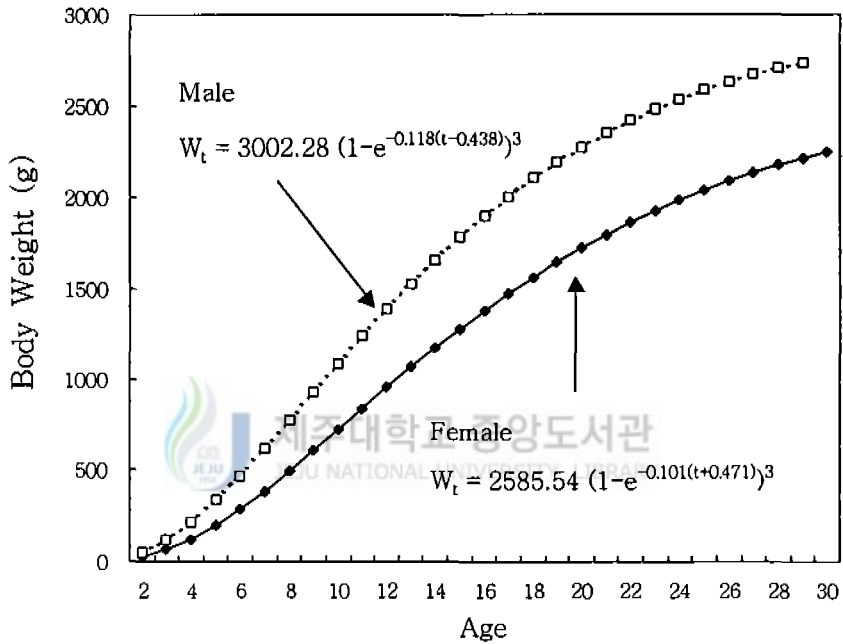


Fig. 46. Theoretical von Bertalanffy growth curves in weight of *S. tertius*.

자. 체장 조성

붉은쏨뱅이 504개체의 월별 체장 조성은 4~8월에는 최대 49 cm까지 체장 범위로 큰 어체들의 구성 비율이 높으나, 대부분 17~21 cm의 체장 범위로 3~4세어가 주 Mode를 이루고 있었다 (Fig. 47).

5. 산출 생태

1) 사육 환경

쏨뱅이와 붉은쏨뱅이 실내 사육실험중 자어 산출기간은 1997년 4월 28일부터 5월 18일까지 20일간이었으며, 이때 수온은 14.9~17.9°C, 비중 1.024~1.026, DO 6.23~7.57 mg/l 범위로 비교적 안정된 환경이었다.

2) 자어 산출

자어 산출을 관찰하기 위하여 0.5~1 ton 수조에 A, B, C, D 4개 그룹으로 나눈 후 각각 3~4마리씩 쏨뱅이는 총 14마리, 붉은쏨뱅이는 9마리를 수용한 후 개체 식별을 위해 가슴지느러미에 표지를 부착하였다. 운반 도중 스트레스와 낚시바늘을 삼킨 쏨뱅이 4마리와 붉은쏨뱅이 3마리가 폐사 하였으며, 일부 개체들은 수정란과 죽은 자어들을 산출한 후 죽는 개체도 있었다. 자어 산출은 오후 19:00~23:00 사이에 많이 관찰되었다.

쏨뱅이와 붉은쏨뱅이 어미의 산출 직전 상태는 위에서 보아 복부가 체폭보다 좌우로 팽대한 모습으로 유명하지 않고, 수조의 구석이나 은신처에 정지하여 있으며, 먹이는 먹지 않고 호흡운동을 활발히 하였다. 산출시 어미는 서서히 유영을 하며 자어를 산출하였다. 산출된 자어는 곧 활발한 유영을 시작하였고, 그 중에서 폐사어 산출률은 1.5~74% 였다.

쏨뱅이 친어의 평균전장은 21.15 cm (17.5~27.0 cm), 산출 후 평균체중은 209.1 g (125~440 g) 였으며, 산출 자어의 크기는 평균 3.68 mm(3.34~4.01 mm)로 산출 자어수는 평균 59,836마리 (1,440~160,080마리) 였다 (Table 14).

붉은쏨뱅이 친어의 평균 전장은 36.18 cm (30.4~41.1 cm), 산출 후 평균 체중은 1,007.0 g (412~1,460 g) 였으며, 산출자어 크기는 평균 3.76 mm (3.42~3.98 mm)로 산출 자어수는 평균 191,433마리 (8,200~334,600마리) 였

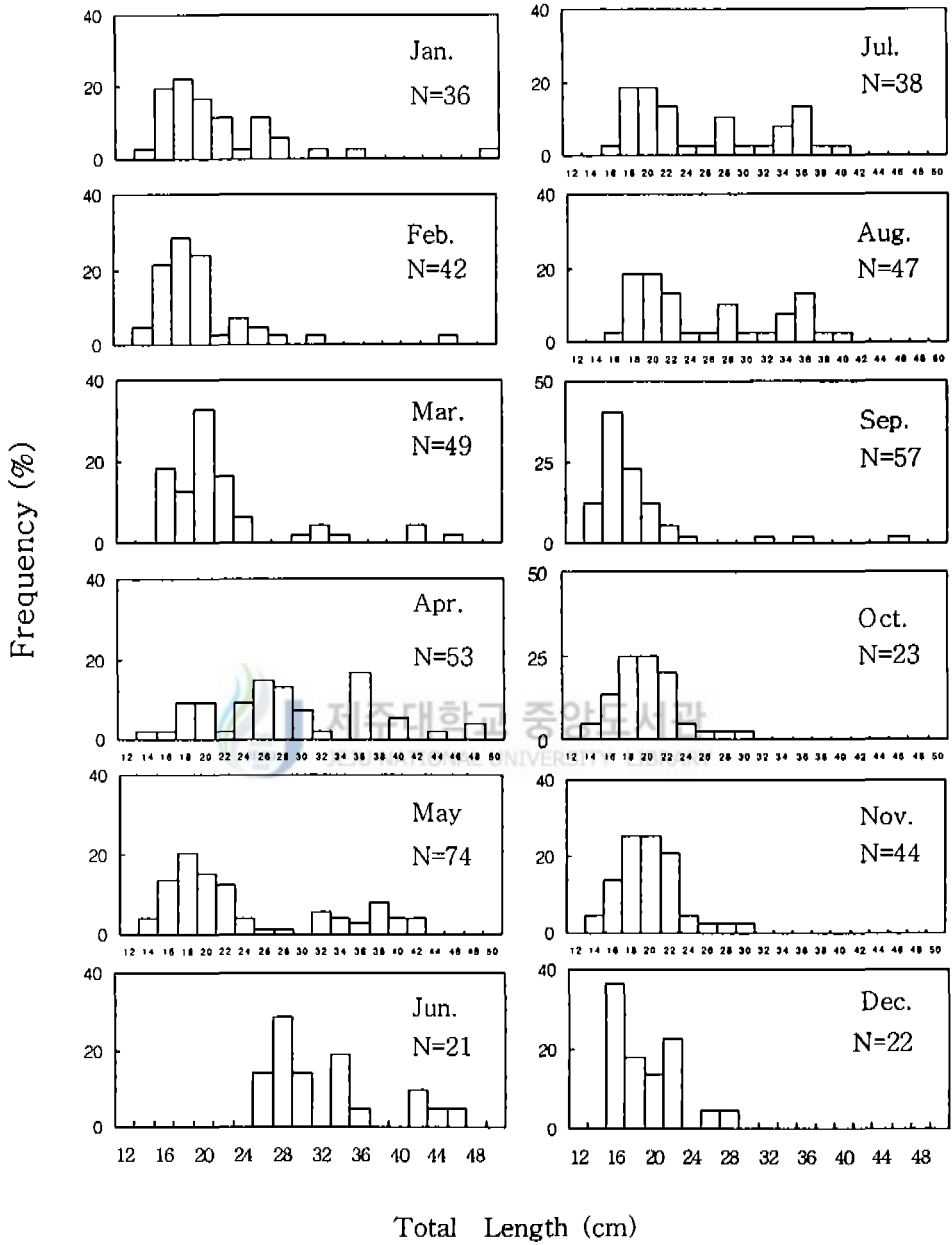


Fig. 47. Monthly change in size distribution of total length in *S. tertius*.

다 (Table 15).

Table 14. The result related to the parturition of matured *S. marmoratus* female

Number	Birth date	Total length (cm)	Body weight (g)		Number of larvae	Dead of eggs and larvae
			Before birth	After birth		
1	5.13	17.5	150	125	16,570	
2	5.13	18.5	175	141	14,310	
3	5.3	19.5	215	180	1,440	940
4	5.6, 5.27	20.5*	280	210	136,080	
5	5.9	20.5	240	190	90,360	2,327
6	5.3, 5. 22	21.5*	240	175	27,000	1,800
7	5.6	21.5	275	210	12,960	2,520
8	5.4	21.5	240	180	38,160	5,826
9	5.10, 5.24	23.5*	310	240	160,080	
10	5.12	27.0	502	440	101,400	

* Two time larvae parturition.

Table 15. The result related to the parturition of matured *S. tertius* female

Number	Birth date	Total length (cm)	Body weight (g)		Number of larvae	Dead of eggs and larvae
			Before birth	After birth		
1	5.2	30.4	460	412	35,600	45,030
2	5.2	33.7	1,020	980	8,200	23,500
3	5.5	34.2	895	780	296,500	3,420
4	5.5	38.1	1,230	1,150	156,400	-
5	5.9	39.6	1,410	1,260	317,300	28,500
6	5.10	41.1	1,630	1,460	334,600	6,800

3) 자어 산출 횟수와 간격

솨뺱이의 2회 산출 여부를 확인하기 위하여 1회 산출을 마친 친어를 별도로 수용하여 2회 산출 여부를 확인하였다. 1회 산출을 마친 친어는 14~21일 후 산출 4~6일전에 갑자기 배가 부풀어 오른 후 2차 산출이 일어났다. 2회 산출량은 22,000~80,000 개체로 1차 산출보다 다소 적었으며, 2차 산출어에서 3차 산출은 확인되지 않았다.

4) 절식 실험

야생에서 채집한 어미로부터 산출된 자어를 13.8~15.9℃의 자연 수온에서 1ℓ 비이커에 각각 200마리씩 수용 후 절식에 따른 생존율 변화를 비교하였다 (Fig. 48). 솨뺱이 친어에서 산출된 자어는 산출 후 4일까지 생존율은 82%였으나, 6일째에는 40%로 급격히 감소 후 10일째에는 전 개체가 폐사하였다. 붉은솨뺱이는 3일까지는 생존율 80%였으나, 6일째에는 32%로 급격히 감소 후 9일째 전 개체가 폐사하였다.



5) 자어 사육

솨뺱이 자어는 10톤 콘그리트 수조에 5월 12일 부터 5월 24일까지 12일간, 붉은솨뺱이는 5월 5일부터 5월 19일까지 14일간 사육하였다 (Table 16).

사육기간 동안 수온은 15.3~18.2 ℃, 비중은 1.023~1.026였다. 부화 직후의 자어는 일부 난황을 가진 개체도 있었으나, 대부분 난황을 흡수하고 사육 2일째부터 로티퍼를 섭취하기 시작하였다.

솨뺱이는 사육 6일째 평균 전장 4.03 mm까지 성장하였으나, 8~9일째 대량 감모가 발생하여 사육 12일째 평균 전장 4.41 mm로 성장 후 폐사하였다.

붉은솨뺱이는 사육 1일째 평균 전장 3.64 mm였으며, 사육 9~10일째는 평균 전장 4.51 mm로 성장하였으나, 이 후 대량 감모가 발생하여 사육 14일째 평균 전장 4.65 mm로 전량 폐사하였다.

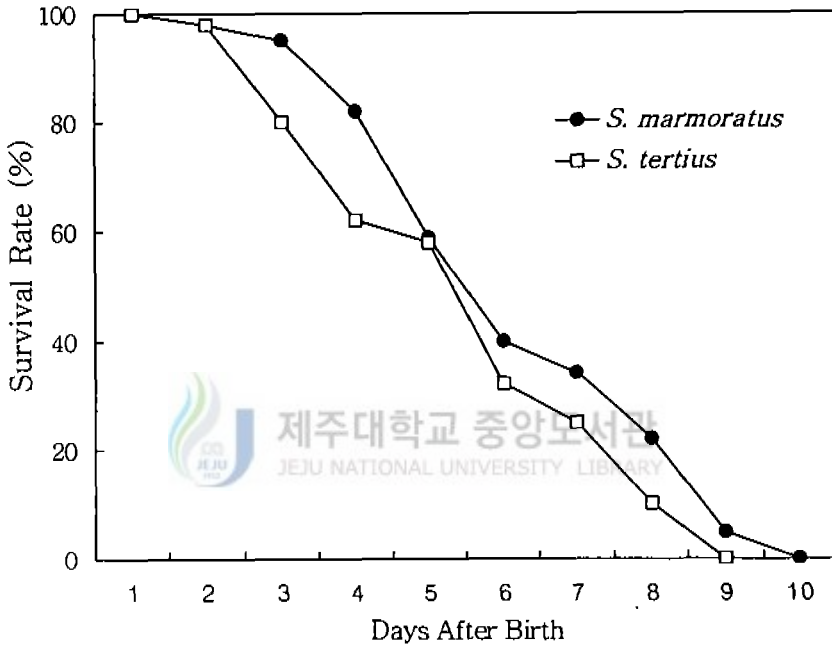


Fig. 48. Survival rates observed from the starved larvae of *S. marmoratus* and *S. tertius*.

Table. 16. Growth and survival rate of the larvae of *S. marmoratus* and *S. tertius*

Species	<i>S. marmoratus</i>			<i>S. tertius</i>			
	Rearing days	Number of larvae	Survival rate (%)	Mean of total length (mm)	Number of larvae	Survival rate (%)	Mean of total length (mm)
	0	101,000	100	3.55	156,000	100	3.64
	2	97,100	96.2	3.60	151,400	97.1	3.72
	4	83,100	82.3	3.78	133,200	85.4	3.96
	6	76,300	75.6	4.03	109,900	70.5	4.11
	8	30,800	30.5	4.25	70,600	45.3	4.37
	10	5,200	5.2	4.39	36,100	23.2	4.51
	12	1,800	1.8	4.41	13,900	8.9	4.63
	14	-	-	-	2,100	1.3	4.65

IV. 고 찰

우리 나라 쏘뱅이류는 연간 5,000~6,000 M/T씩 어획되다가 최근에는 4,000 M/T 정도로 어획량이 감소하고 있다. 쏘뱅이류는 1992년까지 “불락 (rock fish)”이란 이름으로 쏘뱅이류 전체 어획량이 조사되었으나, 1993년부터 조피불락 (jacopever), 쏘뱅이 (scorpion fish), 기타 불락 (other rockfish) 등으로 세분되어 조사하고 있다. 그러나 어획 통계량 집계가 세분화되면서 쏘뱅이류내 어종별 어획량 집계 차이가 심하였다. 조피불락의 경우 일반인들이 보통 “우럭”으로 부르고, 비슷한 모습의 다른 쏘뱅이류도 정확한 어종 구분없이 보통 “우럭”으로 통용되고, 이를 모두 통계상에서 모두 조피불락으로 처리하고 있어 실제 어획량보다 많은 양이 조피불락 어획량으로 집계되고 있다.

완도군 수협 활어 공판장과 제주도 공동 어시장 등에서 조사한 바에 따르면, 완도군 수협의 경우 쏘뱅이류 경매에서 조피불락은 실제 20~30%이고, 대부분이 쏘뱅이나, 붉은쏘뱅이, 불락종이 70%이상을 차지하고 있으며, 일부 기타 불락어종이 10%이하의 수준이었다. 그러나 통계상으로는 조피불락이 70% 이상을 차지하고 있는 것으로 되어 있어 차이가 심하였다. 특히 제주 지역에 있어서 자연산 조피불락은 거의 잡히지 않고 쏘뱅이 60%, 붉은쏘뱅이 30%, 붉은쏘뱅이 10%, 기타 불락류는 10% 이하였다. 그러나 이것들도 통계학적으로 모두 조피불락으로 기록되고 있는 실정이므로, 앞으로 쏘뱅이류 어획 통계에 있어 정확한 종의 구분에 의한 통계량 집계가 시급한 실정이다.

쏘뱅이와 붉은쏘뱅이의 형태적 구분 형질에서 쏘뱅이 체색은 갈색 계통이며 가슴지느러미 기저에 갈색 반문이 있고, 가슴지느러미 연조수는 보통 18개이다. 붉은쏘뱅이 체색은 분홍색 또는 붉은색이며, 가슴지느러미 연조수가 19개로 쏘뱅이보다 1개 더 많고, 아가미 1번째 새궁수도 25~26개로 쏘뱅이보다 1~2개 더 많다 (Barsukov and Chen, 1978). 상대성장을 이용한 어체 부위별 비교에서, 쏘뱅이 수컷의 체장에 대한 흉린전체장 비 (PPL/BL)가 붉은쏘뱅이 보다 훨씬 높은 고도의 유의 차 ($P < 0.01$)를 나타내어, 주둥치에

서 가슴지느리미까지 두 종간에 형태적 차이가 인정되었다.

솜뱅이와 붉은솜뱅이의 성숙한 난소는 연한 황색이며 체내 자어가 출현하면서 검게 보이는 낭상형으로 난소의 후단부가 전체의 1/4지점까지 융합되어 있어 수정란의 부화 장소 및 산출에 적응된 구조를 가진다. 정소는 1쌍으로 되어 있고, 내부는 곡정세관 (tubule type)의 형태를 나타내는데, 이러한 구조는 양서류-파충류와 고등 척추동물의 정소 및 불락, *S. inermis* (Lee and Kim, 1992), 황점불락, *S. oblongus* (Chang et al., 1995), 누루시불락, *S. vulpes* (Sasaki and Igarashi, 1974), 태생어인 *Cymatogaster aggregata* (Wiebe, 1968) 등에서도 볼 수 있고, 난소에 비하여 1/10~1/20 정도로 매우 작다 (Yokogawa et al., 1992).

일반적으로 대구류, *Merluccius hubbsi* (鄭, 1981), 자리돔, *Chromis notatus* (Lee and Lee, 1987) 등의 암·수의 GSI모드 변화는 거의 일치하는데 반하여, 솜뱅이는 수컷이 암컷보다 1~3개월, 붉은솜뱅이는 4~5개월 먼저 성숙이 일어났다. 조직학적 증명에서도 정자 형성이 완성되고, 완숙난이 관찰되기 전에 교미가 일어났다. 교미를 마치고 암컷 체내에 들어간 정자들은 난모세포 사이의 간질에서 대기하고 있다가 완숙난이 나타나면 수정이 이루어진다. 이때 정자들은 황점불락 (Chang et al., 1995), guppy나 topminnow와 같은 태생 경골어류 (Morisawa, 1985)는 정구 (sperm ball) 형태로 존재하거나, 솜뱅이와 붉은솜뱅이 등은 난소 전체에 산재하여 나타난다. 수컷의 최종 성숙이 암컷보다 선행되어 일어나는 특징은 불락류 생식 생리의 특성으로 알려져 있다 (Mizue, 1957; Takahashi et al., 1991).

이 연구에서 솜뱅이 암컷의 성숙 시기는 10~3월의 동계 산출종으로 일본 九州各地 (Mizue, 1959; Mio, 1960) 및 山口縣 (有園 등, 1978), 愛媛縣 (宇和海)의 11월에서 4월과 비슷한 변화를 나타내었으나, 香川縣 (Yokogawa and Iguchi, 1992)은 12~6월로 일치하지 않았다. 솜뱅이 수컷은 8~11월로 長崎縣 (Mizue, 1958)의 8~10월과 비슷하였다. 붉은솜뱅이 암컷의 성숙 시기는 1월에서 6월까지 장기간 출현하였으나, 주 성숙 시기는 4~5월로 춘계 산출종이었다. 서식 수역의 위치가 서로 비슷한 저위도 수역의 불락, 및 *Sebastes*

flavidus (Norton and MacFarlane, 1995)는 수온 하강기인 동계 산출종에 속하는데 비해, 고위도 수역에 서식하는 탁자불락 (Takemura et al., 1987), 조피불락 (Hoshias, 1977) 출산시기는 6~7월로 수온 상승기인 춘·하계 출산군에 속한다. 이러한 성숙 시기의 차이는 실제로 해마다 어류의 산란 시기가 약간씩 차이가 나는 것은 주로 수온과 일조량의 변화에 영향을 받기 때문이다. 또한 Ko et al. (1998)도 수온과 광주기 조절을 통해 불락의 번식 주기 조절이 가능하다고 보고하고 있다.

HSI 월별 변화에 있어 성숙기 쏜뱅이 암·수 GSI 월별 변화와 연관하여 뚜렷한 상관관계는 없었으나, 산출과 배정이 끝나는 3~5월과 12월 전후로 HSI값이 낮았으며, 붉은쏜뱅이 암컷도 겨울철과 산출 시기에 낮아 생식세포 형성에 관여하는 전구물질이 간에서 생성되어 생식소에 공급되기 때문인 것으로 사료되었다.

군성숙도에 있어 카사고放流技術開發研究會 (1975)에서는 양성한 쏜뱅이의 생물학적 최소형을 9~10 cm (만 1세어)도 생식 기능이 가능하다고 보았고, Mizue (1958)는 암컷은 14.2 cm (만 2세어), 수컷은 11.5 cm (만 1.5세)를 생물학적 최소형으로, 암컷은 16.5 cm (만 3세어), 수컷은 14 cm (만 2세)에 대부분 성숙에 참여하는 것으로 보고하였다. 이 연구에서는 11 cm급에서는 성숙 개체를 찾아보지 못하였으나 13 cm 급 이상에서는 50%이상 성숙에 참여하는 것으로 조사되었으며, 붉은쏜뱅이 암컷은 27 cm 이상, 수컷은 26 cm 이상에서 50%이상 성숙에 참여하는 것으로 나타났다.

조직학적 관찰에서 쏜뱅이는 11~3월까지의 성숙한 난소내에는 주변인기, 난황포기, 난황구기, 배발생단계 (수정란, 상실기, 포배기), 체내 자어의 형태로 성숙 발달하였다. 이때 주변인기와 난황포기는 항상 관찰되며, 난황구기 이상이 성숙에 참여하는 비동시 난군발달형 이었다. 또한 2회 산출인 경우 성숙난과 체내 자어가 동시에 존재하며, 1회 산출후 성숙난은 빠르게 체내 자어로 가입되어 산출이 일어난다. 반면 붉은쏜뱅이 성숙한 난소내에는 소수의 미발달 난모세포인 주변인기와 유구기 난모세포가 항상 관찰되고 있으나, 대부분 난황구기 이상이 거의 동시에 성숙에 참여하는 동시 난군발달형 이었다. 이와 같이 난태생 어종중 1회 산출종으로 탁자불락 (Takemura et al., 1987),

조피볼락 (Hoshias, 1977) 등에서 알려져 있으며, 2회 산출종은 *Sebastes paucipinis* (Moser 1967), *Sebastes ovalis*와 *Sebastes constellatus* (Macgregor, 1970) 등이 보고되고 있다.

생식주기는 해마다 각 생식 단계에 차이가 있었으며, 성숙과 산출의 최고 월에 있어서도 약간의 변동이 있었다. 특히 미성숙 생식단계 대 성숙한 휴지기 생식소의 차이점은 해석하기 어려웠으며, 휴지기가 오래 지속되다가 갑자기 쏘뱅이는 8~10월, 붉은쏘뱅이는 4~5월에 성숙하였다. 또한 쏘뱅이와 붉은 쏘뱅이 암컷은 수컷에 비해 개체군의 생식주기가 6개월 이상으로 장기간 출현하였고, 이러한 특성은 개체별 생식 환경에 적응하는 능력의 차이에 기인한 듯하다.

난경과 체내 자어 체장 조성의 개체별 변화에서 성숙 난경 모드 또는 자어 모드는 1, 2개만이 관찰되었고, 3개 이상의 뚜렷한 모드의 변화는 찾아볼 수 없어, Mizue (1959), カサゴ放流技術開發研究會 (1975), Mio (1960) 등이 보고한 3회 이상 대량 산출은 일어나지 않는 것으로 관찰되었다. 붉은쏘뱅이는 1회 성숙 mode를 가지며 난군발달과 체내 자어 출현도 거의 동시에 산출이 일어나고 있으며, 쏘뱅이 (Mio, 1960) 등에서 관찰한 2회 산출 모드의 변화는 관찰하지 못하였다.

Mizue (1959)는 쏘뱅이 난소의 성숙이 진행되면서 포란수는 증가하여 약 5만의 난세포수가 최대 17만으로 증가하였다고 보고하고 있고, Ohgami et al. (1978)는 1회 산출 자어는 1,100~93,900마리의 자어를 산출하며 전장 260 mm 정도까지의 어체 크기까지는 산출 자어수가 증가한다고 보고하고 있다. 이 연구에서 쏘뱅이 포란수와 체내 자어수는 평균 83,224개 (42,974~142,975개)였으며, 붉은쏘뱅이는 이보다 훨씬 많은 평균 351,222개 (26,333~942,791개)였다. 이러한 포란수와 체내 자어수도 전장과 체중이 증가함에 따라 함께 증가하였다.

대부분 어류들에 있어 이석과 비늘은 연령사정의 형질로 많이 이용되어 왔으며, 특히 볼락류에서는 이석이 잘 발달되어 있어 연령사정의 형질로서 적합하다. 이석을 이용한 연령사정 방법에는 절단 (Hayashi et al., 1995), 굽

거나, 연마 (鄭, 1981; Kim, 1985), 동위원소 사용 (West and Gauldie, 1994) 등의 방법이 사용되어 왔으며, 최근에는 전자현미경의 발달로 초기 자어의 일련 형성시기와 출생 분포 (Penney and Evans, 1985; Laidig et al., 1991), 이석의 생성과 발달에 관한 연구 (Woodbury and Ralston, 1991; Mugiya, 1994)가 보고되고 있다.

솜뱅이와 붉은솜뱅이의 이석은 불투명대와 투명대 교체가 선명하여 표면 법 연령사정형질로 적합하였으나, 붉은솜뱅이의 경우 일부 40 cm 이상의 고체급에서 이석의 연변부는 투명대와 불투명대의 구분이 어려웠다. 따라서 Hayashi et al. (1995)이 보고한 이석을 깨거나 절단하는 횡단면법 보다 붉은솜뱅이 최대연령이 2~3세 정도 연령이 낮게 평가될 가능성이 있다.

비늘을 이용한 Chang and Kim (1991)의 솜뱅이 연구에서 운문형성시기를 연변부 성장률이 낮은 시기를 기준으로 암·수 각각 1~2월, 9~10월로 성숙시기와 일치한다고 하였다. 이 연구에서 솜뱅이 암컷은 주 성숙시기와 운문형성시기가 겹치면서 12~2월에 연변부 성장률이 가장 낮았으나, 수컷은 9~10월의 주 방정시기와 연변부 성장률 최저 시기 2월과는 차이가 있었다.

붉은솜뱅이 연변부 성장률은 생식소중량지수와 상관관계가 있었다. 연령형질에 있어 투명대가 형성되는 겨울철을 중심으로 4~5월까지 연변부 성장률은 낮았고, 이 시기에 붉은솜뱅이 수컷은 11~12월, 암컷은 4~5월에 GSI가 가장 높았다. 불투명대가 형성되는 늦은 봄부터 여름까지 연변부 성장률은 높았으나, 이 때 생식소중량지수는 반대로 낮았다. 따라서 연변부 성장률과 연령형질은 생식주기에 의한 생식 에너지 소비 여부와 수온 변화 및 섭이 능력에 따른 생활환경 변화가 작용하는 것으로 사료된다.

제주 지역 솜뱅이 성장에 대해 비늘을 이용한 Chang and Kim (1991)은 성장계수 (κ)는 암·수 각각 0.462, 0.398로 전장 11~16 cm, 전장 13~19 cm였으며, 이석을 사용한 이 연구에서는 솜뱅이 성장계수 (κ)가 더 높아, 암·수 각각 0.424, 0.441로 암컷의 경우 1세 9 cm에서 7세 20 cm, 수컷은 1세 8 cm에서 6세 22 cm로 실측치 평균 크기와 비슷하였고, 일본 Ehime 지역 (カサゴ放流技術開發研究會, 1975)과 유사한 성장을 하였다. 반면, 불

은썸뱅이는 암·수 각각 성장계수 (κ)는 0.101, 0.118로 상대적으로 낮아 성장 속도가 느리며, 오래 동안 생존하는 것으로 사료된다. Beamish and McFarlane (1987)은 서부 캘리포니아 연안 대형 볼락류의 연령사정에서 23종의 어류중 연령이 20세 이하는 2종뿐이었고, 13종의 연령 범위는 36세에서 140세까지였다. 이러한 경향은 서식 수심이 50 m 이상으로 생활 공간이 넓고, 생활환경이 안정되어 있어 비교적 장기간 걸쳐 대형어로 성장하는 것으로 사료된다.

썸뱅이 암컷의 최대 성장은 21.48 cm로, 수컷은 23.69 cm로 암·수의 성장 차이가 명확하였다. 썸뱅이 암·수의 성장 차이는 지금까지의 연구에서도 예외 없이 암컷의 성장이 늦었다 (Mizue, 1958; Mio, 1960; 有園 등, 1978; Yokogawa and Iguchi, 1992). 이러한 암·수 성장 차이는 다른 종의 (Choi et al., 1993; Kim, 1985) 연구에서도 보고되고 있으나, 썸뱅이처럼 암·수의 성장차이가 명확한 종은 드물어 썸뱅이종 특성의 하나로 보고되고 있다 (Yokogawa and Iguchi, 1992). 붉은썸뱅이도 4세 이후 수컷의 성장이 더 빠른 것으로, 최대연령 11세에 암컷 37.05 cm, 376.19 g 보다 수컷이 40.71 cm, 608.08 g로 높았다.

산출 생태 조사에서 Bowers (1992)는 *S. flavidus*의 체내 자어가 부화하여 산출될 때까지를 30~40일, Boehlert and Yoklavich (1984)는 1회 산출하는 *Sebastes melanops*에 대해 37일, Mizue (1959)은 썸뱅이를 30~45일로 추정하고 있다. 그리고 Ohgami et al. (1978)는 1회 산출을 마친 41마리중 10마리에서 13~22일 간격으로 2회 산출이 일어났다고 보고하고 있다. 이 연구에서도 썸뱅이는 성숙 후 부화에서 산출까지 1회 또는 2회 산출은 최대 2개월 (9월 말~11월 중순) 이상은 소요하지 않는 것으로 추정되었으며, 2회 산출도 14마리중 3마리에서 16~21일 간격으로 2회 산출이 관찰되었다.

누루시 볼락의 산출자어 크기는 4.85~5.32 mm (大龍, 1986), 개볼락 6.9~7.0 mm (藤田, 1958), 조피볼락 5.6~6.1 mm (Park et al., 1993), 황점볼락 6.61~7.73 mm (金, 1994)은 등으로 보고하고 있다. 이 연구에서 썸뱅이와 붉은썸뱅이는 평균 3.50~4.10 mm로 다른 썸뱅이류에 비하여 상대적으로 크기

가 작았다.

자어 사육에 있어 생존율은 절식 실험 결과와 비슷한 경향으로 친어의 건강 상태와 상관이 있는 것으로 사료된다. 자연산 친어를 바로 산출용으로 사용할 경우 草刈·森 (1981)의 경우 어획 및 운반과정에서 받게 되는 심한 자극이나 스트레스로 인하여 폐사어를 산출하는 경우가 많다고 하였다. 이 연구에서도 완도 어시장에서 복부가 팽만한 산출 직전의 자연산 친어를 사육 조로 운반한 결과 조기 산출 및 자어 활력저하로 인한 폐사로 사료된다. 따라서 건강한 종묘를 생산하기 위해서는 최소 3개월전 실내 어미 사육이 필수적이며, 초기 난황흡수후 먹이붙임, 영양결핍, 사육환경 개선 등이 뒷받침되어야 한다.



제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

V. 요약

이 연구는 쏨뱅이, *Sebastiscus marmoratus*와 붉은쏘뱅이, *S. tertius* 두 종에 대한 어업 현황, 형태 분석, 난발달과 생식주기, 연령과 성장, 산출 생태를 바탕으로 자원생물학적 특성을 조사하였다. 이 연구에 이용된 샘플은 1992년 7월부터 1997년 8월까지 제주도 및 완도 연안에서 채집되었다.

1. 어업 현황

쏘뱅이류 연간 어획 생산량은 1989년 6,453 M/T으로 최고에 달한 후 1996년에는 4,705 M/T으로 점차 감소 추세에 있다. 어업별 생산량은 연승 (19,637 M/T), 유자망(16,487 M/T), 낚시 (7,715 M/T) 등의 순이었다. 지역별 어획량은 경남 (20,937 M/T), 전남 (11,020 M/T), 인천 (9,695 M/T), 제주 (4,872 M/T) 등의 순으로 어획되었다.



2. 형태 분석

상대성장을 이용한 종내 암·수간 비교에서 쏨뱅이는 배린전체장 (PDL/BL) 비, 흉린전체장 (PPL/BL) 비, 복린전체장 (PVL/BL) 비, 붉은쏘뱅이는 BL에 대한 PDL, PVL의 비에서 유의 차가 있었다. 암·수별 종간 비교에서 쏨뱅이와 붉은쏘뱅이 수컷간에 PPL/BL에서 고도의 유의 차가 있었다.

3. 성숙

생식소중량지수 (GSI)에 있어 쏨뱅이 암컷의 GSI 값은 10월부터 3월에 최대 값에 이른 후 11월에서 4월에 감소하였고, 수컷은 9월에 최대에 이른 후 (암컷보다 1~3개월 전에) 10월부터 12월까지 감소하였다. 붉은쏘뱅이 암컷의 GSI값은 4~5월에 최대 값에 이른 후 6월부터 감소하였고, 수컷은 11~12월에 최대에 이른 후 (암컷보다 4~5개월 전에) 1월부터 감소하였다.

생식주기에 있어 쏘뱅이 암컷은 성장기 (6~9월), 성숙기 (9~2월), 완숙기 및 교미기 (10~3월), 임신 및 산출기 (11~4월), 퇴화 및 휴지기 (12~5월)가 나타났고, 수컷은 성장기 (4~7월), 성숙기 (8~11월), 완숙기 및 교미기 (9~12월), 퇴화 및 휴지기 (11~3월)로 구분된다. 붉은쏘뱅이 암컷은 성장기 (1~2월), 성숙 및 교미기 (1~4월), 완숙기 (4~5월), 임신 및 산출기 (5~6월), 퇴화 및 휴지기 (6~11월)였으며, 수컷은 성장기 (8~9월), 성숙기 (10~12월), 완숙기 및 교미기 (12~1월), 퇴화 및 휴지기 (1~8월)로 구분된다.

군성숙도에 있어 쏘뱅이는 암·수 모두 전장 13.0~13.9 cm의 크기에서 50%, 15.0~15.9 cm에서 전 개체가 생식에 참여하였으며, 붉은쏘뱅이에 있어 50% 이상은 암·수 각각 26 cm, 25 cm 였으며, 전 개체가 생식에 참여하는 크기는 각각 28.0 cm, 27.0 cm이상 이었다.

난경과 체내 자어 체장조성에서 쏘뱅이 난군발달은 비동시형으로, 체내 자어 산출은 11월에서 4월동안 1회 또는 2회 일어났으며, 붉은쏘뱅이 난군발달은 동시발달형으로 1회의 산출 모드였다.

포란수와 체내 자어수에서 쏘뱅이는 평균 83,224개 (42,974~142,975개), 붉은 쏘뱅이는 이보다 많은 평균 351,222개 (26,333~942,791개)였다. 이러한 포란수와 체내 자어수는 전장과 체중이 증가함에 따라 함께 증가하였다.

4. 성장

이석의 연변 성장률을 검토한 결과 쏘뱅이 연륜은 암·수 모두 2월경에, 붉은쏘뱅이는 1월에 년 1회 형성되는 것으로 추정되었다.

전장 (TL)과 이석경 (R)과의 관계에서 쏘뱅이는 Female : $TL = -0.526 + 4.818R$ ($R^2 = 0.717$), Male : $TL = -1.895 + 5.239R$ ($R^2 = 0.776$) 였으며, 붉은쏘뱅이는 Female : $TL = -3.894 + 5.445R$ ($R^2 = 0.747$), Male : $TL = -7.428 + 6.260R$ ($R^2 = 0.864$) 이었다.

Bertalanffy의 전장에 관한 성장식에 적용시킨 결과 쏘뱅이는 Female (cm) : $L_t = 21.484 (1 - e^{-0.424(t+0.334)})$, Male (cm) : $L_t = 23.698(1 - e^{-0.441(t+0.0589)})$ 였으며, 체중에 관한 성장식은 Female (g) : $W_t = 163.42 (1 -$

$e^{-0.424(t+0.334)})^3$, Male (g) : $W_t = 210.14 (1 - e^{-0.441(t+0.0589)})^3$ 였다.

붉은쏨뱅이 전장에 관한 Bertalanffy 성장식은 Female (cm) : $L_t = 54.491 (1 - e^{-0.101(t+0.471)})$, Male (cm) : $L_t = 57.382 (1 - e^{-0.118(t-0.438)})$ 였으며, 체중에 관한 성장식은 Female (g) : $W_t = 2585.54 (1 - e^{-0.101(t+0.471)})^3$, Male (g) : $W_t = 3002.28 (1 - e^{-0.118(t-0.438)})^3$ 로 쏨뱅이와 붉은쏨뱅이 모두 수컷의 성장이 암컷보다 빨랐다.

5. 산출 생태

산출 자어의 크기에서 쏨뱅이는 평균 3.68 mm (3.34~4.01 mm), 붉은쏨뱅이는 평균 3.76 mm (3.42~3.98 mm) 였다. 산출 자어수에 있어 쏨뱅이는 평균 59,836마리 (1,440~160,080마리), 붉은쏨뱅이는 평균 191,433마리 (8,200~334,600마리) 였다. 쏨뱅이는 3마리에서 1회 산출 후 14~21일 사이에 2회 산출이 관찰되었으며, 붉은쏨뱅이는 1회 산출만 관찰되었다.



VI. 참고문헌

- Bae, H. C., S. C. Chung, J. J. Lee and Y. D. Lee. 1998. Annual reproductive cycle and embryonic development within the maternal body of the marbled rockfish, *Sebastiscus marmoratus* from the Cheju Island. J. Korean Fish. Soc., 31(4), 489~499.
- Barsukov, V. V. and L. Chen. 1978. Review of the subgenus *Sebastiscus* (*Sebastes*, Scorpaenidae) with a description of a new species, J. Ichthyol., 18(2), 179~193.
- Beamish, R. J. and G. A. McFarlane. 1987. Current trends in age determination methodology. In Summerfelt, R. C., and G. E. Hall (eds.), The age and growth of fish, Iowa State Univ. Press, Ame., 15~42.
- Boehlert, G. W. and M. M. Yoklavich. 1984. Reproduction, energetics, and the maternal-fetal relationship in the viviparous genus *Sebastes* (Pisces: Scorpaenidae). Biol. Bull., 167, 354~370.
- Bowers, M. J. 1992. Annual reproductive cycle of oocytes and embryos of yellowtail rockfish, *Sebastes flavidus* (Family Scorpaenidae). Fish. Bull., U.S. 90, 231~242.
- Chang, D. S. and D. G. Kim. 1991. Age and growth of *Sebastiscus marmoratus* (Cuvier et Valenciennes). Bull. Nat'l Fish. Res. Dev. Agency, Korea, 45, 63~70.
- Chang, Y. J., H. K. Lim and S. G. Byun. 1995. Gonadal maturation and reproductive cycle in oblong rockfish, *Sebastes oblongus*. J. Aquacul., 8, 31~46.
- Choi, S. H., J. P. Hong., Y. J. Park and G. T. Sung. 1993. Growth, spawning, and feeding ecology of jacobever, *Sebastes pachycephalus* in the east sea of Korea. Bull. Nat'l Fish. Res. Dev. Agency, Korea, 48, 39~56.

- Chyung, M. K. 1977. The Fishes of Korea. Iijisa, Seoul, Korea, 498~511.
- Gulland, J. A. 1969. Manual of methods for fish stock assessment, part I. Fish population analysis. FAO Man. fish. Sci. 4, 1~154.
- Hayashi, A., K. Dotsu and M. Ohta. 1995. Reliability of surface reading methods to count otolith opaque zones on aging in marbled rockfish, *Sebastes marmoratus* compared with the cutaway reading method. Nippon Suisan Gakkaishi, 61(1), 1~5.
- Hoshias, C. 1977. Larvae and juveniles of the Scorpaenid fish, *Sebastes schlegeli*. Japan J. Ichthyol., 24(1), 35~42.
- Huxely, J. S. 1932. Problem of relative growth. Dover Publications, Inc., 2nd ed., 312.
- Kang, Y. J. 1982. Studies on the structure and production processes of biotic communities in the coastal shallow waters of Korea. 1. Age and growth of *Sebastes inermis* from Namhae island, Korea. Publication of the Institute of Marine Sciences, Nat. Fish. Univ. of Busan, 14. 51~58.
- Kim, D. H. 1985. On the age and growth of the red tile fish, *Branchiostegus japonicus japonicus* (Houttutyn) in the adjacent waters of Cheju Island. M. S. Thesis, Cheju Nat'l. Univ., 1~30.
- Kim, I. S. and W. O. Lee. 1993. Taxonomic revision of the scorpionfishes (Pisces: Scorpaenidae) with four new records from Korea. Korea J. Zool., 36, 452~475.
- Kim, K. M., J. U. Lee, Y. J. Kang, S. G. Yang, S. C. Kim, H. K. Hwang and Y. D. Lee. 1999. Reproductive cycle and internal fertilization of the indoor reared scorpion fish, *Sebastes marmoratus*. Bull. Nat'l. Fish. Res. Dev. Inst. Korea., 56, 73~81.
- Kim, Y. U. and K. H. Han. 1991. The early life history of rockfish, *Sebastes schlegeli*. Korean J. Ichthyol. 3, 67~83.

- Ko, C. S., Y. J. Chang, H. K. Lim, J. H. Kim and K. C. Cho. 1998. Controlled reproductive cycle of rockfish (*Sebastes inermis*) by water temperature and photoperiod. J. Korean Fish. Soc. 31(5). 713~720.
- Laidig, T. E., S. Ralston and J. R. Bence. 1991. Dynamics of growth in the early life history. Fish. Bull., 89, 611~621.
- Laidig T. E. and S. Ralston. 1995. The potential use of otolith characters in identifying larval rockfish (*Sebastes* spp.). Fish. Bull., 93, 166~171.
- Lee, T. Y and S. Y. Kim. 1992. Reproduction and embryonic development within the maternal body of ovoviparous teleost, *Sebastes inermis*. Bull. Korean Fish. Soc., 25, 413~431.
- Lee, Y. D. and T. Y. Lee. 1987. Studies on the reproductive cycle of Damselfish, *Chromis notatus*. Bull. Korea Fish. Soc., 20, 509~519.
- Love, M. S. and W. Westphal. 1981. Growth, reproduction, and food habits of olive rockfish, *Sebastes serranoides*, off central California. Fish. Bull., 79 (3), 533~545.
- Macgregor, J. S. 1970. Fecundity, multiple spawning and description of the gonads in the *Sebastes*. U. S. Fish Wildl. Serv., Spec. Sci. Rep. Fish. 596, 12P.
- Mio, S. 1960. Studies of population biology of coastal fishes in Kyushu II. Biology of *Sebastes marmoratus* (Cuvier et Valenciennes). Oceanogr. WKS, Japan, 5, 437~449.
- Mizue, K. 1957. Studies on scorpaenous fish *Sebastes marmoratus* Cuvier et Valenciennes- I, On the monthly variation of gonad maturity. Bull. Fac. Fish. Nagasaki Univ., 5, 27~29.
- Mizue, K. 1958. Studies on scorpaenous fish *Sebastes marmoratus* Cuvier et Valenciennes-II, The seasonal cycle of mature testis and the spermatogenesis. Bull. Fac. Fish. Nagasaki Univ., 6, 27~38.

- Mizue, K. 1959. Studies on scorpaenous fish *Sebastiscus marmoratus* Cuvier et Valenciennes-V, On the maturation and the seasonal of the ovaries of the matine ovoviviparous teleost.. Bull. Fac. Fish. Nagasaki Univ. 8, 84~109.
- Morisawa. M. 1985. Initiation mechanism of sperm motility at spawning in teleosts. Zool. Sci. 2: 605~615.
- Moser, H. G. 1967. Seasonal histological changes in the gonads of *Sebastes paucispinis* (Ayres), an ovoviviparous teleost (Family Scorpaenidae). J. Morph., 123, 329~351.
- Mugiya, Y. 1994. Studies on otolith reading in fish. Nippon Suisan-gakkaishi, 60 (1), 7~11.
- Norton, E. C. and R. B. MacFarlane. 1995. Nutritional dynamics of reproduction in viviparous yellowtail rockfish, *Sebastes flavidus*. Fish. Bull., 93, 229~307.
- Ohgami, H., T. Ohtagi, N. Katano and T. Sasaki. 1978. Studies on the seedling production of scorpaenous fish, *Sebastiscus marmoratus* Cuvier et Valenciennes- I, Spawning behavior in pond. Bull. Shizuoka Pref. Fish. Exp. Stn. 12, 37~44.
- Park, S., S. Rho and S. K. Kim. 1993. The parturition and early growth of Rockfish, *Sebastes schlegeli* (Hilgendorf). Bull. Nat. Fish. Res. Dev. Agency, 47, 45~57.
- Penney, R. W. and G. T. Evans. 1985. Growth histories of larval redfish (*Sebastes* spp.) on an offshore Atlantic fishing bank determined by otolith increment analysis. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 42, 1452~1464.
- Sasaki, T. and T. Igarashi. 1974. Seasonal changes of the testis and the spermatogenesis of *Sebastes vulpes* Steindachner et Doderlein. Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ., 25, 100~106.

- Snedecor, G. W. and W. G. Cochran. 1967. Statistical method. 6th edition, pp 547.
- Takahasi, H., K. Takano and A. Takemura. 1991. Reproductive cycle of *Sebastes taczanowskii*, compared with those of other rockfishes of the genus *Sebastes*. Environ. Biol. Fish., 30, 23~29.
- Takemura, A., T. Kazunori and T. Hiroya. 1987. Reproductive cycle of a viviparous fish, the white-edged rockfish, *Sebastes taczanowskii*. Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ., 38(2), 111~123.
- West, I. F. and R. W. Gauldie. 1994. Determination of fish age using ^{210}Pb : ^{226}Ra disequilibrium methods. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 51, 2333~2340.
- Wiebe, J. P. 1968. The reproductive cycle of the viviparous seaperch, *Cymatogaster aggregata* Gibbons. Can. J. Zool., 46, 1221~1234.
- Woodbury, D. and S. Ralston. 1991. Interannual variation in growth rates and back-calculated birthdate distributions of pelagic juvenile rockfishes (*Sebastes* spp.) off the central California coast. Fish. Bull., 523~533.
- Wyllie Echeverria, T. 1987. Thirty-four species of California rockfishes: Maturity and seasonality of reproduction. Fish. Bull. U.S., 85, 229~249.
- Yamada, J. and Kusakari, M. 1991. Staging and the time course of embryonic development in kurosoi, *Sebastes schlegeli*. Environ. Biol. Fish., 30, 103~110.
- Yokogawa, K. and Iguchi M. 1992. Food habit and maturation of marbled rockfish, *Sebastiscus marmoratus* in southern coastal waters of the harima sea. Suisanzoshoku. 40, 131~137.
- カサゴ放流技術開発研究会. 1975. カサゴ放流技術開発調査研究報告. 瀬戸内海栽培漁業協会編, 114 pp.
- 關伸吾・向井龍男・谷口順彦・奥田恭二・岡村收. 1990. カサゴ とウツカリカサゴの遺傳學的分化について. 日本魚類學會年會講演要旨. p. 20.
- 大龍勝久. 1986. キツネメバルルの種苗生産. 水産の研究 5(4), 40~46.
- 藤田失郎. 1958. 胎生タケノコメバルの卵發生と仔魚期. 日水誌. 24(6), 475~479.

- 有園眞琴・松浦季喜・大内俊彦・道中和彦. 1978. カサゴの放流技術開發に關する研究. 山口外海水試研報., 16, 32~52.
- 鄭相詰. 1981. メルルサ(*Merluccius hubbsi*)の成長と成熟に關する研究. 東京大學校博士學位論文, pp. 19~24.
- 草刈宗晴・森泰雄. 1981. クロソイの魚類種苗培養技術開發試驗. 北海道立栽培漁業綜合センター 事業報告書, 67~87.
- 金承憲. 1994. 황점블락, *Sebastes oblongus*의 産出生態와 仔·稚魚 飼育. 釜山水産大學 碩士學位論文. 51p
- 농림수산부. 1986~1996. 농림수산통계연보
- 수산업협동조합중앙회. 1986~1996. 수산물계통판매고 통계연보



감사의 글

부족함이 많은 저를 늘 일깨워 주시고 논문이 완성되기까지 정성과 열정을 가지고 이끌어 주신 정상철 지도교수님께 먼저 감사의 말씀을 올립니다.

그리고 항상 자상한 관심과 애정으로 보살펴 주시고 심사를 맡아 주신 이정재 교수님과 부족한 논문이 완성되기까지 정성스럽게 다듬어 주시고 심사를 해주신 부경대 강용주 교수님, 이기완 학장님, 송춘복 교수님께 깊은 감사의 말씀을 올립니다.

또한 바쁘신 중에도 관심과 조언으로 격려해 주신 노섬 교수님과 조직 연구에 많은 가르침을 주신 이영돈 교수님, 최광식 교수님께 감사의 말씀을 드립니다.

아울러, 평소에 많은 충고와 격려로 보살펴 주신 김대환, 김재우, 양상훈, 장대수, 류동기, 홍영자 수산자원학연구실 선배님들께 감사의 말씀을 올립니다.

그리고 어려운 여건하에서도 학위를 마칠 수 있도록 배려해 주시고 격려해 주신 오몽룡, 신우철, 조재현, 노환철 지도관님과 완도, 진도 수산기술관리소, 인천청 수산관리과 동료 직원 여러분에게도 깊은 감사의 마음을 전합니다.

또한, 오늘이 있기까지 주위에서 격려와 지도로 이끌어 주신 해양수산부 황수철 과장님, 고길룡 지도관님, 김이운 서기관님, 최용석 사무관님과 어업 기술인력과 직원 여러분께 감사 드리며, 파견기간중 따뜻한 관심과 배려로 아껴주신 김정봉 팀장님, 이창국 연구관님, 장학봉 박사님, 이희승 실장님, 김형선 박사님, 배세진 박사님과 수산기술관리평가팀 직원 여러분에게도 감사 드립니다.

연구기간 동안 주위에서 자료정리와 실험을 도와준 강기목, 홍성완, 조효남, 강병철, 용상우, 김병규 등 수산자원학연구실 후배님들과 국립수산진흥원 변순규 연구사님, 조직실험을 도와준 해양연구소 오성립 학형에게 감사드리며, 늘 형님과 같은 애정으로 돌보아 주신 김봉래, 박삼순 선배님과 가족에게도

감사의 마음을 전합니다.

또한, 따뜻한 애정으로 논문의 교정과 정리에 도움을 주신 이명우 영어 선생님과 김서경 국어 선생님에게도 감사 드립니다.

더불어, 많은 어려움 속에서도 같은 학문의 길을 동행한 황형규, 황성일, 박무억님과 수산생물학과 대학원 선후배님들에게 한없는 고마움을 전합니다.

끝으로, 오늘의 제가 있기까지 많은 어려움 속에서도 가장 든든한 힘과 용기가 되어 주시고 자식 잘되기만을 기도하며 고생하신 아버님, 어머님에게 한없는 사랑과 감사를 드리며, 동생 뒷바라지에 수고하신 형님과 형수님, 사랑으로 아껴 주신 매형, 누님, 동생 가족들과 함께, 이 작은 결실의 기쁨을 함께 하고 싶습니다.

