



저작자표시-변경금지 2.0 대한민국

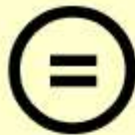
이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.
- 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

수산학석사 학위논문

바위털갯지렁이, *Marphysa sanguinea*의
산란과 유생발생 및 치충의 성장에
미치는 사육환경의 영향



2007년 2월

부 경 대 학 교 대 학 원

수 산 생 물 학 과

장 성 욱

수산학석사 학위논문

바위털갯지렁이, *Marphysa sanguinea*의 산란과 유생발생
및 치충의 성장에 미치는 사육환경의 영향

지도교수 김창훈

이 논문을 수산학석사 학위논문으로 제출함



2007년 2월

부 경 대 학 교 대 학 원

수 산 생 물 학 과

장 성 욱

장성욱의 수산학석사 학위논문을 인준함

2006년 12월



주 심 농학박사 장 영 진 (인)

위 원 이학박사 손 철 현 (인)

위 원 농학박사 김 창 훈 (인)

목 차

Abstract	iii
----------------	-----

Table contents	v
----------------------	---

Figure contents	vi
-----------------------	----

1. 서 론	1
2. 재료 및 방법	5
2-1. 산란과 유생발생 실험	5
2-1-1. 산란실험	5
2-1-2. 유생발생 실험	6
2-2. 치충의 성장에 미치는 환경요인 실험	9
2-2-1. 실험에 사용된 치충육성	9
2-2-2. 저질입도에 따른 치충의 잠입률과 생존율 실험	9
2-2-3. 사육수온에 따른 치충의 성장실험	10
2-2-4. 염분에 따른 치충의 성장과 생존실험	12
2-2-5. 먹이원에 따른 치충의 성장과 생존실험	15
2-2-6. 통계처리	15

3. 결 과	16
3-1. 산란수온과 유생발생	16
3-1-1. 산란형태 및 수온	16
3-1-2. 유생발생	17
3-2. 입도에 따른 치충의 잠입률과 생존율	19
3-3. 수온에 따른 치충의 성장	21
3-4. 염분에 따른 치충의 성장률과 생존율	25
3-5. 먹이원에 따른 치충의 성장률과 생존율	26
4. 고 찰	29
5. 요 약	33
감사의 글	35
참고문헌	37

**Effects of Rearing Environment
on the Spawning, Larval Development
and Juvenile Growth of Polychaete *Marphysa sanguinea***

Jang, Sung-Wook

***Department of Fisheries Biology, Graduate School, Pukyong National
University, Busan 608-737, Korea***

Abstract

This study was conducted to develop raising techniques of *Marphysa sanguinea*, focusing on such points as spawning, larva development, juvenile growth and survival in different water temperatures, salinities and feeds from 2005 to 2006 at the Fisheries Science Technology Center of Pukyong National University.

The main spawning period of *Marphysa sanguinea* was from June to August. The water temperature of their spawning was from 18°C to 22°C. Released larvae were floating after staying in burrow for a while. Larva secreted mucus covering their whole body eight days after release and developed ten somites 20 days after.

The highest value in the survival rate of juveniles was shown at the clay of 1~2 mm in the mean diameter, at the salinity of 34 psu and 38 psu and on assorted feed. But the lowest value survival rate of juvenile was at the clay of

2~3 mm in the mean diameter, at the salinity of 18 psu and on the feed of *Undaria pinnatifida*. The highest value in the growth rate was shown when juveniles were fed on assorted feed at the water temperature of 24°C and 27°C and the salinity of 30 psu. But the lowest value was shown when they were fed on the feed of *Laminarian* at the water temperature of 15°C and the salinity of 18 psu.

The result showed that the survival and growth of *M. sanguinea* were correlated with environmental features such as salinity, water temperature and sediment feature.



Table contents

Table 1. Burrowing rate of <i>M. sanguinea</i> juvenile after 10 days in each experimental tank with grain size	20
Table 2. Survival rate <i>M. sanguinea</i> juvenile after 20 days in each experimental tank with grain size	20
Table 3. Growth of <i>M. sanguinea</i> juvenile by water temperature	22
Table 4. Specific growth rate of <i>M. sanguinea</i> juvenile by water temperature for 50 days	24
Table 5. Growth and survival rate of <i>M. sanguinea</i> juvenile by different salinity concentration for 40 days	27
Table 6. Growth and survival rate of <i>M. sanguinea</i> juvenile by different feed for 30 days	28

Figure contents

Fig. 1. External feature of <i>M. sanguinea</i>	4
Fig. 2. Rearing tank of <i>M. sanguinea</i>	7
Fig. 3. Rearing cage of <i>M. sanguinea</i> larva and juvenile	8
Fig. 4. Photograph and schematic diagram for burrowing behavior of <i>M. sanguinea</i> juvenile on the various sediment size	11
Fig. 5. Experimental apparatus for the effects of water temperature	13
Fig. 6. Experimental apparatus for the effects of salinity	14
Fig. 7. Larvae (arrow) released from adult <i>M. sanguinea</i> in a burrow	16
Fig. 8. Micrographs of <i>M. sanguinea</i> larva at 0 d (A), 3 d (B), 5 d (C), 8 d (D), 10 d (E), 12 d (F), 16 d (G), 20 d (H) release	18
Fig. 9. Variation of growth of <i>M. sanguinea</i> juvenile during the experiment period	23

1. 서 론

갯지렁이류(Polychaete)는 연안의 모래나 펄 속에서 쉽게 발견되고, 그 종의 수나 생물량이 매우 풍부한 종이다. 갯지렁이류는 생활사가 비교적 짧고 번식력이 강하기 때문에 해양의 풍부한 2차생산자 역할을 담당하고 있으며, 저질에 굴을 뚫어 해수를 순환하게 하고, 섭식활동을 통하여 저질의 유기성분을 변화시켜 저질환경을 정화시키기도 하는 등 저서생태계에서 중요한 역할을 담당하고 있다(Clark, 1977). 또한 해양오염의 지표생물로 이용됨과 동시에 저서어류의 주된 먹이원이 된다. 특히 *Capitella capitata*는 유기물이 풍부하거나 오염된 해양저질의 저서군집에서 우점하고, 극도로 높은 개체군 밀도에 도달 할 수 있기 때문에 오염지표생물로 이용되는 대표적인 종이다(Grassle and Grassle, 1974, 1976; Pearson and Rosenberg, 1978; Méndez et al., 1997). 그리고 갯지렁이는 낚시 미끼로 많은 사람들이 선호하기 때문에 어민들의 부업 대상이 되고 있다(강, 1997a).

현재 낚시 미끼로 이용되고 경제적으로 가치가 있는 갯지렁이로는 바위털갯지렁이(*Marphysa sanguinea*, 본충), 눈썹참갯지렁이(*Perinereis nuntia*, 석충), 두토막눈썹참갯지렁이(*Perinereis aibuhitensis*, 청충) 등이 있다. 그 중 바위털갯지렁이(Fig. 1)는 털갯지렁이목, 털갯지렁이과, 바위털갯지렁이속에 속하는 종으로써, 조간대 하부와 조하대 상부에 연한 저질의 바위돌 사이, 자갈 사이에서 많이 서식한다(백, 1989). 바위털갯지렁이는 지금까지 보고된 개체 가운데 가장 큰 종의 몸길이가 805 mm, 다리(parapodium)를 포함한 몸의 폭이 18 mm이며 872개의 가시마디(setiger)를 가진 개체로 보고된 바 있다(Miura, 1977). 그리고 국내에서 생산되는 상품가치가 있는 개체들은 보통 길이가 200~300 mm, 폭이 13~15 mm에 220~250개의 가시마디를 가지는 개체들이다(韓國海洋研究所, 1990). 그러나 눈썹참갯지렁이의 경우 성체의 크기가 100 mm 이내로 작은 편에 속하고, 두토막눈썹참갯지렁이의 경우 눈

썩참갯지렁이에 비해 큰 종이지만, 지금까지 보고된 가장 큰 개체가 몸의 길이가 270 mm, 폭이 10 mm(韓國海洋研究所, 1990)로 바위털갯지렁이에 비해 개체 크기가 작다. 이처럼 바위털갯지렁이는 다른 갯지렁이류에 비해 대형종에 속하고 고급어종의 낚시 미끼로 많이 선호하는 갯지렁이로써, 다른 갯지렁이들에 비해 가격이 높아 경제적 가치가 높은 종이다.

바위털갯지렁이의 생산은 주로 갯벌 또는 간석지의 저조선에서 개량형 호미 등을 이용하여 캐내는 어업행위에 의존하고 있는데 이러한 어업행위는 해양 생태계를 파괴시킬 뿐만 아니라, 갯지렁이 자원의 고갈을 초래할 위험성이 크다. 이러한 무분별한 채취와 환경오염 등에 의한 자연산 바위털갯지렁이의 생산 부족으로 인해 소비물량의 상당량을 수입에 의존하고 있으며, 아직까지 국내 생산량과 수입량의 공식적인 통계량조차 구체적인 파악이 되어있지 않다. 비공식적인 자료(수입업자)에 의하면 국내 소비량(대부분 낚시용 미끼)의 80%를 중국 또는 북한 등에서 수입한다고 한다. 그리고 이렇게 유입된 외래종에 의해 유전자 교란도 우려되는 실정이다. 따라서 바위털갯지렁이의 생리·생태와 생활사, 자원동태 파악 등 기초 생물학적인 연구를 통한 어업자원의 효율적인 관리뿐만 아니라 양식기술 개발을 통하여 생산력을 증대시키고 산업적 가치를 높일 필요가 있다.

갯지렁이의 사육에 관련된 기존 연구들을 살펴보면, Dales(1950)가 *Nereis diversicolor*의 성숙과 유생발생에 관하여 보고하였으며, Bass(1972)는 *Nereis virens*의 초기 생활사에 관하여 연구한 바 있으나 초기 형태학적인 부분만을 언급하고 있어 양식을 위한 기초자료로 활용하기는 미흡하였다. 吉田(1973, 1976, 1977)은 눈썩참갯지렁이의 산란행동과 채란법, 성숙 등에 관한 연구를 진행하여 사육기술을 개발하였다. 바위털갯지렁이의 경우 田中(1972)과 今井(1975)은 바위털갯지렁이의 산란과 초기형태에 관하여 보고하였으나, 이 연구에서는 형태학적 측면에서 유생의 발달단계에 대한 내용만을 다루고 있어 양식기술을 개발하기 위한 자료로는 부족하다. 우리나라의

경우 갯지렁이에 대한 연구는 Paik(1972, 1973a, 1973b, 1975, 1980)에 의해 형태적 특징에 관해 연구되었고, 韓國海洋研究所(1990)에서 해산 갯지렁이의 사육에 관해 보고한 바 있으나, 대부분의 내용이 두토막눈썸참갯지렁이를 대상으로 하고 있다. 그리고 두토막눈썸참갯지렁이는 강(1992, 1997a, 1997b)에 의해 산란, 난발생, 생태 등 양식을 위한 연구를 통해 사육기술이 개발되었다. 바위털갯지렁이의 경우 바위털갯지렁이의 성충을 대상으로 서식생태학적 연구는 국내에서도 보고된 바 있으나(강, 2000), 종묘생산을 통한 치충의 성장과 생태학적 관점에서는 보고된 바 없다.

바위털갯지렁이는 눈썸참갯지렁이와 두토막눈썸참갯지렁이에 비해 산업적으로 가치가 높은 종이지만 양식생산을 위한 연구 보고는 전무한 실정이다. 바위털갯지렁이의 양식기술 개발을 위해서는 각 성장 단계별로 사육·관리하는 것이 중요하고, 생식주기와 관련된 환경요인을 파악하고, 초기성장 단계에서의 사육에 주안점을 두어 연구하는 것이 필요하다고 생각된다.

따라서 본 연구에서는 바위털갯지렁이의 산란과 발생에 관한 실험을 통해 산란형태와 발생특징을 알아보고, 치충의 사육 시 성장에 미치는 환경요인을 조사하여 양식기술 개발을 위한 기초자료를 얻고자 하였다.



Fig. 1. External feature of *Marphysa sanguinea*.

2. 재료 및 방법

2-1. 산란과 유생발생 실험

2-1-1. 산란실험

바위털갯지렁이의 산란수온과 시기를 알아보기 위하여 Fig. 2와 같은 수조에 시판용 자갈과 모래를 60 cm 높이로 채우고 2005년 9월에 거제도 연안에서 어민들에 의해 채집된 바위털갯지렁이를 부경대학교 수산과학기술센터로 운반하여 수조에 수용하였다. 수용밀도는 4,000개체를 수용하였고, 수용 후 잠입하지 못한 바위털갯지렁이는 수조에서 제거하였다. 실험에 사용된 친충의 사육관리는 유수식으로 모래 여과조에서 여과된 자연해수를 환수량 6 L/min로 사육하였다. 수조 내에서의 해수순환은 수조에 채운 모래 표면에서 20 cm 위에 설치된 해수배관을 통해 해수를 공급하고, 해수는 모래를 통과 한 후, 수조 바닥에 설치된 배관을 통해 배수시킨다. 먹이공급은 시판용 새우사료를 1일 1회 공급하였고, 수온이 10°C 이하로 내려가는 겨울철에는 먹이섭이가 둔화되기 때문에 3~4일 1회 공급하였다. 먹이공급 시 먹이는 수조표면에 고루 공급하였고, 섭이하고 남은 사료는 별도로 제거하지 않았다. 바위털갯지렁이의 산란유무는 田中(1972)과 今井(1975)의 보고를 참고하여 수온이 15°C가 되는 시기부터 매일 서식공 주변으로 산란유무를 육안으로 관찰하였다.

2-1-2. 유생발생 실험

바위털갯지렁이 유생발달을 알아보기 위한 실험은 바위털갯지렁이 친충의 서식공으로부터 자연방출 된 유생을 스포이트로 채집하여 해수가 채워진 Fig. 3A와 같은 플라스틱 수조에 수용하였다. 유생 수용 시 유생은 별도로 세정하지 않고 수조에 수용하였고, 수용된 유생은 부유시기까지는 지수식으로 사육하였으며, 착저 한 후부터는 유수식으로 환수량 300 mL/min로 사육하였다. 환수량이 많을 경우 유생이 배수되는 물과 함께 흘러 나갈 수 있기 때문에 환수량은 적게 유지하였다. 먹이공급은 개구하는 시기부터 부착규조류를 1일 1회 공급하면서 사육하였다. 관찰은 6월 3일부터 6월 25일까지 매일 수조에서 스포이트로 유생을 채집하여 형광도립현미경(Olympus BX50, Japan)으로 유생의 발달특징을 관찰하였다.

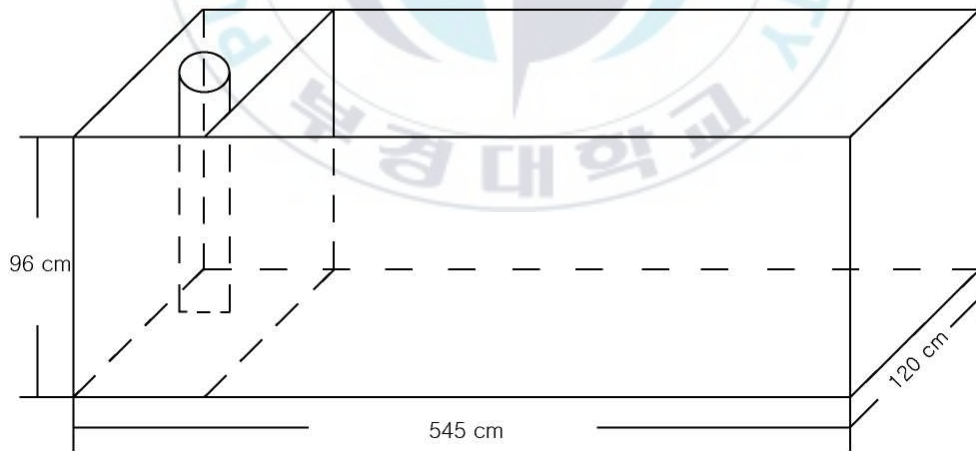
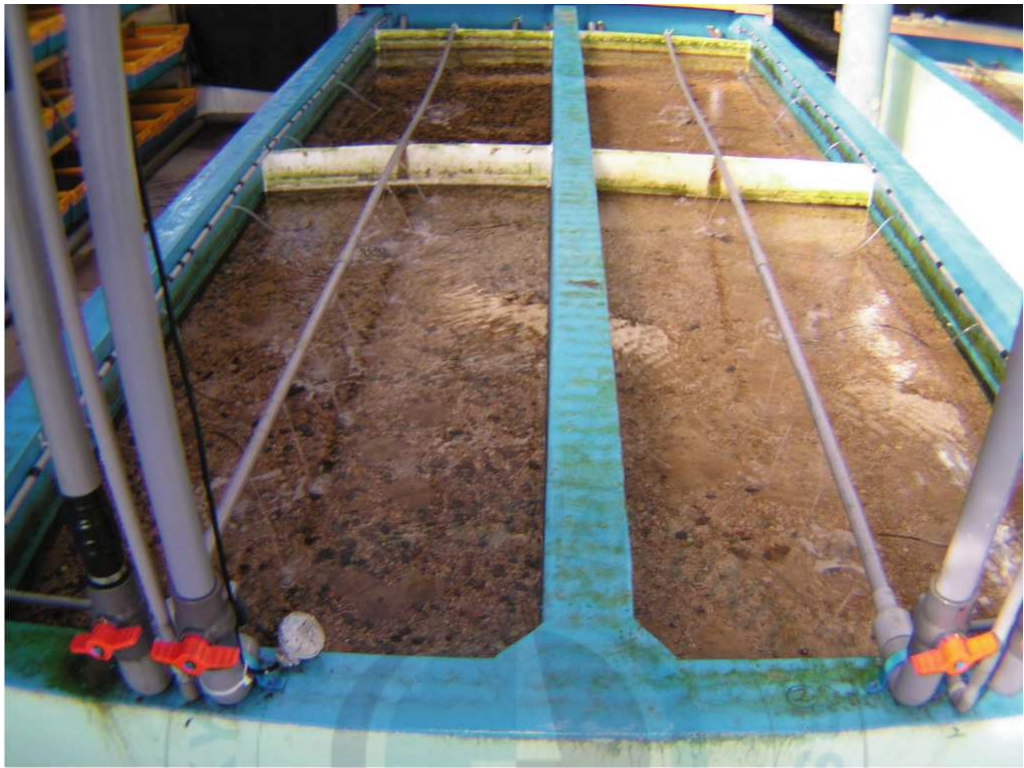


Fig. 2. Rearing tank of *M. sanguinea*.

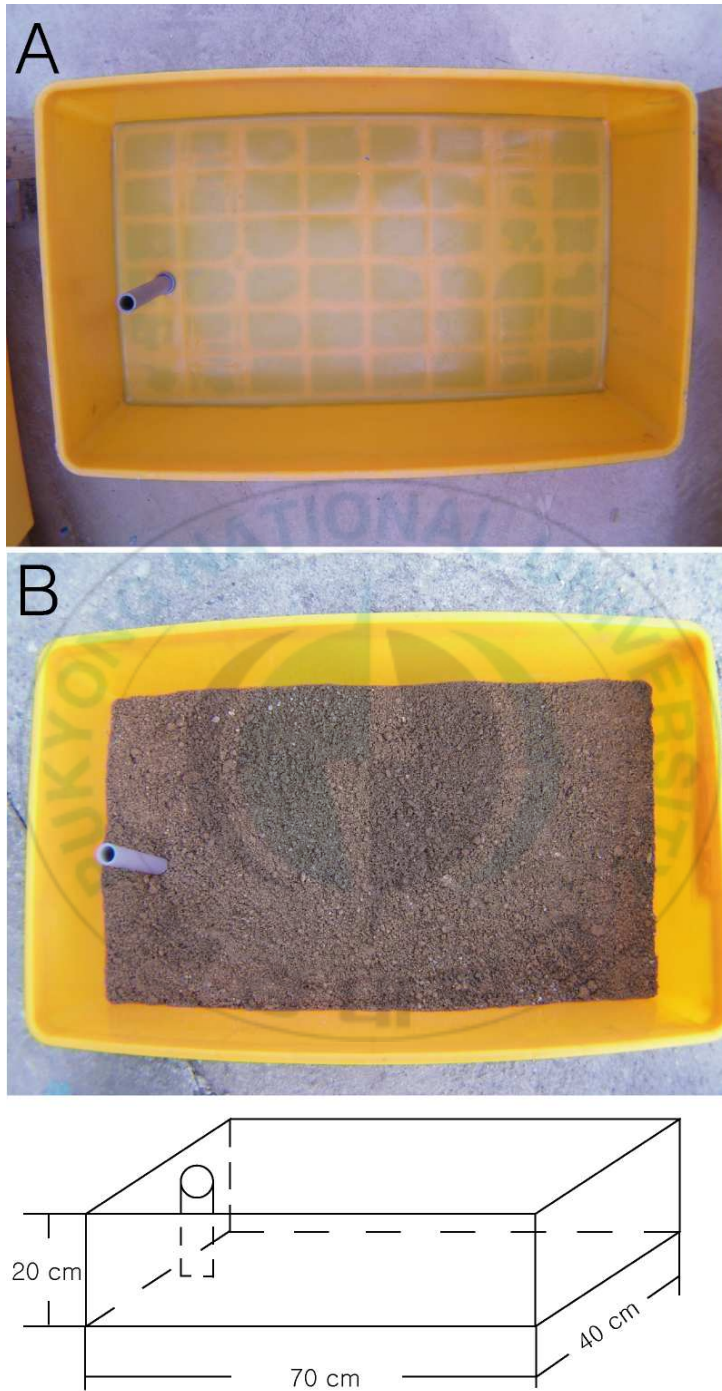


Fig. 3. Rearing cage of *M. sanguinea* larva and juvenile.

2-2. 치충의 성장에 미치는 환경요인 실험

2-2-1. 실험에 사용된 치충육성

치충육성을 위하여 Fig. 3A와 같은 수조에 $\varnothing 2.5$ mm 이하의 시판용 모래를 4 cm 깊이로 채우고(Fig. 3B), 점액질이 분비되는 단계 이후의 유생을 망목 200 μm 의 체로 수거하여 수조에 수용하였다. 유생 수용 시에 유생의 착저를 돕기 위해 황토를 뿌려주었다. 치충육성 수조는 황토가 모두 침강한 후 유수식으로 자연해수를 환수량 700 mL/min로 육성하였다. 먹이공급은 유생 수용 후 2일째부터 1일 1회 어류 치어용 배합사료를 공급하면서 사육하였고, 먹이공급 시에는 유수를 멈추고 수조 전체에 사료를 골고루 공급한 후, 사료가 모두 침강하면 다시 유수하였다. 치충의 육성기간은 6~9월 까지 4개월간 육성하였다.

2-2-2. 저질입도에 따른 치충의 잠입률과 생존율 실험

모래입도별 바위털갯지렁이 치충의 잠입률과 생존율을 알아보기 위하여 Fig. 4와 같은 사각수조(40 cm×20 cm×6 cm)를 제작, 이용하였다. 수조는 모래의 직경에 따라 $\varnothing 2\sim 3$ mm의 구역을 A구, $\varnothing 1\sim 2$ mm의 구역을 B구, $\varnothing 0.5\sim 1$ mm의 구역을 C구, $\varnothing 0.5$ mm 이하 구역을 D구로 한 다음, 각각의 구역에 모래를 5 cm 깊이로 채우고 서로 이동이 가능하게 하였다. 실험에 사용된 치충은 2006년 부경대학교 수산과학기술센터에서 종묘생산된 치충을 사용하였고, 평균 체중 0.18 ± 0.05 g의 치충 50개체를 4개 구역이 만나는 지점에 수용하여 입도별 이동성을 조사하였다. 측정은 실험 시작 10일 후에 각 입도별 개체수를 측정하여 바위털갯지렁이 치충의 각 입도별 잠입률을 조사하였다. 생존율을 알아보기 위한 실험에서는 Fig. 4와 같은 사각수조를 이용하여 입도별로 모래를 채우고 칸막이를 설치하여 서로 이동할 수 없는 구조로 만들고, 치충 30개체씩을 각각의 입도별 구역에 수용하였다. 측

정은 실험시작 20일 후에 각각의 입도별 생존율을 조사하였다. 각각의 실험에 사용된 수조는 Fig. 3A와 같은 수조에 넣고 유수식으로 환수량 700 mL/min로 실험하였다.

2-2-3. 사육수온에 따른 치충의 성장실험

바위털갯지렁이 치충의 성장에 필요한 최적 온도조건을 알아보기 위하여 플라스틱 용기(20 cm×10 cm×4 cm)에 $\varnothing 2.5$ mm 이하의 시판용 모래를 4 cm 깊이로 채우고, 평균 체중 0.04 ± 0.007 g의 치충 30개체씩 수용하였다. 수온은 Fig. 3A와 같은 수조에 5개 실험구(15, 18, 21, 24 그리고 27°C)로 설치하였고, 치충을 넣은 플라스틱 용기 5개씩을 각각의 실험구에 수용하여 유수식으로 환수량 1 L/min로 사육하였다. 수온조절은 Aquatron을 사용하여 15°C와 27°C의 해수를 공급하였고, 18, 21 그리고 24°C 수온은 15°C와 27°C 해수를 혼합하여 수온을 조절하였다(Fig. 5). 먹이공급은 어류치어용 배합사료를 1일 1회 체중의 5%를 공급하였다. 먹이공급 시 유수를 멈추고, 사료를 공급한 후 사료가 모두 침강하면 다시 유수하였다.

측정은 실험 시작 후 10일에 한번 씩 각각의 실험구에서 플라스틱 용기 하나씩을 수거하여 치충 30개체의 무게를 측정하였으며, 50일 동안 실험을 진행하였다.

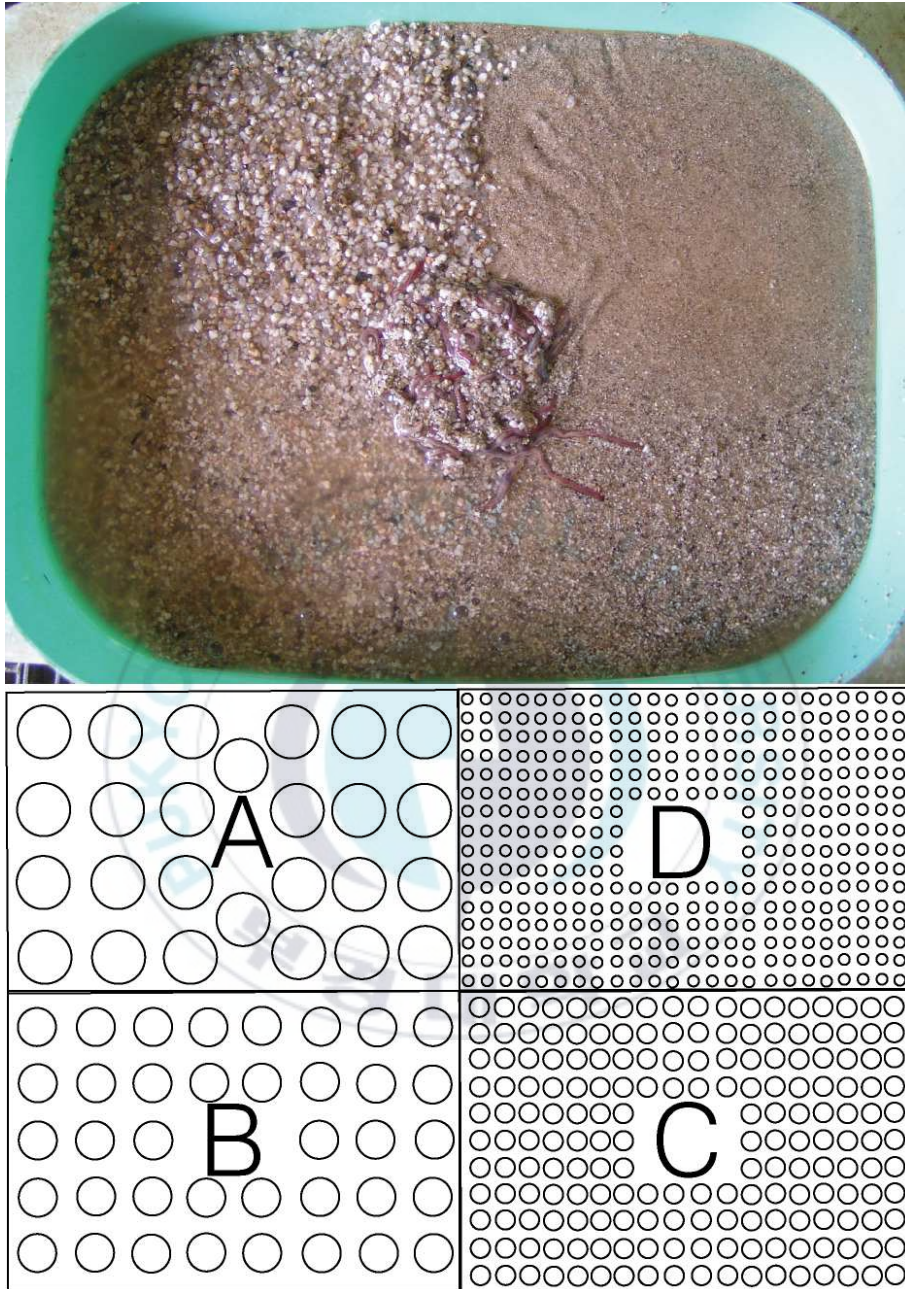
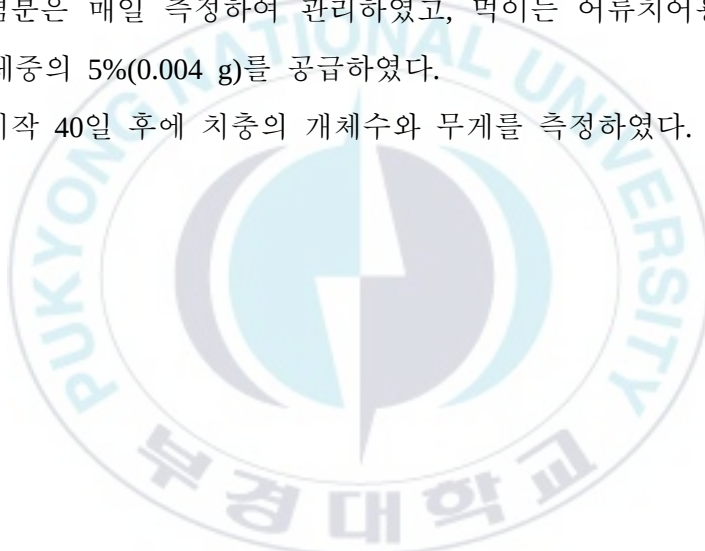


Fig. 4. Photograph and schematic diagram for burrowing behavior of *M. sanguinea* juvenile on the various sediment size. A: $\varnothing 2\sim 3$ mm, B: $\varnothing 1\sim 2$ mm, C: $\varnothing 0.5\sim 1$ mm, D: $<\varnothing 0.5$ mm.

2-2-4. 염분에 따른 치충의 성장과 생존실험

염분에 따른 바위털갯지렁이 치충의 성장과 생존을 알아보기 위하여 사각수조(30 cm×20 cm×6 cm) 3개구에 $\varnothing 2.5$ mm 이하의 시판용 모래를 5 cm 깊이로 채우고 평균 체중 0.075 ± 0.015 g의 치충 50개체씩을 수용한 후, 염분에 따라 38, 34, 30, 26, 22 그리고 18 psu의 6개 실험구로 구분된 Fig. 3A와 같은 수조에 넣고 사육하였다. 염분은 해수와 증류수를 혼합하여 조절하였고, 염분의 유지를 위해 순환여과식으로 사육하였다(Fig. 6). 순환여과를 위해 $\varnothing 10$ μ m의 여과지를 사용하여 여과하였으며, 환수량 2 L/min로 사육하였다. 염분은 매일 측정하여 관리하였고, 먹이는 어류치어용 배합사료를 1일 1회 체중의 5%(0.004 g)를 공급하였다.

실험 시작 40일 후에 치충의 개체수와 무게를 측정하였다.



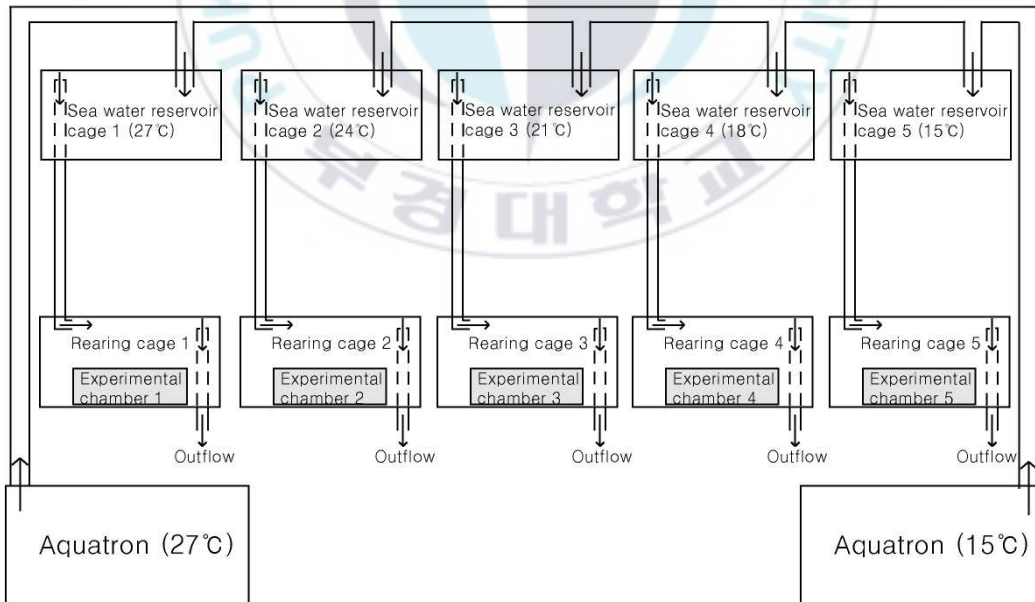


Fig. 5. Experimental apparatus for the effects of water temperature. Arrows indicate flow direction.

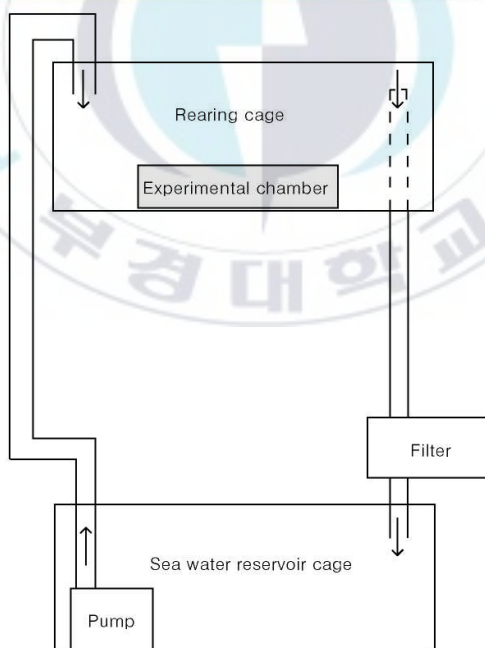


Fig. 6. Experimental apparatus for the effects of salinity. Arrows indicate flow direction.

2-2-5. 먹이원에 따른 치충의 성장과 생존실험

바위털갯지렁이 치충의 먹이원에 있어서 해조류와 어류치어용 배합사료의 차이를 알아보기 위하여 30 cm×20 cm×6 cm의 사각수조 3개구에 Ø2.5 mm 이하의 시판용 모래를 5 cm 깊이로 채우고, 평균 체중 0.081 ± 0.013 g의 치충 50개체씩을 수용하였다. 치충을 수용한 사각수조는 Fig. 3A와 같은 수조에 넣고 유수식으로 환수량 1 L/min로 사육하였다. 실험에 사용된 먹이원은 미역, 다시마, 어류치어용 배합사료를 사용하였으며, 먹이공급은 체중의 5%(0.004 g)를 1일 1회 공급하였다. 특히 미역과 다시마는 건조시킨 후 가늘게 분쇄하여 먹이로 공급하였다. 먹이 공급 시 수조에 물을 빼고, 먹이를 공급 한 후 물을 다시 채워주었다. 이때 미역과 다시마의 부유에 의한 유실은 발생하지 않았다.

실험 시작 30일 후에 치충의 개체 수와 무게를 측정하였다.

2-2-6. 통계처리

자료의 통계처리는 SAS program 9.0 (SAS institute, Cray, NC, USA)으로 분산분석(ANOVA test)을 실시하여 최소유의차검정(LSD: least significant difference)으로 평균 간의 유의성($P < 0.05$)을 검정하였다.

3. 결 과

3-1. 산란수온과 유생발생

3-1-1. 산란형태 및 수온

바위털갯지렁이는 수정란이 아닌 담륜자(trochophore) 시기의 유생을 서식공 주변으로 방출하는 것이 관찰되었고, 몸의 일부 또는 전체가 서식공 밖으로 나오는 산란행동은 관찰되지 않았다(Fig. 7). 유생방출은 수온 18~22°C에서 이루어졌으며, 기간은 6월 초에서 8월 초까지 2개월간 지속되었다. 유생방출은 이른 새벽부터 오전 중에 서식공 주변으로 유생을 방출하였고, 방출된 유생은 서식공 주변에 잠시 머무른 후 수조 전체로 퍼져나가는 것이 관찰되었다.



Fig. 7. Larvae (arrow) released from adult *M. sanguniea* in a burrow.

3-1-2. 유생발생

서식공에서 방출된 유생은 후기담륜자(metatrocophore) 시기 유생으로 크기는 300~320 μm 였다. 방출된 유생은 두 번째 다리(2nd. para.)를 가지며, 안점이 형성되어 있고, 섬모가 형성되어 있었다(Fig. 8A). 유생방출 3일 후 세 번째 다리(3rd. para.)가 형성되기 시작하였고, 몸 주변의 섬모는 조금씩 줄어들었다(Fig. 8B). 방출 5일 후가 되면 nectochaeta기 유생으로 발생하여 세 번째 다리가 완전 형성되었고, 첫 번째 다리(1st. para.)와 안점 사이에 악치(mandible)가 형성되기 시작하였다. 이 시기에 섬모는 관찰되지 않았고, 부유하던 유생들은 착저하였다(Fig. 8C). 방출 8일 후, 네 번째 다리(4th. para.)가 모두 형성되었고 개구하기 시작하였다. 이 시기에 점액질의 액체가 분비되어 몸 전체를 둘러싸는 것이 관찰되었다(Fig. 8D). 방출 10일 후에 다섯 번째 다리(5th. para.)가 나타나기 시작하여(Fig. 8E), 12일째가 되면 다섯 번째 다리가 모두 형성된다(Fig. 8F). 방출 후 16일이 지나면서 여섯 번째 다리(6th. para.)가 형성되었고(Fig. 8G), 방출 20일 후에 일곱 번째 다리(7th. para.)가 형성되었다. 유생의 체절 수는 방출 20일 후에 10체절을 형성하였다(Fig. 8H).

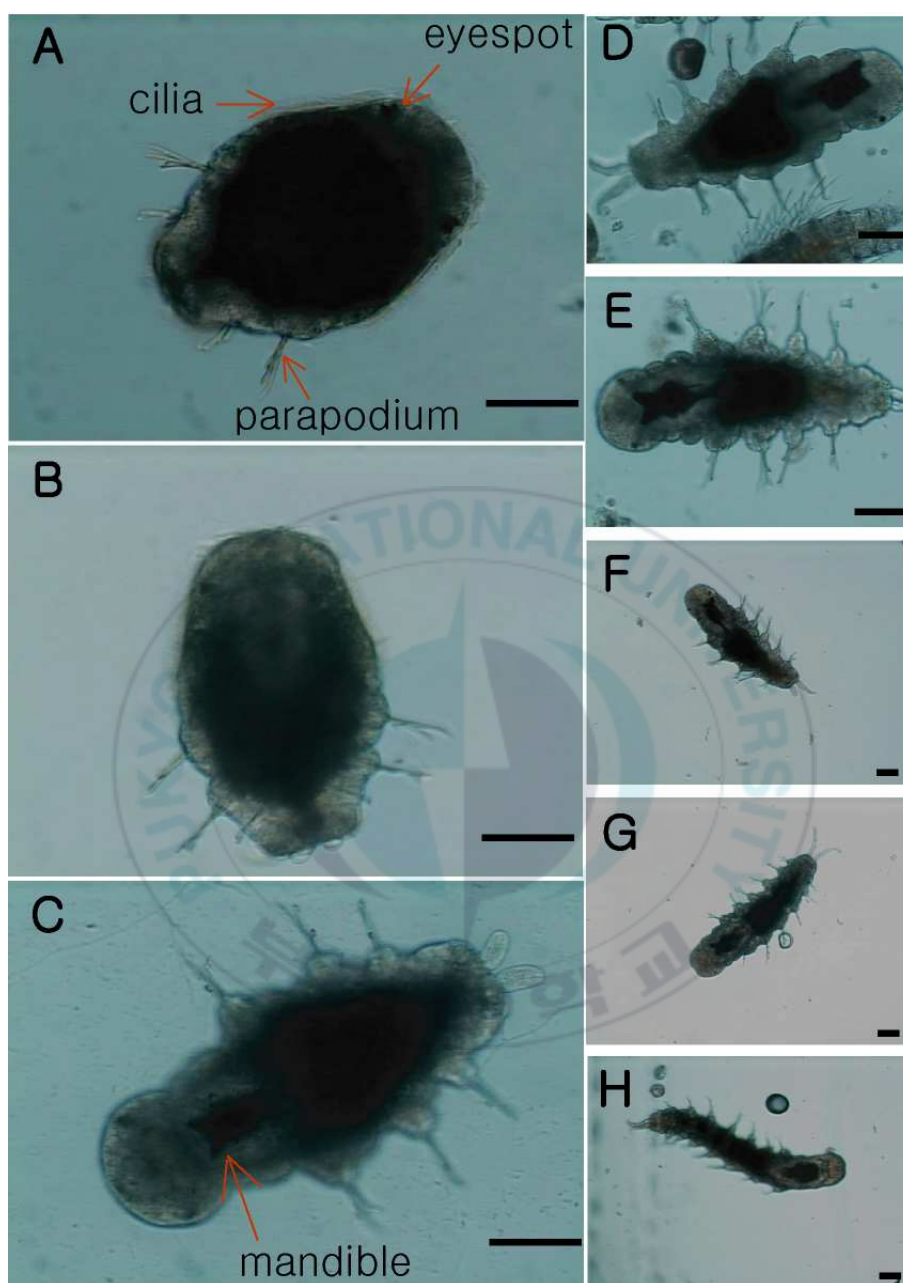


Fig. 8. Micrographs of *M. sanguinea* larva at 0 d (A), 3 d (B), 5 d (C), 8 d (D), 10 d (E), 12 d (F), 16 d (G), 20 d (H) release. Scale bars are 100 μm.

3-2. 입도에 따른 치충의 잠입률과 생존율

입도에 따른 바위털갯지렁이 치충의 잠입률은 Table 1에 나타내었다. 가장 낮은 분포를 보인 실험구는 $\varnothing 0.5 \sim 1$ mm인 C 실험구로 12%의 잠입률을 보였다. C 실험구를 제외한 나머지 실험구에서는 잠입률에 있어서 약간의 차이는 있으나 거의 비슷한 수준이었고, B 실험구와 D 실험구에서 A 실험구에 비해 잠입률이 조금 높았다.

입도별 생존율은 Table 2에서 나타내었다. 생존율은 $\varnothing 1 \sim 2$ mm인 B 실험구에서 88.7%로 가장 높았고, $\varnothing 2 \sim 3$ mm인 A 실험구에서 53%로 가장 낮았다. C 실험구와 D 실험구는 A 실험구에 비해 높았고, B 실험구에 비해서 낮았지만, 이들 간에는 생존율의 차이가 없었다.

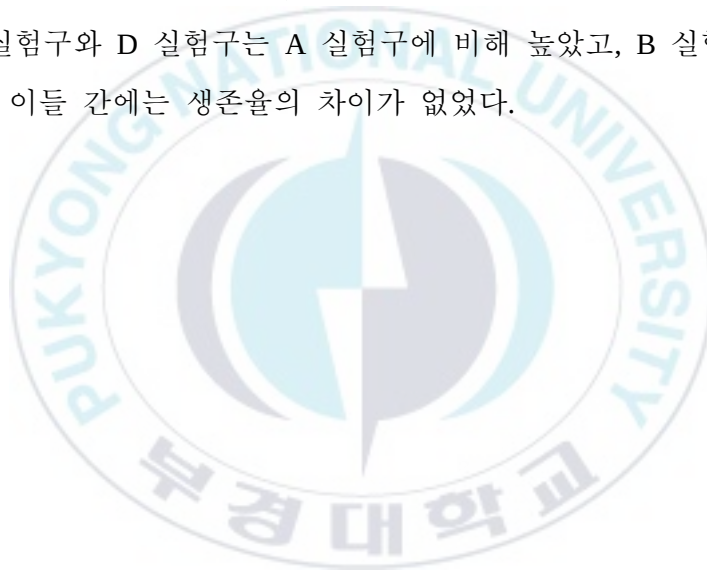


Table 1. Burrowing rate of *M. sanguinea* juvenile after 10 days in each experimental tank with grain size

Sediment	A	B	C	D
No. of burrowed	12.3±1.0	14.0±1.0	5.0±1.0	15.3±1.5
Burrowing rate (%)	26.7	30.0	12.0	33.2

A: Ø2~3 mm, B: Ø1~2 mm, C: Ø0.5~1 mm, D: <Ø0.5 mm.

Table 2. Survival rate *M. sanguinea* juvenile after 20 days each experimental tank with grain size

Sediment	A	B	C	D
No. of survival	16.0±2.0	26.6±1.6	22.6±0.5	21.0±1.0
Survival rate (%)	53.0	88.7	75.3	70.0

A: Ø2~3 mm, B: Ø1~2 mm, C: Ø0.5~1 mm, D: <Ø0.5 mm.

3-3. 수온에 따른 치충의 성장

실험기간 중 바위털갯지렁이 치충의 무게측정 시 각 실험구의 평균 치충 수는 20~25개체로 66~83%의 생존율을 나타냈다. 온도에 따른 바위털갯지렁이 치충의 성장은 Table 3에 나타내었다. 성장이 가장 좋았던 실험구는 24°C 실험구로 0.56 ± 0.07 g까지 성장했고, 성장이 가장 느렸던 실험구는 15°C 실험구로 0.17 ± 0.02 g까지 성장했다. 실험결과 24°C 실험구의 성장이 15°C 실험구에 비해 약 3배, 18°C 실험구와 21°C 실험구에 비해 약 2배가량 높게 나타났다. 24°C 실험구와 27°C 실험구는 성장에 있어서 큰 차이는 없었고, 18°C, 21°C 실험구 또한 성장에 있어서 큰 차이가 없었다. 실험시작 30일째까지는 각 실험구별로 큰 차이가 없었지만, 40일째부터 24°C와 27°C 실험구의 성장이 급격하게 증가하였다(Fig. 9). 수온에 따른 바위털갯지렁이 치충의 일간 성장률은 24°C 실험구에서 1.1%로 다른 실험구들에 비해 높게 나타났다(Table 4).

Table 3. Growth of *M. sanguinea* juvenile by water temperature

Rearing days	Body weight (g)				
	15℃	18℃	21℃	24℃	27℃
0	0.04±0.007	0.04±0.007	0.04±0.007	0.04±0.007	0.04±0.007
10	0.09±0.03	0.14±0.03	0.12±0.03	0.14±0.04	0.14±0.04
20	0.12±0.03	0.15±0.03	0.15±0.03	0.19±0.05	0.20±0.04
30	0.13±0.03	0.17±0.05	0.17±0.03	0.23±0.08	0.21±0.04
40	0.14±0.04	0.18±0.04	0.25±0.05	0.54±0.10	0.43±0.12
50	0.17±0.03	0.23±0.06	0.27±0.05	0.56±0.10	0.45±0.12

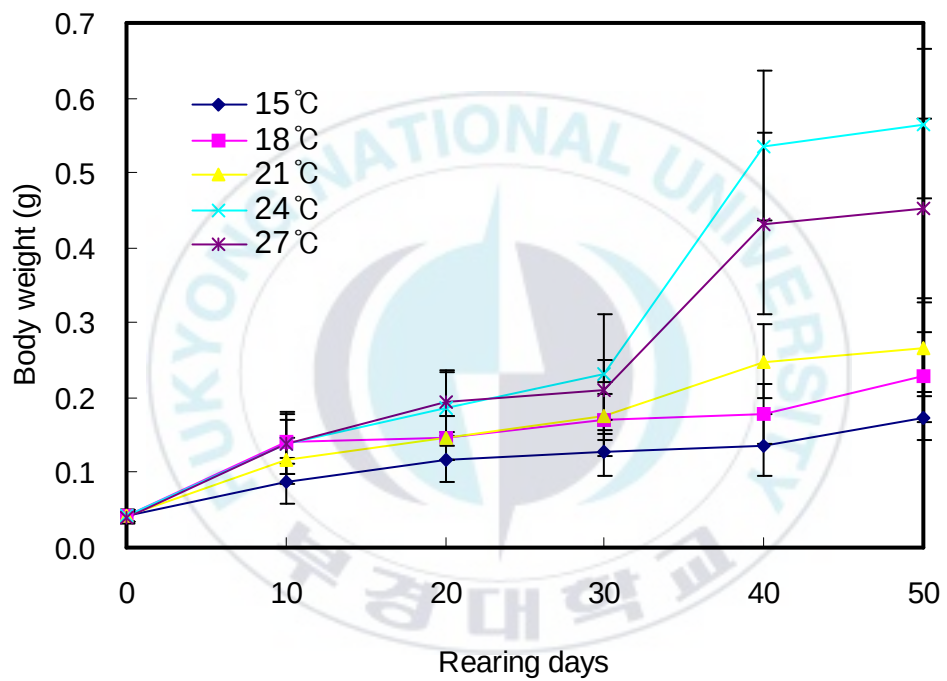


Fig. 9. Variation of growth of *M. sanguinea* juvenile during the experiment period.

Table 4. Specific growth rate of *M. sanguinea* juvenile by water temperature for 50 days

Water temperature (°C)	Body weight (g)		Specific growth rate (%)
	Initial	Final	
15	0.04±0.007	0.17±0.03	0.42
18	0.04±0.007	0.23±0.06	0.56
21	0.04±0.007	0.27±0.05	0.64
24	0.04±0.007	0.56±0.10	1.10
27	0.04±0.007	0.45±0.12	0.94

3-4. 염분에 따른 치충의 성장률과 생존율

염분에 따른 성장과 생존결과를 Table 5에 나타내었다. 증중률(WG)에 있어서 30 psu 실험구가 다른 실험구에 비해 유의적으로 높게 나타났다($P<0.05$). 26 psu 실험구는 34, 22 그리고 18 psu 실험구에 비해 유의하게 높았지만, 38 psu 실험구에 비해 유의적인 차이가 없었다($P<0.05$). 34 psu 실험구는 22, 18 psu 실험구와는 유의적으로 높게 나타났지만, 38 psu 실험구와는 유의적인 차이가 없었다($P<0.05$). 18 psu 실험구는 다른 실험구에 비해 유의하게 낮았다($P<0.05$). 일간성장률(SGR)에 있어서 증중률이 가장 높았던 30 psu 실험구가 0.29%의 일간성장률을 보였다. 그리고 38, 34, 26 그리고 22 psu에서 각각 0.24, 0.23, 0.25 그리고 0.22%의 일간성장률을 보였고, 증중률이 가장 낮았던 18 psu에서는 0.12%의 일간성장률을 보였다. 생존율(SR)에 있어서 38 psu 실험구와 34 psu 실험구가 다른 실험구들에 비해 유의적으로 높게 나타났으나, 이들 간의 유의적인 차이는 없었다($P<0.05$). 30 psu 실험구는 26, 22, 18 psu 실험구에 비해 유의적으로 높게 나타났지만, 38 psu, 34 psu 실험구에 비해서는 유의적으로 낮게 나타났다($P<0.05$). 18 psu 실험구는 다른 실험구들에 비해 유의하게 낮게 나타났다($P<0.05$).

3-5. 먹이원에 따른 치충의 성장률과 생존율

먹이원에 따른 성장과 생존결과는 Table 6에 나타내었다. 증중률(WG)에 있어서 어류치어용 배합사료 실험구가 다른 실험구들에 비해 유의적으로 높게 나타났고, 다시마 실험구가 다른 실험구들에 비해 유의하게 낮게 나타났다($P<0.05$). 일간성장률(SGR)에 있어서 증중률이 가장 높았던 어류치어용 배합사료 실험구에서 0.47%, 미역 실험구에서 0.45% 그리고 증중률이 가장 낮았던 다시마 실험구에서 0.13%의 일간성장률을 보였다. 생존율(SR)에 있어서는 어류치어용 배합사료 실험구가 다른 실험구들에 비해 유의적으로 높게 나타났지만, 미역 실험구와 다시마 실험구 사이에는 유의적인 차이가 없었다($P<0.05$).



Table 5. Growth and survival rate of *M. sanguinea* juvenile by different salinity for 40 days

	Salinity (psu)						Pooled SEM ⁴
	38	34	30	26	22	18	
WG ¹	83.2 ^{bc}	80.3 ^c	104.0 ^a	87.7 ^b	73.6 ^d	38.0 ^e	9.0
SGR ²	0.24 ^b	0.23 ^b	0.29 ^a	0.25 ^b	0.22 ^c	0.12 ^d	0.02
SR ³	90.6 ^a	91.4 ^a	81.4 ^b	60.6 ^c	44.0 ^d	30.0 ^e	10.5

Values in the same row with different superscripts are signification different (P<0.05).

¹Weight gain (%): [(final wt. - initial wt.) / initial wt.]×100.

²Specific growth rate (%): [(log final wt - log initial wt.)/day]×100.

³Survival rate (%): (final individuals / initial individuals)×100.

⁴Pooled standard error of mean: SD/√ n.

Table 6. Growth and survival rate of *M. sanguinea* juvenile by different feed for 30 days

	Diets			Pooled SEM ⁴
	Commercial Feed	<i>Undaria pinnatifida</i>	<i>Laminaria japonica</i>	
WG ¹	124.4 ^a	115.9 ^b	30.3 ^c	30.1
SGR ²	0.47 ^a	0.45 ^b	0.13 ^c	0.11
SR ³	95.7 ^a	60.3 ^b	67.5 ^b	10.3

Values in the same row with different superscripts are singinfication different (P<0.05).

¹Weight gain (%): [(final wt. - initial wt.) / initial wt.] × 100.

²Specific growth rate (%): [(log final wt - log initial wt.) / day] × 100.

³Survival rate (%): (final individuals / initial individuals) × 100.

⁴Pooled standard error of mean: SD/√n.

4. 고 찰

今井(1975)은 바위털갯지렁이가 서식공 주변으로 수정란을 산란한다고 보고하였으나, 본 실험에서는 수정란이 아닌 담륜자 시기의 유생을 서식공 주변으로 방출하는 것이 관찰되었다. 이는 지역적인 차이인지, 사육 환경에 의한 차이인지는 명확하게 판단 할 수 없지만, 유생이 방출되는 것으로 보아 본 실험에 사용된 바위털갯지렁이는 서식공 안에서 산란을 한 후, 담륜자 시기의 유생까지 발생이 진행된다면 서식공 밖으로 방출을 하는 것으로 사료된다. 서식공 밖으로 몸을 드러내지 않고, 유생만을 서식공 밖으로 방출하는 바위털갯지렁이의 이러한 산란형태는 산란기가 되면 서식공 밖으로 나와 수면을 유영하면서 산란하는 두토막눈썹참갯지렁이(韓國海洋研究所, 1990)나, 눈썹참갯지렁이(吉田, 1973)와는 산란형태에 있어서 많은 차이를 나타내는 것을 알 수 있다. 田中(1972)은 바위털갯지렁이가 수온 17~18°C에 산란한다고 보고하였다. 이는 본 실험에서 관찰된 유생방출 수온과 일치하였고, 유생방출기간은 6~8월까지 약 2개월간 지속되는 것으로 확인되었다. 두토막눈썹참갯지렁이의 경우 산란기는 각 지역별로 5~9월이 산란하는 시기로 보고된바 있는데(釜山水産大學 海洋科學研究所, 1977), 이것으로 보아 두토막눈썹참갯지렁이와 바위털갯지렁이가 서로 비슷한 시기에 산란을 하는 것을 알 수 있다.

이번 연구에서는 바위털갯지렁이의 산란에 영향을 주는 요인으로 수온만을 고려하였으나, 실제로 장마기간이나 구름이 많이 낀 흐린 날에는 유생의 방출이 현저하게 줄어드는 것이 관찰되었다. 이는 바위털갯지렁이의 산란 및 유생방출에 있어서 일조량과 같은 일기의 영향이 있을 것으로 사료된다. 따라서 차후 바위털갯지렁이의 산란 및 유생방출에 있어서 이와 같은 일기의 영향에 관한 연구가 필요한 것으로 생각된다.

서식공으로부터 방출된 유생은 안점과 두 번째 다리를 가지고 있는 유

생이었다. 今井(1975)의 보고에 의하면 바위털갯지렁이의 수정란은 수정 후 1일이 지나면 안점이 형성되고, 5~6일이 지나면 두 번째 다리가 형성된다고 보고하였는데, 이 보고와 비교해 볼 때 서식공으로부터 방출된 유생은 후기 답륜자 시기 유생으로 수정 후 5~6일이 지난 유생으로 판단된다. 그리고 今井(1975)은 수정 후 10~13일이 지나면 개구하고, 점액질이 분비된다고 보고하였다. 이는 본 실험에서 유생방출 8일 후에 개구하고, 점액질이 분비되는 결과와도 일치하였다. 체절 수에 있어서도 3일에 1체절 성장한다고 보고 한 (田中, 1972) 것과 유사하게 성장하는 결과를 보였다. 바위털갯지렁이는 서식공 속에서 점액질로 몸을 감싸고 있는 것을 관찰 할 수 있다. 유생은 방출 후 8일이 지나면 점액질이 유생의 몸을 감싸고 있는 것을 관찰 할 수 있는데, 이것으로 보아 유생은 방출 8일 이후부터 저질 환경으로 옮겨서 사육 할 수 있을 것으로 사료된다.

바위털갯지렁이의 자연 서식지인 경상남도 동화리의 저질입도 조성은 자갈질, 사질 그리고 니질로 구성되어 있다. 본 실험에서는 치충을 대상으로 실험한 결과, $\varnothing 1\sim 2$ mm 실험구에서 생존율이 가장 높게 나타났고, $\varnothing 2\sim 3$ mm 실험구의 생존율이 가장 낮게 나타났다. 강(2000)의 보고에 의하면 니질이 많이 포함 될 경우 덩어리짐으로 인해 사육수의 물 빠짐이 안 되어 해수순환의 어려움이 있고, 충체의 수확 시 충체의 절단 등, 수확에 어려움이 있기 때문에 바위털갯지렁이 사육 시 양식을 위한 적정 저질로 평균 $\varnothing 0.1\sim 0.5$ mm의 사니질이 좋다고 보고하였다. 본 연구에서 $\varnothing 1\sim 2$ mm의 실험구에서 생존율이 가장 높았던 것을 고려할 때, $\varnothing 0.1\sim 2$ mm의 저질이 육상 양식을 위한 적당한 저질로 판단된다. 따라서 바위털갯지렁이의 양식용 저질로는 대량구입이 용이하고, 물 빠짐과 수확이 용이한 시판용 모래가 적합할 것으로 사료된다.

田中(1972)의 연구에 의하면 바위털갯지렁이의 산란 수온은 $17\sim 18^{\circ}\text{C}$ 라고 보고하였고, 今井(1981)은 바위털갯지렁이가 수온이 16°C 이상일 때 섭이가

활발해진다고 보고하였다. 따라서 여름철 수온이 24~25°C까지 상승하는 것을 고려할 때, 산란 후 겨울철 수온이 하강하기 전까지 성장을 하기 위해서는 여름철과 가을철의 비교적 높은 수온기에 많은 성장이 이루어질 것으로 판단되고, 이는 본 실험에서 24°C와 27°C 구간에서 가장 높은 성장을 보인 결과와도 많은 상관관계를 가진다. 田中(1972)은 바위털갯지렁이가 성충으로 성장하는 데 2~3년이 필요하다고 보고하였다. 본 실험에서 24°C 실험구에서의 일간성장률이 1.1%로 가장 높았는데, 이 결과를 토대로 24°C에서 지속적으로 사육을 할 경우 바위털갯지렁이의 사육기간을 단축시킬 수 있을 것으로 판단된다. 그러나 24°C로 사육을 할 경우 수온을 지속적으로 유지해야 하는 어려움과 수온을 유지하는데 필요한 비용문제도 고려해야 하므로, 이 문제를 해결하기 위해서는 지금의 유수식 사육시설이 아닌, 순환여과식 사육시설이 적합할 것으로 사료된다.

염분에 따른 성장과 생존실험에서 성장률이 30 psu에서 가장 높았고, 22 psu이하에서는 성장률이 낮아지는 것을 확인 할 수 있었다. 생존율에 있어서는 염분이 낮아짐에 따라 생존율도 낮아지는 경향을 보였고, 특히 18 psu에서는 생존율이 30%로 매우 낮게 나타났다. 두토막눈썸참갯지렁이의 경우 염분 10~40 psu에서 사육시킬 경우 100%의 생존율을 나타낸다고 보고된바 있고(韓國海洋研究所, 1990), 실갯지렁이나 다른 몇몇 갯지렁이는 담수 중에서도 생존이 가능하다고 보고된바 있다(石川, 1938). 어류에 있어서 사육수의 염분변화는 어체의 스트레스 요인으로 작용하여 삼투압 조절이 불안정해지며(Mazeaud et al., 1977), 혈중 카테콜아민(Screck, 1982)과 cortisol (Chang and Hur, 1999) 수준을 상승시킨다. 어류에 있어서 이러한 스트레스는 성장과 번식에도 영향을 미치게 된다. 본 연구결과를 토대로 볼 때 바위털갯지렁이는 두토막눈썸참갯지렁이나 염분내성이 강한 갯지렁이들과는 달리 염분에 대한 내성이 약한 것으로 판단된다. 따라서 사육수의 염분변화가 바위털갯지렁이에 있어서 스트레스 요인으로 작용해 성장률과 생

존율이 감소되는 것으로 사료된다. 그러므로 염분에 대한 내성이 약한 바위털갯지렁이의 경우 염분변화에 따른 스트레스는 육상사육 뿐만 아니라, 자원조성을 목적으로 실시하는 갯벌 방류를 위한 방류지 선정에 있어서 담수의 영향 또한 고려되어야 할 것으로 판단된다.

먹이원에 따른 성장률은 어류치어용 배합사료를 섭취한 실험구에서 가장 높게 나타났고, 다시마를 섭취한 실험구에서 가장 낮은 것으로 확인되었다. 생존율에 있어서는 배합사료를 섭취한 실험구가 가장 높았고, 미역과 다시마를 섭취한 실험구는 차이가 없는 것으로 확인되었다. 미역과 다시마를 섭취한 실험구에서 낮은 생존율을 보인 것은, 실험 전 치충의 육성단계에서 배합사료를 먹이원으로 공급한 것과 관련하여 먹이변화에 의한 스트레스로 사료된다.

강(1992)은 두토막눈썹참갯지렁이의 경우 뱀장어용 배합사료를 공급하였을 때 일간성장률이 0.79%, 미역을 공급하였을 때 0.24%로 많은 차이가 있다고 보고하였다. 그러나 본 연구에서는 바위털갯지렁이의 경우 배합사료와 미역의 성장률에 있어서 큰 차이가 없는 것으로 보아 먹이 선호에 있어서 두토막눈썹참갯지렁이와는 차이가 있는 것을 알 수 있다. Day(1967)는 바위털갯지렁이의 식성이 잡식성이라고 보고한 바 있고, 今井(1975)는 모충을 사육관리 하는데 있어서 먹이로 해조류인 감태를 공급한 것으로 보고하였다. 그리고 Miura(1977)는 바위털갯지렁이가 야간에 서식공 으로부터 전 체부를 내비쳐 해조나 작은 동물을 섭이한다고 보고하였고, 今井(1981)는 바위털갯지렁이 섭이실험에서 먹이원으로 해조류를 공급하였다. 본 실험결과로 보아 바위털갯지렁이의 치충사육 시에는 구입과 급이가 용이한 각종 해산어류용 배합사료의 이용이 편리하나, 감태나 미역과 같은 해조류 또한 먹이원으로 사용할 수 있을 것으로 사료된다. 따라서 바위털갯지렁이의 육상사육을 위한 사료개발에 있어서 해조류를 이용할 필요성이 있을 것으로 판단된다.

5. 요 약

한국산 갯지렁이류 중 산업적으로 가치가 높은 바위털갯지렁이의 양식 기술 개발을 위한 기초자료를 확보하기 위하여, 바위털갯지렁이의 산란과 유생발생에 관한 연구를 통해 산란형태와 발생특징을 알아보고, 치충의 사육 시 성장에 미치는 환경요인을 조사한 결과를 요약하면 다음과 같다.

바위털갯지렁이는 수온 18~22°C에 서식공 주변으로 담륜자 시기의 유생을 방출하였고, 방출된 유생은 서식공 주변에 잠시 머무른 후 수조 전체로 퍼져나가는 것이 관찰되었다. 유생방출 시 친충 몸체의 일부 또는 전체가 서식공 밖으로 나오는 행동은 관찰되지 않았다. 서식공에서 방출된 유생은 후기담륜자 시기 유생으로 두 번째 다리를 가지며, 안점이 형성되어 있고, 섬모가 형성되어 있었다. 방출 후 8일이 지나면 개구하면서 점액질이 분비되어 몸 전체를 둘러싸는 것이 관찰되었고, 방출 후 20일이 지나면 10체절을 형성하였다.

시판용 모래의 입도별 잠입율과 생존율을 조사한 결과 $\varnothing 0.5$ mm인 실험구의 잠입률이 가장 높았고, $\varnothing 0.5 \sim 1$ mm인 실험구에서 가장 낮았다. 생존율은 $\varnothing 1 \sim 2$ mm인 실험구에서 가장 높았고, $\varnothing 2 \sim 3$ mm 실험구에서 가장 낮게 나타났다.

수온에 따른 치충의 성장은 24°C와 27°C 실험구의 성장이 가장 좋았고, 15°C 실험구의 성장이 가장 느렸다. 일간성장률은 성장이 가장 좋았던 24°C와 27°C 실험구에서 각각 1.1%와 0.94%의 일간성장률을 보였다. 염분에 따른 치충의 성장률과 생존율을 조사한 결과 염분 30 psu 실험구의 성장률이 가장 높았고, 18 psu 실험구의 성장률이 가장 낮았다. 생존율에 있어서는 34 psu 와 38 psu 실험구가 가장 높았고, 18 psu 실험구가 가장 낮은 생존율을 보였다. 일간성장률은 성장률이 가장 높았던 30 psu 실험구에서 0.29%의 일간성장률을 보였다.

먹이원에 따른 성장 및 생존은 어류치어용 배합사료를 섭취한 실험구의 성장률이 가장 높았고, 다시마를 섭취한 실험구가 가장 낮은 성장률을 보였다. 생존율은 어류치어용 배합사료를 섭취한 실험구가 가장 높았고, 미역과 다시마를 섭취한 실험구는 생존율의 차이를 보이지 않았다. 일간성장률은 성장률이 가장 높았던 어류치어용 배합사료를 섭취한 실험구에서 0.47%, 미역을 섭취한 실험구에서 0.45%, 다시마를 섭취한 실험구에서 0.13%의 일간성장률을 보였다.



감사의 글

이 논문이 완성되기까지 저를 아껴주시고 많은 지도를 해주신 김창훈 교수님께 고개 숙여 감사드립니다. 한명의 제자이기 이전에 자식 같은 마음으로 아껴주신 은혜, 마음속 깊이 간직하겠습니다. 그리고 바쁘신 와중에서도 저의 논문을 위해 많은 지도를 아끼지 않아주신 장영진 교수님, 손철현 교수님께 고개 숙여 감사드립니다. 아울러 학부생 때부터 대학원까지 저에게 학문의 길을 가르쳐주신 조재운 교수님, 허성범 교수님, 배승철 교수님, 김동수 교수님, 김종명 교수님, 남윤권 교수님께도 고개 숙여 감사드립니다.

저를 이 세상에 태어나게 해주시고 28년이라는 시간동안 사랑으로 길러주신 사랑하는 아버지, 어머니 진심으로 고개 숙여 감사드립니다. 실험실의 맏형이자 고성에서 1년 넘게 같이 생활한 안신흥 선배님, 많은 학문적인 가르침을 주신 김영수 박사님, 김근용 박사님께 감사의 인사를 드립니다. 그리고 1년이 넘는 시간동안 고성에서 같이 생활하며 때론 형처럼, 때론 친구처럼 아껴주고 보살펴준 승진이형 정말 고맙습니다. 여전히 신앙생활에 충실하신 박기홍 선배님, 사회생활 하느라 힘든 와중에서도 항상 신경써주신 친형 같은 손명백 선배님 감사드립니다. 대학 1학년 때 만나 지금까지 인연을 유지해오면서 많은 시간 함께했고, 이 논문이 완성되기 까지 많은 도움을 준 내 친구 황철희 군에게 고맙다는 말을 전합니다. 그리고 선배를 사랑하는 마음으로 옆에서 많은 도움을 준 우리 실험실의 큰언니 김인주 양, 깜찍한 박정경양, 웬지 친근한 하호정 군, 양식학과 축구맨 김석기 군, 올해 여름 고성에서 고생한 정성현, 김태원, 박호식 군 모두모두 고맙다는 말을 전합니다. 나에게 생활의 활력소가 되어준 내 동기들(박상현, 김성룡, 김영수, 이승형, 김지연, 이학기, 장영실, 박기연, 김혜정, 박지은, 박세진), 평생 함께할 나의 영원한 천우회 친구(이기성, 홍승현, 최원석, 김효일, 박중근)들 모두에게 고맙다는 말을 전합니다. 그리고 기쁠 때나, 힘들 때나 항상 옆에

서 힘이 되어주고 든든한 버팀목이 되어준 사랑스런 조소은 양에게 고마운 마음을 전합니다. 마지막으로 항상 형제애로 똘똘 뭉친 사랑하는 누나들과 동생에게도 고마움을 표합니다.



참고문헌

- Bass, N.R. and A.E. Brafield. 1972. The life cycle of the polychaete *Nereis virens*. J. Mar. Biol. Ass. U. K. 52, 701-726.
- Chang, Y.J. and J.W. Hur. 1999. Physiological responses of grey mullet (*Mugil cephalus*) and Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) by rapid changes in salinity of rearing water. J. Korean Fish. Soc., 32, 310-316.
- Clark, R.B. 1977. Reproduction, speciation and polychaete taxonomy. In: Essay on polychaetous annelids in memory of Dr. Olga Hartman, 477-502.
- Dales, R.P. 1950. The reproduction and larval development of *Nereis diversicolor* O. F. Muller. J. Mar. Biol. Ass. Plymouth. 24, 21-360.
- Day, J.H. 1967. A monograph on the polychaeta of Southern Africa. Part I. Errantia London. 379-380.
- Grassle, J.F. and J.P. Grassle. 1974. Opportunistic life histories and genetic systems marine benthic polychaetes. J. Mar. Res. 32, 253-284.
- Grassle, J.P. and J.F. Grassle. 1976. Sibling species in the marine pollution indicator *Capitella* (polychaeta). Science., 192, 567-569.
- Limke-Gamenick, I., V.E. Forbes and N. Méndez. 2000. Effects of chronic fluoranthene exposure on sibling species of *Capitella* with different development modes. Mar. Eco. Prog. Ser., 203, 191-203.
- Mazeaud, M., F. Mazeaud and E.M. Donaldson. 1977. Primary and secondary effects of stress in fish: Some new data with a general review. Trans. Ame. Fish. soc. 106, 201-212.

- Méndez, N., J. Romero and J. Flos. 1997. Population dynamics and production of the polychaete *Capitella Capitata* in the littoral zone of Barcelona (Spain, NW Mediterranean). J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 218, 263–284.
- Miura, A. 1977. Eunicid Polychaetous Annelids from Japan-II. La mer. Tome 15 No. 2, 74–76.
- Paik, E.I. 1972. The polychaetous annelids in Korea (I). Bull. Korean fish. Soc., 5(4), 128–136.
- Paik, E.I. 1973a. The polychaetous annelids in Korea (II). Description of *Nectoneanthes latipoda*. Bull. Korean Fish. Soc., 6(1,2), 81–84.
- Paik, E.I. 1973b. Some benthic polychaetous annelids from the Yellow Sea. Bull. Korean Fish. Soc., 6(3,4), 123–131.
- Paik, E.I. 1975. Taxonomic evaluation of two varieties of *Perinereis nuntia*, *P. nuntia* var. *vallate* (Grube, 1875) and *P. nuntia* var. *brevicirris* (Grube, 1875). Bull. Korean Fish. Soc., 8(4), 242–244.
- Paik, E.I. 1980. Polychaetous annelids growing in oyster farms. Bull. Korean Fish. Soc., 13(1), 33–44.
- Pearson, T.H. and Rosenberg, R. 1978. Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. Oceanogr. Mar. Biol. Annu. Rev. 16, 229–311.
- 田中邦三. 1972. イワムシ養殖の話. 漁村, 38(7), 49–52.
- 吉田俊一. 1973. イソコカイの養殖に関する研究. V. 産卵生態について. 水産増殖, 18, 9–15.
- 吉田俊一. 1976. イソコカイの成熟と産卵の促進. 日水誌, 42, 1199–1203.
- 吉田俊一. 1977. イソコカイの生活史. 海洋科学, 9, 334–340.

- 今井利爲. 1975. イワムシ *Marphysa sanguinea* (Montagu)의産卵と初期形態について. 水産増殖, 23, 14-20.
- 今井利爲. 1981. イワムシ *Marphysa sanguinea* (Montagu)의攝餌と排泄について. 神水試研報, 3, 9-14.
- 石川久治. 1938. 釣餌蟲利用の研究. 釣餌料研究會, 福岡. pp. 253.
- 강경호. 1992. 두토막눈섭참갯지렁이, *Perinereis aibuhitensis* (Grube)의 養殖을 위한 基礎研究. 부산수산대 대학원 박사학위 논문. 1-91.
- 강경호, 이재학, 유성규, 장영진. 1997a. 실험실 사육에 의한 두토막눈섭참갯지렁이, *Perinereis aibuhitensis* (Grube)의 저질 선택성과 굴의 형태. 한수지. 30, 634-639.
- 강경호, 이재학, 장영진, 유성규. 1997b. 수조사육에 의한 청충, *Perinereis aibuhitensis* (Grube)의 산란과 난 발생. 한국양식학회지. 10, 17-24.
- 강경호, 김재민, 이운형. 2000. 바위털갯지렁이, *Marphysa sanguinea*의 육상수조식 양식을 위한 서식생태학적 연구. 여수대 수산과학연구소 논문집. 9, 114-121.
- 백의인. 1989. 한국동식물도감 동물편(갯지렁이류). In: 한국동식물도감. 문교부. 서울시 동작구. pp. 424-425.
- 釜山水産大學 海洋科學研究所. 1977. 갯지렁이류의 資源 生態 및 養殖에 關한 研究. 1-98.
- 韓國海洋研究所. 1990. 해산 갯지렁이 자원조사 및 사육기법 개발. 1-136.