

최 종
연구보고서

동해안 층거리 가자미, *Pleuronectes punctatissima*의
인공종묘생산 기술개발

Development of techniques for artificial seed production of
sandling flounder, *Pleuronectes punctatissima*

2005.12

주관연구기관 : 강릉대학교

협동연구기관 : 경북수산자원개발연구소

해 양 수 산 부

제 출 문

해양수산부 장관 귀하

본 보고서를 “동해안 층거리 가자미, *Pleuronectes punctatissima*의 인공종묘생산
기술개발에 관한 연구” 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2005년 12월

주관연구기관명 : 강릉대학교

총괄연구책임자 : 박 기 영

연 구 원 : 박 현 우, 최 수 하

양 재 형, 윤 지 영

홍 미 옥, 김 아 리

협동연구기관명 : 경북수산자원개발연구소

협동연구책임자 : 최 병 두

연 구 원 : 한 종 대, 문 성 준,

김 진 각, 서 영 석

요 약 문

I. 제 목

동해안 층거리 가자미, *Pleuronectes punctatissima*의 인공종묘생산 기술개발에 관한 연구

II. 연구개발의 목적 및 중요성

동해안에 주로 서식 분포하며 산업적으로 대단히 유용한 층거리 가자미의 분포 및 생태 등의 기초 자료를 토대로 인공 종묘생산 기술을 개발하여 방류함으로써 자연 부존(賦存)량을 증가시켜 어민 소득증대에 기여한다.

III. 연구개발 내용 및 범위

1. 자원분포 조사
 - 체장 빈도 분포조사 및 계절별 서식 수심 조사
2. 성숙과 산란
 - 생식소 발달과정 및 속도변화
 - 생식소 중량 및 속도지수의 월변화, 비만도, 포란수
3. 종묘생산 연구
 - 먹이생물의 대량배양 기술개발
 - 먹이, 사육밀도등의 사육조건 규명
4. 최적사육환경규명 및 대량인공 종묘생산 기술확립
 - 먹이생물의 종 조성 연구
 - 환경변화에 따른 초기 생존율 및 성장률 향상을 위한 사육조건 규명
 - 초기먹이생물규명
 - 자치어의 최적사육밀도 및 조건 규명
5. 자치어의 에너지 수지 규명

IV. 연구개발결과

1. 자원분포 조사

- 출현한 가자미 - 참가자미, 층거리가자미, 용가자미, 점가자미 등 4종
- 층거리가자미는 수심 10 m 와 30 m에서 출현하였으며 참가자미보다 매우 적음
- 수심 10 m에서 총 어획량은 34 - 40 ind./1,000 fishhook

2. 성숙과 산란

가) 생식소 발달과정 및 속도변화

미숙상태 - 난소는 작고 가늘며 연회색을 띠고, 포피는 얇고 투명

중숙상태 - 난소는 불투명하고 난립은 아주 작음

완숙상태 - 난립이 크고 투명란이 많고 불투명란도 소량 존재

나) 생식소 중량의 월 변화

- 12월 이후 점차 증가하여 4월에 최대치를 보이다가 5월 이후 급격히 감소
- 정소의 성숙시기가 난소에 비하여 빨리 성숙되는 것으로 추정

다) 생식소 속도지수의 월변화

- 2월을 기점으로 하여 6월까지 증가하다가 6월 이후에 감소

라) 비만도

- 암컷은 연중 큰 차이를 보이지 않음
- 수컷의 경우 12월에 가장 낮았으며, 5월에 가장 높은 경향을 보임

마) 포란수

- 최대 포란수를 가진 개체의 전장은 30.0cm로 포란수는 530,849개
- 최소 포란수를 가진 개체의 전장은 18.0cm로 포란수는 157,014개
- 전장(TL)과 포란수(Fc)와의 관계는 $Fc = 0.01633TL^{0.1261X}$ (n=13, R²=0.9884)

3. 종묘생산 연구

가. 층거리가자미의 종묘생산방안

- 자연산란
 - > 종묘생산수조는 20ton 규모의 유수식 원형수조
 - > 산란 행동 후 부상된 수정란을 수거하여 부화수조로 옮긴 뒤 생산
- 인공산란
 - > 암컷(복부압박법), 수컷(절개법) 활용하여 수정

나. 층거리가자미의 최적사육환경규명

- 1) 일반적인 난 및 치자어 발생 과정
- 구형의 분리부성란으로 2세포기, 4, 8, 16, 32, 64세포기 및 상실기로 발달

- 수정 후 5.7시간만에 64세포기,
- 23.9시간 후 Kupffer 세포가 형성되고 34~36시간에는 Kupffer 세포가 소실
- 수정 후 43~45시간에 부화

2) 수온 및 염분에 따른 수정율 및 부화율

① 수온별 난 발생 시간

8세포기 : $y = -1.16x + 6.7$ ($R^2=0.5834$)

상실기 : $y = -2.6x + 14.98$ ($R^2=0.7932$)

Kupffer세포 출현기 : $y = -5.91x + 41.69$ ($R^2=0.8934$)

부화자어기 : $y=-11.08x + 75.98$ ($R^2=0.8934$) 로 표시

② 수온별 난 발생에 따른 부화율 - 11℃ 시험구에서 81.6%의 부화율

③ 염분에 따른 부화율 - 33‰ 시험구에서 78.3%의 부화율

4. 최적사육환경규명 및 대량인공 종묘생산 기술확립

① 수온별 성장 및 생존율 - 사육 수온에서의 70일간 생존율

(자연해수는 8%, 11℃ 시험구는 17%, 14℃ 시험구는 12%)

② 염분별 성장 및 생존율 - 최적사육 염분은 30~34‰

5. 자치어의 에너지 수지 규명

-> 에너지수지

- 사료구 1의 대한 총섭취에너지는 153.1kcal, 총성장에너지는 35.9kcal, 호흡에 사용된 누적에너지는 53.6kcal로서 총섭취에너지에 대한 성장은 23.4%이고, 호흡은 35%를 차지
- 사료구 2에 대한 총섭취에너지는 152.3kcal, 총성장에너지는 26.0kcal, 호흡에 사용된 누적에너지는 52.5kcal로서 총섭취에너지에 대한 성장은 17.1%이고, 호흡은 34.5%를 차지
- 사료구 3에 대한 총섭취에너지는 155.7kcal, 총성장에너지는 28.8kcal, 호흡에 사용된 누적에너지는 96.4kcal로서 총 섭취에너지에 대한 성장은 18.5%이고, 호흡은 61.9%를 차지

-> 생태효율

- 동화효율(사료구 1은 76.2%, 사료구 2는 64.7%로, 사료구 3은 64.1%)
- 총성장효율(K_1) (사료구 1은 6.15%, 사료구 2은 4.45%, 사료구 3은 5.28%)
- 순성장효율(K_2) (사료구 1은 8.08%, 사료구 2은 6.88%, 사료구 3은 8.24%)

V. 연구개발결과의 활용계획

- 층거리가자미의 자원량 평가 및 관리를 위한 지리적인 분포, 발생단계별 분포 및 성장률 등 생태자료 제공
- 동해 연안에 분포하는 층거리가자미의 효과적인 자원 보호와 관리에 활용
- 동해의 가자미류 생태자료를 이용하여 자원평가와 관리를 위한 모델에 이용
- 생태 자료를 이용한 새로운 인공종묘 생산 기술의 개발

CONTENTS

Chapter 1. Outline of the Research	1
Chapter 2. The State-of-the Technology	3
Chapter 3. Research Contents and Results	5
Section 1. Contents of the study	5
1. Studies on the fisheries ecology	5
2. Development of production techniques of seeding	7
3. Studies on the fisheries fed different feeding	14
4. Growth and energy budget	17
Section 2. Results of the study	21
1. Studies on the fisheries ecology	21
2. Development of production techniques of seeding	38
3. Studies on the fisheries fed different feeding	72
4. Growth and energy budget	87
Chapter 4. Achievements and Contributions	101
Chapter 5. Proposal for practical application	102
Chapter 6. References	108

목 차

제 1 장 연구개발과제의 개요	1
제 2 장 국내외 기술개발 현황	3
제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과	5
제 1 절 연구 내용	5
1. 동해안 가자미류의 자원분포 및 생식·생태학적인 연구	5
2. 총거리가자미의 최적종묘생산연구	7
3. 초기 치자어의 생존율 향상을 위한 먹이생물학적 연구	14
4. 총거리가자미 치어의 먹이 종류별 성장 및 에너지수지	17
제 2 절. 연구 결과	21
1. 동해안 가자미류의 자원분포 및 생식·생태학적인 연구	21
2. 총거리가자미의 최적종묘생산연구	37
3. 치자어의 생존율 향상을 위한 먹이생물학적 연구	71
4. 총거리가자미 치자어의 에너지 수지	86
제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도	101
제 5 장 연구개발결과의 활용계획	102
제 6 장 참고문헌	108

제 1 장 연구개발과제의 개요

가. 최종 목표

동해안에 주로 서식 분포하며 산업적으로 대단히 유용한 층거리 가자미의 분포 및 생태 등의 기초 자료를 토대로 인공 종묘생산 기술을 개발하여 방류함으로써 자연 부존(賦存)량을 증가시켜 어민 소득증대에 기여한다.

나. 연구개발의 필요성

1) 기술적 측면

- 가자미류는 발생단계 및 체장에 따라 서식 수심이 다른 것으로 알려지고 있으며 먹이의 선택성 또한 다른 것으로 알려져 있다(Kramer, 1991). 그러나 아직까지 동해안 가자미의 종류별 분포 범위, 분포 수심에 대한 연구는 전혀 파악되지 않고 있다. 그러므로 동해안에 서식하는 가자미류의 지리적 분포 파악과 종별 수심파악, 계절별 우점종, 산란시기, 초기 먹이 생물, 성장에 따른 식성의 변화등 가자미류의 생태에 관한 연구는 반드시 실행 되어야 한다.

- 이러한 기초적인 생태 연구를 통해 현재 동해안에 있어 활어로서 60% 이상의 비율을 점하고 있는 가자미류 중에서 가장 경제적이며 산업종인 층거리가자미의 대량 종묘생산 가능성을 파악 하여

- 그 종의 초기 먹이 생물과 수정란의 최적 사육조건을 규명
- 환경 변화에 따른 초기 생존율과 성장률의 향상을 위한 사육 시스템의 개발
- 경제적인 층거리 가자미의 인공 종묘 생산 기술을 통해 자연계에 있어 자원의 증가를 통한 어가 소득의 증가에 기여

따라서, 앞으로 어류 양식의 분야는 새로운 품종에 대한 양식 가능성을 진단하여 집약적 사육기술과 종묘의 대량생산 기술을 개발하고 최적 양식조건을 구명하여 미이용 혹은 저이용 생물자원의 개발에 크게 기여 할 것으로 생각된다.

2) 경제·산업적 측면

- 동해 연안에서 서식하는 가자미류는 그 자체만으로도 유용한 수산자원의 하나로 현재 미성어 단계에서 어획되어 '새꼬치'라는 상품으로, 그 중 일부는 발효식품의 하나인

“가자미식혜”라는 젓갈의 하나로 이용되고 있다. 현재 많은 어민들은 가자미류의 자원량이 감소하였다고 할 뿐 구체적인 실상은 알 수 없다.

- 가자미류의 분포를 파악하고, 인공종묘생산 연구를 통해 어업소득 증대를 꾀할 수 있으며 고급어종이기 때문에 경제적으로 가치가 매우 높다. 어획되는 양을 늘릴 수 있을 뿐만 아니라 그 외에 많은 부가가치를 얻을 수 있을 것이다.

- 노르웨이의 경우 가자미, 넙치, 대서양 연어, 대구류에 대한 양식 연구가 1970년대부터 시작되어 이 중 대구, 대서양 연어는 산업화되었으며, 매년 어류 양식 생산량이 10만 톤 이상에 달하고 있다. 일본의 경우에도 현재 약 30여종을 양식하고 있는데 그 대부분이 산업화에 이르고 있다.

3) 사회·문화적 측면

- 수산 자원은 중요한 동물성 단백질원의 하나로 우리 민족으로 예로부터 어류를 선호하였고, 오랜 기간 동안 식품으로 이용하였다. 수산물의 이용이 다른 나라보다 많은 우리나라에서는 수산자원 관리의 미흡으로 인해 해산 유용동물, 특히 어류의 남획으로 공급이 수요를 감당할 수 없는 시점에 이르렀다. 또 최근 들어 우리 나라 주변해역은 일본, 중국, 북한, 대만 등의 주변 연안국에 의하여 공동 이용되고 있어서, 동일자원을 어획하기 위한 어업경쟁이 치열하여 어족자원의 감소가 일반적으로 일어나고 있다. 따라서 양식에 대한 관심이 과거 어느 때보다도 높아지고 있다.

- 생산수준의 향상으로 고급 어류의 수요가 급격히 증가하고 있는 우리나라의 경우, 고급어종으로 양식하고 있는 종은 방어, 참돔, 조피볼락, 넙치, 은연어, 틸라피아, 무지개송어 등으로 극히 제한되어 있는 실정이다. 고부가가치의 다른 양식 어종의 발견은 무엇보다도 중요하다.

- 동해 연안의 경우 저서성 가자미류가 서식하기에 좋은 환경을 형성하고 있으며 이들 어종의 육질은 특유의 촉감과 맛을 가지고 있으며 활어로서 회를 좋아하는 우리민족에 있어 인공종묘생산 기술개발을 통한 대량생산은 자원 부존량의 증가를 통해 어민의 소득 증대 및 단백질원으로서 크게 기대되어지는 중이다.

제 2 장 국내외 기술개발 현황

일반적으로 가자미라 함은 분류학적으로 가자미목에 속하는 붕넙치과, 풀넙치과에 속하는 어류와 넙치를 제외한 넙치과에 포함되는 어류를 말한다. 가자미는 온대 및 한대에 서식하는 종으로서 우리 나라에서는 전 연안 어디에서나 살고 있는 물고기이지만 종류와 이름을 아는 사람은 거의 없다. 가자미는 세계적으로 망둥어류 다음으로 종이 많은 520여 종이나 되며 우리 나라에서도 넙치와 서대류를 제외하고 30여종이나 되지만 실제로는 이보다 훨씬 많은 종이 서식하고 있는 것으로 판단된다. 이렇듯 가자미 종류는 매우 다양하고 비슷한 모양을 하고 있어, 고서 자산어보에서도 가자미, 넙치, 서대류를 혼돈 기재하고 있다. 고대 중국에서는 우리 나라를 접역(域)이라 하고 가자미를 접어(魚)라하여 동쪽의 물고기라고 일컬어 왔다. 이는 가자미류가 우리 나라에서 많이 난다 라는 것을 의미한다.

형태적으로 다른 물고기에 비하여 성어는 몸체가 대칭이 아니며 눈이 없이 바닥을 향하고 있는 쪽은 희고, 위로 향하고 있는 면은 어두운 색깔에 눈이 한 쪽에 모여있는 점이 특징이다. 그리고 지느러미 줄기에 가시줄기는 없으며 매우 유연하여 헤엄을 칠 때에는 마치 물결치듯 부드럽다. 또한 포식자, 또는 피식자로부터 몸을 잘 숨길 수 있는 주변 색과 비슷한 보호색을 하고 있다. 그 밖에 부레가 없으며 체강 (body cavity)이 매우 작은 점이 특징이라 할 수 있다

넙치나 가자미에 있어 무엇보다 특이한 것은 성장하면서 눈이 이동된다는 점이다. 부화직후의 어린 가자미는 보통 물고기와 같이 눈이 좌우 대칭의 형태로 위치하지만 점차 성장하면서 왼쪽의 눈이 머리의 배쪽 방향으로 돌아 오른쪽으로 이동하여 한쪽으로 모이는 것이다. 이렇게 이동하여 한쪽으로 모이는 현상은 눈뿐만 아니라 비공도 유사한 경향을 보인다. 눈의 이동시기는 가자미의 종류에 따라 차이가 있다. 참가자미와 유사한 문치가자미의 경우 눈의 이동은 체장 4.1 mm의 크기에서 시작하여 10.0 mm 정도에 머리의 위쪽을 돌아 13.5 mm 크기가 되면 이동이 거의 끝나 우측으로 모이게 된다 (유, 1996). 그러나 도다리의 경우는 23.3 mm에 눈이 한 쪽으로 모이게 된다 (정, 1977). 이러한 눈의 이동은 수온에도 영향을 받는 것으로 알려져 있으며 대개의 경우 부화 후 2-3주가 걸린다. 이 때에는 서식장소도 바뀌어 부유생활에서 저서생활로 들어가며 체색도 배쪽과 등쪽이 각각 흰색과 어두운 색깔의 성어의 모습으로 닮아간다.

가자미는 바닥에 서식하는 저서어류로 바닥이 모래, 또는 자갈과 모래가 혼합되어 있는 곳을 좋아한다. 우리 나라에서는 서해, 남해, 동해, 어디에서나 종류는 다소 차이가 있지만 많은 가자미가 서식한다. 이 중에서도 우리 나라 동해 연안은 전 연안이 모래로 되어 있어 가자미가 살기에 더 없이 좋은 서식처를 제공하고 있다.

따라서 우리 나라 동해에는 많은 가자미가 연안에 집중적으로 분포할 뿐 아니라 특히 연안 환경이 초기생활단계인 저서생활로 이행되는 단계에서 성어로 들어가기 전 단계인 미성어기까지 서식하기에 매우 적합하기 때문에 이 단계의 가자미의 서식밀도가 높다. 더욱이 미성어기의 가자미는 수심 50 m 이내의 연안에 집중적으로 분포하고 있어 어획경비도 적게들 뿐 아니라 상업적 가치도 있어 낚시, 자망 등 무분별한 어획이 이루어지고 있다. 일명 새꼬치로 상품화되는 이들의 어획량의 수치는 알 수 없으나 동해연안과 시중에 유통되는 것으로 짐작컨대 엄청난 양일 것으로 생각된다.

그러나 이들에 관한 연구가 전혀 없기 때문에 새꼬치로 어획되는 가자미의 종류는 어떤 종인지, 어느 깊이에서 주로 분포하는지, 또한 어떤 계절에 많이 어획되는지, 그리고 자원량, 적정어획량 및 성어양식으로서의 가능성과 어떤 종이 적합할 것인지는 앞으로 연구되어야 할 과제로 판단된다.

최근에 가지미류의 인공종묘생산과 관련된 연구 동향은 우리 나라 가지미목 어류를 대상으로 김과 윤(1994)에 의하여 분류학적인 연구가 실시되었으며 1988년도에 노 등에 의하여 사할린 가자미의 인공종묘생산에 관하여 연구된 바 있고, 또 참가자미의 초기발생과 자치어 사육에 관하여 연구된 바 있다. 또한, 유 등(1998)은 동해연안의 속초 주변해역을 대상으로 9종의 가자미류의 종별 분포 수심과 종 구성을 조사하였고, 백(1998)은 범가자미를 대상으로 종묘생산 방법을 연구하였다.

가자미에 대한 연구는 국외에서 KAWASAKI and HATANAKA(1951)가 센다이 만에서의 참가자미 *Limanda angustrostris*에 대한 보고가 있고 和田(1970)가 일본 니이가다현 연안의 참가자미에 대한 연령과 성장 및 성숙과 산란에 관한 연구가 있으며, Suzuki,K.(1967)가 Age and growth of *Limanda yohohamze*(Gunther)inlsu bay 등이 있으며, 국내에서는 최등(1986)참가자미의 연령 성장 및 성숙에 관한 연구, 장 등(2004) 동해안 참가자미의 생식주기 등이 있으며, 황 (1978)은 한국남서해안 물가자미의 연령, 성장에 관하여, 황, 최, 홍(1979)은 한국 남서해안 물가자미의 성숙과 산란에 대한 연구, 최 등(1999)은 한국 동해안 용가자미의 성장과 성숙에 관하여 연구한 바 있으나 동해안 층거리 가자미, *Pleuronectes punctatissima*의 인공종묘생산 기술개발과 관련된 연구동향은 전혀 없는 실정이다.

제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과

제 1 절 연구내용

1. 동해안 가자미류의 자원분포 및 생식·생태학적인 연구

가. 자원분포조사

동해안 가자미의 자원 및 지리적 분포 특성을 파악하기 위해 강원도의 기사문리, 남애리, 주문진 등 3 곳의 해역에서 2001년 10월과 12월, 2002년 3월과 6월에 실시하였다. 조사정점은 저층 퇴적물이 사질인 곳을 대상으로 수심 10 m, 30 m, 50 m 등 총 9개를 선정하였다. 가자미류의 시료는 9개 정점에서 주낙을 이용하여 채집하였다. 주낙에는 200개의 낚시바늘을 부착하였다.

나. 생식·생태학적인 조사

1) 체장빈도분포

층거리가자미의 경우 생식·생태학적인 조사시 시료확보의 어려움으로 연구 종료 기간까지 총 4년 동안 매월 강원도 전 연안에서 채집하였으며 485마리 중에 암컷이 278마리, 수컷이 207마리였다.

2) 산란 및 성숙

채집한 가자미는 해부하여 생식선을 적출하여 속도는 5계급(미숙, 중숙, 완숙, 방중, 방후)으로 구분하여 육안관찰 하였으며, 생식선 중량(GW)을 측정하였다.

산란기를 추정하기 위해, 생식소 속도지수(GSI)와 비만도(F)의 월별 변화를 분석하였다. 생식소 속도지수(GSI)는 식 (1)을 사용하여 구하였다.

$$GSI = \frac{GW}{BW} \times 10^3 \quad (1)$$

여기서, GW는 생식선의 중량(습중량, 단위), BW는 체중(습중량, 단위)을 나타낸다. 비만도(F)는 식 (2)를 사용하여 구하였다.

$$F = \frac{BW}{TL^3} \times 10^3 \quad (2)$$

여기서, BW는 체중(습중량, 단위), TL은 전장(단위)을 나타낸다.

포란수(F_c)는 산란기로 추정되는 3~4월의 중숙이상의 난에 대하여 중량법(Bagenal and Brown, 1978)으로 식 (3)을 사용하여 구하였다.

$$F_i = \frac{A-B}{C} \times e \quad (3)$$

여기서, A는 난소의 중량, B는 난소 껍질의 중량, C는 난소 일부의 중량, 그리고 e는 난수이다.

2. 층거리가자미의 최적종묘생산연구

층거리가자미의 종묘생산 용 어미는 강원도 동해안 인근해역에서 삼중자망 및 소형기선저인망에 의하여 어획된 가자미 중 층거리 가자미만 따로 선별하여 강원도에 위치한 강릉수산시험장 및 강원도 수산양식시험장, 경상북도 수산자원개발연구소 사육실로 운반하였다.

운반된 가자미는 층거리 가자미의 사육환경을 고려하여 사육수조에 가는 모래를 복토한 뒤 투입하였으며 갯지렁이 및 크릴새우, 줄새우 등을 먹이로 공급하면서 사육한 후 종묘생산에 사용하였다.



층거리 가자미 어미의 사육과정 및 종묘생산

가. 총거리가자미의 종묘생산방안

(1) 성숙한 암수로부터 인공채란 방법

사육중인 총거리가자미 중 산란시기에 포란한 어미를 대상으로 수정은 암수를 복부압박법으로 채란 및 채정하여 습식법으로 수정 후 수정된 부상란을 수거하는 인공수정 방법 및 자연산란 방법, 성숙한 어미로부터 암수별로 난자와 정자를 적출하여 수정시킨 후 자연수온에서 지수식으로 난발생을 시키는 절개법등을 사용하여 대량종묘생산을 위한 최적 방법을 터득하였다.



총거리 가자미의 인공종묘 생산 과정

2) 호르몬 투여에 의한 성숙과 배란유도

① *in vivo* 실험에 의한 성숙유도

자연산 총거리가자미 중에서 복부가 팽대한 것으로 관찰된 성숙 어미만 활어 상태로 선별하여 실험실로 옮겨 콘크리트 사각 수조(2.0×0.5×1.0m)에 10~15일간 안정시킨 다음 개체별로 표시하여 사용되어졌다. 실험에 사용된 실험어의 전장은 26.7~27.5cm였으며, 체중은 189.7~194.5g였다.

호르몬 투여에 의한 성숙효과의 조사는 태반성성선자극호르몬(HCG)과 황체형성자극호르몬 유사체(LHRHa)을 실험에 사용하였다(Table 1).

HCG는 saline에 녹여 200 IU/kg BW 농도를 가슴지느러미 기저부를 통하여 복강에 주사하였고, 대조구는 saline 만을 동일 방법으로 동일량을 주사하였다. 또한 LHRHa는 실험어의 체중당 150 μ g/kg, 225 μ g/kg의 농도를 각각 캡슐로 만들어 농도별로 2개 시험구로 나누어 설치한 후 비교하였다.

한편, 대조구는 코코넛 버터를 LHRHa와 동일량으로 캡슐을 만들어 각각 총거리가자미의 등지느러미 및 근육부에 삽입하였다. 호르몬이 투여된 시료는 수조에서 사육관리하면서 5일간격으로 혈액을 채취하여 혈청만을 분리한 다음 -80C에서 보관하고, 혈중스테로이드는 방사면역측정법(RIA)에 의하여 그리고 혈중 난황단백질전구체는 효소면역측정법(EIA)방법에 의하여 분석하였다.

Table 1. *in vivo* experimental Sand flounder, *Pleuronectes punctatissima* groups with various concentrations of HCG and LHRH analoge

Hormone	Concentration	Total length(cm)	Body weight(g)
Control	saline 2ml	26.7	189.7
HCG	2000 IU/kg BW	28.5	206.5
Control	coconut butter	27.2	196.3
	150 μ g/kg		
LHRHa	150 μ g/kg	26.8	190.2
LHRHa	225 μ g/kg	27.1	196.3

배란기간 동안의 혈중 스테로이드의 변화는 먼저 산란 전 혈중 스테로이드 변화를 알아보기 위하여 자연에서 성숙된 층거리가자미를 인위적 배란을 유도하여 개체별 호르몬

변화 상태를 조사하였다. 실험에 사용된 실험어는 성숙한 암컷으로 전장 25.3~29.8cm, 체중 178.5~205.3g의 3마리였다. 조사기간 중의 실험어 사육은 FRP 원형수조(ψ 3.5 m, 수심 1m, 수량 9.5톤)에서 개체별로 표시하여 6시간 단위로 꼬리자루에서 채혈한 후 혈청만을 -80°C에서 보관하고 RIA 방법으로 혈중 스테로이드를 측정하였다.

산란 후에 호르몬량의 변화에 대한 실험도 산란전의 조사방법과 같이 하였으며, 이때 사용된 실험어는 자연에서 어획되어 2년간 실내 콘크리트 수조에서 인위적으로 환경을 조절하여 사육한 전장 26.5~27.5cm, 체중 190.1~203.5 g의 6마리를 사용하였다.

② in vitro 실험에 의한 성숙과 배란유도

실험어는 2002년 4월에 1년된 전장 10cm 전후의 자연산 층거리가자미를 2년간 사육한 어미로 2004년 5월에 전장 26.5~28.3cm, 체중 193.6~212.5g의 성숙된 개체 중에서 복부가 팽대하고 복부의 압박으로 배란 여부가 확인 가능한 개체만을 골라 실험어로 사용하였다(Table 2).

Table 2. Characteristics Sand flounder, *Pleuronectes punctatissima* used in vitro germinal vesicle breakdown and ovulation experiments

Experiment	TL(cm)	BL(cm) ¹⁾	BW(g)	GW(g) ²⁾	GSI	Egg size(μ m)
I	26.5	23.2	193.6	25.1	13	680~795
II	27.6	24.1	205.5	30.6	14.9	
III	28.3	24.9	212.5	35.5	16.7	

¹⁾ body length ²⁾ gonade weight

실험실에 옮겨진 시료는 무균 상태로 해부하여 난소를 절취하고 trout balance salt solution(TBSS, pH 7.7)로 세척한 뒤 작은 난소 조각으로 분리하여 가는 핀셋으로 결합조

직과 혈관 등을 제거한 뒤 난모세포를 하나씩 분리하였다. 투명액(clearing solution)으로 일부 난모세포를 투명화 시킨 뒤 현미경 하에서 난핵포(GV)의 위치를 확인하였다. 분리선택 된 난모세포들은 난황 형성이 완료 되었다고 판단되는 투명한 난소조직(7~8 g, 난경 680~795 μm)을 분리하였으며, 이들 난모세포의 핵은 대부분 중앙에 위치하고 있었다. 난모세포들은 40개씩 well(24-well plate)로 옮겨져 1ml의 Leibovitz L15(pH 7.7) 배양액 속에서 조절 호르몬과 함께 $13\pm 1^\circ\text{C}$ 에서 60~72시간 동안 배양 후 1~1.5ml의 투명액으로 난모세포성숙(GVBD) 여부를 현미경 하에서 관찰하였다(Plate IX-A, B, C, D). 난모세포 분리 과정은 얼음 조각 위에서 이루어 졌으며, 비교시험군은 동일한 어미로부터 얻어진 난 들로써 3회 반복으로 이루어 졌다. 실험 결과에 대한 유의성 검정은 Duncan's multiple range test와 Student's t-test에 의하였다. 실험과정 동안 필요한 모든 기구는 고압증기로 멸균시켰으며, 용액은 pH 7.6~7.7, 삼투압 300~305 mOSM로 조절한 후 milipore filter (0.22 μm)로 여과하였다.

성 성숙 호르몬의 종류별 성숙과 배란 유도를 알아보기 위한 성 성숙 호르몬의 종류별 실험구는 HCG실험구, 17 α , 20b-OHP실험구, 17 α , 20b-OHP실험구+HCG실험구, progesterone 실험구, 17 α -OHP 실험구와 대조구를 각각 5 μg 과 50 μg 의 농도로 설정하여 실험한 후 혈중 스테로이드를 비교하였다. 성숙 유도 호르몬 중에서도 일반적으로 많이 사용하거나 효과가 있을 것으로 보이는 HCG와 17 α , 20b-OHP는 10, 50, 100, 500 IU/ml, 17 α , 20b-OHP는 10, 50, 100, 500 $\mu\text{g}/\text{ml}$ 로 다시 배분하여 농도별 실험을 실시하였으며, 이러한 실험들은 대조구와 함께 역시 3반복으로 조사되어졌다.

한편, 2종류의 호르몬에 대한 난모세포의 성숙과 배란효과 조사는 HCG는 50, 100, 300, 500 IU/ml, 17 α , 20b-OHP는 10, 50, 100, 500 $\mu\text{g}/\text{ml}$ 로 각각 4개 실험구를 3반복으로 대조구와 함께 조사하였다.

나. 총거리가자미의 최적사육환경규명

층거리가자미 종묘생산의 최적 방안을 마련하기 치자어의 크기별로 2단계(1단계: 0~3cm ,2단계; 2~10cm급)으로 나누어 실험을 실시하였으며 1단계에서는 수온 및 염분에 따른 난발생단계 및 치자어의 성장과 생존, 초기치어의 먹이개발 및 먹이에 따른 섭식대사를 중점적으로 연구하였으며 2단계에서는 1단계 연구 결과인 최적수온 및 염분, 먹이등을 고려하여 사육수온에 따른 성장 및 생존, 먹이효율과 에너지수지 등을 조사하였다.

1) 발생단계 따른 수정율 및 부화율

① 수온에 의한 영향

수온별 난발생 속도와 각 발생 단계의 생존율을 구하기 위하여 원형 수조에 자동 온도조절기를 설치하여 5, 8, 11, 14, 17, 20℃ 및 자연수온(12~14℃)으로 구분하여 200ℓ 원형플라스틱수조에 수정란을 수용 후 부상수정란을 각 수온 실험구별로 수용하여 수정율 및 부화율을 조사하였다. 이때 자연수온보다 낮은 5, 8, 11℃ 실험구는 항온냉각수조를 사용하였고, 자연수온보다 높은 14℃부터는 0.5KW 히터와 온도 조절기를 사용하여 설정 온도를 유지하였다. 수정란은 각 수조에 1ℓ 비이커를 4개씩 설치하고 비이커당 약 100개씩 수용하여 수온별 수정율 및 부화율 관찰하였다.

② 염분에 의한 영향

염분별 난발생 속도와 각 발생 단계의 생존율을 구하기 위하여 증류수와 천일염을 혼합하여 만든 27, 31, 35‰ 및 자연해수(31~33‰)의 실험해수에서 난발생 실험을 하였다. 이때 실험 해수의 수온은 수온별 실험에서 정상적인 난발생 경과를 보였던 11℃로 조절해 4일간(96시간) 실시하였으며 6시간별로 측정하였다.

수온 및 염분별 난발생속도의 지표로서 4세포기, 8,세포기, 상실기, Kupffer세포 출현기 및 부화자어기를 기준으로 하여 발생 단계별 소요 시간을 비교하였다. 수정 후 30분마다 입체현미경(ZEISS Stemi 2000-C)으로 관찰하였으며, 알에 정액을 첨가한 시각을 기준으로 발생단계별로 해당 단계에 달한 알의 비율이 50%가 될 때의 경과시간과 각 발생 단계 마다의 시간을 산정하였다.

2) 층거리가자미의 치자어의 성장 및 생존율

① 수온에 의한 영향

수온별로 5℃, 8℃, 11℃, 14℃, 17℃, 20℃ 및 자연수온(12~14℃)으로 구분하여 각 수온 실험구별로 수용 후 수온별 성장을 측정하였으며 치자어의 수온별 생존율 실험을 위하여 부화한 치자어를 대상으로 10ℓ 원형수조에 각 수온별로 100마리씩 4개 구를 만들어 수용 후 이때 자연수온보다 낮은 5, 8, 11℃ 실험구는 항온냉각수조를 사용하였고, 자연수온보다 높은 14℃부터는 0.5KW 히터와 온도 조절기를 사용하여 설정온도를 유지한 후 조사하였다.

② 염분에 의한 영향

염분별 층거리 가자미 치자어의 성장 및 생존율을 구하기 위하여 증류수와 천일염을 혼합하여 만든 27, 31, 35‰ 및 자연해수(31~33‰)의 실험해수에서 성장 및 생존 실험을 실시하였다 하였다.

3) 층거리가자미 치자어 사육과정에서의 먹이변화

층거리가자미 치자어의 섭이량 측정실험은 계수법을 이용하여 실시하였으며 먹이별 섭취량 측정은 용량 200ml의 산소병에 각 먹이생물구별로 같은 크기의 치자어를 수용한 후 먹이 생물인 rotifer 및 *Artemia nauplius*를 계수 후 투여하여 전장 증가에 따른 일간 섭취량을 조사하였다.

4) 종묘생산에 과정에서의 환경변화

종묘생산과정에서 일어나는 일년의 변화를 조사하였다.

3. 초기 치자어의 생존율 향상을 위한 먹이생물학적 연구

가. 초기먹이생물의 종 조성 연구

층거리가자미의 대량종묘생산을 위한 단계로 인공종묘생산된 치자어의 먹이붙임을 위하여 층거리가자미가 분포하는 지역에서 동물플랑크톤 및 어란, 치자어를 채집하였다.

동물플랑크톤 및 어란 및 치자어 채집시 망목 303 μ m, 망구 180cm인 플랑크톤 네트가 사용되었으며, 2 knots의 속도로 예인하여 수층별로 채집하였고 채집된 플랑크톤 시료는 시료가 잘 섞이도록 흔든 뒤, Stempel pipette으로 subsampling하여 실험실에서 해부현미경을 이용하여 먹이생물로 이용할 수 있는 종들을 선별하였다.

또한, 저서상태에서의 먹이생물을 밝히기 위해 van Veen 채니기 (채취면적 0.1m²)를 사용하였 저서생물을 채집하였고 채집된 퇴적물은 선상에서 직경 1mm인 체에 걸른 후 잔존물을 10% 중성 포르말린에 고정하여 실험실로 운반하였으며, 실험실에서 해부 현미경과 고배율 현미경을 이용하여 종 수준까지 동정하였다.



어란 및 치자어 채집과정



저서생물 채집과정

나. 먹이생물의 대량배양 기술개발

양식산업 초기에는 해양의 먹이사슬에서 해산어류의 초기먹이로서 중요한 역할을 하고 있는 요각류를 자연 수역에서 직접 채집하여 먹이로 이용하였으나, rotifer와 *Artemia*가 먹이생물로 이용되기 시작하면서 현재까지 해산어류 종묘생산장에서 이들이 가장 널리 사용되고 있다. 그러나 최근 원산지에서의 무분별한 남획과 엘리뇨와 같은 기상 이변으로 인하여 적합한 서식 수역이 줄어들었고, *Artemia* cyst의 생산량이 감소하여 그 공급 단가가 평균 4~5배로 상승되었다.

따라서, 이에 따른 대체 먹이생물을 개발하는 것이 매우 시급한 실정이다. 따라서, 본 연구에서는 동물 먹이생물인 *Artemia*를 대체할 수 있는 대량배양이 가능한 요각류를 개발하기 위하여 해산 요각류 인위적인 배양을 통한 성장을 조사하였고, 또한 먹이생물로 이용 가능한지를 조사하기 위하여 이들의 *Artemia*를 대체 Copepod류의 대량배양을 위한 최적 배양환경을 규명하기 위해 수온과 군집배양에 따른 이들의 성장과 생존을 조사하였다.

1) 먹이생물의 순수분리 및 동정

층거리가자미의 대량종묘생산을 위한 단계로 치어 및 자어의 먹이불임을 위하여 자연 상태에서의 먹이생물을 밝히기 위해 층거리가자미가 분포하는 지역에서 동물플랑크톤을 채집한 후 해부현미경을 이용하여 먹이생물로 이용할 수 있는 종들을 선별하였다.

2) 수온에 따른 *Paracalanus* sp의 성장

실험구는 16, 20, 24, 28, 32°C의 총 5구로 설정하였고 염분은 15‰로 하였으며, 조도 3,000 lux인 배양기 내에서 실시하였다. 먹이는 *Isochrysis galbana*를 1일 1회 충분한 양을 공급하였으며, 매일 전량 환수하였다. 최초 포란한 암컷 1마리를 각각 6ml의 cell wall (배양수 5ml)에 접종하여 포란한 암컷이 생산한 총 nauplius 수와 일일 nauplius 수를 조사하였으며, 배양기간 30일 동안의 성체 암컷의 수명을 조사하였다.

다. 치자어의 먹이생물 영양강화에 따른 성장 및 생존율

1차 먹이생물인 Rotifer 영양강화에 따른 성장과 생존율시험을 위하여 Chlorella, Yeast, Squid liver oil, Chlorella + Yeast 등을 이용하여 공급전 24시간동안 로티퍼를 영양강화한 후 7~10개체/ml로 공급하였다. 100ℓ 사각 플라스틱수조에 1,000마리를 수용한 후 5일간격으로 성장 및 생존율을 조사하였다.

라. 층거리가자미 치자어의 먹이종류에 따른 성장 및 생존율

총거리가자미의 인공종묘생산의 일환으로 2차 먹이생물인 *Artemia*를 대체할 수 있는 먹이생물을 개발하기 위해 총거리 가자미 분포지역에서 채집된 동물성 플랑크톤인 *Paracalanus sp* 요각류 및 *Artemia* 대상으로 10ℓ 원형 플라스틱수조에 100마리를 수용하여 사용한 후 5일 간격으로 40일간 성장 및 생존율을 측정하였다.

마. 총거리 가자미 치자어의 대량사육에 따른 먹이공급시기

총거리가자미 치자어의 대량사육에 따른 먹이생물의 종류 및 공급시기 등을 조사하여 최적성장 조건을 조사하였다.

바. 총거리 가자미 치자어의 사육밀도에 따른 성장

사육밀도에 따른 실험에서는 수온을 15℃로 고정하고, 먹이는 rotifer + artemia + 미립자사료를 혼용하여 공급하였다. 실험구는 사육수량 1ℓ 당 1, 3, 5, 7, 9마리로 설정하고, 2반복으로 설치하였다.

4. 총거리가자미 치어의 먹이 종류별 성장 및 에너지수지

어류가 먹이를 통하여 획득한 모든 에너지는 체내에 축적되거나 대사과정을 통한 상실 및 배설질소와 분의 형태로 배출됨으로써 에너지 수지의 균형을 나타내게 되는데, 이는 동물의 생활사에 관한 전반적인 양상을 설명해주는 중요한 요인이다. 따라서, 본 연구는 현재 시판되고 있는 3가지 상품사료(해산어용)에 있어서 증거리가자미 치어를 대상으로 성장, 호흡 및 생태효율을 비교·조사하여 에너지 수지를 구명함으로서 에너지 흐름에 대한 생태·생리적 기초자료를 얻는 데 그 목적이 있다.

가. 실험어 및 사육관리

실험어는 2003년 4월 경상북도 수산자원 개발 연구소에서 부화된 증거리가자미 치어를 15톤 수조에서 로티퍼, 알테미아 등을 공급하여 전장 8cm 급 까지 성장시킨 후(8개월 소요) 2주간 실험환경에 적응할 수 있도록 미립자 배합사료 및 상품사료를 주면서 예비 사육하였으며, 주 사육 실험기간은 64일간 실시하였다. 예비사육 후, 평균 체장 8.791 ± 0.157 cm(평균 \pm SD)의 치어를 2.5톤 FRP 사각수조에 100마리씩 3가지 사료구(사료구 1, 2 및 3)로 나누어 각 사료구 당 3반복으로 무작위 배치하였다.

각 실험 수조는 유수식으로 유수량은 10 l/min 되도록 조절하였다. 각 수조 당 충분한 산소 공급을 보충하기 위해 에어 스톤을 설치하였고, 실험기간동안의 수온은 14°C로 유지하기 위해 대형 콘크리트수조에 가온 장치 및 냉각장치를 설치하여 수온을 유지시켰다. 일일 사료공급량은 어체 중의 3~4%로 1일 2회로 공급하였다.

나. 실험사료

실험에 사용된 3가지 실험사료의 일반성분은 Table. 3에 나타내었다.

실험사료에 있어서 사료구 1은 넙치용 상품사료, 사료구 2는 조피볼락용 상품사료 및 사료구 3은 돔용 상품사료를 사용하였다.

다. 성장측정 및 성분분석

어체 측정은 약 10일 간격으로 어류를 마취제(MS-222)로 마취시켜 전체 어류를 각 수조 당 10마리씩 3반복으로 체장 및 체중을 측정하였으며, 실험종료 후, 증체율(weight gain rate, WGR)과 사료효율(feed efficiency, FE) 및 전어체의 일반성분을 조사하였다. 실험 종료 후, 각 수조별 실험어를 3마리씩 3반복으로 무작위로 추출하여 분쇄한 전어체의 일반성분분석은 AOAC(1984)방법에 따라 수분은 상압가열건조법, 조단백질은 Kjeldahl 질소정량법(N \times 6.25), 조회분은 직접회화법으로 분석하였다.

조지방은 샘플을 12시간 동결건조한 후 Soxtec system 1046(Tacator AB, Sweden)을 사용하여 soxhlet 추출법으로 분석하였다.

Table 3. Proximate analysis of three experimental diets (% of DM basis)

<i>Ingredient</i>	<i>Diets</i> ¹		
	1	2	3
Moisture	8.98±0.10	9.43±0.20	7.64±0.10
Crude protein	57.4±0.07	52.8±0.10	48.1±0.05
Crude fat	9.44±0.45	10.2±0.20	10.7±0.06
Ash	14.7±0.05	15.1±0.06	12.2±0.03

¹Values are means from triplicate groups of fish where the means in each row with a different superscript are significantly different (P<0.05).

라. 산소소비

산소소비량을 측정하기 위하여 10일 간격으로 각 수조 당 3마리씩 무작위 추출하여 원통수조(2ℓ)에 실험어류를 수용한 후, 1시간 동안의 산소소비량을 산소검량기(YSI model 610)로 측정하고, 실험 전후의 용존산소차로서 정량하였으며, 단위 시간당 개체당 산소소비량($\text{mlO}_2/\text{ind.}/\text{hr}$)으로 표시하였다.

산소소비량은 대사열 생산에 의해 소비된 에너지로 전환시켰다(Graire, 1983; $1\text{mg O}_2=3.38\text{cal}$).

개체의 산소소비량은 환경수의 산소 분압에 영향을 받기 때문에(Ghiretti, 1966 ; MC. Lusky, 1973 ; Prosse, 1973; Ikeda, 1974) 산소소비 측정이 끝날 때 실험용기내 용존산소량이 처음 산소량의 80%이하로 떨어지지 않게 조절하였다.

마. 치자어의 에너지 수지

층거리 가자미 치어의 에너지 수지는 Standard IBP방정식(Klekowski and Duncan, 1975)으로 나타내었다.

$$C = P + R + F + U$$

여기서 C는 섭취에너지, P는 체성장에 쓰인 에너지, R은 호흡에 쓰인 대사에너지, F은 동화되지 않고 분으로 배출된 에너지, U은 뇨로 배설된 에너지를 나타낸다(Dawirs, 1983).

바. 생태효율

실험기간 동안 대사에 의해 배출된 분을 매일 2회씩 사이폰으로 수거한 후에 Conover (1966)의 방법에 따라 섭취한 양에 대한 동화된 양의 백분율로서 동화효율을 구하였다. 사료 및 분의 유기물 측정은 열량측정기를 이용하여 산출된 에너지 값을 적용하였다. 총 성장효율(Gross growth efficiency, K_1)은 섭취한 에너지에 대하여 성장으로 전환된 양을 백분율화 하였으며, 순성장효율(Net growth efficiency, K_2)은 동화에너지에 대하여 성장으로 전환된 양을 백분율로 나타내었다. 이것에 대한 관계식은 아래와 같이 적용하였다.

$$\text{Assimilation efficiency (\%)} = (\text{Feed}^a - \text{Feces}^b) \times 100 / (1 - \text{Feces}) \times \text{Feed}$$

$$^a\text{Feed (g)} = \text{Ash-free dry weight (g)} / \text{dry weight ratio in the feed}$$

- ^bFeces (g) = Ash-free dry weight (g) /dry weight ratio in the feces
- Gross growth efficiency (%) = Growth energy/Consumption energy×100
 - Net growth efficiency (%) = Growth energy/Assimilation energy×100

사. 통계처리

모든 자료의 통계처리는 Computer Program Statistix 3.1(Analytical Software, St. Paul MN. USA)로 분산분석(ANOVA test)을 실시하여 최소유의차검정(LSD : Least Significant Difference)으로 평균간의 유의성(P<0.05)을 검정하였다.

제 2 절 연 구 결 과

1. 동해안 가자미류의 자원분포 및 생식·생태학적인 연구

가. 자원분포조사

1) 가자미류의 지리적분포 및 특성

자원 분포조사의 일환으로 조사기간 동안 출현한 가자미류는 참가자미, 층거리가자미, 용가자미, 점가자미 등 4종이었다. 이 중에서 참가자미는 기사문리, 남애리, 주문진에서 수집된 가자미의 총 어획량의 78 - 81%(습중량의 80 - 86%)로 대부분을 차지하였다. 다음 용가자미로 14 - 17%(습중량의 7 - 8%)였다. 나머지 두 종은 각각 10% 이하였다.

층거리가자미는 수심 10 m 와 30 m에서 출현하였다. 출현량은 참가자미보다 매우 적었으며 수심 10 m에서 층거리가자미의 총 어획량은 34 - 40 ind./1,000 fishhook이었고, 수심 30 m에서는 26 - 48 ind./1,000 fishhook였다.

조사시기별 가자미류의 총 어획량 범위는 기사문리에서 76 - 158 ind./1,000 fishhook, 남애리에서 82 - 117 ind./1,000 fishhook, 주문진에서 78 - 89 ind./1,000 fishhook였다. 가자미류의 총 어획량은 조사시기에 따라 큰 차이를 보이지 않았지만 기사문리의 경우 3월과 6월에 비교적 어획량이 높았다(Fig. 1).

이 중에서 우점종은 참가자미의 총 어획량은 기사문리 56 - 150 ind./1,000 fishhook, 남애리 47 - 105 ind./1,000 fishhook, 주문진 46 - 83 ind./1,000 fishhook로 조사해역에 따라 어획량에 큰 차이는 없지만 6월의 경우 기사문리의 어획량이 남애리와 주문진보다 높았다(Fig. 2).

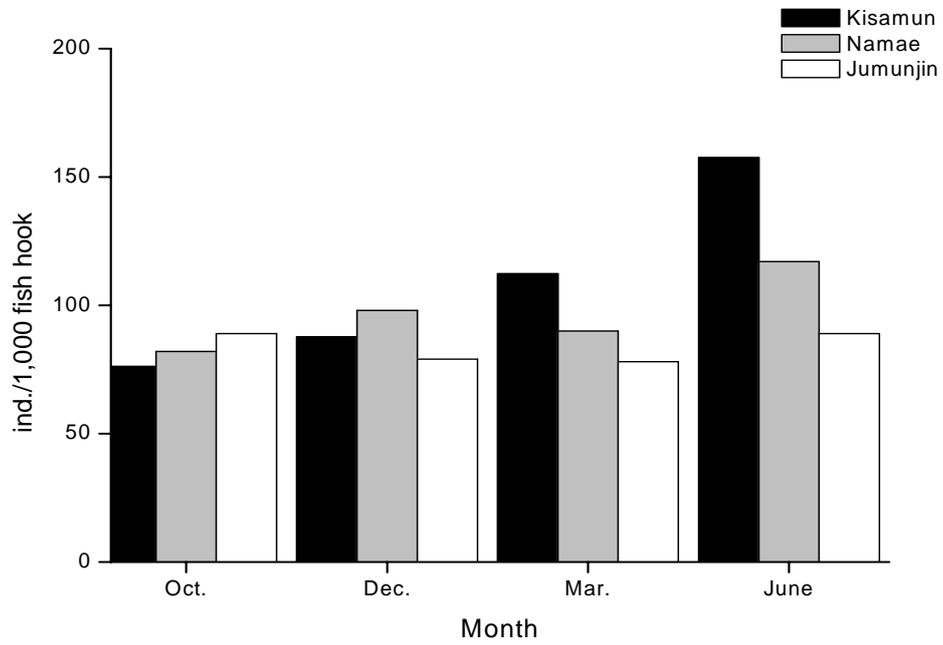


Fig. 1. Monthly variation of abundance of pleuronectidae captured at each sampling area.

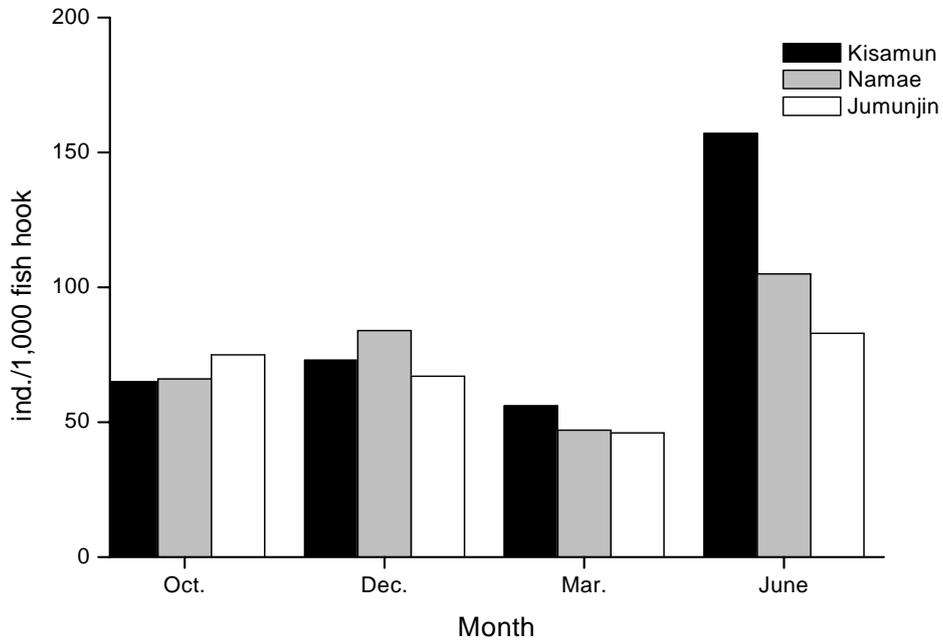


Fig. 2. Monthly variation of abundance of *Pleuronectes herzensteini* captured at each sampling area.

나머지 용가자미와 점가자미는 출현량과 출현빈도가 매우 적었다. 용가자미의 경우 수심 10 m 와 30 m에서 총 어획량은 6 - 44 ind./1,000 fishhook였다. 반면 수심 50 m에서는 총 어획량이 107 - 156 ind./1,000 fishhook로 수심 10m와 30m 보다 많았다(Table 4).

우점종인 참가자미는 4회의 조사기간 동안 모두 출현하였다. 이 종은 조사기간동안 수심 10 m와 30 m의 깊이에서 주로 출현하였다. 총 어획량은 308 - 484 ind./1,000 fishhook로 조사 정점에 따라 큰 차이는 없었다. 반면, 수심 50 m 에서 총 어획량이 111 - 145 ind./1,000 fishhook로 수심 10 m와 30 m 보다 크게 감소하였다.

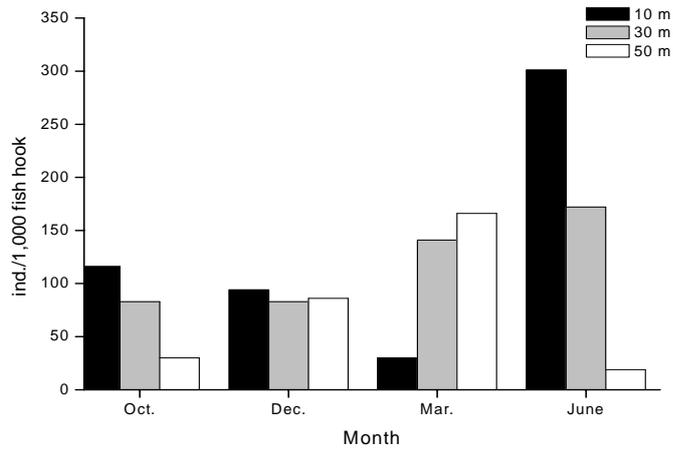
가자미류의 수심별 분포양상은 Fig. 3과 같다. 가자미류는 조사해역에서 수심 10 m 와 수심 30 m에서 4 종이 출현하였으며 수심 50 m 에서는 2 종이 출현하였다. 수심별 총 어획량은 10월과 6월의 경우 수심 10 m와 30 m가 50 m 수심보다 많았지만, 3월에는 수심 50 m에서 오히려 많았다. 12월에는 수심간 어획량에 큰 차이가 없었다.

Table 4. Seasonal variation of the number and wet weight (g) of Pleuronectiformes caught by 1,000 fishhook at each sampling depth of the study area

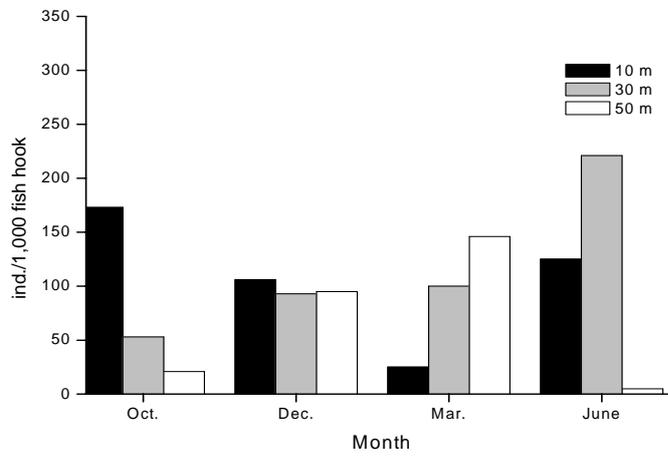
Kisamun-ri										
	Oct.		Dec.		Mar.		June		Total	
	Ind.	Weight	Ind.	Weight	Ind.	Weight	Ind.	Weight	Ind.	Weight
Depth 10 m										
<i>Pleuronectes herzensteini</i>	86	1,886.1	89	3,911.2	24	600.0	286	7,877.9	484	14,275.2
<i>Pleuronectes punctassimus</i>	30	1,800.5					4	148.8	34	1,949.3
<i>Hippoglossoides pinetorum</i>					6	62.4	11	84.0	17	146.4
<i>Pleuronectes schrenki</i>			5	401.2					5	401.2
Subtotal	116	3,686.6	94	4,312.4	30	662.4	301	8,110.7	540	16,772.1
Depth 30 m										
<i>Pleuronectes herzensteini</i>	80	5,680.0	78	3,455.2	100	2,400.0	165	5,797.8	423	17,333.0
<i>Hippoglossoides pinetorum</i>					41	451.0	7	207.6	48	658.6
<i>Pleuronectes schrenki</i>			5	399.2					5	399.2
<i>Pleuronectes punctassimus</i>	3	66.3							3	66.3
Subtotal	83	5,746.3	83	3,854.4	141	2,851.0	172	6,005.4	479	18,457.1
Depth 50 m										
<i>Hippoglossoides pinetorum</i>			35	455.0	121	2,299.0			156	2,754.0
<i>Pleuronectes herzensteini</i>	30	1,500.0	51	4,641.0	45	1,395.0	19	597.3	145	8,133.3
Subtotal	30	1,500.0	86	5,096.0	166	3,694.0	19	597.3	301	10,887.3
Total	229	10,932.9	263	13,262.8	337	7,207.4	492	14,713.4	1,320	46,116.5

Namae-ri										
	Oct.		Dec.		Mar.		June		Total	
	Ind.	Weight	Ind.	Weight	Ind.	Weight	Ind.	Weight	Ind.	Weight
Depth 10 m										
<i>Pleuronectes herzensteini</i>	146	3312.1	99	4303.6	25	801.4	110	2750.6	380	11167.7
<i>Pleuronectes punctassimus</i>	27	2241.4					9	261.2	36	2502.6
<i>Pleuronectes schrenki</i>			7	635.2					7	635.2
<i>Hippoglossoides pinetorum</i>							6	48.3	6	48.3
Subtotal	173	5553.5	106	4938.8	25	801.4	125	3060.1	429	14353.8
Depth 30 m										
<i>Pleuronectes herzensteini</i>	30	2182.4	93	4266.4	71	1890.3	200	7600.2	394	15939.3
<i>Hippoglossoides pinetorum</i>					29	290.5	15	465.5	44	756.0
<i>Pleuronectes punctassimus</i>	23	1867.8					6	186.6	29	2054.4
Subtotal	53	4050.2	93	4266.4	100	2180.8	221	8252.3	466	18749.7
Depth 50 m										
<i>Hippoglossoides pinetorum</i>			34	510.4	101	1900.2			135	2410.6
<i>Pleuronectes herzensteini</i>	21	901.2	61	4801.7	45	1395.0	5	140.5	132	7238.4
Subtotal	21	901.2	95	5312.1	146	3295.2	5	140.5	267	9649.0
Total	247	10,504.9	293	14,517.2	271	6,277.4	351	11,452.9	1,162	42,752.5

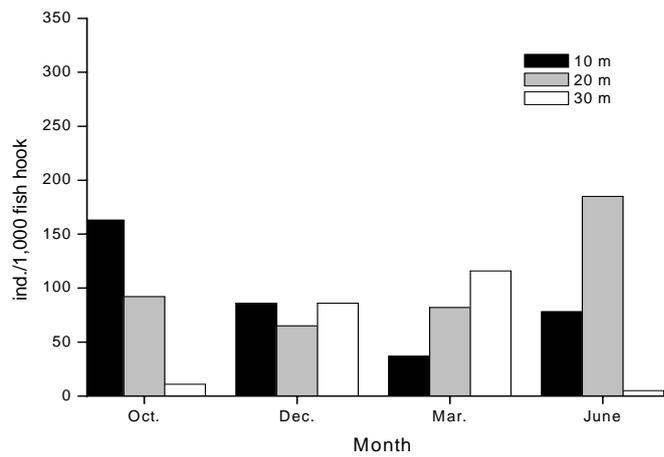
Jumunjin										
	Oct.		Dec.		Mar.		June		Total	
	Ind.	Weight	Ind.	Weight	Ind.	Weight	Ind.	Weight	Ind.	Weight
Depth 10 m										
<i>Pleuronectes herzensteini</i>	126	2889.8	81	3041.2	31	840.2	70	2100.2	308	8871.4
<i>Pleuronectes punctassimus</i>	37	2181.3					3	108.4	40	2289.7
<i>Hippoglossoides pinetorum</i>					6	42.6	5	50.6	11	93.2
<i>Pleuronectes schrenki</i>			5	499.5					5	499.5
Subtotal	163	5071.1	86	3540.7	37	882.8	78	2259.2	364	11753.8
Depth 30 m										
<i>Pleuronectes herzensteini</i>	87	5111.3	65	3731.5	61	1620.3	180	6480.0	393	16943.1
<i>Hippoglossoides pinetorum</i>					21	140.1	5	142.1	26	282.2
<i>Pleuronectes punctassimus</i>	5	2755.0							5	2755.0
Subtotal	92	7866.3	65	3731.5	82	1760.4	185	6622.1	424	19980.3
Depth 50 m										
<i>Hippoglossoides pinetorum</i>			31	437.0	71	1685.6	5	153.1	107	2275.7
<i>Pleuronectes herzensteini</i>	11	541.0	55	4992.5	45	1557.5			111	7091.0
Subtotal	11	541.0	86	5429.5	116	3243.1	5	153.1	218	9366.7
Total	266	13,478.4	237	12,701.7	235	5,886.3	268	9,034.4	1,006	41,100.8



Kisamu-ri.



Namae-ri.



Jumunjin

Fig. 3. Monthly variation of abundance of pleuronectidae captured at each sampling depth.

참가자미의 수심별 어획량 변동은 Fig. 4과 같다. 기사문리의 경우 10월, 12월, 3월에는

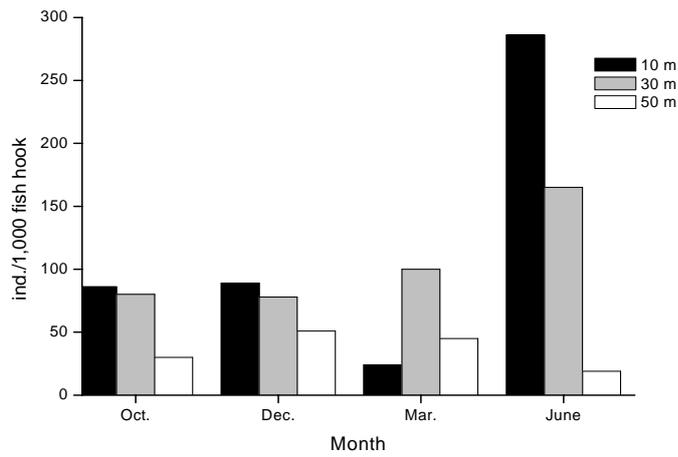
수심에 따른 어획량에 큰 차이는 없었다.

반면, 6월에는 수심에 따른 어획량의 차이가 크게 나타났으며 10 m에서 어획량이 가장 높았고, 수심 50 m에서 가장 적었다. 남애리의 경우 3월에는 수심 10 m에서 어획량이 높았지만 수심 30 m 와 수심 50 m의 어획량은 비슷하였다.

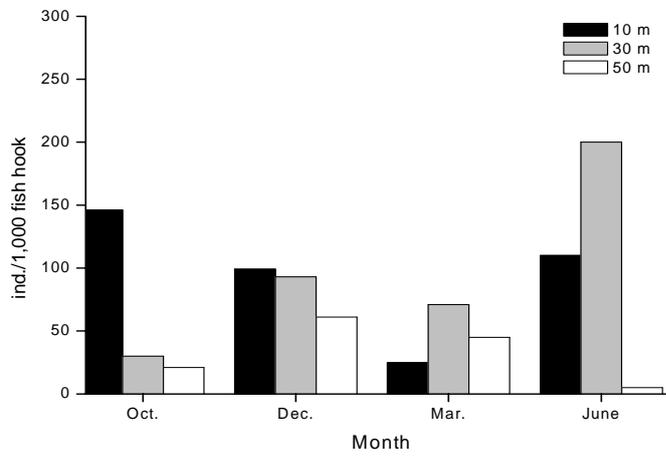
12월과 3월에는 어획량에 큰 차이는 없으나 6월의 경우 수심 30 m에서 어획량이 가장 높았고 수심 50 m에서 가장 낮았다. 주문진의 경우 남애리와 같이 10월에는 수심 10 m에서 어획량이 높게 나타났고 12월과 3월에는 수심에 따라 어획량에 큰 차이가 나지 않았다. 6월에는 수심 50 m에서 출현하지 않았고 수심 30 m에서 높았다.

조사해역에서 채집된 가자미류 중 우점종은 참가자미였다. 주 분포 수심은 10 m와 30 m 수층으로 나타났다. 50 m 수층에서는 어획량이 상대적으로 적은 것으로 나타났다.

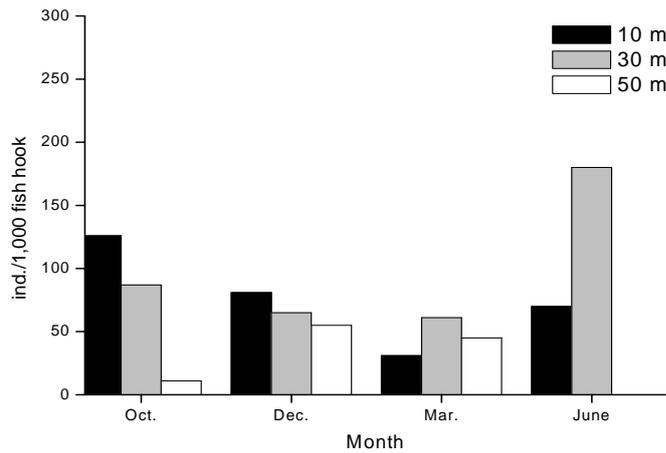
참가자미의 계절별 서식 수심의 차이와 계절별 체장조성 변화 등을 고려할 때 참가자미는 조사해역(남애리)에서 성장 단계에 따라 서식지 또는 서식수심의 변화가 나타나는 것으로 판단된다.



Kisamu-ri.



Namae-ri



Jumunji.

Fig. 4. Monthly variation of abundance of *Pleuronectes herzensteini* captured at each sampling depth.

가자미의 식성은 수심 10 m와 30 m에서 채집된 가자미에 대해 위 내용물의 분석 결

과 총 10개 분류군이 채집되었다(Table 5).

Table 5. The species composition of the stomach content of *Pleuroceptes herzensteini* sampled in the depth of 10 and 30m.

Species	Ind.	%
Gammaridea	82	38.7
Cumacea	61	28.8
Polychaeta	26	12.3
Gastropoda	19	9.0
Leptostraca	7	3.3
Bivalvia	7	3.3
Nematoda	4	1.9
Isopoda	3	1.4
Caprellidea	2	0.9
Pycnogonida	1	0.5
Total : 10 taxon	212	100

가자미의 가장 중요한 먹이생물은 Gammaridea와 Cumacea, Polychaeta였다. Gammaridea는 전체 출현한 먹이생물 개체수의 38.7%를 차지하였다.

그 다음으로 중요한 먹이생물은 Cumacea였다. Cumacea는 전체 먹이생물 중 28.8%를 차지하였다. 그러나, Gammaridea가 수심 10 m, 30 m에서 채집된 시료에서 공통적으로 높은 값을 보인 반면, Cumacea는 수심 30 m에서 채집된 시료에서 높은 값(38.0%)을 보였고, 수심 10 m에서 채집된 시료에서는 매우 낮았다(6.5%).

Polychaeta 역시 수심 30 m의 시료에서는 비교적 높은 값을 보였으나 수심 10 m에서 채집된 시료에서는 낮게 나타났다. Gastropoda는 수심 10 m에서 채집된 시료에서는 중요한 먹이생물이었지만 수심 30 m에서 채집된 시료에서는 한 개체도 발견되지 않았다.

한편, Pycnogonida, Isopoda, Nematoda, Leptostraca 등은 출현빈도와 개체수에 있어서 차지하는 정도가 적어서 참가가자미에게 중요한 먹이원은 아닌 것으로 판단된다(Table 6, Table 7).

Table 6. The species composition of the stomach content of *Pleuroceptes herzensteini*

sampled in the depth of 10 m

	1	2	3	4	5	6	7	8	합계	백분율
Bivalvia				1					1	1.6
Cumacea		1	2		1				4	6.5
Polychaeta			1					3	4	6.5
Leptostraca					2	4			6	9.7
Gastropoda			4	5	9			1	19	30.6
Gammaridea	1	1	3	1	9	8	2	3	28	45.2

Table 7. The species composition of the stomach content of *Pleuroceptes herzensteini* sampled in the depth of 30m

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	합계	백분율
Leptostraca				1							1	0.7
Pycnogonida										1	1	0.7
Caprellidea										2	2	1.3
Isopoda	1								1	1	3	2.0
Nematoda						2			2		4	2.7
Bivalvia	5			1							6	4.0
Polychaeta			10	1			1		10		22	14.7
Gammaridea	7	5	5	3	15	2	3	1	6	7	54	36.0
Cumacea	3	13	4	3	2		6	6	13	7	57	38.0

수심 10 m와 30 m에서 채집된 시료에서 공통적으로 출현한 분류군은 Leptostraca,

Bivalvia, Polychaeta, Gammaridae였다. Gastropoda는 수심 10 m에서 채집된 시료에서만 출현하였고, Pycnogonida, Caprellidea, Isopoda, Nematoda는 수심 30 m에서 채집된 시료에서만 출현하였다. 수심에 따라 참가자미의 위 내용물이 달라지는 것이 성장에 따른 먹이의 전환인지 아니면 주변지역의 저서생물상이 다르기 때문인지는 더 많은 개체를 대상으로 조사가 이루어져야 할 것이다.

이상의 결과로 보아 조사된 층거리가자미는 Gammaridea, Cumacea, Polychaeta등을 주로 섭식하는 육식성 어류임을 알 수 있다. Gammaridea, Cumacea, Polychaeta, Gastropoda는 참가자미와 함께 출현한 가자미류의 중요한 먹이원이 된다. 따라서, 이들 종간에도 먹이경쟁 관계가 형성될 것으로 생각되며 이에 대한 상세한 연구가 요구된다.

나. 생식·생태학적인 조사

1) 체장빈도분포

총거리가자미의 체장 빈도분포는 암컷의 경우 16~16.9cm, 18~18.9cm, 19~19.9cm에서 각각 16.6%로 가장 높은 비율을 나타내었고, 수컷의 경우 16~16.9cm에서 25.9%로 가장 높은 비율을 나타내었고, 그 다음이 15~15.9cm에서 14.8%로 나타났다(Fig. 5).

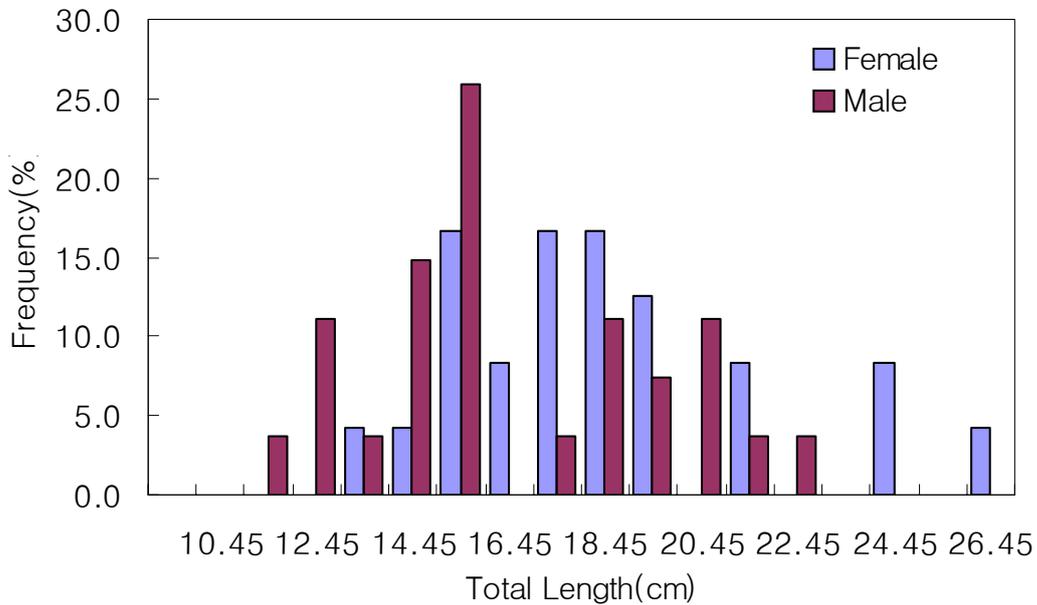


Fig. 5. Relationship between the total length(TL) and frequency of *Pleuronectes punctassimus*

총거리가자미의 암·수 체장과 체중과의 관계를 나타낸 것으로 암·수 모두 체장이 증가함에 따라 체중이 증가하는 경향을 나타내어 각각 $BW = 0.0068X^{3.1482}$ ($R^2=0.98$), $BW =$

$0.0092X^{3.0881}$ ($R^2=0.9743$)의 관계식을 나타내었다(Fig. 6).

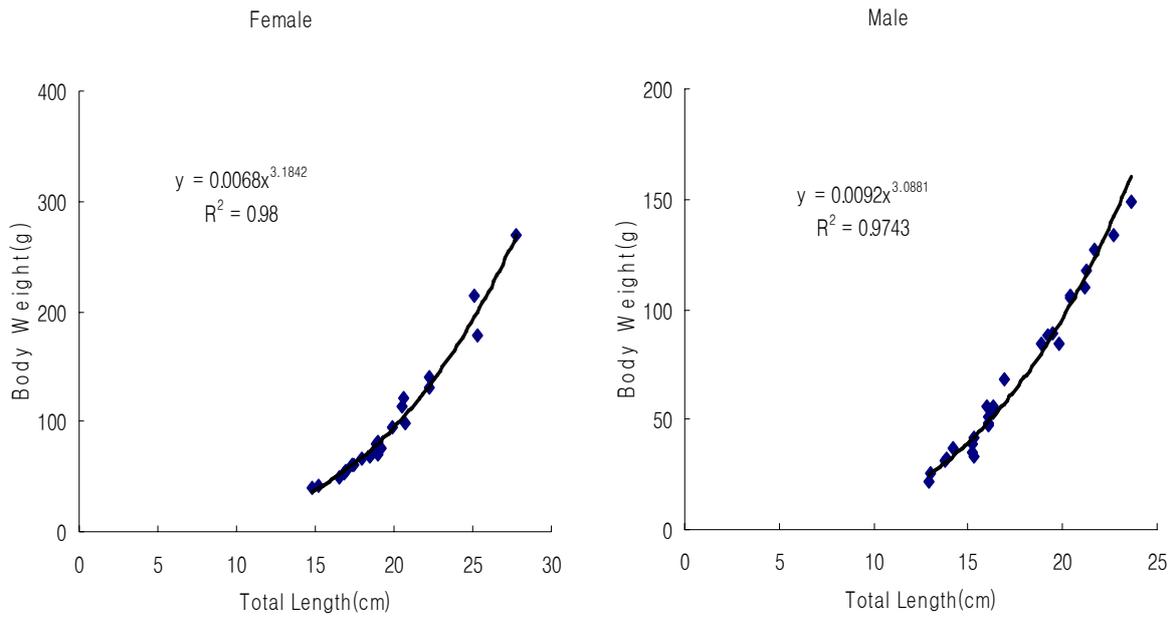


Fig. 6. Relationship between the total length(TL) and body weight(BW) of *Pleuronectes punctatissima*.

2) 산란 및 성숙

가) 생식소 발달과정 및 속도변화

층거리가자미 암컷의 생식소 발달단계별 특성은 다음과 같다. 미숙상태의 난소는 작고 가늘며 연회색을 띠고, 표피는 얇고 투명하였다. 중숙상태의 난소는 불투명하고 난소의 표면에 소혈관이 산재되어 있으며, 난립은 아주 작았다. 완숙상태의 난은 난립이 크고 투명란이 많고 불투명란도 소량 존재하며, 난소는 연분홍빛을 띠고 있었다. 방중상태는 대부분의 난립은 투명하고 복부에 힘을 가하면 자연적으로 난립이 밖으로 유출되었다. 방후상태의 난소는 난립은 거의 방란되었고 표피는 얇으며 축소되어 있었다.

미숙상태의 개체는 4월을 제외하고 전월에 나타났고, 중숙상태의 개체는 10월 이후 이듬해 5월까지 나타났으며, 특히 1월과 2월에 많이 나타났다. 완숙상태의 개체는 12월부터 나타나기 시작하였으나 출현 개체가 적었고, 3월부터는 방란중의 개체가 나타나 4월에 가장 많은 비율을 차지하였으며, 방란후의 개체는 4월부터 6월까지 나타났다. 따라서 방란중의 개체로 3~5월 사이에 나타났으며, 특히 4월에는 완숙~방란중의 개체가 대부분을 차지하였다.

나) 생식소 중량의 월 변화

층거리가자미의 암컷의 생식선 중량의 월 변화를 보면, Fig. 7에서 보는 바와 같이 12월 이후 점차 증가하여 4월에 12.5g으로 최대치를 보이다가 5월 이후 급격히 감소하는 것으로 나타났다. 수컷의 경우 11월 이후 증가하여 암컷보다 약 2개월 정도 빠른 2월에 최대치를 나타내고 3월 이후 그 수치가 떨어져 4~10월까지 큰 변동을 볼 수 없었다. 이 같은 현상으로 보아 정소의 성숙시기가 난소에 비하여 빨리 성숙되는 것으로 추정된다.

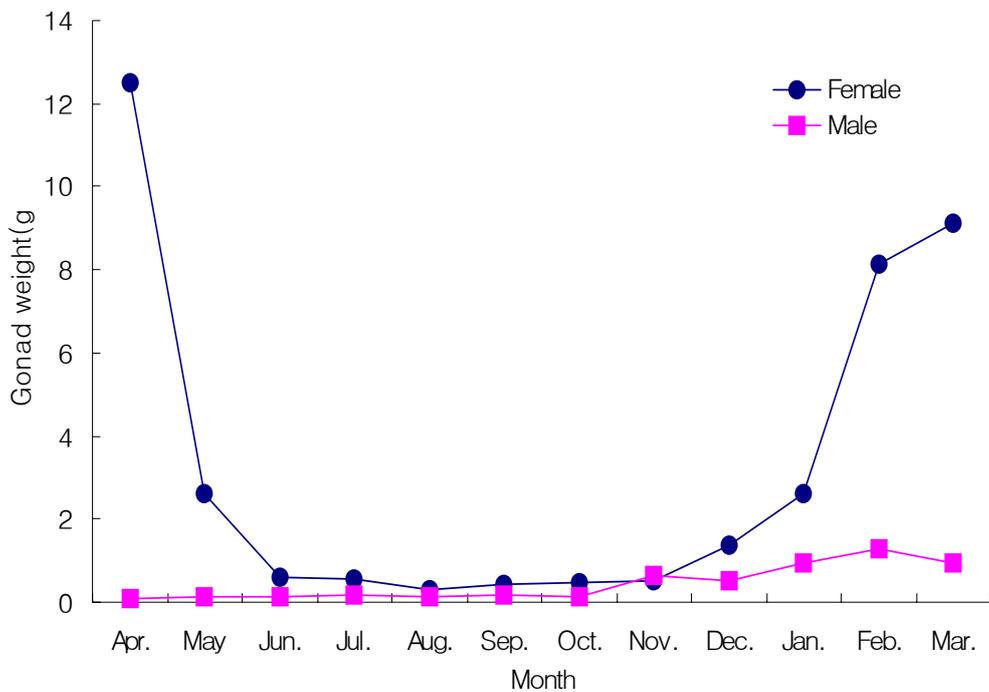


Fig. 7. Monthly changes of average gonad weight for female and male *Pleuronectes punctatissima* in the East Sea.

다) 생식소 속도지수의 월변화

층거리가자미의 생식소 속도지수의 월별변화는 Fig. 8에서 보는 바와 같이, 암컷은 2월을 기점으로 하여 6월까지 증가하는 경향을 보이다가 6월 이후에 급격히 감소하는 경향을 보이고 있는 것으로 보아 산란기가 5~6월로 사료되어진다. 수컷도 암컷과 마찬가지로 3월을 기점으로 하여 6월까지 증가하는 경향을 보이다가 6월 이후에 급격히 감소하는 경향을 보인다.

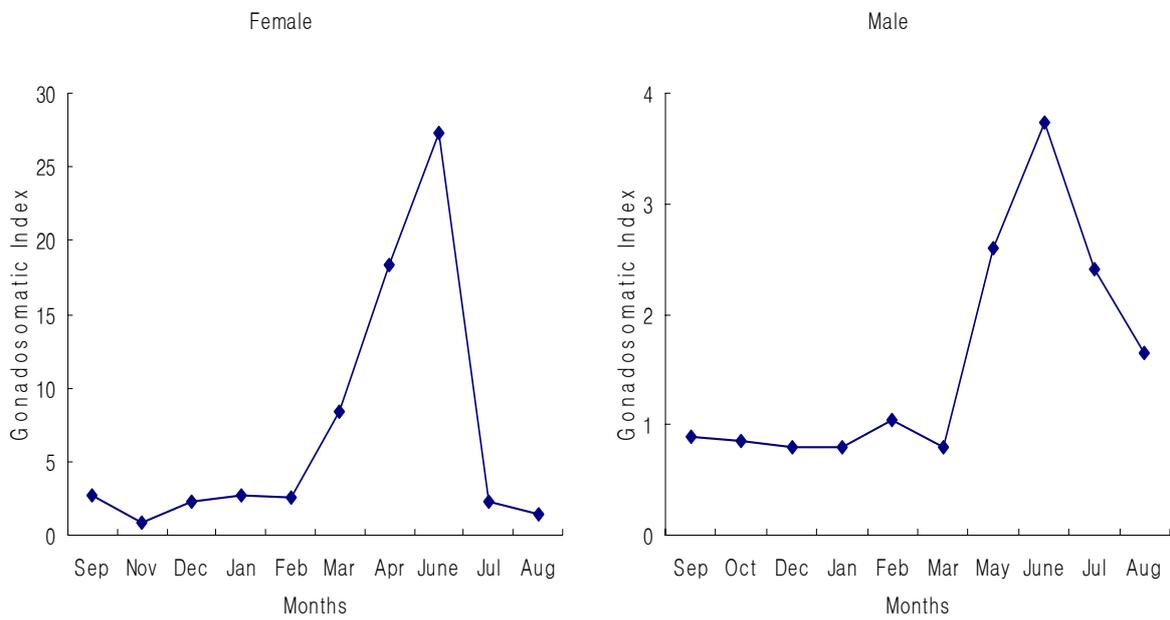


Fig. 8. Monthly variation of the gonadosomatic index of *Pleuronectes punctassimus* in the East Sea.

라) 비만도

층거리가자미 비만도의 월별변화는 Fig. 9에서 보는 바와 같이, 경우 암컷은 연중 큰 차이를 보이지 않았으나, 반면에 수컷의 경우 12월에 가장 낮았으며, 5월에 가장 높은 경향을 보였다.

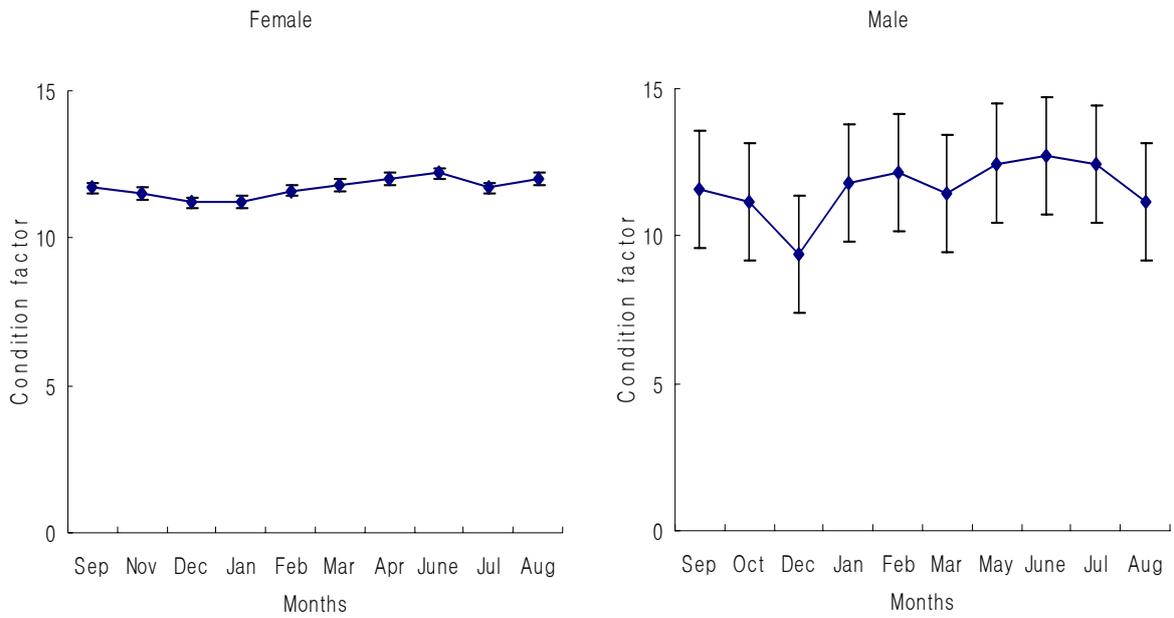


Fig. 9. Monthly variation of the condition factor of *Pleuronectes punctassimus* .

마) 포란수의 추정

총거리가자미의 재생산력을 알기 위하여 주 산란기를 중심으로 한 3~4월의 체장계급별(18cm~30cm) 중숙이상의 개체 13마에 대한 포란수를 중량법(Bugenal and Brown, 1978)에 의해 조사한 개체들 중 최대 포란수를 가진 개체의 전장은 30.0cm로 포란수는 530,849개 였으며, 최소 포란수를 가진 개체의 전장은 18.0cm로 157,014개 였으며 전장(TL)과 포란수(F_c)와의 관계는 $F_c = 0.01633TL^{0.1261x}$ ($n=13, R^2=0.9884$)이었다(Fig. 10).

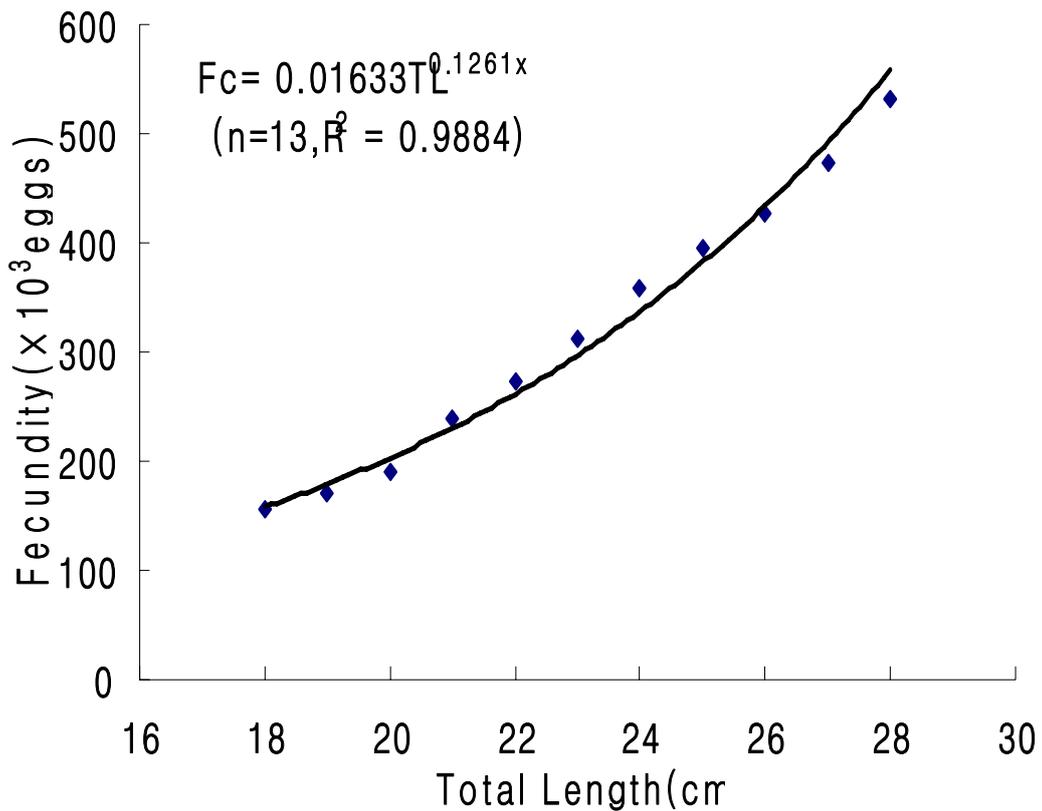


Fig. 10. Relationship between total length and fecundity of *Pleuronectes punctassimus* in the East Sea.

2. 총거리가자미의 최적종묘생산연구

가. 총거리가자미의 종묘생산방안

1) 성숙한 암수로부터 채란 방법

강원도 안인어촌계의 도움으로 채집된 총거리 가자미의 종묘생산 용 어미는 안인 인근해역에서 자망에 의하여 어획되는 가자미 중 총거리 가자미만 따로 선별하여 전량 구입하여 강원도 주문진에 위치한 강릉수산시험장 사육실로 운반하여 사육한 뒤 산란시기에 즈음하여 종묘생산용 어미를 경북수산자원연구소의 종묘생산수조로 운반하였다.

종묘생산수조는 20ton 규모의 우수식 원형수조로 총거리가자미 서식환경을 고려하여 사육수조에 가는 모래를 복토 한 뒤 투입하였으며 갯지렁이 및 크릴새우, 줄새우 등을 먹이로 공급하면서 자연산란 및 인공종묘생산을 위한 친어 성숙을 위해 사육 하였다.

종묘생산수조에서 친어 사육한지 2일만에 산란용 암수가 구별되었는데 그림에서 보듯이 총거리 가자미 암놈 뒤를 수놈이 쫓아 다니며 암놈이 방란하기를 기다리며 계속 따라다녔다.

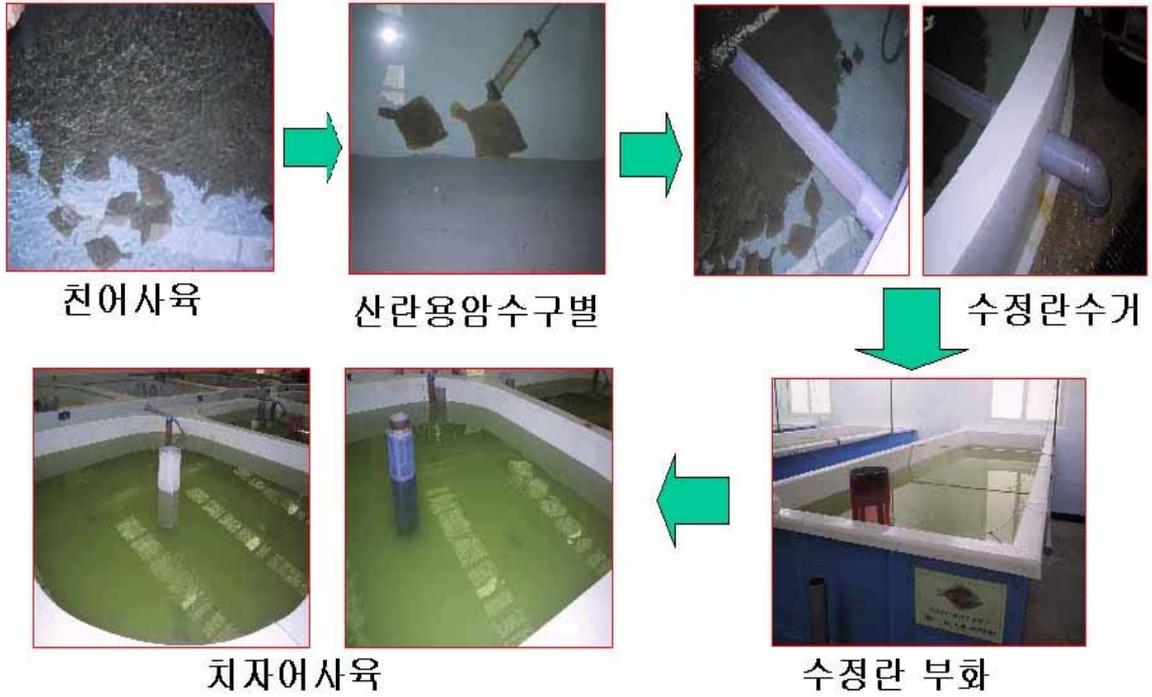
이러한 행동을 하는 총거리 가자미 암수를 분류한 뒤 수정란을 수거 할 수 있는 수조에 사육하였다. 사육 후 2틀 후에 총거리 가자미 암·수는 방란 및 방정을 하기 시작하여 수정된 알은 부상하였으며 부상된 수정란을 수거하여 부화수조로 옮긴 뒤 종묘 생산하였다.

이 방법은 건강한 알을 확보하는데는 좋으나 친어를 장기간에 걸쳐 양성, 관리해야하는 문제가 있다. 그러나 어느 정도 계획된 종묘생산할 수 있는 장점으로 인해 이 방법이 총거리 가자미 종묘생산 방법에는 가장 타당할 것으로 보인다.

또한, 총거리 가자미의 산란시기에 즈음하여 인공적인 산란을 위하여 성숙한 암놈은 배를 손가락으로 눌러서 흘러 나오는 알을 수거하는 복부압박법을 이용하였으며 수놈은 배를 가르고 등 쪽에 붙은 흰색의 두 줄기 정소를 꼬집에 가위로 여러 토막으로 잘라 핀셋으로 집어 압력을 가해서, 정액이 나와 액이 뿌옇게 된다.

이 정자액을 알의 준비된 그릇의 물속에 받아서 세정 및 세란 한 뒤 수정시켰다.

자연종묘생산과정



자연종묘생산과정



인공종묘생산과정(흉부압박법)

자연수온 범위내에서 자연산란을 유도시킨 것은 수정율이 100%로 가장 높게 나타났는

데 그 이유는 층거리가자미는 부상수정란으로 사육수조에서 자연 수정된 개체가 부상함에 따라 부상수정란만 수거하였기 때문에 높은 수정율을 보였고 부화까지의 생존율은 83.7%로 나타났고 절개법 및 복부압박법을 이용한 인공적인 산란 방법에서의 부화율은 75.5%로 자연산란 시험구에 비하여 저조한 결과를 나타내었다(Table 8).

따라서, 층거리가자미의 최적산란방법은 수온, 염분 등 환경이 허락한다면 자연산란에 의한 방법을 택하는 것이 가장 좋은 방법일 것으로 보인다.

Table 8. 산란방법에 의한 층거리가자미의 부화율 (%)

	4cell	8cell	32cell	Morula	Kupffer's vesicle	Hatching
인공산란	91.5	89.4	86.7	84.5	80.4	75.6
자연산란	97.5	95.4	92.7	90.4	86.9	83.7

2) 호르몬투여에 의한 배란 및 성숙유도

가) HCG와 LHRHa 투여에 의한 혈중 난황단백질전구체와 혈중 스테로이드의 변화

성숙 가능한 크기의 총거리가자미 암컷을 대상으로 실험실에 설치된 콘크리트 수조에서 성 성숙에 효과가 있을 것으로 판단되는 HCG와 LHRHa를 직접 투여하여 1주일 간격으로 혈중 난황단백질전구체의 양을 조사한 결과는 Table. 9에 나타났다.

HCG와 LHRHa의 호르몬간의 효과는 HCG 투여 시에는 혈중 난황단백질전구체의 양이 4.78 mg/ml가 3주 때에는 3.40 mg/ml, 그리고 6주경과시에는 2.87mg/ml로 점차 감소하는 경향을 보였다. 그러나 LHRHa(150 μ g)투여 시에는 실험 개시 시 5.14mg/ml이던 것이 6주 경과 시에는 4.72 mg/ml로 큰 변화는 보이지 않았으며, 이는 대조구의 실험 개시 시 5.20 mg/ml가 6주 경과 시 4.86mg/ml로 거의 변화하지 않은 것과 같은 경향을 보였다.

LHRHa의 농도별 변화에 있어서도 시험시작 시 150 μ g 실험구가 5.14mg/ml이었으며 225 μ g 실험구는 5.10mg/ml로 6주경과 시 150 μ g 실험구는 4.72mg/ml, 225 μ g 실험구는 4.72 mg/ml로 농도별 차이도 나타나지 않아 성숙시 이후의 혈중 난황단백질전구체의 변화는 크게 변화하지 않는 것으로 보였다.

Table 9. In vivo changes of vitellogenin level after hormone treatment

week Exp. group	Vitellogenin(mg/ml)						
	1	2	3	4	5	6	7
Control	5.20	4.67	5.11	5.07	4.31	5.10	4.86
I ¹⁾	4.78	4.62	4.30	3.40	3.12	3.12	2.87
II ²⁾	5.14	4.33	4.96	5.08	4.93	4.52	4.72
III ³⁾	5.10	4.68	4.59	5.16	5.08	4.52	4.72

¹⁾ HCG(2,000IU/kg BW)

²⁾ LHRHa(150 μ g/kg BW)

³⁾ LHRHa(225 μ g/kg BW)

또한, HCG 및 LHRHa 투여에 의한 혈중 스테로이드 변화는 산란기에 도래한 성숙 어미를 대상으로 자연조건 하에서 HCG를 2,000 IU/kg 농도로 복강 주사 후 성 성숙에 관

여하는 혈중 스테로이드의 변화량을 측정하였다. testosterone은 Fig. 11에서 나타낸 바와 같이 HCG 2,000 IU/kg로 투여한 실험구에서는 실험개시 시 0.71ng/ml가 3주째 까지 변화 없이 지속되다가 4주째에 1.73 ng/ml로 최대 값을 나타냈으나 5주째부터 다시 감소하는 것과 같은 경향을 보였다(Fig. 11).

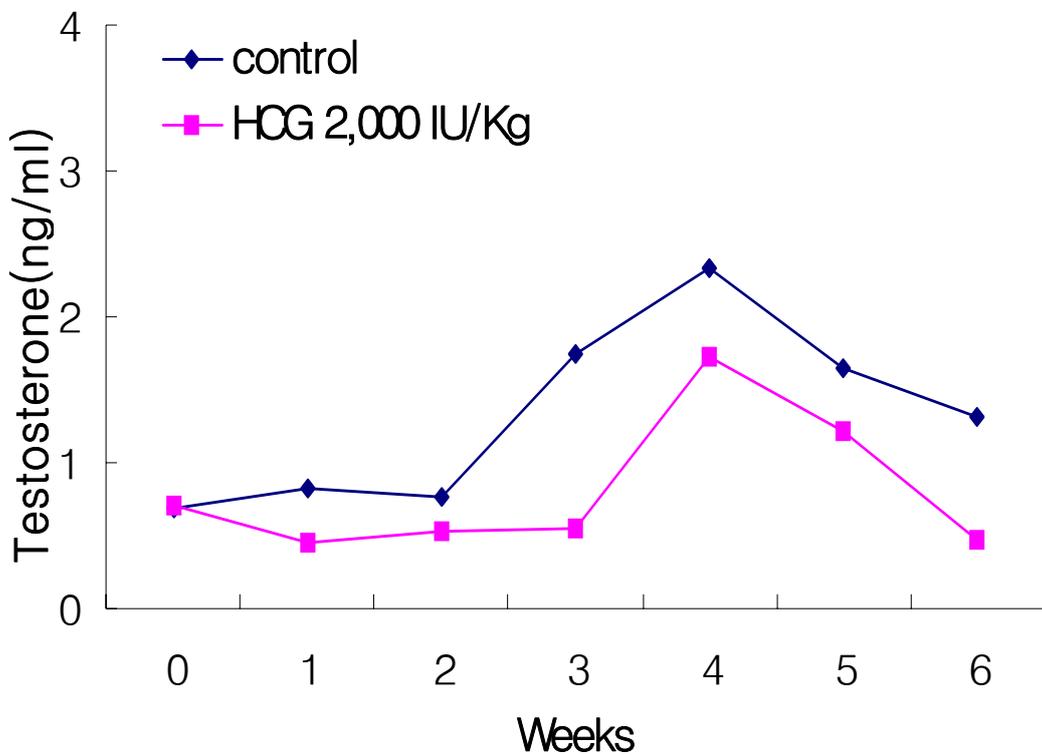


Fig. 11. Changes in plasma concentration of testosterone in HCG injected female Sand flounder, *Pleuronectes punctatissima*.

estradiol-17 β 역시 Fig. 18에서 나타낸 바와 같이 대조구나 2,000 IU/kg 처리구 모두 실험개시시 2.19 ng/ml, 2.08 ng/ml가 2주째에 2.28 ng/ml, 2.24 ng/ml 그리고 4주 경과

시 1.61 mg/ml, 1.58 ng/ml, 실험 종료시인 6주 경과시에도 2.88 ng/ml, 1.81 ng/ml로 큰 변화는 없으나 투여 후 1주일간은 estradiol-17 β 의 양이 증가하나 2주째부터는 감소하고 4주째 최저치를 보인 후 다시 증가하는 경향을 보여 testosterone과는 반대의 경향을 나타냈다(Fig. 12).

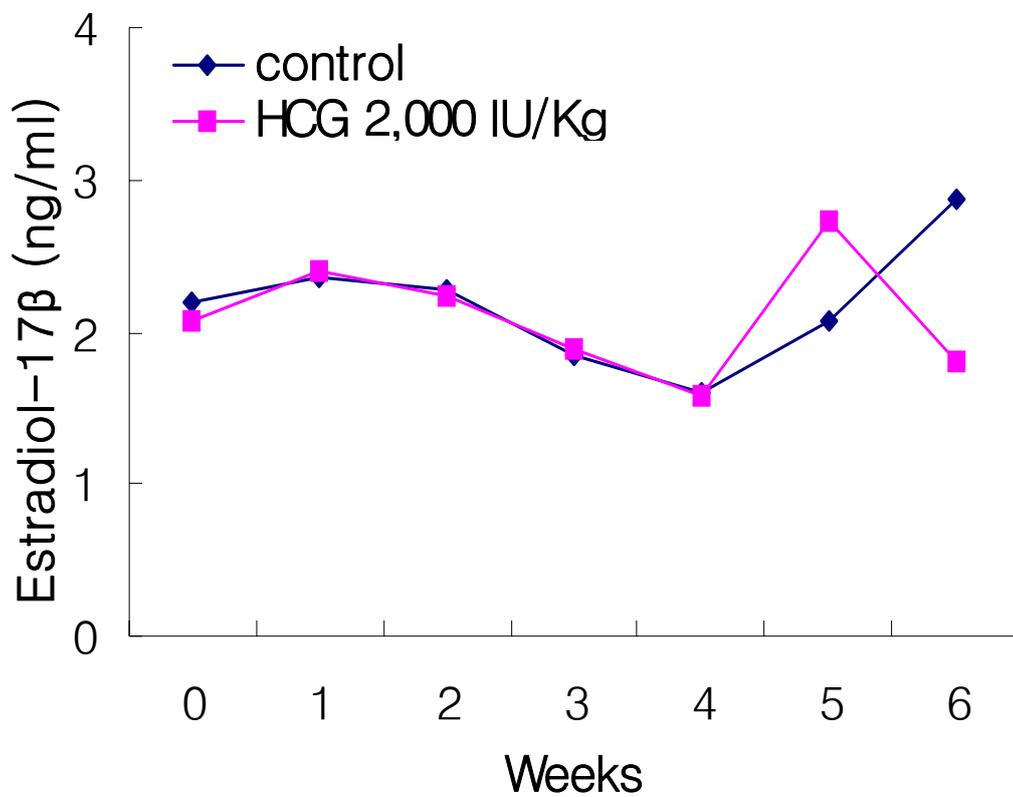


Fig. 12. Changes in plasma concentration of estradiol-17 β in HCG injected female Sand flounder, *Pleuronectes punctatissima*.

또한, progesterone은 Fig. 17, 28에서 나타낸 바와 같이 역시 testosterone과 estradiol-17 β 가 마찬가지로 실험종료 시 까지 큰 변화는 없었다. 그러나, 실험개시 시

대조구가 1.68 ng/ml이고, HCG 2,000 IU/kg처리구가 1.32 ng/ml 이던 것이 2주 경과시 1.24 ng/ml, 0.88 ng/ml, 4주 경과시 2.12 ng/ml, 1.70 ng/ml였으며, 실험 종료 시인 6주 경과 시에도 대조구 1.50 ng/ml, HCG 처리 실험구 1.03 ng/ml로 HCG 처리한 후 1주일 간은 약간 감소한 경향을 보이거나 2주 경과 시부터는 지속적으로 소폭 증가하여 4주째에 testosterone과 같이 최대값을 보인 후 감소하는 경향을 보여 testosterone과 progesterone은 서로 상관관계를 가지고 변화하고 있는 것으로 나타났다(Fig. 13).

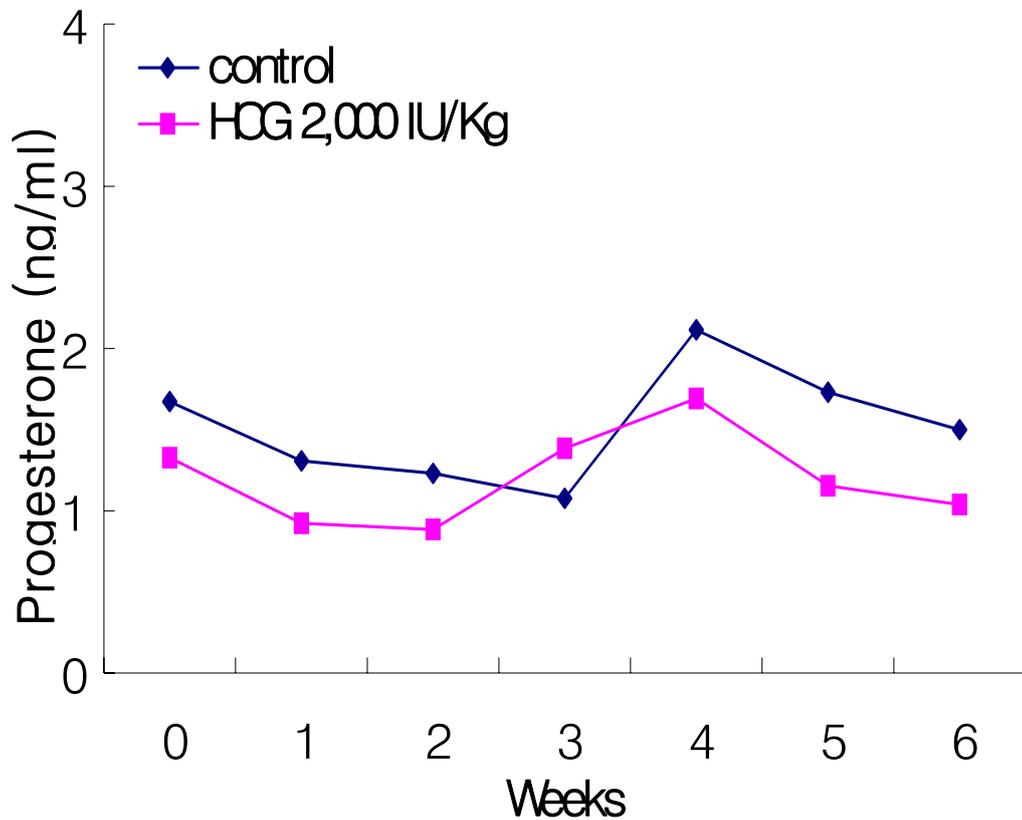


Fig. 13. Changes in plasma concentration of progesterone in HCG injected female Sand flounder, *Pleuronectes punctatissima*.

한편, HHRHa를 펠릿 상태로 제작하여 근육에 주사한 후 지속적으로 용출될 수 있도록 한 HHRHa 투여 실험구의 호르몬별 변화는 testosterone의 경우 저농도인 150 µg/kg

실험구에서는 3주째까지 0.95 mg/ml로 큰 차이는 나타나지 않았으나 4주째부터는 증가하기 시작하여 1.25 mg/ml로 대조구 0.56 mg/ml보다 약 2배 정도 높게 나타났고, 5주째에는 1.75 mg/ml로 대조구 0.53 mg/ml에 비하여 현저하게 높은 값을 보였다. 또한 고농도 처리구인 225 mg/kg 실험구는 실험개시 시 0.42 mg/ml가 1주 경과시 2.86 mg/ml로 대조구의 0.31 mg/ml에 비하여 9배정도 높은 값을 보였으며 2주째부터는 2.21 mg/ml, 3주째에는 1.56 mg/ml 그리고 6주째는 0.65 mg/ml로 시간이 경과함에 EK라 점차적으로 낮아지는 경향을 보였다(Fig. 14).

estradiol-17 β 도 testosterone과 마찬가지로 대조구는 전 실험기간 동안 값의 변화가 크게 나타나지 않았으나, LHRHa효과는 초기에 급격히 높다가 시간이 경과하면서 점차 낮아지는 경향을 보였다.

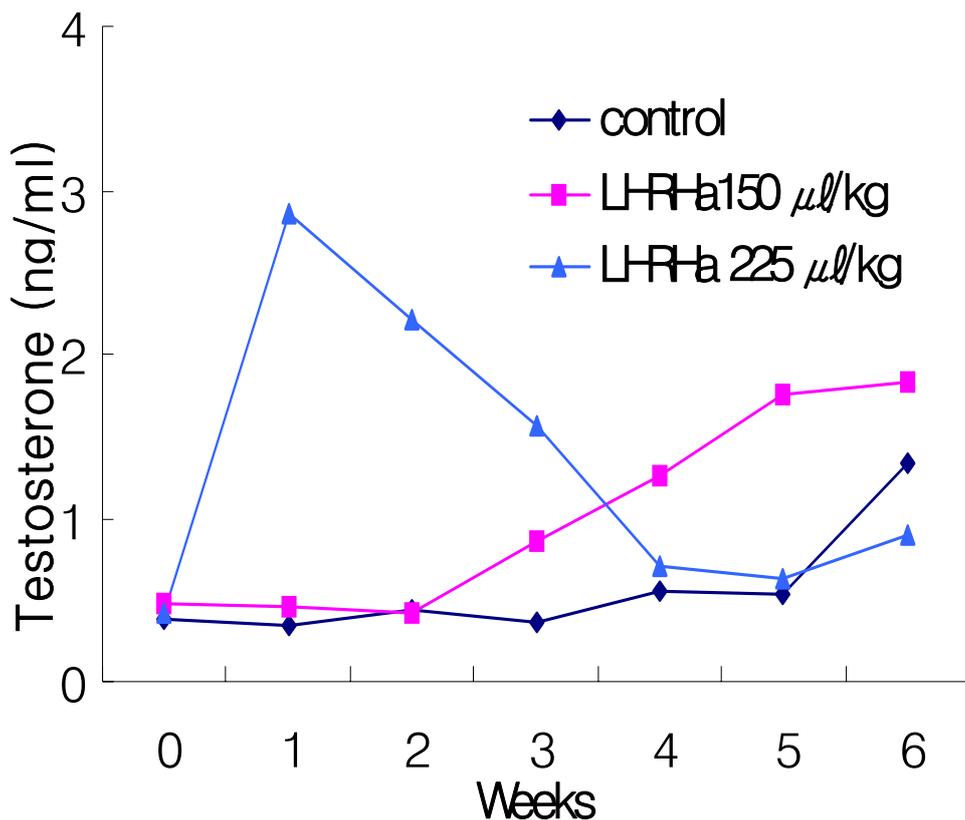


Fig. 14. Changes in plasma concentration of testosterone in LHRHa injected female Sand flounder, *Pleuronectes punctatissima*.

LHRHa의 농도별 효과에 대하여는 저농도인 150 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 나 225 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 나 비슷한 수준으

로 실험 개시 시에는 저농도 실험구가 7.25 ng/ml, 고농도 실험구가 3.23 ng/ml였으나 1주째 경과 시에는 저농도구 19.33 ng/ml, 고농도구 18.44 ng/ml로 모두 양적으로 급격히 증가하고 있으며, 2주째부터는 9.05 ng/ml, 12.35 ng/ml, 3주째에는 8.95 ng/ml, 9.75 ng/ml로 비슷한 값을 보였다. 그러나 4주째부터는 고농도 처리 실험구에서는 8.81 ng/ml로 저농도 실험구의 2.95 ng/ml 보다 고농도 실험구의 양이 약 4배정도 높게 나타났고 이러한 현상은 5주째까지 지속되다가 실험 종료시기인 6주째에는 다시 비슷한 값으로 변화되었다(Fig. 15).

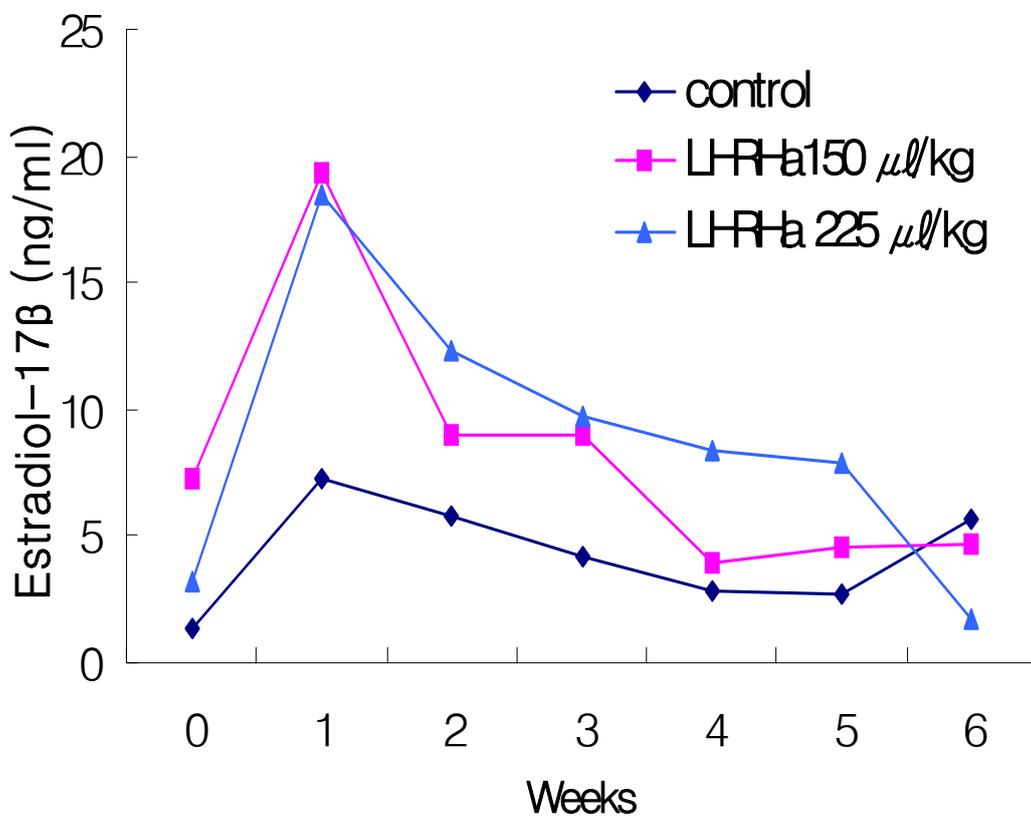


Fig. 15. Changes in plasma concentration of estradiol-17 β in LHRHa injected female Sand flounder, *Pleuronectes punctatissima*.

한편, progesterone의 변화는 Fig. 16에서 나타낸바와 같이 LHRHa 처리 실험구나 대조구 모두 실험 종료 시인 6주째 경과 시까지 큰 변화없이 양적으로 비슷한 경향을 보임

으로써 LHRHa 처리가 progesterone의 혈중 농도 변화에 영향을 미치지 않은 것으로 보인다.

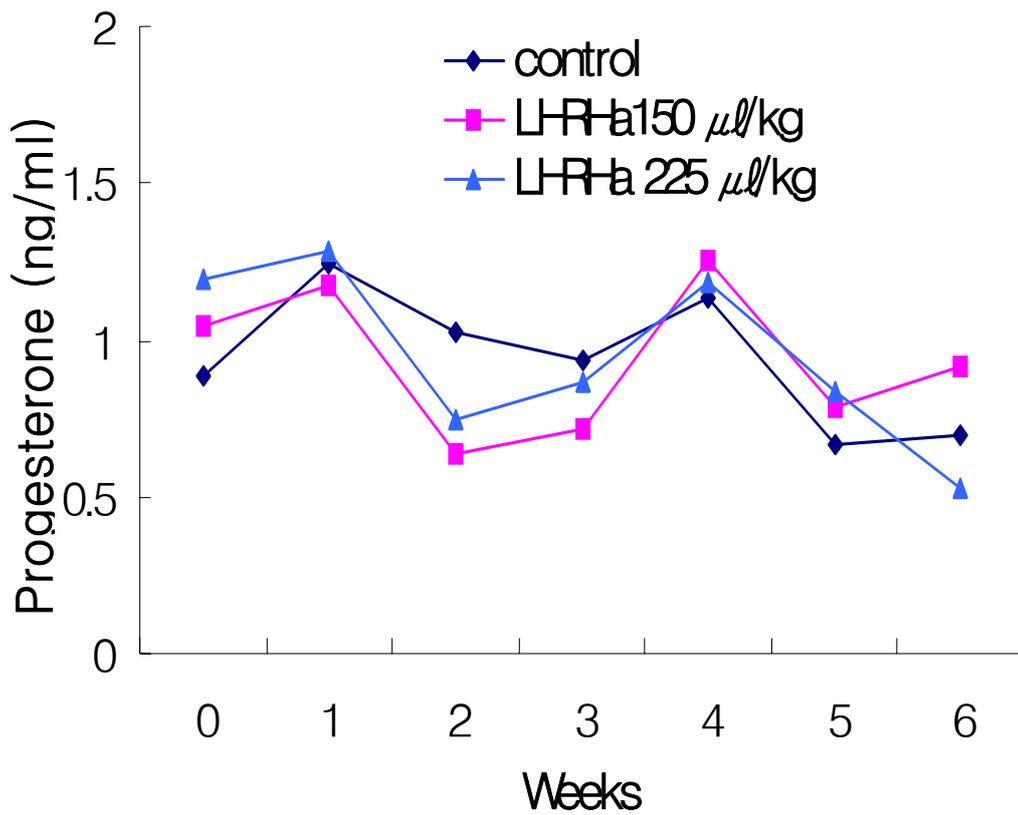


Fig. 16. Changes in plasma concentration of progesterone in LHRHa injected female Sand flounder, *Pleuronectes punctatissima*.

나) 배란기간 동안의 혈중 스테로이드의 변화

자연에서 성숙된 것으로 관찰된 층거리가자미가자미를 대상으로 배란기간 동안의 혈중 스테로이드의 변화를 조사한 결과를 Fig. 17에 나타냈다. 배란후의 호르몬 변화는 6시간 단위로 조사한 결과 혈중 스테로이드중 estradiol-17 β 의 양적 변화는 시험개시 시 7.50 ng/ml가 6시간 경과 시 6.21 ng/ml, 12시간 경과시 4.53 ng/ml, 18시간 경과 시는 3.36 ng/ml로 경과 시간에 따라 급격히 감소하는 경향을 보였으며, testosterone 역시 시험개시 시 0.75 ng/ml가 6시간 경과 시 0.70 ng/ml, 12시간 경과 시 0.64 ng/ml, 18시간 경과시는 0.52 ng/ml으로 경과시간에 따라 역시 감소하였다.

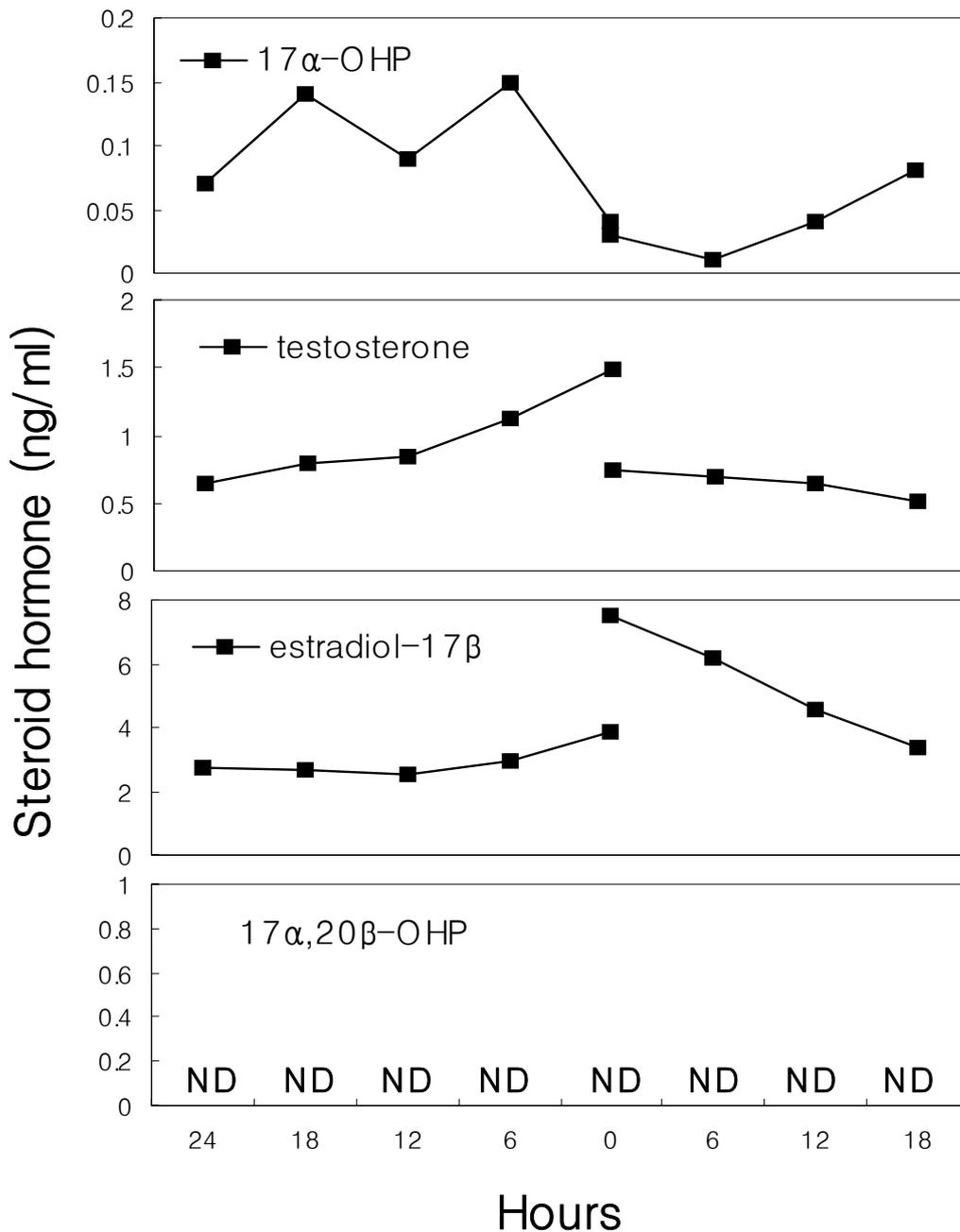


Fig. 17. Changes of steroid hormone before and after spawning female Sand flounder, *Pleuronectes punctatissima*. (ND : nondetected)

그러나, 17 α -OHP는 6시간 경과시까지는 감소하다가 다시 12시간 경과 시에 증가하여 18시간 경과 시에는 실험개시 때보다 2배 정도 높은값을 보였다. 그러나 17 α , 20 β -OHP는 양이 전혀 측정되지 않았다. 한편 배란 전 혈중 성 스테로이드 중 estradiol-17 β 은 24시간 전에는 2.77 ng/ml 이었으나 18시간 전에는 2.68 ng/ml, 12시간 전에는 2.54 ng/ml

ml, 6시간 전에는 2.93 ng/ml, 그리고 배란 직전에는 3.84 ng/ml로 계속 증가하는 경향을 나타냈으며, testosterone 역시 배란 24시간 전에 0.65 ng/ml, 8시간 전에 0.79 ng/ml, 12시간 전에 0.85 ng/ml, 6시간 전에 1.13 ng/ml, 배란 직전에 1.13 ng/ml로 estradiol-17 β 와 같은 경향을 보였다. 그러나 17 α -OHP는 배란 24시간 전에 0.07 ng/ml가 8시간 전에 0.14 ng/ml로 다소 증가하다가 12시간 전에 0.09 ng/ml로 다시 감소하여 6시간 전에 다시 회복되어 0.14 ng/ml를 나타냈다. 하지만 17 α , 20 β -OHP는 산란후와 마찬가지로 측정되지 않았다.

3) in vitro 실험에 의한 성숙과 배란유도

가) 호르몬 종류별 난모세포의 성숙유도

층거리가자미로 부터 분리된 난모세포를 이용하여 호르몬 종류와 농도별로 호르몬의 성숙유도가 가능한 스테로이드와 HCG을 투여하여 난모세포성숙(GVBD)효과를 조사한 결과는 Fig. 24에서 나타낸 바와 같다.

각 실험구별 5, 50 μ g의 농도에 따른 차이는 HCG와 스테로이드인 17 α , 20 β -OHP에서 효과가 있는 것으로 나타났으며, 그 유도율은 대조구 75.3% 일때 HCG는 5 μ g에서 88.2%, 50 μ g일때 87.1%로 각각 대조구에 비하여 12.9%, 11.8%의 효과가 있었다. 17 α , 20 β -OHP 역시 5 ng에서 92.5%, 50 ng에서 89.6%로 대조구에 비하여 15.8%의 높은 유도율을 보였으며, HCG와 17 α , 20 β -OHP를 혼합하여 처리된 실험구에서도 단독처리 실험구에 비하여 비슷한 5 ng에서 89.4%, 50 ng에서 88.6%로 대조구에 비하여 역시 14.1%, 13.3%의 높은 유도율을 보여 효과가 있음을 나타냈다. 그러나 progesterone이나 17 α -OHP는 5 ng, 50 ng모두 대조구에 비하여 상대적으로 낮은 수준으로서 효과가 없는 것으로 나타났다.

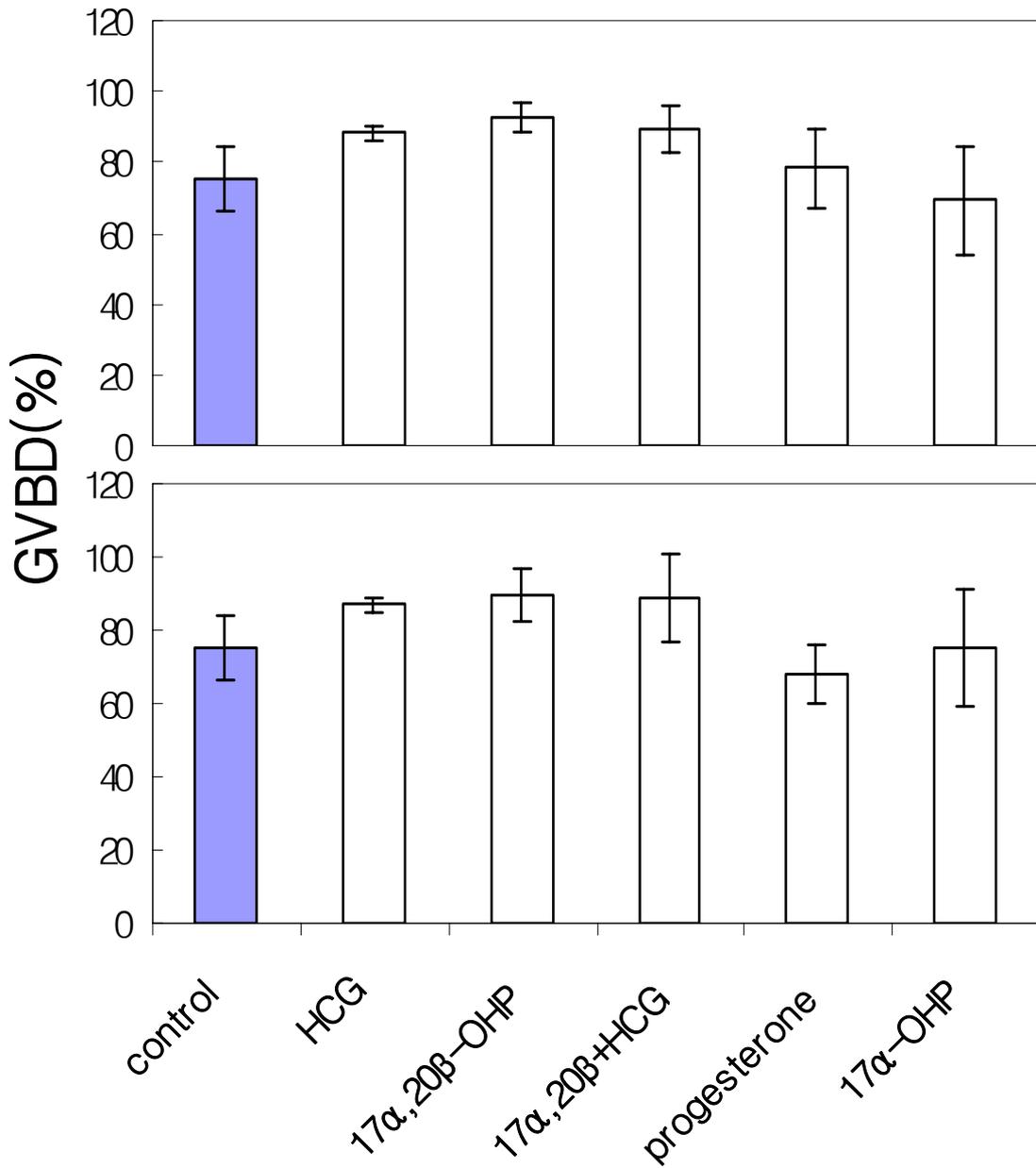


Fig. 18. In vitro effect of hormones on germinal vesical vesinal vesixle breakdown in Sand flounder, *Pleuronectes punctatissima* oocytes.

나) 호르몬조절에 의한 난모세포의 성숙효과

성숙에 관여하는 호르몬 중 배란에 효과가 있는 것으로 판단된 HCG와 $17\alpha, 20\beta$ -OHP에 대한 적정 처리농도와 효과에 대하여 난모세포의 성숙단계별 효과를 조사한 결과 HCG의 처리농도별 효과는 50, 100, 500 IU의 농도의 실험구로 나누어 조사되어 졌으며, 그 결과 농도별 차이는 크게 나타나지 않았으며, 50 IU 이상에서는 모두 효과가 있음이 확인되었다(Fig. 19).

처리농도별 발달 단계는 대조구에서는 핵 이동기가 전체의 57.4%였으며, GVBD 28.1% 배란이 3.4%였고, 핵이 이동되지 않은 상태도 11.1%였다. 그러나 HCG 50 IU 처리구 모두 비슷한 결과를 보였으며, GVBD는 대조구 28.1%가 50 IU에서는 52.8%, 100 IU 50.15%, 500 IU 55.2%로 처리 시 효과가 현저하게 나타났고, 배란은 대조구 3.4%, HCG 50 IU 4.2%, 500 IU 11.2%로 농도가 높을수록 성숙이 높은 경향을 보였다. 또한 성 스테로이드인 $17\alpha, 20\beta$ -OHP의 농도별 효과는 대조구는 핵 이동이 확인된 것이 56.7%였고, 전혀 이동되지 않은 것은 13.8%, GVBD 27.1%, 배란 2.4%로 GVBD의 효과가 큰 것으로 나타났다.

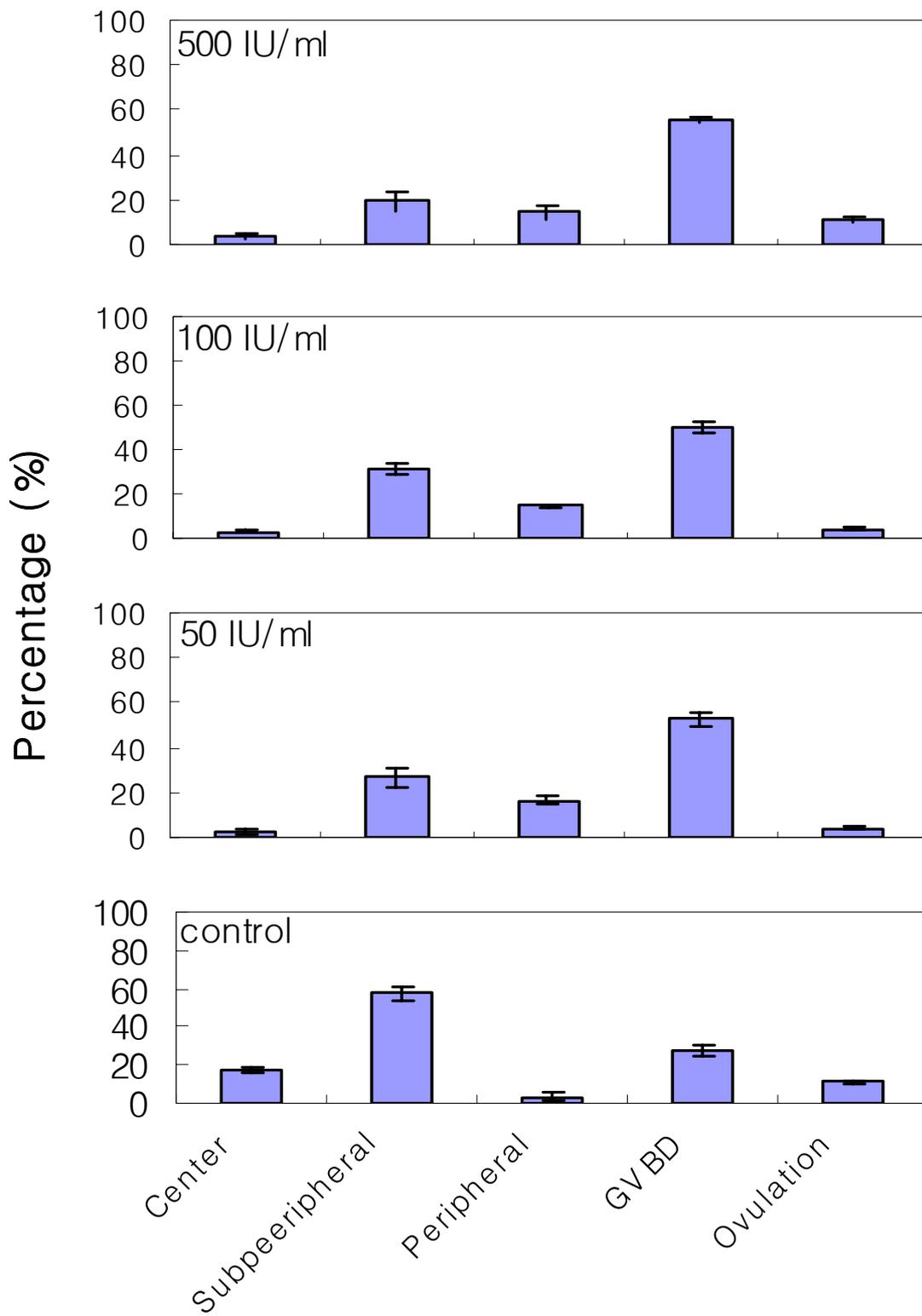


Fig. 19. The changes in percentage of the different maturational stages in Sand flounder, *Pleuronectes punctatissima* oocytes incubated with HCG.

17 α , 20 β -OHP는 농도별로 처리한 실험구는 Fig. 26에서 나타난 바와 같이 10ng 실험구에서 핵 이동이 39.6%이고, 50ng 실험구에서는 31.9%, 100 ng 에서는 25.7%, 500 ng 에서는 31.2%로 나타냈으며, GVBD는 상대적으로 대조구가 29.1%인 것이 10ng에서는 45.8%, 50 ng에서는 48.2%, 100 ng에서는 64.3% 그리고 500 ng 에서는 55.4%로 대조구에 비하여 현저히 높은 결과를 나타냈고, 배란효과는 대조구의 1.1%와 비슷한 1.7~2.5%의 수준을 보였다. 이로 볼 때 난모세포의 성숙효과는 17 α , 20 β -OHP와 HCG는 모두 경제성을 고려할 때 고농도에서의 효과는 기대하기는 어려운 것으로 나타났다.

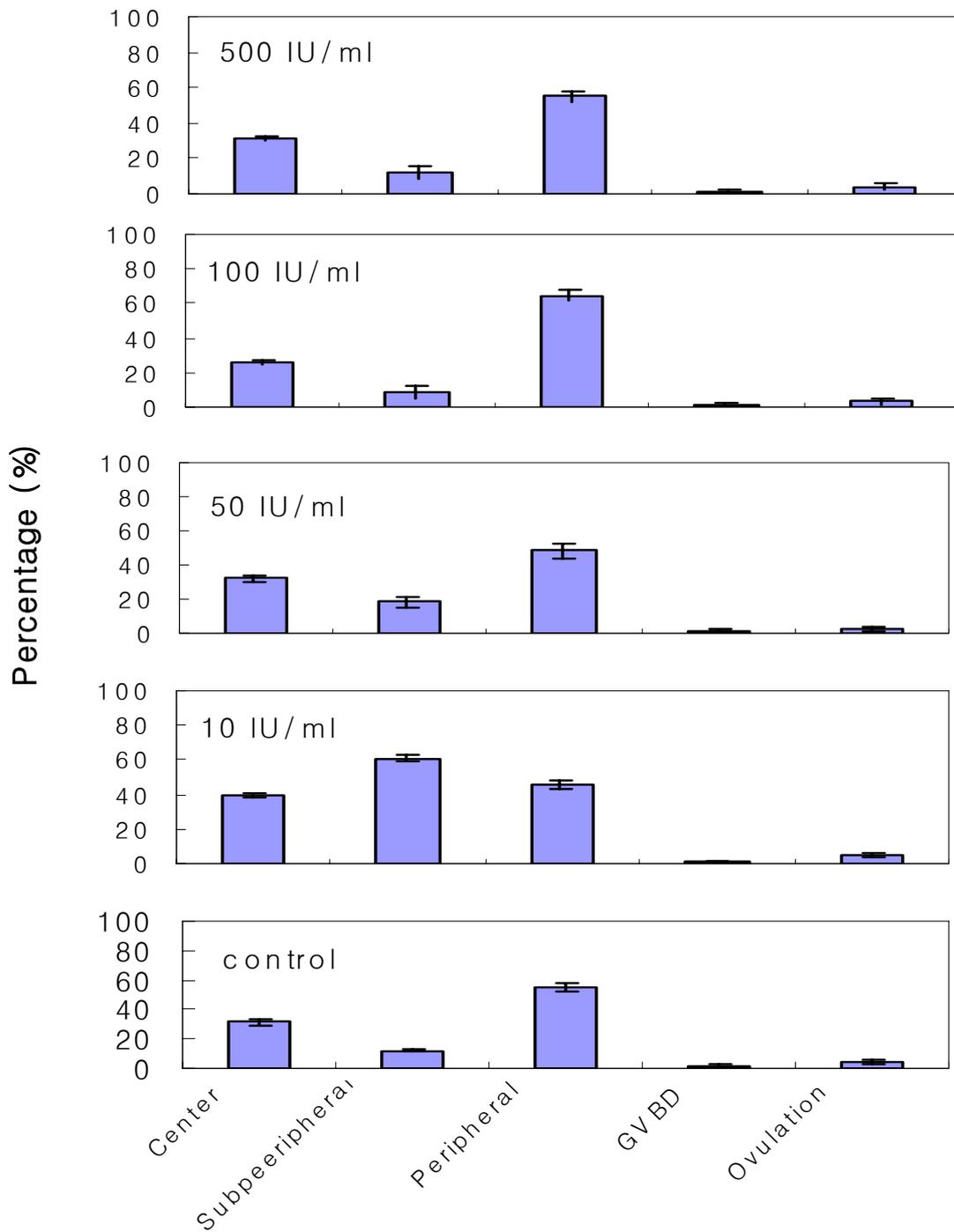


Fig. 20. The changes in percentage of the different maturational stages in oocytes incubated with $17\alpha, 20\beta$ -OHP.

나. 총거리가자미의 최적사육환경규명

1) 일반적인 난 및 치자어 발생 과정

총거리가자미의 수정란은 구형의 분리부성란으로 난경은 평균 $0.795 \pm 0.036\text{mm}$ 였으며, 유구는 관찰되지 않았다. 수정후에 난막은 난황으로부터 분리되고 배반이 형성된 후 반할에 의해 2세포기, 4, 8, 16, 32, 64세포기 및 상실기로 발달하였다.(Fig. 21)

이후 계속 분열하여 수정 후 5.7시간만에 64세포기에 달하였으며(Fig. 21-G) 그로부터 1.5시간 지나 수정 후 7.2시간만에 상실기에 달하였고(Fig.219-H) 15시간 후에는 포배기에, 수정 후 19시간에는 할구는 더욱 작아져서 배반은 차츰 난황을 덮어 내려와 배황을 형성하여 배순이 자라 올라가기 시작하였다. 수정 후 21시간에는 배반이 난황의 약 2/3를 덮어내려와 배순은 난황둘레의 1/3정도를 자라 올라가며, 23시간 후에는 배순이 난황둘레의 1/2정도를 자라 올라가 난황의 일부를 남기고 모두 덮여 있었다. 수정 후 27시간에 배체의 머리 부분이 발달하였고, 원구가 폐쇄되기 직전에 달하였으며, 그로부터 1시간이 지난 23.9시간 후에는 눈에 렌즈가 나타나기 시작하였고, 3개의 근절이 나타나 꼬리 부분에 Kupffer 씨포가 형성되었고, 몸에 흑색소포가 나타나기 시작하였으며, 근절은 6~7개로 증가하였다.

수정 후 34~36시간에는 Kupffer 씨포가 소실되었으며, 배체는 가끔 좌우로 움직이기 시작하였고, 이포가 분화하였다. 근절은 9~10개로 증가하였다.

수정 후 46시간에는 심장이 분화하여 박동하기 시작하였으며, 난황 위에 혈액이 흐르기 시작하면서 머리에 황색소포와 배체에 흑색소포가 증가하였다.

배체의 꼬리부분부터 막지느러미가 형성되어지면서 꼬리부분이 난황으로부터 분리되었으며, 15~16개의 근절이 분화된 후 소화관이 분화하기 시작하였고, 이포에 이석이 생겼으며, 배체는 난황의 2/3 정도로 자라면서 배체가 심하게 움직였다.

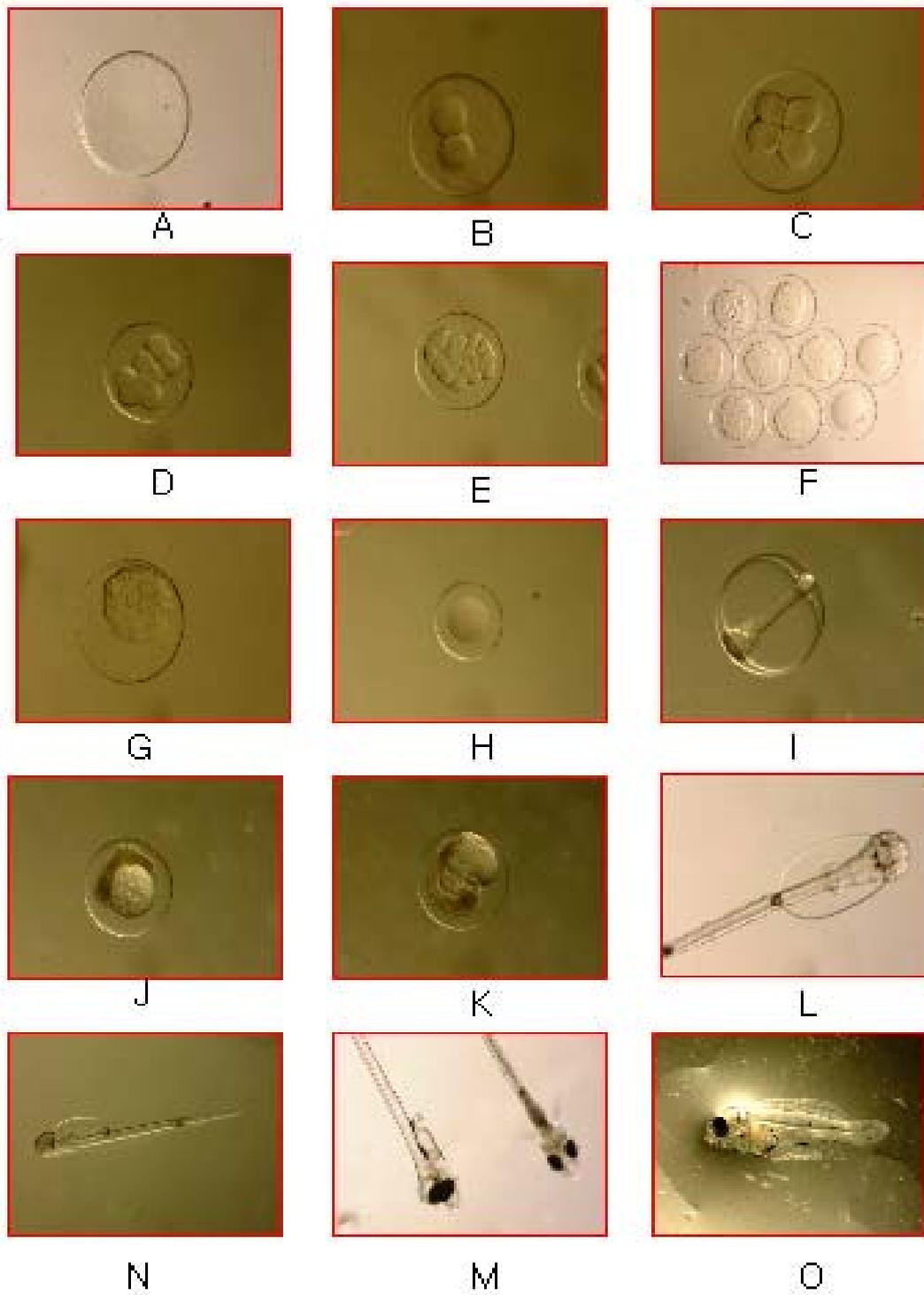
수정 후 41시간에는 배체가 발달하여 난황을 완전히 한바퀴 감쌌으며, 난막이 물렁해지고 아주 얇아져서 부화 직전에 이르렀다.(Fig. 21-K)

수정 후 43~45시간에는 배체가 계속하여 꿈틀거리면서 난막을 뚫고 머리부터 부화하기 시작하여 부화직후의 자어는 전장이 $1.414 \sim 2.424\text{mm}$ (평균 $1.785 \pm 0.37\text{mm}$)로 장경 $0.831 \sim 1.141\text{mm}$, 단경 $0.596 \sim 0.794\text{mm}$ 범위의 난황을 지니고 있었으며 눈은 황갈색을 띠며 흑색소포가 착색되어 있었고, 항문은 열려있으나 입은 열려있지 않았다. 항문은 몸의 1/3전방인 난황의 바로 뒤에 위치하였으며, 근절은 $11+24 \sim 25=35 \sim 36$ 개였다.(Fig. 21-L)

부화 후 5일째의 자어는 전장 $2.371 \sim 3.272\text{mm}$ (평균 2.69mm)로 몸은 가늘고 길어져 꼬리부분의 체측 및 막지느러미에 색소포가 등과 배쪽이 대응하는 위치에 나타나면서 증가하였다. 근절은 $10 \sim 11+25 \sim 27=35 \sim 38$ 개였다.(Fig. 21-M)

부화 후 10일째의 자어는 전장 3.51~4.28mm(평균 4.005mm)정도로 몸은 약간 측편되기 시작하였고, 체고가 증가하였으며, 머리는 커졌다. 척삭말단은 아직 위로 굽어지지 않았지만, 하미축골 아랫부분이 상당히 부풀어 올라있었다. 흑색소포의 분포는 큰 변화를 볼 수 없지만 등과 배쪽의 색소포는 서로 대칭적인 위치에 분포하였다.

부화 25일째의 자어는 전장 8.075~9.611mm(평균 8.926mm)로 머리는 더욱 커졌으며, 왼쪽 눈이 위로 약간 올라가면서 변태를 시작하였고, 체고는 더욱 증가하여 몸은 약간 측편형으로 되어졌다. 꼬리부분의 하미축골 아랫부분에 꼬리지느러미 줄기가 3~4개 나타나지만 다른 지느러미는 아직 막장이었고, 부채모양의 가슴지느러미는 더욱 분화하였다.(Fig. 21-O)



A : blastdisc fomation B : 2 cell stage C : 4 cell stage D : 8 cell stage E : 16 cell stage
 F : 32 stage G : 64 cell stage H : morula stage I : Kupffer ' s velcle J : myotomes stage
 K : hatching L : hatched larvae N : 1days old larvae M : 3days old larvae O : 25 days larvae

Fig. 21. The egg development and larvae of *Pleuronectes punctatissima* reared at 11.0°C.

2) 수온 및 염분에 따른 수정율 및 부화율

① 수온별 난 발생 시간

수온별로 각 발생단계에 이르기까지의 평균 소요시간은 Table 10에 나타났다. 5℃에서 상실기까지의 발생은 평균 28.0시간 경과하였으며 폐사한 개체는 거의 없었으나 부화자어까지 발생한 개체는 없었다.

20℃에서는 상실기 및 부화자어까지 평균 3.4, 24.8 시간이 소요되었다. 또한, 부화자어까지의 평균 소요시간은 8℃일 때 72.5시간, 11℃일 때 46시간, 17℃일 때 30.6시간인 것으로 나타나 수온이 높을수록 발생 단계별 소요 시간이 짧아지는 경향을 보였다.

자연수온에서는 상실기 및 부화자어까지 평균 24.9, 43.2 시간이 소요되었다 그러나 5℃에서의 배는 부화에 이르지 못하였다.

Table 10. Relationships between water temperature and time(hour) required to each developmental stage from fertilized egg *Pleuronectes punctatissima*.

Developmental stage	Water temperature(℃)						
	Natural (12~13.5)	5	8	11	14	17	20
8-cell	2.3	10.4	7.5	2.4	2.3	2.0	1.9
Morula	6.7	28.0	15.0	7.5	5.3	4.7	3.4
Kupffer's vesicle	24.9	54.0	39.6	27.0	20.8	17.7	14.6
Hatching	43.2	N D	72.5	46.0	39.8	30.6	24.8

N D : no more developed

이상의 결과를 그림으로 나타냈을 때, 수온별 발생속도는 직선함수적 관계를 나타냈다 (Fig. 22). X축은 수온, Y축은 경과시간을 나타내고 있으며, 이로부터 얻어진 수온(T : ℃)과 발생 단계별 소요 시간(t:hour)의 관계식은

8세포기 : $y = -1.16x + 6.7$ ($R^2=0.5834$)
 상실기 : $y = -2.6x + 14.98$ ($R^2=0.7932$)
 Kupffer씨포 출현기 : $y = -5.91x + 41.69$ ($R^2=0.8934$)
 부화자어기 : $y=-11.08x + 75.98$ ($R^2=0.8934$) 로 표시되었다.

층거리가자미의 부화 가능 수온은 9~15℃로서, 고수온에 매우 약한 경향을 보였다. 그러나 저수온에서는 즉시 폐사하지 않았으나 발생이 늦어짐으로써 부화율이 낮게 나타났다. 이러한 경과는 高橋 等(1987)이 치어(17.3~24.3mm)를 대상으로 한 수온에 따른 섭식과 생존실험에서 저수온에는 강하나 19℃ 이상의 고수온에서는 섭식률과 생존율이 급격히 감소한다는 보고와 관련이 있는 것으로 생각된다.

수온별 부화에 이르는 평균 시간은 盧 等(1988)의 12.5~13.5℃에서 72시간만에 부화한다는 결과와 비슷하였으며, 9~15℃범위에서는 수온이 높을수록 난발생 속도가 빨라지는 경향이 있었다. 특히 부화가 이루어진 9, 12 및 15℃에서의 수온과 난발생 속도는 정상관 관계를 가지므로, 생체 반응의 온도 의존성에 관한 지표인 Q_{10} 의 법칙에 부합된다고 할 수 있다.

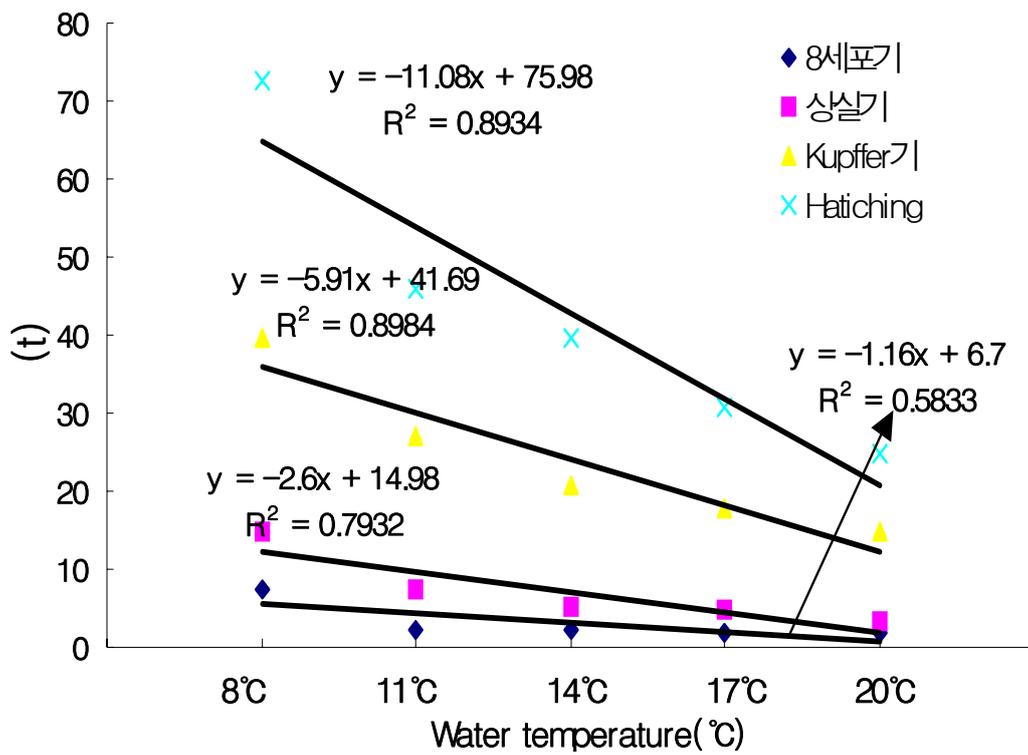


Fig. 22. Relationships between water temperature and time required to each developmental stage after fertilized of *Pleuronectes punctatissima*

② 수온별 난 발생에 따른 부화율

수온별 부화율은 자연수온 시험구보다 낮은 5°C 시험구의 부화율은 0%로 타 시험구

에 비하여 가장 저조한 결과를 나타내었다.

8℃ 시험구에서는 26.2%의 부화율로 나타났다. 그리고 자연수온 범위내에서 수온을 일정하게 해준 11℃ 시험구에서는 81.6% 및 14℃ 시험구에서는 80.3%로 75.6%보다 부화율이 높았다.

가온해수 시험구인 17℃ 시험구에서는 부화율이 35.2%로 자연수온보다 약간 높은 인위 수온에서의 부화율은 떨어졌다. 자연수온보다 약 6~7℃ 높은 20℃ 시험구에서는 4.8%로 나타났다

따라서, 층거리 가자미의 종묘생산시 최적종묘생산 수온은 11℃~14℃ 범위에서 실시하면 가장 효과적인 것으로 보인다.

발생과정중 경과시간에 따른 수정란의 수온별 생존율을 조사한 결과 Fig. 23과 같다.

20℃에서는 실험시작 후 16세포기까지 47.1%의 침하율을 보이다가 Hatiching까지 95.2%가 폐사하여 4.8%의 생존율을 보였으며 또한 8℃에서는 Hatiching까지 75.8%가 폐사하여 24.2%의 생존율을 보여 종묘생산 수온으로는 적당하지 않는 것으로 보인다. 그러나 수온 11, 14℃ 및 자연수온(11~14℃)에서는 Hatiching까지 75% 이상의 생존율로 종묘생산에 적당한 수온으로 보인다.

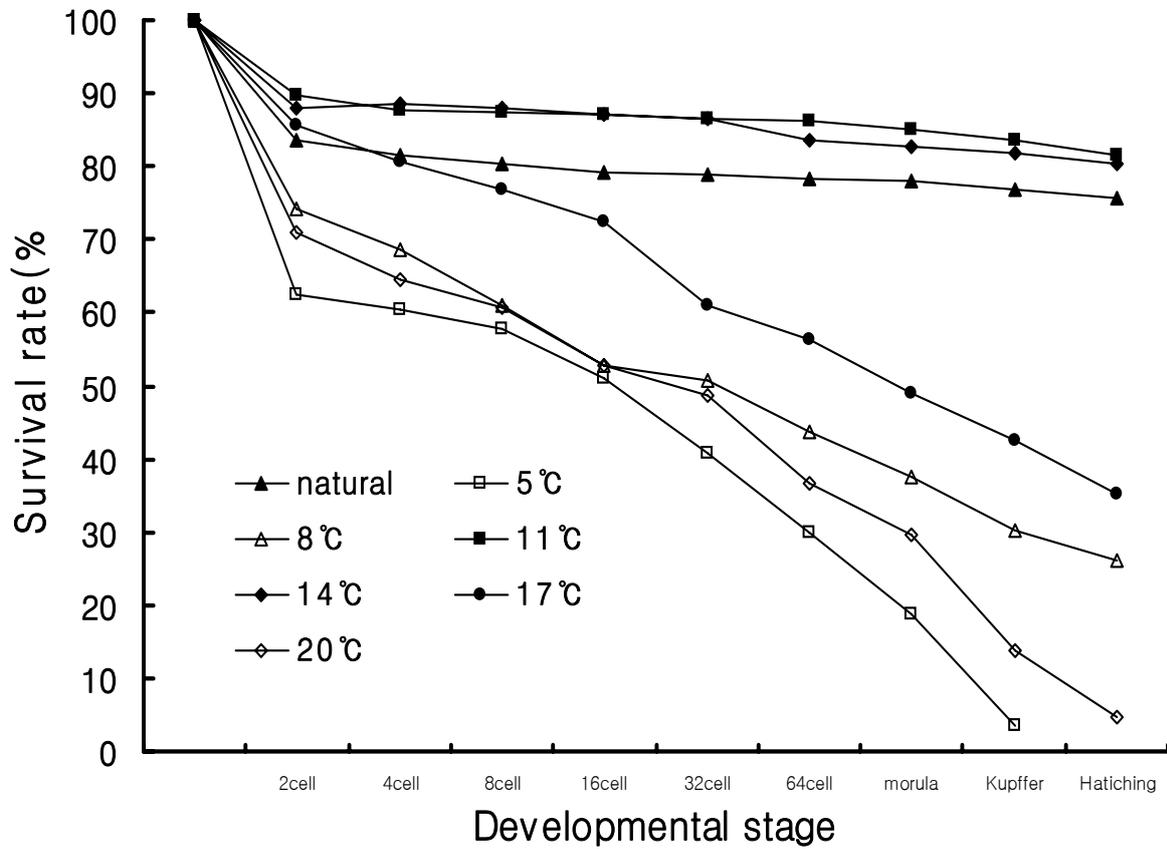


Fig. 23. Survival rate of fertilized eggs of *Pleuronectes punctatissima* at various water temperatures

③ 염분에 따른 부하율

염분별 난발생 속도와 각 발생 단계의 생존율을 구하기 위하여 증류수와 천일염을 혼합하여 만든 24, 27, 30, 33‰ 및 자연해수(31~33‰)의 실험해수에서 난발생 실험을 하였다. 이때 실험 해수의 수온은 수온별 실험에서 정상적인 난발생 경과를 보였던 11°C로 조절

해 주었다.

염분별 부화율은 자연해수 시험구보다 낮은 24‰ 시험구에서는 3.4%로 타 시험구에 비하여 부화율은 가장 저조한 결과를 나타내었다. 27‰ 시험구에서는 31.2% 부화율로 나타났고 가장 높은 결과는 자연해수의 81.6%의 부화율로 30, 33‰의 염분보다 부화율이 높게 나타났다.

자연해수보다 2~3‰ 높은 33‰ 시험구에서의 부화율은 78.3%로 나타내었다.

이상의 결과를 그림으로 나타냈을 때 염분별 수정란의 생존율을 경과 시간별로 나타내면 Fig. 30와 같다.

일반해수에 비해 낮은 염분인 24‰ 이하에서는 8세포기 부터 60~80%의 침하율을 보였으며, 부화자어까지 3.4%의 생존율을 보였다. 그러나 30‰과 고염분인 33‰해수에서는 부화시까지 각각 80.6%와 78.3%의 생존율을 보였다.

따라서, 염분 27‰이하의 저염분에서 수정란은 거의 침하하고 난막이 붕괴되었으며, 부화율도 상당히 낮은 반면에 30~34‰ 이상에서는 정상적인 부화율을 보였고 임의로 실시한 35‰과 38‰에서는 58~60%의 부화율을 보였으나 20% 정도의 부화자어가 정상적인 유영을 하지 못하고 떠있는 것이 관찰되었다.

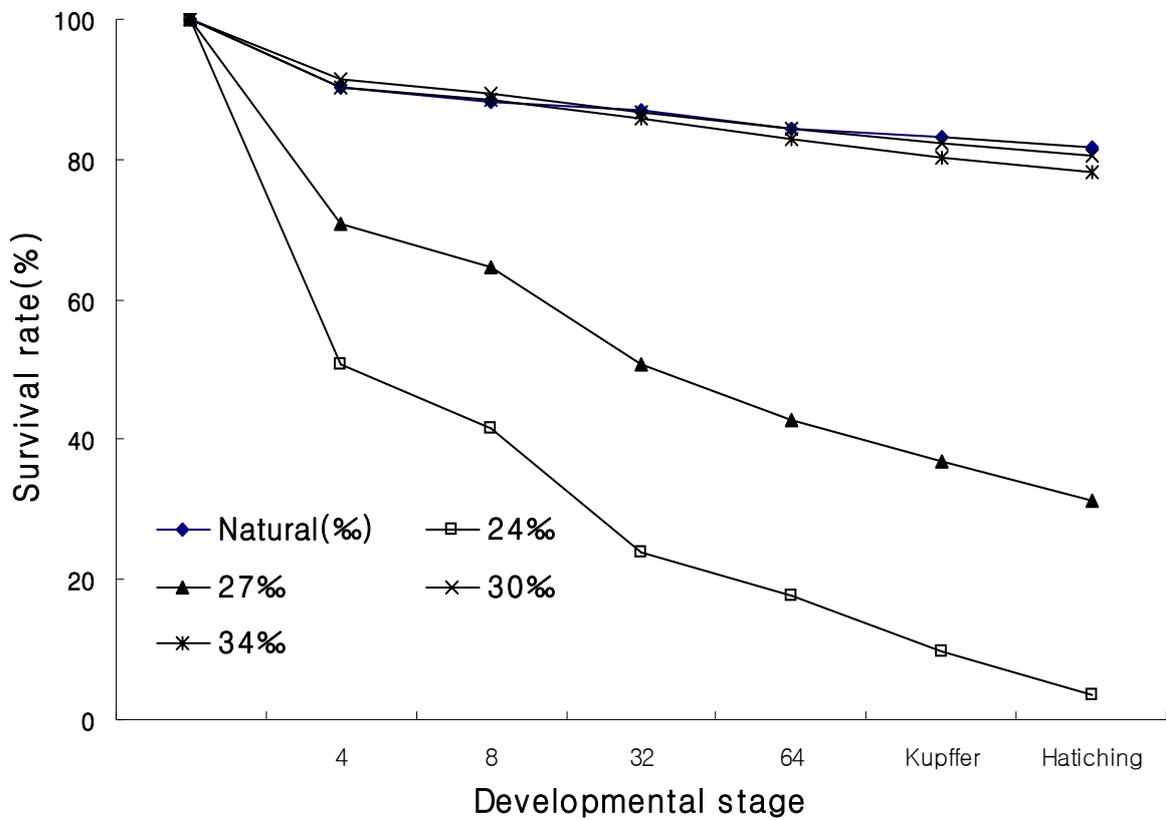


Fig. 24. Survival rate of fertilized eggs of *Pleuronectes punctatissima* at various salinities

3) 환경조건에 따른 치자어의 성장 및 생존율

① 수온별 성장 및 생존율

층거리 가자미 치자어의 80일간 수온별 사육기간 동안의 일반적 성장경향을 Fig. 31에 나타내었다. 자연수온 및 11, 14℃의 시험구에서는 성장이 양호하게 나타났지만 5℃ 시험구에서는 부화 1일째 평균전장이 1.695mm로 15일 경과 후 4.619mm로 성장하였으나 폐

사캐체가 증가하여 사육 17일째 모두 사멸하였으며 15일간의 일간성장율은 0.19mm로 나타났다.

자연수온(11~14℃)시험구에서는 부화 1일째 평균전장 1.785mm 였으며 80일이 지난 2003년 7월 9일에는 평균 28.131mm로 성장하였다.

수온 8℃ 시험구에서는 부화 1일째 평균전장이 1.715mm로 30일 경과 후 10.759mm로 성장하였으나 32일 이후 부터는 모두 폐사하였고 30일간 일간성장율은 0.30mm로 나타났다.

수온 17℃ 시험구에서는 부화 1일째 평균전장이 1.821mm로 40일 경과 후 15.451mm로 성장하였으나 43일 이후 부터는 모두 폐사하였다.

수온 20℃ 시험구에서는 부화 1일째 평균전장이 1.79mm로 15일 경과 후 5.618mm로 성장하였으나 20일 이후 부터는 모두 폐사하였다.

따라서 총거리 가자미 치자어의 최적사육수온은 11~14℃가 적당할 것으로 보인다.

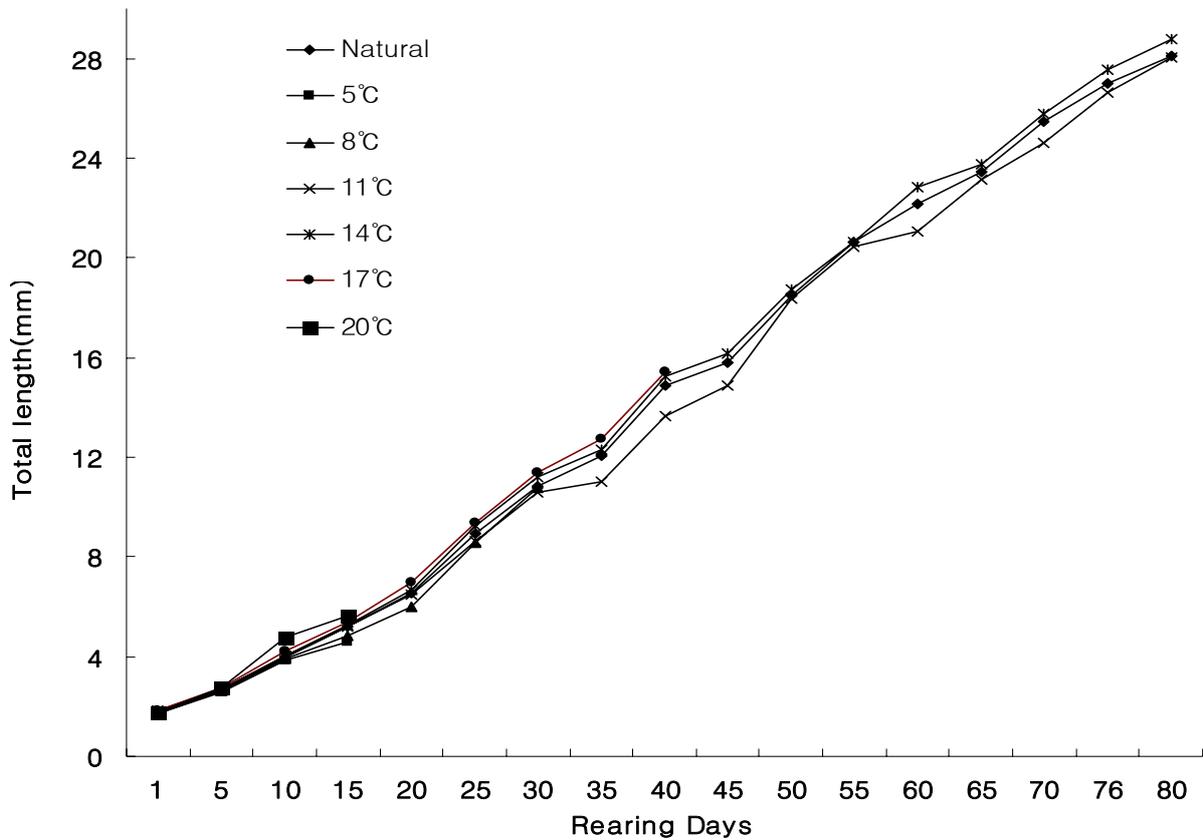


Fig. 24. Growth in total length of larval *Pleuronectes punctatissima* according to the water temperatures

수온별 증거리 가자미 치자어의 생존율은 Fig. 25와 같다. 부와 5일째에 자연수온시험구에서는 생존율 83%를 보였으나, 수온 5°C 및 8°C 수온시험구에서는 생존율이 35%, 53%로 매우 저조하였고, 5°C는 22일째 전량 폐사하였다. 도다리의 자어전기 사육에서 17~18°C의 경우 부화직후 2.7~2.9mm, 부화후 4일째에 3.8~4.1mm로 증거리가자미 부화후 5일째 평균 2.247mm로 성장은 차이가 있었지만 생존율은 35%로 증거리 가자미의 35%와 비슷하였다.

최적사육 수온에서의 70일간 생존율을 살펴보면, 자연해수는 8%, 11℃ 시험구는 17%, 14℃ 시험구는 12%로 사육기간이 길어짐에 따라 생존율도 저하되었다.

자연수온 및 11, 14℃의 시험구에서는 생존율이 각각 8% 및 17, 12%로 양호하게 나타났지만 5℃ 시험구에서는 사육기간이 경과함에 따라 폐사개체가 증가하여 사육 22일째 모두 사멸하였다. 8℃ 시험구에서도 5℃ 시험구와 마찬가지로 사육기간이 경과함에 따라 폐사개체가 증가하여 사육 31일째 모두 사멸하였으며 17℃ 시험구는 사육 32일만에 20℃ 시험구는 사육 18일만에 모두사멸 하였다. 따라서 증거리 가자미 치자어의 최적사육수온은 11~14℃가 적당할 것으로 보인다.

따라서, 증거리가자미의 변태는 부화 후 45일 부터 시작되었으며, 이때 전장은 15~16mm였으며, 수온 13.8℃, 비중 1.0259였다. 착저율이 높은 시기는 부화후 55일 경으로 이때까지 착저가 70%이상 진행되었다.

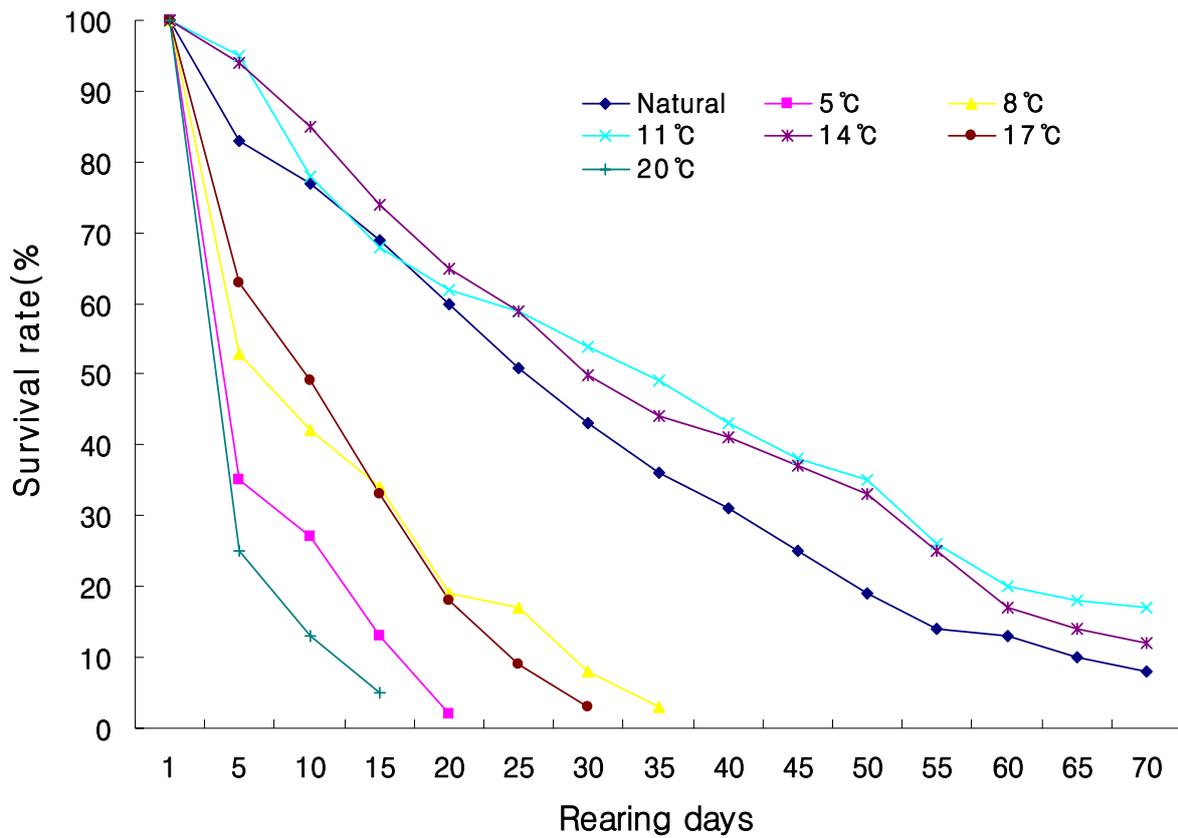


Fig. 25. Survival rate of larval *Pleuronectes punctatissima* according to different water temperatures

또한, 층거리자미 및 참가자미 치자어의 자연수온에서 일반적 성장을 비교한 결과 일반적 성장 경향 중 전장은 참가자미가 높게 나타났다(Fig. 26).

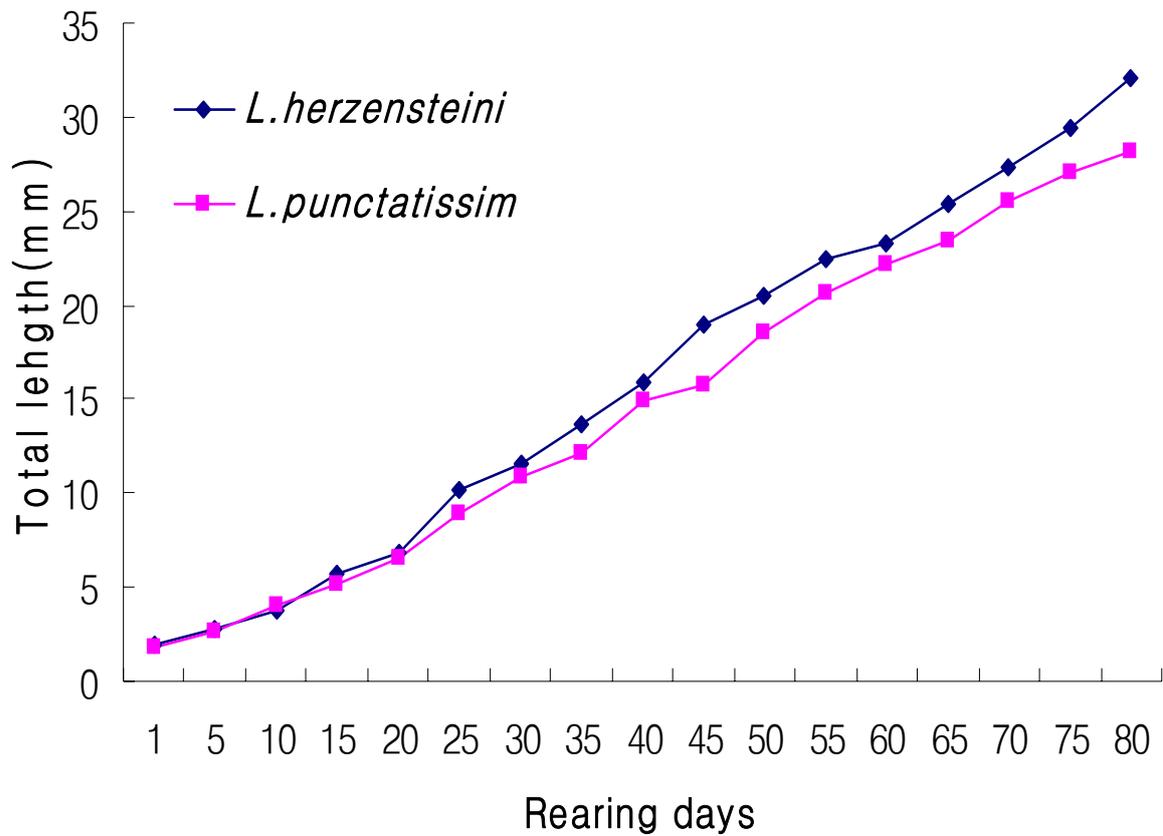


Fig. 26. Growth in total length of larval *P. punctatissima* and *P. herzensteini*

② 염분별 성장 및 생존율

충거리 가자미 치자어의 40일간 염분별 사육기간 동안의 일반적 성장경향을 Fig. 27에 나타내었다. 자연해수(31-34‰) 및 30, 34‰의 염분에서는 성장이 양호하게 나타났지만 24‰의 시험구에서는 부화 1일째 평균전장이 1.69mm로 5일 경과 후 2.46mm로 성장하였으나 폐사개체가 증가하여 사육 5일째 모두 사멸하였다.

자연해수(31-34‰)시험구에서는 부화 40일 경과 후 평균 14.91mm로 성장하였으며 34‰의 시험구에서는 부화 40일 경과 후 평균 15.23mm로 성장하였는 바 충거리 가자미 치자어의 최적사육 염분은 30~34‰가 적당할 것으로 보인다.

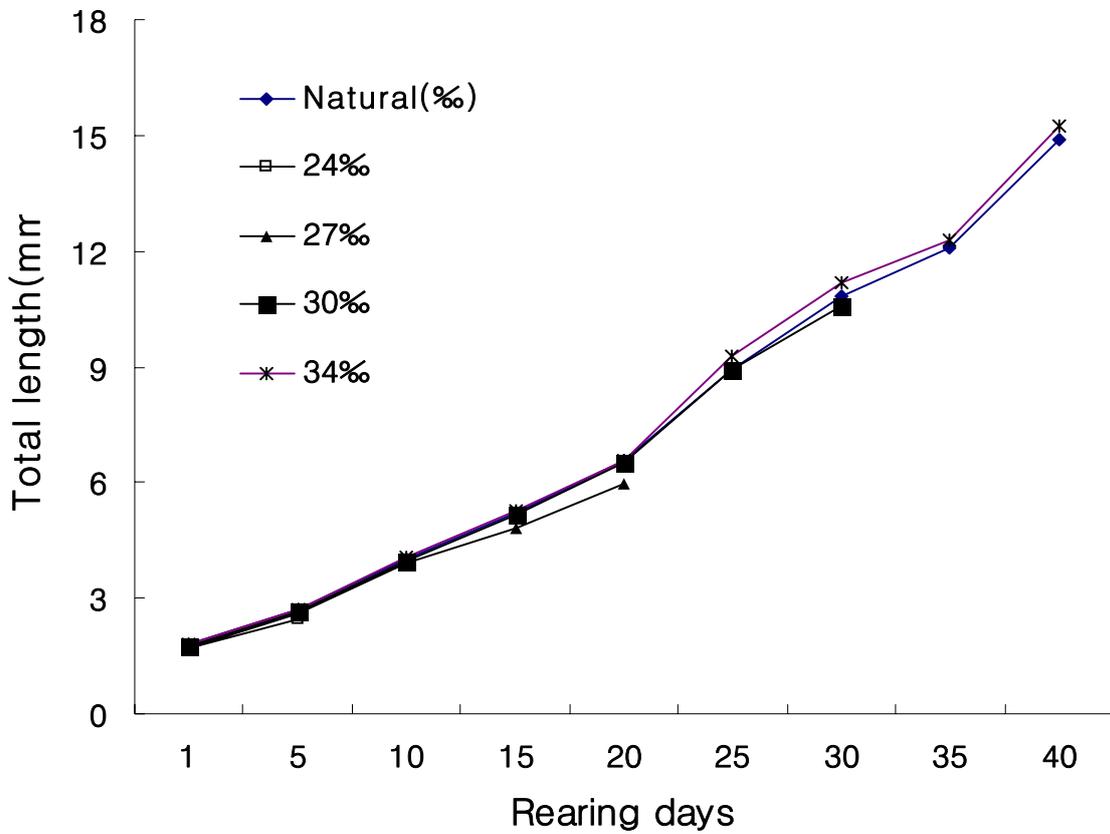


Fig. 27. Growth in total length of larval *Pleuronectes punctatissima* according to different salinities.

또한, 염분별 증거리 가자미 치자어의 생존율은 Fig. 28과 같다. 부화 40일째에 자연해수시험구에서는 생존율 23%를 보였으나, 24‰ 및 27‰의 시험구에서는 거의 사멸하였다.

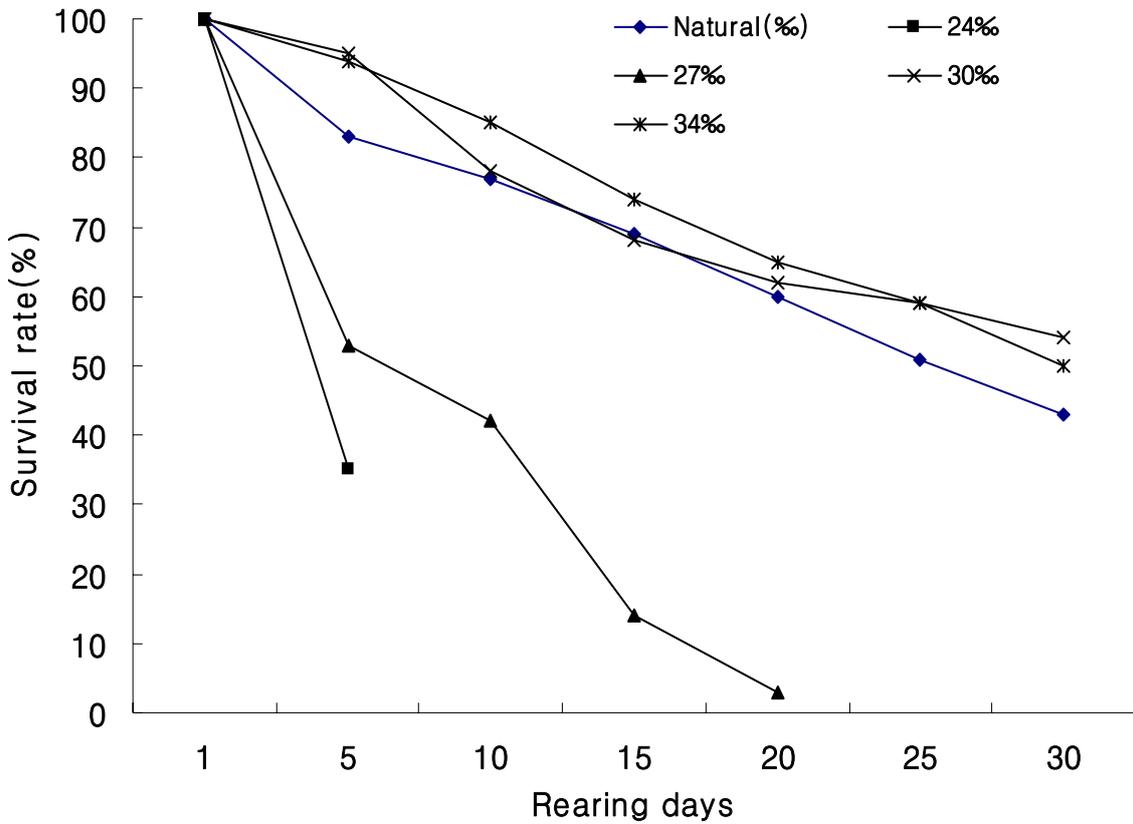


Fig. 28. Survival rate of larval *Pleuronectes punctatissima* according to different salinities.

4) 종묘생산과정에서의 환경변화

총거리가자미의 부화자어는 난황흡수기 끝난 뒤 1일 후부터 먹이를 먹기 시작 하였으며 초기 먹이로는 rotifer를 먹이로 공급하였고 난황흡수가 끝난 뒤 치자어의 일간 섭취량은 rotifer 3~4개체로 섭취량은 적었으며 전장이 증가할수록 섭취량은 계속 증가하였고 rotifer는 30일간 급이 하였으며 먹이 불임을 위하여 *Artemia nauplius*는 부화 후 20일 경과 후 급이하기 시작하였다. 치자어 사육 20일 후 부터는 *Artemia* 와 rotifer를 혼합

하여 공급하였으며 30일 후 부터는 *Artemia* 만 공급하다가 배합사료의 먹이 붙임을 위하여 부화 60일 부터는 250 μ m의 미립자 배합사료를 공급하였다.

충거리 가자미의 난 입식현황을 살펴보면, 2차년도 연구기간 동안인 2003년 4월 19일부터 26일 까지 경상북도 수산자원개발연구소에서 자연산란 및 인공수정으로 총 120만립을 수정시켜 그중 80만립을 부화시켰다. 수정란은 총 4회에 걸쳐 사육수조에 입식하였는데 1차는 총 30만립였으며 2차 10만, 3차 20만, 4차 20만립으로 주 산란시간은 02~04시로 보이며 부화 후 자연수온에서 사육하였다.

3차년도 연구기간 동안은 어미확보가 가장 큰 문제로 대두 되었으나 강원도로부터 연구시험조업(소형기선저인망)을 2004년 3월부터 5월까지 허가 받은 뒤 주·야로 조업을 하여 어미를 확보하였으며 2004년 5월초에 강원도 수산양식시험장에서 총 200만립을 수정시켜 그중 150만립을 부화하여 각 실험에 사용하였다.

한편, 2005년도 4월 20일부터 5월 20까지 강릉시 안인 연안과 주문진 연안에서 삼중자망으로 채집한 충거리가자미 성숙 어미로부터 총 100만립의 수정란을 부화시켜 최적먹이 생물 규명 및 먹이별 에너지 수치 평가에 이용하였다.

80일간의 종묘생산 결과 자연해수에서의 성장은 평균전장 28.13mm 였으며 생존율은 4%로 나타났다(Fig. 29).

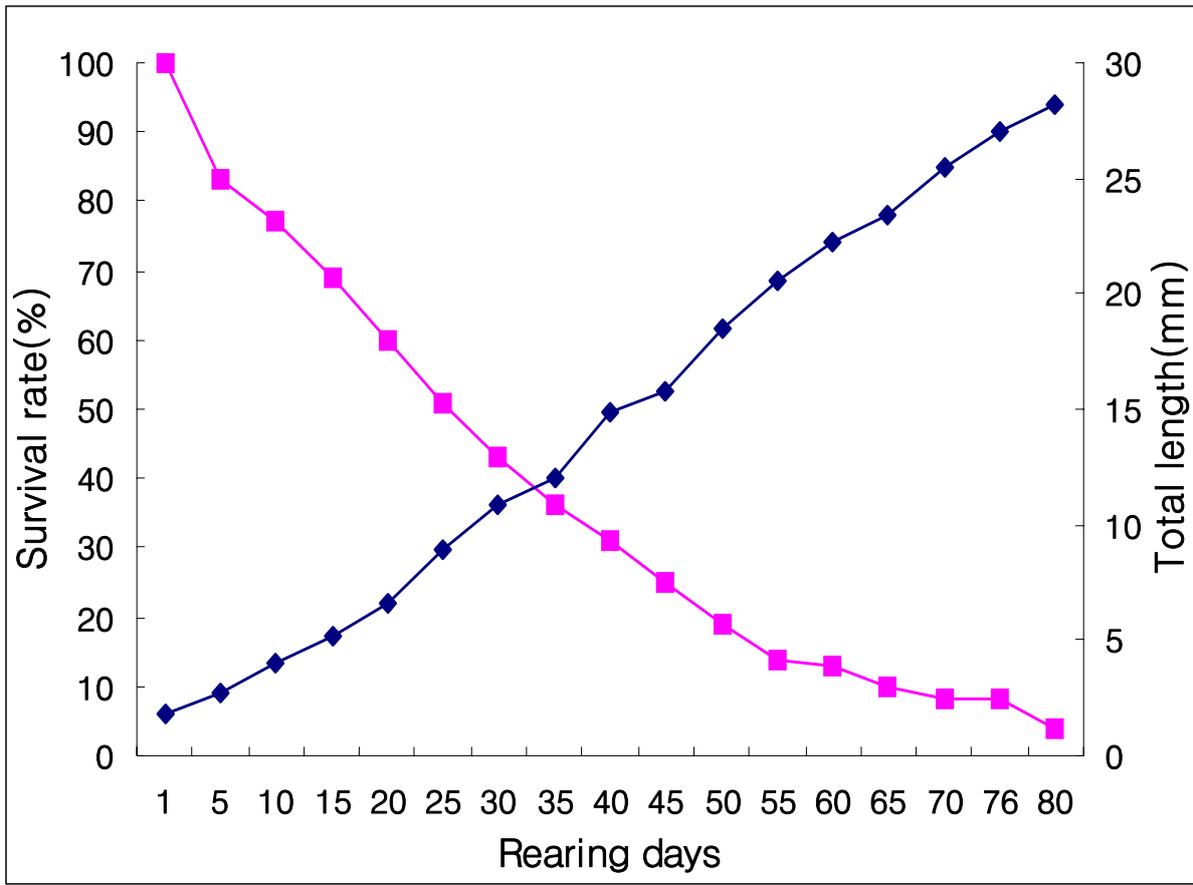


Fig. 29. Survival rate of larval *Pleuronectes punctatissima*.

3. 초기 치자어의 생존을 향상을 위한 먹이생물학적 연구

가. 초기먹이생물의 종 조성 연구

1) 동물성 플랑크톤

충거리가자미 분포지역에서 출현한 동물플랑크톤은 총 14분류군(강장동물, 환형동물, 패충류, 요각류, 단각류, 난다바곤쟁이류, 곤쟁이류, 모악동물, 유형류, 탈리아류, 기타 유생 등)으로 출현하였으며 이 중 13종이 종 순위까지 분류되었다(Table 11).

또한 저서 동물은 2002년 9월에서는 절지동물이 8종으로 가장 많이 출현하였고, 환형동물이 4종 그리고 연체동물이 2종 출현하였다.

2003년 5월은 23종으로 가장 많은 종수를 보였으며, 절지동물과 환형동물이 7종으로 같은 종수를 보였으며 연체동물이 6종이 출현하였고, 극피동물은 3종으로 가장 적었다.

각 출현 분류군 비율을 살펴보면 연체동물 유생이 47%, 십각류 유생이 28% 그리고 요각류가 11속 12종으로 24%를 차지했다.

여름철 조사는 동물플랑크톤은 총 8분류군(지각류, 요각류, 단각류, 난바다곤쟁이류, 십각류, 모악동물, 유형류, 기타 유생 등)으로 18종류가 출현하였으며 이 중 11종이 종 순위까지 동정되었다(Table 11).

지각류(Cladocera)가 2속 3종으로 전체 동물플랑크톤 개체수의 83%를 차지했으며 요각류가 8%, 모악동물(Sagittoidea)이 7%, 유형류와 단각류(Amphipoda)가 각각 1%를 차지했다.

여름철과 마찬가지로 동물플랑크톤은 총 8분류군(요각류, 단각류, 난바다곤쟁이류, 모악동물, 유형류, 기타 유생 등)으로 23종류가 출현하였으며 이 중 13종이 종 순위까지 동정되었다(Table 13). 여름철에 우세했던 지각류는 나타나지 않았고 요각류가 전체 동물플랑크톤의 대부분을 차지하였다.

동물플랑크톤 출현량은 정점 1에서 88 ind./m³로 가장 낮게 그리고 정점 2에서 1,344 ind./m³로 가장 높게 나타났다. 우점종으로 정점 1에서는 십각류 유생이 21개체(24%), 연체동물 유생과 Copepodite가 각각 18% 그리고 *Paracalanus indicus*가 14%를 차지했으며 정점 2에서는 연체동물의 유생이 그리고 500m 지점에서는 십각류 유생이 각각 평방 미터당 968개체(72%)와 444개체(86%)를 나타내 가장 우점하였다.

Table 11. 봄철에 채집된 동물플랑크톤의 정점별 출현

(ind./m³)

Species/ Stations	남해1	남해2	남해3	남해4
Class Hydrozoa				
<i>Bougainvillia</i> sp.	-	0	-	-
<i>Dipurena</i> sp.	-	0	-	-
Class Maxillopoda				
Subclass Ostracoda	0	-	-	-
Subclass Copepoda				
<i>Acartia hudsonica</i>	2	14	10	11
<i>Calanus pacificus</i>	0	-	0	1
<i>Calanus sinicus</i>	-	-	-	-
<i>Centropages abdominalis</i>	0	1	2	8
<i>Eurytemora affinis</i>	1	-	-	0
<i>Paracalanus aculeatus</i>	4	7	3	2
<i>Paracalanus crassirostris</i>	-	-	-	-
<i>Paracalanus indicus</i>	11	17	8	7
<i>Pseudocalanus</i> sp.	4	16	2	4
<i>Sinocalanus tenellus</i>	0	56	2	1
<i>Corycaeus affinis</i>	2	14	1	2
<i>Corycaeus</i> sp.	-	-	-	-
<i>Oithona</i> sp.	0	0	0	0
<i>Oncaea media</i>	-	-	-	0
<i>Monstrillopsis</i> sp.	-	0	-	-
Harpacticoida	4	1	-	-
Copepodite	16	203	41	36
Copepoda nauplius	-	-	-	-
Class Malacostraca				
Amphipoda	5	0	1	0
Class Sagittoidea				
<i>Sagitta crassa</i>	-	-	0	0
<i>Sagitta enflata</i>	-	-	-	-
Class Appendicularia				
<i>Oikopleura dioida</i>	-	-	-	-
<i>Fritillaria</i> sp.	185	0	-	1
Larvae:				
Hydrozoa larvae	1	0	8	-
Mollusca larvae	18	15	968	16
Decapoda larvae	6	21	23	102
Polychaeta larvae	1	0	13	1
Total	244	88	1344	190

Table 12. 여름철에 채집된 동물플랑크톤의 정점별 출현량

(ind./m³)

Species/ Stations	남애1	남애2	남애3	남애4
Class Branchiopoda				
Order Cladocera				
<i>Penilia avirostris</i>	10	1	6	
Class Maxillopoda	0	0	0	0
Subclass Copepoda	0	0	0	0
<i>Acartia omorii</i>				
<i>Paracalanus aculeatus</i>				
<i>Paracalanus indicus</i>	3	1	1	
<i>Pseudocalanus</i> sp.				
<i>Oithona</i> sp.				
<i>Oncaea media</i>				
Copepodite	11	11	2	3
Copepoda nauplius	2			
Class Malacostraca	0	0	0	0
Order Amphipoda		1		3
Order Euphausiacea				
Order Decapoda				
Class Sagittoidea	0	0	0	0
<i>Sagitta crassa</i>	2	1	14	
Class Appendicularia	0	0	0	0
<i>Oikopleura dioida</i>	2		1	
Larvae:	0	0	0	0
mysis				3
Total	100	100	100	100

Table 13. 가을철에 채집된 동물플랑크톤의 정점별 출현량

(ind./m³)

Species/ Stations	남애1	남애2	남애3	남애4
Class Maxillopoda				
Subclass Copepoda				
<i>Acartia erythraea</i>			0	
<i>Acartia hongii</i>		0		0
<i>Acartia hudsonica</i>	0	1	0	
<i>Acartia pacifica</i>	5	0		
<i>Paracalanus aculeatus</i>				
<i>Paracalanus indicus</i>	41	76	69	74
<i>Pseudocalanus</i> sp.				
<i>Undinula vulgaris</i>		0	0	0
<i>Corycaeus affinis</i>	4	5	0	1
<i>Corycaeus</i> sp.			0	
<i>Oithona</i> sp.	2	0		0
<i>Oncaea media</i>			0	1
Copepodite	39	16	28	22
Copepoda nauplius	6			0
Class Malacostraca	0	0	0	0
Order Amphipoda		0		
Order Euphausiacea			0	
Class Sagittoidea	0	0	0	0
<i>Sagitta crassa</i>			0	
<i>Sagitta enflata</i>			0	
Class Appendicularia	0	0	0	0
<i>Oikopleura dioida</i>	2		0	0
Larvae:	0	0	0	0
Hydrozoa larvae				
Mollusca larvae	1			
Decapoda larvae				
Total	100	100	100	100

2) 어란 · 치자어

조사기간 중 채집된 치자어는 모두 16개 분류군으로 이 중 종 수준까지 동정된 수는 모두 10개, 속수준은 2개, 과수준은 4개 분류군이였다. 분류체계 및 학명은 Okiyama(1988)를 따랐다.

분류된 어란은 두 종으로 멸치(*Engraulis japonicus*)와 엘퉁이(*Maurolicus muelleri*)였으며 나머지 어란은 미동정되었다. 출현비율은 멸치가 36.2%를 차지하였고, 엘퉁이는 0.1% 미만으로 매우 적은 출현비율을 나타냈다. 그 밖에 기타 미동정 어란은 63.8%였다.

치자어는 조사계절 모두 출현하였으며, 모두 16개 분류군이 동정되었다. 계절별 종조성은 표 3-1과 같다. 종별 출현량 비율을 보면 멸치가 전체 출현량의 52.0%로 가장 높았고, 다음으로 보리멸(*Sillago sihama*)이 19.8%였으며, 엘퉁이가 4.9%, 청베도라치(*Pictiblennius yatabei*)가 4.7%, 뚝양태류(*Callionymidae* spp.)가 4.1%로 이들 다섯 종이 전체 출현비율의 85.5%를 차지하였다. 나머지 분류군은 4.0% 미만이었다. 치자어의 출현 종수는 봄철에 12종으로 가장 많았고 여름철과 가을철에 각각 4종, 2종이 출현하였다.

어란의 계절별 평균 출현량은 105-7,822 개/1,000m³ 범위로 여름철에 가장 높고, 가을철, 봄철 순이었다. 이는 부유성 어류의 산란이 시작되는 봄철에 높아지기 시작하여 여름철인 7, 8월에 가장 높고, 가을철인 9, 10월경부터 급격히 줄어들어 다음해 봄철부터 다시 높아지는 우리 나라 연안의 일반적인 양상을 보였다(Table 14).

Table 14. 조사해역에서 채집된 어란과 치자어의 계절별

(ind./1,000m³)

학 명	봄	여름	가을	합계	백분율(%)
어란					
<i>Engraulis japonicus</i>	1.3	3,981.7	15.4	3,998.4	36.2
<i>Maurolicus muelleri</i>	1.1			1.1	*
미동정	102.7	3,840.4	3,115.0	7,058.0	63.8
합계	105.1	7,822.1	3,130.4	11,057.5	100.0
치자어					
<i>Engraulis japonicus</i>	2.0	23.5		25.5	52.0
<i>Sillago sihama</i>		9.7		9.7	19.8
<i>Maurolicus muelleri</i>	2.4			2.4	4.9
<i>Pictiblennius yatabei</i>		2.3		2.3	4.7
Callionymidae spp.		1.0	1.0	2.0	4.1
<i>Repomucenus</i> sp.			1.6	1.6	3.3
<i>Lumpenus sagitta</i>	1.3			1.3	2.6
<i>Liparis tanakai</i>	0.7			0.7	1.5
Gobiidae spp.	0.7			0.7	1.4
<i>Clupea pallasii</i>	0.6			0.6	1.3
<i>Luciogobius</i> sp.	0.6			0.6	1.2
<i>Sebastes thompsoni</i>	0.5			0.5	1.0
<i>Astrocottus matsubarae</i>	0.4			0.4	0.8
<i>Hypsagonus quadricornis</i>	0.4			0.4	0.8
Cottidae spp.	0.3			0.3	0.6
Pleuronectidae spp.	0.1			0.1	0.1
합계	9.9	36.5	2.6	49.0	100.0

3) 저서동물

다모류가 14종으로 가장 많은 종이 출현하였고, 절지류가 13종 연체동물이 8종 지타종이 1종으로 나타났으며 개체수 밀도에 있어서는 230 ind./m² 으로 높게 나타났다.

생물군별로는 연체동물이 138.3 ind./m²로 전체의 60.1%로 높은 밀도를 보였으며, 환형동물이 63.3ind./m² 으로 27.51%로 이두 동물군이 전체의 87%에 달하는 밀도를 보였다 (Table 15) .현존량(생체량)에 있어서는 60.48 g/m²의 현존량을 보였다.

연체동물이 다량 출현하여 복족류(Gastropoda)인 밤색띠고둥(*Olivella japonica*) 가 92.5 ind./m², 의 밀도로 35.13%를 나타내어 최우점종으로 기록되었으며, 옆새우류인 Gammaridae sp. 가 20.83ind./m² (7.92%) 빨조개(*Antalis weinkauffi*)가 17.5ind./m²(6.6%)를 나타내었다(Table 16).

Table 15. 각 조사지역에서 채집된 저서생물

group	개체수밀도 (ind./m ²)	출현종수	현존량 (g/m ²)
Polychaeta	63.3	14	38.55
Mollusca	138.3	8	2.9167
Arthropoda	21	13	1.8083
Others	7.5	1	17.208
Total	230	36	60.483

Table 16. 남해 지역에서 나타난 주요 우점종 (밀도: ind./m²)

국문종명	Species station	St.1	St.2	St.3	St.4	개체 수	밀도	%
밤색띠고둥	<i>Olivella japonica</i>	3	52	52	4	111	92.50	35.13
	<i>Gammaridae sp.</i>		25			25	20.83	7.91
빨조개	<i>Antalis weinkauffi</i>				21	21	17.50	6.65
대북	<i>Gomphina veneriformis</i>	9	7	1	3	20	16.67	6.33
작은부채발갯지렁이	<i>Eteone longa</i>	8		7		15	12.50	4.75
	<i>Stegocephaloides sp.</i>	8		2	3	13	10.83	4.11
북방백금갯지렁이	<i>Nephtys caeca</i>			11		11	9.17	3.48
빨눈새우	<i>Ogyridos orientalis</i>			11		11	9.17	3.48
	<i>Orchomene obtusa(Sars)</i>				9	9	7.50	2.85
연잎성게	<i>Scaphochinus mirabilis</i>	6	3			9	7.50	2.85
갯모갯지렁이	<i>Haploscoloplos elongatus</i>				7	7	5.83	2.22
비단고둥	<i>Umbonium costatum</i>		6	1		7	5.83	2.22
바다대벌레	<i>Amp caprella sp.</i>	7				7	5.83	2.22

나. 먹이생물의 대량배양 기술개발

1) *Paracalanus sp*의 서식 특성 및 수온에 따른 성장

본 실험에서 사용한 *Paracalanus sp*는 저서성이면서 벽면에 부착 또는 포복하는 습성이 있는 요각류이지만 어느 정도 개체밀도가 높아지면 대부분 부유하는 습성이 있어 배양이 용이하며 해산어류 자치어의 먹이생물로 이용이 가능할 것으로 판단된다.

수온에 따른 각 *Paracalanus sp*의 성체로부터 부화된 총 nauplius 수, 일일 nauplius수, 포란한 암컷의 생존기간 및 부화한 nauplius의 발달기간은 Table 14에 나타내었다.

수온에 따른 *Paracalanus sp*의 성체로부터 부화된 nauplius 수가 24℃와 28℃가 92.3개체와 74.9개체로 16℃, 20℃, 32℃보다 유의적으로 높게 나타났다.

Table 17. Effect of water temperature on the fecundity, development and female lifespan of *Paracalanus sp*.

Temperature (°C)	Fecundity /female	Period of nauplius stage (days)	Maturation period of nauplius (days)	Female lifespan ¹
16	22.8±0.31 ^d	9.2±0.51 ^c	20.1±1.52 ^c	5.9±0.57 ^a
20	17.1±0.30 ^c	6.3±0.83 ^b	10.3±0.59 ^b	5.8±1.03 ^a
24	13.8±0.31 ^b	5.2±0.79 ^{ab}	9.3±0.36 ^b	10.9±1.92 ^b
28	9.1±0.23 ^a	4.3±0.61 ^a	6.8±0.65 ^a	12.3±4.14 ^b
32	-	3.5±0.40 ^a	5.8±0.21 ^a	9.9±1.65 ^{ab}

Values (mean±SE of replications) in the same column not sharing a common superscript are significantly different (P<0.05).

¹Female lifespan : the number of days between production of the first egg sac and day at death

Nauplius에서 성체까지 발달하는데 걸리는 시간을 보면 16℃는 22.8일, 20℃는 17.1일, 24℃는 13.8일, 28℃는 9.1일로 수온이 높을수록 빨리 성숙하는 것으로 나타났다. 32℃

같은 경우에는 nauplius가 copepodid까지는 발달했지만 성숙하지 못하고 모두 폐사하였다.

*Paracalanus sp*의 산란기간은 기간은 16°C가 9.2일로 가장 길게 나타났으며, 수온이 높을수록 짧아지는 경향을 보였으며 수온이 낮을수록 산란기간도 긴 것으로 나타났으며, 수온이 높을수록 부화기간은 짧아지는 것으로 나타났으며 성체의 생존 기간은 28°C, 32°C가 5일, 6일로 가장 짧았고 24°C, 28°C가 9일, 10일 이었으며, 16°C가 20일로 성체의 생존기간은 가장 길었다. 따라서 수온이 낮을수록 성체의 생존기간이 긴 것으로 나타났으며 본 실험에서 28°C가 높은 일일 생산력, 빠른 성숙기간을 보여 대량배양을 위한 최적 수온인 것으로 판단된다.

Nauplius의 밀도는 실험 17일째 10개체 최고밀도였으며, 1일부터 10일까지 처음에는 개체보다 적다가 갑자기 11일부터 개체가 늘었다가 12일째에 7개체로 떨어졌다가 13일째부터 조금씩 증가하면서 17일째 최고밀도인 10개체로 되었으며, 그 후 조금씩 떨어지고 일일평균 개체는 6개체였다.

*Paracalanus sp*의 밀도는 배양 기간동안 초기에는 nauplius가 대부분을 차지하였으나 시간이 경과할수록 성체의 비율이 증가하였다.

지금까지 요각류의 대량배양은 *Acartia sp.*, *Tigriopus japonicus*, *Oithona sp.*, *Eurytemora sp.*, *Tachidius triangularis*. 등을 대상으로 시도된 적이 있지만, 아직 광범위하게 이루어지고 있지 않다. 그러나 양식 산업을 위해서 의 대량 배양은 *Artemia cyst*를 대체할 수 있으며, 직접 채집하여 먹이로 공급하는 것보다 경제적인 장점이 있다. 군집배양에서는 *Paracalanus sp* nauplius의 밀도 실험에서는 10개체가 최고의 밀도로 나타났다. 더 높은 생산을 위해서는 최적 배양환경을 규명하기 위한 염분과 먹이 등 더 많은 연구가 이루어져야 할 것으로 판단된다.

다. 치자어의 먹이생물 영향강화에 따른 성장 및 생존율

층거리가자미의 인공종묘생산 기술개발실험의 일환으로 1차 먹이생물인 Rotifer 영양강화에 따른 성장, 생존율 등을 실험한 결과 다음과 같다.

먹이별 실험결과 40일간 로티퍼를 Chlrolla로 영양강화시킨 시험구가 전장 14.23mm로 증가하여 성장 및 생존율이 69%로 타 시험구에 비해 양호하였다.

로티퍼를 종류별로 영양강화하여 40일간 시험한 결과, Chlrolla로 영양강화시킨 시험구는 전장이 12.48mm가 증가하여 일간성장률은 0.312mm로 나타났고, Squid liver oil로 영양강화한 것은 12.48mm가 증가하여 일간성장률은 0.307mm, Chlorella+Yeast의 일간성장률은 0.298mm, Yeast로 영양강화한 것은 11.73mm가 증가하여 일간성장률은 0.293mm으로 나타나 Chlrolla로 영양강화시켜 공급한 시험구가 가장 양호한 성장을 하였다.

Rotifer 영양강화구별 층거리가자미 치자어의 40일간 생존율 시험에서는 Chlrolla로 영양강화한 것이 49%, Chlrolla+Yeast는 45%, Yeast는 41%, Squid liver oil은 42%로 나타나 Chlrolla 단독 영양강화 시험구가 높은 생존율을 나타내었다(Table 18).

넙치 종묘생산시 로티퍼를 먹이로 사용한 결과, 부화 10일 후 전장 8.9mm, 생존율88%였고 배합사료 투여구는 6.9mm, 생존율 0%로 초기 먹이에서 로티퍼의 효과가 월등하였다. 본 실험에서는 클로렐라로 영양강화시킨 로티퍼를 먹이로 사용한 결과 생존율은 비슷하였으나, 성장은 넙치에 비하여 낮았으며 종 특성으로 보아 사육수온이 넙치의 경우 16~18℃ 이었고, 층거리가자미의 경우 11℃로 많은 차이가 있었다.

Table 18. Growth in total length of larval *Pleuronectes punctatissima* according to the feeding.

	Total length(mm)										Survival rate (%)
	1	5	10	15	20	25	30	35	40		
Chlrolla	1.75	2.39	4.39	5.47	6.89	8.99	11.82	13.67	14.23	49	
Squid liver oil	1.74	2.34	4.01	5.14	6.48	8.76	10.98	13.27	14.02	42	
Chlorella+Yeast	1.76	2.31	3.89	5.04	6.32	8.36	10.14	12.95	13.67	45	
Yeast	1.74	2.34	3.79	4.98	6.23	8.30	9.95	12.78	13.47	41	

라. 층거리가자미 치자어의 먹이종류에 따른 성장 및 생존율

층거리가자미 인공종묘생산의 일환으로 2차 먹이생물인 *Artemia*를 대체할 수 있는 먹이생물을 개발하기 위해 층거리 가자미 분포지역에서 채집된 동물성 플랑크톤인 *Paracalanus sp* 요각류 및 *Artemia* 대상으로 40일간 성장 및 생존율을 실험한 결과는 다음과 같다.

부화 후 40일 후부터 *Artemia* 와 *Paracalanus sp*를 공급하여 성장 및 생존율을 조사한 결과 층거리가자미의 치자어는 *Artemia*를 처음부터 섭취 하였지만 *Paracalanus sp* 는 부화 55일 경부터 섭취를 시작하였다(Fig. 30).

2차 먹이별 실험결과 *Artemia*를 40일간 공급한 실험구는 시작시 전장 15.07mm로 실험 종료시 전장 28.43mm로 증가하여 일간성장율은 0.334mm로 나타났다.

*Paracalanus sp*는 부화한 지 55일이 지난 치자어가 먹기시작하였으며 시험 시작시 20.74mm 였으나 종료 후 27.57mm로 성장하여 일간성장율은 0.253mm로 나타났다.

생존율은 *Artemia* 급이구는 40일간 실험에서 48%로 나타났고 *Paracalanus sp* 는 25일간 실험에서 생존율이 21%로 상당히 저조하였다.

따라서, 층거리 가자미 분포 지역에서 채집해 먹이생물로 이용 하려고 했던 *Paracalanus sp* 는 *Artemia* 보다 성장 및 생존율이 저조하므로 초기 먹이로서는 적당하지 않을 것으로 사료되며 자연상태에서의 먹이생물을 더욱더 연구해야겠다.

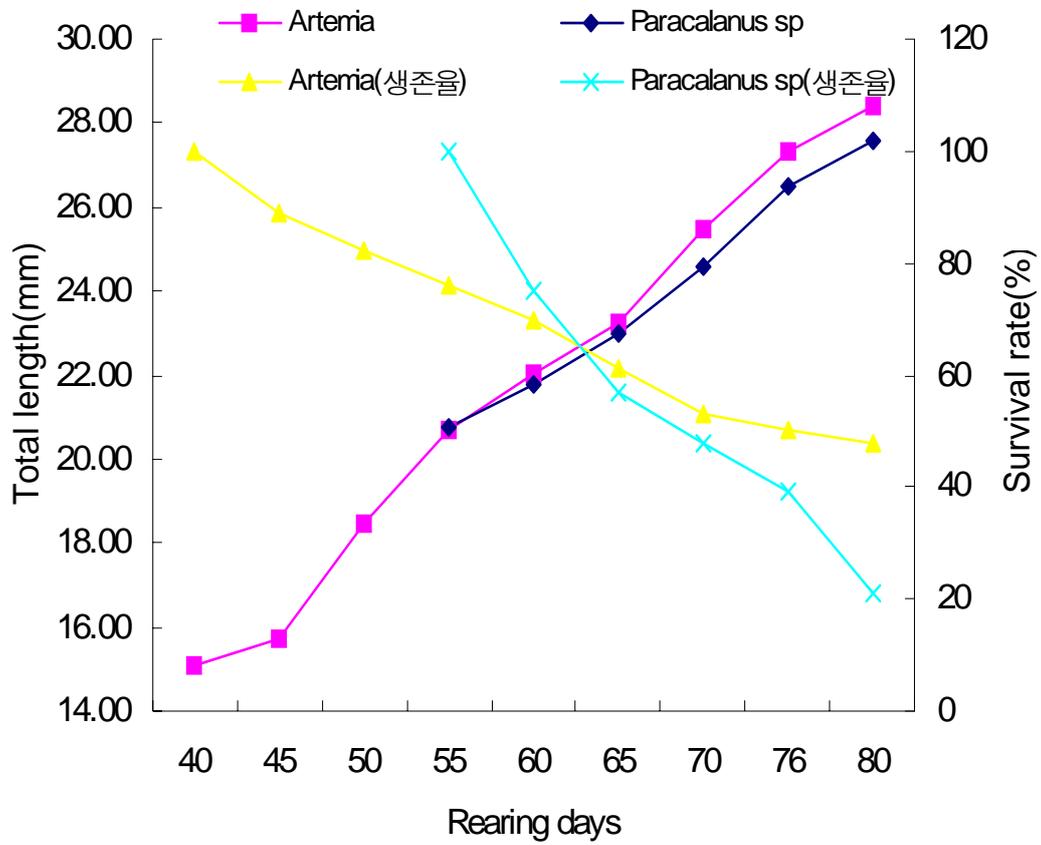


Fig. 30. Survival rate of larval *Pleuronectes punctatissima* according to different Feeding.

마. 총거리 가자미 치자어의 대량사육에 따른 먹이공급시기

총거리 가자미 치자어의 대량사육에 따른 초기 사료공급은 Squid liver oil로 24시간 영양강화 시킨 로티퍼를 공급하였으며, 초기에는 3~5개체/ml로 공급하다가 사육 20일 경

에는 10~12개체/ml로 매일 2~3회 나누어서 공급하였으며 밀도 저하나 과밀되지 않도록 주의하였다(Fig. 31).

또한, 로티퍼는 45일간 급이 하였으며 로티퍼 급이중 알테미아의 먹이 붙임을 위하여 부화후 30일 경 부터는 알테미아도 2~3개체/ml 투여 하였으며 로티퍼 급이가 끝난 부화 후 50일 경에는 10~12마리/ml로 공급량을 증가하였다.

로티퍼를 45일간 급이 후 인공사료를 투입하였는데 초기에는 미립자 사료부터 적응을 시켜나갔다

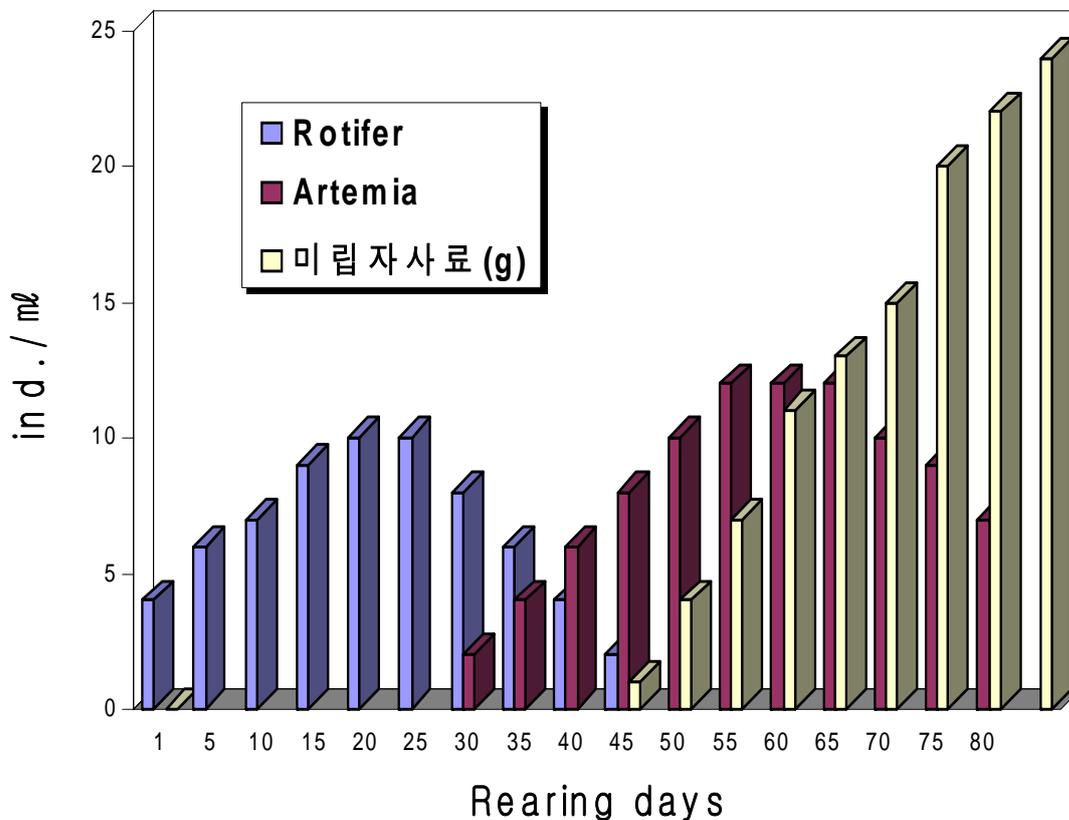


Fig. 31. Growth in total length of larval *Pleuronectes punctatissima* according to the feeding.

바. 총거리 가자미 치자어의 사육밀도에 따른 성장

사육밀도에 따른 실험에서는 수온을 15°C로 고정하고, 먹이는 rotifer+artemia+미립자사료를 혼용하여 공급하면서 실험구는 사육수량 1ℓ 당 1, 3, 5, 7, 9마리로 설정하고, 2반복

으로 설치후 실험한 결과 100ℓ 당 1, 3, 5, 7, 9마리를 수용하고 60일간 사용하였을 때 ℓ 당 1마리를 사육할 때 보다 3마리를 사육할 때 성장이 더 좋았으며 3마리 이상의 밀도에서는 밀도가 높아질수록 성장이 늦어졌다

4. 총거리가자미 치자어의 에너지 수치

가. 성장의 일반적 경향

64일간 사육한 증거리가자미의 치자어의 증체율과 사료효율은 Table 19에 나타내었으며, 각 사료구들 사이에 증체율과 사료효율에 있어서는 사료구1(넙치용 상품사료)이 사료구2(조피블락용 시판사료)와 사료구3(돔용 시판사료)보다 유의적으로 높게 나타났다.(P<0.05)

Table 19. Weight gain rate and feed efficiency of the *Pleuronectes punctatissima* fed different feed

Parameters	Diets		
	1	2	3
Initial weight (g)	0.42±0.19	0.43±0.18	0.49±0.13
Final weight (g)	1.11±0.28	0.97±0.29	1.03±0.23
Ration (g)	34	34	34
Feed efficiency (%) ²	6.85	4.67	5.43
Survival percentage (%)	100	100	100

¹Means of triplicate groups, values in the same row with different superscripts are significantly different (P<0.05).

²Feed efficiency (%) : (dry weight gain / dry feed intake) × 100

실험사료를 섭취한 증거리가자미의 치자어의 전어체 조성은 Table 20에 나타났으며, 전어체내 단백질 함량은 서로 간 유의적인 차이를 보이지 않았고, 지질함량은 사료구1이 사료구2와 사료구3보다 유의적으로 높은 경향을 보였다(P<0.05). 반면에 수분과 회분함량은 유의적인 차이를 보이지 않았다(P>0.05).

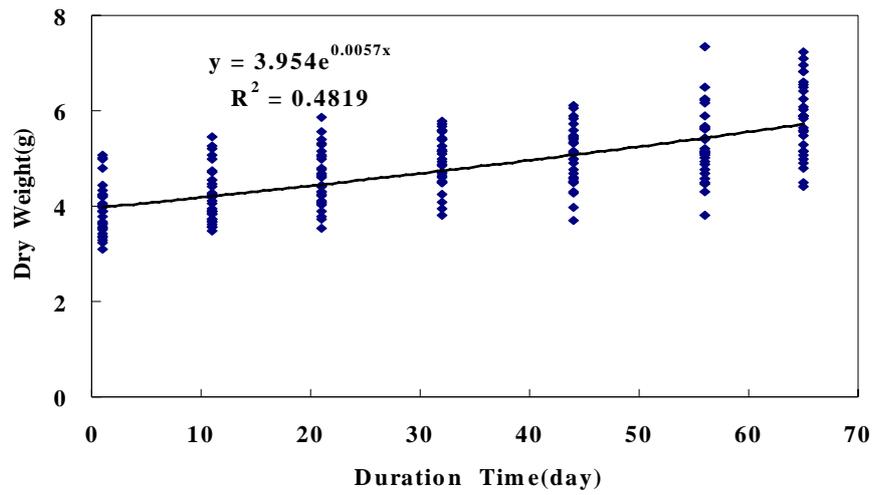
Table 20. Proximate analysis of whole-body of the *Pleuronectes punctatissima* fed three experimental diets(% of DM basis)¹

Parameters	Diets		
	1	2	3
Moisture	52.2±0.76	52.6±0.31	51.0±0.04
Crude protein	42.2±0.18	42.8±0.89	40.4±0.68
Crude lipid	12.0±0.26	7.8±0.84	8.9±0.09
Ash	9.1±0.63	19.0±0.43	10.3±0.06

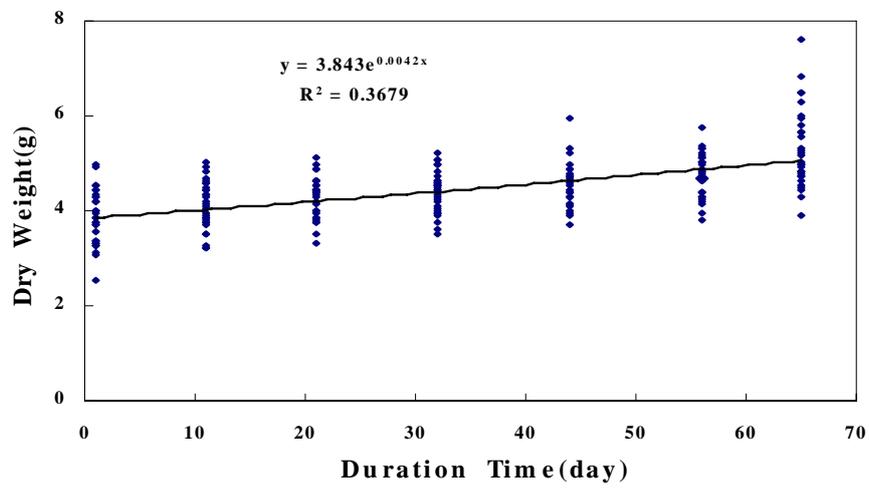
¹Means of triplicate groups, values in the same row with different superscripts are significantly different (P<0.05).

건조 중량은 모든 사료구에서 시간이 증가함에 따라 지속적으로 증가하는 경향을 보였다. 건조중량(DW, dry weight)에 있어서 사료구1(넙치용 시판사료)은 $DW = 3.954e^{0.0057t}$ ($R^2=0.4819$)로 나타났으며, 사료구2(조피볼락용 시판사료)는 $DW = 3.843e^{0.0042t}$ ($R^2=0.3679$)로 나타났으며, 사료구3(돔용 시판사료)은 $DW = 4.1429e^{0.0048t}$ ($R^2=0.4809$)로 나타났다. 증체율에 있어서 사료구1은 0.75%/day로 나타났으며, 사료구2은 0.56%/day로 나타났고, 사료구3은 0.61%/day로 사료구1이 다른 사료구에 비해 비교적 높게 나타났다(Fig. 32).

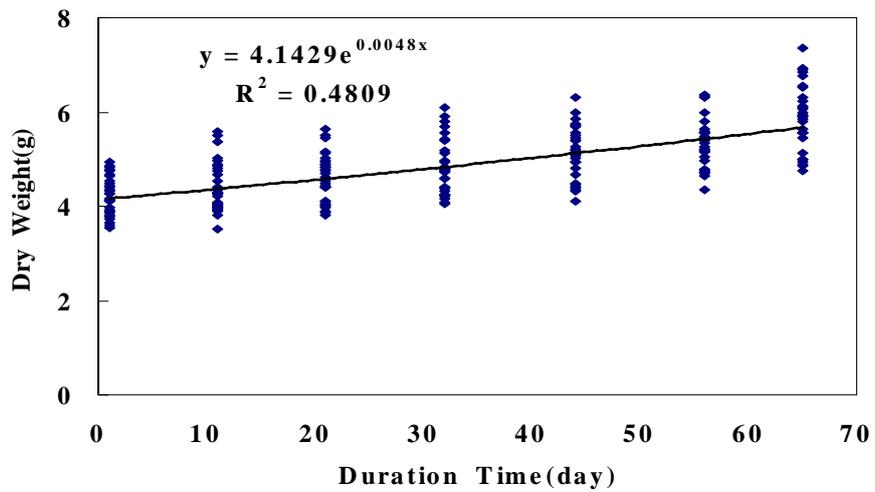
체장은 모든 사료구에서 시간이 증가함에 따라 지속적으로 증가하는 경향을 보였다. 체장(TL, total length)에 있어서 사료구1(넙치용 시판사료)은 $TL = 9.3773e^{0.0021t}$ ($R^2=0.5483$)로 나타났으며, 사료구2(조피볼락용 시판사료)는 $DW = 9.2908e^{0.0018t}$ ($R^2=0.5465$)로 나타났으며, 사료구3(돔용 시판사료)은 $DW = 9.3817e^{0.0019t}$ ($R^2=0.5768$)로 나타났다(Fig. 33).



diet1

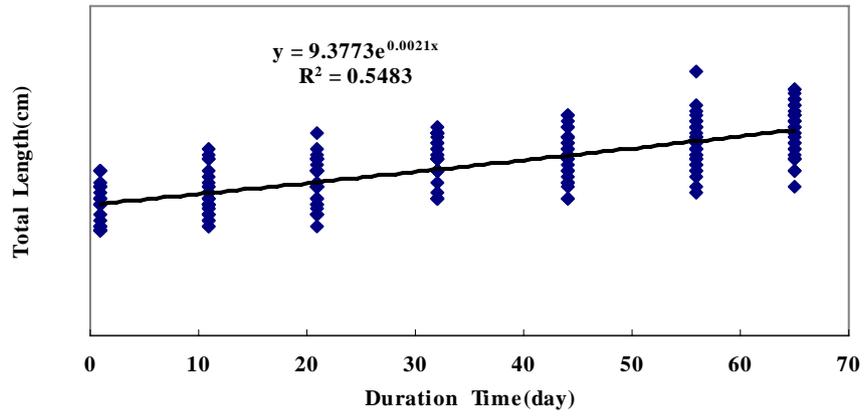


diet2

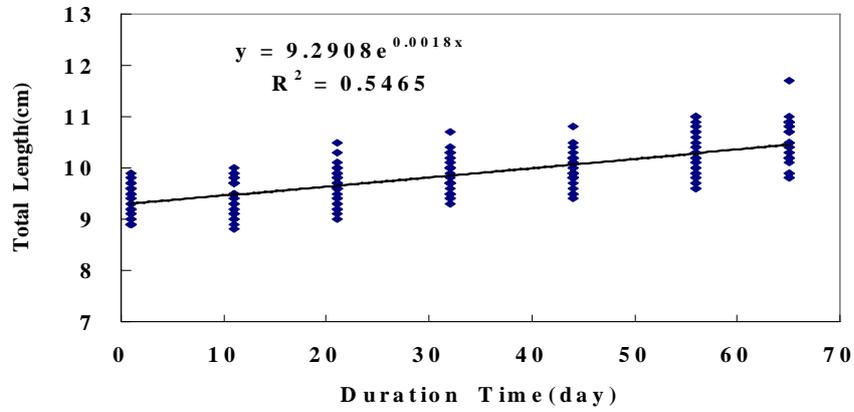


diet 3.

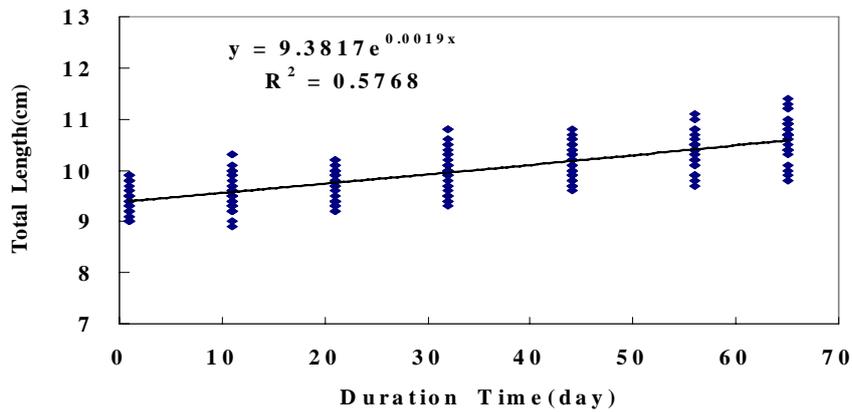
Fig. 32. Dry weight of *Pleuronectes punctatissima* fed for 64 days.



diet1



diet 2



diet 3.

Fig. 33. Total length of *Pleuronectes punctatissima* fed for 64 days.

체중은 체장이 증가함에 따라 지수적으로 증가하는 경향을 보였다. 체중(BW, body

weight)에 있어서 사료구1(넙치용 시판사료)은 $BW = 1.1378e^{0.2696TL}$ ($R^2=0.8777$)로 나타났으며, 사료구2(조피볼락용 시판사료)는 $BW = 1.3347e^{0.2526TL}$ ($R^2=0.8205$)로 나타났으며, 사료구3(돔용 시판사료)은 $BW = 1.1488e^{0.2684TL}$ ($R^2=0.8927$)로 나타났다(Fig. 34).

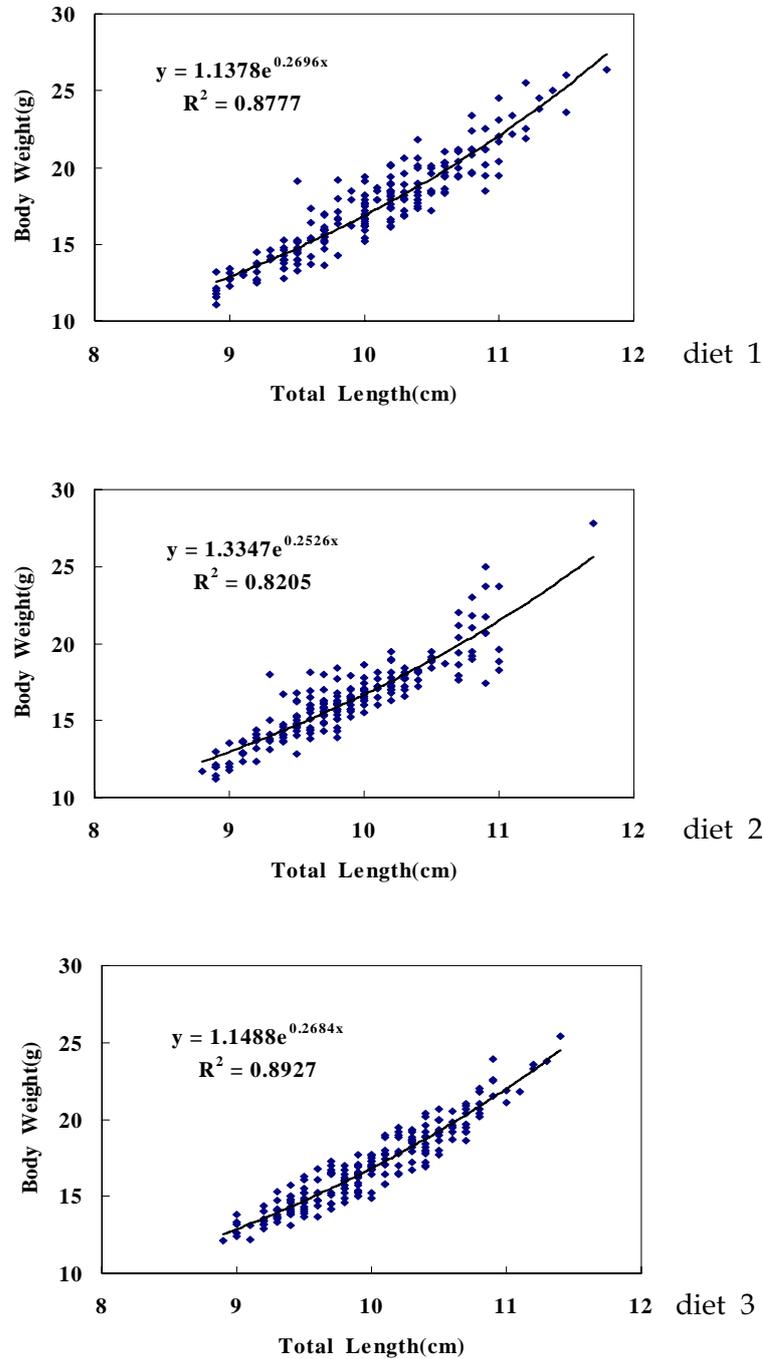


Fig. 34. Relationship between total length and body weight of *Pleuronectes punctatissima*.

나. 산소소비

총거리가자미 치자어의 사료별 누적 산소소비에너지를 Table 21에 나타내었다. 사료구 1의 에너지 수준별 건조 중량과 산소소비율을 살펴보면 건조 중량이 증가할수록 지수적으로 증가하는 경향을 나타내었다(Fig. 35).

Table 21. Cumulative oxygen consumption rate and maintenance energy of *Pleuronectes punctatissima* fed different feed

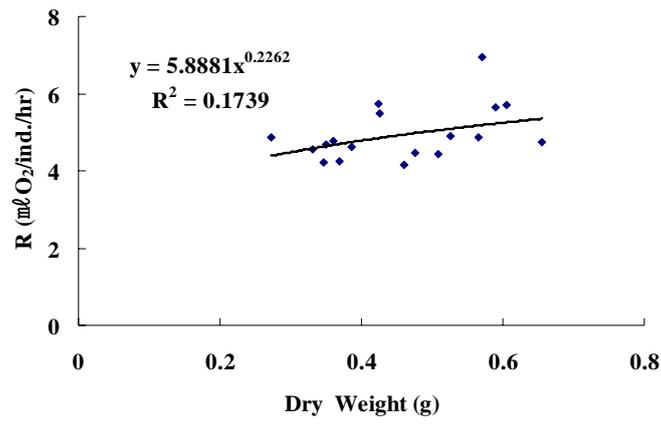
Diets	mℓO ₂ /ind./64days	Gross respiration energy(kcal)
1	11339.14	53.6
2	11105.95	52.5
3	20375.82	96.4

♣ 1μℓO₂=4.73×10⁻³cal(Crisp, 1974)

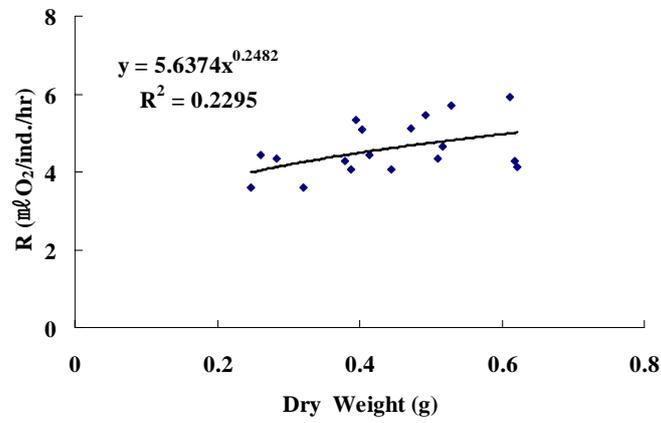
사료구 1의 건조 중량에 대한 호흡율(mℓO₂/ind./day)의 관계식은 $R=5.8881W^{0.2262}$ ($R^2=0.1739$)로 나타났으며, 이것을 건조 중량과 시간(Day)과의 관계식($DW = 3.954e^{0.0057t}$ ($R^2=0.4819$)) 으로부터 건조 중량을 시간으로 환산한 후, 성장곡선(Fig. 51)과 산소소비율(Fig. 36)를 적분구간(64일) 동안의 적분에 의해 11339.14mℓO₂를 소비하였으며, 호흡에 사용된 대사에너지는 53.6kcal였다.

사료구 2의 에너지 수준별 건조 중량과 산소소비율을 살펴보면 건조 중량이 증가할수록 지수적으로 증가하는 경향을 나타내었다(Fig. 54). 사료구 2의 건조 중량에 대한 호흡율(mℓO₂/ind./day)의 관계식은 $R=3.1833W^{0.2482}$ ($R^2=0.2295$)로 나타났으며, 이것을 건조 중량과 시간(Day)과의 관계식($DW = 3.843e^{0.0042t}$ ($R^2=0.3679$)) 으로부터 건조 중량을 시간으로 환산한 후, 성장곡선(Fig. 51)과 산소소비율(Fig. 53)를 적분구간(64일) 동안의 적분에 의해 11105.95mℓO₂를 소비하였으며, 호흡에 사용된 대사에너지는 52.5kcal였다.

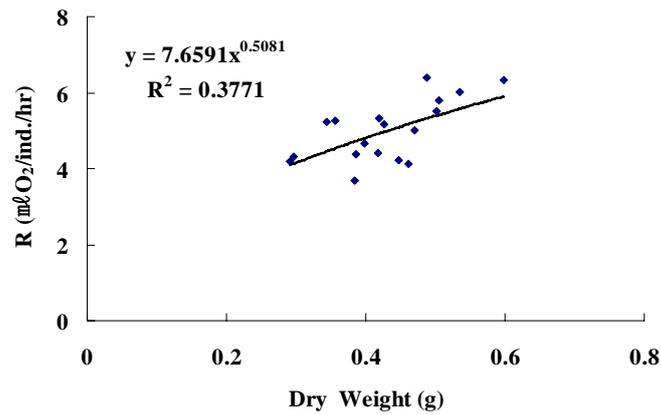
사료구 3의 에너지 수준별 건조 중량과 산소소비율을 살펴보면 건조 중량이 증가할수록 지수적으로 증가하는 경향을 나타내었다(Fig. 54). 사료구 3의 건조 중량에 대한 호흡율(mℓO₂/ind./day)의 관계식은 $R=2.377W^{0.5081}$ ($R^2=0.3771$)로 나타났으며, 이것을 건조 중량과 시간(Day)과의 관계식($DW = 4.1429e^{0.0048t}$ ($R^2=0.4809$)) 으로부터 건조 중량을 시간으로 환산한 후, 성장곡선(Fig. 52)과 산소소비율(Fig. 53)를 적분구간(64일) 동안의 적분에 의해 20375.82mℓO₂를 소비하였으며, 호흡에 사용된 대사에너지는 96.4kcal였다..



diet 1



diet 2



diet 3.

Fig. 35. Oxygen consumption rate of *Pleuronectes punctatissima* .
다. 에너지 수지

층거리가자미 치자어의 사료구 1의 대한 총섭취에너지는 153.1kcal, 총성장에너지는 35.9kcal, 호흡에 사용된 누적에너지는 53.6kcal로서 총섭취에너지에 대한 성장은 23.4%이고, 호흡은 35%를 차지하였다.

사료구 2에 대한 총섭취에너지는 152.3kcal, 총성장에너지는 26.0kcal, 호흡에 사용된 누적에너지는 52.5kcal로서 총섭취에너지에 대한 성장은 17.1%이고, 호흡은 34.5%를 차지하였다.

사료구 3에 대한 총섭취에너지는 155.7kcal, 총성장에너지는 28.8kcal, 호흡에 사용된 누적에너지는 96.4kcal로서 총 섭취에너지에 대한 성장은 18.5%이고, 호흡은 61.9%를 차지하였다(Table 22).

Table 22. Parameters of the cumulative energy budget for *Pleuronectes punctatissima* fed different feed

Parameters	Diets		
	1	2	3
Consumption(kcal)	153.1	152.3	155.7
Production(kcal)	35.9	26.0	28.8
Respiration(kcal)	53.6	52.5	96.4
Egestion+Excretion(kcal)	63.6	73.8	30.5

라. 생태효율

층거리가자미 치자어의 에너지 수준에 따른 동화효율(Assimilation efficiency), 총성장 효율(Gross growth efficiency, K_1) 및 순성장효율(Net growth efficiency, K_2)은 Table 23에 나타내었다.

사료구 1의 사료내 유기물 함량은 85.3%, 배출분의 유기물 함량은 58.0%로서 동화효율은 76.2%로 나타났으며, 사료구 2의 동화효율에 있어서 사료내 유기물 함량은 84.9%, 배출물의 유기물 함량은 66.5%로서 동화효율은 64.7%로 나타났으며, 사료구 3의 동화효율에 있어서 사료내 유기물 함량은 87.9%, 배출물의 유기물 함량은 72.3%로서 동화효율은 64.1%로 나타났다.

그리고, 총섭취에너지에 대한 성장으로 전환된 에너지의 백분율인 총성장효율(K_1)은 사료구 1은 6.15%로 나타났으며, 사료구 2은 4.45%로 나타났으며, 사료구 3은 5.28%로 나타났다. 그리고, 총섭취에너지에 대한 성장으로 동화된 에너지의 백분율인 순성장효율(K_2)은 사료구 1은 8.08%로 나타났으며, 사료구 2은 6.88%로 나타났으며, 사료구 3은 8.24%로 나타났.

Table 23. Ecological efficiencies of the *Pleuronectes punctatissima* fed three experimental diets for 64 days

Diets	Feed (A) ¹	Feces (B) ²	Assimilation efficiency ³ (%)	Gross growth efficiency (K_1) ⁴	Net growth efficiency (K_2) ⁵
1	0.853	0.580	76.2%	6.15	8.08
2	0.849	0.665	64.7%	4.45	6.88
3	0.879	0.723	64.1%	5.28	8.24

¹Feed (g) = Ash-free dry weight/dry weight ratio in the feed

²Feces (g) = Ash-free dry weight/dry weight ratio in the feces

³Assimilation efficiency(%) = $(A-B) \times 100 / (1-B) \times A$ (Conover, 1966)

⁴ K_1 (%) = Growth energy/Consumption energy $\times 100$

⁵ K_2 (%) = Growth energy/Assimilation energy $\times 100$

제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

● 자원분포 및 서식환경 및 생태조사

- 층거리가자미의 자연서식어장의 서식환경 특성과 생식·생태학적인 연구로 인해 종묘 생산의 기반을 마련하였음.

● 최적사육환경 및 종묘생산개발

- 생리·생태학적 기초자료를 바탕으로 종묘생산을 실시하여 환경변화에 따른 난 발생과정 및 치자어의 최적사육조건을 규명하였으며 가자미류 자원의 증식 및 지속적인 관리를 할 수 있는 모델 개발에 이바지 할것으로 판단된다

● 대량인공종묘생산 기술확립 및 최적방류시스템개발

- 강원도 수산양식시험장 및 현 건립 중인 강릉대학교 동해안 해양생물연구센타를 최대한 활용하여 층거리 가자미, *Pleuronectes punctatissima*의 대량인공종묘생산 후 방류하여 자연 부존(賦存)량을 증가시켜 어민 소득증대에 기여하겠다.

세부과제	목표달성	기여도
1차년도(2001. 9-2002. 9) ○ 자원분포 조사 ○ 생식 생태조사	- 체장 빈도 분포조사 - 계절별 서식 수심 조사 - 생식소 속도지수 및 비만도 조사	100% 100% 100%
2차년도(2002. 9-2003. 9) ○ 최적사육환경규명 ○ 종묘생산 연구	- 먹이생물의 종 조성 연구 - 환경변화에 따른 초기 생존율 및 성장률 향상을 위한 사육조건 규명 - 먹이생물의 대량배양 기술개발 - 성숙한 암수로부터 인공채란 실시 - 먹이, 사육밀도등의 사육조건 규명	100% 100% 100% 100% 100%
3차년도(2003. 9-) ○ 대량인공종묘생산 기술확립 ○ 최적방류시스템개발	- 초기먹이생물규명 - 자어의 체형변화 연구 - 생활사를 통한 에너지수지조사 - 산란유도조사 - 자치어의 최적사육밀도 및 조건 규명 - 대량종묘생산시스템 개발 및 종묘의 방류	100% 100% 100% 100% 100% 90%

제 5 장 연구개발결과의 활용계획

사업구분	<input type="checkbox"/> 현장애로 <input checked="" type="checkbox"/> 첨단기술 <input type="checkbox"/> 정책연구		기술(연구)분야	수산증양식
연구과제명	동해안 총거리 가자미, <i>Limanda punctatissima</i> 의 인공종묘생산 기술개발			
주관연구기관	강릉대학교	기관유형	<input type="checkbox"/> 대학 <input type="checkbox"/> 국공립연구기관 <input type="checkbox"/> 정부출연기관 <input type="checkbox"/> 민간연구소 <input type="checkbox"/> 기타()	
연구책임자	소 속	직 위	성 명	책임과제명
총괄연구책임자	해양생명공학부	교 수	박기영	총거리 가자미, <i>Limanda punctatissima</i> 의 인공종묘생산기술확립
세부연구책임자				
"				
협동연구책임자	경북수산자원개발 연구소	소 장	최 명 두	총거리 가자미, <i>Limandapunctatissima</i> 의 최적방류시스템개발
위탁연구책임자				
참 여 기 업				
연구개발비 (천원)	계	정부출연금	기업부담금	기타부담금
총연구기간	2001년 9월 일 ~ 2005년 9월 일 (4년 월)			
수산특정연구개발사업관리규정 제24조제2항 규정에 의거 위 수산특정연구개발과제에 대한 연구결과활용계획서를 제출합니다.				
<p>2005년 12월 일</p> <p>총괄연구책임자 : 박 기 영 (인)</p> <p>주관연구기관장 : 강릉대학교 (직인)</p>				

1. 기술(연구)개발 현황

가. 연구목표 및 대비 결과(요약)

당초 연구 목표	당초 목표 대비 연구결과
■ 자원분포 조사 - 체장 빈도 분포조사 - 계절별 서식 수심 조사 ■ 생식 생태조사 - 생식소 속도지수 및 비만도 조사	- 동해안 가자미류의 자원분포 및 자원생물학적인 특성을 밝힘 - 종묘생산시 최적 산란시기를 파악하여 기초자료를 확보 분석 - 총거리가자미의 증식 및 관리에 활용할 수 있는 종묘생산기술개발을 확보
■ 최적사육환경규명 - 먹이생물의 종 조성 연구 - 환경변화에 따른 초기 생존율 및 성장률 향상을 위한 사육조건 규명 - 초기 발생단계의 에너지 수지 규명	- 총거리가자미의 종묘생산기술습득 - 인공 사육환경에서의 사육기술 개발 - 인공 사육환경에서의 생태파악 - 종묘생산용 먹이생물 개발 - 최적사육조건규명
■ 대량인공 종묘생산 기술확립 ■ 종묘생산 연구 - 먹이생물의 대량배양 기술개발 - 성숙한 암수로부터 인공채란 실시 - 먹이, 사육밀도등의 사육조건 규명	- 자어의 체형변화 연구가 완료 - 산란유도에 의한 종묘생산기술습득 - 치자어의 에너지수지방정식을 통한 생리학적인 연구완료 - 치자어의 최적사육밀도를 규명 - 200만미 채란 후 치자어 150만미 생산(2004) - 180만미 채란 후 치자어 100만미 생산(2005)

나. 기술(연구)개발 목적(1개만 선택하여 v표시하여 주십시오)

- 산업화(기술이전) 기술보급 정책활용(제도개선 등)
 타연구활용(기초연구) 기타()
 미활용(사유 :)

다. 기술개발수준(기술개발과제에 한하여 1개만 선택하여 v표시하여 주십시오)

- 기초연구단계(특정 용도를 위한 신기술을 얻거나 기술적 가능성을 탐색하는 단계)
 응용연구단계(기술적 가능성의 실증, 잠재적 실용화 가능성의 입증 등 실험적 확인 단계)
 개발연구단계(Prototype 제작, Pilot Plant Test 등을 행하는 단계)
 실시준비단계(기업화, 기술이전을 위한 기술확보단계)
 실시완료단계(상품화 완료단계)

2. 연구수행결과 현황(연구종료시점까지)

가. 핵심 기술(노하우) 또는 연구결과

- 1) 가자미류의 최적종묘생산 방안
- 2) 성숙유도 방법
- 3) 치자어의 에너지수지방정식을 통한 생리학적인 연구완료

※ 간략히 요약하여 기술

나. 산업재산권(특허, 실용신안, 의장, 프로그램 등)

다. 논문게재 실적

라. 학술회의 발표실적

제 목	발표자	학술회의명	호	발표 년월일	발행기관
동해안 참가자미의 성장 및 성숙	박기영	2002년 추계양식학회		2002년 5월 23일	
동해안 층거리 가자미, <i>Limanda punctatissima</i> 의 인공종묘생산 기술개발 - 수온과 염분에 따른 난의 발생단계 및 생존율 -	“	2003년 추계양식학회		2003년 10월	
동해안 층거리 가자미, <i>Limanda punctatissima</i> 의 인공종묘생산 기술개발 - 층거리 가자미의 조직학적변화 -	“	2003년 추계양식학회		“	
동해안 층거리 가자미, <i>Limanda punctatissima</i> 의 인공종묘생산 기술개발 - 수온과 따른 치자어의 성장 및 생존율	“	2003년 추계양식학회		“	
참가자미, <i>Limanda herzensteini</i> 의 자원생물학적 연구	“	2004년 춘계 수산공동학회		2004년 5월	

마. 발생품 및 시작품 내역

바. 정책활용실적

사. 기타 활용실적

3. 핵심기술(연구내용) 수준 및 활용유형

핵심기술 (연구내용)	핵심기술(연구내용) 수준					기술(연구결과) 활용유형(복수표기 가능)				
	세계 최초	국내 최초	외국기술 복제	외국기술 소화·흡수	외국기술 개선·개량	특허 출원	산업체이전 (상품화)	현장으로 해결	정책 자료	기타

※ 해당 내용에 대해서만 표기

4. 각 연구결과별 구체적 활용계획

핵심기술(연구내용)	활 용 계 획(활용시기, 활용방법 등을 요약하여 기재)

5. 연구결과의 기술이전조건(산업체이전 및 상품화연구결과에 한함)

핵심 기술 명			
이 전 형 태	<input type="checkbox"/> 무상 <input type="checkbox"/> 유상	최저기술료(예정)	천원
이 전 방 식	<input type="checkbox"/> 소유권이전 <input type="checkbox"/> 전용실시권 <input type="checkbox"/> 통상실시권 <input type="checkbox"/> 협의결정 <input type="checkbox"/> 기타()		
이 전 소 요 기 간	년 개월	실용화예상시기	년도
기술이전시 선행조건			

- * 1) 핵심기술이 2개 이상일 경우에는 각 핵심기술별로 위의 표를 별도로 작성
2) “기술이전시 선행조건”은 기술이전(실시계약체결)을 위해 실시기업에서 사전에 준비해야 할 사항(기술지도, 설비 및 장비 등 확보 등)을 기재
3) “실용화예상시기”는 상품화인 경우 대표적인 제품이 최초로 생산되는 시기, 공정개선인 경우 공정개선 완료시기 등

6. 기대효과

<p>가. 정량적 효과</p> <ul style="list-style-type: none"> - 총거리 가자미의 생활사 및 새로운 인공종묘 생산기술을 개발하여 어민의 소득 증대 - 동해연안의 가자미류 생태자료를 이용하여 자원평가와 관리를 위한 모델에 이용 - 생태 자료를 이용한 새로운 인공종묘 생산 기술의 개발 <p>나. 정성적 효과(비계량적인 과학기술적 효과, 경제 및 사회적 효과 등을 기재)</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 기술적 측면 <ul style="list-style-type: none"> - 총거리 가자미의 자원량 평가 및 관리를 위한 지리적인 분포, 발생단계별 분포 수심발생 단계별 성장률 등 생태자료 제공 - 생태 자료를 이용한 새로운 인공종묘 생산 기술의 개발 ○ 경제 · 산업적 측면 <ul style="list-style-type: none"> - 동해 연안에 분포하는 총거리 가자미의 효과적인 자원 보호와 관리를 통하여 어민의 소득 증대 - 총거리 가자미의 생활사 및 새로운 인공종묘 생산기술을 개발하여 어민의 소득 증대

- ※ 1) 향후 활용에 따른 파급효과를 전문가 입장에서 구체적으로 기재
2) 정량적 기대효과는 예상매출액(백만원), 수입대체효과(백만원), 수출증대효과(백만원), 원가절감효과(백만원), 고용창출효과(명) 등 분석하여 계량화하여 기재

제 6 장 참고문헌

- Anger, K. 1975. On the influence of sewage pollution on inshore benthic communities in the south of Kiel Bay: 2. Quantitative studies on community structure. Helgolender Wiss. Meeresunters. 27: 408-438.
- Bellan, G. and D. Bellan-Santini, 1972. Influence de la pollution sur les peuplements marins de la région de Marseille. P. 396-401. In M. Ruivo ed. Marine pollution and sea life. Fishing News (Books) Ltd, London. UK.
- Beyer, F. 1968. Zooplankton, zoobenthos and bottom sediments as related to pollution and water exchange in the oslo fjord. Helgol nder Wiss. Meeresunters. 17: 496-509.
- Casselman, J.M. 1990, Growth and relative size of calcified structures of fish, Trans, Amer, Fish, Soc. 119 : 673-688
- Fukuyo Y, H. Takano, M. Chihara and K. Matsuoka. 1990. Red tide organisms in Japan -An illustrated taxonomic guide-. Uchida Rokakuho. pp. 430.
- Gray, J.S. 1974 Animal-sediment relationships. Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev., 12: 223-261.
- Hadanaka, M., K. Sekino and M. Hadanaka. 1952. Studies on the populations of flatfishes in Sendai Bay. II. Age, growth and spawning of *Kareius bicoloratus*(Basilewsky), Tohoku. J. Agri. Res., 2 (2), 25~32.
- Kawasaki, T. and M. Hadanaka. 1951. Studies on the populations of the populations of the flatfish in Sendai Bay. I. *Limanda angustirostris* KITAHARA, Tohoku. J. Agri. Res., 2 (1), 83~104.
- Lechapt, J.-P., G. Bellan and Ch. Retière, 1993. Transposition en régime mégatidal d'une méthode d'évaluation des effets de perturbations anthropiques sur des peuplements annélidiens. Ann. Inst. Océanogr, Paris, 69(2): 225-237.
- Lee, J.-H and J.-H. CHA, 1997. A study of ecological succession of macrobenthic community in an artificial lake of Shi-Hwa on the west coast of Korea: An assessment of ecological impact by embankment. Ocean Research 19(1):1-12.
- Leppäkoski, E. 1975. Assessment of degree of pollution on the basis of macrozoobenthos in marine and brackish-water environments. Acta Acad. bo. B35: 1-90.
- Lincoln. R. J. 1979. British marine amphipoda: Gammaridae. British Museum. pp. 657.

- Magalef, R. 1958. Information theory in ecology. *Get. Syst.*, 3: 157-175.
- McNaughton, S.J. 1968. Structure and function in California grassland. *Ecol.*, 46: 692-972.
- Moon Ki Jeong(1977) : The fishes of Korea 574
- NFRDI(2004) : Commercial fishes of the Coastal & offshore waters in Korea. 256
- Pannella, G. 1980, Growth Patterns in fish sagittae, 519~559, In Rhoads, G, and R.Lutz(editors), Skeletal growth of aquatic organisms.
- Pearson, T.H. and R. Rosenberg. 1978. Macrobenthos succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. *Oceanogr. mar. Biol. A. Rev.* 16: 229-311.
- Pielou, E.C., 1975 Ecological diversity. Wiley-Interscience, New York, 165pp.
- Reish, D.J. 1960. The uses of marine invertebrates as indicators of water quality. P. 92-103. *In* E.A. Pearson ed., Waste disposal in the marine environment, Pergamon Press, New York, USA
- Reish, D.J. 1972. The use of Marine invertebrates as indicators of varying degrees of marine pollution. P. 203-207., *In* M. Ruivo ed. Marine pollution and sea life. Fishing News Books Ltd., London, UK.
- Rosenberg, R. 1972. Benthic journal recovery in a Swedish fjord following closure of a sulphate pulp mill. *Oikos* 23: 92-108.
- Rosenberg, R. 1973. Succession in benthic macrofauna in a Swedish fjord subsequent to the closure of a sulphate pulp mill. *Oikos* 24: 1-16.
- Shannon, C.E. and W. Wiener 1949. The mathematical theory of communication. University Illinois Press, Urbana, Illinois.
- Suzuki, K. 1956. Growth *Kareius bicoloratus*(Basilewsky) deduced from otolith. *Rep. Fac. Fish. Pref. Univ. Mie*, 5 (3), 455~468.
- Suzuki, K. 1967. Age and growth of *Limanda yokohamae*(Günther) in Ise Bay. *ibid*, 6 (1), 17~28.
- Schultz. G.A. 1969. The marine isopod crustaceans. Wm. C. Brown Company Publishers. pp. 359.
- Tomas, C.R. 1996. Identifying marine diatoms and dinoflagellates. Academic Press, Inc. pp. 598
- Word, J.Q. 1978. The infaunal trophic index. P.19-39. In Coastal water research Project. Annual Report.;
- 大内明, 尾形哲男. 1960. 北部日本海底引禁漁区の動物分布に関する研究. I. 底棲幼漁. 日

- 本研究年報, (6), 157~171.
- 東北區水産研究. 1952. 機船底引網漁業の禁止區域と網目に就いて. 東北區水研業書, (5), 1~9.
- 笠原康平. 1935. ババガレイの年齢査定および成長. 東北區水研報告, (2), 37~48.
- 鄭文基. 1977. 韓國漁圖譜. 一志社, 574.
- 崔秀河, 全永烈, 孔龍根, 孫松正. 1986. 참가자미의 年齡, 成長 및 成熟에 關한 研究. 수진 연구보고, 39, 43~51.
- 和田克彦. 1970. 新潟縣沖合産マガレイの資源生物學的研究 I. 年齢と成長. 日本水研報告, (22), 31~43.
- 和田克彦. 1970. 新潟縣沖合産マガレイの資源生物學的研究 II. 成熟と産卵. 日本水研報告, (22), 45~57.
- 黃繁一. 1978. 韓國南西海産 물가자미(*Eopsetta grigorjeui* Herzensteis)의 漁業生物學的 研究 I. 年齢과 成長. 水振研究報告, (20), 21~31.
- 黃繁一, 崔秀河, 洪淳澤. 1979. 韓國南西海産 물가자미(*Eopsetta grigorjeui* Herzensteis)의 漁業生物學的 研究 II. 成熟과 産卵. 水振研究報告, (21), 23~33.
- 笠原騫平 (1935) 베베가시파의 年齢測定および成長, 東北區水研報告, 2 : 37~48
- 권도현. 1987. 한국산 해양 등각류(갑각류). 서울대학교 박사학위논문. pp. 201.
- 국립수산진흥원. 2000 동해안 산불발생이 연안어장에 미치는 영향조사 보고서 pp. 101
- 김용어(1989) : 어류학 총론, 태화출판사, 270
- 김훈수, 이창언, 노분조. 1998. 동물분류학. 집현사. pp. 502.
- 김창배. 1991. 한국 해산 옆새우류(갑각류)의 계통분류학적 연구. 서울대학교 박사학위논문. pp. 442.
- 김훈수. 1973. 한국동식물도감 -제14권 동물편(집게·게류)-. 문교부. pp. 694.
- 김훈수. 1977. 한국동식물도감 - 제19권 동물편(새우류)-. 문교부. pp. 414. 민 패류박물관. 2001. 신 원색한국패류도감. 한글. pp. 332.
- 백의인. 1989. 한국동식물도감 - 제31권 동물편(갯지렁이류)-. 문교부. pp. 764.
- 신 숙, 노분조. 1996. 한국동식물도감 - 제36권 동물편(극피동물)-. 교육부. pp. 780.
- 우중생. 1995. 한국패류도감. 일지사. pp. 196.
- 윤건택. 1998. 황해산 갑각류의 분류 및 분포. 인하대학교 석사학위논문. pp. 82.
- 장창익(1991) : 수산자원생태학, 우성문화사, 서울. 399
- 장윤정, 이정용, 장영진. 2004. 동해안 참가자미 *Limanda herzensteini*의 생식주기. 한국양식 학회지, 17(2), 128~132.
- 최병래. 1992. 한국동식물도감 - 제33권 동물편(연체동물 II)-. 교육부. pp. 860.

주 의

1. 이 보고서는 해양수산부에서 시행한 수산특정연구개발사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표할 때에는 반드시 해양수산부에서 시행한 수산특정연구개발사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안됩니다.