GOVP1199800576

639.41
L293ㄱ

최 종
연구보고서

굴 자연채묘 부진원인 구명 및 신규 채묘어장 개발

Studies on the bad seed collection in oyster growing area and investigation of the new oyster seed collection area

연구기관

국립수산진흥원

대한민국
기증등록
730072
농림도서관

농 림 부

제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 "굴 자연채묘 부진원인 구명 및 신규 채묘어장 개발" 과제의 최종보고서로 제출합니다.

1997. 12.

주관연구기관명 : 국립수산진흥원
총괄연구책임자 : 박 미 선
연 구 원 : 정성채, 이필용, 이태식, 김양섭, 김성연, 김성수, 임현정, 박종수, 최희구, 김상해, 이희정, 안경호, 박승렬, 조용철, 조영조, 구갑진, 박갑식, 박중현, 고우진, 정경암, 정춘구, 김형오, 최우정, 박영철, 강영실, 박두원, 장영진, 김홍균, 정태곤, 우찬열, 김수철, 채선기, 최정배, 최종연, 김지환, 이동호, 지영주, 최광식, 유장상, 권대현, 유홍식, 제은영, 강문주, 이미형, 김정화

여　　백

요 약 문

Ⅰ. 제 목

굴 자연채묘 부진원인 구명 및 신규 채묘어장 개발

Ⅱ. 연구개발의 목적 및 중요성

현재, 우리나라 천해양식 품목 중에서 굴이 차지하는 생산 비중과 수산물 총 수출 비중은 각각 25.6%, 6.2%이며, 세계 총 생산량의 25%이고, 국내시장, 미국 및 일본시장 점유율은 각각 100%, 98.6%에 이르고 있다. 우리나라의 굴 양식업은 1960년대에 국가적인 어민소득증대사업과 국가경제개발계획사업으로 지정되어 대규모의 정부 투자가 이루어졌으며, 1965년에는 굴 업종별 어업협동조합이 설립되고, 1972년 11월에는 韓·美 貝類衛生協定이 체결되어 미국 FDA가 인가하는 수출용 패류생산해역으로 지정됨에 따라 굴의 생산 증가와 對日 생굴 수출, 그리고 對美 냉동굴 및 굴 통조림 수출의 본격적인 장을 열게 되었다. 그리하여 통영, 사천, 마산, 진해, 거제, 고성, 남해 및 여수 등 우리나라 남해안 일대가 오늘에 이르러 세계 제일의 굴 생산지로 자리잡게 되었으며, 이 지역을 중심으로 한 알굴 생산량은 연간 평균 30,000M/T으로 국내 소비는 물론, 생굴, 냉동굴, 乾굴 및 굴 쥬스 등 다양한 형태의 제품으로 가공되어 연간 약 1억불의 수출고를 올리고 있다. 이와 같이 굴 양식산업은 굴 양식업자는 물론 굴을 직접 가공, 수출, 유통하는 업체, 굴양식 및 가공업체에 공급되는 기자재류 생산업체, 굴 관련산업의 수송업체, 그리고 양식, 채취, 박신, 가공 등에 종사하는 수많은 지역주민들의 人力動員狀을 고려할 때, 남해안 일대 지역민의 경제를 좌우하는 중요한 산업이다.

그러나, 이와 같이 중요한 우리나라 굴 양식산업은 '92년부터 발생한 굴 채묘 부진 현상으로 인한 종패 부족의 심화로 위기에 처해 있으며, '97년 8월까지 미국, 일본으로부터 수입된 유생 및 종패의 수입량과 수입금액만도 유생 77억마리, 부착치패 9,366만패각 (부착기수)의 103억원에 달하고 있다.

따라서, 장기적인 안목에서 우리나라 굴 채묘부진 원인을 정확히 밝혀 굴 종패의 안정적 수급을 통한 굴의 체계적 생산기반을 확립함과 동시에 이를 바탕으로 수출을 통한 외화 획득은 물론, 종패 수입으로 인한 경제적인 손실을 방지하고 나아가서는 우량 종묘를 역수출할 수 있는 대응책 마련이 시급하다.

Ⅲ. 연구개발 내용 및 범위

본 연구는 굴 자연채묘 부진원인 구명과 신규 채묘어장 개발을 위하여 '92년 이후 굴 자연채묘가 비교적 양호하게 이루어지고 있는 통영 저산 (고성만)의 굴 채묘장과 '92년 이후 자연채묘가 거의 이루어지지 않고 있는 거제 오수 (거제만), 그리고 연도별로 후기채묘 성적의 기복이 다소 있는 여천 항대 (가막만) 굴 채묘장을 대상으로 양식장의 생물·화학적 환경요인, 굴 모패 및 유생의 활력정도, 유생의 생육에 미치는 생물·화학적 영향 등을 조사하였다.

굴 채묘장의 환경은 수질의 경우, 투명도, 수온, 염분, 수소이온농도, 용존산소, 화학적산소요구량, 영양염류 (인산인, 암모니아질소, 아질산질소, 질산질소), 부유물질, 유기주석화합물, 포르말린 잔류농도, 그리고 농약 (Cartap) 잔류농도 등을 조사하였다. 표층퇴적물은 화학적산소요구량, 강열감량, 그리고 산휘발성 황화물량을, 먹이생물량은 클로로필-a 함량 (0.45~5.0㎛, 5.0~60㎛, 0.45~60㎛의 입자로 구분하여 측정) 및 먹이생물 종 조성 등을 조사 분석하였다. 그리고 굴 채묘장 환경수 및 굴유생 중의 세균수 및 세균상을 조사하였다.

굴 채묘장의 환경에 영향을 미칠 수 있는 요인인 강우량은 통영, 거제, 여천 기상대의 자료를 인용, 분석하였다.

굴 모패의 건강도는 각고, 각장, 각폭, 전중량, 패각중량, 육질부건조중량, 패각건조중량, 총패각용적 등의 생물학적 특성 및 굴 육질부와 아가미 부위의 글리코겐 함량 분석, 그리고 육질부습중량 : 패각습중량의 비, 육질부건조중량 : 패각건조중량의 비, 글리코겐함량 : 육질부건조중량의 비, 육중량 : 총패각용적의 비 등을 비교, 평가하였다. 조직학적 특성 조사는 일상적인 파라핀절편제작법으로 영구조직표본을 만들어 병원성 기생충의 감염 여부, 생식소 발달과정, 기타 조직의 이상 유무를 판단, 번식학적인 특성 및 기타 병변을 검경하였다.

한편, 참굴 종묘의 지역간 이식 양성시 발생할 수 있는 유전적인 혼란을 사전에 방지하기 위하여 우리나라 남, 서해안산 참굴 및 일본 히로시마산 참굴의 미토콘드리아 DNA를 분석, 지역별 참굴의 유전적 변이를 분석하였다. 굴의 난 및 유생의 건강도는 난과 유생의 지질 함량을 측정, 판정하였으며, 해역별, 시기별, 유생의 발달단계별 형태학적 특성 조사는 6~9월에 매일 실시하였다.

또한, 굴 종묘의 안정적 확보 방안의 일환으로 미 개발된 해남지역의 굴 채묘어장을 개발하기 위하여 해남군 송지면 학가, 중리 현지어장의 어장환경 (수온, 비중, 용존산소, 투명도, 수소이온농도, 먹이생물량), 굴 모패자원량, 굴 유생의 출현 특성 조사, 전·후기채묘 시험, 그리고 양성 시험을 실시하였다.

Ⅳ. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

- 1995년 10월~1997년 10월까지 2개년간의 연구 결과, 남해안 일대 굴양식장에서 발생하고 있는 굴 자연채묘 부진원인은 먹이 부족, 난소기생충 감염율의 증가, 주요 채묘시기의 집중 강우로 인한 저염분 및 유생의 병원성 세균인 *Pseudomonas* 및 *Vibrio*속 세균의 급격한 증가, 과다한 양의 부유물질, 이화학 오염물질의 복합적인 요소들로 밝혀졌다.

- 따라서, 이 결과를 어장의 효율적인 관리를 위한 행정적 집행 (양식장 허

가, 갱신, 폐쇄 또는 어장 관리를 위한 행정명령 발동 등)의 객관적인 근거로 활용할 경우 양식 어장을 효율적으로 관리하여 어장의 생산력을 지속시킬 수 있을 것이다. 또한, 이러한 연구 결과를 새로운 어장의 개발 등에 적용할 경우 보다 경쟁력 있는 양식산업의 활성화에도 기여할 수 있을 것이다.

○ 자연산 굴 모패 자원이 많아 굴 채묘지로서 개발 가능성이 많은 전남 해남 해역을 새로운 굴 채묘원으로 활용하기 위하여 해남 전기산 채묘연을 경남 통영 저산 및 거제 오수 해역에 이식 양성한 결과, 성장에 있어서는 해남 해역에서 양성한 굴과 차이가 없었으나, 생존율은 저조하였다.

○ 따라서, 해남 해역을 굴 채묘장으로 적극 활용하기 위하여는 이 지역에서 채묘한 굴 종패를 타 지역으로 이식 양성할 시 생존율 증대가 절대적으로 필요한 바, 채묘연의 단련 등 부착치패의 생존율을 증대시킬 수 있는 방안에 대한 연구가 시급하다. 따라서, 이에 대한 강력한 연구 지원이 요청된다. 또한, 해남 해역의 김 양식 산업의 경쟁력 상실이 날로 심각해지고 있는 시점에서 지역어민의 소득 보장 및 지역 수산업의 활성화를 위하여 이 지역에서의 굴양식 생산력에 대한 경제분석을 통한 객관적인 근거 하에서 보다 우위의 생산성을 보장할 수 있는 굴 양식산업에 대한 정책적인 지원이 요망된다.

Summary

Studies on the bad seed collection in oyster growing area and investigation of the new oyster seed collection area

To investigate the cause of bad seed collection which have been appeared in south coast oyster growing area since 1992, biological and environmental factors that may affect on oyster seed collection were surveyed. The survey have been performed for two years from 1995 to 1997 and carried out at main oyster growing area, Tongyŏng, Kŏje and Yŏchŏn region. The survey areas were selected by oyster seed collection status from 1992 to 1995. Tongyŏng Jŏsan and Yŏchŏn Hangdae area exhibited normal and fluctuating seed collection aspect since 1992 respectively. But oyster seed collection in Kŏje Osu area nearly have not being carried out since 1992.

During survey period, the ratio of wet meat weight to wet shell weight of oyster were 16.58-43.12% at Kŏje Osu, 16.92-45.06% at Tongyŏng Jŏsan, 13.15-43.28% at Yŏchŏn Hangdae respectively. And the ratio of dry meat weight to dry shell weight were 3.63-9.63% at Kŏje Osu, 3.36-13.16% at Tongyŏng Jŏsan, 2.57-12.54% at Yŏchŏn Hangdae respectively.

While the investigation period, the glycogen contents in oyster meat were 0.40-8.57mg/100g at Kŏje Osu, 1.54-8.86% at Tongyŏng Jŏsan, 0.65-7.86% at Yŏchŏn Hangdae respectively.

From January to July in 1997, to compare the biological activity of oyster, glycogen contents in gill texture were analyzed. The range of glycogen

contents of gill were 1.82-4.94mg/g at Kŏje Osu, 1.44-6.91 mg/g at Tongyŏng Jŏsan respectively.

The infection ratio of oyster ovary parasite, *Marteilioides chungmuensis* which can affects on the spawning and the growth of fertilized egg at Kŏje Osu and Tongyŏng Jŏsan and Yŏchŏn Hangdae were 0-57.1%, 0-42.9% and 0-30.3% in 1996 respectively. And the infection ratio were increased 13.3-66.7% at Osu, 0-43.7% at Jŏsan and 0-43.7% at Hangdae respectively in 1997.

The egg lipid contents of oyster ovary on spawning period from June to Augst at Osu, Jŏsan and Hangdae area were 3.3-4.1ng/egg (Ave. 3.68ng/egg), 3.1-5.2ng/egg (Ave. 4.08ng/egg) and 3.3-5.0ng/egg (Ave. 4.41ng/egg) from 1996 to 1997 respectively.

Oyster larvae which appeared in Osu area from June to September were vanished after early umbo stage and could not connected to seed collection in 1996 and 1997. In Jŏsan area, oyster larvae showed normal development pattern from June to August and connected to big seed collection in 1996. And in 1997, larvae showed normal appearance and development from June to July and connected to small amount of seed collection because of twice Typhoon appeared on June and July. After July to September, small population of larvae on various development stage appeared but could not connected to seed collection and the failure of seed collection was presumed by biological inactivation of larvae. In Yŏchŏn Hangdae area, only one time seed collection was recorded from July to August and obtain 45,000 strings in 1996. But in 1997, only early stage seed collection from June to July was succeeded with small amount partially.

Health condition of oyster larvae were checked by lipid contents from June to Augst in 1996 and 1997. Lipid contents of oyster collected at each area were followed the order 3.0- 5.4ng/cell (Ave. 4.61ng/cell) at hangdae, 3.1-5.3ng/cell (Ave. 4.08ng/cell) at Jŏsan, and 2.7-3.7ng/cell (Ave. 3.15ng/cell) at Osu respectively. From these results, lipid contents of larvae may have high relations with seed collection and the minimum lipid contents requested for normal seed collection were deduced as 4.5 ng/cell.

Genetic studies including the RFLP and DNA sequencing were carried out to investigate of mtDNA differentiation of Pacific oyster (*Crassostrea gigas* Thunberg) populations. The mt DNA was isolated from each oyster obtained from the south and the west coasts in Korea.

Firstly, the oyster mtDNAs of Kŏje and Poryŏng in Korea and Hiroshima in Japan were digested with EcoR I /BamH I or Pst I and subcloned into *E. coli* vector, pUC19. The restriction map of the oyster mtDNA based on the restriction patterns of the cloned recombinant DNA was constructed. Total size of the oyster mtDNA was approximately 18kb and one site of BamH I, Bgl I, and Sma I, two of Xba I and Xho I, and three of EcoR I, KpnI and Pst I, and twelve of HindIII were contained in the mtDNA.

For DNA sequence comparison of the mtDNA 16S rRNA gene in the oyster populations, the 320 bp-DNA fragment was amplified by PCR and the DNA sequences were determined. The DNA sequence homology among the *C. gigas* from Korean and Japanese populations was 100% but that berween *C. gigas* and *C. nippona* was 95.7% (the rate of base substitution, 4.3%). This result indicated that the nucleotide sequences of 16S rRNA used above was not proper in investigation of intraspecies variation of oyster.

To discriminate effectively the genetic differentiation of the Korean oyster populations the RFLP for the oyster mtDNA was carried out. The oyster mtDNAs from four sites (Poryŏng, Haenam, Namhae, Pusan) in Korea were digested with 8 restriction enzymes and the restricted DNA represented by EcoR I or HindIII cut. All samples from Poryong were composed of one haplotype (a). However samples from localitics of the south coast in Korea showed that several clones were contained in each locality. Samples from Pusan and Namhae were composed three mtDNA types (a, b, c and a, c, d), respectively and the major type of the former was b, and one of the latter was c type. Samples from Haenam were composed two haplotypes (a and c) and the major was a type. Complexity of mtDNA haplotypes in oyster samples of the Korean south coast suggested that various clones of oyster were introduced into this region resulted from transplantation of oyster or the effect of an ocean current.

From the analyzed results of the environmental factors in survey area, increase of TBT and floating material in seawater was confirmed specifically. The TBT contents of seawater in 1997 were higher 3 or 7 times than that in 1996 and more than 40㎎/ℓ of floating materials were detected at each survey area. But formalin and pesticide, Cartap that may discharge from fishing farm and drainage area near the shellfish growing area and to be shown a bad effect on physiological condition of shellfish was not detected from environmental seawater at the survey areas.

The range of COD value of deposit at the survey areas was 10.9 -21.3㎎/g.dry in 1996. And especially the COD value of deposit collected at Osu and Jŏsan was higher than the deposit contamination standard 20㎎/g.dry. In

대한민국국회도서관장서

1997, COD shown high value on May to July and the mean value measured was 28.0 mg/g.dry at Osu, 24.6mg/g.dry at Jŏsan and 16.7mg/g.dry at Hangdae respectively.

And the range of ignition loss of deposit collected on February and August was 6.8-10.6% and 2.2-4.6% in 1996 respectively. And mean value of ignition loss at Osoo, Josan and Hangdae was 9.7, 9.0 and 7.2% in 1997 respectively and the value was higher on summer than on winter.

Acid volatility sulfide of deposit on February and August was 0.04-0.2mg /g.dry and 0.02-0.58mg/g.dry in 1996 respectively and the value at Osu and Jŏsan area was higher than at Hangdae and exceeded the deposit contamination standard 0.20mg/g.dry. In 1997, average of acid volatility sulfide of deposit at Osu, Jŏsan and Hangdae was 0.35, 0.34 and 0.08mg/g.dry respectively and shown high value on late spring and summer.

And moisture content of deposit followed the order 57.0% at Osu, 60.4% at Jŏsan and 48.3% at Hangdae respectively.

Phytoplankton density of seawater collected at each survey area in 1996 was higher than in 1997. And *Chaetoceros* sp. *and Skeletonema* sp. were dominant genus in seawater at Jŏsan area. And seawater collected at Osu on July shown high phytoplankton density but the dominant genus among identified was *Nitzschia* sp. at surface and *Ceratium* sp. red tide causative organism at lower layer.

Total chlorophyll-*a* concentration of seawater at Osu area was higher than at Josan and hangdae and the range of total chlorophyll-*a* concentrationin all survey area was 3.09-4.90μg/ℓ in 1996. The average chlorophyll-*a* concentration in 1997 was 2.14-3.07μg/ℓ and lower than that

in 1996. Annual average range of chlorophyll-*a* concentration of the micro particle under 5.0㎛ of which can be food for oyster larvae in seawater were 1.41-2.53㎍/ℓ in 1996 and decreased to 0.67-1.21㎍/ℓ in 1997.

The viable cell count of oyster collected at Jŏsan and Osu under 25℃ was 14,000-410,000/g and 18,000-740,000/g, respectively. And the viable cell count of seawater was 7,300- 220,000/g and 31,000-11,000/g, respectively.

Enterobacteriaceae, *Pseudomonas* sp., *Flavobacteriun* sp., *and Pasteurella* sp. were the dominant genus in oyster larvae collected at Jŏsan and Osu from June to August in 1996. And the predominant genus in oyster on June was Enterobacteriaceae but substituted by marine bacteria such as *Flabobacterium* sp., *Moraxella* sp., *Pasteurella* sp. on August.

The dominant bacteria genus in seawater on June to August in 1997 were *Moraxella* sp. and *Flabobacterium* sp. And bacterial flora of oyster was similar to seawater on May to June but *Vibrio* sp. occupied the predominant genus on July to August.

The cell necrosis which may be caused by bacteria or parasite invade was found from oyster larvae collected at bad seed collection areas.

To investigate a new oyster seed collection area, biological and environmental factors in Haenam area which have many natural adult oyster resources have been surveyed for two years from 1995 to 1997.

The average water temperature during survey periods was 15.75℃ and 0.47℃ higher than the annual average. Temperature of seawater records the highest value of 26.8℃ on August and the lowest of 4.35℃ on February. The average salinity of seawater during survey periods was 32.35‰ and showed the highest of 33.84‰ on February and exhibited the lowest of 30.72

‰ on July. The range of transparency of seawater were 0.4-0.9㎜ and average pH of seawater in survey area was 7.76. And dissolved oxygen contents were 5.50-8.10 ㎖/ℓ.

At the survey area, oyster larvae were appeared for three month while the water temperature kept above 20℃ from early June to early September. Early seed collection was able to from early to middle part of June and the middle to late part of August was identified as a optimal late seed collection period.

For two years from 1995 to 1997, total 6,200 strings were obtained from Haenam area and each shell of the collector had 30 to 50 oyster spats.

Transplantation growing test of oyster spat collected at Haenam area in 1996 was performed at three different growing areas, Hakka and Yŏngjŏn in Haenam and Tongyŏng Jŏsan area and after one year, oyster grown at Tongyŏng Jŏsan showed better growth than at other areas. The average shell height of oyster in each growing area Hakka, Yŏngjŏn and Jŏsan was 5.77, 6.1, and 6.43㎝ respectively.

여　　백

Contents

Ⅰ. Introduction 23

Ⅱ. Material and Methods 27

1. Investigation of bad seed collection of oyster 27

a. Examination area and establishment 27

1) Selection of examination area 27

2) Facility and equipment 27

b. Evaluation of health condition and examination of genetic variation of oyster 31

1) Evaluation of health condition 31

2) Examination of the genetic variation of oyster 32

c. Biological characterization of oyster larvae 36

1) Appearance characteristics of oyster larvae at the survey areas ... 36

2) Evaluation of health condition of oyster larvae 36

d. Analysis of the environmental factors 36

1) Water quality 36

2) Deposit analysis 37

3) Plankton analysis 41

e. Bacterial flora of oyster and oyster larvae 41

1) Viable cell count of seawater and oyster 42

2) Viable cell count of oyster larvae 42

3) Identification of bacteria 42
4) Morphology observation of oyster larvae 43

2. Development of new oyster seed collection area 43
a. Environmental factors 43
b. Survey of oyster resources 45
c. Survey of larvae appearance 45
d. Establishment of facility for oyster seed collection 45
e. Culture test of oyster 46

Ⅲ. Results and Discussion 47

1. Investigation of the bad cause of seed collection 47
a. Examination of health conditions and genetic variation of adult oyster 47
1) Evaluation of health condition of adult oyster 47
a) Ratio of wet weight of oyster meat to wet weight of oyster shell 47
b) Ratio of dry weight of oyster meat to dry weight of oyster shell 47
c) Ratio of wet weight of oyster meat to total volume of oyster shellstock 50
d) Ratio of glycogen contents to dry weight of oyster meat 50
e) Ovary parasite infection 54
f) Gonad development 59

g) Oyster egg lipid content 59
2) Genetic variation of adult oyster 65
b. Characterization of oyster larvae in present seed collection area ... 82
1) Appearance characteristics of oyster larvae 82
2) Evaluation of oyster larvae 90
c. Analysis of environmental factors in oyster seed collection area ... 92
1) Water quality 92
a) Variation of water quality 92
b) Regional differences of water quality at present seed collection area 109
c) Physical and chemical contamination materials 122
2) Analysis of surface deposit 124
3) Pytoplankton analysis 129
a) Contents of chlorophyll-*a* of seawater 129
b) Contents and seasonal variation of chlorophyll-*a* of micro particle in seawater 137
c) Plankton composition in seawater 146
d. Bacterial flora of oyster larvae and seawater 158
1) Viable cell count of oyster larvae and adult oyster 159
2) Bacterial flora of oyster larvae and adult oyster 167
e. Relationship between oyster larvae appearance and environmental characteristics 175

2. Investigation of new oyster seed collection 180
a. Environmental survey of Haenam area 180

1) Water temperature 180
2) Salinity 180
3) Transparence 183
4) pH 183
5) Dissolved oxygen 183
6) Rainfall 183
b. Distribution of natural adult oyster 185
1) Hakka area 185
2) Jungri area 186
c. Appearance characteristics of oyster larvae 188
1) Hakka area 188
2) Jungri area 190
3) Relationship between oyster larvae appearance and environmental factors 192
d. Oyster seed collection 193
e. Utilization of oyster cultch collected 199
f. Culture test of cultch collected 199

Ⅳ. Summary and conclusion 207

[References] 221

목 차

Ⅰ. 서 론 23

Ⅱ. 재료 및 방법 27

1. 굴 자연채묘 부진원인 구명 27
가. 시험지 선정 및 분석용 굴 시료 현지어장 시설 27
1) 시험지 선정 27
2) 분석용 굴 시료 현지 어장 시설 27
나. 굴 모패의 건강도 평가 및 유전적 변이 조사 31
1) 굴 모패의 건강도 평가 31
2) 지역별 참굴의 유전적 변이 조사 32
다. 주요 채묘지역별 굴 유생의 특성 구명 36
1) 유생의 출현 특성 조사 36
2) 유생의 건강도 평가 36
라. 굴 채묘장 환경요인 분석 36
1) 수질 조사 36
2) 표층퇴적물 조사 37
3) 먹이생물량 41
마. 굴 채묘장 환경수 및 유생 중의 세균상 검색 41
1) 해수 및 굴 모패 중의 생균수 42
2) 굴 유생 중의 생균수 42
3) 세균의 생화학적 동정 42

4) 굴 유생수 측정 및 생육 형태 관찰 43

2. 신규 채묘어장 개발 43
가. 어장환경 조사 43
나. 모패자원량 조사 45
다. 유생 출현량 조사 45
라. 채묘상 시설 45
마. 양성시험 46

Ⅲ. 결과 및 고찰 47

1. 굴 자연채묘 부진원인 구명 47
가. 굴 모패의 건강도 및 유전적 변이 조사 47
1) 굴 모패의 건강도 평가 47
가) 육질부습중량 : 패각습중량의비 47
나) 육질부건조중량 : 패각건조중량의비 47
다) 육중량 : 총패각용적의 비 50
라) 글리코겐함량 : 육질부건조중량의 비 50
마) 난소 기생충 감염율 54
바) 생식소 발달과정 59
사) 난지질 함량 59
2) 유전적 변이 65
나. 주요 채묘지역별 굴 유생의 특성 구명 82
1) 유생 발생 양상 82
2) 출현 유생의 건강도 90

다. 굴 채묘장 환경요인 분석 92
1) 수질 조사 92
가) 수질의 변동범위와 평균값 92
나) 성분의 해역별 · 시기별 변동양상 109
다) 이화학 오염 물질 122
2) 표층 퇴적물 조사 124
3) 먹이생물량 조사 129
가) 해역별 클로로필-*a*의 농도 범위와 연평균값 129
나) 미소입자 중 클로로필-*a* 함량의 해역별 · 시기별 변동양상 137
다) 해수 중 먹이생물 조성 146
라. 굴 채묘장 환경수 및 유생 중의 세균상 검색 158
1) 유생 및 모패 중의 생균수 159
2) 굴 유생 및 모패 중의 세균상 167
마. 굴 유생의 출현과 채묘장 환경 특성과의 상관관계 175

2. 신규 채묘어장 개발 180
가. 어장환경조사 180
1) 수 온 180
2) 염 분 180
3) 투명도 183
4) pH 183
5) 용존산소 (DO) 183
6) 강우량 183
나. 모패 자원량 조사 185
1) 학가해역 185

2) 중리해역 186
다. 유생출현량 조사 188
1) 학가해역 188
2) 중리해역 190
3) 환경과의 관계 192
라. 채묘시험 193
마. 굴 채묘후 부산물 처리 199
바. 양성시험 199

Ⅳ. 요약 및 결론 207

[참 고 문 헌] 221

Ⅰ. 서 론

1. 연구개발의 목적 및 필요성

우리나라의 굴양식산업은 1960년대에 이르러 국가적인 어민소득증대사업과 국가경제개발계획사업으로 지정되어 대규모의 정부 투자가 이루어졌으며, 1965년에는 굴업종별어업협동조합이 설립되고, 1972년 11월에는 韓·美 貝類衛生協定이 체결되어 미국 FDA가 인가하는 수출용 패류생산해역으로 지정됨에 따라 굴의 생산 증가와 對日 생굴 수출, 그리고 對美 냉동굴 및 굴 통조림 수출의 본격적인 장을 열게 되었다.

그리하여 통영, 삼천포, 마산, 진해, 여수 및 거제, 고성, 남해 등 우리나라 남해안 일대가 오늘에 이르러 세계 제일의 굴 생산지로 변하게 되었으며, 이 지역을 중심으로 한 알굴 생산량은 연간 평균 30,000M/T으로 국내 소비는 물론, 생굴, 냉동굴, 乾굴 및 굴 쥬스 등 다양한 형태의 제품으로 가공되어 연간 약 1억불의 수출고를 올리고 있다.

굴은 영양적인 측면에 있어서도 칼슘, 요오드, 망간, 인 등의 미네랄 및 비타민 A, B, B_2, C와 글루타민산, 글리신, 알라닌을 포함, 수십종의 아미노산을 함유하는 영양학적으로 거의 완전한 알칼리성 식품으로 우리나라 국민보건에 크게 이바지해 왔으며, 최근에는 굴에 함유된 비타민 B_1, B_2와 철분이 빈혈 치료에 효과가 있으며, 간질환 및 협심증에 좋다는 사실이 밝혀짐으로써 영양만점인 "바다의 우유"라는 것이 입증되었다.

이와 같이 굴 양식산업은 굴 양식업자는 물론 굴을 직접 가공, 수출, 유통하는 업체, 굴양식 및 가공업체에 공급되는 기자재류 생산업체, 굴 관련산업의 수송업체, 그리고 양식, 채취, 박신, 가공 등에 종사하는 수많은 지역주민들의 人力動員狀을 고려할 때, 남해안 일대 지역민의 경제를 좌우하는 중요한 산업이다.

현재, 우리나라 천해양식 품목 중에서 굴이 차지하는 생산 비중과 수산물 총 수출비중은 각각 25.6%, 6.2%이며, 세계 총 생산량의 25%이고, 국내시장, 미국시장, 일본시장 점유율은 각각 100%, 98.6%에 이르고 있다.

그러나, '92년도부터 굴 채묘부진 현상으로 인한 종패 부족의 심화로 우리나라 굴 양식산업은 위기에 처해 있으며, '97년 8월까지 미국, 일본으로부터 수입된 유생 및 종패의 수입량과 수입금액만도 유생 77억마리, 부착치패 9,366만패각 (부착기수)의 103억원에 달하고 있다.

따라서, 장기적인 안목에서 우리나라 굴 채묘부진 원인을 정확히 밝혀 굴 종패의 안정적 수급을 통한 굴의 체계적 생산기반을 확립함과 동시에 이를 바탕으로 수출을 통한 외화 획득은 물론, 종패 수입으로 인한 경제적인 손실을 방지하고 나아가서는 우량 종묘를 역수출할 수 있는 대응책 마련이 시급하다.

본 연구는 굴 채묘장의 생물·화학적 환경요인, 모패 및 유생의 활력정도, 유생의 생육에 미치는 생물·화학적 영향 등을 면밀히 조사, 분석하여 굴의 채묘부진 원인을 구명함과 동시에 이에 대한 대책을 수립하고 신규 채묘어장을 개발하여 장기적인 굴 종묘의 안정적 수급을 도모하고자 실시하였다.

2. 연구개발의 범위

본 연구는 굴 자연채묘 부진원인 구명과 신규 채묘어장 개발을 위하여 '92년 이후 굴 자연채묘가 비교적 양호하게 이루어지고 있는 통영 저산 (고성만)의 굴 채묘장과 '92년 이후 자연채묘가 거의 이루어지지 않고 있는 거제 오수 (거제만), 그리고 연도별로 후기채묘 성적의 기복이 다소 있는 여천 항대 (가막만) 굴 채묘장을 대상으로 양식장의 생물·화학적 환경요인, 굴 모패 및 유생의 활력정도, 유생의 생육에 미치는 생물·화학적 영향 등을 조사하였다.

굴 채묘장의 환경은 수질의 경우, 투명도, 수온, 염분, 수소이온농도, 용존산

소, 화학적산소요구량, 영양염류 (인산인, 암모니아질소, 아질산질소, 용존무기질소), 부유물질, 유기주석화합물, 포르말린 잔류농도, 그리고 농약 (Cartap) 잔류농도 등을 조사하였다. 표층퇴적물은 화학적산소요구량, 강열감량, 그리고 산휘발성황화물량을, 먹이생물량은 클로로필-a 함량 (0.45~5.0㎛, 5.0~60㎛, 0.45~60㎛의 입자로 구분하여 측정) 및 먹이생물 종 조성 등을 조사 분석하였다. 그리고 굴 채묘장 환경수 및 유생 중의 세균수 측정 및 세균상 검색을 실시하였다.

굴 채묘장의 환경에 영향을 미칠 수 있는 요인인 강우량은 통영, 거제, 여천 기상대의 자료를 인용, 분석하였다.

굴 모패의 건강도는 각고, 각장, 각폭, 전중량, 패각중량, 육질부건조중량, 패각건조중량, 총패각용적 등의 생물학적 특성 및 굴 육질부와 아가미 부위의 글리코겐 함량 분석, 그리고 육질부습중량 : 패각습중량의 비, 육질부건조중량 : 패각건조중량의 비, 글리코겐함량 : 육질부건조중량의 비, 육중량 : 총패각용적의 비 등을 비교, 평가하였다. 조직학적 특성 조사는 일상적인 파라핀절편제작법으로 영구조직표본을 만들어 병원성 기생충의 감염 여부, 생식소 발달과정, 기타 조직의 이상 유무를 판단, 번식학적인 특성 및 기타 병변을 검경하였다.

한편, 참굴 종묘의 지역간 이식 양성시 발생할 수 있는 유전적인 혼란을 사전에 방지하기 위하여 우리나라 남, 서해안산 참굴 및 일본 히로시마산 참굴의 미토콘드리아 DNA를 분석, 지역별 참굴의 유전적 변이를 분석하였다. 굴의 난 및 유생의 건강도는 난과 유생의 지질 함량을 측정, 판정하였으며, 해역별, 시기별, 유생의 발달단계별 형태학적 특성 조사는 6~9월에 매일 실시하였다.

또한, 굴 종묘의 안정적 확보 방안의 일환으로 미 개발된 해남지역의 굴 채묘어장을 개발하기 위하여 해남군 송지면 학가, 중리 현지어장의 어장환경 (수온, 비중, 용존산소, 투명도, 수소이온농도, 먹이생물량), 굴 모패자원량, 굴 유생의 출현 특성 조사, 전·후기채묘 시험, 그리고 양성 시험을 실시하였다.

여　　백

Ⅱ. 재료 및 방법

1. 굴 자연채묘 부진원인 구명

가. 시험지 선정 및 분석용 굴 시료 현지어장 시설

1) 시험지 선정

시험지는 '92년 굴 후기채묘 부진 현상이 발생한 이래 후기채묘가 비교적 잘 이루어지고 있는 경남 고성만의 저산어장 (T1, 통영시 도산면 저산리)과 후기채묘가 거의 이루어지지 않고 있는 경남 거제만의 오수어장 (K1, 거제시 거제면 오수리)을 경남 지역의 시험지로 선정하였으며, 전남 지역의 시험지는 연도별로 다소 차이는 있었으나, 역시 후기채묘가 거의 이루어지지 않고 있는 가막만내의 항대어장 (Y1, 여천군 돌산면 항대)으로 선정하였다 (Fig. 1, 2, 3).

2) 분석용 굴 시료 현지어장 시설

굴 모패 및 종패의 생물학적 및 조직학적 특성과 건강도를 비교 분석하기 위하여 시험어장인 통영 저산어장 (T1) 및 거제 오수어장 (K1) 각각에 각고 7㎝ 이상이 되는 국내 거제산 및 일본 히로시마산 굴 모패 30연 (500개체/연)을 본승 100m 1대에 시설하였으며, '95년 후기채묘산 단련종패 30연 역시 별도의 본승 100m 1대에 시설하였다. 또한, '94년 6월에 채묘, '95년 5월에 국내 이식한 일본 히로시마산 굴 모패 1,500개체씩을 개체별로 분리, 원형 플라스틱 바구니에 70개씩 수용하여 2개의 어장에 각각 수하하였다. 전남 여천 항대의 시험어장 (Y1)에는 본승 100m 2대에 '94년 단련산 굴 모패 (각고 6.5㎝ 이상) 7,000개체, 굴 종패 ('95년 중기산, 12개 굴덩이/300m) 55연을 수하 시설하였다.

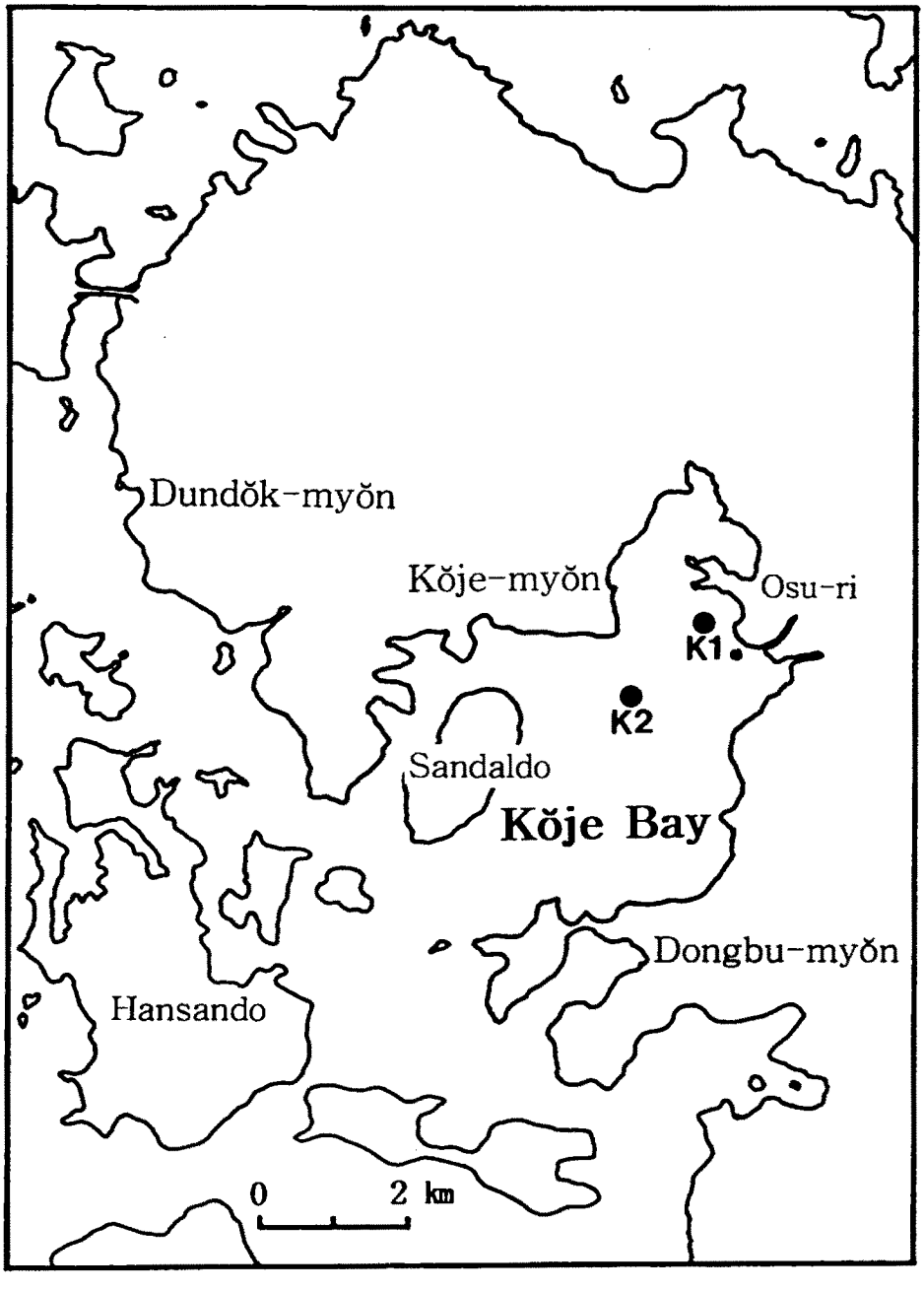

Fig. 1. Location of sampling stations in Osu, Kŏje.

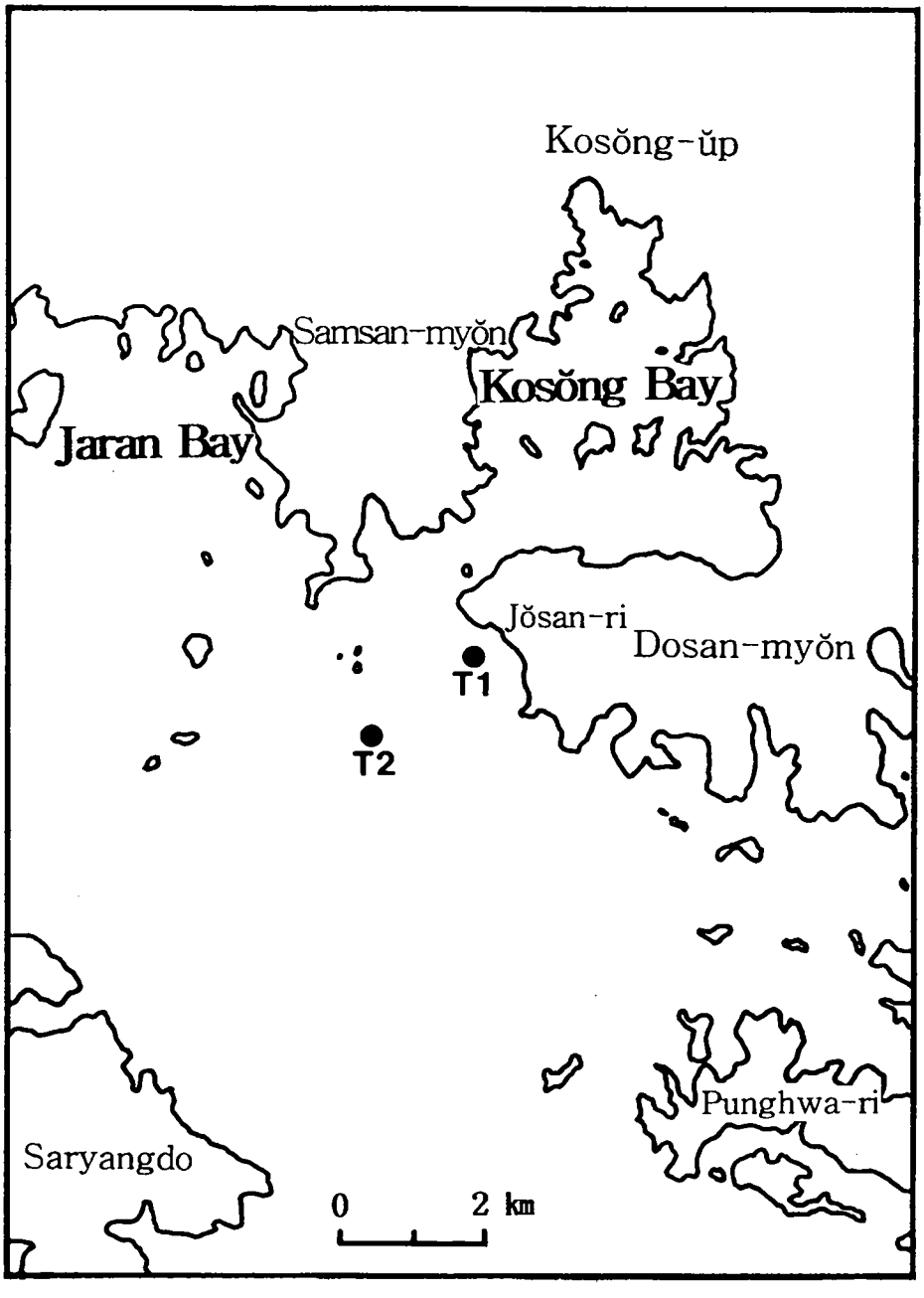

Fig. 2. Location of sampling stations in Jŏsan, Tongyŏng.

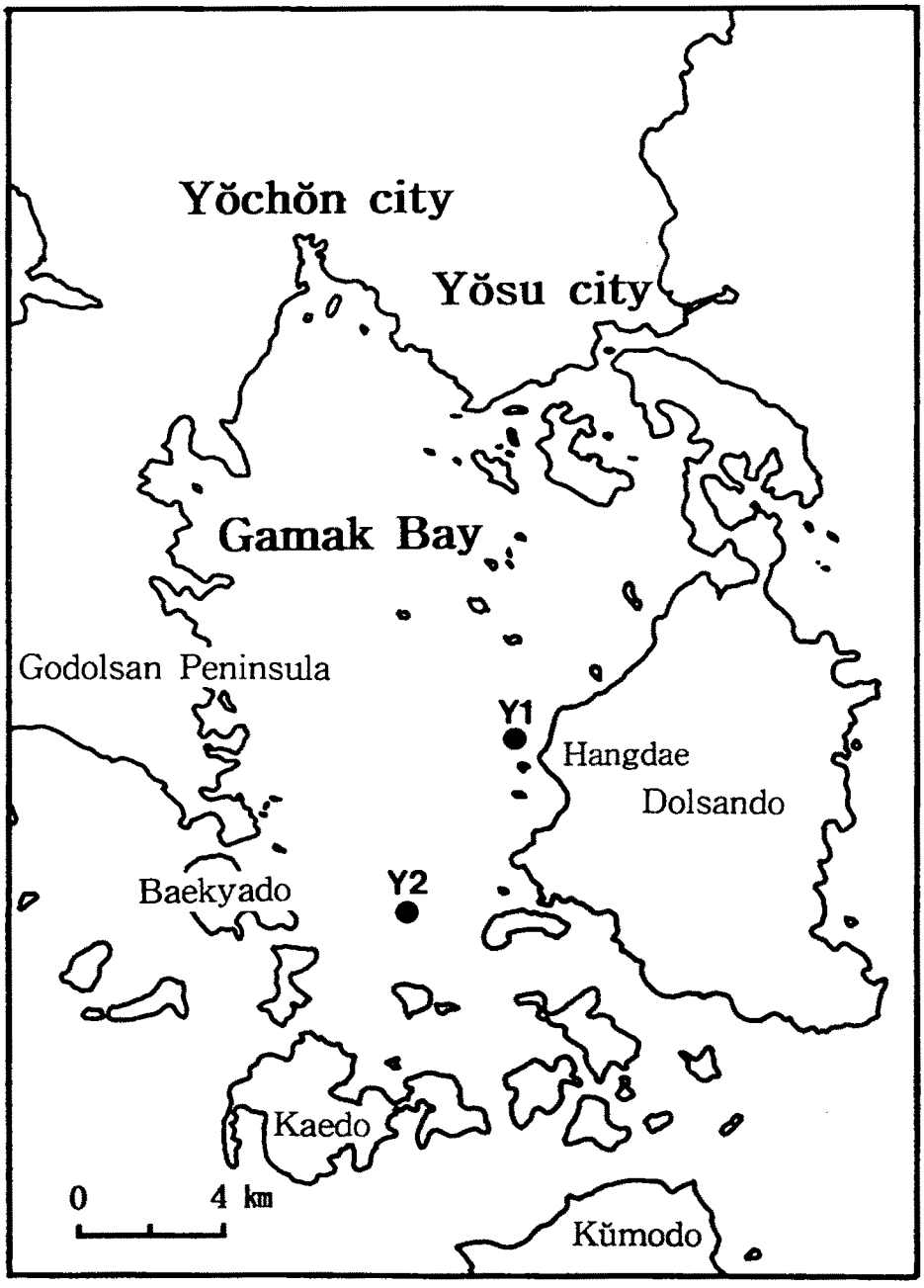

Fig. 3. Location of sampling stations in Hangdae, Yŏchŏn.

나. 굴 모패의 건강도 평가 및 유전적 변이 조사

1) 굴 모패의 건강도 평가

산란용 굴 모패의 건강도 평가는 굴 모패의 생물학적 특성, 조직학적 특성 및 이를 근거로 한 condition index 분석을 통하여 실시하였다. 생물학적 특성 조사를 토대로 한 건강도 분석 항목으로는 각고, 각장, 각폭, 전중량, 육중량, 패각중량, 육질부건조중량, 패각건조중량, 총패각용적, 육질부내 글리코겐 함량을 포함시켰다.

각고, 각장, 각폭은 digital vernier calipers (Mitutoyo제)로 0.01㎜까지 측정하였으며, 전중량, 육중량, 패각중량은 직독식 저울 (Merrler 2000)을 사용하여 0.01g까지 측정하였다.

육질부건조중량은 동결건조기 (EYERA FD-1)에서 36시간 동결건조 후 측정하였으며, 패각건조중량은 dry oven (110℃)에서 항량될 때까지 건조 후 측정하였다.

패각용적은 2ℓ 메스실린더에 해수를 가득 채운 후 굴을 담근 다음 넘쳐나는 해수의 양으로 측정하였으며, 육질부내 글리코겐 함량은 Hangedorn-Gensen's method (일본식품공업학회, 1984)에 준하여 분석하였다.

기생충 감염 여부 및 생식소 발달과정 분석를 위한 조직조사용 표본 제작 및 관찰 방법은 다음과 같다. 굴 패각을 굴전용 세척솔로 깨끗이 씻은 후, 굴 패각을 개각한 다음 육질부 전체를 도려내고, 육질부의 중앙을 횡으로 비스듬히 3㎜ 두께로 잘랐다. 이 육질부 조직절편을 Bouin's fixative에 고정시킨 후, 일반적인 paraffin 절단법에 의하여 5㎛의 조직절편을 만들어 Hematoxylin-eosin Y 염색액에 염색하여 조직부위별 기생충 감염율과 감염대상종, 조직 이상 여부 및 생식소 발달과정 등을 관찰하였다. 난소기생충의 경우, 초기 감염시에는 파라핀조직표본으로는 감염 여부를 판별하기 어렵기 때문에 신선한 굴의 생식소 부위를 절개, slide glass에 도말하여 Eosin-methylene blue에 염색한 후 실시

하였다.

생식소 발달정도의 구분은 Chang and Lee (1982)의 방법에 준하여, 분열증식기, 성장기, 성숙기, 산란기, 그리고 휴지기로 구분하였다.

채취지역별 굴 모패로부터 수거된 성숙난의 건강도 및 이들 난과 정자를 수정, 사육시킨 유생의 건강도는 지질함량으로 판정하였다. 난 지질은 Gallager and Mann's technique (1986), 유생의 지질은 Mann and Gallager's technique (1985)으로 분석하였다.

2) 지역별 참굴의 유전적 변이 조사

가) 시료 및 시약

실험에 사용한 지역별 참굴은 1995년 7월부터 1997년 8월에 걸쳐 다음과 같이 구입하였다. 남해안산 참굴은 부산 가덕도, 경남 거제, 남해 그리고 전남 해남에서 채묘한 종패를 경남 통영군 도산면 저산리 양식장에 이식, 양성중인 것을 사용하였다. 서해안산은 충남 보령군 천북면 장은리의 자연산 참굴을 사용하였다. 바윗굴 (*Crassostrea nippona*)은 경북 영일군 영일읍 장기면 신창리 현지어장에서 채취하였다. 일본산 참굴은 히로시마로부터 수입한 치패를 사용하였다 (Fig. 4).

제한효소와 DNA 조작에 사용한 효소들은 Promega社로부터 구입하였으며 기타 시약들은 Sigma社 제품을 사용하였다.

나) mtDNA 추출

굴 시료로부터 mtDNA 추출은 SDS-페놀 처리방법 (Wada et al., 1991)과 Birnboim and Doly (1979) 방법을 개량한 Palva and Palva (1985)의 방법 등을 사용하였다. SDS 처리 방법은 우선 각 굴 개체별 시료로부터 난소 또는 소화관 조직 10 g를 액체질소에서 분쇄시킨 후 TEK 완충용액 (50mM Tris-HCl, 10mM EDTA, 1.5% KCl, pH 7.5)에 넣어 마쇄기로 균일하게 마쇄시

켰다. 마쇄액을 15㎖ 원심분리관에 분주한 후 동량의 15% sucrose-TEK용액을 튜브 바닥으로부터 천천히 첨가하여 밀도구배를 만들었다. 용액을 4℃, 4,000 x g에서 10분간 원심분리하고 상층액을 10,000 x g에서 20분간 다시 원심분리시켰다. 침전물을 30㎖의 EST 용액 (100mM EDTA, 10mM Tris, 150mM NaCl, pH 8.0)으로 희석한 후 상기와 같이 원심분리하여 미토콘드리아 분획을 취하였다. 미토콘드리아 분획에 10% SDS를 처리하여 미토콘드리아를 용해시키고 0.3M sodium acetate와 2배의 EtOH를 첨가하여 mtDNA를 침전시켰다. 두번째 방법은 미토콘드리아 분획은 처음 방법과 동일하게 얻고 미토콘드리아 침전물에 조직 g당 200㎕의 용액I (50mM glucose, 10mM EDTA, 25mM Tris-HCl, pH 8.0)을 넣어 용해하고 400㎕의 용액II (0.2M NaOH, 1% SDS)를 첨가하여 잘 혼합한 뒤 300㎕의 용액III (3M potassium acetate)를 첨가하여 혼합한 후 12,000 x g에서 30분간 원심분리시켰다. 상층액에 동량의 페놀을 첨가하여 5,000 x g에서 10분간 원심분리하고 상층액에 두배의 에탄올을 첨가하여 12,000 x g에서 15분간 원심분리하여 mtDNA를 침전시켰다. 침전된 mtDNA는 20㎕의 TE 용액 (10mM Tris-HCl, pH 8.0, 1mM EDTA)으로 용해시켰다.

다) 제한효소 처리 및 Southern blot 분석

미토콘드리아 DNA절단에 사용한 제한효소는 여섯 염기쌍을 인식하는 효소들로서 BamHI, BglI, EcoRI, HindIII, KpnI, PstI, XbaI, 그리고 XhoI 등 8종류의 제한효소를 사용하였으며, 굴 시료 각 개체로부터 추출된 50ng의 mtDNA를 각 효소반응에 사용하였다. 반응은 각 효소의 최적 반응온도에서 16시간 동안 수행하고 0.8% agarose gel에서 전기영동하였다. 전기영동 후 gel을 변성용액 (0.4N NaOH, 1M NaCl)에서 변성시키고 중화용액 (0.5M Tris-HCl, pH 7.2, 1M NaCl)에서 중화시킨 다음 vacuum blotter로 nylon membrane에 DNA를 transfer 시켰다. UV cross-linker로 DNA를 membrane에 고정시킨 다음 굴의 mtDNA로 제작한 probe를 이용하여 68℃에서 hybridization시켰다

(Maniatis et al., 1982). Probe DNA는 남해안산 참굴의 전체 mtDNA가 subcloning된 플라스미드 DNA들로부터 elution하여, random primer extension 방법을 사용하여 biotin으로 표지시켜 만들었으며, chemiluminescent 기질 (CSPD, Tropix社)과 반응시켜 기질이 분해되면서 방출하는 477nm 파장의 빛에 의해 X-ray 필름을 감광시킴으로써 probe와 hybridize한 DNA를 검출하였다. DNA 클로닝과 제한효소지도 작성을 위한 효소반응들은 Sambrook et al.의 (1989) 방법을 인용하였다.

라) PCR 및 DNA sequencing

두 가지 primer 각각 50pmol씩 그리고 굴 mtDNA 약 10ng을 PCR 반응액에 첨가하고 thermo cycler를 이용하여 95℃에서 1분, 52℃에서 1분, 그리고 72℃에서 1분씩 30회 반복, 반응시킨 후 마지막에 72℃에서 10분간 방치하여 반응을 종결시켰다 (Sambrook et al., 1989). 반응액의 1/10의 양을 1% agarose gel에 전기영동하여 증폭된 DNA를 확인하였다. 증폭된 DNA를 gel로부터 용출 (elution)시키고 정제한 다음 DNA 염기서열 결정에 사용하였다. DNA 염기서열은 DNA 자동염기서열분석기 (ABI 373)를 사용하여 분석하였다. PCR에 의해 증폭된 DNA는 elution하여 주형으로 사용하였고, 염기서열 분석의 primer는 PCR에 사용한 두 primer들을 이용하여 양쪽 방향으로부터 염기서열을 결정하고 서로 비교하였다.

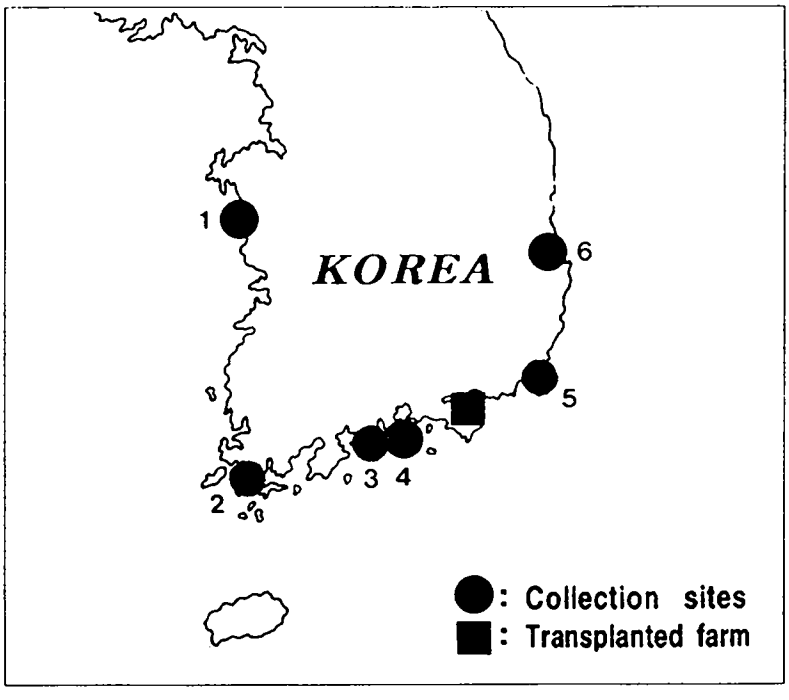

Fig. 4. Location of oyster brood stock sampling stations for genetic variation research and transplanted culture test farm : 1, Poryŏng ; 2, Haenam ; 3, Namhae; 4, Kŏje ; 5, Pusan ; 6, Yŏngil. The transplanted culture test farm is located in Tongyŏng.

다. 주요 채묘지역별 굴 유생의 특성 구명

1) 유생의 출현 특성 조사

유생의 출현 특성 조사는 거제 오수, 통영, 저산, 여천 항대를 대상으로 6~9월 사이 매일 조사하였다. 유생은 플랑크톤네트 (××20)를 이용, 수직 3m를 예망 채집하여 5%의 포르말린 용액으로 고정한 후 현미경으로 검경하였다.

유생의 분류는 형태 및 크기에 따라서 D형, 소형각정기, 중형각정기, 대형각정기, 성숙기, 그리고 부착기의 6단계로 구분하였다.

유생 조사시기의 일간 수온은 봉상온도계로, 비중은 아쿠아누마 B형을 사용하여 현장에서 측정하였다.

2) 유생의 건강도 평가

채취지역별 유생의 건강도는 지질함량으로 판정하였다. 유생의 지질은 Mann and Gallager's technique (1985)으로 분석하였다.

라. 굴 채묘장 환경요인 분석

1) 수질 조사

수질 조사는 Fig. 1~3과 같이 거제 오수 (거제만), 통영 저산 (고성만) 및 여천 항대 (가막만)에서 각각 시험구와 대조구 1개 정점씩을 선정하여 1996년 2, 4, 6, 7, 8, 9, 10월 및 1997년 1월부터 9월까지 매월 1회씩 표층과 5m층에 대한 현장 조사 및 시료를 채취하였다. 투명도(Tr.), 수온 (W.T.), 염분 (Salinity), 수소이온농도 (pH), 용존산소(Dissolved Oxygen, DO), 화학적산소요구량 (Chemical Oxygen Demand, COD), 영양염류 [인산인 (PO_4^{3-}-P), 암모니아질소 (NH_4^+-N), 아질산질소 (NO_2^--N), 질산질소 (NO_3^--N)], 부유물질 (Suspended Solids, SS) 및 클로로필-*a* 농도를 조사하였다.

투명도는 투명도판으로, 수온과 용존산소는 수질측정기 (Hydrolab. Surveyor Ⅲ)를 이용하여 현장에서 측정하였고, 수소이온농도는 pH-meter (model 50)로 측정하였으며, 염분은 실험실에서 Inductively Coupled Salinometer (Watanabe Model 601 MK III)로 측정하였다. 화학적산소요구량은 알카리성과망간산칼륨법, 영양염류는 Strickland and Parsons법 (1972)으로 분석하였다. 용존무기질소는 암모니아질소, 아질산질소 및 질산질소의 합으로 나타내었다. 부유물질 분석은 해양오염 및 적조조사 지침 (박 등, 1985)의 방법을 따랐다. 클로로필-*a*는 해수를 60㎛ 망지와 孔徑 0.45㎛ Filter로 각각 여과하여 90% Acetone으로 추출한 다음 상등액을 Spectrophotometer로 비색정량 (Jeffrey & Humphre, 1975) 하였다.

2) 표층퇴적물 조사

표층퇴적물 조사는 1996년에는 2월과 8월, 1997년에는 2, 5, 6, 7, 9월에 실시하였으며, 코아채니기로 채취한 표층퇴적물 중의 함수율 (Moisture), 화학적산소요구량 (COD), 강렬감량 (Ignition Loss, IL), 산휘발성황화물 (Acid Volatility Sulfide, AVS) 등을 분석하였다.

함수율은 습시료 약 20g을 Dry oven을 사용하여 80℃에서 24시간 건조시킨 후 감소된 무게를 %로 나타내었다. 화학적산소요구량은 습시료 약 1g을 알카리성으로 하여 과망간산칼륨 일정량을 넣고 항온수조에서 1시간 동안 가열반응시킨 후 과잉량의 과망간산칼륨을 요오드화칼륨 및 황산으로 요오드를 유리시킨 후 여과하여 그 여액 일정량을 티오황산나트륨으로 역적정하여 ㎎/g · dry로 나타내었다 (국립수산진흥원, 1985). 강렬감량은 함수율을 측정한 시료를 550℃ 전기로에서 2시간 가열한 후 데시케이터에서 약 1시간 방냉 후 무게를 달아 건니 시료에 대한 무게차를 %로 나타내었다. 산휘발성황화물은 습시료 약 0.5~2g을 검지관 (Gaster G)으로 측정하여 ㎎/g · dry로 나타내었다.

해수 중 유기주석화합물은 해수 1ℓ에 내부표준물질 (Pe_3SnCl)과 진한 염산 10㎖, NaCl 20g, Hexane 100㎖를 가하여 추출한 후 탈수시킨 다음 농축시켜 그리나드시약 (PrMgBr)으로 propyl화하였다. 반응하고 남은 과잉의 그리나드시약은 1N 황산으로 파괴시키고 유기층은 분취하여 florisil cartridge로 정제한 다음 고농축하여 가스크로마토그라프 (GC)로 분석하였다. GC의 분석조건은 injector 온도 2800℃, column 온도는 온도프로그램을 실시하여 초기온도 800℃에서 1600℃까지는 400℃/min, 2300℃까지는 100℃/min로 승온하였다. 사용한 column의 액상은 DB 1으로 길이 30m, 내경 0.32㎜, 두께 0.25㎛의 capillary column 이었다. Detector 온도는 3000℃로 610nm의 주석 filter가 부착된 FPD를 사용하였다. 이때 가스유량은 공기 160㎖/min, 수소 120㎖/min으로 하였다.

해수내 포르말린의 잔류농도 (㎍/㎖)는 포르말린 중 포름알데하이드 (37%)의 양으로 측정하였다. 포르말린의 추출방법으로 해수 10㎖를 취해 0.5N NaOH 10㎖와 12% $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ 10㎖를 가하여 충분하게 진탕한 다음, 상온 (23℃)에서 30분간 정치하였다. 이어서 이 혼합액을 여과지 (Whatman No. 1)로 여과하여 이 여과액에 증류수를 가하여 100㎖로 하여 최종 추출액으로 준비하였다. 단, 최종 추출액의 pH는 0.5N HCl을 이용하여 4.5로 조절하였다. 포르말린의 정량은 AHMT 정색반응을 이용하였는데, 시험관에다 최종 추출액 2㎖를 취하여 5N KOH 2㎖와 AHMT 용액 2㎖를 각각 첨가하여 조용히 혼합한 후, 상온 (23℃)에서 20분간 정치시킨 다음, 0.75% KIO_4 2㎖를 첨가하여 부드럽게 혼합하여 기포가 발생하지 않도록 하여 흡광도 550nm에서 측정하였다. 이때 증류수 10㎖를 동일한 방법으로 처리한 용액을 대조구로 하였다. 한편, 측정된 흡광도 수치는 미리 작성하여 둔 포르말린 검량선을 이용하여 포르말린의 잔류량을 환산하였다.

어패류에 대하여 강력한 치사독성이 있는 것으로 알려지고 있는 농약 (Cartap)의 분석은 Fig. 5와 같이 용매 추출법으로 추출한 후 GC mass를 사용하여 분석하였으며, GC의 분석 조건은 Table 1과 같다.

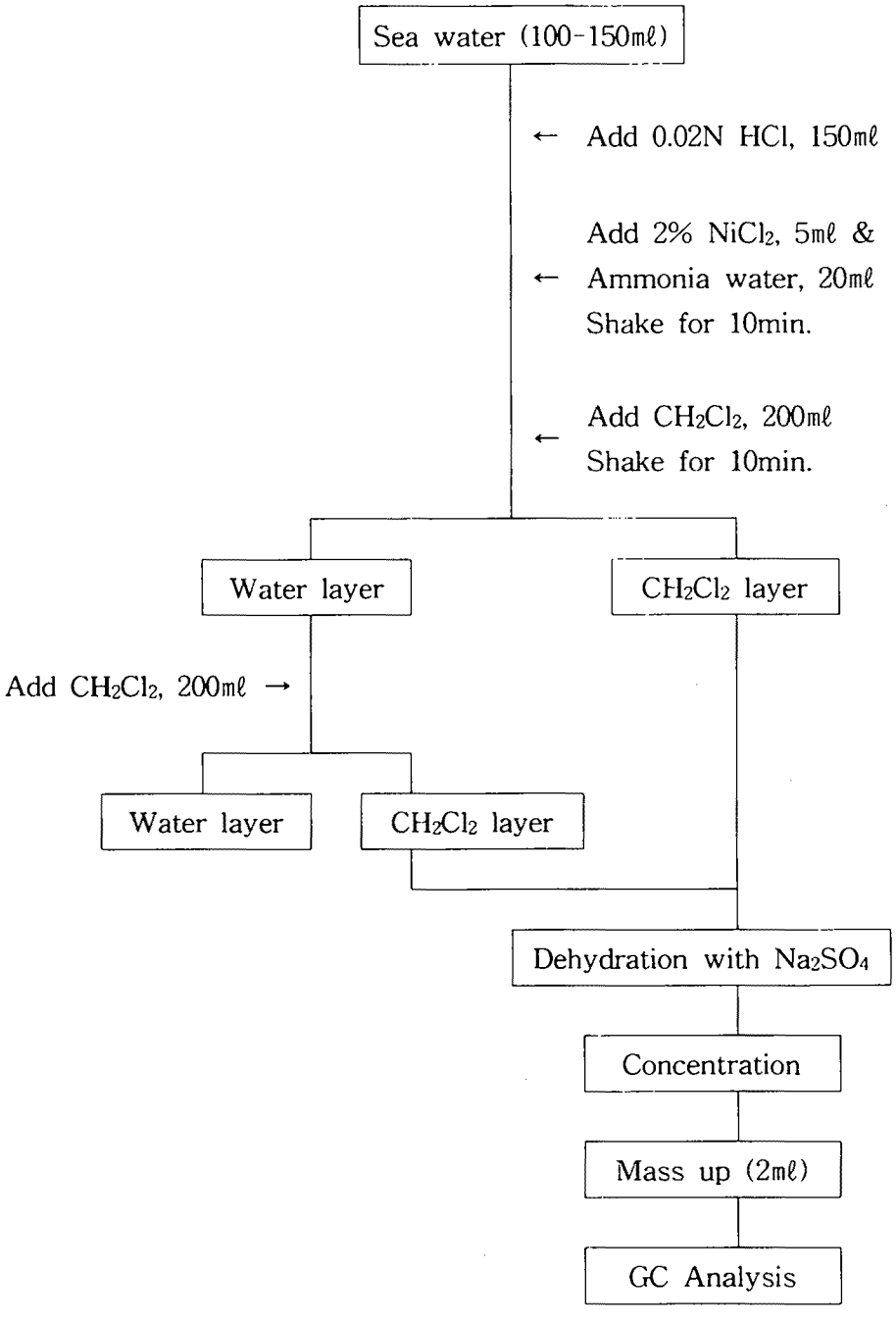

Fig. 5. Flow chart for Cartap analysis.

Table 1. Analysis conditions of gas chromatography for cartap

Detector	FPD or NPD
Injectot temp.	250℃
Detector temp.	280℃
Column conditions	Column temp. : 100 - 200℃
	Elevating temp. rate : 10℃/min
	Initial operating time : 0 min at 100℃

3) 먹이생물량

가) 미소입자 중 클로로필-a의 양적 변동

미소입자 (5.0㎛ 이하) 중 클로로필-a의 양은 현장에서 채수한 해수를 60㎛ 망지로 여과한 후 孔徑 5.0㎛ 및 0.45㎛ filter로 각각 재여과하여 90% Acetone으로 추출하였다. 다음, 이들 각각의 상등액을 Spectrophotometer로 비색정량 (Jeffrey and Humphre, 1975) 하여 0.45㎛ filter로 여과하여 구한 클로로필-a량에서 5.0㎛ filter로 여과하여 구한 클로로필-a량을 뺀 값을 미소입자 중 클로로필-a의 양으로 하였다.

나) 먹이생물 종 조성 분석

통영 저산, 거제 오수 및 여천 항대의 굴 양식장 1개소를 각각 선정하여 1996년 2월부터 9월, 1997년 1월부터 9월까지 매월 1회에 걸쳐 식물플랑크톤 시료를 채집하였다. 식물플랑크톤의 정량을 위하여 Van Dorn 채수기로 통영과 거제는 표층과 저층수를, 여천의 양식장은 표층수를 1 ℓ 채수하여 polyethylene 병에 넣은 뒤 Lugol' s solution으로 처리, 냉장하여 실험실로 운반하였다. 운반된 시료는 침전법으로 시료를 농축하여 측정하였으며, 소형플랑크톤 (Microplankton >10㎛) 조성의 분석은 Sedgewick-Rafter Chamber를 사용하여 광학현미경 하에서 관찰하였다.

마. 굴 채묘장 환경수 및 유생 중의 세균상 검색

굴 채묘장에서의 채묘부진은 유해물질의 오염에 의한 환경적인 요인과 질병 원인생물 (세균, 바이러스, 기생충 등)의 감염 등에 의한 생물학적 요인에 기인한 것으로 잠정 추정해 볼 수 있다. 따라서, 본 연구에서는 굴 채묘 부진원인 구명의 일환 중에서 미생물에 의한 채묘부진 발생 가능성의 확인을 위하여, 1992년 굴 채묘부진 현상이 발생한 이래 후기채묘가 잘 이루어지고 있는 경남 통영의 저산과 후기채묘가 거의 이루어지지 않고 있는 경남 거제만 오수 소재의 굴 채묘장 해수, 굴 모패, 굴 유생에 대하여 세균학적 오염 상태를 파악함과

동시에 오염균의 세균상을 조사하여 굴 모패 또는 굴 유생의 질병 원인세균 감염에 의한 채묘부진 발생 가능성을 조사하였으며, 조사 당시의 굴 유생의 발달상태 및 건강도 확인을 위하여 유생 발달단계별 생육 상태를 조사하였다.

1) 해수 및 굴 모패 중의 생균수

Marine agar 평판배지에 일정량의 조제 시료를 분주하고 유리막대로 균일하게 도말한 후 25℃에서 5일간 배양한 후 발현하는 균집락을 세어서 측정하였다.

2) 굴 유생 중의 생균수

75㎛ 망목의 플랑크톤네트로 채집한 부유성 채집물 중에서 멸균한 시계접시와 멸균 해수를 사용하여 굴 유생만을 선별하였다. 선별된 유생을 멸균 해수로 3회 세척한 후 유생만을 취하여 유리 재질의 조직파쇄기로 파쇄하고, 유생 파쇄물을 멸균 희석수로 단계 희석하여 marine agar 평판배지에 도말하고 25℃에서 5일간 배양한 후 발현하는 균집락을 세어서 측정하였다.

3) 세균의 생화학적 동정

Marine agar 평판배지에 도말하여 25℃에서 5일간 배양하였을 때 발현하는 균집락의 일정 수를 무작위로 선택하고, 선택된 균집락을 NaCl을 1% 첨가한 Tryptic soy agar 사면배지에 계대배양, 보관하면서 gram 염색, oxidase 시험 등의 일반 세균학적 특성과 당 분해 시험 등 생화학적 특성 시험을 실시하였다. 분리균의 생화학적 특성 시험은 Merck社의 세균 동정 kit인 EM-ident E와 EM-ident NF를 사용하여 실시하였으며, 동정에 필요한 항목 중 이들 kit에서 빠져있는 항목에 대하여는 각 항목 시험에 필요한 성분을 재조합하여 분주한 시험관을 사용하여 실시하였다.

분리균의 세균학적 동정은 세균학적, 생화학적 특성 시험을 바탕으로 Bergey's manual of systematic bacteriology (8th ed. 1984) 및 Biochemical tests for identification of medical bacteria (2nd ed. 1980)에 준하여 실시하였다.

4) 굴 유생수 측정 및 생육 형태 관찰

유생의 수는 유생 현탁액을 적절히 희석한 후 계수판을 사용하여 현미경 하에서 계수하였으며, 유생의 생육 형태 관찰은 Mann and Gallager's (1986)의 방법을 수정하여 유생을 Oil Red O를 사용하여 단염색한 후 檢鏡하였다.

2. 신규 채묘어장 개발

현장애로기술개발사업 과제 1차년도 ('96년) 사업은 여수어촌지도소와 협동으로 '굴 채묘어장 개발 및 고온기 굴 종패 단련기술 개발' 과제로 추진하였으며, 2차년도 ('97)는 농림수산기술관리센타에서 실시한 「추진 진도 현장 확인조사」에 대한 조치 결과, 국립수산진흥원 증식부 양식개발과와 협동으로 '굴 자연채묘 부진원인 구명 및 신규 채묘어장 개발' 과제에 포함하여 실시할 것을 농림수산기술관리센타로부터 통보받아 추진하였다.

시험어장은 Fig. 6에 나타난 바와 같이 전라남도 서남단 육지부에 인접한 해남지역 중에서도 자연산 모패자원이 많이 서식하는 곳으로 알려진 해남군 송지면 학가해역과 송지면 중리해역 2개소에 채묘상을 설치하였으며, 양성 시험은 동 해역의 채묘 시험지 외에 외양성 어장에 2개소를 추가, 모두 4개소 (4ha)에서 시험을 실시하였다.

가. 어장환경 조사

수온은 봉상온도계를 이용하여 현장에서 측정하였고, 비중은 아쿠아누마 B형 비중계로 측정하였으며, 측정된 비중은 15℃ 표준비중으로 환산한 후 염분농도 (‰)로 표시하였다.

투명도는 현장에서 투명도판 (∅30㎝)을 이용하여 측정하였으며, 수소이온농도는 현장에서 시료를 채수하여 실험실로 옮겨온 후 pH meter로 측정하였다. 용존산소는 Hydrolab를 이용하여 현장에서 측정하였으며, 강우량은 해남기상대 (1996, 1997)의 기록 자료를 인용, 사용하였다.

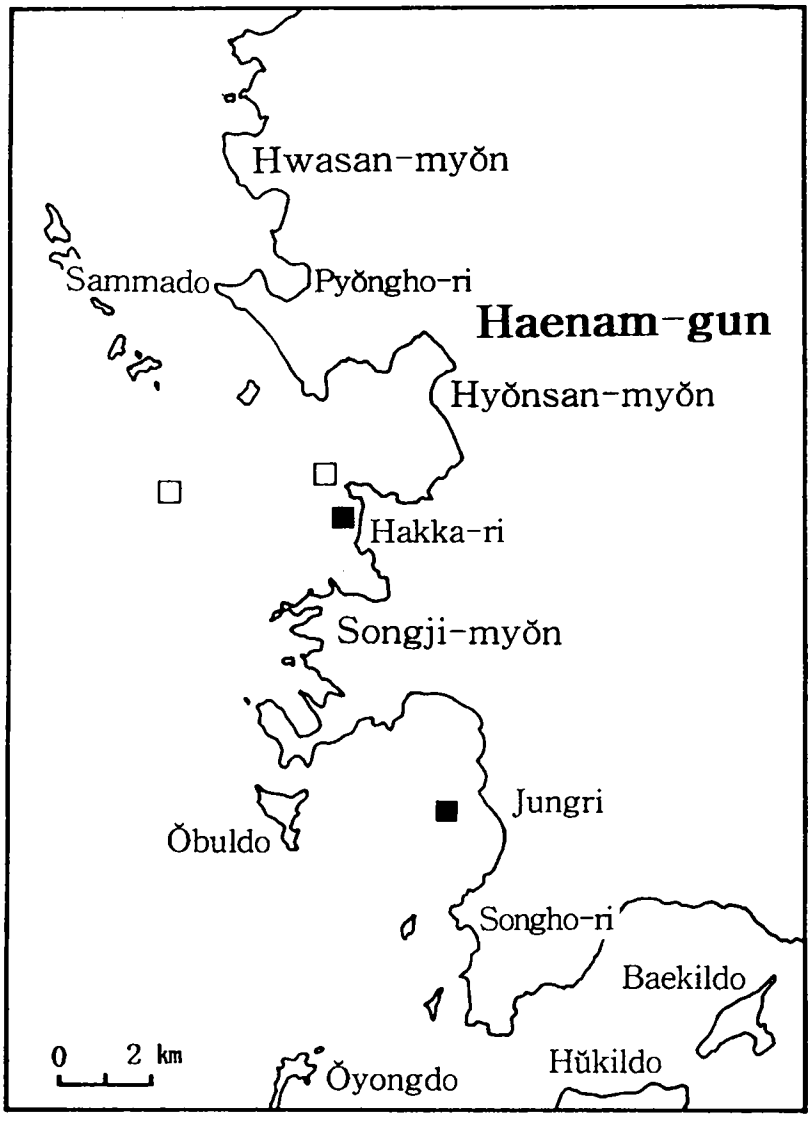

Fig. 6. Location of seed collection and spat culture test farm for development of a new oyster seed collection area : ■, seed collection area ; □, growing area.

나. 모패자원량 조사

조사 대상면적 1ha당 좌·우 대각선 거리를 고려하여 1×1m의 10개 지점을 선정, 조사하였다.

다. 유생 출현량 조사

유생 출현량 조사는 5~9월에 2~3일 간격으로 주로 만조시에 실시하였으며, 대량 출현시에는 매일 조사하였다.

유생 조사는 플랑크톤네트 (××20)를 이용하여 수평채집은 30㎝ 깊이를 수평으로 하여 10m 예망하여 채집하였고, 수직채집은 수면으로부터 수직 2m를 예망, 채집하여 5%의 포르말린 용액으로 고정하였다가 실험실에서 현미경으로 검경하였다.

유생의 분류는 형태 및 크기에 따라서 D형, 소형각정기, 중형각정기, 대형각정기, 성숙기, 그리고 부착기의 6단계로 나누었다.

라. 채묘상 시설

학가어장의 채묘상은 주위에 암반이 많아서 나무로 만들기 어려워 1.5inch의 아연 파이프를 이용, 20×2×1.5m 규모로 제작하여 3~4시간 노출선에 설치하였다.

중리어장의 저질은 사니질과 니질로 되어 있어 아연파이프와 나무말목을 이용하여 20×2×1.5m 규모로 3~4시간 노출선에 설치하였다.

채묘연은 굴패각 1연에 50~60개를 끼워서 1.5m 길이로 제작된 것을 구입하여 사용하였다.

마. 양성시험

양성시험 장소는 해남군 송지면 학가어장으로서 수하식으로 '96년 7월 30일 전기채묘분 종패 280연을 시설하였으며, '96년 10월에 북평면 영전어장에서 굴 종패를 분양받아 양식한 어업인을 대상으로 양성굴의 성장도 및 생존율을 조사하였다. 또, '96년도 전기 채묘분을 '96년 7월 25일에 경남 통영시 도산면 저산어장에 50연, 경남 거제시 거제면 오수어장에 50연을 시설, 성장도 및 생존율을 조사하였다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 굴 자연채묘 부진원인 구명

가. 굴 모패의 건강도 및 유전적 변이 조사

1) 굴 모패의 건강도 평가

가) 육질부습중량 : 패각습중량의 비

전 조사기간 동안 굴 모패의 육질부습중량 : 패각습중량의 비는 거제 오수 양식산이 16.58~43.12%, 통영 저산 양식산이 16.92~45.06%, 그리고 여천 항대 양식산이 13.15~43.28% 였다 (Fig. 7). 육질부습중량 : 패각습중량의 비는 '96년에는 거제 오수산 2월 30.02%로 가장 높았으며, 7월 16.58%로 가장 낮았다. 통영 저산산과 여천 항대산은 5월 각각 36.81, 42.97%로 가장 높았으며, 9월 각각 16.92, 13.15%로 가장 낮았다. '97년에는 거제 오수산과 통영 저산산이 6월 각각 43.12, 45.06%, 여천 항대산이 4월 43.28%로 가장 높았다.

나) 육질부건조중량 : 패각건조중량의 비

전 조사기간 동안 굴 모패의 육질부건조중량 : 패각건조중량의 비는 거제 오수 양식산이 3.63~9.63%, 통영 저산 양식산이 3.36~13.16%, 그리고 여천 항대 양식산이 2.57~12.54% 였다 (Fig. 8). 육질부건조중량 : 패각건조중량의 비는 '96년에는 거제 오수산, 통영 저산산, 여천 항대산 모두 5월 각각 8.20, 10.60, 12.30%로 가장 높았으며, 9월 각각 3.63, 3.36, 2.57%로 가장 낮았다. '97년에는 거제 오수산 6월 9.63%로 가장 높았으며, 통영 저산산과 여천 항대산은 4월 각각 13.16, 12.54%로 가장 높았고, 9월 거제 오수산, 통영 저산산, 여천 항대산 모두 각각 3.66, 3.45, 3.60%로 가장 낮았다.

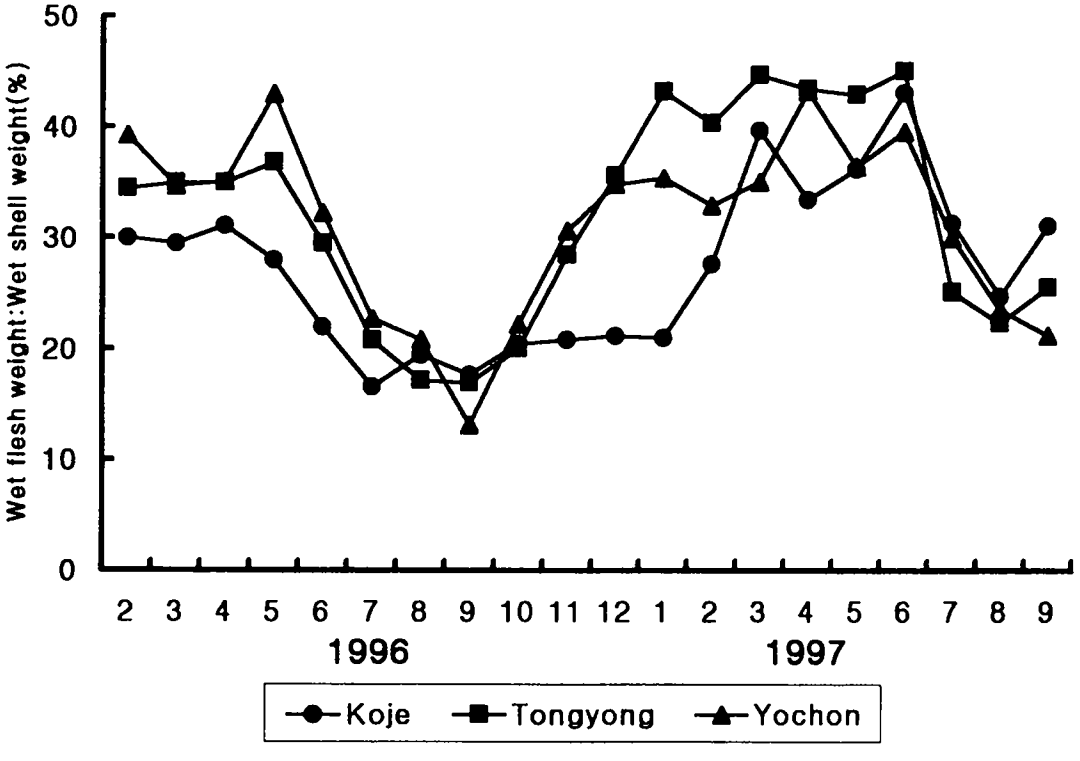

Fig. 7. The ratio of the wet flesh weight to wet shell weight of oyster brood stocks in experimental areas.

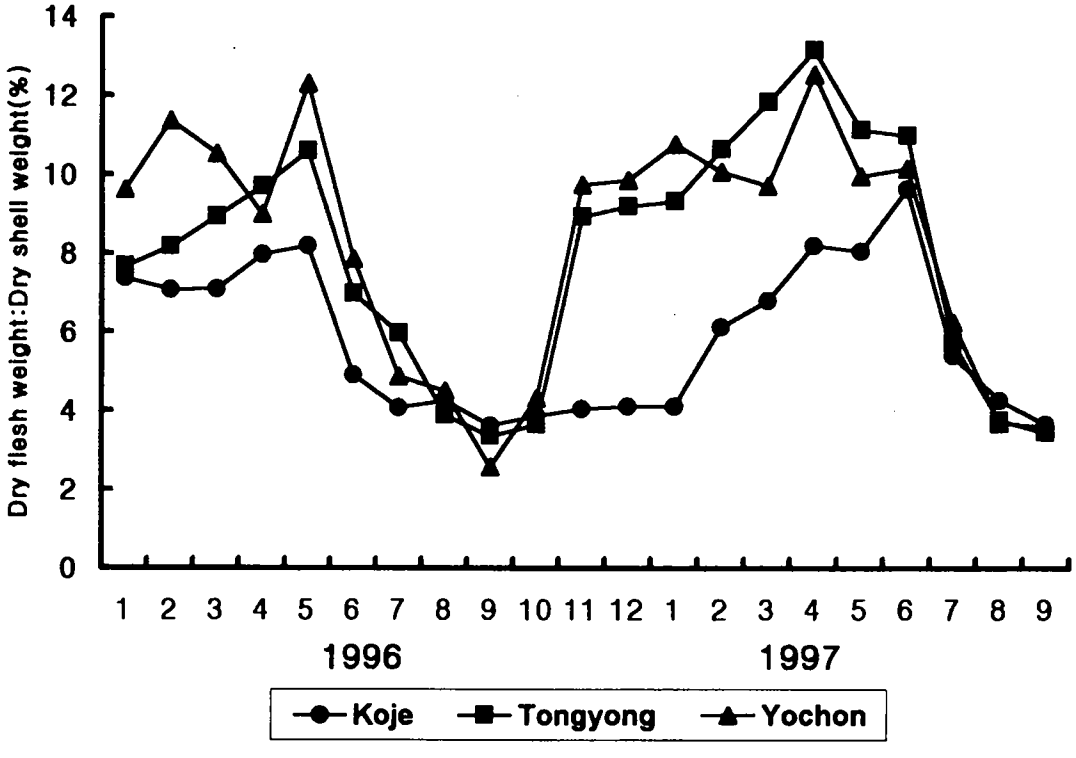

Fig. 8. The ratio of the dry flesh weight to dry shell weight of oyster brood stocks in experimental areas.

다) 육중량 : 총패각용적의 비

전 조사기간 동안 굴 모패의 육중량 : 총패각용적의 비는 거제 오수 양식산이 15.32~33.25%, 통영 저산 양식산이 15.91~40.21%, 그리고 여천 항대 양식산이 13.24~42.07% 였다 (Fig. 9). 육중량 : 총패각용적의 비는 '96년에는 거제 오수 양식산과 통영 저산 양식산이 6월 각각 28.87, 40.21%로 가장 높았으며, 여천 항대 양식산은 5월 42.07%로 가장 높았다. 그리고, 거제 오수산 9월 15.32%, 통영 저산산 8월 15.91%, 여천 항대산 9월 13.24%로 가장 낮았다. '97년에는 거제 오수산과 통영 저산산은 6월 각각 33.25, 38.01%로, 여천 항대산은 5월 37.30%로 가장 높았다.

라) 글리코겐함량 : 육질부건조중량의 비

전 조사기간 동안 굴 모패의 육질부 글리코겐 함량은 거제 오수 양식산이 0.40~8.57㎎/d.g, 통영 저산 양식산이 1.54~8.86㎎/d.g, 그리고 여천 항대 양식산이 0.65~7.86㎎/d.g 이었다 (Fig. 10). 육질부 글리코겐 함량은 '96년에는 거제 오수산 1월 4.10㎎/d.g, 통영 저산산과 여천 항대산은 1월 각각 5.18, 7.86㎎/d.g으로 가장 많았으며. 거제 오수산, 통영 저산산, 여천 항대산 모두 7월 각각 0.40, 1.56, 0.65㎎/d.g으로 가장 적었다. '97년에는 거제 오수산 5월 8.57㎎/d.g, 통영 저산산과 여천 항대산 6월 각각 8.86, 6.27㎎/d.g으로 가장 많았다.

굴의 활력 평가의 한가지 방법으로 사용되는 아가미 조직의 글리코겐 함량을 '97년 1월부터 7월까지 분석한 결과, 굴 아가미 조직의 글리코겐 함량은 거제 오수 양식산이 1.82~4.94㎎/g, 통영 저산산이 1.44~6.91㎎/g 이었다. 거제 오수산과 통영 저산산 굴 아가미 조직의 글리코겐 함량은 각각 1월과 7월에 1.82㎎/g, 1.44㎎/g으로 가장 적었으며, 거제 오수산, 통영 저산산 모두 4월에 각각 4.94, 6.91㎎/g으로 가장 많았다 (Fig. 11).

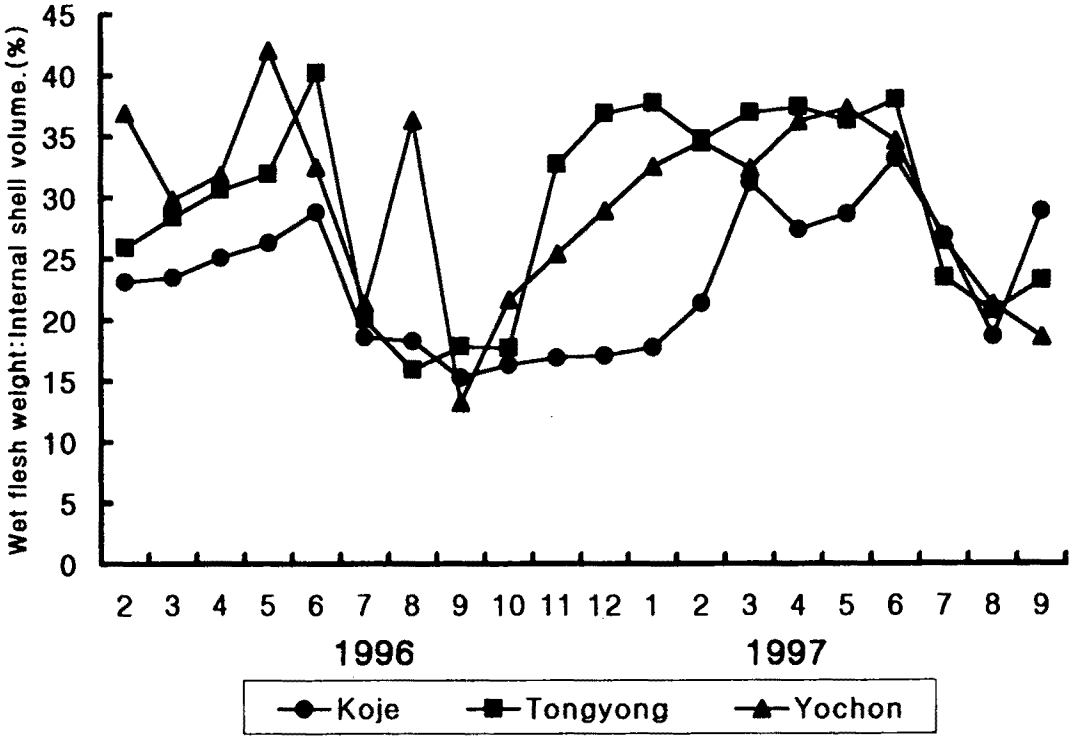

Fig. 9. The ratio of the wet flesh weight to internal shell volume of oyster brood stocks in experimental areas.

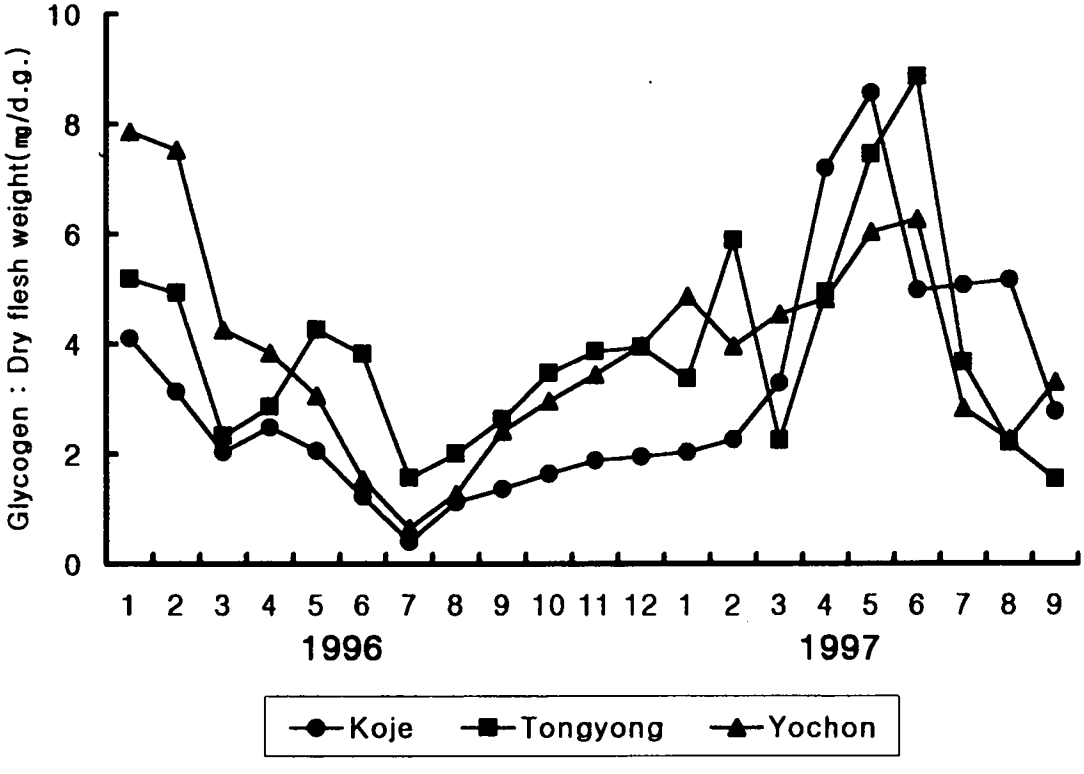

Fig. 10. The ratio of the glycogen to dry flesh weight of oyster brood stocks in experimental areas.

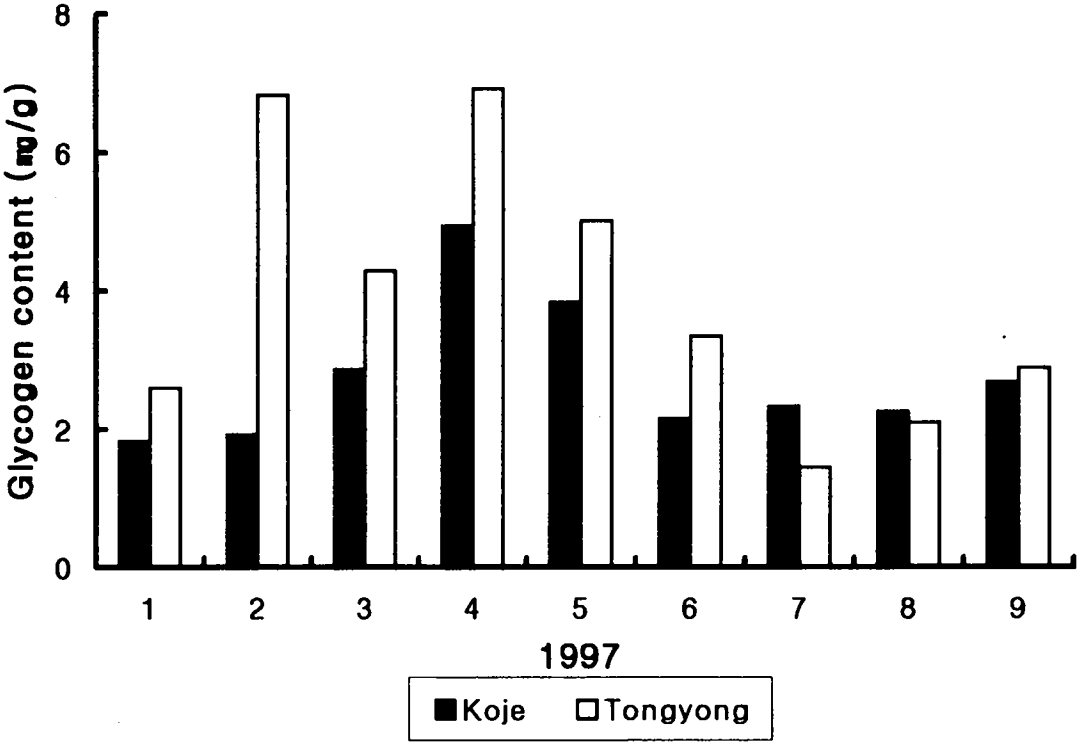

Fig. 11. The glycogen content of oyster gill.

마) 난소기생충 (*Marteilioides chungmuensis*) 감염율

정상적인 방란 및 수정란의 정상적인 발달에 치명적인 영향을 미치는 굴 생식소내 난소기생충, *Marteilioides chungmuensis* (Fig. 12, 13)의 감염율을 조사한 결과, 거제 오수 양식산 굴의 난소기생충 감염율은 '96년 0~57.1%, '97년 9월까지의 감염율은 6.7~60% 였다. 통영 저산 양식산 굴의 난소기생충 감염율은 '96년 0~42.9%, '97년 9월까지의 감염율은 13.3~66.7%였다. 여천 항대 양식산 굴의 난소기생충 감염율은 '96년 0~30.3%, '97년 9월까지의 감염율은 0~43.7% 였다 (Fig. 14). '96년에는 난소기생충이 4~5월부터 검출되기 시작한 반면, '97년에는 1월부터 난소기생충에 감염된 개체가 발견되기 시작하였으며, 난소기생충의 감염율 역시 '97년이 '96년에 비해 높았다.

Matsuzato *et al.* (1977)은 난소기생충이 고염분, 빈영양해역에서 많이 출현하는 경향이 있다고 보고하고 있으나, 본 연구 결과, 난소기생충의 출현은 염분, 영양염류와는 직접적인 관계가 없는 것으로 나타났다. Matsuzato *et al.* (1977)과 Matsuzato and Masumura (1988)는 난소기생충이 산란 후 쇠약한 굴에 기생하여 난소를 용해시키고 나아가서는 굴을 죽게 한다고 보고하였으며, Imai *et al.* (1968), Koganezawa (1975), 그리고 전 (1979)은 난소기생충이 굴에 영향을 미치는 병원체라고 보고한 바 있다. 그러나, 본 연구 결과, 난소기생충은 시기에 따라 감염율에는 다소 차이가 있으나, 연중 발견되어 Matsuzato *et al.* (1977)과 Matsuzato and Masumura (1988)의 연구 결과와는 상이하였다. 따라서, 난소기생충이 굴의 난소에 침입하는 시기 및 침입 경로 등에 대하여는 금후 집중적인 연구가 이루어져야 할 것으로 사료된다. 굴 모패의 난소에 침입한 난소기생충의 성숙 cycle은 박과 전 (1989)이 이미 밝힌 바 있다 (Fig. 15).

난소기생충에 감염된 난은 수정이 불가능하며 동일 생식소에 감염란과 함께 있는 정상란은 수정은 가능하나 80% 이상이 비정상적인 발생을 하며, D형 및 초기 각정기까지 도달한 유생도 외부각으로부터 녹기 시작, 연체부까지 파괴되어 결국은 전량 사망하는 것으로 알려져 있다 (신 등, 1996).

Fig. 12. The external view of oyster infected with parasite, *M. chungmuensis*

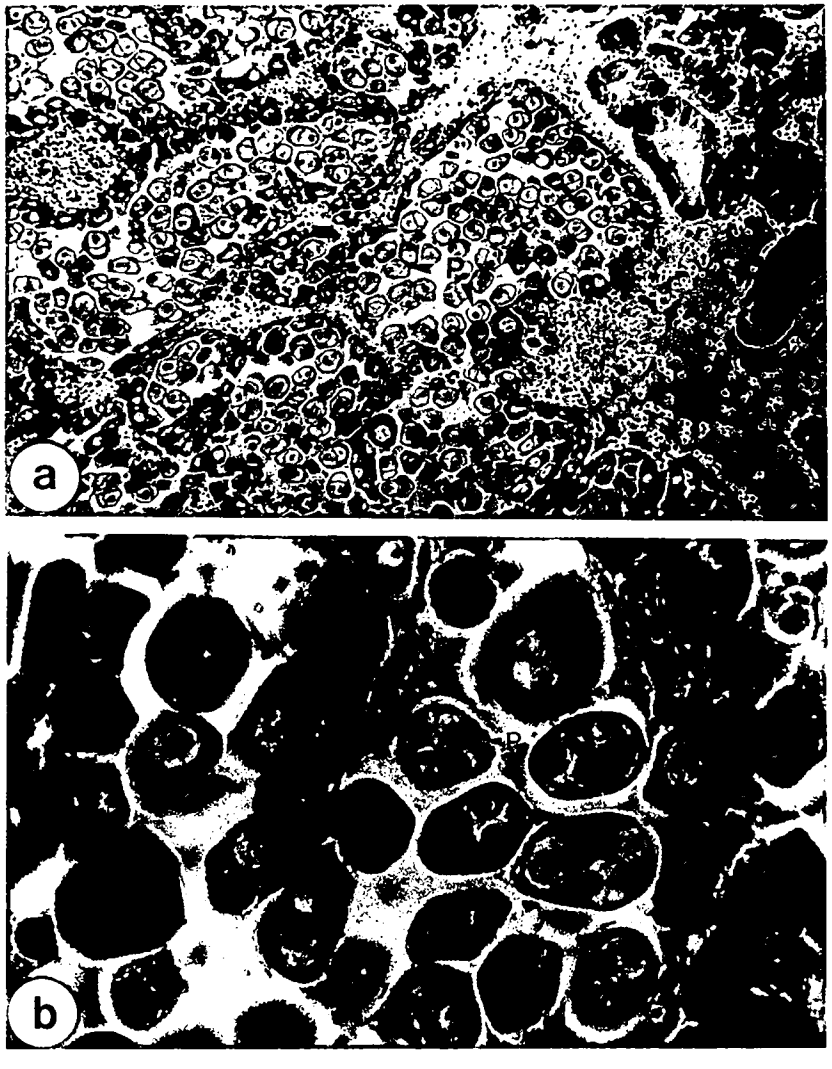

Fig. 13. Histological section of the infected gonad : P, infected egg (a : ×50, b : ×400).

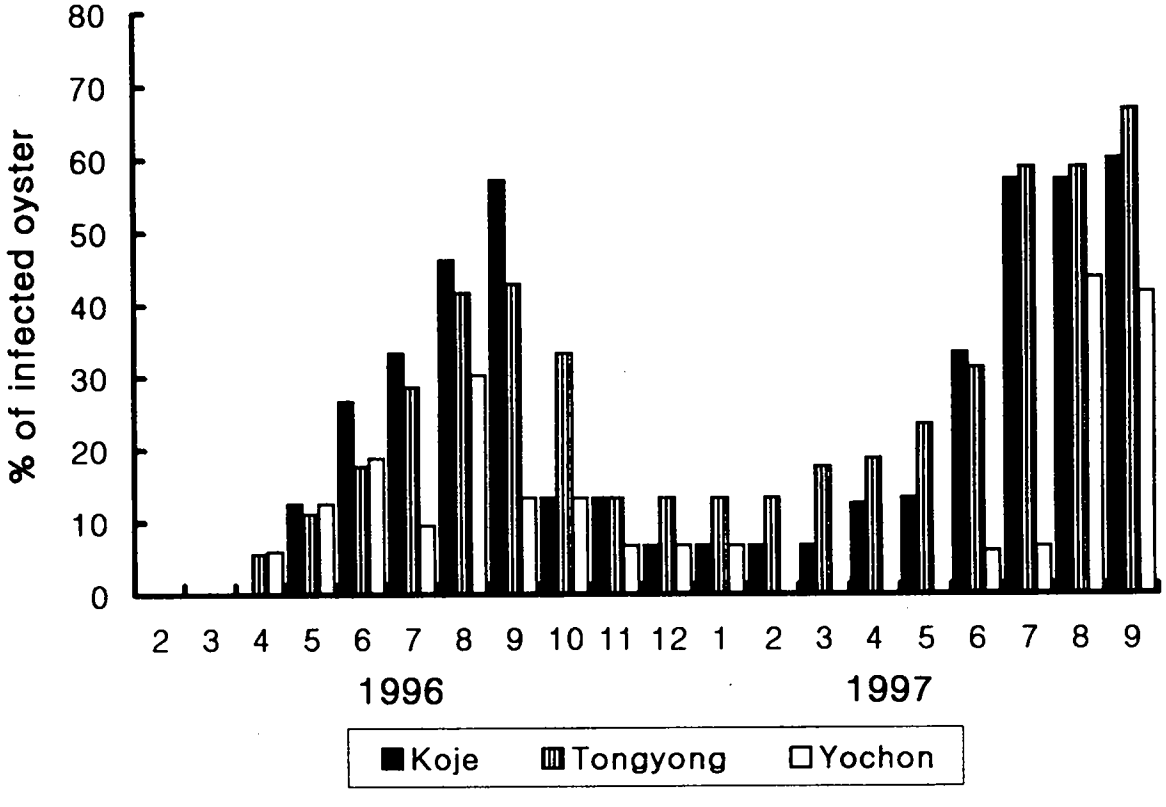

Fig. 14. *M. chungmuensis* prevalence in oyster brood stocks.

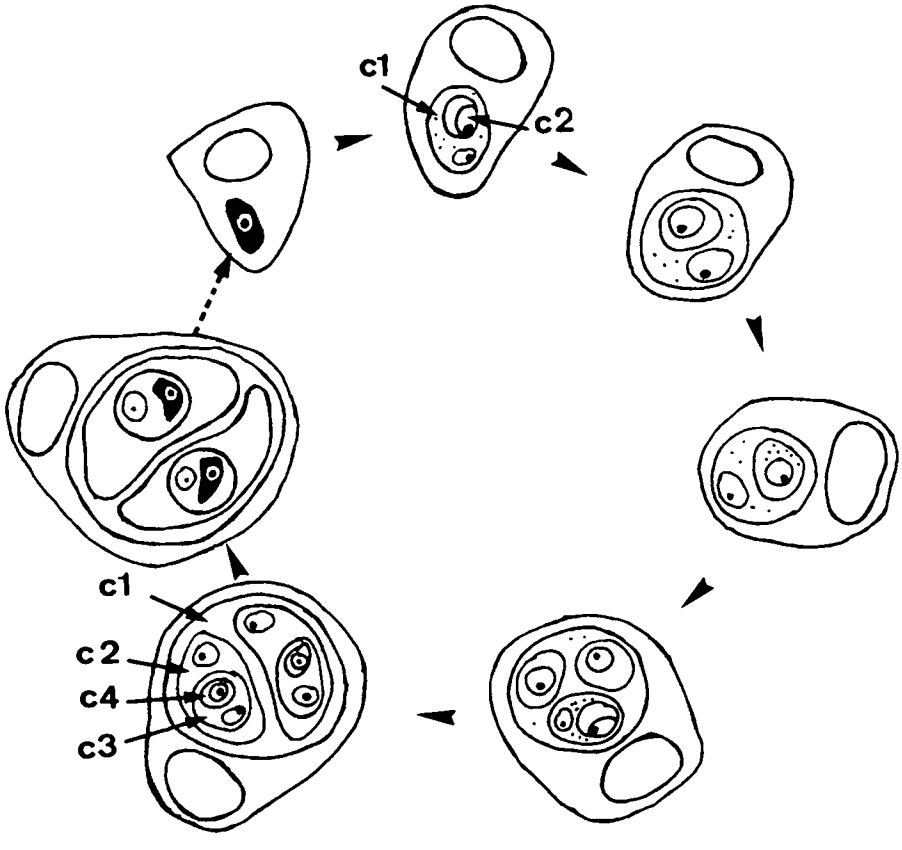

Fig. 15. Developmental cycle of *M. chungmuensis* : C1, stem cell ; C2 secondary cell ; C3, tertiary cell ; C4, fourth cell.

바) 생식소 발달과정

각 조사지점별 생식소 발달을 Chang and Lee (1982)의 구분법에 의하여 조직학적으로 조사한 결과, 거제 오수산은 11~3월 분열증식기, 2~5월 성장기, 4~8월 성숙기, 5~9월 산란기, 7~1월 휴지기로 나타났다 (Fig. 16). 통영 저산산은 11~3월 분열증식기, 1~5월 성장기, 5~8월 성숙기, 6~10월 산란기, 9~12월 휴지기로 나타났다 (Fig. 17). 그리고, 여천 항대산은 2~3월 분열증식기, 3~5월 성장기, 5~6월 성숙기, 6~9월 산란기, 9~2월 휴지기로 나타났다 (FIg. 18).

굴의 난소내 난모세포는 1월에 거제 오수 양식산과 통영 저산산이 각각 직경 3.4, 5.1㎛였던 것이 점차 성장하기 시작하여 성숙기인 5월에 35.5, 39.1㎛로 자라나다가 산란기를 맞이하는 6월 이후부터 그 크기가 작아지기 시작하였다. 이후 7월과 8월에 있어, 거제 오수산은 35㎛ 이상의 난경이 약 50%였으나, 통영 저산산은 약 23%의 난경 분포를 보였다 (FIg. 19).

사) 난지질 함량

산란기에 도달한 굴 생식소내 난의 지질 함량은 거제 오수 양식산이 '96년 6월 3.6ng/egg, 7월 3.9ng/egg, 8월 4.0ng/egg 였으며, '97년 6월 4.1ng/egg, 7월 3.3ng/egg, 8월 3.2ng/egg 였다. 통영 저산 양식산은 '96년 6월 3.1ng/egg, 7월 5.2ng/egg, 8월 3.9ng/egg 였으며, '97년 6월 4.5ng/egg, 7월 4.7ng/egg, 8월 3.1ng/egg 였다. 그리고, 여천 항대 양식산은 '96년 6월 4.2ng/egg, 7월 5.0ng/egg, 8월 3.7ng/egg 였으며, '97년 6월 5.4ng/egg, 7월 4.9ng/egg, 8월 3.3ng/egg 였다 (Table 2).

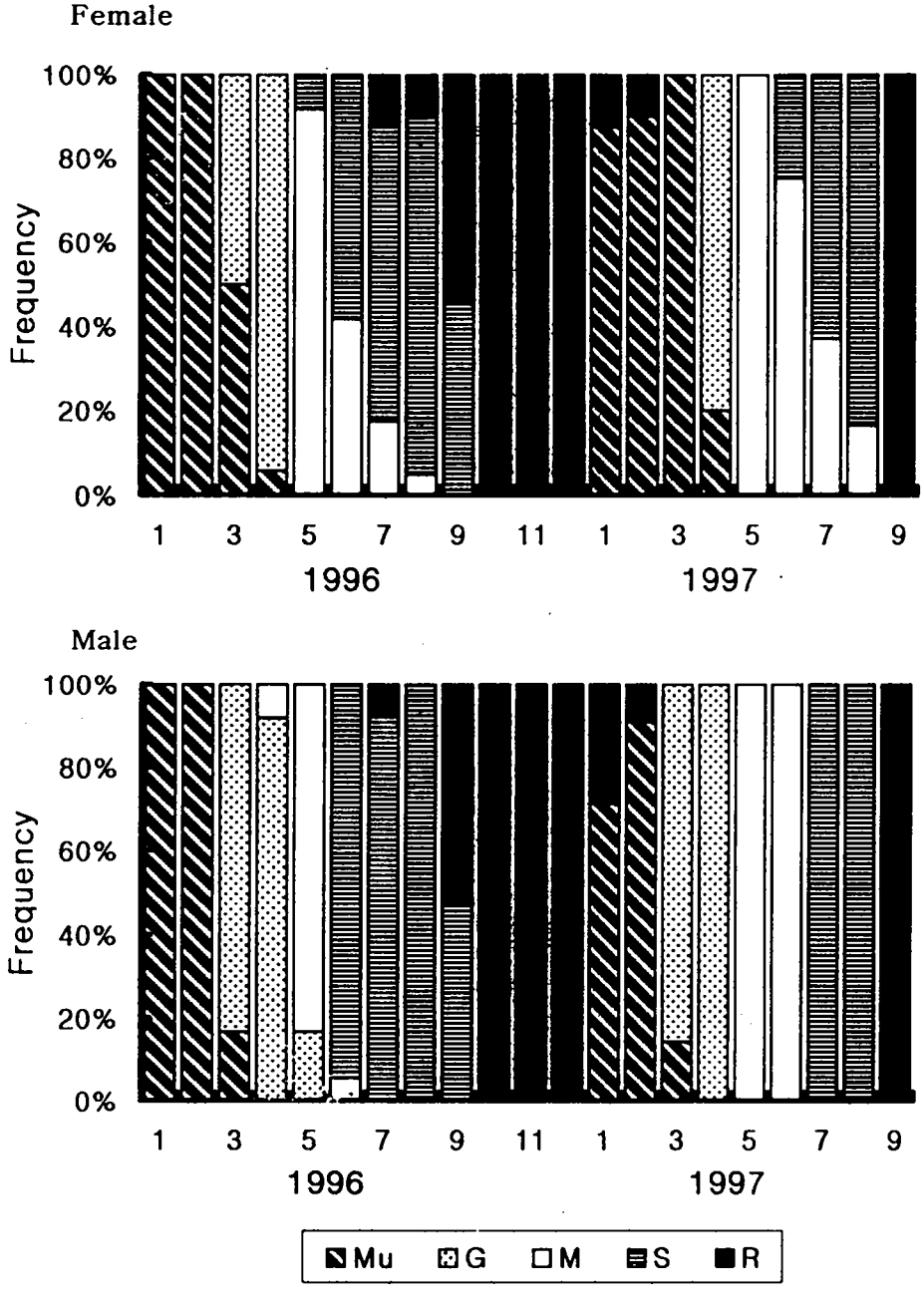

Fig. 16. Reproductive cycle of *C. gigas* at Kŏje : Mu, Multiplicative stage ; G, Growing stage ; S, Spawning stage ; R, Degenerative and resting stage.

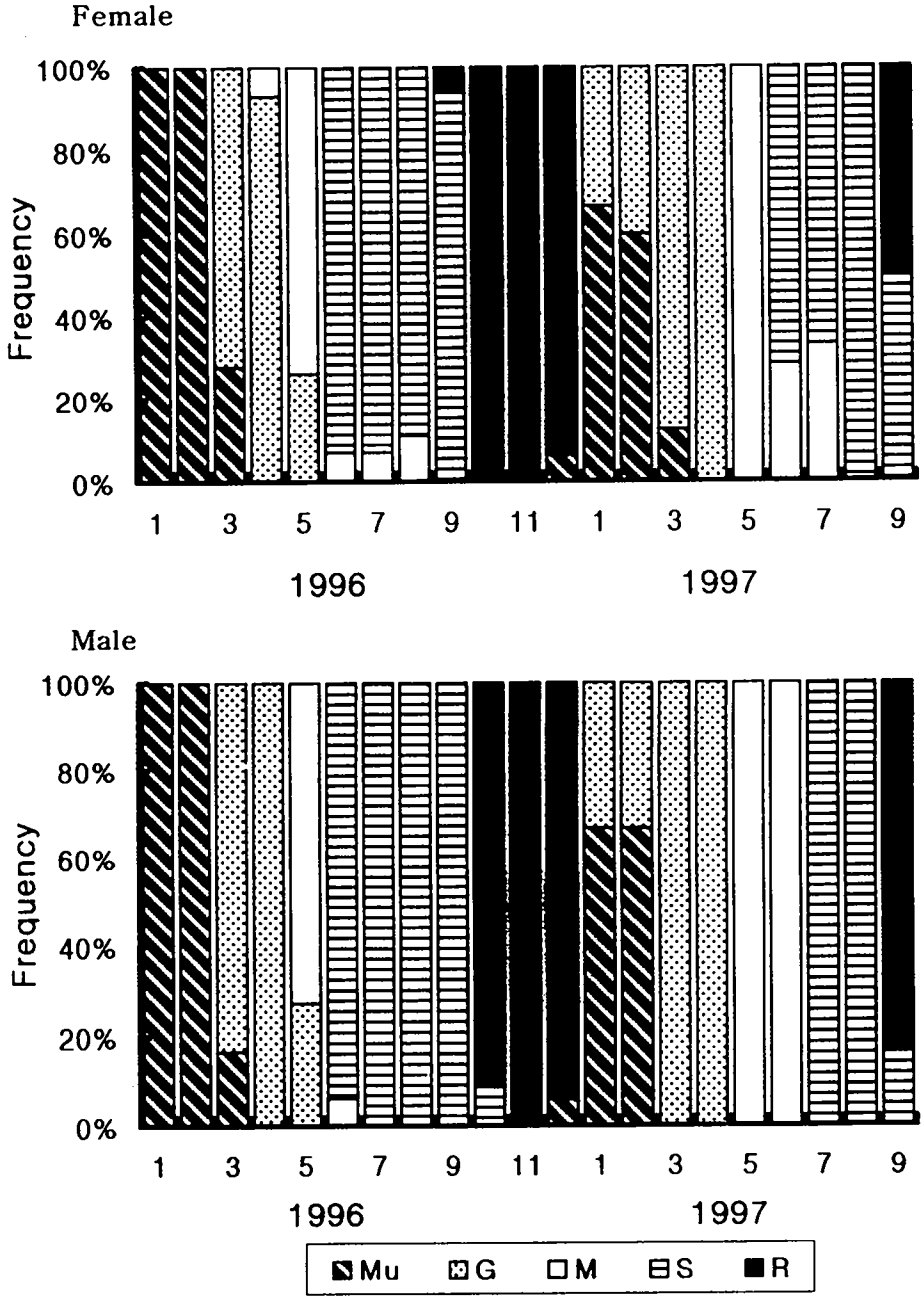

Fig. 17. Reproductive cycle of *C. gigas* at Tongyŏng : Mu, Multiplicative stage ; G, Growing stage ; S, Spawning stage ; R, Degenerative and resting stage.

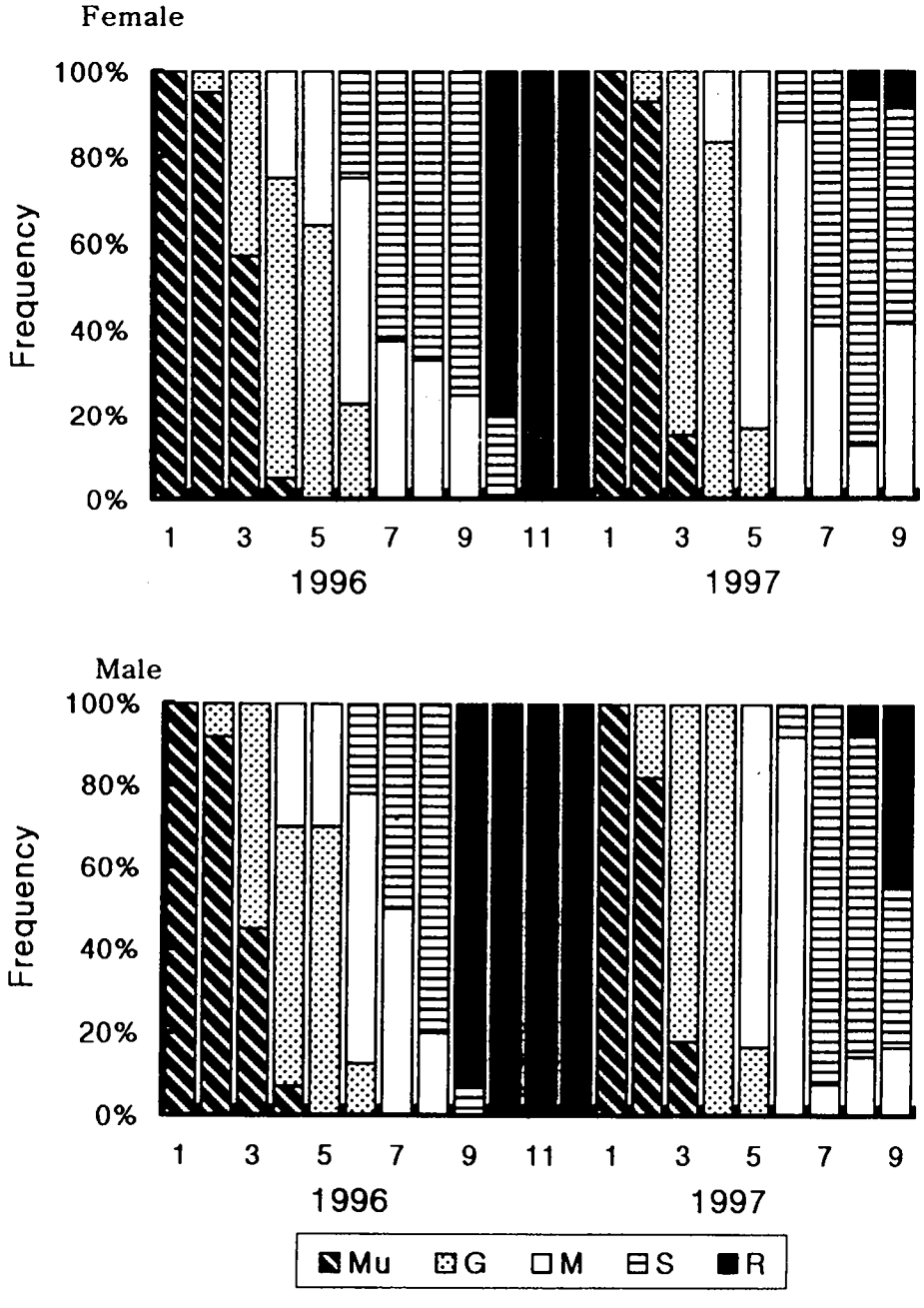

Fig. 18. Reproductive cycle of *C. gigas* at Yŏchŏn : Mu, Multiplicative stage ; G, Growing stage ; S, Spawning stage ; R, Degenerative and resting stage.

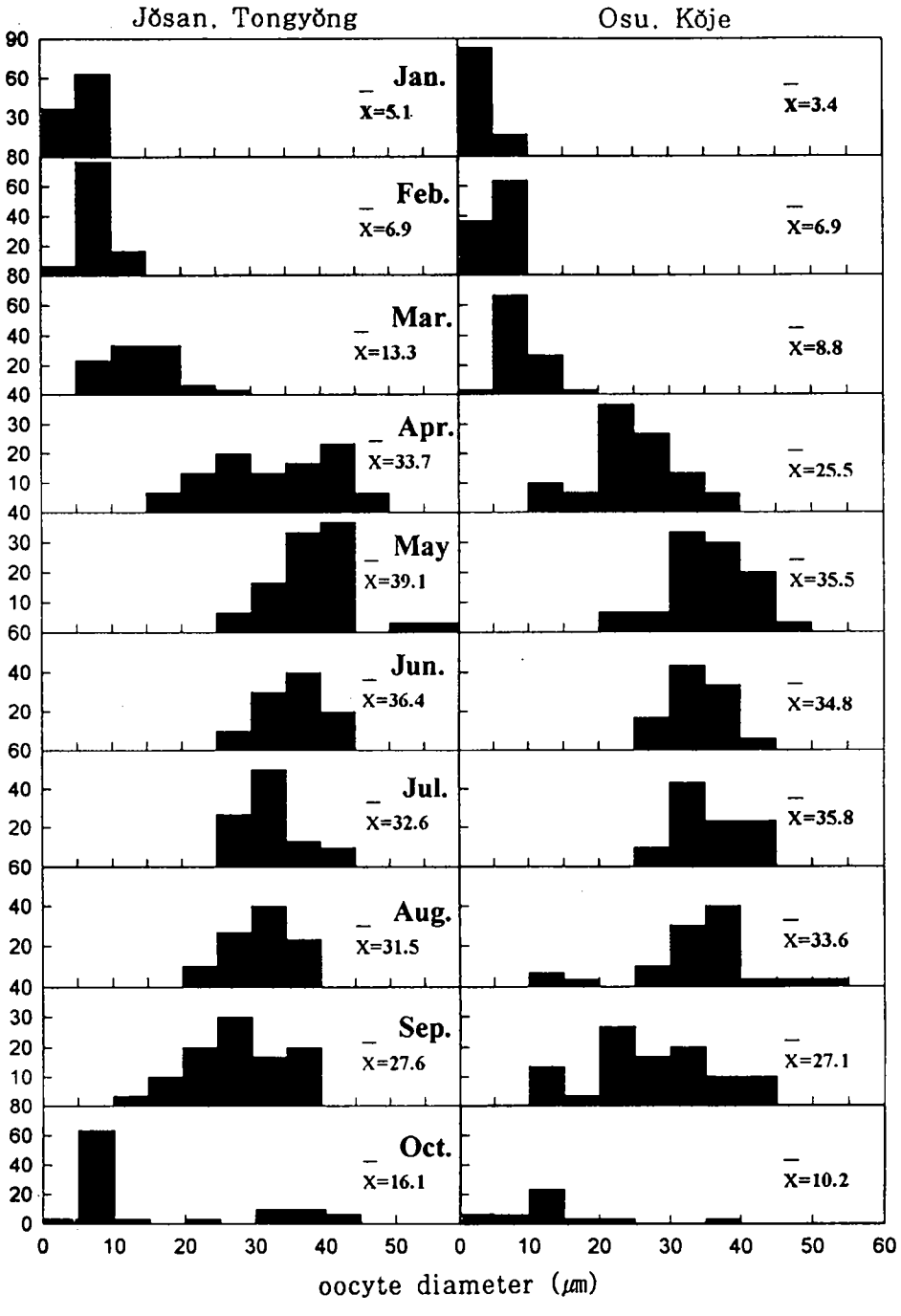

Fig. 19. Monthly changes of oocyte diameter composition of cultured oysters in experimental areas.

Table 2. Lipid content of oyster egg during the spawning season

(unit : ng/egg)

Sampling period	Osu, Kŏje		Jŏsan, Tongyŏng		Hangdae, Yŏchŏn	
	1996	1997	1996	1997	1996	1997
Jun.	3.6	4.1	3.1	4.5	4.2	5.4
Jul.	3.9	3.3	5.2	4.7	5.0	4.9
Aug.	4.0	3.2	3.9	3.1	3.7	3.3

2) 유전적 변이

가) 한국 두 지역과 일본산 참굴 mtDNA의 유전적 변이 조사

한국산 참굴 (*Crassostrea gigas*)의 유전적 특성을 조사하기 위한 기초작업으로 우선 한국 두 지역 (남해, 서해)과 일본산 (히로시마) 참굴의 집단간 유전적 분화도를 조사하기 위하여 핵 DNA보다 변이율이 빠른 미토콘드리아 DNA (mtDNA)를 대상으로 제한효소 절편 분석 (RFLP)을 수행하였다. 남해안 굴은 거제산, 그리고 서해안 굴은 충남 보령산을 사용하였다. 1차년도에는 굴로부터 개체당 mtDNA를 추출하는 방법이 확립되지 않아 수득율이 낮았고 일본산의 경우는 종패를 사용하였기 때문에 RFLP 분석에 필요한 정도의 충분한 양을 얻기 어려웠다. 이러한 이유로 지역별로 여러 개체를 합쳐 mtDNA를 추출하였다. mtDNA 추출은 SDS-페놀 처리방법을 사용하였고 8가지 제한효소 (EcoRI, BamHI, HindIII, XhoI, KpnI, PstI, BglI, XbaI)로 절단하여 이를 전기영동해서 DNA 절편분석을 하였다. 실험 결과 사용한 8가지 제한효소 중 EcoRI과 HindIII를 제외한 6가지 제한효소에 의한 DNA 절편양상은 세 지역에서 모두 동일하였으나 일본산의 경우는 EcoRI과 HindIII 절단에서 그리고 한국산의 경우는 HindIII 절단에서 지역에 따라 몇가지 절단양상이 혼합되어 나타나는 등 차이가 나타났다. 특히 HindIII 절단에서는 서해산 참굴에서 다른 두 지역과 차이를 보였으며, 일본산 참굴에서는 HindIII (Fig. 21, lane a)와 EcoRI 절단에서 두 가지 패턴이 혼합되어 나타났다 (Fig. 21, lane b). 이러한 결과는 mtDNA 추출시 지역별로 여러 개체를 혼합한 것 때문으로 추측되었다. 그러나 이 결과는 각 지역 참굴 종내에서 유전적으로 구분되는 몇 가지 클론 (clone)들이 존재함을 의미하였으며 (박과 김, 1995), 이후 실험에서는 지역별 유전적 변이를 분석할 때 개체별로 mtDNA를 추출하여 실험하였다.

나) 참굴 mtDNA 클로닝 (cloning)

참굴 mtDNA의 유전적 연구를 용이토록 하기 위하여 참굴의 mtDNA를 박테리아 유전자운반체 (vector)에 클로닝하는 실험을 하였다. 참굴 mtDNA의 크기는 약 18 kb로 전체를 한번에 클로닝시키기에 너무 크다. 때문에 각 지역 참굴의 mtDNA를 세 부분으로 나누어 클로닝시키기로 하였다. 참굴 mtDNA를 EcoRI과 BamHI으로 공동 절단하여 pUC19의 EcoRI과 BamHI 자리에 클로닝하고, 또한 PstI으로 절단하여 pUC19의 PstI 자리에 클로닝한 후 *E. coli* HB101에 형질전환시켰다. 형질전환체들로부터 mtDNA 절편을 포함한 재조합 플라스미드를 가진 형질전환체를 선별하고 각 지역의 참굴 mtDNA가 모두 포함된 플라스미드 DNA들을 얻었다 (Fig. 22). 이들을 대상으로 여러 가지 제한효소로 절단하여 참굴 mtDNA의 유전자지도를 작성하였다 (Fig. 23). HindIII 자리는 참굴 mtDNA 내에 너무 많아 (약 12개) 정확한 지도 작성이 어려웠다.

앞으로 이들 클로닝한 참굴 mtDNA로부터 많은 양의 DNA를 언제든지 얻을 수 있으므로 굴의 mtDNA에 대한 유전적 분석과 probe 제작, 그리고 DNA sequencing 등의 실험에 유용하게 사용할 수 있다.

다) 지역별 참굴 (*Crassostrea gigas*)과 바윗굴 (*C. nippona*) mtDNA의 16S rRNA 유전자 염기서열 비교

참굴의 집단간 유전적 변이를 특정 mtDNA 유전자를 대상으로 실험을 수행하였다. mtDNA가 핵 DNA에 비해 빠른 유전적 진화율을 가지지만 그 중에서 유전자들의 염기서열은 비유전자 염기서열에 비해 분화 정도가 낮다. 대부분 종 (species) 이상의 수준에서 계통분류 연구에 많이 사용하고 있으나 종내 변이가 심한 경우에는 집단간에도 유의한 차이가 나타날 수 있다. 이러한 이유로 mtDNA 유전자 중 16S ribosomal DNA (rDNA)의 염기서열을 참굴의 집단간에서 비교, 분석해 보았다.

굴에 특이적인 primers (5′-CCGGCCGCCCTAGCGTGAGGG-3′, 5′-ATTAGCCTGTTATCCCCGGCG-3′)를 사용하여 polymerase chain reaction (PCR)을 한 뒤 16S rRNA 유전자내의 320 bp 지역을 증폭시켰다 (Fig. 24). 한국의 두 지역 (남해, 서해)과 일본산 (히로시마) 참굴 mtDNA로부터 증폭된 DNA의 염기서열을 분석해 본 결과 세 지역의 염기서열은 모두 100% 동일하게 나타났다 (Fig. 25). 비교군으로서 다른 종인 동해산 바윗굴의 mtDNA을 조사하였을 때는 참굴과 비교하여 12개 염기서열에서 차이를 보였으며, 이는 참굴과 바위굴, 종간에 4.3% 염기 치환율을 나타내는 것이었다. 이 결과로 참굴 종내 집단간 유전적 변이를 조사하는데 16S rDNA의 염기서열 분석은 유용하지 않음을 알 수 있었다. 앞으로 mtDNA의 유전자 지역 외에 집단간 유전적 변이를 구별할 수 있는 지역 (예 : COI 유전자, control region 또는 D-loop)을 대상으로 조사해 볼 필요가 있으며 이를 위해서는 굴 mtDNA의 전체 염기서열 정보 구축이 요구된다.

라) 한국산 참굴의 지역에 따른 유전적 변이 분석

1차년도에서 한국산과 일본산 참굴 mtDNA를 분석한 결과, EcoRI과 HindIII 절단시 몇 가지 패턴이 혼합되어 나타났었다. 2차년도에서는 조사 지역을 좀 더 확대하여 실시하였다. 특히 남해안 지역을 동부, 중부, 서부 세 지역으로 나누어 조사하기로 하였다. 이에 따라 남해안 3지역과 서해안의 1지역의 참굴을 대상으로 mtDNA에 대한 RFLP 분석을 실시하고 지역별 유전적 분화를 조사하였다. 남해안산은 부산 가덕 현지어장과 경남 남해산, 그리고 전남 해남으로부터 구입하였으며, 서해안산은 충남 보령군 천북면 장은리의 자연산 굴을 채취하여 개체별로 mtDNA를 추출하였다. 각 지역별로 10~20개체에 대해 8가지 제한효소로 절단하였고 Southern blot 분석을 실시하였다. Southern blot에 사용한 probe는 남해산 참굴 mtDNA를 BamHI으로 절단하여 선형화시킨 뒤 nick translation 방법을 사용하여 biotin으로 표지시켜 만들었다. 우선 각 지역

내의 개체별 차이를 조사한 결과, 서해안산 (충남 보령)의 경우는 조사된 모든 개체들이 각 제한효소에 대해 동일한 절단양상을 보였다 (a type). Table 3에 나타낸 것과 같이 BamHI, BglI은 하나의 자리를 가져 약 18kb의 선형화된 절편이 생겼으며 XbaI과 XhoI은 약 10.7과 7.3 kb, 그리고 약 16.0과 2.0kb의 두개의 절편을 나타나 각각 두개의 자리를 가지고 있는 것으로 추정되었다. EcoRI (Fig. 26, B)과 KpnI 그리고 PstI은 세개의 자리를 가지며 이들로부터 생기는 절편의 크기들은 각각 13.0, 3.1, 1.9kb와 13.5, 2.5, 2.0kb, 그리고 9.7, 7.6, 0.6kb 였다. HindIII의 경우는 자리가 많아 분석하기 어려웠으나, 전기영동상에서 보여준 절편들의 크기만을 조사하였을 때 4.0, 3.2, 2.7, 2.0, 1.7, 0.5, 0.4, 0.3, 0.2kb 정도의 절편들이 생겼다 (Fig. 26, A). 이들 절편들 중 band의 두께로 보아 2.0과 0.4 그리고 0.2kb 절편들은 타 절편들에 비하여 두꺼워 비슷한 크기의 절편들이 중첩되어 있는 것으로 추정되었다. 실제로 이들은 뒤에 참굴의 mtDNA를 클로닝하여 제한효소지도를 작성해 본 결과 각 band들이 두개씩 중첩되어진 결과였다 (김 등, 1997).

남해안 지역들에서는 지역이나 개체에 따라 다양한 haplotype들이 분포하였고, 또한 이들 haplotype들은 지역별로 특징적인 분포도를 보여주었다. 이러한 결과는 남해안산 참굴과 서해안산 참굴의 유전적 특징을 구분하고 지역간 품종의 유입정도와 경로 등을 조사하는데 좋은 자료로 사용될 수 있으리라 사료된다. 남해안산 참굴의 분석에서 보여주는 이러한 차이들은 사용한 제한효소들 중 HindIII와 EcoRI 절단에서 나타났다 (Table 3). 남해안 중 가장 동부에 위치한 부산 가덕산 참굴 개체들을 분석하였을 때 HindIII와 EcoRI을 제외한 다른 6가지 제한효소들에 의한 절편패턴은 지역별 또는 개체별로 서해안산의 개체별 절단패턴과 동일한 양상을 나타내었다. 그러나, HindIII 절단에서는 개체별 3가지 패턴이 나타났다. 그 중 첫번째는 서해안산의 패턴 (a type)과 동일하였으며 (Fig. 27, A ; lane 7), 두번째는 서해안산 HindIII 절편들 중 1.7kb band가 없는

패턴 (c type)이었고 (Fig. 27, A ; lane 4, 9), 나머지 세번째 패턴 (b type)은 1.7, 0.5, 0.3 kb band가 보이지 않고 대신 1.2 kb band를 가진 것이었다 (Fig. 27, A ; lane 1~3, 5, 6, 8). EcoRI 패턴은 서해안산과 동일하였다 (Fig. 27, B). 세 haplotype 중 b type이 가장 다수였으며, a와 c type은 소수였다.

남해안의 중부 지역인 경남 남해산 개체들에서도 세가지 haplotype이 보였으며, 그 중 하나는 a type으로 서해안산과 동일한 것이며 (Fig. 28, A ; lane 2), 두번째는 c haplotype과 동일하였다 (Fig. 28, A ; lane 3~8). 세번째 haplotype (d type)은 EcoRI 절단 패턴에서도 다른 haplotype의 절단패턴 (Fig. 28, B ; lane 2~6)과 차이를 보이는데 3.1과 1.9kb band가 없어지고 대신 5.0kb band가 나타났다 (Fig. 28, B ; lane 1). 남해산 개체들에서는 거의 대부분이 c type 이었으며, a와 d type이 소수 포함되어 있었다.

남해안 중 가장 서부 지역인 전남 해남산 개체들을 분석하였을 때는 두 가지 haplotype이 나타났다 (Fig. 29). 하나는 서해안산의 a type (Fig. 29, A and B ; lane 2~6)이며, 다른 하나는 경남 남해산의 주 haplotype인 c type (Fig. 29, A and B ; lane 1) 이었다. 해남산 개체들의 거의 대부분은 a type 이었으며 c type은 소수였다.

남해안 세 지역과 서해안산의 mtDNA에 대한 RFLP 분석 결과는 서해안산에서는 개체별 차이가 없는 동일한 절단양상을 보여 주었으나, 남해안산의 경우는 지역별로나 개체별로 종내 유전적 차이가 있는 haplotype들이 섞여 있었다. 또한, 각 지역별로 haplotype들의 구성도는 지리적 특성과 연관되어 있는 것으로 추측되었다. 조사한 남, 서해안 지역들에서 총 4종류 (a, b, c, d)의 haplotype들이 존재하였고, 그 중 서해안 보령산은 개체별 동일한 a haplotype을 가지고 있고 남해안 지역 중 가장 동부 쪽은 b type이 다수이며, 중부 쪽은 c type, 그리고 서부 쪽은 a type이 주로 분포하였다. 이 결과는 한국산 참굴이 지역에 따라 우점을 취하는 haplotype이 존재한다는 것을 의미하며, 남해안 지

역들에서 여러 haplotype들이 섞여 있는 것은 양식과정 중 채묘부진 등의 이유로 타지역 참굴을 이식하여 양식한 결과로 사료된다. 특히, 남해안의 모든 지역에 서해안의 주 haplotype인 a type이 소수 포함되어 있는 것으로 보아 서해안산 참굴이 남해안의 중, 동부 지역에 유입되었을 가능성이 있다 하겠다. 이 결과가 조류에 의한 참굴 유생의 자연적인 이동에 의한 것인지 아니면 인위적인 이식의 결과인지는 정확히 알 수 없지만 앞으로 서해안과 남해안의 더 많은 지역을 대상으로 조사하게 되면 지역별 참굴 haplotype들의 분포도를 추정할 수 있을 것이다.

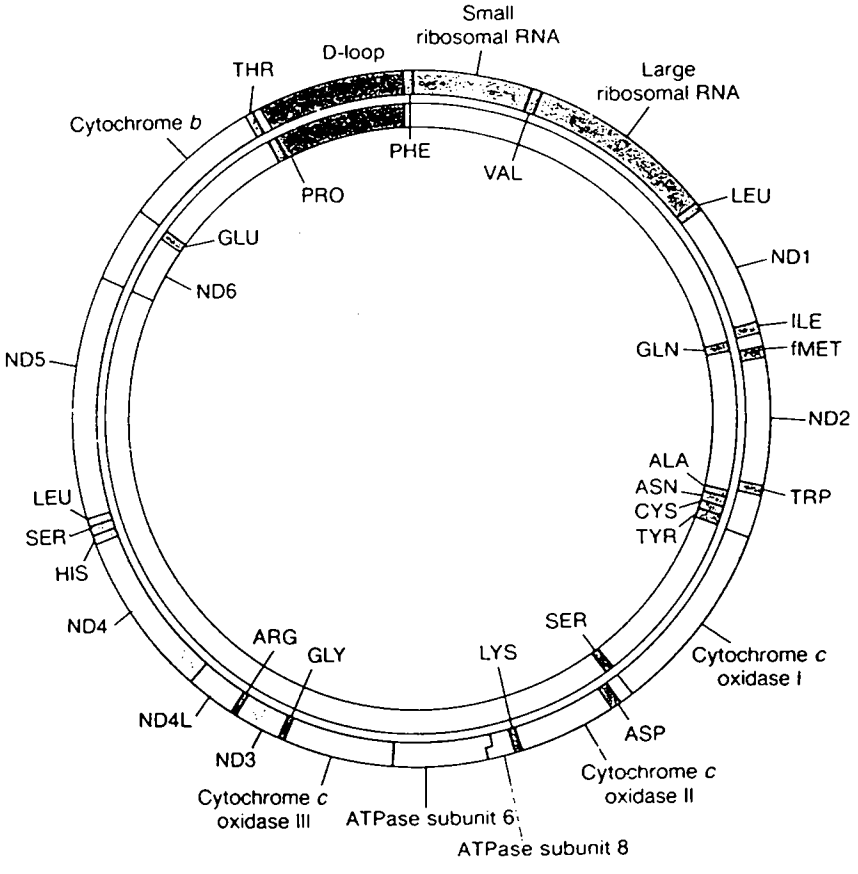

Fig. 20. Map of the mammalian mitochondrial DNA. The maps show both strands of the DNAs, with the genes assigned to the appropriate (the one that is transcribed). The tRNA genes are identified by the three-letter abbreviations for their respective amino acids.

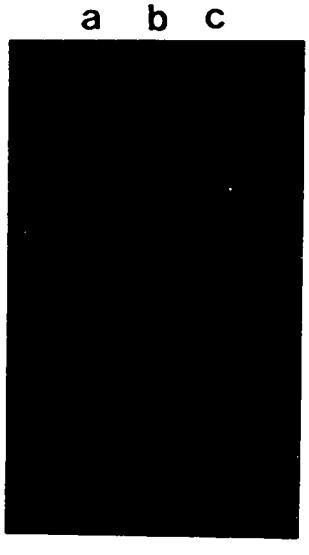

Fig. 21. Restriction fragments of the mtDNA from Japanese oyster. Lane a HindIII ; b, EcoRI ; c, KpnI cut.

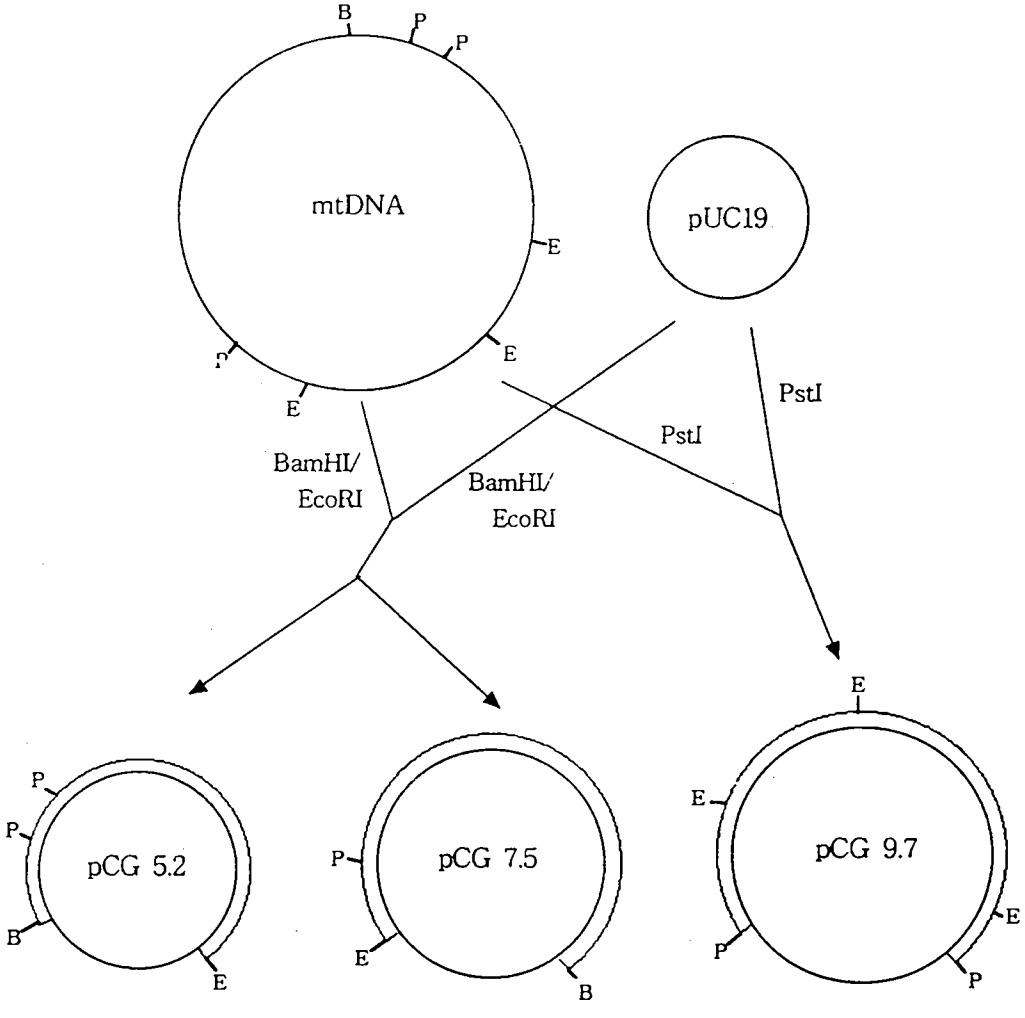

Fig. 22. Construction strategy of recombinant DNA containing the oyster mtDNA. Abbreviations : B, BamHI ; E, EcoRI ; P, PstI.

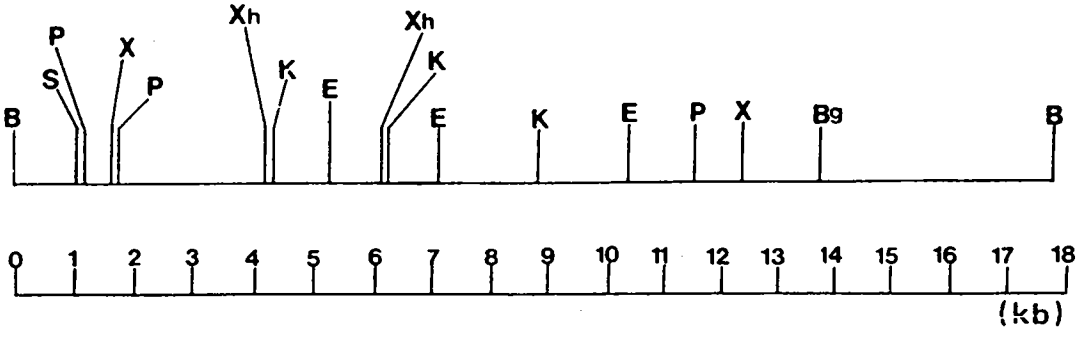

Fig. 23. Restriction map of *Crassostrea gigas* mtDNA. Abbreviations : B, BamHI ; Bg, BglI ; E, EcoRI ; K, KpnI ; P, PstI ; X, S, SmaI ; XbaI ; Xh, XhoI.

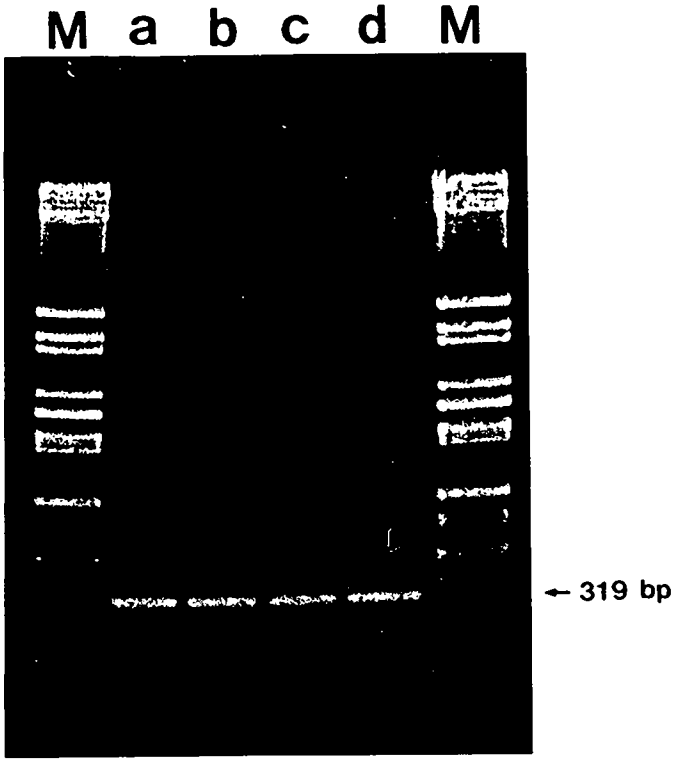

Fig. 24. EtBr stained agarose gel showing the mtDNA 16S rRNA gene fragments amplified from Pacific oyster species.

Lane a, *C. gigas* form South Sea ; b, *C. gigas* from West Sea of Korea ; c, *C. gigas* from Hiroshima of Japan ; d, *C. nippona* ; M, DNA size marker (λDNA/BglI).

```
C. gigas (SK, WK, HJ) CCGGCCGCCC TAGCGTGAGG GTGCTAAGGT AGCGAAATTC CTTGCCTTTT
C. nippona             primer 1              ---G----- ---------- ----------

                      51
C. gigas              GATTGTGGGC CTGCATGAAT GGTTTAACGA GGGTTTGACT GTCTCTAAAT
C. nippona            ---------- ---------- ---------- ---------- --------G-

                      101
C. gigas              TTTTTATTGA AATTGTACTG AAGGTGAAGA TACCTTCATT TAAAAGTTAG
C. nippona            ---------- -------T-- ---------- ---------- ----------

                      151
C. gigas              ACAAAAAGAC CCCGTGCAAC TTTGAAAATT AACTTTATTC AGGAGTAAAA
C. nippona            ---------- ---------- ---------- GG-------- --AG------

                      201
C. gigas              GATTTTTAGG TGGGGCGCCT AGAAAGCAAG TCTAACCTTT CTGAATAACT
C. nippona            ---------- ---------- ------T--- ---------- --------T-

                      251
C. gigas              AACTCTTTCC GGATTTGACC CGATTATATT CGATCATAGG AGAAGTTACG
C. nippona            -GT------- ---------- ---------- ---------- -----C---

                      301
C. gigas              CCGGGGATAA CAGGCTAAT
C. nippona                 primer 2
```

Fig. 25. Sequence alignment of mitochondrial 16S rDNA for two oyster species. Underlined regions represent the primer sites used in PCR. SK represents South Sea of Korea ; WK, West Sea of Korea ; HJ, Hiroshima of Japan.

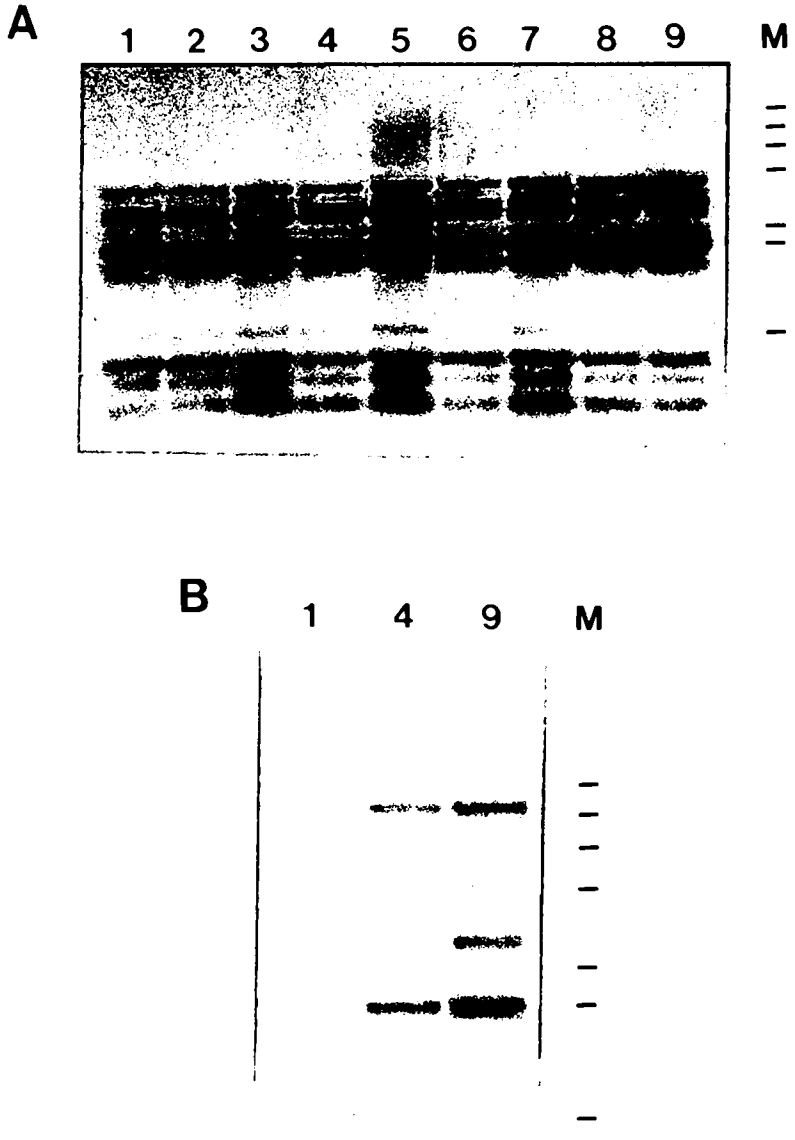

Fig. 26. HindIII (A) and EcoR I (B)-digested mtDNA fragments of oyster individuals from west coast in Korea. Lane M represents the DNA size marker (λDNA/HindIII).

Table 3. Size fractions (kb) of mtDNA fragments of the four oyster populations in Korea digested with different restriction enzymes

BamHI	18.0		BalI	18.0		EcoRI	(d)	(a, b, c)
							13.0	13.0
							5.0	3.1
	(b)			(a)			1.9	
	4.0	3.2	HindIII	4.0	3.2	KpnI		13.5
	2.7	2.0	(WS)	2.7	2.0			2.5
	2.0	1.9		2.0	1.7			2.0
	1.2	0.4		0.5	0.4			
	0.2			0.4	0.3			
				0.2	0.2			
	(c, d)							
	4.0	3.2						
	2.7	2.0						
	2.0	1.9						
	0.5	0.4						
	0.4	0.3						
	0.2							
	(a)							
PstI	9.7		XbaI		10.7	XhoI		16.0
	7.6				7.3			2.0
	0.6							

SS : South Sea, WS : West Sea

The a, b, c and d indicate the DNA fragment types by restriction enzymes. The other restriction fragments are common types.

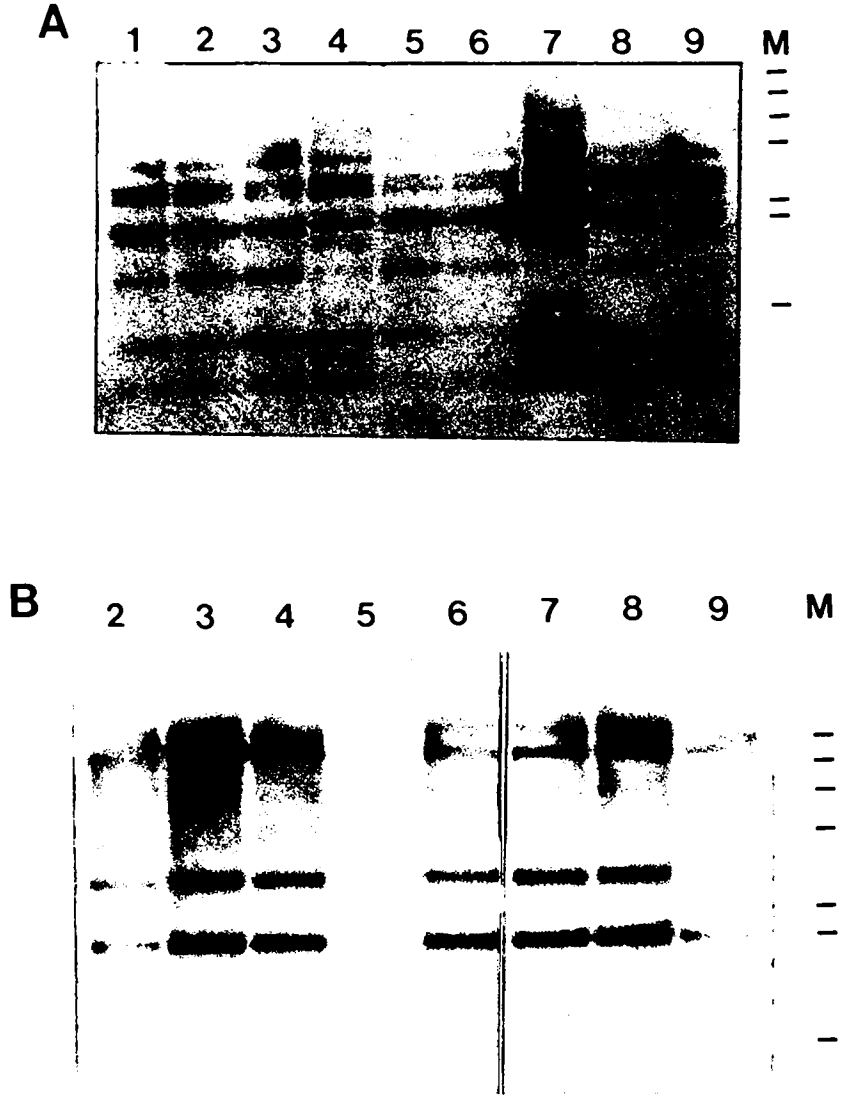

Fig. 27. The mtDNA fragments of oyster individuals from the south coast (Pusan) in Korea. (A) HindIII cut, (B) EcoRI cut ; Lane M represents the DNA size marker (λDNA/HindIII).

Fig. 28. The mtDNA fragments of oyster individuals from the south coast (Namhae) in Korea. (A) HindIII cut, (B) EcoRI cut ; Lane M represents the DNA size marker (λDNA/HindIII).

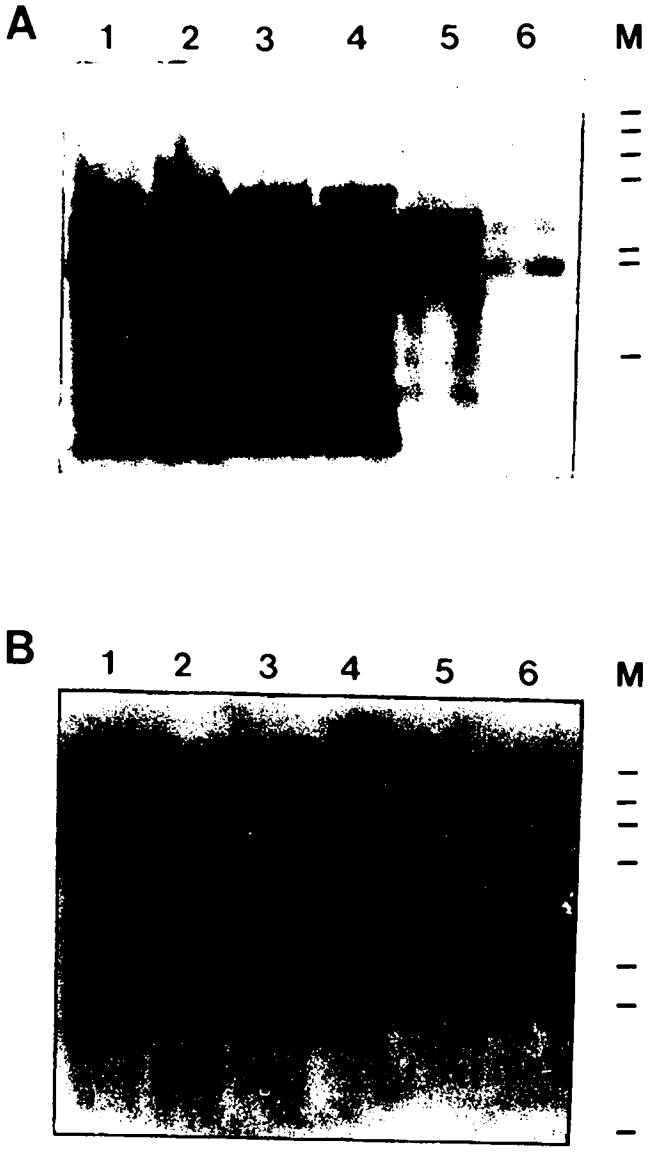

Fig. 29. The mtDNA fragments of oyster individuals from the south coast (Haenam) in Korea. (A) HindIII cut, (B) EcoRI cut ; Lane M represents the DNA size marker (λDNA/HindIII).

나. 주요 채묘지역별 굴 유생의 특성 구명

1) 유생 발생 양상

거제 오수는 '96년 6월 4일부터 D형 및 소형각정기유생이 각각 12마리, 4마리/140ℓ 출현하기 시작, 9월 10일까지 계속 출현하였으나, 소형각정기 단계에서 전량 소멸하였다. '97년에는 6월 9일부터 D형 및 소형각정기유생이 나타나기 시작하여 9월 19일까지 계속 출현하였으나, '96년과 마찬가지로 소형각정기 단계에서 소멸되는 현상이 반복되었다. 96년에는 7월 중순경에 대량으로 D형유생의 출현을 관찰할 수 있었는데 이때 염분은 약 18.5‰로 다른 시기보다 낮은 것으로 나타났다. 이와같은 조사 결과, 염분이 갑자기 낮아지면 산란기에 도달한 굴 모패가 자극을 받아, 일시에 대량 방란이 이루어져 D형유생이 대량 출현하는 것으로 추정할 수 있었다. '97년 역시, 강우량이 많고 염분이 낮았던 7월 중순경과 8월 중순에 D형유생의 대량 발생을 관찰할 수 있었다 (Fig. 30, 31).

통영 저산은 '96년 6월 21일부터 D형 및 소·중·대형각정기유생이 출현하기 시작하여 8월 7일까지 D형유생에서 부착기유생이 다양하게 출현하였다. 특히, 7월 24일부터 8월 7일까지 대량의 각 단계별 유생이 고르게 출현하여 8월 10일경 부착적기가 도래하였다. 그 결과, 대량 채묘가 이루어졌으나, 후속군 연결이 없었다. '97년에는 6월 10일부터 D형유생이 나타나기 시작하여 6월 25일경 채묘적기가 도래하였으나, 태풍 '피터'의 영향으로 내린 강우 (64.5㎜)로 인하여 출현 유생이 점차적으로 소멸되었다. 그 이후 7월 10일경 방란, 방정이 일어나 7월 24~25일경 2차 채묘적기가 도래하였으나, 태풍 '로지'의 영향으로 수온이 점차 하강하여 부착기유생의 출현량이 감소, 채묘성적이 '96년에 비해 불량하였다. 이후 '97년 9월 29일까지, D형에서 중형각정기에 이르는 각 단계별 유생이 소량 출현하였으나, 유생의 활력이 그다지 양호하지 못하여 채묘로 연결되지 않았다 (Fig. 32, 33).

여천 항대는 '96년 6월 17일부터 D형유생과 소·중·대형각정기유생이 출현

하기 시작하여 10월 9일까지 출현하였으며, 6월 28일 D형유생이 대량 출현 (3,500마리/140ℓ)하였으나, 이는 채묘로 연결되지 못하였다. 이후, 7월 중순에 출현한 D형유생군이 채묘와 연결, 8월 초순 채묘적기가 도래하여 45,000연의 부착실적이 있었다. 그러나, 그 이후 후속군의 연결은 없었다. '97년은 '96년과 비교하여 볼 때 유생이 조기에 출현함 ('97. 6. 3일)과 아울러 발육이 순조로워 6월 18~22일 1차 채묘적기 (부착기유생 50마리 내외/140ℓ)가 도래하였다. 이후, 7월 11~14일 2차 채묘적기 (부착기유생 30~150마리/140ℓ), 7월 25~28일 3차 채묘적기 (부착기유생 30~50마리/140ℓ)가 도래한 후, 9월 1일까지 D형에서 중형각정기까지의 유생이 출현하였으나, 출현량은 점차 감소하였다. 또한, '96년의 경우에는 6월말경에서 7월초에 대량의 유생 출현이 있었다. 이 기간에는 거제 오수지역과 마찬가지로 강우량이 많고 염분이 낮았다. '97년의 6월말과 9월에도 '96년 동 시기와 같은 유생의 출현 양상이 관찰되었다 (Fig. 34, 35). 여수지역은 다른 지역과 달리 염분과 강우량 및 유생 출현량 사이의 뚜렷한 상관관계를 발견할 수 없었으나, 대량의 유생이 출현한 시기에는 비교적 염분이 낮은 경향이었다.

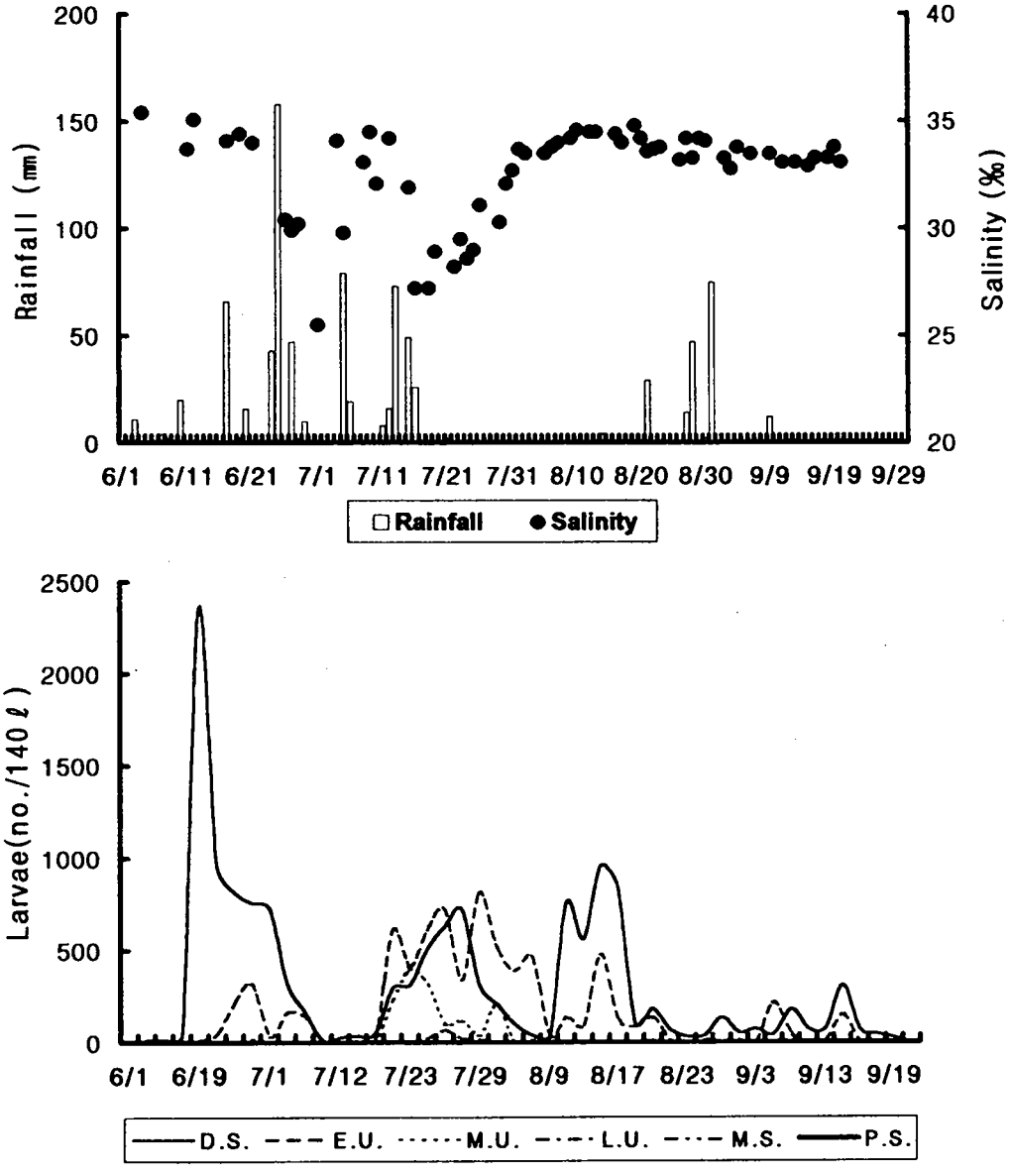

Fig. 30. The rainfall, salinity and density of *C. gigas* larvae at Osu, Kŏje in 1996 : D.S., D-shape stage ; E.U., Ealry umbo stage ; M.U., Middle umbo stage ; L.S., Late umbo stage ; M.S., Mature stage ; P.S., Pediveliger stage.

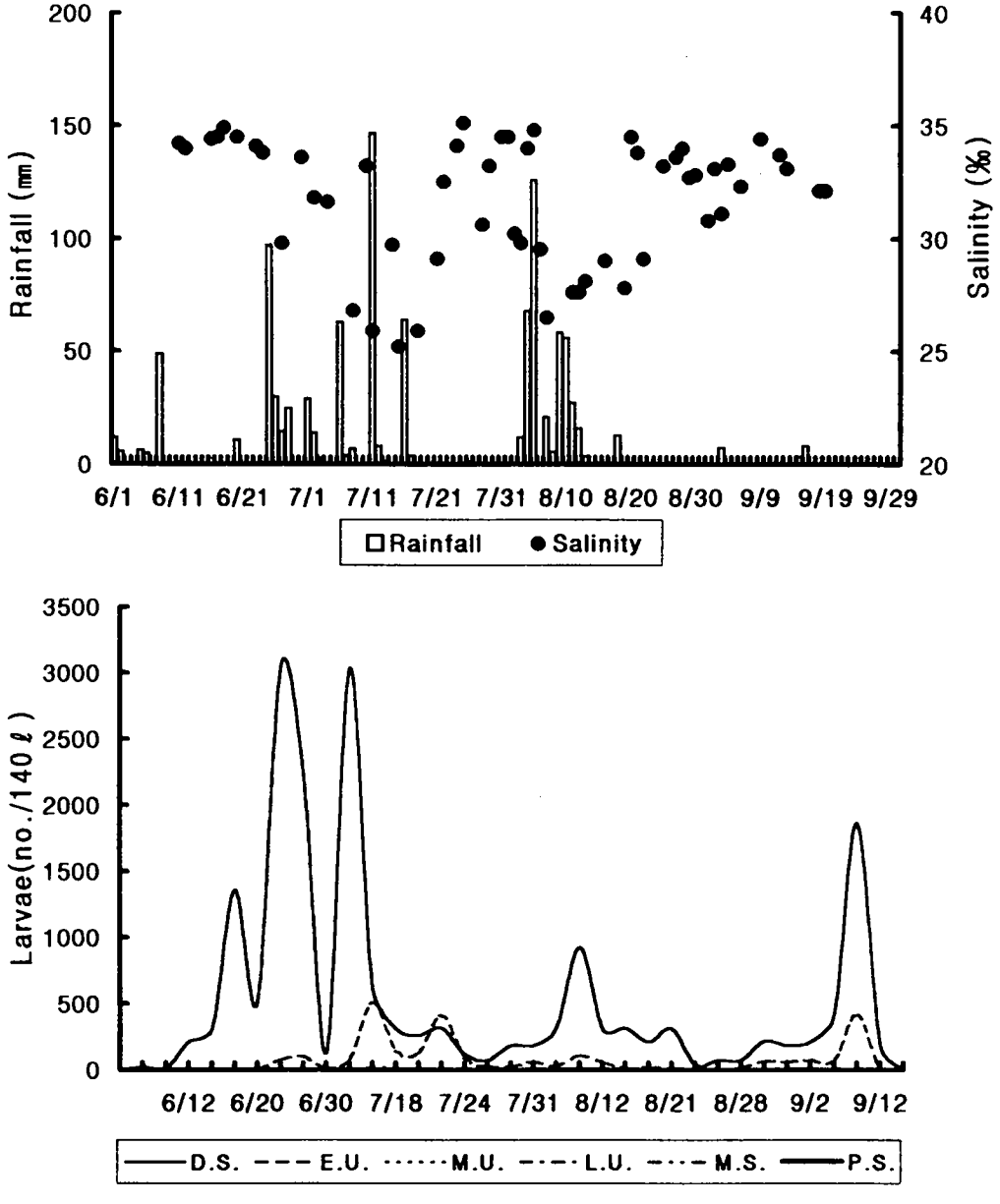

Fig. 31. The rainfall, salinity and density of *C. gigas* larvae at Osu, Kŏje in 1997 : D.S., D-shape stage ; E.U., Ealry umbo stage ; M.U., Middle umbo stage ; L.U., Late umbo stage ; M.S., Mature stage ; P.S., Pediveliger stage.

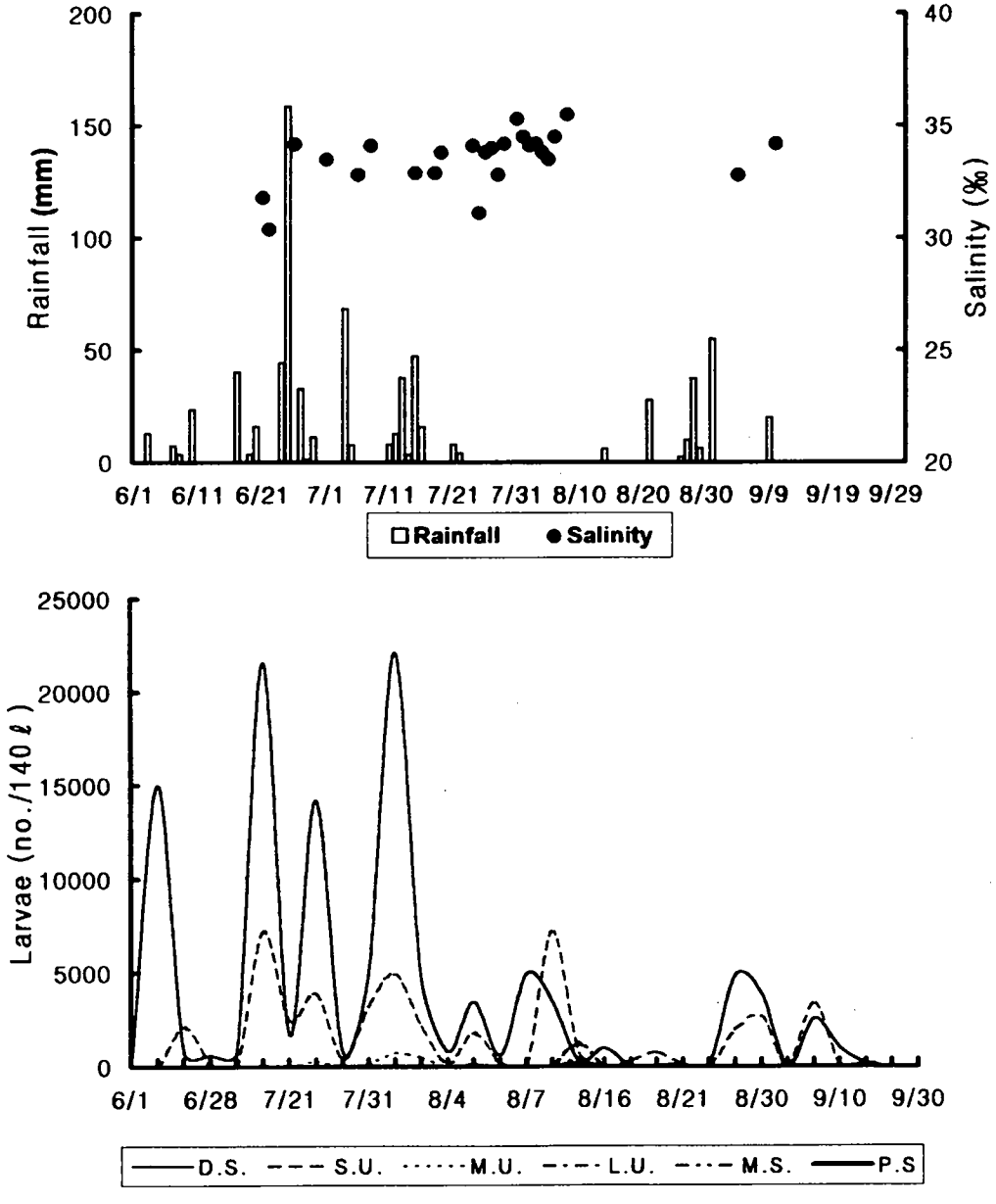

Fig. 32. The rainfall, salinity and density of *C. gigas* larvae at Jŏsan, Tongyŏng in 1996 : D.S., D-shape stage ; E.U., Ealry umbo stage ; M.U., Middle umbo stage ; L.U., Late umbo stage ; M.S., Mature stage ; P.S., Pediveliger stage.

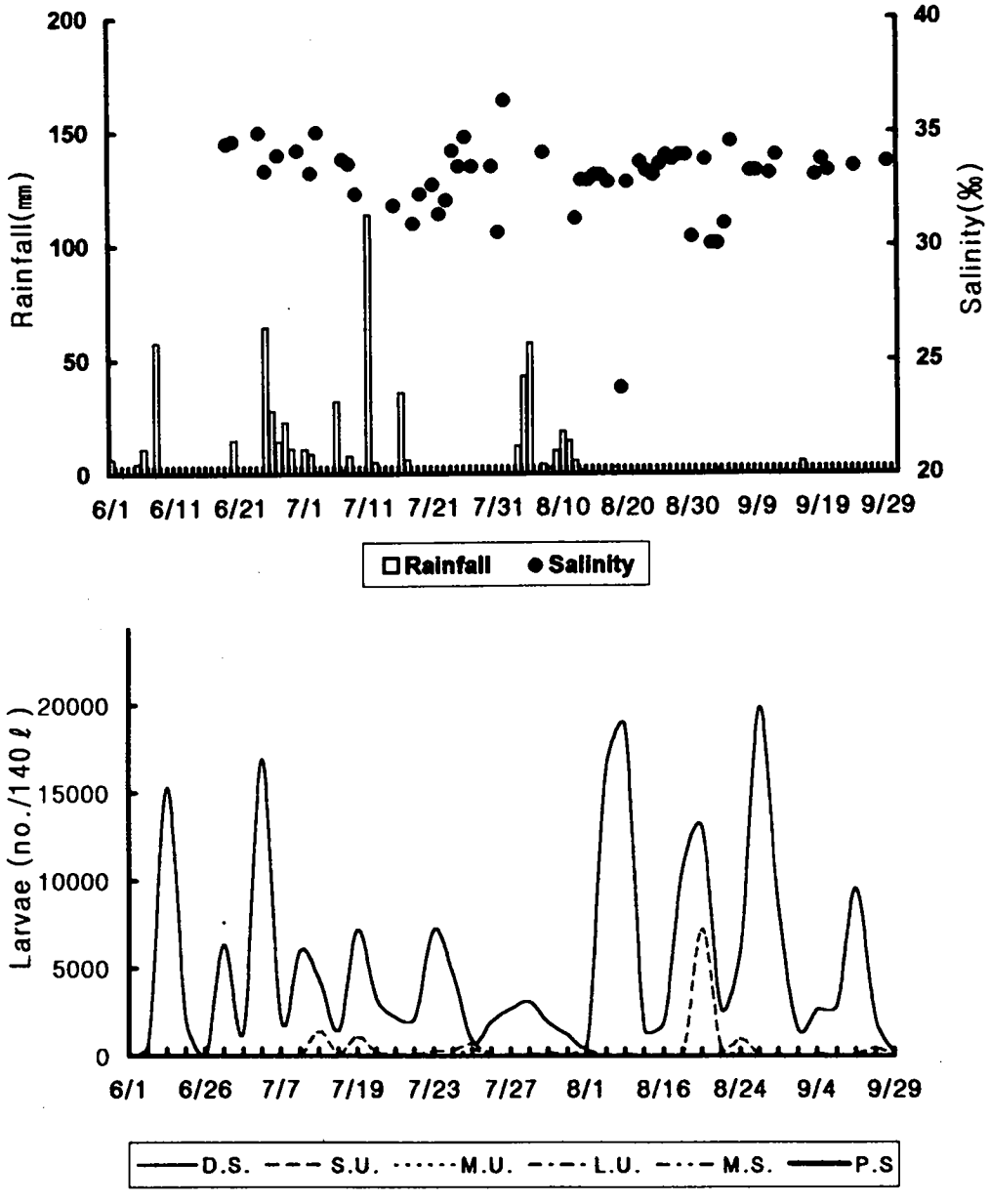

Fig. 33. The rainfall, salinity and density of *C. gigas* larvae at Jŏsan, Tongyŏng in 1997 : D.S., D-shape stage ; E.U., Ealry umbo stage ; M.U., Middle umbo stage ; L.U., Late umbo stage ; M.S., Mature stage ; P.S., Pediveliger stage.

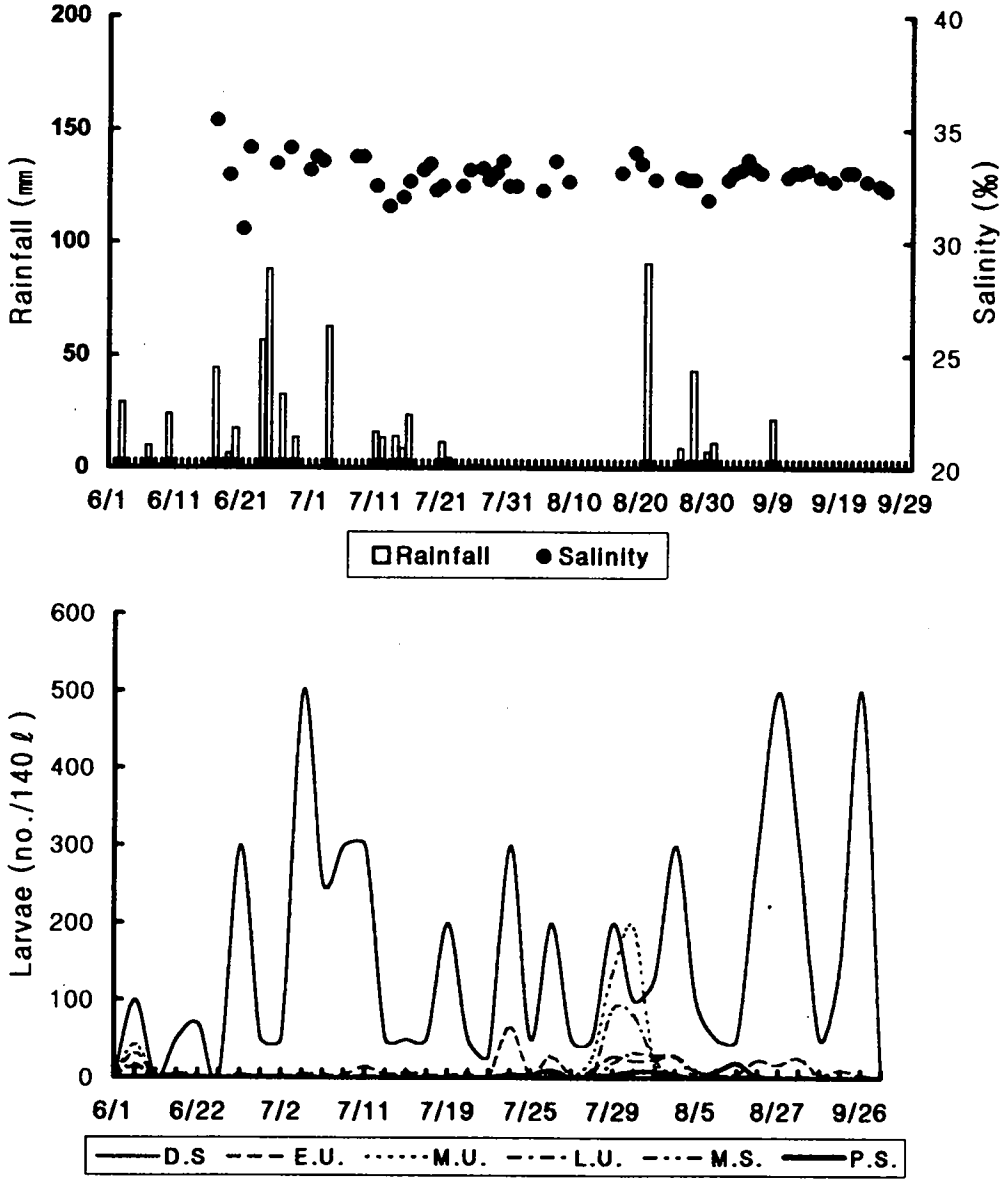

Fig. 34. The rainfall, salinity and density of *C. gigas* larvae at Hangdae, Yŏchŏn in 1996 : D.S., D-shape stage ; E.U., Ealry umbo stage ; M.U., Middle umbo stage ; L.U., Late umbo stage ; M.S., Mature stage ; P.S., Pediveliger stage.

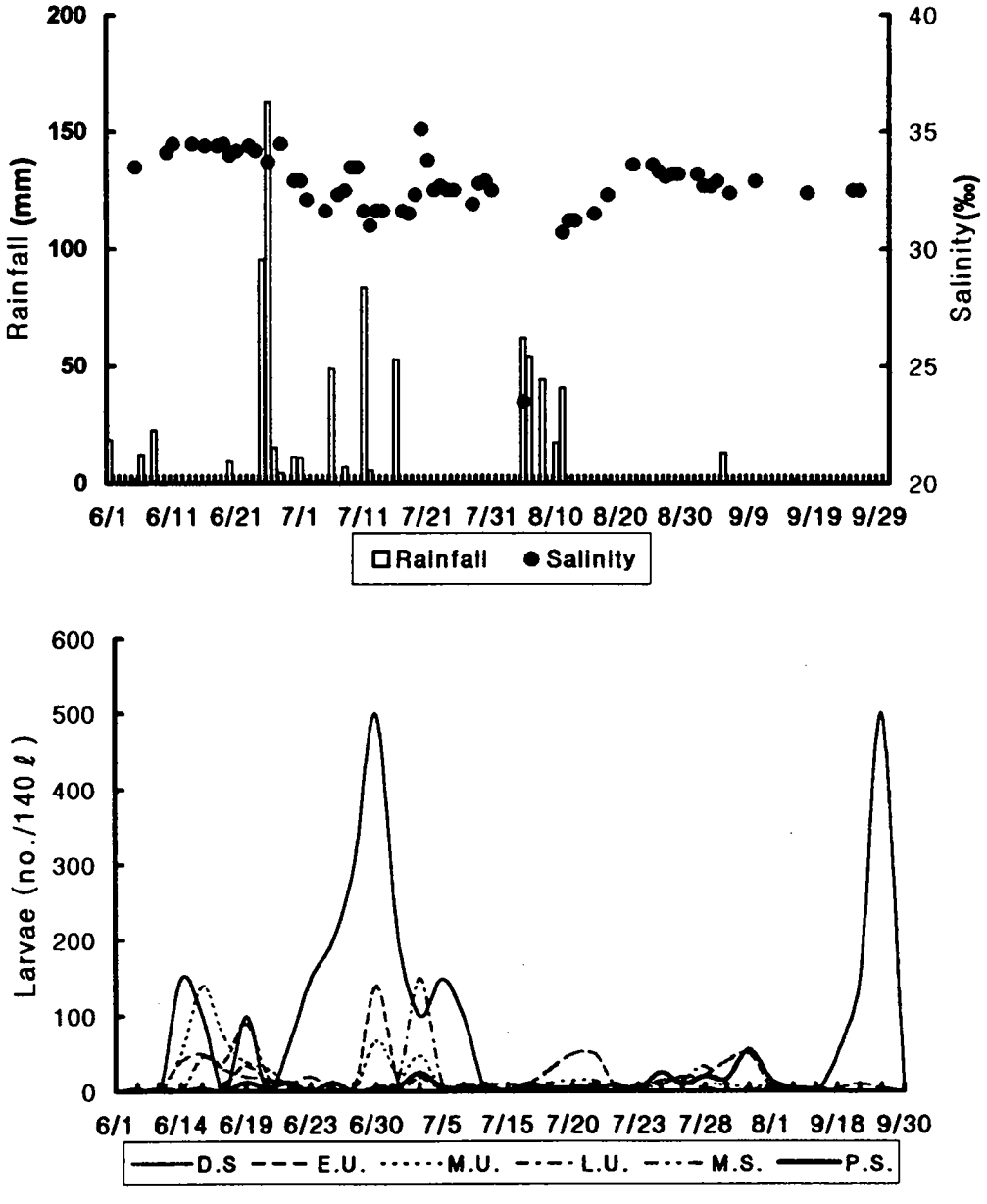

Fig. 35. The rainfall, salinity and density of *C. gigas* larvae at Hangdae, Yŏchŏn in 1997 : D.S., D-shape stage ; E.U., Ealry umbo stage ; M.U., Middle umbo stage ; L.U., Large umbo stage ; M.S., Mature stage ; P.S., Pediveliger stage.

2) 출현 유생의 건강도

각 조사지점별 출현 유생의 건강도를 지질함량 측정법으로 분석한 결과, 거제 오수의 '96년 출현 D형유생의 개체당 지질 함량은 7월 하순 채집시료에서 3.4ng, 8월 중순 채집시료에서는 3.6ng, 그리고 8월 하순 채집시료에서는 3.5ng 이었다. 그리고, '97년 출현 D형유생의 개체당 지질 함량은 6월 중순 채집시료에서 3.7ng, 6월 하순 채집시료에서는 3.0ng, 7월 초순 채집시료에서는 2.8ng, 7월 중순 채집시료에서는 3.1ng, 7월 하순 채집시료에서는 3.3ng, 8월 초순 채집시료에서는 2.7ng, 8월 중순 채집시료에서는 2.9ng, 그리고 8월 하순 채집시료에서는 2.7ng이었다. 통영 저산의 '96년 출현 D형유생의 개체당 지질 함량은 7월 하순 채집시료에서 5.3ng, 8월 중순 채집시료에서는 4.0ng, 그리고 8월 하순 채집시료에서는 3.5ng이었다. 그리고, '97년 출현 D형유생의 개체당 지질 함량은 6월 중순 채집시료에서 4.6ng, 6월 하순 채집시료에서는 3.8ng, 7월 초순 채집시료에서는 4.2ng, 7월 중순 채집시료에서는 5.0ng, 7월 하순 채집시료에서는 3.5ng, 8월 초순 채집시료에서는 4.2ng, 8월 중순 채집시료에서는 3.7ng, 8월 하순 채집시료에서는 3.1ng이었다. 여천 항대의 '96년 출현 D형유생의 개체당 지질 함량은 7월 하순 채집시료에서 4.7ng, 8월 중순 채집시료에서는 3.0ng, 그리고 8월 하순 채집시료에서는 3.9ng이었다. 그리고, '97년 출현 D형유생의 개체당 지질 함량은 6월 중순 채집시료에서 4.8ng, 6월 하순 채집시료에서는 5.4ng, 7월 초순 채집시료에서는 4.9ng, 7월 중순 채집시료에서는 4.5ng, 7월 하순 채집시료에서는 4.1ng, 8월 초순 채집시료에서는 3.5ng, 8월 중순 채집시료에서는 3.9ng, 그리고 8월 하순 채집시료에서는 3.4ng이었다 (Table 4).

이상의 결과, 초기 D형유생의 지질 함량과 굴 유생의 부착율과는 아주 높은 상관관계가 있는 것으로 나타났으며, D형유생의 지질함량이 개체당 4.5ng 이상은 되어야 채묘와 연결되는 것으로 추정되었다.

Table 4. Lipid content of D-shape larvae of *C. gigas* during spawning season in experimental areas

(unit: ng/larva)

Sampling period		Osu, Kŏje		Jŏsan, Tongyŏng		Hangdae, Yŏchŏn	
		1996	1997	1996	1997	1996	1997
Jun.	Middle		3.7		4.6		4.8
	Last		3.0		3.8		5.4
Jul.	Early		2.8		4.2		4.9
	Middle		3.1		5.0		4.5
	Last	3.4	3.3	5.3	3.5	4.7	4.1
Aug.	Early		2.7		4.2		3.5
	Middle	3.6	2.9	4.0	3.7	3.0	3.9
	Last	3.5	2.7	3.5	3.1	3.9	3.4

다. 굴 채묘장 환경요인 분석

굴 채묘장 환경요인의 변동양상을 상세히 파악하기 위하여 1996년 2월부터 1997년 9월까지 거제 오수, 통영 저산 및 여천 항대의 굴 양식장 주변에 대한 환경요인 조사를 실시한 결과는 Table 5~10과 같다.

1) 수질조사

가) 수질의 변동범위와 평균값

'96년과 '97년의 3개 해역에 대한 각 성분의 연변동범위와 평균값을 Table 11에 나타내었다 (Fig. 36, 37). 투명도는 '96년의 경우, 거제 오수가 1.5~8.0m (평균 4.3m), 통영 저산이 1.5~8.0m (평균 3.6m), 여천 항대가 1.0~3.5m (평균 2.1m) 였으며, 조사시기별 차이가 많았지만 여천 항대가 범위도 좁고, 평균값도 가장 낮았다. '97년에는 거제 오수와 통영 저산의 평균값이 각각 3.0m와 3.2m로 '96년 보다 낮았지만, 여천 항대는 2.3m로 1996년 보다 약간 높았다.

수온은 '96년의 경우, 표층과 5m층에서 연평균값의 범위가 각각 19.48~20.56°C 및 18.80~19.90°C로 만별 차이는 그다지 크지 않았지만 대체적으로 두 층 모두 다른 만들에서 보다 여천 항대가 다소 낮았다. '97년의 경우, 표층과 5m층에서 연평균값의 범위가 각각 16.78~17.32℃ 및 15.99~16.14℃로 지역별 차이가 비교적 작았으며, 표층에서는 통영 저산이 가장 낮았고 거제 오수가 가장 높았던 반면에, 5m층에서는 거제 오수가 가장 낮았고, 여천 항대가 가장 높았다. 또한, 표층과 5m층의 수온이 '96년 보다 '97년에 훨씬 낮은 값을 보이는 것은 '97년의 경우 저수온기인 동계 및 춘계에 조사가 집중적으로 이루어졌기 때문이다.

염분의 연평균값은 '96년의 경우 표층이 31.53~32.55‰, 5m층이 32.44~33.13‰ 였으며, 표층에서는 통영 저산이 가장 높고 거제 오수가 가장 낮았으나, 5m층에서는 여천 항대가 가장 낮고 거제 오수가 가장 높았다. '97년 역시 표층과 5m층에서의 연평균값의 범위는 각각 32.33~32.93‰ 및 32.96~33.16‰로 지역별 차이는 그다지 크지 않으나, 대체적으로 두 층 모두 통영 저산이 가장 높고

거제 오수가 가장 낮았다. 또한, '97년이 '96년 보다 다소 높은 값을 보이는 것은 수온의 경우와 마찬가지로 '96년의 경우, 고염분기인 동계와 춘계의 자료가 부족하기 때문이라고 생각된다.

수소이온농도는 '96년의 경우, 연평균값의 범위가 표층과 5m층에서 각각 8.17~8.21 및 8.13~8.17로 지역별 차이가 매우 작았다. '97년 역시 표층과 5m층에서 각각 8.10~8.19 및 8.08~8.17 이었다. 이러한 범위는 일반,연안역 해수중의 수소이온농도 범위에 속한다.

용존산소의 연평균값은 표층과 5m층에서 각각 6.80~7.46㎎/ℓ 및 6.43~6.59㎎/ℓ로 지역별 층별 차이가 그다지 크지 않으나, 대체적으로 표층이 다소 높았다. 지역별로는 거제 오수가 다른 두 해역들 보다 다소 낮은 값을 보였다. '97년의 표층과 5m층에서의 연평균값의 범위는 각각 8.01~8.1㎎/ℓ 및 7.30~7.86㎎/ℓ로 층별 지역별 차이가 그다지 크지 않으나, 표층과 5m층 모두 여천 항대가 가장 높고 통영 저산이 가장 낮았다.

화학적산소요구량의 연평균농도의 범위는 표층이 0.80~1.31㎎/ℓ, 5m층이 0.94~1.08 ㎎/ℓ로 지역별 층별 차이가 작지만 대체적으로 통영 저산이 다소 낮았다. 1997년의 연평균값의 범위는 표층이 1.01~1.48㎎/ℓ, 5m층이 1.03~1.30㎎/ℓ로 층별 차이가 매우 작았으며, 지역별로는 대체적으로 거제 오수가 가장 높고 여천 항대가 가장 낮았다.

인산인은 연평균 농도가 표층이 0.44~0.74μM, 5m층이 0.53~0.84μM 이었으며, 층별 정점별 차이는 그다지 크지 않으나 대체적으로 5m층이 다소 높았고, 여천 항대가 가장 높았다. '97년에는 표층이 0.44~0.73μM, 5m층이 0.47~0.99μM로 층별 차이가 매우 작았으며, 거제 오수가 가장 낮고 여천 항대가 가장 높았다.

용존무기질소의 연평균 농도는 '96년의 경우 표층이 3.46~4.88μM, 5m층이 3.60~4.51μM로 층별 지역별 차이가 그다지 크지 않았으나, 대체적으로 두 층 모두 거제 오수가 가장 낮았다.

Table 5. Monthly variation of temperature and chemical characteristics of seawater at Kŏje area in 1996

St.	Mon.	Tr. (m)	W.T. (℃)		Salinity (‰)		pH		DO (mg/ℓ)		COD (mg/ℓ)		PO_4^{3-} - P (μM)	
			0m	5m	0m	5m	0m	5m	0m	5m	0m	5m	0m	5m
K1	Feb.	5.5	10.50	10.00	34.38	34.38	8.19	8.06	7.07	7.07	1.73	1.71	0.35	0.52
	Apr.	5.6	15.80	15.25	32.85	34.09	8.14	8.13	8.66	8.66	0.17	0.31	0.10	0.24
	Jun.	1.5	20.47	18.33	28.29	33.29	8.27	8.05	8.76	4.20	0.82	0.74	0.08	0.16
	Jul.	6.0	28.44	20.87	27.84	32.24	8.27	8.04	7.70	6.34	2.35	2.05	0.28	0.24
	Aug.	4.0	23.40	23.10	33.01	33.76	8.29	8.14	6.91	6.31	0.08	0.47	0.46	0.42
	Sep.	3.5	25.20	24.40	32.06	32.12	8.32	8.35	7.61	5.60	1.08	1.19	0.93	1.08
	Oct.	1.5	20.00	20.00	32.37	32.40	7.93	7.94	6.53	6.01	1.35	0.83	1.03	0.80
K2	Feb.	5.7	10.50	9.70	34.39	34.39	8.21	8.22	6.96	7.20	2.86	2.16	0.47	0.52
	Apr.	8.0	16.00	15.05	34.09	34.17	8.14	8.14	8.21	8.70	0.06	0.33	0.24	0.18
	Jun.	2.0	20.23	18.44	25.89	32.97	8.23	8.06	8.65	5.47	1.08	0.71	0.09	0.24
	Jul.	4.5	27.96	20.28	28.80	31.74	7.95	8.20	7.71	4.99	3.09	2.53	0.21	0.16
	Aug.	3.5	23.30	23.30	32.92	33.63	8.24	8.25	6.14	7.43	1.88	0.30	0.19	0.24
	Sep.	6.0	25.20	24.70	32.08	32.16	8.32	8.31	7.47	6.67	1.05	0.78	0.92	1.86
	Oct.	2.4	20.50	20.50	32.43	32.47	7.92	7.96	6.03	5.33	0.74	1.04	0.75	0.79

Table 5. Monthly variation of temperature and chemical characteristics of seawater at Kŏje area in 1996 (cont'd)

St.	Mon.	NH_4^+ - N (μM)		NO_2^- - N (μM)		NO_3^- - N (μM)		DIN (μM)		Chl.-*a* (μg/ℓ)		SS (mg/g)	
		0m	5m	0m	5m	0m	5m	0m	5m	0m	5m	0m	5m
K1	Feb.	2.34	1.59	0.06	0.19	0.13	0.29	2.53	2.07	8.64	8.45	90.2	104.1
	Apr.	2.09	0.43	0.06	0.06	0.15	0.09	2.29	0.58	4.35	4.03	9.0	5.2
	Jun.	2.89	3.75	0.25	0.36	0.83	3.85	3.97	7.96	6.80	3.94	15.7	11.4
	Jul.	1.42	1.75	0.05	0.16	0.37	0.28	1.84	2.19	4.18	2.01	6.5	5.9
	Aug.	0.39	0.46	0.18	0.07	0.26	1.17	0.82	1.69	2.55	2.41	8.6	5.5
	Sep.	1.38	2.18	0.13	0.12	0.08	0.11	1.59	2.41	3.85	2.34	6.3	8.6
	Oct.	2.96	2.39	0.61	0.33	3.06	2.84	6.62	5.57	3.94	4.30	6.8	7.6
K2	Feb.	2.48	3.32	0.18	0.24	0.26	0.30	2.92	3.86	7.93	8.10	88.6	109.0
	Apr.	1.12	3.97	0.07	0.02	0.08	0.11	1.27	4.10	4.15	3.79	7.2	4.6
	Jun.	3.09	2.80	0.34	0.22	6.44	1.40	9.86	4.43	6.48	4.08	9.9	5.2
	Jul.	2.10	1.00	0.17	0.19	0.11	0.08	2.38	1.27	2.93	3.64	8.6	6.0
	Aug.	0.75	0.51	0.02	0.07	1.99	0.70	2.75	1.28	1.73	2.88	10.5	8.9
	Sep.	0.91	3.44	0.12	0.18	0.28	1.00	1.31	4.62	3.84	3.21	7.2	7.5
	Oct.	4.57	5.12	0.62	0.52	3.12	3.64	8.31	9.28	3.77	4.52	4.0	31.0

Table 6. Monthly variation of temperature and chemical characteristics of seawater at Tongyŏng area in 1996

St.	Mon.	Tr. (m)	W.T. (℃)		Salinity (‰)		pH		DO (mg/ℓ)		COD (mg/ℓ)		PO_4^{3-} - P (μM)	
			0m	5m	0m	5m	0m	5m	0m	5m	0m	5m	0m	5m
T1	Feb.	5.0	9.00	7.50	34.00	34.25	8.18	8.17	4.98	6.25	0.41	0.60	0.13	0.12
	Apr.	5.6	15.48	15.00	34.35	34.32	8.12	8.12	8.23	8.03	0.80	0.75	0.14	0.12
	Jun.	1.5	20.25	18.59	31.57	33.42	8.17	8.22	7.62	5.08	1.52	2.45	0.13	0.51
	Jul.	6.0	26.83	25.85	32.11	32.14	8.20	8.12	7.82	7.52	0.96	2.40	0.27	0.41
	Aug.	2.0	25.80	25.80	31.75	32.50	8.23	8.12	5.80	5.61	0.33	0.50	0.55	0.71
	Sep.	1.9	25.50	25.30	31.90	31.94	8.35	8.17	5.70	6.04	1.24	0.69	2.91	2.85
	Oct.	1.8	20.80	20.70	32.30	32.16	7.96	8.01	5.67	5.43	0.93	0.93	1.46	1.64
T2	Feb.	5.5	9.40	8.50	34.31	34.25	8.24	8.22	6.45	6.84	1.18	0.63	0.26	0.33
	Apr.	8.0	15.30	14.99	34.29	34.26	8.02	8.07	8.23	8.19	0.16	0.60	0.10	0.08
	Jun.	2.0	20.18	18.89	30.19	33.41	8.18	8.16	7.83	5.66	1.07	0.58	0.29	0.33
	Jul.	4.5	26.74	25.45	32.08	32.13	8.20	8.18	7.66	7.48	0.77	1.52	0.50	0.40
	Aug.	1.6	26.00	25.80	32.94	33.54	8.27	8.00	6.11	7.36	0.27	0.69	0.38	0.51
	Sep.	2.0	25.60	25.20	31.92	31.87	8.35	8.30	6.96	6.64	1.16	1.15	1.72	1.22
	Oct.	2.5	21.00	21.00	32.00	32.10	7.94	7.95	6.13	6.13	1.02	0.86	1.45	1.71

Table 6. Monthly variation of temperature and chemical characteristics of seawater at Tongyŏng area in 1996 (cont'd)

St.	Mon.	NH_4^+ - N (μM)		NO_2^- - N (μM)		NO_3^- - N (μM)		DIN (μM)		Chl.-*a* (μg/ℓ)		SS (mg/g)	
		0m	5m	0m	5m	0m	5m	0m	5m	0m	5m	0m	5m
T1	Feb.	5.41	4.45	0.02	0.02	0.68	0.11	6.11	4.58	4.85	5.24	45.5	42.1
	Apr.	3.11	2.59	0.08	0.13	0.34	0.19	3.53	2.91	4.35	4.50	10.5	11.0
	Jun.	2.21	2.69	0.22	0.29	2.90	1.08	5.33	4.06	4.92	2.24	8.2	12.5
	Jul.	1.80	2.25	0.18	0.15	0.17	0.67	2.15	3.07	3.50	1.67	9.6	8.9
	Aug.	1.16	0.72	0.13	0.27	0.96	1.68	2.26	2.67	2.64	3.55	6.9	7.5
	Sep.	3.13	2.16	0.65	0.47	1.90	1.77	5.68	4.40	3.11	4.15	7.5	4.7
	Oct.	7.07	5.34	1.43	1.68	0.82	0.55	9.32	7.56	1.60	2.44	5.4	6.2
T2	Feb.	3.40	3.69	0.04	0.05	0.13	0.11	3.57	3.85	5.18	6.02	43.3	48.9
	Apr.	2.30	1.43	0.14	0.05	0.19	0.48	2.63	1.96	4.67	4.02	100.8	94.2
	Jun.	2.15	2.62	0.23	0.11	7.19	1.39	9.57	4.11	4.96	2.83	10.2	11.6
	Jul.	1.46	2.56	0.14	0.16	0.13	4.88	1.73	7.60	2.75	2.35	8.0	6.8
	Aug.	0.68	0.91	0.18	0.18	0.25	0.87	1.11	1.96	2.82	2.75	4.8	6.5
	Sep.	3.54	2.08	0.27	0.11	1.52	0.39	5.33	2.57	2.47	1.53	9.1	8.5
	Oct.	6.38	6.63	1.68	1.38	1.90	0.21	9.96	8.23	1.74	2.13	4.7	2.2

Table 7. Monthly variation of temperature and chemical characteristics of seawater at Yŏchŏn area in 1996

St.	Mon.	Tr. (m)	W.T. (℃)		Salinity (‰)		pH		DO (mg/ℓ)		COD (mg/ℓ)		PO_4^{3-} - P (μM)	
			0m	5m	0m	5m	0m	5m	0m	5m	0m	5m	0m	5m
Y1	Feb.	1.3	6.00	6.00	34.14	34.10	8.20	8.16	7.07	6.76	0.45	0.89	0.66	1.43
	Apr.	1.2	10.72	10.22	34.05	33.95	8.09	8.11	8.06	8.18	0.58	0.36	0.32	0.27
	Jun.	3.0	20.40	20.40	32.04	32.31	8.18	8.15	6.47	6.19	1.16	0.88	0.41	0.43
	Jul.	3.2	27.31	25.63	31.83	31.62	8.26	8.21	7.77	7.14	2.53	2.32	0.38	0.37
	Aug.	1.2	25.50	25.40	32.36	32.51	8.15	7.99	4.80	5.43	0.45	1.49	0.90	1.21
	Sep.	1.7	25.20	24.70	31.93	31.80	8.35	8.37	10.56	9.34	1.76	1.04	1.12	1.55
	Oct.	2.1	21.10	20.90	31.96	31.97	8.16	8.14	7.30	7.17	1.46	1.33	1.82	1.51
Y2	Feb.	1.0	7.40	7.50	34.19	33.98	8.20	8.18	7.25	6.71	0.63	0.69	0.90	1.10
	Apr.	1.7	10.47	10.08	34.07	34.02	8.12	8.12	7.69	7.81	0.63	0.14	0.31	0.16
	Jun.	3.5	20.80	19.90	31.85	32.68	8.20	8.16	7.59	5.82	1.24	1.04	0.21	0.31
	Jul.	2.0	25.75	20.98	32.25	32.51	8.25	8.02	9.81	7.01	1.29	1.33	0.33	0.50
	Aug.	1.5	25.50	25.30	32.11	32.12	8.30	8.32	5.91	5.80	0.22	0.19	0.71	0.87
	Sep.	2.5	25.40	25.00	26.31	28.69	8.34	8.33	6.09	7.69	1.15	0.44	0.92	0.88
	Oct.	3.1	21.20	21.20	31.89	31.89	8.11	8.12	6.36	5.99	1.46	1.05	1.41	1.09

Table 7. Monthly variation of temperature and chemical characteristics of seawater at Yŏchŏn area in 1996 (cont'd)

St.	Mon.	NH_4^+ - N (μM)		NO_2^- - N (μM)		NO_3^- - N (μM)		DIN (μM)		Chl.-*a* (μg/ℓ)		SS (mg/g)	
		0m	5m	0m	5m	0m	5m	0m	5m	0m	5m	0m	5m
Y1	Feb.	2.09	3.07	0.24	0.15	0.10	0.05	2.43	3.26	2.71	5.99	13.4	6.5
	Apr.	6.74	2.69	0.01	0.02	0.44	0.26	7.20	2.96	5.17	5.54	7.8	8.5
	Jun.	2.73	4.93	0.37	0.37	5.60	4.38	8.70	9.68	7.11	5.66	33.9	12.2
	Jul.	3.54	0.77	0.15	0.17	0.26	0.11	3.95	1.05	1.92	2.34	7.8	8.9
	Aug.	2.64	1.85	0.26	0.63	0.80	0.87	3.70	3.35	3.38	3.25	19.6	24.1
	Sep.	1.78	1.66	0.13	0.06	0.74	0.76	2.65	2.48	8.55	12.89	10.8	12.7
	Oct.	6.63	6.56	0.94	0.88	0.20	0.58	7.77	8.03	2.59	2.88	2.8	7.4
Y2	Feb.	3.19	1.78	0.12	0.14	0.17	0.05	3.48	1.98	5.10	4.68	37.2	16.8
	Apr.	3.23	3.80	0.05	0.01	2.40	0.32	3.68	4.13	4.28	4.24	5.1	7.6
	Jun.	1.41	2.39	0.11	0.39	2.94	3.09	4.46	5.87	8.24	5.34	5.1	11.2
	Jul.	3.37	1.68	0.21	0.24	0.24	0.15	3.82	2.07	1.85	2.17	12.3	20.9
	Aug.	0.12	0.69	0.18	0.24	0.36	0.49	0.66	1.42	1.62	3.34	15.0	12.3
	Sep.	2.98	5.83	0.21	0.26	1.17	1.34	4.36	7.43	1.94	3.13	8.8	12.5
	Oct.	5.83	8.20	1.28	0.80	0.31	0.47	7.42	9.47	1.98	1.10	25.6	3.6

Table 8. Monthly variation of temperature and chemical characteristics of seawater at Kŏje area in 1997

St.	Mon.	Tr. (m)	W.T. (℃)		Salinity (‰)		pH		DO (mg/ℓ)		COD (mg/ℓ)		PO_4^{3-} - P (μM)	
			0m	5m	0m	5m	0m	5m	0m	5m	0m	5m	0m	5m
K1	Jan.	4.5	6.90	6.40	34.00	34.02	7.90	7.96	10.46	10.49	0.75	0.40	0.44	0.62
	Feb.	3.2	6.80	6.70	33.24	33.29	8.12	8.13	10.39	9.97	0.66	0.64	0.38	0.40
	Mar.	3.9	11.25	10.85	33.90	33.92	7.94	8.11	8.09	8.44	1.02	0.82	0.23	0.22
	Apr.	3.1	15.29	15.00	33.40	33.81	8.27	8.27	6.20	5.83	0.48	1.14	0.21	0.32
	May	2.2	19.68	18.92	29.14	32.75	8.02	7.80	8.63	7.59	2.58	2.57	0.42	0.35
	Jun.	1.2	23.15	19.83	32.39	33.10	8.25	8.17	8.87	7.30	2.56	1.57	0.54	0.49
	Jul.	3.1	23.60	20.50	32.61	33.01	8.28	8.15	6.91	7.06	1.58	2.03	0.35	0.45
	Aug.	2.5	27.30	25.90	31.63	31.77	8.03	8.01	7.27	6.46	1.30	.0.43	0.26	0.18
	Sep.	2.7	21.50	21.40	32.12	32.16	8.00	7.98	6.29	6.20	1.41	1.31	0.87	0.86
K2	Jan.	4.0	7.20	6.50	34.08	34.09	7.97	8.07	9.96	10.24	0.66	0.66	0.73	0.66
	Feb.	3.5	7.30	7.30	33.16	33.22	8.14	8.10	9.93	10.19	0.67	0.78	0.75	0.69
	Mar.	3.3	11.18	11.05	33.95	33.94	8.04	8.11	8.30	7.17	1.33	0.50	0.18	0.27
	Apr.	5.0	15.63	12.16	33.78	33.79	8.26	8.19	6.11	6.26	1.36	0.99	0.24	0.19
	May	2.5	20.04	17.39	26.34	30.44	7.89	7.95	8.71	8.10	3.42	3.01	0.35	0.43
	Jun.	1.4	22.98	19.40	32.42	33.30	8.26	8.24	8.83	7.60	2.13	1.23	0.31	0.55
	Jul.	3.8	22.38	20.80	32.05	32.81	8.27	8.22	6.93	6.94	2.48	1.97	0.15	0.33
	Aug.	2.7	27.10	25.51	31.64	31.75	8.12	8.14	7.14	7.50	0.78	0.80	0.21	0.21
	Sep.	2.0	22.40	22.20	32.12	32.14	8.02	8.01	5.91	5.89	1.38	1.31	1.18	1.13

Table 8. Monthly variation of temperature and chemical characteristics of seawater at Köje area in 1997 (cont'd)

St.	Mon.	NH_4^+ - N (μM)		NO_2^- - N (μM)		NO_3^- - N (μM)		DIN (μM)		Chl.-*a* (μg/ℓ)		SS (mg/g)	
		0m	5m	0m	5m	0m	5m	0m	5m	0m	5m	0m	5m
K1	Jan.	1.91	0.80	0.13	0.11	0.41	0.27	2.44	1.17	1.52	2.00	15.2	12.5
	Feb.	3.32	1.97	0.13	0.10	0.18	0.24	3.63	2.31	1.47	1.52	10.0	8.4
	Mar.	2.08	3.32	0.08	0.08	0.31	0.34	2.47	3.74	3.91	0.92	7.0	7.1
	Apr.	1.62	2.39	0.05	0.04	0.55	0.04	2.22	2.46	2.36	1.45	9.0	5.4
	May	0.33	0.25	0.20	0.12	5.47	1.04	6.00	1.41	4.53	3.11	16.4	12.0
	Jun.	1.29	1.02	0.21	0.23	0.15	0.06	1.64	1.32	2.35	0.80	4.6	3.2
	Jul.	2.89	2.27	0.29	0.41	0.16	0.49	3.33	3.15	1.60	1.13	8.8	5.6
	Aug.	1.47	0.73	0.08	0.05	0.12	0.12	1.66	0.90	1.12	0.91	50.0	45.2
	Sep.	5.25	5.03	0.48	0.44	2.33	2.42	8.05	7.89	1.48	0.80	13.6	12.2
K2	Jan.	0.52	0.41	0.11	0.21	0.25	0.01	0.88	0.63	2.12	2.23	9.2	13.2
	Feb.	9.55	5.28	0.12	0.10	0.05	0.30	9.72	5.67	1.64	1.67	7.0	8.4
	Mar.	2.83	2.03	0.08	0.09	0.27	1.06	3.18	3.18	2.95	1.38	6.0	6.5
	Apr.	1.64	2.46	0.08	0.03	0.29	0.21	2.01	2.69	2.81	2.81	11.6	11.8
	May	0.26	0.33	0.49	0.14	3.24	4.47	3.99	4.94	6.17	4.53	6.6	3.0
	Jun.	0.63	0.40	0.29	0.26	0.03	0.04	0.95	0.69	1.39	0.37	3.0	2.8
	Jul.	1.81	2.72	0.22	0.24	0.06	0.15	2.09	3.01	3.07	1.74	12.4	13.6
	Aug.	3.04	1.90	0.05	0.03	3.19	2.03	1.71	0.43	1.71	0.53	44.6	51.0
	Sep.	6.24	6.38	0.59	0.61	2.33	2.94	9.16	9.93	1.66	1.71	12.4	6.6

Table 9. Monthly variation of temperature and chemical characteristics of seawater at Tongyŏng area in 1997

St.	Mon.	Tr. (m)	W.T. (℃)		Salinity (‰)		pH		DO (mg/ℓ)		COD (mg/ℓ)		PO_4^{3-} - P (μM)	
			0m	5m	0m	5m	0m	5m	0m	5m	0m	5m	0m	5m
T1	Jan.	3.2	5.90	6.40	33.54	33.54	7.92	7.94	10.43	9.91	0.53	0.75	0.92	1.00
	Feb.	3.5	6.00	5.90	33.68	33.69	8.22	8.23	10.06	7.71	0.93	0.88	2.65	3.21
	Mar.	3.5	11.05	10.93	33.85	33.88	7.98	7.93	8.13	8.26	1.04	1.12	0.14	0.10
	Apr.	3.5	14.63	14.60	33.91	33.92	8.19	8.18	5.85	5.78	1.44	1.33	0.33	0.29
	May	2.0	18.10	16.60	32.01	33.52	7.89	8.03	8.09	7.49	3.58	2.88	0.33	0.42
	Jun.	2.0	20.58	19.36	33.17	33.24	8.24	8.16	8.07	7.07	2.69	1.06	0.42	0.58
	Jul.	2.7	22.70	21.50	32.46	32.66	8.27	8.24	6.83	4.69	1.57	0.42	0.31	0.25
	Aug.	2.5	27.10	26.30	31.71	31.85	8.12	8.02	7.74	5.81	1.58	1.17	0.35	0.71
	Sep.	2.6	24.90	24.83	32.14	32.11	7.99	8.02	7.51	6.59	1.26	2.21	1.04	1.12
T2	Jan.	5.0	5.70	5.70	33.56	33.56	7.90	7.74	10.31	10.30	0.37	0.54	0.96	0.78
	Feb.	5.0	6.10	6.00	33.73	33.70	8.24	8.22	9.93	10.36	0.72	0.77	0.36	0.40
	Mar.	3.7	11.10	11.03	33.89	33.91	8.03	7.95	8.07	8.31	0.64	0.67	0.17	0.12
	Apr.	4.1	14.48	14.40	33.94	33.91	8.20	8.21	5.96	6.65	0.69	0.99	0.28	0.30
	May	2.2	18.10	16.93	32.29	33.24	8.05	7.94	8.46	7.51	2.85	3.02	0.43	0.41
	Jun.	2.5	20.75	19.39	33.13	33.27	8.23	8.14	8.04	7.46	1.63	1.98	1.12	0.67
	Jul.	3.0	24.50	20.90	32.08	32.88	8.31	8.19	6.60	5.14	1.49	1.54	0.10	0.16
	Aug.	3.1	27.40	26.60	31.57	31.79	8.06	8.04	7.39	6.10	0.58	0.67	0.17	0.40
	Sep.	2.7	23.00	22.60	32.03	32.12	8.00	7.99	6.66	6.30	1.55	1.31	1.07	1.27

Table 9. Monthly variation of temperature and chemical characteristics of seawater at Tongyŏng area in 1997 (cont'd)

St,	Mon.	NH_4^+ - N (μM)		NO_2^- - N (μM)		NO_3^- - N (μM)		DIN (μM)		Chl.-*a* (μg/ℓ)		SS (mg/g)	
		0m	5m	0m	5m	0m	5m	0m	5m	0m	5m	0m	5m
T1	Jan.	1.86	1.38	0.17	0.33	0.29	0.18	2.32	1.88	1.74	2.04	10.0	8.4
	Feb.	5.30	7.86	0.48	0.10	0.44	1.98	6.22	9.94	8.11	2.51	15.2	12.6
	Mar.	1.61	1.82	0.10	0.05	0.43	0.32	2.14	2.18	2.96	2.89	10.6	7.2
	Apr.	1.57	2.20	0.02	0.03	0.08	0.07	1.67	2.30	0.64	2.28	6.2	4.4
	May	0.23	0.32	0.06	0.07	0.14	0.14	0.43	0.53	3.02	4.37	10.8	8.4
	Jun.	0.59	1.23	0.17	0.17	0.19	0.24	0.95	1.63	1.17	1.01	3.4	3.4
	Jul.	1.66	1.58	0.22	0.21	0.08	0.05	1.96	1.84	2.94	0.73	8.0	6.4
	Aug.	5.41	2.66	0.13	0.31	0.24	0.71	5.78	3.68	1.44	0.96	47.6	47.6
	Sep.	3.18	3.54	0.44	0.46	1.58	1.57	5.21	5.57	2.99	2.46	7.4	9.8
T2	Jan.	1.68	1.97	0.19	0.23	0.05	0.18	1.92	2.38	2.00	1.81	7.2	8.2
	Feb.	4.37	3.76	0.18	0.14	0.40	0.16	4.94	4.06	2.53	2.28	9.2	13.2
	Mar.	2.95	2.46	0.06	0.08	0.20	0.18	3.21	2.71	3.54	3.79	5.0	6.2
	Apr.	2.00	3.66	0.03	0.01	0.39	0.29	2.41	3.95	0.60	1.01	4.9	4.7
	May	0.33	0.32	0.11	0.04	0.05	1.91	0.49	2.27	7.32	4.07	9.0	12.0
	Jun.	0.45	0.36	0.15	0.12	0.18	0.26	0.77	0.74	4.55	2.14	4.8	8.6
	Jul.	1.50	5.50	0.24	0.27	0.11	0.04	1.85	5.80	2.40	1.80	8.6	11.2
	Aug.	6.19	1.55	0.02	0.04	0.44	0.87	6.65	2.46	1.17	0.69	45.8	44.6
	Sep.	2.53	4.28	0.40	0.51	0.96	1.92	3.89	6.71	1.82	2.03	5.8	12.8

Table 10. Monthly variation of temperature and chemical characteristics of seawater at Yŏchŏn area in 1997

St.	Mon.	Tr. (m)	W.T. (℃)		Salinity (‰)		pH		DO (mg/ℓ)		COD (mg/ℓ)		PO_4^{3-} - P (μM)	
			0m	5m	0m	5m	0m	5m	0m	5m	0m	5m	0m	5m
Y1	Jan.	1.5	5.80	5.50	33.29	33.30	8.22	8.23	11.06	10.96	0.45	0.56	0.99	1.05
	Feb.	2.2	7.90	7.60	33.82	33.86	7.94	8.09	9.56	9.06	0.14	0.05	0.85	0.71
	Mar.	1.8	11.50	11.00	33.74	33.79	8.28	8.29	8.76	8.33	0.91	1.07	0.67	0.73
	Apr.	1.1	15.92	15.80	33.81	33.80	8.26	8.33	8.36	7.86	1.06	1.09	0.76	0.68
	May	1.1	18.16	16.85	33.06	33.21	8.24	8.26	7.66	7.84	0.85	1.38	0.55	0.57
	Jun.	1.7	20.32	19.08	33.27	33.29	8.14	8.18	7.31	6.94	1.01	0.88	1.09	1.07
	Jul.	2.0	26.35	22.81	31.66	31.88	8.24	8.23	7.97	6.57	1.72	1.27	0.03	0.04
	Aug.	2.0	24.26	24.06	30.89	31.05	8.05	8.04	5.54	5.71	1.14	0.75	1.24	1.18
	Sep.	1.9	22.71	22.70	31.93	31.84	8.10	8.08	6.57	6.71	2.40	1.53	0.96	1.08
Y2	Jan.	3.0	7.80	7.50	33.64	33.64	8.19	7.84	11.43	11.36	0.34	0.40	0.78	0.92
	Feb.	2.5	8.30	7.91	33.89	33.59	8.06	7.86	9.43	9.10	0.05	0.65	0.73	0.71
	Mar.	2.0	11.40	11.02	33.88	33.85	8.24	8.24	8.67	8.77	0.91	0.74	0.44	0.50
	Apr.	3.8	14.67	14.48	33.82	34.01	8.37	8.35	7.50	7.43	1.17	0.78	0.50	0.55
	May	4.0	16.67	16.14	33.56	33.55	8.24	8.28	8.06	7.99	1.35	1.02	0.66	0.69
	Jun.	2.5	19.61	18.53	33.32	33.35	8.23	8.26	7.28	6.96	0.30	0.77	0.50	0.71
	Jul.	3.0	26.49	22.36	31.63	31.86	8.26	8.19	7.79	7.36	1.78	2.03	0.26	0.55
	Aug.	3.0	24.93	24.50	31.21	31.21	8.10	8.09	6.63	6.13	0.59	0.66	1.25	1.07
	Sep.	2.0	22.69	22.59	31.89	31.89	8.16	8.11	6.19	6.23	1.86	1.97	0.85	0.89

Table 10. Monthly variation of temperature and chemical characteristics of seawater at Yŏchŏn area in 1997 (cont'd)

St.	Mon.	NH_4^+ - N (μM)		NO_2^- - N (μM)		NO_3^- - N (μM)		DIN (μM)		Chl.-*a* (μg/ℓ)		SS (mg/g)	
		0m	5m	0m	5m	0m	5m	0m	5m	0m	5m	0m	5m
Y1	Jan.	1.23	3.26	0.30	0.34	0.40	0.01	1.93	3.61	2.85	2.90	10.4	13.4
	Feb.	2.03	1.57	0.18	0.17	0.68	0.27	2.88	2.00	4.17	2.25	8.0	11.2
	Mar.	2.91	2.37	0.16	0.19	0.18	0.56	3.25	3.12	3.10	3.99	9.6	21.0
	Apr.	1.55	2.33	0.14	0.07	0.58	1.76	2.27	4.16	1.82	2.24	12.0	15.0
	May	0.73	1.09	0.17	0.18	0.35	0.64	1.24	1.91	2.28	2.62	10.0	7.8
	Jun.	0.12	0.47	0.17	0.18	0.11	0.31	0.39	0.96	1.98	1.98	7.8	7.2
	Jul.	1.47	1.32	0.20	0.22	0.08	0.19	1.67	1.54	3.47	2.87	8.0	10.6
	Aug.	5.51	3.21	0.74	0.67	3.40	1.53	9.64	5.41	1.87	2.31	40.8	49.0
	Sep.	2.98	3.17	0.68	0.68	1.72	2.03	5.38	5.87	4.18	2.31	8.0	6.0
Y2	Jan.	1.86	1.70	0.10	0.40	1.31	0.14	3.27	2.23	4.18	3.06	6.8	7.4
	Feb.	2.03	1.60	0.20	0.17	0.01	0.28	2.25	2.05	2.73	3.50	8.4	14.2
	Mar.	0.84	1.45	0.25	0.18	0.87	1.32	1.95	2.95	2.06	2.02	10.2	11.8
	Apr.	1.42	1.88	0.11	0.19	0.89	1.25	2.41	3.21	2.89	2.88	13.6	17.4
	May	0.45	0.61	0.27	0.30	0.68	0.70	1.40	1.62	2.25	2.01	8.2	11.0
	Jun.	0.66	0.22	0.37	0.39	0.03	0.74	1.05	1.35	7.58	1.92	5.2	7.0
	Jul.	1.36	2.11	0.20	0.66	0.10	1.16	1.56	3.92	1.74	5.54	8.6	7.8
	Aug.	4.49	4.66	0.67	0.63	1.59	2.75	6.74	8.03	1.34	1.27	10.4	13.6
	Sep.	2.73	2.94	0.66	0.67	1.38	1.37	4.77	4.98	3.92	3.20	14.6	9.8

Table 11. Temperature and chemical characteristics of seawater at the survey areas in 1996 and 1997

Item	Depth	1996			1997		
		Kŏje	Tongyŏng	Yŏchŏn	Kŏje	Tongyŏng	Yŏchŏn
Tr. (m)	S	1.5~8.0 (4.3)	1.5~8.0 (3.6)	1.0~3.5 (2.1)	1.2~5.0 (3.0)	2.0~5.0 (3.2)	1.1~4.0 (2.3)
Temp. (℃)	S	10.50~28.44 (20.54)	9.00~26.83 (20.56)	6.00~27.31 (19.48)	6.80~27.30 (17.32)	5.70~27.40 (16.78)	5.80~26.49 (16.97)
	B	9.70~24.70 (18.86)	7.50~25.85 (19.90)	6.00~25.75 (18.80)	6.40~25.90 (15.99)	5.70~26.60 (16.11)	5.50~24.50 (16.14)
Salinity	S	25.89~34.39 (31.53)	30.19~34.31 (32.55)	26.31~34.19 (32.22)	26.34~34.08 (32.33)	31.57~33.94 (32.93)	30.89~33.89 (32.91)
	B	31.74~34.39 (33.13)	31.87~34.32 (33.02)	28.69~34.10 (32.44)	30.44~34.09 (32.96)	31.79~33.92 (33.16)	31.05~34.01 (33.00)
pH	S	7.92~8.32 (8.17)	7.94~8.35 (8.17)	8.09~8.35 (8.21)	7.89~8.28 (8.10)	7.89~8.31 (8.10)	7.94~8.37 (8.19)
	B	7.94~8.35 (8.13)	7.95~8.30 (8.13)	7.99~8.37 (8.17)	7.80~8.27 (8.09)	7.93~8.24 (8.08)	7.84~8.35 (8.17)
DO (mg/ℓ)	S	6.03~8.76 (7.46)	4.98~8.23 (6.80)	4.80~10.56 (7.33)	5.91~10.46 (8.05)	5.85~10.43 (8.01)	5.54~11.43 (8.10)
	B	4.20~8.99 (6.43)	5.08~8.19 (6.59)	5.43~9.34 (6.58)	5.83~10.49 (7.74)	4.69~10.36 (7.30)	5.71~11.36 (7.86)
COD (mg/ℓ)	S	0.06~3.09 (1.31)	0.16~2.52 (0.84)	0.22~2.53 (1.08)	0.40~3.42 (1.48)	0.37~2.85 (1.23)	0.05~2.40 (1.01)
	B	0.30~2.53 (1.08)	0.50~2.45 (1.03)	0.04~2.32 (0.94)	0.40~3.01 (1.23)	0.42~3.02 (1.30)	0.05~2.27 (1.03)
PO_4^{3}-P (μM)	S	0.08~1.03 (0.44)	0.10~2.91 (0.74)	0.21~1.82 (0.74)	0.15~1.18 (0.44)	0.10~1.04 (0.51)	0.03~1.25 (0.73)
	B	0.16~1.86 (0.53)	0.08~2.85 (0.78)	0.16~1.55 (0.84)	0.18~1.13 (0.47)	0.10~1.27 (0.54)	0.04~1.18 (0.99)
DIN (μM)	S	0.82~9.86 (3.46)	1.11~9.96 (4.88)	0.66~8.70 (4.59)	0.88~9.72 (3.69)	0.43~6.65 (2.93)	0.39~9.64 (3.00)
	B	0.58~9.28 (3.60)	1.96~8.23 (4.26)	1.05~9.68 (4.51)	0.63~9.93 (3.17)	0.53~9.94 (3.37)	0.96~8.03 (3.28)
Chl. a (μg/ℓ)	S	1.73~8.64 (4.65)	1.60~5.18 (3.54)	1.62~8.55 (4.03)	1.12~6.17 (2.44)	0.60~8.11 (2.83)	1.34~7.58 (3.03)
	B	2.01~8.45 (4.13)	1.53~6.02 (3.25)	1.10~12.89 (4.47)	0.37~4.53 (1.65)	0.69~4.37 (2.16)	1.27~5.54 (2.72)

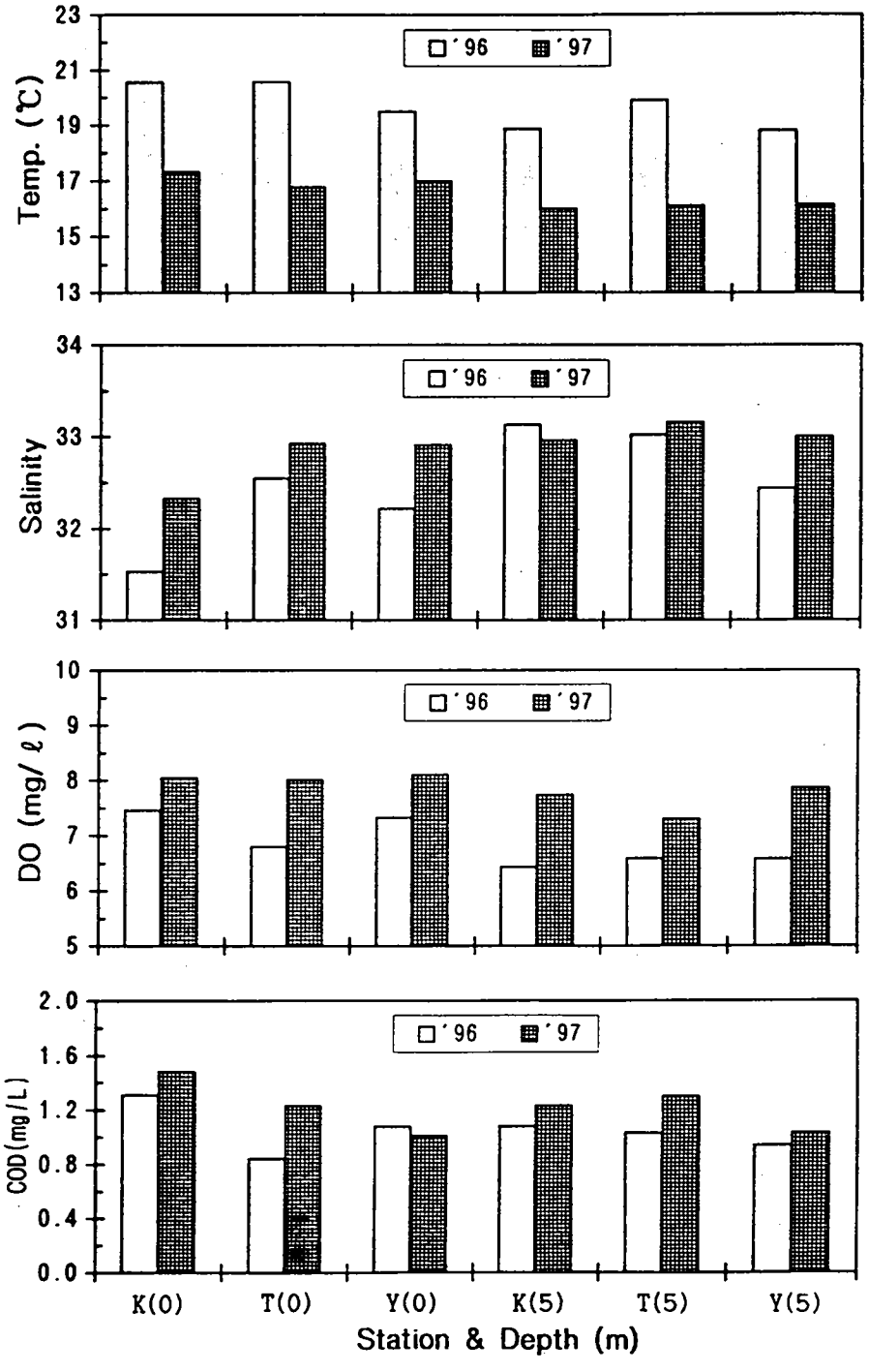

Fig. 36. Temperature and chemical characteristics of seawater at the survey areas in 1996 and 1997 : K, Kŏje ; T, Tongyŏng ; Y, Yŏchŏn.

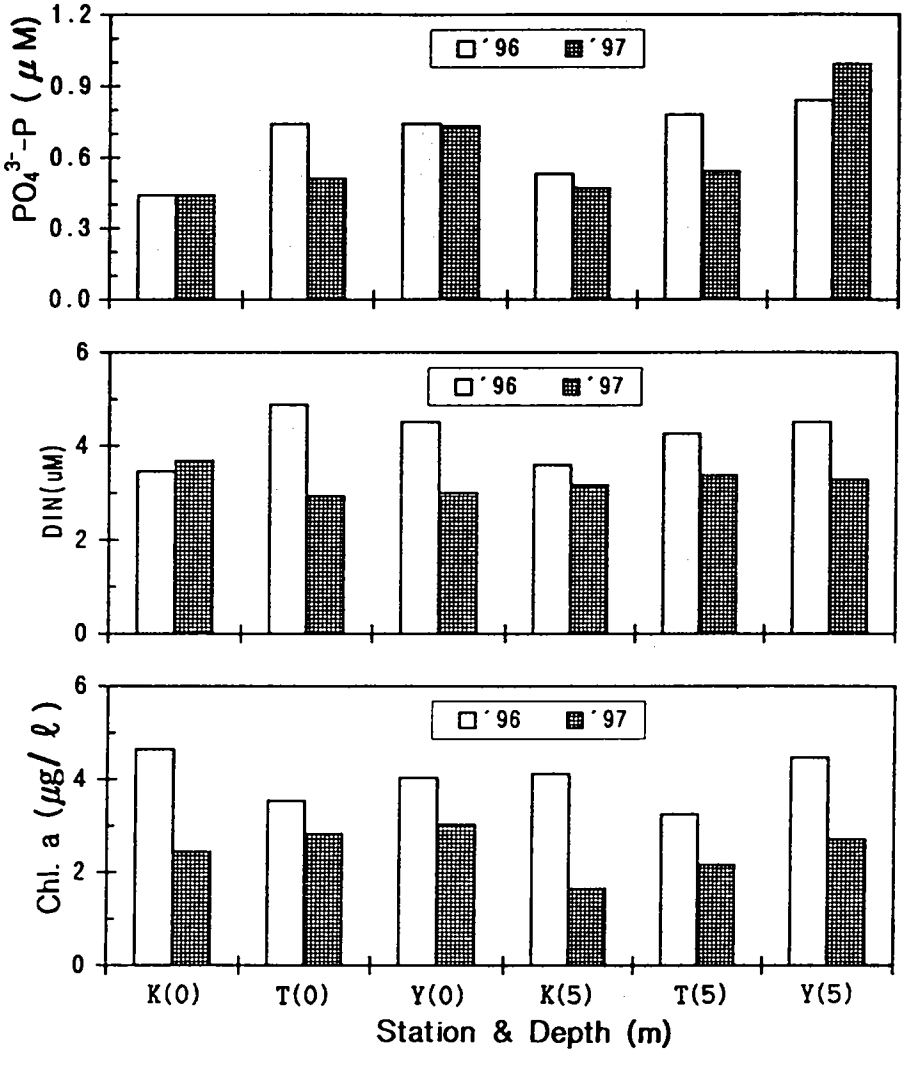

Fig. 37. Chemical caracterisrics of seawater at the survey areas in 1996 and 1997 : K, Kŏje ; T, Tongyŏng ; Y, Yŏchŏn.

클로로필-a의 연평균 농도는 표층이 3.54~4.65㎍/ℓ, 5m층이 3.25~4.47㎍/ℓ로 두 층 모두 통영 저산이 가장 낮았다. '97년 역시 표층과 5m층의 연평균 농도는 각각 2.44~3.03㎍/ℓ 및 1.65~2.72㎍/ℓ로 층별 지역별 차이는 그다지 크지 않으나, 거제 오수에서 가장 낮은 농도를 보였다.

나) 성분의 해역별·시기별 변동양상

각 해역의 굴 양식장 주변에 대한 수온, 염분, 용존산소, 화학적산소요구량, 인산인, 용존무기질소 및 클로로필-a의 시기별 변동양상을 Fig. 38에서 Fig. 43에 나타내었다.

(1) 거제 오수

수온 범위는 '96년의 경우 표층이 10.50~28.44℃, 5m층이 9.70~24.70℃ 이고, '97년은 표층이 6.80~27.30℃, 5m층이 6.40~25.90℃로 온대해역의 전형적인 계절변화를 보인다 (Fig. 38). 또한, '96년 7월에 표층에서 가장 높은 값을 보이는 것을 제외하면 층별 연도별 차이가 3℃ 이내로 그다지 크지 않았다.

염분 범위는 '96년의 경우 표층과 5m층이 각각 25.89~34.39‰ 및 31.74~34.39‰ 이고, '97년에는 표층과 5m층이 각각 26.34~34.08‰ 및 30.44~34.09‰로 시기별 차이가 매우 크지만 '96년 6월과 7월 및 '97년 5월의 측정값 (29.0‰ 이하)을 제외하면 31.0‰ 이상으로 비교적 높았으며, 대체적으로 겨울과 봄의 측정값이 여름과 가을 보다 다소 높았다. 또한, 29.0‰ 이하의 저염분을 보이는 시기를 제외하면 층별 차이도 비교적 작고, 연도별 차이도 뚜렷하지 않았다 (Fig. 38).

용존산소는 '96년의 경우 표층이 6.03~8.76㎎/ℓ, 5m층이 4.20~8.99㎎/ℓ로 표층 염분농도가 매우 낮은 값을 보이는 6월과 7월의 측정값이 5.0㎎/ℓ 이하로 낮은 농도를 보이는 것을 제외하면 대체적으로 여름에 가장 높고 가을에 가장 낮은 값을 보였다. 그러나, '97년에는 표층과 5m층의 농도 범위가 각각 5.91~10.46㎎/ℓ 및 5.83~10.49㎎/ℓ로 4월 측정값이 10월과 비슷한 농도를 보이는

것을 제외하면 대체적으로 겨울철에 가장 높고, 가을로 갈수록 낮아지는 경향을 보였다 (Fig. 38).

화학적산소요구량의 농도 범위는 '96년의 경우 표층과 5m층이 각각 0.06~3.09㎎/ℓ 및 0.30~2.53㎎/ℓ였으며, '97년에는 표층이 0.48~3.42㎎/ℓ, 5m층이 0.40~3.01㎎/ℓ로 변동폭이 다소 크지만 '96년의 2월과 7월 측정값과 '97년의 5월, 6월 및 7월 측정값이 비교적 높은 것을 제외하면 1.5㎎/ℓ 이하로 농도도 낮고 시기별 변동양상도 뚜렷하지 않았다 (Fig. 38).

인산인의 농도 범위는 '96년의 경우 표층과 5m층에서 각각 0.08~1.03μM 및 0.16~1.86μM이고, '97년에는 표층과 5m층이 각각 0.15~1.18μM 및 0.18~1.13μM로 변동폭이 다소 컸다. 그러나, 두 해 모두 9월 혹은 10월의 측정값이 0.8μM 이상으로 높은 농도를 보이는 것을 제외하면 층별 시기별 차이가 그다지 크지 않으며, 변동양상도 뚜렷하지 않았다 (Fig. 39).

용존무기질소의 농도 범위는 '96년의 표층과 5m층에서 각각 0.82~9.86μM 및 0.58~9.28μM 이고, '97년에는 표층과 5m층에서 각각 0.88~9.72μM 및 0.63~9.93μM로 변동폭이 비교적 컸지만 '96년의 6월과 10월 측정값과 '97년의 2월과 5월의 표층 및 9월 측정값을 제외하면 4.0μM 이하로 농도도 낮고, 시기별 변동양상도 뚜렷하지 않다 (Fig. 39).

클로로필-*a*의 농도범위는 '96년의 표층과 5m층에서 각각 1.73~8.64㎍/ℓ 및 2.01~8.45㎍/ℓ이고, '97년에는 두 층에서 각각 1.12~6.17㎍/ℓ 및 0.37~4.53㎍/ℓ로 변동폭이 다소 컸다. 그러나, 비교적 높은 농도를 보이는 '96년의 2월 측정값과 6월의 표층값 및 '97년 5월의 표층값을 제외하면 4.0㎍/ℓ 이하로 시기별 차이도 그다지 크지 않고, 농도 역시 비교적 낮았다. 또한, 동일 시기일 경우 '96년 보다 '97년의 농도가 다소 낮아지는 경향을 보였다 (Fig. 39).

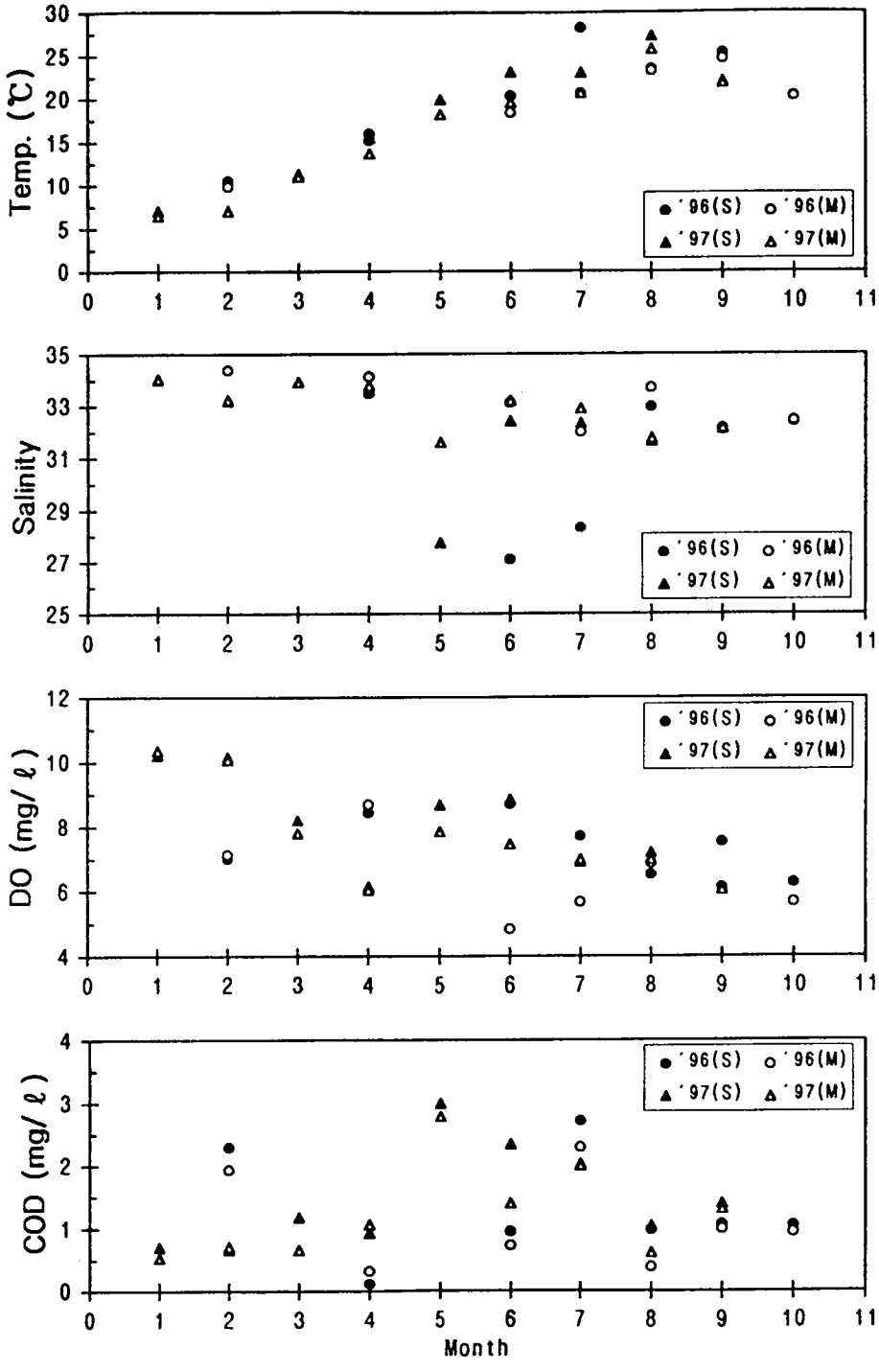

Fig. 38. Monthly variation of temperature and chemical characteristics of seawater at Kŏje area in 1996 and 1997.

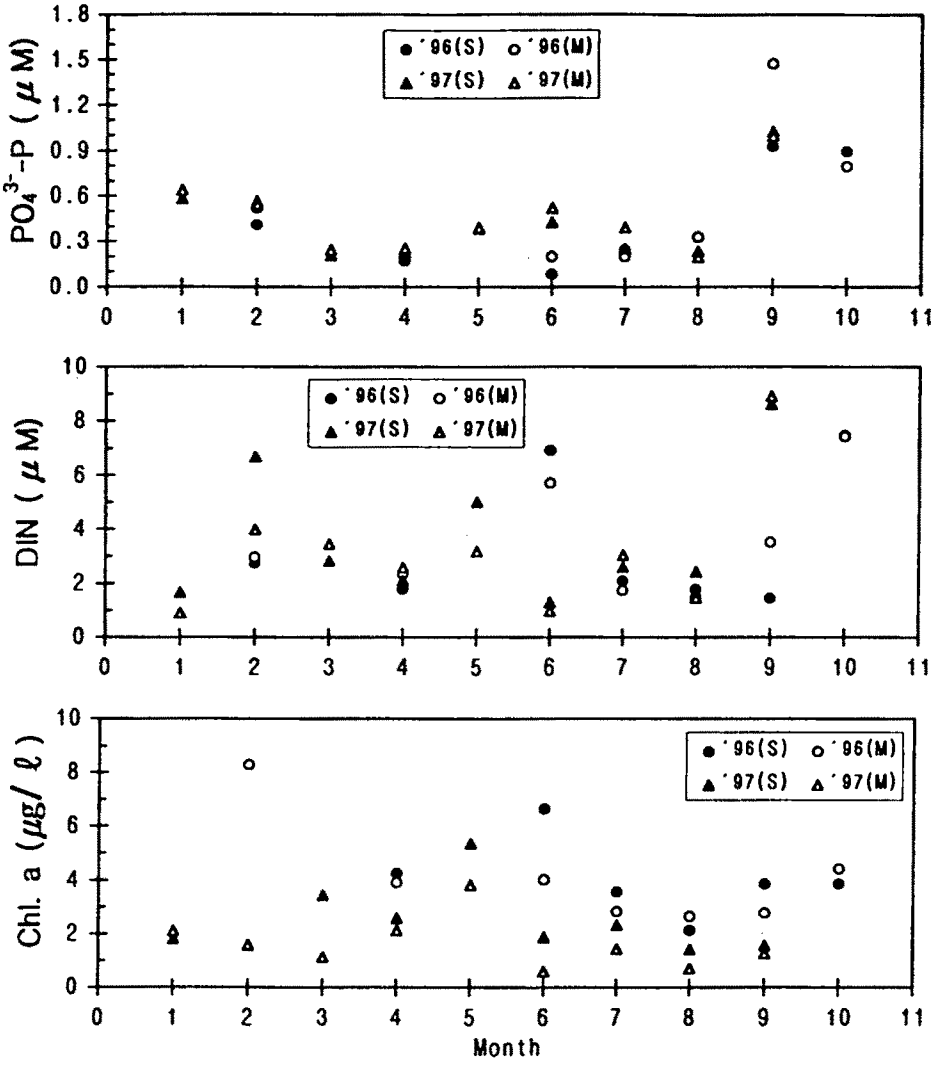

Fig. 39. Monthly variation of chemical characteristics and chlorophyll-*a* of seawater at Kŏje area in 1996 and 1997.

(2) 통영 저산

수온 범위는 '96년의 표층과 5m층에서 각각 9.00~26.83℃ 및 7.50~25.85℃ 이고, '97년의 표층과 5m층에서는 각각 5.70~27.40℃ 및 5.70~26.60℃로 온대해역의 전형적인 계절 변화를 보였다. 또한, '96년 7월 측정값이 '97년보다 약 2℃ 정도 높은 것을 제외하면 연도별 차이는 매우 작았다 (Fig. 40).

염분 범위는 '96년의 표층과 5m층에서 각각 30.19~34.31‰ 및 31.87~34.32‰ 이고, '97년에는 표층과 5m층이 각각 31.57~33.94‰ 및 31.79~33.92‰로 시기별 차이가 다소 컸다. 그러나, '96년 6월 표층과 '97년 5월 표층의 측정값을 제외하면 대체적으로 겨울과 봄에 가장 높았으며, 늦봄부터 낮아지는 경향을 보였다 (Fig. 40).

용존산소는 '96년의 표층과 5m층에서 각각 4.98~8.23 ㎎/ℓ, 5m층이 5.08~8.19 ㎎/ℓ 였으며, '97년의 표층과 5m층에서는 각각 5.85~10.43㎎/ℓ 및 4.69~10.36㎎/ℓ로 변동폭이 다소 컸다. 그러나, '96년 2월의 측정값과 6월의 저층값 및 '97년 4월의 측정값과 7월의 저층값을 제외하면 대체적으로 겨울에 가장 높고, 가을로 갈수록 낮아지는 경향을 보였다 (Fig. 40).

화학적산소요구량의 농도 범위는 '96년의 표층과 5m층이 각각 0.16~2.52㎎/ℓ 및 0.50~2.45㎎/ℓ 였으며, '97년에는 표층이 0.37~2.85㎎/ℓ, 5m층이 0.42~3.02㎎/ℓ로 변동폭이 다소 컸다. 그러나, '96년 7월의 표층값과 '97년 5월의 측정값 및 9월의 표층값을 제외하면 1.5㎎/ℓ 이하로 농도도 낮고 시기별 변동양상도 뚜렷하지 않았다 (Fig. 40).

인산인의 농도 범위는 '96년의 표층과 5m층에서 각각 0.10~2.91μM 및 0.08~2.85μM 이고, '97년에는 표층과 5m층이 각각 0.10~1.04μM 및 0.10~1.27μM로 변동폭이 다소 컸다. 그러나, '97년 1월 및 '96년과 '97년의 9월과 10월 측정값이 0.8μM 이상으로 높은 농도를 보이는 것을 제외하면 0.6μM 이하로

농도도 낮고, 층별 시기별 차이도 뚜렷하지 않았다 (Fig. 41).

용존무기질소의 농도 범위는 '96년의 표층과 5m층에서 각각 1.11~9.96μM 및 1.96~8.23μM이고, '97년에는 표층과 5m층에서 각각 0.43~6.65μM 및 0.53~9.94μM로 변동폭이 비교적 컸다. 그러나, '96년 6월의 표층값과 '97년의 2월의 측정값을 제외하면 대체적으로 4~6월에 가장 낮고, 9월과 10월로 갈수록 다소 높아지는 경향을 보였다 (Fig. 41).

클로로필-*a*의 농도범위는 '96년 표층과 5m층에서 각각 1.60~5.18μg/ℓ 및 1.53~6.02μg/ℓ 이고, '97년에는 각각 0.60~8.11μg/ℓ 및 0.69~4.37μg/ℓ로 변동폭이 다소 컸다. 그러나, '96년의 경우는 시기별로 다소의 차이가 있으나, 대체적으로 겨울에서 가을로 갈수록 낮아지는 경향을 보였다. 반면에 '97년에는 6월 측정값이 다소 높은 것을 제외하면 3.5μg/ℓ 이하로 시기별 차이도 작고, 농도 역시 비교적 낮았다. 또한, 동일시기일 경우 '96년 보다 '97년의 농도가 다소 낮아지는 경향을 보였다 (Fig. 41).

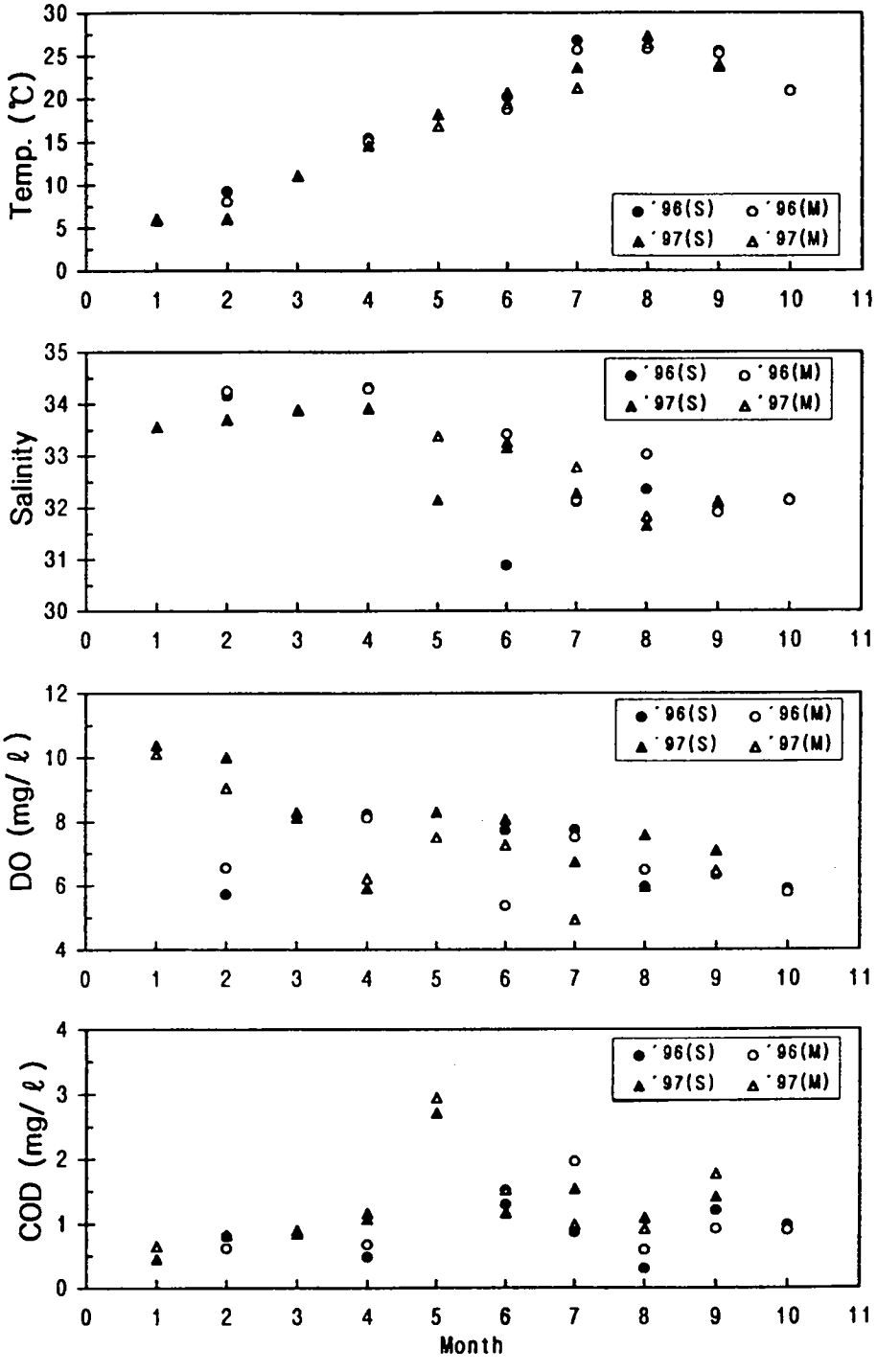

Fig. 40. Monthly variation of temperature and chemical characteristics of seawater at Tongyŏng area in 1996 and 1997.

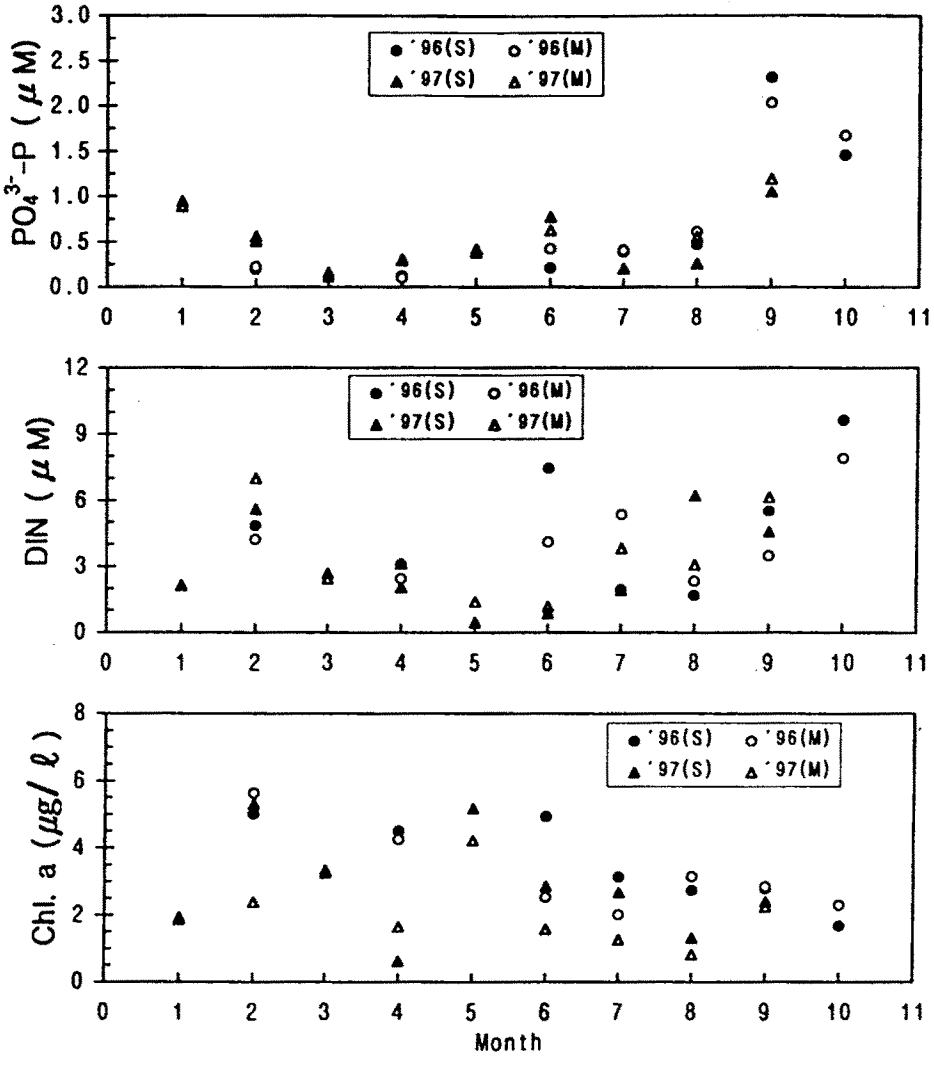

Fig. 41. Monthly variation of chemical characteristics and chlorophyll-*a* of seawater at Tongyŏng area in 1996 and 1997.

(3) 여천 항대

수온 범위는 '96년의 경우 표층이 6.00~27.31℃, 5m층이 6.00~25.75℃ 이고, '97년은 표층이 5.80~26.49℃, 5m층이 5.50~24.50℃로 온대해역의 전형적인 계절변화를 보였다. 또한, 층별 연도별 차이는 약 3℃ 이내로 그다지 크지 않았다 (Fig. 42).

염분 범위는 '96년의 경우 표층과 5m층이 각각 26.31~34.19‰ 및 28.69~34.10‰ 이고, '97년에는 표층과 5m층이 각각 30.89~33.89‰ 및 31.05~34.01‰로 변동폭이 다른 해역들과는 달리 '96년 9월에 최저값을 보였으며, 이 시기에는 층별·연도별 차이가 가장 컸다. 그러나, 월별 농도 변화 양상은 다소 다르지만 대체적으로 다른 해역들과 같이 겨울과 봄의 측정값이 여름과 가을 보다 높았다 (Fig. 42).

용존산소는 '96년의 표층이 4.80~10.56㎎/ℓ, 5m층이 5.43~9.34㎎/ℓ인 8월에 최소값을 나타내었으며, 7월의 표층과 9월의 측정값이 다소 높은 농도를 보이는 것을 제외하면 층별 시기별 차이가 매우 작았다. 그러나, '97년에는 표층과 5m층의 농도 범위가 각각 5.54~11.43㎎/ℓ 및 5.71~11.36㎎/ℓ로 1월에 최대값을 보인 후 점차 낮아져서 8월에 최소값을 보인 다음 약간 증가하는 경향을 보였다 (Fig. 42).

화학적산소요구량은 '96년의 표층과 5m층이 각각 0.22~2.53㎎/ℓ 및 0.04~2.32㎎/ℓ 였으며, '97년에는 표층이 0.05~2.40㎎/ℓ, 5m층이 0.05~2.27㎎/ℓ로 변동폭이 다소 컸지만 '96년의 7월 측정값과 '97년의 7월 및 9월 측정값이 비교적 높은 것을 제외하면 1.5㎎/ℓ 이하로 농도도 낮고 시기별 변동양상도 뚜렷하지 않았다 (Fig. 42).

인산인의 농도는 '96년의 표층과 5m층에서 각각 0.21~1.82μM 및 0.16~1.55μM 이고, '97년에는 표층과 5m층이 각각 0.03~1.25μM 및 0.04~1.18μM로

변동폭이 다른 만들 보다 다소 작았으나, 시기별 변화양상은 다른 두 만과 비슷하였다. 이를테면, 겨울철에 비교적 높은 농도를 보인 다음 점차 감소하여 6월 혹은 7월에 최소값을 보인 후 8월부터 점차 증가하는 경향을 보였다 (Fig. 43).

용존무기질소의 농도 범위는 '96년의 표층과 5m층에서 각각 0.66~8.70μM 및 1.05~9.68μM 이고, '97년에는 표층과 5m층에서 각각 0.39~9.64μM 및 0.96~8.03μM로 변동폭이 비교적 컸지만 거제 오수와 같이 '96년의 6월과 10월 및 '97년의 8월에 비교적 높은 농도를 보이나 나머지 시기에는 5.0μM 이하로 농도도 낮고, 시기별 변동양상도 뚜렷하지 않았다 (Fig. 43).

클로로필-*a*의 농도범위는 '96년의 표층과 5m층에서 각각 1.62~8.55μg/ℓ 및 1.10~12.89μg/ℓ 이고, '97년에는 두 층에서 각각 1.34~7.58μg/ℓ 및 1.27~5.54μg/ℓ 로 변동폭이 다소 컸다. 그러나, '96년에는 겨울에 가장 높았으며, 이후 점차 감소하는 경향을 보였다. '97년에는 2월의 표층 및 5월의 표층과 5m층에서 비교적 높은 농도를 보이는 것을 제외하면 3.0μg/ℓ 이하로 시기별 차이도 그다지 크지 않았고, 농도 역시 비교적 낮았다. 이처럼 2월과 5월에 비교적 높은 농도를 보이는 것은 이 등 (1991)이 여천 항대에서 조사한 결과와 비슷하였다 (Fig. 44).

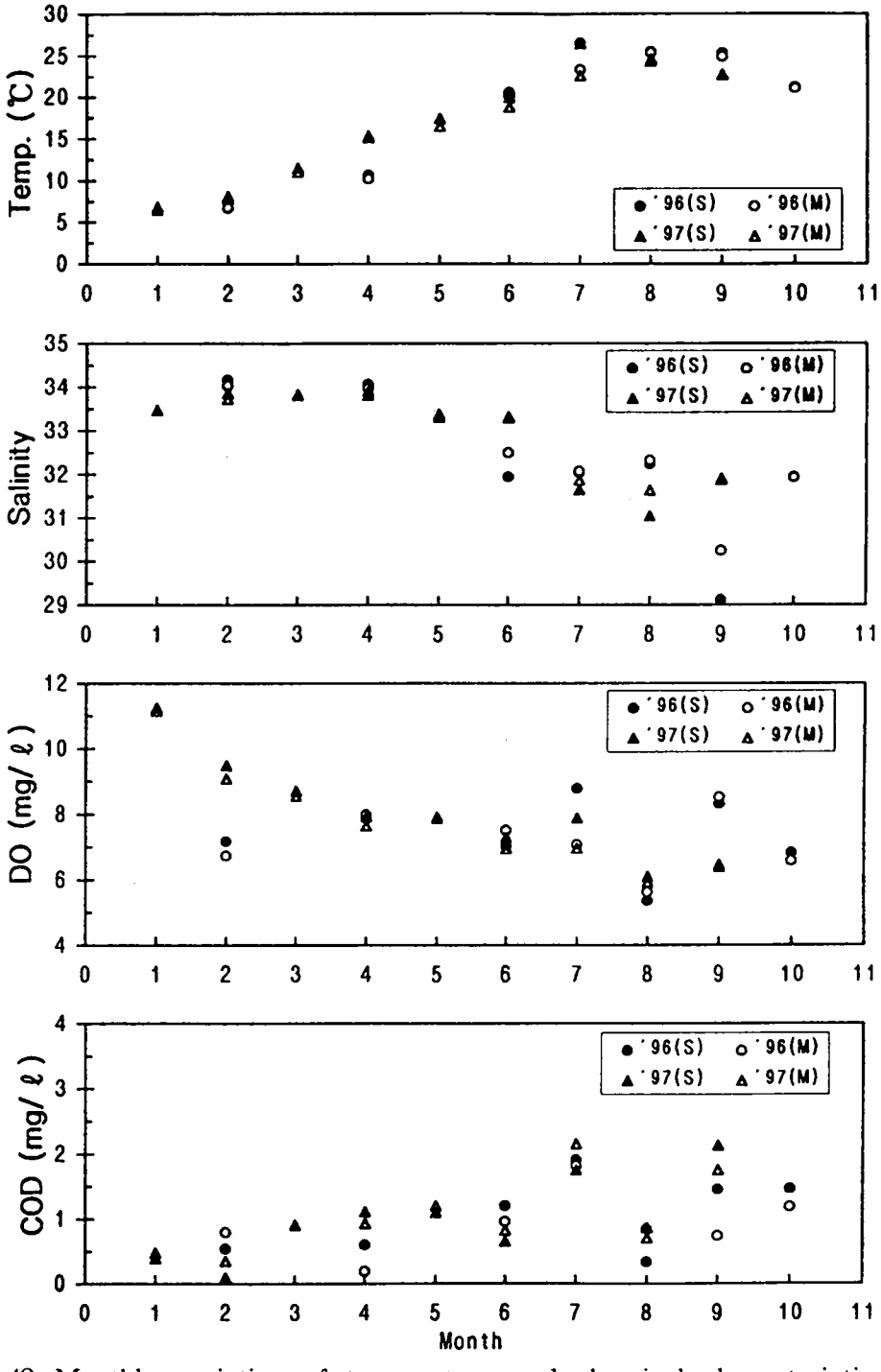

Fig. 42. Monthly variation of temperature and chemical characteristics of seawater at Yŏchŏn area in 1996 and 1997.

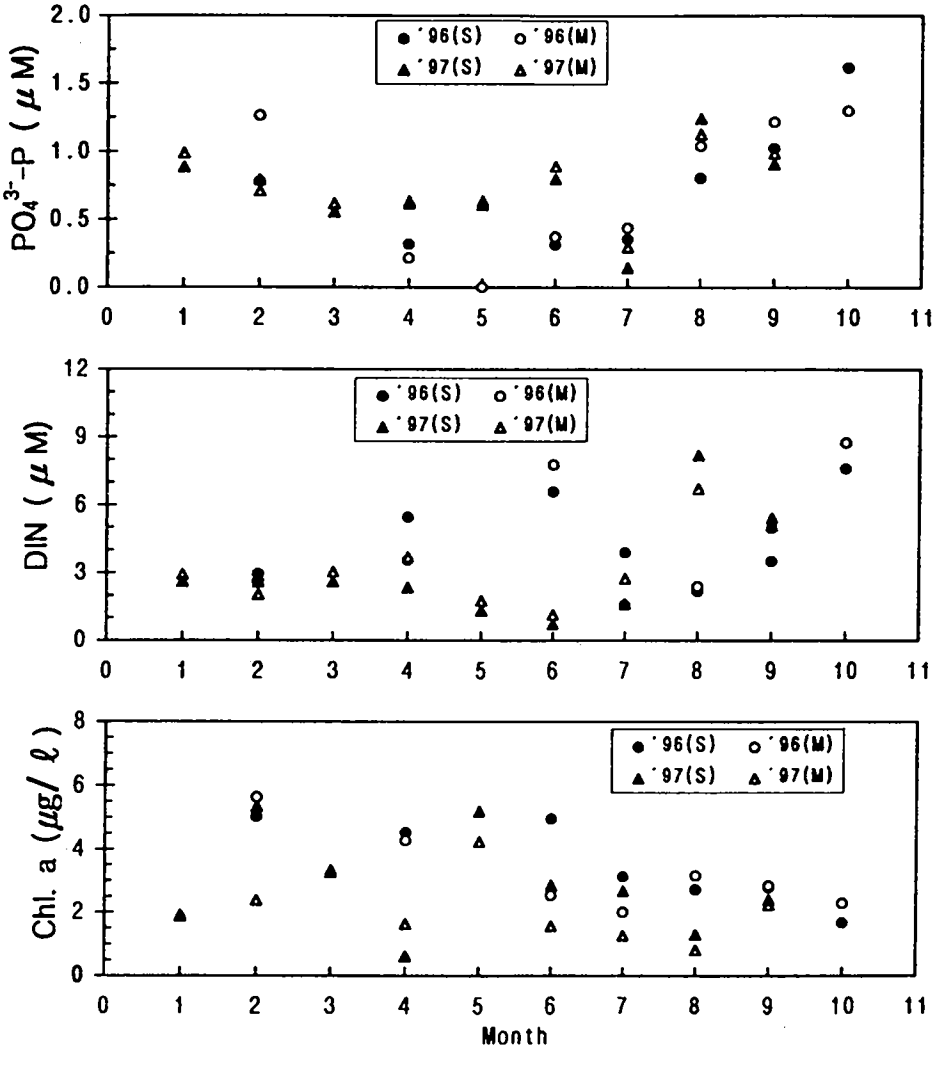

Fig. 43. Monthly variation of chemical characteristics and chlorophyll-*a* of seawater at Yŏchŏn area in 1996 and 1997.

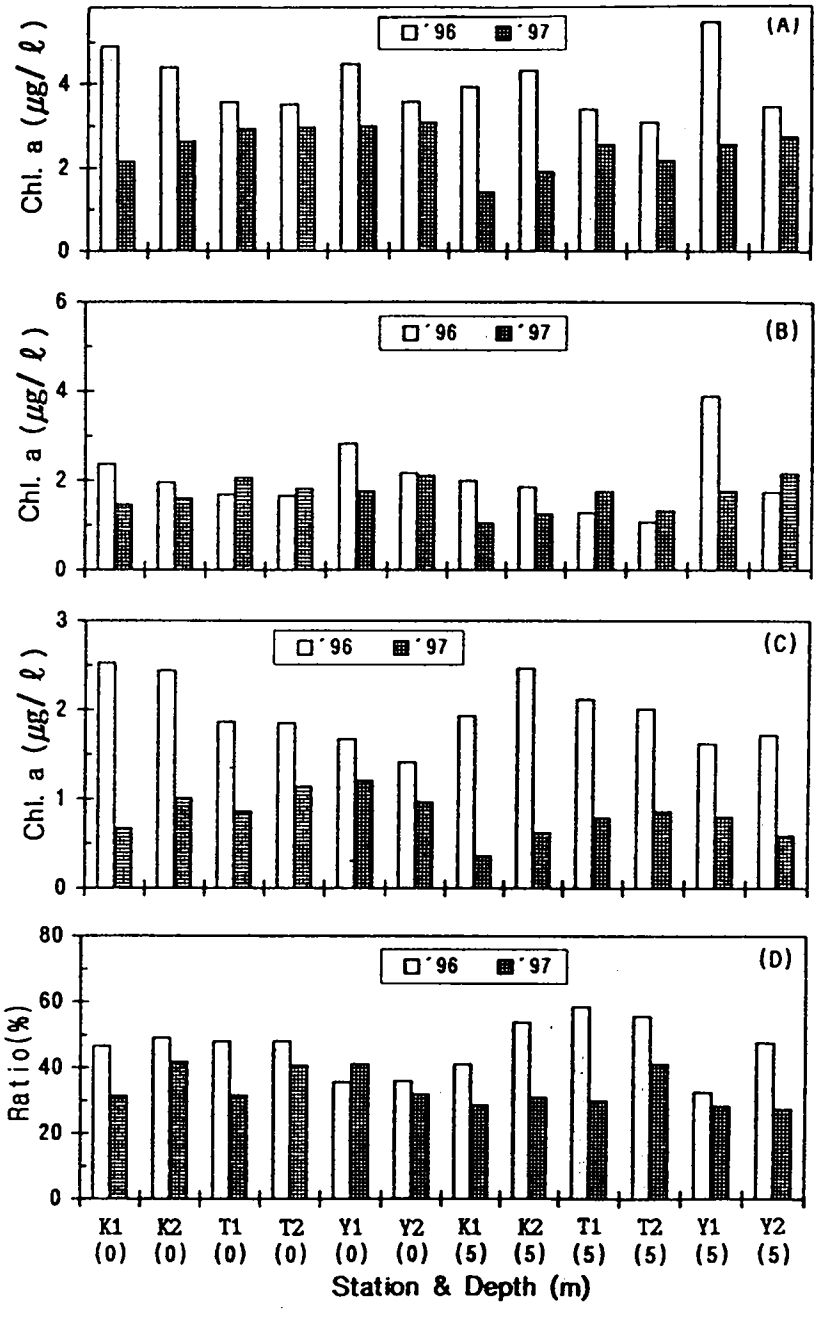

Fig. 44. Concentration of chlorophyll-*a* of micro particle in seawater at the survey areas in 1996 and 1997 : A, Total chlorophyll-*a* of all particle ; B, Chlorophyll-a of particle larger than 5㎛, C, Chlorophyll-*a* of particle 0.45~5.0㎛ ; K, Kŏje ; T, Tongyŏng ; Y, Yŏchŏn.

다) 이화학 오염물질

'96년 2월에는 거제 오수와 통영 저산에서는 TBT가 검출되지 않은 반면, 여천 항대에서는 5.2ng/ℓ가 검출되었고, 3개 조사지역의 7월의 TBT 검출치는 4.35~7.73ng/ℓ 였다.

'97년에는 거제 오수에서 후기채묘 시기인 8월에 TBT가 13ng/ℓ 검출되었으며, 통영 저산은 전기채묘 시기인 6월과 후기채묘 시기인 9월에 각각 17, 14ng/ℓ가 검출되어 '96년에 비하여 '97년에는 TBT 함량이 3~7배 높게 나타났다 (Table 12).

His and Robert (1983, 1985)는 TBT의 해수중 농도가 20ng/ℓ 이상일 때 참굴 유생의 정상적인 발달에 악영향을 미치는 것으로 보고하고 있으며, Chagot *et al.* (1990)은 수산생물 양성해역의 안전한 TBT 농도는 2ng/ℓ 이하로 수산생물 양성수의 TBT 농도 기준을 제시하고 있다. 따라서, 현재까지 TBT 농도가 패류유생의 정상적인 발달에 영향을 미치는 것으로 알려진 수준에는 도달하지 않고 있다고 하더라도 수산생물 양성수의 TBT 농도 기준은 초과하고 있으므로 금후 이에 대한 심도있는 연구가 필요한 것으로 생각된다.

또한, 굴 채묘장 주변에 위치한 육상 어류양식장 및 해상 어류가두리양식장으로부터 배출되는 포르말린이 굴 채묘에 미치는 영향을 조사하기 위하여 '97년 1월부터 9월까지 각 조사지점의 해수내 포르말린 잔류농도를 분석한 결과, 포르말린은 검출되지 않았다. 그리고, 굴 채묘장 주변 인근 육상으로부터 유입되는 농약의 영향을 조사하기 위하여 채묘장 인근 밭에서 제초제로 많이 사용되고 있으며, 어패류에 치명적인 영향을 미치는 것으로 알려진 Cartap의 잔류분석을 실시한 결과, 이 농약 성분 역시 검출되지 않았다.

Table 12. TBT concentration of seawater collected at the survey area in 1996 and 1997

(unit : ng/ ℓ)

Sampling period	Osu, Kŏje		Jŏsan, Tongyŏng		Hangdae, Yŏchŏn	
	1996	1997	1996	1997	1996	1997
Feb.	ND		ND		5.20	
Jun.		ND		17.0		
Jul.	4.35		2.41		7.73	
Aug.	3.05	13.0	2.67	ND	6.94	
Sep.	ND	ND	ND	14.0	6.47	

2) 표층퇴적물 조사

'96년 2월과 8월에 3개 해역의 표층퇴적물 중 화학적산소요구량(COD), 강열감량 (IL) 및 산휘발성황화물 (AVS) 함량을 Table 13에 나타내었으며, '97년의 조사결과는 Table 14와 15에 나타내었다. '96년 2월에는 함수율의 범위가 54.8~62.9%로 해역별 차이가 비교적 작았다. 그러나, 8월에는 45.3~80.0%로 만별 변동폭이 다소 컸으며, 여천 항대가 가장 낮았다.

화학적산소요구량의 농도 범위는 2월의 경우 10.9~21.3mg/g · dry로 만별 차이가 다소 컸지만 여천 항대의 대조구 (Y2)와 거제 오수의 실험구 (K1)에서 최소값과 최대값을 나타내는 것을 제외하면 해역별 차이는 그다지 크지 않았다. 또한, 3개 해역 모두에서 실험구가 대조구에 비해 상대적으로 높은 농도를 보였다. 8월의 농도 범위는 10.2~27.7mg/g · dry로 2월 보다 변동폭이 비교적 컸다. 그러나, 거제 오수와 통영 저산의 실험구에서 저질의 오염기준치 (20mg/g · dry)를 초과하는 것을 제외하면 비교적 낮은 농도를 보이며, 대체적으로 굴 양식장이 위치한 실험구에서 상대적으로 높은 농도를 보였다.

강열감량의 경우, 2월과 8월의 농도 범위는 각각 6.8~10.6% 및 2.2~4.6%로 변동폭은 그다지 크지 않았으나, 대체적으로 실험구가 대조구 보다 다소 높아지는 경향을 보였다. 만별로는 거제 오수와 통영 저산이 여천 항대 보다 높았으며, 2월보다 8월이 훨씬 낮은 점이 특이하였다.

산휘발성황화물의 농도 범위는 2월과 8월에 각각 0.04~0.20mg/g · dry 및 0.02~0.58mg/g · dry로 거제 오수와 통영 저산이 여천 항대 보다 훨씬 높았으며, 이들 두 만의 실험구의 8월 측정값의 경우 저질의 오염기준치 (0.20mg/g · dry)를 훨씬 초과하고 있다.

한편, '97년 (Table 14)에는 함수율의 범위가 거제 오수 42.5~63.0% (평균 57.0%), 통영 저산 55.7~68.2% (평균 60.4%), 여천 항대 43.9~55.9% (평균

48.3%)로 여천 항대가 가장 낮았다.

화학적산소요구량은 거제 오수가 20.9~38.6㎎/g · dry (평균 28.0 ㎎/g · dry), 통영 저산이 15.9~36.1㎎/g · dry (평균 24.6 ㎎/g · dry), 여천 항대가 9.7~21.8 ㎎/g · dry (평균 16.7㎎/g · dry)로 거제 오수, 통영 저산 및 여천 항대의 순으로 낮은 농도를 보였다. 또한, 해역별로 다소의 차이는 있었으나, 대체적으로 5월부터 7월까지의 측정값이 상대적으로 높은 농도를 보였다.

강열감량의 범위는 거제 오수가 5.4~13.6% (평균 9.7%), 통영 저산이 5.7~13.8% (평균 9.0%), 여천 항대가 4.3~9.6% (평균 7.2%)로 화학적산소요구량의 경우와 마찬가지로 거제 오수가 가장 높고, 여천 항대가 가장 낮았다. 또한, 만별로 다소의 차이는 있었으나, 대체적으로 겨울보다는 여름에 높아지는 경향을 보였다.

산휘발성황화물의 농도 범위는 거제 오수가 0.09~1.02㎎/g · dry (평균 0.35 ㎎/g · dry), 통영 저산이 0.03~0.91㎎/g · dry (평균 0.34㎎/g · dry), 여천 항대가 0.01~0.32㎎/g · dry (평균 0.08㎎/g · dry)로 화학적산소요구량 및 강열감량과 마찬가지로 여천 항대에서 가장 낮았으며, 거제 오수에서 가장 높은 농도를 보였다. 또한, 실험구가 대조구 보다 훨씬 높았으며, 시기별로는 만별로 다소의 차이는 있었으나, 대체적으로 늦봄 및 여름에 상대적으로 높은 농도를 보였다. 특히, 거제 오수와 통영 저산의 실험구에서는 대부분 저질의 오염기준치 (0.2㎎/g · dry)를 초과하고 있다.

Table 13. Chemical characteristics of the surface sediment collected at the survey areas in 1996

Sampling area	Station	Month	Moisture (%)	COD (mg/g.d)	IL (%)	AVS (mg/g.d)
Osu, Kŏje	K1	Feb.	62.9	21.3	10.6	0.20
		Aug.	80.0	27.7	4.6	0.49
	K2	Feb.	56.5	13.1	9.3	0.04
		Aug.	59.3	13.5	4.6	0.24
Jŏsan, Tongyŏng	T1	Feb.	59.6	17.4	9.8	0.09
		Aug.	64.3	22.5	4.4	0.58
	T2	Feb.	57.6	13.0	10.4	0.04
		Aug.	57.4	17.8	3.6	0.05
Hangdae, Yŏchŏn	Y1	Feb.	54.8	17.8	8.8	0.06
		Aug.	47.7	13.6	2.2	0.02
	Y2	Feb.	61.7	10.9	6.8	0.12
		Aug.	45.3	10.2	2.5	0.12

Table 14. Chemical characteristics of the surface sediment collected at the survey areas in 1997

Sampling area	Station	Moisture (%)	COD (mg/g · dry)	IL (%)	AVS (mg/g · dry)
Osu, Kŏje	K1	42.5~63.0 (57.3)	21.7~38.6 (30.4)	6.2~13.6 (10.5)	0.15~1.02 (0.55)
	K2	50.5~60.3 (56.6)	20.9~36.1 (25.6)	5.4~11.5 (8.8)	0.09~0.25 (0.15)
Jŏsan, Tongyŏng	T1	55.9~64.5 (61.1)	23.1~32.2 (26.8)	6.4~13.8 (9.0)	0.32~0.51 (0.45)
	T2	55.7~68.2 (59.7)	15.9~27.8 (22.4)	5.7~10.6 (8.5)	0.03~0.91 (0.23)
Hangdae, Yŏchŏn	Y1	43.9~55.9 (49.2)	10.2~21.3 (17.3)	6.2~9.6 (7.2)	0.03~0.32 (0.10)
	Y2	45.5~51.2 (47.4)	12.8~21.8 (16.0)	4.3~7.6 (6.5)	0.01~0.08 (0.05)

Table 15. Monthly variation of chemical characteristics of the surface deposit collected at the survey areas in 1997

Sampling area	Station	Month	Moisture (%)	COD (mg/g.d)	IL (%)	AVS (mg/g.d)
Osu, Kŏje	K1	Feb.	42.5	30.4	7.1	0.35
		May	60.5	21.7	6.2	0.15
		Jun.	62.7	35.5	13.4	0.69
		Jul.	63.0	38.6	13.6	1.02
		Sep.	58.0	25.8	12.1	0.53
	K2	Feb.	56.5	23.2	7.0	0.20
		May	50.5	20.9	5.4	0.25
		Jun.	60.3	36.1	11.5	0.13
		Jul.	59.0	24.0	9.7	0.09
		Sep.	56.6	23.7	10.2	0.10
Jŏsan, Tongyŏng	T1	Feb.	60.3	32.2	6.4	0.45
		May	63.6	24.9	7.6	0.45
		Jun.	55.9	23.1	13.8	0.50
		Jul.	61.4	27.0	10.2	0.32
		Sep.	64.5	27.0	9.0	0.51
	T2	Feb.	55.7	15.9	5.7	0.08
		May	58.0	27.8	8.0	0.91
		Jun.	56.5	25.8	10.6	0.03
		Jul.	60.2	24.6	9.1	0.05
		Sep.	68.2	18.1	9.0	0.06
Hangdae, Yŏchŏn	Y1	Feb.	45.7	18.6	9.6	0.32
		May	48.8	18.3	7.0	0.03
		Jun.	43.9	18.3	6.5	0.03
		Jul.	51.7	21.3	6.6	0.07
		Sep.	55.9	10.2	6.2	0.04
	Y2	Feb.	46.2	12.8	6.9	0.06
		May	45.7	13.1	4.3	0.03
		Jun.	51.2	21.8	7.5	0.06
		Jul.	48.4	19.7	7.6	0.01
		Sep.	45.5	12.8	6.2	0.08

3) 먹이생물량 조사

가) 해역별 클로로필-*a*의 농도 범위와 연평균값

굴 유생의 먹이로 생각할 수 있는 미소식물 (5.0㎛ 이하)의 양적변동을 파악하기 위하여 0.45~60㎛ 범위의 총 클로로필-*a*량과 0.45~5.0 ㎛ 범위의 미소입자 중 클로로필-*a*량을 조사한 결과는 Table 16와 17에 나타내었으며, 해역별 농도범위와 평균값을 Table 18과 19에 나타내었다.

총 클로로필-*a*의 농도는 1996년의 경우 표층수 중 평균값의 범위가 3.51~4.90㎍/ℓ로 정점별 차이는 그다지 크지 않으나, 통영 저산의 두 정점과 여천 항대의 대조정점에서 가장 낮고, 거제 오수에서 가장 높았다. 또한, 전 조사기간 동안의 농도 범위는 통영 저산이 가장 작고, 거제 오수와 여천 항대는 비슷하였다. 5m층에서는 여천 항대의 실험구 (정점 Y1)에서 평균 농도 5.51㎍/ℓ (2.34~12.89㎍/ℓ)로 다른 해역보다 다소 높았고, 농도 범위도 가장 컸지만, 나머지 해역에서는 평균값의 범위가 3.09~4.32㎍/ℓ로 해역별 차이도 작고 표층과 비슷하였다. '97년의 경우, 표층과 5m층의 연평균값의 범위는 각각 2.14~3.07 ㎍/ℓ 및 1.40~2.75㎍/ℓ로 거제 오수에서 가장 낮은 농도를 보였으며, 두 층 모두 '96년 보다 다소 낮은 농도를 보였다. 또한, 이들 3개 만에서 측정한 총 클로로필-*a*의 농도는 이 등 (1991)이 한산-거제만 및 여천 항대에서 측정 보고한 값과 농도범위는 비슷하였으나, 평균값은 다소 높았다.

미소입자 중의 클로로필-*a*의 농도는 '96년의 경우, 표층수 중 연평균값의 범위는 1.41~2.53㎍/ℓ로 해역별 차이는 그다지 크지 않았으나 대체적으로 거제 오수, 통영 저산 및 여천 항대의 순으로 낮아지는 경향을 보였다. 또한, 표층에서의 농도 범위는 거제 오수가 0.26~8.00㎍/ℓ, 통영 저산이 0.04~4.93㎍/ℓ, 여천 항대가 0.07~3.88㎍/ℓ로 거제 오수가 가장 컸고, 여천 항대가 가장 작았다. 5m층에서 연평균값의 범위는 1.62~2.47㎍/ℓ로 표층보다 해역별 차이가 뚜렷하지 않았으나, 대체적으로 여천 항대가 가장 낮았다. 만별 농도범위는 거제

오수가 0.58~6.52㎍/ℓ, 통영 저산이 0.18~5.82㎍/ℓ, 여천 항대가 0.26~3.57㎍/ℓ로 거제 오수의 변동폭이 가장 컸고, 여천 항대가 가장 작았다. '97년의 경우, 표층과 5m층의 연평균값의 범위는 각각 0.67~1.21㎍/ℓ 및 0.36~0.86㎍/ℓ로 표층이 5m층 보다 다소 높았으며, 표·저층 모두 통영 저산과 여천 항대가 거제 오수 보다 다소 높았다.

총 클로로필-*a* 농도 중 미소입자 중 클로로필-*a*의 농도가 차지하는 비율은 '96년의 경우, 표층에서의 변동 범위가 거제 오수가 14.1~92.6% (평균 46.6~49.0%), 통영 저산이 2.5~95.2% (평균 48.0~48.1%), 여천 항대가 2.7~76.1% (평균 35.6~36.1%)로 거제 오수와 통영 저산은 비슷한 수준이나 여천 항대가 가장 낮았으며, 변동 범위도 가장 작았다. 그러나, 5m층에서의 변동 범위는 거제 오수가 28.6~77.2% (평균 41.2~53.8%), 통영 저산이 11.8~96.7% (평균 55.6~58.5%), 여천 항대가 11.1~76.3% (평균 32.5~47.6%)로 표층과는 달리 통영 저산이 가장 높고, 여천 항대가 가장 낮았다. '97년의 경우, 표층에서의 변동 범위는 거제 오수가 8.8~88.5% (평균 31.4~41.9%), 통영 저산이 3.0~85.6% (평균 31.6~40.7%), 여천 항대가 7.8~84.5% (평균 31.9~41.1%)로 만별 차이도 매우 작고, '96년 보다 다소 낮거나 혹은 비슷한 값을 보였다. 5m층에서는 거제 오수가 10.6~60.9% (평균 28.6~30.9%), 통영 저산이 4.0~85.0% (평균 30.0~41.2%), 여천 항대가 4.9~83.0% (27.4~28.3%)로 변동폭은 거제 오수가 가장 작지만 평균값은 여천 항대가 다른 만들 보다 가장 낮았다. 또한, 3개 해역 모두에서 '96년 보다 총 클로로필-*a* 농도 중 미소입자 클로로필-*a*의 농도가 차지하는 비율이 낮았으며, 특히, 여천 항대 보다는 거제 오수와 통영 저산에서 그 폭이 다소 컸다. 한편, 심 등 (1991)은 고리원자력발전소 주변해역에 대한 조사에서 총 클로로필-*a* 중 0.2~3.0㎛ 크기의 picoplankton 중 클로로필-*a* 가 차지하는 비율은 15.7~83.2%로 보고하였으며, Takahashi *et al.* (1985)도 일본 연근해에서 20~100% 정도 차지하고 있다고 보고한 바 있다.

Table 16. Monthly variation of chlorophyll-*a* content of micro particle in seawater collected at the survey areas in 1996

Sampling area	Station	Month	Chl.-*a* (㎍/ℓ)						Ratio of 0.45~5.0 ㎛ particle (%)	
			0.45~60 ㎛		5.0~60 ㎛		0.45~5.0 ㎛			
			0m	5m	0m	5m	0m	5m	0m	5m
Osu, Kŏje	K1	Feb.	8.64	8.45	0.64	1.93	8.00	6.52	92.6	77.2
		Apr.	4.35	4.03	2.12	1.94	2.23	2.09	51.3	51.9
		Jun.	6.80	3.94	5.08	2.36	1.72	1.58	25.3	40.1
		Jul.	4.18	2.01	3.59	1.43	0.59	0.58	14.1	28.9
		Aug.	2.55	2.41	1.80	1.72	0.75	0.69	29.4	28.6
		Sep.	3.85	2.34	1.28	1.66	2.57	0.68	66.8	29.1
		Oct.	3.94	4.30	2.11	2.90	1.83	1.40	46.4	32.6
	K2	Feb.	7.93	8.10	0.93	1.86	7.00	6.24	88.3	77.0
		Apr.	4.15	3.79	1.83	1.63	2.32	2.16	55.9	57.0
		Jun.	6.48	4.08	4.79	2.21	1.69	1.87	26.1	45.8
		Jul.	2.93	3.64	2.24	1.45	0.69	2.19	23.5	60.2
		Aug.	1.73	2.88	1.47	1.67	0.26	1.21	15.0	42.0
		Sep.	3.84	3.21	0.60	1.65	3.24	1.56	84.4	48.6
		Oct.	3.77	4.52	1.89	2.45	1.88	2.07	49.9	45.8
Jŏsan, Tongyŏng	T1	Feb.	4.85	5.24	0.25	0.85	4.60	4.39	94.8	83.8
		Apr.	4.35	4.50	2.25	1.71	2.10	2.79	48.3	62.0
		Jun.	4.92	2.24	3.29	1.31	1.63	0.93	33.1	41.5
		Jul.	3.50	1.67	1.95	0.84	1.55	0.83	44.3	49.7
		Aug.	2.64	3.55	0.90	0.72	1.74	2.83	65.9	79.7
		Sep.	3.11	4.15	1.65	2.16	1.46	1.99	46.9	48.0
		Oct.	1.60	2.44	1.56	1.34	0.04	1.10	2.5	45.1
	T2	Feb.	5.18	6.02	0.25	0.20	4.93	5.82	95.2	96.7
		Apr.	4.67	4.02	2.25	1.63	2.42	2.39	51.8	59.5
		Jun.	4.96	2.83	3.66	1.30	1.30	1.53	26.2	54.1
		Jul.	2.75	2.35	1.85	1.03	0.90	1.32	32.7	56.2
		Aug.	2.82	2.75	0.58	0.80	2.24	1.95	79.4	70.9
		Sep.	2.47	1.53	1.57	1.35	0.90	0.18	36.4	11.8
		Oct.	1.74	2.13	1.48	1.28	0.26	0.85	14.9	39.9

Table 16. Monthly variation of chlorophyll-*a* content of micro particle in seawater collected at the survey areas in 1996 (cont'd)

Sampling area	Station	Month	Chl.-*a* (μg/ℓ)						Ratio of 0.45~5.0 μm particle (%)	
			0.45~60 μm		5.0~60 μm		0.45~5.0 μm			
			0m	5m	0m	5m	0m	5m	0m	5m
Hangdae, Yŏchŏn	Y1	Feb.	2.71	5.99	1.39	3.09	1.32	2.90	48.7	48.4
		Apr.	5.17	5.54	1.93	2.40	3.24	3.14	62.7	56.7
		Jun.	7.11	5.66	4.05	4.08	3.06	1.58	43.0	27.9
		Jul.	1.92	2.34	1.37	1.37	0.55	0.97	28.6	41.5
		Aug.	3.38	3.25	2.08	2.48	1.30	0.77	38.5	23.7
		Sep.	8.55	12.89	6.43	11.46	2.12	1.43	24.8	11.1
		Oct.	2.59	2.88	2.52	2.35	0.07	0.53	2.7	18.4
	Y2	Feb.	5.10	4.68	1.22	1.11	3.88	3.57	76.1	76.3
		Apr.	4.28	4.24	1.75	1.63	2.53	2.61	59.1	61.6
		Jun.	8.24	5.34	6.67	4.40	1.57	0.94	19.1	17.6
		Jul.	1.85	2.17	1.09	1.30	0.76	0.87	41.1	40.1
		Aug.	1.62	3.34	1.52	1.50	0.10	1.84	6.2	55.1
		Sep.	1.94	3.13	1.55	1.15	0.39	1.98	20.1	63.3
		Oct.	1.98	1.36	1.36	1.10	0.62	0.26	31.3	19.1

Table 17. Monthly variation of chlorophyll-*a* content of micro particle in seawater collected at the survey areas in 1997

Sampling area	Station	Month	Chl.-*a* (μg/ℓ)						Ratio of 0.45~5.0 μm particle (%)	
			0.45~60 μm		5.0~60 μm		0.45~5.0 μm			
			0m	5m	0m	5m	0m	5m	0m	5m
Osu, Kŏje	K1	Jan.	1.52	2.00	1.07	1.33	0.45	0.67	29.6	33.5
		Feb.	1.47	1.52	1.04	1.15	0.43	0.37	29.3	24.3
		Mar.	3.91	0.92	3.36	0.82	0.55	0.10	14.1	10.9
		Apr.	2.36	1.45	0.84	0.99	1.52	0.46	64.4	31.7
		May	4.48	3.11	3.49	2.78	0.99	0.33	22.1	10.6
		Jun.	2.35	0.80	1.07	0.32	1.28	0.48	54.5	60.0
		Jul.	1.60	1.13	1.13	0.93	0.47	0.20	29.4	17.7
		Aug.	1.12	0.91	0.80	0.59	0.32	0.32	28.6	35.2
		Sep.	0.48	0.80	0.43	0.53	0.05	0.27	10.4	33.8
	K2	Jan.	2.12	2.23	1.07	1.77	1.05	0.46	49.5	20.6
		Feb.	1.64	1.67	1.39	1.29	0.25	0.38	15.2	22.8
		Mar.	2.95	1.38	0.35	0.98	2.60	0.40	88.1	29.0
		Apr.	2.81	2.81	1.01	1.10	1.80	1.71	64.1	60.9
		May	1.17	4.53	5.04	3.31	1.13	1.22	18.3	26.9
		Jun.	1.39	0.37	0.16	0.27	1.23	0.10	88.5	27.0
		Jul.	3.07	1.73	2.80	1.14	0.27	0.60	8.8	34.5
		Aug.	1.71	0.53	1.50	0.43	0.21	0.10	12.3	18.9
		Sep.	1.66	1.71	1.12	1.07	0.54	0.64	32.5	37.4
Jŏsan, Tongyŏng	T1	Jan.	1.74	2.04	1.58	1.68	0.16	0.36	9.2	17.6
		Feb.	8.11	2.51	6.42	2.41	1.69	0.10	20.8	4.0
		Mar.	2.96	2.89	1.78	2.54	1.18	0.35	39.9	12.1
		Apr.	2.02	4.33	1.57	2.61	0.45	1.72	22.3	39.7
		May	3.02	4.37	2.93	3.51	0.09	0.86	3.0	19.7
		Jun.	1.17	1.01	0.96	0.69	0.21	0.32	17.9	31.7
		Jul.	2.94	2.34	2.60	0.70	0.34	1.64	11.6	70.1
		Aug.	1.44	0.96	0.37	0.91	1.07	0.05	74.3	5.2
		Sep.	2.99	2.46	0.43	0.75	2.56	1.71	85.6	69.5
	T2	Jan.	2.00	1.81	1.42	1.37	0.58	0.44	29.0	24.3
		Feb.	2.53	2.28	2.24	1.86	0.29	0.42	11.5	18.4
		Mar.	3.54	3.79	0.64	2.44	2.90	1.35	81.9	35.6
		Apr.	1.34	1.01	0.60	0.42	0.74	0.59	55.2	58.4
		May	7.32	4.07	6.98	2.81	0.34	1.26	4.6	31.0
		Jun.	4.55	2.14	1.71	0.32	2.84	1.82	62.4	85.0
		Jul.	2.40	1.80	0.67	1.40	1.73	0.40	72.1	22.2
		Aug.	1.17	0.69	1.07	0.43	0.10	0.26	8.5	37.7
		Sep.	1.82	2.03	1.07	0.85	0.75	1.18	41.2	58.1

Table 17. Monthly variation of chlorophyll-*a* content of micro particle in seawater collected at the survey areas in 1997 (cont'd)

Sampling area	Station	Month	Chl.-*a* (㎍/ℓ)						Ratio of 0.45~5.0 ㎛ particle (%)	
			0.45~60 ㎛		5.0~60 ㎛		0.45~5.0 ㎛			
			0m	5m	0m	5m	0m	5m	0m	5m
Hangdae, Yŏchŏn	Y1	Jan.	2.85	2.90	2.05	2.39	0.80	0.51	28.1	17.6
		Feb.	4.17	2.25	1.71	1.88	2.46	0.37	59.0	16.4
		Mar.	3.10	3.99	0.48	0.68	2.62	3.31	84.5	83.0
		Apr.	2.89	1.88	1.73	0.98	1.16	0.90	40.1	47.9
		May	2.28	2.65	1.64	2.52	0.64	0.13	28.1	4.9
		Jun.	1.98	1.98	1.28	1.66	0.70	0.32	35.4	16.2
		Jul.	3.47	2.87	3.20	2.54	0.27	0.33	7.8	11.5
		Aug.	1.87	2.31	0.71	1.60	1.16	0.71	62.0	30.7
		Sep.	4.18	2.31	3.12	1.69	1.06	0.62	25.4	26.8
	Y2	Jan.	4.18	3.06	2.64	2.18	1.54	0.78	36.8	25.5
		Feb.	2.73	3.50	2.26	3.29	0.47	0.21	17.2	6.0
		Mar.	2.06	2.02	1.42	1.61	0.64	0.41	31.1	20.3
		Apr.	1.82	2.24	1.04	1.45	0.78	0.79	42.9	35.3
		May	2.25	2.01	2.10	1.66	0.15	0.35	6.7	17.4
		Jun.	7.58	1.92	4.54	1.17	3.04	0.75	40.1	39.1
		Jul.	1.74	5.54	0.80	4.94	0.94	0.60	54.0	10.8
		Aug.	1.34	1.27	0.71	0.27	0.63	1.00	47.0	18.7
		Sep.	3.92	3.20	3.47	2.76	0.45	0.44	11.5	13.8

Table 18. Concentration of chlorophyll-*a* of micro particle in seawater collected at the survey areas in 1996

Sampling area	Station	Chl.-*a* (μg/ℓ)						Ratio of 0.45~5.0 μm particle (%)	
		0.45~60 μm		5.0~60 μm		0.45~5.0 μm			
		0m	5m	0m	5m	0m	5m	0m	5m
Osu, Kŏje	K1	2.55~8.64 (4.90)	2.01~8.45 (3.93)	0.64~5.08 (2.37)	1.43~2.90 (1.99)	0.59~8.00 (2.53)	0.58~6.52 (1.93)	14.1~92.6 (46.6)	28.6~77.2 (41.2)
	K2	1.73~7.93 (4.40)	2.88~8.10 (4.32)	0.60~4.79 (1.96)	1.45~2.45 (1.85)	0.26~7.00 (2.44)	1.21~6.24 (2.47)	15.0~88.3 (49.0)	42.0~77.0 (53.8)
Jŏsan, Tongyŏng	T1	1.00~4.92 (3.57)	1.67~5.24 (3.40)	0.25~3.29 (1.69)	0.72~2.16 (1.28)	0.04~4.60 (1.87)	0.83~4.39 (2.12)	2.5~94.8 (48.0)	41.5~83.8 (58.5)
	T2	1.74~5.18 (3.51)	1.53~6.02 (3.09)	0.25~3.66 (1.66)	0.20~1.63 (1.08)	0.26~4.93 (1.85)	0.18~5.82 (2.01)	14.9~95.2 (48.1)	11.8~96.7 (55.6)
Hangdae, Yŏchŏn	Y1	1.92~8.55 (4.49)	2.34~12.89 (5.51)	1.37~6.43 (2.82)	1.37~11.46 (3.89)	0.07~3.24 (1.67)	0.53~3.14 (1.62)	2.7~62.7 (35.6)	11.1~56.7 (32.5)
	Y2	1.62~8.24 (3.57)	1.36~5.34 (3.47)	1.09~6.67 (2.17)	1.10~4.40 (1.74)	0.10~3.88 (1.41)	0.26~3.57 (1.72)	6.2~76.1 (36.1)	17.6~76.3 (47.6)

Table 19. Concentration of chlorophyll-*a* of micro particle in seawater collected at the survey areas in 1997

Sampling area	Station	Chl.-*a* (μg/ℓ)						Ratio of 0.45~5.0 μm particle (%)	
		0.45~60 μm		5.0~60 μm		0.45~5.0 μm			
		0m	5m	0m	5m	0m	5m	0m	5m
Osu, Kŏje	K1	0.48~4.48 (2.14)	0.80~3.11 (1.40)	0.43~3.49 (1.47)	0.32~2.78 (1.05)	0.05~1.52 (0.67)	0.10~0.67 (0.36)	10.4~64.4 (31.4)	10.6~60.0 (28.6)
	K2	1.39~6.17 (2.61)	0.37~4.53 (1.89)	0.16~5.04 (1.60)	0.27~3.31 (1.26)	0.21~2.60 (1.01)	0.10~1.71 (0.62)	8.8~88.5 (41.9)	18.9~60.9 (30.9)
Jŏsan, Tongyŏng	T1	1.17~8.11 (2.93)	0.96~4.37 (2.55)	0.37~6.42 (2.07)	0.69~3.51 (1.76)	0.09~2.56 (0.86)	0.05~1.72 (0.79)	3.0~85.6 (31.6)	4.0~70.1 (30.0)
	T2	1.17~7.32 (2.96)	0.69~4.07 (2.18)	0.60~6.98 (1.82)	0.32~2.81 (1.32)	0.10~2.90 (1.14)	0.26~1.82 (0.86)	4.6~81.9 (40.7)	18.4~85.0 (41.2)
Hangdae, Yŏchŏn	Y1	1.87~4.18 (2.98)	1.88~3.99 (2.57)	0.48~3.20 (1.77)	0.68~2.54 (1.77)	0.27~2.62 (1.21)	0.13~3.31 (0.80)	7.8~84.5 (41.1)	4.9~83.0 (28.3)
	Y2	1.34~7.58 (3.07)	1.27~5.54 (2.75)	0.71~4.54 (2.11)	0.27~4.94 (2.16)	0.15~3.04 (0.96)	0.21~1.00 (0.59)	6.7~54.0 (31.9)	6.0~78.7 (27.4)

나) 미소입자 중 클로로필-*a* 함량의 해역별·시기별 변동양상

미소입자 (5.0 ㎛ 이하) 중 클로로필-*a* 함량의 시기별 변동양상을 Fig. 45에서 Fig. 50에 나타내었다.

'96년에는 거제 오수의 경우 표층과 5m층 모두 2월에 최대값을 보인 후 점차 감소하여 8월에 가장 낮은 농도를 보인 다음 약간 증가하는 경향을 보였으며, 표층이 5m층 보다 다소 낮은 농도를 보였다. 또한, 총 클로로필-*a*의 함량에 대한 미소입자 중 클로로필-*a*의 함량이 차지하는 비율은 표층의 경우 14.1~92.6%로 2월에 최대값을 보인 후 점차 감소하여 7월에 최소값을 보인 다음 다시 증가하는 경향을 보였다. 그러나, 5m층에서는 2월에 최대값을 보이는 것은 표층과 같지만 나머지 시기에는 시기별 차이도 그다지 크지 않았으며, 2월, 9월, 10월을 제외하면 점유율은 표층보다 5m층이 다소 높았다.

통영 저산 역시 거제 오수와 유사한 시기별 변동양상을 보였으나, 최소값이 10월에 나타나는 점이 달랐다. 그러나, 미소입자 중 클로로필-*a*가 차지하는 비율은 표층과 5m층 모두 2월에 최대값을 나타내고, 8월에 70% 이상의 비교적 높은 점유율을 보이는 것을 제외하면 거제 오수와는 달리 9월 (5m층) 혹은 10월 (표층)에 최소값을 보이는 점이 거제 오수와 달랐다.

여천 항대에서는 표층과 5m층 모두 2월과 4월에 비교적 높은 농도를 보이며, 10월에 최소값을 보였다. 또한, 미소입자 중 클로로필-*a*의 점유율 역시 2월과 4월에는 60% 내외의 비교적 높은 값을 보였으나, 나머지 시기에는 점유율도 낮고 시기별 변화양상도 뚜렷하지 않았다.

'97년의 경우, 미소입자 중 클로로필-*a*의 농도는 거제 오수에서 표층과 5m층 모두 3월에서 5월까지의 봄에 상대적으로 높은 농도를 보였으며, 8월 혹은 9월에 최소값을 보였다. 총 클로로필-*a* 중 미소입자의 클로로필-*a* 점유율은 표층과 5m층 모두 4월과 6월에 50~70% 정도의 최대값을 보였으나, 나머지 시기에

는 대부분 40% 이하로 점유율도 낮고, 시기별 변화양상도 뚜렷하지 않았다.

통영 저산의 경우 표층에서는 3월, 6월 및 9월 상대적으로 높은 농도를 보이는 것을 제외하면 농도도 낮고 시기별 변화양상도 뚜렷하지 않았다. 또한, 5m층 역시 농도가 낮고 시기별 변화양상도 뚜렷하지 않았으나, 1월과 2월 및 8월에 상대적으로 낮은 농도를 보였다. 점유율은 표층의 경우 3월에 약 60% 정도로 비교적 높은 농도를 보이는 것을 제외하면 대체적으로 겨울에서 여름으로 갈수록 점차 증가하는 경향을 보이며, 대체적으로 5m층이 표층보다 다소 높은 점유율을 보였다. 그러나, 5m층에서는 8월에 비교적 낮은 점유율을 보이는 것을 제외하면 대체적으로 겨울과 봄이 여름보다 낮은 점유율을 보였다.

여천 항대에서는 표층과 5m층 모두 2㎍/ℓ 이하로 농도도 낮고, 시기별 변화양상도 뚜렷하지 않았다. 점유율은 표층과 5m층 모두 3월과 8월에 50~60% 정도로 다소 높은 값을 보이는 것을 제외하면 대부분 40% 이하로 점유율도 낮고 시기별 변동양상도 뚜렷하지 않았다.

일반적으로 이매패류의 먹이 환경을 측정하기 위한 해수 중 식물플랑크톤의 정량에는 Seston의 dry weight (SDW), particulate organic matter (POM), particulate inorganic matter (PIM), chlorophyll-*a* 농도의 측정 방법 등이 이용된다 (Soniat and Powell, 1994). 그러나, 해산 이매패류 유생이 섭식할 수 있는 먹이 입자의 크기는 직경 4㎛ 이하로 제한되므로 해양에서 picoplankton은 유생의 먹이로 중요한 역할을 한다 (Gallager *et al.*, 1994 ; Baldwin and Newell, 1995). 따라서, 본 연구에서는 클로로필-*a*의 농도를 0.45~60㎛, 0.45~5㎛, 5~60㎛의 범위로 나누어 측정하여 미소플랑크톤이 전체 플랑크톤에서 차지하는 비율을 분석하였다. 분석 결과, 유생의 주 출현시기인 7, 8, 9월의 미소플랑크톤량은 '96년에는 통영이 1.49㎍/ℓ으로 가장 높았으며, 다음이 거제, 여천의 순이었다. '97년 역시, 미소플랑크톤의 클로로필-*a* 농도는 통영이 0.98㎍/ℓ로 가장

높았으며, 다음이 여천, 거제의 순이었다. 또한 7, 8, 9월에 전체 플랑크톤에서 차지하는 미소플랑크톤의 비율 또한 미소플랑크톤의 양과 일치하는 순으로 나타났다. His and Seaman (1992)은 참굴, *Crassostrea gigas* 유생의 생존과 절식 이후의 급이, 성장에 미치는 일시적 절식의 효과에 대한 실험을 통하여 굴 유생이 섭취하는 초기 먹이의 양과 질은 성장과 생존에 매우 중요한 역할을 하는 것으로 보고하였다. 따라서 먹이 환경면에서, 모패는 물론 유생의 성장 및 생존 환경으로는 통영이 가장 우수하였을 것으로 추정된다. 이밖에 '97년에는 전반적으로 '96년 보다 클로로필-*a*의 농도가 낮아 먹이가 되는 플랑크톤의 양이 적었던 것으로 판단되며, 이는 채묘성적과도 일치하였다. 따라서, 모패의 condition index 분석과 유생의 생존률 예보에 미소플랑크톤의 정량은 좋은 지표가 될 것으로 사료된다.

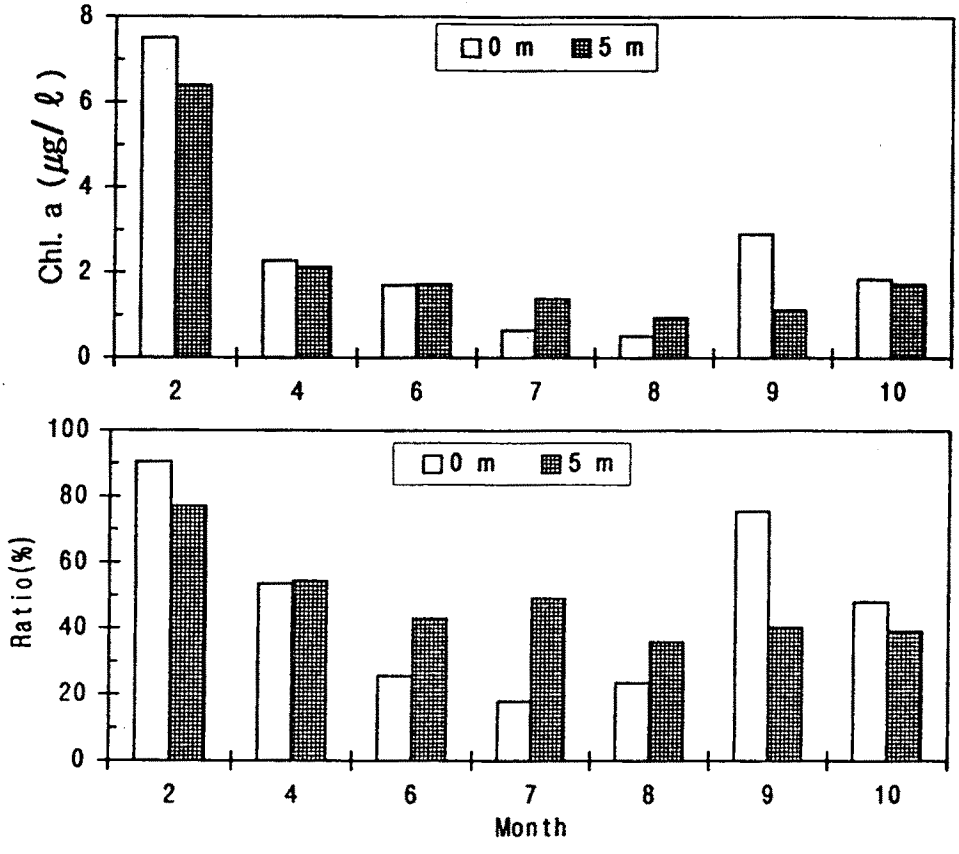

Fig. 45. Monthly variation of chlorophyll-*a* content in micro particle 0.45~5.0㎛ and occupation ratio of chlorophyll-*a* content of particle 0.45~5.0㎛ to total chlorophyll-*a* at Kŏje area in 1996.

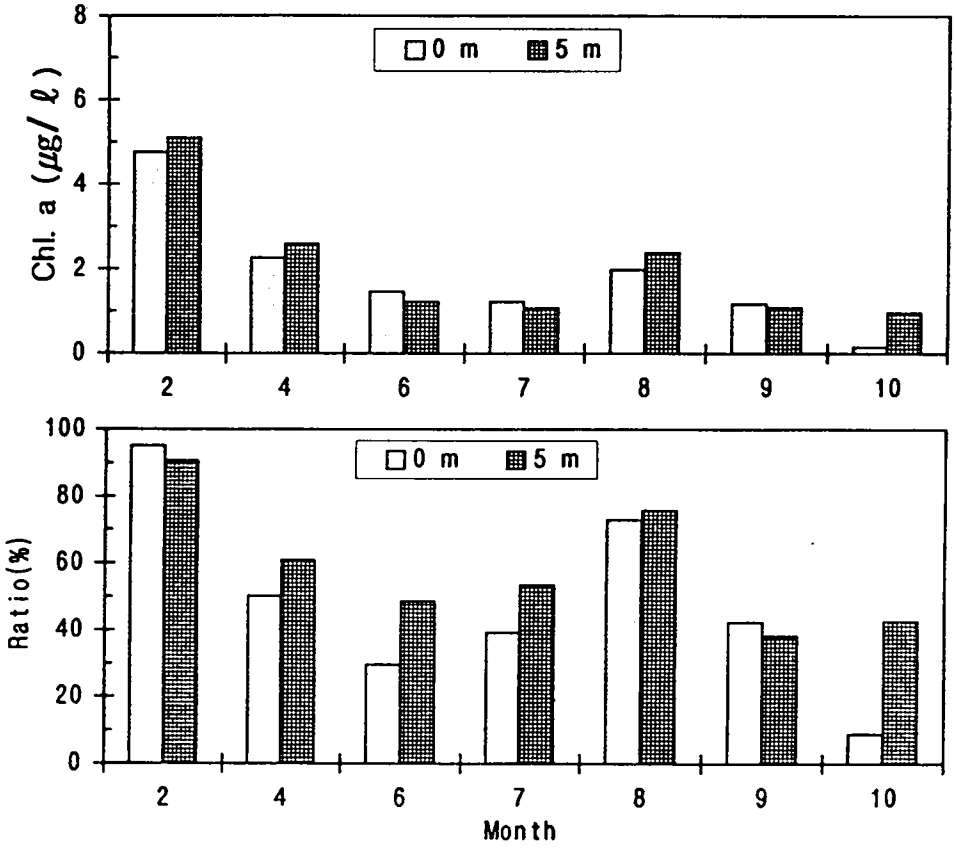

Fig. 46. Monthly variation of chlorophyll-*a* content in micro particle 0.45~5.0㎛ and occupation ratio of chlorophyll-*a* content of particle 0.45~5.0㎛ to total chlorophyll-*a* at Tongyŏng area in 1996.

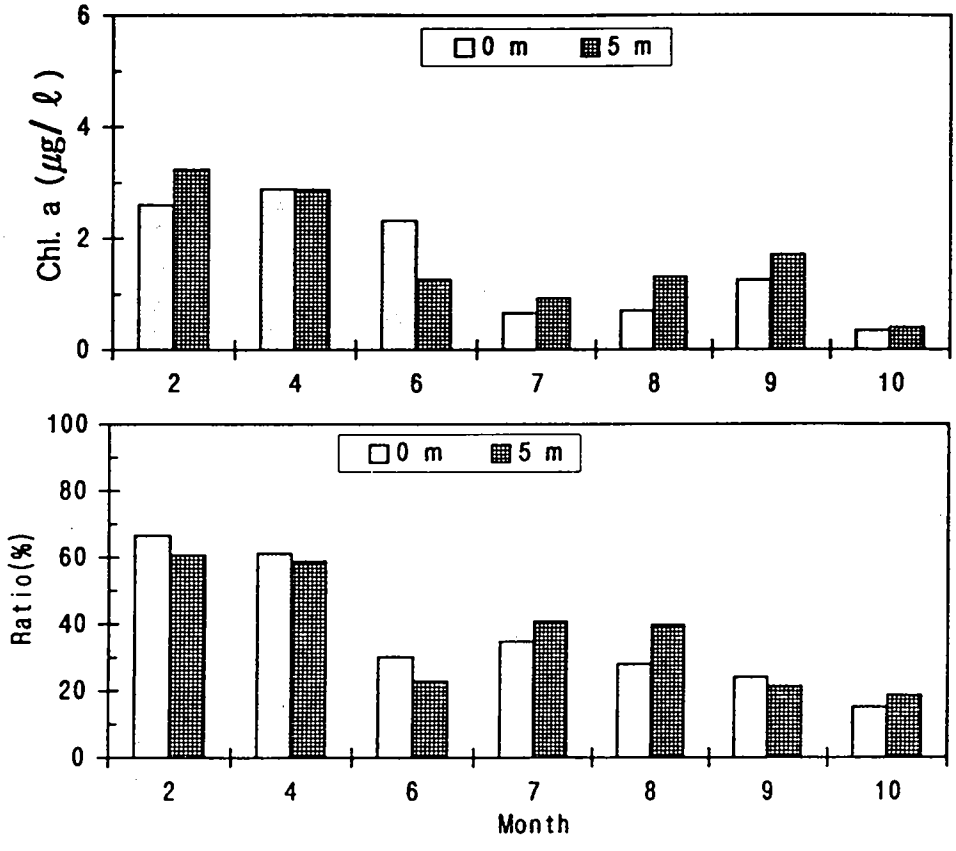

Fig. 47. Monthly variation of chlorophyll-*a* content in micro particle 0.45~5.0㎛ and occupation ratio of chlorophyll-*a* content of particle 0.45~5.0㎛ to total chlorophyll-*a* at Yŏchŏn area in 1996.

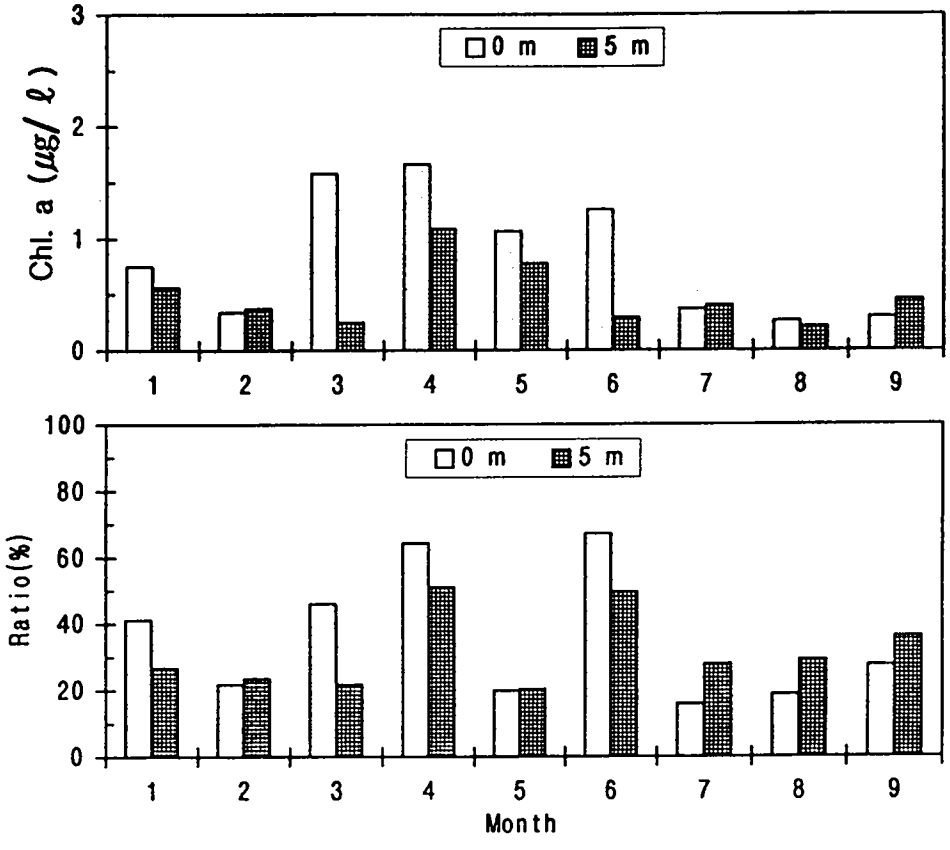

Fig. 48. Monthly variation of chlorophyll-*a* content in micro particle 0.45~5.0㎛ and occupation ratio of chlorophyll-*a* content of particle 0.45~5.0㎛ to total chlorophyll-*a* at Kŏje area in 1997.

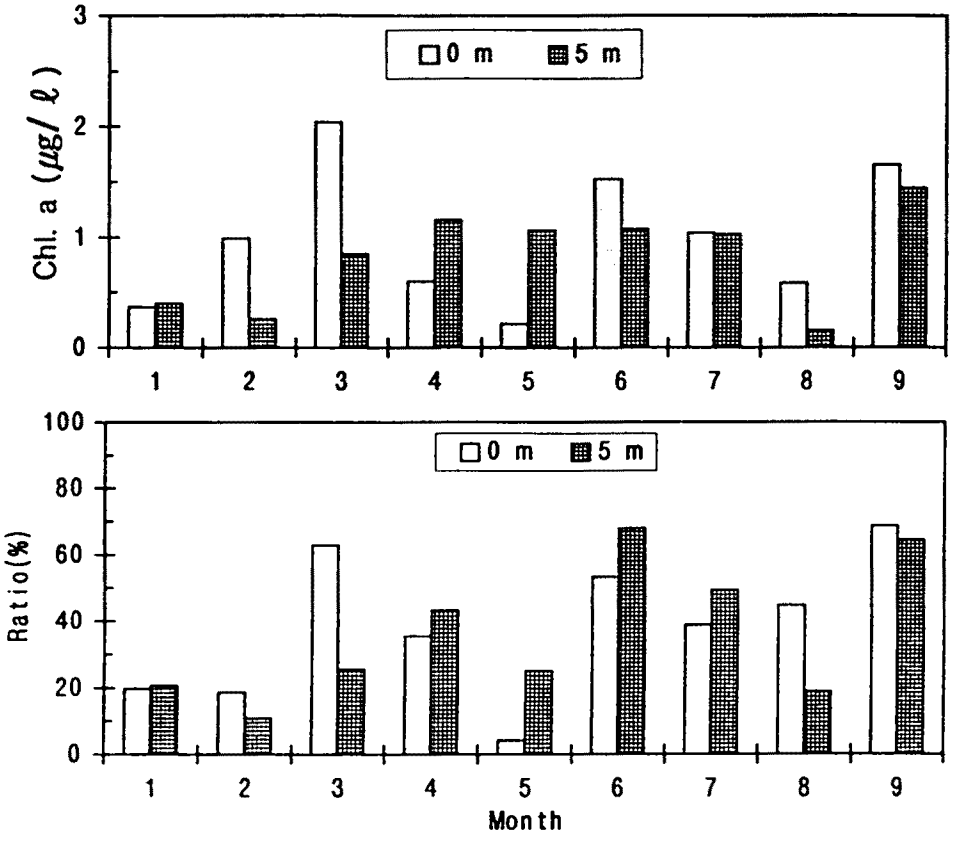

Fig. 49. Monthly variation of chlorophyll-*a* content in micro particle 0.45~5.0㎛ and occupation ratio of chlorophyll-*a* content of particle 0.45~5.0㎛ to total chlorophyll-*a* at Tongyŏng area in 1997.

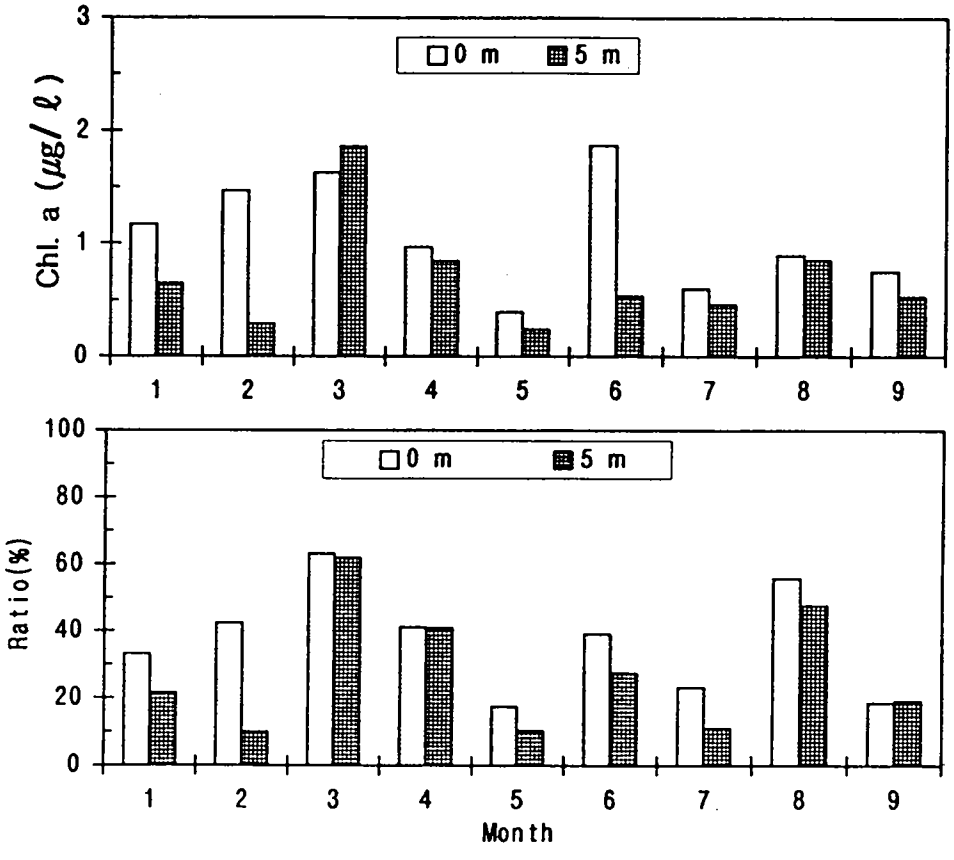

Fig. 50. Monthly variation of chlorophyll-*a* content in micro particle 0.45~5.0㎛ and occupation ratio of chlorophyll-*a* content of particle 0.45~5.0㎛ to total chlorophyll-*a* at Yŏchŏn area in 1997.

다) 해수 중 먹이생물 조성

굴은 여과섭식생물이며, 식물플랑크톤을 주된 먹이원으로 한다. 따라서, 식물플랑크톤의 양과 조성은 굴 모패의 상품가치에 크게 영향을 미친다. 박(1980)은 굴 모패의 수율과 식물플랑크톤의 양과는 밀접한 관계가 있다고 보고한 바 있으며, Thomson *et al.* (1996)은 굴 유생의 폐사와 식물플랑크톤의 지방산 조성과 관련이 있다고 보고한 바 있다. 또한, Wikfors and Smolowitz (1995)는 적조플랑크톤인 *Prorocentrum minimum*이 굴의 폐사와 관련이 있다고 보고하였으며, Powell *et al.* (1993)은 식물플랑크톤의 감소와 굴 생산량과도 밀접한 관계가 있음을 보고하였고, Newell *et al.* (1989)도 굴 유생의 성장이 시·공간적 먹이 이용 가능성에 영향을 받는다고 보고한 바 있다. 이밖에 식물플랑크톤의 양과 조성은 모패의 성 성숙 (Goulletquer *et al.* 1988), 생화학적 조성 (Pazos *et al.*, 1996 ; Thompson *et al.*, 1993 ; Wikfors *et al.* 1991) 에도 영향을 미치는 것으로 보고되어 있다. 이처럼 식물플랑크톤의 양과 조성은 모패의 건강도뿐만 아니라 산란과 유생 성장에도 영향을 미치므로 각 해역별, 연도별 채묘량과도 밀접한 관련이 있다. 통영, 거제 및 여천 굴 양식장의 '96년 식물플랑크톤 총 출현 개체수를 분석한 결과, 통영은 $122\times10^3\sim1,496\times10^3$cells/ℓ, 거제는 $151\times10^3\sim1,884\times10^3$ cells/ℓ, 여천은 $36\times10^3\sim1,868\times10^3$cells/ℓ 였다 (Table 20, 21, 22). 수역별로는 산란기인 7~9월에는 통영이 대체적으로 먹이생물량이 높은 경향을 나타내었으며, 여천이 가장 먹이생물량이 적었다. 표·저층의 먹이생물량은 10월의 거제를 제외하고는 저층이 표층에 비하여 먹이생물량이 많았다. '97년에는, 통영은 $140\times10^3\sim1,542\times10^3$cells/ℓ, 거제는 $117\times10^3\sim1,966\times10^3$cells/ℓ, 여천은 $40\times10^3\sim467\times10^3$cells/ℓ 였다 (Table 23, 24, 25). 수역별로는 산란기인 7~9월에는 거제가 7월에 가장 먹이생물량이 많았으며, 8, 9월은 세 수역 모두 비슷한 양을 나타내었다. 표·저층의 먹이생물량은 '96년의 경우와는 달리 1, 5, 8월에는 표층의 먹이생물량이 더 많은 것으로 조사되었다.

월별로는, 통영이 3월에, 거제가 7월에, 여천이 9월에 가장 먹이생물량이 많았으며, 통영이 2월에, 거제가 9월에, 여천이 3월에 가장 적었다. '96년과 '97년을 비교해 본 결과, 통영은 3, 4, 5, 6월을 제외하고는 '96년이 '97년 보다 먹이생물량이 많았다. 특히, 산란기인 7~9월에는 '96년에 먹이생물량이 많았으며, 이 기간의 우점종도 *Chaetoceros* sp.와 *Skeletonema* sp. 였으므로 굴 유생의 성장에도 양호한 환경이었을 것으로 추정된다. 거제의 경우는 '97년 7월이 가장 먹이생물량이 많았으나, 이 시기의 먹이생물은 표층은 규조 적조를 일으키는 것으로 알려져 있는 *Nitzschia* sp.가, 저층은 적조생물인 *Ceratium* sp.가 우점을 이루고 있었다. 여천도 다른 두 지역에서와 마찬가지로 7, 8, 9월에는 '96년이 '97년에 비하여 먹이생물량이 많았던 것으로 분석되었다. 따라서, 굴 모패의 성장 및 에너지 저장면에서 통영이 가장 우수한 환경이었던 것으로 사료되며, 다음이 거제, 여천의 순으로 추정된다. 또한 채묘의 성기인 7~9월의 먹이환경으로는 통영, 거제, 여천 세 지역 모두 '96년이 '97년보다 좋았던 것으로 판단되며, '97년에 통영과 거제 두 지역 모두에서 채묘가 저조했던 것과도 관련이 있는 것으로 판단된다.

Table 20. List of phytoplankton species occurring at Tongyŏng in 1996

(unit : cells/mℓ)

Species	Feb.		Mar.		Apr.		May		Jun.		Jul.		Aug.		Sep.		Oct.	
	0m	5m	0m	5m	0m	5m	0m	5m	0m	5m	0m	5m	0m	5m	0m	5m	0m	5m
Alexandrium sp.	2	2																
Amphiphora sp.																	2	4
Asterionella sp.		2	4							3	2	15	31	32	2	29		
Bacteriastrum sp.							14	8		12	65	89		15	24	69	7	7
Biddulpia sp.														2	1		4	12
Ceratium sp.							23	16		2	13	15		2		13	2	1
Chaetoceros sp.	32	54	23	65	23	35	35	45	79	95	299	459	334	464	235	348	35	12
Coscinodiscus sp.			3	5	5	12	7	3	4	3	17	4	24	29	3	8	20	69
Cylindrotheca sp.	3	3			2			1									3	1
Ditylum sp.	1	2							1	1			3	1				
Eucampia sp.	1	5	6	35										4	2		1	1
Euglena sp.																		
Eutreptiella sp.																		
Gonyaulax sp.																		
Guinardia sp.	3	12					8	15		5	3	3	15	13	24	12	5	7
Gymnodinium sp.	642	653	129	207					6	12			6	11	5			
Gyrodinium sp.									3				3					
Katodinium sp.	4																	
Lauderia sp.							1		3	1			3	1				
Leptocylindrus sp.	1	1	2	12	2	5	1		22	16	127	34	13	16	39	25		

Table 20. List of phytoplankton species occurring at Tongyŏng in 1996 (cont'd)

(unit : cells/mℓ)

Species	Feb.		Mar.		Apr.		May		Jun.		Jul.		Aug.		Sep.		Oct.	
	0m	5m	0m	5m	0m	5m	0m	5m	0m	5m	0m	5m	0m	5m	0m	5m	0m	5m
Licmophora sp.	1	3			2				2	1				1	3		1	3
Melosira sp.					1													
Navicula sp.					1						34	3			8	1	3	9
Nitzschia sp.			49	25	6	12	7	13	125	184	105	352	103	184	69	55	105	131
Oxytoxum sp.																		
Pleurosigma sp.	3	5			2	5	3	2						2	1		4	12
Polykrikos sp.	2														4	1	52	136
Prorocentrum sp.									105	202				26	15	33		
Protoperdinium sp.									3	1						3		4
Rhizosolenia sp.	4	2	6	9	42	47	12	29	3	1			45	39	52	31	34	48
Scrippsiella sp.									1				1	3	1			
Skeletonema sp.			2	4	22	16	6	3	52		570	470	23	35	45	38	45	84
Stephanopyxis sp.										35						2	1	1
Synedra sp.																		
Thalassionema sp.	1			5	43	32	2	4	1				1		45	64		
Thalassiosira sp.	1	1	2				1	1	1	1			2	1		16	8	10
Thalassiothrix sp.					21	25	2	2	1	1	168	52	1	1	129	185	5	11
Triceratium sp.																		
Total	701	745	226	367	172	189	122	142	412	576	1403	1496	608	870	706	933	333	551

Table 21. List of phytoplankton species occurring at Köje in 1996

(unit : cells/mℓ)

Species	Feb.		Mar.		Apr.		May		Jun.		Jul.		Aug.		Sep.		Oct.	
	0m	5m	0m	5m	0m	5m	0m	5m	0m	5m	0m	5m	0m	5m	0m	5m	0m	5m
Alexandrium sp.																		
Amphiprora sp.																	2	
Asterionella sp.		3										14	21		31	35	166	
Bacteriastrum sp.		2											20				20	3
Biddulpia sp.		1															4	
Ceratium sp.	35	55	44	60													8	29
Chaetoceros sp.	99	130	57	67	35	43	56	74	64	145	159	203	76	243	169	129	1197	1054
Coscinodiscus sp.	3	5	3	2	1	2	3	3	3	5	12	2	12	13	3	3	7	2
Cylindrotheca sp.		2	1		2	2	1			2	22		5	3	9	6	24	
Ditylum sp.		2		1		1	3		3		4	5	7			1		
Eucampia sp.		1	26	44		1				1				1			4	1
Euglena sp.																		
Eutreptiella sp.																		
Gonyaulax sp.																		
Guinardia sp.			2	1		3	3	12	7	12								
Gymnodinium sp.	4	3											12	23	4	1	4	2
Gyrodinium sp.											5	12	35	65				
Katodinium sp.																		
Lauderia sp.	5																	
Leptocylindrus sp.	6		44	2	12	9	31	43	1		44	2	2		2	2		

Table 21. List of phytoplankton species occurring at Köje in 1996 (cont'd)

(unit: cells/mℓ)

Species	Feb.		Mar.		Apr.		May		Jun.		Jul.		Aug.		Sep.		Oct.	
	0m	5m	0m	5m	0m	5m	0m	5m	0m	5m	0m	5m	0m	5m	0m	5m	0m	5m
Licmophora sp.			4	3	2	3			2	3	4		4		1	1		
Melosira sp.			1		1						1				3	1		
Navicula sp.	2	1				4			12	4	12	12	12	5		23	15	4
Nitzschia sp.	26	69	51	75	59	75	35	69	254	334	321	430	43	42	211	239	275	130
Oxytoxum sp.																		
Pleurosigma sp.	5	12	15	3	21	12	2	8	25	12	2	8	7	10	7	8	28	23
Polykrikos sp.																		
Prorocentrum sp.	2	3									12	35	92	67	35	56		
Protoperdinium sp.	5	11	2	16		1	5	12			42	105			12			
Pyrocystis sp.																	5	
Rhizosolenia sp.	8	8	21	22	8	8	1	6	12	8	2	6	12	5	8	1	11	15
Scrippsiella sp.				1	1	2		1				1						
Skeletonema sp.	5	35	2	2	11	6	5	9	23	12	5	8	12	1	7	5	40	18
Stephanopyxis sp.	1	1	1				1		2	1	1	3	2	1	3	1	7	1
Synedra sp.										1								
Thalassionema sp.	14	10	1	1	1	5	4	12	14	15		3	6	2	1	2		
Thalassiosira sp.	1	3	2			1		2	8	1	15	2	6	3	3	2	19	4
Thalassiothrix sp.	3	1	1	1	5	2	1	7	3	1	1	1	3	2	1	1	48	15
Triceratium sp.																		
Total	224	358	278	301	157	181	151	258	433	557	664	852	389	486	510	517	1884	1301

Table 22. List of phytoplankton species occuring at Yŏchŏn in 1996

(unit : cells/mℓ)

Species	Feb.	Apr.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.
Ceratium sp.			2	2		
Chaetoceros sp.		6	5	1820	18	5
Cocconeis sp.					1	
Coscinodiscus sp.	1	1				
Dinophysis sp.		2	1			
Distephanus sp.				2		
Ditylum sp.	132					
Eucampia sp.		3	2		430	520
Euglena sp.		1				
Gonyaulax sp.				2		
Guinardia sp.				2		
Gymnodinium sp.			4		1	
Gyrodinium sp.	1	1	2			
Lauderia sp.					11	4
Leptocylindrus sp.		22	2	2		
Melosira sp.	4					
Navicula sp.	1	2	1			
Nitzschia sp.		6	2	14	55	33
Pleurosigma sp.	1				1	
Prorocentrum sp.			5			
Protoperidinium sp.	1		2	5		
Rhizosolenia sp.	4	3		5	9	12
Scrippsiella sp.		1	4		2	1
Skeletonema sp.		20			77	48
Stephanopyxis sp.	1					
Synedra sp.		1				
Thalassionema sp.	1	2		3		
Thalassiosira sp.	1		2			1
Thalassiothrix sp.		2	2	9	3	
Triceratium sp.	1					
Total	148	74	36	1868	608	620

Table 23. List of phytoplankton species occurring at Tongyŏng in 1997 (unit : cells/mℓ)

Species	Jan.		Feb.		Mar.		Apr.		May		Jun.		Jul.		Aug.		Sep.	
	0m	5m	0m	5m	0m	5m	0m	5m	0m	5m	0m	5m	0m	5m	0m	5m	0m	5m
Alexandrium sp.																		
Amphiprora sp.										8	8	10		3	1	1		
Asterionella sp.	2	1	1	1	7	16	5	9					1				3	5
Bacteriastrum sp.			1	1											1			
Biddulpia sp.	7	1																
Ceratium sp.	12		1	1	25				2	1	4	4						3
Chaetoceros sp.	266	214	94	88	518	1064	399	361	80	7	204	124	44	16	278	70	21	12
Coscinodiscus sp.			1	1	7	59		1	7	2	19	17	2	3	28	22	20	10
Cylindrotheca sp.			1	1	15	58	2				5	12	4	2			4	
Dinophysis sp.													1					
Diploneis sp.							1		2		5		6					
Dityocha sp.																		
Distephanus sp.												2						
Ditylum sp.	2		1		1	5				2			1	1	3	8		1
Ebria sp.																1		
Eucampia sp.	4	11	42	37	2	9	1	1					7	9	1	2	2	
Euglena sp.																		
Eutreptiella sp.																		
Gonyaulax sp.																		
Grammatophora sp.												4	2	1	1		8	7
Guinardia sp.			1	1	3	6												
Gymnodinium sp.																		
Gyrodinium sp.																		
Gyrosigma sp.							1											
Hemiaulus sp.							2	1				1						
Katodinium sp.																		
Lauderia sp.																		

Table 23. List of phytoplankton species occurring at Tongyŏng in 1997 (cont'd)

(unit: cells/mℓ)

Species	Jan.		Feb.		Mar.		Apr.		May.		Jun.		Jul.		Aug.		Sep.	
	0m	5m	0m	5m	0m	5m	0m	5m	0m	5m	0m	5m	0m	5m	0m	5m	0m	5m
Leptocylindrus sp.									1	7		2	4	3	2	4	1	
Licmophora sp.																		
Melosira sp.								3										
Navicula sp.										2	1	1						
Nitzschia sp.	2	1	1	1	31	102	23	18	16	63	17	19	337	281	90	101	65	34
Oxytoxum sp.														1				
Pleurosigma sp.			1	1	6	42		15	12			3	5	9		1	4	6
Polykrikos sp.																		
Prorocentrum sp.			1	1					321	36	106	105	10	7	23	16	29	16
Protoperdinium sp.			1	1					3	45	170	340	4	3	14	13	7	3
Pyrocystis sp.							2		3	9								
Pyrophacus sp.															1			
Rhabdonema sp.									3	12	3	6			1	1	5	6
Rhizosolenia sp.			1	1	2	2	23	12	37	51	16	21	2	1	19	12	30	10
Scrippsiella sp.																		
Skeletonema sp.	85	60	11	9	10	42	22	15		22	4	4	5		8	9	12	7
Stephanopyxis sp.		2	1			32	5	1		1					1		22	19
Striatella sp.			1			2												
Surirella sp.													1					
Synedra sp.																		
Thalassionema sp.							5	10	4	10					1		2	1
Thalassiosira sp.	6	4	1	1	62	34				8	1	1			1			
Thalassiothrix sp.			1	1	22	57										2		
Triceratium sp.					4	12									1	1		
Trichodesmium sp.										2								
Total	386	294	163	147	715	1542	491	447	491	288	536	666	436	340	475	264	235	140

Table 24. List of phytoplankton species occurring at Köje in 1997 (unit : cells/mℓ)

Species	Jan.		Feb..		Mar.		Apr.		May		Jun.		Jul.		Aug.		Sep.	
	0m	5m	0m	5m	0m	5m	0m	5m	0m	5m	0m	5m	0m	5m	0m	5m	0m	5m
Alexandrium sp.										1								
Amphiprora sp.										7	3	6						
Amphisolenia sp.								13										
Asterionella sp.		15			23								3	31	2	4	9	13
Bacteriastrum sp.		17	13															
Biddulpia sp.	13			1						2								
Ceratium sp.	12	2	22		74	91				6	5	3		1252				
Chaetoceros sp.	194	146	431	680	45	95	62	306	504	30	130	30	299		259	48	16	26
Climacosphenia sp.							18	25										
Coscinodiscus sp.	20	12	30	3		13	7	19	10	11	5	5	7	16	10	3	7	7
Cylindrotheca sp.						44	63	48			13		1	3	2	2	1	2
Dinophysis sp.																		
Diploneis sp.													1					
Dityocha sp.																1		
Distephanus sp.										3		2	1	5				
Ditylum sp.	13												7	11	5	4	3	3
Ebria sp.																		
Eucampia sp.		4	12	37	53	76							2	2				
Euglena sp.																		
Eutreptiella sp.																		
Fragilaria sp.										2								
Gonyaulax sp.																		
Grammatophora sp.										3						1	1	
Guinardia sp.						31			1									
Gymnodinium sp.									1									
Gyrodinium sp.																		
Gyrosigma sp.																		
Hemiaulus sp.											1							
Katodinium sp.		2																

Table 24. List of phytoplankton species occurring at Köje in 1997 (cont'd)

(unit: cells/mℓ)

Species	Jan.		Feb.		Mar.		Apr.		May.		Jun.		Jul.		Aug.		Sep.	
	0m	5m	0m	5m	0m	5m	0m	5m	0m	5m	0m	5m	0m	5m	0m	5m	0m	5m
Lauderia sp.		1																
Leptocylindrus sp.	12								15	18	14	2			1	2	5	8
Licmophora sp.	15	1							4		1	1			9	1		
Melosira sp.																		
Navicula sp.			2							2	1		1					
Nitzschia sp.	43	57	66	39	76	156	8	22	16	19	62	28	1481	512	48	30	34	96
Oxytoxum sp.																		
Pleurosigma sp.				43		28				12	2		3	1		4		1
Polykrikos sp.																		
Prorocentrum sp.								1	42	251	234	206	52	50	45	28	4	2
Protoperdinium sp.									15	4	66	115	39	39	46	3		3
Pyrocystis sp.								25			3	1			2			
Pyrophacus sp.																		
Rhabdonema sp.								15	1	5		6		1			5	6
Rhizosolenia sp.		13	31	23		22	32	10	60	46	10	5	15	32	8	10	8	23
Scrippsiella sp.																		
Skeletonema sp.	15	22	59	38		26	110	154	19	7	1		3	6		1	17	18
Stephanopyxis sp.									2				1	5			5	12
Streptotheca sp.										3								
Striatella sp.						22			1		1							
Surirella sp.																		
Synedra sp.																		
Thalassionema sp.				13				32	26	4							2	2
Thalassiosira sp.	12		22	17		12			1		1	1						
Thalassiothrix sp.	13	1	20	69														
Triceratium sp.										2								
Trichodesmium sp.										4								
Total	372	293	708	963	271	616	300	670	718	442	553	411	1916	1966	477	142	117	222

Table 25. List of phytoplankton species occuring at Yŏchŏn in 1997

(unit : cells/mℓ)

Species	Mar		May		Jun.		Jul.		Aug.	
	0m	5m	0m	5m	0m	5m	0m	5m	0m	5m
Asterionella sp.					8	4				
Bacteriastrum sp.					2	3				
Ceratium sp.			20	20	2			7		
Chaetoceros sp.		24		22	308	183	35	10		17
Cocconeis sp.					1					
Coscinodiscus sp.		3	72	38	15	3	105	10	93	35
Cylindrotheca sp.					1					
Dinophysis sp.								2		
Dissodinium sp.				10					1	
Ditylum sp.					6	3				
Eucampia sp.					1	2				11
Guinardia sp.					6	9				
Nitzschia sp.					42	5		2	54	122
Pleurosigma sp.			28		9	1			27	102
Prorocentrum sp.	10	43	65	56	15		81	53	83	107
Protoperidinium sp.	30		45	54	7	8	42	15	52	105
Pyrocystis sp.					7	1				
Rhizosolenia sp.					32	1			28	13
Skeletonema sp.				11	2	3				
Stephanopyxis sp.					3	2				
Surirella sp.									19	
Thalassiosira sp.								135		
Total	40	70	230	211	467	228	263	234	356	512

라. 굴 채묘장 환경수 및 유생 중의 세균상 검색

1993년이래 남해안 주요 굴 양식장에서 극심한 채묘부진 현상이 지속되고 있으며, 이러한 채묘부진은 양성용 종패 수급에 막대한 지장과 손실을 초래하고 있다. 우리나라 굴 양식 생산의 대부분을 차지하고 있는 경남 거제, 통영 일원에서의 채묘부진은 굴 양식산업계에 막대한 경제적인 피해를 발생시키고 있으며, 특히 근년에는 이러한 종패의 부족분을 조달하기 위하여 해마다 상당 분량을 일본으로부터 수입하고 있는 실정이다. 이러한 생물종의 외국으로부터의 수입은, 수입대금 지출 등으로 인한 경제적인 부담이 발생할 뿐만 아니라 수입 종패가 산란 가능한 모패군으로 가입될 경우 종의 혼합 등과 같은 악영향을 미칠 수 있기 때문에 외국으로부터의 종패 수입은 그 적절성 및 타당성이 충분히 검정된 후 이루어져야 할 것으로 생각된다. 또한, 국내의 양식 환경을 충분히 파악하여 양식장 관리에 대한 충분한 대비책을 확보하지 않은 상태에서 종패 수급을 수입산에만 의존할 경우, 수년 내에 국내 종패 생산 산업은 치명적인 손상을 입게 될 것이며, 국내 굴 양식산업은 일본 등 종패 수입국의 의도적인 조정에 의하여 지배당하는 위기국면을 맞을 수도 있을 것이다. 따라서, 1960년 이래 양호한 채묘장 및 양성장으로서의 기능을 충분히 발휘해 오던 기존 채묘장에 대한 기존 채묘 환경의 변화, 채묘부진 원인 및 개선 방향 등을 구명하는 것은 굴 양식 산업의 사활이 달린 시급한 문제라 아니할 수 없다.

따라서, 본 연구에서는 기존의 굴 채묘장에서의 채묘 부진 원인 구명을 위하여, 굴 양식장의 환경 해수, 모패, 그리고 굴 유생의 세균 오염 정도와 오염세균에 대한 세균상 조사를 통하여 모패와 유생의 생리, 생육에 치명적인 영향을 미치는 것으로 보고되고 있는 특정 세균의 오염정도를 조사하였으며, 굴 유생의 세균 감염시 직·간접적인 영향으로 발생하는 유생 개체의 괴사의 정도 등을 조사하였다.

1) 유생 및 모패 중의 생균수

1996년에 후기채묘가 비교적 잘 이루어진 통영 저산에서 6월과 8월에 채집된 굴 유생 중의 생균수 (25℃, 5일)는 각각 93/cell, 6/cell로 나타났으며, 1992년 이래 채묘가 이루어지지 않고 있는 거제 오수산 유생중의 생균수는 각각 180, 110/cell로 나타나 거제 오수산 유생중의 생균수가 다소 높게 나타났다 (Table 26). 한편, 1993년에 거제 오수의 인접 지역인 내간리에서 채집한 유생중의 생균수는 8,100/cell로 보고된 바 있다 ('93 굴 종묘 확보 대책 추진 결과 보고서. 국립수산진흥원. 1994).

또한, 굴 모패 중의 생균수는 통영 저산산에서 6월과 8월에 각각 410,000, 33,000/g 이었으며, 거제 오수산에서는 6월과 8월에 각각 740,000, 18,000/g으로 6월산이 8월산에 비하여 월등히 높은 생균수를 나타내었다. 이는 두 지역에서 6월에 발생한 강우 (통영 256.8 ㎜, 거제 383.0 ㎜)에 의하여 다량의 오염물질을 함유하는 육수가 유입됨으로써 패류에 많은 수의 세균이 축적된 것으로 추정되어진다. 그리고, 통영 저산산 모패에서 보다 거제 오수산 모패에서 생균수가 높게 나타나는 것은 거제 오수 지역은 배수지역의 인구 밀집지역을 통과하는 간덕천과 연중 풍부한 방출수량을 보이고 있는 산양천 등이 세균 오염원으로서 영향을 미치기 때문으로 추정된다. 그러나, 통영의 저산리는 인근에 현저한 하천이나 인구 밀집 지역이 적은 관계로 육수 유입에 의한 오염의 정도가 상대적으로 적은 것으로 생각된다. 1996년 국립수산진흥원에서 실시한 오수 채묘장 부근 (Fig. 51)의 패류양식장 위생환경 조사 결과에 의하면 (Table 27) 오수 채묘장 상단에 위치한 서정리 및 죽림리의 생활 하수관로에서 배출되는 배출수의 대장균 및 분변계 대장균의 범위는 각각 35,000~920,000 MPN/100㎖ 및 13,000 - >160,000 MPN/100㎖로 나타나고 있어, 배수지역으로부터의 배출 하수가 인근의 패류 양식장에 직·간접적인 오염원으로 작용하는 것으로 확인되고 있다.

각각의 하수관로에서의 하수 방출량은 서정리의 2개 관로에서 3,217ℓ/min로 가장 많았고, 산양천 2,769ℓ/min, 간덕천 2,165ℓ/min의 순서로 확인되었다. 그리고 분변계 대장균을 지표로 한 오염의 정도는 서정리의 하수관로가 가장 심하였으며, 다음이 죽림리의 하수관로 (11,000 MPN/100㎖), 송곡천 (700 MPN/100㎖)의 순서로 확인되었다. 한편, 채묘장 바로 인근의 오수천의 경우 방류량은 적었으나 (672ℓ/min), 비교적 높은 농도의 대장균 (1,700 MPN/100㎖)과 분변계 대장균 (460 MPN/100 ㎖)을 함유하고 있어 양식장에 대하여 비중있는 오염원으로 작용할 가능성이 높은 것으로 추정된다. 또한, 오수 채묘장 인근에서 연중 가장 많은 배출량을 보이고 있는 산양천은 환경 조사가 건기인 10월에 이루어졌음에도 불구하고 상당한 방출수량 (2,769ℓ/min)을 보이고 있으며, 하천 상류에 위치한 인가 및 위락시설에서 기인되는 것으로 추정되는 대장균군과 분변계 대장균을 170 MPN/100㎖, 33 MPN/100㎖ 함유하고 있어 하천 배출량이 많은 6~8월의 우기에는 인근 패류 양식장에 상당한 오염원으로 작용할 가능성이 있는 것으로 추정되었다. 그러나, '96년에 2차 조사가 실시된 8월의 통영과 거제 두 지역에서의 강우량은 각각 145.8, 172.0㎜로 예년의 평균치인 206.9 및 226.3㎜ 보다 50~60㎜ 정도 낮은 값을 나타내었다.

한편, '97년 5월에서 8월사이에 동일 지역에서 실시한 모패 중의 생균수 조사결과 통영 저산에서는 14,000~290,000/g의 범위를 나타내었다 (Table 28). 특히 5월 중에는 14,000/g으로 다른 기간에 비하여 상당히 낮은 균수를 나타내었다. 그리고, 거제 오수산 모패 중의 생균수 검출 정도는 36,000~490,000/g의 범위를 나타내어 통영 저산산에 비하여 다소 높은 값을 나타내었다. 그리고 통영과 같이 6월에는 36,000/g의 낮은 값을 나타내었다. 이와 같이 두 조사지역 모두 6월의 모패중에서 낮은 생균수를 나타내는 것은 6월 초순부터 조사 시기인 중순(6/14)까지의 강우량이 5, 7, 8월에 비하여 상대적으로 적어 외부 오염물질의 유

입이 상대적으로 적었기 때문으로 추정된다.

양식장 주변환경에 위치한 하천, 하수관로 등에서의 방출수가 패류 양식장 서식 패류에 오염원으로 작용하는 정도를 확인하기 위하여, 채묘장에 인근에 위치한 양식굴에 대하여 위생지표세균인 대장균군, 분변계 대장균, 생균수 등을 측정하였다 (Table 29). 시료 채취 및 시험은 시료의 확보가 용이한 양성 패류의 출하시기인 1~3월과 9~10월에 걸쳐 실시하였다.

조사 결과, 오수 양식장 모패 중에서 연중 소량의 분변계 대장균이 검출되어 양식장 주변의 오염원이 양식장 서식 모패의 세균학적인 품질에 영향을 미치는 것으로 확인되고 있다.

Table 26. Viable cell count of oyster and oyster larvae collected at Tongyŏng and Kŏje area in 1996.

[Unit : larvae; CPU/cell, oyster; CPU/g (25℃, 5days)

Sample	Jŏsan, Tongyŏng		Osu, Kŏje	
	Jun.	Aug.	Jun.	Aug.
Larvae	93	6	180	110
Brood stocks	410,000	33,000	740,000	18,000

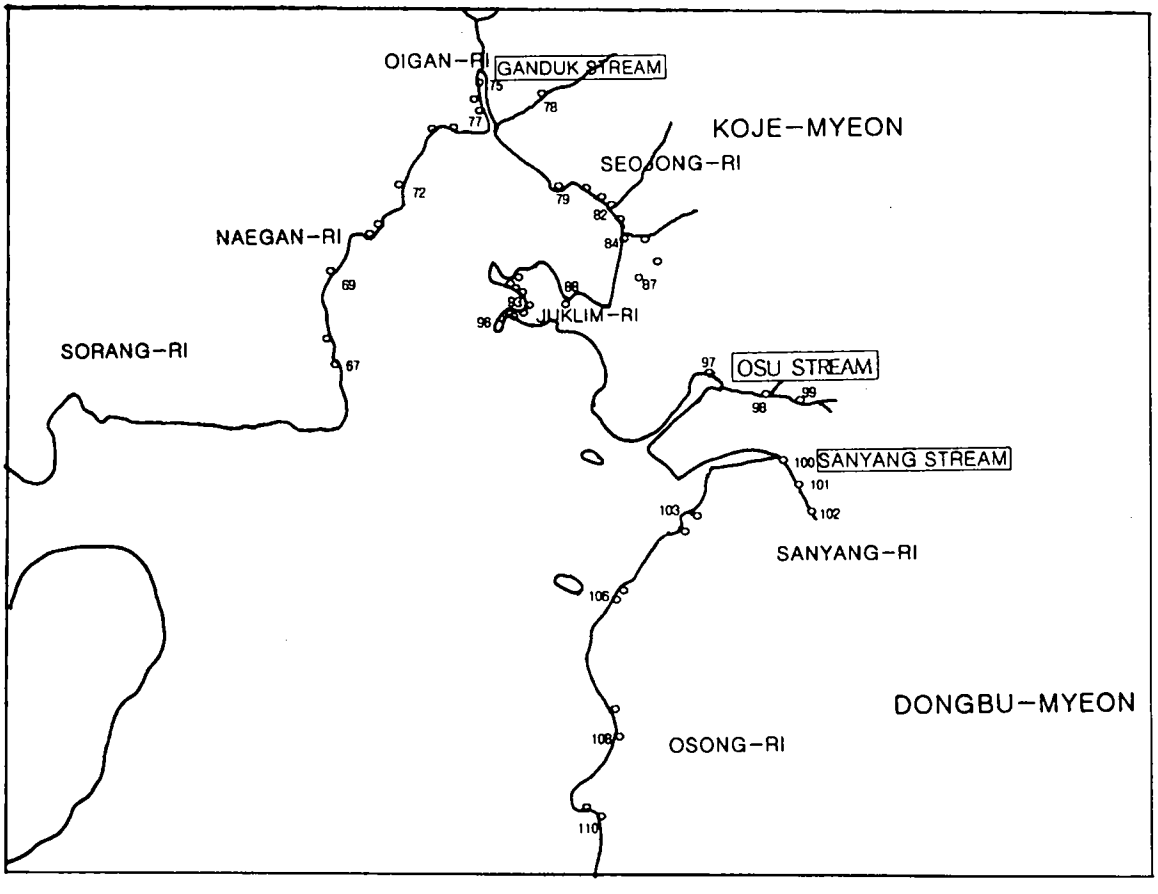

Fig. 51. Location of sampling station for sanitary survey in Osu, Kŏje.

Table 27. Sanitary survey of discharges near the Kŏje Osu area

Location	Location code*	Type of* discharge	Temp (℃)	MPN/100ml		COD (ppm)	Discharge volume (ℓ/min)
				Coliform	Fecal coliform		
Seojoung-ri	79	DS/DW	20.5	>160,000	>160,000	4.43	450.0
Seojoung-ri	82	DS/DW	18.0	35,000	13,000	6.18	2767.0
Juklim-ri	93	DS	20.0	920,000	11,000	13.54	15.2
Songkok	69	AC	20.7	1,400	700	-	71.8
Ganduk	75	AC	25.0	330	9.2	-	2165.0
Omang	78	AC	16.5	330	130	4.16	386.7
Osu	97	AC	22.4	1,700	460	4.34	671.0
Sanyang	101	AC/DS	17.5	170	33	4.53	2769.0
Sanchon	100	AC	17.5	130	130	5.74	66.8

* AC: Agriculture, DS: Domestic sewage, DW: Domestic wastewater.

Table 28. Viable cell count of oyster and sea water collected at Tongyŏng and Kŏje area in 1997.

[Unit : oyster; CPU/g, sea water; CPU/㎖ (25℃, 5days)]

Sample	Jŏsan, Tongyŏng				Osu, Kŏje			
	May	June	July	Aug.	May	June	July	Aug.
Sea water	-	7,400	7,300	220,000	-	4,800	11,000	3,100
Oyster	180,000	14,000	290,000	160,000	210,000	36,000	490,000	310,000

Table 29. Bacterial examinations of oyster collected at Osu, Kŏje

Year, month	MPN per 100g		Plater count per gram at 35℃
	Coliform	Fecal coliform	
1996. 1	3500	45	2,200
2	130	<18	790
3	5,400	45	690
9	3,500	45	750
10	20	<18	210

2) 굴 유생 및 모패 중의 세균상

참굴 채묘부진 원인 구명을 위하여, 굴 양식장의 환경 해수, 모패, 그리고 굴 유생의 세균 오염 정도와 오염세균에 대한 세균상 조사를 통하여 모패와 유생의 생리, 생육에 치명적인 영향을 미치는 것으로 보고되고 있는 특정 세균의 오염정도를 조사하였으며, 굴 유생의 세균 감염시 직·간접적인 영향으로 발생하는 유생의 괴사 정도 등을 조사하였다.

'96년 6월과 8월 통영 저산 및 거제 오수에서 채집된 굴 유생 및 모패의 세균상 조사 결과를 Table 30에 나타내었다.

6월 통영 저산에서 채집된 굴 유생 중에서의 세균상은 Enterobacteriaceae가 33.3%로 절대 우점종을 차지하였으며, 다음이 *Pseudomonas* 유사세균 21.4%, *Pseudomonas*속과 *Pasturella*속이 각각 8.0%로 나타났다. 그리고, 같은 장소에서의 모패 중에서도 Enterobacteriaceae가 단일속으로는 최우점종을 나타내었다. 이와같이 굴 유생 및 모패에서 해양 상재 세균이 아닌 장내세균과 세균이 우점종으로 나타나는 것은 6월 중에 발생한 강우에 의하여 육상 오염물질이 해양으로 대량 유입되어 굴 모패 및 유생중에 축적되었기 때문으로 추정된다.

한편, 6월에 채집된 거제 오수산 굴 모패 및 유생중의 세균상에서도 정도의 차이는 있었지만 통영과 비슷한 경향을 나타내어 Enterobacteriaceae가 각각 19, 25.4%의 높은 점유율을 나타내었으며, *Pseudomonas*속 또한 30.2~10.1%의 점유율을 나타내었다. 이러한 결과로 미루어 거제 오수 해역 또한 6월에 발생한 대량의 강우에 의하여 육상세균이 다량 유입되어지는 것이 확인되었다.

그러나, 6월에 비하여 강우량이 상대적으로 적었던 8월의 통영 저산산 유생중에서는 해양 상재 세균인 *Flavobacterium*이 35.7%로 절대 우점종을 차지하였으며, 다음이 *Pasteurella* 23.8%, *Pseudomonas*속 14.3%의 순서로 나타났다. 굴 모패에서는 역시 해양 상재 세균인 *Moraxella*속이 33.3%로 최우점종을 차지하였으며, 다음이 *Flavobacterium* 18.8%, *Pasteurella*속이 14.5%의 순이었다.

8월의 거제산 굴 유생 및 모패에서도 정도의 차이는 있었지만 *Flavobacterium* 속, *Pasturella*속 및 *Pseudomonas*속이 우점종으로 나타났다.

그러나, 지금까지의 연구 결과, 이매패류에 대하여 질병세균으로 작용하는 것으로 보고되고 있는 *Vibrio*속의 검출율은 6월과 8월 전 조사지점의 굴 유생 및 모패에서 1.6~5.7%로 낮게 나타났다. 그러나, 근년의 연구 결과, *Vibrio*속 세균과 함께 이매패류 유생에 대하여 병원성을 나타낼 수 있는 것으로 보고되고 있는 *Pseudomonas*속 세균은 '92년 이래 거의 채묘가 이루어지지 않고 있는 거제 오수 해역에서 유생 중에서는 18~30%, 모패 중에서는 10~14 %로 통영 저산의 8~14% 및 10~12%에 비하여 비교적 높은 점유율을 나타내었다.

이매패류의 세균성 질병에 대하여는 Guillard (1959), Tublish *et al.* (1965, 1970)에 의하여 오래전부터 수행되어진 바 있으며, 이들은 연구결과에서 특히 *Vibrio*속과 *Pseudomonas*속 세균이 이매패류 유생의 질병에 관여하고 있는 것으로 보고하고 있다. Murchelano와 Brown (1969)에 의하면 유생의 먹이생물 배양물 및 해수에서 분리된 *Pseudomonas*속 세균이 이매패류 유생에 대하여 병원성을 나타내었다고 보고한 바 있다. 유생 질병세균이 유생에 대하여 병원성을 나타내는 것은 세균의 유생으로의 침투성과 세균이 생산하는 독소에 의한 것으로 보고되고 있는데, Elston and Leibovitz (1980)는 침투성 *Vibrio*속 세균이 굴 유생에 대하여 조직병리학적인 영향을 미친다고 보고한 바 있다. 그러나, 유생 질병세균에 대한 연구의 초기 단계인 1950년대부터 1970년대 사이의 연구 보고에서는 유생 질병 세균의 독소 생성능에 대한 증거를 제시하지 못하였다 (Guillard, 1959 ; Tublash *et al.*, 1965, 1970 ; Brow, 1973, 1974). 그러나, Brown과 Loses (1978), DiSalvo *et al.* (1978)은 패류 질병세균이 독소 생성능을 가지고 있다고 주장한 바 있다.

Table 30. Bacterial flora of oyster and oyster larvae collected at Tongyŏng and Kŏje area in 1996

Region / Isolated strain	Jŏsan, Tongyŏng				Osu, Kŏje			
	Jun.		Aug.		Jun.		Aug.	
	Larvae	Brood stocks	Larvae	Brood stocks	Larvae	Brood stocks	Larvae	Brood stocks
Achromobacter				2.9 (2)		5.1 (3)	7 (7)	4.3 (3)
Acinetobacter	1.3[a] (1)[b]		4.7 (2)	2.9 (2)	1.6 (1)	1.7 (1)	5 (5)	1.4 (1)
Aeromonas	4.1 (3)			1.5 (1)	1.6 (1)		2 (2)	1.4 (1)
Alcaligenes				1.5 (1)			4 (4)	
Bordetella	2.7 (2)					1.7 (1)		
Cardiobacterium						1.7 (1)		
Chromobacterium					4.8 (3)			
Enterobacteriaceae	33.3 (25)	20.4 (10)	2.4 (1)	1.5 (1)	19.0 (12)	25.4 (15)		
Flavobacterium	5.3 (4)	14.3 (7)	35.7 (15)	18.8 (13)	11.1 (7)	1.7 (1)	21 (21)	24.3 (17)
Ⅱb	5.3 (4)		2.4 (1)	2.9 (2)	1.6 (1)		1 (1)	
Kingella	1.3 (1)	4.1 (2)			1.6 (1)	8.5 (5)	1 (1)	
Moraxella	5.3 (4)	12.2 (6)	14.3 (6)	33.3 (23)	7.9 (5)	11.9 (7)	15 (15)	18.6 (13)
Pasteurella	8.0 (6)	6.1 (3)	23.8 (10)	14.5 (10)	7.9 (5)	15.3 (9)	10 (10)	28.6 (20)
Pseudomonas	8.0 (6)	12.2 (6)	14.3 (6)	10.1 (7)	30.2 (19)	10.1 (6)	18 (18)	14.3 (10)
Va	4.1 (3)	2.0 (1)			6.3 (4)	1.7 (1)		
Ⅱk	16.0 (12)	20.4 (10)			3.2 (2)	10.1 (6)	4 (4)	
Ⅳa	1.3 (1)							
Sphingobacterium		4.1 (2)					8 (8)	
Shewanella				5.8 (4)				1.4 (1)
Vibrio	2.7 (2)	2.1 (1)	2.4 (1)	4.3 (3)	1.6 (1)	1.7 (1)	3 (3)	5.7 (4)
Neisseria	1.3 (1)	2.1 (1)			1.6 (1)	3.4 (2)		
Bactriodes							1 (1)	
Total	100 (85)	100 (49)	100 (42)	100 (69)	100 (63)	100 (59)	100 (100)	100 (70)

a : detection rate, b : number of detected strain, Ⅱb : *Flavobacterium* like bacteria, Va, Ⅱk, Ⅳa : *Pseudomonas* like bacteria.

따라서, 본 연구 결과와 이전의 연구 결과를 비교 고찰해 볼 때 굴 유생에 대하여 치명적인 병원성을 나타낼 수 있는 *Pseudomonas*속 세균이 굴 유생 중에서 상당 수 검출되는 것은 이들 세균이 굴 유생의 생육에 대하여 상당한 악영향을 미칠수 있을 것이라는 사실을 추정해 볼 수 있으며, 이러한 추정은 1992년 이래 전혀 채묘가 이루어지지 않고 있는 거제만에서 채집된 유생에서 *Pseudomonas*속 세균의 점유율이 통영산에 비하여 높은 것으로부터 확인할 수 있다. 그러나, 이러한 분리균에 대한 유생 질병성 확인을 위하여는 분리균을 사용한 모델 시험 등을 통하여 분리균의 병원성을 구체적으로 확인할 필요가 있을 것으로 생각된다. 특히 해수 상재 세균의 유생에 대한 병원성 확인 및 이들 세균에 대한 방제 대책 연구 등은 가까운 시일내에 도래할 것으로 예상되고 있는 패류의 인공종묘 생산 및 양식관리 등을 위하여는 시급히 수행하여야 할 매우 연구과제로 생각된다.

한편, '97년 5월에서 8월 사이에 동일 조사지점의 해수 및 굴 모패에 대한 세균상 조사 결과를 Table 31 및 32에 나타내었다. '97년의 조사 결과, '96년과는 달리 해수 및 굴 모패에서 장내세균과에 속하는 세균의 점유율이 큰 폭으로 감소한 반면 해양 상재 세균의 점유율이 증가하였다. 특히, *Vivrio*속 세균의 증가율이 현저하였는데, 7월의 통영 저산산 모패 중에서는 검출균수의 83,3%를 *Vibrio*속이 차지하는 특이현상을 나타내었다. 그리고 *Vibrio*속과 함께 이매패류 및 그 유생에 대하여 병원성을 나타내는 것으로 보고되고 있는 *Pseudomonas*속 세균의 점유율은 10~20% 였다, 이러한 조사결과로 미루어 '96년까지 비교적 양호한 채묘 실적을 나타내던 통영 저산에서 '97년에는 극심한 채묘부진을 나타낸 것은 모패 및 해수중의 모패 또는 유생 질병 세균의 악영향에 의한 것으로 추정해 볼 수도 있을 것이다.

한편, 같은 시기에 채집된 거제 오수산 굴 모패 및 해수 중에서는 *Moraxella*, *Psateurella*속이 우점종으로 나타났으나, 월별 변이가 매우 심하였다. 그러나, *Pseudomonas*속 및 그 유사세균은 5~8월에 걸쳐 20 ~35%의 꾸준한 점유율

을 나타내었다. 그리고, *Vibrio*속 세균은 5월에서 7월 사이에는 검출되지 않거나 상당히 낮은 검출율 (2,1%)을 나타내었으나, 8월에는 급격히 증가하여 해수 및 굴에서 각각 31,6% 및 31.4%의 검출율을 나타내었다.

한편, Murchelano (1974)는 굴 유생의 인공 사육시험에 사용된 해수에 대한 세균시험에서 (20℃, 7일간 배양) 해수 1㎖당 10^4-10^5의 세균이 검출되었으며, 유생 사육 이전 해수 중의 우점종 세균으로는 *Pseudomonas* 및 *Achromobacter* 속이 검출되었으며, 유생 사육중에는 *Pseudomonas*속이 상대적으로 감소한 반면 *Flavobacterium*속 및 *Vibrio*속 균이 다소 증가하는 것으로 보고한 바 있다. 또한 Semura (1994)는 가리비 유생의 사육시험에서 사용 해수 중의 세균 밀도가 10^5/㎖이상 증가할 경우 유생의 성장이 둔화되거나 폐사체가 발생하였으며, 유생이 폐사할 경우에는 특징적인 균이 나타나기 시작하였다고 보고한 바 있으나, 특정 균의 성상에 대하여는 구체적으로 언급하지는 않았다.

한편, 채묘가 부진한 해역에서 채집한 굴 유생에서는 다양한 형태의 세포내용물 붕괴현상이 확인되었다 (Fig. 52). Tubiash (1965) 등은 이매패류 유생에 대하여 병원성을 나타내는 균주를 분리하고 동정한 결과, *Aeromonas* 및 *Vibrio*속으로의 확인하였으며, 이들 세균을 버지니아굴 (*Crassostrea virginica*), 진주담치 (*Mytilus edulis*), 우럭 (*Mya arenaria*) 등의 유생을 대상으로 인위적인 감염시험을 실시한 결과, 감염 후 5시간 이후부터 유생의 폐사가 일어나기 시작하였으며, 폐사의 원인으로 추정되는 유생 세포 내용물의 붕괴가 관찰되었다고 보고한 바 있다. 그러나, 이들 병원성 세균을 각 유생의 모패에 먹이로 투여한 결과, 투여 후 24시간 이후에도 모패에서의 질병 증상은 관찰되지 않았다고 보고하였다. 따라서, 본 연구에서 관찰된 유생의 세포내용물 붕괴현상은 일차적으로는 유생질병세균의 직접적인 감염에 의한 것으로 추정되며, 이차적으로는 운동성이 강한 비병원성 세균의 유생 세포 내 침투로 기인한 세포막의 파손으로 인하여 기생충 등과 같은 이차적인 감염에 의하여 발생한 것으로 추정된다.

Table 31. Bacterial flora of oyster and sea water collected at Tongyŏng area in 1997

Detected strain \ Month	May	Jun.		Jul.		Aug.	
	Oyster	Sea water	Oyster	Sea water	Oyster	Sea water	Oyster
Acinetobacter						2.5 (1)	5.1 (2)
Aeromonas							17.8 (7)
Alcaligenes	5.9[a] (2)[b]						2.6 (1)
Escherichia				4.8 (2)			
Shigella				11.9 (5)			
Flavobacterium	8.8 (3)	20.8 (10)	7.7 (3)	16.6 (7)	16.7 (3)	20.0 (8)	7.6 (3)
Ⅱb			5.1 (2)			5.0 (2)	2.6 (1)
Kingella		2.1 (1)		2.4 (1)		7.5 (3)	
Moraxella	29.4 (10)	31.3 (15)	33.3 (13)	26.1 (11)		22.5 (8)	
Pasteurella	11.8 (4)	8.3 (4)	2.6 (1)	2.4 (1)		12.5 (5)	10.3 (4)
Plesiomonas							10.3 (4)
Pseudomonas	11.8 (4)	20.8 (10)	7.7 (3)	21.4 (9)		12.5 (5)	12.8 (5)
Va	8.8 (3)	16.7 (8)	15.4 (6)	4.8 (2)			
Ⅱk	5.9 (2)		10.2 (4)			2.5 (1)	
Sphingobacterium			2.6 (1)	4.8 (2)			
Shewanella	2.9 (1)		2.6 (1)	2.4 (1)			
Vibrio	14.8 (5)		10.2 (4)	2.4 (1)	83.3(15)	12.5 (5)	15.4 (6)
Neisseria							2.6 (1)
Unknown			2.6 (1)			2.5 (1)	12.9 (5)
Total	100 (34)	100 (48)	100 (39)	100 (42)	100 (18)	100 (40)	100 (39)

a : detection rate, b : number of detected strain, Ⅱb : *Flavobacterium* like bacteria, Va, Ⅱk : *Pseudomonas* like bacteria.

Table 32. Bacterial flora of oyster and sea water collected at Kŏje area in 1997

Month / Detected strain	May		Jun.		Jul.		Aug.
	Oyster	Sea water	Oyster	Sea water	Oyster	Sea water	Oyster
Achromobacter			2.1 (1)				
Acinetobacter		4.4 (2)	4.2 (2)			2.6 (1)	
Aeromonas		2.2 (1)	4.2 (2)			13.2 (5)	20.0 (7)
Alcaligenes	6.9[a] (2)[b]						
Cardiobacterium						2.6 (1)	
Chromobacterium			2.1 (1)				
Escherichia					2.6 (1)		
Shigella					34.2 (13)		
Flavobacterium	6.9 (2)	8.9 (4)	14.5 (7)	42.2 (19)	10.5 (4)		2.9 (1)
Ⅱb				2.2 (1)		5.3 (2)	
Moraxella	24.1 (7)	46.7 (21)	22.9 (11)	31.1 (14)	10.5 (4)	15.9 (6)	2.9 (1)
Pasteurella	37.9 (11)	15.6 (7)	4.2 (2)	8.9 (4)	7.9 (3)	2.6 (1)	17.2 (6)
Pseudomonas	10.4 (3)	2.2 (1)	18.7 (9)	6.7 (3)	13.2 (5)	7.9 (3)	14.3 (5)
Va		2.2 (1)	12.5 (6)	6.7 (3)	5.3 (2)		
Ⅱk	13.8 (4)	17.8 (8)	4.2 (2)	2.2 (1)	5.3 (2)	5.2 (2)	2.9 (1)
Sphingobacterium			8.3 (4)		5.3 (2)	5.2 (2)	
Shewanella					2.6 (1)	7.9 (3)	8.5 (3)
Vibrio			2.1 (1)			31.6 (12)	31.4 (11)
Unknown					2.6 (1)		
계	100 (29)	100 (45)	100 (48)	100 (45)	100 (38)	100 (38)	100 (35)

a : detection rate, b : number of detected strain, Ⅱb : *Flavobacterium* like bacteria, Va, Ⅱk : *Pseudomonas* like bacteria.

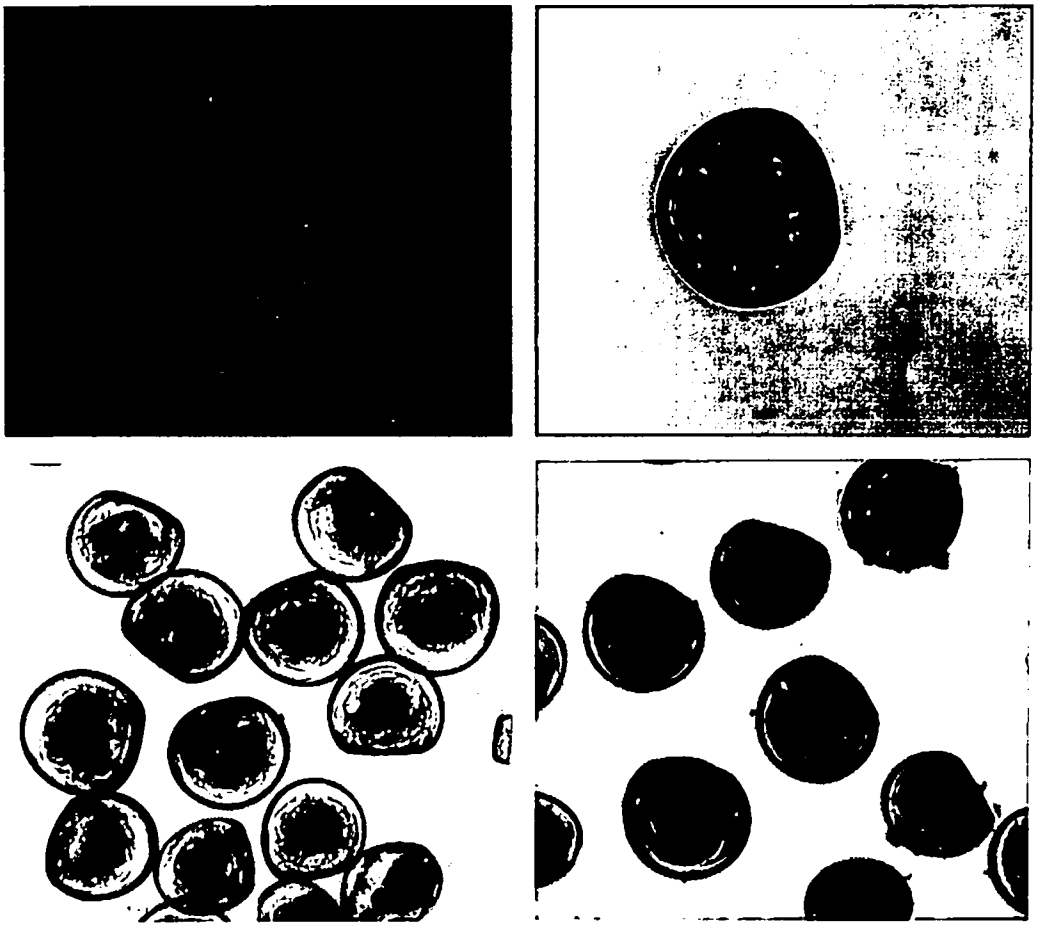

Fig. 52. Necrosis of oyster larvae collected at bad seed collection area.

마. 굴 유생의 출현과 채묘장 환경 특성과의 상관관계

이상의 각 해역별 굴 유생의 출현 특성과 채묘장의 화학적 및 생물학적 특성 사이의 상관관계를 분석해 본 결과는 Fig. 53과 같다.

수온 19~28℃의 범위내에서는 수온이 높을수록 유생의 출현량이 많아지는 경향을 나타내었으며, 강우량 및 염분은 강우량이 많을수록, 염분은 낮을수록 유생의 출현량이 증가하였다.

해역 중 총 클로로필-*a*의 농도와 유생의 출현량 사이에서는 여천 항대지역을 제외한 나머지 지역에서는 비례하였으나, 5㎛ 이하의 미소입자 중 클로로필-*a*의 농도가 증가할수록 유생 출현량은 감소하는 경향을 보였다.

그리고, 거제와 여천지역에서 해수 중의 부유물질량이 증가할수록 유생출현량이 대체적으로 감소하는 경향을 보였으며, 식물플랑크톤의 양은 많을수록 유생의 출현량이 증가하였다.

pH는 7~9 범위에서 유생의 출현량은 pH가 낮을수록 증가하였으며, 여천지역을 제외한 두 지역에서는 DIP, DIN의 양이 증가할수록 유생출현량이 감소하는 경향을 보였다. 이에 비해, DO, COD와 유생출현량과는 뚜렷한 상관관계를 나타내지 않았다.

저층퇴적물의 COD, AVS와 유생 출현량과는 COD가 증가할수록 유생의 출현량이 증가하는 경향을 보였으며, AVS와 유생의 출현량 사이에는 뚜렷한 상관관계를 나타내지 않았다.

한편, 굴 유생 및 해수 중에서 유생의 생육에 악영향을 미칠 수 있는 것으로 보고되고 있는 *Pseudomonas* 및 *Vibrio*속 균이 다수 검출되어 굴 채묘부진의 원인 중에 이들 세균이 관여하고 있을 가능성이 높은 것으로 추정되었다.

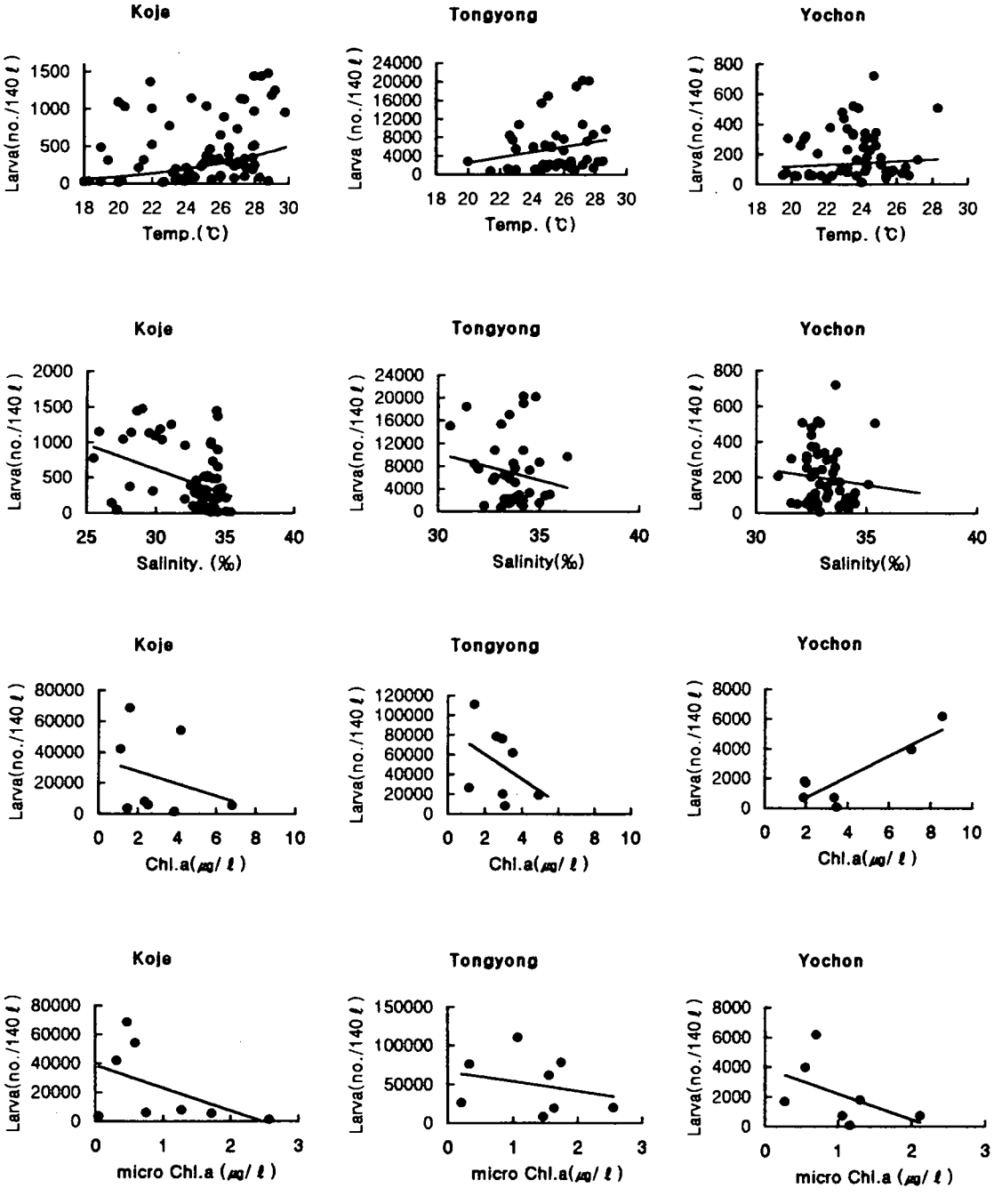

Fig. 53. Relationship between appearance of oyster larvae and environmental factors in seed collection areas.

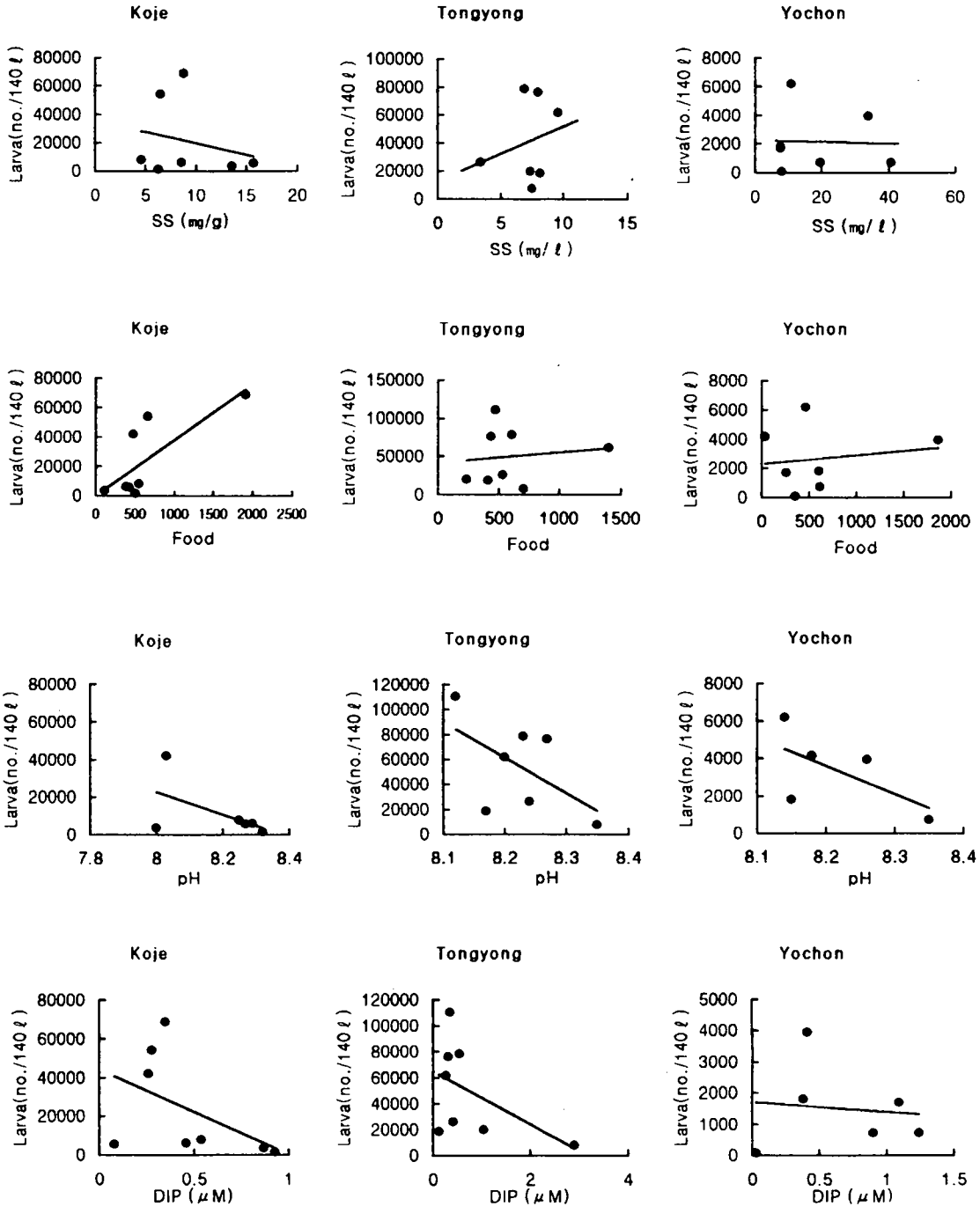

Fig. 53. Relationship between appearance of oyster larvae and environmental factors in seed collection areas (cont'd).

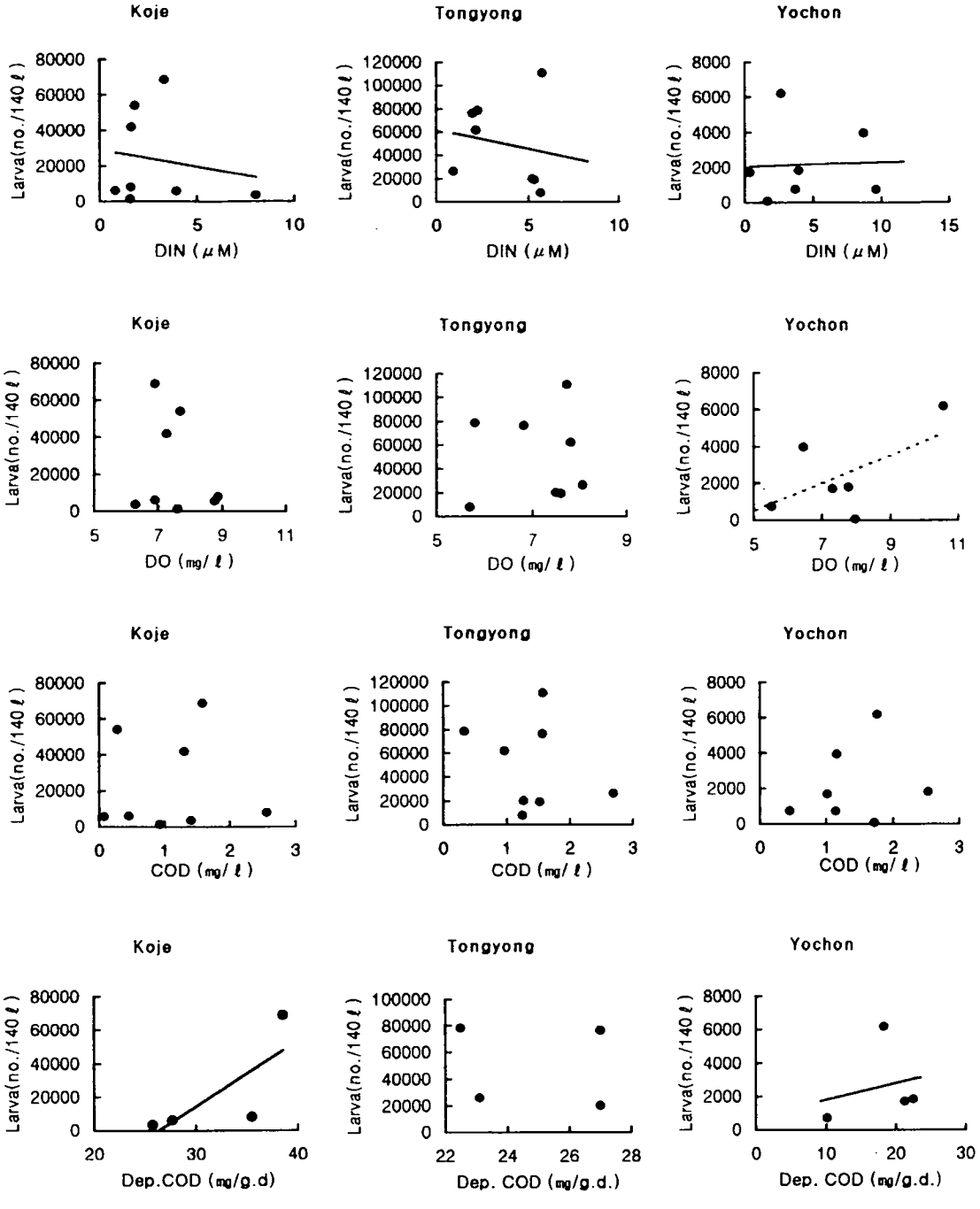

Fig. 53. Relationship between appearance of oyster larvae and environmental factors in seed collection areas (cont'd).

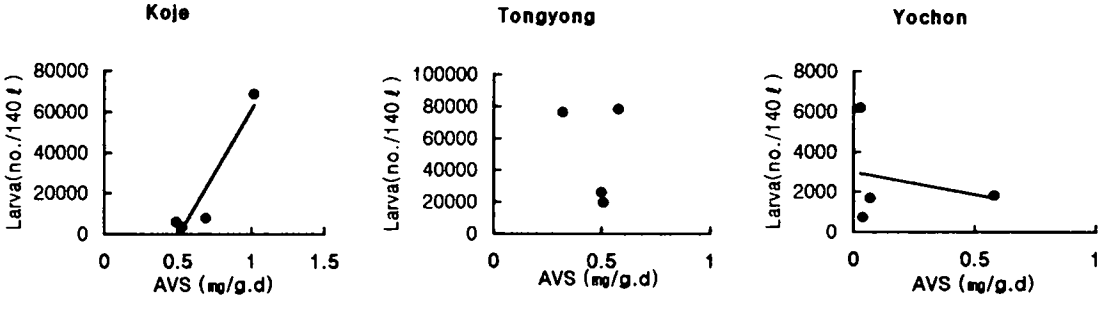

Fig. 53. Relationship between appearance of oyster larvae and environmental factors in seed collection areas (cont'd).

2. 신규 채묘어장 개발

가. 어장환경조사

1) 수 온

조사기간 동안의 월별 표층 수온의 변화는 Fig. 54와 같다. '96년의 평균 수온은 15.99±0.05로 평년보다 0.47℃ 고온상이었다.

월별 수온분포를 살펴보면 '96년에는 8월에 26.81℃로 최고 수온을 나타내었으며, 10월 이후 급격히 하강하기 시작하여 2월에 4.90℃의 최저치를 나타내었다. '97년에도 '96년과 비슷한 시기인 8월에 25.95℃로 최고치를 나타내었으며, 이후 하강하기 시작하여 2월에 4.35℃로 최저의 수온분포를 나타내었다.

이와 같이, '96년과 '97년 모두 8월달에 최고치의 수온분포를 나타내었으며, 2월이 최저의 수온분포를 나타내었다. 이는 해남지역 다른 해역의 수온 분포와 비슷한 범위이다.

해남지역의 굴 주 채묘시기인 6~8월의 수온 분포를 살펴보면 6월이 21.6~21.9℃로 평균 21.7±0.12℃, 7월이 23.7~23.8℃로 평균 23.75±0.5℃, 8월이 26.2~26.5℃로 평균 26.35±0.15℃로써 전반적으로 안정적인 해황을 나타냈다.

2) 염 분

조사기간 동안의 월별 염분 변화는 Fig. 55와 같다. 염분은 '96년30.72~33.39‰ (평균 32.05‰), '97년 31.49~33.84‰ (평균 32.66‰)로 '97년이 '96년보다 0.61‰ 고염상이었다.

월별 염분 변화의 폭은 큰 차이가 없었으나, '96년에는 2월이 33.39‰로 가장 높게 나타났으며, 7월이 30.72‰로 가장 낮게 나타났다.

'97년에는 2월이 33.61‰로 최고치를 나타내었고, 7월이 31.57‰로 최저치를 나타내었다.

염분은 수온과 밀접한 상관관계를 나타내어, 수온이 높은 7, 8월에는 저염상을 나타내었으며, 수온이 낮은 2월에는 고염상을 나타내었다.

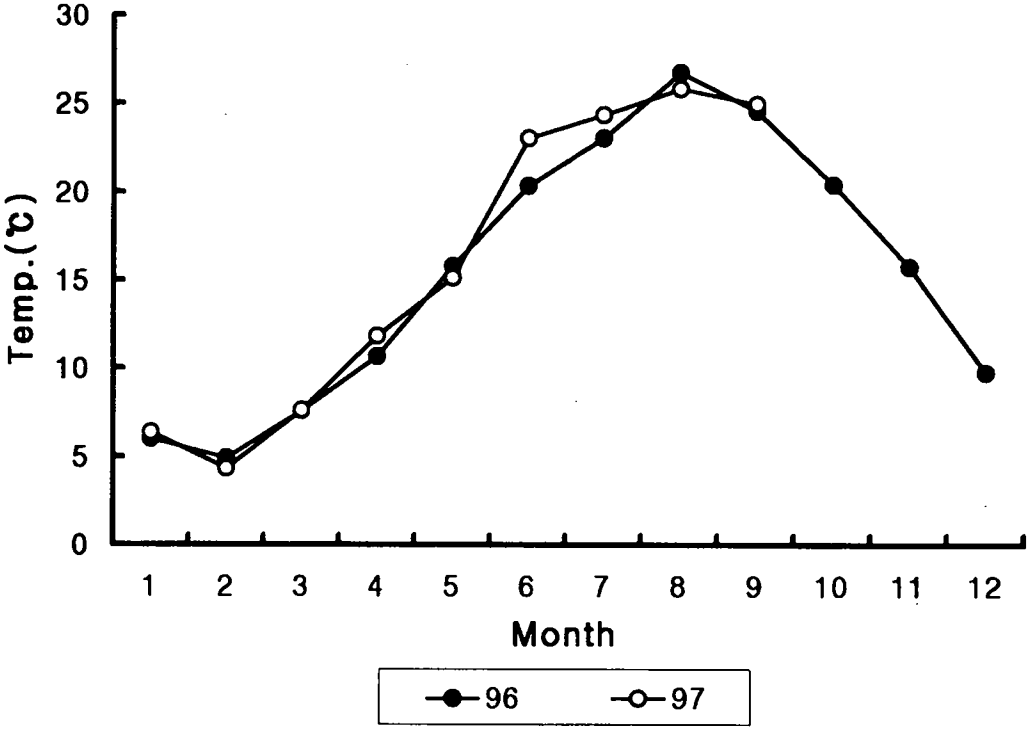

Fig. 54. Monthly change of water temperature at Haenam area in 1996 and 1997.

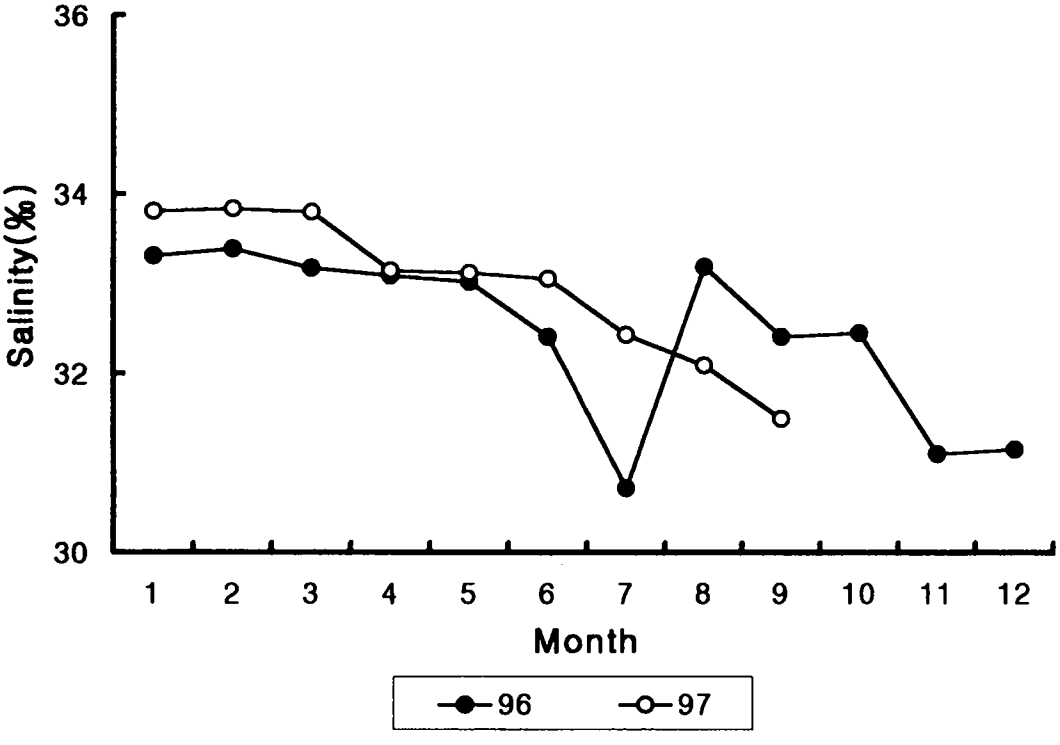

Fig. 55. Monthly change of salinity at Haenam area in 1996 and 1997.

3) 투명도

조사어장의 투명도의 변화는 0.4~0.9m의 낮은 투명도를 나타내었으며, 월별로는 9월이 0.9m로 가장 높은 투명도를 나타내었고, 7월이 0.4m로 가장 낮았다. 이와 같이 투명도가 1m 내외로 낮은 것은 수심이 낮고 조석간만의 차와 풍파의 영향을 많이 받는 해남지역의 지형적인 특징으로 인하여 투명도가 크게 저하된데 기인한 것이다.

4) 수소이온농도

조사기간 중 수소이온농도의 범위는 7.21~8.32로 평균 7.76을 나타내었으며, 해역Ⅱ등급 기준 (6.5~8.5) 범위 내에서 비교적 안정된 변화를 보였다.

5) 용존산소

조사기간 중 용존산소는 5.50~8.10㎖/ℓ로 2월이 가장 높게 나타났으며, 8월이 가장 낮게 나타났다. 용존산소는 해역수질기준 Ⅱ등급 (3.5㎖/ℓ) 범위 이내의 양호한 상태였다.

6) 강우량

총 강우량은 '96년도 1126.5㎜, '97년도 1289.5㎜로 '96년에 비하여 '97년이 163㎜가 많이 내렸으며, 평년에 비해 256.6㎜ 적게 내렸다. 월별로 살펴보면 Fig. 56과 같이 대부분 6월 439㎜, 7월 464㎜, 8월 601㎜로 굴 채묘시기인 6~8월 사이에 집중적으로 많은 강우가 있었다.

또한, 일본 히로시마만의 굴 채묘 및 환경 조사 자료 중 강우량과 채묘관계에서 나타났듯이 6~8월에 강우량이 많으면 유생 발달상태가 아주 양호하고, 채묘 상황도 매우 양호하였다는 결과와 일치하여 관내 지역도 '96, '97년 6~8월에 강우량이 많아 채묘가 아주 양호하였던 것으로 생각된다.

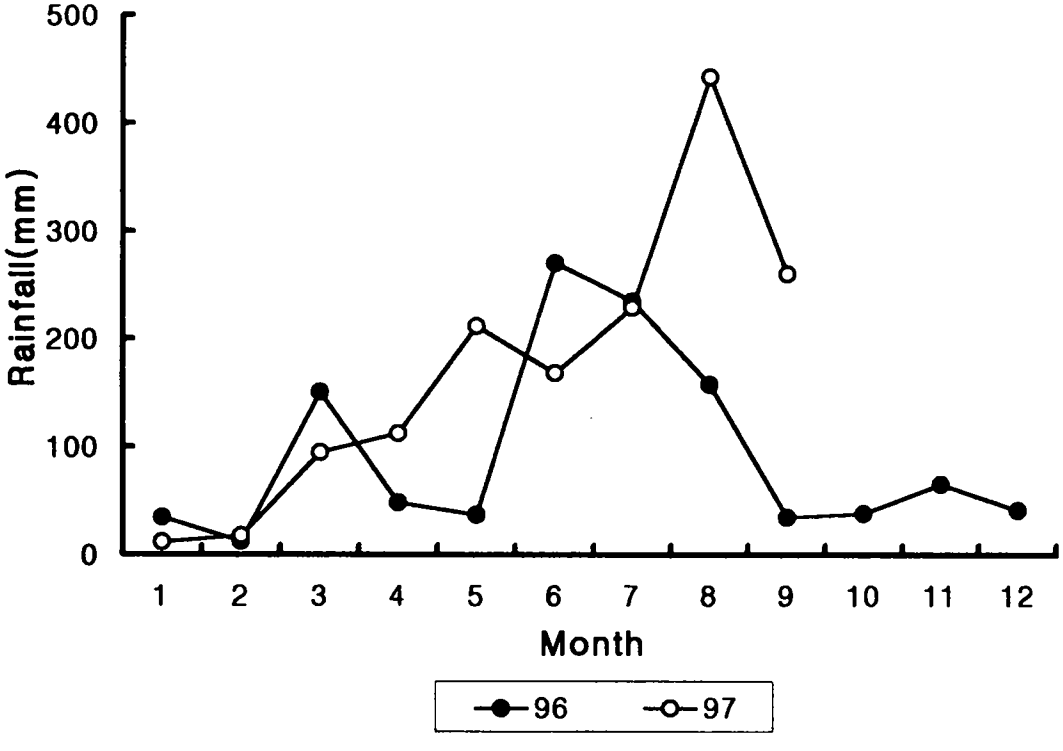

Fig. 56. Monthly rainfall at Haenam area in 1996 and 1997.

나. 모패 자원량 조사

해남 관내 굴양식 현황은 총 29건에 275.2ha이며, 투석식 및 송지식의 혼합양식 방법이다.

이중에서 송지면이 9건 84.75ha이며, 북평면 13건 123.8ha로 주로 송지면과 북평면에 굴 양식장이 집중되어 있다. 그외 현산면 3건 29.8ha, 북일면 3건 24ha, 화산면 1건 12.8ha의 굴양식어업권이 있다.

1) 학가해역

학가 앞바다 인근어장의 굴양식면허는 5건, 45.05ha이다. 이중에서 지선채묘 가능 적지는 약 3ha에 이르고 있으며, 조사시 ('96. 1. 16) 수온 6.4℃, 비중 1.0262, 용존산소 8.1㎖/ℓ, pH 7.4였으며, 저질은 사니질과 니질로 구성되어 있었다.

굴 모패자원 서식분포량은 1㎡당 350개체로 모패 서식밀도가 높았으며, 교통 또한 편리한 지역이다.

예상채묘량은 참굴 모패 1개체당 평균 산란량을 5,000만립으로 부착기 유생까지의 생존율 15%, 부착율 30%로 자연에서의 유생 생존 예상 계수를 0.01로 하여 산출하였다. 또한, 조사 대상지역의 지형지세, 풍파의 영향 및 조류소통, 채묘실적, 현지 조사자의 경험 및 의견을 고려하여 예상 채묘량을 예측, 산출하였다.

부착율은 1990년 국립수산진흥원 실내 실험 결과, 15%로 조사되었으나, 해남 관내에서는 자연산 지선채묘 방식이므로 실내 실험 결과를 이 비율에 적용하면 계속해서 유생의 밀도가 너무 많이 부착되기 때문에 부착율은 약 30%로 계산하여 예상 채묘량을 산출하였다 (Table 33, 34).

2) 중리해역

중리 현지어장의 굴양식 면허는 4건에 12ha이다. 이중에서 채묘 가능 적지는 약 1ha 정도에 이르고 있으며, 조사시 ('96. 1. 16) 수온은 6.5℃, 비중은 1.0264, 용존산소는 7.9㎖/ℓ, 수소이온농도는 7.5, 저질은 니질과 사니질로 구성되어 있었다.

중리해역의 굴 모패자원 서식분포량은 1㎡당 310개체로 모패 서식밀도는 높았으나, 교통 및 작업하기에는 다소 불편한 지역이었다.

예상채묘량은 「모패 1개체당 평균 산란량×부착기 생존율×부착율×자연 유생 생존 예상계수」를 근거로 하여 산출하였다.

예상 채묘연수 산출근거는 Table 35와 같다.

이외에 '93년도에 조사한 결과, 북평면 신흥리 어장에서 약 100,000연 정도 채묘 가능한 것으로 조사 보고되고 있다.

이로써, 관내 예상채묘량은 약 304,000연으로 추정되어 「'93년도 굴 채묘 가능지 조사 보고서」와는 다소 차이가 있었다.

Table 33. The estimated string of oyster seed collection in Haenam area

Area	Length of string (m)	Collector/string	Estimated spat attached
Haenam	1.5	50 - 60	30 - 50

Table 34. The estimated oyster seed collection at Hakka area

Region	Servey area (ha)	Available area for seed collection (ha)	Brood stock density (shell/10㎡)	Estimated seed collection (string)	Type of seed collection
Hakka	45.05	3	3,500	157,500	Bed collection

Table 35. The estimated oyster seed collection at Jungri area

Region	Servey area (ha)	Available area for seed collection (ha)	Brood stock density (shell/10㎡)	Estimated seed collection (string)	Type of seed collection
Jungri	12	1	3,100	46,500	Bed collection

다. 유생 출현량 조사

1) 학가해역

'96년 학가리 해역에서의 일별 굴 부유유생의 출현량을 조사한 결과는 Fig. 57과 같다.

학가지역은 수온이 20℃로 상승하는 6월초부터 굴의 D형유생이 출현하기 시작하였으며, 9월 중순까지 계속적인 소량의 산란이 일어났다.

6월 3일 D형유생 150개체가 관찰된 이후, 수온이 상승하면서 D형유생이 점차적으로 증가하여 6월 10일 D형유생 218개체, 소형 154개체가 관찰되었고, 수온이 19.4℃에서 20.4℃ 상승하면서 계속적으로 증가하는 경향을 나타내었다.

D형유생의 출현 성기는 모두 3차례가 있었다. 1차 출현 성기는 6월 19일부터 6월 25일까지였으며, 2차 출현 성기는 7월 16일부터 7월 19일이였고, 3차 출현 성기는 8월 6일부터 8월 13일이었다.

D형유생에서 부착기유생에 도달하기까지의 소요일수는 대략 10~14일 이었다. 1차 채묘적기 (전기채묘)는 부착기유생이 대량 출현한 6월 25일부터 6월 28일까지였으며, 이 시기에 전기채묘를 실시하였다. 2차 채묘 적기 (후기채묘)는 8월 16~17일로 부착기유생이 148개체로 가장 많이 관찰되었다.

'97년 6월 9일 D형유생 110개체, 소형각정기유생 14개체가 관찰되었으며, 이후 수온 20℃를 상회하는 6월 11일부터 굴 유생이 본격적으로 출현하기 시작해 '96년과 비슷한 출현 양상을 나타내었다.

D형유생의 출현 성기는 3차례로, 1차 출현 성기는 6월 26일~7월 2일, 2차 성기는 7월 14일~7월 18일, 3차 성기는 8월 1일~8월 6일이었다.

D형에서 부착기까지의 소요일수는 10~15일로 1차 채묘적기 (전기채묘)는 6월 25일부터 27일이였으며, 2차 채묘 (후기채묘) 적기는 8월 14일에서 8월 20일로 나타났다.

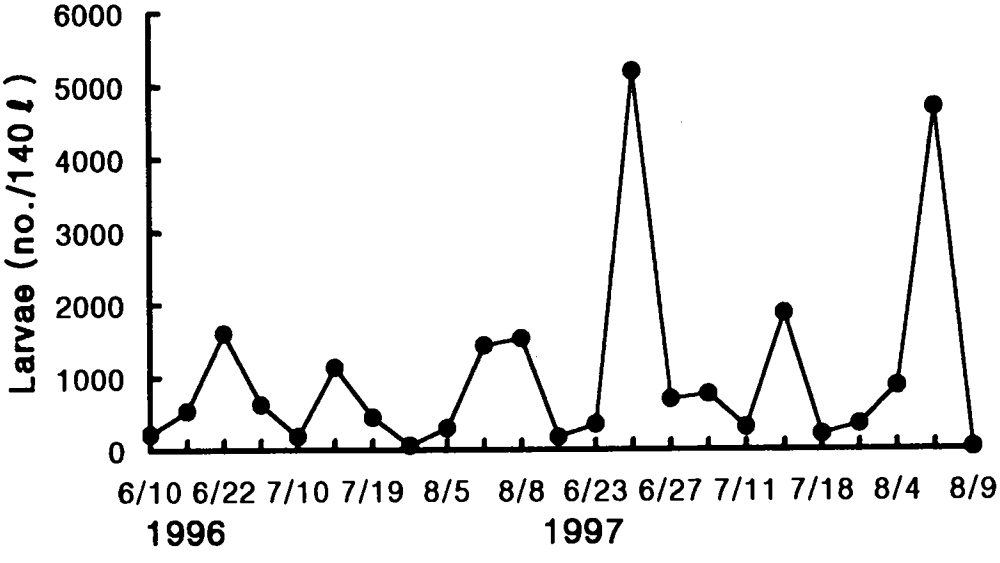

Fig. 57. Density of D-shape larvae at Hakka area in 1996 and 1997.

2) 중리해역

'96년 중리해역의 일별 굴 유생의 출현량은 Fig. 58과 같다. '96년의 경우, 중리해역의 굴 유생 출현시기는 수온 19.2℃를 기점으로 상승하기 시작하는 6월초에 D형유생이 본격적으로 출현하기 시작하여 학가해역보다 약 20일 늦은 기간까지 출현, 10월 9일까지 계속적인 소량의 산란이 일어났다.

6월 8일 D형유생 114개체가 관찰된 이후, 계속적으로 D형유생이 증가하였으며, D형유생 출현 성기는 학가해역과 동일하게 3차례가 있었다. 1차 출현 성기는 6월 19일~6월 26일, 2차 출현 성기는 7월 16일~7월 19일이었으며, 3차 출현 성기는 8월 5일~8월 8일이였다.

D형에서 부착기까지의 소요일수는 13~15일로 학가해역과 비슷하였다. 1차 채묘적기 (전기채묘)는 6월 19일부터 6월 28일까지로 나타났으며, 2차 채묘적기 (후기채묘)는 8월 16일부터 8월 20일로 나타났다.

'97년, 중리해역의 굴 유생 출현량은 Fig. 60과 같다. 굴 유생의 출현시기는 '96년도와 비슷한 6월 초순이었다. 6월 13일부터 D형유생이 본격적으로 출현하기 시작하였으며, 7월 초순까지 산란이 일어났다. D형유생의 출현 성기는 3차례로, 1차 출현 성기는 6월 19일~6월 26일, 2차 출현 성기는 7월 11일~7월 14일이었으며, 3차 출현 성기는 8월 1일~8월 6일이었다.

D형에서 부착기까지의 소요일수는 11~14일이었으며, 1차 채묘적기 (전기채묘)는 6월 23일에서 6월 26일이었고, 2차 채묘적기 (후기채묘)는 8월 16일에서 8월 25일이었다.

이상의 결과, 해남지역의 채묘 적기는 전기채묘의 경우, 6월중순부터 하순까지이며, 후기채묘는 8월 중순부터 8월말경으로 나타나, 학가 및 중리어장의 유생 출현시기와 채묘시기는 비슷한 양상을 나타내는 것으로 밝혀졌다.

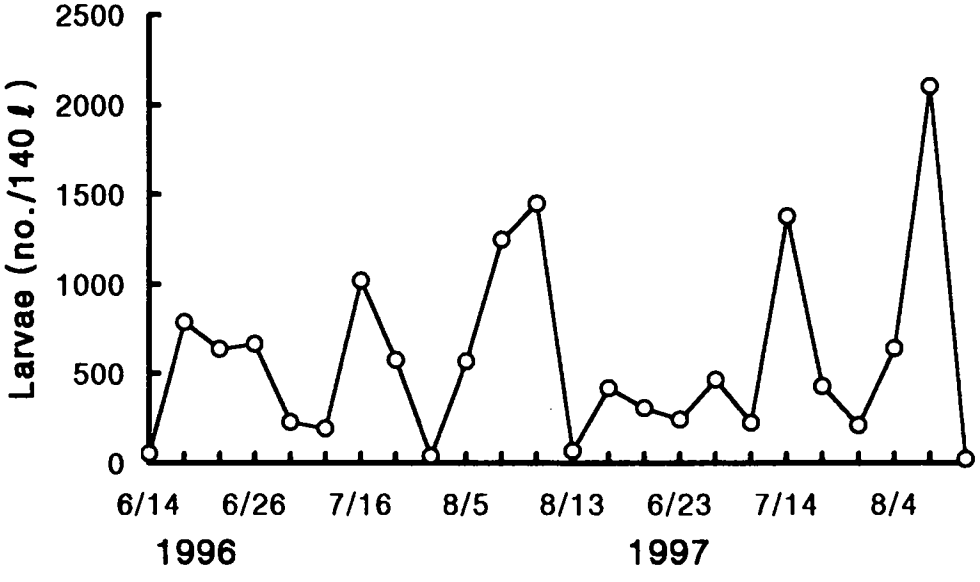

Fig. 58. Density of D-shape larvae at Jungri in 1996 and 1997.

3) 환경과의 관계

학가어장에 있어서 Fig. 57에 나타난 바와 같이 1차군 유생이 대량 출현한 6월 25일 전후에는 수온이 21℃ 상승하는 반면, 비중은 1.021로 하강하였다. 2차군 출현시기는 24.5℃로 수온이 급상승하였으며, 비중은 1.022로 하강하였고, 3차군 출현시기는 굴 모패가 산란한 8월 20일 전후로 수온이 27.3℃로 천천히 하강한 반면, 비중은 1.023으로 상승하였다.

중리어장은 Fig. 58에 나타난 바와 같이 1차군 유생이 대량 출현한 6월 19일 전후에는 수온이 21℃로 상승하였으며, 비중은 1.0242로 하강하였고, 2차군 유생의 대량 출현시기에는 수온이 24.3℃로 급상승하였으며, 비중은 1.021로 급하강하였다. 3차군 유생의 출현시기는 8월 5일 전후로서 수온이 26.4℃로 상승하였으며, 비중 역시 상승하였다.

이로써 학가어장과 중리어장의 굴 유생군은 모두 수온과 비중이 상승하거나 하강할 때 산란이 이루어진 것으로 추정되며, 이는 배와 배 (1972)의 연구 결과와 거의 일치하였다.

또한, 강우량과 유생 출현량을 살펴보면, '96년도 1차군 유생의 출현 성기인 6월 25일부터 6월 28일 전·후에는 비가 98㎜ 내렸으며, 2차군 유생의 출현 성기인 7월 16일부터 7월 19일 전·후에는 비가 97㎜ 내려 1차 유생 출현 성기와 비슷한 강우량을 보였다. 3차군 유생의 출현 성기인 8월 20일에서 8월 23일 전·후에는 비가 35.5㎜ 내려 이 또한 1, 2차 성기보다는 비가 적게 내렸으나, 유생의 출현과 강우량과는 밀접한 관계가 있다는 것을 입증하였다.

'97년도에는, 1차 유생 출현 성기인 6월 26일에서 7월 2일을 전·후로 하여 138㎜의 비가 내렸으며, 2차 유생 출현 성기인 7월 14일부터 7월 18일 전·후에는 57.5㎜의 비가 내렸다. 3차 유생 출현 성기인 8월 1일에서 8월 6일 전·후에는 139.5㎜의 비가 내렸다.

이로써 강우가 산란기의 굴 모패에 자극을 주어 산란을 유도, 이 결과로 대량의 유생군이 출현하게 된다는 것을 알 수 있었다.

라. 채묘시험

'96년과 '97년 학가해역 및 중리해역의 부착기유생 출현수는 Fig. 59와 같다. '96년 학가해역의 전기채묘 적기는 6월 25일부터 6월 28일까지로 굴 유생이 6월초부터 출현하기 시작하여 안정된 해황에 의해 순조롭게 성장하여 부착기에 도달하였다. 부착기유생은 수온 21℃, 비중 1.021인 6월 25일부터 출현하기 시작, 6월 28일까지 출현하였다.

중리해역에 비하여 부착기유생의 수는 적었지만 후속군으로 이어지는 유생군 즉, 중형각정기, 대형각정기유생이 많이 출현하여 6월 25일부터 채묘연을 투하하기 시작, 6월 28일까지 1,000연을 수하하였다.

'97년도 학가어장의 유생 발달상황은 '96년과 비슷하여 6월 20일부터 부착기유생이 나타나기 시작하였으나, 폭풍 및 해황의 불안정으로 출현 유생군이 계속적으로 불안정한 상태를 보였다. 그러나, 수온 24.2℃, 비중 1.023으로 회복된 6월 25일부터 6월 27일까지 부착기 유생의 peak가 형성되었다. '97년에는 '96년보다 유생의 출현량도 2배 이상이었으며, 6월 27일에 관찰된 부착기유생도 77개체로 가장 많이 나타났다. 따라서, 6월 27일 학가어장에 전기채묘를 위한 수하연 600연을 수하하였다.

그러나, 태풍 및 대량 강우로 인하여 재차 산란이 일어나고, 태풍 이후 부착기 이전의 유생들이 소수 소멸되지 않고 계속적인 발생을 하여 수온 27.4℃, 비중 1.022인 8월 16일경 부착기유생 148개체가 출현, peak를 형성하였다. 따라서, 8월 16일부터 8월 17일까지 후기채묘를 위한 수하연 1,000연을 수하하였다.

'97년 후기채묘 적기는 8월 14일에서 8월 20일로 전년과 비슷하였다.굴 유생은 전기채묘 이후 소량 출현하였으며, 8월 13일 이후 많은 유생군이 출현하였다. 태풍 이후 안정된 해황으로 8월 14일부터 부착기유생이 다시 출현하여 8월 20일까지 이어졌다.

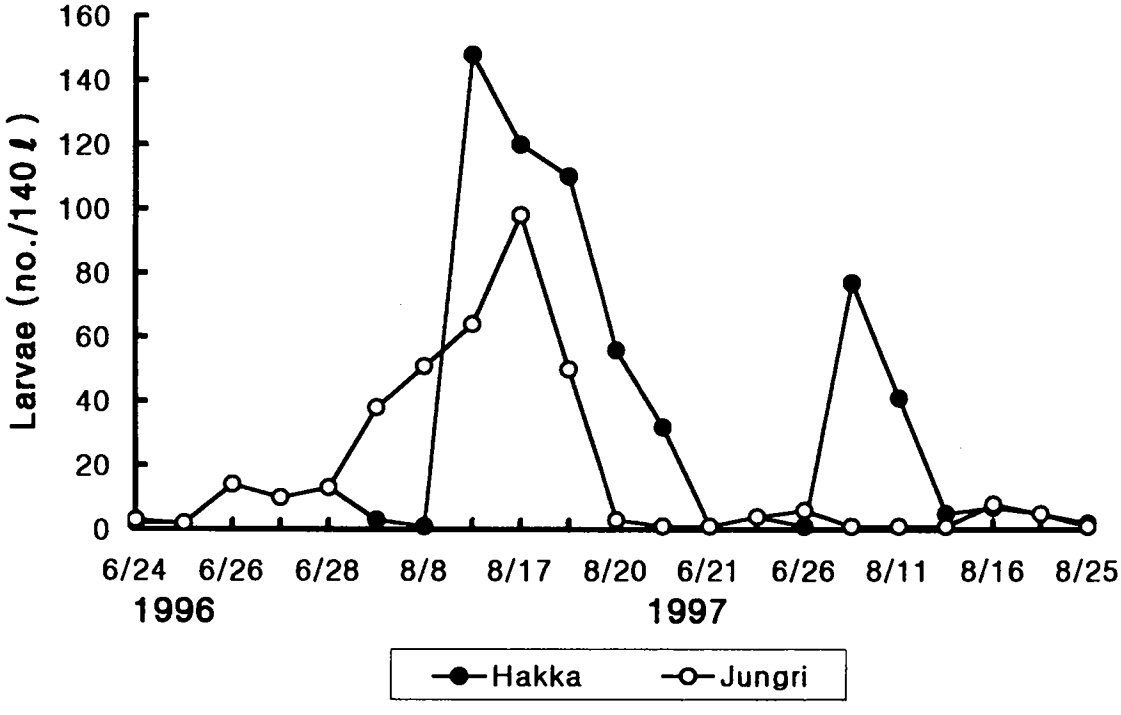

Fig. 59. Comparision of pediveliger larvae appearance at Hakka and Jungri areas between 1996 and 1997.

'97년 학가어장이 중리어장보다 많은 유생군이 지속적으로 출현하였으며, 부착기까지 이어졌다.

후기채묘 적기인 8월 16일에는 대형각정기 14개체, 부착기 7개체 가 출현, 채묘적기로 판단되어 후기채묘를 위한 수하연 500연을 수하 실시하였다.

Fig. 59에 나타난 바와 같이, '96년 중리어장의 전기채묘 적기는 6월 19일부터 6월 28일까지로 학가어장보다 부착기유생군이 5~6일 빨리 출현하였다.

중리어장의 D형유생 출현시기는 학가어장과 비슷한 6월 초순으로 부착기유생까지 도달하는 수온이 0.5~1.2℃ 높았으며, 비중은 1.024로 비슷한 경향을 보였다.

'96년도 전기채묘 역시 안정된 해황과 순조로운 유생 발달로 학가어장과 비슷한 시기에 부착기유생이 나타났다. 중리어장이 학가어장보다 부착기유생이 빨리 출현하였음에도 불구하고 D형유생의 출현개체수 적었으나, 부착기유생의 출현수는 다소 많았다. 따라서, 6월 26일부터 6월 27일까지 수하연 1,000연을 수하하였다.

'97년도 중리어장의 유생 발달 상황은 '96년과 비슷하여 6월 20일 이후 대형각정기유생과 부착기유생이 출현하기 시작하였으나, 해황이 불안정하여 유생군도 불안정된 상태를 나타내었다. 수온 21.6℃, 비중 1.022인 6월 26일이후 다소 안정된 상태를 보였으며, 부착기 유생군도 학가어장과 비슷하게 출현하였으나, 6월 27일 이후 학가어장보다 출현수가 감소하기 시작하였다. 따라서, 부착기유생의 출현 성기인 6월 27일 전기채묘를 위한 수하연 600연을 수하하였다.

'96년도 중리어장의 후기채묘 적기는 8월 16일부터 8월 20일로 학가어장의 후기채묘 시기와 비슷하였다. 전기채묘 이후 중리어장도 산발적인 산란이 이루어졌으며, 8월 5일부터 대형각정기, 부착기 유생이 출현하였다. 이후 안정된 해황이 이어져 유생이 순조롭게 발달하였으나, 8월 13일 태풍으로 인하여 대부분 소멸되었다.

중리어장의 굴 유생의 출현수는 학가어장의 유생군 보다 적게 나타났으며, 후기채묘를 위한 부착기유생은 학가어장 보다 3일 늦은 8월 20일까지 출현하였다. 태풍 이후 재차 산란이 이루어졌으며, 태풍 이전에 출현한 유생들이 발생하여 학가어장의 후기채묘와 비슷한 시기인 8월 16일부터 부착기유생군이 출현하기 시작하였다. 따라서, 8월 16일 후기채묘를 위한 수하연 1,000연을 수하하였다.

'97년도 후기채묘 적기는 '96년도와 비슷한 시기인 8월 16일부터 8월 20일로 나타났다. 중기채묘 이후 소량의 유생이 출현하였으며, 8월 13일 이후부터 부착기유생이 출현하였다. 학가어장보다 유생 출현량은 적었으나, 유생의 발달은 순조로워 8월 16일 후기채묘를 위한 수하연 500연을 수하하였다.

학가해역의 부착 확인 조사 결과는 Table 36과 같다.

'96년, 전기채묘를 위한 채묘연의 수하는 6월 25일부터 시작하여 6월 28일까지 1,000연을 수하하였다. 채묘 이후 '96년 7월 8일 부착 확인 조사 결과, 1,000연 모두 패각당 30~50개체로 부착 성적이 매우 양호하였다.

후기채묘를 위한 채묘연은 8월 16일부터 8월 17일까지 1,000연을 수하하였다. 8월 26일 부착 확인 조사 결과, 1,000연 모두 패각당 30~60개체로 전기채묘와 같이 부착 성적이 매우 양호하였다.

'97년, 전기채묘를 위한 채묘연은 6월 27일 600연을 수하하였으며, 7월 9일 부착 확인 조사 결과, 600연 모두 패각당 40~60개체로 '96년에 비하여 10개체 이상의 치패가 많이 부착되었다.

후기채묘를 위한 채묘연은 8월 16일 500연을 수하하였으며, 8월 27일 부착 확인 조사 결과, 500연 모두 패각당 30~55개체로 '96년 후기채묘시 보다는 10개체가 적은 치패가 부착되었다.

이상과 같이 학가어장의 '96년과 '97년 (2개년) 전·후기채묘 실적은, 평균 패각당 30~50개체로 양호하였다. 따라서, 학가해역은 굴 채묘어장의 개발 가능성이 매우 높은 것으로 나타났다.

중리해역의 부착 확인 조사 결과는 Table 37과 같다.

'96년, 중리어장의 전기채묘를 위한 채묘연은 6월 25일, 6월 27일 각각 500연씩 1,000연을 수하하였으며, 7월 8일 부착 확인 조사 결과, 1,000연 모두 패각당 30~45개체의 치패가 부착하여 부착 성적이 학가어장보다 다소 저조하였으나, 전반적으로 채묘 성적이 양호하였다.

후기채묘를 위한 채묘연은 학가어장과 같이 8월 16일 1,000연을 수하하였으며, 8월 26일 부착 확인 조사 결과, 1,000연 모두 패각당 30~60개체의 치패가 부착하여 전기채묘 보다 패각기당 15개체의 치패가 많이 부착되었다.

'97년, 전기채묘를 위한 채묘연은 6월 27일 600연을 수하하였고, 7월 9일 부착확인 조사시 600연 모두 패각당 30~58개체의 치패가 부착하여 채묘 성적이 아주 양호하였다.

후기채묘를 위한 채묘연은 8월 16일 500연을 수하하였으며, 8월 27일 부착 확인 조사 결과, 500연 모두 패각당 31~43개체의 치패가 부착하여 부착량은 다소 적었지만 부착 성적은 비교적 양호하였다.

이상과 같이, 중리어장에서 '96년과 '97년의 2개년간 실시한 전·후기채묘 결과, 중리어장이 학가어장 보다 부착기당 부착밀도가 다소 적었지만, 평균 패각기당 30~40개체의 치패가 부착, 양호한 채묘 실적을 보여, 중리해역 역시 굴 채묘장으로서의 개발 가능성이 충분히 있는 것으로 확인되었다.

Table 36. Oyster seed collection at Hakka area in 1996 and 1997

(unit : spat/collector)

1996		1997	
Early seed collection	Late seed collection	Early seed collection	Late seed collection
30~35	30~60	40~60	30~55

Table 37. Oyster seed collection at Jungri area in 1996 and 1997

(unit : spat/collector)

1996		1997	
Early seed collection	Late seed collection	Early seed collection	Late seed collection
30~45	30~60	40~58	31~43

마. 굴 채묘 후 부산물 처리

1, 2차년도 굴 채묘 후 부산물 처리 결과는 Table 38과 같다.

1, 2차년도에 채묘된 총 채묘연수는 6,200연이었다. 이중에서 자체시험 물량은 총 1,000연이였으며, 나머지 4,200연을 판매하여 4,340,000원을 세입조치시켰다.

그리고, 2차년도에 채묘한 굴 채묘연 중 1,000연을 해남지역 어업인에게 무상으로 분양하였다. 또한, '97년 9월말로 중리어장의 채묘상과 학가어장의 양성장을 철거하여 폐기하였으며, 학가어장의 채묘상은 아연파이프로 제작하여 어촌계에 양도, 사용토록 하였다.

바. 양성시험

양성시험 장소는 해남군 송지면 학가어장과 경남 통영시 오수어장, 해남군 북평면 영전의 3개소이며 학가, 중리어장에서 생산된 '96년산 전기채묘 종패를 이식하여 수하 양성하였다.

학가어장에서는 '96년 7월 30일 채묘연 280연을 수하 시설하였으며, 북평면 영전어장에서는 '96년 10월에 시설하였다. 또한, 경남 통영시 도산면 저산어장에는 '96년 7월 25일 60연을 시설하였다.

양성시험 중 성장도 조사 결과는 Fig. 60에 나타난 바와 같다.

학가어장과 통영 저산어장에 이식한 종굴은 각고 0.6㎜, 각장 0.4㎜인 전기산 종굴을 7월말에 시설하였으며, 영전어장에는 후기채묘된 종굴을 10월에 시설하였다.

'96년 10월 성장도 조사 결과, 학가산이 각고 2.69㎝, 각장 1.92㎝, 각폭 0.9㎝, 전체중량이 4.3g 이었으며, 영전산이 각고 2.39㎝, 각장 1.45㎝, 각폭 0.81㎝, 전체중량이 3.21g으로 영전산이 시설을 늦게하여 성장이 다소 떨어졌다. 통영산(학가어장에서 생산된 종굴)은 각고 3.40㎝, 각장 1.94㎝, 각폭 12.2㎝, 전체중량이 3.84g 이었다.

Table 38. Revenue derived from collected spat sale

Item	Year	String collected	String sold	Income (Won)	Remark
Oyster spat	1996	4,000	3,200	3,340,000	800 strings: Used for research
	1997	2,200	1,000	1,000,000	1,000 strings: Distribution without compensation 200 strings: Used for research
Total		6,200	4,200	4,340,000	

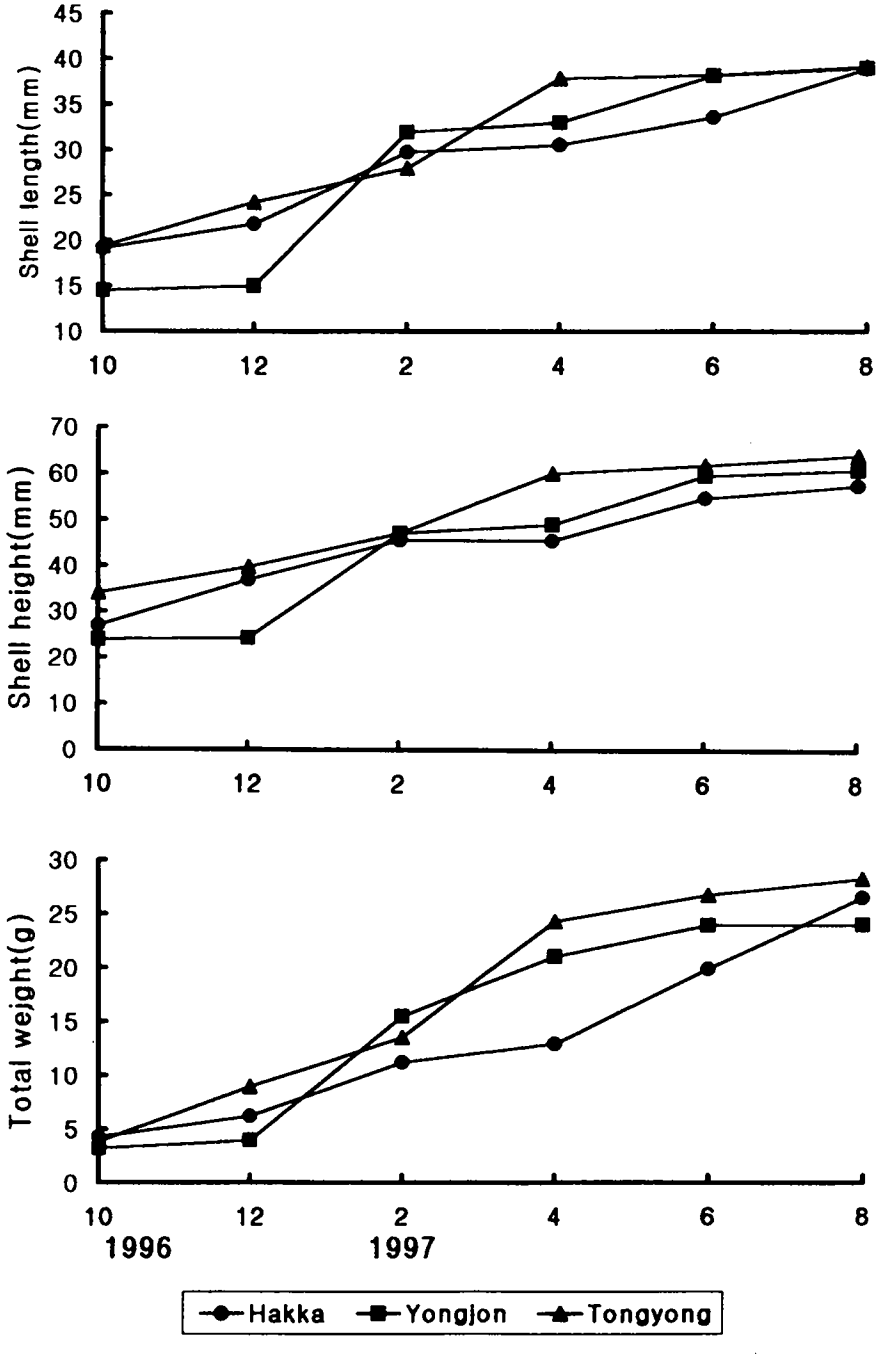

Fig. 60. Comparisions of oyster growth rate at different culture areas during investigation period.

전체적으로 학가어장에서 성장한 굴 보다 통영어장에 이식, 성장한 굴의 성장이 다소 빨랐던 것은 외양어장의 조류가 빠른데서 기인된 것으로 추측된다. 조사 종료시점인 '97년 8월의 성장도 조사결과는 Table 39와 같다.

영전산은 약 3개월 늦게 시설하였음에도 학가산 보다 성장이 빠른 것은 학가양성장 보다 조류가 약하고 먹이생물이 풍부한데 기인한 것으로 추정되었다. 그러나, 영전어장에서 양성한 종굴의 성장도는 통영에 이식한 종굴 보다는 다소 저조하였다. 그리고, 해남 관내에 양식한 굴은 폐사가 없었으나, 통영에 이식한 굴은 일부 폐사된 것으로 나타났다.

성장도는 영전어장에서 11개월 양식한 종굴이 각고 5.77~6.43㎝로 성장한데 비하여, 경남 통영산은 각고 10~12㎝로 성장하여 해남산 종패가 통영산 종패보다는 성장면에서 매우 뒤떨어지는 것으로 나타났다.

그러나, 해남산 종굴은 크기는 작지만 독특한 향과 맛으로 널리 인기가 있어 생굴로써의 수요가 급증하고 있다. 그리고, 해남의 주요 양식품종인 김양식이 점차 감소하고 있는 현 시점에 있어 생산비의 투자가 많아 경제적인 손실이 많은 김 양식에 비하여 해남에서의 굴 양식은 투자가 적고 순소득이 많아 새로운 소득원으로써 어업인들에게 관심의 대상이 되고 있는 실정이다.

김 양식과 인근어장에서 일부 수하식으로 생산되고 있는 굴 양식의 소득을 비교한 결과는 Table 40 및 41과 같다.

Table 40과 41에 나타난 바와 같이 김 부류식 20책을 기준으로 하여 소득분석을 한 결과, 조수입은 5,904,000원이며, 순소득은 2,284,608원이었다. 그리고, 책당 평균 순소득은 114,230원이었다.

그러나, 인근어장에서 종굴을 구입하여 양식할 경우, 20대 기준으로 조수입 42,000,000원, 순소득 13,320,000원으로 대당 순소득이 661,000원으로 추산되었다. 따라서, 굴 양식이 김 양식 보다 약 5배가량 소득이 높은 것으로 산정되었다. 그리고, 관리도 김 양식 보다 굴 양식이 다소 용이하여 해남 관내 어업인들은 굴 양식에 많은 기대와 관심을 가지고 있다.

Table 39. Comparison of oyster growth at different culture area during investigation period

Growing Area	Shell Height (cm)	Shell Length (cm)	Shell Width (cm)	Total Weight (g)	Meat Weight (g)
Hakka	5.77	3.88	2.31	26.49	3.8
Yŏngjŏn	6.10	3.89	2.39	23.50	3.4
Tongyŏng	6.43	3.91	2.41	28.20	7.1

Table 40. Analysis of profitability in laver, *Porphyra* sp. culture at Haenam area (floating system : 20sets)

(unit : won)

Item			Standard	Q'ty	Unit cost	Total cost	Base of computation
Gross revenue						5,904,000	20 sets*×90 bundles×3,280
Production cost	Facilities cost	Net	1.8×40m	20 ea.	25,000	250,000	20 ea.×25,000/2
		Binding rope	PP.120 twisted thread	14 Kwan**	5,000	35,000	20 sets×0.7 Kwan×5,000/2
		Floating bamboo	1.8m×45mm	340 ea.	500	85,000	20 sets×17 ea.×500/2
		Wooden anchor	1.5×∅13cm	20 ea.	5,000	50,000	20 ea.×5,000/2
		Anchor rope	∅12mm	20 rolls	25,000	250,000	20 rolls×25,000/2
		Labor cost for installation	Male	5 persons	30,000	150,000	5 persons×30,000
		Seed cost	50 shells/box	60 boxes	3,000	180,000	60 boxes×3,000
		Buoy	40 ℓ	680 ea.	600	204,000	20 sets×34ea.×600/2
		Subtotal				1,204,000	
	Others	Harvest ship	1.5ton (FRP)	1 boat	6 millions	300,000	6,000,000/20 years
		Harvest machine	2.1m (steel)	1 ea.	210,000	70,000	210,000/3 years
		Subtotal				370,000	
	Operating cost	Processing cost	One bundle***	1,800 bundles		1,620,000	1,800 bundles×900
		Selling cost		1,800 bundles		283,392	1,800 bundles×3,280×4.8%
		Labor cost for removal equipment	Male	3 persons	30,000	90,000	3 persons×30,000
		Administrative cost		200 ℓ	52,000	52,000	one drum × 52,000
		Capital cost					
		Subtotal				2,045,392	
Total						3,619,392	
Profit (gross revenue-production cost)			2,284,608 (38.7%)				

※ Production/set : 90 bundles, Average unit cost/bundle : 3,280won, Production cost/bundle : 2,011won.

*One set : 1.8×4m, **One Kwan : 3.75kg, ***One bundle : one hundred sheet.

Table 41. Analysis of profitability in Pacific oyster, *C. gigas* sp. culture at Haenam area (20 long lines)

(unit : won)

Item		Standard	Q'ty	Unit cost	Total cost	Base of computation
Gross revenue					42,000,000	3kg flesh oyster/string × 200 strings = 600kg 3,500won/kg × 600kg = 2,100,000won 2,100,000won × 20 long lines = 42,000,000 * One long line = 200 strings
Production cost	Seed cost	Hardened spat	4,000 strings	2,300	9,200,000	
	Labor cost for assembling of culture string	Female	40 persons	30,000	1,200,000	
	Labor cost to hang the culture string	Male	40 persons	50,000	2,000,000	
		Female	20 persons	30,000	600,000	
	Main rope	18mm	10 rolls	28,000	280,000	
	Space rope	16mm	2 rolls	26,000	52,000	
	Anchor rope	20mm	10 rolls	32,000	320,000	
	Rope binding buoy	8mm	10 rolls	18,000	180,000	
	Culture string (coating rope)	3.8mm	10 rolls	20,000	200,000	
	Buoy	60 ℓ	1,000 ea.	2,000	2,000,000	
		200 ℓ	4ea.	10,000	40,000	
	Anchor	∅15cm × 4m	50 ea.	10,000	500,000	
	Labor	Male	One person by 12 months	1,000,000	12,000,000	
	Oil cost	Gasoline	6 drums/month	33,000	198,000	
Total		28,770,000				
Profit (gross revenue-production cost)		13,230,000				

여　　백

Ⅳ. 요약 및 결론

1. 굴 자연채묘 부진원인 구명

가. 굴 모패의 건강도 및 유전적 변이 조사

1) 굴 모패의 건강도

전 조사기간 동안 굴 모패의 육질부습중량 : 패각습중량의 비는 거제 오수 양식산이 16.58~43.12%, 통영 저산 양식산이 16.92~45.06%, 여천 항대 양식산이 13.15~43.28% 였다. 육질부습중량 : 패각습중량의 비는 '96년에는 거제 오수산 2월 30.02%로 가장 높았으며, 7월 16.58%로 가장 낮았다. 통영 저산산과 여천 항대산은 5월 각각 36.81, 42.97%로 가장 높았으며, 9월 각각 16.92, 13.15%로 가장 낮았다. '97년에는 거제 오수산과 통영 저산산이 6월 각각 43.12, 45.06%, 여천 항대산 4월 43.28%로 가장 높았다.

전 조사기간 동안 굴 모패의 육질부건조중량 : 패각건조중량의 비는 거제 오수 양식산이 3.63~9.63%, 통영 저산 양식산이 3.36~13.16%, 여천 항대 양식산이 2.57~12.54% 였다. 육질부건조중량 : 패각건조중량의 비는 '96년에는 거제 오수산, 통영 저산산, 여천 항대산 모두 5월 각각 8.20, 10.60, 12.30%로 가장 높았으며, 9월 각각 3.63, 3.36, 2.57%로 가장 낮았다. '97년에는 거제 오수산은 6월 9.63%로 가장 높았으며, 통영 저산산과 여천 항대산은 4월 각각 13.16, 12.54%로 가장 높았다.

전 조사기간 동안 굴 모패의 육중량 : 총패각용적의 비는 거제 오수 양식산이 15.32~33.25%, 통영 저산 양식산이 15.91~40.21%, 여천 항대 양식산이 13.24~42.07% 였다. 육중량 : 총패각용적의 비는 '96년에는 거제 오수 양식산과 통영 저산 양식산이 6월 각각 28.87, 40.21%로 가장 높았으며, 여천 항대 양식산은 5

월 42.07%로 가장 높았다. 그리고, 거제 오수산 9월 15.32%, 통영 저산산 8월 15.91%, 여천 항대산 9월 13.24%로 가장 낮았다. '97년에는 거제 오수산과 통영 저산산은 6월 각각 33.25, 38.01%로, 여천 항대산은 5월 37.30%로 가장 높았다.

전 조사기간 동안 굴 모패의 육질부 글리코겐 함량은 거제 오수 양식산이 0.40~8.57㎎/d.g, 통영 저산 양식산이 1.54~8.86㎎/d.g, 여천 항대 양식산이 0.65~7.86㎎/d.g 이었다. 육질부 글리코겐 함량은 '96년에는 거제 오수산 1월 4.10㎎/d.g, 통영 저산산과 여천 항대산 1월 각각 5.18, 7.86㎎/d.g로 가장 많았으며. 거제 오수산, 통영 저산산, 여천 항대산 모두 7월 각각 0.40, 1.56, 0.65㎎/d.g으로 가장 적었다. '97년에는 거제 오수산 5월 8.57㎎/d.g, 통영 저산산과 여천 항대산 6월 각각 8.86, 6.79㎎/d.g으로 가장 많았다.

굴의 활력 평가의 한가지 방법으로 사용되는 아가미 조직의 글리코겐 함량을 '97년 1월부터 7월까지 분석한 결과, 굴 아가미 조직의 글리코겐 함량은 거제 오수 양식산이 1.82~4.94㎎/g, 통영 저산산이 1.44~6.91㎎/g 이었다. 거제 오수산과 통영 저산산 굴 아가미 조직의 글리코겐 함량은 각각 1월 1.82㎎/g, 7월 1.44㎎/g으로 가장 적었으며, 거제 오수산과 통영 저산산 모두 4월 4.94, 6.91㎎/g으로 가장 많았다.

방란 및 수정란의 정상적인 발달에 치명적인 영향을 미치는 굴 생식소내 난소기생충, *Marteilioides chungmuensis*의 감염율 조사 결과, 거제 오수 양식산 굴의 난소기생충 감염율은 '96년 0~57.1%, '97년 9월까지의 감염율은 6.7~60%였다. 통영 저산 양식산 굴의 난소기생충 감염율은 '96년 0~42.9%, '97년 9월까지의 감염율은 13.3~66.7%였다. 여천 항대 양식산 굴의 난소기생충 감염율은 '96년 0~30.3%, '97년 9월까지의 감염율은 0~43.7% 였다. '96년에는 난소기생충이 4~5월부터 검출되기 시작한 반면, '97년에는 1월부터 난소기생충에 감염된 개체가 발견되기 시작하였다. 난소기생충의 감염율 역시 '97년이 '96년에 비해 높았다.

각 조사지점별 생식소 발달을 Chang and Lee (1982)의 구분법에 의하여 조직학적으로 조사한 결과, 거제 오수산은 11~3월 분열증식기, 2~5월 성장기, 4~8월 성숙기, 5~9월 산란기, 7~1월 휴지기로 나타났다. 통영 저산산은 11~3월 분열증식기, 1~5월 성장기, 5~8월 성숙기, 6~10월 산란기, 9~12월 휴지기로 나타났다. 여천 항대산은 2~3월 분열증식기, 3~5월 성장기, 5~6월 성숙기, 6~9월 산란기, 9~2월 휴지기로 나타났다.

굴의 난소내 난모세포는 1월에 거제 오수 양식산과 통영 저산산이 각각 직경 3.4, 5.1㎛였던 것이 점차 성장하기 시작하여 성숙기인 5월에 35.5, 39.1㎛로 자라나다가 산란기를 맞이하는 6월 이후부터 그 크기가 작아지기 시작하였다. 이후 7월과 8월에 있어, 거제 오수산은 35㎛ 이상의 난경이 약 50%였으나, 통영 저산산은 약 23%의 난경 분포를 보였다.

산란기에 도달한 굴 생식소내 난의 지질 함량은 거제 오수 양식산이 '96년 6월 3.6ng/egg, 7월 3.9ng/egg, 8월 4.0ng/egg였으며, '97년 6월 4.1ng/egg, 7월 3.3ng/egg, 8월 3.2ng/egg였다. 통영 저산 양식산은 '96년 6월 3.1ng/egg, 7월 5.2ng/egg, 8월 3.9ng/egg였으며, '97년 6월 4.5ng/egg, 7월 4.7ng/egg, 8월 3.1ng/egg였다. 그리고, 여천 항대 양식산은 '96년 6월 4.2ng/egg, 7월 5.0ng/egg, 8월 3.7ng/egg였으며, '97년 6월 5.4ng/egg, 7월 4.9ng/egg, 8월 3.3ng/egg였다.

2) 유전적 변이 조사

한국산 참굴 (*Crassostrea gigas*)의 지역별 유전적 변이를 mtDNA의 16S rRNA 유전자를 대상으로 PCR하여 염기서열을 비교, 조사한 결과 남해와 서해안산 그리고 일본산 참굴에서 지역간 차이가 나타나지 않아 참굴의 지역간 변이를 조사하는데는 적합하지 않았다. 비교군으로서 바윗굴과 비교한 결과, 4.3%의 염기치환율을 보였다.

한국산 참굴 mtDNA의 유전적 구조와 분석을 용이토록 하기 위하여 참굴 mtDNA를 *E. coli*에서 클로닝하였다. 참굴 mtDNA를 EcoRI과 BamHI으로 또는 PstI으로 절단하여 pUC19 유전자운반체에 클로닝시켜 재조합 플라스미드들을 선별하였다. 이들로부터 참굴 mtDNA의 제한효소지도를 작성하고 RFLP 실험에서 Southern blotting 등에 사용하는 probe를 손쉽게 만들 수 있었다.

한국 남해안 세지역 (부산 가덕, 경남 남해, 전남 해남)과 서해안 한 지역 (충남 보령)의 참굴 mtDNA를 개체별로 8개 제한효소를 사용하여 RFLP한 결과, 유전적 변이를 가진 총 4종류 (a, b, c, d)의 haplotype이 발견되었으며 이들은 EcoRI과 HindIII 절단에서 차이를 보였다. 그 중 서해안산은 모든 개체들이 하나의 haplotype (a)을 가졌으나 세 지역의 남해안산 경우는 지역별 그리고 개체별로 몇 가지 양상들이 혼합되어 있었으며 서해안산의 절단양상 (a)이 남해안의 모든 지역에서 분포도의 차이는 있으나 소수로 나타나는 특징이 있었다. 부산 가덕산의 경우는 a, b, c haplotype이 있었고 주는 b type이었다. 경남 남해산에서는 a, c, d haplotype이 포함되어 있었고 주는 c type이었으며 전남 해남산에서는 a와 c haplotype이 분포하였으나 거의 다 a type이었다. 이 결과에서 한국산 참굴은 지역적에 따라 유전적으로 구분될 수 있는 품종들로 분포되어 있고 남해안에는 몇 가지 haplotype들이 혼재함을 보여주었다. 특히 서해안산 haplotype은 남해안으로 유입되었을 가능성이 있다.

나. 주요 채묘지역별 굴 유생의 특성 구명

1) 굴 유생의 출현 특성

거제 오수는 '96년 6월 4일부터 D형 및 소형각정기유생이 각각 12개체, 4개체/140ℓ 출현하기 시작, 9월 10일까지 계속 출현하였으나, 소형각정기 단계에서 전량 소멸하였다. '97년에는 6월 9일부터 D형 및 소형각정기유생이 나타나기 시작하여 9월 19일까지 계속 출현하였으나, '96년과 마찬가지로 소형각정

기 단계에서 소멸되는 현상이 반복되었다.

통영 저산은 '96년 6월 21일부터 D형 및 소·중·대형각정기유생이 출현하기 시작하여 8월 7일까지 D형유생에서 부착기유생이 다양하게 출현하였다. 특히, 7월 24일부터 8월 7일까지 각 단계별 유생이 고르게 대량 출현하여 8월 10일경 부착적기가 도래하여 대량 채묘가 이루어진 후, 후속군 연결이 없었다. '97년에는 6월 10일부터 D형유생이 나타나기 시작하여 6월 25일경 채묘적기가 도래하였으나, 태풍 '피터'의 영향으로 내린 강우 (64.5㎜)로 인하여 출현 유생이 점차적으로 소멸되었다. 그 이후 7월 10일경 방란, 방정이 일어나 7월 24~25일경 2차 채묘적기가 도래하였으나 태풍 '로지'의 영향으로 수온이 점차 하강하여 부착기유생의 출현량이 감소, 채묘성적이 '96년에 비해 불량하였다. 이후 '97. 9. 29일까지, D형에서 중형각정기에 이르는 각 단계별 유생이 소량 출현하였으나, 유생의 활력은 그다지 양호하지 못하여 채묘로 연결되지 않았다.

여천 항대 '96년 6월 17일부터 D형유생과 소·중·대형각정기유생이 출현하기 시작하여 10월 9일까지 출현하였으며, 6월 28일 D형유생이 대량 출현 (3,500마리/140ℓ) 하였으나, 이는 채묘로 연결되지 못하였다. 이후, 7월 중순에 출현한 D형유생군이 채묘와 연결, 8월 초순 채묘적기가 도래하여 45,000연의 부착실적이 있은 후, 후속군의 연결은 없었다. '97년은 '96년에 비하여 볼 때 유생이 조기에 출현하였으며 ('97. 6. 3일), 발육 또한 순조로워 6월 18~22일 1차 채묘적기 (부착기유생 50개체 내외/140ℓ)가 도래하였다. 이후, 7월 11~14일 2차 채묘적기 (부착기유생 30~150개체/140ℓ), 7월 25~28일 3차 채묘적기 (부착기유생 30~50개체/140ℓ)가 도래한 후, 9월 1일까지 D형에서 중형각정기까지의 유생이 출현하였으나, 출현량은 점차 감소하였다.

나) 출현 유생의 건강도

각 조사지점별 출현 유생의 건강도를 지질함량 측정법으로 분석한 결과는 다음과 같다.

거제 오수의 '96년 출현 D형유생의 지질 함량은 7월 하순 채집시료 3.4ng/개체, 8월 중순 채집시료 3.6ng/개체, 8월 하순 채집시료 3.5ng/개체였다. 그리고, '97년 출현 D형유생의 지질 함량은 6월 중순 채집시료 3.7ng/개체, 6월 하순 채집시료 3.0ng/개체, 7월 초순 채집시료 2.8ng/개체, 7월 중순 채집시료 3.1ng/개체, 7월 하순 채집시료 3.3ng/개체, 8월 초순 채집시료 2.7ng/개체, 8월 중순 채집시료 2.9ng/개체, 8월 하순 채집시료 2.7ng/개체였다.

통영 저산의 '96년 출현 D형유생의 지질 함량은 7월 하순 채집시료 5.3ng/개체, 8월 중순 채집시료 4.0ng/개체, 8월 하순 채집시료 3.5ng/개체였다. 그리고, '97년 출현 D형유생의 지질 함량은 6월 중순 채집시료 4.6ng/개체, 6월 하순 채집시료 3.8ng/개체, 7월 초순 채집시료 4.2ng/개체, 7월 중순 채집시료 5.0ng/개체, 7월 하순 채집시료 3.5ng/개체, 8월 초순 채집시료 4.2ng/개체, 8월 중순 채집시료 3.7ng/개체, 8월 하순 채집시료 3.1ng/개체였다.

여천 항대의 '96년 출현 D형유생의 지질 함량은 7월 하순 채집시료 4.7ng/개체, 8월 중순 채집시료 3.0ng/개체, 8월 하순 채집시료 3.9ng/개체였다. 그리고, '97년 출현 D형유생의 지질 함량은 6월 중순 채집시료 4.8ng/개체, 6월 하순 채집시료 5.4ng/개체, 7월 초순 채집시료 4.9ng/개체, 7월 중순 채집시료 4.5ng/개체, 7월 하순 채집시료 4.1ng/개체, 8월 초순 채집시료 3.5ng/개체, 8월 중순 채집시료 3.9ng/개체, 8월 하순 채집시료 3.4ng/개체였다.

이상의 결과, 초기 D형유생의 지질 함량과 굴 유생의 부착율과는 아주 높은 상관관계가 있는 것으로 나타났으며, D형 유생의 지질함량이 4.5ng/개체 이상은 되어야 채묘와 연결되는 것으로 추정되었다.

다. 굴 채묘장 환경요인 분석

1) 수질

굴 채묘장 환경요인 분석 결과, 수질은 TBT 함량이 '96년에 비하여 '97

년에 3~7배 높아진 것과 주 채묘시기인 '97년 8월 전 조사지역 모두에 있어 부유물질이 40㎎/ℓ를 상회한 것을 제외하고는 굴 유생의 부착에 영향을 미칠만한 특이 사항은 없었다.

또한, 굴 채묘장 주변에 위치한 육상 어류양식장 및 해상 어류가두리양식장으로부터 배출되는 포르말린이 굴 채묘에 미치는 영향을 조사하기 위하여 '97년 1월부터 9월까지 각 조사지점의 해수내 포르말린 잔류 분석 결과, 포르말린은 검출되지 않았으며, 굴 채묘장 주변 인근 육상으로부터 유입되는 농약의 영향을 조사하기 위하여 채묘장 인근 밭에서 제초제로 많이 사용되고 있으며, 어패류에 치명적인 영향을 미치는 것으로 알려진 Cartap의 잔류 분석을 실시한 결과, 이 농약 성분 역시 검출되지 않았다.

나) 표층퇴적물

저질의 표층퇴적물 조사 결과는 다음과 같다.

'96년의 경우, 화학적산소요구량의 농도범위는 2월 10.9~21.3 ㎎/g·dry의 범위로 만별 차이가 다소 크지만 여천 항대의 대조구 (Y2)와 거제 오수의 실험구 (K1)에서 최소값과 최대값을 나타내는 것을 제외하면 해역별 차이는 그다지 크지 않았다. 또한, 3개 해역 모두에서 실험구가 대조구에 비해 상대적으로 높은 농도를 보였다. 8월의 농도범위는 10.2~27.7 ㎎/g·dry로 2월 보다 변동폭이 비교적 컸다. 그러나, 거제 오수과 통영 저산의 실험구에서 저질오염기준치 (20 ㎎/g·dry)를 초과하는 것을 제외하면 비교적 낮은 농도를 보이며, 대체적으로 굴양식장이 위치한 실험구에서 상대적으로 높은 농도를 보였다.

강열감량의 경우 2월과 8월의 농도범위는 각각 6.8~10.6% 및 2.2~4.6%의 범위로 변동폭은 그다지 크지 않으나 대체적으로 실험구가 대조구 보다 다소 높아지는 경향을 보인다. 조사지점별로는 거제 오수과 통영 저산이 여천 항대보다 높았으며, 2월보다 8월이 훨씬 낮은 점이 특이하다.

산휘발성황화물의 농도범위는 2월과 8월에 각각 0.04~0.20 ㎎/g·dry 및

0.02~0.58 ㎎/g · dry로 거제 오수과 통영 저산이 여천 항대 보다 훨씬 높았으며, 이들 두만의 실험구의 8월 측정값의 경우 저질오염기준치 (0.20 ㎎/g · dry)를 훨씬 초과하고 있다.

'97년에는 함수율의 범위가 거제 오수가 평균 57.0%, 통영 저산이 평균 60.4%, 여천 항대가 평균 48.3%로 여천 항대가 가장 낮았다.

'97년, 화학적산소요구량은 거제 오수가 평균 28.0 ㎎/g · dry, 통영 저산이 평균 24.6 ㎎/g · dry, 여천 항대가 평균 16.7 ㎎/g · dry로 거제 오수, 통영 저산 및 여천 항대의 순으로 낮은 농도를 보인다. 또한, 지역별로 다소의 차이는 있으나, 대체적으로 5월부터 7월까지의 측정값이 상대적으로 높은 농도를 보였다.

강열감량은 거제 오수가 평균 9.7%, 통영 저산이 평균 9.0%, 여천 항대가 7.2%로 화학적산소요구량의 경우와 마찬가지로 거제 오수가 가장 높고, 여천 항대가 가장 낮았다. 또한, 지역별로 다소의 차이는 있으나 대체적으로 겨울보다는 여름에 높아지는 경향을 보였다.

산휘발성황화물의 농도는 거제 오수가 평균 0.35 ㎎/g · dry, 통영 저산이 평균 0.34 ㎎/g · dry, 여천 항대가 평균 0.08 ㎎/g · dry로 화학적산소요구량 및 강열감량과 마찬가지로 여천 항대가 가장 낮았으며, 거제 오수가 가장 높은 농도를 보였다. 또한, 실험구가 대조구 보다 훨씬 높았으며, 시기별로는 지역별로 다소의 차이는 있으나 대체적으로 늦봄 및 여름에 상대적으로 높은 농도를 보였다. 특히 거제 오수와 통영 저산의 실험구에서는 대부분 저질의 오염기준치 (0.2 ㎎/g · dry)를 초과하였다.

3) 먹이생물량

해수 중 먹이생물 종 조성을 '96년과 '97년을 비교해 본 결과, 통영은 3, 4, 5, 6월을 제외하고는 1996년이 1997년보다 먹이생물량이 많았다. 특히 산란기인 7~9월에는 1996년에 먹이생물량이 많았으며, 이 기간의 우점종도 *Chaetoceros* sp.와 *Skeletonema* sp.였으므로 산란기 굴 모패의 체력 회복에 양

호한 환경이었을 것으로 추정된다. 거제의 경우는 1997년 7월이 가장 먹이생물량이 많았으나 이 시기의 먹이생물은 표층은 규조 적조를 일으키는 것으로 알려져 있는 *Nitzschia* sp.가, 저층은 적조생물인 *Ceratium* sp.가 우점을 이루고 있어 산란기 굴 모패의 체력 유지에 그다지 적합하지 않은 것으로 조사되었다. 여천도 다른 두 지역에서와 마찬가지로 7, 8, 9월에는 1996년이 1997년에 비하여 먹이생물량이 많았던 것으로 분석되었다. 따라서, 굴의 주 산란기인 7~9월의 굴 모패 먹이환경으로는 통영, 거제, 여천 세 지역 모두 '96년이 '97년 보다 좋았던 것으로 판단되며, '97년에 통영과 거제 두 지역 모두에서 굴 채묘가 저조했던 것과도 관련이 있는 것으로 사료된다.

총 클로로필-a의 농도는 1996년의 경우 표층수 중 평균값의 범위가 3.51~4.90㎍/ℓ로 정점별 차이는 그다지 크지 않으나, 통영 저산의 두 정점과 여천 항대의 대조정점에서 가장 낮고, 거제 오수에서 가장 높았다. 또한 전 조사기간 동안의 농도범위는 통영 저산이 가장 작고, 거제 오수와 여천 항대는 비슷하였다. 5m층에서는 여천 항대의 실험구 (정점 Y1)에서 평균농도 5.51㎍/ℓ (2.34~12.89㎍/ℓ)로 다른 해역보다 다소 높고 농도범위도 가장 크지만, 나머지 해역에서는 평균값의 범위가 3.09~4.32㎍/ℓ로 해역별 차이도 작고 표층과 비슷하였다. 1997년의 경우 표층과 5m층의 연평균값의 범위는 각각 2.14~3.07㎍/ℓ 및 1.40~2.75㎍/ℓ로 거제 오수에서 가장 낮은 농도를 보이며, 두 층 모두 1996년 보다 다소 낮은 농도를 보였다.

굴 유생의 먹이로 생각할 수 있는 미소식물 (5.0㎛ 이하)의 클로로필-a의 농도는 '96년의 경우 표층수 중 연평균값의 범위는 1.41~2.53㎍/ℓ로 해역별 차이는 그다지 크지 않으나 대체적으로 거제 오수, 통영 저산 및 여천 항대의 순으로 낮아지는 경향을 보인다. 또한, 표층에서의 농도범위는 거제 오수가 0.26~8.00㎍/ℓ, 통영 저산이 0.04~4.93㎍/ℓ, 여천 항대가 0.07~3.88㎍/ℓ로 거제 오수가 가장 크고, 여천 항대가 가장 작았다. 5m층에서 연평균값의 범위는 1.62

~2.47μg/ℓ로 표층보다 해역별 차이가 뚜렷하지 않았으나, 대체적으로 여천 항대가 가장 낮았다. 지역별 농도범위는 거제 오수가 0.58~6.52μg/ℓ, 통영 저산이 0.18~5.82μg/ℓ, 여천 항대가 0.26~3.57μg/ℓ로 거제 오수의 변동폭이 가장 크고, 여천 항대가 가장 작았다. '97년의 경우 표층과 5m층의 연평균값의 범위는 각각 0.67~1.21μg/ℓ 및 0.36~0.86 μg/ℓ로 표층이 5m층 보다 다소 높았으며, 표·저층 모두 통영 저산과 여천 항대가 거제 오수 보다 다소 높았다.

총 클로로필-a 농도 중 미소입자 중 클로로필-a의 농도가 차지하는 비율은 1996년의 경우 표층에서의 변동범위가 거제 오수가 평균 46.6~49.0%, 통영 저산이 평균 48.0~48.1%, 여천 항대가 평균 35.6~36.1%로 거제 오수와 통영 저산이 비슷한 수준이나 여천 항대가 가장 낮았으며, 변동범위도 가장 작았다. 그러나, 5m층에서의 변동범위는 거제 오수가 평균 41.2~53.8%, 통영 저산이 평균 55.6~58.5%, 여천 항대가 평균 32.5~47.6%로 표층과는 달리 통영 저산이 가장 높고, 여천 항대가 가장 낮았다. '97년의 경우 표층에서의 변동범위는 거제 오수가 평균 31.4~41.9%, 통영 저산이 평균 31.6~40.7%, 여천 항대가 평균 31.9~41.1%로 만별 차이도 매우 작고 '96년 보다 다소 낮거나 혹은 비슷한 값을 보였다. 5m층에서는 거제 오수가 평균 28.6~30.9%, 통영 저산이 평균 30.0~41.2%, 여천 항대가 평균 27.4~28.3%로 변동폭은 거제 오수가 가장 작지만 평균값은 여천 항대가 다른 만들 보다 가장 낮았다. 또한, 3개 지역 모두에서 '97년이 1996년 보다 총 클로로필-a 농도 중 미소입자 중 클로로필-a의 농도가 차지하는 비율이 낮았으며, 특히, 여천 항대 보다는 거제 오수와 통영 저산에서 그 폭이 다소 컸다.

'96년에 양호한 채묘실적을 나타낸 통영 저산의 단위 유생당 생균수는 6 - 93인 반면 92년이래 극심한 채묘부진 현상을 보이고 있는 거제 오수의 단위 유생당 생균수는 110~180으로 높게 나타났다.

통영 및 거제산 굴 모패중의 생균수는 각각 14,000~410,000/g, 18,000~

740,000/g으로 거제산이 다소 높았으며, 두 지역 해수중의 생균수는 각각 7,300 ~220,000/㎖, 3,100~11,000/㎖로 나타났다.

'96년 굴 유생중의 세균상은 6~8월 기간에 월별의 차이가 다소 있었지만 통영산에서는 Enterobacteriaceae, *Pseudomonas*, *Flavobacterium*, *Pasteuella*속이 우점종으로 나타났으며, 거제산에서는 Enterobacteriaceae, *Pseudomonas*속이 각각 20%, 30%로 우점종을 차지하였다.

'96년 통영 및 거제산 굴 모패중의 세균상은 월별 차이가 심하여 6월산에는 Enterobacteriaceae가 20~25%로 최우점종을 차지하였으나, 8월산에서는 Enterobacteriaceae의 세균상 점유율이 0~1.5%로 급격히 감소하고 *Flavobacterium*, *Moraxella*, *Pasteurella*속이 우점종을 차지하였다.

'97년 6~8월중의 통영 및 거제 해수중의 세균상은 *Moraxella*, *Flavobacterium*속이 우점종으로 나타났으며, 동 기간 동안의 굴 모패에서는 5 - 6월중에는 해수의 세균상과 유사하였으나, 7~8월에는 *Vibrio*속 세균이 절대 우점종(31~83%)으로 나타났다.

채묘가 부진한 해역에서 채집한 굴 유생에서는 다양한 형태의 세포내용물 붕괴 현상이 확인되었다.

2. 신규 채묘어장 개발

우리나라의 굴양식은 1970년대 이후 양식 기술 개발에 힘입어 급속히 발전하여 1991년도에는 연체동물 양식 생산량의 약 69.85%를 차지하는 중요 산업종이었다. 그러나 1992년도부터 산업화와 도시화에 의한 수질 환경 악화, 그리고 연작으로 인한 어장 노후화 등으로 채묘 부진 현상이 나타나 양식어업 경영에 큰 어려움을 겪고 있어서 새로운 채묘어장 개발이 시급한 실정이다.

이러한 산업적인 요청에 따라 1995년 10월부터 1997년 10월까지 2개년 사업 계

획으로 추진해온 신규 채묘어장 개발 시험 사업 결과를 요약하면 다음과 같다.

조사기간 중 평균 수온은 15.75로 평년 수온보다 0.47℃가 높았다. 월별 수온 분포는, 8월에 26.8℃로 최고 수온을 나타냈으며 10월이후 급하강하여 2월에 4.35℃로 최저의 수온을 나타내었다.

염분은 평균 32.35‰로 큰 변화의 폭은 없었으며, 2월이 33.84‰로 최고치를 나타냈고 7월이 30.72‰로 가장 낮게 나타났으며, 투명도는 0.4~0.9mm 범위였고, 수소이온농도 (pH)는 평균 7.76으로 해역Ⅱ등급 기준 (6.5~8.5) 범위내에서 비교적 안정된 변화를 보였다.

용존산소는 5.50~8.10㎖/ℓ로 해역Ⅱ등급 기준 (3.5㎖/ℓ) 이상의 양호한 상태였으며, 강우량은 '96년도 1126.5㎜, '97년도 1289.5㎜로 평년에 비해 256.6㎜ 적게 내렸다.

학가어장의 굴 모패자원 서식분포량은 1㎡당 350개체였으며, 채묘가능 적지는 약 3ha로 예상 채묘량은 157,500연이었다.

중리어장의 굴 모패자원 서식 분포량은 1㎡당 310개체였으며, 채묘가능 적지는 약 1ha로 예상 채묘량은 46,500연이었다. 이외에도 해남지역에는 채묘가능 적지가 산재하여 있다.

굴 유생은 주로 수온이 20℃로 상승하는 6월초부터 9월초까지 약 3개월에 걸쳐 출현하였다. 전기채묘 시기인 6월 19일부터 6월 22일 사이에 1차 peak를 이루었으며, 그 이후 7월달은 산발적으로 출현하였고, 그 수도 감소하였다. 그리고 8월 5일부터 8월 8일 사이에 제2차 peak를 형성하였다. 그 이후 산발적인 출현은 있었으나, 정상적인 발달은 이루어지지 못하고 소멸되었다.

이로써 해남지역의 전기채묘 적기는 6월중순부터 하순까지이며, 후기채묘 적기는 8월중순부터 8월말경으로 밝혀졌다.

1, 2차년도에 걸쳐 실시한 전·후기 채묘시험 결과, 총 6,200연을 채묘하였다. 채묘연 모두 패각당 30~50개체의 치패가 고르게 부착하여 굴 채묘어장 개발

가능성이 높은 것으로 조사되었다.

1, 2차년도의 시험 결과를 종합해 볼 때, '92년 이후 경남과 전남의 굴 주요 채묘지역의 채묘 부진현상과는 달리 해남 관내에서의 전·후기 채묘시험은 패각당 30~50개체의 고른 부착으로 부착 성적이 양호하여 굴 채묘어장 개발 가능성이 매우 높은 것으로 조사되었다.

전·후기 채묘산 굴종패를 해남군 송지면 학가어장, 북평면 영전어장, 경남 통영군 저산어장의 3개소에서 양성 시험을 실시하였다. '97. 8월 최종 조사 결과, 학가어장의 수하분은 평균 각고 5.77㎝, 영전어장 수하분은 평균 각고 6.10㎝, 통영어장 수하분 평균 각고 6.43㎝로 통영에 이식한 굴의 성장도가 가장 좋은 것으로 나타났다.

여　　백

참 고 문 헌

Avise, J. C. 1986. Mitochondrial DNA and the evolutionary genetics of higher animals. Phil. Trans. R. Soc. Lond., 312, 325~342.

Avise, J. C. and R. A. Lansman. 1983. Polymorphism of mitochondrial DNA in populations of higher animals, In : Evolution of genes and proteins (M. Nei and R. Koehn eds.). Sinaver Associates, Sunderland MA., 147~164.

배경만, 배평암. 1972. 참굴 채묘에 대하여. 수진사업보고, p. 52.

Baldwin, B. S., R. I. E. Newell. 1995. Relative importance of different size food particles in the natural diet of oyster larvae (*Crassostrea gigas*). Mar. Ecol. Prog. Ser., 120(1~3), 135~145.

Birnboim, H. C. and J. Doly. 1979. A rapid alkaline extraction procedure for screening recombinant plasmid DNA. Nucl. Acids Res., 7, 1513~1523.

Chagot, D., C. Alzieu, J. Sanjuan, and H. Grizel. 1990. Sublethal and histopathological effects of trace levels of tributyltin fluoride on adult oysters Crassostrea gigas. Aquat. Living Resour., 3, 121~130.

Choi, H. S., E. Y. Kwon, and D. S. Lee. 1993. Determination of mono-, di-, tri-butyltin compounds in seawater of several bays in Korea. Bull. Korean Chem. Soc., 14, 234~238.

Elston, R. and L. Leibovitz. 1980. Pathogenesis od experimetal vibriosis in larval americal oyster, *Crassostre virginica*. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 37, 964~978.

Douillet, P. 1993. Bacterivory in Pacific oyster *Crassostrea gigas* larvae. Mar. Ecol. Prog. Set., 98, 123~134.

Elstone, R. A., J. H. Beattie. 1987. Pathology and significance of fatal inflammatory bacteraemia in the Pacific oyster, *Crassostrea gigas* Thunberg. J. Fish Disease., 10, 121~132.

Friedman, C. S. and R. Hedrick. 1991. Pacific oyster nocardiosis : Isolation of the bacterium and induction of laboratory infections. J. Invertebrate pathology, 57, 109~120.

Gallager, S. M., J. B. Waterbury and D. K. Stoecker. 1994. Efficient grazing and utilization of the marine cyanobacterium Synechococcus sp. by larvae of the bivalve *Mercenareia mercenareia*. Mar. Biol., 119 (2), 251~259.

Goulletquer, P., M. Nedhif and M. Heral. 1988. Energy budget of Manila clam, *Ruditapes philippinarum* (Adams et Reeve) : Production and trophic relationships in semi-closed ponds. Aquaculture, 74(3~4), 331~348.

Harino, H. and M. Fukushino. 1992. Sitimutaneous determination of butyltin and phenyltin compounds in the aquatic environment by gas chromatography. Analytica Chimica Acta, 264, 91~96.

His, E. and R. Robert. 1983-1985. Dévelopment des véligères de *Crassostrea gigas* dans le bassin d'Arcachon ; études sur les mortalités larvaires. Rev. Trav. Inst. Pêches marit., 47(1~2), 63~88.

His, E. and M. N. L. Seaman. 1992. Effects of temporary starvation on the survival and on subsequent feeding and growth of oyster *Crassostrea gigas* larvae. Mar. Biol., 114 (2), 277~279.

Imai, T., K. Mori, Y. Sugawara, H. Tamate, J. Oizumi and O. Itikawa. 1968. Studies on the mass mortality of oyster in Matsushima Bay. Ⅶ.

Pathogenetic investigation. Tohoku J. Agricult. Res., 19(4), 250~264.

Jean F. Mac Faddin. 1980. Biochemical tests for identification of medical bacterial 2nd ed. Williams & Wilkins.

Kessler, L. G. and J. C. Avise. 1985. A comparative description of mitochondrial DNA differentiation in selected avian and other vertebrate genera. Mol. Biol. Evol., 2, 109~125.

King. M. and J. G. Holt. 1984. Bergey's manual of systematic bacterology, 8th ed. vol. 1. Williams & Wilkins.

Koganezawa, A. 1975. Present status of studies on the mass mortality of cultured oysters in Japan and its prevention. Special Public Japan Sea Reg. Fish. Res. Lab. Nigata.

Maniatis, T., E.F. Fritsch and J. Sambrook. 1982. Molecular cloning. A Laboratory Manual. Cold Spring Harbor Laboratory, Cold Spring Harbor, NY. 387-389.

Matsuzato, T., T. Hochina, K. Arakawa and K. Masumura. 1977. Studies on the so-called abnormal egg-mass of Japan oyster, *Crassostrea gigas* (Thunberg)- I . Bull. Hirochima Fish. Exp. St., n ° 8, 9~25.

Matsuzato, T. and K. Masumura. 1988. Abnormal enlargement of the ovary of oyster, *Crassostrea gigas* (Thunberg) by an unidentified parasite. Inter. J. Aqua. Fish. Tech., O, 3~7.

Mann, R. and S. M. Gallager. 1985. Physiological and biochemical energetics of larvae of Teredo navalis and Bankia goul (Bartsch) (Bivalve : Teredinidae). J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 85, 211~228.

McLean, M., C.K. Okubo and M.L. Tracey. 1983. Mitochondrial DNA heterogeneity in *Panulirus argus*. Experienta, 39, 536-538.

Murchelano, R.A., C. Brown. 1969. Bacterial Flora of some algal foods used for rearing bivalve larvae. J. Fisheries board of Canada, 26(10), 2760~2764.

Murchelano, R. A., C. Brown and J. Bishop. 1975. Quantitive and qualitative studies of bacteria isolated from seawater used in the laboratory culture of the American oyster, *Crassostrea virginica*. J. Fish. Res. Board Can., 32(6), 739~745.

Newell, R. I. E., T. J. Jones, V. S. Kennedy and S. Alspach. 1989. Factors regulating reproduction and recruitment in populations of the American oyster *Crassostrea virginica*. J. Shellfish Res., 8(2), 434pp.

Palva, T. K. and E. T. Palva. 1985. Rapid isolation of animal mitochondrial DNA by alkaline extraction. FEBS, 192, 267-270.

Pazos, A. J., C. Ruiz, O. Garcia-Martin, M. Abdad and J. L. Sanchez. 1996. Seasonal variations of the lipid content and fatty acid composotion of *Crassostrea gigas* cultured in El Grove, Galcia, N. W. Spain. Comp. Biochem. Physiol., 114B (2), 171~179.

Powell, E. N., E. Wilson-Ormond, M. Ellis, E. E. Hofmann and J. M. Klinck. 1993. Phytoplankton stocks and the future of the Galveston Bay oyster fishery. J. Shellfish Res., 12 (1), 149pp.

Sambrook, J., E. F. Fritsch and T. Maniatis. 1989. Molecular cloning ; A laboratory manual. Cold Spring Harbor, NY.

Semura, H. 1994. Influence of bacterial number on the culture of larvae of Bay scallop *Pecten albicans* in seawater. Suisanzoshoku, 42(1), 157~164.

Skibinski, D.O.F. 1985. Mitochondrial DNA variation in *Mytilus edulis* L. and the Padstow Mussel. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 92, 251~258.

Sounders, N. C., L. G. Kessler and J. C. Avise. 1986. Genetic variation and geographic differentiation in mitochondrial DNA of the horseshoe crab, *Limulus polyphemus*. Genetics, 112, 613-627.

Spolsky, C. and T. Uzzell. 1984. Natural transfer of mitochondrial DNA in amphibian. Proc. Natl. Acad. Sci. USA, 81, 5802-5805.

Takahashi, M., K. Kikuchi and Y. Hara. 1985. Importance of picocyano-bacteria biomass (unicellular, blue-green algae) in the phytoplankton population of the coastal waters off Japan. Mar. Biol., 89, 63~69.

Thompson, P. A., M. X. Guo and P. J. Harrison. 1996. Nutritional value of diets that vary in fatty acid composition for larval Pacific oysters. Aquaculture, 143 (3), 379~391.

Tubiash, H. S., Vhanley P. E., Leifson E. 1965. Bacillary necrosis, a disease of larval and juvenile bivalve mollusks. J. Bacteriology, 90(4), 1036~1044.

Wada, S., T. Kobayashi, and K. Numachi. 1991. Rep. int. Whaling Commission, special issue, 13, 203pp.

Wikfors, G. H., P. K. Gladu and G. W. Patterson. 1991. In search of the ideal algal diet for oysters : Recent progress, with emphasis on sterols. J. Shellfish Res., 10(1), 292pp.

Wikfors, G. H. and R. M. Smolowitz. 1995. Do differences in dinoflagellate damage depend upon digestion. J. Shellfish Res., 14(1), 282pp.

日本水産資源保護協會. 1983. 水産用水基準.

日本水産資源保護協會篇. 1980. 水質汚濁調査指針. 恒星社厚生閣刊. 256~257.

里見至弘.清水誠. 1992. 有機スス汚染と水生生物影響. 恒星社厚生閣刊, 20~24.

김상해, 박미선, 김영훈, 박두원. 1997. 한국산 참굴 (*Crassostrea gigas*) 미토콘드리아 DNA의 유전적 분석. 한수지, 30(5), 804~808.

김선웅, 조갑민, 송홍인, 조영록, 최용석, 장계남. 1994. 굴 종패 대량 생산 기술 개발 시험. 수진사업보고, 160~171.

국립수산진흥원. 1985. 해양오염 및 적조조사지침.

국립수산진흥원. 1993. 굴 채묘 가능지 조사 보고서.

국립수산진흥원. 1994. '93굴 종묘 확보대책 추진 결과 보고서.

국립수산진흥원남해수산연구소. 1996. 일본 히로시마(廣島)만의 굴채묘 및 환경 조사 자료.

국립수산진흥원(1996), 양식품종별 표준 설계도.

박미선, 전세규. 1989. 참굴의 난에 기생하는 *Marteilioides chungmuensis* Comps et al., 1986에 관하여. 한국어병학회지, 2(2), 53~70.

박미선, 김상해. 1995. 한국 및 일본산 참굴 (*Crassostrea gigas* Thunberg)과 한국산 바위굴 (*C. nippona* Seki)의 미토콘드리아 DNA 변이. 한국동물분류학회지, 11(2), 235~242.

박주석. 1980. 한국 남해안의 식물성 plankton의 현존량 및 조성과 이들이 먹이와 적조로서 양식생물에 미치는 영향. 수진연구보고, 23, 7~157.

신영태, 정명생, 박미선, 최종두. 1996. 한국 굴산업의 국제경쟁력 제고 방안. 한국농촌경제연구원.

심재형, 여환구, 신윤근. 1991. 한국 연안해역에 있어서 온배수 배출의 생태학적 영향. 1. 고리 원자력 발전소 주변해역에서 미소 및 초미소 자가영양 플랑크톤의 중요성. 한국해양학회지, 26(1), 77~82.

양동욱. 1997. 해남 주변해역의 참굴, *Crassostrea gigas* 부유유생의 출현 및 생존율 · 석사학위논문.

이병돈, 강형구, 강용주. 1991. 굴 양식장 수역의 기초생산연구. 한수지, 24(1), 39~51.

전세규. 1979. 굴에 기생하는 Ameba에 대하여. 한수지, 12(4), 281~285.